固有調査研究（コア技術）【C-4】

人口減少等に対応した
小規模低コスト水処理技術
（平成 29 年度～令和 3 年度）

報告書

令和4年3月

日本下水道事業団
技術戦略部

はじめに

日本下水道事業団（JS）では、2017（平成 29）年度から 2021（令和 3）年度までの 5 ヶ年度を計画期間とする第 5 次中期経営計画に定める JS の 2 つの役割、すなわち「下水道ソリューションパートナーとしての総合的支援」、「下水道ナショナルセンターとしての機能発揮」を着実に果たしていくため、JS 自らの財源を確保し、安定的かつ継続的に調査研究を実施し、地方公共団体に成果を還元することを目的として、2018 年 1 月に策定した「基礎・固有調査研究の中期計画」（計画期間：同上）に則り、14 テーマの調査研究を進めて参りました。

本報告書は、これらのうち、人口減少対応や省エネ化・脱炭素化などの時代の要請に対して技術の進化を図る「固有調査研究（コア技術）」の一環として実施した「人口減少等に対応した小規模低コスト水処理技術」に関する調査研究成果を取りまとめたものです。

本調査研究では、小規模施設向け（現有処理能力 1,000 m^3/日以下）の流入水量減少に柔軟に対応可能な低コスト水処理技術の開発・実用化に向け、小規模下水処理場の実態把握や新たな改築手法の検討などを行いました。

本報告書が地方公共団体の皆さまの下水道事業の遂行の一助になりますとともに、下水道事業全体の発展に寄与することを期待するものです。

なお、本調査研究は、橋本敏一（2017・19 年度）、山下洋正（2018 年度）、糸川浩紀（2020～21 年度）の指導の下、糸川浩紀（2017～19 年度）、瀧本由樹（2020～21 年度）が担当しました。

2022 年 3 月

技術戦略部長　橋本 敏一

人口減少等に対応した小規模低コスト水処理技術
（平成 29 年度～令和 3 年度）
報告書

－ 目次 －

第１章　研究の概要 1-1
１．１　研究の背景および位置づけ 1-1
１．２　研究の目的 1-1
１．３　実施項目および工程 1-1
１．４　報告書の構成 1-2

第２章　小規模下水処理場の実態把握 2-1
２．１　検討の概要 2-1
２．２　検討の目的および内容 2-1
２．３　統計資料の解析 2-1
２．４　アンケート調査 2-8
２．５　主たる成果 2-22

第３章　小規模下水処理場における最適な改築手法に関する検討 3-1
３．１　検討の概要 3-1
３．２　検討の結果 3-1

第４章　成果および課題 4-1
４．１　成果の総括 4-1
４．２　結論 4-1
４．３　今後の課題 4-2

【参考文献】

【成果公表リスト】

【謝辞】

第１章　研究の概要

１．１　研究の背景および位置づけ

人口減少の問題は下水道の分野にも波及しており、維持管理担当者（自治体担当職員、維持管理を委託されるメンテナンス会社担当職員）の後継者不足、流入水量の減少に伴う使用料収入の減少などの問題が顕在化しつつある。国立社会保障・人口問題研究所の推定[1)]によると、人口が 3,000 人を下回る自治体は、2015 年時点での 131 自治体に対して、2045 年では 291 自治体とされており、2015 年から 2045 年にかけての人口減少率は、人口が少ない自治体ほど高い傾向にある。このことから、小規模の下水処理場では、今後さらなる維持管理担当差と使用料収入の減少が予想される。

一方、国土交通省の発表[2)]によると、令和 2 年度末で供用年数が 15 年（機械･電気設備の標準耐用年数相当）を超過した下水処理場は、全体の約 91%（約 2,200 箇所のうち約 2,000 箇所）にも上り、持続的な下水道機能確保のための計画的な維持管理・改築事業の実施の必要性が高まっている。

流入水量の減少による使用料収入の減少、改築需要の高まりによる支出の増加など、下水道経営の状況は今後ますます厳しくなることが予想される。また、流入水量の減少で流入率（晴天時日平均水量を現有処理能力で除した割合）が低下し、処理コストが割高になる。このような状況であっても安定した下水処理は必須であり、安定した処理性能を維持した低コストの水処理技術が必要とされている。小規模下水処理場の水処理は、処理水量当たりの処理コストが中･大規模の下水処理場と比較して高い傾向にあること、また先述の人口減少の傾向から流入水量が減少する小規模下水処理場が今後増加すると考えられることなどから、人口減少等に対応した小規模かつ低コストの水処理技術（以下、「小規模低コスト水処理技術」と言う。）の開発ニーズが高まっている。特に、現有能力が 1,000m^3/日以下の下水処理場では、水処理系列数が少ないケースが多く、流入水量の減少に合わせた設備のダウンサイジングが困難であること、改築更新時の処理機能を維持するために仮設水処理施設が必要となりコストが割高となるなど、より多くの課題を有する傾向にある。

１．２　研究の目的

本研究では、処理能力 1,000m^3/日以下の規模の小規模下水処理場を主たる対象に、小規模低コスト水処理技術の開発を目的とした。

１．３　実施項目および工程

本研究では、以下の内容を実施した（表 1-1）。

・　小規模下水処理場の実態把握

統計資料（下水道統計等）の整理・解析および現有能力が 1,000m³/日以下の下水処理場を有する地方公共団体を対象にしたアンケート調査の実施により、小規模下水処理場における施設諸元、処理状況および流入水量や水質の特性を整理した。本調査は、平成 29 年度に統計資料の整理およびアンケート調査、平成 30 年度にそれら結果の解析を実施した。

・　小規模下水処理場における最適な改築手法に関する検討

小規模下水処理場の実態把握により得られた成果等を踏まえ、小規模下水処理場における最適な改築手法に関する検討を行った。なお、本検討は、国土交通省からの受託業務の一環として実施したため、当該業務の成果の一部を抜粋して報告する。

表 1-1　本研究の工程

	H29	H30	R元	R2	R3
小規模下水処理場の実態把握調査	●――	――	●―		
小規模下水処理場における最適な改築手法に関する検討				●―	――●

1．4　報告書の構成

本報告書の構成は以下のとおりである。第２章で統計資料およびアンケート調査結果の整理・解析を行い、第３章で小規模下水処理場における最適な改築手法に関する検討を行った。第４章では、第２章および第３章の成果を総括し、小規模下水処理場における低コスト水処理技術の開発条件や改築時の最適な手法について、今後の課題等を明らかにした。

第１章　研究の概要
第２章　小規模下水処理場の実態把握
第３章　小規模下水処理場における最適な改築手法に関する検討
第４章　成果および課題

第２章　小規模下水処理場の実態把握

２．１　検討の概要

本章では、統計資料および小規模下水処理場を対象にしたアンケート調査の結果を整理・解析し、小規模低コスト水処理技術の開発に向けて小規模下水処理場の特性を明らかにした。

２．２　検討の目的および内容

小規模低コスト水処理技術のニーズが高まる一方、小規模下水処理場の流入負荷の実績を調査した事例は少なく、技術開発に必要な基礎的な知見が不足している。本章では、統計資料および小規模下水処理場を対象にしたアンケート調査結果の整理・解析に基づき、小規模下水処理場の流入水量・水質の各種タイムスパンにおける変動特性等の実態を明らかにした。

２．３　統計資料の解析

２．３．１　解析の方法

「下水道統計（平成 26 年度版）[3)]」および「下水処理場ガイド 2017[4)]」に掲載された情報･データの中から現有処理能力が 1,000m^3/日以下の下水処理場を抽出し、小規模下水処理場の施設諸元・処理状況等を整理した。

２．３．２　調査結果および考察

(1)処理場の概要

- 現有処理能力が 1,000m^3/日以下の小規模下水処理場は 481 施設あり、全国に遍在していた（表 ２-１、図 ２-２）。
- 主要な処理方式はオキシデーションディッチ（OD）法で、328 施設で採用されていた（表 ２-２）。

表 2-1 現有処理能力 1,000m^3/日以下の下水処理場数、自治体数

	下水処理場数	自治体体数
①1,000m^3/日以下の処理場	481	317
②小規模下水処理場を有する自治体が管理する処理場数	508	
全処理場数（①＋②）	989	

表 2-2 現有処理能力 1,000m³/日以下の処理場における処理方式と処理場数

処理方法		処理場数	
		処理方式	主要処理方式
2次処理	標準活性汚泥法	2	2
	長時間エアレーション法	19	19
	酸素活性汚泥法	0	－
	モディファイド・エアレーション法	0	－
	ステップエアレーション法	0	－
	回分式活性汚泥法	24	24
	好気性ろ床法	11	11
	嫌気好気ろ床法	13	13
	標準散水ろ床法	0	－
	高速散水ろ床法	0	－
	接触酸化法	11	9
	回転生物接触法	2	2
	土壌被覆型礫間接触法	23	22
	オキシデーションディッチ法	333	328
高度処理	嫌気無酸素好気法	0	－
	循環式硝化脱窒法	1	1
	硝化内生脱窒法	0	－
	ステップ流入式多段硝化脱窒法	0	－
	嫌気好気活性汚泥法	8	9
	高度処理オキシデーションディッチ法	25	24
2次処理および高度処理	循環式硝化脱窒型膜分離活性汚泥法	1	2
	その他処理方法	30	11
	データ無し	－	4
	合計	503	481

