

平成 23 年度環境研究総合推進費補助金研究報告書

人口減少とインフラ老朽化時代における
生活排水処理システムの持続的マネジメント戦略
K22016, K2365

平成 24 年 3 月

(代表研究者) 鳥取大学 細井由彦

富士常葉大学 小川 浩

京都大学 城戸由能

大阪府立公衆衛生研究所 奥村早代子

静岡県立大学 関川貴寛

人口減少とインフラ老朽化時代における生活排水処理システムの持続的マネジメント戦略

目 次

第1章	はじめに	1
第2章	生活排水処理事業の現状と課題	
2.1	急速な人口減少が進む自治体における生活排水処理	5
2.2	し尿処置施設の更新時期を迎えている市町村の取り組み	7
2.3	浄化槽 PFI 事業の状況	8
2.4	まとめ	12
第3章	全国の浄化槽事業の状況	
3.1	はじめに	15
3.2	整備事業の進捗状況	15
3.3	財政状況	19
3.4	浄化槽事業のまとめ	22
第4章	東日本大震災による生活排水処理施設の被害と対応	
4.1	岩手県における浄化槽の事例	23
4.2	八戸市東部終末処理場調査結果	29
第5章	浄化槽の維持管理費に関する実態調査	
5.1	はじめに	33
5.2	調査方法	33
5.3	保守点検回数と料金	33
5.4	清掃料金	34
5.5	機器類の交換費用	34
第6章	維持管理に関するアンケート調査	
6.1	はじめに	37
6.2	アンケートの結果と考察	37
6.3	まとめ	55
第7章	人口減少を考慮した生活排水処理施設に関する整備費用分析とその検証	
7.1	はじめに	57
7.2	生活排水処理施設整備計画策定財政支援ソフトの概要	57
7.3	モデル地区の現状	58
7.4	シミュレーション結果	60
7.5	地理情報システム（GIS）を活用した生活排水処理施設整備計画策定財政支援ソフト機能の向上	62
7.6	モデル地区における浄化槽整備の PFI 事業の検討	66

第 8 章	生活排水処理システムの老朽化対策としてのアセットマネジメントと環境効率評価	
8.1	はじめに	71
8.2	生活排水処理システムのアセットマネジメントによる施設更新	71
8.3	長寿命化対策としての生活排水処理システムの改築工法の実情	74
8.4	老朽化対策としての生活排水処理システムの改築補修に関するライフサイクル分析	76
8.5	下水道施設の改築・補修に関する LCA	85
8.6	個別システムの老朽化対策としてのアセットマネジメントの試行	90
8.7	汚泥処理に関する LCA	97
8.8	集合処理システムと個別処理システムの LC-CO ₂ 排出量算定と環境効率評価	98
8.9	本章のまとめ	105
第 9 章	し尿処理施設老朽化	
9.1	老朽化の現状	107
9.2	汚泥再生処理センター	109
9.3	生活排水からのリン回収	111
9.4	リン回収型汚泥再生センター	112
9.5	下水道投入への転換	114
9.6	まとめ	115
第 10 章	浄化槽汚泥の広域処理化に関する検討	
10.1	し尿処理を取り巻く問題	117
10.2	今後のし尿処理広域化方策に期待する効果	117
10.3	し尿処理広域化方策の流れ	118
10.4	広域処理区域内のし尿及び浄化槽汚泥排出量予測と広域処理施設の評価	119
第 11 章	浄化槽整備の現状分析と将来予測	
11.1	はじめに	125
11.2	浄化槽汚泥処理の状況	125
11.3	浄化槽の普及状況	132
11.4	浄化槽事業の将来予測	135
11.5	更新を考慮した将来予測	136
第 12 章	人口減少が進む小規模生活排水処理事業の持続的経営施策	
12.1	はじめに	139
12.2	人口減少が進む農業集落排水処理地区における統合を含めた更新計画	139
12.3	人口減少が進む小規模事業体における下水道の更新計画	144
12.4	人口減少が進む小規模な生活排水処理事業における費用負担	152
第 13 章	おわりに	159

第 1 章 はじめに

我が国は人口減少と高齢化が進む社会に入っている。同時に社会基盤施設の老朽化が進んでいる。さらに厳しい経済状況も当面続く。生活排水処理の分野においても、施設の規模の不整合と質的劣化が進む中で、経済効率性と環境効率性を追求しながら、日々の運営を進めつつ将来の体制へと軟着陸させていく経営が求められている。

人口減少時代に入り集合処理か個別処理かという整備手法の選択や見直しが議論されるようになってきているが、主として今後の整備地区に対するものを総括的な経済効率性の観点から評価するのみであり、現状のシステムの老朽化や利用者減への対応、費用分担者の検討、汚泥の扱い等に対する考察はほとんど無く、現実的な検討としては不十分である。

本研究において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。本研究はつぎのような補助事業として実施されたものである。

補助事業名	平成 22 年度循環型社会形成推進科学研究費補助金 (K22016)
	平成 23 年度環境研究総合推進費補助金 (K2365)
所管	環境省
国庫補助金	平成 22 年度 6,177,000 円
	平成 23 年度 4,548,000 円
研究課題名	人口減少とインフラ老朽化時代における生活排水処理システムの持続的 マネジメント戦略
研究期間	平成 22 年 4 月 1 日～平成 24 年 3 月 31 日
代表研究者名	細井由彦 (鳥取大学)
共同研究者名	城戸由能 (京都大学防災研究所)
	小川浩 (富士常葉大学)
	関川貴寛 (静岡県立大学環境科学研究所)
	奥村早代子 (大阪府立公衆衛生研究所)

本報告書は 2 年計画の研究の成果をとりまとめたものである。

第 2 章から第 4 章においては、現地に見る現状と課題を取り上げた。第 2 章においては、人口減少や処理施設の老朽化に直面している中小規模の自治体に対して実施した現地視察の結果を報告する。第 3 章では、統計書より全国の市町村設置型の浄化槽事業について事業の実態把握を行った。第 4 章においては平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災における浄化槽の被害について報告している。

第 5 章から第 7 章においては、浄化槽事業の維持管理と人口減少下の汚水処理施設整備について検討した。第 5 章では、浄化槽の維持管理費についてその実態を維持管理業者に対するアンケートにより調査した結果を報告する。第 6 章では、市町村を対象に浄化槽の維持管理に関するアンケートを実施した結果を報告する。第 7 章では、

モデル地区を選定して，研究者らが開発した生活排水処理整備計画支援ソフトを用いて，集合処理施設と個別処理施設の整備費用に関するシミュレーションを実施し，地区特性と整備費用及びPFI事業の可能性について検討する．

第8章から第12章においては，人口減少が進む中での生活排水処理事業を将来に向けて持続的に運営していくための種々の方策を示す．第8章においては，ライフサイクルアセスメントの面から生活排水処理システムについて検討する．第9章においては，浄化槽汚泥を処理しているし尿処理施設の老朽化の状況について述べる．第10章においては浄化槽汚泥処理の広域化について，ケーススタディをもとに検討する．第11章では具体的な浄化槽事業の実態について，汚泥の収集，輸送，処理の状況について述べる．第12章では，人口減少が進む小さな自治体における生活排水処理システムを持続的に経営していくための種々の方策について検討する．

本研究に関連する発表は以下の通りである．

(論文・解説)

灘英樹・細井由彦・増田貴則・赤尾聡史：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，Vol.47, No.573, pp.135-144, 2010.

細井由彦：小規模地方自治体における下水道の経営，環境技術，第39巻，第11号，2010.

細井由彦・上地進・増田貴則・赤尾聡史・井上康平：水利用機能を考慮した人口減少社会における下水道管路の耐震化，環境工学研究論文集，第47巻，pp.305-314, 2010.

細井由彦・灘英樹・増田貴則・赤尾聡史：人口減少社会への移行過程における下水道事業経営と地域及び世代間負担，土木学会論文集G（環境），Vol.67, No.7, III_577-III_585, 2011.

小川浩・岡城孝雄・国安克彦：浄化槽技術の発展とこれからの生活排水処理施設整備に向けて，季刊環境研究，156，pp.108-115, 2010.

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，pp.63-65, 2010.

小川浩：個別分散型処理システムとしての浄化槽のさらなる進展に向けて，平成22年度版浄化槽普及促進ハンドブック，pp.29-38, 2010.

Ogawa, H., Okashiro, T., Kuniyasu, K.: Development and Historical Background of Johkasou, the Spread of Domestic Wastewater Treatment System in the Future, Messages from Japan's Green Pioneers: Environmental Protection, pp.151-160, 2010.

小川浩・櫛田陽明：個別処理施設としての浄化槽とその役割，月刊下水道，33(5)，pp.32-37, 2010.

Sekikawa T., Kawasaki Y., Katayama Y., Iwahori K.: A simple method for extracting DNA from *Cryptosporidium* oocysts using the anionic surfactant LSS, New Biotechnology, 29(1), pp.139-143, 2011.

Sekikawa T., Kawasaki Y., Katayama Y., Iwahori K.: Comparison between loop-mediated isothermal amplification and real-time PCR on *Cryptosporidium* DNA detection method

without DNA purification, BIT's 3rd World Congress of Industrial Biotechnology 2010, pp.25-27, Dalian, China, p.294(2010)

Sekikawa T., Kawasaki Y., Katayama Y., Iwahori K.: A simple method for extracting DNA from *Cryptosporidium* oocysts with surfactants, 14th International Biotechnology Symposium and Exhibition, pp.14-18, E.22, 2010.

(学会発表)

庵愛美・細井由彦・増田貴則・赤尾聡史：人口減少が進む小規模自治体における生活排水処理事業の持続性の検討－鳥取県を例にして－, 第 47 回環境工学研究フォーラム講演集, pp.254-256, 2010.

細井由彦・小川浩・城戸由能・奥村早代子・関川貴寛：浄化槽汚泥の処理処分費用に関する検討, 第 48 回環境工学研究フォーラム講演集, pp.187-189, 2011.

小川浩・細井由彦・城戸由能・関川貴寛・奥村早代子・山本康次：人口減少を踏まえた生活排水処理施設整備計画策定に関する財政支援評価システムの構築, 日本水処理生物学会第 47 回大会, 2010.

キュウセンセン・小川浩：中国の水環境修復に向けた浄化槽の適用, 富士山麓アカデミック&サイエンスフェア 2010, 2010.

坂本達也・小川浩・岩堀恵祐：下水道未整備区域への生活排水処理システムの導入手法に関する費用関数モデルの適用－静岡市由比・蒲原地区を対象としたケーススタディー, 日本水処理生物学会第 48 回大会, 2011.

キュウセンセン・杉山拓哉・小川浩：担体流動法による BOD 除去特性の評価, 富士山麓アカデミック&サイエンスフェア 2011, 2011.

坂本達也・小川浩・岩堀恵祐：生活排水処理システムの下道未整備区域への導入手法の検討, 富士山麓アカデミック&サイエンスフェア 2011, 2011.

武山英孝・関川貴寛・岩堀恵祐：ジルコニウムを用いたリン回収材の再生利用の検討, 日本水処理生物学会第 47 回大会, 別巻 30 号, p.54, 2010.

高橋悟・関川貴寛・岩堀恵祐：窒素・リン除去型浄化槽の処理機能における鉄化合物の影響, 日本水処理生物学会第 48 回大会, 別巻 31 号, p.40, 2011.

関川貴寛・岩堀恵祐：ベトナム中部の市街地河川における糞便汚染指標菌とビブリオ属細菌の実態調査, 日本水処理生物学会第 48 回大会, 別巻 31 号, p.92, 2011.

高橋悟・関川貴寛・岩堀恵祐：リン除去型鉄電解浄化槽の処理性能に及ぼす鉄濃度の影響評価, 化学工学会第 43 回秋季大会講演要旨集, p.595, 2011.

第2章 生活排水処理事業の現状と課題

生活排水処理事業について、自治体の事例を調査することにより、現在抱える問題点を明らかにし、生活排水処理施設整備について、今後取り組むべき課題を示す。

2.1 急速な人口減少が進む自治体における生活排水処理

急速な人口減少が進んでいる市町村の生活排水処理施設整備として夕張市を対象とした。

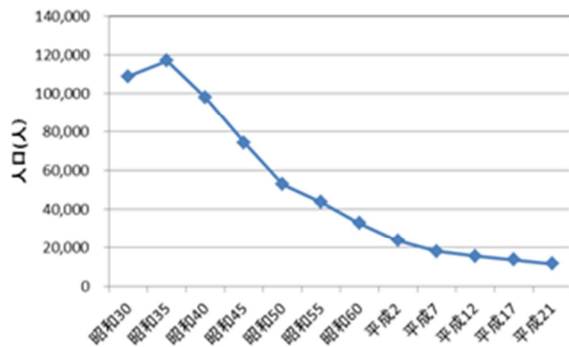


図 2.1.1 人口(3月末)の推移

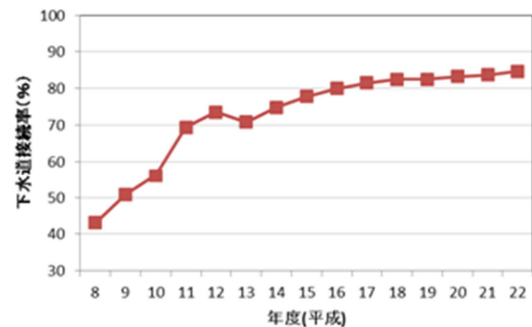


図 2.1.2 下水道接続率の推移

夕張市は明治 23 年に炭鉱開発が始まった。しかし、炭鉱は昭和 45 年から 57 年にかけて順次閉鎖された。また、その頃から開発事業などが進められた、そして、平成 19 年に財政再建団体に移行している。

人口(3月末)の推移を図 2.1.1 に示す¹⁾。昭和 35 年をピークに人口は減少しており、平成 21 年の人口は 11,633 人である。

生活排水処理施設整備は、昭和 63 年に下水道の基本計画が策定され、平成元年に事業計画が認可、平成 7 年から供用開始されている。計画人口は、環境産業とその波及効果、振興を前提に、昭和 60 年 31,665 人、平成 7 年 36,000 人、平成 17 年 55,000 人と推計した。これに基づき、下水道計画区域人口は平成 17 年 14,500 人²⁾と推計された。その他の地域では、平成 18 年度から浄化槽個人設置の補助事業を開始している。

下水道接続率を図 2.1.2 に、下水道処

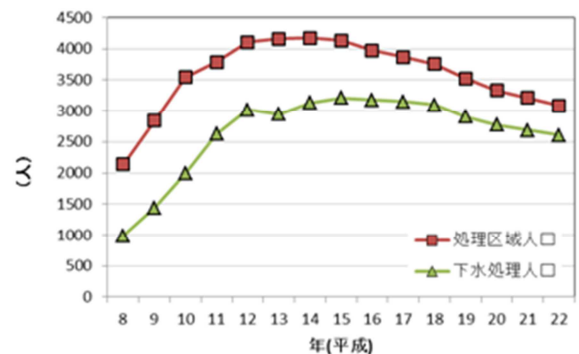


図 2.1.3 下水道関係人口の推移

表 2.1.1 処理形態別人口（21 年度末）

	人口(人)	割合(%)
総人口	11,213	100
水洗化人口	5,767	51.4
下水道人口	2,608	23.3
浄化槽人口	3,159	28.2
合併	2,541	22.7
単独	618	5.5
非水洗化人口	5,446	48.6

理区域人口と下水処理人口を図 2.1.3 に示す³⁾。下水道接続率は、平成 22 年度までおおむね上昇している。しかし、下水道処理区域の人口は、平成 14 年度をピークに、下水処理人口は、平成 15 年度をピークに減少している。平成 22 年度の下水道処理人口は 15 年ピークと比較すると 18.9%もの減少を示している。

平成 21 年度末の処理形態別人口を表 2.1.1⁴⁾ に示す。汚水衛生処理率は 46%で、下水道が 23.3%、合併浄化槽が 22.7%である。非水洗化人口は 48.6%である。

2.1.2 し尿処理施設について

し尿処理施設は、365 日稼働している状況である。処理施設能力 64kL/日、現状 1/3 程度の稼働である。施設は、第一期竣工当時(昭和 32 年)のものも残っており、60 年近くが経過し、老朽化が深刻である。施設の運転管理については、運転開始当初より、民間会社に業務を部分委託しており、平成 11 年には全面的に業務が委託されている。

財政再建団体移行後のし尿処理施設運営についての問題点は、年間の施設改修予算が 2,000 万円から 500 万円に減額され、ポンプなどの計画的なオーバーホールができなくなるなど、老朽化した施設の維持に関する予算的な手立てが難しくなった事が挙げられた。

施設更新については、現有施設の老朽化が深刻なため、新しい施設を別の場所に建設計画中である(平成 23-26 年度建設予定、平成 27 年度から運転開始予定)。更新計画は、高負荷膜分離法を採用予定(し尿:18kL/日、浄化槽汚泥 4kL/日で汚泥再生処理センターとして更新予定)。しかしながら、汚泥の再利用に関する事業部分の再検討が必要な状況となっている。生ごみの処理量を 0.5t/日としているが、市全体の生ゴミ量が 2 トン/日である。また、汚泥再生方法は堆肥化としているが、主な地域の果実農家では堆肥を使用してもらえないため、堆肥の受け入れ先の確保を急ぐ必要がある。こうしたことから、堆肥化の部分において規模の見直しが必要となっていた。

2.1.3 下水処理場

流入排水はほぼ 100%生活系で、産業系排水はない状況である。処理能力は 1,545m³/日×1 池(当初計画は 6 池)である。計画処理人口は、2,700 人(1 池分)である。現状は 1,000~2,000 人規模(観光人口含む)、汚泥処理は脱水機の使用頻度が 9 時間運転×2 回/週程度となっている。

汚泥の処分は平成 11 年度までは一般廃棄物処分場埋立であったが、平成 12 年度からは、他市で肥料原料として処分している。

2.1.4 生活排水処理の今後の計画について

今後の生活排水処理については、下水道整備は中止することとし、平成 18 年度までの供用開始区域について、接続率の上昇を図るとしている。

下水道以外の地域は、平成 18 年度に開始し 4 ヶ月で事業中止となった浄化槽個人設置の補助事業を、平成 22 年度から再開し、個人設置型の浄化槽整備による生活排水処

理施設整備の推進を行なっている。

財政再建の観点から、公共サービス利用料金の見直しが行われている。下水道利用料金は、平成 19 年度に、約 66% の値上げが行われた (20m³/月で 2,940 円→4,880 円)。これにより、経費回収率は平成 18 年度 20.7% が平成 19 年度 59.4% となっている²⁾。

しかしながら、2.1.1 で述べたように下水道地域の人口が減少しており、また下水道整備地区は地域が分散し傾斜地にあるという地理的な条件によりマンホールポンプの維持管理に経費を要する区域である⁵⁾などの経営上の難題を抱えている。経費削減については職員数をピーク時の 12 名から 1 名に削減し、外部委託を取り入れるなど、できる限りの経費削減に努めている状況である。それでも、下水道の予算額に対して一般会計からの繰り入れと市債が占める割合は平成 22 年度が 73.4%、23 年度が 75.3%⁶⁾となっており、下水道人口の減少が続いていることから下水道経営は年々難しくなることが予想される。

2.2 し尿処理施設の更新時期を迎えている市町村の取り組み

し尿処理施設の更新時期を迎えている市町村として、宮古島市を対象として調査した。昭和 60 年からの人口の推移を図 2.2.1 に示す。人口は、わずかに減少傾向を示している状況である。

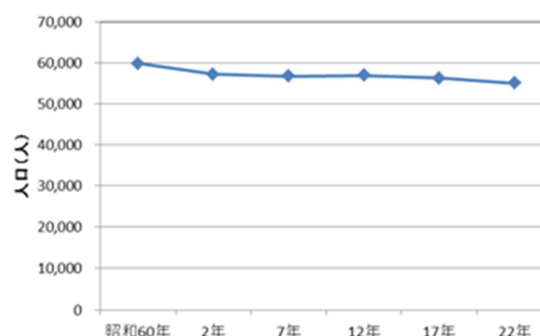


図 2.2.1 人口の推移

2.2.1 生活排水処理とし尿処理状況

下水道整備は平成 9 年から着工しており平成 30 年度までに下水道施設整備を完了し、水洗化人口 30,500 人を計画している。平成 20 年度末の下水道区域内人口は 7,547 人で水洗化人口が 4,388 人、水洗化率は 58.1% である。下水道以外の集合処理施設としては、農業集落排水処理施設が平成 10～19 年度に 6 施設、漁業集落排水処理施設が平成 5 年と 13 年度に 2 施設稼働している。8 施設の計画処理人口合計は 6,816 人である。集落排水処理施設への接続率は 23.3% (平成 18 年度) と小さく、接続率を上げることが課題となっている。接続率が上がりにくい原因としては接続コストが高いことが原因と考えられていた。非水洗化人口 (平成 21 年 3 月末) は 38,253 人でそのうち収集人口が 38,217 人、自家処理が 36 人である。

2.2.2 し尿処理施設について

し尿処理施設は昭和 61 年竣工の施設で、これまでに大規模な修繕なしで運転が行われている。処理施設の運転は 365 日/年、受け入れは日曜日を除く毎日行われており、平成 21 年度の受け入れ日数は 308 日であった。し尿処理施設の設計値は、し尿 7kL/日、浄化槽汚泥 23kL/日の合計 30kL/日であるが、平成 21 年度の受入量 (月平均値) は 27.4～33.4 kL/日で、5 月と 9 月を除く全ての月で受け入れ能力を上回っている状

況となり、能力が不足している。

放流水の設計値は BOD10mg/L, SS5mg/L, COD30mg/L, T-N10mg/L, T-P1mg/L, 大腸菌群数 3,000 個/mL であるが、放流水の測定値は（年 2 回測定を実施）BOD, SS, T-N, T-P については、設計値を超過することがある状況となっている。

2.2.3 し尿処理施設の更新について

し尿処理施設の老朽化による施設の更新について、宮古島市では下水道課と環境保全課で協議を重ねてきており、下水道投入が決定されていた。現施設は廃止することとし、平成 23 年 12 月より下水道投入を開始する。投入方法は、下水処理水による希釈と前処理の実施である。投入施設整備工事費用の 377 百万円はすべて一般財源で賄う予定である。

2.3 浄化槽 PFI 事業の状況

2.3.1 浄化槽 PFI 事業の概要

浄化槽 PFI 事業は、平成 16 年から平成 22 年に 11 事業が開始されている⁷⁾。PFI 事業概要等の一覧を表 2.3.1 と表 2.3.2 に示す。事業で予定されている浄化槽の設置基数は、壮瞥町の 150 基が最も小さく、1,000 基未満が 2 事業、1,000 基以上 2,000 基が 4 事業、2,000 基以上が 4 事業ある。事業実施期間は 10～15 年で、浄化槽設置期間は 5～15 年で、浄化槽設置期間は事業期間よりも短く設定しているものが 9 事業有り、浄化槽整備の早期実現を PFI 事業に求めていることが読み取れる。

表 2.3.1 浄化槽 PFI 事業の概要と事業導入段階の VFM（その 1）

市町村名			香春町	壮瞥町	三好市	紫波町	富田林市	奥州市
事業概要	事業者選定手続き		公募型プロポーザル	公募型プロポーザル	公募型プロポーザル	公募型プロポーザル	総合評価一般競争入札	公募型プロポーザル
	事業期間(うち整備期間)(年)		10(9)	10(5)	10(9)	10(5)	10(6)	10(8)
	整備予定基数(基)		4,920	150	750	1,000	450	1,200
	設置浄化槽の性能		BOD除去型	BOD除去型豪雪仕様	BOD除去型	BOD除去型豪雪仕様	窒素除去型	BOD除去型
	事業範囲		設置、料金徴収	設置、保守点検	設置、清掃保守点検、料金徴収、	設置、清掃保守点検	設置、保守点検	設置、保守点検
事業導入検討段階	事業手続き	実施方針公表	H15.12.25	H16.10.20	H17.4.17	H17.4.25	H17.7.15	H18.6.2
		実施(事業着手)	H16.4.1	H17.4.1	H17.7.4	H18.4.1	H17.12.12	H19.7.26
	VFM算定	算定期間(年)	40	38	10	40	40	40
		VFM(万円)	26,800	9,300	100	19,900	65,200	25,300

表 2.3.2 浄化槽 PFI 事業の概要と事業導入段階の VFM（その 2）

	市町村名	十和田市	宮古市	紀宝町	唐津市	愛南町
事業概要	事業者選定手続き	公募型プロポーザル	公募型プロポーザル	公募型プロポーザル	公募型プロポーザル	公募型プロポーザル
	事業期間(うち整備期間)(年)	15(15)	10(8)	11(10)	10(10)	13(10)
	整備予定基数(基)	2,380	1,500	1,500	2,500	2,200
	設置浄化槽の性能	BOD除去型 豪雪仕様	BOD除去型	窒素除去 高度処理型	BOD除去型	BOD除去型
	事業範囲	設置、清掃 保守点検、 軽微な補修 整備促進、 汚泥堆肥化	設置、 保守点検、 軽微な補修 整備促進、	設置、 保守点検、 料金徴収、 整備促進	設置、 保守点検、 整備促進	設置、 保守点検、 料金徴収
事業導入 検討 段階	事業手続き	実施方針公表	H18.7.14	H19.4.17	H19.10.19	H20.1.18
		実施(事業着手)	H19.5.1	H19.10.10	H20.4.1	H21.4.1
	VFM算定	算定期間(年)	43	40	40	40
		VFM(万円)	36,900	16,900	17,600	42,200
						28,900

2.3.2 浄化槽 PFI 事業の実施状況

PFI 事業の実施状況について、市町村 HP、現地視察、アンケートなどにより調査した。

(1) 整備状況

整備期間が 3 年を経過したものについて、浄化槽の整備状況を表 2.3.3 に示す。各年度の整備予定基数が設定されているものについては表中に示し、各年度の目標基数が不明であった事業については、整備予定基数と整備期間から年平均整備基数を求めて、経過年分の整備率を示した。

調査時点において整備期間がすでに終了している事業は富田林市の 1 事業で、整備状況が PH⁸⁾ 上で随時更新されている。整備予定基数 450 基に対して設置基数が 454 基となり、予定基数を上回る浄化槽が整備されている。予定基数を達成できた理由としては、事業開始当初に浄化槽整備対象となる世帯数に対して約 80% の世帯数を目標設置基数に設定したこと、費用面において、浄化槽使用者の料金設定（使用料金と分担金）を下水道使用者と同等程度に設定したこと、さらに、地区ごとの浄化槽整備率を HP 上で表示するなどの浄化槽整備について前向きな状況となるような取り組みをしたことなどが挙げられる。

その他の 6 事業は調査時点において整備期間中である。経過年分目標値に対する整備率は、37～71% となっている。浄化槽整備数を経年毎に見てみると、整備予定基数が最大で、6 年分の整備基数が示されている事例においても、事業開始から 4 年間は 200 基以上が整備されているが、5 年目は 132 基、6 年目は 125 基と整備基数が、事業開始当初の整備基数 250 基の 50% 程度に減少している事例に見られるように、事業年度が進むにつれて整備数が小さくなっているものが 3 事業。経年変化の差はあまり見られないが予定数の 50% 程度であるものが 3 事業ある。最終的な整備率を上げるためには、現状での課題を明らかにしなければならない。

PFI 事業の実施状況について現地調査を実施した十和田市では、整備基数が予定基数の 30～42% で推移している。その原因としては、使用する生活排水処理施設毎に分担

金が設定されており、農業集落排水処理施設(農集)利用者の分担金が 35,000 円、下水道(100 坪の土地所有者の場合) 66,000 円、であるのに対して浄化槽利用者の分担金が 94,000～140,000 円(5～10 人槽)と浄化槽使用者が不公平感を持つ設定になっていること、放流先となる側溝が未整備な地域が多く放流のために地下浸透設備を設置しなければならないことなどが挙げられた。今後は、整備率を上げるために SPC と市による検討が進める予定とのことであった。

当初設定した事業内容の変更が行われているものがある。目標整備基数の変更は紫波町が平成 21 年に 1,000 基を 1,200 基に、富田林市が平成 22 年に 450 基を 500 基に変更している。建設期間の変更は、香春町が平成 22 年に 7 年間で 10 年間に、紫波町が平成 22 年に 5 年間で 10 年間に変更している。

表 2.3.3 浄化槽整備状況

事業実施	香春町 H16.4.1	壮瞥町 H17.4.1	三好市 H17.7.4	紫波町 H18.4.1	富田林市 H17.12.12	十和田市 H19.5.1	宮古市 H19.10.10
事業期間(年)	10	10	10	10	10	15	10
整備期間(年)	9	8 (*1)	10(*2)	5	6	15	8
整備予定基数	4920	150	750	1000	450	2380	1500
1年目	250	18	40	140	30	60	43
2年目	262	23	45	104	132	85	87
3年目	253	11	58	83	128	64	91
4年目	206	9	41	71	91	41(途中)	-
5年目	132	14	49	-	35	150	-
6年目	125	-	-	-	30	-	-
7年目	-	-	-	-	8	-	-
合計	1228	75	233	398	454	250	221
達成率(経過年分)	37	71	61	50	101	42	51
達成率(対全体)	25	50	31	40	101	11	15
設置事業	継続中	継続中	継続中	継続中	終了	継続中	継続中
数値確認日	H24.2.13	H23.1	H23.1	H23.1	H24.2.13	H23.1.11	H23.1
確認方法	HP	アンケート	アンケート	アンケート	HP	アンケート	アンケート

(2) 費用効果

PFI 事業適用時の費用効果について、PFI 費用/公設・公営(PSC)費用(%)を表 2.3.4 に示す。浄化槽の買い取りについては 83～96%の買い取り価格となっている。維持管理については事業によって PFI 事業に組み込まれている内容が違いため一概に比較できないが、アンケートで回答のあった 2 つのケースについては、維持管理内容が保守点検と清掃となっており、公設公営事業に比べて 69～85%の事業と 100%の事業があった。

表 2.3.4 PFI 事業による費用効果(PFI 費用/PSC 費用(%))

	ケース	1	2	3	4
買取	5人槽	96	91	83	85
	7人槽	90	90	90	87
	10人槽	84	90	86	84
維持管理	内容	M+C	M+C		
	5人槽	85	100		
	7人槽	77	100		
	10人槽	69	100		

M：保守点検，C：清掃

(3) 整備浄化槽の選定と維持管理

新設される浄化槽は、大臣認定型の割合が年々高くなってきており、平成 22 年には 97%を超えている⁹⁾。大臣認定型はメーカーの技術が様々に取り入れられており、型式毎に構造、容量、水の流れなどが違い、維持管理に必要な作業内容も型式毎に様々な状況である。浄化槽は高性能化、コンパクト化が進められており、大臣認定型の浄化槽の保守点検については、型式毎に、必要な点検内容を熟知して対応しなければならない。

PFI 事業者は浄化槽の型式について、何らかの検討を行っているかについて訪ねたところ、7 事業で回答があり、5 事業で検討しており、2 事業では検討されていなかった。検討内容等については、運転実績、長期メンテナンス費用、装置構成、保守点検のしやすさ、清掃のしやすさ、維持管理要領書の作成、汲み取り基準の作成、SPC の提案を検討する、業者選定の評価項目に「浄化槽の処理機能」を採用している、全浄協認定の有無、提案書で選定、などが挙げられている。

保守点検について、設置された浄化槽に必要な点検内容を把握しているかについては、内容について把握しているが 3 事業、把握していないが 2 事業、回答なしが 2 事業であった。

浄化槽に関する書類（施工要領書、維持管理要領書）の保管については、保管しているが 4 事業、保管していないが 3 事業であった。浄化槽は、型式の変更、構造の軽微な変更などが行われるために、設置した浄化槽の書類としては、その時期に発行された書類を保管しなければならないと思われる。PFI 事業は事業が終了した後は、別の事業として維持管理する事業が大半であることから、基本的には市町村が情報を保管しなければならない。構造例示型の浄化槽のみを整備している場合には、保管しなくても維持管理に支障はないと考えられるが、大臣認定型の浄化槽の場合には、これらの書類が無ければ、後々、適正な管理が困難になる可能性がある。

保守点検情報の運用については、事業が開始されている 6 事業の全てで、保守点検票を紙ベースで管理しておりそのうちの 1 事業については電子データでの保管も行っていた。点検表の提出は毎月が 5 事業、3 ヶ月毎が 1 事業であった。清掃については、清掃記録票を使用しているのが 5 事業であった。清掃記録票の内容は、清掃日と清掃量が 4 事業、清掃量が 1 事業、業者の様式によるが 1 事業であった。清掃時のその他の確認内容としては、浄化槽内部の破損状況が 1 事業、各槽の作業内容が 1 事業であった。

法定検査における BOD 適合率の把握については、4 事業が把握しており、1 事業で把握していなかった。BOD 適合率を示した 3 事業の BOD20mg/L の適合率は、平成 20 年度が 82, 92, 99%, 21 年度が 76, 95, 97%であった。また、BOD 適合率をどの程度求めるかに対しては、100%の適合率を求めるが 4 事業、70%が 1 事業であった。

また、水質悪化が見られた場合の対応としては、SPC による原因究明が 5 事業、使用者に使用状況を確認するが 3 事業、浄化槽メーカーに確認が 1 事業であった。

パソコンによる情報管理については、浄化槽基本情報などが 5 事業で実施されてお

り、主な入力者が PFI 維持業者が 2 事業、それぞれで行うが 2 事業あった。

維持管理状況等の評価については、実施有りが 2 事業有り、「保守点検、清掃状況、法定検査結果を県内状況と比較して評価する」「モニタリング業務を実施。維持管理を含む事業全般について報告書を作成した第 3 者評価を受けている。」といった内容が示された。

(4) リスク発生と協議事項

PFI 事業実施後のリスクの発生や SPC と協議が必要となった事項について、1 事業者から「コンパクト型の浄化槽の場合、担体内部の隙間が狭いため、COD 負荷が高いと活性汚泥ができづらい。浄化槽メーカーによる対応では改善されなかったため、SPC と協議の上、維持管理しやすいものに変更した。」との意見があった。

また、今後事業導入予定の市町村へのアドバイスとしては「行政担当者は、移動により交代するので、平易な運用可能なシステムの導入」「導入可能性調査段階で十分な検討が必要（設置基数、財源等）。設置促進策（各種補助制度）は PFI 事業者選定後に公表すべき」「メンテナンスが簡単で品質の高い浄化槽の機種選定が有効」の意見があった。

2.4 まとめ

生活排水処理施設整備事業に関する視察等により、市町村が現在、当面している問題について検討を行った。生活排水処理施設整備については、公共用水域保全の観点から汚水衛生処理率を上げることが目標として、市町村が取り組んでいるところである。今後、生活排水処理施設を整備する地域においては、人口減少、人口集中度が小さいことなどにより、集合処理では非効率的な事が予測されている。

事例調査では、人口減少が著しい地域の事例においては、計画していた下水道事業を中止しており、浄化槽設置推進事業により生活排水処理施設の普及を進める事としていた。下水道事業経営については、一般会計から多額の繰り入れが行われており、下水道処理人口は数年前から減少していることから、年々経営困難になることが予想された。生活排水処理施設の整備に対する住民サービス提供として、将来コストを含めた見通しを住民に示す必要があると思われた。また、し尿処理施設の更新時期を迎えた事例については、し尿処理施設を更新するのではなく、下水道でし尿等を受け入れる事としていた。これまでは、し尿処理と下水道処理について、統合的に検討されることがあまり見られていないが、本事例のような検討は、今後進むものと思われた。

PFI 事業による浄化槽整備では 3 年以上の設置基数が示されている 7 事業の内、計画通りに事業が進んでいるものは 1 事業で、整備基数について計画通りに進んでいない状況が明らかとなり、計画通りの整備を行うためには、原因の解明と対策が必要な状況であった。

参考文献

- 1) 夕張市 HP, 夕張市の月別人口世帯数調,
<http://www.city.yubari.lg.jp/contents/tokei/jinko/suii/pdf/tsuki.pdf>
- 2) 夕張市個別外部監査人, 公認会計士 庄司正史, 個別外部監査の結果に関する報告
第 2 部下水道事業会計の経営健全化について, 平成 21 年 11 月
- 3) 夕張市提供, 総括調書,
- 4) 建設課農林建設グループ, 夕張市の都市計画, 平成 22 年 6 月
- 5) 夕張市公共下水道事業会計, 経営健全化計画書平成 22 年 3 月 2 日承認,
<http://www.city.yubari.lg.jp/contents/life/circumstance/pdf/kenzen.pdf>
- 6) 夕張市 HP, 各会計予算総括 (平成 23 年度),
<http://www.city.yubari.lg.jp/contents/municipal/zaisei/jyokyo/pdf/h23yosan.pdf>
- 7) PFI 推進委員会 HP, 事業情報, 分野別リスト, 浄化槽,
<http://www8.cao.go.jp/pfi/iinkai7.html>
- 8) 市設置型合併処理浄化槽の設置基数及び事業達成率(平成 23 年 12 月末現在),
http://www.city.tondabayashi.osaka.jp/public/section/gesuidou/pdf/pfi_1.pdf
- 9) 環境省 HP, 浄化槽行政組織等調査結果について平成 22 年度浄化槽行政組織等調査
結果第 3 章新設基数調査
http://www.env.go.jp/recycle/jokaso/data/soshikitou_chousa/soshikitou_chousa.html

第3章 全国の浄化槽事業の状況

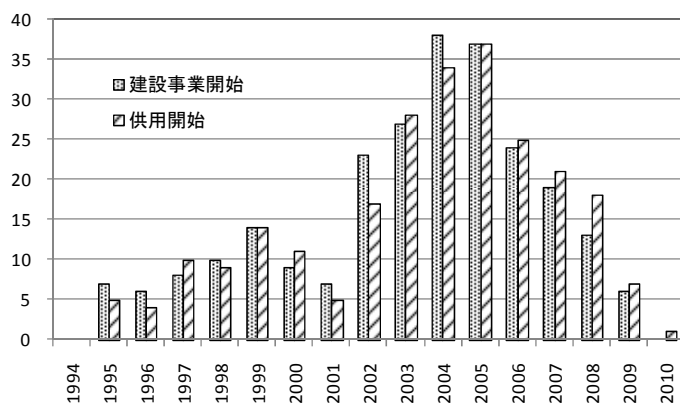
3.1 はじめに

ここでは全国の市町村設置型の浄化槽事業の状況を概観する。地方公営企業年鑑 56 集（平成 20 年度）より法非適の特定地域生活排水処理事業及び個別排水処理事業のデータをもとに検討を行う。

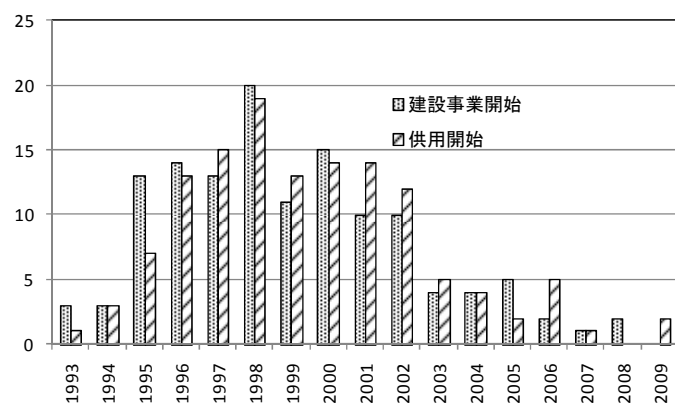
特定地域生活排水処理事業は環境省の所管により平成 6 年度より始められ、年間 20 戸以上の設置を目指すもので、平成 16 年度より浄化槽市町整備推進事業となって現在に至っている。一方、個別排水処理施設整備事業はやはり平成 6 年度に総務省所管で始められ、集合処理施設に係る処理区域の周辺地域及び特定地域生活排水処理事業の対象となる地域において実施される。集合処理施設に係る処理区域の周辺地域に係る事業については、単年度あたり 20 戸未満の規模で実施され、特定地域生活排水処理事業の対象地域においては、国庫補助の対象とならない単年度あたり 10 戸以上 20 戸未満の規模で実施される。

3.2 整備事業の進捗状況

図 3.1 は建設と供用の開始年を示している。個別排水処理施設整備事業は 1998 年にピ



(a) 特定地域生活排水処理事業

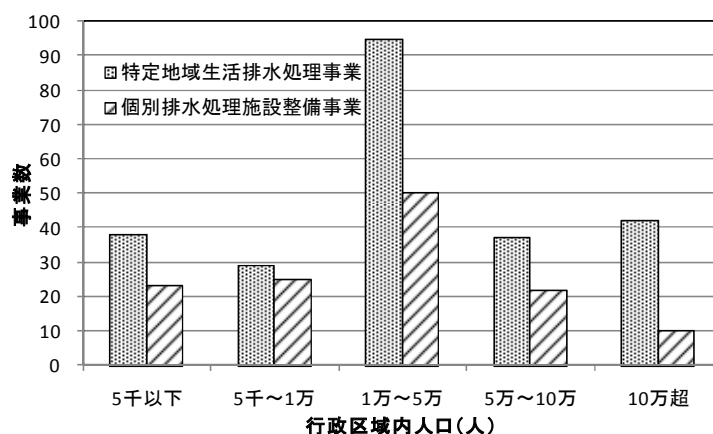


(b) 個別排水処理施設整備事業

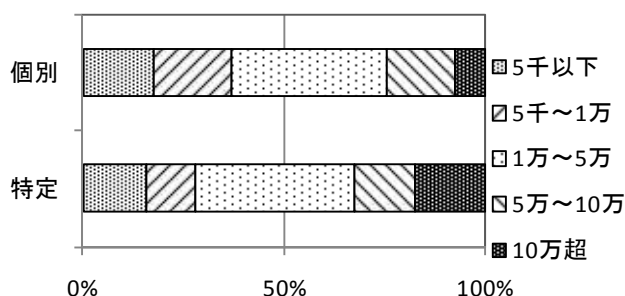
図3.1 建設事業と供用の開始年

ークがあるのに対し、特定地域生活排水処理事業は2004～2005年にピークがある。まず個別排水処理施設整備事業が先行し、その後特定地域生活排水処理事業が増加している。

事業を行っている自治体の人口を図3.2に示す。いずれの処理事業においても1万人～5万人が最も多い。つづいて特定地域生活排水処理事業では10万人を超える人口が多いのに対し、個別排水処理施設整備事業では5千～1万人の割合が多い。人口1万人以下の自治体の割合が、個別排水処理施設整備事業では37%，特定生活排水処理事業では28%，人口5万人以下では、個別排水処理施設整備事業で75%，特定生活排水処理事業で67%となっており、個別排水処理事業の行われている自治体の方が規模が小さいところが多い。



(a)行政区域内人口別事業数



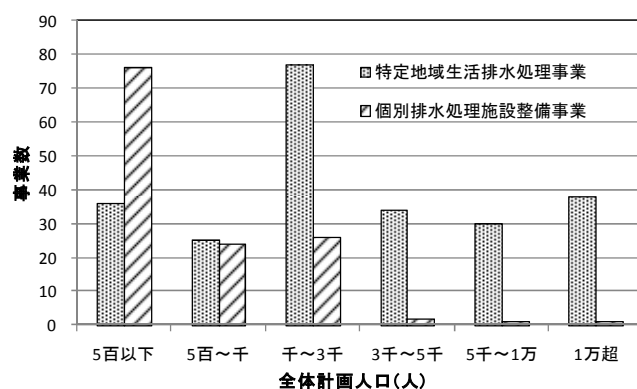
(b)行政区域内人口の割合

図3.2 行政区域内人口と事業数

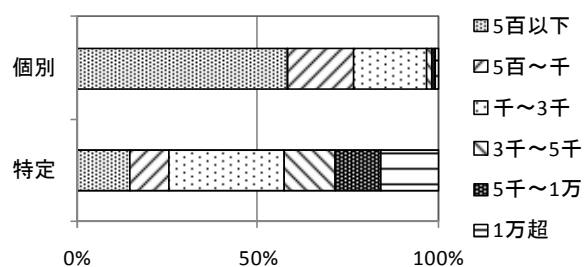
事業の計画人口を図3.3に示す。特定地域生活排水処理事業は1000～3000人が顕著に多いのに対して、個別排水処理施設整備事業では500人以下が著しく多い。個別排水処理施設整備事業では6割近くが、計画人口が500人以下であるのに対し、特定地域生活排水処理事業においては4割強が3000人以上である。

図3.4は全体計画人口に対する現在の処理区域内人口の割合の分布を示している。特定地域生活排水処理事業では20～40%が他に比べてやや多いのに対し、個別排水処理施設整備事業では80～100%にピークがある。個別排水処理施設整備事業では半数が80%以上の普及率であるのに対し、特定地域生活排水処理事業では半数が40%以下の普及率となってお

り，普及率は両事業で大きな差異がある。

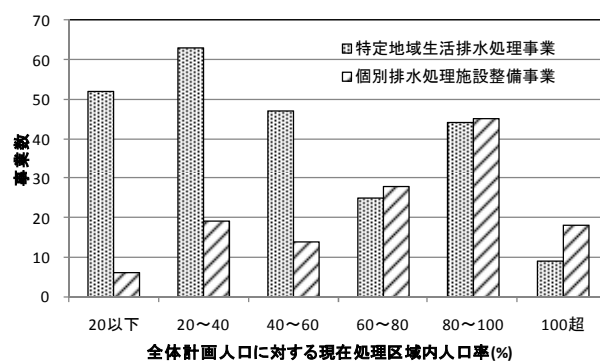


(a)行政区域内人口別事業数

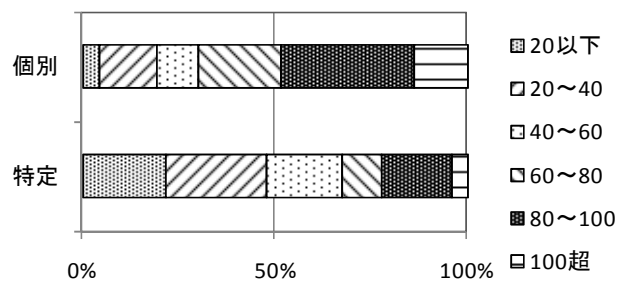


(b)行政区域内人口の割合

図3.3 全体計画人口と事業数



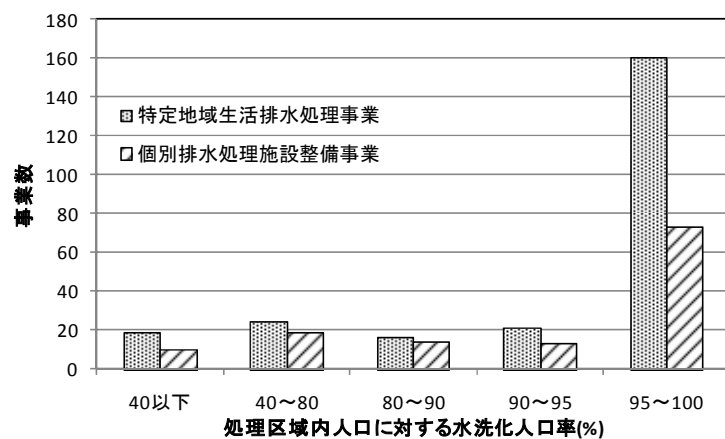
(a)普及率別事業数



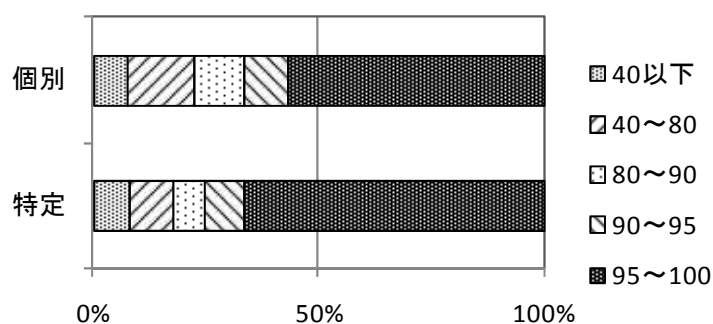
(b)普及率の分布

図3.4 全体計画人口に対する普及率

図3.5には処理区域内人口に対する水洗化人口の率を示す。いずれの事業においても95%を超える水洗化率の事業が顕著に多いが、割合としては特定地域生活排水処理事業が67%、個別排水処理施設整備事業が57%の事業において水洗化率95%を超えている。

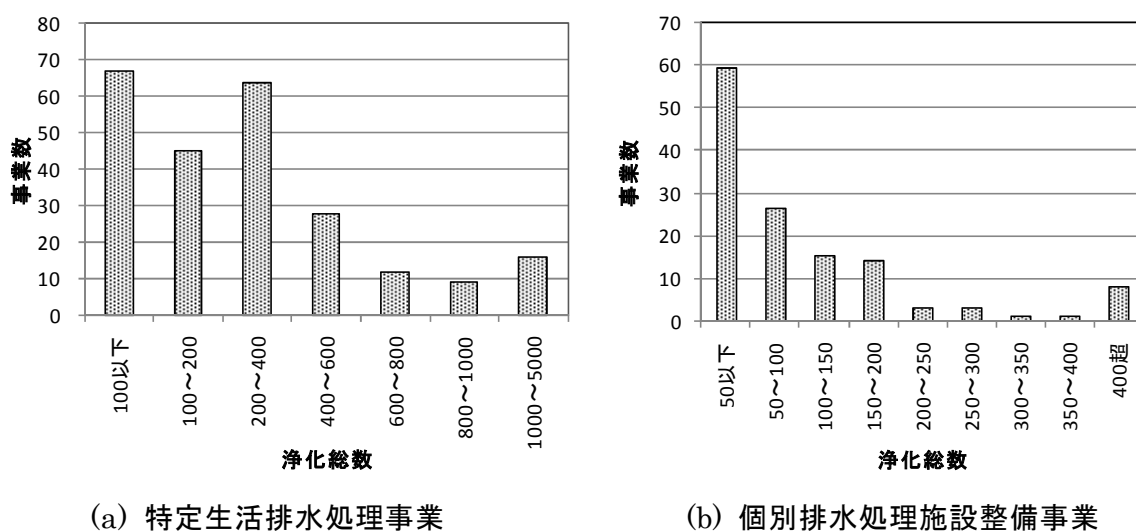


(a)水洗化率別の事業数



(b)水洗化率の分布

図3.5 現在処理区域内人口に対する水洗化率



(a) 特定生活排水処理事業

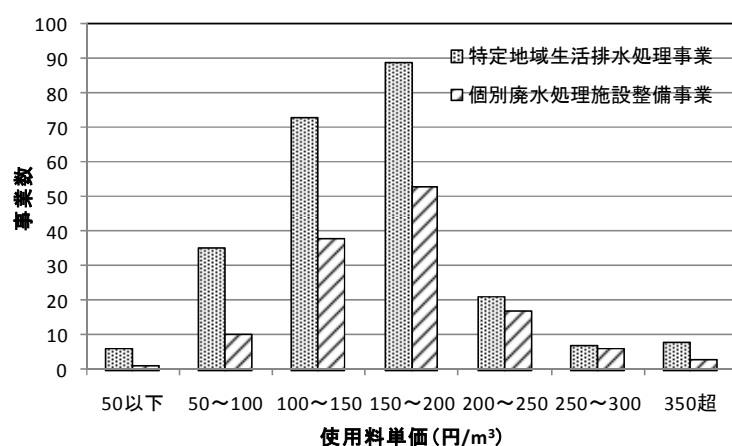
(b) 個別排水処理施設整備事業

図 3.6 浄化槽の数別の事業数

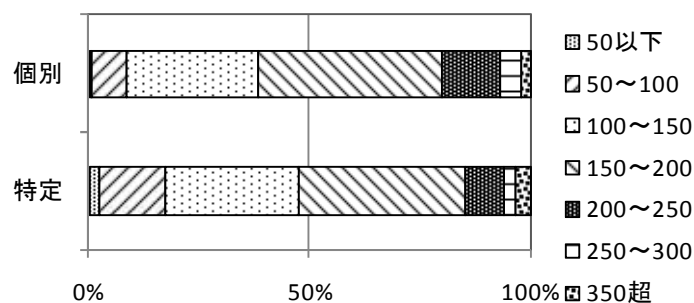
各事業において設置されている浄化槽の数を図 3.6 に示す．特定生活排水処理事業では数百基程度が一般的であるが，個別排水処理施設整備事業では大半が 100 基以下である．

3.3 財政状況

使用料単価を図3.7に示す．両事業とも1m³あたり使用料単価は150～200円が最も多い．全体的に見て，特定生活排水処理事業の方がやや安くなっている．特定生活排水処理事業においては1m³あたり最低が37円，最高が668円であり，個別排水処理施設整備事業では，最低が43円，最高が584円と，いずれの事業においても最低と最高で10倍を超える差がある．



(a)使用料単価別事業数



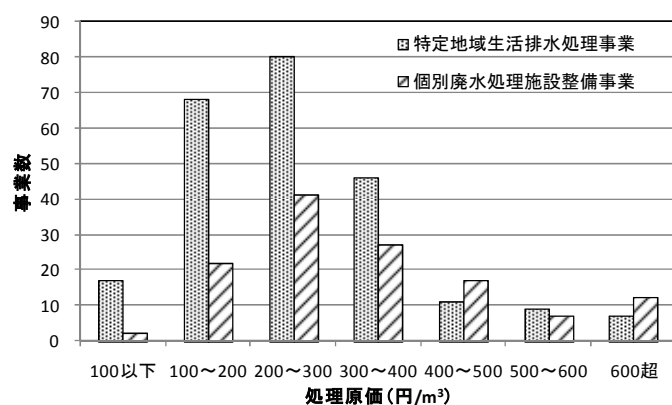
(b)使用料単価の分布

図 3.7 使用料単価

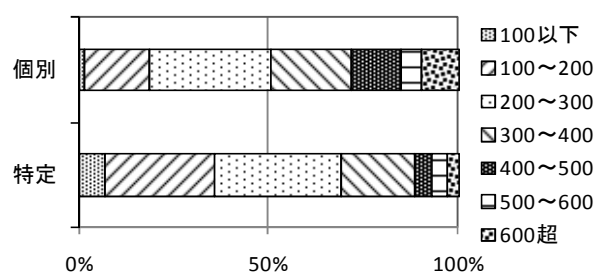
汚水処理原価を図 3.8 に示す．両事業とも 200～300 円が最も多くなっている．ここにおいても最高と最低の差は大きく，特定地域生活排水処理事業においては最低が 20 円に対し最高が 4396 円，個別排水処理施設整備事業では，それぞれ 43 円，1253 円となっている．

汚水処理原価に対する使用料単価の割合を示したものが図 3.9 である．60%以下の事業が個別排水処理施設整備事業においては 59%，特定地域生活排水処理事業において 45%となっている．100%以上の事業はそれぞれ 6%，8%であり，大部分の事業体において料金だけでは処理費をまかなえていない．汚水処理原価に占める維持管理費の割合を図 3.10 に示す．汚水処理費のほとんどが維持管理費である．特定地域生活排水処理事業にでは半数以

上が，個別排水処理施設整備事業では4割弱が，維持管理費が90%以上である事業になっている．すなわち資本費については国庫補助やその他の資金でまかなわれている．

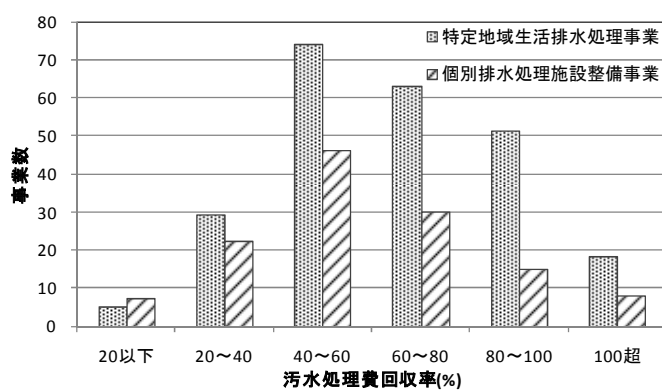


(a) 汚水処理原価別事業数

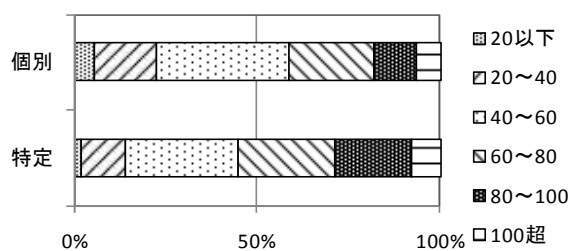


(b) 汚水処理原価の分布

図 3.8 汚水処理原価

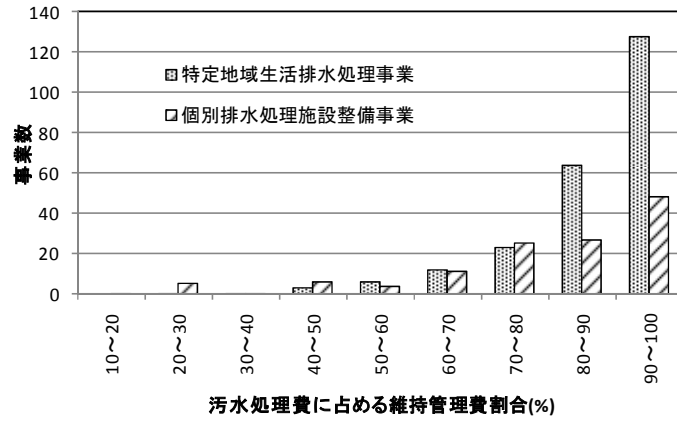


(a) 汚水処理費回収率別の事業数

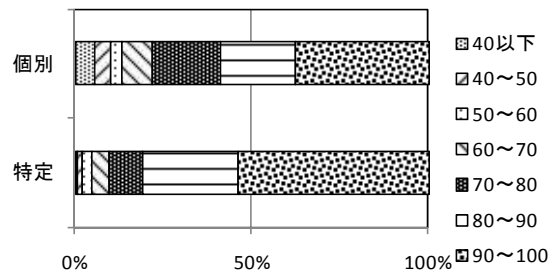


(b) 汚水処理費回収率の分布

図 3.9 汚水処理原価に対する使用料単価の割合

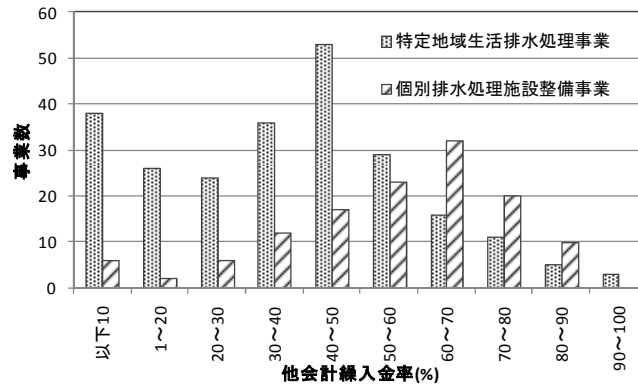


(a)汚水処理費に占める維持管理補の割合別事業数

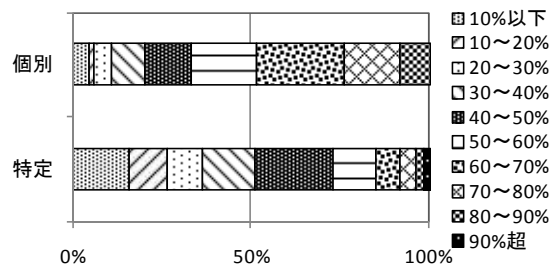


(b)維持管理比率の割合の分布

図 3.10 汚水処理原価に占める維持管理費の割合



(a)他会計繰入金比率別の事業数

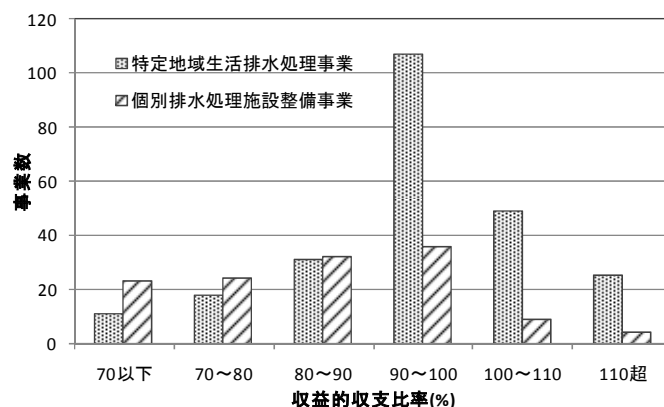


(b)他会計繰入金比率の分布

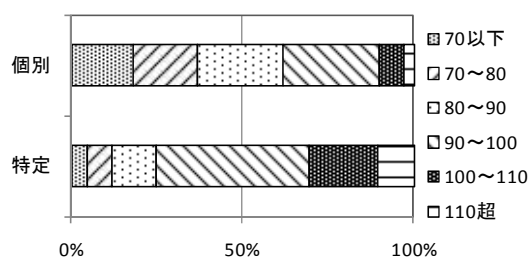
図 3.11 総収益に占める他会計繰入金の割合

図 3.11 には総収益（営業収益＋営業外収益）に占める他会計繰入金の割合を示す。個別排水処理施設整備事業の方が特定地域生活排水処理事業よりも繰入金比率が高く、50%以上が繰入金である事業が66%を、60%以上が繰入金である事業が半数を占めている。特定生活排水処理事業においては40%以上と以下が半数ずつとなっている。

図 3.12 は総収益を総費用と地方債償還金の和で割った収益的収支比率を示す。特定地域生活排水処理事業の方が個別排水処理施設整備事業より比率が高いところが多く、90%を超えるところが大半である。しかし、図 3.11 に見られるように、収益の中に他会計繰入金の占める割合が高いところも存在する。



(a)収益的収支比率別事業数



(b)収益的収支比率の分布

図 3.12 収益的収支比率

3.4 浄化槽事業のまとめ

全国の浄化槽事業の状況として、特定地域生活排水処理事業の方が個別排水処理施設整備事業より実施している自治体の人口が多く、計画人口も多く、事業規模が大きいと考えられ、事業の性格を反映している。その一方で普及率は特定生活排水処理事業の方が大きく劣っており、規模の大きい反面、普及が思うように進まないという状況にある。

