

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

川原 裕美子¹・武藤 慎一²・西田 継³・伊藤 友里⁴

¹ 学生員 山梨大学 工学部土木環境工学科 (〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11)

E-mail: t17ce015@yamanashi.ac.jp

² 正会員 山梨大学准教授 大学院総合研究部工学域 (〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11)

E-mail: smutoh@yamanashi.ac.jp (Corresponding Author)

³ 非会員 山梨大学教授 大学院総合研究部生命環境学域 (〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11)

E-mail: nishida@yamanashi.ac.jp

⁴ 非会員 山梨大学 大学院医工農総合教育部工学専攻 (〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11)

E-mail: g19dtk02@yamanashi.ac.jp

ネットワーク型インフラの一つである水道インフラの老朽化が進み、特に、急速に人口減少が進む過疎地域において、その維持管理が課題となっている。現在は、都市部の水道ネットワークを延長し、過疎地域に接続させる集中型の水道供給を行うことが想定されている。しかし、水道管設置に時間と費用のかかることが問題である。これに対し、過疎地域には小規模で分散独立型の水道施設を設置するという考え方もある。そのいずれが効率的であるかの判断には、過疎地域における正確な人口予測と水需要量予測が重要となる。本研究では、山梨県甲州市を対象とし、集中型の水インフラでは支えることが困難な地方部において、小規模で分散型の水サービス提供技術の導入可能性を検討するための人口分布予測及び水需要量予測を行う。

Key Words: Aging water infrastructure, Assessment of facility renewal, Distribution of population, Forecasting water demand

1. はじめに

人口減少および少子高齢社会が様々な問題をもたらすと懸念されている。中でも、急速に人口減少の進む過疎地域におけるネットワーク型のインフラ管理（アセットマネジメント）が特に課題となっている¹⁾。ネットワーク型のインフラには、道路や送電線、上下水道などがある。こうしたネットワーク型のインフラの多くは、高度経済成長期に建設された。その時期は急速な都市化が進み、都市に人口が集中することで、住宅などの都市施設が足りなくなったときである。そのため、都市域を郊外化させることで土地を確保し、必要な都市施設の供給がなされた。その結果、現在、過疎化が進んでいるような都市の郊外部にも、一定程度の人口が立地することになり、郊外部へのネットワーク型インフラの整備も進められた。

それらのインフラが更新時期を迎え、老朽化率が高くなることが予想され、今後、計画的で効率的な更新が必

要である。しかし、そうした地域は人口減少が著しく、今後、インフラの更新を行ったとしても、それらが有効に利用されるのかが定かでない状況にある。そのため、的確な人口分布の予測を行った上で、ネットワークの縮小や統廃合を検討しながら、インフラ管理を適切に行う必要がある。

水道事業においても、その他ネットワーク型インフラと同様、人口減少による収入の減少や施設・設備の老朽化による更新需要の増大が課題となっており、適切な料金収入および資産管理が必要となっている²⁾。各市町村には複数の給水区域があり、それぞれに水道ネットワークが存在する。その中でも、特に過疎化が進む、末端の水道供給施設および水道ネットワークの維持が、今後の大きな課題である。その解決策として、末端の水道ネットワークを中心部のネットワークに統合させ、それらを1つにまとめる（つなげる）ことで、稼働させる施設数を減らし、人員・コスト削減をはかる方法が考えられている。これは、ハード面での広域化と呼ばれ、施設統合

により適切な規模で運営ができ、スケールメリットが発揮できるという点で、近年、様々な自治体で検討されている。広域化による集中型のシステムは、水供給量の減少に伴う適切な施設規模の運営をするための有効な対策手段である。しかし、デメリットとして給水安定度向上のためには、末端の連絡管整備が必要となり、小規模な集落が散在するような地域の事情によっては、事業費の拡大や広域化による水道ネットワークの維持が、そのネットワークを保有している地域全体の重い負担となってくる。

そのような地域に対しては、小規模の分散型水供給・処理サービスを行うという考え方もある。SATREPS による研究では³⁾、ネパールにおいて小規模分散型水処理システム (LCC) による実験的な水供給サービスの提供が試みられている。それをわが国でも、郊外や中山間地の低密度地域における定住人口、あるいは多地域居住や観光を目的とした非定住人口を対象として導入しようという試みである。