※処理場内に複数の処理方式が混在するため 481 箇所よりも多くなっている。

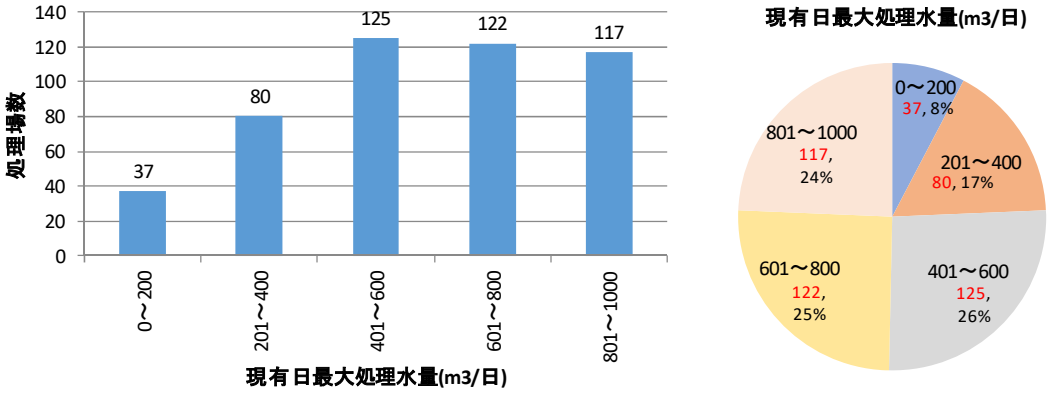

図 2-1 現有施設における日最大処理水量別の処理場数

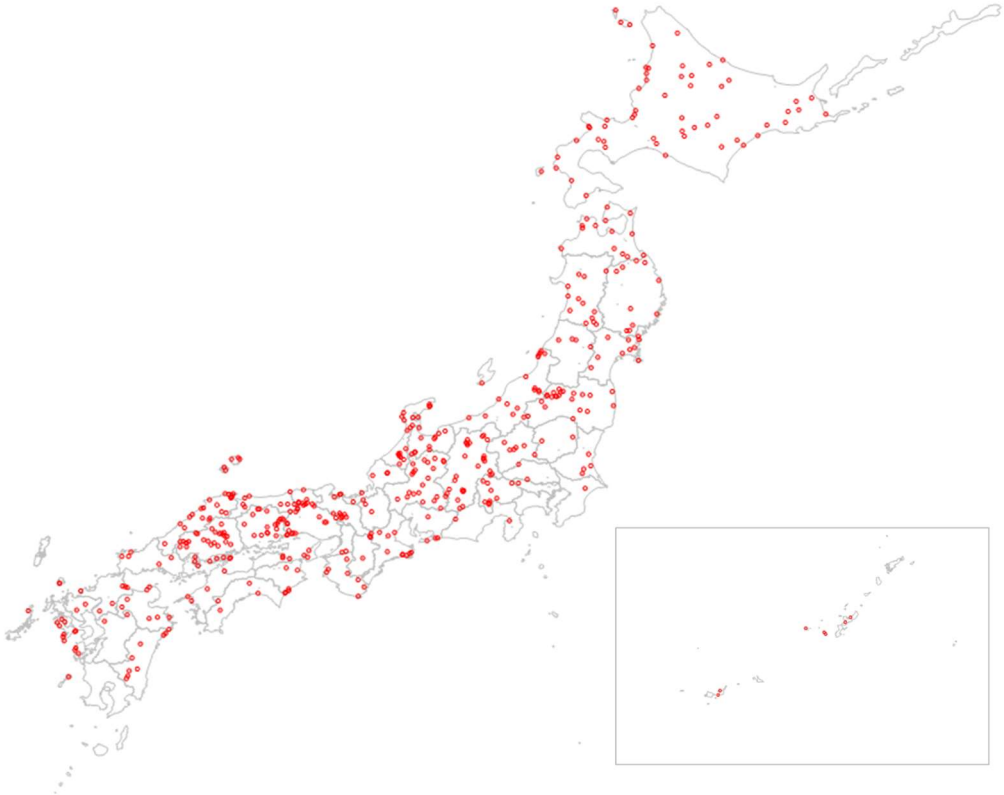

図 2-2 現有処理能力 1,000m³/日以下の下水処理場（481 箇所）の全国分布

（2）晴天時日平均下水量

・ 晴天時日平均下水量の 95 値、5%値、および中央値はそれぞれ 578、150、241 m³/日であった（

・ 表 2-3、図 2-3）。これは、小規模下水処理場の内、半数の処理場の晴天時日平均水量が 241 m³/日以下、大半の処理場において 150～578m³/日の範囲にあることを示す。

・ 小規模下水処理場の流入率は、国内の全処理場の流入率と同様の分布傾向が見られたが、統計値（各種パーセンタイル値）は、国内の全処理場と比べて全体的に 0.5～0.2 ポイント低かった（

・　表 2-3、図 2-4)。小規模下水処理場は国内の全処理場と比較して、実際の流入水量に対する現有処理能力が若干過分となっていることが示唆された。

表 2-3 晴天時日平均水量等の統計値

	現有処理能力 (m³/日)	晴天時日平均水量 (m³/日)	流入率 (小規模下水処理場)	流入率 (全処理場)
95%値	1,000	578.0	0.80	0.82
90%値	950	481.3	0.71	0.72
50%値	600	240.8	0.40	0.44
10%値	250	58.4	0.18	0.23
5%値	150	39.3	0.14	0.16

