

水道インフラ維持のための 水需要量予測と費用分析

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水需要量予測と費用分析を行う。

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の到来は、様々な問題をもたらす。中でも、急速に人口減少が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。ネットワーク型インフラには、道路や送電線、ガス管、上下水道などがある。こうしたネットワーク型インフラの多くは、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むとともに、都市域の郊外化も進んだ時期である。それに伴い、ネットワーク型インフラも郊外へ拡張的整備が進められた。その結果、それまで不便であった地域でも高い生活水準を実現することが可能になった。

それらのインフラが老朽化し、更新時期を迎え、今後計画的で効率的な更新が必要になる。特に、高度経済成長期に拡張的整備がなされた地域は人口減少が著しく、更新が必要になったときに、それ以前のインフラ水準を単純に維持することが本当に効率的であるのかが疑問視

されている。いわゆるダウンサイジングやスペックダウンは避けられないと考えられている。

これは、水道インフラでも同様である²。ただし、水道事業が他のインフラと異なるのは、都市内に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点である。そのため、各給水区内での水道ネットワークの維持、更新計画に加え、給水区域を統合するかの判断も必要になる。給水区域が統合されれば、給水や排水の施設の一部は共有できるため、稼働施設数が削減され、それに伴い人員や費用の削減が図れる。いわゆるスケールメリットが発揮されると考えられている。しかし、給水区域を統合するには、給水区域をつなぐ末端での連絡管整備が必要となり、その整備費用の負担が地域の重い負担となってくる。

本研究で対象とする山梨県甲州市のような地域は、市周辺に山間部を抱えている。そのため、地形的な制約によって連絡管整備を行うことが容易ではないと考えられている。そこで、そうした地域では元の給水区域を維持

するという分散型ネットワークや、統合と分散の混合型ネットワークとすることも検討していく必要がある³⁾。

分散型ネットワークに関しては、小規模分散型水処理 (LCD) システムの開発が進められており、仮に給水区域が統合されなかったとしても、LCD によって統合した場合と同水準の水供給が実現できる期待されている。実際、SATREPS 研究では⁴⁾、風間を代表とする山梨大学の研究チームがネパールを対象に LCD システムの導入に係る実証実験を行い、それらが実用可能な技術水準であることの確認を行っている。特に、LCD システムは水供給という上水の機能だけでなく排水処理という下水の機能も含むものであり、特に自然がそのまま残されている中山間地域への導入は有効と考えられている。さらに、近年多発する自然災害発生時の水供給対応の際にも有効な方法になりうるとされている⁵⁾。

本研究では、複数の給水区域からなる水道インフラの維持、更新について検討するにあたり、統合化が望ましいのか分散型が望ましいのか、どのような水道ネットワークを形成していくのが効率的であるのかを明らかにすることが目的である。そのため、まず将来の人口分布推計を行い、その結果から将来の水需要推計を行う。さらに、将来の単位水供給量あたりのコスト推計を行い、水利用量の減少に伴うコスト負担増がどの程度になるのかを明らかにする。その上で、統合型と分散型の水道インフラ維持更新のいずれが望ましいのかをコスト負担増の程度を示すことにより明らかにする。

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

水道事業は水道法により規定されており⁶⁾、水道法が

適用される水道には、上水道事業、簡易水道事業がある (図-3)。このうち、上水道事業は給水人口が 5,001 人

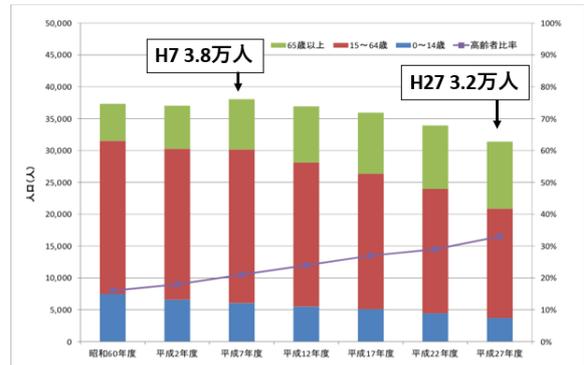


図-1 甲州市人口割合の推計 (出典：甲州市水道ビジョン)