集中型と分散型、どちらの水道インフラの維持方法が望ましいかは、人口が減少し水需要量も減少が見込まれている将来、どの程度の費用によって、その水需要量と供給量のバランスがとれるのが鍵となる。具体的にどの地域でどの程度居住が変化し、水需要が変化するかを予測して、その地域に適した水供給システムを運営することが重要である。

以上のような研究背景から、山梨県甲州市を対象に、集中型の水インフラでは支えることが困難な地方部において、小規模で分散型の水サービス提供技術の導入可能性を検討するための人口分布予測及び水需要量予測を行うことが本研究の目的である。

2. 甲州市の現状

(1) 人口分布の現状

山梨県甲州市は、甲府盆地の東に位置する 2005 年に合併して誕生した 31,671 人 (2015 年時点) の地方都市である。図-1 には S60 から H27 の甲州市の人口変化のグラフを示す。図-2 には H7 年の 500m メッシュ人口分布 (左) と、H27 年の 500m メッシュ人口分布 (右) を示した。図-1 からは甲州市全体としてはピークだった平成 7 年から平成 27 年の 20 年間で約 6 千人減少しており、高齢者比率も年々高くなっていることがわかる。これを 500m メッシュの人口分布で見たのが図-2 である。人口は市西部の平野部に多く分布していて、特に塩山駅周辺に集まっており、山間部になるにつれ人口は少なくなっている。各メッシュの色の変化からも人口が減少していることが分かる一方、メッシュの分布変化に注目するとあらたに

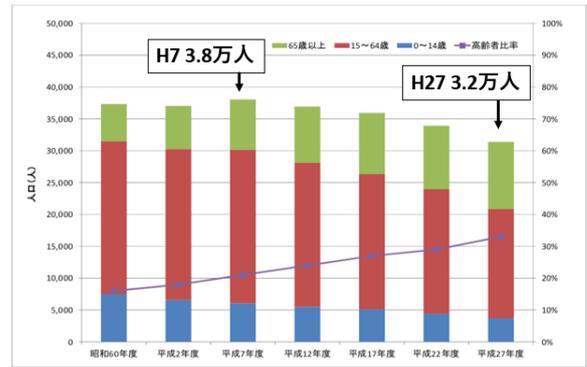


図-1 甲州市人口割合の推計
(出典：甲州市水道ビジョン)

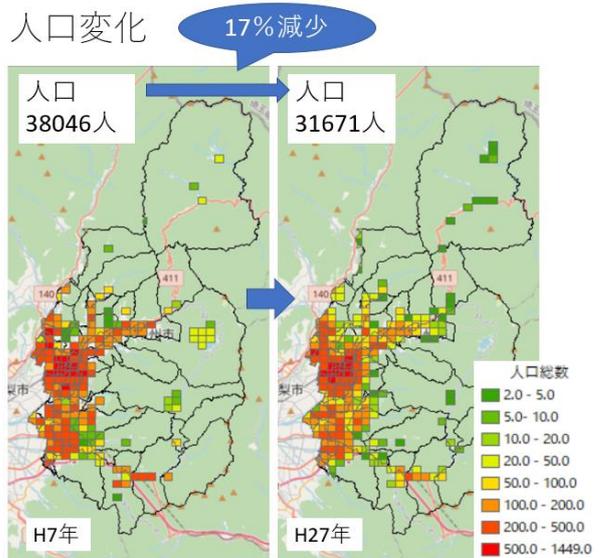


図-2 人口変化 (出典：平成 7 年、27 年国勢調査結果)

人口が発生している地域もあり、郊外化が起きていることがわかる。

(2) 水道事業概要

甲州市では、市町村合併により旧市町村から 2 上水道事業・10 簡易水道事業を引き継ぎ、水道事業を実施してきた。2020 年 4 月よりこれらの事業が一本化され、甲州市水道事業として再出発した。なお、給水人口が 5,000 人超の水道事業を上水道事業、給水人口 101 人以上 5,000 人以下の水道事業を簡易水道業という。また、このほかに、水道法適用外の施設であるという点で上水道事業や簡易水道事業とは異なり、給水人口 100 人以下の水道施設を対象に県の指導要領に基づいて運営されている小規模水道が 16 事業あり、このうち公営である 4 事業は甲州市水道事業に統合され、残りの事業は将来的に統合するとされている⁴⁾。

