

ISFJ2019

政策フォーラム発表論文

人口減少社会に 適した下水道事業を目指して¹

関西学院大学 亀田研究会 環境防災エネルギー①

梅田佳奈・甘庶晃平・國本大輔

桑原彩歌・近藤愛乃

2019 年 11 月

¹ 本稿は、2019 年 12 月 07 日、08 日に開催される ISFJ 日本政策学生会議「政策フォーラム 2019」のために作成したものである。本稿にあり得る誤り、主張の一切の責任はいうまでもなく筆者たち個人に帰するものである。

要約

日本の人口は 2060 年にピーク時の 7 割まで減少することが見込まれ、今後の社会インフラ維持が不安視されている。特に下水道インフラは自治体の公営企業会計で見て最大の支出項目であり、早急な検討が必要である。

下水道事業では、施設の急速な老朽化に伴う施設維持費用や更新費用の増大が予想されているものの、その経営は、使用料収入で経費を賄うことができている地方公共団体が 22.2%と厳しい状況にある。さらに、人口減少が使用料収入の減少に追い打ちをかけると見込まれ、財政面から適切な管理を行えなくなる恐れがある。

この状況に対し、政府は、「管渠接続を伴う設備の広域化」・「維持管理・事務の共同化」・「処理設備選択の最適化」を推進している。「管渠接続を伴う設備の広域化」とは、隣接する污水处理施設を統合し汚水の受け入れを行う手法である。「維持管理・事務の共同化」とは、複数の団体の汚泥を集約して処理を行う他、処理場の運転管理や集中監視・水質検査等の日常保守点検業務の共同実施等が挙げられる。「処理設備選択の最適化」とは、各污水处理施設の特性や経済性を勘案し、最適な施設を選択し整備することである。

政府は、「管渠接続を伴う設備の広域化」・「維持管理・事務の共同化」・「処理設備選択の最適化」を推進しているが、今後の政策立案に向けては主に 2 点の課題が存在する。まず第 1 に、政策の根拠となるデータの問題である。政府は「管渠接続を伴う設備の広域化」により施設の更新費や維持管理費等の削減を見込んでいるが、政府が「管渠接続を伴う設備の広域化」の効果の説明に際して利用する経費回収率及び污水处理費には管渠の更新費は含まれていない。よって、政府の示すデータは「維持管理・事務の共同化」推進の根拠とはなるものの、「管渠接続を伴う設備の広域化」のそれに資するとは言えない。第 2 に、下水道既整備地域での「処理設備選択の最適化」の方針を示してはいるものの、積極的な政策は示していない。しかし、「限界集落」という言葉があるように、今後の人口減少は集合処理施設を不要とする規模で進展するはずである。いずれの政策を立案するにせよ、定量分析などの根拠に基づいて推進しなくてはならない。

第 1 章現状分析では、下水道事業が抱える課題と政府の政策を述べ、問題意識として、政策の根拠となるデータの問題及び、「処理設備選択の最適化」の方針を示してはいるものの、積極的な政策は示していないことの 2 点を挙げた。

第 2 章先行研究では、「管渠接続を伴う設備の広域化」、「維持管理・事務の共同化」、「処理設備選択の最適化」に着目した研究を紹介し、上記 3 手法を定量分析することを本稿の新規性として挙げた。

第 3 章分析では、「維持管理・事務の共同化」・「管渠接続を伴う設備の広域化」・「処理設備選択の最適化」のそれぞれが真に費用削減効果を持つのかを以下 3 つの定量分析によって明らかにした。

分析①：「維持管理・事務の共同化」の費用削減効果に関する分析

市町村レベルのパネルデータを用い、処理区域内人口の増加が費用（維持管理費および污水处理費）の削減をもたらすか否かを分析する。

分析②：「管渠接続を伴う設備の広域化」のシミュレーション

複数の処理区を管渠接続により統廃合した場合の将来費用シミュレーションを行う。この際、将来の人口減少についても加味する。

分析③：「処理設備選択の最適化」のシミュレーション

集合処理をしている地域で、これまで通り管渠と集合処理施設を維持する場合と、これを個別処理に切り替えた場合の将来費用シミュレーションを行う。この際、分析②と同様に、将来の人口減少についても加味する。

分析の結果、「維持管理・事務の共同化」効果は認められるものの、「管渠接続を伴う設備の広域化」は費用が掛かりすぎるため、「処理設備選択の最適化」を採用すべきであることが明らかとなった。

以上より第 4 章政策提言では、下水道事業の政策立案に当たって、施設運営面に関しては「維持管理・事務の共同化」を推進し、施設設備面に関しては「処理整備選択の最適化」を推進することを提言する。具体的には ①「共同化・最適化計画」の策定を 1 つ目の提言とし、計画を策定するために人員の確保・財源の確保が必要となることから、②都道府県による試算の実施、③「処理設備選択の最適化」にかかる財政措置を提言する。

目次

目次

要約	2
第1章. 現状分析・問題意識	6
第1節. 下水道事業が抱える課題	6
第1項 施設老朽化と人口減少の影響	6
第2項 経営についての課題	7
第2節. 下水道事業の概要	8
第1項 下水道事業のこれまで	8
第2項 下水の排除方法	8
第3節. 下水道事業の経営	9
第1項 地方公営企業としての下水道事業	9
第2項 地方公営企業会計の仕組み	11
第3項 汚水処理施設の種類	12
第4節. 政府の取り組み	16
第1項 政府の動向	16
第2項 経営改善化策の主な類型	17
第3項 政府が推進する現政策の課題	19
第5節. 問題意識	19
第2章. 先行研究及び本稿の位置づけ	21
第1節. 先行研究の紹介	21
第1項 「維持管理・事務の共同化」に関する先行研究	21
第2項 「管渠接続を伴う設備の広域化」に関する先行研究	21
第3項 「処理設備選択の最適化」に関する先行研究	22
第2節. 本稿の新規性	22
第3章. 理論・分析	24
第1節. 分析の概要と結論の要約	24
第2節. 分析①「維持管理・事務の共同化の費用削減効果に関する分析」	25
第1項 検証仮説	25
第2項 使用データ	25
第3項 モデルの説明	25
第4項 分析結果	27
第3節. 分析②「管渠接続を伴う設備の広域化のシミュレーション」	28
第1項 検証仮説	28
第2項 兵庫県三田市下水道事業	29
第3項 接続管渠建設費およびその更新費の算出	33
第1目 分析の枠組み	33
第2目 処理区別の計画汚水量と統合可能年度の算出	33
第3目 接続管渠のルート設定	37

第4目	管渠建設費の算出	39
第4項	処理場の維持管理費の導出	46
第5項	「管渠接続を伴う設備の広域化」の費用削減効果	47
第6項	結果の解釈	48
第4節.	最適化に関する分析	48
第1項	分析の方向性	48
第2項	検証仮説	49
第3項	集合処理に関する分析	49
第4項	個別処理に関する費用推計	51
第5項	結果の解釈	52
第6項	まとめ	53
第4章.	政策提言	54
第1節.	政策提言の方向性	54
第2節.	政策提言	54
第3節.	政策実施の効果	55
第4節.	政策実施の阻害要因	56
第1項	職員不足に対する政策提言	56
第2項	財源不足に対する政策提言	56
第5節.	政策実施の限界	59
第5章.	終わりに	60
第6章.	参考文献・データ参照	61
第1節.	参考文献	61
第2節.	データ出典	63

第1章.現状分析・問題意識

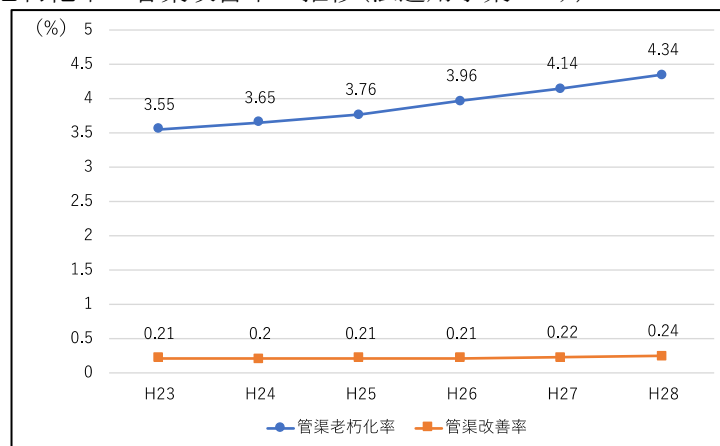
第1節. 下水道事業が抱える課題

第1項 施設老朽化と人口減少の影響

国土交通省『ストックマネジメントについて』によると、下水道の管渠²延長は約 47 万 km(2017 年度末)に達する。この内、標準耐用年数³とされる 50 年を経過した管渠は、現在のところ、約 1.7 万 km(全体の約 4%)に過ぎないが、10 年後には約 6.3 万 km(13%)、さらに 20 年後には約 15 万 km(32%)と今後急増することが見込まれている。しかし、こうした状況にも関わらず管渠改築率は 1%にも満たない(図表 1-1 参照)。

また、下水道の終末処理場約 2200 箇所(2017 年度末)のうち機械・電気設備の標準耐用年数である 15 年を経過した施設も約 1800 箇所(約 82%)にのぼる。降雨時に確実な稼働が必要な雨水ポンプ場も全国 1500 機のうち約 1100 機で設備の耐用年数を超過しており、今後も増加する見通しである。

図表 1-1 管渠老朽化率・管渠改善率の推移(法適用事業⁴のみ)



(総務省『下水道事業のあり方に関する研究会 中間報告書』より筆成)

また、人口減少の影響も深刻である。日本の人口は 2060 年にピーク時の 7 割まで減少すると見込まれ、(上)水道の有収水量⁵も減少すると予想されている。各家庭の下水道の有収水量は(上)水道のそれで計測されているため、下水道事業の有収水量も同様に減少し、よって使用料収入が減少する。特に処理区域内人口密度の低い地域の公共下水道や特定環境保全公共下水道や集落排水処理施設⁶等において人口の減少率が高く、大幅な使用料収入

² 下水道における管路。路面に埋設した排水管。

³ 標準耐用年数は、「下水道施設の改築について」の別表に定められている。

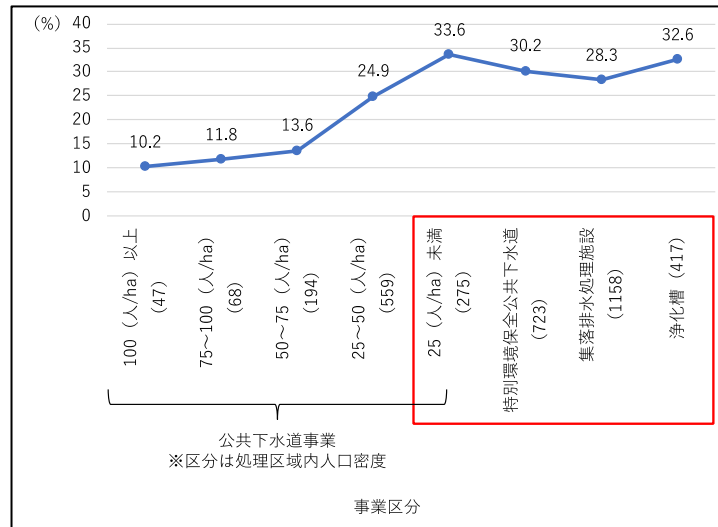
⁴ 法適用事業については第 3 節第 3 項で述べる。

⁵ 下水道処理場で処理した全汚水量のうち、下水道使用料徴収の対象となる水量。

⁶ 農業集落排水施設・漁業集落排水施設・林業集落排水施設がこれにあたる。概要は第 3 節第 3 項で述べる。

の減少に伴う経営環境の悪化が見込まれる（図表 1-2 参照）。

図表 1-2 人口規模別の人口減少率(2010 年～2040 年)⁷



(総務省『下水道財政のあり方に関する研究会 中間報告書』より筆者作成)

第2項 経営についての課題

総務省が挙げている下水道事業の経営指標の 1 つに、使用料で回収すべき経費をどれだけ使用料で賄えているかを示す経費回収率⁸がある。経費回収率は、供用開始後、徐々に高くなる傾向にあり、2016 年の値は 95.8%となっている。

しかし事業規模別で格差が大きく、収入で経費を賄うことができている地方公共団体は約 430 と全国で 2 割程度に留まっている。特に集落排水処理施設及び特別環境保全公共下水道⁹では、使用料金が高いにも関わらず経費回収率が低い事業が多い(図表 1-3 参照)。そして何より重要な点として、この経費回収率には、管渠の更新費が考慮されておらず、この更新費を考慮すると、経営指標はかなり悪化すると予想できる。

総務省『下水道財政のあり方に関する研究会 中間報告書』によると、小規模下水道事業では、処理場の維持管理費等が増加しており一般会計からの繰入金も増加傾向にある。1998 年から 2016 年における一般会計からの繰入金は公共下水道で 17.5%減少しているが、小規模下水道事業では 55.5%増加している。

図表 1-3 事業別経費回収率(2016 年)

⁷ 減少率は各処理区域内人口密度区分内の団体の単純平均である。

⁸ 経費回収率=使用料収入/汚水処理費×100。

⁹ これら下水道の種類については第 3 節第 4 項で述べる。

処理区域内人口密度	公共下水道事業					特定環境保全 公共下水道	集落排水 処理施設	浄化槽	全体
	100人以上/ha	75～100人/ha	50～75人/ha	25～50人/ha	25人未満/ha				
経費回収率(%)	111.5	104.8	97.7	92.4	77.1	69	54.9	58.1	95.8
使用料(月/20㎡) (円)	2,478	2,562	2,848	3,152	3,274	3,246	3,102	3,194	—

(総務省『収入を確保するための取組』より筆者作成)

第2節. 下水道事業の概要

第1項 下水道事業のこれまで

ここで我が国の下水道事業の概要をまとめておく。我が国では昔から、し尿を農産物の肥料として用いており、川や道路に直接捨てることはあまりなく下水道が必要とされていなかった。しかし明治時代に人が東京などの都市に集まると、汚水が原因の伝染病や大雨による家屋の浸水被害が発生し、1884 年に汚水と雨水の排除を目的に東京で日本初の下水道が作られた。その後いくつかの都市で下水道が作られたが、全国への普及は進まなかった。そして第二次世界大戦後の高度経済成長期に、産業の急速な発展に伴い都市への人口流入が進んだことで下水道の整備が本格化し、1958 年には旧下水道法が全面的に改正され現行下水道法が制定された。1955 年頃からは産業の発展に伴う公共用水域の汚濁が顕著となり、1970 年には下水道法が改正され下水道事業の目的に「公共用水域の水質保全」が付け加えられた。これより下水道事業は、「浸水防除」「公衆衛生の向上」「公共用水域の水質保全」を主な目的として事業が実施されることになった。近年では、経営の実態を明らかにし、経営改革を図るため 2015 年より公営企業会計¹⁰の適用が推進されている。

第2項 下水の排除方法¹¹

下水は汚水と雨水に分けられる。雨水は河川にそのまま放流され¹²、各家庭や工場から排出された汚水は、管渠を通じて終末処理場へと集約され処理された後、河川等の公共用水域に放流される。終末処理場は処理区域の下流に建設され、汚水は処理区域の上流から下流へ向けて集約される。下水管は自然流下方式を採用しているため、地形によっては、ポンプ施設により汚水が一度汲み上げられて下流へと流される。

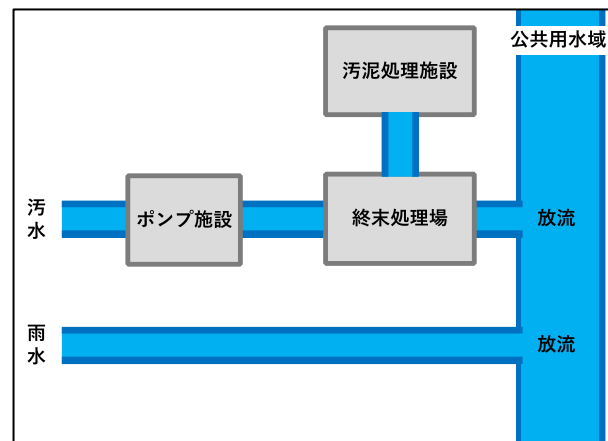
終末処理場では、生物処理法により汚水が処理される。生物処理法とは、微生物の活動を活かして有機性の汚水処理物質を浄化する処理方法のことである。終末処理場において汚水の処理過程で汚泥が発生するが、発生した汚泥は汚泥処理施設に運搬され、脱水・焼却等により処理された後、処分又はリサイクルされる(図表 1-4)。

図表 1-4 下水の排除方法

¹⁰ この概要については第 3 節第 2 項で述べる。

¹¹ 下水の排除方法には集合処理と個別処理があるがここでは集合処理での方法を説明する。集合処理と個別処理の違いについては第 3 節 3 項を参照。

¹² 下水の排除方法は、汚水と雨水を別の管渠で排除する分流式と同一の管渠で排除する合流式がある。



(『平成 29 年度 下水道白書 日本の下水道』より筆者作成)

第3節. 下水道事業の経営

第1項 地方公営企業としての下水道事業

下水道事業の経営主体は、下水道法第3条により「公共下水道の設置・改築・修繕・維持その他の管理は、市町村が行うものとする」と定められている。

また公共下水道事業は、地方財政法上の公営企業¹³とされ「独立採算制の原則」が適用されている。つまり下水道使用料により事業の経費を賄うことで自立性を持って事業を行う必要がある。経費の負担区分は「雨水公費・汚水私費¹⁴」が原則である。

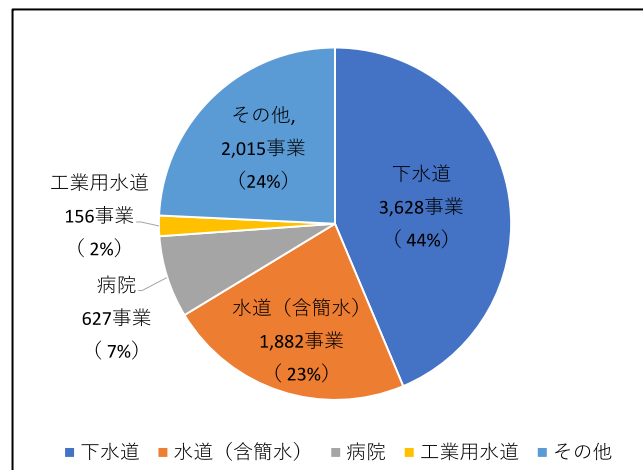
ところで地方公営企業とは、地方公共団体が一般的な行政活動の他に、公共の福祉の維持、増進を目的とする事業を実施するための公的組織である。地方公営企業は独立採算制を基本とし事業を実施しているが、近年人口減少に伴う料金収入の減少し、施設の老朽化に伴う更新需要が増大している。

また、地方公営企業の事業数の内訳は下水道が 44%と最も多く、決算規模で見ても下水道が 32%を占めている(図表 1-5, 1-6)。さらに、地方公営企業の企業債発行額・一般会計繰入金も下水道が最も高い水準にある(図表 1-7, 1-8 参照)。地方公営企業の中でも最大の支出項目である下水道事業をより健全に運営することは、国民の暮らしや都市機能・水環境を保全するという観点からも非常に重要である。

