

戦略的創造研究推進事業  
(社会技術研究開発)  
令和3年度研究開発実施報告書

SDGsの達成に向けた共創的研究開発プログラム  
ソリューション創出フェーズ

「小さな水サービスの導入を軸とした互助ネットワークの  
形成による、社会的効用創出モデルの開発と展開」

研究代表者氏名 西田 継 (山梨大学大学院  
総合研究部附属国際流域環境研究センター、  
センター長・教授)

協働実施者氏名

杉野 栄 (甲州市上下水道課、課長)

山東 丈夫 (三菱ケミカルアクア・ソリュー  
ションズ株式会社技術統括室、秋津研究セン  
ター室長)

## 目次

1. 研究開発プロジェクト名.....	2
2. 研究開発実施の具体的内容.....	2
2 - 1. 目標.....	2
2 - 2. 実施内容・結果.....	4
2 - 3. 会議等の活動.....	21
3. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況.....	23
4. 研究開発実施体制.....	23
5. 研究開発実施者.....	24
6. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など.....	28
6 - 1. シンポジウム等.....	28
6 - 2. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など.....	28
6 - 3. 論文発表.....	29
6 - 4. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表）.....	29
6 - 5. 新聞報道・投稿、受賞等.....	29
6 - 6. 知財出願.....	30

## 1. 研究開発プロジェクト名

小さな水サービスの導入を軸とした互助ネットワークの形成による、社会的効用創出モデルの開発と展開

## 2. 研究開発実施の具体的内容

### 2-1. 目標

#### (1) 目指すべき姿

山梨大学国際流域環境研究センターを中心とする研究開発グループが、モデル地域である山梨県甲州市、民間企業およびNPO等と協力して、分散型社会に必要なとされる水サービスコンサルティングを実施する。受益者は、山梨県甲州市民、特に同地域の水インフラが整っていない地域における定住者と移住者、二（多）地域居住者、余暇やボランティア等の交流・関係人口である。

日本の地方と都市では、共通して「分散型」のくらしに対応した水の供給・処理の体制が求められる。水は生命、日常生活および産業に必須な資源であり、水という共有財を基盤としてくらしと産業が成り立っている。一方、利用した水を適切に処理して水環境に戻さなければ、共有財である地域環境資源が汚染・劣化してしまう。これまでは、水と環境を維持・保全するために一極集中・パイプ連結型の水インフラ（取水・用水処理・給水・排水・排水処理の一連のシステム）が地方自治体によって運用されてきた。このような巨大なインフラのみを持って、分散型のくらしを持続的に維持することには限界がある。また、水と環境という共有財の保全については、これまで地方自治体に頼りすぎてきた傾向があり、安全、安定、安心に象徴される機能的価値とは別に、ゆとり・心の豊かさ＝情緒的価値の享受については見過ごされてきた面があることも否定できない。

このような背景から、本課題が目指すのは、現在一般的な集中管理により利便性と信頼が高められた水サービスと、小規模な配置と管理の効用が再評価された分散型の水サービスが共存する社会の構築である。その過程は、各サービスの特徴の分析と利用者ニーズの理解に始まり、分析と理解に基づいた水を「つくる」共体験と水を「遊ぶ・学ぶ」共体験を経て、在来住民、移住者、交流・関係人口、行政、民間、NPOといった多様なステークホルダーが水・環境という共有財の利用を目的にゆるやかに「つながる」段階へ発展する。つくる体験は小規模水源の探索や自立式水再生技術の導入、遊ぶ・学ぶ体験は地域の親水、水環境の理解や教育、水源保全等の活動を指す。これらの協働は、用排水にかかる費用の最小化と利便性の最大化、用排水維持に対する災害時リスクの分散、人口移入などの機能的価値と、自立した水運用の満足感、地域の理解と価値の再発見、孤独・孤立の解消と社会的統合、人口分散地域での継続的居住などの情緒的価値を向上させる（社会的効用）。本課題では、以上の「つくる」「遊ぶ」に、効用を科学的に「はかる」ことを加えた三つの「小さな水サービス」と、「つながる」が意味するステークホルダー間の相互扶助ネットワーク・共創の場を包摂して、社会的効用創出モデルとして提案する。水共体験が自他の社会的な再構築を促し、地域と社会の未来像を結ぶきっかけとなることを期待する。

## (2) 研究開発プロジェクト全体の目標

・山梨大学国際流域環境研究センターを中心とする研究開発グループが、モデル地域である山梨県甲州市、民間企業およびNPO等と協力して、分散型社会に必要とされる水サービスコンサルティングを実施する。受益者は、山梨県甲州市民、特に同地域の水インフラが整っていない地域における定住者と移住者、二（多）地域居住者、余暇やボランティア等の交流・関係人口である。

・上記の水サービスコンサルティングの目的は、現在一般的な集中管理により利便性と信頼が高められた水サービスと、小規模な配置と管理の効用が再評価された分散型の水サービスが共存する社会の構築である。事業終了時には、他地域においても、水共同体験が自他の社会的な再構築を促し、地域と社会の未来像を結ぶきっかけとなることを期待する。

・具体的な達成目標は、「つくる」小規模水源の探索と可視化（水源安定・安全・安心[KPI]）や自立式水再生技術の導入（水処理導入シミュレーター[KPI]）、「はかる」これらが生み出す社会的効用を科学的に測定する[KPI]、「遊ぶ」地域の親水、水環境の理解や教育、水源保全等の活動（水共同体験[KPI]）、の三つの「小さな水サービス」の実証試験を行うこと、ステークホルダー間の相互扶助ネットワーク・共創の場を形成すること、以上を包摂する社会的効用創出モデルを開発して他地域にも展開することである。

## 2 - 2. 実施内容・結果

### (1) スケジュール

研究開発項目	初年度 (2021年10月 ~2022年3月)	2年度 (2022年4月~2023年3月)	3年度 (2023年4月~2024年3月)	最終年度 (2024年4月 ~2025年3月)
大項目A オンデマンド水源診断 中項目A-1 水源の量的安定性評価		水源の量的安定性評価 <u>マイルストーン①</u>		マイルストーン② 水源探索の実施
		太陽光や小水力発電情報の提供 <u>マイルストーン④</u>		マイルストーン③ 地図の公開・共有
中項目A-2 水源の質的安全性・安心評価		安全性の確保 <u>マイルストーン⑤</u>		マイルストーン⑦ 安全・安心・安定性の可視化とそれを実現するコスト算定
		安心感の提供 <u>マイルストーン⑥</u>		
中項目A-3 水源探索・運用コスト策定				
大項目B オンサイト水再生 中項目B-1 オンサイト用排水処理のパッケージ化		オンサイト水処理の実用運転と持続可能性に関する多元的指標軸評価 <u>マイルストーン①</u>		マイルストーン③ ユーザーによる水処理運転管理
			水処理導入シミュレーターの構築とWeb公開 <u>マイルストーン②</u>	
中項目B-2 ユーザー支援システムの開発			(収拾策：水処理導入シミュレーターの電子ファイル構築)	
大項目C 効用の共創 中項目C-1 情緒的価値を考慮した社会的効用の計測		分散地域での住民ニーズと情緒的価値に関する調査、意見交換 <u>マイルストーン①</u>	集中型と分散型の共存による社会的効用向上の提示 <u>マイルストーン③</u>	
		集中地域での社会的効用の計測 <u>マイルストーン②</u>	類型化モデルの提案 <u>マイルストーン④</u>	
中項目C-2 ネットワーク形成と共同体験		分散地域住民への小さな水サービスの提供 <u>マイルストーン⑤</u>		マイルストーン⑦ 水共同体験による社会的効用の創出・享受と新しい生活スタイル・地域再生の提示
		交流・関係人口の利水や親水活動への展開 <u>マイルストーン⑥</u>		

↑ 年次報告 (次年度計画)      ↑ サイトビジット      ↑ 年次報告 (次年度計画)      ↑ 年次報告 (次年度計画)      ↑ サイトビジット      ↑ 終了報告書

## (2) 各実施内容

### A. オンデマンド水源診断

今年度の到達点1: 水源の量的安定性評価のための長期気象・水文データを整備する。

実施項目A1: 水源の量的安定性評価

実施内容: 小規模水源において得られる水量の季節・年変動を推定・予測し、水資源量の「安定性」を明らかにするためのデータ整備を行った。ここでは、過去20~30年程度の気象・水文観測値を収集・処理することでモデル地域(山梨県甲州市付近)における水量の年々変動性を把握した。また、国立研究開発法人海洋研究開発機構が提供するデータ統合・解析システム(DIAS)やバイアス補正済み全球気候予測データセット(WorldClim)などをもとに、対象地域における約30年後(2050)の将来気候予測値の整備を開始した。

今年度の到達点2: 太陽光・小水力発電の開発ポテンシャル評価のためのデータを整備する

実施項目A1: 水源の量的安定性評価

実施内容: 人口分散地域におけるオンサイト水処理での利用を想定した太陽光発電や小水力発電の開発ポテンシャルの空間分布推定の基礎データを整備した。太陽光発電量推計に用いる地上受光日射量メッシュデータを作成するために、地形遮蔽に関するパラメータの空間分布情報を整備した。また、潜在的な小水力発電量を推計するために、上記の到達点1と連動して小溪流を含む河川の流量推定値を整備するとともに、高解像度地形データから発電用落差マップを作成した。

