

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)



平成30年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 浅見 真理

平成31（2019）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安定性及び安全性確保に関する統合的研究-----	1
-------------------------------------	---

II. 分担研究報告

1. 小規模水供給システムの現状と課題に関する研究-----	11
浅見 真理・島崎 大・中川 卓也・沢田 牧子・安達 吉夫	
資料1 小規模水道の手引き（案）-----	24
2. 取水・送水・給水における管路の維持管理方法に関する検討-----	45
伊藤 禎彦・福岡 早紀	
3. 上向式ろ過に関する研究-----	59
浅見 真理・安達 吉夫	
4. 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-----	69
小熊 久美子	
5. 錠剤型消毒剤の運用状況に関するヒアリング調査および課題点の抽出-----	77
浅見 真理・島崎 大	
6. 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	82
伊藤 禎彦・堀 さやか	
7. 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-----	90
増田 貴則	
研究成果の刊行に関する一覧表-----	104

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

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
研究分担者	伊藤 禎彦	京都大学大学院工学研究科
	島崎 大	国立保健医療科学院 生活環境研究部
	小熊久美子	東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻
	増田 貴則	鳥取大学大学院工学研究科 社会基盤工学専攻

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、簡易水道が大規模水道事業体に繰り入れられた場合やその他小規模水供給施設の取組みについて聞き取り調査を実施し、制度上の課題等について整理を行った。その中で、小規模水供給施設向けに情報共有が必要であることが再確認されたため、小規模水供給システムの手引きのたたき台を作成した。

小規模化が進む水道システムでは、配水管内での滞留時間が増大する傾向にあり、水道水質が劣化することが懸念される。このため配水管内環境の管理を高度化させ、これを制御する必要がある。配水管内における懸濁物質等の管理・制御のための考え方としては、①浄水処理における懸濁物質等の除去、②配水管網における水理条件の管理・制御、③洗管があり実務上はこれら3つの段階を組み合わせる必要がある。今回、中部地方H市内、中部地方Y市内、東北地方A市内の飲料水供給施設などの小規模な水道施設を対象とし、それぞれの配水区域において、まずは配水管内に蓄積する重量(g/m^2)とその分布を推定した。ついで、上記の3段階の対策、すなわち、浄水シナリオ、縮径シナリオ、洗管シナリオによって、配水管内環境がいかに改善できるかを定量的に示した。同様に、対象地域特有の管路維持管理作業が配水管内環境の制御に寄与できることも示した。ここで得られた知見をもとに、今後当該水道事業体と議論しつつ、対象地域に適した浄水処理方法、及び配水システムの管理・制御方法を提示・策定することができる。

近年、維持管理の容易な緩速ろ過の一つの方法として、上向流式緩速ろ過が導入されている事例が多数あることから、上向流式緩速ろ過の濁度除去特性の検証を行った。小型緩速ろ過実験装置を用いて、ろ過方向やろ過速度、原水濁度を変更して、ろ過水濁度及び微粒子の除去率を測定した結果、上向流式緩速ろ過は、原水濁度50度以下、ろ過速度5m/日以下において、ろ過水濁度0.1度以下、クリプトスポリジウム等の病原性原虫の除去効果5log程度見込める結果が得られた。単にろ過砂に原水を通すだけで、上記の水質が得られるため、高度な運転技術を必要としない。また、同条件下での上向流式及び下向流式緩速ろ過実験において、上向流式緩速ろ過は高濁度原水に対しても、下向流式緩速ろ過に比べ、ろ層の閉塞がしにくいことも明らかとなり、維持管理面での有効性も確認できた。

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（試作機）2機種を選定し、国内某所に当該装置を設置して長期運転を念頭に実証試験を開始した。

これまで約10カ月にわたる運転の経過報告として、実証試験サイトの原水水質は総じて清澄で、大腸菌は不検出～0.5 CFU/mL、大腸菌群は不検出～2.5 CFU/mL、一般細菌は0.5～15 CFU/mL、従属栄養細菌は70～1500 CFU/mLであった。飲用適否の観点では、突発的に大腸菌を検出する場合があったことから、給水末端等において微生物に対する追加処理を行うことが有効と考えられた。UV-LED装置による処理後には、2機種ともに、大腸菌はすべて不検出、大腸菌群は突発的に1 CFU/mLを一度検出した以外は全て不検出、一般細菌は不検出～2 CFU/mL、従属栄養細菌は不検出～12 CFU/mLとなった。すなわち、適切な紫外線装置を選定し小規模施設や給水栓等に導入することで、水の微生物学的な安全性を向上できることが示された。

水供給システムにおいては、必須である消毒について、本邦で主流となっている次亜塩素酸ナトリウム溶液に対しての様々な課題が指摘されている。次亜塩素酸ナトリウム溶液の代替として錠剤型の塩素消毒剤（次亜塩素酸カルシウム）を実際に使用している本邦の小規模水道システムを対象に、資料収集ならびにヒアリング調査を通じて使用状況ならびに運用上の課題を抽出した。当該施設では、液状の塩素消毒剤の運搬や補充に伴う労力は生じておらず、有効塩素濃度の低下ならびに塩素酸濃度の上昇の問題は発生しないものの、①塩素剤の補充を頻繁に行う必要があり地元住民の負担が大きい、②塩素剤の溶解速度が制御できず、塩素の不適正注入となる恐れがある等の課題が見受けられた。適切な塩素供給器を併用することで以上の課題点は解消できる可能性があるものの、プール水の残塩保持を目的とした製品であるため、飲料水への適用に際しては、浄水中の適切かつ継続的な残塩濃度の保持が実際に可能であるか実証することが必要と考えられた。

簡易水道や飲料水供給施設の中には水道事業者が直営での管理を行うことができないため、地元の住民組織または人が管理している水道施設がある。ここでは奈良県十津川村内で、地元管理されている水道施設の調査を行うとともに、奈良県と十津川村役場による施策について情報収集した。この結果、奈良県は県として、また十津川村は村として、高く評価されるべき取り組みが実施されているものの、県単独、および村単独ではいずれも限界があることが明らかであった。今後水道事業の持続可能性を高めるためには、奈良県に対しては近畿地方の近隣事業者および国、十津川村に対しては奈良県内事業者および奈良県による支援体制の確立が不可欠であり、速やかな行動が必要である。水道施設の実態調査、および施設を管理している住民と水道利用者への聞き取り調査を総合すると、県と役場が計画している施策の推進を急がなければ、地元管理による水道施設の維持はすでに限界に達しつつあると指摘できる。さらに、浄水処理装置に関する技術的課題について考察し、浄水規模と装置寿命の観点から、今後の開発ニーズを指摘した。

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97の集落を対象に、水供給システムの維持管理や断水等のトラブル発生の現状を把握するとともに、集落役員が点検や清掃などの管理作業に対して感じている負担感や作業負担の重い項目、設備の点検管理記録や財政の将来見通しの有無、行政や他の集落との連携状況、研修会等の有無、水供給システムに対して感じている不安を整理することを目的とした質問紙調査を行った。

47の集落より回答があり、水の安定供給や施設の維持管理に様々な困難を抱えていること、負担の重い作業項目、記録の有無状況、研修会のメリット等が確認できた。

A. 研究目的

高齢化及び人口減少等により、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、水供給システムの最適化による給水の安定性・安全性確保に関する対策、既存の水供給システムの維

持管理の改善、または、新たな水供給システムにおける安全性確保に関する方策について、住民との連携による維持を前提とした分散型の水供給システムの技術的及び運営面の研究を実施する。

具体的には、簡易水道や飲料水供給施設相当規模のシステムを対象に、

1. 多様な手法による水供給システムの持続可能方策に関する検討
2. 取水・送水・給水における管路の維持管理方

法に関する検討

3. 上向式ろ過に関する検討
4. 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
5. 錠剤型塩素消毒剤の運用状況に関する調査
6. 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
7. 小規模水供給システムの維持管理に関する状況調査
8. 上記をとりまとめた統合的な検討を実施し、施設（ハード）を管理（ソフト）の仕組みで支える水供給システムを構築することを目的とする。

B. 研究方法

1. 小規模水供給システムを有する地域の問題や水道法の改正内容等を調査することにより、小規模水供給システムの維持や改善のための方策の検討を実施した。また、これらの管理や指導を行うための手引きの作成について検討を実施した。
2. 3箇所の飲料水供給施設等の小規模な水道施設を対象として、各配水区域で配水管内に蓄積する懸濁物質等の重量(g/m^3)とその分布の推計を行った。また、配水管内での懸濁物質等の管理・制御のための3段階のシナリオを設定し、各シナリオにおける蓄積量の比較を行った。
3. 上向流式緩速ろ過の濁度除去特性の検証実験を行った。ろ過方向やろ過速度、人工原水濁度を組み合わせ、ろ過水濁度の推移の確認並びに微粒子の除去率確認のため、ろ過水中の懸濁物質粒径毎の粒子数の測定を行った。
4. 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）を光源とする装置（試作機）2機種を選定し、国内某所に当該装置を設置して長期運転を想定した実証試験を行った。
5. 次亜塩素酸ナトリウム溶液の代替として錠剤型塩素消毒剤（次亜塩素酸カルシウム）の使用状況に関する調査を行った。また、錠剤型塩素消毒剤の適切な運用方法に関する検討及び考察を行った。
6. 奈良県十津川村内の地元管理されている簡易水道や飲料水供給施設における実態調査と施策に関する情報収集を行った。
7. 岐阜県、京都府、島根県、岡山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・使用している集落を対象に、維持管理の状況等について実態を把握するための質問紙調査を行った。

C. 研究結果及びD. 考察

1. 小規模水システムの課題
- 1.1 水道法の改正

平成30年12月に水道法の一部を改正する法律が公布され、そのうち、中小規模の水道事業や簡易水道、小規模水供給システムとの関連性に関わる可能性のある部分がいくつか含まれている。

1.2 水道事業の広域化等の推進（総務省）

水道法改正に合わせて、総務省でも地方財政対策（平成31年度から）が講じられ、広域化事業に「普通交付税」が幅広く措置されるようになった。人口減少や施設の老朽化等に伴い、水道・下水道事業を取り巻く経営環境が厳しさを増す中、持続的な経営を確保する観点から、広域化等の推進及び着実な更新投資の促進を図るため、地方財政措置を講ずることが総務省から示された。また、広域化だけでなく耐震化でも普通交付税措置がされたため、財政面からも水道事業における広域化・耐震化の推進に弾みがつく可能性がある指摘される。

1.3 小規模水供給システムの位置づけ

小規模な集落水道や飲用井戸、10 m^3 以下の貯水槽を持つ施設等の規模の小さな水道は、水道法に規定するような画一的な規制措置を加えることが不相当であることから、直接的に水道法の規制はなされていない。ただし、地方公共団体（都道府県等）がその地域の実情と必要に応じて条例等で規制することは禁止されてはならず、これらの小規模な水道等に適応する規制措置を条例等で定める場合がある。このように、法に規定する規模以下の小規模な水道等であっても、人の生活に供する水、特に飲用とする場合には、飲用水の衛生確保のため、有害物質等による水源の汚染や不適切な管理を防ぎ、飲用井戸等における飲料水の衛生確保対策を図る目的で、「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）や各都道府県等による条例や要綱等が策定されている。

1.4 衛生部局で衛生対策を行う職員の減少

水道事業に携わる職員数・地方公共団体の職員数が減少している。水道統計調査によると、水道事業に携わる職員数は、1980年頃をピークに現在では3割程減少しており、その中でも小規模で職員数が少ない水道事業者が非常に多い。同様の問題は、水道事業者や飲用井戸等の指導監督を行う衛生行政の現場でも同様に生じている。さらに、先に述べた水道法の改正により、都道府県では、水道事業者等の間の広域的な連携の推進に関して協議のための広域的連携等推進協議会の設置や、水道の基盤強化のため必要に応じて、関係市町村及び水道の事業者等の同意を得て水道基盤強化計画を定めることができる等、今まで以上に水道行政としてのリーダーシップが求められる時代となった。

水道関係の職員の育成については同様の課題を抱えており、特に初めて水道に携わる者が水道についての知識を得るための第一歩としての幅広い水道知識の提供を検討していきたい。

1.5 飲用井戸等衛生対策要領に基づく指導

「飲用井戸等衛生対策要領」によると、要領に基づく対策は、都道府県等において飲用井戸等の衛生対策の徹底を図ることが期待されている。しかし、平成25年度施行の権限移譲後新たに指導を行うこととなった市の衛生部局等では、職員の減少や水の衛生行政に係る知識を有した職員の確保・育成が困難な状況や、小規模水供給システムを有する地域では、人口減少による新たな街づくりの検討の中で様々な職種の職員によってライフラインの見直しが検討される状況等がある。

このような背景から、小規模水供給システムを維持し続けるための対策の一環として、水道に関する知識を得て、様々な方面からの協力により衛生的な水供給システムを維持し続けるための人づくりが必要であると考えられた。その手助けとなるよう「小規模水道の手引き(案)」等の作成を検討した。

1.6 小規模水供給システムにおける財政的な問題

感染症予防の観点から制定された水道法であるが、公衆衛生の向上に寄与するための水道の普及、水道事業の拡張期を過ぎ、現在、国を中心とした水道行政の取り組みは、水道事業の基盤強化のための取り組みが主となり、公共の福祉としての色が強い小規模水道に対する施策には乏しい状況にある。従来の水道法の目的を鑑み、水道の未普及地域に対する対策についても、従来の未普及対策以外の給水手法も検討しながら、並行して取り組んでいく必要がある。

1.7 多様な給水方法の検討及び地域の実例

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が必要であることから、厚生労働省水道課では「人口減少地域における多様な給水手法の検討に関する調査(平成30年3月)」がなされた。小規模集落であっても衛生的な水の供給を維持していく必要があるため、従来の小規模水供給システムの手法に限らず、多様な給水手法も含めて検討を行う必要があり、検討または導入を行った広島市、宮崎市、静岡市、浜松市、松江市、香川県の事例を紹介する。

1.8 水質検査上の課題

飲用や飲用井戸等の小規模水供給システムを有する場合、飲用井戸等衛生対策要領で定期及び臨時の水質検査項目が示されているが、水源や施設の状況を踏まえた上で、必要な水質検査項目の検討が出来ている施設は少ない。また、小規模水

供給システムを有する管理者にあっては水質試験の検査費用の負担がかなり大きく、この負担の軽減のため、検査費用の補助を行う自治体もあるが、全国的には、ほとんどの小規模水供給システムを有する管理者が、自己負担のみで水質試験の検査費用を捻出している。

今後の持続可能な水供給システムを考えると水質が安定していれば、その管理者に対して水質検査項目の更なる省略や検査回数の減が出来るような仕組みづくりが必要であると考えられ、逆に、大腸菌やクリプトスポリジウム等の健康被害が生じるリスクを有する場合は、施設整備の相談を容易に行うことの出来る体制づくりが必要と考えられる。

1.9 その他制度上の課題

水道法上における事業の休止及び廃止や新たな小規模水供給システムについて、今後、制度の整理が必要である。更に、水道事業の認可において、給水区域の見直しや浄水処理方法の変更などを行い易いようにし、管理者の負担を減らすという課題もある。

2. 管路の維持管理方法に関する検討

3つの地域における飲供施設と簡水(旧簡水含む)施設を対象として、配水管内環境を評価するとともに、これを制御するための方法について検討し、その方法と効果についてまとめた。各小規模水道施設は、大都市と比較すると規模が小さい分、浄水処理性能、残留塩素確保、管路維持管理作業など地域特有の問題が浮き彫りになりやすいことも分かった。

第一段階の浄水シナリオでは、浄水処理能が良好でない場合、この改善により、大きく蓄積物の低減に効果を発揮することを示した。これは当然の結果ともいえるが、対象地域において浄水処理能が低い場合には優先して改善することが望ましいことを定量的に指摘することができた。第二段階の縮径シナリオでは、すべての小規模水道施設において配水管内における蓄積量を大幅に減少させることが可能であった。今後、人口減少が見込まれる地域において、管路のダウンサイジングの推進は、配水管内環境の維持の面からも有効な方法であるといえる。第三段階の洗管シナリオでは、その管網の特徴や管網内の蓄積物の挙動などを把握し、対象地域に適したシナリオを設定することで、縮径シナリオに匹敵するほどの効果が認められた。浄水処理施設の導入や縮径の実施が容易でない場合、計画的な洗管の実施により、配水管内環境の制御が可能である。しかし、小規模水道では、有収率の低下やマンパワーの問題など多岐にわたり多くの課題に直面しており、現実的に小規模水道において洗管作業を実施するのは

難しいという声が多く聞かれた。今後は、今回得られた知見を参照しつつ、実行可能な配水管内環境の制御法を描く必要があるといえる。

また、地域特有の管路維持管理作業が、配水管内環境の大きな改善に寄与できることを定量的に示すことができた。

3. 濁度除去特性の検証実験結果

3.1 原水濁度およびろ過速度による比較

上向流式ろ過において、原水濁度及びろ過速度の違いによるろ過水濁度の変化を比較した結果、上向流式緩速ろ過方式において、クリプトスポリジウム等対策指針の要件であるろ過水濁度0.1度以下を維持するためには、原水濁度50度以下、ろ過速度5m/日以下にて適用可能と考えられる。一般的な緩速ろ過方式の最大許容濁度が10度、ろ過速度が4~5m/日であることを考えると十分な値と言える。

また、クリプトスポリジウム等の対策としてのろ過性能について評価を行う。本実験では、ろ過水濁度の平均値が0.10度となった原水濁度50度、ろ過速度5m/日での3~7 μ m、7~12 μ mの除去率はそれぞれ4.7log、4.9logであり、Ottawaパイロットプラントでの最適な運転条件下におけるクリプトスポリジウムの除去率(4.9~5.8log)と同程度の除去効果を有していることとなる。よって、上向流式緩速ろ過システムを原水濁度50度以下、ろ過速度5m/日以下にて運用した場合、ろ過水濁度が0.1度以下、クリプトスポリジウム等の除去効果が5log程度を期待できることがわかった。

3.2 ろ過方式の違いによる比較

上向流式緩速ろ過と下向流式緩速ろ過および急速ろ過の濁度の推移を比較した。共に原水濁度は50度であり、緩速ろ過のろ過速度は15m/日、急速ろ過のろ過速度は120m/日である。濁度除去性能は、良い順番に急速ろ過、下向流式緩速ろ過、上向流式緩速ろ過であり、どのろ過方式も水質基準をクリアしているが、クリプトスポリジウム等対策指針である濁度0.1度をクリアしているろ過方式は急速ろ過のみである。

3.3 上向流式及び下向流式の除去作用の比較

濁度50度原水、ろ過速度15m/日における上向流式緩速ろ過と下向流式緩速ろ過において、除去作用の違いを見るため、ろ過砂を5cm毎に採取し、砂層1gあたりの濁質捕捉量を比較した。上向流式緩速ろ過では、下層から上層に向かって濁質捕捉量は落ちているが、全層にわたって捕捉している。一方、下向流式緩速ろ過では、上層部でかなりの量の濁質を捕捉しており、これは、ろ過砂表面にカオリンが堆積していることが主因である。この堆積したカオリンとろ過砂による篩い

分け作用によって濁質物質を捕捉しており、典型的な表層ろ過を裏付けるデータとなった。また、砂ろ過表面が閉塞し損失水頭が増加したため、ろ過前原水の水位が上昇していることが確認された。砂ろ過表面の閉塞が16時間のろ過時間でこれだけ進行する事も確認でき、下向流式緩速ろ過が上向流式緩速ろ過に比べ高濁度原水に弱い事の証明と言える。

上向流と下向流以外の条件が同一に関わらず、濁質物質の捕捉量合計が大きく異なることが判った。検証した結果、上向流式緩速ろ過では、砂ろ過に入る前の空間(ウレタン層下の整流用空間)において、濁質物質の沈殿が認められた。装置の都合上、これらの濁質物質を採取し、収支計算を行うことができなかったが、大きな粒子はこの空間において沈殿したものと考えられる。このことから、上向流式緩速ろ過は目詰まりを起こしにくくなっていると推測できる。

4. 小型紫外線消毒装置の実証実験結果

約10カ月にわたる運転の経過報告として、実証試験サイトの原水水質は試験期間を通じて、総じて清澄で、大腸菌は不検出~0.5 CFU/mL、大腸菌群は不検出~2.5 CFU/mL、一般細菌は0.5~15 CFU/mL、従属栄養細菌は70~1500 CFU/mLであった。紫外線透過率は、2018年7月試料の結果として、当該試料は濁度0.1度、色度0.9度であり、期間中に採水した試料として概ね平均的な水質であったことから、原水は試験期間を通じて概ね同等の高い紫外線透過率であったと推察された。

原水水質については、微生物濃度は総じて低く、大腸菌は多くは不検出であったものの、突発的に検出される場合があり、水道水質基準では大腸菌は「検出されないこと」と規定していることから、本試験サイトの未処理原水は恒常的な飲用には不適であり、突発的な微生物混入へのバリアとして給水栓等での追加処理の必要性が明らかとなった。一般細菌は低濃度ながら概ね常時検出されたものの、水道水質基準が規定する一般細菌の基準(検水量1mL中に100コロニー以下)以下で推移した。従属栄養細菌は常時検出され、最高値で1500CFU/mLであったが、水質管理目標設定項目として「検水量1mL中に2,000コロニー以下(暫定)」と定められており、これまでの試験期間中に当該目標値を超えることはなかった。従属栄養細菌が1500CFU/mLとなった試料の大腸菌・大腸菌群・一般細菌は不検出または低濃度であり、従属栄養細菌はその他の微生物水質項目とは異なる挙動を持つことが示唆された。

処理水について、大腸菌は2装置いずれの処理水でも常時不検出となり、即ち上述の「給水栓等

での追加処理」として有効であることがデータをもって示された。また、一般に環境水中の従属栄養細菌の紫外線耐性は高く、過去、流水(地下水)の紫外線消毒を試みた試行では、ほとんど不活化できなかったが、本研究で用いた2装置による従属栄養細菌の不活化率は、適切に装置を選定すれば従属栄養細菌でも十分な不活化性能を期待できることが示された。

これまでの約10カ月の運転期間中、装置性能の低下はなく、安定的に処理を継続した。2018年10月の台風被害による運転中断時に装置内を分解して紫外線照射槽内部の汚れ等を確認したところ、汚れやスケールの付着は見られず、装置性能を維持している要因の一つと考えられた。装置性能の経時変化については今後の試験で注視したい。

5. 錠剤型塩素消毒剤の使用に関する調査・検討

5.1 錠剤型塩素消毒剤の使用状況

対象の飲料水供給施設は、原水は地表水、緩速ろ過により浄水処理を行う施設で、塩素滅菌は、緩速ろ過池のろ過水の越流部に筒状の器具を設置し、中に錠剤型の塩素剤を充填して流水と接触させ、塩素剤を溶解して行うものである。

当該施設の運用状況に関してヒアリング調査を行ったところ、給水人口、使用塩素消毒剤の種類、塩素剤の補充頻度、残留塩素濃度等が分かった。しかしながら、水量の把握は出来ておらず、また、当施設に電気が供給されていないことから、今後、施設を改造し塩素剤を電動で注入するなどの検討は行っていない。

以上のことから、当該の飲用水供給施設では、液状の塩素消毒剤の運搬や補充に伴う労力は生じておらず、次亜塩素酸ナトリウム溶液に特有である有効塩素濃度の低下ならびに塩素酸濃度の上昇の問題は発生しないものの、錠剤型塩素剤の補充頻度(2日に1回)、塩素剤の溶解速度や残留塩素濃度、給水末端での毎日検査等について運用上の課題があると考えられた。

5.2 錠剤型塩素消毒剤の適切な運用方法

当該飲料水供給施設で用いられている錠剤型の塩素消毒剤(スタークロンT: 南海化学株式会社)は、次亜塩素酸カルシウム(有効塩素70~77.5%)を主成分とする一錠20gの錠剤である。現状から給水人口並びに使用水量、浄水中の残留塩素濃度等を仮定し、当塩素消毒剤の運用状況を推定した結果、一日あたり1錠(20g)の錠剤型塩素剤が、均一的に浄水中に溶出すればよい計算となった。

また、インライン型固定式塩素供給器及び浮遊式塩素供給器の2種の簡易型塩素供給装置を導入し、錠剤型塩素剤の補充の頻度を低減する方策

を検討した。錠剤が均一的に溶出することが可能であれば、約2ヶ月~2ヶ月半持つ計算となるが、固定式では当施設への電源供給や、重力落差による水圧でも正常に動作が可能であるかの検証が、浮遊式では、飲料水に適した塩素濃度が継続的に確保できるかの実証が必要である。

6. 奈良県および十津川村における施策と課題

6.1 奈良県の取組と現況

奈良県では県域を「県営水道エリア」、「五條・吉野エリア」、「簡易水道エリア」に分類し、県政における「奈良モデル」方針のもとで、広域連携を推進している。県としては簡易水道エリアの課題とニーズを把握しており、今後受け皿組織を設立し必要な取り組みを進める考えである。

しかし、奈良県内の水道事業もマンパワーが不足している問題があり、村直営の水道施設でも人材、費用ともに既に極限状態で運営している状態で、地元管理の飲料水供給施設等までは、手が回らないのが現状である。だが、地元管理を行う担当者の平均年齢は70~80歳となっており、後継者確保が絶望的な地域が多く、今後の維持が困難な状況である。

一般に、市町村長は、水道施設の更新に消極的なことが多く、県単独で水道行政に変化を起こすのは厳しく、抜本的な解決を図るのは非常に難しい。また、国の補助から簡易水道が見放されると、地方財政を圧迫し、持続可能な施設管理の未来を描くことが難しいため、県は国へ地元の現状を訴えている。

6.2 十津川村の施策と課題

十津川村内は10箇所の簡易水道施設を有し、うち4箇所が村直営、6箇所は地元管理、また、飲料水供給施設は4箇所あり、すべて地元管理されている。これらの簡易水道施設と飲料水供給施設をあわせた水道普及率は60%程度である。

簡易水道施設のうち地元管理の6箇所では、台帳整備や料金徴収、塩素消毒の実施などの問題を有している。村としては、居住地域のコンパクト化や給水人口の減少に伴う水道事業の種別変更(簡易水道から飲料水供給施設等の位置づけに変更)も検討しているが、心情的、財政的な面から容易に進められない。

また、未普及地域に位置づけられる残り約40%には、共同飲料水施設73箇所と個人飲料水施設103箇所が存在しており、これらの飲料水施設の実態把握に、村が採用した「集落支援員」が極めて大きな役割を果たしている。

6.3 浄水処理装置に関する技術的課題

飲料水供給施設等で頻用されるろ過装置は50m³/日程度、100万円程度であり、給水人口からみて明らかに過大設備というケースが見られる。

膜ろ過装置にしても、1モジュールで浄水能力50 m³/日程度のもが多く、小さくても20~25 m³/日程度である。今後を考えると、10 m³/日程度、さらには数~1 m³/日程度のもが多数必要と考えられ、水処理装置メーカーと水道事業体が共同検討し、小規模施設にも導入可能な価格帯の浄水処理装置の整備が望まれる。

また、これまで各種インフラは、長寿命化、恒久化といった長期利用可能な整備が推進されており、水道施設、同様の整備を行ってきたが、今後の縮小局面では、インフラをモジュール化することによって、寿命そのものを短命化（もしくは長寿命化と短命化の組み合わせ）するというコンセプトが必要となると考える。これにより、将来の需要変化や、場合によっては撤退にも対応可能となる。

6.4 今後の取り組み

県と村が計画している施策の推進を急がなければ、地元管理による水道施設の維持はすでに限界に達しつつあると指摘できる。今後、全国各地で調査を行い、複数の地域における調査結果を踏まえて、住民と十分なコミュニケーションを取りつつ、需要者が小規模水供給システムを支える仕組みを提案する。また、県や市町村が実施可能な連携や支援方策についてとりまとめるとともに、現行制度の課題を整理し、必要な支援制度や仕組みについて提言を行う予定である。

7. 維持管理の状況等実態についての調査

97集落へ調査紙を郵送し、47集落からの回答を得た結果、回答のあった全ての集落で集落管理している施設の水を飲料水として用いているが、うち約40%の集落で塩素消毒が未実施であり、また過去に集落の大半で水が使用できなくなるトラブル事象の経験の有する集落が約74%あるなど、多くの集落において衛生的な水供給、あるいは安定的な水供給が行われていないことが確認できた。

負担が重い作業項目については、取水設備の管理（点検、清掃、増水後の堆積物除去）、ろ過池作業（砂の入れ替え、堆積物の除去）、タンク清掃（堆積泥・砂の除去）、薬液補充（塩素補充）、草刈り（施設周りの草刈り）、検針、集金、断水時や水圧低下時の対応、管路破損事故時の対応があげられた。昨年度実施したヒアリング調査においても、人口が少ない小規模の飲料水供給施設では、高濁時の対応、ろ過池の管理、消毒剤の補充等に手間がかかり、困難であることが聞き取れていたが、それらを裏付ける結果となった。本年度の質問紙調査では、集落外部の支援団体からの協力が欲しいと回答した集落も確認できたことから、集落と水道事業体の連携のみならず、集落と

支援団体とが連携した維持管理方策の実現可能性と利点を検討する価値があるものと思われる。このような集落外との連携については、昨年度調査した集落では、水供給システムの管理は地元集落が行っており、水道事業と連携した維持管理や、他集落と連携した維持管理の実施は確認できなかったが、本質問紙調査では、少数だがいくつかの集落、市町において水質検査や研修会実施など水道事業体が関わっていることが確認できた。水供給施設の管理に関する研修会の実施も回答を得た全ての集落で施設管理に役立っているとの回答があり、水供給施設維持のために効果的な方策となり得ることが確認できた。

また、管理記録については、設備点検や管路の漏水箇所・更新状況の記録を有していない集落が全体の半数前後を占め、記録を残している集落は四分の一程度に過ぎず、維持管理用のマニュアルや引継書もほぼ半数の集落が文書化していないという回答であった。今後の維持管理作業にこれまでの記録や文書を活用できる可能性は低いことが明らかとなった。一方で、集落の大半で水が使用できなくなるようなトラブル事象については何らかの記録を残している集落が多く、水質検査の記録や収支の記録についても多くの集落が記録を残していた。小規模集落では管理作業にあたる構成員が限られるため管理自体の作業負担を減らす必要があることと、日常的な（平常時の）作業については口頭伝達で用が足り、必ずしも記録や手引きを文書で残す必要性を感じていないものと思われる。しかしながら、トラブルや収支についてはその重要性から記録が残されている。点検や管理作業の質の向上や負担低減のためには、管理の状況や方法をなんらかの形で文書化しておき、活用していくことが重要と考えられる、文書化の負担とメリットとのバランスをよく考えたうえで、文書化の方法を提案する必要があるものと思われた。

E. 結論

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。特に、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。

1. 簡易水道や小規模水供給施設における事例等を整理することで、小規模水供給システムの位置づけ（衛生管理状況）及びその課題を整理することが出来た。また、特に小規模水供給システムを直接指導する立場の地方の市町村の衛生部局担当者向けの手引き等の必要性が高いことから、そ

の素案を作成することとして項目等の見当を行った。地域ごとでも課題や解決方法が異なるため、今後も情報共有が極めて重要である。

2. 3箇所の飲料水供給施設等の小規模な水道施設を対象として、配水管内環境を制御するための三段階の考え方に基づくシナリオを設定した上で、その効果を比較し評価した。得られた結果から、配水管内の環境管理からみて重点的に管理・制御すべき事項・段階について考察を行った。浄水シナリオ、縮径シナリオ、洗管シナリオによって、配水管内環境の改善状況を定量的に示し、同様に、対象地域特有の管路維持管理作業が配水管内環境の制御に寄与できることも示した。それぞれの配水管網の特徴や課題を踏まえつつ複数のシナリオを設定することによって、小規模水道における配水管内環境を制御する手法とその効果を提示できた。今後、当該水道事業体と議論しつつ、対象地域に適した浄水処理方法、及び配水システムの管理・制御方法を提示・策定することが可能となった。

3. 上向流式緩速ろ過の濁度除去特性について、様々な条件で検証を行った結果、すべてにおいて濁度の水質基準を下回る結果となった。しかしながら、今回の実験結果から、上向流式緩速ろ過装置単独では、クリプトスポリジウム等対策指針のろ過水濁度0.1度以下を満たすためには、原水濁度やろ過速度の制約を受けるが、例えば、下向流式緩速ろ過の前段に上向流式緩速ろ過を設けることで、原水濁度やろ過速度の制約を大きく緩和することができることから、維持管理の容易な緩速ろ過の適用範囲拡大の可能性が考えられた。

4. 小規模水供給システムに適した特徴を持つ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(試作機)2機種を選定し、国内某所に当該装置を設置して実証試験を開始した結果、実証試験サイトの原水水質は総じて清澄かつ変動が小さかったものの、突発的に大腸菌を検出する場合があります、給水末端等での微生物に対する追加処理の必要性が示された。UV-LED装置による処理水では、2機種いずれの場合でも、大腸菌はすべて不検出、大腸菌群は突発的に1 CFU/mLを一度検出した以外は全て不検出、一般細菌は不検出～2 CFU/mL、従属栄養細菌は不検出～12 CFU/mLとなり、処理後の微生物学的安全性は著しく向上すること、すなわち、適切な紫外線装置を選定し小規模施設や給水栓等に導入することで、水の微生物学的な安全性を向上できることが示された。今後は実証試験を継続し、長期運転に伴う性能低下の有無やその特徴に特に注目して分析を行う。さらに、施設調査並びに住民へのヒアリングを継続し、消毒技術に対するニーズの集約、今後の技術的課題や住民参加型の維持管理手法に求められる要件の把握を行う。

5. 小規模水供給システムにおける錠剤型の塩素消毒剤ならびに適切な塩素供給器を用いることで、液状の塩素消毒剤の運搬や補充に伴う労力を大幅に軽減し、さらに、有効塩素濃度の低下ならびに塩素酸濃度の上昇といった問題を回避できる可能性がある。しかしながら、当該の供給器はプール水の残塩保持を目的としたものであるため、飲料水への適用に際しては、浄水中の適切かつ継続的な残塩濃度の保持が実際に可能であるか、実証が必要であると考えられた。

6. 地元管理されている水道施設の調査並びに、奈良県と十津川村役場による施策について情報収集を行った結果、奈良県は県として、また十津川村は村として、高く評価されるべき取り組みが実施されているものの、県単独、および村単独ではいずれも限界があることが明らかであった。今後、水道事業の持続可能性を高めていくためには、奈良県に対しては近畿地方の近隣事業体および国、十津川村に対しては奈良県内事業体および奈良県による支援体制の確立が不可欠であり、速やかな行動が必要である。今回の水道施設の実態調査、および施設を管理している住民と水道利用者への聞き取り調査を総合すると、県と村が計画している施策の推進を急がなければ、地元管理による水道施設の維持はすでに限界に達しつつあると指摘できる。さらに、浄水処理装置に関する技術的課題について考察し、浄水規模と装置寿命の観点から、今後の開発ニーズを指摘した。

7. 岐阜県、京都府、島根県、岡山県において飲料水供給施設等の小規模水供給システムを管理し使用している97の集落を対象に、維持管理の状況等の質問紙調査を行ったところ、約48%の47の集落より回答や意見が得られ、一部の施設では、水質検査や断水時の応急運搬給水、研修会の実施など、市町の水道事業体が関与して実施されているケースがあり、効果をあげていることが確認できた。しかしながら、設備の点検・清掃、薬液補充、検針・集金などの作業は、集落にとって大きな負担となっていること、また、管理記録が十分に取られていない実態等が明らかとなった。特に、老朽化している施設や水源として表流水を用いている集落では、水供給システムの点検や清掃等の維持管理を頻繁に行わなければならない、これらの集落では、人口減少・高齢化により、今後、維持管理活動の負担がますます大きくなることは明白であった。今後は、本調査による結果を基礎資料とし、外部団体と集落住民との連携による維持を前提とした水供給システムの運用に対する関係者の意向を明らかにするとともに、技術面及び運営面の課題や実現可能性の検討を行う。

F. 健康危険情報
なし

G. 研究発表

1. 論文発表

Kumiko Oguma, Surapong Rattanakul and Mie Masaike. Inactivation of health-related microorganisms in water using UV light-emitting diodes. *Water Science and Technology: Water Supply*, in press, 2019. doi: 10.2166/ws.2019.022

Fariborz Taghipour and Kumiko Oguma. UV LED System Design, Operation and Application for Water Treatment. *UV Solutions 2019 Quarter 1*, 22-26, 2019.