図表 1-5 地方公営企業の事業数

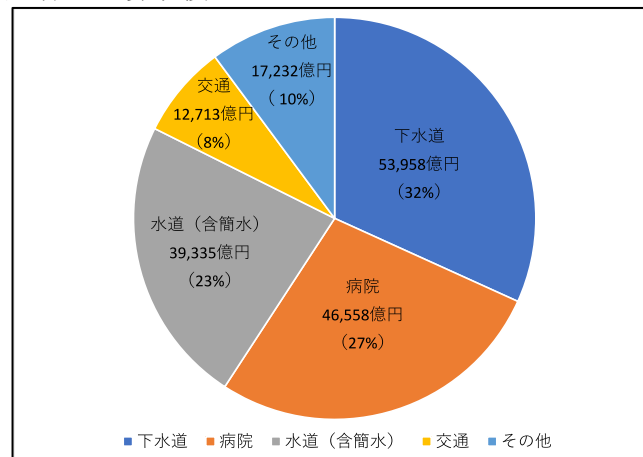
¹³ 地方公共団体が経営する企業であり、特定の歳入をもって特定の歳出に充てる必要があるため、特別会計を設けて事業を行う。地方公営企業と同意。

¹⁴ 汚水処理の経費のうち高度処理費用や、合流式下水道に比べ、建設コストが割高になる分流式下水道に要する経費の一部などは、公的な便益も認められることから公費により負担される。



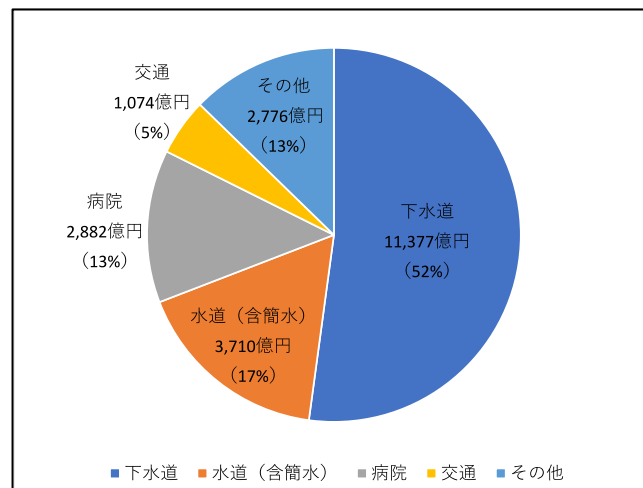
（『平成 30 年地方公営企業決算の概要』より筆者作成）

図表 1-6 地方公営企業の決算規模



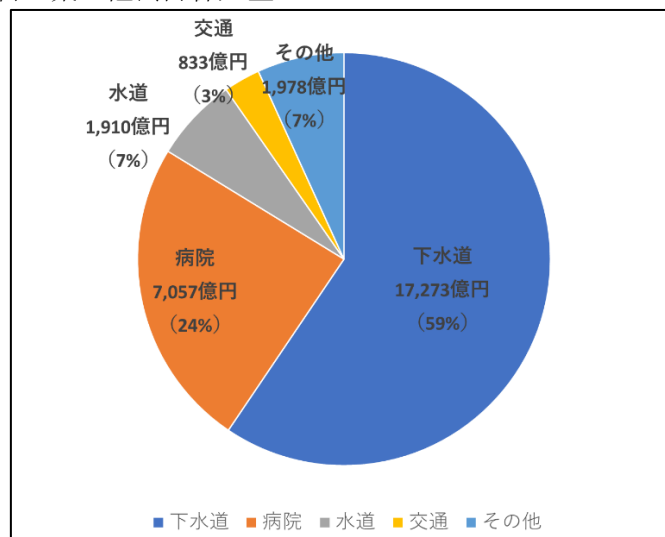
（『平成 30 年地方公営企業決算の概要』より筆者作成）

図表 1-7 地方公営企業の地方債発行額の状況



(『平成 30 年地方公営企業決算の概要』より筆者作成)

図表 1-8 地方公営企業の他会計繰入金



(『平成 30 年地方公営企業決算の概要』より筆者作成)

第2項 地方公営企業会計の仕組み

自治体が実施する事業の会計方式は(1)一般会計(2)特別会計(3)企業会計の3つに区分される。地方公営企業は、地方公共団体が経営する企業であり、特定の歳入を持って特定の歳出に充てられるため通常、特別会計を用いて事業が実施される。しかし、地方公営企業の経営環境の悪化を背景に、2014年度から水道・電力・病院・地下鉄などの事業で公営企業会計の導入が義務付けられ、さらに2018年度からは下水道や簡易水道といった残りの約5800事業でも導入が義務付けられている。公営企業会計の適用により損益計算書・貸借対照表・キャッシュフロー計算書の作成が義務付けられることから、経営状況を正確に把握

することで経営改革の推進が目指されている。

特に、下水道事業については、総務省が 2018 年度より人口 3 万人以上の都市での公営企業法の適用を義務付けている。また 2019 年度から 2023 年度までを集中取組期間とし、公営企業会計の適用拡大を推進している。

第3項 汚水処理施設の種類

次に汚水処理施設について説明する。汚水処理施設は、まず集合処理と個別処理に大別される。集合処理とは、複数の発生源から排出された汚水を管渠によって汚水処理施設に集約し処理する方法であり、個別処理とは、個々の発生源ごとに敷地内に汚水処理施設を設けて汚水を処理する方法である。

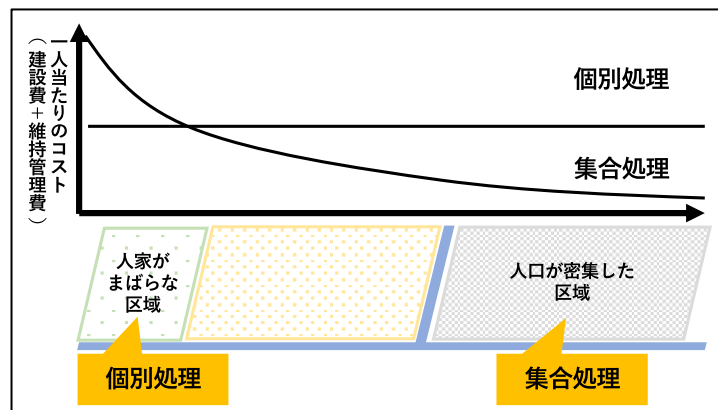
集合処理と個別処理の特徴は図表 1-9 の通りである。汚水処理施設を整備する際は、集合処理と個別処理が有する特徴や経済性を勘案し、地域の実情に応じて処理方法が選択される。それぞれの特徴より一般的には、人家のまばらな区域では個別処理が、人口が密集した区域では集合処理が選択される(図表 1-10)。

図表 1-9 集合処理・個別処理の特徴

	集合処理	個別処理
管渠施設	管渠施設が必要である。 人口密集地域においては、単位距離の管渠により多くの家屋が接続され、個別処理に比べて効率的な処理が可能となる。	集合処理では、管渠の他にも汚水を集約するためポンプ施設が必要となるが個別処理ではこれらの管渠関連設備が不要となる。
施設の維持管理	処理施設の運転・維持管理を集中して行う。 処理施設の維持管理を一ヶ所で集中して行うことができ維持管理体制の確保が容易である。	処理施設が各戸ごとに整備されるため、各戸ごとに運転や維持管理が行われる。 維持管理について、保守点検（年3回以上）・汚泥の引き出し等の清掃（年1回）・法定検査（年1回）が行われる。
整備効果	小規模なものでも3年程度かかり、整備効果の発現に時間を要する。	各戸の汚水処理施設の整備は10日から2週間程度で完了することから、整備にかかる投資の効果発現が早い。
施設計画・整備	処理対象地域を定め、それに基づき処理施設や下流部の管渠の容量を決定するため、計画の変更・見直しが困難である。また処理区域の最下流部に処理場を建設し、順次上流に向けて管渠を整備するため施設整備に時間がかかる。	各戸ごとに処理施設を整備するため、柔軟な整備が可能であり、集合処理に比べ整備計画の見直しが容易である。
その他		・処理性能は生物化学的酸素要求量（BOD）が20mg/L以下で、高度処理にも対応しており他の汚水処理施設と同等である。 ・合併浄化槽を設置するためにスペースが必要となる。 ・地震等の災害に強い。

（『生活排水処理施設整備計画策定マニュアル』より筆者作成）

図表 1-10 集合処理・個別処理の整備の概要



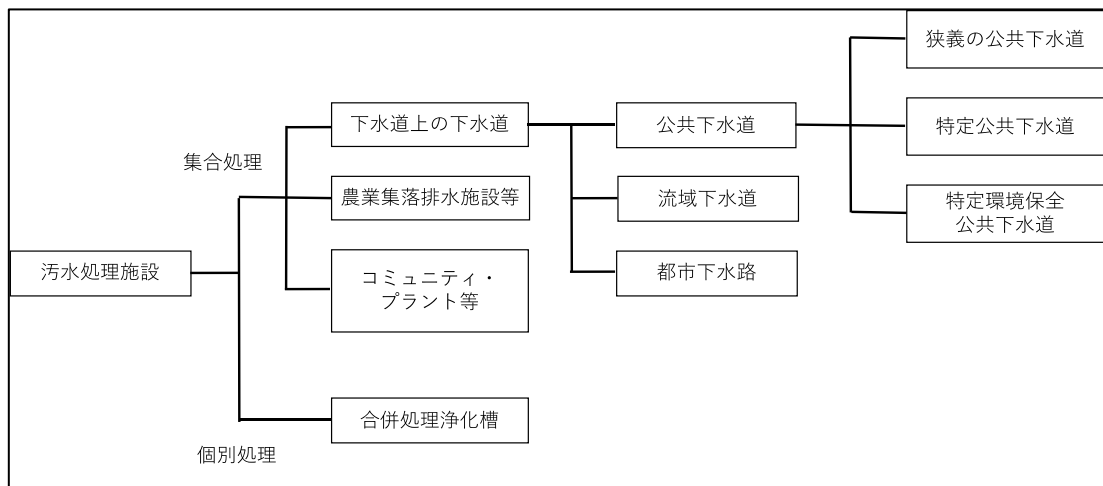
(『平成 29 年度 下水道白書 日本の下水道』より筆者作成)

集合処理を扱う施設には、国土交通省所管の下水道法上の下水道の他に、農林水産省所管の農業集落排水施設や、環境省所管のコミュニティ・プラント等がある。なお下水道法上の下水道はさらに、「公共下水道」「流域下水道」「都市下水路」に分類され、さらに「公共下水道」は狭義の公共下水道・特定公共下水道・特定環境保全公共下水道の 3 つに分けられる(図表 1-11 参照)。

一方、個別処理であり、環境省と総務省が所管する合併処理浄化槽は、市町村が主体となって浄化槽を設置し維持管理を行う市町村設置型と、個人(住民)が設置し維持管理を行う個人設置型がある。個人設置型では、住民の負担を軽減するため浄化槽の設置費や維持管理費の一部を補助している自治体もあり、実施状況を見ると補助有りの個人設置型が最も多く合併処理浄化槽全体の半数以上を占めている。

以上の各污水处理施設は図表 1-12 にまとめた通りである。次に各污水处理施設の数、図表 1-13 の通りである。事業数は公共下水道が最も多く、次いで農業集落排水施設、特定環境保全公共下水道がある。終末処理場数は、農業集落排水施設が最も多く、次いで公共下水道、特定環境保全公共下水道がある。農業集落排水施設は、処理区域内人口や終末処理場 1 つ当たりの処理区域内人口が非常に少ない一方で、地形的な要因により事業数や終末処理場数がとても多い。

図表 1-11 污水处理施設の種類



(国土交通省『下水道と他の污水处理施設』より筆者作成)

図表 1-12 各下水道事業の概要

	施設（事業）の種類	施設（事業）の概要	規模（計画人口）	事業主体	所管
集 合 処 理	流域下水道	2つ以上の市町村からの下水を受け排除・処理する。	原則10万人以上かつ2市町村 または5万人かつ3市町村以上	都道府県	国土交通省
	都市下水路	主として市街地内の雨水を排除する。	市街化区域等の普通河川	市町村	
	狭義の公共下水道	主として市街化区域における下水を排除・処理する。 終末処理場を有する単独公共下水道と、流域下水道に接続する 流域関連公共下水道がある。	計画人口の制限なし	市町村	
	特定公共下水道	特定の工場や事業場からの汚水を排除・処理する。	当該下水道の計画汚水量のうち、 事業者の活動等による計画汚水量 が 概ね2/3以上を占めるもの	市町村	
	特定環境保全公共下水道	市街化区域以外の山村漁村の主要な集落等からの下水を排除・処理する。	計画人口1000～1万人	市町村	
	農業集落排水施設	農業振興地域内(今後概ね10年以上で農業振興を図るべき地域)における 下水を排除・処理する。	処理戸数20戸以上 計画人口概ね1000人以下	市町村	農林水産省
個 別 処 理	コミュニティ・プラント	集合住宅等からの汚水を排除・処理する。	計画人口101～3万人以下	市町村	環境省
	浄化槽設置整備事業 (個人設置型合併処理浄化槽)	個人が合併処理浄化槽を設置する。	制限なし（戸別に設置）	市町村 (設置は個人)	
	浄化槽市町村整備推進事業 (市町村設置型合併処理浄化槽)	市町村が合併処理浄化槽を各戸ごとに設置し管理する。	年間設置戸数20戸以上	市町村	環境省
	個別排水処理施設整備事業 (市町村設置型合併処理浄化槽)	市町村が合併処理浄化槽を各戸ごとに設置し管理する。	年間設置戸数10戸以上20戸未満	市町村	総務省

(亀本和彦『下水道事業に係るいくつかの課題』より筆者作成)

図表 1-13 各污水处理施設の事業数(2016 年)

	処理区域内人口(人)(A)	事業数	終末処理場数(B)	終末処理場1つ当たりの 処理区域内人口(A)/(B)
公共下水道	95,987,779	1189	1,069	89,792
特定環境保全公共下水道	3,806,477	752	935	4,071
特定公共下水道	3,677	10	8	460
流域下水道	—	46	158	—
農業集落排水施設	3,400,482	912	4996	681
浄化槽 (個別排水処理施設整備事業・ 浄化槽市町村整備事業)	—	429	—	—

(『下水道財政のあり方に関する研究会 中間報告書』より筆者作成)

第4節. 政府の取り組み

第 2 節でまとめた経営環境の変化に対し、政府は『公営企業の経営のあり方に関する研究会報告書(2017 年 3 月)』において、下水道事業の抜本的な改革の方向性として「広域化等」及び「民間活用」を挙げている。本稿では「広域化等」に着目し分析を行うため以下では広域化等について説明する。

第1項 政府の動向

政府は『公営企業の経営のあり方に関する研究会報告書(2017 年 3 月)』(以下、単に『研究会報告書』)において、下水道事業の抜本的な改革の方向性として広域化等を挙げている。

また内閣府『経済・財政再生計画改革工程表(2017 年改訂版)』では、2022 年までの広域化・共同化を推進するため、①全ての都道府県における広域化・共同化に関する計画策定、②污水处理施設の統廃合に取り組む地区数の 2 つが政府目標として設定されている。さらにこれを踏まえ 2018 年 1 月には、総務省・農林水産省・国土交通省・環境省の 4 省が合同で全ての都道府県に対し 2022 年度までの「広域化・共同化計画」の策定を要請している。污水处理施設の統廃合に取り組む地区数については、関係 4 省で目標値を 450 地区(うち、統廃合の工事完了が 380・工事着手が 70)と定めている。

広域化・共同化に関する事業については、1993 年に「特定下水道施設共同整備事業」が創設され、その後も新たな事業の創設により広域化・共同化にかかる施設整備等への財政支援が行われている。さらに 2018 年度からは、広域化の計画策定から実施までを一体的に支援する「下水道広域化推進総合事業」が創設され、より一層の事業推進が図られている。各事業の概要は以下図表 1-14 の通りである。

図表 1-14 広域化・共同化に関する事業

年度	事業名	交付対象
1993年	特定下水道施設共同整備事業	・複数の地方公共団体が行動で設置・利用する下水道施設や下水道処理場・ポンプ場等を遠隔監視・制御するための施設整備等
1995年	汚水処理施設共同整備事業	・下水道等複数の汚水処理施設が共同で利用できる施設を下水道事業で整備する場合
1996年	流域下水汚泥処理事業	公共下水道から発生する下水汚泥を流域下水道から発生する下水汚泥と共同処理する場合
2018年	下水道広域化推進総合事業	・上記既存制度を統合 ・施設の統合に必要な管渠・し尿受入洲説を混対象に加え、計画策定から事業実施までを一体的に支援する

(国土交通省水管理・国土保全局下水道部『下水道事業の手引』より筆者作成)

第2項 経営改善化策の主な類型

上記の『研究会報告書』では、広域化等の手段として(1)汚水処理施設の統廃合、(2)汚泥処理の共同化、(3)維持管理・事務の共同化、(4)最適化の4つが挙げられている。

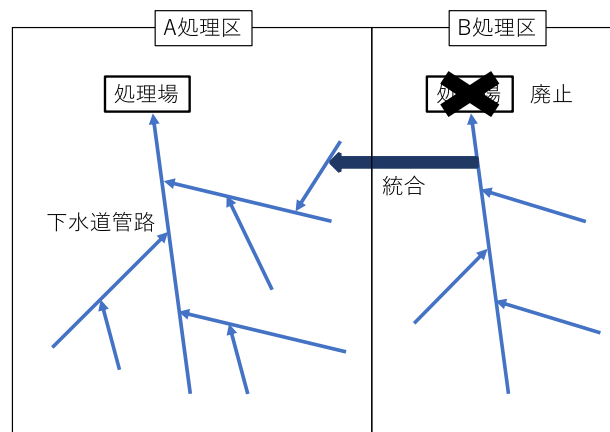
本稿では、広域化等の類型をより簡潔に示すため(1)を「管渠接続を伴う設備の広域化」、(2)及び(3)を「維持管理・事務の共同化」、(4)を「処理設備選択の最適化」とし、以下、『研究会報告書』に基づき順に説明する。

① 管渠接続を伴う設備の広域化(汚水処理施設の統廃合)

隣接する汚水処理施設を統合し汚水の受け入れを行う手法である(図表 1-15)。施設の統廃合の典型的な例としては、処理場の老朽化に伴い処理場を廃止し、隣接する流域下水道へ管渠を接続する他、公共下水道と集落排水施設の接続や処理区の統廃合等が挙げられる。

「管渠接続を伴う設備の広域化」の効果として、処理場の更新費や維持管理費の削減が期待される。また従来に比べ少人数での施設の管理が可能となることから、技術職員の確保が不要になる。さらに人口減少や節水動向に伴い、余力が大きい処理場の有効利用に繋がることから施設の稼働率低下への有効な手段であると考えられる。

図表 1-15 汚水処理施設の統廃合



(国土交通省『下水道事業における広域化・共同化の事例集』より筆者作成)

