

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
(20LA0501)

令和2年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 浅見 真理

令和3年(2021)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
・沢田 牧子・山口 岳夫・木村 昌弘

II. 分担研究報告

1. 小規模水供給システムにおける維持管理手法並びに持続的な管理体制に関する研究----- 1-1
浅見 真理・沢田 牧子・山口 岳夫
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----- 2-1
浅見 真理・伊藤 禎彦・木村 昌弘
3. 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 ----- 3-1
伊藤 禎彦・曾 潔・武藤 陽平
4. 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 ----- 4-1
牛島 健・石井 旭・増田 貴則・堤 晴彩
5. 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----- 5-1
小熊 久美子
6. 小規模集落が管理する水供給システムの維持管理における集落外との連携に関する検討 ----- 6-1
増田 貴則・堤 晴彩
7. マンガンによる配水管内環境の形成とその制御方策 ----- 7-1
中西 智宏・伊藤 禎彦・周 心怡
- III. 研究成果の刊行に関する一覧表 ----- 8-1

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（20LA0501）
総括研究報告書

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	鳥取大学工学部社会システム土木系学科	准教授
	牛島 健	北海道立総合研究機構建築研究本部	主査
	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
研究協力者	沢田 牧子	国立保健医療科学院	生活環境研究部
	山口 兵夫	国際厚生事業団水道技術参与	
	木村 昌弘	元大阪府水道部理事	

研究要旨：

全国数千の地域において、水道管路等で構成される水道（上水道、簡易水道）及び飲料水供給施設等（以下、水供給システム）を維持することが困難となりつつある。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の検討を実施すべく、検討を行った。

特に、飲料水供給施設、簡易水道の制度上の課題等について整理を行った。水質のタイプや諸条件について類型化し、水質検査の影響や人口当たりの費用等を解析し、水質検査費用の影響が大きい場合があることが分かった。また、複数の簡易水道が点在する地域で、処理施設、管路更新等を行う際の条件についてシミュレーションを行った。簡易水道の1事業体当たりの給水人口は減少傾向にある。給水人口当たりの総配管延長（単位配管延長）が大きく給水原価に影響している。給水原価は、簡易水道の平均（297円/m³）に対して、過疎地にある人口5千人以下の簡易水道は333円/m³と1割以上高い。過疎地人口5千人未満の簡易水道のブロック別の給水原価は近畿ブロックにおいて最も高く、近畿圏ブロック内の簡易水道の経営状況には建設にかかる資本単価の影響が大きいことが分かった。

広島市安佐北区、および広島県山県郡安芸太田町において地元管理されている簡易水道組合への訪問調査を行った。地元管理されているような小規模水供給施設について、原水の種類、浄水処理の有無、消毒の有無によって分類したうえで、現実的な水質検査のあり方を考えるための枠組みを示した。京都市西京区における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い、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。

飲料水供給施設相当規模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、集落外の団体からの支援に帯する利用意向を整理することを目的とした質問紙調査を行った。質問紙調査への回答結果より、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2割弱にすぎないことを把握できた。また、現時点では外部の団体からの支援に対する必要性は高くないが、支援を利用することへの抵抗感は低いことが明らかとなった。

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。

小規模水供給システムに適した小型紫外線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、本年度は、集落規模での利用を念頭に、飲料水供給施設 (利用人口21 戸50 名程度) で実証試験を開始した。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。UV-LED処理による不活化率は、一般細菌で最大2.8log、従属栄養細菌で最大2.2logであった。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設定項目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) の全てを継続して満たした。本研究により、分散型水処理技術としてUV-LED装置を活用する可能性が示された。

小規模水供給システムにおいては、水需要のさらなる減少によって配水管内の流速が低下し、管内環境の悪化が懸念されることから、配水管内環境の管理という観点から効率的な維持管理方法について定量的に議論可能とすることを目的として調査および実験的検討を行った。実配水管網において管内蓄積物に関する実態調査を行った結果、マンガン(Mn)が蓄積物の重要な構成成分として挙げられた。室内実験によってMn蓄積過程を種々の管内流速条件で把握した結果、二酸化マンガン粒子の物理付着と2価マンガンイオンの化学酸化を介した蓄積の両方が管内流速によって促進されることを明らかにした。

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。

今年度は、小規模水供給システムを対象に、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、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、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、効率的な水質管理・水質検査のあり方に関する研究、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、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、効果的な情報収集・共有のあり方に関する検討を実施し、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. 小規模水供給システムをめぐる課題と展望について下記の項目についての調査を実施し、事例の整理や問題点の抽出により、様々な課題に対する方策並びに情報提供のあり方について検討を行った。

- ・小規模水供給システムにおける事例の整理
- ・水質検査に関する課題

- ・海外事例の収集

- ・小規模水道をめぐる技術開発の可能性
- ・小規模水道システムの課題への対応に資する方策の検討

- ・地方自治体の取り組み事例

2. 広島市安佐北区および広島県山県郡安芸太田町、滋賀県長浜市寺院への訪問調査を行った。現地施設を管理する方々等から管理状況や要望等を聞き取った。また、京都市内の地元管理水道を調査対象として予定していたが、新型コロナウイルス感染症が終息しない状況下にあつては、高齢者の多い地元管理水道を調査対象とすることは困難であることから、同様の原水を利用している施設を探索し、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を調査対象として原水調査を実施した。

3. 中部地方から九州地方 (岐阜県、京都府、島根県、岡山県、大分県、高知県、佐賀県) において飲料水供給施設等の小規模水供給施設を管理し使用している集落を対象に、集落外部の団体との連携状況、外部の団体からの支援の利用意向を把握するための質問紙調査を行った。質問紙は郵便にて送付し、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。

4. 北海道の中でも地域住民らが管理する「地域自律管理型水道」が数多く確認されている4市町村を対象に、役所または役場の水道部局担当者から、運営実態や行政との関係、情報共有の方法、課題および利点等についての聞き取り調査を行った。また、行政および水道利用組合以外の主体による管理事例について、経緯、行政との関係、

情報共有の方法、作業内容、課題等の聞き取り調査を行った。

北海道富良野市における自律型モデルの実践的とりくみの一環として、2017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、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。2020年度も、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化および水道利用組合向け報告会を実施した。その中で、本年度は特に、活動を通じて東京大学北海道演習林との連携体制を構築することを目指した。また、2017年度から作成を続けてきた管路GISについて、水道利用組合での活用促進を図るため、報告会でのデモンストレーション、1つの水道利用組合でのGISシステム試験導入を行った。

5. 山間の表流水を原水とする国内某所の飲料水供給施設においてUV-LED装置の実証試験を行った。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て実験装置に導水するフローとし、原水はろ過等の処理をせずに直接UV-LED装置に導水した。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装置の前後で採水し、また、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月に水源水量が低下傾向となつて以降、住民への供給水量確保を優先して試験を中断している（2021年3月末現在）。

6. 滋賀県T市における配水管内環境に関する実態調査として、市内2つの配水区域、合計3地点でピグ洗管の現場に赴き、洗浄排水を採取した。試料は大学に持ち帰り無機元素（Al, Ca, Fe, Mn, Si）とSS/VSSを測定し、蓄積物の存在量と組成を調査するとともに、配水管内におけるマンガンの蓄積特性の把握のため実験も行った。また、実管網におけるマンガン蓄積量の予測と制御性に関するシナリオ分析を実施した。

（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. 小規模水供給システムの課題

小規模水供給システムをめぐる課題と展望について下記の項目についての調査を実施し、事例の整理や問題点の抽出により、様々な課題に対する方策並びに情報提供のあり方について検討を行った。小規模水供給システムの類型化を行ったところ、以下の6群に分類された。

1群：安全性が高く濁りもない水源を使用。消毒はなし。

2群：表流水の交換があるため濁度対策を考慮。疫学的には安全で消毒はなし。

3群：おおむね安全な水源だが、疫学的安全のために消毒を行う。

4群：簡易ながら水道としての浄水処理としてろ過を行うもの。消毒は必須。

5群：濁度の制御が必要な表流水水源を利用するもの。急速ろ過が多い。消毒は必須。

6群：やや特殊な処理を行うもの。

一部データ補完を行い、189例について解析を行ったところ、事業収入との関係性が以下のように導かれた。

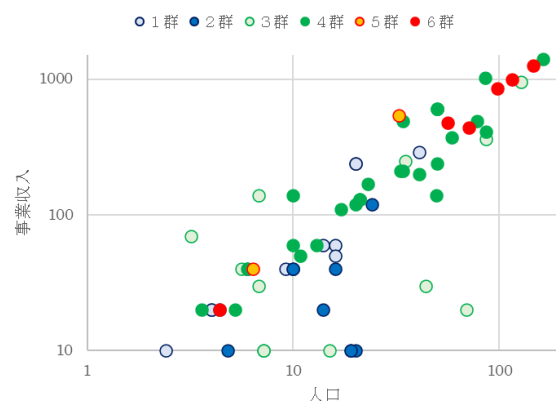


図2 類型別分類による事業の分布特性

解決策は大きく3種類に分けることができる。

1) 個別事情を勘案して技術的な解決策を検討し、施設の再整備を行う。（管理の容易な水源への切り替え、水道事業への統合などの対策）

2) ノウハウをマニュアル化して公開・浸透することにより管理レベルを引き上げる。（水源アセス手法の体系化、小規模水供給システムアセット管理手法の体系化、行政情報の共有手段の提供、組織化等）

3) 技術開発によって従来よりも効果的に運営するシステムを導入する。（水質センサー・モニタリング手法の開発、維持管理負担の軽い処理・運転法の開発、補充不要な消毒法の開発、漏水検知や仮設復旧の容易な管路技術、自動点検や薬品補充など）

今回の事例の水質検査費用について、検討を行ったところ、事業収入に占める割合は小規模水道の類型によって異なり、特に事業収入の少ない類型では、状況悪化時の水質検査費用は事業収入を大きく超えるものとなること、表流水を水源とする類型では、検査費用の占める割合が通常状態でも高くなる傾向があることが示された。

2. 広島市安佐北区および広島県山県郡安芸太田町、滋賀県長浜市寺院への訪問調査並びに京都市内における原水調査の実施

2.1 広島市安佐北区および広島県山県郡安芸太田町の状況

地元管理されている簡易水道組合への訪問し、管理者からヒアリング調査を行った。安佐北区安佐町宇津簡易水道組合では、施設の老朽化により沈殿池の水漏れや降雨時の濁度等の不具合が生じていた。また、塩素消毒を行ってはいるが、薬剤補充は貯留槽へ1回/月程度の頻度での継ぎ足しであり、塩素酸濃度増大の可能性が否定できない。水質検査は、以前は全項目試験を行っていたが、費用がかかること、水質に異常はないことから、住民話し合いの結果、基本項目だけを検査機関に依頼している。高齢化が進み、管理作業を継続することが難しくなりつつある状況から、組合を解散し市へ移管することを考え始めているが、移譲に際して老朽化が進んでいるため、管の破損等のトラブルが発生しないか心配がある。安芸太田町澄合簡易水道組合は平成7年に出来た比較的新しい施設であり、現在大きな問題や要望等は生じておらず、維持管理はトラブル等が発生する都度に業者に業務依頼し解決している。

2.2 塩素酸濃度増大の可能性について

宇津簡易水道組合では、1カ月に1回程度の頻度で塩素貯留槽へ塩素の継ぎ足しをおこなっており、古い塩素が貯留槽内に長く滞留する可能性がある。また、手持ちの塩素剤がどの程度新しいのか古いのかも不明である。このため、塩素酸イオン(C103-)濃度が増大する可能性を否定できない。過去に調査した奈良県十津川村田戸地区の飲料水供給施設の塩素注入設備では、普段は塩素注入を行っておらず、1カ月に1度、試料水を水質試験センターへ送付するときだけ塩素を注入するといった運用事例もあり、この場合、塩素が注入装置内に長く滞留している可能性があり、1カ月に1日だけであるが塩素酸濃度が高い水道水が配水されている可能性がある。委託業者が貯留槽へ塩素を継ぎ足す作業を行っている旧簡易水道地域において、塩素酸濃度が基準値(0.6 mg/L)を超過した事例も報告されている。

わが国における塩素酸イオンの検出実態は

2016年度から2017年度にかけて調査地点数が急激に増大しているが、これは簡易水道事業の上水道事業への統合が進んだことにより調査地点数も増えたためである。「対50%値」超過地点数に着目すると、調査地点数が6,627から8,354に1,727地点増えているのに対して、対50%値を超過した地点数は194から307へと113地点も増えていることがわかる。その割合は、113/1,727=6.5%に達しており、すなわち、旧簡易水道のような小規模施設において高濃度が出現しやすい傾向があると考えられる。わが国における塩素酸イオン(C103-)の基準値(0.6 mg/L以下)に対して、WHOは、2016年、毒性評価を変更し、TDI(耐容1日摂取量)を従来の30 µg/(kg・day)から11 µg/(kg・day)へ修正し、これをわが国の評価値算定式にあてはめると、評価値の試算値として0.2 mg/Lが得られる。0.6 mg/Lは、0.2 mg/Lの方が望ましい可能性があるということの意味する。

地元管理されている施設の場合、塩素の継ぎ足し作業は広く行われている。このような施設が行う水質検査は、飲用井戸等衛生対策要領に示される基本項目11項目だけという場合も数多いが、これに加えて塩素酸を検査項目に加えることが望ましいといえる。基本項目11項目の検査費用は7,000円程度～11,000円程度(残留塩素検査を含む場合あり)であるが、塩素酸の検査費用は6,000円程度である。

2.3 滋賀県長浜市寺院への訪問調査

長浜市内には10の寺院があり、当該寺院以外は水道の給水区域内にあるが、当該寺院は給水区域外で給水区域から距離があり、配水管を敷設することはできないため、寺独自の施設を有している。当該寺院では、以前は砂ろ過施設が設置されていたが、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が取水設備の不具合から水量が減少し3～4年前に膜ろ過装置は撤去、防火水槽兼原水槽からのポンプアップで寺内に供給されている(塩素消毒なし)。特段のメンテナンスは実施していないため、原水槽には砂が堆積しており、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。また、定期的な水質検査も実施しておらず、過去に自費(8000円)負担し、保健所で水質検査(11項目検査)を行った程度で、結果は大腸菌も不検出と特に問題はなかった。飲用しているが、体調不良等の問題はない。上流域に住居など、汚染源はないが、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。今回実施した水質測定では、原水濁度は高くないが、浄水メカニズムがないため、濁度は低減しておら

ず、細菌の測定結果から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。今後、長浜市市民生活部環境保全課へのヒアリング並びに 40 項目の原水水質検査を実施する予定である。

(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。)

2.4 京都市内における原水調査

トロッコ保津峡駅(京都市西京区)の北側施設、南側施設の原水について、厚生労働大臣登録検査機関に依頼して水質検査を行った。測定項目は、水質基準 51 項目のうち、消毒副生成物等 11 項目を除く 40 項目である。水質試験結果は、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、大腸菌の値は大きく、南側施設の方が何らかの汚染を受けている可能性が考えられた。

2.5 小規模水道における現実的な水質管理へ向けた枠組み

地元管理されているような小規模水道における現実的な水質検査のあり方を考えるための枠組みを検討した。まず、原水を地下水と表流水に大別している。これに対して、浄化処理が行われている場合と行われていない場合がある。浄水処理装置といいつつ、ほぼ処理機能がないケースもみられる。ついで消毒であるが、本来消毒は浄水処理の一部であるが、この図では分けて描いている点が重要である。塩素消毒が行われている場合ももちろんあるが、行われていない場合も数多い。著者はこれまでに、検討した枠組みの組み合わせのすべてを確認し、このうち、もっとも懸念されるのは、「表流水—浄水処理なし—消毒なし」のケースである。紫外線消毒はクリプトスポリジウム対策として導入が認められており、たとえば、塩素消毒が忌避される場合に、微生物的安全性を現実的に確保する方法として有用であると考えられる。このような組み合わせの中にあって、原水および浄水の水質試験における検査項目と検査頻度を整理することが望まれる。それぞれの施設の実態に応じて、検査項目を選択するとともに、検査頻度を設定していけばよいものとする。ただし、検査項目数を減らす方向ばかりではなく、微生物に関する項目はむしろ拡充し、定量的微生物リスク管理(Quantitative Microbial Risk Assessment; QMRA)手法をコンセプトとするのが望ましい。

2.6 調査対象原水の微生物リスクと浄水処理における必要除去・不活化能

過去 30 年間(1983~2012 年)に飲料水を介した健康危機の発生事例調査結果によれば、化学物質

等を含む健康被害数の合計は 140 件であり、うち微生物によるものが 131 件であった。また、そのような健康被害が発生しているのは、多くが小規模水道であった。このように、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。

小規模水道を有する地区では帰省した子供がおなかをこわす事例もあり、原因は多く考えられ、水が原因ではない可能性もあるが、水の可能性もある。また、日本語には“水あたり”という言葉がある。この“水あたり”を起こす原因としては 3 種類、①病原微生物による汚染、②硬度の高い水、③年少者による冷水の多量摂取が考えられ、ここでは QMRA 手法、

- 1) 微生物的安全確保へ向けたアプローチ方法
- 2) 細菌数を用いた必要除去・不活化能の試算
- 3) 大腸菌数を用いた必要除去・不活化能の試算
- 4) 不確実性分析

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の考察を行った。

3. 集落外部の団体との連携状況に関する質問紙調査

3.1 集落外部の団体との連携・協力の現状

103 の集落に発送し、76 集落より回答を得られた(回収率 73.8%)。簡易水道事業に移行した、行政より管理業務を委託されていると回答した集落も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。平成 27 年以降に飲料・生活用水供給施設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集落は 14 集落(19%)、したことがない集落は 61 集落(80%)であった。このことから 8 割の集落は平成 27 年以降に飲料・生活用水供給施設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ないと明らかになった。

連携・協力したことがある 14 集落での導入経緯として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「自然災害を受けたため」と「飲料・生活用水供給施設の老朽化のため」であった。(複数回答あり)また、外部団体と連携・協力して行った維持管理の作業内容は多岐にわたっており、最も回答数が多かったのは「水質検査」、「機器の修理・部品交換」次いで、「断水時の原因究明」であった。外部団体との関係として、「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、「機器の修理・部品交換」は行政や民間企業と一時的、もしくは、緊急時に連携・協力をしていることが明らかとなった。

連携・協力を行ったことがない集落(61 集落)に対しては、外部団体と連携・協力を行っていない

い理由を質問したところ、回答結果としての最も多い回答は「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」であった。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」、「してみたいと思ったが外部団体についての情報を知らず、行動できなかったから」であった。このことから集落にとって飲料・生活用水供給施設を維持管理することは自分たちで行うべきだと考えが強いこと、維持管理の作業を外部団体と連携・協力して行う必要性を感じていない集落が多いことが明らかとなった。他方、連携・協力してみたいけれど外部団体についての情報を知らないこと、会計に余裕がないことを理由としている集落があることも明らかとなった。

3.2 外部団体からの支援の利用可能性

水供給施設の維持管理に関して、外部団体からの架空の支援策として、

- 1) 支援 A (消毒剤の点検・補充 代行支援)
- 2) 支援 B (ろ過槽の点検・清掃 代行支援+協働)
- 3) 支援 C (水源の点検・清掃 (水源が地下水以外の集落対象) 代行支援+協働)
- 4) 支援 D (維持管理に関する講習会や研修会 追加支援)
- 5) 支援 E (管路の漏水点検・診断 追加支援)
- 6) 支援 F (断水、水圧低下トラブル対応 現行支援+協働)
- 7) 支援 G (応急給水 追加支援)
- 8) 支援 H (施設の改修・更新に向けての料金コンサルタント 追加的協働)

といった8パターン(支援A~H)の支援策を紹介し、支援や協働について回答者自身の意見を尋ねた。

施設の状況を尋ねるとともに、これらの支援が有償である場合と無償である場合の支援の利用希望について調査を行った。各支援への意向調査を行い、有償、無償の場合で利用希望する集落数に差はあるものの、多くの場合で支援の必要性を感じ、支援に対する抵抗感がないことが明らかとなった。

3.3 調査結果のまとめと考察

集落外との連携については、平成29年度の検討のなかでヒアリング調査を行ったS市Y地区、T県T町においては、水供給システムの管理は地元集落にまかされており、上水道事業や簡易水道事業と連携した維持管理や、集落同士が連携して維持管理を行っていることは確認できなかった。本質問紙調査でも8割近くの集落が外部との連携・協力は行っていないとの回答であり、連携・協力を実施していた集落はわずかであった。その

大きな要因として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いうことが今回の調査で把握できた。また、してみたいと思ったが外部団体についての情報を知らず、行動できなかったという連携・協力に対する意欲があることも把握できた。他方、外部団体と連携・協力して維持管理作業を行っている集落について、連携・協力している維持管理の作業内容として最も回答数が多かったのは「水質検査」、「機器の修理・部品交換」。次いで「断水時の原因究明」であった。「水質検査」は行政やNPO法人と平時、緊急時に連携・協力、「機器の修理・部品交換」は行政や民間企業と一時的、緊急時に連携・協力を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の調査では、どの支援についても有償、または、無償にて「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。また、外部団体からの支援に対して現時点では必要性はないが、支援を利用することへの抵抗感がないことも明らかとなった。

4. 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と富良野市における自律型モデルの実践的とりくみ

4.1 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) 市町村の担当者へのヒアリング調査

北海道のA町(9か所)、B町(7か所)では、いずれの小規模水供給システムも、施設は町の資産であり、形式としては、維持管理を地元の利用組合に委託する形をとっているが、委託費は発生せず、覚書に基づき維持管理を地域に任せている状況であった。日常の維持管理運営は集金も含め地元任せ、大規模更新のみ町によって行われていた。役場は、水道利用組合の総会に出席することで現状を把握するとともに、総会資料を保管しておくことで、役員の連絡先、会計情報などの把握が可能となっていた。一方、C市(15か所)および富良野市(18か所)では、施設も地元水道利用組合の資産となっているが、大規模改修や水質分析に対する補助金制度を設けており、その補助金への申請書類が、市町村にとって水道利用組合の実態を把握する上でのほぼ唯一の情報源となっていることがわかった。C市では、この申請情報の蓄積を特段していないため、直近で申請のあった水道利用組合以外については、現状の把握が困難になっていた。一方、富良野市では、上下水道課が、補助金申請内容から管理組合の情報を整理して蓄積しており、その情報に基づいて次年度の補助金申請意向調査をかけるなど、支援の

ためのコミュニケーションを積極的に取っていた。

今回調査を行った市町村の中では、A町、富良野市において特に水道利用組合とのコミュニケーションがしっかりとられており、相談があれば水道担当職員からアドバイス提供や直接的な作業手伝い等の支援が行われていた。ただし、担当者からは、「技術的なアドバイス等を行うことが水道担当部局以外では難しいのは明らかだが、市町村管理以外の小規模水供給システムは、原則、水道担当部局の管轄外であるため、現状ではイレギュラーな形での対応を取らざるを得ない」との指摘も聞かれた。

なお、2016年に研究分担者らが北海道で実施した市町村アンケート結果によれば、地域自律管理型の小規模水供給システムに対して市町村が何らかの補助金給付または施設更新などの支援を行っている例は、上記の他に、少なくとも5つの市町村で確認されている。

2) 行政および水道利用組合以外の主体による管理事例 (NPO が管理しているケース)

北海道B町a地区において、地域維持活動を行うNPOが、簡易水道の管理を行っている事例について、運営状況等を把握した。同地区は、B町本市街地から約13km(車で15分程度)離れた集落であり、市街地とは別の簡易水道が布設されている。かつては地元住民を町の非常勤職員として雇用して、この簡易水道の管理にあたっており、その当時から実質的には地域自律管理であったと言える。当該担当者が高齢となり(2015年時点で70歳以上)継続が困難になったことと、同NPOの地域維持活動展開のタイミングが重なり、2015年からは同NPOへの業務委託に変更された。委託内容は、毎朝の水質および配水量のチェックと、定期的な塩素注入量調整、緩速ろ過の砂削り等を含めたメンテナンスなどであり、毎日の作業ではあるものの拘束時間そのものは比較的短い。同NPOとしては、この業務単体では、1人分の収入にはならないが、拘束時間が限定的であるため、他事業との組み合わせにより、上手にやりくりして1人分の雇用を生み出していた。同NPOは、もともとこうした小さな仕事を集めて経営されている部分が大きく、その中では、簡易水道の委託管理は少額ながら安定した収入源の一つとしてみなされていた。一方、委託側の町役場からは、これまでのように高齢の個人に任せるよりは、体力のある若い人材がいて、いざという時には代わりの人材を供給することもでき、かつ多様なスキルや道具を持っているNPOに委託することで安心感は増した、とのコメントが得られた。

3) 行政および水道利用組合以外の主体による

管理事例(地域で会社を設立して管理しているケース)

北海道D町b地区は、合併によってD町の一部となった地域で、同地区内にはもともと簡易水道が4か所あり、現在はそれら全て経営統合済み、ハードも順次統合を進めており、調査時点で3系統に整理されていた。有限会社S(匿名)は、役場の水道担当者OBが地元の水道工事業者、土木工事業者、電気工事業者など4社の社長に相談を持ちかけ、4社の出資によって2003年に有限会社として設立した。会社設立の一番の動機は、役場の水道担当者が町全体で1名しかいない状況で、技術継承ができず、役場以外の場所で若い技術者を育てていかなければ水道が維持できないとの危機感であった。調査時点で、専任の社員は3名で、年齢はそれぞれ40代後半、50代、63歳であった。町からの水道管理委託以外の仕事は原則として行っていない。同社が管理しているD町b地区の水道施設の特徴としては、比較的起伏のある地形を少ない系統の水道で賄っていることから、ポンプの数も多く、毎日回らなければならない施設数は全部で13~14か所と多い。そして、各々の距離も離れているため、大まかに言って業務時間の約半分が移動時間に費やされている。3人の職員は、現状では、いずれも時間的余裕は無く、B町のNPOのように副業化する予定はない。

4.2 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, 8/4, 8/11の全3回)と管路地図のGIS化(9/28~部活動の中で継続的に実施)に取り組んだ。本年度は、東京大学北海道演習林内に水源を持つ2つの水供給システムの水質分析と4か所の管路図作成を行った。同演習林は、富良野市の土地の約1/3を占めており、市内の地域自律管理型水道の多く(確認できている範囲で7箇所)が、同演習林内の敷地に水源を得ている。良質な水源によって維持管理の手間とコストが抑えられている地域自律管理型水道にとって、東京大学演習林内による水源林管理は極めて重要であり、地域ぐるみの水道支援体制を構築する上で、同演習林との連携体制は欠かせないと思われる。これまでコンタクトはなかったが、高校生による演習林内水源地の調査協力依頼という形で、関係構築を図った結果、東京大学北海道演習林から調査協力について快諾が得られた。また、担当者も地域自律管理型水道について関心を示してくれたことから、演習林内での調査への協力、演習林担当者の報告会参加がそれぞれ実現した。活動の報告会は、例年11

月に富良野高校で開催していたが、農繁期の関係から、本年度は時期を変更して1月30日に実施した。報告会では、高校生からの結果報告、専門家からの講演および話題提供を行った。その中で、本課題で取り組んでいる「紫外発光ダイオード(UV-LED)を利用した水の消毒」についての技術紹介と、2017年度から作成を続けてきた管路GISデータの水道利用組合での活用促進を図るため、GISソフトのデモンストレーションと基本操作方法についての簡単な講習を合わせて実施した。

なお、GISについては、これまで使用していた有料のGISソフトウェアからフリーのGISソフトウェアに移行し、水道利用組合がほとんど追加投資なしにGISを導入できるようにした。報告会后、GIS活用に関心を示した市内の1つの水道利用組合と連携し、R3年2月よりフリーソフトを用いたGIS管路図の試験利用を開始した。

4.3 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における考察

本年度は、行政の資産となっている簡易水道または飲料水供給施設を、地域自律型で管理する際のパターンとして、少なくとも3種類(①地域へ無償で委託するケース、②地域住民を臨時職員として雇用するケース、③地域運営を担うNPOが管理を受託するケース)が確認された。各々個別の課題はあるにせよ、いずれも、現行の制度を変えずとも適用できる点が大きなメリットと考えられる。今後これらのモデルを水道運営再編の一つの選択肢として示していくことを考えた場合、①地域へ無償で委託する方法は、水道利用組合を新規に立ち上げる必要があるためややハードルが高いものの、②臨時職員としての採用、③地域運営NPOへの委託については、適任の個人または組織が地域にありさえすれば、実行可能な対策といえる。特に、地域運営NPOについては、近年、全国的に地域の課題解決を目指すNPOが立ち上がっている。それらNPOが「よろず屋」的な事業に取り組む形態をとる場合には、極小規模の事業が多く経営が不安定になりがちなことから、水道管理事業を受託することで1つの安定財源を得られることにつながる。今後は、こうした地域「よろず屋」的なNPOが、小規模水供給施設維持管理の担い手の有望な候補になりうると考えられる。なお、これらのパターンは、いずれも水道統計等では地域自律管理型であるということが見えない。それゆえ、さらに他のパターンが存在する可能性もある。今後、さらにケーススタディの蓄積を継続する必要がある。

一方、役場OBが地元工事業者と共に会社を立ち上げたケースについては、地域自律管理型と呼

ぶべきか微妙な位置づけとなるが、行政以外の地元のプレイヤーが維持管理しているという意味では、今後の小規模水供給施設維持管理の一つの選択肢として考えられる。

ただし、D町b地区のように施設数が多く、そもそも職員が常時フル稼働しているような地区では、上述のような「よろず屋」的なNPOが一括で仕事を受けることは難しいと考えられる。ただその場合においても、例えば市町村が管理する水道の中でも、特に地理的に離れた施設のみ、そこに在住する個人またはNPOに毎日の点検を依頼することで、両者がメリットを得られるような形式は考えられる。

4.4 富良野市における自律型モデルの実践的とりくみにおける考察

本年度は、例年通りの活動を継続する中で、重要な水源地域の管理者である東京大学演習林との連携強化を図った。今後は、高校生の東大演習林調査を定期的な活動に位置づけるなどして、持続性のある関係の構築を目指し、引き続き取り組みを検討していく。

なお、2020年11月には、富良野高校科学部による2017年度からの一連の水道支援活動に対し、北海道科学文化協会理事長から「科学教育活動実践表彰」が送られた。このことは、北海道新聞にも掲載され、地域住民への情報提供、意識啓発に貢献したものと思われる。

5. 小型紫外線消毒装置の実証試験結果

5.1 原水水質

一般的な水質項目(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~2021年1月、n=10)。また、その間、原水の紫外線(280nm)透過率の平均値は98.9%であった。濁度・色度の最高値(順に3.1度、3.0度)を示したのは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。

5.2 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)の微生物濃度を測定した。原水について、採水10回のうち6回で大腸菌を検出した。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。原水中の一般細菌も同様の傾向を示した一方、従属栄養細菌の濃度変化に季節性は見られなかった。原水について、水道水質基準の定める大腸菌の基準(100mL中に不検出であるこ

と)および水道水質管理目標設定項目の示す従属栄養細菌の暫定目標値(2000CFU/mL以下)をそれぞれ散発的に超過した。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。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。

測定結果から、UV-LED 処理水ではいずれの微生物項目も濃度が有意に低下した。大腸菌はUV-LED 処理水の全てで100mL中に不検出となった。原水とUV-LED 処理水の微生物濃度から処理による不活化率を算出すると、これまでに観察された最大値として、大腸菌は1.5log以上(処理後不検出のため特定できず)、大腸菌群は3.2log以上(処理後不検出のため特定できず)、一般細菌は2.8log、従属栄養細菌は2.2logとなった。

昨年度に報告したUV-LED装置(処理流量2L/minおよび10L/minの二機種)の実証試験において、従属栄養細菌の不活化率は流量2L/minの装置で最大1.5log程度(平均0.77log, n=21)、流量10L/minの装置で最大3.0log程度(平均1.8log, n=17)であった。今年度に試験した装置(処理流量30L/min)による従属栄養細菌の不活化率2.2logは昨年度の知見と概ね整合しており、今後の試験継続とデータ数の増加を待って、統計的な性能比較を試みる計画である。

6. マンガンの配水管内環境の実態調査及び蓄積特性の把握、実管網における蓄積量予測と制御方策

6.1 滋賀県T市における配水管内環境に関する実態調査

採取サンプルは、どの地点からも懸濁物質の非常に多い排水が採取され、概して黒色を呈していた。各サンプルの懸濁物質(SS/VSS)濃度、懸濁態元素(Al, Ca, Fe, Mn, Si)濃度の分析を行った結果、洗管時の排水中SSは約30~6000 mg/Lであった。各回の採水試料(No. 1~)の懸濁物質濃度を足し合わせ、洗浄対象の管路の情報から配水管単位内面積あたりの懸濁物質の蓄積量を推定したところ、配水区域Aの地点1で56 g/m²、地点2で1 g/m²、配水区域Bで12.6 g/m²と推算された。蓄積量に占める各懸濁態元素の割合をみると、2つの地点ではMnが蓄積物の主要な構成元素であり、黒い排水はMnに起因するものと推察された。対象区域は地下水を水道原水としており、配水管の使用期間のうち除Mn処理がなされていない期間が数年間あったとのことである。

国内の小規模な水供給システムにも地下水を原水とする地域があるが、塩素消毒を行う場合には配水過程でMnの酸化が進み管内での蓄積が進行するため、適切な除Mn処理を行うことが必要と考えられる。

6.2 配水管内におけるマンガンの蓄積特性の把握

室内実験におけるMn蓄積量の時間変化と蓄積モデルの適合結果から、各流速条件でMn蓄積量は時間的に増加し、特に高流速(0.08, 0.2 m/s)の条件では加速度的な増加が見られた。Mn²⁺の酸化反応は自触媒反応であり、蓄積が進むほどMn²⁺の吸着できるMnO₂が増加することで酸化反応が加速されたことがその原因と考えられる。また、蓄積量は高流速ほど大きい傾向にあった。一般に管内流速が大きいほど管壁面での水流によるせん断力によって蓄積物は脱離しやすいため、高流速の条件ほど蓄積量が小さくなると予想されたが、本実験では逆の傾向が見られたことになる。これは流速が大きいほど管内の流れの乱れが増し、試験片表面に対するMnO₂粒子やMn²⁺の時間当たりの供給量が増加したことに起因すると考えられる。さらにモデル式とのフィッティングによってMnO₂粒子の付着速度定数K_{att}と酸化反応速度に関するパラメータcを推定した結果、どちらの定数も管内流速と正の相関があり、検討した流速域においては線形関係とみなせた。このことから、この経験式を一連の蓄積モデル式に組み込み、前節で調査したT市の配水管網に適用した。

6.3 実管網におけるマンガン蓄積量の予測と制御性に関するシナリオ分析

対象管網におけるMn蓄積量を推算した結果、全管路のMn蓄積量の平均値は518 mg/m²となった。また、室内実験の結果を踏まえた蓄積モデルを用いているため、管内流速の大きい上流の管路(配水池に近い管路)ほど蓄積量が大きい傾向にあった。上流の管路ほどMnの蓄積量が大きい傾向にあることは既往研究でも確認されており、その傾向を数理モデルで再現し、蓄積量分布を可視化することができた。続いて、シナリオ分析結果から、対策なしのベースケースに対する平均蓄積量の割合は、WQ1~4とRF1~4のシナリオで100%を下回り、蓄積量を削減する効果があることがわかった。まず、WQ1, 2の結果から、現状の全Mn濃度を維持したままMn²⁺の割合を現状の90%から10%、50%に低減することによってそれぞれ22%、18%の削減効果が推算された。これはMn²⁺の割合が大きいほど化学酸化による加速度的なMn蓄積が進むためであると考えられ、なるべくMnを酸化させてから配水することが重要と考えられる。

一方、シナリオ WQ3, 4 より、Mn の形態組成を保ったまま全 Mn 濃度を 50%、30% に低減した場合の削減効果はそれぞれ 48%、29% となり、WQ1, 2 よりも大きな効果が見込まれた。以上より、浄水処理の段階でなるべく全 Mn 濃度を低減し、 Mn^{2+} を酸化させることが Mn 蓄積量の低減には重要であることが示された。次に、管路の縮径を行うシナリオ PD1~3 ではいずれもベースケースよりも高い平均蓄積量が得られた。これは縮径に伴って管内流速が向上したことにより、 MnO_2 粒子の物理付着と Mn^{2+} の化学酸化を介した蓄積の両方が促進されたことに起因する。一般的に懸濁物質の蓄積を制御するためには管内流速を向上させることが有効な手段と考えられているが、Mn は特有の蓄積機構を持つために縮径は有効な制御方策とならない可能性が示された。さらに、定期的な洗管を想定したシナリオ RF1~4 は 6~40% の蓄積量の削減効果が見込まれた。洗管頻度を年 2 回とする RF1, 3 は、それぞれ年 1 回の洗管を行う RF2, 4 よりも蓄積量を低減できており、高頻度の洗管が有効であることが示された。また、毎回の洗管で蓄積量の大きい小区画を優先的に洗管するシナリオ RF1, 2 の方が、単純に小区画を順番に洗管していくシナリオ RF3, 4 よりも高い削減効果を示しており、洗管対象とする区画の適切な選定が重要であることがわかる。浄水処理 (WQ1~4) と洗管 (RF1~4) のシナリオを比較すると、例えば WQ2 と RF3 のシナリオや、WQ3 と RF1 のシナリオが同等の制御性を示すことがわかる。特に小規模水供給システムにおいて洗管は実施可能ではないことも多いが、それに相当する効果が浄水処理の改善によって達成できる可能性が本分析によって示された。このように異なる制御方策による効果を定量的に比較できたことが本研究の主要な成果といえる。

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、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、実験や調査、検討を行った。

1. 飲料水供給施設、簡易水道の課題と方策

飲料水供給施設、簡易水道の制度上の課題等について整理を行った。水質のタイプや諸条件について類型化し、水質検査の影響や人口当たりの費

用等を解析し、水質検査費用の影響が大きい場合があることが分かった。また、複数の簡易水道が点在する地域で、処理施設、管路更新等を行う際の条件についてシミュレーションを行った。簡易水道の1事業体当たりの給水人口は減少傾向にある。給水人口当たりの総配管延長 (単位配管延長) が大きく給水原価に影響している。給水原価は、簡易水道の平均 (297円/ m^3) に対して、過疎地にある人口5千人以下の簡易水道は333円/ m^3 と1割以上高い。過疎地人口5千人未満の簡易水道のブロック別の給水原価は近畿ブロックにおいて最も高く、近畿圏ブロック内の簡易水道の経営状況には建設にかかる資本単価の影響が大きいことが分かった。

2. 広島市安佐北区、および広島県山県郡安芸太田町への訪問調査を行った結果、地元管理されている施設の場合、塩素貯留槽への塩素の継ぎ足し作業が広く行われていることから、水質検査項目として、基本項目に加えて塩素酸の検査の実施が望ましいことを指摘した。また、地元管理されているような小規模水供給施設においては、原水の種類、浄水処理の有無、消毒の有無によって分類したうえで、現実的な水質検査のあり方を考えるための枠組みを示した。

京都市西京区の施設では原水調査を実施し、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。加えて、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。

3. 岐阜県、京都府、島根県、岡山県、大分県、高知県、佐賀県において飲料水供給施設等の小規模水供給施設を管理し使用している集落を対象に、集落外部の団体との連携・協力状況、外部の団体からの支援の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。本質問紙調査の結果、中部地方から九州地方の小規模な水供給施設を管理・利用している集落における、外部団体との連携・協力の実態、および、架空の支援策ではあるが各支援に対する利用意向を把握でき、外部団体からの支援に対して有償、無償の場合においても「利用すると思う」「おそらく利用すると思う」と回答した集落があり、外部団体からの支援に対するニーズがあることが明らかとなった。また、外部団体からの支援に対して現時点では必要性はないが、支援を利用することへの抵抗感がないことも明らかとなった。今後は、外部団体からの支援や連携協力を既に行っている集落について実態調査を行うとともに、支援の可能性をもつ民間団体に対して本研究で把握された実態や価格帯の情報を提示した質問調査を行うなどし、実現可能性や課題についての検討を進めていきたい。

4. 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、自治体の資産となっている飲料水供給施設の管理を地域住民に委託（無償）する形で、地域が自律的に管理しているケース（2町・計16例）、地域で水道管理のための有限会社を設立して自治体からの委託により簡易水道を管理しているケース（1例）、地域運営を担うNPOが自治体からの委託を受けて簡易水道を管理しているケース（1例）の運営実態を把握した。いずれも、現行の制度を変えずとも適用できる点が大きなメリットと考えられた。また、今後これらのモデルを水道運営再編の一つの選択肢として示していく場合、近年、全国的に地域の課題解決を目指すNPOが立ち上がっていることから、地域「よろず屋」的な活動を行うNPOが、小規模水供給施設維持管理の担い手の有望な候補になりうると考えられた。

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。R2年度は、高校生による東京大学演習林内水源地の調査協力依頼をきっかけに、演習林内での調査協力、演習林担当者の報告会参加が実現し、今後の連携強化につなげることができた。また、高校生が2017年より作り続けてきた管路GISの活用策については、定例の富良野高校報告会においてGISのデモンストラーションと操作講習会を行うとともに、1つの水道利用組合において実管理体制の中にGISソフトウェアを試験導入することができた。なお、試験導入のフィードバックは今後1年間かけて追っていく予定である。

5. 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、本研究により得られた主な結論を以下に示す。

1) 原水では、散発的ながら大腸菌陽性の場合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、原水に比べて微生物項目（大腸菌、大腸菌群、一般細菌、従属栄養細菌）の濃度および検出率が低下し、特に大腸菌については試験期間を通じて不検出を達成した。

3) 本研究で採用したUV-LED装置による不活化率は、これまでの最大値として、大腸菌は1.5log以上、大腸菌群は3.2log以上、一般細菌は2.8log、従属栄養細菌は2.2log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設定項目として示

された従属栄養細菌数の暫定目標値（1mL中に2000CFU以下）の全てを継続的に満たした。

本研究により、小規模分散型水システムのひとつとして、集落規模でUV-LEDを光源とする消毒装置を活用する可能性が示された。今後は、引き続き実証試験を継続し、特に季節変動を調べる観点から1年間にわたるデータの蓄積を目指す。また、使用後の装置内の汚損等を精査し、実装による処理性能劣化の可能性を検証する計画である。

6. 実際の配水管網において配水管内環境に関する実態調査を行ったところ、配水管の単位内面積あたりの懸濁物質の蓄積量は1~56 g/m²と推定され、マンガンが蓄積物の重要な構成成分として挙げられた。また、配水管内におけるマンガンの蓄積特性の把握するため室内実験を行いMnの蓄積過程を異なる管内流速条件で比べた結果、管内流速が大きい条件ほどMnの蓄積が大きく、MnO₂粒子の物理付着とMn²⁺の化学酸化を介した蓄積の両方が管内流速によって促進されることを明らかにした。さらに、これを定式化した蓄積モデル式を構築できた。

構築したモデル式を実態調査区域に適用することで、Mnの蓄積量分布を可視化することができた。さらに、蓄積物制御のための3つの方策（浄水処理によるMnの形態・濃度の制御、縮径による管内水理条件の制御、洗管）による制御性をシナリオ分析によって定量的に推定し、通常は実施不可能な洗管と同等の効果を浄水処理の改善によって見込まれることなどを示した。

今後も様々な小規模水供給システムの施設についての情報収集及び調査を行い、現状の把握や経済的な視点を含めた維持管理体制に関する情報収集及び調査・研究を行う。また、これまでに得られた知見については、ホームページを試作中であり、手引きやインターネット等を用いた情報共有方法の準備を進める。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

○浅見真理. 小規模水供給システム—人口減少と水道—. 空気調和・衛生工学. 2020;94(9):723-729.

○浅見真理. 小規模水供給システムの課題と今後の展開. 水道. 2020;65(5):1-5.

○木村昌弘, 伊藤禎彦; 人口減少を踏まえた小規模水道のあり方についての一考察. 環境衛生工学研究, Vol. 34, No. 3, pp. 64-66, 2020. 7.

○中山信希, 伊藤禎彦, 堀さやか; 情報提供による水道料金評価の改善効果に関する分析. 環

- 境衛生工学研究, Vol. 34, No. 3, pp. 67-69, 2020. 7.
- 増田貴則, 堤晴彩, 岩田千加良, 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・記録保存に関する実態調査, 土木学会論文集 G(環境), Vol. 76, No. 7, pp. III_33-III_42, 2020.
- 小熊久美子, 渡邊真也. 分散型水処理技術としての活用を想定した紫外発光ダイオード (UV-LED) 装置の実証. 水環境学会誌, Vol. 43, No. 4, 119-126, 2020.
<https://doi.org/10.2965/jswe.43.119>
 Majid Keshavarzfarzathy, Yamato Hosoi, Kumiko Oguma, Fariborz Taghipour. Experimental and computational evaluation of a flow-through UV-LED reactor for MS2 and adenovirus inactivation. Chemical Engineering Journal, 127058, 2020.
<https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.127058>
- ## 2. 学会発表
- 木村昌弘, 伊藤禎彦; 人口減少を踏まえた小規模水道のあり方についての一考察, 環境衛生工学研究会, 2020. 7.
- 中山信希, 伊藤禎彦, 堀さやか; 情報提供による水道料金評価の改善効果に関する分析, 環境衛生工学研究会, 2020. 7.
- 中山信希, 伊藤禎彦, 堀さやか; 水道料金に対する評価を改善するための提供情報, 令和 2 年度全国会議 (水道研究発表会) 講演集, pp. 48-49, 2020. 11.
- ・齋藤真太郎, 須田康司, 惣名史一, 伊藤禎彦, 伊藤雅喜, 清塚雅彦; スマートな浄水システム / 技術レベルの維持・向上を目指して—A-Dreams プロジェクトの取組から—, 令和 2 年度全国会議 (水道研究発表会) 講演集, pp. 214-215, 2020. 11.
- 増田貴則, 堤晴彩, 岩田千加良, 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に関する作業負担の実態, 令和 2 年度全国会議 (水道研究発表会) 講演集. pp. 110-111, 2020.
- 堤晴彩, 増田貴則, 住友萌名, 浅見真理, 小規模集落が維持管理する水供給システムの実態及び民間団体からの支援に関する意向調査, 令和 2 年度全国会議 (水道研究発表会) 講演集. pp. 112-113, 2020.
- 島崎 大, 安達吉夫, 浅見真理, 末吉 智, 前川啓子, 中里文江. 小規模水供給施設向け簡易消毒技術の適用可能性に関する実験的検討. 令和 2 年度全国会議 (水道研究発表会) 2020. 11 誌上開催.
- 児玉知子, 大澤絵里, 浅見真理, 戸次加奈江, 松岡佐織, 嶋根卓也, 松本俊彦, 三浦宏子, 樺田尚樹, 横山徹爾. 日本における Universal Health Coverage の達成状況と課題. 国際保健医療学会グローバルヘルス合同大会 2020. P7-1. 2020. 11. 2. オンライン
- 浅見真理, 児玉知子, 大澤絵里, 戸次加奈江, 樺田尚樹. SDG 3 における水・衛生に関連した保健指標の経緯について. 国際保健医療学会グローバルヘルス合同大会 2020. P7-4. 2020. 11. 2. オンライン
- Asami, M., Simazaki, D., Adachi, Y., Lab-scale Application of Upflow Filtration and UV-LED Treatment for Small Water Supply Systems. 1A-06, Water and Environment Technology Conference Online2020 . 2020. 11. 7. On line.
- 牛島健, 北海道内農村地域における生活系水インフラの課題と対策の糸口, 農村計画学会 2020 年度西日本ブロック地区セミナー, 2020. 4. 12, ZOOM による Web 開催
- 小熊久美子, 渡邊真也. 山間地における紫外発光ダイオード (UV-LED) 水消毒装置の実証. 第 23 回日本水環境学会シンポジウム、オンライン、2020. 9. 10.
- ・小熊久美子. 深紫外 LED による水の消毒. GaN コンソーシアム 2020 年度光デバイス WG 講演会、オンライン、2020. 12. 17 (招待講演)
 - ・小熊久美子. 深紫外 LED による殺菌応用の最新動向. 三重大学北勢サテライト研究会セミナー、オンライン、2020. 12. 17 (招待講演)
 - ・小熊久美子. 紫外線を利用した水処理技術の世界動向と将来展望. 第 9 回機能性バイオミシンポジウム、オンライン、2020. 9. 3 (招待講演)
 - ・Kumiko Oguma, UV disinfection the achievements and prospects for the future, International UV Association Workshop, オンライン、2021. 2. 18. (招待講演)
 - ・佐渡友康, 小熊久美子, 風間しのぶ, 滝沢智. 紫外 LED を用いた太陽電池駆動型水処理装置の実証試験と電力に関するシナリオ分析、第 55 回日本水環境学会年会、オンライン、2021. 3. 12
 - ・小熊久美子, 佐渡友康. 紫外線と塩素の併用による水中の 2-メチルイソボルネオール分解に関する基礎的検討、第 55 回日本水環境学会年会、オンライン、2021. 3. 12
- ## 3. その他
- (1) 総説・解説

○伊藤禎彦;小規模水道をめぐって,水団連,第146号(新年号),p.5,2021.1.

○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.

・浅見真理.新型コロナウイルスと消毒に関する話題.水団連.2020;144:2-6.

・浅見真理.それぞれの3.11-放射能、避難所、緊急時.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.

(2) 講演等

○浅見真理.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.小規模水供給システム研究会,国立保健医療科学院生活環境研究部,東京大学大学院工学系研究科附属水環境工学研究センター主催,Zoom開催,2020.6.24.

○伊藤禎彦,堀さやか;住民との連携に関する検討,小規模水供給システム研究会,国立保健医療科学院生活環境研究部,東京大学大学院工学系研究科附属水環境工学研究センター主催,Zoom開催,2020.6.24.

○伊藤禎彦;小規模化が進む水道システムを考える～地元管理水道から水道料金問題まで～,2020年度「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,合人社ウエンディひと・まちプラザ北棟6階マルチメディアスタジオ(広島市),2020.10.28.

○伊藤禎彦;地元管理水道の実態と水質管理上の課題,土木学会環境工学委員会臨床環境技術小委員会・環境技術思想小委員会,小規模水道の衛生問題に関するシンポジウム,Zoom開催,2020.11.26.

○Sadahiko Itoh; Water Supply System and its Perspectives, The 4th Workshop on Kyoto University - Mahidol University On-site Laboratory, Zoom開催,2020.11.27.

○Sadahiko Itoh; Water Supply System Facing a Depopulation Society of Japan, 京都大学 - 清華大学 2020年日中環境技術共同研究・教育シンポジウム, Zoom開催,2020.12.5.

○増田貴則,堤晴彩,小規模水供給システムの維持管理と住民協働,シンポジウム「小規模水供給システム研究会」,2020.6.24.

・増田貴則,表明選好法を用いた水道管路システムの更新及び管理策向上便益の評価,人口減少

社会における水道管路システムの再構築及び管理向上策に関する研究成果報告会(水道技術研究センター主催),東京,飯田橋レインボービル,2020.7.13.

○増田貴則,堤晴彩,小規模集落が管理する水供給システムについて,琴浦町野田集落意見交換会(鳥取県中部総合事務所地域振興局主催),2020.9.7.

増田貴則,表明選好法を用いた水道管路システムの更新及び管理策向上便益の評価,人口減少社会における水道管路システムの再構築及び管理向上策に関する研究成果報告会(水道技術研究センター主催),大阪市,大阪駅前第3ビル,2020.9.14.

増田貴則,表明選好法を用いた水道管路システムの更新及び管理策向上便益の評価,人口減少社会における水道管路システムの再構築及び管理向上策に関する研究成果報告会(水道技術研究センター主催),札幌市,TKP札幌カンファレンスセンター,2020.9.29

増田貴則,表明選好法を用いた水道管路システムの更新及び管理策向上便益の評価,人口減少社会における水道管路システムの再構築及び管理向上策に関する研究成果報告会(水道技術研究センター主催),福岡市,ACU-H紙与博多中央ビル,2020.10.13

○牛島健,小規模のしくみは小規模の理屈で考えるーこれまで見逃されてきた小規模インフラの成功事例に学ぶー,(連載:環境技術思想ー持続可能な社会に向かって 第7講),月間下水道,2021年1月号,pp.93-,2020.

○牛島健,地元高校生との小規模水道支援体制づくりの裏側,地球研 OpenTS ウェビナー,2020.10.28, ZOOMによるWeb開催

○牛島健,北海道における住民との連携事例,小規模水供給システム研究会(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」,2020.06.24, ZOOMによるWeb開催

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得
該当なし
2. 実用新案登録
該当なし
3. その他
該当なし

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（20LA0501）

研究報告書

小規模水供給システムにおける維持管理手法並びに 持続的な管理体制に関する研究

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
研究協力者 沢田 牧子 国立保健医療科学院 生活環境研究部
山口 岳夫 国際厚生事業団参与

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）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を目的として、そのための方策を検討する研究を行った。

これまでの事例等の整理を基に、小規模水供給システムこれからの課題を明確に整理することが出来た。小規模水供給システムを有する地域においては、人口減少や住民の高齢化、施設の老朽化など多くの課題を有しており、その解決に向けての取り組みを早急に行うことが求められる。特に水質や水源の安定性の特性を踏まえ、施設整備と水質検査、水質管理の重点化を行う必要性が高いことが分かった。今後、小規模水供給システムの相談体制や情報提供体制の確立も重要であると考えられた。

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（水道事業者や専用水道設置者）により水の供給を受けているものは、全国で約98%の水道普及率を達成しているが、一方で、水道法適用外の小規模水道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。

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）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を目的として、そのための方策を検討する研究を行った。

B. 研究方法

水道未普及地域における水の供給は、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だけの状況である。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。

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ため、小規模水供給システムをめぐる課題と展望について下記の項目についての調査を実施し、事例の整理や問題点の抽出により、様々な課題に対する方策並びに情報提供のあり方について検討を行った。

1. 小規模水供給システムにおける事例の整理
2. 水質検査に関する課題
3. 海外事例の収集
4. 小規模水道をめぐる技術開発の可能性
5. 小規模水道システムの課題への対応に資する方策の検討
6. 地方自治体の取り組み事例

C. 研究結果及びD. 考察

1. 小規模水供給システムの事例と課題

これまでの研究（「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）（平成29年度～令和元年度））等により実施した小規模水供給システムにおける実態調査の結果を整理すると共に、これらの調査で共通に認識されている課題の抽出を行うこととした。

また、より極端な制約を有する海外の小規模水道における状況を踏まえた上で、小規模水供給システムの実態を端的に表現する注目点と典型的なパターンについて考察し、小規模水道の分類方法について提案する。

（1）小規模水供給システムをめぐる課題に関する事例等の整理

小規模水供給システムにおける様々な課題・問題整理し情報を収集することにより「持続性」の視点から小規模水供給システムを体系化、類型化していくことができると考えられる。

このため、これまでに調査した様々な水供給システムにおける調査結果を収集し、事例の特徴や抽出された課題を拾い上げ、分類することを試みた。

本調査の前研究である「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（平成 29 年度～令和元年度）」では、主に簡易水道よりも小規模な国内の飲料水供給施設等の小規模水供給システムについて、抱える事例と課題、対応策等を調査した。本研究の中で対象とする小規模水供給システムは、図 1 に示す数軒程度～簡易水道に該当しない規模の飲料水供給施設等に該当する。また、小規模水供給システムに関して調査・整理された事例を収集し、表 1 のとおり整理をした。

水道・水供給システムの区分

給水人口	区分	認可主体	運営主体	備考
5万人超 (※1)	(公営) 上水道事業	大臣認可 (※2)	県・市・企業団 など	公営企業的な 要素が強い
5,001人以上 ～5万人以下	(公営) 上水道事業	都道府県認可	市町村	規模・場所により 実は様々
101人以上 ～5千人以下	簡易水道	都道府県認可	市町村	上水道との統合が 進むが ・・・
50 (30) 人 以上	飲料水供給施設 (公営)	市町村が設置	市町村	条例による
数軒程度	組合等	市町村が補助 (一部)	住民 (市町村職員による 助言が有効)	飲料水供給施設が 出来た時に、区域外に なった地区など
1 家庭	飲用井戸 (個人井戸)	衛生部局・保健所が 指導	住民	衛生状態の管理が 課題



National Institute of Public Health

※1 特定水源水道事業以外のものは都道府県認可
※2 指定都道府県が認可主体となる場合もある ²

図 1 水道・水供給システムの区分

表 1 小規模水供給システムに関する調査報告事例

研究者	研究成果・資料等	事例の概要
国立保健医療 科学院 (浅見、島崎 他)	・平成 30 年度統括・分担研究報告書「小規模水供給システムの現状と課題に関する研究」 ・平成 29 年度統括・分担研究報告書「小規模水供給システムの現状と課題に関する研究」資料 1-3	13 の現場調査事例の整理・特徴的な 5 市の取組を抜粋
京都大学 (伊藤)	・小規模水供給システム研究会(令和 2 年 6 月 24 日) ・令和元年度統括・分担研究報告書「地元管理されている小規模水道の実態と課題」 ・平成 30 年度統括・分担研究報告書「住民との連携による	小規模水道、飲料水供給施設、専用水道の 16 の現場調査による詳細報告

研究者	研究成果・資料等	事例の概要
	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」	
鳥取大学 (増田)	<ul style="list-style-type: none"> ・小規模水供給システム研究会(令和2年6月24日) ・小規模水道シンポジウム(令和元年9月) ・令和元年度統括・分担研究報告書「小規模集落が管理する水供給システムの維持管理・記録保存の実態および維持管理作業における集落外との連携状況」 ・平成30年度統括・分担研究報告書「小規模水供給システムの維持管理に関する実態・記録保存等の状況調査」 ・平成29年度統括・分担研究報告書「小規模水道の維持管理方策に関する研究」 	185集落、47集落からの質問紙調査の回答を分析、現地調査・ヒアリング調査から課題・の抽出
北海道立 総合研究機構 (牛島)	<ul style="list-style-type: none"> ・土木学会論文集「実態調査に基づいた人口減少地域における地域自立型水インフラマネジメントの可能性」 	北海道39件の事例を調査解析
神戸大学 (鍛田)、 積水化学工業	<ul style="list-style-type: none"> ・小規模水供給システム研究会(令和2年6月24日)報告 	5件の小規模水道の現状と課題を報告
山梨大学 (西田)	<ul style="list-style-type: none"> ・小規模水供給システム研究会(令和2年6月24日)報告 	小規模水道16件の課題と対処策提案
JWRC	<ul style="list-style-type: none"> ・小規模水道シンポジウム(令和元年9月)報告 ・平成29年度水道研究発表会 ・平成29年度特別研究事業「小規模水道事業及び施設の再構築に関する調査―課題解決に向けた参考事例集」 	小規模集落への給水手法検討事例
河内長野市 上下水道部	<ul style="list-style-type: none"> ・小規模水供給システム研究会(令和2年6月24日)報告 	簡易水道一部地区の課題報告
静岡市保健所	<ul style="list-style-type: none"> ・小規模水道シンポジウム(令和元年9月)報告 	7件の飲料水供給施設と4件の簡易水道の現状
浜松市 上下水道部	<ul style="list-style-type: none"> ・小規模水道シンポジウム(令和元年9月)報告 	飲料水供給施設145施設の内訳と現状報告
宮崎市 上下水道局	<ul style="list-style-type: none"> ・平成30年度水道研究発表会 報告 	飲料水供給施設の運搬給水の事例報告
広島県	<ul style="list-style-type: none"> ・平成30年度水道研究発表会 報告 	水道未普及地域への給水方法の検討報告

研究者	研究成果・資料等	事例の概要
全国簡易水道協議会、 奈良県野迫川村	・水道 Vol.65No.4(2020)「野迫川村～コミュニティがささえてきた小さな村の小さな水道」	ソフト統合済施設を含む 5 つの簡易水道と 6 つの飲料水供給施設の現状整理
奈良県十津川村	・奈良県十津川村 HP「十津川村令和 2 年度水質検査計画」	14 の簡易水道の詳細情報
岡田産業	・水道新聞「小規模水道課題解決に貢献する TO 式上向きろ過池」(令和元年 11 月 7 日)	上向ろ過を用いた簡易水道(上水道に経営統合済)の事例
「森の里の水自慢」実行委員会	・平成 14・15 年度福島県相双地方振興局企画調整事業「森の里の水自慢」事業報告書ー水道未普及中山間地における飲料水のあり方の検討についてー	自己水源を自己管理することを選択した事例
その他	・水道ビジョン、経営戦略、基本計画などで現在給水人口 100 人以下の簡易水道、専用水道、飲料水供給施設、小規模水道のデータを抜粋	

(2) 小規模水供給システムにおける分類方法の検討

小規模水供給システムが抱える課題を体系的に把握するためには、特徴によっていくつかの類型に整理することが有効である。これまでの調査によって具体的な課題が報告されている小規模水供給システムの事例を利用し、分類のための指標を決めることが有効と考える。そこで、これまでに整理された事例をリストとし、分類する上で必要となる小規模水供給システムの仕様情報を整理する。この作業を通じて、どのような仕様情報が収集しやすいか、そこで指摘された課題に類似性、関連性があるか等、考察していくこととする。

①小規模水道の事例情報の収集

これまでの収集事例をリスト化し、網羅的に得ることが出来て事業の特性を把握できる仕様情報についての検討を行った。また、本調査では将来的な水道法上における事業の休止及び廃止の可能性に鑑み、簡易水道や専用水道で現在給水人口が 100 人以下のものについても統計からデータを収集した。各種報告書や統計等から得られる仕様情報の項目を表 2 に示す。

表 2 小規模水供給システムに係る仕様情報

項目	何を判断するか	選択肢の例	備考
事業の種別・維持管理体制	管理状態、経営体制の目安となる	専用水道(公共管理)、専用水道(組合管理)、小規模水道(公共管理)、小規模水道(組合管理)、管理統合された小規	事業統合例はあわせてピックアップする。組合営と地元管理は

項目	何を判断するか	選択肢の例	備考
		模水道（公共管理）、等	同じとした。
給水人口	施設規模、収入の 目安となる	人数（人）	人数か戸数。計画時、 確認時、現状、の3種 類がある。
計画給水戸数		戸数（戸）	
現在給水人口		人数（人）	
現在給水戸数		戸数（戸）	
給水量	施設規模の目安 となる。	年間給水量（m3）	資料により評価指標 が異なる。
		有収水量（m3）	
		計画日最大給水量（m3）	
施設能力		水量（m3）	不明が多い。
水源種別	水の安全性、維持 管理負担、災害脆弱 性の目安とな る。	表流水（堰堤）、表流水（脆弱）、表流水 （伏流水）、井戸、湧水（保護）、湧水（脆 弱）、等	浅井戸、湧水、伏流水、 表流水などは類似性 を判断する。
水処理の方法		無処理、塩素消毒、ろ過、緩速ろ過、上 向交流緩速ろ過、急速ろ過、膜処理、等	消毒の実施の有無が 重要。ろ過の記載は区 分を判断する。
導水方式	施設整備費、維持 管理費の目安と なる	短距離を自然流加、長距離を自然流下、 短距離をポンプ圧送、長距離をポンプ 圧送	導水管が長いケース を把握したいがデー タは少ない。
配水方式	施設整備費、維持 管理費、災害脆弱 性リスクの目安 となる	短距離を自然流加、長距離を自然流下、 短距離をポンプ圧送、長距離をポンプ 圧送	一部しかデータがな い。
管路総延長		距離（m）	地域特性を評価でき るがデータが少ない。
収入	収入、施設維持 費、家計負担感の 目安となる。	世帯あたりの負担額、水量あたりの負 担額	負担の方法が様々な ので一定の仮説によ り比較する。
		市町村等による補助の割合	殆ど記述なし
有収率	管理状態の目安 となる。	有収率（%）	実際の調査例で調べ られている場合でな いと把握が困難。
水質検査		実施せず、希望に応じて実施、定期的 に実施	
図面管理		施設管理図面あり、施設管理図面なし	

②水道データの抱える問題点

小規模水供給システムにあつては、上水道や簡易水道といった水道事業と異なり水道法適用外の施設であり、地元住民等の組合によって設置・運営されていることから、全ての仕

様情報を備える施設は数少なく、収集しやすいデータとそうでないデータがあること、表現の方法が大きく異なるものがあることが把握できた。また、全体の傾向として、公営事業で大規模なものほど管理情報が充実しており、地元管理の小規模事業ほど情報が乏しいことを確認した。

これらのことから、今後小規模水供給システムの情報を収集する上で、どのような情報に着目して収集すべきか、その情報が収集しやすいものかを評価するために一定の重要性があると考え、データの集めやすさについて、事業規模との関係性を表3のとおり整理した。

