

官民連携生活排水処理事業と既存施設の活用

—持続と進化をめざす住宅事情に関する研究—

主査 小川 浩*¹

委員 倉谷 英和*²

本研究では、人口減少と施設の老朽化が進む中で、現在の状況を出発点として生活排水処理施設を持続的に経営していくための課題を明らかにしその手法を検討した。そこで、現在稼働中の集合処理である公共下水道及び分散処理の浄化槽の将来へ向けた再編成や更新を計画するうえでの課題を抽出し、その解決策を明らかにした。とくに、浄化槽では平成12年に新設禁止となった単独処理浄化槽の合併処理浄化槽への転換策を既設の施設を活用した改造を行い、約1年間にわたる実証試験を実施し、良好な処理水質が得られた。

キーワード：1) 生活排水, 2) 下水処理, 3) 浄化槽, 4) 生活排水処理計画, 5) 官民連携

POLICY RESEARCH ON THE PROMOTION MEASURES FOR REPLACING TANDOKU-SHORI JOHKASOU WITH GAPPEI JOHKASOU

-Continuation and evolution of the johkasou-

Ch. Hiroshi Ogawa

Mem. Hidekazu Kuraya

The domestic wastewater treatment plans have been got ready by sewage treatment systems and Johkasous. Domestic wastewater treatment plans is pursued in the local present conditions in future by a local social, financial, and technical aspect. This report introduces the development process of the Johkasous, and discuss the effect of the Johkasous as the on-site domestic wastewater treatment systems.

1. 研究の概要

本研究では、人口減少と施設の老朽化が進む中で、現在の状況を出発点として生活排水処理施設を持続的に経営していくための課題を明らかにし、その手法を検討する。そこで、現在稼働中の集合処理である公共下水道及び分散処理の浄化槽の将来へ向けた再編成や更新を計画するうえでの課題を抽出し、その解決策を明らかにする。

研究は、図1-1に示す2つのテーマに分けて実施した。テーマ1は、既存単独処理浄化槽の改造工事及びその実証試験を実施した。また、テーマ2は人口減少社会における生活排水処理インフラ改革として公共下水道の進捗状況や公共下水道から個別処理である浄化槽整備に転換する政策的課題の抽出や兵庫県市川町をモデルとし、生活排水処理施設未整備地区について、既存計画を見直した場合の経済的評価を行った。

2. 既設単独処理浄化槽を活用した簡易な合併処理浄化槽化に関する実証実験と単独転換手法の効果検証

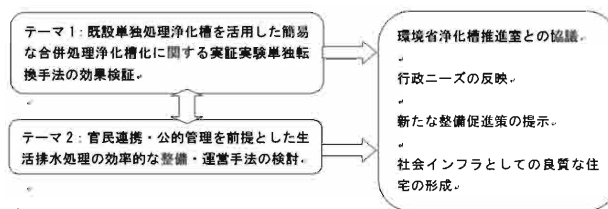


図 1-1 研究フロー

2.1 はじめに

生活排水処理施設整備は地域の特性を考慮し、下水道などの集合処理や浄化槽による個別処理も適正な配置によって進められている。また近年は、人口減少や自治体の財政難を背景に、集合処理から個別処理へと計画を転換する地域もある。しかし、個別処理の代表的システムである浄化槽には、し尿のみを処理する単独処理浄化槽（現、みなし浄化槽という。）と、し尿及び雑排水を併せて処理する合併処理浄化槽（以下、浄化槽という。）があり、公共下水道が未整備の地域においてトイレの水洗化が進められた時代に単独処理浄化槽が多数設置された。

*¹ 常葉大学 教授・博士（環境科学），*² 北海道大学 教授・修士（芸術工学）

平成13年度から平成28年度までの浄化槽設置基数¹⁾をみると、図2-1のように浄化槽は年度毎に増加し、単独処理浄化槽は年々減少しているが、平成28年度の総設置基数7,589,176基のうち、52.6%が単独処理浄化槽である。単独処理浄化槽は、平成12年に新設が禁止され²⁾、さらに自治体の施策によって公共下水道への接続による廃止、あるいは単独処理浄化槽から浄化槽への転換が進められているが、今のペースでは、30年後においても170万基が残ると予測される。

単独処理浄化槽の設置では、トイレの水洗化が行われても生活雑排水が未処理で放流されるため、周辺地域の水環境の汚濁源になっていることは周知のとおりであるが、浄化槽への転換による利便性が高くないこと、また転換に係るコストが高いことから、住民の積極的な意識が得にくい状況である。しかし、水洗トイレによる快適な生活環境を維持しつつ、水環境の改善や保全を図るためには、早急に転換事業を進捗させる対策をとらなければならない。

小型浄化槽は、昭和63年3月に処理対象人員50人以下のBOD除去率90%以上、放流水のBOD20mg/L以下として構造基準に追加され、平成28年度末現在、1,131,019基¹⁾が設置され、当初の処理方式は、分離接触ばっ気方式及び嫌気ろ床接触ばっ気方式の2タイプであったが、その後、窒素除去型(T-N20mg/L以下)として脱窒ろ床接触ばっ気方式が追加された。そして、平成12年5月に浄化槽の性能規定化²⁾が行われ、浄化槽は性能評価型として1次処理装置に夾雑物除去装置や固液分離装置等、2次処理装置には生物ろ過槽や担体流動槽等が適用され、メーカー毎に構造の異なる機種が実用化された。現在では、新設の浄化槽は、性能評価型が主流となっている。また、2次処理装置のBOD容積負荷も従来の0.2kg/m³・日から0.8~1.0kg/m³・日までの高負荷となり、槽の小型化が図られた³⁾。さらに、転換事業を促進させる目的で開発された小容量型浄化槽(単独処理浄化槽と同等の容量の合併処理浄化槽)も販売される状況になっているが、図2-2(平成27~28年度データなし)で明らかのように、その設置のほとんどが新設であり、転換に寄与しているとは言い難い状況である。さらに、塩澤ら⁴⁾の報告によると、図2-3で示すように、浄化槽の使用人員が減少し、人員比が低くなっている。人員比が年度毎に低下し、5人槽では0.63~0.64、7人槽では0.56となり、現行の有効容量からみると、現在のBOD負荷は著しく低下していると考えられる。

このように、浄化槽において小容量・高負荷で良好な処理水質が得られる技術が開発され、また、年とともに浄化槽の人槽に対して流入汚水量も少なくなり、家屋の大きさに対して小さな人槽でも対応できる可能性が生じていることに鑑みると、既設の単独処理浄化槽を合併処