財政的には、ほとんどのところで、料金だけでは汚水処理費をまかなえていない。収益的収支比率を見ると90%以上の事業もかなりあるが、他会計繰入金に多くを頼っている事業が多く、とくに個別生活排水施設整備事業において、財政的に厳しい状況にあるといえる。

参考文献

総務省：地方公営企業年鑑 56 集（平成 20 年度），2010。

第4章 東日本大震災による生活排水処理施設の被害と対応

4.1 岩手県における浄化槽の事例

4.1.1 はじめに

新聞、各種メディアなどの報道によると、東日本大震災による下水道や農業集落排水施設、浄化槽にも被害がもたらされ、著しい被害を受けた地域では、新たな町作りも検討されている。また、仮設住宅では、排出される生活排水を迅速に処理する必要性から、地上設置型浄化槽の付設が行われた。新たな町作りでは、相当な期間を要す、多額の事業費を伴う管路施設の布設は困難であり、小規模な生活排水処理システムの選択が求められる。

そのためにも、地震や津波による浄化槽への被害状況を定量的に調査することは重要であり、今後の災害抑制を考慮した浄化槽の製造や施工方法に関するマニュアルにも反映されるものである。

岩手県における東日本大震災による浄化槽の被害は、過去の地震による被害に比べて甚大であったことから、その被害状況を調査し、今後設置される浄化槽に対する防災に関する課題についても検討を行った。

調査は(社)岩手県浄化槽検査センターが実施し、本報告ではその内容をとりまとめた。

※ 環境省・東日本大震災浄化槽被害状況緊急調査:4月18日～5月12日に地震被害として奥州市(市町村設置型)、津波被害として大船渡市、陸前高田市(個人設置型)について、413基の浄化槽を調査した。

4.1.2 地震被害

(1) 地震の状況

[地震の特徴]

今回の地震は2008年岩手・宮城内陸地震などの最近の岩手県周辺での地震と比較して瞬間的なゆれの強さは極端に大きくはないが、これまでの例にない特徴がある。そのため、これらの現象が浄化槽の被害に大きな影響を及ぼしたと考えられる。

- ① 地震動の継続時間が、1995年兵庫県南部地震、2004年新潟県中越地震などと比較して7～10倍以上と非常に長い(国土交通省の報道発表資料参照)。
- ② ①と関連すると思われるが、槽内空気配管のユニオン部分の緩み、マンホール位置が回っているなど明らかに共振と見られる現象があった。

[主な被害地域]

3月11日の本震による震度分布は図1に示すように、県南部の震度が大きい。また、表層地盤のゆれやすさは内陸部がゆれやすく、地震による浄化槽を含めて住宅などの被害は、主に花巻市～一関市に集中している(図4.1の円内)。

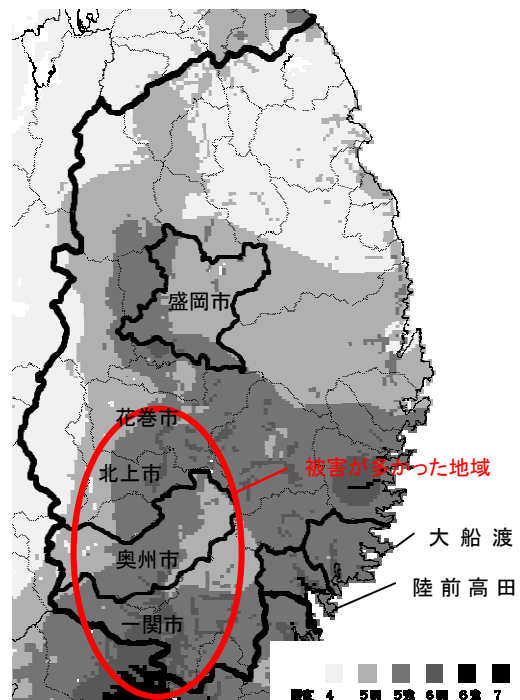


図 4.1 推計震度分布図(気象庁 HP より)

(2) 被害状況について(奥州市)

奥州市市町村設置型(PFI 含む)の被害調査結果における本体に関する主な被害を表 4.1 のように分類した。この結果、本体に関する被害は液状化による本体浮上、周囲の陥没による配管異常が特に多い傾向となった。それぞれの被害の詳細を次に示す。

表 4.1 奥州市(市町村設置型)における被害状況

地区名	設置 基数	本体浮上		漏水※1		内部異常※2		スラブ異常※3		配管異常※4		震度
		基数	割合	基数	割合	基数	割合	基数	割合	基数	割合	
江刺区	673	43	6.4%	4	0.6%	10	1.5%	8	1.1%	57	8.5%	5 強
水沢区	284	5	1.8%	0	0.0%	1	0.3%	0	0.0%	3	1.1%	5 強
前沢区	71	0	0.0%	0	0.0%	1	1.4%	0	0.0%	6	8.5%	6 弱
胆沢区	628	6	1.0%	0	0.0%	2	0.3%	2	0.3%	4	0.6%	6 弱
衣川区	117	7	6.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	9	7.7%	6 弱
合計	1,773	61	3.4%	4	0.2%	14	0.8%	10	0.6%	79	4.5%	---

※1: 本体浮上は含まない ※2: ろ材、隔壁、空気配管などの異常で、本体浮上、漏水は含まない ※3: 上部スラブ、嵩上げ部分の異常で、本体浮上、漏水、内部異常は含まない ※4: 周囲の陥没による污水配管の異常で、漏水、内部異常、スラブ異常を伴うことも有るが、本体浮上は含まない

① 本体の浮上

埋め戻し部分の液状化により、本体が浮上する場合がある(写真 4.1 参照)。この時、流入・放流管、空気配管の接合部付近で破損、勾配不良が生じる。

なお、液状化は図 4.2 に示すように、埋め戻し部分の砂に水と揺れが加わると液状化が起こり、本体の浮力、砂の槽底部への潜り込み、埋め戻し土と



写真 4.1 本体浮上

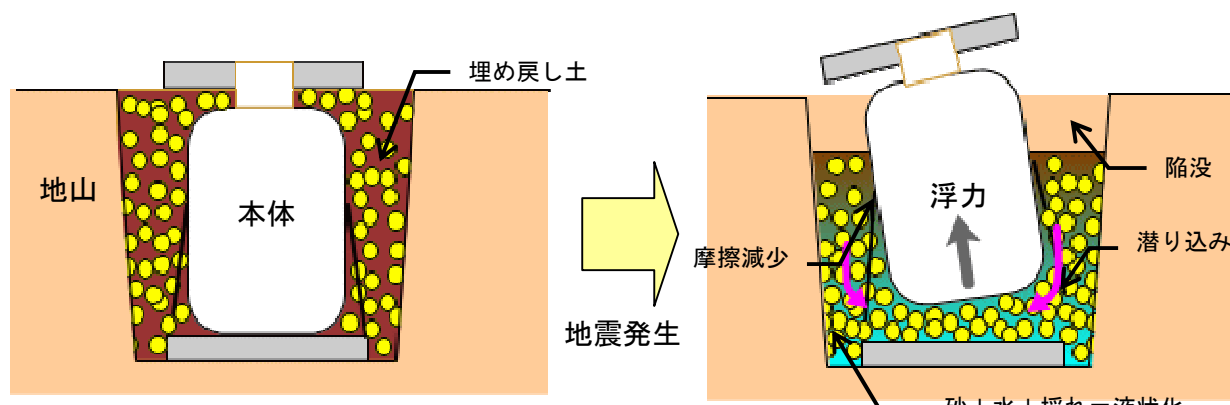


図 4.2 液状化による浮上の仕組み (イメージなので掘削の形状など正しく表示しているわけではない)

本体との摩擦の減少により本体が浮上する。⇒今回のような地震の場合、浮上防止金具などでは防止は困難。ただし、槽本体の全損は少ない。

② 漏水

浮上しない場合も、本体に破損・変形が生じ、漏水することがある。⇒地震の場合、外壁に亀裂などが複数ある場合もあり、修理後に再度漏水となる場合がある。

③ 内部異常

浮上しない場合も、内部設備など(外壁・隔壁・ろ材、担体部・内部配管)にも破損・変形などが生じる場合がある。⇒本体にストレスが残っている場合もあり、後日、漏水・短絡などが生じる場合がある。

④ スラブ異常及び配管異常

周囲の陥没により本体の浮上がなくても、上部スラブの支えがなくなり、スラブの傾きや嵩上げ部分の破損・変形が生じる。⇒荷重が本体に加わり、本体の破損・変形につながることもある。同様に、流入・放流配管接合部付近(本体含む)の破損・勾配不良などが生じる。

(3) 支柱の有無による被害の比較

震度 6 弱相当の市町村設置型(PFI 含む)と比較したのが表 4.2 である。

表 4.2 市町村設置型における支柱の有無による被害の比較(震度 6 弱相当)

市町村名	設置基数※ 3	本体浮上		漏水※4		内部異常※5		支柱有無※ 6	処理区分※6
		基数	割合	基数	割合	基数	割合		
奥州市※1	1,773	61	3.4%	4	0.2%	14	0.8%	無	高度処理
金ヶ崎町※2	134	11	8.2%	0	0.0%	1	0.7%	無	高度処理
一関市※2	1,010	0	0.0%	5	0.5%	12	1.2%	有	高度/例示
花巻市※2									
旧石鳥谷町	94	3	3.2%	0	0.0%	8	8.5%	無	構造例示
上記以外	735	0	0.0%	1	0.1%	15	2.0%	有	構造例示
支柱なし合計	2,001	75	3.7%	4	0.2%	23	1.1%	無	
支柱あり合計	1,745	0	0.0%	6	0.3%	27	1.5%	有	

※1: 今回の調査結果に基づく ※2: 市町村からの情報による(途中経過での概略値である) ※3: 法定検査より ※4: 浮上による漏水は浮上基数とした ※5: ろ材、隔壁、空気配管などの異常で、本体浮上、漏水は含まない ※6: 主要な例であり、例外もある

この表から、次の傾向が認められる。

- ① 支柱があると浮上はほとんど見られない。
- ② 支柱があると漏水、内部異常が若干多い傾向にある。

これらのことをまとめて見ると、図 4.3 のようなイメージとなる。つまり、浮上防止の工法によって、浮上ににくくなるが、一方では復旧工事が難しくなることなどの問題もある。なお、市町村設置型(表 2)では、おおよそ住宅の被害(3.2%)≒浄化槽の被害(浮上+漏水=2.3%)である。

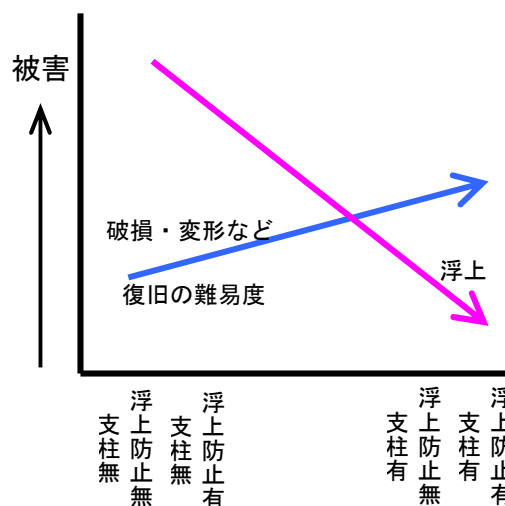


図 4.3 施工方法と被害のイメージ

4.1.3 津波被害

(1) 津波の状況

[津波の特徴]

岩手県の沿岸部は三陸海岸と呼ばれ、日本有数のリアス式海岸であり、その特有の地形のため、古くから津波による被害をしばしば受けている。今回の震災でも図 4.4 に示すように、浸水高、遡上高とも非常に高い値となっている。しかし、三陸海岸は地形的に平地が少なく、浸水域面積については宮城県などに比べて少ない。

[被害の特徴]

- ① 全般的な被害の状況は表 4.2 に示すように、浸水人口、浸水世帯数とも、最も多いのが宮城県である。しかし、地区内の被害割合は岩手県が最も高い。

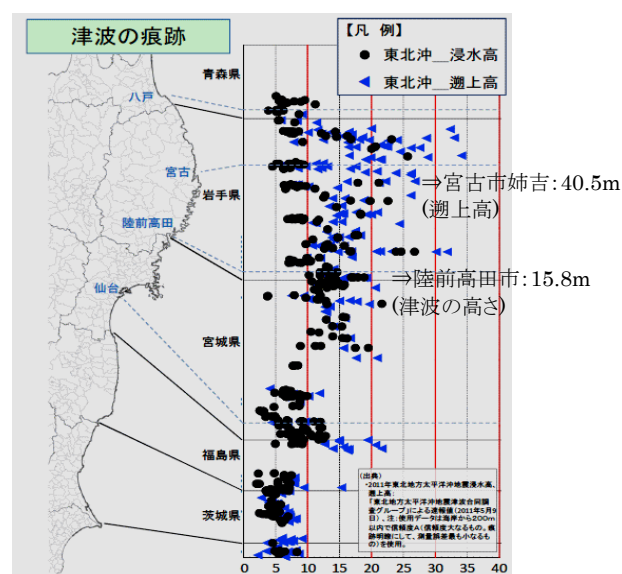


図 4.4 津波の高さ(中央防災会議資料より)

表 4.2 津波被害県の人口・世帯数の浸水状況※¹

県名	津波地区※ ² 人口	県内 人口割合	推定浸水人口		津波地区※ ² 世帯数	推定 浸水世帯数		死者＋ 行方不明者数	
				割合			割合		割合
岩手県	274,114	21%	107,503	39%	101,900	39,673	39%	7,130	2.6%
宮城県※ ³	1,205,851	51%	277,952	23%	466,356	97,705	21%	11,777	1.0%
福島県	527,573	26%	72,543	14%	191,906	23,267	12%	1,958	0.4%

※1:総務省統計局 HP より(7月 27 日更新) ※2:海に面する市町村の全人口 ※3:仙台市は青葉区、泉区除く

- ② また、住宅被害の状況を津波、地震被害地区に分けると、表 4.3 に示すように津波被害地区では全壊割合が異常に高い。

表 4.3 岩手県における住宅の被害状況※¹

被害区分	住宅総 数	被害住宅数					被害住宅数中 全壊割合
		全壊	半壊	一部破 損	計	割合	
津波被害地区※ ²	105,100	20,304	3,171	525	24,000	22.8%	84.6%
地震被害地区※ ³	413,100	114	908	4,133	5,155	1.2%	2.2%

※1:総務省統計局 HP より(7月 27 日更新) ※2:海に面する市町村(一部地震被害の可能性あり) ※3:海に面しない市町村

このような傾向は、岩手県だけではなく、平野部の少ない、リアス式海岸の全体的な特徴と判断できる。

(2) 被害状況について

1) 被害基数の概数

国土地理院の浸水マップによる浄化槽の浸水状況を表 4.4 に示す。このように、津波被害地区全体の浄化槽の浸水割合は 28% である。特に、山田町以南は 32～64% と非常に高い割合となっている。

2) 住宅関係の被害

津波による被害の場合(写真 4.2 参照)、浄化槽本体はほとんど無事である。しかし、つぎのような傾向が見られる。

- ① 送風機の流失と冠水による漏電。
- ② 海水はほぼ全て流入あり(場所により差はあるが土砂＋ヘドロの流入も見られる)。⇒ ばっ気の旋回流異常、エアリフトの詰まりの要因。
- ③ 上蓋(マンホール)流失の場合は、多量の瓦礫、土砂などの流入の可能性あり。⇒ 上蓋のロックをしていけば流されにくい。ただし、建屋の被害が大きい(2階以上の冠水)場合は上蓋のロックをしていけば流されないかは不明。
- ④ 強い流れによる地盤の侵食やスラブの流出が見られる場合がある。⇒ 建屋の被害が大きい(2階以上の冠水)場所での頻度は 5% 以下。

このように、浄化槽の場合、「住宅の被害」≧「浄化槽の被害(本体の被害は少ない)」、「ライフラインの復旧に非常に時間がかかるが暫定使用は可能」などのメリットがあるが、「槽内の土砂、ヘドロなどの処理」、「瓦礫撤去作業時の浄化槽破損」など地震の被害とは全く異なる問題がある。このため、その対応方法について一定の方向性を示しておく必要があると思われる。

表 4.4 津波による浄化槽の浸水状況

市町村名	設置基数※ 1	推定浸水基数※2	
			割合
洋野町	1,332	63	5%
久慈市	1,267	39	3%
野田村	167	18	11%
普代村	201	1	0%
田野畑村	175	7	4%
岩泉町	478	56	12%
宮古市	1,471	276	19%
山田町	829	474	57%
大槌町	261	166	64%
釜石市	1,101	402	37%
大船渡市	2,793	904	32%
陸前高田市	1,378	762	55%
合計	11,453	3,168	28%

※1: H21 年度末 ※2: 国土地理院浸水マップによる推計値



写真 4.2 津波被害例

3) 集落排水の被害

津波による沿岸部の被害は、農業集落は 2 基(沿岸部 3 基中)、漁業集落は 16 基(全 22 基中)であった。

また、被害の状況は表 4.5 に示すように震災後はほとんどの処理場が稼動不可能な状態となった。主な被害は、電気・機械設備関係、扉・上蓋、外部の階段・柵・フェンスなど構造物の一部、土砂・ヘドロなどの流入である。しかし、躯体自体には、大きな損傷は少なかった。

なお、応急対応は、集落の被害状況(6 基が集落の 50%以上が被害となった地域に設置)などにより、対応には差がある。

表 4.5 集落排水処理の被害状況

処理場被害状況(震災後)	
稼動不可能	16 基
一部可能	2 基
被害なし	7 基
応急対応の状況(7 月末)	
ほぼ正常※1	3 基
仮設処理ユニット※2	2 基
ばっ気+沈殿+消毒	6 基
沈殿+消毒	5 基
未対応	2 基

※1 本来のフロー通りではあるが、設備関係などには被害有 ※2 膜分離方式

4) 津波による被害の要因

[津波の波力(波圧)]

- ① 海水(土砂・漂流物など含む)の流れと静水圧による水平・鉛直方向の波圧

⇒ 被害の主な要因であるが、本体は地中にあるので被害は少ない。ただし、地上に設置(露出)されている施設などは、被害が非常に大きい。

- ② 浸水深の違い(空気溜まり含む)による静水圧の差

⇒ 波圧と共に、放流口や排水設備などからの海水流入や上蓋流失の一因。

※ 洗掘(土砂が洗い流されること)や射流(高速で強い破壊力を持つ流れ)が見られる場合はスラブ流失、本体・管渠の露出、本体・建屋の破損など大きな被害が発生する。

[浮力]

- ③ 槽上部などの空気溜りに相当する鉛直方向の揚力(浮力)

⇒ 上蓋(特にロックがない場合)流失の一因

4.1.4 今後の課題

[災害時の対応]

住民の生活と衛生面を考慮した「暫定使用」の判断、「応急修理」の範囲、「槽内の土砂・ヘドロなど」の処分方法に関するマニュアルの作成

[復旧・復興に向けて]

- ① 復旧を円滑に進めるための市町村設置型(PFI 含む)の普及
 ② 津波被害の場合、同じ場所での居住が不確定な面や瓦礫撤去時の破損などもあるため、補助事業に対する復興対策手法の確立

謝辞

本調査に関する資料やデータの提供にご協力いただきました(社)岩手県浄化槽検査センターの稲村成昭氏に深謝いたします。

4.2 八戸市東部終末処理場調査結果

平成23年3月11日に起こった東日本大震災により、八戸環境クリーンセンター(し尿処理施設)が被災したため、八戸市東部終末処理場は、し尿・浄化槽汚泥の受け入れ処理を行なっている。

4.2.1 八戸市東部終末処理場の概要

八戸市東部終末処理場(下水処理場)は、昭和53年9月に処理を開始して33年経過した。現在、水処理関係では、最初沈殿池並びに最終沈殿池4系列、エアレーションタンク3系列(平成22年6月より合流改善計画によりエアレーションタンク1系列(2池)を雨水滞水池として改築使用)水処理能力50,000 m³/日(認可計画65,400 m³/日)、処理面積2,350 ha(認可計画3,171 ha)であり、平成22年度の晴天時平均流入量は38,537 m³/日となっている。その放流水質(年平均値)については、BOD 6.1 mg/l、COD 12 mg/l、SS 3 mg/lと良好に処理されている。一方、汚泥処理関係では、嫌気性消化処理をして脱水している。現在、遠心脱水機1台とスクリーンプレス式脱水機2台が稼働しており、平成22年度の脱水ケーキ量は6,764.5トン(含水率80.2%)であった。

水処理関係、汚泥処理関係各施設とも経年劣化が進行してきており、平成4年度より国庫補助事業による改築事業(更新)を順次実施している。なお、平成21年度より、東部終末処理場は、各ポンプ場、マンホールポンプと併せて、包括的民間委託方式により、維持管理を民間企業に委託している。平成22年6月末で合流式下水道緊急改善事業が終了した。

表 4.2.1.1 認可計画概要

計画事業年度		平成 29 年度	
計画区域面積		3,171ha	
計画人口		131,690 人	
下水排除方式		分流式(一部合流式)	
汚水量	分流	58,600 m³/日	65,400 m³/日
	合流	6,800 m³/日	
流入水質	BOD	230 mg/l	
	SS	200 mg/l	

(平成 22 年度変更認可)

表 4.2.1.2 処理場概要

処理場所在地		八戸市江陽三丁目 1 番 111 号
敷地面積		144,319 m ²
処理能力	計画	75,100 m ³ /日
	現在	50,000 m ³ /日
処理方法		標準活性汚泥法
放流先		八戸第一工業港
処理開始年月日		昭和 53 年 9 月 1 日

4.2.2 八戸環境クリーンセンターの被害と復旧計画

(1)被害状況

- ・ 八戸環境クリーンセンターは馬淵川河口付近に立地しており、2011 年 3 月 11 日、津波に襲われた。
- ・ 管理棟 2 階の中央制御室に被害はなかったが、地下の貯留槽などの設備は冠水、壊滅した。
- ・ 建物等の地震による物理的損傷はほとんどなかった(軽微)。
- ・ 現状施設では津波対応は考慮されていなかった。

(2)八戸環境クリーンセンター概要

- ・ 平成 22 年度の八戸市行政人口は 240,789 人、公共下水道人口は 129,830 人、し尿くみ取り人口は 48,445 人、浄化槽人口は 103,389 人。
- ・ 同センターは、第 1 処理場と第 2 処理場の 2 つの処理施設を有し、1 日の処理能力は合計 335 kl である。
- ・ 八戸市、階上町、南部町のうち旧福地村から、約 4 万 6 千人分のし尿と約 10 万 6 千人が使用する浄化槽由来の汚泥を処理している。
- ・ 昭和 62 年から平成 4 年で建設。建設費用約 50 億円。

(3)復旧計画

- ・ 早期より、計画・予算案(12 億円)提出。環境省は 12 月に震災復興予算認可。緊急性を要するので随意契約で1月には発注・工事開始へ。
- ・ 今回の予算化は震災復旧事業であり、将来的な震災対策(地震・津波)を含めた施設計画にはなっておらず、被災施設の系統変更や計画処理量減少のもとで計上されたもので、ほぼ満額の補助となっている。

4.2.3. 八戸市東部終末処理場の被害と復旧計画

- ・ 近隣の商業施設等は 1 階部分冠水していたが、同処理場の津波被害はなかった。
- ・ 放流施設等の一部地震被害。海岸部ポンプ場被災（国交省は 8 月時点で災害復旧を認可、事業開始）。管路網等の被災もなし。
- ・ 処理施設は津波による被害はなかったが、施設一部に地震によるクラック・漏水が発覚、応急処理を計画。汚泥量が(通常季節的に)低減する 1 月に水処理 1 系統を閉鎖して工事（1 ヶ月弱）予定。
- ・ 現行施設に津波対策はなく、地下部の流入スクリーンやポンプ施設が塩水冠水していれば、機能停止状態になっていた。
- ・ 津波による海水流入の影響はみられず、活性汚泥の性状に変化はなかった。

4.2.4. 八戸市東部終末処理場のし尿・浄化槽汚泥受入

(1)し尿・浄化槽汚泥の受入状況

- ・ 震災発生直後、被災したし尿処理場からし尿・汚泥受入が打診され、翌週月曜日から受け入れ開始。
- ・ 下水処理場担当者の中には、し尿処理施設の担当経験を持つ者が数名おり、下水処

理場とし尿処理施設の担当者間で普段から情報交換が行われている。よって、下水処理場におけるし尿・浄化槽汚泥の受入を迅速に実現できた。

- ・ 下水処理系へのし尿・浄化槽汚泥投入には、十分な希釈が必要なので、放流水の一部を含む返送水配管にし尿・浄化槽汚泥を投入している。
- ・ 同処理場敷地内の道路上の投入口から、清掃車が直接、し尿・浄化槽汚泥を返送水配管に投入している。



写真 4.2.4.1 し尿・浄化槽汚泥の投入口(左)と投入時の様子(右)

(2) 運転状況

- ・ 処理能力は約 50,000 m³/日。震災前の処理量は通常約 40,000 m³/日。し尿・浄化槽汚泥受入後(震災後)の処理量は約 60,000 m³/日で超過状態。
- ・ 汚泥処理も施設計画能力の+60~70%増加状態でフル稼働中。
- ・ 合流式下水道越流水対策の雨水帯水池 2 池のうち 1 池に緊急的に曝気配管敷設を行い、曝気槽に転用して対応。
- ・ 曝気槽内曝気管を高効率管に更新(前年より順次更新中のものを前倒し実施;約 2 千万円)。維持管理費の低減に貢献。
- ・ し尿・浄化槽汚泥投入後、浮遊物発生、処理水の変色、腐敗汚泥の発生と浮上が見られる。鉄系無機高分子凝集剤(ポリ硫酸第二鉄)の投入および運転管理等で対応している。

(3) 水質への影響

- ・ 平成 22 年度の流入水(年平均値)については、BOD 240 mg/l, COD 170 mg/l, SS 200 mg/l。放流水については、BOD 6.1 mg/l, COD 12 mg/l, SS 3 mg/l であった。
- ・ 震災後の平成 23 年度上半期(4 月~9 月の平均)の流入水については、BOD 550 mg/l, COD 310 mg/l, SS 580 mg/l, 放流水については、BOD 9.2 mg/l, COD 15 mg/l, SS 4 mg/l であり、流入水と放流水ともに昨年度に比べ高い値になった。
- ・ 平成 23 年度上半期(4 月~9 月の平均)の流入水水質の最大値(1 回/週測定値)は、BOD 1,100 mg/l(4 月), COD 500 mg/l(8 月), SS 1,460 mg/l(8 月), 放流水水質の最大値は、BOD 25 mg/l(5 月), COD 26 mg/l(5 月), SS 17 mg/l(5 月)であった。
- ・ し尿・浄化槽汚泥投入による活性汚泥の性状変化は見られない。

謝辞

本調査に関する資料やデータの提供にご協力いただきました八戸市環境部下水道事務所
下水道施設課 課長 山田良一氏に深謝いたします。

第5章 浄化槽の維持管理費に関する実態調査

5.1 はじめに

本研究では浄化槽を中心とする生活排水処理システムにおいて、現在の状況からさらに人口減少下で整備計画を達成していくうえで、住民サービスを低下させずに持続的にシビルミニマムを確保していくことが必要である。

現在の状況を踏まえた将来の経営を考えるために、まず浄化槽による生活排水処理システムの老朽化と維持管理の状況を明らかにすることが求められる。下水道分野においては近年アセットマネジメントをとりいれたシステムの維持、更新の効率性の検討が始められているが、浄化槽分野では集合処理との総括的な整備費用の比較検討などが行われているのみで、現状を踏まえた長期的視野における考察はほとんど行われていない。浄化槽事業は規模の小さな町村では特別会計で実施されている場合も多く、自治体の財政に大きな影響を及ぼしている場合も少なくない。

そこで、集合処理及び個別処理の事業費比較にも大きく影響する浄化槽の維持管理費に関する実態を把握するために全国規模のアンケート調査を実施した。

5.2 調査方法

全国の維持管理費を把握するため、各都道府県ごとに40社程度をランダムに抽出し、合計1,891社の維持管理業者にアンケート用紙を送付した。回答項目は、1年間当たりの保守点検回数、1回当たりの保守点検料金（人槽ごと）と清掃料金（人槽ごと）、補修品目とその費用について回答を得た。587社より回答があり、回収率として31%であった。

次いで、全国浄化槽推進市町村協議会登録型浄化槽のリストから人槽ごとに使用されているブロワの仕様を抽出し、消費電力から1年間当たりの電力費を算出した。

なお、浄化槽の人槽は、個別分散型処理の代表である5～10人槽とした。

5.3 保守点検回数と料金

保守点検回数、保守点検料金の結果を表5.1示す。

5～10人槽規模の浄化槽における法令上の保守点検回数は年3回であるが、アンケート調査結果では、年4回の実施が最も多く、次いで3回、6回、12回であった。また、中には5回や11回という回答も認められた。

保守点検料金は著しいばらつきが認められたため、契約されていた1年間当たりの保守点検回数ごとに年間費用を算出し、その平均値を求めた。その結果、5人槽では17,200円/年、7人槽では18,139円/年、10人槽では19,425円/年であった。

なお、データの掲載は省略するが、表5.1に比べてBOD及びT-N除去型では500円/年、BOD、T-N及びT-P除去型では1,000円/年程度高額となった。

表 5.1 保守点検回数と保守点検料金 (BOD 除去型)

保守点検回数	人槽	保守点検費用(円/年)			標準偏差	データ数
		平均	最小	最大		
3回	5	15,716	4,000	50,000	6,227	141
	7	16,348	4,000	55,000	6,756	141
	10	17,558	4,000	60,000	7,855	141
4回	5	16,511	3,000	40,000	5,040	255
	7	17,263	3,800	46,000	5,715	256
	10	18,481	4,000	50,000	6,461	255
5回	5	14,875	10,000	18,375	3,366	5
	7	15,115	11,200	18,375	2,948	5
	10	15,475	13,000	18,375	2,412	5
6回	5	20,071	2,750	60,000	6,771	88
	7	21,273	2,750	70,000	7,891	89
	10	22,703	2,750	89,000	9,632	88
11回	5	21,000	21,000	21,000		1
	7	22,000	22,000	22,000		1
	10	23,000	23,000	23,000		1
12回	5	23,803	12,600	38,900	6,099	34
	7	25,566	12,600	41,400	6,350	34
	10	27,949	12,600	48,860	7,109	34

5.4 清掃料金

清掃料金のアンケート調査結果を表 5.2 に示す。清掃はいずれも年 1 回の実施であるが、料金については保守点検料金と同様、著しいばらつきが認められるが、平均値でみると、5 人槽が 24,195 円/年、7 人槽が 31,050 円/年、10 人槽では 41,948 円/年であった。このように、人槽の増大に伴い有効容量が大きくなるため、引き出し汚泥量も多くなり、清掃料金は高額となる。

なお、BOD 除去型と高度処理型との清掃料金に関する有意差は認められなかった。

表 5.2 清掃料金

人槽	清掃費用(円/年)			標準偏差	データ数
	平均	最小	最大		
5	24,195	5,000	99,960	9,383	299
7	31,050	7,000	99,960	11,763	299
10	41,948	10,000	108,010	17,051	297

5.5 機器類の交換費用

小型浄化槽ではブロワ、散気装置、接触材や担体が用いられているが、これらの耐用年数は槽本体に比べて短く、一般に 7～10 年と言われている。そのため、通常の保守点検料金以外に不定期であるが、これらの補修あるいは交換に伴う費用が発生する。そこで、補修あるいは交換する品目とその費用について調査した。

まず、品目であるが、図 5.1 で明らかなように、ブロワ本体及びダイヤフラムの交換が全体の 33%であり、次いで、フィルターの交換が 23%、散気管の補修が 6%、担体の

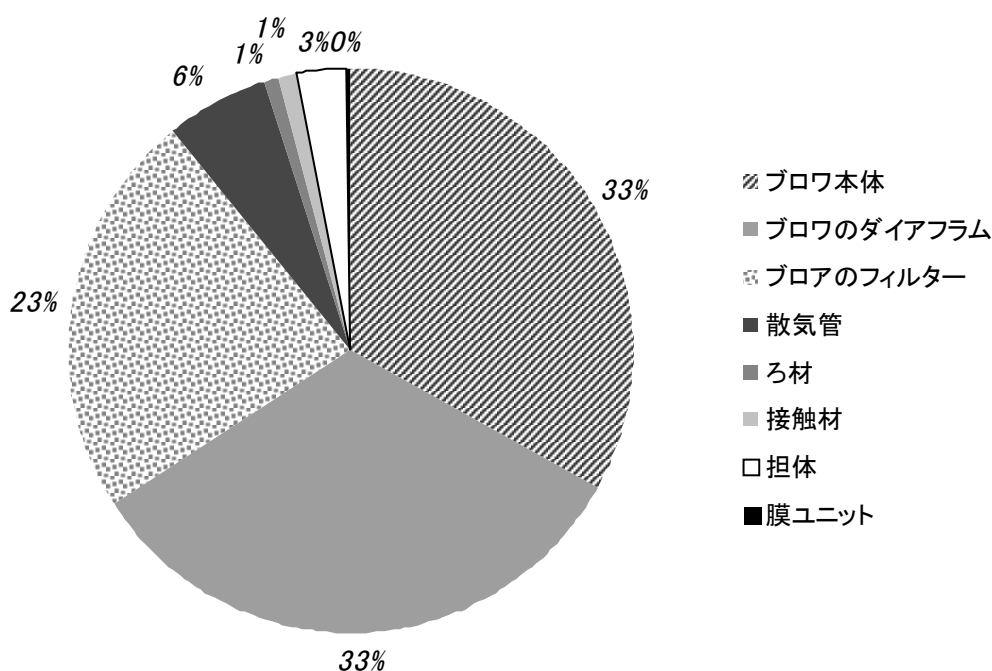


図 5.1 補修あるいは交換が行われていた品目

表 5.3 機器類の交換費用

内訳	機器交換費用(円/回)			標準偏差	データ数	交換頻度(何年に1回)		
	平均	最小	最大			平均	最小	最大
ブロワ本体	39,194	7,000	97,000	13,339	444	6.7	1	13
ブロワのダイヤフラム	9,217	0	60,000	4,391	441	2.7	1	10
ブロアのフィルター	621	0	9,800	1,022	314	2.1	0.5	10
散気管	6,168	0	50,000	8,541	80	5.7	1	10
ろ材	69,183	4,200	165,000	55,512	12	9.1	5	15
接触材	53,808	10,000	150,000	44,501	13	7.6	1	10
担体	42,644	0	130,000	25,556	37	7.4	2	10
膜ユニット	93,500	10,000	157,500	54,761	5	4.4	2	5
計					1,390			

交換が 3%、接触材とろ材の交換がそれぞれ 1%であった。したがって、ブロワ関連の交換に伴う費用が最も多く発生することが明らかとなった。

その費用は表 5.3 に示すように、業者ごとに著しい差が認められ、業者によっては保守点検料金のなかに交換費用を含めているケースもあった。また、交換頻度はブロワでは 6.7 年に 1 回、接触材やろ材などの内部設備類も 7.6～9.1 年ごとに交換しているケースが認められた。

以上の結果から、個別分散型処理の浄化槽に関する費用計算において、維持管理費は検討対象地区の実績値を適用することが妥当であり、機器類の定期的交換費用も見込む必要が明らかとなった。

第6章 維持管理に関するアンケート調査

6.1 はじめに

市町村による浄化槽整備事業が、平成6年度より開始されている。平成22年12月末現在の事業実施市町村は191で、事業実施が21年度までに終了したものが68、23年度以降に予定しているものが9となっている¹⁾。

浄化槽は、近年、多くの型式が開発され、その維持管理方法は、型式毎に違いがあり、保守点検では、型式毎の構造、点検項目、調整方法の習得が必要となっている。しかしながら、浄化槽管理者(設置者など)が維持管理におけるこれらの状況についての認識についての調査は、これまでに実施されていない。

ここでは、浄化槽による生活排水処理において、浄化槽整備や維持管理に関する現状の把握と、浄化槽汚泥の処理費用や保守点検清掃以外の維持管理費用に関して、今後の整備に活用することを目的として、市町村浄化槽整備推進事業を実施した市町村を対象にアンケート調査を実施した。発送数は280、回答は127(45.4%)であった。アンケートの送付は平成21年12月、回答は平成22年1月～3月である。

6.2 アンケートの結果と考察

6.2.1 事業概要

(1) 実施状況

浄化槽市町村整備推進事業の実施状況を図6.1に示す。回答数は124。整備事業を継続中が77%、整備事業が終了して維持管理のみを行っているものが22%で、1%は今後事業を予定しているものであった。

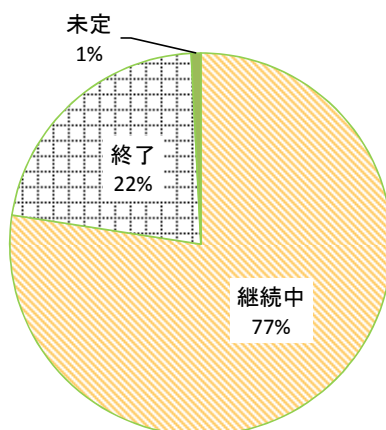


図 6.1 浄化槽整備事業の実施状況に関する回答

(2) 整備予定基数

整備予定基数を図6.2に示す。整備予定基数の回答が得られたのは105件で、10～7,249基の範囲であった。整備予定基数が100基以下の小規模な事業が21%で、1,001基以上の大規模な事業も32%あった。

整備予定基数の設定について、対象地区の世帯数に対して、整備予定基数をどのように設定したか図 6.3 に示す。回答総数は 57 件で、対象世帯数の 20%以下と小さく設定したものが 26% (15 件) を占める一方で、100%に設定したものは 19% (11 件) あった。

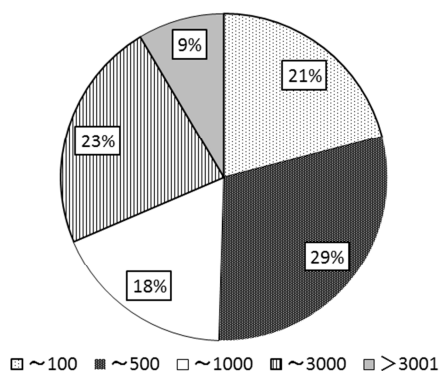


図 6.2 整備予定基数の割合

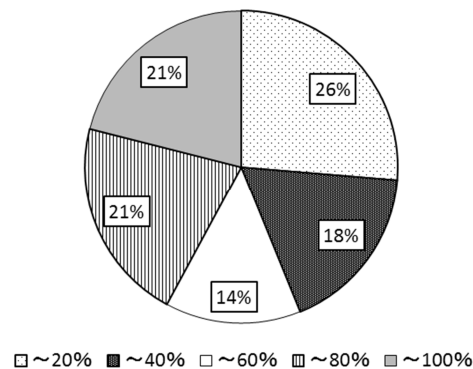


図 6.3 整備予定基数の設定

6.2.2 整備浄化槽について

整備する浄化槽の処理性能値や型式、その他の条件設定について図 6.4～図 6.7 に示す。整備浄化槽の条件設定について図 6.4 に示す。条件設定ありが 83%，条件設定なしが 16%で、整備する浄化槽に何らかの条件を設定している割合は高い。

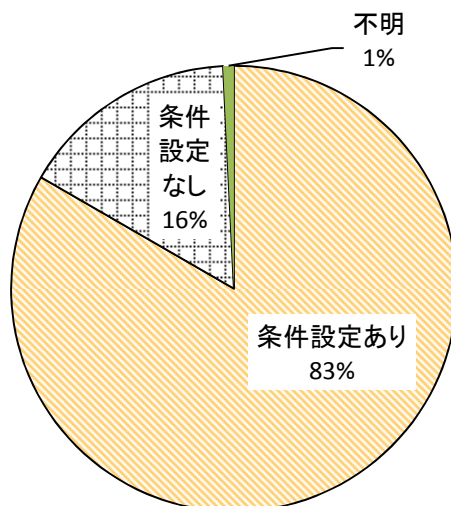


図 6.4 整備浄化槽の条件設定に関する回答

浄化槽の条件設定の中で処理性能値に関するものを図 6.5 に示す。BOD を設定している件数が 92 件で最も多く、60 件が BOD20mg/L 以下、32 件が BOD10mg/L 以下を設定している。

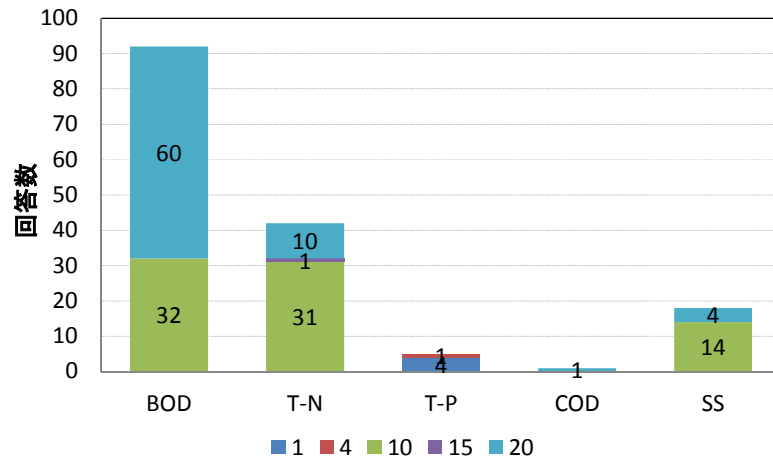


図 6.5 処理性能値の条件設定件数（複数回答）

処理性能以外について、条件設定した回答数を図 6.6 にまとめた。回答数が最も多かった構造に関するものの中では、構造例示型、豪雪仕様、ブロワ台数の設定などが多く、維持管理や清掃の作業性に関する条件設定はそれぞれ 2 件、1 件でほとんど検討されていない。

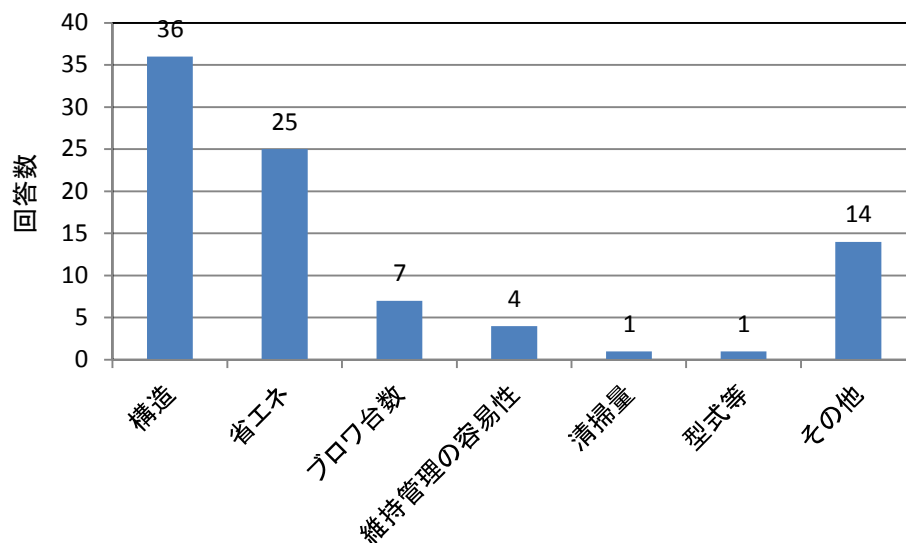


図 6.6 設置浄化槽の条件設定項目（処理性能以外）

平成 21 年度までに整備された浄化槽基数を図 6.7 に示す。設置数は 10～1,632 基の範囲であった。市町村設置型で浄化槽された整備基数は 100 基までが 24%、501～1,000 基は 24%、1,001 以上は 5%（6 件）であった。

浄化槽の移管管理について図 6.8 に示す。既設浄化槽の管理移管を実施しているのは 62%であった。

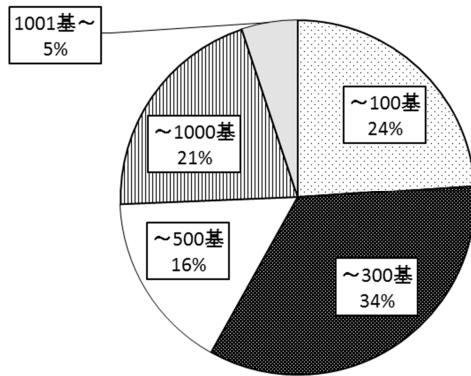


図 6.7 浄化槽整備基数

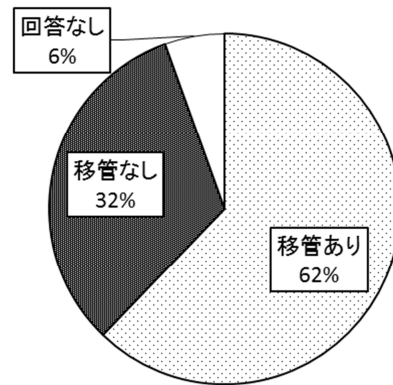


図 6.8 既設浄化槽の移管

6.2.3 保守点検について

(1) 契約内容について

保守点検の契約内容を図 6.9 に示す。点検回数と浄化槽について設定されているものが最も多く、軽微な修理，ダイヤフラムの交換と続く。維持管理内容に関するものとしては，c の「処理性能値の維持」，「保守点検時の器具を指定する」などが 10 件程度あった。

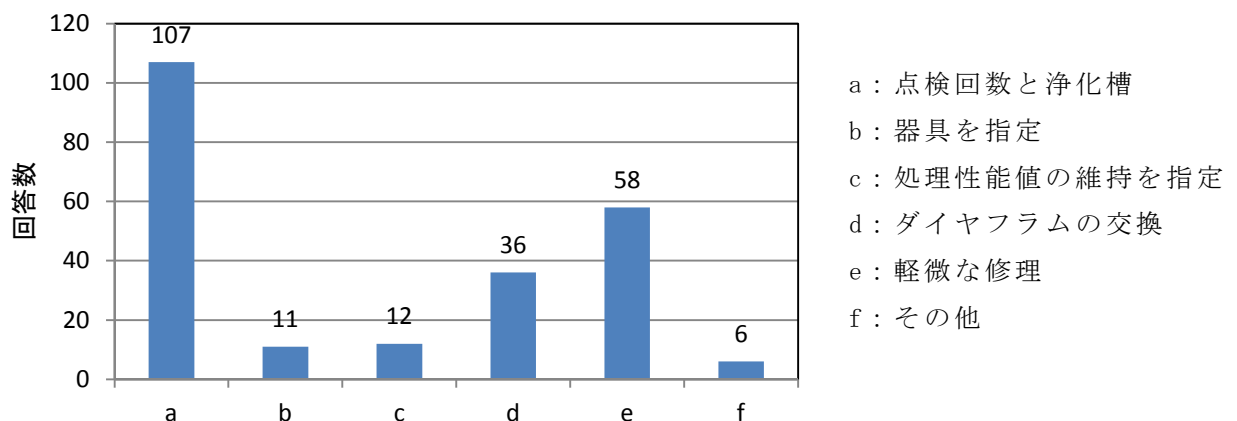


図 6.9 保守点検の契約内容について

(2) 保守点検記録票について

使用している保守点検記録票について図 6.10 に示す。浄化槽の処理性能は維持管理が適切に実施されて初めて，その処理性能が発揮される。近年開発，製造されている浄化槽は，コンパクト化と高度処理化を目的としたものが増えており，そうした浄化槽では，保守点検時に確認，調整しなければならない箇所が多くなり，その作業内容も手間と時間がかかるものがある。多数設置されている浄化槽の中で，その型式と人槽ごとに，その管理を適切に行うためには，それらの構造と，適切な設定値を把握して，調整が実施されなければならない。従来の構造例示型の浄化槽であれば，ほぼ同じ内容の管理内容となるが，性能評価型の浄化槽では，その型式

毎に確認事項が違うために、点検票に項目がない場合には、未確認、未調整となることが懸念され、そのような場合には、処理性能の維持は困難になると考えられる。

回答が得られたものでは、「設置した浄化槽用の保守点検記録票を作成して使用」が最も多かった。型式毎の点検票を使用しているのは a と d で 18 件ある。c の「構造基準型」の点検票を使用しているものは 9 件であった。このうちで、構造例示型の浄化槽を主に設置している市町村はなく、8 件は性能評価型の浄化槽の設置を行っていた。e のその他では、保守点検業者が使用するものが 18 件、協会や国、都道府県や市町村の書式を利用が 15 件、不明が 2 件であった。いずれにせよ、管理する浄化槽に対しての点検項目が記載項目として表示されているものを使用するような改善が必要ではないかと思われる。

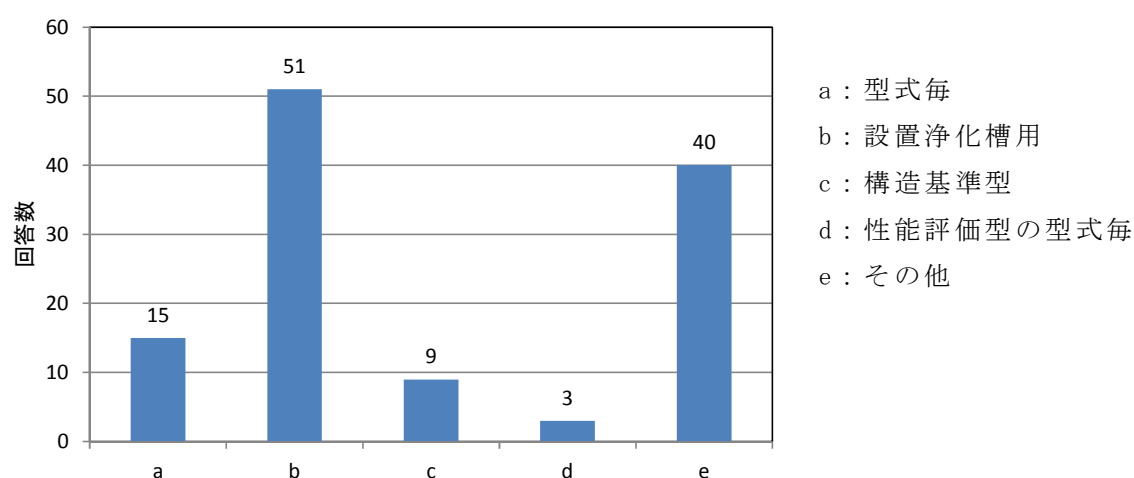


図 6.10 保守点検記録票について

(3) 記録票での記載項目の有無

浄化槽の基本状況や使用状況の把握が行われているかを質問したものである。図 6.11 に回答数を示す。型式の記録は多くで実施されている。実使用人数の記録項目があるものは半数程度である。水道使用量や清掃からの経過月数の記載は、あまり求められていないようである。浄化槽使用地域では、水道水以外の水が使用される場合もあるので、水道以外の水の使用の有無を確認するなど、水道使用量の確認は、使用状況を把握する上で、大変有益な情報を得ることになると思われる。清掃からの経過月数は 34%程度に記載項目として取り入れられている。これも、管理上の重要な指標となるので、記載されることが望ましいと思われる。

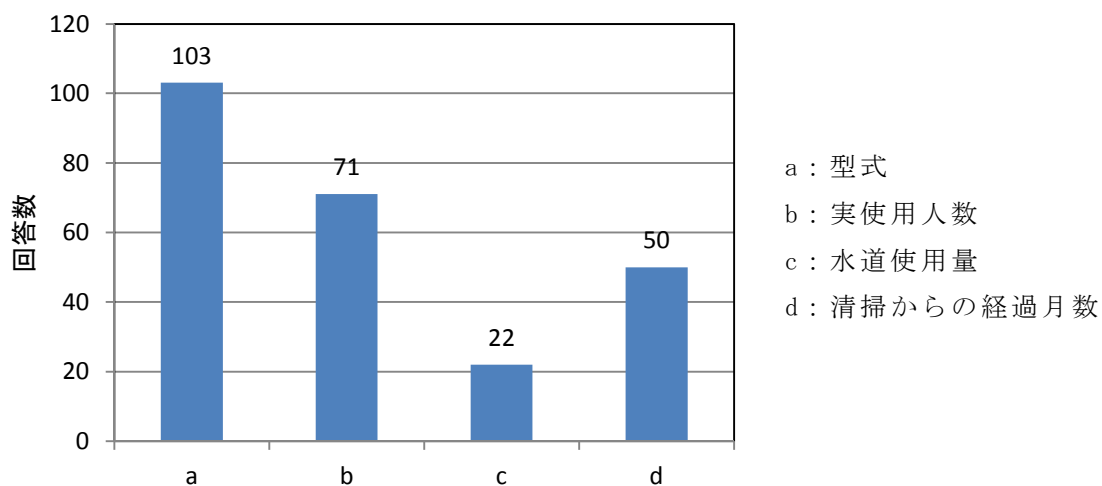


図 6.11 保守点検記録票での記載事項の有無

(4) 保守点検結果の活用

保守点検結果を浄化槽維持管理にどのように活用しているか，図 6.12 と図 6.13 に示す．保守点検業者から市町村値の点検結果の報告は，毎月実施が 60%，数ヶ月毎が 32%であった．保守点検結果の通知については，記録票の交付が最も多く，通知しないは 29 件あった．

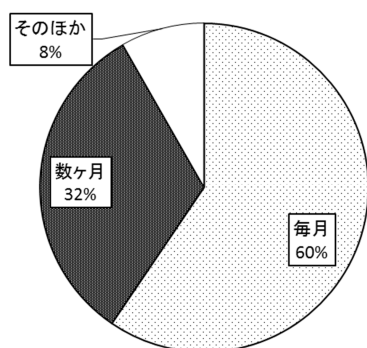


図 6.12 市町村への保守点検結果の報告頻度

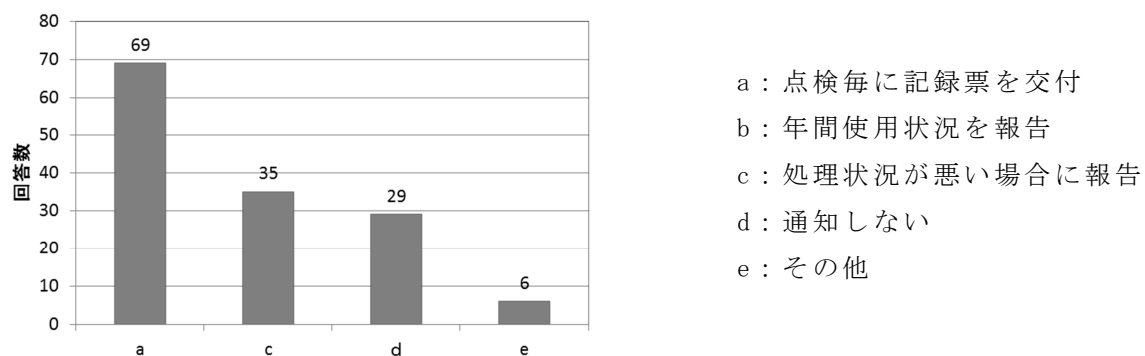


図 6.13 使用者への保守点検結果の通知

6.2.4 清掃について

(1) 清掃時期の決定

清掃の実施時期について図 6.14 に示す。前回清掃から 12 ヶ月後に実施するが最も多く、保守点検結果を参考にする、清掃業者に一任も 18 件あった。

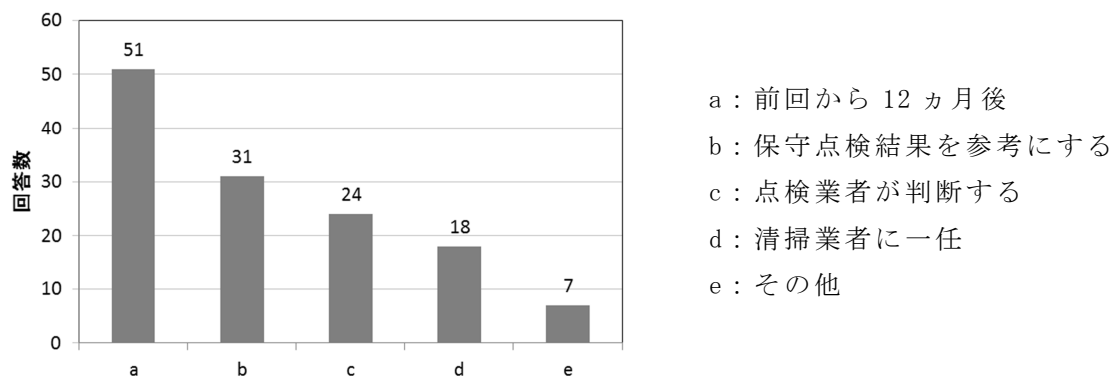


図 6.14 清掃日の時期

(2) 清掃記録票の使用

清掃記録票の使用については、使用しているが 86 件（72%）、使用していないが 34 件（28%）であった。

(3) 清掃記録票の書式

清掃記録票の書式についての回答数を図 6.15 に示す。地域に設置した浄化槽用の票の使用が最も多く、次いで、清掃日と清掃量の報告となった。性能評価型の浄化槽では、清掃する場合の引き出し箇所や、狭い場所でのろ材の洗浄など、作業内容にも注意が必要な場合があるので、清掃作業内容についても確認が必要である。

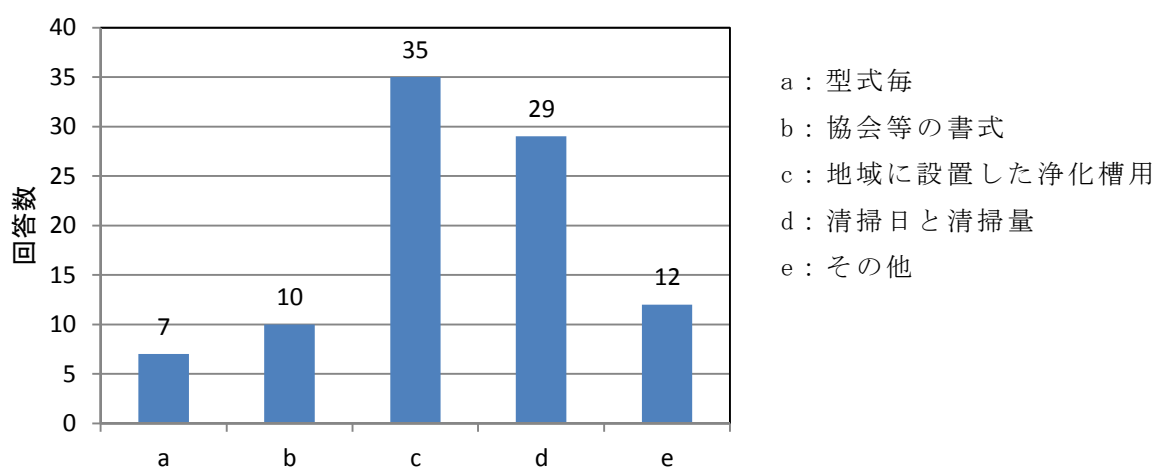


図 6.15 記録票の書式について

(4) 記録項目の有無（複数回答可）

清掃時の処理状況や清掃作業内容についての記録内容を図 6.16 に示す．d の「各槽の作業内容」は約半数で記録項目となっている．a の「各槽の汚泥の体積状況」は 36 件，c の「内部の破損状況」は 40 件が記入項目に挙げていた．清掃時の処理水の透視度などの処理状況の記入は 12 件と少なかった．

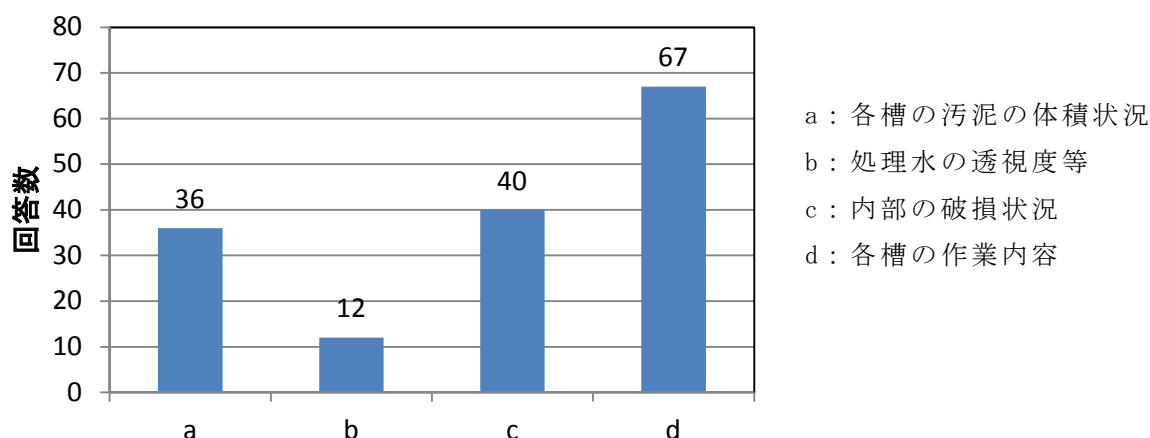


図 6.16 記録票の記録項目について

6.2.5 法定検査について

(1) 実施者

法定検査の実施者を図 6.17 に示す．116 件の回答があり，市町村が実施する割合は 96%で最も多く、市町村が実施するもののうち、使用料金に法定検査料金を含む割合は 29%であった．使用者が実施するものが 2% (2 件) あった．

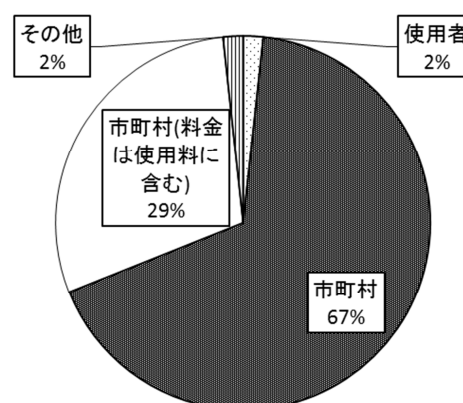


図 6.17 法定検査の実施者

(2) 実施時期

法定検査の実施時期の調整について図 6.18 に示す．回答数は 123 件であった．時期を調整しないのは 75%，調整するのは 9%で，検査機関が調整するが 16%であった．

