

下水処理場のカーボンニュートラルに向けた取組み

重村浩之

1. はじめに

現在、我が国においては、温室効果ガスの排出削減目標として、2030年度までに2013年度比で46%削減、2050年にはカーボンニュートラル（以下「CN」という。）を目指している。下水道分野においては温室効果ガス排出削減に貢献できる要素が多く存在し、国土交通省が公表した「国土交通グリーンチャレンジ」においては、主な施策として、「下水汚泥バイオマス等の利用促進に向けた革新的技術の導入促進」や、「地域で発生する生ごみ、食品廃棄物等のバイオマスの下水処理場への集約」、「下水道の脱炭素化に向けた省エネ設備の導入」等が掲げられている¹⁾。

国土交通省国土技術政策総合研究所（以下「国総研」という。）では、下水道における脱炭素化の推進のため、学識者や地方公共団体、下水道関係団体が参画している下水道技術開発会議エネルギー分科会（以下「分科会」という。）の開催や、各種研究を進めている。本報では、これらのCNに関連する取組みについて報告する。

2. 分科会の概要

分科会は、2030年度削減目標設定や2050年CNの動きを受け、2021年度より、下水道事業におけるこれら目標の達成に向けて検討を開始した。

2030年度の目標達成に向けては、導入すべき技術を整理し、既存の省エネ対策・創エネ技術に加え、開発された新技術を組み合わせることで、温室効果ガスを大きく削減できる可能性があることを示した。

2050年CN実現のため、既に実用化されている技術（消化ガスの有効利用や下水汚泥焼却に伴う一酸化二窒素（N₂O）の排出抑制、既存のB-DASH技術等）の導入拡大を中心としたシナリオ（現行トレンドシナリオ）と、更なる技術開発等

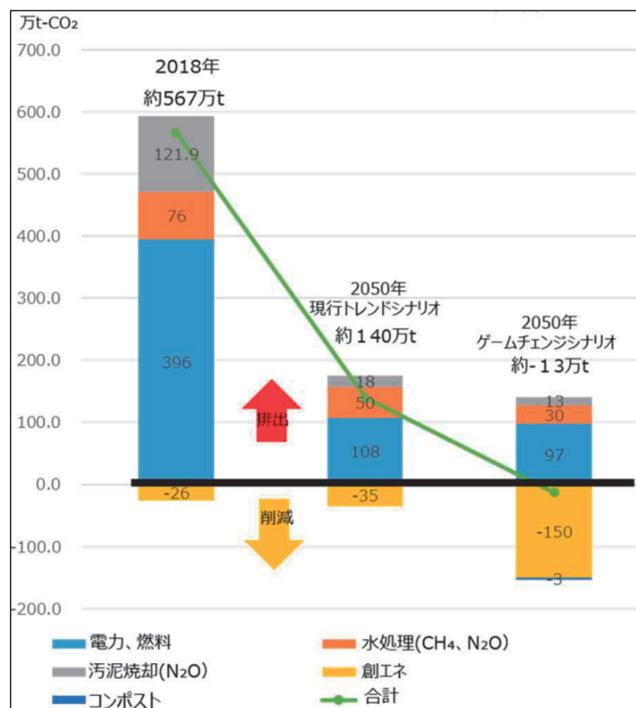


図-1 2050年カーボンニュートラルに向けた温室効果ガス排出量の試算結果

（生ごみ等下水汚泥以外のバイオマスの受け入れによるエネルギー増産や、今後開発される技術の更なる導入等）を盛り込んだシナリオ（ゲームチェンジシナリオ）による温室効果ガス排出量の試算を行った。図-1にその試算結果を表したグラフを示す。ゲームチェンジシナリオにおいて、下水道事業のCNが達成できることが示された。この検討内容等を踏まえ、2050年CNの実現に貢献するための下水道技術の技術開発項目について、ロードマップとして整理した。これらの取組みについて報告書としてとりまとめている²⁾。

その後、2022年度においては、温室効果ガス削減に資する取組みについて、より具体的な対策を検討している。下水道分野では、2030年度における温室効果ガス排出量を2013年度比で208万トン-CO₂削減することを目標としている。下水道管理者である自治体がそれに向けて、削減目標を設定できるように、下水道機器の省エネ対策や消化ガス発電等の創エネ対策を実施した場合の温

室効果ガス削減量を試算することで、目標設定のための一助となる支援ツールの作成を進めている。

図-1に示す2050年CNに向けたシナリオについて、より実現可能性が高いものとなるようにすべく、検討を進めている。省エネ、創エネ技術はもちろんのこと、水処理や下水汚泥焼却から発生する N_2O の更なる排出抑制や、下水処理場外部からの生ごみの受け入れによるメタンガス（消化ガス）の増産、下水処理場内の敷地を活用した太陽光発電等、これらの技術を盛り込むべく、シナリオの精査を進めている。