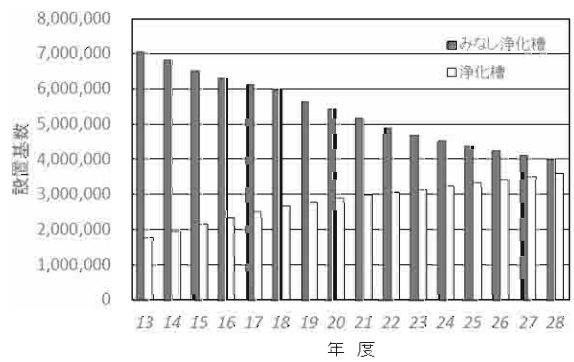


図2-1 浄化槽設置基数の推移

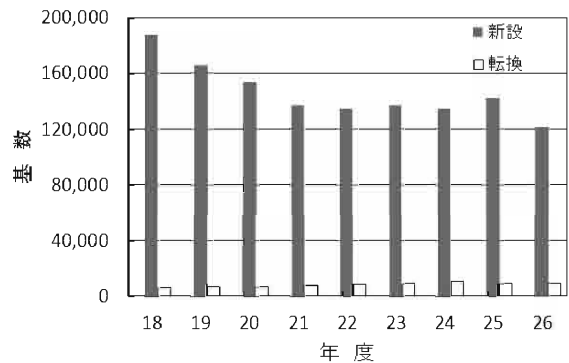


図2-2 新設浄化槽と転換浄化槽の推移

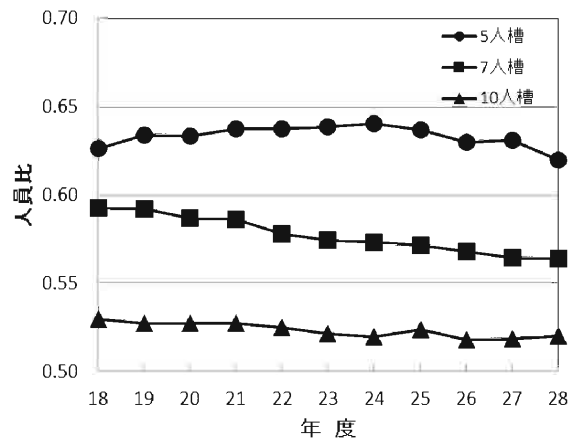


図2-3 人員比の年度別推移

理化する技術を開発することが可能でないかと考えられる。これに関する既往研究では、単独処理浄化槽の処理水と雑排水を併せて処理する変則合併処理浄化槽が構造指針⁵⁾に適用されていたが、新たに設ける処理装置が前記した嫌気ろ床接触ばっ気方式と同容量であるため、敷地面積が広く必要となり、維持管理も2基相当分を実施する必要があるため、ほとんど普及しなかった経緯がある。

そこで、本研究では変則合併処理浄化槽とは著しく異なる方法として、既設単独処理浄化槽の内部を低コストで、簡易にし尿及び雑排水を併せて処理できる浄化槽に改造し、BOD20mg/L以下の処理性能を約1年間にわたり

実証した。また、同時に単独処理浄化槽の後段に膜分離装置を付加し、雑排水と併せて処理する変則合併処理浄化槽とした手法についても検討した。

2.2 実験方法

2.2.1 改造案1

(1) 実証試験対象とした既設浄化槽の概要

対象浄化槽は、新潟県三条市に設置（平成11年10月）されたNEO SB-7型の単独処理浄化槽の7人槽である。処理方式は分離接触ばっ気方式であり、現在の実使用人員は4人（人員比0.57）である。本浄化槽は、定期的に保守点検及び清掃が実施されていた。

(2) 単独処理の合併化への改造方法

改造は、汚水処理の基本原則である流入水中の固形物の分離・貯留を行い、その後、生物膜によるBOD除去で処理することを踏襲した。まず、既設単独処理浄化槽の汚水、汚泥を全量引き抜き、槽内を洗浄した。改造後の断面図を図2-4に示す。

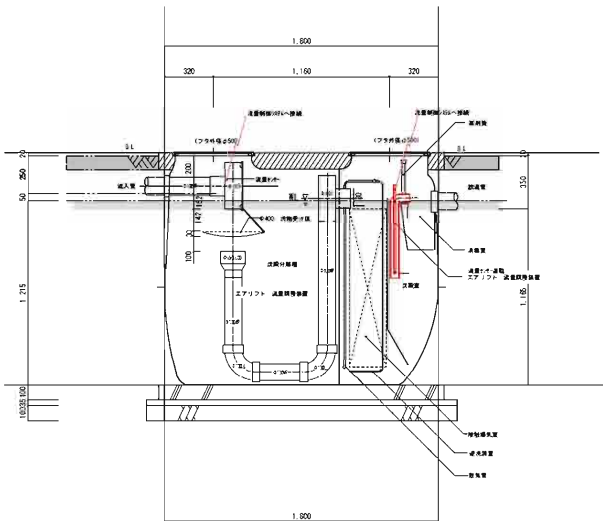


図2-4 既設単独処理浄化槽改造後の断面図

既設の単独処理浄化槽は、1次処理装置として有効容量0.93m³の沈殿分離室が設けられ、2.86日分の滞留時間で固形物を沈降分離する方式であるが、本法では沈殿分離室に写真2-1に示す固液分離装置を流入口に取り付け、固液分離を促進させた。T字管下部の皿状のバフルを設けることにより、汚水流入時の水流を分散させ、沈殿分離室底部の堆積汚泥の攪乱を抑制することができ、流入水中の固形物の沈降分離を進行しやすい効果がある。

次に、固液分離装置の下部付近より口径100mmの塩ビ製U字型パイプで接触ばっ気室流入口に接続した。図2-4に示すように、皿の下部にU字型パイプを設けることにより、沈殿分離室内の中間水は流量を抑えて2次処理装置の接触ばっ気室へ移送されることになる。接続後、

流出口には写真2-2のキャップを取り付け、通常時は口径5または6mmの孔から、また、時間最大流入時には口径10mmの孔から1次処理水が流出するようにし、流量変動を極力緩和させた。改造後のプロウは、既設の30L/分を80L/分に変更した。なお、接触ばっ気室内の改造は行わず、改造前と同様、波板状接触材に生物膜が付着し、生物膜によって汚濁物質が吸着・分解除去される方法である。これらの改造により、各单位装置の水理学的滞留時間及びBOD容積負荷は、表2-1のとおりとなった。

従来の水洗便所汚水に雑排水が加わるため、改造前よりも滞留時間は単位装置によって1/3~1/2まで短縮され、BOD容積負荷も0.3kg/m³・日から0.53kg/m³・日となる。しかし、現在、新設で多く設置されている小容量型浄化槽と比較しても滞留時間は長く、BOD容積負荷も低くなっている。

建物からの浴室、台所、洗面所及び洗濯機からの排水口をすべて雑排水管に接続し、最終升で既設単独処理浄化槽の流入水と合流させ、当該浄化槽に接続し、供用開始とした。



写真2-1 固液分離装置



写真2-2 簡易流量調整装置

表2-1 単位装置の滞留時間・BOD容積負荷

項目	改造前 ^{※1}	改造後 ^{※2}	構造例示型 ^{※3}	小容量型 ^{※4}
処理方式	分離接触ばっ気 (単独処理)	分離接触ばっ気 (合併処理)	嫌気床接触ばっ気 (合併処理)	接触床方式 (合併処理)
総有効容量	1.41m ³	1.41m ³	4.16m ³	2.07m ³
滞留時間				
1次処理装置	2.66day	1.16day	1.64day	0.92day
2次処理装置	20.6hr	9.0hr	24.0hr	7.11hr
沈殿室(沈殿槽・処理水槽)	11.0hr	4.8hr	7.9hr	3.9hr
BOD容積負荷	0.3kg/m ³ ・日	0.53kg/m ³ ・日	0.2kg/m ³ ・日	0.88kg/m ³ ・日