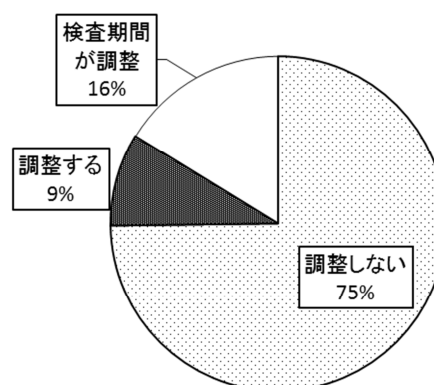


図 6.18 法定検査の実施時期の調整

(3) BOD 適合率の把握

BOD 適合率の把握に関する回答を図 6.19 に示す。把握しているのは 24%，把握していないが 76%で、法定検査結果の全体としての評価は行っていない

状況が多いことが分かった。

しかし、法定検査結果が悪かった場合には「原因と対策を保守点検業者に立てさせている」が 70 件あり、法定検査結果に対しては、個別に対応している場合が多い状況である。得られた BOD 適合率について、どのように考えているかにつ

いては、回答数 31 のうち、21 件が「処理性能値なのだから、想定範囲の使用状況の浄化槽は 100%の適合率となるべき」で、適合率が 95%程度あればいいと思う、と 70%程度あればいいと思うがそれぞれ 1 件。特になしが 6 件、その他は 2 件あり、「利用状況によって違いがある」「使用状況検査実施時期により BOD が上下するので多少の BOD オーバーはやむを得ない」となっている。

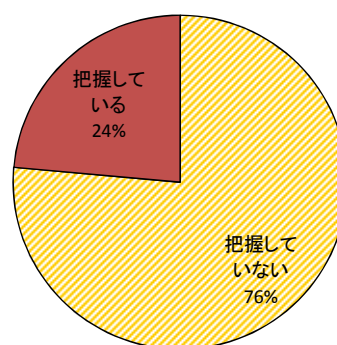


図 6.19 BOD 適合率の把握

(4) BOD 適合率

BOD 適合率の回答数は 25 件あった。ここでは、調査件数が 11 件以上のものについて、平成 20 年度と 21 年度の BOD20mg/L 以下の適合率を、浄化槽の処理性能値が BOD20mg/L 以下と 10mg/L 以下に分けて図 6.20 に示す。適合率が 50%程度のものが 1 件あるが、それ以外は処理性能 BOD20mg/L 以下の浄化槽で、70～98%，処理性能 BOD10mg/L 以下の浄化槽で、80～99%であった。

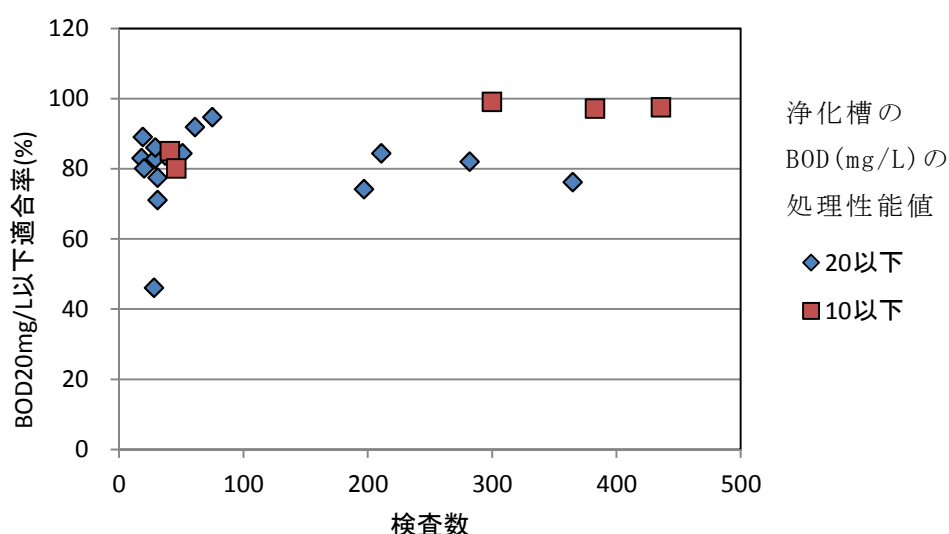


図 6.20 法定検査の BOD20mg/L 以下の適合率

(4) 法定検査結果の通知(複数回答)

法定検査結果の利用について訪ねた結果を図 6.21 に示す。d が最も多く、悪い結果の対応に用いられている。状態が良好な場合にも、浄化槽関係者で情報を共有し、浄化槽の運転・維持管理・料金負担に活用していければいいと思われる。

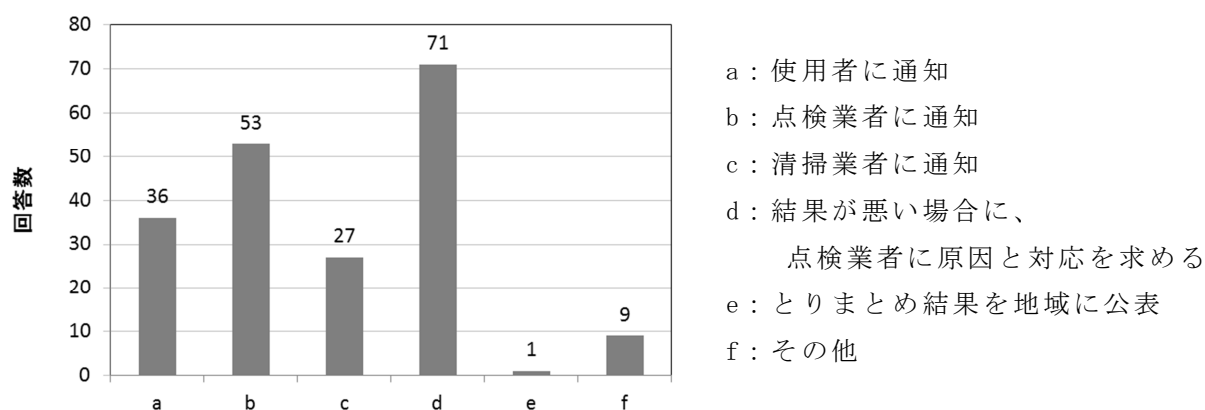


図 6.21 法定検査結果の利用

(5) 法定検査結果が悪かった場合の対応

法定検査の結果、透視度や運転状況が悪かった場合の対応を図 6.22 に示す。保守点検業者に原因の究明を求めるが主な対応と見られた。また、使用者に使用状況を確認するも 30 件あった。

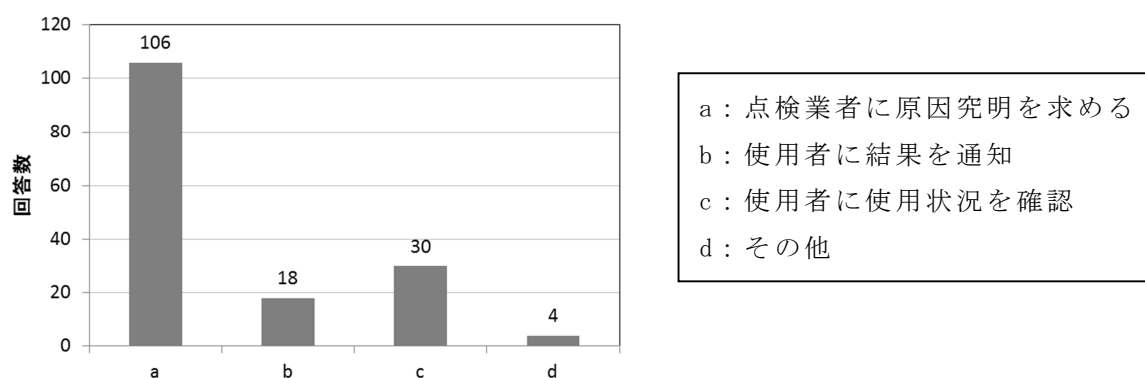


図 6.22 法定検査結果が悪かった場合の対応

(6) 水質悪化原因と対策

これまでに明らかになった水質悪化原因、と対策の実施について記述式で意見を求めた。以下に得られた回答を全て表 6.1 に示す。

水質悪化に対しては、原因の究明を試みられている。対策としては、ブロワ能力の増加と清掃頻度を上げるといったことが採用されている。

表 6.1 水質悪化の原因と対策

回答番号	内容
5	原因:移管を受けた浄化槽(特にコンパクト型)の水質悪化、処理不足。対策:現在設置している主流の型式(高度処理型)への変更
11	プロアの風量低下
13	人槽に対しての水量が多く処理不足が発生。この原因としては近年コンパクト型が主流となりその人槽のもつ能力が効率よく発揮されない事が多くみられる。また、コンパクトは維持管理も容易ではない。
16	使用水量が多い→ブロー能力を上げた。(5人槽→7人槽用に交換した)
18	灯油が混入した例があった
19	原因については飲み薬の影響が考えられるため対策として清掃間隔を短縮している
21	原因→高血圧症の内服薬の服用、対策→ブローの容量アップ サンポール(酸性トイレ洗浄剤)の使用、対策→清掃と種菌の接種
29	使用量が少ない為、放流pH異状(アルカリ)、ブロー間欠運転実施(タイマー設置)
32	状況をみて微生物促進剤を投入する場合がある
34	原因について:使用者が薬を常用している、対策について:ブロー容量を上げる
35	洗濯用洗剤の使用量増に伴い浄化槽から泡が吹き出てきた
36	家族内に体調不良による薬常用者がいるため水質悪化及臭気発生
45	糖尿病患者が居る家庭の清掃については年2回の抜取りを行なっている
57	仕切板破損→浄化槽本体の取替(移管浄化槽)、市町村設置の浄化槽(CRN)については水質悪化等のトラブルはない
59	水質の悪化ではないが糖尿病薬の服用により異臭が強いケースあり。清掃回数を増やすことで対応
60	持病薬の服用等聞くが主原因となっているか不明、プロア配管の途中(地下埋設)がはずれ風量不足
62	発泡がみられる。洗剤等使い過ぎないように
70	原因について:ベットの砂をトイレから流す、残飯を台所から流す等。対策について:使用者へ注意事項を周知する
72	原因:汚水の流入量が少ない。対策:設置前の事前調査、シーディング剤等の導入
75	原因について:水使用量が多い。対策について:年一回清掃から年二回清掃(時期は保守点検業者が判断)へ
79	水使用量が多いことで水質悪化になったことがある。この対策として清掃回数を増加した
80	サカマキ貝の発生=対策:ブローの電源を切りばっ気を停止(1ヶ月程度)1ヶ月後清掃、気温が高い時期有効
81	水質面での異常は起きていない
83	使用者の服用している薬によるものがありました
85	原因について:サカマキガイの発生、対策について:硫安を使用した駆除方法、原因について:使用者増やしよう状況による水質悪化、対策について:一回り大きいプロアの設置
88	対策について:透視度が低いものについては、年2回清掃を行なっている
92	原因について:流入水に油分が多く含まれている、対策について:清掃間隔を年1回から2回に増やしている
93	人槽よりも実使用人数が多く、水質が良くない(原因)。油の使用が多く、水質が良くない(原因)。透視度がいつも低いので清掃間隔を12ヶ月より短くしている(対策)。
95	食品製造業でBODが高い。阻集器清掃が未実施。阻集器清掃を使用者に指導
102	糖尿病の薬で機能が低下したとの報告を受けた。保守業者が使用方法のアドバイスをした
103	人槽以上の使用人員になり透視度が低下、清掃時期を打合せながら実施
105	高齢者が多く薬の服用が多い為こまめに清掃するようにしている
109	流入口へ食品残渣の堆積があり原因究明と清掃を実施した(年2回実施)
110	原因について:水使用量、洗剤使用量が多い、対策について:使用者へ節水等をお願いしている
111	原因について:薬を飲んでいる家庭の放流水質悪化、対策について:シーディング剤を他のものにかえて対応
113	原因について:多量の油の流入(機械工場、トイレ及び手洗いのみ)、対策について:機械工場において多量の油の付いたウエス等を手洗場で洗っていたので使用について注意をするとともに清掃間隔を6ヶ月で実施している
114	原因について:人槽と家族人数の不一致、対策について:ブローの風量を増やしてDOを上げた
117	使用者の家族で服薬(糖尿病、高血圧関係)している人がいると処理水が改善しにくい。一時的な対応策はあるが改善がおこえない
119	原因について:プロアの故障や食生活の変化(油物)が多い、対策について:修繕や指導
125	コンパクト型で高血圧薬服用の場合、COD負荷が高く、活性汚泥ができづらい為、ブローの容量アップやろ材、担体の交換をさせている。浄化槽メーカーに対し、改善命令を出している。また、小人員の場合、低負荷を招き、pH値が下がるため間欠ばっ気(タイマー制御)にした。
127	設置後に使用者が増えた。糖尿病等の薬を使用しているものとみられる。使用量が算定基準に比べて多いと思われる。

6.2.6 浄化槽の書類の保存

維持管理要領書などの書類の保管については、66～68件(52～54%)が保管していると回答している。浄化槽は型式によりその構造等が異なり、維持管理を行う上

では、それらの維持管理要領書などが必要となる。浄化槽の維持管理要領書はインターネットで入手可能なものもあるが、浄化槽メーカーの HP では、現在製造販売している浄化槽の情報は入手できるものが多いが、製造が終了した型式や浄化槽事業を撤退したメーカーの場合には、その情報の入手が困難になる場合がある。したがって、浄化槽管理者は、それらの書類を保存しておくことが重要である。

6.2.7 ブロワ等の交換について

ダイヤフラムの交換実施について図 6.23 に示す。「ばっ気停止後に交換する」が最も多く 84 件であった。定期的に交換するは 15 件あり 1 年毎が 2 件、2 年毎が 3 件、3 年毎が 3 件、5 年毎が 3 件、未記入が 4 件であった。その他は 19 件あり、ブロワが個人管理であるが 3 件、交換実績なしが 3 件、これまで故障後に対応していたが、22 年度から一度も交換していない対象から順次交換を計画し実行中が 2 件、維持管理業者の報告により交換が 8 件であった。

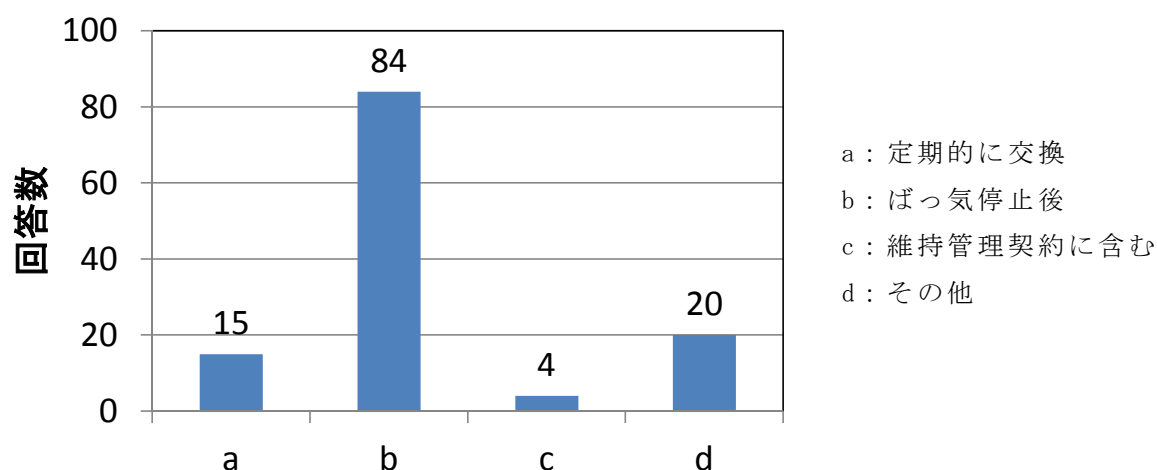


図 6.23 ダイヤフラムの交換実施

ブロワの交換実施について図 6.24 に示す。「ばっ気停止後」が 105 件で最も多い。「計画的に交換」は 4 件で 3 年が 1 件、10 年が 1 件、2 件は年数が未記入であった。「その他」10 件の内容は、これまでは故障後に交換していたが、22 年度から一度も交換していない対象から順次交換を計画し実行中が 2 件、個人管理が 3 件、事例無しが 2 件、部品交換と新品購入のコスト比較が 1 件、部品交換対応可能な場合は修繕で対応が 1 件、未記入が 1 件であった。

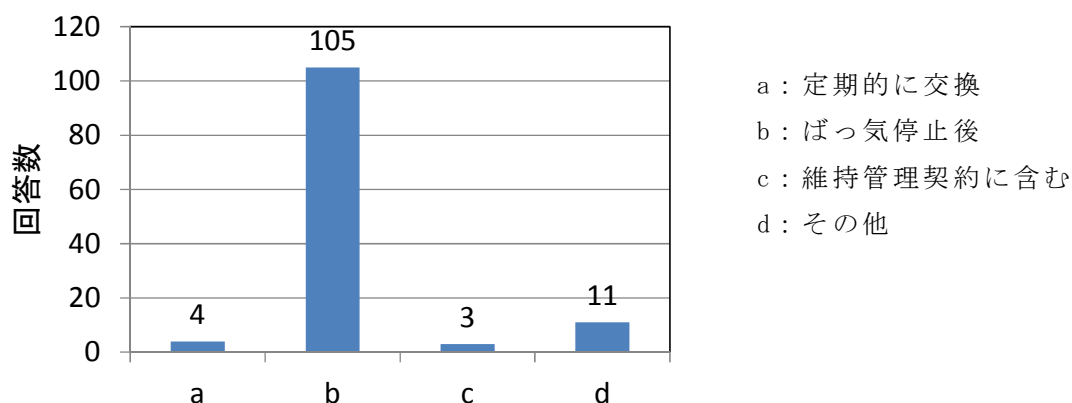


図 6.24 ブロワの交換実施

6.2.8 維持管理費用

(1) 保守点検費用

平成 20～22 年の保守点検費用を表 6.2 にまとめた。n は計算データを提示した市町村数を示す。年度による増減の傾向は認められない。

保守点検費用が特に小さい市町村については、問い合わせを確認を行った。「毎年、入札を行なっているが、年々価格が下がっている。」との事例があった。

表 6.2 保守点検費用（人槽・年度別）

人槽	年度	保守点検費用(円/基・年)					n
		中央値	最小値	25%値	75%値	最大値	
5	20	17,205	5,880	12,600	20,970	35,280	46
	21	17,100	4,200	12,300	20,785	35,280	51
	22	17,970	3,360	12,525	20,910	35,280	48
6	20	17,940	6,300	12,300	20,940	34,020	27
	21	17,520	5,040	12,572	20,970	34,020	30
	22	17,070	3,780	12,638	20,970	34,020	30
7	20	17,940	6,088	12,600	21,000	35,280	45
	21	17,100	3,968	12,600	21,210	36,750	51
	22	17,070	3,360	12,600	21,105	35,280	48
8	20	18,900	6,300	12,915	21,764	36,540	26
	21	17,940	6,900	13,860	21,000	36,540	29
	22	18,900	9,765	13,050	21,480	36,540	27
10	20	18,305	6,300	12,000	22,140	42,690	44
	21	17,790	5,040	12,450	22,380	42,690	48
	22	18,060	3,780	13,425	22,800	42,690	47

(2) 清掃費用

平成 20～22 年の清掃費用を表 6.3 にまとめた。n は計算データを提示した市町村数を示す。年度による増減の傾向は認められない。細井らが示した、維持管理業者を対象とした費用調査結果²⁾とは、あまり差がないようであるが、最大値は本調査の方が小さかった。本調査では、汚泥量に関係なく基数での単価契約となっているものがあり、その場合の契約単価が小さいものとなっていた。

表 6.3 清掃費用（人槽・年度別）

人槽	年度	清掃費用(円/基・年)					n
		中央値	最小値	25%値	75%値	最大値	
5	20	23,205	5,250	17,850	29,400	50,400	41
	21	24,985	5,000	15,020	31,500	55,125	44
	22	24,970	5,000	14,480	29,237	55,125	43
6	20	26,800	5,250	20,200	33,410	39,375	23
	21	27,768	5,250	20,200	32,675	55,125	24
	22	27,768	5,250	20,200	31,918	55,125	26
7	20	27,220	5,250	22,575	39,270	66,150	40
	21	29,750	5,000	19,892	38,640	55,125	43
	22	31,605	5,000	20,600	37,817	55,125	43
8	20	31,760	5,250	18,850	47,575	57,225	23
	21	34,013	5,250	19,613	46,950	57,225	24
	22	34,013	5,250	22,900	46,950	57,225	24
10	20	36,945	5,250	26,050	51,090	88,200	40
	21	35,300	5,000	22,650	48,060	73,300	43
	22	37,000	5,000	23,800	48,060	73,300	43

(3) ブロワ・ダイヤフラム交換費用

ブロワとダイヤフラムの交換費用をまとめたものを表 6.4 に示す。ブロワは、汎用型のものは安価であるが、性能評価型に多く採用されている、型式に限定されたブロワやタイマー内蔵型のブロワは値段が高いため、使用するブロワにより費用は大きく変わる。ブロワ能力も料金の差となるので、最小値と最大値では 10 倍程度の差がある。ダイヤフラムも最小と最大では 10 倍程度の差がある。

表 6.4 ブロワ・ダイヤフラム交換費用（年度別）

	年度	交換費用(手数料を含む) (円/台)					n
		中央値	最小値	25%値	75%値	最大値	
ブロワ	20	43,892	13,440	43,892	55,279	69,000	25
	21	45,000	11,000	35,780	60,104	102,900	33
	22	41,400	11,000	35,000	54,727	131,460	31
ダイヤフラム	20	8,625	3,150	8,400	13,576	26,400	39
	21	8,500	2,800	8,324	13,130	28,200	47
	22	8,588	3,032	7,801	13,551	25,795	46

(4) その他の修理費用

ブロワ以外の修理の有無を聞いたところ、111 件の回答があり、修理ありは 57% (72 件)、修理なしは 31% (39 件) あった。

修理内容をもとにまとめたものを表 6.5 に示す。コメント数とは修理内容を記述した数で、メーカー対応とは、メーカーによる無償修理等(保証期間も含む)が行なわれた場合に○をつけた。金額は、参考値として 25%値, 中央値, 75%値を示した。また事例数が少ないものは、範囲等を示した。修理個所で最もコメントが多かったのは嫌気槽で、ろ材の浮上や落下などの修理件数が最も多かった。

表 6.5 修理箇所、コメント数と金額等

修理箇所	コメント数	メーカー対応	金額(円)			n
			25%値	中央値	75%値	
嫌気槽	59	○	42,000	76,000	143,000	49
仕切り板	24	○	89,425	150,250	162,456	18
担体	19	○	39,388	45,465	85,050	15
マンホール等	19	×	11,875	13,325	37,721	16
空気配管	18	○	4,750	12,000	30,000	16
槽漏水等	20	○	95,000	145,875	286,013	16
ブロワ周辺	8	×	7,200	14,750	29,741	8
消毒槽関係	4	×	2,100/73,000/105,000/132,300			4
放流ポンプ関係	4	×	35,700/48,000/132,626/199,500			4
散気管	3	○	41,822			1
上部スラブ	3	×	68,675/498,500			2
本体浮上	3	×	878,000			1
その他	15	○	5, 000～244,000			8

その他には、電磁接触器、汚泥移送管修理、チャッキ弁交換、柵の漏水修理、嵩上げ部破損補修、移送装置交換などがあった。

メーカー対応の修理としては、隔壁の漏水修理、嫌気ろ床槽のろ材浮上の修理、本体亀裂による漏水対応、生物ろ過槽の担体交換などがあげられた。これらはいずれも、メーカー保証期間の不具合であると考えられる。保守点検、清掃時にこうした、不具合を発見して、早期の対応をとることが、管理コストの削減につながると思われる。

6.2.9 浄化槽汚泥の処理費用の把握

し尿処理場での維持管理費用については 12 の回答があった。し尿処理場での汚泥処理費用を表 6.6 に示す。処理費用計算に算出している項目に差があるため、単純な比較はできないが、汚泥処理経費は 5,058～40,703 円/kL の範囲であった。

図 6.6 し尿処理浄での汚泥処理単価

円/kL	費用計算に含む項目							
	A	B	C	D	E	F	G	H
138				○	○	○	○	
4,674	回答なし							
5,058	○	○	○	○	○	○	○	
5,250	回答なし							
5,675				○		○	○	需用費、委託費、役務費、使用賃借料
5,724	回答なし							
6,875	回答なし							
7,793		○	○	○	○	○	○	
7,820	○	○	○	○	○	○	○	
10,884	○	○	○	○	○	○	○	
16,127	○			○				
40,703	○			○	○	○	○	備品

6.2.10 市町村整備型浄化槽管理について

検討中の問題点や今後事業を開始する市町村へのアドバイス、意見、感想についてのコメントを一覧にして表 6.7～表 6.9 に示す。

表 6.7 検討中の課題や意見等 (1)

番号	検討中の問題点や意見等
1	外地域では地域住民のまとまりに欠けるため個人型の補助金を上乗せし対応している。ちなみに全町人口30,000人、公共下水12,000人事業実施中、農集6,000人完了、浄化槽12,000人。
2	長期使用しなくなった浄化槽や廃止する事になった場合の管理の取扱いについてが問題である。
3	補助事業のため額の確定を12月下旬に国に報告するので、その後（1月～3月）に申請のあったものについては4月以降まで着手出来ない状態である。
4	H16～H20の間に設置したあるメーカーの合併浄化槽において生物膜ろ過槽内のセラミック担体の目詰まりがみられ水位が上昇し宅内のトイレにボコボコ音が聞こえたりする苦情に苦慮している。この型式においては他の設置者宅でも水位上昇の状況にある。
5	平成23年度より浄化槽が経年劣化等により補修しても機能回復が図れない場合に浄化槽を新しく設置することにしました。その場合、既存浄化槽の撤去は市の負担とし、浄化槽本体設置工事費の一部を使用者から負担してもらう事にしています。
6	当町のような積雪寒冷地かつ世帯人数が平均以上の条件下にあっては、流入水量と槽内水温の安定が維持管理において求められると思われ町の発注仕様としてコンパクト外型を想定することは考えていない（寄付等で受け入れることはやむを得ない）
7	当市では独自に協議会を設置し平成3年から浄化槽を設置し市町村合併時（H17）に市に寄付された浄化槽があるためその浄化槽は設置して20年近く経過しており近年その浄化槽の修理代が多額になっており使用料と維持管理費のバランスがこわれている。また、浄化槽の耐応年数を考えると近い将来浄化槽の改修が必要になってくると考えられる。
8	近年、浄化槽のコンパクト化が進んでいますが、コンパクトの浄化槽を設置することにより、清掃頻度を増やす（3回/2年）必要があったケースがありますでしょうか？
9	H17年1月に1市11町村が市町村合併し、市町村設置型の小型合併浄化槽は下水道施設課が管理しています。合併前に設置した箇所は各市町村担当者、合併後の設置は、農業土木課というように合併浄化槽の管理だけを下水道施設課で行なっているので設置に係ることについてはよくわかりません。また、地域ごとに色々な事情があり単価等についても統一されていないのが現状です。

表 6.8 検討中の課題や意見等 (2)

番号	検討中の問題点や意見等
10	飲食店等人槽が大きくなりすぎ設置できない。設置後使用状況が変わり浄化槽の能力不足（住宅店舗になるなど）状況変化に対応できない（設置しなおすことも現実的でない）。集合処理の代替として浄化槽を面整備とする考えにやや無理があるかも（使用者は浄化槽は個人の所有物という考えになってしまいがち）。管理上、町と使用者の責任の境界をどうするか悩む。集合処理区域とのバランスをどうするのか。
11	今後、別荘的な使い方（年に数回しか使用しない）をする人も設置対象者となっておりバロの電気代が町負担のため、水道料金のように中止してしまうと町の負担が多くなることから浄化槽は水道使用がない場合でも1年を通して料金をいただこうと考えています。
12	バロ故障時に全交換とするのか修繕できるものかの判断が業者任せとなる。清掃時の引抜量に応じて料金を支払っているため、槽の洗浄に多量の水を使用されると清掃料金が高くなる。
13	本町は下水道事業を中心に推進しており、県から権限移譲を受けておらず浄化槽管理について把握している情報が少ないという現状があります。
14	管理についてではありませんが市町村設置型は浄化槽の設置者は市であることから30年後頃には更新時期が来ます。その際の浄化槽入替工事が必要となります。その対応等検討していく必要があると思っています。
15	設置基数の増加に伴い個々の基体について使用状況や槽本体の状態等を把握しきれなくなる懸念がある。
16	適正な使用料の設定が難しい。
17	平成18年1月1日に1市3町による市町村合併を行ない、平成20年度に汚水処理基本計画の見直しを行ないました。 平成21年度から、市域全体で市設置型浄化槽の実施をしており、個人設置の浄化槽についても、寄付採納により市が維持管理を行なうこととしました。 自然体で年間200基を設置する計画ですが、前年度、今年度ともに、100基前後の設置実績になります。 市設置型浄化槽であっても、浄化槽本体以外は個人負担であること、汲み取りの場合と比較して維持管理費が高額であること、過疎化により設置を希望しない家庭が増えていること等により、設置が進まない状況です。 公共下水道、農業集落排水の使用料と浄化槽の使用料が統一されていない事も検討課題です。
18	浄化槽の維持管理費が増加している。老朽化により修理不能となった場合、交換部品の生産が終了してしまった場合の対応。

表 6.9 検討中の課題や意見等 (3)

番号	検討中の問題点や意見等
19	集合処理と同様に上水道の使用量を基に使用料を徴収しているが、高齢世帯・単身世帯も多く収入が上がらない。今後さらなる過疎化の進行が予測される中、安定した料金収入を得ることは難しく、新規設置費、維持管理費の確保に苦慮することは間違いないと思われる。使用料の値上げも予想され、住民サービスの低下を招くことが予想される。
20	推進事業については、平成17年に合併した旧町で実施していたものであり、現在は保守点検等の維持管理のみを行なっている。
21	平成17年11月に3市1町が合併し、それぞれ料金体系が違っていたものを平成23年4月に統一するため、段階的に調整を行なっています。その中で、市の施策により、汚水処理3事業（公共下水道、農集排、浄化槽）の料金は統一して徴収することとしていますが、合併浄化槽については、維持管理費用をまかなえない状況となっており、不足分を一般会計より繰り入れている状況です。また、浄化槽設置基数が増えることにより、一般会計からの繰り入れも増加する状況となっています。
22	平成17年1月1日に市町村合併し、旧町で平成7年度から実施していた浄化槽市町村整備事業を引き継ぎましたが、平成21年度で個人設置型に一本化し、現在は維持管理のみの事業。 維持管理では、浄化槽からの排水の状況に応じ、良好な放流水質の維持を図るとともに、浄化槽の通常2ヵ月に1回の点検を、処理状態及び放流水の水質状況に合わせ、3ヵ月に1回の点検に改めるなど、経費削減に努めています。 検討中の問題点としては、通常使っているシーディング剤では、放流水質の改善が難しい浄化槽にあわせたシーディングの使用（使用者負担）です。
23	浄化槽管理において、町が浄化槽を設置（浄化槽本体及び放流管）し（分担金有り）、使用料金を徴収しながら、町が浄化槽及び放流管の維持管理を実施しているが、流入水質において、使用者には浄化槽の使い方のパンフレット等により、注意点を示しているが、使用者によっては、注意点を守らず、多量の油、ティッシュ、その他負荷量の多い排水を行なっている使用者もある為、保守点検記録票を基に、電話又は文書により注意をお願いするケースがある。しかしながら、使用料金支払いをしている意識があるため、浄化槽の運転調整により処理水を良好にするのは、町の責任であるとの意見もあり、対応に苦慮している。（集合処理（公共下水・農集排）と比較される。）

6.3 まとめ

市町村浄化槽整備推進事業を実施している市町村を対象に、整備浄化槽の条件設定、維持管理状況、管理コスト、汚泥処理コストの把握状況などの実態を知るために、アンケート調査を実施し、維持管理等に関する実態を明らかにできた。

平成 21 年度に設置された浄化槽の 97%は大臣認定型となっている³⁾。これらの浄化槽は、浄化槽整備では処理性能が同じでも、型式毎に、水の流れ方、装置構成、処理方式、槽容積など様々で、その点検個所、運転状況の確認個所と方法、調整方法がちがうので、浄化槽の維持管理は、それぞれに対応した管理が必要となる。

設置する浄化槽について条件設定を行っている事例が多いが、維持管理性や清掃作業性、使用開始後の修理交換コストなどに関して設定されていることはあまり行われていない状況であることが明らかとなった。

保守点検や清掃費用については、毎年入札を行っている市町村で単価が年々小さくなる事例が確認された。コスト面でのメリットが大きい、管理が適正に行われることを管理することが大切である。

謝辞

関係市町村担当者みなさまにおかれましては、業務多忙な中、貴重な時間を割いてアンケートに御回答に頂き、心より感謝申し上げます。

参考資料

- 1) 環境省 HP, 浄化槽行政に関する調査結果について 平成 22 年度浄化槽行政に関する調査結果 3. 浄化槽市町村整備推進事業の実施状況
http://www.env.go.jp/recycle/jokaso/data/gyousei_chousa/gyousei_chousa.html
- 2) 細井由彦, 平成 22 年度循環型社会形成水深研究補助金 (K22016) 研究報告書, 人口減少とインフラ老朽化時代における生活排水処理システムの持続的マネジメント戦略, p24,
- 3) 平成 22 年度浄化槽行政組織等調査結果 第 3 章新設基数調査, 環境省 HP,
http://www.env.go.jp/recycle/jokaso/data/soshikitou_chousa/soshikitou_chousa.html

第7章 人口減少を考慮した生活排水処理施設に関する整備費用分析とその検証

7.1 はじめに

わが国における地方債残高は、1992年度以後に急増し、さらに2001年度からの臨時財政対策費の発行により、2007年度末において200兆円まで増加している¹⁾。地方債とは、地方自治体が特定の経費に充てるための財源として一会計年度を超えて負担しなければならない債務であり、住民1人当たり544,000～1,518,000円に及んでいる。

一方、国立社会保障・人口問題研究所が推定している2035年の人口指数別市区町村²⁾をみると、2035年度には64%以上の市区町村が現在よりも20%以上の人口減少になると予測されている。そのため、都道府県別における整備済み集合処理施設の処理区域内人口と将来推計人口を比べると、6道府県で整備済み処理区域内人口が将来推計人口を上回る状況となっている。すなわち、整備された集合処理施設は過大な処理能力となり、使用料収入に依存する施設運営が困難となる可能性を示唆している。

そこで、本研究ではモデル地区を設定し、2009年度に研究者らが構築した生活排水処理施設整備計画策定財政支援ソフト³⁾を活用した集合処理施設（公共下水道）及び個別処理施設（浄化槽）の整備費用シミュレーションを行った。

7.2 生活排水処理施設整備計画策定財政支援ソフトの概要

本ソフトは、財政計画を策定する対象地区の諸条件をPC画面上の表示にしたがって順序どおりに入力することにより、集合処理（公共下水道）と個別処理（浄化槽）によってそれぞれ整備した場合の費用を比較し、対象地区における経済的有利な整備手法を判定するものである。

そのフローを図7.1に示す。

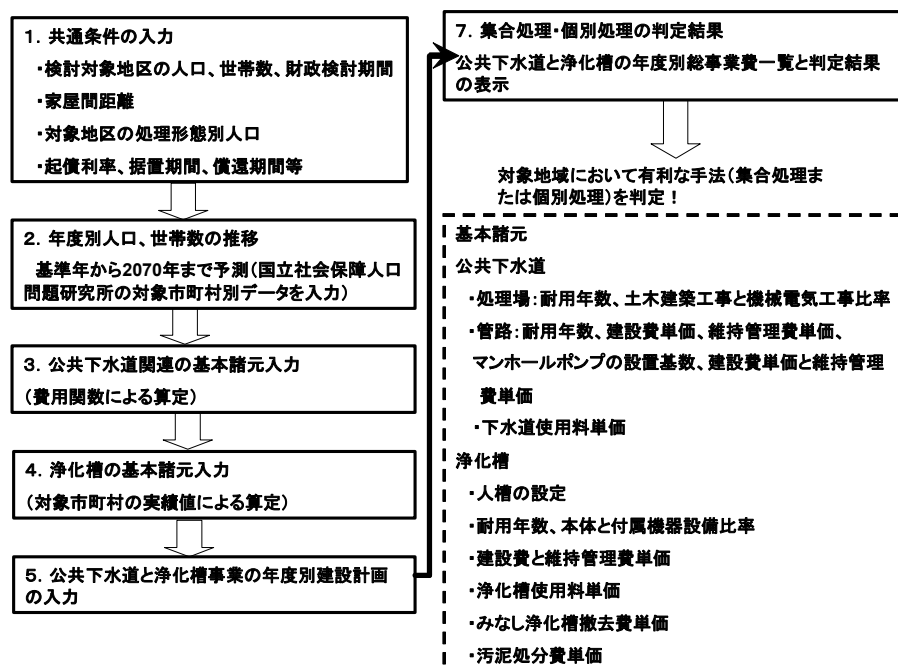


図 7.1 シミュレーションソフトのフロー

図 7.1 中の基本諸元は公共下水道及び浄化槽の建設費，維持管理費を算出するための条件設定であるが，費用関数や標準値では実態にそぐわない可能性もあるため，地方自治体の実績値を把握している場合には，その数値を入力することが望ましい。

次に，将来人口の推移が整備費用に大きく影響することから，対象地区の人口と世帯数の将来予測を考慮する必要がある．そのため，国立社会保障・人口問題研究所²⁾が公表している当該対象地区の2008年度市町村別将来人口推計値と2005年度都道府県別将来世帯数推計値から対象地区内の2065年度までの人口推移をシミュレーションし，得られた人口減少率から5年度ごとに最大70年間の年度別整備費用を算出するシステムとなっている．なお，集合処理については，処理施設の規模に応じた維持管理費を毎年一定とする場合と，人口減少に伴う汚水量の減少によって維持管理費を削減する場合の2とおりの条件を選択することが可能なシステムとなっている．

7.3 モデル地区の現状

評価対象とするモデル地区は，静岡県清水区内の旧蒲原町及び旧由比町である．

静岡市は2003年4月に旧静岡市と旧清水市が合併し，2005年4月に政令指定都市に移行後，2006年3月に庵原郡蒲原町が，2008年11月に庵原郡由比町がそれぞれ編入し，現在の静岡市となっている．編入した旧蒲原町と旧由比町は，図 7.2 に示すように清水区の東端に位置し，主として海岸沿いに住宅や建築物（図 7.3 参照）が散在しているが，北側は山林地帯となっている．

本モデル地区は，静岡市に編入する以前から公共下水道による整備計画がなく，2010年度末現在においても集合処理あるいは個別処理による整備方針が確定していない状況である．

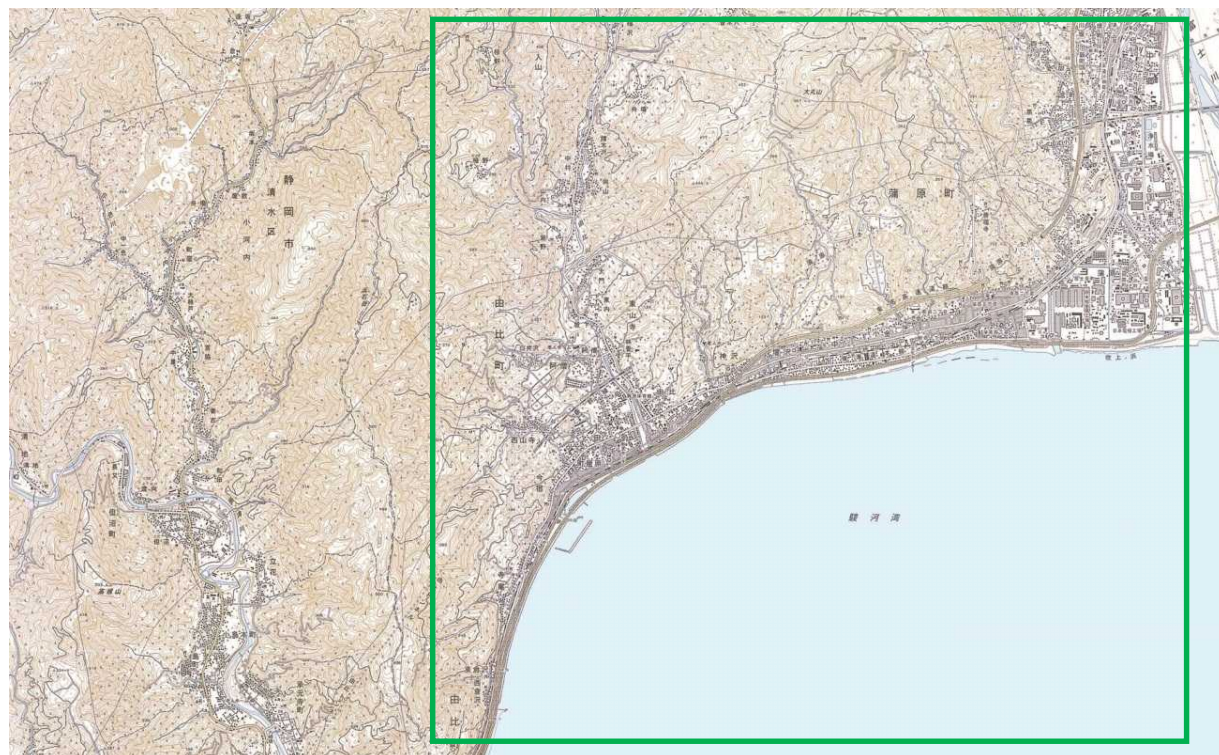


図 7.2 モデル地区の概況



図 7.3 住宅分布の状況

モデル地区における生活排水処理形態別人口は、表 7.1 で明らかなように浄化槽人口が 5,218 人、みなし浄化槽人口が 14,556 人、汲み取り便所（一部、自家処理を含む）人口が 1,956 人の総人口 21,730 人である。水洗便所汚水と生活雑排水を処理する浄化槽人口は地区内全体の 24% であるが、地区内をすべて公共下水道で整備するか、あるいは現状を踏まえて浄化槽による整備を継続するかを早急に決定する必要性の高い地区といえる。

一方、静岡市全体では表 7.2 に示すように 2019 年の生活排水処理率を 85% とする目標を立てているが⁴⁾、主として市街地を中心に公共下水道による整備を前提としている。

表 7.1 蒲原・由比地区の生活排水処理形態別人口

区分	処理人口	世帯数
浄化槽	5,218	1,753
みなし浄化槽	14,556	4,891
汲み取り便所	1,956	828
計	21,730	7,472

表 7.2 静岡市の生活排水処理計画(2019 年目標)

整備方法	人口	割合(%)
公共下水道	536,838	78.3
農業集落排水施設	4,693	0.7
浄化槽	40,889	6.0
みなし浄化槽	90,044	13.1
汲み取り便所	12,736	1.9
計	685,200	100.0

85%

7.4 シミュレーション結果

まず、初期条件として図 7.4 及び 7.5 に示す数値入力を行った。公共下水道の管きょ建設費の単価や、浄化槽の建設費及び維持管理費は、それぞれ静岡市の実績値に基づいて設定した。

人口減少については、先に述べたとおり対象地区の人口減少を静岡市の人口減少率から予測した。その結果は図 7.6 のとおりであり、今後 50 年間に於いて 21,730 人（7,472 世帯）から 12,235 人（6,516 世帯）になり、人口減少率は 43.7%と予測される。

2. 下水道関連

(1) 処理場

標準耐用年数	土木建築物	50	年 (50~70年)	機械電気設備	15	年 (15~35年)
費用比率	土木建築物	50	% (標準値:50%)	機械電気設備	50	% (標準値:50%)

(2) 管きょ

建設費	11.0	万円/m	(標準値:6.5万円/m)
維持管理費	500	円/(年・m)	(標準値:57円/(年・m))
標準耐用年数	50	年 (50~120年)	

(3) マンホールポンプ (MP)

建設費	880	万円/基	(標準値:880万円/基、機械電気設備のみ計上)			
維持管理費	20	万円/(年・基)	(標準値:20万円/(年・基))			
MP 基数	5	基				
標準耐用年数	土木	50	年 (50~120年)	機械電気設備	15	年 (15~35年)
費用比率	土木	0	% (標準値:0%)	機械電気設備	100	% (標準値:100%)

(4) 下水道使用料

150	円/m ³	(標準値:150円/m ³)
-----	------------------	----------------------------

注: 地域の実情に即した数値を入力してください。

標準値

図 3.4 公共下水道に関する初期条件

3. 浄化槽関連

人槽規模

5人槽

7人槽

10人槽

建設費	97.6	万円/基
-----	------	------

(建設費は、本体・付属機械設備類・設置工事の各費用から構成される。)

維持管理費	保守点検費用	20,000	円/(基・年)			
	清掃費用	33,000	円/(基・年)			
	法定検査費用	5,000	円/(基・年)			
	その他(電気代)	12,000	円/(基・年)			
維持管理費計	Σ(①~④)	70,000	円/(基・年)			
標準耐用年数	躯体	30	年 (30年~)	機器設備	7	年 (7~15年)
費用比率	本体	55	% (標準値:55%)	付属機器設備類	5	% (標準値:5%)
				設備工事	40	% (標準値:40%)

浄化槽使用料	150	円/m ³	(標準値:150円/m ³)
みなし浄化槽の撤去費	90,000	円/基	(標準値:90,000円/基)
汚泥処分費	1,620	円/(年・人)	(標準値:1,620円/(年・人))

※ 日最大汚水量が300m³/日以上の場合は、汚泥処分費を入力してください。

注: 地域の実情に即した数値を入力してください。

図 7.5 浄化槽に関する初期条件

2. 共通条件(推定人口・世帯数)

基準年	年 度	予測人口 (人)	予測世帯数 (世帯)	市町村人口推 計 (人)	都道府県世 帯数推計 (世帯)
	2010	21,730	7,472	91,733	1,051,931
	2015	21,046	7,564	88,846	1,064,900
	2020	20,245	7,561	85,462	1,064,493
	2025	19,345	7,493	81,665	1,054,873
	2030	18,965	7,353	77,529	1,035,227
	2035	17,960	7,214	73,287	1,015,581
	2040	16,335	7,074	68,960	995,935
	2045	15,310	6,935	64,633	976,289
	2050	14,285	6,795	60,306	956,643
	2055	13,260	6,656	55,979	936,997
	2060	12,235	6,516	51,652	917,351
	2065	11,210	6,377	47,325	897,705
	2070	10,186	6,237	42,998	878,059



対象地区

基準年度・人口・世帯数変更

都道府県名
22静岡県 検索①

市町村名
22100静岡市 決定②

計 算 ③

図 7.6 対象地区の人口減少予測

シミュレーション結果を表 7.3 に示す。

対象地区を公共下水道または浄化槽で整備すると仮定した場合の建設費は、公共下水道において 17,117.0 百万円（処理施設及び下水管きょ施設の合計）に対して、浄化槽では市町村設置型あるいは個人設置型のいずれも 5,581.7 百万円となった。建設費では、管きょの布設が不要な浄化槽では公共下水道の 1/5 程度になっている。また、維持管理費では起債償還費を含む費用が 22,426.5 百万円となり、浄化槽でも市町村設置型は公共下水道と同様に起債償還を伴うため、21,766.6 百万円となり、公共下水道よりも 3%程度の減額であった。一方、個人設置型で整備した場合には、起債償還が不要なため 19,360.0 百万円と最も低額であった。

個人設置型は、建設時に地方自治体の負担（補助金）を伴うが、維持管理費はすべて住民負担であるため地方自治体の負担が最も少なくなる。しかしながら、個人設置型の普及には、維持管理費の負担に対する住民の理解と協力が必須である。また、住民の負担が少ない市町村設置型では、地方自治体が公共下水道を実施した場合と同様な費用を負担することになり、財政状況の厳しい地方自治体では、市町村設置型の採択が困難となる可能性がある。なお、2070 年度までの将来人口を踏まえた各年度毎の整備費用は、いずれの年度においても浄化槽が有利と判定され、各種組み合わせで比較すると、表 7.4 に示すように中型規模の浄化槽の設置を含む全域浄化槽による整備手法が最も経済的有利と判定された。

表 7.3 蒲原・由比地区の公共下水道及び浄化槽整備にかかる事業費の内訳(単位:百万円)

		下 水 道	浄 化 槽		算出方法
			市町村設置型	個人設置型	
1. 建設費の収支					
建設費	計	17,117.0	5,581.7	5,581.7	
	① 国 費	5,708.5	1,860.4	744.1	
	② 起 債	10,552.6	3,163.2	※1 1,488.7	
	③ 住民(分担金)	855.9	558.2	3,349.1	
	小 計	A 17,117.0	5,581.7	5,581.7	
2. 起債償還金及び維持管理費収支					
維持管理費における供用開始から起債償還終了時間での期間の収支 【事業開始からは下水道 35年間(2044年)、浄化槽 35年間(2044年)とする。】					—
起債償還金	④ 起債償還金	14,518.0	4,754.8	—	年率2.00%
及び	⑤ 維持管理費	7,908.5	17,011.8	17,011.8	—
維持管理費	小 計	22,426.5	21,766.6	17,011.8	—
負担区分	⑥ 交付税措置	6,533.2	2,377.4	—	※2
	⑦ 市町村費(公費)	10,329.8	11,703.4	—	④+⑤-⑥-⑧
	⑧ 住民(使用料等)	5,563.5	7,685.8	17,011.8	※3
	小 計	B 22,426.5	21,766.6	17,011.8	
建設費、起債償還金及び維持管理費 における起債償還終了時までの合計		39,543.5	27,348.4	22,593.6	A+B

表 7.4 公共下水道と浄化槽の組み合わせによる整備費用比較

単位:百万円				
ケース	整備手法	建設費	維持管理費	計
1	公共下水道のみ	17,117.0	22,426.5	39,543.5
2	浄化槽のみ	5,581.7	21,766.6	27,348.3
3	浄化槽のみ(中型浄化槽含む)	4,557.7	19,027.7	23,585.4
4	住宅密集区・公共下水道	11,211.1	17,930.0	29,141.1
	住宅密集区以外・浄化槽			
5	住宅密集区・公共下水道	11,199.3	17,928.5	29,127.8
	住宅密集区以外・浄化槽(中型浄化槽含む)			

7.5 地理情報システム(GIS)を活用した生活排水処理施設整備計画策定財政支援ソフト機能の向上

7.5.1 背景

研究者らが構築した生活排水処理施設整備計画策定財政支援ソフトは、下水道未整備区域における集合処理及び個別処理の整備費用を比較するためのツールとして開発した。しかしながら、現在、生活排水処理計画の見直しを行う必要性のある地域は、下水道処理計画区域内の未整備区域すなわち下水処理施設は供用開始され、管路布設工事が未完了な区

域が対象となることが多いため、本ソフトにおける集合処理の建設費において、処理施設相当分は不要となる。また、下水道工事が未着工な区域でも管路距離の積算に多くの労力を要することになる。

そこで、地理情報システム（GIS）機能を付加することにより、管路総延長距離が簡易かつ迅速に計測可能になることから、そのシステムを構築した。

7.5.2 システムの構成

基本システムは、7.2 で述べたシミュレーションソフトとし、そのソフトに集合処理における建築物から下水処理施設（現行施設または仮想施設）までの管路距離を算出する機能を付加させるものである。

管路を布設するためには、道路幅、勾配、付近の工作物等を考慮して決定することになるが、ここでは簡便な手法として、各建築物に直近の道路から主要道路（下水本管に相当）を経由し、下水処理施設までの最短ルートを管路布設と仮定し、管路総延長距離とする。

本システムの構成は、次のとおりである、

OS : windows XP, 7

地図エンジン : ソフトプラネット社 Map Works ライセンススタンドアロン版

住宅地図 : ゼンリン社 電子住宅地図 Zmap-TOWN II

道路地図 : 住友電工製全国デジタル道路地図データ (ADF)

(1) 機能

地図ビューアは拡大、縮小、スクロール、住所検索からの地図表示を可能とし、距離及び検証対象エリアの面積を算出する。また、画面上で図形の描画が行え、地図上で指定した範囲の道路から各建築物への総距離を算出し、CSV ファイルで出力する。地図上の指定は、マウスによるポリゴン指定とし、字単位の指定も可能で、建築物と道路が設定した距離より離れている場合には、自動的に建築物の中心と道路の距離を算出する。

全体のフローを図 7.7 に示す。

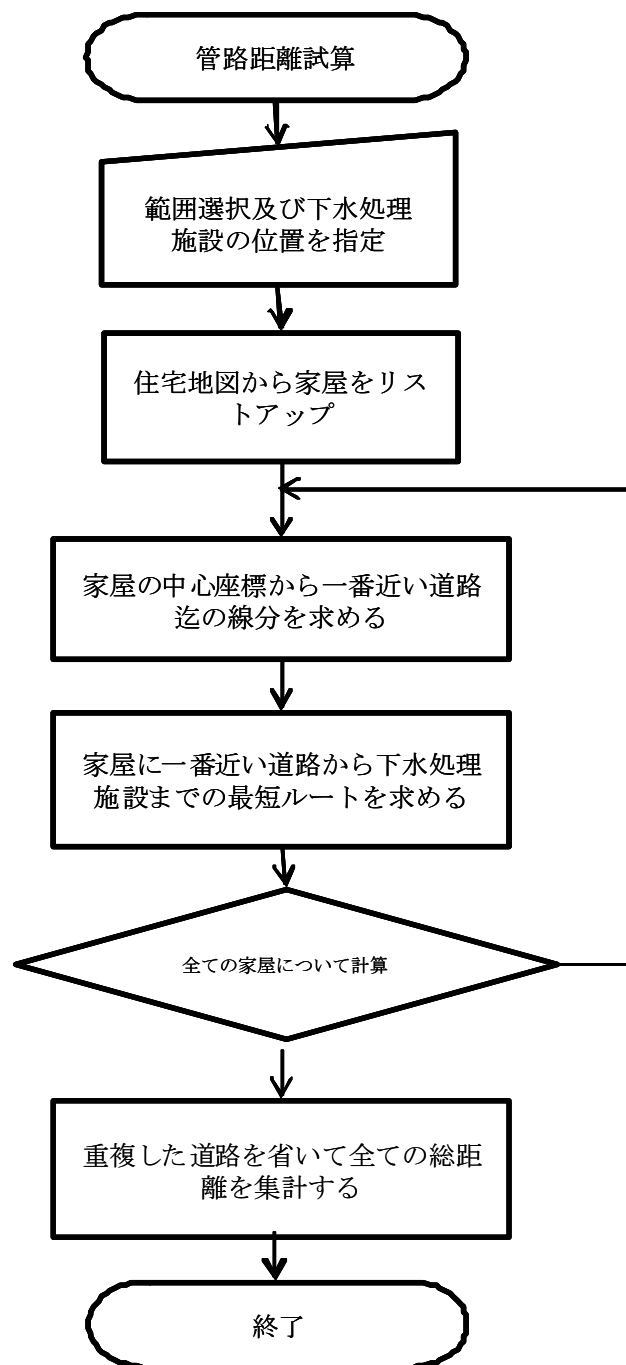


図 7.7 距離計算処理フロー

(2) 各建築物から下水処理施設までの距離の算定

まず、図 7.8 に示す建築物 A の中心座標から最も近い道路への線分を求め、その距離が設定の距離（たとえば、10m）以上の場合は、その距離も管路距離に加算する。次いで、建築物 A に最も近い道路から下水処理施設までの最短ルートの距離を求める。同様に、図 7.9 に示す建築物 B に対しての距離を求めるが、建築物 A と重複するルートの距離は加算しない扱いとする。以下、その繰り返しにより、あらかじめ選択した区域内の管路総延長距離を算出し、その結果を既構築ソフトへ反映させる。

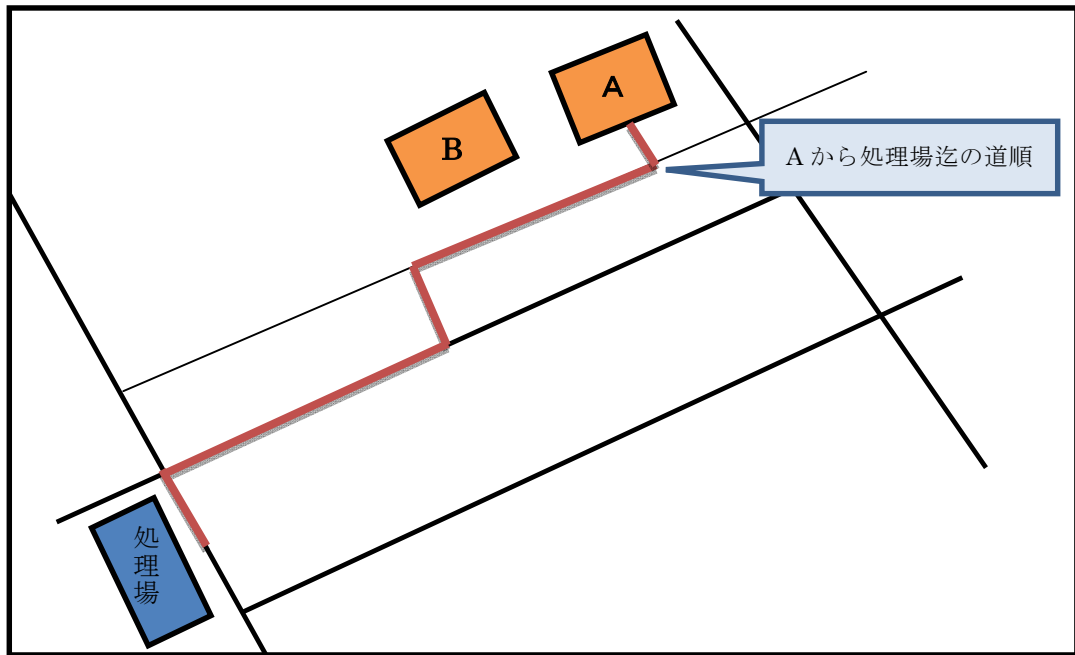


図 7.8 各建築物から直近の道路までの距離

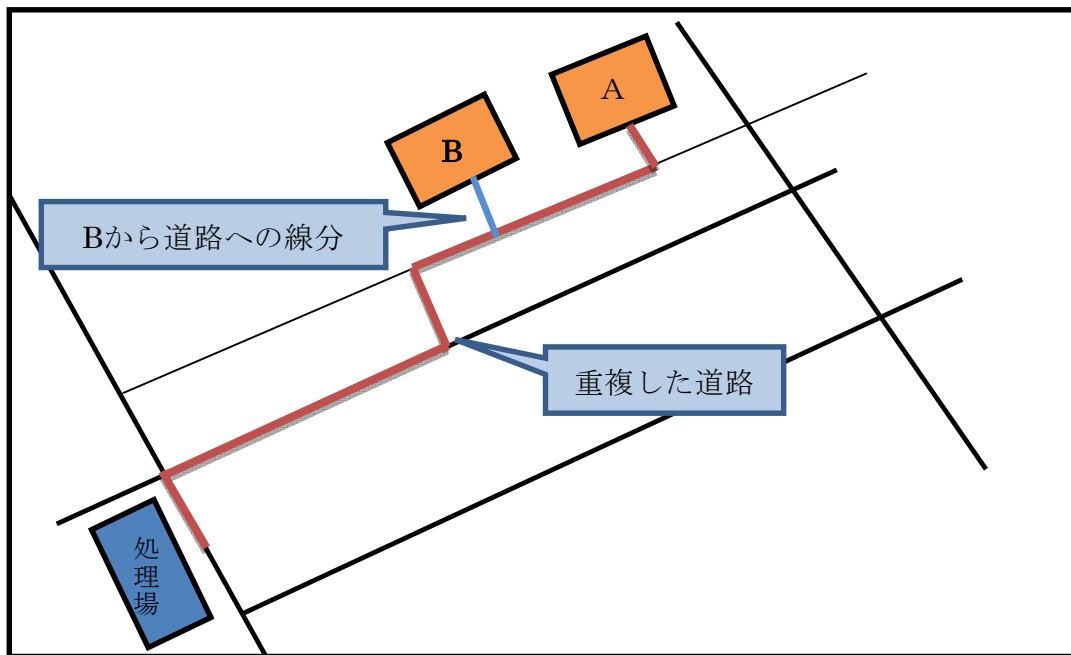


図 7.9 各建築物から下水処理施設までの距離

7.6 モデル地区における浄化槽整備の PFI 事業の検討

7.4 の結果、モデル地区の生活排水処理施設整備は、浄化槽による整備手法が最も経済的有利と判定された。ここでは、モデル地区の浄化槽整備の PFI 事業導入の可能性について、2009 年度に研究者らが構築した PFI 事業導入判定ソフト³⁾を活用して、PFI 事業による整備費用と PFI 事業導入可能性のシミュレーションを行った。

7.6.1 条件設定

試算に用いた主な条件設定を図 7.10～図 7.12 に示す。世帯数が整備事業に影響するとし、モデル地区の平均年齢が静岡県よりも 4 歳高い設定とした。PFI 事業の期間は 15 年とし、浄化槽整備期間は公設・公営事業の場合は 10 年、PFI 事業の場合を 7 年とした。整備する浄化槽は BOD 除去型とし、保守点検、清掃費は静岡県内の市町村整備推進事業を実施している市町村のデータを参考にして設定した。その他の主な費用の初期設定値を表 7.5 と表 7.6 に示した。法定検査料金は静岡県での実績値を用い、料金の改訂はないものとした。電力費単価は中部電力の従量電灯 B、>300kWh の 22.52 円/kWh を用いた。汚泥処分費は図 7.5 で使用した 1,620 円/(人・年)を用い、住民が支払う浄化槽使用料は、下水道使用料金相当とし、静岡市の 20m³/月の使用料金相当の 2,650 円/月とした。SPC の基本設定としては、資本金 5,000 万円、借入金 37,500 万円、借入金利率 2.0%とした。SPC の浄化槽設置工事費、維持管理費、清掃費それぞれの利益率は 10%として事業成立の可能性を検討した。

