

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

研究要旨：

高齢化及び人口減少等により、小規模な上水道や簡易水道では水道事業の維持が大きな課題の一つであるが、給水人口が減少しつつある簡易水道や給水人口が100人以下の飲料水供給施設等（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可能とするための具体的方策を提案すべく、様々な分野において検討を行った。

（↓色付き部分は後で削除）

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__R2

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することで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り、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、近畿ブロックが最も高く、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. 地方自治体における水道法の適用を受けない「小規模な水道」の実態把握状況に関する検討__R3

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

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

れた。

3. 小規模水道・水供給システムの維持管理に関する経営シミュレーション 3 __R4+R2,R3

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

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

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

4. 小規模水供給システム向け浄水処理装置の試行と維持管理モデル __R4

小規模水供給システムに適した小型浄水処理について、濁度除去に関する実験及び実地に設置した試行を実施した。実験室内のプラントにおける実験では、濁度1度程度の原水を用いて、濁度及び微粒子除去率の実験を実施したところ、ろ層が安定した後は、濁度、微粒子残存率は安定し、濁度ではほぼ90%、3 μ m以上の粒子で95%以上の安定した除去率が得られた。一方で1～3 μ mの粒子については30%程度の除去率しか得られなかった。実地の実証実験では原水濁度の上昇（～50 度）により、処理水の濁度上昇が確認された。また、ろ過機に気泡が入ることで捕捉した濁質が流出する可能性が示唆された。紫外線照射によりろ過水の大腸菌を不活化できていることが確認されたが、ろ材支持部材に堆積物が確認された。

小規模水供給システムの持続的な維持管理に関する取り組みを続ける地域について、維持管理の簡便な装置等の導入状況について現地調査を行い、今後の設置及び維持管理に関するモデルに関する検討を行った。また、静岡市の簡易水道、飲料水供給施設及びその水源の調査も行った。関係者らの尽力により、水源取水装置、処理装置の改善が行われ、濁度が低く、安全性が高い水が安定的に供給されるようになった。研究が生かされ、UV-LED装置が実際に導入された事例などで維持管理体制の検討を行うことができた。

A. 研究目的

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

具体的には、小規模水供給システムを対象に、

- 1) 水源や人口、地理状況等を踏まえた小規模水供給システムの維持管理手法に関する検討
- 2) 取水・送水・給水における取水方法、管路の維持管理方法に関する検討
- 3) 簡便なる過設備及びその維持管理方法に関する検討
- 4) 小型紫外線消毒装置の国内小規模水供給システムへの適用
- 5) 効率的な水質管理・水質検査のあり方に関する研究
- 6) 住民・民間等との連携による水供給システムの維持管理手法に関する検討
- 7) 小規模水供給システムの持続的な管理・支援体制に関する検討
- 8) 効果的な情報収集・共有のあり方に関する検討

を実施し、施設・技術（ハード）を維持管理・支援（ソフト）の仕組みで支える水供給システムを強化する維持管理体制強化方策等の統合的方法を提案する。

B. 研究方法

1. 小規模水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__R2

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を行うことにより、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の検討を行った。

- 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・海外事例の収集
- 3) 小規模水道をめぐる技術開発の可能性
- 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
- 5) 地方自治体の取り組み事例

2. 地方自治体における水道法の適用を受けない「小規模な水道」の実態把握状況に関する検討__R3

水供給維持困難地域を含む地域においても衛生的な水を持続的に供給できる体制づくりに寄与することを目的として、小規模水供給システム等の水道法の適用を受けない「小規模な水道」の衛生確保対策を行う全国の地方自治体（都道府県、市、特別区）を対象に「小規模な水道」の実態把握状況や指導體制等についてのアンケート調査を実施した。

調査結果を基に、全国の「小規模な水道」に係る衛生確保対策の実態を把握し、これからの水供給の安全性確保や持続的な維持管理のための課題を整理し、今後の方策を検討する研究を行った。

3. 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__R4+R2, R3

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

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

また、この手法を用いて地方公営企業法非適用の簡易水道事業や水道法の適用を受けない飲料

水供給施設等の小規模な水供給における今後の費用削減策とその効果について検討した。更に、これをモデル地区にも適用して、施設更新や維持管理の今後の課題を抽出することで、小規模な水供給の今後のあり方を検討した。