<https://uvsolutionsmag.com/articles/2019/>

Kumiko Oguma. Inactivation of feline calicivirus using ultraviolet light-emitting diodes, *FEMS Microbiology Letters* 365(18): 1-4, 2018.

政池美映, 小熊久美子, 橋本崇史, 滝沢 智. 紫外発光ダイオードによる腸炎ビブリオ(*Vibrio parahaemolyticus*)の不活化. *土木学会論文集 G(環境)* 74(7), III_225-230. 2018.

Kumiko Oguma, Kaori Kanazawa, Ikuro Kasuga and Satoshi Takizawa. Effects of UV Irradiation by Light Emitting Diodes on Heterotrophic Bacteria in Tap Water. *Photochemistry and Photobiology* 94(3): 570-576, 2018. (Early view published online in February 2018).

Surapong Rattanakul and Kumiko Oguma. Inactivation kinetics and efficiencies of UV - LEDs against *Pseudomonas aeruginosa*, *Legionella pneumophila*, and surrogate microorganisms. *Water Research* 130: 31 - 37, 2018. (published online in Nov, 2017)

2. 学会発表

Mari Asami, Kosuke Abe, Dai Simazaki, Koichi Ohno, Trends In Operation And Management Of Water Supplies With Size And Location Diversity, 2018年9月; 東京. IWA World Water Congress & Exhibition 2018. 639.

Itoh, S., Nakanishi, T., Zhou, X., Tarui, K., Hashimoto, Y., Kitada, J., Kishimoto, J., Asada, Y., Echigo S. : Reestablishment of water supply system in a depopulation society and research needs, IWA World Water Congress & Exhibition, 3890712, 16-21 September 2018, 東京ビッグサイト, Tokyo, Japan.

Nakanishi, T., Nishioka, H., Tarui, K., Kishimoto, J., Asada, Y., Echigo, S., Itoh, S. : Characteristics of suspended particles and their loads into drinking water distribution system under different treatment processes, IWA World Water Congress & Exhibition, 3904824, 16-21 September 2018, 東京ビッグサイト, Tokyo, Japan.

阿部功介, 坂倉潤哉, 皆田明子, 越後信哉, 浅

見真理, 島崎大, 秋葉道宏. 小規模水供給システムへの導入を考慮した塩素系消毒剤の反応特性の比較; 2018年10月, 福岡. 平成30年度全国会議(水道研究発表会)講演集. p.736-737.

浅見真理, 阿部功介, 越後信哉, 伊藤禎彦, 島崎大, 小熊久美子, 増田貴則, 中西智宏. 小規模水供給システムの維持管理の実態に関する調査. 2018年10月, 福岡. 平成30年度全国会議(水道研究発表会)講演集. p.174-175.

中西智宏, 周心怡, 西岡寛哲, 樽井滉生, 浅田安廣, 越後信哉, 伊藤禎彦, 藤井宏明, 鈴木剛史: 浄水中懸濁物質の蓄積による配水管内環境の形成とその実態, *環境衛生工学研究*, Vol.32, No.3, pp.103-105, 2018.7

亀子雄大, 橋本雄二, 中西智宏, 浅田安廣, 小坂浩司, 藤井宏明, 伊藤禎彦: 配水管網における着色ポテンシャルからみた浄水中微粒子及びマンガンの制御目標に関する考察, *環境衛生工学研究*, Vol.32, No.3, pp.106-108, 2018.7

岸本如水, 樽井滉生, 北田純悟, 中西智宏, 浅田安廣, 小坂浩司, 伊藤禎彦: 配水管網における管内環境の形成過程とその制御性, 平成30年度全国会議(水道研究発表会)講演集, pp.410-411, 2018.10

福岡早紀, 伊藤禎彦, 岸本如水: 飲料水供給施設における配水管内環境の制御方法, 平成30年度全国会議(水道研究発表会)講演集, pp.412-413, 2018.10

周心怡, 小坂浩司, 中西智宏, 浅田安廣, 伊藤禎彦: Study on Characteristics of Mn Accumulation on Epoxy-Lining Pipelines in Distribution System, 平成30年度全国会議(水道研究発表会)講演集, pp.948-949, 2018.10

浅見真理, 阿部功介, 越後信哉, 伊藤禎彦, 島崎大, 小熊久美子, 増田貴則, 中西智宏: 小規模水供給システムの維持管理の実態に関する調査, 平成30年度全国会議(水道研究発表会)講演集, pp. 174-175, 2018. 10.

中西智宏, 亀子雄大, 森智志, 藤井宏明, 小坂浩司, 伊藤禎彦: 配水管網における水道水の着色ポテンシャル分布の表示と浄水中微粒子・マンガン濃度の制御目標, 第53回日本水環境学会年会講演集, 2019.3.

福岡早紀, 伊藤禎彦: 小規模水道システムにおける配水管内環境の評価と制御, 第53回日本水環境学会年会講演集, 2019.3.

Mari Asami, Kosuke Abe, Dai Simazaki, Koichi Ohno, Trends In Operation And Management Of Water Supplies With Size And Location Diversity, 2018年9月; 東京. IWA World Water Congress & Exhibition 2018. 639.

阿部功介, 坂倉潤哉, 皆田明子, 越後信哉, 浅見真理, 島崎大, 秋葉道宏. 小規模水供給システムへの導入を考慮した塩素系消毒剤の反応特性の比較; 2018年10月, 福岡. 平成30年度全国会議(水道研究発表会)講演集. p.736-737.

浅見真理, 阿部功介, 越後信哉, 伊藤禎彦, 島崎大, 小熊久美子, 増田貴則, 中西智宏. 小規模水供給システムの維持管理の実態に関する調査. 2018年10月, 福岡. 平成30年度全国会議(水道研究発表会)講演集. p.174-175.

Kumiko Oguma. Responses of health-related microorganisms in water to UV-LED exposures. International UV Association (IUVA) World Congress. 2019年2月, シドニー.

小熊久美子, 紫外線消毒の動向と展望, 第11回 JWRC 水道講座. 公益財団法人 水道技術研究センター. 2019年2月, 東京.

小熊久美子, 水処理における UV 殺菌技術の最新情報, 造水技術シンポジウム 2018. 造水促進センター. 2019年2月, 東京.

小熊久美子. 紫外線を利用した水処理技術の最前線. サイエンスアゴラ, 安全な「水」の科学技術を考えるワークショップ. 2018年11月, 東京.

浅見真理, 阿部功介, 越後信哉, 伊藤禎彦, 島崎大, 小熊久美子, 増田貴則, 中西智宏. 小規模水供給システムの維持管理の実態に関する調査. 平成30年度全国会議(水道研究発表会). 2018年10月, 福岡.

Kumiko Oguma and Surapong Rattanakul. Inactivation of health-related microorganisms in water using UV light emitting diodes (UV-LEDs). International Water Association (IWA) World Congress. 2018年9月, 東京.

Kumiko Oguma. Water supply systems in Japan: Current status and future perspectives. Special Seminar by International Experts. DVGW/TZW. 2018年4月, カールスルーエ.

野坂幸寿, 増田貴則, 高部祐剛, 星川淑子, 鳥取県智頭町の小規模集落における水供給システムの現状と住民意識調査, 平成30年度全国会議(水道研究発表会)講演集, pp.176-177, 2018.

浅見真理, 阿部功介, 越後信哉, 伊藤禎彦, 島崎大, 小熊久美子, 増田貴則, 中西智宏. 小規模水供給システムの維持管理の実態に関する調査, 平成30年度全国会議(水道研究発表会)講演集, pp.174-175, 2018.

3. 総説・解説

伊藤禎彦: 第27回会員集会公演②「人口減少時代における浄水処理-配水システムのトータルソリューション創出に向けて」、水を語る会

講演集(第5号), pp.88-99, 2018.7

Sadahiko Itoh: Importance of the Concept of Self Cleaning Networks in a Depopulation Society, Watershare Newsletter, KWR Watercycle Research Institute, the Netherlands, 2018.12.

4. その他講演等

中西智宏, 周心怡, 岸本如水, 福岡早紀, 亀子雄大, 浅田安廣, 小坂浩司, 伊藤禎彦: 人口減少社会へむけた上水道システムの再構築に関する総合研究「人口減少社会へ向けた上水道システムの再構築と高機能化に関する総合研究」報告会, 大阪広域水道企業団村野浄水場, 2018.7.23

伊藤禎彦: 小規模化が進む上水道システムと研究ニーズ, 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合同セミナー, 京都大学地球環境学堂・大会議室, 2018.8.10

伊藤禎彦: 小規模化が進む上水道システムの再構築に関する考え方と課題, 平成30年度日本ダクタイル鉄管協会九州支部セミナー, 天神クリスタルビル, 福岡市, 2018.9.27

伊藤禎彦: 浄水処理装置・施設に関する課題とニーズ, 「多様な社会・技術に適応した浄水システムに関する研究(A-Dreams)」, 第1研究委員会「将来を見据えたスマートな浄水システムに関する研究」, (公財)水道技術研究センター, 2018.12.14

伊藤禎彦: 水道システムの再構築について, 平成30年度第1回阪神水道企業団経営懇談会, 阪神水道企業団本庁, 2018.6.4

伊藤禎彦, 堀さやか: 水道料金に対する支払意志額を増大させるためのコミュニケーション手法に関する研究, 関西水未来研究会研究提案会, 京都大学 桂キャンパス C クラスタ C1 棟グローバルホール人融, 2018.5.19

増田貴則, 人口減少を考慮した管路更新, 将来の不確実性に対応した水道管路システムの再構築に関する研究成果報告会, 水道技術研究センター主催, 那覇, 2018.5.11.

増田貴則, 水道管路の更新と水道料金値上げについて, 平成30年度ダクタイル鉄管協会セミナー, 日本ダクタイル鉄管協会中国四国支部主催, 広島, 2018.8.30

H. 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

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）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

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
研究分担者	島崎 大	国立保健医療科学院	生活環境研究部
研究協力者	中川 卓哉	国立保健医療科学院	生活環境研究部
	沢田 牧子	国立保健医療科学院	生活環境研究部
	安達 吉夫	国立保健医療科学院	生活環境研究部

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、簡易水道が大規模水道事業体に繰り入れられた場合の調査やその他小規模水供給施設の取組みについて聞き取り調査を実施し、制度上の課題等について整理を行った。その中で、小規模向けの情報共有が必要であることが再確認されたため、小規模水供給システムの手引きのたたき台を作成した。

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 97.9%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で生活する人は全国で約 260 万人存在している。（平成 28 年度末時点水道統計調査より）

水は、人の生命維持や生活に必要な不可欠なものであり、水道のような水供給システムはどのような形態であってもライフラインの一環として欠かせないものである。そのため、水道未普及地域であっても水を供給する施設はなくてはならない存在である。

このような飲料水供給施設（以下、飲供）はもちろん、給水人口が減少している簡易水道（以下、簡水）において、水道・飲供を維持することは極めて難しい状況にあるため、小規模水供給システムのさらなる安全性向上に資することを目的として研究を行うこととした。昨年度の研究で小規模水供給システムにおいては、指導側の体制確保も重要であることが明らかとなったが、小規模水供給システム向けの情報共有のための手引きのような

資料の必要性があることが分かった。そこで、小規模水供給システム向けの情報共有のための手引きについて検討を実施した。

B. 研究方法

水道普及地域における飲用及び生活用水としての水の供給は、水道法に基づく規制により、水道事業者並びに専用水道設置者から安全で安心な水の供給がなされているが、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な飲料水供給施設や飲用井戸等（以下、小規模水供給システムという。）により水を供給する設備を設置しており、これら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がなされているだけの状況である。

また、小規模水供給システムを有する地域は、人口密集地以外の地域に存在しており、顕著な人口減少や過疎化、高齢化、さらには既存施設の老朽化等の様々な問題を抱えている。施設の管理や財政面で小規模水供給システムの維持が困難となる状況が生じており、水道事業で抱える問題よりもよりさしせまった状況に直面している。

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を行った。

水道法の改正等に関連し、小規模水供給システムを改善する方策について検討を実施した。また、簡易水道が大規模水道事業体に繰り入れられた場合の調査やその他小規模水供給施設の取組みについて聞き取り調査及び文献調査を実施し、制度上の課題等について整理を行い、小規模水供給システムの管理や指導を行うための手引きの作成について検討を実施した。

C. 研究結果及びD. 考察

1. 水道法の改正

平成30年12月に水道法の一部を改正する法律が公布された。概要は以下の通りである。そのうち、中小規模の水道事業や簡易水道、小規模水供給システムとの関連性に関わる可能性のある部分を下線で表示した。

「1. 関係者の責務の明確化

①国、都道府県及び市町村は水道の基盤の強化に関する施策を策定し、推進又は実施するよう努めなければならないこととする。

②都道府県は水道事業者等（水道事業者又は水道用水供給事業者をいう。以下同じ。）の間の広域的な連携を推進するよう努めなければならないこととする。

③水道事業者等はその事業の基盤の強化に努めなければならないこととする。

2. 広域連携の推進

- ①国は広域連携の推進を含む水道の基盤を強化するための基本方針を定めることとする。
- ②都道府県は基本方針に基づき、関係市町村及び水道事業者等の同意を得て、水道基盤強化計画を定めることができることとする。
- ③都道府県は、広域連携を推進するため、関係市町村及び水道事業者等を構成員とする協議会を設けることができることとする。

3. 適切な資産管理の推進

- ①水道事業者等は、水道施設を良好な状態に保つように、維持及び修繕をしなければならないこととする。
- ②水道事業者等は、水道施設を適切に管理するための水道施設台帳を作成し、保管しなければならないこととする。
- ③水道事業者等は、長期的な観点から、水道施設の計画的な更新に努めなければならないこととする。
- ④水道事業者等は、水道施設の更新に関する費用を含むその事業に係る収支の見通しを作成し、公表するよう努めなければならないこととする。

4. 官民連携の推進

地方公共団体が、水道事業者等としての位置付けを維持しつつ、厚生労働大臣の許可を受けて、水道施設に関する公共施設等運営権※を民間事業者に設定できる仕組みを導入する。※公共施設等運営権とは、PFIの一類型で、利用料金の徴収を行う公共施設について、施設の所有権を地方公共団体が所有したまま、施設の運営権を民間事業者を設定する方式。

5. 指定給水装置工事事業者制度の改善

資質の保持や実体との乖離の防止を図るため、指定給水装置工事事業者の指定※に更新制（5年）を導入する。

※各水道事業者は給水装置（蛇口やトイレなどの給水用具・給水管）の工事を施行する者を指定でき、条例において、給水装置工事は指定給水装置工事事業者が行う旨を規定。」

また、水道法の一部を改正する法律案に対しては、以下の附帯決議がなされており、相互連携等も求められている。

「政府は、本法の施行に当たり、次の事項について適切な措置を講ずるべきである。

一 水道の基盤強化においては、水道の高い公共性に鑑み、水が国民共有の貴重な財産であることを再認識しつつ、水が健全に循環し、そのもたらす恵沢を将来にわたり享受できることが確保されることを理念として、国、地方公共団体及び水道事業者等の相互の連携を深めること。

二 大規模災害の発生に備え、管路の老朽化への対応及び耐震化の推進等水道施設の整備に万全を期すとともに、施設整備の体制を支える人員及び予算が十分に確保されるよう努めること。また、災害時における速やかな復旧を図るための組織体制、災害対応システム等が十分に整備・運用されるよう、必要な措置を講ずること。

三 水道の基盤強化を図るために、水道事業に携わる人材の確保、技術の継承及び労働環境の改善が必要であることに鑑み、地方公共団体がこれらを実現するために必要な支援を行うこと。特に官民連携を行う

に当たって、この点が重要となることを十分認識し、事業運営に支障を来すことのないよう、総合的な施策を講ずること。

四 経営基盤が脆弱な小規模の水道事業者に対しては、水道の基盤強化の基本的かつ総合的な施策の推進において十分配慮するとともに、必要な支援を行うこと。

五 水道施設運営権の設定については、水及び水道施設が国民共有の貴重な財産であることに鑑み、公共性及び持続性に十分留意したものとなるよう、地方公共団体において検討すべき事項の具体的な指針を本法施行までに明示すること。

六 水道施設運営権の設定の許可に当たっては、地方公共団体においてその運営状況をモニタリングするための適切な体制が確保されているかについて厳格に審査を行うとともに、運営における公共性・公平性・公益性の確保を明確にするための具体的な指標等を示すこと。

七 水道施設の維持管理、修繕及び計画的な更新が、地域の健康資本の基盤として極めて重要であることに鑑み、これらの措置が適切に行われるよう、必要な支援を含めた包括的水道事業システムの構築に努めること。

八 水道の需給バランスの平準化を進める観点等から、水道スマートメーターを含む周辺機器の研究及び開発を促進するため、必要な措置を講ずること。」

(<https://www.mhlw.go.jp/content/000463050.pdf>)

2.水道事業の広域化等の推進（総務省）

水道法改正に合わせて、総務省でも地方財政対策（平成31年度から）が講じられ、広域化事業に「普通交付税」が幅広く措置されるようになった。人口減少や施設の老朽化等に伴い、水道・下水道事業を取り巻く経営環境が厳しさを増す中、持続的な経営を確保する観点から、広域化等の推進及び着実な更新投資の促進を図るため、地方財政措置を講ずることが総務省から示された。（下線部分が主な拡充箇所）

「1. 水道事業

（1） 広域化の推進

① 広域化に係る事業に対する地方財政措置

i) 対象事業

複数市町村における広域化に伴い必要となる施設の整備について、経営統合だけでなく、施設の共同設置や事務の広域的処理等の地方単独事業も対象

ii) 財政措置

地方負担額の1/2に一般会計出資債（交付税措置率60%）、1/2に水道事業債（交付税措置なし）を充当

② 都道府県の広域化に関する計画策定等に要する経費について普通交付税措置

（2） 着実な更新投資の促進

① 水道管路耐震化事業（※）について、期限を平成35年度まで5年間延長

※通常事業分（過去3カ年の事業費の平均）に上積みして実施する事業費に係る地方負担額の1/4に一般会計出資債（交付税措置率50%）、3/4に水道事業債（交付税措置なし）を充当

② ①のうち、経営条件の厳しさを示す指標等が一定水準以上の団体については、上積み事業費に係る地方負担額の1/2に一般会計出資債（交付税措置率50%）、1/2に水道事業債（交付税措置なし）を充当（総務省ホームページ http://www.soumu.go.jp/main_content/000591141.pdf より）

「特別交付税」と違い「普通交付税」は目に見える形で地方公共団体に措置され、普通交付税措置があることで、県や市町村の財政担当部局との予算折衝の中で、予算がつきやすくなると考えられる。広域化だけでなく耐震化でも普通交付税措置がされたため、財政面からも水道事業における広域化・耐震化の推進に弾みがつく可能性があると言われている。

3. 小規模水供給システムの位置づけ

水道とは水道法（昭和32年6月15日法律第177号）により、「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をいう」と規定されている。また、一般の需要に応じて、給水人口が101人以上に水道により水を供給する事業を「水道事業」とし、「専用水道」も合わせて、法第4条で水質基準を定め、水道により供給される水の備えるべき要件を定めている。水道法の水質基準が不適用なものには「小規模水道」や「飲料水供給施設」、「飲用井戸等」など様々ある。ここではそれらについて記述をし、今回の小規模水供給システムの研究における対象を整理する。

小規模水道とは、飲料水健康危機管理実施要領の中で、以下のように定義されている。

「(2)この要領において飲料水とは次の3種のものをいう。

- 1) 水道法に基づく種々の規制が適用される水道事業者、水道用水供給事業者及び専用水道設置者(以下、本要領において「水道事業者等」という)並びに簡易専用水道設置者により供給される水道水(以下、本要領において「水道水」という。)
- 2) 規模が小さいことなどから水道法による国の規制が適用されない1)以外の水道により供給される水(以下、本要領において「小規模水道水」という。)
- 3) 個人が井戸等から汲み上げて飲用する水(以下、本要領において「井戸水等」という。)

上記2)のように定義されているが、各都道府県等により、要領・条例等で定められている場合もある（平成29年度報告書参照）。

小規模な集落水道や飲用井戸、10m³以下の貯水槽を持つ施設等の規模の小さな水道（小規模水供給システム）は、水道法に規定するような画一的な規制措置を加えることが不相当であることから、直接的に水道法の規制はなされていない。

ただし、地方公共団体（都道府県等）がその地域の実情と必要に応じて条例等で規制することは禁止されてはおらず、これらの小規模な水道等に適応する規制措置を条例等で定める場合がある。

このように、法に規定する規模以下の小規模な水道等であっても、人の生活に供する水、

特に飲用とする場合には、飲用水の衛生確保のために水質管理や水質検査、施設の整備・点検等において水道法を準用することが望ましいと考えられており、有害物質等による水源の汚染や不適切な管理を防ぎ、飲用井戸等における飲料水の衛生確保対策を図る目的で、「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）や各都道府県等による条例や要綱等が策定されている。

4. 衛生部局で衛生対策を行う職員の減少

水道事業に携わる職員数・地方公共団体の職員数が減少している。水道統計調査によると、水道事業に携わる職員数は、1980 年頃をピークに現在では 3 割程減少しており、その中でも小規模で職員数が少ない水道事業者が非常に多い。このような小規模水道事業者の多くは、人口密度の低い、都市部以外の市町村であり、立地的に簡易水道や飲料水供給施設も複数抱えていることが多いが、水道事業者に加え、衛生部局で飲用井戸等の衛生対策を行う職員も減少している。また権限移譲により業務範囲が拡大したことにより、専門知識を有する職員が不足している。

少人数で多数の水道事業を維持管理する事業者では、一人当たりの日常業務量は多く、さらに水道種類・施設別の幅広い知識が必要であり、非常に難しい管理体制となっており、近年言われているアセットマネジメントの実施や活用、台帳の整備、耐震化計画や統合計画、今後の水道事業の在り方を検討する時間的・人的余裕がない問題が生じている。

このような状況に加えて、水道事業に携わる職員の多数は、地方公務員であることから、定期的な人事異動が生じる。水道の維持管理や施設の把握等、経験と知識を必要とすることの多い水道分野では、人事異動に伴う技術継承が課題となっている。

その一環として、水道施設台帳の整備による適切な資産管理の推進、広域化により水道事業規模を拡大し合理的な事業運営の実施、官民連携の推進による民間力の活用等、様々な手法が示されており、人口減少社会に突入している中、水道事業者としての転換期を迎えている状況である。

このような問題は、水道事業者や飲用井戸等の指導監督を行う衛生行政の現場でも同様に生じている。全国の水道事業の指導監督は、土木職、化学職、薬剤師、獣医師、事務職等様々な業種の都道府県の職員が担当しており、一部の都道府県では企業部局との人事交流により、水道事業の現場を知る職員が在籍することもあるが、職種柄、都道府県の職員となり初めて水道に携わる者がほとんどである。さらに、地方公務員であることから 2～5 年程度での人事異動が生じる。

専用水道や飲用井戸等の指導を行う市や特別区の職員においても同様であり、多くの市では平成 25 年度の権限移譲により新たに衛生対策の実施を行うこととなったため、より多くの課題がある。中には、一部水道事業者が所管する市や特別区もあるが、多くは衛生部局が所管しており、都道府県よりも専門的な知識を有した職員が少ない状況である。

さらに、先に述べた水道法の改正により、都道府県では、水道事業者等の間の広域的な

連携の推進に関して協議のための広域的連携等推進協議会の設置や、水道の基盤強化のため必要に応じて、関係市町村及び水道の事業者等の同意を得て水道基盤強化計画を定めることができる等、今まで以上に水道行政としてのリーダーシップが求められる時代となった。

このように水道事業においても、衛生行政を所管する都道府県や市・特別区においても、水道関係の職員の育成については同様の課題を抱えており、特に初めて水道に携わる者が水道についての知識を得るための第一歩としての幅広い水道知識の提供を検討していきたい。

5. 要領

水道法以外に、都道府県・市町村又は特別区において個別の条例、要綱等定める場合もあるが、飲用水の衛生確保のため国は要領を策定した。

「飲用井戸等衛生対策要領」（昭和 62 年 1 月 29 日衛水第 12 号厚生省生活衛生局長通知別紙）によると、要領に基づく対策は、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、また、担当部局は、本対策の趣旨に鑑み、衛生担当部局が担当することが適切であるとされており、都道府県等において飲用井戸等の衛生対策の徹底を図ることが期待されている。

「地域の自主性及び自立性を高めるための改革の推進を図るための関係法律の整備に関する法律」（平成 23 年法律第 105 号。以下「整備法」という。）の施行（平成 25 年 4 月 1 日施行）に伴い、専用水道及び簡易専用水道に係る事務課すべての市に移譲されたことを踏まえて、飲用に供する井戸等及び水道法等の規制対象とならない水道の衛生対策についてもすべての市が実施することが適切であるとの判断から、「飲用井戸等衛生対策要領」も改正がなされた。

平成 25 年度施行の権限移譲により、国要領の実施主体の範囲に市が加わり、地元の実態をより把握しやすい体制となったが、市の衛生部局等においても職員の減少や飲用水の衛生関係に携わる専門知識を有した職員の確保や育成が困難な状況にある。

また、小規模水供給システムを有する地域では、人口減少による新たな街づくりの必要性が講じられており、それに伴いライフラインの見直しも考慮されており、これには水道や衛生行政関係の職員以外の関わりが多くあることが考えられる。

このような背景から、小規模水供給システムを維持し続けるための対策の一環として、水道に関する知識を得て、様々な方面からの協力により衛生的な水供給システムを維持し続けるための人づくりが必要であると考えられた。その手助けとなるよう「小規模水道の手引き（案）」等の作成を検討した。（別添 1）

6. 小規模水供給システムに対する財政的な問題

感染症予防の観点から制定された水道法であるが、公衆衛生の向上に寄与するための水

道の普及、水道事業の拡張期を過ぎ、現在、国（厚生労働省等）を中心とした水道行政の取り組みは、人口減少・使用水量の減少となった水道事業に対しての水道事業の基盤強化のための取り組みが主となり、公共の福祉としての色が強い小規模水道に対する施策には乏しい状況にある。

従来の水道法の目的として、水道法は、水道の布設及び管理の適正、合理化等を図ることで「清浄にして豊富低廉な水の供給を図り」、それにより「公衆衛生の向上と生活環境の改善とに寄与する」ことを目的として必要な措置が規定されているものであり、水道の未普及地域に対する対策についても、従来の未普及対策以外の給水手法も検討しながら、並行して取り組んでいく必要があると考える。

7. 多様な給水方法の検討、地域の実例

現在の日本においては、人口減少に伴う給水人口や料金収入の減少、水道施設の更新需要や耐震化による費用の増大による水道事業経営の悪化、また、水道事業に携わる職員の減少など、水道を取り巻く環境が非常に厳しくなっている。

このような状況の中、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が必要であることから、厚生労働省水道課では「人口減少地域における多様な給水手法の検討に関する調査（平成30年3月）」がなされた。

この中では、小規模な集落であっても、飲料水などの生活用水は必要不可欠であることから、地域の実情に応じて従来の給水方式と水道によらない多様な給水方式を検討し、導入に際しては、地元合意や運搬方法、給水水質等の様々な課題についても取り組みを進めていく必要があるとされており、いくつかの条件抽出による検討がなされ、様々なケーススタディが示されている。

小規模集落であっても衛生的な水の供給を維持していく必要があるため、従来の小規模水供給システムの手法に限らず、多様な給水手法も含めて検討を行う必要がある。

以下に、多様な給水手法について、検討または導入を行った事例を紹介する。

（1）多様な給水手法の検討（平成30年度全国会議（水道研究発表会）平成30.10）

（広島市）

広島市では、既存の配水施設から遠く離れた山間部に居住する給水区域内水道未普及地域への給水を行うために、様々な手法の検討がなされている。

多様な給水手法の検討として、水道施設からの距離・高低差・計画給水人口から7つのモデル地区を選定し、各種給水手法（①通常の施設整備（上水道との接続）、②浄水場（膜ろ過）の新設、③拠点井戸の掘削（深井戸、塩素消毒のみ）、④配水池への運搬給水（給水タンク車使用）、⑤各戸運搬+自家用井戸（飲用；ウォーターサーバーを設置し各戸運搬給水、生活用；自家用井戸））の比較検討が行われた。

算定期間を60年間とした上で費用比較を行った結果、7地区中4地区が⑤各戸運搬+

自家用井戸の方法が安価となったが、給水人口が多い場合やモデル地区までの距離が遠い地区では運搬給水のランニングコストが大きくなることから、運搬給水以外の方法が安価な手法となった。

今回選定したモデル地区のような水道が未整備の地区においては、小学校等の公共施設の廃止や移転が行われやすく、今後人口減少が急速に進むことも考えられ、水道施設の整備を行うと、非効率な施設運用を強いられる可能性がある。

各戸運搬給水の手法を取り入れることにより、水道施設の整備無しで早期に水道未普及地域への給水を行うことが可能となる。また、定期的な運搬を行うことから、付加価値として高齢者単身世帯等の見守り活動等にも貢献できる。これらのことから、「各戸運搬+自家用井戸」は有効な手法であると考えられる。

ただし、課題として、給水タンク車の事故等による運搬経路の寸断等も考えられ、給水の確実性の面で不安が残るため、予備のボトル水配布や、24時間運搬給水対応等バックアップ体制の検討が必要である。また、運搬給水による給水の導入には、住民の合意が必要であり、合意形成に向けての課題も多い。

給水区域内にある水道未普及地区においては、現在のところ井戸の枯渇や水質悪化は確認されていないが、給水区域内であるため、給水要望があった場合には応じる必要が生じる。給水を行う場合には、今回のように地区までの距離や高低差、計画給水人口を加味した上で多様な給水手法を検討する必要があるが、今回の検討で有効な給水手法として考えられる「各戸運搬+自家用井戸」の手法は水道法適用外の取り組みとなるなど多くの解決すべき課題が存在するため、今後、国による水道普及のあり方についての検討を注視するとともに、運搬給水の民間委託、井戸の掘替えに対する補助制度の新設等を含め、多様な給水手法について検討を進めていきたいとしている。

(2) 小規模集落における運搬給水の実施（平成30年度全国会議（水道研究発表会）平成30.10）（宮崎市）

宮崎市では、平成20年度に策定した「簡易水道統合計画書」に基づき、簡易水道事業と飲料水供給施設を上水道に統合することとした。平成28年度までに施設統合又は経営統合を行う計画としていたが、一部の飲料水供給施設においては、遠隔地に存在し、かつ、給水人口10人以下と極めて少ない小規模集落であったことから、統合の整備方針を再検討し、計画の見直しを行うこととなった。

結果として、上水道配水施設から給水タンク車により、飲料水供給施設の既存の配水池へ定期的（週3~4回）に水を運搬し、需要者へ配水するといった運搬給水を行うこととなった。

このような運搬給水方法は、水道法第3条第1項における「水道」の定義には該当しないことから、水道事業とは分け、市長部局所管の小規模給水施設として一般会計での運用をしている。また、運搬給水は、施設を所管する市長部局の事務併任を受けた上下水道局職員が行っている。

運搬給水にあたっては、安全安心な水を供給するため、配水池への補水時に、管路内の水を末端で放水して水の入れ替えを行い、加えて、補水前後には配水池並びに末端で水質（残留塩素、pH、味、臭い、色、濁り、水温等）の確認を行っている。また、配水池の清掃も実施（1回／年以上）し、水道法で定める水質基準に適合した水の供給を行っている。今回のケースでは、運搬給水と水道事業統合による経費の比較をしたところ、給水車の更新（5年更新）を含めても、運搬給水の方が安価であった。

運搬給水導入においては、導入に際しての地元調整や給水車の購入等の費用面、配水池の管理・運搬を行う職員の確保、水質管理等様々な課題が生じるが、管路・施設の老朽化や人口減少による問題を抱える地域、特に小規模集落における水供給については、宮崎市が導入した運搬給水は、良好な手段であった事例である。

（3）東海地方 S 市の事例

東海地方 S 市では、市町村合併による市域の拡大により簡易水道及び小規模水供給システムが 170 件に上り、それぞれの状況の把握が非常に困難であった。平成 29 年度には沢水を原水とする簡易水道における濁水により由比町で断水が起こるなどの課題があり、実態の把握が急務となった。静岡市保健所では水道経験者の嘱託職員を増やし、全体の調査を行うとともに、緊急性の高い施設から、更新、統合を進めていくこととなった。給水人口は 30 人程度のところも多く、市の補助事業の予算も限られていることから、優先順位の高いところから順に現地に適した技術と更新を実施している。沢水もかつてより水量が減っている場合があり、適切な取水の確保も重要である。

（4）東海地方 H 市の事例（平成 29 年度報告）

小規模水供給システムを所管する部局は市町村の衛生部局であることが多く（小さな自治体では水道法が適用される水道と共に所管されることも）、水道における技術的なノウハウは水道部門が持っている事が多く、衛生部局が非常に苦勞するところである。そのため、衛生部局から、水道局へ事務委任している例もある。東海地方 H 市において水道法によらない飲料水供給施設や水道未普及地域については東海地方 H 市上下水道局が市の衛生部局から事務委任されている（事務委任の整理については平成 29 年度別紙）。

（5）松江市の事例

事務委任を行っていた施設を含めて、簡水統合を行い、大きな水道事業体と一つになった松江市のような例もある。松江市は平成 17 年、松江八東 8 市町村による合併が行われ、全ての簡易水道、飲料水供給施設等について松江市長が水道事業管理者に事務委任し、市内の水道事業は一体的に松江市水道局（現：松江市上下水道局）で運営されることとなった。厚生労働省は、平成 19 年 6 月に簡易水道の統合を促進する目的で、国庫補助の制度を一部改正した。松江市においては、それに対応する形で、簡易水道の施設整備計画の見直しを行った。水道事業全体を考えた場合、上水道と簡易水道の統合は合理性があり、安定給水の確保をはじめ、スケールメリット活かした施設の統廃合や維持管理の効率化が期待されたため、松江市は統合を行うこととした。

このように統合を行う事でのメリットがある場合の統合は進んでいくが、一方にとっての不利な条件が大きく出てしまうような統合は進んでいない。たとえば、料金格差や、施設レベルの差である。こういった課題を解決していくためには事業者間の話し合いや、国、都道府県による、更なる統合の推進に向けた、施策誘導的な制度設計などが必要とされる。

(6) 香川県の事例

平成 30 年 4 月より給水開始が予定されている香川県一水道（仮称）8 市 8 町の統合であり、それぞれの市町に多くの簡易水道が存在している。これらの水道施設のレベルは様々であるが、10 年後の施設レベル統一に向け、それぞれの市町ごとに料金を設定することで市町間の不平等感を無くす取組を行っている。香川県については、広域連携に関する国庫補助金を利用した。

(7) 東北地方 S 市の事例

平成 30 年度に訪問し、実地調査を行った東北地方 S 市では、平成 13 年度の上水道事業への統合に先立ち、消毒のみの簡易水道を 100 軒に配水する施設と 50 軒に配水する施設を UF 膜ろ過施設へ更新した。職員年 2 回と業者が年 2 回点検を行うが、通常は外部委託により週 3 回（月水金）の定期巡回を委託し、無人で、残塩と濁度のみ遠隔監視を実施している。非常災害用浄水装置を恒久施設として導入、建屋に既存の市販の物置を利用するなど効率化を図っていた。上水道に統合され、立地的にも上水道事業から管理できる、湧水を自然流下またはポンプアップで利用できる場合は、上水道とほぼ同様の管理が行われており、安全面でも十分な体制がとられている。このような事例は好例と考えることができる。

8. 水質検査上の課題（水質検査の簡略化可能性）

水質検査については水道法第 20 条に、「水道事業者は、厚生労働省令の定めるところにより、定期及び臨時の水質検査を行わなければならない。」とある。

昨年度も述べたが、この水質検査実施については、厚生労働省令第 15 条において規定されている水質検査項目の各水道事業者における省略可能項目や検査頻度の把握、水質検査の実施機関（委託先等）の選定等、水道事業者であっても様々な課題を有している。特に小規模水道事業者においては、毎事業年度の前に行う「水質検査計画」の策定にあたっては独自で種々の課題を反映させることは難しいため、都道府県行政や検査の委託先である 20 条機関からの情報提供や、検査体制の見直しを含めて水道事業者同士の広域連携も踏まえた協力体制の整備も必要であると考ええる。

飲供や飲用井戸等の小規模水供給システムを有する場合にあつては、水道法の水道に該当する場合もあるが、水質検査の実施等の実質上の規制はかからないため、厚生労働省では、飲用井戸等衛生対策要領（以下、国要領とする。）の通知を発出し、都道府県等に指導している。また、都道府県等は独自に条例や要綱等を設けて検査の実施を指導していることが多い。

国要領で示される定期及び臨時の水質検査項目は、一般細菌、大腸菌、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素、塩化物イオン、有機物（全有機炭素（TOC）の量）、pH値、味、臭気、色度及び濁度の11項目とトリクロロエチレン等の有機溶剤その他水質基準項目のうち周辺の水質検査結果等から判断して必要となる事項に関する水質検査を行うこととされているが、多くの場合11項目の水質検査を年一回実施しており、他に必要とする項目がないか、十分に検討されていない場合がある。

また、水源の立地や施設の老朽化等の問題から、一般細菌や大腸菌が検出されるケースが見られ、クリプトスポリジウム等に関する検査や対策を実施する必要がある場合もある。大腸菌が検出されるような施設ではクリプトスポリジウムの検査を行うより、ろ過や消毒等の対策の方が優先される必要があるが、実態把握が難しく、費用や仕組み上取り組みに時間がかかる。

一方で、十分に清澄な水源でも検査の省略の判断が難しい。

どのような場合にあっても、小規模水供給システムを有する管理者にあっては水質試験の検査費用の負担がかなり大きい。「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報告書(厚労省)」によると、年間の水質検査費用として約60万円（通常の水質検査51項目）が計上されている。この負担を軽減させるために検査費用を補助する取り組みを行っている自治体もあるが、全国的には、ほとんどの小規模水供給システムを有する管理者が、自己負担のみで水質試験の検査費用を捻出している。

今後の持続可能な水供給システムを考えると水質が安定していれば、その管理者に対して水質検査項目の更なる省略や検査回数の減が出来るような仕組みづくりが必要であると考えられ、逆に、大腸菌やクリプトスポリジウム等の健康被害が生じるリスクを有する場合は、施設整備の相談を容易に行うことの出来る体制づくりが必要と考えられる。

9. その他制度上の課題等

水道法上における事業の休止及び廃止を行い、新たな小規模水供給システムの整理も必要であるため、制度を整理する必要もある。更に、認可において、給水区域の見直しや浄水処理方法の変更などを行い易いようにし、管理者の負担を減らすという課題もある。

E. 結論

昨年度に引き続き、事例等を整理することで、小規模水供給システムの位置づけ（衛生管理状況）及びその課題を整理することが出来た。また、特に小規模水供給システムを直接指導する立場の地方の市町村の衛生部局担当者向けの手引き等の必要性が高いことから、その素案を作成することとして項目等の見当を行った。地域ごとでも課題や解決方法が異なるため、今後も情報共有が極めて重要である。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

・ Mari Asami, Kosuke Abe, Dai Simazaki, Koichi Ohno, Trends In Operation And Management Of Water Supplies With Size And Location Diversity, 2018 年 9 月; 東京. IWA World Water Congress & Exhibition 2018. 639.