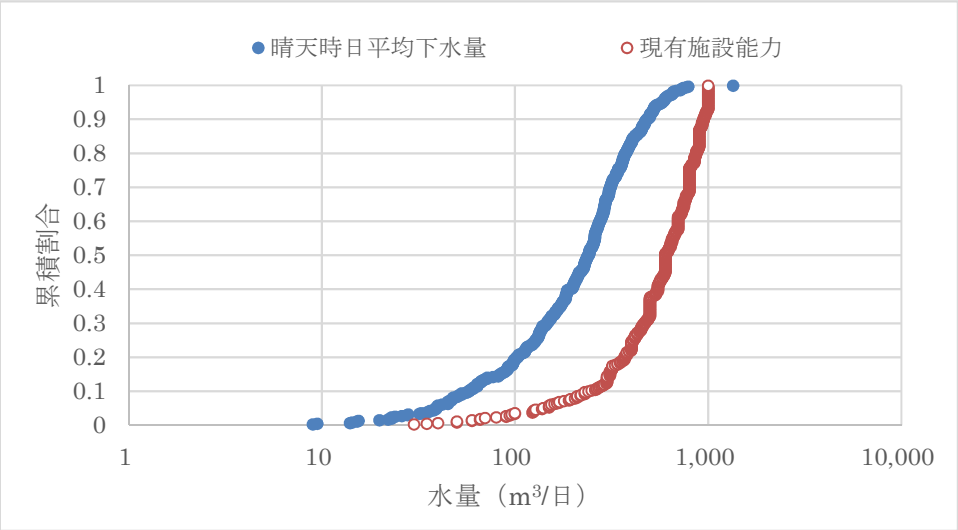

図 2-3 晴天時日平均水量および現有処理能力の累積頻度分布

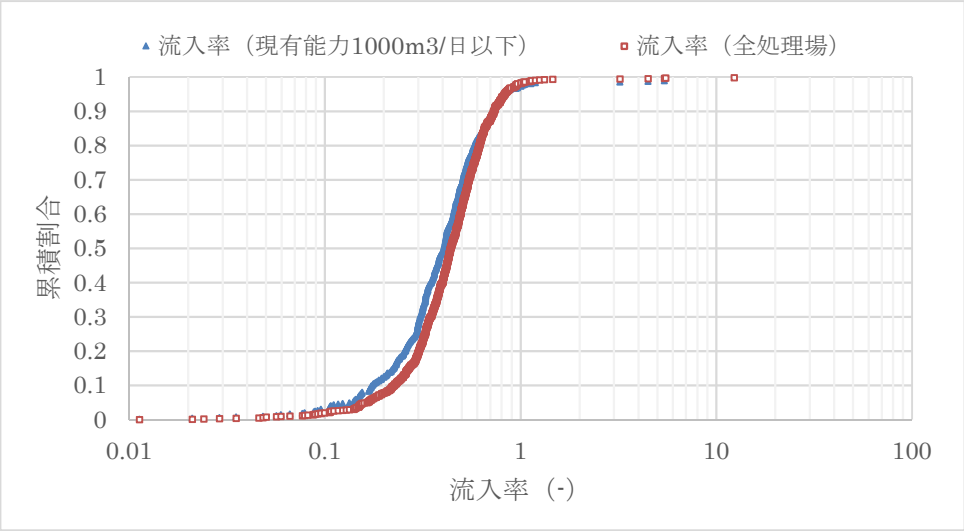

図 2-4 流入率の累積頻度分布

(3)反応タンクおよび最終沈殿池の池数

・　反応タンクおよび最終沈殿池の池数は１池の施設が最も多く、反応タンクは61%、最終沈殿池は64%の施設が該当した（図　2-5、図　2-6）。

・　これらの施設では施設の更新時、水処理機能を維持するために仮設水処理施設が必要になるため、コストが割高になることが想定される。

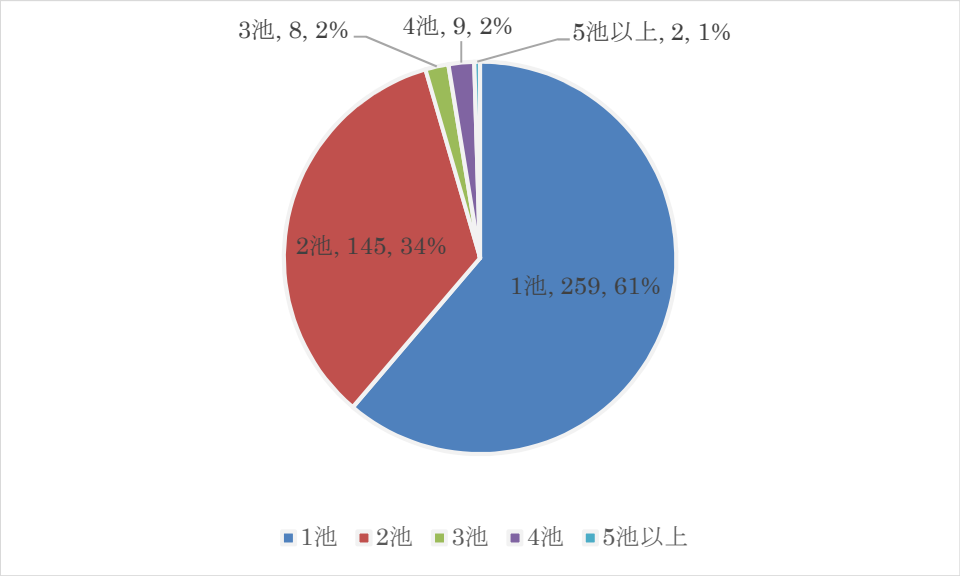

図　2-5　反応タンクの池数

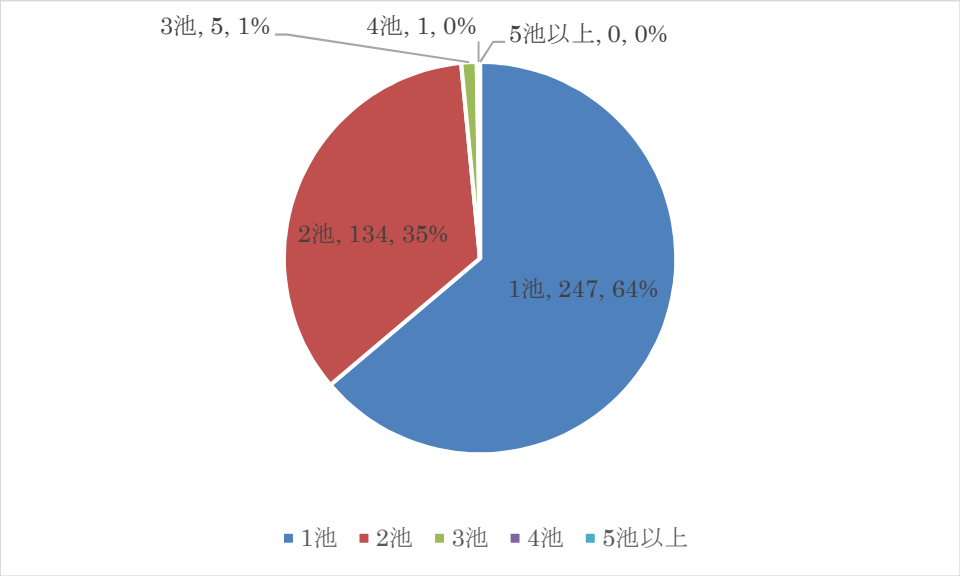

図　2-6　最終沈殿池の池数

(4)水処理電力原単位

- 水処理電力原単位（水処理の年間電力消費量を年間処理水量で除した単位水量当たりの消費電力量）の実績の 95%値、5%値、および中央値は、小規模下水処理場では 2.95、0.29、0.84、kWh/m³、国内の全処理場では 1.62、0.13、0.43kWh/m³ であった（表 2-4、図 2-7）。小規模下水処理場の水処理電力原単位は、国内の全処理場と比較して、大きい傾向が見られた。

- 水処理運転では、反応タンクにおける送風機の運転が電力消費量の多くを占めているが、小規模下水処理場ではスケールメリットが得られず、割高になっているものと考えられる。

表 2-4 電力原単位の統計値

	水処理電力原単位（kWh/m³）	
	小規模下水処理場	全下水処理場
95%値	2.95	1.62
90%値	2.10	1.13
50%値	0.84	0.43
10%値	0.36	0.17
5%値	0.29	0.13

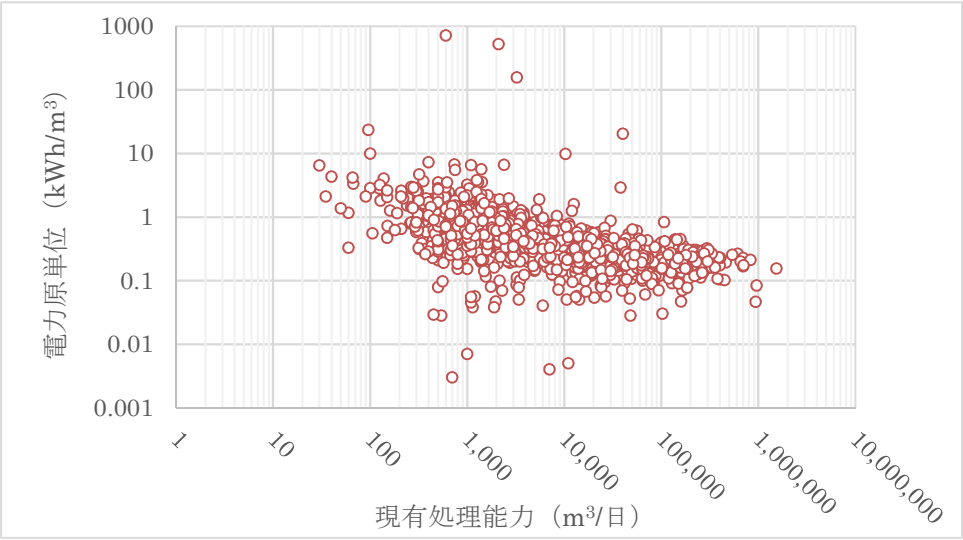

図 2-7 現有施設能力と水処理電力原単位の関係（全下水処理場）

２．４　　アンケート調査

２．４．１　　調査･解析の方法

(1)アンケート調査

統計資料の解析で抽出した小規模下水処理場（現有処理能力 1,000m³/日以下）を有する地方公共団体から絞り込んだ 100 ヶ所程度の地方公共団体を対象にしたアンケート調査を実施した。アンケート対象の絞り込み条件および実施の概要は以下のとおり。

- アンケート対象の絞り込み条件
  - 現有の水処理系列が 1 系列
  - 小規模下水処理場の他、複数の下水処理場を有する。
  - 統廃合計画を持たない処理場
- アンケートの実施年：平成 29 年
- アンケートの対象期間：平成 27～28 年

(2)アンケート調査結果の解析

アンケート調査の結果を統計処理し、定量的な特徴づけを行った。

具体的には、表 ２･５に示す年間や時間変動の期間（以下、「タイムスパン」と言う。）データが得られた処理場について、タイムスパンの流入水量や水質をそれぞれ期間の平均値で除したものを「変動比」と定義し、これを処理場毎･タイムスパン毎に算出した。次いで、各変動比の最大値、最小値、各種パーセンタイル値（95、90、10、5%値）を算出した。

流入水量年間変動比（年度ごとに各月の水量を年間平均水量で除したもの）の季節別平均値、流入水量曜日別平均値、流入水質年間変動比の季節別平均値、および流入水質月別年間変動比は、全処理場の平均値により示す。

