ISSN 1346-7328
国総研資料　第1223号
令　和　4　年　8月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL　NOTE　of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.1223　　August 2022

下水道技術開発会議　エネルギー分科会報告 2021

下水道研究部

The Report of the Energy Management Subcommittee of Research and Development Committee on Sewerage, 2021

Water Quality Control Department

国土交通省　国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure,Transport and Tourism,Japan

国土技術政策総合研究所資料
第 1223 号　　2022 年 8 月

Technical Note of NILIM
No.1223　　August 2022

下水道技術開発会議 エネルギー分科会報告 2021

下水道研究部

The Report of the Energy Management Subcommittee of Research and Development Committee on Sewerage, 2021

Water Quality Control Department

概要

国総研では、2018（平成30）年10月に下水道技術開発会議エネルギー分科会を設置し、下水道事業における新技術の導入促進を検討している。

本研究資料は、下水道技術開発会議エネルギー分科会において、2021（令和3）年度に下水道事業の地球温暖化対策等を検討したので、その内容について取りまとめたものである。

キーワード ：脱炭素、カーボンニュートラル、地球温暖化対策

Synopsis

The NILIM has established the Energy Management Subcommittee on Sewerage about Research and Development (EMSSRD) and has been considering to promote the introduction of new technologies on sewerage works since Oct. 2018.

This report summarizes the survey results which were submitted to the EMSSRD about global warming countermeasures for sewerage works in FY 2021.

Key Words ：Energy Management Subcommittee on Sewerage about Research and Development(EMSSRD), global warming countermeasures

〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地
電話：029-864-3343　Fax：029-864-2817　E-mail：nil-gesuidou@mlit.go.jp

執筆担当者一覧

国土技術政策総合研究所 下水道研究部

部長	・・・南山 瑞彦※
下水道エネルギー・機能復旧研究官	・・・三宮 武※
下水処理研究室 室長	・・・田隝 淳※
下水道研究室 主任研究官	・・・岩渕 光生※
下水処理研究室　研究官	・・・藤井 都弥子※
下水処理研究室　交流研究員	・・・安倉 直希

※2022 年 3 月時点

まえがき

平成 27 年 12 月に国土交通省が策定した「下水道技術ビジョン」のフォローアップ及び下水道の技術開発の推進方策の検討を目的として、平成 28 年 1 月に国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部（以下「国総研」という。）では下水道技術開発会議を設置した。また、下水道資源・エネルギーなどの新技術の開発、導入促進のために、その下部組織として国総研はエネルギー分科会（以下「分科会」という。）を設置し、これまでに小規模処理場の省エネ対策等の検討を進めてきた。

令和 3 年度には、地球温暖化対策の推進に関する法律の一部を改正する法律の公布や同法に定める地球温暖化対策計画が閣議決定されるなど、地球温暖化対策の検討の必要性の高まりを受け、分科会の中で下水道分野における温室効果ガス削減について議論することとした。

本報告書は、分科会において令和 3 年度に検討を進めてきた下水道分野の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の技術開発に関する事項を取りまとめたものである。

本報告書の取りまとめにあたっては、令和 3 年度に実施した分科会において、委員各位に活発な議論をしていただき、貴重なご意見、ご助言等をいただいた。

分科会委員名簿（敬称略。令和 4 年 1 月現在）

○委員

永長　大典	大阪市 建設局 下水道部 施設管理課長
大上　陽平	国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部 下水道企画課 下水道国際・技術室 下水道国際推進官
堅田　智洋	一般社団法人 日本下水道施設業協会 技術部長
齋藤　利晃	日本大学 理工学部 土木工学科 教授
新川　祐二	地方共同法人 日本下水道事業団 技術戦略部 資源エネルギー技術課長
西村　文武	京都大学大学院 工学研究科附属流域圏総合環境質研究センター 准教授
野口　寿文	福岡県 建築都市部 下水道課長
藤本　裕之	公益財団法人 日本下水道新技術機構 資源循環研究部長
宮本　豊尚	国立研究開発法人 土木研究所 材料資源研究グループ 主任研究員
山村　寛	中央大学 理工学部 人間理工学科 教授
三宮　武	国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水道エネルギー・機能復旧研究官（座長）

本報告書では、第 1 章では、分科会の発足経緯とその役割、令和 3 年度の取組の概要、第 2 章では、下水道事業における温室効果ガス排出の現状、第 3 章では、2030 年目標達成の

ために下水道で導入すべき技術及び技術開発の方向性と技術を導入した際の効果の試算事例、第 4 章では、2050 年カーボンニュートラルの実現に貢献するために開発し、導入すべき下水道技術と下水道に関連する他分野の技術の方向性、設定したシナリオ（二パターン）に基づく技術導入効果の試算事例、第 5 章では、2050 年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のロードマップを示している。第 6 章では、令和 4 年度以降にも引き続き検討すべき課題を整理している。

目　次

第１章　はじめに ------ 1
（１）下水道技術開発会議エネルギー分科会の発足背景とその役割 ------ 1
（２）エネルギー分科会における令和３年度のテーマ、論点 ------ 2
（３）令和３年度の会議開催状況 ------ 3

第２章　下水道事業における温室効果ガス排出に関わる現状と課題 ------ 5
（１）我が国の温室効果ガス削減の中長期目標 ------ 5
（２）下水道分野の温室効果ガス排出削減とポテンシャル活用 ------ 5
（３）下水道分野の温室効果ガス排出量の推移 ------ 6
（４）下水道分野のエネルギー消費量の推移 ------ 7
（５）下水処理場の規模別の温室効果ガス排出量 ------ 9
（６）効率的・効果的な省エネ対策 ------ 10
（７）創エネの状況 ------ 15
（８）再エネの状況 ------ 16
（９）下水汚泥焼却に伴う N_2O 排出状況 ------ 16
（10）水処理に伴う N_2O、CH_4 の排出状況 ------ 17
（11）地球温暖化に対する下水道分野の制度等 ------ 17
（12）下水道事業における温室効果ガス排出に関する課題 ------ 19

第３章　地球温暖化対策計画での 2030 年度目標達成のために導入すべき技術及び技術開発項目 ------ 20
（１）地球温暖化対策計画における削減目標 ------ 20
（２）導入すべき技術及び技術開発項目の議論における意見 ------ 21
（３）導入すべき技術及び技術開発項目に対する取組の方向性 ------ 22
（４）導入すべき技術とその事例 ------ 23
（５）導入すべき技術の効果試算例 ------ 25

第４章　2050 年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 ------ 31
（１）下水道分野と関連する他分野の技術開発の動向 ------ 31
（２）議論における意見 ------ 32
（３）シナリオに基づいたカーボンニュートラルの実現可能性に関する試算と効果的な技術分野 ------ 33
（４）導入すべき技術分野や技術開発の方向性 ------ 39

第５章　2050 年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道
　　技術の技術開発ロードマップ ------ 43
（１）速やかに取組むべき技術開発項目 ------ 43
（２）分野ごとの 2050 年カーボンニュートラルの実現に貢献する
　　ための下水道技術の技術開発ロードマップ ------ 45

第６章　令和４年度以降の課題 ------ 54
（１）令和４年度から検討する事項 ------ 54
（２）令和５年度以降に検討する予定の事項 ------ 54

付属資料
（１）下水道技術開発会議 エネルギー分科会資料（第１回） ------ 付-1-1
（２）下水道技術開発会議 エネルギー分科会資料（第２回） ------ 付-2-1
（３）下水道技術開発会議 エネルギー分科会資料（第３回） ------ 付-3-1
（４）エネルギー分科会報告書 ------ 付-4-1
（５）エネルギー分科会報告書　参考資料 ------ 付-5-1
（６）本資料に関する問い合わせ先 ------ 付-6-1

第１章 はじめに

（１）下水道技術開発会議エネルギー分科会の発足背景とその役割

下水道の中長期的な方向性や未来像を示すものとして、2014（平成 26）年 7 月に、国土交通省水管理・国土保全局下水道部（以下「国土交通省下水道部」という。）及び公益社団法人日本下水道協会（以下「下水道協会」という。）により「新下水道ビジョン」が作成、公表された。新下水道ビジョンでは、技術開発と普及展開に関して、「『循環のみち下水道』の成熟化の実現を促進するため、国、事業主体、研究機関が連携し、他分野の技術も積極的に取り入れ、計画的・効率的な技術開発を実施すると共に、開発された新技術を国内外に普及させる」という目標が掲げられた。また、新下水道ビジョンにおける技術開発と普及展開の目標を達成するための具体的施策として、以下の諸点が定められている。

- 国は、地方公共団体、研究機関（民間企業を含む）とも連携し、産学官において今後開発すべきハード・ソフト技術の分野・内容等を明確にするため、中長期的な下水道に係る技術開発計画を取りまとめ、公表する。
- 策定後も、産学官連携し、同計画のフォローアップ、さらには、新たな技術開発テーマを議論する「場」を設定する。
- 各機関は、上記の技術開発計画を踏まえ、技術開発を実施する。

さらに、2015（平成 27）年 2 月の社会資本整備審議会答申「新しい時代の下水道政策のあり方について」では、「〈下水道技術ビジョンの策定〉地方公共団体のニーズの把握、他分野を含めた幅広い技術シーズを踏まえ、産学官連携のもと、中期的な下水道技術ビジョンを策定すること。同ビジョンにおいては、今後開発すべきハード・ソフト技術の分野・内容等を明確にし、分野ごとに技術の熟度に応じたロードマップを作成すること。」とされた。

これらを受けて、国総研は、下水道技術ビジョン検討委員会を設置し、2015（平成 27）年 12 月に国土交通省下水道部と連名で「下水道技術ビジョン」を策定、公表した。下水道技術ビジョンでは下水道の今後の重要な課題を解決するため、11 の技術開発分野ごとに技術目標を設定し、技術目標達成に至るまでのロードマップをまとめ、今後の技術開発の方針を示している。また、下水道技術ビジョンのフォローアップと技術開発の推進方策を検討するために、前記の産学官連携した議論の「場」として 2016（平成 28）年 1 月に国総研において、下水道技術開発会議を設置した。当会議では、下水道技術ビジョンのフォローアップの方策として、次の諸点について検討している。

① 技術開発の進捗度の確認と推進方策の評価
② 社会情勢等の変化に対応した新たな技術開発テーマ
③ 新技術に対する需要と要求性能
④ 重要な技術開発テーマのプログラムと目標

また、2017（平成 29）年 8 月に策定された「新下水道ビジョン加速戦略」において、「第 4 次社会資本整備重点計画で掲げられた下水汚泥エネルギー化率の目標を達成することや、おおむね 20 年で下水道事業における電力消費量の半減を目標として取り組むことが重要であり、下水道技術ビジョンを踏まえた省エネ・創エネ技術、資源利用技術などの新技術の開発及び導入促進、そ

のための研究体制の強化」が示された。これを受け、下水道事業における新技術の導入を促進することを目的として、2018（平成 30）年 10 月に下水道技術開発会議エネルギー分科会（以下「エネルギー分科会」という。）を設置した。エネルギー分科会では、主に次の諸点について検討している。

・下水道資源・エネルギー技術などの新技術の開発及び導入促進について
・これまでの取組や課題の整理
・今後の推進方策の検討

（2）エネルギー分科会における令和 3 年度のテーマ、論点

2020（令和 2）年 10 月の所信表明演説において菅内閣総理大臣は、我が国が、2050 年までにカーボンニュートラルを目指すことを宣言した。また、2021（令和 3）年 4 月に開催された気候変動に関する首脳会議（サミット）において、2030 年度における温室効果ガスを 2013（平成 25）年度から 46%削減することを目指すと表明した。「野心的な目標」という言葉もあった通り、これまでの目標が 26%であったので、大幅な上方修正になる。

同年 5 月には地球温暖化対策推進法の一部を改正する法律が国会で可決成立した。この中では、2015（平成 27）年 12 月に採択されたパリ協定に定める目標を踏まえて、環境・経済・社会の発展を統合的に推進しつつ、2050 年までの脱炭素社会の実現に向けて、国民、国、地方公共団体、事業者及び民間団体等が密接に連携していくことが、地球温暖化対策を推進する上での基本理念として規定された。また、地方公共団体が策定する実行計画の中に施策実施に関する目標を定めること等が追加された。10 月には地球温暖化対策計画が閣議決定された。その中でも、2030 年度において温室効果ガス排出 46%削減（2013 年度比）を目指すことなどが示された。また、第 5 次社会資本整備重点計画の中でも、重点目標 6 に「インフラ分野の脱炭素化・インフラ空間の多面的な利活用による生活の質の向上」が位置づけられている。

さらに、10 月に国土交通省下水道部と下水道協会において、「新下水道ビジョンに基づき、水・資源・エネルギーの集約・自立・供給拠点化を目指して各種対策を進めてきたところであるが、新たな動きを踏まえ、脱炭素社会実現に貢献し、地域の生活の安定、向上につなげること」を目的として「脱炭素社会への貢献のあり方検討小委員会」（以下「脱炭素委員会」という。）を設置し、脱炭素社会の実現に向けて目指すべき下水道の在り方や必要な方策、ロードマップ等について、検討が行われることとなった。

これらのことを踏まえ、エネルギー分科会では、国全体の温室効果ガス削減目標の中期目標である 2030 年度 46%削減（2013 年度比）に対しては、「具体的にどの技術分野をどの程度活用することによって、目標の達成が可能となるか」、「さらなる高みに向けた取組の可能性があるか」等を議論する中で、主に①省エネの取組、②創エネ・再エネの取組、③下水汚泥焼却に伴い発生する一酸化二窒素（N_2O）への対策の取組、④水処理に伴い発生するメタン（CH_4）、N_2O への対策の取組、⑤技術開発の動向、⑥下水道のシステム最適化について、技術を再整理した。

また、長期目標である 2050 年度までに実質排出ゼロ（カーボンニュートラル）の目標に対しては、脱炭素委員会の主要な論点「地域社会全体を捉えた上で、温室効果ガス排出の徹底した削減とともに、更なる資源集約や連携強化を通じた下水道のポテンシャルの最大活用による新たな利

用可能性の追求、貢献拡大をどのように図るべきか」を踏まえ、下水道分野の他に、関連する他分野の技術開発の動向も把握しつつ、今後の下水道において期待される技術開発について、国としての方向性を示すための参考とするための議論を行い、エネルギー分科会委員からの意見、アイデア等を頂戴した。エネルギー分科会の議論の成果として 2022（令和 4）年 3 月に「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の技術開発等に関するエネルギー分科会報告書」を取りまとめた。

（3）令和 3 年度の会議開催状況

令和 3 年度にはエネルギー分科会を 3 回開催した。（うち 1 回は、委員の都合を勘案し、2 回に分けて開催。）会議の開催状況、主な議事を以下に示す。

○令和 3 年度　第 1 回エネルギー分科会
日時：　令和 3 年 10 月 8 日（金）　10 時 00 分～12 時 00 分
形式：Web 会議
主な議事：・下水道技術開発会議エネルギー分科会について
・下水道政策研究委員会脱炭素社会への貢献のあり方検討小委員会等との関係及び本分科会における令和 3 年度の論点について
・地球温暖化の現状とカーボンニュートラルに関する動向等
・2030 年目標と実現に向けた技術的課題と取組の方向性について
・2050 年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

○令和 3 年度　第 2 回エネルギー分科会
日時：　令和 3 年 11 月 22 日（月）　13 時 00 分～16 時 00 分
及び令和 3 年 11 月 26 日（金）　9 時 20 分～12 時 00 分
形式：Web 会議
主な議事：・各委員の発表（西村委員、藤本委員、宮本委員、山村委員）
・第 1 回エネルギー分科会におけるご意見等について
・2030 年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
・2050 年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
・2050 年カーボンニュートラルの実現に貢献する下水道の技術開発ロードマップ

○令和 3 年度　第 3 回エネルギー分科会
日時：　令和 4 年 1 月 13 日（木）　9 時 00 分～12 時 00 分
形式：Web 会議
主な議事：・各委員の発表（齋藤委員、新川委員）
・第 2 回エネルギー分科会におけるご意見について
・下水道技術開発会議への報告案

上記のエネルギー分科会関連の資料は、国総研下水道研究部のホームページで公開されている。
http://www.nilim.go.jp/lab/eag/energybunkakai.html

第 2 章 下水道事業における温室効果ガス排出に関わる現状と課題

本章では、我が国の温室効果ガス削減の中長期目標及び下水道分野における現状と取組並びに課題について示す。

（1）我が国の温室効果ガス削減の中長期目標

我が国では、2050 年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする脱炭素社会（カーボンニュートラル）の実現を目指すべく、図 2-1 に示すような中長期の目標を設定している。

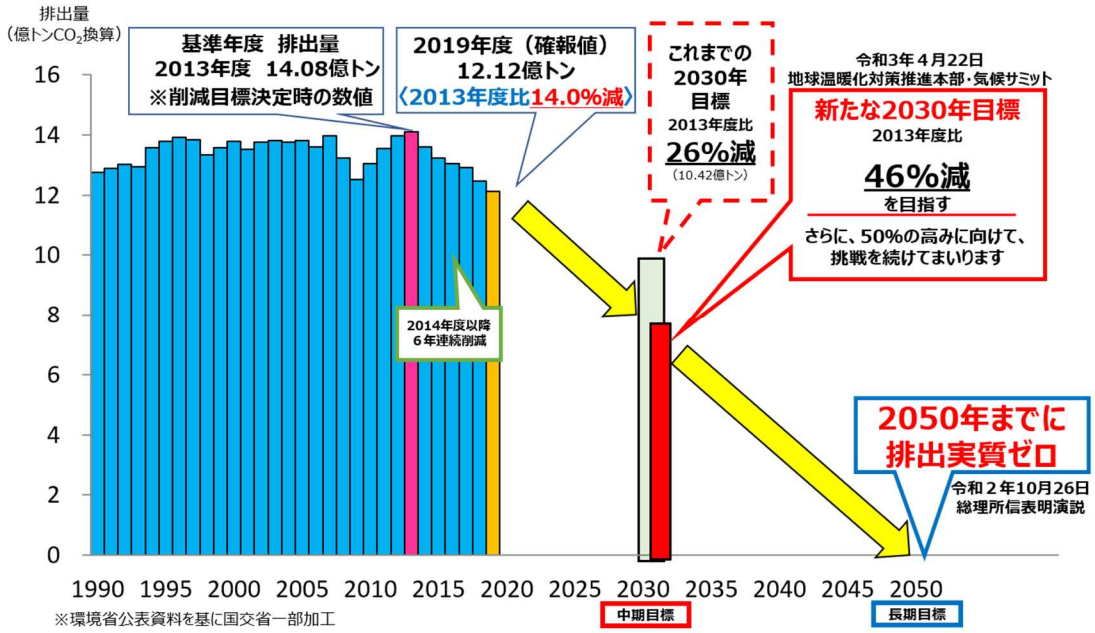


図 2-1 我が国の温室効果ガス削減の中長期目標[1)]

（2）下水道分野の温室効果ガス排出削減とポテンシャル活用

2018（平成 30）年度の下水道分野における温室効果ガス排出量は約 600 万 t -CO_2[1)] であり、日本全体の排出量約 12.4 億 t-CO_2 の 0.5%に相当する。実行計画を策定する地方公共団体の事務事業活動に占める割合は比較的高く、例えば、東京都下水道局では 35%との報告[2)] がある。図 2-2 に下水道からの温室効果ガス発生量を示す。

水処理、汚泥処理における電力や燃料の使用に伴う間接的な排出が過半を占め、他に下水汚泥の焼却工程で排出される N_2O、水処理工程で排出される CH_4、N_2O がある。

一方で、下水道では、汚泥処理の消化過程で発生する消化ガス（バイオガス）等、資源として活用可能な創エネルギー（以下「創エネ」という。）ポテンシャルも有している。更に、敷地や施設上部を活用した太陽光パネル、下水熱の利用などの再生可能エネルギー（以下「再エネ」という。）ポテンシャルの余地もある。図 2-3 に下水道分野における創エネ/再エ

ネの取組状況を示す。

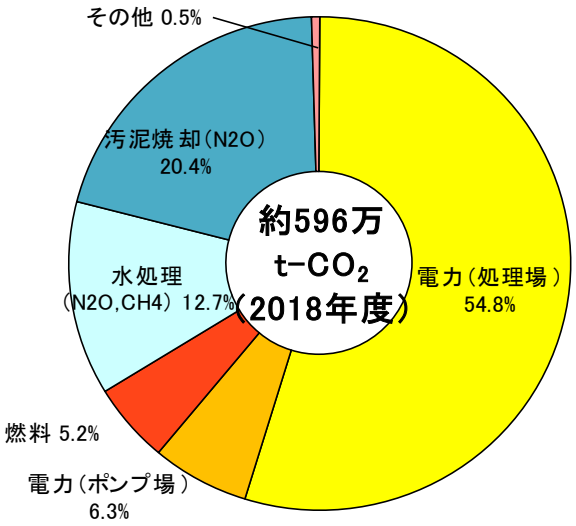


図 2-2　下水道からの温室効果ガスの発生量[1)]

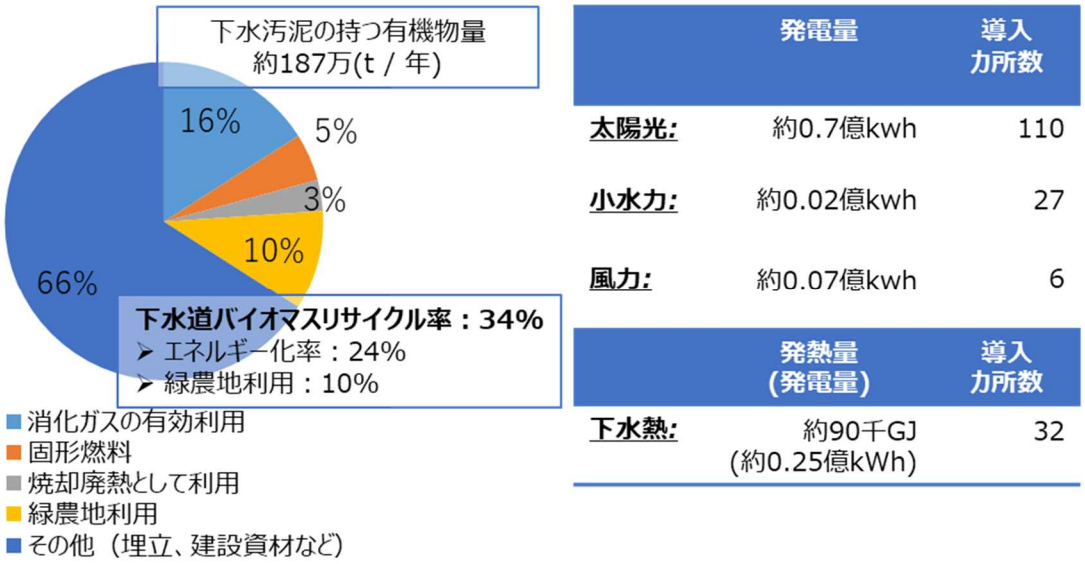


図 2-3　令和元年度の下水道分野における創エネ/再エネの取組[1)]

（3）下水道分野の温室効果ガス排出量の推移

図 2-4 に下水道における温室効果ガス排出量の 1990（平成 2）年度から 2018（平成 30）年度までの推移を示す。一時増加し、その後は減少に転じているが、2018 年度は 1990 年度よりも多く排出されていたという結果になっている。処理水量はその間、増加傾向にある。

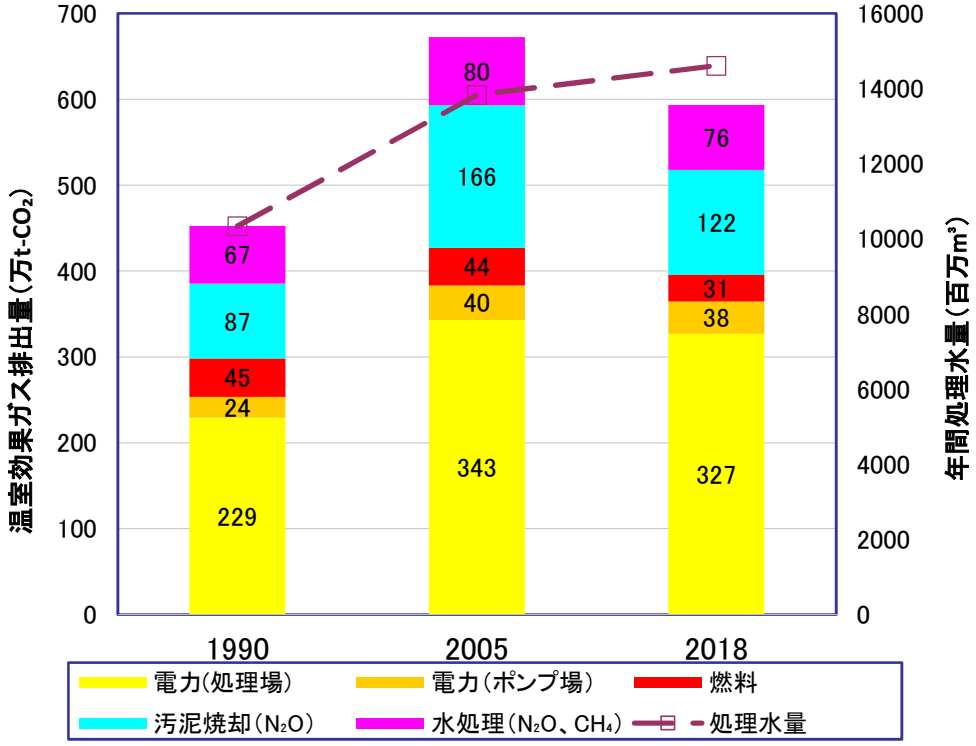


図 2-4　下水道における温室効果ガス排出量の推移[3)]

（4）下水道分野のエネルギー消費量の推移

図 2-5 に下水処理水量の推移、図 2-6 に下水処理場の電力使用量の推移を示す。下水処理場内の電力使用量は、処理水量の増加に伴い増加しており、処理水量当たりの電力使用量は、横這いから増加傾向にある。処理水量のうち、消費電力量の大きい高度処理水が増加傾向にある。

図 2-7 に下水道における燃料使用量の推移、図 2-8 にはその内のガス系の燃料使用量の推移を示す。下水道における燃料使用量は横這い傾向にある。燃料使用の内訳については、重油等の石油系燃料使用量が減少しており、ガス系の燃料の使用量は増加している。また、ガス系燃料の使用量のうち、消化ガスの利用量が増加している。

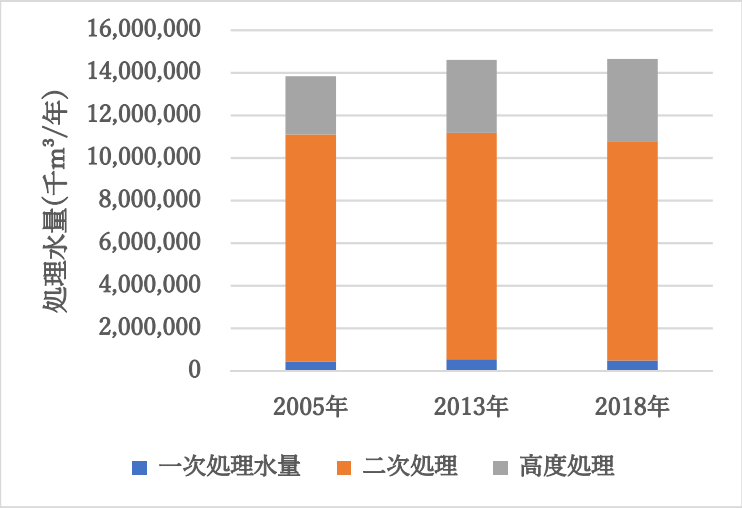


図 2-5　下水処理水量の推移[4)]

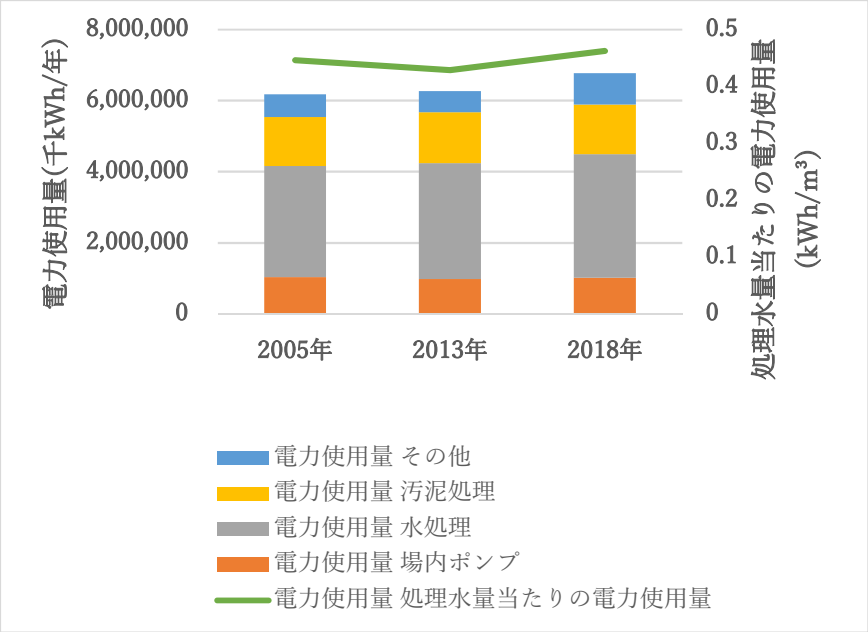


図 2-6　下水処理場の電力使用量の推移[4)]

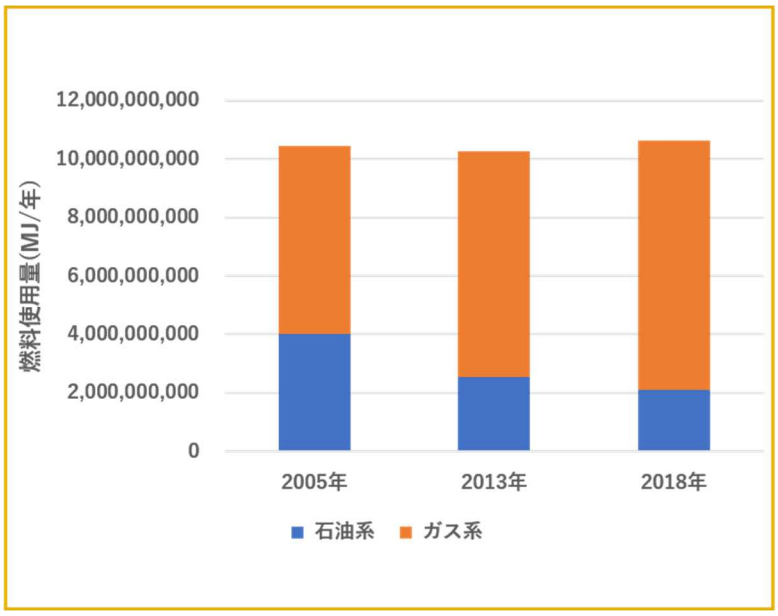


図 2-7　下水道における燃料使用量の推移[4)]

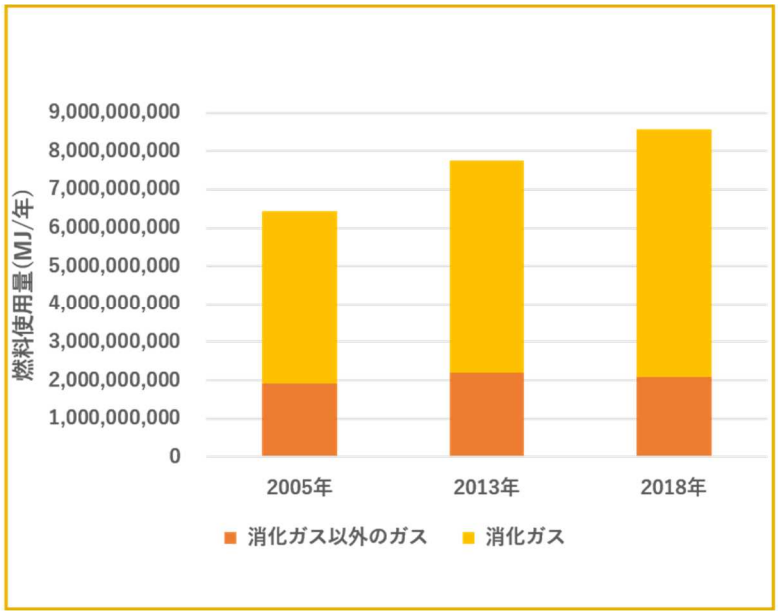


図 2-8　下水道におけるガス系の燃料使用量の推移[4)]

（5）下水処理場の規模別の温室効果ガス排出量

図 2-9 に下水処理場の処理規模別の CO_2 排出量を示す。処理水量 5 万 m^3/日以上の下水処理場からの排出量が 5 割以上を占めている。また、1 万 m^3/日未満の排出量も 2 割強を占めている。

図 2-10 にオキシデーションディッチ法（OD 法）、標準活性汚泥法、嫌気無酸素好気法（A_2O 法）について、処理規模別にエネルギー消費量原単位を示す。高度処理法の A_2O

法のエネルギー消費量原単位が大きな値となっている。また、小規模処理場で多く採用されている OD 法では、処理規模が 1,000m³/日程度の場合、標準活性汚泥法とほぼ変わらない値となっている。

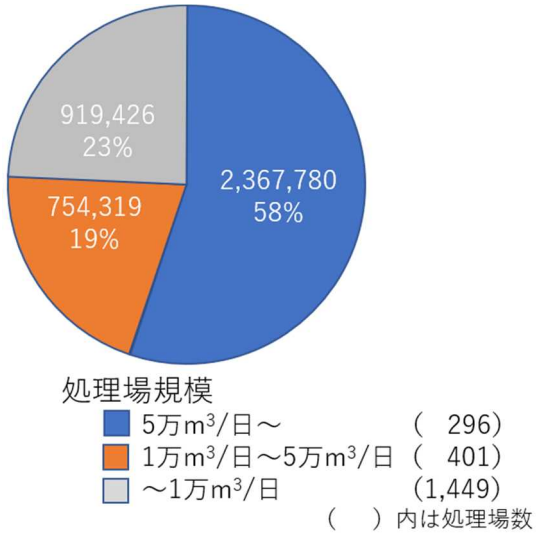


図 2-9 下水処理場の規模別の CO_2 排出量（円グラフ内の数字の単位：t-CO_2/年）[4)]
（平成 30 年度版 下水道統計に基づきエネルギー由来の CO_2 を試算）

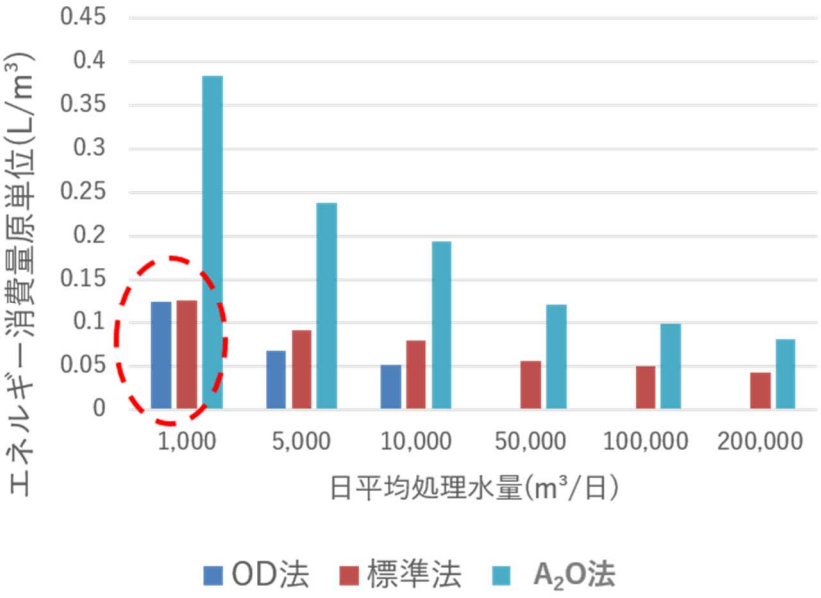


図 2-10 処理方式、処理規模別エネルギー消費量原単位[5)]

（6）効率的・効果的な省エネ対策

図 2-11 に日平均流入水量 4 万 m^3/日規模、焼却設備が場内には無い下水処理場における設備別の消費エネルギーの割合を事例として示している。送風機の割合が 3 割程度を占め、最も多い。

また、表 2-1 に日平均汚水量約 2 万 m^3/日の実際の下水処理場の現場において、省エネを検討した際の対策項目別の削減量、図 2-12 には、対策項目別の割合（寄与率）の事例を示す。散気装置の高効率化や水中撹拌機の省エネ化などの省エネ機器の導入が約 53%の寄与率、流入負荷変動に合わせて送風機の号機を切替える運転方法の改善が約 47%の寄与率となった。

図 2-13 に当初の状態から運転方法を改善したことによる消費エネルギーの削減効果（約 14%削減）、運転方法を改善した状態を基準として、さらに省エネ機器を導入したことによる消費エネルギーの削減効果（約 18%削減）の事例を示す。

図 2-14 は、「令和 3 年度に国土交通省水管理・国土保全局下水道部において実施した省エネに関するアンケート結果」より、下水処理場の処理規模別に反応タンクのシステムとしての省エネ対策の実施状況を抜粋したものである。反応タンクのシステムとしての省エネ対策とは、散気装置の高効率機器導入という部分最適ではなく、例えば、DO 制御等システムの導入、送風機の消費電力分析と運転改善の実施、送風機の台数・風量・回転数制御システムの導入、高効率ブロアの導入等、反応タンクに関連する設備の導入や運転の工夫を単独ではなく、システムとして捉えて取組を実施していることを指す。反応タンクのシステム全体としての省エネ対策を実施していない処理場の割合が大きく、また、大規模処理場と比較して、小規模処理場で対策が進んでいないと見ることができる。図 2-15 には反応タンクにおいて、システム全体で省エネ対策を導入する場合のイメージ図を示す。

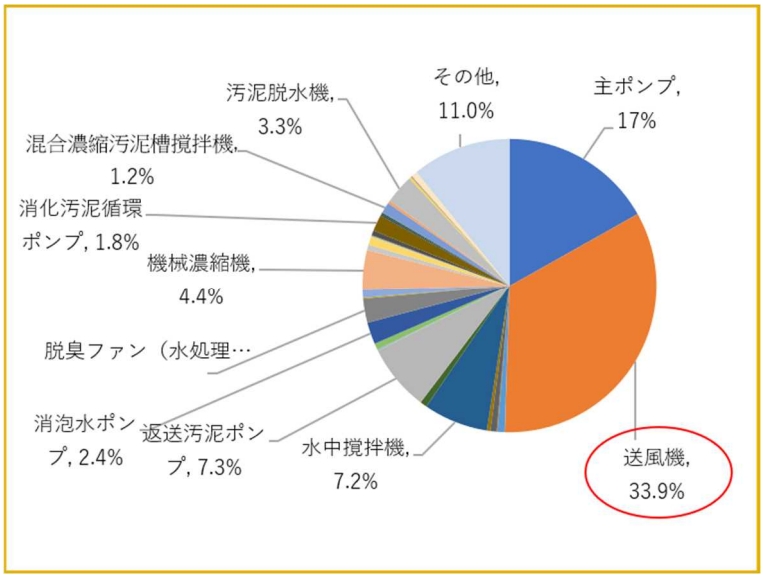


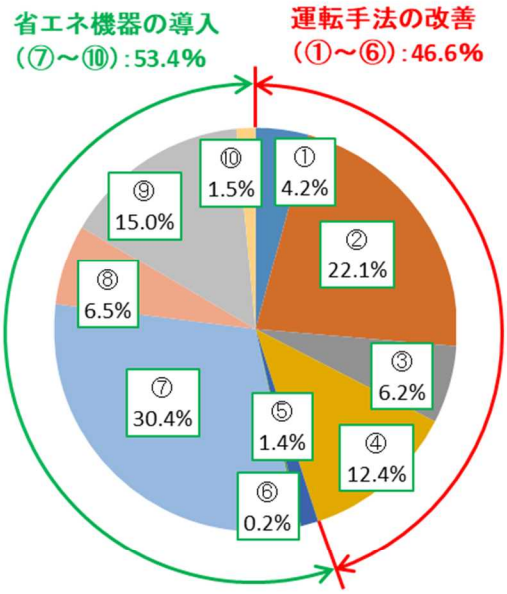
図 2-11　下水処理場の設備別の消費エネルギーの割合[6)]

（日平均流入水量 4 万 m^3/日規模、焼却設備が場内には無い処理場の事例）

表 2-1 下水処理場における省エネ対策と削減電力量[6)]

（日平均流入水量 2 万 m^3/日規模、焼却設備が場内には無い処理場の事例）

区分	設備	省エネ対策	削減電力量（千 kWh/年）
運転方法の改善	汚水ポンプ	① 主ポンプの運転号機の見直し	62.7
	送風機	② 前曝気風量半減による一台運転時間の長期化及び流入負荷変動に合わせた号機切替時期の適正化	22.1
	水処理	③ 反応タンク嫌気槽の水中撹拌機の間欠運転	91.9
		④ 返送汚泥ポンプの異径プーリへの交換	184.0
	汚泥処理	⑤ 機械濃縮汚泥貯留槽撹拌機の間欠運転	20.8
		⑥ 混合汚泥貯留槽の腐敗防止ブロアの冬季停止	3.1
	小計		689.8
省エネ機器の導入	送風機	⑦ 散気装置を高効率散気装置へ更新	449.8
		⑧ 送風機を更新	96.0
	水処理	⑨ 水中撹拌機（嫌気槽）を省エネ型反応タンク撹拌機に更新	222.2
		⑩ 返送汚泥ポンプの電動機低出力化とインバータの導入	22.5
	小計		790.5
合計			1,480.3



グラフ中の番号は下記の設備の省エネ対策

設備	省エネ対策
汚水ポンプ	①主ポンプの運転号機の見直し
送風機	②前曝気風量半減による1台運転時間の長期化及び流入負荷変動に合わせた号機切替時期の適正化
水処理	③反応タンク嫌気槽の水中撹拌機の間欠運転
	④返送汚泥ポンプの異径プーリへの変換
汚泥処理	⑤機械濃縮汚泥貯留槽撹拌機の間欠運転
	⑥混合汚泥貯留槽の腐敗防止ブロアの冬季停止
送風機	⑦散気装置を高効率散気装置へ更新
	⑧送風機を更新
水処理	⑨水中撹拌機（嫌気槽）を省エネ型反応タンク撹拌機に変更
	⑩返送汚泥ポンプの電動機低出力化とインバータの導入

図 2-12　下水処理場における省エネ対策項目別の寄与率の割合[6)]

（日平均流入水量 2 万 m^3/日規模、焼却設備が場内に無い処理場の事例）

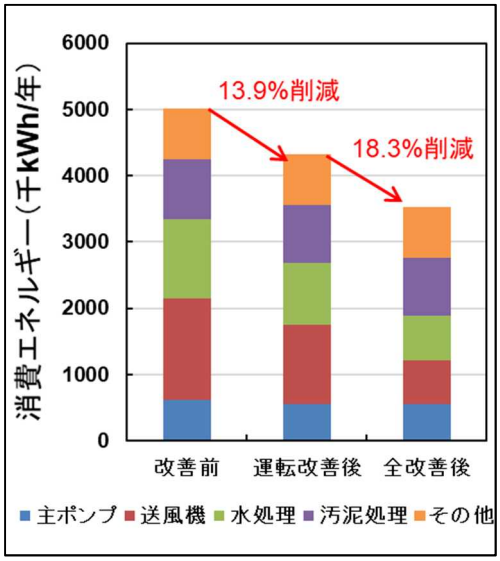


図 2-13　下水処理場における省エネ対策による消費エネルギー削減効果の事例[6)]
（日平均流入水量 2 万 m³/日規模、焼却設備が場内には無い処理場の事例）

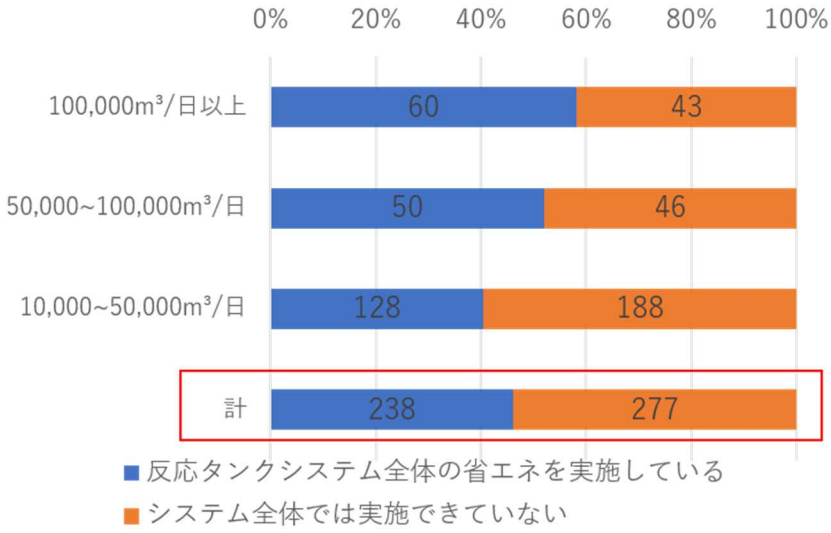


図 2-14　下水処理場の処理規模別の反応タンクのシステムとしての省エネ対策※1実施状況

※１：「反応タンクのシステムとしての省エネ対策」とは、散気装置の高効率機器導入という部分最適ではなく、例えば、DO 制御等システムの導入、送風機の消費電力分析と運転改善の実施、送風機の台数・風量・回転数制御システムの導入、高効率ブロアの導入等、反応タンクに関連する設備の導入や運転の工夫を単独ではなく、システムとして捉えて取組を実施していること

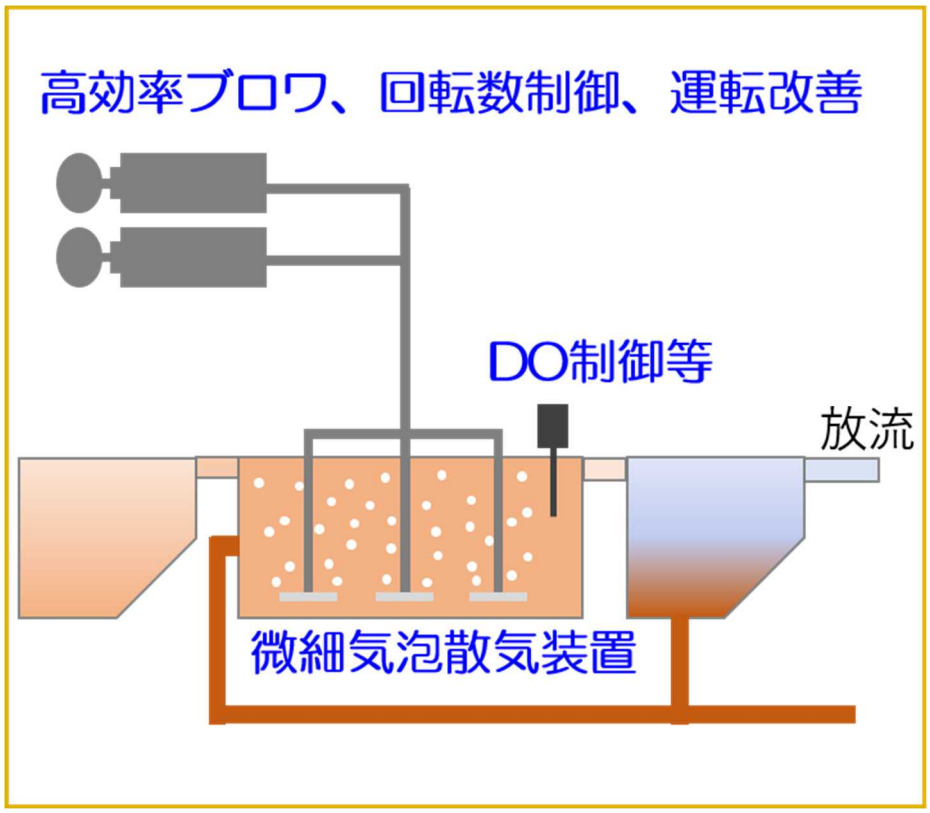


図 2-15　反応タンクシステム全体で省エネ対策を導入した場合のイメージ

（7）創エネの状況

図 2-16 に下水汚泥発生重量に対する創エネ等の割合を示す。下水汚泥中の有機物をバイオガス発電や固形燃料等、 化石燃料代替のエネルギー源として利用された割合を示す下水汚泥エネルギー化率は 24%（令和元年度）に止まっている。また、消化工程を導入している処理場において、全体で 3.77 億 m^3/年の消化ガスが発生している。このうち、消化ガス発電、消化槽の加温等に有効利用がなされていない未利用バイオガスは、約 5,300 万 m^3/年あり、消化ガス発生量の約 14%に相当する[7)]。

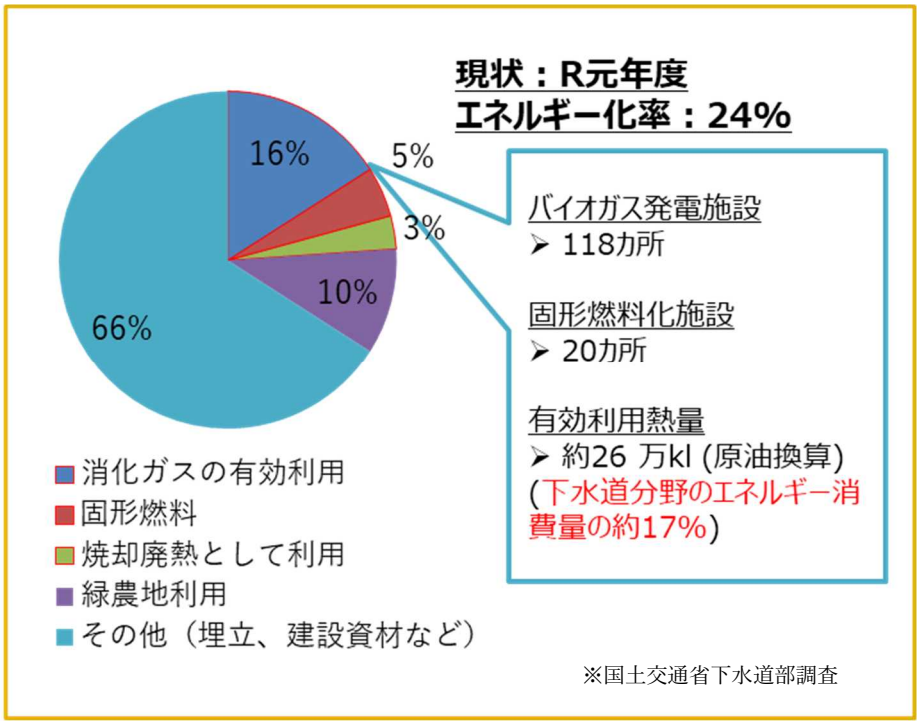


図 2-16　下水汚泥発生重量に対する創エネ等の割合[1)]

（8）再エネの状況

下水道施設では、太陽光発電、小水力発電、風力発電及び下水熱利用等の再エネを活用することで、温室効果ガスを削減するポテンシャルを有している。

仮に全下水処理場において、水処理施設の上部空間（未利用部分）に太陽光発電を導入した場合[※1)]には、約 2.5 億 kWh（下水道分野の電力消費量の約 3.3%）、処理水の放流時の落差を活用することが可能な下水処理場に小水力発電を導入した場合[※2)]には、約 0.05 億 kWh（下水道分野の電力消費量の約 0.07%）、下水の有する総熱量をすべて活用した場合[※1)]には約 20,000 千 GJ（発電量に換算すると約 55 億 kWh）（約 90 万世帯の熱利用量に相当)の電力等を得ることができるという試算がある[1)]。

※1：物理的、技術的に設置可能な個所から算出してものであり、採算性は考慮していない。

※2：調書によるポテンシャル調査より作成。

これらに対し、実績としては、太陽光発電を実施している下水処理場は 110 箇所（発電量約 0.7 億 kWh)、小水力発電を実施している下水処理場は 27 箇所（発電量約 0.02 億 kWh)、下水熱が導入されている箇所は 32 箇所（発熱量約 90 千 GJ（発電量に換算すると約 0.25 億 kWh)、風力発電を 6 箇所（発電量約 0.07 億 kWh）となっている。

（9）下水汚泥焼却に伴う N_2O 排出状況

図 2-17 に下水汚泥焼却に伴う N_2O の排出量と N_2O の発生が抑制される 850℃以上の高温焼却の実施率の推移を示す。高温焼却の実施や排出係数の低い新型炉への更新等によ

り、下水汚泥の焼却に伴って発生する N_2O の排出量は減少傾向にある。

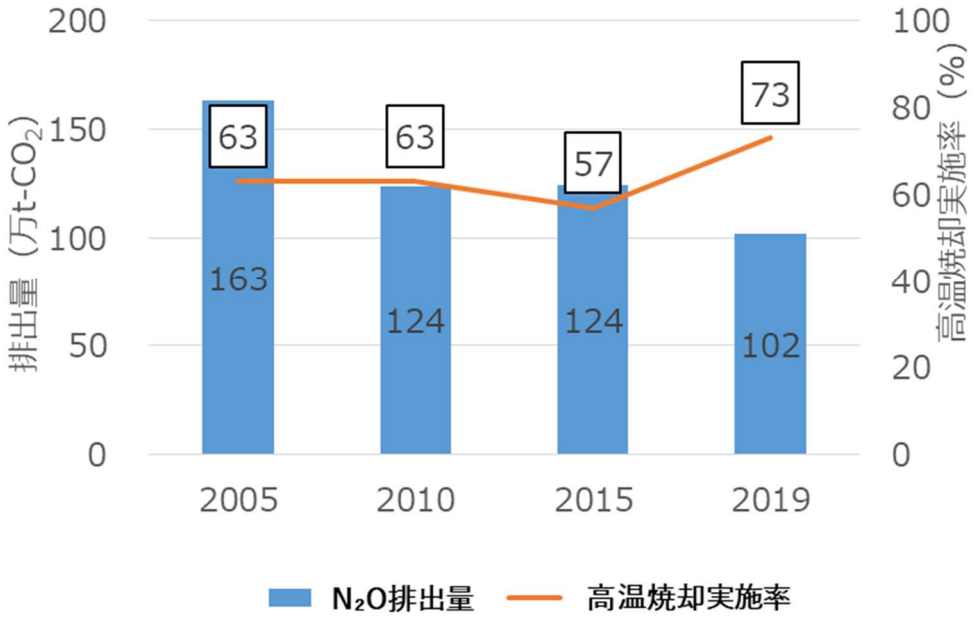


図 2-17　下水汚泥の焼却に伴う N_2O の排出量と高温焼却実施状況の推移[1)]

（10）水処理に伴う N_2O、CH_4 の排出状況

図 2-18 に水処理に伴う N_2O、CH_4 の排出量の推移を示す。横這いとなっている。いずれも発生メカニズムに不明な点が多く、抑制対策が明確になっていない。

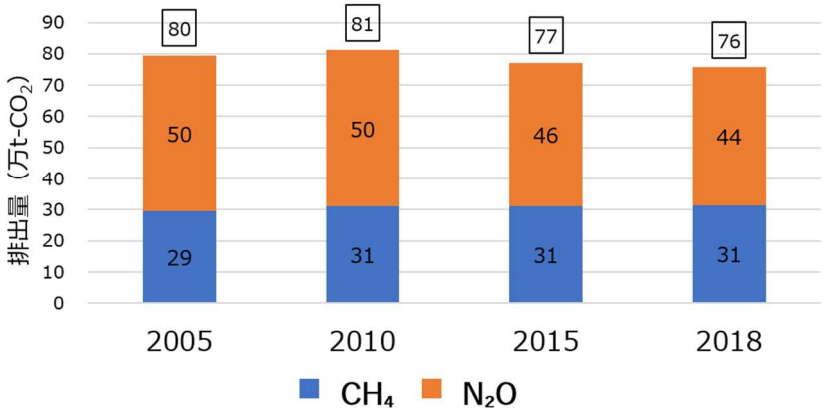


図 2-18　水処理に伴う N_2O、CH_4 の排出量の推移[1)]

（11）地球温暖化に対する下水道分野の制度等

地球温暖化に対する下水道分野の法制度、予算制度、ガイドライン等を表 2-2 に示す。

表 2-2 地球温暖化に対する下水道分野の法制度等[1)]

	法制度	予算制度、ガイドライン等
省エネ	**省エネ法** **（S54 制定、H25 改定）** ➢一定規模以上の事業者にエネルギー使用状況の報告義務 ➢エネルギー消費原単位の年率 1%削減努力義務	**ガイドライン** ➢水質とエネルギーの最適管理のためのガイドライン（H30.3） ➢下水処理場のエネルギー最適化に向けた省エネ技術導入マニュアル（案）（R1.6） **予算制度等** ➢下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）（H23） ➢消化槽等の消費電力量を交付要件化（H29）
N_2O 対策		**予算制度等** ➢焼却炉・溶融炉の設置・改築において、廃熱回収率や消費電力量削減率を交付要件化（高温焼却と同等以上の N_2O 排出削減が出来ることを前提）（H29）
創エネ	**下水道法改正（H27）** ➢汚泥等の再生利用の努力義務化	**ガイドライン** ➢下水処理場における地域バイオマス利活用マニュアル（案）（H29.3） ➢広域化・共同化計画策定マニュアル（案）（H31.3） ➢下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン-改訂版-（H30.1） **予算制度等** ➢下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）（H23） ➢民間活力イノベーション推進下水道事業（H26） ➢設備更新における廃熱利用型炉の交付要件化（H29） ➢下水道エネルギー拠点化コンシェルジュ事業（H30） ➢下水道リノベーション推進総合事業（R2）
再エネ	**都市の低炭素化の促進に関する法律（H24）** ➢民間事業者の下水熱利用に係る規制緩和 **下水道法改正（H27）** ➢熱交換器設置の規制緩和	**ガイドライン** ➢下水熱マニュアル（案）の策定（R3 改訂） ➢下水熱ポテンシャルマップ作成の手引き（H27.3） **予算制度等** ➢下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）（H23） ➢エネ特事業（上下水道・ダム施設の省 CO_2 改修支援事業）との連携 ➢FIT の活用による民間連携

※下水道事業の各予算については記載した分類以外にも活用可能

（12）下水道事業における温室効果ガス排出に関する課題

以上に述べてきた下水道事業における温室効果ガス排出に関わる現状を踏まえると、温室効果ガス削減の中長期の目標達成に向けては、以下の課題が認識される。

・下水道分野の消費エネルギーの過半を占める電力について、処理水量当たりの電力使用量は横這いから増加傾向にあり、一層の削減努力が求められる。
・下水処理場における消費エネルギーへの寄与が大きい反応タンクの省エネについて、散気装置の高効率機器導入という部分最適ではなく、それに加えて DO 制御等システムの導入、送風機の消費電力分析と運転改善の実施等も含めたシステム全体としての取組が求められる。
・有効利用されていない未利用バイオガスは、消化ガス発生量の約 14%であり、これらについても、利用促進が求められる。
・太陽光発電の実施や下水熱の利用等の再エネについては、下水道の有するポテンシャルを踏まえると、さらなる促進が求められる。
・水処理に伴って排出される N_2O や CH_4 については、発生メカニズムの解明と排出抑制の対策が求められる。

参考文献

1）国土交通省水管理・国土保全局下水道部 HP：http://www1.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/mizukokudo_sewerage_tk_000734.html、2022.3.28 参照
2）東京都下水道局：アースプラン 2017、平成 29 年 3 月
3）国土交通省国土技術政策総合研究所 HP：http://www.nilim.go.jp/lab/eag/pdf/20211008_2-4_ondanka.pdf、2022.3.28 参照
4）（公社）日本下水道協会：平成 17 年度版下水道統計、平成 25 年度版下水道統計、平成 30 年度版下水道統計
5）国土交通省水管理・国土保全局下水道部：流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説、平成 27 年 1 月
6）（公財）日本下水道新技術機構：活性汚泥法等の省エネルギー化技術に関する技術資料、平成 26 年 3 月
7）国土交通省水管理・国土保全局下水道部：平成 31 年度下水汚泥等の資源有効利用状況に関する調査業務報告書、令和 2 年 3 月

第 3 章 地球温暖化対策計画での 2030 年度目標達成のために導入すべき技術及び技術開発項目

本章においては、地球温暖化対策計画における下水道の削減目標と当該削減目標を達成するために導入すべき技術及び技術開発項目に対する取組の方向性等について示す。

（1）地球温暖化対策計画における削減目標

地球温暖化対策計画が改定され、2021（令和 3）年 10 月 22 日に閣議決定された。その中では、下水道事業において、2030 年度の温室効果ガスの排出量は、2013 年度との比較で 208 万 t-CO_2 削減することが目標として示された※1。また、2050 年カーボンニュートラルに向けて更なる高みを目指すこととなっている。表 3-1 に地球温暖化対策計画に示された下水道事業における温室効果ガス削減等の目標を示す。

表 3-1 地球温暖化対策計画（令和 3 年 10 月 22 日閣議決定）に示された下水道事業の温室効果ガス削減目標等

省エネの促進	下水汚泥のエネルギー化（創エネ）
現状：電力消費量が増加傾向 目標：年率約 2%の削減を確保し、約 60 万 t-CO_2 を削減 進捗見通：省エネ法に基づく取組（年率 1%削減）よりも一層の取組加速が必要	現状：下水汚泥エネルギー化率：24% （令和元年度） 目標：エネルギー化率を 37%まで向上させることで、約 70 万 t-CO_2 を削減 進捗見通：自治体の導入計画の確実な実施、更なる取組の拡大が必要
焼却の高度化	**再エネ利用の拡大**
現状：高温焼却実施率：約 73%（令和元年度） 目標：高温焼却実施率 100%、新型炉への更新により、約 78 万 t-CO_2 を削減 進捗見通：改築更新時に高温焼却への確実な更新、更なる排出削減に向けた取組が必要	現状：太陽光：約 0.7 億 kWh 小水力：約 0.02 億 kWh 風　力：約 0.07 億 kWh 下水熱：約 90 千 GJ 目標：導入促進により、約 1 万 t-CO_2 を削減 進捗見通：達成見込み

※1：2030 年度の全電源平均の電力排出係数：0.25kg-CO_2/kWh[1)] が使われている。そのため、地球温暖化対策計画における 2013 年度の下水道分野の温室効果ガス排出量は約 406 万 t-CO_2 となることに注意が必要。

これらの温室効果ガス削減目標を達成するための整備量等を検討した。

例えば、省エネの促進については、運転方法の改善とともにメンブレン式散気装置の導入等の省エネ機器や B-DASH プロジェクトで実証した省エネ、創エネに資する技術を全国の処理場に導入していくことが必要になる。また、下水汚泥のエネルギー化については、現状に加え、日最大汚水量 5 万 m^3/日の下水処理場を基準にすると、約 440 箇所において、汚泥固形物量 6.1t/日の汚泥を消化することに相当する取組が必要になる。

（2）導入すべき技術及び技術開発項目の議論における意見

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について議論する中で、委員からは、以下の意見をいただいた。

なお、いただいた意見には、分科会で議論すべき技術的な視点だけではなく、制度的な視点を含むものもあった。制度に関する意見の中に技術的な検討が必要なことも含まれ、単純な分類は困難であるため、特にそれらを区別すること無く記載する。（第 4 章も同様。）

1）脱炭素社会に向けた下水道のあり方について

・2030 年に向けては、B-DASH プロジェクトで実証された技術等の温室効果ガス削減対策技術を実装していくことが、一つの現実的な手段であると考える。
・脱炭素化について、下水道・流域管理・社会システム全体の最適化の観点で、評価方法も含めて考える必要がある。また、その効果について積極的に発信していくべきである。
・下水道の CO_2 削減効果だけではなく、社会全体で CO_2 排出削減に資することも考えていくべきである。また、カーボンオフセットが機能する仕組を考えることも重要。
・CO_2 排出に関するベンチマーク指標を検討する必要がある。
・地方公共団体は、老朽化対策、雨水対策など、並行して取組むべき課題を様々に抱えている。地方公共団体が取組みやすいように具体的な方策を示すべきである。
・独自技術を採用してもらうためにも、設計-施工一括発注（Design-Build：DB）、設計-施工-維持管理一括発注（Design-Build-Operate：DBO）などの発注制度の転換も進めるべきである。
・現在の改築更新やストックマネジメント制度の中で進めていくと、部分的な取組が中心になってくる。システム全体としての取組を進めにくい仕組みになっている。処理場や地域の特性に応じたグランドデザインを描きながらリノベーションを進めていくべきである。
・下水道の中だけではなく、関係する他分野にも貢献するという視点でグランドデザインを描くべきである。
・積極的にカーボンニュートラルの技術を海外に売り出していく政府戦略が重要。
・間欠運転は省エネ目的には良いが土木躯体に悪影響な場合がある。資産管理の観点も留意すべきである。
・脱炭素のために下水道使用料の単価を上げることは難しい。法律等による義務化等が施策推進の動機付けになると思う。また、脱炭素化の推進が各下水道事業管理者のメリットと感じられるようにすることも課題。
・電源構成の変化により温室効果ガスは減るが、それに関わらず省エネ等によりエネルギー使用量を削減していくことが重要。

2）下水道資源が有する資源・エネルギーの有効活用について

・消化ガス発電の効率は、現状では 40%程度。廃熱を十分に利用する必要がある。
・廃熱利用ができる場所にて発電するなど、技術開発とともに、社会の仕組みを考える必要がある。

（3）導入すべき技術及び技術開発項目に対する取組の方向性

第 2 章 下水道事業における温室効果ガス排出に関わる現状に示す課題及び上記（2）で提起された意見等を踏まえ、2030 年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目として、以下を取りまとめた。

1）省エネ

近年の電力使用量原単位は横ばいからやや増加傾向であり、国土交通省が実施した省エネに関するアンケートから省エネ対策にはその取組の余地を多く残していることがわかった。そのことを踏まえ、2030 年目標を達成するために、現状の省エネ対策として改善寄与率の高い効果的・効率的な技術の導入と 2030 年までに実装可能な技術開発を中心に引き続き取り組むなど、一層の取り組みの推進が必要である。具体的には以下について取り組む。

- 水処理設備について、処理方式や処理規模に応じた省エネ対策として寄与率の高い反応タンク設備関連の効果的・効率的な省エネ技術の導入・開発を推進する。
- 汚泥処理設備については、重油等石油系燃料利用が減少していることなど省エネ対策の効果が見えているものの、未対策の処理場もあることから処理方式や処理規模に応じた省エネ対策として寄与率の高い汚泥濃縮機、消化タンク攪拌機、汚泥脱水機の省エネ化等の効果的・効率的な技術の導入・開発を推進する。
- システム全体としての対策が不十分な現状を踏まえ、対策効果を一層上げるために、水処理、汚泥処理についてシステム全体として省エネ対策を推進する。
- あまり猶予のない 2030 年までの時間的制約や地方公共団体の厳しい経営状況等から、省エネ設備への更新が困難な処理場が存在することを踏まえ、消費電力や運転状況の見える化などのエネルギーマネジメントを通じて、運転管理の工夫により消費電力を削減するなど、ハード整備だけに頼らない総合的な取組を徹底する。

2）創エネ・再エネ

- 創エネルギーについては、そのポテンシャルを踏まえると活用の余地が大きく、固形燃料化技術やバイオガス利用等、下水汚泥のエネルギー化に関わる効果的・効率的な技術の導入や 2030 年までに実装可能な技術の開発を推進する。
- 特に、あまり猶予のない 2030 年までの時間制約等から、大がかりな創エネ施設の導入が困難な処理場が存在することを踏まえると、例えば、小型発電設備の導入など比較的簡易な設備の付加による未利用バイオガスの活用を推進する。
- 2030 年目標を達成するために、引き続き下水熱利用等の効果的・効率的な技術の導入や 2030 年までに実装可能な技術の開発を推進する。

3）下水汚泥焼却に伴い発生する N_2O への対策

- 図 2-17 に示すように、高温焼却の実施等により汚泥焼却に伴い発生する N_2O は減少傾向であるため、引き続き、下水汚泥の焼却施設における燃焼の高度化や、一酸化二窒素の排出の少な

い焼却炉及び下水汚泥固形燃料化施設の設置を推進するとともに、2030 年までに実装可能なより効果的・効率的な技術の開発を推進する。
・焼却熱を有効活用し、焼却炉のエネルギーの自立化を促進する。

4）水処理に伴い発生する N_2O、CH_4 への対策

・N_2O、CH_4 発生メカニズム解明やそれを踏まえた抑制対策手法に関する調査研究については 2050 年を見据え、引き続き推進する。

5）技術実証

・令和 4 年度 B-DASH プロジェクトテーマ 2 件も含め、2030 年までに実装可能な効果的・効率的な技術の実証を推進する。

6）下水道のシステム最適化

・2030 年だけではなく、2050 年も見据え、調査研究等も含めた技術開発やモデル事業を通じ、部分最適にとどまらず、下水道のシステム全体で最適化を推進する。
・脱炭素化に向けたグランドデザインを各下水道事業で描き、それらをストックマネジメント計画や地球温暖化対策の推進に関する法律に基づく実行計画等にも反映して、着実に推進する。

（4）導入すべき技術とその事例

表 3-2 に取組の方向性を踏まえた導入すべき技術の事例を処理規模別に示す。また、図 3-1 に施設ごとに導入すべき技術の事例を示す。

これらの他にも下水道における地球温暖化対策マニュアル表 5-1[2)] 等に記載の取組を処理場・ポンプ場の実態に応じて導入する。

表 3-2 取組の方向性を踏まえた導入すべき技術の事例

<table>
<tr><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">導入すべき効果的・効率的な技術の内容</td><td colspan="4">導入すべき技術の例（下線は運転管理による工夫）</td></tr>
<tr><td>超大規模処理場
（A_2O 法：
日最大流入水量
20 万 m^3/日）</td><td>大規模処理場
（A_2O 法：
日最大流入水量
10 万 m^3/日）</td><td>中規模処理場
（標準法：
日最大流入水量
5 万 m^3/日）</td><td>小規模処理場
（OD 法：
日最大流入水量
1 万 m^3/日以下）</td></tr>
<tr><td>省エネ</td><td>水処理について、処理方式や処理規模に応じた反応タンク設備関連などの寄与率の高い省エネ技術。

汚泥処理については、処理方式や処理規模に応じた汚泥濃縮機、消化タンク攪拌機、汚泥脱水機の省エネ化など寄与率の高い省エネ技術。</td><td colspan="2">・メンブレン式散気装置
・省エネ型反応タンク撹拌機
・高度センサー制御システム
・監視制御システムにおけるエネルギー管理システム
・主ポンプ、送風機等の運転方法の見直し
・送風量の適正化
・水中撹拌機、貯留槽撹拌機の間欠運転
・ベルト型濃縮機
・スクリュープレス脱水機
・省エネ型遠心脱水機</td><td>・メンブレン式散気装置
・高度センサー制御システム
・監視制御システムにおけるエネルギー管理システム
・主ポンプ、送風機等の運転方法の見直し
・送風量の適正化
・貯留槽撹拌機の間欠運転
・ベルト型濃縮機
・スクリュープレス脱水機
・省エネ型遠心脱水機</td><td>・センサーを用いた自動制御技術
・間欠運転</td></tr>
<tr><td rowspan="2">創エネ、再エネ</td><td>固形燃料化技術やバイオガス利用等下水汚泥のエネルギー化に関わる技術。</td><td colspan="2">・消化ガス利用（発電等）
・固形燃料化
・廃熱発電</td><td>・消化ガス利用（発電等）
・固形燃料化</td><td>・消化ガス利用（発電等）</td></tr>
<tr><td>下水熱利用等の技術</td><td colspan="4">・下水熱利用、太陽光発電、風力発電、水力発電</td></tr>
<tr><td>下水汚泥焼却に伴い発生する N_2O 対策</td><td>下水汚泥の焼却施設における燃焼の高度化や、一酸化二窒素の排出の少ない焼却炉及び下水汚泥固形燃料化施設の設置を推進するための技術</td><td colspan="3">・多段吹込燃焼式流動炉
・二段燃焼式循環流動炉
・ストーカ炉
・過給式流動炉
・固形燃料化</td><td></td></tr>
<tr><td>下水道システムの最適化</td><td>部分最適にとどまらず、水処理・汚泥処理システム全体で最適化する技術。</td><td colspan="4">・B-DASH技術など下水道のシステムとして評価できる有効技術。</td></tr>
</table>

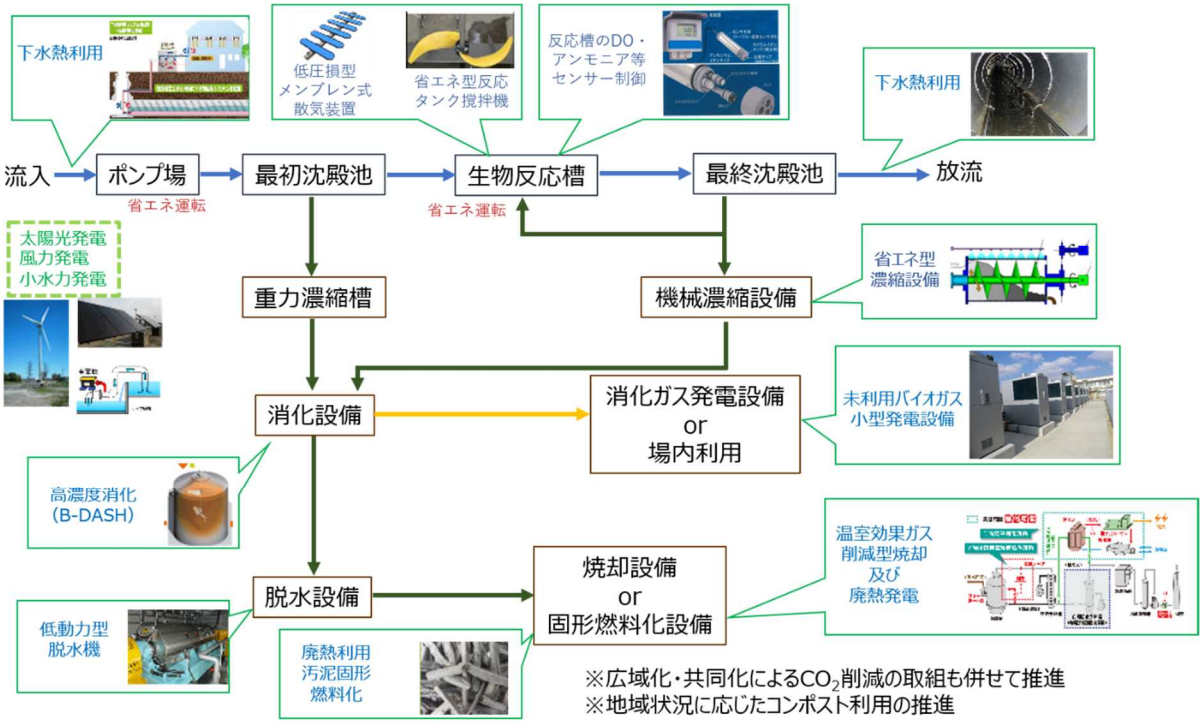


図 3-1　施設ごとに導入すべき技術の事例

（5）導入すべき技術の効果試算例

省エネに資する運転方法の改善や省エネ機器の導入、さらには創エネの導入により、どの程度の温室効果ガス削減の効果を見込むことができるかについて、エネルギー収支及び CO_2 排出量を試算した。いずれのケースも標準活性汚泥法、日最大流入水量 5 万 m^3/日で検討した。

ケース 1：対照系フロー　従来型の機器が導入されているケース

ケース 2：対照系（省エネ）フロー　省エネに資する運転方法の改善及び省エネ機器を導入するケース

ケース 3：導入系 1（省エネ＋創エネ）フロー　省エネに資する運転方法の改善、省エネ機器の導入、消化設備の導入及び消化ガス発電を導入したケース

ケース 4：導入系 2（省エネ＋創エネ＋B-DASH）フロー　省エネに資する運転方法の改善、省エネ機器の導入、消化設備の導入、消化ガス発電の導入及び B-DASH プロジェクトで実証された省エネ・創エネに資する技術を導入したケース

