

戦略的創造研究推進事業
(社会技術研究開発)
令和2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
シナリオ創出フェーズ

「誰一人として水に困らない社会へ：小規模分散型の
水供給・処理サービスの開発・可能性検証」

研究代表者 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 教授)

協働実施者 柚野 栄
(甲州市上下水道課 課長)

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	22
3. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況	25
4. 研究開発実施体制	25
5. 研究開発実施者	26
6. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など	27
6 - 1. シンポジウム等	27
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	28
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

誰一人として水に困らない社会へ：小規模分散型の水供給・処理サービスの開発・可能性検証

2. 研究開発実施の具体的内容

2-1. 目標

(1) 目指すべき姿

「少子高齢化」の社会においては、過疎地域のインフラ維持（全国の簡易水道事業は6000件弱、厚生労働省2017）ばかりでなく、都市部の老朽インフラの改修費用の確保も一層困難となる。一方で、農山漁村への「移住」願望が増えており（山梨県の移住希望者は毎年3000人規模）、観光客数が年々増加している地方も多い。政府も大都市集中を低減する社会の構築を推進（内閣府2019）しており、交通や住居の見直しが始まっているが、生命活動の基本である水の確保とその処理については検討が遅れている。さらに、増え続ける「自然災害」に対しては、応急処置的な給水活動だけでなく、復旧期間に利用できる簡易で移設可能な水インフラ技術が求められる。このような社会状況の変化に対応するためには、従来の法規制や概念にとらわれない発想が必要である（厚生労働省2013）。

日本の地方と都市、および災害時には、共通して「移住・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。地方や人口減少地域の住民、多地域居住者、観光客、長期避難生活者に対して、産学官の連携を組織し、現在の日本で一般的な集中型の水インフラの配置に代わる、新たな分散型の総合水サービスを提供する。これにより、誰一人として水に困らない社会の構築を目指す。

本プロジェクトで提案するビジョンの実現において優先して活用するゴールは、目標6「水と衛生へのアクセスと持続可能な管理」、目標11「都市と人間の居住地」、および、目標13「気候変動とその影響」である。本プロジェクトで提案するビジョンに相反する可能性のあるゴールは無い。過疎地居住や観光など物理的に自然環境に近い土地での人間活動の維持・拡大にも繋がる提案であるが、これらの活動と目標15「生態系の保護」の両立を実現するための技術開発としても位置付けられる。また、目標9「インフラと技術革新への投資」で例示されている情報インフラの整備とは異なる方向性・アプローチであるが、本提案は水サービスに関する「レジリエントなインフラ整備」にも貢献し得るものである。

(2) 研究開発プロジェクト全体の目標

本研究開発プロジェクトでは、移住・分散型社会やレジリエンスの向上に対応するため、従来の集中型の水インフラの不足を補う小規模で分散型の水サービスを提供する技術とビジネスモデルを総合的に開発する。地域の需要に合わせて資源量や水質をきめ細かく可視化し、小型自立式水処理の性能と社会コストを評価しながら、新たな水管理に向けて住民と産学官が協働する枠組みを提案する。シナリオ創出フェーズにおいては、前述の取り組みを行いつつソリューション創出フェーズに向け、システム導入シナリオの作成等を実施していく。

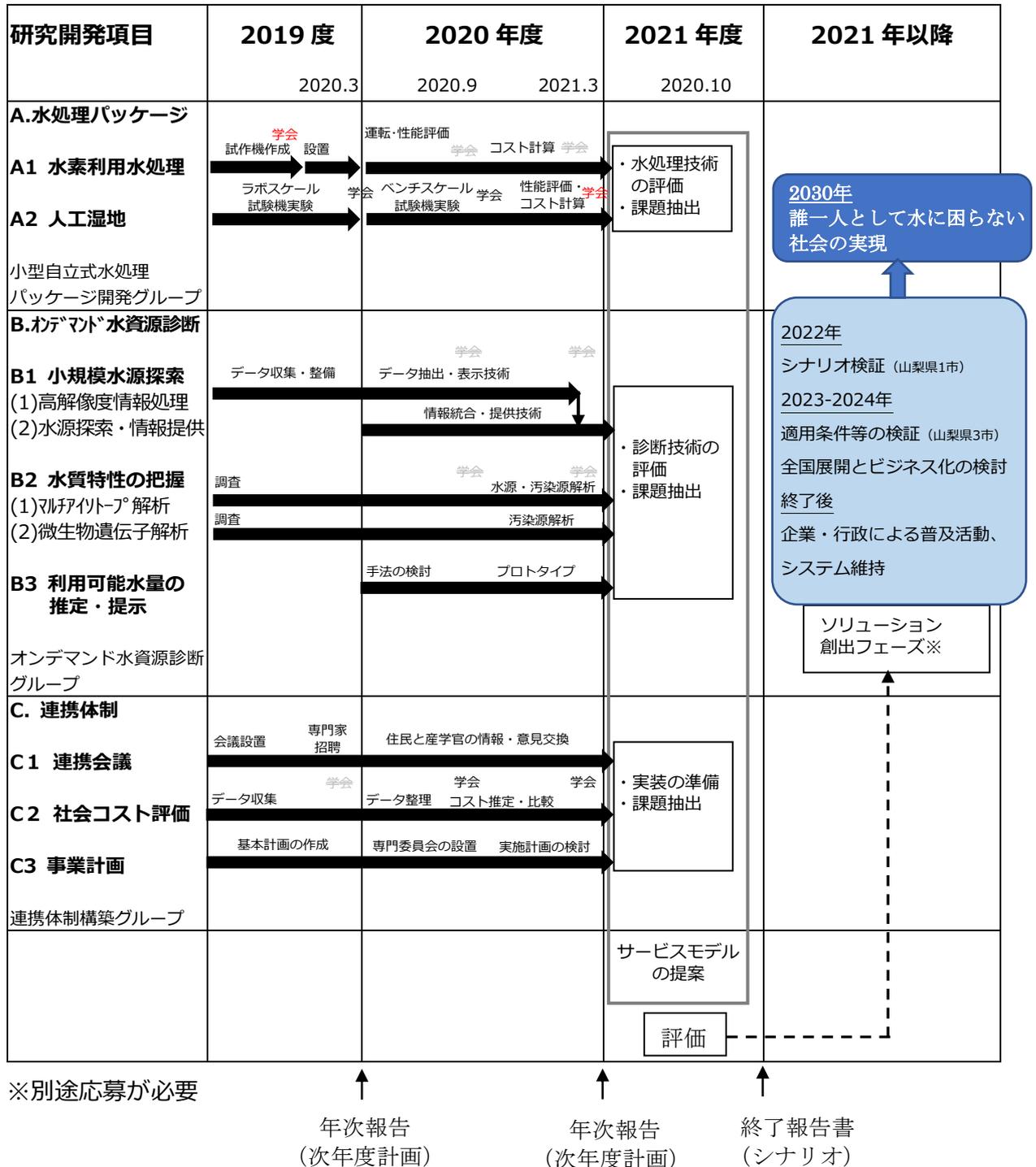
本提案の小規模分散水サービスは、郊外や中山間地の低密度の定住人口、あるいは多地域居住や観光を目的とした非定住の人口を対象として、産学官連携により提供される簡易かつ低コストな水供給・処理・管理を行うシステムである。可能性試験の予定地は山梨県内の中山間地であり、研究期間中に達成する目標は、以下の3つである。

- 1) 水素を利用した水処理システム、人工湿地を活用して農作物生産を両立させた下排水処理の導入による、生活用廃水の処理性能向上と小型かつ自立的な水処理の選択肢の拡大
- 2) 持続的な利水に向けたオンデマンド水資源診断（リモセン・同位体・遺伝子を融合させた情報集約技術）の設計
- 3) 総合水サービスを構築するための行政・民間・住民の連携体制づくりと新たな水サービスの社会コスト評価およびサービスモデルの提案

2-2. 実施内容・結果

(1) スケジュール

研究開発期間中（24ヶ月）のスケジュール



(2) 各実施内容

A. 小型自立式水処理パッケージ

1) 水素利用上下水処理

今年度の到達点A1：ベンチスケールの水素利用下水処理の長期的な処理性能と経済性を明らかにする。

実施項目A1-1)：ベンチスケール空気・水素ガス交互供給式浄化槽による下水処理の実証試験

実施内容：山梨県狭東浄化センター（甲州市）にベンチスケールの浄化槽を複数設置し、最初沈殿池越流水（以下、下水）を対象にした処理試験を春季から冬季にわたって実施する。空気のみ曝気、空気・水素ガス交互供給曝気による処理性、通常曝気装置とナノバブル発生装置による曝気ガス気泡サイズの効果について、下水と処理水の水質（有機物、窒素、リン、健康関連微生物）の定期的な分析から処理性を比較する。また装置の初期コストや運転コストを比較して、経済性を評価する。

また、装置内の下水処理機能微生物を解析することによって、空気・水素ガス交互供給式浄化槽による下水処理を科学的に理解する。

実施体制：風間、亀井（山梨大学）

実施項目A1-2)：オゾンガス・水素ガス交互供給式浄化槽の下水処理性能の実証試験

実施内容：当初計画にはオゾン利用はなかったが、下水中の有機物、特に難分解性有機物の除去性能を向上させるため、オゾンガスを利用した浄化槽の下水処理性能を評価する。オゾン・水素ガス交互供給式浄化槽を試作し、上記A1-1と同様に、処理性の評価並びに機能微生物解析を行う。