・ 阿部功介, 坂倉潤哉, 皆田明子, 越後信哉, 浅見真理, 島崎大, 秋葉道宏. 小規模水供給システムへの導入を考慮した塩素系消毒剤の反応特性の比較; 2018 年 10 月, 福岡. 平成 30 年度全国会議 (水道研究発表会) 講演集. p.736-737.

・ 浅見真理, 阿部功介, 越後信哉, 伊藤禎彦, 島崎大, 小熊久美子, 増田貴則, 中西智宏. 小規模水供給システムの維持管理の実態に関する調査. 2018 年 10 月, 福岡. 平成 30 年度全国会議 (水道研究発表会) 講演集. p.174-175.

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>

その他小規模水供給システムに関する水道手引き案を添付する。ただし、内容については、今後精査が必要である。

<参考文献>

- 1) 厚生労働省健康局, 新水道ビジョン, 平成 25 年 3 月
- 2) 社団法人 日本水道協会, 平成 26 年度水道統計 施設・業務編, 2016
- 3) 全国簡易水道協議会, 平成 26 年度全国簡易水道統計, 2016
- 4) 渕上和弘, 貯蔵時における次亜塩素酸ナトリウムの品質管理, 水道協会雑誌, 第 864 号, 10-24, 2006.
- 5) 厚生労働省医薬・生活衛生局水道課, 全国水道関係担当者会議資料, 平成 30 年 3 月 8 日
- 6) 厚生労働省医薬・生活衛生局生活衛生・食安全部水道課, 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, 平成 29 年 3 月

小規模水道の手引き

～水道の仕組みや管理から新しい研究事例まで～

(案)

目次

- 1 水道とは
 - (1) 水道の種類 ; 概要、水道法適用、分類
 - (2) 水道の状況 ; 普及率、今後予測、未普及人口の数
 - (3) 水道水源の種類 ; 種類、特徴
 - (4) 浄水処理方法 ; 各種処理方法の紹介と特徴
- 2 小規模水道における課題
 - (1) 概要と分類 ; 未普及人口からみた小規模水道等の割合
 - (2) 全国の小規模水道の規制等一覧 ; 厚労省データ (担当者会議資料)
 - (3) 維持管理の現状と課題 ; 天候、後継者不足、金銭的問題
- 3 小規模水道施設の状況
 - (1) 主な水源の種類
 - (2) 主な水道施設 (浄水、配水施設)
 - (3) 消毒の方法 (塩素消毒、その他の消毒方法)
 - (4) 病原生物、耐塩素性原虫
- 4 小規模水道施設での課題
 - (1) 施設管理
 - (2) 水質と塩素消毒
 - (3) 水質検査 ; 項目、登録検査機関
 - (4) 水の色、物質 →原因、処理方法
 - (5) 清涼飲料水との違い (検査項目等)
- 5 財政上の課題
 - (1) 補助制度 (地方自治体の補助事例も含む)
 - (2) 自治体の取り組み
- 6 小規模水道の実例 ; これまでの調査地等、現在の検討事例 (代替手法等も含む)
- 7 新たな技術や管理方法 ; 先生方の今回の研究知見 (→提供可能な範囲)
- 8 最近の水道技術 ; 技術、製品 PR? (→今後検討)

- ・対象者は→市町の衛生部局担当者
水道実務経験者
市町村で飲用井戸等相談受ける場合
小規模水道設置者
- ・内容は→簡易版+詳細版の二部制 (もしくは簡易版+QA方式)

1 水道とは

(1) 水道の種類

水道法は、水道の管理の適正、合理化等を図ることで「清浄にして豊富低廉な水の供給を図り」、それにより「公衆衛生の向上と生活環境の改善とに寄与する」ことを目的として必要な措置が規定されており、そのために負うべき国、地方自治体や水道事業者等及び国民の責務が規定されている。

しかしながら、小規模な集落水道や10m³以下の貯水槽を持つ施設等の規模の小さな水道は、水道法に規定するような画一的な規制措置を加えることが不相当であることから、直接的に水道法の規制はなされていない。

ただし、地方公共団体（都道府県等）がその地域の実情と必要に応じて条例等で規制することは禁止されてはおらず、これらの小規模な水道等に適応する規制措置を条例等で定める場合がある。

このように、法に規定する規模以下の小規模な水道等であっても、人の生活に供する水、特に飲用とする場合には、飲用水の衛生確保のために水質管理や水質検査、施設の整備・点検等において水道法を準用することが望ましいと考えられており、有害物質等による水源の汚染や不適切な管理を防ぎ、飲用井戸等における飲料水の衛生確保対策を図る目的で、「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）や各都道府県等による条例や要綱等が策定されている。

これらを踏まえて、水道の区分は下記のとおりとなる。

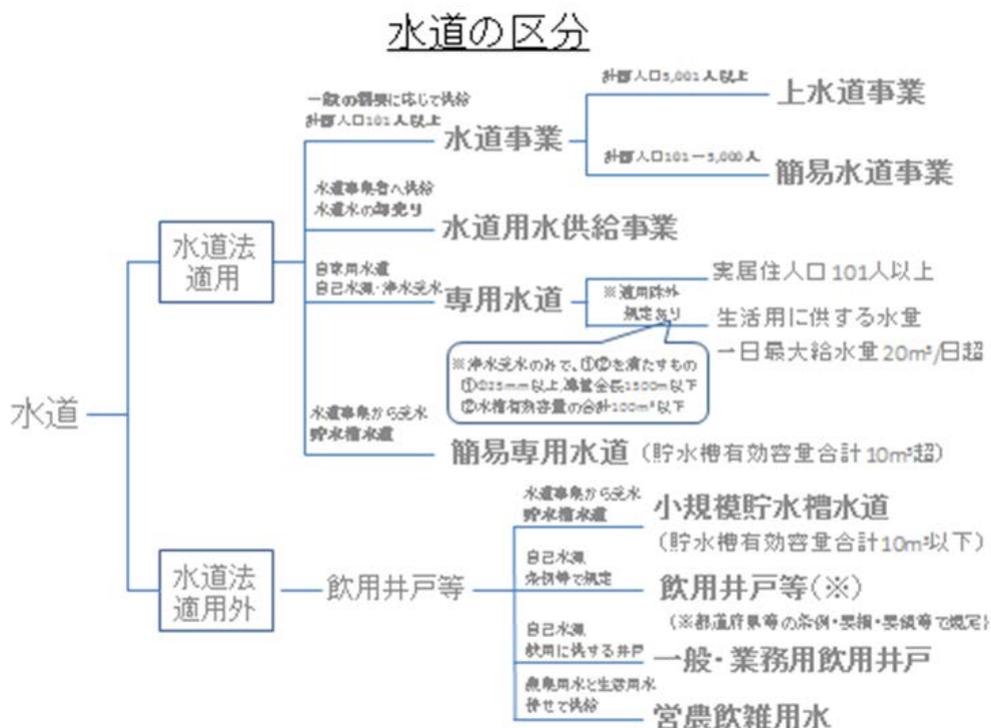


図 水道の区分

(1) 水道法に基づく規制の対象となるもの

分類は大きく最終需要者（蛇口）まで供給する「末端給水」を行う水道と、行わない水道に区分され、末端給水を行う水道のうち一般の需要に応じるものか否かでさらに区分される。

①水道事業（末端給水あり／一般需要あり）

一般の需要に応じて水道により、住民等の最終需要者へ水を供給（末端給水）する事業を水道事業といい、慣用的に末端給水事業ともいわれる。水道法 3 条 2 項の定めにより、計画給水人口が 100 人を超えるものがこれに該当し、計画給水人口 100 人以下の小規模な水道は、水道法の対象から除かれる。

水道事業は、主に市町村の水道部局（近年は上下水道部局の場合も増えている。）が、法 6 条 1 項の認可を受けて水道事業者として経営する事業であり、地方公共団体が経営する場合は地方公営企業となる（簡易水道を除く。）。また、水道事業を経営する者を、慣用的に水道事業体ともいう。

なお、水道事業の経営については、法 6 条 2 項の定めにより、市町村経営の原則があるが、市町村の同意が得られた場合はこの限りではない。

★ポイント「主な水道用語」（法 3 条）【参考；水道法逐条解説、水道用語辞典】

「水道」；導管及びその他の工作物（取水、貯水、導水、浄水及び配水のための導管以外の施設）により、水を人の飲用に適するものとして供給する施設の総体。

ただし、工事の際の仮設給水施設や災害時の応急給水施設等、短期的に臨時に施設されたものは除かれる。

「水道事業」；一般の需要に応じて「水道」により水を供給する事業。末端給水を行う。

計画給水人口が 101 人以上のものが水道事業に該当する。

「一般の需要に応じて」；不特定多数の需要者に対して、申込みに応じて水を供給するもの。

(a)上水道事業

水道事業のうち、計画給水人口が 5,001 人以上である水道により水を供給する事業。

「上水道事業」とは法令上の用語ではなく、厚生省通知（「水道法の施行について」昭和 49 年 7 月 26 日付け環水 81 号水道環境部長通達）により、簡易水道事業以外の水道事業を指す慣用的な用語である。

(b)簡易水道事業

水道事業のうち、計画給水人口が 101～5,000 人である水道により水を供給する事業。簡易水道とは、施設が簡易という意味ではなく、計画給水人口の規模が小さいものを「簡易」と規定したものである。

なお、規模の小さな水道事業であることから、会計制度や水道技術管理者の資格、

消火栓設置についての特例（法 25 条）が設けられているが、その他水道の施設基準や水質基準等は水道事業として順守しなければならない。

★ポイント「水道事業の近年の問題点」

近年人口減少や使用料減少に伴う料金収入減少、施設の老朽化に伴う施設更新需要により経営状況が厳しい事業者が多数ある。このため、近年、簡易水道と上水道事業の統合や水道事業者同士の広域連携、第三者委託をはじめ DBO や PFI、コンセッションといった様々な手法で官民連携の推進を行い、事業基盤の強化を図る取り組みを進めようとしている。

②水道用水供給事業（末端給水なし）

水道により、水道事業者に対して人の飲用に適する水（浄水）の卸売りを行う事業。用水供給事業では、末端給水は行わず、供給する相手方は水道事業者に限られる。

なお、原水を供給するものはこれに該当せず、また、浄水を供給する場合であっても、水道事業者又は専用水道の設置者が他の水道事業者に分水する場合も例外となる。水道事業と同様に、地方公共団体が経営する場合は地方公営企業である。

★ポイント「主な水道用語」（法 3 条）【参考；水道法逐条解説、水道用語辞典】

「げんすい原水」；浄水処理する前の水。水道原水として、大別して地表水と地下水があり、地表水としては河川水、湖沼水、貯水池水が、地下水には井戸水や伏流水などがある。

「じょうすい浄水」；表流水や地下水等の原水を浄水処理した水で、水道法で定められた水質基準に適合する飲用に適した水のこと。

「ぶんすい分水」；水の分与を主たる目的としない場合で、水道用水の供給を一時的に行うものをいう。この分水を恒常的に行う場合は、分水ではなく用水供給事業に該当する。

③専用水道（末端給水あり／一般需要なし）

寄宿舎、社宅、マンション、療養所、養老施設、商業ビル、レジャー施設等において水道の設置者が居住者等に供給する自家用の水道やその他水道事業の用に供する水道以外の水道で、法や政令で定める規模を超えるもの。

なお、専用水道における水道施設とは、水道のための取水、貯水、導水、浄水、送水及び配水施設をいい、水道事業とは異なり配水施設に給水の施設も含むものとし、設置者の管理に属するものをいう。ただし、建築物基準法により別途規制されている建物内にある部分は除く。

★ポイント「主な水道用語」（法 3 条）【参考；水道法逐条解説、水道用語辞典】

「自家用の水道」；水道の設置者が自らの用に供する水道のこと。

「その他水道事業の用に供する水道以外の水道」；

一般の需要に応じて水を供給する水道事業の概念に当てはまらない水道の全てを指し、計画給水人口 100 人以下の小規模な水道もこれに該当する。

(a)専用水道の適用要件

下記のいずれかに該当するもの。(i)か(ii)に該当する場合は専用水道)

(i)100人を超える者にその居住に必要な水を供給するもの

- 実居住人口が常時100人を超える居住者へ供給するもの。
- 飲用、炊事、洗濯等、継続的な日常生活を営むために必要な水を供給するもの。
- 居住者が常時100人以下となる場合は該当しない。
- 病院や旅館等で短期間の入院・宿泊といった一時的な滞在となるものは居住には該当しない。(居住とは、継続的であること。)

(ii)水道施設の一日最大給水量が20m³を超えるもの

- 基準となる水量は、人の飲用、炊事用、浴用等、人の生活の用として使用する水量に限定。
- その水道施設で1日に供給することができる最大の水量が20m³を超えるもの。
- 事業用、営業用等、人の生活の用以外の用途の施設容量を区分できる場合は、その分を除外しても支障ない。

(b)専用水道の適用除外の基準

上記(a)の(i)又は(ii)に該当する場合であっても、以下の基準を両方満たす場合は、専用水道としての水道法の規制からは除外される。

(i)水源とする水が全量浄水受水の場合

- 他の水道から供給を受ける水のみを貯水槽に受け、その水のみを水源として施設内に供給するもの。
- 浄水受水に加えて、自己水源の浄水を補充的に供給する場合は適用除外にはならない。

(ii)水道施設の地中又は地表に施設されている部分が一定規模以下の水道の場合

- 貯水槽以降で口径25mm以上の配水導管の全長が1,500m以下、かつ、貯水槽の有効容量の合計が100m³以下であるもの。
- 導管延長及び水槽容量の算定に当たっては、通常地表からの浸水等による汚染影響を受けない高架施設の部分は適用除外基準の算定に含めない。
(消毒済みの水のみを受け入れ、汚染の恐れが少ないと見なし得る施設であるため、支柱等により高く設けられた導管や六面点検可能な受水槽は算定除外。)

★ポイント「専用水道適用除外規定の根拠通知」

【水道法の施行について(平成14年3月27日健水発第0327001号)】

第1-4「専用水道の適用除外の施設に関する基準は、地中又は地表に設置される水道施設が当該基準に該当するか否かで定まるものであって、地表から汚染を受けない高架施設を除外する趣旨により規定されたものである。」

④簡易専用水道

水道事業や専用水道以外の水道で、水道事業から供給を受ける水のみを水源（浄水受水）とし、その水をビルやマンション等に設けられた貯水槽設備に受け、施設内に給水する施設を貯水槽水道いう。

この受水のための水槽の有効容量の合計が 10m³を超えるもの簡易専用水道をいい、貯水槽容量 10m³以下のものはいわゆる小規模貯水槽水道となり、水道法の適用からは除かれる。

簡易専用水道の施設は給水の施設のみであり、水道施設（法 3 条 8 項）や給水装置（法 3 条 9 項）には該当しないため、施設基準や給水装置の構造及び材質に係る規定は適用されないが、建物内に設ける給水の配管設備は建築物基準法等の規定が適用される。

なお、水道事業から供給を受ける水のみを水源とするものであって、水槽の規模によらず、貯水槽を設置している建物内水道の総称、つまり簡易専用水道と小規模貯水槽水道の総称として、平成 13 年度の水道法の改正により「貯水槽水道」が定義された（水道事業及び専用水道は除く）。

ただし、貯水槽水道の定義は、簡易専用水道と異なり、給水規定（給水条例）上の定義であり、水道法に基づく規制対象としての定義ではない。

水道水の衛生的で適正な管理を図るため、水道事業者は、貯水槽水道の衛生確保等の責任関係を供給規定（水道事業者と水道需要者との給水契約の内容）において明確化するよう水道法で規定されており（法 14 条 2 項 5 号）、貯水槽水道の設置者は、供給規程で定められた要件を順守する必要がある。

★ポイント「簡易専用水道規定の趣旨」

ビル等に設置された貯水槽を経てビル等内部の各施設に給水する方式である場合、貯水槽に給水するまでは水道事業として法規制を受けるが、貯水槽以下については、専用水道に該当しない限り、法適用対象外であった。昭和 32 年の水道法制定時は、設置者の自主的な管理に委ねることが適当と判断されたためである。

しかし、産業発展や人口の都市集中により、建物の大型化や高層化が進み、都市部の多くの人を使用する水が、規制を受けない水道によって供給される事態となった。

しかも、貯水槽以下の水道管理が不適當で、給水する水に水質異常が生じる等の事例が多くみられるようになり、ビル等の水道利用者の保護を図る目的で、従来、法規制の対象外とされてきた設備について、昭和 52 年の法改正により、一定規模以上のものを簡易専用水道として新たにその管理等を法規制の対象とした。

★ポイント「簡易専用水道の規制の流れ」

- ・水道法の一部を改正する法律（昭和 52 年 6 月 23 日法律第 73 号）
- ・水道法の一部改正について（昭和 52 年 10 月 22 日環第 636 号）
⇒簡易専用水道の規制等の創設（S53.6.23 施行）
- ・水道法の一部改正に伴う簡易専用水道の規制等について
（昭和 53 年 4 月 26 日環水第 49 号）
⇒簡易専用水道の適用除外や管理基準等の定め（対象；受水槽有効容量 20m³ 超）
- ・水道法施行令の一部改正について（昭和 60 年 12 月 18 日衛水第 191 号）
⇒簡易専用水道の範囲の拡大（対象；受水槽有効容量 10m³ 超）

(2) 水道法の規制の対象とならない水道

小規模な集落水道や 10m³以下の貯水槽を持つ施設等の規模の小さな水道は、水道法に規定するような画一的な規制措置を加えることが不相当であることから、直接的に水道法での規制はなされていない。

しかしながら、飲用水の衛生確保のためには、水質管理や水質検査、施設の整備・点検等において水道法を準用することが望ましい。

なお、有害物質等による水源の汚染や不適切な管理を防ぎ、飲用井戸等における飲料水の衛生確保対策を図る目的で、「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）や各都道府県等による条例や要綱等が策定されている。

★ポイント「飲用井戸等衛生対策要領の実施」

- ・飲用井戸等衛生対策要領の実施について（昭和 62 年 1 月 29 日衛水第 12 号）
〔一部改正 平成 26 年 3 月 31 日健発第 0331 第 30 号〕
- ・飲用井戸等衛生対策要領の留意事項について（昭和 62 年 1 月 29 日衛水第 13 号）
〔一部改正 平成 19 年 11 月 15 日健水発第 1115002 号〕

①小規模貯水槽水道

簡易専用水道と同様に、水道事業から供給を受ける水のみを水源（浄水受水のみ）とするビルやマンション等に設けられた貯水槽設備で、この受水のための水槽の有効容量の合計が 10m³以下のものをいう。また、飲用井戸等衛生対策要領では小規模受水槽水道ともいわれる。

なお、簡易専用水道と同様に貯水槽水道の分類でもあるため、水道水の衛生的で適正な管理を図るため、貯水槽水道における衛生確保等の責任関係を定めた供給規定（給水条例）（法 14 条 2 項 5 号）を順守する必要がある。

②飲用井戸等（条例、要綱、要領等による規制有りの施設）

飲料水を供給する一般及び業務用飲用井戸等（以下、飲用井戸等）の給水施設であって、水道法の適用を受けないものをいい、計画給水人口が 100 人以下で水道事業に該当しない小規模な水道や、専用水道に該当しない規模の自家用等の水道も飲用井戸の位置づけとなる。

地方公共団体が法に規定する規模以下の水道等について、その地域の実情と必要に応じて、条例等で規制することは禁止されていないため、特に、飲用井戸等に対して、都道府県、市町村又は特別区（以下、都道府県等）が、条例や要綱、要領等により井戸等水道施設の衛生確保等のために必要な事項を定める場合がある。

この条例等の制定有無や対象施設等の規制内容は都道府県等により異なるが、主に、飲用水を供給する井戸等の施設の衛生確保を図り、利用者の健康を保護する目的で、施設の布設並びに管理、水質汚染時の措置等について定められている。

このため、飲用井戸等を設置する場合は、各自治体の条例等を確認する必要がある。

③一般・業務用飲用井戸

飲料水を供給する一般及び業務用飲用井戸等の給水施設であって、水道法や都道府県等の条例等の適用を受けないものをいう。

(a)一般飲用井戸

個人住宅、寄宿舍、社宅、共同住宅等に居住するものに対して飲料水を供給するための施設。

(b)業務用飲用井戸

官公庁、学校、病院、店舗、工場その他の事業所等に対して飲料水を供給するための施設。

④営農飲雑用水施設

営農飲雑用水施設は、家畜の飼養、病虫害防除、育苗、農産物及び農業用機械の洗浄等のための営農用水を主として、衛生的かつ近代的な農村生活を営むための生活用水等の供給を併せて行う施設のこと。農村地域では、居住者の飲用水から畑作酪農の管理用水などの広範囲に使用することのできる良質の用水が求められている。

★ポイント「その他の分類～飲料水供給施設～」

簡易水道等施設整備費国庫補助金及び生活基盤施設耐震化等交付金の制度上定義されたものであり、50 人以上 100 人以下の給水人口に対して、人の飲用に供する水を供給する施設等の総体をいう。

（地下水等汚染地区にあっては、対象とする給水人口はこの限りではない。）

補助等の事業対象となる施設は、市町村（一部事務組合含む）が経営するものに限られる。

水道水源には大きく分けて地表水（表流水）と、地下水があり、また、特殊な例として、離島や淡水が不足する地域の都市などでは、海水を淡水化し飲み水とする場合もある。

水道用水源は、現在及び将来においても需要に対して必要な計画取水量を常時確保できる等量的に安定していること、また水質が水道用として供するにふさわしい良好で汚染のおそれが少ないものであること、この二つの条件を満足することが望ましい。

水道水源の種類及び各水源の特徴は以下のとおりである。

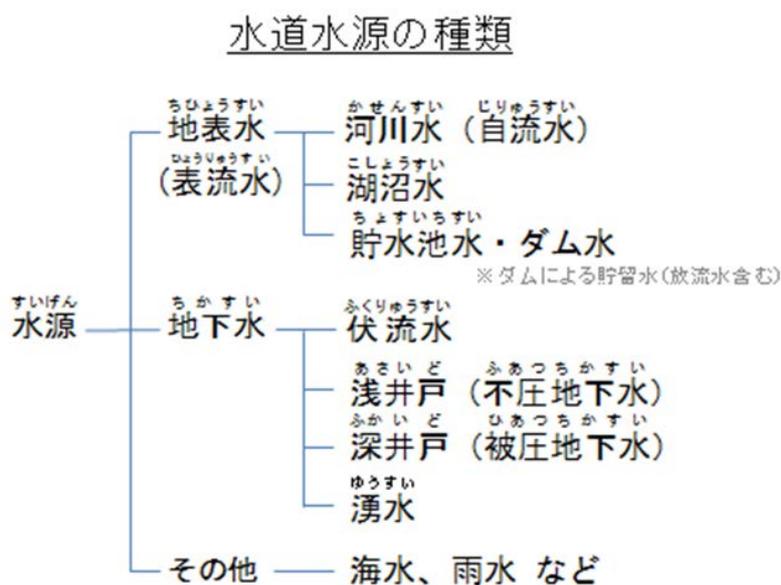


図 水道水源の種類

(1) 河川水

河川水は、取水が容易で比較的多量の取水が可能な優れた水道水源の一つであるが、河川流量は降水量の季節的变化、地形や地質などの自然条件により大きく影響を受ける。特に、日本の降雨量は季節的、地域的に大きな差があるため、河川水は時期により流量や水質の変動が大きく、年間通じて平均的な水量を取水し続けることが難しい。また、水質の点では、降雨により濁度、色度が大きく変動し、特に台風時などは高濁度が発生することがある。加えて、河川は河川流域から流れ込む都市排水や農業排水等の影響を受けるため、特に、下流域では汚染の可能性があり注意が必要である。

河川から取水する場合は、水量の点から安定的に取水を行うため集水域の大きな下流での取水が有利であるが、河川下流の水質や取水地点の標高にも影響を受けるため、全ての要件を十分に検討し、総合的に最も有利な取水点を選択する必要がある。

★ポイント「主な水道用語」【参考；水道法逐条解説、水道用語辞典】

「河川」；河川法において河川とは「公共水流及び水面」をいい、流水とその敷地との統合体を意味する。河川の種類は、一級河川、二級河川、準用河川、普通河川があり、河川法の適用対象は、一級、二級、準用河川である。

「^{せんよう}占有」；独占して使用すること。特に、河川占有とは、河川管理者の許可を得て、公共用物である河川に対し、特別の使用権を設定すること。流水の占有、土地の占有、土石等の採取の三つがある。

「^{すいりけん}水利権」；水を使用する権利のこと。具体的には、特定のものが、独占排他的に継続して、河川水のような公水を引用し得る権利のこと。

水道事業者が河川水を占有しようとする場合には、河川管理者の許可（水利使用許可）を受けなければならないが、河川水は昔から農業や工業、漁業や発電等様々な用途に用いられているため、新規水源として河川取水を行うための水利権（水を使用する権利）の確保が困難である。

「河川管理者」；河川は公共用物であり、保全・利用・管理等を適正に行う必要があることから、河川の管理等について責任を負い、権限を有するものを定めている。

（一級；国土交通大臣、二級；都道府県知事、準用；市町村長）

（2）湖沼水

湖沼水は、閉鎖性水域という自然的条件であるため、河川に比べて水の動きが極めて小さく、急激な水質変化も少ないが、一度汚濁すると回復は非常に困難で、かつ時間を要する。また、湖沼では、流入水が長く滞留すると水中に含まれる栄養塩類（主にリン化合物や窒素化合物）の増加・蓄積により藻類等の植物プランクトンが増殖することにより、富栄養化が進み、湖沼水質に大きな影響が生じる。この富栄養化に伴う藻類の異常繁殖によって湖沼水質が悪化し、これは異臭味、凝集阻害、ろ過閉塞、ろ過水への漏出等の浄水障害の原因となる。

なお、湖沼水質は、流域周辺の生活や生産活動に起因する汚濁にも著しく影響を受けることから、その水質改善のため、従来の水質汚濁防止法による排水規制のみでは対応できない汚染源に対して、環境基準の確保が緊要な湖沼を対象に、特別な規制措置を講じることを目的として湖沼水質保全特別措置法（湖沼法）が制定されている。

（3）貯水池水・ダム水

貯水池は、水を貯えておく人工の池のことでダムとも呼ばれる。ダムは河川や谷などを締め切るコンクリート等の工作物で、河川法では、高さが15m以上のものと規定されている。河川や溪流等から水を取り、渇水期の水不足を補い必要な水量を取水するために設けられた貯水施設である。

なお、貯水池は湖沼水と同様に閉鎖性水域であるため、流入水が長時間滞留することにより富栄養化が進み、藻類等の植物プランクトンが異常繁殖するために水質悪化を招く。また、水層は気温の影響を直接受け受けるため、河川水と異なった複雑な季節変化を示す。

このように、貯水池では、表層は日射による水温上昇、植物プランクトンの増殖や光合成による水質変動、底層は日射不足や酸素不足により嫌気状態となりやすいというように、取水深度により異なる状況が生じるため、取水位置によって異なる対策が必要となる。

★ポイント「ダムの分類」

(1) 使用目的数別分類

- ①水道専用ダム；水道事業者が水道用水の供給のみを目的として建設したダム。このダムの貯水池を水道専用貯水池という。
- ②多目的ダム；洪水調整、水力発電、水道用水、工業用水等二つ以上の用途に供されるために建設されたダム。このダムの貯水池を多目的貯水池という。

(2) 構造別分類

- ①コンクリートダム；コンクリートで作られたダム
⇒アーチダム、重量式ダム、中空重力式ダム、重力式アーチダム、バットレス式ダム等
- ②フィルダム；土や砂礫、岩石を盛り立てて作るダム。
⇒アースダム（アースフィルダム）、ロックフィルダム
- ③その他；コンバインダム（複合型ダム）、台形CSGダム

★ポイント「富栄養化現象」

湖沼やダム貯水池において窒素やリン等の栄養塩類の濃度が高まり、その結果、生物生産が増大する現象を富栄養化現象という。富栄養化現象による影響としては、一次生産の増大による透明度の低下、水色の変化、pH上昇等の変化が生じ、更に現象が進むと、アオコや淡水赤潮等の発生とそれに伴う景観の悪化、カビ臭による放流先の下流河川における水利用への影響等がある。また、富栄養化現象が進行すると、大量発生した植物プランクトンの死骸が沈降・堆積し分解されることなどにより、主に変水層(温度躍層)以深のDO(溶存酸素量)が減少する。DO(溶存酸素量)の減少が更に進み、嫌気状態になると底泥に堆積した栄養塩類の溶出が顕在化し、富栄養化を更に促進させる場合もある。

★ポイント「季節循環」

①湖沼やダム貯水池では、春季から夏季にかけての日射量の増大に伴う気温上昇期に、表層の水温が上昇し比重が小さくなるため、底層の低水温で比重の大きな水と混和されなくなる。このため、水は温度差によって層を成して分布し、表層水と底層水の間には大きな水温差が生じる。この状態を水温成層といい、水温成層が形成されている期間を停滞期や成層期と呼び、一般に4月～11月頃に起こる。こうした水温成層は、大きな洪水や台風などによる成層破壊が起こらない限り、循環期まで継続する。

②また、秋季から冬季にかけて気温が低下する時期には、表層面が冷やされ水温が低下し比重が大きくなるため、水が表層から循環し始め（部分循環）、順次下層に対流が進み水深方向の水の混合（鉛直循環）が起こるようになる。結果、底層まで水全体が混合し、この状態を循環期と呼び、一般に11～3月頃が循環期にあたる。

③再び春になり、表面水温が水の密度が最も大きくなる約4℃に上昇すると、水温に比例して密度が小さくなるため、再び、全水深が滞留する全層循環が始まり、さらに水温が上昇すると停滞期・成層期に移行する。

すなわち循環期が秋と春の2回みられるといった季節循環が生じる。

★ポイント「濁度長期化現象」

降雨等によって生じた自然河川の濁りは、一般的には、長くても数日程度で回復する。しかし、閉鎖性水域である湖沼やダム貯水池では流入した濁水を貯留することから、降雨や洪水が終わった後も長期間濁水を放流することがあり、これを濁水長期化現象という。

洪水時には出水による山腹崩壊や土壌侵食等により、河川水が流域の土砂を大量に含み、生じた濁水が貯水池等に流入し、混合貯留された濁質を徐々に放流する場合に生じる現象を出水濁水長期化現象といい、また、渇水時の貯水位の低下に伴って貯水池末端の堆積土砂が洗い出されて濁水が発生することにより生じる現象を渇水濁水長期化現象という。

貯水池等から放流される濁水が長期化しやすい要因としては、濁質自体の沈降しにくさと、貯水池の水の入れ替わりにくさが挙げられる。特に、細かい粒子や薄片状のものは沈降しにくく、粒子が細くなれば極端に沈降速度が遅くなる。さらに、微細な粒子は貯水池内でも沈降しにくく、濁水長期化の原因となる。

濁水が長期間放流されることに伴い、下流河川も長期にわたり高濁度化するため、下流河川での水利用への影響、生態系への影響のほか、貯水池等及び下流河川における水の濁りによる景観の悪化が生じる。

(4) 伏流水

伏流水とは、河川の流水が河床の地質や土質に応じて河床の下へ浸透し水脈を作っている、極めて浅い地下水である。

伏流水は、河川水との交換があり、降雨や河川水位等の影響を強く受けるが、河床などでろ過される分、濁度などの水質は河川水より安定することが多いが、状況によっては、河川の増水に伴い河川の濁度がそのまま表れる可能性もあるため、降雨時の取水には注意が必要である。

(5) 井戸水

地表水に比べて、降雨量の変動や季節的変動の影響を受けにくいいため、水量や水質、水温は安定している。また、安定的で良質な水源であることから、大規模な浄水処理施設が不要であるなど、水道水源として有利な要素が多い。

しかし、河川水等の表流水に比べて水量に限りがあるため、大規模な水道では水道計画に必要な水量をすべて井戸水で充足することは難しいが、水質的に良好で、施設建設費や維持管理費等が少ない井戸水は、小規模な水道事業等に適した水源である。ただし過剰な井戸水の揚水は、水位低下や地盤沈下の要因となることから、適正な取水が重要である。また、近年では、農地への窒素肥料の多用により、硝酸態窒素が増加する傾向にあり、水質面での注意が必要である。