表3 データの網羅度の状況

	経営種別	計画給水人口	現在給水人口	計画給水量	実績水量	施設能力	原水種別	浄水施設	配水方式	管路延長	料金体系	料金	補助金等	水質検査	図面管理
簡易水道	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	-	◎	◎
専用水道	-	○※	○※	△	○	○	△	○	×	×		△	×	△	△
小規模水道	△	△	○	△	×	×	△	△	△	×	△	△	△	△	×
個人井戸	-	×	△	×	×	×	○	×	×	×	×	-	×	×	×

【凡例】

◎：データあり、○：全てではないが把握できる例が多い、△：報告例はあるが数は少ない、
 ×：把握するのは困難、-：該当データなし
 ※：専用水道において計画給水人口は、確認時給水人口と読み替える。

次に、これまでの作業から注目すべき点をピックアップした。

- ・データが都道府県ごとに異なる。
- ・特に、飲料水供給施設等の小規模水供給システムについては、施設数と全施設の合計値のみを示し、施設ごとのデータが公開されていない都道府県もある。詳細データがある場合でも、記載項目が都道府県によって異なる。
- ・水源種別と処理法については相当程度網羅できた。しかし、専用水道の原水種別は、自己水・受水の分類のみで水源種別が明記されていないケースもあった。
- ・事業の規模を評価するためには人口もしくは給水戸数が有効で、給水量のデータはない事業が多い。ただし、人口や戸数もその管理方法がまちまちである。
- ・小規模水供給システムの維持管理体制の表記のばらつきがある。地元管理、水道組合、住民管理、といった分類の他に、公営・民営・組合営の分類や、公営（指定管理者は民間業者）といった表記もみられ、実質的に維持管理を行っている主体を比較が難しく、分類区分を整理すべきである。

・小規模水供給システムに係る公表データが非常に少ない。水源の状態（堰堤や保護設備の有無）、給水量、施設能力、管路延長、図面のデータは、現地調査もしくはデータ依頼をした場合でなければ入手できない状況である。整理すべき最低限の情報の水準については、小規模水供給システムの定義も含めて全国共通の見解を示すべきではないか。

これらのことから、小規模水供給システムに関するデータは県単位で異なり、整理すべき最低限の情報についても全国共通で明確な規定や基準が無いことから、我が国全体で小規模水供給システムについての課題を論ずるにあたって障害となっている可能性が高い。検討の結果、小規模水供給システムの定義や小規模水供給システムとして備えるべきデータ項目について、明確な基準を示す必要があると考える。

③小規模水供給システムの分類方法の提案

小規模水供給システムの分析にあたって、データの入手しやすさ、重要性に鑑み、分類の指標とする項目を以下のように整理する。

管理形態	簡易水道との区別、公営か組合営か、事業統合の対象か、等
水源と浄水	水源の安全性と水処理のどちらに依存した水道か
給水規模	主に給水人口か給水戸数で評価する
事業収入	世帯あたりの負担額、総収入で評価する

次に、小規模水道システムの抱える課題のパターンとその原因、対応策を紐づけるため、小規模水道システムを類型化することを試みた。小規模水道システムは多様ではあるが、ここまでに見てきたように、その整備の経緯に注目し、抱える制約の重さにより区分が可能と考える。各事業のデータを収集しやすい項目は、管理形態、水源と浄水、給水規模であるので、これらの指標をもとに、以下の1－6群で類型化することとした。

表4 類型化と特徴

項目	特徴
1群	安全性が高く濁りもない水源を使用。消毒はなし。
2群	表流水の交換があるため濁度対策を考慮。疫学的には安全で消毒はなし。
3群	おおむね安全な水源だが、疫学的安全のために消毒を行う。
4群	簡易ながら水道としての浄水処理としてろ過を行うもの。消毒は必須。
5群	濁度の制御が必要な表流水水源を利用するもの。急速ろ過が多い。消毒は必須。
6群	やや特殊な処理を行うもの。

今回、分析の対象とした事例は計189例であり、一部データが欠損しているケースについて以下の考え方でデータを補完した。

- ・処理方式の記載がないものは水源種別や管理形態から無処理か消毒のみかを判断した。
- ・給水人口と給水戸数は現在値を使用。給水人口の記載がある場合はこれを使用し、給水戸数のみの場合は全体の平均値から 2.5 人/世帯で換算。また、計画給水人口（戸数）のみで現在給水人口が不明な場合は、これも全体の平均値から、計画の 40%の人口を現在人口と評価した。
- ・世帯あたり負担額は一般用（農業用などは加算されていることが多いがこれを適用しない）とし、重量料金の場合は使用水量を 10m³ として負担額を算出。世帯数は現在人口を 2.5 で割り戻して適用した。

以上の区分の結果から、小規模水道システムのパターンを 6 類型で整理した結果は表 5 のとおりである。

表 5 小規模水道の類型別分類

項目	インプット	管理形態	水源と浄水処理の状況	給水人口	事業収入
1 群	地下水・湧水 + 無処理 + 消毒なし	ほぼすべて 小規模水道 (組合)	安全性は水源に依存する。地表水との交換がほとんどなく、水源水質の変化、病原性微生物の懸念がかなり小さい水源を使用。	14 例 平均 17 人 (3 人～68 人)	12 例 平均 103 千円 世帯当たり 11,700 円
2 群	表流水 + 簡易処理 + 消毒なし	ほぼすべて 小規模水道 (組合)	地表水との交換があり、濁度は上昇する場合はあるが、病原性微生物の懸念は小さい水源を使用している。水質を安定させるための簡易処理が設置されている場合がある。	18 例 平均 18 人 (1 人～61 人)	12 例 平均 27 千円 世帯当たり 5,600 円
3 群	地下水・湧水 + 無処理 + 塩素消毒	小規模水道 簡易水道 組合が多い が公営もみ られる	地表水との交換が小さく水源水質の変化があまりないが、病原性微生物の懸念を払しょくするため塩素消毒を行っている。水源に懸念がある場合と、行政上の必要から塩素消毒を設定しているケースが想定される。	64 例 平均 65 人 (0 人～ 472 人)	14 例 平均 143 千円 世帯当たり 13,300 円
4 群	表流水 + (緩速)ろ過 + 塩素消毒	様々な形態 がとられて いる	地表水あるいは地表水の影響を受ける地下水が水源。平時は清澄な原水で粗ろ過あるいは緩速ろ過を使用し、塩素消毒を実施。旧来は最も基本的な小規模水道の	65 例 平均 87 人 (0 人～ 632 人)	26 例 平均 379 千円 世帯当たり 18,000 円

項目	インプット	管理形態	水源と浄水処理の状況	給水人口	事業収入
			形態だったと考えられ、上水道に近い管理が必要なため負担が重く、統合されることも増える。		
5群	表流水 +急速ろ過 +塩素消毒	小規模水道 簡易水道 公営が多い	地表水が中心、原水の濁度が高くなることのあるために急速ろ過を使用していると思われる。	13例 平均174人 (0人～663人)	2例 平均290千円 世帯当たり 29,500円
6群	表流水 +特殊処理 +塩素消毒	簡易水道 公営が多い	地表水が中心。やや特殊な処理を導入している事例。あまり一般的でない処理方式を採用している。上水道への統合例も多く、その際に膜処理に切り替わった例などが含まれる。	15例 平均138人 (4人～746人)	6例 平均673千円 世帯当たり 19,000円

・1群と2群は、水源が安全であることを前提に塩素消毒を行わない群である。1群は殆どが2つの県の事例であることからこれら2つの群の差異は県の方針による違いの可能性もある。これらの水道は特に小規模であり、ほぼすべて組合営である。1群では管理費支出水準がやや高いが、安全な水源をもとめるために井戸の設置や遠方の湧水を引いてくるような負担がこの差異の原因となっている可能性がある。

・3群、4群は一般的な小規模水道で、塩素消毒を行って水の安全性を担保している点が1、2群と異なる部分である。規模はやや大きくなり、管理形態も様々である。処理方法は水源の種類にあわせて無処理から緩速ろ過までの範囲の組み合わせである。ろ過を行う4群では支出規模が大きくなる点は自然と考えられる。

・5群、6群は急速ろ過など本格的な浄水処理施設を備える場合で、大部分が公営となる。規模も大きく、まとまった水量を確保するために表流水を水源に求めていると考えられる。小規模な簡易水道が多く、上水道への統合が行われるのもこれらの群が中心である。

これらの事業の分布特性をみるため、事業規模（人口）と事業収入で層別図を作成した。1、2群は小規模な事業が多く、6群は大規模な事業が多いことが確認できる。一人あたりの負担額は事業種別や規模にあまり関係なく多くの事業で年間1～2万円程度と設定されているためプロットはおおむね一直線上に並ぶが、2群及び3群に人口規模の割には負担が低く設定されている事業がみられる点は興味深い。また、事業収入のデータが得られる事業が少ない点には注意が必要である。

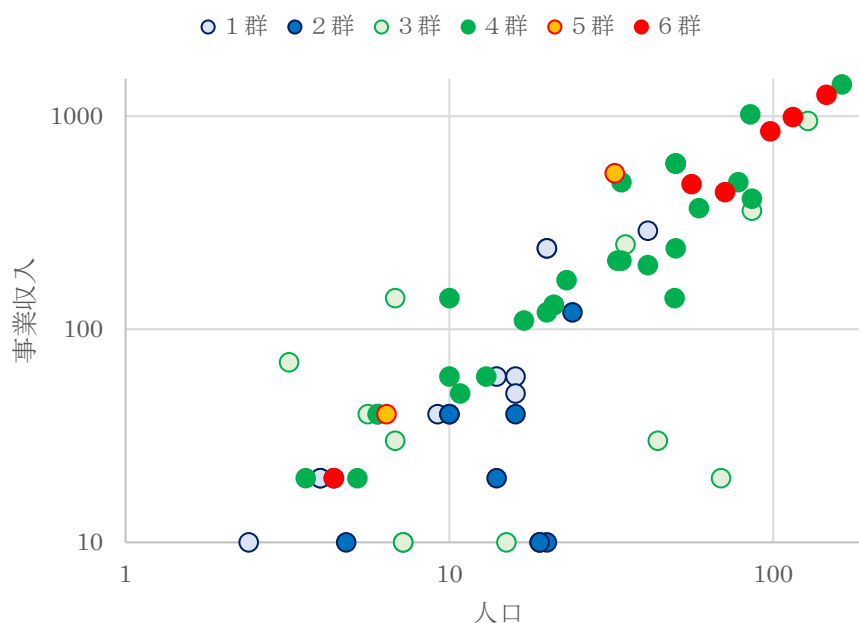


図2 類型別分類による事業の分布特性

④調査事例で指摘された小規模水供給システムをめぐる課題

これまでに指摘されている小規模水供給システムが抱える各種課題を構造化することを試みる。この準備として、これまでに指摘された課題を抽出し、どの群の事業においてそのような問題が主に発生しているのかを整理し、結果を次表に示す。ここでは、小規模水供給システムが抱える課題について、大きくA～Gに区分した。

表6 小規模水供給システムにおける課題の分類

	分類	水源と浄水処理の状況	1	2	3	4	5	6	特徴
			群	群	群	群	群	群	
A 水 源	安全の確保	野生動物による汚染が懸念される。		○					安全性を水源に依存している2群で懸念大。
	安全の確保	水源上流が汚染され水源水質が悪化する懸念がある。			○	○	○		処理の必要な水源を使用。3群で特に問題。
	安全の確保	生活排水混入の可能性がある。					○	○	比較的下流域にある事業と思われる。
B 検 査	安全の確保	水質検査をしていないため汚染に気づいていない場合がある。	○	○	○				安全性を水源特性に依存する例で懸念大。
	安全の確保	水質検査が負担となっている。	○	○	○	○	○	○	共通の問題

	分類	水源と浄水処理の状況	1 群	2 群	3 群	4 群	5 群	6 群	特徴
	経営の困難								
C 脆 弱 性	安全の確保 災害脆弱性	降雨・台風などによる高濁度がある。取水停止をしている。		○	○	○	○		表流水性の水源では普遍的な問題。
	災害脆弱性	取水施設が脆弱なため、台風などの豪雨で容易に破壊される		○	○				水源が遠隔地にある可能性が高い。
	災害脆弱性	露出管があり、豪雨などで破壊される				○			事業によっては施設が極めて脆弱。
	災害脆弱性	降雨が少ないと水源が枯渇する				○			事業による。運搬給水など根本的対応が必要。
D 維 持 管 理 の 負 担	維持管理負担 災害脆弱性	水源が遠隔地にあり現地に行くことが困難で清掃も難しい。		○	○				安全な水源を優先した結果と推定。
	維持管理負担 災害脆弱性	毎日の施設の巡回、検査等に追われ緊急時対応が困難。	○	○	○	○	○	○	すべての事業に共通の課題。
	維持管理負担	対応できる業者が限られ、将来的な維持管理に不安がある。	○	○	○	○	○	○	すべての事業に共通。組合管で特に多い。
	維持管理負担	住民が減少あるいは高齢化して維持管理を続けることが困難。		○	○	○			へき地水道でも1群は手間がかからない模様。
	維持管理負担	緩速ろ過のかきとり、薬剤の運搬など委託先がない。				○			緩速ろ過を使用している事業で共通の課題。
	維持管理負担	使用期限超過、夏場の高温化で塩素剤が劣化する。				○		○	水源が清澄でない4群以降で問題。
E 情 報 不 備	維持管理負担 情報の不備	施設整備、維持管理に関する過去の記録がない。	○	○	○	○	○		小規模水道で普遍的な問題。
	管理情報不備	施設の図面がない。	○	○	○				民間整備の小規模な水道でみられる課題。
	管理情報不備	基礎データの整備が不十分で施設の実態が把握できていない	○	○	○	○	○		小規模水道全般でみられる課題。
F 資 金 不 足	経営の困難	需要減少により収入が減少、維持管理費の捻出が難しい。	○	○	○	○	○	○	小規模水道全般でみられる課題。
	経営の困難	施設が非常に老朽化しているが、更新の費用を負担できない	○	○	○	○	○	○	小規模水道全般でみられる課題。
	住民の負担感	地元で負担する維持管理作業の負担が重い	○	○	○	○	○	○	小規模水道全般でみられる課題。

	分類	水源と浄水処理の状況	1 群	2 群	3 群	4 群	5 群	6 群	特徴
G 行 政 ・ 制 度	その他	他の水道と経営統合したことで 統合先水道の負担になっている			○	○		○	維持管理の負担が経営 への負担に変化。
	その他	合意形成ができず補助金申請が 進まない		○					
	その他	検査の省略項目を知らない等情 報提供に不備がある	○	○	○	○	○	○	”
	その他	衛生部局が水道部門と比較して 水道技術のノウハウが少ない	○	○	○	○	○	○	簡易水道・専用水道以外

小規模水供給システムは「需要者が分散していて人口も少ないことから投資効率が低く、自律的に持続可能な水道事業として経営していくことは困難」という本質的な特性を抱える。このため、近年の過疎化による住民減少は、もともと重い施設の維持の負担がより重くなる効果をもたらしている。また、当初の施設整備時から情報管理が不十分な施設も多く、実態の把握と対応に障害となっている。

また、施設の維持に十分な人手をかけられない制約のもとで水の安全を確保するために、「安全な水源を求める」方法と、「浄水処理や消毒で水の安全性を確保する」方法の大きく二つの流れがある。前者は施設の運転管理の負担を抑制できる一方で安全性の確認や災害脆弱性に課題を抱える。後者は逆に安全性の確保や災害対応はある程度できるが施設の維持管理の負担が常に問題になる。

以上の課題に対応する基本的な方法や新技術について以下に整理する。

表7 小規模水供給システムにおける課題への対応方策

分類	問題	1 群	2 群	3 群	4 群	5 群	6 群	対応策の例
A 水源	水源の汚染が懸念 される。		1	1	1	2	1	X 水源アセス手法の体系化 a 水質センサー・モニタリング手法の開発
B 検査	水質検査をしてい ない、あるいは検 査が負担である。	2	2	2	1	1	1	b 維持管理負担の軽い処理・運転法の開発 c 可搬性がある補充不要な消毒法の開発
C 脆弱性	取水施設や管路が 脆弱で取水停止や 破壊が頻発する。		2	2	3	1		管理の容易な水源への切り替え a 水質センサー・モニタリング手法の開発 b 維持管理負担の軽い処理・運転法の開発 c 可搬性がある補充不要な消毒法の開発 d 漏水検知や仮設復旧の容易な管路技術

分類	問題	1群	2群	3群	4群	5群	6群	対応策の例
D 維持管理の負担	水源や処理施設の維持管理の負担が重く委託も困難。	2	4	4	5	2	3	管理の容易な水源への切り替え 水道事業への統合 a 水質センサー・モニタリング手法の開発 b 維持管理負担の軽い処理・運転法の開発 c 可搬性がある補充不要な消毒法の開発 d 漏水検知や仮設復旧の容易な管路技術 e ロボットによる点検や薬品補充
E 情報の不備	施設整備、維持管理に関する過去の記録がない。	3	3	3	2	2		Y 小規模水供給システムアセット管理手法の体系化
F 資金不足	収入が少なく更新投資や維持管理費の捻出が難しい。	3	3	3	3	3	3	Z 行政情報の共有手段の提供、組織化 <u>最終的かつ根源的な問題であるため直接対処する方法はない。総合力が必要。</u>
G 行政・制度	行政上の支援情報の提供に改善の余地がある。	2	3	3	3	2	3	Z 行政情報の共有手段の提供、組織化

解決策は大きく3種類に分けることができる。

1)個別事情を勘案して技術的な解決策を検討し、施設の再整備を行う。

管理の容易な水源への切り替え、水道事業への統合、などの対策が該当する。

2)ノウハウをマニュアル化して公開・浸透することにより管理レベルを引き上げる。

X 水源アセス手法の体系化、Y 小規模水供給システムアセット管理手法の体系化、Z 行政情報の共有手段の提供、組織化、が相当する。

3)技術開発によって従来よりも効果的に運営するシステムを導入する。

a 水質センサー・モニタリング手法の開発、b 維持管理負担の軽い処理・運転法の開発、
c 可搬性がある補充不要な消毒法の開発、d 漏水検知や仮設復旧の容易な管路技術、e ロボットによる点検や薬品補充などが例として挙げられる。

ただし、ほとんどの小規模水供給システムが抱える課題E「収入が少なく更新投資や維持管理費の捻出が難しい」は、そもそも小規模水供給システムが抱える根源的な問題であり、様々な方策を総合的に組み合わせたとしても、極めて解決の難しい問題である。技術開発の進展によってはこの負担を緩和できる可能性はあるが、より抜本的に解決するためには、運搬給水等への切り替えや、住民を移転させるコンパクトシティ化等の方法も検討していかざるを得ないと考える。このような方策は水道単独で考える方策ではないが、地域全体を踏ま

えた視点での取り組みも、小規模水供給システムにおける課題解決のためには検討していく必要があると考える。

2. 水の安全性からみた小規模水道の水質検査の在り方

需要者数が少ない小規模水道においては水質検査費用の負担が重くなりがちであり、負担を軽減することが求められている。本項ではこの問題に対処するための方策について検討する。

(1) 小規模水道における水質検査の役割と対処の整理

小規模水道においては、供給水の安全を確保する上で第一に考えるべきは「汚染されにくい水源を選定すること」であり、小規模水道における水質検査は、水源が汚染されるリスクを評価することが目的であると考えべきである。本調査では、このような考え方をふまえて、小規模水道を1群から6群に分類したところである。

まず、1群、2群は基本的に安全な水源を確保できていることが前提であり、塩素消毒を実施していない。これらの小規模水道の水源は、上流に排水等の汚染源がなく、降雨時にも濁り等が生じない地下水であることが基本である。ただし、2群には限定的に表流水性の水源が用いられる場合があり、簡易な処理が行われている。

一方3群、4群は安全な水源であることを担保する必要から塩素消毒が行われている水源である。5群、6群は浄水処理により安全な水を供給するもので、水質検査は必須である。

これらの水源群と水質検査の実施の必要性、及び、水質検査結果を受けての対処の目安について次表に整理した。

表8 水質の変化と水質検査結果による水安全に関する対策レベル

	1群 水処理なし	2群 簡易処理消毒無	3群 消毒のみ	4～6群 処理+消毒
水源状況	降雨時にもほぼ変化がない	降雨時等に若干の濁度上昇、まれに色や臭気等が感知される		降雨時等に濁度が上昇する
水質検査結果	上流に汚染源が見られない	上流に顕著な汚染源はないが、時折排水等の混入の形跡がみられる		生活排水等の混入リスクがある
状況	原水汚染リスクは十分に小さい。水源環境の変化を観察することにより安全を維持する	原水汚染の懸念があり、消毒という安全策がない。モニタリングが特に重要と考えられる	原水汚染リスクがあり消毒を実施。モニタリングは必要だが消毒により2群よりリスクは低い	原水汚染リスクがあり、水処理や消毒が必要。モニタリングも必要な水源を使用している
水質の安全確保における水質検査の役割	水源環境の観察が第一、水質検査	水質検査による安全性の確認が	水質検査は水源のモニタリング	水質検査は水源や水処理等の基

		査は結果を補完	最重要となる	が主目的となる	本情報となる
		1 or 2 水質検査はできるだけ実施すべき	2 or 4 水質検査はできれば実施、水源によっては必須	1 or 2 水質検査はできるだけ実施すべき	5 水質検査は必須であり適切に実施すべき
水質検査結果を受けての判断	大腸菌・クリプト・健康項目基準超過あり	4 or 5 汚染原因を評価し水源の変更か水処理が必要	4 or 5 汚染原因を評価し水源の変更か水処理が必要	4 or 5 汚染原因を評価し水源の変更か水処理が必要	3 対策は導入済だが、適切な監視は必要
	健康項目70%超過あり	4 or 5 汚染原因を評価し水源の変更か水処理が必要	4 or 5 汚染原因を評価し水源の変更か水処理が必要	4 or 5 汚染原因を評価し水源の変更か水処理が必要	3 対策は導入済だが、適切な監視は必要
	健康項目30%超過あり	2 or 4 汚染原因の評価により原因を特定し対処を検討	2 or 4 汚染原因の評価により原因を特定し対処を検討	1 概ね問題なし、警戒は必要	1 概ね問題なし、警戒は必要
	健康項目30%超過なし	2 汚染がないか適切な評価を実施	2 汚染がないか適切な評価を実施	1 概ね問題なし	1 概ね問題なし

備考) 表中1～5の評価点はおよそ以下の基準とした。

- 1：一般的には水質に関する懸念が小さい
- 2：水質に関する懸念は比較的少ないが、適切な監視が必要
- 3：水質に関する懸念があるが、一定の処理はできているので、体制の維持が必要
- 4：水質に関する懸念があり、対策が不十分となる可能性があるため、十分な監視が必要
- 5：水質に関する懸念が大きく、至急対策が必要

基本的な考え方として、1群や2群は「疫学的に安全な水源が選定されている」ことが前提であるため、原水の安全が損なわれかねない徴候が察知された場合には、その前提条件が崩れているのであるから、即時抜本的な対応の検討に入るべきである。

一方、3群では消毒という安全策が取られているため、1、2群に比べると、原水への汚染に対する直接の影響の懸念は相対的に小さくなるを考える。ただし、顕著な水質悪化がみられた場合の対応は必須である。

(2) 検査費用の検討

次に、1群から6群の水質検査費用、及び、水質検査の運用について検討する。まず、検討の前提として、通常の51項目の水質検査、飲用井戸等衛生対策要領の11項目の簡易検査、クリプト指標菌検査、クリプト検査等の水質検査の単価を算出する。そのため、インターネット上に料金表示のある検査機関について、現時点で記載されている料金を調査した。セット料金として表示されているものはそれを採用した。

調査対象とする水質検査機関は、厚生労働省平成28年度「人口減少地域における料金収入を踏まえた多様な給水方法の検討に関する調査」において調査対象となった検査機関をベースとし、本調査時のインターネット検索により加除を行った。表中の検査機関登録の有無は令和3年1月7日時点の厚生労働省水質検査機関登録簿による。

表9 水質検査費用調査結果（令和3年2月時点）

水質検査機関	検査機関登録	水質基準全項目	一般項目 (飲用井戸等対策要領)	消毒副生成物	原水全項目	原水全項目+味	クリプト指標菌	クリプトスポリジウム・ジアアルジア	かび臭物質
		51項目	11項目	12項目	39項目	40項目			2項目
武田商事(株)	×※1		5,500	19,800					
(株)総合環境分析	○	154,000	9,900				8,800	49,500	
(株)日吉	○	101,750	8,800	26,950	91,850				
日本水処理工業(株)オンラインラボ	○	167,200	8,800	40,700	134,200				
(一財)北里環境科学センター	○	275,000	8,250	66,000		220,000	11,000 ※3		
(一財)静岡県生活科学検査センター	○	254,500	6,400			192,000			
(一財)岐阜県公衆衛生検査センター	○	170,500	8,800			121,000			
(一財)日本食品分析センター	○	327,800			245,300		11,000 ※3		22,000
大阪府保健所	ー	198,700		59,700	162,900		7,300		10,200
太陽テクノロジーサーチ(株)	×※2	55,000	7,700	18,700	52,800		11,000	55,000	
平均		189,383	8,019	38,642	137,410	177,667	9,820	52,250	16,100
平均(登録無の機関を除く)		206,181	8,492	48,338	158,563	177,667	9,525	49,500	16,100

※1：武田商事はHP上に料金表示があるが、令和3年2月時点の検査機関登録は無い。問合せに返答な

し。

※2：太陽テクノロジーは登録機関と提携し紹介業務を行っている。

※3：クリプト指標菌として嫌気性芽胞菌のみ表記されている。

表 10 調査対象水質検査機関（令和3年2月時点）

水質検査機関	URL
武田商事（株）	http://www.takeda-syoji.co.jp/water_exam/
（株）総合環境分析	https://www.s-kb.co.jp/service/crypt.php
（株）日吉	https://www.hiyoshi-online.com/product/category/wa
日本水処理工業（株）オンラインラボ	https://e-mizu.jp/shop/pages/about.aspx
（一財）北里環境科学センター	http://www.kitasato-e.or.jp/?page_id=101
（一財）静岡県生活科学検査センター	http://www.shizuokaseikaken.or.jp/sui/sui_ido1_5.html
（一財）岐阜県公衆衛生検査センター	https://www.koeiken.or.jp/02_water/02_01.html
（一財）日本食品分析センター	https://www.jfrl.or.jp/service/water
大阪府保健所	http://www.pref.osaka.lg.jp/chikikansen/kensaka/suisitu.html
太陽テクノロジー（株）	https://www.suishitsu.com/

算出した検査費用の平均値を過去の厚生労働省報告書と比較する。

厚生労働省の令和元年度「人口減少地域における多様な給水方法の検討に関する調査報告書」では、水質検査費単価は 203,143 円（全 51 項目検査）、9,319 円（11 項目検査）、63,300 円（11 項目+消毒副生成物）、15,120 円（かび臭物質）とされている（付録附属資料 2「水質検査費」）。この値は前出の平成 28 年度「人口減少地域における料金収入を踏まえた多様な給水方法の検討に関する調査」の数値を引用したものであり、平成 29 年 2 月末時点でインターネット上に水質検査費用が公開されている検査機関を調査した結果である。比較可能な項目は全 51 項目検査、11 項目検査、かび臭物質の 3 項目で、本調査で算出した値はそれぞれの値に対し 101%、91%、106%であり、妥当な数値であるといえる。

また、毎日検査の委託費用は 4 つの水道事業のヒアリングの結果、平均値は 39,300 円/年とされており（付録附属資料 3「水質検査の省略・回数減」）、本調査ではこの数値を用いることとした。

厚生労働省報告書「水質検査の信頼性確保に関する取組について（平成 22 年 11 月）」によると、50 項目検査の業務規定料金は、全登録検査機関の平均が約 21 万円（回答数 212）とされており、これも今回の調査における 51 項目検査費用の平均値 216,181 円に近い値といえる。ただし、同報告書において、50 項目検査委託費用の平均価格（単価契約）は大臣認可機関で 91,704 円（件数 26）、知事認可機関で 111,061 円（件数 269）とかなり低い料金であり、検査機関の受託料金は業務規定料金より安く設定されていることが示されている。

次に、表9の数値を用いて、想定される各パターンにおける1年間の検査費用を算出する。基本的に水質検査はどのようなパターンでも実施したほうがよいが、本論では、どうしても費用負担を軽くしたい場合を想定して、最低限の試験とした場合の検討とした。

また、通常時のほか、水源の状況が悪化して検査等の頻度を高めることが必要になった場合を想定したケースの2パターンをそれぞれに準備した。

表11 各小規模水道における水質検査費用の試算（年間）

[単位：円]

水質検査項目	1回当たり検査費用※1	1群～3群 水処理なし		4～6群 処理+消毒		水道事業に 準じた検査 ※3
		通常 状態	状況 悪化時	通常 状態	状況 悪化時	
水質基準全項目 (51項目)	206,200円			1回	1回	1回
一般項目(飲用井戸 等対要領)(11項目)	8,500円	1回	4回			11回
クリプト指標菌検査	9,500円		4回			
クリプトスポリジウム・ジアルジア	49,500円				4回	
毎日検査※2	39,300円/ 年			1式	1式	
消毒副生成物	48,300円					3回
かび臭物質	16,100円					8回
計		8,500	72,000	245,500	443,500	573,400

※1：1回当たり検査費用の根拠は上記水質検査費用調査結果（令和3年2月時点）。

※2：毎日検査に係る費用は、平成29年度「人口減少社会における情報技術を活用した水質確保を含む管路網管理向上策に関する研究」報告書・添付資料を参考とし、4つの水道事業への毎日検査の委託費用のヒアリング結果より、平均39,300円/年とする。

※3 年間に水質基準全項目試験1回、四半期試験（一般項目+消毒副生成物）3回、毎月測定項目試験（かび臭物質有り）8回を行う場合

この試算では、1～3群までの小規模水道は、原水は基本的には安全なものが選定されていることを前提とし、日常観察等で異常を検知した場合のみ、検査の頻度を高めて異常の原因や対応策を準備する考えをとっている。一方で4群以上は上水道なみの管理を行うこと

を想定している。水道事業に準じた検査費用は、平成 28 年度「人口減少地域における料金収入を踏まえた多様な給水方法の検討に関する調査」において年間平均水質検査費用を算出している条件に合わせた。

試算した水質検査費用が事業収入に対しどの程度の割合を占めるかを、表 4 に示した小規模水道の類型別分類ごとの平均事業収入を用いて計算した結果を下表に示す。事業収入の少ない 2 群においては状況悪化時の検査費用が事業収入の 267% と非常に大きくなること
がわかる。また、4 群、5 郡においては通常状態であっても水質検査費用は事業収入の 65%、85% と比較的大きく、状況悪化時には 100% を超える。水質検査費用の負担の大きさが水源の分類によって異なることが示された。

表 12 事業収入に対する水質検査費用の割合

分類	事業収入	水質検査費用	事業収入に対する割合 (%) (上段：通常状態、 下段：状況悪化時)
1 群	平均 103 千円 (世帯あたり 11,700 円)	通常状態 8,500 円 状況悪化時 72,000 円	8
			70
2 群	平均 27 千円 (世帯あたり 5,600 円)		31
			267
3 群	平均 143 千円 (世帯あたり 13,300 円)		6
			50
4 群	平均 379 千円 (世帯あたり 18,000 円)	65	
		117	
5 群	平均 290 千円 (世帯あたり 29,500 円)	85	
		153	
6 群	平均 673 千円 (世帯あたり 19,000 円)	36	
		66	

4. 検討結果の総括

以上、本項では、小規模水道における水質管理の在り方と負担について検討を行った。小規模水道は費用負担力が極めて小さいことから上水道なみの水質管理は望むべくもない中、最低限の水質管理はどのような形になるのか、その際の負担はどの程度となるのかについて、一定の整理を行うことができた。ポイントを以下に示す。

- 小規模水道は基本的に水源の安全性に依存した安全管理となっている。よって、設置時に想定された安全性が損なわれていないかを確認するのが水質管理の基本となり、水質検査もこの考え方に基づいて行うものと考えられる。
- 規模的には小規模水道であっても、水処理と塩素消毒を伴う必要があるような水源を利用している場合は上水道なみの水質検査を行う必要がある。

- 水質検査費用の事業収入に占める割合は小規模水道の類型によって異なり、特に事業収入の少ない類型では、状況悪化時の水質検査費用は事業収入を大きく超えるものとなること、表流水を水源とする類型では、検査費用の占める割合が通常状態でも高くなる傾向があることが示された。
- 最低限の水質検査費用を年間 8,500 円程度（サンプリング含まず）と評価した。ただし、水源の状態観察とこの水質検査の結果をあわせて、設置時に想定された安全性が損なわれている恐れがある場合は、水質検査の頻度を高め、対応策を検討することが必要である。
- このような判断を行うためには技術的な判断が必要であり、技術者の派遣が現状では必要と考えられる。将来的にはエキスパートシステムのような ICT 技術の支援の開発も視野に入る。

3. 小規模水供給システムをめぐる海外事例の収集

(1) 海外の小規模水道をとりまく状況

海外の水道事業は日本の水道と比べて基本的な条件にバリエーションがあり、小規模水道の抱える限界もまた極端であるが、日本では体験できない多様な水道についても考察の対象を広げることによって、小規模水供給システムが抱える課題の根本を考察するヒントとする。

過去の調査で得たラオス、カンボジア、ミャンマーの事例から、小規模水供給システムの参考となる要素を含む事例を調べた。

表 12 海外の小規模水道の報告事例

国	番号	対象地区・施設等	参照資料等	事例の概要
ラオス	1	ルアンパバン県水道公社 プーブン浄水場系	・平成 28 年度 水道分野の国際協力検討事業、水道事業の民間活用に関するプロジェクト研究報告書、現地調査	山間地の小規模浄水場と給水区域
	2	ボリカムサイ県 バントン村・ブンター村	・平成 30 年度 水道インフラシステム輸出拡大に係る調査・検討一式報告書	村落給水施設
カンボジア	3	カンダール州 モックコンポール水道事業・アレクサイ水道事業	・水道事業の民間活用に関するプロジェクト研究 (2016 年現地調査)	ライセンス付与された民営化水道
	4	バンティエミンチエイ州 モンコールボレイ民営水道・Serei Saophan 市浄水	・水道事業の民間活用に関するプロジェクト研究 (2016 年現地調査) 報告書、取材メモ、CA 評価基準案	ライセンス付与された民営化水道 3 例と

		場・Mongkol Borei 町浄水場 場・Phnom Thom & Phnom Touch 地方浄水場	・カンボジア国上水道セクター情報収集・確認調査 (2010 年調査) 報告書、現地調査メモ	BOT1 例。
	5	シハヌークビル Steung Hav・Prey Nob (小規模水道)	・水道事業の民間活用に関するプロジェクト研究 (2016 年調査) 報告書、取材メモ、CA 評価基準案 ・カンボジア国上水道セクター情報収集・確認調査 (2010 年調査) 報告書、現地調査メモ	小規模水道 2 例。1 例は民営から公営に転換。
	6	プルサット州 プルサット浄水場・村落給水施設	・カンボジア国上水道セクター情報収集・確認調査 (2010 年調査) 報告書、現地調査メモ	小規模水道と村落給水施設の例。
ミ ヤ ン マ ー	7	ヤンゴン市管区 セイチ カナウント水道	・令和元年度 水道インフラシステム輸出拡大に係る調査・検討等一式 (2020 年調査) 報告書	主に溜池からの無処理の給水の例。
	8	ヤンビエ地区 (生活用水改善調査)	・平成 24 年度 ミャンマーKawhmu Development (カウム開発) 地区における水供給・衛生改善のための基礎調査業務 (2013・2014 年調査)	
	9	エーヤワディ管区ラポタ地区 (生活用水改善調査)	・2015.6.30 ミャンマー水支援・事業化構想～水問題解決への貢献と人材育成～ (Myanmar Water Project)	
	10	コム地区 (生活用水改善調査)		

これら事業の規模等について推測し、前述した小規模水供給システムの分類である 6 群に分類すると以下のようになる。

表 13 海外の小規模水道事例の分類

国	番号	対象地区・施設等	状況	分類
ラオス	1	ルアンパバン県水道公社 プーブン浄水場系	山間の比較的清澄な表流水水源を急速ろ過する。住民はやや多い。	6 群
	2	ボリカムサイ県 バント ン村・ブンター村	地方部で井戸を水源に濁度処理する。住民は村落 1 つ分程度で少なめ。	3 群
カンボ ジア	3	カンダール州 モック コンポール・アレクサイ水道	大規模河川を水源に急速ろ過処理をしている民営化水道。住民はやや多い。	5 群
	4	バンティエミンチェイ州	ライセンス付与された民営化水道、河川水を水	5 群

		地方浄水場	源に急速ろ過処理。住民はやや多い。	
	5	シハヌークビル 小規模水道	NGO の建設した簡易な水道施設で表流水を急速ろ過処理するが管理は悪い。住民は少なめ。	2 群
	6	プルサット州 村落給水施設	NGO の建設した簡易な水道施設でため池を簡易な凝集沈殿。住民は少なめ。	2 群
ミャンマー	7	ヤンゴン市管区 セイチカナウント水道	ため池の水を無処理で供給。飲用水のみ急速ろ過。運搬給水併用。住民はやや多い。	2 群
	8	ヤンビエ地区（生活用水改善調査）	ため池の水を無処理で供給。運搬給水併用。住民はやや多い。	2 群
	9	エーヤワディ管区ラポタ地区（生活用水改善調査）	ため池の水を無処理で供給。運搬給水併用。住民は少ない。	2 群
	10	コム地区（生活用水改善調査）	ため池の水を無処理で供給。運搬給水併用。住民はやや多い。	2 群

整理した結果、特徴として、1 群、3 群に相当する十分に安全な水源を使用した無処理の小規模水道の事例がないことが挙げられる。これは、そのような小規模水道が存在しないという意味ではなく、そのような良好な水源を有する小規模水道は相対的に問題が小さく、我が国に支援を要請する対象に含まれないため、情報がないと考えられる。また、国ごとの開発の度合いの違いが大きく、小規模水道の状態も国単位で異なる。

（2）海外小規模水道の抱える課題の状況

上記の 10 事業の事例から、日本の小規模水供給システムが抱える課題と同様の問題を抱える小規模水道の例をあげ、その状況を考察する。

①水源の安全性と管理に関する状況

水源の安全性の確保や水質検査の実施状況について、各事業の状況を示す。

表 14 海外小規模水道における課題（水源、検査）

国	番号	対象地区・施設等	水源の安全性		検査の実施	
ラオス	1	ルアンパバン県水道公社 プープン浄水場系	△	水源は山間にあり汚染リスクは比較的小さい。	△	不十分であるが検査体制はあり。
	2	ボリカムサイ県 バントン村・ブンター村	△	地下水のため汚染リスクは比較的小さい。	×	水質検査体制は不十分である。
カンボジア	3	カンダール州 モックコンポール・アレクサイ水道	×	水源汚染リスクはかなり大きい。	△	不十分であるが検査体制はあり。
	4	バンティエミンチェイ州 地方浄水場	×	水源汚染リスクはかなり大きい。	×	水質検査体制は不十分である。

	5	シハヌークビル 小規模水道	×	水源汚染リスクはかなり大きい。	×	水質検査体制は不十分である。
	6	プルサット州 村落給水施設	×	水源汚染リスクはかなり大きい。	×	水質検査体制は不十分である。
ミャンマー	7	ヤンゴン市管区 セイチカナウント水道	×	水源は立入禁止だが水質悪化が観察される。	×	水質検査体制は不十分である。
	8	ヤンビエ地区 (生活用水改善調査)	△	水源は立入を禁止して管理する。	×	水質検査体制は不十分である。
	9	エーヤワディ管区ラポタ地区 (生活用水改善調査)	△	水源は立入を禁止して管理する。	×	水質検査体制は不十分である。
	10	コム地区 (生活用水改善調査)	△	水源は立入を禁止して管理する。	×	水質検査体制は不十分である。

注) ○：問題なし、△：懸念あり、×：問題あり

カンボジアでは、水源の汚染の懸念はあるものの手の打ちようがない事業が目立つ。ラオスでは山間地が多く、相対的に安全な水源の確保がしやすい。ミャンマーでは天水のみを利用するため池を水源とすることで安全な水の確保を図っており、雨期には天水を十分に確保できるが、乾期（3～4か月間）の水源確保が課題となる。

また、小規模水道を対象に日本と同様の水質検査体制をとれる国は少なく、水の安全性は原水に依存せざるを得ない状況である。

②小規模水道における脆弱性と維持管理性

災害や少雨等による脆弱性についての評価を下記のとおり整理した。海外の小規模水道はそもそも生活用水の入手が難しいエリアを対象に整備されているものであり、乾期の明確な国も多く、常に渇水に対する脆弱性がある。また、安定的な表流水の場合は洪水リスクも大きく、総じて、水源まわりを中心に、日本の小規模水供給システムとは比較にならないほど不安定である。

表 15 海外小規模水道における課題（脆弱性）

国	番号	対象地区・施設等	脆弱性
ラオス	1	ルアンパバン県水道公社 プープン浄水場系	△ 水源能力の上限、濁度上昇時には供給減少。
	2	ボリカムサイ県 バント ン村・プンター村	○ 災害の影響は受けにくい。
カンボジア	3	カンダール州 モックコ ンポール・アレクサイ水道	× 大規模河川沿いで洪水リスクあり。

	4	バンティエミンチェイ州 地方浄水場	×	夏季の水源不足は深刻。
	5	シハヌークビル 小規模 水道	×	夏季の水源不足は深刻。
	6	プルサット州 村落給水 施設	×	夏季の水源不足は深刻。
ミャン マー	7	ヤンゴン市管区 セイチ カナウント水道	×	夏季の水源不足は深刻。
	8	ヤンビエ地区(生活用水改 善調査)	×	夏季の水源不足は深刻。
	9	エーヤワディ管区ラポタ 地区 (生活用水改善調査)	×	夏季の水源不足は深刻。
	10	コム地区(生活用水改善調 査)	×	夏季の水源不足は深刻。

注) ○：問題なし、△：懸念あり、×：問題あり

維持管理の負担は、各施設の整備時に考慮されているが、小規模なものほど住民管理が前提であり、不十分な状況である。また、図面管理は、国際的支援のあった事業では最低限の図面管理が行われているが、多くの事業では施設情報の管理が出来ていない。

表 16 海外小規模水道における課題（維持管理の負担、情報不備）

国	番号	対象地区・施設等	維持管理の負担		情報不備	
ラオス	1	ルアンパバン県水道公社 プーブン浄水場系	△	比較的へき地にあり 維持管理はやや困難。	△	不十分であるが 検査体制はあり。
	2	ポリカムサイ県 バント ン村・ブンター村	○	問題なし。	×	水質検査体制は 不十分である。
カンボ ジア	3	カンダール州 モックコ ンポール・アレクサイ水道	○	民営水道が管理して おりおおむね問題な し。	○	比較的新しい施 設である程度資 料あり。
	4	バンティエミンチェイ州 地方浄水場	△	管理レベルは低い が運営はされている。	△	管路は図面管理 されている。
	5	シハヌークビル 小規模 水道	×	管理状態は劣悪。	×	管理状態は劣悪。
	6	プルサット州 村落給水 施設	×	住民依存。	×	情報管理状態は 劣悪。
ミャン	7	ヤンゴン市管区 セイチ	○	ヤンゴン市の関与が	○	現場にある程度

マー		カナウント水道		あり問題はない。		の図面等が管理される。
	8	ヤンビエ地区(生活用水改善調査)	×	住民依存。	×	図面等の管理は行われていない。
	9	エーヤワディ管区ラポタ地区(生活用水改善調査)	×	住民依存。	×	NGO等の施設も含め全く管理情報はない。
	10	コム地区(生活用水改善調査)	×	住民依存。	×	NGO等の施設も含め全く管理情報はない。

注) ○：問題なし、△：懸念あり、×：問題あり

④資金や行政・制度面における課題

資金不足は、すべての事業において直面する課題であり、経営面の困難は非常に重い。各国の政府に資金を供与する能力が十分でない場合等は、NGOが整備を行っている場合がある。また、行政・制度面での課題は国単位で様々である。

(3) 海外の小規模水道の抱える課題と日本の小規模水供給システムとの比較

日本の小規模水供給システムの抱える課題の分類を参考に、海外の小規模水道が同等の課題を抱えているかの考察を行った。

海外の小規模水道の抱える課題を俯瞰すると、日本の小規模水供給システムは「安全な水供給を維持できない、損なわれる恐れがある」の対し、海外の小規模水道では「安全な水の供給に少しでも近づくことを目指している」状況である。両者では共通する課題はあるが、海外の方がより深刻な状況である。海外事例では、水供給の不自由が大きい故に住民の受容度は高いため、安全性や管理面での問題が重要視されることは少なく、資金不足や行政・制度面での課題が大きな問題となっている。

このように、海外事例と比較して検討することにより、日本の小規模水供給システムの問題を、住民の受容度によってその深刻さが大きく変化する「運営の問題」と、これによらない「経営資源の問題」の二つの側面に分けて考えることの意義が確認できたと考える。

表 17 課題の比較

項目	日本の小規模水供給システム	海外の小規模水道
水源の安全性	水源が汚染され水質が悪化する懸念がある。	安全な水源のない地域が対象のため日本以上にリスクが大きい。
検査の負担	水質検査の不備や負担が問題となっている。	水質検査能力は非常に低い。
脆弱性	降雨・台風等による脆弱性、少雨に	洪水、渇水の影響を受けやすい水

項目	日本の小規模水供給システム	海外の小規模水道
	よる水源枯渇の懸念がある。	源を使用せざるを得ない。
維持管理の負担	維持管理体制を維持していくことが困難になりつつある	地元住民による維持管理を前提に水の安全性を妥協している。
情報不備	施設、維持管理に関する図面やデータが整備されていない。	支援で整備された例を除いて現場合わせである。
資金不足	収入が減少したことにより施設の更新や維持費の負担が重い。	もとより資金調達や料金回収がネックとなっている。
行政・制度	事業間の交渉、専門的な情報の入手等に改善余地がある。	制度や専門家の配置が困難である。

4. 小規模水道システムの課題への対応に資する方策の検討

これまでの検討結果から、小規模水供給システムにおける課題に対する方策について、その具体策や可能性を検討することとした。主な方策として、これまで培ったノウハウをマニュアル化し、公開・浸透させることにより管理レベルを引き上げること、また、新たな技術開発によって従来よりも効果的に運営するシステムを導入することについて検討を行う。

(1) ノウハウのマニュアル化による管理レベルの引き上げ

一般的な水道事業を対象とした経験則のマニュアル化についてはある程度行われているが、小規模水供給システムといった規模の水道等における事象やこれらを管理・指導する人を対象としたマニュアルの整備はほとんど行われておらず、専門家以外でもある程度理解できるように簡易化したマニュアルを作成して公表し、運用することが必要であると考えられる。さらに、情報を共有する具体的な仕組みとして、インターネットや SNS を利用し、行政情報提供の充実を図ることも効果的であると考えられる。

X 小規模水道水源アセス手法の体系化

Y 小規模水道アセット管理手法の体系化

Z 行政情報の共有手段の提供、組織化

(2) 技術開発を通じた小規模水供給システムにおける課題解決

小規模水供給システムの特性に合う投資負担が軽く、操作等の容易な技術が実用化されれば、小規模水供給システムの抱える課題は緩和される可能性があると考えられる。水道事業で施設整備を行う場合は個別設計・個別生産により効率化を目指すことが一般的であるが、小規模水供給システムにおいて設備の導入を図るには、多くの場合低コストであることが求められるため、コスト最適化を目指すためには、標準設計・大量生産によるコストダウンを図ることが効果的であると考えられる。このため、水道以外の用途への展開も念頭に置きつつ「量が出るサービス」としての技術開発を図ることが重要である（範囲の経済）。

ここでは、これまで開発された技術について、現時点での開発・導入状況を収集し、その結果から小規模水供給システムへの導入の可能性について考察する。

①水質センサー・モニタリング手法の開発

小規模水供給システムにあっては、多くの施設が水質検査を実施できておらず、検査していても水質試験のコストが大きな負担になっている。水道施設の運転状況を「安価に」監視できるシステムがあれば小規模水供給システムの状態監視が容易になり、結果、故障や水源異常の影響を軽減させることができる。近年の通信インフラの発達により、通信や端末は高性能な普及品が活用できるようになったことから、この分野の活用は現実的な方策の一つ

である。また、水道関連の企業においても、通信インフラを利用した様々なサービスが展開されている。現時点では様々な製品が出回っており、規模の経済を得やすい技術製品であるため、政策的な問題提起や導入補助等の具体策によって一気に普及を進めることは十分に可能と考えられる。しかしながら、映像、音声、加速度、位置情報等は、スマートフォンへの搭載により極めて安価で高性能な機材を活用できることに対して、水質についてはこのような普及的ニーズがないために安価な製品が自然に普及される状況とはいえ、安価な水質センサーがない点はこの方策の課題である。

表 18 水質センサー・モニタリング手法の開発事例

事業体・企業	参照資料等	事例の概要
オルガノプラントサービス株式会社	・水道産業新聞 平成 30 年 12 月 3 日	秋田県由利本荘市の浄水場、配水池、送水場など計 16 施設について、テレメータやクラウド遠隔監視制御システム「オルトピア J」を活用して、水質や水位、配水量などのデータを一括管理。
株式会社トーケミ	・日本水道新聞 令和 2 年 8 月 24 日	独プロミネンス社の水質指示調節計「ダルコメータ DACb シリーズ」を扱う。パソコン、タブレット、スマホから遠隔地の水道施設の水質監視や薬品注入の操作が可能。
JFE アドバンテック株式会社	・日本水道新聞 令和 2 年 8 月 24 日	水質監視装置「QW-6PHT シリーズ」では、濁度、色素、残留塩素、水圧、pH、水温の 6 項目の遠隔監視が可能。

②維持管理負担の軽い処理・運転法の開発

原水の安全確保のために浄水処理が必要な小規模水供給システムの中には、平時にはほとんど問題はないものの、降雨後の高濁や流芥物の除去が大きな課題になっているものが多い。このような施設においては、これまでの研究でも紹介した、処理の確実性では一歩劣るとしても、安価でメンテナンスの容易な浄水処理システムの導入が一定の役割を果たすと考えられる。実際の導入例も多いため、その技術的評価やこれらのシステムの導入が効果的といえる条件をノウハウ化し、導入の意義を明確にすることが効果的である。

表 19 維持管理負担の軽い処理・運転法の開発事例

事業体・企業	参照資料等	事例の概要
日本エンジニア株式会社	・日本水道新聞 平成 28 年 6 月 13 日	奈良県上北山村の水源に取水スクリーン「WSS ウォータースクリーン」を設置。取水堰堤から越流した河川水でスクリーン表面を洗う独自構造のスクリーンにより、落ち葉や土砂等による目詰まり

事業体・企業	参照資料等	事例の概要
		を減らし、職員を清掃作業から解放。
静岡県浜松市	・公益財団法人水道技術研究センター「小規模水道事業及び施設の再構築に関する調査課題解決に向けた参考事例集」平成30年3月	地元企業が、FRPを加工し砂利・砂を充填した緩速ろ過装置や、PAC・急速ろ過・滅菌装置をコンパクトにまとめた沢水専用小型浄水装置を開発。
株式会社フソウ	・平成30年度水道研究発表会(7-16)小規模事業体におけるクラウド型遠隔監視システムの導入事例	徳島県海陽町に、維持管理の簡便性を特長としたクラウド型遠隔監視システムを導入。
小松電器産業株式会社	・日本水道新聞 平成30年12月10日	福島県南会津町で、中央監視装置の故障を契機に、小松電器産業のクラウドシステム「やくも水神」を導入し、施設や水質状況をスマホやタブレットなどから遠隔監視・制御。

③可搬性があり補充不要な消毒法の開発

小規模水供給システムのうち、分類分けで示した1群や3群は、安全な水を確保するための水処理システムを有しておらず、水源の悪化に直面した場合の対応が難しい。また、多くの小規模水供給システムは災害に対して極めて脆弱である。このような施設においては、現場での即応性が高い標準化された可搬式の処理システムの導入が有効であると考えられる。特に、水の安全性に注目するならば、消毒としての役割を果たすことができるシステムで、かつ、薬剤の補充が不要なシステムであることが理想的である。このような性質を有する製品は、東日本大震災で非常時対応用として有効であることが確認され、以降、様々なメーカーから提案・導入されている。膜処理を行うものが主であるが、紫外線消毒との組み合わせると、より確実に安全な水を供給することができるようになる。このような処理技術は、最終的に膜ろ過+紫外線の組み合わせに近づいていく。結果的に浄水器と同様の構成になるが、これは偶然ではなく、今後の水道の目指す姿の一つがこの形式であるのではないかと考える。

表20 可搬性があり補充不要な消毒法の開発事例

事業体・企業	参照資料等	事例の概要
株式会社清水合金製作所	・日本水道新聞 平成30年3月29日 令和2年8月17日	可搬型浄水処理システム「アクアレスキュー」。膜ろ過・逆洗の自動制御により24時間給水が可能で、災害時の山間・へき地でのレンタルの実績が多いが、長野県辰野

事業者・企業	参照資料等	事例の概要
		町ではクリプトスポリジウム検出後の対策として、小規模水道用に導入。
株式会社竹村製作所	・水道産業新聞 平成30年9月20日	緊急用浄水装置「キューリック」。膜処理と逆洗により繰り返し使うことが可能な、重量30kg、手押しポンプ使用と言う緊急用だが、参考まで。
スタンレー電気株式会社	・日本水道新聞 令和2年4月30日	インドで浄水器や蛇口での利用を見込んだ、紫外線消毒装置の普及事業を行う。寿命は約20000時間（約2年3ヶ月）。
メタウォーター株式会社	・日本水道新聞 令和2年9月10日 ・水道産業新聞 令和2年10月5日	トラックで移送可能なコンテナ一体型のセラミック膜ろ過設備「CPCM」。リース契約で、契約には消耗品の交換などの保守サービスも含まれる。事業者における財源不足や技術者不足、施設の老朽化、災害対応などの環境変化に合わせた活用を見込む。リース終了で返却された「CPCM」を、小規模施設や新興国にリユースすることも想定。
独立行政法人水資源機構	・ホームページ https://www.water.go.jp/honsya/honsya/torikumi/support/support.html	災害時にレンタルする膜処理の可搬浄水装置を2台保有。算定事例によると、1日当たりの稼働時間を10時間と想定。
公益財団法人水道技術研究センター	・緊急用浄水器・可搬型浄水装置一覧表	センターが調べた可搬型浄水装置56種について、処理水量、装置構成、除去対象、積載可能車両、運転方式等についてまとめた一覧表。

④漏水検知や仮設復旧の容易な管路技術

小規模水供給システムは管路も脆弱であり、災害時や管路破損事故時の負担が軽い管路システムの導入が求められる。このような負担の軽減を図った即応性の高い管システムについてはまだ提案されていないが、IoTなどの技術を用いた新たな技術の開発が進められている。

表21 漏水検知や仮設復旧の容易な管路技術事例

事業者・企業	参照資料等	事例の概要
株式会社グッドマン	・水道産業新聞 令和2年6月22日 ・日本水道新聞 令和2年9月3日	漏水自動監視システム「NB-Iot ロガーシステム」。複数の離れた地域の漏水状況を同一のパソコン上で確認でき、既存の配管図をグーグルマップ上に重ね合わせて表示できる。

事業者・企業	参照資料等	事例の概要
公益財団法人 水道技術研究 センター	・水道産業新聞 令和2年9月7日	IoT活用モデル推進事業により、輪島市の漏水検知の水道システム構築などの取り組みを支援してきた「A-Smartプロジェクト」が3期目に入る。令和5年3月までの予定。
株式会社 FPEC	・ホームページ https://fpec1.co.jp/fireprotection-equipment/high-pressure-hose/youto/portable-water-supply.html	大型のホースを使って、水道管破損に対し早期に応急バイパスラインを布設する。

⑤ロボットによる点検や薬品補充

ロボットやドローン等、人間の判断を自動化したり、活動をロボットに置き換えたりする技術については、その活用の局面が多い物流業界とその周辺において活発な技術開発、製品発表が行われておりその発展は著しい。よって、自動運転やドローン等の性能は継続的に向上し、導入コストも大幅に下がっていくものと期待でき、他分野で開発されたこれらの技術を水道へ導入することができれば維持管理体制の負担軽減を図ることが可能となる。このような未来の姿を前提として、水道システムの管理をロボット化していくことの意義は今後高まっていくものと考えられる。現在、水道分野のロボット技術の導入は、人が入り込めない管内やタンク内の観察等が中心で限定的である。しかし、水道施設はすべて人が入って操作できるように整備されていることを考えれば、人と同じサイズと行動の可能なロボットによる維持管理や、薬品補充を自動運転化されたデバイスで自動的に行うようなシステムが、他分野での技術開発の成果として水道向けにも使用できる時代が来ることは十分に期待できる。

表 22 ロボットによる点検や薬品補充、他分野での事例

事業者・企業	参照資料等	事例の概要
東京水道サービス 株式会社	・カタログ	管内調査水中ロボット。円筒形で360度撮影可能。レーザーポインター内臓による寸法計測。
三井造船株式会社	・ホームページ https://www.mes.co.jp/archive-news/press/2016/20160606.html	管内調査水中ロボット。従来の側方カメラに加え、広画角の前方カメラを追加。
株式会社クボタ	・ホームページ https://www.kubota.co.jp/glo	管内調査ロボット。管路内部を撮影。参照資料時点では、今後測定機能や、サンプリング機能

事業体・企業	参照資料等	事例の概要
	balindex/backnumber/back_number/mizukikou/robot/robot_01.html	を追加するとする。
株式会社オカムラ	・ ホームページ okamura-tmc.co.jp/business/	水中ロボットにより、配水池の調査や清掃を行う。
株式会社トーケミ	・ ホームページ https://www.tohkemy.co.jp/case/jieri_010/	浄水場薬注最適化システム「ProMix システム」。次亜塩素酸ナトリウムを流量比例と定量注入の複数のモードを使い分ける設定が可能。
株式会社タクミナ	・ ホームページ https://www.tacmina.co.jp/products/74/	「自動塩素注入装置 TCM」。ビルの受水槽内の残塩濃度を測定して、自動で追塩注入する装置。
東芝インフラシステムズ株式会社	・ ホームページ https://www.toshiba.co.jp/tech/review/2019/01/74_01pdf/b03pdf	「上下水道統合プラットフォーム TOSWACS」。プラント運転の自動化には、通常時に最適なコストで運用されていること、維持管理者が運用状況を即座に理解できること、異常予兆があるときにはその異常の顕在化が回避されることが重要との思想で作った、クラウドのプラットフォーム。
三菱日立パワーシステムズ株式会社	・ 三菱重工技報 https://www.mhi.co.jp/technology/review/pdf/543/543074.pdf	発電プラントでの自動運転を研究。装置自体の移動運転の他、操作タイミングに必要なアクションを運転員に音声でナビゲートや、警報時の必要な確認対応や 1 次対応を明示し運転員を支援する機能を研究。
ENEOS 株式会社	・ 経済産業省部会資料 https://www.meti.go.jp/press/2020/07/20200710009/20200710009-5.pdf	製油所に AI による異常検知・自動運転等デジタル技術導入を目指すロードマップを作成。人の技量に左右されない安定した運転を目指す他、製油所の場合、一度に操作可能なバルブが増えることで、人の能力を越えた生産効率化・省エネ運転が可能とのこと。

5. 小規模水道システムに関連する情報の公開

これまでの考察から小規模水道の管理に係る経験則を共有する具体的な仕組みとして、インターネットや SNS を利用し、行政情報提供の充実を図ることも効果的であると結論した。ついては、実際に、本研究において得られた知識、経験則等を広く公表し、小規模水供給システムの課題解決の支援を目的としたサイト作成について検討を深めることとする。

表 23 情報提供の構成案

検討事項		
掲載する内容	研究内容の公開	研究成果の公開・活用
		事例の公開
	情報の提供	小規模水供給システムに関する基礎知識
		事務的内容（マニュアル、フローシート等） 技術的内容（水処理・維持管理手法等）
想定される利用者	行政側の担当者（市町村の担当者、保健所、福祉局、水道局等）	
	小規模水道使用者（組合等の管理者、住民）	
	水道関係の研究者	

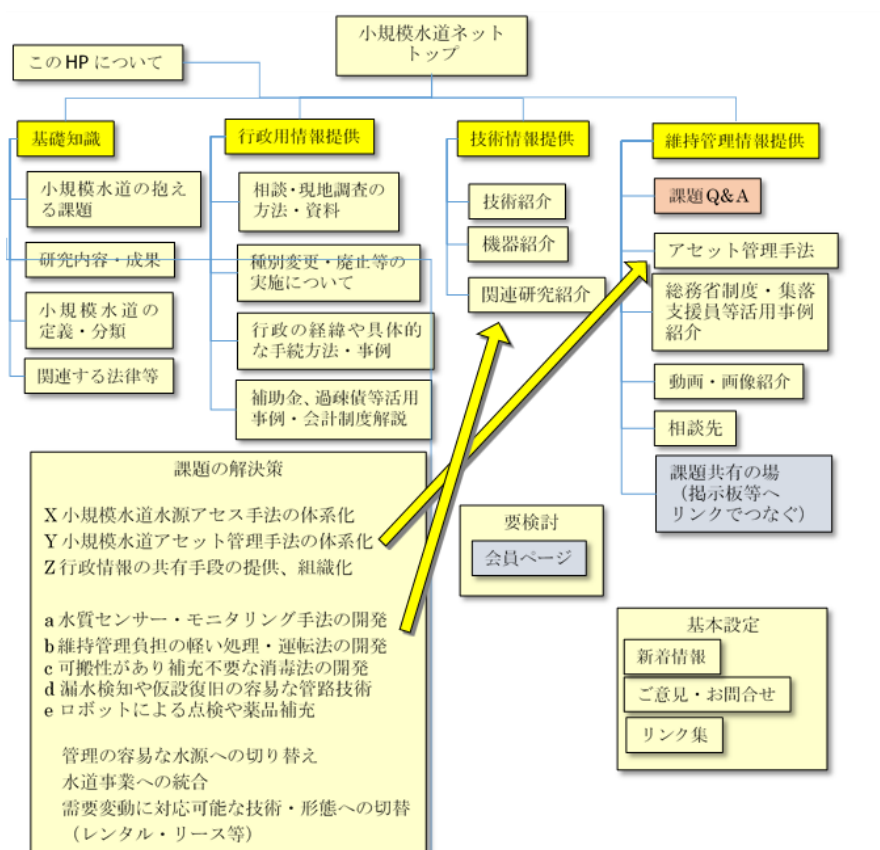


図 3 サイトマップのイメージ

6. 地方自治体における小規模水供給システムに対する取り組み事例（静岡市の事例）

（1）静岡市の状況

静岡市は、静岡県中央部に位置し、東西 50.62km、南北 83.10km に広がる人口約 70 万人の政令指定都市である。平成 15 年 4 月 1 日に旧静岡市と旧清水市が合併し静岡市が新設され、平成 18 年 3 月 31 日に蒲原町、平成 20 年 11 月 1 日に由比町を編入し、現在の静岡市の形となった。

静岡市には、平成 31 年 3 月 31 日現在、市営の上水道（1 事業）と簡易水道が 3 箇所（井川、日向、坂ノ上簡易水道）あり、他に専用水道（4 1 事業）、民営の簡易水道（1 0 事業）や多数の飲料水供給施設が存在している。

静岡市保健所における小規模水供給システムに対する取り組みは、地方自治体の取り組みの中でも能動的で積極的な取り組みを行っており、ここではその取り組みについて紹介することとする。

なお、本調査は、本来は現地調査を行い、詳細な取り組み状況を確認予定であったが、コロナ禍の影響により今回はオンラインでの聞き取り調査を行った。また、来年度以降に現地にて取り組み状況や現地の確認を行う予定である。

表 24 静岡市の状況

【参考】静岡県 HP「平成 30 年度静岡県の水道の現況」より 平成 31 年 3 月 31 日現在	
人口	692,194 人
現在給水人口（※1）	685,816 人
現在給水人口（上水道のみ）	679,678 人
普及率	99.1%
飲料水供給施設給水人口（※2）	3,280 人
総現在給水人口普及率 （飲供含む）	99.6%
面積（※3）	1,411.83 km ²
人口集中地区面積（※3）	103.90 km ²