※1:7人槽、50L/人・日(水洗便所汚水)の設計値(人員比1.0)

※2:200L/人・日、4人使用の値

※3:7人槽、200L/人・日の設計値(人員比1.0)

※4:A社、7人槽における1次処理装置及び2次処理装置の設計値(人員比1.0)を示す。

(3) 実証試験方法

実証試験は、平成29年9月より30年7月にかけて実施した。改造工事及び雑配水用配管工事完了後、通水試験を行い、使用開始とした。また、接触ばっ気室には、

SS30mg/L 程度になるようにあらかじめ引き抜いた汚泥を 30L 投入した。

調査項目は、水道使用量、接触ばつ気室内 DO、汚泥蓄積量とした。処理水は、月 1 回の頻度で洗濯排水が流入する 7時から 8時の時間帯に採水を行い、BOD、T-N を測定した。これらの測定は、下水試験方法に準じた。試験期間中の保守点検は、通常の作業と同様に行い、とくに簡易流量調整装置の閉塞の有無について重点をおいた。また、試験終了後には、接触ばつ気室の逆洗を行い、槽内のスカム及び汚泥を全量引き抜いた。

2.2.2 改造案 2

富士市大淵の Y 宅に設置されている単独処理浄化槽の後段にポンプ槽と膜分離槽を設置した。ポンプ槽には、既設単独処理浄化槽の処理水とこれまで未処理放流されていた雑排水（台所排水、風呂及び洗濯排水、洗面所排水等）を併せて貯留し、ポンプで膜分離槽に定量移送させ、精密濾過膜でろ過後、処理水を放流させた。工事完了後、膜分離槽には MLSS 濃度 1,500mg/L になるように活性汚泥を投入した。処理水の採取は月 1 回の頻度で洗濯排水が流入する 7時から 8時の時間帯に行い、実験室に持ち帰り、BOD、T-N 及び T-P を測定した。同時に、膜分離装置の運転状況及び膜分離槽内の MLSS 濃度を調査した。なお、既設単独処理浄化槽は、(株)クボタ U-7M 型の 7 人槽であり、実使用人員は 4 人である。Y 宅の既設単独処理浄化槽と新たに設けたポンプ槽及び膜分離槽の配置は、図 2-5 のとおりである。膜分離槽内には、図 2-6 に示す膜分離装置を水中に充填した。流入水はスポット採水であるが、おおむね BOD150~200mg/L であり、膜分離槽における BOD 容積負荷は 1.0kg/m³・日であった。

処理水のサンプリングは、1 日 1 回、8 時~9 時の流入水量のピーク時（主として、洗濯排水時）に実施した。

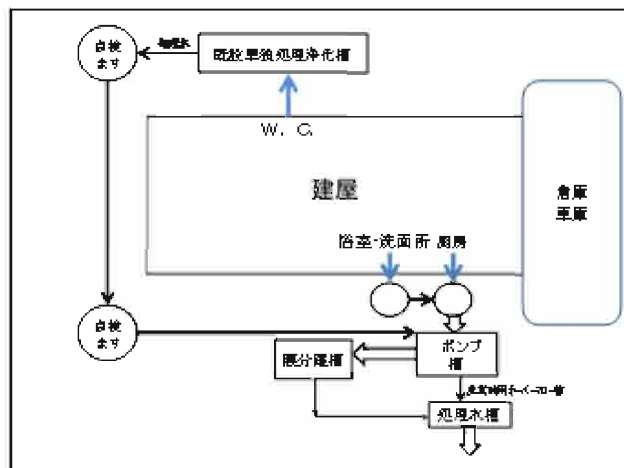


図 2-5 施設の見取り図



図 2-6 膜分離装置の外観

2.3 実験結果並びに考察

2.3.1 既設単独処理浄化槽の内部構造改造モデル

(1) 流入水量

3 月の水道使用量を図 2-7 に示す。0.6~1.0m³/日で日平均汚水量として 0.7m³/日と判断でき、おおむね原単位 200L/人・日の水道使用量であった。また、過去の 2 か月間毎の水道使用量から計算した日平均汚水量も 0.7m³/日であったため、この汚水量から各单位装置の水理学的滞留時間を求めた。その結果、沈殿分離室で 1.33 日 (0.93~1.55 日)、接触ばつ気室で 10.3 時間 (7.20~12.0 時間)、沈殿室で 5.49 時間 (3.84~6.40 時間) であり、表 2-1 に示した改造時の設計条件とおおむね一致した。なお、試験期間中、オーバーフローの痕跡は認められなかった。

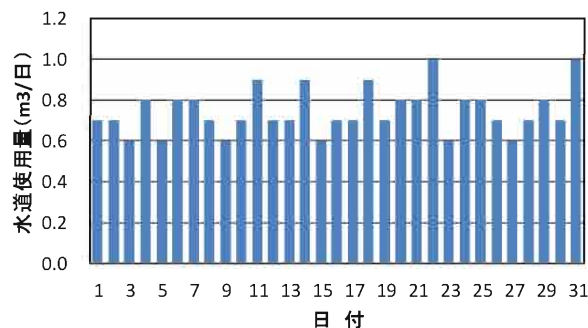


図 2-7 水道使用量の日間変動

(2) BOD 除去

試験期間中の処理水 BOD を図 2-8 に示す。現場で確認した透視度は常に 30cm 以上であり、BOD については若干の変動は認められるが、いずれも 20mg/L 以下で維持され、安定した BOD 除去性能が発揮された。試料採取時の DO は、0.5~4.0mg/L であり、洗濯排水流入時には 0mg/L 付近まで低下する傾向であったが、底部に堆積した汚泥の流出は認められなかった。

このように、流量が簡易ながらもコントロールでき、ブローも 30L/分から 80L/分に変更したことにより、十分な BOD 除去が得られたと考えられる。なお、試験期間中、簡易流量コントロール装置に設けられている孔の閉塞は