表-1 表上水道・簡易水道の計画給水人口及び給水人口 (H29) (出典：平成 29 年度版 山梨県の水道)

給水範囲	計画給水人口	給水人口	計画に対する給水人口の割合(%)
塩山上水道	20,000	17,045	85.2
勝沼上水道	3,340	1,917	57.4
塩山東部簡易水道	4,600	3,509	76.3
塩山玉宮簡易水道	1,180	848	71.9
塩山裂石簡易水道	150	45	30.0
塩山一ノ瀬簡易水道	110	4	3.6
塩山上手林簡易水道	107	30	28.0
勝沼祝簡易水道	2,300	1,937	84.2
勝沼北部簡易水道	4,790	4,465	93.2
大和中部簡易水道	663	445	67.1
大和東部簡易水道	590	165	28.0
大和西部簡易水道	740	393	53.1

表-2 小規模水道の給水人口 (H29) (出典：平成 29 年度版 山梨県の水道)

給水範囲	給水人口
大久保平	42
深沢	36
天目	24
大明神	1
上条	68
鍛冶屋沢	81
片の木	19
番屋	30
小松尾	50
横手	13
小田原橋	50
上下小田原	100
五郎田	10
菖蒲沢	25
下の平	24
水野田	88

(3) 給水区域

表-1 に計画給水人口 (H29) と現在給水人口 (H29) および計画に対する実際の給水人口の割合を示した。計画給水人口とは、事業計画において定める給水人口のことである⁹⁾。表-1 の計画に対する現在の給水人口の割合より、全体の平均としては 8 割程である。しかし、給水区域別にみると、半数以上の給水区域においてその率が 6 割以下となっていることが分かる。なお、表-1 の給水人口は平成 29 年度時点のものである。令和 2 年度には、甲州市水道事業統合に伴い計画給水人口が更新されており、これらの数値も変わるものと思われる。

表-2 には小規模水道の給水人口を示した。これらは甲州市水道ビジョンでは、甲州市水道事業に統合される予

現有資産内訳 機械・電気設備

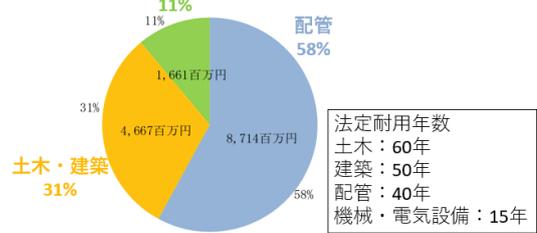


図-3 現有資産の内訳 (出典：甲州市水道ビジョン)

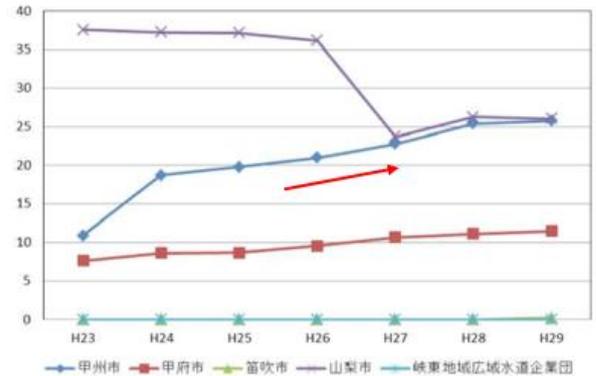


図-4 管路経年変化率 (上水道事業) (出典：甲州市水道ビジョン)

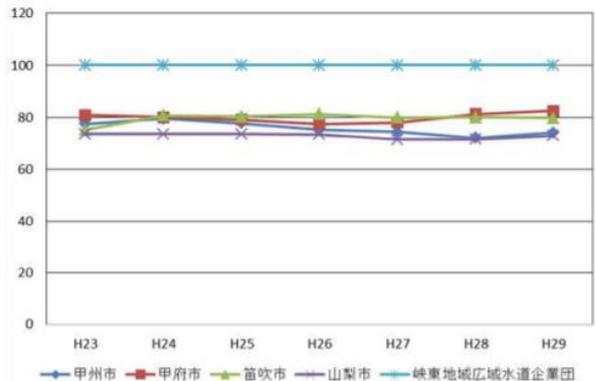


図-5 有収率 (上水道事業) (出典：甲州市水道ビジョン)