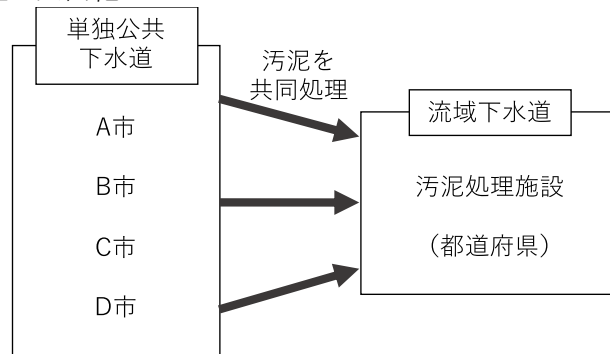
② 維持管理・事務の共同化(汚泥処理の共同化 / 維持管理・事務の共同化)

汚泥処理の共同化とは、複数の団体の汚泥を集約して処理を行う手法である(図表 1-16 参照)。具体的には、既存の流域下水道の汚泥処理施設に単独公共下水道や農業集落排水の汚泥を受け入れること等が考えられる。

維持管理・事務の共同化とは、処理場の運転管理や集中監視・水質検査等の日常保守点検業務の共同化、また使用料徴収や滞納管理等の事務処理を共同実施する手法である。

「維持管理・事務の共同化」の効果として、①と同様の財政効果や、集約管理によるコスト削減や職員の業務負担の軽減等の効果が期待される。

図表 1-16 汚泥処理の共同化



(国土交通省『下水道事業における広域化・共同化の事例集』より筆者作成)

③ 処理設備選択の最適化

「処理設備選択の最適化」とは、各污水处理施設の特性や経済性を勘案し、最適な施設を選択し整備することである。具体的には、公共下水道や農業集落排水施設の処理区域を見直し、処理区域の削除分を合併処理浄化槽に変換する「集合処理から個別処理」への転換が挙げられる。

「処理設備選択の最適化」は、2014 年 1 月に国土交通省・農林水産省・環境省が連携して取りまとめた『持続的な污水处理システム構築に向けた都道府県構想 策定マニュアル平成 26 年 1 月』（以下『マニュアル』）に基づき、都道府県構想の見直しを行う中で、「処

理設備選択の最適化」の取り組みである処理区域の見直し等が検討されている。

上記『マニュアル』では、今後 10 年程度を目標に、污水处理施設の未整備地区における污水处理施設の概成(地域ニーズ及び周辺環境への影響を踏まえ、各種污水处理施設の整備が概ね完了すること)が目指されており、整備に当たっては各污水处理施設の経済比較とともに人口減少等の時間軸の観点を考慮することとしている。また長期的なスパン(20～30 年程度)では、未整備地区の整備だけでなく既整備地区においても人口減少等の社会情勢を考慮し、適切な処理区域の設定や施設の改築更新を行うこととしている。

総務省によると 2012 年から 2017 年における「処理設備選択の最適化」の実施状況は、実施していない事業が全 1527 事業中の 80%を超えており、取り組みがかなり遅れている。しかも、実施事例をよく見ると、その全てが未整備地区における処理区域の見直しにより予定污水处理施設が変更された事例であり、既整備地区において集合処理から個別処理へ転換を行った事例はない。

第3項 政府が推進する現政策の課題

このように政府は「管渠接続を伴う設備の広域化」を中心とする諸施策を推進している。しかし、その方法・提案にはいくつかの課題・疑問が残る。まず、「管渠接続を伴う設備の広域化」の実施にかかる課題として政策の根拠となるデータの問題が挙げられる。政府は「管渠接続を伴う設備の広域化」による施設の更新費や維持管理費等の削減を見込んでいるが、第1節第2項で見たように、政府が下水道の経営指標として示している経費回収率の指標には、膨大な割合を占める管渠の更新費が含まれていない。つまり実のところ、政府は「管渠接続を伴う設備の広域化」を推進するにあたり、定量的な分析なしに提案している。

次に、既整備地域での「処理設備選択の最適化」についても政府は実施の具体的な検討を何ら行っていない。総務省によると 2012 年から 2017 年において「処理設備選択の最適化」を実施していない事業が全 1527 事業中の 80%を超えており、取り組みがかなり遅れていることが分かる。また、前項で述べた通り実施事例の全てが、未整備地区における処理区域の見直しにより予定污水处理施設が変更された事例であり、既整備地区において集合処理から個別処理へ転換を行った事例はない。さらに、上記『マニュアル』では「処理設備選択の最適化」の実施が検討されることとなっているが、そこでは、既整備地域における「処理設備選択の最適化」についての記載がなく、既整備地域の「処理設備選択の最適化」の実施は検討されていない。このように「管渠接続を伴う設備の広域化」「処理設備選択の最適化」の2つについて、政府の意向・姿勢には不明確・不確実な点が多く、方針そのものが曖昧であると言える。

第5節. 問題意識

前節でまとめたように政府は、「管渠接続を伴う設備の広域化」・「維持管理・事務の共同化」・「処理設備選択の最適化」を推進しているが、今後の政策立案に向けては主に2点の課題が存在するようである。まず第1に、政策の根拠となるデータの問題である。繰り返しになるが、政府は「管渠接続を伴う設備の広域化」により施設の更新費や維持管理費等の削減を見込んでいるが、政府が「管渠接続を伴う設備の広域化」の効果を説明す

る際に利用する経費回収率および污水处理費には管渠の更新費は含まれていない。よって、第 1 節第 3 項のような政府の示すデータは「維持管理・事務の共同化」推進の根拠とはなるものの、「管渠接続を伴う設備の広域化」のそれに資するとは言えない。第 2 に、既整備地域での「処理設備選択の最適化」の方針を示してはいるものの、積極的な政策は示していない。しかし、「限界集落」という言葉があるように、今後の人口減少は集合処理施設を不要とする規模で進展するはずである。そこで、本稿では以下の 3 段階の定量分析により、これらの問題に取り組むこととする。

分析①：「維持管理・事務の共同化」の費用削減効果に関する分析

市町村レベルのパネルデータを用い、人口の増加が費用（維持管理費および污水处理費）の削減をもたらすか否かを分析する。

分析②：「管渠接続を伴う設備の広域化」のシミュレーション

複数の処理区を管渠接続により統廃合した場合の将来経費シミュレーションを行う。この際、将来の人口減少についても加味する。

分析③：「処理設備選択の最適化」のシミュレーション

集合処理をしている地域で、これまで通り管渠と集合処理施設を維持する場合と、これを個別処理に切り替えた場合の将来費用シミュレーションを行う。この際、分析Ⅱと同様に、将来の人口減少についても加味する。

以上の 3 種の分析により、「維持管理・事務の共同化」・「管渠接続を伴う設備の広域化」・「処理設備選択の最適化」のそれぞれが真に費用削減効果を持つのかを明らかにし、これらの政策に基づく政策を提言することにした。

第2章. 先行研究及び本稿の位置づけ

第1節. 先行研究の紹介

本稿では、下水道事業における「管渠接続を伴う設備の広域化」、「維持管理・事務の共同化」、「処理設備選択の最適化」の効果を定量的に分析する。したがって、本章では先行研究を上記3手法に関する論文の3つに分類し、本稿の位置づけを明確にする。

第1項 「維持管理・事務の共同化」に関する先行研究

図表 2-1 「維持管理・事務の共同化」に関する先行研究

著者・出版年	論文名
大滝 (2018)	下水道事業の広域化・共同化・最適化の促進に向けて

(筆者作成)

大滝(2018)は、「管渠接続を伴う設備の広域化」の事例紹介に加え、その効果や課題等を考察している。その結果、初期投資費用の削減や人件費削減により、より効率的な下水道事業の実現が可能であると結論付けている。しかし、その分析は定性的なものに留まっており、費用や効果についての定量的な評価はなされていない。

第2項 「管渠接続を伴う設備の広域化」に関する先行研究

図表 2-2 「管渠接続を伴う設備の広域化」に関する先行研究

著者・出版年	論文名
秋山 (2019)	将来推計人口に基づいた下水道事業の持続可能性の検討
細井・上地 (2007)	「人口減少を考慮した汚水処理施設整備方法の検討」

(筆者作成)

秋山(2019)は、日本全国の流域下水道の将来持続性を検討した。持続性を示す指標として、将来人口を選択し、分析には下水処理区域内における人口の偏在性を的確に表すマクロ将来推計人口を用いた。その結果、「管渠接続を伴う設備の広域化」による処理区域人口の拡大は、将来にわたる処理区域人口と維持が期待されると共に、処理人口の規模によっては全体計画人口の適正化を図る必要性が指摘された。しかし、この研究は都道府県が管理する流域下水道を対象としており、処理区域別での推計が行われていない。

細井他(2007)では、汚水処理の未整備の地域において集合処理施設を作った場合に、どの地域の住民が集合処理を選択するかシミュレーションし、集合処理区を設置すべき地理上の範囲を示した。ただしこの研究は、各戸別というミクロの視点での一地域に限定した分析であり、市町村という行政区域を考慮した分析とはなっていない。

第3項 「処理設備選択の最適化」に関する先行研究

図表 2-3 「処理設備選択の最適化」に関する先行研究

著者・出版年	論文名
遠藤 (2016)	「PFI方式による公設浄化槽整備の現状と課題」
小川・倉谷 (2018)	「官民連携生活排水処理事業と既存施設の活用 —持続と進化を目指す住宅事情に関する研究—」
木戸浦・高橋 (2011)	「下水道既整備地域において人口減少を考慮した場合の 下水処理システム 維持管理・改築更新費用のシナリオ別推計」
灘・細井・増田・赤尾 (2010)	「財政と住民便益から見た人口減少下における下水道整備の検討」

(筆者作成)

遠藤(2016)は、浄化槽に PFI 方式を取り入れている 2 自治体を例に考察した。その結果、PFI 方式は事務作業削減や大量発注により設置価格が減少することから、浄化槽への導入を進めるべきだと主張している。しかし、この研究は定性分析に留まっており、制度の効果を定量的に評価していない。

小川他(2018)では、下水道未整備地区における浄化槽の導入について考察している。建設費などを費用関数で算出し、管渠布設コストを算出した結果、浄化槽整備は特定環境保全公共下水道の建設費の約 66%のコストで整備できるため、浄化槽事業へ転換する方が経済的に有利になるとの結果を得た。しかし、この研究は、下水道未整備地域を対象にしているため、管渠データや施設の更新費が含まれておらず、正確な推計ができていない。

木戸浦他(2011)では、北海道旭川都市圏を対象に、費用推計による経済比較を行っている。合併処理浄化槽を含め、様々な個別処理システムの検討も行った結果、旭川市ではどの区域にも個別処理は導入せずに、現在の下水処理システムを維持した方が費用面で安価になることが分かった。なお、この研究では各処理区の設備の統廃合による「管渠接続を伴う設備の広域化」については分析していない。

灘他(2010)では、鳥取県境港市において、整備が遅れている 8 つの区域において、どの区域にどの汚水処理整備方法を取り入れるべきかを、財政と便益の観点から定量分析した。この結果、全域で下水道整備する方が一番安価になることが示唆された。しかしこの研究では、処理区域ごとの「管渠接続を伴う設備の広域化」については分析していない。

第2節. 本稿の新規性

以上をまとめると先行研究には、

- ① 「維持管理・事務の共同化」の効果検証について定量的な分析がされた研究が

ない点

- ② 「管渠接続を伴う設備の広域化」の効果検証において、管口径等の管渠データについて十分な議論がされた研究がない点
- ③ 「処理設備選択の最適化」の効果検証について人口減少が考慮された研究がない点

の3つの限界があるといえる。第1章第5節で述べたように本稿では、「管渠接続を伴う設備の広域化」・「維持管理・事務の共同化」・「処理設備選択の最適化」のそれぞれに対し分析を実施する。ただし、いずれの分析においても上記の先行研究での課題を克服するよう配慮する。具体的には、

分析①「維持管理・事務の共同化」の効果検証についての定量的な分析

分析②「管渠接続を伴う設備の広域化」の効果検証において、管渠データより算出した更新費を含めたシミュレーション分析

分析③「処理設備選択の最適化」の効果検証について人口減少を加味したシミュレーション分析

以上3つの分析を行う。具体的な分析方法・内容は次章で詳述するが、上記の3点は先行研究では取り組まれていない点であり、本稿の新規性といえる。

第3章.理論・分析

第1節. 分析の概要と結論の要約

本章では第1章第5節で述べた3種の分析を行う。分析①「「維持管理・事務の共同化」の費用削減効果に関する分析」では、高田・茂野(2001)の様な水道事業の効率性分析のフレームワークを援用し、処理区域内人口が1人当たりの污水处理費に与える影響を2014～2016年の市町村パネルデータにより推定する。次に、分析②「「管渠接続を伴う設備の広域化」のシミュレーション」では、兵庫県三田市を事例として、市内の4事業種12污水处理施設から互いに隣接する2施設(17組)を接続、つまり広域化したケースと、広域化しなかったケースの費用比較シミュレーション分析を行う。最後に分析③「「処理設備選択の最適化」のシミュレーション」では、同じく三田市を例に、市内で人口減少が予想される農村部に展開する農業集落排水施設の運用を休止し、代わりに各戸に個別処理設備を新設するという、最適化に関するシミュレーション分析を行う。

なお、分析②、分析③対象地域に三田市を採用した理由は以下の通りである。広域化の是非を議論するには管渠接続費用の詳細を知る必要がある。また最適化を検討するためには、最適化の効果があるかもしれない人口減少地域が市内に存在し、かつその比較対象としての人口増加地域も市内にあることが望ましい。しかし、このようなデータは住民のプライバシー保護のため一般には公開されていない。そこで、ここでは唯一提供していただけた兵庫県三田市を分析対象とした。

なお、下水道は公衆衛生等の正の外部性を有する財であり、特に分析③においては費用便益分析によってその効果を図られるべきとする意見があるかもしれない。しかし、ここでの比較は下水道と浄化槽の比較であり、公衆衛生を改善する効果に差異はいない。よって、ここでは費用の比較のみによって広域化と最適化のどちらが望ましいかを検討することにする。

ここで予め本章で得られた結果をまとめておく。まず「維持管理・事務共同化」については、市町村内人口が400万人に達するまでは、域内人口の増加が下水道事業の1人当たり污水处理費を低下させることが明らかになった。よって、政府は「維持管理・事務の共同化」をより強力に進めるべきといえる。次に「管渠接続を伴う設備の広域化」については、管渠の接続に非常に多くの費用がかかるため、三田市内の公共下水道や農業集落排水を統廃合しても、メリットがないことが明らかとなった。よって、政府はこの管渠の接続費を重視し、政策を再検討すべきと考えられる。最後に「処理設備選択の最適化」については、三田市内では現在でもいくつかの集合処理施設を廃止し個別処理に切り替えたほうが、割引現在価値ベースの市内総費用を減少させることになることが明らかになった。よって、政府は「処理設備選択の最適化」についての検討を急ぐべきと言える。

以上、分析結果をまとめると、「管渠接続を伴う設備の広域化」による費用削減効果は見込めず、「維持管理・事務の共同化」と「処理設備選択の最適化」が有効であるといえる。

第2節. 分析①「維持管理・事務の共同化の費用削減効果に関する分析」

第1項 検証仮説

前節の通り、政府が推し進める「維持管理・事務の共同化」の効果は、定量的な観点から十分な議論がなされていない。そこで本節では現状分析で述べられている、污水处理費の削減という共同化の効果を以下の仮説に基づいて全国市町村パネルデータで分析する。

仮説：「共同化政策は人口を最適水準まで調整し、污水处理費を削減する効果がある。」

污水处理費とは、総務省『水道事業経営指標・下水道使用料の概要』に掲載される資本費と維持管理費の合計であり、そのうち資本費は減価償却費と企業債利息の合計額である¹⁵。よって下水道使用量や使用者数の多寡に関わらずに、資本費は時間とともに固定である。従って、資本費は回帰の結果に大きな影響を与えないと推測できる。そこで、分析において維持管理費と資本費の合計である污水处理費を被説明変数として回帰する。

高田・茂野(2001)では污水处理費は人口の2次関数であり、その対称軸に対応する処理区域内人口を最適人口としている。「維持管理・事務の共同化」を実行する場合、市町村別人口が対称軸の左辺に位置すれば、処理区域を共同化で管理し、市町村人口を最適人口まで増やして維持管理費を最低水準まで下げる。

第2項 使用データ

本節の分析で用いる変数は、総務省『地方公営企業年鑑』と総務省『下水道事業経営指標・下水道使用料の概要』から市町村別で合併し作成したものである。分析対象は、流域下水道、もしくは合流式下水道を利用している市町村を除く、全1590市町村であった。また、データは2014年～2016年を採用した¹⁶。

第3項 モデルの説明

市町村別人口が一人あたり維持管理費に与える影響の推定を以下の式で推計した。その中、添え字*i*は市町村、*j*は都道府県を表している。図表3-1は各変数の基本統計量を示し

¹⁵ 総務省『下水道事業経営指標』において、污水处理費は全事業ごとに揃えているが、資本費と維持管理費は多くの欠損値を持つ。

¹⁶ 人口密度の数は経年的にほぼ不変であり、個別効果を加えたパネルデータ分析を実施すると有意にならない。そこで、本稿ではプーリング回帰を用いた分析にとどめた。

ている。

$$\text{cost}_i = \beta_1(\text{population}_i^2) + \beta_2(\text{population}_i) + \beta_3(\text{population_density}_i) + \beta_4(\text{year}_i) + \sum_{j=1}^{10} \beta_{5j}(\text{area_dummy}_{ij}) + u_i$$

図表 3-1 変数の説明

	変数	説明
被説明変数	一人当たり汚水処理費 cost_i	汚水処理費を市町村別人口で割った値
説明変数	人口の二乗 population_i^2	市町村別の処理区域内人口の二乗値
	人口 population_i	市町村別の処理区域内人口
コントロール変数	人口密度 $\text{population_density}_{ij}$	市町村別人口密度
	都道府県ダミー area_dummy_{ij}	都道府県別ダミー変数

(筆者作成)

図表 3-2 変数の出典

変数名	出典
汚水処理費	総務省『地方公営企業年鑑』 総務省『下水道事業経営指標・下水道使用料の概要』 より筆者算出
市町村別人口密度	総務省『地方公営企業年鑑』
市町村別人口	総務省『下水道事業経営指標・下水道使用料の概要』

(筆者作成)

図表 3-3 各変数の基本統計量

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
一人当たり汚水処理費	6,360	22781.47	16309.49	4989.019	275325.2
市町村別人口の二乗	6,360	8.90E+10	2.20E+12	0	8.87E+13
市町村別人口	6,360	63993.4	291387.6	0	9416840
市町村別人口密度	6,360	35.90824	30.54714	63.5	100
年度ダミー	6,360	2015.5	1.118122	2014	2017
都道府県ダミー	6,360	22.63208	14.1061	1	47

(筆者作成)