実施体制：風間、亀井（山梨大学）

2) 人工湿地

今年度の到達点A2：ベンチスケールの人工湿地の長期的な下水処理性能と経済性、付加価値（農業および環境教育との連携）を明らかにする。

実施項目A2)：ベンチスケール人工湿地による下水処理の実証試験

実施内容：山梨県狭東浄化センター（甲州市）にベンチスケールの人工湿地（ろ材：軽石とゼオライト、植物：ヨシ）を設置し、最初沈殿池越流水（以下、下水）を対象にした処理試験を春季から冬季にわたって実施する。下水と処理水の水質（有機物、窒素、リン、健康関連微生物）を定期的に分析し、それらの除去率を算出する。それらの除去率と初期・運転コストを通常の浄化槽、標準活性汚泥法と比較して、人工湿地の下水処理性能を評価する。また、人工湿地内の下水処理機能微生物を解析することによって、人工湿地による下水処理を科学的に理解する。一方、上記の人工湿地の処理水を利用して農作物や有機肥料となる作物を栽培し、農業活動との連携を検討する。ここでは、作物の生産性と安全性（大腸菌群・大腸菌数と重金属濃度など）を数値で算出し、その値をもとに農業関係者にヒアリングを行う。また、人工湿地の環境教育との連携を検討するため、教育機関を対象にした見学会とヒアリングを実施する。

実施体制：森、遠山（山梨大学）

B. オンデマンド水資源診断

今年度の到達点B1：整備したデータの高速抽出・可視化技術を確立する。

実施項目B1-1) データ抽出・表示方法の検討

実施内容： 前年度に整備した高解像度水文地理情報から、解析対象となる小区画・小領域を迅速に検索・抽出するとともに、その情報を可視化する技術を確立する。ここで、解析対象となる小区画・小領域とは、水源の集水域(その地点の流出・地下水に対する寄与域)などを意味し、その抽出には地形情報に基づく落水線網などを利用する。また、可視化については抽出した情報を地図上に重ねて表示するなど、面的な分布が把握できるような方法を検討する。

実施体制： 馬籠・相馬・石平（山梨大学）

実施項目B1-2) 各種情報の統合・提供技術の検討

実施内容： 高解像度水文地理情報を統合的に用いることで対象地域の中から水源に適した地点を探索するとともに、それらの地点を対象として、上記実施項目B1-1)の技術により抽出される集水域における利用可能水量を推定する技術を開発する。なお、水源に適した地点の探索に際しては、現在の小規模水道取水地点の水文地理特性を参考にする。また、利用可能水量については、年間総量だけでなく季節性・年々変動性を含む形式で提示するとともに、実施項目B2-1)で得られる水質特性も併せた形式でユーザーに提供できるようにする。

実施体制： 馬籠・相馬・石平・西田（山梨大学）

今年度の到達点B2：同位体・微生物マーカーによる水源・汚染源推定法を開発する。[可能性試験]

実施項目B2: 現地調査及び汚染源解析

実施内容： 高解像度水文地理情報の解析により選定された地域において、水環境の現地調査を実施する。得られた水サンプルを用い、各種安定同位体や水質トレーサー、大腸菌等の微生物遺伝子マーカーを分析することにより、水源の水文・水質の安定性を把握する。

実施体制： 中村・西田・原本・田中(山梨大学)

C. 連携体制構築

今年度の到達点C：関連データリストの作成と社会コストの比較。

実施項目C-1)：産学官連携会議の運営

実施内容： 前年度に実施した第1回の会議で得られた国内の水道事業の現状と課題についての情報を整理し、今後、特に地方都市部で生じると考えられる水システムに係る問題を明らかとする。その結果を踏まえ、第2回の連携会議を実施し、本プロジェクトで提案する水システムの導入によって、そのような問題がどのように解決されるのかを検討する。その検討を踏まえ、本水システムに対する理解を深めてもらう。

実施体制： 武藤・西田・風間・伊藤（山梨大学）

実施項目C-2) 社会コスト評価

実施内容： 前年度収集した、対象人口、施設、設置・維持管理費用、関係事業者等に関するデータを用いて、将来の人口分布予測と、その人口分布に基づく水利用状況を明らかに

する。その上で、本プロジェクトで提案する水システムの導入によって、水利用の状況がどのように改善するのかを明らかにする。それにより、本水システム導入の費用と、それによる便益とを計測し比較を行う。

実施体制：武藤・西田・風間・伊藤（山梨大学）

実施項目C-3）：事業計画の作成

実施内容：前年度は、連携会議等で協働実施者を上下水道関係事業者に移行することに関しての情報交換を行った。その結果を踏まえて、本課題で提案する水サービスが社会で運用されるための具体的な事業計画の作成を行う。

実施体制：武藤・西田・風間（山梨大学）および山梨県内の上下水道関係事業者

（3）成果

A. 小型自立式水処理パッケージ

1) 水素利用上下水処理

今年度の到達点A1：ベンチスケール空気・水素ガス交互供給式浄化槽の長期的な下水処理性能を明らかにする。

実施項目A1-1）：ベンチスケール空気・水素ガス交互供給式浄化槽による下水処理の実証試験

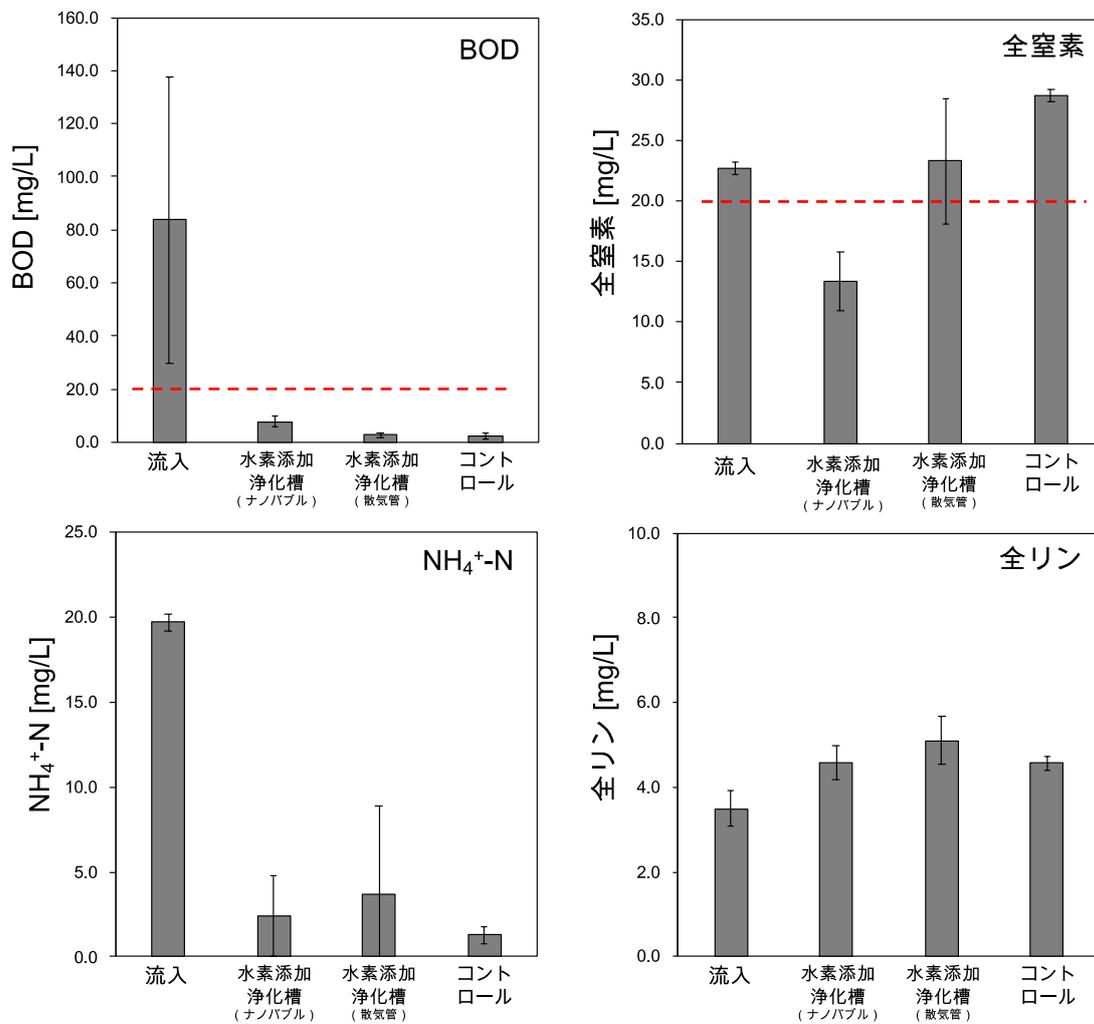
成果：ベンチスケール空気・水素ガス交互供給浄化槽（以下、水素添加浄化槽とする）を山梨県峡東浄化センター（甲州市）に設置して2020年9月から2021年1月にかけて約5ヶ月間の下水処理実験を実施し、水素添加浄化槽による実下水処理性能を評価した（図A-1）。その結果、空気と水素ガスの供給時間をそれぞれ12時間に設定した場合が最適なガス供給条件であることがわかった。この条件では水素ガス非供給系（コントロール）と同等のBODとNH₄-Nの酸化能力を保持しながら、同時に窒素除去能力を増強できた（図A-2）。特にナノバブル利用系の窒素除去能力は従来の散気管による通気に比べ顕著であり、ナノバブル通気による処理効率向上を実証できた。この条件ではコントロールに比べて明瞭な全リン除去は確認できなかったが窒素除去能力が約50%向上しており、その処理水質は浄化槽の放流水BOD基準値（20 mg/L以下）と、高度処理型浄化槽処理水の全窒素濃度目安（20 m/L以下）を下回った。

