

給水区域外の小規模集落における浄水処理方法の検討

日本水工設計(株) 東京支社 成田千夏

給水区域外の過疎地域において、人口減少や高齢化の進行等により、水道施設の維持管理が困難であることが、地域における重要な課題の一つとなっている。こうした背景を踏まえ、水道施設整備案の検討業務において従来型の水道整備案に加え、身近なウォーターサーバーや家庭用浄水器の導入も含めた水の確保手段について検討を行った。

検討の結果、本事例では長期的な解決方法としては、人口減少に伴う給水量の減少にも対応可能であり、従来通り水を使用できる“運搬送水案”を推奨した。また、短期的な解決方法としては、比較的経済性に優れる“ウォーターサーバー案”が最善案であると結論付けた。この知見は、他の山間地域や災害時の代替給水手段にも応用可能であると考えられる。

Key Words : 給水区域外、小規模集落、運搬送水、ウォーターサーバー

1. はじめに

上水道の給水区域外に位置する山間部や過疎地域では、住民が自ら水源を運営・管理しているケースが多く見られる。しかし、近年は人口減少や高齢化の進行により、水道施設の維持管理が困難となっていることが、地域における重要な課題の一つとなっている。

こうした背景を踏まえ、水道施設整備案の検討業務にて、従来型の水道整備案（浄水場の新設や市街地からの送水）に加えて、身近なウォーターサーバーや家庭用浄水器の導入も含めた水の確保手段について検討を行った。本稿ではその検討事例について紹介する。

2. 業務目的

本検討対象の X 地区は、近隣簡易水道の給水区域外に位置し、地域住民が水道施設の運営・管理を行い、浄水供給を維持してきた。しかし、近年原水水質の悪化に加え、高齢化や人口減少の進行により、浄水の安定供給が困難となっている。本業務は、現状の把握と課題整理を行い、X 地区の今後の効果的な水道施設整備の実施に向けた基礎調査を目的とした。

3. 対象地区の概要

3-1. 位置及び人口

本検討対象の X 地区は急峻な山々に囲まれた標高約 600m の集落である。2024 年 9 月現在の人口は 30 名、世帯数は 18 世帯となっており、過疎地域に該当する。また、老年人口が X 地区全体の 43.3% を占めている。

3-2. 既存水道施設

水源から FRP 製受水タンクへ自然流下方式で原水が供給され、そこから約 2Km の配管を通じて各家庭に配水されている。

近年、水源である沢の水質が低下しており、その影響で給水先の家庭で白濁水などの問題が発生している。

4. 各種調査

4-1. 原水水質試験

原水のリスクレベルを把握する目的で水質試験を行った。水質検査の結果、「大腸菌（基準値：検出されないこと、結果：検出）」「大腸菌定量（基準値：検出されないこと、結果：11MPN/100mL）」「嫌気性芽胞菌（基準値：検出されないこと、結果：1CFU/100mL）」の 3 つの項目で指針値を超過しており、クリプトスポリジウム等による汚染のおそれが高いと考えられる。

また、水道法では給水栓における水が、遊離残留塩素を 0.1mg/L（結合残留塩素の場合は 0.4mg/L）以上保持するよう義務付けられているが、水質試験結果では、残留塩素濃度が 0mg/L であった。水道施設に付帯している次亜注入機が機能していないと考えられる。右に水質試験結果を示す。