### B. オンサイト水再生技術

今年度の到達点1: 水素(用排水)と人工湿地(排水)を利用した技術の実証試験データを整備する。

実施項目B1: オンサイト用排水処理のパッケージ化

実施内容: シナリオ創出フェーズで可能性を検証した水素(用排水)と人工湿地(排水)を利用した技術の実証試験を行い、季節・水質・水量の変化に対する性能安定性に、維持・生涯コスト、消費エネルギー、温室効果ガス排出、ユーザー運転性・管理性、環境教育(水育)効果を加えて、処理性・経済性・環境負荷・運転管理に関する「多元的指標軸」で技術群の持続可能性を比較評価するためのデータを整備した。

### C. 効用の共創

今年度の到達点1: 社会的効用を計測する手法の開発

実施項目C1: 情緒的価値を考慮した社会的効用の計測

実施内容: シナリオ創出フェーズで開発した水サービスの機能的価値(安全・安心・安定)の費用便益分析モデルを基に、情緒的価値(心の豊かさ)も含む社会的効用の計測方法の開発に着手する。集中型水サービスを想定した広域化やコンパクト化では、情緒的価値を考慮した社会的効用がどの程度になるかを推計した。また、上記AおよびBで述べた水をつくる技術のニーズに関する住民への聞き取り調査も開始した。

今年度の到達点2: 共創の場の立ち上げ

実施項目C2: ネットワーク形成と共体験

**実施内容:**上記の住民聞き取り調査、甲州市との情報収集を開始した。また、NPO等と連携して小学生などを対象とした水辺の遊び・学び活動を企画した。

### (3) 成果

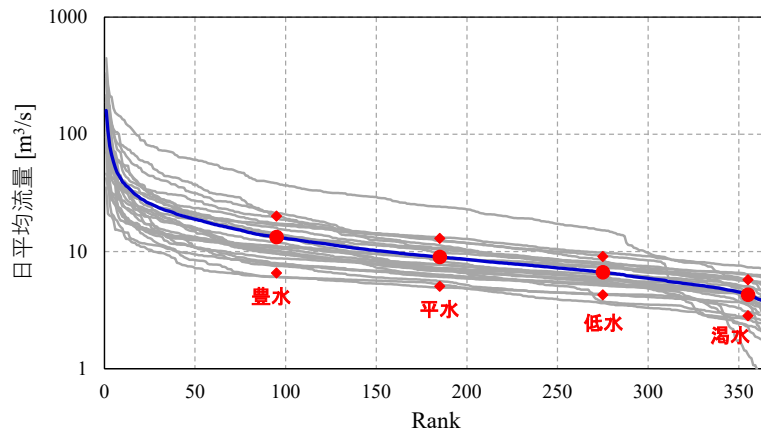
#### A. オンデマンド水源診断

**今年度の到達点1:水源の量的安定性評価のための長期気象・水文データを整備する。**

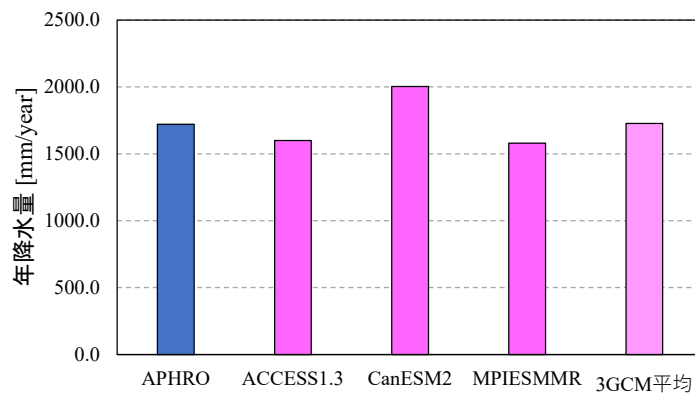
**実施項目A1: 水源の量的安定性評価**

**成果:** 対象地域における水量の「安定性」評価のための水文気象データを整備した。まず、モデル地域(山梨県甲州市)近傍に位置する水文観測所(石和地点)における1990~2018年の日流量データから、流況曲線の長期平年及び年々変動幅を算出した(図A1-1)。この地点では、長期平均流況に対する年々変動幅(変動係数)は35~50%程度であり、豊水・平水流量の方が低水・渇水流量よりもやや変動幅が大きくなる傾向が見られた。このような地域の流況特性とシナリオ創出フェーズで作成した高解像度水収支データを組み合わせることで、対象地域内の任意地点における流況の平年値及び年々変動幅に関するデータセットを整備する予定である。

また、各種温暖化予測情報をもとに、対象地域における対象地域における約30年後(2050)の将来気候予測値の整備にも取り組んだ。具体的には、国立研究開発法人海洋研究開発機構が提供するデータ統合・解析システム(DIAS)を用いて、2050年代における日降水量を作成した。まず対象地域における過去気候条件の再現性が高い全球気候モデル(GCM)を選抜し、それらモデルによる温暖化実験結果に対してバイアス補正とダウンスケーリングを施すことで将来気候下での日降水量時系列データを作成した。なお、今回は3つのGCM(ACCESS1.3, CanESM2, MPIESMMR)を選抜し、気候変動シナリオとして中庸の温暖化シナリオであるRCP4.5を選定した。年降水量の将来予測値は使用するGCMによってバラつき(現在気候と比較して-8.2%~+16.4)があるものの、3つのGCMの平均値で見ると現在気候とほぼ同等(+0.4%)であった(図A1-2)。また、やや強雨の将来予測値においてGCM間のバラつきが見られたが、降雨強度の頻度分布や無降雨日などについては、3つのGCMの平均値で見ると現在気候と大きな差は見られなかった。さらに、最新の温暖化実験結果(IPCC AR6)に基づく高解像度全球気候予測値(WorldClim)をもとに、対象地域における将来気候情報を整備した。現在までに、DIASでの解析においても選定した温暖化シナリオRCP4.5に対応したデータの整備を完了しているが、今後は他の温暖化シナリオのデータ整備やそれらを用いた将来の流況・水収支データセットの構築も進める予定である。



図A1-1 対象領域における流況の長期平均及び年々変動(笛吹川, 石和地点)



図A1-2 現在・将来気候下での年降水量の比較

## 今年度の到達点2: 太陽光・小水力発電の開発ポテンシャル評価のためのデータを整備する

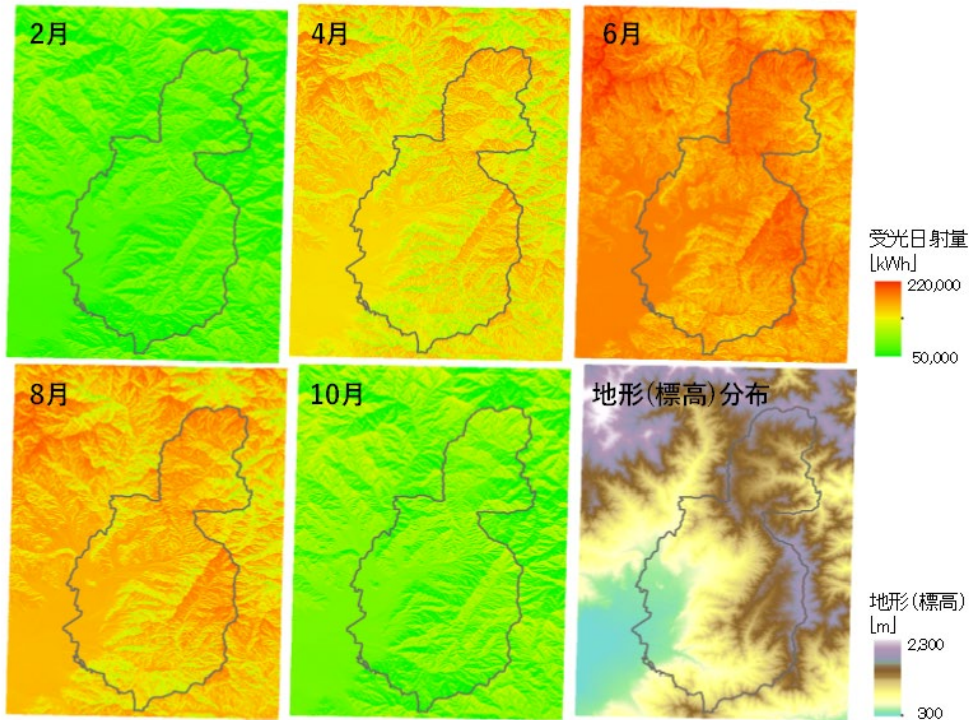
### 実施項目A1: 水源の量的安定性評価

**成果:** 山梨県甲州市において太陽光発電量推計の基礎データとなる地上受光日射量メッシュデータを作成するために、地形遮蔽に関するパラメータの空間分布情報を整備した。ここでは、解像度30mの数値地形情報を用いて、Fu and Rich (2002)の全天可視領域アルゴリズムにより地上受光日射量算定における地形遮蔽の効果を評価した。図A1-3に、一様な日射量分布のもとで地上受光日射量分布の季節変化及びその算定に用いた地形情報(数値標高データ)を示す。このように、地形特性(斜面勾配、方位及び周辺地形の遮蔽効果)の空間分布と太陽高度、大気圏外放射量の季節変化に対応して、地上受光日射量は時間・空間的に大きく変化する。この結果と水平面での受光日射量の比を取ったものを地形遮蔽に関するパラメータと定義し、これに衛星観測から得られる高解像度の入射日射量データ(太陽放射コンソーシアムデータ, 解像度約0.01°)を組み合わせること、雲などの大気条件の時間・空間的な変動と地形遮蔽効果の両方を考慮した地上受光日射量のメッシュデータを作成に取り組んでいる。