第4項 分析結果

結果は図表 3-4 の通りである。第 1、2 列の分析は汚水処理費に対するプーリング回帰の結果であり、第 3～5 列は年度別のクロスセクション分析の結果を示している。第 1～5 列の全てにおいて、各事業の人口の 2 乗の係数は正に 1%有意で、人口の 1 次項は負に 1%有意である。そして、推定された係数の有意性は依然として頑健である。このことから、いずれの事業であっても、1 人当たり汚水処理費は人口に対し下に凸の 2 次関数であることが明らかとなった。高田・茂野(2001)は 2 次関数の対称軸に対応する処理区域内人口を最適人口としており、下水道の管理区域を共同化して、処理区域内人口を最適人口まで増やすことで汚水処理費を低下させることができる。本節の分析のケースで考えると、第 2 列の結果より、この最適人口は 431 万人である。つまり、この分析における「共同化には汚水処理費の削減効果がある」という仮説が支持された。

しかし、汚水処理費は後に述べる処理場及び管渠の更新費は計上されていないことに留意されたい。処理場及び管渠の更新費は、「管渠接続を伴う設備の広域化」の全体像を把握する場合は考慮されるべきである。よって、次節では、処理場及び管渠の更新費も用いたシミュレーション分析で、「管渠接続を伴う設備の広域化」に対して政策評価を行う。

図表 3-4 分析結果

	pooling回帰1	pooling回帰2	2014	2015	2016
市町村別人口_2	1.28e-09*** (-6.64)	1.32e-09*** (-5.97)	1.45e-09*** (-3.71)	1.42e-09*** (-3.63)	1.08e-09** (-2.84)
市町村別人口	-0.0107*** (-7.09)	-0.0114*** (-6.62)	-0.0125*** (-4.17)	-0.0123*** (-4.05)	-0.00921** (-3.07)
市町村別人口密度	-104.5*** (-15.13)	-91.25*** (-10.59)	-85.71*** (-5.91)	-85.48*** (-5.87)	-106.2*** (-6.48)
2015年ダミー	no	-36.14 (-0.07)			
2016年ダミー	no	-1062.1* (-1.98)			
都道府県ダミー	no	yes	yes	yes	yes
定数項	27019.7*** (-89.18)	23392.6*** (-12.84)	22734.3*** (-7.3)	23433.0*** (-7.38)	23000.1*** (-7.38)
r2	0.0606	0.149	0.153	0.155	0.146
rss	1.53E+12	1.07E+12	3.49E+11	3.64E+11	3.49E+11

t statistics in parentheses

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

被説明変数:一人当たり汚水処理費=維持管理費+資本費

年度ダミー基準カテゴリー:2014

(筆者作成)

第3節. 分析②「管渠接続を伴う設備の広域化のシミュレーション」

第1項 検証仮説

本節では、兵庫県三田市を例に「管渠接続を伴う設備の広域化」の効果を検討する。このためには、その便益と費用を定義する必要があるが、ここでは以下細井他(2007)のように定義する。

(1) 「管渠接続を伴う設備の広域化」の効果
＝設備の統廃合による維持管理費の削減額＋統合された処理区の処理場の更新費の削減額

(2) 「管渠接続を伴う設備の広域化」に必要な費用
＝接続管渠の建設費およびその更新費
この上で、本節では以下の仮説の成否を検討する。

仮説：「管渠接続を伴う設備の広域化」は、接続管渠の更新費を含めると現状維持よりも、費用が高くなる。」

「管渠接続を伴う設備の広域化」による効率性の向上や廃止する処理場の更新費の削減額よりも接続管渠の更新費が高ければ、「管渠接続を伴う設備の広域化」の費用削減効果はないと言える。

なお、既存管渠の維持管理費と更新費は、「管渠接続を伴う設備の広域化」の有無にかかわらず必要となることに注意されたい。

さて、容易に想像できるように、(1)、(2)の算出には将来の更新費が影響する。よって以下ではこれを勘案できる割引現在価値ベースでの費用に基づき、「管渠接続を伴う設備の広域化」の是非を判断する。具体的には以下の式の正負により、上記仮説の成否を考察する。

$$\sum_{t=1}^{\infty} \frac{\{(M_t + T_t) - C_t\}}{(1+r)^{t-1}}$$

ここで、 r は割引率、 M_t は t 年の維持管理費、 T_t は統合された処理区の t 年の処理施設更新費、 C_t は t 年の接続管渠建設費およびその更新費である。以下、接続管渠建設費およびその更新費(C_t)、処理施設更新費(T_t)、維持管理費(M_t)の順に説明する。なお、国土交通省『下水道事業における費用便益分析マニュアル』に倣い、割引率は4%に設定する。

第2項 兵庫県三田市の下水道事業

分析に移る前に、分析対象である兵庫県三田市における下水道事業の現状を述べる。兵庫県の「阪神地区」と呼ばれる地区の北側に位置しており、ニュータウンと農村部が存在する、小中規模都市で、人口は約 110,000 人である。

三田市の污水事業は、都市部と農村集落が並存するという三田市の地域特性に合わせ、①公共下水道事業 ②特定環境保全公共下水道事業 ③農業集落排水事業 ④コミュニティ・プラント事業の 4 つのタイプの下水道事業が実施されて合計 12 の処理区が存在する（図表 3-6, 3-7）。また、これら 4 事業以外の区域では、個人・事業者などが設置する「合併処理浄化槽」によって個別処理が行われており、汚水処理人口普及率は 2017 年度末時点で、99.5%に達している（図表 3-8）。

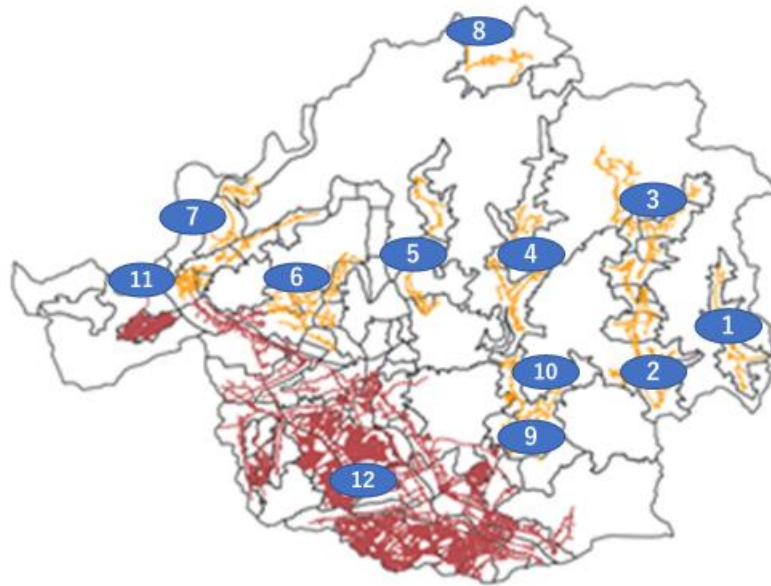
①公共下水道事業 ②特定環境保全公共下水道事業の区域で発生した污水は兵庫県が実施主体である流域下水道の「武庫川上流浄化センター」で処理され、汚泥は「兵庫東流域下水汚泥広域処理場」で処理される。つまり①公共下水道事業②特定環境保全公共下水道事業区域で発生した污水・汚泥は兵庫県を主体とした広域的な処理が行われている。③農業集落排水事業 ④コミュニティ・プラント事業区域内で発生した污水は処理区ごとの「各浄化センター」で、また汚泥は「三田市環境センター」で処理が行われており、汚泥のみ三田市内において集合処理が行われている。以上で述べた各事業の対象と処理場は以下図表 3-9 の通りである。

図表 3-5 三田市の位置



(三田市観光協会『ホームページ』より筆者作成)

図表 3-6 三田市の処理区域一覧



(筆者作成)

図表 3-7 処理区域名

場所	処理区域名	事業名
①	波豆川処理区	農業集落排水
②	高平下処理区	農業集落排水
③	高平上処理区	農業集落排水
④	小野処理区	農業集落排水
⑤	青野処理区	農業集落排水
⑥	本庄処理区	農業集落排水
⑦	藍本処理区	農業集落排水
⑧	母子処理区	農業集落排水
⑨	志手原コミュニティ・プラント	
⑩	有馬富士コミュニティ・プラント	
⑪	西相野コミュニティ・プラント	
⑫	公共・特定環境保全公共下水道	

(筆者作成)

図表 3-8 三田市の汚水処理人口普及率（2019 年度末）

	行政区域内人口(人)	処理区域内人口(人)
公共下水道	92,301	91,774
特定環境保全下水道	7,486	7,211
農業集落排水事業	5,219	5,219
コミュニティ・プラント	2,653	2,653
合併処理浄化槽	5,379	5,595
合計	113,038	112,452

(「三田市下水道事業経営戦略」より筆者作成)

図表 3-9 三田市の下水道事業の種類

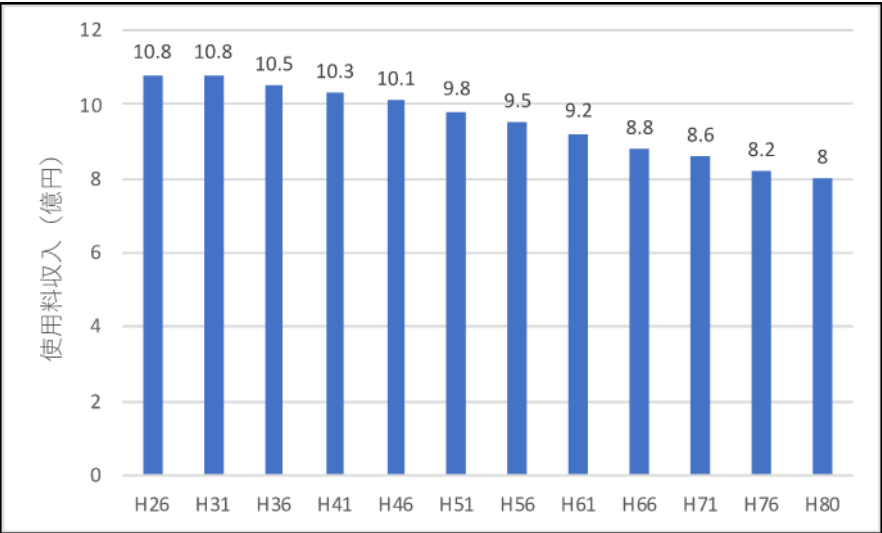
下水道事業名	対象	処理場
①公共下水道	市街化区域 (污水ポンプ場1箇所)	污水：武庫川上流浄化センター
②特定環境保全公共下水道	市街化区域に隣接する農村集落	
③農業集落排水	②以外の農村集落 (8区域・8処理場)	污水：各浄化センター
④コミュニティ・プラント	①以外の民間開発などによる住宅団地 (3区域・3処理場)	汚泥：三田市環境センター
⑤合併処理浄化槽設置整備事業	①～④以外の区域	個別処理

(「三田市下水道事業経営戦略」より筆者作成)

次に経営状況について簡単にまとめると三田市の下水道使用料収入は、有収水量の減少に伴い減少する見込みであり、このためもあって下水道職員の人数も減少傾向にある(図表 3-10, 3-11)。

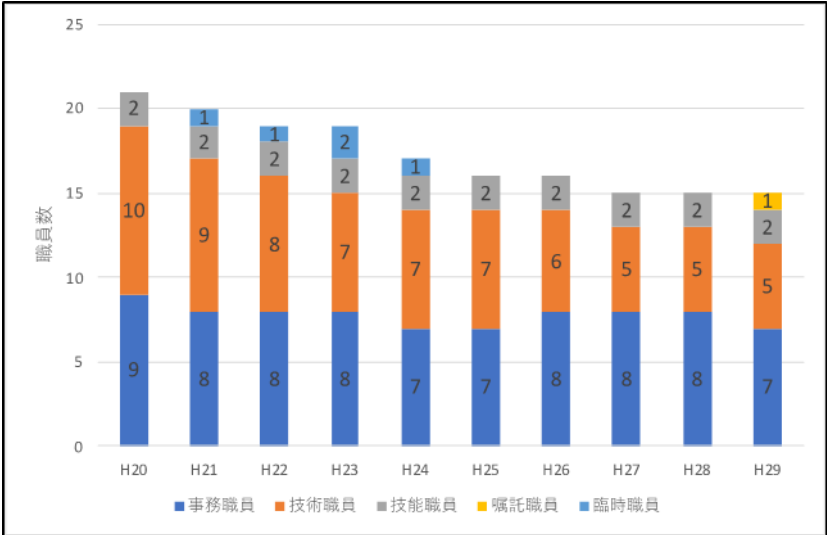
現在のところ施設や管渠の老朽化に関して、耐用年数を経過した浄化センターや污水ポンプ場の土木・建築施設はないが、機械・電気設備については約 92%が耐用年数を経過している(2017 年度)。また管渠に関しては、平成 35 年度以降耐用年数を超える管渠が発生するため計画的な更新が必要になる。以上より現在の資産を耐用年数(50 年)で更新したとすると、施設・設備に約 200 億円、管渠に約 700 億円、総額 900 億円の更新費が必要になると見込まれている(図表 3-12)。

図表 3-10 三田市の使用料収入の推移



(『三田市下水道事業経営戦略』より筆者作成)

図表 3-11 三田市の下水道職員数の推移



(『三田市下水道事業経営戦略』より筆者作成)

図表 3-12 三田市の法定耐用年数による更新費用の推移

	H29~H33	H34~H38	H39~H43	H44~H48	H49~H53	H54~H58	H59~H63	H64~H68	H69~H73	H74~H78	合計
土木・建築	0	0	0	0	0	63	2304	1685	28	0	4080
電気・機械	299	0	1525	5181	106	657	5342	813	0	3121	17044
管渠	0	2359	1591	8789	13727	10226	23709	4993	1311	1820	68525
合計	299	2359	3116	13970	13833	10946	31355	7491	1339	4941	89649

(『三田市下水道事業経営戦略』より筆者作成)

第3項 接続管渠建設費およびその更新費の算出

第1目 分析の枠組み

広域化の是非を判断するためには、まず処理区の統合が処理能力¹⁷の面で可能かどうかを判断しなくてはならない。例えば、A 処理場と B 処理場を統合・接続する際、両地区の汚水量が 500L だったとする。そこで、接続を受け入れる処理場（A 処理場）の処理能力が 750L だった場合、B 処理場の残りの 250L の汚水を処理することはできない。そこで本稿では、国土交通省他『持続的な污水处理システム構築に向けた都道府県構想策定マニュアル』に倣い、まず、現在および将来の処理すべき汚水量（計画汚水量）を、人口動態を加味しながら処理区別に算出する。そして、これと現在の処理施設の処理能力を比較することにより、処理区統合が可能になる時期を予測する。

第2目 処理区別の計画汚水量と統合可能年度の算出

まず地域資源循環技術センター『農業集落排水施設設計指針』に基づき、農業集落排水施設およびコミュニティ・プラントが污水处理する処理区別の 1 日あたりの計画汚水量（日計画汚水量）を算出する。なお、後に述べるように、公共下水道および特別環境下水道の処理能力は他と比べ圧倒的に大きく、他の 2 種からの統合を受け入れる際に処理能力を懸念する必要がないことから、ここでは日計画汚水量は算出しない。

さて、まずコミュニティ・プラントでの処理区についてであるが、この処理区については各年度の上水道給水の各処理区の実績値があるため、その 1 日あたり・1 人当たり給水量を日平均汚水量とする。そして、最大汚水量と平均汚水量は 1:0.7 の比であると仮定し、この最大汚水量を日計画汚水量とした。（図表 3-13）

図表 3-13 汚水量原価（コミュニティ・プラント）

処理区	汚水量原単価(日平均, L/人・日)	汚水量原単価(日最大, L/人・日)
志手原	211	$211/0.7=301$
有馬富士	186	$186/0.7=266$
西相野	218	$218/0.7=311$

（筆者作成）

次に農業集落排水についてであるが、ここでは処理区別の給水実績値がないため、一般的に採用されている上記指針の値を使用した。（図表 3-14）

¹⁷ 1 つの処理場がどの程度汚水を処理できるかを示したもの

図表 3-14 汚水量原単位（農業集落排水）

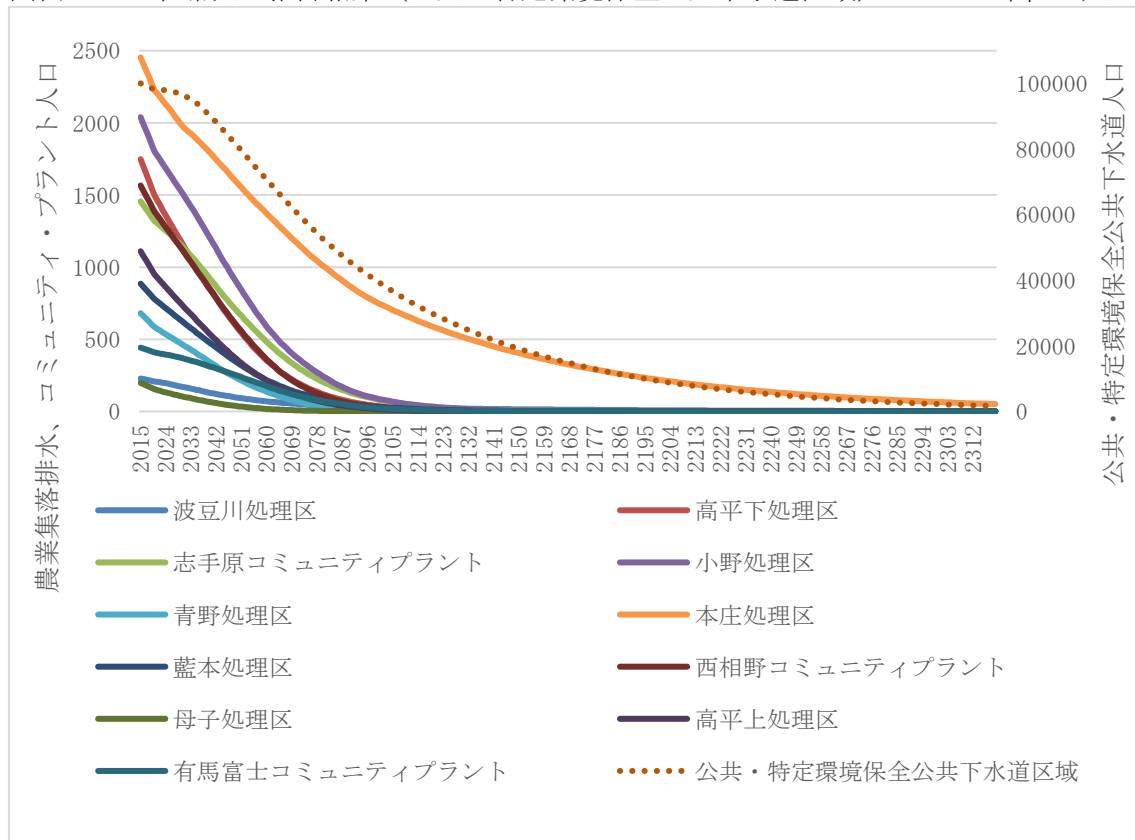
項目	汚水量原単位(L/人・日)	推計式
1人1日最大汚水単位	300	
不明水	30	300×0.1
日平均汚水量	270	$300 \times 0.8 + 30$
時間最大汚水量	780	$300 \times 2.5 + 30$