4. 小規模水供給システム向け浄水処理装置の試行と維持管理モデル__R4

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

4.1 実験プラントにおける実験及び現場実証試験

(1) 国立保健医療科学院浄水処理実験プラントにおける上向式ろ過による実験

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

(2) 実地試験 B

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

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

(3) 実地試験 E

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

5.2 実地調査

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

（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係る対象者を含む安全性に配慮し実施した。実験作業における安全性については各機関の規定に従い実施した。

C. 研究結果及びD. 考察

1. 小規模水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__R2

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））等により得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、小規模水供給システムをめぐる課題と展望についての調査を実施し、事例の整理や問題点の抽出を行った。

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、小規模水供給システムの類型化を行い、以下の6群に分類した。

- 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を類型別分類による事業の分布特性として導くことができた。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. 地方自治体における水道法の適用を受けない「小規模な水道」の実態把握状況に関する検討 —R3

2.1 アンケート調査の実施及び回答

水道法の適用を受けない小規模水供給システム等の衛生確保対策を行う全国の地方自治体（都道府県、市、特別区）計 772 件（A 調査、B 調査併せて送信）に対してメールにて調査を依頼した（うちメールエラー件数 106 件）。2 種類の調査（A 調査、B 調査）を実施し、A 調査（概要調査）は都道府県から 47 都道府県中 42 件（Web 回答 26 件、Excel ファイル回答 16 件の回答）、B 調査（詳細調査）は都道府県・市及び特別区から 623 件（Web 回答 405 件、Excel ファイル回答 195 件、該当施設なしの回答（メール等）23 件）の回答を得た。また、調査回答の件数には、管内に該当する施設等がない「該当なし」といった回答も含むこととした。

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

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

2.2 A 調査（概要調査）結果について

(1) 都道府県（本庁）における小規模な水道に対する衛生確保対策業務の状況

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

(2) 水道行政を行う都道府県の出先機関の状況

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

都道府県（出先機関）において小規模な水道に係る業務を所管する部署としては、ほとんどが

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

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

2.3 小規模な水道に関する意見等

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

2.4 A 調査（概要調査）の結果について

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

2.5 B 調査（詳細調査）結果について

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

(1) 区域内（管内）の小規模な水道の把握状況

回答のあったもののうち 441 件（約 75%）の自治体で「小規模な水道がある」と把握していた。「小規模な水道がない」と把握している自治体は 49 件（約 8%）あり、「小規模な水道がある」と把握していたものを合わせると、回答のあったもののうち約 85%の自治体で小規模な水道の状況が把握されており、法規制が定められていない施設であるにも関わらず、かなりの割合で自治体での把握状況が明らかとなった。調査回答数から考えると、全国で約半数の自治体において小規模な水道について把握がなされていた。

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

(2) 小規模な水道の台帳等の有無

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

も明確な施設台帳が存在する施設があることが分かった。

(3) 水質検査の指導

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

また、実施する水質検査項目としては、把握しているもののうち「飲用井戸等衛生対策要領で示されている 11 項目」が 137 件と最も多く、次いで「水道法に定められている 51 項目」が 96 件であった。実施している水質検査項目は小規模な水道の規模（飲用井戸から飲料水供給施設）によって異なると想定された。

(4) 自治体としての対応（協力・支援等）

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

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

2.6 小規模な水道に関する要望や本調査に関しての意見

B 調査に関する意見や今後に関する要望等を質問したところ多くの自治体から様々な意見が寄せられた。小規模な水道に関する要望については、自治体が抱える問題は様々あるが、国や都道府県に対して小規模な水道への統一した規制の制定や指導方法を明確にして欲しいといったものや小規模な水道に関する実態等の情報開示を求めるもの、指導する側の知識を情報共有したいとの意見があった。また、市への権限移譲に際して抱える問題として、専門知識や専門職員の確保が難しいこと、小規模な水道に関する相談先が無いことが挙げられていた。

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

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

3. 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__R4+R2, R3

3.1 簡便なシミュレーション手法によるモデル地区での検討

(1) モデル地区の選定

人口 5 千未満の過疎地町村の地方公営企業法非適用の簡易水道事業の給水原価は地域ブロック区別では、近畿ブロックが最も高くなっており、この中でも最も経営環境が厳しい N 県 K1 村の簡易水道を抽出し、隣接し統合可能な 3 地区をモデル地区として選定した。

