

## 下水道革新的技術実証事業

Breakthrough by Dynamic Approach in Sewage High Technology Project

|                |                  |
|----------------|------------------|
| 下水道研究部 下水処理研究室 | (研究期間 平成 23 年度～) |
|                | 室 長 山下 洋正        |
|                | 主任研究官 太田 太一      |
|                | 研 究 官 藤井 都弥子     |
|                | 研 究 官 石川 剛士      |
|                | 研 究 官 山本 明広      |
|                | 研 究 官 道中 敦子      |
|                | 研 究 官 松橋 学       |
|                | 研 究 官 矢本 貴俊      |
|                | 交流研究員 渡邊 航介      |

|               |             |
|---------------|-------------|
| 下水道研究部 下水道研究室 | 室 長 岩崎 宏和   |
|               | 主任研究官 深谷 渉  |
|               | 主任研究官 松浦 達郎 |
|               | 研 究 官 平出 亮輔 |
|               | 研 究 官 川島 弘靖 |
|               | 研 究 員 中村 裕美 |
|               | 交流研究員 近藤 浩毅 |
|               | 交流研究員 野田 康江 |

### 〔研究目的及び経緯〕

新技術の研究開発及び実用化を加速することにより、下水道事業における地球温暖化の防止、下水道施設の改築更新を含めたライフサイクルコストの大幅削減を図り、併せて、本邦企業による水ビジネスの海外展開を支援する必要があることから、下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）を実施している。

大幅なコストの縮減と再生可能エネルギーの創出等を実現する革新的技術を対象に、実規模レベルでの実証研究を実施し、実験結果を評価してガイドラインを作成することを目的としている。

平成 28 年度採択技術において、中小規模処理場向けの乾燥污泥の肥料化・燃料化 2 件、ダウンサイジング水処理 2 件については、コスト縮減及び温室効果ガス排出量削減等の効果を取りまとめ、ガイドライン案を策定した。「都市域における局所的集中豪雨に対する雨水管理技術」については、実フィールドでの実証結果に基づき、技術導入のためのガイドライン（案）を作成した。また、陥没予兆検知技術については、実証フィールドでの機器計測及び実証を実施し、実証結果を取りまとめた。いずれにおいても、有識者委員会の評価を受けた。平成 29 年度採択技術において、高効率消化システムによる地産地消エネルギー活用技術、発電型污泥焼却技術、最終沈殿池の処理能力向上技術 3 件については、実規模実証施設を設置し、研究結果を取りまとめた。地域バイオマス・資源利活用、省エネルギー型下水高度処理技術、余剰污泥減容化技術の各技術、下水管きよの腐食点検・調査技術（無人飛行体を用いた腐食調査技術）については、技術性能や事業性の予備調査結果を取りまとめた。いずれにおいても有識者委員会の評価を受けた。また、下水管きよの腐食点検・調査技術（圧送管路を対象とした腐食調査技術）についてはガイドライン（案）を作成した。平成 30 年度は、実規模実証結果よりガイドラインを策定するとともに、ICT を活用した効率的な下水道施設管理に関する技術等について実規模実証を行うとともに、AI による水処理の省力化または自動化技術等について FS 調査を行う予定である。

成果として得られた導入ガイドラインについては、国総研資料として刊行し、革新的技術を全国に普及展開するとともに、本邦企業による水ビジネスの海外展開を支援する。

## 下水道管路施設のストックマネジメント促進に関する調査

Research on promotion stock management of sewer pipes

下水道研究部 下水道研究室

(研究期間 平成 29～30 年度)  
室 長 岩崎 宏和  
主任研究官 深谷 渉  
研 究 官 川島 弘靖  
交流研究員 野田 康江

### 〔研究目的及び経緯〕

平成 27 年度末、全国の下水道管路総延長は約 47 万kmに達しているが、そのうち標準耐用年数 50 年を超える老朽管は 1.3 万 km である。今後老朽管は急激に増加することが見込まれており、老朽管の劣化特性を把握した上で、維持管理の効率化につなげていくことが重要である。

下水道管路に用いられる主たる管材はコンクリート管、陶管、塩ビ管であり、過年度の研究でこれら管材の劣化特性を明らかにしてきた。平成 29 年度は、昭和 40 年代のオイルショック時に一時的に全国に普及した硬質瀝青管を対象に劣化特性に関する調査を行った。硬質瀝青管は、紙製パイプにコールタールを含浸させ防水性を持たせた管であるが、長年の使用により、コールタールが洗い流され水ぶくれが発生し、管を閉塞させる事例が全国で発生している。硬質瀝青管は既に製造が中止されているとともに、劣化に関する情報が少ないため、全国の布設実態を明らかにすると共に、現場で使用されていた管材を入手し耐久性等に関する試験を実施した。

また、地方公共団体における下水道管きよのストックマネジメントの実施を支援するため、下水道管きよ健全率予測式 2017 と劣化データベース VER. 2 を公表した。