上記のケース 1 からケース 4 の処理フローを図 3-2 から図 3-5 に示す。

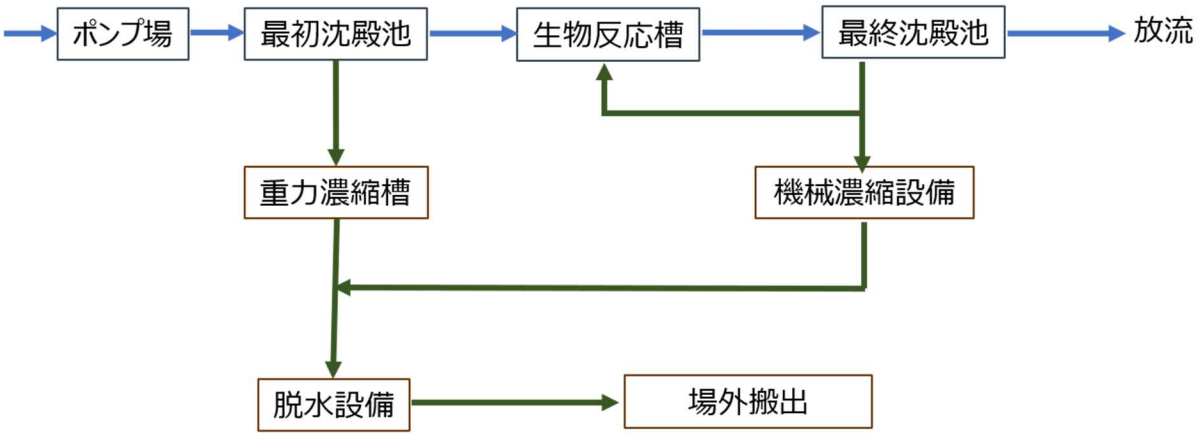


図 3-2　ケース 1（対照系フロー）

ケース 1 において、生物反応槽の散気装置には散気板、機械濃縮設備には遠心式濃縮機、脱水設備には遠心脱水機が導入されていると仮定している。

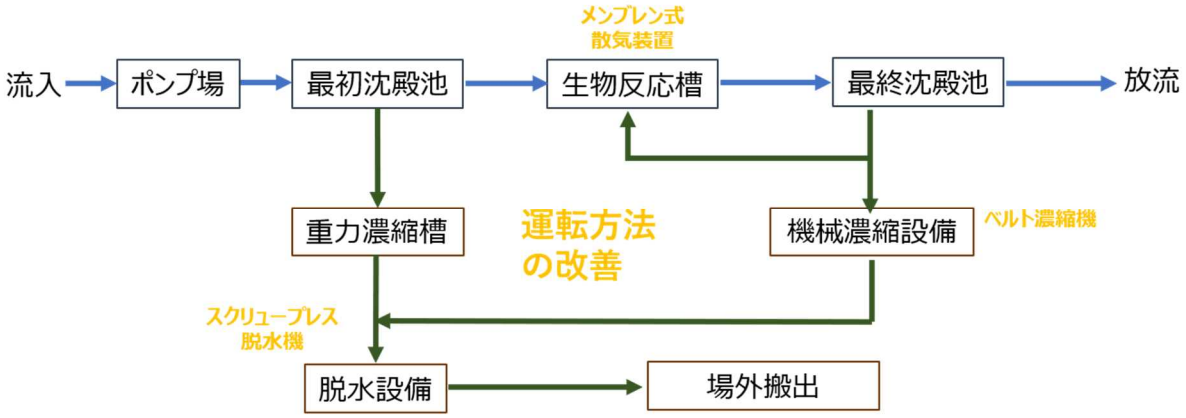


図 3-3　ケース 2（対照系（省エネ）フロー）

ケース 2 では、ケース 1 に対して、省エネ機器を導入するとともに省エネに資する運転方法の改善を実施していることを仮定している。

省エネ機器について下記のとおり設定。

・反応槽の散気装置について、散気板からメンブレン式散気装置に更新。

・機械濃縮設備について、遠心式濃縮機からベルト濃縮機に更新。

・脱水設備について、遠心脱水機からスクリュープレス脱水機に更新。

省エネに資する運転方法の改善については、以下を実施したものと設定。

・主ポンプについて、複数のポンプがある場合に流入量の変化に合わせて、稼働させるポンプを変更し、最も省エネが達成できるポンプを運転する。

・送風機について、必要な空気量に応じた適切な送風量を確保するとともに、複数の送風機がある場合には稼働させる送風機を変更し、最も省エネが達成できるような送風機を運転する。

・汚泥貯留槽の撹拌機については、必要に応じた間欠運転を行う。

・返送汚泥ポンプについては、適切な吐出し量となるように回転数を見直したものとしている。

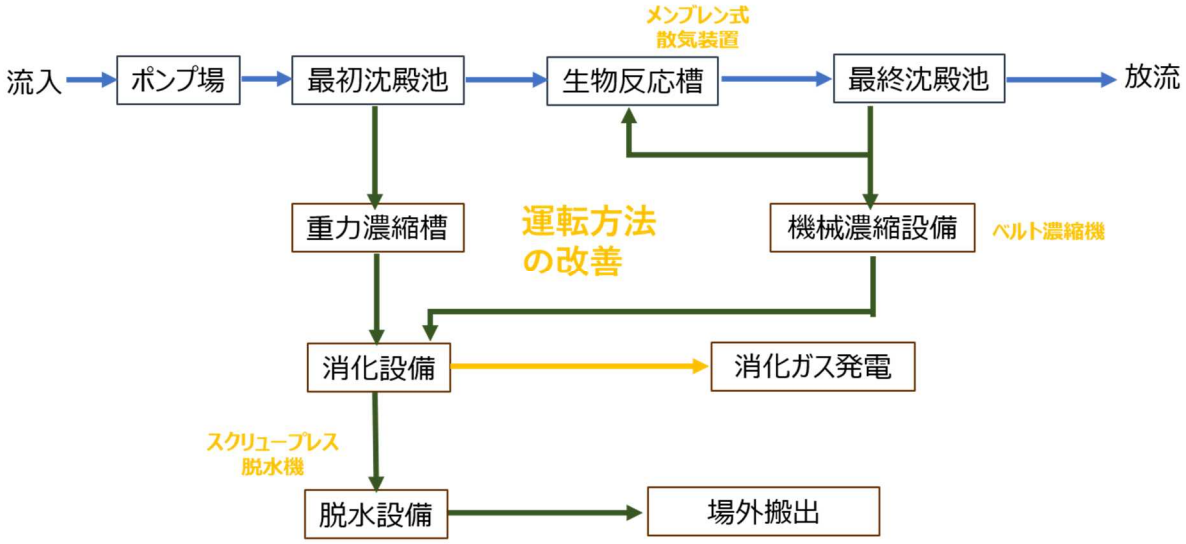


図 3-4　ケース 3（導入系（省エネ＋創エネ）フロー）

ケース 3 は、ケース 2 に加え、消化設備と消化ガス発電を導入したと仮定している。

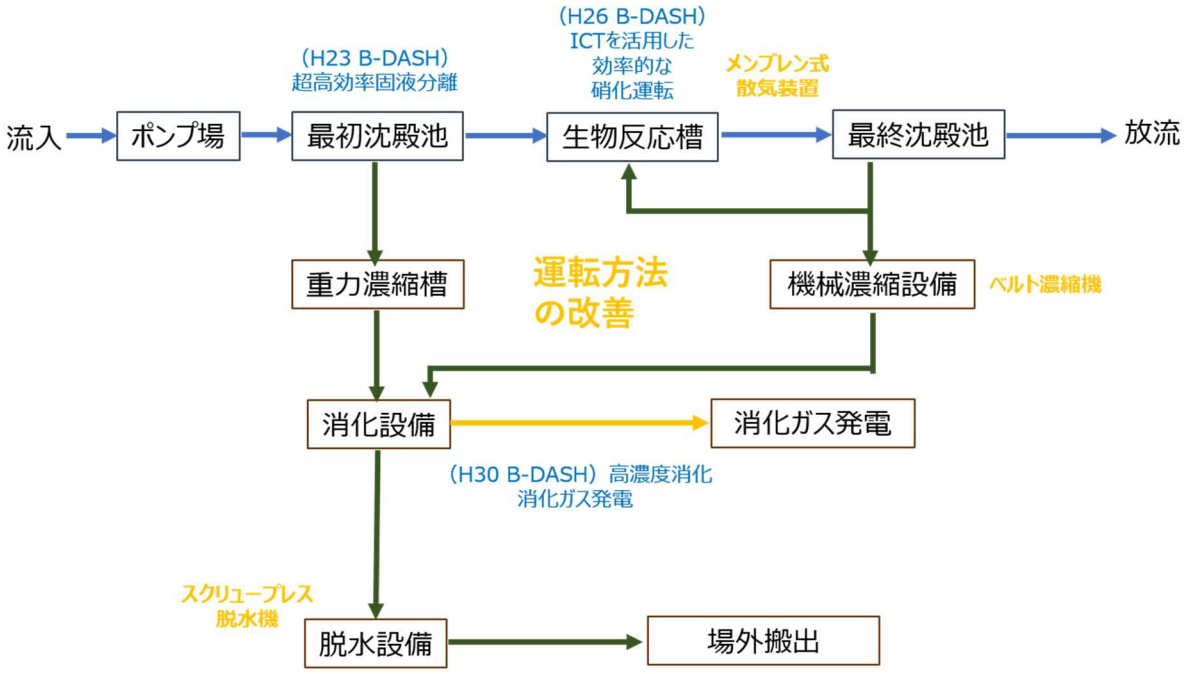


図 3-5　ケース 4（導入系（省エネ＋創エネ＋B-DASH）フロー）

ケース 4 は、ケース 3 に加え、下記の B-DASH プロジェクトで実証された技術を導入したと仮定している。

・超高効率固液分離技術を用いたエネルギーマネジメントシステム[3)] の超高効率固液分離ろ材を最初沈殿池に導入し、有機物を生汚泥として高効率に回収することで、消化ガスの発生

量を増加させるとともに、生物反応槽に流入する有機物を減少させ、生物反応槽で必要空気量も減少させる。

・生物反応槽には、流入する有機物を減少させて空気量を減少させるだけではなく、ICT を活用した効率的な硝化運転制御技術[4)]を導入し、適切な送風量に制御することで電力使用量を削減する。

・汚泥の濃縮、消化については、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[5)]の高濃度消化技術を導入し、汚泥の高濃度化と消化槽の小型化により、汚泥移送量、汚泥循環量及び温水循環量を減少させ、ポンプ動力を低減することにより、電力使用量を削減するとともに、消化ガス発生量を増加させている。

図 3-6 にケース 1 に対して、ケース 2 からケース 4 に取組むことによるエネルギー消費量の低減効果を示す。棒グラフの青い部分は水処理、茶色い部分は汚泥処理に伴うエネルギー消費量を示している。ケース 1 からケース 2、すなわち省エネ機器の導入と運転方法の改善により、エネルギー消費量を約 43%削減できる可能性を示している。また、ケース 3 は、消化設備と消化ガス発電の導入による創エネの効果をエネルギー消費量から差し引くことで、ケース 1 に対して約 86%のエネルギー消費量を削減できる可能性があることを示している。さらに、ケース 4 では、B-DASH プロジェクトで実証した技術の導入による省エネ効果と創エネ効果を勘案することで、ケース 1 に対して約 106%のエネルギー消費量の削減、いわゆるエネルギー自立の可能性があることを示している。

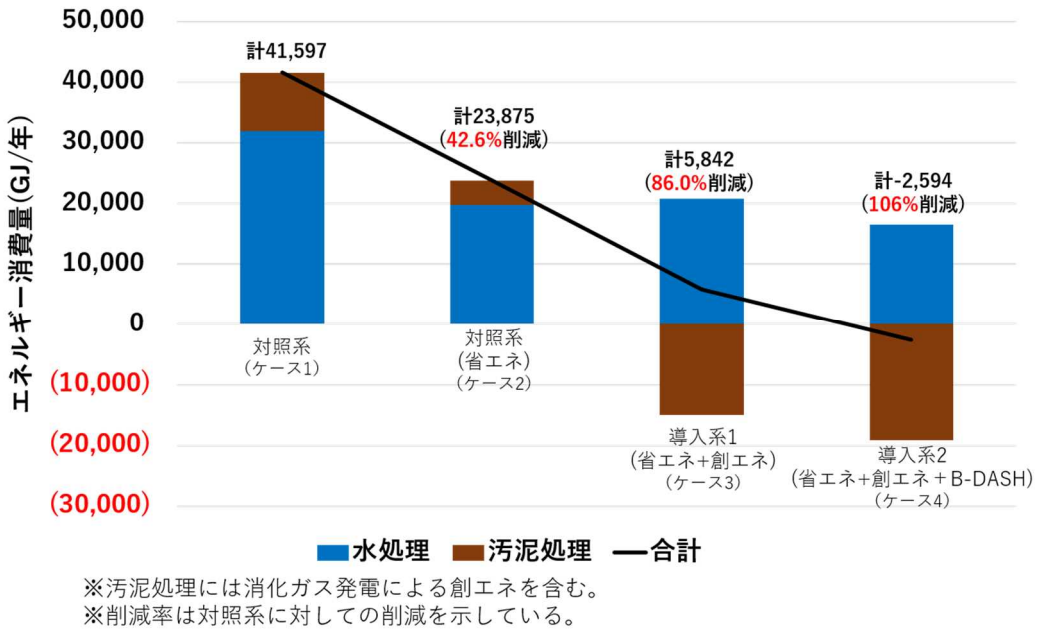
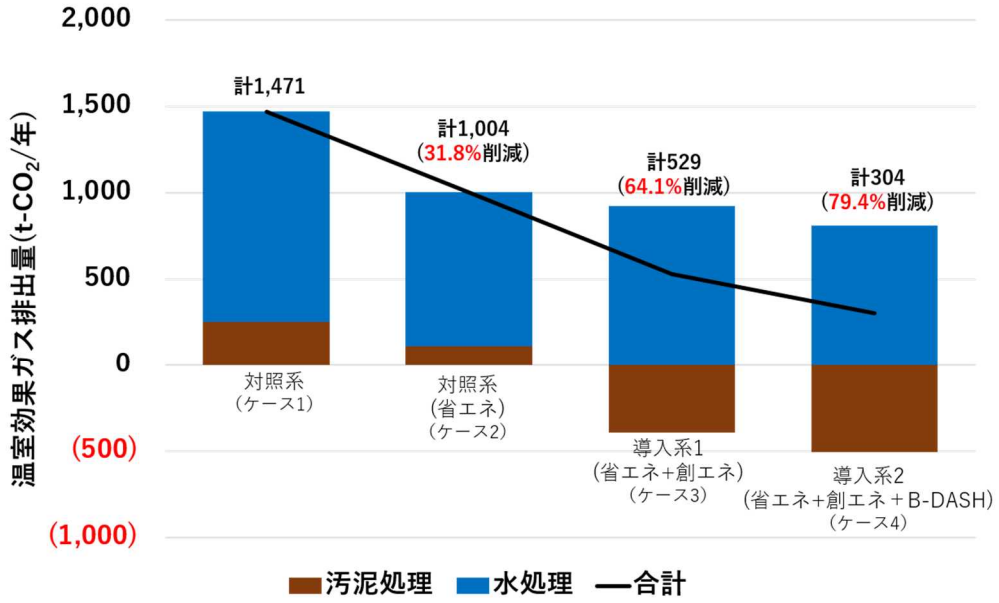


図 3-6 ケース 1 からケース 4 に取組むことによるエネルギー消費量の低減効果

図 3-7 では、ケース 1 に対して、ケース 2 からケース 4 に取組むことによる温室効果ガス排出量の低減効果を示す。棒グラフの青い部分は水処理、茶色い部分は汚泥処理に伴う温室効果ガス

排出量を示している。ケース 1 からケース 2、すなわち省エネ機器の導入と運転方法の改善により、温室効果ガスの排出量を約 32%削減できる可能性を示している。また、ケース 3 は、消化設備と消化ガス発電の導入による創エネの効果を温室効果ガス排出量から差し引くことで、ケース 1 に対して約 64%の温室効果ガス排出量を削減できる可能性があることを示している。さらに、ケース 4 では、B-DASH プロジェクトで実証した技術の導入による省エネ効果と創エネ効果を勘案することで、ケース 1 に対して約 79%の温室効果ガス排出量の削減の可能性があることを示している。

これらのことからは、2030 年目標の達成に向けては、個別の省エネ機器による対策も重要であるとともに、下水道システム全体でエネルギー消費量や温室効果ガス排出量の改善が期待できる B-DASH プロジェクトで実証した技術の導入が効果的であることを示している。



※汚泥処理には消化ガス発電による創エネを含む
※電力排出係数0.25 kg-CO_2/kWhを使用
※削減率は対照系に対しての削減を示している。

図 3-7 ケース 1 からケース 4 に取組むことによる温室効果ガス排出量の低減効果

参考文献

1）環境省 HP：https://www.env.go.jp/press/files/jp/102972.pdf、2022.3.28 参照

2）環境省、国土交通省：下水道における地球温暖化対策マニュアル、p27、pp65-68、平成 28 年 3 月

3）国土交通省国土技術政策総合研究所：国土技術政策総合研究所資料 No.736_B-DASH プロジェクト No.1_超高効率固液分離技術を用いたエネルギーマネジメントシステム導入ガイドライン（案）、平成 25 年 7 月

4）国土交通省国土技術政策総合研究所：国土技術政策総合研究所資料 No.938_B-DASH プロジェクト No.14_ICT を活用した効率的な硝化運転制御技術導入ガイドライン（案）、平成 28 年 12 月

5）国土交通省国土技術政策総合研究所：国土技術政策総合研究所資料 No.1139_B-DASH プロジェクト No.31_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導入ガイドライン（案)、令和 2 年 12 月

第 4 章　2050 年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

本章では、下水道分野と関連する他分野の技術開発の動向の把握及びカーボンニュートラルの実現可能性に関するシナリオ検討を通じて、2050 年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として導入すべき技術分野や技術開発の方向性を示す。

（1）下水道分野と関連する他分野の技術開発の動向

下水道技術ビジョンロードマップの進捗状況を把握するために実施した文献調査（技術開発レポート 2019）[1)] によると、以下の技術開発が少ない。これらについては、引き続き取組の推進が必要と認識している。

・下水道の水処理・汚泥処理由来で排出される N_2O に関する研究開発
・創エネについては、中小の処理場を対象とした技術や熱利用技術についての研究開発
・下水処理場において、地域バイオマス（各地域で発生する有機性廃棄物）の共同処理や有効利用等を実施することに関する研究開発

また、（一社）日本下水道施設業協会に対し、「今後、2050 年脱炭素社会への貢献等、中長期的に技術開発に取り組んでいく予定のテーマ」を紹介いただくアンケート調査（以下「アンケート調査」という。）を実施した。13 社から回答をいただいた。その中では、「FO 膜による水処理技術」、「MBR 式メタン発酵システム」、「外部バイオマス受入れ可能な高効率水処理技術」、「メタン発酵技術の効率化」に関する技術開発について回答があった。

これらを踏まえ、水処理由来で排出される N_2O に関しては、ラボレベルでのメカニズムに関する研究やデータの蓄積を推進する必要があること、社会構造の変化や水循環・環境、物質循環、エネルギー等を踏まえた将来の下水道のあり方や評価の手法が、今後の研究課題であること等が認識された。

他分野にも下水道に関連する技術開発の進展が見込まれているものがある。2020（令和 2）年 12 月に経済産業省及び関係省庁により策定された「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」より、以下の可能性が示唆される。

・水素（2,000 万 t）、アンモニア（3,000 万 t）、合成メタン（2,500 万 t）など、下水道由来となり得る資源について、2050 年に向けて大幅な需要を見込むことができる。
・ガス事業者がガスの脱炭素化とコジェネ導入推進等を行い、次世代熱エネルギー供給を推進することとなっており、下水道で創出したガス、熱、電気エネルギー等との連携が図られる。
・地域で発生する有機性廃棄物の一体処理によるコスト低減策を今後検討することとなっており、地域社会全体でバイオマスの有効活用、最適化が図られる。
・CO_2 回収技術の実証等の技術開発が推進される。

また、2021（令和 3）年 12 月に農林水産省が策定した「みどりの食料システム戦略」によると、化学肥料の使用量を 2050 年までに 30%削減し、堆肥等への置き換えをすることとなっており、汚泥発酵肥料や汚泥由来のリン等が活用される。

これらの動向を踏まえ、下水道の保有する資源が活用されること等が期待される。

（2）議論における意見

2050 年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について議論する中で、委員から、以下の意見をいただいた。

1）脱炭素社会に向けた下水道のあり方について

・下水処理システムそのものを含めて新しい技術開発の余地があるかも視点に入れるべきである。
・2050 年には水循環、物質循環を考えた時に現状よりも高度な水処理が求められるというシナリオや地先に応じて下水道で栄養塩類を取り過ぎないというシナリオも考慮すべきである。
・放流水質のレベルとエネルギー消費量の関係性についても議論しても良いと考える。
・窒素等の下水道への排除基準について、将来的に見直しても良いのではないか。
・水処理における N_2O の削減については、現状で対策を立てることが困難。引き続きデータを蓄積し、分析していくことが重要。
・リン除去の際にポリリン酸蓄積細菌等が N_2O を生成することがわかっている。嫌気好気活性汚泥法（AO 法）の省エネ目的で間欠運転を行うことが N_2O の発生等に与える影響という観点でもデータを収集すべきである。

以下、「第三章（２）2030 年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目の議論における意見等」と「第四章（2）2050 年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の議論における意見等」の双方に関連するため、再掲。

・脱炭素化について、下水道・流域管理・社会システム全体の最適化の観点で、評価方法も含めて考える必要がある。また、その効果について積極的に発信していくべきである。
・下水道の CO_2 削減効果だけではなく、社会全体で CO_2 排出削減に資することも考えていくべき。また、カーボンオフセットが機能する仕組を考えることも重要。
・CO_2 排出に関するベンチマーク指標を検討する必要がある。
・地方公共団体は、老朽化対策、雨水対策など、並行して取組むべき課題を様々に抱えている。地方公共団体が取組みやすいように具体的な方策を示すべきである。
・独自技術を採用してもらうためにも、DB、DBO などの発注制度の転換も進めるべきである。
・現在の改築更新やストックマネジメント制度の中で進めていくと、部分的な取組が中心になってくる。システム全体としての取組を進めにくい仕組みになっている。処理場や地域の特性に応じたグランドデザインを描きながらリノベーションを進めていくべきである。
・下水道の中だけではなく、関係する他分野にも貢献するという視点でグランドデザインを描くべきである。
・積極的にカーボンニュートラルの技術を海外に売り出していく政府戦略が重要。
・間欠運転は省エネ目的には良いが土木躯体に悪影響な場合がある。資産管理の観点も留意すべきである。

・脱炭素のために下水道使用料の単価を上げることは難しい。法律等による義務化等が施策推進の動機付けになると思う。また、脱炭素化の推進が各下水道事業管理者のメリットと感じられるようにすることも課題。
・電源構成の変化により温室効果ガスは減るが、それに関わらず省エネ等によりエネルギー使用量を削減していくことが重要。

2）下水道が有する資源・エネルギーの有効活用について

・廃棄物処理事業との連携強化が重要である。
・窒素、アンモニア回収や肥料等の他分野の研究開発と連携し、推進するべきである。
・汚泥処理等に必要な熱エネルギーをコジェネで確保し、残りの余剰消化ガスは都市ガス化して「地産のカーボンニュートラルエネルギー」として環境価値を加え、外部供給することが有望である。
・消化ガスの水素化は、現時点では供給体制と比べて水素需要が低水準であり、供給先の確保が課題となる。また、水素製造コストが追加でかかることや水素導管供給コストは導管インフラ等の整備コストがかかる上、高圧ガス保安法、ガス事業法等の規制が厳しいという問題を抱えている。

以下、「第三章（2）2030 年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目の議論における意見等」と「第四章（2）2050 年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の議論における意見等」の双方に関連するため、再掲。

・消化ガス発電の効率は、現状では 40%程度。廃熱を十分に利用する必要がある。
・廃熱利用ができる場所にて発電するなど、技術開発とともに、社会の仕組みを考える必要がある。

（3）シナリオに基づいたカーボンニュートラルの実現可能性に関する試算と効果的な技術分野

2018 年度時点で下水道分野からは、約 600 万 t-CO_2 が排出されている。そこで、下水道分野、下水道と関連する他分野の技術開発の動向を踏まえ、どのような対策・技術分野が 2050 年カーボンニュートラルの実現に貢献することができるか検討するために、2 つのシナリオに応じた感度分析的な試算を行った。シナリオは、現行の取組の延長線上で実施されると想定される取組を考慮した「現行トレンドシナリオ」と下水道分野でのカーボンニュートラルの実現をするために必要な取組を考慮した「ゲームチェンジシナリオ」について設定した（表 4-1）。両者を比較し、有為な技術分野を“見える化”するため、削減効果の試算を実施した。なお、表 4-1 記載の各条件は全処理場に一律に反映させたものである。

1）現行トレンドシナリオ、ゲームチェンジシナリオ共通の試算の条件

・2050 年度の総人口は国立社会保障・人口問題研究所が予測する出生中位推計値[2)]を踏まえて、1 億 2 百万人とし、また、下水道処理人口普及率は 2020 年度実績の 80.1%[3)]で推移する。下水

道処理人口を 8 千 2 百万人とする。

・処理水量、一人当たりの処理水量、発生汚泥量については、下水道統計（平成 30 年度版）[4] 及び国土交通省が実施した汚泥有効利用に関する調査[5] から 1 人当たりの処理水量、発生汚泥量を算出して 2050 年度の下水道処理人口に乗じることで処理水量（約 119 億 m^3/年）、発生汚泥量（約 1,727 千 t-DS/年）とした。

・高度処理水量については、下水道処理人口の 84.9%が高度処理を必要するとし（国土交通省調査より）、必要な高度処理の普及率が 100%に到達するとした（高度処理水量（約 70 億 m^3/年））。

・電力に由来する CO_2 の排出係数については、地球温暖化対策計画で定める 2030 年の排出係数 0.25kg-CO_2/kWh[4] とした。

・焼却する汚泥量については、発生汚泥量の内 56%が焼却されるとした（2018 年度実績）。

2）現行トレンドシナリオの試算条件

これらに対して、図 4-1 に示す処理工程を全国の下水処理場で実施したと仮定した。

・電力使用量については、処理設備に現在の省エネ技術である高効率散気装置、センサー技術等を用いた DO 制御技術等が普及するとともに、運転管理の最適化に取組まれる。それらの結果、単位水量当たりの電力使用量は 2018 年度時点の 0.51kWh/m^3[4] よりも 36%削減される。

・燃料の使用については、下水道における地球温暖化対策マニュアル[7] で示された排出係数を用いて、人口減少の割合だけ燃料使用量が減少する。

・水処理に伴って排出される N_2O については、現在までに排出メカニズム等で不明な部分が多く、対策までは達しない。現行の排出係数（処理水量当たり二次処理：142 mg-N_2O/m^3、高度処理：11.7 mg-N_2O/m^3[6]）として、水量に乗ずる。

・汚泥焼却に伴って発生する N_2O については、焼却炉がすべて現在の排出係数のトップランナー値である 0.226kg-CO_2/t-wet（アンケート調査より）が適用される焼却炉に置き換わり、当該排出係数に汚泥発生量を乗ずる（汚泥含水率 80%で換算）。

・創エネについては、B-DASH プロジェクトで実証された高濃度消化・消化ガス発電を行うとし、消化汚泥、未消化汚泥ともに、現行の新型焼却炉による焼却を行うものとした。なお、このとき消化ガス発電や焼却炉の廃熱利用が行われる。

上記における具体的な条件として、発生汚泥量のうち、74%が消化槽に投入されることとした。この数値は、2030 年度時点で目標とする下水汚泥エネルギー化率 37%に相当する※1。また、発生汚泥の固形分の 80%が有機物であり、消化率は 60%[8]、廃熱等の利用と合わせて総合効率 75%[9] としてエネルギー利用されるとした。焼却炉の廃熱利用は過年度の B-DASH プロジェクト[10]の効果を用いた。

※1：現在の下水汚泥エネルギー化率の算出に当たっては、下水汚泥固形物分（DS）の約 80%が有機物、消化率として約 50%が考慮されている。そのため、最大でも下水汚泥固形物分の 40%ということになる。これまでのトレンド等から単純に外挿して数字を求めると、誤った数字で試算してしまう恐れがある。消化槽への投入率であれば、最大で 100%となる数字であり、その恐れが無いため、分科会において、新たに「汚泥エネルギー化投入率」を定義した。（表 4-1。ただし、消化率については、可溶可等による向上

を見込むことができる。）

3）現行トレンドシナリオの試算結果

現行トレンドシナリオでは、2050 年において、電力の使用に伴って間接的に排出される CO_2、燃料の使用に伴って直接的に排出される CO_2、水処理、汚泥処理から直接的に排出される N_2O に対し、創エネによる効果を差し引いたとしても、約 140 万 t -CO_2 が排出されるという試算結果となった。

4）ゲームチェンジシナリオの試算条件

ゲームチェンジシナリオでは、図 4-2 に示す処理工程を全国の下水処理場で実施したと仮定した。

- 電力使用量については、現行トレンドシナリオで導入した省エネ機器に加え、最初沈殿池では B-DASH プロジェクトで実証した超高効率固液分離等の技術 [11] を用い、できる限り多くの生汚泥を回収する。その結果、反応槽に流入する有機物が減少し、反応槽において必要な送風量は減少する。ICT を活用して的確な送風量を設定することで、電力使用量を減少させる。それらの結果として、単位水量当たりの電力使用量は、2018 年度時点の 0.51 kWh/m^3 よりも 41% 削減される。
- 燃料の使用については、太陽光発電によって生成した水素などのカーボンフリー燃料となり、現在、燃料の使用が残ると想定している場外ポンプ場でも CO_2 ゼロエミッション化が達成される。
- 水処理に伴って排出される N_2O については、排出のメカニズムが解明され、排出抑制技術が確立される。現行の高度処理の排出係数 11.7 ㎎-N_2O/m^3 を適用する。
- 汚泥焼却に伴って発生する N_2O については、現在の排出係数のトップランナー値 0.226kg-CO_2/t-wet（アンケート調査より）からさらに改善が見込まれると仮定し、0.151kg-CO_2/t-wet（アンケート調査より）とする（汚泥含水率 80%で換算）。
- 創エネについては、現行トレンドシナリオよりも以下について、進展する。発生汚泥量の 100% が消化槽に投入される。これらに加え、発生汚泥量の 50%（固形分当たり）の生ごみや木質バイオマスを消化槽に投入し、バイオガスを増加させる。（消化率については、下水汚泥は 60% [8]、生ゴミは 85%[12]、木質バイオマスは 30%[12]。）さらに、太陽光発電等で製造した水素（カーボンフリー水素）を用いて、消化槽中の CO_2 と反応させて CH_4 発生量を増加させるメタネーションにより、消化ガスのメタン濃度は下水汚泥由来は 67%、生ごみ由来は 95%、木質バイオマス由来は 34%とする。これらのバイオマスから発生したバイオガスによる発電と焼却炉の廃熱等の利用と合わせて総合効率 85%[13] としてエネルギー利用される。
- 消化後の汚泥については、発生汚泥量の約 44%を化学肥料の代替として堆肥化（コンポスト化）し、コンポストとしていない汚泥については、現行トレンドと同様に焼却する。

5）ゲームチェンジシナリオの試算結果

ゲームチェンジシナリオでは、2050 年において電力の使用に伴って間接的に排出される CO_2、

燃料の使用に伴って直接的に排出される CO_2（ただし、燃料については、ゼロエミッション化で実質ゼロ）、水処理、汚泥処理から直接的に排出される N_2O に対して、創エネの効果により、マイナス約 13 万 t -CO_2、すなわち、概ねカーボンニュートラルが達成できるという試算結果となった。

これらの現行トレンドシナリオ及びゲームチェンジシナリオに基づく試算結果を 2018 年度の下水道からの CO_2 排出量と合わせて、図 4-3 に示す。これらの試算から、以下の取組がカーボンニュートラルの実現に向けて、貢献度が高いことを確認した。

・省エネ対策の実施
・水処理・汚泥処理に伴うエネルギー使用量を下水道のシステム一体で削減
・生ゴミ等の地域バイオマスを含めて一体的に有機性廃棄物処理を実施
・消化の促進とともに、CO_2、カーボンフリー水素を活用した徹底的なバイオガスの生成を実施
・バイオガス発電の廃熱など、熱もフルに活用
・水処理・汚泥処理過程で発生する N_2O の抑制対策の実施
・コンポスト利用など、下水道に関連する他の分野の CO_2 削減に資する取組も推進

当該試算においては下記の課題を考慮していない。

・超高効率固液分離等の技術を用いて回収した生汚泥の増加に伴う発電量の増加分
・水処理から発生する CH_4 への対策
・下水熱利用の普及
・下水処理場やポンプ場内における太陽光発電の促進
・バイオガスの生成や熱利用における、需給の年間変動の考慮
・処理方式や規模、地域社会の状況

これらを詳細に考慮すると、試算結果等は変わりうることになる。

なお、上記以外にも効果的な水処理・汚泥処理、エネルギー利用を排除するものではない。

表 4-1 2050 年カーボンニュートラルの実現可能性に関する試算のシナリオ

		現行トレンドシナリオ	ゲームチェンジシナリオ
総人口 （下水道処理人口、下水道処理人口普及率）		102 百万人 （82 百万人、80.1%）	
処理水量 （一人当たり処理水量）		119 億㎥/年 （146 ㎥/人/年）	
高度処理水量 （二次処理水量）		70 億㎥/年 （49 億㎥/年）	
発生汚泥量 （一人当たり発生汚泥量）		1,727 千 t -DS/年 （21.2kg-DS/人/年）	
電力由来の CO_2 排出係数		0.25kg-CO_2/kWh	
追加の対策	電力	・従来型省エネ対策：電力の 36%削減（高効率散気装置、DO 制御技術、運転管理等）	・B-DASH 技術も活用した省エネ対策：電力の 41%削減（左記に加え、流入有機物の除去技術及び ICT を活用した運転管理により、反応槽の送風に係る電力をそれぞれ 14%及び 13%削減）
	燃料	－	・カーボンフリー燃料（太陽光発電によって生成した H_2 等）による場外ポンプ場の CO_2 ゼロエミッション化
	水処理に伴う N_2O	－ （排出係数について、高度処理では 11.7mg/㎥、二次処理では 142mg/㎥を使用（現行の排出係数））	・N_2O 排出抑制技術が確立することを前提とし、全処理水量に対して、現行の高度処理の排出係数 11.7mg/㎥を使用
	汚泥焼却に伴う N_2O	・排出係数は現在のトップランナー値である 0.226kg-CO_2/t-wet を使用	・メーカーヒアリング等による更なる排出係数の改善が見込まれると仮定し、0.151 kg-CO_2/t-wet を使用
	創エネによる効果	・汚泥エネルギー化投入率※1 を 74%（2030 年度目標の下水汚泥エネルギー化率 37%に対応した数値） ・廃熱を回収し、総合効率 75%でエネルギー化	・汚泥エネルギー化投入率を 100%、更に発生汚泥量に対して 50%の生ゴミや木質等の地域バイオマスを混合消化。 ・各有機性廃棄物の消化率は下水汚泥 60%、生ゴミ 85%、木質バイオマス 34%。 ・メタネーションによるメタン濃度が 60%から 67%に増加すると仮定。 ・廃熱を回収し、総合効率 85%でエネルギー化
	その他	－	・汚泥肥料（コンポスト）により化学肥料を代替

※1：下水汚泥エネルギー化投入率：下水汚泥中の有機物重量のうち、エネルギー利用のために消化槽に投入された重量の割合と定義

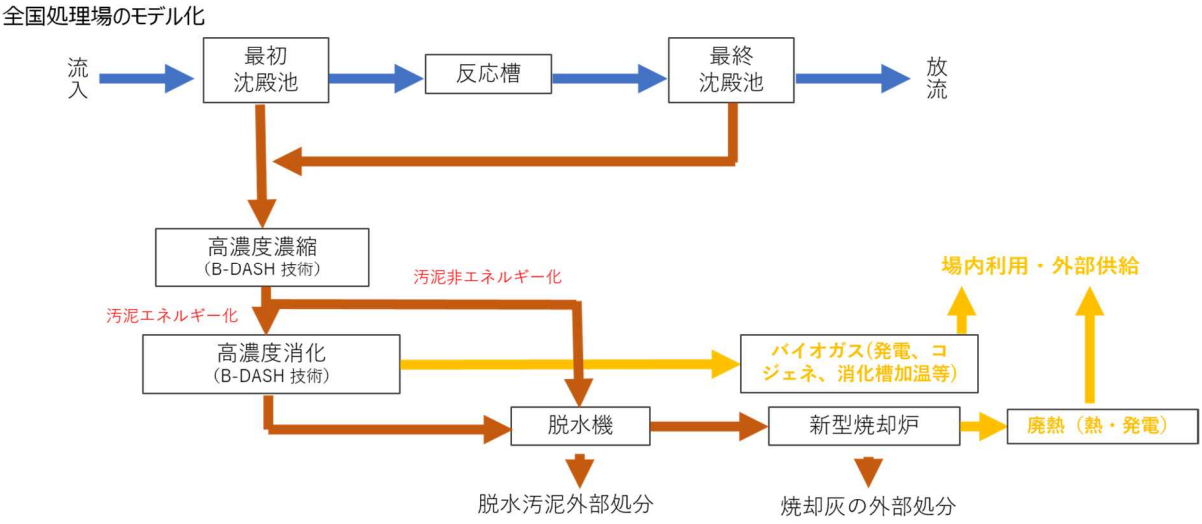


図 4-1　現行トレンドシナリオの処理フロー

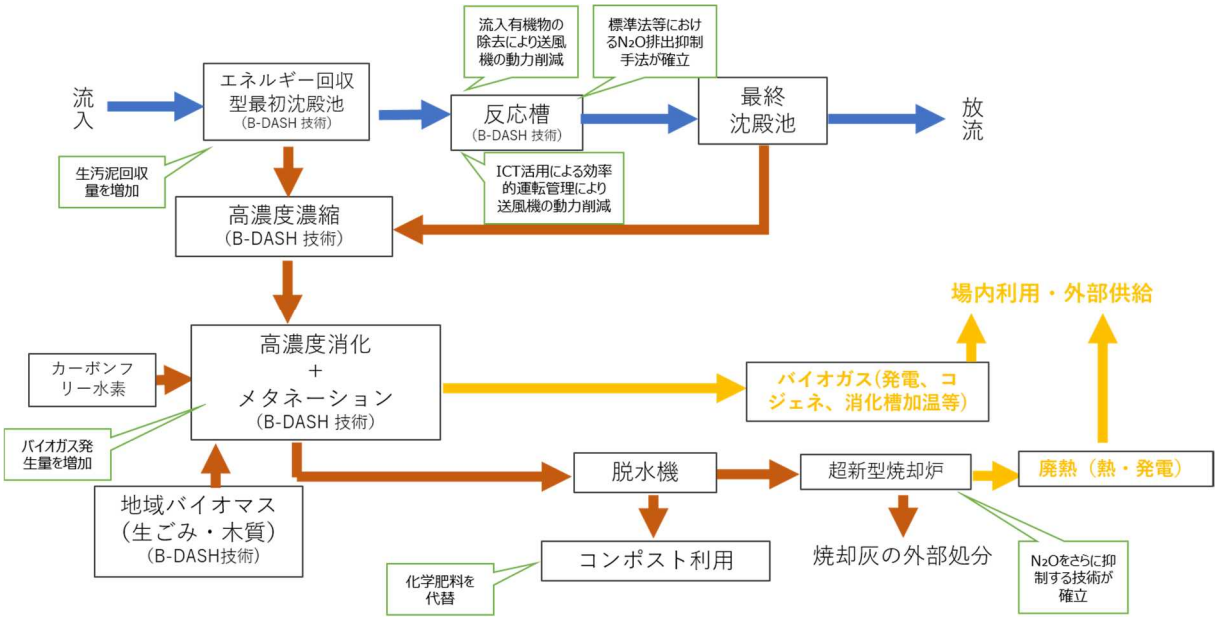


図 4-2　ゲームチェンジシナリオの処理フロー

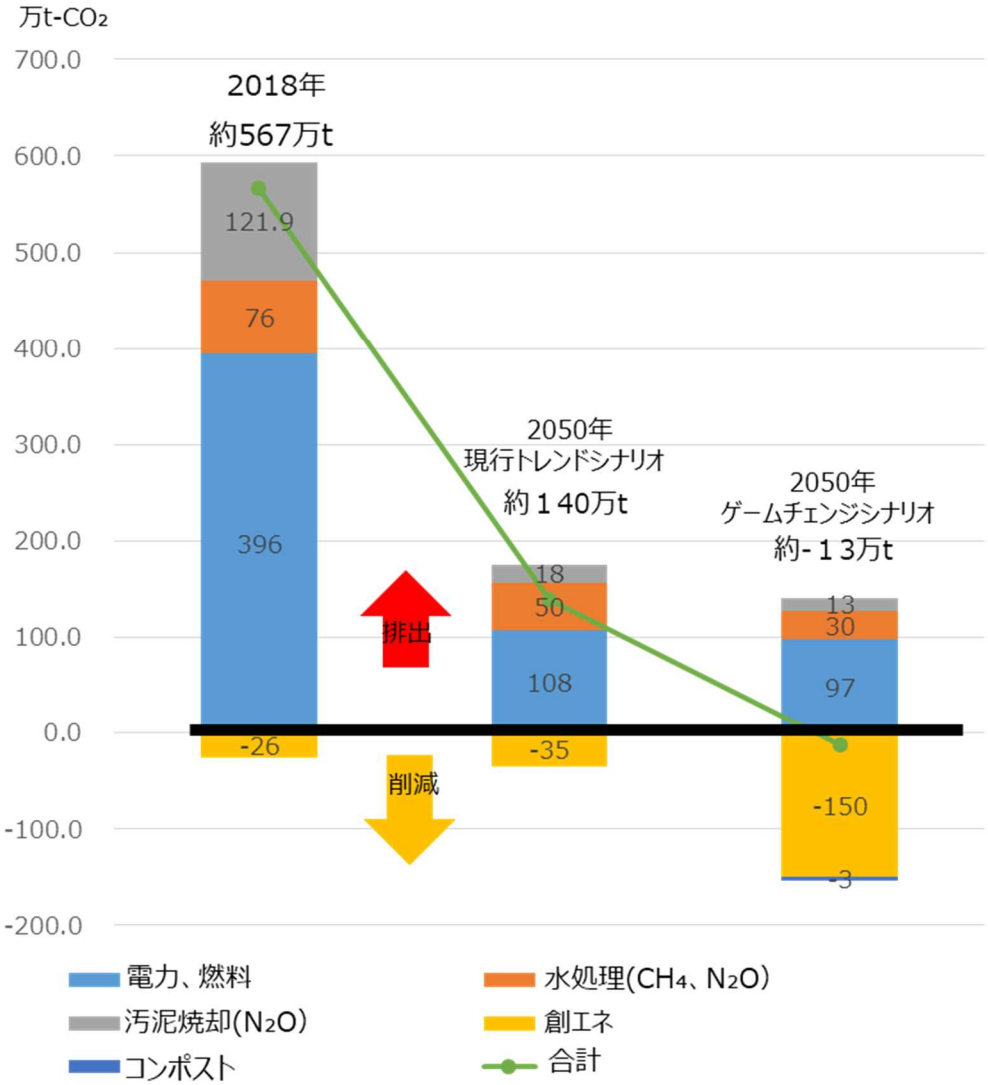


図 4-3　現行トレンドシナリオとゲームチェンジシナリオによる 2050 年の下水道からの CO_2 排出量の試算結果

（４）導入すべき技術分野や技術開発の方向性

下水道技術ビジョンのロードマップに示す下水道分野と下水道に関連する他分野の技術開発動向及びシナリオ別の試算並びに令和３年度下水道技術開発会議エネルギー分科会における議論を踏まえ、2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するために導入すべき技術分野や技術開発の方向性について、次のとおり整理する。

１）導入すべき技術分野

・下水中の有機物を水処理過程の中でも可能な限り回収し、エネルギー回収効率を向上するとともに水処理に係る負荷を減らすことで、エネルギーの消費量を抑えるなど、水処理・汚泥処理に係るエネルギー使用量をシステム一体的に削減する技術。

・個別設備についての省エネ化・無動力化技術やエネルギー消費の見える化、運転管理手法の改

善をセットで行うエネルギーマネジメント手法の開発。また、これまで燃料が使用されている設備の電化促進やカーボンフリー燃料の利用を可能とする技術。
・生ゴミ等の地域バイオマスを含めて一体的に有機性廃棄物処理を実施するための前処理や消化等に関する技術。汚泥の可溶化など消化性能の向上を図る技術やCO_2、カーボンフリー水素を活用して、徹底的にバイオガス生産量を増加させる技術。
・エネルギー化の過程で発生する廃熱の利用及び利用推進のための技術。
・有機物以外にもアンモニアやリン等を回収し、効率的に肥料化・エネルギー化を図る技術。
・下水熱利用を促進する技術。
・水処理・汚泥処理過程で排出されるCH_4やN_2Oの抑制対策技術。
・CO_2削減効果の評価手法、下水道事業者などが目標設定するためのベンチマーク手法や性能指標設定手法に関する技術。
・下水道のデジタル化を通してオペレーションの省力化や省エネ化を推進するためのICT技術（AI、センシング、制御技術）。　等

２）技術開発の方向性

導入すべき技術分野に関連する技術開発を総合的に推進する。

技術開発にあたっては、地域の人口減少に伴う水量や水質の変化及びコストも踏まえ、地域特性や処理方式、規模に応じた柔軟性のある持続可能性の高いメニューの整備についても今後検討する。また、下水道に関連する他分野の技術開発等の取組の成果を賢く活用する。

開発した技術の導入においては、各下水道事業者が脱炭素化に向けたグランドデザインを描き、それらを地球温暖化対策の推進に関する法律に基づく実行計画等にも反映して、着実に推進する。

地球全体のカーボンニュートラルに貢献するという視点も重要であることから、本邦技術の海外展開を支援するための標準化やガイドライン等の作成など技術的な支援も引き続き推進する。

また、今後の研究課題として残る社会構造の変化や水循環・水環境、物質循環、エネルギー等を勘案した将来的な下水道・流域管理・社会システムの全体最適やあり方、調達制度等の仕組みに関する事項についても技術的な見地から継続的に調査・研究する。

なお、本整理に留まらず、今後も不断の検討、見直しを行い、下水道分野がカーボンニュートラルの実現に大きく貢献できるよう取組む。

図 4-4 に脱炭素社会に貢献する循環のみち下水道～カーボンニュートラル実現に資する技術のイメージ～を示す。

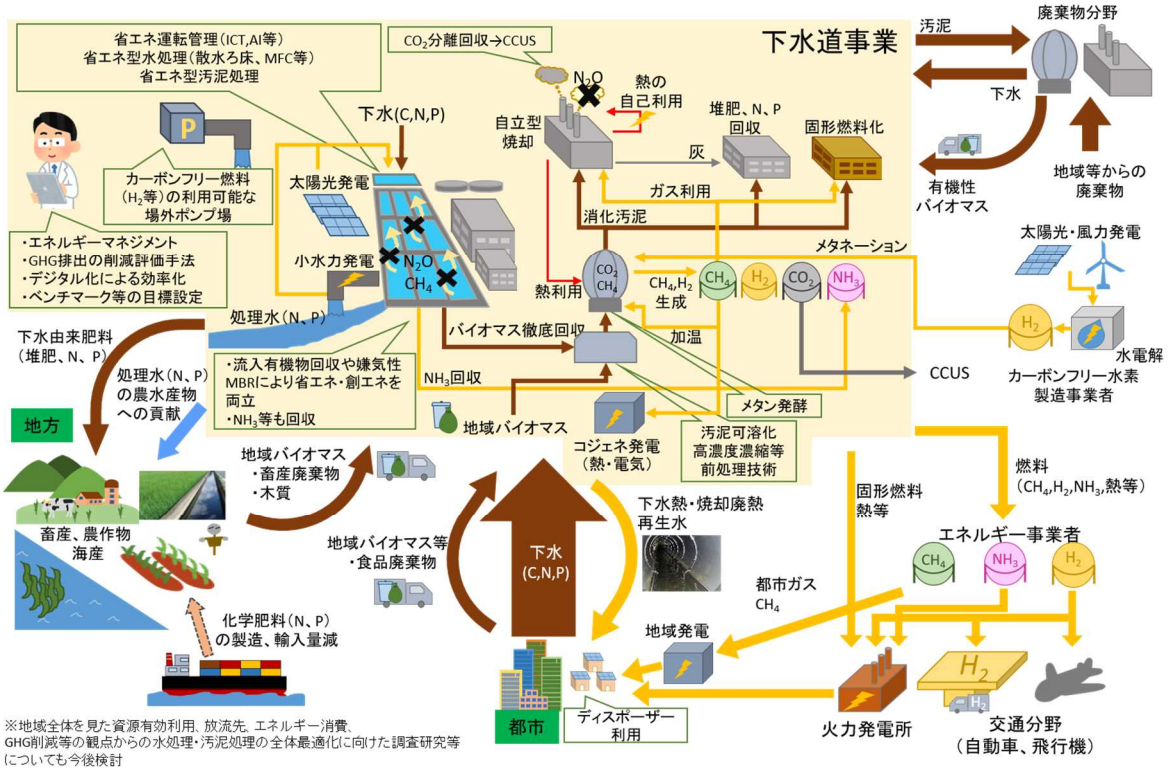


図 4-4 脱炭素社会に貢献する循環のみち下水道
～カーボンニュートラル実現に資する技術のイメージ～

参考文献

1）国土交通省国土技術政策総合研究所：国土技術政策研究所資料_No.1116_下水道技術開発レポート 2019、pp29-31、令和 2 年 6 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 29 年推計)、人口問題研究資料第 336 号、p81、2017 年

3）国土交通省：令和 2 年度末の令和 2 年度末の汚水処理人口普及状況について、令和 3 年 8 月 31 日 https://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo13_hh_000477.html、2022.3.28 参照

4）（公社）日本下水道協会：下水道統計（平成 30 年度版）、p108、令和 2 年

5）国土交通省水管理・国土保全局下水道部：平成 31 年度下水汚泥等の資源有効利用状況に関する調査業務報告書、令和 2 年 3 月

6）環境省：地球温暖化対策計画 における対策の削減量の根拠、令和 3 年 10 月 22 日 http://www.env.go.jp/earth/211022/kohyou.pdf、2022.3.28 参照

7）環境省、国土交通省：下水道における地球温暖化対策マニュアル、p27、pp34-35、平成 28 年 3 月

8）国土交通省国土技術政策総合研究所：国土技術総合研究所資料_No.1139_B-DASH プロジェクト No.31_高濃度硝化・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導入ガイドライン（案）、p145、令和 2 年 12 月

9）国水下事第 38 号_国土交通省水管理・国土保全局下水道事業課長通知：下水道事業におけるエネルギー効率に優れた技術の導入について、平成 29 年 9 月 15 日
１０）　国土交通省国土技術政策総合研究所：国土技術総合研究所資料_No.1093_B-DASH プロジェクト No.27_温室効果ガス削減を考慮した発電型汚泥焼却技術導入ガイドライ（案）、令和元年 11 月
１１）　国土交通省国土技術政策総合研究所：国土技術総合研究所資料_No.736_B-DASH プロジェクト No.1_超高効率固液分離技術を用いたエネルギーマネジメントシステム導入ガイドライン（案）、平成 25 年 7 月
１２）　国土交通省国土技術政策総合研究所：国土技術総合研究所資料_No.737_B-DASH プロジェクト No.2_バイオガスを活用した効果的な再生可能エネルギー生産システム導入ガイドライン（案）、p74、平成 25 年 7 月
１３）　（一社）日本ガス協会 HP：ガスコージェネレーションシステムの仕組み https://www.gas.or.jp/gas-life/cogeneration/shikumi/、2022.3.28 参照

第５章　2050 年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の技術開発ロードマップ

下水道技術ビジョンのロードマップに示す下水道分野や下水道に関連する他分野における技術開発動向及びシナリオ別の試算並びに令和 3 年度下水道技術開発会議エネルギー分科会における議論の成果として、2050 年カーボンニュートラルの実現に貢献するために導入すべき技術分野や技術開発の方向性を整理した。これを踏まえて、2050 年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の技術開発ロードマップを作成した。

技術開発期間として、実証研究については、その後の導入拡大に要する期間も含めて遅くとも 2040 年までに実施することとしている。

当該ロードマップは、各主体の技術開発の参考としていただくとともに、今後下水道技術ビジョン改訂の際には必要な事項を反映する予定である。また、不断の見直しを実施していくものとする。なお、現段階で知り得た情報に基づき、技術開発項目等を極力網羅したもので、現在までに判明している技術の重要度、メリットやディメリット等を反映したものではない。

（1） 速やかに取組むべき技術開発項目

特に 2050 年に向けて対策効果が大きく、普及を考慮すると速やかに技術開発を進めるべき技術開発項目を以下の表 5-1 に整理する。

また、実用化されている技術はあるが、更なる改善やメニューの充実を図るべき技術分野を表 5-2 に整理する。

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。

表 5-1 速やかに取組むべき技術開発項目（実用化されていない技術分野）

①全体最適化に関する事項 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２－８　地域全体を見た資源有効利用、放流先、エネルギー消費、GHG 削減等の観点からの水処理・汚泥処理の全体最適化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
②CH_4,N_2O の排出削減に関する事項 技術目標３　下水道から排出される CH_4,N_2O 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_2O 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
④創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項

技術目標８　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８－４　膜ろ過・嫌気処理による省エネ・創エネ型水処理技術 技術目標９　汚泥直接、汚泥由来バイオガスや硫化水素などからメタン、水素、CO_2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９－３　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
⑤地域バイオマスの活用に関する事項 技術目標１２　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 12－５　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 12－６　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１４　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 14－１　下水・下水汚泥構成元素の分離・リサイクル技術等の開発
⑥農林水産物生産及び高付加価値製品製造に関する事項 技術目標１６　高付加価値製品等の製造技術の開発 技術開発項目 16－4　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

表 5-2 速やかに取組むべき技術開発項目（実用化されている技術はあるが、更なる改善やメニューの充実を図るべき技術分野）

①全体最適化に関する事項 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 技術開発項目２－２　ICT、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 技術開発項目２－７　エネルギーマネジメント
②CH_4,N_2O の排出削減に関する事項 技術目標３　下水道から排出される CH_4,N_2O の排出削減に関する技術開発 技術開発項目３－４　N_2O 排出量の少ない、より高度な焼却技術
③指標化、定量化並びに技術開発制度に関する事項 技術目標４　ベンチマーキング手法を活用した、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、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_2性能の合理的な定量化手法
④創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項 技術目標８　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８－６　汚泥炭化（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 技術目標９　汚泥直接、汚泥由来バイオガスや硫化水素などからメタン、水素、CO_2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９－２　バイオガスや汚泥や処理水から直接水素を抽出製造する技術 技術目標１０　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 10－２　高濃度濃縮技術、汚泥可溶化、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 技術目標１１　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 11－１　バイオガス発電、汚泥焼却等の廃熱利用の効率化に関する技術
⑤地域バイオマスの活用に関する事項 技術目標１２　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 12－２　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 技術目標１３　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 13－１　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
⑥農林水産物生産及び高付加価値製品製造に関する事項 技術目標１６　高付加価値製品等の製造技術の開発 技術開発項目 16－3　汚泥炭化（乾燥、水熱炭化）、発酵等による肥料化技術の効率化

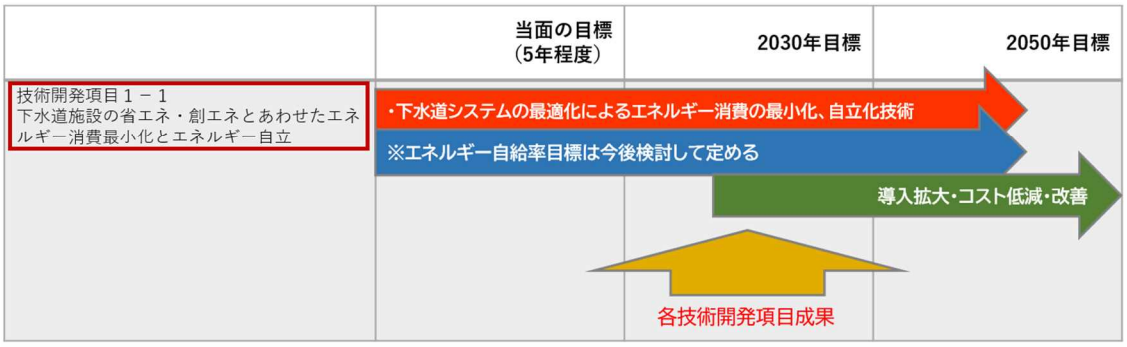
（２） 分野ごとの 2050 年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術の技術開発ロードマップ

以下に 2050 年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の技術開発ロードマップを示す（図 5-1～図 5-6）。本ロードマップでは、今後検討を進めるべき事項について、6 つの分野に分けて整理した。

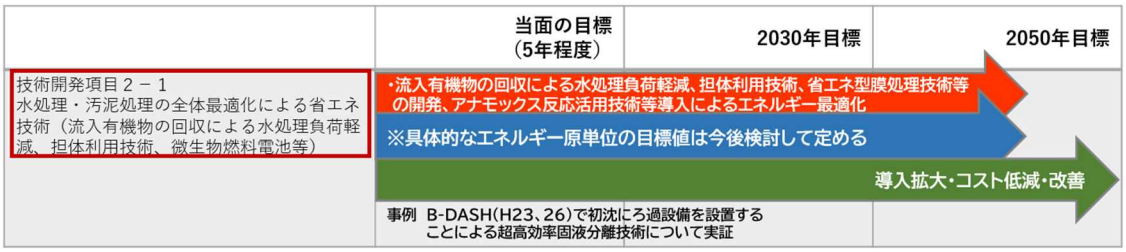
なお、「新規」としているものは、下水道技術ビジョンにない事項を示す。

①全体最適化に関する事項

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



技術目標2　水処理・汚泥処理の最適化に資する技術開発



技術目標2　水処理・汚泥処理の最適化に資する技術開発

図 5-1　2050 年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の技術開発ロードマップ（全体最適化に関する事項　その 1）

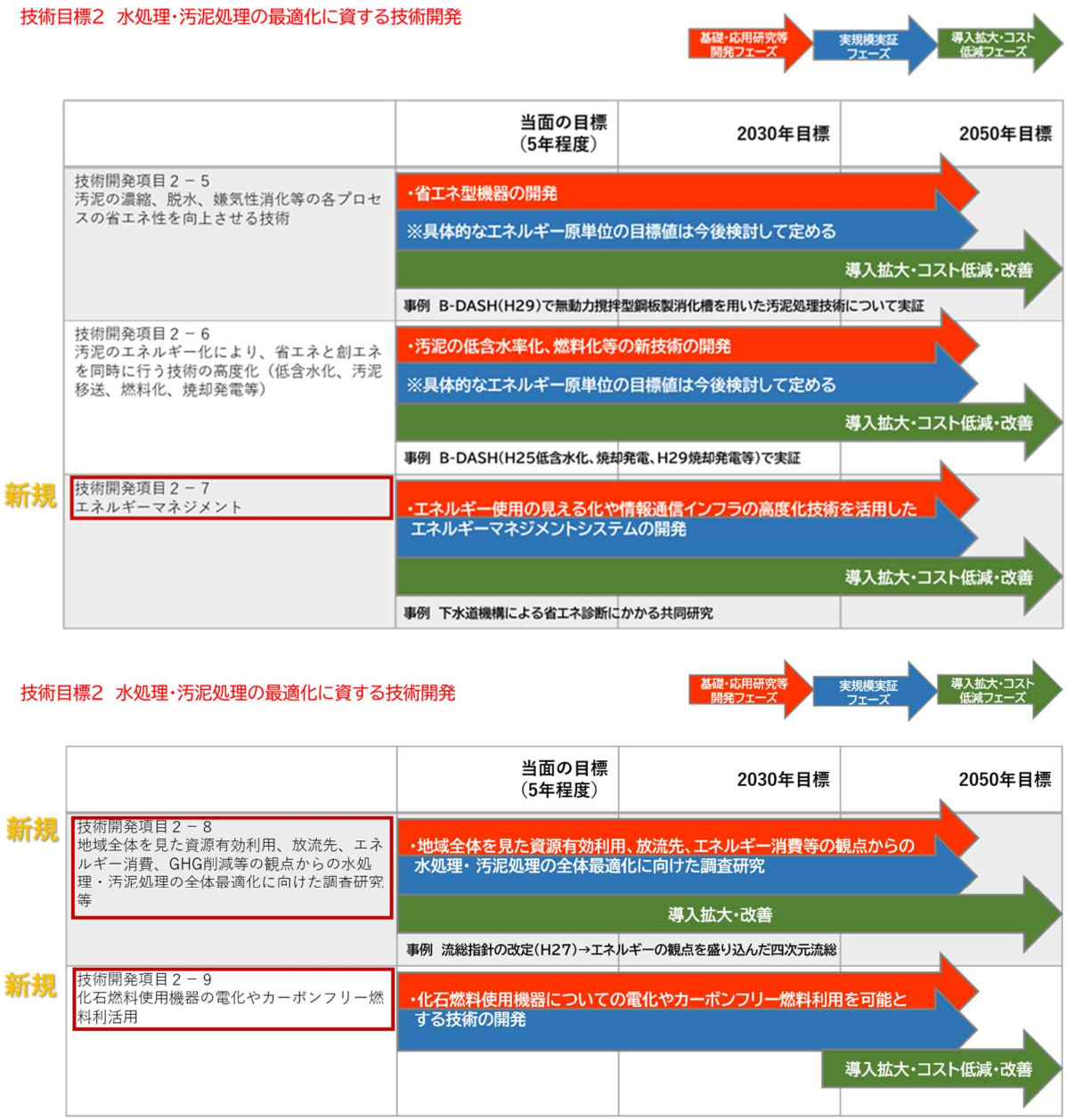


図　5-1　2050 年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術の技術開発ロードマップ（全体最適化に関する事項　その 2）

②CH_4,N_2Oの排出削減に関する事項

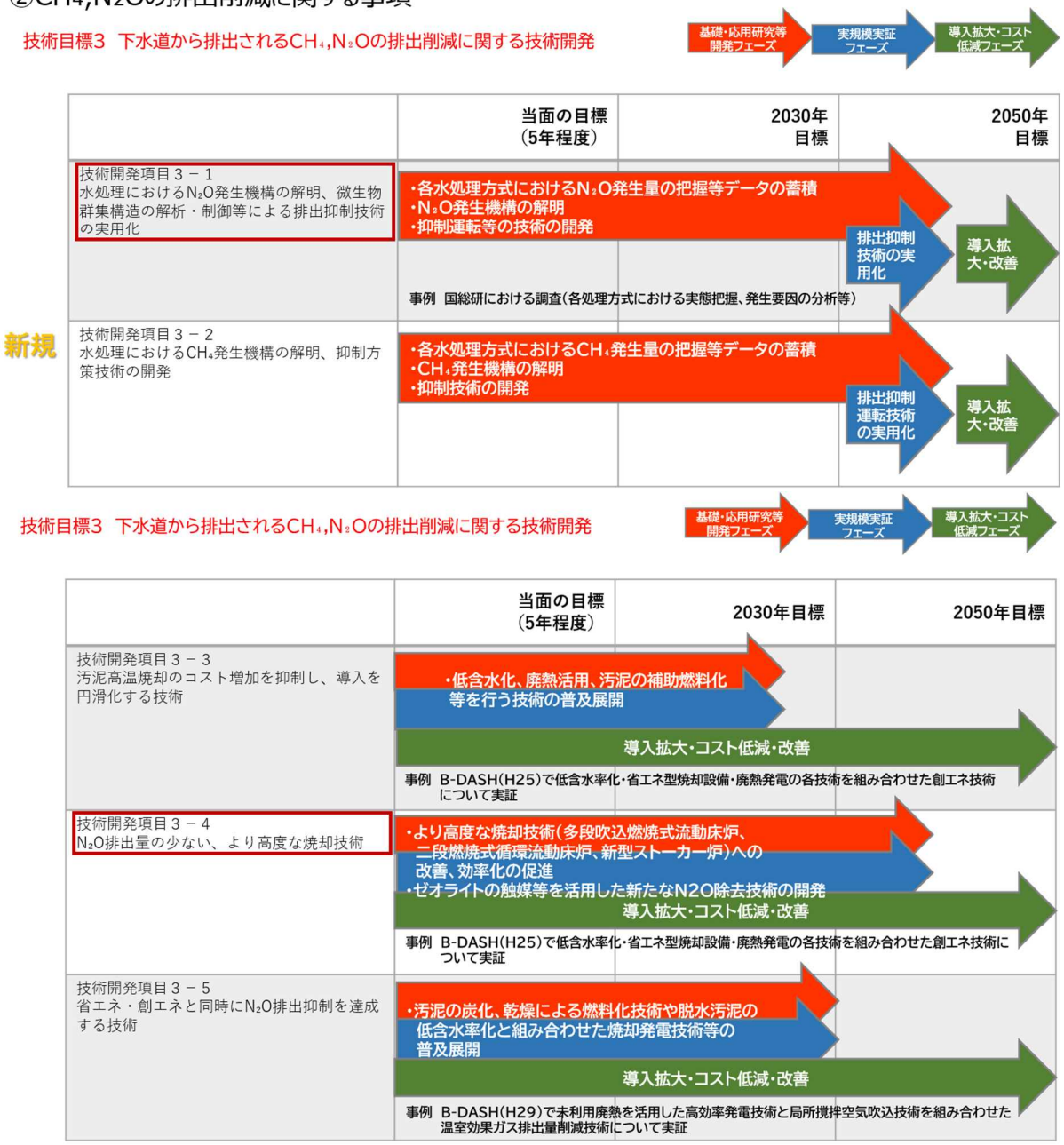


図 5-2　2050 年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術の技術開発ロードマップ（CH_4、N_2O に関する事項）

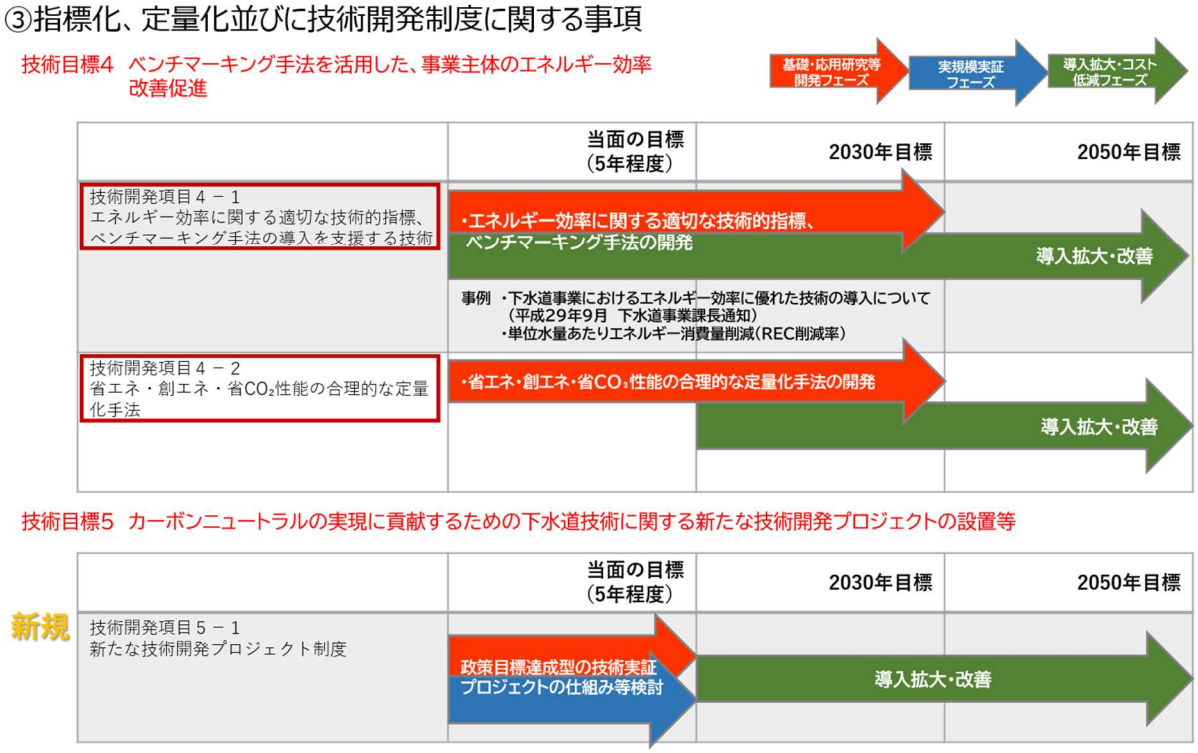


図　5-3　2050　年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術の技術開発ロードマップ（指標化、定量化並びに技術開発制度に関する事項）

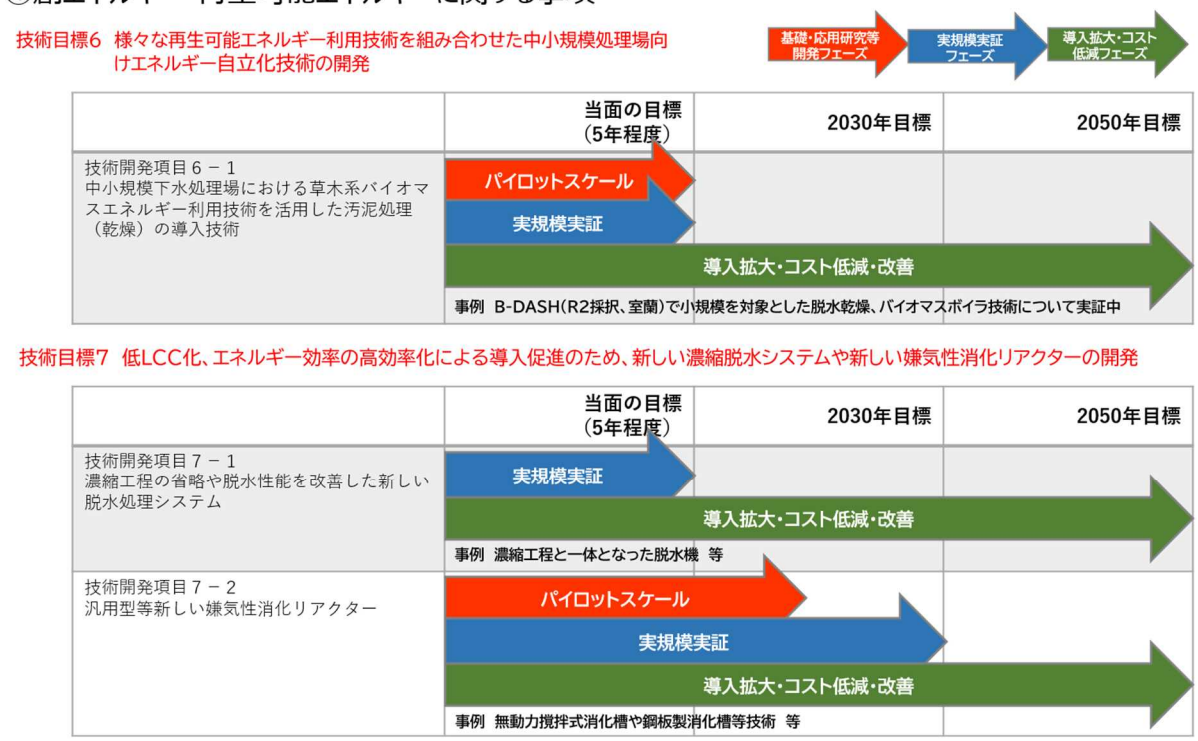


図　5-4　2050　年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術の技術開発ロードマップ（創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項　その 1）

図 5-4　2050 年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の技術開発ロードマップ（創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項　その 2）

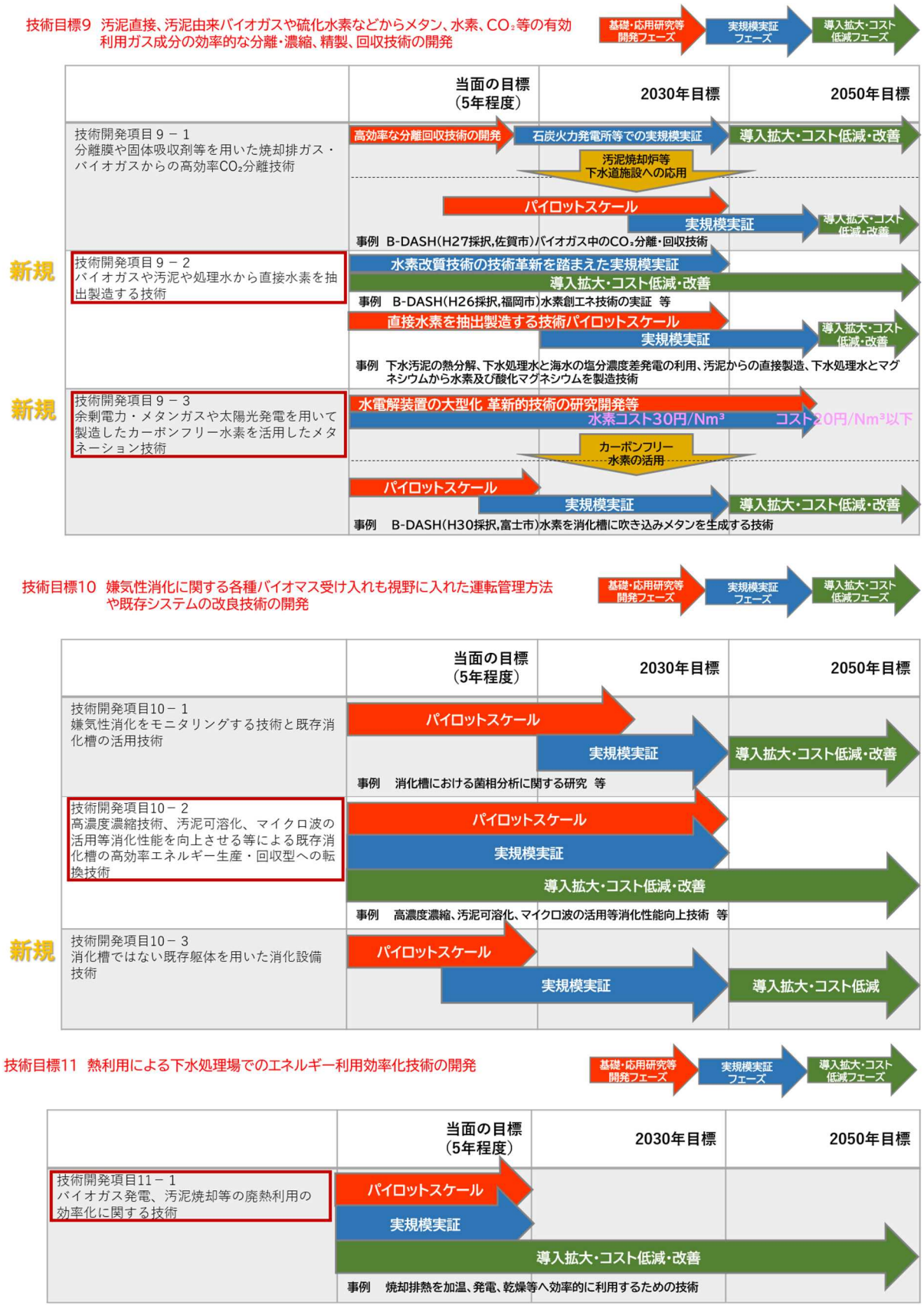
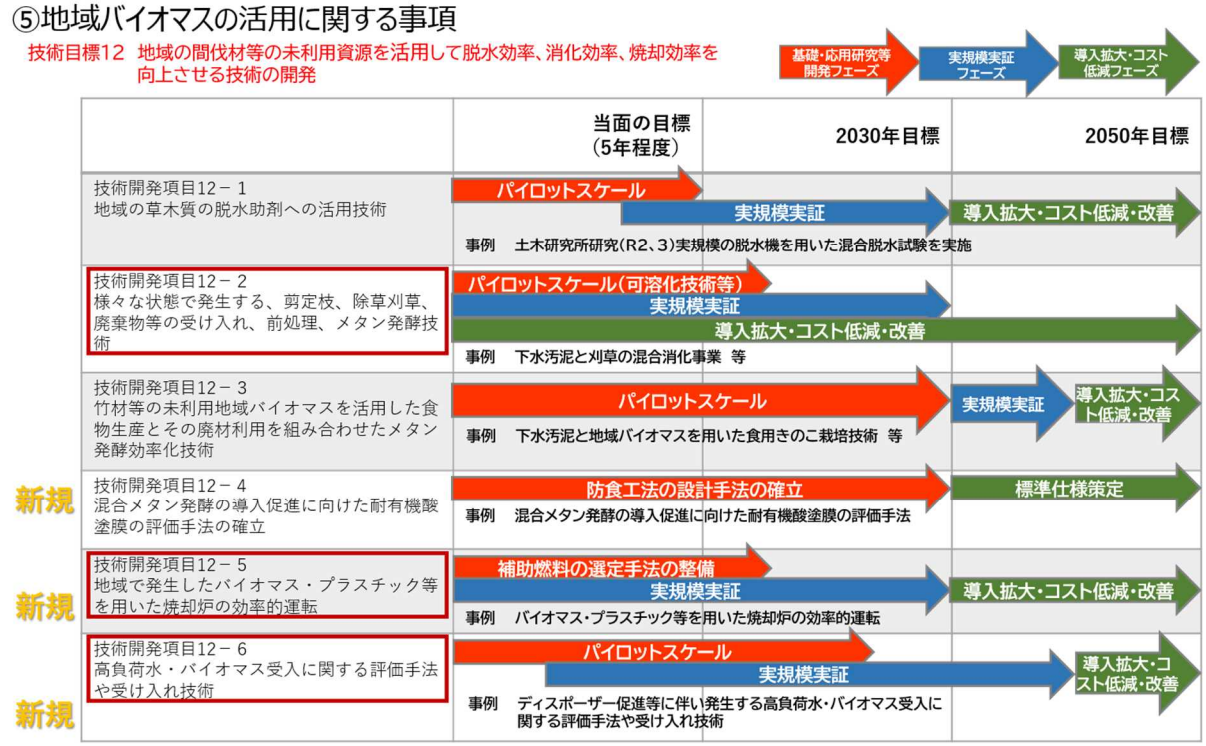