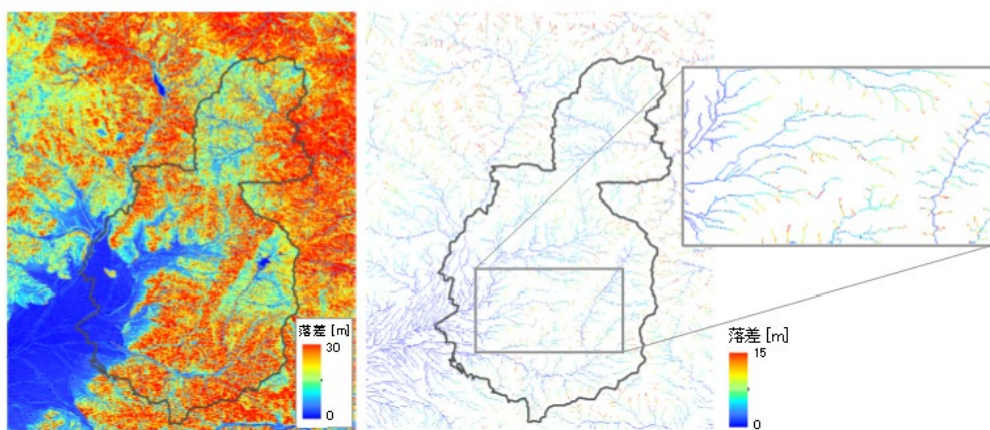
また、高解像度地形データから、潜在的な小水力発電量の推計に用いる発電用落差マップを作成した。具体的には、シナリオ創出フェーズで整備した数値標高・表面流向データ



をもとに、流下方向の地形落差を各メッシュにおいて算出した(図A1-4)。上流域で大きな落差が見られる一方、このような場所では上流の集水面積が小さく十分な水量が得られない可能性が高い。そこで、現在整備を進めている小渓流を含む河川の流量推定値とこの落差マップを組み合わせることで、十分な水量と地形的落差の両方の条件を満たし、水力発電ポテンシャルの高い地点を対象領域内で網羅的に検索・抽出する予定である。



図A1-3 一様入射条件のもとでの地上受光日射量分布の季節変化  
(右下:対象領域内の標高分布)



図A1-4 発電用落差マップ  
(左:全メッシュ、右及び拡大図:集水面積0.09km<sup>2</sup>以上のメッシュのみ表示)

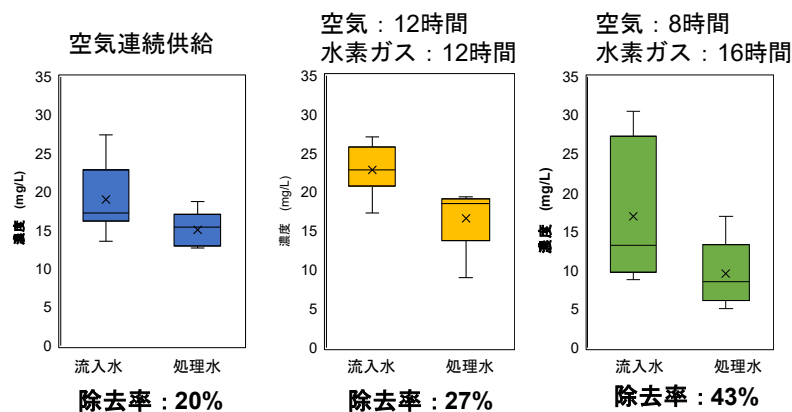
## B. オンサイト水再生技術

今年度の到達点1: 水素(用排水)と人工湿地(排水)を利用した技術の実証試験データを整備する。

### 実施項目B1: オンサイト用排水処理のパッケージ化

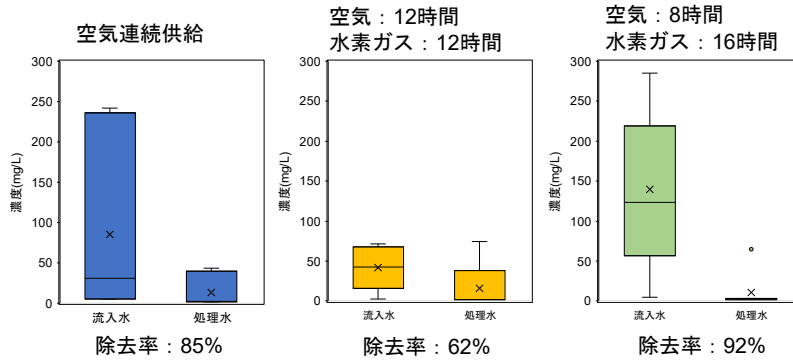
**成果:** シナリオフェーズで開発した水素ガスを利用する排水技術(水素添加浄化槽)について、山梨県甲州市内の農作業小屋に設置された単独浄化槽を利用し実証試験を行った。実証試験は、水素ガス供給設備の導入により単独浄化槽に高度処理対応型浄化槽と同等の処理能力の付与が可能か明らかにすることを目的としたが、本試験期間中ではまず、汚水中の窒素成分除去能力の付与が可能かを評価した。なお、実証試験は2021年9月から2022年1月にかけて実施し、期間中平均1日1回程度トイレの利用があった。水素ガス供給時間の増加により溶存態総窒素(DTN)の除去能力が向上し(図B1-1)、また溶解性BODの酸化能力も維持できた(図B1-2)。曝気槽内部のDTN濃度の経時変化を調べると空気供給時間中に濃度が上昇し、その後水素ガス供給時間中に減少しており、窒素成分の酸化と還元除去が達成できていることが確認できた。さらに実証試験結果をもとに水素添加浄化槽の初期コストと運転コストを算出し、高度処理対応型浄化槽に交換する場合と比較した(表B1-1)。水素添加浄化槽の導入は、約77%の初期コスト削減効果が期待できるが、水素ガスに起因する運転コストにより1年あたりの費用が約10倍増加することがわかった。この水素ガスに起因する運転コストは、現在の水素ガスポンプ価格(5,700円/7m<sup>3</sup>、2022年2月時点)では約7.5年分の運転で、またプロパンガス適正価格(3,696円/7m<sup>3</sup>、2022年2月時点)まで水素ガス価格が低下した場合では約12年間の運転で初期コストの削減額と同等になった。従って上記の運転期間であれば利用者の経済的負担を低減しながら、汚水中の窒素成分除去が達成できる可能性が示唆された。今後は雑排水利用環境における性能評価や一般家庭における実証試験を実施し、その過程でユーザー運転性・管理性等のデータを蓄積・整備していく予定である。

溶存態総窒素(DTN)の処理性能



図B1-1 水素ガス供給時間の増加による水素添加浄化槽の溶存態総窒素(DTN)処理性能の変化

溶解性BODの処理性能



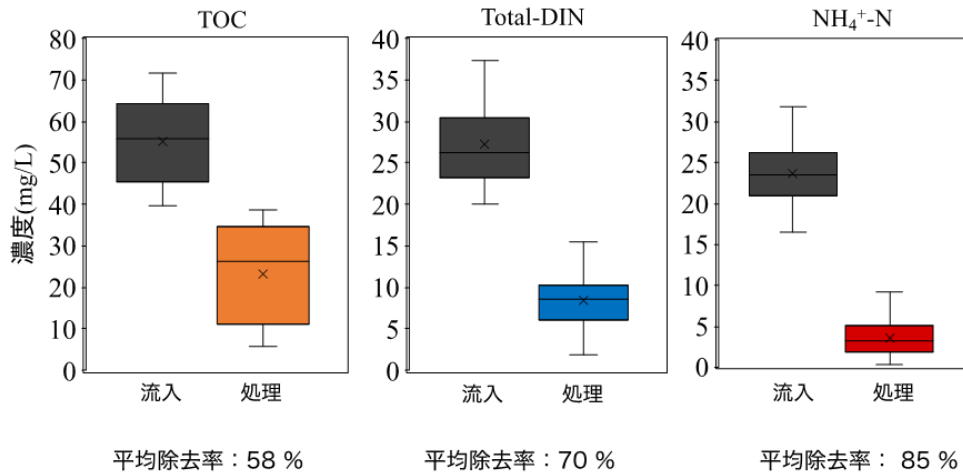
図B1-2 水素供給時間の増加による水素添加浄化槽の溶解性BODの処理性能の変化

