

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
主任研究官	重村 浩之
研 究 官	道中 敦子
研 究 官	藤井 都弥子
研 究 官	松本 龍
研 究 官	板倉 舞
研 究 官	小越 眞佐司
交流研究員	山口 修史
交流研究員	前田 光太郎
交流研究員	堀井 靖生

下水道研究部 下水道研究室

室 長	横田 敏宏
主任研究官	深谷 涉
主任研究官	松浦 達郎
研 究 官	宮本 豊尚
研 究 員	中村 裕美
交流研究員	竹内 大輔
交流研究員	麦田 藍

〔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、実証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 25 年度に作成した管渠マネジメントシステムガイドラインについては、フォローアップ調査（導入実績調査）を実施した。平成 27 年度採択技術において、CO2 分離・回収・活用、再生水処理、設備劣化診断 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とりとまとめ、ガイドライン案・中間取りまとめ案を策定した。「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計測及び実証を実施し、実証結果をとりとまとめた。いずれにおいても、有識者委員会の評価を受けた。平成 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、実規模実証施設を設置し、研究結果をとりとまとめた。災害時水処理、下水道資源からの水素製造 4 件、高濃度メタン発酵の各技術については、技術性能や事業性の予備調査結果をとりとまとめた。また、車道融雪技術及び下水管きよの腐食点検・調査技術については、実証を実施し、実証結果をとりとまとめた。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、地産地消型の低コストなバイオマス活用技術等について実規模実証を行うとともに、標準法並みのエネルギーの高度処理技術等について 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。

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

下水道研究部 下水道研究室

(研究期間 平成 28～29 年度)
室 長 横田 敏宏
主任研究官 深谷 渉
研 究 官 宮本 豊尚

[研究目的及び経緯]

下水道事業は全国的に施設の老朽化や人口減少に伴う使用料収入の減少等が見込まれるが、特に中小都市においては人的・財政的資源も小さく下水道経営は厳しい状況にある。今後は団体の状況・レベルに応じた維持管理手法が求められ、中小都市における持続可能な下水道事業実施に向けた実態把握、支援方策の検討が必要となっている。

本年度は、国内他分野の中小都市における効果的なインフラ管理に関する事例について調査を行い、好事例としてセルフビルド方式やアダプト制度等の市民参加型の手法を抽出した。また、市民参加型インフラ維持管理手法について、下水道施設の維持管理への導入検討を行った結果、地表面からの点検や雨水開渠については導入可能性が示唆された。

下水道管路の持続可能なストックマネジメントに関する調査

Research on sustainability of management methods of sewer pipes

下水道研究部 下水道研究室

(研究期間 平成 28～30 年度)
室 長 横田 敏宏
主任研究官 深谷 渉
研 究 官 宮本 豊尚
交流研究員 竹内 大輔

[研究目的及び経緯]

我が国の平成 27 年度末時点での管路総延長は 47 万kmに達し、膨大な管きょストックに対する老朽化問題が顕在化している。平成 27 年には下水道法の改正により管路施設の点検が義務化されており、今後、維持管理や改築事業等への大幅な投資が予想される。一方、人口減少や少子高齢化の局面に入ったことで、料金収入の減少等による下水道事業経営の脆弱化が懸念される。限られた予算等で施設を適正に管理し、機能の持続性を確保し、併せて施設の長寿命化を図るためには、維持管理業務のより一層の効率化および適正な維持管理計画の策定が重要である。

本研究では、管きょの劣化・異常に関するデータ収集を継続的に実施し、既存管きょ劣化データベースの充実化を図ったほか、様々な条件下の管きょ異常・陥没等のデータを分析し、異常の有無に寄与する因子（管種、規格、経過年数、土被り等）の抽出を行った。

また、過年度に公表し、全国の長寿命化計画および改築事業量算定の標準式として広く採用されている健全率予測式について、異常発生傾向分析から得られた知見に基づく条件付き健全率予測式の作成を行い、精度向上を図った。

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 27～29 年度)
室 長 横田 敏宏
主任研究官 深谷 渉
研 究 官 宮本 豊尚

[研究目的及び経緯]