P F I 事業導入判定ソフト（人口・世帯数）

1. 入力1（人口・世帯数）

プラン名

人口減少を考慮するか否か（考慮しない:1、考慮する:2）

対象地域と市町村の平均年齢差（歳）

対象地域と都道府県の平均年齢差（歳）

人口変動を与える要因（人口減少:1、世帯減少:2）

事業開始年度の事業対象地域人口（人）

事業開始年度の事業対象地域世帯数（世帯）

国立社会保障・人口問題研究所の人口および世帯数の予測値

都道府県名 検索 ① 市町村名 決定 ②

年 度	2010	2015	2020	2025	2030	2035
市町村人口推計	710,070	691,965	667,840	639,327	607,873	574,405
都道府県世帯数推計	1,375,803	1,384,309	1,377,411	1,357,311		

図 7.10 人口・世帯数に関する条件設定

P F I 事業導入判定ソフト（事業概要）

2. 入力2-1（事業概要）

対象地域住宅戸数(浄化槽設置対象(戸))：①

浄化槽新設基数(基)：② 既設合併処理浄化槽基数(基)：①-②

新設及び既設浄化槽に対する人槽別割合

人槽	5人槽	7人槽	10人槽
基数割合(%)	85	10	5

既設合併処理浄化槽基数(基)：①-②及び10人槽基数割合の計算ボタン

ポンプ槽設置割合(%)

単独浄化槽設置割合(%) 単独浄化槽設置のうち、撤去割合(%)

P F I 事業開始年度(西暦) P F I 事業期間(年)

公設・公営：浄化槽設置期間(4～10年) 既設移管期間(年)

P F I : 浄化槽設置期間(4～10年) 既設移管期間(年)

P F I 事業に清掃を含むか ※浄化槽設置期間≥既設浄化槽移管期間

交付税措置対象市町村か否か

整備する浄化槽の種類 浄化槽本体耐用年数(年)

アドバイザー費用(事前調査) 千円 (事業選定後) 千円

前画面へ

次画面へ

終了

図 7.11 事業概要に関する条件設定

P F I 事業導入判定ソフト（各年度別浄化槽設置基数）

3. 入力2-2（各年度別浄化槽設置基数）

※前画面で設定した設置期間と移管期間に各年度の基数を全て入力し、計算ボタンを押してください。合計基数が自動計算されます。当初計画基数と合計が合うことを確認してから次画面に進んでください。

事業開始からの経過年数	公設・公営		P F I 事業	
	新設・設置基数	既設・移管基数	新設・設置基数	既設・移管基数
1年目	300	253	800	300
2年目	700	500	850	800
3年目	700	500	850	500
4年目	619	500	850	153
5年目	600	0	800	0
6年目	600	0	800	0
7年目	600	0	769	0
8年目	600	0	0	0
9年目	500	0	0	0
10年目	500	0	0	0
合計	5719	1753	5719	1753
当初計画基数	5719	1753	5719	1753

前画面へ

次画面へ

終了

図 7.12 浄化槽整備等の基数に関する条件設定

表 7.5 費用等に関する設定値 1

	(PFI/公設・公営) 設定費用比率	5人槽	7人槽	10人槽
	%	円/基	円/基	円/基
工事単価	90	837,000	1,043,000	1,375,000
保守点検費	90	13,560	13,560	13,560
清掃費	100	20,000	20,000	20,000
ブロウ更新単価 新設ブロウ	90	40,000	45,000	50,000
ブロウ更新単価 既設ブロウ	90	20,000	20,000	20,000

表 7.6 費用等に関する設定値 2

項目	設定値	単位
測量・設計費	124,000	円/基
ポンプ槽単価	160,000	円/基
単独浄化槽撤去費用	90,000	円/基
単独浄化槽残置費用	80,000	円/基
ブロウポンプの寿命	7	年
放流ポンプ	30,000	円/基
ダイヤフラム単価	3,700	円/基
7条検査	11,500	円/基
11条検査	6,500	円/基
浄化槽使用料金	2,650	円/基
料金改定間隔	5	年
料金改定率	10	%
SPCの件数	4,000	千円/(年・人)
事業初年度必要人員	1	人
浄化槽設置年度必要人員	2	人
管理年度必要人員	1	人
諸経費(設置年度)	3,000	千円/年
諸経費(管理年度)	2,000	千円/年

7.6.2 シミュレーション結果

費用のシミュレーション結果を図7.13と図7.14に示す。数値は名目費用での表示であるが、40年間のVFMは2%の割引率を用いた正味現在価値である。

図7.13のSPI財務指標から、PFI事業導入の可能性があると判定され、40年間の市町村支出に関するVMFは約37億円と推定された。市町村、都道府県、国の負担額はPFI事業の導入で小さくなるが、住民負担額はPFI事業の導入により増加する。これは、PFI事業により生活排水処理施設の整備が早期に実施されることによるものである。総事業費の5年ごとの比較では、5年目までは公設・公営の費用が小さいが、これは設置基数の差によるものであり、設置基数条件が同じである10年目以降はPFI事業が有利である。

試算では、対象地区を100%浄化槽整備するものとしている。実際の運用に向けては、静岡市が実施した対象地域の生活排水処理施設整備に関するアンケート^{5,6)} 結果にあるように、住民の生活排水施設整備に対する対応力の把握が非常に重要になる。

P F I 事業導入判定ソフト【計算結果（公設・公営事業とP F I 事業の負担額の比較）】

1 5. 計算結果（公設・公営事業とP F I 事業の負担額の比較）

40 年間総費用の比較(実質金額) 40 年間V F M 3,783,270 千円 単位: 千円

項 目	公設・公営	P F I
市 町 村 負担額	16,970,292	11,288,827
都道府県 負担額	0	-107,678
国 負担額	4,074,671	3,345,193
住 民 負担額	15,190,491	15,607,844

P F I 事業期間の総費用の比較 15 年間 単位: 千円

項 目	公設・公営	P F I
市 町 村 負担額	8,518,695	6,377,089
都道府県 負担額	0	-59,577
国 負担額	2,175,521	2,032,989
住 民 負担額	4,356,837	4,774,190

S P I 財務指標

P I R R (%)	3.218	E I R R (%)	5.257	D S C R	0.939
-------------	-------	-------------	-------	---------	-------

条件とV F Mシートの印刷

前画面へ 次画面へ 終了

図7.13 公設・公営事業とPFI事業の負担額の比較結果

P F I 事業導入判定ソフト【5年毎の計算結果（公設・公営事業とP F I 事業の負担額の比較）】

1 6. 計算結果（5年毎の公設・公営事業とP F I 事業の負担額の比較）

単位: 千円

年	公設・公営	P F I	有利な事業
5 年	4,641,236	5,243,468	公設・公営
1 0 年	10,949,896	9,696,018	P F I
1 5 年	15,051,053	13,124,691	P F I
2 0 年	19,245,877	16,539,732	P F I
2 5 年	23,384,473	19,888,367	P F I
3 0 年	27,464,244	23,205,929	P F I
3 5 年	31,332,768	26,293,533	P F I
4 0 年	36,235,454	30,134,186	P F I

S P I 財務指標

P I R R (%)	3.218	E I R R (%)	5.257	D S C R	0.939
-------------	-------	-------------	-------	---------	-------

5年毎のV F Mシートの印刷

前画面へ 次画面へ 終了

図7.14 公設・公営事業とPFI事業の総費用比較(5年ごと)

参考文献

- 1) 総務省：<http://www.soumu.go.jp/iken/zaisei.html> (2010)
- 2) 国立社会保障・人口問題研究所：<http://www.ipss.go.jp/> 将来推計人口データベース (2008)
- 3) 細井ら：平成 21 年度循環型社会形成推進科学研究費補助金総合研究報告書「人口減少を踏まえた生活排水処理施設整備手法の評価システムの構築」 K2008,K2151 (2010)
- 4) 静岡市：静岡市一般廃棄物処理基本計画～環境共生都市しずおかの実現～ (2010)
- 5) 静岡市，蒲原地区・由比地区生活排水処理に関するアンケート調査結果，
<http://www.city.shizuoka.jp/000111318.pdf>
- 6) 静岡市，蒲原地区・由比地区生活排水処理に関するアンケート調査意見要望，
<http://www.city.shizuoka.jp/000111319.pdf>

第8章 生活排水処理システムの老朽化対策としてのアセットマネジメントと環境効率評価

8.1 はじめに

本章では、生活排水処理システムの老朽化対策として近年ガイドラインが作成され、積極的にその導入が図られているアセットマネジメントの概要をまず整理し、下水道施設におけるマネジメントの実態や老朽化対策の方策およびその効果について検討を加えた。次に、小規模生活排水処理システムにおいて集合処理システムのアセットマネジメントに基づく管路施設を主とした補修・改築等のシナリオを設定して、その効果を環境的側面から評価するための試算をおこなった。次に、合併浄化槽(以下、浄化槽)施設についても本体の減量化・減容化および省エネ型ブロワ導入、ブロワおよびその構成部品の交換を対象とした交換部品の寿命延長による交換頻度の低減効果について検討した。さらに、これまで算定できていなかった汚泥処理について、小規模下水道および浄化槽汚泥の処理プロセス毎の消費電力等から汚泥処理段階の LC-CO₂ 排出量を算定評価して、集合処理システム(下水道)と個別処理システム(浄化槽)の単体システムを対象とした LCA を実施した。以上の算定をもとに、小規模集落を対象とした集合処理システムと個別処理システムにおいて老朽化対策による LC-CO₂ 排出量の削減効果を算定し、その結果に基づく環境効率評価をおこなった。

8.2 生活排水処理システムのアセットマネジメントによる施設更新

8.2.1 公共インフラ施設のアセットマネジメントの概念と本研究課題における位置づけ

(1)アセットマネジメントの概要

わが国では下水道を含む多くの都市インフラが高度成長期に建設され、50 年以上経過した今日、ほぼ同時期に多種多様な社会資本ストックの更新時代を迎えている。財政状況の厳しい中、基本的な社会サービスの質と量を低下させることなく、不足する社会資本の整備を進めるとともに、現存する社会資本を効果的に活用しつつ、その維持管理・更新を適切に実施することが非常に重要な課題となっている。

そのための方策として近年注目されているのがアセットマネジメントである。アセットマネジメントとは、「投資用資産の管理を実際の所有者・投資家に代行して行う業務」¹⁾であり、金融業・不動産業で使用されてきた。都市インフラ施設等の場合は、売却・運用といった概念は存在せず、安全性やサービス水準を確保しながら、長期的費用を低減することを目標として実施される管理方策のひとつである。国土交通省では道路のアセットマネジメントを「道路管理において、橋梁、トンネル、舗装等を道路資産と捉え、その損傷・劣化等を将来にわたり把握することにより最も費用対効果の高い維持管理を行う概念」²⁾、あるいは、「従来の事後保全(対症療法)的な維持管理に代えて、構造物の劣化が小さな時点で、小規模な補修を行う「予防保全」的な維持管理を実施することで、構造物を延命化させ、ライフサイクルコストの縮減を図ろうとするもの」³⁾としている。特に、税金を財源として整備される国民財産を対象とするため、ストックマネジメントという言葉も用いられており、維持管理のための事業計画・予算とその実施・執行が合理的であり、長期的に見たライフサイクルコストが低減され、最終的には市民に対するアカウントビリ

ティが向上することが求められている。

アセットマネジメントの基本要素はPDCAサイクルに準じたものであり、以下のプロセスを螺旋状にくり返ししながら、より高いサービス水準・管理水準に向かいつつ、投入されるコストを最小化することにある。

- 1) 目標サービス水準・管理水準の設定
- 2) 現状施設・設備状態の点検・評価
- 3) 目標達成のための事業計画・手法選定
- 4) 事業実施
- 5) 実施状況のモニタリング
- 6) 事後評価

事業計画・手法選定の段階では、①個々の施設・設備の維持管理計画の策定と②システム全体の目標達成に対する個別計画の優先順位付けが実施される。①ではライフサイクルコストの最小化が目標となり、②ではシステム全体のリスク低減と提供サービスの最大化が目標となる。故に個別施設・設備における最適解の集合が必ずしもシステム全体の最適解とはならない可能性がある。また、単純にライフサイクルコストの最小化のみならず、各年度執行予算の平準化も目標に含まれるので、両者をバランスさせる戦略が必要とされており、これを実現するためにはライフサイクルコスト予測のための劣化予測（維持修繕後の劣化を含む）技術の向上が課題となる。

ライフサイクルコスト最小化のための基本方針は、耐用期間を最大限利用してサービス水準の限界および補修可能な機器水準となった時点での更新を行うのではなく、ある程度の使用期間を経過したのち、サービス水準の劣化を評価しつつ予防的な補修をくり返すことである。これによって、施設補修や設備更新の回数そのものは増大するが、総評価期間内での総コスト（ライフサイクルコスト）を最小化することが達成されるというものである。

アセットマネジメントを支える実施体制としては、①資金マネジメント、②組織・人員マネジメント、③意思決定支援分析技術とデータベース、が主要な整備項目であり、これらを一括して同時に機能開始させることができない場合には、優先順位と実現可能性の両面から順次整備していく戦略的方策が重要であり、マネジメント支援体制についてもPDCAサイクル的な発想にもとづいたシステム・アプローチが必要となる。特に、公共システムを対象とした場合、①および②においてPFI等の手法の積極的な活用が提言されており、本研究チームが取り組んでいる課題とも密接に関連する事項である。

アカウンタビリティについては、と財務会計（インフラ会計）情報の開示と社会資本整備・維持管理への投下資本・費用の公共説明責任、および、社会資本状況および将来にわたる必要維持管理費用の説明責任が求められており、アカウンタビリティ向上と戦略的インフラ管理を目的として、財務会計と管理会計を総合した「インフラ会計」が提案されているが、社会資本耐用年数設定（減価償却・除却の考え方）、資産価値評価方法、投資的経費と維持のための期間費用の区分の設定方法などが、上述の劣化予測技術と関連する会計上の課題として残されている。

（2）生活排水処理システムにおけるアセットマネジメントの展開

これまで導入されてきたアセットマネジメントはライフサイクルコスト低減目標に特化した、いわば LCC 最小化型マネジメントシステムであるが、本来のアセットマネジメントには、管理と運用の両側面が含まれており、資産価値の増分と低減コストの差を大きくするための活動（公共経営型型マネジメントシステム；New Public Management⁴¹⁾）と捉えるべきであり、その場合、老朽化対策のみならず、環境負荷低減効果につながる合流式下水道越流対策、浸水時のマンホール飛散防止、など多様な目標が加えられるべきである。さらに、本章の研究課題である、生活排水処理システムとしてのサービス水準としての排出負荷削減量の算定・評価およびシステムの建設・維持管理・供用・廃棄にいたる全てのライフサイクルを通して消費される資源・エネルギーおよび排出される環境負荷(LC-CO2排出量)を総体的に評価することを、ライフサイクルコストとともに管理目標および評価指標として加えるべきである。

また、阪神淡路大震災以降、各種都市インフラ施設の耐震化対策が進められており、下水道施設においても処理場・管路施設を主な対象とした耐震化方策に関する調査・研究が実施され指針・解説、マニュアル等が出版されている⁵¹⁾。さらに、近年、施設老朽化、社会システムの制度疲労、大規模自然災害、テロリズム等への対策を含め、従来の危機管理を拡張した「クライシスマネジメント」と称される管理方策の検討が進められている⁶¹⁾。マネジメント目的対象を拡大すると、その機能・サービス水準とコストのバランス（費用対効果）の評価およびコスト負担の公平性を含めた議論をする必要があり、生活排水処理事業の老朽化対策の枠を超えたものになる。

本研究では、あくまで老朽化対策を主眼としたマネジメント方策の経済面・環境面の両側面からの総合評価を行うための枠組みを検討することに限定し、次項以降、下水道施設における老朽化対策としての「予防保全的維持管理」におけるライフサイクルコスト予測のための劣化予測に焦点をあてた検討を実施する。

8.2.2 下水道施設におけるアセットマネジメント

わが国の下水道処理人口普及率は H18 年度末 70%を超え、管路総延長は約 40 万 km、処理場数約 2,000 箇所となっているが、大都市部では、多くの施設が建設後 50 年を経過しようとしており、その老朽化対策が急務となっている。例えば、管渠老朽化が原因と見られる道路陥没事故は 2007 年度には全国で約 4,400 箇所のにぼる。しかし、未普及地域での建設が優先される財政難も重なり、十分な改築・更新予算を確保することが困難なのが実状である。そのため、部分的な修繕を中心とした維持管理計画が実施されているが、ライフサイクルコストを導入したアセットマネジメントを導入して、より効率的な施設管理を目指した動きが活発化している。

日本下水道協会がまとめた維持管理計画策定の手引きには、下水道施設におけるアセットマネジメントの目標として、①安全性確保（灌木・浸水削減）、②サービス水準維持（施設機能確保、苦情削減）、③費用最小化(LCC 最小化、財政支出抑制)、を挙げ、これら进行评估するための指標として複数の業務指標(ISO/TC224 規格)を提案し、劣化度・重要度に応じた路線毎の頻度設定による重点化、計画年数設定、年次毎の区域分割・系統的实施の手順を示し、維持管理計画の策定スキームを提案している。

処理場においては、計画処理量の見直しに伴う処理系統の増設・廃止や高度処理施設の

新規導入など施設規模そのものの改変を伴うので、大規模な下水処理場ではアセットマネジメントの実施によりライフサイクルコストの大幅な改善が期待できる⁷⁾。また、標準耐用年数 10～20 年程度のポンプや電気関連設備機器については、一部の部品交換によって 1.5 倍から最大 3 倍程度の長寿命化を達成した事例もあり、処理場やポンプ場の機器長寿命化によるライフサイクルコストの改善効果も大きい。しかし、小規模下水道ではバッチ処理システムを除けば、もともと一系統の処理システムであり、大型のポンプ施設等を持たないため大幅な施設改善は想定しにくい。

管路施設については、2007 年度末全国総延長約 40 万 km のうち管齢 50 年超過管渠は約 7,000km、今後 20 年間で標準耐用年数 50 年を超過する管渠(2007 年度管齢 30 年超過)は約 7 万 km にも及ぶ。下水道起因の陥没箇所数は管齢 50 年超過で管路 1,000km あたり 80 箇所という調査結果もあり、陥没復旧や管路維持管理に要する費用および労力は莫大となる⁸⁾。そこで、国土交通省では、管路劣化診断方法と劣化進行予測に関する調査研究を実施し、複数の報告書や手引き等としてまとめている⁹⁾。詳細については後述する。

下水道システムにおける改築・修繕では、老朽化対策以外に耐震化・合流改善・マンホール飛散防止などの目的を含めて実施されており、純粋に老朽化対策目的のみの費用効果を分析することは困難である。

8.2.3 個別処理方式（浄化槽）のアセットマネジメント

浄化槽に関するアセットマネジメントに関する調査研究や事例は皆無である。これは、下水道施設と異なり、単体規模が小さく、工場生産物であることから、規模の拡大・縮小といった改修は想定できず、構成機器・部品単位での長寿命化が主眼となり、システム全体でのマネジメントにはなじまないことが挙げられる。また、マネジメントの対象が基数そのものの削減あるいは基数単位での運転停止、などとなり、スケールメリットが働かないことも要因となる。つまり、浄化槽本体つまり FRP 等で形成された躯体そのものの改築・修繕による長寿命化は想定しにくく、工場生産出荷までの設計・組立等の段階での長寿命化およびコスト削減が主要な対象となる。ブロワ等の部品については法定検査等で交換期間が定められているものもあり、それ以外の部品の通常の更新期間を延長させたとしても、ブロワ本体の長寿命化に寄与するかは不明確であり、かつ延命化の効果は微少であると推定される。

8.3 長寿命化対策としての生活排水処理システムの改築工法の実状

長寿命化対策としての下水道施設における各種の工法の基本は、おおもとの下水道施設計画に準じて整理されている¹⁰⁾。本章で解析の中心となる管路施設については、新規建設後の修理や保全対策を総称して「改築」という用語が使用されている¹¹⁾。他の指針解説やガイドライン等では若干の分類枝分岐や用語に差異はあるが、概ね図 8-1 に示す分類が標準的であるので、本章ではこれを基礎とし、小規模下水道施設であることも考慮し、後述する管路劣化状態にもとづく改築工法として以下の工法を採用する。

- 1) 管路施設の劣化が一定水準を超え、長寿命化対策では機能およびサービス水準を満足しない場合、敷設替え(更新)を実施する。地理・地形・社会的条件によっては推進工法が

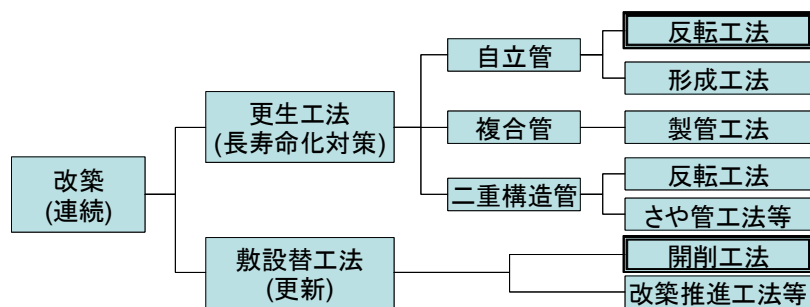


図 8-1 改築工法の分類¹⁰⁾

必要となるが、今回の試算では開削工法のみとし、新設管渠敷設で必要となる掘削から路面復旧までの全 14 単位工法と同等の内容で構成されるものとする。

- 2) 長寿命化対策としての更正工法としては、複合管・二重構造管については、管渠径の改変を目的としたり、小口径管渠には適用しにくい工法であるため、今回の試算では反転工法のみを対象とする。反転工法は、熱硬化性樹脂あるいは光硬化性樹脂を含浸させたライニング用材料を水圧または空気圧等で既設マンホールから管渠内に反転・加圧させながら挿入し、加圧状態で管渠内面に圧着させて熱あるいは光等により硬化させることで、更生材を用いて新たな管渠内面を形成する工法である¹⁰⁾。硬化性樹脂として不飽和ポリエステルやビニルエステル等が使用され、あらかじめ筒状に成形された樹脂を反転させる機器および空気圧縮機、加熱機等の機器を要する(図 8-2)。形成工法は反転工法とほぼ同等であり、使用機械車両・機械類等も同等類似のものとなる。なお、この 2 つの自立管形成工法の施工には 2 つのマンホールが必要であるので、施工単位はマンホール間の一区画が最小単位となる(図 8-3)。なお、自立管とは『更生材単独で自立できるだけの強度を発揮させ、新設管と同等以上の耐荷能力及び耐久性を有する』¹⁰⁾とされており、この意味から更生管渠は新設管渠と同等の耐用年数をもつもの、つまり更生後は管齢がゼロとなるものとする。

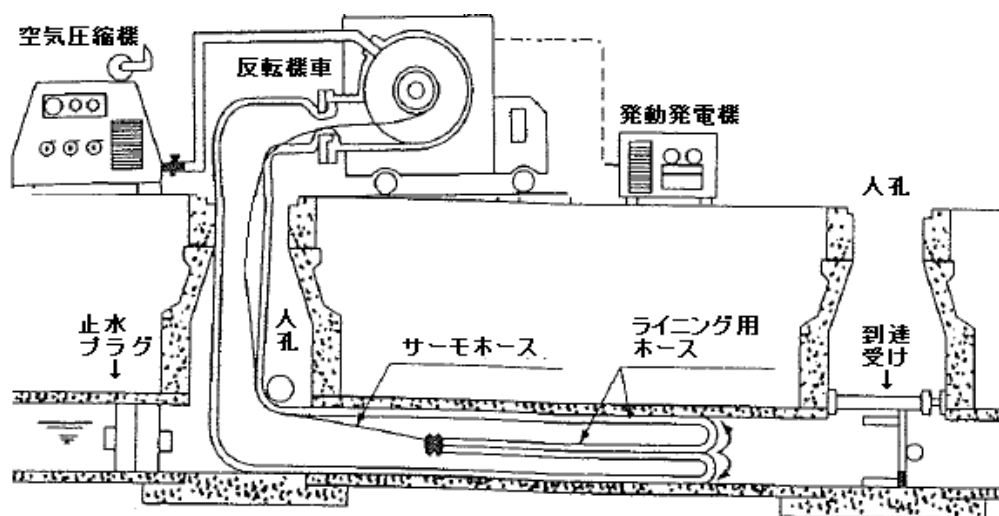


図 8-2 管渠更生工法の例（反転工法）（文献¹⁰⁾を一部修正）

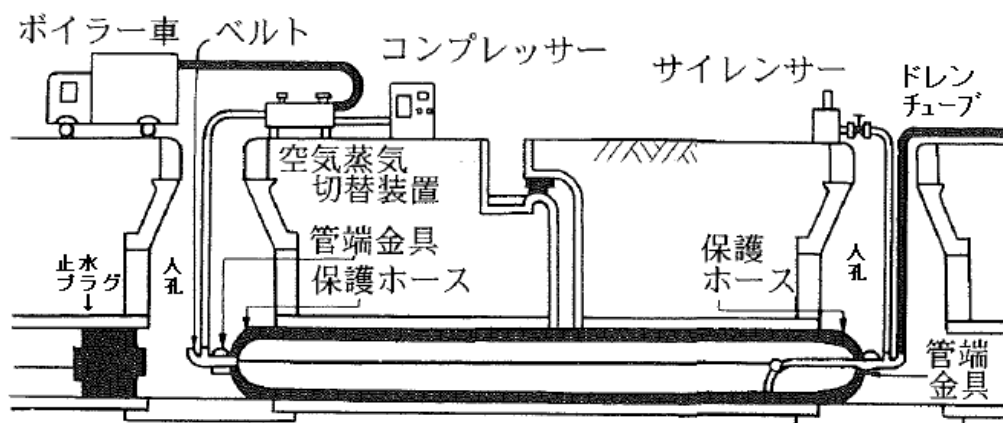


図 8-3 管渠更生工法の例（反転工法）（文献¹⁰⁾を一部修正）

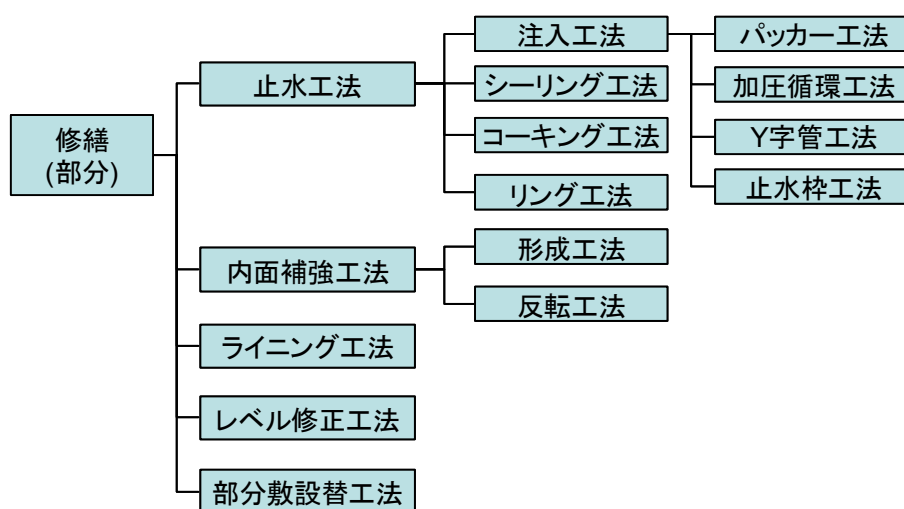


図 8-4 修繕(部分)工法の分類¹¹⁾

これらの改築工法に加えて長寿命化対策として修繕工法¹¹⁾が挙げられる。その内容は、管渠のクラック・継手不良箇所を対象として、止水材注入やシール材貼り付け、硬化性樹脂含浸材料の圧着・硬化、被覆材塗布、などによる止水や腐食防止、に加えて、管渠周囲土壌への薬液注入厚による管軸変位修正、補修箇所の部分新管入れ替えまでが含まれている（図 8-4）。この内、管軸変位修正は異質な修繕内容であるので対象外とする。また、部分敷設替工法は新設管渠敷設と管渠長さあたり同等の材料、工事用車両・機器、工期を要するし、内面補強工法として示されている形成工法・反転工法は上述のとおり 2 つのマンホール間の管渠が施工単位となるため更正工法と同質内容となるので、これらを改築に含め、本研究で対象とする修繕は図中の「止水工法」のみとし、その範囲はマンホール間の単位区画の 25%とする。

8.4 老朽化対策としての生活排水処理システムの改築補修に関するライフサイクル分析

8.4.1 管渠更新に関する設定

(1) 管路施設の劣化状態の評価

管路施設の劣化状態を表す指標としては、国総研他の管渠の残存率に関する調査に基づ

き、緊急度Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ，劣化無し，の4区分に分類している¹²⁾。このうち，「緊急度Ⅰ＋Ⅱ」が要改築の「不健全管渠」であり，「緊急度Ⅲ」＋「劣化無し」は健全とされている。これらの境界を示す健全度予測式として次式が提案されている¹³⁾。

$$y = -0.0108 \cdot x + 1.0557 \quad \text{式(8-1)}$$

この式の意味は，要改築管渠の割合が年率1.08%で増加し，健全率が50%を超過するまでの経過年数が51.4年となる。一連の調査研究では『100年程度の寿命を持つ管渠』を前提として，緊急度や要改築管渠割合が算定されており，標準耐用年数50年と定められている管渠施設に対して，やや過大評価と考えられる。

また，同様の調査に基づいて，撤去・損壊，健全，不具合なしのそれぞれの状態の管渠残存率を算定する式として次式が提案されている¹⁴⁾。

$$R(t) = e^{\left(-\frac{t}{\eta}\right)^m} \quad \text{式(8-2)}$$

直線的に管渠の劣化状態を表現する式(8-1)と比較して，「不具合なし」あるいは「健全」な管渠の残存率が指数関数的に減少しており，より現実的な評価式といえる。ただし，既往調査研究で報告されている式(8-2)のパラメータ数値を元に算定すると，「撤去・損壊」の残存率が50%となるまでの経過年数は91.5年，「健全」の残存率が50%となるまでの経過年数は50.9年，「不具合なし」の残存率が50%となるまでの経過年数は12.4年，となる(表8-1，図8-5)。劣化が極限状態となり，撤去を必要とするあるいは損壊状態にある管渠のみをみれば，先の『100年程度の寿命を持つ管渠』を同様に前提としていと考えられるので，このパラメータ数値について検討をおこなう。

残存率関数のパラメータ η が大きくなると残存率曲線は横に延びて経過年数に対する残存率低下速度が遅くなる。また，パラメータ m が大きくなると残存率曲線は急勾配となり，経過年数初期には残存率低下は小さくなるが，一定期間経過後，急激に残存率が低下する。

そこで，まず管渠状態別残存率の低下速度を制御するパラメータ η について，「不具合なし」・「健全」・「撤去・損壊」がそれぞれ50%となる経過年数を基準にして，以下のように設定した。ただし，「不具合なし」については，文献のパラメータ数値ケースでも，100年経過時点で「健全」と「不具合なし」が逆転し，評価式として矛盾をきたすので，評価期間100年時点で，「健全」と「不具合なし」の残存率が等しくなるように「不具合なし」の η 値を設定した(表8-2)。

Case 0：表8-1のパラメータ値のうち，「不具合なし」の η 値を修正。

Case 1：「撤去・損壊」残存率が50%となるまでの経過年数を75年，「健全」残存率が50%となるまでの経過年数を「撤去・損壊」の半分の37.5年。

Case 2：「撤去・損壊」残存率が50%となるまでの経過年数を50年，「健全」残存率が50%となるまでの経過年数を「撤去・損壊」の半分の25年。

Case 3：「撤去・損壊」残存率が50%となるまでの経過年数を25年，「健全」残存率が50%となるまでの経過年数を「撤去・損壊」の半分の12.5年。

結果を図 8-6～図 8-8 に示す。図に示すようにパラメータ η を小さくすると横軸方向に圧縮され、管渠状態毎の 50% 残存率の経過年数が小さくなる。Case 3 では経過年数 50 年で全管渠が「撤去・損壊」となり、50 年未満で全て敷設替えとなるのでかなり極端な状態を表している。Case 2 の経過年数 50 年時点での撤去・損壊状態の残存率 50% の意味が平均寿命 50 年であると解釈すると管渠の標準耐用年数に相当するので、これを最悪ケースと考え、これ以上「撤去・損壊」状態が早まる Case 3 は現実的ではないと考え、Case 0 ～Case 2 の間で管路施設の改築・修繕を評価するのが妥当である。

表 8-1 残存率関数の基本設定パラメータ (Case 0)

		不具合なし	健全度	撤去・損壊
Case0	m	0.621	1.940	2.870
	η	22.4	61.5	104.0
	y50	12.4	50.9	91.5

※y50: 残存率50%になる年数。以降の表も同意

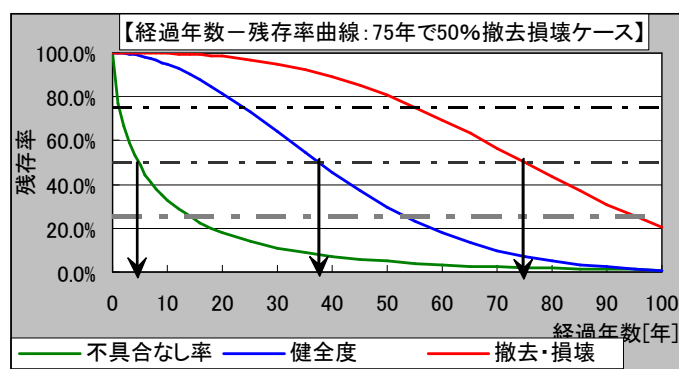


図 8-5 管渠の劣化状態別経過年数－残存率曲線

表 8-2 残存率関数のパラメータ η の設定 (Case 1 ～Case 3)

		不具合なし	健全度	撤去・損壊
m値固定		0.621	1.940	2.870
Case1	η	22.4	61.5	104.0
	y50	4.7	37.5	75.0
Case2	η	8.4	45.3	85.2
	y50	1.1	25.0	50.0
Case3	η	1.9	15.1	28.4
	y50	1.1	12.5	25.0

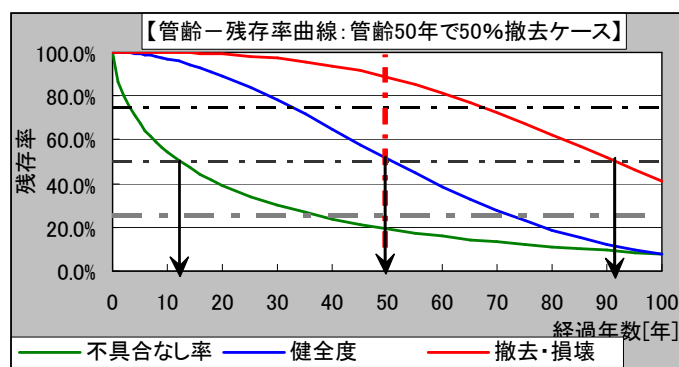


図 8-6 管渠の劣化状態別経過年数－残存率曲線 (Case 1)

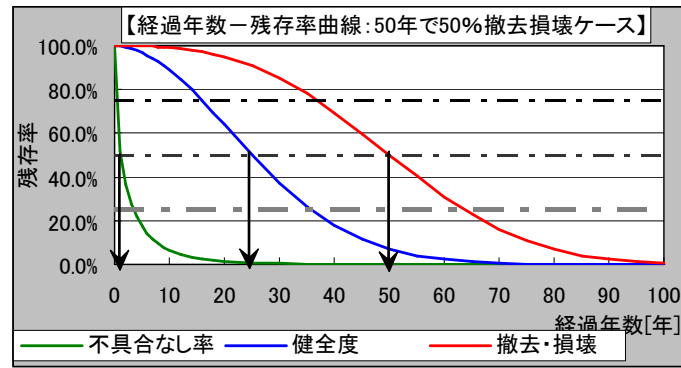


図 8-7 管渠の劣化状態別経過年数－残存率曲線（Case 2）

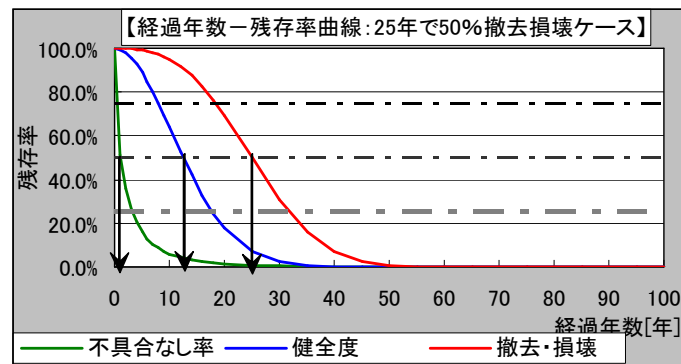


図 8-8 管渠の劣化状態別経過年数－残存率曲線（Case 3）

残存率関数パラメータ m についても同様に感度解析を実施した。パラメータ値を表 8-5、残存率曲線を図 8-9～図 8-12 に示す。パラメータ m の設定でも「不具合なし」・「健全」・「撤去・損壊」のそれぞれの関数値が 100 年程度の評価期間で逆転することなく、同形状の関数形を保持するように設定している。パラメータ m が大きくなると残存率曲線は急勾配となるが、曲線全体が右にシフトして管渠寿命が延びる。逆にパラメータ m が小さくなると S 字型の形状が崩れ、経過年数初期に急激に残存率が低下して一定値に漸近する。パラメータ η と同様に経過年数 50 年時点での撤去・損壊状態の残存率 50% となるのは Case 0b と Case 0c の間にあり、Case 0a～Case 0c を評価対象とするのが妥当である。また、パラメータ m をさらに小さくしていくと最終的に 3 つの残存率関数は 36.8% に収束する。つまり、経過年数初期の敷設替えや更生・修繕は増えて短期間での改築管渠は増加するが、長期的には管渠の劣化状態は約 37% に収束するので、相対的に敷設替えが増加することになる。

表 8-5 残存度関数パラメータ m

Case	不具合なし	健全度	撤去・損壊
共通 η	22.40	61.50	104.00
Case0 m	0.621	1.94	2.87
Case0a m	2.484	7.760	11.480
Case0b m	1.242	3.880	5.740
Case0c m	0.311	0.970	1.435
Case0d m	0.155	0.485	0.718

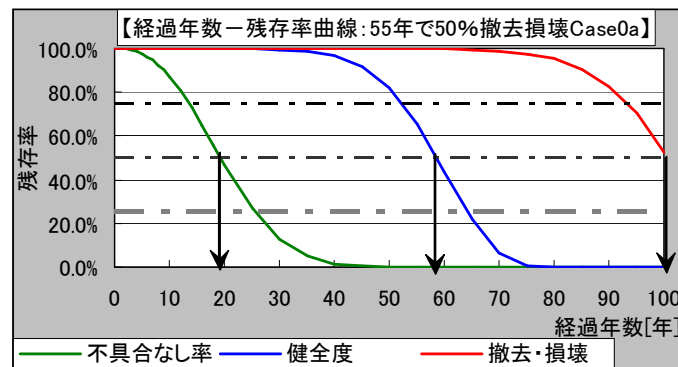


図 8-9 管渠の劣化状態別経過年数－残存率曲線 (Case 0 a)

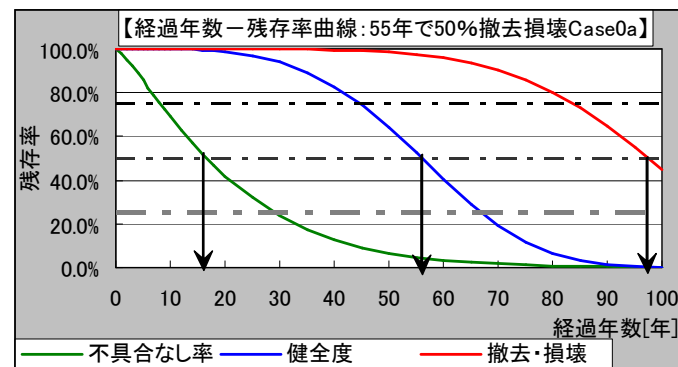


図 8-10 管渠の劣化状態別経過年数－残存率曲線 (Case 0 b)

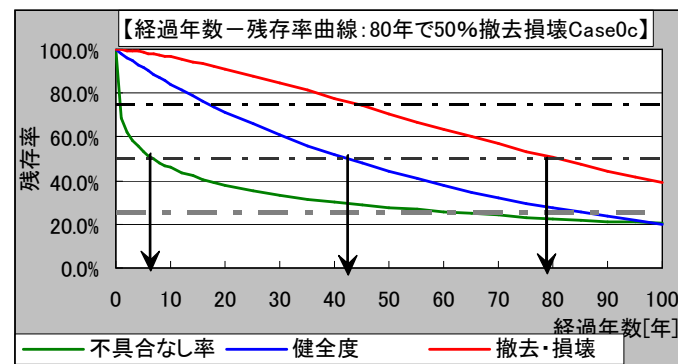


図 8-11 管渠の劣化状態別経過年数－残存率曲線 (Case 0 c)

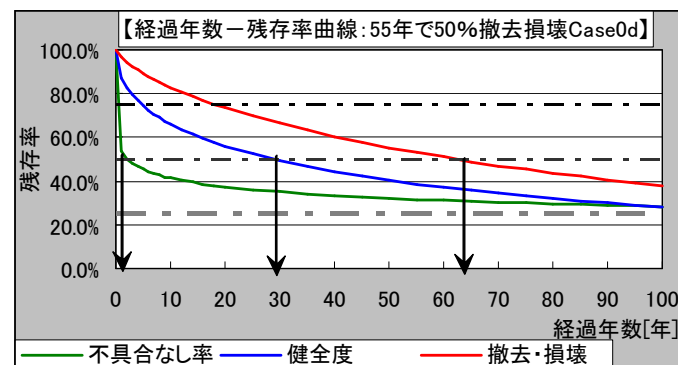


図 8-12 管渠の劣化状態別経過年数－残存率曲線 (Case 0 d)

(2)劣化状態にもとづく補修方法の検討

「不具合無し」と評価された管渠はそのまま継続使用，「撤去・損壊」状態の管渠は敷設替えを行うものとするのは明確であるが，「不具合なし」～「撤去・損壊状態」までの間と評価された管渠については何らかの補修が必要となる．既往研究¹⁴⁾でも，撤去・損壊曲線上部を緊急度Ⅰ，撤去・損壊～健全率曲線間を緊急度Ⅱ，健全率～不具合なし曲線間を緊急度Ⅲ，不具合なし曲線下部は劣化なしと評価しており，これに準じた補修ケースについて検討する．

「管渠更生の手引き」¹⁵⁾によると，管渠の補修方法としては，①敷設替え，②更生工法，③修繕工法について具体的な工法が示されている．これらをもとに以下の補修方法を設定した．

- ①完全敷設替え：同口径管路の敷設
- ②更生工法：単位補修区間の管路内面ライニングでの反転工法または管路形成工法¹⁶⁾．
- ③修繕工法：破損軽微な場合，単位補修区間の一部の更生を実施¹⁶⁾．
- ④既設管継続利用：

(3)補修間隔に関する検討

管渠の劣化状態に関する調査に基づいて管渠の補修が決定され，敷設替え，更生工法あるいは修繕工法が実施された管渠の耐用年数は新設管渠と同等となる．不具合なしと判定された管渠は時間経過に従い管齢を重ねていく．敷設替え・更生・修繕が実施された管渠の管齢はゼロとなり，その後の時間経過に従い管齢を重ねていく．調査および補修間隔が1年であれば前年に補修された管渠も残存率曲線に従い劣化するので，頻繁な補修がくり返し実施される．調査・補修間隔が長くなればその間の補修は無く，時間経過に伴う管齢の増加のみで，次の調査・補修年度に劣化状態の評価と補修が実施される．通常，毎年全管路施設を対象とした調査・補修が実施されることはなく，現状の既設管渠の管齢分布に従って全対象区域を分割して数年毎に調査・補修を実施するための調査・補修計画が策定される．ここでは，基礎的な検討として，調査・補修間隔についての感度解析を実施した．

8.4.2 単位長さ管渠における基本モデル分析：

単位長さ 100[m]の管渠を新設後，経過年数に従って管渠が劣化し，調査・補修間隔毎に劣化状態別残存率関数の比率に基づき，①敷設替え，②更生工法，③修繕工法，④未補修（既設管継続利用）に管路長を配分し，①～③については，工法実施後に管齢がゼロとして，翌期の調査・補修期間まで管齢を重ねる方法で，評価期間 100 年間における改築・補修方法別の管路延長距離を算定した．

調査・補修間隔が長くなれば，改築・補修が必要となる管路延長は相対的に短くなり，1～3年程度の短期間の場合には補修された管渠が翌期にすぐに劣化して補修対象となるので，初期建設管渠の3倍～10数倍の補修管渠が発生することになる．

Case 0 の場合，評価期間 100 年間で最終年度まで補修されずに継続利用される管路延長は 9.3[m]と1割に満たないが，完全に管渠を取り替える敷設替え工法が実施される管路延長も 11[m]であり，ほぼ同程度である．破損が軽微な場合の修繕工法を逐次実施することで管齢ゼロとなるのべ管路延長が 230[m]と最も長い．修繕工法によって管渠の構造が自立管に相当すると仮定して管齢をゼロとする考え方については検討の余地があり，修善

時点の管齢の半分程度に若返るなどの設定の方が現実的であると考えられる。この点は今後の検討課題とする。

表 8-6 残存率関数(Case0)における調査・補修間隔別改築・補修方法別管路延長距離

調査・補修間隔[年]		1	2	3	5	10
新規建設	[m]	100	100	100	100	100
敷設替え	[m]	9	12	13	12	11
更生工法	[m]	43	46	47	46	46
修繕工法	[m]	317	309	303	278	230
改築小計	[m]	369.3	367.3	362.6	335.3	286.9
最終未補修	[m]	8.1	8.2	8.3	8.6	9.3

表 8-7 残存率関数(Case1)における調査・補修間隔別改築・補修方法別管路延長距離

調査・補修間隔[年]		1	2	3	5	10
新規建設	[m]	100	100	100	100	100
敷設替え	[m]	12	13	13	12	11
更生工法	[m]	69	68	70	68	70
修繕工法	[m]	782	730	696	598	431
改築小計	[m]	862.9	811.5	778.5	678.2	511.4
最終未補修	[m]	1.0	1.0	1.0	1.1	1.3

表 8-8 残存率関数(Case2)における調査・補修間隔別改築・補修方法別管路延長距離

調査・補修間隔[年]		1	2	3	5	10
新規建設	[m]	100	100	100	100	100
敷設替え	[m]	24	23	23	21	20
更生工法	[m]	108	106	108	107	116
修繕工法	[m]	1,231	1,105	1,019	821	512
改築小計	[m]	1,362.8	1,234.4	1,150.0	948.9	648.0
最終未補修	[m]	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

表 8-9 残存率関数(Case3)における調査・補修間隔別改築・補修方法別管路延長距離

調査・補修間隔[年]		1	2	3	5	10
新規建設	[m]	100	100	100	100	100
敷設替え	[m]	46	41	40	40	58
更生工法	[m]	214	213	225	242	284
修繕工法	[m]	2,793	2,211	1,828	1,214	493
改築小計	[m]	3,052.6	2,465.6	2,092.6	1,495.7	835.3
最終未補修	[m]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

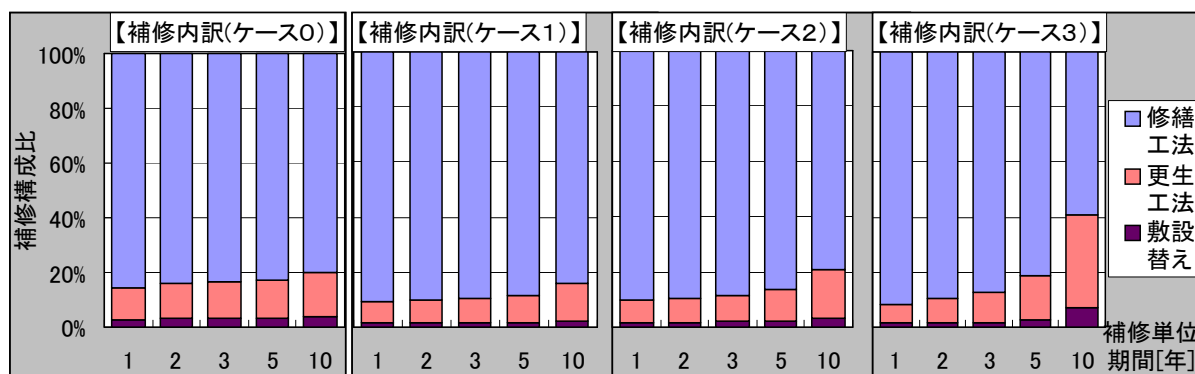


図 8-13 残存率パラメータ(η)ケース毎の調査・補修間隔と補修方法の構成比率

試算の結果、調査・補修間隔が5年の場合、敷設替え：更生工法：修繕工法の比率＝12:46:278をひとつの標準的な予防的更生工法・修繕工法の実施量と考えることができる。残存率関数のパラメータ η の設定により、Case 1～Case 3へと劣化の進行速度が加速されれば、補修される管路延長は相乗的に長くなり、最終年度まで未補修で継続される管路延長は短く、逆に敷設替え・更生工法を実施する管路延長が相対的に長くなる。

表 8-10 残存率関数(Case 0a)における調査・補修間隔別改築・補修方法別管路延長距離

調査・補修間隔[年]		1	2	3	5	10
新規建設	[m]	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
敷設替え	[m]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
更生工法	[m]	1.2	1.2	1.4	1.5	2.3
修繕工法	[m]	451.0	431.5	427.0	391.8	336.5
改築小計	[m]	452.2	432.8	428.3	393.4	338.8
最終未補修	[m]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表 8-11 残存率関数(Case0b)における調査・補修間隔別改築・補修方法別管路延長距離

調査・補修間隔[年]		1	2	3	5	10
新規建設	[m]	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
敷設替え	[m]	1.0	1.4	1.5	1.4	1.4
更生工法	[m]	24.5	25.2	26.0	25.3	25.6
修繕工法	[m]	423.2	405.4	399.7	365.6	308.3
改築小計	[m]	448.7	431.9	427.1	392.2	335.3
最終未補修	[m]	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4

表 8-12 残存率関数(Case0c)における調査・補修間隔別改築・補修方法別管路延長距離

調査・補修間隔[年]		1	2	3	5	10
新規建設	[m]	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
敷設替え	[m]	20.9	25.1	26.1	26.4	28.9
更生工法	[m]	42.9	48.4	51.9	55.6	60.7
修繕工法	[m]	217.5	212.1	204.3	184.8	145.9
改築小計	[m]	281.4	285.7	282.4	266.7	235.5
最終未補修	[m]	20.5	20.6	20.6	20.9	21.4

表 8-13 残存率関数(Case0d)における調査・補修間隔別改築・補修方法別管路延長距離

調査・補修間隔[年]		1	2	3	5	10
新規建設	[m]	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
敷設替え	[m]	36.6	45.5	50.4	56.8	67.2
更生工法	[m]	49.6	55.6	58.3	59.8	57.5
修繕工法	[m]	140.3	130.0	120.7	105.2	79.0
改築小計	[m]	226.6	231.1	229.4	221.8	203.7
最終未補修	[m]	28.4	28.4	28.5	28.6	28.9

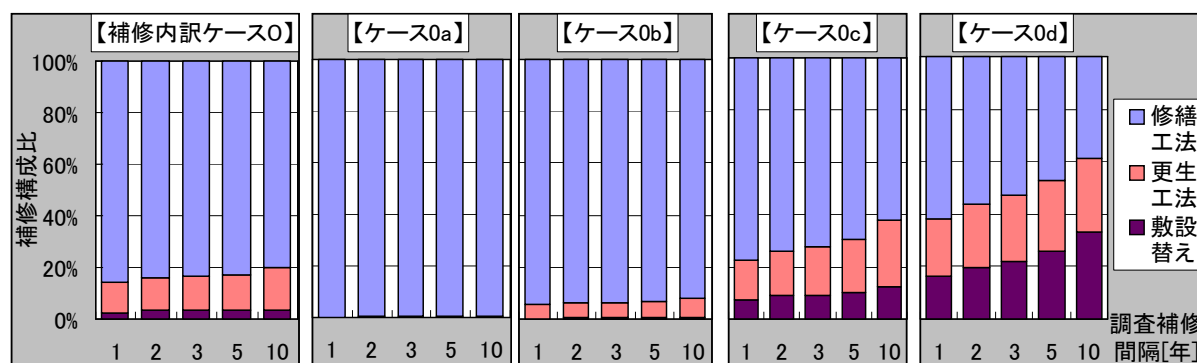


図 8-14 残存率パラメータ(m)ケース毎の補修間隔と補修方法の構成比率

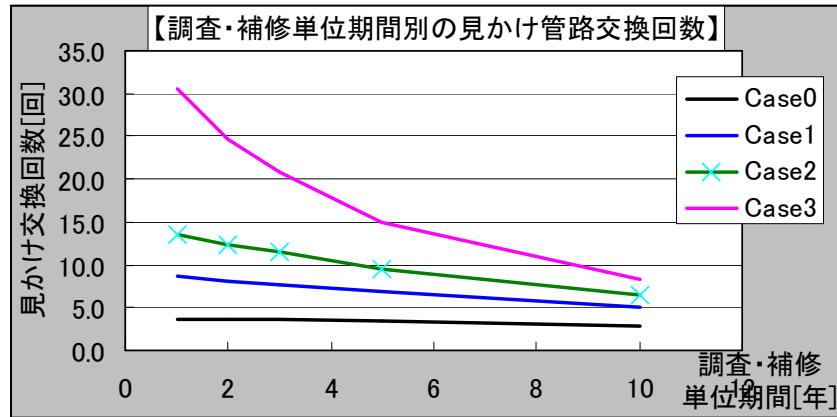


図 8-15 調査・補修間隔に伴う見かけ管路補修回数の変化(Case0～Case3)

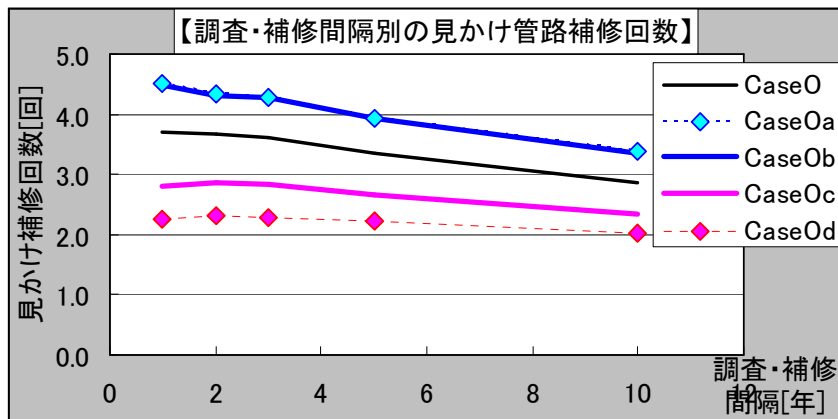


図 8-16 調査・補修間隔に伴う見かけ管路補修回数の変化(Case0a～Case0d)

ここで、評価期間 100 年間ににおける総補修管路延長距離を初期建設管路延長距離 100[m]で除した値を「みかけ管路補修回数」と定義し、残存率パラメータケースおよび調査・補修間隔との関係を示したのが図 8-16 である。残存率関数のパラメータ設定により、Case 1～Case 3 へと劣化の進行速度が速まれば、見かけ管路補修回数は大きくなり、調査・補修間隔が短くなるほどその増大の程度は大きい。調査・補修間隔を 1 年～10 年まで変化させた場合の各残存度関数パラメータ η を変化させた Case 0～3 の平均の見かけ管路補修回数はそれぞれ、3.4 回、7.3 回、10.7 回、19.9 回であり、Case3 では Case0 の 5 倍を超える。調査・補修間隔の変化に対して、Case0 では見かけ管路補修回数は 3.69 から 2.87 と約 3 回前後で推移するが、Case1～3 では大きく減少する。調査・補修間隔が 1 年に対して 10 年の場合の見かけ管路補修回数の相対比率は Case1～3 で、それぞれ 0.59, 0.48, 0.27 と 6 割以下となる。同様に残存度パラメータ m を変化させた Case0a～0d では見かけ管路補修回数はそれほど差異はなく、Case0a と 0b はほぼ同程度の値で変化している。Case0a～0d の調査・補修間隔全条件での平均の見かけ管路補修回数はそれぞれ、3.4, 4.1, 4.1, 2.7, 2.2 となり、パラメータ η に比べて見かけ管路補修間隔に対する感度は小さい。

現実の管路更新の判定期間は、対象地区内の管齢別管路延長構成割合などの状況に即して決定されるが、複数の事例をみると概ね 5 年前後での管路状態調査とそれに基づく管路

管理計画の策定あるいは見直しが行われており、今回の検討結果からも5年の調査・補修間隔で管路の劣化状態を検討し、必要な改築・補修を実施するのが妥当である。また、劣化状態別残存度関数のパラメータについては、文献値は調査事例に基づいて決定されているとはいえ、管渠の耐用年数を課題に評価している可能性があるため、Case 1 あるいは最悪のケースとして Case 2 程度の設定で効果評価を検討する必要がある。

8.5 下水道施設の改築・補修に関する LCA

8.5.1 管渠改築・補修に関わる LC-CO₂ 排出量

以上の検討に基づき、管路システムを対象として未然劣化防止型の更新による LC-CO₂ 排出量分析を実施する。管路更新は以下の3つのタイプを対象とする。

- ①敷設替え：同口径管路の敷設を想定し、その費用および LC-CO₂ 排出量は建設時と同原単位を使用する。
- ②更生工法：管渠内面にライニング工法を施行する反転工法を想定し、そのライニングシート材料、反転機車両・空気圧縮機等の設備、および労務に関する積み上げ計算を実施。
- ③修繕工法：管渠内面の止水工法として管渠の部分的ライニング工法の施工を想定し、施工区間を修繕を要するマンホール間単位区画の 25%とする。
- ④既設管継続利用：調査に関わる LC-CO₂ 排出量の算定は共通であり、新たな追加工法は無いので、追加される LC-CO₂ 排出量はないものとする。

使用する原単位等を以下のように設定した。

- ①新規管渠建設および敷設替え：昨年度までに実施した下水道管路施設の LCA に基づき、その管渠製造・施行工事・建設機械・労働力については、敷設管渠径および単位長さあたりの原単位、および維持管理については高圧洗浄車・揚泥車・給水車の製造および使用段階における単位長さあたり・年間あたりの原単位を使用する。
- ②更生工法：ライニングシートとしてポリ塩化ビニルを採用し、更生管厚さは標準的な厚さとして 5[mm]¹⁷⁾、ポリ塩化ビニル管渠素材の比重を 0.970[g/cm³]¹⁸⁾、素材製造原単位を 0.941[kg-CO₂/kg]¹⁹⁾と設定した。施工工事および施行機械については、新規建設との標準的工期比率を元に設定した。維持管理は①と同等とした。
- ③修繕工法：止水材素材、施工工事・施工機械については、更正工法と同じ原単位を用い、マンホール間単位区画全体の 25%という設定に即して積算した。なお、維持管理は①と同等とした。
- ④既設管継続利用：上記設定に即して新たな LC-CO₂ 排出量は積算しない。

小規模下水道の枝管と幹線管渠の口径をそれぞれ 300, 600[mm]とした場合の単位長さあたりの管渠新規敷設と改築・補修における LC-CO₂ 排出量の積算結果を表 8-14 に示す。

維持管理を含めた管路施設の改築・補修における LC-CO₂ 排出量を比較すると、更正工法は新規建設に比べて約 54～67%、敷設替え工法に比べて約 55～69%程度の LC-CO₂ 排出量の排出量となり、修繕工法は同様に約 40～55%、41～56%となるので、更生および修繕による延命化は LC-CO₂ 排出量削減には効果的といえる。ただし、維持管理を含めた計算結果であり、工法自体の LC-CO₂ 排出量は更生工法で約 40%、修繕工法で約 20%の排出量になる。工法自体に限ってこれらの数値から逆算すると、敷設替えに比べて更正工

法の施工総延長が2倍程度ならば同等の LC-CO2 排出量排出量となるので、評価期間内の改築・補修の工法別管路延長の比率が更正工法／敷設替えが2を超えると相対的に LC-CO2 排出量が小さくなり、同様に修繕工法では更正工法／敷設替えが 2.5 を超えると LC-CO2 排出量が小さくなることが推定できる。

そこで、前節の単位長さ管渠における基本モデル分析で行った管渠健全度に基づいた改築・補修工法採用延長距離の分析の結果を受けて、残存度パラメータを変化させたケースと調査・補修間隔を1～10年に変化させた場合の LC-CO2 排出量の積算を行った。結果を図 8-17 に示す。図中の補修無しとは評価期間内で全管渠を標準耐用年数 50 年で敷設替えを行う場合であり、これと比べて、評価期間 100 年間を通して改築・補修を実行した場合

表 8-14 管渠単位長さ当たりの新規敷設と改築・補修における LC-CO2 排出量計算結果

管口径[mm]	300.0	建設・補修・廃棄[kg-C/m]					維持管理 [kg-C/m/年]	合計	対新規 建設比	対敷設 替え比
		小計	製造	工事(施行)	機械建設	労働力				
新規建設	[kg-C/m]	33.4	5.3	20.3	7.7	5.8	0.2	0.400		
敷設替え	[kg-C/m]	32.0	5.3	19.3	7.4	5.8	0.2	0.391	0.977	
更生工法	[kg-C/m]	13.6	2.3	8.1	3.1	2.3	0.2	0.268	0.670	0.686
修繕	[kg-C/m]	6.2	0.6	4.1	1.5	1.2	0.2	0.219	0.547	0.560
未補修	[kg-C/m]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.178	0.444	0.454