図 5-4 2050 年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術の技術開発ロードマップ（創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項 その 3）

⑤地域バイオマスの活用に関する事項



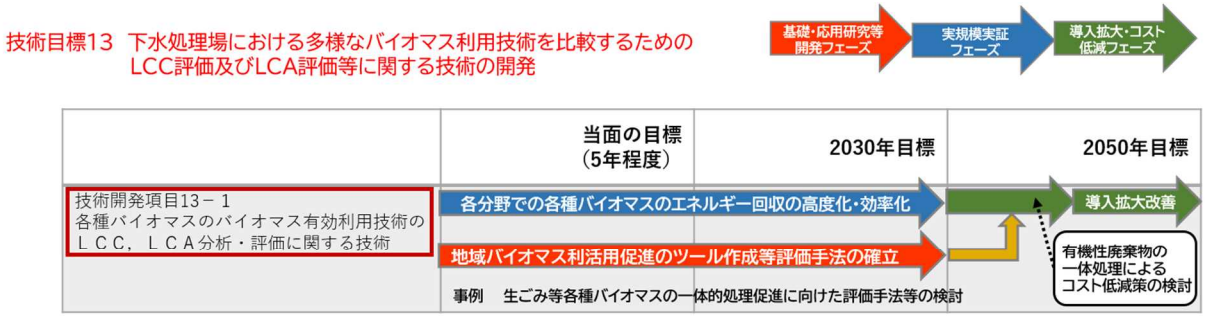


図 5-5 2050 年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術の技術開発ロードマップ（地域バイオマスの活用に関する事項）

⑥農林水産物生産及び高付加価値製品製造に関する事項

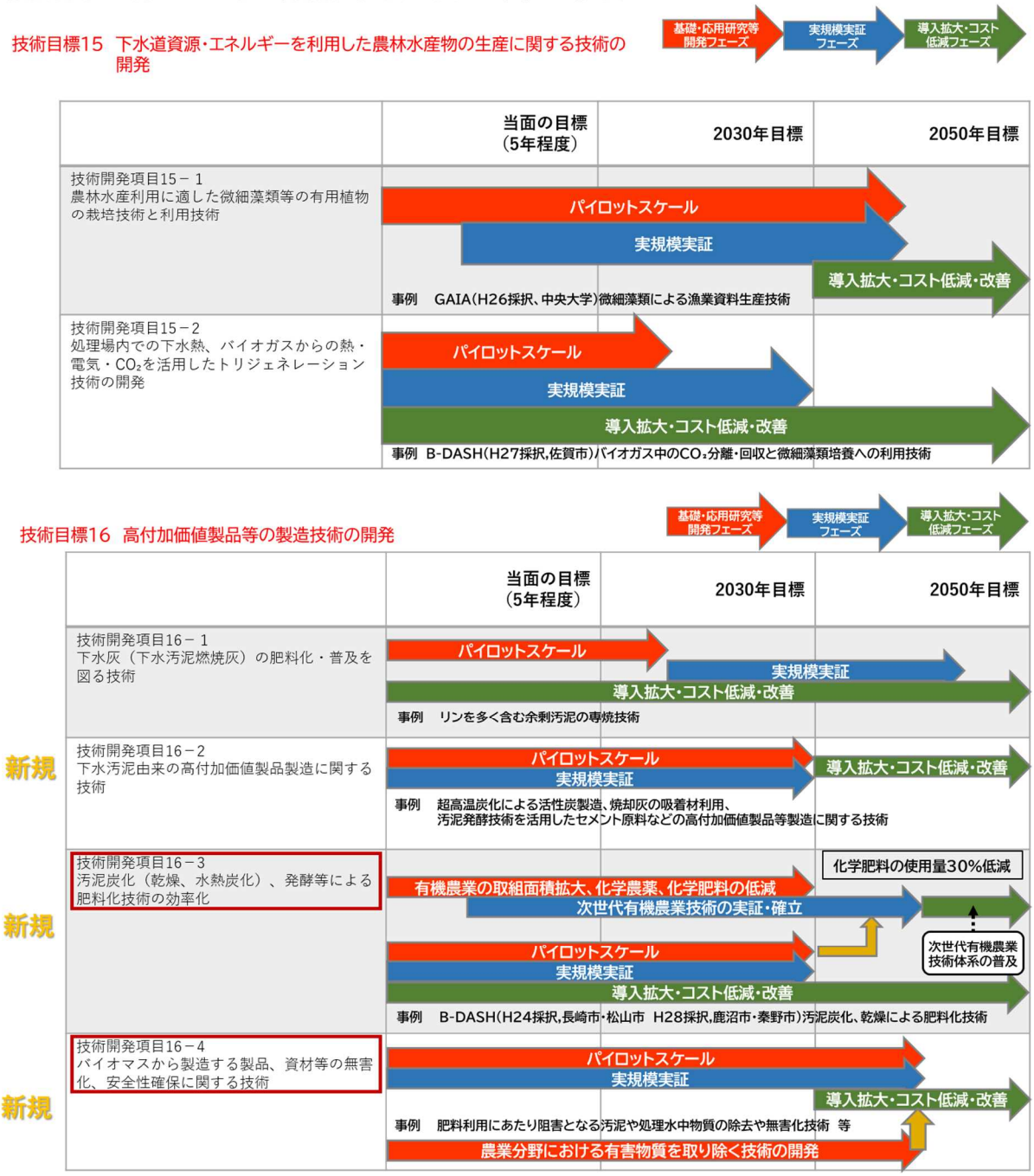


図 5-6 2050 年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術の技術開発ロードマップ（農林水産物生産及び高付加価値製品製造に関する事項）

第６章 令和４年度以降の課題

当面の間、下水道技術開発会議エネルギー分科会においては、以下の課題について、議論等をすべきと考えている。

下記の①、③、④については、令和 4 年度に国総研下水道研究部において調査・研究を進める課題であり、分科会委員からも助言や意見等をいただきたいというものである。②については、様々な視点から検討を加えるべき課題と捉えており、複数年に渡る長期の検討が必要と考えているものである。⑤や⑥については、社会経済情勢等を踏まえて、検討の俎上に載せていくべきものと考えている。

（１）令和４年度から検討する事項

〇2030 年度の目標達成に向けた課題

①下水道に関連する他分野への貢献の評価手法や地方公共団体が温室効果ガス削減目標を設定することに資するベンチマーク手法に関する国総研の検討状況についての報告・意見聴取。（第 5 章の「2050 年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の技術開発ロードマップ」（以下「ロードマップ」という。））中の技術開発項目 1-1、4-1、4-2 関連）

〇カーボンニュートラル実現への貢献に向けた課題

②将来的に、下水道・流域管理・社会システム全体を視野に入れて全体最適化のあり方の議論を進めていくことに備え、現状の取組（水質とエネルギー消費量のバランスを取りながら管理する「二軸管理』、季節別に下水処理場からの放流水質を変更する『季節別運転』、下水道に関係する有機物、窒素、リン等の『物質循環』、新技術等の関連情報）の把握、取組むべき範囲（スコープ）の明確化、地域特性や社会情勢の変化等に応じた様々なシナリオの検討、効果的な対応策の感度分析、工程の整理等。（ロードマップ中の技術開発項目 2-8 関連）

③水処理過程で発生する N_2O の排出状況やメカニズム分析に関する国総研の検討状況についての報告・意見聴取。（ロードマップ中の技術開発項目 3-1 関連）

〇2030 年度の目標達成及びカーボンニュートラル実現への貢献に向けた共通課題

④廃棄物分野との一体処理促進に資する効果的な連携ケースや資産効果に関する国総研の検討状況についての報告・意見聴取。（ロードマップ中の技術開発項目 13-1 関連）

（２）令和５年度以降に検討する予定の事項

⑤汚泥の肥料化やリン回収技術の導入促進に資する検討。（ロードマップ中の技術開発項目 16-3、16-4 関連）

⑥ロードマップの進捗状況の把握等、フォローアップに関する事項

付属資料

（１）下水道技術開発会議

エネルギー分科会資料（第１回）

※参考資料１～４については、

本稿では掲載しない。

下水道技術開発会議　エネルギー分科会

議　事　次　第

日時：令和 3 年 10 月 8 日（金）10：00～12：00
場所：WEB 会議

1. 開会 ―――――――――――――――――――――――――――――――― 10：00～10：05（5 分）
事務局

2. 資料確認・出席者紹介 ―――――――――――――――――――――――― 10：05～10：10（5 分）
事務局

3. 座長挨拶 ―――――――――――――――――――――――――――――― 10：10～10：15（5 分）

4. 議事
   (1) 下水道技術開発会議エネルギー分科会について
   (2) 下水道政策研究委員会脱炭素社会への貢献のあり方検討小員会等との関係及び本分科会における今年テーマと論点について
   (3) 地球温暖化の現状とカーボンニュートラルに関する動向等
   (4) 2030 年目標と実現するための技術的課題と取組の方向性について
   (5) 2050 年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
   ―――――――――――――――――――――――――――――― 10：15～11：50（95 分）

5. 今後の検討の方向性とスケジュール――――――――――――――――― 11：50～12：00（10 分）
事務局

6. 閉会 ―――――――――――――――――――――――――――――――――――――――
事務局

【配布資料】

資料 1：下水道技術開発会議　エネルギー分科会 第 1 回 出席者名簿

資料 2：下水道技術開発会議　エネルギー分科会資料

・資料 2-1「下水道技術開発会議エネルギー分科会設置主旨、規約、委員名簿」
・資料 2-2「2050 年カーボンニュートラルに向けた下水道分野の検討体制」
・資料 2-3「令和 3 年度のテーマと論点」
・資料 2-4「地球温暖化の現状とカーボンニュートラルに関する動向等」
・資料 2-5「2030 年目標と実現するための技術的課題と取組の方向性」
・資料 2-6「2050 年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」

資料 3：今後の検討の方向性とスケジュール

参考資料 1 下水道技術開発会議　設立趣旨／規約
参考資料 2 優良技術事例
参考資料 3 下水道技術ビジョン
参考資料 4 下水道政策研究委員会　脱炭素社会への貢献のあり方検討小委員会
第一回会議資料

資料１

下水道技術開発会議　エネルギー分科会 第1回 出席者名簿 （令和3年10月8日）

（敬称略）

エネルギー分科会 委員

大阪市建設局下水道部施設管理課課長	永長　大典
国土交通省水管理・国土保全局　下水道部　下水道企画課　下水道国際・技術室下水道国際推進官	大上　陽平
一般社団法人　日本下水道施設業協会技術部部長	堅田　智洋
日本大学理工学部土木工学科教授	齋藤　利晃
日本下水道事業団 技術戦略部資源エネルギー技術課課長	新川　祐二
京都大学大学院工学研究科附属流域圏総合環境質研究センター准教授	西村　文武
福岡県建築都市部下水道課課長	野口　寿文
公益財団法人 日本下水道新技術機構資源循環研究部部長	藤本　裕之
国立研究開発法人土木研究所材料資源研究グループ主任研究員	宮本　豊尚
中央大学理工学部教授	山村　寛
国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水道エネルギー・機能復旧研究官	三宮　武

事務局

国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水処理研究室長	田隝　淳
国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水処理研究室　主任研究官	岩渕　光生
国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水処理研究室　研究官	藤井　都弥子
国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水処理研究室　交流研究員	安倉　直希
国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水道研究室　主任研究官	茨木　誠
公益財団法人日本下水道新技術機構　資源循環研究部	蓮見　修平
公益財団法人日本下水道新技術機構　資源循環研究部	熊野　智之

資料2－1

下水道技術開発会議エネルギー分科会
設置趣旨

下水道技術開発会議は、「下水道技術ビジョン」のフォローアップを目的として、平成 28 年 1 月に設置され、下水道事業における技術的な課題・ニーズの調査と分析、ロードマップの一部改定や重点課題の選定、事業主体の技術導入に向けた課題の分析などを進めてきた。

下水道の事業主体である地方公共団体は、近年、様々な技術的課題に直面している。これらに対応し得る新技術は、できるだけ早期に実施設に導入され、全国に普及展開することが望ましいが、地方公共団体における新技術の導入は、容易ではないのが実情である。この要因の一つとして、新技術の調達における競争性の確保や技術性能の明確化が挙げられ、このような課題に対応し得る新たな技術開発スキームについて検討する必要がある。

一方、平成 29 年 8 月に策定された「新下水道ビジョン加速戦略」において、第 4 次社会資本整備重点計画で掲げられた下水汚泥エネルギー化率の目標を達成することや、おおむね 20 年で下水道事業における電力消費量の半減を目標として取り組むことが重要であり、下水道技術ビジョンを踏まえた省エネ・創エネ技術、資源利用技術などの新技術の開発および導入促進、そのための研究体制の強化が示された。

以上を踏まえ、主に下水道資源・エネルギー技術などの新技術の開発および導入促進について、これまでの取り組みや課題の整理、今後の推進方策の検討などを行うことにより、下水道事業における新技術の導入を促進することを目的として、下水道技術開発会議規約第 4 条に基づき、本分科会を設置するものである。

資料2－1

下水道技術開発会議エネルギー分科会
規　約

（目的）

第１条　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。）は、主に下水道資源・エネルギー技術等の新技術（以下「新技術」という。）の開発および導入促進の推進方策の検討などを行うことにより、下水道事業における新技術の導入を促進することを目的とする。

（分科会の検討事項）

第２条　分科会は、以下の事項について検討を行う。

（１）新技術の開発および導入促進の推進方策

（２）新技術の開発動向や導入状況等

（分科会の構成等）

第３条　分科会は、下水道の技術開発に関する専門的、技術的な知見を有する者から構成する。

２　委員は、別紙に掲げる者とする。

３　座長が必要と認める場合には、委員を追加することができる。

（座長）

第４条　座長は、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エネルギー・機能復旧研究官がその任にあたり、分科会を統括する。

２　分科会の招集は座長が行う。

（事務局）

第５条　分科会の事務局は、国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部に置く。

（その他）

第６条　この規約に定めるもののほか、分科会の運営に関し必要な事項は分科会において定める。

資料2－1

別紙（敬称略）

永長　大典	大阪市建設局下水道部施設管理課課長
大上　陽平	国土交通省水管理・国土保全局　下水道部　下水道企画課 下水道国際・技術室下水道国際推進官
堅田　智洋	一般社団法人　日本下水道施設業協会技術部部長
齋藤　利晃	日本大学理工学部土木工学科教授
新川　祐二	日本下水道事業団 技術戦略部資源エネルギー技術課課長
西村　　文武	京都大学大学院工学研究科附属流域圏総合環境質 研究センター准教授
野口　寿文	福岡県建築都市部下水道課課長
藤本　裕之	公益財団法人 日本下水道新技術機構資源循環研究部部長
宮本　豊尚	国立研究開発法人土木研究所材料資源研究グループ主任研究員
山村　寛	中央大学理工学部教授
三宮　武	国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水道エネルギー・機能復旧研究官

2050年カーボンニュートラルに向けた下水道分野の検討体制　資料２－２

下水道政策研究委員会　脱炭素社会への貢献のあり方検討小委員会

事務局：国土交通省、日本下水道協会
検討内容：脱炭素社会の実現に向けて目指すべき下水道の在り方や必要な方策、ロードマップ等

1．脱炭素社会に貢献するための下水道の在り方（基本的考え方）
2・2030年、2050年までに向けての取り組みの進め方
3．他分野との連携など、創エネ・再エネを一層拡大する方策
4．施設の老朽化が進む中、省エネやN2Oの排出削減を効率的に行うための方策
5．本邦技術活用や他国との協力・連携などの国際貢献の在り方

下水道管理者（自治体）への支援方策

2030年、2050年までのそれぞれに取り組むべき技術開発内容・ロードマップ

下水道GX促進検討委員会(仮称)

事務局：日本下水道協会
検討内容：主に自治体向け脱炭素検討支援方策など

〇脱炭素に関する事例の蓄積、先進事例の水平展開等

〇下水道資源の循環利用（下水汚泥の農業利用、建設資材、下水熱、再生水等）による地域脱炭素への貢献の事例蓄積、他産業との連携の仕組みづくり　等

下水道技術開発会議　エネルギー分科会

期間：2021年9月～2022年3月
事務局：国土技術政策総合研究所、日本下水道新技術機構
検討内容：温室効果ガス削減に向けた技術開発のロードマップ

〇2030年までに取り組むべき技術の再整理（早急に改善に取り組むべき既存技術の抽出と改善目標の設定）
〇2050年までに取り組むべき技術開発（新規エネルギーを利用した処理技術など新たに取り組むべき技術開発と開発目標の設定　等

1

資料２－３

令和3年度のテーマと論点

下水道技術開発会議エネルギー分科会　（令和３年度第１回　2021.10.8）
国土交通省 国土技術政策総合研究所

令和3年度のテーマと論点

◆ 国内全体の温室効果ガス削減の目標

（１）【中期目標（2030年度46%減（2013年度比））】

（２）【長期目標（2050年度までに実質排出ゼロ）】

に対して、下水道分野としても目標を設定して取り組む必要がある中で、

（１）に向けて、効果的な技術を再整理

（２）に向けて、どこに技術開発の余地があるか等を確認

し、国としての方向性を示す参考とするため、エネルギー分科会において、議論したい。

◆ 主として下記について、分科会委員より、意見、アイデアを頂戴したい。

①下水道の温室効果ガス排出削減対策の”柱“（対策の要素）とも言える
省エネ、創エネ、N_2O対策のそれぞれについて、これまでの取り組みの
評価とこれから取り組むべきこと

②下水処理過程の中で、特にシステムとして効果が発揮される対策について、
これまでの取り組みの評価とこれから取り組むべきこと

③上記以外にも、これからの対応として、念頭に置くべきこと

（令和3年度第1回下水道技術開発会議 資料より）

令和3年度のテーマと論点

下水道分野の削減目標（2030年度目標）も含めた地球温暖化対策計画改定案が示され、また、「下水道政策研究委員会 脱炭素社会への貢献のあり方検討小委員会」（以下「脱炭素小委員会」という。）の議論が始まったことから、前頁を念頭に置きつつ、

（１）については、

「具体的にどの技術分野をどの程度活用することによって、目標の達成が可能となるか」、「さらなる高みに向けた取り組みの可能性はあるか」等について、議論していくこととしている。第一回分科会では、主に下記の技術的課題と取組の方向性を提案する。

①省エネの取組
②創エネ・再エネの取組
③下水汚泥焼却に伴い発生するN_2Oへの対策の取組
④水処理に伴い発生するCH_4、N_2Oへの対策の取組
⑤技術開発の動向
⑥下水道のシステム最適化

令和3年度のテーマと論点

（２）については、

脱炭素小委員会の主要論点「地域社会全体を捉えた上で、温室効果ガス排出の徹底した削減とともに、更なる資源集約や連携強化を通じたポテンシャルの最大活用による、新たな利用可能性の追求、貢献拡大をどのように図るべきか？」を踏まえ、

下水道分野の他に、他分野の技術開発の動向についても把握しつつ、今後の下水道において期待される技術開発について、議論していくこととしている。第一回分科会では、課題や取組の方向性を検討、整理する。

本分科会の検討事項については、下水道技術開発会議及び脱炭素小委員会へ報告をする予定。

資料２－４

地球温暖化の現状と カーボンニュートラルに関する動向等

下水道技術開発会議エネルギー分科会　（令和３年度第１回　2021.10.8）
国土交通省 国土技術政策総合研究所

目次

１．地球温暖化の現状とカーボンニュートラルに関する動向

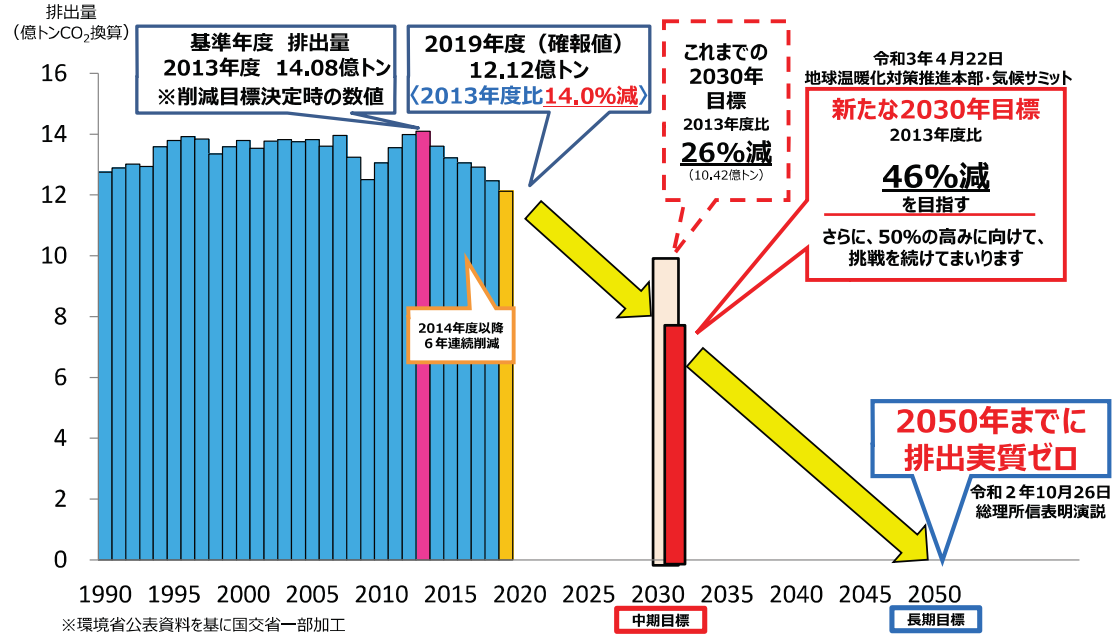
２．下水道分野における地球温暖化対策の現状と取組

１．地球温暖化の現状と カーボンニュートラルに関する動向

１．地球温暖化の現状とカーボンニュートラルに関する動向

・我が国の温室効果ガス削減の中長期目標

◆「2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」べく、中長期目標を設定。



※環境省公表資料を基に国交省一部加工

１．地球温暖化の現状とカーボンニュートラルに関する動向

・カーボンニュートラルに向けた政府の動き

2020年１２月～2021年6月：**国・地方脱炭素実現会議**（R3 6.9）
- **2030年度までに**少なくとも**100カ所**の「脱炭素先行地域」の選定予定。
  環境省がR3年度中に脱炭素先行地域を公募予定（公募の詳細は関係府省庁とも相談）
  令和４年度の支援制度を含めたガイドブックを策定予定。

2021年6月：**地球温暖化対策の推進に関する法律の一部を改正する法律（改正地球温暖化対策推進法）公布**
- 2050年カーボンニュートラルの実現を法律に明記。
- 地方公共団体実行計画において、**再エネ・温室効果ガス等施策の実施目標を策定義務化**（市町村は努力義務化）等

2021年6月：**グリーン成長戦略の策定**
- 成長が期待される産業（14分野）において、高い目標を設定し、あらゆる政策を総動員

2021年7月：**国土交通グリーンチャレンジの策定**
- グリーン社会の実現に向けて戦略的に取り組む国土交通省の重点プロジェクトをとりまとめ
- 「国土交通グリーンチャレンジ」を着実に実行していくため、「国土交通省グリーン社会実現推進本部」（本部長：赤羽国土交通大臣）を立ち上げ

2021年秋頃：**地球温暖化対策計画、エネルギー基本計画の見直し**
- **2030年度46%削減**、更に50%の高みを目指して挑戦（2013年度比）

2021年秋頃：**新たな国土交通省環境行動計画（2014年3月策定、2017年3月一部改定）の策定**
- 2050年カーボンニュートラルに向けた政府の地球温暖化対策計画等の見直し等の状況を踏まえ、国土交通省の環境関連施策の実施方針を定める

～2022年6月：**改正地球温暖化対策推進法の施行**

⇒地方公共団体実行計画における下水道分野の積極的な目標設定が必要

※国土交通省下水道部作成

下水道技術開発会議エネルギー分科会　（令和３年度第１回　2021.10.8）
国土交通省 国土技術政策総合研究所

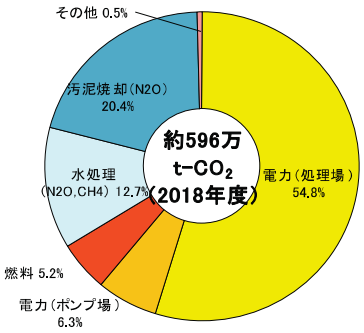
２．下水道分野における地球温暖化対策の現状と取組

2．下水道分野における地球温暖化対策の現状と取組

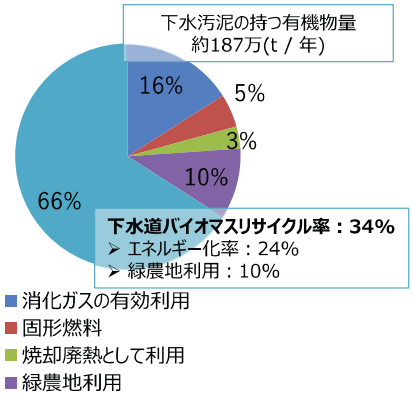
・下水道分野における温室効果ガス排出削減とポテンシャルの活用

- 2018年度における下水道分野での温室効果ガス排出量は約600万t-CO_2であり、日本全体の排出量約12.4億t-CO_2の0.5%に相当。
- また、<u>自治体の事務事業から排出される温室効果ガスの大きな割合を占める。</u>
  - 水処理、汚泥処理における電力、燃料消費に伴うCO_2の排出
  - 汚泥の焼却過程でのN_2O排出
  - 水処理過程でのCH_4、N_2Oの発生
- 一方で、バイオガス等、下水道資源を活用した創エネポテンシャルも有している。
- 更に、敷地や施設上空を活用した太陽光パネル、下水熱の利用など再エネポテンシャルの余地もある。

下水道からの温室効果ガス発生量



下水道分野で創エネ／再エネの取組



	発電量（kwh）	導入カ所数
太陽光:	約0.7億	110
小水力:	約0.02億	27
風力:	約0.07億	6

	発熱量（千GJ）	導入カ所数
下水熱:	約90	32

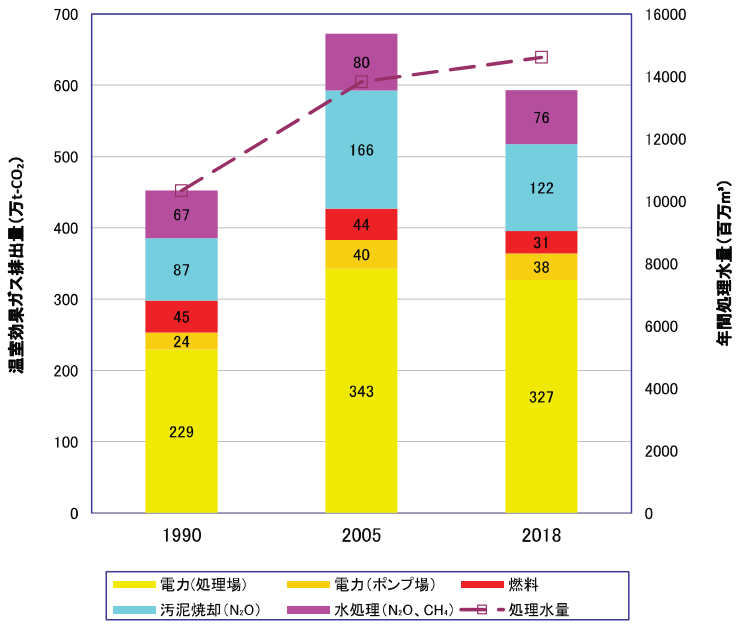
※国土交通省下水道部作成

下水道技術開発会議エネルギー分科会　（令和３年度第１回　2021.10.8）
国土交通省 国土技術政策総合研究所

2．下水道分野における地球温暖化対策の現状と取組

・下水道における温室効果ガス排出量の推移

- 1990年からの排出量の変化をみると、処理水量の増加により、温室効果ガス排出量は増加している。



２．下水道分野における地球温暖化対策の現状と取組

・新下水道ビジョンにおける位置づけ

新下水道ビジョン
（平成26年7月策定）
「循環のみち下水道」の**成熟化**
- 循環のみち下水道の**持続**
- 循環のみち下水道の**進化**

■基本コンセプト：「循環のみち下水道」の成熟化

持続
①アセットマネジメントの確立、②クライシスマネジメントの確立、③国民理解の促進とプレゼンスの向上、④下水道産業の活性化・多様化

進化
①健全な水環境の創造、**②水・資源・エネルギーの集約・自立・供給拠点化**、**③汚水処理の最適化**、④雨水管理のスマート化、⑤世界の水と衛生、環境問題解決への貢献、⑥国際競争力のある技術開発と普及展開

長期ビジョン

- 水・資源・エネルギーの集約・自立・供給拠点化
  - 再生水、バイオマスである下水汚泥、栄養塩類、下水熱について下水道システムを集約・自立・供給拠点化とする。
  - 従来の下水道の枠にとらわれずに、水・バイオマス関連産業との連携・施設管理の広域化、効率化を実現する
- 汚水処理の最適化
  - 省エネルギー化・汚泥処分量削減・温室効果ガス排出削減により、環境に配慮した汚水処理システムの構築を図る。

中期計画

- 資源の集約拠点化
  - すべての都道府県において、広域化も視野に入れた、他のバイオマスと連携した下水汚泥の利活用計画を策定し、下水汚泥・他のバイオマスの効率的な利用を図る。
  - 希少資源であるリンの回収等を通して、食との連携により地産地消の地域づくりに積極的に貢献する。再生水、バイオマスである下水汚泥、栄養塩類、下水熱について下水道システムを集約・自立・供給拠点化とする。
- エネルギーの供給拠点化
  - 下水汚泥のエネルギーとしての利用割合（下水汚泥エネルギー化率）を約13%（H23）から約35%に増加させ、地域における再生可能エネルギー活用のトップランナーを目指す。
- エネルギーの自立化
  - 下水処理場のエネルギー自立も目指し、下水熱や下水処理施設の上部等を活用した太陽光発電等、下水道が有する多様なエネルギー源の有効利用を促進する。
- 省エネルギー対策・温室効果ガス排出量の削減
  - 下水道で消費するエネルギーを約１割削減するとともに、下水道から排出される温室効果ガス排出量を約11%削減する。

※国土交通省下水道部作成

２．下水道分野における地球温暖化対策の現状と取組

・下水道技術ビジョンにおける位置づけ

- ◆ 下水道技術ビジョンは「新下水道ビジョン」（H26.7）で示された長期ビジョンや中期目標を達成するために、今後開発すべき技術等について、下水道技術ビジョン検討委員会（委員長：東京大学花木教授）の審議を経てH27.12に策定
- ◆ 下水道施設の老朽化対策、近年頻発する集中豪雨などに対応した浸水対策、下水道資源の有効利用の推進など、下水道の今後の重要な課題を解決するため、１１の技術開発分野についてロードマップを作成し、課題、目標、技術開発項目について整理
- ◆ 国土技術政策総合研究所の設置する「下水道技術開発会議」においてフォローアップ。

１１の技術開発分野

①持続可能な下水道システム-1　（再構築）
②持続可能な下水道システム-2　（健全化、老朽化対策、スマートオペレーション）
③ 地震・津波対策
④ 雨水管理（浸水対策）
⑤ 雨水管理（雨水利用、不明水対策等）
⑥ 流域圏管理
⑦ リスク管理
⑧ 再生水利用
⑨ 地域バイオマス活用
⑩ 創エネ・再生可能エネルギー
⑪ 低炭素型下水道システム

※赤字箇所以外でも地球温暖化対策関連事項あり。

２．下水道分野における地球温暖化対策の現状と取組

・下水道技術ビジョン

地球温暖化対策（緩和策）に関わる主な技術目標

⑨ 地域バイオマス活用
●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、消化効率を向上させる技術の開発
●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
●技術目標５ 高品質下水灰の生産・肥料化技術の開発
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
●技術目標２ 低ＬＣＣ化、エネルギー効率の高効率化による導入促進のため、新しい濃縮脱水システムや新しい嫌気性消化リアクターの開発
●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
●技術目標４ 汚泥直接、汚泥由来バイオガスや硫化水素などからメタン、水素、CO_2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
⑪ 低炭素型下水道システム
●技術目標１ 下水道で消費するエネルギーの約１割削減に向けた技術開発
●技術目標２ 下水道から排出される温室効果ガス排出量の約11％削減に向けた技術開発
●技術目標３ 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

下水道技術開発会議エネルギー分科会　（令和３年度第１回　2021.10.8）
国土交通省 国土技術政策総合研究所

２．下水道分野における地球温暖化対策の現状と取組

・地球温暖化に対する下水道分野での取り組み

	法制度	予算制度・ガイドライン等
省エネ	**省エネ法（S54制定、H25改定）** ➢ 一定規模以上の事業者にエネルギー使用状況の報告義務 ➢ エネルギー消費原単位の年率1%削減努力義務。	**ガイドライン** ➢ 水質とエネルギーの最適管理のためのガイドライン（H30.3） ➢ 下水処理場のエネルギー最適化に向けた省エネ技術導入マニュアル（案）（R1.6） **予算制度等** ➢ 下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）（H23） ➢ 消化槽等の消費電力量を交付要件化(H29)
N_2O対策		**予算制度等** ➢ 焼却炉・溶融炉の設置・改築において 廃熱回収率や消費電力量削減率を交付要件化（高温焼却と同等以上のN_2O排出削減が出来ることを前提）（H29）
創エネ	**下水道法改正（H27）** ➢ 汚泥等の再生利用の努力義務化	**ガイドライン** ➢ 下水処理場における地域バイオマス利活用マニュアル（案）（H29.3） ➢ 広域化・共同化計画策定マニュアル（案）（H31.3） ➢ 下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン -改訂版-（H30.1） **予算制度等** ➢ 下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）（H23） ➢ 民間活力イノベーション推進下水道事業（H26） ➢ 設備更新における廃熱利用型炉の交付要件化(H29) ➢ 下水道エネルギー拠点化コンシェルジュ事業(H30) ➢ 下水道リノベーション推進総合事業（R2）
再エネ	**都市の低炭素化の促進に関する法律（H24）** ➢ 民間事業者の下水熱利用に係る規制緩和 **下水道法改正（*H27*）** ➢ 熱交換器設置の規制緩和	**ガイドライン** ➢ 下水熱マニュアル（案）の策定（R3改訂） ➢ 下水熱ポテンシャルマップ作成の手引き（H27.3） **予算制度等** ➢ 下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）（H23） ➢ エネ特事業（上下水道・ダム施設の省CO_2改修支援事業）との連携 ➢ FITの活用による民間連携

※下水道事業の各予算については記載した分類以外にも活用可能

※国土交通省下水道部作成

資料２－５

2030年目標と実現するための技術的課題と取組の方向性

下水道技術開発会議エネルギー分科会　（令和３年度第１回　2021.10.8）
国土交通省 国土技術政策総合研究所

目次

１．地球温暖化対策計画の目標

２．2030年目標達成のための技術的課題と取組の方向性
①省エネの取組状況
②創エネ・再エネの取組状況
③下水汚泥焼却に伴い発生するN_2Oへの対策の取組状況
④水処理に伴い発生するCH_4、N_2Oへの対策の取組状況
⑤技術開発の動向
⑥下水道のシステム最適化

１．地球温暖化対策計画の目標

・地球温暖化対策計画改定案における下水道分野の削減目標（2030年目標）

- ２０３０年度における温室効果ガス排出量を２０１３年度比（二酸化炭素換算で）**２０８万トン**削減。
- 2050年カーボンニュートラルに向けて更なる高みを目指す。

省エネの促進	
現状:	電力消費量が増加傾向
目標:	年率約2%の削減を確保し、約60万tを削減
進捗見通:	省エネ法に基づく取組(年率１%削減)よりも一層の取組加速が必要。

下水汚泥のエネルギー化（創エネ）	
現状:	下水汚泥エネルギー化率：24%（R元年度）
目標:	エネルギー化率を37%まで向上させることで、約70万tを削減
進捗見通:	自治体の導入計画の確実な実施、更なる取組の拡大が必要。

焼却の高度化	
現状:	高温焼却率：約73%（R元年度）
目標:	高温焼却率100%、新型炉への更新により、約78万tを削減
進捗見通:	改築更新時に高温焼却への確実な更新、更なる排出削減に向けた取組が必要。

再エネ利用の拡大	
現状:	太陽光：約0.7 億kwh 小水力：約0.02 億kwh 風　力：約0.07 億kwh 下水熱：約90 千GJ
目標:	導入推進により、約1万tを削減
進捗見通:	達成見込み

地球温暖化対策計画改定案における2013年度の下水道分野の温室効果ガス排出量は約406万t

※国土交通省下水道部作成資料を基に作成

２．2030年目標と実現するための技術的課題と取組の方向性

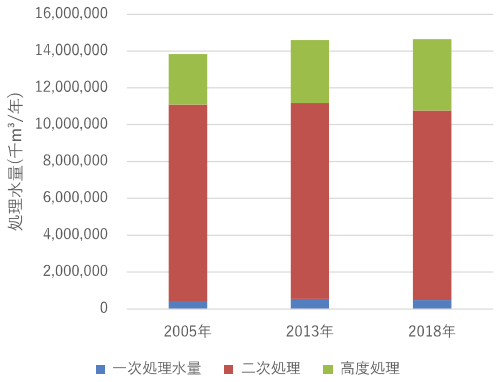
下水道分野の削減目標（2030年度目標）の実現のために「具体的にどの技術分野をどの程度活用することによって、目標の達成が可能となるか」、「さらなる高みに向けた取り組みの可能性はあるか」等について、議論していくこととしている。第一回分科会では、主に下記の技術的課題と取組の方向性を提案する。（再掲）

①省エネの取組
②創エネ・再エネの取組
③下水汚泥焼却に伴い発生するN_2Oへの対策の取組
④水処理に伴い発生するCH_4、N_2Oへの対策の取組
⑤技術開発の動向
⑥下水道のシステム最適化

２．2030年目標と実現するための技術的課題と取組の方向性
①省エネの取組状況

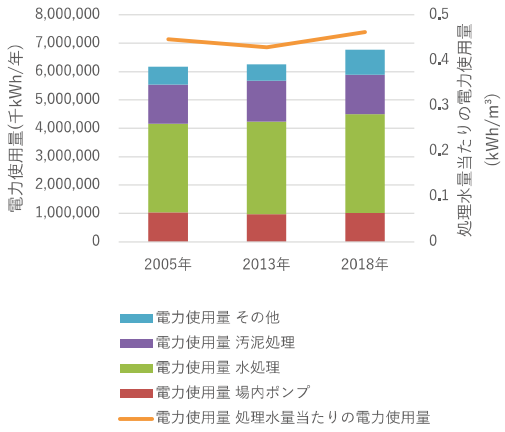
・処理場内の電気使用量は水量の増加に伴い増加しており、処理水量あたりの電気使用量は横ばいからやや増加。
・消費電力の大きい高度処理の処理水量も増加傾向。

処理水量の現状



※H30下水道統計より

処理場内電力消費の現状

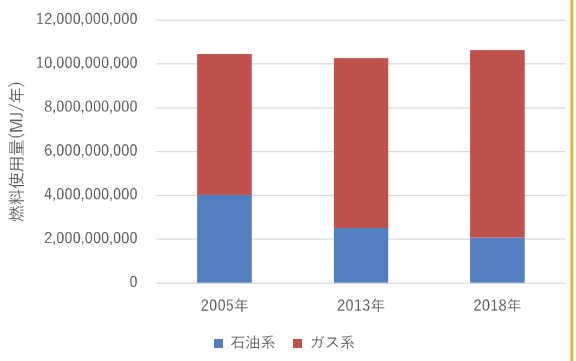


※H30下水道統計より

２．2030年目標と実現するための技術的課題と取組の方向性
①省エネの取組状況

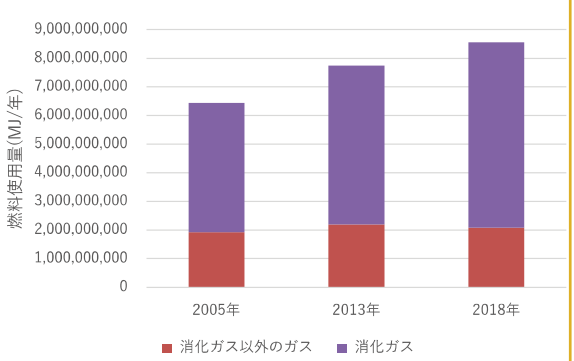
・燃料使用量はほぼ横ばい。
・内訳でみると重油等石油系燃料利用が減少しており、ガス系の利用は伸びているが、消化ガス利用の割合が増加している。

燃料使用量の現状



※H30下水道統計より

ガス系使用量の内訳

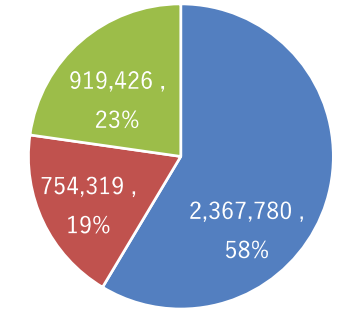


※H30下水道統計より

２．2030年目標と実現するための技術的課題と取組の方向性
①省エネの取組状況

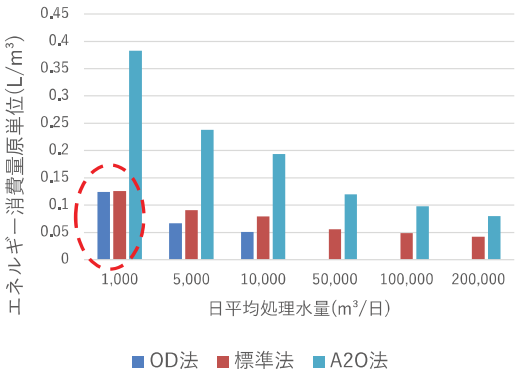
・処理場におけるCO_2排出量の割合としては、処理水量５万m³/日以上の処理場からの排出が５割以上を占めるものの、１万m³/日未満の排出量も２割強存在。
・処理方式別のエネルギー原単位は、高度処理の原単位が大きい。また、小規模処理場で多く存在するOD法の原単位は、処理規模が千m³/日では標準法とほとんど変わらない。

規模別ＣＯ$_2$排出量（処理場）



H30下水道統計に基づきエネルギー由来のCO_2を整理（t/年）

処理方式別のエネルギー原単位



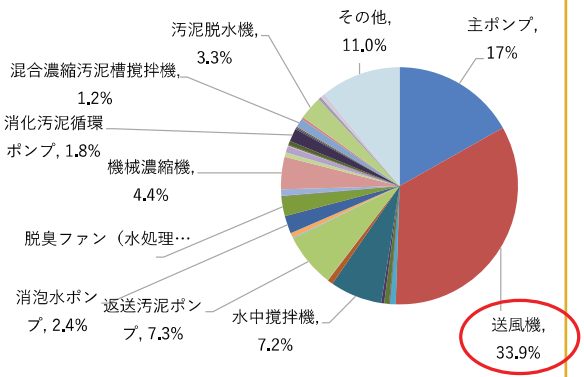
流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説
（平成27年1月）掲載資料を基にグラフ作成

下水道技術開発会議エネルギー分科会　（令和３年度第１回　2021.10.8）
国土交通省 国土技術政策総合研究所

２．2030年目標と実現するための技術的課題と取組の方向性
①省エネの取組状況

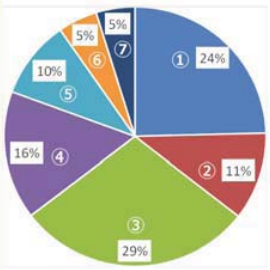
・消費エネルギーの設備別の割合においては、散気装置の性能を主に反映した送風機の割合が3割以上を占め最も大きい。
・（公財）日本下水道新技術機構の調査によれば、省エネ対策の寄与率で大きいのは、送風機を含む反応タンク設備に関わる対策。　※寄与率：同機構の調査の結果で得られた、対策項目ごとの消費エネルギー削減効果の割合

設備別の消費エネルギーの割合



日平均流入水量40,000m³規模（焼却無し）の試算結果（下水道機構 H26年3月）

省エネ対策の寄与率



省エネ対策の項目別寄与率

＜消費電力削減効果の算出方法＞
①送風量の適正化による消費電力の削減
②嫌気槽・無酸素槽の水中撹拌機を省エネ型撹拌機に変えることによる消費電力の削減
③好気槽の水中撹拌機を超微細気泡散気装置に変えることによる撹拌動力の削減と送風量低減による消費電力の削減
④従来型の散気装置を酸素移動効率32%の超微細気泡散気装置に変えることによる消費電力の削減
⑤省エネ型汚泥濃縮機の導入による消費電力の削減
⑥省エネ型消化タンク撹拌機の導入による消費電力の削減
⑦省エネ型汚泥脱水機の導入による消費電力の削減

※　（公財）日本下水道新技術機構調査結果

２．2030年目標と実現するための技術的課題と取組の方向性
①省エネの取組状況

・（公財)日本下水道新技術機構　処理場を対象とした省エネ対策検討に関する調査にて、全国44処理場において運転管理方法の改善と省エネ技術の導入を検討。
・平均で、運転管理の改善により６．６%、省エネ機器の導入により２０．７%の消費エネルギー削減効果が見られた。

処理規模と省エネ効果との関係

1万㎥/日未満			1～5万㎥/日			5～10万㎥/日			10～20万㎥/日			20万㎥/日以上			平均値		
5処理場			16処理場			9処理場			7処理場			7処理場			44処理場		
管理(%)	機器(%)	計(%)	管理(%)	機器(%)	計(%)	管理(%)	機器(%)	計(%)	管理(%)	機器(%)	計(%)	管理(%)	機器(%)	計(%)	管理(%)	機器(%)	計(%)
10.9	19.1	30.0	6.3	14.3	20.6	6.6	29.3	35.9	8.7	24.9	33.5	2.3	21.4	23.7	6.6	20.7	27.3

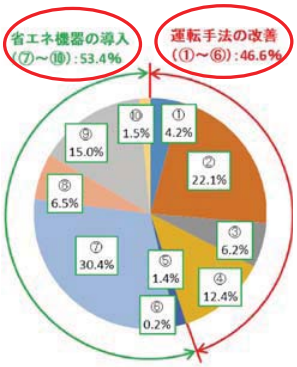
処理方式と省エネ効果との関係

OD法			標準法			高度処理法			焼却炉有		
2処理場			25処理場			10処理場			16処理場		
管理(%)	機器(%)	計(%)	管理(%)	機器(%)	計(%)	管理(%)	機器(%)	計(%)	管理(%)	機器(%)	計(%)
15.2	1.1	16.2	6.0	23.0	29.0	6.7	22.8	29.5	5.1	26.2	31.3

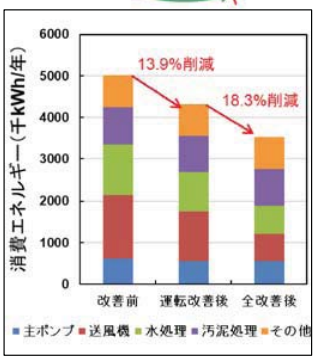
※省エネ効果：消費エネルギー量の削減率

２．2030年目標と実現するための技術的課題と取組の方向性
①省エネの取組状況

（公財)日本下水道新技術機構
処理場を対象とした省エネ対策検討に関する調査結果の事例
・散気装置の高効率化や水中攪拌機の省エネ化など省エネ機器の導入は５３．４%の寄与率。
・送風機の流入負荷変動に合わせた号機切替時期の適正化等の運転手法の改善だけでも４６．６%の寄与率が存在。



区分	設備	省エネ対策	削減電力量（千kWh/	寄与率	
運転手法の改善	汚水ポンプ	①主ポンプの運転号機の見直し（1+6号→3.3+6号）	62.7	4.2%	①
	送風機	②前曝気風量半減による1台運転時間の長期化及び流入負荷変動に合わせた号機切替時期の適正化	327.3	22.1%	②
	水処理	③反応タンク嫌気槽の水中撹拌機の間欠運転	91.9	6.2%	③
		④返送汚泥ポンプの異径プーリへの交換	184.0	12.4%	④
	汚泥処理	⑤機械濃縮汚泥貯留槽撹拌機の間欠運転	20.8	1.4%	⑤
		⑥混合汚泥貯留槽の腐敗防止ブロワの冬季停止	3.1	0.2%	⑥
	小計		689.8	46.6%	
省エネ機器の導入	送風機	⑦散気装置を高効率散気装置へ更新	449.8	30.4%	⑦
		⑧1号送風機を更新	96.0	6.5%	⑧
	水処理	⑨水中撹拌機（嫌気槽）を省エネ型反応タンク撹拌機に更新	222.2	15.0%	⑨
		⑩返送汚泥ポンプの電動機低出力化とインバータの導入	22.5	1.5%	⑩
	小計		790.5	53.4%	
合計			1,480.3	100%	



調査対象処理上の諸元

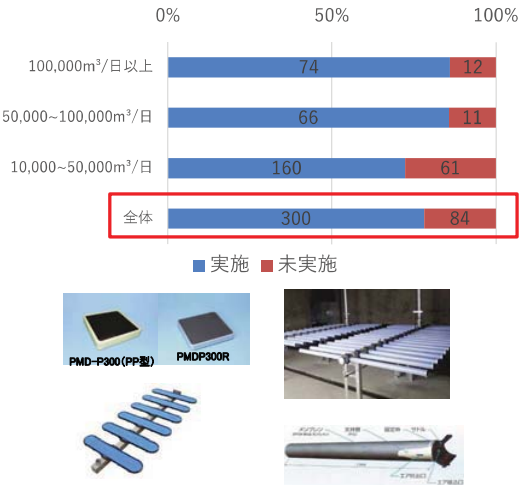
日平均汚水量	19,668m³/日（流入比率0.61、施設能力32,000 m³/日）
流入BOD	140mg/ℓ（計画230mg/ℓ）
水処理方式	標準活性汚泥法（硝化促進）
汚泥処理方式	濃縮⇒脱水

※寄与率：調査の結果で得られた、対策項目ごとの消費エネルギー削減効果の割合

２．2030年目標と実現するための技術的課題と取組の方向性
①省エネの取組状況

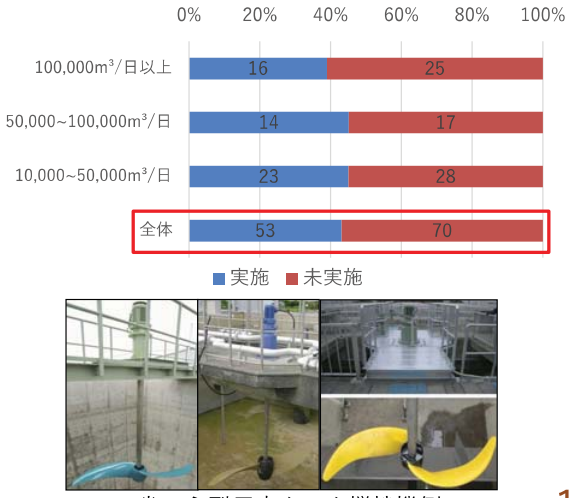
・令和3年度国土交通省において省エネ対策の実施状況について日平均処理水量1万m³以上の施設（約５００施設）を有する自治体にアンケートを実施。
・省エネ対策効果の高い散気装置に関わる省エネ対策が進んでいるが、高効率反応タンク撹拌機の未導入など全国処理場で省エネ化が進んでいない水処理・汚泥処理機器も存在。

微細気泡散気装置等による送気量の適正化



低圧損型メンブレン式散気装置例

高効率反応タンク撹拌機（嫌気槽）の導入



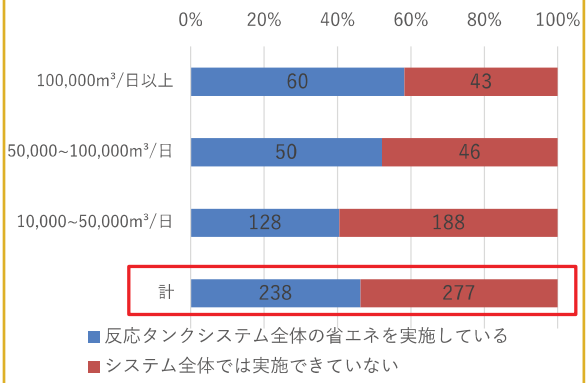
省エネ型反応タンク撹拌機例

下水道技術開発会議エネルギー分科会　（令和３年度第１回　2021.10.8）
国土交通省 国土技術政策総合研究所

２．2030年目標と実現するための技術的課題と取組の方向性
①省エネの取組状況

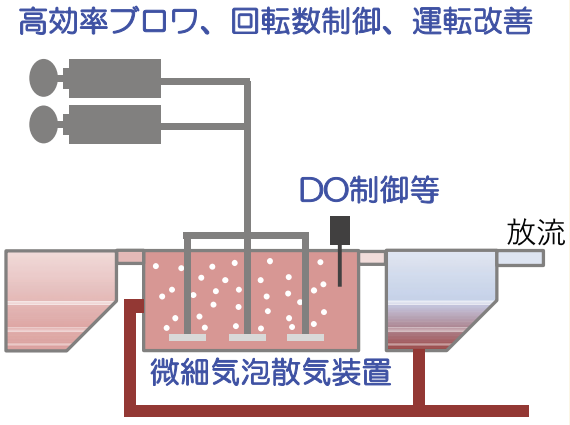
・反応タンク設備の省エネ対策について散気装置の高効率機器導入だけの部分最適ではなく、システム全体として省エネ対策実施している処理場の割合は４割程度。
・処理規模別で見た場合に大規模処理場に比べて小さい処理場の対策は進んでいない。

反応タンクの省エネ実施状況



反応タンクの省エネ対策例
- DO制御等システムの導入
- 微細気泡散気装置等の導入による送風量の適正化
- 送風機における消費電力分析と運転改善の実施
- 送風機における台数、風量、回転数制御システムの導入
- 高効率ブロワの導入の導入

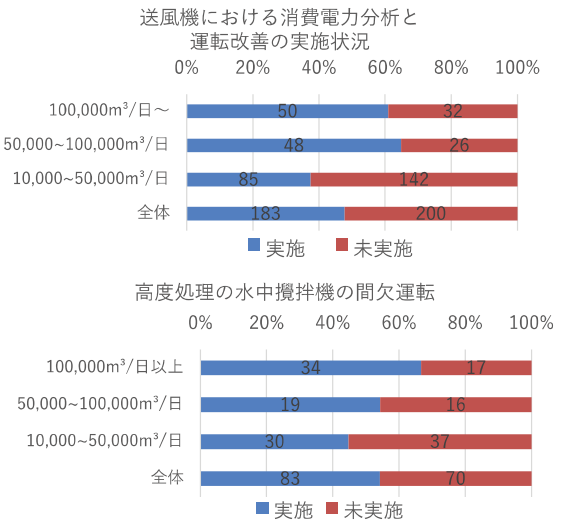
省エネ対策をシステム全体として導入した反応タンク設備のイメージ



２．2030年目標と実現するための技術的課題と取組の方向性
①省エネの取組状況

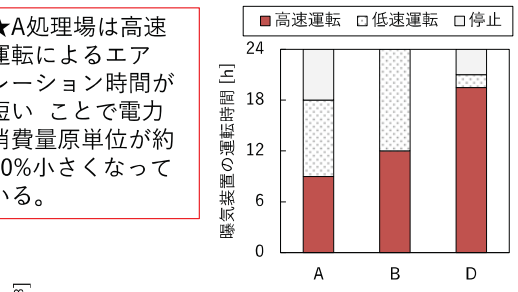
・送風機における消費電力分析を踏まえた運転改善や水中攪拌機の間欠運転の実施などは未実施の処理場も多いことから運転管理の工夫による省エネ対策は実施の余地を多く残している。

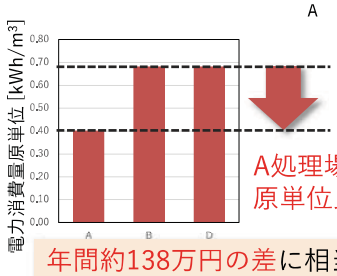
運転管理の改善による省エネ対策



小規模処理場（OD法）における運転管理の工夫例

★A処理場は高速運転によるエアレーション時間が短い　ことで電力消費量原単位が約40%小さくなっている。





A処理場は
原単位比で約40%低い。

年間約138万円の差に相当
(1,000 m³/d, 13.5 円/kWh [1] で試算)

[1] 濵田ら, 下水道協会誌 Vol.53 (649) 121–127

下水道技術開発会議エネルギー分科会　（令和３年度第１回　2021.10.8）
国土交通省 国土技術政策総合研究所
２．2030年目標と実現するための技術的課題と取組の方向性
①省エネの取組状況

（取組の方向性）
電気使用量原単位が横ばいであること、省エネに関するアンケートから省エネ対策にはその取組の余地を多く残していることを踏まえ、2030年目標を達成するために、現状の省エネ対策として改善寄与率の高い効果的・効率的な技術の導入と2030年までに実装可能な技術開発を中心に引き続き取り組むなど、一層の取り組みの推進が必要。具体的には以下について取り組む。

・CO_2排出量の大きい大規模処理場に関しては、今後処理水量が増加し、エネルギー消費量原単位が大きい高度処理法や処理水量のマス層である標準法について、
また、一定の排出量を占める小規模処理場において多く導入されているOD法について　等
処理方式や処理規模に応じた省エネ対策として反応タンク設備関連の寄与率の高い効果的・効率的な省エネ技術の導入・開発を推進する。

・汚泥処理設備の省エネ対策については、重油等石油系燃料利用が減少しているなど省エネ対策の効果が見えているものの、未対策の処理場もあることから処理方式や処理規模に応じた省エネ対策として汚泥濃縮機、消化タンク攪拌機、汚泥脱水機の省エネ化など寄与率の高い効果的・効率的な省エネ技術の導入・開発を推進する。

・反応タンク設備等の省エネ対策について、システム全体としての対策が不十分な現状を踏まえ、対策効果を一層上げるために、水処理、汚泥処理についてシステム全体として省エネ対策を推進する。

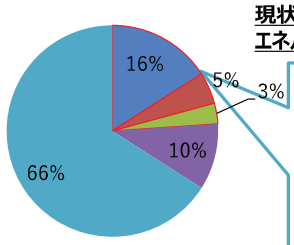
・あまり猶予のない2030年までの時間制約や自治体の厳しい経営状況等から、省エネ設備への更新が困難な処理場が存在することを踏まえ、消費電力や運転状況の見える化などのエネルギーマネジメントを通じて、運転管理の工夫により消費電力を削減するなど、ハード整備だけに頼らない総合的な取組を徹底する。

２．2030年目標と実現するための技術的課題と取組の方向性
②創エネ・再エネの取組状況

・下水汚泥エネルギー化率は２４%にとどまっている。
・消化を実施している処理場において、消化ガス発電や消化槽加温、その他処理場内利用などで使用されていない未利用のバイオガスが約5,300万m³/年が存在。

創エネの実績

現状：R元年度
エネルギー化率：24%



- 消化ガスの有効利用
- 固形燃料
- 焼却廃熱として利用
- 緑農地利用
- その他（埋立、建設資材など）

バイオガス発電施設
➢ 118カ所

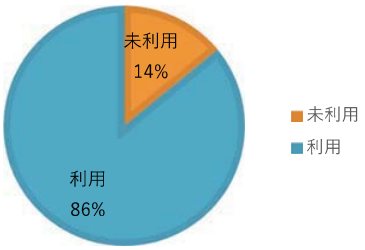
固形燃料化施設
➢ 20カ所

有効利用熱量
➢ 約26 万kl (原油換算)
(下水道分野のエネルギー消費量の約17%※1)

※国土交通省下水道部作成

未利用バイオガス

○ 汚泥資源等有効利用調査(H30)未利用バイオガスは334処理場で存在し、約5,300万m³/年(全体発生量3．77億m³/年のうち約14%)存在



15

２．2030年目標と実現するための技術的課題と取組の方向性
②創エネ・再エネの取組状況

（取組の方向性）
・２０３０年目標を達成するために、創エネルギーについては、そのポテンシャルに対して活用の余地が大きく、固形燃料化技術やバイオガス利用等下水汚泥のエネルギー化に関わる効果的・効率的な技術の導入や２０３０年までに実装可能な技術の開発を推進する。
・特に、あまり猶予のない２０３０年までの時間制約等から、大がかりな創エネ施設の導入が困難な処理場が存在することを踏まえると、例えば、小型発電設備の導入など比較的簡易な設備の付加による未利用バイオガスの活用を推進する。

燃料化技術

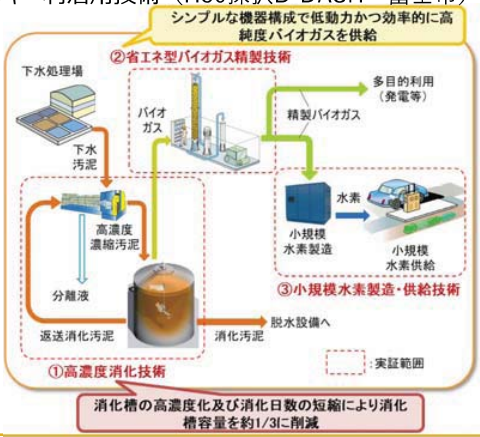
・脱水乾燥システムによる下水汚泥の燃料化技術
（H28採択B-DASH 鹿沼市）

機内二液調質型遠心脱水機
機内二液調質型脱水機から排出された細粒、低付着性汚泥を直接乾燥機へ導入

円環式気流乾燥機
汚泥の性状を利用し、構造やシステムの簡素化による低コスト化を実現

消化・バイオガス利用技術

・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（H30採択B-DASH　富士市）



16

２．2030年目標と実現するための技術的課題と取組の方向性
②創エネ・再エネの取組状況

・下水道施設で活用可能な、太陽光発電、小水力発電、風力発電及び下水熱利用等の再生可能エネルギーについては、温室効果ガス削減に資する一定のポテンシャルを有している。

再エネの実績

	発電量（kwh）	導入カ所数
太陽光：	約0.7億	110
小水力：	約0.02億	27
風力：	約0.07億	6
	発熱量（千GJ）	**導入カ所数**
下水熱：	約90	32

再エネポテンシャル

太陽光：
◆ 全処理場における水処理施設の上部（未利用部分）空間に導入した場合※1
約2.5 億kwh（下水道分野の電力消費量の約3.3%）

小水力：
◆ 2050年目標は処理水の放流時における落差を活用することが可能な処理場に導入した場合の発電量※2
約0.05 億kwh（下水道分野の電力消費量の約0.07%）

下水熱：
◆ 下水の有する熱総量※1
約 20,000 千GJ（約90万世帯の熱利用量）

※1：物理的、技術的に設置可能な個所から算出したものであり、採算性は考慮していない。
※2: 調書によるポテンシャル調査にて作成

※国土交通省下水道部作成

２．2030年目標と実現するための技術的課題と取組の方向性
②創エネ・再エネの取組状況

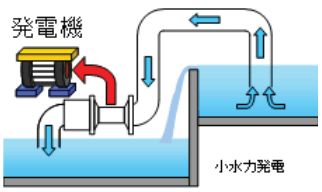
（取組の方向性）
２０３０年目標を達成するために、引き続き下水熱利用等の効果的・効率的な技術の導入や２０３０年までに実装可能な技術の開発を推進する。

下水熱利用

・下水熱融雪システム
（H30採択B-DASH 新潟市）

太陽光発電、風力発電、小水力発電

大阪府等における
太陽光発電等による
CO_2の削減
（約2,000t-CO_2）

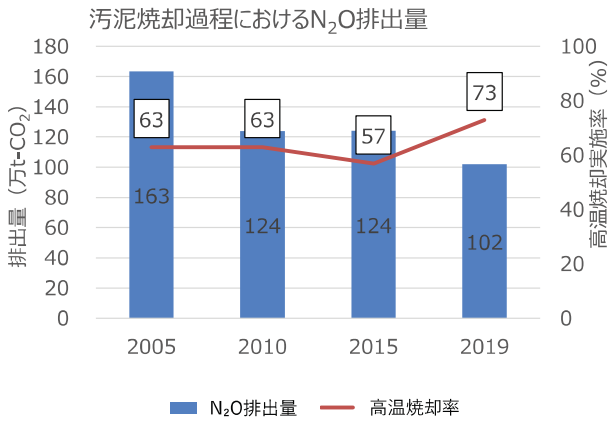


国土交通省下水道部HPより

２．2030年目標と実現するための技術的課題と取組の方向性
③下水汚泥焼却に伴い発生するN₂Oへの対策の取組状況

・高温焼却の実施や排出係数の低い炉への更新等により、
下水汚泥の焼却に伴うN₂Oの排出量は減少傾向。

汚泥焼却におけるN₂O排出



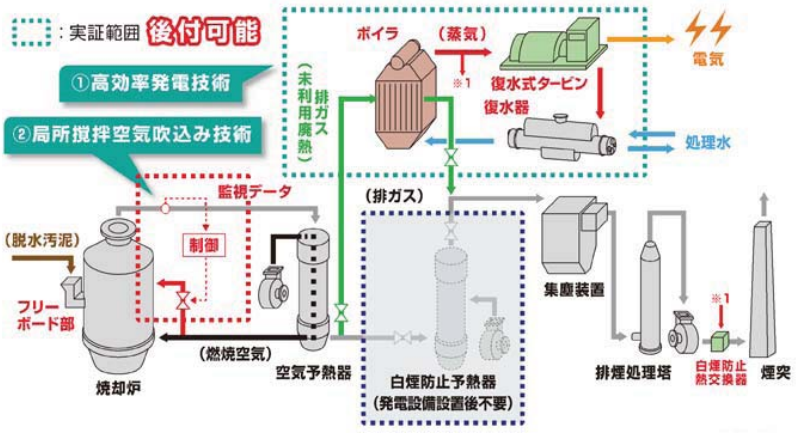
※国土交通省下水道部作成

２．2030年目標と実現するための技術的課題と取組の方向性
③下水汚泥焼却に伴い発生するN₂Oへの対策の取組状況

（取組の方向性）
- ２０３０年目標を達成するために、引き続き、下水汚泥の焼却施設における燃焼の高度化や、一酸化二窒素の排出の少ない焼却炉及び下水汚泥固形燃料化施設の設置を推進するための効果的・効率的な技術の導入や２０３０年までに実装可能な技術の開発を推進する。
- この際、焼却廃熱を有効活用しエネルギーの自立化を促進する。

汚泥焼却技術によるN₂O対策例

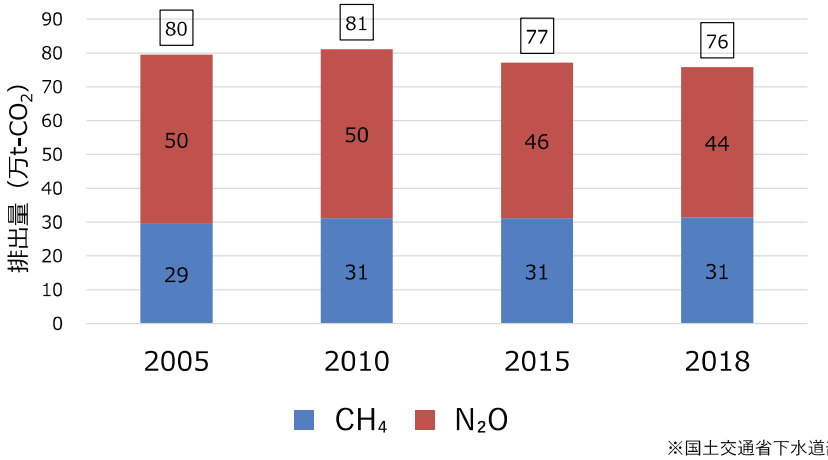
温室効果ガス削減を考慮した発電型汚泥焼却技術（H29採択B-DASH川崎市）
・汚泥焼却設備からの未利用廃熱を利用した高効率発電技術と局所撹拌空気吹込み技術の組み合わせにより電力の自立化や大幅な温室効果ガス排出量削減効果が見込まれる。



２．2030年目標と実現するための技術的課題と取組の方向性
④水処理に伴い発生するCH₄、N₂Oへの対策の取組状況

・水処理過程において発生するN₂O、CH₄の排出量は横ばい。
・N_2Oの発生メカニズムは依然として不明な点が多く、抑制対策は明確でない。

水処理からのN_2O, CH_4排出

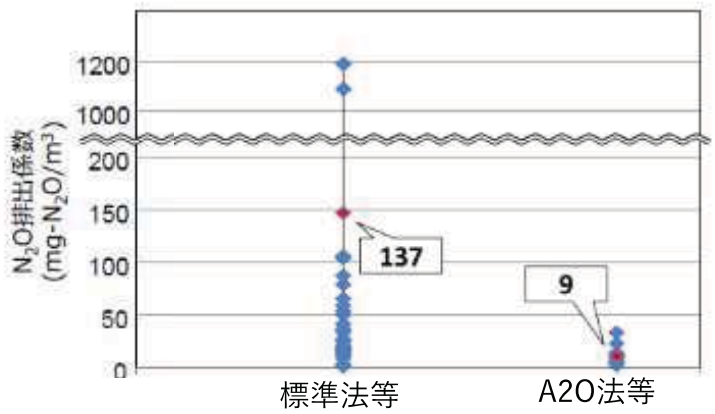


※国土交通省下水道部作成

２．2030年目標と実現するための技術的課題と取組の方向性
④水処理に伴い発生するCH₄、N₂Oへの対策の取組状況

（取組の方向性）
・N₂O発生メカニズム解明やそれを踏まえた抑制対策手法に関する調査研究については２０５０年を見据え引き続き推進する。

水処理過程におけるN₂O発生に関する研究



・Ａ２Ｏ法など高度処理については、N₂Oの排出量が小さい

・標準法等でも排出量が小さい処理場も存在している

※国総研平成24年度下水道関係調査研究年次報告書集の図表を基に作成

２．2030年目標と実現するための技術的課題と取組の方向性
⑤技術開発の動向

・2011年よりB-DASHプロジェクトを実施し、３０技術（うち2件は事業中）の脱炭素に資する技術を実証。
（取組の方向性）
R4テーマ2件も含め、２０３０年までに実装可能な効果的・効率的な技術の実証を推進する。

採択年度	省エネ	創エネ再エネ	農業利用・再生水	N_2O対策	実施事業名称	委託研究実施者
H23	○	○			超高効率固液分離技術を用いたエネルギーマネジメントシステム技術実証事業	メタウォーター・日本下水道事業団　共同研究体
	○	○			神戸市東灘処理場　再生可能エネルギー生産・革新的技術実証事業	神鋼環境ソリューション・神戸市　共同研究体
H24		○	○		温室効果ガスを排出しない次世代型下水汚泥固形燃料化技術実証事業	長崎市・長崎総合科学大学・三菱長崎機工　共同研究体
	○	○			廃熱利用型　低コスト下水汚泥固形燃料化技術実証事業	JFEエンジニアリング
		○			管路内設置型熱回収技術を用いた下水熱利用技術実証事業	大阪市・積水化学・東亜グラウト　共同研究体
	○				固定床型アナモックスプロセスによる高効率窒素除去技術実証事業	熊本市・日本下水道事業団・(株)タクマ　共同研究体
			○		神戸市東灘処理場　栄養塩除去と資源再生(リン)　革新的技術実証事業	水ing・神戸市・三菱商事アグリサービス　共同研究体
H25	○	○		○	脱水・燃焼・発電を全体最適化した革新的下水汚泥エネルギー転換システムの実証事業	メタウォーター・池田市　共同研究体
	○	○		○	下水道バイオマスからの電力創造システム実証事業	和歌山市・日本下水道事業団・京都大学・(株)西原環境・(株)タクマ　共同研究体
H26		○			水素リーダー都市プロジェクト～下水バイオガス原料による水素創エネ技術の実証～	三菱化工機(株)・福岡市・九州大学・豊田通商(株)　共同研究体
	○				無曝気循環式水処理技術実証事業	メタウォーター(株)・高知市・高知大学・日本下水道事業団共同研究体
	○				高効率固液分離技術と二点DO制御技術を用いた省エネ型水処理技術の技術実証事業	前澤工業(株)・(株)石垣・日本下水道事業団・埼玉県　共同研究体
	○				ICTを活用した効率的な硝化運転制御の実用化に関する技術実証事業	(株)日立製作所・茨城県　共同研究体
	○				ICTを活用したプロセス制御とリモート診断による効率的水処理運転管理技術実証事業	(株)東芝・日本下水道事業団・福岡県・(公財)福岡県下水道管理センター　共同研究体

下水道技術開発会議エネルギー分科会　（令和３年度第１回　2021.10.8）
国土交通省 国土技術政策総合研究所

２．2030年目標と実現するための技術的課題と取組の方向性
⑤技術開発の動向

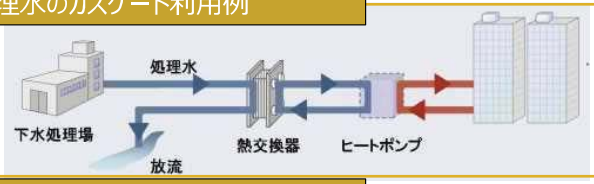
採択年度	省エネ	創エネ再エネ	農業利用・再生水	N2O対策	実施事業名称	委託研究実施者
H27		○			複数の下水処理場からバイオガスを効率的に集約・活用する技術	JNCエンジニアリング(株)・吸着技術工業(株)・(株)九電工・シンコー(株)・山鹿都市ガス(株)・熊本県立大学・山鹿市・大津町・益城町
			○		バイオガス中のCO_2分離・回収と微細藻類培養への利用技術実証事業	(株)東芝・(株)ユーグレナ・日環特殊(株)・(株)日水コン・日本下水道事業団・佐賀市
			○		下水処理水の再生処理システムに関する実証事業	(株)西原環境・(株)東京設計事務所・京都大学・糸満市共同研究体
H28	○	○	○		脱水乾燥システムによる下水汚泥の肥料化、燃料化技術実証事業	月島機械(株)、サンエコサーマル(株)、日本下水道事業団、鹿沼市農業公社、鹿沼市　共同研究体
	○	○	○		自己熱再生型ヒートポンプ式高効率下水汚泥乾燥技術実証事業	(株)大川原製作所、関西電力(株)、秦野市　共同研究体
	○				DHSシステムを用いた水量変動追従型水処理技術実証事業	三機工業(株)、東北大学、香川高等専門学校、高知工業高等専門学校、日本下水道事業団、須崎市　共同研究体
H29	○	○			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の実用化に関する実証事業	三菱化工機(株)・国立大学法人九州大学・日本下水道事業団・唐津市共同研究体
		○		○	温室効果ガス削減を考慮した発電型汚泥焼却技術の実用化に関する実証事業	JFEエンジニアリング(株)・日本下水道事業団・川崎市共同研究体
	○				最終沈殿池の処理能力向上技術実証事業	メタウォーター(株)・日本下水道事業団・松本市共同研究体
H30	○	○			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事業	神鋼環境ソリューション・日本下水道事業団・富士市共同研究体
	○	○			小規模下水処理場を対象とした低コスト・省エネルギー型高濃度メタン発酵技術に関する実証事業	大原鉄工所・西原環境・NJS・長岡技術科学大学・北海道大学・長岡市共同研究体
H30		○			小口径管路からの下水熱を利用した融雪技術の実用化に関する実証事業	東亜グラウト工業・丸山工務所・十日町市共同研究体
H30		○			ヒートポンプレスで低LCCと高COPを実現する下水熱融雪システムに関する研究	興和・積水化学工業・新潟市共同研究体
H31	○				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実証事業	メタウォーター・日本下水道事業団・町田市　共同研究体
R2	○	○	事業中		中小規模処理場同士の広域化に資する低コスト汚泥減量化技術の実証事業	月島機械㈱・日鉄セメント㈱・高砂熱学工業㈱・室蘭工業大学・室蘭市水道部共同研究体
R3	○				AIを活用した下水処理場運転操作の先進的支援技術に関する実証事業	明電舎・NJS・広島市・船橋市共同研究体
R4	○	○			最初沈殿池におけるエネルギー回収技術	
案	○				深槽曝気システムにおける省エネ型改築技術	