なお、水道水源として用いる場合は、一定期間揚水試験を実施し、安定的に揚水できる水源であるか調査する必要がある。

★ポイント「地下水関係の用語」 【参考；水道用語辞典、簡易水道井戸ハンドブック】

透水層；砂や礫などの水が流れやすい地層。この隙間に溜まっている水を地層水という。

帯水層；地下水で飽和した透水性の良い地層で、採水可能な地下水を含む地層。

一般的には砂や礫層であるが、溶岩や石灰岩の割れ目も帯水層となる。地表下の存在状態によって、不圧帯水層と被圧帯水層に区分される。

不圧帯水層；透水層と不透水層に挟まれている帯水層。

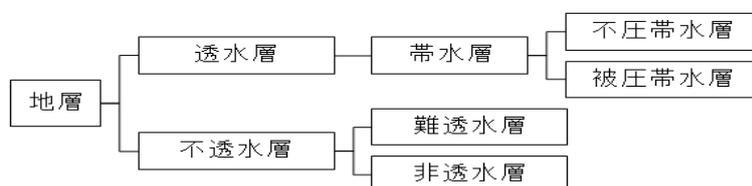
被圧帯水層；不透水層に挟まれている帯水層。

不透水層；地下水を透し難いか、あるいは透さない地層。

難透水層；粘土やシルトなどのような水が流れにくい地層。

非透水層；固結した岩や密な岩盤など水を通さない地層。

涵養；水が地下に浸透して地下水になること。



①浅井戸

地表から比較的浅いところに分布する不圧帯水層の地下水（不圧地下水、自由面地下水）を取水する井戸であり、一般的な掘削深度は数 m～30m 程度の比較的浅い表層地下水を汲み上げることから浅井戸と呼ばれる。

不圧地下水は降雨や場合によっては河川水により涵養されるため、降雨の少ない渇水期には地下水面が低下し、この帯水層の揚水能力も低下する。このため、浅井戸の水質は、深井戸に比べて降雨や季節変動等の地表から影響を受けやすく、季節的な水位変動を考慮して取水量を決める必要がある。また、地表の影響を受けやすいため、井戸周辺からの汚染物質の流入などによる水質汚染が生じることもあるため、汚染防止対策も必要となる。

また、井戸とされていても、実際は河川の影響を受け、河川水質とほぼ同様の伏流水と通じている場合もあり、集水位置や周辺の土壌の状況にも注意が必要である。

なお、浅井戸には、ケーシング式井戸、井筒式井戸、放射状集水井（満州井戸）、集水埋渠（横井戸）があり、帯水層の構造や透水性などにより適切な井戸構造を選択することが重要である。

②深井戸

比較的深いところに存在する不透水層にはさまれ加圧された被圧帯水層の地下水（被圧地下水）を取水する井戸であり、一般的には掘削深度は 30m 以上のものが多く、浅井戸に比べ深層地下水を汲み上げることが多いことから深井戸と呼ばれる。

深井戸は、季節的・気候的な地表の影響を受けにくく、水温や水質が安定した清浄な水が得られる反面、帯水層内の土質によっては、温泉と同じく、鉄、マンガン、ヒ素、フッ素等の無機物が溶解している場合があるため、周辺の井戸との比較や水質のチェックが必要である。また、不圧地下水に比べて、地下水の循環速度が小さく、帯水層の分布範囲が大きいことから、過剰に揚水すると広域で水位が低下し、地盤沈下や他の井戸の揚水量を減少させたり、一旦水質汚染を受けるとその影響が長期的かつ広範囲となることがある。

なお、深井戸の井戸構造は、被圧地下水を取水するためケーシング式井戸である。

⇒図

(6) 湧水

湧水とは、地下水が地表に自然に湧き出したものであり、浅層水か深層水かによって水温や水質が異なる。名水として名高いものも多く、水道原水として使用するのであれば、水質的には良好である場合が多い。しかし、温泉水と同様に無機物を含むなど、水道原水としては良好な水源でない場合もある。このほか、上流域での井戸取水により枯渇するケースがあるので、湧水に依存した水道を設計する場合には普通の井戸よりも慎重な調査が必要である。

湧水の取水ではポンプ等の取水施設が必要なく、そのまま着水井やポンプ井に導く場合もあるが、湧水を集めるために堰や渠などを作る場合は、付近の地下構造を乱さないよう細心の注意を払わなければ湧水の水道（みずみち）が変わってしまうことがある。

(7) 海水

飲料用等で真水が必要とされる場所の近くに淡水源（河川や湖沼、井戸）等がなく、気候等の関係で天水（雨）にも頼れない場合、水源として海水を処理し利用する。海水には約3.5%の多種類の塩類が溶解しており、そのままでは飲用に適さないため、これらの溶存塩類を取り除いて淡水を得ることを海水淡水化という。

なお、飲用水とするためには塩分濃度を少なくとも0.05%以下にまで落す必要がある。現在、日本で稼働している海水淡水化プラントは、蒸発法、電気透析法（ED）、逆浸透法（RO）の3方式がある。ただし、海水淡水化施設は、イニシャルコスト（施設の建設にかかる費用）はダム等の開発に比べると安価ではあるが、通常の淡水系施設と比べると生産水コストが高く、特に運転のためのエネルギー費が高いことから、ランニングコスト（施設の維持管理にかかる費用）面の負担が大きくなる。このことから、導入是非や導入規模、方式の選定について多角的な検討を行う必要がある。

(4) 浄水処理方法

浄水処理とは、水道水源として用いる水を、水道法第4条で定める水質基準を満たす水道水（飲用可能な水）として供給するために、原水水質の状況に応じて水を浄化する処理のことである。

通常の浄水処理は、固液分離プロセスと消毒プロセスの組み合わせたものが中心であるが、水道水源の状況によっては、様々な処理方法を組み合わせることもある。

水道で用いる浄水処理の方法として主なものは以下のとおりである。

★ポイント「主な水道用語」【参考；水道法逐条解説、水道用語辞典】

固液分離；水中にある固形成分と水を分離すること。スクリーン、沈殿、ろ過などによるものがある。

スクリーン；大型の固形成分を取り除くもの。

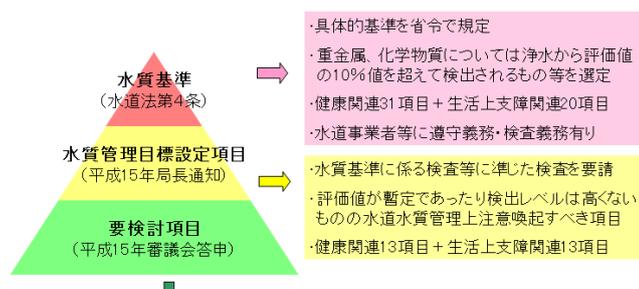
沈殿；重力により浮遊固形物を沈殿させる普通沈殿と、比較的小さい固形物質を薬品によって凝集させ集塊（フロック）として沈殿させる薬品凝集沈殿がある。

ろ過；薬品沈殿などでも沈殿しない粒子をろ層を通過させ、ろ材への吸着やろ層によるふるい分け作用により取り除くもの。

★ポイント「水質基準」【参考；水道法逐条解説、水道用語辞典】

水道法第4条に基づく水質基準は、「水質基準に関する省令」（平成15年5月30日厚生労働省令第101号）により、項目及び基準値が定められている。

また、水質基準以外にも、水質管理上留意すべき項目を水質管理目標設定項目、毒性評価が定まらない物質や、水道水中での検出実態が明らかでない項目を要検討項目と位置づけている。



浄水処理方法

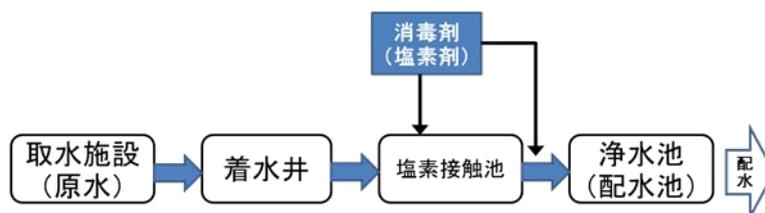
(1) 塩素消毒のみ

塩素消毒とは、液体塩素や次亜塩素酸ナトリウム等の塩素剤を使用した消毒処理のことで、この処理は塩素の強い殺菌作用により、飲料水中の病原菌などを殺し、飲料水としての安全性を確保するため全ての浄水処理において行う必要がある。

この「塩素消毒のみ」の処理は、水処理方法としては消毒施設のみの最も単純な設備であり、排水処理も不要であることから、維持管理が容易である。

なお、固液分離プロセスを有しないため、細菌等の微生物以外の基準項目が常に水質基準に適合する場合にのみ用いられ、一般には、地下水や湧水といった、原水水質が良質で、年間を通じて安定している水源で採用されている。

ただし、水道原水が清浄であっても、クリプトスポリジウムなど耐塩素性病原生物に汚染されるおそれのある場合は、この方式を採用できないため、事前に汚染調査が必要である。

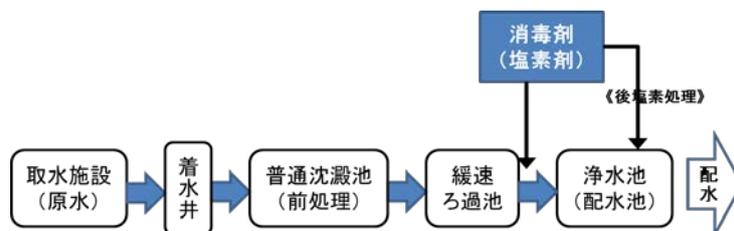


(2) 緩速ろ過

原水が比較的きれいな場合に適するもので、通常、普通沈澱池で原水中の懸濁物質を自然沈降により沈殿除去した後に、緩速ろ過池で4～5m/日のろ過速度でろ過し除去する方法である。

緩速ろ過池での浄化機能は、砂層表面や砂層内に繁殖した藻類や細菌などの生物によって構成された粘質の膜 (生物膜) の作用によって水中の不純物を除去するものであり、緩速ろ過はろ材が砂である緩速砂ろ過が主である。

なお、緩速ろ過池は急速ろ過池に比べ作業や管理が簡易であり、ろ過水質も安定しており良質な水が得られるが、ろ過速度が小さいため、処理水量が増えると広い用地を必要とし、また原水水質に制約があるなどの短所もある。



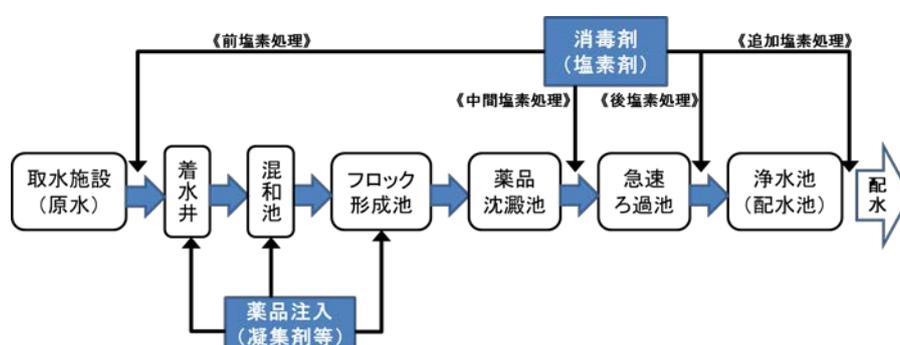
(3) 急速ろ過

原水中の懸濁物質を薬品 (凝集剤等) により凝集沈殿させ、濁質物質を沈澱池で除去

した後に、残りの濁質を急速ろ過池で 120～150m/日のろ過速度でろ過し除去する方法である。

急速ろ過池での浄化機能は物理的ろ過作用を主体とするため、濁質は効果的に除去できるが、細菌の一部は通過し、アンモニア態窒素やマンガンなどの溶解性物質はほとんど除去できない。そのため、原水水質に応じて前塩素処理などの薬品処理を組み合わせる必要がある。急速ろ過にはろ層の構成により単層ろ過と複層（多層）ろ過があり、単層のろ材として砂が用いられているものを急速砂ろ過という。

なお、急速ろ過により得られる水の水質は、凝集沈殿の処理結果に依存するため、緩速ろ過に比べ処理操作に技術を要する。



(4) 直接ろ過（マイクロフロック法）

直接ろ過は、低水温・低濁度の原水を対象として、少量の凝集剤を注入し、急速攪拌の後、微細なフロックを形成させ、フロックの成長と沈殿処理を経ることなく、ろ過を行う処理方法である。

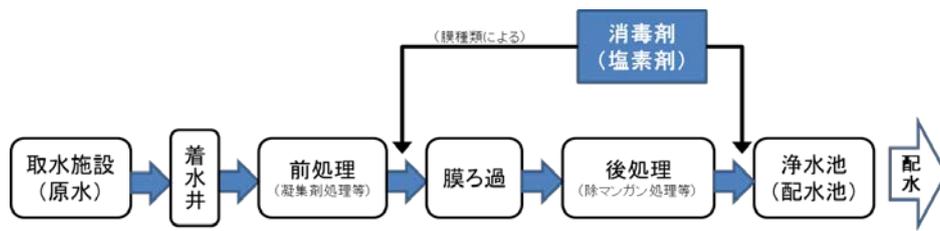
直接ろ過における凝集剤注入設備は、広範囲の注入量制御ができるものが必要で、加えて、無注入や過剰注入とならないよう注意が必要である。また、浄水水質の確認のため、ろ過水濁度の監視を行う必要がある。

なお、台風や豪雨等により原水水質が悪化した場合は、直接ろ過法では処理できない場合があり、高濁度となる場合は、取水や浄水処理を停止するか通常の凝集沈殿設備を備えておく必要がある。

(5) 膜ろ過

圧力差によってろ材である膜に水を通し、懸濁物質や溶解性成分などの小さな不純物まで物理的に分離除去する処理方法である。分離できる粒子径や分子量、原水水質に対応する様々な種類の膜がある。

膜の種類としては、精密ろ過 (MF: microfiltration) 膜、限外ろ過 (UF: ultrafiltration) 膜、ナノろ過 (NR: nanofiltration) 膜、逆浸透 (RO: reverse osmosis) 膜がある。

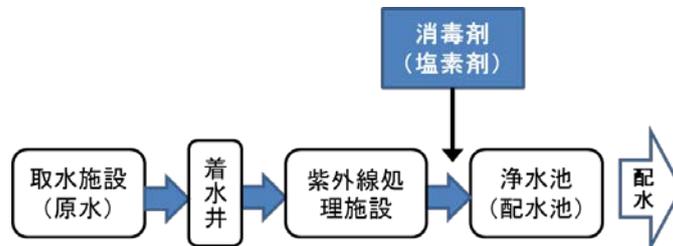


⇒膜分類 (図)

(6) 紫外線処理

水道における紫外線処理については、「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針 (平成 19 年 4 月 1 日より適用)」を受けて、クリプトスポリジウム等の耐塩素性病原生物の対策として新たに位置づけられた処理方法である。主に 200～300nm の紫外線照射することで、対象微生物の DNA などの遺伝子に損傷を与えて不活化させ、微生物の感染性を失わせる。

なお、薬品などの添加をしないため残留物がなく、消毒副生成物をほとんど生成しないといった優れた点があるが、混濁物質が存在し色度や濁度が高い場合は紫外線が吸収されてしまうため消毒効果が低下するなど欠点もある。そのため、紫外線処理設備を導入する際には、必要照射量や処理水質、施設導入位置などの適用要件がある。



⇒クリプト対策 (レベル分類、対策一覧)

(7) 高度処理方法

- ①活性炭処理（粉末、粒状）
- ②オゾン処理
- ③生物処理

(8) その他水質に対応した浄水プロセス

- ①鉄・マンガン
- ②侵食性遊離炭酸
- ③色度
- ④異臭味、臭気
- ⑤有機物
- ⑥耐塩素性病原生物
- ⑦消毒副生成物

取水・送水・給水における管路の維持管理方法に関する検討

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

研究要旨：

小規模化が進む水道システムでは、配水管内での滞留時間が増大する傾向にあり、水道水質が劣化することが懸念される。このため配水管内環境の管理を高度化させ、これを制御する必要がある。配水管内における懸濁物質等の管理・制御のための考え方としては、①浄水処理における懸濁物質等の除去、②配水管網における水理条件の管理・制御、③洗管があり実務上はこれら 3 つの段階を組み合わせる必要がある。本研究では、中部地方 H 市内、中部地方 Y 市内、東北地方 A 市内を対象とし、飲料水供給施設などの小規模な水道施設をとりあげた。それぞれの配水区域において、まずは配水管内に蓄積する重量(g/m^2)とその分布を推定した。ついで、上記の 3 段階の対策、すなわち、浄水シナリオ、縮径シナリオ、洗管シナリオによって、配水管内環境がいかに改善できるかを定量的に示した。同様に、対象地域特有の管路維持管理作業が配水管内環境の制御に寄与できることも示した。ここで得られた知見をもとに、今後当該水道事業体と議論しつつ、対象地域に適した浄水処理方法、及び配水システムの管理・制御方法を提示・策定することができる。

A. 研究目的

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

本研究では、中部地方 H 市内、中部地方 Y 市内、東北地方 A 市内を対象とし、飲料水供給施設などの小規模な水道施設をとりあげた。それぞれの配水区域において、まずは配水管内に蓄積する重量(g/m^2)とその分布を推定する。ついで、上記の 3 段階の対策によって、配水管内環境をいかに制御できるかを比較検討した。これによって、配水管内の環境管理からみて重点的に管理・制御すべき事項・段階を指摘する。それぞれの地域では、浄水処理方法や管路の維持管理方法などに特徴があり、それをふまえた解析や考察を行った。

B. 研究方法

1. 中部地方 H 市内飲料水供給施設

(1) 配水区域内における蓄積量分布の推定

H 市の飲料水供給施設 2 箇所 (k、a の各飲料水供給施設。以下、飲供と略記) を調査対象とし水質測定等を行った。両飲供とも原水は浅井戸である。2 つの飲供において、配水量に関する情報はない。そこで、k 飲供における全戸 (26 戸) と各戸の居住人数 (合計 50 人) を聞き取った。これに計画原単位である 240 L/人・日 を乗じ、各節点からの取り出し水量とした。a 飲供 (8 戸、25 人) においても同様に設定した。

配水量の日内変動としては、地域特性が類似していること、他に使用できる適切な情報がないことから、後述する S 市のデータをそのまま適用することとした。管網解析には EPANET2 及びその拡張モジュールである EPANET-MSX を用いた。別途構築した懸濁物質等の蓄積モデル²⁾を用いて、2 箇所の配水区域の配管内における 20 年間の蓄積量の分布を推定した。

表 1 設定シナリオ

	k 飲供					a 飲供					
第一段階: 浄水シナリオ	現有施設の濁度除去率が高い (97.7%) ので新たに設定せず					浄水1: 除去率90%導入 浄水2: 除去率60%導入					
第二段階: 縮径シナリオ	縮径前 mm	20	25	30	40	50	縮径前 mm	25	30	40	50
	縮径後 mm	13	20	25	30	40	縮径後 mm	20	25	30	40
第三段階: 洗管シナリオ	洗管1: 配水区域を2分割し蓄積量(g/m ²)が多い区域を優先. 10年後と15年後に洗管実施. 設定除去率100%. 洗管2: 配水区域を2分割し蓄積量(g/m ²)が多い区域を優先. 10年後から1年に1回洗管実施. 設定除去率100%.										

(2) 設定シナリオ

上述した 3 段階の考え方にに基づきシナリオを表 1 のように設定した。浄水シナリオは、水質測定の結果から浄水処理能が不十分である a 飲供のみに設定した。各シナリオにおける配水期間 20 年後の蓄積量を比較した。

2. 中部地方 Y 市 k 浄水場配水区域

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

3. 東北地方 A 市 n 浄水場・t 浄水場配水区域

(1) 配水区域の概要

両浄水場の概要を表 2 に示す。ともに、クリプトスポリジウム等対策を理由の一つとして膜ろ過 (UF) 設備が導入されている。

表2 n浄水場、t浄水場の概要

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

・n浄水場 湧き水源—自然流下—UF膜（4ユニット×2モジュール）—塩素消毒—50軒（給水人口150人以内）に配水

・t浄水場 湧き水源—ポンプ圧送—UF膜（3ユニット×2モジュール）—塩素消毒—100軒に配水

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

本配水区域における以上の特徴をふまえて、制御性の検討における設定予定条件を表3に示す。すなわち、この区域では、膜ろ過の導入と排流装置が特徴的であることから、それぞれの導入効果を定量的に評価するためのケース設定とした。

表3 設定シナリオ

	CASE1	CASE2	CASE3
膜	×	○	○
排流装置	×	×	○

C. 研究結果

1. 中部地方H市内飲料水供給施設

濁度測定結果を表4に示す（同時に調査したn飲供のデータも併記）。なお、配水区域内での平均残留塩素濃度は、k飲供、a飲供それぞれ0.15 mg/L、0.13 mg/Lであった。k飲供の浄水処理能は高いが、a飲供のそれは低く、濁度除去率はほぼゼロ%であるといつてよい。k飲供、a飲供配水区域における蓄積量の分布をそれぞれ図1、図2に示す（単位：g/m³）。k飲供における総蓄積量は106 g、a飲供では1030 gと推定され、a飲供は配水量が少ないにもかかわらず、k飲供と比較して非常に多かった。これは配水区域内給水栓水の濁度値が高いためである。ただし、管内流速はk飲供より大きく、流速の観点からは蓄積は進みにくいとみえた。

表4 濁度測定結果

市町村名	配水区域	濁度 (NTU)		濁度除去率 (%)
		原水	給水栓水	
H市	k飲供	0.77	0.01	98
	a飲供	1.29	1.44	0
	n飲供	1.04	0.16	87
Y市	k簡水	0.29	0.02	92
A市	n旧簡水	0.005	0.0006	88
	t旧簡水	0.12	0.0008	99

図3は、単位面積当りの蓄積量をシナリオ間で比較したものである。図より、現行

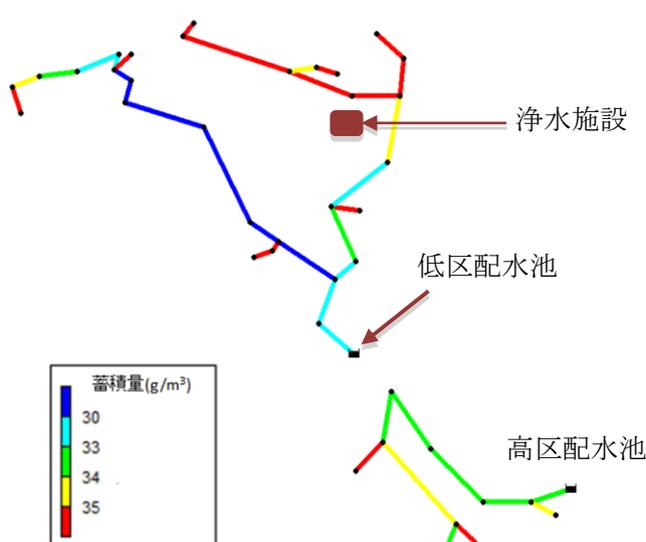


図1 k 飲料水供給施設配水区域における懸濁物質等の蓄積量分布

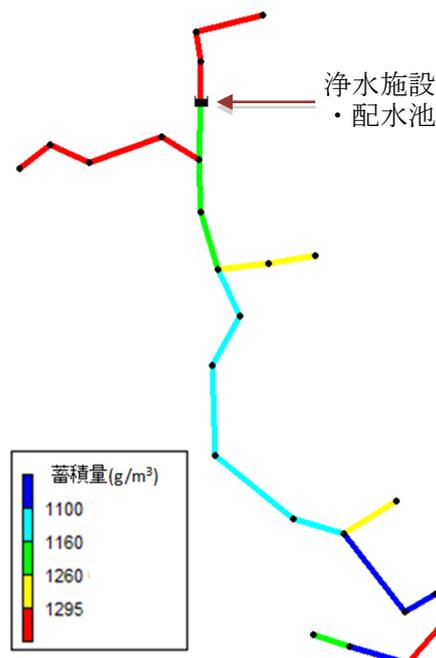


図2 a 飲料水供給施設配水区域における懸濁物質等の蓄積量分布

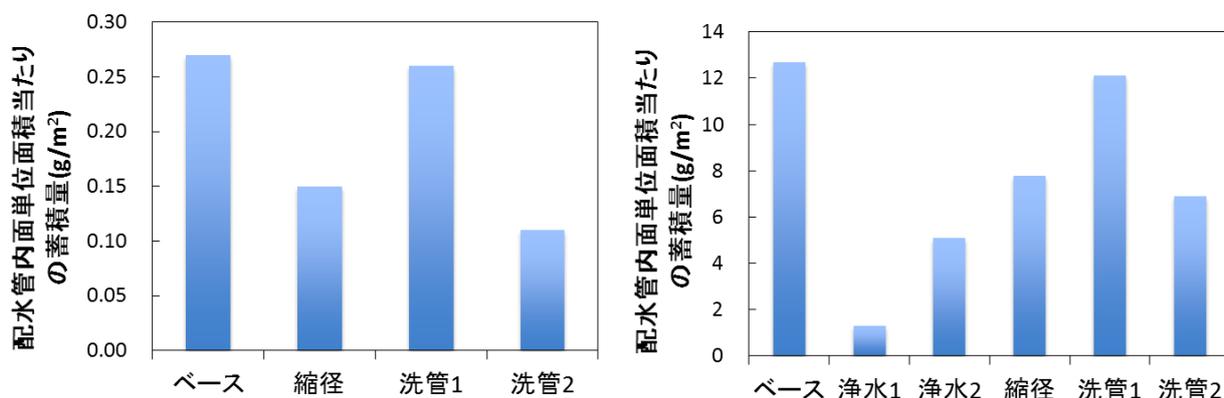


図3 平均蓄積量のシナリオ間比較 (左:k 飲供、右:a 飲供)

条件(ベースケース)に対して、縮径シナリオでは、それぞれ 56%(k 飲供)、61%(a 飲供)まで蓄積量を削減することができる。a 飲供では、現有浄水処理装置の除去能が低いため、浄水処理を改善した場合の効果が突出する結果となった。また、洗管を計画的に実施する(洗管シナリオ2)ことにより、それぞれ 41%(k 飲供)、54%(a 飲供)まで蓄積量を削減することができる。

以上を総合すると、まず浄水処理機能が不十分である場合にはその改善を優先するのが望ましい。そして、飲供においても計画的な洗管を検討する意義を見出すことができる。さらには、可能な限り縮径を進めることが効果的であると指摘できる。

以上、H市内の2箇所の飲料水供給施設を対象とし、配水管内に蓄積する重量とその分布を推定した。その上で、3段階の考え方に基づくシナリオを設定し、その効果

を比較した。得られた結果から、配水管内の環境管理からみて重点的に管理・制御すべき事項・段階について考察を行った。ここでの知見をもとに、今後、当該水道事業体と議論しつつ、対象地域に適した浄水処理方法、及び配水システムの管理・制御方法を提示・策定することができる。

2. 中部地方 Y 市 k 浄水場配水区域

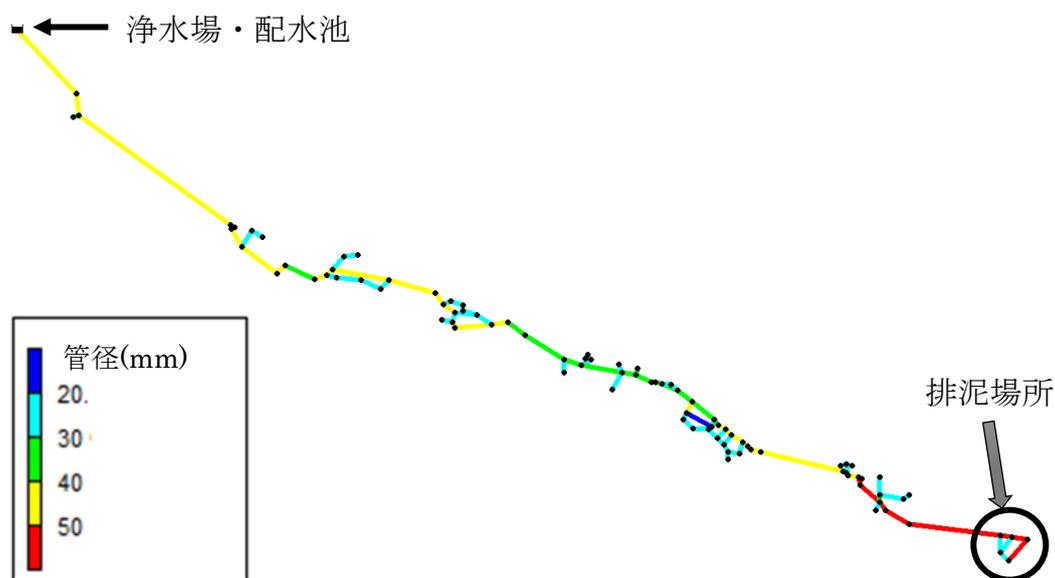


図4 k 浄水場配水区域の管路図と「排泥作業」実施場所

(1) 管路の維持管理作業

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

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

この事例を参考にして、次節では洗管シナリオを設定し定量的な評価を試みた。



写真1 「排泥作業」の様子（お盆前に行う実際の作業を再現したもの）

（2）懸濁物質等の蓄積とその制御

H市内飲料水供給施設と同様に管網解析を行い、配水区域内における懸濁物質等の蓄積量とその分布を推定した。表4に示す濁度から、配水される浄水のSSは $12 \mu\text{g/L}$ と推定した。浄水場から20年間配水を継続した場合の平均蓄積量は 0.68 g/m^2 と推定された。

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

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

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

表5は、対象区域において洗管を想定したとき、 0.4 m/s 以上の流速が出現する管路数と管路総延長を示したものである。放水水量 $25 \text{ m}^3/\text{h}$ から $50 \text{ m}^3/\text{h}$ に増大するにしたがって管路数と管路総延長が増大するが、ここでは実際に行われている洗管時管路延長を考慮して $30 \text{ m}^3/\text{h}$ で排泥作業を行う場合を設定する。

配水を10年間継続した後、排泥作業強化シナリオを適用した。すなわち、10年後から、毎年30 m³/hで排泥作業を実施することとし、管内流速0.4 m/s以上が出現する管路に対し、除去率100%を与えた。蓄積期間（評価期間）は20年とし、排泥作業を行わない場合（ベースケース）とを比較した。

結果をまとめて表6、図5に示す。ベースケースとは、洗管を実施せず、配水開始から20年後の蓄積量(g/m²)などを求めた結果を意味する。

表5 洗管想定時の0.4 m/s以上が出現する管路数と管路総延長

末端における0.4m/s以上と引き出し水量(m ³ /h)	0.4m/s以上となる管路数(本)	0.4m/s以上となる管路総延長(m)
25	15	1347
30	17	3141
40	41	5431
50	50	5875

表6 シナリオ比較結果

シナリオ名	浄水SS(μg/L)	20年間流入総重量(g)	総蓄積量(g)	ベースケースに対する割合(%)	配水管内面単位面積当たりの蓄積量(g/m ²)	ベースケースに対する割合(%)	付着割合(%)
ベースケース	12	25620	3290	100	0.68	100	12.9
排泥作業強化	12	25620	929	28	0.26	38	3.6

排泥作業強化シナリオでは、ベースケースと比較して総蓄積量およびともに大きな低減効果が得られ、後者は62%減少し0.26 g/m²となった。

この結果から、現在経験的に行われている排泥作業について、手法とその効果を定量的に示しつつこれを強化することによって、配水管内環境の大きな改善が期待できると指摘できる。もちろん上述のように、表6、図5はひとつの設定条件で得られた結果であり、さまざまなシナリオを設定

してその効果を推定・比較することもできる。また、実際の運用にあたっては、有収率低下への影響等にも配慮する必要がある。

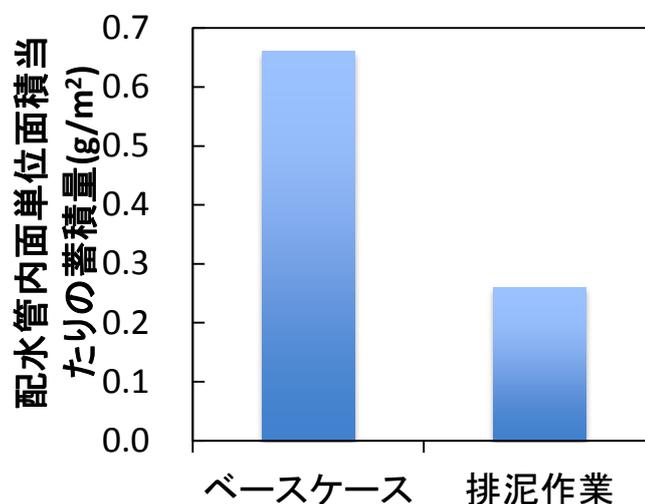


図5 配水管内面単位面積当たり蓄積量の比較

3. 東北地方 A 市 n 浄水場・t 浄水場配水区域

(1) 施設概要

・計器での表示値 (2018/8/27)

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

・水質測定結果

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

2つの配水区域の管路図を図6、図7に示す。実際には、n 浄水場配水区域の右上節点と t 浄水場配水区域の左端節点とは管路で連結されている。

(2) 管路の維持管理作業

ついで、この配水地域における管路の維持管理作業についてヒアリングを行った。

図6に示す n 浄水場配水区域の末端には「排流装置」(写真2参照)が設置され、稼働している。この「排流装置」によって水道水を常時放水している目的は、配水区域内の残留塩素・pH管理を容易にすることにある。

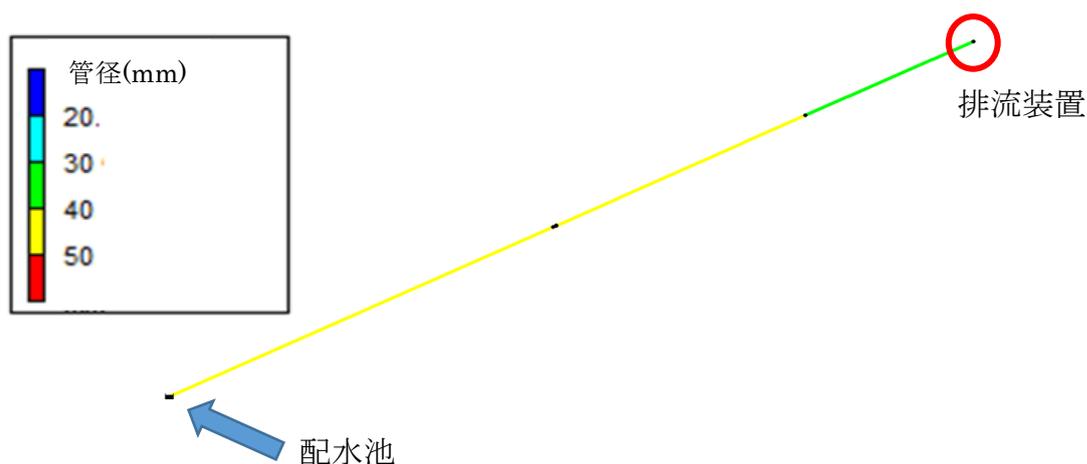


図6 n 浄水場配水区域管路図と排流装置設置場所



写真2 n 浄水場配水区域末端に設置されている排流装置

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

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

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

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

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

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

本配水区域における以上の特徴をふまえて、制御性の検討における設定予定条件を表3に示す。すなわち、この区域では、膜ろ過の導入と排流装置が特徴的であることから、それぞれの導入効果を定量的に評価するためのケース設定となっている。

排流装置による放水が行われているのはn浄水場配水区域であるが、t浄水場配水区域においても排流装置は図7の末端に設置されている。そこで、t浄水場配水区域においても、この2箇所から配水量のそれぞれ29%が放水される場合を想定した。その合計量58%は、n浄水場配水区域における放水量と一致させたものである。