## 既存ストックを活用した浸水対策手法の確立に関する調査

Research on establishment of stormwater management method utilizing existing sewage facilities

下水道研究部 下水道研究室

(研究期間 平成 28～30 年度)  
室 長 岩崎 宏和  
主任研究官 松浦 達郎  
研 究 員 中村 裕美  
交流研究員 近藤 浩毅

### 〔研究目的及び経緯〕

近年、降雨の局地化・集中化・激甚化や都市化の進展により、内水氾濫のリスクは増大している。浸水対策施設の整備には多くの費用・時間を要することから、早期に被害の軽減を図るためには、既存施設等のストックの能力を適切に評価した上でその機能を最大限に活用できる浸水対策手法を確立することが必要である。

平成 29 年度は、合流幹線内に複数の水位計が設置されたポンプ排水区を対象に、排水ポンプ地点以外の水位情報を用いた対策運転の設定を行うとともに、降雨の分布や移動を考慮した複数の降雨を用いて浸水解析を行い、現状運転時と比較することで浸水抑制効果を整理した。その結果、対策運転が浸水抑制に有効であること、対策運転を決める水位観測地点の設定には、水位観測地点における水位上昇特性とポンプ地点の水位上昇特性の関係が重要であることを確認した。

また、既存ストック評価の一環として、落葉が雨水樹蓋の排水能力に与える影響を確認するため模型実験を行った。実験では、落葉の堆積量・落葉種別・道路縦断勾配・流量・樹蓋の種類を変化させ、各条件と雨水樹蓋の排水能力の関係を整理した。その結果、本実験においては、落葉の堆積量が増加するほど雨水樹蓋の排水能力が低下する傾向が確認された。

## 下水道における災害発生時の迅速な初動体制構築に関する調査

Research on construction of the quick first action system at the time of the earthquake in the wastewater system

下水道研究部 下水道研究室

(研究期間 平成 29～31 年度)  
室 長 岩崎 宏和  
主任研究官 深谷 渉  
研 究 官 平出 亮輔

### **[研究目的及び経緯]**

近年大規模地震が頻発しており、南海トラフ地震等の広域的な被害が予想される巨大地震の発生も危惧されている。重要なライフラインである下水道の被災は市民生活や都市活動等に大きく影響を及ぼし、かつ、地震災害は竜巻等と異なり発生時期や場所の予測ができない自然災害である。このため、被害の拡大及び二次被害の抑制するためにも、発災後の速やかな初動体制構築と的確な行政判断・情報発信が極めて重要となる。現状、下水道 BCP マニュアル等に基づき、各自治体等で下水道 BCP 策定及び計画に沿った準備等が進んでいるものの、防災組織上の下水道部局の位置づけや職員規模等は都市ごとに異なるため、計画の実効性を高めるには都市の実情に合わせて計画をカスタマイズしていくことが重要である。また、発災直後の情報空白期の短縮及び効果的活用を図り、適正な情報を確実に住民に発信していくことも必要である。

このため本調査では、下水道施設における地震災害発生時の迅速な初動体制構築及び効果的な行政サービスの提供に向けた情報発信のあり方、情報空白期の活用手法に関する検討を行うものである。平成 29 年度は、既存文献の収集整理を行った上で、タイムライン的考えによる体制構築等の課題の整理、下水道 BCP 策定マニュアルを踏まえたモデル地域のタイムライン（案）の作成、情報空白期に活用可能な下水道即時地震被害推定システムの改良及び利用者マニュアルの作成を実施した。

## 下水道新技術の導入支援に関する調査

Research on Introduction support of Sewage technology

下水道研究部 下水道研究室

(研究期間 平成 26～30 年度)  
下水道研究官 南山 瑞彦  
室 長 岩崎 宏和  
主任研究官 深谷 渉  
研 究 官 川島 弘靖

### **[研究目的及び経緯]**

国土交通省では、施設の老朽化、下水道をめぐる社会的要請の変化、人口減少・少子高齢化等の社会情勢の変化を踏まえ、下水道事業が目指すべき政策目標を定めた新下水道ビジョンを策定している。しかしながら、事業主体は厳しい財政状況や人員不足等の課題を抱えており、目指すべき政策目標を実現するには、新技術の積極的な導入や技術開発により、コスト削減や業務効率化を図っていく必要がある。

本調査は、国の政策目標を実現するための新技術の導入・開発のロードマップを作成した上で、施策毎の目標達成に有用な技術や事業主体の技術的課題等を調査し、ロードマップの見直しを随時図っていくものである。平成 29 年度は、平成 27 年度に公表した下水道技術ビジョンのフォローアップとして、ロードマップ重点課題を整理したほか、下水道技術ビジョンに位置づけられた技術に対する事業主体のニーズの度合い、新技術導入上の課題及び新技術の開発状況等を調査し、ロードマップを改定・公表した。

# 中小都市の持続可能な下水道事業実施に関する基礎研究

Basic Research on sustainable sewage management in small cities

(研究期間 平成 28～29 年度)

