

# 資料 6

## 新技術の開発推進に向けた下水道技術ビジョンロードマップのフォローアップについて

- 本年度は技術開発動向整理表を作成することで下水道技術ビジョンロードマップのフォローアップを図る。
- 過去のエネルギー分科会の議論を踏まえつつ、文献、インターネット情報、B-DASHシーズ調査、他分野の技術開発動向の調査・ヒアリング等による開発動向調査により、特に「2050CNに向け速やかに取り組むべき技術開発項目」に該当するテーマを中心に抽出・動向整理表としてまとめる。  
(【参考資料】「技術開発動向整理表」等の整理)

過去のエネルギー分科会の議論、現状の主な状況、今後の取り組むべき内容などのコメント

ロードマップの技術開発項目

文献、インターネット等の情報

分野	技術項目	研究機関	研究年度	技術	調査方法	実施主体	開発段階	技術開発状況	概要・キーワード	研究期間	形式	文献名(種別・タイトル)	URL	タイトル名	組織名	担当者
①	1	①	3	文献	地方公共団体	基礎研究		AI/FWAIを組み合わせた設備、汚泥焼却炉の燃焼制御特長を有するAI/FWAI-実設備及び小水力発電設備を導入、これら設備の運用により削減された発電設備が削減効果の検証や、燃焼制御に関する研究について報告	本施設発電機、汚泥焼却炉、小水力発電		R2	下水道研究発表会講演発表		博多南再生センターにおける再生可能エネルギー設備の運用実証と維持管理	東京都	真島 望
①	1	②	6	文献	地方公共団体	改善事例		排水処理場等で再生可能エネルギーを活用した組み込みの効率的なCO2削減量の観点から検証したので報告	排水処理場、再生可能エネルギー		R2	下水道研究発表会講演発表		排水処理場における再生可能エネルギー利用の取組めと効果について	北九州市	西野伸司
①	1	①	5	文献	国	基礎研究		連年調査で把握した排出ガス削減の費用削減を前提として、環境が異なる場所のモデル下水道処理場の統合、汚泥の集約化「省エネ」観点と施設の導入を組み合わせるためのケースについて調査を行い、下水道処理場の統合や再生可能エネルギー導入による電力消費量の削減を把握	緑地会、汚泥の集約化、省エネ、電力消費量		R2	下水道研究発表会講演発表		下水道処理場統合や省エネ観点と施設の導入による電力消費量の削減	国土交通省	藤井都子
①	1	①	9	文献	国	基礎研究		下水道施設及び管網の維持管理に際して、単に設備の健全性を確認するだけでなく、最新の設備や最新の機器設備の導入方法についても今後の状況が変化することから、施設設備のエネルギー消費量を把握し、及び互いに連携し改善を及ぼすことが想定される。このように設備のエネルギー消費量を把握し、システム全体のエネルギー消費量を削減するための対策。	消化設備、排水設備、機器設備		R2	下水道研究発表会講演発表		汚泥焼却におけるシステム全体のエネルギー消費量削減に関する調査と考察	国土交通省 国土技術政策総合研究所	佐藤 純

- 動向整理表等を踏まえ、必要分野の技術開発について分科会委員より意見を頂く。(技術開発段階等も踏まえ、今後速やかに着手すべき研究のテーマ他)  
(第2回分科会)
- ↓
- とりまとめの上、動向整理表への反映や、意見を下水道技術開発会議へ報告 (第3回分科会)

## 6. 総括(速やかに取り組むべき技術開発項目) (参考:R4.2エネルギー分科会資料より)

○令和4年3月「カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術開発等に関するエネルギー分科会報告書」において抽出された「速やかに取り組むべき技術開発項目」に、令和4年度研究により抽出された技術開発項目も加え、見直しロードマップ(案)を元に、「速やかに取り組むべき技術開発項目」を再整理。なお、カーボンニュートラルの実現への貢献に関しては、様々な手法があることを承知しており、ここに記載する事項以外の開発を妨げるものではない。