管口径[mm]	600.0	建設・補修・廃棄[kg-C/m]					維持管理 [kg-C/m/年]	合計	対新規 建設比	対敷設 替え比
		小計	製造	工事(施行)	機械建設	労働力				
新規建設	[kg-C/m]	63.1	21.3	32.2	9.5	7.4	0.2	0.598		
敷設替え	[kg-C/m]	61.0	21.3	30.6	9.0	7.4	0.2	0.584	0.977	
更生工法	[kg-C/m]	21.4	4.7	12.9	3.8	3.0	0.2	0.320	0.535	0.548
修繕	[kg-C/m]	9.5	1.2	6.4	1.9	1.5	0.2	0.241	0.403	0.413
未補修	[kg-C/m]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.178	0.297	0.304

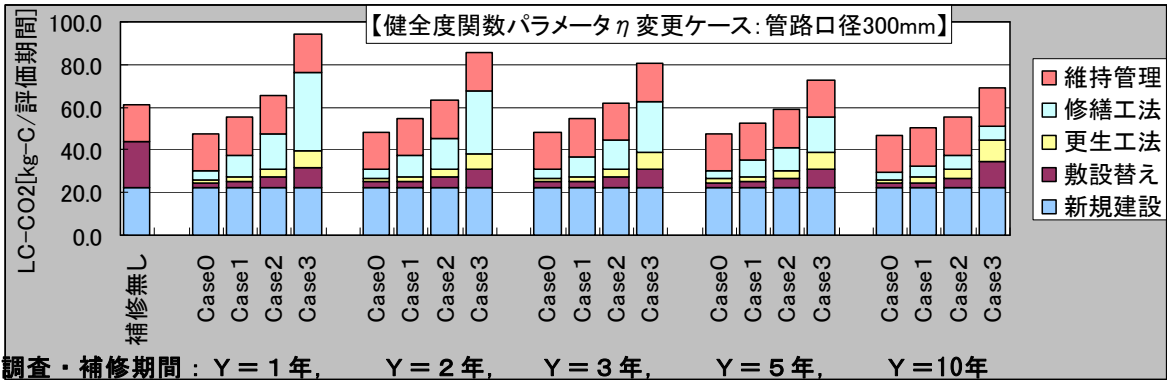


図 8-17(a) 健全度評価に基づく管渠改築・補修ケース毎の LC-CO2 排出量分析結果

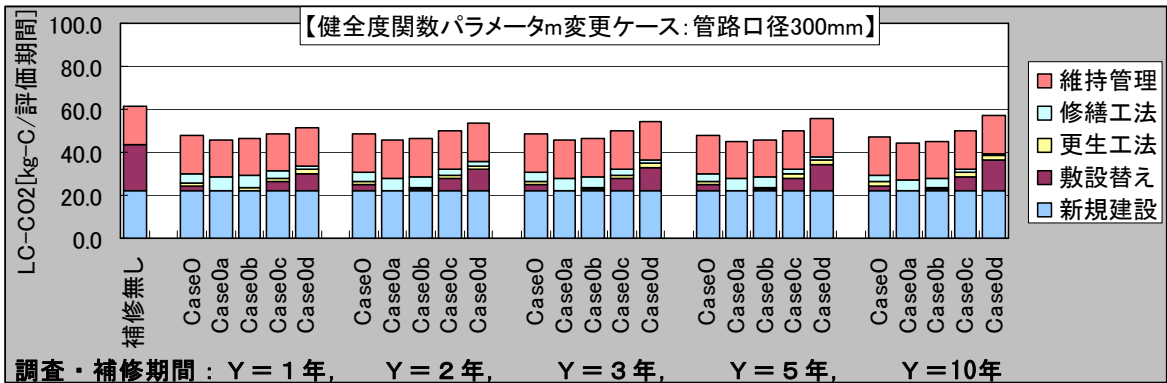


図 8-17(b) 健全度評価に基づく管渠改築・補修ケース毎の LC-CO2 排出量分析結果

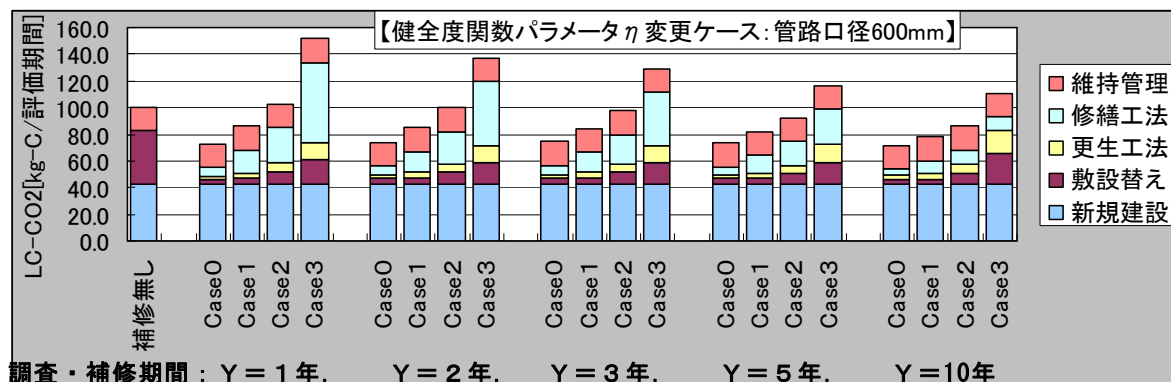


図 8-17(c) 健全度評価に基づく管渠改築・補修ケース毎の LC-CO2 排出量分析結果

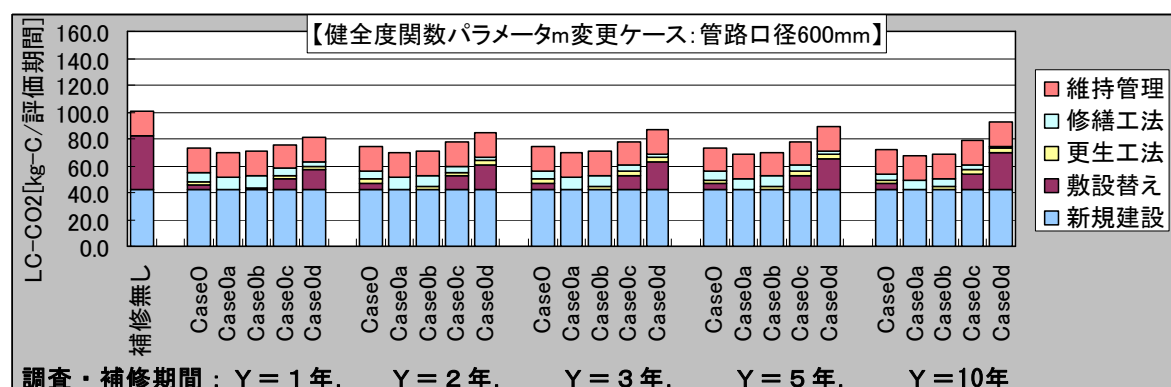


図 8-17(d) 健全度評価に基づく管渠改築・補修ケース毎の LC-CO2 排出量分析結果

合、100 年経過時点で改築・補修されて管齢ゼロとなる管渠が存在するので、最終年次の存在管渠の劣化状態が異なるため直接的な比較はできない点に注意する必要がある、この点は評価方法として課題が残る。

管渠改築・補修ケースおよび調査・補修期間毎の対「補修無し」ケースとの比率およびその差をとった削減率を図 8-18 に示す。管路口径が大きい 600[mm] の場合は当然 300[mm] と比べて LC-CO2 排出量排出量が大きい、文献値に基づいた Case 0 の場合には、補修なしに比べて改築・補修による長寿命化の効果が現れ LC-CO2 排出量の削減は 21.2～28.5% 程度であり、別途解析したライフサイクルコスト分析における Case 0 での 25～38% に比べるとやや削減効果は低い。

残存度関数パラメータ η を変化させた場合は Case 0 から Case 3 の順に高くなり、パラメータ m については Case 0a < Case 0b < Case 0c < Case 0d の順に高くなる。この傾向は調査・補修間隔年数を変更しても同様である。

残存率管路数パラメータ η を変更して「撤去・損壊」残存率が 50% となるまでの経過年数を 75 年、「健全」残存率が 50% となるまでの経過年数を「撤去・損壊」の半分の 37.5 年とした Case 1 では、改築・補修による修繕工法の施行管渠延長が長くなり、それに伴い補修無しの場合と比べて LC-CO2 排出量排出量が 9.8%～22.6% 減少する。この傾向はより経過年数を短縮した Case 2 以降逆転し 14.3% の削減から 6.3% の増加、Case 3 では全ての調査・補修期間で増加となり、最大 53.5% の増加となった。

残存率関数パラメータ m を変化させた場合の Case 0a～Case 0d では、補修無しの場合と

比較して変化は少なく、LC-CO2 排出量が 6.5%から 33.1%の削減となり、同じ調査・補修期間では Case 0 a から Case 0 d の順に削減量は小さくなる。

調査・補修期間の影響を見ると、Case 0 ～Case 3 においては調査・補修期間が長いほど LC-CO2 排出量は減少する傾向が見られ、Case 0 から Case 3 になるほどその変化幅は大きくなる。これは、期間が長くなるほど軽微な補修ですむ修繕工法の割合が相対的に減り、調査段階で発見される「損壊・撤去」が多くなり敷設換えの割合が相対的に増加すること(図 8-5～図 8-12 参照)によってみかけ管路補修延長が短縮されるためである(図 8-13 参照)。この傾向は Case 0 から Case0b までは同様に见られるが、Case 0 c と Case 0 d は逆に調査・補修期間が長いほど敷設換えの割合が特に大きくなり LC-CO2 排出量が増大して削減率は相対的に小さくなる傾向を示した。

評価結果から見かけ管路補修回数が高くなるにつれて、更生あるいは修繕の工法が施行される管路延長が大きくなり LC-CO2 排出量が増大することが明らかとなった。そこで、更生工法・修繕工法の LC-CO2 排出量算定で用いた原単位について検討した。更生・修繕で用いる材料については、その素材と使用量についてある程度明確な根拠を持つので、標準的工期の比率に基づいて決定した更生工法・修繕工法の施工工事等の原単位をさらに 1/2、1/4 にした場合の感度解析を行った。その結果、施工工事等の原単位を 1/2 にした場合、Case 1 でも Case 0 と比べて 3 ～ 7 %の LC-CO2 排出量排出量の削減となるが、Case 2 以降ではやはり Case 0 を上回る。さらに施工工事等の原単位を 1/4 にした場合でも Case 3 は Case 0 と同等あるいは微増となった。Case 3 はかなり極端なケースなので無視するとしても、残存率関数の感度解析において妥当だと評価した Case 1 あるいは想定可能な最悪ケースとしての Case 2 における評価結果は重要視すべきであり、管渠の改築・補修による LC-CO2 排出量の削減効果はあまり大きいとはいえない。

さらに、更生工法と修繕工法については、工法実施後に管齢をとともにゼロに設定しており、その差異は明確に定義できていない。マンホールからマンホールまでの単位施工区間全体の補修を実施する更生工法と、一部の区間で補修を実施する修繕工法では、管路の強度や耐酸性などの性質の復元性は異なるので、少なくとも修繕工法実施後の管齢設定については一定割合で管齢を減少（耐用年数を回復）させる等の工夫を要することは既に指摘したとおりである。

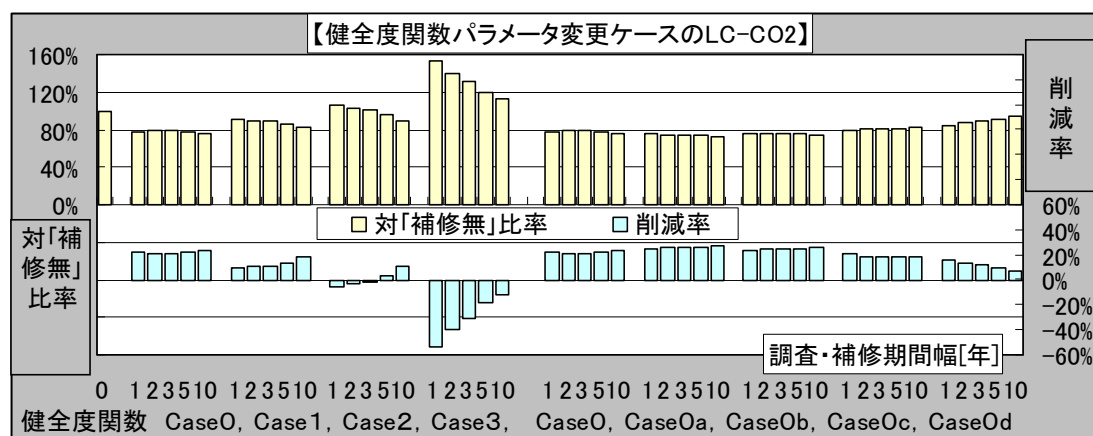


図 8-18 健全度評価に基づく管渠改築・補修ケース毎の調査・補修期間による LC-CO2 削減量の変化

更正工法と修繕工法のライフサイクルコストおよび LC-CO2 排出量の算定根拠となる材料製造・工事車両・工事機械・施工および労務などの設定も、その根拠を含めて検討を要する。ただし、逆推定の発想で考えれば、評価期間 100 年間の敷設替え：更正工法：修繕工法の実施管路延長の比率から、予防的な更生・修繕が有利となる場合の、更正工法や修繕工法の管渠単位長さあたりのライフサイクルコストや LC-CO2 排出量の限界値が推定できる。

8.5.2 下水道システムの老朽化対策の総合評価

本章では、下水道管路施設、特に管渠の老朽化対策を実施する場合において健全度評価に基づいて予防的措置として改築・補修を実施した場合の補修管路延長についての詳細な検討とそれに基づく LC-CO2 排出量の算定・評価を実施した。LC-CO2 排出量の原単位値の設定については精緻化および改善の余地はあるが、予防的措置によるライフサイクルコストの削減効果に比べて、LC-CO2 排出量の削減効果が小さいことを示した。この結果を受けて、さらに下水道システム全体で考えると、管路施設を含めた処理場・ポンプ場等の建設および維持管理に伴う LC-CO2 排出量排出量排出量は、システムの運用、つまり処理過程で消費される薬剤や電力等の消費に伴う LC-CO2 排出量排出量排出量に比べて相対的に小さいことは昨年度までの研究で示したとおりである（表 8-15）。処理場等の設備機器においても同様に老朽化対策としての予防的改築・補修方法が検討されており、標準耐用年数の 1.5～3.0 倍になる補修の事例が報告されている（表 8-16）²⁰⁾。しかし、設備機器の更新が延長されたとしても、その設備機器が使用段階で消費する資源・エネルギーを考えると、予防的改築・補修による LC-CO2 排出量の削減は微少であると言わざるを得ない。過去に行った LCA を用いた家庭用耐久消費財の買い換え行動の評価の結果、現存機器の延命化を図りつつ、省資源・省エネ効率の高い機器が出現した場合には積極的に転換するほうが、総体的な環境負荷（LC-CO2 排出量）の削減効果が高いことを示しており²¹⁾、今回の検討結果とも整合する。

表 8-15 下水道システムの LC-CO2

		CO2 [t-C/LC]	[%]
建設 段階	資材消費	532,384.9	8.2%
	資材輸送	34,826.4	0.5%
	施工	25,334.8	0.4%
	小計	592,546.0	9.1%
供用 段階	電力消費	5,816,823.9	89.1%
	薬品消費	78,235.8	1.2%
	薬品輸送	3,559.2	0.1%
	小計	5,898,618.9	90.4%
廃棄 段階	廃材輸送	26,857.8	0.4%
	施工	10,472.9	0.2%
	小計	37,330.7	0.6%
合計		6,528,495.6	100.0%

表 8-16 処理場機器の耐用年数

設備機器	標準耐 用年数	目標耐 用年数	倍率
	国交省	横浜市	
自動除塵機	15	23	1.5
沈砂掻揚機	15	23	1.5
污水ポンプ	15	30	2.0
雨水ポンプ	20	40	2.0
汚泥かき寄せ機	15	23	1.5
送風機	20	40	2.0
散気装置	10	15	1.5
汚泥ポンプ	15	30	2.0
脱臭設備	10	20	2.0
汚泥焼却炉	10	30	3.0
受変電設備	20	30	1.5
付加設備	15	23	1.5
無停電電源設備	10	20	2.0
自家発電設備	15	30	2.0
中央監視設備	15	23	1.5

8.6 個別処理システムの老朽化対策としてのアセットマネジメントの試行

8.6.1 浄化槽の機能向上や製品延命化

浄化槽に関するアセットマネジメントに関する調査研究や事例は皆無である。これは、下水道施設と異なり、単体規模が小さく、工場生産物であることから、規模の拡大・縮小といった改修は想定できず、構成機器・部品単位での長寿命化が主眼となり、システム全体でのマネジメントにはなじまないことが挙げられる。また、マネジメントの対象が基数そのものの削減あるいは基数単位での運転停止、などとなり、スケールメリットが働かないことも要因となる。

つまり、下水道管渠の補修により新規管渠並みの強度等を取り戻せるのと同様に、浄化槽本体つまり FRP 等で形成された躯体そのものの改築・修繕による長寿命化は想定しにくく、工場生産出荷までの設計・組立等の段階での長寿命化およびコスト削減が主要な対象となる。ブロワ等の部品については法定検査等で交換期間が定められているものもあり、それ以外の部品の通常の更新期間を延長させたとしても、ブロワ本体の長寿命化に寄与するかは不明確であり、かつ延命化の効果は微少である可能性が高い。LC-CO2 排出量の削減においては、下水道システムと同様に設備機器の運転時の資源・エネルギー消費に伴う LC-CO2 排出量排出量が相対的に大きいので、設備機器の省資源・省エネ効率の向上による改善効果が大きいと予想できる。

浄化槽を構成する機器・部品について LCA をおこなうための情報は限られており、多くの仮定や設定に基づいて、浄化槽の機能向上や製品延命化による LC-CO2 排出量の算定評価を行った。

8.6.2 浄化槽ブロワを対象とした延命化および型式変更に関する LCA

前年度までに実施した浄化槽単体の LCA の算定手順に延命化措置を含めて、各段階算定工程をみ直した。

(1) ブロワ本体および部品交換

浄化槽に設置されているブロワの使用目的は、①散気用、②逆洗用、③循環用、④流量調整用、⑤その他に分類される。この内、①の散気用は②の逆洗用を兼ねる場合もあり、浄化槽用のブロワとした電磁式およびロータリー式の 2 種類が一般的である。浄化槽用ブロワ本体に附属する代表的な交換部品としては、a)ブロワ・ダイアフラム、b)ブロワ・フィルター、c)散気管、d)ろ材に加えて、処理系を構成するユニットとして、接触材、担体、膜があり、それぞれメーカーによって推奨されている標準的な交換回数が存在するはずであるが、アンケート調査²²⁾によるとその回数には大きな幅がある。調査事例をまとめたものを表 8-17 に示す。

これを見ると、ブロワ本体の年間交換回数の最大が 13 回／年、平均で 6.7 回／年と非常に大きな値をとっており、調査サンプルデータ数が多く、かなり幅のある結果となっている。浄化槽メーカーの web 等に記載されている推奨交換回数はこの表の最小値に近い値であり、今回の試算では平均値と最小値、およびさらに延命化した場合の検討をおこなうこととする。

ブロワ本体についての LCA は H21 年度研究で実施しており、交換部品についてはその重量比率と費用比率に基づいて 1 単位量当たりの LC-CO2 排出量を算定評価した。まず、

表 8-17 ブロワ本体および交換部品の交換費用と交換頻度に関するアンケート調査結果

内訳	データ数	機器交換平均 費用[¥/回]	交換頻度[回/年]		
			平均	最大	最小
ブロワ本体	444	¥39,194	6.7	13.0	1.0
ダイアフラム	441	¥9,217	2.7	10.0	1.0
フィルター	314	¥621	2.1	10.0	0.5
散気管	80	¥6,168	5.7	10.0	1.0
ろ材	12	¥69,183	9.1	15.0	5.0
小計		¥124,383			
●接触材ケース					
接触材	13	¥53,808	7.6	10.0	1.0
計		¥178,191			
●担体ケース					
担体	37	¥42,644	7.4	10.0	2.0
計		¥167,027			
●膜ユニットケース					
膜ユニット	5	¥93,500	4.4	5.0	2.0
計		¥217,883			

年平均交換回数と費用をもとに年間費用を推定した（図 8-19）。ろ材までの基本部品に加えて処理ユニットとして 3 種類別に年間平均費用総計を求めている。年間最大で ¥2,245[千円]から最小¥587[千円]と推定値は幅広く、平均費用で ¥1,364[千円]であり、月額 10 万円を超える結果となった。他の調査事例における浄化槽の維持管理費用と比べるとかなり高額であった。この調査事例の費用については LC-CO₂ 排出量排出量算定の参考情報に留め、交換回数を主に利用する。なお、ブロワ本体についてはこの調査の平均値を用いると頻繁な交換を要するので、標準型ポンプ製品における LCA 算定事例¹⁹⁾を参考にしてブロワ材料構成重量比率等を考慮してブロワ本体および交換部品の製造・輸送・廃棄段階の LC-CO₂ 排出量の算定をおこなった。年間交換回数については、ブロワ本体については平均 1 回/年として、延命化で寿命が 2 倍になるケース、ダイアフラム・フィルター・散気管・ろ材・接触材については一括して表 8-17 に示す年間交換回数の平均値と延命化として 1 回/年となるケースについて算定した。結果を表 8-18, 表 8-19, 表 8-20 に示す。今回の試算では、重量比率が標準型：省エネ型＝150：100 であり、製造・輸送・廃棄段階の LC-CO₂ 排出量は省エネ型が標準型の約 68%の値になっており、おおよそ重量比率に対応した算定結果となっている。また、ブロワ本体および部品交換の年間あたり回

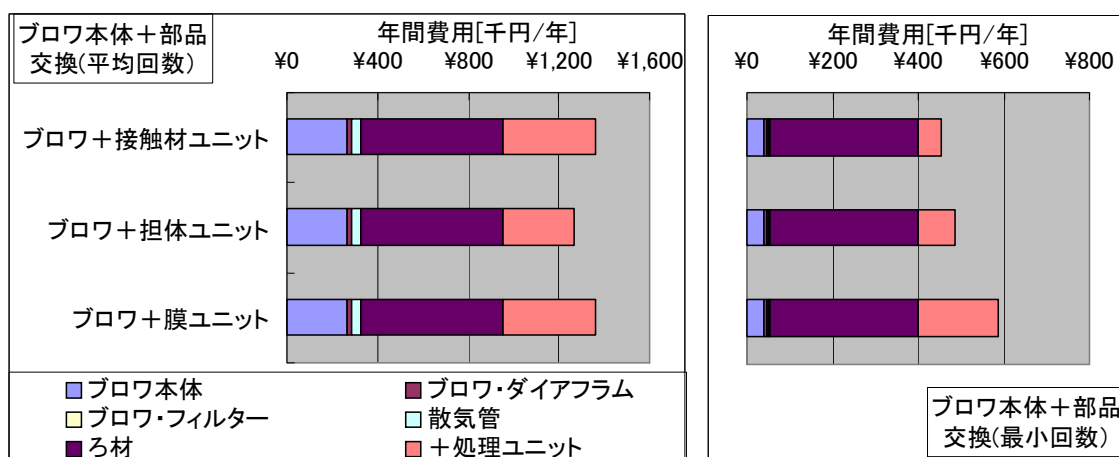


図 8-19 ブロワ交換に伴う年間費用の試算結果

表 8-18 ブロワ 1 台の製造・輸送・廃棄段階の LC-CO₂ 排出量の算定結果

段階	省エネ型		標準型		省エネ型 ／標準型
	LC-CO ₂	構成比	LC-CO ₂	構成比	
製造	6.86	93.75%	10.08	93.49%	68.1%
輸送	0.41	5.63%	0.63	5.80%	65.9%
回収・廃棄	0.05	0.63%	0.08	0.71%	60.0%
小計	7.32	100.0%	10.78	100.0%	67.9%

※LC-CO₂[kg-C/一台]表 8-19 ブロワ本体および部品交換回数を考慮した年間 LC-CO₂ 排出量の算定結果

部品交換回数		5.7		1.0	
		[回/年]		[回/年]	
本体交換回数	[回/年]	省エネ型	標準型	省エネ型	標準型
		LC-CO ₂	LC-CO ₂	LC-CO ₂	LC-CO ₂
1.0	[回/年]	8.57	12.48	7.54	11.08
0.5	[回/年]	4.91	7.09	3.88	5.69

※LC-CO₂[kg-C/年]表 8-20 ブロワ本体および部品交換回数を考慮した年間 LC-CO₂ 排出量相対比

部品交換回数		5.7		1.0	
		[回/年]		[回/年]	
本体交換回数	[回/年]	省エネ型	標準型	省エネ型	標準型
		LC-CO ₂	LC-CO ₂	LC-CO ₂	LC-CO ₂
1.0	[回/年]	68.7%	100.0%	60.4%	88.8%
0.5	[回/年]	39.4%	56.8%	31.1%	45.6%

※標準型で本体1.0回/年、部品5.7回/年を100とした相対比率

数を減少させて、本体・部品の延命化を図った場合の算定では、3.9～12.5[kg-C/年]と総量的には小さいものの3倍程度の幅があり、使用段階と同様に年間値であるので、後述するように耐用年数期間で積算した場合、浄化槽本体の製造・輸送・施工段階の LC-CO₂ 排出量に匹敵する値となった。

(2) ブロワ使用時の LC-CO₂ 排出量算定評価

浄化槽の使用段階での LC-CO₂ 発生要因はブロワ運転によるエネルギー消費である。ブロワの使用目的は、先に示したように①散気用、②逆洗用、③循環用、④流量調整、⑤その他であり、それぞれの使用時間および消費電力について資料整理をおこなった²³⁾。この内、①と②の兼用の場合で 24 時間稼働する必要があるが、別のブロワを使ってもその総使用時間は 24 時間となる。ちなみにメーカーカタログでは自動逆洗の稼働時間は 5 min/日とわずかであり、この際散気用は停止状態になる、④の流量調整は随時と記述されており、明確な稼働時間は不明であったので、別途資料にある浄化槽 1 基あたりの消費電力量から用途別の使用時間比率を推定した。

浄化槽メーカーにおいては、軽量化や省エネ化などに焦点をあてて新たな機器開発が進められており、特にブロワの消費電力の省エネ効果が大きいことは H21 年度報告書でも示したとおりである。ブロワ消費電力を含めた 2 社の省エネ・省資源型浄化槽の諸元値比較を表 8-21、表 8-22 に示す。これを見ると容積比率は 41.0～88.5%、重量比率で 47.2～58.3%であり、本体の製造・輸送・施工・廃棄段階の LC-CO₂ 排出量の削減効果を考慮する必要がある。しかし、消費電力比率は 74.5～96.7%と H21 年度研究で検討した電磁式とロータリー式の消費電力比率に基づく算定(図 8-20)と比較して省エネ効果は小さいものであり、今回の算定値は電磁式・ロータリー式といった駆動方式の異なるブロワ比較ではなく、躯体小容量化等の効果としての消費電力量の削減効果であるとした(図 8-21)。

表 8-21 人槽別浄化槽本体容量および用途別ブロワ消費電力²³⁾

処理人員[人]		5	7	10
日平均汚水量[m ³ /日]		1.0	1.4	2.0
本体寸法[mm]	長さA	2,450	2,640	3,255
	幅B	1,230	1,650	1,870
	高さC	1,770	1,770	1,770
	※人孔天端高さ	1,800	1,800	1,800
本体容量[m ³]		5.3	7.7	10.8
彫り込み容量[m ³]		5.4	7.8	11.0
槽容量[m ²]		2,660	3,990	5,897
本体重量[kg]		240.0	360.0	470.0
消費電力[W/h:50Hz]	小計	132	162	226
	散気用	70	88	130
	逆洗用	30	42	64
	エアリフト用	32	32	32
消費電力[W/h:60Hz]	小計	123	146	206
	散気用	65	80	118
	逆洗用	30	38	60
	エアリフト用	28	28	28

表 8-22 2社の新旧型浄化槽の比較

処理人員[人]	5	7	10
同社新旧型式比較			
K社:新型/旧型本体容量比率	76.9%		
K社:新型/旧型重量比率	50.0%		
K社:新型/旧型消費電力比率	91.4%		
N社:新型/旧型本体容量比率	88.5%	72.8%	41.0%
N社:新型/旧型重量比率	58.3%	47.2%	52.1%
N社:新型/旧型消費電力比率	88.5%	74.5%	80.3%
他社新型比較			
N社/K社:本体容量比率	115.1%	94.6%	53.3%
N社/K社:本体重量比率	116.7%	94.4%	104.3%
N社/K社:消費電力比率	96.7%	81.5%	87.9%

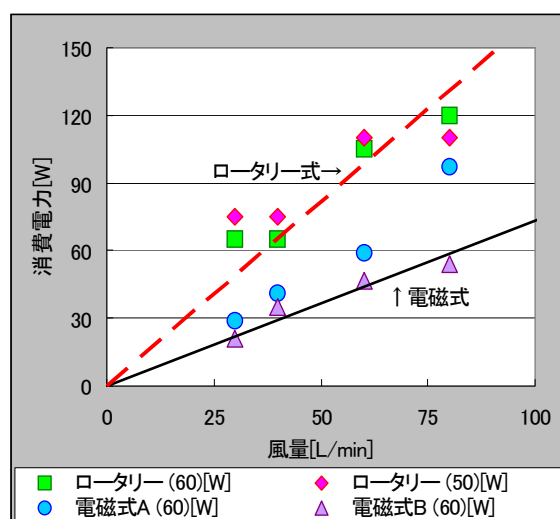


図 8-20 電磁式とロータリー式の風量別消費電力の比較

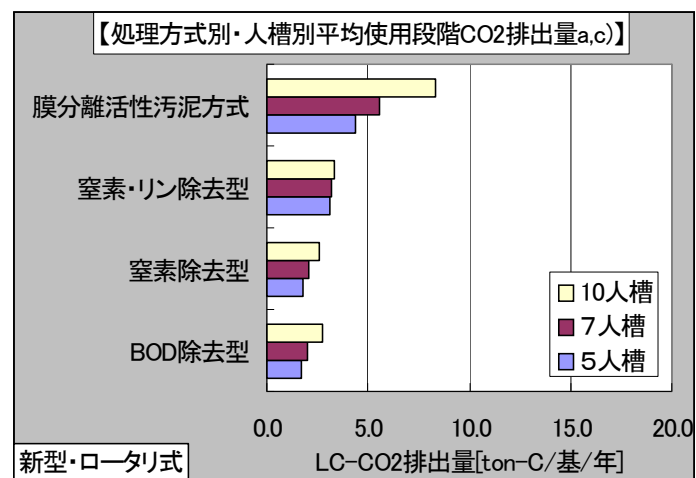
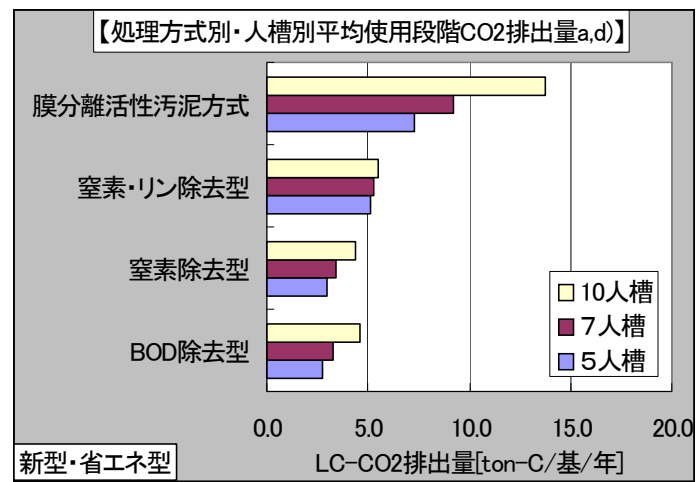
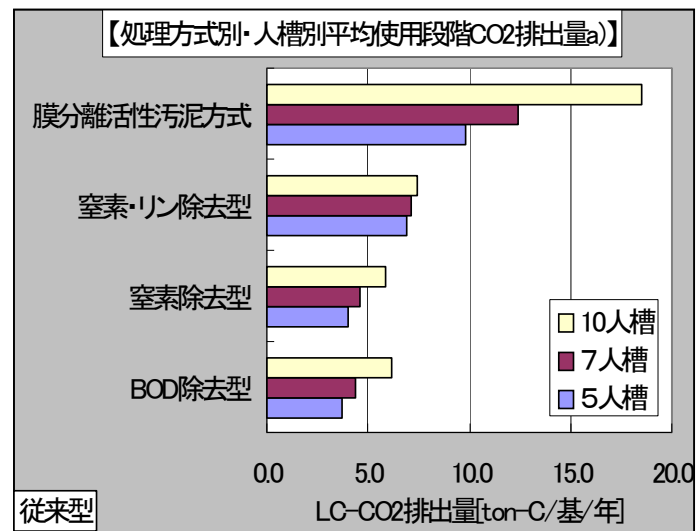


図 8-21 ブロワ型式変更による浄化槽使用段階の LC-CO2 排出量の算定結果

8.6.3 延命化および型式変更を考慮した LC-CO2 排出量の算定結果

(1) 製造・輸送・施行段階

浄化槽施設単体の LCA については H21 年度研究でおこなった試算に、使用段階としてブロワ運転によるエネルギー消費とブロワ本体および部品交換による維持管理段階、廃棄段階を加えた算定結果について検討を行う。なお、汚泥処理については下水道施設と共通の算定枠組みを用いるので次節で説明する。

本研究において LCA の対象とした浄化槽種類別の諸元値を表 8-23 に、H21 年度研究で実施した製造・輸送・施工段階の LC-CO2 排出量の算定結果を表 8-24 に示す。浄化槽 4 種類で平均したライフサイクル段階の排出量構成比は、製造段階：56.9%，輸送段階：1.3%，施工段階：41.8%であり、輸送段階の LC-CO2 排出量は小さかった。これらの数値は基本的に浄化槽の重量および外寸、FRP 重量に基づいているので浄化層構造諸元比率と LC-CO2 排出量の関係を図示したのが図 8-22 である。

表 8-23 LCA の対象とした浄化槽種類別の諸元

仕様 (5人槽)	単位	浄化槽種類			
		A型	B型	C(S)型	C(M)型
分類		大臣認定型	構造基準型	性能評価型	性能評価型
処理方式		沈殿分離・ 接触曝気	嫌気濾床・ 接触曝気	担体流動・ 生物濾過	担体流動・ 生物濾過
外形	幅[m]	1.65	1.25	1.11	1.11
	幅[m]	2.33	2.23	2.16	2.16
	幅[m]	2.18	1.75	1.57	1.57
外形容積	[m ³]	8.38	4.88	3.76	3.76
有効総容量	[m ³]	4.76	2.79	2.06	2.06
成型方法	[-]	スプレー	スプレー	スプレー	マッチドメタル
製造年	[年]	1984	1990	1999	2006
表面積比率	[%]	100.0%	73.0%	63.0%	63.0%
容積比率	[%]	100.0%	73.0%	43.0%	43.0%
外形容積比		100.0%	58.2%	44.9%	44.9%
有効総容量比		100.0%	58.6%	43.3%	43.3%
FRP重要比率	[%]	100.0%	85.0%	66.0%	61.0%

※各比率はA型を 100%とした相対比率

表 8-24 浄化槽種類別・人槽別の製造・輸送・施工段階の LC-CO2 排出量の算定結果

LC-CO2排出量		単位	浄化槽の種類			
			A型	B型	C(S)型	C(M)型
5人槽	製造段階	kg-C/基	162.0	144.8	124.5	79.0
	輸送段階	kg-C/基	5.9	2.4	2.0	2.0
	施工段階	kg-C/基	133.0	88.3	75.5	75.5
	小計	kg-C/基	300.9	235.4	202.0	156.5
7人槽	製造段階	kg-C/基	190.2	169.9	146.2	92.7
	輸送段階	kg-C/基	6.9	2.8	2.3	2.3
	施工段階	kg-C/基	156.1	103.6	88.6	88.6
	小計	kg-C/基	353.2	276.3	237.1	183.7
10人槽	製造段階	kg-C/基	235.3	210.2	180.8	114.7
	輸送段階	kg-C/基	8.6	3.4	2.9	2.9
	施工段階	kg-C/基	193.1	128.2	109.6	109.6
	小計	kg-C/基	437.0	341.8	293.3	227.2
浄化槽種類相対比(対A型比)			100.0%	78.2%	67.1%	52.0%

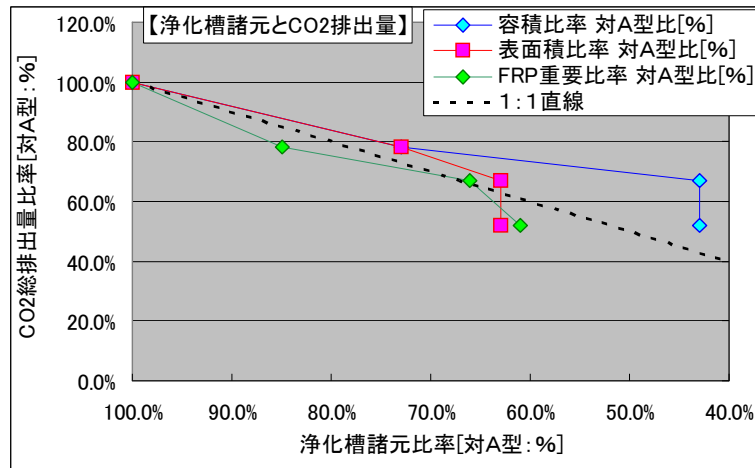


図 8-22 浄化槽の容積等の比率と LC-CO2 排出量比率（対 A 型）

A 型を基準とした浄化槽諸元値比率と LC-CO2 排出量比率はほぼ 1 : 1 直線に沿っているが、同じ性能評価型の C(S)型と C(M)型は基本的な構造に差異はないが、C(M)型が最も LC-CO2 排出量が小さい要因は、C(S)型が A 型・B 型と同じスプレー成型であるのに対して C(M)型のみが MMD 成型という成型方法の差異のみである。C(M)型の製造・輸送・施工段階の LC-CO2 排出量は A 型に比べて約 52%と半分近い値であり、型式選択は LC-CO2 排出量削減のひとつの選択肢となりうる。なお、人槽規模についてはスケールメリットが働き、10 人槽の LC-CO2 排出量は 5 人槽の約 1.4 倍に収まり、人槽数値で除した一基・一人当たり LC-CO2 排出量の比率を比べると 10 人槽は 5 人槽の約 73%となっている。

浄化槽施設全体の LC-CO2 排出量の算定では、5 人槽の A 型と C(M)型を対象とし、浄化槽本体の耐用年数については 15・30・45 年の 3 ケースについて算定をおこなう。

(2) 使用段階

使用段階のエネルギー消費に伴う LC-CO2 排出量は先述のとおり、電磁式の標準型と省エネ型にロータリー式の 3 ケースについて検討する。また、ブロワ本体および部品交換を対象とした維持管理段階については、年間の本体および部品交換の平均回数の組み合わせと想定最小回数の組み合わせの 2 ケースについて、標準型・省エネ型についてそれぞれ算定する。

(3) 廃棄段階

浄化槽本体製造段階で用いた製品重量が全量廃棄物になると仮定し、表 8-25 に示す原単位をもとに浄化槽本体の廃棄段階の LC-CO2 排出量を算定した。なお、ブロワについては、維持管理段階において交換時の廃棄に係る LC-CO2 排出量を算定しているので、ここには含めていない。

表 8-25 廃棄物回収・処理に用いた LC-CO2 排出量原単位

項目	原単位	単位
道路輸送の環境負荷原単位	0.078	kg-C/t・km
解体処理のエネルギー消費量*1) (汚泥を除く)	3.080	kg-C/廃棄物ton
	電気	7.6 kWh/廃棄物ton
	軽油	117 MJ/廃棄物ton

*1)RC解体、コンクリート塊がら再生、混合廃棄物粉碎処理を想定した概算

8.7 汚泥処理に関する LCA

汚泥処理は下水道と浄化槽で共通する項目であるが、現実的には様々な条件設定が必要となる。下水処理場では通常場内に汚泥処理施設を設けて、濃縮・沈殿・消化・脱水等の一連の処理を実施した後、場内で焼却するか別の焼却処理場にて焼却後埋立処分される。浄化槽汚泥については、バキュームカーで収集・運搬して多くの場合し尿処理場で処理されるが、まれなケースではあるが下水処理場へ運搬あるいは下水道管渠へ直接投入・流送し、下水処理場内汚泥処理施設で処理する場合もある。し尿処理場は浄化槽汚泥専用ではなく処理上そのものの LCA をおこなう場合、し尿と浄化槽汚泥への割り付けの問題や最終処分までのプロセスの追跡が困難であるなどの課題が残る。また、小規模下水道においては、効率的な汚泥処理を実施するための発生汚泥量や処理プロセスの問題もあり、浄化槽と同様に必ずしも個別の汚泥処理施設を設けず、協同組合方式等で共有施設を利用する場合もある。そこで、今回は、下水道・浄化槽ともに汚泥処理施設の建設や廃棄段階は評価せず、発生汚泥量の処理過程、つまり使用段階のみの LC-CO₂ 排出量の算定をおこなった。

8.7.1 浄化槽汚泥処理

浄化槽汚泥処理に関する情報は参考文献^{22),24),25)}に基づき単位汚泥量当たりの LC-CO₂ 排出量原単位を求めた(表 8-26)。また、これまで用いてきた浄化槽型式別のデータに基づき人槽別・使用人数別の排水量から発生汚泥量を算定し、原単位をかけて浄化槽汚泥処理段階の LC-CO₂ 排出量を求めた。結果を表 8-27 に示す。

本節の算定評価には、人口減少地域の平均世帯人数を考慮して 5 人槽・使用人数 3 人のケースを用いる。

表 8-26 浄化槽の汚泥処理に関する原単位値

	単位	原単位
日排水量原単位	[L/人/日]	200.0
汚泥発生源単位	[L/排水m ³]	10.0
CO ₂ 原単位	[g-C/汚泥kg]	7.95

表 8-27 人槽別・使用人数別の汚泥処理段階における LC-CO₂ 排出量の算定結果

	使用人数 [人]	排水量 [m ³ /日]	汚泥量 [L/日]	CO ₂ 排出量	
				[kg-C/日]	[kg-C/年]
5人槽	1	0.20	2.0	0.016	5.80
	2	0.40	4.0	0.032	11.61
	3	0.60	6.0	0.048	17.41
	4	0.80	8.0	0.064	23.22
	5	1.00	10.0	0.080	29.02
7人槽	6	1.20	12.0	0.095	34.82
	7	1.40	14.0	0.111	40.63
10人槽	8	1.60	16.0	0.127	46.43
	9	1.80	18.0	0.143	52.24
	10	2.00	20.0	0.159	58.04

8.7.2 小規模下水道における汚泥処理

下水処理過程で発生する汚泥量(余剰汚泥量)は処理規模によって大きく変動する。日処理量 100,000[m³/日]規模と 2,000[m³/日]規模の日平均下水処理量あたりの発生汚泥量原単位はそれぞれ 0.0286[m³/m³/日], 0.0214[m³/m³/日]であり, 小規模下水道では発生汚泥量原単位は約 75%程度となる²⁶⁾。これらの数値を踏まえて, 小規模下水道の日平均下水処理量当たりの処理工程毎の汚泥処理原単位を求めたのが表 8-28 である。下水汚泥処理の CO₂ 排出量原単位が得られなかったため, 前項の浄化槽汚泥処理に係る CO₂ 排出量原単位を用いて小規模下水道における汚泥処理過程の CO₂ 排出量を算定した。

表 8-28 小規模下水道の汚泥発生量・処理量および日流量あたり原単位

項目	計画流量	日平均流量	余剰汚泥	濃縮汚泥	消化汚泥	脱水汚泥	灰(最大～最小)	
単位	[m ³ /日]	[m ³ /日]	[m ³ /日]	[m ³ /日]	[m ³ /日]	[m ³ /日]	[ton/日]	
完成時数値	2,000	1,500	32.1	11.3		1.3	0.251	0.213
含水率			99.3%	98.0%		82.0%		
単位	[m ³ /日]	[m ³ /日]	[m ³ /m ³ /日]				[kg/m ³ /日]	
原単位値	2000	1,500	0.016	0.006	0.000	0.001	0.126	0.106

※極小規模施設においては発生汚泥量の変動を水処理系内あるいは汚泥貯留施設である程度吸収できるので, 汚泥量の算出には日平均流量を用いる。

8.8 集合処理システムと個別処理システムの LC-CO₂ 排出量算定と環境効率評価

前節までの検討を踏まえて, まず, 浄化槽施設単体での減容化・減量化および長寿命化による LC-CO₂ 排出量削減効果の評価を行った上で, 下水道と浄化槽による小規模集落の生活排水処理システムの構築を対象とした場合の LC-CO₂ 排出量の算定比較をおこなった。対象領域と整備代替案は H21 年度研究と共通である(表 8-29)。施設・設備の老朽化対策としての下水道管路補修や機器・部品の長寿命化, 浄化槽ブロワの省エネ化などの効果を算定評価し, 生活排水負荷削減効果を用いた環境効率評価を実施した。

表 8-29 対象領域と生活排水処理計画代替案の概要

集落数	面積	人口	人口密度	戸数	戸数密度	主要施設	集落形態
[個]	[ha]	[人]	[人/ha]	[戸]	[戸/ha]	[個]	
9	55.8	803	14.39	195	3.49	7	平地集居集落
代替案	整備方式	整備順序		特徴			
I-A	全域集合処理方式整備	下流側から線整備・面整備同時進行		線・面同時整備による早期負荷削減効果			
I-B		下流側から線整備先行, 線整備完成後面整備実施		線整備完了後の迅速な負荷削減効果			
II-A	全域個別処理方式整備	下流側から合併浄化槽整備		I-Aと同等の整備区域進行速度			
II-B				下水道整備よりも早期の負荷削減効果			

8.8.1 浄化槽単体の LC-CO₂ 排出量削減効果の評価

前節までに製造から廃棄にいたるライフサイクルの各段階において CO₂ 排出量に影響をおよぼす条件設定のもとでの LC-CO₂ 排出量の算定評価を行ってきた。ここでは, いく

つかの項目に限定した算定ケースを設定した。浄化槽本体に関わる項目として製造・輸送・施工および本体回収・廃棄段階と処理量に関わる使用・維持管理・汚泥処理毎に算定する設定条件を表 8-30 に示す。前者については本体耐用年数を3段階に設定し、後者については年間 CO2 排出量に基づいた算定をおこなった。算定ケースの内容と算定ケースコード内容をそれぞれ表 8-30、表 8-31 に、LC-CO2 排出量の算定結果とライフサイクル段階構成比を図 8-23、表 8-32 に示す。

表 8-30 浄化槽施設のライフサイクル段階で考慮した項目と算定ケース

LC段階	関連項目	設定条件	単位	ケース数
製造・輸送・施工 および本体の回収・廃棄	人槽	5人槽	kg-C/基	2
	使用人数	3人		
	型式	A型・大臣認定型, 沈殿分離・接触ばっ気方式 C(M)型・性能評価型, 担体流動・生物濾過方式		
	耐用年数[年]	15年	[年]	3
		30年		
		45年		
使用	ブロウ消費エネルギー	電磁式・標準型	kg-C/基/年	3
		電磁式・省エネ型		
		ロータリー式・省エネ型		
維持管理	ブロウ本体交換 + 部品交換	平均回数ケース		2
		最小回数ケース		
汚泥処理	汚泥発生量			1
算定ケース総計				36

表 8-31 浄化槽 LCA 算定ケースコード

左から桁数	1-2桁	3桁	4桁	5桁	6桁	7桁
算定ケースコード	対応年数 年数	浄化槽型式 型名	維持管理(機器交換) ブロウ本体+部品	省エネブロウ 方式・エネルギー	汚泥処理	回収・廃棄
15A1100	15	A:A型	1:本体1.0回+部品5.7回	1:電・標	0:未考慮	0:未考慮
30M2211	30	M:C(M)型	2:本体0.5回+部品1.0回	2:電・省	1:考慮	1:考慮
	45			3:ロ・省		
算定ケース数	3	2	2	3	1	1

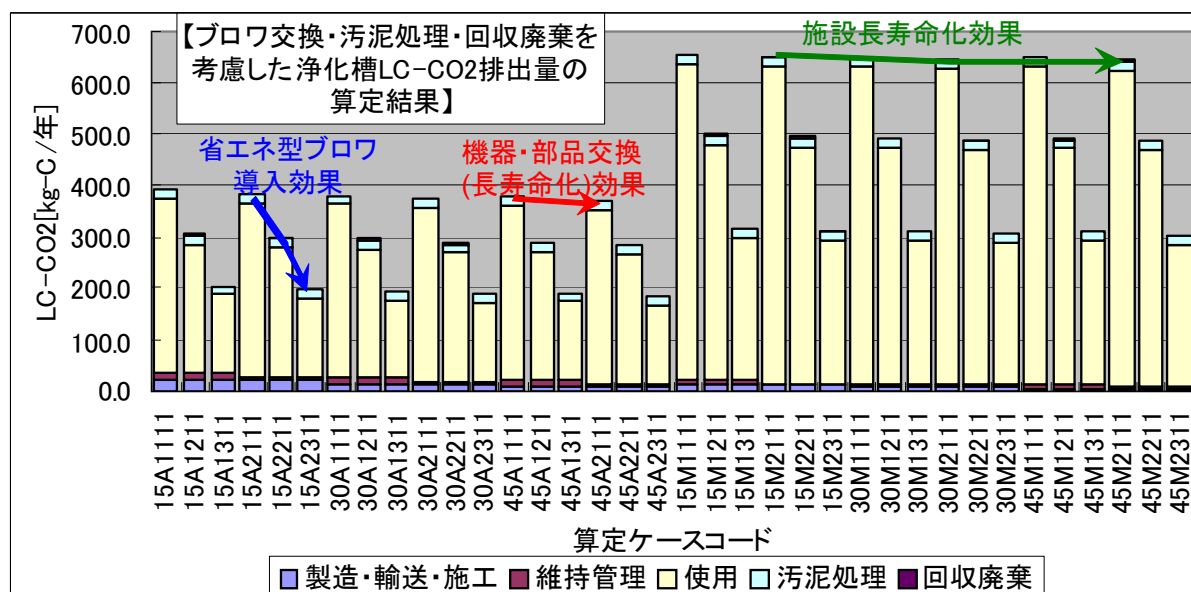


図 8-23 浄化槽 LC-CO2 排出量の算定結果

表 8-32 浄化槽 LCA 算定結果の各ライフサイクル段階構成比

	製造・輸送・施工	維持管理	使用	汚泥処理	回収廃棄	使用	使用以外
平均	3.0%	2.4%	89.0%	5.2%	0.3%	89.0%	11.0%
偏差	2.4%	1.6%	5.5%	2.1%	0.2%	5.5%	5.5%
変動	80.9%	66.9%	6.2%	39.6%	61.9%	6.2%	50.4%
最大	10.1%	6.6%	96.1%	9.5%	0.9%	96.1%	25.3%
最小	0.5%	0.6%	74.7%	2.6%	0.1%	74.7%	3.9%

使用段階のブロワ消費電力起源の LC-CO₂ 排出量が多いという傾向は従来の算定結果と変わらない。ただし、使用時の構成比率はこれまで全てのケースで 90%後半であったのに対して、今回、ブロワ・部品交換と汚泥処理を加えることによって使用段階以外の LC-CO₂ 排出量の割合が増大し、ロータリー式省エネ型ブロワ導入ケースにおいては、使用段階以外の LC-CO₂ 排出量の割合が約 25%にまで高まった。LC-CO₂ 排出量割合の内訳を見ると、これまで使用段階以外は数%であったものが、汚泥処理段階が平均 5.2%、製造・輸送・施工段階が平均 3.0%、ブロワ・部品交換段階が平均 2.4%を占めており、全ケース平均でも使用段階以外が 1 割以上を占めている。使用段階以外の LC-CO₂ 排出量割合が高い順に、15A1311>15A2311>30A1311>45A1311 となっており、ブロワ・部品交換回数が平均的な条件のもとでの算定であり、窒素・除去型を想定した M 系でも同様の結果となっている。

他の条件が同一の場合の各段階の LC-CO₂ 排出量削減策の効果を表 8-33 にまとめる。省エネ型ブロワの導入による LC-CO₂ 排出量削減効果は、A 型で平均 36%、最大 51%、最小 22%、M 型で平均 38%、最大 53%、最小 24%と当然高いが、同様に維持管理段階のブロワ・部品交換（長寿命化）による LC-CO₂ 排出量削減効果は、A 型で最大 7.8%、M 型で最大 2.7%、維持管理段階の機器・部品長寿命化によって、A 型で最大 3.6%、M 型で最大 1.5%の LC-CO₂ 排出量削減効果が得られる。

これまでの算定では使用段階が圧倒的に高い割合を占めていたため消費エネルギーの削減以外に LC-CO₂ 排出量の削減策を検討する必要はなかったが、今回の評価結果から省エネ型への機器転換は当然効果的であるが、減量化・減容化による製造・輸送・施工および廃棄段階の削減効果、低発生汚泥量型処理方式や機器や部品の交換頻度低減（長寿命化）などの LC-CO₂ 排出量削減方策を検討することの有効性と必要性を明らかにできた。

表 8-33 浄化槽単体のライフサイクル各段階での対策による LC-CO₂ 排出量削減策効果

A型	総計	製造～廃棄	使用	維持管理
		削減率	削減率	削減率
平均	288.5	4.7%	36.0%	2.5%
偏差	78.9	1.6%	13.8%	0.8%
変動	27.4%	34.67%	38.33%	30.05%
最大	391.5	7.8%	50.5%	3.6%
最小	183.3	2.8%	22.1%	1.7%
M型	総計	削減率	削減率	削減率
平均	483.9	1.6%	38.3%	1.1%
偏差	143.2	0.6%	14.7%	0.3%
変動	29.6%	36.58%	38.28%	33.07%
最大	657.1	2.7%	52.8%	1.5%
最小	303.9	0.9%	24.0%	0.7%

8.8.2 老朽化対策を考慮した実流域における集合処理システムと個別処理システムの LC-CO₂ 排出量削減策の評価

(1) 老朽化対策による LC-CO₂ 排出量削減効果の算定枠組み

H21 年度報告書において検討した小規模集落における生活排水処理を集合処理方式と個別処理方式で実施した場合の LCA 評価結果をもとに、今回算定評価した老朽化対策を組み合わせた場合の LC-CO₂ 排出量削減策を算定評価した。両システムの削減策の評価結果を図 8-24 に示す。なお、汚泥処理施設については集合処理・個別処理ともに建設～廃棄までのライフサイクル段階について積算しており、汚泥処理施設の設備機器については下水処理場と同等の長寿命化対策がなされるものとして LC-CO₂ 排出量削減効果を算定している。

集合処理システムについては、8.5 で検討した下水道管渠補修ケースの中から健全度関数パラメータとして文献値を採用した Case 1 と本章の検討において標準的耐用年数 50 年に相当するパラメータ値を用いた Case 3 について、それぞれ調査・補修期間について、毎年全管渠の調査・補修を実施する 1 年と全域敷設管渠の 20% について調査・補修を実施する 5 年のケースについて検討する。残存率関数および調査・補修期間については Case 3 の 5 年間隔が現実的な設定といえる。また、処理場設備機器の耐用年数については表 8-16 に示した延長数値の一部を用いて長寿命化による設備更新について検討する。対策の組み合わせにより合計 10 ケースの LC-CO₂ 排出量削減効果の算定をおこなった。

個別処理システムについては、8.6 で検討した省エネ型ブロワ導入、本体減量化・減容化およびブロワ本体・部品交換の 3 種類の対策の有無を組み合わせると合計 8 つのケースについて LC-CO₂ 排出量削減効果の算定をおこなった。

集合処理システムと個別処理システムの算定結果を表 8-34、表 8-35、図 8-24 に示す。

(2) 集合処理システムにおける老朽化対策による LC-CO₂ 排出量削減効果

集合処理システムの管路補修の効果については敷設替えも含むので管路建設および管路維持において算定評価した。また、設備機器の長寿命化の効果は処理施設の維持管理の中の設備更新として算定評価している。設備機器の長寿命化の効果は約 5.4% であり、予想以上にシステム全体の LC-CO₂ 排出量削減に寄与することが明らかとなった。管路補修については、算定の根拠となる残存率関数のパラメータ条件および調査・補修期間によって大きく異なる結果となった。文献に示された残存率関数パラメータ設定のもとでは調査・補修期間の差異による LC-CO₂ 排出量増減は小さくなく、平均 15.0% の LC-CO₂ 排出量の削減効果が得られる。しかし、50% 撤去・損壊となる年数が標準耐用年数の 50 年となる Case 2 においては平均 2.8%、調査・補修期間 1 年の場合には LC-CO₂ 排出量の 2.3% の増加となり、最大でも 8.0% の削減にとどまる。

調査・補修の期間延長の効果は Case 0 ではほとんどみられないが、Case 2 では約 5.0% の削減となる。調査・補修期間 5 年は全管渠延長の 20% について 1 年間で調査・補修を実施する状況設定であり、これを 10 年に延ばして年間 10% を調査・補修するとした場合でも Case 0 では LC-CO₂ 排出量削減効果は小さく、Case 2 では約 8.0% の削減となる。

下水処理場のみに適用した設備長寿命化の効果は全ケース平均で 6.0% であり、管路補修とほぼ同等であった。汚泥処理場についても同様の機器設備長寿命化を想定すれば同等の効果が見込まれる。

個別処理システムの算定評価の結果、3種類の削減策を全て実施した場合の LC-CO₂ 排出量削減効果は 20.9～23.7%であり、個別にみると省エネ型ブロワ導入効果は平均 19.8% (最大 21.2%～最小 18.5%)、本体寿命延長効果は平均 2.0% (最大 2.5%～最小 1.6%)、機器部品交換期間延長効果は平均 1.2% (最大 1.5%～最小 0.9%) であった。浄化槽単体の LC-CO₂ 排出量削減効果はシステム全体で積算した場合やや小さくなるのは当然であるが、老朽化対策を組み合わせた場合の削減効果は平均 3.1%であり、省エネ型ブロワ導入した上で、さらに本体寿命延長+機器部品交換期間延長を導入した場合の効果は LC-CO₂ 排出量の 3.9%減少が追加される。

集中処理および個別処理システムにおける老朽化対策等による LC-CO₂ 排出量削減効果を見ると、浄化槽の省エネ型ブロワ導入による削減効果が他と比べて格段に大きい。設備・機器等の長寿命化による交換頻度による低減効果も両システムに共通してみられる。管路補修については、個別の評価でも示したように管路状態の残存率関数や調査・補修期間の設定によって LC-CO₂ 排出量は増減するので老朽化対策が全て LC-CO₂ 排出量削減につながるわけではない。集合処理システムの LC-CO₂ 排出量は個別処理システムに比べてもともと低く、個別処理システムにおける最大の対策を実施しても逆転することは無いが、対策無しの算定では個別処理システムの LC-CO₂ 排出量は集合処理システムの 1.7 倍であったが、対策後は 1.2 倍程度にまで縮小する。

表 8-34 集合処理システムの管路補修および設備機器長寿命化による LC-CO₂ 排出量削減効果（線整備・面整備同時進行型：I-A 型）

削減策 (I-A)	管路補修 残存率関数 +調査・補修期間 設備長寿命化	なし		あり							
				Case0				Case2			
				1年		5年		1年		5年	
		なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり
管路建設	幹線	392.2	392.2	285.2	285.2	286.0	286.0	416.7	416.7	377.7	377.7
	枝線	184.4	184.4	143.4	143.4	143.5	143.5	188.5	188.5	169.8	169.8
管路維持	幹線	51.0	51.0	37.1	37.1	37.2	37.2	54.2	54.2	49.1	49.1
	枝線	43.5	43.5	33.8	33.8	33.8	33.8	44.4	44.4	40.0	40.0
処理施設	建設	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
	運用	542.3	542.3	542.3	542.3	542.3	542.3	542.3	542.3	542.3	542.3
	設備更新	155.0	76.4	155.0	76.4	155.0	76.4	155.0	76.4	155.0	76.4
その他		34.7	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7
総計		1,406.5	1,327.9	1,234.9	1,156.2	1,236.0	1,157.4	1,439.3	1,360.7	1,372.1	1,293.5
削減策なしに対する比率		100.0%	94.4%	87.8%	82.2%	87.9%	82.3%	102.3%	96.7%	97.6%	92.0%

表 8-35 個別処理システムの省エネ型ブロワ導入、本体減量化・減容化および設備機器長寿命化による LC-CO₂ 排出量削減効果（II-A 型）

削減策 (II-A)	省エネブロワ導 本体寿命延長 機器部品交換	標準型				ロータリー式			
		30年		45年		30年		45年	
		標準	長寿命化	標準	長寿命化	標準	長寿命化	標準	長寿命化
		標準	長寿命化	標準	長寿命化	標準	長寿命化	標準	長寿命化
浄化槽	建設	99.8	99.8	66.5	66.5	99.8	99.8	66.5	66.5
	設備更新	37.3	17.0	37.3	17.0	37.3	17.0	37.3	17.0
	維持管理	782.7	782.7	782.7	782.7	352.2	352.2	352.2	352.2
	解体廃棄	10.0	10.0	6.7	6.7	10.0	10.0	6.7	6.7
污泥処理施設	建設	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7
	設備更新	0.5	0.2	0.5	0.2	0.5	0.2	0.5	0.2
	維持管理	1,383.0	1,383.0	1,383.0	1,383.0	1,383.0	1,383.0	1,383.0	1,383.0
	解体廃棄	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
総計		2,332.5	2,311.9	2,295.9	2,275.3	1,902.0	1,881.4	1,865.4	1,844.8
削減策なしに対する比率		100.0%	99.1%	98.4%	97.5%	81.5%	80.7%	80.0%	79.1%