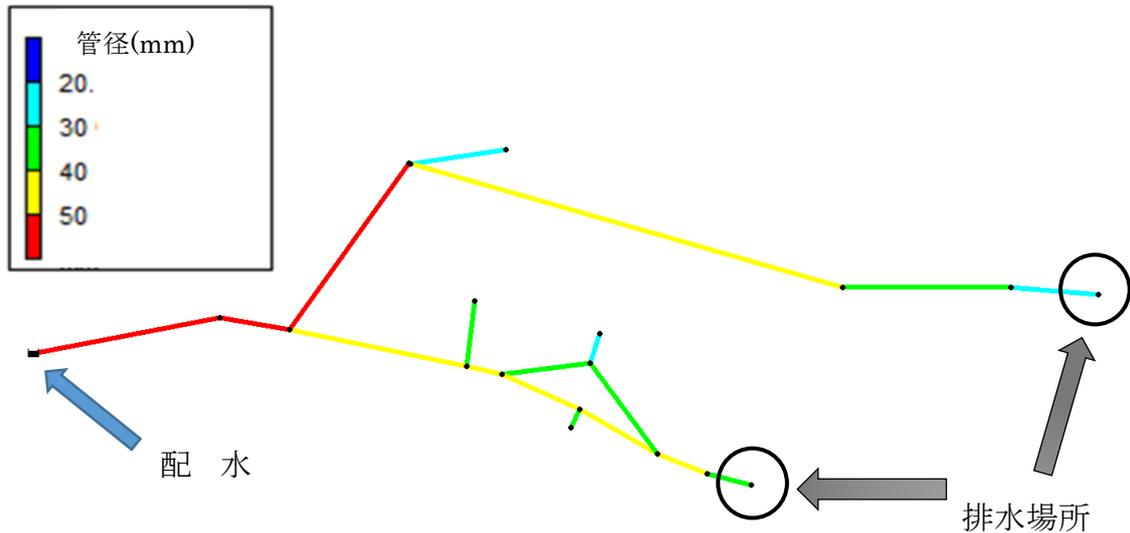


図7 t浄水場配水区域管路図

(3) 管内環境に対する効果の定量化

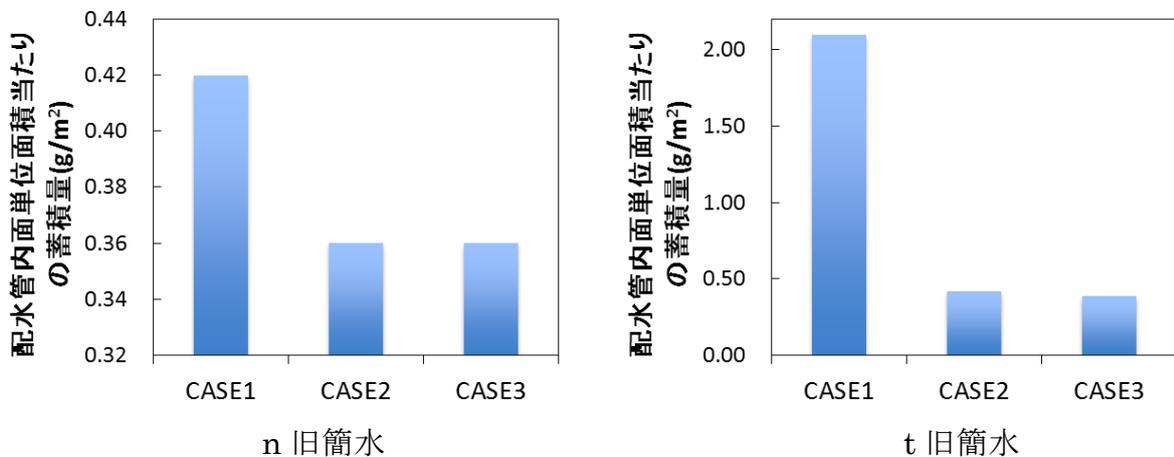


図8 シナリオ比較結果

結果を図8に示す。膜ろ過を導入することによって(CASE2)配水管内蓄積量が低く抑制されていることがわかる。一方、CASE2とCASE3を比較すると、排流装置を設置することによる効果は小さく、その削減率は0(n旧簡水)~7%(t旧簡水)であった。一方、総蓄積量は減少しており、たとえばn旧簡水では110gが93gとなった。総蓄積量の変化と単位面積あたり蓄積量の変化が必ずしも一致しないのは、蓄積量が定常に達するまでに要する期間が管内流速に依存し、それが管網内で分布しているためである³⁾。総蓄積量で見ると排流装置がその低減にも効果があるといえるが、その効果は大きいとはいえない。すなわち、排流装置による放水は、配水管内を清浄

に保つのに寄与するというよりは、配水管網内の滞留時間が短縮されることによって管路末端での残留塩素・pH濃度を安定して保つ役割を果たしていると推察できる。

D. 考察

本研究では、3つの地域における飲供施設と旧簡水施設を対象として、配水管内環境を評価するとともに、これを制御するための方法について論じてきた。その方法と効果についてまとめたものを図9に示す。%表示は、ベースケースと比較して減少した平均蓄積量(g/m²)を示している。各小規模水道施設は、大都市と比較すると規模が小さい分地域特有の問題が浮き彫りになりやすい。それらは、浄水処理性能上の問題、残留塩素確保の問題、管路維持管理作業の問題などである。

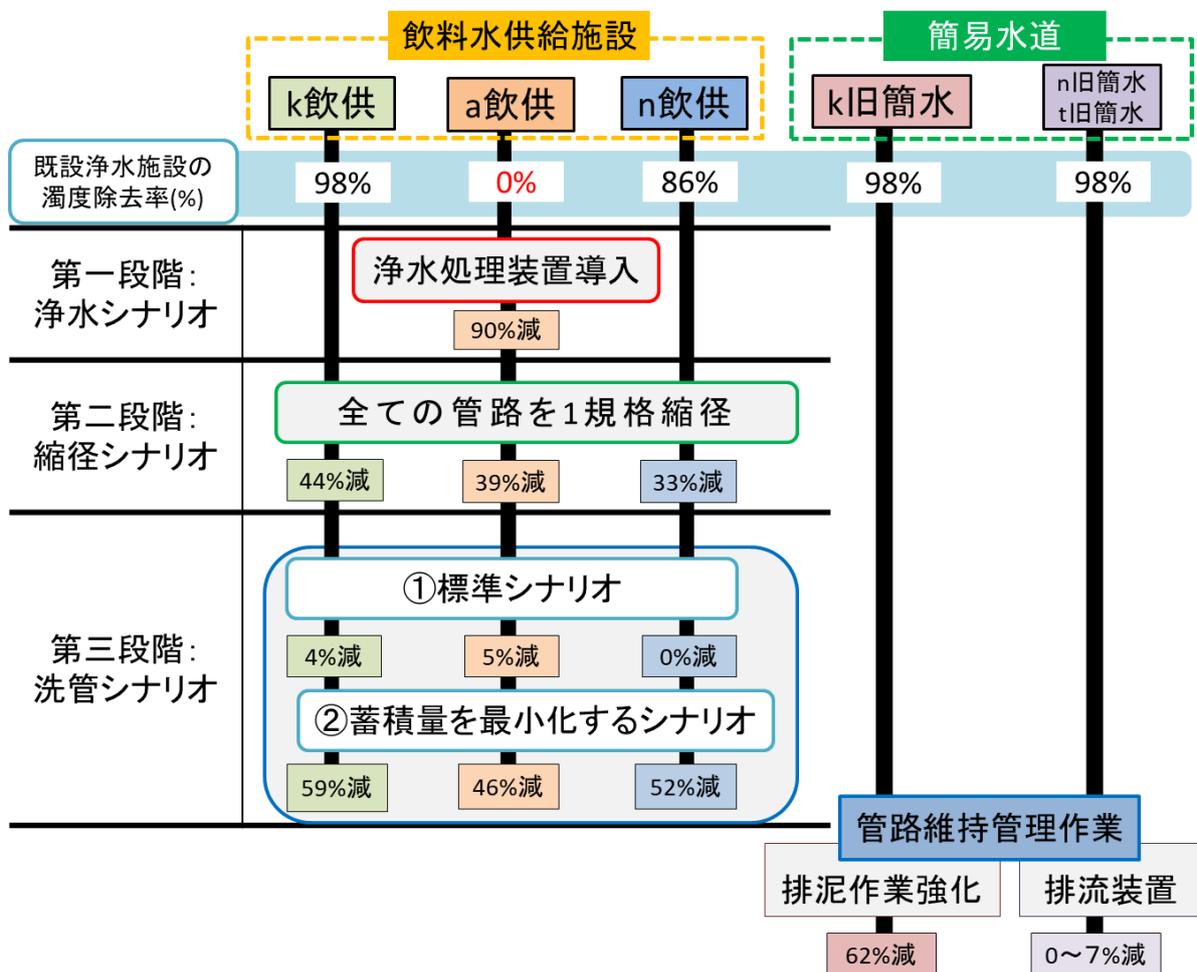


図9 配水管内環境の制御方法とその効果まとめ

※図中、Y市およびA市旧簡水は簡易水道として示している。

第一段階の浄水シナリオについてみると、浄水処理能が良好でない場合、これを改善することによって、大きく蓄積物の低減に効果を発揮することを示した。これは当然の結果ともいえるが、対象地域において浄水処理能が低い場合には優先して改善することが望ましいことを定量的に指摘することができた。

第二段階の縮径シナリオでは、すべての小規模水道施設において配水管内における蓄積量を大幅に減少させることができることがわかった。今後、人口減少が見込まれる地域において、管路のダウンサイジングを着実に推進することは、配水管内環境の維持からみても有効な方法であるといえる。

第三段階の洗管シナリオでは、その管網の特徴や管網内の蓄積物の挙動などを把握し、対象地域に適したシナリオを設定することで、縮径シナリオに匹敵するほどの効果が認められるといえた。浄水処理施設の導入や縮径の実施が容易でない場合、計画的な洗管を行うことにより、配水管内環境を制御できるということが出来る。ただし、先述したように小規模水道では、有収率の低下やマンパワーの問題など多岐にわたり多くの課題に直面している。各事業体に対するヒアリングでも、現実的に小規模水道において洗管作業を実施するのは難しいという声が多く聞かれた。本研究で得られた知見を参照しつつ、実行可能な配水管内環境の制御法を描く必要があるといえる。

一方、地域特有の管路維持管理作業が、配水管内環境の大きな改善に寄与できることを定量的に示すことができた。

E. 結論

配水管内環境を制御するための三段階の考え方に基づくシナリオを設定した上で、その効果を比較し評価した。得られた結果から、配水管内の環境管理からみて重点的に管理・制御すべき事項・段階について考察を行った。

浄水シナリオ、縮径シナリオ、洗管シナリオによって、配水管内環境がいかに改善できるかを定量的に示した。同様に、対象地域特有の管路維持管理作業が配水管内環境の制御に寄与できることも示した。それぞれの配水管網の特徴や課題を踏まえつつ複数のシナリオを設定することによって、小規模水道における配水管内環境を制御する手法とその効果を提示できたといえる。

ここで得られた知見をもとに、今後当該水道事業体と議論しつつ、対象地域に適した浄水処理方法、及び配水システムの管理・制御方法を提示・策定することができる。

参考文献

- 1) van der Kooij, D., van der Wielen, P. eds. : Microbial Growth in Drinking-Water Supplies, p. 453, IWA Publishing, London, UK, 2014.
- 2) 岸本如水, 樽井滉生, 北田純悟, 中西智宏, 浅田安廣, 小坂浩司, 伊藤禎彦 : 配水管網における管内環境の形成過程とその制御性, 平成 30 年度全国会議(水道研究発表会)講演集, pp. 410-411, 2018.
- 3) 福岡早紀 : 小規模水道システムにおける配水管内環境の評価と制御, 京都大学大学院工学研究科修士論文, p. 51, 2019.

F. 研究発表

1. 論文発表

Itoh, S., Nakanishi, T., Zhou, X., Tarui, K., Hashimoto, Y., Kitada, J., Kishimoto, J., Asada, Y., Echigo S. : Reestablishment of water supply system in a depopulation society and research needs, IWA World Water Congress & Exhibition, 3890712, 16-21 September 2018, 東京ビッグサイト, Tokyo, Japan.

Nakanishi, T., Nishioka, H., Tarui, K., Kishimoto, J., Asada, Y., Echigo, S., Itoh, S. : Characteristics of suspended particles and their loads into drinking water distribution system under different treatment processes, IWA World Water Congress & Exhibition, 3904824, 16-21 September 2018, 東京ビッグサイト, Tokyo, Japan.

2. 学会発表

中西智宏, 周心怡, 西岡寛哲, 樽井滉生, 浅田安廣, 越後信哉, 伊藤禎彦, 藤井宏明, 鈴木剛史 : 浄水中懸濁物質の蓄積による配水管内環境の形成とその実態、環境衛生工学研究, Vol. 32, No. 3, pp.103-105, 2018. 7.

亀子雄大, 橋本雄二, 中西智宏, 浅田安廣, 小坂浩司, 藤井宏明, 伊藤禎彦 : 配水管網における着色ポテンシャルからみた浄水中微粒子及びマンガンの制御目標に関する考察、環境衛生工学研究, Vol. 32, No. 3, pp. 106-108, 2018. 7.

岸本如水, 樽井滉生, 北田純悟, 中西智宏, 浅田安廣, 小坂浩司, 伊藤禎彦 : 配水管網における管内環境の形成過程とその制御性, 平成 30 年度全国会議 (水道研究発表会) 講演集, pp. 410-411, 2018. 10.

福岡早紀, 伊藤禎彦, 岸本如水 : 飲料水供給施設における配水管内環境の制御方法, 平成 30 年度全国会議 (水道研究発表会) 講演集, pp. 412-413, 2018. 10.

周心怡, 小坂浩司, 中西智宏, 浅田安廣, 伊藤禎彦 : Study on characteristics of Mn accumulation on epoxy-lining pipelines in distribution system, 平成 30 年度全国会議 (水道研究発表会) 講演集, pp. 948-949, 2018. 10.

浅見真理, 阿部功介, 越後信哉, 伊藤禎彦, 島崎大, 小熊久美子, 増田貴則, 中西智宏 : 小規模水供給システムの維持管理の実態に関する調査, 平成 30 年度全国会議 (水道研究発表会) 講演集, pp. 174-175, 2018. 10.

中西智宏, 亀子雄大, 森智志, 藤井宏明, 小坂浩司, 伊藤禎彦 : 配水管網における水道水の着色ポテンシャル分布の表示と浄水中微粒子・マンガン濃度の制御目標, 第 53 回日本水環境学会年会講演集, 2019. 3.

福岡早紀, 伊藤禎彦 : 小規模水道システムにおける配水管内環境の評価と制御, 第 53 回日本水環境学会年会講演集, 2019. 3.

3. 総説・解説

伊藤禎彦 : 第 27 回会員集会公演②「人口減少時代における浄水処理-配水システムのトータルソリューション創出に向けて」, 水を語る会講演集 (第 5 号), pp. 88-99,

2018. 7.

Sadahiko Itoh : Importance of the Concept of Self Cleaning Networks in a Depopulation Society, Watershare Newsletter, KWR Watercycle Research Institute, the Netherlands, 2018.12.

4. 講演

中西智宏, 周心怡, 岸本如水, 福岡早紀, 亀子雄大, 浅田安廣, 小坂浩司, 伊藤禎彦 : 人口減少社会へむけた上水道システムの再構築に関する総合研究「人口減少社会へ向けた上水道システムの再構築と高機能化に関する総合研究」報告会, 大阪広域水道企業団村野浄水場, 2018. 7. 23.

伊藤禎彦 : 小規模化が進む上水道システムと研究ニーズ、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合同セミナー, 京都大学地球環境学学舎・大会議室, 2018. 8. 10.

伊藤禎彦 : 小規模化が進む上水道システムの再構築に関する考え方と課題, 平成 30 年度日本ダクタイル鉄管協会九州支部セミナー, 天神クリスタルビル, 福岡市, 2018. 9. 27.

伊藤禎彦 : 浄水処理装置・施設に関する課題とニーズ, 「多様な社会・技術に適応した浄水システムに関する研究 (A-Dreams)」, 第 1 研究委員会「将来を見据えたスマートな浄水システムに関する研究」, (公財) 水道技術研究センター, 2018. 12. 14.

伊藤禎彦 : 水道システムの再構築について, 平成 30 年度第 1 回阪神水道企業団経営懇談会, 阪神水道企業団本庁, 2018. 6. 4.

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) 分担研究報告書

上向式ろ過に関する研究

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 安達 吉夫 国立保健医療科学院 生活環境研究部

研究要旨：

上向流式緩速ろ過の濁度除去特性の検証を行った。小型緩速ろ過実験装置を用いて、ろ過方向やろ過速度、原水濁度を変更して、ろ過水濁度及び微粒子の除去率を測定した結果、上向流式緩速ろ過は、条件により、ろ過水濁度0.1度以下、クリプトスポリジウム等の病原性原虫の除去効果が見込める結果が得られた。単にろ過砂に原水を通すだけで、上記の水質が得られるため、高度な運転技術を必要としない。また、同条件下での上向流式及び下向流式緩速ろ過実験において、上向流式緩速ろ過は高濁度原水に対しても、下向流式緩速ろ過に比べ、ろ層の閉塞がしにくいことも明らかとなり、維持管理面での有効性も確認できた。

A. 研究目的

厚生労働省水道課により、給水人口 50 人未満の水道事業者へ水源と浄水方法について調査した結果を図 1 に示す。図 1 では、地下水以外を水源としている水道事業者の約半数以上が浄水方法に緩速ろ過を選択している。緩速ろ過は清澄な水源には適した方法であるが、表流水を利用し雨などで濁度が高くなった場合や落ち葉が入る場合などで閉塞する、野生生物が入り込んで表面を荒らすといった状況もあった。また、閉塞すると上部の砂をかきとるが、そのかきとりの手間がかかり、却って砂層の状況を悪化させている場合も見られる。

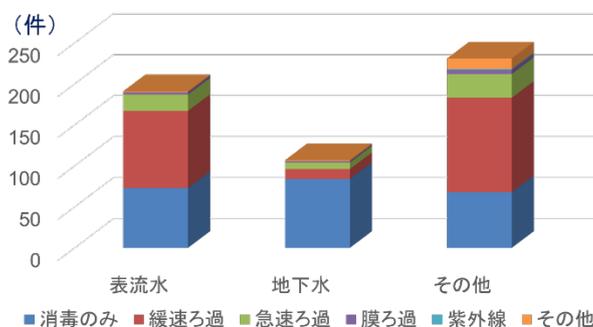


図 1 給水人口 50 人未満の水道事業者における水源と浄水方法

維持管理の容易な緩速ろ過の一つの方法として、上向流式緩速ろ過が、全国で約 1,000 箇所（平成 24 年度まで）導入されている。上向流式ろ過とは、一般的な緩速ろ過で用いられる下向流式ろ過のろ過方向を逆にしたろ過方式であり、ろ過方向を上向流にしたことにより、主に以下の 2 点のメリットが挙げられる。

① ろ過機能の長期継続

下向流方式の弱点であった、ろ過砂上面への土砂、落葉などの夾雑物や泥土等の堆積がなくなり、ろ層の閉塞が起こりにくく、ろ過機能の長期継続が可能

② 簡易な維持管理

下向流方式で必要となっていた、ろ層表面の掻き取り作業、ろ過砂の入れ替えが不要となり、ろ層の洗浄も半年に 1 回程度の頻度でよく、維持管理が容易

しかし、上向流式緩速ろ過は下向流式緩速ろ過と比べ研究報告や導入実績が少なく、その処理性や有効性について明らかになっていないと言いが難い。本研究では、小型緩速ろ過実験装置を用いて、ろ過方向や処理速度、原水濁度を変更させ、ろ過水濁度、微粒子数及び砂層状況を測定することにより、上向流式緩速ろ過の濁度除去特性を検証した。

B. 実験方法

国立保健医療科学院地下水に粘土鉱物であるカオリン（和光純薬工業株式会社、17-00025）を添加した水を原水として実験を行った。

人工原水濁度の設定は、緩速ろ過を考慮し低濁度～中濁度である 10 度、30 度、50 度を設定した。ろ過速度の設定は、緩速ろ過であるため、5 m/日、10 m/日、15 m/日、20 m/日に設定した。

人工原水濁度とろ過速度の組み合わせを変え、ろ過水濁度の推移を確認する。また、濁度だけではなく、懸濁物質粒径毎の除去率を確認するため、ろ過水中の懸濁物質粒径毎の粒子数を測定する。本実験で設定した濁度とろ過速度の組み合わせおよび測定項目を表 1 に示す。下向流の設定は、上向流方式との懸濁物質の除去作用の違いを確認するためである。除去作用の違いは、砂層別濁度を測定し、砂層別の懸濁物質捕捉量を確認する。

表 1 濁度とろ過速度の組み合わせ

		濁度および粒径毎粒子数測定				砂層別濁度測定						
実	上向流	ろ過速度 (m/日)				上向流	ろ過速度 (m/日)					
			20	15	10		5	濁度	50			
		50	○	○	○		○			○		
		30	○									
		10	○									
	下向流	ろ過速度 (m/日)				下向流	ろ過速度 (m/日)					
			20	15	10		5	濁度	50		○	
		50		○								
		30										
		10										

実験装置は、国立保健医療科学院の実験棟 1 階に設

置されており、気候変動等の外的要因を受けずに安定的に実験が行える状況である。本実験で使用した実験装置の略図を図2に写真を図3に示す。

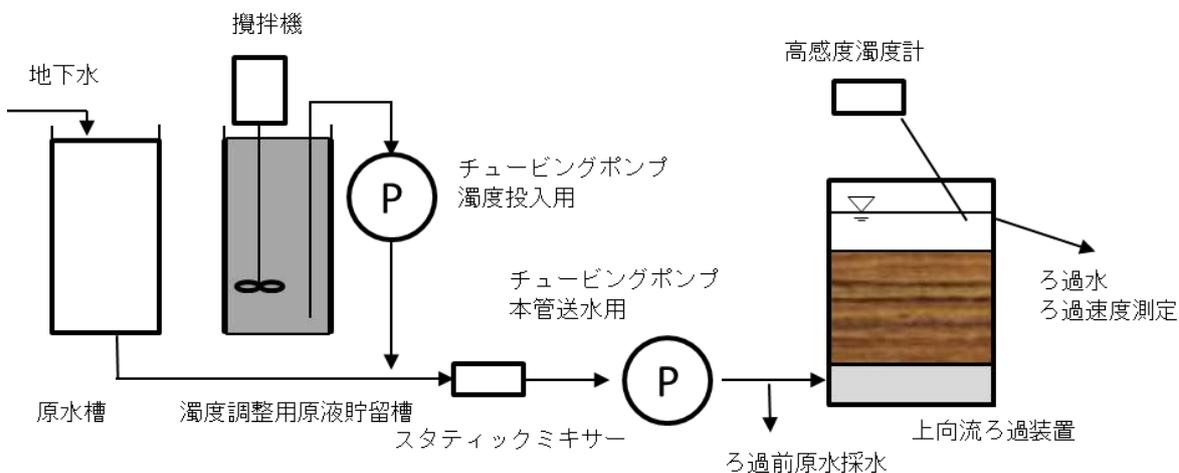


図2 実験装置概略図



図3 実験装置

原水槽への地下水投入はホースにて行った。原水槽下部に流出口を設け、位置エネルギーを利用し、本管用チュービングポンプの負担を軽減した。

濁度調整用原液貯留槽は、高濁度原液を貯留する。本実験での濁度は、600 度から 1300 度の原液を使用した。この高濁度原液を濁度投入用チュービングポンプで本管に投入し、スタティックミキサーで混合し実験用原水を作成した。

表2 ろ過装置仕様

注入ポンプ	チュービングポンプ	IWAKI PST-1000
	チューブ	タイゴン LMT-55 5/16×7/16A
ろ過装置	形状	内径 30cm 高さ 60cm 表面積 706.5cm ²

	支持材	アクリル樹脂円盤 ウレタン樹脂 2 枚 直径 30cm 厚さ 1cm
	砂の性状	緩速用ろ過砂 有効径 0.45mm 均等係数 1.9
	砂層厚	30cm
	空隙率	50%
測定機器	高感度濁度計	日本電色工業 NP500T
	濁度計	三菱化学アナリテック PT-200T

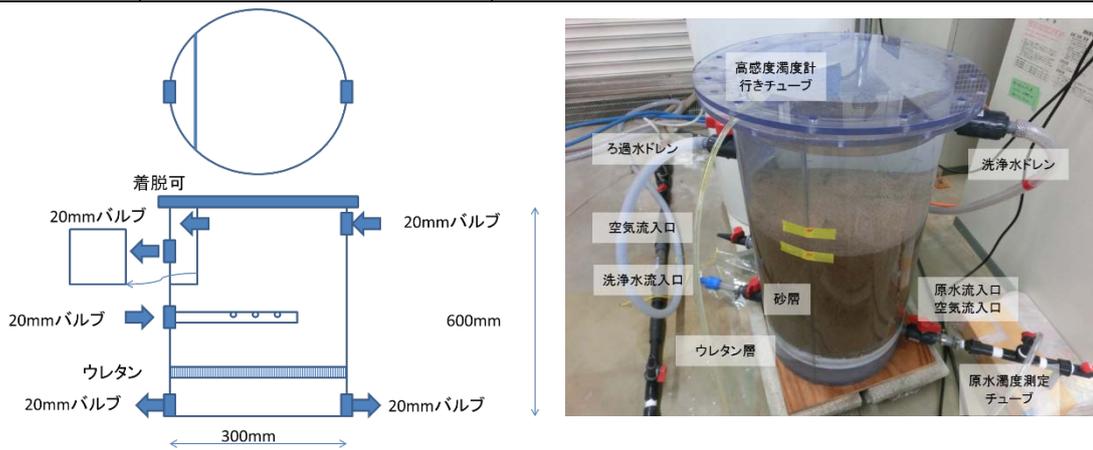


図4 ろ過装置

C. 実験結果及びD. 考察

1) 原水濁度およびろ過速度による比較

上向流式ろ過において、原水濁度及びろ過速度の違いによるろ過水濁度の変化を比較した。ろ過速度が 20m/日の時の原水濁度の違いによるろ過水濁度の推移を図 5 に、原水濁度が 50 度の時のろ過速度の違いによるろ過水濁度の推移を図 6 に示す。

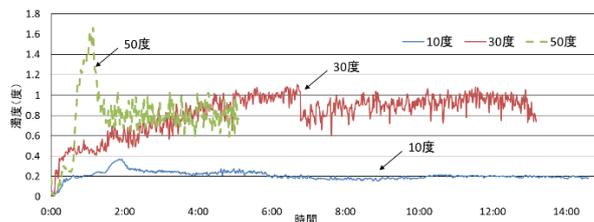


図5 原水濁度別ろ過水濁度の推移 (ろ過速度：20m/日)

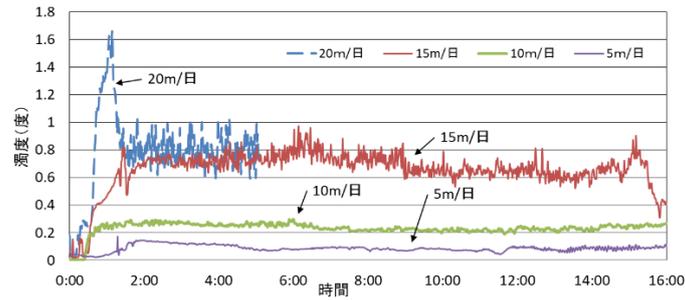


図6 ろ過速度別ろ過水濁度の推移（原水濁度：50度）

図5、図6ともろ過開始2時間まではろ過水濁度が安定していないのは、ろ過装置内の水の入れ替わりが十分出来ていないためである。よって、ろ過開始2時間以降のデータを用いて比較することとする。原水濁度及びろ過速度別のろ過水濁度の平均値を表2に示す。

表3 原水濁度及びろ過速度別のろ過水濁度平均値

ろ過水濁度（度）		ろ過速度（m/日）			
		20	15	10	5
濁度 (度)	50	0.80	0.69	0.24	0.10
	30	0.88	—	—	—
	10	0.20	—	—	—

表3より、原水濁度の変化については、原水濁度50度と30度において、ろ過水濁度の大きな変化がない一方、原水濁度10度においてはろ過水濁度の大きな低減が見られた。また、ろ過速度の変化については、ろ過速度20m/日と15m/日においてはろ過水濁度の大きな変化がない一方、ろ過速度10m/日と5m/日においてはろ過水濁度の大きな低減が見られた。

以上の結果より、上向流式緩速ろ過方式において、クリプトスポリジウム等対策指針の要件であるろ過水濁度0.1度以下を維持するためには、原水濁度50度以下、ろ過速度5m/日以下にて適用可能と考えられる。一般的な緩速ろ過方式の最大許容濁度が10度、ろ過速度が4~5m/日である³⁾ことを考えると、十分な値と言える。

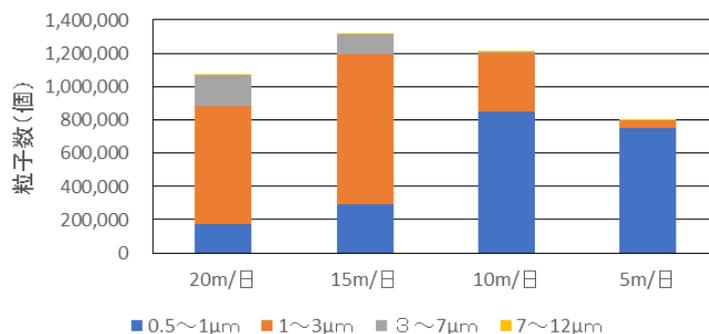


図7 ろ過速度別ろ過水中の粒径毎微粒子数の分布（原水濁度：50度）

原水濁度を変化させた場合のろ過水中の微粒子数は、原水濁度50度と10度において約100万個と同程度である。しかし、ろ過水濁度としては0.8度と0.2度で大きく異なっている。粒径毎の微粒子数を比較すると粒径 $1\mu\text{m}$ 以上の微粒子数は原水濁度50度のろ過水の方が多いのに対し、粒径 $0.5\sim 1\mu\text{m}$ の微粒子数は原水濁度50度のろ過水の方が少なくなっている。このことから、粒径 $1\mu\text{m}$ 以下の微粒子については濁度への影響が小さいものと考えられる。粒径 $0.5\sim 1\mu\text{m}$ の微粒子数は、測定誤差を受けやすいと考えられ、この傾向は図7においても同様の傾向が見られたため、粒径 $1\mu\text{m}$ 以上の微粒子に注視し、粒径毎の微粒子の除去率について比較を行った。

原水濁度及びろ過速度の違いによる微粒子及びろ過水濁度の除去率を比較した。原水濁度及びろ過速度を変化させた時の除去率をそれぞれ図8、図9に示す。ろ過開始2時間以降のデータの平均値から算出した除去率を棒グラフで示し、最大値と最小値の幅を誤差範囲としてバーで示す。

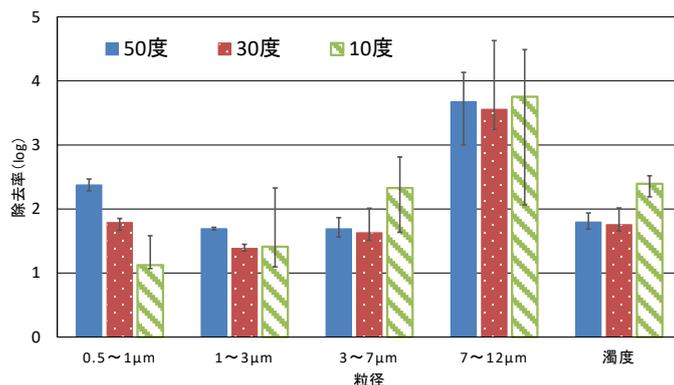


図8 原水濁度別除去率（ろ過速度：20m/日）

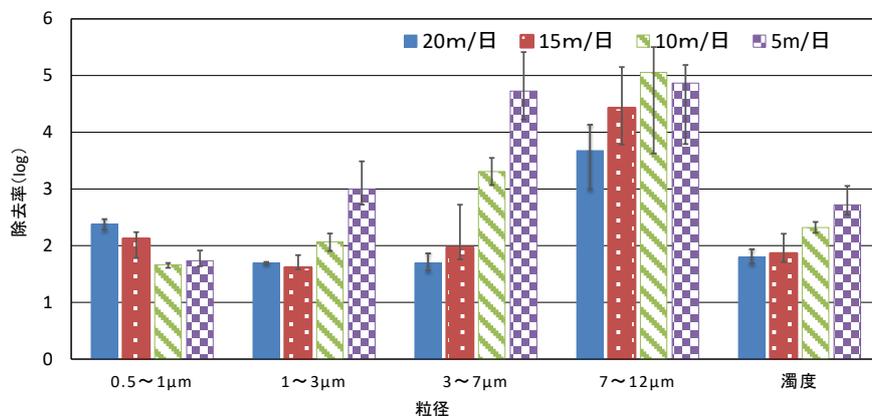


図9 ろ過速度別除去率（原水濁度：50度）

図8、図9より、濁度に起因すると考えた粒径 $1\mu\text{m}$ 以上の微粒子の除去率については、原水濁度またはろ過速度の低減によつてろ過水濁度の除去率が上昇すると、微粒子の除去率についても向上していることが分かる。

次に、クリプトスポリジウム等の対策としてのろ過性能について評価を行う。クリプトスポリジウムの大きさは $4\sim 6\mu\text{m}$ 、ジアルジアの大きさは長径 $8\sim 12\mu\text{m}$ 、短径 $5\sim 8\mu\text{m}$ であるため、 $3\mu\text{m}$ 以上の微粒子の除去率について着目する。クリプトスポリジウム等対策指針ではろ過水濁度が 0.1 度以下と規定されている。本実験では、ろ過水濁度の平均値が 0.10 度となった原水濁度 50 度、ろ過速度 $5\text{m}/\text{日}$ での $3\sim 7\mu\text{m}$ 、 $7\sim 12\mu\text{m}$ の除去率はそれぞれ 4.7log 、 4.9log となった。これは、Ottawaパイロットプラントでの最適な運転条件下におけるクリプトスポリジウムの除去率が $4.9\sim 5.8\text{log}$ である⁴⁾ことを考えると、同程度の除去効果を有していることとなる。よつて、上向流式緩速ろ過システムを原水濁度 50 度以下、ろ過速度 $5\text{m}/\text{日}$ 以下にて運用した場合、ろ過水濁度が 0.1 度以下、クリプトスポリジウム等の除去効果が 5log 程度を期待できることがわかつた。

2) ろ過方式の違いによる比較

上向流式緩速ろ過と下向流式緩速ろ過および急速ろ過の濁度の推移を図10に示す。どのろ過方式も、原水濁度は 50 度である。緩速ろ過のろ過速度は $15\text{m}/\text{日}$ 、急速ろ過のろ過速度は $120\text{m}/\text{日}$ である。

図10から濁度除去性能は、良い順番に急速ろ過、下向流式緩速ろ過、上向流式緩速ろ過である。どのろ過方式も水質基準をクリアしているが、クリプトスポリジウム等対策指針である濁度 0.1 度をクリアしているろ過方式は急速ろ過のみである。急速ろ過は、凝集沈殿およびろ過の2つのプロセスによる結果である。上向流式ろ過と下向流式ろ過との比較では、後で詳しく述べる表層ろ過作用により、下向流式ろ過が優位であつた。