### 技術開発分野ごとのロードマップ ⑨地域バイオマス

#### 技術目標1 地域の間伐材等の未利用資源を活用して脱水効率、消化効率、焼却効率を向上させる技術の開発

技術開発項目1-2 様々な状態で発生する、剪定枝、除草刈草、廃棄物等の受け入れ、前処理、メタン発酵技術

技術開発項目1-5 地域で発生したバイオマス・プラスチック等を用いた焼却炉の効率的運転

技術開発項目1-6 高負荷水・バイオマス受入に関する評価手法や受け入れ技術

#### 技術目標2 下水処理場における多様なバイオマス利用技術を比較するためのLCC評価及びLCA評価等に関する技術の開発

技術開発項目2-1 各種バイオマスのバイオマス有効利用技術のLCC, LCA分析・評価に関する技術

#### 技術目標3 下水中の多様な物質の効率的回収に関する技術の開発

技術開発項目3-1 下水・下水污泥構成元素の分離・リサイクル技術等の開発

#### 技術目標4 下水道資源・エネルギーを利用した農林水産物の生産に関する技術の開発

技術開発項目4-2 下水道資源からの熱・電気・CO<sub>2</sub>等を活用(CO<sub>2</sub>固定化等含む)したネガティブエミッション技術やトリジェネレーション技術

#### 技術目標5 高付加価値製品等の製造技術の開発

技術開発項目5-3 污泥炭化(乾燥、水熱炭化)、発酵等による肥料化技術の効率化

技術開発項目5-4 バイオマスから製造する製品、資材等の無害化、安全性確保に関する技術

### 技術開発分野ごとのロードマップ ⑩創エネ・再生可能エネルギー

#### 技術目標1 様々な再生可能エネルギー利用技術を組み合わせた中小規模処理場向けエネルギー自立化技術の開発

技術開発項目2-2 汎用性等新しい嫌気性消化リアクター

#### 技術目標3 下水道施設と下水資源を活用したエネルギー生産技術の開発

技術開発項目3-4 膜ろ過・嫌気処理による省エネ・創エネ型水処理技術

技術開発項目3-6 污泥炭化(乾燥、水熱炭化)、熱分解ガス化等による燃料化技術の効率化

技術開発項目3-9 次世代太陽光、風力等技術の下水道施設への適用拡大

#### 技術目標4 污泥直接、污泥由来バイオガスや硫化水素などからメタン、水素、CO<sub>2</sub>等の有効利用ガス成分の効率的な分離・濃縮、精製、回収技術の開発

技術開発項目4-2 バイオガスや污泥や処理水から直接水素を抽出製造する技術

技術開発項目4-3 太陽光発電等を用いて製造したカーボンフリー水素を活用したメタネーション技術

#### 技術目標5 嫌気性消化に関する各種バイオマス受け入れも視野に入れた運転管理方法や既存システムの改良技術の開発

技術開発項目5-1 嫌気性消化をモニタリングする技術と既存消化槽の活用技術

技術開発項目5-2 高濃度濃縮技術、污泥可溶化、マイクロ波の活用等消化性能を向上させる等による既存消化槽の高効率エネルギー生産・回収型への転換技術

技術開発項目5-3 消化槽ではない既存躯体を用いた消化設備技術

#### 技術目標6 熱利用による下水処理場でのエネルギー利用効率化技術の開発

技術開発項目6-1 バイオガス発電、污泥焼却等の廃熱利用の効率化に関する技術

## 6. 総括(速やかに取り組むべき技術開発項目) (参考:R4.2エネルギー分科会資料より)

### 技術開発分野ごとのロードマップ ①脱炭素社会に資する下水道システム

#### 技術目標1 下水道施設の省エネ・創エネとあわせたエネルギー消費最小化とエネルギー自立に向けた技術開発

技術開発項目1-1 下水道施設の省エネ・創エネとあわせたエネルギー消費最小化とエネルギー自立

#### 技術目標2 水処理・汚泥処理の最適化に資する技術開発

技術開発項目2-1 水処理・汚泥処理の全体最適化による省エネ技術(流入有機物の回収による水処理負荷軽減、担体利用技術、微生物燃料電池等)