表 2-5 各種タイムスパンデータとこれに基づく成果

項目		使用データ	成果
流入水量	年間変動データ	・月間平均値（24ヶ月分）および年間平均値 ・処理場数は約120箇所	・流入水量の年間変動比の累積頻度分布 ・年間変動比の季節別平均値
	時間変動データ	・1週間の毎時積算値（24時間×7日）×4季節分 ・処理場数は約35箇所（時間変動データが無い箇所を含む）	・時間変動比※1の累積頻度分布 ・曜日別平均値および90~10%範囲値 ・時間変動ピーク比の曜日別平均値
流入水質	年間変動データ	・流入水のBOD、COD、T-N、水温の月間平均値（24ヶ月分）および年間平均値 ・処理場数は約90箇所	・年間変動比の季節別平均値 ・月別年間変動比の全処理場平均値

※1 各正時1時間の水量を当該日の平均水量（1時間水量の平均値）で除したもの

２．４．２　　調査･解析の結果および考察

（1）アンケート調査

①対象施設の抽出

絞り込みの結果、対象となる団体数は 117 団体、処理場数は 202 施設となった（表２･６）。絞り込み前後の地域の偏りを確認したところ、大きな偏りは見られなかった（図２･８）ため、ここで絞り込んだ自治体および小規模下水処理場を調査対象とすることとした。

表 2-6 絞り込み前後の調査対象数

	絞り込み前	絞り込み後
小規模下水処理場	481	202
全下水処理場	989	465
自治体数	317	117

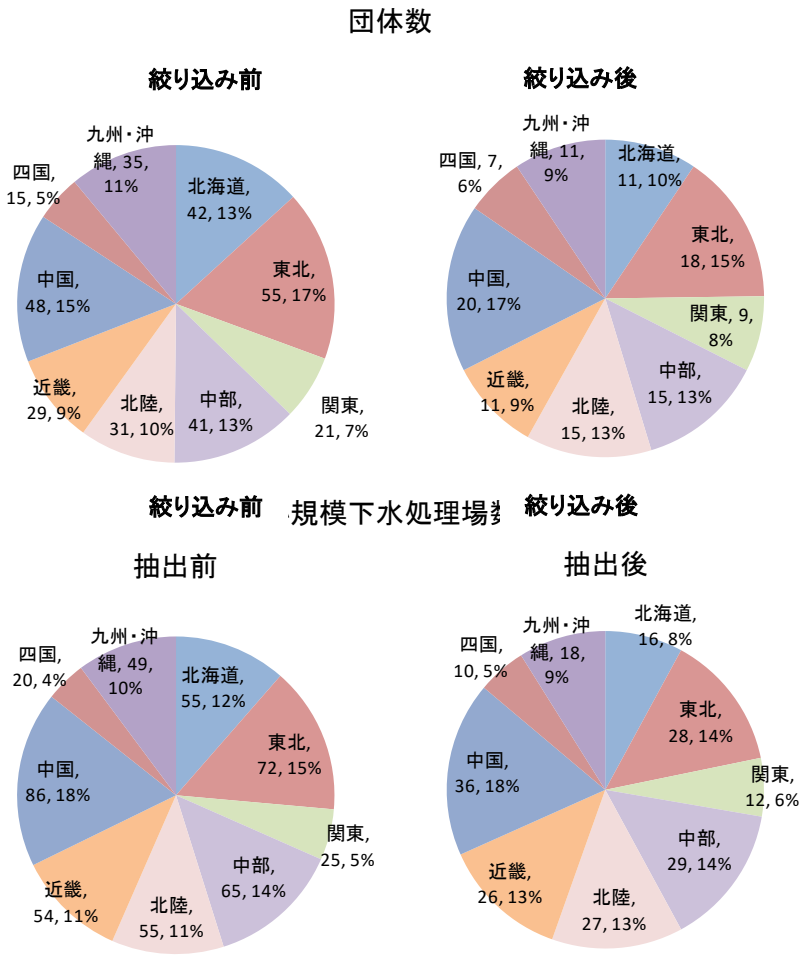

図 2-8 絞り込み前後の自治体数および小規模下水処理場数

②回答結果

アンケート調査の回答結果を表 2-7に示す。有効回答率は、自治体単位では62%、下水処理場単位では60%であった。

表 2-7 実態調査の回答数

	発送数	返信数	有効回答数	有効回答率
自治体	117	72	72	62%
小規模下水処理場	202	122	121	60%

③水処理方式

- 水処理方式に関する有効回答数は、121下水処理場であった。
- 水処理方式としては、全体的にOD法が突出して多く、有効回答下水処理場の74%を占めていた（図 2-9）。
- 現有処理能力ごとで集計すると201m³/日以上ではOD法が突出して多かったが、200m³/日以下では突出した水処理方式は見られず、大きな偏りはなかった（表 2-8）。
-

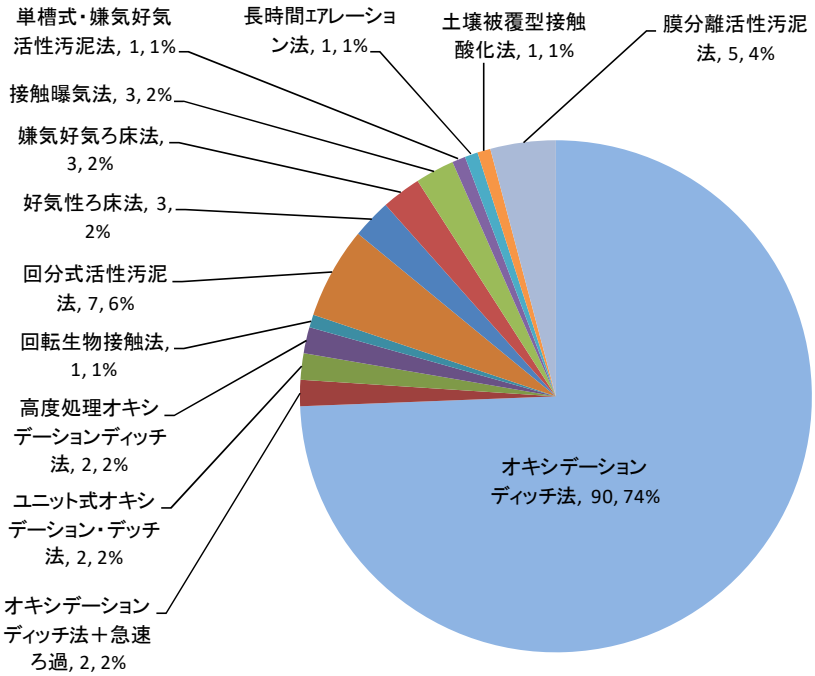

図 2-9 水処理方式

表 2-8 水処理方式（現有処理能力区分別）

水処理処理方式	現有処理能力（m^3/日）					
	200以下	201～400	401～600	601～800	801以上	合計
オキシデーションディッチ法	4	17	22	29	18	90
オキシデーションディッチ法＋急速ろ	0	0	2	0	0	2
ユニット式オキシデーション・デッチ法	2	0	0	0	0	2
高度処理オキシデーションディッチ法	0	0	0	0	2	2
回転生物接触法	0	0	0	0	1	1
回分式活性汚泥法	2	1	1	1	2	7
好気性ろ床法	0	0	0	1	2	3
嫌気好気ろ床法	0	1	0	1	1	3
接触曝気法	3	0	0	0	0	3
単槽式・嫌気好気活性汚泥法	0	0	1	0	0	1
長時間ｴｱﾚｰｼｮﾝ法	0	0	1	0	0	1
土壌被覆型接触酸化法	1	0	0	0	0	1
膜分離活性汚泥法	2	1	0	2	0	5
合計	14	20	27	34	26	121

④反応タンクの池数

・　反応タンクの池数に関する有効回答数は、120 下水処理場であった。

・　池数は１池が突出して多く、73%を占めていた（図　２-１０）。
現有処理能力ごとの平均値は 801m^3/日以上が 1.9 池で最も多く、次いで 200 m^3/日以下が 1.6 池であった。全体では 1.4 池であった（