２．2030年目標と実現するための技術的課題と取組の方向性
⑥下水道のシステム最適化

・省エネに関するアンケート結果から、例えば反応タンク設備の省エネ対策についてシステム全体としての取り組みが不十分（再掲）。
・生ゴミや剪定枝等の受入を行う処理場は全国で９箇所に留まっており、さらに地域バイオマスを受け入れることができる可能性があるのではないか。
・処理水を再生水として利用し、更に下水熱を取得することや消化しバイオガス利用の上で、汚泥を農業利用することなどの処理水・汚泥のカスケード利用の推進が不十分　等
水処理、汚泥処理及び下水道のシステム全体としての最適化が十分に図られていない。

処理水のカスケード利用例

事例　名古屋市　ささしまライブ24地区
・再生水を熱利用に活用するとともに、運河の水質改善用水や修景用水として利用。



生ゴミや剪定枝等の受入を行う処理場一覧

供用開始	実施個所	処理場名	受け入れている他のバイオマス
平成29年	愛知県豊橋市	バイオマス利活用センター	下水汚泥、し尿・浄化槽汚泥、生ごみ
平成29年	石川県中能登町	バイオマスメタン発酵施設	下水汚泥、し尿・浄化槽汚泥、生ごみ、農業集落排水汚泥、食品加工廃棄物
平成27年	新潟県新潟市	中部下水処理場	刈草
平成27年	栃木県鹿沼市	黒川終末処理場	し尿、浄化槽汚泥、生ごみ
平成25年	北海道恵庭市	恵庭下水終末処理場	家庭系生ごみ、し尿、浄化槽汚泥
平成23年	富山県黒部市	黒部浄化センター	浄化槽汚泥、農業集落排水汚泥、コーヒー粕、生ごみ（ディスポーザー経由）
平成23年	北海道北広島市	北広島市下水処理センター	し尿、浄化槽汚泥、家庭系・事業系生ごみ
平成23年	兵庫県神戸市	東灘処理場	木くず、事業系食品廃棄物
平成19年	石川県珠洲市	珠洲市浄化センター	浄化槽汚泥、農業集落排水汚泥、し尿、事業系食品廃棄物

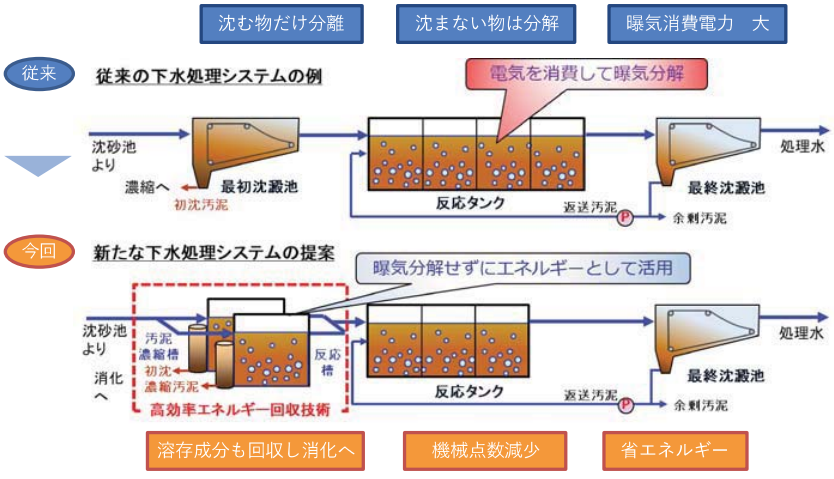
※国土交通省下水道部作成

２．2030年目標と実現するための技術的課題と取組の方向性
⑥下水道のシステム最適化

（取組の方向性）
２０３０年だけではなく、２０５０年も見据えて調査研究等技術開発やモデル事業を通じて、部分最適にとどまらず、システム全体で最適化を目指す。

令和4年度　B-DASHプロジェクトテーマ案　最初沈殿池におけるエネルギー回収技術（国土交通省下水道部資料）

・水処理、汚泥処理両方の最適化に資する技術イメージ



消化ガス発電を増大・消費電力を低減・省メンテナンス化

２．2030年目標と実現するための技術的課題と取組の方向性

・取組の方向性のまとめ

①省エネ	電気使用量原単位が横ばいであること、省エネに関するアンケートから省エネ対策にはその取組の余地を多く残していることを踏まえ、２０３０年目標を達成するために、現状の省エネ対策として改善寄与率の高い効果的・効率的な技術の導入と2030年までに実装可能な技術開発を中心に引き続き取り組むなど、一層の取り組みの推進が必要。具体的には以下について取り組む。 ・CO_2排出量の大きい大規模処理場に関しては、今後処理水量が増加し、エネルギー消費量原単位が大きい高度処理法や処理水量のマス層である標準法について、 また、一定の排出量を占める小規模処理場において多く導入されているOD法について　等 処理方式や処理規模に応じた省エネ対策として反応タンク設備関連の寄与率の高い効果的・効率的な省エネ技術の導入・開発を推進する。 ・汚泥処理設備の省エネ対策については、重油等石油系燃料利用が減少しているなど省エネ対策の効果が見えているものの、未対策の処理場もあることから処理方式や処理規模に応じた省エネ対策として汚泥濃縮機、消化タンク撹拌機、汚泥脱水機の省エネ化など寄与率の高い効果的・効率的な省エネ技術の導入・開発を推進する。 ・反応タンク設備等の省エネ対策について、システム全体としての対策が不十分な現状を踏まえ、対策効果を一層上げるために、水処理、汚泥処理についてシステム全体として省エネ対策を推進する。 ・あまり猶予のない２０３０年までの時間制約や自治体の厳しい経営状況等から、省エネ設備への更新が困難な処理場が存在することを踏まえ、消費電力や運転状況の見える化などのエネルギーマネジメントを通じて、運転管理の工夫により消費電力を削減するなど、ハード整備だけに頼らない総合的な取組を徹底する。
②創エネ・再エネ	・２０３０年目標を達成するために、創エネルギーについては、そのポテンシャルに対して活用の余地が大きく、固形燃料化技術やバイオガス利用等下水汚泥のエネルギー化に関わる効果的・効率的な技術の導入や２０３０年までに実装可能な技術の開発を推進する。 ・特に、あまり猶予のない２０３０年までの時間制約等から、大がかりな創エネ施設の導入が困難な処理場が存在することを踏まえると、例えば、小型発電設備の導入など比較的簡易な設備の付加による未利用バイオガスの活用を推進する。 ・２０３０年目標を達成するために、引き続き下水熱利用等の効果的・効率的な技術の導入や２０３０年までに実装可能な技術の開発を推進する。

２．2030年目標と実現するための技術的課題と取組の方向性

・取組の方向性のまとめ

③下水汚泥焼却に伴い発生するN_2Oへの対策	・２０３０年目標を達成するために、引き続き、下水汚泥の焼却施設における燃焼の高度化や、一酸化二窒素の排出の少ない焼却炉及び下水汚泥固形燃料化施設の設置を推進するための効果的・効率的な技術の導入や２０３０年までに実装可能な技術の開発を推進する。 ・ この際、焼却熱を有効活用しエネルギーの自立化を促進する。
④水処理に伴い発生するCH_4、N_2Oへの対策	・N_2O発生メカニズム解明やそれを踏まえた抑制対策手法に関する調査研究については２０５０年を見据え引き続き推進する。 ※２０５０年対応
⑤技術開発	・R4テーマ2件も含め、２０３０年までに実装可能な効果的・効率的な技術の実証を推進する。
⑥下水道のシステム最適化	・２０３０年だけではなく、２０５０年も見据えて調査研究等技術開発やモデル事業を通じて、部分最適にとどまらず、システム全体で最適化を推進する。

資料２－６

2050年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

下水道技術開発会議エネルギー分科会　（令和３年度第１回　2021.10.8）
国土交通省 国土技術政策総合研究所

目次

１．「下水道政策研究委員会　脱炭素社会への貢献のあり方検討小委員会」におけるカーボンニュートラルに関する検討状況

２．2050年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

１．「下水道政策研究委員会　脱炭素社会への貢献のあり方検討小委員会」におけるカーボンニュートラルに関する検討状況

○１０月１日に開催された「脱炭素小委員会」に次の６つの検討課題を踏まえ主要論点が示された。

検討課題１：温室効果ガス削減（エネルギー由来のCO_2）
検討課題２：温室効果ガス削減（N_2O等）
検討課題３：脱炭素化への貢献（創エネ）
検討課題４：脱炭素化への貢献（再エネ）
検討課題５：その他資源有効利用
検討課題６　脱炭素化への下水道の貢献可能性（地域との連携）

（主要な論点）
地域社会全体を捉えた上で、温室効果ガス排出の徹底した削減とともに、更なる資源集約や連携強化を通じたポテンシャルの最大活用による、新たな利用可能性の追求、貢献拡大をどのように図るべきか？

１．「下水道政策研究委員会　脱炭素社会への貢献のあり方検討小委員会」におけるカーボンニュートラルに関する検討状況

検討課題1：温室効果ガス削減（エネルギー由来のCO_2）

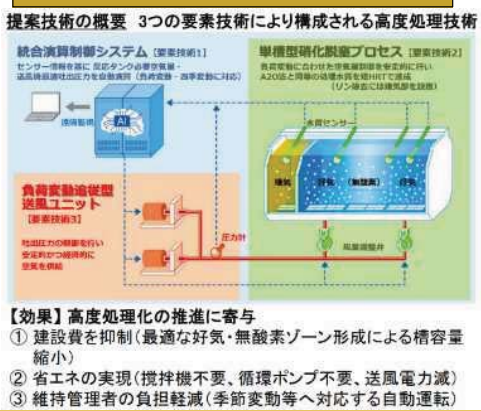
検討課題：GHG排出の大部分を占める電力、燃料消費の削減は、下水道事業におけるコスト削減にも寄与。経営改善にも資する徹底した省エネをどのように進めるべきか。

今後徹底した省エネを進める上で、地域特性等に応じた方策や各主体の役割はどうすべきか？

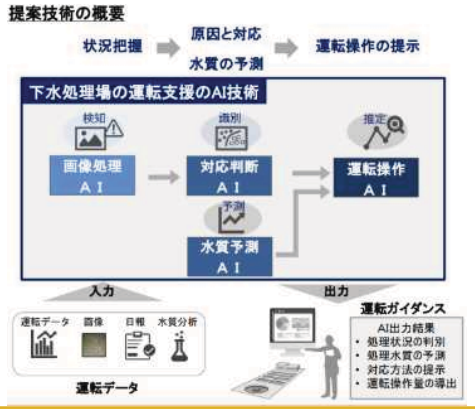
- 処理場のエネルギー消費の見える化を通じたエネルギーマネジメント
- 設備の省エネ化、ICTやAI等を活用した運転管理の効率化
- 動力の電化や新しい処理方法等の技術開発と導入

※国土交通省下水道部資料を基に作成

ICTを活用した高度処理技術
（H31採択B-DASH町田市）



AIによる運転支援技術
（Ｒ３採択Ｂ－ＤＡＳＨ　広島市等）



１．「下水道政策研究委員会　脱炭素社会への貢献のあり方検討小委員会」におけるカーボンニュートラルに関する検討状況

検討課題2：温室効果ガス削減（N_2O等）

検討課題：下水汚泥の焼却によるN_2O排出、水処理工程におけるN_2O、CH_4排出は下水道分野特有の課題であり、これらの削減をどのように進めるべきか？
（下水に含まれる資源として活用することはできないか?）

水処理におけるCH_4、N_2O排出については、今後どのように対策を進めるべきか？

- 排出メカニズムを研究した上で、排出抑制に向けた技術開発や削減効果の適正な評価
- 下水に含まれる資源を最大限活用するための研究・技術開発と導入

焼却過程におけるN_2O排出を更に抑えていくための方策は？

- 焼却を行わない処理方式の選択
- N_2O回収触媒等、更なるN_2O排出の低減に向けた炉の技術開発と導入

※国土交通省下水道部資料を基に作成

温室効果ガス削減型汚泥焼却炉（H25採択B-DASH池田市）

１．「下水道政策研究委員会　脱炭素社会への貢献のあり方検討小委員会」におけるカーボンニュートラルに関する検討状況

検討課題3：脱炭素化への貢献（創エネ）

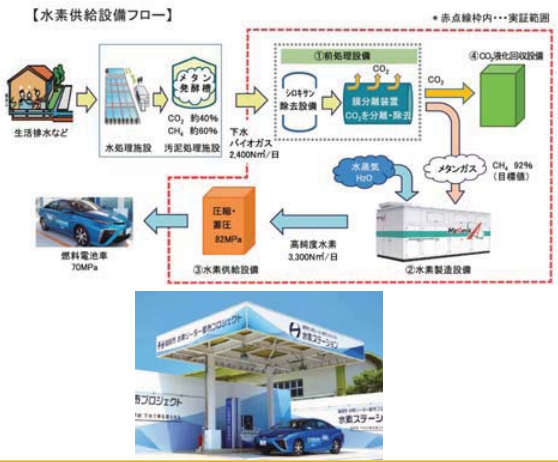
検討課題：創エネポテンシャルを最大限活かすためにどのように進めるべきか？

ポテンシャルの最大限活用していくために、取り組みの加速化と活用可能性を向上させる方策は？

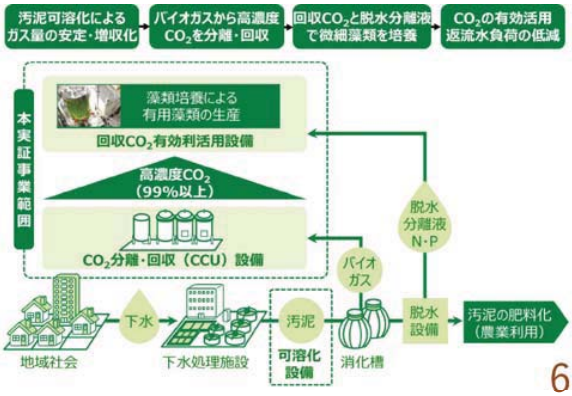
- ポテンシャルの開示による民間参入の促進等、更なる取組の加速化。
- 地域バイオマス等の受入等による更なる資源集約の推進。
- 技術開発による利用効率の向上や、他分野連携による水素等新たな利用可能性の追求。

※国土交通省下水道部資料を基に作成

水素創出技術
（H26採択B-DASH福岡市）



CO_2分離・回収と
微細藻類培養への利用技術
（H27採択B-DASH佐賀市）



１．「下水道政策研究委員会　脱炭素社会への貢献のあり方検討小委員会」におけるカーボンニュートラルに関する検討状況

検討課題4：脱炭素化への貢献（再エネ）

検討課題：下水熱や下水処理場用地等が有する再エネポテンシャルを、最大限活かすためにどのように進めるべきか？

経済性の向上により、更なる取り組みの加速、ポテンシャルの最大限活用していくためには？

- ポテンシャルの開示や導入支援による民間参入の促進等、更なる取組の加速化。
- 脱炭素地域づくり等のまちづくりとの連携による活用促進。

※国土交通省下水道部資料を基に作成

下水熱融雪システム（H30採択B-DASH 新潟市）

１．「下水道政策研究委員会　脱炭素社会への貢献のあり方検討小委員会」におけるカーボンニュートラルに関する検討状況

検討課題５：その他資源有効利用

検討課題：エネルギー以外の資源利用方法により、脱炭素化をどのように進めるべきか？

利用拡大を追求していくための方策は？

- 消化汚泥の農業利用等、エネルギー利用と組み合わせた汚泥のカスケード利用による、資源有効利用の最大化。
- ポテンシャルの開示による民間参入の促進等、更なる取組の加速化。
- 新たな利用方法の模索に向けた研究や、用途に応じた効率的な資源回収等の技術開発と導入。
- エネルギー以外の資源有効利用に対する脱炭素社会への適切な貢献評価。

※国土交通省下水道部資料を基に作成

農業利用

◆ 下水処理場に流入するリン全量を農業利用すれば、の**年間約120億円分（海外から輸入するリン約10%）に相当**

◆ 肥料利用を行う処理場：893カ所※1
（うち、自治体直営58カ所）
・コンポスト化施設29か所※2
・リン回収施設6か所※2

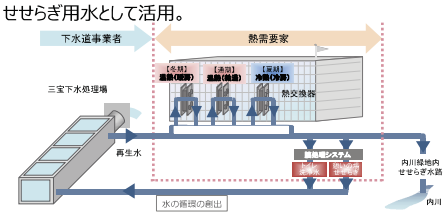
※1：下水道資源の農業利用に向けた BISTRO下水道　事例集
※2：令和元年度資源有効利用調査より

その他資源の活用

◆ 資源の農業利用の他、再生水の活用など、他の有効利用方法もあり。

カスケード利用の事例

- 堺市では給湯用の温熱利用の後、空調用で冷熱利用する日本初の「カスケード利用方式」を採用。
- さらに熱利用後の再生水は、施設内のトイレ洗浄や内川緑地のせせらぎ用水として活用。

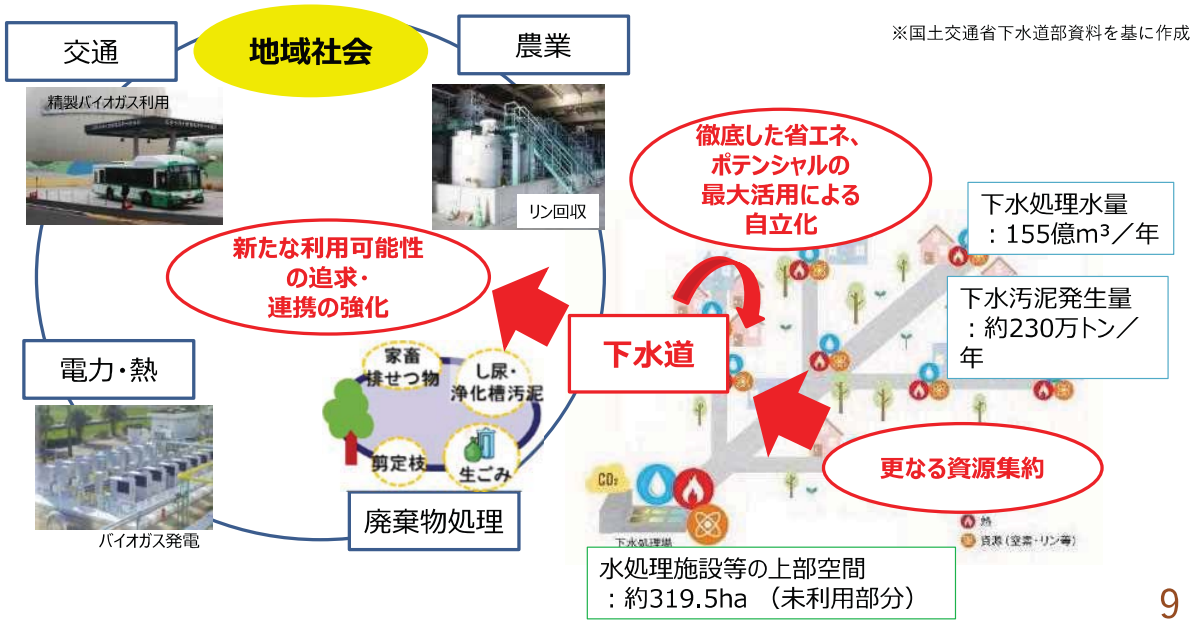


１．「下水道政策研究委員会　脱炭素社会への貢献のあり方検討小委員会」におけるカーボンニュートラルに関する検討状況

検討事項６　脱炭素化への下水道の貢献可能性（地域との連携）

検討課題：地域社会全体を捉えた上で、更なる資源集約や連携の強化を通じたポテンシャルの最大活用による、新たな利用可能性の追求、貢献の拡大をどのように図るべきか。

※国土交通省下水道部資料を基に作成



下水道技術開発会議エネルギー分科会　（令和３年度第１回　2021.10.8）
国土技術政策総合研究所
１．「下水道政策研究委員会　脱炭素社会への貢献のあり方検討小委員会」におけるカーボンニュートラルに関する検討状況

カーボンニュートラル、脱炭素化社会への下水道の貢献

※国土交通省下水道部資料を基に作成

主要な論点

地域社会全体を捉えた上で、温室効果ガス排出の徹底した削減とともに、更なる資源集約や連携強化を通じたポテンシャルの最大活用による、新たな利用可能性の追求、貢献拡大をどのように図るべきか？

温室効果ガス排出削減

省エネ

今後徹底した省エネを進める上で、地域特性等に応じた方策や各主体の役割
- エネルギー消費の見える化等のエネルギーマネジメント
- 動力の電化や新しい処理方法等の省エネ技術開発と導入

N_2O, CH_4対策

水処理におけるCH_4、N_2O排出について、今後の対策
- 排出メカニズムの研究
- 排出抑制に向けた技術開発や適正な削減評価
- 資源の最大限活用に向けた研究・技術開発と導入

焼却過程におけるN_2O排出を更に抑えていくための方策
- 焼却を行わない処理方式の選択
- 更なるN_2O排出の低減に向けた炉の技術開発と導入

ポテンシャルの最大活用

創エネ

ポテンシャルの最大限活用に向けた、取り組みの加速化と活用可能性の向上
- 民間参入の促進等、更なる取組の加速化。
- 地域バイオマス等の受入等による更なる資源集約
- 技術開発による利用効率の向上
- 他分野連携による新たな利用可能性の追求

再エネ

経済性の向上により、取り組みの加速とポテンシャルの最大限活用
- 民間参入の促進等、更なる取組の加速化
- 脱炭素地域づくり等のまちづくりとの連携

その他資源の有効利用（農業利用等）

利用拡大を追求していくための方策
- 汚泥のカスケード利用による、資源有効利用の最大化
- 民間参入の促進等、更なる取組の加速化
- 新たな利用方法の研究や、用途に応じた効率的な資源回収等の技術開発と導入
- 脱炭素社会への適切な貢献評価

２．2050年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

○エネルギー分科会でのテーマ（一部再掲）

「2050年カーボンニュートラルの実現に資するための下水道技術」のあり方については、「３．2030年目標達成のための技術的課題と取組の方向性」で掲げた事項に加えて、

「脱炭素小委員会」の主要な論点「地域社会全体を捉えた上で、温室効果ガス排出の徹底した削減とともに、更なる資源集約や連携強化を通じたポテンシャルの最大活用による、新たな利用可能性の追求、貢献拡大をどのように図るべきか？」を踏まえ、

下水道分野の他に、他分野の技術開発の動向についても把握しつつ、今後の下水道において期待される技術開発について、議論していくこととしている。

２．2050年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

○現状と課題

・「カーボンニュートラル、脱炭素化社会への下水道の貢献」にあたっては2018年時点において約600万t-CO_2温室効果ガスを排出している状況を踏まえると、一層の排出削減と創エネ・再エネの活用、その他必要なあらゆる手段とその実現のためのイノベーションが必要。

・例えば、新下水道ビジョンで掲げられてる「下水道システムの水・資源・エネルギーの集約・自立・供給拠点化」、「汚水処理の最適化」を目指すことが2050年カーボンニュートラルの実現に貢献することにつながると考えられるが、どの程度のイノベーションや技術導入がなされれば、どの程度貢献できるかについては検討が必要。

・また、新下水道ビジョンやそれを踏まえ作成された下水道技術ビジョンの記載事項以外の2050年を見据えた革新的技術の活用検討も必要。

新下水道ビジョン　長期ビジョン抜粋（再掲）
- 水・資源・エネルギーの集約・自立・供給拠点化
  - 再生水、バイオマスである下水汚泥、栄養塩類、下水熱について下水道システムを集約・自立・供給拠点化とする。
  - 従来の下水道の枠にとらわれずに、水・バイオマス関連産業との連携・施設管理の広域化、効率化を実現する
- 汚水処理の最適化
  - 省エネルギー化・汚泥処分量削減・温室効果ガス排出削減により、環境に配慮した汚水処理システムの構築を図る。

新下水道ビジョン　中期計画抜粋（再掲）
- 資源の集約拠点化
  - すべての都道府県において、広域化も視野に入れた、他のバイオマスと連携した下水汚泥の利活用計画を策定し、下水汚泥・他のバイオマスの効率的な利用を図る。
  - 希少資源であるリンの回収等を通して、食との連携により地産地消の地域づくりに積極的に貢献する。再生水、バイオマスである下水汚泥、栄養塩類、下水熱について下水道システムを集約・自立・供給拠点化とする。
- エネルギーの供給拠点化
  - 下水汚泥のエネルギーとしての利用割合（下水汚泥エネルギー化率）を約13%（H23）から約35%に増加させ、地域における再生可能エネルギー活用のトップランナーを目指す。
- エネルギーの自立化
  - 下水処理場のエネルギー自立も目指し、下水熱や下水処理施設の上部等を活用した太陽光発電等、下水道が有する多様なエネルギー源の有効利用を促進する。
- 省エネルギー対策・温室効果ガス排出量の削減
  - 下水道で消費するエネルギーを約１割削減するとともに、下水道から排出される温室効果ガス排出量を約11%削減する。

２．2050年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

○議論の進め方
・下水道分野の他に、他分野の技術開発の動向について把握し、2050年を見据えた革新的技術の活用可能性を検討する。
・2050年カーボンニュートラルの実現に向けてどういった技術がどの程度導入されれば、どの程度貢献できるのか、シナリオを今後検討し、以て開発すべき技術のロードマップを検討する。

シナリオイメージ（案）※今後さらに検討をする必要がある

１．現行トレンドシナリオ
現状の効果的・効率的な省エネ技術が2050年までに可能な限り普及展開し、また、下水汚泥エネルギー化率のトレンドを踏まえ現実的な創エネ対策が推進された場合、どの程度の温室効果ガス排出量の削減が可能となるか。

２．ゲームチェンジシナリオ
「１．現行トレンドシナリオ」に加えて、例えば、「2030年目標と実現するための技術的課題と取組の方向性」の中で2050年を見据えた課題とされている水処理に伴い発生するN_2Oの抑制対策が可能になることや現行の諸課題が解決し、下水道システムの最適化が図られることで、どの程度の温室効果ガス排出量の削減が可能となるか。
さらに2050年を見据えた革新的技術の導入が実現した場合、どの程度削減効果を上乗せできるのか。

（諸課題）
①システム全体としての省エネ化
②流入有機物の除去・創エネ活用
③処理水・汚泥のカスケード利用の推進
④圧送輸送が困難となる高効率脱水汚泥
⑤消化を促進するための汚泥濃縮、可溶化設備等前処理施設
⑥N_2O対策のため補助燃料を増加させる高温焼却
⑦地域バイオマスやその他の受け入れ
等

下水道技術開発会議エネルギー分科会　（令和３年度第１回　2021.10.8）
国土交通省 国土技術政策総合研究所

２．2050年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

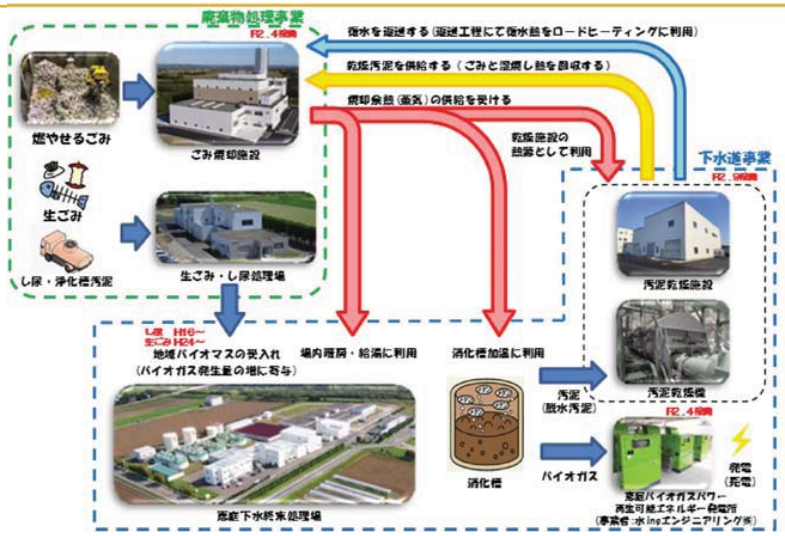
● 水・資源・エネルギーの集約・自立・供給拠点化（新下水道ビジョン）＋2050年を見据えた革新的技術

・Power to x（メタネーション技術）
・CO_2分離回収利用
・ＡＩ活用
・微生物燃料電池
・未利用熱のフル活用
・カーボンオフセット推進する仕組み・技術
・水素製造技術（再掲）
・藻類バイオマス（再掲）
等

２．2050年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

ベストプラクティスの紹介

- ◆ 北海道恵庭市では、平成24年より、新たなバイオマスとして「家庭系及び事業系生ごみ」を受け入れ、バイオガス発電事業を実施し、必要受電量を約42%削減。
- ◆ バイオガス売却収益は83,651千円であり、下水終末処理場年間維持費（476,721千円）の約18%にあたり、経営改善にもつながっている。（令和2年度実績）
- ◆ 更に、令和２年度より廃棄物処理施設との熱融通によりバイオガスを全量発電利用することで、下水道施設における使用電力量以上の発電量を確保。



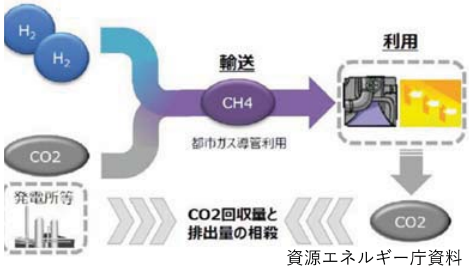
15

下水道技術開発会議エネルギー分科会　（令和３年度第１回　2021.10.8）
国土交通省 国土技術政策総合研究所

２．2050年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

メタネーション技術

・太陽光発電を用いた水分解により精製された水素を活用し、消化におけるメタン発生量の促進等期待。
・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（H30採択B-DASH　富士市）においても一部取組実施。



資源エネルギー庁資料

ＣＯ2分離回収利用

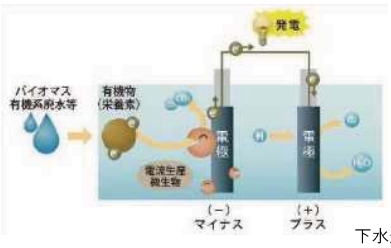
・消化ガス中のＣＯ2や焼却排ガス中のＣＯ2を分離回収し、場外の農業・工業利用やメタネーションへの活用などカーボンリサイクルが期待。
・グリーン成長戦略（令和3年6月METI等）では「高効率なCO2分離回収技術を開発し、コスト低減」を図り2024年から実証事業を行うこととなっている。
・下水道分野においてもバイオガス中のCO2分離・回収技術（H27採択B-DASH 佐賀市）でPSA法（加圧と減圧を繰り返しCH4,CO2を連続的に分離・回収する方法）による実施事例あり。（再掲）

固体吸収材

分離膜

微生物燃料電池

・微生物燃料電池による省エネ型廃水処理のための基盤技術の開発（H26採択GAIA　岐阜大学）



下水道技術ビジョンより

未利用熱のフル活用

・下水熱や焼却廃熱だけではなく、場内のあらゆる未利用熱をヒートポンプ・熱電変換・熱交換関連技術等の技術開発の進展を踏まえフル活用する。

カーボン・オフセット

・カーボン・オフセットとは、温室効果ガス排出について減るよう削減努力を行い、どうしても排出される温室効果ガスについて、排出量に見合った温室効果ガスの削減活動に投資すること等により、排出される温室効果ガスを埋め合わせるという考え方。
・下水道分野への適用方法・技術について検討が必要。

16

今後の検討の方向性とスケジュール

資料３

○１０月中　（一社）日本下水道施設業協会への技術アンケート

○１１月中旬　第２回エネルギー分科会
・2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発について
・2050年カーボンニュートラルの実現に貢献する下水道の技術開発について

○１２月
下水道政策研究委員会
脱炭素社会への貢献のあり方検討小委員会　へ分科会検討内容報告

○１２月　第３回エネルギー分科会　とりまとめ

下水道技術開発会議　第１回 エネルギー分科会
議事要旨

日　時　令和３年10月８（金）　10:00～12:00
場　所　WEB会議システムにより開催
出席者　座　　長　三宮座長
　　委　　員　永長委員、大上委員、堅田委員、斎藤委員、新川委員、西村委員、野口委員、藤本委員、宮本委員、山村委員
　　事　務　局　国土技術政策総合研究所

□ 議 題:

議事

1. 下水道技術開発会議エネルギー分科会について
2. 下水道政策研究委員会脱炭素社会への貢献のあり方検討小員会等との関係及び本分科会における今年テーマと論点について
3. 地球温暖化の現状とカーボンニュートラルに関する動向等
4. 2030年目標と実現するための技術的課題と取組の方向性について
5. 2050年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

資料2-5 2030年目標と実現するための技術的課題と取組の方向性について

○ 委員

・ 2018年度に600万ｔ排出されているので、目標とされている208万ｔを削減しても、2013年度比46%削減にはならないようだが、どのような計算になっているのか？

（回答）

・ 下水道分野での温室効果ガス排出量は2013年度でCO_2換算600万ｔ以上であるが、2030年のエネルギーミックスを考慮した電力排出係数で計算した場合は406万ｔとなる。この406万ｔに対し、下水道分野の取組みで208万ｔ削減する目標としている。

○ 委員

・ 使用電力における汚水と雨水の割合のデータがあれば提示してほしい。

○ 委員

・ p7 処理方式別のエネルギー原単位のグラフにおける縦軸の単位はどういったものか。

（回答）

・ グラフの縦軸の単位は重油換算のエネルギー消費量原単位になる。

○ 委員

・ p21 水処理からのCH_4、N_2Oの排出についてどの水処理を対象としたものか。

（回答）

・ 下水道統計では２次処理と高度処理それぞれの水量が示されており、それぞれの水量に該当する排出係数を掛けて算定している。

○ 委員

・ 2050 年まで考える時に人口減少や少子高齢化などの社会情勢の変化は考慮するのか。

（回答）

・ そのとおり。

○ 委員

・ p22 水処理過程における N_2O の直接排出に関して標準法においてはバラつきのある分布における平均的な値を排出係数としているが、実態と合っていない可能性がある。また、排出抑制について、現状は対策を立てることが困難である。データを集めないと本件は改善に向かわないと考えるのでデータ収集を行うべき。

（回答）

・ 国総研においても水処理過程から直接排出される N_2O の調査検討を進めている。国総研だけでどれだけデータを蓄積できるかということもあるので、データの蓄積方法についてどのようなやり方が良いのかということも含めて引き続き検討を行っていく。

○ 委員

・ 老朽化や雨水対策に取り組む中で脱炭素化に向けて、より自治体が取り組みやすいように具体な方策を示してほしい。
・ 日本全国の自治体が率先してできるスタイルにしてほしい。

（回答）

・ 次回の分科会では、効果的な対策技術の効果をできるだけ定量的に示したい。

○ 委員

・ 施設の老朽化対策など様々な課題を同時並行でやる必要があり、カーボンニュートラルのみを集中的に進めることは難しい。これまでも設備の省エネ化・創エネに取り組んできており、技術以外も含めて知恵の絞りどころを考えていく必要があると思う。
・ FIT により売電するなど、外部に対して CO_2 を減らしていくような取り組みは評価しているのか。

（回答）

・ FIT により売電されたものは CO_2 削減効果としてカウントされている。

○ 委員

・ 消化ガスの未利用分の活用について、発生量の月（季節）変動をどのように考えるか。なるべく最大限消化ガスを使用するというのであれば、効率的な発電機を入れたとしても投入される消化ガス量が一定でない以上、非効率な運転をせざるを得ない。経済的な効率とエネルギー的な効率が背反する可能性がある。それについてどのように考えるか。

（回答）

・ 次回、p15 の未利用バイオガス 14%の内、採算性を考慮した形でどの程度有効活用できるのか定量的に示していけたらと考えている。

○ 委員

- 消化ガスの発電効率は現状で40%程度であり、廃熱を消化槽の加温に使うにしても多くは、廃熱として捨てられている。この熱を利用しない限りは低炭素化に貢献することはできないのではないかと考える。熱利用を考える必要がある。熱利用ができる所で発電する必要がある。将来的にはそういう方向の技術開発や社会の仕組みが必要である。
- 下水道システムの最適化について、高温焼却によりN_2Oが大幅に削減できることと、汚泥量が多いならばエネルギーの自立化が可能であるということで大都市に関しては焼却の方に傾きつつあると感じている。有機物のエネルギー化という方向からすると現在の技術ではエネルギーの自立化ができるのはごく限られたケースであるが、本当に焼却で良いのか。低炭素化という意味でトータルとしてどのように評価されるべきか評価の方法を考える必要がある。

資料2-6 2050年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 について

○ 委員

- エネルギーポテンシャルの検討にあたり、脱炭素社会への貢献のあり方検討小委員会では、汚泥だけでなく下水全体で幅広い視野で検討すべきとの意見があった。下水処理システムそのものを含めて新しい開発余地があるかどうかも視点にいれていただきたい。
- 今後、技術開発を進めていく分野を選ぶに当たり、諸外国と比べて有用な技術を伸ばしていくことは国際貢献にも繋がる。本邦技術で優れているものを紹介いただきたい。

○ 委員

- リン鉱石の精製に莫大なエネルギーが掛かっている。下水道からリンを回収することでクレジットを発行できるようにするなど、直接のエネルギー消費量を削減するだけに限定しないカーボンニュートラルを達成するための仕組みが必要であると考える。
- 汚泥の肥料化、炭化等の下水から作ったものに対しての削減として考慮すれば、相当な量になると考える。
- また、設備を更新したことで、削減できたCO_2のクレジット分を売買できれば、更新需要と広域化、カーボンオフセットがうまく回るような仕組みができるのではないかと考える。

○ 委員

- 瀬戸内海では豊かな海の視点で季節別運伝を行っている。窒素、リンを取らない（取り過ぎない）というのもエネルギー削減につながることから処理水レベルについても議論して良いのではないか。

（回答）

- 2050年に向けては初めから限定をせずに、色々な可能性を検討していきたい。

○ 委員

- p16 下水道における窒素、リンは固形物ではなく溶存態の形の方が多い。溶存態の窒素、リンを回収して農地に還元する技術についても開発の必要があるのではないかと考える。

○ 委員

・ 下水道への排除基準に窒素、リンが含まれている。小さな工場・事業所などで排除基準を満足するために、無理に（エネルギーを掛けて）処理をしているケースがある。どの程度、温室効果ガス排出量に寄与しているか分からないが、無理に（小さな事業所等で）除去するよりも下水道に流入させて、処理場で処理した方が温室効果ガス排出量はマイナスになる（場合も多い）と考える。この排除基準が設定されている理由が知りたい。また、（将来的には）見直してもよいのではないか。

以上

（２）下水道技術開発会議

エネルギー分科会資料（第２回）

※参考資料１～5、

11/26 開催の委員資料１については、

本稿では掲載しない。

下水道技術開発会議　エネルギー分科会

議　事　次　第

日時：令和 3 年 11 月 22 日（月）13：00～16：00
場所：WEB 会議

1. 開会・資料確認 ―――――――――――――――――――――――――――――― 13：00～13：05（5 分）
事務局

2. 議事
(1) 各委員の発表
(2) 第 1 回エネルギー分科会におけるご意見について
(3) 2030 年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発目標
(4) 2050 年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
(5) 2050 年カーボンニュートラルの実現に貢献する下水道の技術開発とロードマップ
―――――――――――――――――――――――――――――― 13：05～15：55（170 分）

3. 今後のスケジュール ―――――――――――――――――――――――――― 15：55～16：00（5 分）
事務局

4. 閉会 ――
事務局

【配布資料】

資料 1：下水道技術開発会議　エネルギー分科会名簿
資料 2：下水道技術開発会議　エネルギー分科会資料
- 資料 2-1「第 1 回エネルギー分科会におけるご意見について」
- 資料 2-2「2030 年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目」
- 資料 2-3「2050 年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」
- 資料 2-4「2050 年カーボンニュートラルの実現に貢献する下水道の技術開発とロードマップ」

資料 3：今後のスケジュール

参考資料 1：下水道政策研究委員会 脱炭素社会への貢献のあり方検討小委員会第二回会議資料
参考資料 2：下水道革新的技術実証事業 技術情報資料
～新技術の導入を検討される皆様へ～令和 3 年版
参考資料 3：算出方法等について
参考資料 4：下水道技術ビジョン
参考資料 5：下水道技術開発会議エネルギー分科会設置主旨、規約、委員名簿
参考資料 6：場外ポンプ場の温室効果ガス排出量について

委員資料 1：西村委員資料　下水のエネルギーポテンシャル
委員資料 2：藤本委員資料　下水道機構の脱炭素化への取り組み

下水道技術開発会議　エネルギー分科会

議　事　次　第

日時：令和 3 年 11 月 26 日(金)9：20～12：00
場所：WEB 会議

1. 開会・資料確認 ―――――――――――――――――――――――――――――――― 9：20～9：25(5 分)
事務局

2. 議事
(1) 各委員の発表
(2) 第 1 回エネルギー分科会におけるご意見について
(3) 2030 年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発目標
(4) 2050 年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
(5) 2050 年カーボンニュートラルの実現に貢献する下水道の技術開発とロードマップ
―――――――――――――――――――――――――――――――― 9：25～11：55(150 分)
事務局

3. 今後の検討の方向性とスケジュール――――――――――――――――――――― 11：55～12：00(5 分)
事務局

4. 閉会 ――
事務局

【配布資料】

資料 1：下水道技術開発会議　エネルギー分科会名簿
資料 2：下水道技術開発会議　エネルギー分科会資料
- 資料 2-1「第 1 回エネルギー分科会におけるご意見について」
- 資料 2-2「2030 年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目」
- 資料 2-3「2050 年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」
- 資料 2-4「2050 年カーボンニュートラルの実現に貢献する下水道の技術開発とロードマップ」

資料 3：今後のスケジュール

参考資料 1：下水道政策研究委員会 脱炭素社会への貢献のあり方検討小委員会第二回会議資料
参考資料 2：下水道革新的技術実証事業 技術情報資料
～新技術の導入を検討される皆様へ～令和 3 年版
参考資料 3：算出方法等について
参考資料 4：下水道技術ビジョン
参考資料 5：下水道技術開発会議エネルギー分科会設置主旨、規約、委員名簿
参考資料 6：場外ポンプ場の温室効果ガス排出量について

委員資料 1：宮本委員資料　下水道事業を 2050 年にカーボンニュートラルとするために
必要な論点
委員資料 2：山村委員資料　炭化による CO_2 固定量の概算

資料１

下水道技術開発会議　エネルギー分科会 第2回 出席者名簿 （令和3年11月22日）

（敬称略）

エネルギー分科会 委員

国土交通省水管理・国土保全局　下水道部　下水道企画課　下水道国際・技術室下水道国際推進官	大上　陽平
日本大学理工学部土木工学科教授	齋藤　利晃
京都大学大学院工学研究科附属流域圏総合環境質研究センター准教授	西村　文武
福岡県建築都市部下水道課課長	野口　寿文
公益財団法人 日本下水道新技術機構資源循環研究部部長	藤本　裕之
国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水道エネルギー・機能復旧研究官	三宮　武

事務局

国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水処理研究室長	田隗　淳
国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水処理研究室　主任研究官	岩渕　光生
国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水処理研究室　研究官	藤井　都弥子
国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水処理研究室　交流研究員	安倉　直希
国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水道研究室　主任研究官	茨木　誠
公益財団法人日本下水道新技術機構　資源循環研究部	蓮見　修平
公益財団法人日本下水道新技術機構　資源循環研究部	熊野　智之

資料１

下水道技術開発会議　エネルギー分科会 第2回 出席者名簿 （令和3年11月26日）

（敬称略）

エネルギー分科会 委員

大阪市建設局下水道部施設管理課課長	永長　大典
一般社団法人　日本下水道施設業協会技術部部長	堅田　智洋
日本下水道事業団 技術戦略部資源エネルギー技術課課長	新川　祐二
国立研究開発法人土木研究所材料資源研究グループ主任研究員	宮本　豊尚
中央大学理工学部教授	山村　寛
国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水道エネルギー・機能復旧研究官	三宮　武

事務局

国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水処理研究室長	田隗　淳
国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水処理研究室　主任研究官	岩渕　光生
国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水処理研究室　研究官	藤井　都弥子
国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水処理研究室　交流研究員	安倉　直希
国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水道研究室　主任研究官	茨木　誠
公益財団法人日本下水道新技術機構　資源循環研究部	蓮見　修平
公益財団法人日本下水道新技術機構　資源循環研究部	熊野　智之

資料２－１

第１回エネルギー分科会における ご意見について

第１回エネルギー分科会におけるご意見について

No.	分類	意見	対応	該当ページ
1	脱炭素社会への貢献に向けた下水道のあり方	エネルギーポテンシャルの検討にあたり、脱炭素社会への貢献のあり方検討小委員会では、汚泥だけでなく下水全体で幅広い視野で検討すべきとの意見があった。下水処理システムそのものを含めて新しい開発余地があるかどうかも視点にいれていただきたい。	○資料２－４ロードマップにおいて様々な開発項目について位置づけ。	資料2-4
2	脱炭素社会への貢献に向けた下水道のあり方	窒素、リンを取らない（取り過ぎない）というのもエネルギー削減につながることから処理水レベルについても議論して良いのではないか。	○資料２－３において課題認識。また、関連する技術開発について資料２－４ロードマップにおいて位置づけ。	資料2-3　P27 資料2-4　P6
3	脱炭素社会への貢献に向けた下水道のあり方	有機物のエネルギー化という方向からすると現在の技術ではエネルギーの自立化ができるのはごく限られたケースであるが、本当に焼却で良いのか。低炭素化という意味でトータルとしてどのように評価されるべきか評価の方法を考える必要がある。	○資料２－３において課題認識や試算を踏まえた対応を整理。また、関連する技術開発について資料２－４ロードマップにおいて位置づけ。	資料2-3　P27 P40 資料2-4　P6
4	脱炭素社会への貢献に向けた下水道のあり方	窒素等の排除基準が設定されている理由が知りたい。また、（将来的には）見直してもよいのではないか。	○下水処理場における除去実績等を踏まえて条例の基準を設定し、個別に条例で設定可能としている。	資料2-3　P27 資料2-4　P6

第１回エネルギー分科会におけるご意見について

No.	分類	意見	対応	該当ページ
5	下水道資源の有効利用	消化ガスの未利用分の活用について、発生量の月（季節）変動をどのように考えるか。なるべく最大限消化ガスを使用するというのであれば、効率的な発電機を入れたとしても投入される消化ガス量が一定でない以上、非効率な運転をせざるを得ない。経済的な効率とエネルギー的な効率が背反する可能性がある。それについてどのように考えるか。	○資料２－２において、経済性を含めた試算を実施。その際、稼働率を考慮。	資料2-2　P23
6	下水道資源の有効利用	消化ガスの発電効率は現状で40%程度であり、廃熱を消化槽の加温に使うにしても多くは、廃熱として捨てられている。この熱を利用しない限りは低炭素化に貢献することはできないのではないかと考える。熱利用を考える必要がある。熱利用ができる所で発電する必要がある。将来的にはそういう方向の技術開発や社会の仕組みが必要である。	○資料２－２，３において熱利用を考慮した試算を実施。また、関連する技術情報を提示。さらに技術開発について資料２－４ロードマップにおいて位置づけ。	資料2-2　P11 P28 資料2-3　P20 P21 P38 資料2-4　P15
7	下水道資源の有効利用	溶存態の窒素、リンを回収して農地に還元する技術についても開発の必要があるのではないかと考える。	○関連する技術や技術開発について資料２－３、４ロードマップにおいて位置づけ。	資料2-3　P23 P24 資料2-4　P17 P19

下水道技術開発会議エネルギー分科会　（令和３年度第２回　2021.11.22，26 ）
国土交通省 国土技術政策総合研究所

第１回エネルギー分科会におけるご意見について

No.	分類	意見	対応	該当ページ
8	N_2O	N_2Oの排出抑制について、現状は対策を立てることが困難である。データを集めないと本件は改善に向かわないと考えるのでデータ収集を行うべき。	○資料２－２，３において国総研としてデータ収集を進めることとしている。また、関連する技術開発について資料２－４ロードマップへ位置づけ。	資料2-2　P6 資料2-3　P26 資料2-4　P7
9	その他	リン鉱石の精製に莫大なエネルギーが掛かっている。下水道からリンを回収することでクレジットを発行できるようにするなど、直接のエネルギー消費量を削減するだけに限定しないカーボンニュートラルを達成するための仕組みが必要。	○資料２－３において、コンポスト利用による化学肥料の製造に伴うCO2排出量削減効果を試算。また、関連する技術開発について資料２－４ロードマップにおいて位置づけ。	資料2-3　P39 資料2-4　P9
10	その他	設備を更新したことで、削減できたCO_2のクレジット分を売買できれば、更新需要と広域化、カーボンオフセットがうまく回るような仕組みができるのではないか。	○関連する技術開発について資料２－４ロードマップにおいて位置づけ。	資料2-4　P9
11	その他	使用電力における汚水と雨水の割合のデータがあれば提示してほしい。	○場外ポンプ場における排出量の割合を提示。	参考資料６
12	その他	老朽化や雨水対策に取り組む中で脱炭素化に向けて、より自治体が取り組みやすいように具体な方策を示してほしい。	○資料２－２，３において具体的なメニュー、試算を提示。	資料2-2,3

資料２-２

2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目

下水道技術開発会議エネルギー分科会　（令和３年度第２回　2021.11. 22,26 ）

国土技術政策総合研究所

目次

１．地球温暖化対策計画の目標

２．取組の方向性
- ①省エネの取組
- ②創エネ・再エネの取組
- ③下水汚泥焼却に伴い発生するN_2Oへの対策の取組
- ④水処理に伴い発生するCH_4、N_2Oへの対策の取組
- ⑤技術開発の動向
- ⑥下水道のシステム最適化

3．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果
- ①超大規模処理場（ A2O法）
- ②大規模処理場　（A2O法）
- ③中規模処理場（標準法）
- ④小規模処理場（OD法）
- ⑤未利用バイオガスの利用効果
- ⑥B-DASHの技術例
- ⑦まとめ

４．　2030年目標達成に向けた技術開発

2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
１．地球温暖化対策計画の目標

・**地球温暖化対策計画改定（令和3年10月22日閣議決定）における下水道分野の削減目標（2030年目標）**

- ２０３０年度における温室効果ガス排出量を２０１３年度比（二酸化炭素換算で）**２０８万t-CO_2**削減。
- 2050年カーボンニュートラルに向けて更なる高みを目指す。

省エネの促進

現状: 電力消費量が増加傾向

目標: 年率約2%の削減を確保し、約60万t-CO_2を削減

進捗見通: 省エネ法に基づく取組(年率１%削減)よりも一層の取組加速が必要。

下水汚泥のエネルギー化（創エネ）

現状: 下水汚泥エネルギー化率：24%（R元年度）

目標: エネルギー化率を37%まで向上させることで、約70万t-CO_2を削減

進捗見通: 自治体の導入計画の確実な実施、更なる取組の拡大が必要。

焼却の高度化

現状: 高温焼却率：約73%（R元年度）

目標: 高温焼却率100%、新型炉への更新により、約78万t-CO_2を削減

進捗見通: 改築更新時に高温焼却への確実な更新、更なる排出削減に向けた取組が必要。

再エネ利用の拡大

現状: 太陽光：約0.7 億kWh
小水力：約0.02 億kWh
風　力：約0.07 億kWh
下水熱：約90 千GJ

目標: 導入推進により、約1万t-CO_2を削減

進捗見通: 達成見込み

地球温暖化対策計画改定における2013年度の下水道分野の温室効果ガス排出量は約406万t-CO_2

・2030年度の全電源平均の電力排出係数：0.25kg-CO_2/kWh（出典：長期エネルギー需給見通し（H27.7 資源エネルギー庁））使用。

※国土交通省下水道部作成資料を基に作成

2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
２．取組の方向性

下水道分野の削減目標（2030年度目標）の実現のために「具体的にどの技術分野をどの程度活用することによって、目標の達成が可能となるか」、「さらなる高みに向けた取り組みの可能性はあるか」等について、議論していくこととしている。第一回分科会では、主に下記の取組の方向性を提案。

①省エネの取組
②創エネ・再エネの取組
③下水汚泥焼却に伴い発生するN_2Oへの対策の取組
④水処理に伴い発生するCH_4、N_2Oへの対策の取組
⑤技術開発の動向
⑥下水道のシステム最適化

2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
２．取組の方向性

①省エネ	電気使用量原単位が横ばいであること、省エネに関するアンケートから省エネ対策にはその取組の余地を多く残していることを踏まえ、２０３０年目標を達成するために、現状の省エネ対策として改善寄与率の高い効果的・効率的な技術の導入と2030年までに実装可能な技術開発を中心に引き続き取り組むなど、一層の取り組みの推進が必要。具体的には以下について取り組む。 ・CO_2排出量の大きい大規模処理場に関しては、今後処理水量が増加し、エネルギー消費量原単位が大きい高度処理法や処理水量のマス層である標準法について、 また、一定の排出量を占める小規模処理場において多く導入されているOD法について　等 処理方式や処理規模に応じた省エネ対策として反応タンク設備関連の寄与率の高い効果的・効率的な省エネ技術の導入・開発を推進する。 ・汚泥処理設備の省エネ対策については、重油等石油系燃料利用が減少しているなど省エネ対策の効果が見えているものの、未対策の処理場もあることから処理方式や処理規模に応じた省エネ対策として汚泥濃縮機、消化タンク撹拌機、汚泥脱水機の省エネ化など寄与率の高い効果的・効率的な省エネ技術の導入・開発を推進する。 ・反応タンク設備等の省エネ対策について、システム全体としての対策が不十分な現状を踏まえ、対策効果を一層上げるために、水処理、汚泥処理についてシステム全体として省エネ対策を推進する。 ・あまり猶予のない２０３０年までの時間制約や自治体の厳しい経営状況等から、省エネ設備への更新が困難な処理場が存在することを踏まえ、消費電力や運転状況の見える化などのエネルギーマネジメントを通じて、運転管理の工夫により消費電力を削減するなど、ハード整備だけに頼らない総合的な取組を徹底する。
②創エネ・再エネ	・２０３０年目標を達成するために、創エネルギーについては、そのポテンシャルに対して活用の余地が大きく、固形燃料化技術やバイオガス利用等下水汚泥のエネルギー化に関わる効果的・効率的な技術の導入や２０３０年までに実装可能な技術の開発を推進する。 ・特に、あまり猶予のない２０３０年までの時間制約等から、大がかりな創エネ施設の導入が困難な処理場が存在することを踏まえると、例えば、小型発電設備の導入など比較的簡易な設備の付加による未利用バイオガスの活用を推進する。 ・２０３０年目標を達成するために、引き続き下水熱利用等の効果的・効率的な技術の導入や２０３０年までに実装可能な技術の開発を推進する。

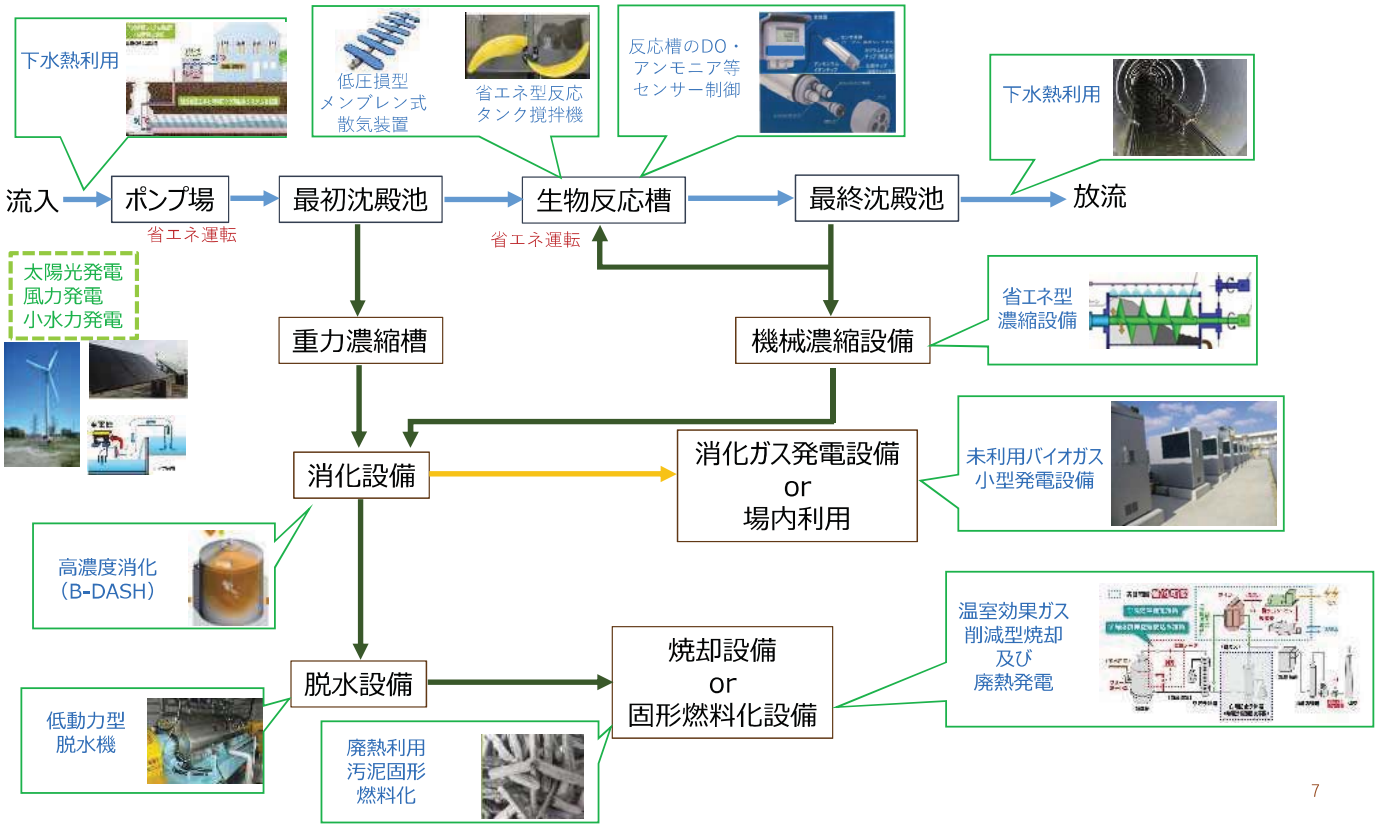
※寄与率：（公財）日本下水道新技術機構の調査の結果で得られた、対策項目ごとの消費エネルギー削減効果の割合

下水道技術開発会議エネルギー分科会　（令和３年度第２回　2021.11. 22,26 ）

2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
２．取組の方向性

③下水汚泥焼却に伴い発生するN_2Oへの対策	・２０３０年目標を達成するために、引き続き、下水汚泥の焼却施設における燃焼の高度化や、一酸化二窒素の排出の少ない焼却炉及び下水汚泥固形燃料化施設の設置を推進するための効果的・効率的な技術の導入や２０３０年までに実装可能な技術の開発を推進する。 ・　この際、焼却熱を有効活用しエネルギーの自立化を促進する。
④水処理に伴い発生するCH_4、N_2Oへの対策	・N_2O発生メカニズム解明やそれを踏まえた抑制対策手法に関する調査研究については２０５０年を見据え引き続き推進する。 ※２０５０年対応
⑤技術開発	・R4テーマ2件も含め、２０３０年までに実装可能な効果的・効率的な技術の実証を推進する。
⑥下水道のシステム最適化	・２０３０年だけではなく、２０５０年も見据えて調査研究等技術開発やモデル事業を通じて、部分最適にとどまらず、システム全体で最適化を推進する。

2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
３．　2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果



下水道技術開発会議エネルギー分科会　（令和３年度第２回　2021.11. 22,26 ）

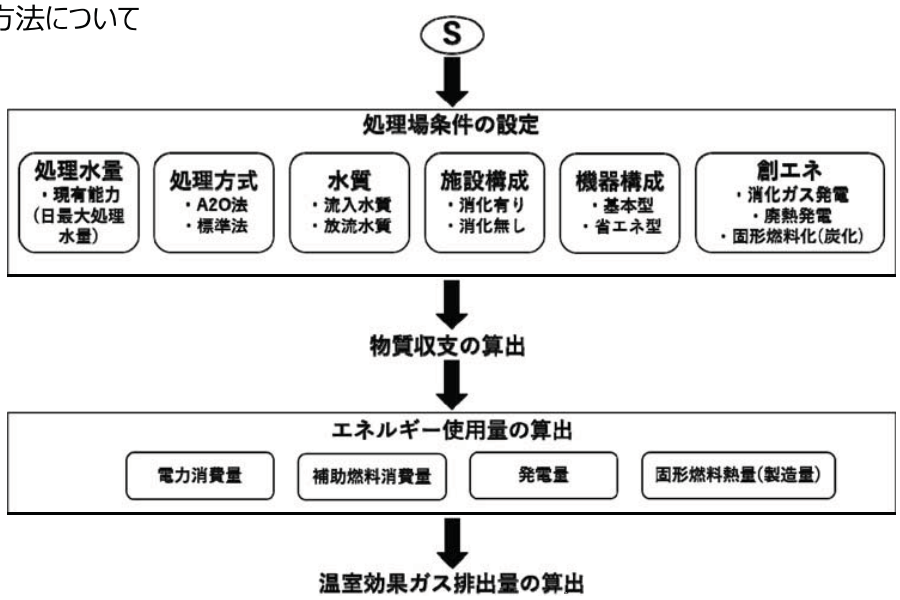
2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
３．　2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

○ 2030年目標達成のための導入すべき技術について、処理方式・処理規模別に代表的な対策技術の導入効果を①～④にて試算、事例提示を行う。
　⑤においては有効活用が期待される未利用バイオガスの利用効果に関する試算結果を提示する。
　⑥においては、個別技術の導入効果だけではなく、水処理・汚泥処理システムとしての導入効果をB-DASH技術事例からその効果例を提示する。
　⑦では、上記を踏まえた2030年目標達成のための導入すべき技術について整理を行った。

①超大規模処理場（A2O法　日最大流入水量20万m³/日）
　　省エネ機器導入、運転管理改善、汚泥処理フローの変更による温室効果ガス削減効果の試算
②大規模処理場　（A2O法　日最大流入水量10万m³/日）
　　省エネ機器導入、運転管理改善、汚泥処理フローの変更による温室効果ガス削減効果の試算
③中規模処理場　（標準法　日最大流入水量5万m³/日）
　　省エネ機器導入、運転管理改善、汚泥処理フローの変更による温室効果ガス削減効果の試算
④小規処理場　　(OD法　日最大流入水量1万m³/日以下)
　　自動制御による消費電力削減効果事例
⑤未利用バイオガスの利用効果
⑥B-DASHの技術例
⑦まとめ

2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
３．　2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

・①～③試算方法について



※処理場条件の設定に当たっては、
　下水道統計、設計指針、既往の研究成果等の標準的な値を設定値としている。
※物質収支をもとに、処理に必要な槽容量や反応槽の必要空気量、水理学的滞留時間、汚泥量の算出を行う。
※運転管理の工夫による省エネ効果については、省エネ機器を導入した削減効果を計算した後に、運転管理の工夫による所定の削減率をかけることで見込んでいる。

2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
３．　2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

①超大規模処理場（A2O法　日最大流入水量20万m³/日）
　　省エネ機器導入、運転管理改善、汚泥処理フローの変更による温室効果ガス削減効果の試算

・導入省エネ機器

適用箇所	基本型	省エネ型
散気装置	散気板	メンブレン式
反応タンク 撹拌機	水中 かくはん機	省エネ型 かくはん機
汚泥濃縮機	遠心式	ベルト濃縮機
汚泥脱水機	遠心脱水機	スクリュープレス

・運転管理改善手法例

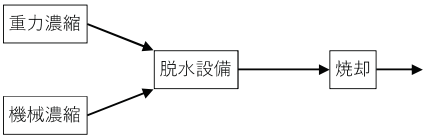
	主ﾎﾟﾝﾌﾟ	送風機	送風量の 適正化	反応タンク 水中撹拌機	汚泥貯留槽 撹拌機	返送汚泥 ポンプ
検討事例	稼働ポンプ変更 による 効率的な運転	稼働送風機変更 による 効率的な運転	必要空気量に 応じた送風量の 適正化	撹拌機の 間欠運転	撹拌機の 間欠運転	回転数の見直し による 適切な吐出量へ の変更

※具体的な運転管理改善効果については（公財)下水道新技術機構の過去の実績より、同流量規模の運転管理改善効果の平均値である5.5％を使用 して算出。

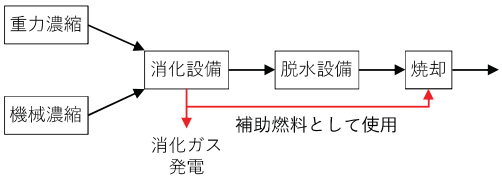
2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
３．　2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

①超大規模処理場（A2O法　日最大流入水量20万m³/日）
　　省エネ機器導入、運転管理改善、汚泥処理フローの変更による温室効果ガス削減効果の試算

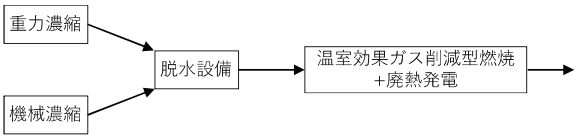
対象系汚泥フロー



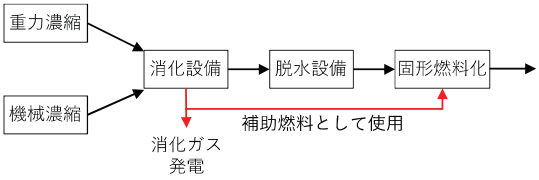
導入系2汚泥フロー



導入系1汚泥フロー



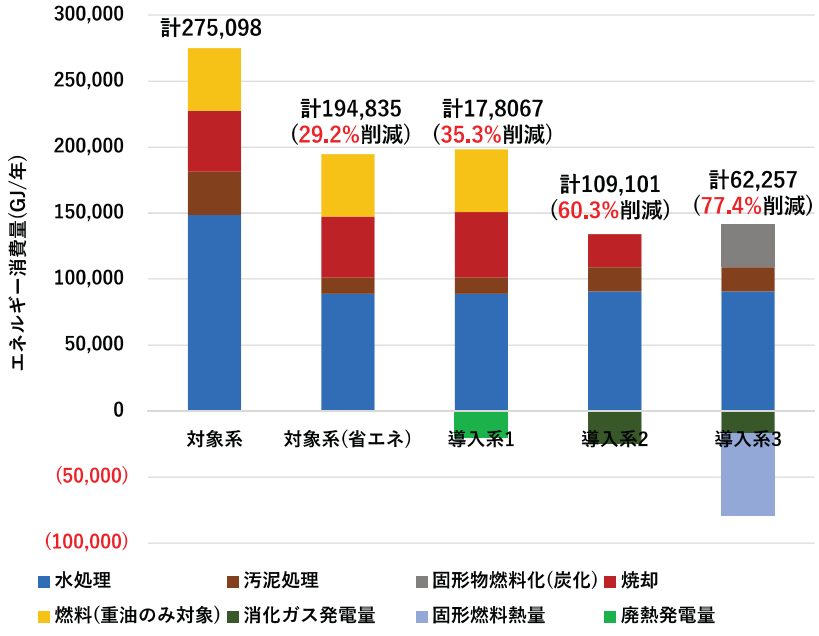
導入系3汚泥フロー



下水道技術開発会議エネルギー分科会　（令和３年度第２回　2021.11. 22,26 ）

2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
３．　2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

・超大規模処理場（A2O法　日最大流入水量　20万m³/日）における消費エネルギー削減効果

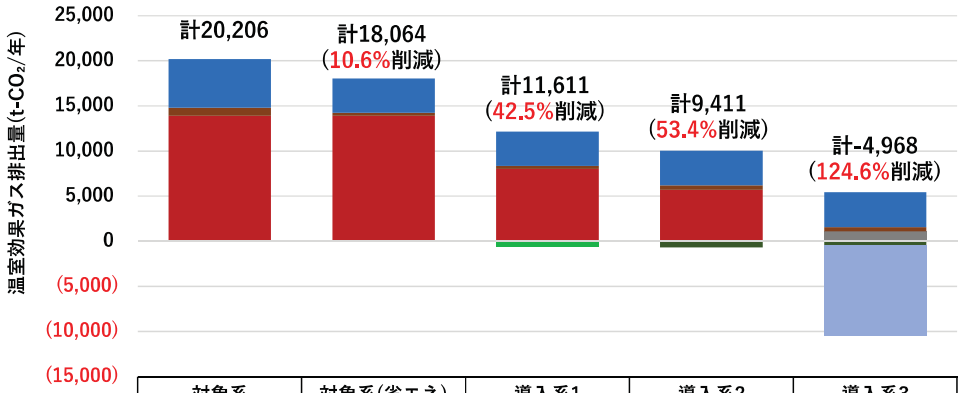


※固形燃料(炭化)は外部で製品利用を行うとして削減効果を計上している

＊以上の試算は速報値であり精査中です。

2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
３．　2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

・超大規模処理場（A2O法　日最大流入水量　20万m³/日）における
　温室効果ガス排出量の削減効果



	対象系	対象系(省エネ)	導入系1	導入系2	導入系3
水処理	5,407	3,805	3,805	3,852	3,852
汚泥処理	871	330	330	494	494
固形燃料化	0	0	0	0	1,093
焼却	13,929	13,929	8,010	5,723	0
製品利用(石炭代替)	0	0	0	0	(9,957)
消化ガス発電	0	0	0	(658)	(450)
廃熱発電(焼却)	0	0	(534)	0	0

※固形燃料(炭化)は外部で製品利用を行うとして削減効果を計上している
※電力排出係数0.25 kg-CO_2/kWhを使用

＊以上の試算は速報値であり精査中です。

下水道技術開発会議エネルギー分科会　（令和３年度第２回　2021.11. 22,26 ）

2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
３．　2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

②大規模処理場（A2O法　日最大流入水量10万m³/日）
　　省エネ機器導入、運転管理改善、汚泥処理フローの変更による温室効果ガス削減効果の試算

・導入省エネ機器

適用箇所	基本型	省エネ型
散気装置	散気板	メンブレン式
反応タンク 撹拌機	水中 かくはん機	省エネ型 かくはん機
汚泥濃縮機	遠心式	ベルト濃縮機
汚泥脱水機	遠心脱水機	スクリュープレス

・運転管理改善手法例

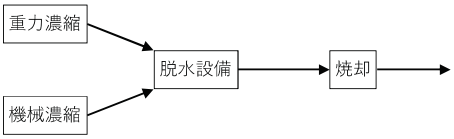
	主ﾎﾟﾝﾌﾟ	送風機	送風量の 適正化	反応タンク 水中攪拌機	汚泥貯留槽 攪拌機	返送汚泥 ポンプ
検討事例	稼働ポンプ変更 による 効率的な運転	稼働送風機変更 による 効率的な運転	必要空気量に 応じた送風量の 適正化	撹拌機の 間欠運転	撹拌機の 間欠運転	回転数の見直し による 適切な吐出量へ の変更

※具体的な運転管理改善効果については（公財)下水道新技術機構の過去の実績より、同流量規模の運転管理改善効果の平均値である7.65％を使用して算出。

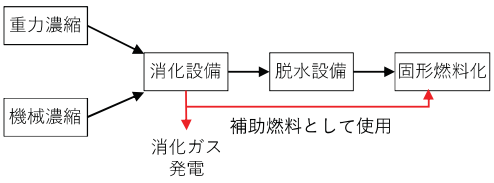
2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
３．　2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

②大規模処理場（A2O法　日最大流入水量10万m³/日）
　　省エネ機器導入、運転管理改善、汚泥処理フローの変更による温室効果ガス削減効果の試算

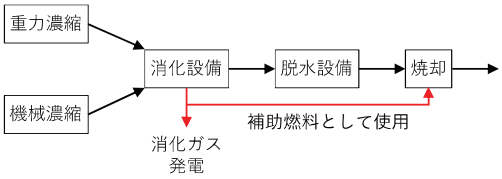
対象系汚泥フロー



導入系2汚泥フロー

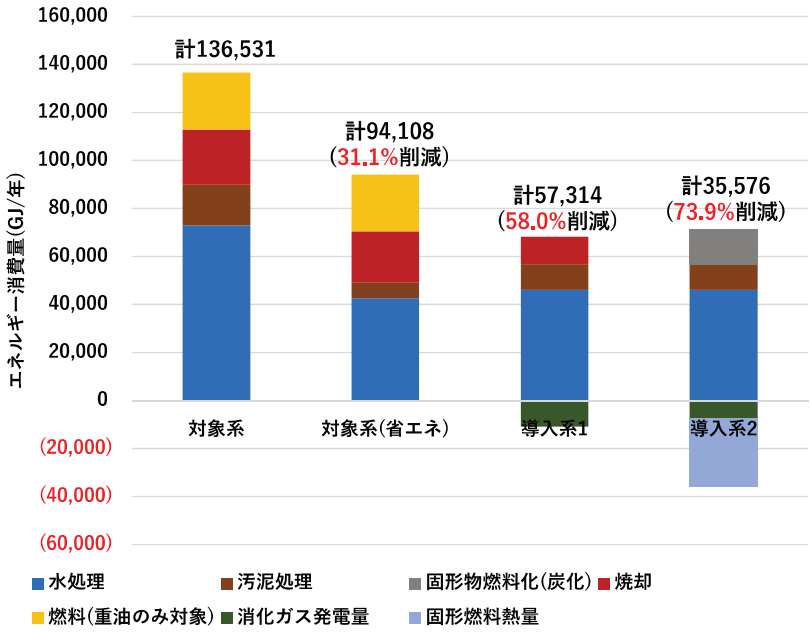


導入系1汚泥フロー



2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
３．　2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

・大規模処理場（A2O法　日最大流入水量　10万m³/日）における消費エネルギー削減効果

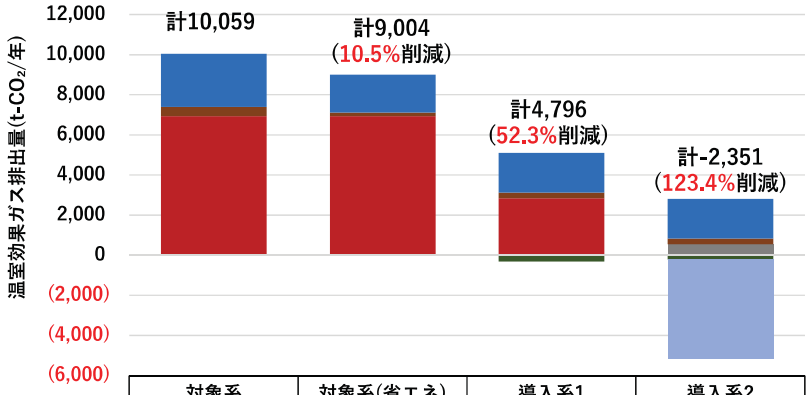


※固形燃料(炭化)は外部で製品利用を行うとして削減効果を計上している

＊以上の試算は速報値であり精査中です。

2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
３．　2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

・大規模処理場（A2O法　日最大流入水量　10万m³/日）における
　温室効果ガス排出量の削減効果



	対象系	対象系(省エネ)	導入系1	導入系2
水処理	2,666	1,880	1,975	1,975
汚泥処理	450	181	290	290
固形燃料化	0	0	0	543
焼却	6,944	6,944	2,842	0
製品利用(石炭代替)	0	0	0	(4,944)
消化ガス発電	0	0	(311)	(215)
廃熱発電(焼却)	0	0	0	0

※固形燃料(炭化)は外部で製品利用を行うとして削減効果を計上している
※電力排出係数0.25 kg-CO_2/kWhを使用
＊以上の試算は速報値であり精査中です。

下水道技術開発会議エネルギー分科会　（令和３年度第２回　2021.11. 22,26 ）

2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
３．　2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

③中規模処理場（標準法　日最大流入水量5万m³/日）
　　省エネ機器導入、運転管理改善、汚泥処理フローの変更による温室効果ガス削減効果の試算

・導入省エネ機器

適用箇所	基本型	省エネ型
散気装置	散気板	メンブレン式
汚泥濃縮機	遠心式	ベルト濃縮機
汚泥脱水機	遠心脱水機	スクリュープレス

・運転管理改善手法例

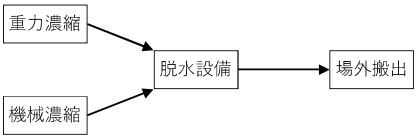
	主ﾎﾟﾝﾌﾟ	送風機	送風量の適正化	汚泥貯留槽撹拌機	返送汚泥ポンプ
検討事例	稼働ポンプ変更による効率的な運転	稼働送風機変更による効率的な運転	必要空気量に応じた送風量の適正化	撹拌機の間欠運転	回転数の見直しによる適切な吐出量への変更

※具体的な運転管理改善効果については（公財)下水道新技術機構の過去の実績より、同流量規模の運転管理改善効果の平均値である6.45％を使用して算出。

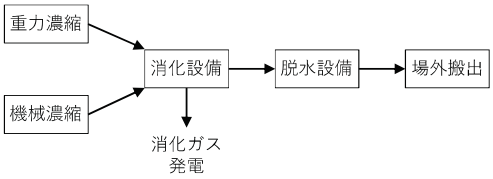
2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
３．　2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