発生しなかったが、孔径の小さい箇所には生物膜の付着によって孔が閉塞するおそれもあるため、保守点検時にはその都度掃除を行う必要がある。

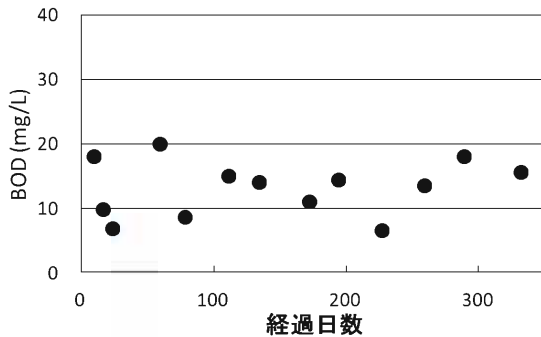


図 2-8 処理水 BOD の経日変化

(3) 汚泥量の推移

試験期間中の沈殿分離室内のスカム及び汚泥の蓄積状況を図 2-9 に示す。底部汚泥は、徐々に厚くなり、試験終了時の 289 日目では 40cm に達し、有効水深の約 1/3 まで蓄積された。59～65 日目に若干汚泥の堆積厚が減少したが、圧密現象が生じたと考えられる。一方、スカムは試験開始 40 日目から発生し、終了時には沈殿分離室の水面全体に浮上した。この現象は、安定な固液分離機能と底部の堆積汚泥の嫌気性分解が進行したことを示しており、新たに設けた固液分離装置の分離機能が良好に発揮されたためと判断できる。また、試験開始 300 日目に接触ばつ気室に充填されている接触材の閉塞が確認され、浮遊汚汚も多く認められたことから、逆洗を実施した。その槽内 SS は 6,000mg/L であり、各単装置の槽内汚泥及びスカム等の全量引き抜きを実施した。本試験では 300 日目に逆洗を行ったが、逆洗作業は接触ばつ気法を適用した浄化槽では、通常の作業内容にも含まれており、実用化された際にも、この作業は必須と考える。

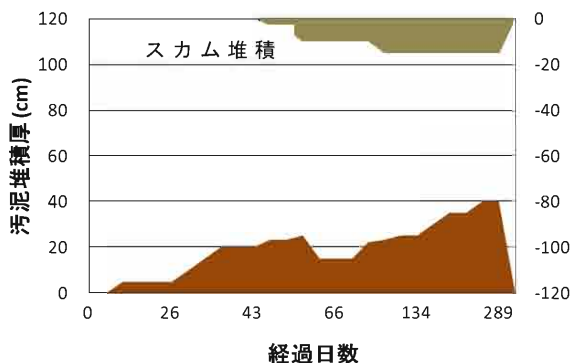


図 2-9 沈殿分離室のスカム及び汚泥の堆積状況

2.3.2 既設単独処理浄化槽に膜分離装置を付加したモデル

処理水質は、図 2-10 に示すように運転開始から 1 か

月程度はやや不安定であったが、BOD は良好であり、試験開始から 10mg/L 以下を維持し、31 日目からは COD10mg/L 及び BOD5mg/L 以下の清澄な処理水が得られた。なお、T-N 及び T-P の除去性能は、発揮されなかった。(図 2-11) また、膜分離槽内の MLSS 濃度は、図 2-12 に示すように時間の経過とともに増加する傾向が認められた。

膜分離槽内の MLSS 濃度の推移から汚泥増殖速度を算出すると、0.0136mg/mg・日であり、従来の活性汚泥法⁶⁾よりも低い状況であったが、その要因は水洗便所汚水が既設単独処理浄化槽によりし尿由来の BOD 量の 65%程度が除去されており、実使用人員が 4 人であったことや膜分離槽内の汚水滞留時間が適正に確保されていたことに起因すると考えられる。

以上のことより、既設単独処理浄化槽の処理水と雑排水を併せて膜分離装置に通水し、吸引ろ過法でろ過することによって、良好な処理水質が得られ、新規に合併処理浄化槽に置き換えた場合の処理性能と比較して同等以上の性能が発揮された。富士市の世帯当たりの居住人員を調査した結果⁷⁾では、浄化槽整備区域における全世帯の 58%が 2 人以下であることから、本手法は有効な手段といえる。

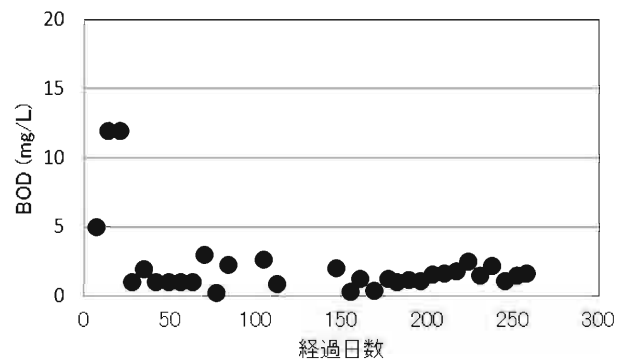


図 2-10 処理水 BOD の経日変化

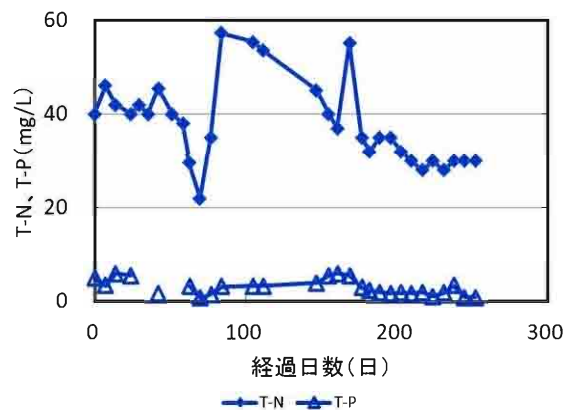


図 2-11 処理水 T-N 及び T-P の経日変化

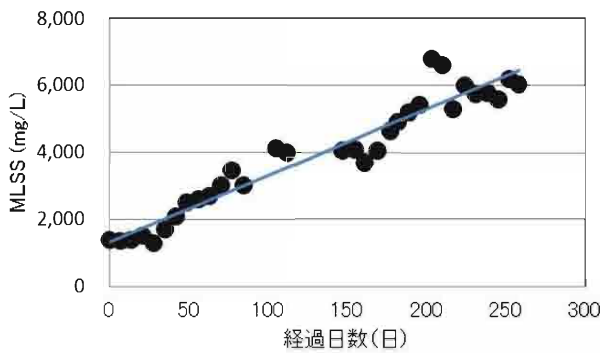


図 2-12 膜分離槽内の MLSS 濃度

3. 官民連携・公的管理を前提とした生活排水処理の効率的な整備・運営手法の検討

3.1 はじめに

本研究では、官民連携・公的管理を前提として、中長期の個人・行政による費用負担が緩和される整備・管理の形態について検討を行い、みなし浄化槽の早期転換手法と、今後の整備促進に向けた課題（財政面、政策面）を整理することとしている。

このため、人口減少社会における生活排水処理インフラ改革をテーマとする公開研究会を開催し、公共下水道・浄化槽整備の進捗状況や公共下水道から個別処理である浄化槽整備への事例等をもとに、整備・転換の促進に向けた政策的課題等について議論を行った。

3.2 生活排水処理インフラの整備・転換の促進に向けた政策的課題等についての検討

3.2.1 パネルディスカッションの実施

我が国における人口減少はいよいよ本格化・顕在化し、市町村の存続可能性について深刻な議論がなされている。今後一斉に押し寄せるインフラ更新需要への対応に着手する必要がある。状況の変化を勘案した見直し・判断が行われなければならない。これまでの生活排水処理では、下水道が大きな役割を果たしてきたが、今後は、下水道・集落排水・浄化槽等を含めた選択・連携も重要になる。