・　表　２-９）。

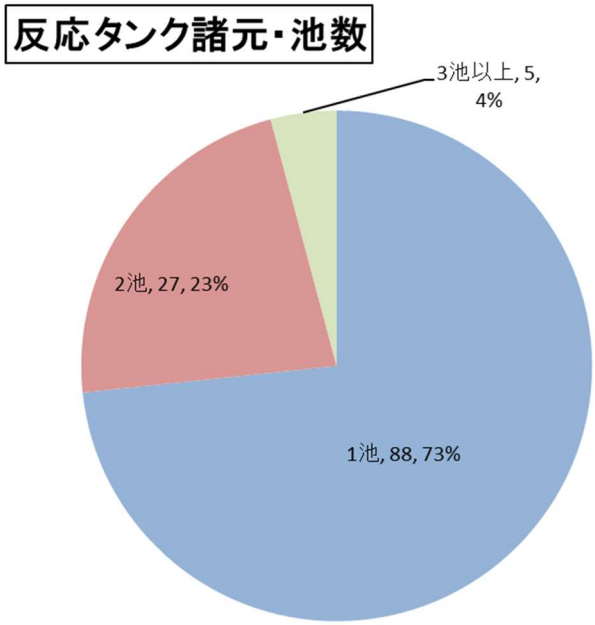

図 2-10 反応タンクの池数

表 2-9 反応タンクの池数（現有施設能力区分別）

反応タンク諸元	単位	統計項目	現有施設能力（m³/日）					
			200以下	201～400	401～600	601～800	801以上	全体
池数	池	処理場数	14	20	27	34	26	121
		データ数	14	20	27	34	25	120
		平均値	1.6	1.1	1.1	1.3	1.9	1.4
		中央値	2	1	1	1	1	1
		最大値	2	2	2	4	10	10
		最小値	1	1	1	1	1	1
		標準偏差	0.5	0.3	0.4	0.8	1.9	1.0
		変動係数	0.3	0.3	0.3	0.6	1.0	0.7

⑤最終沈殿池の池数

・ 最終沈殿池の池数に関する有効回答数は 98 下水処理場（最終沈殿池を有しない水処理方式の処理場を除く）であった（表 2-１０）。

・ 池数は１池が突出して多く、75%前後を占めていた（図 2-１１）。

・ 現有処理能力ごとの平均値は 801m³/日以上と 200 m³/日以下が同数で 1.4 池と、最も多かったが、他の水量も同等程度であった。全体では 1.3 池であった（図 2-１１）。

表 2-10 最終沈殿池の池数の有効回答数

アンケート項目	有効回答数
最終沈殿池の池数	105
最終沈殿池の池数 （最終沈殿池が不要な水処理方式を除く）	98

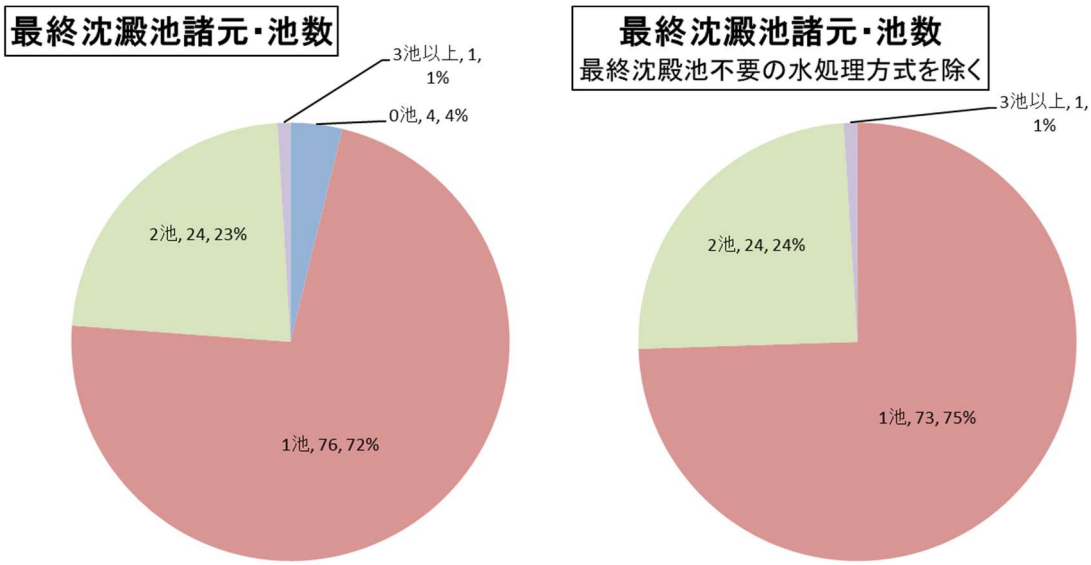

図 2-11 最終沈殿池の池数

表 2-11 最終沈殿池諸元の池数（現有施設能力区分別）

最終沈殿池諸元	単位	統計項目	現有施設能力（m^3/日）					
			200以下	201～400	401～600	601～800	801以上	全体
池数（全体）	池	処理場数	14	20	27	34	26	121
		データ数	10	18	24	31	22	105
		平均値	1.4	1.2	1.2	1.0	1.4	1.2
		中央値	1	1	1	1	1	1
		最大値	2	2	2	2	3	3
		最小値	1	0	1	0	1	0
		標準偏差	0.5	0.5	0.4	0.5	0.6	0.5
		変動係数	0.4	0.4	0.3	0.5	0.4	0.4
池数（最終沈澱池が不要な水処理方式を除く）	池	処理場数	14	20	27	34	26	121
		データ数	9	16	24	28	21	98
		平均値	1.4	1.3	1.2	1.1	1.4	1.3
		中央値	1	1	1	1	1	1
		最大値	2	2	2	2	3	3
		最小値	1	1	1	1	1	1
		標準偏差	0.5	0.5	0.4	0.4	0.6	0.5
		変動係数	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4

（2）アンケート調査結果の解析

①流入水量の年間変動

・ 流入水量の年間変動データ（月平均水量×12ヶ月×2ヶ年度）が得られた約120処理場について、各月の平均水量を当該年度の月平均水量で除したものを「年間変動比」と定義し、これを処理場毎･月毎に算出した。次に、各月毎120処理場の年間変動比の最大値、最小値、各種パーセンタイル値（95、90、10、5%値）を算出した（表 2-12）。2ヶ年度のデータ120処理場分の累積頻度分布を図 2-12に示した。

・ 年間変動比の「最大値」および「最小値」の範囲を見ると、120処理場の平均値および中央値で各々0.87～1.22、0.91～1.15であり、これが月平均水量の年間変動の平均的な大きさに相当する。一方、流入水量が高い側を見ると、同変動比の「最大値」の95%値および90%値が各々1.59、1.42であり、少数の処理場を除けば、極端に大きな変動比とはなっていない。

・ 各処理場の年間変動比の季節別平均値について、120 処理場の平均値および 10～90%値範囲として表示したものを図 2-13に示した。各季節（春季、夏季、秋季、冬季）の変動比の平均値は各々0.99、1.05、0.97、0.99であり、夏季（7～9月）の流入水量が明らかに大きい一方で、冬季（1～3月）の流入水量は概ね当該年度の月平均水量と同等である。なお、本検討では月間平均水量を使用しているため、ここで示した変動比は、下水道計画上の日最大/日平均水量比等とは対応していない。

・ 120処理場の平均値を算出し、月別の年間変動比と共に表示したものを図 2-14に示す。月別の変動比では8月が最も高く、11月が最も低い傾向が見られた。

表 2-12 流入水量月別年間変動比

		年間変動比の統計量(H27～28年度平均)						
		最大値	95%値	90%値	50%値	10%値	5%値	最小値
処理場全体での変動指標値の分布特性	データ数	120	120	120	120	120	120	120
	平均値	1.22	1.17	1.13	0.98	0.90	0.88	0.87
	最大値	2.69	2.13	1.85	1.14	0.98	0.98	0.98
	95%値	1.59	1.40	1.35	1.01	0.97	0.97	0.96
	90%値	1.42	1.33	1.24	1.01	0.97	0.96	0.95
	50%値	1.15	1.12	1.09	0.99	0.93	0.92	0.91
	10%値	1.06	1.05	1.03	0.94	0.82	0.78	0.75
	5%値	1.05	1.05	1.03	0.91	0.74	0.71	0.67
	最小値	1.03	1.02	1.01	0.71	0.41	0.31	0.21

