

令和4年度厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
小規模水供給システムの持続可能な維持管理に関する統合的研究（20LA1005）
分担研究報告書

持続可能な小規模水供給の課題と対策に関する研究

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

研究要旨：

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

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

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

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

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

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

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

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

A. 研究目的

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

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

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

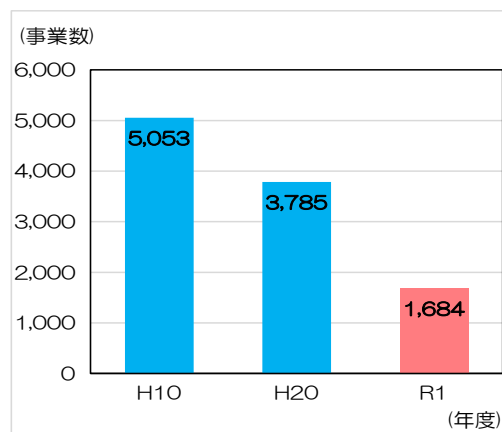


図1 500人以下簡易水道事業数
(出典：簡易水道統計)

B. 研究方法

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

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

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

関係を分析することとした。

最後に、以上の分析から得られた課題に対する対応策について、検討を行った。

C. 研究結果及びD. 考察

1. 小規模な水道の将来給水人口の見通し

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

表1 人口予測結果（単位：人）

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

対2020年度比率

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

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

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

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

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

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

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

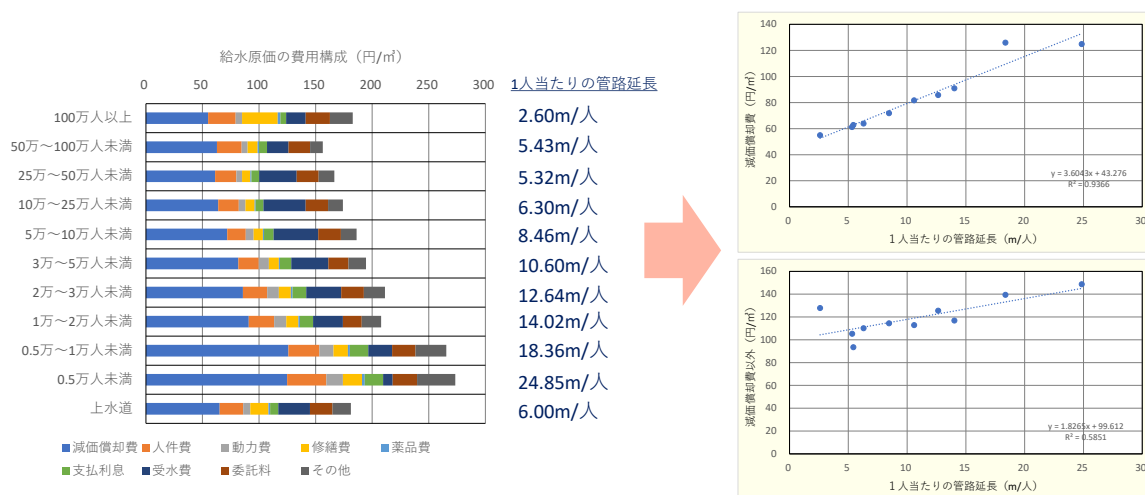


図2 給水人口別給水原価の費用構成

2. 既存研究等による小規模水供給の課題の整理

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

表2 小規模水供給における課題及び問題点

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

上記課題への対策としては、以下の方策が考えられる。

① 人手不足に起因する問題

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