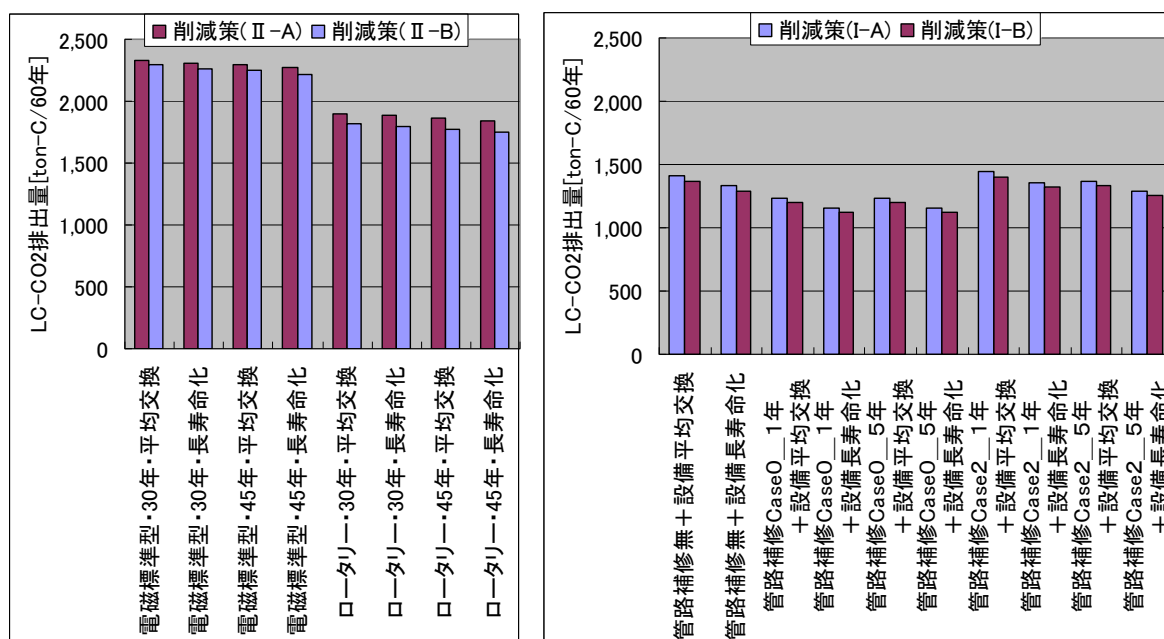


図 8-24 対象領域での集合処理システムと個別処理システムにおける老朽化対策等による LC-CO2 排出量削減効果

8.8.3 環境効率評価

浄化槽および小規模下水道の LCA による LC-CO2 排出量の算定結果を用いて効率性評価を行った。経済効率と環境効率の指標評価式を以下に示す。

$$\text{経済効率} = \frac{\text{削減負荷量}}{\text{総費用}} \quad \text{式(8-3)}$$

$$\text{環境効率} = \frac{\text{削減負荷量}}{\text{LC-CO2}} \quad \text{式(8-4)}$$

ここで、削減負荷量対象項目は COD を用い、それぞれの項の値は整備・運用総期間 60 年間の総量を用いているので、両指標の単位はそれぞれ、経済効率[ton-COD/百万円]、環境効率[ton-COD/ton-C]となる。なお、老朽化対策費用を積算していないので、管路補修等の LC-CO2 排出量削減策を導入した場合の経済効率指標は算定していない。結果を表 8-36 に示す。

LC-CO2 排出量削減に伴い、いずれの場合も環境効率の改善は 20%以上となり、浄化槽早期整備型の II-B では 30%を超える改善を示した。両効率指標を縦横軸にしてプロットしたのが図 8-25 である。両指標は別次元をもち直接比較可能ではないが、便宜的に両効率性指標の重みを 1 : 1 として無差別直線を赤色一点鎖線で示している。削減策導入時の経済効率を評価していないが、個別処理システム整備 II-A 案の環境効率改善が大きく、削減策無しの集合処理システム整備 I-A 案、I-B 案に匹敵する位置づけとなっている。管路補修については、残存率関数と調査・補修期間の設定によって環境効率の改善度も大き

く異なる。また、組み合わせ条件によっては環境効率が悪化する場合（対策4：削減効果最悪ケース）もあるので、管路補修については経済面での評価は低コスト化が図れるとされているが、環境効率面では改善・悪化の両面をもつ方策である。

削減策費用については、両システムの設備機器の長寿命化は単純に交換期間の延長という形で設定・評価している所以その費用も低減する。ただし、長寿命化によってエネルギー効率が悪化するなど維持管理上費用増加の要因も内包している。これらは両システムで共通の事項である。一方、下水道管路の補修による LC-Cost の削減効果は多くの文献で示されている⁸⁾¹³⁾¹⁴⁾。これに対して、浄化槽の本体の減量化・減容化および省エネ型ブロワ導入については費用増加の要因となりうるので、個別処理システム効率性を高めるためには費用増加を抑制した浄化槽に関する技術開発を進めることが重要となる。

表 8-36 老朽化対策を考慮した LC-CO₂ 排出量削減策による集合処理システムと個別処理システムの環境効率評価

効率性指標		単位／代替案記号	I-A	I-B	II-A	II-B
経済効率		[ton-COD/百万円]	52.45	50.25	60.15	44.28
環境効率	削減策なし	[ton-COD/ton-C]	79.39	76.05	47.88	45.40
	対策1		84.09	80.69	48.30	45.95
	対策2		96.49	92.96	49.08	46.86
	対策3		86.33	82.89	60.53	59.47
	対策4		77.58	74.27	48.30	45.95
	対策1	改善率[%]	5.9%	6.1%	0.9%	1.2%
	対策2		21.5%	22.2%	2.5%	3.2%
	対策3		8.7%	9.0%	26.4%	31.0%
	対策4		-2.3%	-2.3%	0.9%	1.2%

対策内容	集合処理	個別処理
対策1	設備長寿命化	機器部品交換
対策2	対策1+Case0 5年	対策1+本体長寿命化
対策3	対策1+Case2 5年	対策2+省エネブロワ導入
対策4	削減効果最悪ケース	削減効果最悪ケース

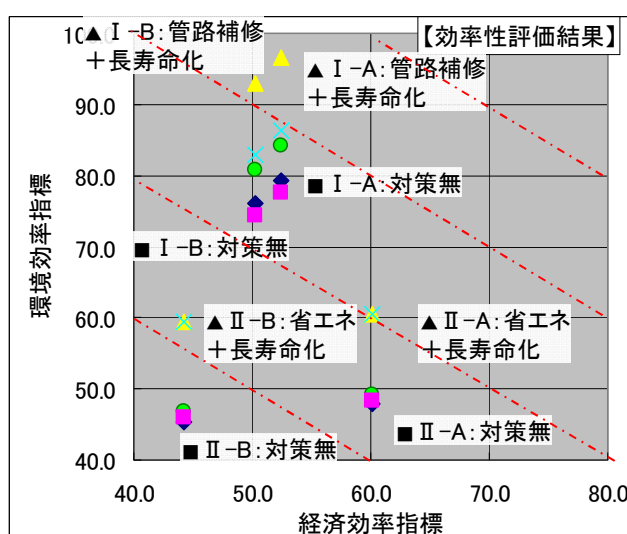


図 8-25 集合処理システムと個別処理システムの効率性評価

8.9 本章のまとめ

本章では、下水道と浄化槽の老朽化対策としてのアセットマネジメントの現状を整理した上で、下水道の管路補修と設備機器交換、浄化槽本体の長寿命化とブロワに関する省エネ化、機器・部品の延命化策についてモデル化して LCA を実施し、下水道管路の延命化については LC-Cost の削減効果を取り上げた研究は多いが、LC-CO₂ 排出量については同等の効果は見られないことを示した。また、汚泥処理に関する算定を導入することで、下水道・浄化槽について LCA で考慮すべき項目のかなりの部分をカバーでき、算定・評価の枠組みが向上した。実領域を想定した小規模生活排水処理事業における効率性評価では集合処理システムの優位性は逆転しないが、個別処理システムの環境効率は大きく改善できることを明らかにした。

下水道施設と浄化槽施設の LC-CO₂ 排出量算定項目のバランスについては、まだ完全とはいえないが、これまでより整合性のとれた算定評価ができた。また、省エネ対策のみならず管路補修や設備機器・部品の交換延長などの LC-CO₂ 排出量削減効果を見積もるための算定枠組みも構築でき、その効果も無視できないことを明らかにできたことは本章の大きな成果である。下水処理場におけるブロワ等ポンプ機器の省エネ化等、今回の算定評価に含まなかった各種対策についてもモデル化することで組み合わせ代替案の幅が広がり、経済効率と環境効率の両側面から採用可能な対策メニューを提示することが可能となる。今後の課題としては、LC-CO₂ 排出量算定枠組みに対応した LC-Cost の算定評価、管路補修における健全度関数パラメータ設定の妥当性評価、機器・部品等の延命化による運転時消費エネルギー効率や処理効率の安定性評価等を加えることでより総合的な評価システムへ発展させることを挙げる。

参考文献

- 1] ウィキペディア：アセットマネジメント，<http://ja.wikipedia.org/wiki/>，[参照 2011/02/22]
- 2] 社会システム研究本部キーワード解説，<http://sociosys.mri.co.jp/keywords/026.html>，作成 2003.04.23，[参照 2010/08/22]
- 3] 小澤 隆：道路維持管理の現状と課題，レファレンス，H19 年 4 月号，p.3，http://www.ndl.go.jp/jp/data/publication/refer/200704_675/067503.pdf，2007.
- 4] 宮坂典男他：社会資本における NPM 型マネジメントシステムの構築に関する研究，季刊政策・経営研究，Vol.4，pp.137-153. 2008，<http://www.murc.jp/report/quarterly/200804/137.pdf>.
- 5] 日本下水道協会篇：下水道施設の耐震対策指針と解説（第 3 刷），2006 年，等多数.
- 6] 月間下水道 Vol.34，No.2，2011/02 月号では，特集記事が掲載されている.
- 7] 前田満久：下水道のリニューアル～露橋水処理センターの全面改築事業～，下水道協会誌，Vol.45，No.547，pp.20-24，2008.
- 8] 松原誠：下水道管渠の維持管理の現状と課題，下水道協会誌，Vol.46，No.562，pp.26-29，2009.
- 9] 例えば，管渠更生工法における設計・施工管理の手引き(案)，日本下水道協会，2008，管更生の手引き，日本下水道協会，2001，など.

- 10] 日本下水道協会：下水道施設計画・設計指針と解説，2009.
- 11] 日本下水道協会：下水道維持管理指針—2003 年版—（前・後編），2003.
- 12] 日本下水道協会：下水道管路施設の緊急点検実施マニュアル(案)，2007.
- 13] 福田康雄：ストックマネジメントによる適切な維持管理，下水道協会誌，Vol.46，No.562，pp.30-33，2009/08
- 14] 藤生和也：個別管渠に係る統計確率的な劣化調査時期の選定手法及び残存耐用年数の推定方法，下水道協会誌，Vol.47，No.577，pp.72-77，2010.
- 15] 日本下水道協会：管渠更生の手引き，1993.
- 16] 日本下水道協会：下水道施設改築・修繕マニュアル(案)，1998
- 17] 日本下水道協会：管更生の手引き，p.24，2001.
- 18] クボタシーアイ：下水道用総合カタログ，p.86，<http://www7a.biglobe.ne.jp/~kyouei/business/pdf/enbi.pdf>，2010.
- 19] 石川雅紀他監修：企業のための LCA ガイドブック，p.106，日刊工業新聞社，2001.
- 20] 廣段雄治：設備機器の点検と延命化の取り組みについて，下水道協会誌，Vol.47，No.568，pp.33-35. 2010/02.
- 21] 城戸由能・細井由彦・山本啓文・山根絹代：家庭用耐久消費財の買い換え時の環境配慮の評価，第 3 回エコバランス国際会議講演集，(社) 未踏科学技術協会，pp.555-558，1998.
- 22] (財) 日本環境整備教育センター：H12 年度浄化槽のライフサイクルアセスメントに関する調査報告書，2005.
- 23] (株) クボタ：環境調和型製品・サービスの提供，2010.
- 24] (財) 日本環境整備教育センター：H13 年度浄化槽のライフサイクルアセスメントに関する調査報告書，2004.
- 25] (独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構委託研究：製品等ライフサイクル二酸化炭素排出評価実証等技術開発，H15.
- 26] 村山哲夫・小野耕一：小規模下水道の計画，設計，施工，山海堂，2004.
- 27] 松本 亨：地域循環圏を検討するための視点，地域循環圏に関する九州会議，H21.

第9章 し尿処理施設の老朽化

9.1 老朽化の現状

し尿処理施設稼働年数別施設数を表 9.1.1, し尿処理施設数(稼働年数別)及び処理能力を図 9.1.1 に示す. 30 年以上稼働している施設数は 180 施設で全体の約 18%を占めており, 全体の約 50%が 20 年以上稼働している. 竣工から 20~30 年程度で施設全体の更新が行われているケースが多いことから, 大半の施設において何らかの老朽化対策が必要な状況である.

処理方式別にみると, 標準脱窒素処理方式(標脱)が最も多く, 317 施設, 約 31%で採用されている. 次に多いのは高負荷脱窒素処理方式(高負荷)の 201 施設と膜分離脱窒素処理方式(高負荷膜分離)の 200 施設である. 特に高負荷膜分離は 1989~1993 年以降から急激に増加しており, 1999 年以降では全体の半数以上を占めている. その他の処理方式としては下水投入等が挙げられる.

表 9.1.1 し尿処理施設稼働年数別施設数¹⁾

稼働年数	標脱	高負荷	高負荷膜分離	好気	嫌気	その他	合計	割合(%)
~31年(~1978)	25	3	5	62	63	22	180	17.9
26~30年(1979~1983)	86	13	2	36	9	11	157	15.5
21~25年(1984~1988)	97	40	4	12	0	11	164	16.2
16~20年(1989~1993)	58	64	27	4	1	16	170	16.8
11~15年(1994~1998)	34	56	56	3	0	15	164	16.3
6~10年(1999~2003)	10	21	62	4	2	7	106	10.4
5年~(2004~)	7	4	44	4	0	11	70	6.9
合計	317	201	200	125	75	93	1011	100

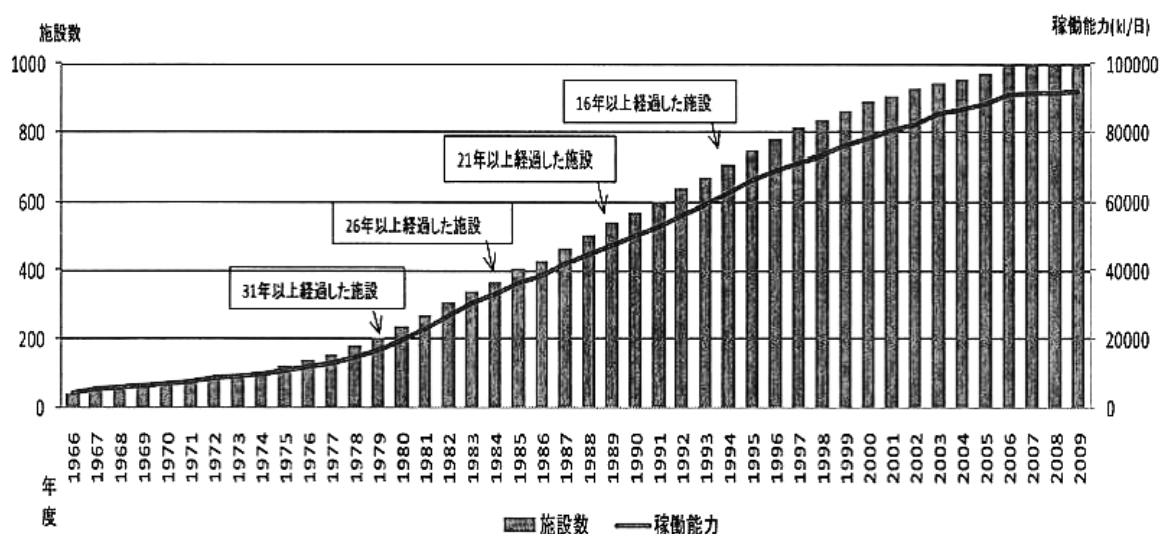


図 9.1.1 し尿処理施設数(稼働年数別)及び処理能力¹⁾

し尿処理施設における廃止時の供用年数と施設数の関係を図 9.1.2 に示す。供用年数 24～31 年および 33～36 年で廃止施設数が年間 10 件以上となっている。供用年数 40 年以上は 26 施設となっているが、それ以上に 20 年以下の施設が多いのが特徴的である。

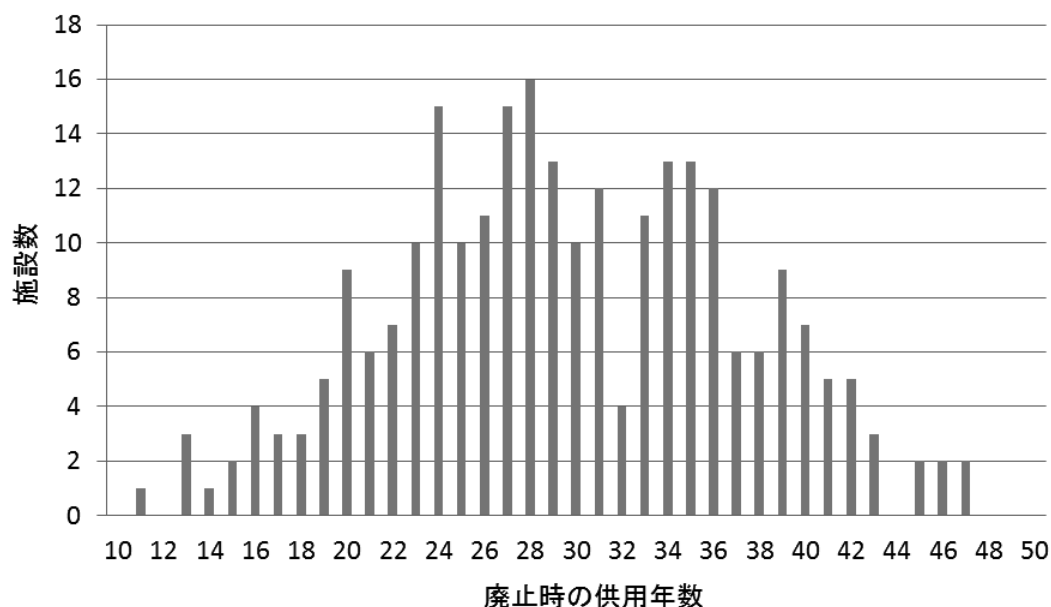


図 9.1.2 し尿処理施設における廃止時の供用年数と施設数の関係
[参考資料 1 から作成]

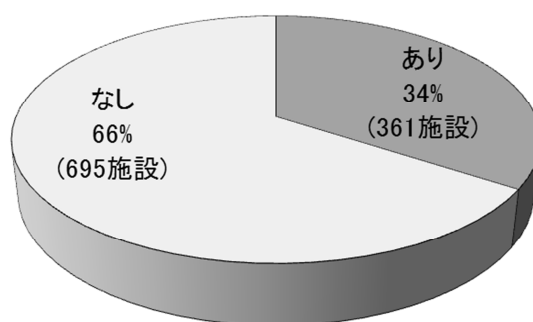


図 9.1.3 し尿処理施設・汚泥再生処理センターにおける資源化処理の有無
(平成 20 年度) [参考資料 2 から作成]

表 9.1.2 し尿処理施設・汚泥再生処理センターにおける資源化処理の方式
(平成 20 年度)

メタン発酵		助燃剤製造	リン回収	炭化	その他
	堆肥化				
15	17	233	1	7	1
				5	82

[参考資料 2 から作成]

9.2 汚泥再生処理センター

汚泥再生処理センターは、従来、し尿処理施設が行ってきたし尿や浄化槽汚泥の処理に加えて、新しく家庭生ごみ、事業系食品廃棄物、ペット糞尿などを受け入れ、堆肥化・メタン醗酵などの方法によって、有機性廃棄物が保有する化学エネルギーを有効利用しようとする施設である。し尿や有機汚泥は、メタン醗酵によってエネルギー回収が図られ、消化汚泥等脱水・堆肥化处理されたものは農地へ還元される。

全国の汚泥再生処理センター18施設の処理方式と処理能力を表9.2.1に示す。資源化処理方式の大半は堆肥化である(表9.2.2)。また使用開始年度はすべての施設が2000年以降である。

表 9.2.1 汚泥再生処理センターの処理方式(平成 20 年度)

	都道府県名	地方公共団体名	施設名	処理方式			処理能力 (kL/日)	使用開始年度
				汚水処理	汚泥処理	資源化処理		
1	北海道	礼文町	礼文町衛生汚泥再生処理センター	高負荷	脱水, 乾燥, 焼却	堆肥化 助燃剤製造	8	2000
2	岩手県	釜石大槌地区行政事務組合	釜石・大槌汚泥再生処理センター	高負荷 膜分離	脱水	その他	84	2007
3	宮城県	大崎地域広域行政事務組合	大崎広域六の国汚泥再生処理センター	高負荷 膜分離	脱水, 乾燥, 焼却	メタン発酵 堆肥化	105	2003
4	秋田県	仙北市	仙北市汚泥再生処理センター	嫌気, 好気 高負荷 膜分離	乾燥, 焼却	リン回収	60	2009
5	福島県	伊達地方衛生処理組合	伊達地方衛生処理組合 汚泥再生処理センター	高負荷 膜分離	脱水, 焼却	助燃剤製造	85	2009
6	埼玉県	羽生市	羽生市汚泥再生処理センター	膜分離	乾燥	炭化	60	2005
7	埼玉県	寄居町	汚泥再生処理センター	高負荷 膜分離	脱水, 乾燥	炭化	66	2006
8	新潟県	新潟市	新潟市舞平清掃センター汚泥再生処理センター	高負荷 膜分離	脱水	メタン発酵 堆肥化	149	2003
9	新潟県	阿賀町	阿賀町汚泥再生センター	嫌気, 好気 高負荷 膜分離	脱水	メタン発酵 堆肥化	22	2000
10	長野県	下伊那郡西部衛生施設組合	汚泥再生処理センターくりんひる西部	好気 高負荷 膜分離	脱水	メタン発酵	16	2000
11	香川県	坂出・宇多津広域行政事務組合	坂出宇多津広域行政事務組合 汚泥再生処理センター	高負荷	焼却	堆肥化	85	2001
12	高知県	安芸市	安芸市汚泥再生処理センター清浄苑	高負荷 膜分離	脱水, 乾燥, 焼却	堆肥化	30	2004
13	福岡県	ふくおか県央環境施設組合	汚泥再生処理センター	高負荷 膜分離	乾燥	堆肥化	146	2005
14	佐賀県	三神地区環境事務組合	三神地区汚泥再生処理センター	高負荷 膜分離	脱水, 乾燥, 焼却	堆肥化 その他	184	2001
15	長崎県	西海市	平島汚泥再生処理センター	標脱	脱水, 乾燥	堆肥化	1.1	2005
16	長崎県	新上五島町	新上五島町クリーンセンター汚泥再生処理センター	高負荷 膜分離	脱水, 乾燥	メタン発酵 堆肥化	72	2002
17	鹿児島県	中南衛生管理組合	汚泥再生処理センター	標脱	脱水, 乾燥	堆肥化	30	2003
18	鹿児島県	大島地区衛生組合	有良汚泥再生処理センター	膜分離	脱水	堆肥化	40	2008

[参考資料 2 から抜粋]

表 9.2.2 汚泥再生処理センターにおける資源化処理の方式

メタン発酵			助燃剤製造		リン回収	炭化	その他
	堆肥化						
1	4	7	1	1	1	2	1

また表 9.2.3 に汚泥再生処理センターの年間処理量と資源化量を示す。約半数の施設がし尿および浄化槽汚泥以外の廃棄物を受け入れているが、総処理量に占めるその割合は非常に低い状況である。

表 9.2.3 汚泥再生処理センターの年間処理量と資源化量(平成 20 年度)

	地方公共団体名	施設名	年間処理量				資源化量	
			し尿	浄化槽汚泥	有機性廃棄物	その他	堆肥等の固形物	メタンガス
			(kl/年度)	(kl/年度)	(t/年度)	(kl/年度)	(t/年度)	(m3/年度)
1	礼文町	礼文町衛生汚泥再生処理センター	1,091	450	0			
2	釜石大槌地区行政事務組合	釜石・大槌汚泥再生処理センター	24,714	5,045	190		190	
3	大崎地域広域行政事務組合	大崎広域六の国汚泥再生処理センター	25,942	9,343	407		75	38,134
4	仙北市	仙北市汚泥再生処理センター	0	0				
5	伊達地方衛生処理組合	伊達地方衛生処理組合 汚泥再生処理センター	0	0				
6	羽生市	羽生市汚泥再生処理センター	1,569	15,862	34		76	
7	寄居町	汚泥再生処理センター	4,813	17,193	3,505		112	
8	新潟市	新潟市舞平清掃センター汚泥再生処理センター	15,591	37,659	484	0	92	105,387
9	阿賀町	阿賀町汚泥再生センター	2,327	4,074	14	417	93	13,917
10	下伊那郡西部衛生施設組合	汚泥再生処理センタークリーンひる西部	1,277	1,612	548		0	84,100
11	坂出・宇多津広域行政事務組合	坂出宇多津広域行政事務組合汚泥再生処理センター	8,804	10,046			52	
12	安芸市	安芸市汚泥再生処理センター清浄苑	8,502	1,445			19	
13	ふくおか県央環境施設組合	汚泥再生処理センター	38,261	14,974			250	
14	三神地区環境事務組合	三神地区汚泥再生処理センター	28,189	37,327			514	
15	西海市	平島汚泥再生処理センター	271	14	12,527		3	
16	新上五島町	新上五島町クリーンセンター汚泥再生処理センター	18,364	3,901	123	0	144	16,350
17	中南衛生管理組合	汚泥再生処理センター	4,674	8,793	14			
18	大島地区衛生組合	有良汚泥再生処理センター	3,349	8,883			24	

[参考資料 2 から抜粋]

9.3 生活排水からのリン資源回収

9.3.1 リン再資源化

日本にはリン資源がないため、その全量を輸入に頼っている。世界的な人口の増加に伴い、農業におけるリンの需要も増加傾向にあるため、将来的にはリン資源の奪い合いが生じる可能性も懸念されている。そのため、リン鉱石の主要産出国である中国や米国等行っているリンの輸出制限は、リン鉱石の価格に大きく影響する。図 9.3.1 に輸入リン鉱石の価格推移を示す。実際にリン鉱石の輸入価格はこれまで 2 万円/t 以下で推移してきたが、2005 年 1 月には約 7 万円/t にまで高騰している。

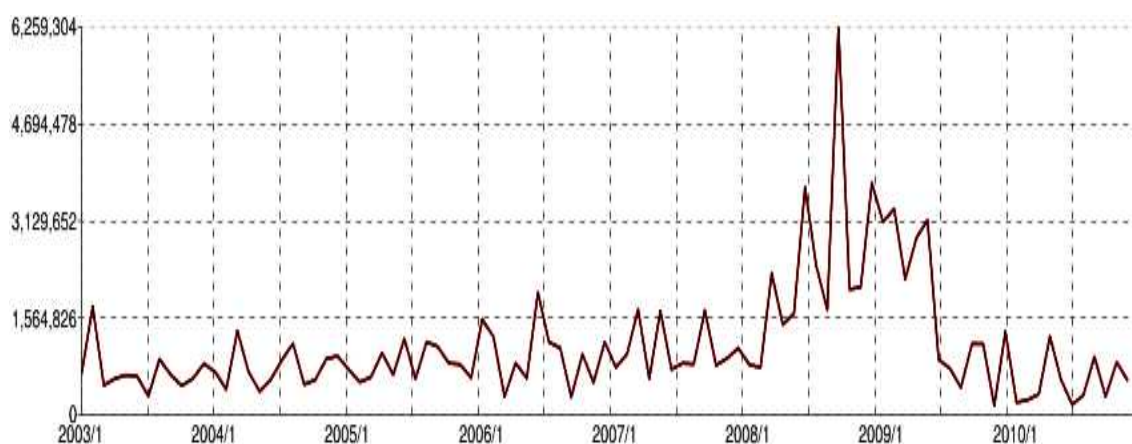


図 9.3.1 輸入リン鉱石の価格推移(単位：千円)³⁾

9.3.2 生活排水中のリン収支と回収技術

生活系排水および生ごみ由来のリンの収支を図 9.3.2 に示す。し尿処理施設に搬入されるし尿中のリン濃度(T-P の平均値)は 350 mg/L，浄化槽汚泥の場合は 130 mg/L であり，し尿処理施設に流入するリン量は生活排水由来のリンの 10% (6,000 t-P/年) 程度である⁴⁾。

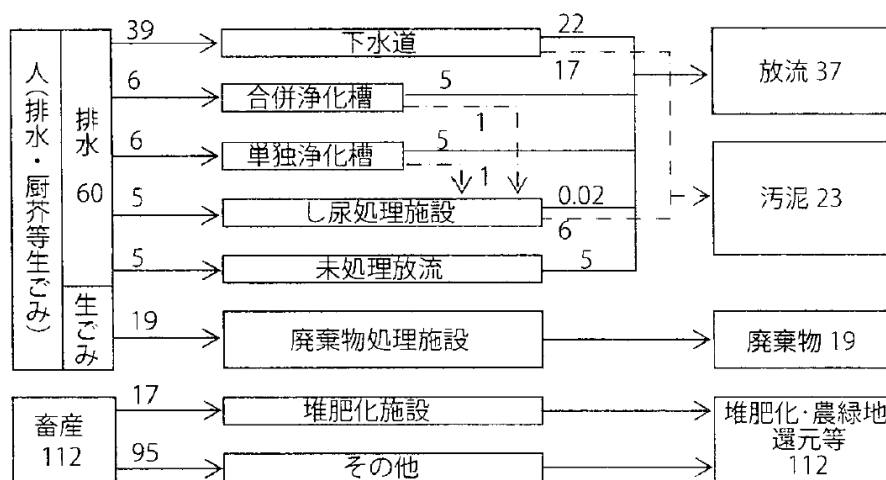


図 9.3.2 生活系から排出されるリンの収支(単位：1000 t-P/年)⁴⁾

* 破線は排水処理汚泥を表す

リン価格の急変および将来的なリン資源枯渇の危機を受けて、日本国内におけるリンの再資源化が検討されるようになった。特に生活排水にはリンが大量に含まれていることから、これまでにリン再資源化に関する様々な技術が開発され、実用化に至っている。表 9.3.1 に下水処理場におけるリン回収技術と取組み状況を示す。下水処理場においては、既にリン回収システムを運転している施設も多数存在している。現在実用化されているリン回収技術は晶析法で、3 施設が MAP (Magnesium Ammonium Phosphate)法を採用している。

表 9.3.1 下水処理場におけるリン回収技術と取組み状況⁵⁾

			技術の概要	取組み状況
①	晶析法	MAP法	液中に含まれるリンをアンモニアとマグネシウムの結晶化合物とする	・大阪市 大野下水処理場 (建設中) ・島根県宍道湖流域下水道 (運転中) ・福岡市 和白,東部,西部 水処理センター (運転中)
②		流動床式晶析脱リン法(HAP法)	処理水などのpHを上げることにより,リンを析出させる方法	・岐阜県下呂市 (運転中)
③		フォストリップ法(HAP法)	返送汚泥の一部を嫌氣的条件下で,汚泥からリンを放出させ,放出したリンを結晶化させて回収する方法	・福島県北塩原村 (運転中)
④		Heat Phos法	余剰汚泥に熱を加えて可溶化し,可溶化した液からリンを析出させる方法	
⑤		灰酸抽出法・灰アルカリ抽出法	焼却灰からリンを酸やアルカリで溶出させ,溶出液からリンを析出させる方法	・岐阜市北部プラント (運転中)
⑥	吸着法		リン吸着能力を持つ吸着材を用いて,リンを回収(吸着脱離反応の利用)する方法	
⑦	還元溶解法	完全還元溶解法	リンを黄リンとして揮発させ回収する方法	
⑧		部分還元溶解法	焼却灰を部分的に還元して,リン化合物を回収する方法	
⑨	炭化法		脱水汚泥を炭化してそのまま用いる方法	・群馬県 県央浄化センター (計画中)

9.4 リン回収型汚泥再生処理センター

9.4.1 リン回収型施設建設の動向

リン回収型汚泥再生処理センターの建設実績を表9.4.1に示す。環境省では、循環型社会形成推進交付金において、し尿・浄化槽汚泥等の有機性廃棄物を処理する際に資源回収(堆肥化、メタンガス回収、リン回収等)を行うし尿処理施設を「汚泥再生処理センター」として交付対象としており³⁾、リン回収技術の導入の是非は施設更新において重要な検討課題になっている。表9.4.2に汚泥再生処理センター等の性能における資源化設備に関する指針を示す。

表 9.4.1 リン回収型汚泥再生処理センターの建設実績⁴⁾

発注年度	自治体名	処理規模 (m ³ /d)	回収法	その他
2007年7月	秋田県 仙北市	60	HAP法	2009.4運転開始
2008年11月	奈良県 十津川村	6	HAP法	2010.4運転開始
2009年4月	福島県 双葉地方広域圏組合	63	HAP法	2011.4運転開始予定
2009年7月	青森県 西北五環境整備事務組合	162	HAP法	2012.1運転開始予定

表 9.4.2 汚泥再生処理センター等の性能における資源化設備に関する指針

2 資源化設備 (1) 性能に関する事項 ア 資源化能力 計画した資源化対象物を計画上の性状に資源化する能力を有すること。 (ア) メタンガスとして資源化する場合の性状 ガス中のメタン濃度は50パーセント以上であること。 (イ) 助焼剤として資源化する場合の性状 汚泥の含水率について70%以下であること。 (ウ) その他資源化する場合 堆肥化等の資源化は、それぞれの計画する用途における基準等の要求される仕様を満足させる性状であること。

[参考資料 6 から抜粋]

9.4.2 仙北市汚泥再生処理センターの実例⁷⁾

仙北市汚泥再生処理センターでは、汚泥再生処理センターの資源化方法として晶析脱リン法によるリン回収技術が採用されている。仙北市環境保全センターは、旧し尿処理施設が供用開始から 30 年近くが経過して設備の老朽化が進んでいたほか、臭気対策に支障を来していたことなどから、し尿等の適正処理および資源化有効利用を目的として、有機性廃棄物リサイクル推進施設として施設更新を行った。本施設は、市内全域 1,093 km²、人口約 3 万人から排出されるし尿、浄化槽汚泥および集落排水汚泥を処理対象とし、2007 年 8 月から 2009 年 3 月までの 1 年 8 カ月をかけて建設した。回収リンとしては、2009 年の 4 月の稼働開始から 1 年で約 7.5 トンの HAP (Hydroxy apatite phosphate) を回収している。回収した HAP は肥料登録を行い、市の花である桜にちなみ名称を「せんぼくさくら」と命名し、2009 年 9 月農林水産大臣より認可を取得している。

稼働開始から半年経過した 2009 年 10 月における晶析槽の原水(膜透過水)の P₀₄-P 濃度は平均 49.8 mg/L であり、これは年間を通じてほぼ一定であった。処理水 P₀₄-P 濃度は若干の変動があるものの平均 12.3 mg/L で、P₀₄-P 濃度の差し引きから求めた平均回収率は 75.3%であった。

現在のリンの利用については、住民の希望者に 1 人 20 kg を上限として、仙北市の

認定農家の代表者を通じて無償で配布している。なお、その際には植物の名前とその効果について報告書の提出を依頼していたが、昨年度は配布時期が遅く、報告書が集まらなかったため、昨年度に引き続き 2010 年度に限り無償で配布することになっている。

9.5 下水投入への転換

し尿処理施設老朽化の対策として、新しいし尿処理施設の建設以外にも、既設の下水処理場に「し尿・汚泥」を投入するシステムの導入も選択肢となり得る。以下、実際に「し尿・汚泥投入施設」を建設した自治体の事例である。

9.5.1 大分県臼杵市⁸⁾

臼杵市は、省庁間の壁を克服して、初めてし尿等前処理施設を下水道施設内に建設（平成 17 年 7 月）した。工事費は 5 億 3,000 万円。旧し尿処理施設は昭和 55 年に建設され、改築費は約 23 億円が見込まれていた。

前処理施設では、収集したし尿・浄化槽汚泥を公共下水道施設で共同処理するために、布や砂などのごみを取除き、約 60 倍に希釈する。また、臭気対策を十分施して周辺環境に配慮した施設になっている。

これまで、し尿等を泊ヶ内地区まで運び浄化処理を行っていたが、今回の建設により、運転費用の年間約 1 億円削減が見込める。

処理能力は、し尿 15 kl/日、浄化槽汚泥 30 kl/日である。

9.5.2 神奈川県伊勢原市⁹⁾

伊勢原市は、下水処理施設「アクアクリーンセンター」内に「し尿等希釈投入施設」を建設（平成 21 年 3 月 24 日から運転開始）した。工事期間は平成 19 年 9 月 11 日～21 年 3 月 16 日、工事費は約 6 億 8280 万円である。

この施設は、公共下水道施設の機能を活用し、し尿及び浄化槽汚泥の衛生的な処理を行う。また、周辺地域の生活環境を損なうことのないよう、臭気対策を行っている。

計画処理量は 62 kl/日、処理方式は「固液分離＋希釈投入」方式、搬入台数は平均 25 台/日。

9.5.3 沖縄県宮古島市¹⁰⁾

宮古島市は、し尿等下水道投入施設を建設（平成 22 年 11 月 30 日完成）した。試運転などを経て、平成 24 年 1 月に供用開始の予定。工事費は 3 億 6,960 万円。事業費の約 95%を借り入れることができる合併特例債を活用する。

同施設は各家庭から集められたし尿、浄化槽汚泥を受け入れて、それに含まれているごみなどを除去し、規定水質まで濃度を薄めて下水道処理施設に投入する。既存施設（上原苑、伊良部し尿処理場）の老朽化や処理能力の不足により市民生活に影響が出ているために計画された。

建設場所は市浄水管理センター側で、鉄筋コンクリート造り（地上 2 階、地下 1 階）。建築面積は約 300 m²、延べ床面積は約 471 m²。

9.6 まとめ

下水道の普及や人口減少問題などを考慮した場合、老朽化したし尿処理施設の更新計画に関する判断材料は多岐にわたり、検討項目はより複雑化する。また近年増加傾向にある汚泥再生処理センターの建設計画においては、人口予測以外にも将来的な汚泥由来堆肥の需要予測のデータが重要な判断材料となる。

また、鉱物資源のなかでも価格の安いリンの再資源化においては、コスト面からみても現状では採算が合わないため、その需要や再資源化技術等、多くの課題が残されている。

さらに、し尿処理施設老朽化の対策として、新しいし尿処理施設の建設以外にも、既設の下水処理場に「し尿・汚泥」を投入するシステムを導入する自治体が注目を集めている。しかし、公共下水道の所管は国土交通省、し尿処理施設の所管は環境省であるため、し尿処理等前処理施設建設の承認を得るのは容易ではない。し尿処理施設の老朽化の対策を検討するためには、技術面だけではなく、行政面の課題も明確にしていく必要がある。

今後、以上のような現状を踏まえて、し尿処理施設の老朽化と人口予測の関係を解析し、施設更新およびし尿処理等前処理施設建設(下水処理場内)の計画における有効な判断材料を整理・検討する。

参考資料

- 1) 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課, 廃棄物処理施設長寿命化計画作成の手引き(し尿処理施設・汚泥再生処理センター編), 平成22年3月
- 2) 環境省廃棄物処理技術情報一般廃棄物処理実態調査結果(平成20年度調査結果)(http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/h20/index.html)
- 3) 統計情報サービス合同会社Webサイト(輸入りん鉱石)(<http://toukei-is.com/h/?p=21301&f=00&ie=&en=>)
- 4) 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課, 汚泥再生処理センターにおけるリン回収, 資源環境対策, 46(5), 46-71(2010)
- 5) 石井宏幸, 下水汚泥中リンのリサイクルの可能性とその技術的背景, 環境資源対策, 46(5), 45-49(2010)
- 6) 廃棄物処理施設整備国庫補助事業に係る汚泥再生処理センター等の性能に関する指針について, 平成12年10月6日生衛発第1517号 各都道府県知事宛 厚生省生活衛生局水道環境部長通知 改正:平成14年11月15日環廃対725, 平成15年12月19日環廃対031219003
- 7) 小玉義隆, 秋田県仙北市におけるリン回収型汚泥再生処理センターの概要と運転実績, 環境資源対策, 46(5), 72-77(2010)
- 8) 臼杵市役所Webサイト(<http://www.city.usuki.oita.jp/>)
- 9) 伊勢原市役所Webサイト(<http://www.city.isehara.kanagawa.jp/>)
- 10) 宮古毎日新聞Webサイト(<http://www.miyakomainichi.com/2011/01/13144/>)

第 10 章 浄化槽汚泥の広域処理化に関する検討

10.1 し尿処理を取り巻く状況

近年、し尿処理を取り巻く状況は、大きな転機を迎えている。既存のし尿処理施設では、し尿等収集量の減少や浄化槽汚泥混入率の増加による処理効率の低下、処理設備の老朽化とそれに伴う処理機能の低下、適正な整備運営に対する財源の減少など、様々な問題点を抱えている。一方で、施設の整備運営に関する経済性の向上、環境保全対策の強化、廃棄物系バイオマスの利活用推進、地球温暖化防止対策への貢献などは、社会的な要求事項となっている。

(1) 搬入状況の変化

多くのし尿処理施設では、流域下水道や公共下水道等の整備に伴い、計画処理能力に比べ実際に処理しているし尿や浄化槽汚泥の量が年々減少してきている。また、浄化槽の整備に伴い、収集されるくみ取りし尿が減少し、浄化槽汚泥の収集割合が増加する傾向となっている。既存の処理施設では、搬入量の減少や浄化槽汚泥混入率の増加に伴う影響で、収集物の性状が希薄化し、効率的なし尿処理を行うことが困難となっており、低負荷への対応が必要となっている。

(2) 処理施設の老朽化

一般的なし尿処理施設の耐用年数は、過去の更新事例を参考とすれば、概ね 20～30 年程度と考えられる。多くのし尿処理施設では、一般的な耐用年数を超えて稼動を継続しており、地震等自然災害による影響や突発的な故障・事故の発生が懸念される状況となっている。処理設備の予防保全を前提として、適正なし尿処理を継続するためには、経済的要因や社会的要因も考慮した対処方法の検討が急務である。

(3) 財政逼迫と社会的要求

し尿処理を担う多くの地方自治体では、財政が危機的状況に陥っており、回復の兆しが見えない状況であるが、し尿処理に係る公共サービスの質的安定と効率化を図り、し尿処理事業の経済効率を向上させることが社会的に求められている。また、し尿処理事業では、し尿等の衛生処理という従来の主目的に加えて、周辺環境に与える負荷を極力軽減させること、廃棄物系バイオマスの利活用を含めて資源循環型社会の形成に寄与すること、ならびに地球規模での温暖化防止対策に貢献することが、今後の施設整備や運営において不可欠な要件となっている。

10.2 今後のし尿処理広域化方策に期待する効果

し尿処理を取り巻く様々な状況に対応しつつ、適正なし尿処理とリサイクルを推進し、住民や地方自治体の負担を軽減するためには、公共下水道や浄化槽の普及を推進しつつ、し尿処理においては管路施設を不要とする広域化・集約化が有効である。このため、次の①から⑥の事項を十分踏まえた上で、し尿処理の広域化による効率的かつ効果的な施設整備及び運営を推進していく必要がある。

- ①公共事業の効率化・コスト縮減
- ②環境保全対策の強化
- ③資源循環、リサイクルの推進
- ④地球温暖化対策への貢献
- ⑤計画的し尿処理体制の確立

⑥統括的な処理責任

10.3 し尿処理広域化方策の流れ

し尿処理広域化方策の流れは、図 10.1 に示すとおりである。

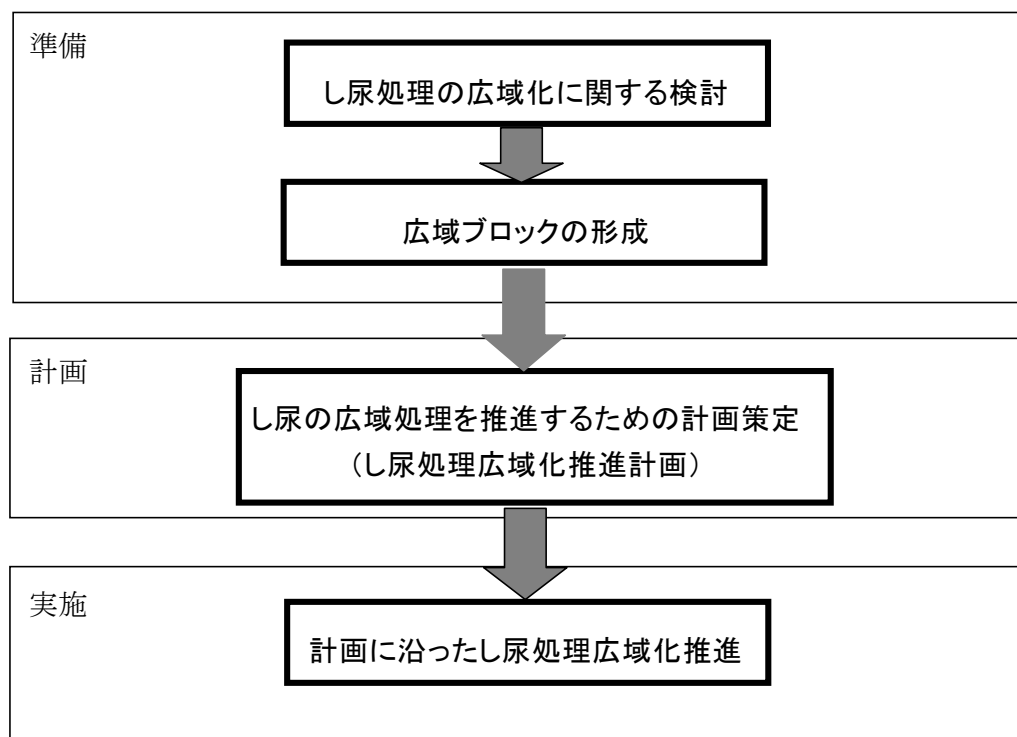


図 10.1 し尿処理広域化推進の流れ

(1)し尿処理広域化方策の準備段階

準備段階では、効率的で安定したし尿処理広域化方策を検討するため、都道府県及び市町村等（一部事務組合、広域連合等を含む。）が協同して、し尿処理広域化の基本的な考え方、方向性などを示した基本方針を定め、し尿処理広域ブロックを形成する。また、広域ブロックにおいては、ブロック協議会を設置するとともに、し尿処理広域化の推進体制を整備する。

1)し尿処理広域ブロックの形成

し尿処理広域ブロックの形成は、「地域特性への配慮」「既存広域圏の考慮」「適正処理と資源化の促進」などを勘案しつつ、し尿処理広域化の効果が最大限に発揮できるようにブロック割り等を設定する。

2)ブロック協議会の設置

し尿処理広域ブロックにおいては、し尿処理広域化を推進するための計画（以下「し尿処理広域化推進計画」とする。）を策定する実施主体として、ブロック協議会を設置する。し尿処理広域化方策の実施段階では、ブロック協議会が関係機関等の調整を行うものとする。

3)広域化推進体制の整備

し尿処理広域化における関係者の役割、責務、フォローアップのための施策を明確化し、し尿処理広域化の実現に向けた推進体制を構築する。

(2)し尿処理広域化方策の計画段階

計画段階では、広域ブロックを構成する市町村等が、長期的かつ総合的視点に立って広域的

なし尿処理体制を構築するため、し尿処理広域化推進計画を策定する。

1)し尿処理広域化推進計画の位置づけ

広域ブロック内の市町村等においては、し尿処理広域化推進計画を行政計画として位置づける。また、計画策定に当たっては、都道府県及び広域ブロック内の市町村等における既存し尿処理計画等との調整を図る。

2)し尿処理広域化推進計画の計画期間

し尿処理広域化推進計画の計画期間は、原則として 10～ 15 年とし、概ね5年ごとに計画の見直しを行う。

(3)し尿処理広域化方策の実施段階

実施段階では、し尿処理広域化方策の進捗状況を実施各年度において確認し、し尿処理広域化推進計画との相違点を検証して、ブロック協議会で協議、調整していく。特に、段階的な整備を行う場合には、十分な見直しが必要となる。

10.4 広域処理区域内のし尿及び浄化槽汚泥排出量予測と広域処理施設の評価

広域処理化の検討モデルとして、大阪府内の既設し尿処理施設 9 施設を調査した結果、表 10.1 に示すように最も古い施設では、供用開始後 48 年間を経過しており、多くが耐用年数に到達している。また、浄化槽汚泥の混入率も施設ごとにばらつきがあり、30%を超過している施設が多くを占めている。

この結果から、広域処理化区域を岸和田市、和泉市、貝塚市、忠岡町、熊取町、岬町、泉佐野市、高石市、泉南市、泉大津市、田尻町の 7 市 4 町とし、泉佐野市、貝塚市、田尻町、熊取町、岬町の 2 市 3 町を第1期工事、その他の 5 市 1 町を第2期工事として扱うこととした。

第1期工事の 2 市 3 町の人口推移及びし尿・浄化槽汚泥収集量に関する平成 19 年度から 33 年度までの推移は、図 10.2 に示すとおりである。対象区域の総人口は、各地方自治体から個別に聞き取り調査を行い、その合計としたが、平成 21 年度から平成 33 年度まで微増の傾向を示している。

表 10.1 大阪府内既設し尿処理施設の概要

施設名	稼働開始	経過年数	計画処理能力 (kL/日)	搬入量 (kL/日)	浄化槽汚泥混入率 (%)	平成 19 年度実績
						処理方式 (主処理)
泉北環境整備施設組合	S62	21	200	197.3	38.4	高負荷脱窒素処理
忠岡町し尿処理場	S44	39	18	10.8	16.7	好気性消化処理
岸和田市天の川浄苑	S35	48	150	109.8	24.2	夾雑物除去後、下水道投入
貝塚市衛生事業所	S57	26	158	125.3	40.8	好気性消化処理
熊取町立大原衛生公苑	H1	19	70	48.6	35.6	高負荷脱窒素処理
泉佐野市田尻町清掃施設組合	S54	29	180	220.0	31.5	好気性消化処理
泉南市双子川浄苑	S55	28	100	72.7	30.1	生物脱窒素処理
はんなん浄化センター	H19	1	74	68.8	56.1	膜分離高負荷脱窒素処理
岬町美化センター	S59	24	50	32.8	7.0	標準脱窒素処理

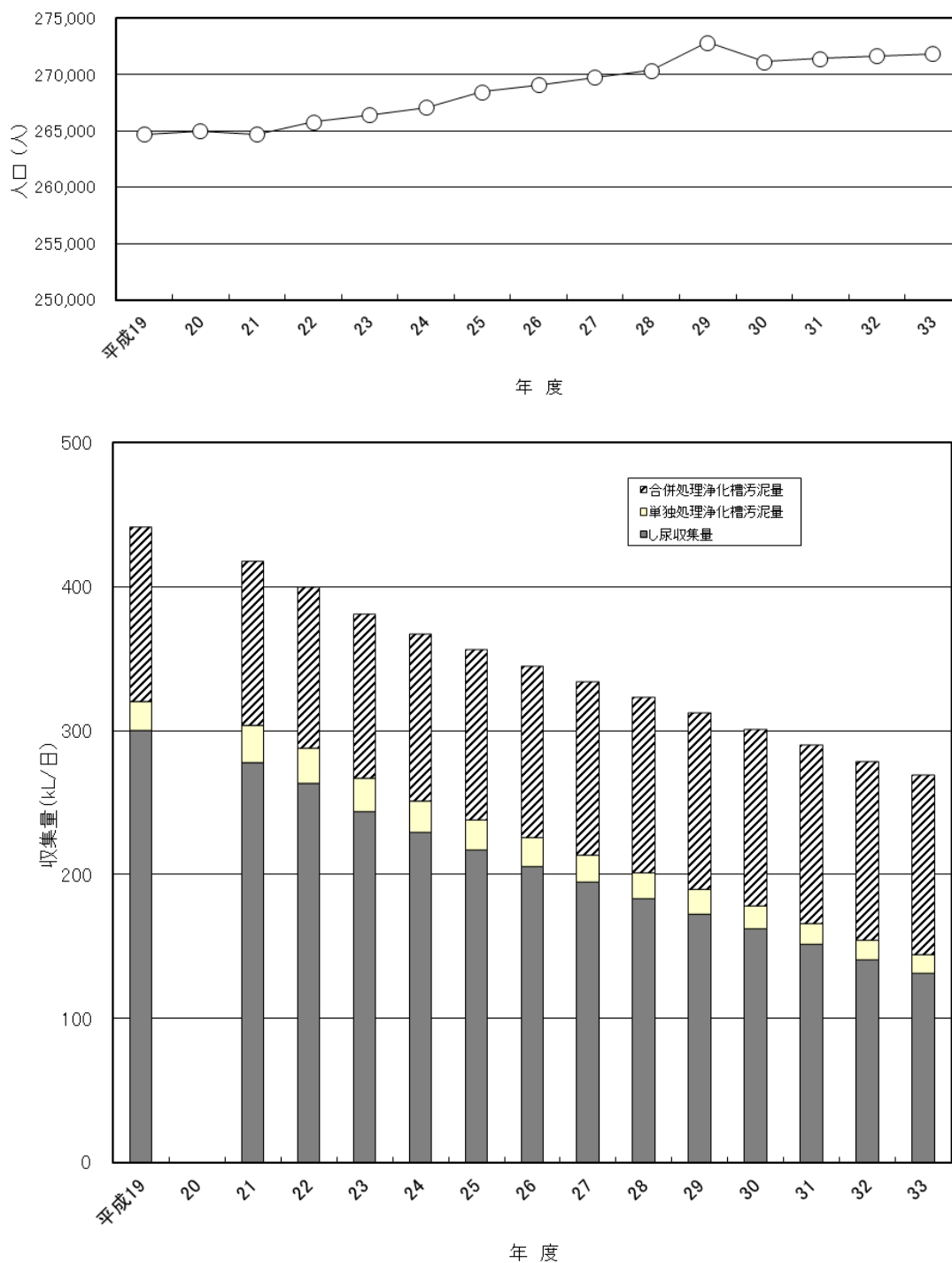
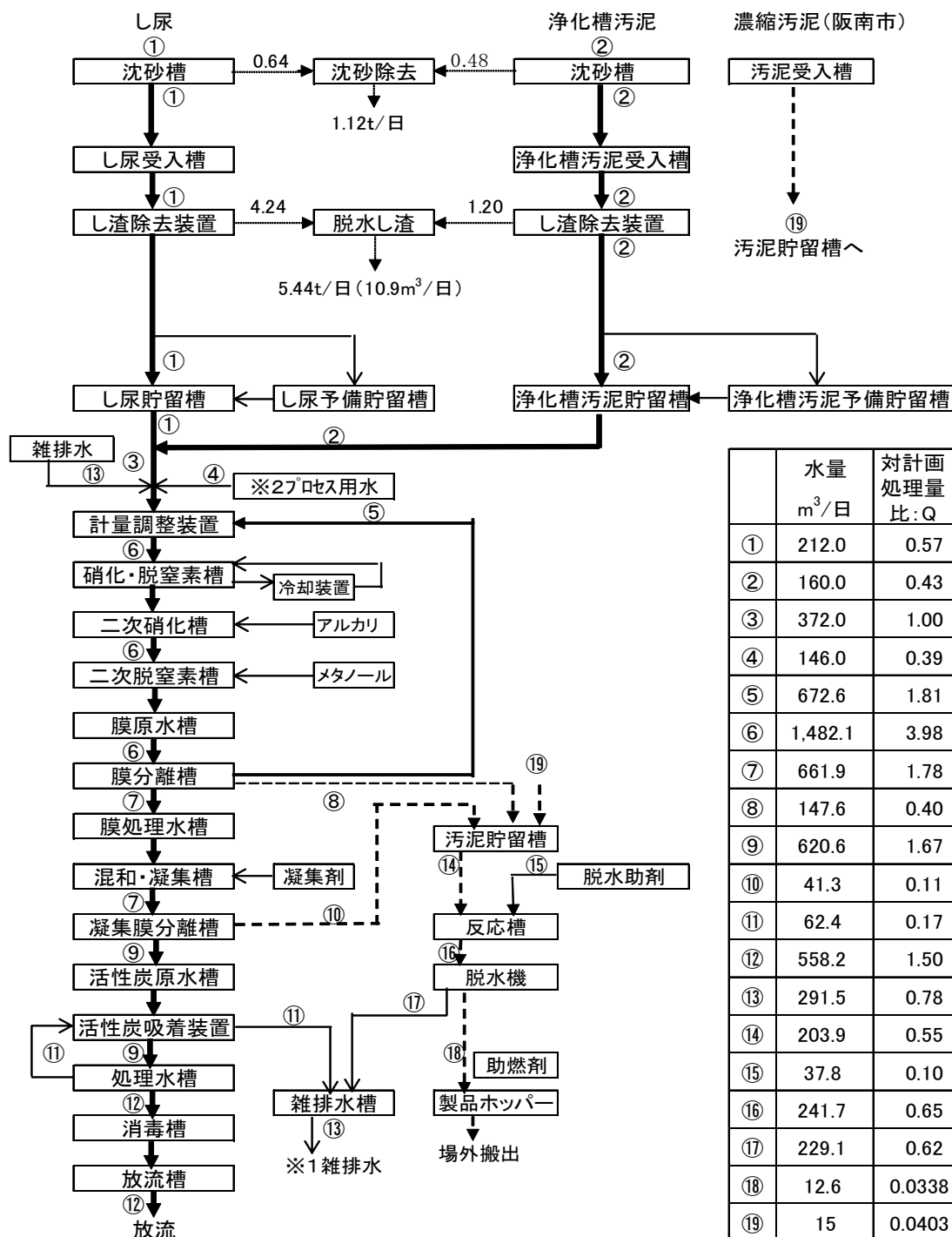


図 10.2 対象区域の人口及びし尿・浄化槽汚泥収集量の経年的予測

一方、下水道への接続が進捗することから、し尿収集量は平成 22 年度から平成 33 年度にかけて 50%まで減少するものの浄化槽汚泥収集量は、浄化槽の普及に伴って 10%の増加となる。そのため、広域化処理施設の工事完成を平成 28 年度とすると、し尿及び浄化槽汚泥の収集量は 323.1kL/日となる。

この結果を踏まえて、計画月変動係数を 1.15 とし、第1期工事の計画処理量をし尿 212kL/日及び浄化槽汚泥 160kL/日の計 372kL/日(平成 28 年度予測量)として施設計画を立案した。

処理方式は、将来の収集量の変動や敷地面積の制約にも対応しやすい膜分離高負荷脱窒素処理方式とし、さらに放流先である大阪湾の規制によって高度処理を付加させ、処理水質として BOD5mg/L 以下, COD10mg/L 以下, SS5mg/L 以下, T-N10mg/L 以下, T-P1mg/L 以下, 色度 30 度以下になるように設計した。施設のフローシート及び水量収支を図 10.3 に示す。



注 1) 水量は365日平均値として示す。
2) プロセス用水は、薬品溶解、洗浄、冷却等の水量を含む。

図 10.3 広域化処理施設のフロー

設計の詳細は省略するが、これらの条件から処理施設の建設面積は 15,000m²、建屋面積 7,400m² となり、基礎工事費、用地費及び敷地造成費等を除く建設費総額は 5,400,000 千円と試算された。また、維持管理費は単位処理量当たり 2,696 円/kL となり、その内訳は表 10.2 に示すとおりである。

表 10.2 広域可処理施設の維持管理費

項目	年間(千円)	1日当たり(千円)
電気料金	68,205	187
水道料金	27,751	76
薬品代	160,648	440
活性炭		
水処理	46,915	129
脱臭	62,488	171
計	366,007	1,003
		2,696円/kL

次いで、個々の施設を更新した場合の費用と広域化による経済比較結果は、表 10.3 のとおりである。すなわち、個々の処理施設を更新する方が最も高額な費用となり、広域化では建設費でその 36%減、維持管理費で 20%減となった。ただし、近隣の下水処理施設への直接投入（以下、下水道投入という）する手法が、さらに減額となるが、下水道投入については、次の課題が挙げられる。

- ①し尿、浄化槽汚泥収集量の精度の高い予測
- ②下水処理施設の処理能力と現状の流入汚水量との比
- ③下水処理施設の処理機能への影響の有無と対応策（前処理設備の有無）
- ④下水道部局との協議、調整

これらのうち、④に示した下水道部局との協議が困難であり、下水道投入を行うと他省庁にまたがる業務となり、これまでもいくつかの地方自治体で難航し、下水道投入の実例が少ない要因となっている。

下水道投入する場合、下水道排水基準(BOD600mg/L 以下、SS600mg/L 以下等)を遵守する必要がある。投入したし尿及び浄化槽汚泥の希釈が必要となる。たとえば、浄化槽汚泥の混入率を 40%、投入量を 100m³/日と仮定した場合、先に示した下水道排水基準を満たすための希釈倍率は 12.5 倍となり、1,150m³/日の希釈水が必要になる。希釈水の確保が困難な施設では、下水処理水の利用を検討することも一助である。また、し尿及び浄化槽汚泥の処理では、フミン酸や胆汁色素による処理水の着色が生じる。特に、下水処理施設への流入汚水量に対する投入量の割合が 2%に達すると、色度が高くなる報告例（日本下水道事業団：終末処理場におけるし尿等の混入対策調査業務報告書、昭和 55 年）もあり、現行のし尿処理施設と同様、色度除去装置の付加が加わる。

以上を踏まえると、下水道投入には多くの課題を克服する必要があることから、本モデル地域では、管路施設の布設を伴わないし尿、浄化槽汚泥の広域化処理が妥当な手法と判断できる。