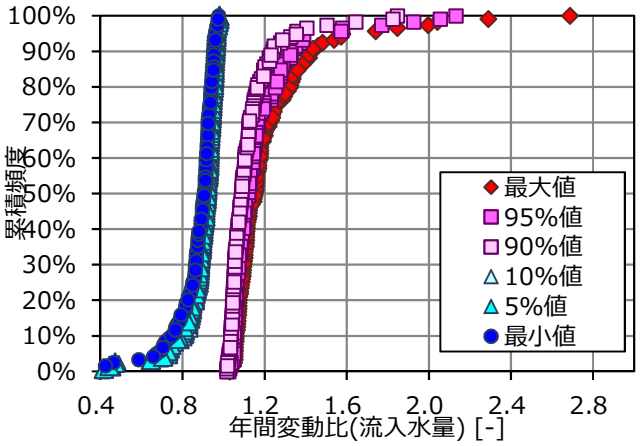

図 2-12 流入水量月別年間変動値の累積頻度分布

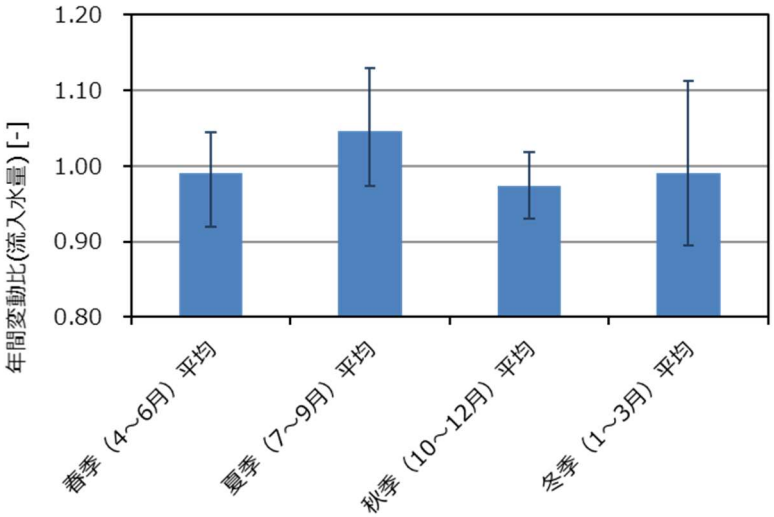

図 2-13 流入水量の年間変動比の季節別平均値および 10～90%値範囲

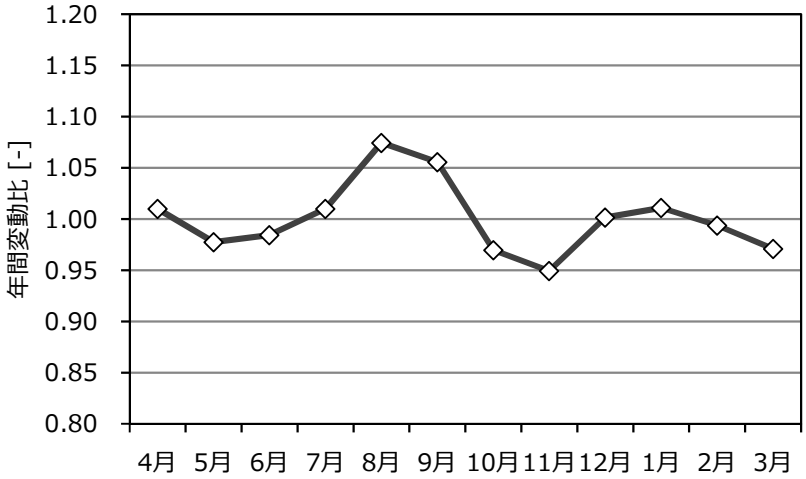

図 2-14 流入水量の月別年間変動比（120 処理場の平均）

②流入水量の時間変動

・ 流入水量の時間変動データ（1 時間毎の累積水量×24hr×7 日間×4 季節）が得られた 36～40 処理場について、時間変動比を処理場毎･日毎に算出した（表 2-13）。本比率について、前述の年間変動比と同様に各種統計量を算出し、処理場毎の全データの累積頻度分布としてプロットしたものを図 2-15 に示した。

・ 同図の「最大値」は、処理場毎の時間変動ピーク比（時間変動比の各日の最大値）の分布に相当するが、その平均値および中央値は各々2.06、2.00 である。すなわち、これらの処理場における時間変動のピーク水量は、平均的には 1 日平均水量に対して 2 倍程度ということになる。一方、同「最大値」の 95%値および 90%値は各々3.04、2.56 であるが、これは時間変動ピーク比が 3 以下の処理場が全体の 95%、2.6 以下の処理場が全体の 90%を占めることを意味する。水処理プロセスの実証実験において、小規模下水処理場を想定した時間変動ピーク比として 2.9 が設定された事例[5)]があるが、上述の実下水処理場における実態からは、これよりも極端に大きなピーク比を想定する必要は無いと言える。一方、同図の「最小値」を見ると、平均値および中央値が各々0.171、0.107 であり、流入水量が 1 日平均の 2 割以下にまで減少する時間帯が存在することが平均的な姿であることが解る。

・ 上述の時間変動ピーク比について、処理場毎に(a)曜日別、(b)季節別に 33 処理場の平均値および 10～90%値範囲として表示したものを図 2-16 および図 2-17 に示した。10～90%値にはばらつきが見られるものの、33 処理場の平均値を見ると、週内各曜日のデータで 1.96～2.07、季節毎のデータで 2.01～2.07 と、顕著な曜日変動や季節変動は見られなかった。

表 2-13 流入水量時間別変動比（7 日間･4 季節平均）

		時間変動比の統計量(7 日間・4 季節平均値)					
		最大値	95%値	90%値	10%値	5%値	最小値
処理場全体での変動指標値の分布特性	データ数	33	33	33	33	33	33
	平均値	2.06	1.91	1.74	0.30	0.22	0.17
	最大値	3.80	3.44	3.12	0.86	0.85	0.81
	95%値	3.04	2.76	2.47	0.70	0.63	0.62
	90%値	2.56	2.29	2.07	0.61	0.53	0.45
	50%値	2.00	1.83	1.67	0.28	0.17	0.11
	10%値	1.47	1.44	1.38	0.09	0.02	0.00
	5%値	1.40	1.36	1.32	0.03	0.00	0.00
	最小値	1.27	1.23	1.17	0.00	0.00	0.00

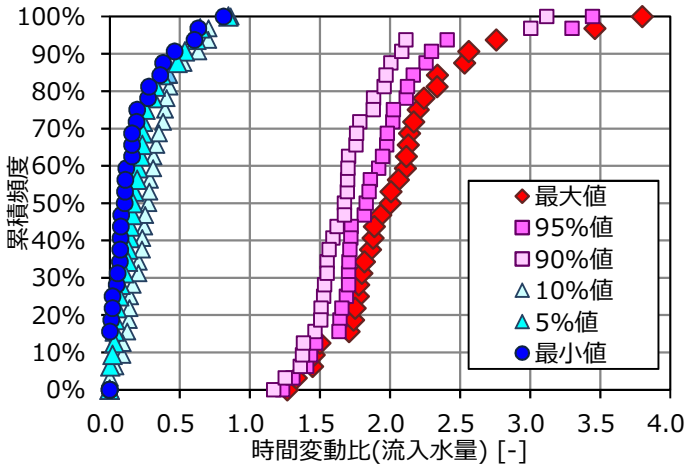

図 2-15 流入水量の時間変動比の累積頻度分布

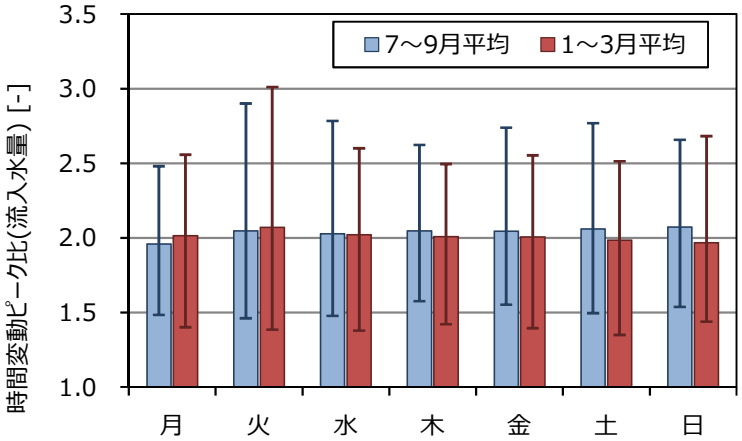

図 2-16 流入水量の時間変動ピーク比の曜日別平均値および 10～90%値範囲

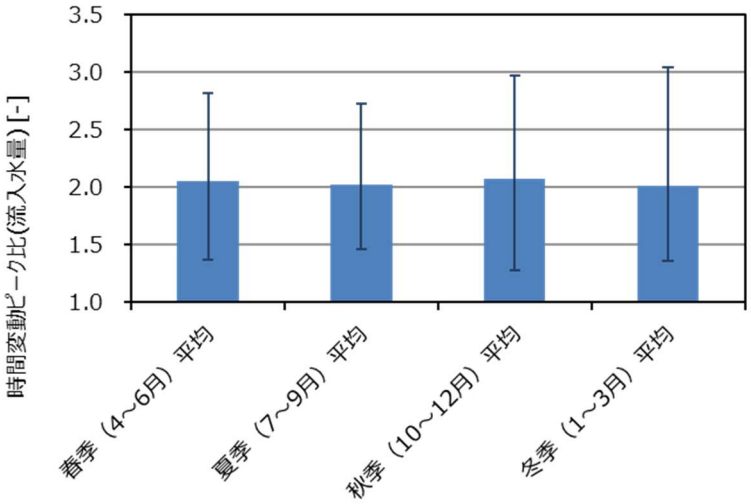

図 2-17 流入水量の時間変動ピーク比の季節別平均値および 10～90%値範囲

③流入水質の年間変動

・ 流入水質（SS、BOD、COD 濃度）の年間変動データ（月平均水質×12 ヶ月×2 ヶ年度）が得られた 90～109 処理場について、各流入水質の年間変動比（対年間平均）を月毎に算出した（表 2-１４、表 2-１５、表 2-１６）。処理場毎に年間変動比の季節別平均値を算出した上で、処理場の平均値および 10～90%値範囲として表示したものを図 2-１８に示した。