以上から、空気・水素ガスの交互供給により、浄化槽が本来もつ酸化処理能力を保ちながら窒素除去も対応可能であることがわかった。これは既存浄化槽の小規模な改修だけで高度処理が可能になることを示唆し、すでにある浄化槽の高度処理対応の加速と河川への窒素流入低減に資すると評価できた。

来年度はこれらの結果をもとに、いくつかの水素添加浄化槽の導入シナリオでコストを算出し経済性評価を実施する予定である。



図A-1 峡東浄化センターに設置したベンチスケール空気・水素ガス交互供給式浄化槽



図A-2 最適酸素・水素供給時間で運転した場合の流入水と、水素添加浄化槽（ナノバブル通気条件、散気管通気条件）およびコントロール系（みなし浄化槽を想定し水素ガスを供給せず連続で空気を通気した条件）の処理水中のBOD、全窒素、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、全リンの平均濃度
図中赤線は合併浄化槽処理水のBOD基準と、国庫補助による高度処理型浄化槽設置認可のための処理水の全窒素濃度目安。

今年度の到達点A1-2)：オゾンガス・水素ガス交互供給式浄化槽の下水処理性能を明らかにする。

実施項目：オゾンガス利用の可能性を探るための実証試験

コロナ禍の影響により水素添加浄化槽の設置が遅延したため、課題A1-1の実施を優先したことから実施しなかったが、次年度で対応する計画である。

2) 人工湿地

今年度の到達点A2：ベンチスケールの人工湿地の長期的な下水処理性能と経済性、付加価値（農業および環境教育との連携）を明らかにする。

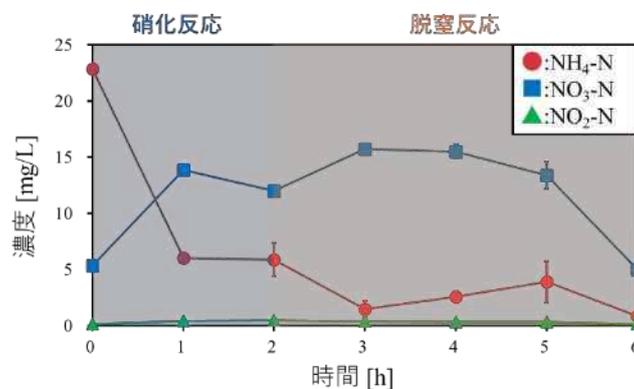
実施項目A2：ベンチスケール人工湿地による下水処理の実証試験

成果：ゼオライトと軽石を基盤材としてヨシを植栽したベンチスケール間欠流入式人工湿地（0.97m×1.4m×0.9m）を山梨県峡東浄化センター（甲州市）に設置して2020年9月から2021年3月にかけて7ヶ月間の下水処理実証試験を実施し、人工湿地の処理性能と経済性を評価した（図A-3）。人工湿地の運転条件の最適化を試みたところ、浸漬6時間・乾燥2時間のサイクル（1日3サイクル）で下水を連続処理することにより、人工湿地内が好気→嫌気→好気の順に変化して好気的な微生物反応（有機物の酸化と窒素の硝化）および嫌気的な微生物反応（脱窒）が効率的に起きていることが実証され（図A-4）、さらに、面積当たりの下水処理容量を $3\text{ m}^3/\text{日}\cdot\text{m}^2$ （標準活性汚泥法の1/3程度）まで高めることができた。その条件で7ヶ月間の下水処理実証試験を実施し、人工湿地の下水処理性能（有機物除去、全窒素除去および大腸菌・大腸菌群除去）は標準活性汚泥法と同等かやや劣る程度であった（図A-5）。また、人工湿地の基盤材によるろ過効果によって浮遊物質も除去でき、余剰汚泥も発生しないことから、人工湿地は標準活性汚泥法の反応タンクと最終沈殿池の両方の機能を有していることが明らかとなった。さらに、下水処理に伴う人工湿地の消費エネルギー原単位は $0.0008\text{ kWh}/\text{m}^3$ と試算され、これは標準活性汚泥法（ $0.2\text{ kWh}/\text{m}^3$ ）の1/200以下であった（図A-6）。この試算から、人工湿地によって下水処理を代替することによってエネルギー消費量、すなわち、ランニングコストと二酸化炭素排出量を大幅に削減することが可能であると評価できた。

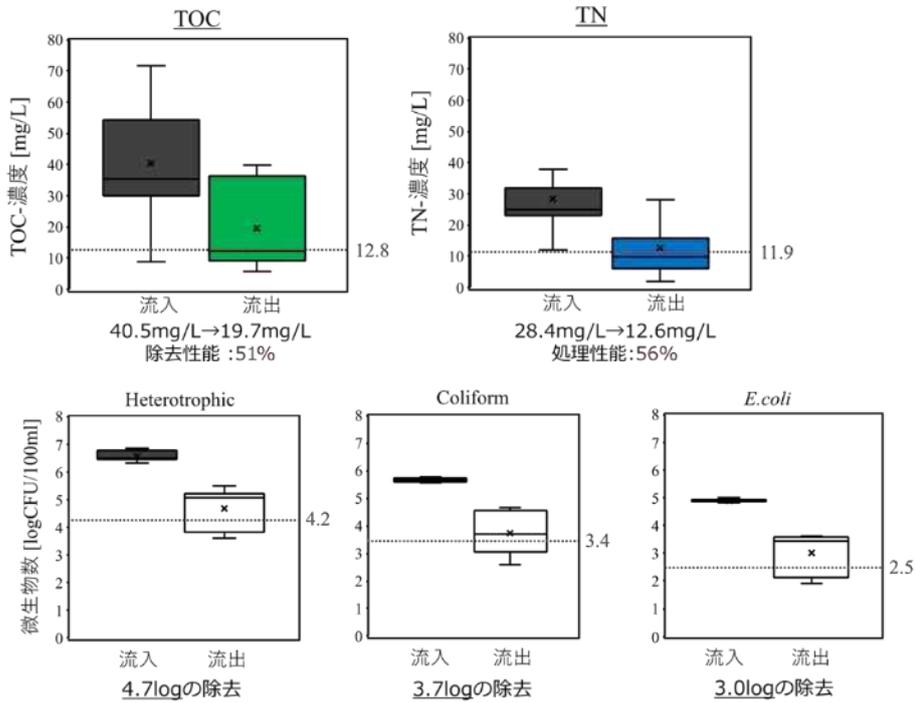
今年度はコロナ禍の影響で実施できなかった、付加価値（農業および環境教育との連携）に関するヒアリングについては来年度に実施する予定である。



図A-3 峡東浄化センターに設置したベンチスケール人工湿地内の写真とその季節変化

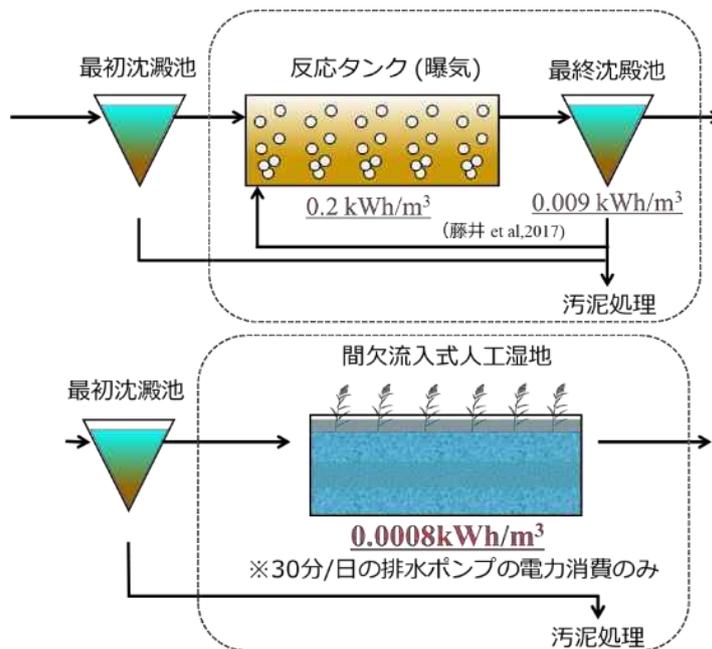


図A-4 人工湿地内の好気（青）から嫌気（オレンジ）への変化と、それと連動した硝化反応と脱窒反応



図A-5 7ヶ月にわたる人工湿地の下水処理実証試験の結果

人工湿地の有機物(TOC)、全窒素(TN)と健康関連微生物(一般細菌 [Heterotrophic]、大腸菌群 [Coliform]、大腸菌 [*E. coli*])の7か月間平均濃度と除去率。赤線は峡東浄化センターの活性汚泥法の除去率を示す。