※1 上水道、簡易水道、専用水道による現在給水人口の合計

※2 飲料水供給施設は(20人以上)の施設を計上

箇所数	計画給水人口	現在給水人口
106ヶ所	5,226人	3,280人

静岡市保健所(保健福祉長寿局保健衛生医療部保健所)	
保健予防課	医療看護係 難病支援係 結核・感染症係 予防接種係
生活衛生課	生活衛生係 医療安全対策係 ほっとはあと(医療安全支援センター)
食品衛生課	営業指導係 監視検査係 広域専門監視係
精神保健福祉課	企画係 相談支援係
保健所清水支所	保健予防係 生活食品衛生係

生活衛生課の業務

- (1) 生活衛生関係施設について
各施設等の許認可、確認及び施設の巡回指導、相談、従事者への衛生指導
公衆浴場、旅館、興行場、温泉(掘削・利用)、化製場の経営、プール、コインランドリー、理容所・美容所、クリーニング所
- (2) 水道施設について
水道施設 貯水槽水道等(簡易専用水道を含む)
- (3) 特定建築物について
特定建築物、建築物事業登録制度
- (4) 墓地等の経営許可について
墓地、納骨堂、火葬場の経営
- (5) 生活衛生相談について
ネズミ、衛生害虫等、スズメバチについて

図4 静岡市保健所組織(静岡市HPより)

中山間地における水の確保に関する庁内連携体制図

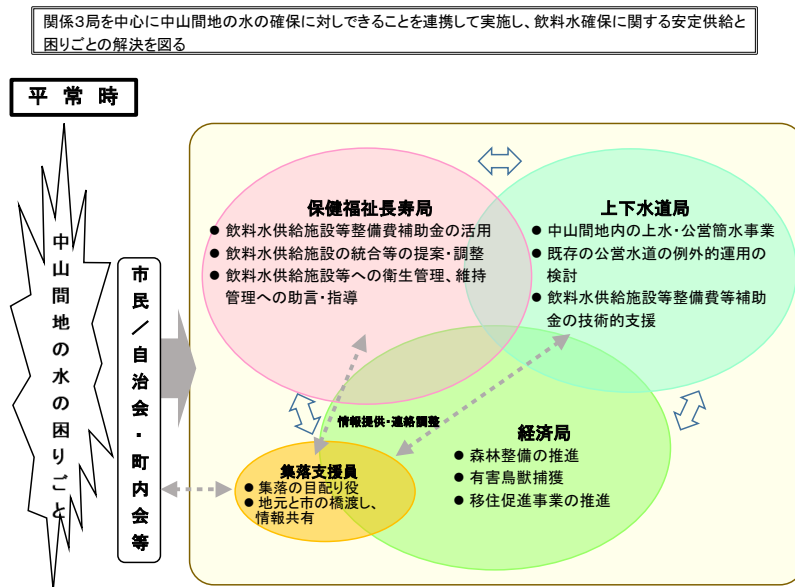


図5 中山間地における水の確保に関する庁内連携体制図

小規模水供給システムに対する衛生対策としての主なものは、「飲用井戸等衛生対策要領」(昭和62年1月29日付け厚生省生活衛生局長通知)であり、本要領では、実施主体として「都道府県、市又は特別区(以下「都道府県等」という。)が管下町村の協力を得て実施するもの」となされており、静岡市内に存在する小規模水供給システム各施設に対する衛生指導は、静岡市保健所の所管となっている。また、同様に小規模水供給システムに対する補助制度についても令和元年度まで、保健所の所管となっていたが、能動的な取り組みの結果、企画的要素が増え、令和2年度から保健所の上部機関である保健福祉長寿局保健衛生医療部内の保健衛生医療課に所管が変更になった。

保健衛生医療課及び保健所組織は図1のとおりで、当該業務は保健所の上部機関である保健衛生医療課が所管している。保健所生活衛生課生活衛生係の職員数は11名であり、うち主に2名の担当が保健衛生医療課の兼務職員となり、小規模水供給システムに対する指導・助言、補助事業等に係る業務を行っている。また、担当2名のうち1名は再任用の職員であり、静岡市以外であるが四半世紀以上水道事業に携わっていた経歴を有している。

(2) 小規模水供給システムを取り巻く状況

静岡市小規模水供給システムに対する取り組みは従来受動的な体制であったが、平成28年8月に市内一部の飲料水供給施設で漏水事故が発生した事を契機に、静岡市長の号令の下、中山間部における水の確保検討会議を立ち上げ、緊急時の応急給水体制や対応の構築を行った。また、市内全域の飲料水供給施設等の実態調査を全庁調査として実施し、施設数や困り事を把握するなど能動的な体制とることとなった。

元々飲料水供給施設等として120施設程度は把握していたが、保健所だけではなく市を挙げての全庁調査を実施した結果、市内の飲料水供給施設及び民間簡易水道施設が174施設存在することが判明し、各施設の連絡先や現地での具体的な困り事を把握することができ、その後の施策立案に役立つこととなった。

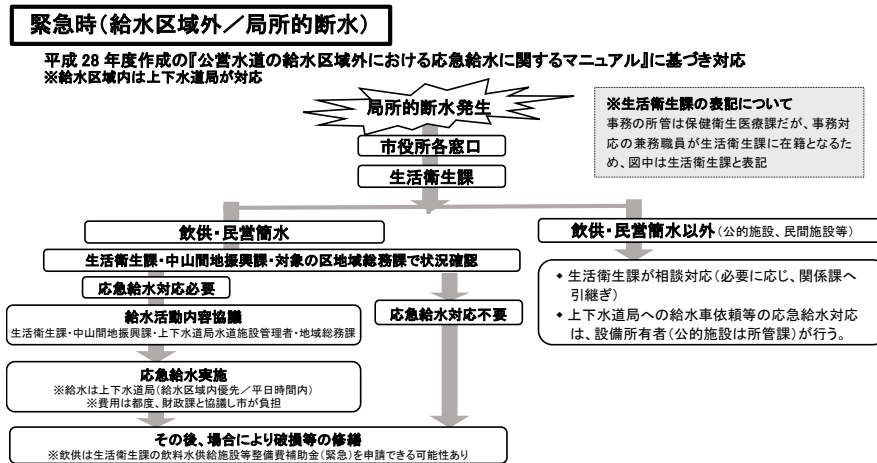
漏水事故を機に、上水道給水区域外の小規模水道の全容が明らかになり市としての取り組みが可能となった。特に、飲料水供給施設に対する補助金の活用を積極的に行う体制や上下水道局との協力体制ができ、上下水道局とは緊急時の応急給水対応が確立した。

また、偶然ながら水道用水供給事業経験者の衛生部局への再任用があったことから、水道知識を有する職員主導による取り組みができ、飲料水供給施設と連携・取り組みの促進、衛生管理や維持管理についての助言・指導が可能となった。

表25 小規模水道の困りごと～静岡市～

困っていること(重複回答可)	市全体		備考
	件数	割合	
1 水源が遠い、危険、道路問題、高齢化人手不足に伴う日頃の管理	61	35.0%	困り事第1位 (主に取水口閉塞問題)
2 台風・大雨に伴う水質(濁り)	45	25.8%	困り事第2位
3 老朽化、イノシシ被害、凍結、水圧不足	33	19.0%	現行補助で解決可 (計画的更新により、負担額も軽減)
4 過疎化、山林荒廃、水源枯渇	25	14.4%	自然要因(水源転換などでも解決可能)
5 負担額	14	8.0%	過疎化、高齢化が進む前に施設整備
6 その他	7	4.0%	
7 公営水道への接続	2	1.1%	
8 なし又は記載なし	80	46.0%	

市全体(飲料水供給施設及び民営簡易水道施設:174施設)



(令和元年 9 月 3 日小規模水供給システムのあり方に関するシンポジウム資料 (抜粋))

(3) 小規模水供給システムに対する補助制度

静岡市の飲料水施設整備費補助金は昭和 63 年から整備されていたが、従来は飲料水供給施設組合からの申請に基づき、補助金を交付する受動的体制であり、飲料水施設整備費補助金として一定の予算枠を有していたが、近年では執行率が極めて低く、不用額を出している年もあった。

平成 28 年 8 月の渇水事故以降、緊急時にも平常時にも能動的な取り組みが求められたことから、現在では全庁調査による困り事を把握した上で、必要な施設整備の助言や市補助金の活用について、各組合に対し積極的に提案をしている。近年の市補助金予算状況としては、平成 30 年度の予算 (2800 万) を財政担当部局への掛け合いや局内調整を行った結果、平成 31 年度 (令和元年度) から 3400 万に増額することができ、全額執行している状況である。それでも再来年度 (令和 4 年度) に予定している統合事業で予算額が足りない状況であり、予算確保・増額も今後の課題となっている。

しかしながら、各組合における市補助金の活用は、7 割の補助はあっても 3 割の自己負担がネックとなり、組合内の同意を得ることが難しいことも多く、すべての問題を解消している状況ではない。

また、市補助事業としては、全庁調査の結果、取水口のつまり (60/174)、原水の濁り (45/174) の困りごとが多かったことから、その解消に重点を置き、また詳細調査で困り事の程度を把握できたため、状況が重症な施設から施設整備の提案を行うこととした。

現在のコロナ禍では予算の確保が難しくなっているが、生活に欠かせない水の確保、安全性の向上という観点から、十分な予算の確保並びに当年度も満額執行となるよう業務を行っている。

表 26 静岡市の飲料水施設整備費補助金沿革

	所管部局	補助対象者要件	補助率
昭和 63 年 4 月 1 日	衛生部簡易水道課	5 戸 2 0 人以上	補助率 1/3～2/3
平成 8 年 4 月 1 日	保健所環境衛生課	3 戸 1 0 人以上	補助率 2/3
平成 14 年 4 月 1 日	保健所環境衛生課	3 戸 1 0 人以上	補助率 7/10
平成 15 年 4 月 1 日 (※ 1)	保健所生活衛生課	3 戸 1 0 人以上	補助率 7/10

※ 1 平成 15 年 4 月 1 日 旧静岡市と清水市の合併により静岡市が新設されたため

・【参考】補助金交付要綱

静岡市HP https://www.city.shizuoka.lg.jp/253_000001_00004.html

表 27 令和 2 年度静岡市予算書 (抜粋) 【参考】

(千円)

歳出 (4 款衛生費)	本年度	前年度	財源内訳	
			特定財源	一般財源
(6 項)簡易水道費	151,300	157,200	0	151,300
(1 9 節)負担金、補助金及び交付金 (1 目)飲料水供給施設費	34,000	34,000	0	34,000
(2 目)簡易水道事業会計繰出金	117,300	123,200	0	117,300

(4) 静岡市としての取り組み

①静岡市施策 1 「メンテナンスフリー化」

全庁調査で把握した代表的な困り事(取水口閉塞、濁り、日常の水質管理(滅菌))に、ついでに解消を図り、日常管理の負担を軽減させるための対策として取水口閉塞対策と浄水処理設備の設置を勧めることとした。

取水口閉塞対策は、取水場所に取水装置(スクリーン)を設置し、取水口の詰まりの改善させるもので、安価で設置が容易である。また、浄水処理設備の設置は、ある程度の設備費用が掛かるが市補助金の活用も可能であり、濁り対策や水質検査料金軽減(指標菌検査及びクリプト等の検査実施による検査料金増大を解消)等の十分な効果が期待できるものである。

②現地調査の実施

市内の飲料水供給施設等の把握については、平成 28 年の事故以降、全市調査を割り振りで各組合のリストを作成、それを基に再調査を実施しリストを更新している。

全庁調査で把握した市内 174 の飲料水供給施設及び民間簡易水道施設について、区域把握を行うため、現地確認や聞き取り等の調査を行った。

なお、困り事等のアンケート調査を実施しても、回収率は100%とはならず、郵送での調査では手の届かない課題があると感じている。この課題を補うべく、補助制度の活用方法については、各組合へ伝えると共に、補助制度のパンフレットを、自治会だけでなく水道組合全てに送付するなど、漏れのない情報提供を行っている。(自治会=水道組合ではないため)

また、緊急度の高い組合に対しては何度も説得に行き、困りごと解決のための施設整備方法への助言や補助申請の案内や、これ以上人口が減ると各戸の負担が増えること、水道がきちんと整備されていない所へは都市部から若者が帰ってこないこと等を説明している。水道組合へは必要に応じて、夜間の説明会等にも市の担当者が積極的に出向き施設整備の重要性(必要性)を説明している。

③静岡市施策2「飲料水供給施設の統合促進」

現地調査で得られた各組合の位置や水源情報等を踏まえ、持続可能な施設運営に向けて、隣接する施設の統合提案・調整を行うこととし、現在進行形で統合を勧めている状況である。これにより維持管理の人的、経済的負担の軽減、安定的な水量確保が可能となる。

(5) 各組合に対応した取り組み事例(企業、大学等との共同研究)

①取水スクリーン

取水口に設置するスリット状のスクリーンで、取水口のつまりを改善することができる。コンパクトな幅20cm程度で安価(約50万円程度)なものを企業に依頼し製作した。実際に設置した結果、取水口清掃を2回/月行っていた複数の組合でその作業が不要となった。設置個所の状況として、沢の周りは岩盤で、少し削り固定しただけの簡易な設置方法である。(写真)



②小型浄水装置

押し込み圧吸引ろ過方式のろ過装置で、凝集機能の追加により、濁度や色度除去にも対応した一体的な浄水装置である。小型浄水装置+UVLED の装置に濁度常時監視を付加し導入した組合もある。能力は通常時 2t/h、ある程度の濁度対応は可能であるが、負荷が掛かることから、三方弁をつけ、高濁時には小型浄水装置内に入れないよう管理をしている。導入に係る費用は約 300～315 万円+設置費、オプション等である。(写真)



③膜ろ過 (UF 膜)

企業と協同して安価でありながら高度な浄水処理効果が得られ費用対効果に優れた膜ろ過 (UF) 設備を設置し、今後渇水期、洪水期も含めて1年間データ取りを行う予定である。設備は高濁カット等の機能を具備しておりメンテナンスフリーを目指して、相応のイニシャルコストは掛かるが、ランニングと手間を省くことが可能なものである。また、山間部で冬場凍結の可能性がある場合は設備を建屋内に設置し、照明で熱をとることができる。(照明はLED ではないものを使用)

なお、設置した水道組合は民営の簡易水道であるが、年々人口が減少している。(50 m³/日 35 世帯 80 人) また、装置は完璧なものであるが、既存施設の老朽化、給配水管を更新していないため漏水で水量が厳しい状況 (無効率 50%以上) で、緊急で漏水調査を実施予定である等、他の問題も抱えている。(写真)



④UVLED の設置

現在、大学と協力して民営簡易水道の導水管及び戸建て住宅において蛇口取り付け型のUVLEDを設置し消毒効果の実験を行っている。さらに、クリプトスポリジウム等による汚染のおそれが高いレベル4に相当する簡易水道施設においては、小型浄水装置に令和元年に規制緩和されたUV(LED)を加えてデータ取りを行っている。個人の飲用井戸等に対する規制はなく、さらに地域がらお茶がまずくなるといって、塩素消毒等の消毒は行われていないことが多いが、水質の変動リスクを考えると何かしらの対策をとる方が良いとの見解から、飲料水供給施設に対しても、UV装置の整備を勧めている。

(6) 人口減少地区での対応事例

市内の民営簡易水道から、給水区域内の人口減少や区域内で今後人口増加見込みのない状況であることから、給水人口が100人以下となり水道法上定める「簡易水道」の定義(計画給水人口101人～5000人)に合致しないため、簡易水道の認可を廃止し、飲料水供給施設として運営をしていきたいとの要望があった。簡易水道の認可権限は静岡県にあり、廃止後の指導や安全性の課題等数々の課題を有していたが、簡易水道施設として必要十分な浄水処理設備の整備と、飲料水供給施設となっても静岡市が責任をもって指導することで県に理解を求め、民営簡易水道の廃止を行った例がある。静岡県としては、飲料水の安全性の観点から、積極的な廃止は進めてはならず、定義に合致した場合は専用水道の届け出を求める等、法の監視の目が届く範囲に留めている。今回の民営簡易水道の廃止にあたっては、市が協力して、変更認可(取水・浄水関係)を完了させた後、衛生状態を確保した上で廃止が認められた。

なお、静岡市補助金は、飲料水供給施設と組合営簡易水道を対象としているため、簡易水道を廃止し飲料水供給施設となっても返還は不要である。

(7) 静岡市としてSDGsへの取り組み

静岡市のSDGs取組の一環として、取水スクリーンや浄水処理装置といった小規模水道施設の困りごと解決を目指した製品及び中山間地の水の確保に関する市の取組を紹介する出展を行った。各製品は困り事解消の手段の一つでもあるため、全ての水道組合に会場案内を郵送し、可能な限り電話連絡で来場を促し、都合のつく組合に見に来てもらうなど、施設整備にあたっての広報も積極的に行った。

また、ジャーテスト(凝集実験)のビデオを作製し、会場で上映を行うなど、安全な飲料水確保についての情報発信も併せて行っている。

(8) 水道に係る業務への課題

水道に係る業務については、補助創設の頃は補助業務を水道局が持っていたが、所管が保健所へ移り保健所にて補助執行事務を行うことについては主に事務職員がその業務を担当

しており、受動的事務ととらえていた。飲料水供給施設等に係る業務を行う上で実感することは、水道技術を理解している職員を中心として、衛生的な知識を持つ職員と共同して取り組みを行わなければ、能動的な業務を行うことは困難であると、との意見が大きい。

静岡市としては、飲料水供給施設等に係る業務についての技術継承を行う必要を感じていると共に、水道局からの業務兼務で技術的サポートを得たいが、難しい状況である。

なお、静岡市としては、全庁調査で知り得た困り事を渇水事故後の10年で解消しようと取り組み進めているところである。

E. 結論

これまでの事例等の整理を基に、小規模水供給システムこれからの課題を明確に整理することが出来た。小規模水供給システムを有する地域においては、人口減少や住民の高齢化、施設の老朽化など多くの課題を有しており、その解決に向けての取り組みを早急に行うことが求められる。

特に水質や水源の安定性の特性を踏まえ、施設整備と水質検査、水質管理の重点化を行う必要性が高いことが分かった。

今後、小規模水供給システムの相談体制や情報提供体制の確立も重要であると考えます。

全国的な課題として、小規模水供給システムを有する施設の実態や衛生対策を行う体制の把握が十分でない状況もあるため、今後ますます関係機関と連携を図り、引き続き小規模水供給システムを有する地域に対して、衛生的な水の供給を継続し続けるための情報提供等の支援を行いたい。

F. 研究発表

1. 論文発表

○浅見真理. 小規模水供給システムー人口減少と水道ー. 空気調和・衛生工学. 2020;94(9): 723-729.

○増田貴則, 堤晴彩, 岩田千加良, 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・記録保存に関する実態調査, 土木学会論文集 G(環境), Vol.76, No.7, pp.III_33-III_42, 2020.

2. 学会発表

○増田貴則, 堤晴彩, 岩田千加良, 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に関する作業負担の実態, 令和2年度全国会議(水道研究発表会)講演集. pp.110-111, 2020.

○堤晴彩, 増田貴則, 住友萌名, 浅見真理, 小規模集落が維持管理する水供給システムの実態及び民間団体からの支援に関する意向調査, 令和2年度全国会議(水道研究発表会)講演集. pp.112-113, 2020.

○島崎 大、安達吉夫、浅見真理、末吉 智、前川啓子、中里文江. 小規模水供給施設向け簡易消毒技術の適用可能性に関する実験的検討. 令和2年度全国会議（水道研究発表会）2020.11 誌上開催.

・児玉知子, 大澤絵里, 浅見真理, 戸次加奈江, 松岡佐織, 嶋根卓也, 松本俊彦, 三浦宏子, 櫻田尚樹, 横山徹爾. 日本における Universal Health Coverage の達成状況と課題. 国際保健医療学会グローバルヘルス合同大会 2020. P7-1. 2020.11.2. オンライン

○浅見真理, 児玉知子, 大澤絵里, 戸次加奈江, 櫻田尚樹. SDG 3 における水・衛生に関連した保健指標の経緯について. 国際保健医療学会グローバルヘルス合同大会 2020. P7-4. 2020.11.2. オンライン

○Asami, M., Simazaki, D., Adachi, Y., Lab-scale Application of Upflow Filtration and UV-LED Treatment for Small Water Supply Systems. 1A-06, Water and Environment Technology Conference Online2020. 2020.11.7. On line.

3. その他

(1) 総説・解説

○浅見真理. 小規模水供給システムの課題と今後の展開. 水道. 2020;65(5):1-5.

(2) 講演等

○浅見真理. 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. 小規模水供給システム研究会, 国立保健医療科学院生活環境研究部, 東京大学大学院工学系研究科附属水環境工学研究センター主催, Zoom 開催, 2020.6.24.

G. 知的所有権の取得状況

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（20LA0501）
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

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 元大阪府水道部理事

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）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できる体制作りを目的として、そのための方策を検討する研究を行った。

過疎化地域において、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。本報告では、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基に、現在の制度を含めて水道事業の今後のあり方について考察を行った。

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（水道事業者や専用水道設置者）により水の供給を受けているものは、全国で約98%の水道普及率を達成しているが、一方で、水道法適用外の小規模水道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。

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を目的として、そのための方策を検討する研究を行った。

B. 研究方法

本報告では、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基に、現在の制度を含めて水道事業の今後のあり方について考察を行った。検討ケースは、給水形態別に表1に示す①～④の4種類とし、①④については表2に示す3種類の処理施設（a.緩速ろ過装置、b.膜ろ過装置、c.簡易浄水装置）で検討した。

また、管路の費用負担については、耐用年数別に表3に示すA,B,Cの3種類のパターンを設定した。

表1 ケース別給水形態

ケース	水道の給水形態	形態名
①	浄水処理した飲用水を供給する現在の給水形態	(飲用水道)
②	簡易処理した非飲用水を供給し飲用水は宅配	(非飲用水道1)
③	処理無しの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	(非飲用水道2)
④	配水管路を敷設せず水道水を各戸に運搬給水	(運搬給水水道)

表2 浄水処理施設の種類の種類

	浄水処理施設の種類の種類
a	緩速ろ過施設実績値(予備池、造成費等を含む)
b	小型浄水装置(膜ろ過)施設
c	小型浄水装置(井戸・沢水用)

表3 管路費用負担形態の種類

	耐用年数	費用負担の方法
パターンA	30年	30年間で費用(起債)償還(毎年費用の1/30を負担)
パターンB	60年	費用償還(償却)期間30年、残期間の費用負担は0
パターンC	60年	償却期間60年(毎年費用の1/60を負担)

C. 研究結果及びD. 考察

経営環境がより深刻な過疎地域等における小規模水道事業の現状を検討し、

- 簡易水道の1事業体当たりの給水人口は減少傾向にある。
- 給水人口当たりの総配管延長(単位配管延長)が大きく給水原価に影響している。
- 給水原価は、簡易水道の平均(297円/m³)に対して、過疎地にある人口5千人以下の簡易水道は333円/m³と1割以上高い。
- 過疎地人口5千人未満の簡易水道のブロック別の給水原価は近畿ブロックにおいて最も高い。
- 近畿圏ブロック内の簡易水道の経営状況には建設にかかる資本単価の影響が大きい。ことが分かった。

次に、近畿ブロックから2つのモデル地区を選定し、4種類の給水形態について今後の一人当たりの費用負担の推移を検討し以下の結果をえた。

- 管路や浄水施設の建設費用が、全期間にわたって影響が大きい。
- 管路の耐用年数は、長期的な費用負担に大きく影響する。
- 管路の耐用年数短いと長期的には運搬給水が有利となる。
- 非飲用水を供給し飲用水を宅配するシステムも長期的には、費用面で有利となる可能性がある。
- 国庫補助金等が個人の費用負担や給水形態に与える影響は非常に大きい。
ことが明らかとなった。

E. 結論

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。

F. 研究発表

1. 論文発表

○木村昌弘，伊藤禎彦；人口減少を踏まえた小規模水道のあり方についての一考察，環境衛生工学研究, Vol.34, No.3, pp.64-66, 2020.7.

2. 学会発表

○木村昌弘，伊藤禎彦；人口減少を踏まえた小規模水道のあり方についての一考察，環境衛生工学研究会. pp.64-66, 2020.7.

3. その他

(1) 総説・解説

○浅見真理. 小規模水供給システムの課題と今後の展開. 水道. 2020;65(5):1-5.

(2) 講演等 なし

G. 知的所有権の取得状況

1. 特許取得 なし

2. 実用新案登録 なし

3. その他 なし

<別添>

- ・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

<別添>

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

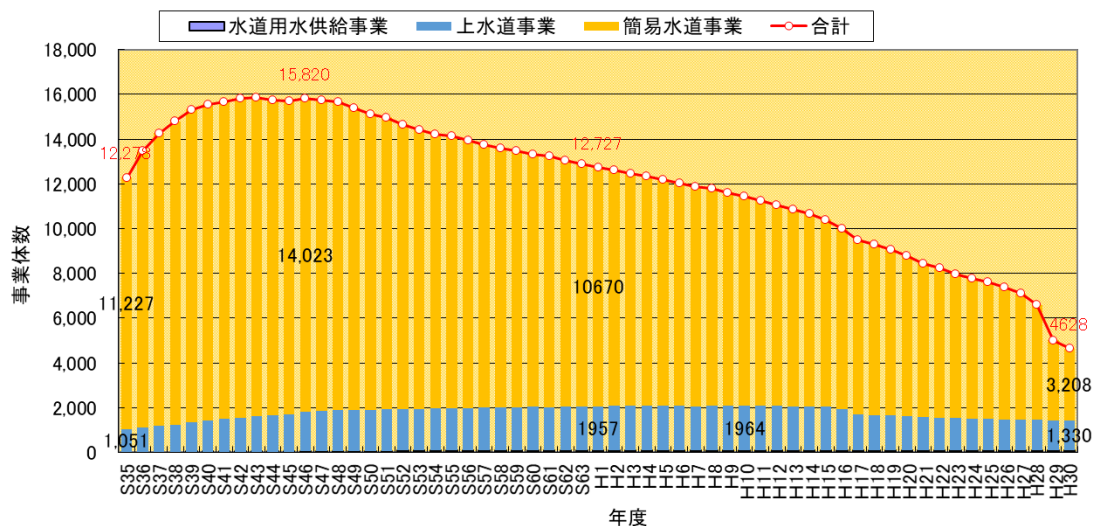
1. 過疎地域等の小規模水道事業の現状

1.1 これまでの水道事業の推移

(1) 事業体数の推移

昭和 35 年時点で水道の事業体数は認可ベースで約 12,300 事業あり、その内、簡易水道は約 11,200 事業と約 91.4%を占めていた。以来、わが国の高度成長とともに増加し、昭和 48 年度には約 15,800 事業体に達し、簡易水道は約 14,000 事業となった（図 1.1）。

その後、減少に転じ、平成元年度には、全事業体で約 12,700 事業、簡易水道は約 10,700 事業となった。それ以降も厚生労働省の基盤強化対策としての事業統合や平成の市町村合併により、全事業体の数は平成 30 年度には約 4,600 事業に減少した。特に小規模水道事業対策として統廃合が進められた結果、簡易水道は約 3,200 事業にまで減少した。



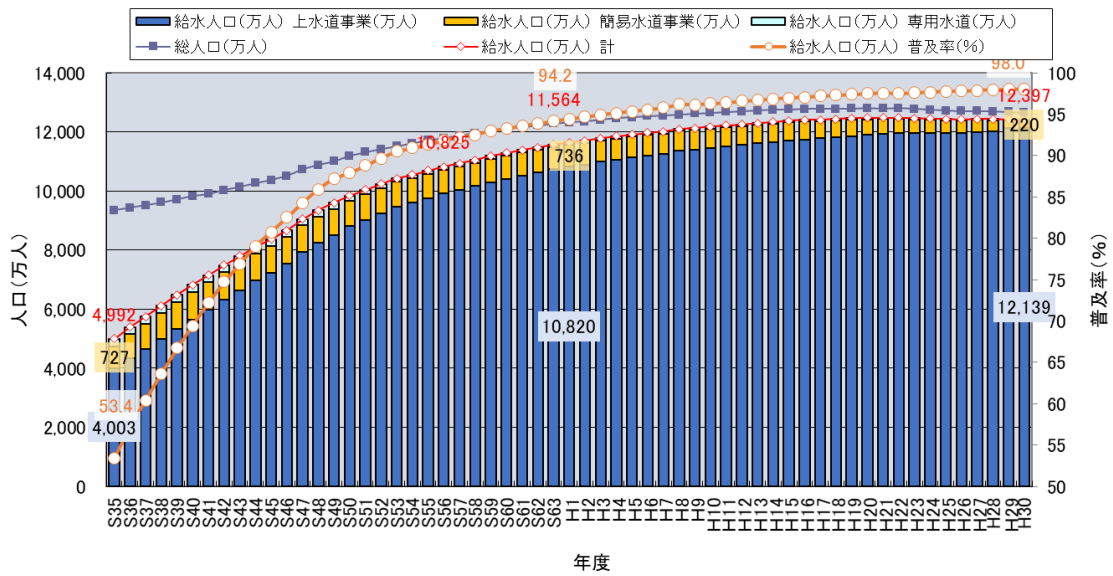
出典：水道統計（日本水道協会）

図 1.1 水道事業体数の推移

(2) 給水人口の推移

給水人口は、昭和 35 年時点では、約 50 百万人で、水道普及率は約 53.4%あったが、平成元年には、11.6 百万人に、平成 30 年には 124 百万人まで増加し、普及率は約 98%まで上昇した（図 1.2）。

そのうち簡易水道の給水人口に関しては、平成元年の約 7.4 百万人から平成 30 年には 2.2 百万人まで減少している。



出典：水道統計（日本水道協会）

図 1.2 給水人口の推移

（3）1 事業体あたりの給水人口の推移

1 事業体あたりの給水人口で見ると、上水事業では昭和 35 年度の 38.1 千人から、平成元年度に 55.3 千人と増加が続き、平成 30 年度には 91.3 千人となった。一方、簡易水道に関しては、昭和 35 年度の 648 人から昭和 47 年ごろまでは、ほぼ一定で推移したが、以降は増加傾向が続き、平成元年度の 690 人から平成 17 年度に 742 人となった。その後、減少傾向に転じ平成 26 年度から 28 年度には、統合を促進するための補助金の見直し対策等により一時的には増加も見られたが、再び減少し平成 30 年度には 686 人となっている（図 1.3）。

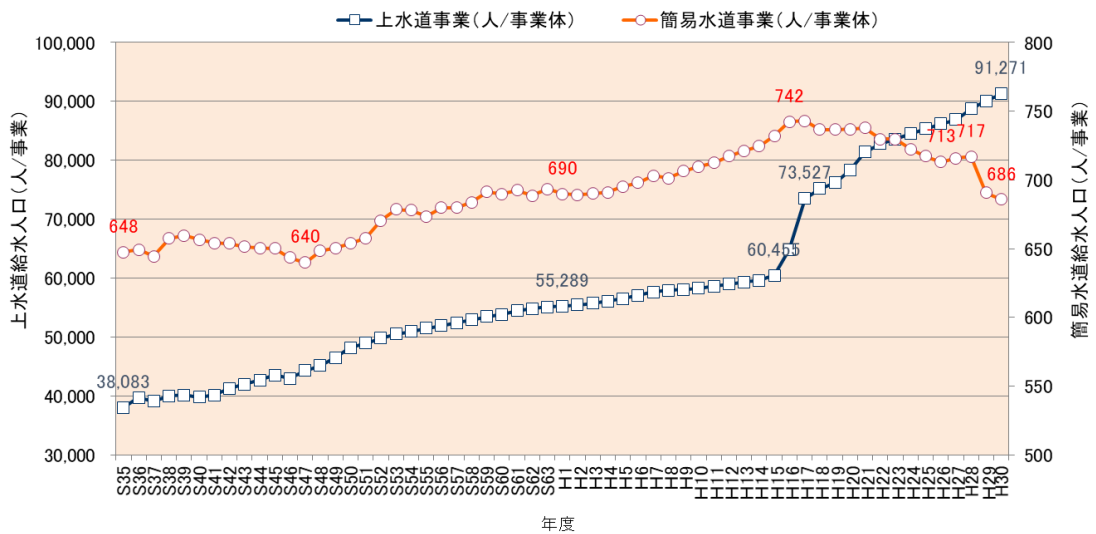
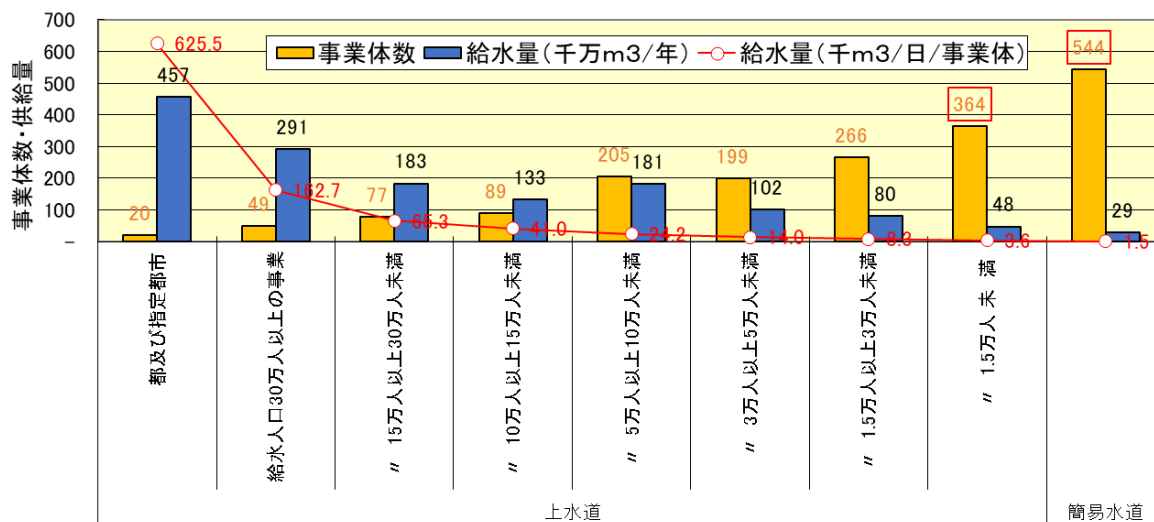


図 1.3 1 事業体あたりの給水人口の推移

1.2 水道規模別比較

(1) 事業体数・給水量の比較

全国の水道事業体規模と給水量を比較したのが図 1.4 である。これによれば都及び指定都市の事業数は 20 であるが、年間給水量は 45.7 億 m³ と大きく、一事業体当たりの給水量は日量 62.6 万 m³ となっている。人口規模が減少に併せて、この一事業体当たりの給水量は減少し、簡易水道事業では 0.15 万 m³ と大規模事業体の 1/400 となっている。



出典：H30 地方公営企業年鑑

図 1.4 事業体数・給水量の比較

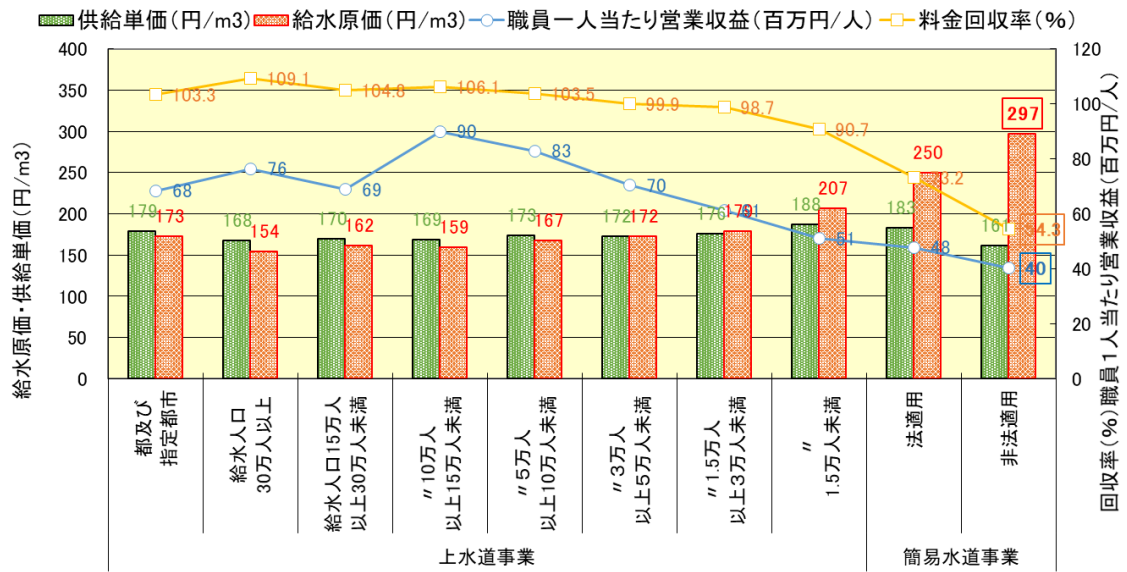
(2) 給水原価等の比較

図 1.5 は、給水規模別の給水原価等を比較したものであるが、給水原価は 30 万人以上が 154 円/m³ と最も安く、給水人口が 10 万人を下回る当たりから上昇を続け、非法適用の簡易水道では 297 円/m³ と倍近くまで上昇する。このため料金回収率も給水人口 3 万人以下の事業体では 100% を下回り、非法適用の簡易水道では 54.3% まで減少する。

職員 1 人当たりの営業収益も 15 万人から 10 万人の 90 百万円/人から 40 百万円/人にまで減少する。

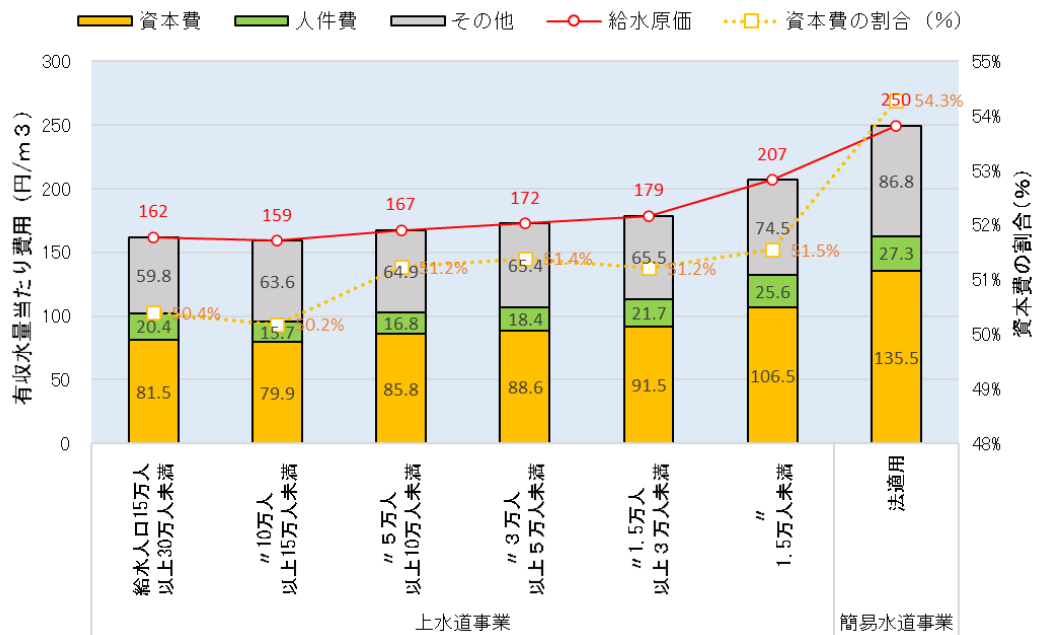
また、給水原価の内訳をみると、簡易水道では特に施設の建設等に係る資本費の割合が大きくなっている (図 1.6)。

こうした現状から事業の効率化のために水道事業の統合による規模の増大が求められている。



出典：H30 地方公営企業年鑑

図 1.5 規模別給水原価等の比較



出典：H30 地方公営企業年鑑

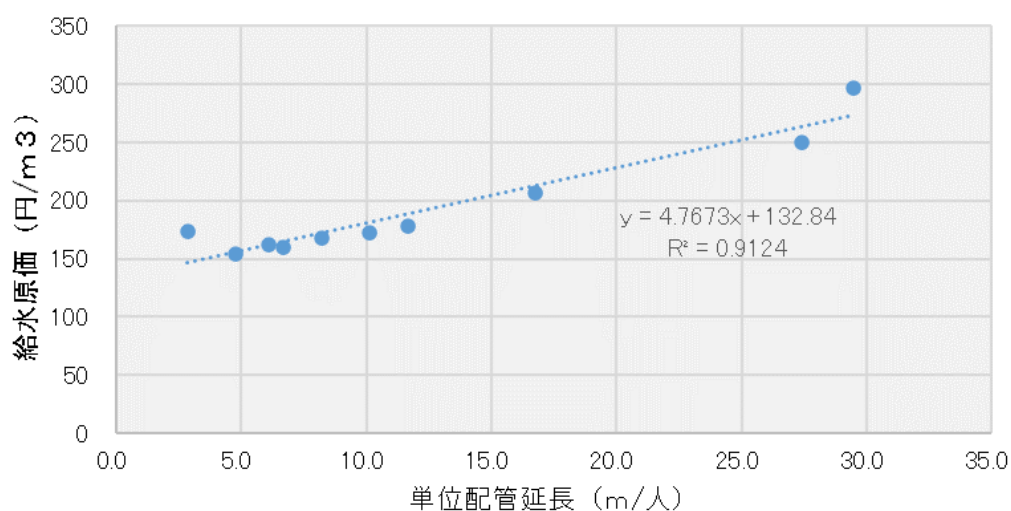
図 1.6 給水原価の内訳の比較

(3) 単位配管延長と給水原価・資本単価の関係

小規模事業者ほど給水原価が増大する要因を検討するため、事業者規模別に給水人口当たりの総配管延長（単位配管延長）と給水原価を整理し比較したのが図 1.7 である。これによれば、これらの線形的な関係が見受けられ、給水原価には、単位配管延長が関係していることが確認できる。

また、事業者規模別の単位配管延長と資本単価を整理し比較したのが、図 1.8 である。

これらから単位配管延長が資本単価に大いにかかわっており、これが給水原価に影響していることが確認できる。



出典：H30 地方公営企業年鑑

図 1.7 単位配管延長と給水原価の関係

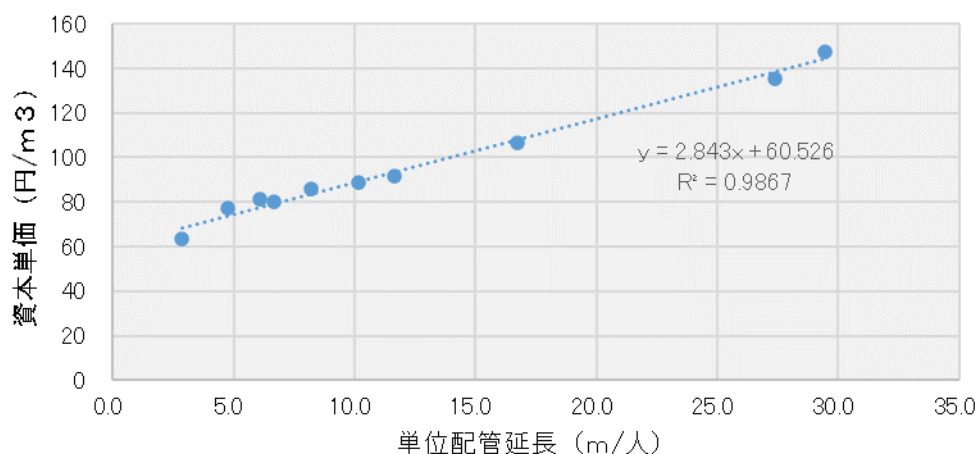


図 1.8 単位配管延長と資本単価

(4) 簡易水道の単位配管延長と給水原価の関係

小規模水道における規模の影響を検討するため、簡易水道（非法適用）に関して規模別に整理しそれぞれの単位配管延長と給水原価の関係を示したのが図 1.9 である。

なお、この図には上水道事業（法適用簡易水道を含む）の給水原価と単位配管延長の関係も追記している。

この図から事業規模が小さくなるほど給水原価に及ぼす配管延長の影響が大きいことが分かる。

表 1.1 給水人口規模別単位配管延長と給水原価の関係（法非適用簡易水道）

給水人口(人)	~1万人	10~8千人	8~6千人	6~4千人	4~3千人	3~2千人
単位配管延長(m/人)	25.2	24.8	28.0	27.0	28.1	33.8
給水原価(円/m ³)	309.9	280.8	291.6	272.4	309.5	349.4
給水人口(人)	2~1千人	1~0.8千人	0.8~0.6千人	0.6~0.4千人	0.4~0.2千人	200人~
単位配管延長(m/人)	42.2	46.1	49.4	37.9	58.9	77.7
給水原価(円/m ³)	399.8	449.7	498.2	464.3	856.1	1,157.0

出典：H30 簡易水道事業年鑑

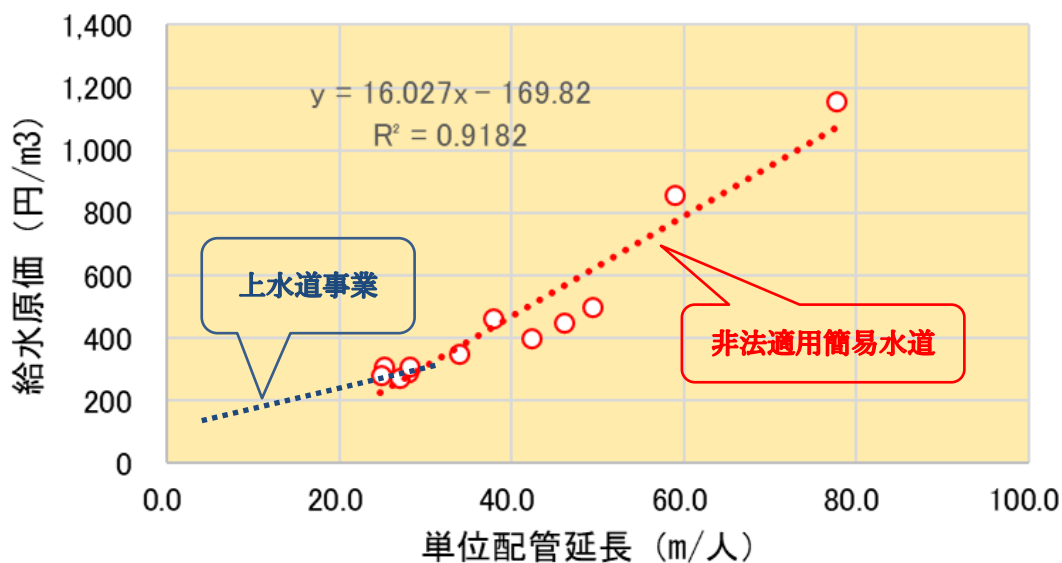


図 1.9 簡易水道に関する規模別単位配管延長と給水原価の関係

1.3 簡易水道の財政規模等による分類と評価

(1) 人口5千人以下の過疎市町村における簡易水道

今回の水道法改正においても、水道事業は基本的に市町村が実施するという原則は維持された。このため小規模水道の課題を検討するには、給水人口や単位配管密度など水道事業に係る課題に加え、それを支える市町村自体の財政規模等も大きな問題である。

こうした「人口減少要件」や「財政的要件」から地域の存続のための施策が必要とされた地域が過疎化地域である。

平成12年4月時点で、全市町村数は3,229あり、そのうち過疎市町村数1,171であった。その後の市町村合併により平成31年4月に全市町村数は、1,718となり、そのうち、過疎市町村(2条1項)は、647で、その他に一部過疎市町村(33条2項)、みなし過疎市町村(33条1項)を含め 過疎化関係市町村は817となっている(図1.10)。

一方、平成16度の市町村合併や平成28年度からの簡易水道事業の統合が進められた結果、平成16年に1,202事業あった簡易水道事業者数(特別会計ベース・非法適用)は、平成28年度には678事業となり、その以後さらに168事業減少し、平成30年度末で510事業となっている(図1.11)。なお、簡易水道事業の認可ベースでの事業数は、8,068事業(平成16年度)から4,860事業減少し、3,208事業(平成30年度)となっている。

これまで進められてきた簡易水道の統合のパターンは、簡易水道事業が既存の上水道事業に統合される場合、複数の簡易水道事業が統合し上水道事業となる場合、統合後も給水人口が5,000人を下回り簡易水道のままとなる場合のおおむね3つに分類される。

このうち、統合後に上水道事業となったものは「統合上水道事業」とされ、「旧簡易水道事業等の経営に関する研究会」報告書(R2.12 総務省自治財政局)で、それらの効果等が検討されている。それによれば、「統合上水道事業の給水人口規模は平均約7.0万人で給水人口規模が1.5万人未満の団体が、全体の約30%を占めている。」「減価償却費等を含む資本費の平均は、上水道事業全体の平均と比べ、15%程度高い86.4円となっている。」等の評価がなされている。

こうした結果から、一つに統合しても上水道事業とならない行政区域内人口が5千人に満たない町村の簡易水道は、さらに経営的に厳しいものと推測される。

こうしたことを踏まえ、ここでは、非法適用の簡易水道について、a) 簡易水道全体、b) 過疎町村簡易水道、c) 5千人以下過疎市町村の簡易水道に分類し、それぞれの経営状況について比較検討した。

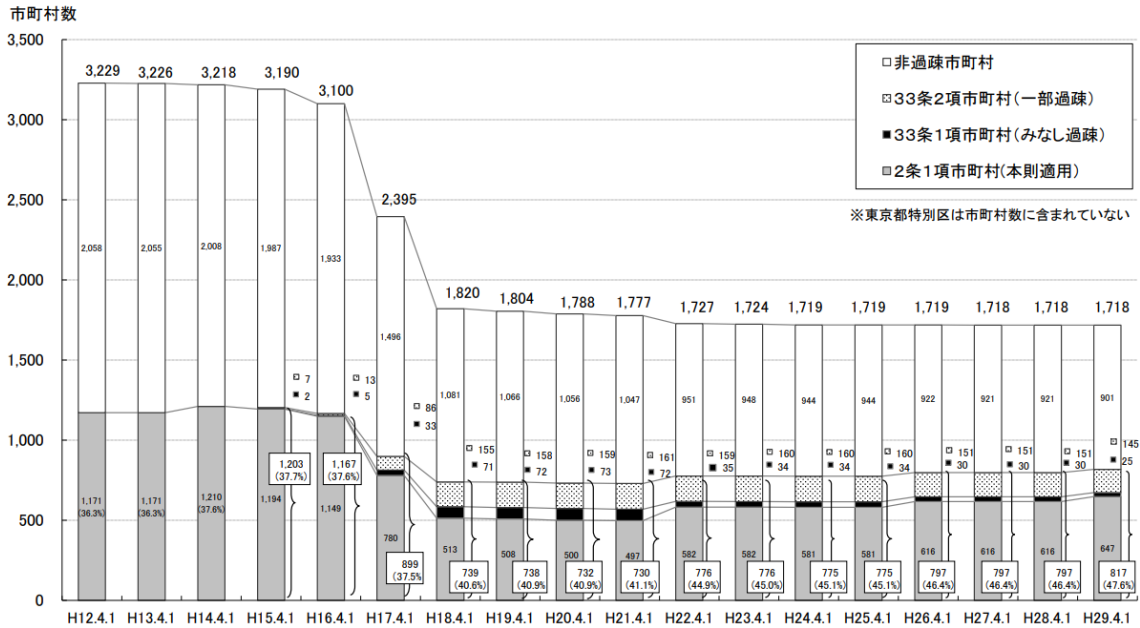
表1.1は、現在の過疎市町村と簡易水道の状況である。平成30年度末現在、非法適用の事業数は、510か所(特別会計ベース決算統計で給水人口が未記入除く)あり、行政区域内人口は約1,238万人、給水人口は約166万人である。このうち過疎市町村にある簡易水道は340か所、人口はそれぞれ約270万人と約105万人、さらに、行政区域内人口が5千人以下に絞ると200か所、約50万人、約44万人となっている。

表 1.1 過疎地域及び簡易水道の状況

平成 30 年度	個所数	行政区域内		給水区域内	
		人口 (千人)	面積 (千 km ²)	給水人口 (千人)	面積 (千 km ²)
過疎市町村 (2号1項)	647	8,420	180		
a) 簡易水道 (非法適用事業)	510	12,378		1,664	1,861
b) 過疎地域簡易水道	340	2,696	96	1,050	1,401
c) 過疎地 5 千人以下簡易水道	200	498	40	435	729

出典：H30 簡易水道事業年鑑、過疎地域のデータバンク（全国過疎地域自立促進連盟）

平成12年4月1日以降の市町村数及び過疎関係市町村数の変遷



出典：過疎関係市町村数の変遷(平成 29 年 4 月 1 日現在) (総務省地域力創造グループ)

図 1.10 全国市町村数と過疎関係市町村数の推移

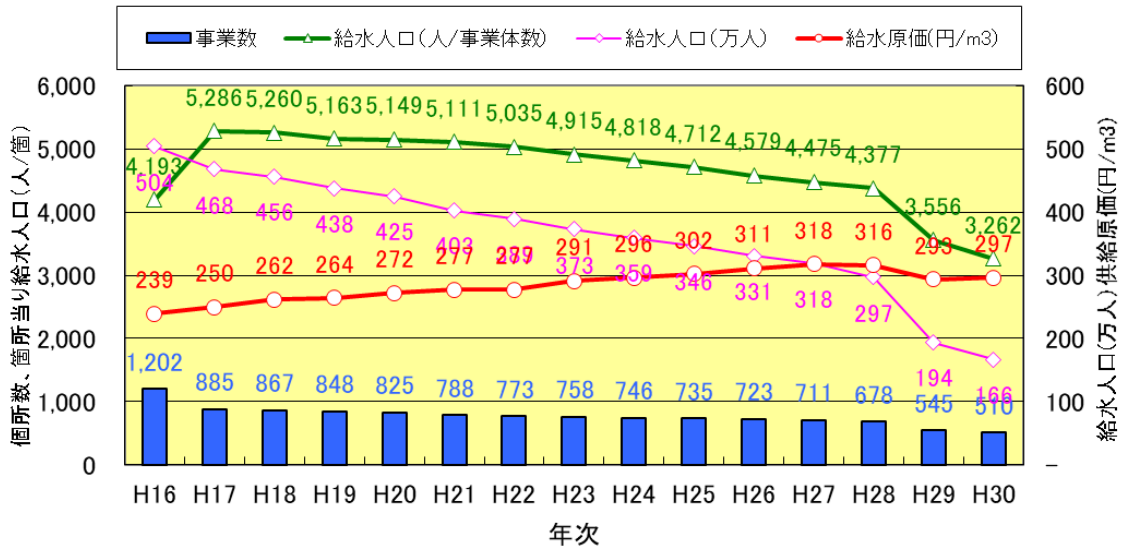


図 1.11 最近の簡易水道事業（非法適用）の推移

(2) 簡易水道事業の分類別の状況

図 1.12 は、簡易水道の分類別の有収水量当たりの費用内訳等の比較である。

これによれば、給水原価は、a)簡水全体が 297 円/m³ に対して、b)過疎市町村にある簡水では、317 円/m³、さらに、c)人口 5 千人以下では、333 円/m³ に増大している。

内訳では、企業債償還金が、それぞれ 121 円/m³、134 円/m³、141 円/m³ と増加しており、これが給水原価の増加の大きな要因となっている。

また、これらの分類ごとに給水人口別に比較すると、給水人口 3 千人以上では、ほとんど差はないが、それ以下では給水人口が減少するほど給水原価等は上昇する傾向にある。

(図 1.16～図 1.18)

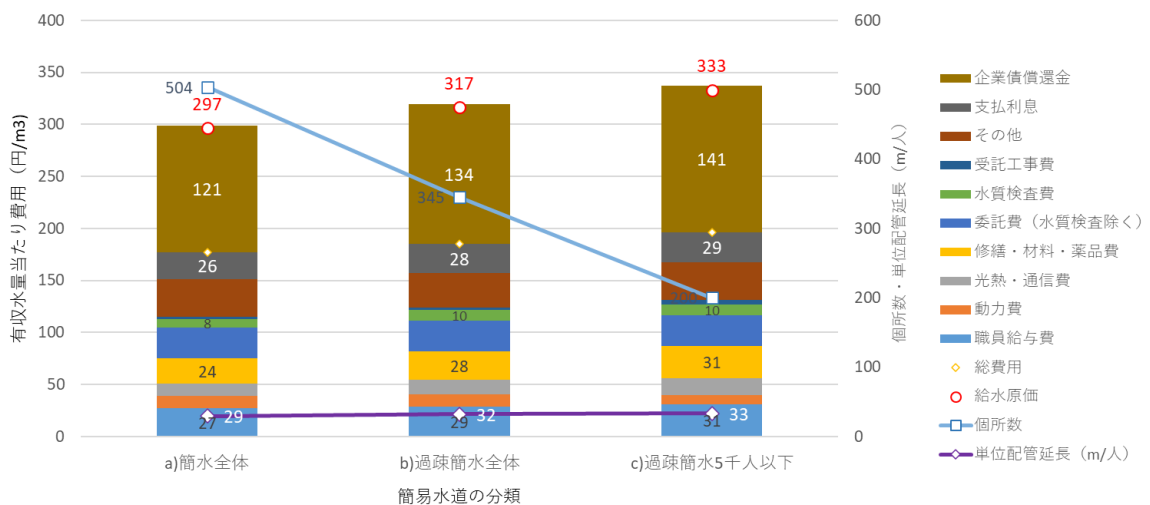


図 1.12 簡易水道の分類別有収水量あたり費用比較

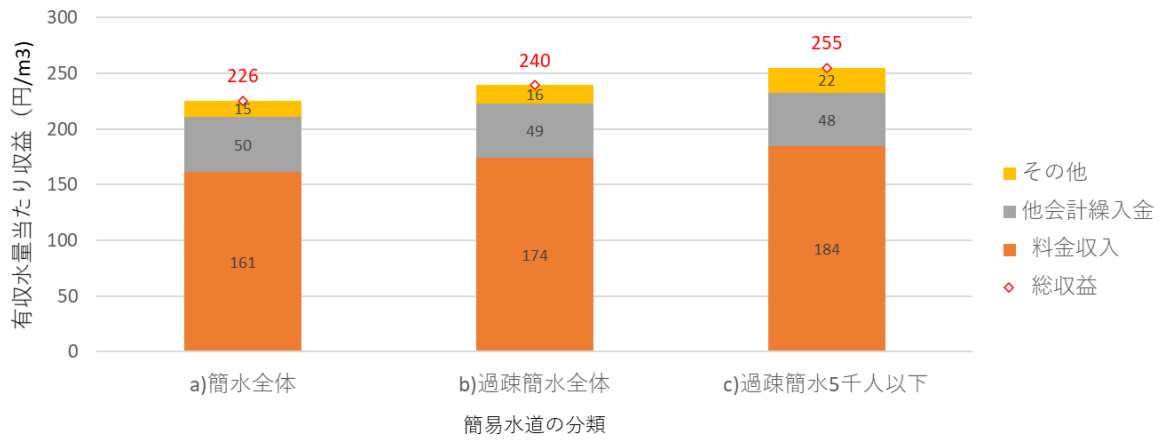


図 1.13 簡易水道の分類別有収水量あたり収益の比較

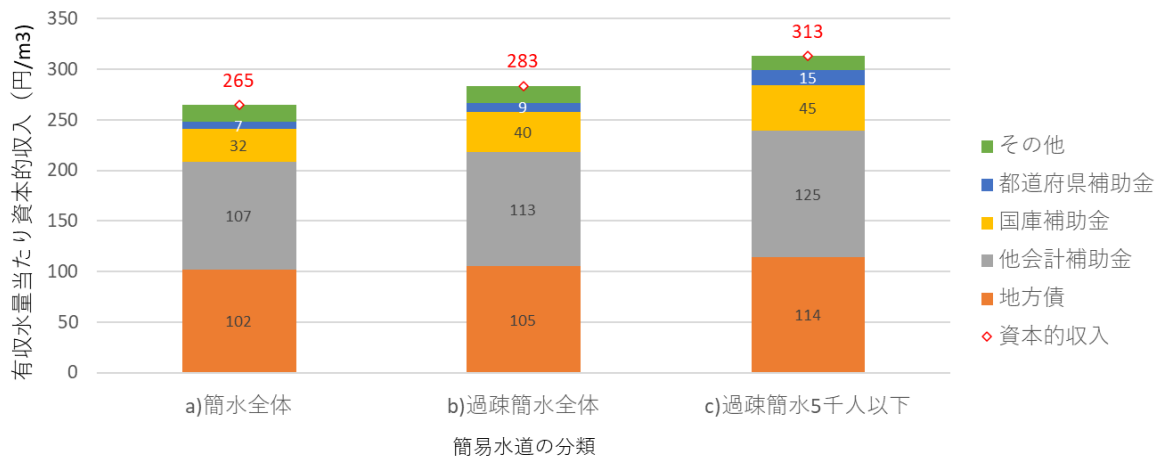


図 1.14 簡易水道の分類別有収水量あたり資本的収入の比較

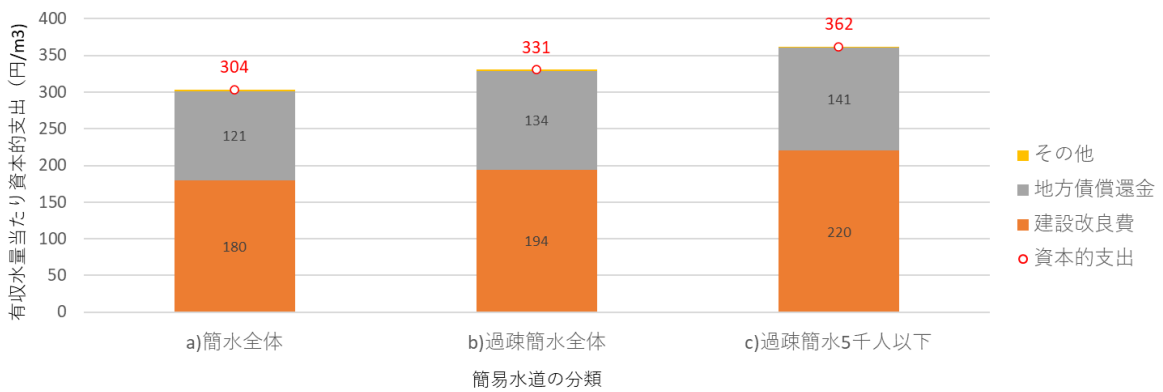


図 1.15 簡易水道の分類別有収水量あたり資本的支出の比較

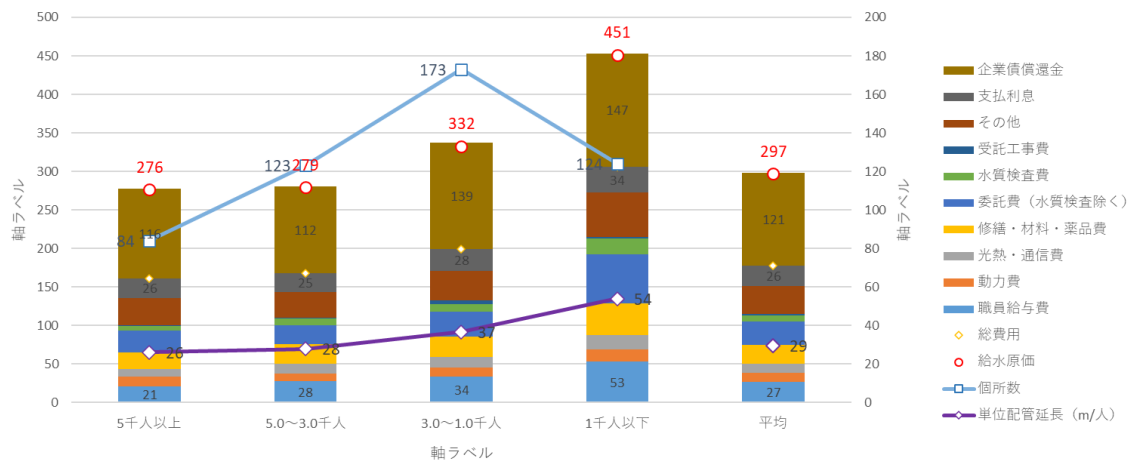


図 1.16 a) 簡易水道（非法適用）全体の給水人口別費用比較

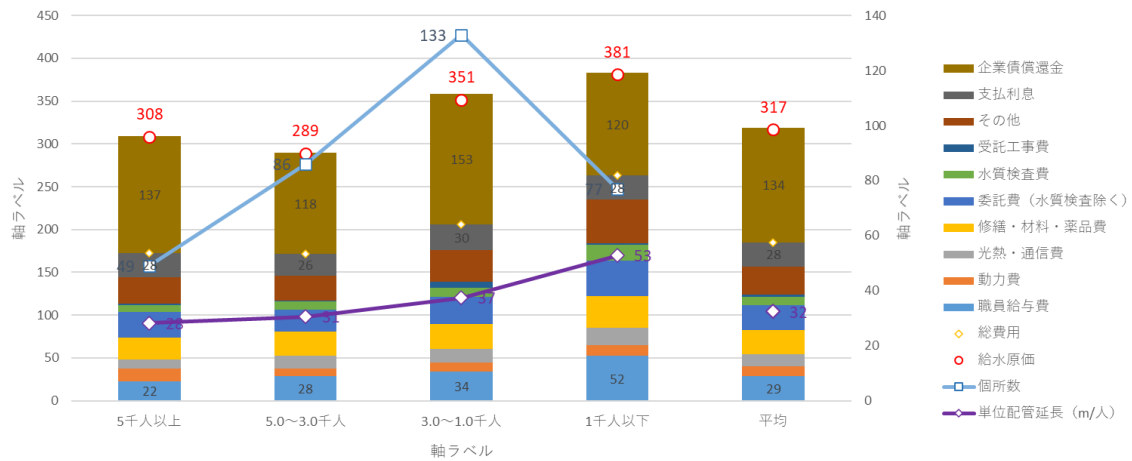


図 1.17 b) 過疎地簡易水道（非法適用）の給水人口別費用比較

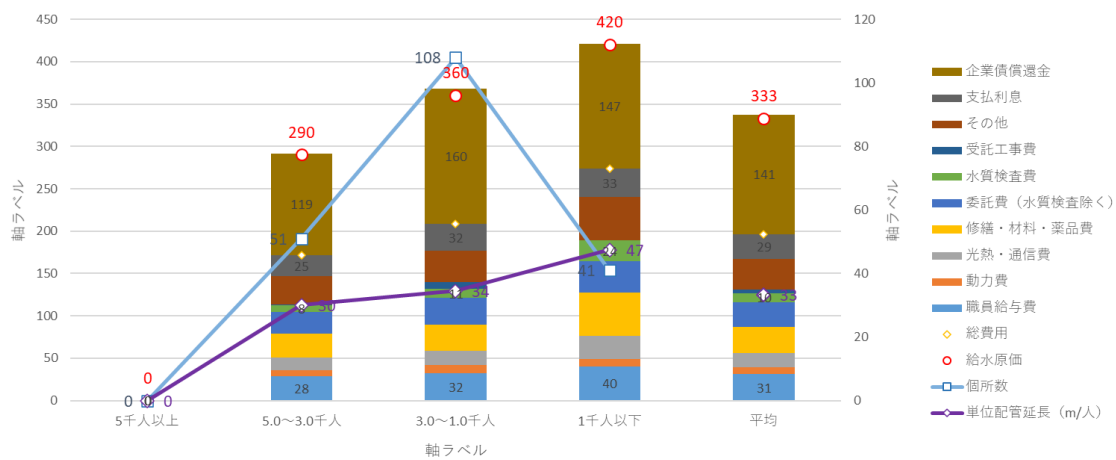


図 1.18 c) 過疎地人口 5 千人以下簡易水道の給水人口別費用比較

(3) 過疎地人口5千人未満の簡易水道のブロック別状況

最も経営条件が厳しい過疎地町村の人口5千未満の簡易水道の給水原価等を地域ブロック区別に比較したのが図1.19である。

これによれば、近畿ブロックが給水原価と資本単価ともに最も高くなっており、このブロックには、奈良県に11事業体、和歌山県に5事業体、京都府に4事業体、合わせて20事業体が存在する。