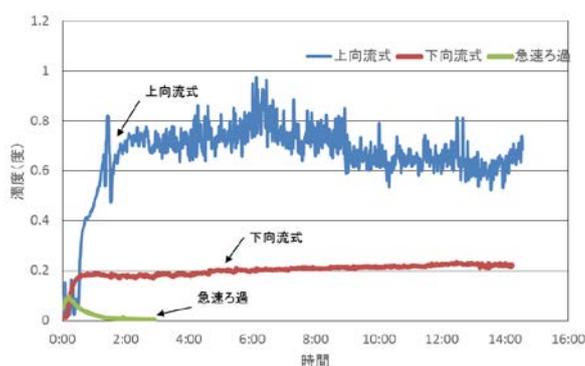


図10 ろ過方式による濁度の推移

ろ過方式別の微粒子および濁度除去率を図11に示す。この図も図10と同様、ろ過が安定した2時間後の平均を取つた値であり、最大値と最小値の幅を誤差範囲としてバーで示している。どのろ過方式も $7\mu\text{m}$ 以上の懸濁物質除去率は 4log を超えており、比較的大きな

微粒子の除去率に大きな差がない事が確認できる。1~3 μ m、3~7 μ mの濁度に起因すると推測される粒子除去率は、図10に示したろ過水濁度の順番通りの除去率性能を示している。すなわち、急速ろ過の除去率が高く、次いで下向流式緩速ろ過、上向流式緩速ろ過の順となっている。0.5~1 μ mでは、どのろ過方式も他の微粒子粒径より除去率が悪くなっている。緩速ろ過では、微粒子が小さいためろ過砂間隙をすり抜けているか、測定上の誤差が大きいと考えられ、急速ろ過では、フロックの形成が出来ていなかったもしくは、フロックの形成が出来ていても弱かったことが考えられる。ただし、図11が示す様に、急速ろ過におけるろ過水中の微粒子の絶対数は少ない。

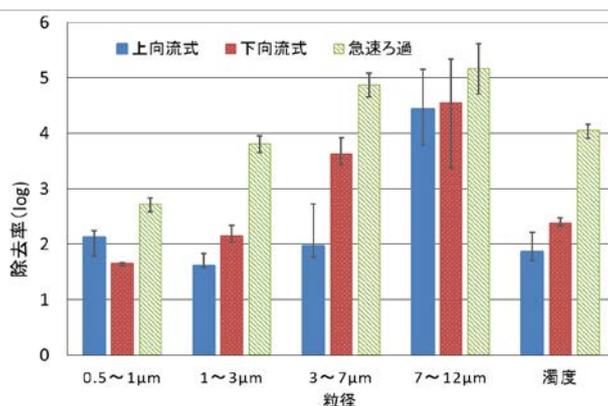


図11 微粒子および濁度除去率

3) 緩速ろ過における上向流式と下向流式の除去作用の比較

濁度 50 度原水、ろ過速度 15m/日における上向流式緩速ろ過と下向流式緩速ろ過において、除去作用の違いを見るためにろ過砂を 5 cm毎に採取し、砂層 1g あたりの濁質捕捉量を比較した。そのグラフを図12に示す。上向流式緩速ろ過では、下層から上層に向かって濁質捕捉量は落ちているが、全層にわたって捕捉している。一方、下向流式緩速ろ過では、上層部でかなりの量の濁質を捕捉している。これは、図12に示すとおり、ろ過砂表面にカオリンが表面に堆積していることが主因である。この堆積したカオリンとろ過砂による篩い分け作用によって濁質物質を捕捉しており、典型的な表層ろ過を裏付けるデータとなった。

また、砂ろ過表面が閉塞し損失水頭が増加したため、ろ過前原水の水位が上昇していることが確認された。万一に備えオーバーフロー管を開けながら実験を行い、ろ過装置からの越流を防ぐことができたが、高濁度原水による砂ろ過表面の閉塞が 16 時間のろ過時間でこれだけ進行する事も確認できた。下向流式緩速ろ過が上向流式緩速ろ過に比べ高濁度原水に弱い事の証明と言える。

ところで、図12では、上向流と下向流以外の条件が同一に関わらず、濁質物質の捕捉量合計が大きく異なることが判る。下向流式緩速ろ過ではろ過表面で濁質物質を捕捉していたのは、上記で述べたとおりであるが、上向流式緩速ろ過と下向流式緩速ろ過の

濁度除去率を考えると、上向流式緩速ろ過での捕捉量が少なく、濁質物質除去の計算が合わなくなる。これは、上向流式緩速ろ過では、砂ろ過に入る前の空間（ウレタン層下の整流用空間）において、濁質物質の沈殿を認めた。装置の都合上、これらの濁質物質を採取し、収支計算を行うことができなかったが、大きな粒子はこの空間において沈殿したものと考えられる。このことから、上向流式緩速ろ過は目詰まりを起こしにくくなっていると推測できる。

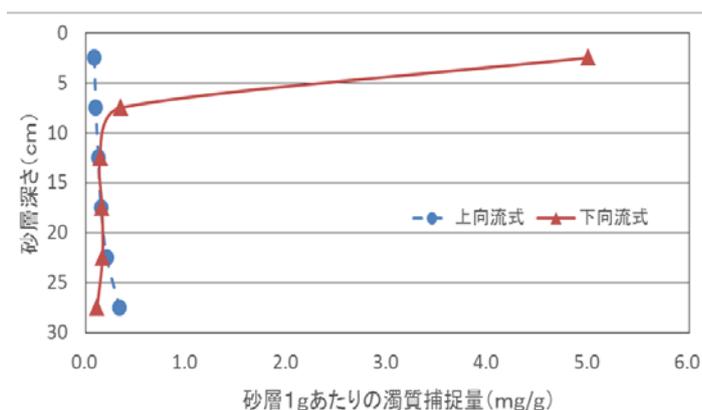


図 12 砂層 1g あたりの濁質捕捉量

E. 結論

課題は残っているが、上向流式緩速ろ過の濁度除去特性を検証し、実験結果のすべてにおいて、濁度の水質基準を下回る結果となった。クリプトスポリジウム等対策指針のろ過水濁度 0.1 度以下を満たすには、原水濁度やろ過速度の制約を受けるが、例えば、下向流式緩速ろ過の前段に上向流式緩速ろ過を設けることで、原水濁度やろ過速度の制約を大きく緩和することができ、緩速ろ過の適用範囲を拡大できるのではないかと考える。本実験が上向流式緩速ろ過、ひいては緩速ろ過の発展に寄与するものであれば幸いである。

<謝辞>

本研究の一部は、国立保健医療科学院水道工学研修特別研究において行われた。萩原健太（北海道環境生活部）、梶木慶太（奈良広域水質検査センター組合）、井上史臣（吹田市水道部）、中谷英嗣（大阪広域水道企業団）氏らに深く謝意を表す。

<参考文献>

- 1) 厚生労働省健康局水道課長：水道水中のクリプトスポリジウム等対策の実施について（通知），平成 19 年 3 月 30 日
- 2) 浅見真理、阿部功介、島崎大、越後信哉、伊藤 禎彦、小熊 久美子、増田 貴則：小規模水供給システムの維持管理の実態に関する調査，平成 30 年
- 3) 日本水道協会：水道施設設計指針（2012 年版），平成 24 年

4) 国立保健医療科学院 生活環境研究部 水管理研究領域：平成 30 年度第 1 回水道における微生物問題検討会 資料 2, 平成 30 年 6 月 18 日, p. 2

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

・ Mari Asami, Kosuke Abe, Dai Simazaki, Koichi Ohno, Trends In Operation And Management Of Water Supplies With Size And Location Diversity, 2018 年 9 月; 東京. IWA World Water Congress & Exhibition 2018. 639.

・ 阿部功介, 坂倉潤哉, 皆田明子, 越後信哉, 浅見真理, 島崎大, 秋葉道宏. 小規模水供給システムへの導入を考慮した塩素系消毒剤の反応特性の比較; 2018 年 10 月, 福岡. 平成 30 年度全国会議 (水道研究発表会) 講演集. p.736-737.

・ 浅見真理, 阿部功介, 越後信哉, 伊藤禎彦, 島崎大, 小熊久美子, 増田貴則, 中西智宏. 小規模水供給システムの維持管理の実態に関する調査. 2018 年 10 月, 福岡. 平成 30 年度全国会議 (水道研究発表会) 講演集. p.174-175.

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

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)
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（試作機）2機種を選定し、国内某所に当該装置を設置して長期運転を念頭に実証試験を開始した。

これまで約 10 カ月にわたる運転の経過報告として、実証試験サイトの原水水質は総じて清澄で、大腸菌は不検出～0.5 CFU/mL、大腸菌群は不検出～2.5 CFU/mL、一般細菌は 0.5～15 CFU/mL、従属栄養細菌は 70～1500 CFU/mL であった。飲用適否の観点では、突発的に大腸菌を検出する場合があったことから、給水末端等において微生物に対する追加処理を行うことが有効と考えられた。UV-LED 装置による処理後には、2機種ともに、大腸菌はすべて不検出、大腸菌群は突発的に 1 CFU/mL を一度検出した以外は全て不検出、一般細菌は不検出～2 CFU/mL、従属栄養細菌は不検出～12 CFU/mL となった。すなわち、適切な紫外線装置を選定し小規模施設や給水栓等に導入することで、水の微生物学的な安全性を向上できることが示された。

A. 研究目的

国連が示す持続可能な開発目標（Sustainable Development Goals, SDGs）の目標 6 では、「だれひとり取り残さない」をスローガンに、すべての人が安全な水と衛生施設を利用可能な世界の実現を目指している。とかく SDGs は発展途上国の文脈で語られることが多いが、日本を含む先進諸国の遠隔地において公共の上下水道施設から取り残されている、あるいは将来的に取り残されうる人々についても、同じ理念と目標が掲げられてしかるべきである。国際社会の先陣を切って人口減少と高齢社会に突入した日本が、国内の遠隔地等における水の安全性をいかに担保するかは、世界各国の道標となりうる。

過去 30 年間に国内の水道施設で生じた水質事故は施設規模が小さいほど多い傾向があり、その多くは微生物関連の水質事故である（岸田ら 2015）。この事実は、現在一般的な塩素消毒剤注入による消毒方法が、技術面と維持管理面の双方で必ずしも小規模施設に適合していないことを示唆している。

H29 年度に研究班として実施した小規模水供給施設の見学と実務者ヒアリング検討により、現状の小規模施設の課題として、施設規模に適した消毒方法は十分に検討されておらず、特に、消毒剤の補充や当番制での維持管理が住民の負担になっている実情が伺えた。加えて、消毒剤のにおいに対する抵抗感から消毒を実施しない小規模施設も多かった。そこで本研究では、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、水の味やにおいは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することとした。その際、無水銀光源である紫外発光ダイオード（UV-LED）が小規模施設での利用に一層適しているとの研究仮説にもとづき、光源に UV-LED を備えた水消毒装置の小規模施設への適用性検討を主たる研究目的とした。小規模施設に UV-LED が適すると考える筆者仮説の論拠を表 1 に示す。

表 1. 小規模施設に UV-LED を勧める論拠

- 1) 斜面や狭い敷地でも利用可能な小型装置が望ましい
- 2) 計画給水人口 100 人以下の飲料水供給施設では給水末端での残留塩素規定に必ずしも縛られず*、塩素以外の消毒方法を採用する（塩素と併用する）自由度が高い（*保健所の指導や水道組合のルールで塩素消毒が前提なケースもある）
- 3) 利用者の多くは塩素消毒に抵抗がある（味・臭いへの懸念）
- 4) 利用者自身（多くは高齢者）が当番制・自己責任において運転・維持・管理を求められるため、維持管理が容易で薬品補充が不要なシステムが望ましい
- 5) 水銀ランプ破損による水への水銀混入のような重大事故がない装置が望ましい
- 6) 小規模施設ほど水需要量の日変動・季節変動が大きく、オンデマンド運転によるエネルギー効率化が望ましい（UV-LED はウォームアップ不要で頻繁な点灯消灯に最適）
- 7) 長寿命な装置が望ましい（UV-LED は点灯 10,000 時間超、オンデマンド運転であれば実質の装置寿命はさらに長い）

また、実証試験では、単発的に装置を屋外に設置して実験するのではなく、できるだけ長い期間継続運転することが重要と考えた。これは、実験室規模において UV-LED 消毒装置の不活化効果に関する基礎的知見は蓄積されつつあり、筆者自身のデータを含めて既往研究が増加の一途をたどっている一方、実証規模において実際に飲用に供する水（地下水・沢水など）を対象とする実証実験の知見は世界的にみても極めて乏しいことを踏まえた着眼であり、装置の実用化にあたっては長期運転に伴う性能低下やメンテナンス頻度などの知見が不可欠と考えたためである。

上記を踏まえ、UV-LED を備えた水消毒装置を長期的な実証試験に供し、その性能を定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した。

B. 研究方法

1. 実証実験

紫外線を利用した水処理装置、特に、紫外発光ダイオード（UV-LED）の小規模施設への適用可能性を探るため、長期運転を想定した実証試験を開始した。

（1）装置概要

実用化に資する装置の候補として、紫外発光ダイオード（UV-LED）を光源とする流水殺菌装置 2 機種（日機装技研）を選定した。

- ・装置 A：設計処理流量 2 L/min
- ・装置 B：設計処理流量 10 L/min

ここで示す設計処理流量はあくまでメーカーが装置設計に設定した流量であり、他の流量での運転を排除するものではない。本研究では、装置 A（2L/min 用）は、蛇口ごとに取り付けて使う Point-of-Use（POU）型の利用に、装置 B（10L/min 用）は建物の入り口に取り付けて使う Point-of-Entry（POE）型の利用に適すると判断し、実証試験では両装置を並列に運転して性能を比較することとした。

なお、本研究では装置 A, B を試作機として位置づけ、装置構造などの詳細は本報告書に開示しない。また、本研究の趣旨は、特定の装置の性能評価や設計最適化ではなく、小規模施設への紫外線装置導入に資する普遍的知見の獲得にあることをここに改めて明記する。また、装置提供に協力した日機装技研株式会社に深い謝意を表す。

(2) 試験地概要

実証試験サイトとして、国内某所の個人宅敷地内にある私設の給水栓を選定した。当該住宅は公共水道未普及地区に立地し、宅内の飲用の水道（給水栓）は集落の水供給施設から給水されている。一方、試験サイトとする私設給水栓は、上記の飲用水道とは別に沢水を農作業場（納屋）に引き込んだもので、納屋での手洗いや野菜・農具洗浄等のために用いられている。住民からは、現状で手洗いの限りとしても野生動物糞便由来の微生物汚染が気になっているとの意見、また、非常時等のバックアップ給水栓として、簡易的な浄水装置の追加設置で飲用可能な水質になるとすれば非常に有意義であるとの意見を頂いた。

(3) 試験期間

試験期間は、装置を現場に設置し運転を開始した 2018 年 6 月 27 日から現在に至る毎月 2 回（概ね第一週と第三週とし月ごとに適宜調整）とした。本稿では 2018 年 6 月 27 日から 2019 年 3 月 18 日に至る結果を報告する。なお、2018 年 9 月 29 日～10 月 1 日にかけて当該地を直撃した台風 24 号で原水導水管が目詰まりし運転を停止し、その後の大規模停電の影響と装置点検の後、定期採水を再開したのは 2018 年 11 月 20 日であった。

(4) 試験実施方法

- 1) 装置 A, B ともに定格電流により LED 点灯開始、以降台風による中断期間を除きすべて点灯状態を維持した。
- 2) 装置 A, B それぞれについて、順に 2 L/min, 10 L/min の定流量で通水した。
- 3) UV-LED 装置前（原水）および UV-LED 装置後の試料を採水し、東京大学へ冷蔵輸送の後、採水後 24 時間以内に表 2 に従い細菌数を測定した。なお、検水量は全て 1 mL である。
- 4) 微生物以外の一般的な水質項目として、以下の水質について、採水時（現場）または浜松市内の実験施設で測定した。
：濁度、色度、硬度、鉄、マンガン、水温、pH、電気伝導率、流量（設定値であることの確認）
- 5) 一部試料について、東京大学で紫外域吸光スペクトル（220-400nm）を測定し、紫外線線透過率を算出した。

表 2. 微生物測定項目と測定方法（検水量は全て 1 mL）

大腸菌	クロモカルトコリフォーム培地、37°Cで一晩（18 時間程度）培養の後コロニー数を計測、青～深紫のコロニーを大腸菌と定義
大腸菌群	クロモカルトコリフォーム培地、37°Cで一晩（18 時間程度）培養の後コロニー数を計測、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	LB 培地、37°Cで一晩（18 時間程度）培養の後、乳白色コロニー数を計測
従属栄養細菌	R2A 寒天培地、25°Cで 7 日間培養の後、乳白色コロニー数を計測

C. 研究結果及びD. 考察

1. 実証実験結果

(1) 原水水質

表3に、一般的な水質項目の変動幅を示す。試験期間を通じて、総じて極めて清澄な水質であった。また、紫外線透過率の測定結果の例として、図1に2018年7月試料の結果を示す。当該試料は濁度0.1度、色度0.9度であり、期間中に採水した試料として概ね平均的な水質であったことから、原水は試験期間を通じて概ね同等の高い紫外線透過率であったと推察された。

表3. 実証試験原水の水質概要
(2018年6月～2019年3月、毎月2回ずつの測定)

濁度	度	0.1 未満 - 0.1
色度	度	0.5 未満 - 2.2
硬度	mg/L	36.0 - 55.0
鉄	mg/L	0.01 未満
マンガン	mg/L	0.005 未満
水温 (採水時)	°C	6.2 (2月) - 29.0 (8月)
pH	—	7.4 - 7.8
電気伝導率	mS/m	8.8 - 13.9

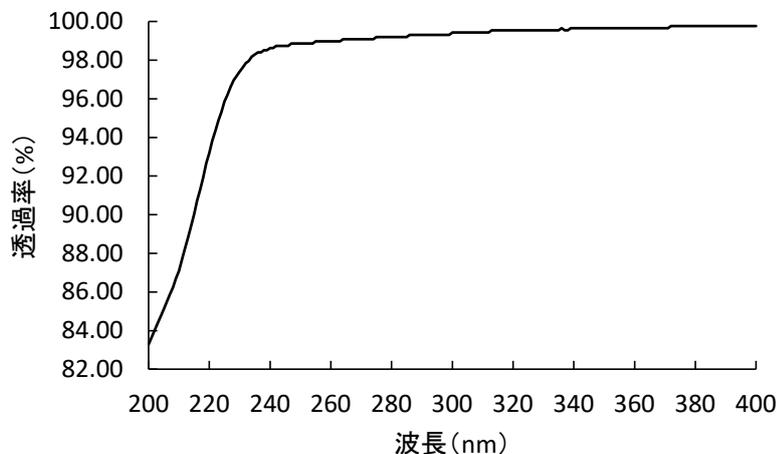


図1. 原水の紫外線透過率 (%) (2018年7月17日採水試料の例)
(98.9%@254nm, 99.1%@265nm, 99.2%@280nm)

(2) 原水および処理水の微生物測定結果

原水および装置A処理水、装置B処理水中の大腸菌、大腸菌群、一般細菌、従属栄養細菌の濃度を図2, 3, 4, 5の順に示す。

原水水質について、微生物濃度は総じて低く、大腸菌は多くは不検出であったものの、突発的に検出される場合があった。土壌細菌等も検出する大腸菌群は低濃度または不検出で推移した。水道水質基準は大腸菌について「検出されないこと」と規定していることから、本試験サ

イトの未処理原水は恒常的な飲用には不適であり、突発的な微生物混入へのバリアとして給水栓等での追加処理の必要性が明らかとなった。一般細菌は低濃度ながら概ね常時検出されたものの、水道水質基準が規定する一般細菌の基準（検水量 1mL 中に 100 コロニー以下）以下で推移した。従属栄養細菌は常時検出され、最高値で 1500CFU/mL であった。従属栄養細菌は水質管理目標設定項目として「検水量 1mL 中に 2,000 コロニー以下（暫定）」と定められており、これまでの試験期間中に当該目標値を超えることはなかった。従属栄養細菌が 1500CFU/mL となった試料の大腸菌・大腸菌群・一般細菌は不検出または低濃度であり、従属栄養細菌はその他の微生物水質項目とは異なる挙動を持つことが示唆された。

処理水について、大腸菌は装置 A,B いずれの処理水でも常時不検出となり、即ち上述の「給水栓等での追加処理」として有効であることがデータをもって示された。大腸菌群は装置 B 処理水で一度、1mL 中に 1 コロニーが検出されたものの、その他では常時不検出となった。一般細菌は装置 A,B ともに不検出または最大でも 5CFU/mL の低濃度で推移した。また、従属栄養細菌は装置 A,B ともに不検出または最大 11.5CFU/mL となった。一般に環境水中の従属栄養細菌の紫外線耐性は高く、流水（地下水）の紫外線消毒を試みた筆者らの 2016 年の試行では、流量 2 L/min への照射で従属栄養細菌はほとんど不活化できなかった（孫、2017、東京大学学位論文）。一方、本研究で用いた装置 A, B による従属栄養細菌の不活化率は、装置 A（2 L/min）で 1.5log、装置 B（10 L/min）で 3.2log 以上（処理後不検出のため特定できず）であり、適切に装置を選定すれば従属栄養細菌でも十分な不活化性能を期待できることが示された。

また、これまでの約 10 カ月の運転期間中、装置性能の低下はなく、安定的に処理を継続した。2018 年 10 月の台風被害による運転中断時（上記 B.1.(3)参照）に装置内を分解して紫外線照射槽内部の汚れ等を確認したところ、汚れやスケールの付着は見られず、装置性能を維持している要因の一つと考えられた。装置性能の経時変化については今後の試験で注視したい。

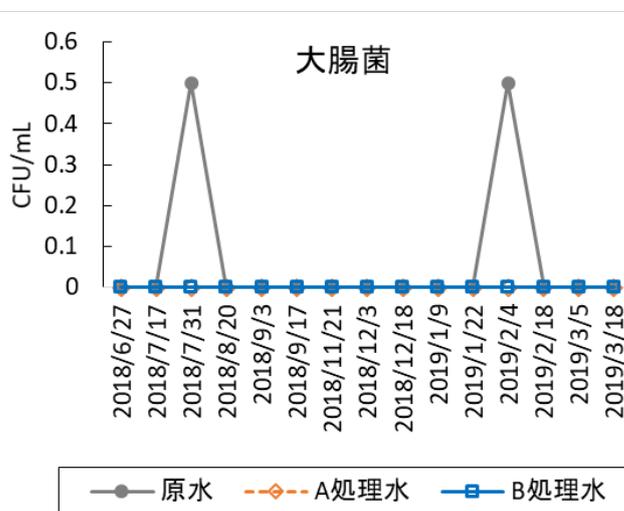


図 2. 原水および装置 A, B 処理水の大腸菌数

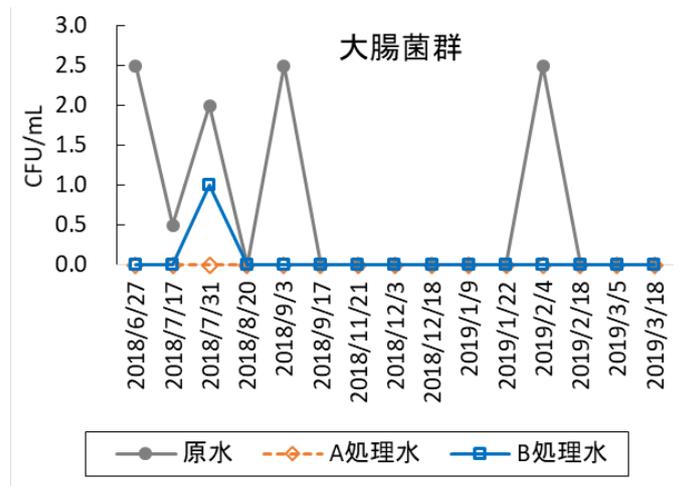


図3. 原水および装置A, B 処理水の大腸菌群数

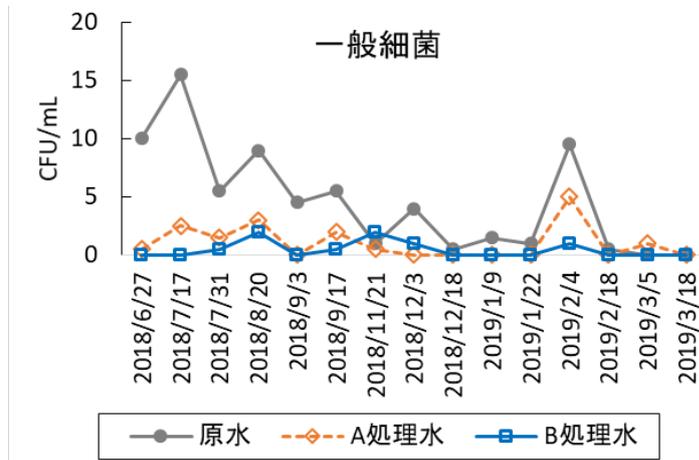


図4. 原水および装置A, B 処理水の一般細菌数

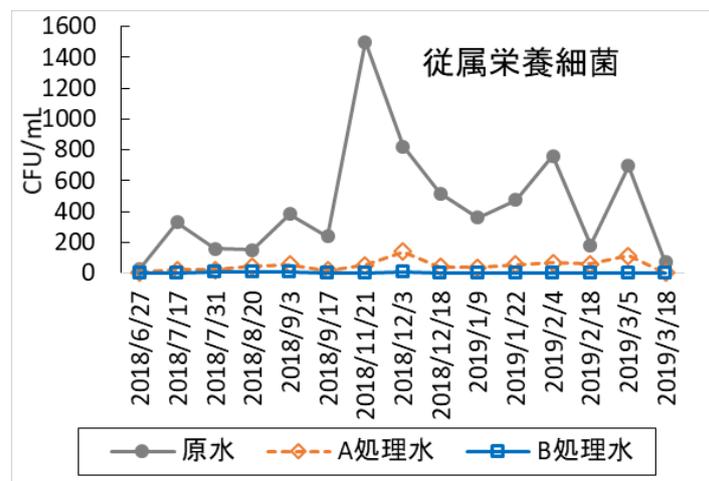


図5. 原水および装置A, B 処理水の従属栄養細菌数

E. 結論

小規模水供給システムに適した特徴を持つ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 (試作機) 2機種を選定し、国内某所に当該装置を設置して実証試験を開始した。実証試験サイトの原水水質は総じて清澄かつ変動が小さかったものの、突発的に大腸菌を検出する場合があります。給水末端等での微生物に対する追加処理の必要性が示された。UV-LED装置による処理水では、2機種いずれの場合でも、大腸菌はすべて不検出、大腸菌群は突発的に1 CFU/mLを一度検出した以外は全て不検出、一般細菌は不検出~2 CFU/mL、従属栄養細菌は不検出~12 CFU/mLとなり、処理後の微生物学的安全性は著しく向上することが示された。今後は実証試験を継続し、長期運転に伴う性能低下の有無やその特徴に特に注目して分析する計画である。さらに、施設見学と住民へのヒアリングを継続して消毒技術に対するニーズを集約するとともに、今後の技術的課題や住民参加型の維持管理手法に求められる要件を把握し、今後の研究に資する知見としたい。

F. 研究発表

1. 論文発表

- Kumiko Oguma, Surapong Rattanakul and Mie Masaike. Inactivation of health-related microorganisms in water using UV light-emitting diodes. *Water Science and Technology: Water Supply*, in press, 2019. doi: 10.2166/ws.2019.022
- Fariborz Taghipour and Kumiko Oguma. UV LED System Design, Operation and Application for Water Treatment. *UV Solutions 2019 Quarter 1*, 22-26, 2019. <https://uvsolutionsmag.com/articles/2019/>
- Kumiko Oguma. Inactivation of feline calicivirus using ultraviolet light-emitting diodes, *FEMS Microbiology Letters* 365(18): 1-4, 2018.
- 政池美映, 小熊久美子, 橋本崇史, 滝沢 智. 紫外発光ダイオードによる腸炎ビブリオ(*Vibrio parahaemolyticus*)の不活化. *土木学会論文集 G(環境)* 74(7), III_225-230. 2018.
- Kumiko Oguma, Kaori Kanazawa, Ikuro Kasuga and Satoshi Takizawa. Effects of UV Irradiation by Light Emitting Diodes on Heterotrophic Bacteria in Tap Water. *Photochemistry and Photobiology* 94(3): 570-576, 2018. (Early view published online in February 2018).
- Surapong Rattanakul and Kumiko Oguma. Inactivation kinetics and efficiencies of UV - LEDs against *Pseudomonas aeruginosa*, *Legionella pneumophila*, and surrogate microorganisms. *Water Research* 130: 31 - 37, 2018. (published online in Nov, 2017)

2. 学会発表

- Kumiko Oguma. Responses of health-related microorganisms in water to UV-LED exposures. International UV Association (IUVA) World Congress. 2019年2月, シドニー.
- 小熊久美子, 紫外線消毒の動向と展望, 第11回 JWRC 水道講座. 公益財団法人 水道技術研究センター. 2019年2月, 東京.
- 小熊久美子, 水処理における UV 殺菌技術の最新情報, 造水技術シンポジウム 2018. 造水促進センター. 2019年2月, 東京.
- 小熊久美子. 紫外線を利用した水処理技術の最前線. サイエンスアゴラ, 安全な「水」の科学技術を考えるワークショップ. 2018年11月, 東京.
- 浅見真理, 阿部功介, 越後信哉, 伊藤禎彦, 島崎大, 小熊久美子, 増田貴則, 中西智宏. 小規模水供給システムの維持管理の実態に関する調査. 平成30年度全国会議 (水道研究発表会). 2018年10月, 福岡.
- Kumiko Oguma and Surapong Rattanakul. Inactivation of health-related microorganisms in water using UV light emitting diodes (UV-LEDs). International Water Association (IWA) World Congress. 2018年9月, 東京.
- Kumiko Oguma. Water supply systems in Japan: Current status and future perspectives. Special Seminar

by International Experts. DVGW/TZW. 2018 年 4 月, カールスルーエ.

G. 知的所有権の取得状況

なし

錠剤型消毒剤の運用状況に関するヒアリング調査および課題点の抽出

研究代表者 国立保健医療科学院 浅見 真理
研究分担者 国立保健医療科学院 島崎 大

研究要旨：

次亜塩素酸ナトリウム溶液の代替として錠剤型の塩素消毒剤（次亜塩素酸カルシウム）を実際に使用している本邦の小規模水道システムを対象に、資料収集ならびにヒアリング調査を通じて使用状況ならびに運用上の課題を抽出した。当該施設では、液状の塩素消毒剤の運搬や補充に伴う労力は生じておらず、有効塩素濃度の低下ならびに塩素酸濃度の上昇の問題は発生しないものの、①塩素剤の補充を頻繁に行う必要があり地元住民の負担が大きい、②塩素剤の溶解速度が制御できず、塩素の不適正注入となる恐れがある等の課題が見受けられた。適切な塩素供給器を併用することで以上の課題点は解消できる可能性があるものの、プール水の残塩保持を目的とした製品であるため、飲料水への適用に際しては、浄水中の適切かつ継続的な残塩濃度の保持が実際に可能であるか実証することが必要と考えられた。

A. 研究目的

高齢化及び人口減少等により、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。水供給システムにおいて必須である消毒については、本邦で主流となっている次亜塩素酸ナトリウム溶液に対して、地元住民による運搬や補充が重労働となること、周囲への腐食を生じる場合があること、不適切な保管や長期間の使用による有効塩素濃度の低下ならびに塩素酸濃度の上昇が懸念されることなどの課題が指摘されている。

ここでは、次亜塩素酸ナトリウム溶液の代替として錠剤型の塩素消毒剤（次亜塩素酸カルシウム）を実際に使用している本邦の小規模水道システムを対象に、資料収集ならびにヒアリング調査により使用状況ならびに運用上の課題を抽出することを通じて、適切な運用方法について提案することを目的とした。

B. 研究方法

(1) 錠剤型塩素消毒剤の使用状況に関するヒアリング調査

錠剤型の塩素消毒剤を実際に使用している N 県 N 村の I 飲料水供給施設を対象に、N 県より施設に関する資料を入手した。また、N 村の担当者より当施設の諸元や運用状況について電話によるヒアリング調査を行った。

(2) 錠剤型塩素消毒剤の適切な運用方法に関する検討

当該の錠剤型の塩素消毒剤を製造販売している業者より、塩素消毒剤の製品情報を入手した。また、薬剤補充の労力を軽減する面から、簡易型塩素供給装置の適用可能性について、製造元のカatalog等により検討し、考察を行った。

C. 研究結果および考察

(1) 錠剤型塩素消毒剤の使用状況に関する情報収集およびヒアリング調査

① 飲用水供給施設の諸元

N 県の資料¹⁾によれば、調査対象とした N 県 N 村の I 飲料水供給施設は、昭和 60 年度に竣工されており、同村の地表水（I 川）を原水としていた。飲料水供給施設まで自然流下で導水したのち、着水井および沈澱池を経て、緩速ろ過池（2 池、ろ過面積 5.56m²）により浄水処理を行っていた（写真 1）。塩素滅菌は、緩速ろ過池のろ過水の越流部に筒状の器具を設置、中に錠剤型の塩素剤を充填、流水と接触させて塩素剤を溶解して行っていた（写真 2, 3）。

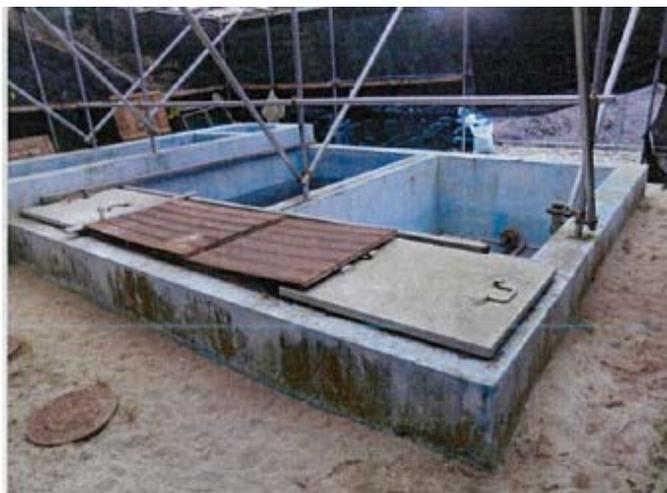


写真 1 I 飲料水供給施設の緩速ろ過池¹⁾



写真 2 緩速ろ過池に設置された錠剤型塩素剤の接触器具¹⁾



写真 3 緩速ろ過池に設置された錠剤型塩素剤の接触器具(拡大)¹⁾

②飲用水供給施設の運用状況

N 村の担当者に電話によるヒアリング調査を行ったところ、当該施設の運用状況に関して、以下の情報が得られた。

- ・住民台帳に基づく現在の給水人口は 19 名である。
- ・錠剤型の塩素消毒剤として、スタークロン T (南海化学株式会社) を使用している。
- ・塩素剤の補充は、最寄り (車で 10 分ぐらい) の住民が、2 日に 1 回行っている。
- ・定期的実施している水質検査結果によれば、残留塩素の濃度は 0.8mg/L 程度である。
- ・当施設における流量は把握できていない。
- ・当施設には電気は供給されておらず、すべて電気なしで運用されている。近くまで電線は来ているものの、施設の改造により塩素剤を電動で注入するなどの検討は行っていない。

以上のことから、当該の飲用水供給施設では、液状の塩素消毒剤の運搬や補充に伴う労力は生じておらず、次亜塩素酸ナトリウム溶液に特有である有効塩素濃度の低下ならびに塩素酸濃度の上昇の問題は発生しないものの、以下の点において運用上の課題があると考えられた。

- ・錠剤型の塩素剤の補充を 2 日に 1 回と頻繁に行う必要があり、地元住民の負担が大きい。
- ・塩素剤の溶解速度が制御できず、塩素の過剰注入あるいは過小注入の恐れがある。
- ・給水末端での残留塩素、色、濁りに関する毎日検査は行っていないようであり、水質異常発生時の対応が困難と思われる。

(2) 錠剤型塩素消毒剤の適切な運用方法に関する検討

当該の飲用水供給施設にて用いられている錠剤型の塩素消毒剤 (スタークロン T : 南海化学株式会社) は、次亜塩素酸カルシウム (有効塩素 70~77.5%) を主成分としており、一錠 20g であった。以下の仮定により、当塩素消毒剤の運用状況を推定した。