また、下水汚泥から製造した固形燃料利用や、下水汚泥由来の肥料利用等、下水道が保有する資源を活用しつつ、下水道事業の外部において、CN社会に貢献できる内容もあると考え、これらの評価手法についても検討を進めている。分科会の会議資料については、国総研ウェブサイトで開催している³⁾。

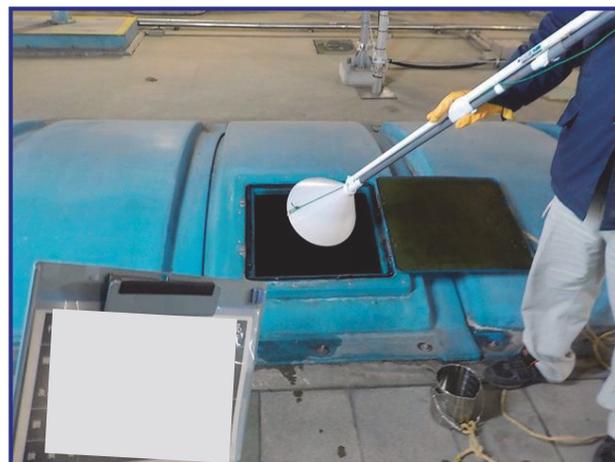


写真-1 下水処理場におけるガス採取の様子
(好気槽におけるサンプル採取)

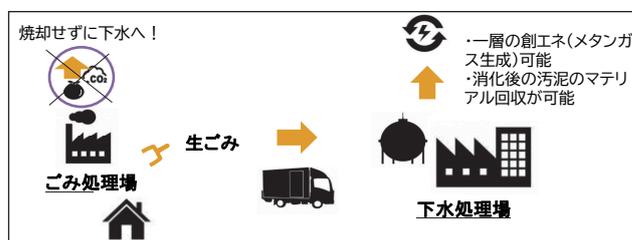


図-2 生ごみを下水処理場に取り込むイメージ図

3. CNに資する研究の紹介

3.1 水処理における N_2O 排出量削減に向けた研究

国総研下水処理研究室では、CNに資する個別研究も並行して進めている。以下に、これに係る事例を示す。

下水処理場では、水処理過程において、栄養塩である窒素を除去しており、その過程で N_2O （二酸化炭素の約300倍の温室効果を有するガス）が、副生成物または中間生成物として発生している。現状、発生に関する挙動が完全には解明されておらず、また、排出抑制手法が確立していないため、これらの問題の解決に向け、研究を進めている。

下水処理場からの N_2O 排出量を把握するには、処理場内の施設から排出されるガスを採取する必要がある。このガス採取については、写真-1に示すとおり、プラスチック製の器具を用いて、人手により採取するのが通常である。これを何度も行い、また、採取したガスを一つずつ分析して N_2O 濃度を測定するのは手間がかかる。そのため、現在、排出されるガスを自動採取し、採取したガス中の N_2O 濃度を自動測定機により連続モニタリングする手法を検討中である。

また、 N_2O 排出量は時間帯や水処理方式によって異なっており、現在、これらを含めた N_2O の排

出メカニズムについて、研究を進めている。

3.2 下水処理と廃棄物処理の連携に向けた研究

下水処理場は、基本的には流入してくる下水を処理するための施設であるが、処理の過程で発生する下水汚泥は有機性の固形状廃棄物である。一方、家庭等から排出される生ごみも有機性の固形状廃棄物であるが、生ごみについては、他の可燃ごみと併せて、ごみ焼却施設で燃やされている事例が多い。下水汚泥の嫌気性消化施設（メタン発酵施設）については、施設の能力によっては、同じく有機性の固形状廃棄物である生ごみを受け入れ、創エネの取組としてエネルギー源となるメタンを増産することが可能である。そのイメージを図-2に示す。この取組みについては既にも実施されているが、現状、北海道恵庭市等7処理場にとどまっている。

現在、下水汚泥と生ごみの合同処理による資源リサイクル手法（メタンガス発電、消化後の汚泥の肥料利用や固形燃料化、リン回収等）のパターンや、それらの手法を行う際のコスト面（建設費や維持管理費）や環境面（エネルギー消費量や温室効果ガス排出量）の評価手法について、検討を進めている。