(筆者作成)

このように算出した日計画汚水量を 365 倍し、これに処理区内の人口を乗ずることにより、処理区別の 1 年あたりの計画汚水量が算出される。しかし、ここでは将来時点のそれらも必要であるため、処理区別の予想将来人口が必要となる。そこで本項では、単純にコーホート変化率法を用い、推計を行った（図表 3-15）。

図表 3-15 世帯人口推計結果（公共・特定環境保全公共下水道区域）

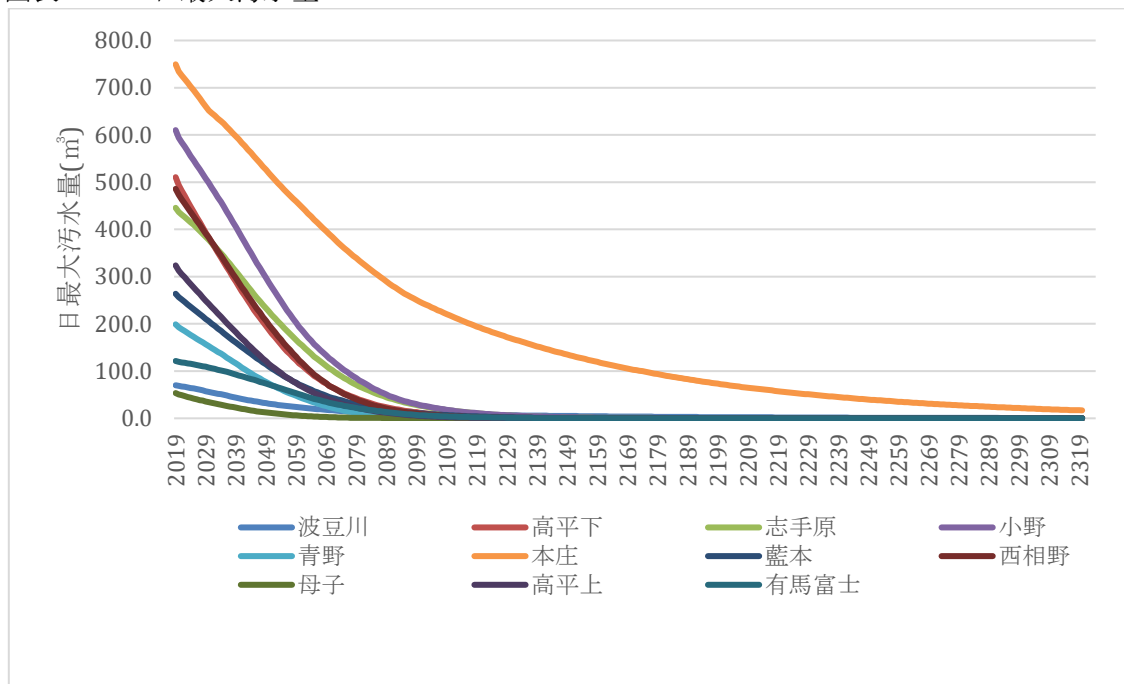
単位：人



(筆者作成)

この予想将来人口に基づき計算すると、処理区別の 1 年あたり計画処理量は図表 3-16 のようになる。

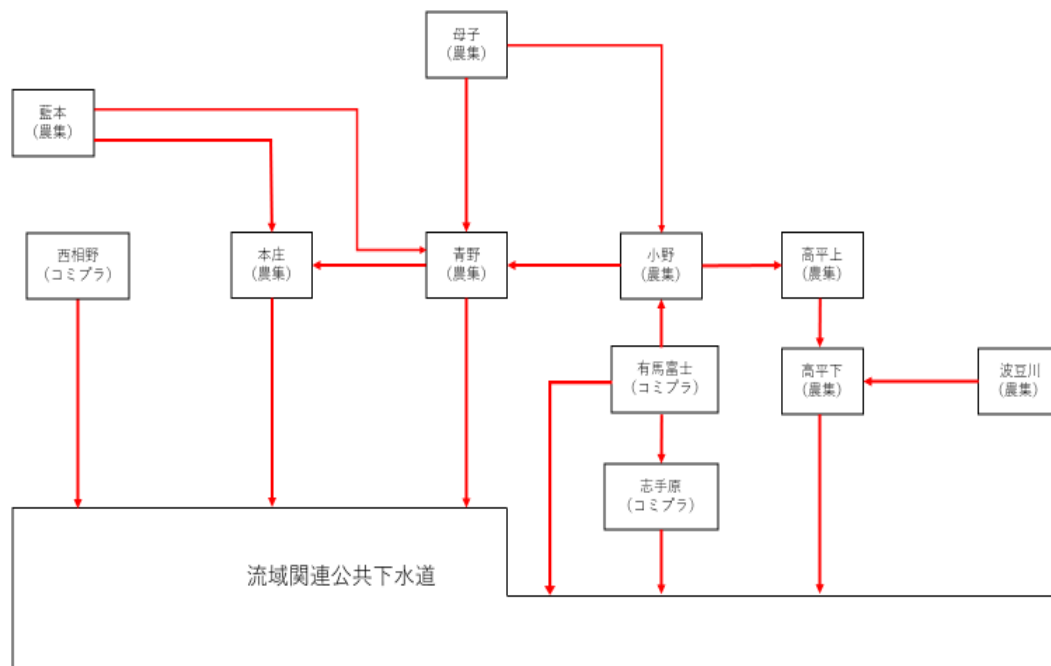
図表 3-16 日最大汚水量



(筆者作成)

さて、この処理区別・年計画処理量に基づき統合処理区の決定を行うが、その組み合わせは次の 3 つの条件で考える。まず 1 つ目の条件は、地理条件を考慮し、隣同士の接続を考える。もし 2 処理区の統合でも広域化効果が出ないなら、より悪い条件下での接続となる 3 か所以上の接続にその効果は出ないことに注意されたい。2 つ目は処理場の増設は考えないものとする。3 つ目は原則として人口規模が小さい処理場から大きい処理場への接続とする。そして上記の 3 つの条件より考えられる接続の組み合わせは、農業集落排水と農業集落排水、農業集落排水とコミュニティ・プラント、農業集落排水、コミュニティ・プラントと公共下水道の 4 種類である。この 3 条件に基づき、2019 年時点の人口で選択された組み合わせを表すと図表 3-17 の 17 通りになる。

図表 3-17 接続する処理区の組み合わせ



(筆者作成)

最後に、将来統合が可能となる年度を上記 17 の組み合わせに対して算出する。ただし、公共下水道を含む組み合わせは、処理場が三田市外にあるので処理場の処理能力ではなく、管渠の余裕率で判定することとなる。とは言うものの、管渠の余裕率に関してデータはなく、三田市にヒアリングを行ったところ管渠は過大につくられており、余裕率を気にする必要はないとのことであるため、公共下水道と統合する場合は、処理能力を考えず、初年度の 2019 年に接続可能と設定した。図表 3-18 は、三田市の統合可能年度は、その公共下水道との接続も含めたすべての組み合わせの統合可能年数をまとめたものである。日最大汚水量が多い地区同士ほど接続可能年数が遅くなるが、全ての地域において 50 年以内に接続可能となることがわかる。

図表 3-18 三田市の統合可能年度

地区	年度	地区	年度
波豆川→高平下	2019	青野→公共	2019
高平下→公共	2019	青野→本庄	2048
志手原→公共	2019	本庄→公共	2019
有馬富士→志手原	2019	藍本→本庄	2052
有馬富士→公共	2019	藍本→青野	2035
高平上→高平下	2019	西相野→公共	2019
小野→高平上	2036	母子→青野	2019
有馬富士→小野	2035	母子→小野	2029
小野→青野	2038		

(筆者作成)

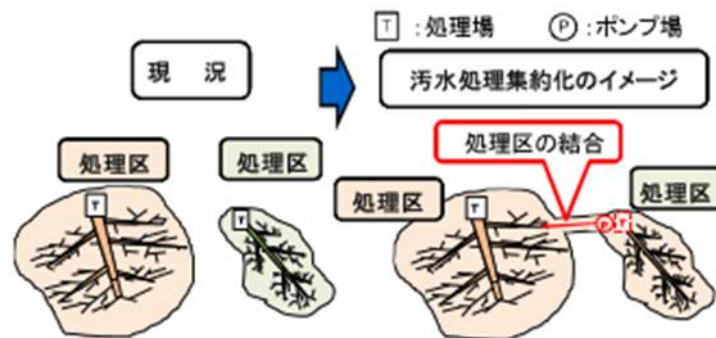
第3目 接続管渠のルート設定

「管渠接続を伴う設備の広域化」では、管渠を地区同士で接続しなければならない。本目では接続管渠の建設費と更新費を算出し、これを「管渠接続を伴う設備の広域化」にかかる費用とするが、これを算出するにはまず接続ルートを考え、接続する管渠の距離を求める必要がある。そこで地理情報システム(GIS)を用いて、以下の3つの手順で管渠の接続ルートを検討した。なお、GISで用いるデータは、三田市から提供された管渠敷設データと国土地理院の道路敷設データである。

① 管渠の接続ポイントの決定

地区の汚水はすべて処理場に集まることに鑑み、ここでは廃止される側の接続ポイントを処理場の管渠と仮定する。一方受け入れる側のポイントは、統合する地区に近い管渠の末端と仮定した(図表 3-19)。ここで問題となるのが管渠の余裕率であるが、前述の通り管渠は一般に過大につくられているため、ここでは考慮せず、一番近い管渠の末端を接続ポイントとする。

図表 3-19 統廃合のイメージ



(国土交通省『下水道事業の広域化・共同化の取組』より引用)

②最短距離を測りルートを設定

接続ルートは、工事の容易さや地理的条件から道路に沿って考えるとする。先ほど使用した GIS 上に道路の敷設状況を表示し、廃止される側の管渠と受け入れる側の管渠の接続ポイント同士がつながる道を選定する。

そして選定された複数のルートの中から、GIS の距離測定ツールで一番距離が短いルートを接続ルートとする。それぞれの組み合わせの接続ルートの距離を表したのが下の図表 3-19 である。

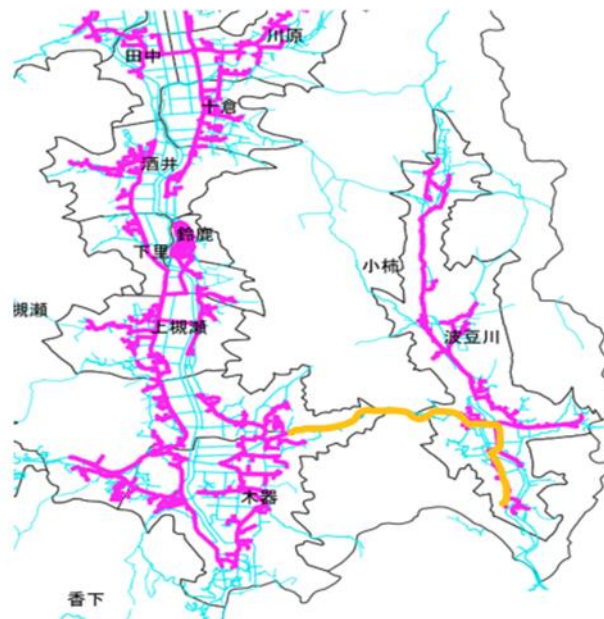
図表 3-20 それぞれの組み合わせの接続ルートの距離

地区	接続距離(m)	地区	接続距離(m)
波豆川→高平下	2,775	青野→公共	2,802
高平下→公共	6,059	本庄→青野	2,468
志手原→公共	1,318	本庄→公共	1,861
有馬富士→志手原	1,780	藍本→本庄	4,650
有馬富士→公共	3,026	藍本→青野	6,345
高平上→高平下	386	西相野→公共	3,060
高平上→小野	4,187	母子→青野	4,469
有馬富士→小野	1,797	母子→小野	8,473
小野→青野	2,735		

(筆者作成)

本来ならば、すべての接続ルートを図示すべきであるが、紙幅の都合、波豆川処理区と高平下処理区を統合した際のルートを例示する。赤色が既存管渠で、水色が道路、そして黄色が統廃合する際の接続ルートである。

図表 3-21 波豆川→高平下の統合ルートの例



(筆者作成)

第4目 管渠建設費の算出

前目より求めた接続管渠の距離を用いてそれぞれの費用を算出する。この費用には将来の更新費も考慮するが、管渠の維持管理費は、建設費と更新費に比べて非常に安価で行われるため、ここでは考慮しないものとする。以下、管渠の接続費用を健全率予測式、管渠の建設費用関数を用いて各接続管渠の建設費用を算出する。国土交通省が利用している管渠の建設費用関数は図表 3-22 管渠建設工事方法の通りである。

図表 3-22 管渠建設工事方法（y：管路の交換費用（万円）、x：管口径（mm））

建設工事方法	概要
開削工法 ($\Phi 150 \leq x \leq \Phi 1200$)	地盤を直接掘削し、管渠を埋設していく工法で、地面から浅い場所に管渠をひく時に用いられる。
	$y = (1.23 \times 10^{-5} \times x^2 - 0.56 \times 10^{-3} \times x + 9.26) \times \frac{109.9}{102.3}$
小口径管推進工法 ($\Phi 150 \leq x \leq \Phi 1200$)	埋設深度が深くに用いられる工法で、管路の始点と終点の位置にのみ縦穴を設け、内径800mm以下管路を敷設する工法。交通の確保や工事公害の防止のほか、安全性や経済性にも優れている。
	$y = (4.16 \times 10^{-5} \times x^2 - 0.59 \times 10^{-3} \times x + 25.6) \times \frac{109.9}{102.3}$
推進工法 ($\Phi 800 \leq x \leq \Phi 2000$)	埋設深度が深くに用いられる工法で、管路の始点と終点の位置にのみ縦穴を設け、内径800mm以上管路を敷設する工法。交通の確保や工事公害の防止のほか、安全性や経済性にも優れている。
	$y = (2.44 \times x^2 - 36.9 \times 10^{-3} \times x + 67.5) \times \frac{109.9}{102.3}$
シールド工法 ($\Phi 800 \leq x \leq \Phi 2000$)	掘削機を直接前進させて、トンネルを掘り、掘られたトンネル内で管路を組み立てる。大掛かりな設備で時間がかかるが、長距離、急曲施工が可能である。
	$y = (1.06 \times 10^{-5} \times x^2 - 16.1 \times 10^{-3} \times x + 102) \times \frac{109.9}{102.3}$

（国土交通省水管理・国土保全局下水道部『流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説 参考資料 平成 27 年 10 月』、『地建興行株式会社ホームページ』『月刊推進技術 2017 年 7 月号 総論』より筆者作成）

本稿では、 $\phi 700$ 以下の管渠には低コストかつ騒音も少ない小口径管推進工法を採用した。 $\phi 700$ より大きく $\phi 2000$ 以下の管路も同様の理由により推進工法を、 $\phi 2000$ より大きい管渠はシールド工法を採用し費用の推計を行った。その結果、管口径別の費用は表管口径別の 1 人当たり管渠更新費のように算出される。

図表 3-23 管口径別の一人当たり管渠更新費

口径(mm)	費用(万円)	口径(mm)	費用(万円)	口径(mm)	費用(万円)
50	27.6	550	40.7	1,700	80.9
60	27.6	600	43.2	1,800	86.1
75	27.7	700	49.0	1,900	91.8
80	27.7	780	54.2	1,920	93.0
100	27.9	800	57.6	2,000	98.1
110	28.0	840	57.7	2,100	123.5
120	28.1	870	57.9	2,200	126.6
135	28.2	900	58.1	2,350	131.8
150	28.4	990	59.0	2,400	133.7
160	28.5	1,000	59.1	2,455	135.7
200	29.2	1,100	60.6	2,500	137.5
210	29.3	1,200	62.7	2,600	141.6
220	29.5	1,250	63.9	2,700	145.9
250	30.1	1,300	65.3	2,800	150.4
300	31.3	1,350	66.8	2,900	155.2
350	32.8	1,400	68.4	3,200	170.8
380	33.7	1,450	70.1	3,600	194.9
400	34.4	1,500	72.0	3,800	208.3
450	36.3	1,650	78.5		
500	38.4	1,670	79.4		

(筆者作成)

こうして求めた口径別の管渠建設費用を利用して1年目の管渠接続費用を算出する。
結果、図表 3-24 のようになる。

図表 3-24 1 年目の管渠建設費用

接続場所	費用(万円)	接続場所	費用(万円)
波豆川→高平下	86,951.45	青野→公共	87,797.46
高平下→公共	189,851.82	本庄→青野	77,331.95
志手原→公共	41,298.02	本庄→公共	58,312.30
有馬富士→志手原	55,774.26	藍本→本庄	145,702.42
有馬富士→公共	94,819.38	藍本→青野	198,816.13
高平上→高平下	12,094.87	西相野→公共	95,881.59
高平上→小野	131,194.85	母子→青野	140,031.00
有馬富士→小野	56,306.94	母子→小野	25,488.33
小野→青野	85,698.09		

(筆者作成)

2 年目以降の接続管渠更新費用を推計するにあたり、管渠の劣化を考慮する必要がある。そこで以下では、国土技術政策総合研究所の『平成 22 年度下水道関係調査研究年次報告書集』に倣い管渠の健全率を予測する。健全率とは全体資産数に対する健全資産数の割合で定義される。そしてこれを経過年数ごとにプロットしたものが健全率曲線であり、プロットを近似したものが健全率予測式である。健全率予測式は、管渠全体の劣化状態の進行状況を表しており、この健全率予測式により、ある経過年数後に全管渠の何割を改築する必要があるかを把握することができる(図表 3-25)。

図表 3-25 健全度の説明

緊急度	概要
緊急度Ⅰ	劣化状態により速やかに措置が必要
緊急度Ⅱ	簡易な対応により必要な措置を5年未満まで延長できる場合
緊急度Ⅲ	簡易な対応により必要な措置を5年以上まで延長できる場合
劣化なし	健全であること

(筆者作成)

本稿では全国の劣化データを用いて、緊急度Ⅰになる生存率 $E(i)$ (i =管路生存時間、管路建設からの経過年数)は Weibull 分布に従うと仮定する。よって生存率と管路生存時間の関係式は以下のように表示できる。

$$E(i) = \exp\left[-\left(\frac{i}{\eta}\right)^m\right]$$

最尤法により Weibull のパラメータを導出し、さらに全国の平均管路改修率を乗じて、健全率 $P(i)$ を算出した。この(生存)確率分析の結果は表 3-25 で示されている。推定されたパラメータは 1 % 有意である。