③中規模処理場（標準法　日最大流入水量5万m³/日）
　　省エネ機器導入、運転管理改善、汚泥処理フローの変更による温室効果ガス削減効果の試算

対象系汚泥フロー

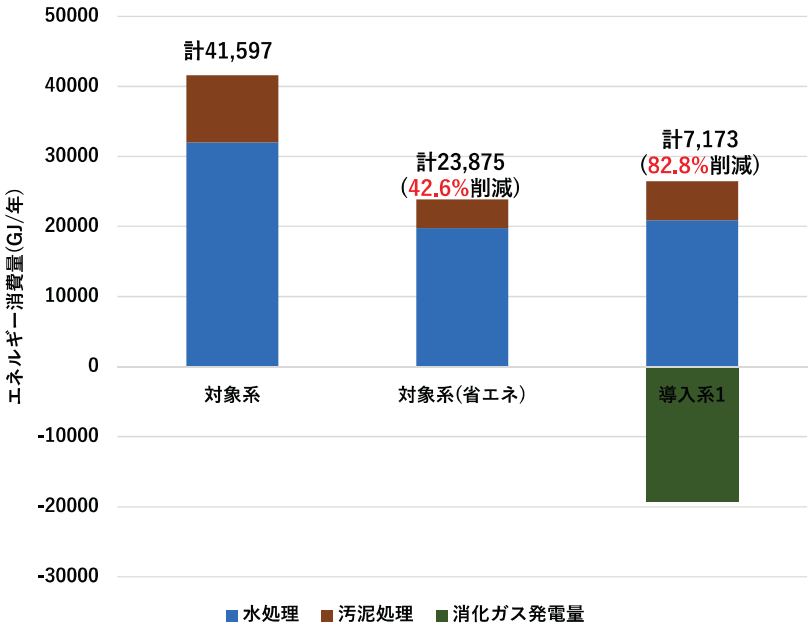


導入系1汚泥フロー



2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
３．　2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

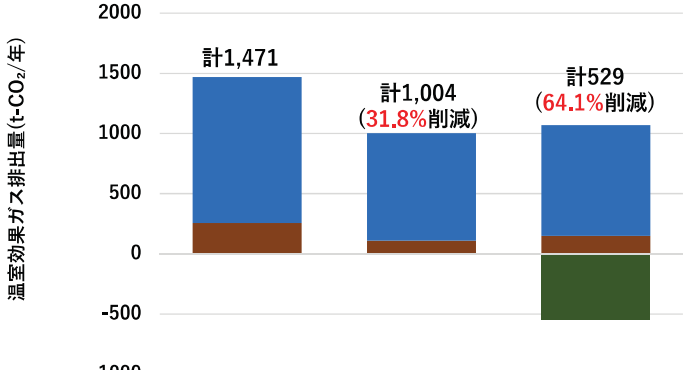
・中規模処理場（標準法　日最大流入水量　5万m³/日）における消費エネルギー削減効果



＊以上の試算は速報値であり精査中です。

2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
３．　2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

・中規模処理場（標準法　日最大流入水量　5万m³/日）における
　汚泥処理フローの変更による効果試算例



	対象系	対象系(省エネ)	導入系1
水処理	1,215	893	922
汚泥処理	256	111	150
固形燃料化	0	0	0
焼却	0	0	0
製品利用(石炭代替)	0	0	0
消化ガス発電	0	0	(544)
廃熱発電(焼却)	0	0	0

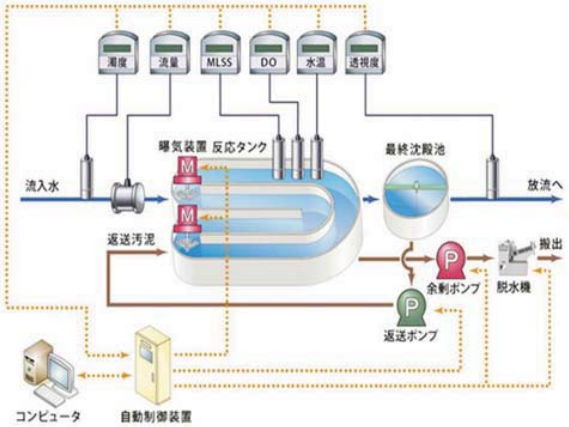
※電力排出係数0.25 kg-CO_2/kWhを使用　　＊以上の試算は速報値であり精査中です。

下水道技術開発会議エネルギー分科会　（令和３年度第２回　2021.11. 22,26 ）

2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
３．　2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

④　小規模処理場（OD法　日最大流入水量　1万m³/日以下）における
　自動制御による消費電力削減例

処理場名	処理能力（日最大）[m³/日]	平均処理水量 [m³/日]		消費電力量原単位 [kWh/m³]		
		導入前	導入後	導入前	導入後	削減率
AG 処理場	1,900	—	262	—	1.057	—
TG 処理場	3,300	478	456	1.607	1.203	25.1%
OK 処理場	1,200	708	796	1.112	0.928	16.6%
BT 処理場	4,400	2,295	2,499	0.847	0.754	10.9%
OG 処理場	1,300	271	302	0.993	0.850	14.4%
SS 処理場	2,970	1,484	1,459	0.876	0.792	9.6%
YM 処理場	3,250	3,120	3,136	0.469	0.394	16.0%
ON 処理場	3,040	1,286	1,457	1.034	0.913	11.7%
NG 処理場	3,210	1,577	1,495	0.699	0.634	9.3%
MB 処理場	1,800	545	551	0.928	0.905	2.5%
平均値（AG 処理場を除く）	2,719	1,307	1,350	0.952	0.819	12.9%



※ORとは、Oxygen Requirementの略で、反応タンク内で必要とされる酸素量を示す。この制御手法は、AOR(必要酸素量)の計算を簡易的に実施することで曝気装置の運転指標としている。

2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
３．　2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

⑤未利用バイオガスの利用効果
○下水汚泥等の資源有効利用状況に関する調査（H30）によると、未利用バイオガスは334処理場で存在し、約5,300万m³/年（全体発生量３．７７億m³/年のうち約１４%）存在。
○小型発電機２５ｋWを既設の消化槽の未利用バイオガスに適用する場合、7年で費用回収が可能となり、２０年使用すれば５千万円以上の黒字が見込まれる。
○小型発電機２５ｋWに必要なバイオガス量（メタン、CO_2等）は13 Nm³/hであるため、未利用量がこれを上回る処理場においては導入可能性がある。
○このうち、未利用量13 m³/h（114千m³/年）を越える処理場で発電事業を行っていない箇所は83処理場存在。合計約3,000万m³（全体の約８%、0.58億kWｈ/年≒1.45万t-CO_2/年削減（0.25t/kWh））利用できる。
※25kW発電機の活用事例ついてはH30採択B-DASHプロジェクト（長岡市中之島浄化センター（流入実績2,520m³ / 日（日最大））等において実績有り。

小型発電機25kWの費用回収年

年数		0	1	2	～	6	7	8	～	20
資本費	百万円	24.8	0	0		0	0	0		0
運転維持費	百万円/年	0	1.625	1.625		1.625	1.625	1.625		1.625
発電量	千kWh/年	0	145.0	145.0		145.0	145.0	145.0		145.0
発電収入	百万円/年	0	5.7	5.7		5.7	5.7	5.7		5.7
費用回収収支（累積）	百万円	▲ 24.8	▲ 20.8	▲ 16.8		▲ 0.7	3.4	7.4		55.8

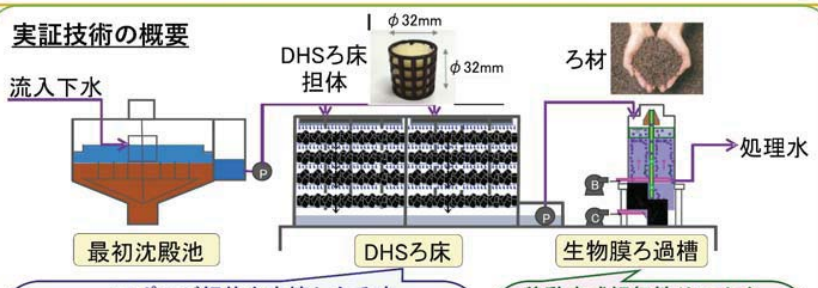
～試算条件～
（発電条件） 小型発電機（発電出力25kW、発電効率：32%）、消化ガス発熱効率：21.5MJ/Nm³
必要バイオガス量 25kW/(21.5 MJ/Nm³ ×32%)×3.6MJ/kWh=13 Nm³/h
稼働率を66.2%※とすると、25kW×24h×365day×66.2%=145千kWh/年（不足時は都市ガスの活用も考えられる。）
（発電機資本費） 既存消化槽を利用している場合 99.3万円/kW※×25kW＝24.8百万円
（運転維持費） 6.5万円/kW/年※×25kW＝1.625百万円/年
（FIT収入）39円/kWh× 145千kWh/年＝5.7百万円/年
※METI資料（第65回調達価格等算定委員会 資料4 P. 16, 17）より
＊以上の試算は速報値であり精査中です。 23

2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発目標案
３．　2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

省エネ水処理システム

⑥B-DASHの技術例１　ＤＨＳシステムを用いた水量変動追従型水処理技術実証事業
○事業実施者　三機工業（株）、東北大学、香川高等専門学校、高知工業高等専門学校、日本下水道事業団、須崎市 共同研究体
○実証フィールド　須崎市終末処理場（高知県須崎市）
○実証概要
・「スポンジ状担体を充填したろ床（ＤＨＳろ床）」と「生物膜ろ過槽」を組み合わることにより、効率的にダウンサイジングが可能な水処理技術。
・ライフサイクルコストの縮減効果、流入水量減少に対する処理コストの追従性、維持管理の容易性、処理性能の安定性

実証技術の概要



スポンジ担体を充填したろ床
～曝気不要の省エネルギー型水処理方式～
①曝気不要である → **省エネルギー**
②担体がスポンジ状で保水性がある
→ **処理性能安定化・流量低下時水質向上**
③スポンジ内に高濃度汚泥を保持
→ **汚泥発生量の削減**
④維持管理項目が少ない → **維持管理が容易**
⑤担体の閉塞が生じない → **処理性能安定化**

移動床式好気性リアクター
～仕上処理～
①ろ材表面に微生物が高密度に付着
→ **処理水質が安定**
②ろ過と生物処理を同時に実施 → **省スペース**
③逆洗なしで担体洗浄
→ **連続処理が可能**

※DHS：Down-flow Hanging Sponge （下向流懸垂型スポンジ状担体）

実証技術の革新性等の特徴

【革新性】
・流入水量減少に応じて、きめ細かく電力使用量等のライフサイクルコストの削減が可能
・流入水量減少に応じて処理水質が自ずと向上
・使用ユニット数を調整することにより、容易に流入水量に応じた処理能力規模の変更が可能
・DHSろ床と生物膜ろ過槽の組合せにより標準法同等の処理水質を確保
・設置環境及び要求水質に合わせて「初沈＋DHSろ床＋生物膜ろ過槽」もしくは「初沈＋DHSろ床」と自由な組合せが可能

【導入効果】
・ライフルサイクルコストの縮減による下水処理場の経営改善
・流入水量減少に追従した処理コストの削減による汚水処理原価の縮減
・維持管理の容易化による技術人員不足の解消
・標準法を本技術（500m³/日）に置き換えた場合、87.7t-CO_2/年の削減（69%減）

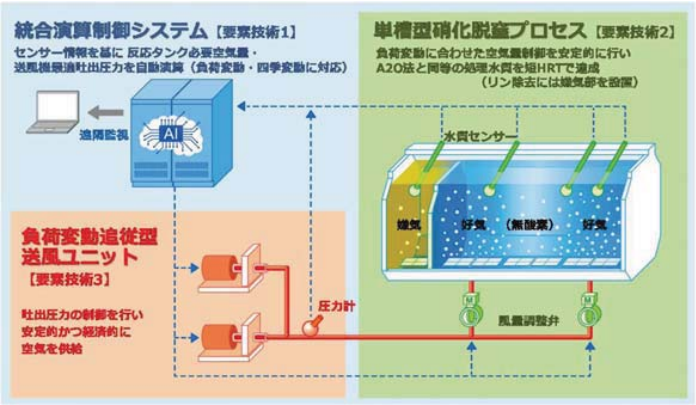
24

2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発目標案
３．　2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

省エネ水処理システム

⑥B-DASHの技術例２　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実証事業
○事業実施者　メタウォーター・日本下水道事業団・町田市共同研究体
○実証フィールド　東京都町田市成瀬クリーンセンター
○実証概要
・反応タンク流入負荷変動に対応する空気量制御により、短HRTでA2O法同等処理水質の達成
・空気量制御と連動した送風機吐出圧力の自動演算・制御による消費電力の削減

提案技術の概要　3つの要素技術により構成される高度処理技術



【効果】省エネ効果等を通じ高度処理化の推進に寄与
① 建設費を抑制（最適な好気・無酸素ゾーン形成による槽容量縮小）
② 省エネの実現（撹拌機不要、循環ポンプ不要、送風電力減）
A2O法に改築する場合と比較して567t-CO_2/年の削減(33.3%減)
（処理規模50,000㎥/dで試算）

提案技術の革新性等の特徴

①ICT活用の空気量制御による短HRTの実現
- NOx 計とNH4計により負荷変動に応じた空気量演算を行い、単一槽内において最適な好気・無酸素ゾーンを形成
- 循環ポンプと撹拌機が不要で動力費を縮減

②ICT活用による設備連携、圧力低減による送風電力削減の実現
- 反応タンク設備と送風機設備を統合制御
- 必要空気量から送風機の最適吐出圧力をリアルタイムに自動演算し送風電力を削減

③AI（機械学習機能）による季節変動等への対応、制御安定化の実現
- 必要空気量演算の制御パラメータを機械学習機能により自動チューニング
- チューニングに掛かる負担を軽減しつつ処理水質の安定化を実現

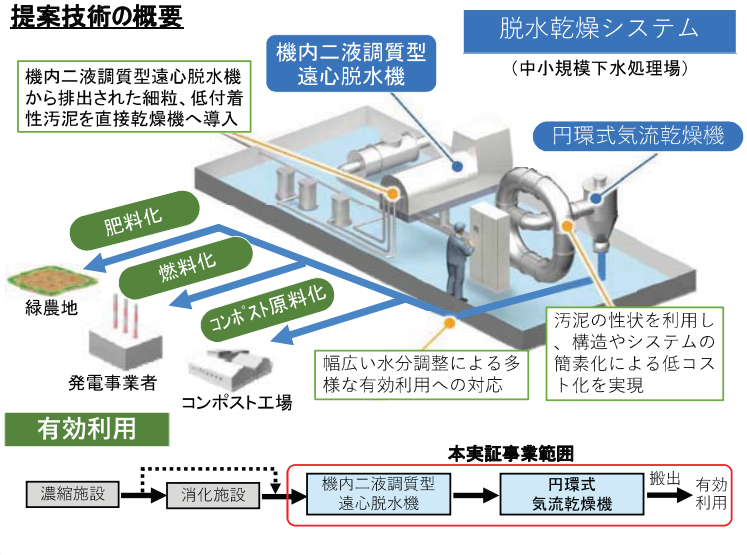
25

2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発目標案
３．　2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

省エネ・創エネ汚泥処理システム

⑥B-DASHの技術例３　脱水乾燥システムによる下水汚泥の肥料化、燃料化技術実証研究
○事業実施者　月島機械㈱、サンエコサーマル㈱、日本下水道事業団、鹿沼市農業公社、鹿沼市 共同研究体
○実証フィールド　栃木県鹿沼市黒川終末処理場
○実証概要
　中小規模の下水処理場を対象とした脱水乾燥システム（機内二液調質型遠心脱水機＋円環式気流乾燥機）を用いて、乾燥汚泥を製造し、肥料化、燃料化などの多様な有効利用への適応性や、設備の性能、ライフサイクルコスト縮減等を実証する。

提案技術の概要



提案技術の革新性等の特徴

【新規性】
　システムの簡素化、省スペース化、スマートオペレーション化による低コスト型脱水乾燥技術
・主要機器点数の低減（従来10点→提案4点）
・省スペース化（50%低減）
・スマートオペレーション化（人件費削減、運転管理の効率化）

【独創性】
　有効利用の用途に応じて幅広い乾燥汚泥含水率の調整を容易とした脱水乾燥技術
・脱水汚泥の性状を利用し、かつ乾燥機内構造物がなく付着や摩耗のリスクがない

・多様な有効利用に対応した含水率（10～50%）の乾燥汚泥が製造可能

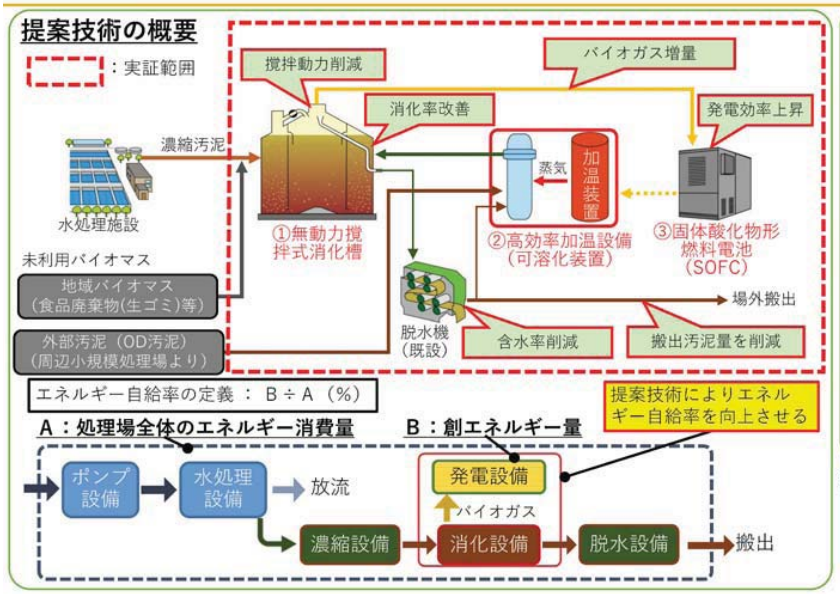
（効果）従来型の脱水機、乾燥機の更新に比べて
441t-CO_2/年の削減（61%減）。
（処理規模20,000m³/日の処理場で試算）

26

2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発目標案
３．　2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

省エネ・創エネ汚泥処理システム

⑥B-DASHの技術例４　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の実用化に関する実証事業
○事業実施者　三菱化工機・九州大学・日本下水道事業団・唐津市共同研究体
○実証フィールド　佐賀県唐津市浄水センター
○実証概要
　生ごみ等の未利用バイオマスの活用、無動力の消化槽撹拌装置、バイオガス発生量を増加させる可溶化装置、高い発電効率を有する燃料電池を組み合わせた高効率消化システムについて、処理性能や、エネルギー回収率の向上効果等を実証する。



提案技術の革新性等の特徴

①無動力撹拌式消化槽
- 消化槽内の撹拌は、発生するバイオガスの圧力を利用するため、無動力
- 消化槽内部に機械設備を有しない構造であるため、メンテナンス性の向上とランニングコストの低減が期待される。

②高効率加温設備（可溶化装置）
- 熱可溶化による熱加水分解作用により、消化日数の短縮が期待される。
- 消化率が上昇し、バイオガスの増量が期待される。
- 汚泥が改質され脱水汚泥の含水率の低減が期待される。
  →脱水汚泥の搬出量を削減

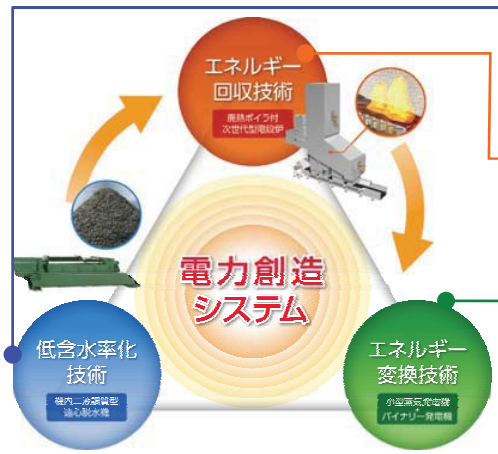
③固体酸化物形燃料電池（SOFC）
- ガスエンジンと比べ発電効率向上が期待される。
- 電極触媒として、貴金属不要

従来型のPC製消化槽、小型ガスエンジン等の導入に比べて
2454t-CO_2/年の削減（113%減）。
（処理規模30,000m³/日の処理場で試算）
地域バイオマス（OD脱水汚泥4t/日、食品廃棄物2t/日）の排出削減を含む

2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発目標案
３．　2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

省エネ・創エネ・N2O削減
汚泥処理システム

⑥B-DASHの技術例５　下水道バイオマスからの電力創造システムに関する技術実証研究
○事業実施者　和歌山市、地方共同法人日本下水道事業団、京都大学、株式会社西原環境、株式会社タクマ　共同研究体
○実証フィールド　和歌山市中央終末処理場
○実証概要
　機内二液調質型遠心脱水機、廃熱ボイラ付次世代型階段炉、蒸気発電機の3つの技術を組み合わせた、下水汚泥焼却による電力創造システムの実証



低含水率化技術　機内二液調質型遠心脱水機
「汚泥の高カロリー化」
脱水汚泥の大幅な低含水率化
⇒脱水汚泥のカロリー(熱量)が従来の約２倍に

エネルギー回収技術　廃熱ボイラ付次世代型階段炉
「エネルギー回収」
・ 補助燃料なし、低消費電力、低N_2O排出量で安定燃焼
・廃熱ボイラーで蒸気としてエネルギー（熱）回収

エネルギー変換技術　蒸気発電機
「電力創造」
エネルギーのカスケード利用（小型蒸気発電機＋バイナリー式発電で高い発電量）

省エネルギー
- 補助燃料なし（自燃運転）
- 消費電力を大幅削減

温室効果ガス削減
- 排ガス中のN_2Oの大幅削減
- 電力・燃料由来CO_2大幅削減

創エネルギー
- 中小規模施設でも発電
- 大規模施設では電力自立システム外に電力供給

（効果）
一液調質脱水機、流動炉等を導入した場合に比べて
9100t-CO_2/年の削減（88%減）。
（125,000m³/日の処理場で試算）

2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発目標案
３．　2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

⑦まとめ　「取組の方向性」や試算等を踏まえた導入すべき技術の例を次に示す。

	導入すべき技術の内容	導入すべき技術の例（下線は運転管理による工夫）			
		超大規模処理場（A2O法 日最大流入水量２０万m³/日）	大規模処理場（A2O法 日最大流入水量１０万m³/日）	中規模処理場（標準法 日最大流入水量5万m³/日）	小規模処理場（OD法 日最大流入水量1万m³/日 以下）
①省エネ	水処理について、処理方式や処理規模に応じた省エネ対策として反応タンク設備関連などの寄与率の高い効果的・効率的な省エネ技術。 汚泥処理については、処理方式や処理規模に応じた省エネ対策として汚泥濃縮機、消化タンク撹拌機、汚泥脱水機の省エネ化など寄与率の高い効果的・効率的な省エネ技術。	・メンブレン式散気装置 ・省エネ型反応タンク撹拌機 ・高度センサー制御システムの導入 ・監視制御システムにおけるエネルギー管理システムの導入 ・主ポンプ、送風機等の運転方法の見直し ・送風量の適正化 ・水中撹拌機、貯留槽撹拌機の間欠運転 ・ベルト型濃縮機 ・スクリュープレス脱水機 ・省エネ型遠心脱水機	・メンブレン式散気装置 ・省エネ型 反応タンク撹拌機 ・高度センサー制御システムの導入 ・監視制御システムにおけるエネルギー管理システムの導入 ・主ポンプ、送風機等の運転方法の見直し ・送風量の適正化 ・水中撹拌機、貯留槽撹拌機の間欠運転 ・ベルト型濃縮機 ・スクリュープレス脱水機 ・省エネ型遠心脱水機	・メンブレン式散気装置 ・高度センサー制御システムの導入 ・監視制御システムにおけるエネルギー管理システムの導入 ・主ポンプ・送風機等の運転方法の見直し ・送風量の適正化 ・貯留槽撹拌機の間欠運転 ・ベルト型濃縮機 ・スクリュープレス脱水機 ・省エネ型遠心脱水機	・センサーを用いた自動制御技術 ・間欠運転
②創エネ・再エネ	固形燃料化技術やバイオガス利用等下水汚泥のエネルギー化に関わる効果的・効率的な技術。	・消化ガス利用（発電等） ・固形燃料化 ・廃熱発電	・消化ガス利用（発電等） ・固形燃料化 ・廃熱発電	・消化ガス利用（発電等） ・固形燃料化	・消化ガス利用（発電等）
	下水熱利用等の効果的・効率的な技術。	下水熱利用、太陽光発電、風力発電、水力発電			
③下水汚泥焼却に伴い発生するN₂Oへの対策	下水汚泥の焼却施設における燃焼の高度化や、一酸化二窒素の排出の少ない焼却炉及び下水汚泥固形燃料化施設の設置を推進するための効果的・効率的な技術	・多段吹込燃焼式流動炉 ・二段燃焼式循環流動炉 ・ストーカ炉 ・過給式流動炉 ・固形燃料化	・多段吹込燃焼式流動炉 ・二段燃焼式循環流動炉 ・ストーカ炉 ・過給式流動炉 ・固形燃料化	・多段吹込燃焼式流動炉 ・二段燃焼式循環流動炉 ・ストーカ炉 ・過給式流動炉 ・固形燃料化	
⑥下水道のシステム最適化	部分最適にとどまらず、水処理・汚泥処理システム全体で最適化する技術。	・B-DASH技術などシステムとして評価できる有効技術。			

29

※上記の他にも「下水道における地球温暖化対策マニュアル（平成28年3月環境省・国土交通省）」表5－1等記載の取り組みを処理場・ポンプ場の実態に応じて取り組む。

2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
３．　2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

⑦まとめ　水処理・汚泥処理等のシステムとして有効性が評価されているB-DASH技術については、これまで３０技術（うち2件は事業中）の脱炭素に資する技術を実証。

処理規模　1万m³/日以下

省エネ	創エネ再エネ	農業利用・再生水	N_2O対策	実施事業名称	委託研究実施者	5万m³以上	1万m³以上5万m³以下	1万m³以下
	○			水素リーダー都市プロジェクト～下水バイオガス原料による水素創エネ技術の実証～	三菱化工機（株）・福岡市・九州大学・豊田通商（株）共同研究体	○	○	○
○				無曝気循環式水処理技術実証事業	メタウォーター（株）・高知市・高知大学・日本下水道事業団　共同研究体		○	○
○				高効率固液分離技術と二点DO制御技術を用いた省エネ型水処理技術の技術実証事業	前澤工業（株）・（株）石垣・日本下水道事業団・埼玉県　共同研究体	○	○	○
	○			複数の下水処理場からバイオガスを効率的に集約・活用する技術	JNCエンジニアリング（株）・吸着技術工業（株）・（株）九電工・シンコー（株）・山鹿都市ガス（株）・熊本県立大学・山鹿市・大津町・益城町			○
		○		下水処理水の再生処理システムに関する実証事業	（株）西原環境・（株）東京設計事務所・京都大学・糸満市　共同研究体	○	○	○
○	○	○		脱水乾燥システムによる下水汚泥の肥料化、燃料化技術実証事業	月島機械（株）、サンエコサーマル（株）、日本下水道事業団、鹿沼市農業公社、鹿沼市　共同研究体	○	○	○
○				DHSシステムを用いた水量変動追従型水処理技術実証事業	三機工業（株）、東北大学、香川高等専門学校、高知工業高等専門学校、日本下水道事業団、須崎市　共同研究体			○
○				最終沈殿池の処理能力向上技術実証事業	メタウォーター（株）・日本下水道事業団・松本市共同研究体	○	○	○
○	○			小規模下水処理場を対象とした低コスト・省エネルギー型高濃度メタン発酵技術に関する実証事業	大原鉄工所・西原環境・NJS・長岡技術科学大学・北海道大学・長岡市共同研究体			○

30

下水道技術開発会議エネルギー分科会　（令和３年度第２回　2021.11. 22,26 ）

国土技術政策総合研究所

処理規模　1万m³/日以上

省エネ	創エネ再エネ	農業利用・再生水	N_2O対策	実施事業名称	委託研究実施者	5万m³以上	1万m³以上5万m³以下	1万m³以下
○	○			超高効率固液分離技術を用いたエネルギーマネジメントシステム技術実証事業	メタウォーター・日本下水道事業団　共同研究体	○	○	
○	○			神戸市東灘処理場　再生可能エネルギー生産・革新的技術実証事業	神鋼環境ソリューション・神戸市　共同研究体	○	○	
	○	○		温室効果ガスを排出しない次世代型下水汚泥固形燃料化技術実証事業	長崎市・長崎総合科学大学・三菱長崎機工　共同研究体	○	○	
○	○			廃熱利用型　低コスト下水汚泥固形燃料化技術実証事業	JFEエンジニアリング	○	○	
○				固定床型アナモックスプロセスによる高効率窒素除去技術実証事業	熊本市・日本下水道事業団・(株)タクマ　共同研究体	○	○	
		○		神戸市東灘処理場　栄養塩除去と資源再生（リン）　革新的技術実証事業	水ing・神戸市・三菱商事アグリサービス　共同研究体	○	○	
○	○		○	脱水・燃焼・発電を全体最適化した革新的下水汚泥エネルギー転換システムの実証事業	メタウォーター・池田市　共同研究体	○	○	
○	○		○	下水道バイオマスからの電力創造システム実証事業	和歌山市・日本下水道事業団・京都大学・(株)西原環境・(株)タクマ　共同研究体	○	○	
	○			水素リーダー都市プロジェクト～下水バイオガス原料による水素創エネ技術の実証～※	三菱化工機(株)・福岡市・九州大学・豊田通商(株)　共同研究体	○	○	○
○				無曝気循環式水処理技術実証事業※	メタウォーター(株)・高知市・高知大学・日本下水道事業団　共同研究体		○	○

※1万m³/日以下技術からの再掲

下水道技術開発会議エネルギー分科会　（令和３年度第２回　2021.11. 22,26 ）

国土技術政策総合研究所

処理規模　1万m³/日以上

省エネ	創エネ再エネ	農業利用・再生水	N_2O対策	実施事業名称	委託研究実施者	5万m³以上	1万m³以上5万m³以下	1万m³以下
○				高効率固液分離技術と二点DO制御技術を用いた省エネ型水処理技術の技術実証事業※	前澤工業(株)・(株)石垣・日本下水道事業団・埼玉県　共同研究体	○	○	○
○				ICTを活用した効率的な硝化運転制御の実用化に関する技術実証事業	(株)日立製作所・茨城県　共同研究体	○	○	
○				ICTを活用したプロセス制御とリモート診断による効率的水処理運転管理技術実証事業	(株)東芝・日本下水道事業団・福岡県・(公財)福岡県下水道管理センター　共同研究体	○	○	
		○		バイオガス中のCO_2分離・回収と微細藻類培養への利用技術実証事業	(株)東芝・(株)ユーグレナ・日環特殊(株)・(株)日水コン・日本下水道事業団・佐賀市	○	○	
		○		下水処理水の再生処理システムに関する実証事業※	(株)西原環境・(株)東京設計事務所・京都大学・糸満市　共同研究体	○	○	○
○	○	○		脱水乾燥システムによる下水汚泥の肥料化、燃料化技術実証事業※	月島機械(株)、サンエコサーマル(株)、日本下水道事業団、鹿沼市農業公社、鹿沼市　共同研究体	○	○	○
○	○	○		自己熱再生型ヒートポンプ式高効率下水汚泥乾燥技術実証事業	(株)大川原製作所、関西電力(株)、秦野市　共同研究体	○	○	
○	○			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の実用化に関する実証事業	三菱化工機(株)・国立大学法人九州大学・日本下水道事業団・唐津市共同研究体	○	○	
	○		○	温室効果ガス削減を考慮した発電型汚泥焼却技術の実用化に関する実証事業	JFEエンジニアリング(株)・日本下水道事業団・川崎市共同研究体	○	○	
○				最終沈殿池の処理能力向上技術実証事業※	メタウォーター(株)・日本下水道事業団・松本市共同研究体	○	○	○
○	○			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事業	神鋼環境ソリューション・日本下水道事業団・富士市共同研究体	○	○	
○				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実証事業	メタウォーター・日本下水道事業団・町田市　共同研究体	○	○	

※1万m³/日以下技術からの再掲

下水熱技術や現在事業中等の技術

省エネ	創エネ再エネ	農業利用・再生水	N_2O対策	実施事業名称	委託研究実施者	5万m^3以上	1万m^3以上5万m^3以下	1万m^3以下
	○			管路内設置型熱回収技術を用いた下水熱利用技術実証事業	大阪市・積水化学・東亜グラウト　共同研究体			
○				特殊繊維担体を用いた余剰汚泥削減型水処理技術実証事業	(株)IHI環境エンジニアリング、帝人(株)、日本下水道事業団、辰野町　共同研究体			
	○			小口径管路からの下水熱を利用した融雪技術の実用化に関する実証事業	東亜グラウト工業・丸山工務所・十日町市共同研究体			
	○			ヒートポンプレスで低LCCと高COPを実現する下水熱融雪システムに関する研究	興和・積水化学工業・新潟市共同研究体			
○	○			中小規模処理場同士の広域化に資する低コスト汚泥減量化技術の実証事業	月島機械㈱・日鉄セメント㈱・高砂熱学工業㈱・室蘭工業大学・室蘭市水道部共同研究体	R2採択技術　事業中		
○				AIを活用した下水処理場運転操作の先進的支援技術に関する実証事業	明電舎・NJS・広島市・船橋市共同研究体	R3採択技術　事業中		
○	○			最初沈殿池におけるエネルギー回収技術		R4技術案		
○				深槽曝気システムにおける省エネ型改築技術		R4技術案		

2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発目標案
３．　2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

⑦まとめ　下水道における地球温暖化対策マニュアル（平成28年3月環境省・国土交通省）
「表 5-1 下水道部門における温室効果ガスの排出の抑制等に資する設備の選択・使用方法」 を記載。

対策技術 実施率：★★★：80%以上　★★：40 パーセント以上 80%未満　★：30 パーセント以上 50 パーセント未満	実施率	解説
c 最終沈殿池設備		
・汚泥輸送ポンプにおける台数制御システム・インバーター等による回転数制御システムの導入	★★	
・樹脂製等軽量チェーンの導入	★	
・高効率ポンプ・エネルギー消費効率の高い電動機の導入		
・ポンプの台数及び設備容量の適正化その他の必要な措置	★★	
d 高度処理設備		
・水中撹拌機のインバーター等による回転数制御システムの導入	★	
・高効率反応タンク撹拌機の導入		⑦
・硝化液循環ポンプにおける流量制御システム・台数制御システム・回転数制御システムの導入，エアリフトポンプの導入	★★	⑨
・汚泥輸送ポンプにおける台数制御システム・インバーター等による回転数制御システムの導入	★★	
・アナモックス反応による高効率窒素除去技術の導入		⑩
・高度センサー制御システムの導入その他の必要な措置		⑤
ウ 汚泥処理工程における設備		
a 汚泥輸送設備		
・汚泥輸送ポンプにおける台数制御システム・インバーター等による回転数制御システムの導入	★	
・高効率ポンプ・エネルギー消費効率の高い電動機の導入		
・ポンプの台数及び設備容量の適正化その他の必要な措置	★★	
b 汚泥濃縮設備		
・固形物回収率の向上のための機械濃縮の導入	★	⑫
・汚泥性状を踏まえたエネルギー消費効率の高い機械濃縮機の導入による濃縮動力の低減その他の必要な措置		⑪
c 汚泥消化設備		
・汚泥消化タンクの断熱強化		

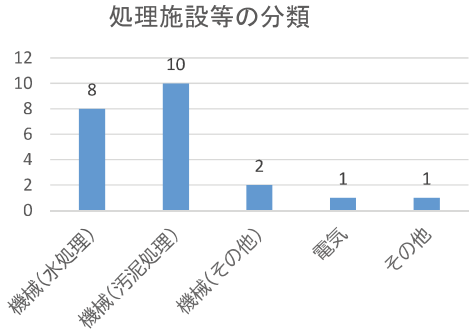
・機械攪拌式の導入による汚泥消化タンク攪拌機の動力低減		⑬
・蒸気・温水配管等の加温設備の断熱強化		
・加温ボイラー・温水ヒーターにおける自動制御システムの導入その他の必要な措置	★	
d 汚泥脱水設備		
・後続プロセスを踏まえた低含水率脱水設備の導入	★★	⑭
・処理工程における機種特性を勘案した機械脱水装置の導入による動力低減	★★	⑮
・固形物回収率の高い汚泥脱水設備の導入による返流水中の固形物分の低減その他の必要な措置		
エ 汚泥焼却工程における設備		
・汚泥焼却設備における脱水汚泥発生量に応じた汚泥焼却炉の規模の適正化	★★	
・燃焼用空気予熱・汚泥予備乾燥等のための熱回収設備の導入		
・汚泥廃熱を白煙防止空気加熱に活用するための設備の導入又は周辺環境を考慮した白煙防止装置の廃止		
・汚泥焼却炉の断熱強化	★	
・流動焼却炉の熱媒体の漏えいの防止	★	
・汚泥の発熱量・含水率に合わせた燃焼用空気量の調整・温度管理のための自動制御システムの導入	★★	⑯
・流動ブロワ・誘引ファンにおける回転数制御システムの導入	★★	
・汚泥サイロへの汚泥搬送の動力低減,	★★	
・低動力型流動ブロワ等導入による動力低減	★★	
・電動機のインバーター等による回転数制御システムの導入		
・燃焼温度の高温化		
・一酸化二窒素の排出量が少ない焼却炉への更新その他の必要な措置		⑰
オ 総合管理のための設備		
・監視制御システムにおけるエネルギー管理システムの導入		
・省エネ型の監視制御設備の導入その他の必要な措置		
カ 未利用エネルギーの活用（資源化設備）		
a 下水熱利用設備		
・下水の温度差エネルギーの利用とその他の必要な措置		⑱
b 消化ガス有効利用設備		
・消化ガス発電システムの導入	★	⑲
・下水汚泥及び生ごみ等地域のバイオマスとの混合消化による消化ガスの増量		⑳
・消化ガスの焼却炉補助燃料への利用,		
・消化ガスの空調設備熱源への利用		
・燃料電池用燃料製造・都市ガス精製等その他の消化ガス有効利用設備の導入その他の必要な措置		

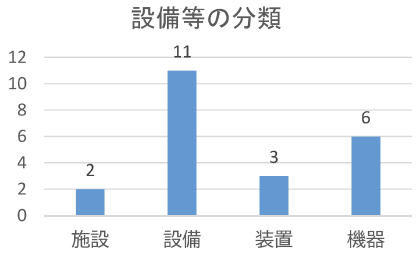
c 下水汚泥固形燃料化設備		
・下水汚泥固形燃料化設備の導入その他の必要な措置		㉔
d 焼却炉廃熱有効利用設備		
・焼却炉廃熱を活用した蒸気タービン発電機		㉒
・バイナリー発電機の導入		㉓
・焼却炉廃熱の利用による消化タンク加温・温水供給		
・焼却炉廃熱の空調設備熱源への利用その他の必要な措置		
e 水圧の有効利用設備		
・水落差エネルギー活用設備の導入その他の必要な措置		㉑
キ アからカまでに掲げる設備以外のもの		
アからカまでに掲げる措置のうち適用可能な措置		
② 温室効果ガスの排出の抑制等に資する使用方法		
ア 前処理・揚水工程における設備		
・沈砂池設備・主ポンプ設備における計時装置（タイマー）の使用・水位差検出・主ポンプ連動等によるスクリーン設備の間欠運転	★★★	
・揚砂設備の間欠運転	★★	
・流入水量に応じた池数制御	★	
・管渠・調整池を利用した主ポンプ揚水量の平準化その他の必要な措置	★	
イ 水処理工程における設備		
a 最初沈殿池設備		
・流入水量に応じた池数制御	★	
・計時装置（タイマー）の使用・汚泥界面の計測等による掻寄機の間欠運転		
・計時装置（タイマー）の使用・濃度の計測・プリセット量の設定等による汚泥引き抜きポンプの間欠運転	★★	
・スカム除去設備におけるスカム捕捉効率の向上による返流水量・稼働時間の低減その他の必要な措置	★	
b 反応タンク設備		
・散気装置の目詰まり防止対策による圧力損失の低減及び酸素溶解効率の回復	★	
・水中撹拌機・ばっ気機の間欠運転	★	
・間欠散水等による消泡水量の適正化その他の必要な措置		
c 最終沈殿池設備		
・計時装置（タイマー）の使用・汚泥界面の計測等による掻寄機の間欠運転		
・計時装置（タイマー）の使用・濃度の計測・プリセット量の設定等による余剰汚泥ポンプの間欠運転	★★★	

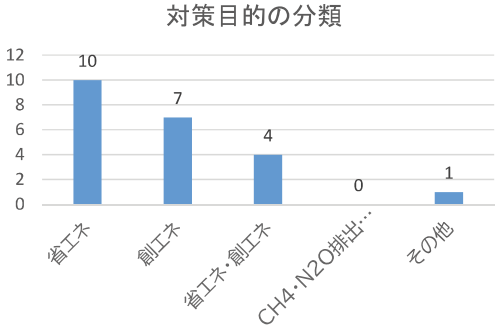
			・スカム除去設備におけるスカム捕捉効率の向上による返流水量・稼働時間の低減その他の必要な措置	★	
		d 高度処理設備			
			・水中撹拌機の間欠運転	★	
			・洗浄設備の動力低減のための砂ろ過装置・生物膜ろ過装置の洗浄時間管理その他の必要な措置	★	
	ウ 汚泥処理工程における設備				
		a 汚泥消化設備			
			・汚泥消化タンクに投入する汚泥濃度の適切な管理	★★	
			・汚泥の温度の適切な管理	★★	
			・利用価値のある蒸気・温水の有効利用その他の必要な措置	★	
		b 汚泥脱水設備			
			・汚泥脱水機に供給する汚泥濃度の適切な管理	★★	
			・搬送装置を含む脱水機系列の制御	★	
			・洗浄水量の低減その他の必要な措置	★	
	エ 汚泥焼却工程における設備				
			・汚泥焼却設備における焼却炉の適正負荷率での運転	★★	
			・焼却炉に投入する汚泥性状の調整による補助燃料の低減・自燃時間の拡大	★★	
			・白煙防止装置の廃熱利用等による効率的運用又は停止	★	
			・排ガス処理水量の低減その他の必要措置		
	オ 総合管理のための設備				
		a 水処理運転システム			
			・処理水質とエネルギー消費量を適正に管理した効率的な水処理施設の運転その他必要な措置	★	
		b 汚泥処理運転システム			
			・排出汚泥性状とエネルギー消費量を適正に管理した効率的な汚泥処理施設の運転その他必要な措置		
	カ その他の主要エネルギー消費設備（その他設備）				
			・脱臭設備における脱臭空気量の低減のための臭気発生源の拡散防止・発生臭気の漏えい防止・発生臭気と一般換気との分離	★	
			・季節・時間帯等に応じたファンの間欠運転その他の必要な措置	★	
	キ アからカまでに掲げる設備以外のもの				
		アからカまでに掲げる装置のうち適用可能な措置			

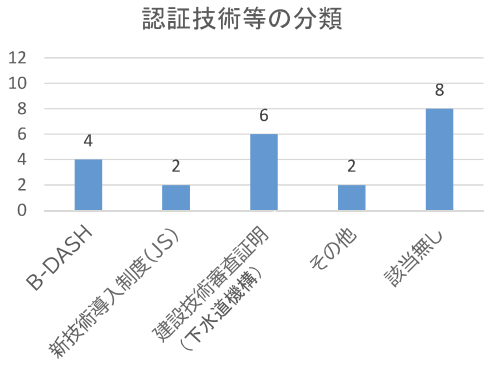
2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
４．　2030年目標達成に向けた技術開発項目

（一社）日本下水道施設業協会へのアンケート結果（2030年目標達成関連）
○会員企業に対してアンケートを実施。13社から回答が得られた。
（設問1）現在各社で有する各温室効果ガス削減対策技術について計22技術の回答が得られた（複数回答あり）。









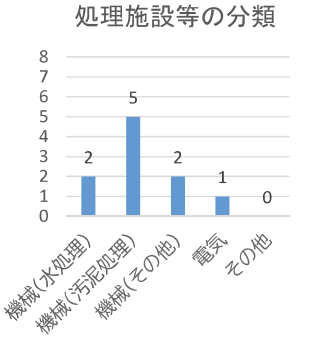
分類	技術名称	効果（アンケート記載内容の転記）
省エネ	スマートMBR　SCRUM	MBRシステムの消費電力試算値0.22kWh/m³ （GHG発生量はN_2Oガスの発生量抑制の効果により従来高度処理法以下を想定）
	タービンアシスト省電力汚泥焼却システム	流動ブロワの消費電力を90%以上削減、焼却設備全体の消費電力を30%以上（自社従来比）削減。
	単槽型硝化脱窒プロセスのICT･AI制御による高度処理技術（B-DASH）	建設費を抑制（最適な好気･無酸素ゾーン形成による槽容量縮小）、省エネの実現（撹拌機不要、循環ポンプ不要、送風電力減）　、維持管理者の負担軽減（季節変動等へ対応する自動運転）
	空気浮上式高速ターボブロワ	鋼板製多段ターボブロワと比較し、21,000m³/日の処理場規模で一定風量で運転した場合、年間48tCO_2が削減。
	エネルギー自立型焼却システム※	0.214kg-N_2O/wet-t（エネルギー使用としてのCO_2排出量ゼロ（炉の立上げ、立下げ工程時は除く））
	メンブレンパイプ式超微細気泡散気装置※	K市との共同研究で40%の空気量削減を達成した。
	低圧損型超微細気泡散気装置※	ブロワ動力50%削減
	低動力型ジェットポンプ式揚砂機	加圧水量が従来技術と同等で従来技術と比べて動力削減率が、吸込口径100Aの場合は39%以上、吸込口径80Aの場合は26%以上の低動力化を達成した。
	下水汚泥由来繊維利活用システム	流入下水量200,000t/日の下水処理場において4,682t-CO_2/年の削減効果
	NH_4-N/DO制御※	CO_2削減率：DO一定制御（DO目標値：2mg/L）比約8.5%、送風量一定制御比約23.0%（試算条件（日最大処理量50,000m³の下水処理場）に基づく試算結果）
	ドラフトチューブサーキュレータ（DTC400） （槽上駆動型高効率撹拌装置）※	従来型（水中撹拌機）と比較して年間消費電力量80～90%削減
創エネ	垂直二軸型マイクロ水力発電装置	例）落差1.0m･流量0.5m³/秒（43,200m3/日）で、1.5kW×24時間×360日＝12,960kWh発電　東京電力のCO_2排出係数で算出すると、12,960kWh×0.434kg-CO_2/kWh＝5,620kg/年の削減効果となる。
	バイオガスコージェネレーションシステム※	発電効率：最大37%、総合効率：最大85%。
	混合消化（バイオマス受入消化ガス発生促進）	廃棄物のエネルギー化、消化ガス増量による創エネ機能の増強。
	消化ガス発電※	消化ガスエネルギーの30%程度を電気利用、40%程度を熱源利用可能。
	小水力発電＿サイホン式立軸水車	年間CO_2削減量（例）発電出力10kWで、CO_2排出係数を0.00047t-CO_2/kwhと仮定した場合 10kW×24時間×365日×0.00047t-CO_2/kwh≒約40t-CO_2/年の削減効果
	汚泥熱分解燃料化システム※	脱水汚泥100tあたりおおよそ6t以上の下水汚泥固形燃料を製造。総発熱量は15MJ/kg以上（JIS Z 7312:2014準拠）。→　脱水汚泥1kgあたり0.9MJ以上のカーボンニュートラルな石炭代替燃料を製造している。
	小型･高効率消化ガス発電機※	バイオガス発電のため、0.0005122t-CO_2/kWh（東北電力CO_2基礎排出係数）。
省エネ･創エネ	脱水･燃焼･発電を全体最適化した革新的下水汚泥エネルギー転換システム（B-DASH）	①省エネ：低含水脱水技術＋低空気比省エネ燃焼技術組み合わせによる最適運転制御 ②創エネ：高効率廃熱発電技術（バイナリー発電） ③燃料使用量0（ゼロ） ④電力消費量、発電量は、設備規模や汚泥性状による。 ⑤N_2O排出量低減（燃焼温度による）
	過給式流動炉	動力40～50%削減 N_2O 50%削減
	小規模下水処理場を対象とした低コスト･省エネルギー型高濃度メタン発酵技術実証研究（B-DASH）	投入VSあたりのバイオガス発生率0.3～0.4Nm³/kg-投入VS
CH_4･N_2O排出対策	-	-
その他	腐植質脱臭剤	粒状活性炭：3.069t-CO_2/t（厚労省資料）及び腐植質脱臭剤：1.183t-CO_2/t（当社試算値）→60%CO_2削減

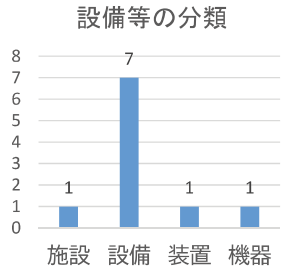
※本技術については関連した試算等を実施。その他技術についても今後試算等の活用を検討。

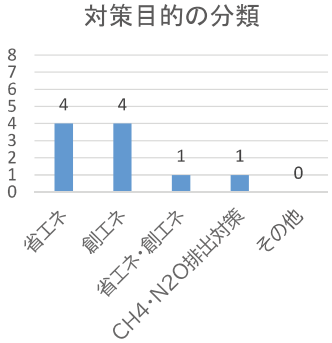
2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目

４．　2030年目標達成に向けた技術開発項目

（設問2）下水道事業への導入実績が無い技術のうち、概ね完成している･多少の改善を加える等で2030年度までの間に下水道事業への導入が可能と考えられる各社の技術について計10技術の回答が得られた（複数回答あり）。



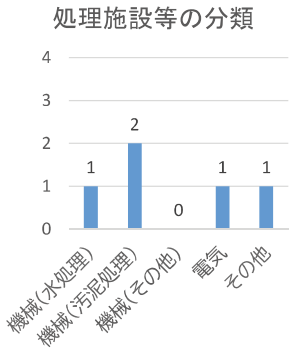


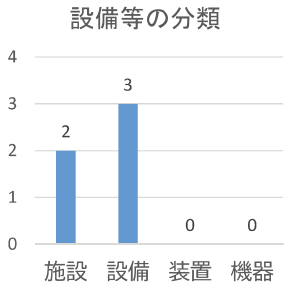


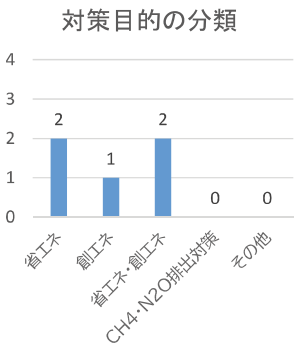
省エネ	災害停電時マンホールポンプ起動支援システム
	触媒添着式ハニカム型脱臭フィルター
	細径PVDF中空糸膜を用いた省エネルギー型MBRシステム
	好気容積比制御
創エネ	汚泥発酵乾燥Bio-drying
	創エネルギー型焼却システム
	セミドライメタン発酵装置（高効率ガス回収型汚泥消化装置）
	消化汚泥可溶化装置
省エネ･創エネ	マイクロ風力発電機＋蓄電池
CH_4･N_2O排出対策	燃焼温度900度以上焼却炉
その他	－

2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
４．　2030年目標達成に向けた技術開発項目

（設問3）実規模での導入実績がなく、B-DASHプロジェクト（実規模、FS）で実証していきたいと各社が考えている技術について計5技術の回答が得られた（複数回答あり）　。







省エネ	能力増強型水処理システム
	極値探索制御技術
創エネ	汚泥発酵乾燥Bio-drying
省エネ・創エネ	既設躯体を活用した汚泥消化設備
	ディスポーザーポストを用いた家庭有機物回収システム
CH_4・N_2O 排出対策	–
その他	–

2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
４．　2030年目標達成に向けた技術開発項目

○ 2030年目標達成に向けた技術開発については2030年までに実装可能な技術について取り組む必要がある。
○具体的には、「取組の方向性」のうち次に関する効果的・効率的な技術の実証等に取り組むべきと考えている。

	導入すべき技術の内容	技術開発項目の例※
①省エネ	水処理について、処理方式や処理規模に応じた省エネ対策として反応タンク設備関連などの寄与率の高い効果的・効率的な省エネ技術。 汚泥処理については、処理方式や処理規模に応じた省エネ対策として汚泥濃縮機、消化タンク攪拌機、汚泥脱水機の省エネ化など寄与率の高い効果的・効率的な省エネ技術。	・深槽曝気システムにおける省エネ型改築技術（R4B-DASH採択テーマ案）※Ⅰ ・ＡⅠを活用した下水処理場運転操作支援技術（R3B-DASH採択テーマ）※Ⅰ ・ICT,AI,センシング技術を用いた水処理・汚泥処理制御技術※Ⅱ ・効率型膜処理技術※Ⅲ その他左記に関わる技術
②創エネ・再エネ	固形燃料化技術やバイオガス利用等下水汚泥のエネルギー化に関わる効果的・効率的な技術。 下水熱利用等の効果的・効率的な技術。	・水熱炭化技術※Ⅲ ・汚泥の高付加価値化に関する技術※Ⅲ ・汚泥発酵乾燥技術※Ⅱ、Ⅲ ・既設躯体を活用した汚泥消化設備※Ⅱ ・ディスポーザー関する技術※Ⅱ その他左記に関わる技術
③下水汚泥焼却に伴い発生するN_2Oへの対策	・下水汚泥の焼却施設における燃焼の高度化や、一酸化二窒素の排出の少ない焼却炉及び下水汚泥固形燃料化施設の設置を推進するための効果的・効率的な技術	左記に関わる技術
⑥下水道のシステム最適化	・部分最適にとどまらず、水処理・汚泥処理システム全体で最適化する技術。	・最初沈殿池におけるエネルギー回収技術（R4B-DASH採択テーマ案）※Ⅰ その他左記に関わる技術

※Ⅰ R３，4実規模実証テーマ、Ⅱ（一社）日本下水道施設業協会へのアンケート（B-DASH関連設問）、ⅢR3国交省実規模実証テーマ案調査結果より記載

資料２－３

2050年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

下水道技術開発会議エネルギー分科会　（令和３年度第２回　2021.11. 22,26 ）

国土交通省 国土技術政策総合研究所

目次

１．技術開発の動向について
- ①下水道技術ビジョン
- ②B-DASHプロジェクト等
- ③（一社）日本下水道施設業協会アンケート
- ④他分野との連携
- ⑤水処理に伴い発生するN_2O対策
- ⑥エネルギーの観点からみた水処理
- ⑦まとめ

２．技術開発のシナリオと試算
- ①シナリオ
- ②2050年処理水量、汚泥処理量
- ③電力・燃料
- ④水処理に伴い発生するN_2O等
- ⑤汚泥焼却伴い発生するN_2O等
- ⑥創エネによる削減効果（消化）
- ⑦創エネによる削減効果（消化）
- ⑧汚泥肥料（コンポスト）による化学肥料代替効果
- ⑨まとめ

国土交通省 国土技術政策総合研究所

2050年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
１．技術開発の動向について

○エネルギー分科会でのテーマ（第一回資料を一部修正）
「2050年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」のあり方については、「2030年目標達成のための導入すべき技術」に加えて、

「脱炭素小委員会」の主要な論点「地域社会全体を捉えた上で、温室効果ガス排出の徹底した削減とともに、更なる資源集約や連携強化を通じたポテンシャルの最大活用による、新たな利用可能性の追求、貢献拡大をどのように図るべきか？」を踏まえ、

下水道分野の他に、他分野の技術開発の動向についても把握しつつ、今後の下水道において期待される技術開発について、議論していくこととしている。

国土交通省 国土技術政策総合研究所

2050年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
１．技術開発の動向について　①下水道技術ビジョン

- 下水道技術ビジョンは「新下水道ビジョン」（H26.7）で示された長期ビジョンや中期目標を達成するために、今後開発すべき技術等について、下水道技術ビジョン検討委員会（委員長：東京大学花木教授）の審議を経てH27.12に策定
- 下水道施設の老朽化対策、近年頻発する集中豪雨などに対応した浸水対策、下水道資源の有効利用の推進など、下水道の今後の重要な課題を解決するため、１１の技術開発分野についてロードマップを作成し、課題、目標、技術開発項目について整理
- 国土技術政策総合研究所の設置する「下水道技術開発会議」においてフォローアップ。

１１の技術開発分野

①持続可能な下水道システム-1　（再構築）
②持続可能な下水道システム-2　（健全化、老朽化対策、スマートオペレーション）
③ 地震・津波対策
④ 雨水管理（浸水対策）
⑤ 雨水管理（雨水利用、不明水対策等）
⑥ 流域圏管理
⑦ リスク管理
⑧ 再生水利用
⑨ 地域バイオマス活用
⑩ 創エネ・再生可能エネルギー
⑪ 低炭素型下水道システム
※赤字箇所以外でも地球温暖化対策関連事項あり。

○下水道技術ビジョンに掲げるロードマップの進捗状況について下水道技術開発会議において文献調査を実施。

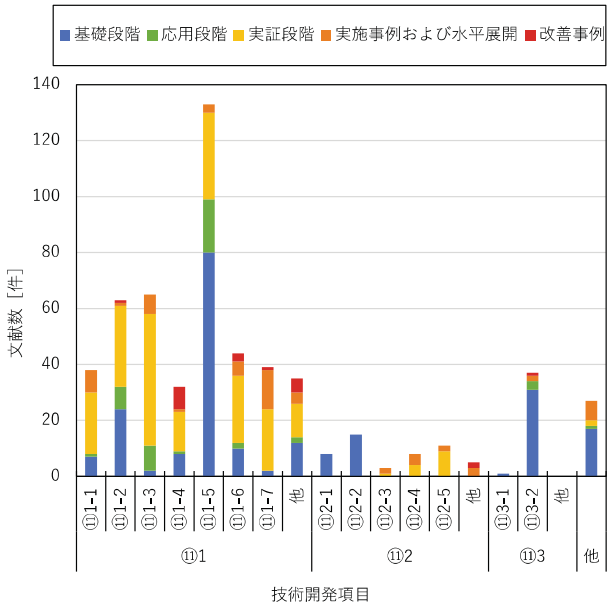
○文献調査は平成28年から令和元年度までの下水道研究発表会講演集や下水道協会誌、土木学会年次講演集、水環境学会誌等の論文等を参照。

○技術開発レポート２０１９おいてとりまとめた結果について次ページ以降紹介。

2050年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
１．技術開発の動向について　①下水道技術ビジョン

○「⑪1-5活性汚泥法代替の曝気を行わない省エネ型水処理技術」等が多い。
○「⑪2-1標準活性汚泥法等におけるN_2O排出抑制を低コスト・省エネルギーで実現」等の水処理・汚泥処理に伴い発生するN_2O排出抑制技術が少ない。

⑪低炭素型下水道システム



⑪1　下水道で消費するエネルギーの約１割削減に向けた技術開発
- ⑪1-1　処理場の省エネ・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
- ⑪1-2　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、担体利用技術等）
- ⑪1-3　ICT（センサー、CFD等）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
- ⑪1-4　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
- ⑪1-5　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）
- ⑪1-6　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
- ⑪1-7　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）

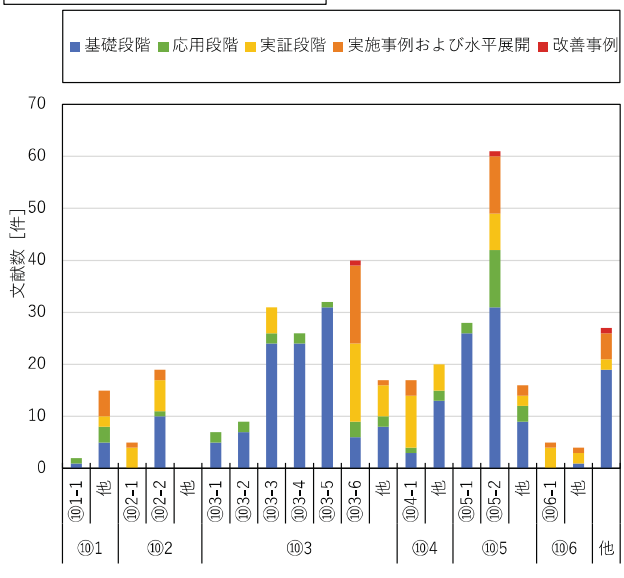
⑪2　下水道から排出される温室効果ガス排出量の約11％削減に向けた技術開発
- ⑪2-1　標準活性汚泥法等におけるN_2O排出抑制を低コスト・省エネルギーで実現
- ⑪2-2　N_2O発生機構の解明、微生物群衆構造の解析・制御等により、排出抑制する運転技術を実用化
- ⑪2-3　高温焼却のコスト増加を抑制し、導入を円滑化する技術
- ⑪2-4　N_2O排出量の少ない、より高度な焼却技術(多段吸込燃焼式流動床炉、二段燃焼式循環流動床炉、新型ストーカー炉等)
- ⑪2-5　省エネ・創エネと同時にN_2O排出抑制を達成する技術（汚泥の炭化・乾燥による燃料化技術や脱水汚泥の低含水率化と組み合わせた焼却発電技術等）

⑪3　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
- ⑪3-1　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
- ⑪3-2　省エネ・創エネ・省CO_2性能の合理的な定量化手法・改善技術

2050年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
１．技術開発の動向について　①下水道技術ビジョン

○「⑩3下水処理技術と下水資源を活用したエネルギー生産技術の開発」や「⑩5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」に関する技術が多い。
○「⑩1　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」や「⑩6　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」に関する技術が少ない。

⑩創エネ・再生可能エネルギー



⑩1　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
- ⑩1-1　中山間地域等の中小規模下水処理場における草木系バイオマスエネルギー利用技術を活用した汚泥処理（乾燥）の導入技術

⑩2　低ＬＣＣ化、エネルギー効率の高効率化による導入促進のため、新しい濃縮脱水システムや新しい嫌気性消化リアクターの開発
- ⑩2-1　濃縮工程を省略した新しい脱水処理システム
- ⑩2-2　汎用型等新しい嫌気性消化リアクター

⑩3　下水処理技術と下水資源を活用したエネルギー生産技術の開発
- ⑩3-1　多様な植物バイオマスからのエネルギー抽出・回収技術
- ⑩3-2　下水で培養した微細藻類からのエネルギー生産技術
- ⑩3-3　下水処理場での微細藻類由来エネルギー生産量評価技術
- ⑩3-4　微生物燃料電池の活用によるエネルギー生産技術
- ⑩3-5　膜ろ過・嫌気処理による省エネ・創エネ型水処理技術
- ⑩3-6　下水熱の利用技術

⑩4　汚泥直接、汚泥由来バイオガスや硫化水素などからメタン、水素、CO_2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
- ⑩4-1　膜処理を用いたバイオガスからの省エネルギー・高効率・簡易CO_2分離技術

⑩5　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
- ⑩5-1　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
- ⑩5-2　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

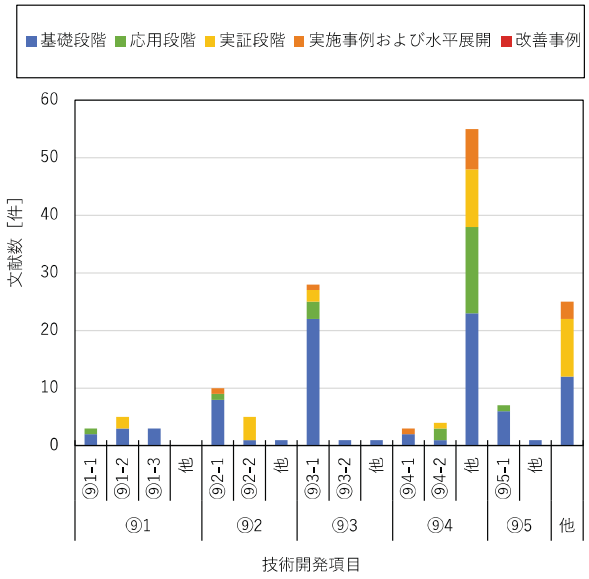
⑩6　熱利用による下水処理場でのエネルギー利用効率化技術の開発
- ⑩6-1　ガス発電廃熱を利用した乾燥技術

国土交通省 国土技術政策総合研究所

2050年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
１．技術開発の動向について　①下水道技術ビジョン

下水道技術ビジョンに掲げるロードマップの進捗状況について
○「⑨3-1　下水汚泥構成元素の分離・リサイクル技術の開発」や「⑨４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」に関連した食と下水道に関する技術が多い。
○その他、全体的に下水道関連の文献が少なかった。

⑨地域バイオマス



⑨1　地域の間伐材等の未利用資源を活用して脱水効率、消化効率を向上させる技術の開発
- ⑨1-1　地域の草木質の脱水助剤への活用技術
- ⑨1-2　様々な状態で発生する、剪定枝、除草刈草の受け入れ、前処理、メタン発酵技術
- ⑨1-3　竹材等の未利用地域バイオマスを活用した食物生産とその廃材利用を組み合わせたメタン発酵効率化技術

⑨2　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
- ⑨2-1　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
- ⑨2-2　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

⑨3　下水中の多様な物質の効率的回収に関する技術の開発
- ⑨3-1　下水汚泥構成元素の分離・リサイクル技術の開発
- ⑨3-2　メタン発酵消化液からのリン回収技術

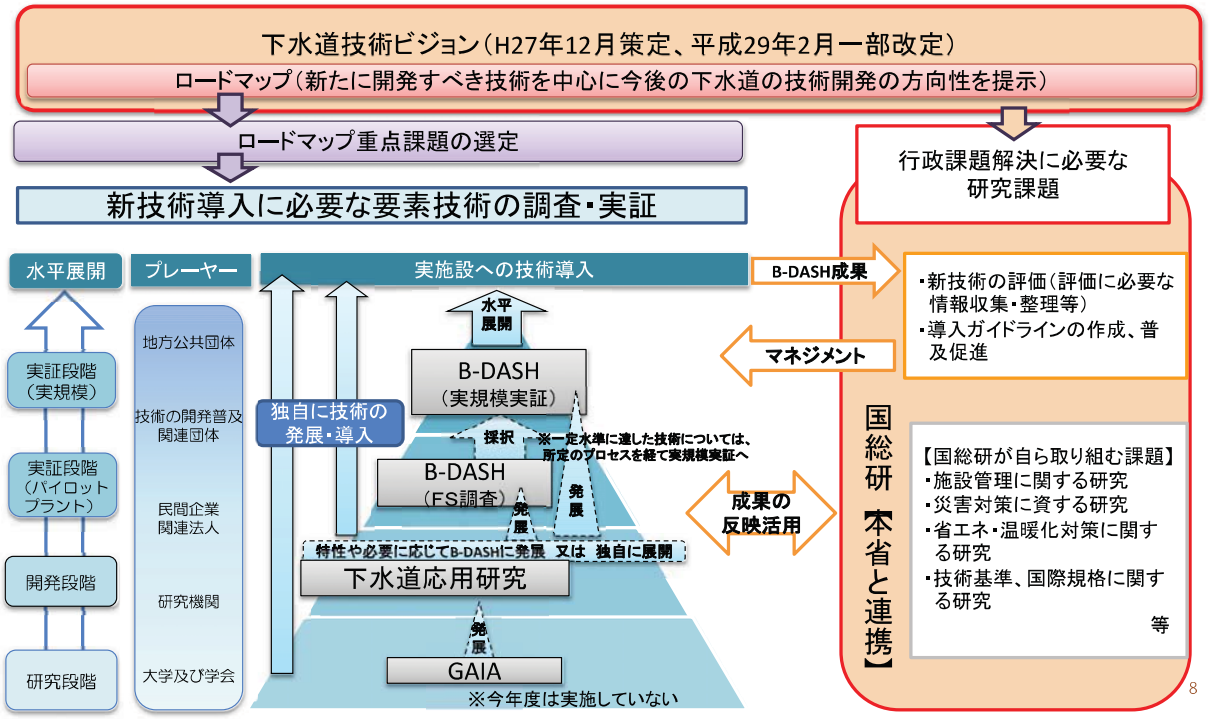
⑨4　下水道資源・エネルギーを利用した農林水産物の生産に関する技術の開発
- ⑨4-1　農林水産利用に適した有用微細藻類の下水培養技術と利用技術
- ⑨4-2　処理場内での下水熱、バイオガスからの熱・電気・CO_2を活用したトリジェネレーション技術の開発

⑨5　高品質下水灰の生産・肥料化技術の開発
- ⑨5-1　下水灰（下水汚泥燃焼灰）の肥料化・普及を図る技術

国土交通省 国土技術政策総合研究所

2050年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
１．技術開発の動向について　②B-DASHプロジェクト等

・国土交通省が実施する新技術に関する調査・実証事業として、B-DASHプロジェクト等の取組を実施している。



2050年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
１．技術開発の動向について　②B-DASHプロジェクト等

・2011年よりB-DASHプロジェクトを実施し、３０技術（うち2件は事業中）の脱炭素に資する技術を実証。

採択年度	実施事業名称	委託研究実施者
H23	超高効率固液分離技術を用いたエネルギーマネジメントシステム技術実証事業	メタウォーター・日本下水道事業団　共同研究体
	神戸市東灘処理場　再生可能エネルギー生産・革新的技術実証事業	神鋼環境ソリューション・神戸市　共同研究体
H24	温室効果ガスを排出しない次世代型下水汚泥固形燃料化技術実証事業	長崎市・長崎総合科学大学・三菱長崎機工　共同研究体
	廃熱利用型　低コスト下水汚泥固形燃料化技術実証事業	JFEエンジニアリング
	管路内設置型熱回収技術を用いた下水熱利用技術実証事業	大阪市・積水化学・東亜グラウト　共同研究体
	固定床型アナモックスプロセスによる高効率窒素除去技術実証事業	熊本市・日本下水道事業団・(株)タクマ　共同研究体
	神戸市東灘処理場　栄養塩除去と資源再生（リン）　革新的技術実証事業	水ing・神戸市・三菱商事アグリサービス　共同研究体
H25	脱水・燃焼・発電を全体最適化した革新的下水汚泥エネルギー転換システムの実証事業	メタウォーター・池田市　共同研究体
	下水道バイオマスからの電力創造システム実証事業	和歌山市・日本下水道事業団・京都大学・(株)西原環境・(株)タクマ　共同研究体
H26	水素リーダー都市プロジェクト～下水バイオガス原料による水素創エネ技術の実証～	三菱化工機（株）・福岡市・九州大学・豊田通商（株）　共同研究体
	無曝気循環式水処理技術実証事業	メタウォーター（株）・高知市・高知大学・日本下水道事業団　共同研究体
	高効率固液分離技術と二点DO制御技術を用いた省エネ型水処理技術の技術実証事業	前澤工業(株)・(株)石垣・日本下水道事業団・埼玉県　共同研究体
	ICTを活用した効率的な硝化運転制御の実用化に関する技術実証事業	(株)日立製作所・茨城県　共同研究体
	ICTを活用したプロセス制御とリモート診断による効率的水処理運転管理技術実証事業	(株)東芝・日本下水道事業団・福岡県・(公財)福岡県下水道管理センター　共同研究体

2050年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
１．技術開発の動向について　②B-DASHプロジェクト等

採択年度	実施事業名称	委託研究実施者
H27	複数の下水処理場からバイオガスを効率的に集約・活用する技術	JNCエンジニアリング(株)・吸着技術工業(株)・(株)九電工・シンコー(株)・山鹿都市ガス(株)・熊本県立大学・山鹿市・大津町・益城町
	バイオガス中のCO_2分離・回収と微細藻類培養への利用技術実証事業	(株)東芝・(株)ユーグレナ・日環特殊(株)・(株)日水コン・日本下水道事業団・佐賀市
	下水処理水の再生処理システムに関する実証事業	(株)西原環境・(株)東京設計事務所・京都大学・糸満市　共同研究体
H28	脱水乾燥システムによる下水汚泥の肥料化、燃料化技術実証事業	月島機械(株)、サンエコサーマル(株)、日本下水道事業団、鹿沼市農業公社、鹿沼市　共同研究体
	自己熱再生型ヒートポンプ式高効率下水汚泥乾燥技術実証事業	(株)大川原製作所、関西電力(株)、秦野市　共同研究体
	DHSシステムを用いた水量変動追従型水処理技術実証事業	三機工業(株)、東北大学、香川高等専門学校、高知工業高等専門学校、日本下水道事業団、須崎市　共同研究体
H29	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の実用化に関する実証事業	三菱化工機(株)・国立大学法人九州大学・日本下水道事業団・唐津市共同研究体
	温室効果ガス削減を考慮した発電型汚泥焼却技術の実用化に関する実証事業	JFEエンジニアリング(株)・日本下水道事業団・川崎市共同研究体
	最終沈殿池の処理能力向上技術実証事業	メタウォーター(株)・日本下水道事業団・松本市共同研究体
H30	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事業	神鋼環境ソリューション・日本下水道事業団・富士市共同研究体
	小規模下水処理場を対象とした低コスト・省エネルギー型高濃度メタン発酵技術に関する実証事業	大原鉄工所・西原環境・NJS・長岡技術科学大学・北海道大学・長岡市共同研究体
H30	小口径管路からの下水熱を利用した融雪技術の実用化に関する実証事業	東亜グラウト工業・丸山工務所・十日町市共同研究体
H30	ヒートポンプレスで低LCCと高COPを実現する下水熱融雪システムに関する研究	興和・積水化学工業・新潟市共同研究体
H31	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実証事業	メタウォーター・日本下水道事業団・町田市　共同研究体
事業中 R2	中小規模処理場同士の広域化に資する低コスト汚泥減量化技術の実証事業	月島機械㈱・日鉄セメント㈱・高砂熱学工業㈱・室蘭工業大学・室蘭市水道部共同研究体
事業中 R3	AIを活用した下水処理場運転操作の先進的支援技術に関する実証事業	明電舎・NJS・広島市・船橋市共同研究体
R4 案	最初沈殿池におけるエネルギー回収技術	
	深槽曝気システムにおける省エネ型改築技術	

2050年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
１．技術開発の動向について　②B-DASHプロジェクト等

・B-DASHプロジェクト（FS調査）では、９技術の脱炭素に資する技術の調査を実施。

採択年度	実施事業名称	委託研究実施者
H28	下水汚泥の熱分解高純度水素製造プロセス技術研究開発に関する調査事業	(株)オストランド、(株)アイピーエル、成蹊大学、産業技術総合研究所　共同研究体
	下水処理水と海水の塩分濃度差を利用した水素製造システムの実用化に関する調査事業	山口大学、(株)正興電機製作所、日本下水道事業団 共同研究体
	下水汚泥から水素を直接製造する技術に関する調査事業	東北大学、カーボンフリーネットワーク(株)、(株)大和三光製作所、弘前市　共同研究体
	下水処理水を利用した水素発電による下水道維持管理コスト低減に関する調査事業	清水建設(株)、積水化学工業(株) 、(株)パワーユナイテッド、大阪狭山市、軽井沢町、 小林市　共同研究体
	中小規模下水処理場を対象とした高濃度メタン発酵技術に関する予備調査 ※実規模実証でも実施	(株)西原環境、(株)大原鉄工所、北海道大学、浜中町 共同研究体
H29	稲わらと下水汚泥の高濃度混合高温消化と炭化を核とした地域内循環システムに関する調査事業	金沢大学・公立鳥取環境大学・明和工業・バイオガスラボ　共同研究体体
	アナモックス細菌を用いた省エネルギー型下水高度処理技術の実用化に関する調査事業	株式会社明電舎・神戸市共同研究体
	高圧ジェット装置を導入した高度処理における余剰汚泥の減容化	東京農工大学・(株)石垣・土木研究所共同研究体
H31	汚泥の高付加価値化と省エネ・創エネを組み合わせた事業採算性の高い炭化システム	大同特殊鋼・中央大学・気仙沼市共同研究体

下水道技術開発会議エネルギー分科会　（令和３年度第２回　2021.11. 22,26 ）

国土交通省 国土技術政策総合研究所

2050年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
１．技術開発の動向について　②B-DASHプロジェクト等

・応用研究では10技術の脱炭素に資する技術の調査を実施。

採択年度	研究テーマ名	共同研究体
H29	炭化・温水抽出による新たなリン回収技術の開発に関する研究	三佳・ケントム・日水コン・滋賀県
	きのこ生産を核とした下水道資源のカスケード利用システムの構築	鹿児島工業高等専門学校・日水コン・大成建設・霧島市
H30	処理場に流入する汚水の原単位を精密・省力的に把握して数学的に最適プロセスを設計する技術の開発	オリジナル設計・北九州市立大学・京都大学・ネクスト環境コンサルタント共同研究体
	官民連携による下水資源・エネルギーを活かした植物栽培技術の研究	長岡技術科学大学・土木研究所・東亜グラウト工業・大原鉄工所・クリーンリード共同研究体
H31	新規高性能ガス透過膜と高解像度モニタリング技術を導入した膜曝気型バイオフィルム法による排水処理の省エネ化	三菱ケミカル東京農工大学共同研究体
	FO膜を用いた超省エネ型下水処理システムの開発	造水促進センター・北九州市立大学・長崎大学・水ingエンジニアリング・日本水工設計共同研究体
	下水処理場における硝化阻害物質の高効率探索システムの開発	鹿児島大学・土木研究所・いであ共同研究体
	下水道資源を最大限に活用した飼料用米栽培技術の開発と下水道の新たな役割の創造	山形大学・鶴岡市・日水コン・岩手大学・鶴岡市農業協同組合
事業中 R3	微生物燃料電池を用いた発電型水処理技術の開発	日本工営(株)・東洋紡(株)・玉野総合コンサルタント(株)・名古屋工業大学 共同研究体
	サステイナブルな汚泥焼却のための次世代補助燃料の検討	京都大学・土木研究所・月島機械(株)・(株)タクマ 共同研究体

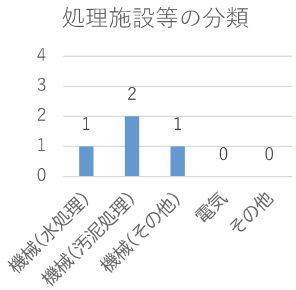
2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術
１．技術開発の動向について　②B-DASHプロジェクト等

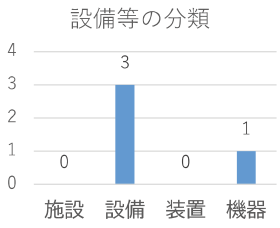
・GAIAでは１８技術の脱炭素に資する技術の調査を実施。

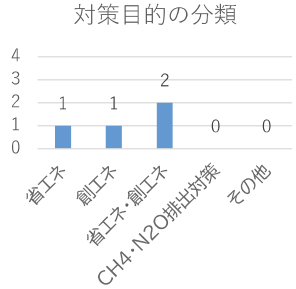
採択年度	研究テーマ名	共同研究体
H26	好塩古細菌を用いたカリウム資源回収の実用化に関する技術開発	北海道大学大学院工学研究院
	下水を利用して培養した微細藻類による漁業飼料生産技術の開発	中央大学理工学部
	下水処理水再利用による飼料用米栽培に関する研究	山形大学農学部
	下水汚泥を用いた高付加価値きのこの生産技術及びその生産過程で発生する廃培地・炭酸ガスの高度利用技術の開発	鹿児島工業高等専門学校
	消化汚泥の肥料利用に関する研究	高知大学教育研究部
	グラフェン-酸化グラフェン還元微生物複合体を用いたバイオマス電力生産技術の下水処理施設への適用検討	日本工営(株)上下水道部
	微生物燃料電池による省エネ型廃水処理のための基盤技術の開発	岐阜大学流域圏科学研究センター
H27	都市域路面排水の低環境負荷型処理による用途別水資源としての利用可能性の検討	京都大学地球環境学堂
	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	長岡技術科学大学環境社会基盤工学専攻
	地域の汚水組成とその長期変化に応じて最適処理プロセスを設計するための技術	北九州市立大学国際環境工学部
	下水処理施設の高品質資源回収・流域リスク低減拠点化を目指したオゾン処理導入技術開発	京都大学大学院工学研究科
H28	FO膜とクロラミン耐性メタン発酵を組合せた低コスト・エネルギー生産型下水処理システムの開発	北九州市立大学国際環境工学部エネルギー循環化学科
	微細藻類を用いた下水中でのアスタキサンチン生産技術の開発	岡山大学環境管理センター
	下水汚泥の有用微生物優占技術と高付加価値農業資材の生産技術の開発	長岡技術科学大学産学融合トップランナー養成センター
H29	下水処理微生物の遺伝子ビッグデータの構築と迅速・簡便な微生物モニタリングシステムの開発	東北大学・産業技術総合研究所GAIA共同研究体
	下水汚泥消化ガスの水蒸気改質反応により高純度水素を製造する膜反応器の開発	学校法人工学院大学
H30	深層学習を活用した流域での人間活動に応じた流入下水負荷変動予測と既往処理システム運転管理の最適化	国立大学法人京都大学・国立大学法人愛媛大学・国立大学法人東京大学共同研究体
	下水汚泥中の有機物を炭素資源としたバイオ燃料製造プロセスの開発	公立大学法人北九州市立大学

2050年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
１．技術開発の動向について　③（一社）日本下水道施設業協会アンケート

（一社）日本下水道施設業協会へのアンケート結果（2050カーボンニュートラル関連）
○会員企業に対してアンケートを実施。13社から回答が得られた（再掲）。
（設問4）2050年脱炭素社会への貢献等中長期的に技術開発に取り組んでいく予定のテーマ等及び（設問５）開発期間について計4技術の回答が得られた（複数回答あり）。





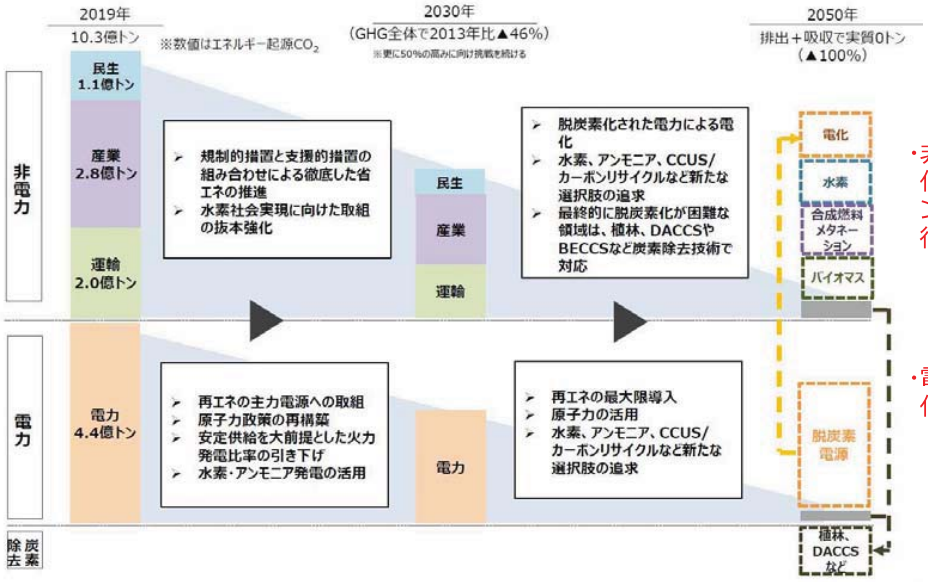


省エネ	FO膜による水処理	10年以内
創エネ	外部バイオマス受け入れ可能な高効率水処理＋高効率消化技術	–
省エネ・創エネ	MBR式メタン発酵システム	10年以内
	メタン発酵技術の改良	5年以内
CH_4・N_2O排出対策	–	–
その他	–	–

2050年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
１．技術開発の動向について　④他分野との連携

○エネルギー基本計画（令和3年10月閣議決定）
カーボンニュートラル実現に向けた課題と対応のポイントとして次の位置づけあり。
電力部門では再エネ等の活用と水素・アンモニア発電、CCUS/カーボンリサイクルによる火力発電などのイノベーションを追求すること。非電力部門では、電化推進、電化が困難な部門では水素や合成メタンなどの活用。 等

○2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（グリーン成長戦略）（関係省庁 令和3年6月）



・非電力分野において、電化、水素、メタネーション、バイオマスの活用を行うとされている。

・電源のほとんどが脱炭素化されることとなる。

下水道技術開発会議エネルギー分科会　（令和３年度第２回　2021.11. 22,26 ）
国土交通省 国土技術政策総合研究所
2050年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
１．技術開発の動向について　④他分野との連携
○2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（グリーン成長戦略）（関係省庁 令和3年6月）

～下水道分野と関連が強い分野～

１．洋上風力・太陽光・地熱
・脱炭素電源として、 次世代型太陽電池の技術開発

２．水素・燃料アンモニア
・水素については2030年300万トン、2050年2,000万トン程度の導入量を目指す。
・アンモニアについては2030年300万トン、2050年3000万トンの燃料等としての国内需要を想定。

３．次世代熱エネルギー
・メタネーションなどによる合成メタンを2050年2500万トン供給を目指す。

８．物流・人流・土木インフラ
・下水道の省エネ化、下水熱利用の促進（2025年までに案件形成に集中的に取り組む。）
・建設施工のカーボンニュートラルの実現

９．食料・農林水産業
・有機農業の取組面積拡大、化学農薬・化学肥料の低減

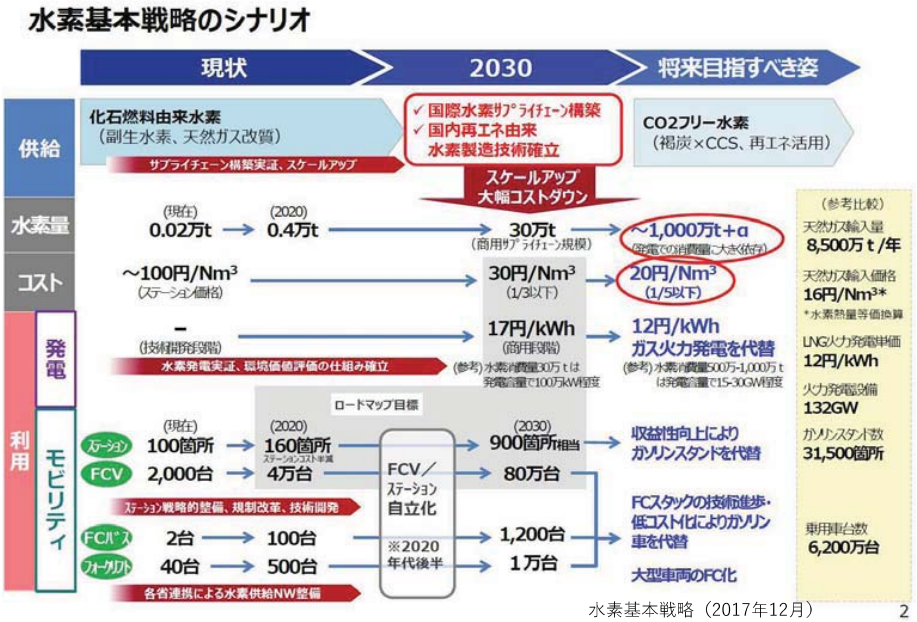
１１．カーボリサイクル・マテリアル
・CO_2吸収型コンクリートの低コスト化を目指す。
・低コストかつ高効率なCO_2分離回収技術の開発。2050年の世界市場10兆円の3割シェアを目指す。

１３．資源循環関連
・下水道バイオマスの活用拡大（ 2025年までに案件形成に集中的に取り組む。）
・有機性廃棄物の一体処理によるコスト低減策の検討を2040年まで実施。
・排熱利用型地域熱供給、オンライン熱輸送の向上など回収したエネルギー利用の高度化・効率化

※他にも、自動車の電動化、微細藻類由来のジェット燃料、分散型エネルギー、次世代グリッド等に関する取組に関する記載あり。

2050年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
１．技術開発の動向について　④他分野との連携　水素

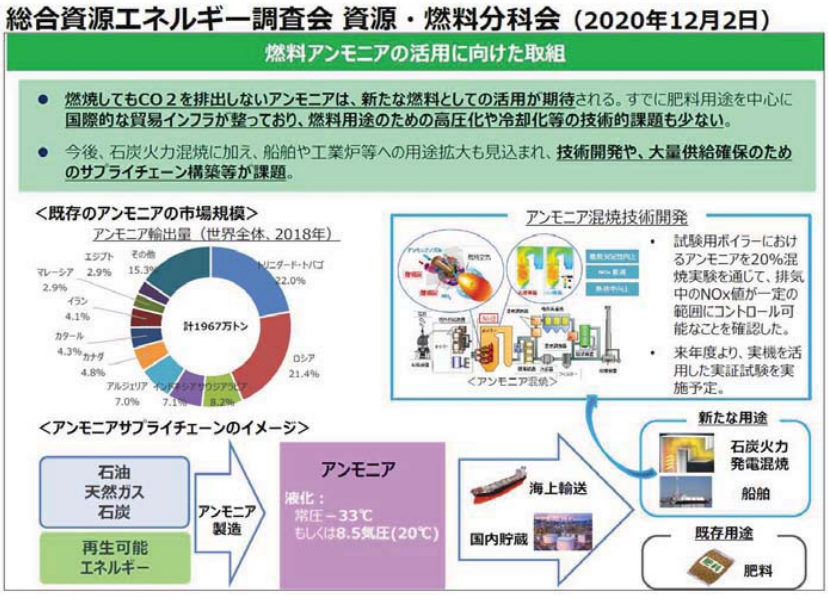
○グリーン成長戦略において、水素については2050年2,000万トン程度の導入量を目指す。また、カーボンフリー水素の製造コストの削減を図り20円/Nm³を目指す。
○水素基本戦略では、2030年水素ステーション900箇所、FCV80万台等を目指す。さらに将来的にはガス火力発電の代替となることを目指していくなど、需要が大きく増加する見通し。



水素基本戦略（2017年12月）

2050年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
１．技術開発の動向について　④他分野との連携　アンモニア

○グリーン成長戦略において、アンモニアについては石炭火力における混焼や専焼のための技術開発を推進。
○今後、石炭火力発電に加えて、船舶や工業炉等への用途拡大も見込まれるため技術開発や大量供給確保のためのサプライチェーン構築が課題。
○2030年300万トン、2050年3000万トンの燃料等としての国内需要を想定。



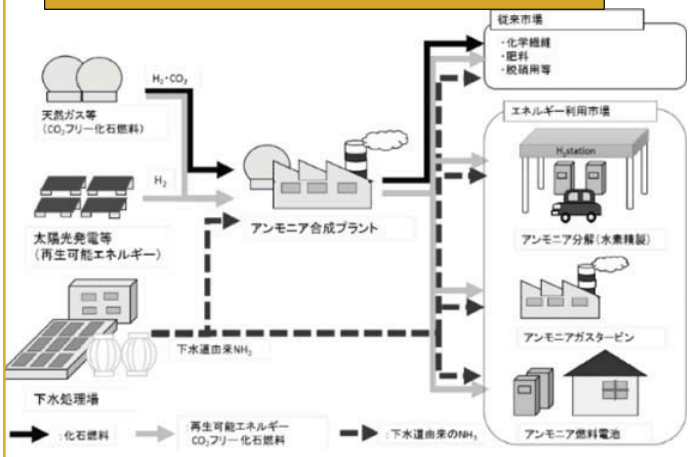
5

総合資源エネルギー調査会資源・燃料分科会（2020年12月2日）

2050年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
１．技術開発の動向について　④他分野との連携　アンモニア

○アンモニアについては、国総研の研究において全国の処理場で発生する消化汚泥の脱水ろ液からアンモニアストリッピング法で回収した場合のポテンシャルとして約1.2万t-NH_3/年（2015年輸入量20万t/年の約6.3%相当）であることを試算。
○また、近年の研究※では、下水処理場における窒素収支を調査し、汚泥が有する窒素ポテンシャルを約15.2万t-N/年と試算。また汚泥固形中の窒素を亜臨界水処理によるアンモニア化により、エネルギー利用した際のCO_2削減効果約56.1万t-CO_2/年と試算。
※出典：小島啓輔、加藤雄大、隅倉光博、川本徹　下水処理場における窒素由来のエネルギーポテンシャルの試算とその利用に関する考察,下水道協会誌,Vol58,No.708,pp.78-86,2021.

下水道由来のアンモニアの有効利用用途



（アンモニアストリッピング法）
・高濃度のアンモニア性窒素を含む溶液に空気等を吹き込み、NH_4^+とOH^-を反応させNH_3を発生させる手法。高水温・高pHの条件により反応が進む。

$$NH_4^+ + OH^- \rightarrow NH_3 + H_2O$$

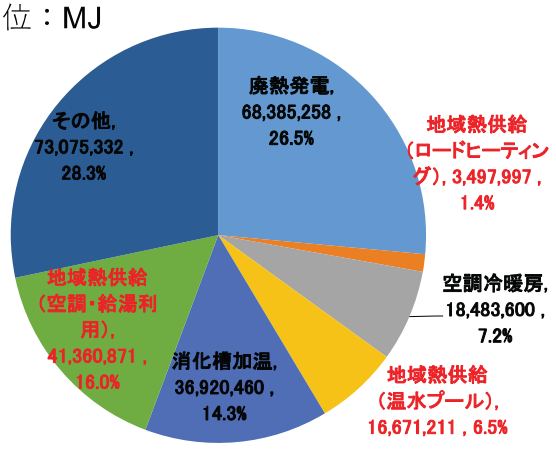
（亜臨界水処理）
・水の気液共存線の臨界点（374 ℃、22.1 MPa）があり、この温度・圧力よりもやや緩和である高温、高圧の水（液体）を亜臨界水という。上記研究※では消化汚泥中の有機物を分界し、窒素成分をアンモニアに変換することを想定している。

2050年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
１．技術開発の動向について　④他分野との連携　熱利用

○下水道分野における熱利用は、下水熱は32カ所（発熱量約９０TJ）、下水汚泥焼却廃熱利用を実施している施設34カ所（有効利用熱量約3,400TJ）、バイオガス発電のコージェネ廃熱利用等で取り組まれている。
○焼却廃熱は、場内利用だけでは無く、地域の熱供給源としての役割も果たしているケースもある。

下水汚泥焼却廃熱利用状況の内訳

単位：MJ



出典　下水汚泥等の資源有効利用状況に関する調査（令和元年度）より作成

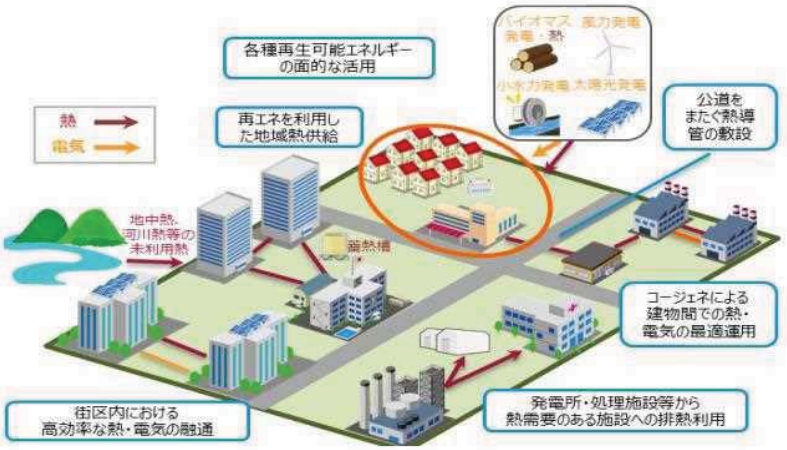
焼却熱の温水プールへの活用
（川崎市入江崎総合スラッジセンター）

焼却熱を六甲アイランド共同住宅地区へ供給
（神戸市東部スラッジセンター）

2050年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
１．技術開発の動向について　④他分野との連携　熱・バイオガス利用

○グリーン成長戦略において、ガスの脱炭素化とコジェネ導入推進を核として、「ガス事業者が、地方自治体や同業種・他業種と連携し、次世代熱エネルギー供給を主体的に推進。」とされており、下水汚泥由来のメタンガスや処理場で発生した廃熱についても、地域の分散型エネルギーシステムへの一角として連携・導入が期待される。
※東邦ガスは知多市南部浄化センターの余剰バイオガスを都市ガスの原料として活用している事例有り。
○また、グリーン成長戦略において、合成メタンへ転換の上、コジェネの導入推進を目指しており、「2050年までに合成メタン2500万トンを供給」することとしており、ガスの脱炭素化には大きな需要が見込まれる。

分散型エネルギーシステムのイメージ



出典：METI　再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会

メタネーション技術

・太陽光発電を用いた水分解により精製された水素を活用し、消化におけるメタン発生量の促進等期待。
・また、下水道施設から発生したCO_2を回収し、メタネーション施設での活用も期待。

出典：資源エネルギー庁資料

2050年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
１．技術開発の動向について　④他分野との連携　地域バイオマス

○グリーン成長戦略において、バイオマス資源の拡大やメタン発酵エネルギー回収の向上等について2030年までに取り組むこととされており、その後の2040年まで有機性廃棄物の一体処理によるコスト低減策の検討を実施するとされている。
○生ゴミ等や下水汚泥由来のバイオマスを一体的に処理をすることで効率よくエネルギー回収をする技術が求められている。

⑬資源循環関連産業の成長戦略「工程表」

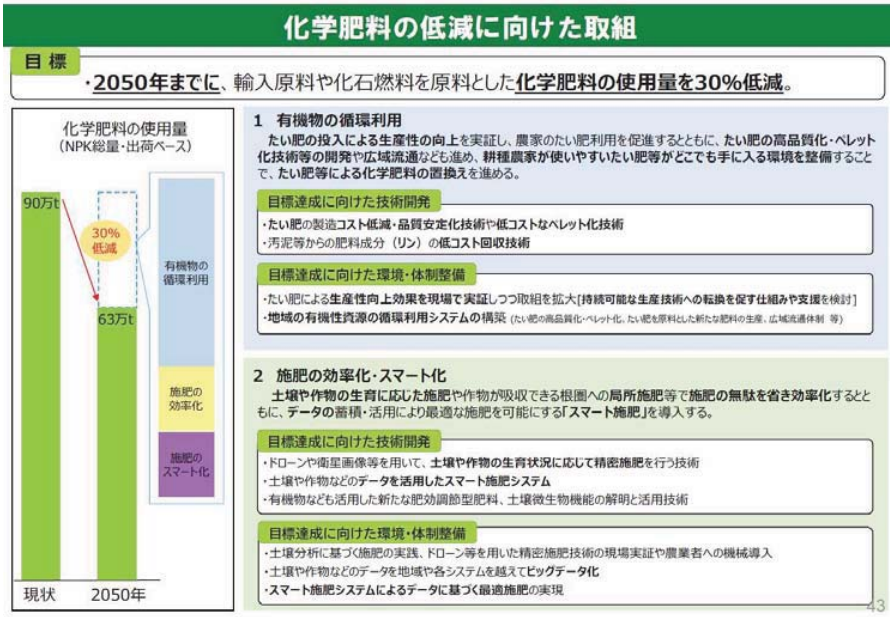
●導入フェーズ：　1．開発フェーズ　2．実証フェーズ　3．導入拡大・コスト低減フェーズ　4．自立商用フェーズ
●具体化すべき政策手法：　①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

88

2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（グリーン成長戦略）（関係省庁 令和3年6月）

2050年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
１．技術開発の動向について　④他分野との連携　農業等利用技術

○「みどりの食料システム戦略」において、化学肥料の使用料の30％低減が位置づけられ、その代替として、有機物の循環利用等が位置づけられている。
○技術開発項目として、堆肥の製造コスト低減・品質安定化技術や低コストなペレット化技術、汚泥等からの肥料成分（りん）の低コスト回収技術が位置づけられている。



「みどりの食料システム戦略」本体及び参考資料（令和3年5月12日みどりの食料システム戦略本部決定）より

下水道技術開発会議エネルギー分科会　（令和３年度第２回　2021.11. 22,26 ）
国土交通省 国土技術政策総合研究所
2050年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
１．技術開発の動向について　④他分野との連携　農業等利用技術

○下水道発食材については「じゅんかん育ち」として処理水や下水汚泥由来肥料等を活用し、米、野菜作り、ノリ等が生産されている。
○汚泥肥料は高温発酵、乾燥、炭化による肥料化が取り組まれH28採択B-DASH（鹿沼市、大川原市）においては乾燥技術による肥料化について実証。
○肥料の栄養素となる汚泥中のリンを回収については、H24採択B-DASH（神戸市）において、消化汚泥から直接リンを回収する技術が実証された。下水道のリンポテンシャルは海外から輸入するリン約１０％に相当。
○効率的に下水・汚泥由来のリン、アンモニア等資源の有効活用を可能とする技術開発が必要。

じゅんかん育ち

リン回収技術（H24採択B-DASH）

2050年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
１．技術開発の動向について　④他分野との連携　CO_2分離回収利用

○グリーン成長戦略において、低コストかつ高効率なCO_2分離回収技術の開発。2050年の世界市場10兆円の3割シェアを目指すとされている。また、「高効率なCO_2分離回収技術を開発し、コスト低減」を図り2024年から実証事業を行うこととなっている。
○バイオガスや焼却排ガス中のＣＯ２を分離回収し、場外の農業・工業利用やメタネーションへの活用などカーボンリサイクルが期待される。
○下水道分野においては、バイオガス中のCO_2分離・回収技術（H27採択B-DASH 佐賀市）でPSA法（加圧と減圧を繰り返しCH_4,CO_2を連続的に分離・回収する方法）による実施事例がある。

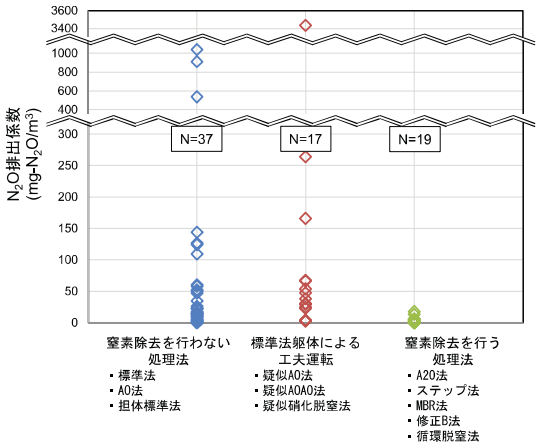
固体吸収材

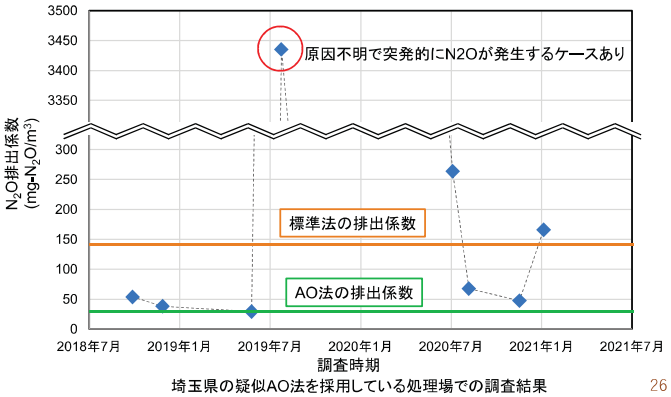
分離膜

2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（グリーン成長戦略）（関係省庁 令和3年6月）

2050年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
１．技術開発の動向について　⑤水処理に伴い発生するN２O対策

○標準法に比較して、高度処理の排出係数が小さいことがわかっているが、標準法の中でも排出量に大きな差が出ている。
○調査時期によって大きく排出量が異なることがある。また、標準法を擬似AOとすることで、一定程度排出量を削減できている可能性がある。
○今後、次の取組を推進することにより、排出係数や抑制対策の検討につなげていく。
・同じ処理法でも排出量が異なる要因や、突発的に発生する要因を微生物解析やリアクターを用いた実験などにより明らかにしていく。
・現行の排出係数が妥当であるかどうか、実態調査行い、データの蓄積を進めていく。



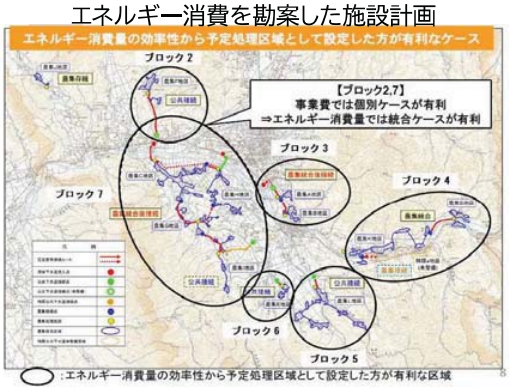


埼玉県の疑似AO法を採用している処理場での調査結果

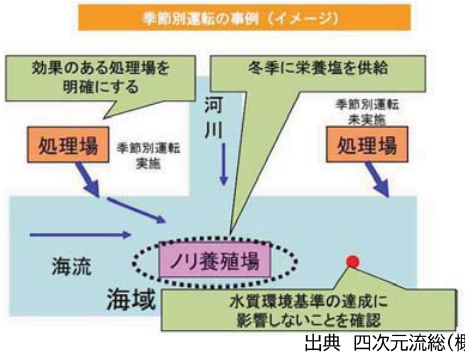
2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術
１．技術開発の動向について　⑥エネルギーの観点からみた水処理

○下水処理の処理水質については、下水道法令に基づく計画放流水質や水質汚濁防止法に基づく一律排水基準や環境基準の達成が 困難な地域（東京湾、伊勢湾、瀬戸内海）における総量規制基準等に従い設定される。
○その具体的な配置計画としては下水道法に基づく流域下水道整備総合計画（流総）に、環境基準達成のための処理方式や処理規模等が位置づけることとなっている。
○流総については下水道法施行規則の改正を受け平成27年10月にその指針と解説の改定がなされ次の事項についても考慮できることとなった。
・水質環境基準の目標に加えて、下水道管理者として地域の実情や特性を勘案し、水質環境基準以外の目標（季節別目標水質、エネルギーに関する目標など）を定めること
・発生源別目標負荷量や計画処理水質は、エネルギー消費量も勘案した上で設定
○ 2050年カーボンニュートラルを見据えると、環境基準や経済性だけではなく、社会全体をみた資源有効利用、放流先、エネルギー消費、GHG削減等の観点からの水処理・汚泥処理の仕組みの将来的なあり方やその評価手法についても今後の研究課題となりうる。

エネルギー消費を勘案した施設計画



地先の状況に応じた水処理



出典　四次元流総（概要）

2050年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
１．技術開発の動向について　⑦まとめ

○下水道技術ビジョンに関する文献調査結果から次の技術開発が少ないことから、取組の推進が必要。
・下水道の処理由来で発生するN_2Oに関する研究開発。
・創エネについて中小処理場を対象とした技術や熱利用技術についての研究開発。
・地域バイオマスに関するロードマップについては全体的に下水道に関連する研究開発。

○（一社）日本下水道施設業協会アンケートの結果（2050年カーボンニュートラルの実現に貢献する技術）では
・「FO膜による水処理技術」、「MBR式メタン発酵システム」、「外部バイオマス受け入れ可能な高効率水処理技術」、「メタン発酵技術の効率化」についての技術開発に関する提案が見られた。

○他分野における次の動向を踏まえた取組が必要。
・水素、アンモニア、合成メタンなど下水道発資源ともなりうる資源について今後大幅な需要が見込める。
・ガス事業者がコジェネ導入推進をおこない、次世代熱エネルギー供給を主体的に推進することとなっており、下水道で創出したガス、熱、電気エネルギー等の連携活用が期待される。
・地域で発生する有機性廃棄物の一体処理によるコスト低減策を今後検討することとなっており、地域社会全体でみたバイオマスの有効活用、最適化が図られていくことになる。
・化学肥料を2050年までに使用量を30%削減し、堆肥等への置き換えをすることとなっており、汚泥発酵肥料や汚泥由来のリン等の活用が期待される。
・CO_2の回収技術の実証など技術開発が推進される。

○水処理に伴い発生するN_2Oに関しては、ラボレベルでのメカニズムに関する研究やデータの蓄積を推進していくこととなっている。

○資源利用やエネルギーから見た水処理・汚泥処理の将来的なあり方やその評価手法については今後の研究課題となりうる。

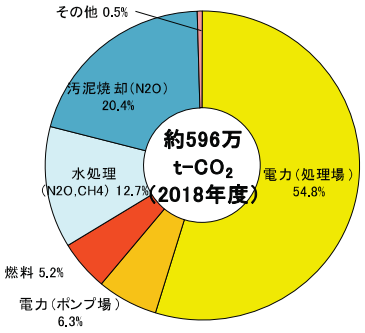
2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術の技術開発ロードマップに反映

2050年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
2. 技術開発のシナリオと試算　①シナリオ

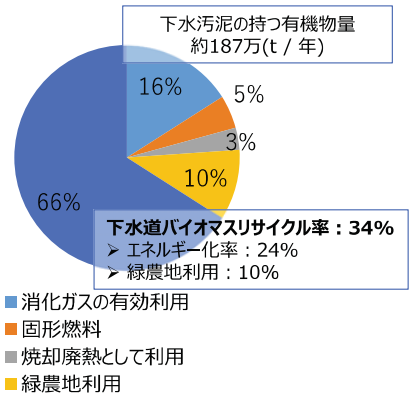
○2018年度時点で下水道からは約600万 t のCO_2が排出されている中で、下水道分野、他分野の技術開発の動向を踏まえ、2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術について、どの技術が導入されれば、どの程度削減に貢献できるのか、次のシナリオを検討し、削減効果の試算を実施。これにより、有為な技術分野を見える化する。

・現行トレンドシナリオ
・ゲームチェンジシナリオ

下水道からの温室効果ガス発生量



下水道分野で創エネ／再エネの取組



	発電量（kWh）	導入カ所数
太陽光:	約0.7億	110
小水力:	約0.02億	27
風力:	約0.07億	6

	発熱量（千GJ）	導入カ所数
下水熱:	約90	32

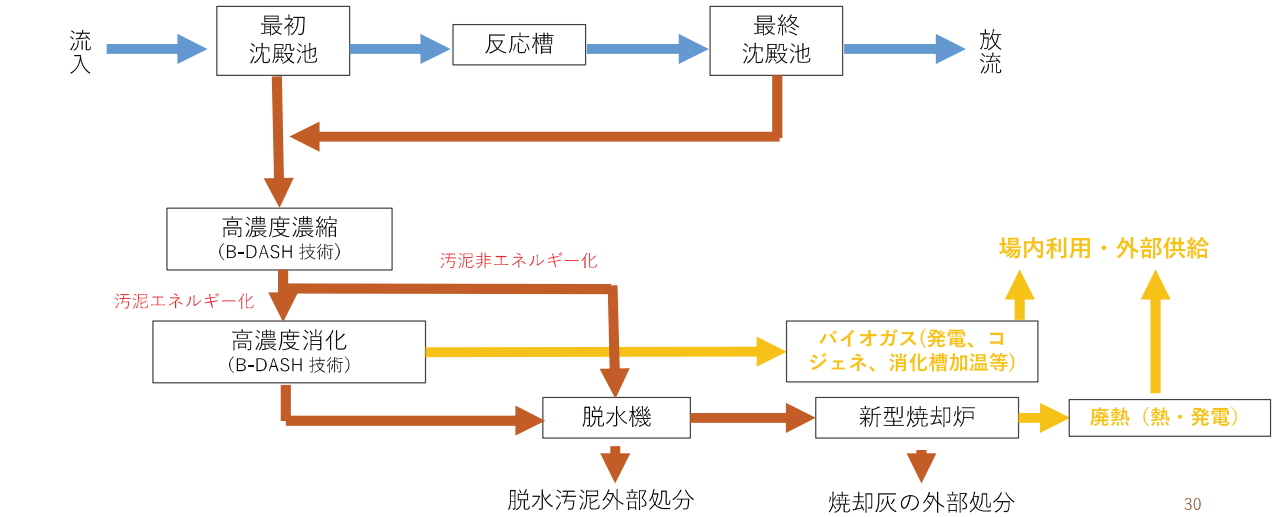
※国土交通省下水道部作成

2050年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
2. 技術開発のシナリオと試算　①シナリオ

現行トレンドシナリオ
○2050年までの人口推計を踏まえ、将来の処理水量（二次処理、高度処理）、汚泥処理量を推定し、ベースとなるエネルギー由来のCO_2排出量やN_2O排出量等を推定。
○「電力、燃料」については現状の省エネ技術が可能な限り普及展開するとして試算。「創エネ」として下水汚泥エネルギー化率のトレンドを踏まえた将来の創エネ量を推定。「汚泥焼却に伴い発生するN_2O」については、新型炉に置き換わったとして現状のトップランナー値を用いて排出量を算出。「水処理に伴い発生するN_2O」については未対策。

全国処理場のモデル化

下水汚泥エネルギー化率：下水汚泥中の有機物のうち、バイオガス発電や固形燃料化等、 エネルギー利用された割合



2050年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
2. 技術開発のシナリオと試算　①シナリオ

ゲームチェンジシナリオ

○基本的な考え方として、「現行トレンドシナリオ」に加えて、例えば、「2030年目標と実現するための技術的課題と取組の方向性」の中で2050年を見据えた課題とされている水処理に伴い発生するN_2Oの抑制対策が可能になることや現行の諸課題が解決し、下水道システムの最適化が図られることで、どの程度の温室効果ガス排出量の削減が可能となるか。さらに2050年を見据えた革新的技術の導入が実現した場合、どの程度削減効果を上乗せできるのか試算。

（諸課題の例）
①システム全体としての省エネ化　②流入有機物の除去・創エネ活用　③処理水・汚泥のカスケード利用の推進
④圧送輸送が困難となる高効率脱水汚泥　⑤消化を促進するための汚泥濃縮、可溶化設備等前処理施設
⑥N_2O対策のため補助燃料を増加させる高温焼却　⑦地域バイオマスやその他の受け入れ　等

具体的な計算方法として

○2050年までの人口推計を踏まえ、将来の処理水量（二次処理、高度処理）、汚泥処理量を推定し、ベースとなるエネルギー由来のCO_2排出量やN_2O排出量等を推定。

○「電気、燃料」については現状の省エネ技術が可能な限り普及展開し、流入有機物の除去により反応槽における動力が削減したことも見込む。さらに、燃料は場内利用のバイオガス等でまかなえないポンプ場に要する燃料についてはカーボンフリー燃料に置き換わるとする。

○「創エネ」としては流入有機物の除去・創エネ活用により、有効活用する汚泥量の増加を見込み（水処理・汚泥処理に関わる消費・創エネルギー一体でみたシステムとしての改善）、全量消化されるとする。さらに、地域の有機物一体処理の拠点として地域バイオマス（木質、生ゴミ）の受け入れ効果やカーボンフリー水素を活用した、消化槽内でのメタネーション反応によるメタン生成効果も計上。

○「汚泥焼却に伴い発生するN_2O」については、現在の新型炉の排出量から技術革新によりさらに排出が減少するとして試算。「水処理に伴い発生するN_2O」については、標準法等における抑制対策手法が確立したとして試算。

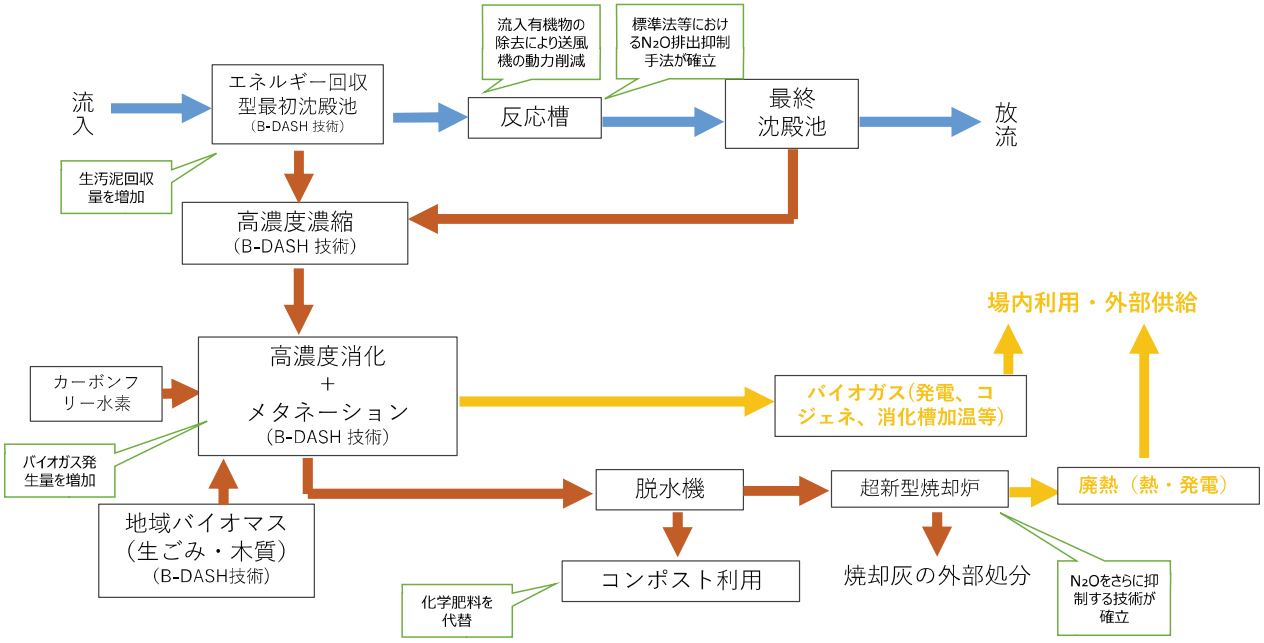
○消化汚泥については、焼却されないものについては全量汚泥肥料として活用するとして、化学肥料で製造した場合と比べたCO_2削減効果についても試算（社会への貢献）。

下水道技術開発会議エネルギー分科会　（令和３年度第２回　2021.11. 22,26 ）

国土交通省 国土技術政策総合研究所

2050年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
2. 技術開発のシナリオと試算　①シナリオ

ゲームチェンジシナリオの処理フロー



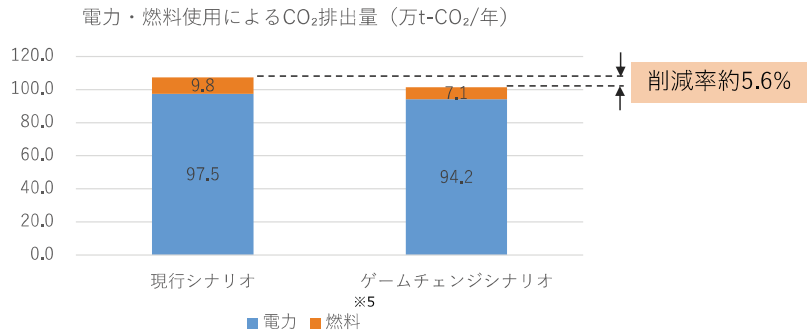
2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術
2. 技術開発のシナリオと試算　②2050年処理水量、汚泥処理量

	単位	2018	2050(推計)
総人口	百万人	126	102
下水道人口	百万人	100	82
下水道人口割合	%	79.3	80.1
処理水量	億m³/年	146	119
1人当たり処理水量	m³/人/年	146.1	146.1
高度処理水量	億m³/年	32	70
発生汚泥量	千t-DS/年	2,121	1,727
1人当たり汚泥量	kg-DS/人/年	21.2	21.2

※１国立人口問題研究所「日本の将来推計人口（平成29年7月推計）出生中位（死亡中位）推計値」から2050年の人口を抽出し、下水道人口割合は2020年度実績の80.1%で推移するとし、また2018年度の人口（実績）と下水道統計・汚泥有効利用調査の実績を入力から1人当たりの処理水量、発生汚泥量を算出して2050年度の処理水量、発生汚泥量を推計した。
なお、高度処理水量については2050年の下水道人口のうち84.9%が高度処理の必要とし※２、高度処理普及率は100%まで到達するとして、その割合を用いて算出。

※２　2009年～2013年までの下水道人口のうち高度処理の必要な人口割合の平均。

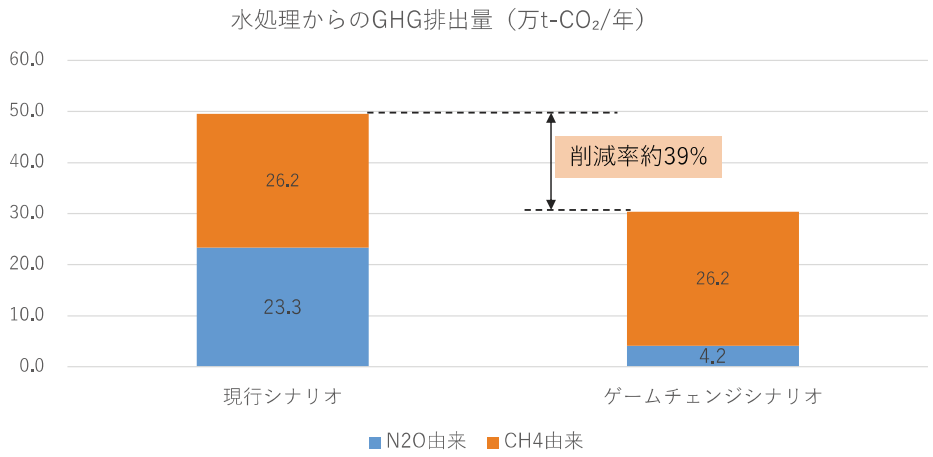
2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術
2. 技術開発のシナリオと試算　③電力･燃料



（計算方法）
１．現行シナリオ
○ベースとなる使用電力量については、2018年処理水量当りの電力使用量0.51kWh/m³※1と2050年推定処理水量から把握※4 。処理場の使用電力については、36%※2の削減効果を計上。
○ベースとなる使用燃料量は2018年度処理水量当りの燃料使用量と2050年推定処理水量から把握※4 。省エネ効果は未計上。
２．ゲームチェンジシナリオ
○現行シナリオに加えて電力については流入有機物の除去技術を用い反応槽の送風に係る電力を15%※3削減する効果を加算。
○燃料は場内利用のバイオガス等でまかなえない場外ポンプ場に係る燃料はカーボンフリー燃料に置き換わるとし、燃料由来CO_2は排出しないこととした。
○エネルギー基本計画に基づく2030年の電源構成を反映した0.25 kg-CO_2/kWhを用いた。

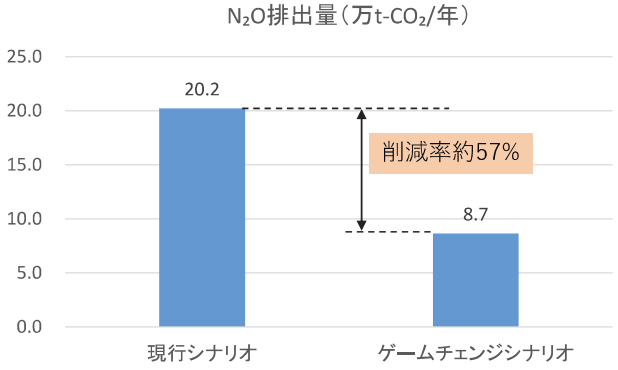
※1　H30年下水道統計
※2　日本下水道新技術機構省エネ診断結果
※3　H23B-DASH技術（超高効率固液分離）
※4　消化ガスの2018年の場内利用に相当する2050年の使用燃料、自家発電電力（消化ガス）に関する数量は消費と創エネ双方からあらかじめ控除する。また、汚泥焼却に必要とする燃料、電力は汚泥の自燃、廃熱利用（自家発電（焼却廃熱発電）含む）により自立するとして、その数量は消費と創エネ双方からあらかじめ控除する。
※5　下水道統計に記載されている特A重油、A重油、灯油、軽油、ガソリン、都市ガス、プロパンガス、コークス等を考慮。

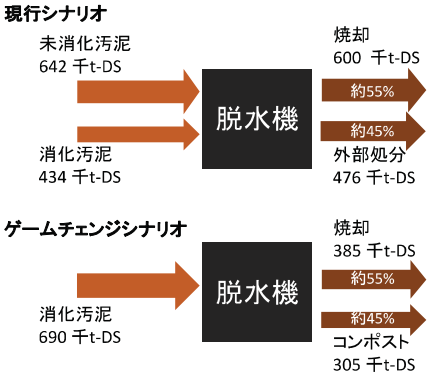
2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術
2. 技術開発のシナリオと試算　④水処理に伴い発生するN₂O等



（計算方法）
１．現行シナリオ
○温室効果ガス排出量計算方法は下記の通り。
「N_2O排出量＝高度処理水量×A2O法のN_2O排出係数＋高度処理以外の処理水量×標準法のN_2O排出係数」
「CH_4排出量＝処理水量×CH_4排出係数」
２．ゲームチェンジシナリオ
○排出抑制手法が確立し、N_2O排出係数が高度処理以外も高度処理並みの排出係数となるとして試算。
「N_2O排出量＝処理水量×A2O法のN_2O排出係数」
「CH_4排出量＝処理水量×CH_4排出係数」

2050年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
2. 技術開発のシナリオと試算　⑤汚泥焼却伴い発生するN₂O等

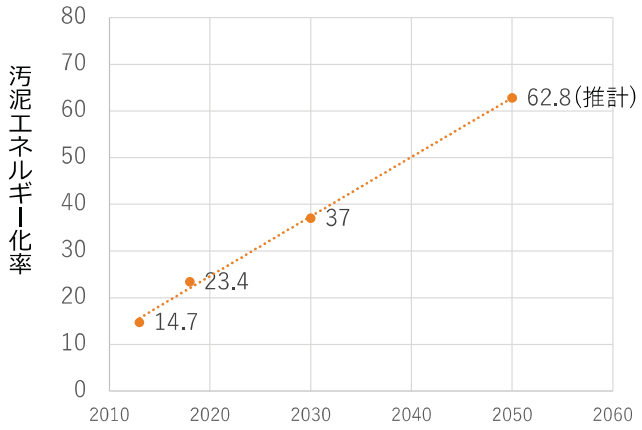




(計算方法)
1.現行シナリオ
○汚泥エネルギー化率※1が62.8%（次ページで説明）と試算したときに、エネルギー化されなかった汚泥と消化汚泥を合わせた量のうち一定の割合（55%※2）、焼却されるとして焼却量を試算。
○排出係数については、現在のトップランナー値である下記を採用。
「N_2O排出量＝焼却量×800度の排出係数×0.15※3」
２．ゲームチェンジシナリオ
○発生汚泥の全てが消化槽に投入され、消化汚泥のうち一定の割合（55%※2）焼却されるとして試算。
○技術革新によりさらに排出係数が改善されると考え下記を採用。
「N_2O排出量＝焼却量×800度の排出係数×0.1※4」

※1　下水汚泥エネルギー化率：下水汚泥中の有機物のうち、バイオガス発電や固形燃料化等、 エネルギー利用された割合。
※2　2018年の汚泥発生量に対する焼却汚泥量の割合（2018年汚泥有効利用調査より）。
※3　東京都資料（通常焼却の0.15倍のN_2O排出量）を参照。
※4　メーカヒアリング等から0.15倍よりもさらに改善すると見込んだ国総研の推定。

2050年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
2. 技術開発のシナリオと試算　⑥創エネによる削減効果（消化）



下水汚泥エネルギー化率：下水汚泥中の有機物のうち、バイオガス発電や固形燃料化等、 エネルギー利用された割合

（計算方法）

１．現行シナリオ

○2050年の汚泥エネルギー化率はこれまでの実績と2030年目標の37%から外挿し62.8%とする。

○62.8%に対応した汚泥をすべて消化槽に投入することとして、消化率60%※1で発生したバイオガスについて、総合効率75%※2で電気、熱利用等としてエネルギー利用されたものとし、創エネ効果を算出。

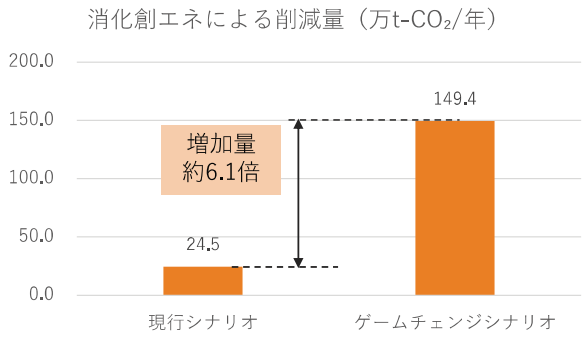
○その創エネ効果を電力排出係数0.25 kg-CO_2/kWhを用いてCO_2に換算。

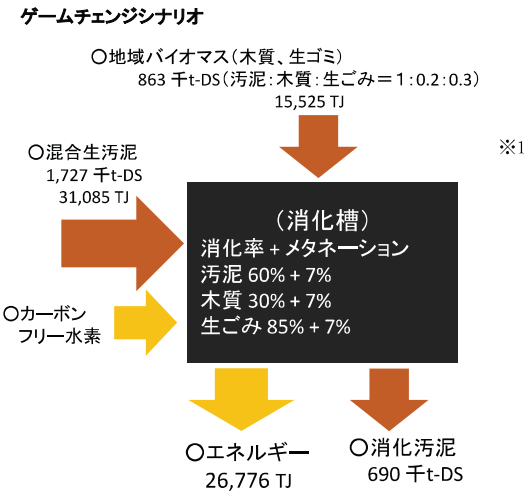
※1 H30B-DASH（富士市）の実績データの中での最良値

※2下水道事業におけるエネルギー効率に優れた技術の導入について（平成２９年９月　下水道事業課長通知）

※3消化ガスの2018年の場内利用に相当する2050年の使用燃料、自家発電電力（消化ガス）に関する数量は消費と創エネ双方から控除する。また、汚泥焼却に必要とする燃料、電力は汚泥の自燃、廃熱利用（自家発電（焼却廃熱発電）含む）により自立するとして、その数量は消費と創エネ双方から控除する。

2050年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
2. 技術開発のシナリオと試算　⑦創エネによる削減効果（消化）





（計算方法）

2．ゲームチェンジシナリオ

○発生汚泥の全量と地域バイオマスである生ごみ及び木質を消化により一体的処理を行うと想定。さらに、カーボンフリー水素を消化槽に吹き込むことにより、消化槽内のCO_2とメタネーション反応を起こし、メタン生成量が増加すると見込む。

○発生したバイオガスについて、総合効率85%※2で電気、熱利用等としてエネルギー利用されたとして、創エネ効果を算出。

○その創エネ効果を電力換算し、排出係数0.25 kg-CO_2/kWhを用いてCO_2に換算。

※1 地域バイオマスの投入割合や消化率はH23B-DASH技術（バイオガスを活用した効果的な再生可能エネルギー生産システム）より引用。また、汚泥消化率やメタネーションによる増分はH30B-DASH技術（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）より引用。

※2（一社）日本ガス協会HPより

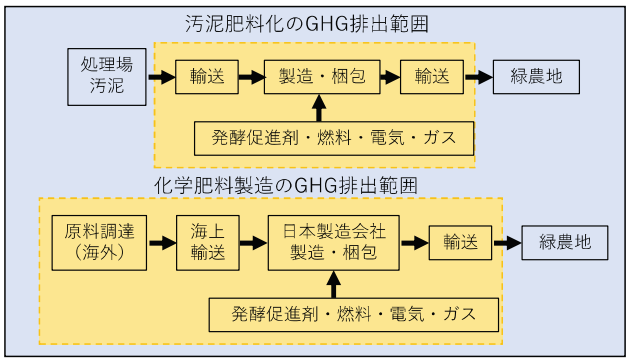
※3消化ガスの2018年の場内利用に相当する2050年の使用燃料、自家発電電力（消化ガス）に関する数量は消費と創エネ双方からあらかじめ控除する。また、汚泥焼却に必要とする燃料、電力は汚泥の自燃、廃熱利用（自家発電（焼却廃熱発電）含む）により自立するとして、その数量は消費と創エネ双方からあらかじめ控除する。

2050年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
2. 技術開発のシナリオと試算　⑧汚泥肥料(コンポスト)による化学肥料代替効果

（計算方法）
１．ゲームチェンジシナリオ
○消化汚泥の内、焼却されなかった汚泥を全量コンポスト利用する。
○同重量の窒素、リン酸を得る際に発生するCO_2について、下水汚泥発酵肥料の製造等に伴い発生するCO_2排出量と化学肥料製造等に伴い発生するCO_2排出量を比較を行う。

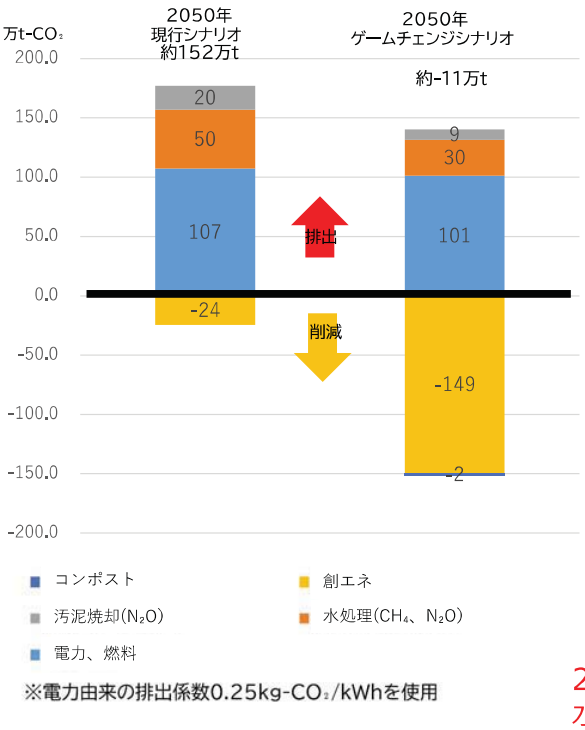
①コンポスト化される汚泥量：305 千t-DS (1,528 千t-wet 含水率80%として)
②製造されるコンポスト：コンポスト化される汚泥量1,528千t-wet×0.25※2 ＝ 382 千t
③コンポスト製造から輸送に係るエネルギー：382千t×1,907 MJ/t※2 ＝ 728 TJ
④コンポスト中の窒素、リン酸含有量
T-N含有量：382千t×0.029 ※1 ＝ 11.0 千t
P_2O_5含有量：382千t×0.047 ※1 ＝ 17.9 千t
⑤汚泥由来コンポストと同量のT-N、P2O5含有量の化学肥料製造・輸送に係るエネルギー
T-N：11.0千t×48.6MJ/kg ※3 ＝ 533 TJ
P_2O_5：17.9千t×28.6MJ/kg ※3 ＝ 510 TJ
⑥削減エネルギー量＝⑤－③
(533TJ + 510TJ) - 728TJ = 315 TJ
⑦A重油換算のCO_2削減量（汚泥肥料による化学肥料代替効果）
315TJ × 0.0693kg-CO_2/MJ = 2.2 万t-CO_2

＊化学肥料の代替として汚泥肥料を1t製造することによる削減効果は次の通り。
2.2万t-CO2÷382千t = 57kg-CO_2/t



※1　佐賀市上下水道　肥料の有料販売（https://www.water.saga.saga.jp/main/104.html）
※2　橘 隆一、蒲原 弘継、後藤 尚弘、藤江 幸一：下水汚泥発酵肥料の製造に関するLCA、第３回日本ＬＣＡ学会研究発表会講演要旨集、2008、26-27
※3　小林久、佐合隆一：窒素およびリン肥料の製造・流通段階のライフサイクルにわたるエネルギー消費量とCO_2排出量の試算、農作業研究、2001、141-151

2050年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
2. 技術開発のシナリオと試算　⑨まとめ(CO_2ベース)

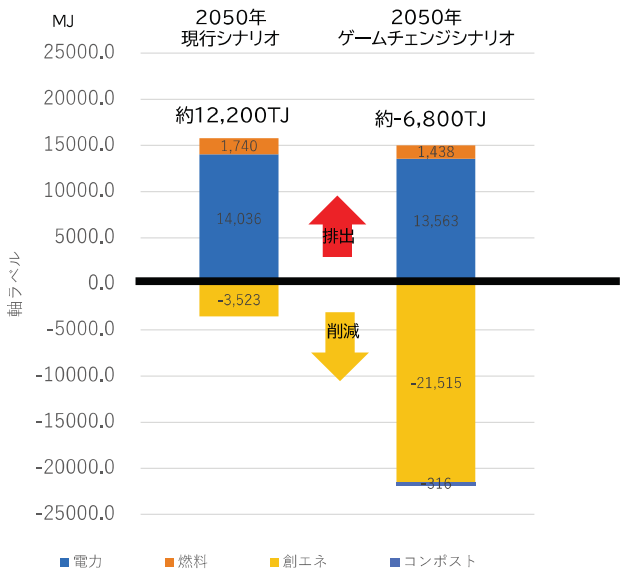


○現行シナリオは約152万ｔの排出量であったものの、ゲームチェンジシナリオでは約－11万ｔの排出量となった。
○シナリオ別の試算から次の取組の効果がカーボンニュートラルの実現への貢献度の高いことが確認できた。
・水処理・汚泥処理のエネルギーをシステム一体で改善すること
・生ゴミ等の地域バイオマスを含めて一体的に有機性廃棄物処理を行うこと
・消化の促進やCO_2、カーボンフリー水素を活用した徹底的なバイオガス生成を行うこと
・バイオガス発電廃熱などの熱をフル活用すること
・水処理・汚泥処理に伴い発生するN_2Oの抑制対策を行うこと
・コンポスト利用などの他分野のCO_2削減に資する取組を推進すること

※その他課題として水処理から発生するCH_4への対策の必要性や下水熱の普及や場内太陽光発電による取組の推進等が考えられる。
※バイオガス製造や熱利用にあたっては、需給の年間変動を考慮した体制が必要。
※その他効果的な水処理・汚泥処理・エネルギー利用形態を排除するものではない。
※個別処理場で見た場合、処理方式や規模、地域社会の状況によって試算は変わりうることに留意が必要。

2050年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の技術開発ロードマップに反映

2050年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
2. 技術開発のシナリオと試算　⑨まとめ(エネルギーベース)



※本資料の試算は速報値であり精査中です。

○エネルギーベースでは、現行シナリオは約12,200TJのエネルギー消費、ゲームチェンジシナリオでは約6,800TJのエネルギー創出となった。

資料２－４

2050年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の技術開発ロードマップ

下水道技術開発会議エネルギー分科会　（令和３年度第２回　2021.11. 22,26 ）
国土交通省 国土技術政策総合研究所

2050年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の技術開発ロードマップ

○下水道技術ビジョンのロードマップや他分野、下水道分野における技術開発動向を踏まえ、2050年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の技術開発項目についてロードマップとして整理を行った。

○この際、シナリオ別の試算から次の取組の効果が高いことが確認できたことから、こういった分野も含めて技術開発を推し進めることが重要。
・水処理・汚泥処理のエネルギーをシステム一体で考慮すること
・生ゴミ等の地域バイオマスを含めて一体的に有機性廃棄物処理を行うこと
・消化の促進やCO_2、カーボンフリー水素を活用した徹底的なバイオガス生成を行うこと
・バイオガス発電廃熱など熱をフルに利用を行うこと
・水処理に伴い発生するN_2Oの抑制対策を行うこと
・コンポスト利用などの他分野のCO_2削減に資する取組を推進すること
※その他課題として水処理から発生するCH_4への対策の必要性や下水熱の普及や場内太陽光発電による取組の推進等が考えられる。また、その他効果的な水処理・汚泥処理・エネルギー利用形態を排除するものではない。

○技術開発期間として、実証研究については、その後の導入拡大に要する期間も含めて遅くとも2040年までに実施することとした。

※新規は下水道技術ビジョンにない事項を指す。

①全体最適化に関する事項

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

基礎・応用研究等開発フェーズ → 実規模実証フェーズ → 導入拡大・コスト低減フェーズ

	当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
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	・下水道システムの最適化によるエネルギー消費の最小化、自立化技術 ※エネルギー自給率目標は今後検討して定める 導入拡大・コスト低減・改善 各技術開発項目成果		

技術目標2　水処理・汚泥処理の最適化に資する技術開発

	当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
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、担体利用技術等）	・流入有機物の回収による水処理負荷軽減、担体利用技術、省エネ型膜処理技術等の開発、アナモックス反応活用技術等導入によるエネルギー最適化 ※具体的なエネルギー原単位の目標値は今後検討して定める 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH(H23、26)で初沈にろ過設備を設置することによる超高効率固液分離技術について実証		

①全体最適化に関する事項

技術目標2　水処理・汚泥処理の最適化に資する技術開発

基礎・応用研究等開発フェーズ → 実規模実証フェーズ → 導入拡大・コスト低減フェーズ

	当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
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	・ICT、AI等を活用した省エネ水処理技術の開発、導入 ※具体的なエネルギー原単位の目標値は今後検討して定める 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH(H26)でICT(アンモニアセンサー)を用いた風量制御による省エネ型水処理技術について実証		
技術開発項目２－３ 送風プロセスの最適化による省エネ技術	・省エネ機器の開発 ・機器の最適な組み合わせや適切な制御運転方法の検討、普及 ※具体的なエネルギー原単位の目標値は今後検討して定める 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH(R1)でICT、AIを用いた風量制御による省エネ型水処理技術について実証		
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）	・曝気を行わない省エネ型水処理技術(標準法代替)の実用化 ※具体的なエネルギー原単位の目標値は今後検討して定める 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH(H26)で散水ろ床型の無曝気循環式水処理技術について実証		

①全体最適化に関する事項

技術目標2　水処理･汚泥処理の最適化に資する技術開発

基礎･応用研究等開発フェーズ → 実規模実証フェーズ → 導入拡大･コスト低減フェーズ

	当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
技術開発項目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	･省エネ型機器の開発 ※具体的なエネルギー原単位の目標値は今後検討して定める 導入拡大･コスト低減･改善 事例　B-DASH（H29）で無動力撹拌型鋼板製消化槽を用いた汚泥処理技術について実証		
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）	･汚泥の低含水率化、燃料化等の新技術の開発 ※具体的なエネルギー原単位の目標値は今後検討して定める 導入拡大･コスト低減･改善 事例　B-DASH（H25低含水化、焼却発電、H29焼却発電等）で実証		
新規 技術開発項目２－７ エネルギーマネジメント	･エネルギー使用の見える化や情報通信インフラの高度化技術を活用したエネルギーマネジメントシステムの開発 導入拡大･コスト低減･改善 事例　下水道機構による省エネ診断にかかる共同研究		

①全体最適化に関する事項

技術目標2　水処理･汚泥処理の最適化に資する技術開発

基礎･応用研究等開発フェーズ → 実規模実証フェーズ → 導入拡大･コスト低減フェーズ

	当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
新規 技術開発項目２－８ 地域全体を見た資源有効利用、放流先、エネルギー消費、GHG削減等の観点からの水処理・汚泥処理の全体最適化に向けた調査研究等	･地域全体を見た資源有効利用、放流先、エネルギー消費等の観点からの水処理･汚泥処理の全体最適化に向けた調査研究 導入拡大･改善 事例　流総指針の改定（H27）→エネルギーの観点を盛り込んだ四次元流総		
新規 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	･化石燃料使用機器についての電化やカーボンフリー燃料利用を可能とする技術の開発 導入拡大･コスト低減･改善		

②CH_4,N_2Oの排出削減に関する事項

技術目標3　下水道から排出されるCH_4,N_2Oの排出削減に関する技術開発

基礎・応用研究等開発フェーズ → 実規模実証フェーズ → 導入拡大・コスト低減フェーズ

	当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
技術開発項目３－１ 水処理におけるN_2O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	・各水処理方式におけるN_2O発生量の把握等データの蓄積 ・N_2O発生機構の解明 ・抑制運転等の技術の開発 事例　国総研における調査（各処理方式における実態把握、発生要因の分析等）	排出抑制技術の実用化	導入拡大・改善
新規 技術開発項目３－２ 水処理におけるCH_4発生機構の解明、抑制方策技術の開発	・各水処理方式におけるCH_4発生量の把握等データの蓄積 ・CH_4発生機構の解明 ・抑制技術の開発	排出抑制運転技術の実用化	導入拡大・改善

下水道技術開発会議エネルギー分科会　（令和３年度第２回　2021.11. 22,26 ）
国土交通省 国土技術政策総合研究所

②CH_4,N_2Oの排出削減に関する事項

技術目標3　下水道から排出されるCH_4,N_2Oの排出削減に関する技術開発

基礎・応用研究等開発フェーズ → 実規模実証フェーズ → 導入拡大・コスト低減フェーズ

	当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
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	・低含水化、廃熱活用、汚泥の補助燃料化等を行う技術の普及展開 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH(H25)で低含水率化・省エネ型焼却設備・廃熱発電の各技術を組み合わせた創エネ技術について実証		
技術開発項目３－４ N_2O排出量の少ない、より高度な焼却技術	・より高度な焼却技術（多段吹込燃焼式流動床炉、二段燃焼式循環流動床炉、新型ストーカー炉）への改善、効率化の促進 ・ゼオライトの触媒等を活用した新たなN2O除去技術の開発 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH(H25)で低含水率化・省エネ型焼却設備・廃熱発電の各技術を組み合わせた創エネ技術について実証		
技術開発項目３－５ 省エネ・創エネと同時にN_2O排出抑制を達成する技術	・汚泥の炭化、乾燥による燃料化技術や脱水汚泥の低含水率化と組み合わせた焼却発電技術等の普及展開 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH(H29)で未利用廃熱を活用した高効率発電技術と局所撹拌空気吹込技術を組み合わせた温室効果ガス排出量削減技術について実証		

③指標化、定量化並びに技術開発制度に関する事項

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

基礎・応用研究等開発フェーズ → 実規模実証フェーズ → 導入拡大・コスト低減フェーズ

	当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
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、ベンチマーキング手法の導入を支援する技術	・エネルギー効率に関する適切な技術的指標、ベンチマーキング手法の開発 事例　・下水道事業におけるエネルギー効率に優れた技術の導入について（平成29年9月　下水道事業課長通知） ・単位水量あたりエネルギー消費量削減（REC削減率）		導入拡大・改善
技術開発項目４－２ 省エネ・創エネ・省CO_2性能の合理的な定量化手法	・省エネ・創エネ・省CO_2性能の合理的な定量化手法の開発		導入拡大・改善

技術目標5　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に関する新たな技術開発プロジェクトの設置等

	当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
新規 技術開発項目５－１ 新たな技術開発プロジェクト制度	政策目標達成型の技術実証プロジェクトの仕組み等検討		導入拡大・改善

④創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項

技術目標6　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

基礎・応用研究等開発フェーズ → 実規模実証フェーズ → 導入拡大・コスト低減フェーズ

	当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
技術開発項目６－１ 中小規模下水処理場における草木系バイオマスエネルギー利用技術を活用した汚泥処理（乾燥）の導入技術	パイロットスケール 実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH（R2採択、室蘭）で小規模を対象とした脱水乾燥、バイオマスボイラ技術について実証中		

技術目標7　低LCC化、エネルギー効率の高効率化による導入促進のため、新しい濃縮脱水システムや新しい嫌気性消化リアクターの開発

	当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
技術開発項目７－１ 濃縮工程の省略や脱水性能を改善した新しい脱水処理システム	実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　濃縮工程と一体となった脱水機　等		
技術開発項目７－２ 汎用型等新しい嫌気性消化リアクター	パイロットスケール 実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　無動力撹拌式消化槽や鋼板製消化槽等技術　等		

④創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項

技術目標8　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

基礎・応用研究等開発フェーズ → 実規模実証フェーズ → 導入拡大・コスト低減フェーズ

	当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
技術開発項目８－１ 多様な植物バイオマスからのエネルギー抽出・回収技術	パイロットスケール 実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　ウキクサを用いた窒素・リン除去、メタン発酵技術		
技術開発項目８－２ 下水で培養した微細藻類からのエネルギー生産技術	パイロットスケール 実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH（H27採択,佐賀市）バイオガス中のCO_2分離・回収と微細藻類培養への利用技術	※下水処理場での微細藻類由来エネルギー　生産量評価手法についても開発	
技術開発項目８－３ 微生物燃料電池の活用によるエネルギー生産技術	基礎研究　パイロットスケール 実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　GAIA（H26採択）微生物燃料電池による省エネ型廃水処理のための基盤技術の開発		
技術開発項目８－４ 膜ろ過・嫌気処理による省エネ・創エネ型水処理技術	パイロットスケール 実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　嫌気性MBRや海水濃度差を活用したFO膜ろ過		

④創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項

技術目標8　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

基礎・応用研究等開発フェーズ → 実規模実証フェーズ → 導入拡大・コスト低減フェーズ

	当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
技術開発項目８－５ 下水熱の利用技術	パイロットスケール 実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH（H30採択,新潟市・十日町）下水熱車道融雪に関する実証研究		
新規 技術開発項目８－６ 汚泥炭化（乾燥、水熱炭化）、ガス化、発酵等による燃料化技術の効率化	パイロットスケール 実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH（H24採択,長崎市・松山市　H28採択,鹿沼市・秦野市）汚泥炭化、乾燥による燃料化技術		
新規 技術開発項目８－７ 余剰バイオガスの集約、利活用技術の効率化	パイロットスケール 実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH（H27採択,山鹿市・大津町・益城町）複数の下水処理場からバイオガスを効率的に集約・活用する技術		
新規 技術開発項目８－８ 小水力技術の効率化	パイロットスケール 実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　低有効落差で発生する未利用エネルギー活用技術　等		
新規 技術開発項目８－９ 次世代太陽光、風力等技術の下水道施設への適用拡大	開発競争の促進 市場への製品投入 新市場を想定した実証事業・製品化 事例　次世代型太陽電池（ペロブスカイト等） 下水道施設への適用 実規模実証 導入拡大		

④創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項

技術目標9　汚泥直接、汚泥由来バイオガスや硫化水素などからメタン、水素、CO_2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

基礎・応用研究等開発フェーズ → 実規模実証フェーズ → 導入拡大・コスト低減フェーズ

	当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
技術開発項目９－１ 分離膜や固体吸収剤等を用いた焼却排ガス・バイオガスからの高効率CO_2分離技術	高効率な分離回収技術の開発	石炭火力発電所等での実規模実証 汚泥焼却炉等下水道施設への応用 パイロットスケール 実規模実証 事例　B-DASH（H27採択,佐賀市）バイオガス中のCO_2分離・回収技術	導入拡大・コスト低減・改善 導入拡大・コスト低減・改善
新規 技術開発項目９－２ バイオガスや汚泥や処理水から直接水素を抽出製造する技術	水素改質技術の技術革新を踏まえた実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH（H26採択,福岡市）水素創エネ技術の実証　等 直接水素を抽出製造する技術パイロットスケール	実規模実証 事例　下水汚泥の熱分解、下水処理水と海水の塩分濃度差発電の利用、汚泥からの直接製造、下水処理水とマグネシウムから水素及び酸化マグネシウムを製造技術	導入拡大・コスト低減・改善
新規 技術開発項目９－３ 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	水電解装置の大型化 革新的技術の研究開発等 水素コスト30円/Nm³ カーボンフリー水素の活用 パイロットスケール	コスト20円/Nm³以下 実規模実証 事例　B-DASH（H30採択,富士市）水素を消化槽に吹き込みメタンを生成する技術	導入拡大・コスト低減・改善

下水道技術開発会議エネルギー分科会　（令和３年度第２回　2021.11. 22,26 ）
国土交通省 国土技術政策総合研究所

④創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項

技術目標10　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

基礎・応用研究等開発フェーズ → 実規模実証フェーズ → 導入拡大・コスト低減フェーズ

	当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
技術開発項目10－１ 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	パイロットスケール 実規模実証 事例　消化槽における菌相分析に関する研究　等		導入拡大・コスト低減・改善
技術開発項目10－２ 高濃度濃縮技術、汚泥可溶化、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	パイロットスケール 実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　高濃度濃縮、汚泥可溶化、マイクロ波の活用等消化性能向上技術　等		
新規 技術開発項目10－３ 消化槽ではない既存躯体を用いた消化設備技術	パイロットスケール 実規模実証		導入拡大・コスト低減

④創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項

技術目標11　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

基礎・応用研究等開発フェーズ → 実規模実証フェーズ → 導入拡大・コスト低減フェーズ

		当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
新規	技術開発項目11－１ バイオガス発電、汚泥焼却等の廃熱利用の効率化に関する技術	パイロットスケール 実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　焼却排熱を加温、発電、乾燥等へ効率的に利用するための技術		

⑤地域バイオマスの活用に関する事項

技術目標12　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

基礎・応用研究等開発フェーズ → 実規模実証フェーズ → 導入拡大・コスト低減フェーズ

		当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
	技術開発項目12－１ 地域の草木質の脱水助剤への活用技術	パイロットスケール 実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　土木研究所研究（R2、3）実規模の脱水機を用いた混合脱水試験を実施		
	技術開発項目12－２ 様々な状態で発生する、剪定枝、除草刈草等の受け入れ、前処理、メタン発酵技術	パイロットスケール（可溶化技術等） 実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　下水汚泥と刈草の混合消化事業　等		
	技術開発項目12－３ 竹材等の未利用地域バイオマスを活用した食物生産とその廃材利用を組み合わせたメタン発酵効率化技術	パイロットスケール 事例　下水汚泥と地域バイオマスを用いた食用きのこ栽培技術　等	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善
新規	技術開発項目12－４ 混合メタン発酵の導入促進に向けた耐有機酸塗膜の評価手法の確立	防食工法の設計手法の確立 事例　混合メタン発酵の導入促進に向けた耐有機酸塗膜の評価手法		標準仕様策定
新規	技術開発項目12－５ 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	補助燃料の選定手法の整備 実規模実証 事例　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		導入拡大・コスト低減・改善
新規	技術開発項目12－６ 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	パイロットスケール 実規模実証 事例　ディスポーザー促進等に伴い発生する高負荷水・バイオマス受入に関する評価手法や受け入れ技術		導入拡大・コスト低減・改善

⑤地域バイオマスの活用に関する事項

技術目標13　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

基礎・応用研究等開発フェーズ → 実規模実証フェーズ → 導入拡大・コスト低減フェーズ

	当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
技術開発項目13－１ 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	各分野での各種バイオマスのエネルギー回収の高度化・効率化		導入拡大改善
	地域バイオマス利活用促進のツール作成等評価手法の確立		有機性廃棄物の一体処理によるコスト低減策の検討
	事例　生ごみ等各種バイオマスの一体的処理促進に向けた評価手法等の検討		