技術開発項目2-2 ICT(センサー、CFD等)、AIを活用した省エネ水処理技術(流入水量・水質の変動にあわせた曝気風量の制御や酸素溶解効率の向上等によるエネルギー最適化)

技術開発項目2-3 送風プロセス(送風機、制御システム、散気装置等)の最適化による省エネ技術

技術開発項目2-4 活性汚泥法代替の曝気を行わない省エネ型水処理技術(散水ろ床タイプ、嫌気性処理、湿地処理等)

技術開発項目2-6 汚泥のエネルギー化により、省エネと創エネを同時に行う技術の高度化(低含水化、汚泥移送、燃料化、焼却発電等)

技術開発項目2-7 エネルギーマネジメント

技術開発項目2-8 水循環・環境、物質循環、エネルギー、GHG削減等を勘案した下水道・流域管理・社会システムの全体最適に向けた調査研究等

技術開発項目2-9 化石燃料使用機器の電化やカーボンフリー燃料利活用

#### 技術目標3 下水道から排出されるCH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oの排出削減に関する技術開発

技術開発項目3-1 水処理におけるN<sub>2</sub>O発生機構の解明、微生物群集構造の解析・制御等による排出抑制技術の実用化

技術開発項目3-2 水処理におけるCH<sub>4</sub>発生機構の解明、排出抑制技術の開発

技術開発項目3-3 汚泥高温焼却のコスト増加を抑制し、導入を円滑化する技術

技術開発項目3-4 N<sub>2</sub>O排出量の少ない、より高度な焼却技術

技術開発項目3-5 省エネ・創エネと同時にN<sub>2</sub>O排出抑制を達成する技術

#### 技術目標4 ベンチマーキング手法を活用し、事業主体のエネルギー効率改善促進

技術開発項目4-1 エネルギー効率に関する適切な技術的指標の開発、ベンチマーキング手法の導入を支援する技術

技術開発項目4-2 省エネ・創エネ・省CO<sub>2</sub>性能の合理的な定量化手法・改善技術

## 速やかに取り組むべき技術項目の例①

### ⑪技術目標 1-1 下水道施設の省エネ・創エネとあわせたエネルギー消費最小化とエネルギー自立に向けた技術開発

コメント・まとめ

過去エネルギー分科会における技術開発項目の位置づけを記載

#### 【速やかに取り組むべき技術開発項目】

下水道技術開発会議エネルギー分科会(R4)において、実用化されていない技術分野として整理している。また、下水道技術開発会議エネルギー分科会(R5)においても、速やかに取り組むべき技術開発項目として記載を継続している。

#### 【公開用情報】

本技術の開発が必要である理由を記載

エネルギー分科会(R4.3)において紹介されたとおり、下水道分野での温室効果ガス排出量は約596万トン(2018年度)であり、温室効果ガス発生量を減らすとともに、創エネ・省エネを増やしていくことが重要である。また、令和4年3月エネルギー分科会報告書では、2030年目標達成のために導入すべき技術及び技術開発項目を検討するにあたり、導入すべき技術効果の試算を実施しており、対照系・対照系(省エネ)・導入系1(創エネ+省エネ)・導入系2(省エネ+再エネ+B-DASH技術)の4つを比較した結果、導入系2(省エネ+創エネ+B-DASH)において、最も温室効果ガス排出量の削減が大きいという結果が得られている。そうした中で、現在の主な状況は以下のとおりである。

現在の主な状況を記載

- ・下水道機構において省エネ診断が実施されているとともに、「下水処理場の省エネ診断に関する技術マニュアル」(2022)が公表された。また脱炭素化・GHG削減等、エネルギー自立化に向けた研究が実施されている。
- ・水処理・汚泥処理の全体最適化によりCNを目指す新たな下水処理システムの開発(2040目標、JS計画)、また要素技術の組み合わせによる全体最適化手法についても実施されている(JS)
- ・国交省では、CN実現に向け終末処理場における省エネ、創エネ、再エネ技術の導入を5~10年間で集中的に実施する「CN地域モデル処理場計画」をR4.10より募集(R4年度は3処理場)。開発新技術の実装及び技術のショーケース化を図るなど、エネルギー自立化技術の実用化を図っている。
- ・脱炭素化に向けた下水道事業の見える化を進めるため、国交省において各処理場の水処理に係るエネルギー消費量と原単位の公表や、国総研においてGHG削減目標設定支援ツールの開発・公表等が行われている(R5)
- ・下水協にて、各処理場における電力消費量に係る原単位や全国見える化するツールを公表(R4)、エネルギー使用量並びにGHG排出量と全国ランキングをみる化するツールが研究中となっている。

今後の方針について記載

今後の研究方針として、全国見える化ツールなどの現行の研究を速やかに実施するとともに、2030目標に向けては、各自治体自らの立ち位置や目標等を意識いただき見えるかを推進する。2050年CNに向け、実証段階だけでなく基礎・応用等の開発初期段階のシーズからの掘り起こし、及び導入に向けた技術開発の継続・改善を行っていくことで、メニューの充実を図っていく必要がある。

## 速やかに取り組むべき技術項目の例②

 ⑨技術目標4-2 下水道資源からの熱・電気・CO<sub>2</sub>等を活用（CO<sub>2</sub>固定化等含む）した  
 ネガティブエミッション技術やトリジェネレーション技術の開発

## コメント・まとめ

## 【速やかに取り組むべき技術開発項目】

下水道技術開発会議エネルギー分科会(R4.2)においても、速やかに取り組むべき技術開発項目として記載を継続している。

## 【公開用情報】

R4年度分科会においては大胆な仮定(汚泥の全量消化など)でのゲームチェンジナリオで試算を行っており、より確実に2050CNを目指すには、新たな技術の開発が必要である。その中に、ネガティブエミッション技術などがあげられており、現在の主な状況は以下のとおり。

- ・BISTRO下水道の取組(2019 開発)。
- ・バイオガス中のCO<sub>2</sub>分離・回収と微細藻類培養への利用技術(2015-2016 B-DASH実規模実証)(再掲)。
- ・下水道資源・エネルギーを最大限に活かした希少水草栽培および微細藻類培養・エネルギー生産(2015-17 GAIA)(再掲)。
- ・下水汚泥炭化物によるCO<sub>2</sub>固定に関する基礎的研究(2023-2025 土研:基礎研究段階)。
- ・汚泥の高付加価値化と低炭素社会に貢献する超高温炭化技術(2023-B-DASH実規模実証)(【5-2】から転記)。
- ・ネガティブエミッション技術については、Jクレジット化(排出量の相殺に活用)等の制度整備が平行して必要。
  - 「令和2年9月、Jクレジット制度において、「バイオ炭の農地施用」に関する方法論が新たに策定され、農地にバイオ炭を施用し、難分解性の炭素を長期間土壌に固定することによる炭素貯留量をクレジットとして認証できるようになった。」
  - Jクレジット制度は、環境省、経済産業省、農林水産省が運営する制度で、国土交通省は参画していない。今後、本制度に参画する、もしくは別の制度を整備する等の方策が求められると考えられる。
- ・現状では、実用化されていない技術分野であり、基礎研究～応用研究の段階の検討がされている状況。

今後の方針としては、2050年に向けて、現行の研究などを速やかに実施しつつ、メニューの充実を図っていく必要がある。

## 【非公開情報】

## 速やかに取り組むべき技術項目の例③

# ⑩技術目標4-3 余剰電力・メタンガスや太陽光発電を用いて製造したカーボンフリー水素を活用したメタネーション技術

## コメント・まとめ

## 【速やかに取組むべき技術開発項目】

下水道技術開発会議エネルギー分科会(R5)においても、速やかに取り組むべき技術開発項目として記載を継続している。

## 【公開用情報】

R4年度分科会においては大胆な仮定(汚泥の全量消化など)でのゲームチェンジシナリオで試算を行っており、より確実に2050CNを目指すには、新たな技術の開発が必要である。その中に、バイオメタネーション技術があげられており、分科会では、仮の試算として、バイオメタネーションによる効果を試算した。安定して水素を確保することが出来れば、下水処理における脱炭素化に有用な技術であると考えられるが、現在の主な状況は以下のとおり。