このため、次世代の持続可能な生活排水処理について今後の展望を共有し、様々な角度からのディスカッションを行うため、北海道大学（札幌市）で「人口減少社会における生活排水処理インフラ改革」をテーマとするパネルディスカッションを実施した。なお、パネルディスカッションは、2017年11月10日に北海道大学で開催された「第25回 衛生工学シンポジウム」における企画セッションとして開催した。

表 3-1 パネルディスカッションの概要

○日時：	2017年11月10日
○会場：	北海道大学工学部 フロンティア応用科学研究棟
○タイトル：	「人口減少社会における生活排水処理インフラ改革」（「第25回 衛生工学シンポジウム」企画セッション1）（主催 衛生工学シンポジウム実行委員会）、2017年度第2回公共政策学研究会（共催：HOPS研究会）として開催
○	
○来場者数：	106名（一般（行政、事業者、市民等）、研究者、学生等）
○講演者（パネリスト）：	<ul style="list-style-type: none"> ・喜多村 悦史（東京福祉大学副学長、元厚生省浄化槽対策室長） ・竹内 正志（株式会社西原環境、前日本下水道事業団北海道総合事務所所長、元北海道庁公園下水道担当課長） ・小川 浩（常葉大学社会環境学部）
○司会：	倉谷 英和（北海道大学公共政策大学院）

3.2.2 ディスカッションの概要

（1）背景と課題

・生活排水処理の種類、普及の現状等について 【倉谷】

わが国の社会の現状と今後の推移としては、不可逆な人口減少が進行しており、人口移動が収束しない場合、このままでは“消滅”自治体も出ると指摘された。わが国では、納税者が減り続け、一般会計における歳出・歳入の状況や社会保障関係費の増加と税収の減少が見込まれ、後代世代に過酷な借金依存財政となっている。一方で、道路や下水道等の公共インフラは、老朽化が進み、一斉にインフラ更新需要押し寄せることが見込まれる。

・生活排水処理が直面する課題、改革の必要性について 【喜多村】

集合処理は、人口密集地に限り効率的であって、それ以外の地域では非効率である。しかし、わが国の生活排水処理インフラは、集合処理に比重が偏っており、下水道がそもそも供給超過となっている^{8),9)}。

下水道の整備には多額の費用が必要で、運営においても、公費で使用料が軽減されているのが現状である¹⁰⁾。人口減少地域における集合処理は、1人当たりのコストが高くなるが、本来下水道の利用が増え、浄化槽の利用が減るのが現状となる。

持続可能でリーズナブルな生活排水インフラをつくるためには、将来的には、国の財布は頼みにできず、使用料収入でまかなう必要がある。このため、浄化槽の汚水処理費用を基準として、「撤退戦」も視野に、下水道を整備・更新が可能かを考えるべきである。

浄化槽が「第一選択」となるためには、行政のチェッ

クのもと、清掃、保守点検、法定検査をパッケージ化、維持管理の一元化による利用者の負担軽減、違反事案に対する法律に則った対応の徹底、民間事業者／業界団体や、行政の双方で、「縦割り」を排した一元的な生活排水処理システムの最適化の実現が課題となる。また、下水道区域外では、合併浄化槽を必置化、既存建物には柔軟対応、既設単独処理浄化槽は合併型への転換を義務づけ、撤去費用は全額補助（法改正、予算措置）など思い切った措置が必要である。

（２）これまでの取組み事例

・北海道での生活排水施設整備と下水道整備の事例について 【竹内】

北海道では下水道はほぼ概成しており、未普及の解消に向けては、今後は計画区域における浄化槽整備をスピードアップしていくことが課題である。

浄化槽は個人の設置管理に任せると整備のスピードが遅く、維持管理も不十分な場合があるので、自治体が関与して設置と管理を事業として行うことで、下水道と同様の管理の担保性を持たせることが可能な市町村設置管理型の浄化槽事業が望まれる。

下水道事業と市町村設置型の浄化槽事業を両方実施している自治体は、下水道部局で担当している例が多く、執行体制の面で効率的であり、道内でも下水道部局と集落排水、浄化槽部局の連携を進めている。下水道と浄化槽の連携事例として、浄化槽から発生する汚泥の処理に、下水道施設の汚泥処理機能を一部利用する MICS 事業は今後も有望と考えられる。

長期的観点としては、下水道で整備された区域を浄化槽に置き換えていく方法があるが、その場合は下水道として財産処分としての国費返納などが課題となるため、それに対するセーフティーネットのようなものが整理されない限り市町村としては対応が難しい。

・生活排水処理施設整備計画見直しや浄化槽整備の事例について 【小川】

地方自治体の財政逼迫による行政サービスの低下の懸念、人口減少や高齢化による受益者負担能力の低下を背景として、汚水処理の効率化が必要となっており、未整備区域の計画変更が有力な手段の一つとなる。下水道においては、①下水道による面整備の計画と実績との乖離、②都市部中心の面整備が郊外に移ることによる整備効率の低下、③下水道の老朽化対策に伴う支出増に対して使用料収入の減少といった課題がある。規模の小さい特環公共下水道や農業集落排水施設では、事業費が高額となる傾向がある。兵庫県市川町の例では、特環公共下水道整備予定区域において、集合処理及び個別処理（整備期間；10年間と仮定）の試算を行うと、個別処理（浄化槽整備）への計画見直しが妥当と判断された。

平成 13 年に単独処理（みなし）浄化槽の新設が禁止された以降、みなし浄化槽は－40%と減少しているが、下水道への接続分が 1.3%/年、合併処理浄化槽への転換分が 0.3%/年であり、30 年後においても 170 万基が残存することが見込まれる。今後の転換促進のためには、既設単独処理浄化槽を活用した簡易な合併処理浄化槽化の手法も有効な単独転換手法の一つとなる。今後の課題としては、このようなシステムを補助金の対象として設置の支援を行うこと等により、単独処理浄化槽の合併処理浄化槽への転換を促進するとともに、集合処理区域から個別処理区域への転換、民間手法による浄化槽一括整備事業の適用等による浄化槽システムの新たな展開を図ることが必要である。

（３）ディスカッションと、これからの生活排水の取組みについてのまとめ

今後さらに、下水道と浄化槽が、適切な役割分担で整備を進め、それぞれの役割を果たすとともに、下水道と浄化槽の連携をより一層進めることが必要である。

また、1200 万人もの未普及地域を解消するためには、下水道（整備・更新コスト）、浄化槽（整備・維持管理の体制など）のそれぞれの課題を乗り越えて普及を進めることが必要であるが、さらに、下水道・浄化槽の枠を超えた、国をあげた取組み・提言が求められる。

このため、生活排水の直面する課題（社会の変化（人口減少、集落縮小）、水環境の変化（水質、災害）、行政・事業者の予算・体制・人材の確保）及び下水道・集落排水・浄化槽の各施設に期待される役割を踏まえ、地域の条件（環境（地形、人口、集落）や地域の資源（行政・事業者の体制、資金、既存のインフラ・設備）をどう生かすか）に応じた方式の選択が重要と考えられる。