(2) モデル地区の供給システムと検討ケース

モデル地区は、現在 3 地区が独自に水源を持ち独立した水道施設で構成されている。今回の検討では、この現状分散型（Ⅰ）に加え、これら 3 地区を施設統合した場合（施設統合型（Ⅱ））、近辺で独自水源を確保する場合（自立分散型（Ⅲ））の 3 種類の供給システムを検討対象とした。検討ケースは、給水形態で 4 種類、管路の耐用年数で 2 種類とし、それぞれに補助金等がある場合とない場合について検討した。

(3) 算定単価と耐用年数

各施設の整備単価や維持費等は、厚生労働省の調査報告を基に実績値などを踏まえて設定した。管路の整備費は施工実績等から浅層配管とし、管口径は 50 mm～100mm とした。また、浄水施設は、a（緩速ろ過・実績値）、b（膜ろ過）、c（簡易処理装置）の 3 種類から、最も費用負担が少ない c を用いて検討した。また建設費、維持管理費、水質検査費等についても算定式を用いて算出した。

(4) ケース別費用負担額算定

今回の経営シミュレーションでは、モデル地区の給水人口の推移や管路状況を踏まえて、一人一月当たりの費用負担額を算定した。なお、一人一日当たりの給水量は、K1 村の給水実績から、最大給水量を 630L/人/日、有収水量を 305L/人/日とした。評価値は世代間の公平性や新たな住民の受け入れ等を踏まえて各期までの一人一月当たりの平均費用負担額とした。

モデル地区での各供給システム、給水形態ケース別のシミュレーション結果から現況分散型（Ⅰ）から施設統合型（Ⅱ）や自立分散型（Ⅲ）への移行により、個人の費用負担額は減少することが分かる。また、補助金のない場合は、10 年後、30 年後までは、自立分散型（Ⅲ）で通常給水ケース① c の費用負担が最も少なく、60 年後においては、耐用年数 30 年の管路パターン A では、施設統合型（Ⅱ）で運搬給水ケース④ c が、耐用年数 60 年の管路パターン B では統合型（Ⅱ）で通常給水ケース① c が最も負担が少ない結果となった。一方、補助金のある場合は、すべての期間で統合型（Ⅱ）の通常給水ケース① c が最も費用負担が少ない結果となった。

(5) 最適な供給システムの検討

ケース別の費用負担額の推移を基に、モデル 3 地区において、新たな整備による費用増などを考慮して、費用負担が最も低くなるシステムへの移行を検討した。今後の給水人口の減少に伴い、最適な供給システムや給水形態が変化することになる。

モデル 3 地区において、新たな整備による費用増などを考慮して、費用が最も低くなるシステムへの移行を検討した結果、補助金等が入らない場合の費用負担面から見た最適なシステムは、管路パターン A では、すべての地区で今後 30 年間は自立分散型（Ⅲ）で簡易な浄水装置を用いる通常給水ケース① c、それ以降は 3 地区統合型Ⅱで運搬給水ケース④ c となった。

一方、管路パターン B では、e 地区および f 地区においては、すべての期間で、自立分散型（Ⅲ）の通常給水ケース① c となり、g 地区では 30 年後までは同じく通常給水ケース① c であるが、それ以降は非飲用水供給ケース②に移行することが優位となった。なお、施設統合型（Ⅱ）④ c の 50 年後以降費用負担が最も低くなっているが、統合型に移行に伴う新たな管路整備等を考慮すると、負担額は自立分散型（Ⅲ）を継続するより費用が増大することとなる。

(6) 簡便なシミュレーション手法によるモデル地区での検討のまとめ

近畿ブロックから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と最適なシステムの検討を行った結果は以下のとおりである。

- ・ 管路の耐用年数は、長期的な費用負担に大きく影響する
- ・ 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
- ・ 小規模水道の課題解決に向けては、施設の統合や補助金の確保だけでなく、近くに水源を確保する自立分散型システムや運搬給水や非飲用水の給水など多様な給水形態の導入が有効となる

3.2 簡便化シミュレーション手法の汎用一般化へ向けた検討

これまでの経営シミュレーションでは、簡便化のため支払利息や人件費や委託費などの維持管理費を考慮していない。ここではより現状に即した負担額を算定できるよう、これらを含んだ詳細一般化式を検討した。更に運搬給水については、地理的地形的条件を踏まえてより汎用性を高めるため4トントラック車による各戸への給水に加えて、2トントラック車による給水と配水池までの運搬給水を追加した。