表B1-1 高度処理対応型浄化槽と水素添加浄化槽の初期コストおよび1年あたりの運転コストの比較

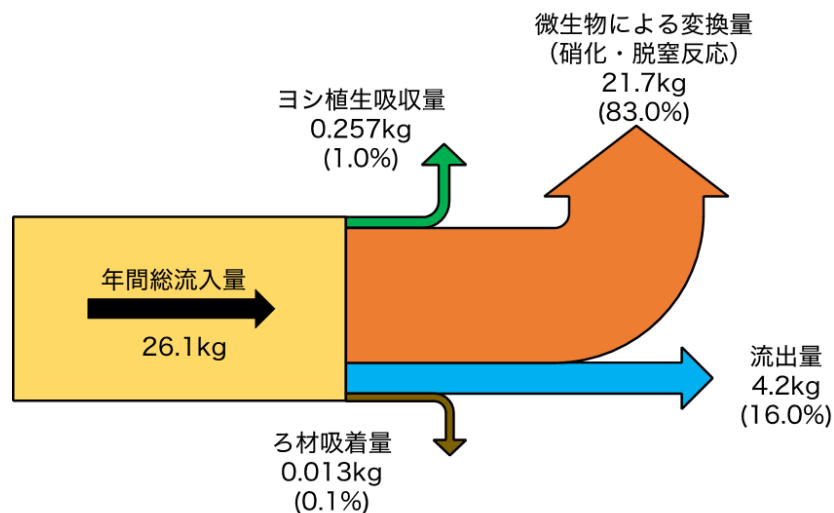
	高度処理対応型浄化槽 への交換	水素添加浄化槽 (水素ガスポンペの使用)
初期コスト	994 千円	227 千円
内訳		
撤去費	94 千円	-
浄化槽本体費用	700 千円	-
水素ガス発生関連装置費用	-	77 千円
配管工事費用	200 千円	150 千円
1年あたりの運転コスト	12 千円	115 千円
内訳		
電気代	7 千円	10 千円
水素ガスポンペ代	-	100 千円
法定検査費	5 千円	5 千円

排水処理を目的としてシナリオフェーズで開発したTidal flow人工湿地については、山梨県狭東浄化センター（甲州市）において実証試験を実施した。シナリオフェーズで確立した最適条件（浸漬6時間・乾燥2時間の連続サイクル）で実証試験を行った結果、高い有機物除去能力と窒素除去能力を長期間にわたって安定的に維持した（図B1-3）。このことから、人工湿地は季節・水質・水量の変化に対して比較的高い安定性を有していることが明らかとなった。また、排水処理で特に問題となっている窒素除去について詳しく調べたところ、人工湿地では主に微生物反応（硝化と脱窒による窒素ガスへの変換）によって排水中の窒素が除去される機構が明らかとなった（図B1-4）。さらに、処理対象5世帯（2人/世帯）の生活排水（250L/人・日、BOD 250 mg/L、TN 45 mg/L）を1）各世帯に1施設の合併浄化槽で処理する場合、2）従来の人工湿地1施設を5世帯で共有して処理する場合、3）本プロジェクトで開発・最適化した人工湿地1施設を5世帯で共有して処理する場合のシナリオを作成して、必要な施設面積、排水処理性能、建設費と維持管理費を比較した（図B1-5）。その結果、本プロジェクトで開発・最適化した人工湿地は、必要とする施設面積が少なく、排水処理性能、特に窒素除去性能が高く、建設費・維持管理費も低いことが示され、分散型排水処理として魅力的な選択肢であることが分かった。今後は、浄化

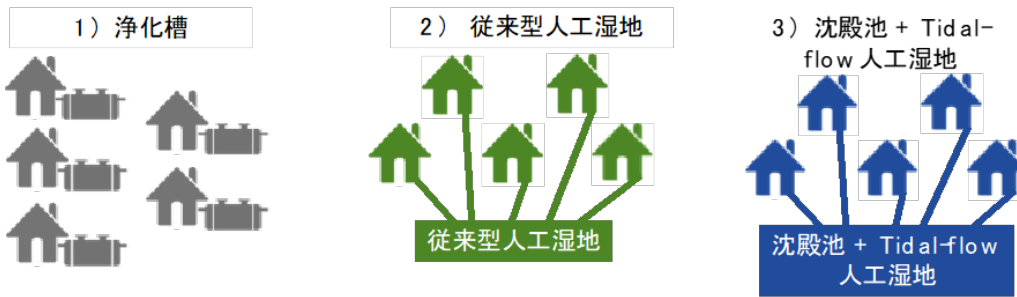
センター以外の場所においても実証試験を実施し、さらに、ユーザー運転性・管理性、環境教育効果等のデータも整備していく予定である。



図B1-3 長期実証試験における人工湿地の有機物(TOC)除去性能、全窒素(Total-DIN)除去性能とアンモニア態窒素(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N)除去性能



図B1-4 長期実証試験における人工湿地内での窒素除去機構(流入窒素量とヨシ植生吸収量、ろ材吸着量、硝化・脱窒反応による消失量と流出量の比較)



評価項目	1) 浄化槽	2) 従来型人工湿地	3) 沈殿池 + Tidal-flow 人工湿地
必要面積 (m <sup>2</sup> )	12.9	40	2.1
BOD-除去率 (%)	90	70-90	80
N-除去率 (%)	27	70-80	80
建設費用 (万円)	444	42	70
維持管理費用 (万円/年)	32.5	2.1	0.1

図B1-5 1)合併浄化槽、2)従来型人工湿地、3)本プロジェクトで開発・最適化したTidal flow 人工湿地による排水処理性能と必要面積・費用の比較

### C. 効用の共創

#### 今年度の到達点1: 社会的効用を計測する手法の開発

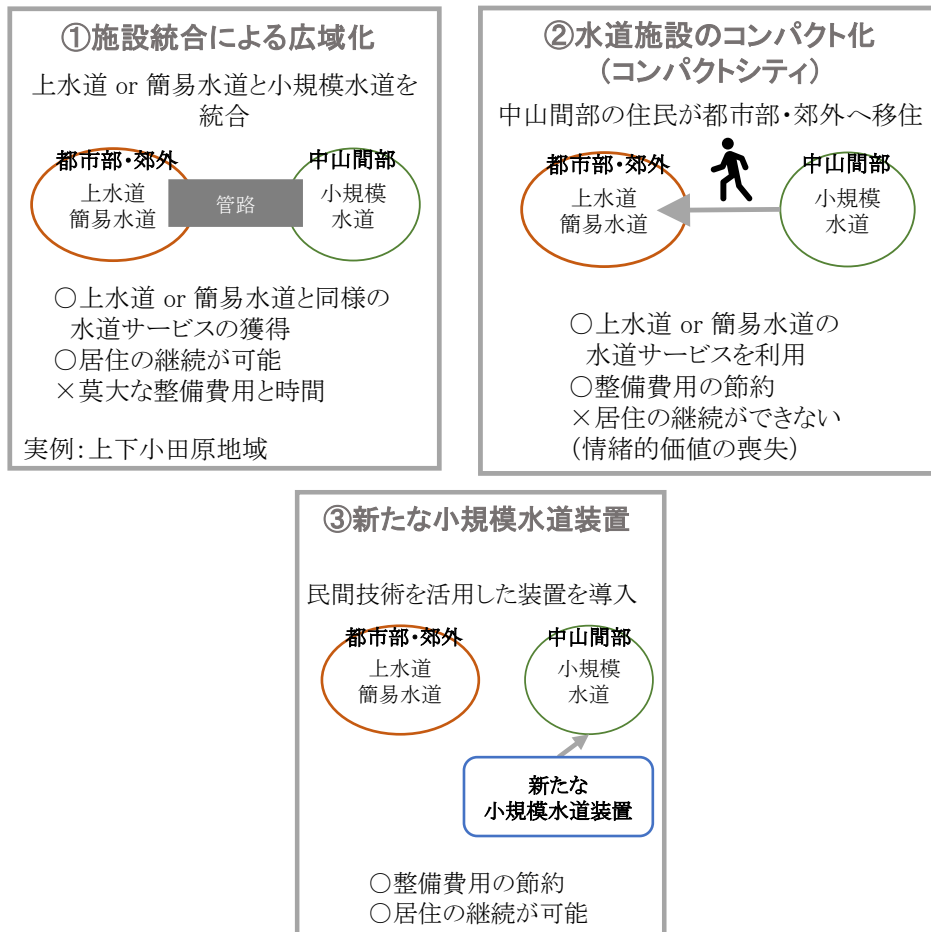
#### 実施項目C1: 情緒的価値を考慮した社会的効用の計測

成果: シナリオ創出フェーズで開発した水サービスの機能的価値(安定・安全・安心)の費用便益分析モデルを基に、人々の立地選択行動を考慮することにより、居住による情緒的価値を考慮した社会的効用計測モデルを開発した。開発したモデルを用いて、水道インフラに関わる①集中型水サービスを想定した広域化(施設統合による広域化)、②小規模水道地域の縮退による都市(水道施設)のコンパクト化、③「小さな水サービス」の導入の3つの政策評価を行った(図C1-1)。