表 10.3 既存施設の更新と広域処理化との経済比較

		処理規模		建設費 (千円)			維持管理費 (千円/年)		
		現状	予測	個別処理		広域処理	個別処理		広域処理
		KL/日	KL/日	汚泥再生	下水投入	汚泥再生	汚泥再生	下水投入	汚泥再生
第一期 (H28年)	泉佐野市	180	230	3,910,000	1,610,000	5,400,000	251,850	100,740	366,606
	田尻町								
	貝塚市	158	95	1,805,000	950,000		121,363	52,013	
	熊取町	70	32	1,440,000	640,000		52,560	24,528	
	岬町	50	15	1,275,000	525,000		30,113	13,688	
	(阪南市)	74	76	—	—		—	—	
	(泉南市)	100	73→70	—	—		—	—	
	小計	458	372	8,430,000	3,725,000	5,400,000	455,886	190,969	366,606
第二期 (H33年)	泉大津市	200	101	1,919,000	1,010,000	2,520,000	129,028	55,298	157,680
	和泉市								
	高石市								
	岸和田市	150	33	1,485,000	660,000		54,203	25,295	
	忠岡町	50	10	950,000	450,000		21,170	10,220	
	小計	400	144	4,354,000	2,120,000	2,520,000	204,401	90,813	157,680
合計		858	516	12,784,000	5,845,000	7,920,000	660,287	281,782	524,286

※ 1) 阪南市は濃縮汚泥のみを受入れる。

2) 泉南市は平成33年度から第1期事業範囲に含める。(平成33年の第1期事業区分の処理規模は309KL/日となる)

第 11 章 浄化槽事業の現状分析と将来予測

11.1 はじめに

浄化槽事業の実例分析の対象として鳥取県を取り上げる。平成 21 年度末の鳥取県の汚水処理の状況は、公共下水道による処理人口が全人口の 63.1%，農業・漁業・林業集落排水処理事業が 19.0%，コミュニティプラント 0.3%，合併処理浄化槽 7.5%で、これらを合計した汚水処理人口普及率は 89.8%である。県下 19 市町村のなかで市町村設置型の浄化槽事業は 1 市 6 町（特定地域生活排水処理事業：鳥取市，北栄町，南部町，伯耆町，日南町，個別排水処理事業：岩美町，八頭町，北栄町）で実施され，その他のところでは個人設置型の事業が行われている。図 11.1 に浄化槽汚泥が処理されているし尿処理施設を示す。

東部 1 市 4 町（鳥取市，岩美町，八頭町，若桜町，智頭町）は一部事務組合として東部広域行政管理組合を組織し，その業務の一つとしてし尿処理を行っている。中部ふるさと広域連合は，平成 10 年に一部事務組合である中部広域行政管理組合を解散し，特別地方公共団体として設立されたもので，構成団体は 1 市 4 町（倉吉市，湯梨浜町，三朝町，北栄町，琴浦町）である。西部広域行政管理組合は 2 市 6 町 1 村（米子市，境港市，大山町，南部町，伯耆町，日南町，日野町，江府町，日吉津村）で構成される。し尿処理に関しては，境港市は独自の施設を持ち，日野町，江府町，日南町は 3 町による衛生施設組合を構成して行っている。



図 11.1 鳥取県のし尿処理施設

11.2 浄化槽汚泥処理の状況

各地域における浄化槽汚泥の処理の状況を述べる。

11.2.1 東部広域行政管理組合

平成21年度に、東部広域行政管理組合のし尿処理施設である因幡浄苑に搬入され処理された量は、集落排水処理施設汚泥20141kL，浄化槽汚泥16281kL，くみ取りし尿11153kLの合計47575kLである。因幡浄苑で処理された処理汚泥はコンポストセンターいなばにて堆肥化され、農協に全量が引き取られている。その概要を図11.2に、輸送の実績を表11.1に示す。

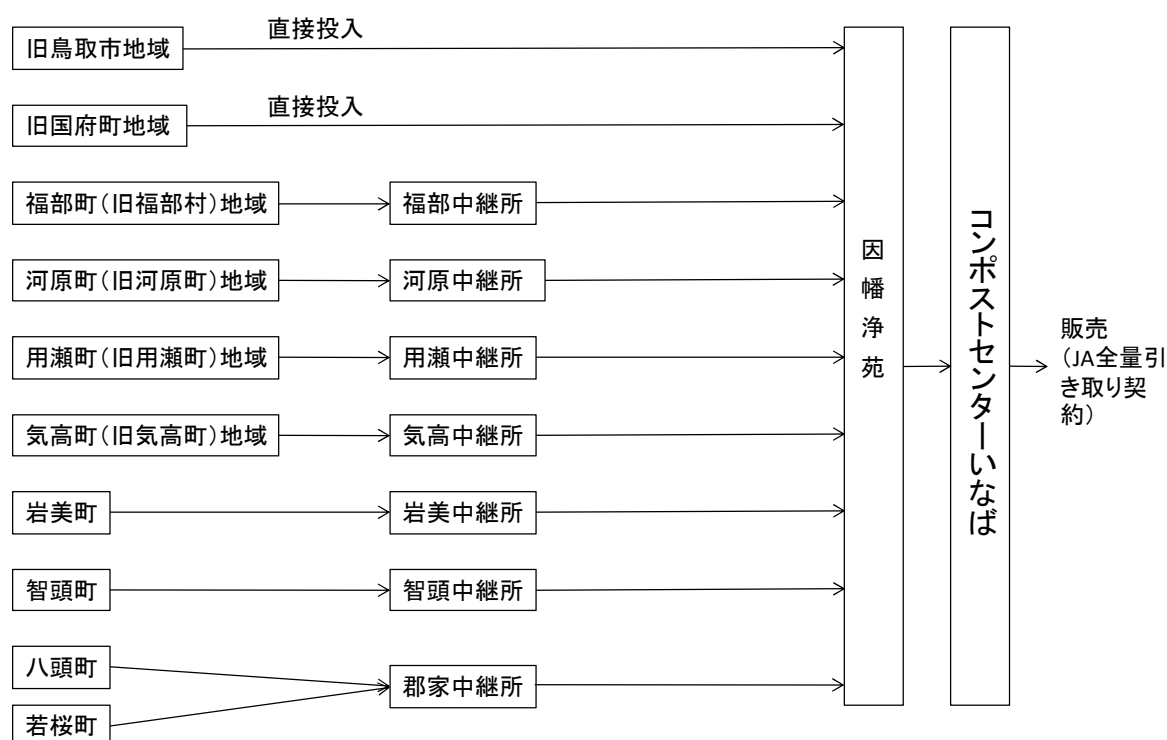


図11.2 鳥取県東部におけるし尿，浄化槽汚泥の処理処分体制

表11.1 鳥取県東部の浄化槽汚泥，し尿輸送の状況

	平成19年度収集量(kL)			平成21年度収集量(kL)			搬入台数(台)	
	浄化槽	し尿	合計	浄化槽	し尿	合計	平成19年度	平成21年度
鳥取・国府地域	12,285	6,663	18,948	10,006	6,050	16,056	8,583	7,865
福部中継槽	505	385	890	333	219	552	89	56
河原中継槽	394	376	770	300	485	785	77	79
気高中継槽	811	1,399	2,210	1,283	887	2,170	221	217
用瀬中継槽	224	386	610	264	426	690	61	69
岩美中継槽	2,290	1,350	3,640	2,014	1,057	3,071	364	307
智頭中継槽	928	1,302	2,230	956	1,074	2,030	223	203
郡家中継槽	1,309	1,121	2,430	1,125	955	2,080	243	208
中継槽合計	6,461	6,319	12,780	6,275	5,103	11,378	1,278	1,139

地区*i*からの搬入台数を*a_i*，距離を*x_i*とし輸送費を*P_i*とすると距離あたりの平均輸送費は $\sum_i P_i / \sum_i x_i a_i$ で求められる。中継槽に関する結果を表11.2，表11.3に示す。これより中継槽から10t車による輸送にかかる費用は1kmあたり約1580円と考えられる。その内の7割は人件費である。搬入回数1回あたりにすると，約28,000円となる。

表11.2 中継槽からの搬入回数及び距離

	搬入回数		距離(km)	延べ距離(=回数×距離)	
	H19年度	H21年度		H19年度	H21年度
福部中継槽	89	56	5.59	497.5	313.0
河原中継槽	77	79	14.04	1,081.1	1,109.2
気高中継槽	221	217	14.8	3,270.8	3,211.6
用瀬中継槽	61	69	23.11	1,409.7	1,594.6
岩美中継槽	364	307	15.29	5,565.6	4,694.0
智頭中継槽	223	203	30.57	6,817.1	6,205.7
郡家中継槽	243	208	15.47	3,759.2	3,217.8
合計	1278	1139		22400.98	20345.89

表11.3 中継槽からの運搬費用

		収集量(kL)			輸送費用(千円)					延べ距離 (km)	距離あたり費用 (円/km)		搬入1回あたり費用 (円/台)	
		浄化槽	し尿	合計	合計	人件費	自動車費 (燃料・オイル・ 修繕・保険等)	その他経費 (消耗品・厚生費・減価 償却等)	一般管理費		総費用	人件費 を除く	総費用	人件費 を除く
全中継槽より	平成19年度	6,461	6,319	12,780	37,798	26,217	7,360	785	3,437	22,401	1,687	517	29,576	9,062
	平成21年度	6,275	5,103	11,378	30,059	20,849	5,853	624	2,733	20,346	1,477	453	26,391	8,086

表11.4 東部広域行政管理組合歳入歳出決算（平成21年度，し尿処理関係）

歳入				
負担金	市町村負担金	普通負担金	し尿処理費	425,322,000
	754,214,000	571,707,000	集落排水処理費	146,385,000
		特別負担金	地方交付税元利償還分 し尿処理費	182,507,000
財産売払収入	生産物売払収入	コンポスト売払収入	「いなばコンポ」出荷量	1,924,891
歳入(し尿処理関係)合計				756,138,891
歳出				
因幡浄苑管理費	職員給与費			9,481,030
311,572,123	因幡浄苑管理費	需用費	燃料費	93,395
		164,615	修繕料	71,220
		役務費	火災保険料	119,058
		151,678	車両保険料	32,620
		委託料	し尿処理業務	14,456,000
		301,766,000	し尿運搬業務	33,000,000
			因幡浄苑包括的運転管理業務	254,310,000
		公課費	自動車重量税	8,800
コンポストセンター管理費	コンポストセンター管理費	役務費	肥料登録更新手数料	8,100
95,585,669		166,074	火災保険料	157,974
		委託料	管理運転業務	94,290,000
		95,249,595	水質検査費	647,010
			いなばコンポ利用促進看板作成	100,000
			除雪業務	312,585
		使用料及び賃賃料	侵入道路用地賃賃料	70,000
公債費	長期借入金元金償還金	償還金利子及び割引料	し尿処理費	326,084,786
355,194,438	長期借入金利子償還金	償還金利子及び割引料	し尿処理費	29,109,652
歳出(し尿処理関係)合計				762,352,230

表11.4に平成21年度の歳入歳出決算を示す。歳出の中で、因幡浄苑管理費の需用費，役務費，委託料の中のし尿処理業務，因幡浄苑包括運転管理業務費を合計すると269,082,293円となる。これに職員給与費を加えると278,563,323円となる。これを総処理量47,575kL

(浄化槽汚泥16,281kL, し尿11,153kL, 集落排水処理施設汚泥20,141kL) で割ると1kLあたりの処理費用は, 5,656円, 職員給与を含めると5,855円となる。また処理汚泥の処分費としてコンポストセンター管理費95,585,669円を総処理量47,575kLで割ると1kLあたりの処分費用は2009円となる。コンポストの売り上げ1,924,891円を差し引いた場合には1969円/kLとなる。

11.2.2 中部ふるさと広域連合

倉吉市, 湯梨浜町, 三朝町, 北栄町, 琴浦町は中部ふるさと広域連合によりし尿や浄化槽汚泥の処理を行っている。汚泥は各市町が中部クリーンセンターに搬入している。琴浦町は中継槽を設けて, 中継槽からは10t車で輸送しているが, その他の市町は直接搬入している。汚泥の収集量及び搬入回数は表11.5, 表11.6に示されるとおりである。

中部クリーンセンターで処理された後の汚泥焼却灰は肥料登録して無償で農家に引き取られている。(毎年60t程度)

表11.5 鳥取県中部地域の浄化槽その他汚泥の収集量

	平成20年度収集量(kL)				平成21年度収集量(kL)			
	し尿	浄化槽汚泥	農集汚泥	合計	し尿	浄化槽汚泥	農集汚泥	合計
倉吉市	3,327,170	2,306,280	2,145,760	7,779,210	3,132,890	2,407,650	2,228,980	7,769,520
湯梨浜町	488,610	104,210	1,034,550	1,627,370	440,070	137,300	1,122,270	1,699,640
三朝町	306,150	676,620	884,350	1,867,120	292,130	475,730	880,410	1,648,270
北栄町	1,421,430	932,400	73,980	2,427,810	1,284,460	928,890	78,050	2,291,400
琴浦町	5,775,310	1,739,080	903,140	8,417,530	5,262,960	1,511,620	968,200	7,742,780
合計	11,318,670	5,758,590	5,041,780	22,119,040	10,412,510	5,461,190	5,277,910	21,151,610

表11.6 鳥取県中部地域の浄化槽その他汚泥の中部クリーンセンターへの搬入状況

	し尿		浄化槽汚泥		農集汚泥		合計		備考
	搬入量(kg)	回数	搬入量(kg)	回数	搬入量(kg)	回数	搬入量(kg)	回数	
倉吉市	3,132,890	1,862	2,407,650	1,368	2,228,980	904	7,769,520	4,134	1.8t,3t,3.6t車
湯梨浜町	440,070	296	137,300	84	1,122,270	474	1,699,640	854	1.8t, 3.6t車
三朝町	292,130	194	475,730	256	880,410	350	1,648,270	800	1.8t,3t,3.6t車
北栄町	1,284,460	762	928,890	537	78,050	34	2,291,400	1,333	1.8t,2t,3t,3.6t車,10t車
琴浦町	5,262,960	501	1,511,620	146	968,200	98	7,742,780	745	中継槽より10t車
合計	10,412,510	3,615	5,461,190	2,391	5,277,910	1,860	21,151,610	7,866	

表11.7 中部クリーンセンターにおける処理量と維持費

年度(平成)	15	16	17	18	19	20
処理量(t)	32,036	28,738	27,388	25,506	23,421	22,119
維持経費(千円)*	93,717	90,235	101,611	122,180	125,077	107,922
処理単価(円/t)	2,925	3,140	3,710	4,790	5,340	4,879
* 人件費, 公債費を除く						

表11.7より, 1tあたりの処理費用(人件費, 公債費を除く)を求めると, 平成15年から20年の実績は2,925円~4,879円, 平均4,131円(処理量による重み付きで4,025円)となり, 因幡浄苑の5,656円よりやや低くなる。因幡浄苑の包括運転管理委託には人件費も含まれていると考えられるので必ずしも同じ基準で算定しているとは言えない。

11.2.3 西部広域行政管理組合

西部広域行政管理組合には白浜浄化場と米子浄化場の2つの処理場があり、米子浄化場は米子市の大部分を、白浜浄化場はその他を受け持っている。2カ所の浄化場はいずれも建設時にくみ取りし尿85%、浄化槽汚泥15%の計画で建設しているが、現在は集落排水汚泥も含めて浄化槽汚泥が60%程度になっている。浄化槽汚泥の割合が上昇することで処理にあたって効率が悪くなる。具体的にはBODが低いために窒素除去過程における炭素源が不足し、メタノールの添加などが必要になっている。

浄化槽汚泥の収集輸送は市町村の責任で行っており、西部広域行政管理組合はそれを受け入れて処理を行っている。関係する市町村と平成21年度の処理実績は表8.8のとおりである。各市町村の処理・処分にかかった費用を、くみ取りし尿、浄化槽汚泥とあわせた量で按分して各市町村に請求しており、持ち込んだ収集輸送業者から受入量を徴収は行っていない。平成22年度のし尿処理関係の市町村分担金予算額は表11.9に示すとおりである。

表11.8 西部広域行政管路組合の浄化施設と処理実績（平成21年度）

	白浜浄化場			米子浄化場			合計		
	し尿	浄化槽汚泥	計	し尿	浄化槽汚泥	計	し尿	浄化槽汚泥	計
米子市	1,745,646	1,552,498	3,298,144	13,100,472	21,418,210	34,518,682	14,846,118	22,970,708	37,816,826
大山町	1,990,008	2,253,746	4,243,754				1,990,008	2,253,746	4,243,754
日吉津村	99,810	1,006,688	1,106,498				99,810	1,006,688	1,106,498
南部町	1,110,744	1,957,304	3,068,048				1,110,744	1,957,304	3,068,048
伯耆町	1,115,892	2,004,720	3,120,612				1,115,892	2,004,720	3,120,612
合計	6,062,100	8,774,956	14,837,056	13,100,472	21,418,210	34,518,682	19,162,572	30,193,166	49,355,738
搬入日数	242日			242日					(単位:L)

表11.9 各市町村の処理費用分担金

	負担金(千円)	平成21年度処理実績(kL)	処理単価(円/kL)
米子市	212,388	37,817	5,616
日吉津村	10,746	1,106	9,712
大山町	46,668	4,244	10,997
南部町	31,500	3,068	10,267
伯耆町	31,898	3,121	10,222
合計	333,200	49,356	6,751

処理後の汚泥は焼却して灰を全量エコスラグセンターに持って行っている。エコスラグセンターは上記5市町村の他、境港市、日南町、日野町、伯耆町から、不燃物残渣、ゴミ焼却残渣、し尿汚泥焼却残渣を受け入れている。し尿汚泥焼却残渣は境港市以外の8市町村から受け入れており、平成21年の実績では搬入量の6.4%を占めている。溶融処理費490,616千円の6.4%である31,350千円を搬入されたし尿汚泥焼却残渣量264.47tで割ると、1t当たりは118,540円となる。表8.8の5市町村の搬入量49,356kLに日南、日野、伯耆町の量4,861kLを加えた54,217kLで割ると、し尿・浄化槽汚泥1kLあたりの処分費は578円/kLとなる。これは東部広域のコンポストセンターいなばにおける処分費の3割弱となっている。

11.2.4 日野町江府町日南町衛生施設組合

3町のし尿及び浄化槽汚泥を処理施設清化園にて処理を行っている。処理後の焼却灰は西部広域行政管理組合のエコスラグセーターにて処理を行っている。平成21年の清化園における処理量はし尿1,486kL、浄化槽汚泥3,572kL、合計5,058kLである。21年度の人件費は15,508千円、維持管理費は51,333千円、合計66,841千円である。1kLでは総額では13,751円、人件費を除くと10,560円となる。

表11.10 清化園における処理量

	H22.1月～12月			H22.1月～12月		
	し尿(kL)	汚泥(kL)	合計(kL)	し尿(kL)	汚泥(kL)	合計(kL)
日野町	496.1	778.1	1274.2	508.7	727.2	1235.9
江府町	329.6	1084.4	1414	385.7	950	1335.7
日南町	659.8	1709.9	2369.7	684.5	1604.8	2289.3
合計	1485.5	3572.4	5057.9	1578.9	3282	4860.9

表11.11 清化園における処理費用

決算	総額	人件費	維持管理費
H21	66,841,161	15,508,080	51,333,081
H22	69,439,428	15,992,439	53,446,989

11.2.5 境港市

境港市では境港市浄化センターにおいて処理が行われている。平成21年度のし尿及び浄化槽汚泥の処理量及び費用を表8.12に示す。これより1kL当たりの処理費を求めると総費用で5,515円、人件費を除くと3,099円となる。総費用では因幡浄苑にほぼ等しく、人件費を除いた場合には中部ふるさと連合の実績をやや下回る程度となっている。

表11.12 境港市浄化センターの処理量及び費用（平成21年度）

処理量(kL)			処理費(千円)			処理単価(円/kL)	
し尿	浄化槽汚泥	合計	人件費	維持費	合計	総費用	人件費除く
4,510	5,917	10,427	25,000	32,310	57,510	5,515	3,099

排水は一次処理により下水道の流入基準を満たすようにして下水道に放流している。発生した汚泥は肥料化のために中間処分再処理施設に搬入している。平成21年度の脱水汚泥量は350tであり、決算書による汚泥処分費は4,763,204円である。汚泥重量当たりになると13,600円/tとなり、これが表8.12に示される処理量に対応するとすれば、457円/kLとなる。東部地区における約2,000円/kLに比べてかなり安くなっている。

収集について、平成21年度は許可業者によるものが10,233kL（延べ台数5,676台、収集件数13,937件）、委託によるものが194kL（延べ台数110台、収集件数497件）である。決算書によればし尿収集として1,961,800円となっているので、これを委託による収集にかかったものであるとすれば、17,835円/台、3,472円/件となる。東部地区における中継槽からの10t車による輸送費は28,000円/台であった。境港の実績は個々の家庭に対するもので、浄化槽については清掃費等も含んでおり、またくみ取りし尿も含んでいる。車は2～4t車で移動距離は面積28.8km²の市内に限られており東部地区の例よりはるかに短いと予想される。

11.2.6 各処理施設の状況

鳥取県のし尿処理施設の概要をまとめると表11.13のようになる。現在稼働しているもので最も古いものが清化園で、改造、増設が行われた施設が昭和58年から稼働している。因幡浄苑を除く4施設は平成初期に運転を始めている。図11.3にし尿処理場6施設の処理能力と建設費の関係を示した。清化園については昭和58年の改造・増設工事費を用いた。物価による価格の修正や、処理方法による差異などは無視しているが、比例関係か、規模が大きくなるにつれ処理能力当たりの建設費がやや逡増する傾向にある。

表11.13 鳥取県のし尿処理施設概要

	運転開始	総事業費(千円)	処理能力
因幡浄苑	平成12年度	4,475,654	
中部クリーンセンター	平成4年度	2,344,550	140kL/日 (生し尿:107kL/日+浄化槽汚泥:33kL/日)
米子浄化場	平成3年度	2,523,500	145kL/日 (し尿110kL/日, 浄化槽汚泥35kL/日)
白浜浄化場	平成3年度	1,463,000	80kL/日 (し尿70kL/日, 浄化槽汚泥10kL/日)
境港市浄化センター	平成元年度	919,100	50kL/日 (し尿35kL/日, 浄化槽汚泥15kL/日)

清化園(日野町江府町日南町衛生施設組合)		
運転開始	総事業費(千円)	備 考
昭和40年度	14,080	処理能力8kL
昭和58年度	34,531	改造・増設工事, 高度処理設備追加 処理能力30kL
平成7年度	341,245	汚泥処理施設17kL

	運転開始	総事業費(千円)	処理能力
コンポストセンターいなば	平成12年度	1,871,445	10.35t/日
エコスラグセンター	平成16年度	3,799,500	前処理39t/日, 溶融34t/日

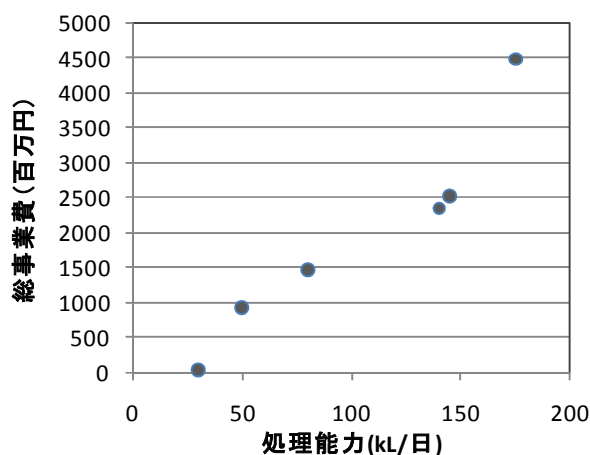


図11.3 鳥取県のし尿処理施設の処理能力と建設費

11.2.7 浄化槽による生活排水処理システムの費用について

本節で求めた浄化槽汚泥の処理処分に関する費用をまとめるとつぎのようになる。

表 11.14 浄化槽汚泥の収集、処理、処分の年間費用の概要

	収集	処理	処分
東部広域行政管理組合	2800(860)	5900(5700)	2000(堆肥化)
中部ふるさと連合		(4000)	0(焼却灰肥料)
西部広域行政管理組合		6800	580(溶融スラグ)
日野町江府町日南町衛生施設組合		13800(10600)	
境港市		5500(3100)	460(下水道投入及び肥料化)

単位：円/kL 処理費の()内は人件費を除いた額

合併処理浄化槽の費用算定を行う場合に維持管理費として5人槽6.5万円/(基・年)、7人槽8.1万円/(基・年)が一般的な値として利用されている¹⁾。これに含まれるものは、保守点検費用、清掃費用、法定検査費用、電気代である。集合処理との費用比較等を行う場合には、汚泥の処理費も含めることが必要であると考えられる。表11.14を参考にすれば、収集費は除いたとしても、6000円～14000円程度を加える必要があると考えられる。

11.3 浄化槽の普及状況

平成21年度末において鳥取県で登録されている浄化総数は合併式11,383基、単独式20,235基である。市町村別の基数を表8.15に示す。

表11.15 鳥取県の浄化槽の普及状況

市町村名	人口	世帯数	合併式				単独式					
			10人槽 以下	11人槽 以上	合計	人口当 たり	世帯当 たり	10人槽 以下	11人槽 以上	合計	人口当 たり	世帯当 たり
鳥取市	195,957	75,631	1,477	374	1,851	0.009	0.024	3,939	974	4,913	0.025	0.065
米子市	148,915	61,998	3,094	550	3,644	0.024	0.059	5,158	1,706	6,864	0.046	0.111
倉吉市	50,830	20,327	419	41	460	0.009	0.023	1,244	262	1,506	0.030	0.074
境港市	36,108	14,750	939	168	1,107	0.031	0.075	2,698	561	3,259	0.090	0.221
岩美町	12,922	4,264	558	41	599	0.046	0.140	498	85	583	0.045	0.137
若桜町	4,072	1,518	9	8	17	0.004	0.011	128	17	145	0.036	0.096
智頭町	8,266	2,786	93	12	105	0.013	0.038	276	49	325	0.039	0.117
八頭町	19,386	5,898	48	21	69	0.004	0.012	126	36	162	0.008	0.027
三朝町	7,314	2,638	188	16	204	0.028	0.077	93	49	142	0.019	0.054
湯梨浜町	17,670	5,826	45	12	57	0.003	0.010	63	27	90	0.005	0.015
琴浦町	19,276	6,333	297	192	489	0.025	0.077	640	62	702	0.036	0.111
北栄町	16,208	5,143	161	21	182	0.011	0.035	490	53	543	0.034	0.106
日吉津村	3,306	1,002	6	18	24	0.007	0.024	5	3	8	0.002	0.008
大山町	18,253	5,782	281	53	334	0.018	0.058	272	91	363	0.020	0.063
南部町	11,786	3,866	574	47	621	0.053	0.161	116	28	144	0.012	0.037
伯耆町	11,827	3,749	370	52	422	0.036	0.113	181	94	275	0.023	0.073
日南町	5,811	2,280	833	48	881	0.152	0.386	89	24	113	0.019	0.050
日野町	3,873	1,504	239	11	250	0.065	0.166	49	20	69	0.018	0.046
江府町	3,551	1,139	44	23	67	0.019	0.059	17	12	29	0.008	0.025
合計	595,331	226,434	9,675	1,708	11,383	0.019	0.050	16,082	4,153	20,235	0.034	0.089

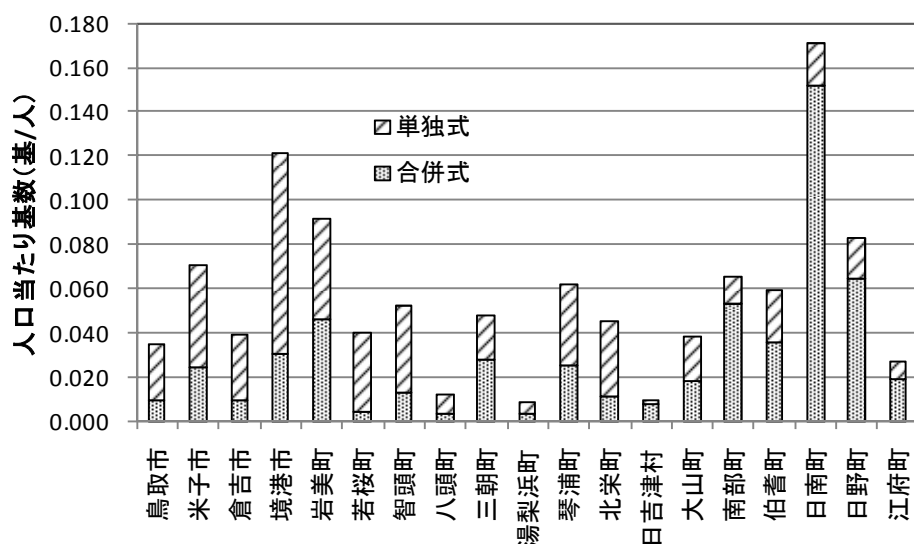


図11.4 人口当たりの浄化槽数

図11.4は人口当たりの基数を示している。市と東部の町において、単独浄化槽が多いのに対し、西部の町村では合併式の割合が高くなっている。市部においても下水道の整備が遅れている境港市で浄化槽の利用割合が高い。日南町では公共下水道はなく、農業集落排水処理事業も平成16年に4地区で整備が終わったところで計画を見直し、残りを市町村設置型の合併式浄化槽による整備に切り替えたことで、人口当たりの合併浄化槽の普及率は最も高くなっている。世帯で見ると38%の普及率となっている。

図11.5は、浄化槽数に世帯人口をかけたものを浄化槽利用人口とし、これを全人口から公共下水道や集落排水処理事業等の集合処理に接続している人口を引いた集合処理非利用人口（集合処理計画区域内かどうかは問わない）で割ったもので、集合処理を利用していない人の浄化槽利用率を示している。岩美町や三朝町で高い値を示しており、若桜町や琴浦町、日吉津村では30%程度である。

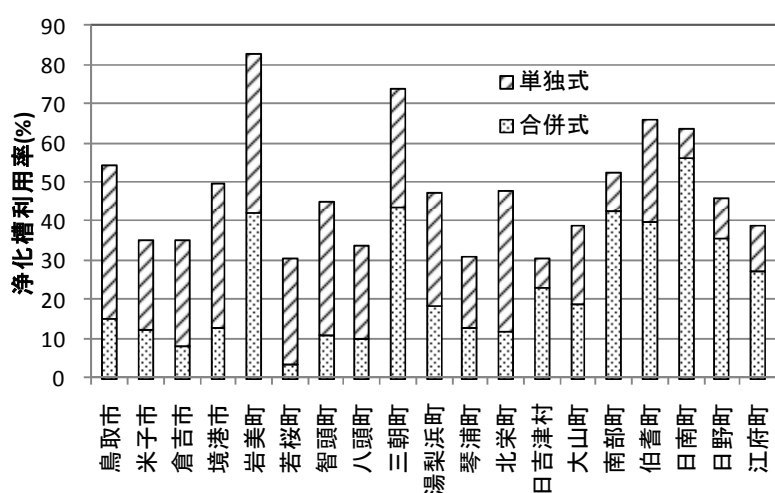


図11.5 集合処理を利用していない人の浄化槽利用率

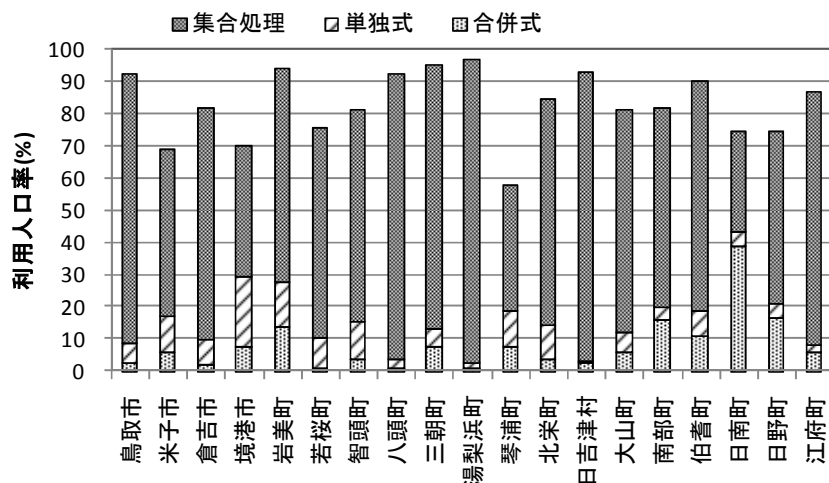


図11.6 汚水処理の人口普及率

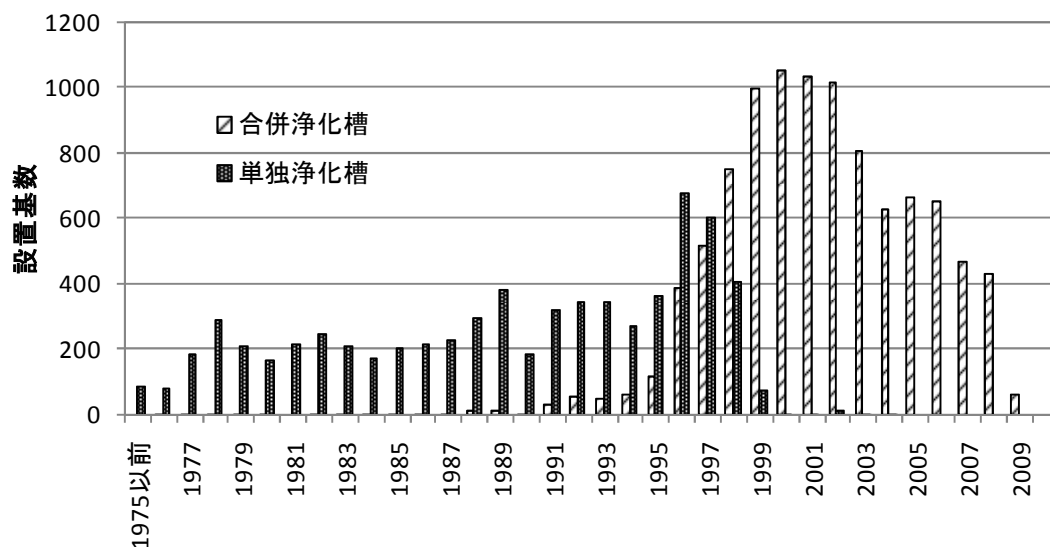


図11.7 年別浄化槽設置数

図11.6は全人口に対するそれぞれの処理の利用人口を示したものである。図11.4において浄化槽利用率の低かった日吉津村や八頭町においては集合処理の利用人口率が高く、全体的な水洗化人口率は高くなっている。これに対して、やはり浄化槽利用率の低い琴浦町では集合処理の利用人口率も低く、集合処理を利用していない人の間に浄化槽が普及していないことが、水洗化人口率を低くしている。

全浄化槽の内、設置年が明らかな合併式 9,778 基、単独式 6,747 基、合計 16,525 基について、設置年ごとの基数を示したものが図 11.7 である。浄化槽法の改正により平成 13 年 4 月より合併式浄化槽のみが認められるようになったが、この前後に合併式浄化槽の設置がピークになっている。単独浄化槽については設置年が確認されているものが登録数の 1/3 に過ぎず、設置の傾向を正確に読み取ることは難しい。

11.4 浄化槽事業の将来予測

11.4.1 人口変化による浄化槽の変化

鳥取県の平成 12 年度国勢調査をもとにした人口分布を図 11.8 に示す。平成 7 年と 12 年の国勢調査人口をもとにコーホート法により図 11.8 の各メッシュごとに人口予測をし、それぞれのし尿処理場の受け持つ処理区域の人口を推定した。その結果を図 11.9 に示す。また現在の浄化槽がそのまま使用されているとした場合の、浄化槽汚泥の発生量の推移を図 11.10 に示す。

これと表 11.14 に示す 1kL あたりの処理費、処分費をもとに、将来の処理費、処分費の推移を予測した結果が図 11.11 である。現在の原単位のままであるとすれば、浄化槽汚泥の処理費は平成 42 年には平成 22 年に比べて 15%減少し、処分費は 11%減少すると予想される。

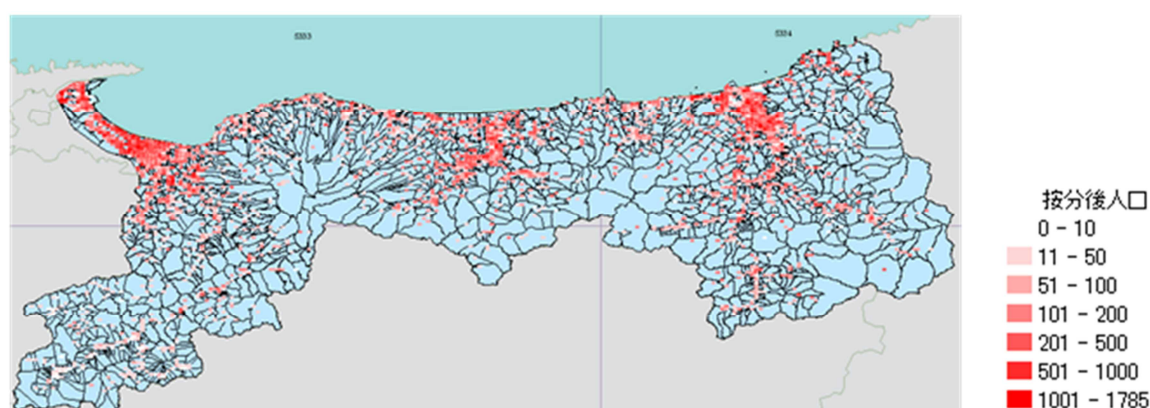


図 11.8 鳥取県の人口分布（平成 12 年）

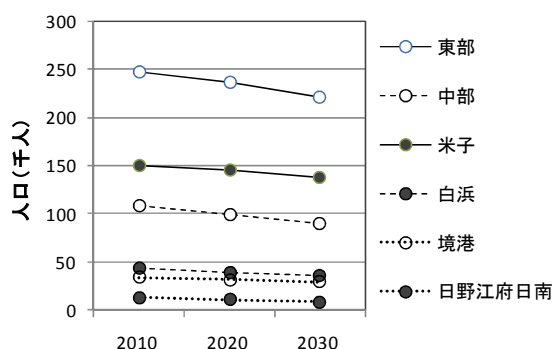


図 11.9 し尿処理場区域の人口推移

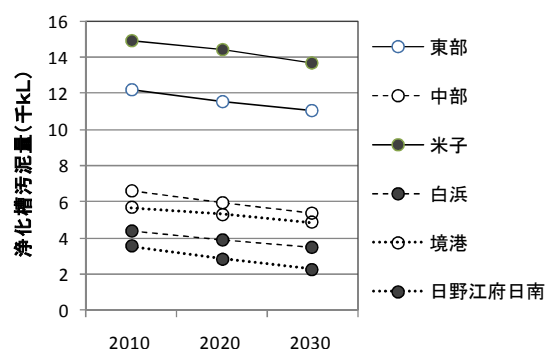


図 11.10 浄化槽汚泥量の推移

11.4.2 浄化槽汚泥の収集運搬費

東部地区において因幡浄苑に直接搬入される旧鳥取市及び旧国府町地区において発生する浄化槽汚泥を、図 11.8 に示されるメッシュごとに推定し、各メッシュから因幡浄苑までの道路輸送距離を GIS の機能により求め、輸送回数と合わせて総輸送距離をもとめ、輸送費用より、距離当たりの費用を求めた結果が表 11.16 である。これより得られた 1897 円/km を 4t 車による収集輸送費の原単位であるとして、県下の浄化槽汚泥発生場所よりし尿処理施設あるいは中継槽までの輸送費用の推移を推定したものが表 11.17(a)である。また中継槽から 10t 車による輸送費を、距離当たりの費用を表 11.3 で示した 1477 円として求めたものを表 11.17(b)に示す。

以上を合計して、浄化槽利用者が現在のままで人口が減少していくとした場合の輸送費の変化を求めたものが図 11.11 である。平成 22 年から平成 42 年までの 20 年間に、4 億 75 百万円から 3 億 89 百万円まで 18%減少すると予想される。

表 11.16 浄化槽汚泥の輸送費用

総輸送距離 (km/年)	輸送費用 (千円/年)	距離当たり費用 (円/km)
25935	49207	1897

表 11.17 浄化槽汚泥の輸送費の将来推定結果

(a)発生源より

	延べ距離(km)			運搬費の原単位 (円/km)	浄化槽汚泥輸送費用(千円)			
	H22	H32	H42		H22	H32	H42	
東部因幡浄苑	43,038	40,287	38,101	1897	81,658	76,439	72,291	
鳥取市直接	25,935	24,729	23,312	1897	49,207	46,920	44,231	
福部中継槽	867	845	809	1897	1,644	1,603	1,534	
河原中継槽	724	670	621	1897	1,374	1,272	1,179	
用瀬中継槽	834	765	704	1897	1,582	1,451	1,336	
気高中継槽	2,795	2,501	2,232	1897	5,304	4,745	4,234	
岩美中継槽	5,458	5,091	5,077	1897	10,355	9,659	9,634	
智頭中継槽	1,497	1,808	1,510	1897	2,840	3,430	2,865	
郡家中継槽	4,928	3,879	3,836	1897	9,351	7,359	7,278	
中部クリーンセンター	46,952	42,634	38,772	1897	89,083	80,892	73,563	
西部米子浄化場	48,448	46,794	44,118	1897	91,923	88,784	83,707	
西部白浜浄化場	36,991	33,075	29,461	1897	70,184	62,754	55,898	
境港市役所浄化センター	17,420	16,268	14,833	1897	33,051	30,865	28,143	
日野町江府町日南町衛生施設組合し尿処理場	41,818	33,315	26,480	1897	79,342	63,209	50,242	
計	191,629	172,086	153,665		445,241	402,942	363,844	

(b)中継槽より

鳥取県東部	中継槽からの延べ距離(km)			中継槽からの運搬費(千円)		
	H22	H32	H42	H22	H32	H42
	20246	18346	17378	29,903	27,097	25,667

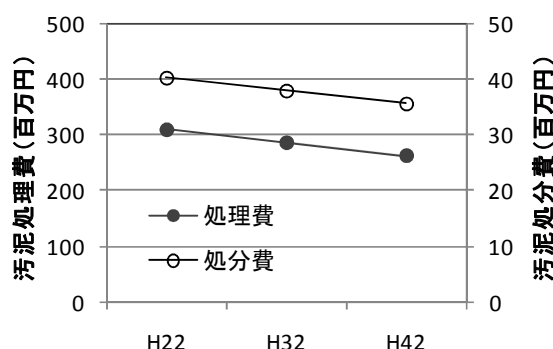


図 11.11 年間の汚泥処理・処分費の推移

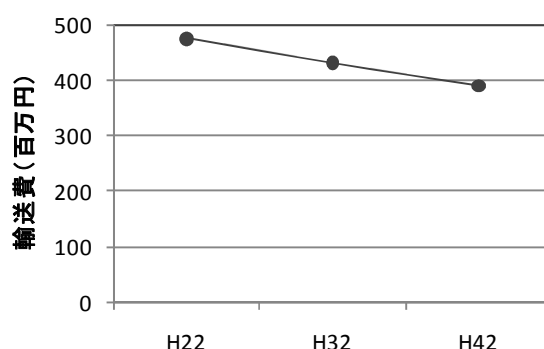


図 11.12 年間の汚泥輸送費の推移

11.5 更新を考慮した将来予測

現存の浄化槽が設置後 40 年経ったものは更新されるものとする。予測モデルとして

は図 11.13 に示すように，10 年区切りで考える．平成 32 年に人口減少で利用されていないものは廃止，集合処理区域にある単独浄化槽，合併処理浄化槽，くみ取り式の各世帯は全て集合処理に接続されるものとする．個別処理区域においては，人口減少により廃止されるもの以外は，単独浄化槽，合併浄化槽は更新時期に達したものは，合併式浄化槽に更新され，それ以外は継続使用される．くみ取り式の世帯は合併処理浄化槽を使用する．

図 11.14 は集合処理区域と浄化槽整備区域を示している．

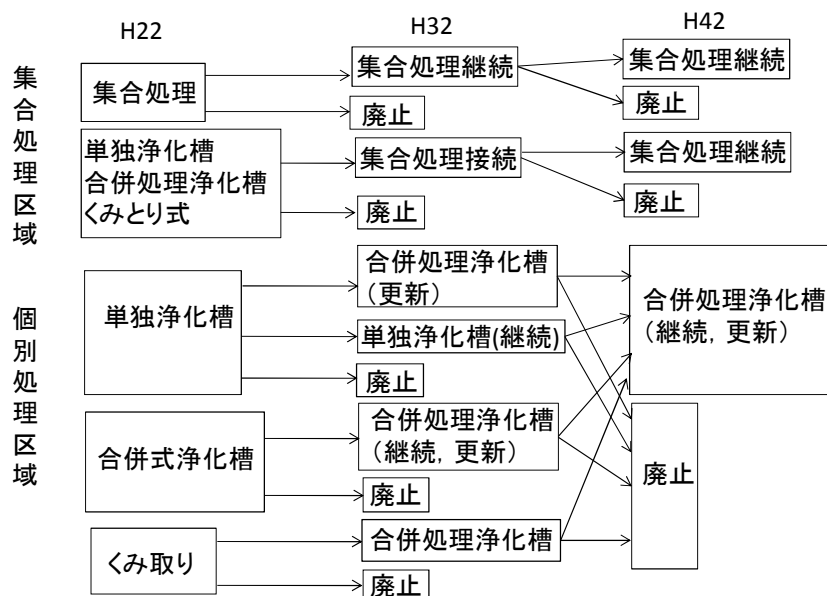
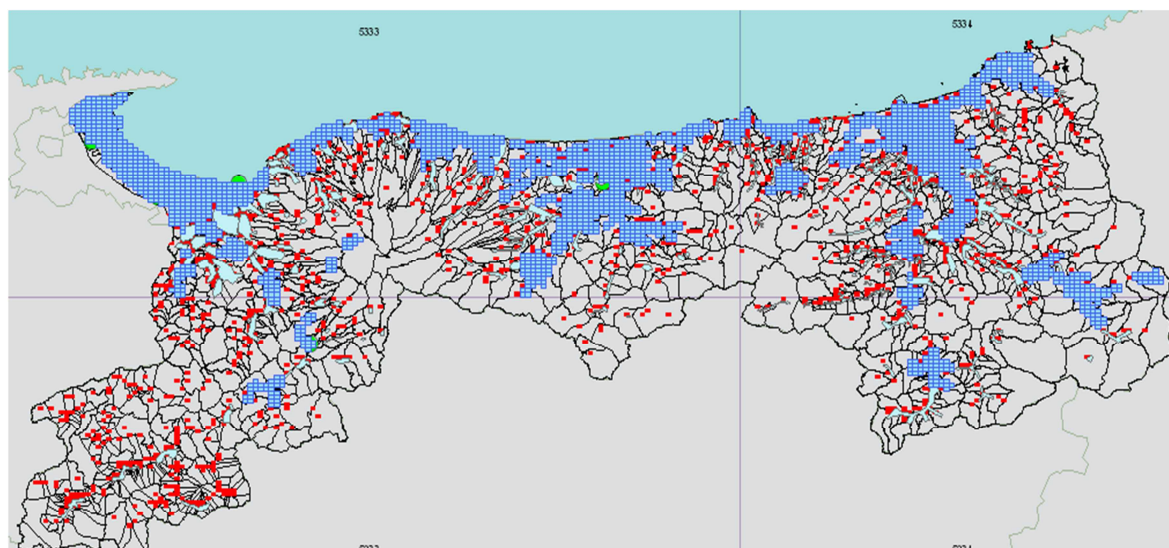


図 11.13 汚水処理施設の推移モデル



青: 下水道供用地域のメッシュ(集合処理地域)
 水色: 農業集落排水地域(集合処理地域)
 赤: 個別処理地域

図 11.14 集合処理区域と浄化槽整備区域

汚泥に関する費用の変化を図 11.15 に示す．人口減少と集合地域の浄化槽やくみ取り世

帯の集合処理への付け替えにより，総額は平成 22 年の 10 億 7 百万円から平成 32 年には 7 億 98 百万円に減少している．しかし，個別処理区域のくみ取り世帯や単独浄化槽の合併処理浄化槽への転換により，合併処理浄化槽汚泥に関する費用は増加している．平成 42 年には人口減少の影響により総額は 6 億 7 千万円まで減少する．なおここには更新や新たに設置する浄化槽の費用は含まれていない．

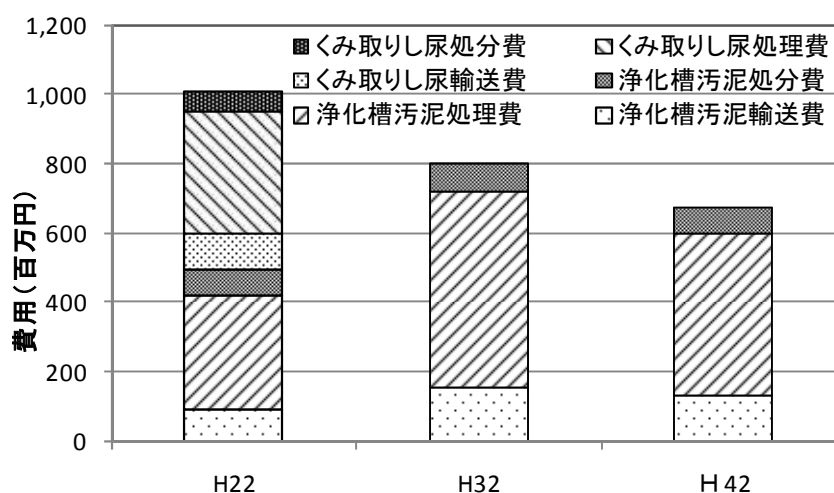


図 11.15 汚泥関係費用の推移

参考文献

- 1) 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部：生活排水処理施設整備計画策定マニュアル，平成 14 年 3 月．

第 12 章 人口減少が進む小規模生活排水処理事業の持続的経営施策

12.1 はじめに

人口減少が進む中での生活排水処理事業は、日々のサービスを安定して継続しつつ、人口が減少した状態に対応させて行くことが求められる。本章では老朽化した施設を人口減少に適応させて更新する方法と、人口減少が進む中での費用の負担について、事例研究により検討を行う。

具体的には、老朽化した農業集落排水処理施設が点在する地域における総合的な持続策と、老朽化が進む小規模な下水道事業の持続対策を、それぞれ人口が減少する中で進める方策について検討する。また小さな市町村整備型浄化槽事業をとりあげ、人口が減少する中で費用の負担について検討する。

12.2 人口減少が進む農業集落排水処理地区における統合を含めた更新計画

12.2.1 本研究の概要

河川に沿って集落が点在する地域に建設された農業集落排水処理施設が老朽化し、更新する場合の方策について検討する。事例研究としてとりあげる地域を図12.1に示す。具体的には鳥取市の佐治地区をモデルとしている。図の左（西）側が河川の上流で右（東）側が下流である。河川に沿って12の農業集落排水処理施設があり、最下流に公共下水道が整備されている。

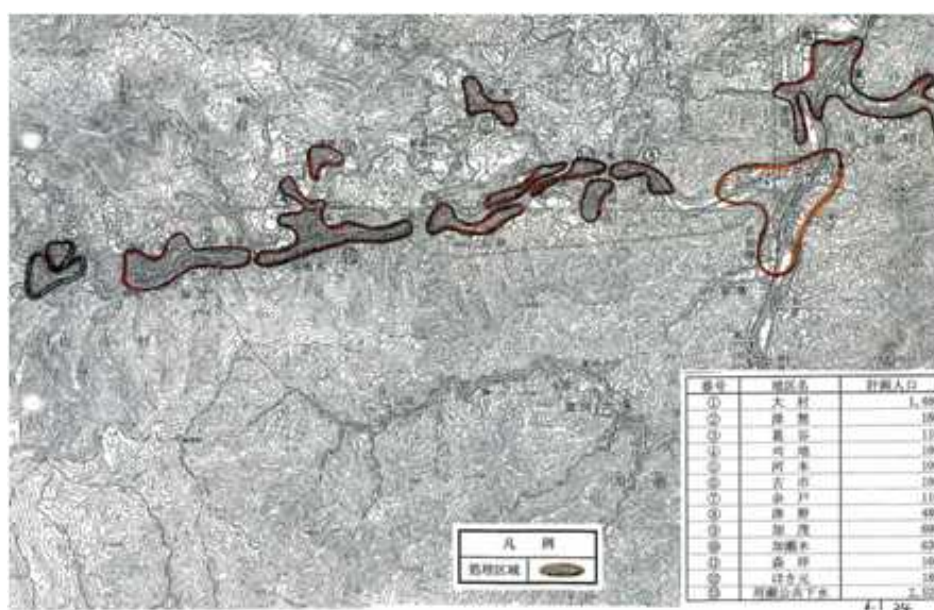


図12.1 研究対象地区

これらの農業集落排水処理施設が老朽化しており更新を行う必要がある。コーホート法により独自に推計されたこの地区の将来人口の予測結果¹⁾を図12.2に示すが、いずれの地区も著しく人口が減少することが予想されている。最も人口が多い加瀬木地区においても2050年には2005年の1/5の125人に、最も少ない余戸地区は20人以下になると予想されている。

人口が少なく人口密度が低い場合には集合処理よりも浄化槽による個別処理の方が経済効率的であるとも考えられる。長期にわたり使用する生活排水処理施設において、このように顕著に人口が減少することが予想される場合には、処理方式の変更も考慮した更新施策を考える必要がある。そこで本研究では、更新をするにあたり、施設の統合や浄化槽の導入も組み合わせた方策を検討し、人口減少が進む中での汚水処理事業の持続的経営について検討する。

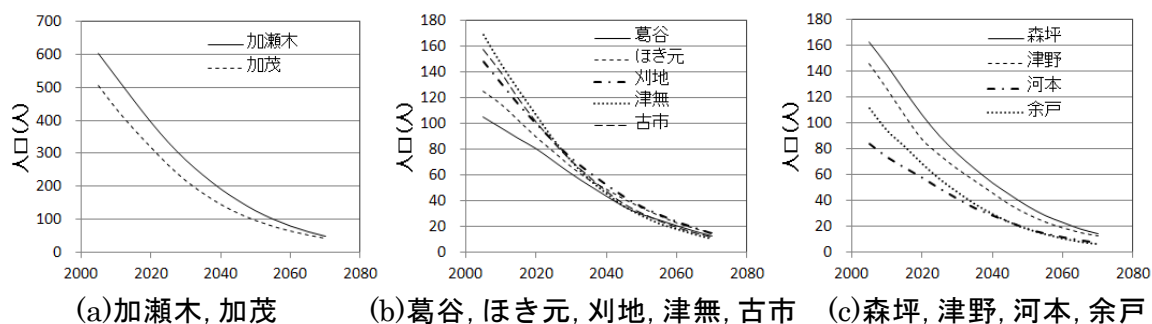


図12.2 検討対象モデル地区の人口の将来予測

12.2.2 検討する更新対策

それぞれの集落排水処理地区を図12.3に示す。以上について、つぎのような施策を検討する。

現在の集合処理（農業集落排水処理施設）をそのまま更新する（CASE-1）。この場合にはそれぞれの処理場と地区内の管渠、マンホールポンプを更新する。

全体を2つの集合処理地区に統合をする（CASE-2）。上流の河本、余戸、加茂の3地区を1地区に、その他の8地区をもう1地区に統合する。処理施設を各地区の最下流である加茂と葛谷におくことにし、現処理施設を改築する。その他の地区は処理施設まで輸送するポンプ場に改築するとともに、処理施設までの連結管を建設する。

現在の農業集落排水処理地区を1つに統合する（CASE-3）。処理施設を葛谷におき、CASE-2の場合と同様に、その他の処理施設はポンプ場に改築し、連結管によって接続する。

CASE-3と同様にすべての集落排水処理区域を統合するとともに、処理をさらに下流の公共下水道施設において行う（CASE-4）。この場合にはさらに葛谷から下水処理場までの連結管を建設する。

集合処理をやめ合併処理浄化槽による個別処理に変更する（CASE-5）。

以上の検討パターンを表12.1にまとめる。

表12.1 検討する更新施策

CASE	内 容
CASE-1	現在ののまま11地区の農業集落排水処理施設を更新して継続
CASE-2	河本, 余戸, 加茂を1つに, その他の地区を1つに統合し, 処理施設を加茂, 葛谷におく
CASE-3	全地区を統合し, 処理施設を葛谷におく
CASE-4	全地区を統合し, 下流の公共下水道処理施設に流入させる
CASE-5	合併処理浄化槽による個別処理に切り替える

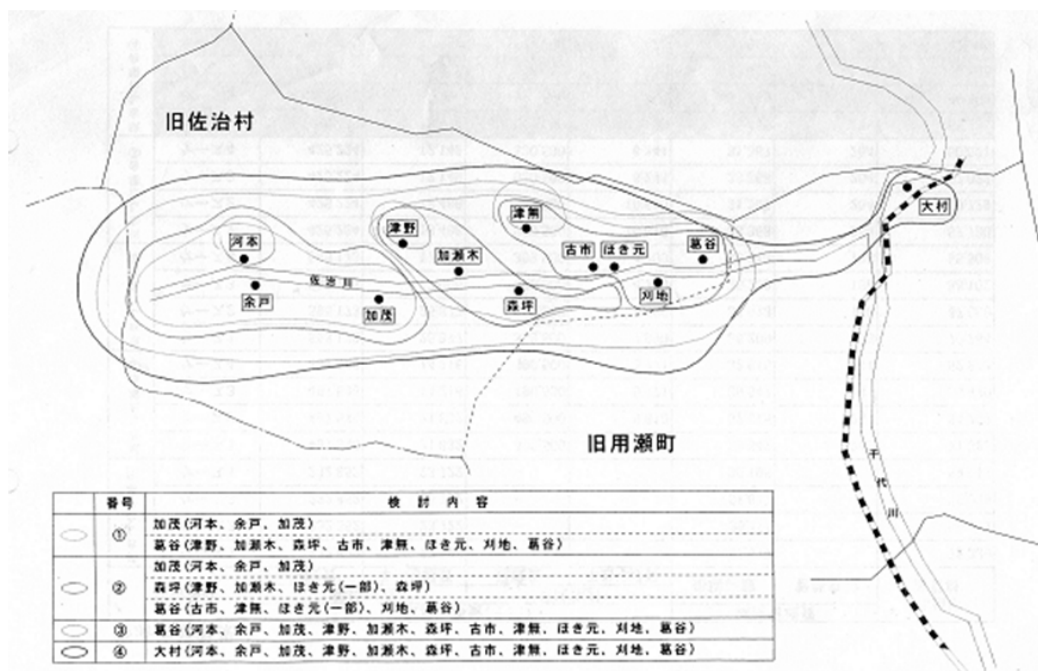


図12.3 検討するモデル集落排水処理地区の概要

12.2.3 計算方法

(1)各更新施策に必要な費用

更新は 2010 年に実施し 2045 年までの費用を計算する．現実的にはすでに更新時期の 2010 年を過ぎているが，検討はこの期間の人口により行うこととする．

CASE-1 では各処理施設の機械の更新（耐用年数 7 年），河本，余戸，津野，津無，古市，刈地，葛谷の 7 地区に対してはばっ気沈砂池（耐用年数 30 年）の新設と，森坪，ほき元以外の 9 地区の土木建築構造物に対して断面修復（耐用年数 30 年）および水槽防食（耐用年数 10 年）を行う．マンホールポンプについても 1 回更新を行う．管渠についてはそのまま利用できるものとする．なおマンホールポンプと処理地区内の管渠の扱いは以下の CASE-2 から CASE-4 まで同様である．

CASE-2 では河本，余戸の処理施設はポンプ場に改築し，河本・余戸間と余戸・加茂間には連結管を建設する．また加茂処理施設を処理容量を増加させて更新する．津野地区と津無地区の処理施設は廃止し，それぞれ連結管を建設して自然流下で加瀬木，古市に送水する．加瀬木，森坪，古市，ほき元，刈地の処理施設はポンプ場に改築する．上記の他，加瀬木・森坪間，森坪・古市間，古市・ほき元間，ほき元・葛谷間，刈地・葛谷に連結管を建設する．葛谷処理施設を処理容量を増加させて更新する．

CASE-3 では，CASE-2 からさらに，加茂処理施設をポンプ場として，加瀬木に連結管を建設して送水する．葛谷の処理施設を処理容量を増加させて更新する．

CASE-4 においては，葛谷処理施設もポンプ場に改築し，下流の公共下水道の大村処理場に連結管を建設して送水する．大村処理場は処理容量を増加させ更新する．

CASE-5 においては，農業集落排水処理を行っている 11 地区について，各世帯に 5 人槽の合併処理浄化槽を設置する．

ばっ気沈砂池の新設費は積み上げ計算により 998,000 円とした。防食費用、断面修復費用はそれぞれの処理施設において診断の結果決定された。機械設備の更新費についても各処理施設ごとに決定された。

以上より求められた更新に関する費用を表 12.2 に示す。さらにポンプ場の建設費、及び連結管の建設費は表 12.3 及び表 12.4 に示す。

処理場を統合して更新する場合の費用は、増築分については、実績より作成した次式で計算をし、それに従来施設の更新分を加えて表 12.5 のようになった。

$$[\text{増築建設費 (千円)}] = 10,289 \times [\text{計画人口}]^{0.414} \quad (12.1)$$

表 12.2 処理施設の更新費用

	機械更新	ばっ気沈砂 池新設	水槽防食	断面修復
耐用年数	7	30	30	10
葛谷	5,772	998	8,161	2,991
ほき元	2,870			
刈地	6,144	998	7,354	1,841
津無	5,796	998	10,522	4,055
古市	6,160	998	9,545	3,691
森坪	2,870			
加瀬木	14,268		27,802	7,489
津野	5,194	998	9,028	3,412
加茂	14,446		26,639	7,813
河本	5,048	998	8,042	3,094
余戸	5,194	998	7,157	1,048

(単位: 千円)

表 12.3 ポンプ場建設費

地区	建設費 (千円)
河本	13,797
余戸	16,055
加茂	16,076
加瀬木	21,116
森坪	10,385
古市	18,711
ほき元	9,240
葛谷	17,294
刈地	13,566

表 12.4 連結管建設費

建設区間	建設費 (千円)
河本—余戸	18,000
余戸—加茂	43,000
加茂—加瀬木	39,700
津野—加瀬木	36,000
加瀬木—森坪	80,200
森坪—古市	90,900
津無—古市	53,300
古市—ほき元	19,000
ほき元—葛谷	39,890
刈地—葛谷	23,500
葛谷—大村	144,700