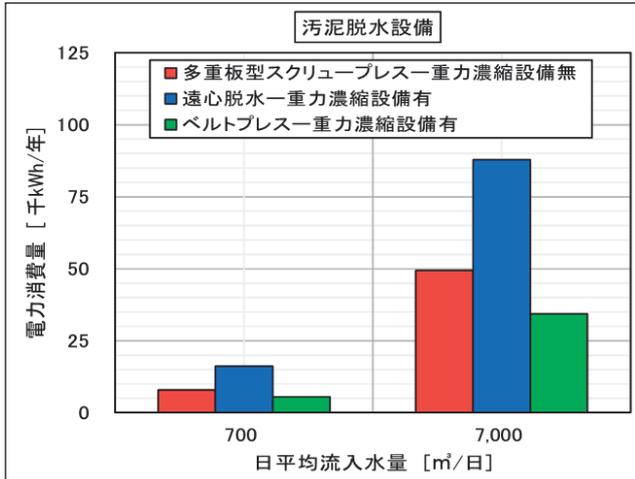


図-3 汚泥脱水設備の電力消費量試算結果の一例
(水処理方法：オキシゲーションディッチ法)

3.3 下水処理場における消費電力量試算ツールの検討

下水処理場においては、水処理のために必要な送風機や散気装置、下水汚泥処理のための汚泥濃縮機や汚泥脱水機等、多くの機器が使用されている。これらの機器の消費電力量については、脱炭素化のためにはなるべく抑える必要がある。しかし、処理場の規模や処理方式によって、最適な機器構成が異なる。これまで、機器や設備の組み合わせによる電力消費量の試算を行ってきた。図-3⁴⁾はその一例であり、汚泥脱水機等の電力消費量の試算結果を示している。この例では、処理規模（流入水量）による影響はほとんどなく、汚泥脱水設備の種類が電力消費量に影響を与えている。

現在、国総研では、処理場の規模に応じて、これらの機器の消費電力量等を試算するためのツール作成を行っている。このツールを用いて機器の組合せ等に対して消費電力量試算を行うことで、各処理場における最適な機器構成の検討が可能になると考えている。

4. B-DASHプロジェクトの研究紹介

国土交通省では、下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）（以下「B-DASH」という。）を2011年度より開始している。B-DASHは国総研下水道研究部の委託研究として実施しており、優れた革新的技術を実証している。技術導入のためのガイドラインを作成し、本技術を普及させることを目的としている。

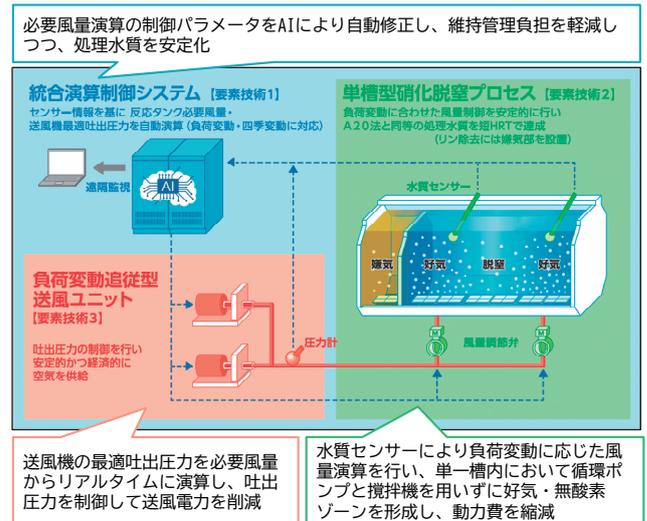


図-4 単槽型硝化脱窒プロセスのICT・AI制御による高度処理技術の概要

下水道資源の有効利用に係る技術のうち、本報では、この2～3年における、創エネや省エネといったCNに資するB-DASH技術をいくつか紹介する。

4.1 単槽型硝化脱窒プロセスのICT・AI制御による高度処理技術

AIを活用し、反応タンク流入負荷変動に対応する空気量制御により高度処理と同等の処理水質を達成するとともに、空気量と連動した送風機吐出圧力の自動演算・制御により、消費電力を削減する技術である。本技術の概要を図-4に示す。

本技術の実証研究は2019～2020年度に行われた。実証の結果を踏まえて行った試算により、標準活性汚泥法から高度処理の一種である嫌気無酸素好気法にする場合と、本技術に改良する場合を比較した。これにより、嫌気無酸素好気法より建設費で約17%、維持管理費で約13%、消費電力で約33%の削減率が得られる結果となった。技術実証の結果等を踏まえて技術導入ガイドラインが作成されており、国総研ウェブサイトで公開されている⁵⁾。

4.2 中小規模処理場間の広域化に資するバイオマスボイラによる低コスト汚泥減量化技術

中小規模処理場間の広域汚泥処理の実現に向けて、脱水乾燥システムとバイオマスボイラを組み合わせ、他処理場の汚泥を集約し、乾燥で汚泥を減量化するとともに、地域バイオマスの焼却廃熱