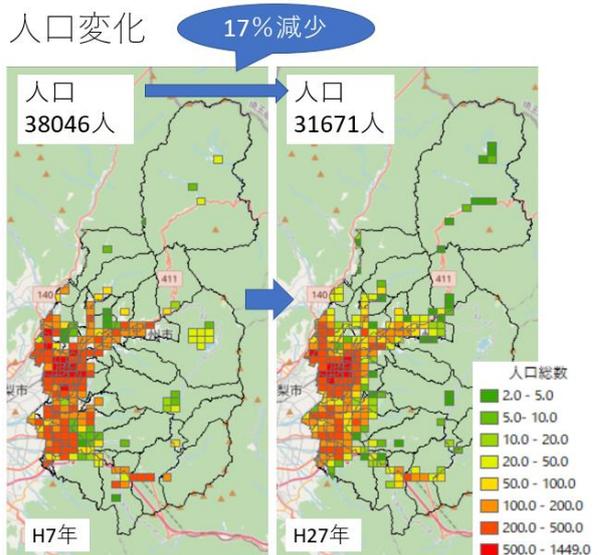


図-2 人口変化 (出典：平成 7 年, 27 年国勢調査結果)

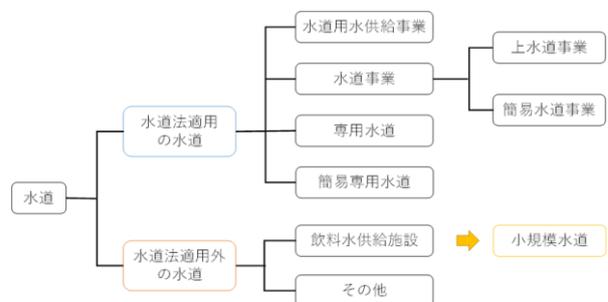


図-3 水道の種類

以上の水道事業，簡易水道事業は給水人口が 101 人以上 5,000 人以下の水道事業（ただし，施設が簡易という意味ではなく，規模が小さいという意味である）である。また，このほかに水道法適用外の水道として，小規模自家用水道等がある。これらは給水人口 100 人以下の小規模な水道であり，本研究ではこのような水道を小規模水道と定義する。

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。また，甲州市周辺の中山間地域を中心に小規模水道が 16 事業ある。このうち公営である 4 事業は早期に甲州市水道事業に統合される予定であり，残りの事業も将来的に統合される⁷⁾。

(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⁸⁾。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⁷⁾。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4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

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
上桑	68
鍛冶屋沢	81
片の木	19
菅屋	30
小松尾	50
榎手	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

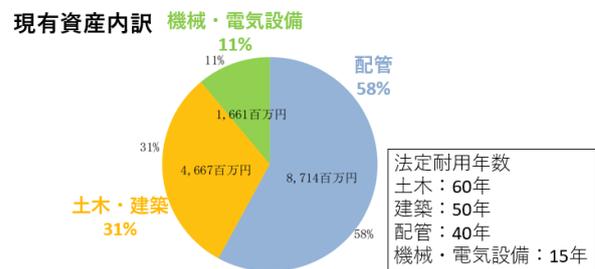


図-4 現有資産の内訳 (出典：甲州市水道ビジョン)

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-5 に管路経年変化率のグラフを示す。図-6 に有収率のグラフを示す。なお、有収率、無収率、無効率に関する用語の定義について表-3 に示した。図-5 より、法定耐用年数を超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

将来の水道施設の維持管理を行うにあたり、地域ごとの人口の増減やそれに伴う水需要量の変化の予測が重要となる。そこで、図-7 のフロー図に従い水需要量予測を行う。ここで、水需要量の変化に最も大きな影響を与えるのが人口の変化であることから、(1)では人口分布予測データについて整理し、(2)では給水区別の人口分布の推計を行った。(3)では人口分布結果に基づき水需要量予測を行った。(4)では人口分布予測結果に基づく水需要量予測の結果についてまとめた。