(1) 支払い利息人件費等を加味した詳細一般化式について

1) 支払利息と維持費等の検討

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

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

2) 詳細一般化式によるケース別年度毎の費用負担額（評価1）の算定

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

3) 詳細一般化式による計算値と実績値の比較

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

4) 詳細一般化式によるケース別30年平均費用負担額（評価2）の算定

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

5) 詳細一般化式3を用いたケース別優位性の比較

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

i) 通常給水ケース①cと非飲用水給水ケース②、③の場合

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

ii) 通常給水ケース①と運搬給水ケース④c1、④c2、⑤cの場合

α_3 、 α_4 を1とした場合の管路延長と給水人口と関係を給水形態ケース別の優位性の境界線と同じグラフで示した。地理的地形的な条件等から各戸に運搬給水が可能な場合には、運搬給水と通常給水ケース①との境界線は4トントラック車で、一人当たりの送・配水管路延長が約30m、2トントラック車では40mとなる。浄水施設から配水池まで運搬給水するケース⑤cの場合は送水管の延長が一人当たり20~30mがケース①cとの境界となった。

(2) 今後の簡易水道事業の推移

1) 検討ケース

今後の簡易水道事業の費用削減へ向け 5 種類の検討を行った。現状ベースは一人一日当たりの最大給水量 (q_1)、管路延長 (L)、各施設数 (n_i, n_t, n_d) を R2 年度の実績で固定し、人口の推移は国立社会保障・人口問題研究所 (以下「社人研」) の「日本の地域別将来推計人口 (平成 30 年推計)」

(移動型) とし、P00 は補助金等がない場合、P01 は補助金がある場合である。P10 は、 q_1 を 300L/人/日に減じた場合、P20 は L を給水人口に合わせて減じた場合、P30 は、人口減少抑制策により域内の人口流入流出が均衡する場合 (社人研推計人口参考 (封鎖型)) である。

2) 今後の費用削減に向けた方策とその効果

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

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

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

3.3 詳細一般化式によるモデル地区での検討

(1) K1 モデル地区での検討

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

1) 検討のフロー

詳細一般化式から示すフローによって、モデル 3 地区の給水人口と計画施設数、水源種別などから、将来の費用負担額が計算され、事業の統合効果等が評価できる。ここでは、このフローから補助金等を考慮しない場合について、給水人口の推移、水道施設数を用いて分散型と統合型の優位性について検討した。

2) 現在の使用水量を用いた検討結果

i) 管路による給水ケース①②③の優位性の比較

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

ii) 運搬ケース④⑤を含む優位性の比較

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

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

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

4. 小規模水供給システム向け浄水処理装置の試行と維持管理モデル―R4

4.1 実験プラント及び実地実証実験について

(1) 実験プラントにおける実験結果

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

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

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

(2) 実地実証実験の原水水質

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

(3) 実地実証実験（B 地区）の実験結果

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

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

(4) 実地実証実験（E 地区）の実験結果

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

(5) 実地実証実験の処理水水質結果

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

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

そのような状況下にあった場合も含め、UV 処理水では、大腸菌は全て陰性であり、実験期間を通じて原水の水質若しくは装置内の気泡等により捕捉物が流出した際も十分な不活化が行われていることが示された。使用日数に換算して一般細菌と大腸菌の濃度を算出したところ、平均的には 400 日相当の使用においてもろ過水でも基準値以内の値を確保することができ、UV 処理水では十分な不活化が行われることが分かった。

(6) 支持体の閉塞について

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

(7) 実験まとめ

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

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

4.2 実地聞き取り調査

小規模水供給の持続的な維持管理に関する取り組みを続ける地域における取り組み事例について、実地で聞き取り調査を行った。

以下の事例について調査を行った結果、住民らの取り組みを詳細に知ることが出来た。今後も引き続き、このような事例の推進や好事例の共有が有効であると考えられた。

1) 簡易水道から飲用水供給施設への変更事例

- ・自動凝集ろ過装置と UVLED を設置
- ・配水池水位を自宅モニターできるよう、簡単なセンサーと通信機器の取り付け

2) 簡易型フィルターと小規模向け凝集ろ過装置

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

3) 水源を統合し水質検査を効率化し、処理装置を導入した事例

- ・水源 3ヶ所の水を一つの水槽に入れ、水質検査を 1 つに統合
- ・小規模水供給システム向けの凝集ろ過装置 3 台、UV 2 台、塩素消毒 1 台で処理を実施し、ユニットが入った物置を 3 つ並べて設置
- ・住民が毎年当番を交代しながら管理しているが、住民の連携、意識が高く、先達が維持してくれていたため、住民としては維持することが当然といった認識