府県別の比較では、奈良県の給水原価が515円/m³、資本費が342円/m³と最も高く、京都府が477円/m³、286円/m³、和歌山県が370円/m³、188円/m³となっている(図1.20)。

単位配管延長もこの順で、42m/人、24m/人、20m/人となっており、地理的条件や人口規模が給水原価の高騰を招いていることが確認できる。

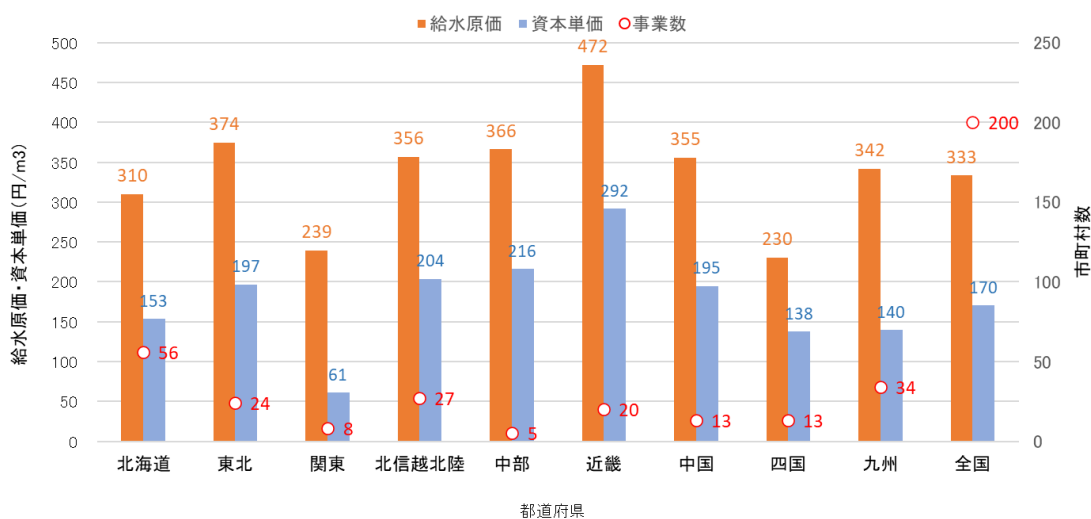


図1.19 ブロック別の過疎地人口5千人以下簡易水道の数と給水原価等の比較

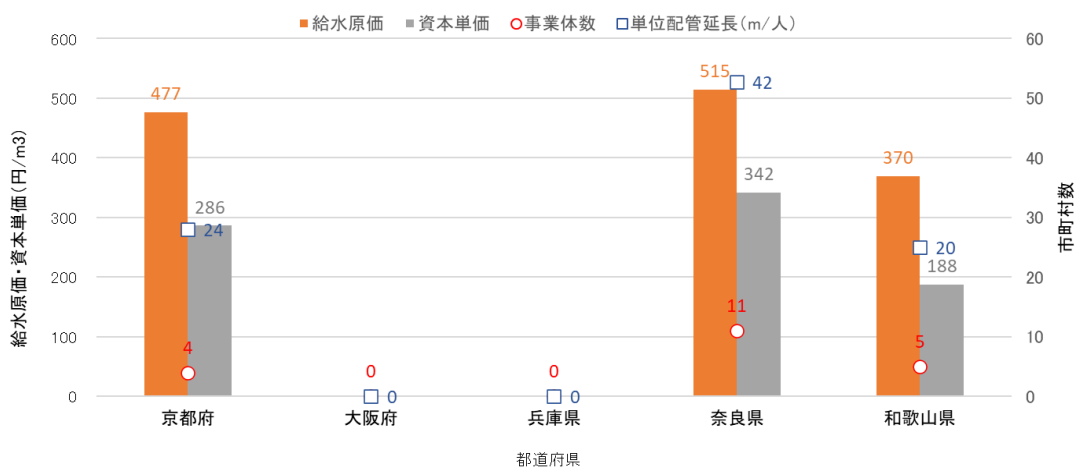


図1.20 近畿ブロックの過疎地人口5千人以下簡易水道の数と給水原価等の比較

1.4 近畿圏での過疎地域の小規模水道事業の検討

(1) 近畿の3府県での経営状況の比較

近畿ブロックの3府県の過疎地人口5千人未満の簡易水道の経営状況について比較したのが図1.21～図1.24である。図1.21から有収水量当たりの費用については、3府県とも大差はないが、奈良県の給水原価が高い要因は、企業債償還額が大きいこと、また、図1.22からは収益が最も多い京都府の要因は他会計繰入金が多いことが分かる。

さらに、図1.23からは資本的支出が最も多い奈良県は、企業債償還金が多いこと、建設改良費の投資は和歌山県が最も多いこと、一方、図1.24からは資本的収入も奈良県が最も多いが、これは他会計補助金が多いことなどが知れる。

これらから、3府県の中では、奈良県の簡易水道が最も経営的に厳しい状況にあり、次に京都府が厳しく、和歌山県が比較的健全であることが伺える。

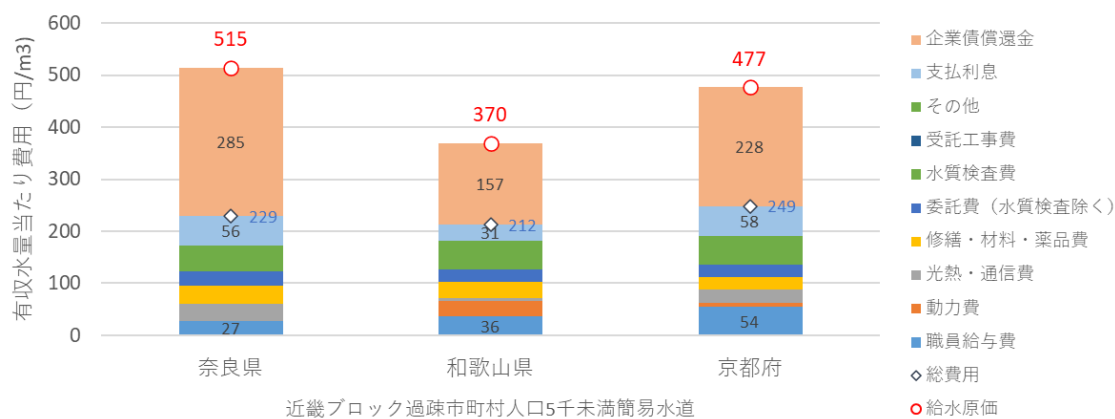


図 1.21 3府県の有収水量当たり費用等の内訳

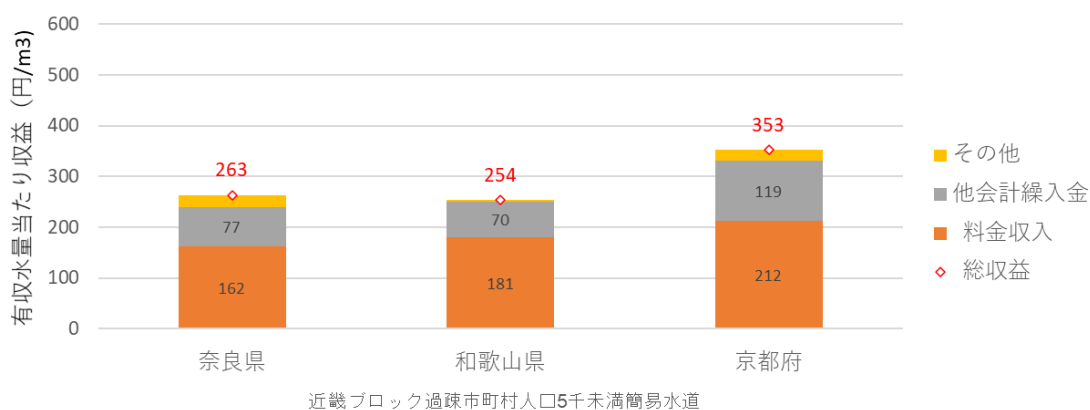


図 1.22 3府県の有収水量当たり収益の内訳

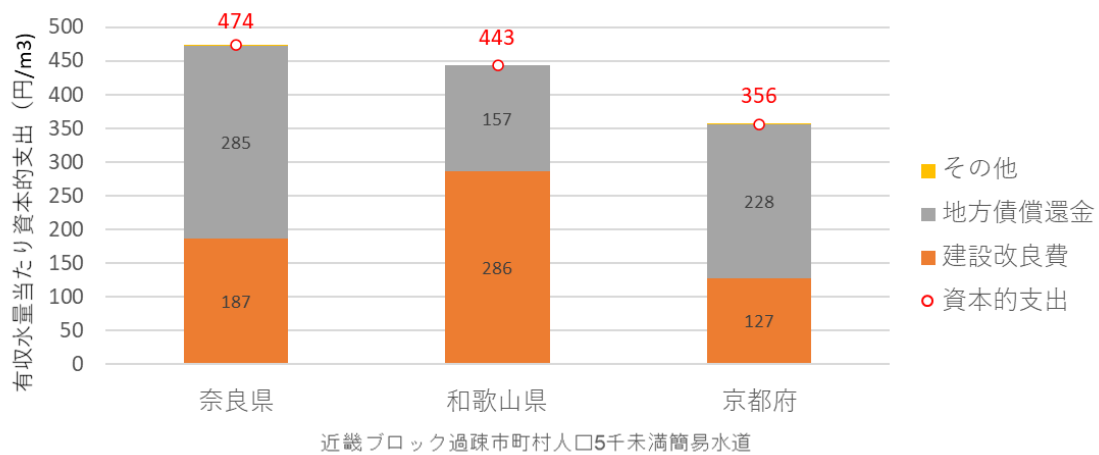


図 1.23 3 府県の有収水量当たり資本的支出の内訳

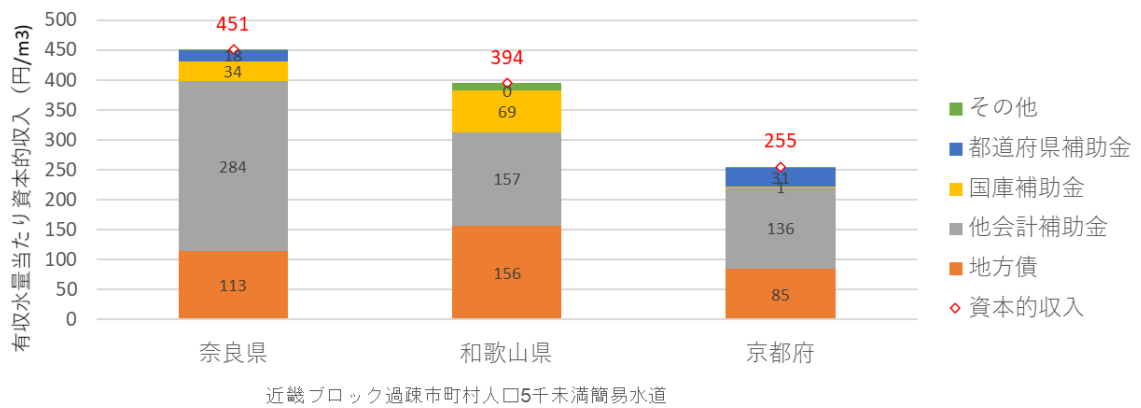


図 1.24 3 府県の有収水量当たり資本的収入の内訳

(2) 奈良県の過疎地人口5千人以下の各簡易水道事業の経営状況

近畿ブロックの3府県の中で最も経営の厳しいと想定される奈良県内の各簡易水道事業の経営状況について比較したのが図1.25～図1.28、また、主な経営指標を比較したのが表1.2である。

図1.25から給水原価が高いのは野迫川村(855円/m³)、十津川村(849円/m³)、川上村(656円/m³)で、川上村では企業債償還額と支払利息が給水原価の88%を占めている。

また、収益への他会計からの繰り入れ割合が大きいのは、野迫川村約75%、天川村約57%、川上村約54%の順となっている(表1.2)。

企業債残高に対する給水収益の割合が、大きいのは、順に、川上村6,093%、十津川村4,727%、野迫川村4,635%である。

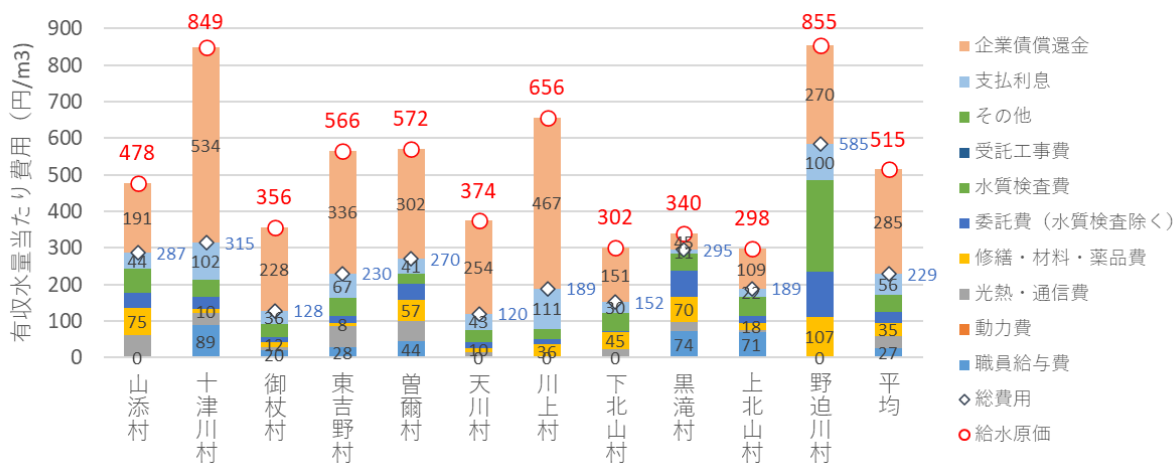


図 1.25 奈良県内の有収水量当たり費用等の内訳

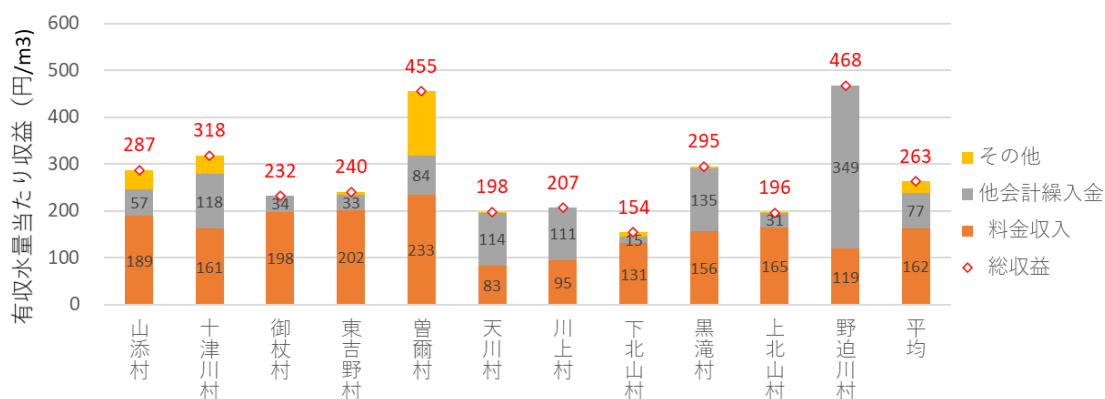


図 1.26 奈良県内の有収水量当たり収益の内訳

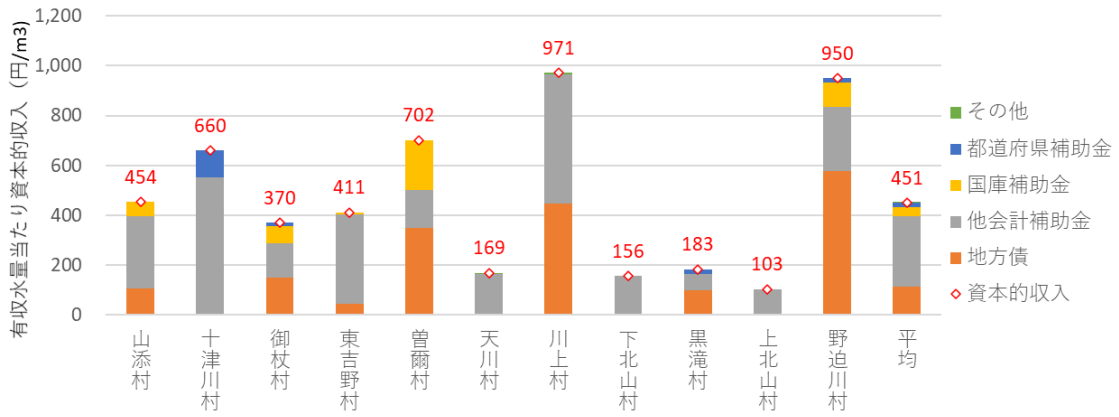


図 1.27 奈良県内の有収水量当たり資本的収入の内訳

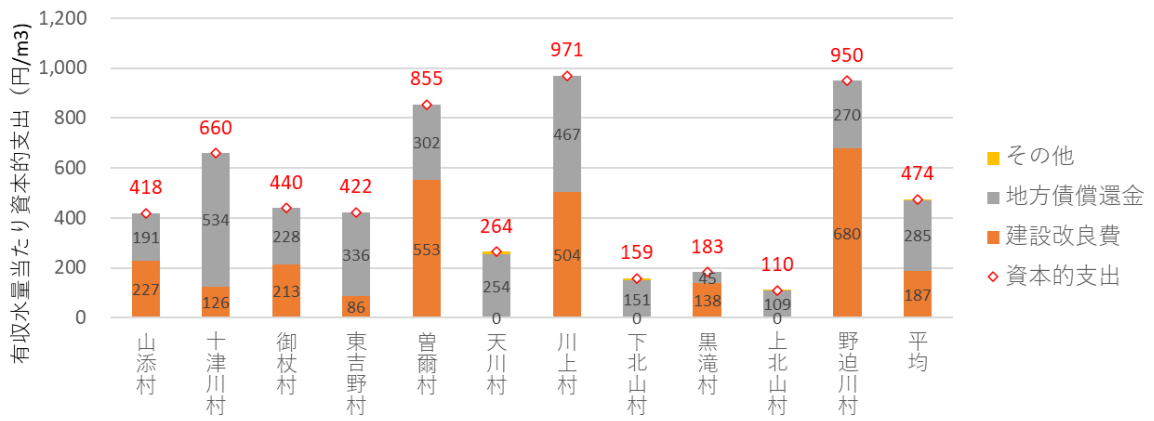


図 1.28 奈良県内の有収水量当たり資本的支出の内訳

表 1.2 奈良県内人口 5 千人未満の過疎地域の簡易水道の経営状況比較

	給水原価 (円/m ³)	料金回収 率(%)	他会計繰 入率(%)	他会計補 助金(%)	企業債残高 収益比率(%)	単位配管延 長(m/人)
山添村	478	60.1%	19.8%	63.5%	902.6%	34.1
十津川村	849	37.5%	37.3%	83.6%	4726.5%	46.0
御杖村	356	65.1%	14.6%	37.2%	704.5%	29.4
東吉野村	566	42.5%	13.9%	87.5%	1877.2%	56.3
曾爾村	572	79.6%	18.5%	21.5%	2217.1%	32.4
天川村	374	52.9%	57.4%	98.2%	2537.2%	27.1
川上村	656	31.5%	53.9%	53.2%	6092.5%	58.8
下北山村	302	51.0%	9.6%	100.0%	1773.4%	45.5
黒滝村	340	87.0%	45.7%	36.6%	1818.9%	60.3
上北山村	298	65.7%	15.7%	100.0%	1029.1%	36.3
野迫川村	855	54.7%	74.6%	27.0%	4634.6%	59.5
平均	515	51.1%	29.2%	63.1%	2174.9%	41.7

(3) 和歌山県内の過疎地人口5千人以下の各簡易水道事業の経営状況

近畿ブロック3府県の中で比較的経営が健全な和歌山県内の各簡易水道事業の経営状況について比較したのが図1.29～図1.32、また、主な経営指標を比較したのが表1.3である。

図1.29から給水原価が低いのは、すさみ町(257円/m³)、北山村(376円/m³)、九度山町(344円/m³)で、すさみ町では企業債償還額と支払利息が給水原価の27%に止まっている。

また、収益への他会計からの繰り入れ割合が少ないのは、九度山町(8.6%)とすさみ町(3.0%)である。企業債残高に対する給水収益の割合が、少ないのは、すさみ町218%、高野町703%、古座川町996%となっている(表1.3)。

建設投資額でみると、古座川町が(1469円/m³)と圧倒的に大きく、他の事業体は400円/m³以下にとどまっている(図1.32)。

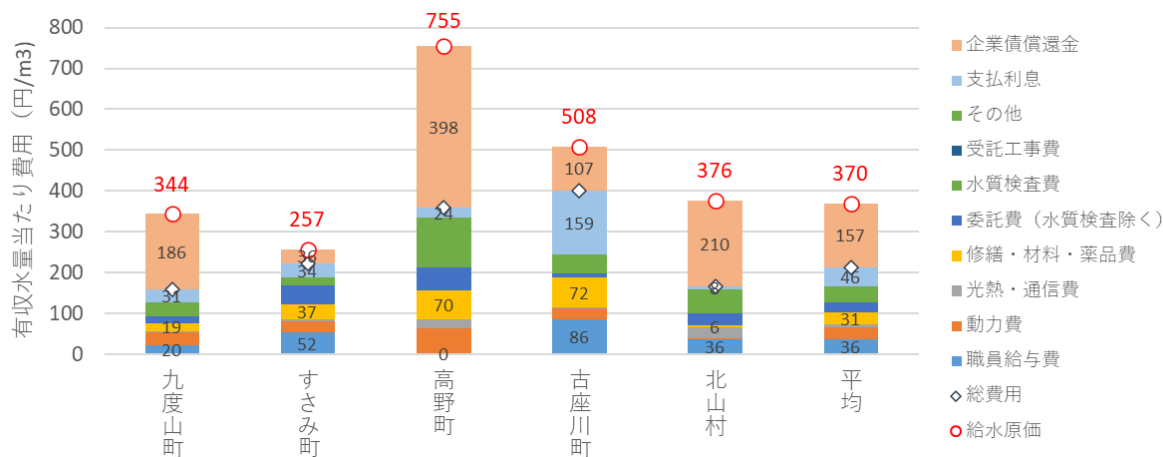


図 1.29 和歌山県内の有収水量当たり費用等の内訳

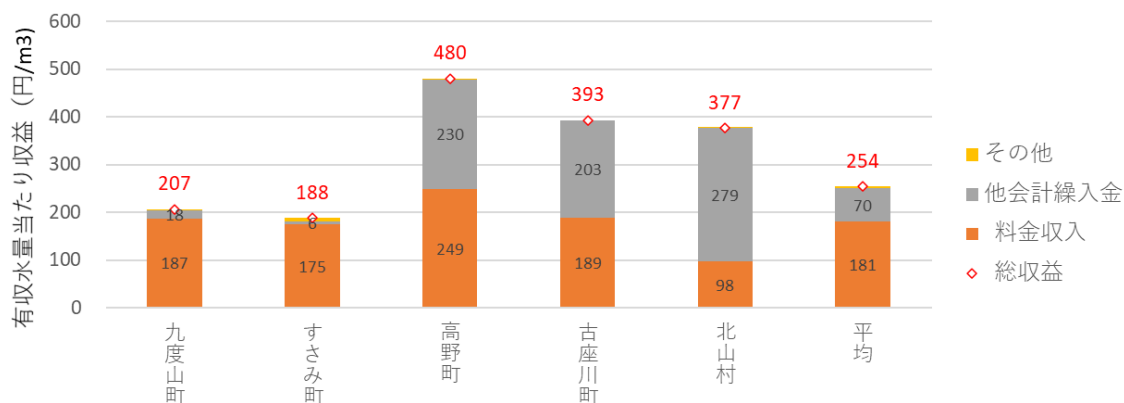


図 1.30 和歌山県内の有収水量当たり収益の内訳

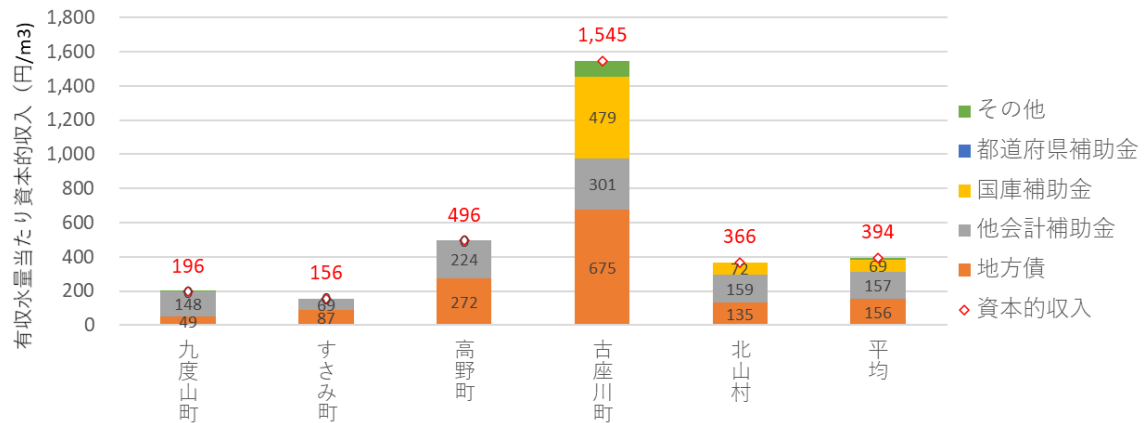


図 1.31 和歌山県内の有収水量当たり資本的収入の内訳

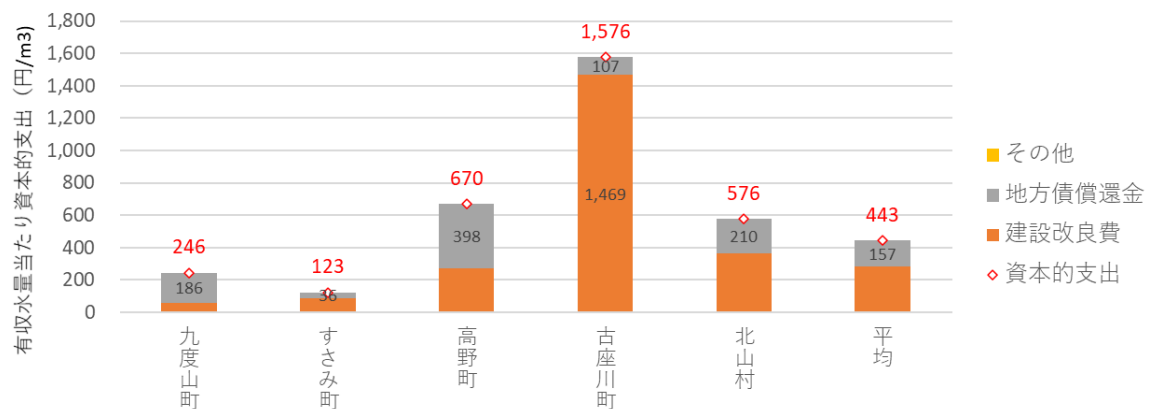


図 1.32 和歌山県内の有収水量当たり資本的支出の内訳

表 1.3 和歌山県内人口 5 千人未満の過疎地域の簡易水道の経営状況比較

	給水原価 (円/m³)	料金回収率 (%)	他会計繰入 率(%)	他会計補助 金(%)	企業債残高 収益比(%)	単位配管延 長(m/人)
九度山町	344	60.2%	8.6%	75.3%	1014.8%	11.9
すさみ町	257	73.2%	3.0%	44.3%	218.0%	21.6
高野町	755	63.5%	47.9%	45.1%	703.4%	63.1
古座川町	508	77.3%	51.8%	19.5%	995.7%	29.4
北山村	376	100.2%	74.1%	43.5%	1298.5%	41.2
平均	370	68.7%	27.7%	39.7%	900.0%	20.0

(4) N 県 K 村と W 県 K 町の簡易水道事業の比較

人口 5 千人以下の過疎地における簡易水道の経営環境を悪化させている要因を探るために、近畿ブロックで特に環境の厳しい N 県 K₁ 村と比較的健全性を維持している W 県 K₂ 町について比較分析した。

両町村の概要は、表 1.4 に示すとおり、行政区域面積はほぼ同程度であるが、人口は、K₁ 村が 1.4 千人に対して K₂ 町は倍近い 2.7 千人となっている。また将来人口も、前者が今後 30 年間に 21% まで減少すると想定されているのに対して 46% までの減少にとどまっている。

給水人口と有取水量は、K₁ 村では人口減少に合わせて減少し続け、H30 年度末でそれぞれ約 1.2 千人、375m³/日となっている（図 1.33）。一方、K₂ 町は、未普及地域の解消により、ほぼ一定で推移しているが、平成 30 年度末で約 1.0 千人、295m³/日と依然、普及率が低い状況にある。

給水原価は K₁ 村が 600 円/m³ 以上で推移しているのに対して K₂ 町は 300 円/m³ と 2 倍程度高く、料金回収率についても、K₁ 村が 20% 以下であるのに対して K₂ 町はほぼ 50% 以上で推移している（図 1.34）。

また、K₁ 村では、費用は、減少傾向にあるが、この要因は支払利息の低減によるものである。収益は、ほぼ一定で、料金収入の割合は 40% 程度で推移している。また、資本的支出の推移については、これまでの建設投資による地方債償還金が大きな負担となっている。

K₁ 村では平成 20 年度に 12 地区の簡易水道が一つの簡易水道に統合されているが、営業費用や繰入金金の減少にはつながっていないと評価できる（図 1.36）。

K₂ 町に関しては、費用は、最近増加傾向にあるが支払利息がほとんどなく、また、収益はほぼ一定で、料金収入の割合は 60% 程度で推移している（図 1.38 図 1.39）。また、資本的支出については、平成 25 年以前は建設投資がほとんどなく地方債償還金も少ないが、平成 26 年以降は、未普及地域解消のための建設投資が行われており、今後、地方債償還金の増大が見込まれ経営環境を悪化させる要因となると考えられる（図 1.40）。

なお、K₂ 町で H30 年度に費用が大幅に増加しているのは、給水車が購入され費用計上されたことによる。

表 1.4 K1 村と K2 町の比較

	行政区域 面積(km ²)	行政区域 内人口(人)	人口密度 (人/km ²)	給水人口 (人)	将来人口比 (2015 年 /2045 年)	単位配管 延長 (m/人)
K1 村	269.26	1,407	5.23	1237	0.21	58.8
K2 町	294.23	2,669	9.07	961	0.46	29.4
両者の比	0.92	0.53	0.58	1.29	0.45	2.00

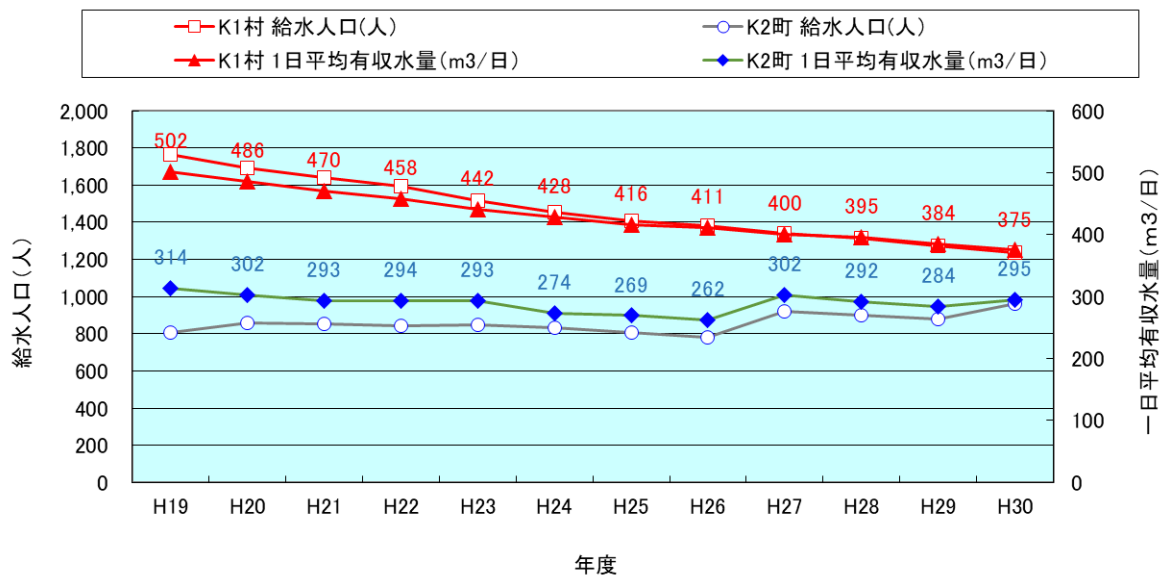


図 1.33 K₁村とK₂町の給水人口と有収水量の推移

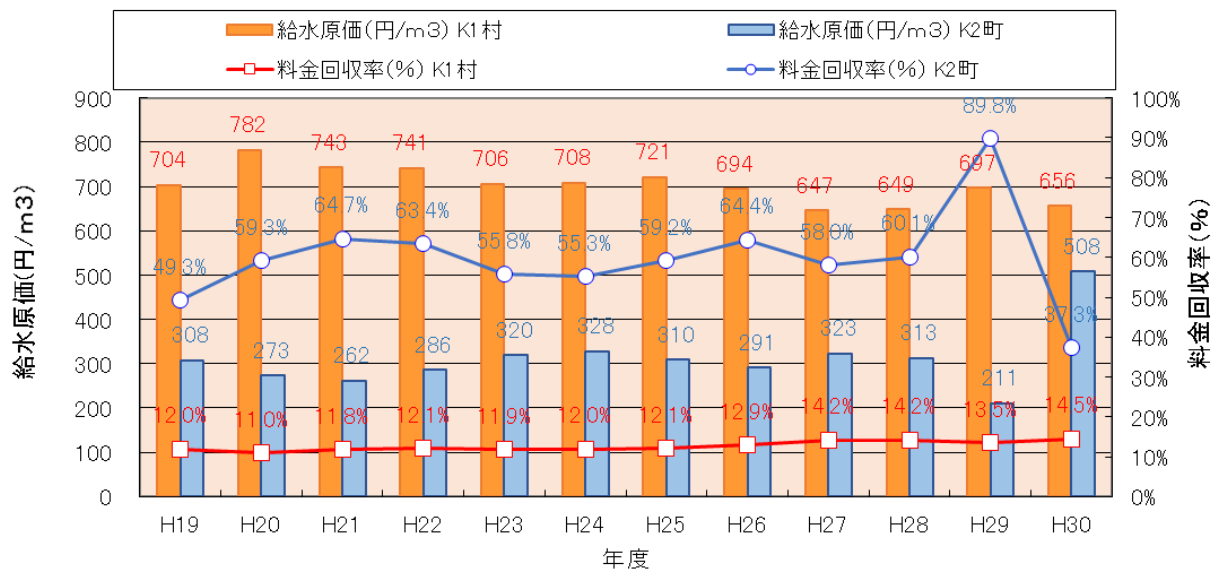


図 1.34 K₁村とK₂町の給水原価、供給単価、料金回収率の推移

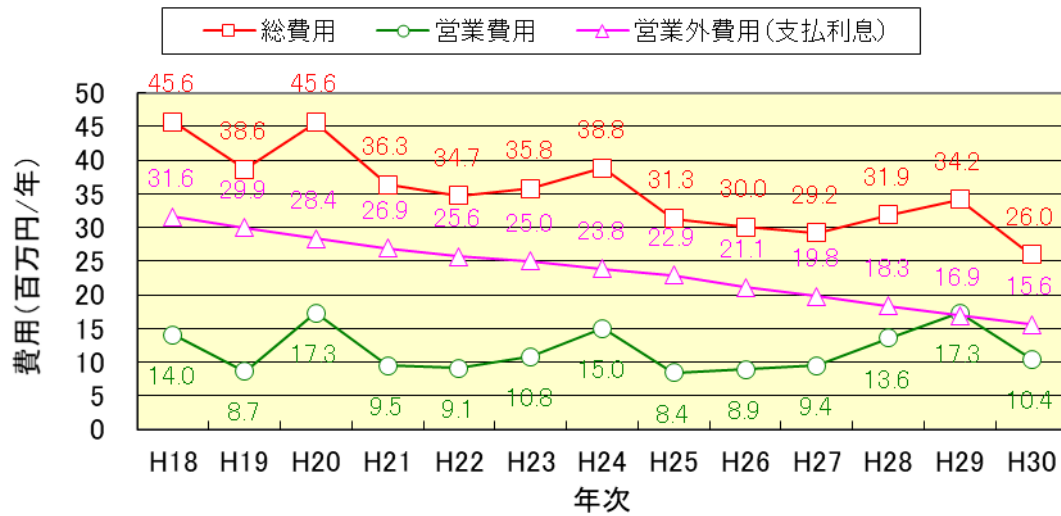


図 1.35 K₁ 村の費用とその内訳の推移

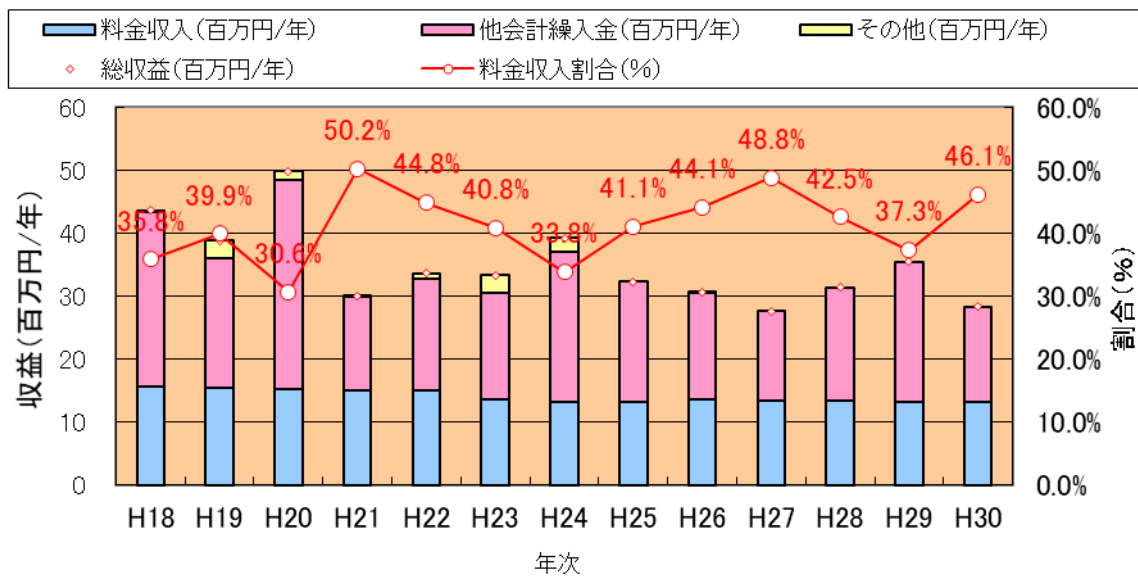


図 1.36 K₁ 村の収益とその内訳、料金収入割合の推移

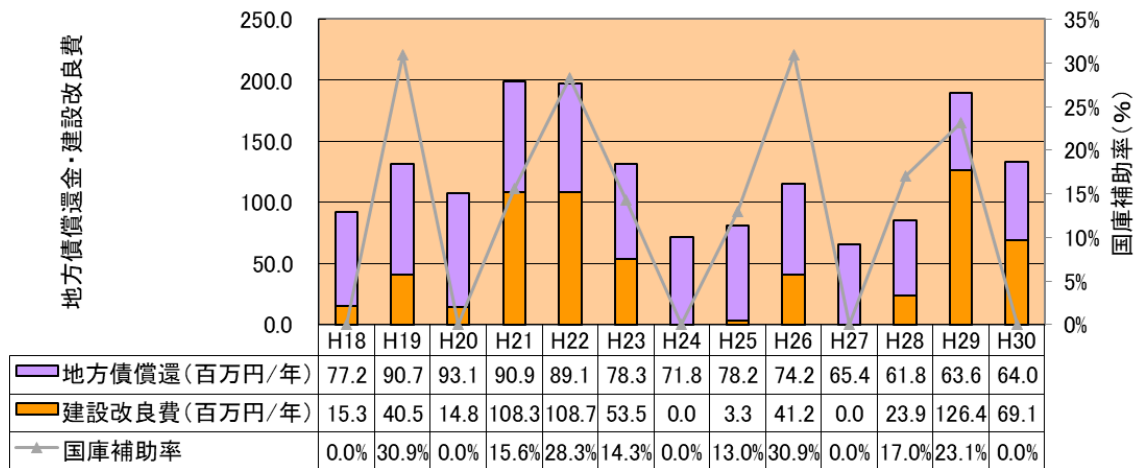


図 1.37 K₁ 村の資本的支出の内訳、国庫補助率の推移

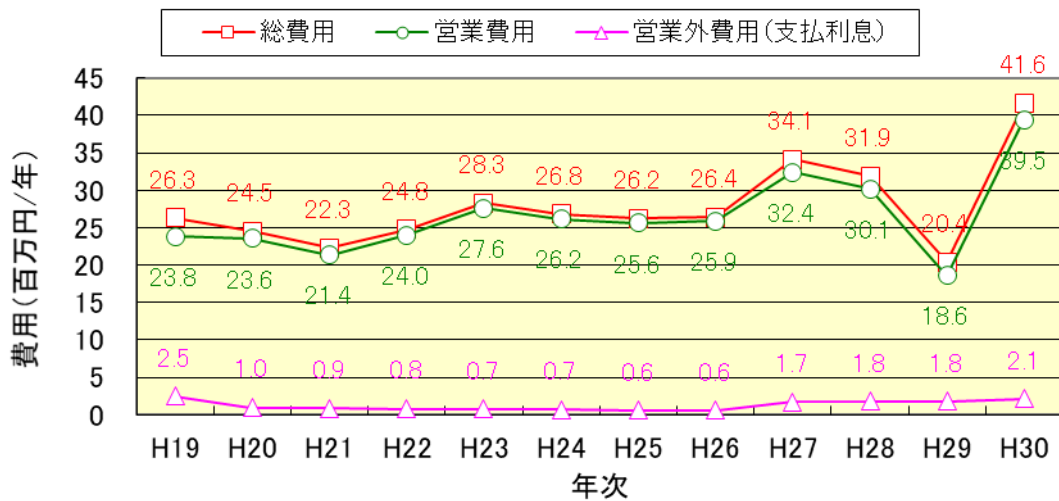


図 1.38 K₂ 町の費用とその内訳の推移

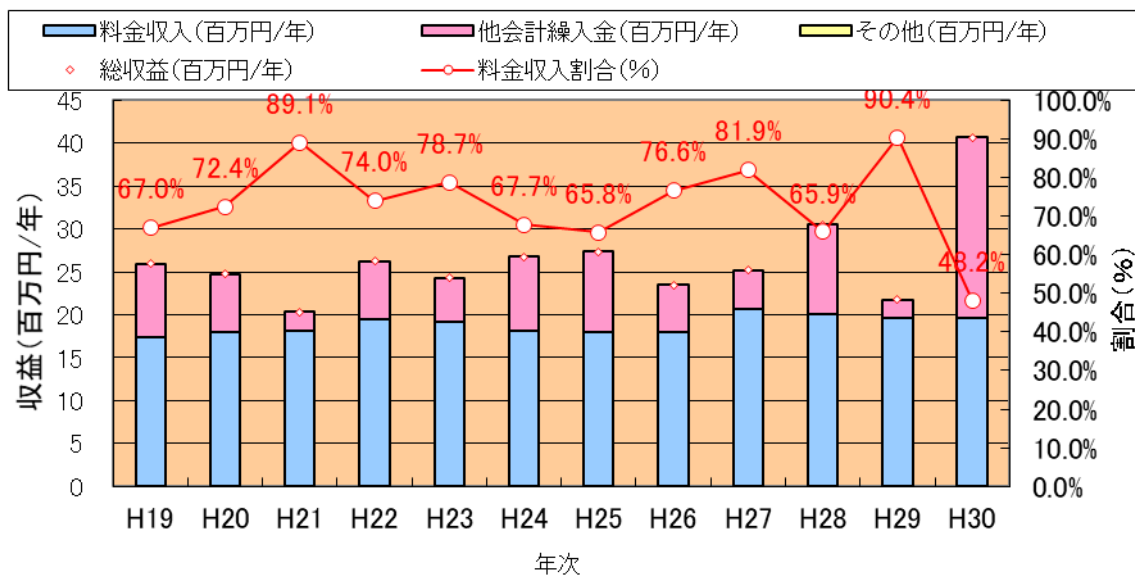


図 1.39 K₂ 町の収益とその内訳、料金収入割合の推移

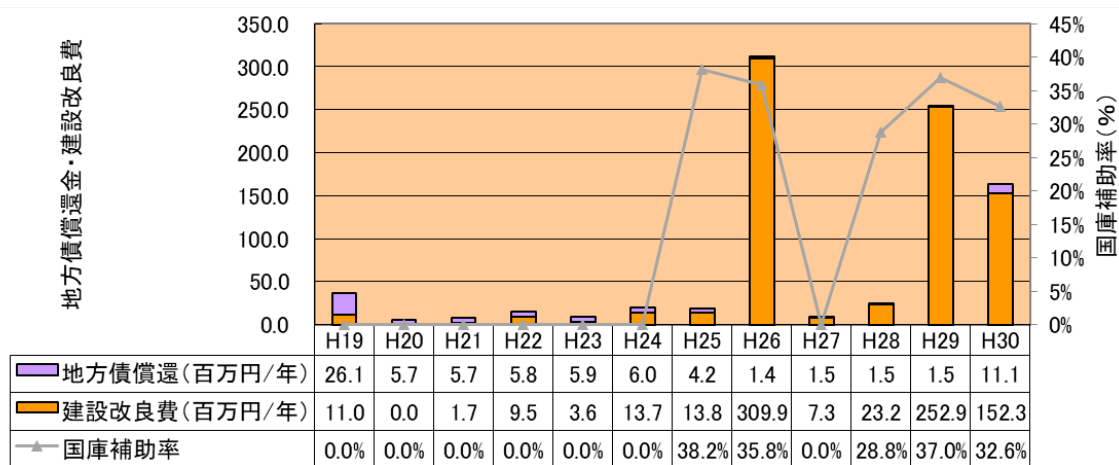


図 1.40 K₂ 町の資本的支出の内訳、国庫補助率の推移

2. モデル地区での検討

平成 25 年 3 月に策定された国の「新水道ビジョン」では、水道事業が目指すべき方向性として「安全」「強靱」「持続」が掲げられ、重点的な実現方策の一つとして、小規模な集落が散在する地域において、地域の実情を考慮した多様な給水手法の検討の必要性が示された。これを受けて、厚生労働省では、こうした「管路維持困難区域」において、従来の水道事業が行ってきた施設による供給とは異なる宅配給水や移動式浄水処理装置の巡回など新たな衛生的な水の供給手法について以下に示す検討がなされてきた。

平成 25 年 2 月：「小規模集落における給水手法に関する調査報告書」¹⁾

平成 29 年 3 月：「人口減少地域における料金収入を踏まえた多様な給水方法に関する調査報告書」²⁾

平成 30 年 3 月：「人口減少地域における多様な給水方法の検討に関する調査」³⁾

令和 2 年 3 月：「令和元年度人口減少地域における多様な給水方法の検討に関する調査報告書」⁴⁾

令和元年度の報告書では、離島での検討が追加されるとともに、事業削減へ向けて算定の基礎となる諸元の見直しが行われた。これらを基に中山間部における多様な給水方法に関しても整理され、集落特性として、「密集度」や「気候」や「水源」別の 8 ケースについて、通常配管による給水から、宅配給水、運搬給水など 6 種類の給水方法の評価が取りまとめられた。

ここでは、近畿の 2 つに町村における簡易水道の地区をモデルに選定し、厚生労働省の報告書で用いられた手法等を踏まえて事業費等の算定を行い、種々の前提条件について評価検討を行ったうえで、モデル地区での多様な給水方法のあり方について検討した。

2.1 前提条件の整理

(1) 評価の基準

厚労省報告⁴⁾では、各給水方法を評価する手法として、毎年の費用を積み上げ 10 年間、30 年間、60 年間の総費用と一人当たりの年間平均費用負担額が用いられている。

ここでは、水道事業における料金算定期間が、基本的に 3 年から 5 年であることや将来の人口推計が 5 年単位で行われていることから、今後 60 年間で 5 年単位で 12 期に分け、各期の一人一月当たりの費用負担額の推移を求めた。

これを基に世代間の公平性や将来の新規移住の受け入れ環境を検討するため、以下の 3 種類の方法で、各給水方法を評価した（表 2.1、2.2 参照）。

なお、本報告の検討では、年間一人当たりの費用×(30/365)として一人一月当たりの費用で評価している。

基準1：各期別に60年間の一人一月当たりの平均費用負担額を算定

⇒各期の費用負担の推移を評価（今後の新規移住者の受け入れ環境を評価する目安）

基準2：各期の累計一人一月当たりの平均費用負担額を算定

⇒個人が生涯負担する一人一月当たりの平均費用を評価（世代間の費用負担の公平性を評価する目安）

基準3：5年単位の累積費用と総有収水量を基に一人一月当たりの平均費用負担額を算定

⇒60年間の累積費用負担額の推移を評価（地区としての総費用負担額を評価する目安）

表 2.1 評価基準の考え方

経過年次		i
i 年度の人口		N_i
期間		$i \sim i+5$
各期平均人口		$N_{ia} = (N_i + N_{i+5}) / 2$
各期年間総負担額（百万円/年）		M_i
評価1	各期一人当たり平均負担額（千円/人/年）	$C_{ia} = M_i / N_{ia}$
評価2	1生涯平均負担額（千円/人/年）	$C_{ipa} = \text{AVERAGE}(C_{0a} : C_{ia})$
評価3	一人全体平均負担額（千円/人/年）	$C_{im} = \text{AVERAGE}(M_0 : M_i) / \text{AVERAGE}(N_{0a} : N_{ia})$

表 2.2 評価基準の比較（年間負担が一定とした場合の試算）

経過年次(年)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
人口(人)	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
期間(年)	0-4	5-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-50
各期平均人口(人)	95	85	75	65	55	45	35	25	15	5
各期年間総負担額 (百万円/年)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
評価1(千円/人/年)	105	118	133	154	182	222	286	400	667	2,000
評価2(千円/人/年)	105	111	119	128	138	152	171	200	252	427
評価3(千円/人/年)	105	111	118	125	133	143	154	167	182	200

(2) 費用算定の前提条件

①管路

厚労省の報告書では、中山間部等での小規模水道に敷設する安価な管路として、露出配管¹⁾や浅層配管²⁾などが提示されている。図 2.1 はこれらの単価等を比較したものであり、ここでは施工実績等を参考に浅層配管を用いることとした。

浅層配管の耐用年数については、R1 年度の厚労省報告⁴⁾では 30 年から 60 年に変更されているが、ここでは、起債の償還期間に合わせて 30 年とした場合と 60 年の場合について検討した。

②浄水施設

浄水施設については、膜ろ過方式¹⁾や井戸沢水用簡易ろ過装置^{2) 3)}などが幾つかの設備が提示されているが、これらの事業費(図 2.2 参照)は、費用負担に大きな影響を与えると思定されるため、a. 施工実績を踏まえた緩速ろ過施設(造成費用等含む)、b. 膜ろ過施設、c. 小型浄水装置の 3 種類について検討することとした。

③配水池

配水池についても施工実績等を踏まえ、FRP 製小型貯水槽(耐用年数 30 年)²⁾を用いることとした(図 2.3)。

④取水装置

厚労省報告で維持管理が容易な装置として示された取水装置(整備費 1147 千円、取水網交換 156 千円/5 年)²⁾を用いることとした。

⑤送配水ポンプ

施工実績を基に 57 千円/(m³/日)、電力料金 449 千円/年(50m³/日)、耐用年数 15 年とした。

⑥水質検査

飲用水は 51 項目(598 千円/年)²⁾、非飲用水は 11 項目(98 千円/年)²⁾とした。

⑦宅配水

飲用として一人一日 2L、50 円/L³⁾とした。

⑧各戸ろ過装置

各戸型ろ過装置(井戸・沢水用 400L/日)本体価格 398 千円(耐用年数 10 年)³⁾を用いた。

⑨運搬タンク車

水道水 4m³運搬用のタンク車は、1000 万円/台、耐用年数 20 年、運転手費用は 1720 円/時間³⁾、給水時間に応じて支払いとした。

なお、報告書⁴⁾では、他地区での水道水を購入し当該地区へ運搬給水(運搬距離 30km)することとされているが、ここでは地区内に浄水施設と配水池を整備し、そこから各戸に運搬給水することとした。

また、給水車は地区の浄水場に駐車し、地区の住民が多様ななりわいの一環として、実働の時間給で給水を実施することとした。

⑩その他

評価する費用は実感としての分かりやすさを考慮して、一人一月当たりとし、一人年間費用の 30/365 として算定した。

また、費用には人件費、企業債の金利は含まれていない。

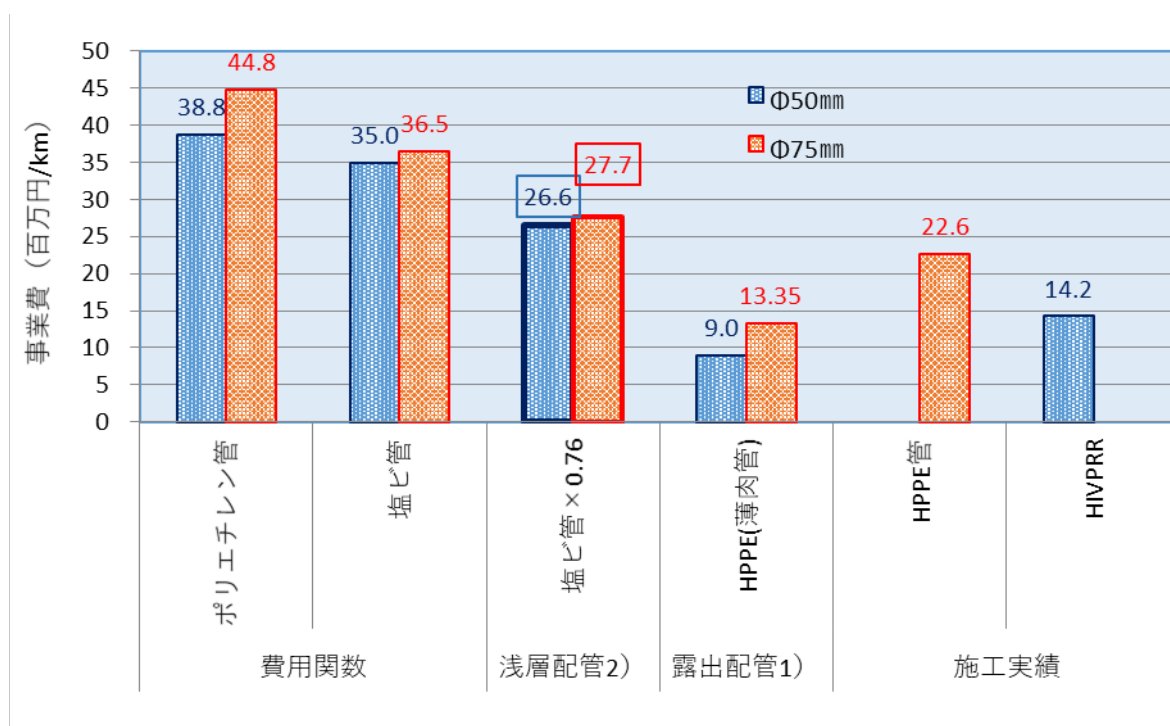


図 2.1 管路の費用比較

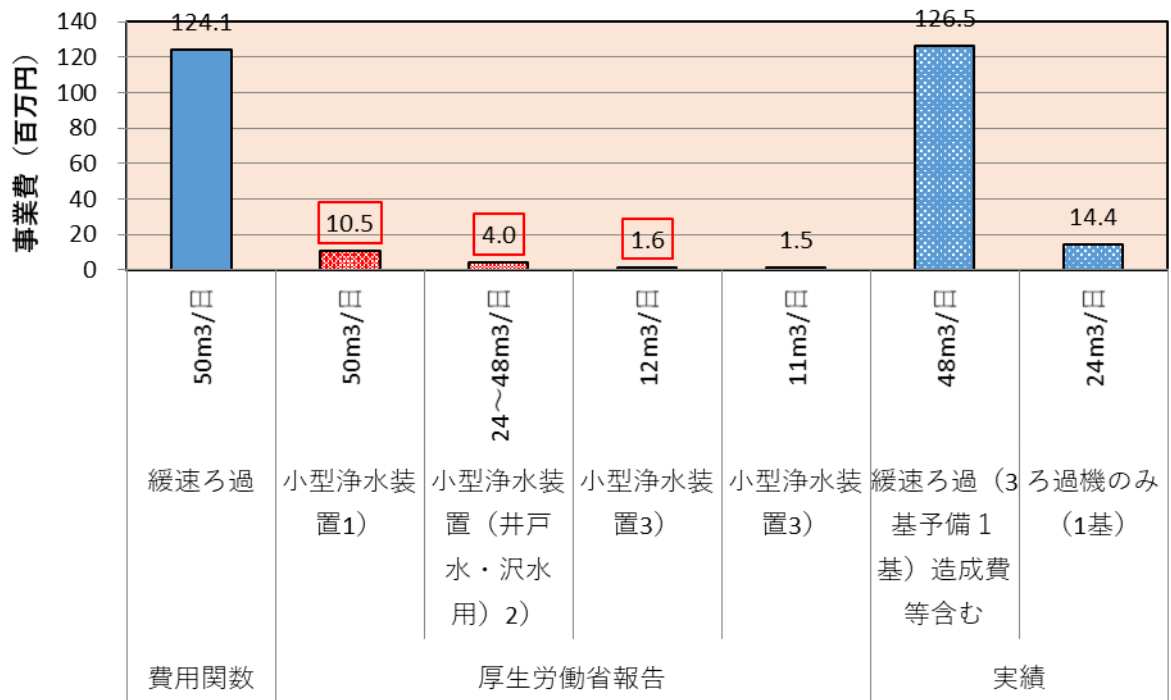


図 2.2 施設の浄水施設の費用比較

表 2.3 浄水施設の維持管理費

緩速ろ過 ²⁾	小型浄水装置 ¹⁾	小型浄水装置(井戸・沢水用) ²⁾	小型浄水装置 ³⁾	
512	1700	85	13.8	13.2
		補砂	点検補砂等	

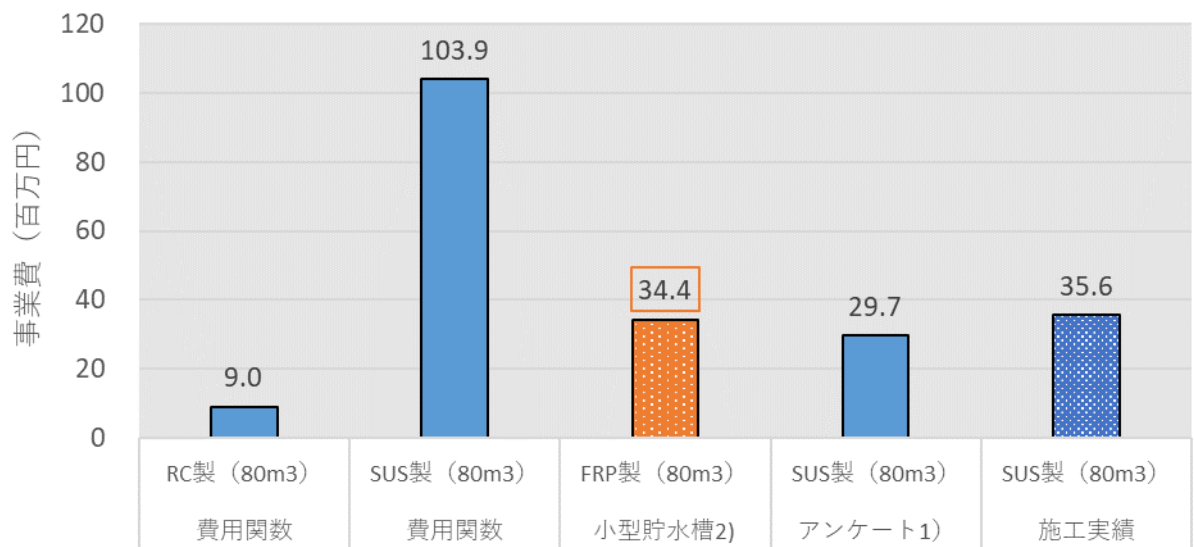


図 2.3 配水池の費用比較

2.2 検討ケース

検討ケースは、給水形態別に表 2.4 に示す①～④の 4 種類とし、①④については表 2.5 に示す 3 種類の処理施設（a. 緩速ろ過装置、b. 膜ろ過装置、c. 簡易浄水装置）で検討した。また、管路の費用負担については、耐用年数別に表 2.6 に示す A, B, C の 3 種類のパターンを設定した。

表 2.4 ケース別給水形態

ケース	水道の給水形態	形態名
①	浄水処理した飲用水を供給する現在の給水形態	(飲用水道)
②	簡易処理した非飲用水を供給し飲用水は宅配	(非飲用水道 1)
③	処理無しの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	(非飲用水道 2)
④	配水管路を敷設せず水道水を各戸に運搬給水	(運搬給水水道)