(1) 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値を用いている。

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

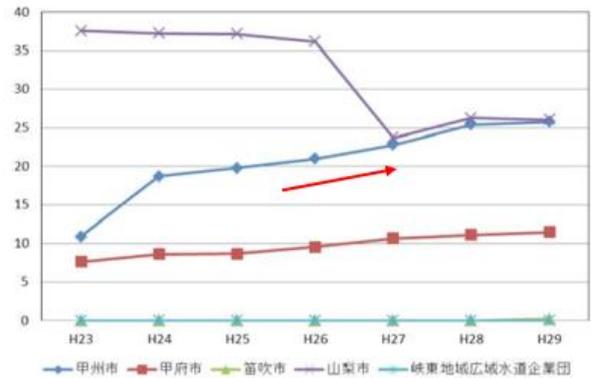


図-5 管路経年変化率（水道事業）
（出典：甲州市水道ビジョン）

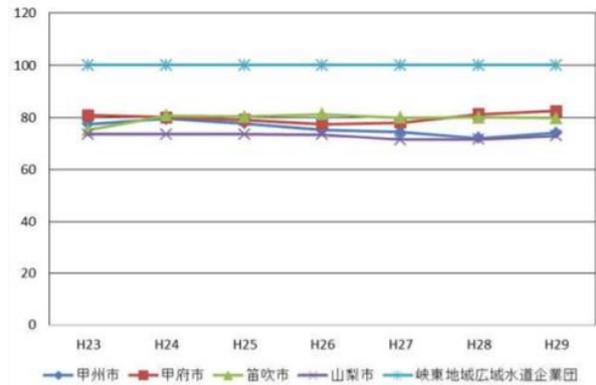


図-6 有収率（水道事業）
（出典：甲州市水道ビジョン）

表-3 有収水量

総配水量	有効水量	有収水量	料金水量	：水道料金
			分水量	：他事業への分水
	無収水量		その他	：消防用他
			メーター不感水量	：メーター測定誤差
無効水量		事業用水量	：管路維持のための洗管水量	
		その他	：収入に伴わないが有効に使われた水量	
		漏水量など	：浄水場から給水管のメーターまでの漏水	

適用が望ましいとされる。しかし、将来起こりうる社会的な変化（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) 給水区域別人口予測

水需要に係る人口は図-8のように定義されている。

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給水区域図を GIS 化したものを用いた。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。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、面積割合によりに配分した。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の人口に、求めた給水区域に属する割合を乗じ、各給水区域の給水区域内人口を 2020 年～2050 年の 5 年毎に推計した。

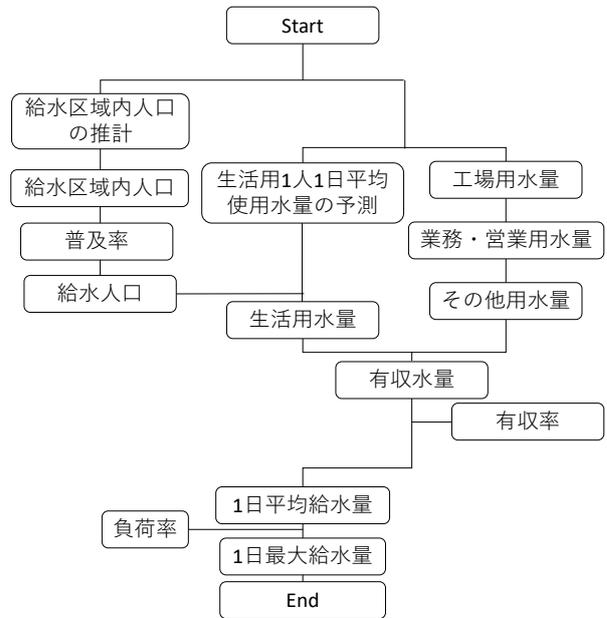


図-7 水需要量予測のフロー図

(3) 水需量予測

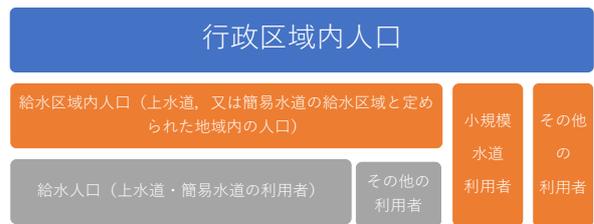
水需要量予測は図-7のフロー図に従って行う。このフロー図は水道施設設計指針 2012⁹に記載されている、用途別計画給水量算定の一般的な手順を参考とした。実績データは山梨県の水道（平成 25 年版～平成 29 年版）を用いる。水需要量予測に必要な推計値は以下の 6 項目である。①給水区域内人口、②普及率、③生活用 1 人 1 日平均使用水量、④其他用水量（工業用水量、営業・業務用水量、分水量等含む）、⑤有収率、⑥負荷率

このうち①給水区域内人口は 3(2)で求めた。②は 100%と仮定した。③～⑥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