下水道研究部 下水道研究室  
Wastewater System Division  
Water Quality Control Department

室長 岩崎 宏和  
Head Hirokazu IWASAKI  
主任研究官 深谷 渉  
Senior Researcher Wataru FUKATANI  
研究官 川島 弘靖  
Researcher Hiroyasu KAWASHIMA  
部外研究員 野田 康江  
Guest Research Engineer Yasue NODA

Restrictions on sewage works have increased due to the deterioration of facilities, weakened organizational systems, and the loss of revenue for sewage services as a result of population decline. Particularly, small cities facing severe situations in terms of budget and human resources need to strengthen the planned maintenance and organizational systems, in order to achieve sustainable sewage works. Therefore, in this report, we considered the information to be listed in the ledger of sewer pipes. Additionally, in terms of information and communication technology (ICT), some of the latest technologies were reviewed for adopting an efficient management of sewer pipes.

## 【研究目的及び経緯】

施設の老朽化、執行体制の脆弱化、人口減少に伴う使用料収入の減少等、下水道事業に対する制約が高まる中においても、下水道の機能やサービスを持続的に提供していく必要がある。そのため、予防保全を基本とした計画的維持管理の導入が重要となるが、特に、人員・予算が限られる中小都市においては、計画的維持管理の実施に当たり、官民連携手法の導入や事業主体間の連携による広域化の推進など、事業の効率化を図っていく必要がある。しかしながら、管路の点検調査履歴や改築修繕履歴等の維持管理情報等のデータベース化が遅れている等、連携の際に必要な管路情報が不足しているとともに、既存手引き<sup>1)</sup>においても十分な情報項目が整理されているとは言い難い。

本研究では、計画的維持管理や官民連携等の推進を目的として、管路台帳に蓄積すべき情報について整理した。また、効率的な管路管理に資する ICT 技術について情報収集した。

## 【研究内容】

### 1. 下水道管路台帳に蓄積すべき情報の整理

下水道管路に関する情報については、表-1 のように、施設属性情報、周辺環境情報及び維持管理情報の3種類に大別できる。既存手引きでは示されていない計画的維持管理や官民連携等を推進していく上で蓄積すべ

き管路情報項目を整理するため、事業主体へのヒアリングや各種ガイドライン及び市販台帳システムにある管路情報について調査した。また、管路の劣化分析の精度向上に有効と考えられる微地形区分等の周辺環境情報を有する外部データベースについても情報収集を行った。

### 2. 効率的な管路管理に資する ICT 技術に関する調査

管路台帳整備や管路管理の省力化を目的として、モバイルマッピングシステム（以下、「MMS」という。）やマンホールアンテナ等の ICT 技術について情報収集を行った。

表-1 下水道管路に関する情報の種類

| 必要情報区分 |        | データ項目  |
|--------|--------|--|
| 固定的情報  | 施設属性情報 | スパンの ID、管種、管きよ延長、管径、土被り、勾配、幹線枝線、取付管本数、排除方式、緯度経度 等          |
|        | 周辺環境情報 | 地形図、用途地域図、土質柱状図、地盤分類図、液状化指数 等                              |
| 履歴型情報  | 維持管理情報 | 点検結果、調査結果、清掃結果、道路陥没発生データ、浸水発生データ、修繕記録、苦情対応データ、その他維持管理データ 等 |

## 【研究成果】

### (1) 下水道管路台帳に蓄積すべき情報の整理

既存手引きにおいて、下水道台帳管理システムに登

録する標準的な管路情報項目が示されているが、維持管理情報に関する項目は無い。このため、国総研において、今後蓄積すべき維持管理情報を網羅的に抽出し、政令市や中核市等を中心とした32自治体に対し、抽出した維持管理情報の管理状況等についてアンケート調査を行った。点検実績における各項目の管理状況(図-1)では、「点検実施施設番号」及び「対処状況」等の現地の位置やその後の対応等の現場情報について、「現在は管理していない」という回答が高い傾向にあり、図-2の調査実績においても、同様の傾向が見られた。計画的維持管理を実施する上で、施設番号を活用し、点検調査等の維持管理情報を紐付けるとともに、履歴情報として蓄積することが重要であるため、今後はこれらの情報の蓄積を図る必要がある。

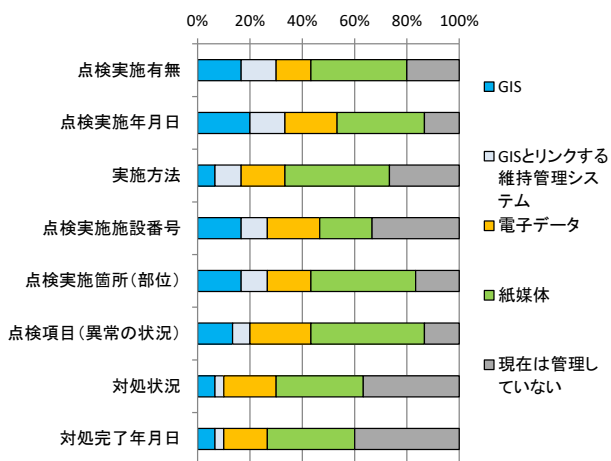


図-1 点検実績における各項目の管理状況

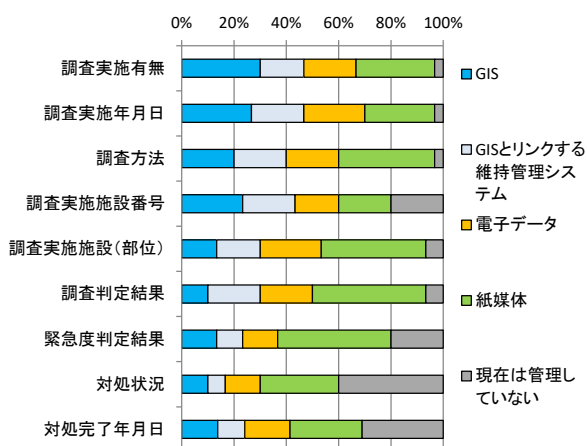


図-2 調査実績における各項目の管理状況

また、執行体制の強化等を目的として、管路管理を含むコンセッションの導入を検討中の自治体に対して、民間事業者の参画促進やデューデリジェンスの円滑化の観点から、どのような情報整備が必要かをヒアリン

グし、施設属性情報の他、点検調査内容や改築修繕履歴等の維持管理情報が必要であることを確認した。

さらに、下水道事業に関する各種ガイドライン及び市販台帳システムから、蓄積すべき管路情報について補完的に整理を行った。

今回、今後蓄積すべき管路情報項目を整理したところ、管路に関する情報項目として261項目、人孔に関する情報項目として256項目となった。これらは、浸水対策や地震対策等を目的に整理すべき情報も含まれているため、各自治体において必要な情報項目数が異なることが想定される。

なお、下水道管路の不具合の発生については、地盤条件等の様々な要因が関係していると考えられているため、管路の劣化分析への活用を目的に、周辺環境情報の整理も合わせて行うことが効果的である。例えば、地震ハザードステーション<sup>2)</sup>では、250mメッシュで表層地盤の微地形区分情報を整理しており、管路等の施設との関連付けが容易である。

## (2) 効率的な管路管理に資するICT技術に関する調査

管路台帳整備や管路管理の省力化を目的として、MMSやマンホールアンテナ等のICT技術の導入に関して、導入効果、導入上の課題、コスト等について情報収集を行った。

MMSは、走行しながら、人孔等の3次元位置情報を取得することが可能であり、基図作成の手間が不要となるため台帳整備の効率化を図ることができる。また、映像により、人孔蓋の設置年度の確認が可能であるため、人孔情報整理の効率化を図ることもできる。

マンホールアンテナは、無線通信用のアンテナとバッテリーを内蔵しており、遠隔地における水位情報等をリアルタイムに監視することができる。光ファイバー網の設置に比べ、経済的にも優れているため、浸水常襲箇所等、特に監視が必要な地区への設置が想定される。

### [成果の活用]

本調査結果は、下水道維持管理や下水道台帳管理システムに係る指針等を改定する際の基礎資料として活用する予定である。

### [参考文献]

- 1) 社団法人日本下水道協会：下水道台帳管理システム標準仕様(案)・導入の手引き Ver. 4、2010
- 2) 国立研究開発法人防災科学技術研究所：地震ハザードステーション、  
<http://www.j-shis.bosai.go.jp/>

# 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 に関する調査

Research on improving the efficiency of wastewater treatment systems by utilizing the capacity of existing sewerage facilities

(研究期間 平成 27～29 年度)

下水道研究部 下水処理研究室  
Water Quality Control Department  
Wastewater and Sludge Management Division

室長 山下 洋正  
Head Hiromasa YAMASHITA  
研究官 石川 剛士  
Researcher Takeshi ISHIKAWA

In this paper, we report the research about the relationship between the operating rate and the maintenance cost. This result enables estimation of the maintenance cost in the future when the operating rate will decrease. Also, we report the optimization method of wastewater treatment systems from the comprehensive viewpoints including the economical, technological and environmental ones in the population declining society.

## 〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、第4次社会資本整備重点計画において、人口減少社会における重点的、効果的かつ効率的な社会資本整備を目指している。人口減少社会において、地域における汚水処理に係るコスト増加が予想され、汚水処理サービスの継続が困難になっており、下水処理場の既存施設能力を活用し、効率的に汚水処理システムの整備・運営を推進することが不可欠となっている。本研究では、人口減少社会に伴う汚水処理システムの非効率化に対応するため、地域ごとの最適な汚水処理方式及び運営シナリオの評価方法の提案と、下水処理場を核とした汚水等一括処理時の課題把握を行い、地域における効率的な汚水処理の評価方法、課題への対応方策を提示するものである。

## 〔研究内容〕

### 1. 施設更新時のコスト・エネルギー算定手法等の調査

汚水処理システム検討の基礎となるコスト・エネルギー算定手法等として、主要な汚水処理施設（下水処理施設、農業集落排水施設、し尿処理施設）について、既往文献及びアンケート調査（統計資料、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消費電力量の変遷等）を通じ、費用関数や稼働率の影響等を調査した。特に、将来のコスト及びエネルギーをより正確に算定するために、処理水量の減少に伴う施設稼働率の低下がどのような影響を与えるのか明らかにすることを試みた。

### 2. 効率的な汚水処理システムの最適化手法の作成

地方自治体（特に人手不足の中小都市）が持続可能な汚水処理システム構築に向けた検討を進めるのに資

するものとして、簡易的かつ正確に最適な汚水処理システムを選択するための手法を作成した。また、本手法の有用性の確認のためモデルケース検討を実施した。

## 〔研究成果〕

### 1. 施設更新時のコスト・エネルギー算定手法等の調査

これまで明確化されていなかった稼働率が消費電力量及び維持管理費に与える影響について、消費電力量及び維持管理費に関してそれぞれ、以下の式で示される係数として設定し、明確化を図った。

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

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

調査結果に基づく、稼働率ごとの電力係数及び維持管理係数は図-1及び図-2のとおりであり、いずれの係数も（全ての汚水処理施設において）稼働率低下に従い増加する（処理原価が増加する）非効率な運転状況が明確化された。

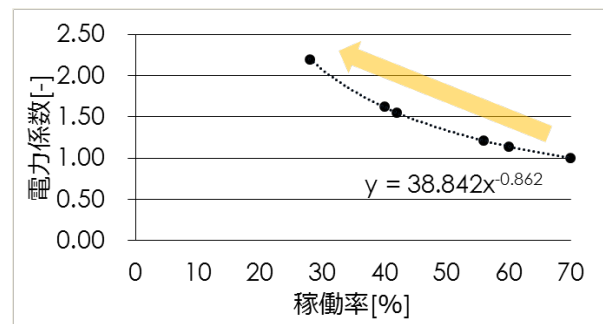


図-1 稼働率と電力係数の関係  
(下水処理施設 (OD 法) の例)

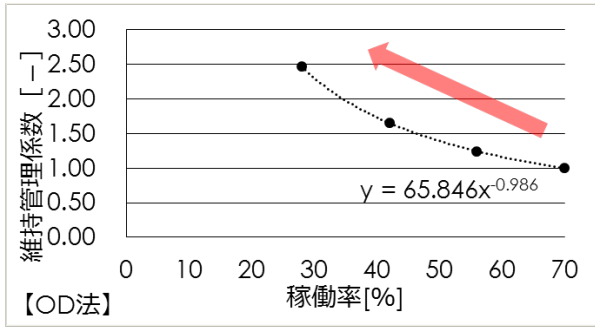


図-2 稼働率と維持管理係数の関係  
(下水処理施設 (OD 法) の例)

## 2. 効率的な污水処理システムの最適化手法の作成

上述のコスト・エネルギーの算定手法等を用い、図-3 に示すフローのとおり、コスト面、技術面、環境面を踏まえた効率的な污水処理システムの最適化検討手法を作成した。本検討により、それぞれの地域 (処理区同士の関係) において、図-4 に示す①から③の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選定 (フローの (6) 総合評価) する。



図-3 効率的な污水処理システムの最適化検討フロー

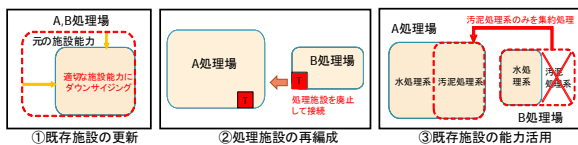


図-4 代表的な統廃合ケースのイメージ図

本検討のうち、(4) 経済性比較においては、各污水処理施設について、上記①から③のそれぞれの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。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項目として主に施設能力の確認やし尿取り込み時の水処理施設への影響等をチェックリストにより確認できるようにした。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、消費エネルギー及び GHG を算出すること等を考慮することとした。最終的には、表-1 に示す仮想都市における検討結果例のとおり総合的な評価を行う。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「処理施設の再編成」再編が最も効率的となる。

表-1 仮想都市における検討結果例

| 項目            | シナリオ   |  |   |              |
|---------------|--|--|---|--------------|
|               | シナリオ1<br>① 既存施設の更新<br>A、B 下水処理場それぞれをダウンサイジング | シナリオ2<br>② 処理施設の再編成<br>B 下水処理場を A 下水処理場に接続 | シナリオ3<br>③ 既存施設の能力活用<br>B 下水処理場の汚泥処理系を A 下水処理場に接続 |              |
| コスト<br>(25年間) | 総額   | 5,879 百万円                                  | 4,368 百万円   | 5,016 百万円    |
|               | 年額   | 235 百万円/年                                  | 175 百万円/年   | 201 百万円/年    |
| 技術面           | 現施設更新のため検討省略                                 |  |   |              |
| 環境面<br>(25年間) | 消費エネルギー量                                     | 120,473 千MJ                                | 108,833 千MJ                                       | 116,238 千MJ  |
|               | 温室効果ガス排出量                                    | 16,732 t-CO2                               | 15,116 t-CO2                                      | 16,144 t-CO2 |
| 評価            | △  | ◎  | ○   |              |

実都市を対象としたモデルケース検討の結果を表-2 に示す。すでに最適化検討を実施済みの都市において、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を比較・検証した結果、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、最終的に選定した統廃合シナリオ (処理施設の再編等) は両者ですべて合致していた。これにより、地方自治体等の下水道事業者にとって、最適な污水処理システム構築につながるための有用なツールとなり得ることを確認した。

|                | 本手法に基づく検討   |   | 松江市の検討        |                      |
|----------------|---|---|---------------|----------------------|
|                | 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           |
| コスト<br>(百万円/年) | 36  | 5   | 30            | 15                   |
| 技術面            | -   | 処理場の処理能力<br>管路、ポンプ能力  | -             | 処理場の処理能力<br>管路、ポンプ能力 |
| 環境面            | 消費エネルギー量<br>865,300(MJ/30年)<br>GHG排出量<br>167,532(t-CO2/30年) | 消費エネルギー量<br>846,703(MJ/30年)<br>GHG排出量<br>163,931(t-CO2/30年) | -             | -                    |
| 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 |                      |

表-2 モデルケース検討結果例 (本手法と松江市)  
[成果の活用]

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、最適な污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污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する。

# 下水道由来のアンモニアのエネルギー利用システムに関する研究

## Research on utilization system of energy of ammonia from sewage

(研究期間 平成 28～29 年度)

下水道研究部 下水処理研究室  
Water Quality Control Department  
Wastewater and Sludge Management Division

室長 山下 洋正  
Head Hiromasa YAMASHITA  
研究官 矢本 貴俊  
Researcher Takatoshi YAMOTO  
研究官 松橋 学  
Researcher Manabu MATSUHASHI

Ammonia has been used for a variety of purposes such as fertilizer and denitrification agent. Furthermore, ammonia has attracted attention as a hydrogen carrier in recent years. Even though high concentration of ammonia is contained in the filtered water from digested sludge, the ammonia has not been utilized as resources in sewage treatment plants generally. In this research, we conducted lab-scale ammonia recovery experiments and questionnaire surveys on sewage treatment plants to demonstrate the possibility of effective utilization of ammonia derived from sewage.

### [研究目的及び経緯]

国土交通省では、生産性革命プロジェクトにおいて、下水資源を徹底的に利活用し、エネルギー創出や農業の生産性向上に大きく貢献することを目指している。

近年、アンモニアはエネルギーキャリアとして注目され、研究開発が進められている。また、アンモニア水は脱硝剤、尿素は肥料として利用されており、アンモニアは資源として多様な利用用途があると言える。

一方で、下水処理場においては嫌気性消化汚泥脱水分離液に高濃度のアンモニアが含まれているが、一般的には資源として利用されていない。

本研究では、下水道由来のアンモニアについて、市場性および既存のアンモニア除去回収技術の特性を踏まえた、有効利用の可能性の提示を目指すものとした。

平成 28 年度には、ラボスケールでの実験により下水処理場から採取した消化汚泥脱水分離液から得られるアンモニアガス濃度を把握した。また、アンモニア製造メーカーへのヒアリング調査により下水道由来のアンモニアの有効利用の用途について情報収集を行った。

平成 29 年度には、全国の焼却・溶融炉を有する処理場 139 箇所へのアンケート調査により脱硝剤としての有効利用の可能性について検討を行った。

### [研究内容]

#### 1. 下水処理場から採取した消化汚泥脱水分離液を用いたラボスケールでのアンモニア回収実験

A 市の B センターより消化汚泥脱水分離液 ( $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度 840 mg/L) を採取し、既存のアンモニア回収技術 (アンモニアストリッピング法) を用いたアンモニアガス

回収実験 (実験装置の概要を図-1 に、実験条件を表-1 に示す) を行った。回収したアンモニアガスはガス検知管 (ガステック社) を用いて濃度を測定した。

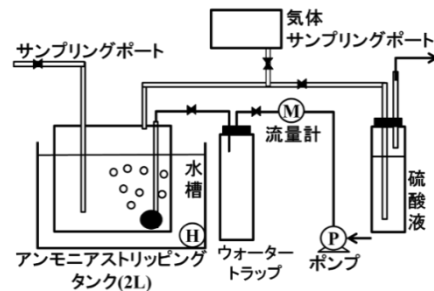


図-1 実験装置の概要

表-1 実験条件

|              |            |
|--------------|------------|
| 温度 [°C]      | 30, 50, 70 |
| pH           | 9, 12      |
| 送風量 [NL/min] | 0.5        |
| 反応時間 [hour]  | 24         |

#### 2. 下水道由来のアンモニアの有効利用に関するヒアリング調査

ラボ実験での回収アンモニアガスの濃度を踏まえ、アンモニア製造メーカーへの下水道由来のアンモニアの有効利用用途に関するヒアリング調査を実施した。

#### 3. 下水道由来のアンモニアの脱硝剤としての利用実態に関するアンケート調査

下水道由来のアンモニアの利用に関するヒアリング調査の結果を踏まえ、下水処理場内でのアンモニアの有効利用の可能性を検討するために、全国の汚泥焼却・溶融施設を有する処理場 139 箇所へ脱硝剤の利用実態に関するアンケート調査を行った。



## [研究成果]

### (1) 下水処理場から採取した消化汚泥脱水分離液を用いたラボスケールでのアンモニア回収実験

消化汚泥脱水分離液を用いたアンモニアストリップリング法によるアンモニア回収実験を行った結果、水温70℃、pH12の実験条件の時に回収アンモニアガスの濃度が最大値(約6,500 ppm)を示した(図-2)。

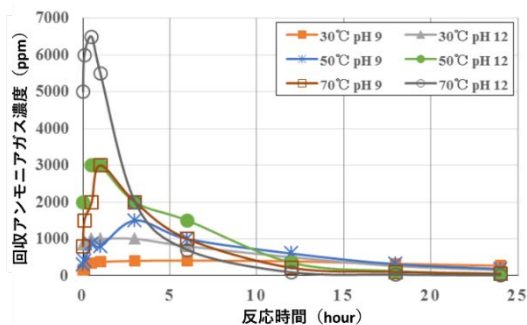


図-2 回収アンモニアガス濃度の経時変化

また、消化汚泥脱水分離液のNH<sub>4</sub>-N濃度は、上記実験条件の時に最も効率よく除去され、実験開始から6時間経過後にBセンターの処理水の設計値である100 mg/L以下となった(図-3)。また、実験開始時の濃度と実験終了時(24h)の濃度から求めたアンモニア除去率は87.8%であった。

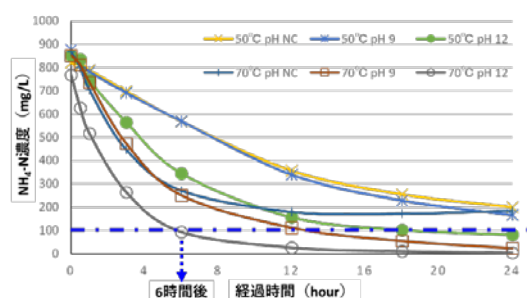


図-3 消化汚泥脱水分離液のNH<sub>4</sub>-N濃度の経時変化  
アンモニア回収実験の結果、高温・高pH条件下にて最も効率よくアンモニアを除去・回収可能であることが見出された。一方で、加温の熱エネルギーと薬剤投入(アルカリ剤)にコストを要することも踏まえた全体としての最適化について検討の必要性が示唆された。

### (2) 下水道由来のアンモニアの有効利用に関するヒアリング調査

下水道由来のアンモニアの有効利用について、アンモニア製造メーカーへのヒアリング調査を実施した。前提とするアンモニアの特性は、ラボ実験から得られたアンモニア濃度(約1%程度)と設定した。

アンモニアをエネルギー源として利用する場合、濃度は99.9%と高濃度のものが使用されており、下水道由来の低濃度のアンモニアを直接エネルギー利用することは現実的に難しく、濃縮方法について検討する必

要がある。また、不純物が含有されていないことも条件として掲げられており、下水道由来のアンモニアの含有不純物の情報を整理する必要性が見出された。

### (3) 下水道由来のアンモニアの脱硝剤としての利用実態に関するアンケート調査

下水処理場において、汚泥焼却時に発生するNO<sub>x</sub>抑制として脱硝剤が使用されることが考えられる。そのため、全国の焼却・溶融施設を有する下水処理場(139箇所)を対象とした脱硝剤の利用実態のアンケート調査を実施した。

脱硝剤を利用している処理場は9箇所、施設19基(全体の7%)であり、全体として利用率は低いものの、脱硝剤を利用している下水処理場は一定数存在することを把握した(図-4)。

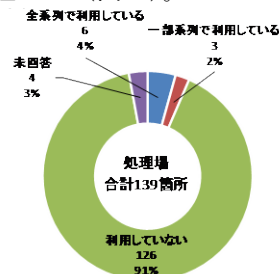


図-4 汚泥焼却・溶融施設における脱硝剤の利用の有無

また、汚泥焼却・溶融施設において利用されている脱硝剤の種類は、尿素水、アンモニアガス、アンモニア水の3種類であった。利用形態は尿素水(60%)が最も多く、アンモニアガス、アンモニア水はいずれも20%であった(図-5)。

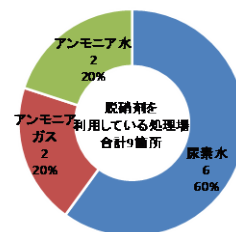


図-5 汚泥焼却・溶融施設において利用されている脱硝剤の種類

全国の焼却・溶融施設を有する下水処理場へのアンケート調査の結果、脱硝剤を使用している処理場は一定数存在しており、下水道由来のアンモニアの脱硝剤としての有効利用の可能性が示唆された。

### [成果の活用]

下水汚泥のエネルギー化技術として導入される嫌気性消化施設において発生する下水道由来のアンモニアを対象として、資源回収および水処理システム(窒素負荷の削減)の最適化を検討するための技術的知見として地公体の下水道事業者にも活用される。

## 下水道資源の活用を考慮した水環境マネジメント推進に関する調査

Research on the promotion of water environment management considering utilization of sewage resources

下水道研究部 下水処理研究室

(研究期間 平成 29～31 年度)  
室 長 山下 洋正  
研 究 官 藤井 都弥子

### [研究目的及び経緯]

平成 26 年度に改訂された「流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説」や新下水道ビジョン、及び平成 27 年度に策定された下水道技術ビジョンにおいて、「エネルギー・資源の視点を取り入れた整備計画策定の促進」や「下水処理場でのエネルギー利用効率化技術の開発」、「下水道から排出される温室効果ガス排出量を削減するための技術や省エネ効果を評価する手法の開発」等が目標として定められた。

こうした目標を達成するため、下水処理による電力消費と下水道資源のエネルギー利用とを統合して収支を整理することにより、水質の保全だけでなく下水処理場及び流域全体におけるエネルギー使用量の削減、資源利用も考慮した水環境マネジメントを推進するための具体的検討方法、考え方等を提案する。

平成 29 年度は、既存資料を活用し、下水処理工程における電力消費量の算出方法と、消化ガス発電や汚泥の固形燃料化に関する建設費、維持管理費、エネルギー消費量・創出量の算出方法とを組み合わせ、下水処理及び下水汚泥のエネルギー利用におけるコスト・エネルギーを算出する方法を整理した。この結果により、消化ガス発電や固形燃料化(乾燥)は処理場規模が大きくなるにつれてエネルギー創出量/消費量の値が大きくなるが、固形燃料化(炭化)は処理場規模にかかわらずほぼ一定であるという結果が得られる等、下水処理方法や処理場規模、下水汚泥の利用形態に応じたエネルギー収支、コストを定量的に試算することが可能となった。今後は、整理した算出方法をモデル流域へ適用し、妥当性の検証や再試算を進めていく。

## 下水道における温暖化ガス排出量削減に関する調査

Research on The impact of food waste disposers to sewage facilities

下水道研究部 下水処理研究室

(研究期間 平成 29～31 年度)  
室 長 山下 洋正  
研 究 官 道中 敦子  
研 究 官 栗田 貴宣

### [研究目的及び経緯]

下水道から排出される温室効果ガス排出量について約 11%削減が目標とされており、エネルギー由来の CO<sub>2</sub>だけでなく水処理、汚泥処理において発生する一酸化二窒素 (N<sub>2</sub>O) 排出抑制技術が求められている。特に生物反応により発生する水処理からの N<sub>2</sub>O については実態を含め依然不明な点が多く明確な対策が講じられていない。このような背景のもと、経済的で導入しやすい、エネルギー、処理水質、N<sub>2</sub>O 排出量を考慮した下水道における低炭素型水処理について検討をしている。

平成 29 年度は、下水処理方式のなかでも最も N<sub>2</sub>O 排出係数が高い標準活性汚泥法において排出量低減策を検討するため、運転管理の違いによる N<sub>2</sub>O 排出量の実態調査を行った。既設標準活性汚泥法施設を活用しながら運転工夫により段階的に高度処理化に取り組んでいる処理場を調査した結果、現行の温室効果ガスインベントリにて提示されている標準活性汚泥法の N<sub>2</sub>O 排出係数より低い結果を得た。

## 処理水の衛生学的リスク制御技術および再生水の性能評価に関する調査

Study on microbiological risk control technology for treated water and performance evaluation in water reuse.

(研究期間 平成 29～31 年度)

下水道研究部 下水処理研究室

室 長 山下 洋正  
研 究 官 松橋 学

### [研究目的及び経緯]

環境基準項目が大腸菌群数から大腸菌数に変更される予定であることを受けて、下水道からの放流水の水質の技術上の基準における衛生学的指標についても大腸菌数に関して、衛生学的リスク値に応じた技術基準を検討する必要がある。また、再生水利用に関する国際規格開発が進められており、従来技術によるリスクと性能を評価した上で、技術基準や再生水利用の効果について調査検討が必要である。

本年度は下水処理場における生物処理・消毒での大腸菌、大腸菌群及びウイルス等の除去能力について秋季・冬季の変動を把握した。また、新たな再生水の国際規格原案に関し、国内の再生水事業者へのヒアリング等を実施し、再生水施設における適用性を確認した。