- ・自治体にて「高濃度消化・省エネ型バイオガス精製による効率的エネルギー利活用技術」に関する実証研究を実施した。(B-DASH、2020年ガイドライン作成済)(実証研究)
- ・水素および廃棄バイオプラスチック分解物の消化槽への添加によるバイオメタン増量技術(2022-2023年、国交省下水道応用研究)(応用研究)
- ・自治体処理場にて、下水汚泥処理で発生するCO<sub>2</sub>と冷熱発電等による電力を用いて製造する水素を原料としたメタネーション技術の実証研究を実施している。(2022-2026年)(実証研究)
- ・自治体のごみ焼却工場や下水道センターにて、排ガスからのCO<sub>2</sub>回収とメタネーション利用の実証研究を開始している。(2023-2024年)(実証研究) (【4-1】にも記載したとおり。)
- ・バイオメタネーションにおける水素供給速度と有機酸蓄積の関係に関する研究(京都大学、2021年土木学会論文集)(基礎研究)

2050年に向けて、水素の状況(生産・供給・需要・技術開発等)も踏まえながら、実証段階だけでなく基礎・応用等の開発初期段階のシーズからの掘り起こしていくことで、メニューの充実を速やかに図っていく必要がある。

## 【非公開情報】

# 技術開発がある程度進んでいる技術の例

## ⑪技術目標 2 - 5 汚泥の濃縮、脱水、嫌気性消化等の各プロセスの省エネ性を向上させる技術

コメント・まとめ

【速やかに取組むべき技術開発項目】

—

【公開用情報】

現在の主な開発状況は以下のとおり。

- ・B-DASHにより、高効率消化システムにおける無動力攪拌式消化槽、高濃度消化によるコンパクトな消化槽について、それぞれR1.12、R2.12ガイドライン化がなされている。その他B-DASHにて各設備の省エネ化について多数実施されている。
- ・JSにより、鋼板性消化槽にインペラ式攪拌機や温度センサーによる汚泥循環ポンプの間欠運転等の対応による省エネ化、
- ・高効率/省エネ型遠心脱水機の実証実験や、スクリュープレス脱水機導入による省エネ効果評価などの報告もあり。
- ・無加温式嫌気性消化+乾燥等による汚泥の燃料化・堆肥化の研究あり(土研R4~R9?)

今後の研究開発方針として、既存技術の導入促進を行うとともに、現行の研究を継続しつつ、2030目標に向けては、B-DASH技術を始め、現状の省エネ対策や下水汚泥のエネルギー化等の創エネ、N2O排出量の少ない焼却炉への改築等、改善寄与率の高い効果的・効率的技術の実装を推進する。

【非公開情報】

※記載内容は調整中

## 国総研にて進めていく技術開発の例

# ⑪技術目標3-1 水処理におけるN<sub>2</sub>O発生機構の解明、微生物群集構造の解析・制御等による排出抑制技術の実用化

## コメント・まとめ

## 【速やかに取組むべき技術開発項目】

下水道技術開発会議エネルギー分科会(R4)において、実用化されていない技術分野として整理している。また、下水道技術開発会議エネルギー分科会(R5)においても、速やかに取組むべき技術開発項目として記載を継続している。

## 【公開情報】

R5.9エネルギー分科会において紹介されたとおり、下水道から排出するGHGのうち、水処理から発生するN<sub>2</sub>OとCH<sub>4</sub>については、下水道からの温室効果ガス排出量の約14%(2020年度)を占めることから、これらの削減対策は効果が高い。そうした中で、現在の主な状況は以下のとおりである。