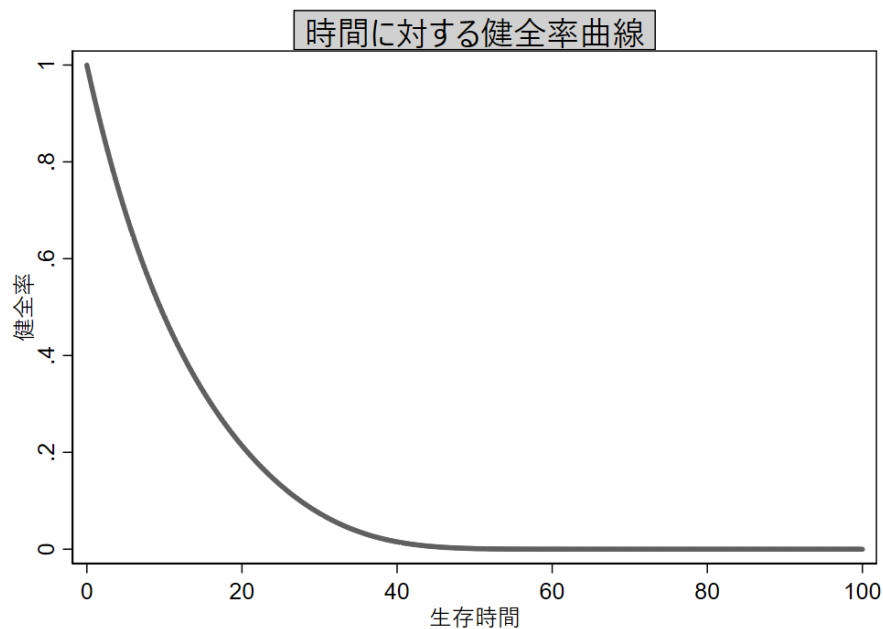
図表 3-26 推定結果

生存時間	hazard	標準誤差	z	P値	95%信頼区間	
定数項	1.93E-07	6.11E-09	-487.52	0	1.81E-07	2.05E-07
ln(p)	1.357163	0.002041	664.99	0	1.353162	1.361163
weibullパラメーター						
m	3.885154	0.007929			3.869644	3.900726
η	0.2573901	0.000525			0.2563626	0.258422

(筆者作成)

健全率の時間分布は図表 3-27 で示されている。管路生存時間の増加と共に、健全率が減少する。そして、管路の生存時間が 42 年以上になると、健全率が 0 に収束する。

図表 3-27 健全率の時間分布



(筆者作成)

次に、2 年目以降の接続管渠の更新距離は次のように算出した。初年度に建設した管渠は健全率予測式により算出された確率で毎年劣化が進み、緊急度Ⅰのものが出現する。次年度以降は緊急度Ⅰとなったものを毎年再建し、また再建した管渠も同様に健全率予測式を利用し緊急度Ⅰとなったものを再び建設しなおす。これを繰り返すことによりその年度の管渠の建設距離を算出した。また 2 年目以降の更新費用は現在の価値で割り引いて考えた。以上を式に表すと以下のようになる。

$$\sum_{i=0}^{\infty} \frac{P}{(1+r)^i} = K_0 Y + \sum_{i=0}^{\infty} \frac{\sum_{j=0}^{i-1} E_{i-j} E_j K_0 Y}{(1+r)^i}$$

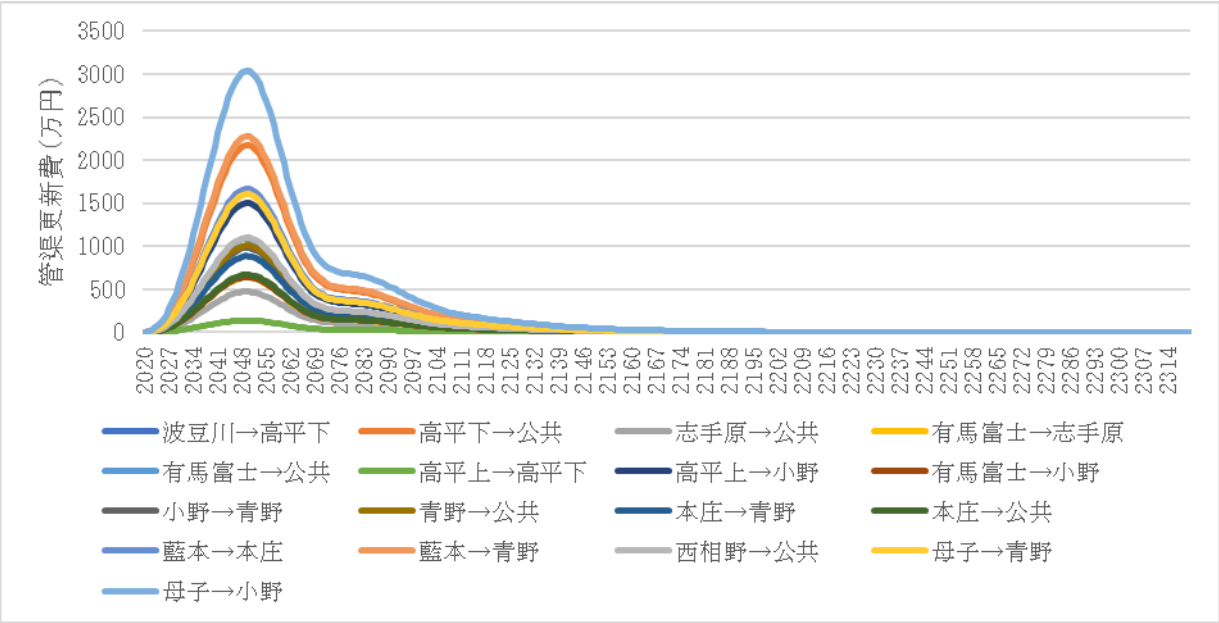
図表 3-28 変数の説明

変数	説明
P'	i年口径xにおける支払金額
K_0	新規建設した管渠(m)
E_j	j年目の危険度Iとなる確率
Y_x	口径xの費用（万円）
i	経過年数
j	管渠の経過年数
r	割引率
x	管口径(mm)

(筆者作成)

左辺は現在の価値で割り引いた 1 年あたりにかかる費用の合計を表している。また右辺は先に算出した毎年度建設する距離に費用をかけたものの総和を、現在の価値で割り引いたものである。しかしながらこの右辺は解析的に解くことができないため 300 年間で算出した。これは割引率 4% の下では 300 年以後の管渠更新費用の現在割引価値はほぼ 0 となるためである。以上より次年度以降の接続費用は以下の通りになる。

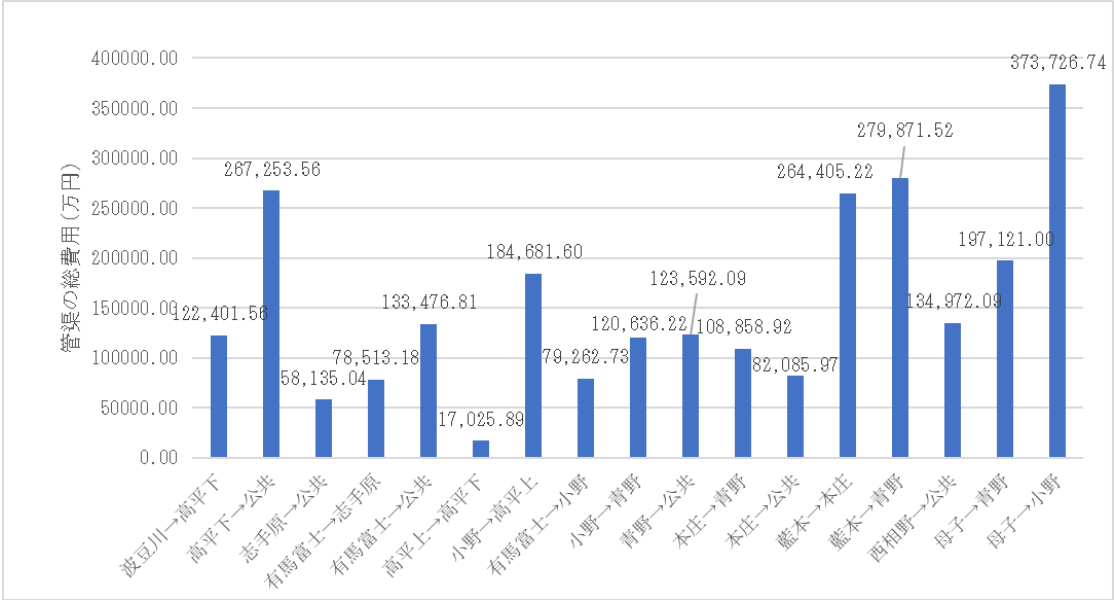
図表 3-29 2020 年度以降の管渠接続費



(筆者作成)

また、以上の各組合せの接続管渠にかかる建設費と更新費の合計が次のようになる。

図表 3-30 管渠の更新・建設にかかる総費用



(筆者作成)

第4項 処理場の維持管理費の導出

処理場の維持管理費の算出は、『マニュアル』の農業集落排水処理場の費用関数を用いた。三田市にある処理場は、農業集落排水事業とコミュニティ・プラントの2事業であるが、コミュニティ・プラントの処理場の費用関数はないため、農業集落排水処理場の費用関数を同様に用いた。

$$C_t^x = 3.7811 \times X_t^{0.6835}$$

C_t^x : 処理場維持管理費 (万円/年)

X : 計画人口 (人)

この費用関数に第2項の各地区の将来人口推計の結果を用いて、年度別の各処理場の維持管理費の将来予想値を算出した。

次に、統合・接続により、2つあった処理場が1つになるため、廃止になった処理場の更新費用が削減される。そこで以下廃止される処理場の更新費を求める。処理場全体の耐用年数は、土木建築物50年、機械電気設備25年、『マニュアル』に倣い土木建築物：機械電気設備の比率を1:1として計算し、33年と設定し、処理場の建設費用も『マニュアル』の費用関数を用いた。

$$Y_t = 227.12 \times X_t^{0.6663}$$

図表 3-31 変数の説明

変数	説明
Y_t	t年度の処理場建設費
X_t	t年度の計画人口
t	年数

(筆者作成)

そして処理場の建設年数と耐用年数を考慮し、次年度以降の処理場更新費用の割引現在価値を導出する。

$$\sum_{t=1}^{\infty} \frac{Y_t}{(1+r)^{33(t-1)}}$$

図表 3-32 処理場更新費用

変数	説明
Y_t	t年度の処理場更新費
t	年数
r	割引率

(筆者作成)

繰り返すが処理場全体の耐用年数は 33 年であることに注意されたい。さて処理場の更新費用は人口により左右されるためこの式を解くことはできない。したがって第 3 項第 4 目と同様に 300 年後の更新費用は現在の価値で考えるとほぼ 0 となるため、以後 300 年間の費用の割引現在価値を算出した。

第5項 「管渠接続を伴う設備の広域化」の費用削減効果

以下、これまでのシミュレーション結果をまとめ、第 1 項で述べた仮説の成否を検討する。まず、「管渠接続を伴う設備の広域化」の効果は、(1)2 つあった処理場を 1 つにするため、効率性が上がり処理場の維持管理費は 1 つの地区のみとなる、(2)また処理場を廃止するため 2 つあった処理場の更新費用は 1 つとなる、の 2 点で定義されている。そして費用は、「管渠接続を伴う設備の広域化」した場合は管渠の接続費である（図表 3-33）。

図表 3-33 「管渠接続を伴う設備の広域化」前後の変化

	統合前	統合後
維持管理費	2処理場分	1処理場分
処理場更新費	2処理場分	1処理場分
管渠接続費	不要	必要

（筆者作成）

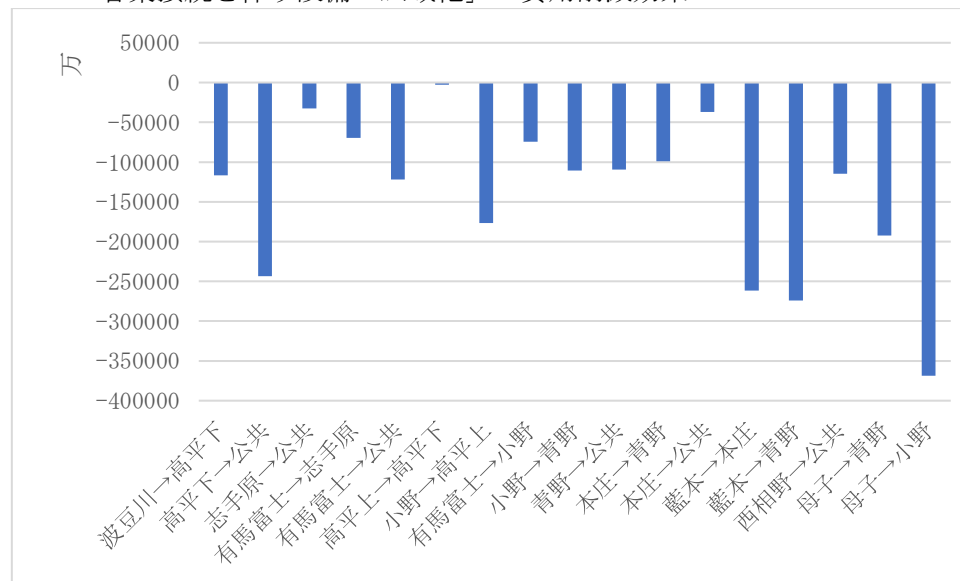
これを同じく第 1 項で述べた以下の式により、処理区ごとに求めたのが図表 3-34 である。この図より明らかなように、すべての処理区においてこの値はマイナス、すなわち、「管渠接続を伴う設備の広域化」に費用削減効果がないことが示された。よって、本節の検証仮説、

仮説：「管路の接続費用を含め広域化を分析すると、現状を維持するより費用が高くなる。」

は正しいといえる。

$$\sum_{t=1}^{\infty} \frac{\{(M_t + T_t) - C_t\}}{(1+r)^{t-1}}$$

図表 3-34 「管渠接続を伴う設備の広域化」の費用削減効果



(筆者作成)

第6項 結果の解釈

第1項で述べた仮説に対し、分析の結果は以下のように解釈できる。

仮説：「管路の接続費用を含め広域化を分析すると、現状を維持するより費用が高くなる。」

「管渠接続を伴う設備の広域化」による費用削減効果はすべて 0 より小さい結果となり、仮説が支持された。したがって、広域化を考える場合には管路の接続費用が重要な要素となっていることが分かり、「管渠接続を伴う設備の広域化」は費用削減にはつながらないといえる。

第4節. 最適化に関する分析

第1項 分析の方向性

前節より、管渠の更新費用が費用削減政策において重要であることが分かった。そこで、本節では兵庫県三田市において現状の管渠を維持した場合(集合処理)と、4事業12処理区を浄化槽に変更した場合(個別処理)の費用を比較し最適化の費用削減効果を検証する。そこで、集合処理では第4節5項で用いた管渠の費用関数や健全率予測式に基づいて管渠の更新費用を算出する。また、個別処理の浄化槽の設置費用、維持管理費用に関しては『国土交通省水管理・国土保全局下水道部の費用便益分析マニュアル』をもとに浄化槽の設置、維持費用を算出し、集

合処理と個別処理を比較した。前節と同様に以下で求める費用はすべて割引現在価値ベースで考える。

第2項 検証仮説

仮説：「最適化を行った場合、膨大である管渠更新費用が削減できるため、現状を維持するより費用は抑えられる。」

個別処理費用が集合処理費用より低くなれば、最適化による費用削減効果を求めることができると思われる。

第3項 集合処理に関する分析

兵庫県三田市の農業集落排水事業では集合処理を行っている。本項では、現状の集合処理を将来も行う場合に発生する費用を、第3章第3節第3項の健全度予測式、管渠の更新費用関数より算出し、人口推計の結果を用いて一世帯当たり費用を処理区域ごとに推定した。そこでまず以下の式より処理区ごとに1年あたりの口径別管渠更新費用 P_x を算出した。

$$\sum_{i=1}^{\infty} \frac{P}{(1+r)^{i-1}} = \sum_{s=0}^{\infty} \frac{1}{(1+r)^i} \left\{ \sum_{x=1}^{\bar{x}} \left(\sum_{s=0}^{\infty} \sum_{j=0}^{i-1} E_{i+s-j} E_j K_{0x,s} Y_x \right) \right\}$$

この式を解釈すると以下ようになる。ある処理区における s 年に敷設した口径 x (mm) の管渠の総延長を $K_{x,s}$ (m) とすれば、0年時に建設された管渠総延長の1年後の更新費の期待値は k 年後の破損率 (1-健全率) を E_k として $E_1 K_0$ となる。次にこの総延長の2年後の更新長を考えると、これには1年目に更新 (補修) した部分が破損する可能性も考えなくてはならないので、 $E_2 K_0 + E_1 E_1 K_0$ となる。よって0年時に建設された管渠の i 年後の更新長の合計は $\sum_{j=0}^{i-1} E_{i-j} E_j K_{0,x}$ となる。よって、 s 年前に敷設した口径 x (mm) の管渠の i 年後の更新長の合計は $\sum_{s=0}^{\infty} \sum_{j=0}^{i-1} E_{i+s-j} E_j K_{0,s}$ となる。しかし、管渠はすべて0年時に建設されたわけではない。そこで、 s 年前に敷設した口径 x (mm) の管渠の i 年後の更新長を考えると $\sum_{j=0}^{i-1} E_{i+s-j} E_j K_{0x,s}$ となる。この式を用いて、口径 x (mm) の管渠の単位当たりの費用を Y_x 万円とすれば、この処理区全体の将来にわたる管渠の建設費用と更新費用の割引現在価値は上式の右辺のように示すことができる。

よって、この費用を賄うための毎年一定の更新費用を P とすれば、この値は上式で求めることができる。しかし、この方程式は E_k の存在により、この方程式は解析的に解くことはできない。そこでここでは300年間で算出を行った¹⁸。その結果、処理区ごと1年間の更新費用は以下ようになる。

¹⁸ 200年の分析と300年の分析ではあまり変化はなかった。

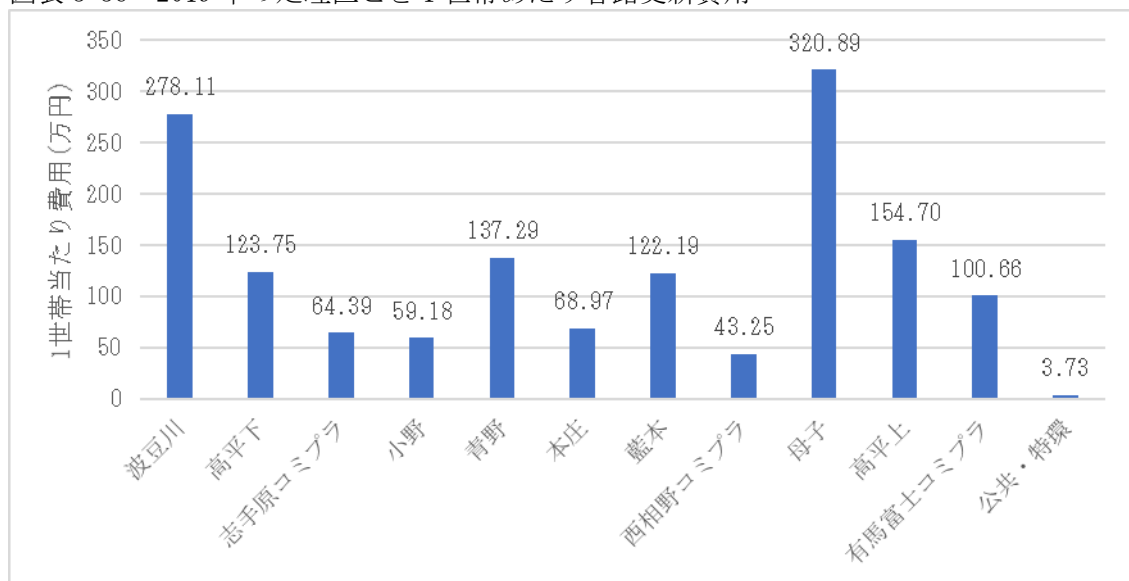
図表 3-35 地区ごと 1 年あたりの更新費用

波豆川処理区	19653.18
高平下処理区	63811.30
志手原コミュニティ・プラント	28888.44
小野処理区	36476.29
青野処理区	27596.00
本庄処理区	52209.39
藍本処理区	32544.13
西相野コミュニティ・プラント	20472.09
母子処理区	17327.99
高平上処理区	50588.53
有馬富士コミュニティ・プラント	13925.10
公共・特定環境保全公共下水道区域	122562.80