国土交通省では、1300 万人にのぼる下水道未普及人口の存在及び普及率の都市間格差、下水道施設の老朽化等による道路陥没事故発生等の現状を踏まえ、汚水処理施設を今後 10 年で概定させる 3 省統一の目標設定や、管路施設の点検義務化などの下水道法の改正、将来的に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の策定等を実施した。しかしながら、地方公共団体は厳しい財政状況や人員不足等の課題を抱えており、これらの目標等を実現するには、新技術の積極的な導入や技術開発により、コスト縮減や業務効率化等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の導入マニュアル等を随時整備していくものである。平成 28 年度は、平成 27 年度に公表した下水道技術ビジョンをフォローアップし、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付けられた技術に対する事業主体のニーズの度合いや、新技術導入上の課題、取り組み動向を調査した「下水道技術開発レポート 2016」を作成・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 横田 敏宏
主任研究官 松浦 達郎
研 究 員 中村 裕美
交流研究員 麦田 藍

[研究目的及び経緯]

近年、日本各地において短時間に集中する豪雨の発生回数が増加しており、過去と比較して降雨の状況が変化している可能性が指摘されている。そのため、既存の対策のみでは対応できない恐れがあり、特に多額の費用と時間が必要となるハード対策のみでは早急な対応は困難である。一方、都市内にはこれまでの事業により一定の施設が整備されており、これらを既存ストックとして評価し、最大限に活用することにより浸水被害を軽減することが重要である。また、既存ストックを活用した浸水対策の検討にあたっては、浸水シミュレーションの利用が効果的であるが、シミュレーションモデルのキャリブレーションや計算結果の検証に必要な下水道施設の降雨流出現象に関する観測情報は不十分である。そこで本調査では、既存ストック活用のための浸水シミュレーションの利用促進やそれらを活用するために必要な観測項目・手法等に関する検討、気候変動等による降雨特性の変化に対応した計画降雨の考え方や設定手法を整理した上で、これらの結果を踏まえた雨水管理計画の策定手法や見直し手順について検討するとともに、浸水対策に関する B-DASH の成果も活用し、総合的に浸水被害の軽減を図ることを目的とする。

平成28年度は、実績の降雨波形と「下水道施設計画・設計指針」に基づき設定した降雨波形を比較することで、降雨要因に関わらず波形の整合性はピークから離れた位置で低くなり、ピーク付近 6 時間程度であれば概ね計画降雨波形を用いて不適でないことを確認した。

処理水・再生水の衛生学的リスク制御技術の評価に関する調査

Research on Evaluating the Hygienic Risk Control Technologies for Treated Wastewater and Reclaimed Water

(研究期間 平成 26～28 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
主任研究官 重村 浩之
Senior Researcher Hiroyuki SHIGEMURA
研究官 小越 眞佐司
Researcher Masashi OGOSHI
研究官 板倉 舞
Researcher Mai ITAKURA
交流研究員 前田 光太郎
Guest Research Engineer Koutarou MAEDA

We researched the condition of E.coli in treated water and effluent at the chlorine disinfection facility. And we organized the relation of E.coli and total coliform. And we studied the rate of norovirus removal for each reclaimed wastewater use application, selection of treatment and disinfection processes which can satisfy the removal rate, and the estimation of the cost and energy consumption of each process. We proposed the framework to select the adequate treatment process from the viewpoint of microbiological risk assessment, life cycle cost and energy consumption.

[研究目的及び経緯]

現在、下水処理場からの放流水に関する衛生学的項目として用いられている大腸菌群数については、糞便性汚染を示す指標としては問題があることが指摘されている。環境基準（生活項目）について、項目を大腸菌群数に変更するための検討が進められていることから、下水処理水中の大腸菌数の実態把握を行う必要性が高まっている。また、下水処理水の再利用が国内外で進められており、ISO/TC282 においても国際規格が検討されていることを踏まえ、再生水利用のリスク及び性能評価についての検討が求められている。本研究では、放流水および再生水の衛生学的リスク制御に必要な水処理方法、それに係るコストやエネルギーについて把握し、適切な消毒方法の検討手法を提示した。

[研究内容]

1. 塩素消毒施設の運転条件による大腸菌と大腸菌群の除去効果の把握

下水処理場の塩素消毒施設において、塩素消毒による大腸菌群及び大腸菌の除去特性を把握するため、運転条件（滞留時間、塩素注入率）の確認、実施における大腸菌と大腸菌群の除去効果の確認を行った。ま

た、大腸菌群の菌種を踏まえた消毒効果を調査した。ビーカー試験では、塩素注入率の変化による大腸菌と大腸菌群の除去効果について確認を行った。

2. 衛生学的リスク評価および処理技術のコスト・エネルギー消費に関する検討

対象とする病原微生物をノロウイルスとし、衛生学的リスク、コスト、エネルギー消費量の観点から、放流水および再生水利用等における適切な処理方法を検討するため、利用形態別にリスク目標を設定し、求めるリスク制御レベル達成に必要な除去率、下水処理技術毎のコスト、エネルギー消費の関係性を試算した。