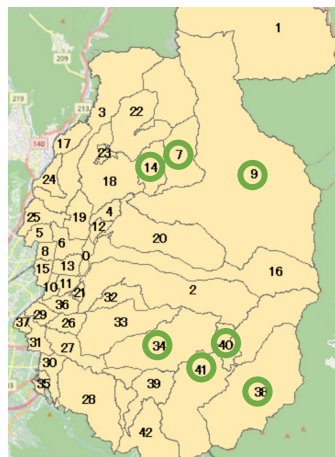
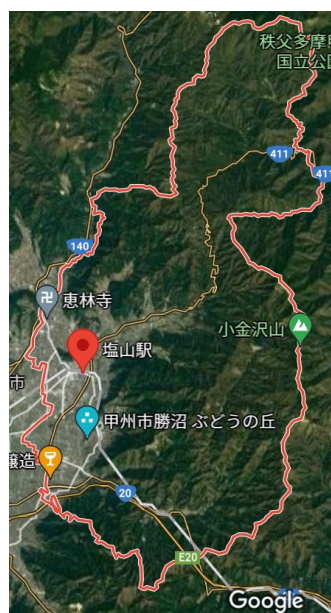
ここでは山梨県甲州市を43ゾーンに分割した社会経済を対象とし、各ゾーンで家計および企業が経済活動を営むものとする(図C1-2)。家計は、CES関数に基づき居住地を選択する。この居住地選択のCES関数のパラメータに、居住による情緒的価値が含まれていると解釈できる。

水道供給は、給水区ごとに水道企業が存在し、その給水区に立地している経済主体に水道を供給するものとする。ここでの水道企業とは、上水道および簡易水道給水区では甲州市の上水道課に相当するものと解釈できる。小規模水道給水区では、現状は住民自身が水道インフラ管理を行っており、明確な水道企業は存在しない。そこで、帰属計算の考え方および家計生産関数の考え方をを用いて、家計自らが水道インフラ管理を行うことにより水供給を行い、それを自身が消費するものとする。ただし、それらは仮想的な水道企業

が行うものとした。

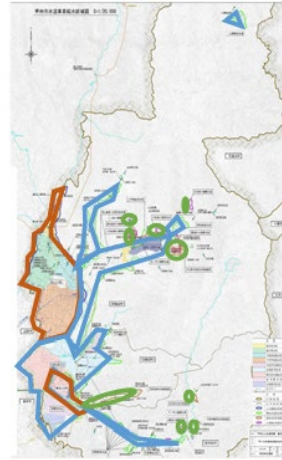


図C1-1 本研究で対象とした水インフラ関連政策



© GIS (地理情報システム)

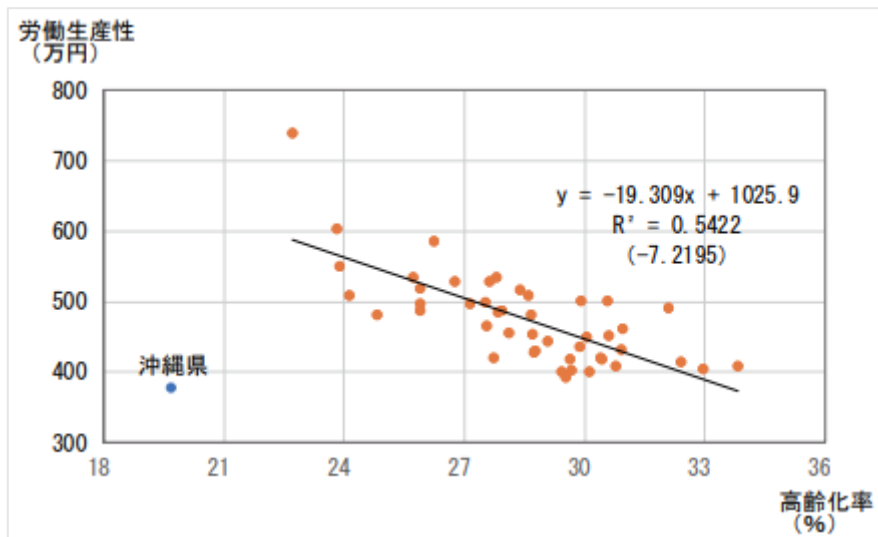
- 上水道  
給水人口5001人以上
- 簡易水道  
給水人口101人～5000人
- 小規模水道  
給水人口100人以下



©「甲州市水道ビジョン及び経営戦略（令和2年4月）」甲州市給水区区域図

図C1-2 甲州市の概要、ゾーン分割および水道施設の状況

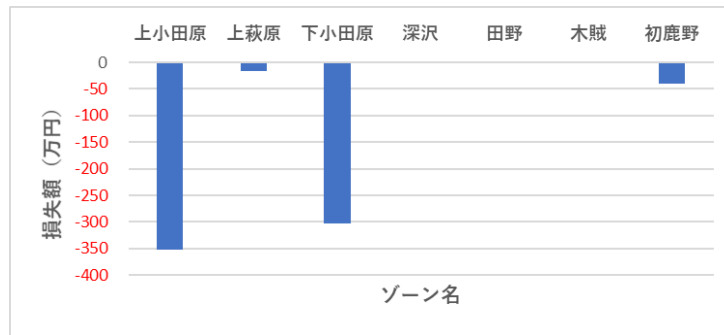
上水道および簡易水道地域では、水道供給は公的主体が行うものであることからその生産性は一定水準が保たれるものと考えられる。ところが、小規模水道地域は、住民が自ら水道インフラ管理を行っている。そして、そのような地域では高齢化が深刻化しており、水道インフラ管理に支障が出始めている。そこで、これらの地域において、今後の高齢化の進行により水インフラ管理および水供給に関わる生産性がどの程度低下するのかを計測することにした。前田（2018）は、高齢化によって労働生産性がどの程度低下するのかを示している。ここではこの関係（図C1-3）を適用することにした。



図C1-3 都道府県別の高齢化率と労働生産性の関係

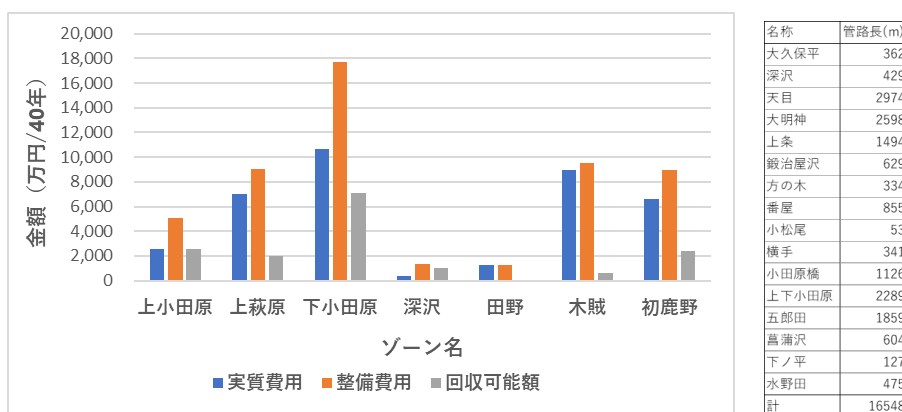
（出典：前田泰伸：高齢化と労働生産性の関係についての一試論 ～都道府県別の労働生産性と高齢化率から～，経済のプリズム，Vol.173，pp.12-22，2018）

政策評価にあたり、①、②、③のいずれのケースでも政策の実施により、小規模水道地域での高齢化がもたらす水道供給の生産性低下の経済損失が解消されるものとした。そこで、まず各小規模水道地域において、2050年の高齢化率から水道供給の労働生産性を導出し、その労働生産性を社会的効用計測モデルに入力し、どれだけ社会的効用が低下するのかを計測した。その結果が、図C1-4である。



図C1-4 小規模水道地域における高齢化による水道供給の労働生産性低下のもたらす経済損失

まず、①集中型水サービスを想定した広域化（施設統合による広域化）によって、図C1-4の経済損失を回避するケースを考える。現行の小規模水道施設と上水道、簡易水道を統合するための費用を推計した結果が図C1-5aである。推計にあたっては、施設統合に必要な管路長を推計し、その管路整備の費用を算出した。なお、これらは単年度の経済損失を50年間で現在価値換算しその総額の額となっている。また、各小規模水道地域における費用便益比を導出した結果が表C1-5bである。なお、補助金は補助率40%で支給されるものとした。また、田野、木賊地域は、将来人口がゼロになると予測されていることから、ここでは産出不可能となっている。



