

4. 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
主任研究官 重村 浩之
研究官 濱田 知幸
研究官 松本 龍

1. はじめに

汚水処理システムには、汚水処理施設である下水道、農業集落排水、浄化槽等や、し尿及び浄化槽汚泥を処理するし尿処理場等がある。地方公共団体は、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おり、全国の汚水処理人口普及率（2014年度末）は89.5%に達している¹⁾。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、現在の1億3千万人程度から、国立社会保障・人口問題研究所の中位推計によると、2060年には8700万人程度になると見込まれている²⁾。

汚水処理システムは、人口減少により処理水量の減少に伴う必要施設能力の低下や使用料収入の低下、また施設の老朽化による改築・更新費の増加等から、施設の稼働率、採算性の低下が課題となっている。そのため、改築更新時においては、同じ汚水処理システム内での統廃合、異なる汚水処理システム間での統廃合などを踏まえて汚水処理システムの効率化について検討を進める必要がある。

各種既往文献では、汚水処理システムの建設、維持管理に係る費用関数はあるが、人口減少を踏まえたものはない。そこで、本研究では下水道、農業集落排水、し尿処理場の全国の事業者アンケート調査等を実施し、汚水処理システムの効率化の検討に際して必要となる費用関数について、実態を踏まえた検討を行う。

2. 調査方法

本研究では、人口減少による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下水道、農業集落排水、し尿処理場の汚水処理システムで中小規模の処理場を対象とする。

施設規模として、下水道は日最大汚水量10,000m³/日以下を対象とし、農業集落排水、し尿処理場においても同程度の施設規模以下を対象とする。下水道は、全国の下水処理場の日最大汚水量³⁾より抽出し、2,160箇所のうち1,482箇所が対象となる。農業集落排水は、計画平均汚水量原単位を227L/人/日、日最大と日平均の比を0.70として、日最大汚水量10,000m³/日相当の計画人口（30,769人）を算出し、全国の農業集落排水施設の計画人口⁴⁾より抽出し、5,084箇所の全てが対象となる。し尿処理場は、し尿と浄化槽の混合汚泥のSSを7,835mg/Lとし、下水道の平均流入水質のSSを177mg/Lとして、日最大汚水量10,000m³/日相当の処理能力（226kL/日）を算出し、全国のし尿処理場の処理能力⁵⁾より抽出し、1,000箇所のうち955箇所が該当したが、し尿処理場は下水道、農業集落排水に比べ処理場の全体数が少ないことから、全ての処理場を対象とする。

処理方式として、対象とする施設規模の8割程度を占める処理方式を選定する。下水道はOD法（約69%）、標準法（約11%）、農業集落排水はJARUS-I（約12%）、III（約24%）、XI（約12%）、XII（約6%）、XIV（約23%）とする。し尿処理場は、下水道、農業集落排水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。

また、汚泥脱水工程より後段の工程は、汚泥の利活用の方式により異なり、その費用等も大きく変わることや、汚水処理システムの効率化の検討にあわせて見直しが行われることも想定されるため、汚泥脱水工程までを調査の対象範囲とする。

(1) 維持管理費・消費電力量等の事業者へのアンケート調査

汚水処理システムの実態を把握するため、汚水処理システムの事業者に対して、表-1の項目についてアンケー

ト調査を実施する。主要な設備とは、下水道は流入ポンプ、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、脱臭ファンとする。農業集落排水、し尿処理場については、消費電力量が大きい設備を5から10設備程度調査する。アンケート調査の依頼先は、調査を効率的に実施するため下水道と農業集落排水が同じ所管となる事業者より、処理能力、稼働率等に偏りが生じないように選定し、下水道、農業集落排水、し尿処理場の合計325箇所を実施する。

表-1 事業者へのアンケート調査項目

下水道	農業集落排水	し尿処理場
供用開始年	供用開始年	供用開始年
処理方式	処理方式	処理方式
処理能力	処理能力	処理能力
H26年度実績	H26年度実績	H26年度実績
・年間総処理水量	・年間総処理水量	・年間受け入れ量
・施設全体年間消費電力量	・施設全体年間消費電力量	・施設全体年間消費電力量
維持管理人員数	維持管理人員数	維持管理人員数
主要設備仕様(定格電力)	主要設備仕様(定格電力)	主要設備仕様(定格電力)
主要設備の消費電力量・薬剤コスト実績(H26)	薬剤コスト実績(H26)	薬剤コスト実績(H26)
主要設備の保守・管理コスト(H26)	保守・管理コスト(H26)	保守・管理コスト(H26)

アンケート調査の回答数は概ね8割程度であり、下水道111箇所、農業集落排水78箇所、し尿処理場72箇所の合計261箇所である。また、メーカーヒアリングにより、建設費、維持管理費に関して不足する情報を補完する。

(2) 同一処理場における処理量あたりの消費電力量と稼働率の関係の調査

平成15年度から平成25年度の下水道統計⁶⁾より、下水道の同一処理場における処理量あたりの消費電力量と稼働率の関係を調査する。消費電力量に影響すると考えられる稼働率以外の影響因子を極力取り除くことを目的とする。対象とする処理場は、アンケート調査を実施した処理場より平成26年度時点の稼働率が高く、平成15年度時点の稼働率が低い処理場の3箇所を選定する。

3. 結果及び考察

(1) 維持管理費・消費電力量等の事業者へのアンケート調査結果

ここでは、維持管理費の結果について述べる。

1) 維持管理費と流入下水量との関係

アンケート調査により得られた下水道、農業集落排水、し尿処理場の処理場全体の維持管理費と流入下水量との関係を図-1、2、3に示す。維持管理費は、電力費、保守点検費、ユーティリティ費、人件費を計上する。電力費は、電力費単価を15円/kWhとして消費電力量より計上する。人件費は、700万円/人として計上する。農業集落排水においては、常駐管理ではなく、複数処理場を巡回管理するケースがほとんどであり、その費用も十分小さいと考えられるため人件費は計上しない。稼働率は、日平均流入下水量(m³/日)を日平均相当処理能力(m³/日)で除して算出する。下水道と農業集落排水の日平均相当処理能力は、処理能力(日最大)に変動率0.70を乗じて算出する。し尿処理場の日平均相当処理能力は、処理能力(日最大)に変動率0.87を乗じて算出する。

下水道では、流入下水量が増加すると維持管理費も増加する傾向が確認された。また、稼働率と維持管理費の関係については明確な相関

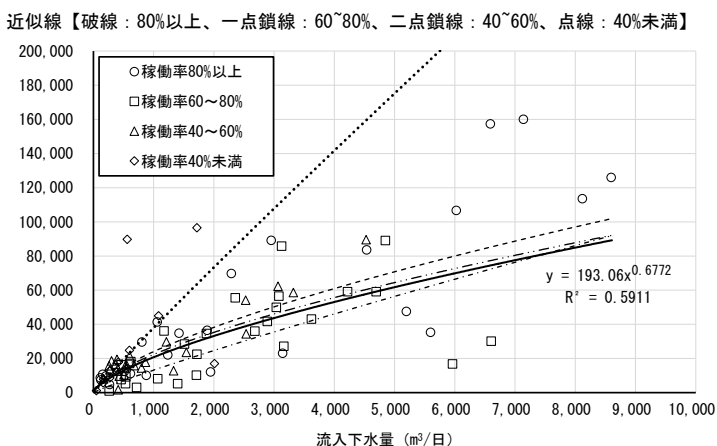


図-1 処理場全体の維持管理費(下水道)

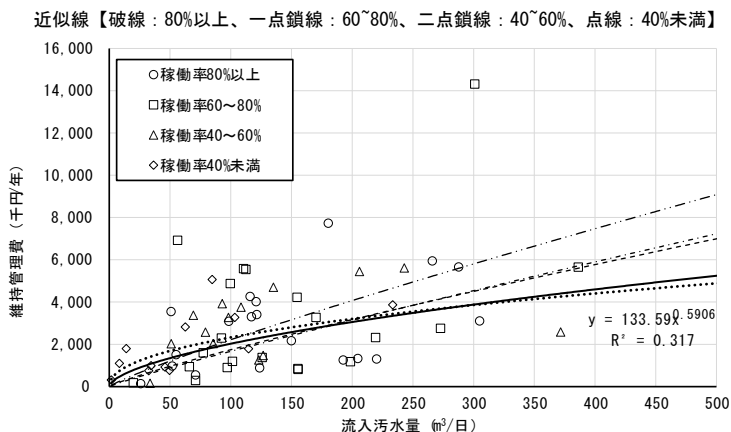


図-2 処理場全体の維持管理費(農業集落排水)

は得られなかった。稼働率 40%未満の施設の施設能力は、概ね 2,000m³/日以下となるため、近似式の傾きが非常に大きくなっている。農業集落排水、し尿処理場についても、稼働率と維持管理費における明確な相関は得られなかった。

2) 処理量あたりの消費電力量と稼働率の関係

稼働率による影響が大きいと考えられる消費電力量について、処理量あたりの消費電力量と稼働率の関係を図-4、5、6 に示す。一般的

に稼働率が高い場合は、設備の施設能力に近い運転が行われるため、運転効率がよく、処理量あたりの消費電力量が小さくなると考えられる。下水道において、同様の傾向が見られるが、全体の近似式の決定係数は 0.15 程度と低く、処理量あたりの消費電力量と稼働率の相関は低い。農業集落排水、し尿処理場においても同様の結果である。これは、調査を実施した全国の処理場において、流入水質や運転方法、導入機器等が様々であるため、稼働率の影響が結果として明確に表れてこなかったものと推測される。

近似線【破線：80%以上、一点鎖線：60~80%、二点鎖線：40~60%、点線：40%未満】

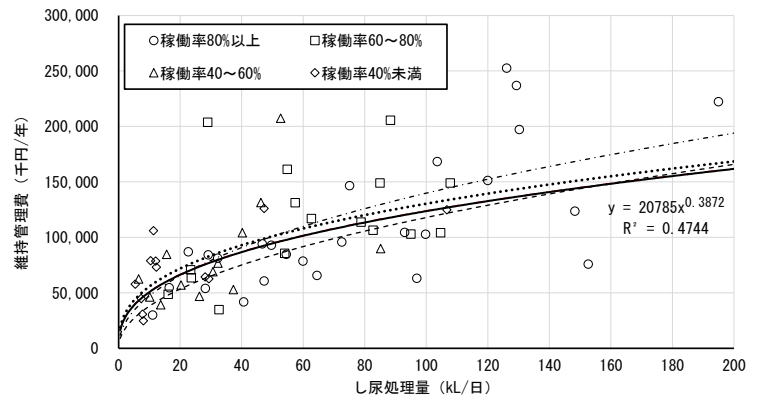


図-3 処理場全体の維持管理費(し尿処理場)

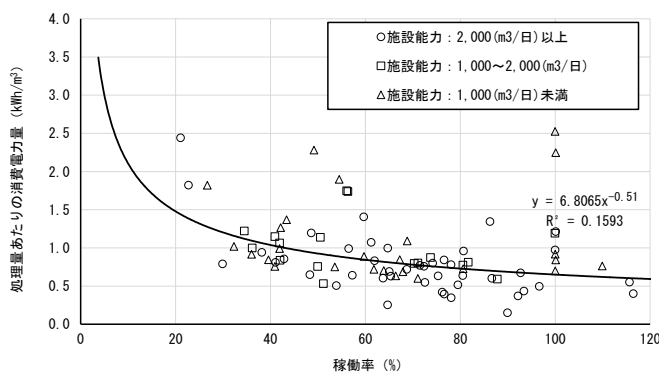


図-4 処理量あたりの消費電力量と稼働率の関係(下水道)

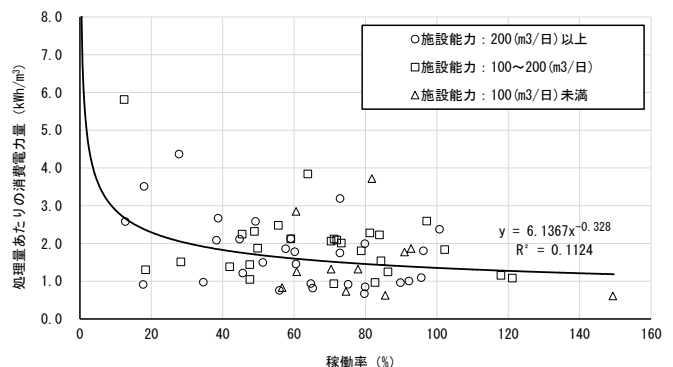


図-5 処理量あたりの消費電力量と稼働率の関係(農業集落排水)

(2) 同一処理場における処理量あたりの消費電力量と稼働率の関係の調査結果

調査を実施した 3 箇所処理場は、稼働率が徐々に増加する処理場が 2 箇所、一旦減少した後、増加する処理場が 1 箇所である。稼働率が徐々に増加する処理場 (2 箇所) における処理量あたりの消費電力量と稼働率の関係を図-7、8 に示す。稼働率が一旦減少した後、増加する処理場における処理量あたりの消費電力量と稼働率の関係を図-9 に示す。図-7 において、稼働率が高いと処理量あたりの消費電力量は小さくなる傾向が、処理場全体と水処理系でみられる。汚泥処理系においても、水処理系に比べると僅かではあるが同じ傾向がみられる。他の 2 箇所 (図-8、9) においては、処理場全体と水処理系は同様の傾向を示すが、汚泥処理系は同様の傾向を示さない箇所もある。

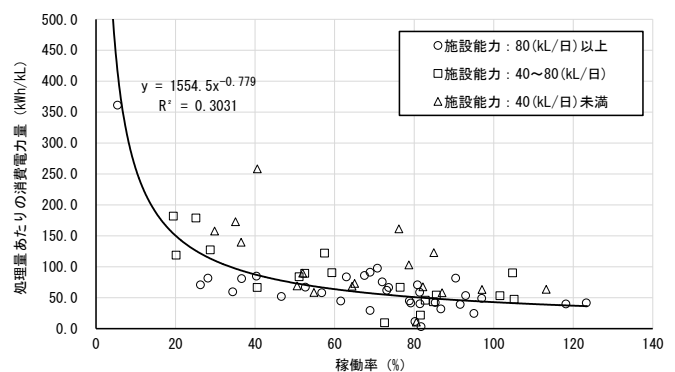


図-6 処理量あたりの消費電力量と稼働率の関係(し尿処理場)

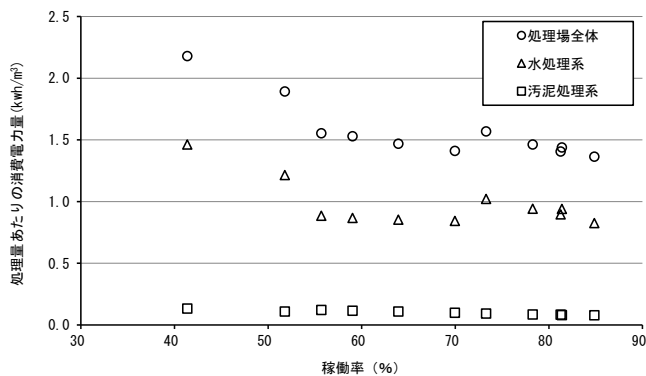


図-7 処理量あたりの消費電力量と稼働率の関係（その1）

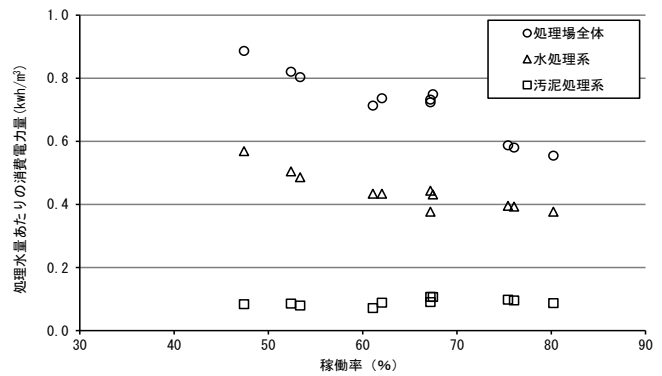


図-8 処理量あたりの消費電力量と稼働率の関係（その2）

4. おわりに

本研究で得られた主な結果を下記に記す。

- 汚水処理システムの実態を踏まえた維持管理費について、事業者へのアンケート調査の結果、流入下水水量が増加すると維持管理費も増加する傾向が確認された。また、稼働率と維持管理費の関係については明確な相関は得られなかった。
- 同じく事業者へのアンケート調査の結果では、処理量あたりの消費電力量と稼働率の相関は低いことが確認できた。調査を実施した全国の処理場において、流入水質や運転方法、導入機器等が様々であるため、稼働率の影響が結果として明確に表れてこなかったものと推測される。
- 同一処理場における処理量あたりの消費電力量と稼働率の関係について、下水道の3か所の処理場において平成15年度から平成25年度までの下水道統計より調査した結果、稼働率が高いと処理量あたりの消費電力量は小さくなる傾向が、処理場全体と水処理系でみられた。

上記の結果を踏まえ、汚水処理システムの費用関数について、引き続き稼働率を踏まえた費用関数の検討を進める予定である。

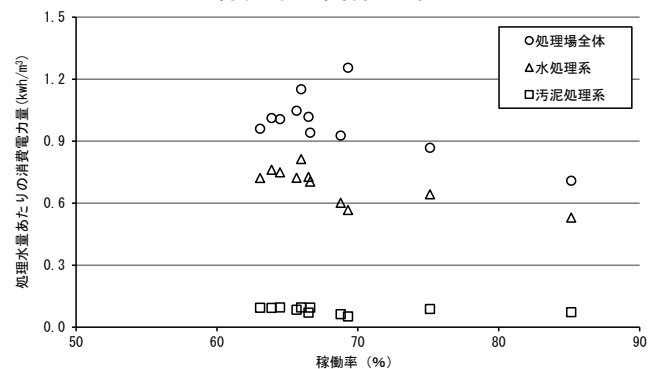


図-9 処理量あたりの消費電力量と稼働率の関係（その3）

参考文献

- 1) 国土交通省ホームページ：平成26年度末の汚水処理人口普及状況について、
http://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo13_hh_000276.html、平成27年9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24年1月推計）、平成24年3月
- 3) (公社)日本下水道協会：下水道統計（平成24年度版）
- 4) 公共投資ジャーナル社：農業集落排水事業データファイル2013、平成25年1月
- 5) 環境省ホームページ：環境省廃棄物処理技術情報、http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/h25/index.html、平成27年3月
- 6) (公社)日本下水道協会：下水道統計（平成15年度版～平成25年度版）