図A-6 標準活性汚泥法の反応タンクと最終沈殿池の電力消費原単位と間欠流入式人工湿地の電力消費原単位の比較

B. オンデマンド水資源診断

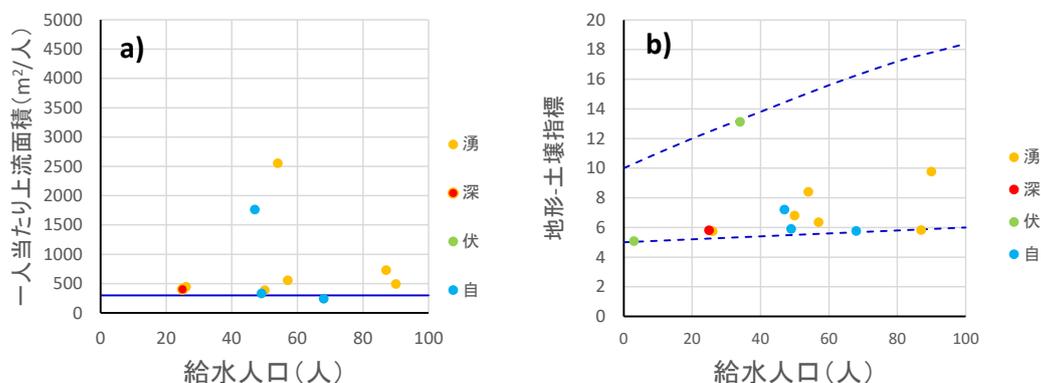
今年度の到達点B1：整備したデータの高速抽出・可視化技術を確立する。

実施項目B1-1) データ抽出・表示方法の検討

成果： 空間解像度1”（約30m）のメッシュ流向データ（落水線網）を用いて、全メッシュにおける地点上流域の水資源賦存量情報を整備・図化した。具体的には、まず、対象地域内の降水量、蒸発散量を流向データと同じ解像度でリサンプリングし、これをもとに各メッシュにおける水資源賦存量を算定した。また、このメッシュ毎の水資源賦存量を流向に沿って上流から下流に向けて積算することで、全メッシュにおける地点上流域の水資源賦存量を算出した。さらに、これを地図情報に重ね合わせることで対象地域内の水資源賦存量分布を可視化した。当初計画では、流向データから解析対象（水源地点集水域）となる小区画・小領域を検索・抽出した後、その区画内の降水・蒸発量から水資源賦存量を算出する方法を想定していたが、上記のように全メッシュにおける上流域の水文気象量（面積雨量、平均蒸発散量、水資源賦存量）をあらかじめ網羅的に計算・整備しておくことにより、解析対象における水量情報の迅速な検索・抽出を可能にした。

実施項目B1-2) 各種情報の統合・提供技術の検討

成果： 高解像度水文地理情報を統合的に用いて、対象地域の中から小規模水道水源に適した地点の探索方法について検討を行った。まず、対象地域の給水区地図から現在利用されている小規模水道水源の位置を特定し、各水源位置の地理座標値を読み取った。また、メッシュ流向データから、全メッシュ点に対する集水面積を算出するとともに、これと表層地質情報から得られる透水量係数（土層厚1mを仮定）、数値地形データから算出される地形勾配を組み合わせることで、土壌の湿潤化傾向の指標である地形土壌指標の分布情報を整備した。これら1)集水面積、2)地形土壌指標に加えB1-1で整備した3)水資源賦存量の空間分布に既存小規模水道水源の位置を重ねることで各水源における1)～3)の値を抽出し、給水規模（給水人口）との関連性について検討を行った（図-B1）。なお、図中プロットの色は、水源の種類（湧水、伏流水、深井戸、自噴）を示している。また、給水人口については、対象地域における経年的な人口減少傾向に伴う水需要減少の影響を排除するため、過去10年間の最大値を使用した。



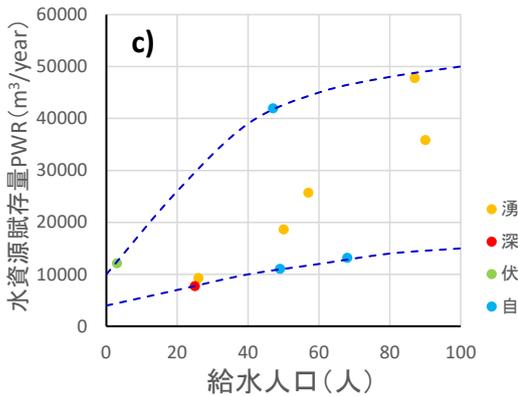


図-B1 甲州市小規模水道水源における給水人口と水文・地理特性の関係
a)給水人口と一人当たり集水面積の関係 b)給水人口と地形途上指標の関係
c)給水人口と水資源賦存量の関係

給水人口と一人当たり集水面積の関係(図-B1a)からは、取水のために給水人口一人当たりどのくらいの集水面積が必要かを読み取ることができる。水源位置の読み取り精度が必ずしも高くないことなどの影響もあり、プロットは大きくばらついており両者の間に明瞭な関連性は見出せないが、図中青線で示した下限値を見ると300~400m²/人となっている。つまり、小規模水道の水源は、少なくとも給水人口×300~400m²/人以上の集水面積を有する必要があるということになる。一方、給水人口、水資源賦存量と給水人口の関係(図-B1b, c)については、全体的に人口規模の増加に伴い、対応する水源の地形指標、水資源賦存量も大きくなる傾向が確認された。集水面積と同様にプロットのばらつきは大きいものの、全プロットを包含するような上限/下限の曲線を引くことができ、地形指標や水資源賦存量がこの下限~上限の範囲に入るような地点・地域が水源候補地となりうると考えられる。これらの解析結果から、上記の集水面積、地形土壌指標、水資源賦存量の条件を満足する地点を高解像度水文・地理情報を用いて空間的に検索することで、給水規模(計画給水人口)に対応した水源候補地を抽出できる可能性が示された。

既往研究(丹保、竹村、2010)では、一人当たり300m²程度の集水面積が上水道の運用には必要と言われており、図-B1aに示した給水人口一人当たりの集水面積は比較的近い値となっている。なお、全国ならびに対象地域(甲州市)において水道水源確保に必要な一人当たり集水面積の値は、図-B2のような計算から推定できる。日本の水資源の現況(令和2年度)より全国平均の年降水量を1720mm/year、年蒸発散量を609mm/yearとすると、水資源賦存量は約3.0mm/dayとなる。また、流況(水資源量)の季節変動性の指標である低水流量と平均流量の比を2.5程度と仮定すると、低水期における水資源賦存量は約1.2mm/dayとなり、この条件のもとで一人当たり水使用量300L/人/dayを確保するためには、約300m²/人の集水面積が必要となる。本研究で整備した水文気候データをもとに甲州市小規模水道の水源地域について同様の計算を行うと、年平均の水資源賦存量は約2.19mm/dayとなり、対象地域近傍の流量観測地点(笛吹川石和地点)の河川流量データから得られる流況変動性(低水流量・渇水流量と平均流量の比)を考慮した低水・渇水期水減賦存量は0.84~1.21mm/dayとなる。一方、対象地域における一人当たり必要水量は、果樹等農作物の洗浄用水の利用が多いことなどの理由により先に示した全国平均的な一人当たり水使用量300L/人/dayよりも若干多く、水道統計等のデータから約350L/人/dayと推定されている。これらの条件から甲州市小規模水道の

水源地域における一人当たり水使用量を確保するために必要とされる集水面積を算定すると約290～420m²/人となり、これは現在利用されている小規模水道水源地点の値(図-B1a)とほぼ等しくなる。この結果は、現在利用されている小規模水源が地域の気象水文条件や水利利用特性に対応して適切な箇所に選定されていること、逆説的に言えば地域の気象水文特性に即して給水規模に対応した小規模水道水源の適地を抽出できることを意味している。

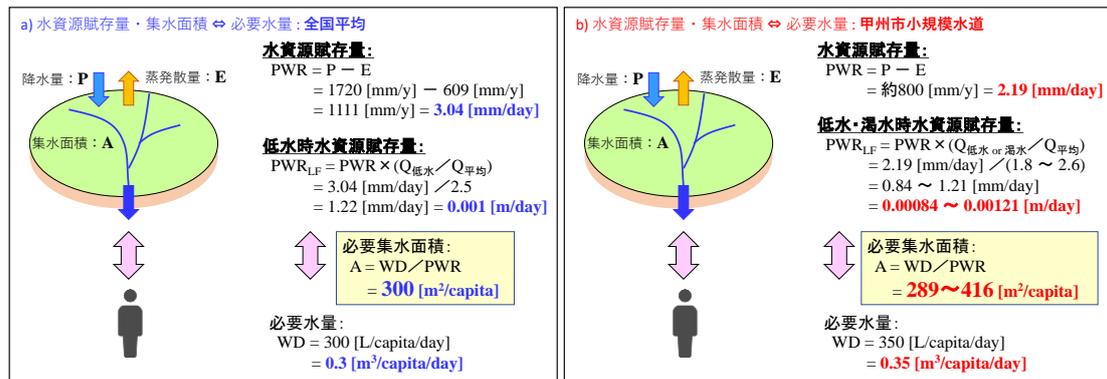


図-B2 水資源賦存量・集水面積と必要給水量の関係
a)全国平均 b)甲州市小規模水道

水源適地の探索においては、十分な水量確保ができることに加え、地下水を水源とする場合には井戸掘削深度が小さい(少ない掘削深度で地下水面に到達する)ことも重要な条件の一つとなる。図-B3は、地下水面が露頭している溪流・小河川地点の標高を空間内挿することで推定した浅層地下水面の空間分布及び、その浅層地下水面標高と地形標高の差分として求められた浅層地下水までの掘削深度の空間分布を示している。この情報を用いることで、十分な水量が確保できる水源候補地の中から、比較的小さい掘削深度で浅層地下水の取水地点を選定することが可能となる。