まず、図-9に各給水区域の 2015 年から 2050 年の人口減少率を示した。平均減少率は 49.0%という結果となった。図-14 より、多くの給水区域で 40%～60%の人口が減少しており、小規模な給水区ほど減少率が大きい傾向にある。一方で、もともと給水人口が少ない給水区では 2050 年の人口は 0 人となり減少率が 100%となった。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-10に 2015 年、図-11に推計された 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



※その他：井戸を掘るなど、水を自給自足しているひと

図-8 水道に関わる人口用語の整理

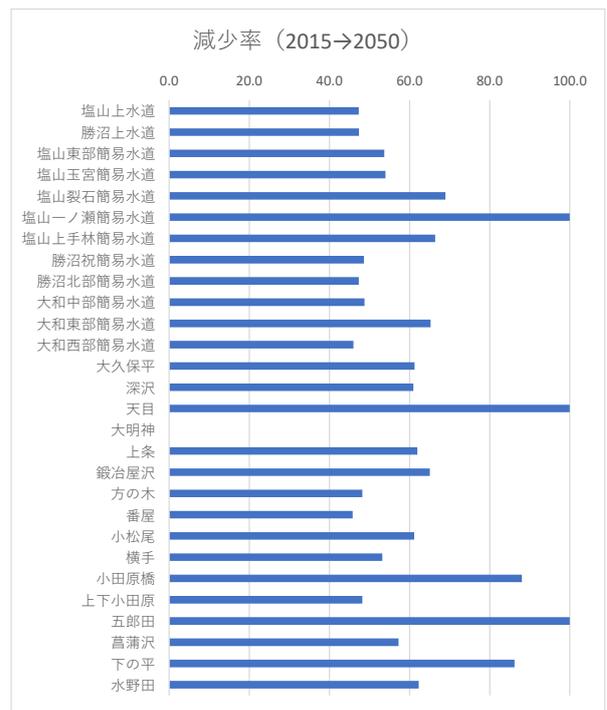


図-9 人口減少率

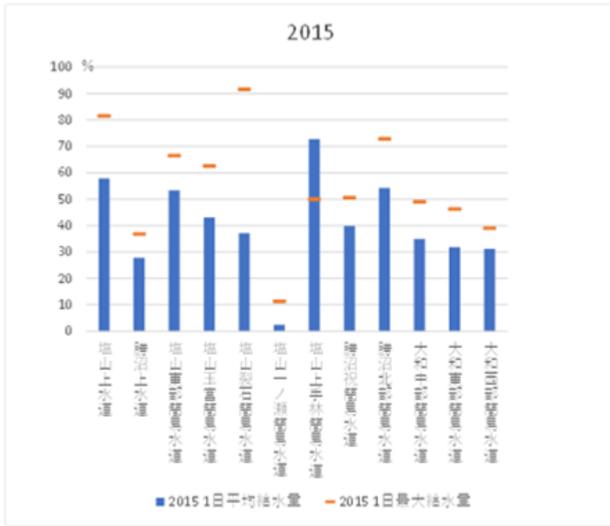


図-10 施設利用率 (2015)

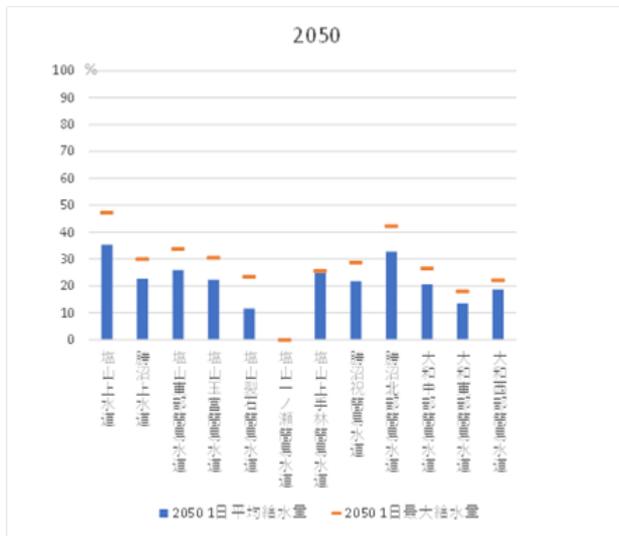


図-11 施設利用率 (2050)

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-11 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。