表 2.5 浄水処理施設の種類

	浄水処理施設の種類
a	緩速ろ過施設実績値（予備池、造成費等を含む）
b	小型浄水装置（膜ろ過）施設
c	小型浄水装置（井戸・沢水用）

表 2.6 管路費用負担形態の種類

	耐用年数	費用負担の方法
パターン A	30 年	30 年間で費用（起債）償還（毎年費用の 1/30 を負担）
パターン B	60 年	費用償還（償却）期間 30 年、残期間の費用負担は 0
パターン C	60 年	償却期間 60 年（毎年費用の 1/60 を負担）

2.3 モデル地区の選定

小規模水道の事業環境を悪化させている要因を探るために、比較的健全性を維持している W 県 K₂ 町の 6 地区と特に環境の厳しい W 県 K₁ 村の 8 地区との中から、検討モデル地区を抽出し、今回は K₂ 町の 2 地区について検討した。

(1) K₂ 町の概要と水道事業

K₂ 町は、東西 19.5km、南北 21.7km、面積 294 k m²を有し、その約 96%が森林である。気候は一般に温暖多雨で樹木の育成に適しており、良質な木材の産地として古くから知られている。

昭和 31 年の合併当時には約 1 万人いた人口も、平成 31 年 1 月 1 日現在では 2,744 人と大きく減少し、少子高齢化が進んでいるため、過疎化する集落を維持する様々な対策が講じられている。

町の水道は昭和 41 年から供用を開始し、平成 20 年度に 5 つの簡易水道が一つに統合され、平成 26 年度に K 地区、平成 30 年度に H 地区に簡易水道が整備され新たに町の簡易水道に加わった (表 2.7)。

普及率は現在約 58%であり、上水道 1 事業、簡易水道 1 事業により給水が行なわれている。それ以外の水道未普及地域は現在、井戸水、沢水等を利用して集落単位または各戸で小規模な施設で賄っている状況にある。

行政区域内の人口は平成 19 年から 29 年の 10 年間で 3.4 千人から 2.8 千人に約 600 人減少しているが、給水人口は、給水区域の編入によりこの 10 年間では 805 人から 881 人に増加している。

ここでは、設定するモデルの妥当性等を確認するため最近整備された H 地区と老朽化が進み更新が必要となっている隣接する S 地区をモデル地区に選定した。

将来人口については、町の 2045 年までの推計値は、H30 年の社人研の値を用い、それ以降については社人研の推計に用いられたコーホート手法を用いて今回新たに推計した。(図 2.4 参照)

また、地区別の人口推移は、H27 の国勢調査の地区別人口を基に、町全体の将来の人口減少率を用い、給水量の推移についても、この人口減少率を用いて設定した。

表 2.7 簡易水道事業の推移

地区名	簡易水道の推移(認可)	計画給水人口(H27)	計画給水量(H27)
K ₂ 町簡易水道	H20 簡易水道統合	1052	615.3
I 地区	S40 簡易水道創設	337	163.9
T 地区	S48 年簡易水道創設	115	158.8
N 地区	S51 簡易水道創設	89	47.4
M 地区	S57 簡易水道創設	146	96.7
S 地区	S47 簡易水道創設	84	43
K 地区	H22 簡易水道	174	56.3
H 地区	H27 簡易水道	120	49.2

表 2.8 水道の普及状況（令和元年度）

（単位：人）

区 分		現在人口	計画給水人口	現在給水人口	未普及人口
計画給水区域	上水道	725	2,000	725	0
	簡易水道	927	1020	927	0
	小 計	1,652	3,020	1,652	0
計画給水区域外	その他地区	963			963
合 計		2,615	3,020	1,652	963

出典：和歌山県簡易水道協会会報

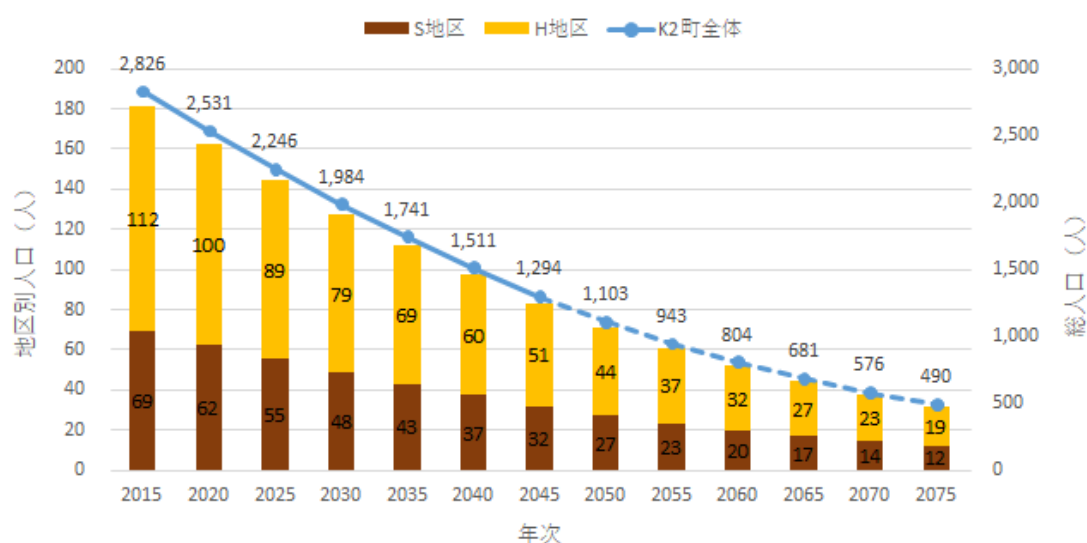


図 2.4 K₂町の将来人口

2.4 H地区での検討

(1) H地区の概況

H地区は、河川に沿って南北に形成され、東西の急峻な山に囲まれた僅かな平地に民家が点在している。

地区の産業は、かつては林業で栄えたが、近年は、豊かな自然を活かした柚子の栽培が盛んで、その加工品などを特産品として集荷している。

簡易水道が整備される前は、当地区には地元管理の区営水道（給水人口 100 人未満）が7ヵ所の集落単位で整備されていた。これらの7地区は、それぞれに僅かな地下水や渓流水に水源を求めて独自で水源、配水池を持ち集落単位で運営されていた。これらの水源～配水池～給水のすべてが自然流下によるものとなっていたが、これらの区営水道では全体的に施設の老朽化が進み、水量・水質共に不安定な状況で、人口減少と高齢化が進み、給水量は激減していた。

この対策として、平成 27 年度に簡易水道の変更認可を受け、平成 30 年度に新たに簡易水道が整備された（図 2.5）。

写真 2.1 簡易水道整備前の水道施設の状況 1



写真 2.2 簡易水道整備前の水道施設の状況 2



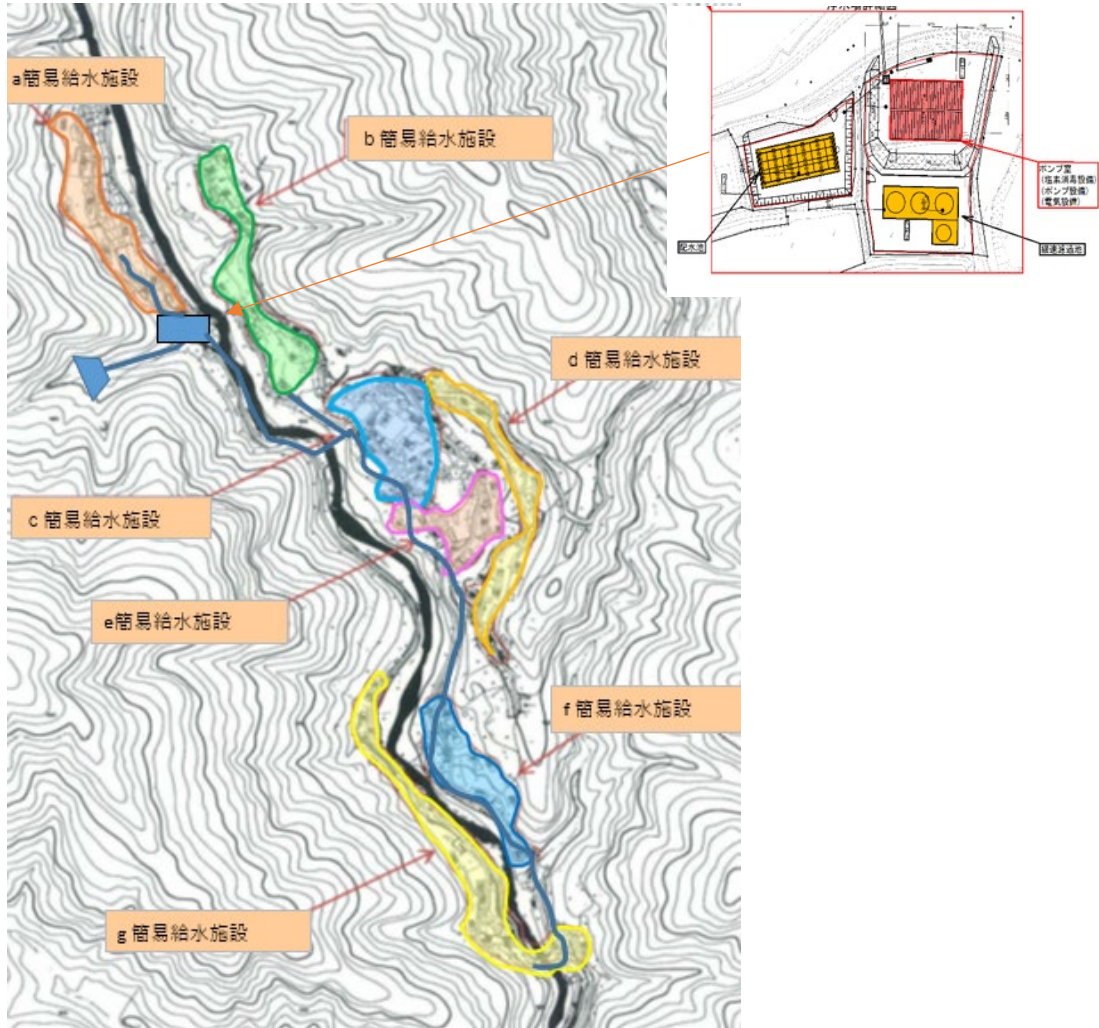


図 2.5 旧簡易施設区域と新たに整備された簡易水道の概要図

(2) モデル地区での検討諸元

Hモデル地区の給水フロー（図 2.6）と給水諸元（表 2.10）及び管路の管径・延長、整備事業費（表 2.10）は以下に示すとおりである。



図 2.6 モデル地区の給水フロー図

表 2.9 給水諸元

	H27	R7	R17	R27	R37	R47	R57
	2015	2025	2035	2045	2055	2065	2075
給水人口(人)	112	89	69	51	37	27	19
1日最大給水量(m ³ /日)	46	36	28	21	15	11	8
1日平均給水量(m ³ /日)	35	28	22	16	12	8	6
1日平均有収水量(m ³ /日)	32	25	19	14	11	8	5

表 2.10 管路状況

管路		管路延長(m)	口径(mm)	単価(千円/m)	事業費(千円)
	導水管	100	50	24.6	2,459
	送水管	1360	50	24.6	33,445
	A 配水管	830	150	28.7	23,856
	B 配水管	2330	100	26.7	62,134
	C 配水管	560	75	25.6	14,353
	D 配水管	960	50	24.6	23,608
計		6,140			159,855

(3) H地区での検討結果

①管路のターン別の結果

図 2.7～2.9 にパターン A を、図 2.10～2.12 にパターン B、図 2.13～2.15 にパターン C の検討結果を示す。

管路パターン A (耐用年数 30 年)

管路の耐用年数を 30 年とした場合は、10 年後では、どの評価基準でも、ケース① c が最も費用負担が少なく、30 年後、60 年後では運搬給水のケース④ c が最も負担が少ないことになる。

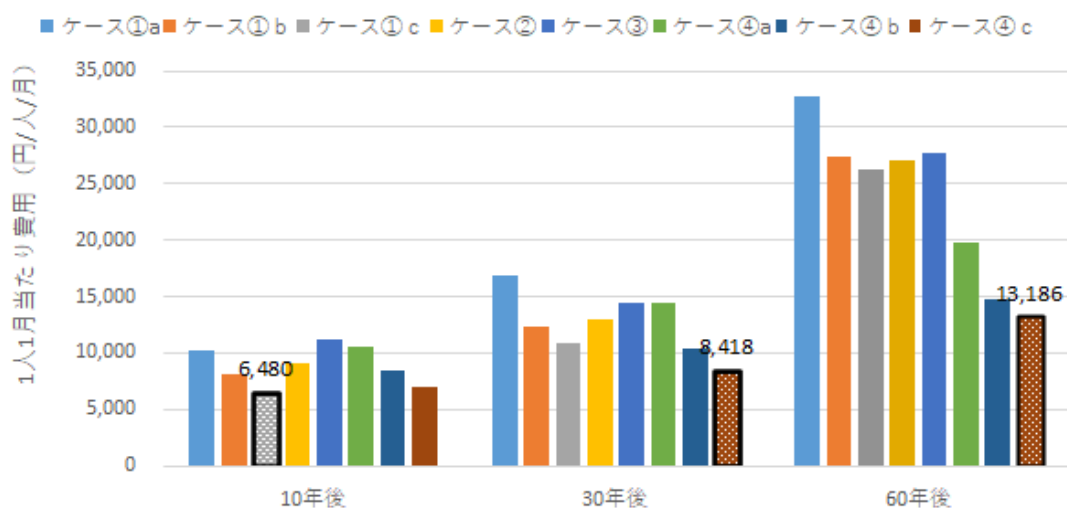


図 2.7 評価基準 1 (期別の一人一月当たりの平均費用負担額のケース別比較)

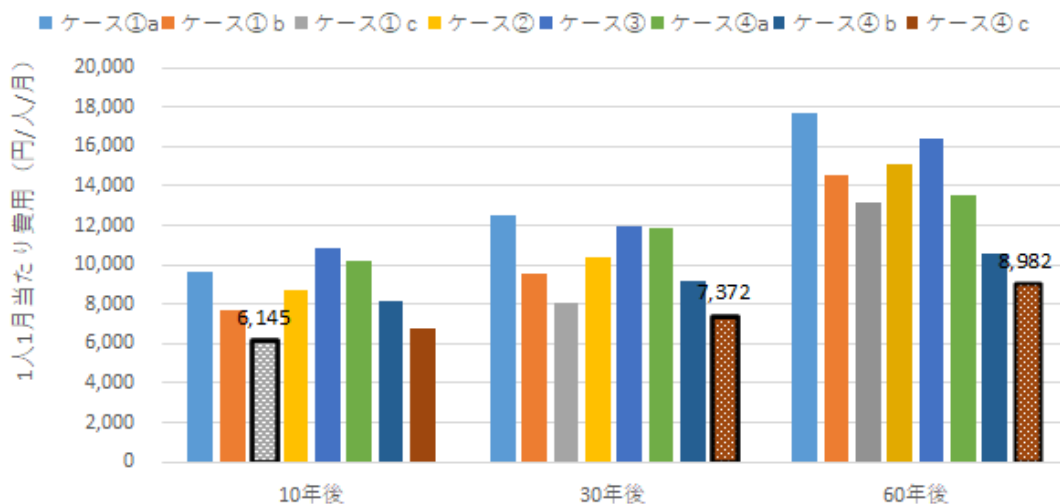


図 2.8 評価基準 2 (個人が今後負担する平均費用のケース別比較)

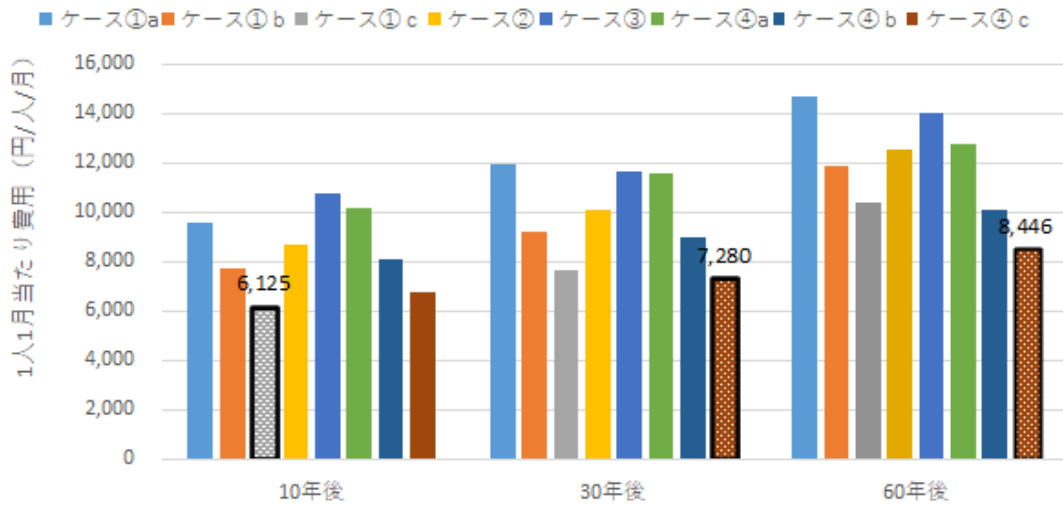


図 2.9 評価基準 3 (今後の累積費用負担額のケース別比較)

管路パターン B (耐用年数 60 年、費用償還 30 年)

管路の耐用年数を 60 年とし、費用償還を 30 年とした場合には、10 年後では、パターン A と同じくすべての基準でケース① c が、30 年後ではすべてケース④ c が最も費用負担が少なくなるが、60 年後では、すべての評価でケース① c が最も負担が少なくなる。

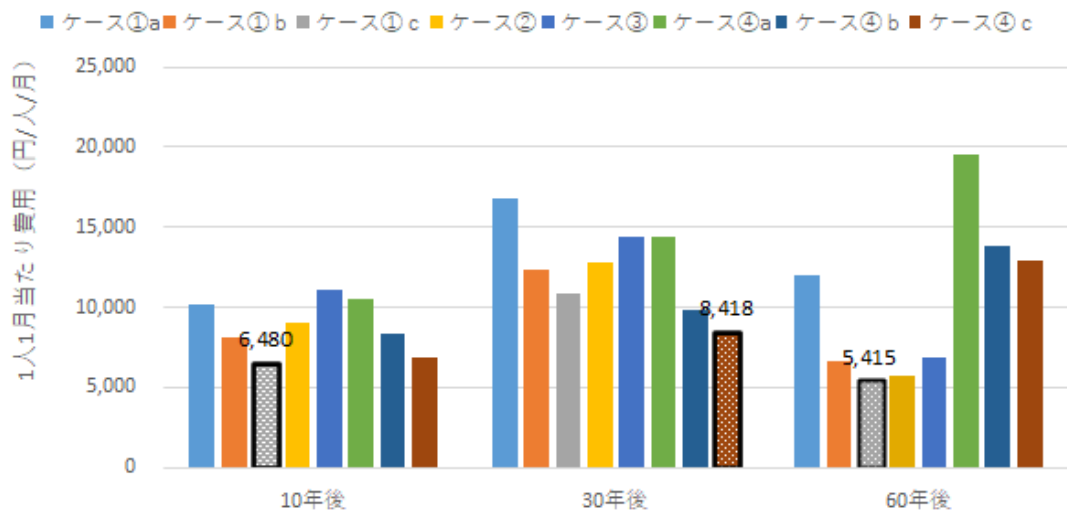


図 2.10 評価基準 1 (期別の一人一月当たりの平均費用負担額のケース別比較)

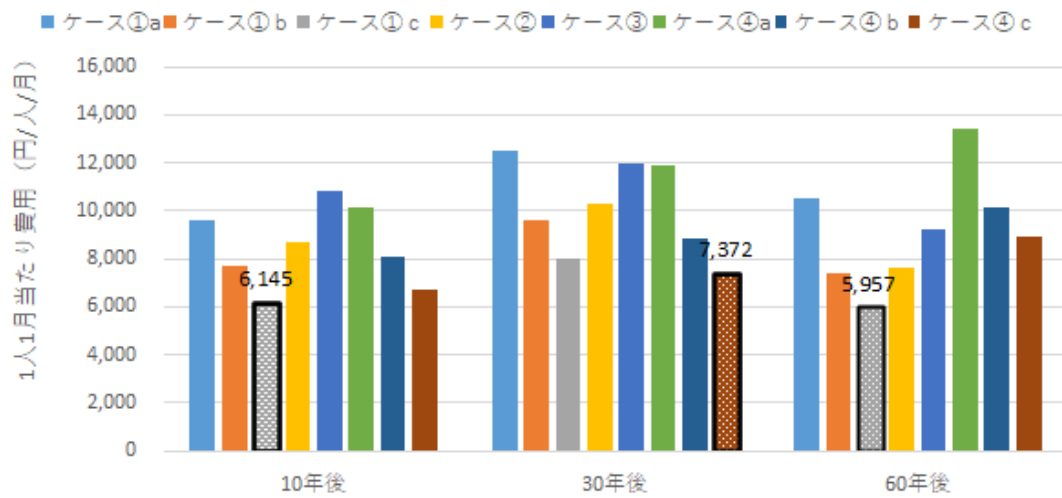


図 2.11 評価基準 2 (個人が今後負担する平均費用のケース別比較)

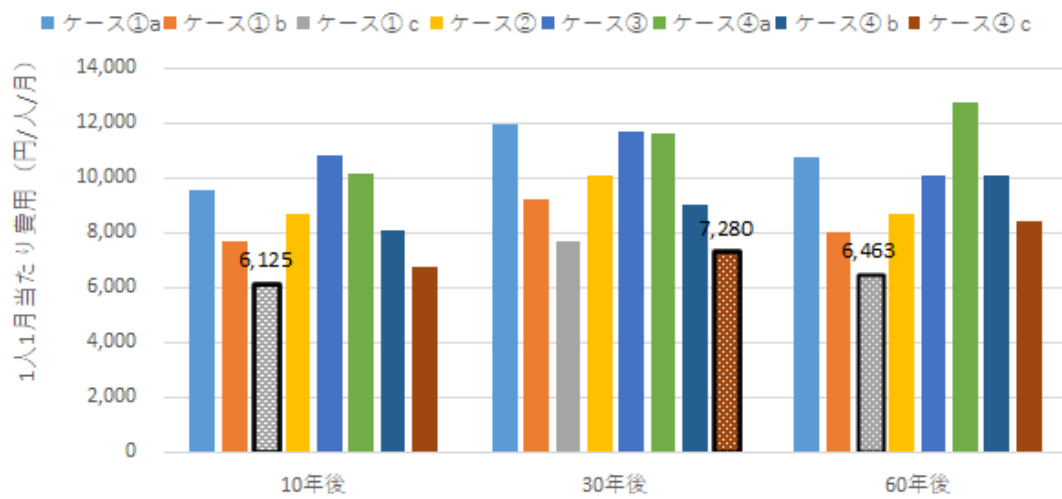


図 2.12 評価基準 3 (今後の累積費用負担額のケース別比較)

管路パターンC（耐用年数 60 年）

管路の耐用年数を 60 年とし、その費用の負担も 60 年間とするパターン C では、10 年後、20 年後は、ケース①c が最も費用負担が少ないが、60 年後には評価 1 ではケース④c が、評価 2、3 ではケース①c の負担が少ないことになる。

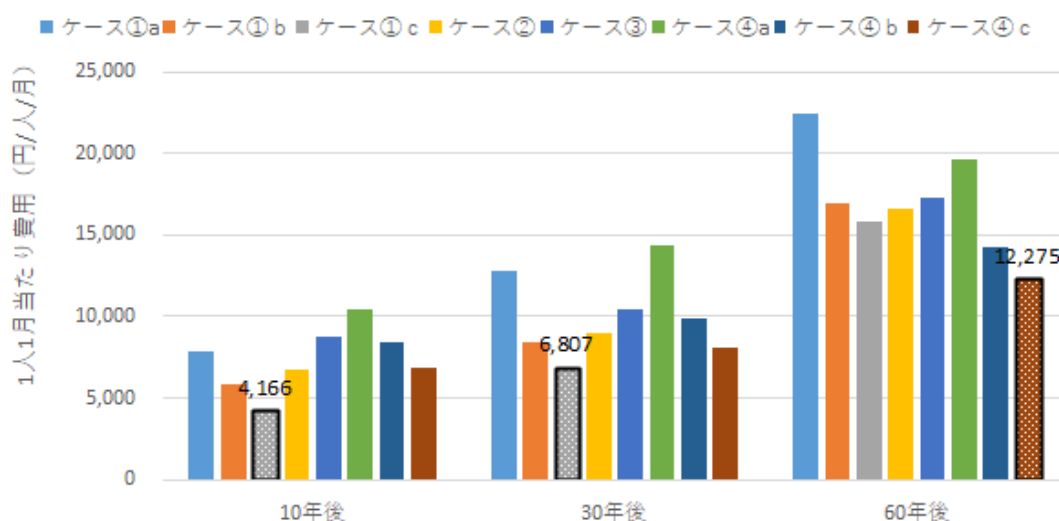


図 2.13 評価基準 1（期別の一人一月当たりの平均費用負担額のケース別比較）

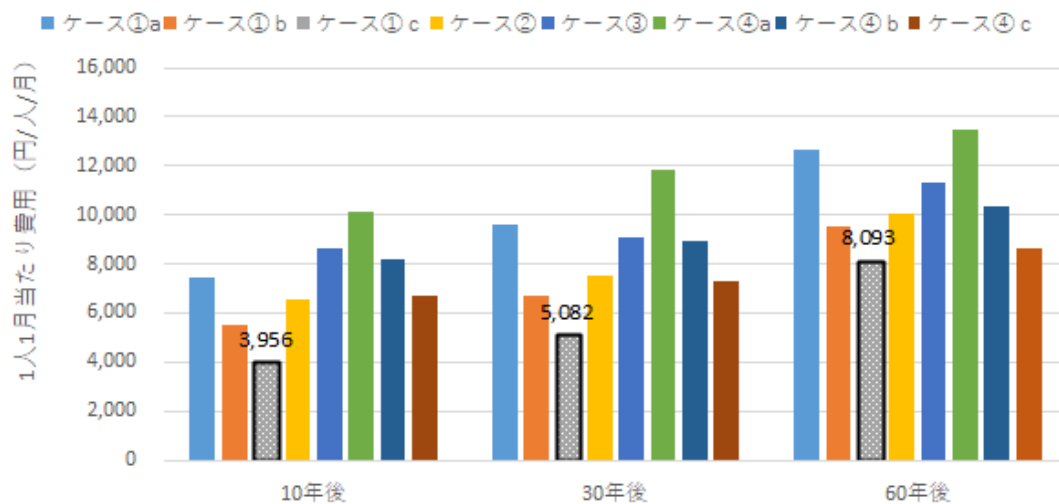


図 2.14 評価基準 2（個人が今後負担する平均費用のケース別比較）

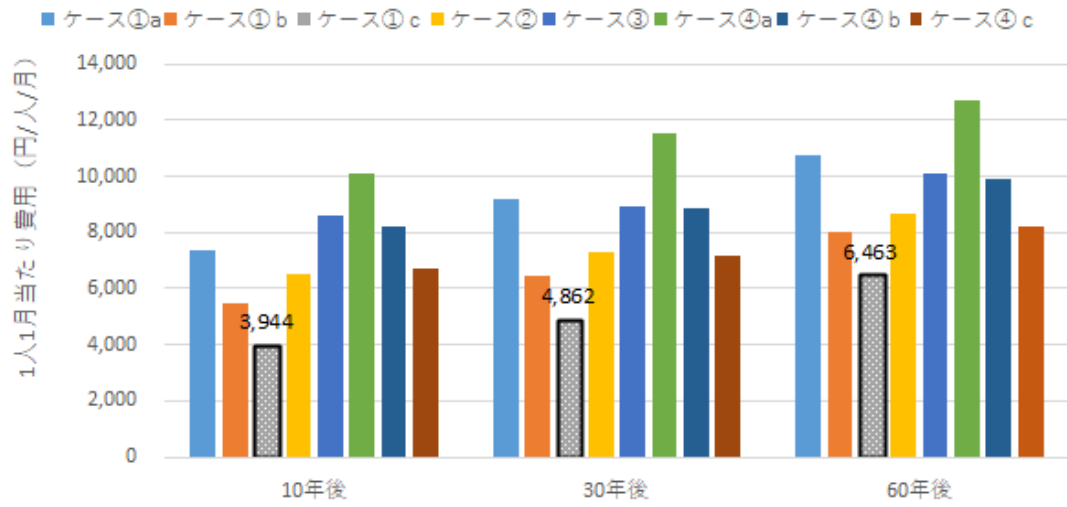


図 2.15 評価基準 3 (今後の累積費用負担額のケース別比較)

②評価基準別の検討結果のまとめ

表 2.11～表 2.13 は、それぞれの評価基準別に、10 年後の管路パターン A、給水形態ケース①a の費用負担額を 1 とし、10 年後、30 年後、60 年後のそれぞれの管路パターンと給水形態ケース別の負担額の比を一覧表にしたものである。

(費用負担額の比較)

評価 1 によれば、10 年後においては、管路パターンに関係なくケース①c が最も費用が低く、30 年後では、管路パターン A、B では④c、パターン C では①c、また、60 年後においては、管路パターン A、C では④c、パターン B では①c となっている。

評価 2、評価 3 は同じ傾向で、60 年後に評価 1 の C の④c が①c に入れ替わるのみである。

(浄水処理装置の影響)

緩速ろ過の実績 a に比較して、簡易の小型浄水装置 c を用いた場合は、64%に費用が減少することになる。これは a は簡易水道の設計基準に示された予備池や浄水場の造成費を含むことが大きな要因である。

(管路費用パターンの影響)

パターン A では、管路整備費の 1/30 の費用負担が 60 年間継続することになるが、パターン B では、31 年以降においては負担額は 0 となる。また、パターン C では、毎年の負担額は整備費の 1/60 に減少することが影響している。

(運搬給水費用の増加要因)

運転手の費用は、運転時間数で算定しているため給水量が減少すれば減少するが、タンク車の購入と維持費用が一定額必要なため、給水人口の減少により、一人当たりの費用が増大することになる。

(宅配水や浄水器利用による非飲用水供給の効果)

今回の検討では費用が最低となる場合はなかったが、ケース②の宅配水利用は、給水人口が減少していくと、相対的に費用が減少し、ケース①c の費用に近づく傾向がうかがえる。

また、非飲用水供給を前提としたどの場合もケース②の宅配水利用がケース③の家庭用浄水器利用を費用面で若干下回ることとなった

表 2.11 評価 1（時期別一人一月当り費用）の比較

	管路費用 パターン	給水形態ケース							
		①a	①b	①c	②	③	④a	④b	④c
10年 後	A (30年)	1.00	0.80	0.64	0.89	1.09	1.03	0.82	0.67
	B (60/30年)	1.00	0.80	0.64	0.89	1.09	1.03	0.82	0.67
	C (60年)	0.77	0.57	0.41	0.66	0.87	1.03	0.83	0.67
30年 後	A (30年)	1.65	1.21	1.06	1.28	1.42	1.42	1.01	0.83
	B (60/30年)	1.65	1.21	1.06	1.26	1.42	1.42	0.97	0.83
	C (60年)	1.26	0.82	0.67	0.89	1.03	1.42	0.98	0.80
60年 後	A (30年)	3.24	2.70	2.59	2.67	2.73	1.95	1.45	1.31
	B (60/30年)	1.18	0.65	0.54	0.56	0.68	1.92	1.36	1.27
	C (60年)	2.21	1.67	1.56	1.64	1.70	1.94	1.40	1.22

表 2.12 評価 2（個人別一人一月当り費用）

	管路費用 パターン	給水形態ケース							
		①a	①b	①c	②	③	④a	④b	④c
10年 後	A (30年)	1.00	0.80	0.64	0.91	1.12	1.06	0.84	0.70
	B (60/30年)	1.00	0.80	0.64	0.91	1.12	1.06	0.84	0.70
	C (60年)	0.77	0.57	0.41	0.68	0.90	1.05	0.86	0.70
30年 後	A (30年)	1.30	1.00	0.83	1.08	1.25	1.24	0.95	0.77
	B (60/30年)	1.30	1.00	0.83	1.07	1.25	1.24	0.92	0.77
	C (60年)	1.00	0.69	0.53	0.78	0.94	1.23	0.93	0.76
60年 後	A (30年)	1.84	1.52	1.37	1.57	1.70	1.41	1.10	0.94
	B (60/30年)	1.10	0.77	0.62	0.79	0.96	1.40	1.06	0.93
	C (60年)	1.32	0.99	0.85	1.05	1.18	1.40	1.08	0.90

表 2.13 評価 3 (全体平均一人一月当り費用)

	管路費用 パターン	給水形態ケース							
		①a	①b	①c	②	③	④a	④b	④c
10年 後	A (30年)	1.00	0.80	0.64	0.91	1.13	1.06	0.85	0.70
	B (60/30年)	1.00	0.80	0.64	0.91	1.13	1.06	0.85	0.70
	C (60年)	0.77	0.57	0.41	0.68	0.90	1.05	0.86	0.70
30年 後	A (30年)	1.25	0.96	0.80	1.05	1.22	1.21	0.94	0.76
	B (60/30年)	1.25	0.96	0.80	1.05	1.22	1.21	0.94	0.76
	C (60年)	0.96	0.67	0.51	0.76	0.93	1.21	0.92	0.75
60年 後	A (30年)	1.53	1.24	1.09	1.31	1.46	1.33	1.05	0.89
	B (60/30年)	1.12	0.84	0.68	0.90	1.05	1.33	1.05	0.88
	C (60年)	1.12	0.84	0.68	0.90	1.05	1.33	1.04	0.86

2.5 S地区での検討

(1) S地区の概要

当地区は川沿いや谷間に水田が広がり、かつてはシイタケ栽培や木材・薪炭の生産など林業も盛んで、昭和30年当時には、人口581人で世帯数も112戸あった。その後人口転出が続き、平成27年度の国勢調査では人口は69人まで減少し世帯数も41戸となっている。

表 2.14 簡水事業認可の状況

名 称	起工年月	竣工年月	給水開始年月	計 画			
				目標年次	給水人口	1人1日最大給水量	1日最大給水量
水道創設	S47.10	S48.3	S48.4	S58	280	200	56

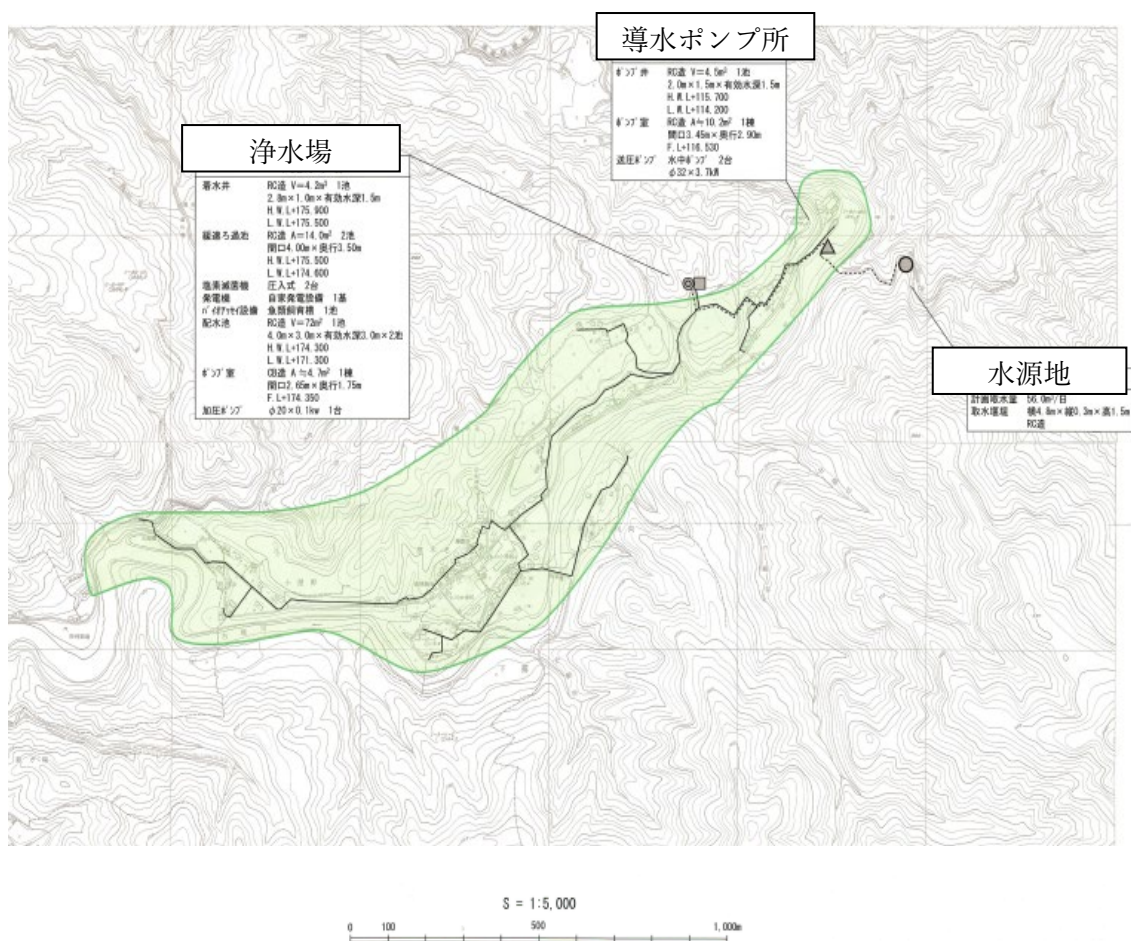


図 2.16 簡易水道事業概要図

(2) モデル地区での検討諸元

ここでは、計画の基本となる一日あたりの給水量は、一人一日当りの水量を簡易水道等施設補助基準等を基に設定し、今後の給水人口の推計値を用いて一日当り給水量を算定した(表 2.12)。

管路延長については、現状と同様とし、管径はすべて 50 mmとした (表 2.16)。

表 2.15 給水諸元

	H27	R7	R17	R27	R37	R47	R57
	2015	2025	2035	2045	2055	2065	2075
給水人口(人)	69	55	43	32	18	14	11
1日最大給水量(m ³ /日)	39	31	24	18	11	8	6
1日平均給水量(m ³ /日)	32	25	20	15	9	7	5
1日平均有収水量(m ³ /日)	21	17	13	10	6	4	3

1人1日最大給水量(m³/日/人):250L/日/人(簡易水道等施設補助基準)

1人1日平均給水量(m³/日/人):200L/日/人(")

有収率:90%(町認可値)



図 2.17 浄水処理フロー図

表 2.16 管路モデル

管路		管路延長(m)	口径(mm)	単価(千円/m)	事業費(千円)
	導水管	313	50	24.6	7,697
	送水管	513	50	24.6	12,616
	A 配水管	0	50	24.6	0
	B 配水管	1322	50	24.6	32,511
	C 配水管	1178	50	24.6	28,969
	D 配水管	2501	50	24.6	61,505
計		5,827			143,298

(3) S 地区での検討結果

① 管路のパターン別の結果

図 2.18～2.20 にパターン A を、図 2.21～2.23 にパターン B、図 2.24～2.26 にパターン C の検討結果を示す。

管路パターン A (耐用年数 30 年)

管路の耐用年数を 30 年とした管路パターン A の場合は、10 年後、30 年後、60 年後のすべてで、運搬給水のケース④ c が最も負担が少ないことになる。

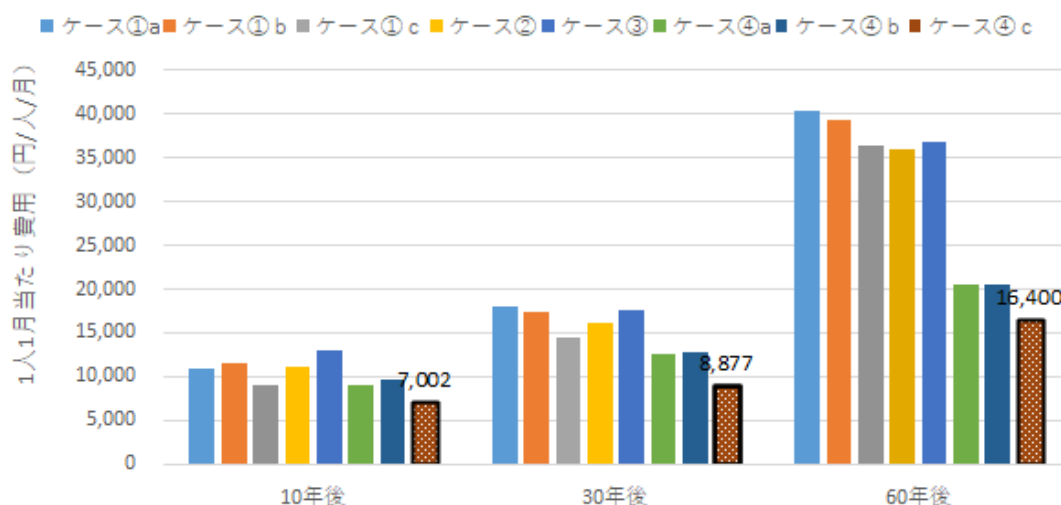


図 2.18 評価基準 1 (期別の一人一月当たりの平均費用負担額のケース別比較)

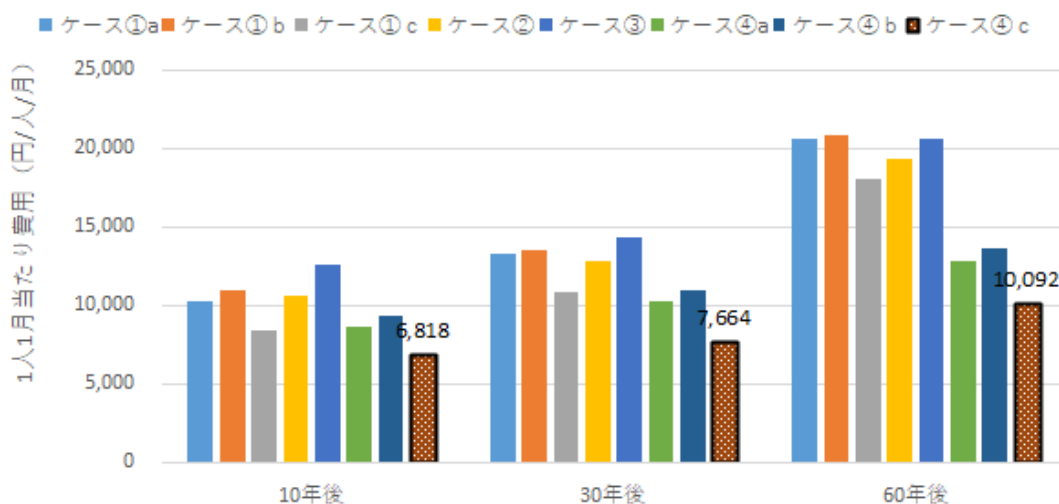


図 2.19 評価基準 2 (個人が今後負担する平均費用のケース別比較)

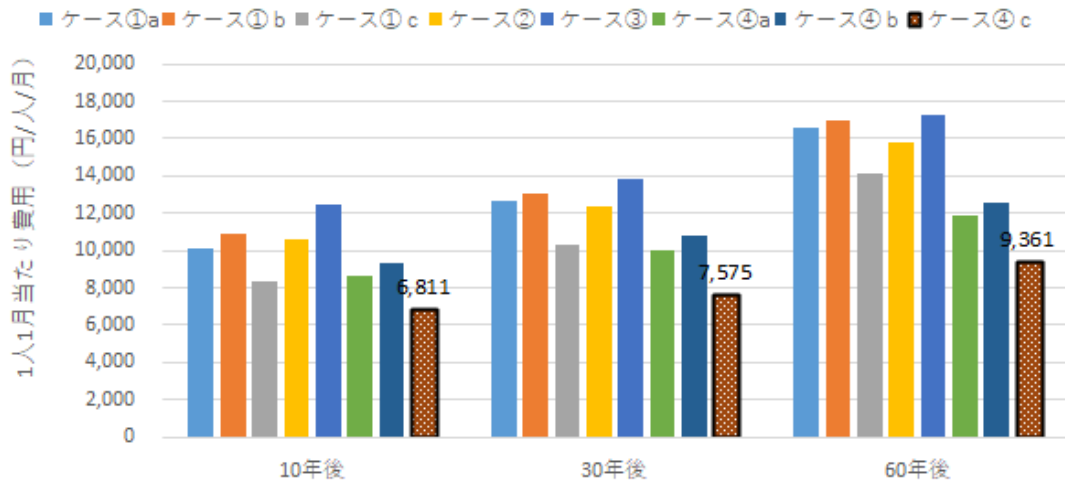


図 2.20 評価基準 3 (今後の累積費用負担額のケース別比較)

管路パターン B (耐用年数 60 年、費用償還 30 年)

管路の耐用年数を 60 年とし、費用償還を 30 年とした管路パターン B の場合には、10 年後、30 年後では、パターン A と同じく、すべての基準でケース④ c が、最も費用負担が少なくなるが、60 年後では、評価基準 1 では、ケース②が、評価基準 2, 3 ではケース① c が最も負担が少なくなる。

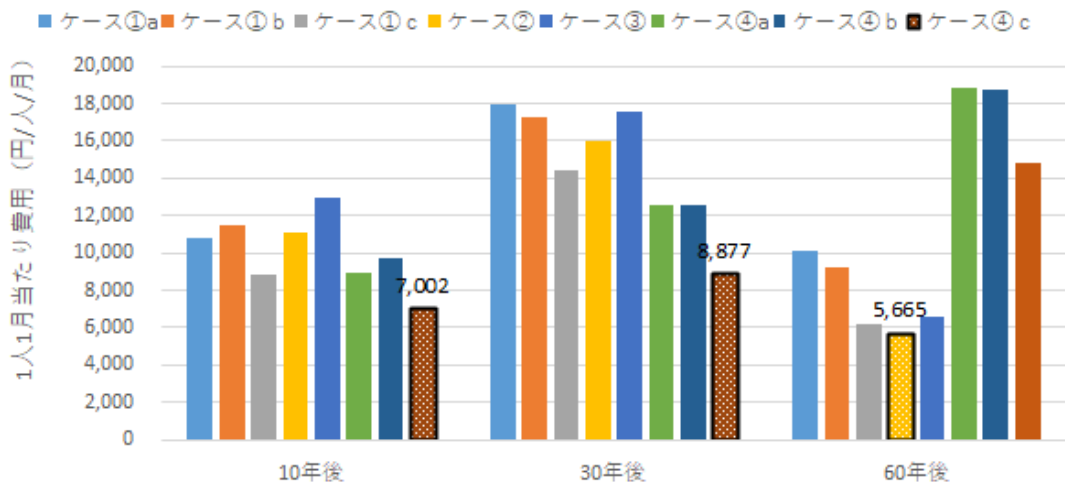


図 2.21 評価基準 1 (期別の一人一月当たりの平均費用負担額のケース別比較)

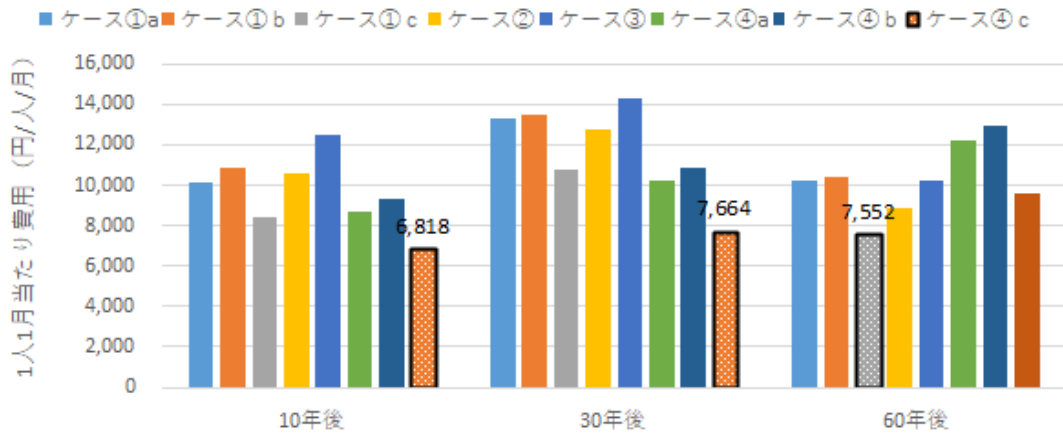


図 2.22 評価基準 2 (個人が今後負担する平均費用のケース別比較)

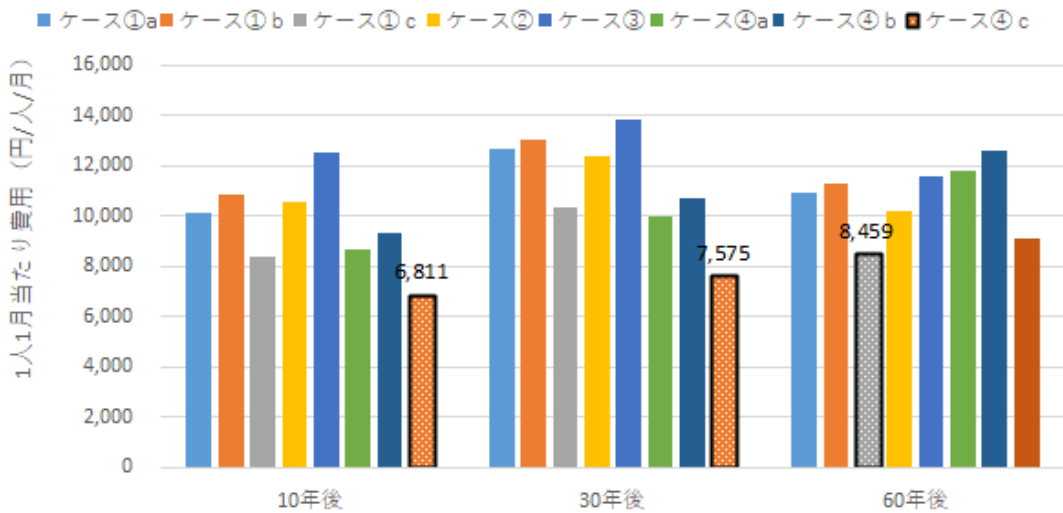


図 2.23 評価基準 3 (今後の累積費用負担額のケース別比較)

管路パターンC（耐用年数 60 年）

管路の耐用年数を 60 年とし、その費用の負担も 60 年間とする管路パターンCでは、10 年後はケース①c が最も費用負担が少ないが、30 年後は、評価基準 1 では、ケース④c が、基準 2、3 では、ケース①c が最も費用負担が少なく、60 年後には評価 1、2 ではケース④c が、評価 3 ではケース①c が負担が少ないことになる。

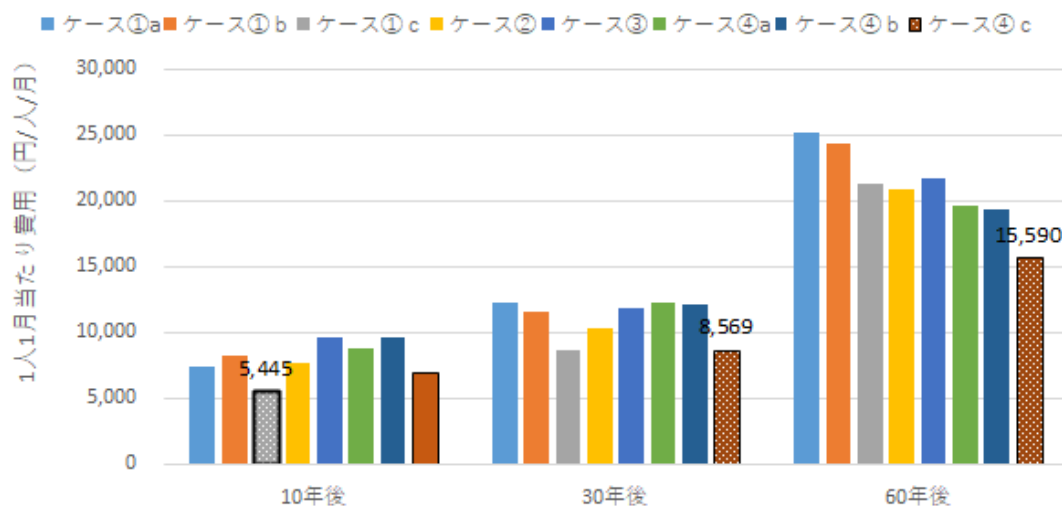


図 2.24 評価基準 1（期別の一人一月当たりの平均費用負担額のケース別比較）

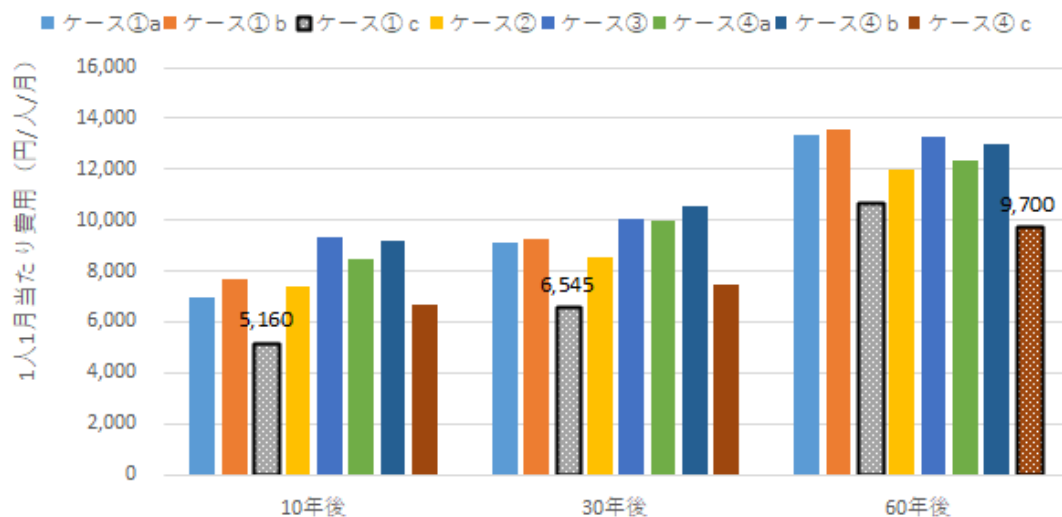


図 2.25 評価基準 2（個人が今後負担する平均費用のケース別比較）

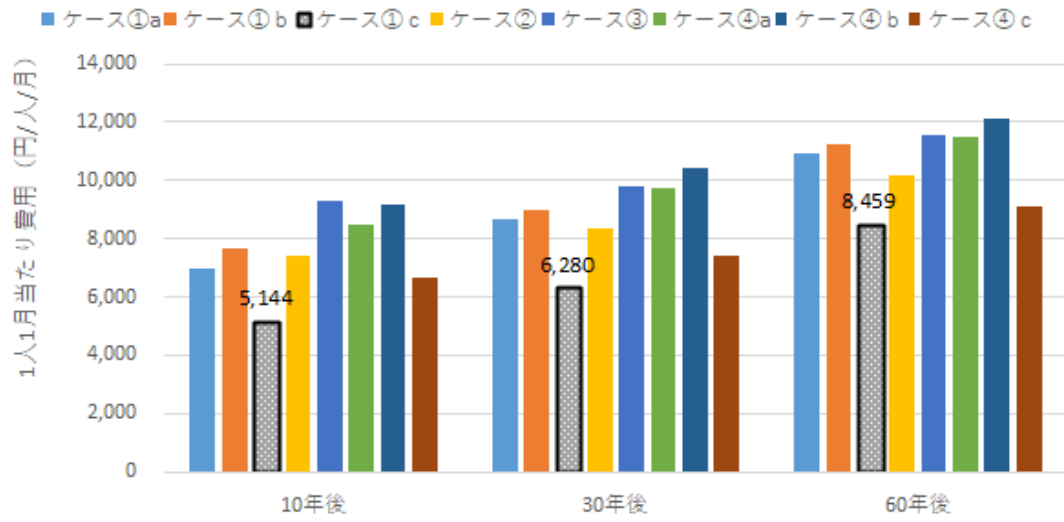


図 2.26 評価基準 3 (今後の累積費用負担額のケース別比較)

②評価基準別の検討結果のまとめ

表 2.17～表 2.19 は、それぞれの評価基準別に、10 年後の管路パターン A で給水形態ケース①a の費用負担額を 1 とし、10 年後、30 年後、60 年後のそれぞれの管路パターンと給水形態ケース別の負担額の比を一覧表にしたものである。

(費用負担額の比較)

評価 1 では、10 年後の管路パターン C がケース①c、60 年後のパターン B がケース②が最も費用が低くなり、それら以外はすべて④c の費用負担が最も低くなっている。

評価 2 では、10 年後、30 年後はパターン C と 60 年後のパターン B では①c が最も少なく、その他は④c が費用負担が最も低くなっている。

評価 3 では、評価 2 の結果から 60 年後のパターン C が④c が①c に入れ替わるのみとなっている。

(宅配水や浄水器利用による非飲用水供給の効果)

このモデル地区での検討では、評価 1 で管路パターン B の 60 年後においてケース②が費用が最低となった。この場合もケース②の宅配水利用は、給水人口が減少していくと、宅配水の費用は変わらないためケース①c に比べて相対的に費用が減少していき、最終的にケース①c の費用を逆転することとなった。

表 2.17 評価 1 (時期別一人一月当り費用) (ケース①a を 1 とした比)

	管路費用 パターン	給水形態ケース							
		①a	①b	①c	②	③	④a	④b	④c
10 年 後	A (30 年)	1.00	1.07	0.82	1.03	1.20	0.83	0.90	0.65
	B (60/30 年)	1.00	1.07	0.82	1.03	1.20	0.83	0.90	0.65
	C (60 年)	0.69	0.75	0.51	0.71	0.89	0.81	0.88	0.64
30 年 後	A (30 年)	1.67	1.61	1.34	1.49	1.64	1.17	1.19	0.83
	B (60/30 年)	1.67	1.61	1.34	1.49	1.64	1.17	1.17	0.83
	C (60 年)	1.14	1.08	0.80	0.96	1.10	1.14	1.12	0.80
60 年 後	A (30 年)	3.76	3.67	3.39	3.35	3.43	1.90	1.92	1.53
	B (60/30 年)	0.94	0.85	0.57	0.53	0.61	1.75	1.75	1.38
	C (60 年)	2.35	2.26	1.98	1.94	2.02	1.83	1.80	1.46

表 2.18 評価 2 (個人別一人一月当り費用)

(ケース①a を 1 とした比)

	管路費用 パターン	給水形態ケース							
		①a	①b	①c	②	③	④a	④b	④c
10 年 後	A (30 年)	1.00	1.07	0.82	1.04	1.23	0.85	0.92	0.67
	B (60/30 年)	1.00	1.07	0.82	1.04	1.23	0.85	0.92	0.67
	C (60 年)	0.69	0.75	0.51	0.73	0.92	0.83	0.90	0.66
30 年 後	A (30 年)	1.31	1.33	1.06	1.26	1.40	1.00	1.08	0.76
	B (60/30 年)	1.31	1.33	1.06	1.26	1.40	1.00	1.07	0.76
	C (60 年)	0.89	0.91	0.65	0.84	0.99	0.98	1.04	0.73
60 年 後	A (30 年)	2.03	2.05	1.77	1.90	2.03	1.25	1.33	1.00
	B (60/30 年)	1.00	1.03	0.75	0.87	1.00	1.20	1.27	0.94
	C (60 年)	1.31	1.33	1.05	1.18	1.31	1.22	1.28	0.96

表 2.19 評価 3 (全体平均一人一月当り費用)

(ケース①a を 1 とした比)

	管路費用 パターン	給水形態ケース							
		①a	①b	①c	②	③	④a	④b	④c
10 年 後	A (30 年)	1.00	1.07	0.82	1.04	1.23	0.85	0.92	0.67
	B (60/30 年)	1.00	1.07	0.82	1.04	1.23	0.85	0.92	0.67
	C (60 年)	0.69	0.75	0.51	0.73	0.92	0.83	0.90	0.66
30 年 後	A (30 年)	1.25	1.28	1.02	1.22	1.37	0.98	1.06	0.75
	B (60/30 年)	1.25	1.28	1.02	1.22	1.37	0.98	1.06	0.75
	C (60 年)	0.86	0.89	0.62	0.82	0.97	0.96	1.03	0.73
60 年 後	A (30 年)	1.64	1.67	1.40	1.56	1.70	1.17	1.24	0.93
	B (60/30 年)	1.08	1.11	0.84	1.00	1.14	1.17	1.24	0.90
	C (60 年)	1.08	1.11	0.84	1.00	1.14	1.14	1.20	0.90

2.6 国庫補助等が費用負担に与える影響

これまでの検討は、国庫補助金や繰入金などの水道以外の一般財源が投入されないことを前提としているが、現在の簡易水道事業は、建設改良費に関しても、国庫補助があり、水道事業の負担が大きく抑制されている。また残りの主な財源には、簡易水道事業債、過疎債が充当され、これらには一般会計の繰り出しが行われ、さらにその一定額が地方交付税により措置されている。

こうしたことを踏まえ補助金等の一般財源を投入した場合の個人負担額についても算定し、これが各ケースに与える影響を検討するとともに、今後の整備のあり方について考察した。

なお、評価基準に関しては、基準2，3で評価順位に大きな差異がなく、1と3の中間に位置することから、ここでは主に、世代間の公平性を重視し評価基準2を用いた。

また、管路パターンについては、Cに関して、簡易水道事業が地方公営企業会計の法適用に移行しても、管路の減価償却の基本となる法定耐用年数は40年であり、費用負担が60年間に引き伸ばされることはないことから、ここではパターンAとBで検討することとした。

(1) 補助金等を投入しない場合の今後の個人の費用負担の推移

① H地区での検討

H地区は、H30年度に簡易水道の整備が完成しており、浄水処理施設が耐用年数を迎える30年後までは、ケース①aで費用負担が発生することになる。その後の整備あり方が問題となるが、図2.27示すパターンAの場合は、管路の負担額が大きく、配水管を利用しない運搬給水のケース④cが最も費用負担が少ないことになる。

一方、図2.28に示すパターンBの場合には、30年度以降には管路の負担が生じないためケース①cが最も少なくなる。

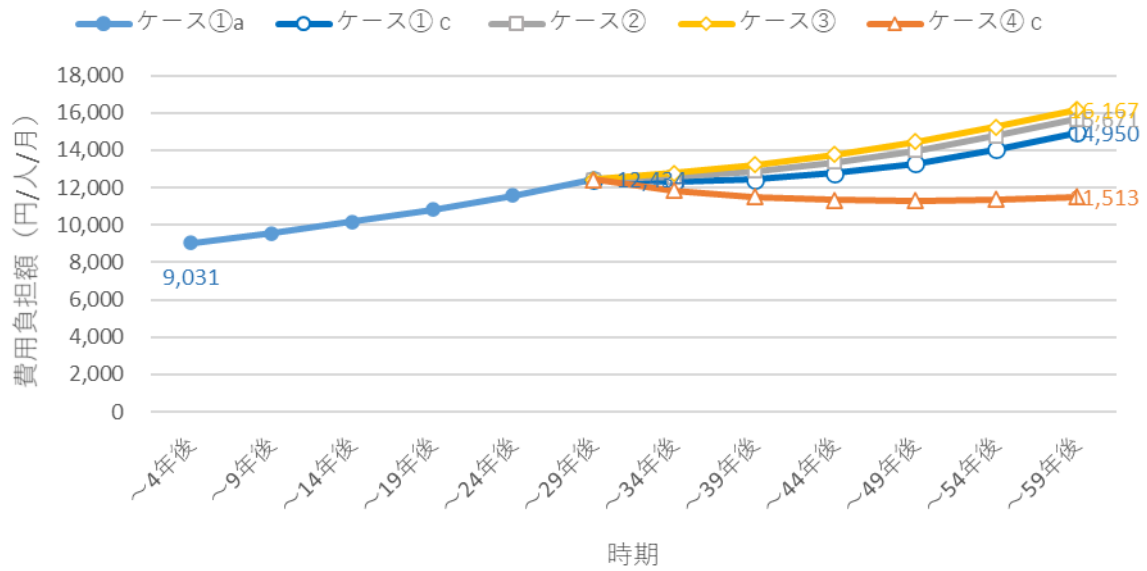


図 2.27 パターン A の場合の今後の費用負担の推移

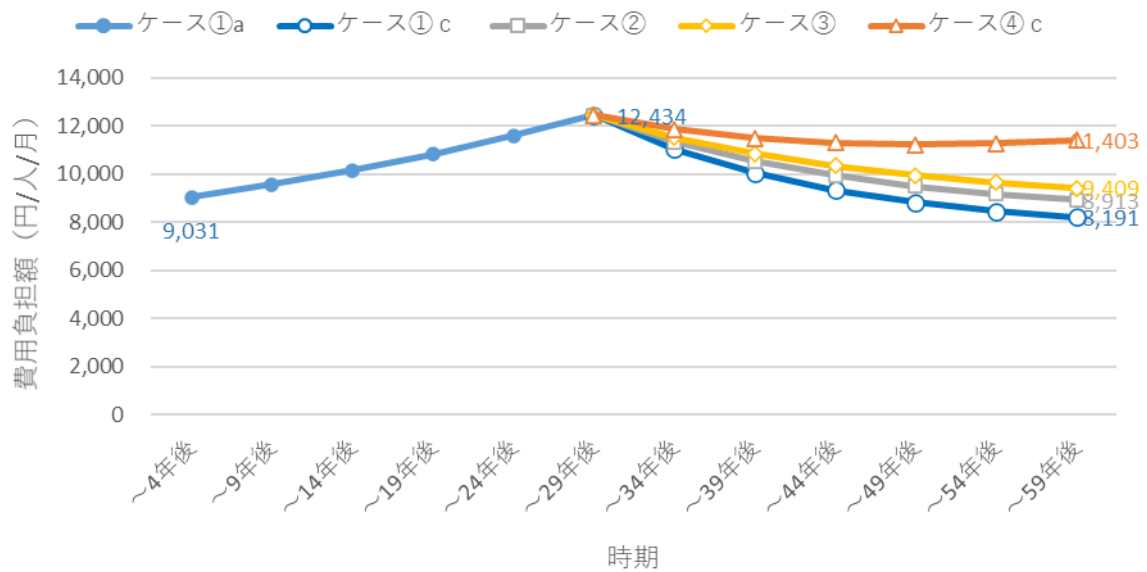


図 2.28 パターン B の場合の今後の費用負担の推移

② S 地区での検討

S 地区は、S47 年度に簡易水道が創設され、すでに建設後すでに 50 年近くを経過しており、早期の更新が必要となっている。この地区の整備手法として、今回の検討では、図 2.29 に示すパターン A の場合は、管路の負担額が大きく、配水管を利用しない運搬給水ケース④c が最も費用負担が少ないことになる。