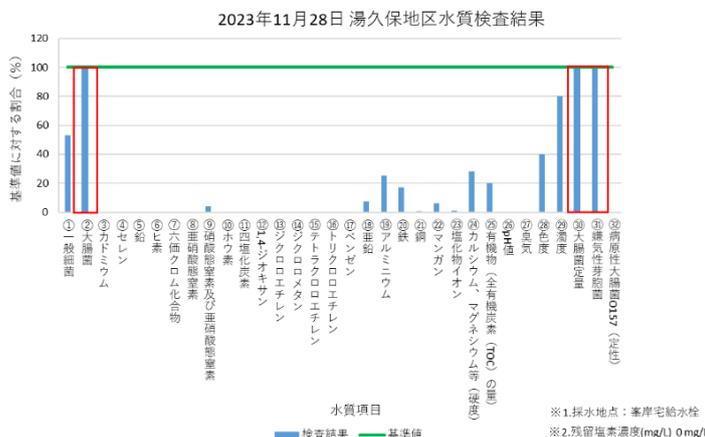


図 1. 原水水質検査

4-2. 現地調査

水道施設関連の資料は手書きの水道施設位置図しかないため、現地調査にて携帯電話の GPS 機能を利用して位置や高度を記録し、現地踏査図および水位高低図を作成した。

右に作成した現地踏査図を示す。

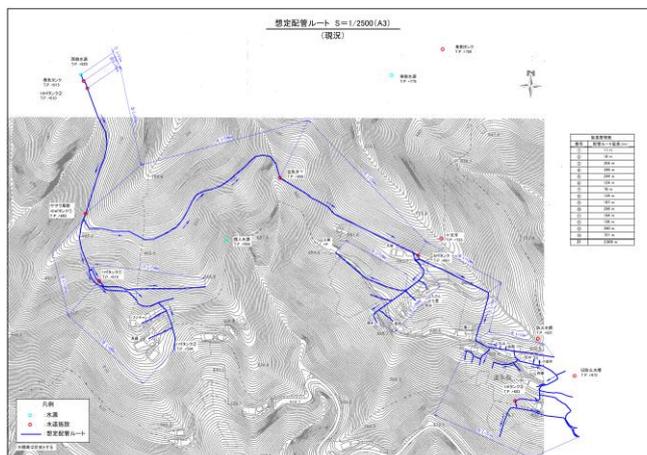


図 2. 現地踏査図

4-3. 水需要のアンケート調査

X 地区の水需要を把握するため、住民を対象にアンケート調査を行った。
次頁にアンケート調査内容を示す。

表 1. アンケート内容及び主な回答

質問	内容および主な回答
問 1	家で生活している方の世帯数を教えてください。 →全ての人が 1 世帯と回答した。
問 2	家で生活している方の総人数を教えてください。 →1 人で住んでいる人が約半数を占めた。
問 3	下記項目のうち毎日使用するものに○を付けてください。 また、毎日使用しないものについては 1 週間に何回使用するか教えてください。 1. シャワー (毎日使用する・週に___回使用する) 2. 水洗便所 (毎日使用する・週に___回使用する) 3. 手洗・洗面 (毎日使用する・週に___回使用する) 4. 風呂(注水) (毎日使用する・週に___回使用する) 5. 洗濯 (毎日使用する・週に___回使用する) 6. 台所 (毎日使用する・週に___回使用する) 7. 散水 (毎日使用する・週に___回使用する) 8. その他 (項目: _____ 毎日使用する・週に___回使用する) →多くの方がシャワー、水洗便所、手洗・洗面、風呂、台所を毎日使用すると回答した。
問 4	現在、生活用の水をどのように確保されていますか。 1. 蛇口の水 2. 1 以外の水 (_____) 例: 山で汲み取った湧水等 →生活水はほとんどの人が蛇口の水を使用していることが分かった。また、他にも「雨水を溜めたもの」「湧水」「山の水」といった回答も得られた。
問 5	問 4 でお答えいただいた水を飲用に使用されていますか。 1. 飲用している 2. 飲用していない →多くの方が飲用していると回答した。
問 6	問 5 で飲用していないとお答えいただいた方は飲用水をどのように確保されていますか。 1. 市販の水 2. その他 (_____) 例: 山で汲み取った湧水等 →市販の水や湧水等の回答を得た。
問 7	普段利用されている“水”に関して、自由なご意見をお書きください。 →水質が安定しない。 →動物の糞尿が混入しているおそれがある。 →水道整備を希望する意見と、現在の水道方式を維持したいという意見の両方が寄せられ、多様で率直な住民の声が明らかとなった。

4-4. 白濁水

近年、水源である沢の原水水質が悪化しており、給水先において白濁水等が生じている。白濁原因の可能性の一つとして、亜鉛や空気混入等が挙げられる。しかし、水質調査結果より亜鉛は基準値以下であるため、本地区における原因とは考えにくい。よって、白濁の原因は空気の混入であると推測した。



X 地区のタンク
(白濁した水)



近隣地域のタンク
(白濁していない水)

図 3. 水道施設位置

5. 給水量の設定

X 地区は給水区域外の小規模集落であり、地域住民が水道施設の運営・管理を行っているが、水量を計測していないため、一日平均給水量及び一日最大給水量が不明である。しかし、水道施設の整備を検討する上では、計画給水量が不可欠であるため、一日平均給水量 (m³/日) は “有効水量 (m³/日) ÷ 有効率 (%)” で算出した。本検討では有効水量をアンケート結果の一日使用水量とし、X 地区の有効率が不明であるため、近隣簡易水道の有効率を参考として、一日平均給水量 (m³/日) は 9.1 m³/日と設定した。