・ 3 種の水質項目の季節変動状況は概ね類似しており、夏季（7～9 月）および秋季（10～12 月）の変動比が比較的小さい一方で冬季の変動比が高く、冬季に流入水濃度が上昇する傾向が明らかである。ただし、処理場の平均値で見ると、SS、BOD、COD の年間変動比の冬季平均値は各々1.06、1.10、1.07 で、冬季における濃度増加率は 10%以下と大きくはない。

・ 各水質項目の月別年間変動比について処理場の平均値を算出し、流入水量の年間変動比と共に表示したものを図 2-１９に示すが、流入水量と流入水質の間で年間での増減傾向が逆転しており、一般に知られる傾向が確認できる。

表 2-14 BOD の月別年間変動比

		BOD の年間変動比の統計量(H27～28 年度平均)						
		最大値	95%値	90%値	50%値	10%値	5%値	最小値
処理場全体での変動指標値の分布特性	データ数	109	109	109	109	109	109	109
	平均値	1.61	1.47	1.35	0.95	0.69	0.64	0.59
	最大値	4.05	2.64	1.98	1.08	0.93	0.92	0.90
	95%値	2.50	2.09	1.69	1.04	0.87	0.83	0.80
	90%値	2.16	1.86	1.61	1.01	0.85	0.81	0.77
	50%値	1.46	1.39	1.30	0.98	0.72	0.65	0.62
	10%値	1.26	1.22	1.16	0.84	0.52	0.47	0.41
	5%値	1.21	1.18	1.14	0.76	0.42	0.36	0.25
	最小値	1.15	1.12	1.09	0.72	0.25	0.16	0.06

表 2-15 COD の月別年間変動比

		COD の年間変動比の統計量（H27～28 年度平均）						
		最大値	95%値	90%値	50%値	10%値	5%値	最小値
処理場全体での変動指標値の分布特性	データ数	90	90	90	90	90	90	90
	平均値	1.54	1.40	1.28	0.95	0.76	0.72	0.68
	最大値	3.85	2.87	2.00	1.03	0.94	0.92	0.91
	95%値	2.54	2.16	1.74	1.02	0.92	0.89	0.87
	90%値	1.95	1.71	1.51	1.01	0.90	0.87	0.85
	50%値	1.38	1.29	1.21	0.98	0.78	0.74	0.69
	10%値	1.18	1.14	1.10	0.84	0.59	0.55	0.46
	5%値	1.14	1.12	1.08	0.80	0.44	0.39	0.34
	最小値	1.03	1.02	1.01	0.71	0.41	0.31	0.21

表 2-16 SS の月別年間変動比

		SS の年間変動比の統計量(H27～28 年度平均)						
		最大値	95%値	90%値	50%値	10%値	5%値	最小値
処理場全体での変動指標値の分布特性	データ数	105	105	105	105	105	105	105
	平均値	1.82	1.60	1.40	0.92	0.65	0.61	0.56
	最大値	5.40	3.21	2.60	1.08	0.90	0.90	0.90
	95%値	3.31	2.63	1.97	1.03	0.88	0.85	0.83
	90%値	2.76	2.25	1.73	1.02	0.87	0.83	0.80
	50%値	1.58	1.46	1.33	0.96	0.69	0.64	0.59
	10%値	1.22	1.19	1.14	0.74	0.42	0.36	0.25
	5%値	1.18	1.16	1.12	0.66	0.29	0.23	0.21
	最小値	1.17	1.14	0.98	0.52	0.18	0.17	0.10

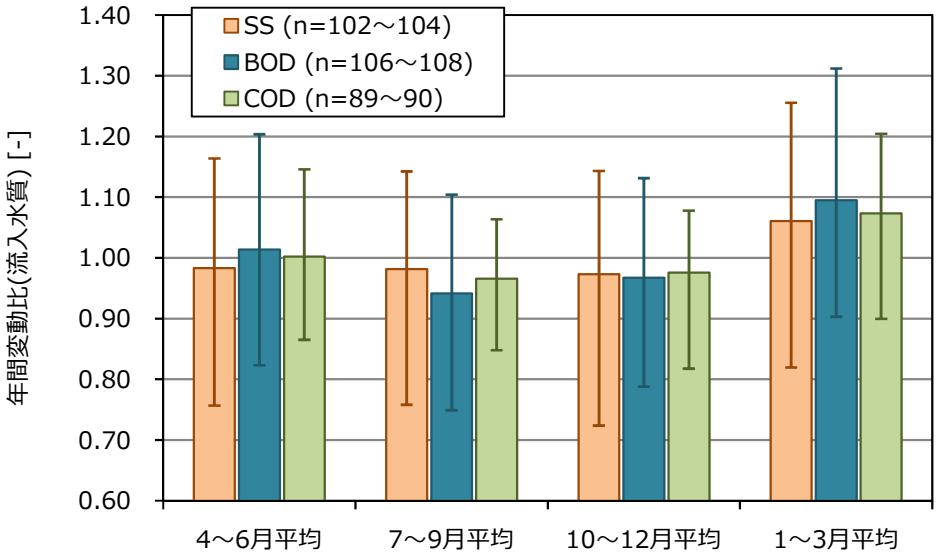

図 2-18 流入水質月別年間変動比の季節別平均値

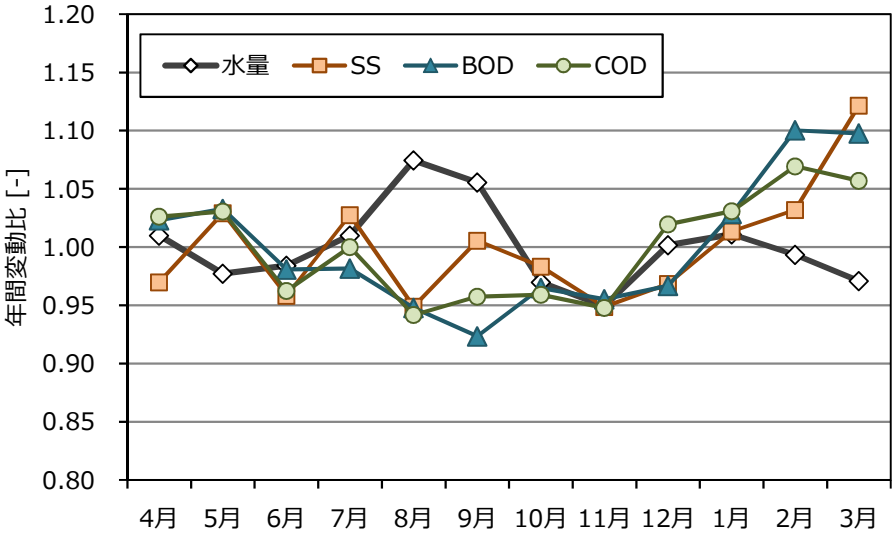

図 2-19 流入水質の月別年間変動比

２．５　　主たる成果

（1）統計資料の解析

統計資料（下水道統計（平成 26 年度版）および下水処理場ガイド 2017）から処理水量 1,000m³/日以下の下水処理場を抽出し、小規模下水処理場の施設諸元・処理状況等を整理・解析した。

- 主要な処理方式は OD 法が 328 施設で最も多い。
- 反応タンクおよび最終沈殿池ともに池数が 1 池の施設が約 60%を占め、施設の更新に当たっては仮設水処理施設の取り扱いが課題になることが懸念される。
- 小規模下水処理場の水処理電力原単位は、全国の処理場全体と比較して高い傾向が見られた。

（2）アンケート調査

現有処理能力 1,000 m³/日以下の下水処理場 121 箇所から収集したデータに基づき、これら小規模下水処理場における流入水量･水質の変動特性を解析した。

- 流入水量の時間変動ピーク比（対 1 日平均）は、平均的には 2 程度、大半の処理場で 3 以下である。
- 上記ピーク比の曜日変動や季節変動は小さい。
- 冬季（1～3 月）の流入水量は、平均的には、年間平均水量と同程度である。
- 冬季の流入水質（SS、BOD、COD）は年間平均水質より高い傾向にあるが、平均的には、その増加率は 10%以下である。

第３章　小規模下水処理場における最適な改築手法に関する検討

３．１　検討の概要

本章では、前章の検討で明らかとなった小規模下水処理場の特性等を踏まえ、小規模下水処理場において既設を活用しながら処理能力のダウンサイジングや低コスト化を図ることが可能な新たな改築手法の検討を行った事例を紹介する。

なお、本検討は、令和３年度の国土交通省水管理・国土保全局からの受託業務「小規模処理場における最適な改築手法に関する調査検討業務」において、JS および民間企業４社の共同提案体が実施した内容の一部である。

３．２　検討の事例

(1)新たな改築手法のポイント

- 小規模下水処理場におけるダウンサイジングを想定し、水処理機能を工場製作型大型浄化槽に置換する改築手法を提案する。
- 既設反応タンクや最終沈殿池を流量調整槽に改造し、これにより流入水量の年間変動を平準化すると共に、浄化槽内に時間変動を吸収する機能を持たせる。流量調整槽により年間変動を平準化することで、後段の浄化槽を日平均水量により設計することが可能となる。
- 工場製作型大型浄化槽を導入することで、水処理施設の改築工事における工事中の処理機能の確保に要する仮設水処理施設の一部または全部を省略することができ、仮設費の低減、工期の短縮、ならびに改築用地の縮減が可能となる。

(2)新たな改築手法の概要

- 適用対象の処理場：　改築後の処理能力が 300m³/日以下となる施設
- 改築後の水処理施設の構造：工場製作型大型浄化槽
- 改築後の水処理方式：回分式活性汚泥法または膜分離活性汚泥法
- 改築後の処理フロー：一例を図　3-1 に示す。

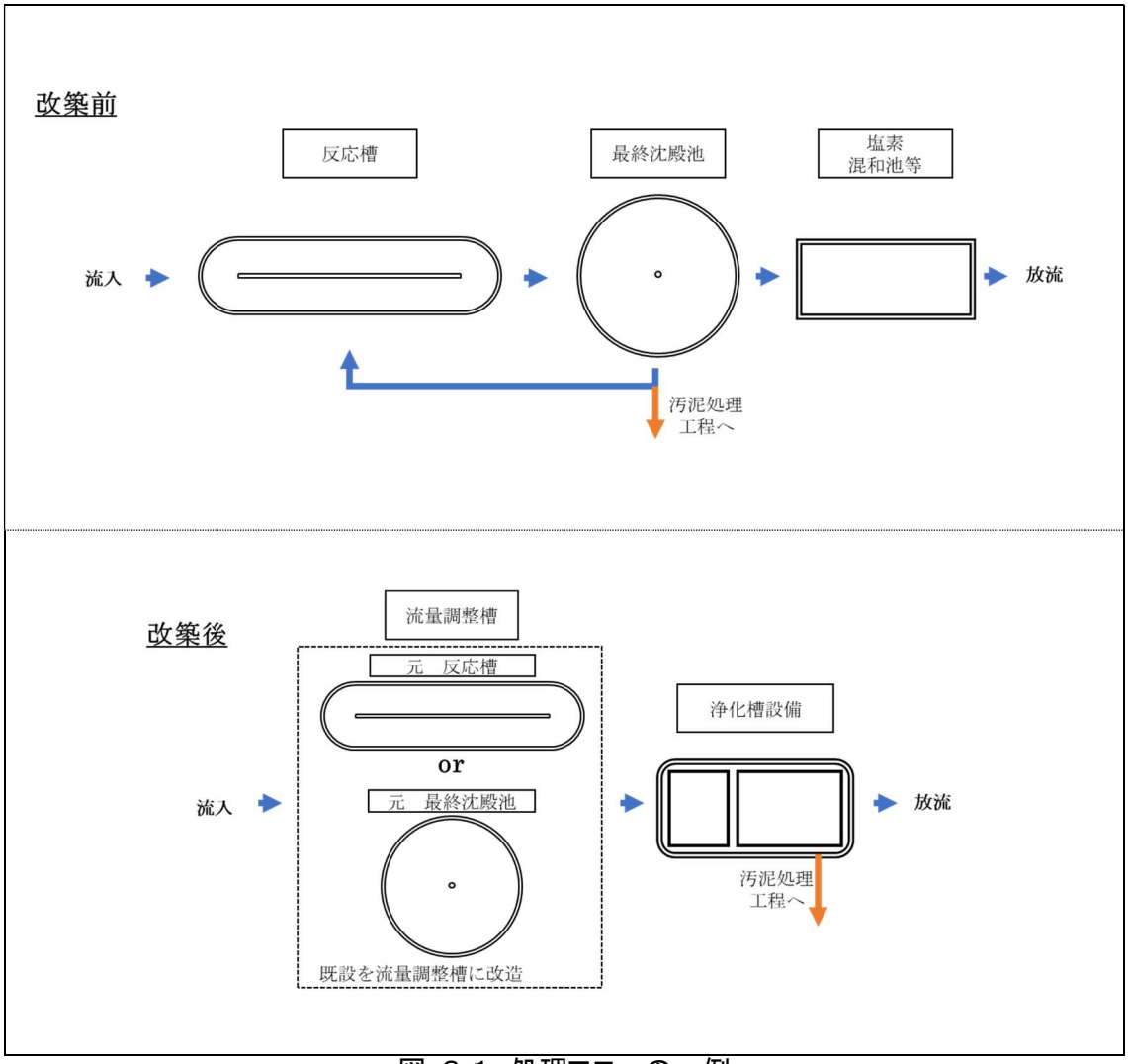

図 3-1 処理フローの一例

第４章　成果および課題

４．１　成果の総括

・　小規模下水処理場の実態把握では、現有処理能力 1,000 m³/日以下の処理場を対象とした統計資料の解析やアンケート調査に基づき、施設諸元や流入水量・水質の変動特性等を明確にした。

・　小規模下水処理場における最適な改築手法に関する検討では、既設を改造した流量調整槽と工場製作型大型浄化槽を用いる新たな改築手法を提案し、机上検討では仮設費の低減、工期の短縮、ならびに施設用地の縮減が可能となることが確認された。

４．２　結論

小規模低コスト水処理技術の開発に当って、以下の開発条件が挙げられる。

・　小規模下水処理場では OD 法が広く普及していることから、当該施設を改造または流用する技術の開発が望まれる。

・　反応タンクおよび最終沈殿池が 1 池の施設が多く、改築工事中の水処理能力を確保するための安価な仮設工の検討が必要である。

・　消費電力量が小さく処理水量が少量であっても割高になりにくい小規模低コスト水処理技術の開発が望まれる。

・　流入水量の年間変動のピークは夏季に見られるが、変動比は全下水処理場と比べても極端に大きいといった傾向は見られず、開発条件として特別留意する必要はないと考えられる。

・　流入水量の時間変動比は、過去に水処理プロセスの実証実験において小規模下水処理場を想定した時間変動ピーク比として 2.9 と設定された事例があるが、今回のアンケート調査の結果からは、処理能力 1,000 m³/日以下の処理場においてもこれを上回る時間変動比を想定した技術開発は必要ないと考えられる。

・　流入水質は、冬季に濃度が増加する傾向が見られるが、年間平均水質に対して 10% 程度の増加率であり、開発条件として特別留意する必要はないと考えられる。

また、小規模下水処理場における最適な改築手法に関する検討では、既存施設を流量調整槽として活用することで、設計水量を日平均水量で計画すること、その結果としての建設費の抑制等の効果を確認できた。

４．３　　今後の課題

本研究では、小規模低コスト水処理技術の開発条件等を明らかにし、小規模下水処理場における最適な改築手法の机上検討を行った。今後は、本研究で得られた知見に基づき、新たな改築手法の実証試験が必要である。また、異なる視点での小規模低コスト水処理技術についても開発・実証を継続する必要がある。

【参考文献】

1) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の地域別将来推計人口－平成 27（2015）～57（2045）年－，国立社会保障・人口問題研究所，2018.

2) 国土交通省：下水道の維持管理，国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部，https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/crd_sewerage_tk_000135.html（令和 4 年 3 月参照）.

3) 日本下水道協会：下水道統計（平成 26 年度版），日本下水道協会，2016.

4) 公共投資ジャーナル社：下水処理場ガイド 2017，公共投資ジャーナル社，2018.

5) 日本下水道事業団技術評価委員会：膜分離活性汚泥法の技術評価に関する報告書，技術開発部技術資料 03-008，2003.

【成果公表リスト】

・ 糸川 浩紀，山下 洋正（現･土木研究所）：実施設における腐食環境に応じた耐硫酸防食被覆層の劣化傾向，第 56 回下水道研究発表会講演集，pp.1061-1063，2019.

【謝辞】

本業務の実施に当り、ヒアリングにご協力頂いた地方公共団体の関係者各位に深く感謝いたします。

Copyright 2022 by Japan Sewage Works Agency
All rights reserved. No parts of this report may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without written permission of Japan Sewage Works Agency.

この報告書に関する全ての権利は、日本下水道事業団にあります。本報告書の全部又は一部の転載、複製には、日本下水道事業団の文書による許可が必要です。

人口減少等に対応した小規模低コスト水処理技術
（平成 29 年度～令和 3 年度）
報告書

令和４年３月

編集・発行　日本下水道事業団 技術戦略部
〒113-0034　東京都文京区湯島 2 丁目 31 番 27 号
湯島台ビル
電話　(03)6361-7849