定となっている。しかし、その統合化には多くの費用と時間を要する。そのため、このような小規模な集落や水道未普及地域には、より効率的な手法による水供給の検討が必要であると考えられる。

(4) 水道施設の現状

2.(1)で示したような人口減少に伴い給水人口は減少傾向にあり、将来の水需要量の減少が見込まれる。一方、水供給側に関しては、浄水機能は将来的に必要な需要に見合う施設への統廃合 (ダウンサイジング) や、既存の施設・設備の更新にあたり、仕様や能力の合理化 (スペックダウン) を進める必要があるとしている。また、機

能の再編に当たっては広域化による効果の見極めが必要だとしている⁴⁾。以上より、施設の更新需要の観点からも、設備のスペックダウンや水道施設全体のダウンサイジングが必要と考えられている。

図-3に現有資産の内訳のグラフを示す。2019年度末の時点で健全資産は約8割で、全く施設を更新しない場合2039年には健全資産は50%以下となるため、適切なタイミングでの更新が必要とされる。しかし、法定耐用年数を更新サイクルとすると、今後40年で5億円/年の更新需要が発生する。そのためアセットマネジメントの観点を取り入れた事業運営による適切な維持管理が必要不可欠である。

現在すでに老朽化している施設については、現在の排水機能や広域化に向けた構想などを総合的に勘案した最適な再配置を検討する必要がある。図-4に管路経年変化率のグラフを示す。図-5に有収率のグラフを示す。図-4より、法定耐用年数を越えた管路は増え続けていることが分かる。また、甲州市の有収率は周辺の事業体と比較してやや低く、老朽管路の計画的な更新のみならず、漏水やメーター不感等といった原因特定をし、対策を講じる必要があるとされている。

3. 人口分布予測と水需要量予測の方法

(1) 国土数値情報に基づく人口分布予測

国土数値情報（500mメッシュ将来別推計人口データ（H30国政局推計））を基に、甲州市水道ビジョン及び経営戦略に記載されている給水区をGIS化したものと重ね合わせ、給水区ごとの給水区域内人口を2020年～2050年の5年毎に推計した。

国土数値情報（500mメッシュ将来別推計人口データ（H30国政局推計））では、2020年～2050年までの5年毎の500mメッシュ別将来人口が試算されている。この試算はコーホート要因法を用い、平成27年度の国勢調査の結果に基づいたものであり、国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口(平成29年度推計)」及び「日本の地域別将来推計人口(平成30年推計)」における将来人口の推計方法及び仮定に基づいている。

コーホート要因法は、各コーホートの人口を、地域の人口の将来自然増減要因（出生、死亡）と将来社会増減要因（転入・転出）とに分けて推計する方法である。将来の出生率、死亡率、転入・転出要因について詳細なデータがある場合や、将来の自然増減要因、社会増減要因に大きな変化が予想される場合にはコーホート要因法の適用が望ましいとされる。しかし、将来起こりうる社会経済的な変化（地域経済状況、交通インフラ整備、施設立地、住宅地開発）や、地域政策に起因する人口の動き

の変化などは、推計結果のなかには盛り込まれていない。この推計方法は、詳細な人口統計が得られる場合には、最も信頼できる将来人口統計方法として評価されている。そのため、国などが行う将来人口推計方の標準的な方法となっている。

(2) 給水区域ごとの人口予測

まず、給水区域ごとの人口推計を行うにあたり、人口に関わる用語を整理する（図-6）。次に、国土数値情報（500mメッシュ将来別推計人口データ（H30国政局推計））の2015年のデータと給水範囲をGIS上で重ね合わせ、それぞれのメッシュが各給水区域に属する割合を決定した。給水範囲については、甲州市水道ビジョン及び経営戦略に記載されているものを用いた。

この時、メッシュが完全に1つの給水区域内にある場合には100%その給水区域に属すとする。メッシュが隣接する市にまたがっている場合、または複数の給水区域に属する場合には、各給水区域に属するメッシュの人口合計が2015年度の山梨県水道統計の給水区域内人口と一致するように配分し、その割合をメッシュが給水区域