一方、図 2.30 に示すパターン B の場合には、今後 44 年後までは、ケース④c が負担は少ないが、それ以降はケース①a が最も少なくなる結果となった。

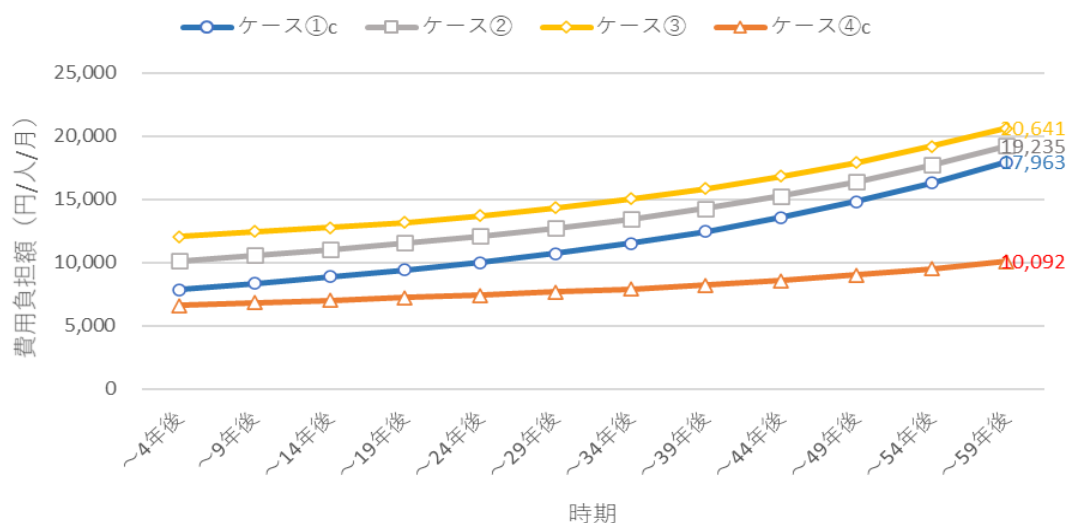


図 2.29 パターン A の場合の今後の費用負担の推移

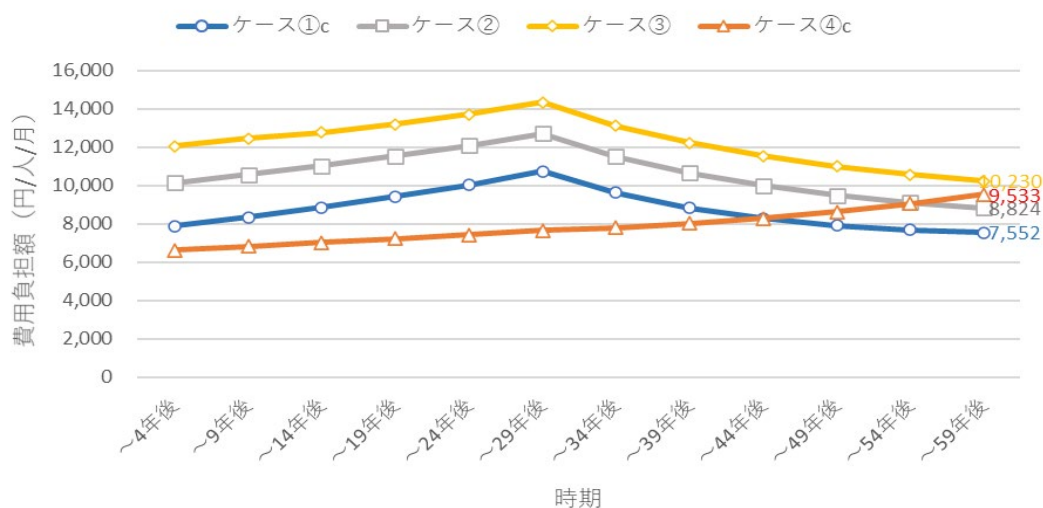


図 2.30 パターン B の場合の今後の費用負担の推移

(2) 補助金等を考慮した今後の個人の費用負担推移の検討

現在、簡易水道事業への国庫補助率は、30%~40%、水道事業会計への一般会計からの繰出基準額は元利償還額の55%で、繰出額の全額を給水人口及び元利償還に応じて交付税措置が行われている(図2.31)。

さらに過疎地区等では過疎債が1/2まで充当可能で元利償還額の70%を交付税措置されることになる(図2.32)。

ここでは、国庫補助率を40%とし、残り60%の地方負担分のうち45%(全体の27%)を水道事業負担とすることとして検討した。

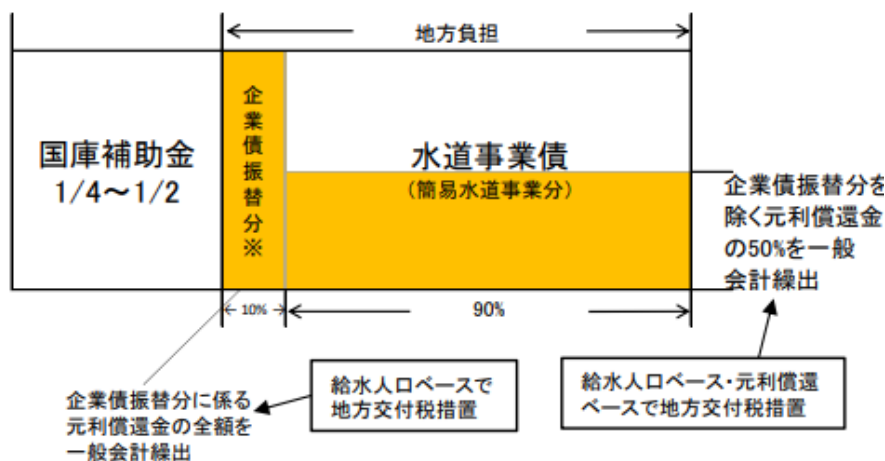
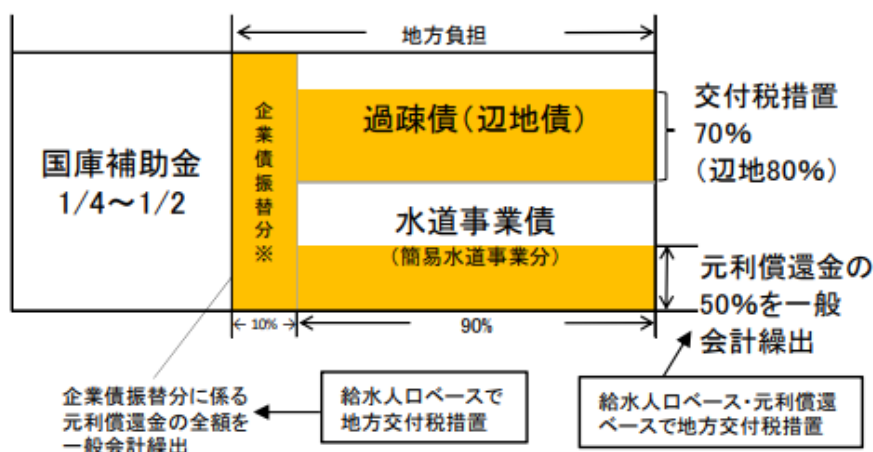


図 2.31 簡易水道の建設にかかる財源 (通常)



出典：「旧簡易水道事業等に係る現状と課題」R2.2 総務省自治財政局公営企業経営室

図 2.32 簡易水道の建設にかかる財源 (過疎地等)

① H 地区での検討

図 2.33、図 2.35 は H 地区の整備に国庫補助金等を投入した場合の費用負担額の推移である。

管路パターン A では、全期（前期（0～34 年）及び後期（35～59 年））に補助金等の投入がなされた場合には全ての時期で管路整備費用の大幅な減少により、簡易な浄水処理施設を用いた従来のシステムのケース① c が最も費用負担が少ないことになる（図 2.33）。

一方、後期に補助金等が投入されない場合には、30 年後以降は運搬給水の④ c が最も負担が少ないことになる（図 2.34）。このため、管路の耐用年数を迎える 30 年後に運搬給水に切り替えも考えられる。

管路パターン B においては、後期に管路の費用負担が発生しないため、後期に補助金等が投入されない場合にも、ケース① c が最も負担が少ないことになる（図 2.35、図 2.36）。

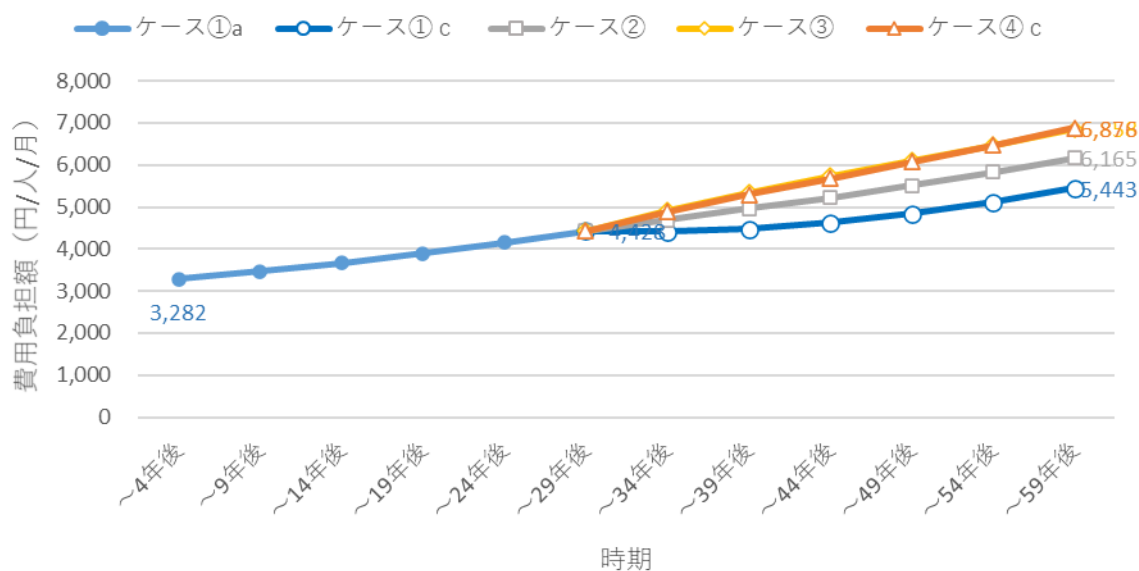


図 2.33 全期に補助金等を投入した場合の費用負担の推移（管路パターン A）

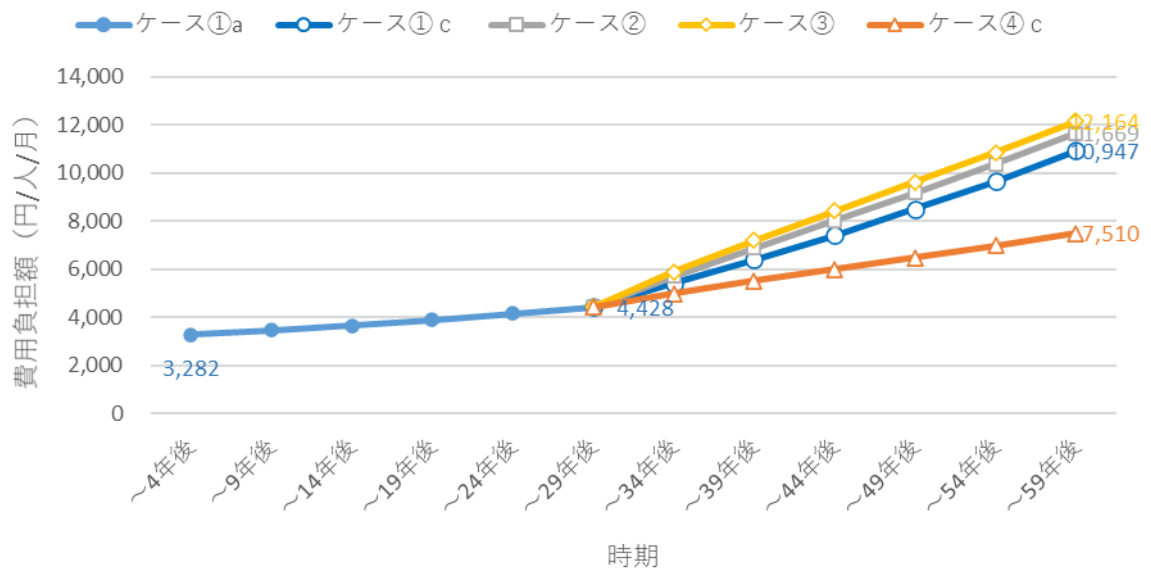


図 2.34 前期のみ補助金等を投入した場合の費用負担の推移（管路パターンA）

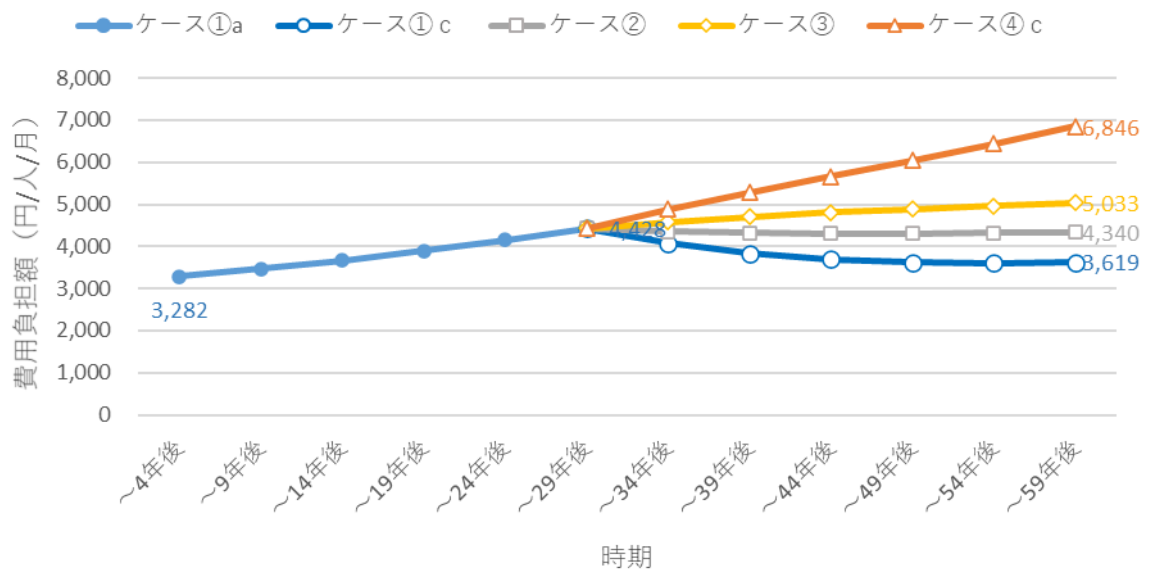


図 2.35 全期に補助金等を投入した場合の費用負担の推移（管路パターンB）

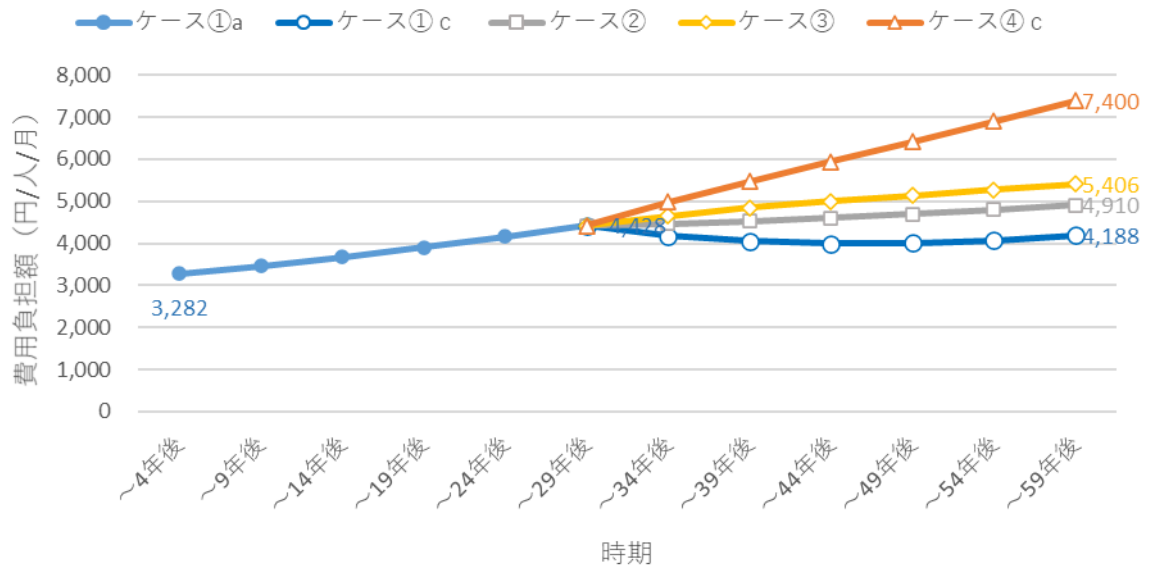


図 2.36 前期のみ補助金等を投入した場合の費用負担の推移（管路パターン B）

② S 地区での検討

管路パターンAにおいて、全期（前期（0～34年）及び後期（35～59年））に補助金等の投入がなされた場合は、全期にわたる管路整備費用の大幅な減少により、簡易な浄水処理施設を用いた従来のシステムのケース①cが最も費用負担が少ないことになる（図2.37）。

しかし、後期に補助金等が投入されない場合には、40年後以降は運搬給水の④cが最も負担が少ないことになる（図2.38）。このため、管路の耐用年数を迎える30年後に運搬給水に切り替えも考えられる。

一方、管路パターンBにおいては、後期に管路の費用負担が発生しないため、後期に補助金等が投入されない場合にも、ケース①cが最も負担が少ないことになる（図2.39、図2.40）。

ただし、30年以降はケース①cと管路で非飲用水供給し飲用水を宅配とするケース②の費用の差異はほとんどなく（図2.41）、管路の状況を踏まえて、ケース②への切り替えも考えられる。

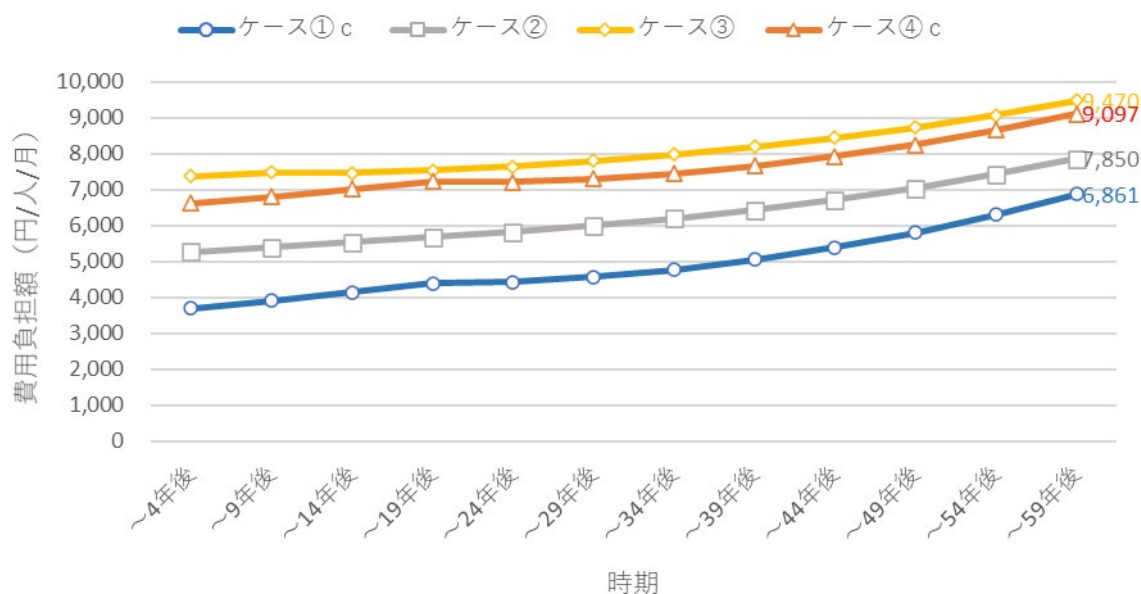


図 2.37 全期に補助金等を投入した場合の費用負担の推移（管路パターンA）

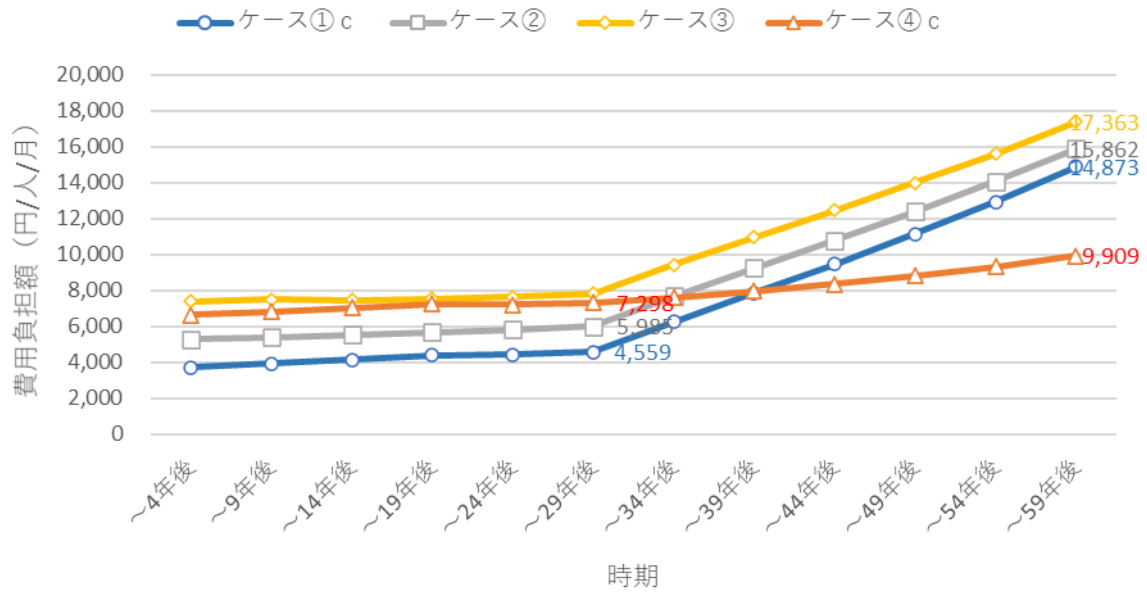


図 2.38 前期のみ補助金等を投入した場合の費用負担の推移（管路パターン A）

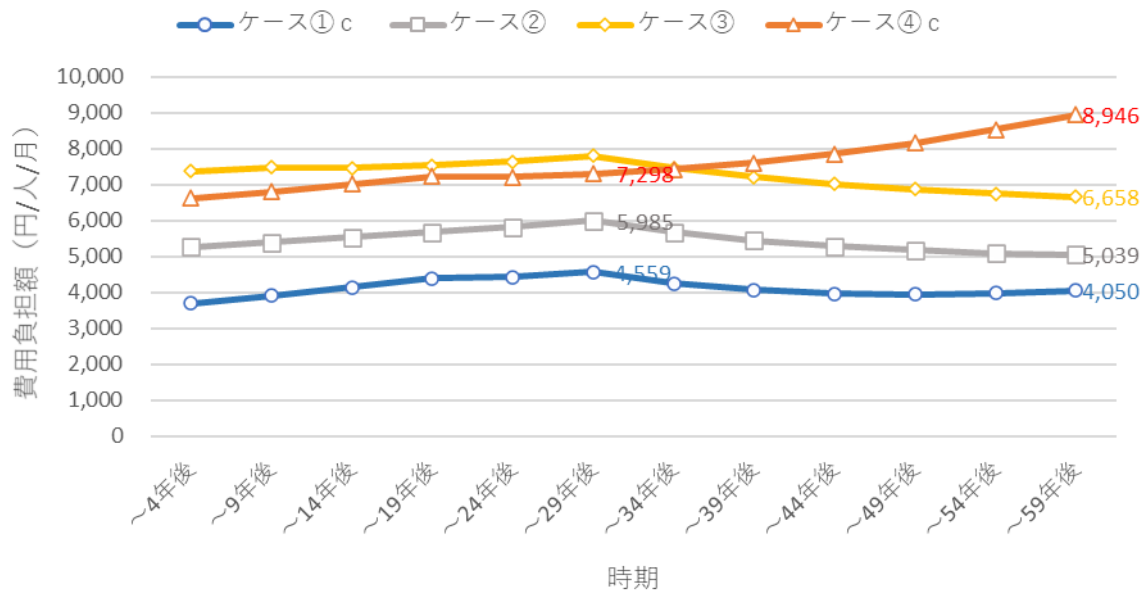


図 2.39 全期に補助金等を投入した場合の費用負担の推移（管路パターン B）

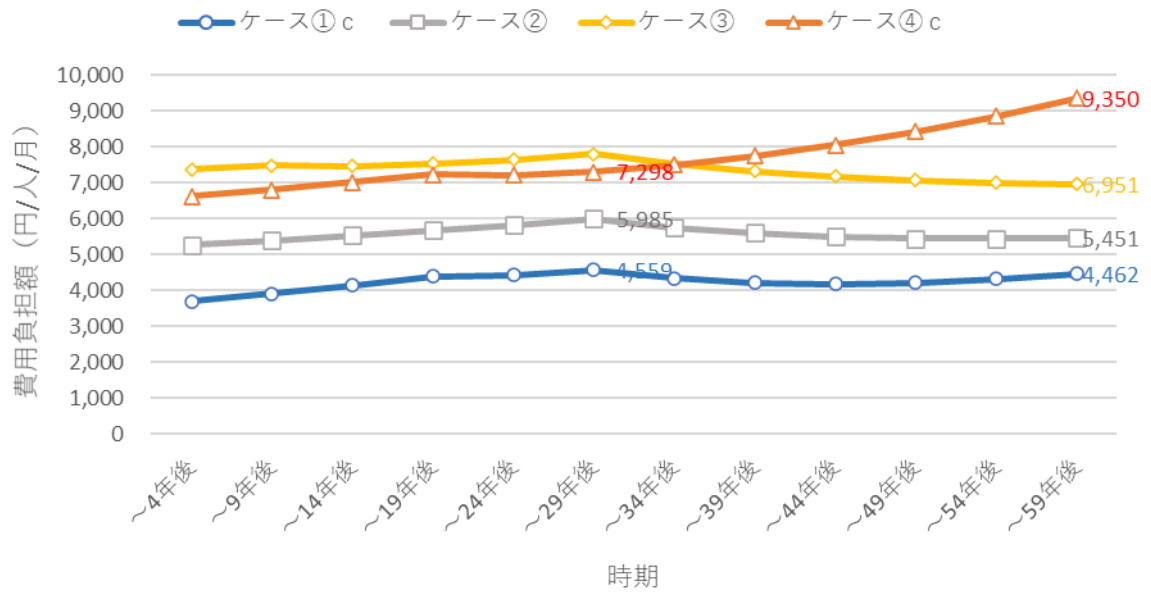


図 2.40 前期のみ補助金等を投入した場合の費用負担の推移（管路パターン B）

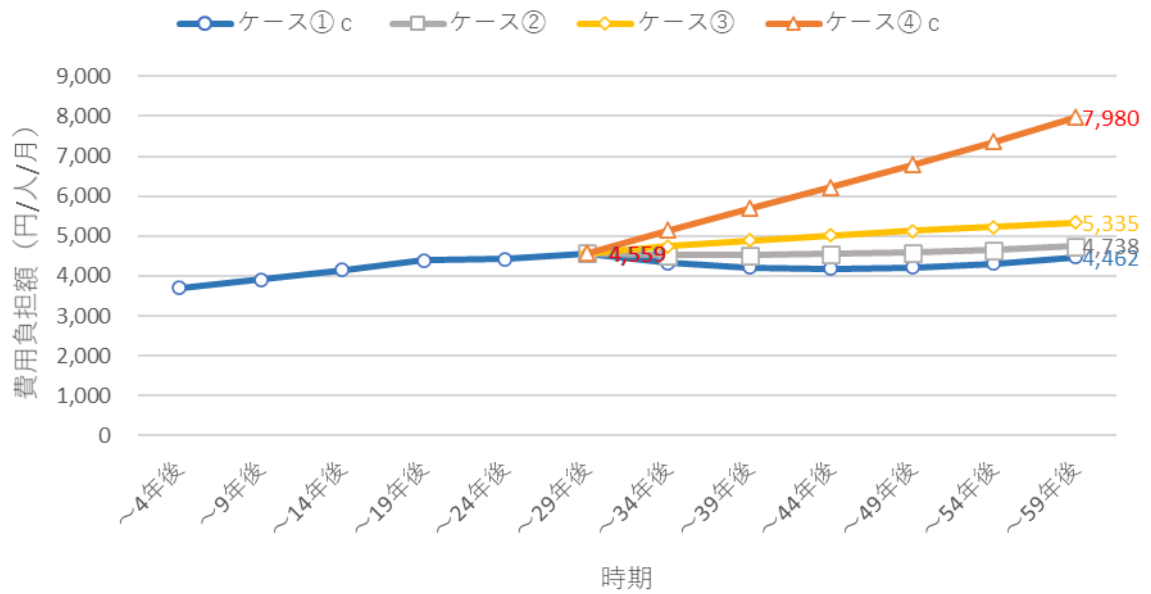


図 2.41 前期はケース① c とした場合の費用負担の推移（後期は補助金等の投入なし、管路パターン B）

2.7 検討を踏まえた今後の課題と対応策

今後、国や地方の財政状況の悪化により補助金等の削減が危惧される中で、簡易水道事業が、過疎地等におけるさらなる人口減少に対処していくためには、浄水施設等の建設や維持管理費用の削減が重要であるが、さらに管路に頼らない運搬給水への移行や非飲用水の供給と宅配による飲用水の確保も、個人の費用負担軽減策の一つの選択肢として考えられる。ここでは今回の結果を踏まえ、これらを実現するための課題と対応策について考察する。

(1) 費用削減へむけた課題と対応策

①浄水処理装置

緩速ろ過の実績 a に比較して、簡易の小型浄水装置 c を用いた場合は、費用が大幅に減少する。これは、実績 a では、ろ過地に予備池等を設けるとともに敷地整備や遠方監視施設、非常用電源設備等の機械設備も含むのに対して、b, c は最低限の設備費のみ限定されているためと考えられる。

現在、水道事業等の認可基準は、水道施設が水道法第 5 条の施設基準（水道施設の技術的基準を定める省令を含む。）に適合し、所要の水道水の供給を行えるかどうかの確認が必要となっている。その技術的基準となる「水道施設設計指針」では、「浄水施設は計画浄水量を適正に処理できる能力とする」ものとされ、予備力の確保等が求められている。

浄水処理方法変更は、認可変更の要件とされているが、給水人口の減少に対処するためには、技術向上を前提に、小規模な水道施設に対する技術基準や水質基準をより緩和する措置が必要と考えられる。

②運搬給水

管路パターン A や後期に補助金等が確保できない場合は、運搬給水により費用削減が図れる結果となったが、中山間部等の過疎地域では地形的に車の侵入が困難な家屋も存在することから、ポンプ動力の追加やより小規模なタンク車も考慮する必要がある。

また、運搬給水については、運転の人件費は時間給としており、給水量が減少してくれば、稼働時間が減少し十分な給与が確保できない。このため、将来的には自動運転車の導入も考えられるが、地域住民や関係住民による多様な業務の一環として運搬給水業務を組み込むことや近辺の他地域の給水区域を拡大していくことも必要となる。

(2) 運搬給水及び非飲用水の供給事業の実施へ向けた課題と対応策

現在の水道法では「水道」の定義を、「導管及びその他の工作物により、水を人の飲用に適する水として供給する施設の総体（臨時に施設されたものを除く）」としている。

ケース④は管路により供給しないため、水道法上の水道には該当せず、ケース②、③についても、人の飲用に適する水を供給するものでないことから、水道法の対象外となる。

このため、このような給水方法は、実施する主体が明確化されておらず、現在の水道事業の対象外として切り捨てられる可能性も危惧される。

今回のモデル地区では、町全体の簡水事業を1事業としているため、今後60年間は給水人口が100人を下回ることはなく、水道事業を継続できることになる。

しかし、簡易水道事業として運営されている地区の一部を運搬給水等に組み替える場合には、現在、飲用水供給事業として地元組合で運営されている小規模水道事業との整合性が問題となり、簡易水道事業から切り離す必要性も考えられる。これは公衆衛生の向上に貢献してきた水道の普及率の低下にもつながり、これまで町が管理不十分な小規模水道を簡水事業として整備統合し、維持管理を充実させてきた町の施策に逆行することになりかねない。

一方では、給水車による運搬給水や飲用制限を伴う非飲用水の供給は、大規模な災害や事故時においては、水道事業として、一般に行なわれている。

今日、withコロナ時代にあって、災害対応への重要なキーワードとなっているのは、「フェーズフリー」である。これは「日常時」と「非常時」という2つのフェーズをフリーにするという考えであり（フェーズフリー協会HP）、災害時に特別の対応をするのではなく、平常時の延長として対応しようとするものである。

今後、地球温暖化による豪雨災害の増加や大規模地震の頻発が危惧され、水道事業においても、強靱化対策が種々進められているが、より被害を減少させるためには、さらなる対策の充実が求められる。

こうした観点から、運搬給水や非飲用水の供給も水道事業の一環として取り込み、水道事業者が積極的に関与できる制度の創設も検討する必要があると考えられる。

3. 令和2年度の検討のまとめ

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。

第1章では、経営環境がより深刻な過疎地域等における小規模水道事業の現状を検討し、

- 簡易水道の1事業体当たりの給水人口は減少傾向にある。
- 給水人口当たりの総配管延長(単位配管延長)が大きく給水原価に影響している。
- 給水原価は、簡易水道の平均(297円/m³)に対して、過疎地にある人口5千人以下の簡易水道は333円/m³と1割以上高い。
- 過疎地人口5千人未満の簡易水道のブロック別の給水原価は近畿ブロックにおいて最も高い。
- 近畿圏ブロック内の簡易水道の経営状況には建設にかかる資本単価の影響が大きい。

などの結果をえた。

第2章では、近畿ブロックから2つのモデル地区を選定し、4種類の給水形態について今後の一人当たりの費用負担の推移を検討し以下の結果をえた。

- 管路や浄水施設の建設費用が、全期間にわたって影響が大きい。
- 管路の耐用年数は、長期的な費用負担に大きく影響する。
- 管路の耐用年数短いと長期的には運搬給水が有利となる。
- 非飲用水を供給し飲用水を宅配するシステムも長期的には、費用面で有利となる可能性がある。
- 国庫補助金等が個人の費用負担や給水形態に与える影響は非常に大きい。

4. 今後の課題

今回の検討を踏まえ、今後、以下の検討が必要と考える。

- ①経営の特に厳しい近畿圏の2地区のほか、他ブロックのモデル地区でもシミュレーションを行い、多様な給水方法の多面的な検討と評価の実施
- ②費用の内訳を評価・分析し費用低減へ向けた課題を抽出
- ③現地踏査やヒアリングによるモデル地区の実態の確認
- ④前提条件と評価手法の精査及び一般化した簡便な評価方法の提示
- ⑤運搬給水や非飲用水供給などの実現へ向けた課題と対応案の検討
- ⑥人口減少を踏まえた今後の小規模水道のあり方についての提案

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
研究協力者 曾 潔 京都大学大学院工学研究科博士後期課程
武藤陽平 京都大学工学部生

研究要旨：

広島市安佐北区、および広島県山県郡安芸太田町において地元管理されている簡易水道組合への訪問調査を行った。地元管理されている施設の場合、塩素貯留槽への塩素の継ぎ足し作業が広く行われていることから、そのような施設での水質検査は、基本項目に加えて塩素酸を検査項目に加えることが望ましいことを指摘した。地元管理されているような小規模水供給施設について、原水の種類、浄水処理の有無、消毒の有無によって分類したうえで、現実的な水質検査のあり方を考えるための枠組みを示した。京都市西京区における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。

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。ここでは、そのような小規模水供給システムを取り上げ、その水質管理や衛生管理上の課題を抽出する。

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、そのアプローチ方法について考察を行った。

B. 方法

1. 広島市安佐北区および広島県山県郡安芸太田町への訪問調査

地元管理されている広島市安佐北区安佐町^{うづ}宇津簡易水道組合、および広島県山県郡安芸太田町^{すみあい}澄合簡易水道組合への訪問調査を行った。いずれも、直接、管理されている方からヒアリングすることができた。

2. 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。原水である溪流と、原水槽を写真1に示す。溪流水面にスクリーンが設置されているのがわかる。



写真1 大吉寺供給水の原水である溪流と原水槽

3. 京都市内における原水調査

新型コロナウイルス感染症が終息しない状況下にあっては、高齢者の多い地元管理水道を調査対象とすることは困難であった。このため、同様の原水を利用している施設を探索した。この結果、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を見出し、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。北側施設の原水の状況を写真2に示す。



写真2 トロッコ保津峡駅北側施設の原水状況

（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. 広島市安佐北区および広島県山県郡安芸太田町への訪問調査

1.1 広島市安佐北区安佐町^{うづ}宇津簡易水道組合

（1）水道施設の現況

従来あった水供給施設に対して、砂防堰堤築造に伴う補償工事として設置されたものと考えられる。昭和35年に申請、設計は中国電力が実施した。昭和37年配水開始（60年近く経過していることになる）。

現在、給水戸数 32～33 戸、給水人口 74～75 人。

砂防堰堤を県が平成元年に築造。ここから取水している。大雨時には、礫の全面から流出してくる。原水が濁る。浄水処理によって、濁度は低下するが、風呂水がやや濁っている（黄色っぽい）のが分かる程度になる。

別に、湧水（ヨコ水と呼ばれている）も取水している。これは濁りのないきれいな水。湧水（ヨコ水）用の集水タンクが併設されている。

（2）施設管理の状況

処理プロセスは、普通沈殿池—緩速ろ過池—分配槽・塩素注入—貯水槽（配水池）。

通常時は、主として緩速ろ過池と塩素注入の維持管理を行っている。砂の全層入れ替えを 15～20 年前に行った。砂 750 袋を搬入し、40 人で作業した。作業は、管理人が半年ごとに交代するので、その際に行う。まずは、ろ過池表面の葉などを除去する。砂表面を 10cm くらいかきとり。これは洗浄せずに捨てる。層厚は次第に薄くなる。薄くなると濁りが出やすくなる。そのため、5 年に 1 度程度補砂を行っている。

塩素貯留槽（写真 3、赤いフロートがあるのがわかる）へ、1 回/月程度の頻度で塩素を継ぎ足している。塩素酸濃度増大の可能性は否定できないとみられる。

普通沈殿池の老朽化が進み、水漏れしている。

組合長がひとりで、電気設備、機械設備等を設置・改良してきている。県は、毎年、現況を確認するための調査を行っている。配水量など変化がないか。水質検査は広島県環境保健協会に送って行っている。以前は、全項目試験を行っていたこともある。費用がかかること、水質に異常はないことから、住民で話し合い、基本項目だけにした。

（3）管理の体制

宇津簡易水道組合。役員 7 人。管理人は 4 人で半年交代。32～33 戸で持ち回り。

ランニングコストは 50～70 万円/年必要。管理人 1 人に 1.5 万円。水質検査に 6,730 円。収入は約 80 万円あり、残額は補修等のために積み立てている。

水道代は 4 カ月ごとに集金。基本料金 980 円＋一人あたり 100 円＋水洗トイレ使用＋営業用水使用。

（4）要望等

高齢化が進み、管理作業を継続することが難しくなりつつある。組合を解散し、市へ移管することを考え始めている。窓口は水道局。下水道が延伸され使用を開始するときが、移管のタイミングではないかと考えている。移管するとは、上水道接続という意味。配水管を延伸して接続すればよい条件の地域なので、所要費用に関して住民合意されれば接続するのは困難ではない（元市職員による）。

老朽化が進んでいるので、管が破損するなどのトラブルが発生しないか心配である。

1.2 広島県山県郡安芸太田町^{すみあい} 澄合 簡易水道組合

（1）水道施設の現況

中国自動車道のトンネル工事時に補償工事として設置された。平成 7 年完成。昔は緩速ろ過の施設があり、維持管理が大変であった。



写真 3 塩素貯留槽

給水戸数 58 戸、給水人口 93 人。

(2) 施設管理の状況

トンネル内の湧水を導水。プロセスは、滅菌槽—配水池のみ。

(3) 管理の体制

水道組合が、維持管理を業者に委託している。ただし、保守契約しているわけではなく、トラブル等が発生する都度に業務依頼している。

安芸太田町は、修繕費については、その半分を補助している。他は住民負担。維持管理費等をまとめた書面あり。塩素 2 万円。水質検査 17 万円（年 2 回分）。清掃代 14 万円。基本料金 1000 円＋従量料金。メータあり、年に 1 回検針する。その使用量によって、翌年の従量料金を決定する。

(4) 要望等

役場に要望したいことが特にあるわけではない。

2. 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。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（写真 1 参照）。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。

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思われる。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。

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

水質測定結果を表1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。今後、長浜市市民生活部環境保全課へのヒアリングを実施する予定。(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。)

また、40項目の原水水質検査も実施する予定。

表1 大吉寺水質検査結果
(採水日 2021年3月9日)

	原水	給水栓水
pH	7.62	7.68
電気伝導率 (μ S/cm)	60.5	59.8
濁度(度)	0.68	0.49
一般細菌 (CFU/mL)	5.6	2.1
従属栄養細菌 (CFU/mL)	653	963
大腸菌群 (MPN/100 mL)	≥ 240	24
大腸菌 (MPN/100 mL)	1.5	0.92
嫌気性芽胞菌 (CFU/L)	12	4

3. 京都市内における原水調査

3.1 原水試験結果

北側施設、南側施設の原水について、厚生労働大臣登録検査機関に依頼して水質検査を行った。測定項目は、水質基準51項目のうち、消毒副生成物等11項目を除く40項目である。結果を表2に示す。なお、細菌、外観等に異常がみられる場合は味の検査を省略することがあるとされており、本試験でも省略されている。

3.2 微生物試験結果

これまでに行った細菌を中心とする水質試験結果を表3に示す。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、大腸菌の値は大きい。南側施設の方が何らかの汚染を受けている可能性が考えられる。

表2 トロッコ保津峡駅施設 原水試験結果			
採水日: 2020年12月1日			
項目	基準値	北側施設	南側施設
	(mg/L)		
一般細菌	100 /mL	59	8
大腸菌	不検出	検出	検出
カドミウム及びその化合物	0.003	0.0003未満	0.0003未満
水銀及びその化合物	0.0005	0.00005未満	0.00005未満
セレン及びその化合物	0.01	0.001未満	0.001未満
鉛及びその化合物	0.01	0.001未満	0.001未満
ヒ素及びその化合物	0.01	0.001	0.005
六価クロム化合物	0.02	0.002未満	0.002未満
シアン化物イオン及び塩化シアン	0.01	0.001未満	0.001未満
硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素	10	0.06	0.40
亜硝酸態窒素	0.04	0.004未満	0.004未満
フッ素及びその化合物	0.8	0.08未満	0.08未満
ホウ素及びその化合物	1	0.02未満	0.02未満
四塩化炭素	0.002	0.0002未満	0.0002未満
1,4-ジオキサン	0.05	0.005未満	0.005未満
シス-1,2-ジクロロエチレン及びトランス-1,2-ジクロロエチレン	0.04	0.004未満	0.004未満
ジクロロメタン	0.02	0.002未満	0.002未満
テトラクロロエチレン	0.01	0.001未満	0.001未満
トリクロロエチレン	0.01	0.001未満	0.001未満
ベンゼン	0.01	0.001未満	0.001未満
亜鉛及びその化合物	1	0.005未満	0.005未満
アルミニウム及びその化合物	0.2	0.03	0.02未満
鉄及びその化合物	0.3	0.08	0.03未満
銅及びその化合物	1	0.01未満	0.01未満
ナトリウム及びその化合物	200	5.0	3.9
マンガン及びその化合物	0.05	0.022	0.005未満
塩化物イオン	200	2.9	3.8
カルシウム、マグネシウム等(硬度)	300	22.6	36.4
蒸発残留物	500	69	78
陰イオン界面活性剤	0.2	0.02未満	0.02未満
ジオスミン	0.00001	0.000001未満	0.000001未満
2-メチルイソボルネオール	0.00001	0.000001未満	0.000001未満
非イオン界面活性剤	0.02	0.005未満	0.005未満
フェノール類	0.005	0.0005未満	0.0005未満
有機物(全有機炭素(TOC)の量)	3	0.8	0.5
pH値	5.8-8.6	7.50	7.48
味	異常でない	(検査せず)	(検査せず)
臭気	異常でない	異常なし	異常なし
色度	5度以下	2	2
濁度	2度以下	1.6	0.3

表3 原水の水質測定結果

(1) 北側施設

採水日	一般細菌 CFU/mL	従属栄養細菌 CFU/mL	嫌気性芽胞菌 CFU/L	大腸菌 MPN/100mL	大腸菌群 MPN/100mL	pH	電気伝導度 μS/cm	濁度 度
2020/11/17	115	260	56	3.6	>2400	7.37	-	7.76
2020/12/01	32	440	3.3	不検出	>2400	7.37	68.2	5.89
2020/12/21	11	110	6.6	0.92	150	7.55	76.8	3.12
2021/01/06	7.1	29	2.3	0.92	>240	6.75	81.3	0.75
2021/01/20	6.9	13	1.3	0.92	29	6.66	87.1	1.19
平均値 (幾何/ 算術)	18.2	86.1	5.2	1.3	-	7.14	78.4	3.7
最大値	115	440	56.0	3.6	-	7.55	87.1	7.8
最小値	6.9	13.0	1.3	0.9	29	6.66	68.2	0.8
中央値	11.0	110	3.3	0.9	-	7.37	79.1	3.1

(2) 南側施設

採水日	一般細菌 CFU/mL	従属栄養細菌 CFU/mL	嫌気性芽胞菌 CFU/L	大腸菌 MPN/100mL	大腸菌群 MPN/100mL	pH	電気伝導度 μS/cm	濁度 度
2020/11/17	28	256	120	43	43	7.34	-	1.66
2020/12/01	6.3	220	17	240	240	7.12	98.4	0.81
2020/12/21	3.8	23	6.6	1.5	93	7.56	96.1	0.59
2021/01/06	4.6	11	6.6	24	>240	6.75	94.6	0.29
2021/01/20	1.7	37	5.3	4.3	15	6.46	96.8	0.30
平均値 (幾何/ 算術)	5.5	55.5	13.6	17.4	-	7.05	96.5	0.7
最大値	28.0	256	120	240	-	7.56	98.4	1.7
最小値	1.7	11.0	5.3	1.5	15	6.46	94.6	0.3
中央値	4.6	37.0	6.6	24.0	-	7.12	96.5	0.6

D. 考察

1. 塩素酸濃度増大の可能性について

宇津簡易水道組合では、1カ月に1回程度の頻度で塩素貯留槽への塩素の継ぎ足しが行われていた。この問題点は、古い塩素が貯留槽内に長く滞留してしまう可能性があることである。また、手持ちの塩素剤がどの程度新しいのか古いのかも不明である。このため、塩素酸イオン (ClO₃⁻)濃度が増大する可能性を否定できない。



写真4 奈良県十津川村田戸地区飲料水供給施設の塩素注入設備

写真4は、奈良県十津川村田戸地区の飲料水供給施設の塩素注入設備である。普段は塩素注入を行っておらず、1カ月に1度、試料水を水質試験センターへ送付するときだけ塩素を注入しているという。このような運用の場合、塩素が注入装置内に長く滞留してしまっている可能性がある。ただし、塩素酸濃度が高い水道水が配水されている可能性があるものの、それは1カ月に1日だけであるともいえる。

実際、委託業者が貯留槽へ塩素を継ぎ足す作業を行っている旧簡易水道地域において、塩素酸濃度が基準値(0.6mg/L)を超過した事例が報告されている。その他、塩素剤の管理状況と塩素酸濃度の実態調査結果も報告されている³⁾。

わが国における塩素酸イオンの検出実態を表4に示す⁴⁾。まず、2016年度から2017年度にかけて調査地点数が

表4 わが国における塩素酸イオンの検出実態

	2015年度			2016年度			2017年度			2018年度		
	調査地点数	超過地点数	超過割合	調査地点数	超過地点数	超過割合	調査地点数	超過地点数	超過割合	調査地点数	超過地点数	超過割合
対基準値	6,174	5	0.1%	6,627	2	0.0%	8,354	8	0.1%	8,653	6	0.1%
対50%値	6,174	194	2.9%	6,627	194	2.9%	8,354	307	3.7%	8,653	319	3.7%
対10%値	6,174	2,954	50.0%	6,627	3,314	50.0%	8,354	4,326	51.8%	8,653	4,630	53.5%

参考文献4より抜粋

急激に増大しているが、これは簡易水道事業の上水道事業への統合が進んだことともなっており、調査地点数も増

えたためである。「対 50%値」超過地点数をみてみよう。調査地点数が 6,627 から 8,354 に 1,727 地点増えているのに対して、対 50%値を超過した地点数は 194 から 307 へと 113 地点も増えていることがわかる。その割合は、 $113/1,727=6.5\%$ に達している。すなわち、旧簡易水道のような小規模施設において高濃度が出現しやすい傾向があるとみることができる。

わが国における塩素酸イオン (ClO_3^-)の基準値は 0.6 mg/L である。これに対して、WHO は、2016 年、毒性評価を変更した。すなわち、TDI (耐容 1 日摂取量) を従来の $30 \mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{day})$ から $11 \mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{day})$ へ修正したのである。これをわが国の評価値算定式にあてはめると、評価値の試算値として 0.2 mg/L が得られる。0.6 mg/L は、0.2 mg/L の方が望ましい可能性があるということを意味する。

地元管理されている施設の場合、上記のような塩素の継ぎ足し作業は広く行われている。そのような施設での水質検査は、飲用井戸等衛生対策要領に示される基本項目 11 項目だけという場合も数多いが、これに加えて塩素酸を検査項目に加えることが望ましいといえる。基本項目 11 項目の検査費用は 7,000 円程度～11,000 円程度 (残留塩素検査を含む場合あり) であるが、塩素酸の検査費用は 6,000 円程度である。

2. 小規模水道における現実的な水質管理へ向けた枠組み

地元管理されているような小規模水道における現実的な水質検査のあり方を考えるための枠組みを図 1 に示す。

まず、原水を地下水と表流水に大別している。これに対して、浄化処理が行われている場合と行われていない場合がある。浄水処理装置といたつ、ほぼ処理機能がないケースもみられる。ついで消毒であるが、本来消毒は浄水処理の一部であるが、この図では分けて描いている点が重要である。塩素消毒が行われている場合もちろんあるが、行われていない場合も数多い。著者は、これまでに、この図の実線で示される組み合わせのすべてに出くわしてきた。このうち、もっとも懸念されるのは、「表流水—浄水処理なし—消毒なし」のケースである。紫外線消毒はクリプトスポリジウム対策として導入が認められている。これに加えて、たとえば、塩素消毒が忌避される場合に、微生物的安全性を現実的に確保する方法として有用であると考えられる。

このような組み合わせの中であって、原水および浄水の水質試験における検査項目と検査頻度を整理することが望まれる。それぞれの施設の実態に応じて、検査項目を選択するとともに、検査頻度を設定していけばよいものとする。ただし、検査項目数を減らす方向ばかりではなく、微生物に関する

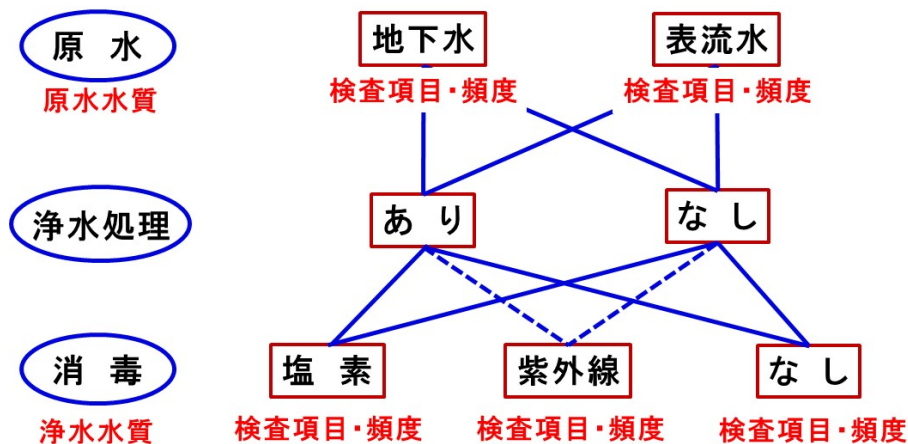


図 1 小規模水道における現実的な水質管理へ向けた枠組み

る項目はむしろ拡充し、定量的微生物リスク管理（Quantitative Microbial Risk Assessment; QMRA）手法をコンセプトとするのが望ましい。その具体例を次項で論じる。

3. 調査対象原水の微生物リスクと浄水処理における必要除去・不活化能

岸田ら⁵⁾は、わが国において、過去30年間(1983～2012年)に飲料水を介した健康危機の発生事例をまとめている。この結果によれば、化学物質等を含む健康被害数の合計は140件であるが、うち微生物によるものが131件であった。また、そのような健康被害が発生しているのは、多くが小規模水道であった。このように、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。

冒頭で、子供がおなかをこわすことがあることを述べた。もちろん、子供がおなかをこわす原因は多くあり、水が原因ではない可能性もあるが、水の可能性もある。また、日本語には“水あたり”という言葉がある。この“水あたり”を起こす原因としては3種類ほどが考えられるようである⁶⁾。それらは、①病原微生物による汚染、②硬度の高い水、③年少者による冷水の多量摂取。

ここでは、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。

3.1 微生物的安全確保へ向けたアプローチ方法^{7,8,9)}

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している。

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、代表的な日和見菌の感染確率モデルを使用するが、通常は安全側のモデル（感染確率が大きく算出されるモデル）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、図2では、追加調査を行える場合の考え方を示している。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。

3.2 一般細菌数を用いた必要除去・不活化能の試算

今回の原水試験の結果は表2、表3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

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^{10,11)}。

また、病原性生菌はすべて日和見菌等であるとみなしている。用量-反応モデルとしては、代表的日和見菌である *Legionella* のモデル¹²⁾($\gamma=5.99E-02$)を適用した。一方、これらの日和見菌の感染能力は低いとみて、指数モデルの γ が最小である *Staphylococcus aureus* のモデル¹²⁾ ($\gamma=7.64E-08$) を借用した場合についても試算した。

北側施設、南側施設ともに、10 log 程度の除去・不活化が必要であると評価された。また、適用する用量-反応モデルの影響がきわめて大きいことがわかる。

表6 一般細菌数に基づく必要除去・不活化能の試算

条件/パラメータ	日和見菌等濃度 北側/南側 (cells/mL)	北側施設 必要 log 数	南側施設 必要 log 数
一般細菌 $\div 0.075\% \times 3\% \times 50.6\%$; $\gamma = 7.64E-08$	3.68E+02 / 1.11E+02	4.5	4
一般細菌 $\div 0.075\% \times 3\% \times 50.6\%$; $\gamma = 5.99E-02$		10.4	9.9

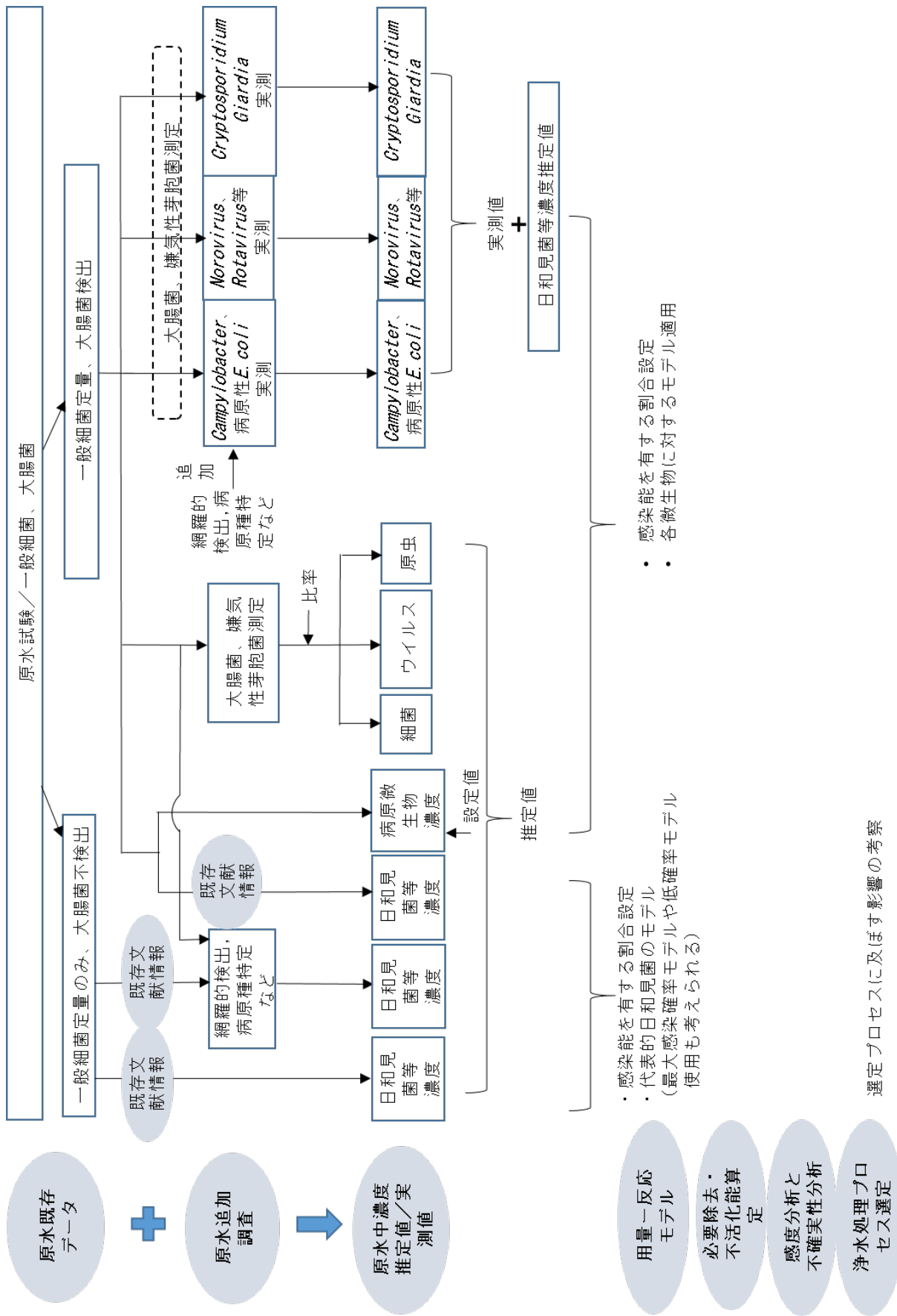


図2 微生物的安全確保に向けたアプローチ方法

3.3 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。

表 3 に示す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 7 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」⁷⁾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。また、カンピロバクターについては他の報告例（0.0415（オランダ・マース川）¹³⁾、0.00481（日本・桂川）¹⁴⁾）を適用した場合も示した。

用量—反応モデルについては、*E. coli* O157:H7 は $\gamma=0.0093$ ⁷⁾、ロタウイルスは $\gamma=0.59$ ¹⁵⁾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。

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	病原微生物濃度 北側/南側 (cells/mL)	北側施設 必要 log 数	南側施設 必要 log 数
病原大腸菌 <i>E. coli</i> O157:H7	大腸菌×0.08 ; $\gamma=0.0093$	1.04E-03/1.39E-02	4.1	5.2
カンピロバクター	大腸菌×0.0415; $\gamma=0.686$	5.40E-04/7.22E-03	5.6	6.8
	大腸菌×0.00481; $\gamma=0.686$	6.25E-05/8.37E-04	4.7	5.8
	大腸菌×0.66; $\gamma=0.686$	8.58E-03/1.15E-01	6.8	8.0
ロタウイルス	大腸菌×5.00E-06 ; $\gamma=0.59$	6.50E-08/8.70E-07	1.7	2.8
クリプトスポリジウム	大腸菌×1.00E-06 ; $\gamma=0.2$	1.30E-08/1.74E-07	0.5	1.6

3.4 不確実性分析

表 6 で、*Legionella* の用量-反応モデル($\gamma=5.99E-02$)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。南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 8 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 *Legionella* のモデル($r=5.99E-02$)に対して、*Staphylococcus aureus* のモデル ($r=7.64E-08$)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 9.9 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(南側施設対象)

項 目	必要除去・不活化 log 数
ベースケース	
一般細菌数:5.5 CFU/ml ; 一般細菌／全細菌の割合=0.075% ; 病原性細菌／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 ; Legionella 用量-反応モデルを借用 $\gamma=5.99E-02$)	9.9
一般細菌／全細菌の割合	0.001%
	10%
病原性細菌／全細菌の割合	0.01%
	10%
病原性生菌／病原性細菌の割合	10%
	80%
日和見菌等／病原性生菌の割合	0.1%
感染能を有する割合	10%
非加熱飲料水消費量	1 L
用量-反応モデル	$\gamma=7.64E-08$

赤字：必要除去・不活化 log 数の差が 1 を超える項目。

E. まとめ

(1) 地元管理水道と塩素酸

広島市安佐北区、および広島県山県郡安芸太田町において地元管理されている簡易水道組合への訪問調査を行った。地元管理されている施設の場合、塩素貯留槽への塩素の継ぎ足し作業が広く行われていることから、そのような施設での水質検査は、基本項目に加えて塩素酸を検査項目に加えることが望ましいことを指摘した。

(2) 小規模水供給施設における現実的な水質管理へ向けた枠組み

地元管理されているような小規模水供給施設について、原水の種類、浄水処理の有無、消毒の有無によって分類したうえで、現実的な水質検査のあり方を考えるための枠組みを示した。

(3) 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

京都市西京区における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。

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。

謝辞：トロッコ保津峡駅施設における調査にご協力いただいた嵯峨野観光鉄道株式会社に謝意を表す。

F. 研究発表

1. 学会発表

木村昌弘, 伊藤禎彦; 人口減少を踏まえた小規模水道のあり方についての一考察, 環境衛生工学研究, Vol.34, No.3, pp.64-66, 2020.7.

中山信希, 伊藤禎彦, 堀さやか; 情報提供による水道料金評価の改善効果に関する分析, 環境衛生工学研究, Vol.34, No.3, pp.67-69, 2020.7.