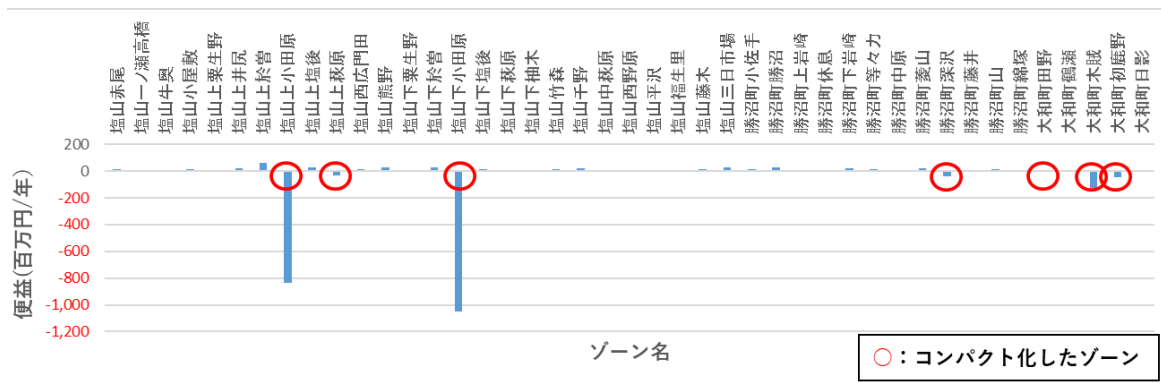
図C1-5a 施設統合による広域化のための整備費用



ゾーン名	補助なし	補助あり
上下小田原	0.44	0.74
上萩原	0.23	0.38
深沢	0.73	1.21
田野	—	—
木賊	—	—
初鹿野	0.27	0.45

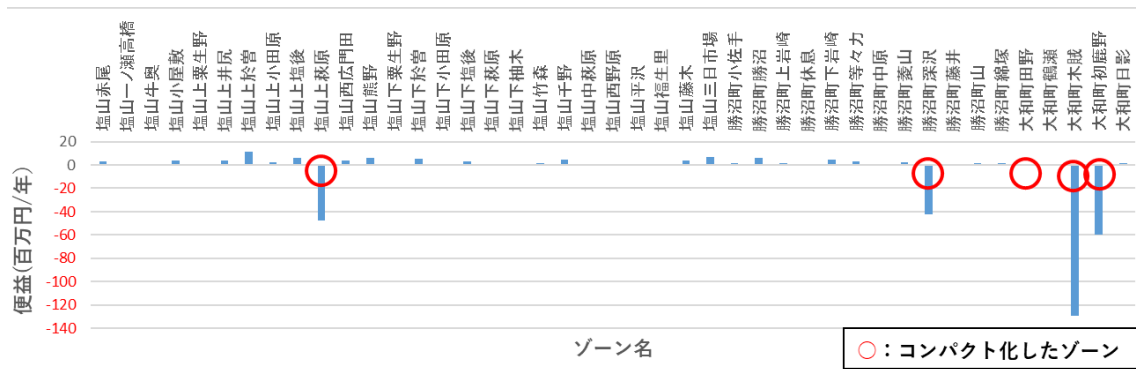
表C1-5b 施設統合による広域化の費用便益比

次に、②小規模水道地域の縮退による都市（水道施設）のコンパクト化により、図C1-4の経済損失を回避するケースを考える。都市のコンパクト化施策は、小規模水道地域の土地供給を規制によって削減するものとした。全小規模水道地域に対し、コンパクト化施策を実施したと想定した場合の便益評価結果が図C1-6である。総便益は、約-15.9億円/年との結果になった。



図C1-6 全小規模水道地域に対しコンパクト化施策を実施した際の便益計測結果

続いて、小規模水道地域の中でも人口規模の比較的大きな上下小田原地区を除いた小規模水道地域に対しコンパクト化施策を実施した際の便益計測結果を示したものが図C1-7である。このときの総便益は、約-1.8億円/年となり、コンパクト化施策による上下小田原地区での経済損失がかなり大きなものになることが明らかになった。

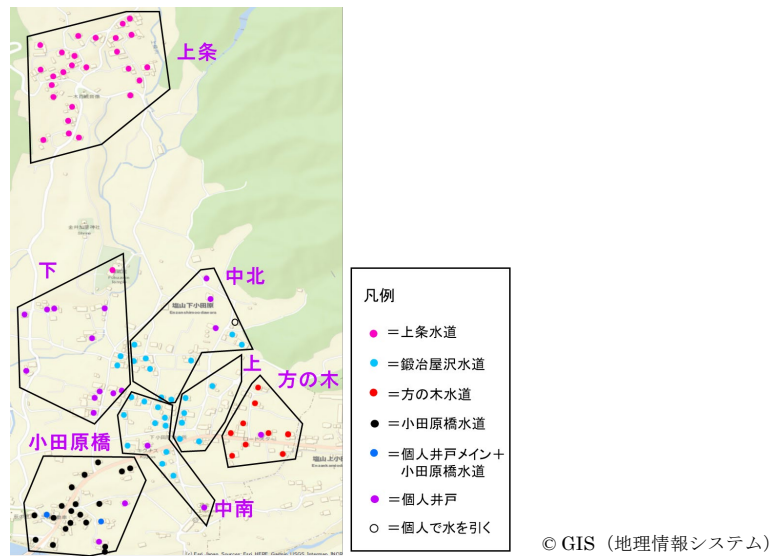


図C1-7 上下小田原地域を除く小規模水道地域に対しコンパクト化施策を実施した際の便益計測結果

最後に、③「小さな水サービス」の導入により図C1-4の経済損失を回避するケースでは、現時点では水源開発や水再生等の小さな水サービスの導入コストが正確に推計されていないことから、図C1-4の経済損失が回避されることによりその額が便益として計測できるだろうとする見解にとどまった。今後、小さな水サービス導入コストを詰めていき、推計された貨幣的損益が住民生活や自治体運営に実際にどのような形の負担や効果として現れるかを検討した上で、後述の情緒的価値と比較・吟味する予定である。

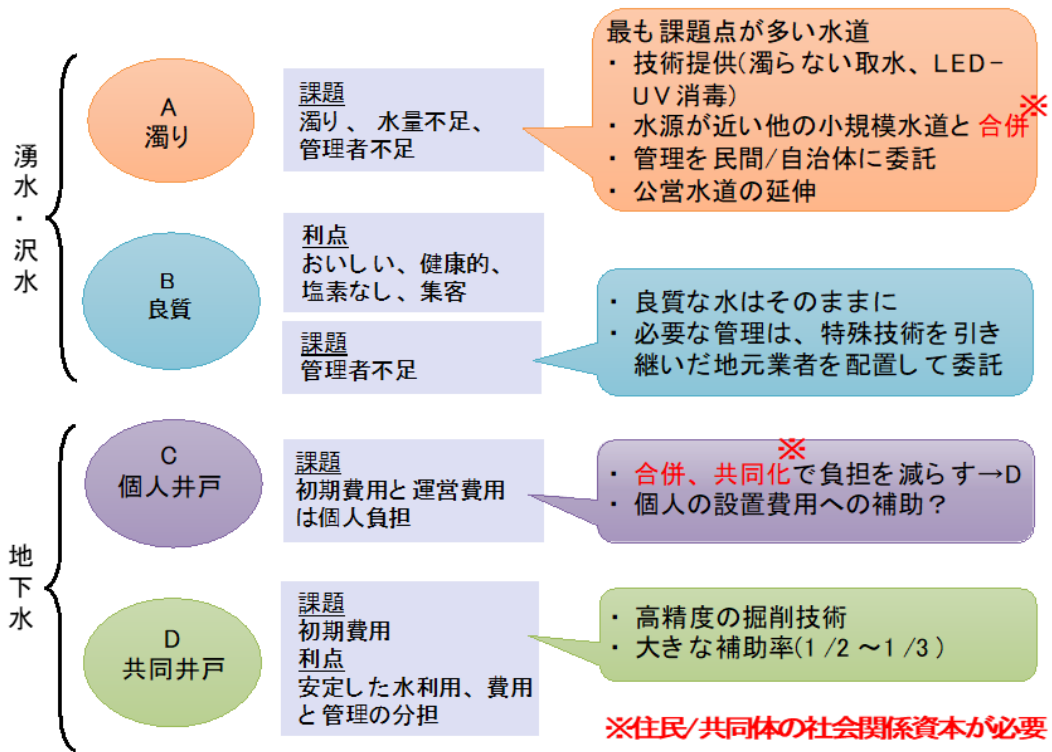
一方で、水利用がもたらす情緒的価値を具体化していくため、小規模水道の運営の経緯、実態、課題等の情報を収集するための調査を行った。調査対象は、モデル地域である山梨県甲州市塩山の神金地区（「小田原橋」「鍛冶屋沢（中南組）」「上条」「方の木」「番屋」の5つの小規模水道事業と、民営水道を形成していない「下」組の計6集落）の住民である。ここを最初の社会調査の地区として選定した理由は、1）現在は小規模水道を民営しているが、今後は公的な簡易水道への接続計画が決定していることから、住民の意思決定プロセスを知ることができるため、2）甲州市が公表している小規模水道事業全体の中で上記5集落が人口の2/3以上を占めているため、である。