一日最大給水量 (m³/日) は “一日平均給水量 (m³/日) ÷ 負荷率 (%)” で算出されるが、X 地区の負荷率が不明であるため、本検討では近隣簡易水道の負荷率を参考として、一日最大給水量 (m³/日) は 17.5 m³/日と設定した。

6. 課題の整理

X 地区の住民に対するアンケートでは、濁度や野生動物の糞尿の混入等が課題である。また、原水水質試験では、クリプトスポリジウム等による汚染の可能性が示唆される中、残留塩素濃度は 0mg/L であった。

右表にこれまで挙げられた課題を示す。

表 2. 課題の整理

No.	課題
1	濁度
2	野生動物の糞尿の混入
3	クリプトスポリジウムの指標菌の検出
4	残留塩素濃度が 0mg/L である

7. 課題への対応

表 2 に挙げた課題について解決するため、X 地区における水道施設整備案について比較検討を行った。検討案は、「近隣簡易水道から X 地区配水池への送水管の布設案 (ポンプ加圧による送水)」(以下「ポンプ圧送案」という。), 「原水水質に見合う浄水施設の整備案」(以下「浄水場案」という。), 「近隣簡易水道から X 地区配水池への運搬送水案」(以下「運搬送水案」という。), 「X 地区の家庭へのウォーターサーバー等の提供案」(以下「ウォーター

サーバー案」という。)、 「X 地区の家庭への浄水器等の提供案」(「以下「浄水器案」という。)の 5 案である。

1) ポンプ圧送案

近隣簡易水道配水場の水をポンプで X 地区のタンクへ流入させる。管種やポンプ能力を考慮し、ポンプ井は計 5 箇所設置する。整備概算金額は造成費用及び道路整備費用を除き、50 年間で約 30.2 億円である。5 箇所のポンプ井を設置するため、山の切土や道路の整備が必要であり、維持管理範囲が広がる。

2) 浄水場案

X 地区上流側に浄水場を整備し、清浄な水を既存タンクに流入させる。なお、水源は既存水源を利用する。整備概算金額は造成費用及び道路整備費用を除き、50 年間で約 14.1 億円である。比較的標高の高い位置に浄水場を新設するため、長距離の道路を整備する必要がある。

3) 運搬送水案

現在道路が整備されている防火水槽の付近にポンプ井を新設し、近隣簡易水道配水場から給水車で水を運搬する。その後、上流側タンクまでポンプ圧送を行い、自然流下方式で配水する。整備概算金額は造成費用を除き、50 年間で約 13.3 億円である。既存道路を活かすため、道路の整備は不要である。

4) ウォーターサーバー案

各家庭へ 1 基のウォーターサーバーを設置する。整備概算金額は 50 年間で約 1.3 億円である。メンテナンスフリーのウォーターサーバーを採用することで、維持管理に要する労力や時間を軽減できる。また、他案より施工が容易である。

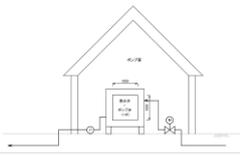
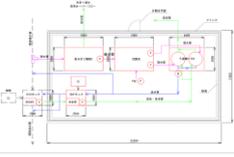
5) 浄水器案

各家庭へ 1 基の浄水器を設置する。整備概算金額は約 830 万円である。浄水器を設置することで各家庭にて原水の濁度除去が可能であるが、クリプトスポリジウムの完全除去の課題は解決できないため、原水水質に見合う浄水施設の整備案は不採用とする。

各案を比較した結果、長期的な解決方法としては、人口減少に伴う給水量の減少にも対応可能であり、従来通り水を使用できる「運搬送水案」を推奨する。また、短期的な解決方法としては、比較的経済性に優れる「ウォーターサーバー案」が最善案であるとする。

各整備案の比較表を表 3 に示す。なお、浄水器案は課題解決が不可能であるため、比較表から除外する。また、浄水器案と運搬送水案は同点であるが、施工性や経済性を考慮し、長期的な解決策として運搬送水案を選定した。