② 資金不足に起因する問題

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

③ 従来とは異なる方法（法的な問題は別として）での対応が必要な問題

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

3. 維持管理負担の要因

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

表 4 【アンケート調査結果】クロス集計分析に選定した質問内容

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

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

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

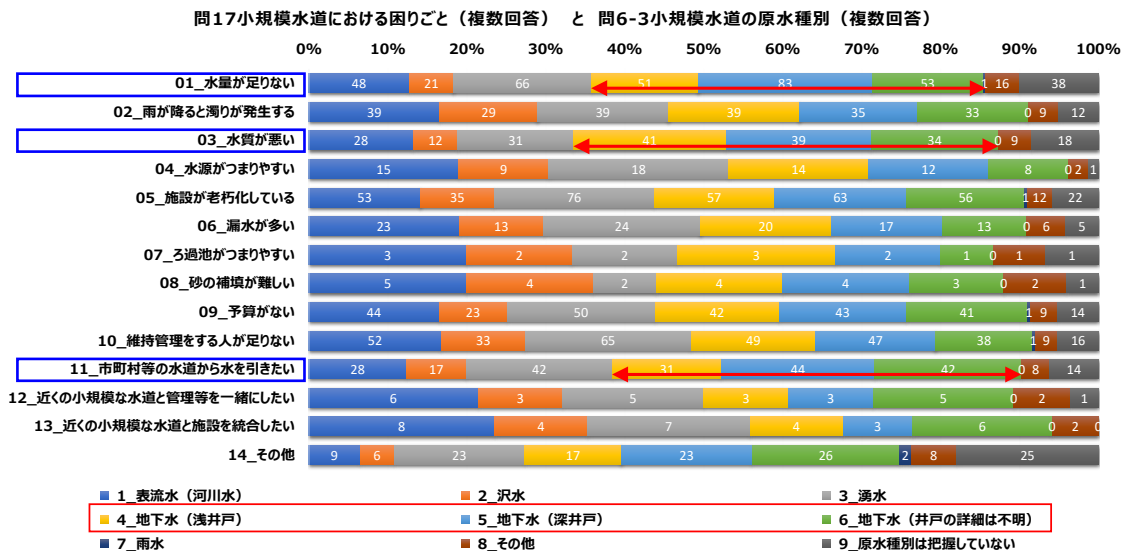


図2 「困りごと」と「原水種別」クロス集計結果

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

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

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

さらに、「困りごと」と「浄水処理方法」のクロス集計結果を図4に示す。

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

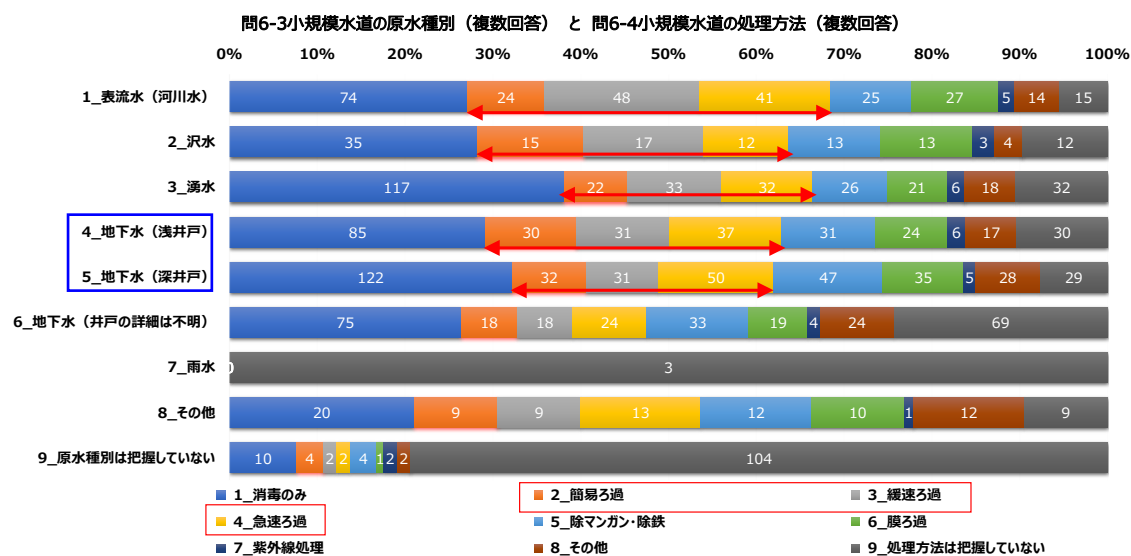


図3 「水源種別」と「浄水処理方法」クロス集計結果

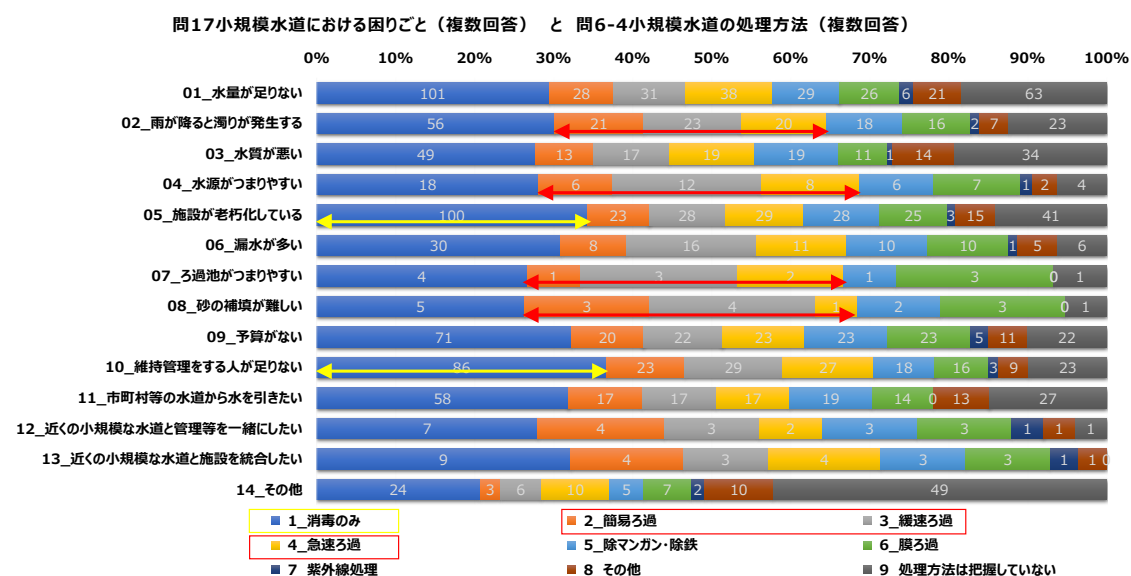


図4 「困りごと」と「浄水処理方法」クロス集計結果

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

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

4. 対策

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

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

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

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

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

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

5に示す。

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

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

表5 課題と従来とは異なる対応策

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

下線は特に有効と考えた対策

E. 結論

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

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

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

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

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

3. その他

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む。）

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし