

3. 下水処理場の既存施設能力を活用した 汚水処理システムの効率化に関する研究

下水処理研究室 室 長 山下 洋正
研 究 官 石川 剛士
研 究 官 藤井都弥子

1. はじめに

人々の日常生活に欠かすことができない汚水処理システムには、下水道、農業集落排水、し尿処理等の種類が存在し、地方自治体はそれぞれの地域の特性に応じた汚水処理システムを採用している。いまだ未普及地域が存在するため引き続き汚水処理施設の整備が必要な状況ではあるが、現在、全国の汚水処理人口普及率（2017年度末）はすでに90.9%（総人口約127,323千人のうち約115,712千人が汚水処理システムを利用可能な状況）に達しており¹⁾、全体的には整備した施設の維持管理及び老朽化施設の改築更新が主な取り組みとなりつつある。

一方、2010年頃まで増加していた日本の総人口は減少を始めており、国立社会保障・人口問題研究所の中位推計によると、2065年には8,800万人程度になると見込まれている（図-1）²⁾。汚水処理システムにおいては、人口減少に伴う処理水量の減少

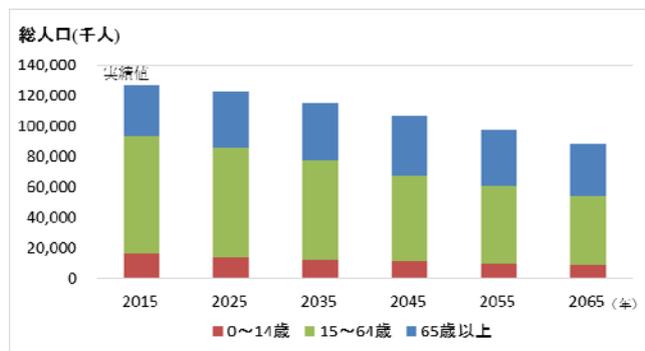


図-1 人口推計

により使用料収入の減少や施設稼働率低下が課題となっており、すでに経営状況が厳しい地方の中小都市^{3) 4)}におけるさらなる悪影響が懸念される。このため、特にこれら中小都市において、汚水処理システムを持続可能なものに再構築していく必要性が生じている。

具体的には、改築更新時において、水量減少に応じて施設規模の縮小（ダウンサイジング）を検討することはもちろんのこと、同じ汚水処理システム内で複数処理区の統廃合、さらには、事業の垣根を越えた異なる種類の汚水処理システム間での統廃合（下水道と農業集落排水等）も視野に、地域の汚水処理システムの最適化について検討を進める必要がある。

本研究は、人口減少に伴う汚水処理システムの非効率化に対応するため、地域特性に応じた最適な汚水処理方式を検討するための手法等を提示するものである。具体的には、検討に必要な費用関数を整理または作成するとともに、処理水量の減少に伴う施設稼働率の低下がコスト及びエネルギーに与える影響を明らかにした。また、これらの知見を踏まえ、地方自治体が持続可能な汚水処理システム構築に向けた検討を簡易的に実施できるものとして、汚水処理システムの最適化検討手法を作成した。

2. 調査方法

2.1 施設更新時のコスト・エネルギー算定手法等の検討

本研究では、下水道、農業集落排水、し尿処理の各システムにおける汚水処理施設（以下、それぞれ「下水処理施設」、「農業集落排水施設」、「し尿処理施設」と呼ぶ。）について、特に人口減少に伴う処理水量の減少により費用面での影響を大きく受けると考えられる中小規模の処理場を対象とした。具体的な施設規模として、下水処理施設は日最大汚水量 10,000m³/日以下、農業集落排水施設は 1,000 m³/日以下、し尿処理施設は 100kl/日以下を対象とした。処理方式については、対象とした施設の 8 割程度を占める処理方式として、下水処理施設はオキシデーションディッチ法（以下、「OD 法」と呼ぶ。）、標準活性汚泥法（以下、「標準法」と呼ぶ。）、農業集落排水施設は JARUS- I、III、XI、XII、XIVとした。し尿処理施設は、下水処理施設、農業集落排水施設に比べ処理場の箇所数が少ないことから、処理方式を特定しないこととした。また、汚泥脱水工程までを調査の対象範囲とした。

(1) 費用関数の収集、作成

ライフサイクルコスト算定の基礎となる費用関数について、既往文献及びアンケート調査を通じて整理、作成することとし、まず、各種既往文献⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾により既往費用関数を調査した。

その上で、これら既往文献に記載の無い費用関数を新たに作成するため、各施設の更新費及び維持管理費を調査した。対象の調査施設数は表-1 のとおりである。具体的には、事業者へのアンケート調査により、平成 26 年度の処理能力、処理量、消費電力量、維持管理人員数、主要設備の更新費、定格電力、薬品費、保守点検費等を調査した。主要設備は、下水処理施設については流入ポンプ、送風機、水中機械攪拌機、返送汚泥ポンプ、汚泥濃縮設備、汚泥脱水設備、脱臭ファンとし、農業集落排水施設、し尿処理施設については、消費電力量が大きい設備を 5 から 10 設備程度調査した。また、維持管理費について不足する情報はメーカーヒアリングにより適宜補完した。各汚水処理施設の維持管理費は、これら調査に基づく電力費、維持管理人件費、薬品費、保守点検費より算出（平均値で整理）した。なお、電力費単価は 15 円/kWh、人件費は 700 万円/人として計算した。

表-1 予備調査施設数
(施設)

	調査数	有効回答数
下水処理施設 (OD法)	106	84
下水処理施設 (標準法)	28	27
農業集落 排水施設	100	78
し尿処理施設	91	72

(2) 稼働率と消費電力量の関係の実態調査

これまで稼働率が消費電力量（ひいては維持管理費）に与える影響は明確化されていなかったため、その影響を明らかにし、コスト及びエネルギーとの関係を定量化することを試みた。

1) 予備調査

はじめに、(1) で述べた表-1 の調査結果を用いて稼働率と維持管理費（全体額）の関係を把握することとした。

また、一部の処理場について、より稼働率の影響を受けると考えられる消費電力量に焦点を絞り、処理水量ごとの消費電力量の経年変化（平成 15 年度から平成 25 年度）の把握を試みた。

2) 詳細調査

予備調査の結果を踏まえ、稼働率と消費電力量の関係をより明確にするための詳細調査を実施した。統計資料、事業者へのアンケート調査により、過去10年間程度の処理場における処理能力、処理量、消費電力量を調査した。下水処理施設は、下水道統計⁹⁾より実績値を収集できるため、平成16年度から平成25年度までの下水道統計を用いて整理した。農業集落排水施設とし尿処理施設は、事業者へのアンケート調査により、平成18年度から平成27年度までの実績値を用いて整理した。調査対象は、上述した処理能力、処理方法に該当する処理場のうち脱水工程までを有する（消化・焼却工程は有しない）ものとした。また、稼働率の影響をより明確にするために安定した条件（稼働率由来以外の状況変化を可能な限り排除）の処理施設を対象とし、供用開始後5年以上を経過した処理施設、調査対象期間中に水処理能力の変更を行っていない処理施設、他処理施設の汚泥受入を行っていない処理施設、過去10年間の稼働率差が10%以上ある処理施設等の条件に該当する処理施設から選定した。各汚水処理施設の調査施設数を表-2に示す。この結果を用い、各処理施設における過去10年間程度の稼働率と消費電力量の関係を整理した。

表-2 詳細調査施設数
(施設)

	調査数	有効回答数
下水処理施設 (OD法)	125	125
下水処理施設 (標準法)	50	50
農業集落 排水施設	100	71
し尿処理施設	47	33

ここで、稼働率は以下の式のとおり定義した。なお、稼働率が最大（定格運転）となるのは、年間平均処理水量が設計上の日平均処理水量となる場合であり、そのときの稼働率はそれぞれ、下水処理施設が70%、農業集落排水施設が100%、し尿処理施設が87%とした。（各事業の設計思想により、処理能力（日最大処理水量）に対する日平均処理水量の比が異なる。たとえば下水処理施設の場合は、日最大と日平均の比が一般的には1.0:0.7~0.8¹⁰⁾とされているため、稼働率の最大値を70%とした。）

$$\text{稼働率}[\%] = \text{年間平均処理水量}[\text{m}^3/\text{日}] / \text{処理能力（日最大処理水量）}[\text{m}^3/\text{日}] \times 100$$

※農業集落排水施設については処理能力を日平均処理水量[m³/日]とした。

そして、消費電力量は以下の式で示される電力係数として整理し、単純化及び稼働率の影響の明確化を図った。電力係数が大きいほど非効率な運転状況であることを示す。

$$\text{電力係数}[-] = \frac{\text{ある稼働率での単位消費電力量}[\text{kWh}/\text{m}^3]}{\text{稼働率最大時の単位消費電力量}[\text{kWh}/\text{m}^3]}$$

(3) 稼働率と維持管理費の関係の実態調査

(1) で整理した調査結果（維持管理費の内訳）及び(2) で述べた稼働率と電力係数の関係を用いて、稼働率と維持管理費の関係を整理した。維持管理費についても、消費電力量と同様、使い易さを考慮して単純化し、さらに稼働率の影響をより明確化するために係数（維持管理係数）として整理した。維持管理係数は以下の式で示され、同係数が大きいほど非効率な運転状況であることを示す。

$$\text{維持管理係数}[-] = \text{ある稼働率での維持管理費原単位}[\text{円}/\text{m}^3]$$

$$\text{稼働率最大時の維持管理費原単位}[\text{円}/\text{m}^3]$$

$$\text{維持管理費原単位}[\text{円}/\text{m}^3] = \text{年間維持管理費}[\text{円}/\text{年}] / \text{年間処理水量}[\text{m}^3/\text{年}]$$

維持管理係数の具体的な算出方法としては、事業者へのアンケート調査の回答を得た（平均稼働率における）施設全体の維持管理費において、電力費（消費電力量に電力費単価をかけて算出）を差し引いた額を固定費（稼働率及び水量による影響を受けない一定値として設定）とした上で、電力係数

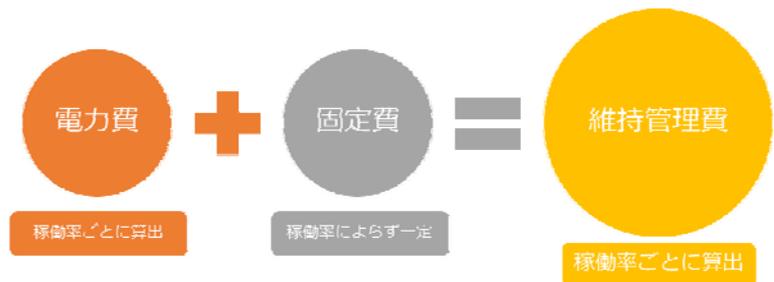


図-2 維持管理費算出イメージ

を用いて算出した稼働率ごとの電力費を足し合わせて維持管理費を算出した（図-2にその算出イメージを示す）。その後、原単位及び係数として整理した。なお、汚泥処分費については、統廃合による影響が相対的に軽微であるとして、算出の対象外とした。

2.2 し尿・汚泥等の受入に係る課題の把握

効率的な汚水処理システムの最適化検討手法を検討するにあたり、下水処理場にし尿・汚泥等を受け入れた際に生じる課題等を把握するため、し尿・汚泥等を受け入れている全国の事業者へアンケート調査（41施設）を行った。アンケートでは、し尿・汚泥等の投入箇所、汚泥の前処理施設の有無及び前処理の内容、受け入れにあたっての汚泥性状や経費に関する検討の有無及び検討内容、受け入れ後に生じた課題の有無及びその内容等を調査した。

2.3 効率的な汚水処理システムの最適化検討手法

(1) 検討手法の作成

前述の稼働率の影響等の知見を踏まえ、地方自治体が活用することができる汚水処理システムの最適化検討手法を作成した。作成に当たっては、最適化検討の先行事例を自治体へのアンケート調査（13箇所）、コンサルタント等の公表資料（10件）から収集し整理した。

(2) 仮想都市における検討例

最適化検討手法の素案作成後に仮想都市における整備シナリオ例に基づく試算を行い、その実用性を確認した。

(3) 実都市を対象としたモデルケース検討

さらに、最適化検討手法の適用性の確認及びさらなる改善のために、実都市を対象としたモデルケース検討を実施した。モデルケース検討の対象はすでに最適化検討を実施済みの都市とし、当該都市が検討に用いた各種基礎情報（過年度時点の将来水量推計等）に基づき、本検討手法による最適化検討を実施（試行）した。モデルケース検討を通じて本検討手法に基づく試行とモデル都市自ら行った検討内容とを比較・検証した。なお、モデルケース対象都市は、できるだけ多様な検討が実施できるよう、表-3に示すとおり全国各地より選定した。

表-3 モデルケース検討都市の概要

地域	モデル都市	最適化検討内容
北海道	A市	下水道+下水道
関東	B市	下水道+農集、し尿
中部	C町	下水道+農集
中国	D市	下水道+農集

率の影響を把握することは困難であった。また、処理水量あたりの消費電力量と稼働率の関係（平成26年度の単年度データ）を図-4に示す。一看すると稼働率が高いほど処理水量あたりの消費電力量が小さくなっているようであったが、近似式の決定係数は0.16程度（下水処理施設の場合）と低く、稼働率と消費電力量の関係を明確にすることはできなかった。

つぎに、追加調査として、一部の下水処理場を対象に、同一処理場における平成15年度から平成25年度の処理水量あたりの消費電力量と稼働率との関係を下水道統計⁹⁾の値を用いて確認した。調査対象はこれらの期間内で特に稼働率が大きく変化している3つの下水処理場とした。その一例を図-5に示すが、これらの処理場においては稼働率が高くなるほど処理水量あたりの消費電力量が小さくなる傾向が確認できた（特に処理場全体と水処理系）。したがって、消費電力量と稼働率の関係について、より詳細な調査を実施することとした。

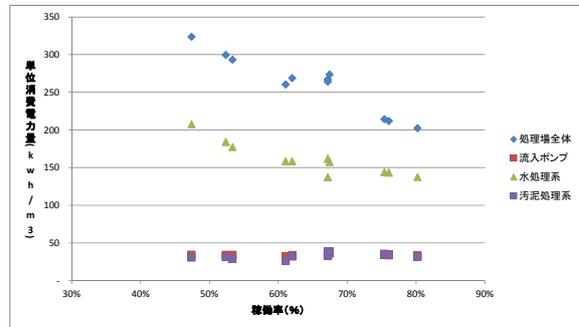


図-5 処理水量あたりの消費電力量と稼働率との関係（A下水処理場）

2) 詳細調査

表-2の調査施設それぞれについて、稼働率ごとの電力係数を算出した。稼働率ごとの電力係数は、調査施設によるばらつきが確認されたが、全データの中央値を代表値とし、これを各稼働率の電力係数とした。

各汚水処理施設における稼働率と電力係数の関係を図-6（四分位範囲も表示）に示す。全データ範囲としては大きいですが、四分位範囲で見ると稼働率変化に伴い電力係数が上昇する傾向が現れているため、全データの中央値を各稼働率の電力係数と設定したことは妥当と考えられる。

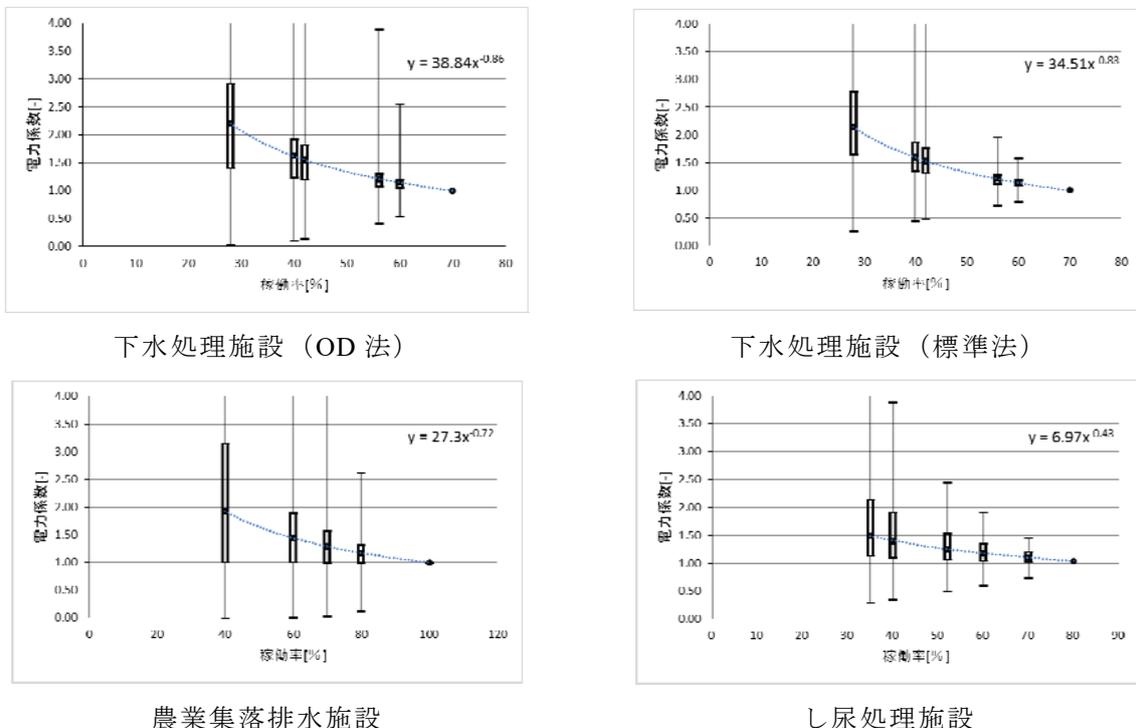


図-6 各汚水処理施設における稼働率と電力係数の関係

この結果から、すべての汚水処理施設において、稼働率低下に伴い電力係数が増加する傾向を確認した。これは、流入水量が減少しても消費電力量はそれほど減少していないことを示しているが、この原因としては、槽内攪拌や汚泥返送等の処理機構を維持するための必要最低限の運転に伴う電力が必要であることに加え、特に中小規模処理場は単一ブロワしか有しない水処理施設が多く⁹⁾流入水量変動に対する曝気制御が困難であること等が推察される。なお、し尿処理施設においては稼働率低下に伴う電力係数の増加率がその他の処理施設に比べ小さくなっているが、これは、し尿処理施設の場合、収集したし尿を一旦貯留し、その後にはほぼ一定量を処理設備に投入して処理¹¹⁾することもあり、処理施設への流入量（収集量）の変化にかかわらず、1日の水処理にかかる消費電力量がそれほど変動していないものと考えられる。

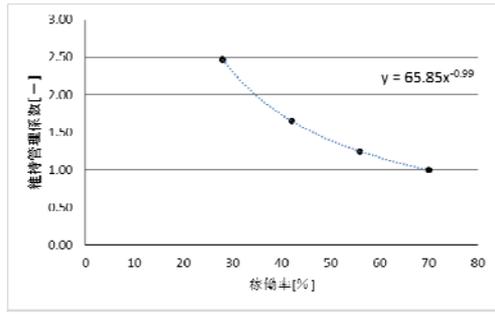
(3) 稼働率と維持管理費の関係

調査結果に基づき算出した維持管理係数を表-5及び図-7に示す。電力係数と同様に、すべての汚水処理施設において、稼働率の低下に伴い維持管理係数（処理水量あたりの維持管理費）が増加する（処理原価の増大）傾向を確認した。なお、維持管理係数算出で用いた電力係数はすでに中央値として決定された値であるため、図-7では四分位範囲を表示していない。また、電力係数（図-6）と違って処理施設による傾きの違いが顕著に現れていないのは、維持管理費における電力費の割合が小さい（約1割）ことが原因と考えられる。

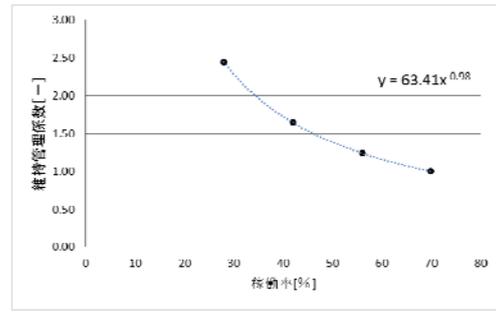
以上により、これまで定性的に捉えられてきた稼働率の低下がコスト・エネルギーに与える影響を定量化することができた。さらに、これらの関係性を用い、現在の稼働率と維持管理原単位及び将来の稼働率（予測値）から、将来の人口減少時（稼働率低下時）の維持管理費が推算可能となった。

表-5 維持管理係数（下水処理施設（OD法）の例）

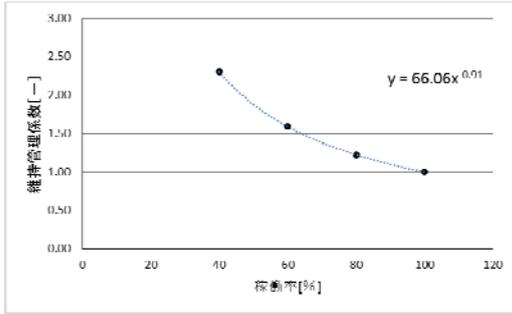
電力費原単位 (a)		(円/m ³)					
稼働率(%)	処理能力 [m ³ /日]	1,000	2,500	5,000	7,500	10,000	電力係数
28 (40)		20.7	16.9	14.4	13.2	12.3	2.2
42 (60)		14.6	11.9	10.2	9.3	8.7	1.6
56 (80)		11.4	9.3	7.9	7.2	6.8	1.2
70 (100)		9.4	7.7	6.6	6.0	5.6	1.0
電力費 (A)		(千円/年)					
稼働率(%)	処理能力 [m ³ /日]	1,000	2,500	5,000	7,500	10,000	
28 (40)		2,117	4,307	7,370	10,092	12,612	
42 (60)		2,240	4,556	7,796	10,674	13,340	
56 (80)		2,331	4,741	8,112	11,108	13,882	
70 (100)		2,406	4,894	8,375	11,468	14,332	
固定費 (B)		(千円/年)					
稼働率(%)	処理能力 [m ³ /日]	1,000	2,500	5,000	7,500	10,000	
-		26,701	44,628	65,654	82,188	96,331	
維持管理費 (T=A+B)		(千円/年)					
稼働率(%)	処理能力 [m ³ /日]	1,000	2,500	5,000	7,500	10,000	
28 (40)		28,818	48,936	73,024	92,280	108,943	
42 (60)		28,941	49,184	73,450	92,863	109,671	
56 (80)		29,032	49,369	73,766	93,296	110,213	
70 (100)		29,107	49,523	74,029	93,656	110,662	
維持管理費原単位		(円/m ³)					
稼働率(%)	処理能力 [m ³ /日]	1,000	2,500	5,000	7,500	10,000	
28 (40)		282.0	191.5	142.9	120.4	106.6	
42 (60)		188.8	128.3	95.8	80.8	71.5	
56 (80)		142.0	96.6	72.2	60.9	53.9	
70 (100)		113.9	77.5	57.9	48.9	43.3	
維持管理係数							係数 (平均値)
稼働率(%)	処理能力 [m ³ /日]	1,000	2,500	5,000	7,500	10,000	
28 (40)		2.48	2.47	2.47	2.46	2.46	2.47
42 (60)		1.66	1.66	1.65	1.65	1.65	1.65
56 (80)		1.25	1.25	1.25	1.25	1.24	1.25
70 (100)		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00



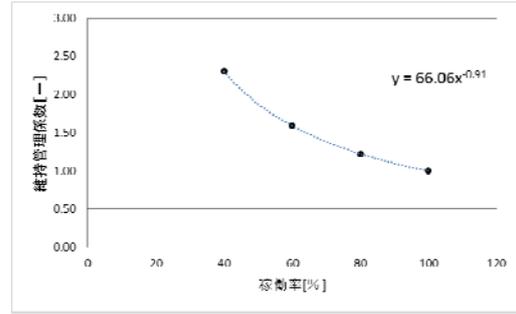
下水処理施設（OD法）



下水処理施設（標準法）



農業集落排水施設



し尿処理施設

図-7 各汚水処理施設における稼働率と維持管理係数の関係

3.2 し尿・汚泥等の受入に係る課題の把握

し尿・汚泥等受入時の課題に対するアンケート調査結果を図-8に示す。受入処理場の約2割（8/41）で、（汚泥処分費の増加以外の）維持管理に掛かる経費や手間の増加といった課題等があることを確認した。なお、このような課題があると回答のあった8施設のうち、半数以上はし尿等の受入割合（受入量／受入前の計画処理量）が比較的大きい。

また、アンケート調査を行った対象のうち、表-6に示す3処理場についてヒアリングを行った結果、下記のような課題及び対応策を講じていた。

- ・ 受入汚泥の脱水性不良に伴い処理場全体の汚泥脱水性が悪化したため、各農業集落排水施設の濃縮汚泥貯留槽で1週間程度曝気処理してから、下水処理場へ搬出している。
- ・ 水処理施設への負荷が増大したため、曝気量を増大させている。
- ・ 臭気が増大したため、脱臭設備を連続運転させている。

以上のことから、後述する最適化検討手法においては、統廃合により他の施設から汚泥を受け入れる際には既存施設への影響について留意することとし、たとえば「し尿を下水処理施設に投入する場合の下水流入水量に対する水量比」「水処理系において増加する負荷量の確認」等を確認事項に設定した。このうち、特に、し尿を受け入れる場合には、水処理系への影響（BOD、

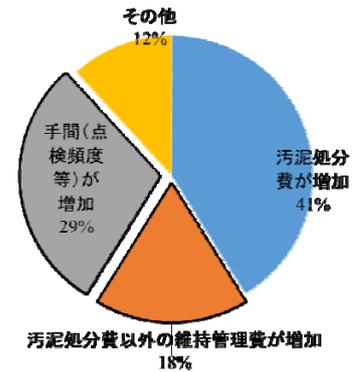


図-8 し尿・汚泥等受入時の課題のアンケート調査結果

表-6 ヒアリング対象施設

処理場	受入れ前の計画処理量 (m ³ /年)	受入汚泥量 (m ³ /年)	受入割合 (%)
A処理場	8,000	2,902	36%
B処理場	1,500	532	35%
C処理場	5,750	2,199	38%

SS、色度等)を考慮し、受入れ割合が 0.5%¹²⁾を超える場合は別途詳細な検討が必要であることとした。

3.3 効率的な汚水処理システムの最適化検討手法

(1) 検討手法の作成

人口減少に伴う汚水処理施設の稼働率の減少の影響等を踏まえた、コスト面、技術面、環境面を踏まえた効率的な汚水処理システムの最適化検討手法を作成した。検討フローは図-9に示すとおりである。本手法により、それぞれの地域において、図-10に示す3つの代表的な統廃合ケースから最も適しているものを簡易的に検討(フローの(6)総合評価)することが可能となる。

なお、代表的な統廃合ケースとしては、将来の流入水量予測に基づき適切な施設能力でそれぞれの施設を更新(非統合)する「①既存施設の更新」、処理施設の統廃合によって処理区を統合(完全統合)する「②処理施設の再編成」、集約によるスケールメリットが出やすい汚泥処理機能のみを集約(部分統合)する「③既存施設的能力活用」の3つを設定した。

本検討のうち、「(4)経済性の比較」においては、3つの統廃合ケースにおけるライフサイクルコストを試算し、最も経済的なケースを確認する。ここでは、将来の処理水量減少を踏まえた検討を可能とするために、前述の維持管理係数を用いたコスト試算手法を導入した。



図-9 効率的な汚水処理システムの最適化検討フロー

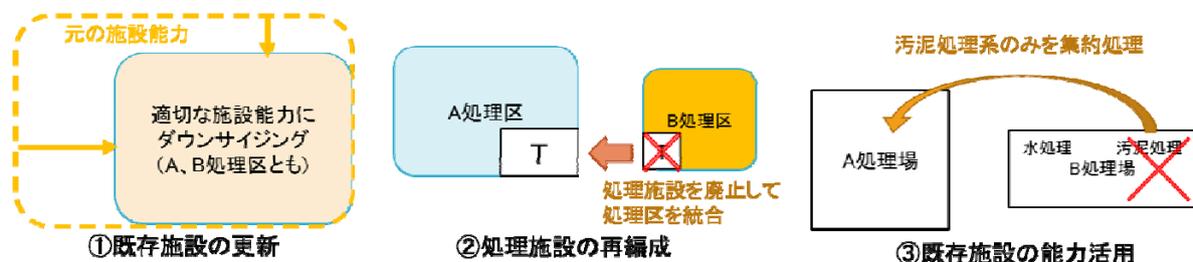


図-10 代表的な統廃合ケース (A、B 処理区の検討例)

また、「(5)技術面及び環境面の確認」において、技術面については、統合の際に留意すべき主な確認内容をチェックリスト形式で整理(表-7)した。

表-7 主な確認内容

項目	確認事項
管きよ	流下能力が確保できているか（MP等を含む）
	施設能力に対して流速を確保できているか
	施設能力に対して流速を確保できない場合の清掃頻度はどの程度か
	圧送区間を設ける場合、圧力開放部分が無い
ポンプ場	ポンプ施設の能力を超過していないか
	ポンプ施設内での汚泥堆積に影響する汚泥中のSS濃度はどの程度か
処理場	し尿を下水処理施設に投入する場合の下水流入水量に対する水量比はどの程度か
	水処理系において増加する負荷量の確認
	アルカリ度の確認

さらに環境面については、将来の稼働率の変化を踏まえた消費電力量（電力係数を活用）から、エネルギー消費量及び温室効果ガス（以下、GHG）排出量を算出すること、統合による汚泥集約のメリット（消化ガス発生量の増等）等も確認内容に盛り込んだ。一方、異なる種類の污水处理施設等を統廃合する際（し尿処理施設と下水処理施設等）の処理方法が変わることによる消費エネルギーの違いや、処理施設の統廃合によって放流箇所が変わることに伴う水環境へ与える負荷の変化等についても留意すべき（詳細検討時に確認すべき）こととした。

このような経済性、技術面および環境面といった要素も含めた総合的な評価を行い、最終的に最適な統廃合ケースを選定する。

(2) 仮想都市における検討例

以下に、污水处理システムとしてA、B処理区（両方とも下水道）を有している仮想都市における検討例を示す。

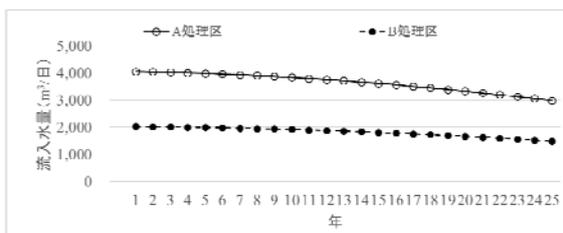


図-11 仮想都市における流入水量予測

表-8 仮想都市における処理能力等

	A処理区	B処理区
処理方式	標準法	OD法
処理能力 (m³/日)	9,000	4,700
稼働率 (%)	45	43

現在から25年後までの流入水量の将来予測（図-11に例を示す）、現況の施設能力及び稼働率（表-8に例を示す）に基づき、代表的な統廃合ケースごとに簡易的な検討を行った。検討結果を表-9に示すが、本例ではB処理区をA処理区に接続しB処理場を廃止する「②処理施設の再編成」が最も効率的となる。

本手法ではさらに、上述の検討により選定した統廃合ケース（本例の場合は処理施設の再編成）について、各施設の改築更新時期を踏まえた段階的整備計画案を作成することとした（図-12に例を示す）。この例ではB処理場が改築更新を迎える6年目に当処理場を廃止しA処理区に統合する。A下水処理場の維持管理費が、統合の後に処理水量が増えたにもかかわらずそれほど増加していない理由としては、流入水量が年々減少していくこと以外に、統合に伴う処理施設の稼働率上昇により処理効率が向上した（処理単価が下がった）ことが挙げられる。

表-9 仮想都市における検討結果

ケース		①既存施設の更新	②処理施設の再編成	③既存施設の能力活用
概要		A、B処理場をそれぞれダウンサイジング	B下水処理場を廃止し、A下水処理場に接続	B下水処理場の汚泥処理系を廃止し、A下水処理場に接続
経済性の比較 ライフサイクルコスト	総額	5,879 百万円/25年	4,368 百万円/25年	5,016 百万円/25年
	年価	235 百万円/年	175 百万円/年	201 百万円/年
技術面の確認 (統廃合の場合)		-	管きよの流下能力 等	処理施設の能力 等
環境面の確認	エネルギー消費量	120,473 千MJ/25年	108,833 千MJ/25年	116,238 千MJ/25年
	G H G排出量	16,732 t-CO ₂ /25年	15,116 t-CO ₂ /25年	16,144 t-CO ₂ /25年
総合評価			最も効率的	

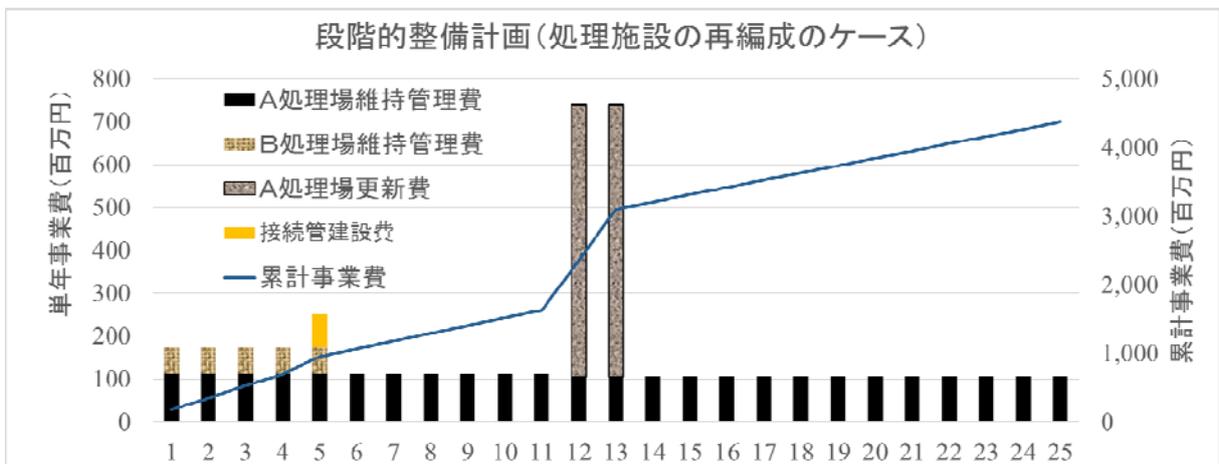


図-12 段階的整備計画案の例

(3) 実都市を対象としたモデルケース検討

表-10 に実都市を対象としたモデルケース検討結果の一例を示す。本手法に基づく試行とモデル都市が過去に行った検討とを比較した結果、使用している費用関数や手法に若干の違いはあるものの、本手法に基づく検討と各都市が行った検討の両者で最終的に選定した統廃合ケース（処理施設の再編 等）は、表-3 の 4 つのモデル都市すべての検討において合致していた。また、モデル都市で行われていた検討内容については、本検討手法に概ね網羅されており、本検討手法の方が、稼働率を考慮したエネルギー・コストの算出、技術面及び環境面の確認等をより簡易的に評価できることを確認した。

表-10 モデルケース検討結果の一例
(本手法とD市との比較)

ケース	本手法に基づく検討		D市が過去に行った検討	
	①既存施設の更新	②処理施設の再編成	①既存施設の更新	②処理施設の再編成
経済性の比較 (百万円/年)	36	15	30	15
技術面の確認	-	処理場の処理能力 管路、ポンプ能力	-	処理場の処理能力 管路、ポンプ能力
環境面の確認	稼働率を考慮し、新たな費用関数も使用		稼働率を考慮せず、既往の費用関数を使用	
	i)エネルギー消費量 865,300(千MJ/30年) ii)GHG排出量 167,532(t-CO ₂ /30年)	i)エネルギー消費量 846,703(千MJ/30年) ii)GHG排出量 163,931(t-CO ₂ /30年)	考慮せず	
総合評価	②処理施設の再編成が有利		②処理施設の再編成が有利	

4. おわりに

本研究において持続可能な汚水処理システムの最適化検討手法を作成した。本手法は、モデルケース検討を通じて、手順に沿って作業を進めていけば、高度な専門知識を要せず簡易的に最適な統廃合ケースの選定を行うことが可能であり、地方自治体等の下水道事業者にとって最適な汚水処理システムを構築するための有用なツールとなり得ることを確認した。

今後、これまでの研究成果をとりまとめ、全国の下水道事業管理者等が使用できるよう技術資料として公表する予定である。本資料を活用することにより、最適な汚水処理システム導入による処理コストの低減、人口減少社会の地方都市における汚水処理サービスの維持・効率化、資源の効率的回収、エネルギー最適化の促進、ひいては持続可能な社会の確立に貢献していく。

【参考文献】

- 1) 国土交通省ホームページ：平成 29 年度末の汚水処理人口普及率をとりまとめ (http://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo13_hh_000383.html), 2018 年 8 月
- 2) 国立社会保障・人口問題研究所 日本の将来推計人口 (平成 29 年推計), 2017 年 4 月
- 3) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部、公益社団法人日本下水道協会 新下水道ビジョン, 2014 年 7 月 p4-13,4-19-25,
- 4) 第 4 次社会資本整備重点計画, 2015 年 9 月 p5,59-63
- 5) 国土交通省、農林水産省、環境省 持続的な汚水処理システム構築に向けた都道府県構想マニュアル, 2014 年 1 月 p27
- 6) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部 流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説 参考資料, 2015 年 10 月 p122-149
- 7) 国土交通省、社団法人日本下水道協会 バイオソリッド利活用基本計画策定マニュアル, 2004 年 3 月 p55-93
- 8) 財団法人日本下水道新技術機構 下水道処理施設へのバイオマス (生ごみ等) 受け入れマニュアル, 2011 年 3 月 p117-125
- 9) 公益社団法人日本下水道協会 下水道統計 (平成 15 年度版から平成 25 年度版)
- 10) 社団法人日本下水道協会 下水道施設計画・設計指針と解説 (前編) 2009 年版, 2009 年 10 月 p40
- 11) 社団法人全国都市清掃会議 汚泥再生処理センター等施設整備の計画・設計要領 2006 改訂版, 2007 年 3 月 p109
- 12) 土木研究所 平成 5 年度下水道関係調査研究年次報告書集 「し尿等受け入れ負荷の下水処理への影響に関する調査」, 1994 年 10 月 p142