4) 簡易な施設改良を行った事例

- ・住民がホームセンターで材料を調達し、整流壁 2 枚を手作りし、沈砂池の改良を実施
- ・UF 膜ろ過機を実証試験として導入し、試験完了を経て、現在は住民管理のもと運用

5) 取水口のスクリーン設置事例

- ・上流の取水堰、取水口に、小型ウォータースクリーンを導入
- ・特注の比較的安価な 25cm 幅の小型ウォータースクリーンコンクリートで堰を作りその下に防水下地を入れて少量の水でも取水できるように改良

6) その他の事例

- ・宿泊施設を伴う小規模水供給施設で MF 膜を備えた装置+PAC 注入機が設置された事例
- ・中国地区において、市による補助金も活用して各戸または数軒に給水する小型浄水器（手動または自動による逆洗機能付き膜処理装置）を設置し、別事業で巡回する担当者がメンテナンスを行う事業
- ・現在複数の民間会社で、膜を用いた装置のリース契約による設置、メンテナンス実施の検討

E. 結論

高齢化及び人口減少等により、全国において水道及び飲料水供給施設等（以下、小規模水供給システム）を維持することが困難となりつつある。このような水供給維持困難地域を含む小規模水供給システムにおける衛生的な水の持続的供給を目的として、技術的な検討、住民・民間等との連携、行政への支援体制等の検討を実施し、施設・技術（ハード）を維持管理・支援（ソフト）の仕組みで支える水供給システムを強化する維持管理体制強化方策等の統合的方法を提案するため、様々な実験や調査、検討を行い、以下のことをとりまとめた。

1. 小規模水供給システム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_R2

飲料水供給施設や簡易水道の制度上の課題等について整理を行った。また、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することで、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り、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。なお、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が最も高く、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. 地方自治体における水道法の適用を受けない「小規模な水道」の実態把握状況に関する検討—R3

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

3. 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—R4+R2, R3

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

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

最終年度は、こうした評価手法が他の類似の状況に簡易水道や小規模な水供給小規模水道の今後の最適なシステムや給水形態についての検討に利用できるように、金利や人件費などの維持管理費を含むより現実に即した詳細なシミュレーション手法を構築し、実績値との比較によりその妥当性を検討した。また、この手法を用いて今後の企業会計法非適用の簡易水道事業や水道法の適用を受けない飲料水供給施設等の小規模な水供給における小規模水道事業の今後の費用削減策とその効果について検討した。更に、これをモデル地区にも適用し、施設更新や維持管理の今後の課題を抽出し、これらを踏まえて、今後の小規模な水供給の今後のあり方を検討した。

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

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

4. 小規模水供給システム向け浄水処理装置の試行と維持管理モデル—R4

小規模水供給システムに適した小型浄水処理について、濁度除去に関する実験及び実地に設置した試行を実施した。実験室内のプラントにおいて濁度1度程度の原水を用いて、濁度及び微粒子除去率の実験を実施したところ、ろ層が安定した後は、濁度、微粒子残存率は安定し、

濁度でほぼ 90%、3 μ m 以上の粒子で 95%以上の安定した除去率が得られた。一方で 1～3 μ m の粒子については 30%程度の除去率しか得られなかった。実地の実証実験では原水濁度の上昇（～50 度）により、処理水の濁度上昇が確認された。また、ろ過機に気泡が入ることで捕捉した濁質が流出する可能性が示唆された。紫外線照射によりろ過水の大腸菌を不活化できていることが確認されたが、ろ材支持部材に堆積物が確認された。

小規模水供給システムの持続的な維持管理に関する取り組みを続ける地域について、実地の調査や維持管理の簡便な装置等の導入状況の聞き取り調査を行い、今後の設置及び維持管理に関するモデルに関する検討を行った。また、静岡市の簡易水道、飲料水供給施設及びその水源の調査を行った。関係者らの尽力により、水源取水装置、処理装置の改善が行われ、濁度が低く、安全性が高い水が安定的に供給されるようになった。研究が生かされ、UV-LED 装置が実際に導入された事例などで維持管理体制の検討を行うことができた。