- ・現在実証中や自主研究中のB-DASHIにおいて、水処理から発生するN<sub>2</sub>Oについて測定し、データを集積中である。
- ・下水道革新的技術において、FSとしてR5よりMABR(活性汚泥併用型生物膜処理システム、膜曝気型バイオフィルム法を用いた排水処理の省エネ、N<sub>2</sub>O発生抑制技術)が開始されている。
- ・また下水道応用研究にて、R5より紫外光を用いたN<sub>2</sub>O、CH<sub>4</sub>の分解技術による水処理からの温室効果ガス排出抑制)に着手、同様に実下水処理過程からのN<sub>2</sub>O発生抑制のための運転管理手法の確立に向けた応用研究に着手している。
- ・国総研においてN<sub>2</sub>O調査マニュアル案の作成予定(R5、以下随時改訂)、それを活用し、以下各都市におけるN<sub>2</sub>O調査を加速化させ、情報の蓄積を図る予定である。
- ・国総研と自治体により季節別運転の影響調査を実施、硝化・脱窒抑制の影響評価を実施予定である。
- ・N<sub>2</sub>Oに係る文献調査(～R6)、N<sub>2</sub>O削減可能な運転方法検討(R7～)なども予定している。
- ・他、自治体、大学、高専、コンサルタントにおける基礎的な調査多数存在する。

今後の研究開発方針として、まずは水処理過程からのN<sub>2</sub>Oの正しいデータ蓄積のための調査方法の確立し、それに沿って実態調査を推進し、排出係数改定や削減方法の提案などに繋げていくなど、速やかに研究を進める必要がある。

## 【非公開情報】

## 本省にて進めていただく取組

### ⑪技術目標5-1 新たな技術開発プロジェクト制度

#### コメント・まとめ

#### 【速やかに取組むべき技術開発項目】

—

#### 【公開用情報】

- ・技術開発会議において、これまで自治体、メーカー、関係団体等に対し、望ましいテーマや制度、技術実装の課題等のヒアリングを実施。
- ・近年、国土交通省国技室では、目指すべき目標値と達成に向けた取組を地方公共団体実行計画へ位置付け、事業化スケジュールの検討をモデルとして支援する制度(下水温室効果ガス削減推進モデル事業)を設計し、複数箇所で開催している。また新設された「カーボンニュートラル地域モデル処理場計画」において、消費と創エネ・再エネ量を指標とするなかで、B-DASHの検討も入れ込めるようにしている。
- ・また、エネルギー分科会(R4.2)において、国土交通省国技室における技術支援制度についての紹介を行っている。2050年カーボンニュートラル(以下、2050CNと表記)という将来的な目標に向けた時間軸を考慮した場合、研究の初期段階の研究が必要となるが、大学等によるラポレベルの研究を終え、企業による応用化に向けた開発段階を支援する制度(下水道応用研究)も実施中であり、上下水道科研費についても制度設計中である。なお、技術レベルの熟度が高い技術については、引き続き下水道革新的技術実証事業で採択している。
- ・なお、技術熟度が低い段階で下水道革新的実証事業に応募されても、採択がなされず、所来的には有望な技術であっても、支援に至らないミスマッチが生じる恐れもある。そのため、技術熟度に応じて支援制度が用意されていることを研究者が理解し、技術提案することが重要であり、下水道応用研究なども含め解りやすくPRを行うことで、適正な事業採択を図り、効率的な技術向上を図る。

今後の研究開発方針として、例えば、エネルギー分科会で議論されている「速やかに取り組むべき技術開発項目」などの議論も踏まえ、2050CNに向け対策効果が大きいと考えられる技術につき、技術の熟度に応じて、技術シーズの把握等を用いた掘り起こしも行いつつ、下水道応用研究などの制度を用いて技術熟度を向上させ、実施への技術導入を図る。場合によっては、下水道革新的技術実証研究への発展を経て実施への技術導入も考えられる。今後とも、関係団体等の意見を聴取し、2050CN向け、本省にて制度設計を着実に進め、改善を検討してゆく。

#### 【非公開情報】