各集落の代表者に対して、集落が運営する小規模水道の設立経緯、水質、管理、課題などに関する聞き取り調査を複数回行った。旧神金に含まれる下小田原地区には7つの組（自治会組織）と4つの小規模水道・その他の利水形態が同時に存在している（図C1-8）。すなわち、水道とそれ以外の自治を含む共同体の地域は必ずしも一致しておらず、これには集落形成の歴史的な経緯が関係していることがわかった。



図C1-8 山梨県甲州市塩山神金地区（下小田原付近）の組（線）と小規模水道（色）の位置関係

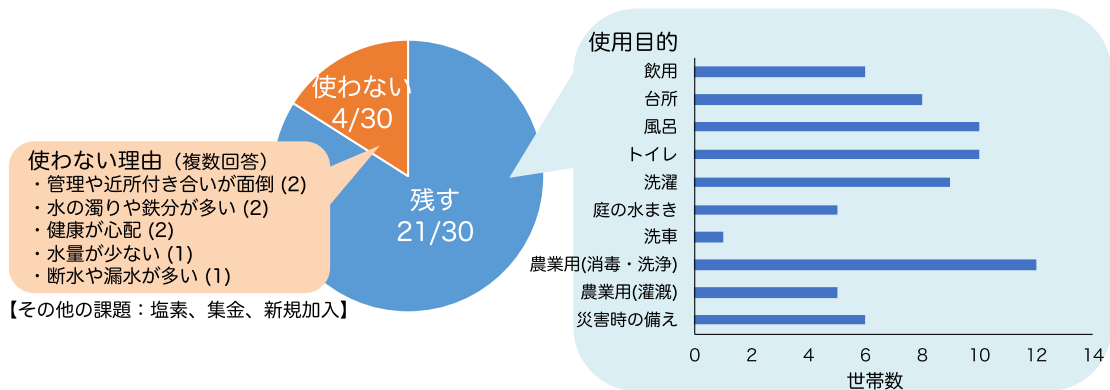
今回の聞き取り調査の結果を基に、図C1-9のような水源の種類による類型化を行った。地下水は湧水・沢水に比べて水量と水質の両面で有利であり、特に初期費用の負担を軽減する方法が望まれること、湧水・沢水では取水方法の違いで水量・水質の安定性が大きく変わる可能性がある反面、安定時には特に良好な水質に高い付加価値が見出されること、どちらの水源タイプにも共通して住民の高齢化と管理者不足が差し迫った問題と認識されていること、がわかった。管理者や資金の不足の解決策として合併や共同化が実現しない背景には、やはり集落形成の歴史的経緯と社会関係資本（ソーシャルキャピタル）も関わっている可能性があり、今後の他地域展開で重要な視点であると認識された。



図C1-9 聞き取り調査から考えられる類型ごとの解決策の例（山梨県甲州市塩山神金地区の6つの小規模水道のまとめ）

また、上記6つの小規模水道のうち、特に課題の多い小規模水道地区において全世帯を対象に、公営化された後の現水道の扱いに関する質問紙調査を行った（図C1-10）。多くの住民が今後も伝統的な共有財である小規模水道を何らかの形で活用したいと考えており、その希望用途は飲用から災害まで多岐にわたっていた。同時に、今後は使用しないとする理由は濁り・詰りを主とする水質・水量の不安定さであり、取水の改善や水源の変更による技術的な解決の可能性を示しているとも取れる。

今後は、以上の情報も参考に、情緒的価値の指標を具体化する作業に移る計画である。



図C1-10 「公営水道がきた後、現在使っている水道をどうしたいですか？」に対する回答

例（山梨県甲州市塩山神金地区K水道における質問紙調査、世帯数30のうち回答数25）

## 今年度の到達点2: 共創の場の立ち上げ

### 実施項目C2: ネットワーク形成と共体験

**成果:** シナリオ創出フェーズから新たに大学、民間、公的機関を研究開発実施者に、市民団体を協力機関に加え、全9機関34名が参加する研究ベースのネットワークを立ち上げた。キックオフや戦略会議等でチーム全体での相互確認を行うと同時に、各研究グループで情報と意見の交換を頻繁に重ねた。今後は、この豊かなネットワークを活用して、住民を含めた共体験を展開する。

#### （4）当該年度の成果の総括・次年度に向けた課題

- ・ソリューション創出フェーズの開始から半年経ったばかりだが、3つの研究グループとも技術開発は概ね計画通りに進んでいる。水源Gでは水資源の安定性の評価が軌道に乗り、今後は水質面での安全性と災害を考慮した安心性の評価に進む。また、水資源が分散地域にもたらす副次的効果を生活用エネルギー確保や「あそぶ」の面からも追究する。再生Gでは水素利用と高度人工湿地の実証試験が進んでおり、今後は多元的指標軸に基づく技術カタログをユーザー支援システムに作り上げる作業が加わる。また、モデル地域で分散型技術を「つくる」ことを「あそぶ」試行を始める。社会Gでは水道事業の統合化とコンパクト化に対して機能（貨幣）的価値の評価が進んでおり、今後は分散型技術導入時の評価と情緒的価値の発掘と指標化に取り組む。
- ・互助システムの種となる拡大された研究ベースのネットワークを立ち上げることができた。これを十分に活用し、シナリオ創出フェーズにはなかった市民へのアプローチを増やしていくのがねらいである。次年度から本格的に取り組むべき主題は、水源や水再生の技術群を「つくり」、それらの効用を「はかる」ことで市民による選択を支援すること、同時にこれらの技術を市民の自発的関与を促すような「あそぶ」段階へ進めるために、水共体験の具体的な企画を始動させることである。これにより、水共有財を起点とした自立共生型の地域づくりという最終目標へ向かう。

## 2 - 3. 会議等の活動

年月日	名称	場所	概要
2021年10月6日	社会Gミーティング	山梨大学	社会G打ち合わせ（梨大：西田、武藤、中村、風間、齋木、伊藤）
2021年10月15日	三菱CAS研究ミーティング	山梨大学	社会G打ち合わせ（梨大：西田、武藤、中村、亀井、風間、齋木、伊藤、MCAS：浦、中川）
2021年11月24日	第51回水環境懇話会	オンライン	事業メンバー（浅見・科学院）が講演する水環境懇話会（幹事：メタウォーター）に他のメンバーも参加し、小規模水供給システムの持

			継続的な維持管理に関する総合的研究の事例について意見交換した
2021年11月29日	日水コン研究ミーティング	オンライン	社会G打ち合わせ（梨大：西田、武藤、石平、遠山、中村、亀井、風間、齋木、伊藤、小林、日水コン：石倉、三迫、富永、金田、瀬川、久保、県大：箕浦、杉山、科学院：浅見）
2021年12月1日	甲州市・三菱CAS研究ミーティング	甲州市役所	社会G打ち合わせ（梨大：風間、亀井、甲州市：柚野、MCAS：浦、中川）
2021年12月3日	SOLVE” 小さな水サービス” キックオフミーティング	山梨大学（オンライン併用）	事業の背景と目的の確認、共有（梨大、県大、拓大、甲州市、MCAS、日水コン、衛生院、元気村）
2021年12月6日	令和3年度新規採択プロジェクトキックオフミーティング	オンライン	JST主催による事業間の相互確認（梨大：西田、風間、石平、遠山、相馬、中村、齋木、伊藤、飯野、県大：安藤、MCAS：山東、長井、甲州市：柚野、加々美、野田、他：浅見、石倉）
2021年12月7日	三菱CAS研究ミーティング	山梨大学（オンライン併用）	水源G・再生G打ち合わせ（梨大：中村、亀井、西田、MCAS：山東、長井、小寺）
2021年12月18日	社会Gミーティング	山梨大学	地球元気村と市民活動の検討を主とした打ち合わせ（梨大：西田、元気村：今井）
2021年12月30日	社会Gミーティング	甲府市	地球元気村と市民活動の検討を主とした打ち合わせ（梨大：西田、中村、元気村：風間、今井）
2022年1月7日	社会Gミーティング	山梨大学	山梨県立大学と社会調査の検討を主とした打ち合わせ（梨大：西田、風間、石平、武藤、県大：箕浦、杉山、安藤）
2022年1月14日	社会Gミーティング	甲府市	地球元気村と市民活動の検討を主とした打ち合わせ（梨大：西田、元気村：風間、今井）
2022年1月24日	三菱CAS研究ミーティング	オンライン	水源G・再生G打ち合わせ（梨大：中村、亀井、西田、風間、MCAS：山東、長井、小寺、落合）
2022年2月16日	プロジェクト戦略会議	オンライン	JST主催によるプロジェクトの進捗状況および来年度計画についての意見交換

2022年2月 22日	三菱CAS研究ミ ーティング	オンライン	水源G・再生G打ち合わせ（梨大： 中村、亀井、西田、風間、齋木、伊 藤、MCAS：山東、長井、小寺、落 合）
2022年3月9 日	合同巡検	山梨県甲州市 塩山神金地区	民営水道の視察と情報共有（梨大： 西田、門野）
2022年3月 24日	三菱CAS研究ミ ーティング	オンライン	水源G・再生G打ち合わせ（梨大： 中村、亀井、西田、MCAS：山東、 長井、小寺、落合）
2022年3月 29日	SOLVE社会的孤 立・孤独公開シン ポジウム	オンライン	西田が本事業の社会的効用に関する 情報収集のために参加した