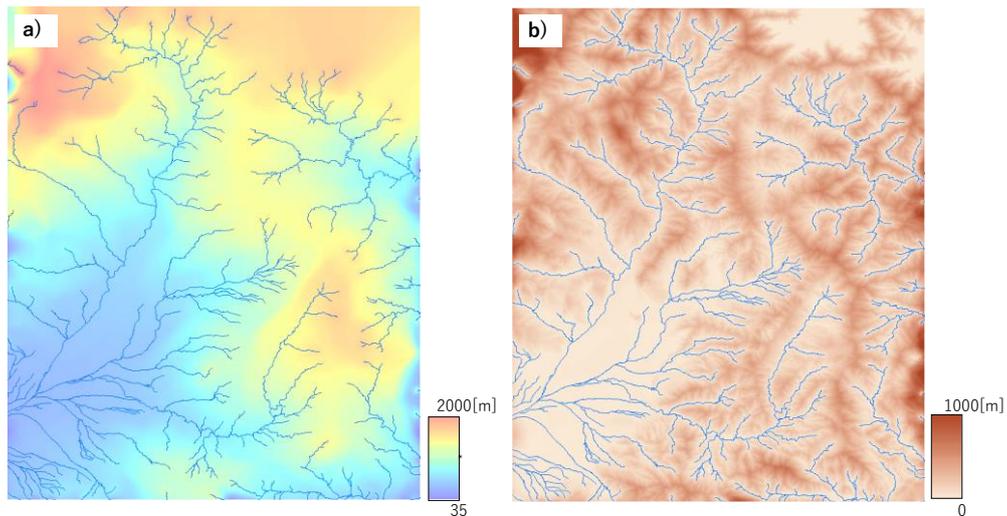


図-B3 浅層地下水面までの掘削深度の空間分布推定
a)浅層地下水位標高 b)掘削深度(地表面からの深さ)

本検討により、高解像度水文・地理情報を用いた小規模水道水源の適地選定方法を提案することができた。ここで使用している水文・地理情報は、全国をカバーする気象・水文・地理データセットをもとに整備したものであり、全国各地においても同様の方法が適用可能である。また今後は、気候・地理条件の異なる他地域への展開も期待される。

今年度の到達点B2：同位体・微生物マーカーによる水源・汚染源推定法を開発する。[可能性試験]

実施項目B2：現地調査及び汚染源解析

成果： 甲州市上下水道課と合同で市が管理する主要な既存水道水源の調査を実施した。山地水源11地点（湧水：5地点、伏流水2地点、表流水4地点）ならびに沖積低地（市街地郊外）の深井戸（掘削深度75～80m）3地点を選定し（図-B4）、原水の採取を行った。



図-B4 山地水源と沖積低地の水源の分布

まず、水質の安全性の評価のため、窒素汚染源の推定に有効とされる硝酸イオンの窒素安定同位体比値の観測を実施したところ、源水中に含まれる硝酸イオンの窒素安定同位体比値 ($\delta^{15}\text{N}-\text{NO}_3^-$) は、山地水源と沖積低地の水源で大別された（図-B5）。山地水源のそれは低い値を示し、既往の研究で報告されている森林由来の硝酸態窒素の安定同位体比値の範囲であった。一方、沖積低地の水源に含まれる硝酸イオンの窒素安定同位体比値は高く、既往の研究で報告されている富士川流域における農地由来の値を示し、果樹園（主にブドウやモモ）が分布する沖積低地における地下水は、地表に広く分布する農地からの窒素負荷があることが確認された。また、山地水源と沖積低地の水源中の硝酸イオンの窒素安定同位体比値は明らかに違う値を示していることから、人為由来の窒素（農地施肥）負荷の有無を把握する上で十分に有効であることが明らかとなった。

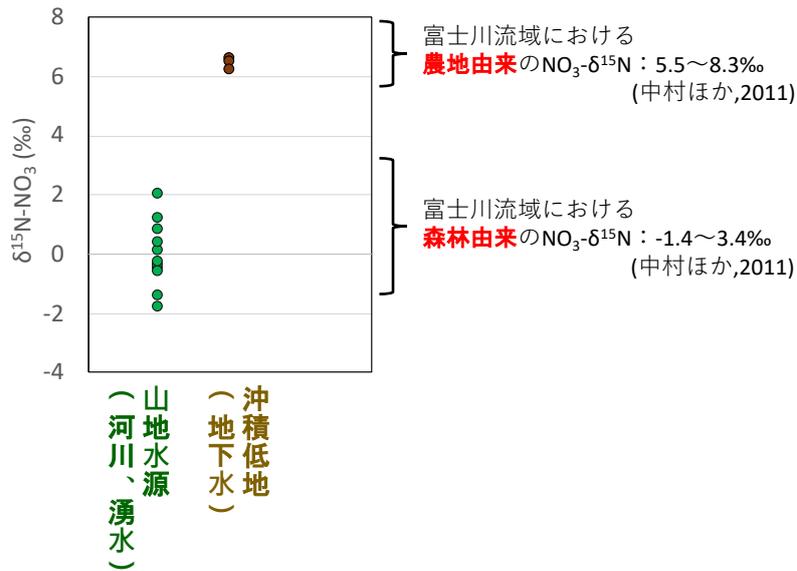
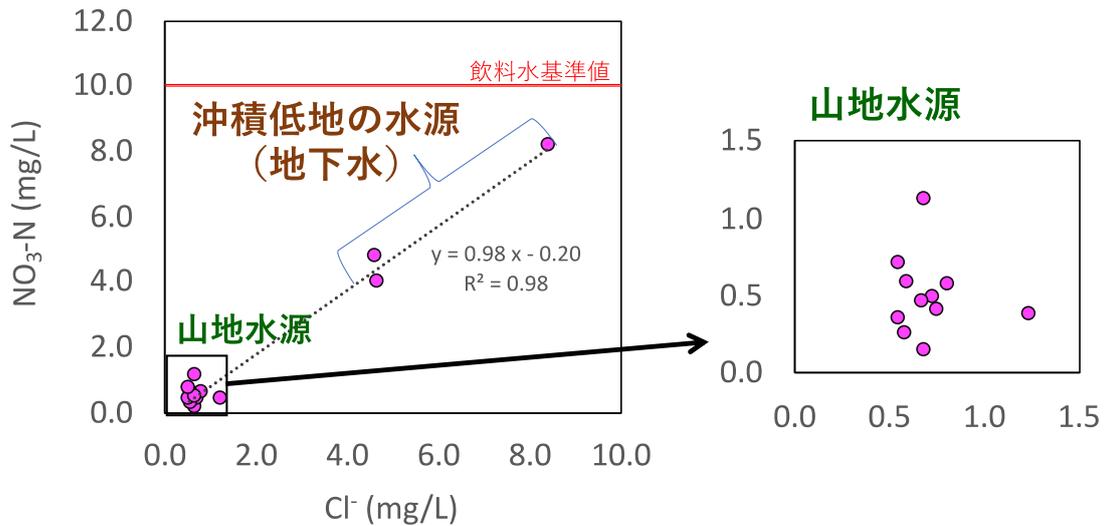


図-B5 水源中の硝酸イオンの窒素安定同位体比値

硝酸イオンおよび人畜による水質汚染の指標の一つである塩化物イオンの濃度を図-B6にまとめる。飲料水における窒素の基準値が硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素で10mg/Lに対して、亜硝酸態窒素は全地点において非検出、硝酸態窒素濃度については0.1~8.1mg/Lと非常に広い変動幅を示した。この硝酸態窒素濃度の分布は山地水源と沖積低地の水源で大別され、山地水源では0.1~1.1mg/Lと非常に低い値であるのに対し、沖積低地の3水源では4.0、4.7、8.1mg/Lといずれも飲用水の基準を満たしているが、山地水源の8~16倍の濃度であった。塩化物イオンの濃度についても山地水源で低く、沖積低地の水源で高くなる窒素濃度と同様の傾向がえられた。以上の結果を前述した同位体観測による起源解析結果とあわせて考察すると、沖積低地においては深度75m以深の帯水層まで比較的高い濃度の農地由来の窒素負荷があり、水質の安全性は山地水源の方が沖積低地の水源に比べて優位であると結論付けられた。



図—B6 山地水源と沖積低地の水源（地下水）の硝酸態窒素と塩化物イオン濃度

また、微生物マーカーによる汚染源推定法の開発に向けて、これら14試料中の大腸菌群と大腸菌を培養法により測定した結果、沖積低地の3試料からはいずれも検出されなかった（ < 1.0 most probable number (MPN) /100mL）が、山地水源では11試料中9試料（82%）から大腸菌群、2試料（18%）から大腸菌が検出された。大腸菌が検出された2種類中の濃度は1.0および3.1 MPN/100mLと低く、汚染レベルは低いものの、糞便汚染を受けている可能性が示唆された。ウイルス汚染指標として測定した体表面吸着大腸菌ファージとF特異大腸菌ファージはいずれの試料からも検出されなかった（ < 0.1 plaque-forming unit (PFU) /mL）ことから、糞便汚染レベルは低いことが推察される。このことから、水試料の濃縮物を用い、より検出感度が高いリアルタイムPCR法を用いて微生物マーカーを解析することの必要が示唆された。

C. 連携体制構築

今年度の到達点C：連携のための関連データリスト作成と社会コスト比較。

実施項目C-1)：産学官連携会議の運営

成果： 2020年度は、連絡会議を計4回実施した。第2回 [2020年6月4日：オンライン]、第3回 [2020年7月9日：甲州市、現地視察]、第4回 [2020年9月30日、甲州市]、第5回 [2021年1月13日、甲州市] の計4回である。

第2回の連絡会議では、甲州市の水需要と水供給施設、水道事業経営の現状把握に関する報告を山梨大学社会班より行い、その後フリーディスカッションを行った。第3回の連絡会議は、その後の進捗報告とともに、現地（下小田原地区）の視察を行った。第4回、第5回も進捗報告を行うとともに、甲州市のデータ提供に係る調整を行った。

以上の連絡会議を通じて、山梨大学と甲州市および日水コンをはじめとした民間事業者との連携を深めることができ、また甲州市が保有するデータの収集と整理を行うことができた。