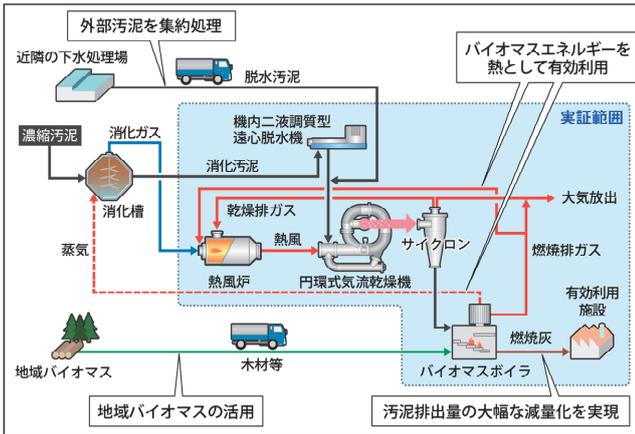


図-5 中小規模処理場間の広域化に資するバイオマスボイラによる低コスト汚泥減量化技術の概要

を有効利用することで、汚泥処分費や温室効果ガス排出量を低減させる技術である。本技術の概要を図-5に示す。

本技術の実証研究は2020年度より行っている。本技術の導入により、脱水汚泥を外部埋立処分することに比べ温室効果ガスの削減と汚泥処理コストの低減が期待できる。また、地域バイオマスやそのエネルギーの有効利用も期待できる。本技術については、今後、技術導入ガイドラインの作成が行われる予定である。

4.3 高効率最初沈殿池による下水エネルギー回収技術

従来、曝気により分解されていた溶存性有機物を最初沈殿池汚泥に吸着させて回収し、汚泥消化槽でメタンガスに変換するため、既存の最初沈殿池を高効率エネルギー回収型沈殿池へ改良し、下水からエネルギー回収を促進し創エネを進める技

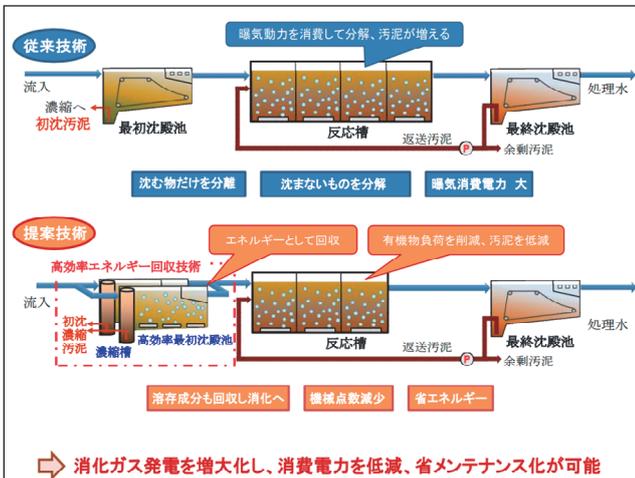


図-6 高効率最初沈殿池による下水エネルギー回収技術の概要

術である。本技術の概要を図-6に示す。

本技術の実証においては、創エネ効果だけでなく、省エネ・CO₂削減及び省メンテナンス・省コストの効果も検討していく予定である。本技術は2022年度から実証研究を行っており、今後数年間の実証期間の後、技術導入ガイドラインの作成が行われる予定である。

5. まとめ

分科会の開催や国総研下水道処理研究室の個別研究、B-DASHプロジェクトといった、国総研における下水道事業のCNに向けた取組みを紹介した。今後とも、分科会における議論や第3章に示した技術の推進、B-DASHプロジェクト技術の更なる開発等を通じて、2050年のCN実現や持続可能な社会に貢献するため、これらの取組みを行っていく。

参考文献

- 1) 国土交通省：グリーン社会の実現に向けた「国土交通グリーンチャレンジ」、2021年7月
- 2) 下水道技術開発会議エネルギー分科会：カーボンニュートラルの実現に貢献する下水道技術の技術開発等に関するエネルギー分科会報告書、2022年3月 http://www.nilim.go.jp/lab/eag/pdf/202203_energy_bunkakaihoukokusyo.pdf
- 3) 国総研下水道研究部：下水道技術開発会議エネルギー分科会 <http://www.nilim.go.jp/lab/eag/energybunkakai.html>
- 4) 藤井都弥子、田嶋淳：下水道処理工程における主要機器の特性に関する比較検討、第59回下水道研究発表会講演集、pp.445~447、2022
- 5) 国総研：B-DASHプロジェクトNo.38、単槽型硝化脱窒プロセスのICT・AI制御による高度処理技術導入ガイドライン(案)、国総研資料第1190号、2022 <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutnn/tnn1190.htm>

重村浩之



国土交通省国土技術政策総合研究所
下水道研究部 下水道処理研究室長
SHIGEMURA Hiroyuki