技術目標14　下水中の多様な物質の効率的回収に関する技術の開発

	当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
技術開発項目14－１ 下水・下水汚泥構成元素の分離・リサイクル技術等の開発	ラボ・パイロットスケール	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善
	資源元素であるC、N、P、K、Si、Al、Fe、Mg等の分離や、下水、下水汚泥からの高付加価値資源の回収を通して、地域で循環する社会システムに貢献する技術		
	事例　アンモニアストリッピング法、亜臨界水処理等によるアンモニア回収技術		
技術開発項目14－２ メタン発酵消化液からのリン回収技術	パイロットスケール	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善
	事例　B-DASH（H24採択,神戸市）栄養塩除去と資源再生（リン）技術		

⑥農林水産物生産及び高付加価値製品製造に関する事項

技術目標15　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

基礎・応用研究等開発フェーズ → 実規模実証フェーズ → 導入拡大・コスト低減フェーズ

	当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
技術開発項目15－１ 農林水産利用に適した微細藻類等の有用植物の栽培技術と利用技術	パイロットスケール		
	実規模実証		
			導入拡大・コスト低減・改善
	事例　GAIA（H26採択、中央大学）微細藻類による漁業資料生産技術		
技術開発項目15－２ 処理場内での下水熱、バイオガスからの熱・電気・CO_2を活用したトリジェネレーション技術の開発	パイロットスケール		
	実規模実証		
	導入拡大・コスト低減・改善		
	事例　B-DASH（H27採択,佐賀市）バイオガス中のCO_2分離・回収と微細藻類培養への利用技術		

⑥農林水産物生産及び高付加価値製品製に関する事項

技術目標16　高付加価値製品等の製造技術の開発

基礎・応用研究等開発フェーズ → 実規模実証フェーズ → 導入拡大・コスト低減フェーズ

	当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
	技術開発項目16－１ 下水灰（下水汚泥燃焼灰）の肥料化・普及を図る技術	パイロットスケール 実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　リンを多く含む余剰汚泥の専焼技術	
新規	技術開発項目16－２ 下水汚泥由来の高付加価値製品製造に関する技術	パイロットスケール 実規模実証 事例　超高温炭化による活性炭製造、焼却灰の吸着材利用、 汚泥発酵技術を活用したセメント原料などの高付加価値製品等製造に関する技術	導入拡大・コスト低減・改善
新規	技術開発項目16－３ 汚泥炭化（乾燥、水熱炭化）、発酵等による肥料化技術の効率化	化学肥料の使用量30%低減 有機農業の取組面積拡大、化学農薬、化学肥料の低減 次世代有機農業技術の実証・確立 パイロットスケール 実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH（H24採択,長崎市・松山市　H28採択,鹿沼市・秦野市）汚泥炭化、乾燥による肥料化技術	次世代有機農業技術体系の普及
新規	技術開発項目16－４ 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	パイロットスケール 実規模実証 事例　肥料利用にあたり阻害となる汚泥や処理水中物質の除去や無害化技術　等	導入拡大・コスト低減・改善

今後の予定

資料３

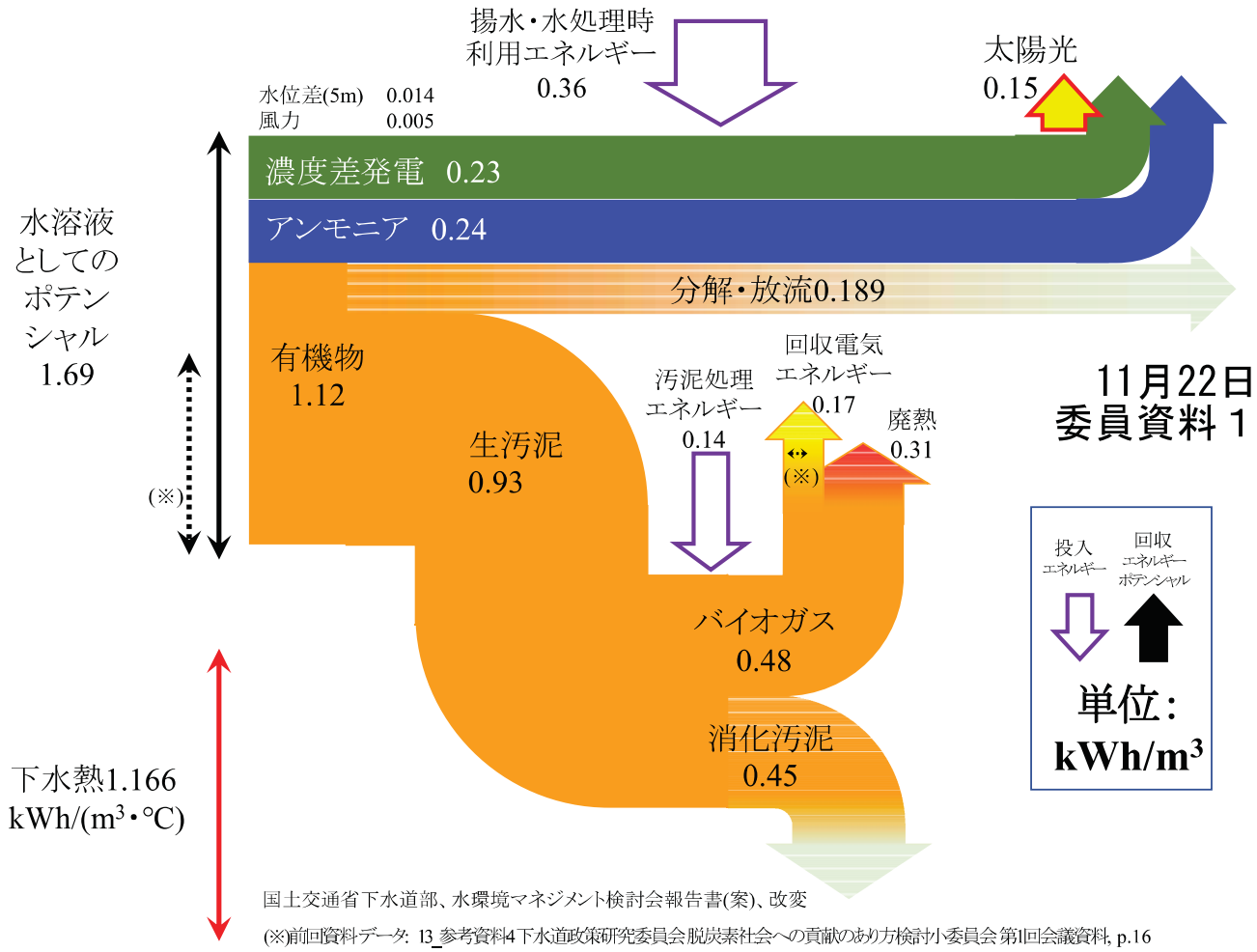
○令和3年11月下旬以降　下水道技術開発会議委員意見照会

（○令和3年12月2日　第３回脱炭素実現小委員会）

○令和3年12月中下旬　第3回エネルギー分科会とりまとめ

○令和3年12月以降　第４回脱炭素実現小委員会への報告

○令和4年1月以降　第２回下水道技術開発会議への報告



国土交通省下水道部、水環境マネジメント検討会報告書(案)、改変

(※)前回資料データ: 13_参考資料4下水道政策研究委員会脱炭素社会への貢献のあり方検討小委員会第1回会議資料, p.16

11月22日
委員資料２

（公財）日本下水道新技術機構の脱炭素化への取り組み

(公財)日本下水道新技術機構
資源循環研究部
藤本　裕之

1．省エネ診断

②省エネ技術、創エネ技術の導入検討

◆ 既存設備の運転方法改善による省エネ化の検討
◆ 最新の省エネ技術、創エネ技術への更新・導入の検討

①消費エネルギーの現状分析

◆ 処理規模、処理方式別の消費エネルギー量の標準値との比較
◆ 設備別の消費電力量の整理

H28年度
◆ 神奈川県　流域（4か所）
H29年度
◆ 佐賀市　公共（１か所）
◆ 岩手県　流域（１か所）
◆ 長野県　流域（４か所）
H30年度
◆ 愛知県　流域（２か所）
◆ 京都府　流域＋公共（８か所）
R1年度
◆ 滋賀県　流域（２か所）
◆ 千葉県　流域（１か所）
◆ 大分市　公共（２か所）
◆ 熊本市　公共（５か所）
R2年度
◆ 鳥取県　流域（１か所）

1．省エネ診断(運転方法改善)

JIWET

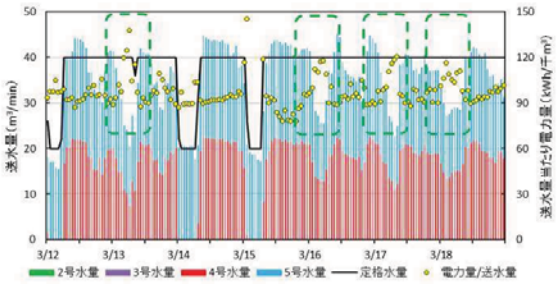
【主ポンプの消費電力分析による改善事例】

	2号	3号	4号	5号
定格水量（m^3/min）	42	42	20	20
電動機容量（kW）	185	200	100	100

小型機種のみ可変速ポンプ

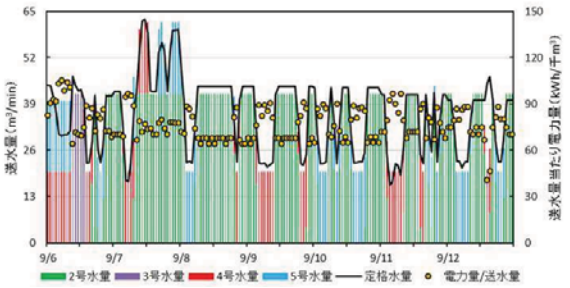
従来の運転方法

- 可変速の小容量ポンプを連続運転し、回転速度調整により水量を調整
- 水量調整により定格水量との差が大きくなると、運転効率が悪化する



運転方法の変更

- 流入量の少ない時間帯（小容量機種）と流入量の多い時間帯（大容量機種）で運転号機を切り替えて、主に定格回転速度で運転
- 定格水量での運転のため、効率の良い運転となる



21%削減

1．省エネ診断（運転方法改善）

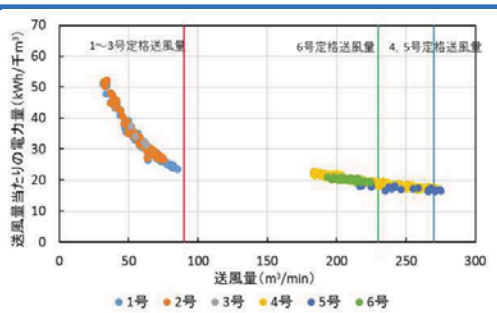
JIWET

【送風機の消費電力分析による改善事例】

	1号	2号	3号	4号	5号	6号
定格風量（m^3/min）	90	90	90	270	270	230
電動機容量（kW）	190	190	190	460	380	340

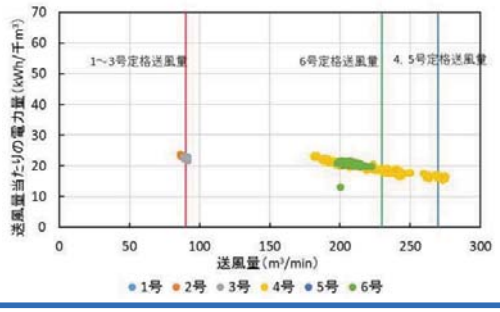
従来の運転方法

- 各送風機で風量調整を実施
- 風量調整はインレットベーンの開度調整により実施



運転方法の変更

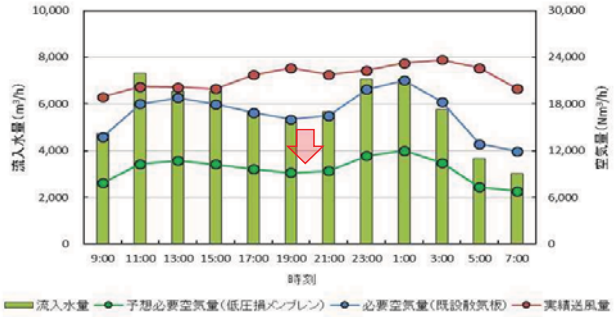
- 小容量機種のインレットベーンを全開（風量調整なし）
- 風量調整は中容量機種及び大容量機種で実施



11%削減

1．省エネ診断（省エネ機器、水処理）

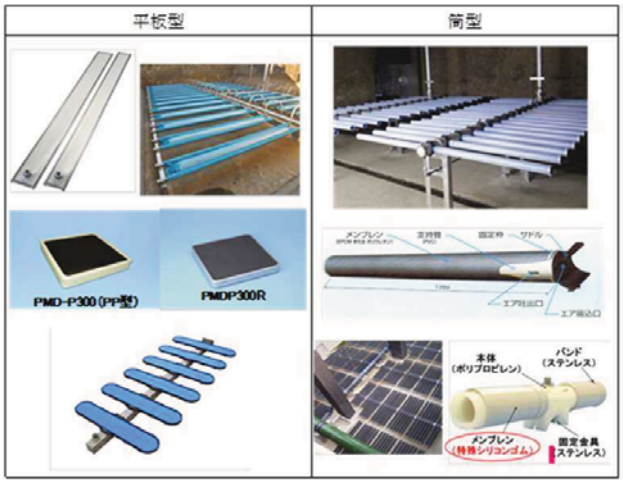
1．同一空気量での省エネ（送風機運転）
2．必要空気量の算定
3．酸素移動効率の高い散気装置の採用による送風量の低減・省エネ



各種散気装置の比較
（酸素移動効率と圧損）

		酸素移動効率（清水、散気水深5m）	圧力損失
メンブレン式	低圧損型	旋回流：24～33% 全面：28～35%	6kPa程度
	従来（高圧損）		11kPa程度
微細気泡散気装置	散気板・散気筒	旋回流：14～16% 全面：20～32%	6kPa程度
水中撹拌式		20～30%	1kPa程度

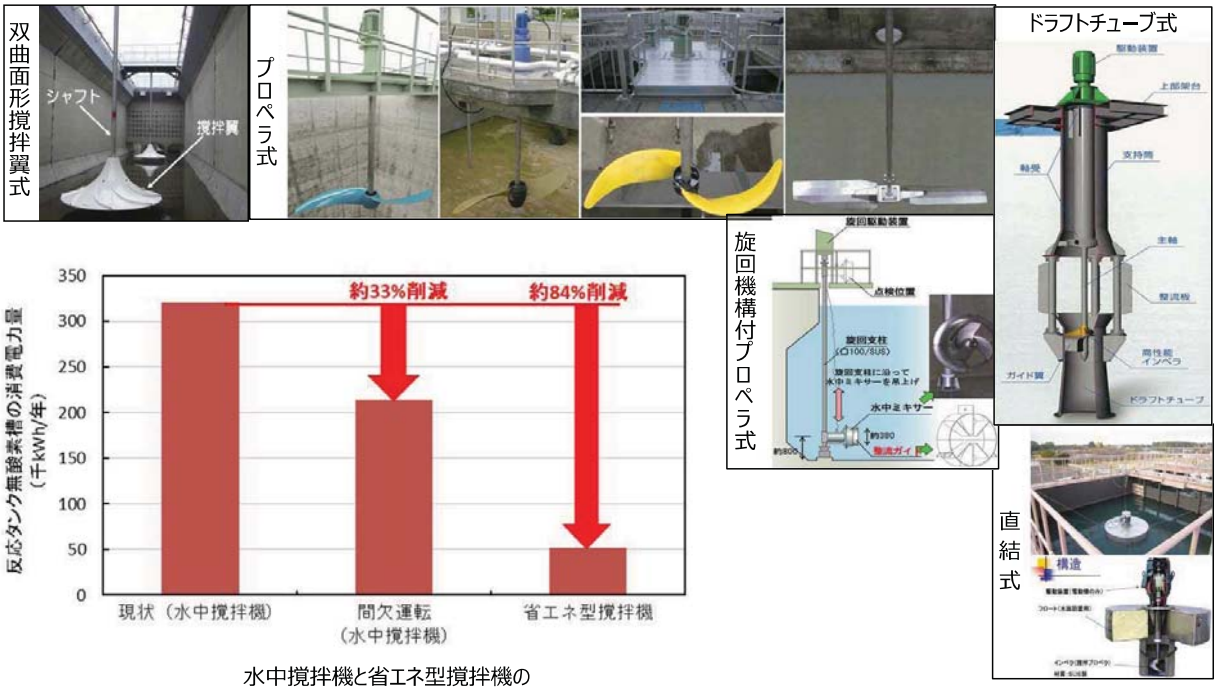
低圧損型メンブレン式散気装置外観一覧



1．省エネ診断（省エネ機器：水処理）

反応タンク嫌気槽・無酸素槽への省エネ型反応タンク撹拌機の導入

省エネ型反応タンク撹拌機外観一覧



水中撹拌機と省エネ型撹拌機の
消費電力量の比較（例）

1．省エネ診断（診断結果）

処理場名	日平均処理水量（m^3/日）	運転方法改善による削減率（%）	省エネ機器導入による削減率（%）	削減率合計（%）	処理場名	日平均処理水量（m^3/日）	運転方法改善による削減率（%）	省エネ機器導入による削減率（%）	削減率合計（%）
1	406,600	0	31	31	17	18,400	3	9	12
2	232,400	2	21	22	18	3,500	16	14	29
3	52,700	0	25	25	19	300	9	0	9
4	45,200	0	3	3	20	23,400	18	14	32
5	53,200	16	7	23	21	360,700	2	7	9
6	127,200	13	17	30	22	110,800	3	13	16
7	100,800	26	25	51	23	54,300	6	14	20
8	22,500	17	31	48	24	32,300	10	12	22
9	48,800	3	32	35	25	14,700	6	14	20
10	43,600	4	28	31	26	2,900	21	2	23
11	265,600	12	3	15	27	261,700	1	14	15
12	76,600	5	9	13	28	43,100	6	9	15
13	154,900	8	8	17	29	40,000	5	5	10
14	9,200	8	3	11	30	11,400	3	6	9
15	22,300	2	2	4	31	19,700	14	16	30
16	17,100	10	15	25	平均		8	13	21

2．エネルギー自立化共同研究（1）

下水処理場のエネルギー自立化に関する共同研究（H31.2～R2.3）

研究体制：秋田県、群馬県、（株）石垣、JFEエンジニアリング（株）、（株）タクマ、
月島機械（株）、メタウォーター（株）、クボタ環境サービス（株）、
（株）ウォーターエージェンシー、日本工営（株）、
（公財）日本下水道新技術機構

処理場名称		ケーススタディ		
		水処理	汚泥処理	創エネ
1	A処理場	運転方法改善 省エネ設備導入検討	高濃度消化＋新型炉＋プラチナシステム	消化ガス発電 太陽光発電 風力発電
2	B処理場	運転方法改善 送風量制御 省エネ設備導入検討	高濃度消化	消化ガス発電 太陽光発電 (一部既設)
3	C処理場	運転方法改善 省エネ設備導入検討	高濃度消化	消化ガス発電 太陽光発電
4	D処理場	運転方法改善 省エネ設備導入検討	濃縮一体化脱水法 ＋温室効果ガス削減型焼却炉	廃熱発電 風力発電
5	E処理場	運転方法改善 省エネ設備導入検討	階段炉による乾燥焼却発電システム ＋プラチナシステム＋高濃度消化	消化ガス発電 廃熱発電 太陽光発電

2．エネルギー自立化共同研究（1）

ケーススタディ結果

項目	単位	A処理場	B処理場	C処理場	D処理場	E処理場
エネルギー消費量（省エネ対策前）	千kWh/年	12,927	17,609	2,626	69,873	59,504
エネルギー消費量（省エネ対策後）	千kWh/年	10,349	14,331	2,626	56,300	40,834
省エネ率	%	20	19	—	19	31
創エネA	千kWh/年	6,159	8,980	733	10,374	18,083
創エネB	千kWh/年	4,190	5,351	1,893	5,771	22,751
エネルギー自立化率（A）	%	60	63	28	18	44
エネルギー自立化率（A+B）	%	100	100	100	29	100

創エネAは下水由来のエネルギー、創エネBは自然由来のエネルギー

3．エネルギー自立化共同研究（2）

下水処理場のエネルギー自立化ケーススタディに関する共同研究（R2.3～R3.3）

研究体制：富山市、神戸市、大阪府、岡山県、八千代エンジニヤリング（株）、
（株）明電舎、JFEエンジニアリング（株）、新明和工業（株）、（株）石垣、
（公財）日本下水道新技術機構

処理場		ケーススタディ			
		省エネ			創エネ
		水処理	汚泥処理	その他	
1	F処理場	運転方案改善 ﾒﾝﾌﾞﾚﾝ式散気装置導入検討 省エネ型撹拌機導入検討	消化設備 導入検討		太陽光発電 ﾊﾞｲｵﾏｽ受入 消化ガス発電
2	G処理場	運転方案改善 ﾒﾝﾌﾞﾚﾝ式散気装置導入検討 省エネ型撹拌機導入検討 エネルギー監視システムの導入	検討対象外		消化ガスの 都市ガス利用 太陽光発電
3	H処理場	運転方案改善 ﾒﾝﾌﾞﾚﾝ式散気装置導入検討 省エネ型撹拌機導入検討	発電型汚泥焼却 技術導入検討	熱利用	廃熱発電
4	I処理場	運転方案改善 ﾒﾝﾌﾞﾚﾝ式散気装置導入検討 省エネ型撹拌機導入検討 送風機導入検討	直接脱水の検討 ストーカ式焼却炉 導入検討		廃熱発電
5	J処理場	運転方案改善 ﾒﾝﾌﾞﾚﾝ式散気装置導入検討 省エネ型撹拌機導入検討 送風機導入検討	消化設備導入検討 ﾌﾟﾗﾁﾅｼｽﾃﾑ導入検討	熱利用	太陽光発電 消化ガス発電

3．エネルギー自立化共同研究（2）

ケーススタディ結果

項目	単位	F処理場	G処理場	H処理場	I処理場	J処理場
エネルギー消費量（省エネ対策前）	千kWh/年	1,305	25,619	22,435	11,675	30,191
エネルギー消費量（省エネ対策後）	千kWh/年	1,184	24,071	18,958	8,590	23,073
省エネ率	%	9	9	15	26	24
創エネA	千kWh/年	886	5,327	2,119	907	11,445
創エネB	千kWh/年	298	249	1,768	1,843	11,628
エネルギー自立化率（A）	%	75	22	11	11	50
エネルギー自立化率（A+B）	%	100	23	20	32	100

創エネＡは下水由来のエネルギー、創エネＢは自然由来のエネルギー

4．省エネ・創エネに関するマニュアル・技術資料等

1．下水処理場のエネルギー自立化ケーススタディに関する技術資料ー2021年3月ー
2．改築・更新における省エネ機器の適切な導入のための計画・設計に関する技術資料ー2021年3月ー
3．下水処理場におけるエネルギー自立化に向けた技術資料ー2020年3月ー
4．下水処理場における消費電力量の可視化に関する技術資料ー2019年12月ー
5．低圧損型メンブレン式散気装置の導入マニュアルー2019年3月ー
6．蒸気間接加熱型乾燥機の開発に関する共同研究ー2018年8月ー
7．オキシデーションディッチ法の省エネ技術に関する技術資料ー2017年3月ー
8．消化ガス発電普及のための導入マニュアルー2016年3月ー
9．省エネ型汚泥処理システムの構築に関する技術マニュアルー2016年3月ー
10．省エネ型反応タンク撹拌機の導入促進に関する技術マニュアルー2016年3月ー
11．活性汚泥法等の省エネルギー化技術資料ー2014年3月ー
12．下水処理場における小型バイナリー発電の導入マニュアルー2014年3月ー
13．下水処理場へのバイオマス受け入れマニュアルー2011年3月ー

ご清聴ありがとうございました

（公財）日本下水道新技術機構
住所 〒162-0811
東京都新宿区水道町3番１号
TEL 03-5228-6511
URL https：//www.jiwet.or.jp/

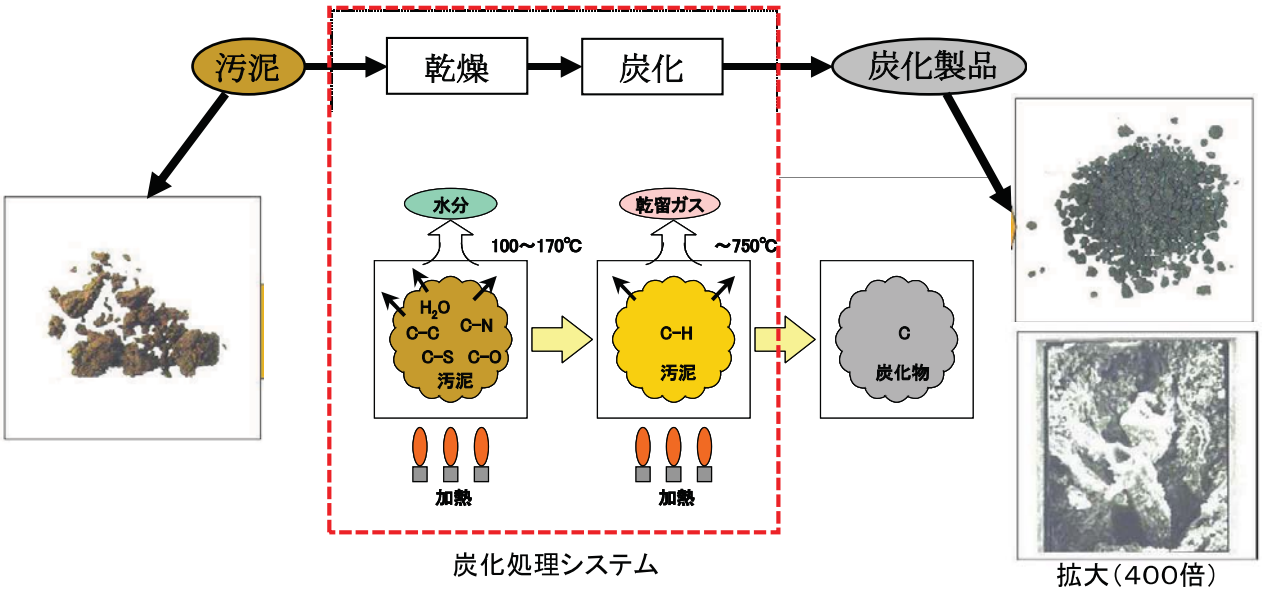
11月26日
委員資料２

炭化によるCO2固定量の概算

中央大学　　山村　寛

1. 炭化とは

酸素を制限し汚泥をむし焼き状態に。
→炭素に富み細孔構造の炭化物が生成＝炭化



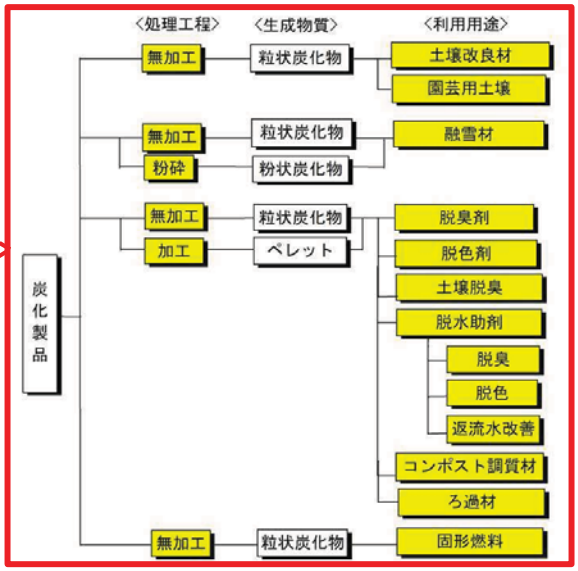
炭化処理システム

拡大（400倍）

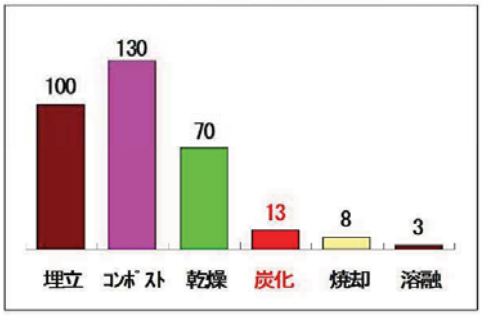
1．炭化とは---他処理との比較

炭化製品は幅広い有効利用用途が存在
また、乾燥と焼却の中間の減容化率

処理方法	発酵	乾燥	炭化		焼却
反応温度(℃)	65	160	300～800		900
生成物	コンポスト	乾燥物	炭化製品		焼却灰
有効利用	堆肥		右図参照	レンガ、セメント原料	



炭化により、汚泥は約１３%に減容します。



新しい用途として、CO2の固定という考え方

どのくらいCO2を固定できるのか？

下水汚泥エネルギー化技術

ガイドライン

－平成 29 年度版－

平成 30 年 1 月

国土交通省　水管理・国土保全局　下水道部

表-5.9　CASE1 における温室効果ガス削減効果

ケース	排出区分			汚泥処理対象量	単位処理量当たりエネルギー使用量等	年間エネルギー使用量等	排出係数		地球温暖化係数	CO_2換算排出量（t-CO_2/年）	備考
現況	処理場内	脱水	電力	46 t-wet/日	5.8 kWh/t-wet	97,671 kWh/年	CO_2	0.551 kg-CO_2/kWh	1	54	※1
	処理場外	脱水汚泥埋立		10.2 t-DS/日		3,723 t-DS/年	CH_4	0.0667 t-CH_4/t-DS	25	6,208	※2
	合計									6,262	
CASE 1-0	処理場内	脱水	電力	46 t-wet/日	5.8 kWh/t-wet	97,671 kWh/年	CO_2	0.551 kg-CO_2/kWh	1	54	※1
		焼却（高温焼却）	電力	46 t-wet/日	92 kWh/t-wet	1,549,259 kWh/年	CO_2	0.551 kg-CO_2/kWh	1	851	※1
			燃料	46 t-wet/日	25 L/t-wet	421 kL/年	CO_2	2.710 kg-CO_2/L	1	1,141	※3
			処理プロセス	46 t-wet/日		16,840 t-wet/年	CH_4	0.0097 kg-CH_4/t-wet	25	4	※3
							N_2O	0.645 kg-N_2O/t-wet	298	5,237	※3
	合計									5,290	
CASE 1-1	処理場内	脱水	電力	46 t-wet/日	5.8 kWh/t-wet	97,671 kWh/年	CO_2	0.551 kg-CO_2/kWh	1	54	※1
		固形燃料化（中温炭化）	電力	46 t-wet/日	129 kWh/t-wet	2,172,331 kWh/年	CO_2	0.551 kg-CO_2/kWh	1	1,197	※1
			燃料	46 t-wet/日	34 L/t-wet	573 kL/年	CO_2	2.710 kg-CO_2/L	1	1,552	※3
			処理プロセス	46 t-wet/日		16,940 t-wet/年	N_2O	0.0312 kg-N_2O/t-wet	298	157	※4
	小計									2,960	
	処理場外	石炭代替利用による温室効果ガス削減量		−695t-石炭/年×2.41t-CO2/t						−1,675	※5
	合計									1,285	
CASE 1-2	処理場内	脱水	電力	32 t-wet/日	20 kWh/t-wet	233,984 kWh/年	CO_2	0.551 kg-CO_2/kWh	1	129	※1
		消化	電力	290 m^3/日	5.3 kWh/m^3	561,005 kWh/年	CO_2	0.551 kg-CO_2/kWh	1	309	※1
		固形燃料化（低温炭化）	電力	32 t-wet/日	129 kWh/t-wet	1,509,198 kWh/年	CO_2	0.551 kg-CO_2/kWh	1	832	※1
			燃料	32 t-wet/日		320 kL/年	CO_2	2.710 kg-CO_2/L	1	867	※3
			処理プロセス	32 t-wet/日		11,699 t-wet/年	N_2O	0.0312 kg-N_2O/t-wet	298	109	※4
	小計									2,246	
	処理場外	石炭代替利用による温室効果ガス削減量		−984t-石炭/年×2.41t-CO2/t						−2,371	※5
	合計									−126	

計 5236 t-CO2/年 46t/日、稼働率 80%より 390 kg-CO2/t

計 2906 t-CO2/年 46t/日 稼働率 80%より 216 kg-CO2/t

計 1808 t-CO2/年 32t/日 稼働率 80%より 193 kg-CO2/t

※1 電力使用に伴う排出係数の出典：環境省資料「平成25年度の電気事業者ごとの実排出係数・調整後排出係数等の公表について」
電気事業者別のCO_2排出係数の代替値
※2 下水汚泥の埋立に伴う排出係数の出典：「日本国温室効果ガスインベントリ報告書 2014年4月」廃棄物の埋立処分に関する排出係数における「下水汚泥」の準好気性埋立の値。委託による埋立処分は、温対法の地方公共団体実行計画や算定・報告・公表制度では計上対象外（産廃業者において計上すること）とされている。
※3 排出係数の出典：「特定排出者の事業活動に伴う温室効果ガスの排出量の算定に関する省令」
※4 「平成26年温室効果ガス排出量算定方法検討会廃棄物分科会」（第2回：平成27年1月6日）において議論され、了承された値である。
※5 温対法の地方公共団体実行計画や算定・報告・公表制度では計上対象外（燃料製品利用者において計上すること）とされている。

温室効果ガス削減効果

下水汚泥エネルギー化技術　ガイドライン（平成29年度版）

・ 施設規模＝脱水汚泥量÷稼働率80%　×100

（1） CASE1-0　　焼却（高温焼却）の場合　　5236 t-CO2/年

46t/日で稼働率が80%なので、390 kg-CO2/t

（2） CASE1-1　　中温炭化の場合　　2906 t-CO2/年

46t/日で稼働率が80%なので、216 kg-CO2/t

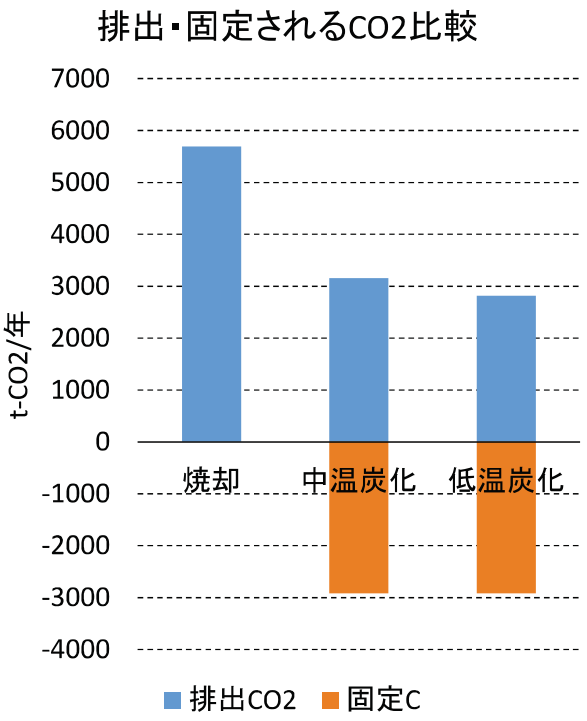
炭化物を土に戻す場合
46 汚泥-t/日 x 0.2有機物% x 365日 ×80稼働率%＝**2686 t-CO2/年　を吸収**
46t/日で稼働率が80%なので、13432 t-汚泥/年を処理=**200 kg-CO2/t　を吸収**

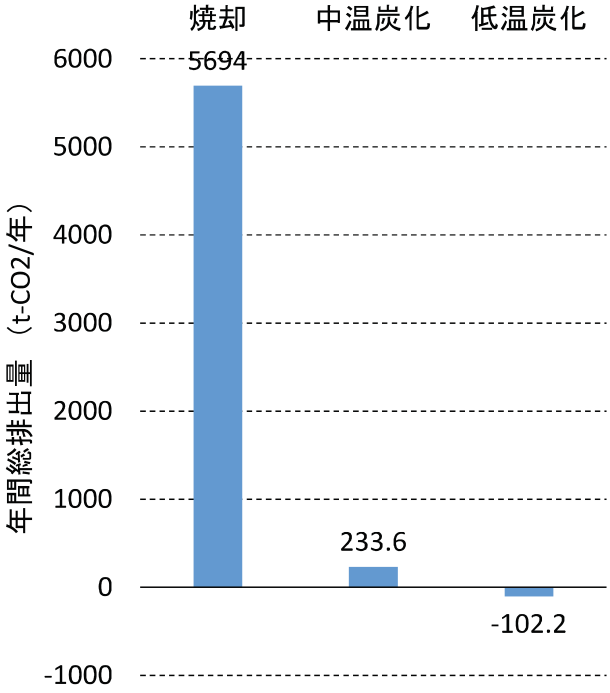
（3） CASE1-2　　低温炭化の場合　　1808 t-CO2/年

32t/日で稼働率が80%なので、193 kg-CO2/t

炭化物を土に戻す場合
32汚泥-t/日 x 0.2有機物% x 365日 ×80稼働率%＝**1868 t-CO2/年　を吸収**
32t/日で稼働率が80%なので、9344 t-汚泥/年を処理=**200 kg-CO2/t　を吸収**

50t/日の施設とすると（1施設あたりの削減量）





炭化することで、消費したエネルギー量を固定・削減できる！

30%処理場への導入効果（日本全体を見て）

3～30t／日の中小規模（平均20t／日）の国内下水処理場600ヵ所のうち、200ヵ所に炭化設備を導入した場合　＝＞4000 t/日

焼却設備の場合	455,520 t-CO2/年	焼却施設比
中温炭化設備の場合	18,688 t-CO2/年	43万 t-CO2/年の削減効果
低温炭化設備の場合	-8,176 t-CO2/年	46万 t-CO2/年の削減効果

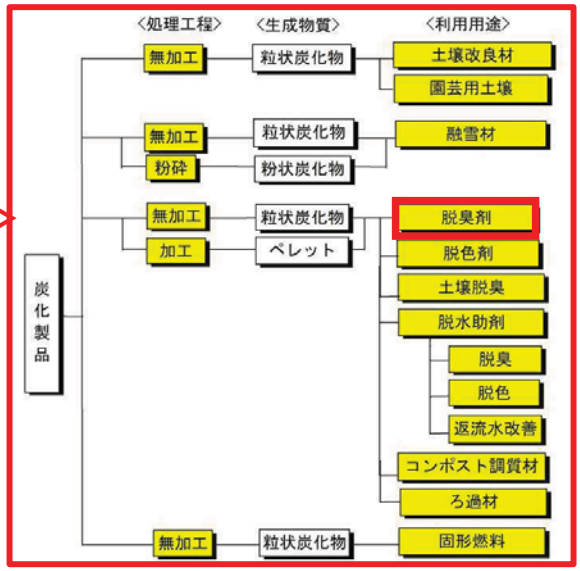
0.8 万トンの吸収！

汚泥埋立処分の場合、400万 t-CO2/年なので、さらに削減効果が大きい

超高温炭化

約1100℃でむし焼きにすることで、活性炭に近い性質になり、脱臭剤などの代替材に。

処理方法	超高温炭化
反応温度(℃)	1000℃以上
生成物	炭化製品
有効利用	右図参照

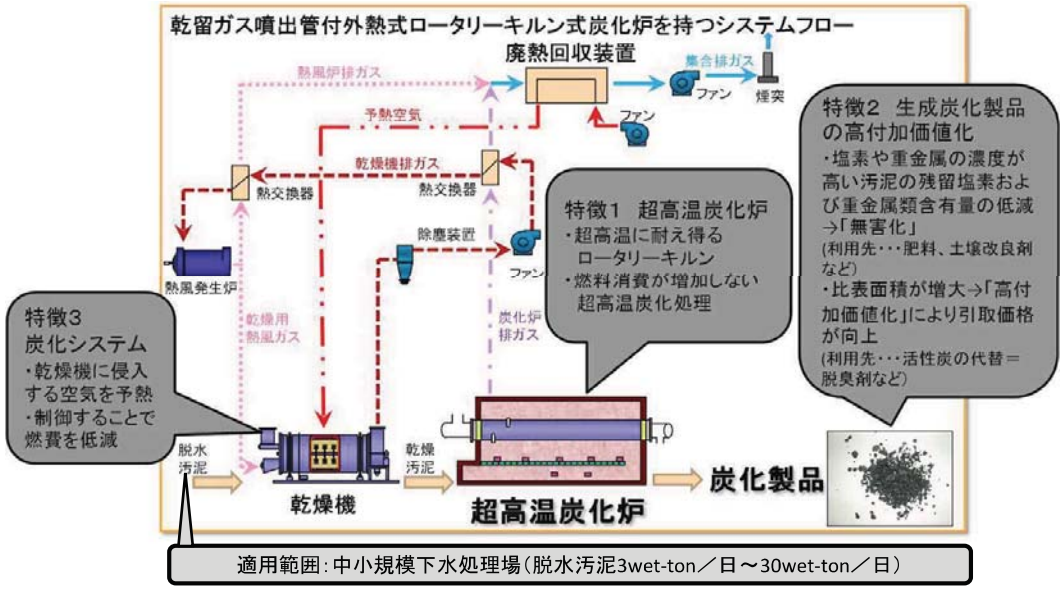


高温炭化(800℃)より細孔構造が発達し、物理吸着性能up
(**比表面積が10～90 m²/g から 300 m²/gに**)

脱臭剤として硫化水素吸着能力が、市販活性炭相当(以上)に

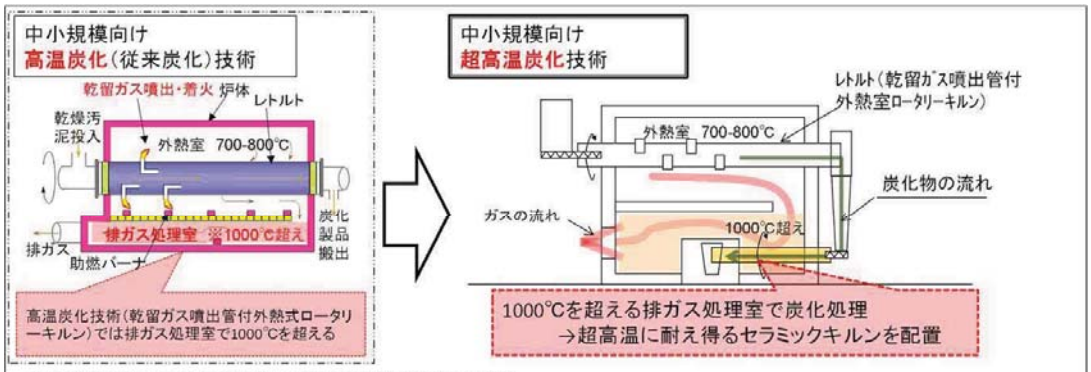
2. 超高温炭化設備について

平成30年、令和元年のB－DASH・FS調査にて超高温炭化設備を開発



3. 超高温炭化炉の特長

超高温炭化炉は超高温に耐え得る セラミックキルン・2段キルン構造などの特徴



◆超高温炭化処理を実現させる要素技術（従来と比較）

項目	高温炭化	超高温炭化
特徴その1－構造	1段構造	2段構造（高温炭化＋超高温炭化） →高温炭化後の処理物を受け入れることで ・超高温炭化の見掛け処理容積を軽減 ・炭化物の品温変化を緩和
特徴その2－キルン材質	ステンレス鋼	超高温炭化に耐え得る材質（セラミック）を採用
特徴その3－配置	外熱室800℃に配置	1000℃を超える排ガス処理室に超高温炭化キルンを配置

4. GHGの観点から見た超高温炭化炉の特長その1

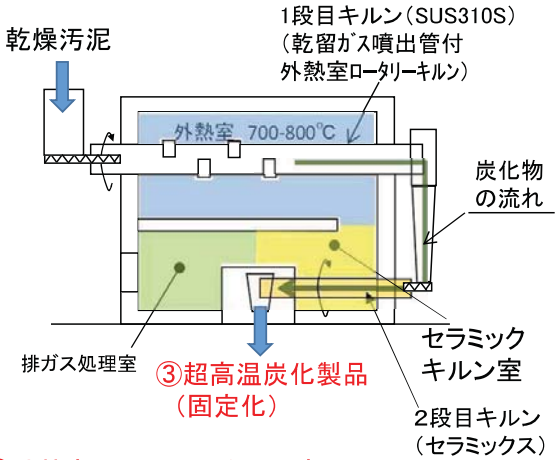
超高温炭化設備は、以下の特徴から 低GHGの特長

超高温炭化炉のGHG特長

①多段燃焼により焼却炉と比べ亜酸化窒素量が少ない

②高温炭化と比べ、超高温炭化は亜酸化窒素量が少ない

③超高温炭化製品に含まれるC固定化により、焼却炉と比べCO_2排出量低減に貢献



①外熱室→セラミックキルン室
→排ガス処理室と1炉内で多段燃焼

②1000℃を超えるセラミックキルン室温度にて亜酸化窒素低減

4. GHGの観点から見た超高温炭化炉の特長その2：有効活用

超高温炭化製品が、活性炭の代替材として利用されることにより、カーボンニュートラルの実現が可能

	国内処理場 活性炭使用量	製造時の CO_2排出量
石炭由来	約1万ton（炭）／年	約26t-CO_2／活性炭ton
ヤシ殻由来	約5万ton（炭）／年	約4t-CO_2／活性炭ton

上記約6万t炭／年から生成されるGHG量は **約50万t-CO_2／年**。

⇔

	製造時の CO_2排出量
超高温炭化製品	約5t-CO_2／活性炭代替材ton

左記約6万t炭／年相当を置き換えるための超高温炭化設備を導入する下水処理場数は200ヵ所。その200ヵ所から生成されるGHG量は**約29万t-CO_2／年**。

＝ 超高温炭化製品を活性炭に代替すると、50万ー29万＝**21 万t-CO_2／年**のGHG削減

5. GHG試算例（焼却との比較）

焼却炉と比べた場合でも顕著なGHG削減効果が見込める

3～30t／日の中小規模（平均20t／日）の国内下水処理場600ヵ所のうち、200ヵ所に炭化設備を導入した場合　＝＞4000 t/日

焼却設備の場合	455,520 t-CO2/年	← 焼却施設比
中温炭化設備の場合	18,688 t-CO2/年	**43万 t-CO2/年の削減効果**
低温炭化設備の場合	-8,176 t-CO2/年	**46万 t-CO2/年の削減効果**
高温炭化設備の場合	188,800 t-CO2/年	**26万 t-CO2/年の削減効果**
超高温炭化設備の場合	58,000 t-CO2/年	**39万 t-CO2/年の削減効果**

汚泥埋立処分の場合、400万 t-CO2/年なので、さらに削減効果が大きい

超高温炭化物を活性炭として利用した場合には・・・

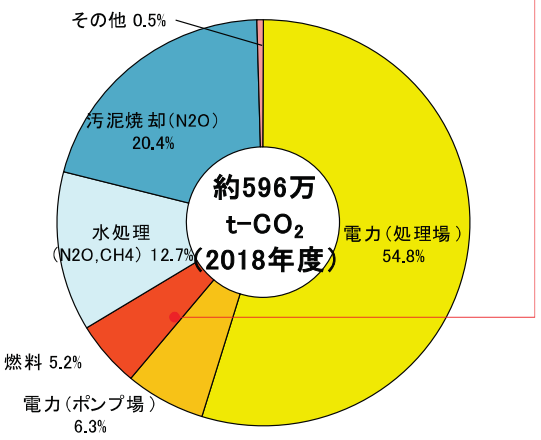
さらに21万t-CO2/年の削減効果が上乗せされるため、**60万t-CO2/年の削減効果あり**

参考資料6 場外ポンプ場の温室効果ガス排出量について

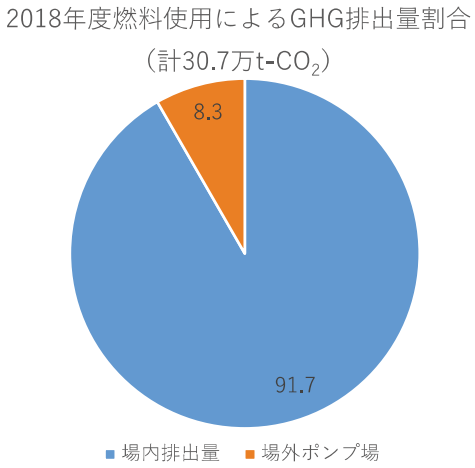
下水道技術開発会議エネルギー分科会　（令和３年度第２回　2021.11. 22,26 ）
国土交通省 国土技術政策総合研究所

ご意見：使用電力における汚水と雨水の割合のデータがあれば提示してほしい。

下水道からの温室効果ガス発生量



燃料使用に伴うCO_2排出について
下水処理施設全体に対して場外ポンプ場が占める割合



下水道技術開発会議　第 2 回 エネルギー分科会
議事要旨

日　時　令和 3 年 11 月 22 日（月）　13:00～16:00
場　所　WEB 会議システムにより開催
出席者　座　　長　三宮座長
　　委　　員　大上委員、斎藤委員、西村委員、野口委員、藤本委員
　　事　務　局　国土技術政策総合研究所

□　議　題：

議事
1. 各委員の発表
2. 第 1 回エネルギー分科会におけるご意見について
3. 2030 年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発目標
4. 2050 年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
5. 2050 年カーボンニュートラルの実現に貢献する下水道の技術開発とロードマップ

委員資料 1　下水のエネルギーポテンシャル

○ 委員

・ 東京都では下水熱のポンテンシャルマップを作成し、再開発をする時には下水熱や地熱利用を検討するよう動いている。一方でまだまだ下水熱利用は進んでいない、再開発とセットで強制的に使わせる仕組みがないと動いて行かないと考える。下水熱利用を推進するような仕組みを考えているのか。

（回答）

・ 国として、下水熱利用を進めるために、平成 27 年の下水道法改正で規制緩和を行ったり、ポテンシャルマップを作る取り組みであったり、協議会を立ち上げて様々な主体と情報交換が出来るような取り組みを進めてきた。その結果、現在 32 箇所で熱利用されている。
・ 再開発等の構想段階の中でしっかり下水熱利用を位置づけて頂くことが必要である。詳細な検討に入る前の時点から検討の俎上に載せてもらうためにポテンシャルマップを作成していただいているが、今のところ 21 都市に限られている。
・ 下水熱に限らず下水が有するエネルギーをしっかり見せていくことがまず重要であるので、脱炭素の取り組みの中でも重要なテーマとして扱っていきたいと考えている。

○ 委員

・ P2 図の中のアンモニアのポテンシャルはエネルギー利用や混焼を考えてのことだと思われる。下水由来のアンモニアと窒素ガスから製造するアンモニア（ハーバー・ボッシュ法）の使用エネルギーの比較など、下水道のポテンシャルを利用した場合と、それ以外の現在の一般的な製造方法の CO_2 排出量の比較による効果の検証はしないのか。前回リンの採掘の話があったがそちらに関してもいかがか。

（回答）

・ 汚泥肥料製造による化学肥料製造代替の排出量削減効果の試算例など、下水処理場外における効果をお示しする。

委員資料２　下水道機構の脱炭素化への取り組み

○ 委員

・ P11　G 処理場について消化ガスを都市ガスに利用しているというケースであるが、この都市ガス利用分に関してはエネルギー自立化率の中に含まれているのか。

（回答）

・　都市ガス利用分はエネルギー自立化率に含んでいる。

○ 委員

・ P6 撹拌機について色々な形式があるが、水槽の形で適している形式が異なるのか。流体解析等でどれが適しているのか判断するのか。

（回答）

・ 機構が技術評価を行った撹拌機を掲載している。技術評価では、流体解析等を行い性能を確認しており、水槽の大きさ毎に適合するタイプの機種がメーカーから示されている。

資料 2-1　第１回エネルギー分科会におけるご意見について

特になし

資料 2-2　2030 年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目

○委員

・ 現在、消化率は最大で 60%程度とのことであるが、これを上げる（例えば 100%とする）技術の検討は行っているのか。

（回答）

・ 汚泥の可溶化技術等、消化の前処理技術により、どこまで消化率を上げることができるのかが今後のテーマだと考えている。

○ 委員

・　汚泥の集約処理については記載しないのか。

（回答）

・ 政策的な色合いが強いと考えており、特出して記載はしなかったが、関連の記述を追記する。

○ 委員

・　P12、P13 等のグラフの削減割合について上と下を差し引かないと削減が分からないので、分かりやすくしてほしい。

（回答）

・ 表記について工夫する。

○ 委員

・ CO_2の排出に関してベンチマーク指標を以前作成している。CO_2の排出量を簡潔に試算できる計算ツールが作成されている。現在、新しい技術が増えている中で、改訂等については検討しているのか。

（回答）

・ 国総研において、処理方式別のエネルギー原単位分布等を作成し、各処理場ごとに目標設定できるようなツールが作成できないか検討しているところ。資料 2-4 にも位置づけを行う予定。

○ 委員

・ ベンチマーク指標（計算ツール）については是非作成してほしい。
・ 県内４７自治体で下水道事業を実施しており、流域事業としても 7 か所で処理場を運営している。県流域 7 か所の内、最大の処理場については、P11 の汚泥処理フローの導入系 3 で運営を行っている。一昨年から固形燃料化を導入して、排熱も消化槽の加温に使用しており、令和 5 年から消化ガス発電を行う予定となっている。
・ 逆に裏を返せば 7 処理場のうち 6 か所等についてはほとんどこういった検討が進んでいない状況である。消化設備も設置してないので、コンポストやセメント原料という事で全量有効利用している。
・ 市場性の問題とCO_2の削減についても自治体としては慎重に分析しながら、進めていかなければならないと考えている。その中でベンチマーク指標（計算ツール）を活用しながら作戦を練っていきたいと考えている。

○ 委員

・ 従来型の石炭火力が縮小していく流れの中で、これからも固形燃料化は期待できるか。そのことについて、例えば民間企業からの情報はあるか。

（回答）

・ 固形燃料化については現在 3 年目である。それ以前は溶融を行っていたが、比較して非常に効率化、削減効果がでている。現時点では固形燃料化が良いと考えている。

資料 2-3　2050 年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

○ 委員

・ P19 下水由来のアンモニアの回収の見通しを教えてほしい。また、合成メタンを製造する際には水素が必要であると考えるが、この水素はどこから持ってくるのか。

（回答）

・ アンモニアに関しては、アンモニアストリッピング法の研究開発の事例等があるが、経済性をもって回収できるような段階ではないと考える。下水の中から、あるいは汚泥の中から効率的にアンモニアを抽出する技術開発は今後必要であると考える。
・ 水素に関しては、下水道のバイオマスから水素を生成するか、太陽光発電等で製造された水素を外部から調達してメタンを生成するといった方法があると考えている。

○ 委員

- メタネーションを行う時の CO_2 はどうするのか。下水道中の炭素を利用するということであれば、上限が出てくるという理解でよいか。

（回答）

- 下水道でメタネーションするのであれば、消化槽内の CO_2 を活用するのがよいと考えている。CO_2 だけを集約して、別の槽で反応させる方法についても、海外では検討されていると聞いている。
- 汚泥の中でのポテンシャルが上限になってくると考えている。
- 技術の可能性としては焼却排ガス等からも CO_2 を回収して利用することもあると考える。

○ 委員

- P39 海外からの輸入についても試算の範囲に入っているが、これは今回の試算が我が国の CO_2 排出をどう減らすかという観点から原料調達の部分も入っているという理解でよいか。
- 肥料の原料は国内では生産されていないのか。

（回答）

- 下水汚泥由来の肥料製造を行う事で、化学肥料の製造だけではなく、海外からの原料調達、輸送に伴い発生する二酸化炭素排出を抑えることができることを考慮し、試算の範囲を設定した。また、原料はほとんどを海外から調達している。

○ 委員

- 2030 年に向けては B-DASH 技術を実装していくのが、1 つの現実的な手段であると考える。
- 2050 年の方は人口減少や少子高齢化について考慮した試算になっているのか。

（回答）

- 人口減少については考慮したが、少子高齢化については考慮していない。

○ 委員

- 少子高齢化になると医薬品の使用量が増えて、結果的に下水道に流入する。薬剤耐性菌により状況が変わってくる可能性もある。一方で、環境基準が大腸菌群数から大腸菌に変わったり、微量汚染物質の環境への負荷というのも出てくる可能性がある。2050 年には水循環、物質循環を考えた時に現状より高度な水処理が求められるというシナリオは検討しないのか。
- 2050 年を考えたとき処理水質が現状のままでよいというのがどこまで通用するのか気になる。

（回答）

- 今回は 2050 年のカーボンニュートラルに向けて、現状では難しいと懸念される中で、目標を達成するためには、どのようにすればよいかという所をまずは、第 1 に考えたい。それを踏まえた上で、次の段階としてそのようなシナリオも必要に応じて検討したいと考えている。

資料 2-4　2050 年カーボンニュートラルの実現に貢献する下水道の技術開発とロードマップ

○ 委員

・ P11 植物バイオマスからのというのは下水処理場内で水生植物等を培養するという理解で良いか。

（回答）

・ その通り。

○ 委員

・ P11 微生物燃料電池についてエネルギー生産技術という表現になっている。処理に使用したエネルギー以上にエネルギーを回収できるというわけではないとので、省エネ技術という分類になるのではないか。

（回答）

・ 結果としては自立化まではいかないが、エネルギーを作る技術ということで「エネルギー生産技術」として分類をした。

○ 委員

・ 微生物燃料電池と似たような技術として、微生物電解槽という技術もあるが入れるとよい。

（回答）

・ 検討をする。

○ 委員

・ 可能であれば、各技術の定量化と長所、短所、適用条件等の情報があるとよい。同じ方向を目指しているがこの場面であれば A の技術より B の技術の方が上回っているというような情報があるとどこを重点化するべきということが明確になると考える。

（回答）

・ 検討をする。

○ 委員

・ 終沈で除去しきれない溶解性有機物のエネルギー化技術という枠組みの中に微生物燃料電池、微生物電解槽、P3 2-1 の技術がある。このような分類の方が良かったと思う。

（回答）

・ 検討をする。

以上

下水道技術開発会議　第２回 エネルギー分科会
議事要旨

日　時　令和３年 11 月 26 日（金）　9:20～12:00
場　所　WEB 会議システムにより開催
出席者　座　　長　三宮座長
　　委　　員　永長委員、堅田委員、新川委員、宮本委員、山村委員
　　事　務　局　国土技術政策総合研究所

□　議　題：

議事
1. 各委員の発表
2. 第１回エネルギー分科会におけるご意見について
3. 2030 年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発目標
4. 2050 年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
5. 2050 年カーボンニュートラルの実現に貢献する下水道の技術開発とロードマップ

委員資料１　下水道事業を 2050 年にカーボンニュートラルとするために必要な論点

○ 委員

・ 小規模処理場と大規模処理場を比較すると、小規模処理場では夏季に消化ガス発生量が多い傾向にある。理由が分かれば教えて欲しい。

（回答）

・ 小規模処理場においては汚泥の加温のレベルが低いので、比較的消化槽内の温度が高い夏場はガスが発生するが、冬場においては温度が下がり生物反応が鈍るのでガスが発生しにくくなる。その結果、夏場にガスが相対的に出ているということになる。

○ 委員

・ 例えばディスポーザーを使用した生ごみの受入や下水汚泥とごみとの混焼をどのようにするのが最適か等の観点から一般廃棄物事業との連携強化が重要であると考えている。
・ 事業領域を広げていく見方や発注制度を柔軟に考えていく見方も踏まえて議論を深堀りできたらよい。

○ 委員

・ 消化槽への生ごみの受入について、食品工場から出てくる残渣のみの受け入れや逆にプラスチックフィルムを入れないようにするなど、“消化槽に優しい”運用をすると、非常に施設のポテンシャルを高めていくことができる。
・ ごみ焼却炉は湿潤なものは不得意である。一方で消化槽は水分を飛ばす必要はないことを考えると、濡れた消化しやすいごみは消化槽に投入して、そうでないものは焼却に回していくような棲み分けができれば、消化槽の施設のポテンシャルを高めつつ、エネルギー回収ができることになる。

委員資料 2　炭化による CO_2 固定量の概算

○ 委員

- P14 試算については、低温炭化から超高温炭化に向けて、一方向に数字が変化していないが、これは燃料の消費量の増減と、N_2O の発生量の増減が反対になることが反映された数値と考えれば良いか。

（回答）

- その通り。

○ 委員

- 炭化物を燃料として利用するより、土に戻した方が CO_2 を削減できるという理解で良いか。炭化物を燃料として使用した場合、化石燃料が削減できるが、その分は考慮されているか。

（回答）

- 石炭火力発電を止めようとする世の中の流れと CCUS（CO_2 の固定技術）もカーボンニュートラルに向けて取り組む必要性が高いということを考えると炭化物を燃やすよりは地中固定した方が良いのではないかと考えて試算を行った。

○委員

- P6 試算ケースの中で低温炭化のみ消化している。公平に比べるのであれば、全て消化するか、全て消化しないかどちらかに統一した方が良いと考える。
- 炭化で CO_2 固定というのは有用であると考えるが、炭化物の行き場についての問題が出てくるのでその辺りも含めて検討できたら良いと考える。

○ 委員

- B-DASH 技術や民間の独自技術について、「開発したが、普及展開が進まない」ということを感じている。脱炭素の達成には、標準的な設計だけでは難しいと考えている。その中で独自技術をどんどん採用して欲しい。また、独自技術を採用してもらうためにも DB、DBO といった発注制度の転換も進めていって欲しい。

資料 2-1　第 1 回エネルギー分科会におけるご意見について

特になし

資料 2-2　2030 年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目

○委員

- P9 からの試算について、消化設備が無い処理場においては、消化設備を導入することにより温室効果ガスの発生を半分程度にすることができる結果となっている。一方で既に消化設備がある処理場についてはどのようにすれば良いか何らかのシナリオを描いているなら教えて欲しい。

（回答）

- 既に消化を取り組んでいる処理場に関しては改築更新のタイミングが合えば、消化性能を上げるような高濃度濃縮設備や汚泥可溶化設備等の設備を導入するなど、2030 年までにできる取組を検討いただきたいと考えている。

○ 委員

・ N_2O の発生と燃料の関係や、消化槽の導入における有効利用と汚泥の脱水性の低下に伴うエネルギー消費量の増加など、トレードオフの様な関係もあるため、システム全体としての最適化を図っていく必要がある。日本下水道事業団では計画設計から施工までパッケージで受託することもあると思われるが、システムとしての改築更新を進めているのか、あるいは、そのことに対してどのような課題があるか教えて欲しい。

（回答）

・ 日本下水道事業団としてシステム全体で改築更新をすることを考えているが、今の改築更新やストックマネジメント制度の中で進めていくと、部分的な取り組みが中心になってくる。処理場を丸ごと作り変えるケースや汚泥処理系列全体をリプレイス・リニューアルするような処理場があれば、最新の技術を積極的に活用してトータルで最適となるように取り組んでいる。地方公共団体の意向では未だスポット的なものが多い。システム全体としての取組をやりにくい仕組みになっている。

○ 委員

・ ストックマネジメントに従って事業を考えていくと、どうしても小間切れの少額物件が大量に発生して、部分的な改築更新を繰り返すだけとなり、全体システムの刷新が進まない。この仕組みを変える必要があると考える。これからは処理場の個々の特性、地域の特色に応じた『グランドデザイン』を描きながらリノベーションを推進していけたら良い。

・

○ 委員

・ 以前は比較的小規模な改築更新が多かった。近年は状態監視保全を導入することにより計画的な修繕を行い、長寿命化を図っている。その中で標準耐用年数を超えた設備が増え、一定のまとまりとして捉えることができた時点で大規模な更新に着手することができれば、最適なシステムを導入することがやりやすくなってなると考えている。

○ 委員

・ 下水道事業は、少子高齢化による将来的な経営見通しの悪化リスク、施設の長寿命化、浸水対策、水質保全対策など課題が山積しており、各種施策とのバランスが重要となる。温暖化対策一辺倒で推進することは困難。
・ 都市部等では、既存の技術を活用した設備の省エネ化・効率化はこれまででほぼ実施済みであり、伸びしろには限界がある。今後更なる省エネ化には、下水道施設の統廃合・集約化・共同処理や、革新的な新技術の開発が必要になると考える。
・ 前回の会議で、消化ガス発電に対して、発電時の廃熱によるエネルギーロスが課題である旨のご指摘があった。
当面、FIT による消化ガス発電が 20 年間継続されることになる。よって、2030 年目標の達成は FIT 事業の継続を前提とする必要がある。
FIT 期間終了後は、FIT 発電事業の終了に伴い、消化ガスの余剰が大量に発生する。その後は、汚泥処理等に必要な熱エネルギーをコジェネで確保し熱電とも自家消費するとともに、残りの余剰消化ガスは都市ガス化して「地産のカーボンニュートラルエネルギー」として環境価値とともに外部供給し、ガス会社に売却・託送することが有望と考えている。既存のガス導管インフラがそのまま利用可能。

・ 下水汚泥炭化炉による固形燃料化処理は、下水汚泥を安全かつ安定な固形有用物に転換することにより、下水汚泥を燃料資源化し、廃棄物の発生を大幅に減らすメリットがある。ただし、炭化処理の工程で都市ガス燃料を利用しており、投入エネルギーと比べて、固形燃料として得られるエネルギーが少ないのが実態。このような固形燃料化事業は「エネルギー利用」「温暖化対策」の観点ではエネルギー収支が合わないものの、汚泥処理物の資源化・有効利用により「下水道資源利用」「廃棄物削減」としての導入価値はある。施策目的の棲み分け・整理が必要。

資料 2-3　2050 年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

○ 委員

・ 2050 年の検討シナリオ 2 つと B-DASH や GAIA で開発されている技術がどのように繋がってくるのか。本資料を公開するに当たって、この 2 つのシナリオをどのように説明するのか。

（回答）

・ 今回の試算は 2 つのシナリオを比較することで、どのような技術分野が我が国のカーボンニュートラルの実現への貢献に効果的なのか、感度分析的に見える化することを意図して行った。それぞれのシナリオの試算では、B-DASH で実証された技術も含め、一部のトップランナー的な技術の数字を活用して計算しているものの、すべての B-DASH 等の技術と直接リンクしているわけではない。カーボンニュートラルの実現への貢献に向けて、今後の技術開発に当たっては、ここに書かれている技術以外を排除するものではなく、その他の有用な技術に関しては、技術開発ロードマップの方で網羅的に記載をするつもりである。

○ 委員

・ カーボンニュートラルは重要であるが、目標が決められて無理やりやっていくというよりも、積極的にカーボンニュートラルの技術を海外に売り出していく政府戦略が重要である。革新的な技術をサポートしてそれを国内外に積極的に売り出していくというのが全体としては良いのではないかと考える。 通常の消化を増やすよりも、そこで取り入れた技術を海外に展開できるような展望になればカーボンニュートラルの取組が、より活きてくるのではと考える。

（回答）

・ 国として掲げた目標に対して、技術的にできるのか、達成するためにはどのような技術がいるかという実現性の検討という側面と日本が世界各国に貢献していける技術は何かということを考えるという側面も重要。次回そのあたりも含めて整理出来たらよいと考えている。

○ 委員

・ 2050 年カーボンニュートラルに貢献する技術として下水由来アンモニアの有効利用を掲げている。アンモニア・ストリッピング技術の工程は大量の蒸気を必要とする一方で、回収するアンモニアの濃度が 1%程度と著しく低いため、現状ではエネルギー源として利用できない（燃料として利用するには、100%に近い純度が必要）。また、設備の腐食・老朽化が激しいという課題もある。
アンモニアを燃料化するには、既存のアンモニア・ストリッピング技術ではなく、エネ

ルギー消費の少ない分離濃縮技術など高純度アンモニアを回収できる革新技術の開発が必要。

・ 消化ガスの水素化は、カーボンニュートラル水素の供給源となりえるが、現時点では、供給体制と比べて水素需要が低水準であり、供給先の確保が課題となる。また、水素の導管供給は、水素製造コストや導管インフラ等の整備コストがかかるうえ、高圧ガス保安法・ガス事業法等の規制が厳しい。
また、メタンを水素化するには、水蒸気改質反応等を用いるが、投入するエネルギーが大きく、メタンをそのまま都市ガスの原料として用いるよりもエネルギーロスが大きい。前述の消化ガスをメタン燃料化・都市ガス化する方がエネルギー効率の面で有力といえる。

・ 新技術の導入には、導入後に効果が発現しない可能性というリスクが伴う。事業者がそのリスクを背負うことは、新技術の開発にとって「足かせ」になるため、事業者のリスクの緩和策が必要。新技術の開発には、失敗も多分に伴うため、寛容な制度設計が望まれる。
FIT 制度の例のように、民間による温暖化対策促進の原動力になるような支援をいただけるとありがたい。
開発技術の性能を発揮し、運転の最適化による実績をあげるには、DBO や PFI など当該技術を有する民間が長期にわたり直接管理運営する方法が適する場合が多い。

資料 2-4　2050 年カーボンニュートラルの実現に貢献する下水道の技術開発とロードマップ

○ 委員

・ 窒素・アンモニアの回収について、基礎研究レベルであるが、NEDO において、排水からアンモニアを回収して燃料にする「ムーンショット計画」が実施されている。他項目においても他省庁とコラボレーションできそうな研究分野がたくさんある。他分野での技術開発の時間軸を考慮しているか。

・ 肥料に関しては農水省が研究を進めていたりするので、連携するとより効率良く応用できると考えている。資料の方でもそのように示してほしい。

（回答）

・ ご指摘の窒素・アンモニア回収の研究を行っている方とも意見交換を行ったところ。その他ロードマップも他分野での技術開発も考慮して設定しているものもある。ご指摘の農業分野との連携についても追記する。

以上

（３）下水道技術開発会議

エネルギー分科会資料（第３回）

※参考資料 2～5 については、

本稿では掲載しない。

下水道技術開発会議　エネルギー分科会

議　事　次　第

日時：令和 4 年 1 月 13 日（木）9：30～12：00
場所：WEB 会議

1. 開会・資料確認 ―――――――――――――――――――――――――――――――― 9：30～9：35（5 分）
事務局

2. 議事
(1) 各委員の発表
(2) 第 2 回エネルギー分科会におけるご意見について
(3) 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の技術開発等に関する
エネルギー分科会報告書（案）
―――――――――――――――――――――――――――――――― 9：35～11：55（140 分）

3. 今後のスケジュール ―――――――――――――――――――――――――― 11：55～12：00（5 分）
事務局

4. 閉会 ――
事務局

【配布資料】

資料 1：下水道技術開発会議　エネルギー分科会名簿
資料 2：下水道技術開発会議　エネルギー分科会資料
- 資料 2-1「第 2 回エネルギー分科会におけるご意見について」
- 資料 2-2「ご意見を踏まえた追加資料」
- 資料 2-3「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の技術開発等に関する
エネルギー分科会報告書（案）」
及び　別紙　「エネルギー分科会報告書（案）参考資料」

資料 3：今後のスケジュール

参考資料 1：用語の修正について
参考資料 2：下水道政策研究委員会 脱炭素社会への貢献のあり方検討小委員会第三回会議資料
参考資料 3：下水道革新的技術実証事業 技術情報資料
～新技術の導入を検討される皆様へ～令和３年版
参考資料 4：下水道技術ビジョン
参考資料 5：下水道技術開発会議エネルギー分科会設置主旨、規約、委員名簿

委員資料 1：齋藤委員資料
委員資料 2：新川委員資料

資料1

下水道技術開発会議　エネルギー分科会 第3回 出席者名簿 （令和4年1月13日）

エネルギー分科会 委員

大阪市建設局下水道部施設管理課課長	永長　大典
国土交通省水管理・国土保全局　下水道部　下水道企画課　下水道国際・技術室下水道国際推進官	大上　陽平
一般社団法人　日本下水道施設業協会技術部部長	堅田　智洋
日本大学理工学部土木工学科教授	齋藤　利晃
日本下水道事業団 技術戦略部資源エネルギー技術課課長	新川　祐二
京都大学大学院工学研究科附属流域圏総合環境質研究センター准教授	西村　文武
福岡県建築都市部下水道課課長	野口　寿文
公益財団法人 日本下水道新技術機構資源循環研究部部長	藤本　裕之
国立研究開発法人土木研究所材料資源研究グループ主任研究員	宮本　豊尚
中央大学理工学部教授	山村　寛
国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水道エネルギー・機能復旧研究官	三宮　武

事務局

国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水処理研究室長	田隝　淳
国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水処理研究室　主任研究官	岩渕　光生
国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水処理研究室　研究官	藤井　都弥子
国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水処理研究室　交流研究員	安倉　直希
国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水道研究室　主任研究官	茨木　誠
公益財団法人日本下水道新技術機構　資源循環研究部	蓮見　修平
公益財団法人日本下水道新技術機構　資源循環研究部	熊野　智之

国土交通省 国土技術政策総合研究所

資料２－１

第2回エネルギー分科会における ご意見について

1

第2回エネルギー分科会におけるご意見について

国土交通省 国土技術政策総合研究所

No.	分類	意見	対応	該当ページ
1	脱炭素社会への貢献に向けた下水道のあり方	2030年に向けてはB-DASH技術を実装していくのが、1つの現実的な手であると考える。	・「導入すべき技術」としてB-DASH技術を例示しているところ。また、B-DASH技術の導入効果試算を追加。	資料2-2 P3~9 資料2-3 P32~38
2		2050年には水循環、物質循環を考えた時に現状より高度な水処理が求められるというシナリオは検討しないのか。	・ロードマップ2-8「地域全体を見た資源有効利用、放流先、エネルギー消費、GHG削減等の観点からの水処理・汚泥処理の全体最適化に向けた調査研究等」を位置づけ今後の課題とする。 ・エネルギーを考慮した水質管理の資料作成。	資料2-2 P10,11 資料2-3 P58ロードマップ2-8
3		一般廃棄物事業との連携強化が重要であると考えている。	・グリーン成長戦略において「有機性廃棄物の一体処理によるコスト低減策の検討」を2040年までに行っていくこととしており、ロードマップ13-1において地域バイオマス活用に関する研究開発等を行うことを位置づけ。	資料2-3 P69ロードマップ13-1
4		プラスチックを入れないようにするなど"消化槽に優しい"運用をすると非常に施設のポテンシャルを高めていくことができる。	・ロードマップ12-2「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」と修正し、技術による改善を目指す。	資料2-3 P68ロードマップ12-2
5		独自技術を採用してもらうためにもDB、DBOといった発注制度の転換も進めていって欲しい。	・DB等を含む多様な官民連携手法を促進するためガイドライン等の整備や検討会による検討を進めているところであり、各自治体における取組を支援していく。 ・技術的見地からも継続的な研究が必要か。	資料2-3 P49
6		今の改築更新やストックマネジメント制度の中で進めていくと、部分的な取り組みが中心になってくる。システム全体としての取組をやりにくい仕組みになっている。	・現行の改築更新やストックマネジメント制度においても、改築方法の検討にあたっては、省エネルギー、省資源化、効率化等を踏まえた対策検討を行うことも有効としているところ。ライフサイクルコスト低減に資するシステム全体の取組を促進すべく、性能評価等を検討していく。	資料2-3 P29、P49及びP61ロードマップ4-12

2

第2回エネルギー分科会におけるご意見について

国土交通省 国土技術政策総合研究所

No.	分類	意見	対応	該当ページ
7	脱炭素社会への貢献に向けた下水道のあり方	今後更なる省エネ化には、下水道施設の統廃合・集約化・共同処理や、革新的な新技術の開発が必要になると考える。	・ロードマップにおいて様々な技術開発について位置づけ。	資料2-3 P49～
8		積極的にカーボンニュートラルの技術を海外に売り出していく政府戦略が重要である。	・本邦技術の海外展開について支援策を別資料で整理。	資料2-2 P12,13 資料2-3 P49
9		窒素、アンモニア回収や肥料等の他分野の研究開発と連携するべきである。	・他分野の研究所や大学等との関係性構築に取り組んでいるところ。 ・ロードマップ14-1、16-4に窒素、アンモニア回収技術、肥料の有害物質除去に関する他分野技術開発動向を踏まえたロードマップを追加。16-3にも農業分野との関連を位置づけ。	資料2-2 P14 資料2-3 P49及びP69ロードマップ14-1及びP71ロードマップ16-4
10	下水道資源の有効利用	下水熱利用を推進するような仕組みを考えているのか。	・平成27年下水道法改正における規制緩和、ポテンシャルマップ作成促進、協議会設置による連携強化の仕組み作りに取り組んできた。一部地域に留まっているため、他の資源と同じくポテンシャルの「見える化」等による取り組み促進を行っていく。	資料2-3 P49及びP64ロードマップ8-5
11		アンモニアの製造について、下水道のポテンシャルを利用した場合と、それ以外の現在の一般的な製造方法のCO_2排出量の比較による効果の検証はしないのか。	・カーボンニュートラルに関する試算をの中で、下水汚泥由来の堆肥製造の化学肥料代替のCO_2削減効果をお示ししている。 ・また、こういった他分野への貢献を定量的に評価できる手法の開発についてロードマップ4-2に位置づけ。	資料2-3別紙P69 資料2-3 P49及びP61ロードマップ4-2
12		現在、消化率は最大で60%程度とのことであるが、これを上げる技術の検討は行っているのか。	・汚泥の可溶化技術等によりで、どこまで消化率を上げることができるのかが今後のテーマ。 ・ロードマップ10-2に位置づけ。	資料2-3 P49及びP66ロードマップ10-2