- ・給水人口は20名、1日あたりの平均水使用量は300L/日/人とする。
- ・当該の地域における無効率（漏水ならびに配水管内滞留水の排水等）は50%とする。
→当該の飲料水供給施設における1日平均給水量は、
 $20[\text{人}] \times 300[\text{L/日/人}] \div 0.5 = 12,000[\text{L/日}]$ である。
- ・飲用水供給施設における浄水中の残留塩素濃度は1.0mg/Lで一定とする。
- ・錠剤型の塩素消毒剤に含まれる有効塩素は70%（重量比）とする。
→1日あたり必要となる錠剤型塩素消毒剤は、
 $1.0[\text{mg/L}] \times 12,000[\text{L/日}] \div 0.7 = 17,143[\text{mg/日}] \div 1000 = 17[\text{g/日}]$ である。

以上のことから、1日あたり1錠（20g）の錠剤型塩素剤が、均一的に浄水中に溶出すればよい計算となる。

ここで、簡易型塩素供給装置を導入することにより、錠剤型塩素剤の補充の頻度を低減する方策を検討する。スタークロンTの製造元である南海化学株式会社は、プール向けの塩素供給器（固定式）および塩素供給器（浮遊式）を販売しており、いずれも米国Pentair Water and Spa社のOEM製品である²⁾。

前者のインライン型固定式塩素供給器であるRAINBOWTM MODEL 320（図1a）は、同社の錠剤型塩素消毒剤Tri-Chloroの1インチ径（16g）を98錠充填可能であるとしており³⁾、スタークロンTであれば75-80錠が充填できると見込まれる。錠剤が均一的に溶出することが可能であれば、約2ヶ月半は保つ計算となる。ただし、当該の固定式塩素供給器は、加圧ポンプの下流側に設置することを前提としているため、当飲料水供給施設への電源供給を検討する、あるいは、重力落差による水圧でも正常に動作が可能であるか検証することが必要である。

後者の浮遊式塩素供給器である330 FLOATING CHEMICAL DISPENSER（図1b）は、プールに浮遊させて錠剤型の塩素剤を溶解させる方式であり、Tri-Chloroの1インチ径（16g）を3ポンド（約84錠程度）充填可能であるとしており⁴⁾、スタークロンTであれば63-68錠が充填できると見込まれる。錠剤が均一的に溶出することが可能であれば、約2ヶ月は保つ計算となる。ただし、当塩素供給器は下部リングにより開口部を調整し、塩素剤の溶解速度を調整する方式であるため、飲料水に適した塩素濃度が継続的に確保できるか、実証することが必要である。

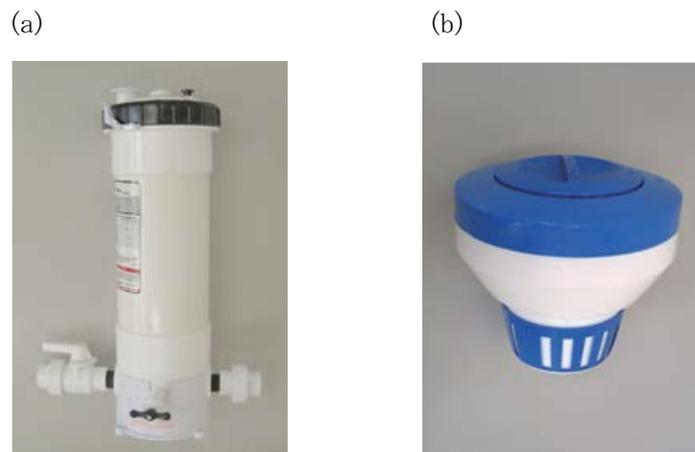


図1 固定型塩素供給器(a)および浮遊型塩素供給器(b)の例
（南海化学株式会社パンフレットより引用）

D. 結論

小規模水供給システムにおける錠剤型の塩素消毒剤ならびに適切な塩素供給器を用いることで、液状の塩素消毒剤の運搬や補充に伴う労力を大幅に軽減し、さらに、有効塩素濃度の低下ならびに塩素酸濃度の上昇といった問題を回避できる可能性がある。しかしながら、当該の供給器はプール水の残塩保持を目的としたものであるため、飲料水への適用に際しては、浄水中の適切かつ継続的な残塩濃度の保持が実際に可能であるか、実証が必要であると考えられた。

E. 研究発表

1. 論文発表 なし
2. 学会発表 なし

F. 知的所有権の取得状況

なし

参考文献・URL

- 1) N 県提供資料ならびに写真
- 2) 南海化学株式会社「スタークロン」パンフレット
<https://www.nankai-chem.co.jp/製品情報/クロール剤/スタークロンpシリーズ/>
- 3) Pentair Ltd. “RAINBOW™ AUTOMATIC CHLORINE/BROMINE FEEDERS”
<https://pentairpool.com/en/products/sanitizers/rainbow%20automatic%20chlorine%20and%20bromine%20feeders>
- 4) Pentair Ltd. “FLOATING CHEMICAL DISPENSERS”
<https://pentairpool.com/en/products/maintenance%20and%20safety%20equipment/floatin%20chemical%20dispensers>

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
分担研究報告書

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

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 堀さやか 京都大学大学院工学研究科研究員

研究要旨：

簡易水道や飲料水供給施設の中には水道事業体が管理できず、地元の住民組織または人が管理している水道施設がある。ここでは奈良県十津川村内で、地元管理されている水道施設の調査を行うとともに、奈良県と十津川村役場による施策について情報収集した。この結果、奈良県は県として、また十津川村は村として、高く評価されるべき取り組みが実施されているものの、県単独、および村単独ではいずれも限界があることが明らかであった。今後水道事業の持続可能性を高めるためには、奈良県に対しては近畿地方の近隣事業体および国、十津川村に対しては奈良県内事業体および奈良県による支援体制の確立が不可欠であり、速やかな行動が必要である。水道施設の実態調査、および施設を管理している住民と水道利用者への聞き取り調査を総合すると、県と役場が計画している施策の推進を急がなければ、地元管理による水道施設の維持はすでに限界に達しつつあると指摘できる。さらに、浄水処理装置に関する技術的課題について考察し、浄水規模と装置寿命の観点から、今後の開発ニーズを指摘した。

A. 研究目的

簡易水道や飲料水供給施設の中には水道事業体が管理できておらず、地元の住民組織または人が管理している水道施設がある。本研究課題の目的のひとつは、そのような小規模水道において、住民と十分なコミュニケーションを取りつつ、需要者が小規模水供給システムを支えるしくみについて提案を行うこととしている。

ここでは奈良県十津川村内で、地元管理者および水道利用者に対する対面調査を実施した。また、奈良県および十津川村の所轄部署において実情をヒアリングした。調査内容は、施設設置の経緯、管理組織の構成、規約、管理記録含む管理実態、水道料金設定法、行政による教育の有無、利用者としての満足度やニーズ、将来見通し等である。

B. 研究方法

1. 奈良県におけるヒアリング

奈良県地域振興部地域政策課において、奈良県における水道事業の実態と施策に関する情報収集を行った。

2. 十津川村におけるヒアリング

十津川村役場建設課水道グループにおいて、十津川村における水道事業の実態と施策に関する情報収集を行った。

3. 十津川村内簡易水道施設および飲料水供給施設の調査

十津川村内には簡易水道施設が10箇所あり、そのうち4箇所が村直営であり、6箇所は地元管理されている。地元管理されている施設の一つである風屋（かぜや）地区簡易水道施設（戸数40、給水人口86人）を訪問し、浄水処理施設の視察を行うとともに、地元管理者および水道利用者（主婦）に対して対面調査を実施した。

一方、十津川村内には飲料水供給施設が4箇所あり、すべて地元管理されている。これらのうち田戸（たど）地区飲料水供給施設（戸数9、給水人口13人）を訪問し、浄水処理施設の視察を行うとともに、地元管理者および水道利用者（主婦）に対して対面調査を実施した。

C. 研究結果

1. 奈良県におけるヒアリング^{1,2,3,4)}

(1) 県の取り組み概況

奈良県では県域を「県営水道エリア」、「五條・吉野エリア」、「簡易水道エリア」分類し、県政における「奈良モデル」方針のもとで、広域連携を推進している。

このうち、簡易水道エリアについても、課題とニーズを把握している。これに基づいて、今後、受け皿組織を設立し必要な取り組みを進めていくこととしている。

(2) 県政から見た簡易水道エリアにおける水道事業

地元管理している担当者の平均年齢は70～80歳となっている。後継者の確保が絶望的な地域が多くあり、奈良各地では、水道事業へのマンパワーが足りないことが問題となっている。村直営についても人材、費用ともに既に極限状態で運営されており、飲料水供給施設等の地元管理されている施設までは、手が回らないのが現状である。

一般に、村長は、水道施設の更新に消極的なことが多く、村内の水道行政に変化を起こすのは厳しい。村政のみならず、県庁の力だけで、抜本的な解決を図るのは非常に難しい。

奈良県は国へ働きかけ、地元の現状を訴えている。国の補助から、簡易水道が見放されると、地方財政を圧迫し、持続可能な施設管理の未来を描くことが難しい現状について、要望書としてとりまとめ、提示している。

2. 十津川村におけるヒアリング

(1) 水道施設の現況（表1参照）

十津川村内には簡易水道施設が10箇所あり、そのうち4箇所が村直営であり、6箇所は地元管理されている。一方、飲料水供給施設は4箇所あり、すべて地元管理されている。以上の簡易水道施設と飲料水供給施設をあわせた水道普及率は60%程度である（表1では合計65.6%）。

未普及地域に位置づけられる残りの約40%（表1では34.4%）は、共同飲料水施設と個人飲料水施設からなる。前者は73箇所あり、後者は103箇所存在する。

公募によって採用された「集落支援員」の役割が極めて大きい。上記の共同飲料水施設と個人飲料水施設も、これまで実態が把握できていなかったが、集落支援員の踏査によって、はじめて実態を資料として作成することができた。

表1 十津川村水道施設の現況(2018年12月現在)

普及/ 未普及	種別	箇所数	管理形態	給水戸数・人口	人口割合
普及 地域	簡易水道施設	4	村直営	955戸、1649人	50.0%
		6	地元管理	165戸、350人	10.6%
	飲料水供給施設	4	地元管理	80戸、163人	5.0%
未普及 地域	共同飲料水施設	71	地元管理	合計約628戸、合 計約1133人	34.4%
	個人飲料水施設	98	地元管理		

(2) 施設管理の状況

簡易水道施設のうち地元管理されている6箇所は、村が設置し、料金収入を放棄する代わりに、その管理を地元へ依頼したものである。

台帳作成はできていない。作成の必要性を役場内で理解させるのが困難であったが、改正水道法では義務化されるので、進めやすくなると考えている。

水道水に料金を支払うという考え方は希薄である。

(3) 水質管理の状況

簡易水道施設のうち村直営の4箇所については、水道法に準じた管理が実施できている。

簡易水道施設、飲料水供給施設ともに、原水、浄水に対して、水質基準51全項目の検査を3年に1回行っている。施設を順次ローテーションしつつ、3年に1回検査できるようにしている。

また、月に1回の検査は、試料水を奈良広域水質検査センターへ送付して実施している。

地元管理されている簡易水道施設の6箇所、および飲料水供給施設の4箇所に対しては、年1回、保健所が訪問し、水質検査を行うとともに必要な指導を行っている。

塩素を入れるという習慣がなく、塩素注入されていないところも少なくない。

(4) 村としてのその他の施策等

・居住地域のコンパクト化

共同飲料水施設や個人飲料水施設が設置されている地域では、居住地域のコンパクト化を進める施策も進めている。

水道インフラとしては、10戸程度(15人～20人程度)が集まれば、ろ過器を設置することが可能になる。この場合、村による補助率は90%とすることができる。頻用されるろ過装置は50m³/日程度、100万円程度であり、過大設備である。最近25m³/日程度、50万円程度のろ過器を導入することも可能となった。

ただ、コンパクト化のインセンティブは、社会インフラ維持管理の効率性ではなく、災害リスクの回避である。

実際のコンパクト化は、6戸が村営住宅に移転した一例があるだけであり、容易に進められるものではない。

- ・水道事業の種別変更について

給水人口の減少に伴って、今後、簡易水道事業を飲料水供給施設や簡易な給水施設に変更することについて、「簡易水道エリア」の11村中2村が「検討する必要がある」と回答している。これは、認可を取り下げれば、手続きを簡略化できるほか水質基準の遵守義務も回避できることなどにより、見た目のコストを下げられるためである。ただ、管理レベルを下げることにに対する抵抗感があるほか、簡易水道事業には手厚い補助があるので総コストは大きく変化するわけではないことから、十津川村としては、この種別変更に対しては否定的である。

3. 十津川村内簡易水道施設および飲料水供給施設の調査

(1) 風屋地区簡易水道施設

- ・施設の概要

戸数40、給水人口86人。

水源は、渓流水を集水槽で集水し、自然流下で浄水場に導水されている。この水源地は「みなくち」と呼ばれている。この原水が濁ることはないようである。導水管は径100mm、長さ4040m。

写真1に施設の外観を示す。浄水処理は緩速ろ過方式。着水井はなく、処理されない原水は、ろ過池のオーバーフロー管から放水されている。2



写真1 風屋地区簡易水道施設

池あり、片方だけで水量をまかなえるので、1池は水を抜いて管理することが可能となっている。塩素は、配水量に応じて注入されている。

- ・管理状況と課題

村からは月額5万円で地元管理するように依頼された。規約が存在し、自主管理されている。

簡易水道の維持管理は、本来、村で持ち回りで管理する体制をとっていた。毎年一名が担当していたが、脆弱な管理体制が続いたため、平成17年度より、水質や管理の担当者を固定することとした。特定の1名に業務委託する形で、質の高い管理を継続してきた。地元管理施設は、担当者の属性に依存している部分が多分にあることが分かった。すなわち、担当者が変わると管理レベルが大きく変化する可能性がある。高齢化により、水道施設の維持管理作業は体力的にも厳しく難しくなっている。

風屋地区の住民は、将来的には村管理になるように要請している。現在の水道料金は1000円の定額制である。村管理になった場合、従量制となり水道料金は大幅に上昇することが予想される。それにもかかわらず、現在の維持管理作業が大変であることから、村管理になることを望んでいる。

- ・水質管理の状況

水道組合長は、毎日浄水場を訪れている。毎日検査項目である濁度、色度、残留塩素の記録簿があり、保存状態も良好である。月1回、試料水を奈良広域水質検査センターへ送付して水質検査を実施している。

(2) 田戸地区飲料水供給施設

・施設の概要

戸数 9、給水人口 13 人。

水源は、集落のある地区から、谷をはさんだ向かいの山である。この水源地は「みなもと」と呼ばれている。渓流水を集水し、自然流下で浄水場に導水されている（写真 2）。導水管は径 50 mm、長さ 1100 m であり、谷を渡っている。降雨後も濁ることはあまりない。居住地より低位置に存在する水は汚れているという一般的な考え方があり、そのために標高が高いところに水源を求めている。

浄水施設（写真 3）は、着水井—普通沈殿池—緩速ろ過池—配水池からなる。浄水処理は緩速ろ過方式であるが、ろ過砂現在は使用しておらず、代わりにろ過マットを敷いている。ろ過砂による処理を放棄したのは、砂の入れ替え作業が負担になったためである。ろ過砂使用をやめてから 20 年程度になる。ろ過マットは 3 ヶ月ごとに交換する。使用後のろ過マットは現場で洗浄し、干している。5～6 年は使用可能とみられる。

塩素注入設備は、浄水場から下ったところに設置されている。これは、管理者が塩素剤（カルキ）を運搬する労力を少しでも軽減するためである。

水道料金は月額 1000 円の定額制であり、節水意識はない。

・管理状況と課題

水道組合長は、浄水場へは 3 ヶ月に 1 回訪問して必要な管理を行っている。同様に水源地にも訪問し清掃等を行っている。管理のために必要な教育を村などから受けることはない。保健所が来訪するとき、塩素注入の指導を受ける程度。

冬季に水源地の水量が不足して断水が



写真 2 導水管



写真 3 田戸地区飲料水供給施設
浄水施設

起きることがある。この場合には、別の谷に水を求め、集水した水を導水管へ注入する作業を行っていた。これは、以前人口が多かった時代には必要な作業であった。人口が減少し水需要が減った近年では、その必要性は減ってきている。

地区の水道組合長が30年に渡って管理している。本来なら、地域で持ち回りをして管理する地元の施設であるが、高齢化社会と人口減少により、世帯数も急激に減少しており、後継者となる人がいないことが深刻な問題となっている。昨年度より集落支援員の助けを借りることが可能となり、塩素を運ぶ際などに、助けを求めることもできる。しかし、こうしたことで負担軽減になっているとはとてもいえない状況である。非常に傾斜の厳しい山道を登らなければ、浄水場や水源地にたどり着くことができない。獣道のような道も一部あり、足元が安定した山道とは言い難い。高齢者が一人で山道を登り、水源を管理するのに依存することがもはや不可能な状況である。

・水質管理の状況

月1回、試料水を奈良広域水質検査センターへ送付して水質検査を実施している。この時だけは塩素を注入し、試料水を送るようにしている。この検査費用は村の負担であるが、塩素剤は組合（住民）が負担している。

そもそも塩素を使用するという習慣がない。むしろ原水水質が良好であることから、清澄な水に塩素を入れるのは申し訳ない、という認識がある。年1回、保健所が来訪するときと、毎月、奈良広域水質検査センターへ試料水を送る時のみに塩素を注入している。

降雨後に水道水に濁りが発生することはあるようである。

D. 考察

1. 奈良県および十津川村における施策と課題

上述したように、奈良県は県として、また十津川村は村として、できる限りの取り組みが継続されてきており、それらはいずれも高く評価されるべき内容である。しかし、県単独、および村単独では、いずれも限界があると異口同音に指摘されている。今後、水道事業の持続可能性を高めるためには、奈良県に対しては近畿地方の近隣事業体および国、十津川村に対しては奈良県内事業体および奈良県による支援体制の確立が不可欠な状況となっている。この支援体制の確立が遅れば遅れるほど事態を悪化させると考えられるため、速やかな行動が求められる。

2. 浄水処理装置に関する技術的課題⁵⁾

水道システムとしての技術的課題も数多く見出すことができるが、ここでは浄水処理装置に焦点を当てて考えてみる。

頻用されるろ過装置は50 m³/日程度、100万円程度であり、給水人口からみて明らかに過大設備というケースが見られる。膜ろ過装置にしても、1モジュールで浄水能力50 m³/日程度のものが多く、小さくても20~25 m³/日程度である。今後を考えると、10 m³/日程度、さらには数~1 m³/日程度のものが多数必要ということが出来る。水処理装置メーカーと水道事業体が共同して検討し、企業としても収益性があり、かつ水道事業体としても導入可能な価格帯である浄水処理装置の整備が望まれる。

一方、人口が次第に減少していく現況を覆すことは容易ではない。このような人口減少社会における上水道施設を含む社会インフラ整備の考え方が提示されてきている。こ

れまで各種インフラは、長寿命化、恒久化といった固い（長期利用可能な）整備が推進されてきたといえる。水道施設・設備も、これまでは頑健で長持ちするものをつくることに尽力してきたと考えることができる。これに対して、縮小局面では、インフラをモジュール化することによって、寿命そのものを短命化（もしくは長寿命化と短命化の組み合わせ）するというコンセプトが必要となるだろう⁶⁾。そうすることで、当該地域における将来の需要変化や、場合によっては撤退にも対応可能とするのである。

以上より、例えば膜ろ過装置については、例えば、10年間だけ使用可能な装置が開発されるとよいと考える。山あいの小規模な水道施設では、水道原水が清澄である場合も多い。そのようなケースでは、ろ過を何年も継続し、使用期間中薬品洗浄を行わないことも考えられる。一方、制度・しくみという観点からは、今後は、とりあえず10年程度もてば良い施設・設備を設計したり導入しても良いというコンセプトも必要になるのではないか。

3. 当面のまとめと今後の取り組み

地元管理されている水道施設の調査を行うとともに、奈良県と十津川村役場による施策について情報収集した。本稿にとりまとめたように、県と役場が計画している施策の推進を急がなければ、地元管理による水道施設の維持はすでに限界に達しつつあると指摘できる。

風屋地区簡易水道施設および田戸地区飲料水供給施設の水道組合長および水道利用者の聴取内容は録音している。これらを発話データとして捉え、今後、言語統計手法を用いた解析を行う予定である。

また、十津川村に加えて、今後、青森県五戸町・新郷村、静岡県静岡市などにおいて、地元管理者および水道利用者に対する調査（対面調査および質問票による調査）を実施する（施設設置の経緯、管理組織の構成、規約、管理記録含む管理実態、水道料金設定法、行政による教育の有無、利用者としての満足やニーズ、将来見通し等）予定である。同時に、県や市町村の所轄部署において実情をヒアリングする。

これら複数の地域における調査結果をふまえて、住民と十分なコミュニケーションを取りつつ、需要者が小規模水供給システムを支えるしくみを提案する。また、県や市町村が実施可能な連携や支援方策についてとりまとめる。

さらに、現行制度の課題を整理するとともに、上記の内容を円滑に実現させていくために必要な支援制度やしくみについて提言を行う予定である。

E. 結論

地元管理されている水道施設の調査を行うとともに、奈良県と十津川村役場による施策について情報収集した。

奈良県は県として、また十津川村は村として、高く評価されるべき取り組みが実施されているものの、県単独、および村単独ではいずれも限界がある。水道事業の持続可能性を高めるためには、奈良県に対しては近畿地方の近隣事業者および国、十津川村に対しては奈良県内事業者および奈良県による支援体制の確立が不可欠であり、速やかな行動が必要である。

水道施設の実態調査、および施設を管理している住民と水道利用者への聞き取り調査を総合すると、県と役場が計画している施策の推進を急がなければ、地元管理による水道施設の維持はすでに限界に達しつつあると指摘できる。

浄水処理装置に関する技術的課題について考察し、浄水規模と装置寿命の観点から、今後の開発ニーズを指摘した。

【参考文献】

- 1) 公益財団法人 水道技術研究センター：過疎地域飲料水・生活用水供給手法検討事業委託業務報告書、平成 29 年 2 月
- 2) 奈良県：県域水道一体化の目指す姿と方向性、平成 29 年 10 月
- 3) 奈良県地域振興部地域政策課長 小槻勝俊：「公営企業の経営健全化等に関する調査研究会～条件不利地域における水道事業のあり方について～」奈良県の簡易水道事業の現状と課題、平成 28 年 8 月 30 日
- 4) 奈良県簡易水道協会会長 天川村長 車谷重高：平成 31 年度簡易水道基盤強化に関する要望書、平成 30 年 11 月
- 5) 伊藤禎彦：浄水処理装置・施設のニーズ ―人口減少下における上水道システムを支える技術―、ベース設計資料、2019（投稿中）
- 6) 宇都正哲,植村哲士,北詰恵一,浅見泰司：人口減少下のインフラ整備, 東京大学出版社, 2013.

F. 研究発表

1. 講演

伊藤禎彦、堀さやか：水道料金に対する支払意志額を増大させるためのコミュニケーション手法に関する研究、関西水未来研究会研究提案会、京都大学 桂キャンパス CクラスターC1 棟グローバルホール人融、2018. 5. 19

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
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

研究分担者 増田貴則 鳥取大学大学院工学研究科 社会基盤工学専攻
研究協力者 岩田千加良 鳥取大学技術部

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、水供給システムの維持管理や断水等のトラブル発生の現状を把握するとともに、集落役員が点検や清掃などの管理作業に対して感じている負担感や作業負担の重い項目、設備の点検管理記録や財政の将来見通しの有無、行政や他の集落との連携状況、研修会等の有無、水供給システムに対して感じている不安を整理することを目的とした質問紙調査を行った。

47 の集落より回答があり、水の安定供給や施設の維持管理に様々な困難を抱えていること、負担の重い作業項目、記録の有無状況、研修会のメリット等が確認できた。

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、集落同士や外部の団体との連携による維持を前提とした管理システムを検討していくことも重要と思われる。

本研究では、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、水供給システム及びそ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、集落役員が点検や清掃などの管理作業に対して感じている負担感や負担が重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ることを目的とした調査を行った。

また、設備の点検記録や維持管理マニュアルの有無、行政や他の集落との連携状況、研修会等の有無、管理作業の一部を支援団体に協力してもらいたいかなどについても調査を行った。

これらによって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

岐阜県、京都府、鳥根県、岡山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、維持管理の状況等について実態を把握するための質問紙調査を行った。質問紙は郵便にて送付し、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。

1. 調査の内容

原水の種類や給水戸数、施設の設置年等の基本的な事項を質問した後に、施設の維持管理の状況として、他集落や行政との連携・研修の有無、管理の負担と支援受入れ意向、管理記録・維持管理マニュアルの有無を聞く設問を設けた。また、断水等トラブルの発生頻度やその際の対応方法、記録の有無などの設問を設けた。最後に、今後の調査への協力意向と自由記述による意見を回答いただく設問を設けた。

2. 分析方法

設問への回答に対して、選択肢ごとの回答数、割合を求める単純集計と、属性ごとの回答の特徴をつかむためのクロス集計を行った。

C. 研究結果及びD. 考察

1. 質問紙の回収数

合計 97 の集落に発送し、47 の集落より回答を得た。回収率は 48% であった。このうち上水道を併用している集落が 3 集落、ちょうど上水道に切り替えを行ったばかりという集落が 1 集落あった。以下、これらの集落を含めた状態で集計を行った。

2. 調査結果

2-1. 回答を得た集落の水供給システムの状況

調査紙を回収した集落の現在の給水戸数、給水人口を図 1 に示す。大半は、給水戸数 25 戸、給水人口 40 人以下の小規模な集落であり、給水戸数 10 戸、給水人口 20 人以下の集落が回答数の約 40% を占めていた。これらの集落の水供給施設の原水を図 2 に示す。地下水・井戸水を使っている集落が最も多く 22 集落（約 45%）、次いで多いのが湧水の 12 集落（約 25%）であった。表流水を使用している集落は 9 集落（約 18%）であった。

原水から各家庭（供給先）までの各行程における送水方法についての回答結果を図 3 に示す。配水池から各家庭までは自然流下を行っているところがほとんどであるが、原水から浄水施設あるいは浄水施設から配水池への行程にてポンプを使っているとの回答が合計で 39 件あり、大半の集落がポンプ設備を有している状況であった。

塩素消毒の有無についての回答結果を図 4 に示す。塩素消毒ありと回答した集落は 26 集落（約 55%）で、塩素消毒なしと回答した集落は 19 集落（約 40%）であった。また、浄水処理工程について確認した結果、なんらかのろ過工程を有している集落は 13 集落（約 28%）であり、浄水処理工程なし、または塩素消毒のみの集落は 14 集落（約 30%）、沈砂池あるいはストレーナーで浄水を行っている集落が 5 集落（約 11%）、除鉄・除マンガン処理をした後に塩素消毒を行っている集落が 2 集落、無回答あるいは不明とした集落は 13 集落（約 28%）であった。

集落の水供給施設の主な使用用途への回答結果を図 5 に示す。全ての集落から、飲料水として使用しており、農業用水としては使用していないとの回答があった。消火用水として使用している集落は 10 集落（約 21%）であった。

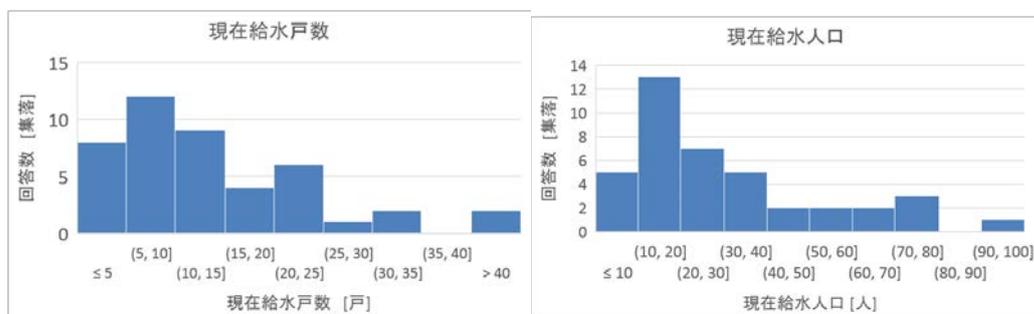


図 1 現在給水戸数と現在給水人口



図2 原水の種類（複数回答を含む）

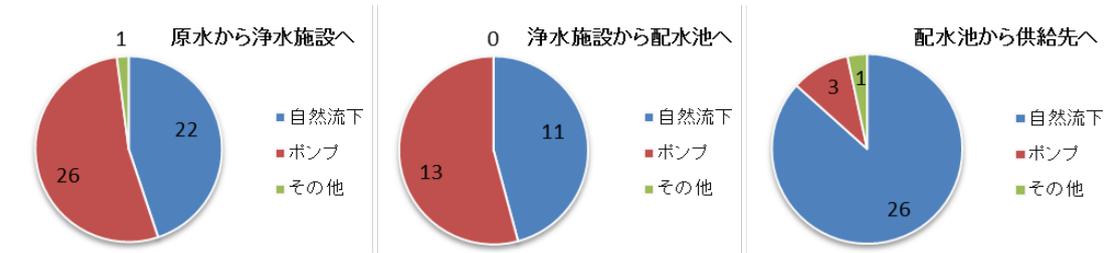


図3 原水から供給先（各家庭）までの送水方法

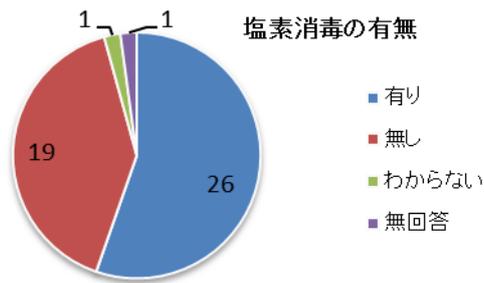


図4 塩素消毒の有無

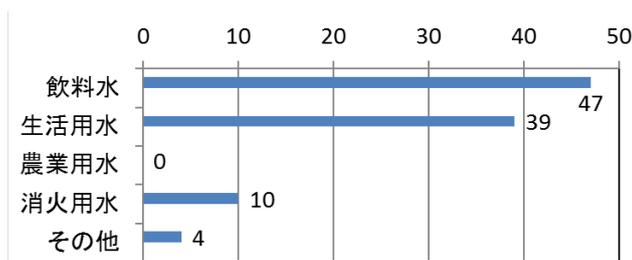


図5 集落の水供給施設の主な使用用途（複数回答あり）

2-2. 水供給施設の断水トラブルについての回答

これまでに断水や水質汚濁、機器の故障などの影響により集落の大半で水が使用できなくなったことがあるかについての回答結果を図6に示す。12集落（約26%）についてはないとの回答であったが、35集落（約74%）については使用できなくなったことがあるとの回答であった。また、水供給施設に関するトラブルの記録をとっているかを尋ねた結果を図7に示す。毎回またはある程度は記録をとっている集落は20集落（約43%）あり、全くとっていないと回答した集落は16集落（約34%）であった。

これまでに断水や水質汚濁、機器の故障などの影響により集落の大半で水が使用できなくなったことがあると回答した集落に、その事象の発生頻度や主な原因、復旧までの日数、および、その間の水の調達方法についての尋ねた結果を図8、図9、図10に示す。集落の大半で水が使用できなくなったことがあると回答した35集落より55件の回答を得ることができた。そのうち発生頻度については無回答またはその他とした回答が最も多く25件、ついで1年に数回あるいは数年に1回との回答が合計21件あった。また、これらの事象の主な原因(図9)については、多岐にわたっており、落雷や停電、凍結、水圧低下、ポンプの故障、老朽化といったものがそれぞれ4件から6件ずつみられた。

また、大半で使用できなくなった事象における復旧までの日数は、1日以内が28件で半数以上を占めていた。2日から3日かかったものは16件、4日または7日以上は計11件であった。その間の水の調達方法については、復旧まで我慢したという回答が27件であり、水道局に応急給水を依頼したのは4件にすぎなかった。また、その他の回答の中に、自己水源または近場の別水源から水を調達したという回答が7件、上水道との2系統給水を行っているため支障なかったとの回答が2件あった。

以上のことより、多くの集落では大半で水供給が停止するという事態に見舞われることが頻繁にありながらも、復旧までの日数が長い事象はまれであったことから、その多くは復旧まで我慢するか近場の水源から水を自己手配することで、断水事象に対応していることを把握することができた。

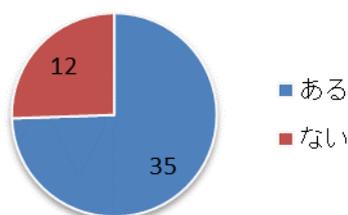


図6 集落の大半で水が使用できなくなったことがあるか



図7 トラブルの記録をとっているか

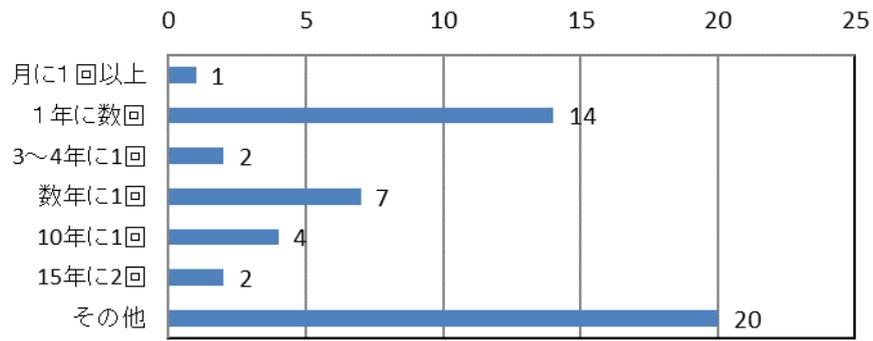


図8 集落の大半で水が使用できなくなった事象の発生頻度について

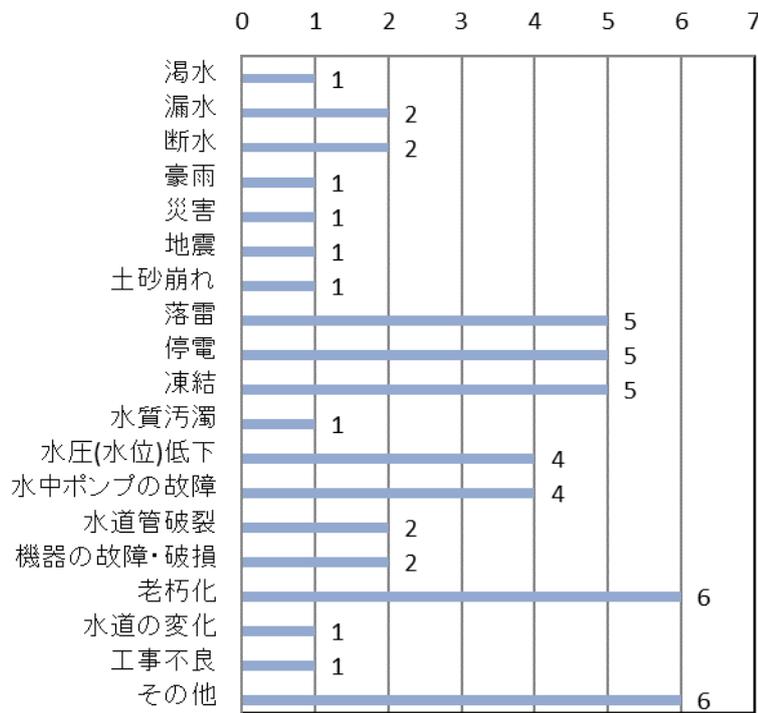


図9 集落の大半で水が使用できなくなった事象の主な原因について

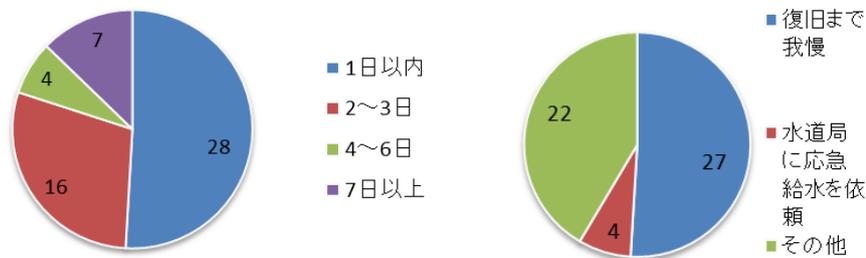


図10 集落の大半で水が使用できなくなった事象について復旧までの日数、および、その間の水の調達方法

2-3. 水供給施設の維持管理に関する記録、管路に関する記録の状況

水供給施設の設備点検、水質検査に関する記録の有無についての回答結果を図 11 に示す。水源・取水設備、浄水設備、送水・ポンプ設備、消毒設備について点検の記録をとっていると回答した集落は 10～12 集落であった。一方、これらの設備について点検記録をとっていない、あるいはわからないと回答した集落は 25～29 集落であった。回答のあった集落の半数以上が点検の記録を残していないことがわかった。