図-6 水道に関わる人口用語の整理

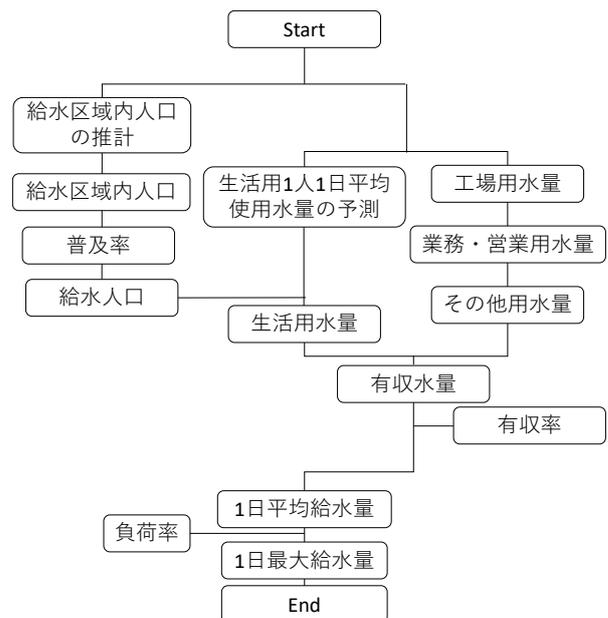


図-7 水需要量予測のフロー図

に属している割合とした。ただし小規模水道には給水区域内人口のデータがないため、給水人口（2015年度山梨県水道統計）を代用した。そして、2020年以降の国土数値情報（500mメッシュ将来別推計人口データ（H30国政局推計））の各メッシュデータに求めた割合をかけ、各給水区域ごとの給水区域内人口を2020年～2050年の5年毎に推計した。

(3) 水需要予測

水需要量予測は図7のフロー図に従って行う。実績データは山梨県の水道（平成25年版～平成29年版）を用いる。水需要量予測に必要な推計値は以下の6項目である。①給水区域内人口、②普及率、③生活用1人1日平均使用水量、④その他用水量（工業用水量、営業・業務用水量、分水量等含む）、⑤有収率、⑥負荷率

このうち①給水区域内人口は3(2)で求めた。②～⑥の算出方法にはさまざまあるが、本研究においては簡便に水需要量予測を行うため、直近の5年間（H26～H29）の実績値の平均値とした。ただし、小規模水道事業においてはこれらの実績値のデータがないため、上水道及び簡易水道の実績値の平均値とした。

4. 結果

図8に給水区域ごとの2015年から2050年の人口減少率を示した。図8より、給水区域ごとに、具体的にどの程度人口が減少するか明らかとなった。どの給水区域で

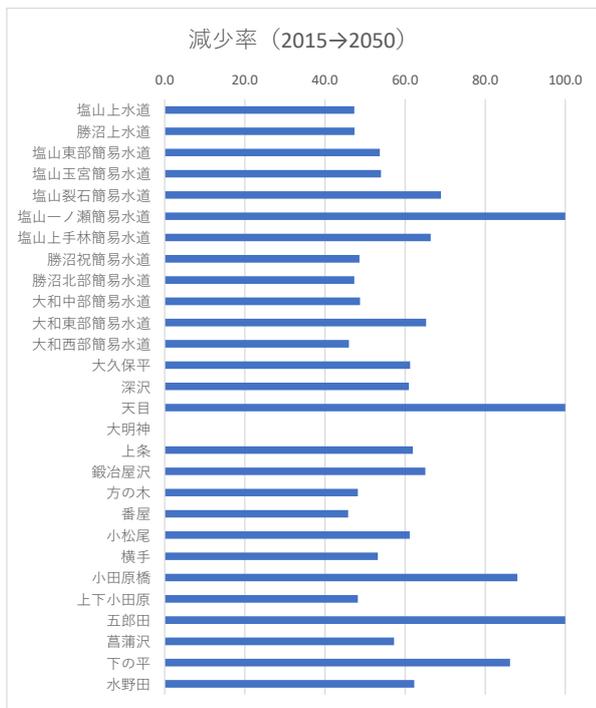


図8 人口減少率

も40%～60%人口が減少している。ただし、大明神小規模水道に関しては給水範囲上位に国土数値情報（500mメッシュ将来別推計人口データ（H30国政局推計））が存在しなかったため推計不可能だった。

図9に推計された2015年と2050年の1日平均給水量と1日最大平均給水量（水需要量）を、計画1日最大給水量（H29）（施設の持つ供給能力）を100%としたときの率として示した。図9より、上水道及び簡易水道において、人口減少により水需要量が、施設の持つ供給能力を大きく下回ると推計された。