中山信希, 伊藤禎彦, 堀さやか; 水道料金に対する評価を改善するための提供情報, 令和2年度全国会議(水道研究発表会)講演集, pp.48-49, 2020.11.

齋藤真太郎, 須田康司, 惣名史一, 伊藤禎彦, 伊藤雅喜, 清塚雅彦; スマートな浄水システム/技術レベルの維持・向上を目指して—A-Dreams プロジェクトの取組から—, 令和2年度全国会議(水道研究発表会)講演集, pp.214-215, 2020.11.

2. 総説・解説

伊藤禎彦; 小規模水道をめぐって, 水団連, 第146号(新年号), p.5, 2021.1.

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.

3. 講演

伊藤禎彦, 堀さやか; 住民との連携に関する検討, 小規模水供給システム研究会, 国立保健医療科学院生活環境研究部, 東京大学大学院工学系研究科附属水環境工学研究センター主催, Zoom 開催, 2020.6.24.

伊藤禎彦; 小規模化が進む水道システムを考える～地元管理水道から水道料金問題まで～, 2020年度「ダクタイト鉄管協会セミナー」, 一般社団法人日本ダクタイト鉄管協会主催, 合人社ウェンディひと・まちプラザ北棟6階マルチメディアスタジオ(広島市), 2020.10.28.

伊藤禎彦; 地元管理水道の実態と水質管理上の課題, 土木学会環境工学委員会臨床環境技術小委員会・環境技術思想小委員会, 小規模水道の衛生問題に関するシンポジウム, Zoom 開催, 2020.11.26.

Sadahiko Itoh; Water Supply System and its Perspectives, The 4th Workshop on Kyoto University - Mahidol University On-site Laboratory, Zoom 開催, 2020.11.27.

Sadahiko Itoh; Water Supply System Facing a Depopulation Society of Japan, 京都大学 - 清華大学 2020年日中環境技術共同研究・教育シンポジウム, Zoom 開催, 2020.12.5.

G. 知的所有権の取得状況

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) 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、化学物質等の検出状況を踏まえた水道水質管理のための総合研究 研究報告書 令和元(2019)年度、pp.254-263, 2020.
 - 4) 令和 2 年度第 1 回水質基準逐次改正検討会(2021 年 1 月 26 日) 資料 1 参考 2
 - 5) 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.
 - 6) 私信: 木村昌弘氏
 - 7) 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.
 - 8) Federigi, I., et al.; The application of quantitative microbial risk assessment to natural recreational waters: A review, [Marine Pollution Bulletin, Vol.144](#), pp.334-350, 2019.
 - 9) Vetrovsky T, Baldrian P; The Variability of the 16S rRNA Gene in Bacterial Genomes and Its Consequences for Bacterial Community Analyses. PLoS ONE 8(2): e57923. doi:10.1371/journal.pone.0057923, 2013.
 - 10) 軸丸淳史、糟澤桂、真砂佳史、小椋義俊、石井聡、鈴木祥広: 河川上流から河口域に至る病原性細菌の検出率の変化、第 53 回日本水環境学会年会講演集、p.15, 2019.
 - 11) 清水宏樹、軸丸淳史、糟澤桂、真砂佳史、小椋義俊、石井聡、鈴木祥広: 泡沫濃縮と菌叢解析を組み合わせた河川水からの病原性細菌の網羅的検出法の開発、第 53 回日本水環境学会年会講演集、p.631, 2019.
 - 12) QMRA wiki, <http://qmrawiki.org/>.
 - 13) 伊藤禎彦; 定量的感染リスク評価の感度分析における非加熱飲料水消費量データの影響、用水と廃水, 52(8), 55-65, 2010.
 - 14) Liang Zhou; Quantitative Microbial Risk Assessment of Water Treatment Process for Reducing Chlorinous Odor, 135 p., Kyoto University PhD Thesis, 2015.
 - 15) World Health Organization; Guidelines for Drinking-water Quality, Fourth Edition Incorporating the First Addendum, 2017.

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（20LA0501）

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 建築研究本部 主査
研究協力者 石井 旭 北海道立総合研究機構 北方建築総合研究所 主査
増田貴則 鳥取大学 工学部 社会システム土木系学科 准教授
堤 晴彩 鳥取大学 地域価値創造研究教育機構 助教

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、自治体の資産となっている飲料水供給施設の管理を地域住民に委託（無償）する形で、地域が自律的に管理しているケース（2町・計16例）、地域で水道管理のための有限会社を設立して自治体からの委託により簡易水道を管理しているケース（1例）、地域運営を担うNPOが自治体からの委託を受けて簡易水道を管理しているケース（1例）の運営実態を把握した。

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。R2年度はこれまでの高校生による活動（水質調査と管路図GIS化）の継続を通じて、①水源林管理者との連携構築と②管路GISの活用策検討を行った。①については、富良野市内の主要な水源地を敷地内に持つ東京大学演習林に対し、高校生を主体とした活動への協力を依頼する形で、連携体制構築を図った。②については、水道利用組合向けの簡易なGIS講習会を開催するとともに、1つの水道利用組合においては実管理体制の中にGISソフトウェアを試験導入することができた。

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、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、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

北海道の中でも、地域住民らが管理する「地域自律管理型水道」が数多く確認されている4市町村を対象に、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た（表1）。聞き取り内容は、地域自律管理型水道の運営実態、行政との関係、情報共有の方法、課題および利点、などとし、半構造化インタビューにより適宜質問を展開しながら聞き取りを行った。

表1 行政ヒアリング調査概要

調査対象	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
C市建設水道部 上下水道課	2020年6月18日	15か所	
富良野市建設水道部 上下水道課	2020年7月17日	18か所	
A町建設水道課	2020年10月2日	9か所	鳥取大と共同調査
B町建設水道課	2020年10月2日	7か所	鳥取大と共同調査

*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）。

1-2. 行政および水道利用組合以外の主体による管理事例

研究分担者らが、別の研究テーマで調査協力を得ている市町村の中で、行政および水道利用組合以外の主体による管理が行われているとの情報が得られた2つの例について、その経緯、行政との関係、情報共有の方法、作業内容、課題などについて聞き取り調査を行った（表2）。

表2 行政および水道利用組合以外の主体による管理事例の調査概要

該当市町村	聞き取り対象組織	調査実施日	備考
B町	特定非営利活動法人および 町建設水道課	2020年10月2日	鳥取大と共同調査
D町	有限会社S（匿名）	2021年3月23日	

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

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。2017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（2017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19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3）。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

（2018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3 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
2017年度	1か所	5か所	11月（水道利用組合向け）
2018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）
2019年度	1か所	1か所	11月（水道利用組合向け）
2020年度	2か所	2か所	1月（水道利用組合向け）

2.2.本年度の取り組み

2020年度も、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化および水道利用組合向け報告会を実施した。その中で、本年度は特に、活動を通じて東京大学北海道演習林との連携体制を構築することを目指した。また、2017年度から作成を続けてきた管路GISについて、水道利用組合での活用促進を図るため、報告会でのデモンストレーション、1つの水道利用組合でのGISシステム試験導入を行った。

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

A町（9か所）、B町（7か所）では、いずれの小規模水供給システムも、施設は町の資産であり、形式としては、維持管理を地元の利用組合に委託する形をとっているが、委託費は発生せず、覚書に基づき維持管理を地域に任せている状況であった。日常の維持管理運営は集金も含め地元任せ、大規模更新のみ町によって行われていた。役場は、水道利用組合の総会に出席することで現状を把握するとともに、総会資料を保管しておくことで、役員の連絡先、会計情報などの把握が可能となっていた。

一方、C市（15か所）および富良野市（18か所）では、施設も地元水道利用組合の資産となっているが、大規模改修や水質分析に対する補助金制度を設けており、その補助金への申請書類が、市町村にとって水道利用組合の実態を把握する上でのほぼ唯一の情報源となっていることがわかった。C市では、この申請情報の蓄積を特段していないため、直近で申請のあった水道利用組合以外については、現状の把握が困難になっていた。一方、富良野市では、上下水道課が、補助金申請内容から管理組合の情報を整理して蓄積しており、その情報に基づいて次年度の補助金申請意向調査をかけるなど、支援のためのコミュニケーションを積極的に取っていた。

今回調査を行った市町村の中では、A町、富良野市において特に水道利用組合とのコミュニケーションがしっかりとられており、相談があれば水道担当職員からアドバイス提供や直接的な作業手伝い等の支援が行われていた。ただし、担当者からは、「技術的なアドバイス等を行うことが水道担当部局以外では難しいのは明らかだが、市町村管理以外の小規模水供給システムは、原則、水道担当部局の管轄外であるため、現状ではイレギュラーな形での対応を取らざるを得ない」との指摘も聞かれた。

なお、2016年に研究分担者らが北海道で実施した市町村アンケート結果によれば、地域自律管理型の小規模水供給システムに対して市町村が何らかの補助金給付または施設更新などの支援を行っている例は、上記の他に、少なくとも5つの市町村で確認されている。

1-2. 行政および水道利用組合以外の主体による管理事例

(1) NPO が管理しているケース

北海道のB町a地区において、地域維持活動を行うNPO（特定非営利活動法人）が、簡易水道の管理を行っている事例について、運営状況等を把握した。同地区は、B町本市街地から約13km（車で15分程度）離れた集落であり、市街地とは別の簡易水道が布設されている。かつては地元住民を町の非常勤職員として雇用して、この簡易水道の管理にあたり、その当時から実質的には地域自律管理であったと言える。当該担当者が高齢となり（2015年時点で70歳以上）継続が困難になったことと、同NPOの地域維持活動展開のタイミングが重なり、2015年からは同NPOへの業務委託に変更された。委託内容は、毎朝の水質および配水量のチェックと、定期的な塩素注入量調整、緩速ろ過の砂削り等を含めたメンテナンスなどであり、毎日の作業ではあるものの拘束時間そのものは比較的短い。同NPOとしては、この業務単体では、1人工分の収入にはならないが、拘束時間が限定的であるため、他事業との組み合わせにより、上手にやりくりして1人分の雇用を生み出していた。同NPOは、もともとこうした小さな仕事を集めて経営されている部分が多く、その中では、簡易水道の委託管理は少額ながら安定した収入源の一つとしてみなされていた。一方、委託側の町役場からは、これまでのように高齢の個人に任せるよりは、体力のある若い人材がいて、いざという時には代わりの人材を供給することもでき、かつ多様なスキルや道具を持っているNPOに委託することで安心感は増した、とのコメントが得られた。



図1 a地区浄水場



図2 NPO代表（水道担当）への聞き取り

(2) 地域で会社を設立して管理しているケース

北海道のD町b地区は、合併によってD町の一部となった地域で、同地区内にはもともと簡易水道が4か所あり、現在はそれら全て経営統合済み、ハードも順次統合を進めており、調査時点で3系統に整理されていた。有限会社S（匿名）は、役場の水道担当者OBが地元の水道工事業者、土木工事業者、電気工事業者など4社の社長に相談を持ちかけ、4社の出資によって2003年に有限会社として設立した。会社設立の一番の動機は、役場の水道担当

者が町全体で1名しかいない状況で、技術継承ができず、役場以外の場所で若い技術者を育てていかなければ水道が維持できないとの危機感であった。調査時点で、専任の社員は3名で、年齢はそれぞれ40代後半、50代、63歳であった。町からの水道管理委託以外の仕事は原則として行っていない。

同社が管理しているD町b地区の水道施設の特徴としては、比較的起伏のある地形を少ない系統の水道で賄っていることから、ポンプの数も多く、毎日回らなければならない施設数は全部で13～14か所と多い。そして、各々の距離も離れているため、大まかに言って業務時間の約半分が移動時間に費やされている。3人の職員は、現状では、いずれも時間的余裕は無く、B町のNPOのように副業化する予定はない。

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, 8/4, 8/11の全3回)と管路地図のGIS化(9/28～部活動の中で継続的に実施)に取り組んだ(図3～6)。本年度は、東京大学北海道演習林内に水源を持つ2つの水供給システムの水質分析と4か所の管路図作成を行った。同演習林は、富良野市の土地の約1/3を占めており、市内の地域自律管理型水道の多く(確認できている範囲で7箇所)が、同演習林内の敷地に水源を得ている。良質な水源によって維持管理の手間とコストが抑えられている地域自律管理型水道にとって、東京大学演習林内による水源林管理は極めて重要であり、地域ぐるみの水道支援体制を構築する上で、同演習林との連携体制は欠かせないと思われる。しかし、同演習林は先に述べた富良野高校卒業生のネットワークではこれまでコンタクトができなかったため、今回は研究分担者の組織の林業部門(林業試験場)を經由して、接触した。そして、高校生による演習林内水源地の調査協力依頼という形で、関係構築を図った。東京大学北海道演習林からは、調査協力について快諾が得られ、また、担当者も地域自律管理型水道について関心を示してくれたことから、演習林内での調査への協力、演習林担当者の報告会参加がそれぞれ実現した。



図3 東大演習林から水源林について説明



図4 水道利用組合から水道施設の説明



図5 浄水施設からの採水

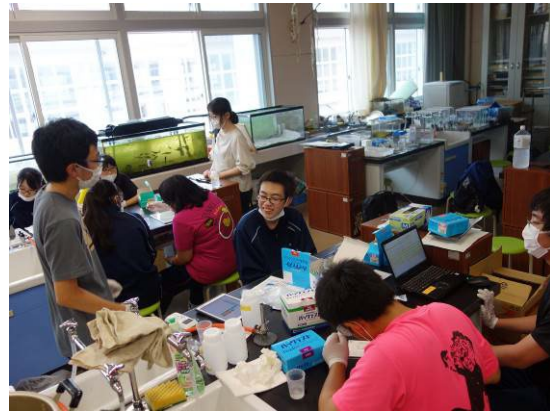


図6 水質分析の様子

活動の報告会は、例年11月に富良野高校で開催していたが、本年度は、調査対象となった水道の組合長がいずれもミニトマト農家であり、11月はまだ農繁期であることがわかった。そのため、本年度は時期を変更して1月30日の開催とした。報告会では、高校生からの結果報告、専門家からの講演および話題提供を行った（表4）。その中で、本課題で取り組んでいる「紫外発光ダイオード（UV - LED）を利用した水の消毒」についての技術紹介と、2017年度から作成を続けてきた管路GISデータの水道利用組合での活用促進を図るため、GISソフトのデモンストレーションと基本操作方法についての簡単な講習を合わせて実施した（図7）。なお、GISについては、これまで使用していた有料のGISソフトウェアからフリーのGISソフトウェアに移行し、水道利用組合がほとんど追加投資なしにGISを導入できるようにした。報告会后、GIS活用に関心を示した市内の1つの水道利用組合と連携し、R3年2月よりフリーソフトを用いたGIS管路図の試験利用を開始した。

表4 報告会プログラム

プログラム	タイトル	発表者
(1) 開会あいさつ	-	-
(2) 報告：	「続・おいしい水を求めて2020」	富良野高校・科学部
(3) 専門家による講演：	「富良野の地形・地質と水資源」	道総研・森野祐助主査
(4) 小規模水道向け技術の紹介1：	「紫外発光ダイオード（UV - LED）を利用した水の消毒」	東京大学・小熊久美子准教授（Web参加）
(5) 小規模水道向け技術の紹介2：	「フリーのGISソフトを使った管路情報管理」（含・講習会）	道総研・牛島健主査



図7 水道利用組合向けGIS講習会

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

本年度は、行政の資産となっている簡易水道または飲料水供給施設を、地域自律型で管理する際のパターンとして、少なくとも3種類（①地域へ無償で委託するケース、②地域住民を臨時職員として雇用するケース、③地域運営を担うNPOが管理を受託するケース）が確認された。各々個別の課題はあるにせよ、いずれも、現行の制度を変えずとも適用できる点が大きなメリットと考えられる。今後これらのモデルを水道運営再編の一つの選択肢として示していくことを考えた場合、①地域へ無償で委託する方法は、水道利用組合を新規に立ち上げる必要があるためややハードルが高いものの、②臨時職員としての採用、③地域運営NPOへの委託については、適任の個人または組織が地域にありさえすれば、実行可能な対策といえる。特に、地域運営NPOについては、近年、全国的に地域の課題解決を目指すNPOが立ち上がっている。それらNPOが「よろず屋」的な事業に取り組む形態をとる場合には、極小規模の事業が多く経営が不安定になりがちなことから、水道管理事業を受託することで1つの安定財源を得られることにつながる。今後は、こうした地域「よろず屋」的なNPOが、小規模水供給施設維持管理の担い手の有望な候補になりうると考えられる。

なお、これらのパターンは、いずれも水道統計等では地域自律管理型であるということが見えない。それゆえ、さらに他のパターンが存在する可能性もある。今後、さらにケーススタディの蓄積を継続する必要がある。

一方、役場OBが地元工事業者と共に会社を立ち上げたケースについては、地域自律管理型と呼ぶべきか微妙な位置づけとなるが、行政以外の地元のプレイヤーが維持管理しているという意味では、今後の小規模水供給施設維持管理の一つの選択肢として考えられる。

ただし、D町b地区のように施設数が多く、そもそも職員が常時フル稼働しているような地区では、上述のような「よろず屋」的なNPOが一括で仕事を受けることは難しいと考えられる。ただその場合においても、例えば市町村が管理する水道の中でも、特に地理的に離れた施設のみ、そこに在住する個人またはNPOに毎日の点検を依頼することで、両者

がメリットを得られるような形式は考えられる。

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する中で、重要な水源地域の管理者である東京大学演習林との連携強化を図った。今後は、高校生の東大演習林調査を定期的な活動に位置づけるなどして、持続性のある関係の構築を目指し、引き続き取り組みを検討していく。

なお、2020年11月には、富良野高校科学部による2017年度からの一連の水道支援活動に対し、北海道科学文化協会理事長から「科学教育活動実践表彰」が送られた。このことは、北海道新聞にも掲載され、地域住民への情報提供、意識啓発に貢献したと思われる。

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、自治体の資産となっている飲料水供給施設の管理を地域住民に委託（無償）する形で、地域が自律的に管理しているケース（2町・計16例）、地域で水道管理のための有限会社を設立して自治体からの委託により簡易水道を管理しているケース（1例）、地域運営を担うNPOが自治体からの委託を受けて簡易水道を管理しているケース（1例）の運営実態を把握した。いずれも、現行の制度を変えずとも適用できる点が大きなメリットと考えられた。また、今後これらのモデルを水道運営再編の一つの選択肢として示していく場合、近年、全国的に地域の課題解決を目指すNPOが立ち上がっていることから、地域「よろず屋」的な活動を行うNPOが、小規模水供給施設維持管理の担い手の有望な候補になりうると考えられた。

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。R2年度は、高校生による東京大学演習林内水源地の調査協力依頼をきっかけに、演習林内での調査協力、演習林担当者の報告会参加が実現し、今後の連携強化につなげることができた。また、高校生が2017年より作り続けてきた管路GISの活用策については、定例の富良野高校報告会においてGISのデモンストレーションと操作講習会を行うとともに、1つの水道利用組合において実管理体制の中にGISソフトウェアを試験導入することができた。なお、試験導入のフィードバックは今後1年間かけて追っていく予定である。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

牛島健，北海道内農村地域における生活系水インフラの課題と対策の糸口，農村計画学会
2020年度西日本ブロック地区セミナー，2020.4.12，ZOOMによるWeb開催

3. その他講演等

牛島健，小規模のしくみは小規模の理屈で考える—これまで見逃されてきた小規模インフラの成功事例に学ぶ—，(連載：環境技術思想—持続可能な社会に向かって 第7講)，月間下水道，2021年1月号，pp.93-，2020.

牛島健，地元高校生との小規模水道支援体制づくりの裏側，地球研 OpenTS ウェビナー，2020.10.28，ZOOMによるWeb開催

牛島健，北海道における住民との連携事例，小規模水供給システム研究会（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」，2020.06.24，ZOOMによるWeb開催

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む。）

なし

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（20LA0501）
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紫外線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、集落規模での利用を念頭に、飲料水供給施設（利用人口21戸50名程度）で実証試験を開始した。設定処理流量は30L/minとし、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、大腸菌群、一般細菌、従属栄養細菌の変化を調べた。これまでの経過として（n=10）、大腸菌は原水の60%で検出された一方、UV-LED処理水では全試料で大腸菌不検出であった。また、大腸菌群は原水の100%から検出された一方、UV-LED処理水での検出率は50%に低下し、検出濃度も最大2CFU/100mLと低かった。UV-LED処理による不活化率は、一般細菌で最大2.8log、従属栄養細菌で最大2.2logであった。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設定項目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）の全てを継続して満たした。本研究により、分散型水処理技術としてUV-LED装置を活用する可能性が示された。

A. 研究目的

飲み水の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の技術的課題として、施設規模に適した消毒方法が十分に検討されていないことが挙げられる。特に、消毒剤（次亜塩素酸ナトリウム溶液）の補充や当番制での維持管理が高齢の住民の負担になっているほか、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。すなわち、現在普及している塩素消毒は小規模な水処理施設のニーズに必ずしも適していない実態がある。

本研究では、電力があれば導入可能で、薬剤を必要とせず、維持管理が比較的容易で、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検討している。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-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する。また、実際の水処理施設で中長期的な実証試験を行うことで、運転に伴う性能低下やメンテナンス頻度など、実装に不可欠な知見を得ることを目指す。過年度までに、蛇口ごと（Point-of-Use, POU）や建物ごと（Point-of-Entry, POE）の処理を想定し、順に処理流量2L/min, 10L/minの装置を用いて実証試験を行った^{1), 2)}。その成果を踏まえ、本年度は処理流量30L/minで集落規模の実証試験を開始した。処理性能を長期的にモニタリングすることで、紫外線装置の小規模施設への適用性と課題を明らかにすることを本研究の目的とする。

B. 研究方法

1. 実証試験の概要

試験の場として、国内某所の飲料水供給施設とした。当該施設は、長年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21戸50名である（2017年現地ヒア

リング時点)。原水は山間の表流水である。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て実験装置に導水するフローとした。なお、原水はろ過等の処理をせずに直接 UV-LED 装置に導水した。

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 装置の前後で採水し、また、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 月に水源水量が低下傾向となって以降、住民への供給水量確保を優先して試験を中断している（2021 年 3 月末現在）。

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、設計処理流量 50L/min の流水殺菌装置（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。流量は運転継続時間に伴い少しずつ減少する傾向が見られ、導水管内部の目詰まりなどが原因と推定されたが、試料採水の都度流量を 30L/min に調整し、安定を確認してから採水した。

3. 試験実施方法

- (1) 2020 年 8 月末より実験を開始した。発光ピーク波長 280nm の表面実装型 UV-LED を搭載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 2021 年 1 月まで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) 微生物以外の以下の水質項目について、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. 原水水質

表2に、一般的な水質項目の変動幅を示す（2020年8月～2021年1月、n=10）。また、その間、原水の紫外線（280nm）透過率の平均値は98.9%であった。濁度・色度の最高値（順に3.1度、3.0度）を示したのは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。

表2. 実証試験原水の水質変動幅
(2020年8月～2021年1月、n=10、最小-最大)

濁度	度	0.2 - 3.1
色度	度	0.7 - 3.0
硬度	mg/L	31.0 - 37.0
鉄	mg/L	0.01 - 0.14
マンガン	mg/L	0.005 未満
水温（採水時）	°C	8.9 - 20.0
pH	—	7.3 - 7.8
電気伝導率	mS/m	8.9 - 11.5
紫外線透過率（280nm）	%	98.6 - 99.3

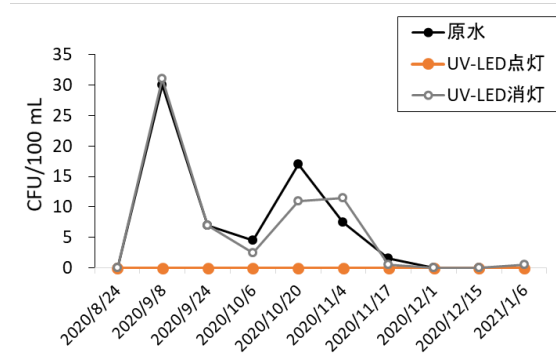
2. UV-LED 処理による微生物濃度の変化

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。

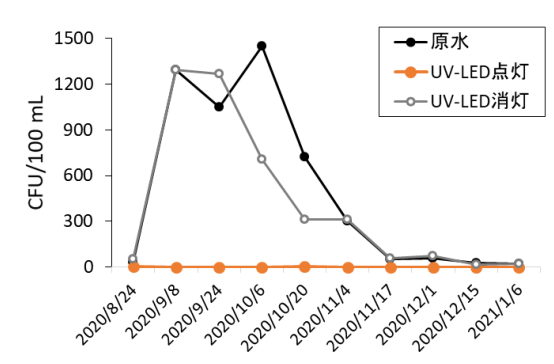
原水について、採水10回のうち6回で大腸菌を検出した。12月から1月に原水中の大腸菌不検出が連続し、また大腸菌群数も同時期にごく低濃度で推移したことから、季節的な影響（気温・水温の低下による微生物活性の低下、野生動物の活動低下など）が示唆された。原水中の一般細菌も同様の傾向を示した一方、従属栄養細菌の濃度変化に季節性は見られなかった。原水について、水道水質基準の定める大腸菌の基準（100mL中に不検出であること）および水道水質管理目標設定項目の示す従属栄養細菌の暫定目標値（2000CFU/mL以下）をそれぞれ散発的に超過した。すなわち、未処理の原水は微生物学的安全性の観点から常時飲用には不適であり、消毒処理が必要と判断された。

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。

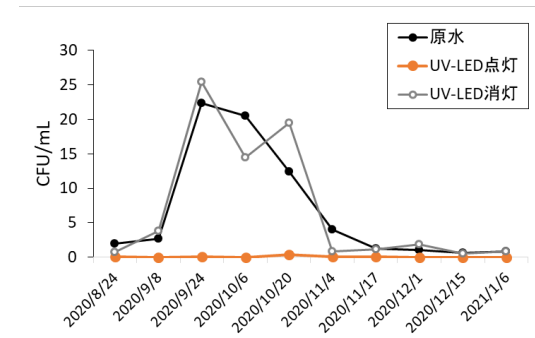
a) 大腸菌



b) 大腸菌群



c) 一般細菌



d) 従属栄養細菌

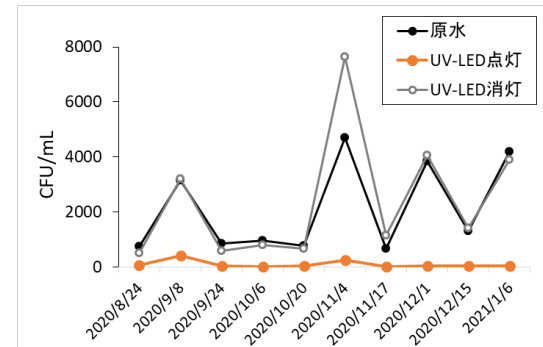
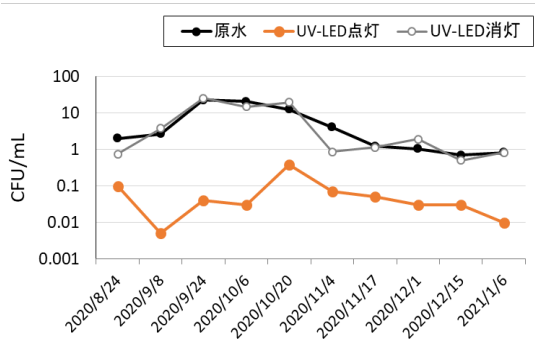


図2. 原水、UV-LED 処理水 (UV-LED 点灯)、対照試料 (UV-LED 消灯) の微生物濃度
 a)大腸菌 (CFU/100mL), b)大腸菌群 (CFU/100mL),
 c)一般細菌 (CFU/mL), d)従属栄養細菌 (CFU/mL)

図2の通り、UV-LED 処理水ではいずれの微生物項目も濃度が有意に低下した。大腸菌は UV-LED 処理水の全てで 100mL 中に不検出となった。原水と UV-LED 処理水の微生物濃度から処理による不活化率を算出すると、これまでに観察された最大値として、大腸菌は 1.5log 以上 (処理後不検出のため特定できず)、大腸菌群は 3.2log 以上 (処理後不検出のため特定できず)、一般細菌は 2.8log、従属栄養細菌は 2.2log となった。対数不活化率を視覚的に示すため、図3に一般細菌と従属栄養細菌の濃度変化を対数軸で示す。

一般細菌



従属栄養細菌

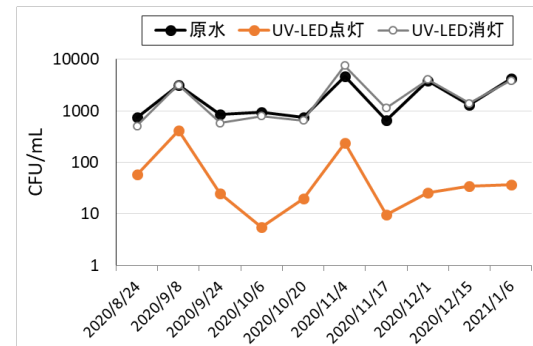


図3. 対数軸で表示した一般細菌 (左)、従属栄養細菌 (右) の変化

昨年度に報告した UV-LED 装置（処理流量 2L/min および 10L/min の二機種）の実証試験において、従属栄養細菌の不活化率は流量 2L/min の装置で最大 1.5log 程度（平均 0.77log、n=21）、流量 10L/min の装置で最大 3.0log 程度（平均 1.8log、n=17）であった^{1),2)}。今年度に試験した装置（処理流量 30L/min）による従属栄養細菌の不活化率 2.2log は昨年度の知見と概ね整合しており、今後の試験継続とデータ数の増加を待って、統計的な性能比較を試みる計画である。

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。本研究により得られた主な結論を以下に示す。

- (1) 原水では、散発的ながら大腸菌陽性の場合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、原水に比べて微生物項目（大腸菌、大腸菌群、一般細菌、従属栄養細菌）の濃度および検出率が低下し、特に大腸菌については試験期間を通じて不検出を達成した。
- (3) 本研究で採用したUV-LED装置による不活化率は、これまでの最大値として、大腸菌は1.5log以上、大腸菌群は3.2log以上、一般細菌は2.8log、従属栄養細菌は2.2log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設定項目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）の全てを継続的に満たした。

本研究により、小規模分散型水システムのひとつとして、集落規模でUV-LEDを光源とする消毒装置を活用する可能性が示された。今後は、引き続き実証試験を継続し、特に季節変動を調べる観点から1年間にわたるデータの蓄積を目指す。また、使用後の装置内の汚損等を精査し、実装による処理性能劣化の可能性を検証する計画である。

参考文献

- 1) 小熊久美子、渡邊真也. 分散型水処理技術としての活用を想定した紫外発光ダイオード（UV-LED）装置の実証. 水環境学会誌, Vol.43, No.4, 119-126, 2020.
- 2) 小熊久美子. 令和元年度厚生労働科学研究費補助金「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, 2020.

F. 研究発表

1. 論文発表（査読付き）

○小熊 久美子, 渡邊 真也. 分散型水処理技術としての活用を想定した紫外発光ダイオード（UV-LED）装置の実証. 水環境学会誌, Vol.43, No.4, 119-126, 2020.

<https://doi.org/10.2965/jswe.43.119>

- Majid Keshavarzfathy, Yamato Hosoi, Kumiko Oguma, Fariborz Taghipour. Experimental and computational evaluation of a flow-through UV-LED reactor for MS2 and adenovirus inactivation. Chemical Engineering Journal, 127058, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.127058>

2. 学会発表

○小熊久美子、渡邊真也. 山間地における紫外発光ダイオード（UV-LED）水消毒装置の実証. 第23回日本水環境学会シンポジウム、オンライン、2020.9.10.

- 小熊久美子. 深紫外 LED による水の消毒. GaN コンソーシアム 2020 年度光デバイス WG 講演会、オンライン、2020.12.17（招待講演）

- ・ 小熊久美子. 深紫外 LED による殺菌応用の最新動向. 三重大学北勢サテライト研究会セミナー、オンライン、2020.12.17 (招待講演)
- ・ 小熊久美子. 紫外線を利用した水処理技術の世界動向と将来展望. 第 9 回機能性バイオミニシンポジウム、オンライン、2020.9.3 (招待講演)
- ・ Kumiko Oguma, UV disinfection the achievements and prospects for the future, International UV Association Workshop, オンライン、2021.2.18. (招待講演)
- ・ 佐渡友康、小熊久美子、風間しのぶ、滝沢智. 紫外 LED を用いた太陽電池駆動型水処理装置の実証試験と電力に関するシナリオ分析、第 55 回日本水環境学会年会、オンライン、2021.3.12
- ・ 小熊久美子、佐渡友康. 紫外線と塩素の併用による水中の 2-メチルイソボルネオール分解に関する基礎的検討、第 55 回日本水環境学会年会、オンライン、2021.3.12

G. 知的所有権の取得状況

なし

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（20LA0501）
分担研究報告書

小規模集落が管理する水供給システムの維持管理における集落外との連携
に関する検討

研究分担者 増田貴則 鳥取大学工学部 社会システム土木系学科
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：

飲料水供給施設相当規模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、集落外の団体からの支援に帯する利用意向を整理することを目的とした質問紙調査を行った。

質問紙調査への回答結果より、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2割弱にすぎないことを把握できた。また、現時点では外部の団体からの支援に対する必要性は高くないが、支援を利用することへの抵抗感は低いことが明らかとなった。

A. 研究目的

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（以下、水供給システム）を維持することが困難となりつつある。水供給維持困難地域を含む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、集落同士や集落外部の団体との連携による維持を前提とした維持管理システムを実現していくことも解決策の一つと思われる。

研究分担者らは、飲料水供給施設相当規模の水供給システムを利用・管理している集落を対象に水供給システムの維持管理の現状や断水等の発生状況を把握するとともに、集落役員が管理作業に対して感じている負担感や負担が重たいと感じている作業項目、水供給システムに対して感じている不安や意見を拾い上げ、基礎資料とすることを目的とした調査を行ってきた。本研究ではその結果を踏まえたうえで、中部～九州地方において飲料水供給施設相当規模の水供給システムを利用・管理している集落を対象に、集落外部の団体との連携状況を把握するとともに、支援の受け入れ意向などを明らかにするためのさらなる調査を進め、その回答結果の分析を行った。この調査研究では、集落住民が管理している水供給システムにおいて維持管理負担の重い作業に対し、外部団体と集落住民との連携による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することを目的としている。

B. 研究方法

1. 外部団体との連携状況に関する調査

中部地方から九州地方（岐阜県、京都府、島根県、岡山県、大分県、高知県、佐賀県）において飲料水供給施設等の小規模水供給施設を管理し使用している集落を対象に、集落外部の団体との連携状況、外部の団体からの支援の利用意向を把握するための質問紙調査を行った。質問紙は郵便にて送付し、集落の飲料水供給施設等を管理している組合や役員に代表者に回答をお願いした。

（倫理面への配慮）

本調査は、集落施設の維持管理に関する連携状況や支援の利用意向を郵送で答えてもらうものであり、鳥取大学の倫理審査の対象とはならないことを確認した。その他個人情報の保護には十分注意して解析を行った。

C. 研究結果およびD. 考察

1. 集落外部の団体との連携状況に関する質問紙調査

1-1. 質問紙の回収数

計 103 の集落に発送し、76 集落より回答を得られ、回収率は 73.8%であった。簡易水道事業に移行した、行政より管理業務を委託されていると回答した集落も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。

1-2. 集落外部の団体との連携・協力の現状

平成 27 年以降に飲料・生活用水供給施設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についての回答結果を図 1 に示す。維持管理の作業を連携・協力したことがある集落は 14 集落（19%）、したことがない集落は 61 集落（80%）であった。このことから 8 割の集落は平成 27 年以降に飲料・生活用水供給施設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ないと明らかになった。

連携・協力したことがある 14 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についての回答結果を図 2 に示す。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「自然災害を受けたため」と「飲料・生活用水供給施設の老朽化のため」であった。

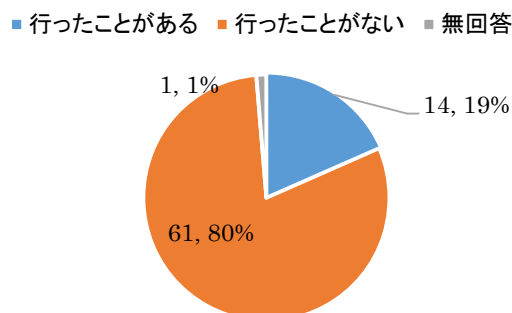


図1 平成27以降に、集落外部の団体と連携・協力し維持管理作業を行ったことがあるか

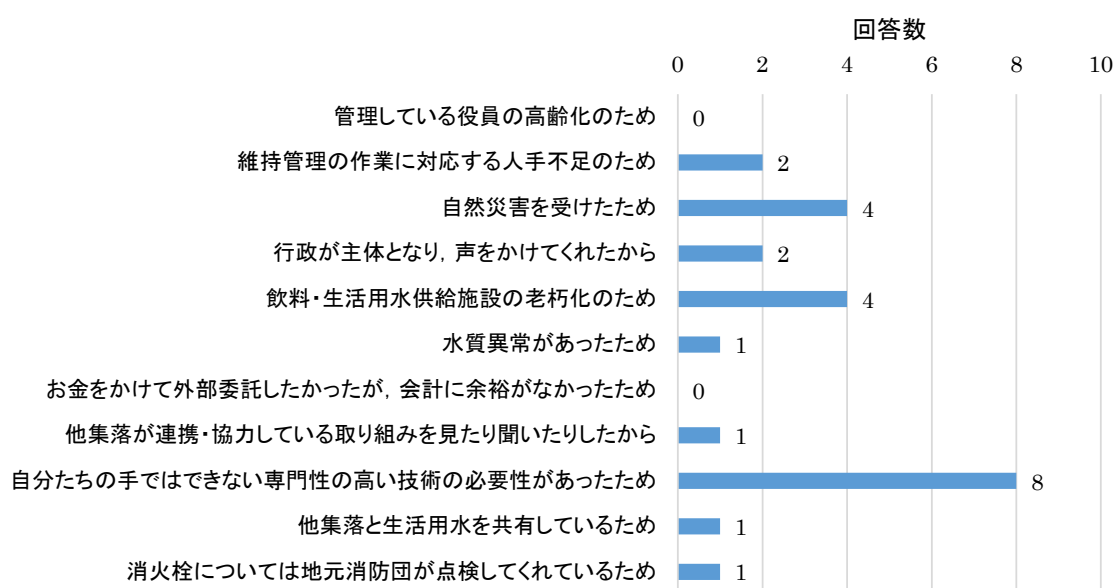


図2 集落外部の団体と連携・協力することになった経緯（複数回答あり）

外部団体と連携・協力し維持管理作業を行ったことがあると回答した集落には、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、調査票にて提示した作業内容（表1）の中から当てはまるもの全てを回答してもらった。その結果を図3に示す。

表1 外部団体と連携・協力して行った維持管理の作業内容

1 検針	2 集金	3 管路、漏水の点検
4 漏水箇所の特定	5 工事の手続き	6 工事の指揮
7 重機提供	8 重機操作	9 図面や帳簿などの管理
10 災害対応	11 断水時の原因究明	12 断水時の応急給水
13 水質検査	14 消毒機器の点検	15 消毒剤の交換・補充
16 水源の点検・清掃	17 沈砂池の清掃	18 ろ過層の清掃

19 ろ過層の砂の入れ替え	20 配水池の清掃	21 除雪
22 資材の保管	23 資材の補充	24 機器の修理・部品交換
25 消火栓の点検	26 洗管作業	
27 その他()		

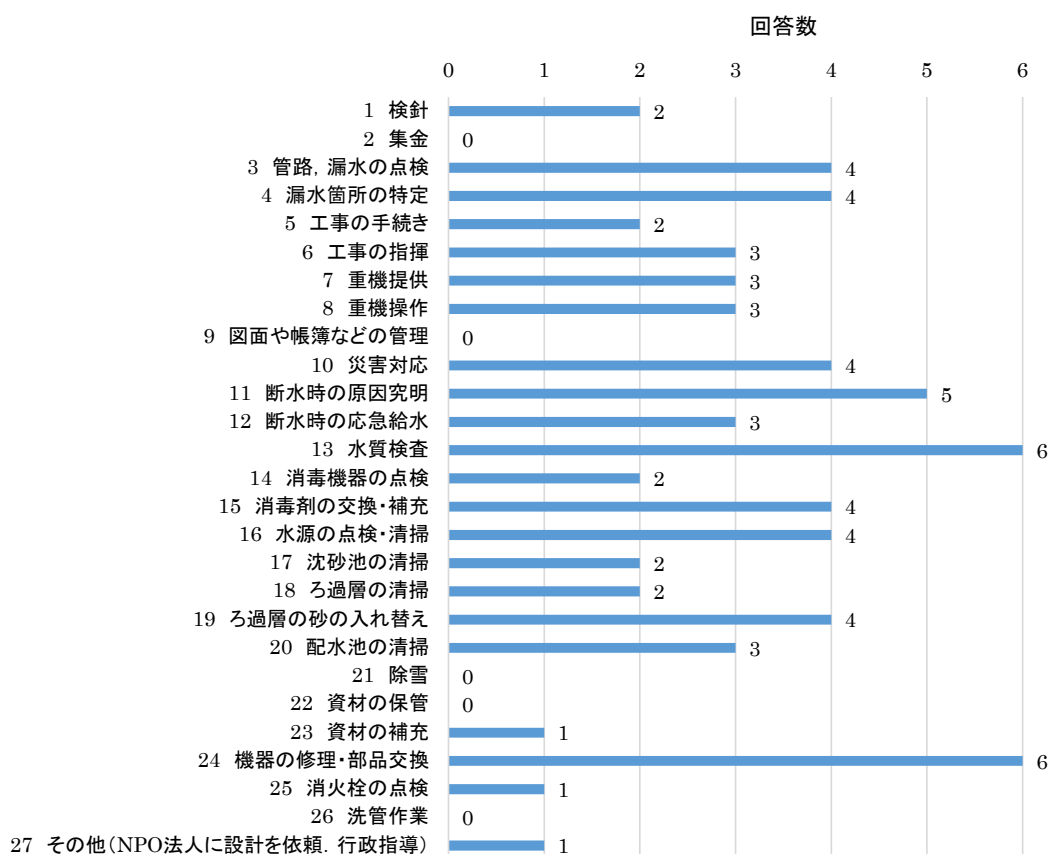


図3 外部団体と連携・協力して行った作業内容（複数回答あり）

図3より、外部団体と連携・協力して行った維持管理の作業内容は多岐にわたっており、最も回答数が多かったのは「水質検査」、「機器の修理・部品交換」であった。次いで多かったのは「断水時の原因究明」であった。また、回答していただいた作業内容をどの外部団体と連携・協力したか、また連携・協力している機会はいつになるかの回答結果を表2、表3に示す。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、「機器の修理・部品交換」は行政や民間企業と一時的、もしくは、緊急時に連携・協力をしていることが明らかとなった。

表2 連携・協力した外部団体と行った維持管理の作業内容
(表中の番号は表1に示した作業内容を意味する)

集落	他集落と	行政と	NPO法人と	NPO法人以外のボランティア団体と	民間企業と	その他()と
No.1					16,20,24	
No.2					16,19,24	
No.3	地元の業者	市の水道課			地元の水道修理業者	
No.4		1,13				
No.5		1,5,7,8,10,13,15,24				
No.6					3,5	
No.7			13		3,4,11,24	
No.8		4,6,11,3			7,8,24	
No.9	4,11,16,17,18,19	24				
No.10			5			
No.11						(他集落個人)1
No.12		6,3,26				
No.13		11,17				

表3 外部団体と連携・協力している機会と維持管理の作業内容
(表中の番号は表1に示した作業内容を意味する)

集落	平常の時から継続的に(平時)	しばらくの間や一度限り(一時的)	緊急の事態が起こった際(非常時)
No.1		16,20,24	
No.2			16,19,24
No.3	13		
No.4	1,15		5,7,8,10,13,24
No.5	13,20		
No.6	13		3,4,11,24
No.7	3,13,14,15	16,20	4,7,8,10,11
No.8	16	17,18,19	4,11
No.9		1	
No.10	11,17		

連携・協力を行ったことがない集落(61集落)に対しては、外部団体と連携・協力を行っていない理由に関して質問を行った。その回答結果を図4に示す。図4より最も多く回答があったのは「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」であった。次に多かった回答は「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」、その次に「してみたいと思ったが外部団体についての情報を知らず、行動できなかったから」であった。このことから集落にとって飲料・生活用水供給施設を維持管理することは自分たちで行うべきだと考えが強いこと、維持管理の作業を外部団体と連携・協力して行う必要性を感じていない集落が多いことが明らかとなった。他方、連携・協力してみたいけれど外部団体についての情報を知らなかったり会計に余裕がないことを理由としている集落があることも明らかとなった。

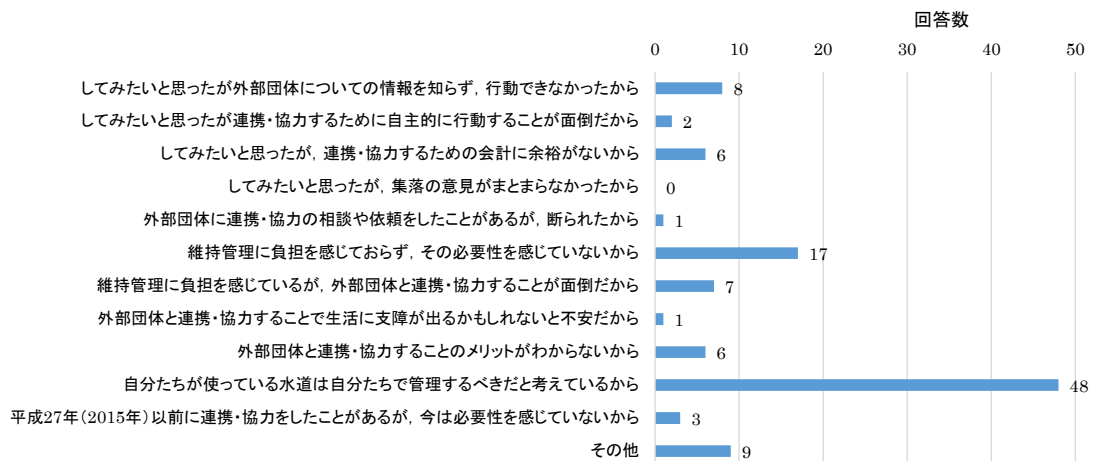


図4 外部団体と連携・協力した維持管理作業を行っていない理由（複数回答あり）

2. 外部団体からの支援の利用可能性

水供給施設の維持管理に関して、架空の仕組みを紹介した上でAからH（表4）の支援や協働について回答者自身の意見を尋ねた。

表4 外部団体からの架空の支援策

A	周辺のお集落や簡易水道等の水道事業と共同で、外部団体が集落役員に代わり消毒剤の点検・補充作業を行います。
B	飲料・生活用水供給施設のろ過槽の点検を団体が3～4ヵ月に1回のペースで定期的に行い、ろ過池の清掃や砂の入れ替えといった作業が必要となった際には集落役員と民間団体が協働で行います。点検や管理作業の結果については外部団体が記録を作成し、その都度集落役員に報告して情報を共有します。
C	水源と取水設備の点検を外部団体がおおむね月に1回のペースで行うとともに、大雨が降った後にも点検を行います。その結果、清掃作業が必要になった際には集落役員と民間団体が協働で作業を行います。点検や管理作業の結果については外部団体が記録を作成し、その都度集落役員に報告して情報を共有します。
D	飲料・生活用水供給施設の維持管理に関する講習会や研修会を外部団体が実施します。
E	外部団体が飲料・生活用水供給施設の管路の漏水点検や診断を3年に1回のペースで行います。また、点検や診断の結果については外部団体が記録を作成し、その都度集落役員に報告して情報を共有します。
F	断水事故や水圧低下、水質異常といったトラブルが起きた際、外部団体が集落と共に対応にあたり、復旧対応（異常原因の特定や応急復旧、工事・部品等の手配など）を支援します。また、外部団体にその際の記録を作成してもらい、集落と行政に報告書を提出してもらいます。

G	<p>断水事故や水質異常といったトラブル時に外部団体が 2t (=2000L) 給水車 1 台を水道局から借り、応急給水支援を行います。支援に当たることができる給水車は 1 日 1 台まで、1 日に 2000L までの水を運んできて給水してくれるものとします。(地震などにより広域に応急給水支援が必要とされる状況や道路の寸断や積雪により交通が困難な状況においては、対応できないものとします。)</p> <p>※応急給水時の水量目安 20L /人・日：調理、洗面など最低限必要な水量 100L/人・日：最低限の洗濯浴用に必要な水量</p>
H	<p>外部団体からのコンサルティング(専門的な立場から助言や指導を行う)支援を受けながら、飲料・生活用水供給施設の改修・更新に向けての計画策定や集落内の水道料金の診断を集落役員と外部団体が協働で行います。</p>

2-1. 支援 A (消毒剤の点検・補充 代行支援)

支援 A「消毒剤の点検・補充」についてまず現在、塩素消毒設備があるかどうかについての回答結果を図 5 に示す。塩素消毒設備がある集落は 42 集落(55%)、ない集落は 31 集落(41%)であった。このことから半数以上の集落が塩素消毒設備を有していることが明らかになった。次に有している集落に対して、有償で A の支援を受けることができるとしたら利用するかどうかの回答結果を図 6 に示す。「利用すると思う」

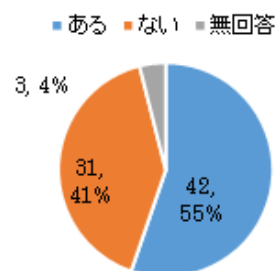


図 5 塩素消毒設備の有無

「おそらく利用すると思う」と回答した集落は 13 集落(30%)、「おそらく利用しないと思う」「利用しないと思う」と回答した集落は 31 集落(70%)であった。次に、「おそらく利用しないと思う」「利用しないと思う」と回答した集落に対して無償ならば利用するかどうか質問を行い、回答結果を図 7 に示す。「利用すると思う」「おそらく利用すると思う」と回答した集落は 10 集落(33%)、「おそらく利用しないと思う」「利用しないと思う」と回答した集落は 20 集落(67%)であった。無償でも利用しないと思うのは何故かの回答結果を図 8 に示す。最も多かった回答は「自分たちの手で消毒剤の点検・補充作業ができており、必要性を感じない」であった。このことから A の支援は有償の場合 13 集落、無償の場合 10 集落が必要性を感じ、支援に対する抵抗感がないことが明らかとなった。

■利用すると思う ■おそらく利用すると思う
■おそらく利用しないと思う ■利用しない

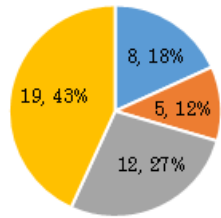


図 6 支援 A 有償の場合

■利用すると思う ■おそらく利用すると思う
■おそらく利用しないと思う ■利用しない

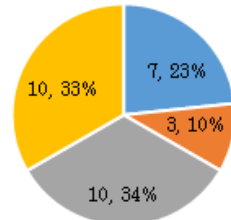


図 7 支援 A 無償の場合

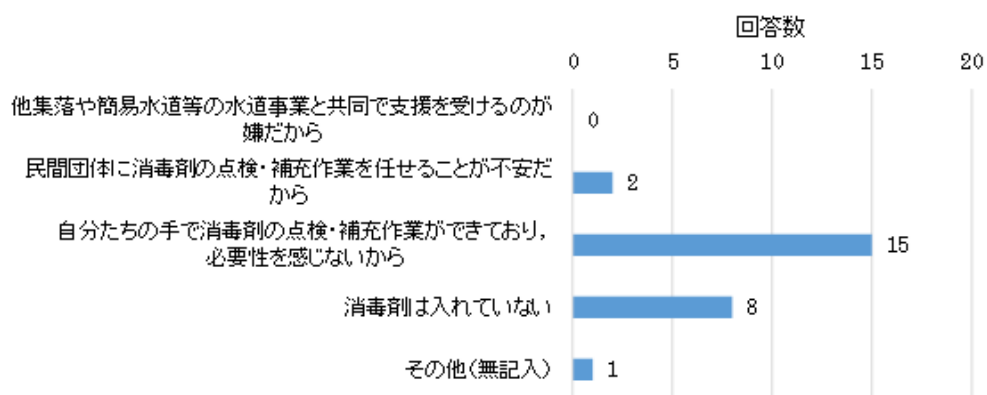


図 8 無償の場合でも A 「消毒剤の点検・補充」の支援を利用しないと思うのは何故か

2-2. 支援 B (ろ過槽の点検・清掃 代行支援+協働)

支援 B 「ろ過槽の点検・清掃」についてまず現在、ろ過槽があるかどうかについて聞いたところ、ろ過槽がある集落は 30 集落 (39%)、ない集落は 40 集落 (53%) であった。このことから半数近くの集落がろ過槽を有していないことが明らかになった。次に有している集落に対して、有償で B の支援を受けることができるとしたら利用すると思うかどうかの回答結果を図 9 に示す。「利用すると思う」「おそらく利用すると思う」と回答した集落は 10 集落 (33%)、「おそらく利用しないと思う」「利用しないと思う」と回答した集落は 20 集落 (67%) であった。「おそらく利用しないと思う」「利用しないと思う」と回答した集落に対して無償ならば利用するかどうかの回答結果を図 10 に示す。「利用すると思う」「おそらく利用すると思う」と回答した集落は 11 集落 (48%)、「おそらく利用しないと思う」「利用しないと思う」と回答した集落は 14 集落 (52%) であった。無償でも利用しないと思うのは何故かの回答結果を図 11 に示す。最も多かった回答は「自分たちの手でろ過槽の点検・作業ができており、必要性を感じない」であった。このことから B の支援は有償の場合 10 集落、無償の場合 11 集落が必要性を感じ、支援に対する抵抗感がないことが明らかとなった。

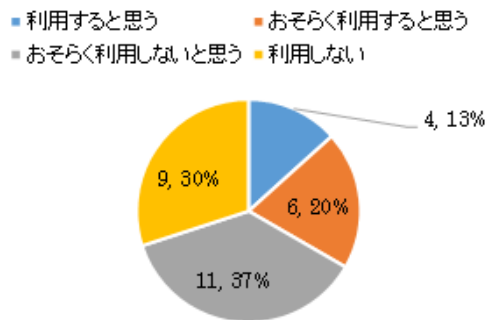


図 9 支援 B 有償の場合

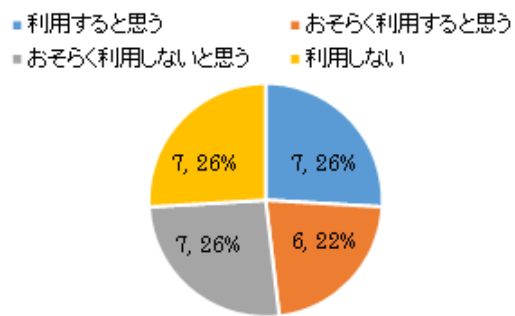


図 10 支援 B 無償の場合

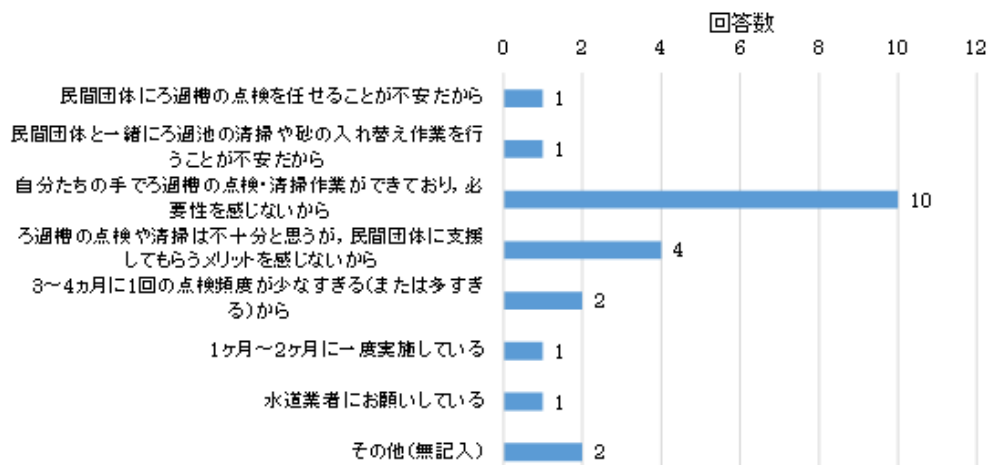


図 11 無償の場合でも B「ろ過槽の点検・清掃」の支援を利用しないと思うのは何故か

2-3. 支援 C (水源の点検・清掃 (水源が地下水以外の集落対象) 代行支援+協働)

支援 C「水源の点検・清掃」については飲料・生活用水供給施設の水源が「地下水」以外の集落を対象としている。有償で C の支援を受けることができるとしたら利用すると思うかどうかの回答結果を図 12 に示す。「利用すると思う」「おそらく利用すると思う」と回答した集落は 18 集落 (34%)、「おそらく利用しないと思う」「利用しないと思う」と回答した集落は 35 集落 (66%) であった。次に、「おそらく利用しないと思う」「利用しないと思う」と回答した集落に対して無償ならば利用すると思うかどうかの回答結果を図 13 に示す。「利用すると思う」「おそらく利用すると思う」と回答した集落は 18 集落 (48%)、「おそらく利用しないと思う」「利用しないと思う」と回答した集落は 20 集落 (52%) であった。無償でも利用しないと思うのは何故かの回答結果を図 14 に示す。最も多かった回答は「自分たちの手で水源の点検・作業ができており、必要性を感じない」であった。このことから C の支援は有償の場合 18 集落、無償の場合 18 集落が必要性を感じ、支援に対する抵抗感がないことが明らかとなった。

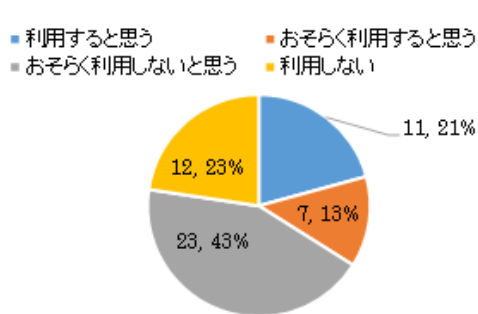


図 12 支援 C 有償の場合

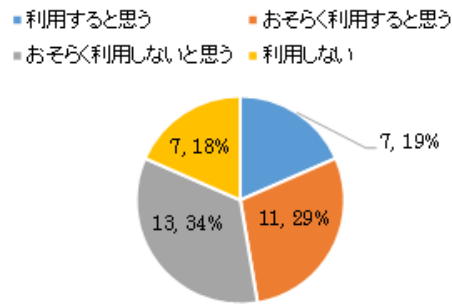


図 13 支援 C 無償の場合



図 14 無償の場合でも C「水源の点検・清掃」の支援を利用しないと思うのは何故か

2-4. 支援 D (維持管理に関する講習会や研修会 追加支援)

有償で D「維持管理に関する講習会や研修会」があるとしたら参加者を出すと思うかどうかの回答結果を図 15 に示す。「参加者を出すと思う」と回答した集落は 21 集落 (28%)、「参加者を出さないと思う」と回答した集落は 47 集落 (62%) であった。次に、「参加者を出さないと思う」と回答した集落に対して無償ならば参加するかどうかの回答結果を図 16 に示す。「参加者を出すと思う」と回答した集落は 23 集落 (48%)、「参加者を出さないと思う」と回答した集落は 25 集落 (52%) であった。無償でも参加者を出さないと思うのは何故かの回答結果を図 17 に示す。最も多かった回答は「自分たちの手で水供給施設の維持管理に対応でき、必要性を感じない」であった。このことから D の支援は有償の場合 21 集落、無償の場合 23 集落が参加者を出すと回答し、支援に対する抵抗感がないことが明らかとなった。

■参加者を出すと思う ■参加者を出さないと思う ■無回答

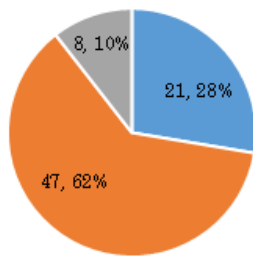


図 15 支援D有償の場合

■参加者を出すと思う ■参加者を出さないと思う

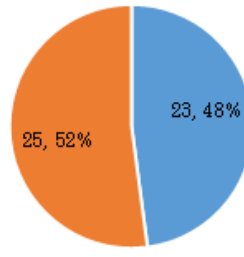


図 16 支援D無償の場合

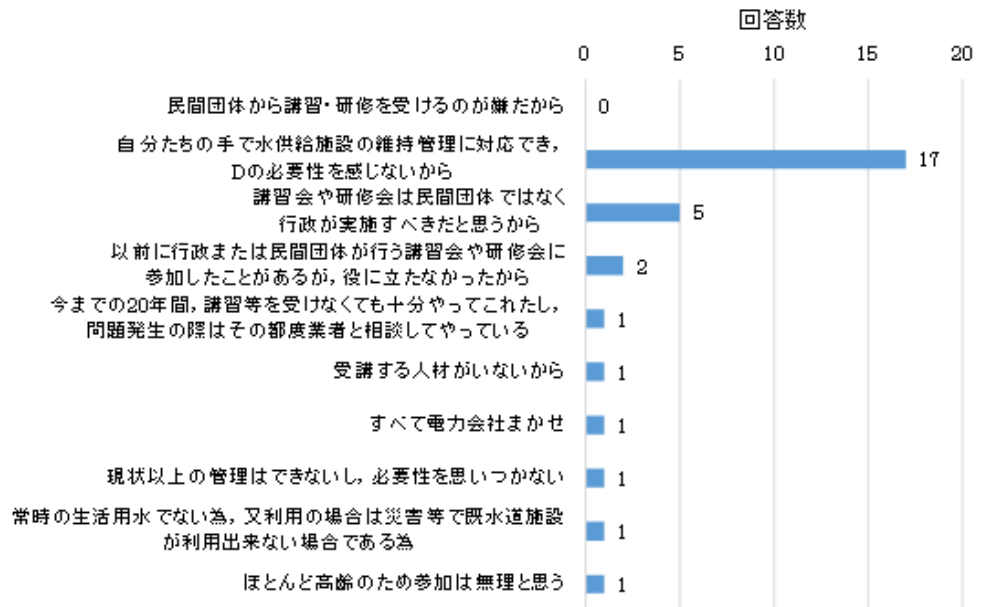


図 17 無償の場合でも支援D「維持管理に関する講習会や研修会」に参加者を出さないのは何故か

2-5. 支援E（管路の漏水点検・診断 追加支援）

有償でE「管路の漏水点検・診断」の支援を受けることができるとしたら利用すると思うかどうかの回答結果を図18に示す。「利用すると思う」「おそらく利用すると思う」と回答した集落は27集落（39%）、「おそらく利用しないと思う」「利用しないと思う」と回答した集落は43集落（61%）であった。次に、利用しないと思うのは何故かの回答結果を図19に示す。最も多かった回答は「自分たちの手で管路の点検・診断ができており、必要性を感じない」であった。このことからEの支援は有償の場合27集落が支援を利用すると回答し、支援に対する抵抗感がないことが明らかとなった。

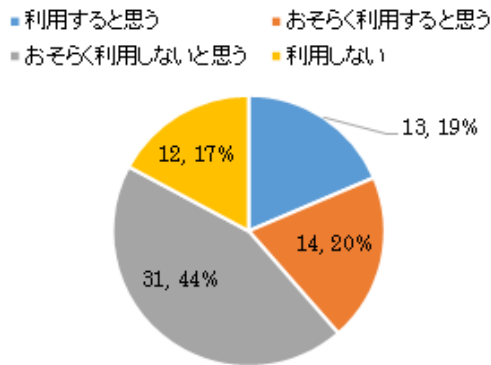


図 18 支援 E 有償の場合

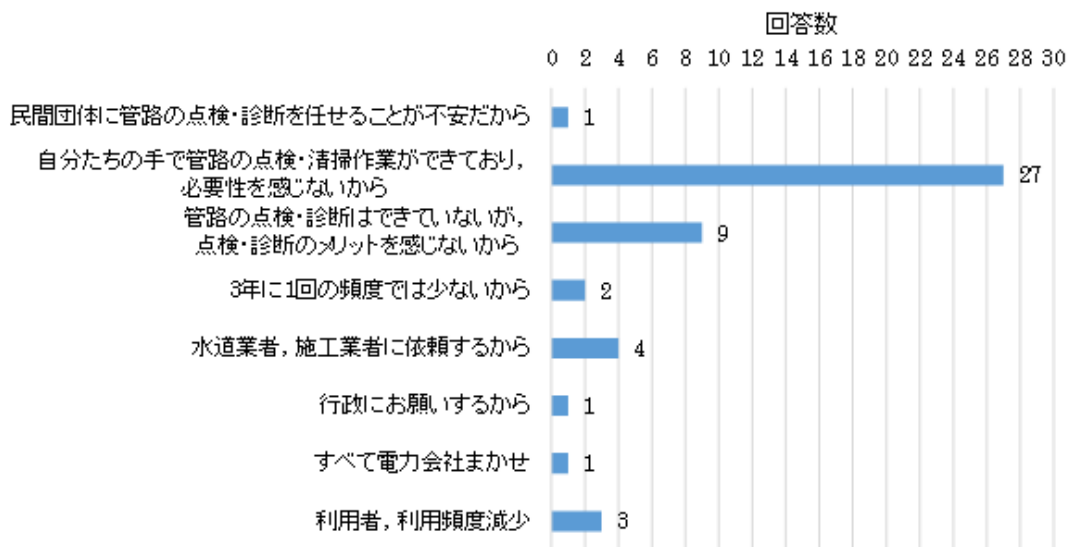


図 19 E「管路の漏水点検・診断 追加支援」の支援を利用しないと思うのは何故か

2-6. 支援 F (断水、水圧低下トラブル対応 現行支援+協働)