水質検査の記録については、記録をとっている集落が 17 集落であり、記録をとっていない集落も 17 集落であった。設備の点検記録よりは記録をとっていると回答した集落が多かった。

水質検査の項目や頻度などについての回答結果を図 12 と図 13 に示す。年に 1 回検査を行っている集落が最も多く 11 集落であった。水質検査の項目については、一般細菌・大腸菌を検査していると回答した集落は 20 集落であった。その他、残留塩素、濁り、色を検査していると回答した集落が 8～11 集落あった。検査している箇所は給水栓が最も多く 16 集落であった。

管路に関する記録の状況を図 14 に示す。配管図（管路敷設図）を有している集落は 23 集落であり、ほぼ半数の集落が記録を有していると回答した。配管図がないと回答した集落は 13 集落（約 28%）であった。漏水箇所・管路の更新状況についてはそれぞれ 22 集落（約 47%）、29 集落（約 62%）が記録をとっていないと回答した。

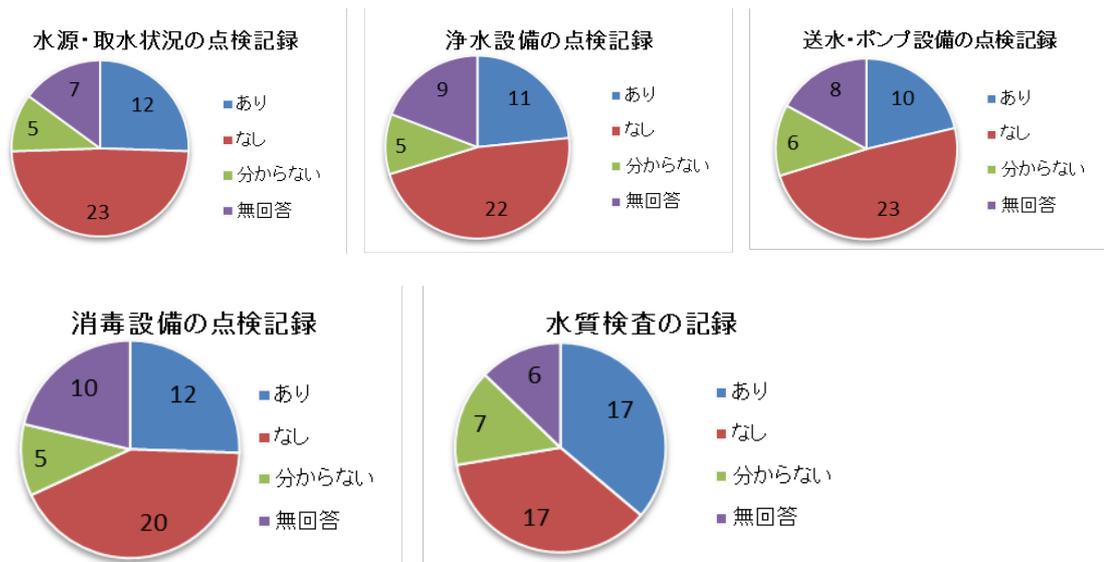


図 11 点検・検査記録の有無



図 12 水質検査の頻度

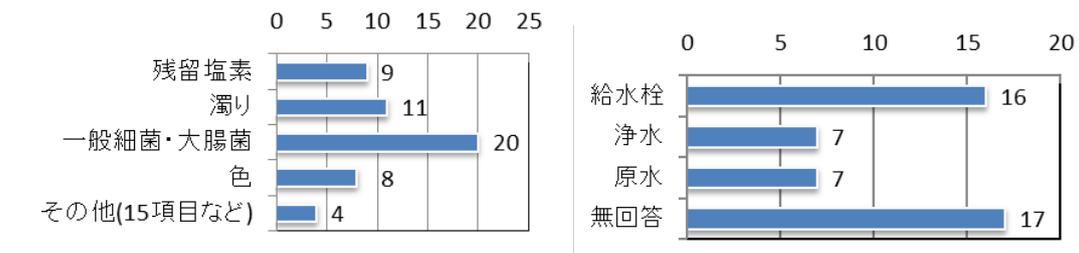


図 13 水質検査の項目と箇所



図 14 管路に関する記録の有無

2-4. 水供給施設の運営（財政、維持管理マニュアル）について

収支の記録、将来の財政見込みの有無についての回答結果を図 15 に示す。収支の記録については、半数以上の 32 集落（約 68%）から記録ありとの回答があった。他方、将来の財政の見込み・予測については、あると回答したのは 10 集落（約 21%）のみであり、その他の集落はなし（20 集落）あるいは分からない（12 集落）との回答であった。

水供給施設の管理方法などを記載した維持管理用のマニュアルや引き継ぎ書のようなものがあるかを聞いた設問の回答結果を図 16 に示す。ありと回答した集落は 12 集落、ないと回答した集落は約半数の 23 集落であった。水供給施設に関する役員や維持管理担当を持ち回りで行っている集落が多いのが現状であるが、その方法については文書化されていない状況が示された。



図 15 収支記録の有無、将来の財政見込みの有無

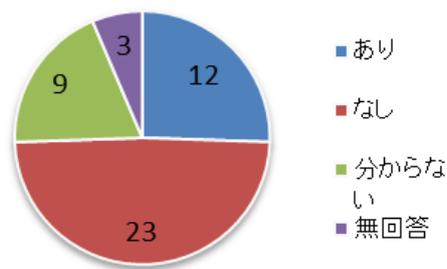


図 16 水供給施設の管理方法などが記載された維持管理用マニュアルの有無

2-5. 管理の負担感、管理の一部支援について

水供給施設の管理を組合や役員等で行うことに対する負担感についての回答結果を図 17 に示す。とても負担に感じていると少し負担に感じているについては、合わせて 17 集落の回答があった。あまり負担に感じていないと全く負担に感じていないについても、合計 17 集落からの回答があった。

また、“とても負担に感じている”と“少し負担に感じている”との回答に対し、作業負担が重いと感じている作業項目を重いと感ずる順に 3 つまで自由記述で回答を求めたものを集計した結果を図 18 に示す。作業負担が重い項目として、取水設備の管理（点検、清掃、増水後の堆積物除去）、ろ過池作業（砂の入れ替え、堆積物の除去）、タンク清掃（堆積泥・砂の除去）、薬液補充（塩素補充）、草刈り（施設周りの草刈り）、検針、集金、断水時や水圧低下時の対応、管路破損事故時の対応があげられた。

水供給施設の管理にあたり、その一部を支援してくれる団体（NPO 団体やボランティア団体等）があれば、手伝ってほしいかを尋ねた結果を図 19 に示す。手伝ってほしいと回答した集落が 12 集落、手伝ってほしくないと回答した集落が 9 集落、分からないと回答した集落が 16 集落であった。

先の質問に“手伝ってほしい”と回答した集落に、どのような作業を手伝ってもらいたいかを、当てはまる項目をすべて選択してもらった形式で答えてもらった結果を図 20 に示す。こちらが準備したほぼすべての項目について手伝ってもらいたいという回答があり、支援がほしいと感じている作業項目が多岐にわたっていることがわかった。

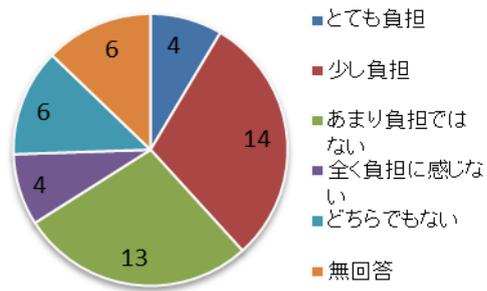


図 17 管理を組合や役員で行うことの負担感

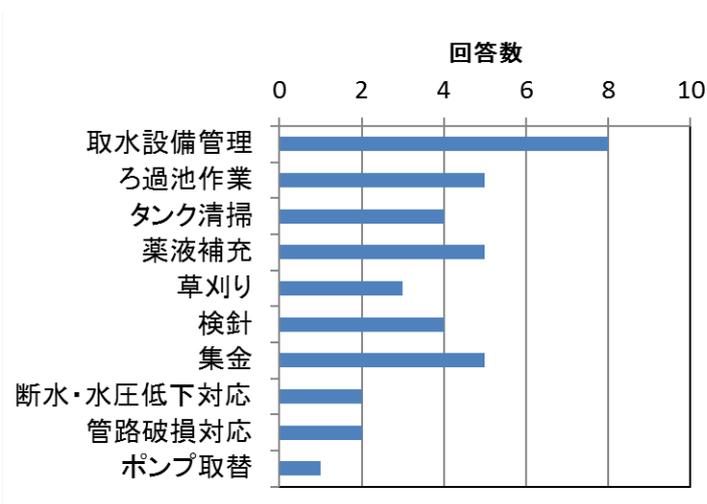


図 18 負担の重い作業項目の回答数

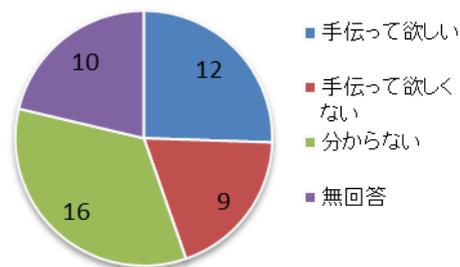


図 19 管理の一部を支援団体に手伝ってほしいと感じるか

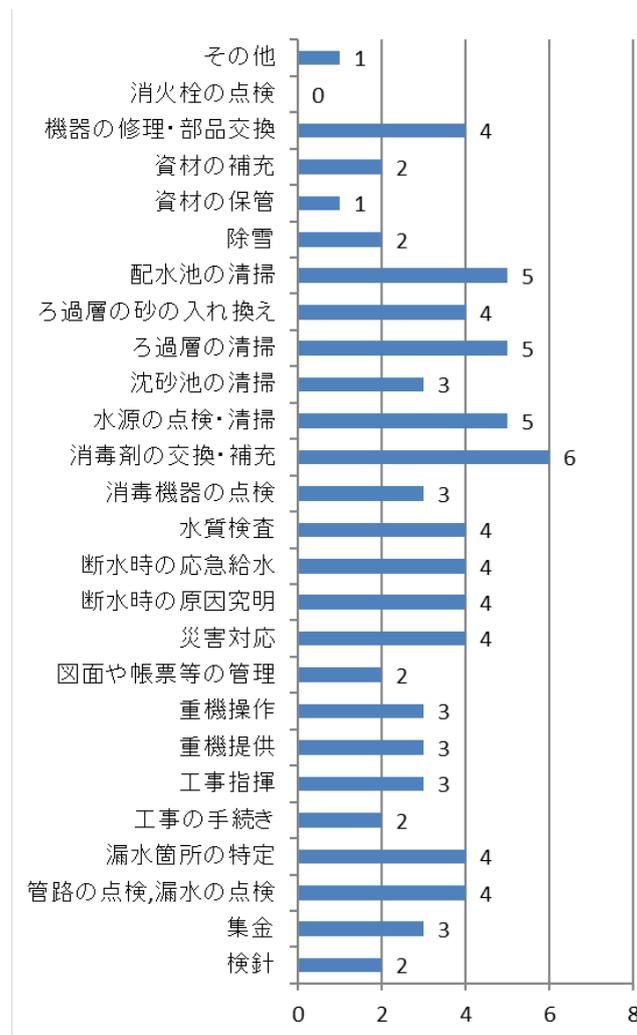


図 20 支援団体に手伝ってもらいたい作業項目

2-6. 連携や研修会の状況等について

水供給施設の管理を行政や他の集落と連携、協力して行っているかという問いへの回答結果を図 21 に示す。行っていないという回答の方が多く、30 集落（約 64%）であった。行っているという回答が 16 集落（約 35%）からあった。

また、水供給施設の管理に関する講習会や研修会があるかを尋ねた結果を図 22 に示す。また、研修会があると回答した集落に、その講習会や研修会は役に立っているかを尋ねた結果を図 23 に示す。講習会や研修会があると回答した集落は 12 集落で、全体の約 26%にすぎなかった。しかし、あると回答した集落のすべてが、講習会や研修会は施設の管理に役立っていると回答しており、役に立っていない、役に立っているか分からないという回答はなかった。



図 21 管理を行政や他の集落と連携、協力して行っているか



図 22 管理に関する講習会や研修会はあるか

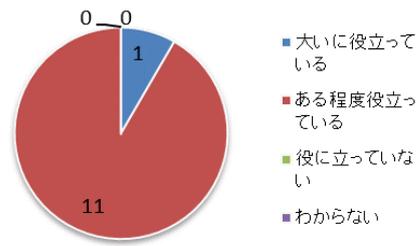


図 23 講習会や研修会は役立っているか

2-7. 自由回答の結果

質問紙の最後に水供給施設の管理に関する不安や意見等があれば記入していただく形式で回答を得た。地域名や属人情報を除去し、その結果を箇条書きにて列挙する。

- ・年寄りばかりの限界集落。これからどう管理していけばよいか不安である。
- ・高齢化のため給水管に後々苦勞しそうである。
- ・施設は古く先代の時からで、わからない。故障時は水道会計において水道工事店にお願いしている。
- ・原水検査など水質に関する管理は、市が行っている。水道組合にとって、タンクや各戸への配水管の修理などの財源が不安である。組合の積立金を増やすよう努力している。
- ・40年経って貯水、配管共に老朽化著しく、2年前に役場に口頭で有事の前に対処依頼をした。
- ・山合いに有りもはや2世帯の限界集落であり、この先集落としての存続はきびしい状況です。水道施設も自分が1人で点検している状況。もうすぐ70歳(2戸共)いつまで居られるのか不安、しかし2戸共市街の方に家があるのでそちらの方に行く予定。
- ・水道組合の役員は1年ごとに変わります。水の検査等は行政にお願いしている。
- ・各戸井戸水使用から地域水道となり、戸数・人口の減少から現在は全戸が公共水道と併用している状況である。代表者については、地区住民で毎年交代で管理している。
- ・大きな懸念課題は、目視出来ない所や多額な経費を要する項目。1.配水本管の老朽程度の把握、改修する場合の経費の捻出。2.一度地下水位の低下と思われる異常停止があり、水位の大幅な低下又は枯渇。懸念解決には公共水道への移行という手段も考えられるが現況では、使用料金が大幅に増加するため組合運営を続けている。
- ・この施設は、町が設置し管理委託を受け、地元で運営している。多額の修理費用が発生した場合は補助がある。町内には類似施設は多くある。町の給水施設方針。
- ・現在7戸と一つの会社で集落水道を維持・管理しているが住民の多くが高齢し、今後の安心・安全な水確保に不安を感じている。水道管理設後かなりの年数が経過し水道管の老朽化が見受けられる。このため冬季に凍結が主因する水道管破裂がここ数年連続して発生している。また、水道管理設の多くが山の中にあること。また、埋設箇所も明確に把握できていないこ

とから、破裂箇所探しが大きな負担となっている。しかし、幸いに水道工事会社が当集落内（この会社も集落水道を利用）にあることから、この会社の人的協力を得て対処している。しかし、この会社が将来も当集落に存在するかは不確定であり、生活に必要な水確保・現施設の維持管理に住民は大きな不安を感じている。集落での維持は近い将来困難になると予測されることから、町へは町水道への移管をお願いしているが、移管工事に多額の費用を必要とすることから町当局は難色を示しており、各戸が井戸掘りで水確保をするよう推進している。このように厳しい状況であるが、当集落の永続的水確保の方策は町水道への移管しかないと考えており根気強く要請している。

- ・水道施設のポンプ、制御盤、貯水タンクなどの取替費用が心配です。新年度より費用の積立をするよう話し合い中です。
- ・当施設管理を行うのに伴う、高齢化により管理が将来的に管理困難と思われる。町に管理を委譲するよう要請している。
- ・地下水が豊富なうえ、良質です。
- ・集落が高齢者ばかりなので点検や経緯等がほとんどわかりません。今後の維持管理をどうしたらいいか全くわかりません。
- ・行政からの補助を望む。合併前は町役場より補助があったが、市の合併になり全く補助がない。
- ・現在、管理を3~4名程度で行っており、平均年齢60歳の者となっています。又、設置後45年が経過しており、老朽化が各所に見られ今後不安を持っています。現在、隣接地区に配置されている市の水道施設との接続について市が難色を示していることにも不満と不安を抱いている。
- ・施設の大規模改修時の資金調達面。
- ・当方施設は昭和年度に県の一部補助金を受けて簡易水道施設として運営をしてきましたが、平成になってからは断水、漏水で使用できないときがありました。平成に市の補助金を受けて小規模飲料供給施設を設置しましたが、現在までに大きなトラブルもなく現在に至ります。今後は昭和に設置した配管が多くあり、地震による破断または、老朽に漏水等が心配です。
- ・私たちの自治会以外は上水道の事業で昨年度までに無水道の地域は無くなりました。私たちの自治会も水道を供給してもらえよう話は町にしております。何かアドバイスいただけることがあれば教えていただきたいです。
- ・調査については、現在の運営、管理に負担がかかる様なら協力しかねます。

3. 調査結果のまとめと考察

回答のあった全ての集落で集落管理している施設の水を飲料水として用いているという回答であったが、約40%の集落で塩素消毒を行っていないという回答があった。また、集落の大半で水が使用できなくなったトラブル事象の経験があると答えた集落が約74%あった。水が使用できなくなった場合の復旧までの日数は1日もしくは数日以内が大半であったが、復旧までは水を調達せずに我慢して過ごした、あるいは、近場の水場から水を調達したという集落が多く、衛生的な水供給、あるいは、安定的な水供給が行われていないことが確認できた。

負担が重い作業項目については、取水設備の管理（点検、清掃、増水後の堆積物除去）、ろ過池作業（砂の入れ替え、堆積物の除去）、タンク清掃（堆積泥・砂の除去）、薬液補充（塩素補充）、草刈り（施設周りの草刈り）、検針、集金、断水時や水圧低下時の対応、管路破損事故時の対応があげられた。昨年度実施したヒアリング調査においても、人口が少ない小規模の飲料水供給施設では、高濁時の対応、ろ過池の管理、消毒剤の補充等に手間がかかり、困難である

ことが聞き取れていたが、それらを裏付ける結果となった。本年度の質問紙調査では、集落外部の支援団体からの協力が欲しいと回答した集落も確認できたことから、集落と水道事業体の連携のみならず、集落と支援団体とが連携した維持管理方策の実現可能性と利点を検討する価値があるものと思われる。

集落外との連携については、昨年度の検討のなかでヒアリング調査した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が、本質問紙調査では、実施している割合としては少数であったが、複数の集落、市町において水質検査や研修会実施など水道事業体が関わっていることが確認できた。研修会については回答を得た全ての集落が水供給施設の管理に役立っていると回答しており、効果的な方策となり得ることが確認できた。

設備の点検管理の記録や管路の漏水箇所・更新状況の記録については、記録を有していないという集落が全体の半数前後を占めており、記録を残しているとの回答は四分の一程度にすぎなかった。維持管理用のマニュアルや引継書についてもほぼ半数の集落が文書化していないという回答であった。今後の維持管理作業にこれまでの記録や文書を活用できる可能性は低いことが明らかとなった。一方で集落の大半で水が使用できなくなるようなトラブル事象については何らかの記録を残している集落が多く、水質検査の記録や収支の記録についても多くの集落が記録を残していた。小規模集落では管理作業にあたる構成員に限られるため管理自体の作業負担を減らす必要があることと、日常的な（平常時の）作業については口頭での伝達で用が足り、必ずしも記録や手引きを文書で残す必要があるわけではないことを反映しているものと思われる。一方で、トラブルや収支についてはその重要性から記録が残されているものと思われる（水質検査については市町の水道事業体や外部に委託しているケースが多く、結果として記録が残されるためと思われる）。点検や管理作業の質の向上や負担低減のためには、管理の状況や方法をなんらかの形で文書化しておき、それを活用することが重要と思われるが、文書化するという行為の負担とメリットとのバランスをよく考えたうえで、その方法を提案する必要があるものと思われた。

E. 結論

岐阜県、京都府、島根県、岡山県において飲料水供給施設等の小規模水供給システムを管理し使用している97の集落を対象に、集落役員が点検や清掃などの管理作業に対して感じている負担感や作業負担の重い項目、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るとともに、水供給システムの維持管理や断水等のトラブル発生状況、設備の点検管理記録や財政の将来見通しの有無、行政や他の集落との連携状況、研修会等の有無、管理作業の一部を支援団体に協力してもらいたいかなどについて整理することを目的とした質問紙調査を行った。

その結果、約48%の47の集落より回答や意見が得られ、本年度の調査によって、水質検査や断水時の応急運搬給水、研修会の実施など、市町の水道事業体が関与して実施されているケースがあり、効果をあげていることが確認できたが、設備の点検・清掃、薬液補充、検針・集金などの作業は、集落にとって負担が重いと感じられていることが確認できた。また、作業負担自体は重いと感じられてはいないが、管理記録が十分に取られていない実態が明らかになった。

老朽化している施設や水源として表流水を用いている集落では、水供給システムの点検や清掃等の維持管理を頻繁に行わなければならない。これらの集落では、人口減少・高齢化により、今後、維持管理活動の負担がますます大きくなることは明白である。今後は、本調査による結果を基礎資料とし、外部団体と集落住民との連携による維持を前提とした水供給システムの運用に対する関係者の意向を明らかにするとともに、技術面及び運営面の課題や実現可能性を検討することを試みたい。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

野坂幸寿, 増田貴則, 高部祐剛, 星川淑子, 鳥取県智頭町の小規模集落における水供給システムの現状と住民意識調査, 平成 30 年度全国会議(水道研究発表会)講演集, pp.176-177, 2018.
浅見真理, 阿部功介, 越後信哉, 伊藤禎彦, 島崎大, 小熊久美子, 増田貴則, 中西智宏, 小規模水供給システムの維持管理の実態に関する調査, 平成 30 年度全国会議(水道研究発表会)講演集, pp.174-175, 2018.

3. その他講演等

増田貴則, 人口減少を考慮した管路更新, 将来の不確実性に対応した水道管路システムの再構築に関する研究成果報告会, 水道技術研究センター主催, 那覇, 2018.5.11.
増田貴則, 水道管路の更新と水道料金値上げについて, 平成 30 年度ダクタイトイル鉄管協会セミナー, 日本ダクタイトイル鉄管協会中国四国支部主催, 広島, 2018.8.30

G. 知的所有権の取得状況

なし

研究成果の刊行に関する一覧表

1. 論文発表

- T. Nakanishi, H. Nishioka, K. Tarui, J. Kishimoto, Y. Asada, S. Echigo, S. Itoh : Characteristics of Suspended Particles and Their Loads into Drinking Water Distribution System under Different Treatment Processes, IWA World Water Congress & Exhibition, 3904824, 16-21 September 2018, 東京ビッグサイト, Tokyo, Japan.
- Kumiko Oguma, Surapong Rattanakul and Mie Masaike. Inactivation of health-related microorganisms in water using UV light-emitting diodes. *Water Science and Technology: Water Supply*, in press, 2019. doi: 10.2166/ws.2019.022
- Fariborz Taghipour and Kumiko Oguma. UV LED System Design, Operation and Application for Water Treatment. *UV Solutions 2019 Quarter 1*, 22-26, 2019.
<https://uvsolutionsmag.com/articles/2019/>
- Kumiko Oguma. Inactivation of feline calicivirus using ultraviolet light-emitting diodes, *FEMS Microbiology Letters* 365(18): 1-4, 2018.
- 政池美映, 小熊久美子, 橋本崇史, 滝沢 智. 紫外発光ダイオードによる腸炎ビブリオ(*Vibrio parahaemolyticus*)の不活化. 土木学会論文集 G(環境) 74(7), III_225-230. 2018.
- Kumiko Oguma, Kaori Kanazawa, Ikuro Kasuga and Satoshi Takizawa. Effects of UV Irradiation by Light Emitting Diodes on Heterotrophic Bacteria in Tap Water. *Photochemistry and Photobiology* 94(3): 570-576, 2018. (Early view published online in February 2018).
- Surapong Rattanakul and Kumiko Oguma. Inactivation kinetics and efficiencies of UV - LEDs against *Pseudomonas aeruginosa*, *Legionella pneumophila*, and surrogate microorganisms. *Water Research* 130: 31 - 37, 2018. (published online in Nov, 2017)

2. 学会発表

- Mari Asami, Kosuke Abe, Dai Simazaki, Koichi Ohno, Trends In Operation And Management Of Water Supplies With Size And Location Diversity, 2018 年 9 月; 東京. IWA World Water Congress & Exhibition 2018. 639.
- 阿部功介, 坂倉潤哉, 皆田明子, 越後信哉, 浅見真理, 島崎大, 秋葉道宏. 小規模水供給システムへの導入を考慮した塩素系消毒剤の反応特性の比較; 2018 年 10 月, 福岡. 平成 30 年度全国会議 (水道研究発表会) 講演集. p.736-737.
- 浅見真理, 阿部功介, 越後信哉, 伊藤禎彦, 島崎大, 小熊久美子, 増田貴則, 中西智宏. 小規模水供給システムの維持管理の実態に関する調査. 2018 年 10 月, 福岡. 平成 30 年度全国会議 (水道研究発表会) 講演集. p.174-175.
- S. Itoh, T. Nakanishi, X. Zhou, K. Tarui, Y. Hashimoto, J. Kitada, J. Kishimoto, Y. Asada, S. Echigo : Reestablishment of Water Supply System in a Depopulation Society and Research Needs, IWA

- World Water Congress & Exhibition, 3890712, 16-21 September 2018, 東京ビッグサイト, Tokyo, Japan.
- 中西智宏, 周心怡, 西岡寛哲, 樽井滉生, 浅田安廣, 越後信哉, 伊藤禎彦, 藤井宏明, 鈴木剛史: 浄水中懸濁物質の蓄積による配水管内環境の形成とその実態、環境衛生工学研究, Vol.32, No.3, pp.103-105, 2018.7
- 亀子雄大, 橋本雄二, 中西智宏, 浅田安廣, 小坂浩司, 藤井宏明, 伊藤禎彦: 配水管網における着色ポテンシャルからみた浄水中微粒子及びマンガンの制御目標に関する考察、環境衛生工学研究, Vol.32, No.3, pp.106-108, 2018.7
- 岸本如水, 樽井滉生, 北田純悟, 中西智宏, 浅田安廣, 小坂浩司, 伊藤禎彦: 配水管網における管内環境の形成過程とその制御性、平成 30 年度全国会議 (水道研究発表会) 講演集, pp.410-411, 2018.10
- 福岡早紀, 伊藤禎彦, 岸本如水: 飲料水供給施設における配水管内環境の制御方法、平成 30 年度全国会議 (水道研究発表会) 講演集, pp.412-413, 2018.10
- 周心怡, 小坂浩司, 中西智宏, 浅田安廣, 伊藤禎彦: Study on Characteristics of Mn Accumulation on Epoxy-Lining Pipelines in Distribution System、平成 30 年度全国会議 (水道研究発表会) 講演集, pp.948-949, 2018.10
- 浅見真理, 阿部功介, 越後信哉, 伊藤禎彦, 島崎大, 小熊久美子, 増田貴則, 中西智宏: 小規模水供給システムの維持管理の実態に関する調査、平成 30 年度全国会議 (水道研究発表会) 講演集, pp. 174-175, 2018. 10.
- 中西智宏, 亀子雄大, 森智志, 藤井宏明、小坂浩司, 伊藤禎彦: 配水管網における水道水の着色ポテンシャル分布の表示と浄水中微粒子・マンガン濃度の制御目標、第 53 回日本水環境学会年会講演集、2019.3.
- 福岡早紀、伊藤禎彦: 小規模水道システムにおける配水管内環境の評価と制御、第 53 回日本水環境学会年会講演集、2019.3.
- Mari Asami, Kosuke Abe, Dai Simazaki, Koichi Ohno, Trends In Operation And Management Of Water Supplies With Size And Location Diversity, 2018 年 9 月; 東京. IWA World Water Congress & Exhibition 2018. 639.
- 阿部功介, 坂倉潤哉, 皆田明子, 越後信哉, 浅見真理, 島崎大, 秋葉道宏. 小規模水供給システムへの導入を考慮した塩素系消毒剤の反応特性の比較; 2018 年 10 月, 福岡. 平成 30 年度全国会議 (水道研究発表会) 講演集. p.736-737.
- 浅見真理, 阿部功介, 越後信哉, 伊藤禎彦, 島崎大, 小熊久美子, 増田貴則, 中西智宏. 小規模水供給システムの維持管理の実態に関する調査. 2018 年 10 月, 福岡. 平成 30 年度全国会議 (水道研究発表会) 講演集. p.174-175.
- Kumiko Oguma. Responses of health-related microorganisms in water to UV-LED exposures. International UV Association (IUVA) World Congress. 2019 年 2 月, シドニー.
- 小熊久美子, 紫外線消毒の動向と展望, 第 11 回 JWRC 水道講座. 公益財団法人 水道技術研

- 究センター. 2019年2月, 東京.
- 小熊久美子, 水処理における UV 殺菌技術の最新情報, 造水技術シンポジウム 2018. 造水促進センター. 2019年2月, 東京.
- 小熊久美子. 紫外線を利用した水処理技術の最前線. サイエンスアゴラ, 安全な「水」の科学技術を考えるワークショップ. 2018年11月, 東京.
- 浅見真理, 阿部功介, 越後信哉, 伊藤禎彦, 島崎大, 小熊久美子, 増田貴則, 中西智宏. 小規模水供給システムの維持管理の実態に関する調査. 平成30年度全国会議(水道研究発表会). 2018年10月, 福岡.
- Kumiko Oguma and Surapong Rattanakul. Inactivation of health-related microorganisms in water using UV light emitting diodes (UV-LEDs). International Water Association (IWA) World Congress. 2018年9月, 東京.
- Kumiko Oguma. Water supply systems in Japan: Current status and future perspectives. Special Seminar by International Experts. DVGW/TZW. 2018年4月, カールスルーエ.
- 野坂幸寿, 増田貴則, 高部祐剛, 星川淑子, 鳥取県智頭町の小規模集落における水供給システムの現状と住民意識調査, 平成30年度全国会議(水道研究発表会)講演集, pp.176-177, 2018.
- 浅見真理, 阿部功介, 越後信哉, 伊藤禎彦, 島崎大, 小熊久美子, 増田貴則, 中西智宏, 小規模水供給システムの維持管理の実態に関する調査, 平成30年度全国会議(水道研究発表会)講演集, pp.174-175, 2018.

3. 総説・解説

- 伊藤禎彦: 第27回会員集会公演②「人口減少時代における浄水処理-配水システムのトータルソリューション創出に向けて」、水を語る会講演集(第5号), pp.88-99, 2018.7
- Sadahiko Itoh: Importance of the Concept of Self Cleaning Networks in a Depopulation Society, Watershare Newsletter, KWR Watercycle Research Institute, the Netherlands, 2018.12.

4. その他講演等

- 浅見真理. 小規模水供給システムの安定性及び安全性確保を目指して. 「SIP インフラ維持管理・更新・マネジメント技術シンポジウム これからの農村水インフラ維持管理—新たなしくみと技術—」慶應義塾大学日吉キャンパス. 2018.10.2
- 中西智宏, 周心怡, 岸本如水, 福岡早紀, 亀子雄大, 浅田安廣, 小坂浩司, 伊藤禎彦: 人口減少社会へむけた上水道システムの再構築に関する総合研究「人口減少社会へむけた上水道システムの再構築と高機能化に関する総合研究」報告会、大阪広域水道企業団村野浄水場, 2018.7.23
- 伊藤禎彦: 小規模化が進む上水道システムと研究ニーズ、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合同セミナー、京都大学地球環境学堂・大会議室, 2018.8.10

伊藤禎彦：小規模化が進む上水道システムの再構築に関する考え方と課題、平成30年度日本ダクタイトイル鉄管協会九州支部セミナー、天神クリスタルビル、福岡市、2018.9.27

伊藤禎彦：浄水処理装置・施設に関する課題とニーズ、「多様な社会・技術に適応した浄水システムに関する研究（A-Dreams）」、第1研究委員会「将来を見据えたスマートな浄水システムに関する研究」、(公財)水道技術研究センター、2018.12.14

伊藤禎彦：水道システムの再構築について、平成30年度第1回阪神水道企業団経営懇談会、阪神水道企業団本庁、2018.6.4

伊藤禎彦、堀さやか：水道料金に対する支払意志額を増大させるためのコミュニケーション手法に関する研究、関西水未来研究会研究提案会、京都大学桂キャンパスCクラスターC1棟グローバルホール人融、2018.5.19

増田貴則、人口減少を考慮した管路更新、将来の不確実性に対応した水道管路システムの再構築に関する研究成果報告会、水道技術研究センター主催、那覇、2018.5.11.

増田貴則、水道管路の更新と水道料金値上げについて、平成30年度ダクタイトイル鉄管協会セミナー、日本ダクタイトイル鉄管協会中国四国支部主催、広島、2018.8.30

5. 研究成果による特許権等の知的財産権の出願・登録状況

該当なし。

6. 健康危険情報

該当なし。

平成31年3月26日

国立保健医療科学院長 殿

機関名 国立保健
所属研究機関長 職名 院長
氏名 福島 靖

印影

次の職員の平成30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安定性及び安全性確保に関する統合的研究
3. 研究者名 (所属部局・職名) 生活環境研究部・上席主任研究官
(氏名・フリガナ) 浅見 真理・アサミ マリ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入(※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査(※2)
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。

平成31年3月 26日

国立保健医療科学院長 殿

機関名 国立保健医療科学院
所属研究機関長 職名 院長
氏名 福島 靖正

印影

次の職員の平成30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。

- 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安定性及び安全性確保に関する統合的研究
- 研究者名 (所属部局・職名) 生活環境研究部・上席主任研究官
(氏名・フリガナ) 島崎 大・シマザキ ダイ

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。

平成31年 3月31日

~~厚生労働大臣~~
~~(国立医薬品食品衛生研究所長)~~ 殿
~~国立保健医療科学院長~~

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

印影

次の職員の平成30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安定性及び安全性確保に関する統合的研究
- 研究者名 (所属部局・職名) 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。

平成31年8月7日

~~厚生労働大臣~~
~~(国立医薬品食品衛生研究所長)~~ 殿
~~(国立保健医療科学院長)~~

機関名 国立大学法

所属研究機関長 職名 総長

氏名 五神

印影

次の職員の平成30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安定性及び安全性確保に関する統合的研究

3. 研究者名 (所属部局・職名) 先端科学技術研究センター
准教授

(氏名・フリガナ) 小熊 久美子

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。

平成31年 4月 1日

国立保健医療科学院長 殿

機関名 国立大学

所属研究機関長 職名 学長

氏名 中島 廣

印影

次の職員の平成30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安定性及び安全性確保に関する総合的研究 (H29-健危-一般-004)
3. 研究者名 (所属部局・職名) 工学研究科・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。