実施項目C-2) 社会コスト評価

成果： C-1で収集したデータとその他の統計データを用いて、現状の社会コスト評価とその将来推計を行った。そこでは、①人口推計と水需要推計、②水供給施設の維持費用推計、③給水原価の算出、④住民意識の調査を行った。

① 人口推計と水需要推計

人口推計は、国勢調査結果を基に、国土交通省国土政策局によって推計されている国土数値情報（500mメッシュ将来推計人口）を用いた。その結果を図-C1に示す。左図が平成30年（現状）の人口分布、右図が2050年の将来推計人口分布である。このとき甲州市全体では総人口が49%減少する結果となる。さらに、図-C1より、郊外部での人口減少が著しく、人口がゼロになるメッシュのあることもわかる。

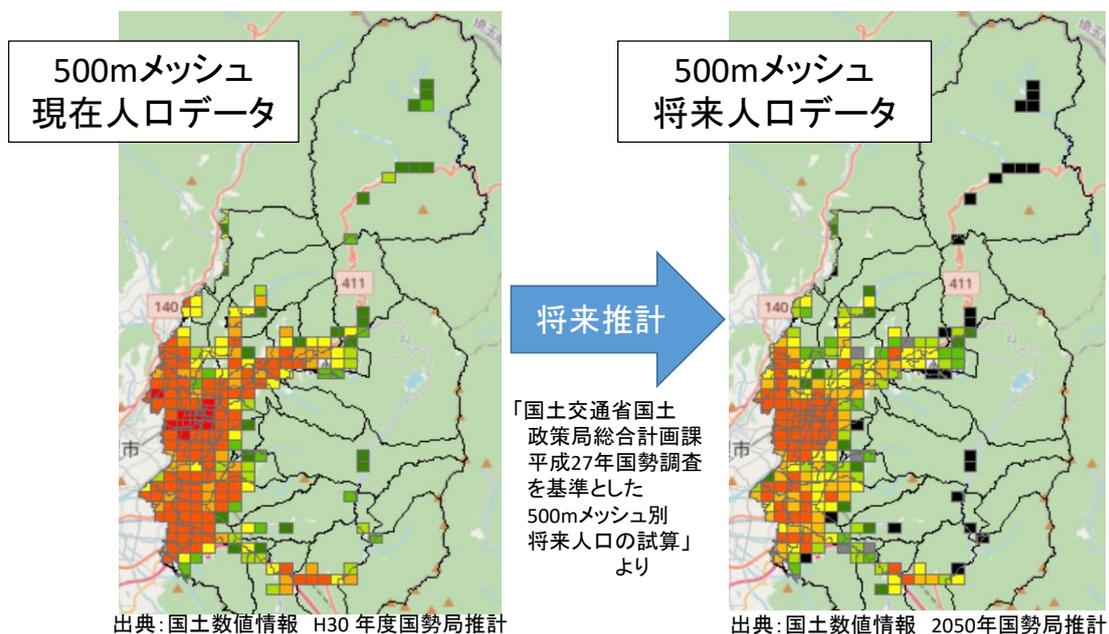


図-C1 甲州市の人口分布の現状と将来推計結果

次に、図-C1の結果から給水区ごとの人口を求め、2015年から2050年にかけての給水区別の人口減少率を求めた結果が図-C2である。この結果、多くの給水区において人口減少率が40%から60%と大きな減少を示しており、小規模水道給水区ほど減少率が大きい傾向にある。

図-C2にて推計された給水区別人口を用いて、図-C3のフローに基づき水需要量を推計した。そこから求められた1日平均給水量と1日最大給水量を、計画1日最大給水量（施設供給能力）で除すことにより得られた施設利用率の結果が図-C4である。ただし、小規模水道地区は、計画1日最大給水量データが取得できなかったため図-C4の結果には含まれていない。

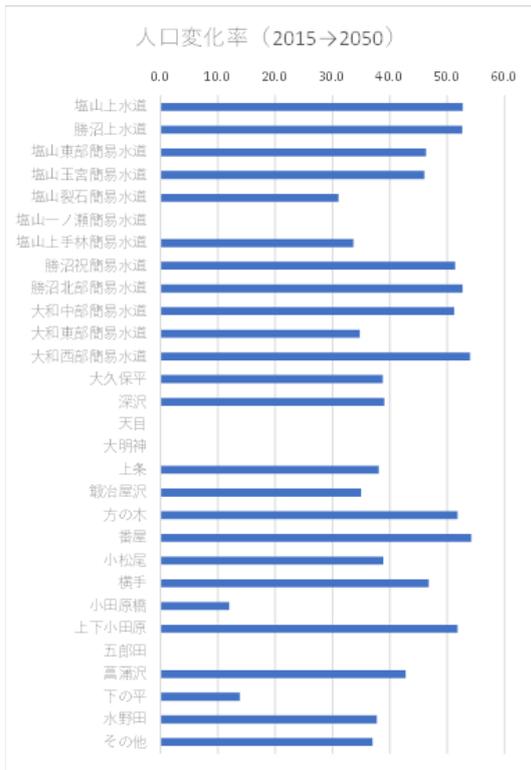


図-C2 給水区ごとの人口減少率結果

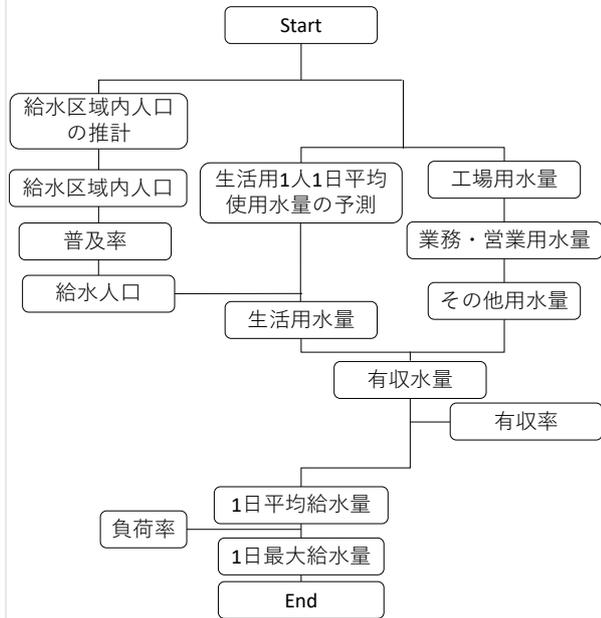


図-C3 水需要量推計のフロー

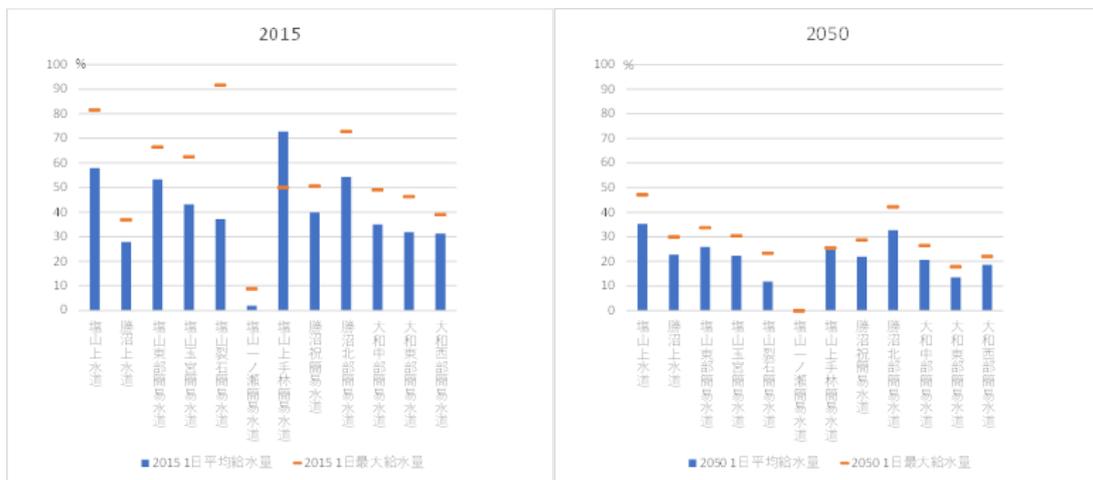


図-C4 施設利用率の推計結果

図-C4の結果より、2015年では1日最大給水に対する施設利用率は、低い地区でも40%程度あるものの、2050年になるとすべての地区で50%を下回ると予想された。人口減少が水道施設利用率に大きな影響を与えることがわかる。そして、この人口減少に対しては、水道施設のダウンサイジングやスペックダウンなどの実施が避けられないと考えられる。

② 水供給施設の維持費用推計

水供給施設の維持費用については、まず甲州市の水道施設の現有資産内訳（2019年度末）を図-C5に示す。このうちの健全資産割合は、約8割となっている。これに対し、各施設の建

設年度のデータなどに基づき、今後仮に施設更新がなされないとすると、2039年には健全施設割合は50%以下にまで低下する可能性のあることがわかった。

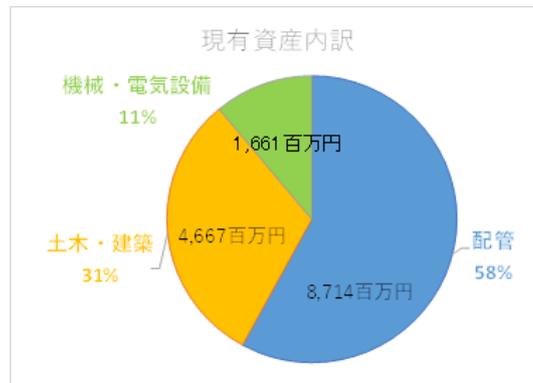


図-C5 甲州市水道施設の現有資産内訳

次に、小規模水道地域において、浄水施設の維持管理が今後困難になるとされている問題に対し、上水道または簡易水道と連絡管路を接続して現在の甲州市水道事業に統合することにより水道供給を行うことを検討した。ここでは、連絡管路が道路内に設置されるものとし、GISを用いて新設管路長を推計した。その結果、新設管路長は16.5kmとなり、管路の平均施工単価を48.9千円/mと設定することにより管路の整備費用は約8.1億円になると推計された。