### 3. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況

再生Gが開発した小型・分散・自立型の水処理装置により、山梨県甲州市で実証試験を行っている。用水については個人宅1件（水素利用）、排水については個人宅1件（水素利用）と実排水を想定した流域下水処理場2件（水素利用、人工湿地）で稼働中である。

### 4. 研究開発実施体制

(1) オンデマンド水源診断グループ（水源G）

グループリーダー：石平博（山梨大学、教授）

役割：地域・住民の需要に応じて安定して安全な水資源の探索を行う

概要：水源の量的安定性評価、水源の質的安全・安心評価、水源開発・運用コスト算定技術

(2) オンサイト水再生技術開発グループ（再生G）

グループリーダー：遠山忠（山梨大学、教授）

役割：小型・分散・自立型の用排水処理システムの提供と技術選択の支援を行う

概要：オンサイト用排水処理のパッケージ化、ユーザー支援システムの開発

(3) 効用の共創グループ（社会G）

グループリーダー：武藤慎一（山梨大学、教授）

役割：分散型水サービスの導入による社会的効用の評価と地域共創モデルの提案を行う

概要：情緒的価値を考慮した社会的効用の計測、ネットワーク形成と共体験



## 5. 研究開発実施者

### オンデマンド水源診断グループ

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職 (身分)
石平 博	イシダイラ ヒロシ	山梨大学	大学院総合研究部附属国際流域環境研究センター	教授
相馬 一義	ソウマ カズ ヨシ	山梨大学	大学院総合研究部附属国際流域環境研究センター	准教授
馬籠 純	マゴメ ジュ ン	山梨大学	大学院総合研究部附属国際流域環境研究センター	准教授
中村 高志	ナカムラ タ カシ	山梨大学	大学院総合研究部附属国際流域環境研究センター	准教授
西田 継	ニシダ ケイ	山梨大学	大学院総合研究部附属国際流域環境研究センター	教授
島崎 洋一	シマザキ ヨ ウイチ	山梨大学	大学院総合研究部	准教授
原本 英司	ハラモト エ イジ	山梨大学	大学院総合研究部附属国際流域環境研究センター	教授
田中 靖浩	タナカ ヤス ヒロ	山梨大学	大学院総合研究部	准教授
長井 千里	ナガイ チサ ト	三菱ケミカル アクア・ソリ ューションズ 株式会社	技術管理部	
古谷 裕子	フルヤ ヒロ コ	三菱ケミカル アクア・ソリ	技術管理部	

		ユーシヨンズ株式会社		
森本 紗代	モリモト サヨ	三菱ケミカル アクア・ソリ ユーシヨンズ 株式会社	技術管理部	副主任研究員

オンサイト水再生技術開発グループ

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職 (身分)
遠山 忠	トオヤマ タ ダシ	山梨大学	大学院総合研究部附属国際 流域環境研究 センター	教授
亀井 樹	カメイ タツ ル	山梨大学	大学院総合研究部附属国際 流域環境研究 センター	助教
森 一博	モリ カズヒ ロ	山梨大学	大学院総合研究部附属国際 流域環境研究 センター	教授
風間 ふたば	カザマ フタ バ	山梨大学	大学院総合研究部附属国際 流域環境研究 センター	教授
山東 丈夫	サンドウ タ ケオ	三菱ケミカル アクア・ソリ ユーシヨンズ 株式会社	秋津研究セン ター	室長
小寺 博也	コデラ ヒロ ヤ	三菱ケミカル アクア・ソリ ユーシヨンズ 株式会社	秋津研究セン ター	副主任研究員

効用の共創グループ

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職 (身分)
武藤 慎一	ムトウ シン イチ	山梨大学	大学院総合研 究部	教授
風間 ふたば (再 掲)	カザマ フタ バ	山梨大学	大学院総合研 究部附属国際 流域環境研究 センター	教授
西田 継 (再掲)	ニシダ ケイ	山梨大学	大学院総合研 究部附属国際 流域環境研究 センター	教授
杉野 栄	ソマノ サカ エ	甲州市	上下水道課	課長
野田 一寿	ノダ カズト シ	甲州市	上下水道課	課長補佐
岡部 英司	オカベ エイジ	甲州市	上下水道課水 道部門	副主幹
徳良 義文	トクラ ヨシ フミ	甲州市	上下水道課水 道部門水道施 設	副主幹
加々美 裕	カガミ ヒロ シ	甲州市	上下水道課水 道部門旧簡易 水道	副主幹
石倉 俊	イシクラ ス グル	株式会社日水 コン	河川事業部東 部河川部技術 第二課	
森川 敏成	モリカワ ト シナリ	株式会社日水 コン	河川事業部東 部河川部	部長
三迫 陽介	ミサコ ヨウ スケ	株式会社日水 コン	水道事業部東 京水道部技術 第四課	課長
富永 昌伸	トミナガ マ サノブ	株式会社日水 コン	下水道事業部 東部事業マネ ジメント部技 術第一課	主任
村田 道拓	ムラタ ミチ ヒロ	株式会社日水 コン	事業統括本部 環境・資源部 技術第一課	主任

木内 幸夫	キウチ ユキ オ	三菱ケミカル アクア・ソリ ューションズ 株式会社	分散型水道推 進部	部長
浦 幸久	ウラ ユキヒ サ	三菱ケミカル アクア・ソリ ューションズ 株式会社	分散型水道推 進部	担当部長
中川 仁志	ナカガワ ヒ トシ	三菱ケミカル アクア・ソリ ューションズ 株式会社	分散型水道推 進部	担当部長
箕浦 一哉	ミノウラ カ ズヤ	山梨県立大学	国際政策学部	教授
杉山 歩	スギヤマ ア ユム	山梨県立大学	国際政策学部	准教授
安藤 勝洋	アンドウ カ ツヒロ	山梨県立大学	国際政策学部	教授
徳永 達巳	トクナガ タ ツミ	拓殖大学	国際学部国際 学科	教授
浅見 真理	アサミ マリ	国立保健医療 科学院	生活環境研究 部	上席主任研 究官

## 6. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など

### 6-1. シンポジウム等

年月日	名称	主催者	場所	参加人数	概要
2022年3月9日	住民ワークショップ	SOLVE小さな水	山梨県甲州市塩山小田原集会場	事業者側16人、神金地区住民代表5人	21年度の活動のうち、住民代表への聞き取り調査および2集落の住民を対象とした質問紙調査の結果を報告した。その後、当該地区の水道運営の経緯や将来の課題について、事業者側と住民が意見交換を行った。
2022年3月17日	小規模水源の活用に関する意見交換会	SOLVE 小さな水、クリタネットワーク構築助成「分散型社会を支える伝統的な小規模水源の調査研究ネットワークの構築」	オンライン	SOLVE 小さな水、地球研、北海道立総合研究機構	本事業とクリタ財団・ネットワーク構築助成事業（＋総合地球環境学研究所特定推進研究）との共催。大規模集中型と小規模分散型の水サービスが相補的に機能するしくみのデザインに向けて、資源、地の利、共同体の視点で水と現代人のくらし方について自由な意見交換を行った。

### 6-2. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など

#### (1) 書籍、フリーペーパー、DVD

- ・特集記事「水環境問題からライフスタイルを見直す」、地球元気村通信、NPO法人地球元気村、2021年10月

#### (2) ウェブメディアの開設・運営、なし

#### (3) 学会以外のシンポジウム等への招聘講演実施等

- ・未来の科学者訪問セミナー、SDGsの取組と環境問題、2021年11月10日、上野原市立上野原西小学校（西田が2回のセミナーの中で本事業内容の紹介も行った）
- ・甲府市議会ワークショップ、SDGsと未来の甲府、2021年11月18日、山梨大学（本

事業メンバー数名（中村、武藤、西田ほか）がワークショップに参加しながら活動内容の紹介も行った）

### 6-3. 論文発表

(1) 査読付き (   0   件)

●国内誌 (   0   件)

・なし

●国際誌 (   0   件)

・なし

(2) 査読なし (   0   件)

・なし

### 6-4. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表）

(1) 招待講演（国内会議   0   件、国際会議   0   件）

・なし

(2) 口頭発表（国内会議   1   件、国際会議   0   件）

・三輪耀大、森一博、西田継、遠山忠、Tidal flow人工湿地の酸素供給、硝化・脱窒および有機物酸化の性能評価、第56回日本水環境学会年会、オンライン開催（富山大学）、2022年3月16日

(3) ポスター発表（国内会議   0   件、国際会議   0   件）

・なし

### 6-5. 新聞報道・投稿、受賞等

(1) 新聞報道・投稿 (   1   件)

・FM FUJI、2022年2月3日、「ACTUS」山梨大学FUTURE SEED番組内で本事業の活動が紹介された。

(2) 受賞 (   0   件)

・なし

(3) その他 (   0   件)

・なし

#### 6-6. 知財出願

(1) 国内出願 (   0   件)

・なし