有償で F「断水、水圧低下トラブル対応」の支援を受けることができるとしたら利用すると思うかどうかの回答結果を図 20 に示す。「利用すると思う」「おそらく利用すると思う」と回答した集落は 31 集落 (44%)、「おそらく利用しないと思う」「利用しないと思う」と回答した集落は 39 集落 (66%) であった。次に、「おそらく利用しないと思う」「利用しないと思う」と回答した集落に対して無償ならば利用すると思うかどうかの回答結果を図 21 に示す。「利用すると思う」「おそらく利用すると思う」と回答した集落は 19 集落 (42%)、「おそらく利用しないと思う」「利用しないと思う」と回答した集落は 26 集落 (58%) であった。無償でも利用しないと思うのは何故かの回答結果を図 22 に示す。最も多かった回答は「自分たちの手で対応・記録でき、F の支援の必要性を感じないから」であった。このことから F の支援は有償の場合 31 集落、無償の場合 19 集落が必要性を感じ、支援に対する抵抗感がないことが明らかとなった。

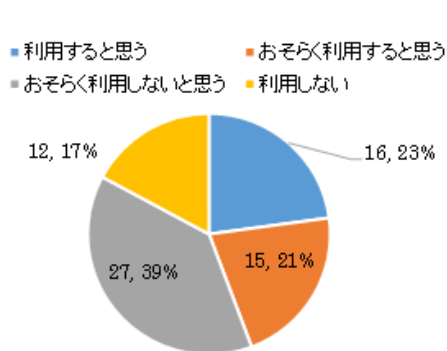


図 20 支援 F 有償の場合

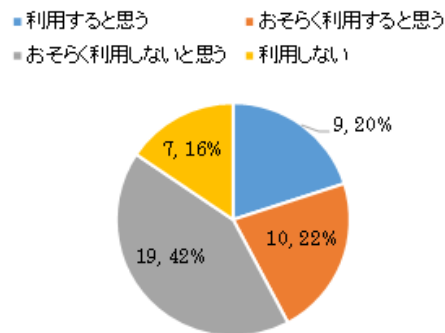


図 21 支援 F 無償の場合

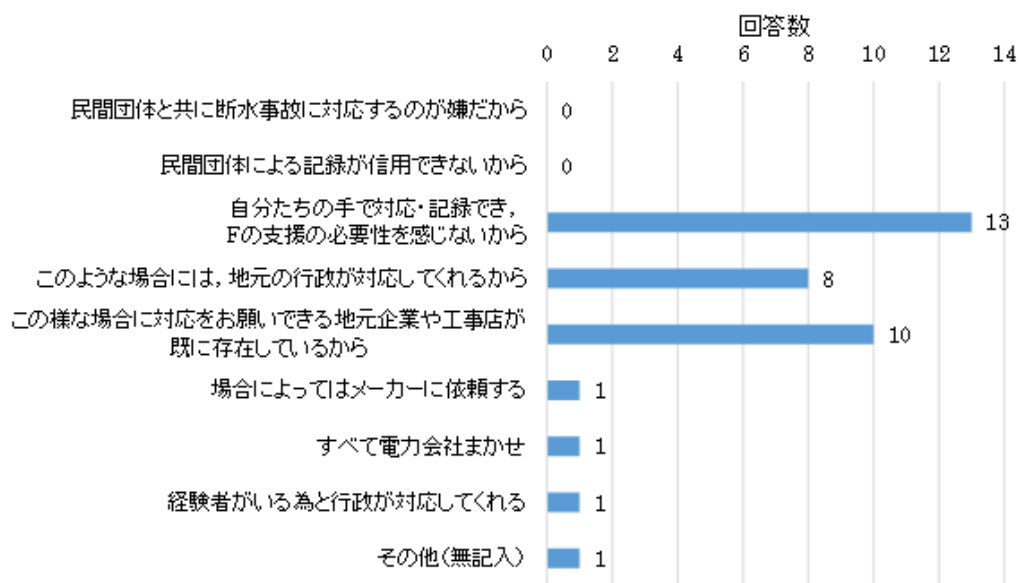


図 22 無償の場合でも F「断水、水圧低下トラブル対応」の支援を利用しないと思うのは何故か

2-7. 支援 G (応急給水 追加支援)

有償で G「応急給水」の支援を受けることができるとしたら利用すると思うかどうかの回答結果を図 23 に示す。「利用すると思う」「おそらく利用すると思う」と回答した集落は 18 集落 (27%)、「おそらく利用しないと思う」「利用しないと思う」と回答した集落は 48 集落 (73%) であった。次に、「おそらく利用しないと思う」「利用しないと思う」と回答した集落に対して無償ならば利用すると思うかどうかの回答結果を図 24 に示す。「すぐにでも利用すると思う」「機会があれば利用すると思う」と回答した集落は 27 集落 (49%)、「あまり利用しないと思う」「全く利用しないと思う」と回答した集落は 18 集落 (51%) であった。無償でも利用しないと思うのは何故かの回答結果を図 25 に示す。最も多かった回答は「自分たちの手で応急給水に対応でき、必要性を感じない」であった。このことから G の支援

は有償の場合 18 集落、無償の場合 27 集落が利用すると回答し、支援に対する抵抗感が少ないことが明らかとなった。

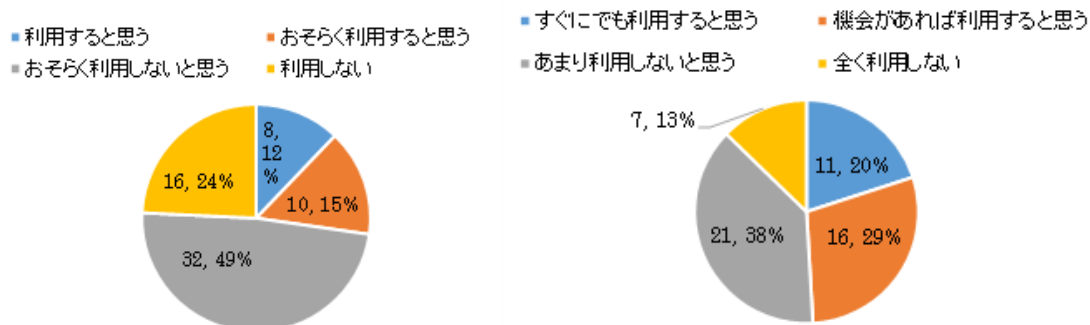


図 23 支援 G 有償の場合

図 24 支援 G 無償の場合

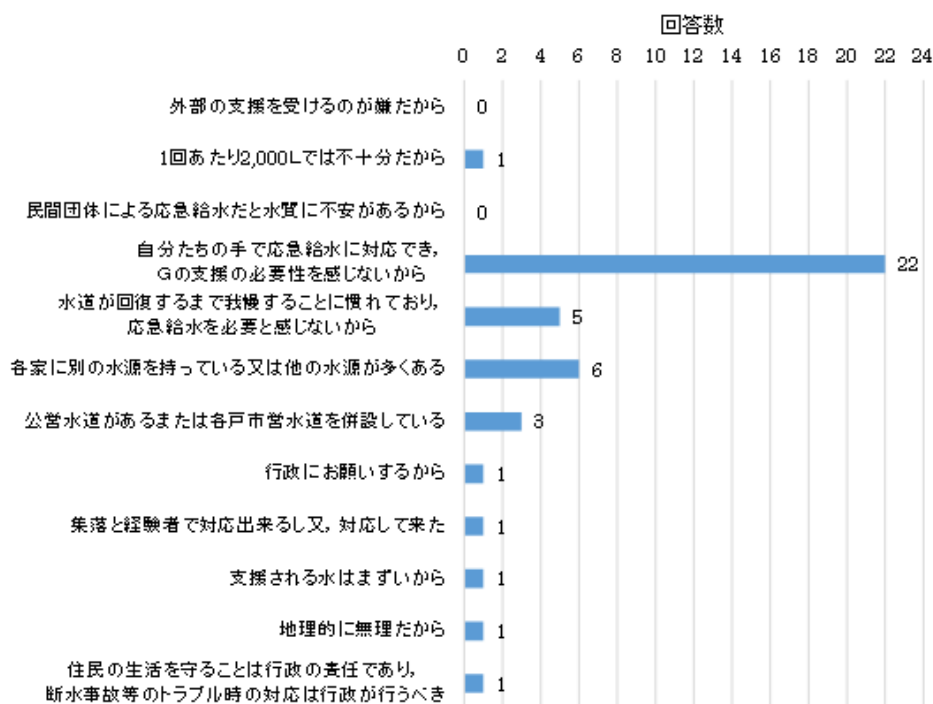


図 25 無償の場合でも G「応急給水」の支援を利用しないと思うのは何故か

2-8. 支援 H (施設の改修・更新に向けての料金コンサルタント 追加的協働)

有償 (数万円程度) で H「施設の改修・更新に向けての料金コンサルタント」の支援を受けることができるとしたら利用すると思うかどうかの回答結果を図 26 に示す。「利用すると思う」「おそらく利用すると思う」と回答した集落は 8 集落 (12%)、「おそらく利用しないと思う」「利用しないと思う」と回答した集落は 61 集落 (88%) であった。「おそらく利用しないと思う」「利用しないと思う」と回答した集落に対して「1 回あたり数万円程度ではなく数千円程度」ならば利用すると思うかどうかの回答結果を図 27 に示す。「利用する

と思う」「おそらく利用すると思う」と回答した集落は 15 集落 (25%)、「おそらく利用しないと思う」「利用しないと思う」と回答した集落は 33 集落 (55%)、「無償ならば利用すると思う」と回答した集落は 12 集落 (20%) であった。数千円程度でも利用しないと思うのは何故かの回答結果を図 28 に示す。最も多かった回答は「自分たちの手で料金設定等できるので、必要性を感じない」であった。このことから H の支援は有償 (数万円程度) の場合 8 集落、数千円程度の場合 15 集落、無償ならば 12 集落が利用すると回答し、支援に対する抵抗感がないことが明らかとなった。

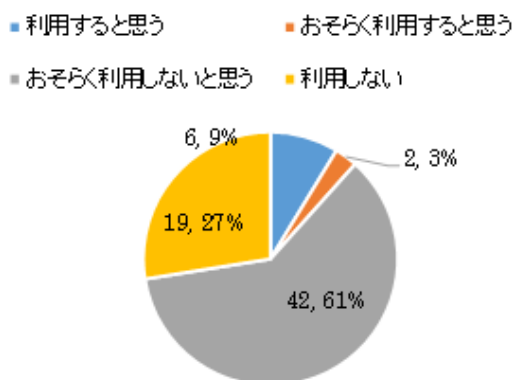


図 26 有償(数万円程度)の場合 H 「施設の改修・更新に向けての料金コンサルタント」の支援を利用すると思うかどうか

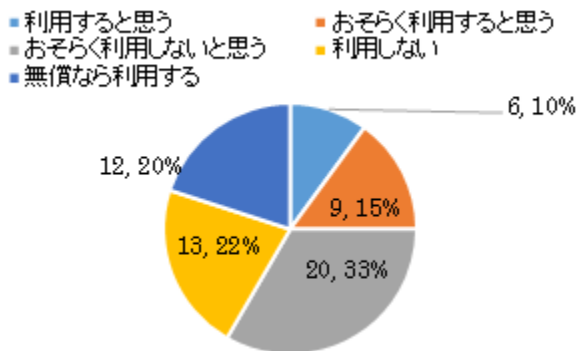


図 27 有償(数千円程度)の場合 H 「施設の改修・更新に向けての料金コンサルタント」の支援を利用すると思うかどうか

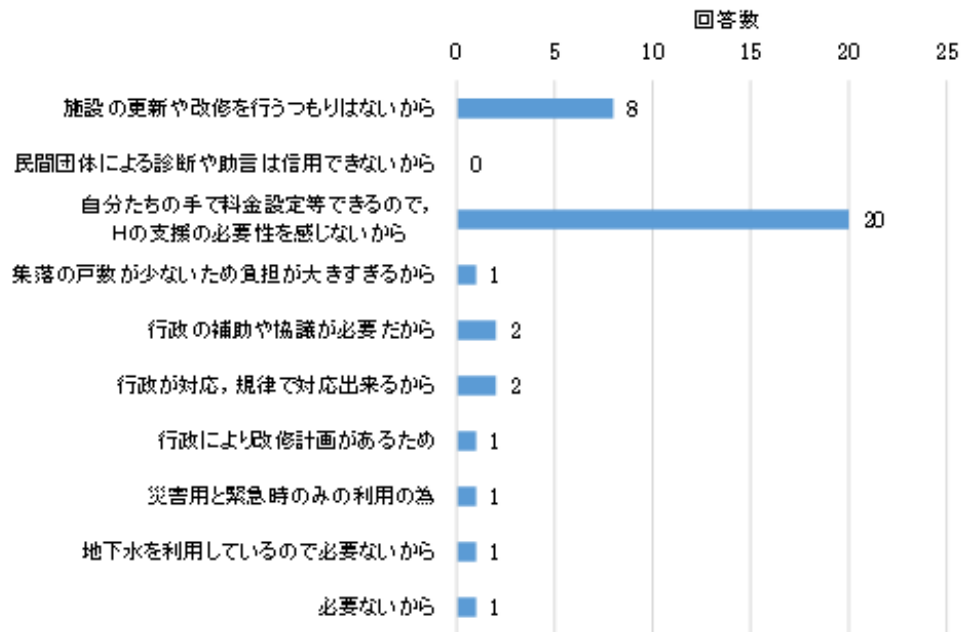


図 28 数千円程度でも H「施設の改修・更新に向けての料金コンサルタント」の支援を利用しないと思うのは何故か

3. 調査結果のまとめと考察

集落外との連携については、平成 29 年度の検討のなかでヒアリング調査を行った S 市 Y 地区、T 県 T 町においては、水供給システムの管理は地元集落にまかされており、上水道事業や簡易水道事業と連携した維持管理や、集落同士が連携して維持管理を行っていることは確認できなかった。本質問紙調査でも 8 割近くの集落が外部との連携・協力は行っていないとの回答であり、連携・協力を実施していた集落はわずかであった。その大きな要因として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だということが今回の調査で把握できた。また、してみたいと思ったが外部団体についての情報を知らず、行動できなかったという連携・協力に対する意欲があることも把握できた。他方、外部団体と連携・協力して維持管理作業を行っている集落について、連携・協力している維持管理の作業内容として最も回答数が多かったのは「水質検査」、「機器の修理・部品交換」。次いで「断水時の原因究明」であった。「水質検査」は行政や NPO 法人と平時、緊急時に連携・協力、「機器の修理・部品交換」は行政や民間企業と一時的、緊急時に連携・協力を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の調査では、どの支援についても有償、または、無償にて「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。また、外部団体からの支援に対して現時点では必要性はないが、支援を利用することへの抵抗感がないことも明らかとなっ

た。

E. 結論

岐阜県、京都府、島根県、岡山県、大分県、高知県、佐賀県において飲料水供給施設等の小規模水供給施設を管理し使用している集落を対象に、集落外部の団体との連携・協力状況、外部の団体からの支援の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。

本質問紙調査の結果、中部地方から九州地方の小規模な水供給施設を管理・利用している集落における、外部団体との連携・協力の実態、および、架空の支援策ではあるが各支援に対する利用意向を把握でき、外部団体からの支援に対して有償、無償の場合においても「利用すると思う」「おそらく利用すると思う」と回答した集落があり、外部団体からの支援に対するニーズがあることが明らかとなった。また、外部団体からの支援に対して現時点では必要性はないが、支援を利用することへの抵抗感がないことも明らかとなった。

今後は、外部団体からの支援や連携協力を既に行っている集落について実態調査を行うとともに、支援の可能性をもつ民間団体に対して本研究で把握された実態や価格帯の情報を提示した質問調査を行うなどし、実現可能性や課題についての検討を進めていきたい。

F. 研究発表

1. 論文発表

増田貴則，堤晴彩，岩田千加良，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・記録保存に関する実態調査，土木学会論文集 G(環境)，Vol. 76, No. 7, pp. III_33-III_42, 2020.

2. 学会発表

増田貴則，堤晴彩，岩田千加良，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に関する作業負担の実態，令和2年度全国会議(水道研究発表会)講演集. pp. 110-111, 2020.

堤晴彩，増田貴則，住友萌名，浅見真理，小規模集落が維持管理する水供給システムの実態及び民間団体からの支援に関する意向調査，令和2年度全国会議(水道研究発表会)講演集. pp. 112-113, 2020.

3. その他講演等

増田貴則・堤晴彩，小規模水供給システムの維持管理と住民協働，シンポジウム「小規模水供給システム研究会」，2020. 6. 24.

増田貴則，表明選好法を用いた水道管路システムの更新及び管理策向上便益の評価，人口減少社会における水道管路システムの再構築及び管理向上策に関する研究成果報告会(水道技術研究センター主催)，東京，飯田橋レインボービル，2020. 7. 13.

増田貴則，堤晴彩，小規模集落が管理する水供給システムについて，琴浦町野田集落意見交換会(鳥取県中部総合事務所地域振興局主催)，2020. 9. 7.

増田貴則，表明選好法を用いた水道管路システムの更新及び管理策向上便益の評価，人口減少社会における水道管路システムの再構築及び管理向上策に関する研究成果報告会（水道技術研究センター主催），大阪市，大阪駅前第3ビル，2020.9.14.

増田貴則，表明選好法を用いた水道管路システムの更新及び管理策向上便益の評価，人口減少社会における水道管路システムの再構築及び管理向上策に関する研究成果報告会（水道技術研究センター主催），札幌市，TKP札幌カンファレンスセンター，2020.9.29

増田貴則，表明選好法を用いた水道管路システムの更新及び管理策向上便益の評価，人口減少社会における水道管路システムの再構築及び管理向上策に関する研究成果報告会（水道技術研究センター主催），福岡市，ACU-H紙与博多中央ビル，2020.10.13

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む。）

なし

マンガンによる配水管内環境の形成とその制御方策

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 伊藤禎彦 京都大学大学院工学研究科教授
周心怡 京都大学大学院工学研究科

研究要旨：

小規模水供給システムにおいては、水需要のさらなる減少によって配水管内の流速が低下し、管内環境の悪化が懸念される。本研究は、配水管内環境の管理という観点から効率的な維持管理方法について定量的に議論可能とすることを目的として調査および実験的検討を行った。滋賀県の実配水管網において管内蓄積物に関する実態調査を行った結果、懸濁物質の蓄積量が $1\sim 56\text{ g/m}^2$ と推定され、マンガン(Mn)が蓄積物の重要な構成成分として挙げられた。室内実験によって Mn 蓄積過程を種々の管内流速条件で把握した結果、 MnO_2 粒子の物理付着と Mn^{2+} の化学酸化を介した蓄積の両方が管内流速によって促進されることを明らかにした。最後に Mn 蓄積に関する数理モデルを構築し、対象管網に適用した。蓄積物制御のための3つの方策（浄水処理による Mn の形態・濃度の制御、縮径による管内水理条件の制御、洗管）による制御性をシナリオ分析によって定量的に推定・比較し、通常は実施困難な洗管と同等の効果を浄水処理の改善によって見込まれることなどを示した。

A. 研究目的

近年の人口減少に伴う水需要減少によって配水管内の水は滞留傾向にあり、水中の懸濁物質等の蓄積により配水管内環境の悪化と水道水質の劣化が懸念される。特に人口減少の著しい小規模水供給システムにおいては、より効率的で実現可能な管路の維持管理方法が求められる。

配水システムにおける懸濁物質の蓄積を制御するための方策として、1)浄水場から配水系へ流入する懸濁物質の低減、2)管網形状の適切な設計による懸濁物質の蓄積の抑制、3)定期的な洗管、からなる3段階の方策が考えられる¹⁾。しかし、これまで各段階による効果が定量的に比較されたことはなく、小規模水供給システムで有効な対策について議論するには至っていない。

以上を踏まえ、本研究は配水管内環境という観点から適切な管路の維持管理方法について検討することを目的とした。具体的には、まず実際の配水システムを対象として管内蓄積物に関する実態調査を行い、蓄積物の存在量や組成に関する情報を収集した。次に、蓄積物の主要な構成成分であるマンガン (Mn) に着目し、室内実験によって Mn の蓄積過程を把握するとともに数理モデルによってそれを表現し、配水管内の水理条件（管内流速）が Mn 蓄積過程に及ぼす影響を定式化した。さらに、管内流速の影響を組み込んだモデル式を実態調査の対象区域に適用し、管網全域での蓄積量分布を推定した上で、シナリオ分析によって適切な制御方策について考察した。

B. 研究方法

1. 滋賀県 T 市における配水管内環境に関する実態調査

表 1 のように滋賀県 T 市における 2 つの配水区域、合計 3 地点でピグ洗管の現場に赴き、洗浄排水を採取した。ピグ洗管とは樹脂製のピグ（写真 1）を配水管に直接圧入し流下させることで管内部の蓄積物を剥離させる洗浄方法である。ピグは上流の消火栓から圧入し、それぞれ 1170 m、490 m、1570 m の管路にピグを流下させ、下流側の消火栓からピグを取り出した。この時に消火栓から出される洗浄排水を定期的に一定容量ずつ採水し、1 つのポリタンクに混合させた。なおピグは硬さの異なるものを複数回圧入したため、その都度この採水を行った（表 1）。試料は大学に持ち帰ったあと無機元素（Al, Ca, Fe, Mn, Si）と SS/VSS を測定し、蓄積物の存在量と組成を調査した。

表 1 採水した試料の詳細

地域	試料名	説明
配水区域A 地点 1	No.1	ピグ(ソフト)通過1回目
	No.2	ピグ(ハード)通過1回目
	No.3	ピグ(ソフト)通過2回目
	No.4	ピグ(ハード)通過2回目
地点 2	No.1	ピグ(ハード)通過1回目
	No.2	ピグ(ソフト)通過1回目
	No.3	ピグ(ハード)通過2回目
配水区域B	No.1	ピグ(ソフト)通過1回目
	No.2+3	ピグ(ハード)通過1回目+ピグ(ソフト)通過2回目
	No.4+5	ピグ(ハード)通過2回目+ピグ(ソフト)通過3回目



写真 1 洗浄に用いたピグ（ハード）の外観

2. 配水管内におけるマンガンの蓄積特性の把握

上記の実態調査において蓄積物に占める Mn の割合が極めて高かったことから、ここでは管内での Mn 蓄積特性を実験的に把握することを目的とした。

まず京都大学実験室の水道水に MnSO_4 溶液を約 $10 \mu\text{g}\cdot\text{Mn}/\text{L}$ となるように添加した試験水と次亜塩素酸ナトリウム溶液を連続的に反応タンク（容量 3.5 L）に供給し、残留塩素濃度 $0.5 \text{ mg}/\text{L}$ のもとで Mn を酸化させ Mn 粒子と Mn^{2+} を含む反応液を作成した（図 1）。反応液の全 Mn 濃度は約 $1\sim 4 \mu\text{g}/\text{L}$ であり、その 30～50% が溶存態 Mn であった。この反応液を、配水管を模した 4 本のアクリルカラム（内径 25 mm, 長さ 700 mm）に循環通水した。カラム内の流速は 0.02, 0.05, 0.08, 0.2 m/s と設定した。カラムには一般的な管内面材質であるエポキシ樹脂製の試験片（幅 15 mm, 長さ 150 mm）を水流

に対して平行に 8 枚ずつ固定し、時間的に取り出して Mn の蓄積量の変化を測定した。Mn 蓄積量は試験片を硝酸に浸漬し蓄積物を溶解させた後、ICP-MS による Mn 濃度の測定によって推算した。

Mn の蓄積過程には、水中の MnO_2 粒子の物理的な付着（物理経路）に加えて、 Mn^{2+} が Mn 蓄積物に吸着し遊離塩素による自触媒酸化反応によって蓄積する化学経路が存在することが分っている²⁾。そこで、ここではこれらの経路と水流による Mn 蓄積物の脱離を考慮し、下記の数理モデル(1)～(2)を構築した。式(1)の右辺第 1 項が物理経路、第 2 項が化学経路、第 3 項が脱離を示す。物理/化学的経路のモデル化には分担者による先行研究²⁾を参考にした。

$$\frac{d\text{Mn}_{\text{sur}}}{dt} = (K_{\text{att}} \cdot [\text{MnO}_2] \cdot \frac{A}{v}) \cdot \frac{v}{A} + K_{\text{sur}} \cdot [\text{Mn}^{2+}] \cdot \text{Mn}_{\text{sur}} - K_{\text{det}} \cdot \text{Mn}_{\text{sur}} \quad (1)$$

$$K_{\text{sur}} = c \cdot ([\text{Mn}^{2+}] + [\text{MnO}_2])^{-1.7} ([\text{OH}^-] \cdot [\text{HOCl}]_T \cdot \alpha_{\text{Cl}}) \quad (2)$$

ここで、 Mn_{sur} : 試験片上の Mn 蓄積量(mol/cm^2)、 K_{att} : 1 次付着速度定数($\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)、 K_{sur} : 反応速度定数($\text{M}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)、 K_{det} : 脱離速度定数($\text{M}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)、 v : カラム体積(L)、 A : 試験片の表面積(cm^2)、 α_{Cl} : 遊離塩素に対する HOCl の比率(無次元)、 c : 定数($\text{M}^{-1.7} \cdot \text{s}^{-1}$)である。モデルによる予測と実験結果の比較によって K_{att} と c を各流速条件で推定し、管内流速との関係を定式化した。なお、 K_{det} は別途脱離実験を実施し、管内流速の 1 次式で表されることを確認した。

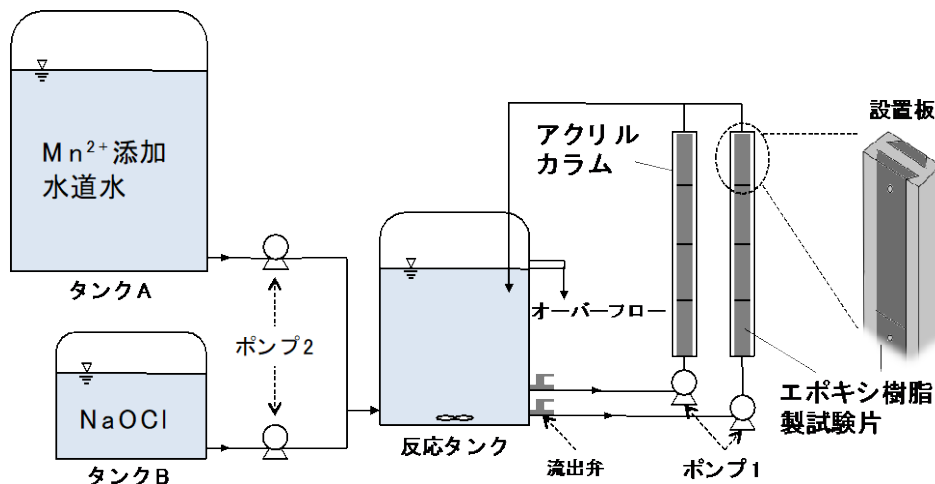


図 1 室内マンガン蓄積実験の概要

3. 実管網におけるマンガン蓄積量の予測と制御性に関するシナリオ分析

ここでは、上記で得られた管内流速の影響を組み込んだ蓄積モデルを実態調査の対象管網（配水区域 A）に適用することで対象区域での Mn 蓄積物の制御方を議論することを目的とした。

まず、実態調査の結果を利用してモデルパラメータの校正を行った結果、以下の校正済みモデル式(3)～(5)を得た。なお、 Mn_{sur} : 管内面の Mn 蓄積量(mg/m^2)、 K_{att} : 1 次付着速度定数(管内流速に依存) ($\text{s}^{-1} \cdot \text{L} \cdot \text{m}^{-2}$)、 k_{sur} : 反応速度定数($(\mu\text{g}/\text{L}) \cdot \text{s}^{-1}$)、 K_{det} : 脱離速度定数(管内流速に依存)(s^{-1})、 v : カラム体積(L)、 A : 管内面積(m^2)、 c : 定数(管内流速に依存)($(\mu\text{g}/\text{L})^{-1.3} \cdot \text{s}^{-1}$)、 D : 管内径 (m)である。

$$\frac{\partial \text{Mn}_{\text{sur}}}{\partial t} = \frac{0.15}{D} \cdot (K_{\text{att}} \cdot [\text{MnO}_2] \cdot \frac{A}{v}) \cdot \frac{v}{A} + 3 \cdot k_{\text{sur}} \cdot [\text{HOCl}]_T \cdot [\text{Mn}^{2+}] \cdot \text{Mn}_{\text{sur}} - \frac{0.025}{D} K_{\text{det}} \cdot \text{Mn}_{\text{sur}} \quad (3)$$

$$k_{\text{sur}} = c [\text{Mn}]_T^{-1.7} \quad (4)$$

$$Mn_{sur} = \begin{cases} Mn_{sur} & Mn_{sur} \leq 400 \\ 400 & Mn_{sur} > 400 \end{cases} \quad (5)$$

計算にあたっては、まず対象地域の管網データに基づいて管網形状を可視化した上で（図 2）、管網計算ソフト EPANET2(USEPA)を用いて全管路の平均流速を計算した後、EPANET の拡張モジュール EPANET-MSX (Multi-Species eXtention)に上記モデル式(3)~(5)を実装して蓄積量を計算した。配水池での全 Mn 濃度とその形態組成は実態調査で得たデータをもとに全 Mn 濃度 8.6 µg/L、[Mn²⁺]:[MnO₂]=9:1 と設定し、蓄積期間 18 年として現状の Mn 蓄積量を推算した。

続いて、表 2 に示すように、冒頭で紹介した蓄積物制御のための段階的方策に基づいて複数の対策シナリオを設定した。まずベースケースは上記と同一の計算条件であり、何も対策をしない場合のシナリオとして設定した。シナリオ WQ1-4 では配水池における浄水中全 Mn 濃度とその組成を変化させた場合を表現した。シナリオ PD1~3 は管路の縮径に伴う管内流速の向上によって蓄積量を低減することを意図しており、縮径対象となる管路を管内流速に応じて変化させた。さらにシナリオ RF1-4 は洗管であり、図 2 のように 6 つに分割された小区画ごとに洗管する場合を想定した。その際、洗管対象とする小区画の選び方と洗管頻度を変化させ、ベースシナリオの条件で 18 年間の蓄積を計算した後の 6 年間で洗管期間とし、計 6 回または 12 回の洗管を行うこととした。1 回の洗管によって Mn 蓄積物は 100%除去されると仮定した。各シナリオの条件で Mn 蓄積量を計算し、各方策による制御性を定量的に比較した。

（倫理面への配慮）

本調査および実験は、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対象とはならないことを確認した。その他、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。

表 2 Mn 蓄積物制御のための設定シナリオと計算条件

シナリオ名	説明	計算条件など	
ベース	対策なしの場合	[Mn ²⁺]:[MnO ₂]=9:1, [Mn] _T = 8.6 µg/L, 蓄積期間 18 年	
WQ1	ベースケースから浄水中 Mn	[Mn ²⁺]:[MnO ₂]=1:9, [Mn] _T = 8.6 µg/L	
WQ2	の形態組成を変化	[Mn ²⁺]:[MnO ₂]=5:5, [Mn] _T = 8.6 µg/L	
WQ3	ベースケースから全 Mn 濃度	[Mn ²⁺]:[MnO ₂] =9:1, [Mn] _T =4.3 µg/L	
WQ4	を変化	[Mn ²⁺]:[MnO ₂] =9:1, [Mn] _T =6.0 µg/L	
PD1	配水管の縮径（一段階分）による管内流速の向上	全管路を縮径	
PD2		平均流速 0.01 m/s 以下の管路を縮径	
PD3		平均流速 0.03 m/s 以下の管路を縮径	
RF1	定期的な洗管	毎回最も蓄積量大きい小区画を選んで洗管	年 2 回
RF2	（管網を 6 つの小区画に分割		年 1 回
RF3	し、ベースケースの状態から小区画ごとに洗管を開始)	洗管期間の開始時点で蓄積量の大きい小区画から順番に洗管	年 2 回
RF4			年 1 回

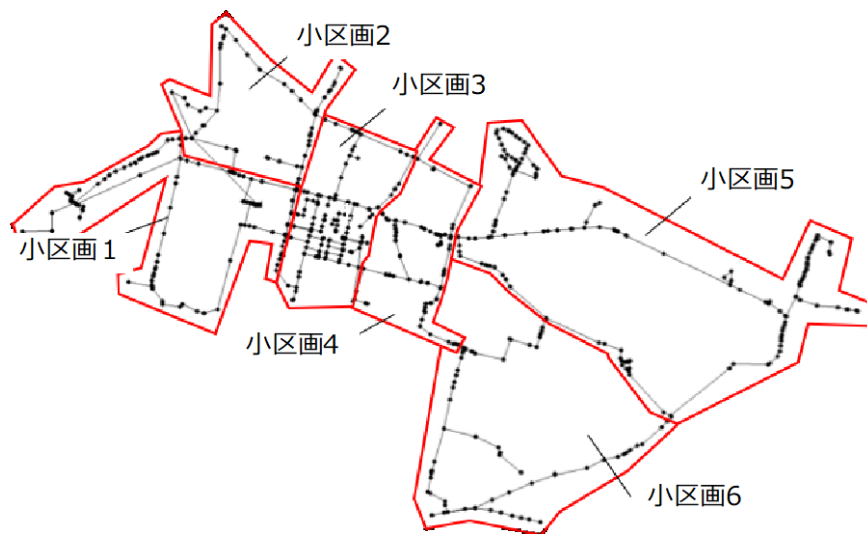


図 2 対象管網（配水区域 A）の形状と洗管シナリオにおける小区画の分割方法

C. 研究結果および D. 考察

1. 滋賀県 T 市における配水管内環境に関する実態調査

写真 2 に採取したサンプルの様子を示す。どの地点からも懸濁物質の非常に多い排水が採取され、概して黒色を呈していた。また、表 3 に各サンプルの懸濁物質(SS/VSS)濃度、懸濁態元素(Al, Ca, Fe, Mn, Si)濃度の分析結果をまとめる。洗管時の排水中 SS は約 30~6000 mg/L であった。各回の採水試料(No.1~)の懸濁物質濃度を足し合わせ、洗浄対象の管路の情報から配水管単位内面積あたりの懸濁物質の蓄積量を推定したところ、配水区域 A の地点 1 で 56 g/m²、地点 2 で 1 g/m²、配水区域 B で 12.6 g/m² と推算された。図 3~図 5 には蓄積量に占める各懸濁態元素の割合を示す。2つの地点では Mn が蓄積物の主要な構成元素であり、写真 2 のような黒い排水は Mn に起因するものと推察された。対象区域は地下水を水道原水としており、配水管の使用期間のうち除 Mn 処理がなされていない期間が数年間あったとのことである。国内の小規模な水供給システムにも地下水を原水とする地域があるが、塩素消毒を行う場合には配水過程で Mn の酸化が進み管内での蓄積が進行するため、適切な除 Mn 処理を行うことが必要と考えられる。



写真 2 採取したサンプルの様子

表 3 各試料の SS 濃度、懸濁態元素濃度 測定結果

地域	試料	SS濃度 (mg/L)	SS濃度に占める割合(%)					
			VSS	Al	Ca	Fe	Mn	Si
配水区域A 地点 1	No.1	6067	17.1	3.9	3.0	2.5	33	2.7
	No.2	143	16.4	8.5	1.6	7.1	23	6.9
	No.3	57	20.1	8.6	1.5	9.3	22	8.5
	No.4	43	24.0	7.5	1.4	9.1	18	7.2
地点 2	No.1	677	N.A.	6.5	0.7	27	3.1	11.4
	No.2	206	N.A.	8.4	1.3	24	1.2	13.0
	No.3	102	N.A.	8.4	1.8	23	0.9	11.8
配水区域B	No.1	96	13.7	2.9	<LOQ	13.3	40	2.1
	No.2+3	44	14.4	5.9	<LOQ	23.9	29	4.7
	No.4+5	33	13.3	5.4	<LOQ	24.3	24	4.2

N.A.:分析せず、<LOQ : 定量下限未滿

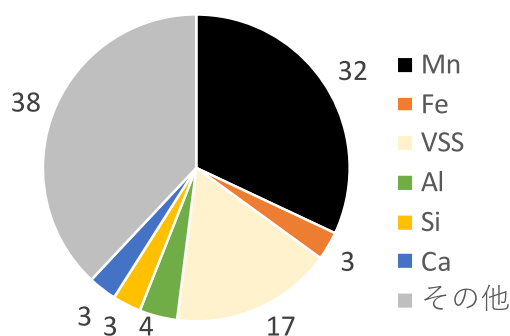


図 3 蓄積量(56 g/m²)に占める各元素の割合(%)
(配水区域 A 地点 1)

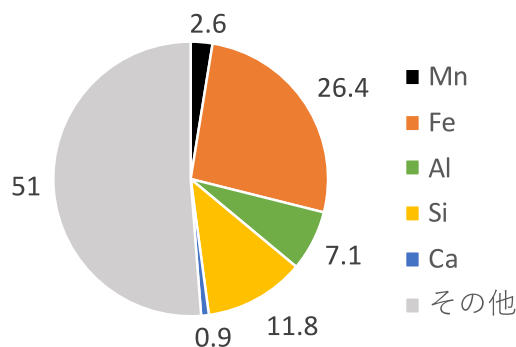


図 4 蓄積量(56 g/m²)に占める各元素の割合(%)
(配水区域 A 地点 2)

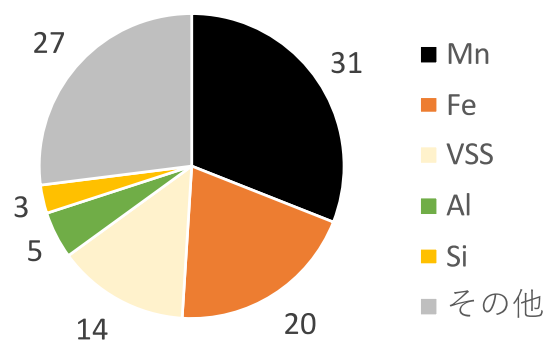


図 5 蓄積量(1.0 g/m²)に占める各元素の割合(%) (配水区域 B)

2. 配水管内におけるマンガンの蓄積特性の把握

図 6 に室内実験における Mn 蓄積量の時間変化と蓄積モデルの適合結果を示す。各流速条件で Mn 蓄積量は時間的に増加し、特に高流速(0.08, 0.2 m/s)の条件では加速度的な増加が見られた。Mn²⁺の酸化反応は自触媒反応であり、蓄積が進むほど Mn²⁺の吸着できる MnO₂が増加することで酸化反応が加速されたことがその原因と考えられる¹⁾。また蓄積量は高流速ほど大きい傾向にあった。一般に管内流速が大きいほど管壁面での水流によるせん断力によって蓄積物は脱離しやすいため、高流速の条件ほど蓄積量が小さくなる予想されたが、本実験では逆の傾向が見られたことになる。これは流速が大きいほど管内の流れの乱れが増し、試験片表面に対する MnO₂粒子や Mn²⁺の時間当たりの供給量が増加したことに起因すると考えられる。さらにモデル式とのフィッティングによって MnO₂粒子の付着速度定数 K_{att} と酸化反応速度に関するパラメータ c を推定した結果、どちらの定数も管内流速と正の相関があり(図 7)、検討した流速域においては線形関係とみなせた。

次節ではこの経験式を一連の蓄積モデル式に組み込み、前節で調査した T 市の配水管網に適用した。

3. 実管網におけるマンガン蓄積量の予測と制御性に関するシナリオ分析

図 8 に対象管網における Mn 蓄積量を推算した結果を示す。全管路の Mn 蓄積量の平均値は 518 mg/m² となった。また、上述の室内実験の結果を踏まえた蓄積モデルを用いているため、管内流速の大きい上流の管路(配水池に近い管路)ほど蓄積量が大きい傾向にあった。上流の管路ほど Mn の蓄積量が大きい傾向にあることは既往研究⁴⁾でも確認されており、その傾向を数理モデルで再現し、蓄積量分布を可視化することができた。

続いて、図 9 にシナリオ分析結果を示す。対策なしのベースケースに対する平均蓄積量の割合は、WQ1~4 と RF1~4 のシナリオで 100%を下回り、蓄積量を削減する効果があることがわかった。まず、WQ1, 2 の結果から、現状の全 Mn 濃度を維持したまま Mn²⁺の割合を現状の 90%から 10%、50%に低減することによってそれぞれ 22%、18%の削減効果が推算された。これは Mn²⁺の割合が大きい

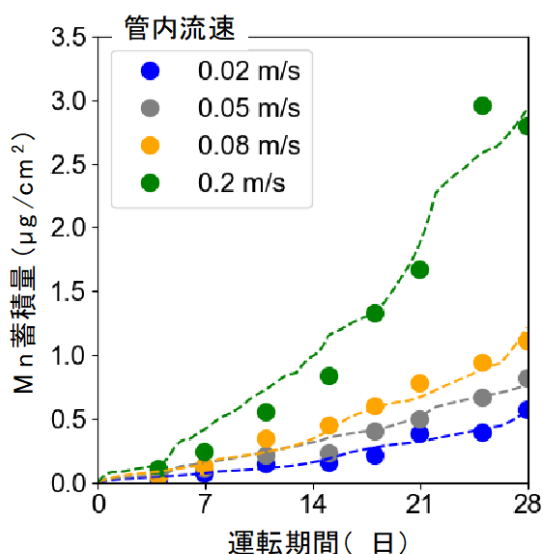


図 6 Mn 蓄積実験と数理モデルによる適合結果

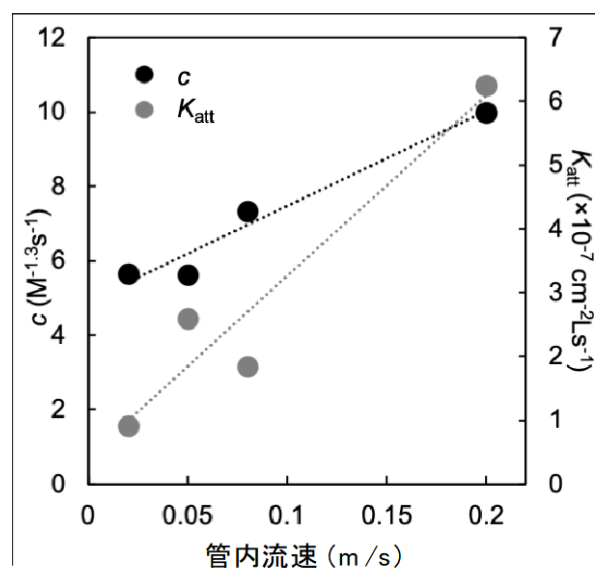


図 7 管内流速と Mn²⁺の酸化に関する定数 c 及び MnO₂ 粒子の付着速度定数 K_{att} の関係

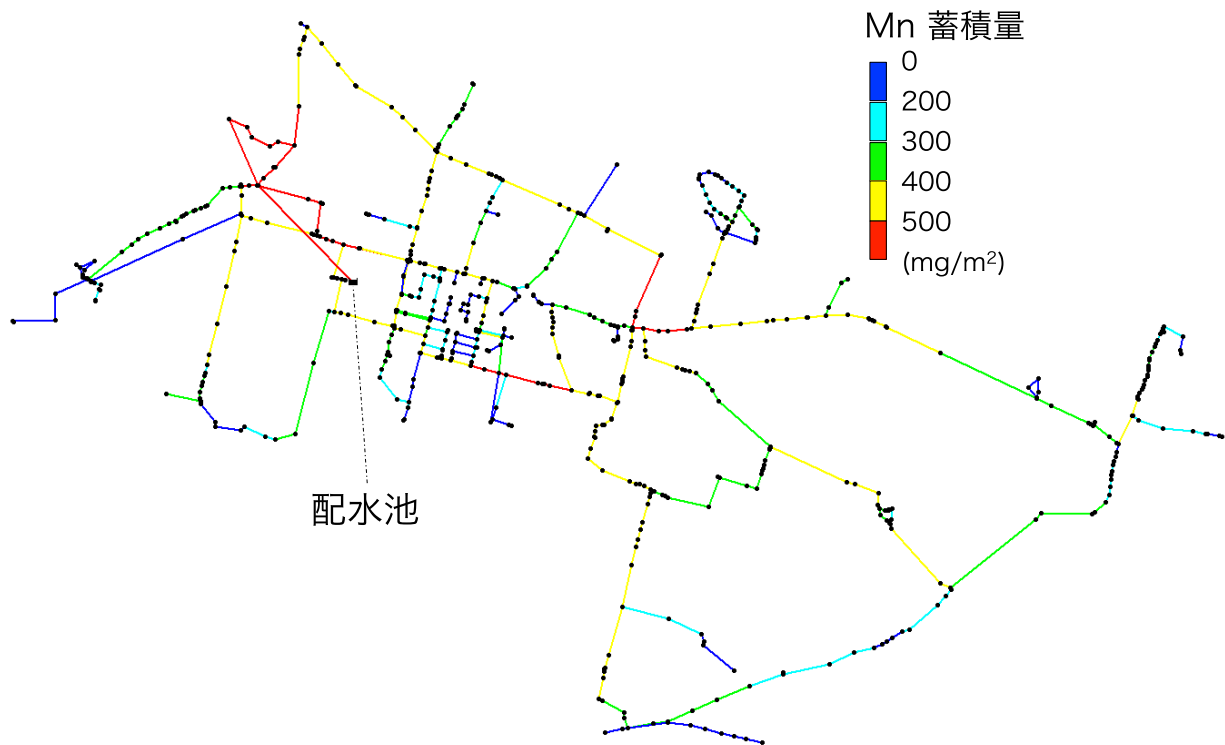


図 8 対象管網における Mn 蓄積量分布の推定結果

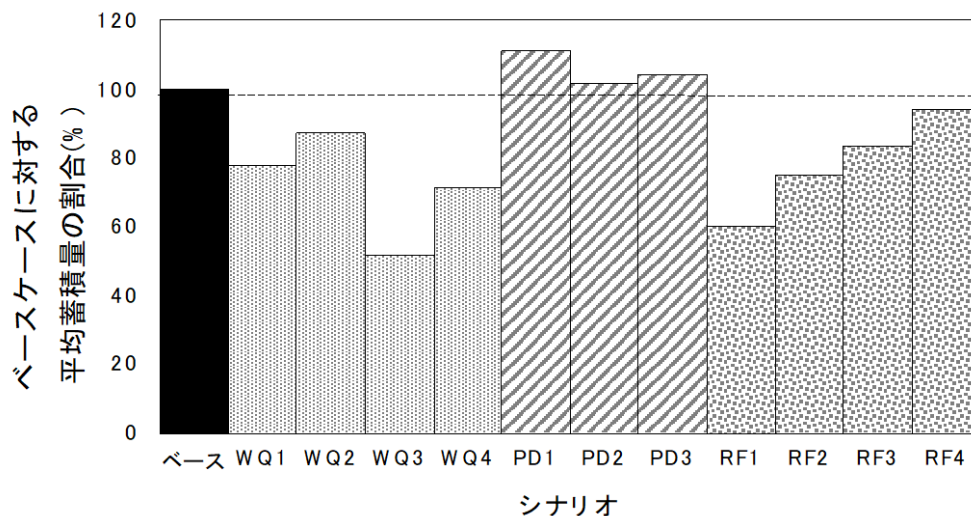


図 9 Mn 蓄積物の制御に関する各シナリオの効果の比較 (シナリオの内容は表 2 を参照のこと)

ほど化学酸化による加速度的な Mn 蓄積が進むためであると考えられ、なるべく Mn を酸化させてから配水することが重要と考えられる。一方、シナリオ WQ3, 4 より、Mn の形態組成を保ったまま全 Mn 濃度を 50%、30% に低減した場合の削減効果はそれぞれ 48%、29% となり、WQ1, 2 よりも大きな効果が見込まれた。以上より、浄水処理の段階でなるべく全 Mn 濃度を低減し、Mn²⁺ を酸化させることが Mn 蓄積量の低減には重要であることが示された。

次に、管路の縮径を行うシナリオ PD1~3 ではいずれもベースケースよりも高い平均蓄積量が得られた。これは縮径に伴って管内流速が向上したことにより、MnO₂ 粒子の物理付着と Mn²⁺ の化学酸化を介した蓄積の両方が促進されたことに起因する。一般的に懸濁物質の蓄積を制御するためには管

内流速を向上させることが有効な手段と考えられているが^{1, 5)}、Mn は特有の蓄積機構を持つために縮径は有効な制御方策とならない可能性が示された。

さらに、定期的な洗管を想定したシナリオ RF1~4 は 6~40%の蓄積量の削減効果が見込まれた。洗管頻度を年 2 回とする RF1,3 は、それぞれ年 1 回の洗管を行う RF2, 4 よりも蓄積量を低減できており、高頻度の洗管が有効であることが示された。また、毎回の洗管で蓄積量の大きい小区画を優先的に洗管するシナリオ RF1,2 の方が、単純に小区画を順番に洗管していくシナリオ RF3, 4 よりも高い削減効果を示しており、洗管対象とする区画の適切な選定が重要であることがわかる。

浄水処理(WQ1~4)と洗管(RF1~4)のシナリオを比較すると、例えば WQ2 と RF3 のシナリオや、WQ3 と RF1 のシナリオが同等の制御性を示すことがわかる。特に小規模水供給システムにおいて洗管は実施可能ではないことも多いが、それに相当する効果が浄水処理の改善によって達成できる可能性が本分析によって示された。このように異なる制御方策による効果を定量的に比較できたことが本研究の主要な成果といえる。

4. まとめ

(1) 配水管内環境に関する実態調査

実際の配水管網において配水管内環境に関する実態調査を行ったところ、配水管の単位内面積あたりの懸濁物質の蓄積量は 1~56 g/m² と推定された。また、マンガンが蓄積物の重要な構成成分として挙げられた。

(2) 配水管内におけるマンガンの蓄積特性の把握

室内実験によって Mn の蓄積過程を異なる管内流速条件で把握したところ、管内流速が大きい条件ほど Mn の蓄積が大きく、MnO₂ 粒子の物理付着と Mn²⁺の化学酸化を介した蓄積の両方が管内流速によって促進されることを明らかにした。さらに、これを定式化した蓄積モデル式を構築できた。

(3) 実管網におけるマンガン蓄積量の予測と制御性に関するシナリオ分析

上記のモデル式を(1)の調査区域に適用することで、Mn の蓄積量分布を可視化することができた。さらに、蓄積物制御のための 3 つの方策(浄水処理による Mn の形態・濃度の制御、縮径による管内水理条件の制御、洗管)による制御性をシナリオ分析によって定量的に推定し、通常は実施不可能な洗管と同等の効果を浄水処理の改善によって見込まれることなどを示した。

謝辞：T 市水道局には洗管作業時での採水にご協力いただき、また管網データを提供頂いた。株式会社クボタには室内実験に用いるエポキシ樹脂製試験片を提供頂いた。ここに記して謝意を表す。

G. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

Zhou, X., Nakanishi, T., Echigo, S., Kosaka, K. and Itoh, S.: A scenario analysis of controlling 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 年 3 月 10-12 日.

中西智宏, 亀子雄大, 周心怡, 森智志, 小坂浩司, 伊藤禎彦: 配水管内蓄積物に起因する水道水の着色

ポテンシャル評価と浄水中微粒子・マンガン濃度の制御目標, 令和 2 年度全国会議 (水道研究発表会) 講演集, pp.314-315, 2020 年 11 月.

2. 総説・解説

なし

3. 講演

なし

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

【参考文献】

- 1) van der Wielen, P., Italiaander, R., Wullings, B. A., Heijnen, L. and van der Kooij, D.: Opportunistic pathogens in drinking water in the Netherlands, Microbial growth in drinking water supplies (Van der Kooij, D. and van der Wielen(eds.)), IWA Publishing, 2014.
- 2) Zhou, X., Kosaka, K., Nakanishi, T., Welfringer, T. and Itoh, S.: Manganese accumulation on pipe surface in chlorinated drinking water distribution system: Contributions of physical and chemical pathways, *Water Research*, Vol.184, 116201, 2020.
- 3) Zhou, X.: Manganese Accumulation and its Control in Chlorinated Drinking Water Distribution System, 京都大学学位論文, 2020.
- 4) Ma, X., Li, G., Yu, Y., Chen, R., Zhang, Y., Tao, H., Zhang, G. & Shi, B.: Spatial variation of loose deposit characteristics in a 40 km long operational drinking water distribution system, *Environmental Science: Water Research & Technology*, Vol. 5, No.10, pp.1689-1698, 2019.
- 5) 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), Vol. 75, No. 7, III_53-III_63 2019.

研究成果の刊行に関する一覧表

1. 論文発表

- 浅見真理. 小規模水供給システムー人口減少と水道ー. 空気調和・衛生工学. 2020;94(9): 723-729.
- 浅見真理. 小規模水供給システムの課題と今後の展開. 水道. 2020;65(5):1-5.
- 木村昌弘, 伊藤禎彦;人口減少を踏まえた小規模水道のあり方についての一考察, 環境衛生工学研究, Vol.34, No.3, pp.64-66, 2020.7.
- 中山信希, 伊藤禎彦, 堀さやか;情報提供による水道料金評価の改善効果に関する分析, 環境衛生工学研究, Vol.34, No.3, pp.67-69, 2020.7.
- 増田貴則, 堤晴彩, 岩田千加良, 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・記録保存に関する実態調査, 土木学会論文集 G(環境), Vol.76, No.7, pp.III_33-III_42, 2020.
- 小熊久美子, 渡邊真也.分散型水処理技術としての活用を想定した紫外発光ダイオード (UV-LED) 装置の実証. 水環境学会誌, Vol.43, No.4, 119-126, 2020. <https://doi.org/10.2965/jswe.43.119>
- ・ Majid Keshavarzfathy, Yamato Hosoi, Kumiko Oguma, Fariborz Taghipour. Experimental and computational evaluation of a flow-through UV-LED reactor for MS2 and adenovirus inactivation. Chemical Engineering Journal, 127058, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.127058>

2. 学会発表

- 木村昌弘, 伊藤禎彦;人口減少を踏まえた小規模水道のあり方についての一考察, 環境衛生工学研究会, 2020.7.
- 中山信希, 伊藤禎彦, 堀さやか;情報提供による水道料金評価の改善効果に関する分析, 環境衛生工学研究会, 2020.7.○木村昌弘, 伊藤禎彦;人口減少を踏まえた小規模水道のあり方についての一考察, 環境衛生工学研究, Vol.34, No.3, pp.64-66, 2020.7.
- ・ 齋藤真太郎, 須田康司, 惣名史一, 伊藤禎彦, 伊藤雅喜, 清塚雅彦; スマートな浄水システム/技術レベルの維持・向上を目指してー*A-Dreams* プロジェクトの取組からー, 令和2年度全国会議(水道研究発表会)講演集, pp.214-215, 2020.11.
- 増田貴則, 堤晴彩, 岩田千加良, 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に関する作業負担の実態, 令和2年度全国会議(水道研究発表会)講演集. pp.110-111, 2020.
- 堤晴彩, 増田貴則, 住友萌名, 浅見真理, 小規模集落が維持管理する水供給システムの実態及び民間団体からの支援に関する意向調査, 令和2年度全国会議(水道研究発表会)

講演集. pp.112-113, 2020.

- 牛島健, 北海道内農村地域における生活系水インフラの課題と対策の糸口, 農村計画学会 2020 年度西日本ブロック地区セミナー, 2020.4.12, ZOOM による Web 開催
- 小熊久美子、渡邊真也. 山間地における紫外発光ダイオード (UV-LED) 水消毒装置の実証. 第 23 回日本水環境学会シンポジウム、オンライン、2020.9.10.
 - ・小熊久美子. 深紫外 LED による水の消毒. GaN コンソーシアム 2020 年度光デバイス WG 講演会、オンライン、2020.12.17 (招待講演)
 - ・小熊久美子. 深紫外 LED による殺菌応用の最新動向. 三重大学北勢サテライト研究会セミナー、オンライン、2020.12.17 (招待講演)
 - ・小熊久美子. 紫外線を利用した水処理技術の世界動向と将来展望. 第 9 回機能性バイオミニシンポジウム、オンライン、2020.9.3 (招待講演)
 - ・Kumiko Oguma, UV disinfection the achievements and prospects for the future, International UV Association Workshop, オンライン、2021.2.18. (招待講演)
 - ・佐渡友康、小熊久美子、風間しのぶ、滝沢智. 紫外 LED を用いた太陽電池駆動型水処理装置の実証試験と電力に関するシナリオ分析、第 55 回日本水環境学会年会、オンライン、2021.3.12
 - ・小熊久美子、佐渡友康. 紫外線と塩素の併用による水中の 2-メチルイソボルネオール分解に関する基礎的検討、第 55 回日本水環境学会年会、オンライン、2021.3.12

3. その他

(1) 総説・解説

- 伊藤禎彦; 小規模水道をめぐって, 水団連, 第 146 号 (新年号), p.5, 2021.1.
- 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.
 - ・浅見真理. 新型コロナウイルスと消毒に関する話題. 水団連. 2020;144 : 2-6.
 - ・浅見真理. それぞれの 3.11—放射能、避難所、緊急時. 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.

(2) 講演等

- 浅見真理. 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. 小規模水供給システム研究会, 国立保健医療科学院生活環境研究部, 東京大学大学院工学系研究科附属水環境工学研究センター主催, Zoom 開催, 2020.6.24.
- 伊藤禎彦, 堀さやか; 住民との連携に関する検討, 小規模水供給システム研究会, 国立保健医療科学院生活環境研究部, 東京大学大学院工学系研究科附属水環境工学研究センタ

- 一主催, Zoom 開催, 2020.6.24.
- 伊藤禎彦; 小規模化が進む水道システムを考える～地元管理水道から水道料金問題まで～, 2020 年度「ダクタイトイル鉄管協会セミナー」, 一般社団法人日本ダクタイトイル鉄管協会主催, 合人社ウエンディひと・まちプラザ北棟 6 階マルチメディアスタジオ (広島市), 2020.10.28.
- 伊藤禎彦; 地元管理水道の実態と水質管理上の課題, 土木学会環境工学委員会臨床環境技術小委員会・環境技術思想小委員会, 小規模水道の衛生問題に関するシンポジウム, Zoom 開催, 2020.11.26.
- Sadahiko Itoh; Water Supply System and its Perspectives, The 4th Workshop on Kyoto University - Mahidol University On-site Laboratory, Zoom 開催, 2020.11.27.
- Sadahiko Itoh; Water Supply System Facing a Depopulation Society of Japan, 京都大学 - 清華大学 2020 年日中環境技術共同研究・教育シンポジウム, Zoom 開催, 2020.12.5.
- 増田貴則, 堤晴彩, 小規模水供給システムの維持管理と住民協働, シンポジウム「小規模水供給システム研究会」, 2020.6.24.
 - ・増田貴則, 表明選好法を用いた水道管路システムの更新及び管理策向上便益の評価, 人口減少社会における水道管路システムの再構築及び管理向上策に関する研究成果報告会 (水道技術研究センター主催), 東京, 飯田橋レインボービル, 2020.7.13.
- 増田貴則, 堤晴彩, 小規模集落が管理する水供給システムについて, 琴浦町野田集落意見交換会 (鳥取県中部総合事務所地域振興局主催), 2020.9.7.
- 島崎 大、安達吉夫、浅見真理、末吉 智、前川啓子、中里文江. 小規模水供給施設向け簡易消毒技術の適用可能性に関する実験的検討. 令和 2 年度全国会議 (水道研究発表会) 2020.11 誌上開催.
- 児玉知子, 大澤絵里, 浅見真理, 戸次加奈江, 松岡佐織, 嶋根卓也, 松本俊彦, 三浦宏子, 樺田尚樹, 横山徹爾. 日本における Universal Health Coverage の達成状況と課題. 国際保健医療学会グローバルヘルス合同大会 2020. P7-1. 2020.11.2. オンライン
- 浅見真理, 児玉知子, 大澤絵里, 戸次加奈江, 樺田尚樹. SDG 3 における水・衛生に関連した保健指標の経緯について. 国際保健医療学会グローバルヘルス合同大会 2020. P7-4. 2020.11.2. オンライン
- Asami, M., Simazaki, D., Adachi, Y., Lab-scale Application of Upflow Filtration and UV-LED Treatment for Small Water Supply Systems. 1A-06, Water and Environment Technology Conference Online2020. 2020.11.7. On line.
 - ・増田貴則, 表明選好法を用いた水道管路システムの更新及び管理策向上便益の評価, 人口減少社会における水道管路システムの再構築及び管理向上策に関する研究成果報告会 (水道技術研究センター主催), 大阪市, 大阪駅前第 3 ビル, 2020.9.14.
 - ・増田貴則, 表明選好法を用いた水道管路システムの更新及び管理策向上便益の評価, 人口減少社会における水道管路システムの再構築及び管理向上策に関する研究成果報告会

- (水道技術研究センター主催), 札幌市, TKP 札幌カンファレンスセンター, 2020.9.29
- ・増田貴則, 表明選好法を用いた水道管路システムの更新及び管理策向上便益の評価, 人口減少社会における水道管路システムの再構築及び管理向上策に関する研究成果報告会 (水道技術研究センター主催), 福岡市, ACU-H 紙与博多中央ビル, 2020.10.13
 - 牛島健, 小規模のしくみは小規模の理屈で考える—これまで見逃されてきた小規模インフラの成功事例に学ぶ—, (連載: 環境技術思想—持続可能な社会に向かって 第7講), 月間下水道, 2021年1月号, pp.93-, 2020.
 - 牛島健, 地元高校生との小規模水道支援体制づくりの裏側, 地球研 OpenTS ウェビナー, 2020.10.28, ZOOM による Web 開催
 - 牛島健, 北海道における住民との連携事例, 小規模水供給システム研究会 (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」, 2020.06.24, ZOOM による Web 開催

令和 3年 3月 31日

国立保健医療科学院長 殿

機関名 京都大学大学院工学研究科

所属研究機関長 職名 研究科長

氏名 大嶋 正裕



次の職員の令和2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 (所属部局・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)
ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針	<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"/>
人を対象とする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"/>
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」や「臨床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。

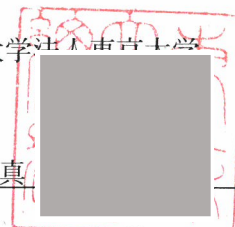
令和3年3月23日

国立保健医療科学院長 殿

機関名 国立大学法人東京工科大学

所属研究機関長 職名 総長

氏名 五神 真 印



次の職員の令和2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。

- 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業
- 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
- 研究者名 (所属部局・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)
ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針	<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"/>
人を対象とする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"/>
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」や「臨床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。

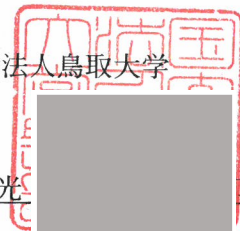
令和 3年3月23日

国立保健医療科学院長 殿

機関名 国立大学法人鳥取大学

所属研究機関長 職名 学長

氏名 中島 廣光



次の職員の令和2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 (所属部局・職名) 工学部・准教授
(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)
ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針	<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"/>
人を対象とする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"/>
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」や「臨床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。

令和3年 3月 31日

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 田中 義克

次の職員の令和2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 (所属部局・職名) 建築研究本部・主査
(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)
ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針	<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"/>
人を対象とする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"/>
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」や「臨床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。

令和 3年 3月 31日

国立保健医療科学院長 殿

機関名 京都大学大学院工学研究科

所属研究機関長 職名 研究科長

氏名 大嶋 正裕

次の職員の令和2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 (所属部局・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)
ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針	<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"/>
人を対象とする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"/>
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」や「臨床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。