③ 給水原価の算出

続いて、水道供給に係る社会コストを有収水量で除すことにより求められる給水原価を以下の式より算出した。

$$\text{給水原価} = \frac{\text{減価償却費}[\text{円}/\text{年}] + \text{その他費用}[\text{円}/\text{年}]}{\text{有収水量}[\text{m}^3/\text{年}]} \quad (1)$$

ここで減価償却費とは、固定資産を設置したときに会計上は設置時点に一括して計上せず、その耐用年数に応じて各年に配分する会計上の手続きである。まず、2018（平成30）年度の甲州市上水道事業における給水原価の算出結果を示す（図-C6）。その減価償却費は1.2億円、その他費用は2.6億円と報告されており、また、同年度山梨県水道統計より、有収水量は227万m³/年であった。これより給水原価は168円/m³となる。このうち55円が減価償却費分である。次に、2050年の上水道の給水原価を求めた。試算にあたっては、その他費用は人口減少に応じて減少させ、減価償却費は水道施設をそのまま維持すると仮定し変化させないものとした。その結果、上水道事業の給水原価は2018年から2050年にかけて26%（43円）上昇することになった。同様に、簡易水道事業の給水原価は2018年から2050年にかけて21%（57円）上昇すると算出された。ただし、実際には2020年より上水道事業と簡易水道事業は事業統合され、従来別々に行われていた事業会計が1つに統合されたため、2020年度上半期決算報告書を基に2020年と2050年の統合された水道事業における給水原価を再計算した。その結果、事業統合によって給水原価は上水道で上昇するが簡易水道では低下することになった。

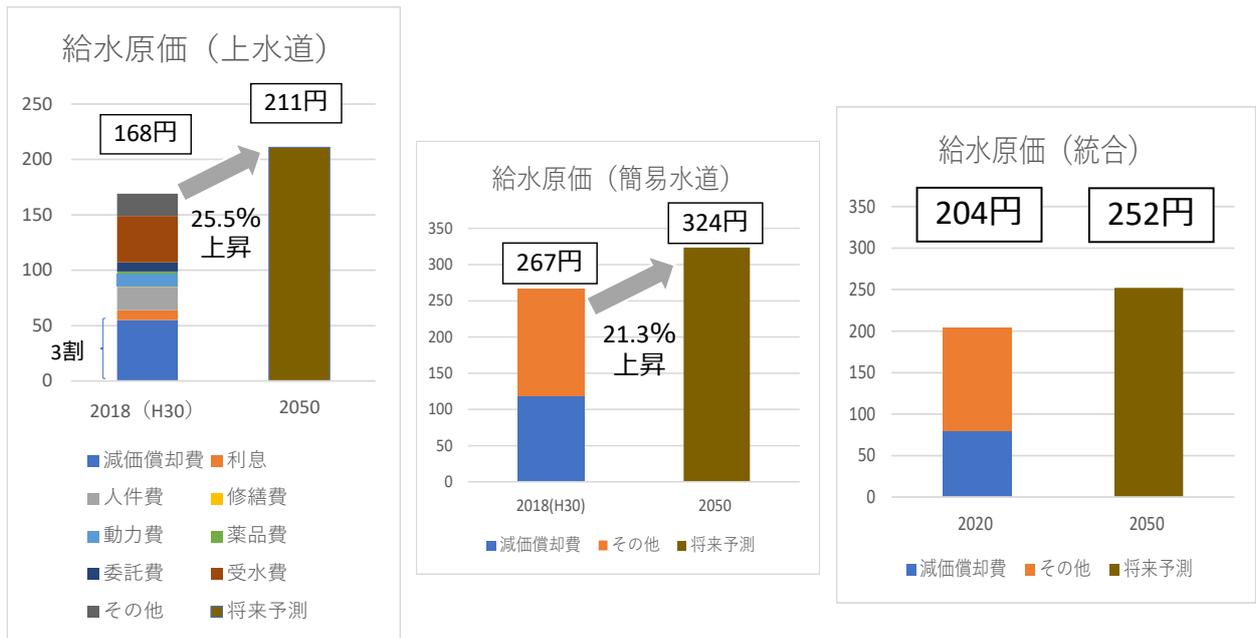


図-C6 給水原価の推定

小規模水道地域については、明確な料金体系は存在していないようである。すなわち、原則水道使用料は無料であり、その代わりに一世帯年額2,000円を組合などに納めているとのことである。各小規模水道地域によって異なる可能性があるものの、ここでは一世帯年額2,000円のみを負担して受水しているものとする。小規模水道地域における有収水量のデータも存在しないものの、一人あたり有収水量が上水道と同じであるとすると、小規模水道地域での給水原価は18.7円/m³と算定された。これは、小規模水道地域では、地域住民の手で維持管理がなされていること、浄水施設も簡易な仕組みであることなどの理由により、かなり安く抑えられているものと考えられる。しかし、こうした維持管理を今後も続けていくことは当該の人口減少や高齢化の問題のために困難であると考えられる。そこで、まず小規模水道を現在の甲州市水道事業に統合することを検討したものが前述の②であり、統合のための費用は約8.1億円となる。次に、統合しないとした場合の検討を行う。例えば、上水道と同等の給水原価ならば小規模地域の住民にも受け入れられるとして、小規模水道地域の給水原価を現状の上水道の給水原価まで上昇させることを考える。上水道の2018年の給水原価は168円/m³であり、その中の減価償却費分は55円/m³であったため、これを浄水施設の新規設置に充てるとする。55円/m³に想定有収水量を乗じて20年間で資金調達するとすれば、統合しないで小規模分散型水処理 (LCD) システムを設置する費用の上限は7,800万円と推計された。

④ 住民意識の調査

前項の③では、小規模水道を甲州市水道事業に統合した場合としない場合について、必要と想定される費用の考え方を示した。しかし、どちらもあくまで現行の上水道システムに基づいた試算であり、例えば水の味やブランドに対する志向が費用の許容に与える影響までは考慮されていない。そのような非貨幣的な価値は地域の居住を決定する要因の一つであり、水システムの総合評価と選択に欠かせない視点であると考えられる。そこで、住民を対象にアンケート調査を行い、水サービスに対する安全性、安定性、安心性、志向等について

の意識を計測することにした。今年度はアンケートの設計とプレ調査を行い、来年度に本格的な調査を実施する予定である。

実施項目C-3)：事業計画の作成

成果： C-1、C-2の成果を基に、本課題で提案する水サービスを実装するための事業計画案の作成を行った。

(i) 甲州市水道事業における水道供給施設の更新時期の特定：上水道と簡易水道が統合された甲州市水道事業に係る各施設の建設年度あるいは認可年度から、今後どの時点で各施設の更新が必要になるのかを推計した。

(ii) 小規模水道の更新方法と時期の検討：小規模水道については、C-2で示した②水道事業への統合案、③小規模分散型水処理（LCD）システム導入案の二つの更新方法を提示した。そして、(i)での検討を踏まえ、それぞれの適切な導入時期について検討した。なお、この③小規模分散型水処理（LCD）システムが本課題で提案している水サービスのことである。

(iii) (i)と(ii)の実施に必要な費用の財源調達方法：(i)と(ii)より、それぞれの事業に必要な費用が明らかになる。その財源調達計画案を作成した。具体的には、事業における収入と支出のバランスが保たれるような料金水準の導出と、その際あまりにも高額な料金となる場合、企業債の発行などによりその緩和が図れるのかを検討し、最善の財源調達方法を検討した。

(4) 当該年度の成果の総括・次年度に向けた課題

今年度の研究開発を以下に総括する。3つの研究グループのいずれについても、概ね計画通りに活動が進んでおり、全体としても目標達成は十分に可能であると考えられる。次年度に取り組むべき課題を要約すると、水処理においては水素利用技術の経済性評価とオゾン・水素併用の実証試験ならびに人工湿地の付加価値の調査、水資源診断においては追跡マーカーによる水資源の安全性と安定性を判定する手法の確立、社会評価（連携体制構築）においては水サービスへの住民意識を含めた水サービスの将来像（シナリオ）に対する総合的な社会評価である。いずれも当初計画で想定していた内容であり、最終年度内に完了できる予定である。

2 - 3. 会議等の活動

年月日	名称	場所	概要
2020年4月21日	社会班打ち合わせ	オンライン	参加者：(山梨大学) 武藤、伊藤、小林、川原、石平
2020年4月24日	社会班打ち合わせ	山梨大学	参加者：(山梨大学) 武藤、伊藤、小林、川原、西田、石平、織原
2020年5月29日	社会班打ち合わせ	山梨大学	参加者：(山梨大学) 武藤、伊藤、小林、川原、西田
2020年6月4日	第2回連絡会議	オンライン	参加者：(山梨大学) 西田、風間、