4. 費用分析

(1) 上水道

まず、H30 年度上水道事業の給水原価を求めた。給水原価とは有収水量 1 m³あたりの費用で以下の式(1)のように表される。

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

ここで、減価償却費とは固定資産を投入したときに会計に一括して計上せず、その耐用年数に対応して徐々

に配分する手続である。H30 年の上水道事業の減価償却費は 1.2 億円、その他費用は 2.6 億円であった。また、H30 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となった。このうち 55 円分が減価償却費にあたる。

次に 2050 年の人口が大幅に減少したときの給水原価を求める。試算に当たっては、その他費用は人口減少に応じて減少するものとした。また、減価償却費の総費用は施設をそのまま維持するものとし、変化しないものとした。その結果 2050 年の上水道事業の給水原価は 211 円となり、2018 年に対し 25.5%の上昇となった。(図-12)

(2) 簡易水道

同様に H30 年度の簡易水道事業の給水原価は 267 円 (補助金は差し引いて計算を行った) であった。

さらに、簡易水道事業では 2050 年の給水原価は 324 円となった。(図-13)

しかし、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し、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 年の給水原価を推計した。その結果、甲州市水道事業の 2020 年の給水原価は 204 円、2050 年の給水原価は 252 円となった。(図-14)この結果より、事業統合によって簡易水道の給水原価が大幅に減額するが、その代わり、上水道の給水原価は上昇することになる。

(3) 小規模水道

一方、現在の小規模水道地域では、年間、1 世帯 2000 円を負担して各地域で配水している。小規模水道での 1 人あたり有収水量が上水道と同じであると仮定すると、給水単価は 18.7 円/m³となる。これは自分たちで維持管理を行うことでコストが抑えられていること、また、水道施設も簡易的なシンプルな仕組みであること、利用者と維持管理の主体が一致していることで、多少の不都合が許容され、予防保全ではなく事後保全の対応が可能となり点検費用や事前補修による寿命ロスが最小限に抑えられていることが考えられる¹⁰⁾。また、必要な時には水道利用組合内で助け合いがなされたり、その他金銭以外のお礼などの受け渡しがあったりするため、維持管理の担い手はその作業を受容できていることで、これだけ安い費用になっているものと言える。

これを、上水道と統合させることを考える。すなわち原価を 168 円とし、それに小規模水道地域の有収水量を乗じ、さらに施設利用年数を 20 年とすると、減価償却費は約 7,800 万円となった。この費用が、もし上水道に統合しなければ、小規模分散型水システム¹⁴⁾の設置費用として使用できる額の上限と考えられる。

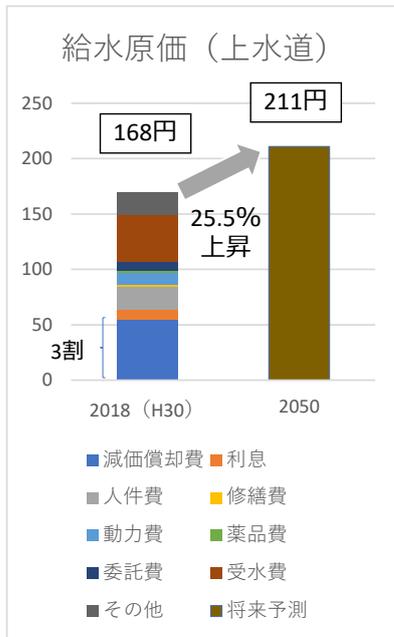


図-12 給水原価（上水道）



図-13 給水原価（簡易水道）

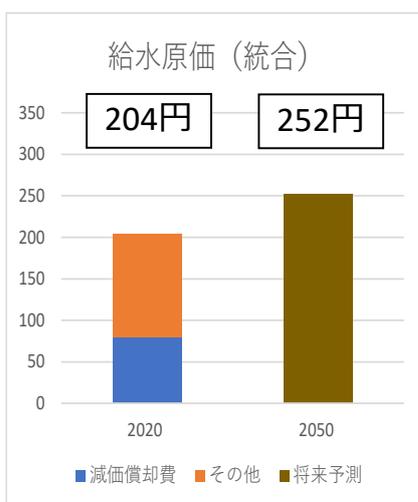


図-14 給水原価（統合）

5. 水道事業の財政

(1) 地方公営事業会計

水道事業は地方公共事業団体が経営する企業，すなわち，地方公営企業として営まれている．地方公営企業は，企業としての経済性を発揮するとともに，公共の福祉を増進するよう運営維持される公的組織であるが，地方公営企業法が強制的に適用されている事業とそうでない事業の2種類がある．例えば，上水道事業は地方公営企業法が全部適用されるが，下水道事業や簡易水道事業は任意適用となっている．