3.2.3 ヒアリング及びアンケート調査

浄化槽整備を促進するための課題を明らかにするため、平成 29 年 12 月に合併処理浄化槽による生活排水処理施設整備を進めている静岡県富士市において、ヒアリング及びアンケート調査を行い、その結果を集計・解析し、住民のニーズや行政に対する課題を整理した。

アンケート調査では、単独処理浄化槽設置後、現在まで使用している市内の住民 100 世帯を対象に調査票を送付し、回収した。調査項目は表 3-2 に示すとおりであり、回収件数は 41 件（回収率：41%）であった。回答者の年齢構成は、60 歳代以上が 73%で、高齢者世帯が多くを占めていた。

回答者の意見の概要としては、合併処理浄化槽に理解を示すものとして、①処理性能は良く、快適な生活環境が得られる（66%）、②地震に強い（30%）。転換に踏み切れない要因として、③設置費及び維持管理費が単独処理浄化槽と比較して高額である（58%）、④必ずしも合併

表 3-2 アンケート調査項目

浄化槽の設置及び維持管理に関する以下の項目について、あなたの考えをお聞かせください。

選択式の回答は、該当箇所のマークを塗りつぶしてご回答ください。
○：空白マーク ○：正しいぬりつぶし △：不十分なぬりつぶし

記述式の回答は、回答欄からはみ出さないように記入してください。
この用紙は機械で処理します。回答欄以外に書き込みをしたり、用紙を汚したり、折り目を付けたりしないように注意してください。

(1) 【択一選択設問】 あなたの年齢をマークしてください。
 10歳代～20歳代 30歳代 40歳代 50歳代
 60歳代 70歳代 80歳代以上

(2) 【設問グループ】 合併処理浄化槽（トイレ・台所・お風呂など家庭から出る排水すべてを処理する浄化槽）のイメージについてお伺いします。以下の各項目について、あなたが感じている合併処理浄化槽のイメージにどれくらい当てはまるかを答えてください。（各項目、1つずつマーク）

	評価			
	当てはまる	だいたい当てはまる	あまり当てはまらない	わからない
1 処理性能（水質）が良い	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2 悪臭・害虫の発生が少ない	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3 設置費用が安い	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4 維持管理費用が安い	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5 設置スペースが小さい	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6 短時間で設置可能	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7 音が静か（うるさくない）	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8 地震などの災害に強い	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

(3) 【第一選択設問】 貴市では合併処理浄化槽の設置や維持管理に対して補助金を交付していますが、あなたはこのような制度を利用して現在の単独処理浄化槽やくみ取り便所から合併処理浄化槽に替えたいと思いますか。以下の項目から、あなたの考えに最も近いものを選んでください。（1つずつマーク）

(5) 【複数選択設問】 (3) で「いいえ」と回答した方のみお答えください。あなたが合併処理浄化槽に転換したいと感じない理由は次のうちどれですか。次の中から当てはまるものをすべて選んでください。（複数回答可）

- すでに水洗便所が設置されているから
- 設置費用が高いから
- 維持管理費用が高いから
- 設置スペースがないから
- 工事期間中不便になるから
- 設置業者がわからないから
- 高齢世帯だから
- 近いうちに引越しや建替えの予定があるから
- 現状に不満を感じていないから
- 詳しいことがわからないから
- その他

処理浄化槽への転換を希望していない（35%）、⑤すでにトイレの水洗化が済んでいる（20%）、⑥現状に不満を感じていない（25%）といった回答があった。

ヒアリングでは、市民を対象とした浄化槽講座において、参加者 20 人を対象に聞き取り調査を行ったところ、補助金制度・金銭的負担についての意見、浄化槽に対しての質問・意見等があり、補助金申請方法や浄化槽の処理機能、処理性能について回答した。また、下水道については理解されているが、合併処理浄化槽の認知度は低く、既設単独処理浄化槽使用者の意識改革も行う必要があると判断できた。なお、地域住民に対して浄化槽に関する知識を提供する機会も多くすることが必要と考えられる。

3.2.4 課題と考察

(1) 今後の方向性

・集合処理の既整備地域

隣接する集合処理の接続による事業の統廃合・広域化や MICS 事業による汚泥処理施設の共用化・集約化など、事業運営（ソフト面）と施設（ハード面）の両面での効率化が有力な選択肢となる。

・集合処理の未整備地区

集合処理が未整備で整備に長期間かかると見込まれる場合、計画を見直し、集合処理から個別処理に転換することも選択肢となるが、その際は、市町設置型等の浄化槽

事業への切り替えが望まれる。

・浄化槽

自治体が関与して設置と管理を事業として行い、下水道と同様の管理を担保することが可能な市町村設置管理型の浄化槽事業が望まれる。

・管理の一元化、ワンストップ化

下水道・集落排水・浄化槽の担当部局の一元化と官民連携により、事業運営（経営）の効率化、管理体制（組織・人材・技術）の確保・継承にも有効と考えられる。

(2) 今後必要となる取り組みと制度的な課題

・下水道の継続的な維持・運営

インフラ更新需要に対応するとともに、将来的に自主財源（使用料収入）で運営をまかなうことが必要。長期的観点として、将来的に維持が困難となる場合、下水道で整備された区域を浄化槽に置き換えていく方法があるが、その場合は下水道としての財産処分、国費返納のルール整備や下水道事業と浄化槽事業の一体的な運営の仕組みなども課題となる。

・浄化槽の維持管理の向上

個人設置の浄化槽について維持管理の徹底が必要。このため、不適正事案に対する行政の指導の強化に加え、維持管理（清掃、保守点検、法定検査）のパッケージ化・一元化による利用者の負担軽減（維持管理組織、契約・料金収受のワンストップ化）も有効であり、市町村管理又は維持管理組織の設置を原則とするなどの制度的な対応も課題となる。

・単独処理浄化槽の転換促進

既設単独処理浄化槽を活用した簡易な合併処理浄化槽化の手法も有効であり、合併化手法の確立とともに、性能評価方法や補助制度上の位置づけの明確化が課題となる。さらなる転換促進のためには、健全な水循環保全等の観点から、既設単独処理浄化槽は期限を切って合併処理浄化槽への転換を浄化槽法の改正によって義務づけることや、とくに、早期の転換が求められる区域においては、撤去費用は全額補助（法改正、予算措置）するなどの措置の実施も課題となる。

・地域づくりのための重点的投資の推進による生活排水処理の向上

下水道・集落排水・浄化槽を、施設の維持管理の一元化・一体化を前提として、「良好な水環境を創出する、公共的な住宅ストック・都市インフラ」という視点から捉えた重点的・積極的な官民による投資が求められる。このため、例えば、コンパクトで災害に強いまちづくりなどの観点で市街地中心部・集住地区において耐震化・太陽光蓄電化などとセットで生活排水処理の改善を集中的に進める施策や福祉・定住・雇施策などと連携した住宅等の改善の一環として生活排水処理の改善を図るなどの様々な地域づくり施策と連携した自治体の重点的な取