表3. 水道施設整備案比較表

項目	X地区水道施設整備案			
	ポンプ圧送案	浄水場案	運搬送水案	ウォーターサーバー案
イメージ図				
概要	ポンプで上流側タンクへ近隣簡易水道配水場の水を流入させる。管種やポンプ能力を考慮し、ポンプ井は計5箇所設置する。	上流側タンク付近に浄水場を整備する。	給水車での運搬送水およびポンプ圧送により、近隣簡易水道配水場の水を上流側タンクへ流入させる。	各家庭へ1基のウォーターサーバーを設置する。
提供される水	近隣簡易水道の水	近隣簡易水道の水（既存水源） ※浄水施設整備後は近隣簡易水道給水区域内となるため	近隣簡易水道の水	市販の飲料水
施工性	山を切土する必要があるため施工性が悪い。また、ポンプ井の整備に伴い重機搬入のための道路を整備する必要がある。 △：1点	工事箇所は1箇所であるが、浄水場の整備には切土が必要となる。また、浄水場の整備には重機を用いるため、重機搬入のための道路を整備する必要がある。 △：1点	防火水槽付近にポンプ井を新設するため、山を切土する必要があり、施工性が悪い。なお、給水車での運搬は防火水槽付近までであるため、道路の整備が不要である。 ○：2点	各家庭にウォーターサーバーを設置する。各家庭に1台と仮定すると、18台設置する必要がある。他家と比較すると小規模な工事であり、施工が容易である。 ◎：3点
維持管理性	近隣簡易水道の水をポンプアップするため、現在よりも掃除の頻度は減るが、掃除等の定期的なメンテナンスを行う必要がある。清掃箇所が5箇所である。 △：1点	上流側に浄水場を整備するため、綺麗な水が既存タンクに流入する。そのため、清掃が現在より簡単となる。 ○：2点	ポンプ井を新たに整備するため清掃が必要となる。また、給水車の定期的な点検や給油を行う必要がある。 ○：2点	サーバー内部の清掃、フィルターの交換、部品の点検や修理等、定期的なメンテナンスが必要となる。一方でメンテナンスフリーであるウォーターサーバーも存在し、メンテナンスの手間や時間を省くことが可能である。 ◎：3点
整備概算金額（税込）	約30.2億円 △：1点	約14.1億円 △：1点	約13.3億円 ○：2点	約1.3億円 ◎：3点
災害時の対応	耐震性のある施設とするため、災害時も水の供給が可能である。 ◎：3点	同左 ◎：3点	運搬ルートにおいて土砂崩れ等の危険性があるため、上流側タンクへ運搬できない可能性がある。 △：1点	ストックのボトルがある場合は問題ないと考えられる。 ◎：3点
総合評価	・長期的な解決方法：人口減少に伴う給水量の減少にも対応可能であり、従来通り水を使用できる“近隣簡易水道からX地区上流側タンクへの運搬送水案”を推奨する。 ・短期的な解決方法：経済性に優れ、最も実現しやすい“X地区の家庭へのウォーターサーバー等の提供案”が最善案であるとする。ただし、課題解決へ向け、“X地区の家庭へのウォーターサーバー等の提供案”を採用する際は、特に「飲用に限定する」ことに留意する。			
備考	<ul style="list-style-type: none"> 変更認可が必要である。 水道料金が発生する。（要水道メーターの取付） 近隣簡易水道で維持管理を行う必要がある。 生活用水（1人1日239L）を見込んでいる。なお、ウォーターサーバー等提供案は1人1日1.1Lである。 費用関数にて概算金額を算出。 概算工事費が高額となるため、現実的ではない。 水管構または添架が必要となる。 	<ul style="list-style-type: none"> 変更認可が必要である。 水道料金が発生する。（要水道メーターの取付） 近隣簡易水道で維持管理を行う必要がある。 生活用水（1人1日239L）を見込んでいる。なお、ウォーターサーバー等提供案は1人1日1.1Lである。 費用関数にて概算金額を算出。 概算工事費が高額となるため、現実的ではない。 	<ul style="list-style-type: none"> 変更認可が必要である。 水道料金が発生する。（要水道メーターの取付） 近隣簡易水道で維持管理を行う必要がある。 生活用水（1人1日239L）を見込んでいる。なお、ウォーターサーバー等提供案は1人1日1.1Lである。 費用関数にて概算金額を算出。 給水車の走行による騒音振動に配慮が必要である。 給水容量2m³の給水車で1日に9回往復すると仮定。 	<ul style="list-style-type: none"> 変更認可が必要である。 飲用水のみ（1人1日1.1L）を見込んでいる。なお、左3案は1人1日239Lである。 飲用に限定する。

8. おわりに

給水区域外の小規模集落を対象に5つの給水手法を比較検討し、地域特性を踏まえた現実的かつ持続可能な水供給の選択肢を提案した。近年、過疎化やインフラ老朽化が進む中、こうした地域では技術的・経済的・社会的側面を考慮した柔軟な水供給手段が求められる。

本検討の知見は、他の山間地域や災害時の代替給水手段にも応用可能であり、今後の施策立案や地域支援に役立つと期待される。