ところで，地方公共団体の会計は一般会計，特別会計，公営企業会計の3種類あるが，水道事業は地方公営企業法のもと，公営企業会計で経理が行われる．公営企業会計の特徴として，発生主義である点，独立採算制を採る点，複数簿記である点が挙げられる．発生主義とは，現金の支出に関わらず，経済活動が発生した期間に計上する方式で，実際の現金の収支が必ずしも収益や費用と一致しないものの，企業の経理内容が明確に示されるという利点がある．次に独立採算制とは，その経費をその企業の経営によって得た収益，つまり料金収入で賄う仕組みである．そして，複数簿記とは，現金の収支のみに着目し，取引を現金の増減を記録する会計処理である単式簿記（官公庁方式）に対し，発生主義の下，取引をその原因と結果に分け，現金支出のみでなく，それがどのような取引によるものであるかも記録する会計処理である．これにより企業の活動を正確に把握することができる．これまで多くの地方公営企業法が任意適用となっている簡易水道や下水道事業では単式簿記で会計が行われてきたが，近年では経営の見直しのため財務規定を適用し複数簿記への移行の動きもみられる．複数簿記による財務諸表には，「損益計算書」「貸借対照表」「キャッシュ・フロー」の3種類がある．

(2) 収益的収支と資本的収支

一般会計の予算が歳入と歳出で構成されるのに対し，企業会計の予算は収益的収支と資本的収支で構成される．

まず，収益的収支とは企業の経済活動によって発生する収入と支出である．収入にはおもに給水収益，その他の収益があり，支出には維持管理費用，企業債利息，減価償却費，その他費用などがある．この収益と支出の差が純利益または純損失となる．純利益は翌年度の資本的収支の不足額の補てん財源として内部留保金に積み立てられる．なお，減価償却費は現金を伴わない収支であり，これは当該年度の資本的収支の不足額の補てん財源として内部留保金に積み立てられる．

次に，資本的収支とは施設の整備に係る収入と支出である．収入には国からの補助金，企業債，負担金などがあり，支出には施設の更新や新設によって発生する建設

改良費と企業債償還金がある。基本的に資本的支出は資本的収入を必ず上回るため、不足する収入分は補てん財源として内部留保金などによって賄われる。

最後に、内部留保金とは企業が内部に蓄えている資金のことである。

(3) 貸借対照表

貸借対照表 (B/S) とは、一般にバランスシートと呼ばれ、ある時点における財政状態を表す。資産、負債、資本の3つの要素からなる。資産には企業が所有するすべての財産とその運用状態が示され、負債・資本にはそれらの資産がどのようにして得られたかが示されている。

(4) 損益計算書

損益計算書 (P/L) とは、ある一定期間における企業の経営成績を表示する計算書である。営業利益、経常利益、純利益の3段階で利益を把握することができ、どのような経営活動によって純損益が発生したかが分かる。

(5) キャッシュ・フロー

キャッシュ・フロー (CF) とは、現金の収支に関する情報を表示する計算書で、業務活動、投資活動、財務活動の3つのキャッシュ・フローの区分に分けて示されている。これにより、それぞれの活動のバランスや、事業の現金創出能力や債務返済能力、外部資金調達必要性などを判断することができる。キャッシュ・フローは当事業年度の損益計算書、当事業年度と全事業年度の貸借対照表の数値の増減などをもとに作成され、これらの財務諸表は図-15のように相互関係している。

(6) インフラ会計に基づく財源調達方法

このように、水道インフラ会計の仕組みは現金収支のみだけでなく、減価償却費といった現金以外の収支にも着目して経営を考える必要がある。全体を通して考えたときに、人口減少による料金収入の減少は、キャッシュ・フローに記載されている経常収入の減少を意味する。一方、インフラの老朽化、維持更新費用というのは、キャッシュ・フローに記載されている資本的収支にあたる。施設の更新や設備投資によって資本的収支が増額することは、すなわちバランスシートの資産の増額を意味する。ここで注意すべきは、資産のうち固有資産は増額するが、流動資産(内部留保金)は減少する、あるいは資産に上乗せする企業債の割合(起債比率)が増額するという点である。