り組みの実施も課題となる。また、上記の各施策の実施にあたっては、住民の理解・協力を得るための周知・意見交換の機会づくりが重要となる。

3.3 集合処理及び個別処理における経済性評価

3.3.1 兵庫県市川町の概要

市川町は、兵庫県の中央からやや南西に位置し、北は神河町、南は福崎町と隣接しており(図3-1)、面積82.67平方キロメートル、東西約13キロメートル、南北約10キロメートルの広さである。町のほぼ中央を南北に流れる市川を中心に開け、古くから、播磨富士の名で知られる笠形山(標高939m)が町の北東部に位置し、山麓には長い歴史を伝える笠形神社や笠形寺などがある¹¹⁾。



図3-1 市川町の位置

1955年に4ヶ村が合併し、現在の市川町となり、その後人口増加が続き、1985年には15,354人となった。しかし、1985年以降は、少子高齢化の進行もあり、自然動態、社会動態がマイナス傾向を示し、2010年には13,288人となり、2015年10月の国勢調査では12,311人(速報値)となっている。

市川町人口ビジョン(国立社会保障・人口問題研究所)の推計によると、10年後の2025年には市川町の人口は10,876人、45年後の2060年には5,644人になると推計されている。

これまで、筆者らは健全な水循環と豊かな水環境の創成を目的に、法的・制度的及び技術的観点からみた生活排水処理システムの政策論的なアプローチから、複雑なシステム体系に対する新たな提言を行ってきた。また、2014年1月には国土交通省、農林水産省及び環境省より、「持続的な汚水処理システム構築に向けた都道府県構想マニュアル」¹²⁾が通知され、時間軸を考慮した生活排水処理施設整備を促進することが求められている。

そのような背景を踏まえて、本研究では兵庫県市川町の特別環境保全公共下水道(以下、特環下水道という。)未整備地区を研究対象モデルとし、集合処理及び個別処理の経済性評価を行った。

3.3.2 市川町生活排水処理施設整備の概要

市川町では、特環下水道(中部処理区1地区)、農業

集落排水施設(6地区)、コミュニティプラント(2地区)が整備され、その他の地区は浄化槽が設置されている。これらの施設により、2015年3月末現在の汚水処理人口普及率が50.5%となっている。未整備人口の内訳は、単独処理浄化槽人口635人、汲み取り便所人口5,641人であり、約90%が汲み取り便所人口となり、早期の水洗化及び雑排水対策が求められている。

現在、西川辺、東川辺、西田中、北田中、上田中、保喜、下瀬加の7地区を南部処理区として、中部処理区同様に特環下水道計画が立案されている。しかし、人口減少や財政難により既計画の有効性の可否に関する検討が必要となっている。そこで、今後整備が予定されている南部処理区を本研究のモデル地区とした。

3.3.3 調査手法

集合処理すなわち特環下水道で整備する場合、建設費は対象区域内に終末処理場、各建築物から終末処理場までの管渠布設をそれぞれ建設する費用を計上した。維持管理費は、終末処理場及び管渠に係る費用を計上した。

建設費のなかで最も多くを占める管渠については、その総延長距離が必要となるためGISを活用した集合処理施設管路距離試算システム⁶⁾を用いて試算した。このシステムは、ゼンリン地図電子版にGIS機能を付加させ、集合処理とする対象エリアを囲むと、その範囲内の各建築物から道路を経由し、終末処理場までの管路の総延長距離を算定するツールである。建築物から直近の道路への線分を求め、条件設定により最短距離を算出することが可能である。なお、個別処理で整備する場合は、すべて5人槽の浄化槽とした。

モデル区内に浄化槽が設置されている場合には、既設浄化槽分を除く設置基数として建設費を計上し、維持管理費は既設分も含めた。

人口減少についても考慮することとし、それぞれの事業費試算の単価を表3-3のとおりとした。なお、筆者ら¹³⁾の検討において、費用関数による試算では必ずしも実態に合わない可能性があることから、終末処理場の建設費を除く費用は、すべて実績値を用いた。

表3-3 集合処理及び個別処理の試算をするための基本諸元

建設費	特環下水道	浄化槽	環境省補助基準額
管渠	9.0 万円/m	—	83.7 万円/基
ポンプ場	—	—	
処理場・浄化槽	37.671 万円	60 万円/基	
維持管理費			6.5万円/基
管渠	283.8 円/m・年	—	市川町実績 保守点検・清掃料金:3.4万円/年、 11家検査料金:5,700円/回、 電力費:12,700円/年
ポンプ場	—	—	
処理場・浄化槽	307.0 円/m ³ ・年	5.2 万円/基・年	

※対象地区内の中継ポンプは不要とし、下水処理場はOD法、建設費は費用関数、維持管理費は実績値により試算する。浄化槽は5人槽とする。

3.3.4 調査結果

2014年度末現在の市川町の人口は、12,675人であり、世帯数は4,914である。町内の汚水処理形態別人口は複数以上の事業が行われており、その内訳は、特環公共下水道が1,849人の14.6%、農業集落排水施設が1,765人の13.9%、コミュニティプラントが1,195人の9.4%、浄化槽が1,590人の12.5%となっている。未整備人口は6,276人であるが、そのうち5,641人は汲み取り便所、635人が単独処理浄化槽人口となっているため、未整備人口の90%は非水洗化人口であった。

モデル地区について現地踏査を行ったところ、旧家屋が多く、汲み取り便所であり、敷地も狭い住宅も認められた。地区内の道路幅は狭いが、バキューム車の進入には支障はなく、水路が多く整備されているため、放流先の確保は十分であると判断された。

モデル地区内の1,221世帯に対して、個別処理の検討では浄化槽597基を整備済みとして扱い、624世帯には新規に浄化槽を設置することとした。624世帯の内訳は、単独処理浄化槽が126基、くみ取り便所が498件であり、モデル地区内の世帯の41%がくみ取り便所住宅であった。そこで、モデル地区内の人口や世帯数を現状のまま推移すると仮定し、集合処理すなわち特環下水道整備を実施した場合と浄化槽による個別処理に転換した場合を比較した。

建設費では、21億9,000万円となり、そのうち建設費総額の83%に相当する18億1,400万円が管路の布設費用が占めている。浄化槽では既設の浄化槽597基を活用し、新規に624基を設置する費用として3億7,400万円となった。維持管理費では、特環下水道が7,660万円/年、浄化槽が既設分も含めて6,350万円/年となった。

これらについて、50年間における総事業費で比較すると、特環下水道が60億2,000万円、浄化槽が35億5,000万円となり、浄化槽が特環下水道の58.9%に相当する費用となった。

次に、人口減少を考慮し、5年毎に30年間で整備すると仮定した試算を行った。なお、管路、処理施設及び浄化槽設置の整備は10年間で完了することとした。また、モデル地区内の人口は、事業開始時の3,163人から2065年には1,971人まで減少すると予測されているが、世帯数は変化しない扱いとした。

特環下水道及び浄化槽整備による50年間で試算した結果を表3-4に示す。

特環下水道による整備では、10年間で処理場及び管路布設が完了し、建設費は総額21億9,000万円になる。維持管理費は人口減少に伴い発生汚水量も減少することから、処理場の50年間における維持管理費は30億3,000万円となる。