(筆者作成)

また、以上の結果を現時点での世帯数で除することで処理区ごとの 1 世帯あたり管路更新費用を算出すると、図表 3-36 の結果を得た。

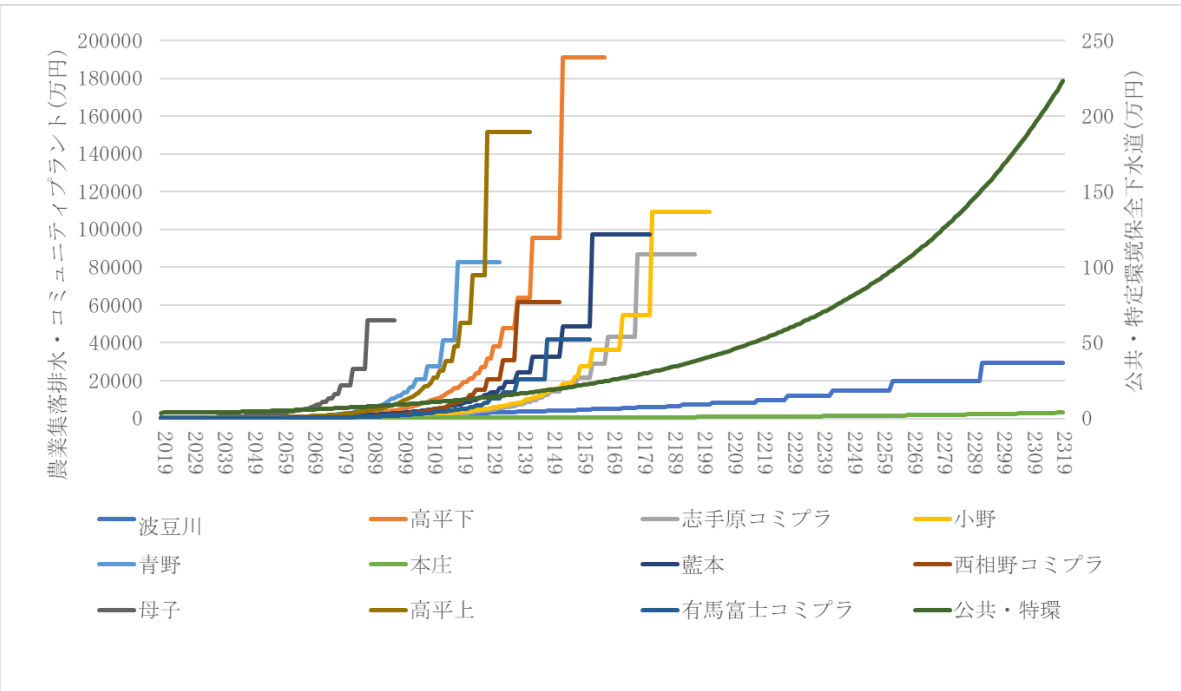
図表 3-36 2019 年の処理区ごと 1 世帯あたり管路更新費用



(筆者作成)

また、将来の人口減少に鑑み、毎年処理区別世帯数で 1 年あたりの更新費用を除くと、図表 3-37 のようになる。

図表 3-37 300 年間の 1 世帯当たりの負担費用



(筆者作成)

第4項 個別処理に関する費用推計

個別処理の推計では浄化槽の設置費用、維持管理費用を用いて 1 世帯あたりの個別処理費用を算出した。個別処理の推計には「国土交通省水管理・国土保全局下水道部の費用便益分析マニュアル」の費用データを利用する。これらのデータは業者からのヒアリングにより算出されている。

図表 3-38 個別処理に関する費用データ

	費用
家庭用合併浄化槽設置単価(万円)	84
維持管理費単価(万円)	6.5

(筆者作成)

まず躯体の耐用年数は、躯体¹⁹は岡山県、福岡県、長崎県の約 2,000 基の FRP 製の単独処理浄化槽及び合併処理浄化槽の使用実績調査結果より 40 年と設定されている。また、機器設備類は浄化槽メーカー6 社のヒアリング調査により 11 年とされる。そして「躯体:機器設備類」の比率を「9:1」として浄化槽の耐用年数は 32 年に設定される。これらを利用し

¹⁹ 躯体（くたい）：管渠の構造を支える骨組みのこと。

て以下の式より 1 世帯が負担する浄化槽設置費用の現在割引価値は、

$$\sum_{t=1}^{\infty} \frac{P_t}{(1+r)^t} = \sum_{t'=1}^{\infty} \frac{Ct'}{(1+r)^{32(t'-1)}} + \sum_{t=1}^{\infty} \frac{Mt}{(1+r)^{t-1}}$$

で算出される。次に集合処理のケースとの比較をわかりやすくするため、1 年あたりの各戸の負担額 P_t を以下のように定義する。

図表 3-39 変数の説明

変数	説明
P_t	t年における支払い金額
C_t	32年間で必要な浄化槽設置更新費用
M_t	浄化槽維持管理費
r	割引率
t	年数
t'	浄化槽設置年度数

(筆者作成)

ここで r は割引率、 C_t は 32 年ごとに必要な浄化槽更新費用、 M_t は浄化槽維持管理費である図表 3-40 からわかるように浄化槽設置費用は 84 万円、維持管理費用 6.5 万円/年で一定であるため、 $C_t = C = 84$ 、 $M_t = M = 6.5$ となる。よって、

$$\sum_{t=1}^{\infty} \frac{P}{(1+0.04)^{t-1}} = \sum_{t'=1}^{\infty} \frac{84}{(1+0.04)^{32(t'-1)}} + \sum_{t=1}^{\infty} \frac{6.5}{(1+0.04)^{t-1}}$$

より $P=11.02$ を得る(なお、右辺の合計は 286.492 万円)。すなわち、1 世帯ごとにかかる浄化槽の費用は毎年 11.02 万円と算出される。

第5項 集合処理と個別処理の比較

第 3 項、第 4 項の比較から分かるように、公共下水道を除く各処理区の 1 年あたりの更新費用は浄化槽の費用は毎年 11.02 万円を上回っている。以上より、公共下水道・特別環境下水道以外の処理区では、現時点においても、すなわち人口減少を加味しなくても、個別処理に切り替えたほうが効率的であると判断できる。

第6項 結果の解釈

第 2 項で述べた仮説に対し、分析の結果は以下のように解釈できる。

仮説：「最適化は更新費用が掛からないため、現状を維持するより費用は抑えられる。」

1 年あたりの 1 世帯負担額はすべての農業集落排水、コミュニティ・プラントの地域において浄化槽の費用を上回っており、仮説は支持された。つまり、広域化を考える場合管渠の費用が重要な要素であり、最適化も含め検討すべきであることが分かった。

第7項 まとめ

以上第 3 項で行った分析をまとめる。

(1)「維持管理・事務の共同化」の費用効果(污水处理費)について、全市町村の各下水道事業について定量分析を行った。その結果、「維持管理・事務の共同化」は污水处理費を削減することが明らかとなった。

(2)次に管渠の更新費を考慮した「管渠接続を伴う設備の広域化」のシミュレーションを、三田市を対象に行った。その結果、①広域化は費用を増加させ、②広域化を考える際は管渠の更新費を考慮する必要があることが明らかとなった。

(3)最後に管渠の更新費がかからない「処理設備選択の最適化」のシミュレーションを行った。その結果、最適化により経費削減効果があることが明らかとなった。

つまり分析の結果、「維持管理・事務の共同化」の費用削減効果は認められるが、「管渠接続を伴う設備の広域化」は費用が掛かりすぎるため、「処理整備選択の最適化」を採用すべきであることが明らかとなった。

第4章.政策提言

第1節. 政策提言の方向性

前節分析の結果、「維持管理・事務の共同化」の費用削減効果は認められるが、「管渠接続を伴う設備の広域化」は費用が掛かりすぎるため、「処理整備選択の最適化」を採用すべきであることが明らかとなった。

よって政策提言では、下水道事業の政策立案に当たって、施設運営面に関しては「維持管理事務の共同化」を推進し、施設設備面に関しては「処理整備選択の最適化」を推進することを提言する。なお、その参考として現状の課題や政策実施の阻害要因を明らかにするため図表 4-1 のようなヒアリングも実施した。

図表 4-1 ヒアリングの概要

年月日	対象機関・部署	対象者
2019年6月20日	三田市上下水道部下水道課	三谷 豊さん（課長補佐）
2019年7月20日		谷本 育水さん（施設係・主任）
2019年8月23日		
2019年10月17日		
2019年8月13日	堺市上下水道局経営企画室事業計画担当 下水道事業マネジメントグループ	担当者2名
2019年8月14日	大阪市建設局下水道部調整課	中川 尚也さん（担当係長） 秋山 肇さん
2019年9月18日	大阪府都市整備部下水道室事業課計画グループ	大田 健二さん（主査）
2019年10月30日		石本 徹さん（技師）

（筆者作成）

第2節. 政策提言

提言Ⅰ：「共同化・最適化計画」の策定・実施

「維持管理・事務の共同化」及び「処理整備選択の最適化」の試算方法を定めて(1)全市町村で上記 2 手法の試算結果の公表(2)試算を基にした今後の汚水処理施設の整備計画を「共同化・最適化計画」として都道府県構想に反映させることの 2 点を義務付けることを提言する。提言先は、国土交通省・環境省・総務省・農林水産省である。

政府は現在、広域化・共同化を推進するため、『経済・財政再生計画改革工程表（2017年改訂版）』において、全ての都道府県における広域化・共同化の計画策定を政府目標として掲げており、これを踏まえ 2018 年 1 月には、上記関係 4 省が合同で全ての都道府県に対し 2022 年度までの「広域化・共同化計画」策定を要請している。「広域化・共同化計画」は、都道府県構想を構成する「整備・運営管理手法を定めた整備計画」の一部として位置付けられている。

このように政府は、「管渠接続を伴う設備の広域化」を積極的に推進しているが、前節分析より、「管渠接続を伴う設備の広域化」は費用削減効果が見込めず、「処理整備選択

の最適化」を採用すべきであることが明らかとなった。そこで我々は、現在政府が推進する計画に「処理整備選択の最適化」の試算結果を反映させ、新たな「共同化・最適化計画」を策定することを提言する。

計画の策定にあたっては、ヒアリングより 5 年程度の期間を要することから、2022 年から 2027 年までを計画策定期間とし、2022 年までに関係 4 省は計画策定に必要となるマニュアルの作成に取り組むこととする。

新たな「共同化・最適化計画策定マニュアル」の策定にあたっては、「維持管理・事務の共同化」に加え「処理整備選択の最適化」の試算方法を記載するとともに、既存マニュアルの改善点を考慮することとする。

現在政府が推進している「広域化・共同化計画」を策定するためのマニュアルとして『広域化・共同化計画策定マニュアル(案)平成 31 年 3 月』及び『持続的な污水处理システムの構築に向けた都道府県構想策定マニュアル平成 26 年 1 月』が挙げられる。しかしこれらマニュアルの改善点として、①広域化の効果試算に管渠の更新費が勘定されていないこと②将来のフレームワークが 20～30 年とされており、施設の統廃合を考慮した際、接続管渠の更新費が勘案させられていないことが挙げられる。よって新たな計画策定に、これらの改善点を反映させるため、①に関しては管渠の更新費を「処理整備選択の最適化」の試算に反映させることとし、②に関しては割引現在価値ベースで考えることで、将来フレームワークの範囲を無限期とする。

計画策定後は、各自治体がそれぞれ計画を実行するとともに、社会情勢等必要に応じて計画を見直すこととする。

第3節. 政策実施の効果

(1) 政策を実施した時の定量的な効果

分析でも述べた通り、現状の管渠を維持した場合、1 世帯が 1 か月で負担しなければならない費用は、農業集落排水・コミュニティ・プラントで 10 万 4690 円、公共下水道・特定環境保全公共下水道区域では 3109 円である。またこれを全地域・全世帯で考えると 1 世帯当たり毎月 1 万 3832 円が必要である。

図表 4-2 事業ごとの更新費用

事業	更新費用（円/1世帯1年あたり）
農業集落排水 コミュニティ・プラント	104,690
公共・特定環境保全公共下水道	3,109
全地域	13,832

(筆者作成)

しかし、農業集落排水・コミュニティ・プラントを全て廃止し浄化槽に変えた（「処理整備選択の最適化」）場合、全地域・全世帯の 1 世帯当たりの毎月の費用は 3754 円であり、

1 世帯 1 か月あたり 1 万円以上の費用削減が見込まれる。

(2) 政策を実施した時の定性的な効果

「共同化・最適化計画」の策定により、管渠の更新費を考慮し、根拠に基づいた政策立案が実施される。さらに既整備地域における「集合処理から個別処理への転換」の取り組みが進められることで、特に人口減少率が高く経営環境の悪化が見込まれる地域において、経営改善による持続可能な污水处理施設の維持管理が期待される。

第4節. 政策実施の阻害要因

現状分析及びヒアリングより「維持管理・事務の共同化」と「処理整備選択の最適化」の阻害要因として、職員不足と財源不足が予想される。以下それぞれに対する政策について述べる。

第1項 職員不足に対する政策提言

ヒアリングより「共同化・最適化計画」の試算を行う職員が市町村には少なく、職員の確保が必要であることが明らかとなった。そこで以下では、計画策定の試算について、都道府県が一括で試算を実施することを提言する。

提言Ⅱ：都道府県が「共同化・最適化計画」の試算を行う

現在、「広域化・共同化計画」を策定するにあたって、都道府県は管内市町村の現状や課題を把握し、広域化・共同化のために近隣市町村のブロック割の設定等を行い、市町村は効果試算や、近隣市町村との合意形成等の具体的な検討を行っている。しかし、ヒアリングより、提言Ⅰの「共同化・最適化計画」を策定する場合、試算を行う際の人員的な面で市町村の負担が大きいことが明らかとなった。そこで、本稿では都道府県が管内市町村の試算を行うことを提言する。提言先は、都道府県である。

第2項 財源不足に対する政策提言

前節分析の結果、既整備地域での「処理整備選択の最適化」を推進すべきであることが明らかとなった。集合処理から個別処理への転換には新たな費用負担が発生するが、現在その実施事例はなく、政府の財政支援の枠組みも整理されていない。よって、既整備地域における「処理整備選択の最適化」を推進するため、政府の財政措置に関する政策提言を行う。

提言Ⅲ：「処理整備選択の最適化」のための自治体への交付税措置の増額

集合処理から個別処理への転換を行う際に発生する新たな費用負担（転換に伴う合併処理浄化槽の設置費用）を自治体が全額補助することとし、全額補助にあたり市町村への交付税措置の増額を提言する。提言先は総務省である。

(1) 「処理整備選択の最適化」での新たな費用負担の発生

以下三田市を例に、新たな費用負担の発生について説明する。

三田市では、集合処理開始時(下水道の接続時)に、利用者が、受益者分担金(戸建住宅:60万/1戸)を支払い、その後は2ヶ月に1度下水道使用料を支払う。その他、敷地内の排水設備整備費・維持管理費(つまり・修繕費)も必要に応じて住民負担となる。一方で、個別処理利用者は、合併処理浄化槽設備費・敷地内の排水設備の各設備費・維持管理費用(点検・清掃・法定点検費等)を負担している(図4-3)。

以上より、集合処理から合併処理浄化槽へ転換する場合、下水道使用料負担が不要となる一方で、過去(下水道接続時)に受益者分担金を払ったにもかかわらず、新たに合併処理浄化槽整備の初期投資(設置費・工事費)・敷地内の排水設備の一部改造費・維持管理費(点検・清掃・法定点検費等)の負担が発生する。そこで転換に伴う合併処理浄化槽の設置費用について、過去に負担した受益者分担金を考慮し、全額補助を行う必要があると考えられる(図表4-3)。

図表 4-3 集合処理から個別処理への転換にかかる費用者負担の概要

集合処理者の費用	個別処理者の費用	集合処理から 個別処理への転換者費用負担	
受益者分担金 (戸建て住宅60万円/1戸)	合併浄化槽整備 (一部補助あり)	受益者分担金 (戸建て住宅60万円/1戸)	集合処理設置 当初の支払い額
下水道使用料	敷地内の排水設備の 各設備費	合併浄化槽整備の初期投資 (設置費・工事費など)	全額補助
敷地内の排水設備整備費 維持管理費 (つまり・修繕等)	維持管理費 (一部補助)	敷地内の排水設備の一部改造 (下水道から合併浄化槽への接 続替え)	
		維持管理費	一部補助
		下水道使用料の不要	

(筆者作成)

(2) 市町村への交付税措置の増額

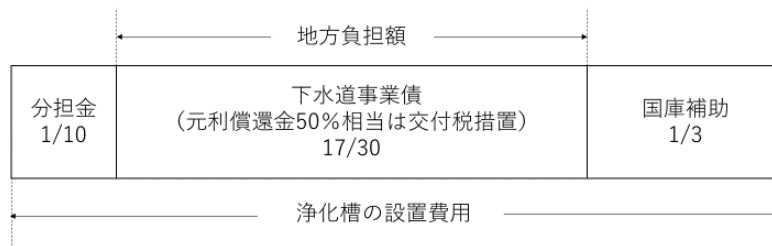
合併処理浄化槽の設置費用について自治体が全額補助を行うが、そのために財源の確保が必要となる。そこで、市町村への交付税措置の増額を行うこととし、以下で説明する。。

現在、未整備地域で合併処理浄化槽を設置する場合、環境省所管の「浄化槽市町村整備推進事業」により、浄化槽の設置費と事務費について財政措置が講じられている。そこで、上記事業を基に、集合処理から合併処理浄化槽への転換にあたり自治体への交付税措置の増額を提言する。

「浄化槽市町村整備推進事業」とは、自治体が未整備地域で合併処理浄化槽の設置を行う場合、浄化槽設置費用の1/10を住民が自己負担すれば、1/3に相当する額の国庫補助を受けられることができる事業である。また残額については全額、下水道事業債による資金調達認められており、元利償還金の50%相当については、後年度事業費補正により基準財政