一定の起債比率を保ち、最低限の内部留保金を確保するには料金収入の増額を検討する必要がある。ただし、企業債比率の増加は企業債の利息の増加を招き、その利息分を賄うためにさらに料金を値上げするといった悪循環

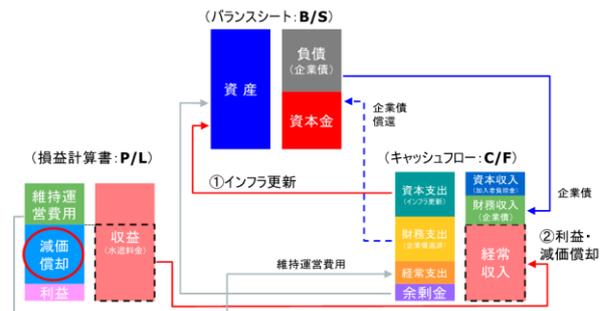


図-15 財務諸表の関係

環が発生してしまう。これらを踏まえた料金設定の検討が必要と言える。

6. おわりに

本研究では、山梨県甲州市を対象に将来水需要量予測と、費用に係る分析を行い、インフラ会計との関係を整理した。まず、人口予測を行った結果、甲州市全体としては2050年には人口は49%減少するが、給水区ごとにみるとばらつきがあることが明らかとなった。またこの人口減少により水需要量は現在施設が持つ供給能力を大きく下回り、施設利用率が低下することが分かった。このように将来水需要量が大きく減少することが明らかにされたが、ここで重要なのは、現在は水供給が必要であるが将来的にその需要は徐々に少なくなるという点である。現在の需要を賄いながらも、施設の更新のタイミングと人口減少のスピードのタイミングを合わせながら、維持管理及び更新を行うことが必要といえる。

費用分析を行った結果、上水道、簡易水道の給水原価が明らかとなった。上水道の給水原価と簡易水道の給水原価には差があり、将来人口減少により水需要量が減少すると給水原価は上昇することが分かった。さらに、給水原価を現在の上水道と同価格とした場合、小規模水道地域で水道事業を行うとすればどの程度の資産投入が可能であるかを明らかにした。給水原価の上昇は水道料金の値上げを引き起こすが、水は生きていくのに必要不可欠なライフラインであり、その値上げは十分な住民の理解が必要である。他方で、水道料金値上げ抑制のために国からの補助や企業債に頼ることは水道経営を圧迫させる可能性がある。給水原価を抑え、適切な料金収入のもと、新しい給水方法について検討するべきであることが分かった。

今後の課題として、本研究では国政局が推計した将来人口推計データを用いたが、昨年はコロナウイルスの影響でリモートワークなどが普及したため東京では転出超過になるなど、今までの人口増減に変化が見られた。このため人口推計の予測値が更新される際には、現在のものとは違った値が算出されることが予想される。このよ

うな社会変化を考慮した人口推計を行うことでより正確な人口を予測することができる。さらに、水需要量予測においては必要な推計値を過去の平均値を用いたが、この点においても将来予測を行うことでより正確な推計を行うことができる。

また、現在の施設の資産状況を把握することで、更新のタイミングと費用を算出し、具体的に今後資産維持にどの程度費用が掛かるかを明らかにしたい。さらに、新しい給水システムを導入した場合のコストを比較し、便益を比較することで、将来あるべき水供給システムのありかたと適切な料金収入について検討していきたい。

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 杣野栄）」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) JWRC 水道技術研究センター：小規模水道事業及び施設の再構築に係る研究.
- 4) 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.
- 5) 堤 行彦，福田 正己，石尾 広武，深田 結基：都市のエネルギーと水の分散型システムに関する研究－福山市の減災事例として－，2013.
- 6) 山本哲三，佐藤裕弥：新しい上下水道事業 再構築と産業化，中央経済社，2018.
- 7) 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.
- 8) 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.
- 9) 厚生労働省：水道施設設計指針 2012.
- 10) 牛島 健，石井 旭，福井 淳一，松村 博文：実態調査に基づいた人口減少地域における地域自律型水インフラマネジメントの可能性，土木学会論文集 G（環境）2018 年 74 巻 7 号 p.III_143－III_152

(Received March 7, 2021)