表 12.5 処理場増築・更新費

処理場	増築・更新費 (千円)
加茂 (CASE-2)	128,489
葛谷 (CASE-2)	255,758
葛谷 (CASE-3)	295,849

処理施設の維持管理費については、電気代、水道料金、保守点検費、薬剤費、污泥処理費、水質検査費、消耗品費、諸経費、職員報酬がある。このうち電気代、薬剤費、污泥処理費は処理人数により変化するとして、過去の実績をもとにつぎのような式を作成して用いた。その他については固定費であるとした。

$$[\text{電気代 (千円/年)}] = 1.747 \times [\text{処理人口}] + 87.32 \quad (12.2)$$

$$[\text{薬剤費 (千円/年)}] = 0.22 \times [\text{処理人口}] + 19.64 \quad (12.3)$$

$$[\text{汚泥処理費(千円/年)}] = 1.550 \times [\text{処理人口}] + 135.23 \quad (12.4)$$

マンホールポンプについては設置費は1台あたり880万円、維持管理費は20万円/台・年、耐用年数は35年とした。管渠の維持管理費は57円/m・年とした。

12.2.4 結果及び考察

35年間の総費用を示したものが図12.4である。最も費用が少ないのが農業集落排水処理施設を1地区に統合するCASE-3となった。

農業集落排水処理地区の費用について、その内訳を示したものが図12.5である。CASE-1からCASE-4まで、管渠とマンホールポンプにかかる費用は等しい。CASE-1では11カ所の処理場をそのまま継続して更新維持するために、処理場にかかる費用が他のCASEに比べて著しく大きくなっている。CASE-2、CASE-3では連結管を建設するが、処理場が少なくなるのでCASE-1より費用が少ない。中でもCASE-3は連結管費用はCASE-2より多くなるが、処理場を1カ所にするために、2カ所のCASE-2より費用が少なくなっている。CASE-4は農業集落排水地区のみに関わる費用は少ないが、全ての污水を集めて処理するために処理場の増築、更新と維持に費用がかかり、総費用としてはCASE-2、CASE-3を上回ってしまう。

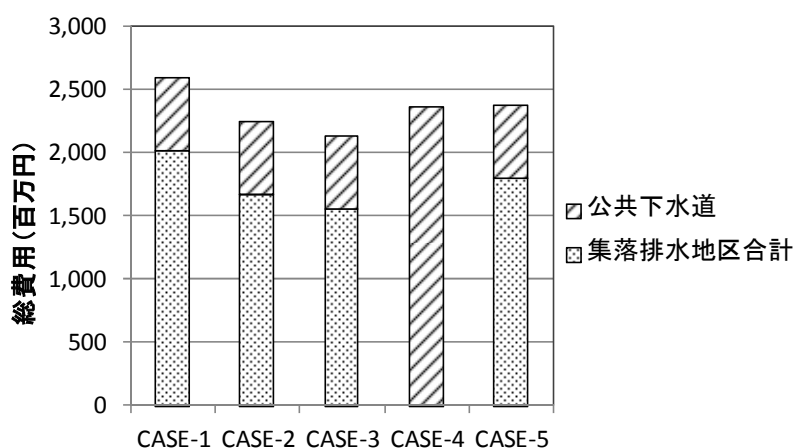


図 12.4 総費用

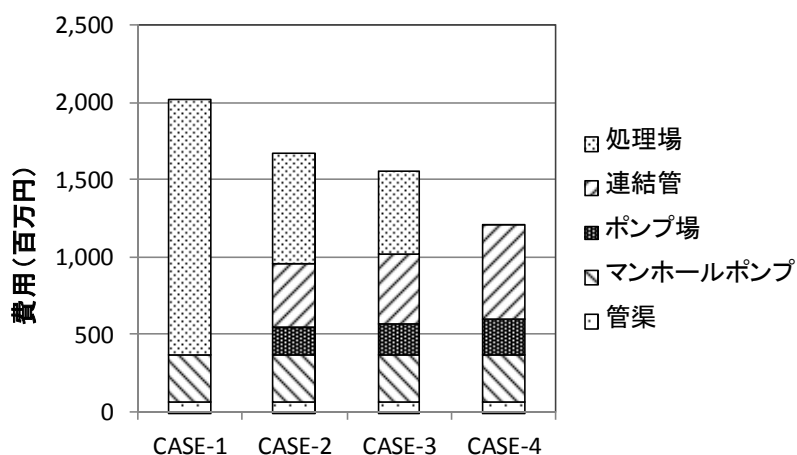


図 12.5 集落排水地区の施設別費用

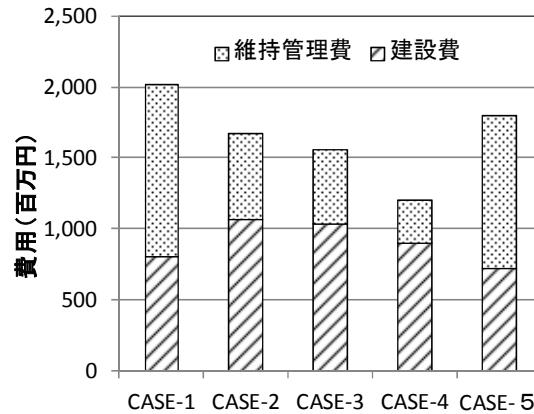


図 12.6 集落排水地区の建設費と維持管理費

農業集落排水地区の施設の費用を建設費（更新費）と維持管理費に区分して図 12.6 に示す。CASE-1 は現施設を更新するのみで処理場の増設やポンプ場、連結管の建設がないので建設費は少ない。しかし処理場が多いので維持管理費が高い。

合併浄化槽を利用する CASE-5 は建設費は最小であるが維持管理費が大きい。浄化槽の場合維持管理費は使用基数に比例し固定費は無いので、ここで想定している以上に人口減少が著しい場合には CASE-5 の優位性は増してくる。人口密度が小さい場合には集合処理の建設費が浄化槽に比べて著しく高くなるために、浄化槽を利用する個別処理の方が費用が少なくなるのが一般的であるが、本事例のようにすでに集合処理施設が整備されている場合には、CASE-2 や CASE-3 のように集合処理施設をうまく利用することにより、個別処理よりも費用を少なくできる可能性がある。

12.2.5 あとがき

施設が老朽化した農業集落排水処理地区において、人口減少を考慮して汚水処理事業を継続していく方法について、ケーススタディにより検討を行った。集落排水処理施設の統合や浄化槽への切り替えなどの方法について費用の変化特性について考察した。

12.3 人口減少が進む小規模事業体における下水道の更新計画

12.3.1 本研究の概要

ここでは下水道整備が完了している事業体において、将来の人口減少も考慮した持続的な経営施策について検討する。人口減少が著しい場合には、一部浄化槽を導入することも視野に入れる必要がある。

各種の社会基盤施設と同様に下水道においても、現在供用中の施設を適切な維持管理と長寿命化対策を実施することによりライフサイクルコスト (LCC) を小さくすることが求められている²⁾。人口減少が著しい場合には図 12.7 に示すように、単に現施設の長寿命化だけではなく、人口減少過程において長寿命化した施設が効率的であり、その後の更新後の施設が人口減少が進んだ社会にふさわしいものであることが求められる。人口減少が進む中で長寿命化を行った場合には、現施設を長く使用することができるようになる一方で、人口に対して過大となった施設を利用し続けることにより非効率になる一面も起こりう

る．あるいは逆に，長寿命化により更新時期を先延ばしすることにより，更新時にはより人口減少状態に適合した施設とすることが可能になる．すなわち人口減少を考慮するならば，単に長寿命化をすればLCCを小さくできるというものではなく，その状況に応じた適切な対応が求められる．

以上のような関係を念頭におき，本研究においては，人口減少が進む中で污水处理施設を持続的に運営することを，長寿命化，更新後の次期施設の状況も考慮して検討する．

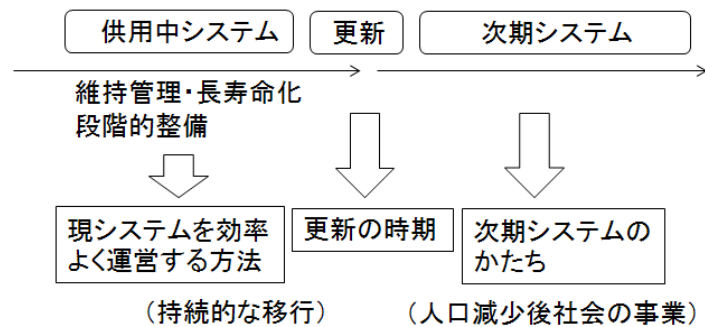


図 12.7 人口減少下における施設更新時期

12.3.2 人口減少下における污水处理システムの長寿命化と更新時期の検討モデル

現施設を T_1 まで使用して更新し，新施設を T_1+1 から $T=T_1+T_2$ まで使用する．新施設の耐用年数を T_2 とする．期間 T の総費用を TC とする．割引率を r とする．

$$TC = \sum_{k=0}^{T_1} \frac{m_k^1}{(1+r)^k} + \sum_j \frac{CE_j}{(1+r)^j} + \sum_j \frac{CR_j}{(1+r)^j} + \sum_{k=T_1+1}^T \frac{m_k^2}{(1+r)^k} \quad (12.5)$$

ここでそれぞれの符号の定義はつぎの通りである．

m_k^1 ：1期（現施設）の年度 k における維持管理費

m_k^2 ：2期（新施設）の年度 k における維持管理費

CE_j ：年度 j に投資した長寿命化費用

CR_j ：年度 j に投資した更新費用（更新工事も複数年にわたる）

長寿命化の期間や有無など政策により評価期間 T が異なるので1年あたり費用に換算して比較する必要がある．そこで資本回収係数の考え方をういて割引率を考慮した年あたり平均費用 ATC に換算する．

$$\sum_{k=0}^T \frac{ATC}{(1+r)^k} = \frac{(1+r)^{T+1}-1}{r(1+r)^T} ATC \quad \text{これが} TC \text{に等しいとすると}$$

$$ATC = \frac{r(1+r)^T}{(1+r)^{T+1}-1} TC \quad (12.6)$$

最適な政策は

$$\min_{T_1} ATC \quad (12.7)$$

と考えることができる．すなわちつぎのようになる．

$$\min_{T_1} \frac{r(1+r)^T}{(1+r)^{T+1}-1} \left\{ \sum_{k=0}^{T_1} \frac{m_k^1}{(1+r)^k} + \sum_j \frac{CE_j}{(1+r)^j} + \sum_j \frac{CR_j}{(1+r)^j} + \sum_{k=T_1+1}^T \frac{m_k^2}{(1+r)^k} \right\} \quad (12.8)$$

人口減少社会の負担を考える場合，延べ利用人数あたりのコストも考慮することが重要

である．第1期の1人1年あたりの費用を $\bar{x}_1$ ，年度 k の利用者数を n_k とすると期間全体について次式が成立する．

$$\sum_{k=0}^{T_1} \frac{m_k^1}{(1+r)^k} + \sum_j \frac{CE_j}{(1+r)^j} = \sum_{k=0}^{T_1} \frac{n_k \bar{x}_1}{(1+r)^k} \quad (12.9)$$

これより1人当たり年平均費用はつぎのようになる．

$$\bar{x}_1 = \frac{\sum_{k=0}^{T_1} \frac{m_k^1}{(1+r)^k} + \sum_j \frac{CE_j}{(1+r)^j}}{\sum_{k=0}^{T_1} \frac{n_k}{(1+r)^k}} \quad (12.10)$$

同様に第2期についてはつぎのようになる．

$$\sum_j \frac{CR_j}{(1+r)^j} + \sum_{k=T_1+1}^T \frac{m_k^2}{(1+r)^k} = \sum_{k=T_1+1}^T \frac{n_k \bar{x}_2}{(1+r)^k} \quad (12.11)$$

$$\bar{x}_2 = \frac{\sum_j \frac{CR_j}{(1+r)^j} + \sum_{k=T_1+1}^T \frac{m_k^2}{(1+r)^k}}{\sum_{k=T_1+1}^T \frac{n_k}{(1+r)^k}} \quad (12.12)$$

12.3.3 事例による検討

(1) 検討対象事業

実際の下水道整備地区をもとに検討のモデル地区を設定した．対象とする地域は図12.8に示すように4地区よりなり，現在の処理人口は約1万7千人である．各地区の人口は図12.9に示すように推移していくと予想されている．現在の処理施設の耐用年は2040年までであり，2030年に長寿命化の意思決定を行うものとする．式(12.8)においては現施設を延命化して使用する最適な年数を決定することとして表されているが，ここではいくつかの長寿命化のケースを設定してコストを比較することとする．

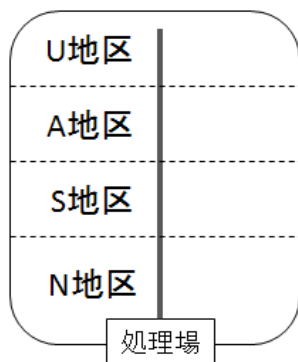


図12.8 検討対象とする地区の概要

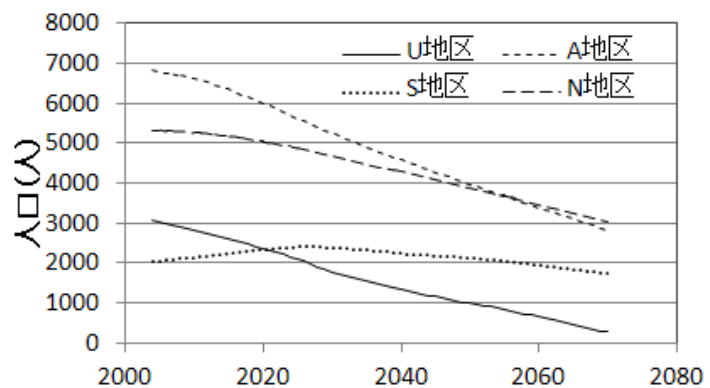


図12.9 検討対象地区の人口予測

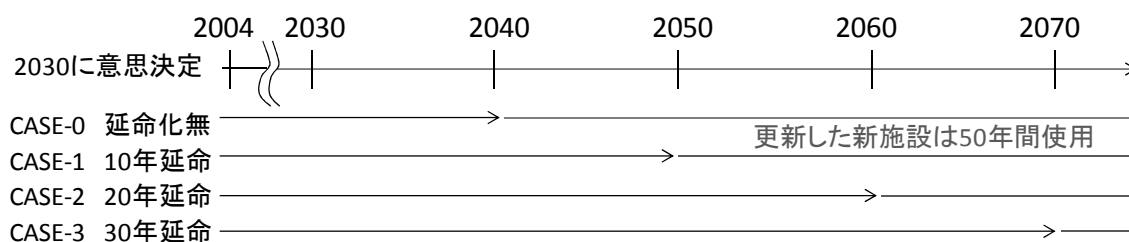


図12.10 検討する延命パターン

検討するパターンを図12.10に示す。CASE-1は延命か処置を行わずに2040年に更新をする。CASE-2は10年化の延命化を行って2050年まで現施設を使用して更新を行う。同様にCASE-3では20年、CASE-4では30年、それぞれ延命化を行う。更新時には人口が減少しているの、下水道として更新する場合と、合併処理浄化槽に切り替える場合について検討を行う。

表12.6 検討する更新方法

延命年数	更新方法			
	全地区集合処理	U地区のみ浄化槽	U,A,S地区浄化槽	全地区浄化槽
0年	CASE-0A	CASE-0B	CASE-0C	CASE-0D
10年	CASE-1A	CASE-1B	CASE-1C	CASE-1D
20年	CASE-2A	CASE-2B	CASE-2C	CASE-2D
30年	CASE-3A	CASE-3B	CASE-3C	CASE-3D

(2)計算方法

1)現施設の維持管理費

現施設の維持管理費については図12.11に示す。これには施設の稼働費の他に施設を構成する設備の修繕費や取り替え費用等も含まれている。本図より現施設を使用する期間の維持管理費を求める。

管路の維持管理費については現施設及び更新後も文献³⁾より1mあたり1年あたり57円とする。

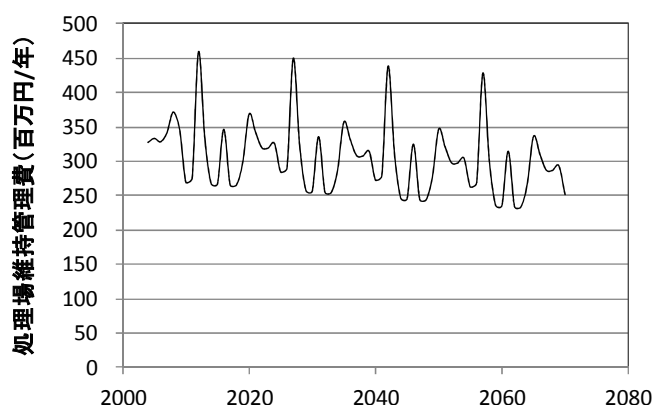


図12.11 現施設の維持管理費

2)現施設の長寿命化費

長寿命化のための工事は、最初沈殿池、曝気槽、最終沈殿池に対して防食工事を行うものとする。10年の延命のためには防食工事を1回、断面修復を10mmの深さまで行う。20年延命のためには、防食を工事を10年間隔で2回、断面修復を20mmの深さで、30年延命には防食

工事を10年間隔で3回，断面修復を30mmの深さまで行うものとする。

防食及び断面修復の費用の調査結果を表12.7に修復面積を表12.8に示す。

表12.7 長寿命化の費用

	単価(円/m ²)
防食	26,000
断面修復10mm	31,000
断面修復15mm	37,000
断面修復30mm	43,000

表12.8 長寿命化のための補修箇所

補修箇所	面積(m ²)	池数	総面積(m ²)
最初沈殿池	139.6	4	558.4
曝気槽	738.4	2	1476.8
最終沈殿池	280.4	4	1121.6

3)集合処理施設の更新費

更新時の集合処理予定地区の人口より，集合処理施設の計画人口を決定する．それぞれのケースに更新時期に対する集合処理地区の予想人口と，それをもとに決定した計画人口を表12.9に示す．本地域における1人1日最大汚水量は447Lと予測されており，これをもとに1日最大汚水量を求めた。

表12.9 集合処理予定地区の人口

	全地区計		N,S,A地区計		N地区	
	推定人口	計画人口	推定人口	計画人口	推定人口	計画人口
CASE-0	12,310	13,000	11,004	11,000	4,249	4,500
CASE-1	10,841	11,000	9,879	10,000	3,852	4,000
CASE-2	9,300	10,000	8,688	9,000	3,434	3,500
CASE-3	7,873	8,000	7,605	8,000	3,052	3,000

集合処理施設の更新（建設）費は文献3)に示されている次式で求めた。

$$\begin{aligned}
 1400 \leq Q_d < 10000 & \quad C_T = 32.775 \times Q_d + 85431 \\
 Q_d \geq 10000 & \quad C_T = 93218 \times (Q_d/1000)^{0.7229}
 \end{aligned}
 \tag{12.10}$$

ここで Q_d は日最大汚水量（m³）， C_T は処理場建設費である。

集合処理施設の更新費はそれぞれの施設の使用開始年に発生するものとし，CASE-0では2041年に，以後CASE-3まで10年ずつ後に発生する。

管路の更新は管更生工法により行うものとする．更生工法の1種であるSPR工法について業者に対する調査結果より，費用を1mあたり517千円とした．幹線及び枝線の延長は表12.10のとおりである．なお管路の寿命は2070年までとし，すべての更新費用は2070年に発生するものとして計算を行っている。

表12.10 各地区の幹線管渠及び枝線管渠の延長

	N地区	S地区	A地区	U地区	合計
幹線	2,993	1,721	748	860	6,322
枝線	36,486	4,688	37,989	22,390	101,553

(単位:m)

3)更新後の集合処理施設の維持管理費

処理施設の維持管理費は，1人1日平均汚水量を357Lとし，これと各年の人口より1日平

均汚水量を求め、次式3)により計算した。

$$C_M = 3083.9 \times (Q_a/1000)^{0.6172} \quad (12.11)$$

ここで Q_a は1日平均汚水量(m³)、 C_M は維持管理費(万円/年)である。

4)合併処理浄化槽の設置費及び維持管理費

浄化槽の設置費は設置時の世帯数を求め、それぞれの世帯に5人槽を設置するものとした。維持管理費については各年の人口より使用世帯数を求めて計算した。設置費は1基当たり83.7万円、維持管理費は1基当たり年間6.5万円とした3)。

12.3.4 結果及び考察

すべてのケースについて、ライフサイクルコストを使用期間の1年あたりで示したものが図 12.12 である。割引率を考慮しない場合、長寿命化を行うほどライフサイクルコストは小さくなるという結果になった。更新方法も含めて考えると、CASE3-D すなわち、現施設をできるだけ長寿命化して利用し、その後は全地域を個別処理に切り替える方策が最も有利であると判定された。長寿命化を行わない場合(CASE-0 シリーズ)には、将来の人口が最も少なくなる最上流のU地区を集合処理から切り離すCASE-0Bがもっとも低コストとなる。

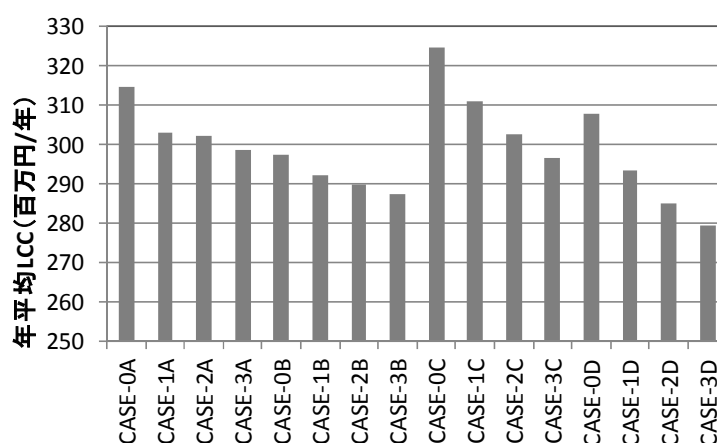


図 12.12 年平均 LCC

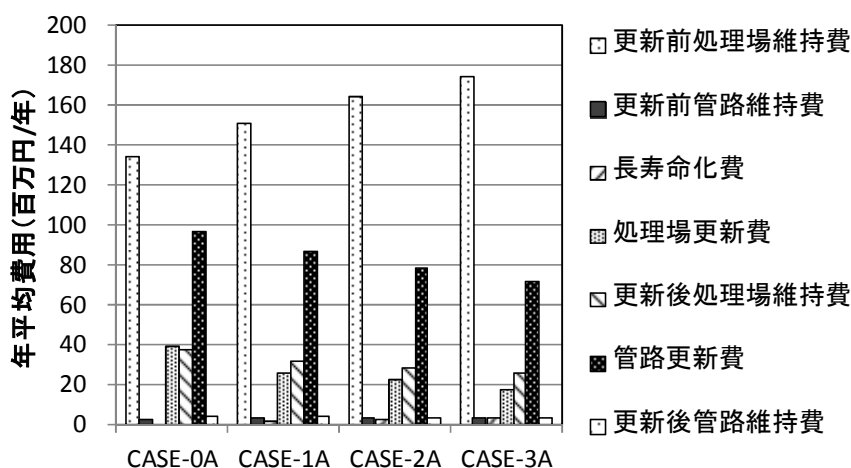


図 12.13 集合処理を続ける場合の年平均費用

更新後も集合処理を続ける場合（CASE-A シリーズ）をとりあげ長寿命化による効果を示したものが図 12.13 である。更新前の処理場維持費は、10 年ずつ長寿命化するにつれ、37 年分から 67 年分まで増加し、更新後施設の使用期間も含めた評価期間は 87 年から 117 年に延びる。この結果 1 年あたりにした場合には、長寿命化するほど高くなった。これに対し処理場更新費及びその維持費は長寿命化するほど規模が小さくなるために、更新費そのものが少なくなるとともに評価期間が長くなるために年平均値は減少する。さらに管路更新費についても、いずれのケースでも同額であるために、評価期間が長いほど年平均値は少なくなっている。これらの効果により、総額として年平均値は長寿命化するほど少なくなる。

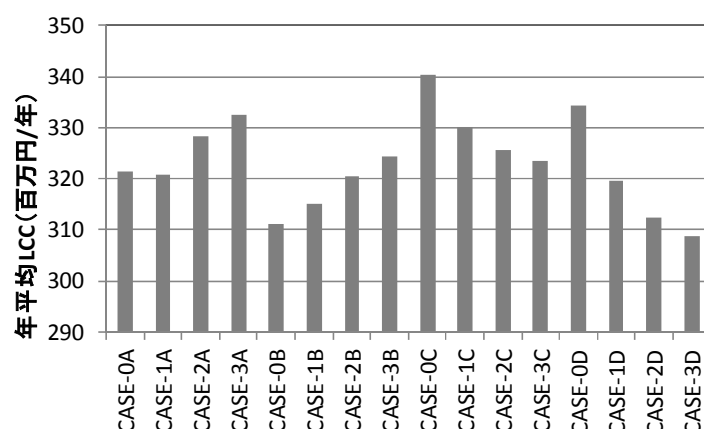


図 12.14 割引率を考慮した年平均 LCC

つぎに割引率を考慮した場合を図 12.14 にしている。ここでは割引率を 0.02 として 2004 年の価値で示している。この場合でも CASE-3D が最も年あたり費用は小さくなっている。ここでは更新後の集合処理のウェイトにより長寿命化の影響が逆に現れている。すなわち CASE-A, CASE-B では長寿命化するほど年あたり費用は大きくなり、CASE-C, CASE-D では逆になっている。

図 12.13 と同様に CASE-A シリーズについて費用別に示したものが図 12.15 である。図 12.13 と比較すると、更新前の処理場維持費は同様の傾向を示すものの 2070 年に発生する管路の維持費は割引かれているために、評価期間の長期化の効果は少ない。同様に処理場の更新費や維持費についても割引が大きく、評価期間が長くなることによる低減効果は小さい。そのために割引率を考慮しない場合とは逆に長寿命化するほど年あたりの費用が高くなるという結果になった。

更新後は浄化槽を利用する CASE-D シリーズについて図 12.16 に示す。更新前の処理場の維持費は図 12.15 と同様であるが、浄化槽の設置費と維持管理費の長寿命化による減少効果が大きい。これは人口減少に合わせて浄化槽を設置、維持管理できるとともに、長寿命化するほどその期間が先になり割引効果が大きくなるためである。

ライフサイクルコストと同様にその利用者負担額も考慮することが重要である。式 (12.10), (12.12) より求めた、更新前後の延べ利用者による 1 人 1 年あたりの費用を図 12.17 に示す。更新前の 1 人あたり費用は長寿命化をしないほど少なくなっている。これは長寿命化をすることにより、年あたりの費用を少なくすることができて、人口の減少

により，負担する総人数が減少することによる．更新後の費用を見た場合には，集合処理を行う場合にはやはり 1 人当たり費用は長寿命化するほど多くなる．しかし浄化槽を組み合わせた場合には，人口減少に応じて維持管理費を少なくできるので，長寿命化して設置費を抑える方が有利となる．

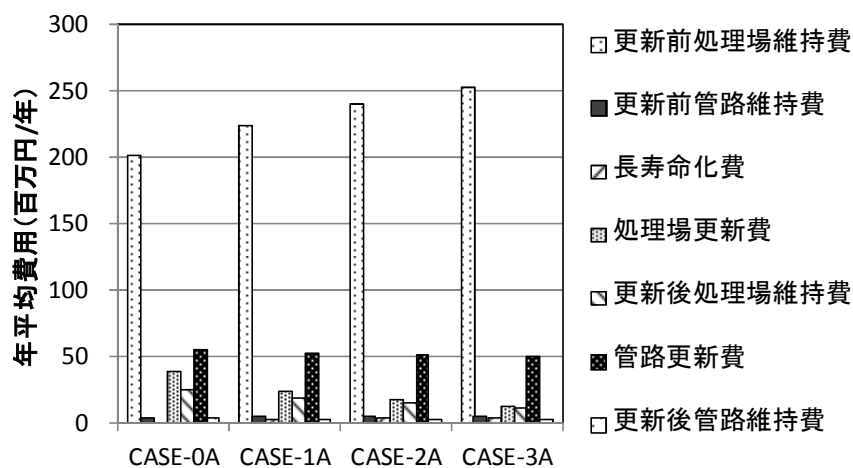


図 12.15 割引率を考慮した集合処理を続ける場合の年平均費用

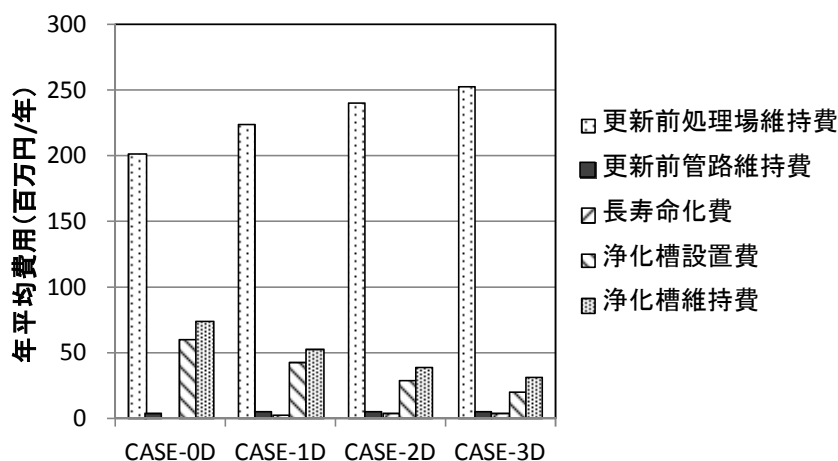


図 12.16 更新後に浄化槽を利用する場合の年平均費用

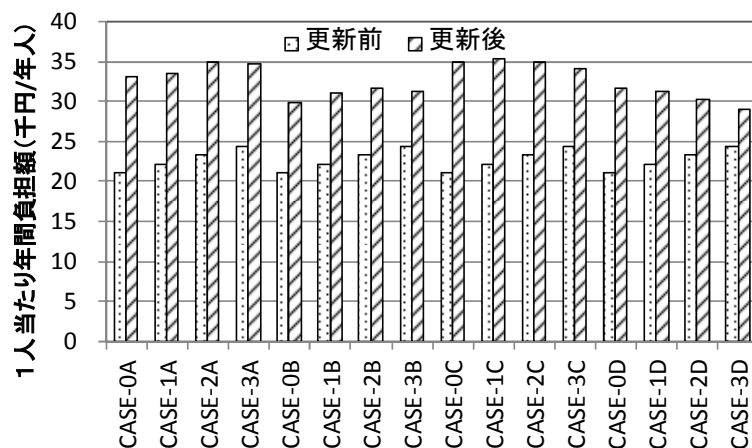


図 12.17 更新前後の延べ利用者あたり費用

なおライフサイクルコストが最も小さいと判定されたCASE-3Dについては、更新前の1人当たり費用は、CASE-3A、CASE-3B、CASE-3Cと同様に最も高い結果となっている。総費用と1人当たり負担額の双方を考慮した政策的判断が重要となる。

12.3.5 あとがき

ここでは人口減少が進む場合の生活排水処理施設の持続的な運用について、長寿命化が適切な場合と行わない方がよい場合があることを、事例研究により示した。地域ごとの個別の事情を考慮した適切な方策を進めることの重要性を指摘した。

12.4 人口減少が進む小規模な生活排水処理事業における費用負担

12.4.1 本研究の概要

人口減少が進む中で、現在の生活排水処理施設を長期的に見て世代間の費用負担がどのようなになるのかを検討する。

12.4.2 分析方法

生活排水処理の費用として、施設建設費の住民負担に関する部分の建設時総額を F_0 、その年度 k の配分額を F_{1k} とする。年度 k における施設の維持費（修繕費）を F_{2k} とする。費用に関し次式が成立する。

$$F_k = F_{1k} + F_{2k} \quad (12.12)$$

$$F_0 = \sum_{k=t_0}^{t_0+\tau} F_{1k} (1+r_1)^{-(k-t_0)} \quad (12.13)$$

ここで、 t_0 ：事業開始年 τ ：償還期間 r_1 ：下水道債利率

維持管理費の固定部分を M_{1k} 、処理人口あるいは処理水量に依存する変動部分を M_{2k} とし、その利用1人分を m_2 とする。

$$M_{2k} = m_2 SP_k \quad SP_k : \text{利用人口} \quad (12.14)$$

$$M_k = M_{1k} + M_{2k} \quad (12.15)$$

1人当たり料金で考える。k年度の1人当たり料金を x_k 、資本費対応分を x_{fk} 、維持費対応分を x_{m1k} 、 x_{m2k} とする。一般会計からの基準内繰り入れを Y_k 、基準外繰り入れを Z_k とする。人口1人当たり基準外繰り入れを z_k とすると

$$Z_k = P_k z_k \quad P_k : \text{人口} \quad (12.16)$$

となる。

各年の収支は次式となる。

$$F_{1k} + F_{2k} + M_{1k} + M_{2k} = SP_k (x_{fk} + x_{m1k} + x_{m2k}) + Y_k + P_k z_k \quad (12.17)$$

$$\text{総資本関連費は } F_0 + \sum_{k=t_0}^{t_0+T} F_{1k} (1+r_1)^{-(k-t_0)} \quad T : \text{耐用年数} \quad (12.18)$$

$$\text{総維持費は } \sum_{k=t_0}^{t_0+T} (M_{1k} + M_{2k}) (1+r)^{-(k-t_0)} \quad r : \text{割引率} \quad (12.19)$$

個人の受益と負担について考える。s年生まれの人々の生涯負担額のs年度割引価値を N_s とすると

$$N_s = \sum_{k=\max(s, t_1)}^{\min(s+D, t_0+T)} (x_{fk} + x_{m1k} + x_{m2k} - b_k) (1+r)^{-(k-s)} + \sum_{k=\max(s, t_0)}^{\min(s+D, t_0+\tau)} z_k (1+r)^{-(k-s)} \quad (12.20)$$

となる。

$$x_k = x_{fk} + x_{m1k} + x_{m2k} \quad (12.21)$$

資本費の負担率はつぎのようになる。

$$\frac{\sum_{k=t_0}^{t_0+\tau} x_{fk}(1+r)^{-(k-t_0)}}{F_0} \quad (12.22)$$

F_{1k} を長期にわたり平滑化するほど、元の起債償還期間の x_{fk} や Z_k は少なくできる。 N_s の公平性もよくなる。ただし平滑化債も含めると資本費総額は大きくなる。これまでの考え方では、 F_{1k} を公債で平滑化して公債償還期間で対応し、さらに平準化債で耐用年数の期間で平滑化するなどの方法がとられている。しかし将来にわたり総額を平滑化すると、人口減少社会では逆に将来の1人当たり負担が増加する危惧もある。利用者が限られる（収束する）ような人口減少地域では、負担の配分をどのようにすればよいかという問題が発生する。

平滑化した起債の k 年度償還額を F_{3k} とする。それにより公債償還期間に毎年入ってくる収入を W_k とする。

各年の収支はつぎのようになる。

$$k=t_0 \sim t_0+\tau \quad F_{1k} + F_{2k} + M_{1k} + M_{2k} = SP_k(x_{fk} + x_{m1k} + x_{m2k}) + Y_k + P_k Z_k + W_k \quad (12.23)$$

$$k=t_0+\tau+1 \sim t_0+T \quad F_{2k} + F_{3k} + M_{1k} + M_{2k} = SP_k(x_{fk} + x_{m1k} + x_{m2k}) + Y_k + P_k Z_k \quad (12.24)$$

平滑化債の保存式はつぎのとおりである。

$$\sum_{k=t_0}^{t_0+\tau} W_k (1+r_2)^{-(k-t_0)} = \sum_{k=t_0+\tau+1}^{t_0+T} F_{3k} (1+r_2)^{-(k-t_0)} \quad (12.25)$$

r_2 ：平準化のための起債の利子

この場合の資本費の負担率はつぎのとおりである。

$$\frac{\sum_{k=t_0}^{t_0+T} x_{fk}(1+r)^{-(k-t_0)}}{F_0} \quad (12.26)$$

12.4.2 事例による検討

(1) 検討対象事業

浄化槽市町村設置事業を対象とする。2006年より事業開始、3年間で整備完了し、2008年より全計画完了、利用者数240人。利用者数は徐々に減少し2050年には125人になる。浄化槽は世帯に設置し管理するものであるが、維持管理費は利用者数に比例するものとする。2050年までの供用期間で考える。起債の償還は2037年までで、公債費の半額は基準内繰り入れされる。公債費の半額と人口比例する維持管理費が利用者による負担の対象である。図12.18に費用と利用者数を示す。

図12.19は各年の費用（利用者負担対象）をその時の利用者数で割った1人当たりの費用と、5年間ずつで一定とした場合の1人当たり費用である。公債費のある間は、人口減少により1人当たり費用が徐々に増加する。

各年収支の式(12.17)は次式のように書き換えられる。

$$\frac{F_{1k}}{2} + M_{2k} = SP_k(x_{fk} + x_{m2k}) + P_k Z_k \quad (12.2)$$

7)

図12.19は式(12.27)において $z_k=0$ とし左辺を SP_k で割った $x_{fk}+x_{m2k}$ を示したものである。

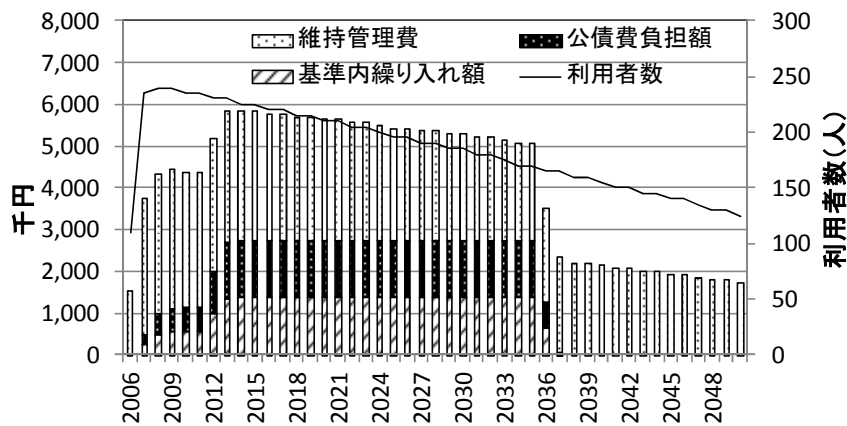


図12.18 事業費と利用者人数の動向

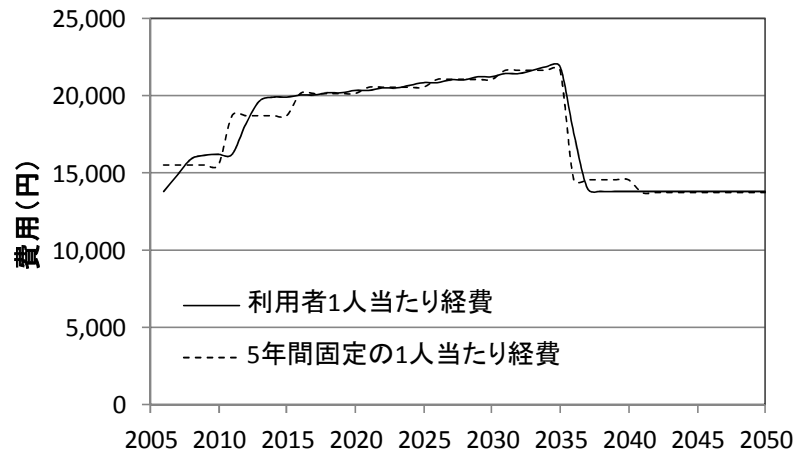


図12.19 利用者1人当たりの費用

(2)述べ利用者全員で公平に負担する場合

2050年までの総額をその間の述べ利用者で同額 $\bar{x}_1$ ずつ負担する場合、次式となる。

$$\sum_{k=2006}^{2050} \left(\frac{F_{1k}}{2} + M_{2k} \right) (1+r)^{-(k-2006)} = \sum_{k=2006}^{2050} \bar{x}_1 SP_k (1+r)^{-(k-2006)} \quad (12.28)$$

これより求められた $\bar{x}_1$ をもとにした料金収入と毎年の必要額及びその過不足を示したものが図12.20である。資本費の負担（維持管理費は人口比例なので同じ）を利用延べ人数で平等に配分しようとする毎年の負担額を本図のようにするのが理想的である。これはあくまでも延べ人数の1人当たり負担を同額にした場合に毎年の人口で割り当てた負担額を示したもので、それを実際の1人当たり料金にするかどうかは別である。ちなみに $\bar{x}_1$ は18,258円（資本費4,458円，維持管理費13,800円）である。実際には毎年の収支に過不足が生じるので，何らかの処置が必要になる。

ただし式(12.28)が成立するように料金を決めているので，余剰が出たときには蓄えて（2006～2012年の余剰の2006年における割引余剰額3,206,415円）不足時に充当し，足りない部分は借り入れて（2013～2035年の不足の2006年における割引不足額7,598,576円）余剰が出たときに返済（2036～2050年の2006年における割引余剰額4,392,161円）すること

で収支が合う。（いずれも同じ利率，割引率とする．ここでは0.02とした．）

図12.20の費用（2050までの資本費の負担配分をしない場合）の総額（割引無しで計算）は150,336,500円，料金収入（2050年まで資本費負担を平滑化）の総額は151,814,764円となり，平滑化により1,478,264円増加する．

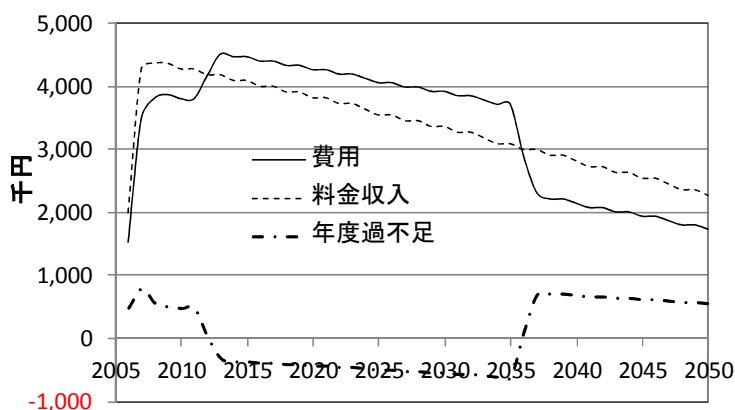


図12.20 供用期間の延べ人数で同額ずつを負担する場合

(3)従来の資本費平準化債の考え方

公債償却期間と耐用年数の違いを平滑化する．毎年の減価償却費を超える公債費部分を将来にまわす．減価償却期間を2050年まで延ばすことになる．基本的には，(2)が延べ利用者当たりの年間負担額を一定にしたのに対し，資本費負担の年総額を一定にするという考え方になる．

本事例では，資本費の半額は基準内繰り入れで賄い半額を負担とするから公債償還期間中の公債費 $F_{1k}/2$ について式(12.13)は次式となる．

$$\frac{F_0}{2} = \sum_{k=t_0}^{t_0+\tau} \frac{F_{1k}}{2} (1+r_1)^{-(k-t_0)} \quad (12.29)$$

これを2050年までにわたり毎年定額 $\bar{F}_{1k}$ とする．すなわち次式が成立するようにする．

$$\frac{F_0}{2} = \sum_{k=2006}^{2036} \frac{F_{1k}}{2} (1+r_1)^{-(k-t_0)} = \sum_{k=2006}^{2050} \bar{F}_{1k} (1+r_1)^{-(k-t_0)} \quad (12.30)$$

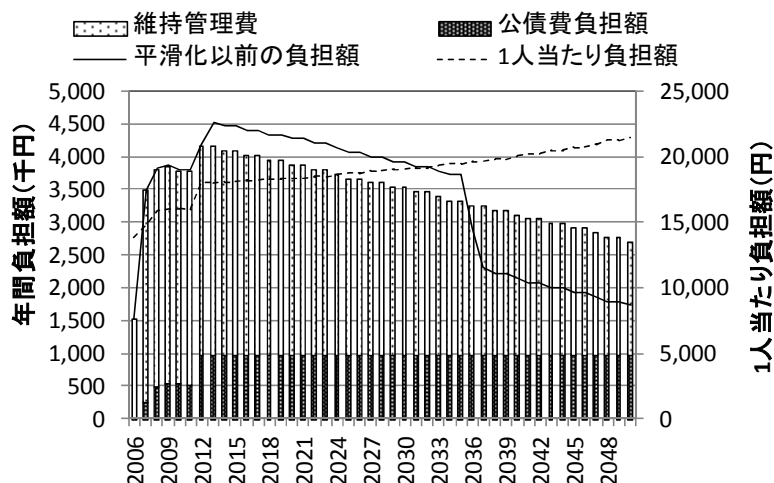


図12.21 資本費負担額を平滑化した場合

実際には資本費負担が急増する2012年以降について2050年までの平準化を行った。その結果を図12.21に示す。年間の公債費負担額は963,865円となった。利用者は減少を続けるので維持管理費も含めた1人当たりの負担額は2006年13,800円（維持管理費のみ）、2012年20,260円、2050年51,412円と増加する。

(4) 世代別負担額

生涯負担額は式(12.20)で与えられる。本事例の場合、対象者全員が2008年以降浄化槽の受益を受けている。そこで近似的に2006年から全員が受益を受けているとし、世代負担を考慮する上で、式(12.20)の b_k は全て等しいとして省略する。生涯を80年とする（ $D=80$ ）。2006年以降の生まれの世代の生年を基準とした割引生涯負担は次式となる。

$$N_s = \sum_{k=s}^{2050} (x_k + z_k) (1+r)^{-(k-s)} \quad (s \geq 2006) \quad (12.31)$$

2005年以前の生まれの世代については2006年を基準として割り引き生涯負担を求めることとする。

$$N_s = \sum_{k=2006}^{\min(s+80, 2050)} (x_k + z_k) (1+r)^{-(k-2006)} \quad (s < 2006) \quad (12.32)$$

つぎの4ケースを考える。

ケース1 各年の費用を各年の使用人口で負担

ケース2 2050年までの費用を延べ使用人口で負担

ケース3 公債費の年当たりの額を2050年まで平滑化

ケース4 ケース2で年間料金を15,000円に固定して不足分は基準外繰り入れ

図12.22は各ケースの1人当たり料金である。ケース1では公債償還期間は料金が相対的に高い。償還期間中、人口減少の影響で徐々に高くなる。ケース2,4は1人当たりを一定に設定しているので変化しない。ケース3は公債費の年額を2050年まで平滑化しているので、償還期間中はケース1より低い、償還が終わって後の2036年からは高くなる。

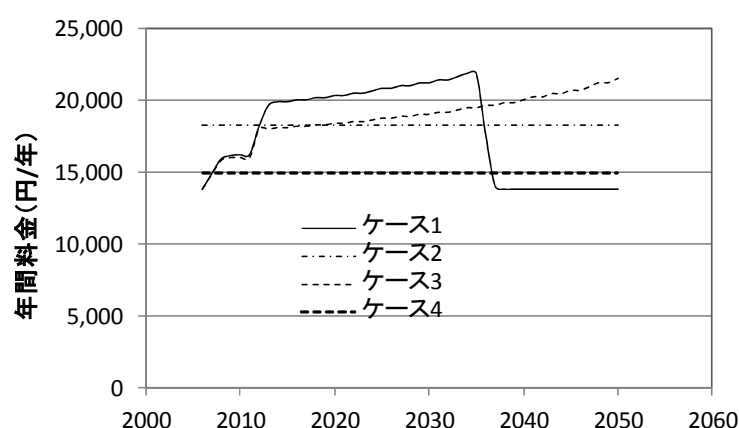


図12.22 年間料金

図12.23は世代別（生年で示す）の生涯負担を示したものである。供用期間を2006年から2050年としているので、この全期間を生きる世代である1970年世代から2006年世代までは負担は同額となっている。この傾向は割引率（生年または供用時に生まれている人は2006年における割引生涯負担）を考慮しても同様である。（図12.25）

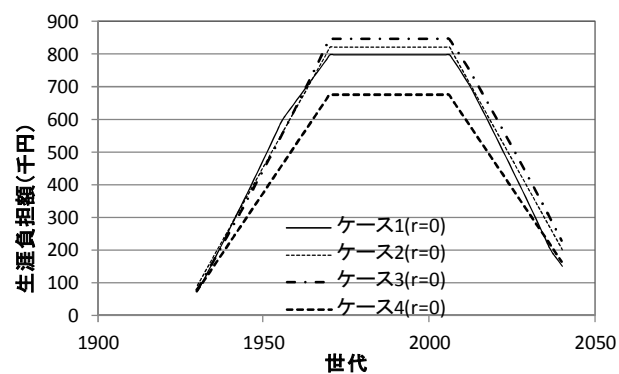


図12.23 世代別生涯負担 ($r=0$)

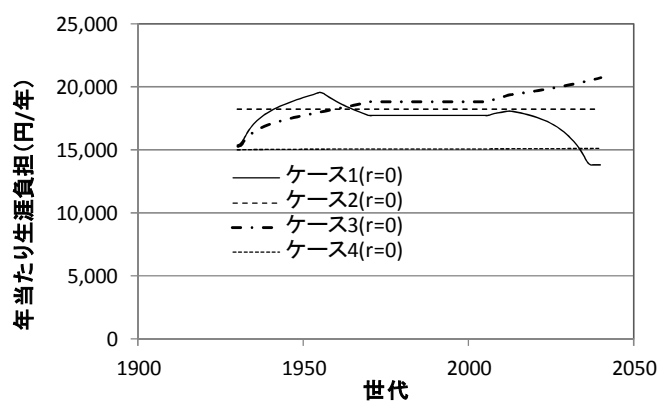


図12.24 世代別使用年当たり生涯負担($r=0$)

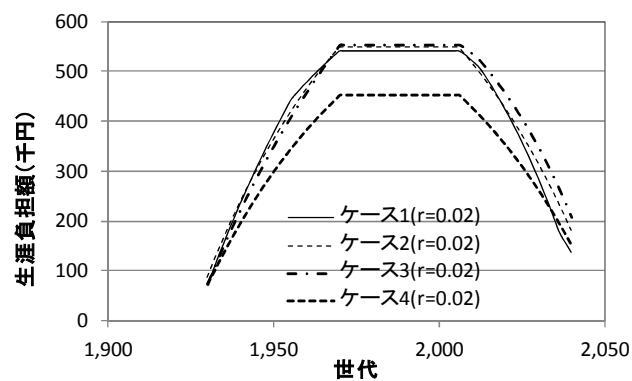


図12.25 世代別割引生涯負担($r=0.02$)

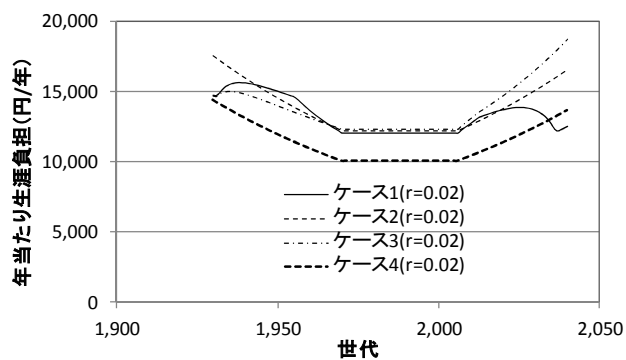


図12.26 世代別使用年当たり割引生涯負担($r=0.02$)

図12.24は図12.23を利用年当たりで表したものである。長期間利用した人は多く払うのは当然であり、公平性を検討するには利用年当たりで考える必要がある。ケース1の場合は、公債費償還期間の最終年である2035年までの期間使用する1955年世代が最も負担が多くなっている。これに対し、2006年から2050年までの全期間を使用する1970年世代から2006年世代までは等しい負担となっている。その後、料金が急増する2013年から使用を始める世代の負担が再度ピークとなり、以後減少する。公債費の償還が終わった2036年以後の世代については一定となる。

公債費の年総額を2050年まで平滑化したケース3の場合、ケース1と同様に1970年世代から2006年世代までは等しい負担となるがその前後がケース1とは異なる。また等しい負担の部分も、長期にわたる利子負担があるため、ケース1より高くなる。料金は利用人口が減る将来ほど高くなるので、2007年世代以降の負担が増加していく。一方で1969年以前の世代は利用人口が多く料金の安い期間を中心に使用しているので負担は少ない。とくに1960年以前の世代はケース2（延べ利用者で負担）よりも負担が少なくなっている。人口減少時代における平準化債は将来世代の負担が過剰になる可能性がある。

図12.25は割引率を考慮した生涯負担である。図12.26はそれを利用年当たりで示している。図12.23との違いは、一定値となる1970年世代から2006年世代以外のところの傾向である。年間料金が一定であるケース2、4においても世代により変化している。料金が一定の場合、それぞれの個人にとって後年の方が割り引き使用料は安いことになる。したがって生涯の後の方での使用期間が長いほど利用年当たりの負担は小さくなる。1969年以前の世代では、前の世代になるほど使用期間が短いので、割引料金の安くなる期間が短くなり、年当たり負担は大きくなる。2006年以後の世代では、後の世代になるほど使用期間が短くなっていくので年当たりの負担は増加していく。ケース1,3においても、変動にこの傾向が合わさった形になっている。

12.4.3 あとがき

ここでは世代間の負担を平滑化するためと考えられてきた起債や平準化債が、人口が減少する状況ではどのような影響を及ぼすかについて、ひとりあたりの年間費用や、生涯負担の世代間比較を通して検討した。

参考文献

- 1) 貞平雄治：町丁別コーホート要因法を用いた鳥取県の人口推計，鳥取大学工学部社会開発システム工学科平成19年度卒業論文。
- 2) 下水道事業におけるストックマネジメント検討委員会：下水道事業におけるストックマネジメントの基本的な考え方，2008。
- 3) 効率的な汚水処理施設整備のための都道府県構想策定マニュアル（案）

第 13 章 おわりに

本研究では、大学及び公立の研究所に勤務する研究者により、人口減少と老朽化が進む状況にある生活排水処理システムを持続的に経営していくための方策について、多方面から検討を加えた。

第 2 章においては、現地視察等により市町村が現在、当面している問題について検討を行った。人口減少が著しい地域の事例においては、計画していた下水道事業を中止し、浄化槽設置推進事業により生活排水処理施設の普及を進める事としていた。下水道事業経営については、一般会計から多額の繰り入れが行われており、下水道処理人口の減少もあり、経営が厳しくなることが予想される。生活排水処理施設の整備に対する住民サービス提供として、将来コストを含めた見通しを住民に示す必要があると思われる。し尿処理施設の更新時期を迎えた事例については、し尿処理施設を更新するのではなく、下水道でし尿等を受け入れる事としていた。これまでし尿処理と下水道処理について、統合的に検討されることがあまり見られていないが、本事例のような検討は、今後進むものと思われる。

PFI 事業による浄化槽整備では 3 年以上の設置基数が示されている 7 事業の内、計画通りに事業が進んでいるものは 1 事業で、整備基数について計画通りに進んでいない状況が明らかとなり、計画通りの整備を行うためには、原因の解明と対策が必要な状況であることを報告した。

第 3 章においては地方公営企業年鑑のデータをもとに全国の市町村設置型浄化槽事業の状況を検討した。全国の浄化槽事業の状況として、特定地域生活排水処理事業の方が個別排水処理施設整備事業より実施している自治体の人口が多く、計画人口も多く、事業規模が大きい。その一方で普及率は特定生活排水処理事業の方が大きく劣っており、規模の大きい反面、普及が思うように進まないという状況にある。

財政的には、ほとんどのところで、料金だけでは污水处理費をまかなえておらず、他会計繰入金に多くを頼っている事業が多い。とくに個別生活排水施設整備事業において財政的に厳しい状況にあることがわかった。

第 4 章においては、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災における生活排水処理施設の被害と対応について調査を行った結果を報告した。浄化槽に関しては埋め戻し部分の液状化による被害が発生しているが、浮上防止工法を行った場合には浮上はしにくくなる一方で、漏水や破損変形などの内部異常は若干多くなり、復旧工事は行いにくくなる傾向にあった。復旧を円滑に進めるためには公的に調査や工事が行いやすい市町村設置型が適切であると考えられる。

八戸市においては、し尿処理施設が被災をしたが、八戸東部下水処理場においてし尿及び浄化槽汚泥の受け入れ処理が行われ、被災の影響が住民に及ぶことはなかった。これは下水処理場とし尿処理施設の担当者間の情報交換が日頃から行われていたことが功を奏したかたちとなったもので、役所内の部署を超えた意思疎通の重要性があらためて明らかになった。

第 5 章においては、浄化槽維持管理業者に対するアンケートにより、維持管理費

に関する実態調査を行った。その結果、個別分散型処理の浄化槽に関する費用計算において、維持管理費は検討対象地区の実績値を適用することが妥当であり、機器類の定期的交換費用も見込む必要があることを明らかにした。

第 6 章においては、市町村浄化槽整備推進事業を実施している市町村を対象にアンケート調査を実施し、整備浄化槽の条件設定、維持管理状況、管理コスト、汚泥処理コストの把握状況などの維持管理に関する実態を調査した。平成 21 年度に設置された浄化槽の 97%は大臣認定型となっており、処理性能が同じでも、型式毎に、水の流れる方、装置構成、処理方式、槽容積などが様々であり、その点検箇所、運転状況の確認箇所と方法、調整方法が異なるために、浄化槽の維持管理は、それぞれに対応した管理が必要となる。

設置する浄化槽について条件設定を行っている事例が多いが、維持管理性や清掃作業性、使用開始後の修理交換コストなどに関して設定されていることはあまり行われていない状況である。保守点検や清掃費用については、毎年入札を行っている市町村で単価が年々小さくなる事例が確認された。コスト面でのメリットが大きい、管理が適正に行われることを管理することが重要であると思われる。

第 7 章においては、モデル地区を設定し、著者らが構築した生活排水処理施設整備計画策定財政支援ソフトを活用して、集合処理施設（公共下水道）及び個別処理施設（浄化槽）の整備費用シミュレーション及び PFI 導入の判定を行い、適切な汚水処理システムの計画方法について事例を示した。

第 8 章においては、生活排水処理システムの老朽化対策として導入が図られているアセットマネジメントの概要を整理し、下水道施設におけるマネジメントの実態や老朽化対策の方策およびその効果について検討した。つづいて小規模生活排水処理システムにおいて集合処理システムのアセットマネジメントに基づく管路施設を主とした補修・改築等のシナリオを設定して、その効果を環境的側面から評価するための試算を行った。また、合併浄化槽施設についても本体の減量化・減容化および省エネ型ブロワ導入、ブロワおよびその構成部品の交換を対象とした交換部品の寿命延長による交換頻度の低減効果について検討した。さらに、これまで算定できていなかった汚泥処理について、小規模下水道および浄化槽汚泥の処理プロセス毎の消費電力等から汚泥処理段階の LC・CO₂ 排出量排出量を算定評価して、集合処理システム（下水道）と個別処理システム（浄化槽）の単体システムを対象とした LCA を実施した。これらの算定をもとに、小規模集落を対象とした集合処理システムと個別処理システムにおいて老朽化対策による LC・CO₂ 排出量の削減効果を算定し、その結果に基づく環境効率評価をおこなった。

第 9 章においては、し尿処理施設の老朽化の現状、汚泥再生処理センターの状況、生活排水からのリン回収の状況について調査を行った。下水道の普及や人口減少などを考えると、老朽化したし尿処理施設の更新計画に関する判断材料は多岐にわたり、検討項目はより複雑化する。また近年増加傾向にある汚泥再生処理センターの建設計画においては、人口予測以外にも将来的な汚泥由来堆肥の需要予測のデータが重要な判断材料となる。

リンの再資源化においては、コスト面からみても現状では採算が合わないため、その需要や再資源化技術等、多くの課題が残されていることが明らかになった。

し尿処理施設老朽化の対策として、新しいし尿処理施設の建設以外にも、既設の下水処理場にし尿及び浄化槽汚泥を投入するシステムを導入する自治体が注目を集めている。しかし、公共下水道の所管は国土交通省、し尿処理施設の所管は環境省であるため、し尿処理等前処理施設建設の承認を得るのは容易ではない。し尿処理施設の老朽化の対策を検討するためには、技術面だけではなく、行政面の課題も明確にしていく必要があると考えられる。

第 10 章においては、浄化槽汚泥処理の広域化について検討した。し尿から浄化槽汚泥への移行、施設の老朽化、厳しい財政などの状況に対応しつつ、適正なし尿処理とリサイクルを推進し、住民や地方自治体の負担を軽減するため、し尿処理の広域化による効率的かつ効果的な運営を推進する必要がある。本章では大阪府の具体的な事例を取り上げて、広域処理の評価を行った。

第 11 章においては、事例を取り上げて浄化槽事業の現状分析を行い、費用内訳や費用原単位を求めた。さらに人口減少や浄化槽の設置状況などを考慮して、将来のし尿や浄化槽汚泥の処理費用予測を行った。ここで示された手法は、人口減少が進む中で生活排水処理の経営を考える手法として他地域にも適用ができる。

第 12 章においては、人口減少が進む中で老朽化が進む様々な生活排水処理事業の持続的な経営手法について検討した。老朽化した農業集落排水処理施設が点在する流域において、将来の人口減少を考慮に入れ、処理施設の統合や浄化槽の導入などを組み合わせて、効率的に更新を行っていく方法を検討した。つぎに、人口減少が進む地域の老朽化が近く始まる集合処理施設において、更新後集合処理及び浄化槽の導入を考慮しつつ、最適な長寿命化を実施する方法を検討した。さらに、市町村設置型浄化槽事業をとりあげて、人口減少が進む中で、世代間の負担を考慮した費用負担方法についての検討を行った。

以上本研究においては、人口減少と老朽化が進む生活排水処理事業において、適切な経営を行って持続していくための方法を、現地調査、資料調査、理論解析など多方面からからの検討を実施することで、今後の対策を考える事業体に向けて、考え方のヒントとなるような情報を提供した。わが国が経験したことのない人口減少問題とインフラの老朽化問題はこれからますます身に迫った問題となってくる。多方面にわたる様々な検討を進め、議論を続けていくことが必要であると考えている。