3. 再生水利用における性能評価に関する実態調査

再生水利用の国際規格 ISO/TC282 において提示される性能評価方法について、再生水利用事業者において現実的に運用できるかヒアリング調査を行い、留意事項を整理した。

[研究成果]

研究成果の概要を以下に示す。

1. 塩素消毒施設の運転条件による大腸菌と大腸菌群の除去効果の把握

4 つの下水処理場（水処理：標準活性汚泥法）で 5

回の塩素消毒施設調査（A 処理場 2 回）を行った。処理水中の大腸菌群数は 75~1,700CFU/ml であり、放流水基準の 3,000 個/cm³ 以下を満たしていた。除去率については、大腸菌群数（デソキシコール酸塩培地平板培養法）は 53~95%、大腸菌はクロモアガー-ECC 培地平板培養法で 48~99%、コリラート QT トレー最確数法で 30~84%であった。各塩素消毒施設の運転条件（滞留時間と塩素注入率の積 CT 値）と大腸菌・大腸菌群の除去率との間で単純な関係性は見出せなかった。図 1 は、塩素消毒実験（ビーカー試験）による大腸菌の対数生存率であるが、処理場毎に対数生存率にばらつきが見られた。

大腸菌・大腸菌群の菌叢割合についても下水処理場や調査日によって、異なっていた（図 2）。大腸菌の菌株毎に、塩素消毒の効果が異なることが報告されている。技術基準の検討の際には、大腸菌群・大腸菌の塩素消毒による除去特性の違いに留意する必要がある。

2. 衛生学的リスク評価および処理技術のコスト・エネルギー消費に関する検討

放流水および再生水処理にかかる衛生学的リスク・コスト・エネルギー消費について検討した。ここでは、再生水処理についての結果を示す。

再生水利用において、1 回あたりの摂取水量が大きく曝露頻度も高い親水用水利用で最も高いノロウイルス除去率が求められた（表 1）。急速ろ過等の処理プロセスと組み合わせることで、低い消毒強度においても除去率を達成することが出来た。また、より高い除去率を得るためには、オゾン処理プロセスや膜処理プロセスを採用することが効果的であることが分かった。リスク制御レベルとライフサイクルコストの関係を図 3 に記す。求める制御レベル達成に必要な処理性能（除去率）、下水処理技術毎のコスト、エネルギー消費量の関係性を明らかにした。

3. 再生水利用における性能評価に関する実態調査

再生水利用事業者（10 箇所）における運転管理実態より、性能評価に必要な項目に関する情報は一定程度整理されており、評価方法は適用可能と考えられた。一方で建設費等のデータが他部局管理である等、実態面において留意すべき事項も整理された。

【成果の活用】

下水処理場における新たな衛生学的指標導入に向けた基準値の検討や、再生水利用の国際標準化、リスク評価及び再生水利用用途の検討の際の技術的知見として反映する。またリスク、コスト、エネルギーを考慮した適切な処理消毒方法の選定における技術資料として地方公共団体において活用される。

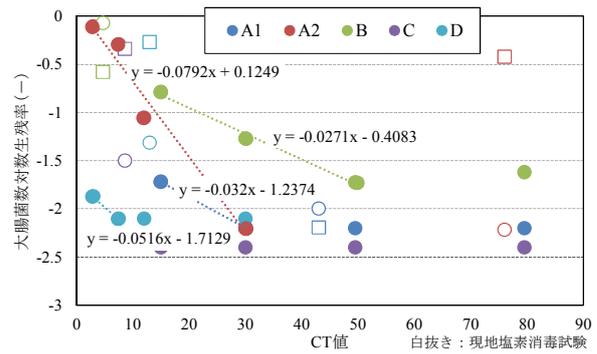


図 1 塩素消毒実験における大腸菌の対数生存率

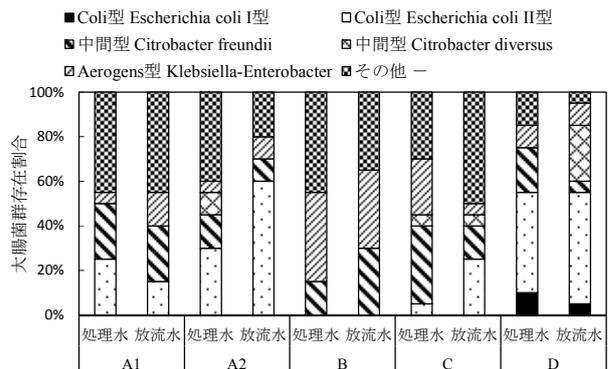
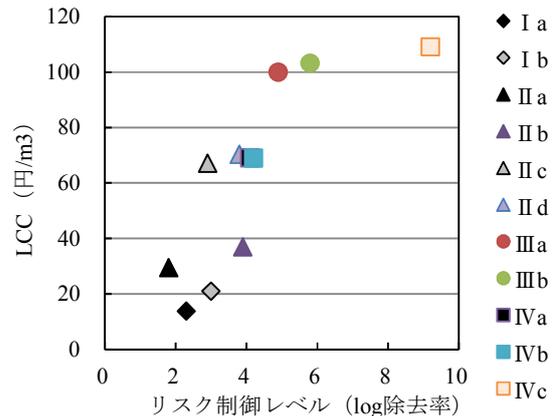


図 2 大腸菌群中の大腸菌等の存在割合

表 1 所定の年間感染確率を満たすために必要な二次処理後のノロウイルス除去率 (log)

用途	年間感染確率 (人 ⁻¹ ・年 ⁻¹)		
	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵
水洗トイレ用水	0.0	0.7	1.7
修景用水	0.0	0.5	1.5
親水用水	0.3	1.3	2.3



- I a : 塩素消毒 (強)、b : 紫外線消毒
- II a : 急速ろ過+塩素消毒 (弱)、b : 急速ろ過+紫外線消毒、c : 急速ろ過+オゾン消毒、d : 急速ろ過+オゾン処理法+塩素消毒 (弱)
- III a : 凝集沈殿+急速ろ過+オゾン処理法、b : 凝集沈殿+オゾン処理法+急速ろ過+塩素消毒 (弱)
- IV a : 急速ろ過+MF 膜+塩素消毒 (弱)、b : 凝集剤添加+MF 膜+塩素消毒 (弱)、c : 急速ろ過+MF 膜+RO 膜

図 3 リスク制御レベルとライフサイクルコスト

下水道における一酸化二窒素発生抑制型処理方法に関する検討

Investigation of biological wastewater treatment systems for low nitrous oxide emission

(研究期間 平成 26～28 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
主任研究官 重村 浩之
Senior Researcher Hiroyuki SHIGEMURA
研究官 道中 敦子
Researcher Atsuko MICHINAKA

Nitrous oxide has proven to have approximately 300 times the greenhouse effect of CO₂, and it is released from the biological treatment of wastewater as an intermediate and by-product during the nitrification and denitrification pathway. However, the emission occurrence at actual plants is not understood. We investigated the treatment methods reducing N₂O emission in wastewater treatment plants with activated sludge process.

〔研究目的及び経緯〕

一般的に広く普及している下水処理では活性汚泥（微生物）の反応を利用していることから、エネルギーに起因する二酸化炭素（CO₂）のほかに、メタン、一酸化二窒素（N₂O）が温室効果ガスとして発生することが特徴である。そのうち、N₂Oは、CO₂の約 300 倍の温室効果を有することから、下水道事業全体の地球温暖化ガス排出量において無視できない。このことから、地球温暖化防止対策の一環として排出量の削減への取り組みが求められている。

しかしながら、汚泥焼却過程で発生する N₂O については高温焼却により N₂O 排出量削減が可能であるが、水処理における排出実態については依然として不明な点が多く、未だ明確な対応策が講じられていない。そこで、本研究では排出実態の把握と発生抑制手法の検討を行っている。

〔研究内容〕

1. ベンチスケールリアクターを用いた N₂O 排出量抑制型運転方法の検討

水処理プロセスにおいて N₂O 排出量抑制型運転方法を検討した。DO 値が N₂O 排出量に影響することや、嫌気槽・無酸素槽と比較して好気槽から発生する N₂O 量が格段に高いなど知られていることから、N₂O の発生特性は曝気方法による影響を受けることが考えられる。また、現地調査結果より、窒素除去率が高い処理方式を採用している下水処理場では反応槽における N₂O 転換率が低い傾向が示されている。これらを踏まえ、前段の曝気を抑え脱窒工程を取り入れた制御曝気運転における N₂O 排出量抑制効果についてベンチスケールリ

アクターを用いた実験により検討した。



写真-1 水処理プロセスのベンチスケールリアクター

2. 標準活性汚泥法における運転方法の違いによる N₂O 排出量の把握

過去国総研現地調査結果より、異なる運転方式で N₂O 排出量に違いがあることが示された。国内で最も導入数が高い標準活性汚泥法では、他の運転方式に比べて N₂O 排出量が高いことから、運転方法の工夫により、N₂O 排出量が抑制される可能性を調べるため、既存標準活性汚泥法施設を用いて段階的高度処理運転を行っている処理場を対象に、N₂O 排出量について実態を把握することを目的に現地調査を実施した。

3. 嫌気性消化導入による温室効果ガス排出量の把握

汚泥処理の 1 つである嫌気性消化は、余剰汚泥中の有機物 40～60%をエネルギーとして回収できることから、化石燃料使用量を削減し温室効果ガス排出量削減に貢献する技術である。しかしながら、その反面、消化槽で汚泥の可溶化が進むことから、窒素濃度が高い脱水分離液を含む返流水が発生することが課題となっている。このような返流水は、水処理プロセスに戻す等により生物学的に処理されることから、返流水に含まれる高濃度の窒素が影響し、処理過程において、N₂O

排出量の増加につながる恐れが懸念される。そこで、嫌気性消化導入が下水処理における温室効果ガス排出量に与える影響を調べた。

【研究成果】

(1) ベンチスケールリアクターを用いた N₂O 排出量抑制型運転方法の検討

各槽の曝気風量を調節可能な連続式ベンチスケールリアクター実験装置を用いて、標準曝気運転(全槽曝気)にて運転した後、前段の曝気風量を制限した運転(制限曝気運転)に変更することで N₂O 排出量抑制効果を確認した。その結果、標準曝気運転定常期、制限曝気運転定常期において N₂O ガス排出係数の平均値は、それぞれ 541.0、29.5 mg-N₂O-N/m³ (図-1) であり、制限曝気運転変更後、約 95%と大幅に減少することを確認した。また、標準曝気運転時、制限曝気運転時における窒素除去率は、それぞれ 50.5%、67.2%であり、制限曝気運転により無酸素条件が加わることにより、脱窒による窒素除去が促進されたと考えられた。このように、標準活性汚泥法においても脱窒工程を取り入れた制御曝気運転を行うことで N₂O 排出量が抑制されることが確認された。また、硝化抑制時の N₂O 排出量も低かった。これらの結果より、硝化抑制運転や曝気風量の制御により排出量が低減することが示された。

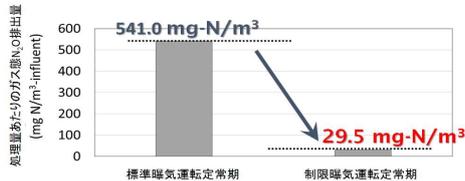


図-1 異なる曝気運転方法における N₂O 排出量

(2) 標準活性汚泥法における運転方法の違いによる N₂O 排出量の把握

既存標準活性汚泥法施設を用いて段階的高度処理運転を行っている処理場を対象に排出量実態調査を実施した。当該処理場における通常運転系列では、各区間における無機態窒素の形態変化から硝化抑制運転と判断した。また、段階的高度処理運転では、反応槽前段 1/4 部分を制限曝気運転とし、汚泥返送率を上げることで疑似嫌気条件での脱窒を促進する運転を実施していた。図-2 に示すとおり、各槽における N₂O 排出量より算出した系全体における N₂O 排出係数は硝化抑制運転が 10.3mg-N₂O/m³、段階的高度処理運転が 29.4mg-N₂O/m³ だった。温室効果ガスインベントリにおける標準活性汚泥法の排出係数(142mg-N₂O/m³)と比較して、段階的高度処理運転方法や硝化抑制運転方法を排出量が低い値となった。

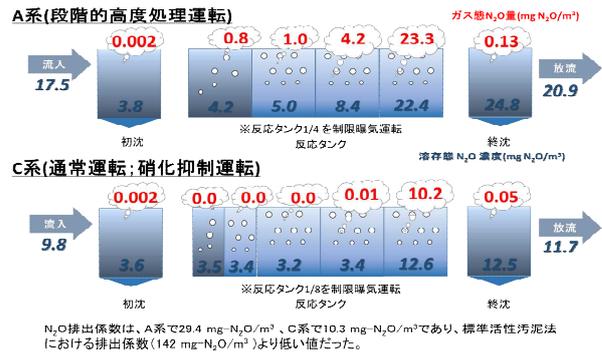


図-2 各運転における N₂O 排出量

(3) 嫌気性消化導入による温室効果ガス排出量の把握

嫌気性消化返流水処理の状況等を把握するためアンケート調査を実施し、その結果より設定したモデルケースにて物質収支等を計算することで、嫌気性消化の導入に伴い発生する返流水による窒素流入負荷の影響および温室効果ガス排出量を試算した。その結果、嫌気性消化を導入した場合、返流水から持ち込まれる窒素の影響により反応槽へ流入する窒素量が増加することに起因し、水処理系で約 10% N₂O 排出量が増加することが示された。一方、汚泥処理においては温室効果ガス排出量が削減されることから、結果的に全体として、嫌気性消化を導入したほうが約 35%削減 (CO₂ 換算) され、処理場全体として排出量が削減されることを明らかにした。また、水処理プロセスを標準活性汚泥法から窒素除去に変更すると、水処理にかかる消費電力が増加し、それに伴う消費エネルギー由来の CO₂ は増加するが、排出されるガス態 N₂O 由来の排出量が大幅に少なくなることから、水処理から排出される温室効果ガスの総和は低い結果となった。

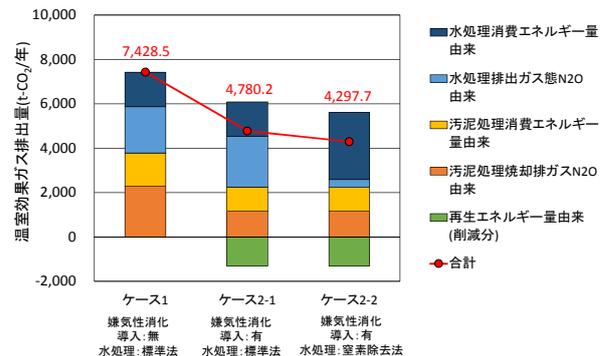


図-3 温室効果ガス排出量試算結果

【まとめ】

段階的高度処理法や汚泥嫌気性硝化の導入により温室効果ガス排出量が低減する可能性が示され、N₂O 排出量抑制型の運転方法案を提示した。得られた成果は処理場の運転管理手法への反映等として活用できる。

下水道における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 in sewerage

(研究期間 平成 26～28 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
主任研究官 重村 浩之
Senior Researcher Hiroyuki SHIGEMURA
研究官 藤井 都弥子
Researcher Tsuyako FUJII
交流研究員 前田 光太郎
Guest Research Engineer Koutarou MAEDA

We obtained information about the actual condition (type, number of units, operating hours, etc.) of the equipment installed in the sewage treatment plant, through the meeting with manufacturers and the questionnaires to municipalities. And we calculated the power consumption rates in the sewage treatment process. Based on the survey results, we calculated the difference on the amount of power consumption in various conditions.

[研究目的及び経緯]

下水処理場の電力使用量は、全国の電力使用量の約 0.74%に相当しており（平成 25 年度）、地方公共団体の事務事業の中でも温室効果ガス排出量が多い。このため、下水処理場における省エネ・温暖化対策が求められているが、処理方法や導入されている設備等の特性によりエネルギー使用量が大きく異なるため、特性を踏まえてエネルギー使用状況を把握し、流域全体における下水処理場のエネルギー使用量を最適化する必要がある。

本研究は、流域全体における資源・エネルギーの最適管理について、エネルギー使用量削減の具体的な検討方法・考え方を技術資料として提示するため、下水処理場における電力使用量の実態や、様々な条件の違いによる電力使用量への影響を整理したものである。

[研究内容]

1. 下水道設備にかかる電力消費の実態調査

水処理・汚泥処理工程における設備毎の一般的な電力使用量を把握するため、設置されている機器の種類や仕様、運転時間等についてメーカーヒアリング及び下水道事業者への実態調査を行った。また、下水処理場の使用電力の大半を占める送風システムについては、送風量の調整機構および送風量制御技術の実施状況等の実態についても下水処理場規模毎にアンケートにより調査するとともに、風量調整機構別に「送風量」と「電力量」の関係を整理した。

2. 水処理・汚泥処理にかかる電力使用量の試算

実態調査をふまえ、下記試算を行った。

①送風システムの運転方法、制御方式別に電力使用量を試算した。

②標準活性汚泥法と高度処理法をあわせた 4 つの水処理方法、3 つの流入水量規模を組み合わせた試算条件において、実態に即した設備の組み合わせを想定したケースや省エネ機器を導入したケースを設定し電力使用量を試算した。

3. エネルギー消費の最適管理に向けた検討

実態調査や試算の結果をふまえ、下水処理場のエネルギー使用量の最適化をはかる考え方について検討を行った。

[研究成果]

1. 下水道設備にかかる電力消費の実態調査

送風機やかくはん機、汚泥濃縮機、汚泥脱水機等について、機器の導入状況や処理性能、電力消費特性を整理した。

送風量制御技術について、いずれの規模でも風量一定制御が多い結果となっており、多くの下水処理場で反応タンク曝気風量制御として DO 計等の計装機器を使った自動制御を行っていなかった。送風機の機械的な風量制御方式に関して、「インレットベーン制御」は「吸込み弁制御」より 2～12%程度電力が低くなった。汚濁負荷に応じた風量制御について、「DO 制御」は「風量一定制御」よりも 24～35%、「空気倍率一定制御」よ

りも12~25%低くなった。

また、送風機の種類や能力等の条件別に、定格及び風量制御運転時の風量と入力動力の関係を求めた結果を表1に示す。送風機形式による傾向として、ターボブロワ 300 m³/min や軸浮上ターボブロワは、定格運転時の単位風量当たりの入力動力が低くなった。また、ターボブロワは定格に対する風量比率が低い(40%)場合に単位風量当たりの入力動力が高くなった。ターボブロワは、定格に対する風量比率が低い領域において、風量制御による省エネ効果が低くなるものと推察された。一方で、ルーツブロワ 50m³/min、軸浮上ターボブロワは、定格に対する風量比率が低い領域において、ターボブロワよりも15~25%程度単位風量当たりの入力動力が低くなり、変動幅の大きい送風量制御に適するものと推察された。このように、処理場の特性に応じて適した送風機を導入することにより、電力使用量の削減につながるものと考えられる。

2. 水処理・汚泥処理にかかる電力消費量の試算

①送風システムの運転方法、制御方式ごとに試算を行った結果、例えば標準活性汚泥法で硝化促進運転を行う場合、送風量一定制御と比較して、送風倍率一定制御では約10%、D0一定制御では約15%の電力使用量削減となることが分かった。使用電力の割合が高い送風システムにおいて、消費電力が小さい制御方法を採用することにより、電力使用量の削減につながるものと考えられる。

②流入水量規模、処理方法等の組み合わせによる電力使用量の試算について、設定条件を表2、試算結果の一例を図1、2に示す。機器タイプの「基本」とは、アンケート結果をふまえて実態に即した機器の組み合わせを想定したケースとしている。「多消費型」は一部機器が更新されず従来型の機器を使用していると想定したケース、「省エネ型」は逆に一部機器を省エネ型の機器に更新したと想定したケースとした。各条件における機器ごとの電力使用量を原単位として算出し、それらの組み合わせにより各ケースの電力使用量を整理した。

処理方法別の傾向を見ると、循環式消化脱窒法を始めとした高度処理法においては循環汚泥ポンプや嫌気槽のかくはん機などを使用するため、電力使用量が標準活性汚泥法より高くなる結果となった。また、流入水量が大きくなった場合の電力使用量の伸び率(グラフの傾き)は省エネ型が最も小さく、流入水量が大きくなるにつれて省エネ効果が見られる結果となった。

3. エネルギー消費の最適管理に向けた検討

省エネ機器の導入等による対策効果を定量的に試算した結果をふまえて、処理方法や機器の組み合わせ方な

ど下水処理場における電力使用量を算出する際の考え方、及び流域のエネルギー使用量の最適化にむけた検討方法を整理した。

表1 各機器における単位風量あたり入力動力

送風機型式	関係式	効率	単位風量あたり入力動力(kw/m ³) 定格に対する風量比率				
			送風量 [m ³ /min]	100%	80%	60%	40%
ターボ ブロワ	$y = 0.6541x + 135.43$	0.93	300	1.19	1.31	1.51	1.92
	$y = 0.754x + 139.72$	0.93	300	1.31	1.44	1.65	2.06
	$y = 0.6632x + 158.27$	0.93	300	1.28	1.42	1.66	2.13
	$y = 0.914x + 34.448$	0.93	107	1.32	1.40	1.54	1.82
	$y = 0.9078x + 43.376$	0.93	107	1.41	1.52	1.70	2.07
ルーツ ブロワ	$y = 1.1906x + 10.647$	0.95	50	1.48	1.53	1.63	1.81
	$y = 1.0665x + 9.4649$	0.95	50	1.32	1.37	1.45	1.62
	$y = 1.2257x + 10.779$	0.95	20	1.86	2.00	2.24	2.71
軸浮上 ターボ ブロワ	$y = 0.9244x + 23.299$	-	92	1.18	1.24	1.35	1.56
	$y = 1.0032x + 27.123$	-	92	1.30	1.37	1.49	1.74
	$y = 0.8834x + 36.505$	-	138	1.15	1.21	1.32	1.54
	$y = 0.9648x + 40.798$	-	138	1.26	1.33	1.46	1.70

表2 試算条件

処理方法	標準活性汚泥法、循環式消化脱窒法、嫌気無酸素好気法(A2O法)、ステップ式多段消化脱窒法
処理場規模	日最大流入水量 10,000、50,000、100,000m ³ /日
機器タイプ	基本、多消費型、省エネ型

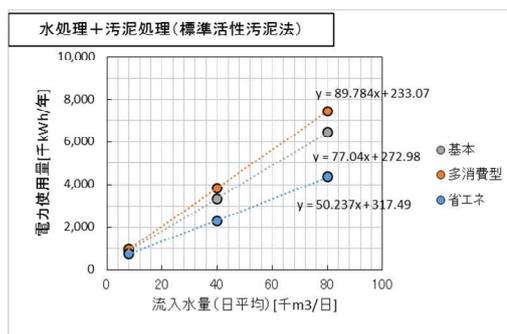


図1 機器タイプ別の電力使用量(標準活性汚泥法)

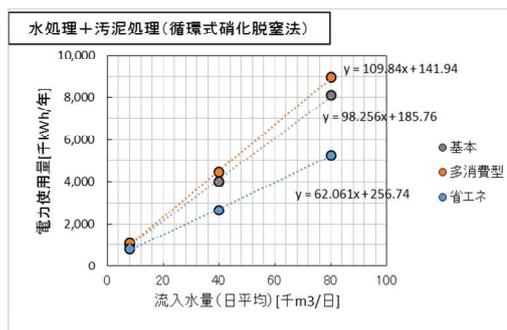


図2 機器タイプ別の電力使用量(循環式消化脱窒法)

【成果の活用】

本研究の成果を「流域別下水道整備総合計画 指針と解説」を技術的に補完する資料としてとりまとめ、自治体におけるエネルギー最適管理に向けた検討への活用をはかっていく。

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

下水道研究部 下水処理研究室

(研究期間 平成 28～29 年度)

室 長	山下 洋正
主任研究官	重村 浩之
研 究 官	板倉 舞
交流研究員	前田光太郎

[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、下水汚泥を徹底的に活用し、輸入に頼るエネルギーの地産地消や、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。アンモニアは水素キャリアとして実証研究が行われており、新たな市場可能性もあり、多様な利用用途もある。一方で、下水処理場においては消化汚泥脱水分離液には高濃度のアンモニアを含んでいるが利用されず処理されている。このため、下水道由来のアンモニアの資源利用可能性について検討が求められている。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、有効利用の可能性を提示するものである。

平成 28 年度は、実態調査・ラボ試験より既存技術から得られるアンモニアガス等の濃度は 10,000ppm 程度と低濃度であった。今後はアンモニア濃縮方法やガスの混合利用等の検討が必要であることを把握した。アンモニア製造メーカーへのヒアリング調査より低濃度のアンモニア水はアンモニアの希釈水として廃液処理せず利用することや脱硝剤としての利用可能性が見出された。今後は、低濃度のアンモニア水を利用するためには、不純物に関する情報整理が必要であることを把握した。

今後、下水道由来のアンモニア発生源である下水汚泥嫌気性消化施設等を対象として、バイオマス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て活用できるように研究を進める。

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 sanitary sewage treatment systems by utilizing the capacity of existing sewage treatment plants

下水道研究部 下水処理研究室

(研究期間 平成 27～29 年度)

室 長	山下 洋正
主任研究官	重村 浩之
研 究 官	藤井 都弥子
研 究 官	松本 龍
交流研究員	山口 修史

[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。

平成 28 年度は、汚水処理システムの規模縮小、既存施設能力活用、再編による効率化等の施設更新シナリオに応じたコスト・エネルギー算定手法を作成し、下水道事業者等が比較検討に利用可能な試算結果を得た。今後、汚水処理システムの都道府県構想の策定マニュアルを補完する技術資料を提示し、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、エネルギーの最適化が促進され、持続可能な社会の構築に貢献する。