5. おわりに

本研究では、山梨県甲州市を対象に将来の人口と水需要量を行なった。人口減少により水需要量が、施設の持つ供給能力を大きく下回り、施設利用率が低下する結果となった。そのため、適切な料金収入と資産管理、または新しい水供給方法を検討する必要がある。

特に塩山一ノ瀬簡易水道では人口減少が著しく、広域

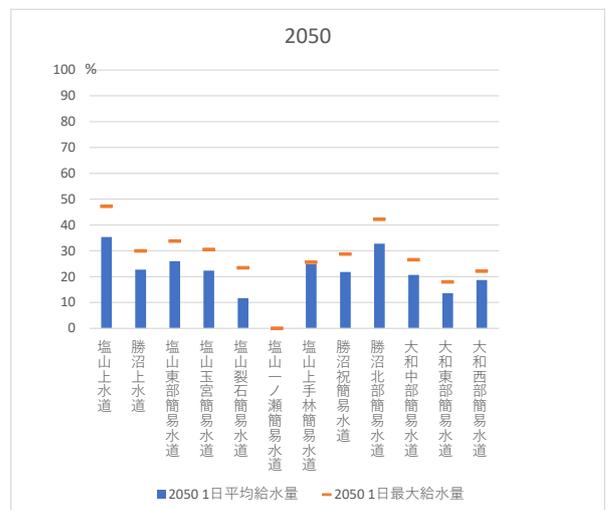
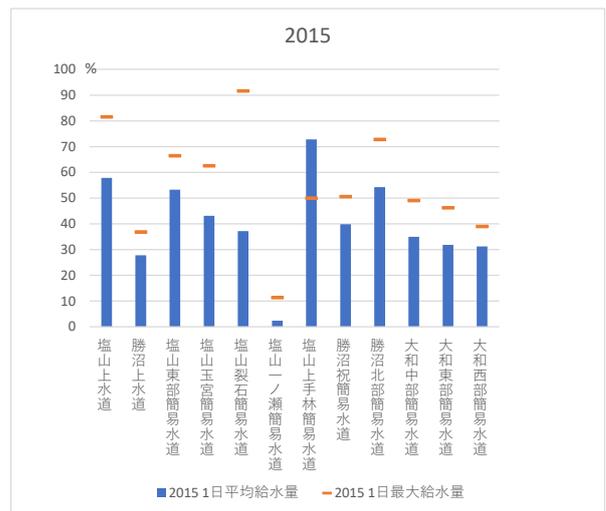


図9 施設稼働率

化を行ったとしても 2050 年にはその水道は利用されなくなる。またこの給水区域は中心部から離れていて、広域化のスケールメリットが発揮されない可能性がある。このような地域においては、分散型の水サービスについて検討し、より便益の高いほうを採用するのが望ましい。この結果を基に、料金収入及び事業費用を推計し、集中型と分散型のどちらが望ましいか評価したい。

一方で、この人口予測は正確でないと考えられる。生活用水以外に使われる水需要量の推定、生活用水以外に使われる水を利用する事業の数の推定、非定住人口（観光客や多地域居住者）の増加やコンパクトプラスネットワークといった都市計画による人口増減等が考慮されていないためである。今後はこれらを考慮したモデルを用いてより正確な人口分布予測及び水需要量予測を行っていきたい。

謝辞：本研究は、SDGs の達成に向けた共創的研究開発プロジェクト「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：山梨大学教授 西田継，協働実施者：甲州市上下水道課 杉野栄）」に係る研究成果の一部である。ここに記して、感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 21 世紀政策研究所：21 世紀政策研究所 研究プロジェクト 超高齢・人口減少社会における公共施設（ハコモノ・インフラ）の維持管理・更新 超高齢・人口減少社会のインフラをデザインする 報告書，2015.
- 2) 熊谷和哉：水横事業の現在位置と将来，水道産業新聞社，2016.
- 3) 風間ふたば，Shakya, N.M.：微生物学と水文水質学を融合させたネパール・カトマンズの水安全性を確保する技術の開発，平成 25 年度地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム(SATREPS)，H30 年度実施報告書，2019.
- 4) 山梨県甲州市：甲州市水道ビジョン及び経営戦略，甲州市，2020.
- 5) 山梨県福祉保健部衛生業務課：平成 29 年度版 山梨県の水道，2019.

(Received October 2, 2020)