需要額(自治体の標準的な支出の見込額)に算入(交付税措置)される²⁰。また事務費についても、工事施工に必要な事務の費用として、設置費に対する国庫補助額の 3.5%に相当する額が国庫補助の対象となっている(図表 4-4)。

図表 4-4 「浄化槽市町村整備推進事業」の地方財政措置

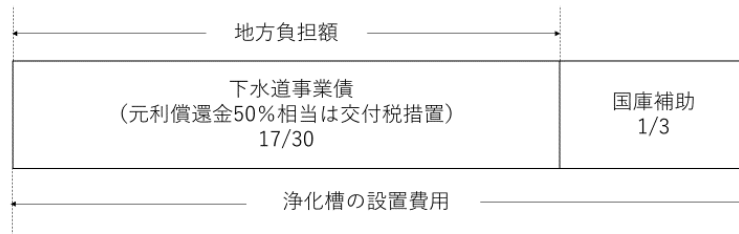


(環境省『浄化槽管理者への設置と維持管理に関する』より筆者作成)

よって上記事業における受益者分担金 1/10 を、地方負担に変更することを提言する(図表 4-5)。(法令では、総務省通知『公営企業の経営に当たっての留意事項について(平成 21 年 7 月 8 日付け総財公第 103 号、総財企第 75 号、総財経第 96 号)』における『第 3 公営企業の経営に係る事業別留意事項』の「4 下水道事業 2-(8)」の変更に当たる。)住民による分担金 1/10 の支払いをなくし、すべて地方負担に変更することで、転換者の財政負担が軽減され「処理整備選択の最適化」が促進されることが期待される。

²⁰ 基準財政需要額への算入方式としては、公債費を費目として設けて「公債費方式」で参入する場合、投資的経費の費目に「事業費補正」により算入する場合がある。「公債費方式」で算入する例としては、辺地対策事業債や地域財政特例対策債があげられる。「事業費補正」として算入される例としては、公園緑地事業債や地域総合整備事業債があげられる。このような措置は、地方交付税の算定を人口や面積といった客観的な指標を基に行う(「静態的な方式」と、大規模な公共事業を行う場合、その事業が一時的に集中し、その事業費が当該団体の財政運営に大きな影響を与えるため、現実の事業費を地方交付税の算定に反映(「動態的な方式」)させるものである。

図表 4-5 「処理整備選択の最適化」の地方財政措置



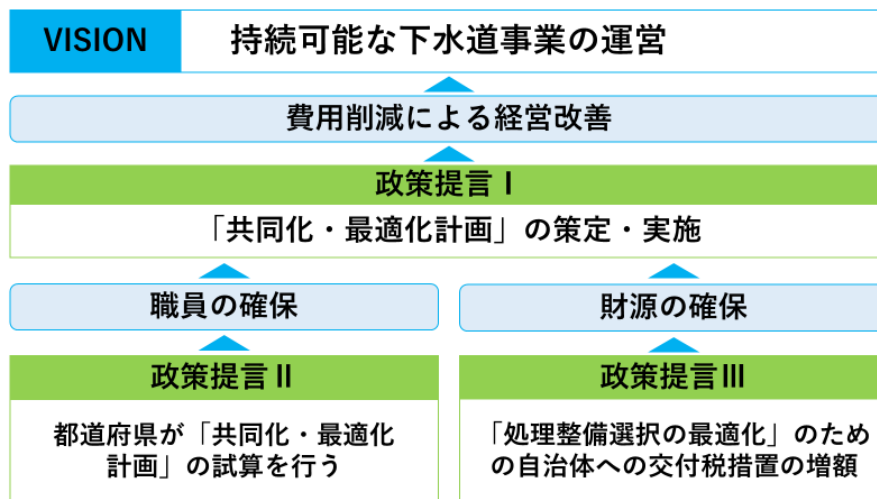
(筆者作成)

第5節. 政策実施の限界

ヒアリングより政策実施の限界として、既整備地域における「処理整備選択の最適化」を実施する際に住民の理解が得られない可能性があることが挙げられた。これは転換により、合併処理浄化槽の点検(年3回)・清掃(年1回)・法定点検(年1回)が必要になる等、新たな浄化槽使用者の心理的負担が発生するためである。これに関しては、住民に対する丁寧な説明等により、理解を得る必要があると考えられる。

しかしながら下水道事業は、今後大量更新期の到来による更新費の増大や、人口減少による使用料収入の減少が見込まれ、さらに下水道事業の経営が非常に厳しい現状を鑑みると経営改善は喫緊の課題であり、既整備地域における「処理整備選択の最適化」の推進について早急な議論が望まれる。

図表 4-6 政策提言のまとめ



(筆者作成)

第5章.終わりに

日本の人口は減少が見込まれ、今後の社会インフラ維持が不安視されている。特に下水道インフラは自治体の公営企業会計で見て最大の支出項目であり、早急の検討が必要である。

下水道事業では、施設の急速な老朽化に伴う施設維持費用や更新費用の増大が予想されているものの、その経営は、使用料収入で経費を賄うことができている地方公共団体が22.2%と厳しい状況にある。さらに、人口減少が使用料収入の減少に追い打ちをかけると見込まれ、財政面から適切な管理を行えなくなる恐れがある。

この状況に対し、政府は、「管渠接続を伴う設備の広域化」・「維持管理・事務の共同化」・「処理整備選択の最適化」を推進しているが、今後の政策立案に向けては主に2点の課題が存在する。まず第1に、政策の根拠となるデータの問題である。政府は「管渠接続を伴う設備の広域化」により施設の更新費や維持管理費等の削減を見込んでいるが、政府が「管渠接続を伴う設備の広域化」の効果を説明する際に利用する経費回収率には管渠の更新費は含まれていない。よって、政府の示すデータは「維持管理・事務の共同化」推進の根拠とはなるものの、「管渠接続を伴う設備の広域化」のそれに資するとは言えない。第2に、既整備地域での「処理整備選択の最適化」の方針を示してはいるが、積極的な政策は示していない。しかし、今後の人口減少は集合処理施設を不要とする規模で進展するはずである。いずれの政策を立案するにせよ、定量分析などの根拠に基づいて推進しなくてはならない。

そこで本稿では「維持管理・事務の共同化」・「管渠接続を伴う設備の広域化」・「処理整備選択の最適化」のそれぞれが真に費用削減効果を持つのかを定量分析によって明らかにした。

分析の結果、「維持管理・事務の共同化」効果は認められるものの、「管渠接続を伴う設備の広域化」は費用削減効果がなく、「処理整備選択の最適化」を採用すべきであることが明らかとなった。よって下水道事業の政策立案にあたり、施設運営面に関しては「維持管理・事務の共同化」を推進し、施設設備面に関しては「処理整備選択の最適化」を推進することを提言した。

しかし、本稿の課題として、施設や管渠について全国レベルのデータが存在せず、分析対象が限定された点が挙げられる。これについては今後の課題としたい。

謝辞

本稿の執筆にあたって、データ収集に関しては兵庫県三田市にご協力いただいた。またヒアリング調査においては、大阪府、大阪市、堺市、兵庫県三田市の担当者の皆様にご協力いただいた。記して感謝申し上げます。

本稿が持続的な下水道事業の運営に寄与することを願い、本稿の締めとする。

第6章.参考文献・データ参照

第1節. 参考文献

- ・ 赤井伸郎・石川達哉(2019)『地方財政健全化法とガバナンスの経済学』有斐閣. 2019 年 11 月 3 日
- ・ 秋山千亜紀(2019), 「将来推計人口に基づいた下水道事業の持続可能性の検討」『環境科学会誌』32 巻 2 号, p. 46-52. 2019 年 11 月 3 日
- ・ 一般社団法人・地域環境資源センター(2007),『農業集落排水施設設計指針 平成 19 年度改訂版』. 2019 年 11 月 3 日
- ・ 遠藤誠作(2015), 「人口減少時代の下水道整備：浄化槽活用についての一考察」『北海道大学公共政策大学院』9 巻, p. 169-183. 2019 年 11 月 3 日
- ・ 遠藤誠作・大村道明(2008), 「中小規模市町村における下水道事業に関する一考察：既存研究・歴史的背景と当面する課題の整理」『農業経済研究報告』39 号, p. 45-61.
- ・ 大滝一草(2018), 「下水道事業の広域化・共同化・最適化の促進に向けて」『公営企業 / 地方財務協会 編』49(11)=587:2018.2 p. 63-70. 2019 年 11 月 3 日
- ・ 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部 廃棄物対策課 浄化槽推進室(2007), 「生活排水処理施設整備計画策定マニュアル」2019 年 11 月 2 日
(<http://www.env.go.jp/recycle/jokaso/data/manual/pdf/all.pdf>).
- ・ 小川浩・倉谷英和(2019), 「官民連携生活排水処理事業と既存施設の活用」『住総研研究論文集・実践研究報告集』45 巻, p. 59-69. 2019 年 11 月 1 日
- ・ 亀本和彦(2005), 「下水道事業に係るいくつかの課題」『国立国会図書館』. 2019 年 11 月 3 日
- ・ 木戸浦茂実・高橋正宏(2011), 「下水道既整備地域において人口減少を考慮した場合の下水処理システム維持管理・改築更新費用のシナリオ別推計—持続と進化をめざす住宅事情に関する研究—」『土木学会論文集 G (環境)』67 巻 6 号, p. II_93-p. II_103. 2019 年 11 月 2 日
- ・ 経済財政諮問会議(2017), 「経済・財政再生計画 改革工程表 2017 改定版」 2019 年 10 月 31 日
(https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/minutes/2017/1221/shiryo_02-2.pdf).
- ・ 月刊「地方議会人」別冊『市町村議員のためのよくわかる地方債』株式会社中央文化社.
- ・ 国土交通省(2018), 「下水道事業における広域化・共同化の事例集 (平成 30 年 8 月) の公表」2019 年 9 月 10 日
(http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/mizukokudo_sewerage_tk_000577.html).
- ・ 国土交通省(2017), 「下水道事業の財政状況」 2019 年 10 月 8 日
(<http://www.mlit.go.jp/common/001282420.pdf>).
- ・ 国土交通省(2017), 「下水道事業の現状」2019 年 10 月 8 日
(<http://www.mlit.go.jp/common/001282414.pdf>).
- ・ 国土交通省水管理・国土保全局下水道部(2019), 『下水道事業の手引き 令和元年版』,

- 日本水道新聞社. 2019 年 11 月 3 日
- ・国土交通省(2007), 「下水道と他の汚水処理施設」 2019 年 10 月 30 日
 〈<http://www.mlit.go.jp/crd/sewerage/shikumi/sonota-osuil.html>〉.
 - ・国土交通省(2018), 「健全度予測式の作成方法」, p.1-13. 2019 年 11 月 2 日
 - ・国土交通省(2019), 「社会情勢の変化等を踏まえた下水道事業の持続性向上に関する検討会」 2019 年 10 月 28 日
 〈<http://www.mlit.go.jp/common/001285630.pdf>〉.
 - ・国土交通省(2018), 「支出を最小にするための取組」. 2019 年 10 月 28 日
 〈http://www.soumu.go.jp/main_content/000561955.pdf〉.
 - ・国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部・下水道事業課 事業マネジメント推進室(2017), 「ストックマネジメントについて」. 2019 年 11 月 3 日
 - ・国土交通省・農林水産省・環境省(2014), 「持続可能な汚水処理システム構築に向けた都道府県構想策定マニュアル」 2019 年 10 月 30 日
 〈<http://www.mlit.go.jp/common/001028145.pdf>〉.
 - ・佐藤主光(2009)『地方財政論入門』新世社. 2019 年 11 月 2 日
 - ・三田市(2019), 「三田市下水道事業経営戦略 平成 31 年度～平成 40 年度(2019 年度～2028 年度)」 2019 年 10 月 27 日
 〈<https://www.city.sanda.lg.jp/gesuido/documents/suidokeyeisenshikuhonpen.pdf>〉.
 - ・白柳博章・北村幸定(2016), 「劣化確率を用いた下水道管の更新事業の評価『土木学会論文集 D3』 Vol. 72, No. 5, I_65-I_72, 2016. 2019 年 11 月 3 日
 - ・総務省・農林水産省・国土交通省・環境省(2018), 「汚水処理事業の持続的な運営に向けて」 2019 年 10 月 8 日
 〈<http://www.mlit.go.jp/common/001228229.pdf>〉.
 - ・総務省(2018), 「公営企業会計の経営のあり方に関する研究会 報告書」 2019 年 10 月 26 日
 〈http://www.soumu.go.jp/main_content/000473607.pdf〉.
 - ・総務省自治財政局準公営企業室(2018), 「下水道財政のあり方に関する研究会 中間報告」 2019 年 10 月 8 日
 〈<http://www.mlit.go.jp/common/001280982.pdf>〉.
 - ・総務省(2018), 「下水道事業・先進的取組事例集」 2019 年 11 月 3 日
 〈http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/c-zaisei/kouei_ryui.html〉.
 - ・総務省自治財政局準公営企業室(2018), 「下水道事業についての現状と課題」 2019 年 10 月 28 日
 〈http://www.soumu.go.jp/main_content/000589599.pdf〉.
 - ・総務省(2017), 「公営企業会計適用の取り組み状況」 2019 年 10 月 28 日
 〈http://www.soumu.go.jp/main_content/000502993.pdf〉.
 - ・総務省(2016), 「収入を確保するための取組」 2019 年 10 月 28 日
 〈http://www.soumu.go.jp/main_content/000561953.pdf〉.
 - ・総務省(2018), 「平成 30 年地方公営企業決算の概要」 2019 年 10 月 25 日
 〈http://www.soumu.go.jp/main_content/000575773.pdf〉.
 - ・高田しのぶ・茂野隆一(2001), 「水道事業の効率性格差との要因」『筑波大学農林社会経済研究』, 18, 31-47. 2019 年 11 月 3 日

- ・地方公営企業制度研究会(2014)『やさしい公営企業会計 第2次改訂版』株式会社ぎょうせい. 2019年11月3日
- ・土居丈朗(2000)『地方財政の政治経済学』東洋経済新報社. 2019年11月3日
- ・土居丈朗(2007)『地方債改革の経済学』日本経済新聞出版社. 2019年11月3日
- ・灘英樹・細井由彦・増田貴則・赤尾聡志(2010), 「財政と住民便益から見た人口減少下における下水道整備の検討」『下水道協会誌/日本下水道協会[編]』47(573) 2010.4, p.135~144. 2019年11月3日
- ・日本下水道協会(2017), 『平成29年度 下水道白書 日本の下水道～連携強化で『持続』と『進化』の実現を加速～』日本水道新聞社. 2019年11月1日
- ・細井由彦・上地進(2007), 「人口減少を考慮した汚水処理施設整備方法の検討」『環境工学研究論文集』44巻, p.207-215. 2019年11月1日
- ・横田・深谷・宮本(2006), 「2. 下水道管きよのストックマネジメント導入促進に関する調査」『国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究室』 p.5-9. 2019年11月3日
- ・Rolf Baur and Raimund Herz(2002), ‘ ‘ Selective inspection planning with aging forecast for sewer types’ ’, *Water Sci Technol* (2002), 46 (6-7): 389-396. 2019年11月1日
- ・Sohie Duchesne, Guillaume Beardsell, Jean-Pierre Villeneuve, Babacar Toumbou and Kassandra Bouchard(2013), ‘ ‘ A Survival Analysis Model for Sewer Pipe Structural Deterioration’ ’, *INRS-Eau Terre Environment Research Center*, Quebec, QC, G1K9A9, Canada. 2019年11月1日
- ・Takero Doi, Takeo Hoshi and Tasyuyoshi Okimoto(2011), ‘ ‘ Japanese government debt and sustainability of fiscal policy’ ’, *Facility of Economics, Keio University, Japan, J-Japanese Int. Economies* 25(2011), p.414-433. 2019年11月3日

第2節. データ出典

- ・株式会社かんこう(2017), 「三田市農集・コミプラ施設データ シェープデータファイル」2019年11月3日
- ・国勢調査(2010), 「地図で見る統計(統計 GIS)」『e-Stat』2019年10月31日
 < <https://www.e-stat.go.jp/gis/statmap-search?page=1&type=1&toukeiCode=00200521&toukeiYear=2010&aggregateUnit=A&serveyId=A002005212010&statsId=T000573> > .
- ・国勢調査(2015), 「地図で見る統計(統計 GIS)」『e-Stat』2019年10月28日
 < <https://www.e-stat.go.jp/gis/statmap-search?page=1&type=1&toukeiCode=00200521&toukeiYear=2015&aggregateUnit=A&serveyId=A002005212015&statsId=T000849> > .
- ・国立社会保障・人口問題研究所(2013), 「将来の生存率、純移動率、子ども女性比と0-4歳性比」2019年10月8日 < <http://www.ipss.go.jp/pp-shicyoson/j/shicyoson13/4shihyo/Municipalities.asp> > .
- ・三田市(2019), 「三田市下水道事業経営戦略 平成31年度～平成40年度(2019年度～

- 2028 年度)」。2019 年 10 月 8 日
 (<https://www.city.sanda.lg.jp/gesuido/documents/suidokeyeisenryakuhonpen.pdf>)
- ・三田市(2019), 「三田市水道事業経営戦略 平成 31 年度～平成 41 年度」2019 年 10 月 28 日
 (<https://www.city.sanda.lg.jp/suidou/documents/suidoukeyeisennryakuhonpen.pdf>) .
 - ・三田市下水道課(2019), 「管渠・人口属性データ.xlsx/管更生・布設替え単価表.xlsx」.
 - ・三田市下水道課(2018), 「三田市総合地震計画 管きよ. Shp.」.
 - ・三田市(2019), 「人口及び世帯数(平成 31 年度)」2019 年 10 月 8 日
 (https://www.city.sanda.lg.jp/shimin/h31_jinkou.html) .
 - ・三田市下水道課(2019), 「水道資料(6/20 打合資料)」. 2019 年 11 月 2 日
 - ・三田市下水道課(2019), 「生排計画見直し」. 2019 年 11 月 3 日
 - ・総務省(2014), 「下水道事業経営指標・下水道使用料の概要」2019 年 11 月 3 日.
 (http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/c-zaisei/jititai_2/h26/index.html)
 - ・総務省(2015), 「下水道事業経営指標・下水道使用料の概要」2019 年 11 月 3 日.
 (http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/c-zaisei/jititai_2/h27/index.html)
 - ・総務省(2016), 「下水道事業経営指標・下水道使用料の概要」2019 年 11 月 3 日.
 (http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/c-zaisei/jititai_2/h28/index.html) .
 - ・総務省(2014), 「地方公営企業年鑑」2019 年 11 月 2 日.
 (http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/c-zaisei/kouei26/index_ge.html) .
 - ・総務省(2015), 「地方公営企業年鑑」2019 年 11 月 3 日.
 (http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/c-zaisei/kouei27/index.html) .
 - ・総務省(2016), 「地方公営企業年鑑」2019 年 11 月 3 日.
 (http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/c-zaisei/kouei28/index.html) .