日			石平、遠山、鈴木、伊藤、小林、川原、武藤（甲州市） 柚野、野田、小澤（日水コン） 富永、村田、石倉
2020年6月18日	山梨大学チーム班長打ち合わせ	山梨大学	参加者：（山梨大学）西田、遠山、石平、武藤
2020年6月24日	小規模水供給研究会	オンライン（共催）	参加者：（国立保健医療科学院・主催）浅見真理（山梨大学）西田、風間、石平、遠山、鈴木、原本、中村、伊藤、小林、川原、金丸、馬籠、亀井（日水コン）（北里大学）（メイキョー）
2020年6月25日	プロジェクト会議	オンライン	参加者：（山梨大学）西田、風間、石平、遠山、武藤、金丸（甲州市） 柚野、野田、小澤
2020年7月9日	第3回連絡会議・甲州市現地視察	甲州市（鍛冶屋沢地区など）	参加者：（山梨大学）西田、風間、石平、中村、武藤、伊藤、小林、川原（甲州市） 柚野
2020年8月8日	SOLVEワークショップ	オンライン	参加者：（山梨大学）西田、風間、遠山、石平、武藤、金丸、鈴木、伊藤、小林、川原、亀井、相馬、馬籠、中村、原本、篠田、田中、中山、砂田、横澤、松山、Ariyal、佐藤（甲州市） 柚野、野田、小澤（日水コン） 石倉、富永（北里大）清（メイキョー） 田中、勝俣、藁袋（JST） 窪田、岩田、藤江、寺南、岡村、大河内、坂内、寺田、大石、藤田、春本、石川（その他） 江端、平山、中本、他企業関係11名
2020年8月27日	水処理班打ち合わせ	山梨大学	参加者：（山梨大学）遠山、風間、亀井
2020年8月31日	水診断班打ち合わせ	オンライン	参加者：（山梨大学）石平、西田、馬籠、中村、原本
2020年9月30日	第4回連絡会議・データ提供に関する打合せ	甲州市役所	参加者：（山梨大学）西田、風間、石平、中村、武藤、伊藤、小林（甲州市） 柚野、野田、小澤
2020年10月6日	社会班打ち合わせ	山梨大学	参加者：（山梨大学）武藤、伊藤、小林、川原、西田
2020年10月14日	山梨大学チーム全体打ち合わせ	山梨大学	参加者：（山梨大学）西田、風間、石平、武藤、遠山、亀井、金丸

2020年10月 20日	シナリオ-ソリューション戦略会議	オンライン	参加者：(山梨大学) 西田、風間、石平、武藤、遠山、亀井、磯野、鈴木、金丸 (甲州市) 柚野 (JST) 関、川北、藤江、菊池、窪田、萩原、浅田、岡村、大河内、近藤、坂内、張
2020年12月 24日	社会班打ち合わせ	山梨大学	参加者：(山梨大学) 武藤、伊藤、小林、川原、西田
2021年1月 13日	第5回連絡会議・データ提供に関する打合せ	甲州市役所	参加者：(山梨大学) 西田、遠山、石平、武藤 (甲州市) 柚野、野田、小澤
2021年1月 13日	水処理班：水素添加上水処理実証試験地視察	甲州市熊野地区	参加者：(山梨大学) 風間、亀井 (甲州市) 柚野、野田
2021年2月2 日	シナリオ-ソリューション戦略会議	オンライン	参加者：(山梨大学) 西田、風間、石平、武藤、遠山、亀井、金丸 (甲州市) 柚野、小澤 (JST) 関、奈良、山内、善本、窪田、萩原、藤江、岡村、寺田、張、菊地、大河内、上村
2021年2月 24日	社会班打ち合わせ	山梨大学	参加者：(山梨大学) 武藤、伊藤、小林、川原、西田、石平、中村、遠山、風間、亀井
2020年12月 18日、2021 年1月29日、 2月2日、3月 11、15、16、 18、23、29日	水処理班の実証試験結果の報告と次年度実施試験の継続に関するメール打ち合わせ、および峡東浄化センター使用申請	メール	参加者：(山梨大学) 遠山、亀井 (山梨県下水道室) 山口

3. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況

○
・新型コロナの感染が拡大するなか、山梨県県土整備部下水道局および山梨県峡東浄化センターの関係者と綿密な議論を重ねて、峡東浄化センターにおいて下水処理の実証試験を実施することができた。さらに、民間企業である株式会社メイキョーと協力して実証試験と下水処理装置のメンテナンスを行い、社会実装（民間企業への普及）に向けた準備も行った。

4. 研究開発実施体制

(1) 小型自立式水処理パッケージ開発グループ

グループリーダー：遠山忠（山梨大学、准教授）

水素利用水処理：風間（環境科学）、亀井（環境科学）

人工湿地：遠山、森（水処理工学）

(2) オンデマンド水資源診断グループ

グループリーダー：石平博（山梨大学、教授）

小規模水源探索：相馬（水文気象学）、馬籠（情報解析）、石平（水資源学）

マルチアイソトープ解析：石平、中村（地下水学）、西田（環境科学）

微生物遺伝子解析：原本（環境微生物学）、田中（環境微生物学）

利用可能水量の推定・提示：馬籠、相馬、石平、西田

(3) 連携体制構築グループ

グループリーダー：武藤慎一（山梨大学、准教授）

連携会議：風間（環境科学）、武藤（交通工学・国土計画）、西田（環境科学）、鈴木（研究推進・社会連携機構）、伊藤（社会解析）、望月（甲府市上下水道局工務部水道管理室）、古屋（甲州市上下水道課）、その他の山梨県上下水道関係事業者、石倉・森川（株式会社日水コン・河川事業部）、三迫（株式会社日水コン・水道事業部）、富永（株式会社日水コン・下水道事業部）、村田（株式会社日水コン・事業統括本部 環境・資源部）

社会コスト評価：武藤、西田、伊藤

事業計画：山梨県上下水道関係事業者

サービスモデル：全ての実施者

5. 研究開発実施者

オンデマンド水資源診断グループ

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
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
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	助教
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

小型自立式水処理パッケージ開発グループ

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	准教授
森 一博	モリ カズヒロ	山梨大学	大学院総合研究部	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
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

連携体制構築グループ

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職 (身分)
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
武藤 慎一	ムトウ シンイチ	山梨大学	大学院総合研究部	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
鈴木 美季	スズキ ミキ	山梨大学	URAセンター	助教
伊藤 友里	イトウ ユリ	山梨大学	大学院医工農総合 教育部	D2
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
望月 孔明	モチヅキ コウメイ	甲府市	上下水道局工務部 水道管理室	室長
柚野 栄	ソmano サカエ	甲州市	上下水道課	
野田 一寿	ノダ カズトシ	甲州市	上下水道課	
小澤 美紀	オザワ ミキ	甲州市	上下水道課	

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
2020	小規模水供給	国立保健医療科学	オ	本課題側から	本課題は共催と

年6月 24日	研究会	院・主催) 浅見真理	ン ラ イ ン	(山梨大学) 13人 (日水コン) 2人 (メイキョー) 2人	して参加。全国から水関係政府機関、自治体、企業、大学・研究所等の専門が集まり、上水道に注目した小規模サービスについての知見の紹介と意見交換を行った。
2020 年8月8 日	SOLVEワー クショップ	山梨大学	オ ン ラ イ ン	(山梨大学) 23人 (甲州市) 3人 (日水コン) 2人 (その他) 30人	本課題の趣旨の説明とこれまでの進捗報告を行い、本課題以外の参加者からも貴重な意見が寄せられた。

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
 - ・ (タイトル、著者、発行者、発行年月等) なし。
- (2) ウェブメディアの開設・運営、
 - ・ (サイト名、URL、立ち上げ年月等) なし。
 - ・ (SNSアカウント、URL、立ち上げ年月等) なし。
 - ・ (動画タイトル、URL、投稿日時等) なし。
- (3) 学会 (7-4.参照) 以外のシンポジウム等への招聘講演実施等
 - ・ (シンポジウム等の名称、演題、年月日、場所を記載) なし。

6-3. 論文発表

- (1) 査読付き (____件)
 - 国内誌 (____件)
 - ・なし。

●国際誌（_____件）

- ・なし。

(2) 査読なし（_____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_____件、国際会議_____件）

- ・なし。

(2) 口頭発表（国内会議_____4件、国際会議_____件）

- ・ 遠山忠、三輪耀大、森一博、間欠流入式人工湿地を利用した下水処理に関する研究、第12回人工湿地ワークショップ、オンライン（東北工業大学）、2020年9月22日
- ・ 三輪耀大、高山稜太、森一博、遠山忠、間欠流入式人工湿地の下水処理性能とその下水処理に伴うエネルギー消費と温室効果ガス排出、第55回日本水環境学会年会、オンライン（京都大学）、2021年3月12日
- ・ 川原裕美子、武藤慎一、西田継、伊藤友里：山梨県甲州市を対象とした水道インフラ維持のための人口分布予測および水需要予測、第62回土木計画学研究発表会、オンライン（信州大学）、2020年11月14日
- ・ 川原裕美子、武藤慎一、西田継、伊藤友里：水道インフラ維持のための水需要量予測と費用分析、土木学会関東支部第48回技術研究発表会、オンライン、2021年3月2日

(3) ポスター発表（国内会議_____0件、国際会議_____0件）

- ・

6-5. 新聞報道・投稿、受賞等

(1) 新聞報道・投稿（_____1件）

- ・ FM FUJI : Yes! Morning 「SDGsみらいレポート」

前編：2021/2/4

<https://www.youtube.com/watch?v=kW-oNEYPtP8>

後編：2021/2/11

<https://www.youtube.com/watch?v=giIUJb8Ocv4>

西田研究代表が上記ラジオ番組に出演し、SDGsに関連した世界の水問題の話題の中で、本事業における取り組みを紹介した。

- ・

(2) 受賞（_____0件）

- ・

- ・

(3) その他（_____0件）

- ・

6-6. 知財出願

(1) 国内出願 (____0件)

以上