一方、浄化槽では10年間で624基を新設する必要が

あり、建設費の総額は3億7,400万円となる。維持管理費は世帯数が一定のため、既設分も含めて30億9,000万円となる。浄化槽の維持管理費においては、1基当たりの費用で積算しているため、集合処理のようなスケールメリットが得られないことから、区域内をまとめて維持管理契約する際に考慮されることが望ましい。

50年間の総事業費で比較すると、特環下水道が52億2,000万円に対し、浄化槽は34億6,500万円となる。すなわち、特環下水道による事業費の66%相当で整備可能となるため、浄化槽事業への変更が経済的に有利となった。さらに、起債償還金や交付税措置を含む収支は、特環下水道では起債償還終了時までの総額が37億4,900万円となる。また、浄化槽では市町村設置型を導入した場合には、総額31億8,900万円となり、個人設置型では起債償還を伴わないため、さらに減額となり、30億5,600万円となり、さらに有利となる。なお、浄化槽事業では、既設の単独処理浄化槽126基分の撤去及び処分費用として、約1,100万円が別途必要になる。

表3-4 特環下水道及び浄化槽による事業費の予測

年度	経過年数	特環下水道						総事業費
		建設費			維持管理費			
		管渠	処理場	小計	管渠	処理場	小計	
2015	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2020	5	90,000.0	37,671.0	127,671.0	1,419.0	33,807.0	35,226.0	162,897.0
2025	10	91,404.0	0.0	91,404.0	2,860.1	32,249.4	35,109.5	126,513.5
2030	15	0.0	0.0	0.0	2,860.1	30,759.1	33,619.2	33,619.2
2035	20	0.0	0.0	0.0	2,860.1	29,336.0	32,196.1	32,196.1
2040	25	0.0	0.0	0.0	2,860.1	27,980.1	30,840.2	30,840.2
2045	30	0.0	0.0	0.0	2,860.1	26,691.5	29,551.6	29,551.6
2050	35	0.0	0.0	0.0	2,860.1	25,458.9	28,319.0	28,319.0
2055	40	0.0	0.0	0.0	2,860.1	24,282.3	27,142.4	27,142.4
2060	45	0.0	0.0	0.0	2,860.1	23,161.8	26,021.9	26,021.9
2065	50	0.0	0.0	0.0	2,860.1	22,086.0	24,946.1	24,946.1
50年間の合計		181,404.0	37,671.0	219,075.0	27,159.9	275,812.2	302,972.1	522,047.1

年度	経過年数	浄化槽		
		建設費	維持管理費	総事業費
		2015	0	0.0
2020	5	18,000.0	23,322.0	41,322.0
2025	10	19,440.0	31,746.0	51,186.0
2030	15	0.0	31,746.0	31,746.0
2035	20	0.0	31,746.0	31,746.0
2040	25	0.0	31,746.0	31,746.0
2045	30	0.0	31,746.0	31,746.0
2050	35	0.0	31,746.0	31,746.0
2055	40	0.0	31,746.0	31,746.0
2060	45	0.0	31,746.0	31,746.0
2065	50	0.0	31,746.0	31,746.0
50年間の合計		37,440.0	309,036.0	346,476.0

4. まとめ

本研究は、快適な住環境を住宅設備でなく、トイレの先の水環境保全に視点をおいたものである。快適なトイレ環境は言うまでもないが、その先の汚水処理システム

のあり方や水環境の水質保全も充実させていくことが必要であることから本研究の意義があると考えられ、以下のことを明らかにした。

- ① 既設単独処理浄化槽の内部構造を一部改造することによって、し尿及び雑排水を併せて処理することが可能と判断された。
- ② 既設単独処理浄化槽の処理水と雑排水を併せて膜分離装置に通水し、吸引ろ過法でろ過することによって、良好な処理水質が得られ、新規に合併処理浄化槽に置き換えた場合の処理性能と比較して同等以上の性能が発揮された。
- ③ 生活排水処理計画を見直し、集合処理から個別処理に転換することも選択肢となるが、その際は、市町設置型等の浄化槽事業への切り替えが望まれる。また、管理の一元化、ワンストップ化が必要であり、既設単独処理浄化槽は期限を切って合併処理浄化槽への転換を法令で義務づけることや、コンパクトで災害に強いまちづくりなどの観点で市街地中心部・集住地区において、耐震化・太陽光蓄電化などとセットで生活排水処理の改善を集中的に進める施策や福祉・定住・雇用施策などと連携した住宅等の改善の一環として生活排水処理の改善を図ることが必要である。
- ④ 実証試験で得た結果は、簡易な改造工事で済むことから、浄化槽維持管理業者が管理している施設を自ら改造することも可能であり、新たな事業展開につながるという。

謝辞 本研究の遂行にあたり、静岡県富士市生活排水対策課の石川浩之主幹の協力をに深謝します。

<参考文献>

- 1) 環境省:平成28年度浄化槽の指導普及に関する調査結果,平成28年12月,環境省廃棄物・リサイクル対策部浄化槽推進室(2016)
- 2) 公益信託柴山大五郎記念合併処理浄化槽研究基金技術ワーキンググループ:浄化槽読本,公益信託柴山大五郎記念合併処理浄化槽研究基金技術ワーキンググループ,東京,34-36(2013)
- 3) 岩堀恵祐,小川浩:浄化槽の評価,建築新技術レポート,(財)日本建築センター,東京,63-65(2010)
- 4) 塩澤富実夫,堀江優,明石響子,立石貴良,谷野敏幸,岡田和明,吉野豪一,小川浩:使用及び維持管理状況から見た小型合併処理浄化槽の処理機能への影響因子,第30回全国浄化槽技術研究会講演要旨集,58-61(2016)
- 5) 日本建築行政会議編:浄化槽の設計・施工上の運用指針,日本建築行政会議,東京,1-2(2015)
- 6) 須藤隆一・橋本奨編:新しい活性汚泥法,産業用水調査会,1-39(2007)

7) 富士市:富士市調査データ(未公開)

8) 『生活排水処理改革—持続可能なインフラ整備のために—』をつくる会=編:生活排水処理改革—持続可能なインフラ整備のために—、『生活排水処理改革—持続可能なインフラ整備のために—』をつくる会=編,中央法規出版,(2017年3月)

9) 環境省:平成28年度浄化槽の指導普及に関する調査結果,環境省廃棄物・リサイクル対策部浄化槽推進室,(2016年12月)

10) 土木学会:人口減少下の社会資本整備-拡大から縮小への処方箋-,土木学会平成13年度会長提言特別委員会編(編者・著者代表丹保憲仁),土木学会,(2002年11月)

11) 市川町:<http://www.town.ichikawa.hyogo.jp>

12) 国土交通省・農林水産省・環境省:持続的な汚水処理システム構築に向けた都道府県構想マニュアル,26-30(2014)

13) 小野理沙子,小川浩,古村ゆう子,花田和敏,東俊史,福島友博:GISを活用した集合処理施設管路距離試算システムの開発,用水と廃水,56(5),351-357(2014)