3

第2回エネルギー分科会におけるご意見について

国土交通省 国土技術政策総合研究所

No.	分類	意見	対応	該当ページ
13	下水道資源の有効利用	第2回資料2-2P7に汚泥の集約処理については記載しないのか。	・追記させていただく。	資料2-3 P31
14		第2回資料2-3P19下水由来のアンモニアの回収の見通しを教えてほしい。	・アンモニアストリッピング法の研究開発の事例等があるが、経済性をもって回収できるような段階ではないと考える。下水の中から、あるいは汚泥の中から効率的にアンモニアを抽出する技術開発は今後必要であると考える。 ・ロードマップ14-1に位置づけ。	資料2-3 P49及びP69ロードマップ14-1
15		合成メタンを製造する際の水素はどこから持ってくるのか。メタネーションを行う時のCO_2についてもどこから持ってくるのか。 下水道中の炭素を利用するということであれば、上限が出てくるという理解でよいか。	・下水汚泥から水素を生成するか、太陽光発電等で製造された水素を外部から調達してメタンを生成するといった方法がある。 ・CO_2については消化槽内のCO_2活用を考えている。CO_2を集約して、別の槽で反応させる方法についても、海外では検討されていると聞いている。 ・汚泥の中でのポテンシャルが上限。	資料2-3 P65ロードマップ9-3
16		汚泥処理等に必要な熱エネルギーをコジェネで確保し、残りの余剰消化ガスは都市ガス化して「地産のカーボンニュートラルエネルギー」として環境価値とともに外部供給することが有望と考えている。	・第2回資料2-3P21において関連資料を掲示。東邦ガスは知多市南部浄化センターの余剰ガスを都市ガスの原料として活用している。	資料2-3別紙P50
17		アンモニアを燃料化するには、アンモニア・ストリッピング技術ではなく、エネルギー消費の少ない分離濃縮技術など高純度アンモニアを回収できる革新技術の開発が必要。	・下水の中から、あるいは汚泥の中から効率的にアンモニアを抽出する技術開発は今後必要であると考える。 ・ロードマップ14-1に位置づけ。	資料2-3 P49及びP69ロードマップ14-1
18		消化ガスの水素化は、現時点では、供給体制と比べて水素需要が低水準であり、供給先の確保が課題となる。 　また、水素の導管供給は、水素製造コストや導管インフラ等の整備コストがかかるうえ、高圧ガス保安法・ガス事業法等の規制が厳しい。	・グリーン成長戦略では2050年には2000万トンの導入を目指すとしている。（第2回資料2-3P17） ・一方で、左記などのシステムや制度の課題については引き続き動向を確認していく。 ・なお、富士市で行ったB-DASHでは高圧ガス保安法の制約を比較的緩やかな小規模での水素製造とFCVへの供給について実証を行っている。	資料2-2P15 資料2-3別紙P46

4

第2回エネルギー分科会におけるご意見について

国土交通省 国土技術政策総合研究所

No.	分類	意見	対応	該当ページ
19	下水道技術ビジョンロードマップについて	微生物燃料電池は省エネ技術という面が主ではないのか。また類似技術として、微生物電解槽という技術もあるが入れるとよい。 また、終沈で除去しきれない溶解性有機物のエネルギー化技術という枠組みの中に微生物燃料電池、微生物電解槽、第2回資料2-4P3ロードマップ2-1の技術がある。このような分類の方が良かったと思う。	・ご指摘を踏まえ、微生物燃料電池をロードマップ2-1に追記。また、微生物電解槽をロードマップ8-3に追記。	資料2-3 P55ロードマップ2-1及びP63ロードマップ8-3
20		可能であれば、各技術の定量化と長所、短所、適用条件等の情報があるとよい。	・ロードマップは個別技術を示した物ではないので一概にご指摘の事項をお示しをすることは難しいが、ご指摘を踏まえ、今後ロードマップをフォローアップしていく中で個別技術の状況把握に努めて参りたい。	-
21	その他	CO_2排出に関してのベンチマーク指標については検討していく必要がある。	・国総研において、処理方式、処理規模に応じたエネルギー原単位の分布の整理を行っており、その分布状況からベンチマーク的に目標設定ができるツール作成の検討を行っているところ。	資料2-2 P16 資料2-3 P49及びP61ロードマップ4-1
22		2050年の検討シナリオ2つとB-DASHやGAIAで開発されている技術がどのように繋がってくるのか本資料を公開するに当たって、この2つのシナリオをどのように説明するのか。	・今回の試算は2つのシナリオを比較することで、どのような技術分野が我が国のカーボンニュートラルの実現への貢献に効果的なのか、感度分析的に見える化することを意図して行った。それぞれのシナリオの試算では、B-DASHで実証された技術も含め、一部のトップランナー的な技術の数字を活用して計算しているものの、すべてのB-DASH等の技術と直接リンクしているわけではない。	資料2-3 P42~49

国土交通省 国土技術政策総合研究所

資料２-２

ご意見を踏まえた追加資料

国土交通省 国土技術政策総合研究所

目次

１．B-DASH技術の導入によるシステムとしての最適化に関する追加試算（意見No.1）

２．エネルギーを考慮した水質管理（意見No.2）

３．本邦技術の海外展開によるカーボンニュートラルへの貢献（意見No.8）

４．連携対象となる他分野技術開発事例（意見No.9）

５．水素の小規模施設における事例（意見No.18）

６．温室効果ガス・エネルギー削減目標設定に関する国総研における調査研究（意見No.21）

７．排除基準を緩和している事例

1．B-DASH技術の導入によるシステムとしての最適化に関する追加試算（意見No.1）

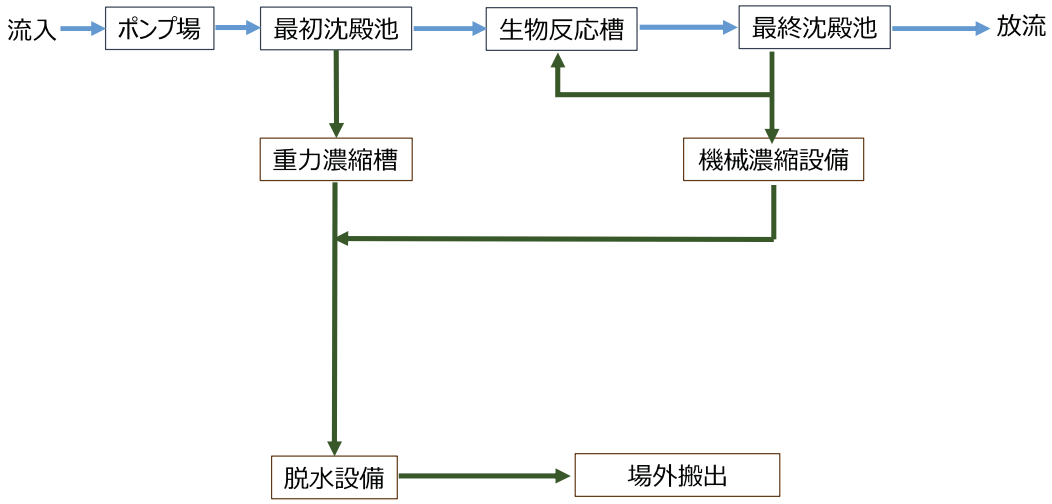
○標準法（日最大流入水量5万m³/日）の下水処理場をモデルケースとして次の4ケースを実施した場合のエネルギー収支及び二酸化炭素排出量について試算を実施。

1．対照系フロー(標準法　日最大流入水量5万m³/日　)
　従来型機器のケース
2．対照系(省エネ)フロー(標準法　日最大流入水量5万m³/日　)
　運転改善、省エネ機器を導入したケース
3．導入系1(省エネ＋創エネ)機器フロー(標準法　日最大流入水量5万m³/日　)
　運転改善、省エネ機器の導入＋消化設備、消化ガス発電を導入したケース
4．導入系2(省エネ＋創エネ+B-DASH)フロー(標準法　日最大流入水量5万m³/日　)
　運転改善、省エネ機器の導入＋消化設備、消化ガス発電　B-DASH技術を導入したケース

国土交通省 国土技術政策総合研究所

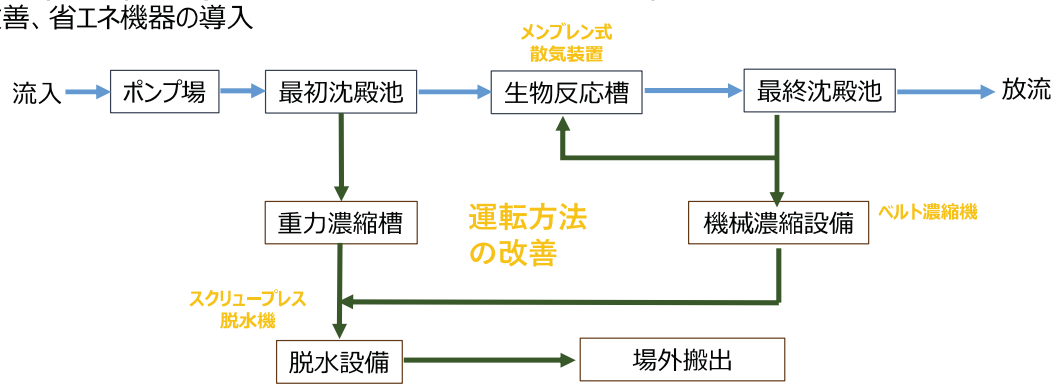
1．B-DASH技術の導入によるシステムとしての最適化に関する追加試算（意見No.1）

1．対照系フロー(標準法　日最大流入水量5万m³/日　)



1．B-DASH技術の導入によるシステムとしての最適化に関する追加試算（意見No.1）

2．対照系(省エネ)フロー(標準法　日最大流入水量5万m³/日　)
運転改善、省エネ機器の導入



・導入省エネ機器

適用箇所	基本型	省エネ型
散気装置	散気板	メンブレン式
汚泥濃縮機	遠心式	ベルト濃縮機
汚泥脱水機	遠心脱水機	スクリュープレス

・運転管理改善手法例

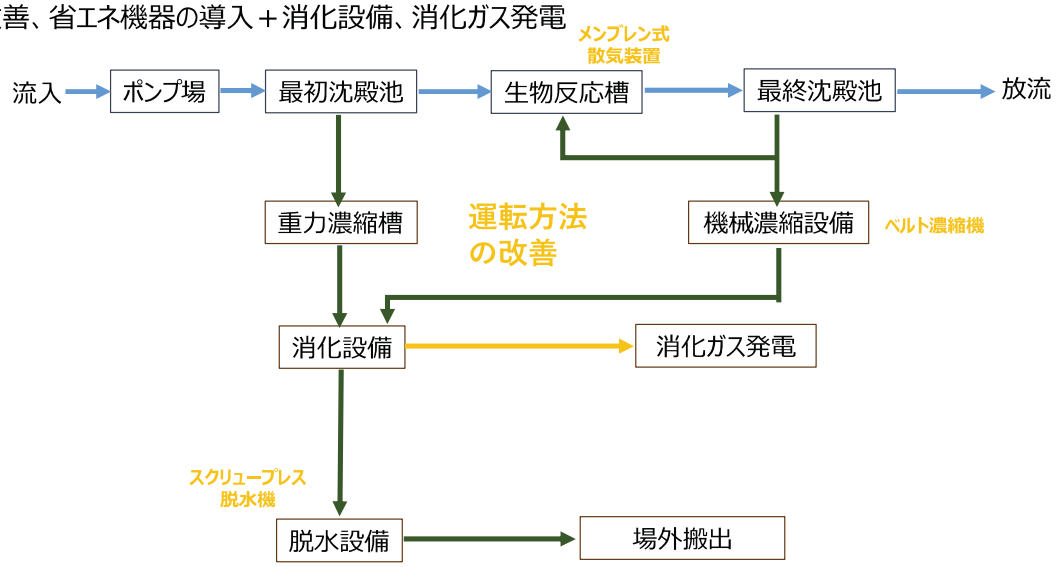
	主ﾎﾟﾝﾌﾟ	送風機	送風量の適正化	汚泥貯留槽撹拌機	返送汚泥ポンプ
検討事例	稼働ポンプ変更による効率的な運転	稼働送風機変更による効率的な運転	必要空気量に応じた送風量の適正化	撹拌機の間欠運転	回転数の見直しによる適切な吐出量への変更

※具体的な運転管理改善効果については（公財）下水道新技術機構の過去の実績より、同流量規模の運転管理改善効果の平均値である6.45%を使用して算出。

国土交通省 国土技術政策総合研究所

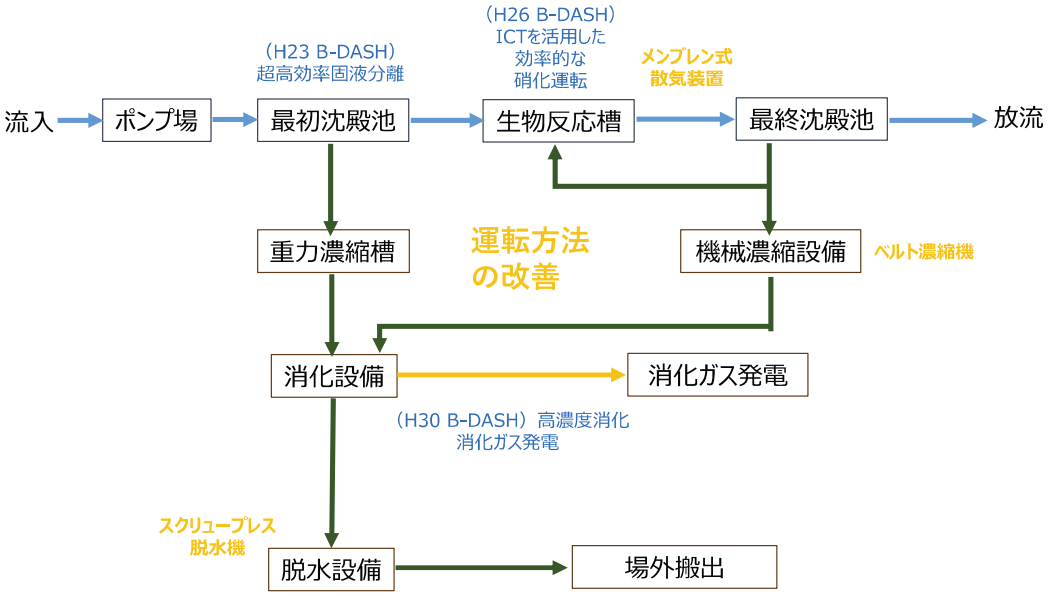
1．B-DASH技術の導入によるシステムとしての最適化に関する追加試算（意見No.1）

3．導入系1(省エネ＋創エネ)フロー(標準法　日最大流入水量5万m³/日　)
運転改善、省エネ機器の導入＋消化設備、消化ガス発電



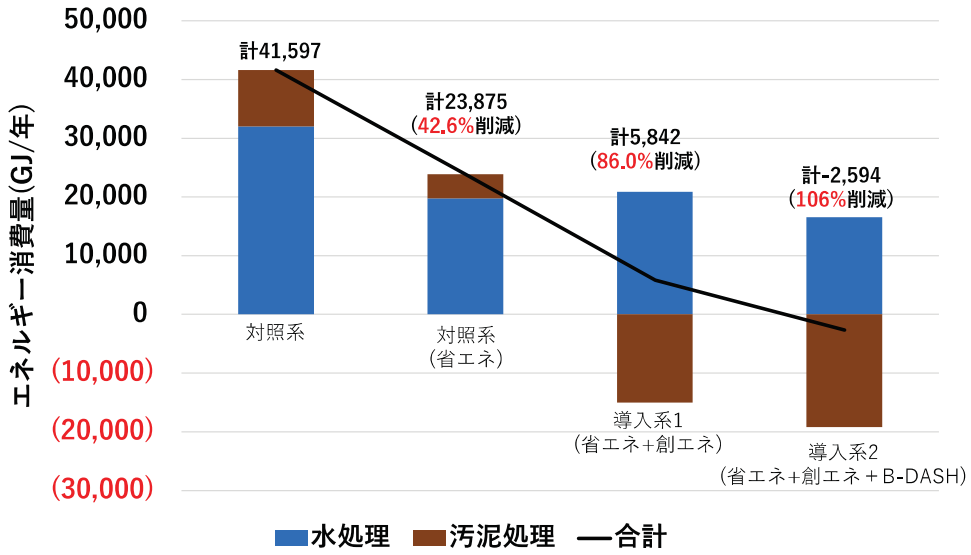
1．B-DASH技術の導入によるシステムとしての最適化に関する追加試算（意見No.1）

4．導入系2(省エネ＋創エネ+B-DASH)フロー(標準法　日最大流入水量5万m³/日　)
運転改善、省エネ機器の導入＋消化設備、消化ガス発電　B-DASH技術の導入



1．B-DASH技術の導入によるシステムとしての最適化に関する追加試算（意見No.1）

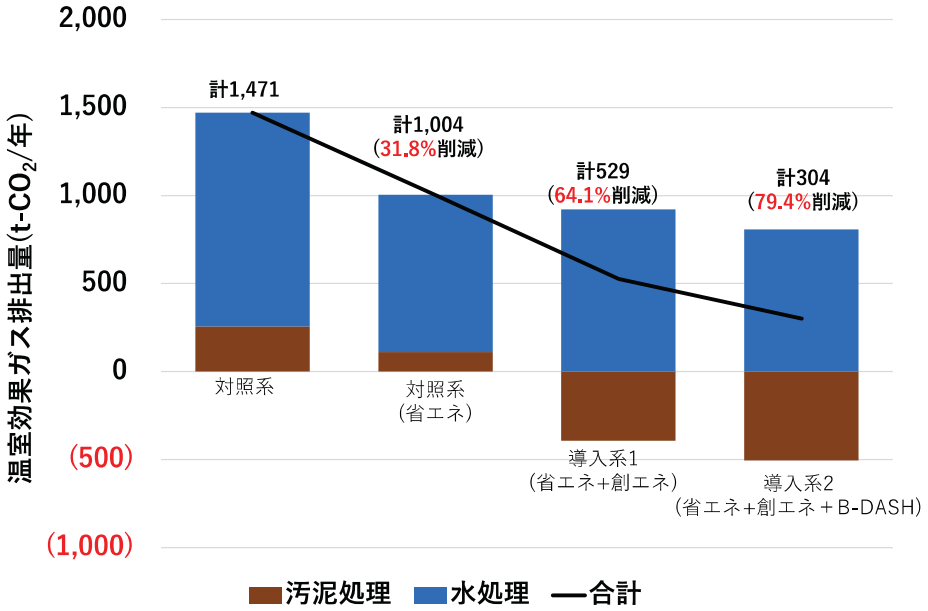
・B-DASH技術導入効果(消費エネルギー削減効果)



※汚泥処理には消化ガス発電による創エネを含む。
※削減率は対照系に対しての削減を示している。

1．B-DASH技術の導入によるシステムとしての最適化に関する追加試算（意見No.1）

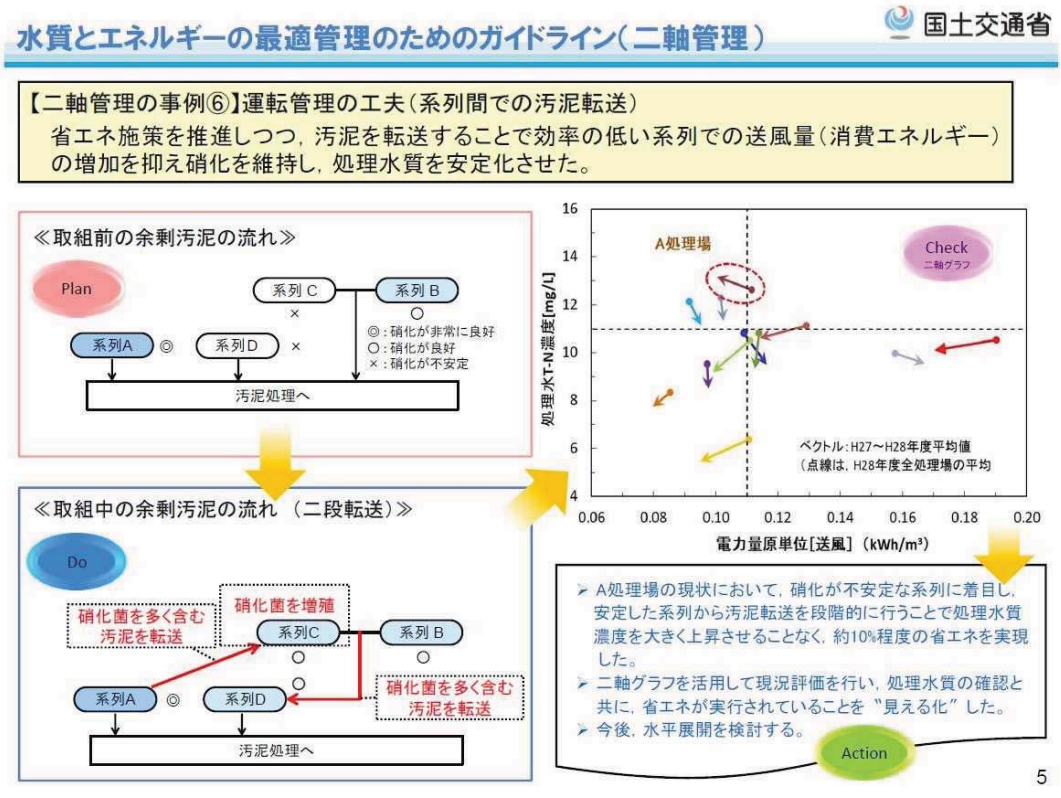
・B-DASH技術導入効果(温室効果ガス削減効果)



※汚泥処理には消化ガス発電による創エネを含む
※電力排出係数0.25 kg-CO_2/kWhを使用
※削減率は対照系に対しての削減を示している。

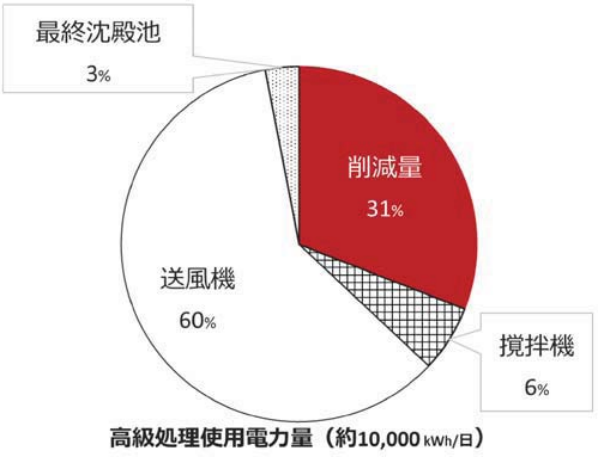
個別機器による対策も重要だが、システムとしての改善効果が期待できるB-DASH技術の導入が効果的

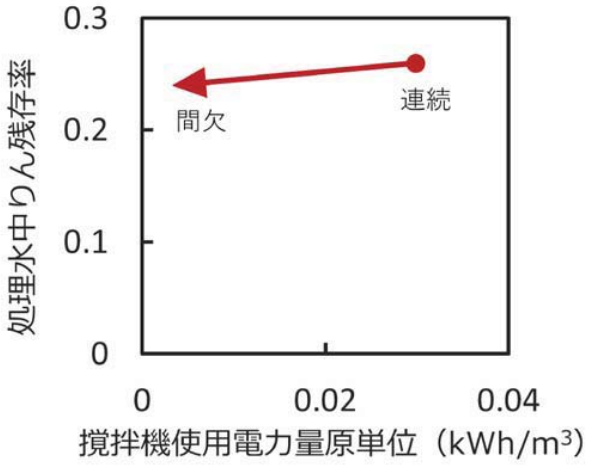
2．エネルギーを考慮した水質管理（意見No.2）



２．エネルギーを考慮した水質管理（意見No.2）

AO法におけるりん除去率向上と省エネの両立を目指した京都市の鳥羽水環境保全センターにおける間欠運転の取組



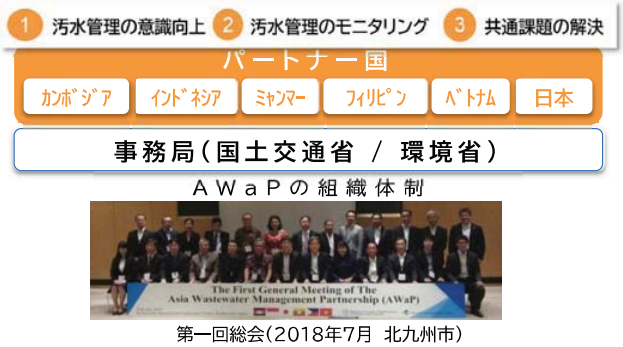


３．本邦技術の海外展開によるカーボンニュートラルへの貢献（意見No.8）

○国土交通省インフラシステム海外展開行動計画２０２１ では取組を強化すべき新たな課題として「カーボンニュートラルに貢献する質の高いインフラシステムの海外展開」等を掲げている。
○下水道インフラの案件形成には、相手国における下水道整備の上位施策への位置づけが重要であることからアジア汚水管理パートナーシップ(AWaP) ※1等の政府間対話を通じた汚水管理の主流化を後押ししている。
※1 Asia Wastewater Management Partnership 2018年7月に設立。
○また、本邦技術の現地基準化等を目的とした下水道技術海外実証事業（WOW TO JAPANプロジェクト※2）を通じた製品等としての普及促進を図っており、令和3年度は、世界でも市場の大きい米国において、高効率・大出力磁気浮上式ブロワに係る実証事業を行うこととしている。
※2 Wonder Of Wastewater Technology Of JAPANプロジェクト
○さらに、JICA円借款プロジェクト等の実施を通じた本邦技術を活用した案件形成支援にも取り組んでいる。

アジア汚水管理パートナーシップ（AWaP）

- SDGsの目標とアジア各国の現状には大きな格差があり、各国の知見や経験を共有する



第一回総会（2018年7月 北九州市）

WOW TO JAPAN プロジェクト事例

・米国の下水処理場で多くの電力を使用する曝気用ブロワについて、川崎重工業（株）が開発した**高効率の大出力磁気浮上式ブロワに更新し、エネルギー消費量を大幅に削減**。
・本実証によるエネルギー削減効率を米国にて実証することで、**本製品の優れた技術優位性を確認**するとともに、サンベルトエリアとメトロポリタンエリアを中心に普及の促進を図る。

国土交通省 国土技術政策総合研究所

３．本邦技術の海外展開によるカーボンニュートラルへの貢献（意見No.8）

（参考）委員よりご紹介いただいた海外技術と比較して優位な本邦技術

（１）センサー，センシング技術（画像センサー等に利用される半導体センサー、またこれらを利用した制御システム等）
（２）固体燃料電池
（３）触媒技術（水素発生，人工光合成を含む）
（４）塗料，防腐剤，無機材料（セラミックス）
に加えて
（一社）日本下水道施設業協会アンケート（13社より回答）の結果の中で、月島機械株式会社より提案のあった
（５）過給式流動焼却炉
（６）焼却廃熱を利用して脱水汚泥の低含水率化を図る加温濃縮脱水システムを組み合わせた過給式流動焼却炉

国土交通省 国土技術政策総合研究所

４．連携対象となる他分野技術開発事例（意見No.9）

○下水道分野の技術開発には他分野の技術開発との連携・活用が必要。

ムーンショット型研究開発

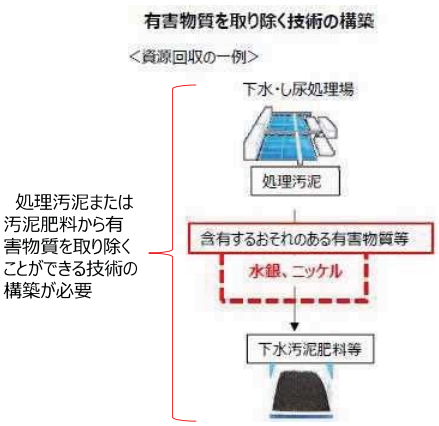
・総合科学技術・イノベーション会議（CSTI）において、日本発の破壊的イノベーションの創出を目指し、挑戦的な研究開発（ムーンショット）を推進するものとして、「ムーンショット型研究開発制度」が創設
・NEDOが取り組む開発として窒素化合物を回収、資源転換、無害化する技術の開発があり、産総研、東京大学が個別プロジェクトに取り組んでいる。
・例えば東京大学ではゼオライトを用いたアンモニア回収技術に関する開発に取り組んでいる（処理水や焼却排ガスからの回収への活用が期待される）。

○NEDOが取り組む目標
ムーンショット目標4
「2050年までに、地球環境再生に向けた持続可能な資源循環を実現」
（2）窒素化合物を回収、資源転換、無害化する技術の開発

研究開発プロジェクト	プロジェクトマネージャー
産業活動由来の希薄な窒素化合物の循環技術創出―プラネタリーバウンダリー問題の解決に向けて	国立研究開発法人産業技術総合研究所 川本　徹
窒素資源循環社会を実現するための希薄反応性窒素の回収・除去技術開発	国立大学法人東京大学 脇原　徹

農業分野における技術開発

・みどりの食料システム戦略（令和３年５月農林水産省）において２０５０年までに、化学肥料30%低減を目指すこととしている。
・化学肥料の使用量低減に向けた技術開発・普及（2040年頃から）の一例として、処理汚泥中の有害物質を取り除く技術の構築が位置づけられている。



※第３回脱炭素小委員会　農林水産省資料を一部加筆

5．水素の小規模施設における事例（意見No.18）

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事業（H30採択）

事業実施者

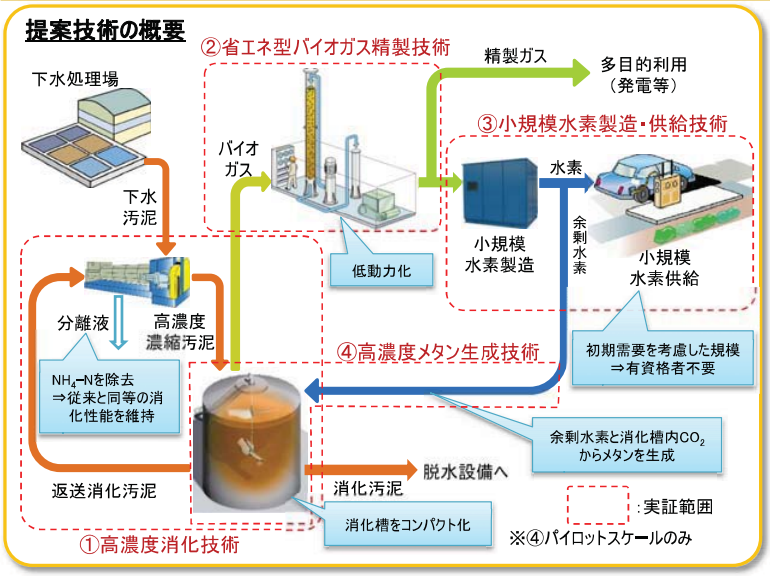
神鋼環境ソリューション・日本下水道事業団・富士市共同研究体

実証フィールド

静岡県富士市東部浄化センター

実証概要

コンパクトなメタン発酵槽、低動力のバイオガス精製装置及び小規模の水素製造・供給装置を組み合わせた、下水汚泥からの効率的なエネルギー回収・利活用システムについて、処理性能、コスト（建設費年価＋維持管理費）縮減等を実証する。



技術導入ガイドラインより抜粋

（高圧ガス保安法）
本技術で導入を想定する水素供給設備は，一般高圧ガス保安規則第 12 条の 2 の技術基準に適合する設備であり，事業開始 20 日前に「第二種製造者製造届出書」，事業開始前に「第二種貯蔵所設置届出書」を届け出て，受理される必要があるため，十分な事前協議が必要である。なお，圧縮機の処理能力が 30 Nm3/日未満のため，有資格者の確保および法定点検は不要であるが，従業者に対する保安教育を行う必要がある（法第 27 条第 4 項）。また，水素の販売を行う場合は有資格者の選任および届出が必要となる（法第 20 条の 4，法第 28 条）。

15

6．温室効果ガス・エネルギー削減目標設定に関する国総研における調査研究（意見No.21）

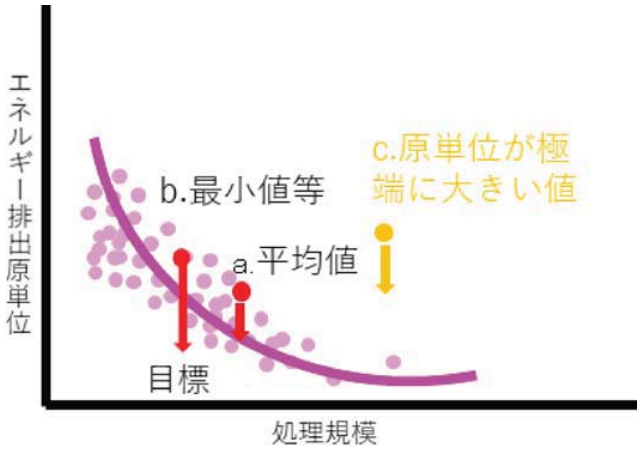
（背景）下水道は水処理方式、汚泥処理方式、またそれらの機器の状況によってエネルギー消費量が異なることから、一律の目標設定を行うことは困難。

○水処理、汚泥処理それぞれについて、処理方法、機器方式別で分類等を行い、再生可能エネルギーの利用状況も踏まえた、処理規模別の消費エネルギーや温室効果ガス排出量の原単位の整理する。

○また、その分布状況等を踏まえた温室効果ガス排出量の削減目標の設定手法の立案。

○自治体職員が自ら目標設定と対策手法を設定できるツール作成についても検討。

エネルギー原単位の分布状況を踏まえた目標設定手法のイメージ



様々な処理方式

水処理方式
- 標準活性汚泥法
- A2O
- 循環式硝化脱窒法
- OD法　等

汚泥処理方式の組み合わせ
- 濃縮＋薬品添加＋機械脱水
- 薬品添加＋機械脱水
- 濃縮＋消化＋薬品添加＋機械脱水
- 濃縮＋薬品添加＋機械脱水＋焼却
- 濃縮＋脱水車
- 機械脱水
- 濃縮＋薬品添加＋脱水車
- 脱水車
- 濃縮＋消化＋薬品添加＋機械脱水＋焼却　等

16

７．排除基準を緩和している事例

・ある自治体では、標準下水道条例に比べ、排除基準を緩和している。（追加料金を徴収。）

A市と標準下水道条例の排除基準

項目（単位：mg/L）	A市の排除基準※	標準下水道条例基準
生物化学的酸素要求量（BOD）	2000	600
浮遊物質量（SS）	2000	600
動植物油脂類含有量	150	30

※（BOD200mg/L、SS200mg/L、動植物油脂類含有量30mg/L以下では追加の水質使用料は無し
一方、 BOD200mg/L、SS200mg/L、動植物油脂類含有量30mg/Lより大きくBOD2000mg/L、SS2000mg/L、
動植物油脂類含有量150mg/L以下では追加の水質使用料を支払えば排除可能。

項目（単位：mg/L）	A市の排除基準	標準下水道条例基準
窒素含有量	1200	240
りん含有量	160	32

17

国土交通省 国土技術政策総合研究所

資料２－３

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の技術開発等に関するエネルギー分科会報告書（案）

国土交通省 国土技術政策総合研究所

目次

１．エネルギー分科会における令和3年度のテーマ論点

２．エネルギー分科会開催状況

３．エネルギー分科会　分科会委員名簿

４．エネルギー分科会での主なご意見

５．下水道における温室効果ガス排出に関わる現状

６．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目

７．2050年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

８．2050年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の技術開発ロードマップ

１．エネルギー分科会における令和3年度のテーマ論点
２．エネルギー分科会開催状況
３．エネルギー分科会　分科会委員名簿
４．エネルギー分科会での主なご意見

１．エネルギー分科会における令和3年度のテーマ論点

◆ 国内全体の温室効果ガス削減の目標
（１）【中期目標（2030年度46%減（2013年度比））】
（２）【長期目標（2050年度までに実質排出ゼロ）】

に対して、下水道分野としても目標を設定して取り組む必要がある中で、
（１）に向けて、効果的な技術を再整理
（２）に向けて、どこに技術開発の余地があるか等を確認

し、国としての方向性を示す参考とするため、エネルギー分科会において、議論したい。

◆ 主として下記について、分科会委員より、意見、アイデアを頂戴したい。
①下水道の温室効果ガス排出削減対策の”柱“（対策の要素）とも言える
省エネ、創エネ、N_2O対策のそれぞれについて、これまでの取り組みの
評価とこれから取り組むべきこと
②下水処理過程の中で、特にシステムとして効果が発揮される対策について、
これまでの取り組みの評価とこれから取り組むべきこと
③上記以外にも、これからの対応として、念頭に置くべきこと

（令和3年度第1回下水道技術開発会議 資料より）

国土交通省 国土技術政策総合研究所

１．エネルギー分科会における令和3年度のテーマ論点

下水道分野の削減目標（2030年度目標）も含めた改定地球温暖化対策計画が示され、また、「下水道政策研究委員会 脱炭素社会への貢献のあり方検討小委員会」（以下「脱炭素小委員会」という。）の議論が始まったことから、前頁を念頭に置きつつ、

（１）については、

「具体的にどの技術分野をどの程度活用することによって、目標の達成が可能となるか」、「さらなる高みに向けた取り組みの可能性はあるか」等について、主に下記の技術的課題について議論を行う。

①省エネの取組　②創エネ・再エネの取組　③下水汚泥焼却に伴い発生するN_2Oへの対策の取組
④水処理に伴い発生するCH_4、N_2Oへの対策の取組　⑤技術開発の動向　⑥下水道のシステム最適化

（２）については、

脱炭素小委員会の主要論点「地域社会全体を捉えた上で、温室効果ガス排出の徹底した削減とともに、更なる資源集約や連携強化を通じたポテンシャルの最大活用による、新たな利用可能性の追求、貢献拡大をどのように図るべきか？」を踏まえ、

下水道分野の他に、他分野の技術開発の動向についても把握しつつ、今後の下水道において期待される技術開発について、議論する。

国土交通省 国土技術政策総合研究所

２．エネルギー分科会開催状況

第1回：令和3年10月8日（金）
主な議事
（１）下水道技術開発会議エネルギー分科会について
（２）下水道政策研究委員会脱炭素社会への貢献のあり方検討小員会等との関係及び本分科会における今年テーマと論点について
（３）地球温暖化の現状とカーボンニュートラルに関する動向等
（４）2030年目標と実現するための技術的課題と取組の方向性について
（５）2050年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

第２回：令和3年11月22日（月）及び11月26日（金）（委員の都合を勘案し、2回に分けて開催。）
主な議事
（１）各委員の発表（西村委員、藤本委員、宮本委員、山村委員）
（２）第1回エネルギー分科会におけるご意見について
（３）2030年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
（４）2050年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
（５）2050年カーボンニュートラルの実現に貢献する下水道の技術開発ロードマップ

第３回：令和４年1月13日（木）
主な議事
（１）各委員の発表（斎藤委員、新川委員）
（２）第2回エネルギー分科会におけるご意見について
（３）下水道技術開発会議への報告案

３．エネルギー分科会　分科会委員名簿（敬称略）

・大阪市 建設局 下水道部 施設管理課長　永長大典

・国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部 下水道企画課 下水道国際・技術室 下水道国際推進官　大上陽平

・一般社団法人 日本下水道施設業協会 技術部長　堅田智洋

・日本大学 理工学部 土木工学科 教授　齋藤利晃

・地方共同法人 日本下水道事業団 技術戦略部 資源エネルギー技術課長　新川祐二

・京都大学大学院 工学研究科附属流域圏総合環境質研究センター 准教授　西村文武

・福岡県 建築都市部 下水道課長　野口寿文

・公益財団法人 日本下水道新技術機構 資源循環研究部長　藤本裕之

・国立研究開発法人 土木研究所 材料資源研究グループ 主任研究員　宮本豊尚

・中央大学 理工学部 教授　山村寛

・国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水道エネルギー・機能復旧研究官　三宮武（座長）

４．エネルギー分科会での主なご意見

１．脱炭素社会に向けた下水道のあり方に関するご意見

（2030年目標）

・2030年に向けてはB-DASH技術を実装していくのが、1つの現実的な手であると考える。

（カーボンニュートラル）

・下水処理システムそのものを含めて新しい開発余地があるかどうかも視点に入れるべき。

・2050年には水循環、物質循環を考えた時に現状より高度な水処理が求められるというシナリオも検討すべき。

・放流水質のレベルとエネルギー消費量の関係性についても議論しても良いと考える。

・窒素等の下水道への排除基準について将来的に見直しても良いのではないか。

・水処理におけるN_2Oの削減については、現状で対策を立てることは困難。引き続きデータを蓄積し、分析していくことが重要。

（共通）

・低炭素化について、システム全体の最適化の観点で、評価の仕方までを考える必要がある。

・下水道だけのCO_2削減効果ではなく、社会全体でCO_2排出削減に資することも考えていくべき。カーボンオフセットがうまく回る仕組みを考えることも重要。

・CO_2排出に関してのベンチマーク指標については検討していく必要がある。

・自治体は、老朽化対策、雨水対策など、並行して取り組むべき課題を様々に抱えている。
　自治体が取り組みやすいように、具体的な方策を示してほしい。

・独自技術を採用してもらうためにもDB、DBOといった発注制度の転換も進めていって欲しい。

・今の改築更新やストックマネジメント制度の中で進めていくと、部分的な取り組みが中心になってくる。システム全体としての取組をやりにくい仕組みになっている。処理場や地域の特性に応じたグランドデザインを描きながらリノベーションを進めていくべき。

・積極的にカーボンニュートラルの技術を海外に売り出していく政府戦略が重要である。

４．エネルギー分科会での主なご意見

国土交通省 国土技術政策総合研究所

２．下水道が有する資源・エネルギーの有効活用に関するご意見

（カーボンニュートラル）

・一般廃棄物事業との連携強化が重要であると考えている

・窒素、アンモニア回収や肥料等の他分野の研究開発と連携し、推進するべきである。

・汚泥処理等に必要な熱エネルギーをコジェネで確保し、残りの余剰消化ガスは都市ガス化して「地産のカーボンニュートラルエネルギー」として環境価値とともに外部供給することが有望と考えている。

・消化ガスの水素化は、現時点では、供給体制と比べて水素需要が低水準であり、供給先の確保が課題となる。また、水素の導管供給は、水素製造コストや導管インフラ等の整備コストがかかるうえ、高圧ガス保安法・ガス事業法等の規制が厳しい。

（共通）

・消化ガス発電の効率は、現状では40%程度。廃熱を十分に利用する必要がある。

・廃熱利用ができる場所にて発電するなど、技術開発とともに、社会の仕組みを考える必要がある。

※第3回エネルギー分科会についても後日反映

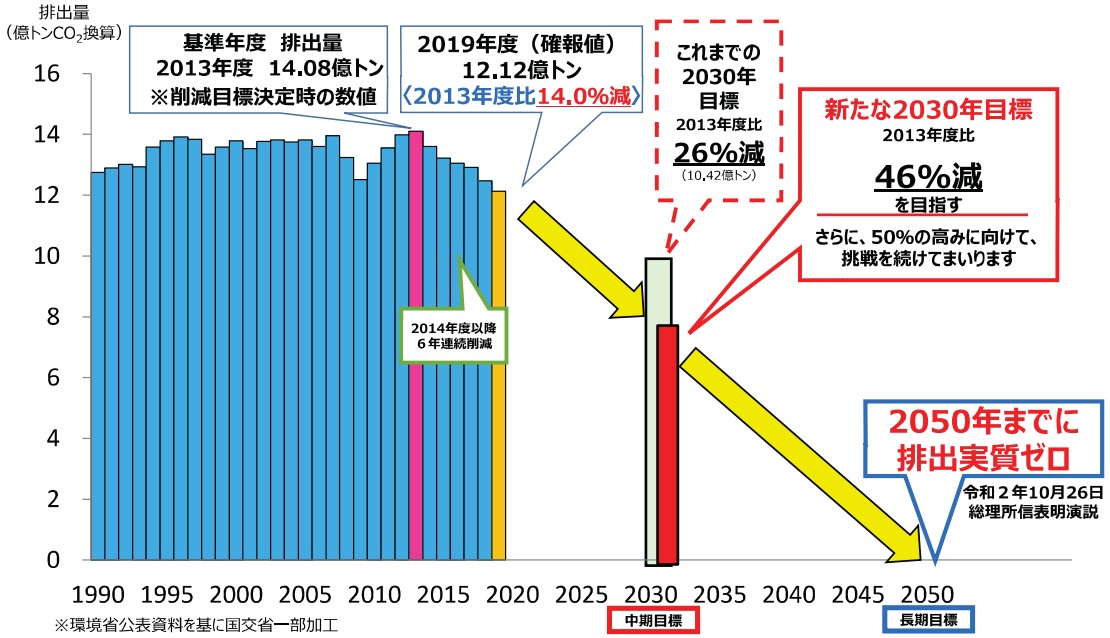
国土交通省 国土技術政策総合研究所

５．下水道における温室効果ガス排出に関わる現状

５．下水道における温室効果ガス排出に関わる現状
我が国の温室効果ガス削減の中長期目標

国土交通省 国土技術政策総合研究所

◆ 「2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」べく、中長期目標を設定。



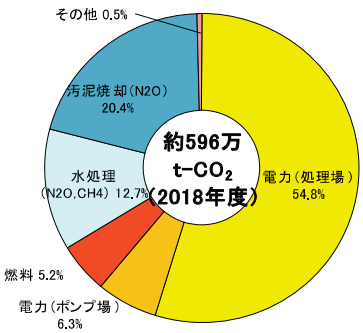
※環境省公表資料を基に国交省一部加工

５．下水道における温室効果ガス排出に関わる現状
下水道分野における温室効果ガス排出削減とポテンシャルの活用

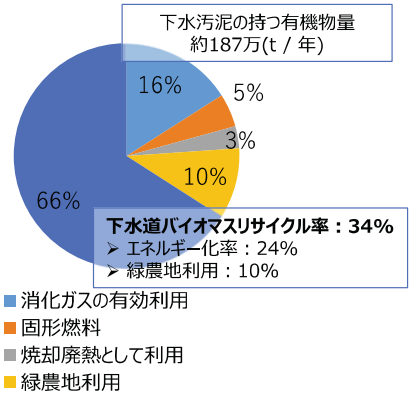
国土交通省 国土技術政策総合研究所

◆ 2018年度における下水道分野での温室効果ガス排出量は約600万t-CO_2であり、日本全体の排出量約12.4億t-CO_2の0.5%に相当。
◆ また、自治体の事務事業から排出される温室効果ガスの大きな割合を占める。
  - ➢ 水処理、汚泥処理における電力、燃料消費に伴うCO_2の排出
  - ➢ 汚泥の焼却過程でのN_2O排出
  - ➢ 水処理過程でのCH_4、N_2Oの発生
◆ 一方で、バイオガス等、下水道資源を活用した創エネポテンシャルも有している。
◆ 更に、敷地や施設上空を活用した太陽光パネル、下水熱の利用など再エネポテンシャルの余地もある。

下水道からの温室効果ガス発生量



下水道分野で創エネ／再エネの取組



	発電量 (kwh)	導入カ所数
太陽光:	約0.7億	110
小水力:	約0.02億	27
風力:	約0.07億	6

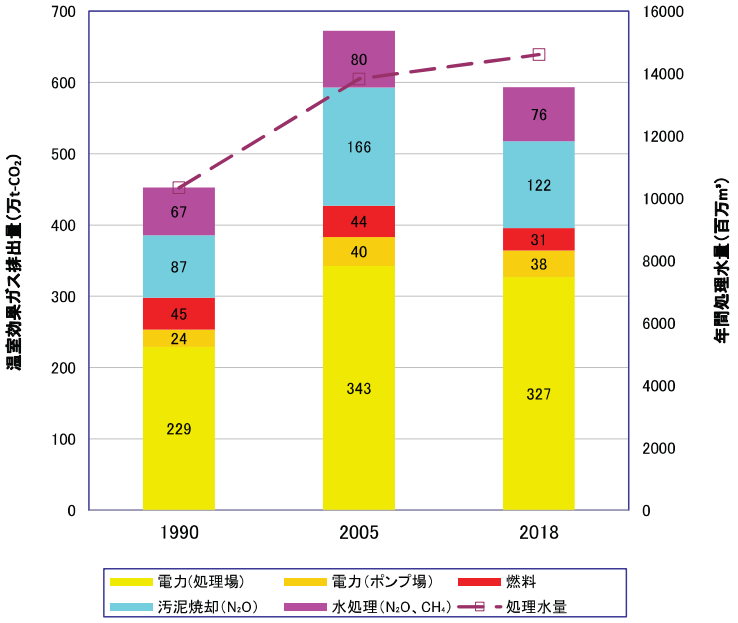
	発熱量（発電量）	導入カ所数
下水熱:	約90千GJ（約0.25億kWh）	32

※国土交通省下水道部作成

５．下水道における温室効果ガス排出に関わる現状
下水道における温室効果ガス排出量の推移

国土交通省 国土技術政策総合研究所

◆ 1990年からの排出量の変化をみると、処理水量の増加により、温室効果ガス排出量は増加している。



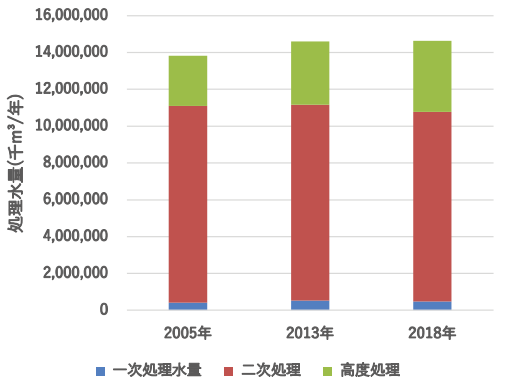
※国土交通省下水道部資料より

５．下水道における温室効果ガス排出に関わる現状
下水道におけるエネルギー消費

国土交通省 国土技術政策総合研究所

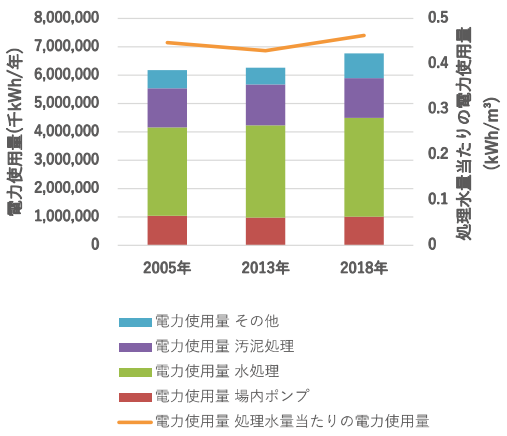
・処理場内の電力使用量は水量の増加に伴い増加しており、処理水量あたりの電力使用量は横ばいからやや増加。
・消費電力の大きい高度処理の処理水量も増加傾向。

処理水量の現状



※H30下水道統計より

処理場内電力消費の現状



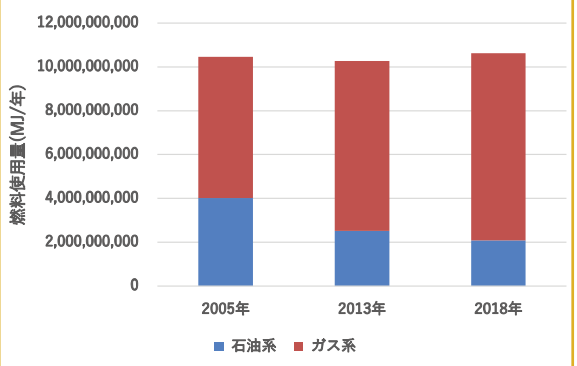
※H30下水道統計より

５．下水道における温室効果ガス排出に関わる現状
下水道におけるエネルギー消費

国土交通省 国土技術政策総合研究所

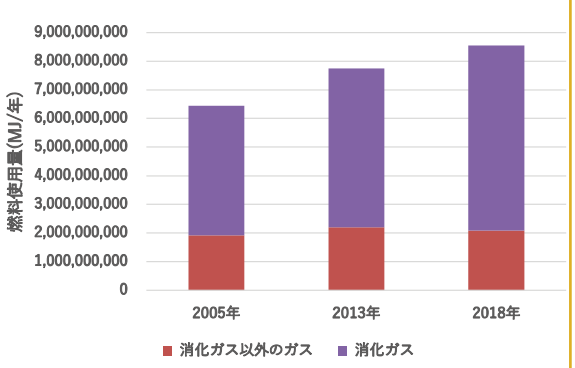
・燃料使用量はほぼ横ばい。
・内訳でみると重油等石油系燃料利用が減少しており、ガス系の利用は伸びているが、消化ガス利用の割合が増加している。

燃料使用量の現状



※H30下水道統計より

ガス系使用量の内訳



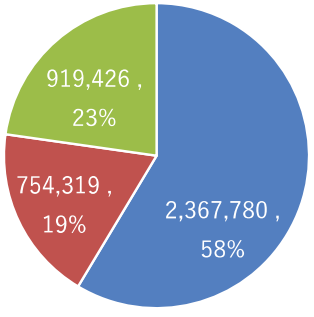
※H30下水道統計より

５．下水道における温室効果ガス排出に関わる現状
下水道における規模別の温室効果ガス排出量

国土交通省 国土技術政策総合研究所

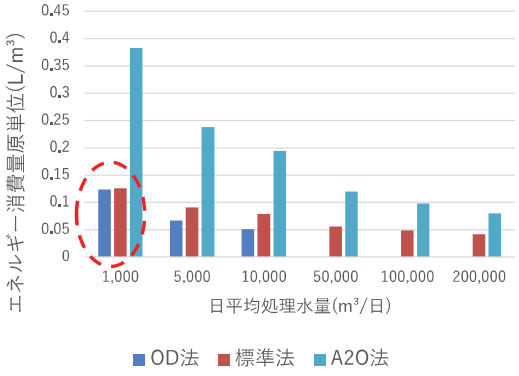
・処理場におけるCO_2排出量の割合としては、処理水量５万m³/日以上の処理場からの排出が５割以上を占めるものの、１万m³/日未満の排出量も２割強存在。
・処理方式別のエネルギー原単位は、高度処理の原単位が大きい。また、小規模処理場で多く存在するOD法の原単位は、処理規模が千m³/日では標準法とほとんど変わらない。

規模別ＣＯ$_2$排出量（処理場）



H30下水道統計に基づきエネルギー由来のCO_2を整理（t/年）

処理方式別のエネルギー原単位



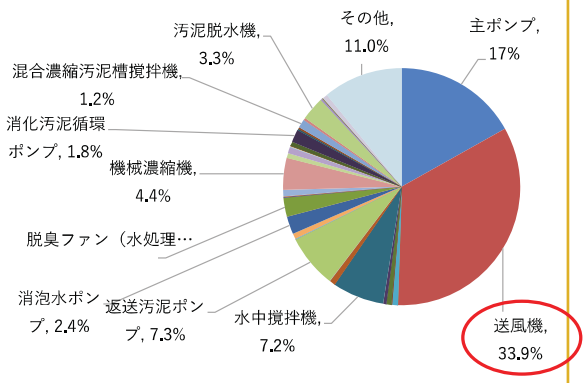
流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説
（平成27年1月）掲載資料を基にグラフ作成

５．下水道における温室効果ガス排出に関わる現状
効果的・効率的な省エネ対策

国土交通省 国土技術政策総合研究所

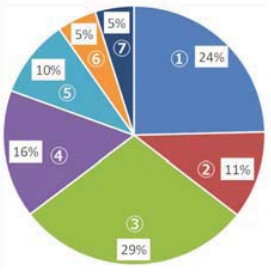
・消費エネルギーの設備別の割合においては、散気装置の性能を主に反映した送風機の割合が3割以上を占め最も大きい。
・（公財）日本下水道新技術機構の調査によれば、省エネ対策の寄与率で大きいのは、送風機を含む反応タンク設備に関わる対策。　※寄与率：同機構の調査の結果で得られた、対策項目ごとの消費エネルギー削減効果の割合

設備別の消費エネルギーの割合



日平均流入水量40,000m³規模（焼却無し）の試算結果（下水道機構 H26年3月）

省エネ対策の寄与率



省エネ対策の項目別寄与率

＜消費電力削減効果の算出方法＞
①送風量の適正化による消費電力の削減
②嫌気槽・無酸素槽の水中撹拌機を省エネ型撹拌機に変えることによる消費電力の削減
③好気槽の水中撹拌機を超微細気泡散気装置に変えることによる撹拌動力の削減と送風量低減による消費電力の削減
④従来型の散気装置を酸素移動効率32%の超微細気泡散気装置に変えることによる消費電力の削減
⑤省エネ型汚泥濃縮機の導入による消費電力の削減
⑥省エネ型消化タンク撹拌機の導入による消費電力の削減
⑦省エネ型汚泥脱水機の導入による消費電力の削減

※ （公財）日本下水道新技術機構調査結果

５．下水道における温室効果ガス排出に関わる現状
効果的・効率的な省エネ対策

国土交通省 国土技術政策総合研究所

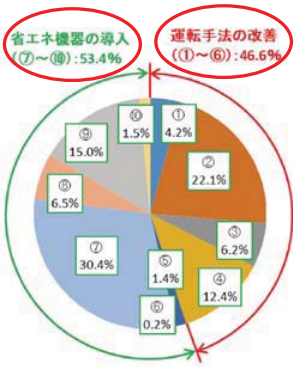
（公財）日本下水道新技術機構
処理場を対象とした省エネ対策検討に関する調査結果の事例
・散気装置の高効率化や水中攪拌機の省エネ化など省エネ機器の導入は５３．４％の寄与率。
・送風機の流入負荷変動に合わせた号機切替時期の適正化等の運転手法の改善だけでも４６．６％の寄与率が存在。

区分	設備	省エネ対策	削減電力量（千kWh/年）	寄与率※1	
運転手法の改善	汚水ポンプ	①主ポンプの運転号機の見直し（1+6号→3.3+6号）	62.7	4.2%	①
	送風機	②前曝気風量半減による1台運転時間の長期化及び流入負荷変動に合わせた号機切替時期の適正化	327.3	22.1%	②
	水処理	③反応タンク嫌気槽の水中撹拌機の間欠運転	91.9	6.2%	③
		④返送汚泥ポンプの異径プーリへの交換	184.0	12.4%	④
	汚泥処理	⑤機械濃縮汚泥貯留槽撹拌機の間欠運転	20.8	1.4%	⑤
		⑥混合汚泥貯留槽の腐敗防止ブロワの冬季停止	3.1	0.2%	⑥
	小計		689.8	46.6%	
省エネ機器の導入	送風機	⑦散気装置を高効率散気装置へ更新	449.8	30.4%	⑦
		⑧1号送風機を更新	96.0	6.5%	⑧
	水処理	⑨水中撹拌機（嫌気槽）を省エネ型反応タンク撹拌機に更新	222.2	15.0%	⑨
		⑩返送汚泥ポンプの電動機低出力化とインバータの導入	22.5	1.5%	⑩
	小計		790.5	53.4%	
合計			1,480.3	100%	

※1 寄与率：調査の結果で得られた、対策項目ごとの消費エネルギー削減効果の割合

調査対象処理上の諸元

日平均汚水量	19,668m³/日（流入比率0.61、施設能力32,000 m³/日）
流入BOD	140mg/ℓ（計画230mg/ℓ）
水処理方式	標準活性汚泥法（硝化促進）
汚泥処理方式	濃縮⇒脱水



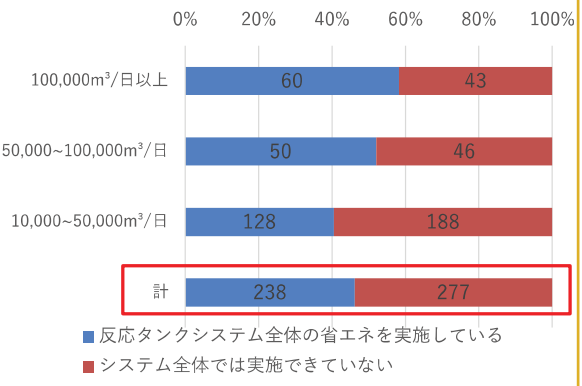
※2 改善前を基準にした値
※3 運転改善後を基準にした値

５．下水道における温室効果ガス排出に関わる現状
効果的・効率的な省エネ対策

国土交通省 国土技術政策総合研究所

・反応タンク設備の省エネ対策について散気装置の高効率機器導入だけの部分最適ではなく、システム全体として省エネ対策を実施している処理場の割合は４割程度。
・処理規模別で見た場合に大規模処理場に比べて小さい処理場の対策は進んでいない。

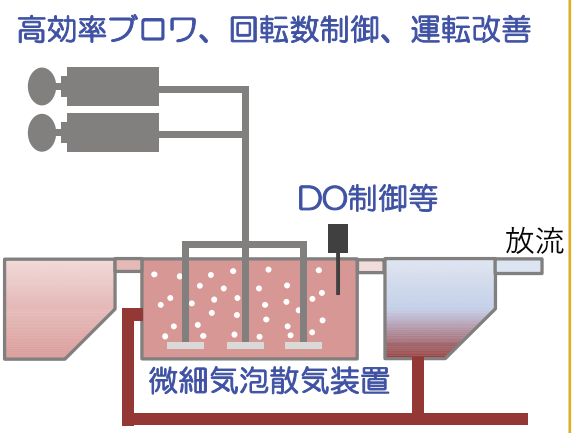
反応タンクの省エネ実施状況



反応タンクの省エネ対策例
- DO制御等システムの導入
- 微細気泡散気装置等の導入による送風量の適正化
- 送風機における消費電力分析と運転改善の実施
- 送風機における台数、風量、回転数制御システムの導入
- 高効率ブロワの導入の導入

※令和3年国土交通省が実施した省エネに関するアンケート結果

省エネ対策をシステム全体として導入した反応タンク設備のイメージ

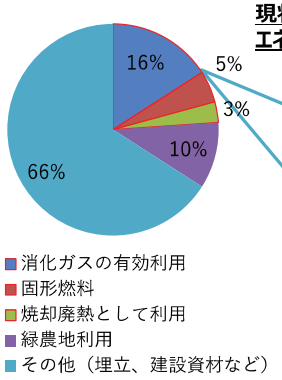


５．下水道における温室効果ガス排出に関わる現状
創エネルギーの状況

国土交通省 国土技術政策総合研究所

・下水汚泥エネルギー化率は２４％にとどまっている。
・消化を実施している処理場において、消化ガス発電や消化槽加温、その他処理場内利用などで使用されていない未利用のバイオガスが約5,300万m³/年が存在。

創エネの実績



現状：R元年度
エネルギー化率：24%

バイオガス発電施設
➢ 118カ所

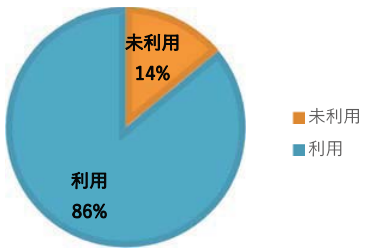
固形燃料化施設
➢ 20カ所

有効利用熱量
➢ 約26 万kl (原油換算)
(下水道分野のエネルギー消費量の約17%※1)

※国土交通省下水道部作成

未利用バイオガス

○ 汚泥資源等有効利用調査(H30)未利用バイオガスは334処理場で存在し、約5,300万m³/年(全体発生量3.77億m³/年のうち約14%)存在



5．下水道における温室効果ガス排出に関わる現状
再生可能エネルギーの状況

国土交通省 国土技術政策総合研究所

・下水道施設で活用可能な、太陽光発電、小水力発電、風力発電及び下水熱利用等の再生可能エネルギーについては、温室効果ガス削減に資する一定のポテンシャルを有している。

再エネの実績

	発電量（kwh）	導入力所数
太陽光：	約0.7億	110
小水力：	約0.02億	27
風力：	約0.07億	6
	発熱量（発電量）	**導入力所数**
下水熱：	約90千GJ（約0.25億kWh）	32

再エネポテンシャル

太陽光： ◆ 全処理場における水処理施設の上部（未利用部分）空間に導入した場合※1

約2.5 億kwh（下水道分野の電力消費量の約3.3%）

小水力： ◆ 2050年目標は処理水の放流時における落差を活用することが可能な処理場に導入した場合の発電量※2

約0.05 億kwh（下水道分野の電力消費量の約0.07%）

下水熱： ◆ 下水の有する熱総量※1

約 20,000 千GJ（約90万世帯の熱利用量）（約 55 億kWh）

※1：物理的、技術的に設置可能な個所から算出したものであり、採算性は考慮していない。
※2: 調書によるポテンシャル調査にて作成

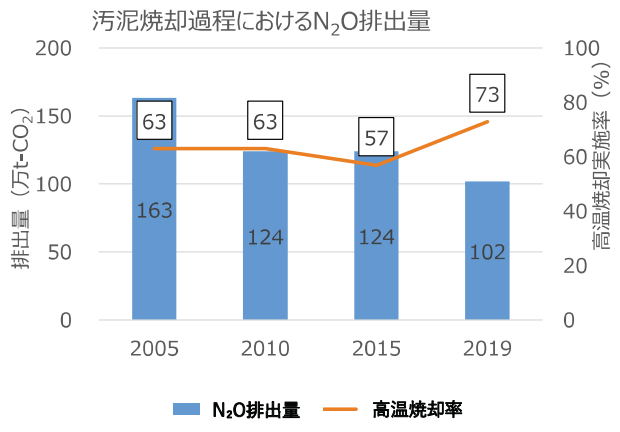
※国土交通省下水道部作成

5．下水道における温室効果ガス排出に関わる現状
汚泥焼却におけるN_2O排出状況

国土交通省 国土技術政策総合研究所

・高温焼却の実施や排出係数の低い炉への更新等により、
下水汚泥の焼却に伴うN_2Oの排出量は減少傾向。

汚泥焼却におけるN_2O排出



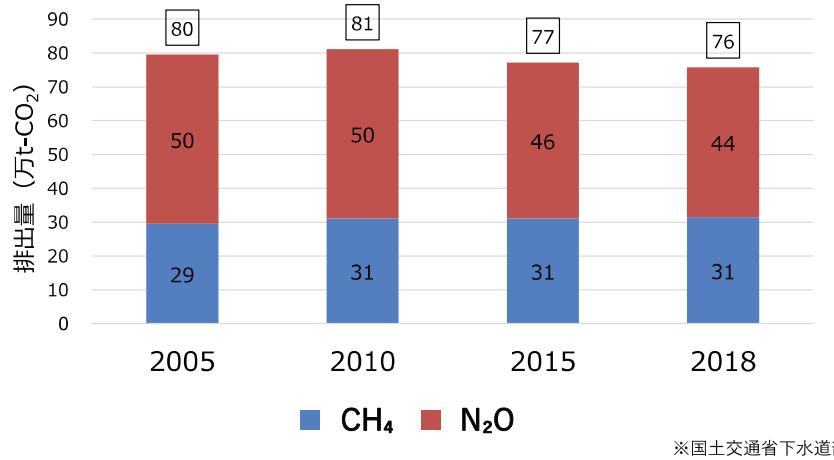
※国土交通省下水道部作成

5．下水道における温室効果ガス排出に関わる現状
水処理からのN2O，CH4排出状況

国土交通省 国土技術政策総合研究所

・水処理過程において発生するN_2O、CH_4の排出量は横ばい。
・N_2Oの発生メカニズムは依然として不明な点が多く、抑制対策は明確でない。

水処理からのN_2O，CH_4排出



※国土交通省下水道部作成

5．下水道における温室効果ガス排出に関わる現状
地球温暖化に対する下水道分野での国の取り組み

国土交通省 国土技術政策総合研究所

	法制度	予算制度・ガイドライン等
省エネ	**省エネ法（S54制定、H25改定）** ➢ 一定規模以上の事業者にエネルギー使用状況の報告義務 ➢ エネルギー消費原単位の年率1%削減努力義務。	**ガイドライン** ➢ 水質とエネルギーの最適管理のためのガイドライン（H30.3） ➢ 下水処理場のエネルギー最適化に向けた省エネ技術導入マニュアル（案）（R1.6） **予算制度等** ➢ 下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）（H23） ➢ 消化槽等の消費電力量を交付要件化(H29)
N_2O対策		**予算制度等** ➢ 焼却炉・溶融炉の設置・改築において 廃熱回収率や消費電力量削減率を交付要件化（高温焼却と同等以上のN_2O排出削減が出来ることを前提）（H29）
創エネ	**下水道法改正（H27）** ➢ 汚泥等の再生利用の努力義務化	**ガイドライン** ➢ 下水処理場における地域バイオマス利活用マニュアル（案）（H29.3） ➢ 広域化・共同化計画策定マニュアル（案）（H31.3） ➢ 下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン -改訂版-（H30.1） **予算制度等** ➢ 下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）（H23） ➢ 民間活力イノベーション推進下水道事業（H26） ➢ 設備更新における廃熱利用型炉の交付要件化(H29) ➢ 下水道エネルギー拠点化コンシェルジュ事業(H30) ➢ 下水道リノベーション推進総合事業（R2）
再エネ	**都市の低炭素化の促進に関する法律（H24）** ➢ 民間事業者の下水熱利用に係る規制緩和 **下水道法改正（*H27*）** ➢ 熱交換器設置の規制緩和	**ガイドライン** ➢ 下水熱マニュアル（案）の策定（R3改訂） ➢ 下水熱ポテンシャルマップ作成の手引き（H27.3） **予算制度等** ➢ 下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）（H23） ➢ エネ特事業（上下水道・ダム施設の省CO_2改修支援事業）との連携 ➢ FITの活用による民間連携

※下水道事業の各予算については記載した分類以外にも活用可能

※国土交通省下水道部作成

5．下水道における温室効果ガス排出に関わる現状
下水道技術ビジョンにおける位置づけ

国土交通省 国土技術政策総合研究所

- 下水道技術ビジョンは「新下水道ビジョン」（H26.7）で示された長期ビジョンや中期目標を達成するために、今後開発すべき技術等について、下水道技術ビジョン検討委員会（委員長：東京大学花木教授）の審議を経てH27.12に策定
- 下水道施設の老朽化対策、近年頻発する集中豪雨などに対応した浸水対策、下水道資源の有効利用の推進など、下水道の今後の重要な課題を解決するため、１１の技術開発分野についてロードマップを作成し、課題、目標、技術開発項目について整理
- 国土技術政策総合研究所の設置する「下水道技術開発会議」においてフォローアップ。

１１の技術開発分野

①持続可能な下水道システム-1　（再構築）
②持続可能な下水道システム-2　（健全化、老朽化対策、スマートオペレーション）
③ 地震・津波対策
④ 雨水管理（浸水対策）
⑤ 雨水管理（雨水利用、不明水対策等）
⑥ 流域圏管理
⑦ リスク管理
⑧ 再生水利用
⑨ 地域バイオマス活用
⑩ 創エネ・再生可能エネルギー
⑪ 低炭素型下水道システム
※赤字箇所以外でも地球温暖化対策関連事項あり。

国土交通省 国土技術政策総合研究所

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
地球温暖化対策計画における削減目標

国土交通省 国土技術政策総合研究所

・**地球温暖化対策計画改定（令和3年10月22日閣議決定）における下水道分野の削減目標（2030年目標）**

- ２０３０年度における温室効果ガス排出量を２０１３年度比（二酸化炭素換算で）**２０８万t-CO_2**削減。
- 2050年カーボンニュートラルに向けて更なる高みを目指す。

省エネの促進

現状： 電力消費量が増加傾向

目標： 年率約2%の削減を確保し、約60万t-CO_2を削減

進捗見通： 省エネ法に基づく取組(年率１%削減)よりも一層の取組加速が必要。

下水汚泥のエネルギー化（創エネ）

現状： 下水汚泥エネルギー化率：24%（R元年度）

目標： エネルギー化率を37%まで向上させることで、約70万t-CO_2を削減

進捗見通： 自治体の導入計画の確実な実施、更なる取組の拡大が必要。

焼却の高度化

現状： 高温焼却率：約73%（R元年度）

目標： 高温焼却率100%、新型炉への更新により、約78万t-CO_2を削減

進捗見通： 改築更新時に高温焼却への確実な更新、更なる排出削減に向けた取組が必要。

再エネ利用の拡大

現状： 太陽光：約0.7 億kWh
小水力：約0.02 億kWh
風　力：約0.07 億kWh
下水熱：約90 千GJ

目標： 導入推進により、約1万t-CO_2を削減

進捗見通： 達成見込み

地球温暖化対策計画改定における2013年度の下水道分野の温室効果ガス排出量は約406万t-CO_2

・2030年度の全電源平均の電力排出係数：0.25kg-CO_2/kWh（出典：長期エネルギー需給見通し（H27.7 資源エネルギー庁））使用。

※国土交通省下水道部作成資料を基に作成

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
取組の方向性

国土交通省 国土技術政策総合研究所

①省エネ	近年の電力使用量原単位が横ばいからやや増加傾向であること、国土交通省が実施した省エネに関するアンケートから省エネ対策にはその取組の余地を多く残していることを踏まえ、２０３０年目標を達成するために、現状の省エネ対策として改善寄与率の高い効果的・効率的な技術の導入と2030年までに実装可能な技術開発を中心に引き続き取り組むなど、一層の取り組みの推進が必要。具体的には以下について取り組む。 ・CO_2排出量の大きい大規模処理場に関しては、今後処理水量が増加し、エネルギー消費量原単位が大きい高度処理法や処理水量のマス層である標準法について、 また、一定の排出量を占める小規模処理場において多く導入されているOD法について　等 処理方式や処理規模に応じた省エネ対策として反応タンク設備関連の寄与率の高い効果的・効率的な省エネ技術の導入・開発を推進する。 ・汚泥処理設備の省エネ対策については、重油等石油系燃料利用が減少しているなど省エネ対策の効果が見えているものの、未対策の処理場もあることから処理方式や処理規模に応じた省エネ対策として汚泥濃縮機、消化タンク撹拌機、汚泥脱水機の省エネ化など寄与率の高い効果的・効率的な省エネ技術の導入・開発を推進する。 ・反応タンク設備等の省エネ対策について、システム全体としての対策が不十分な現状を踏まえ、対策効果を一層上げるために、水処理、汚泥処理についてシステム全体として省エネ対策を推進する。 ・あまり猶予のない２０３０年までの時間制約や自治体の厳しい経営状況等から、省エネ設備への更新が困難な処理場が存在することを踏まえ、消費電力や運転状況の見える化などのエネルギーマネジメントを通じて、運転管理の工夫により消費電力を削減するなど、ハード整備だけに頼らない総合的な取組を徹底する。
②創エネ・再エネ	・２０３０年目標を達成するために、創エネルギーについては、そのポテンシャルに対して活用の余地が大きく、固形燃料化技術やバイオガス利用等下水汚泥のエネルギー化に関わる効果的・効率的な技術の導入や２０３０年までに実装可能な技術の開発を推進する。 ・特に、あまり猶予のない２０３０年までの時間制約等から、大がかりな創エネ施設の導入が困難な処理場が存在することを踏まえると、例えば、小型発電設備の導入など比較的簡易な設備の付加による未利用バイオガスの活用を推進する。 ・２０３０年目標を達成するために、引き続き下水熱利用等の効果的・効率的な技術の導入や２０３０年までに実装可能な技術の開発を推進する。

※寄与率：（公財）日本下水道新技術機構の調査の結果で得られた、対策項目ごとの消費エネルギー削減効果の割合

6． 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目 取組の方向性

③下水汚泥焼却に伴い発生するN₂Oへの対策	・２０３０年目標を達成するために、引き続き、下水汚泥の焼却施設における燃焼の高度化や、一酸化二窒素の排出の少ない焼却炉及び下水汚泥固形燃料化施設の設置を推進するための効果的・効率的な技術の導入や２０３０年までに実装可能な技術の開発を推進する。 ・ この際、焼却熱を有効活用しエネルギーの自立化を促進する。
④水処理に伴い発生するCH₄、N₂Oへの対策	・N₂O発生メカニズム解明やそれを踏まえた抑制対策手法に関する調査研究については２０５０年を見据え引き続き推進する。 ※２０５０年対応
⑤技術開発	・R4 B-DASHテーマ2件も含め、２０３０年までに実装可能な効果的・効率的な技術の実証を推進する。
⑥下水道のシステム最適化	・２０３０年だけではなく、２０５０年も見据えて調査研究等技術開発やモデル事業を通じて、部分最適にとどまらず、システム全体で最適化を推進する。 ・脱炭素化に向けたグランドデザインを各下水道事業で描き、それらをストックマネジメント計画や地方公共団体が定める実行計画（地球温暖化対策の推進に関する法律）等にも反映して、着実に推進する。

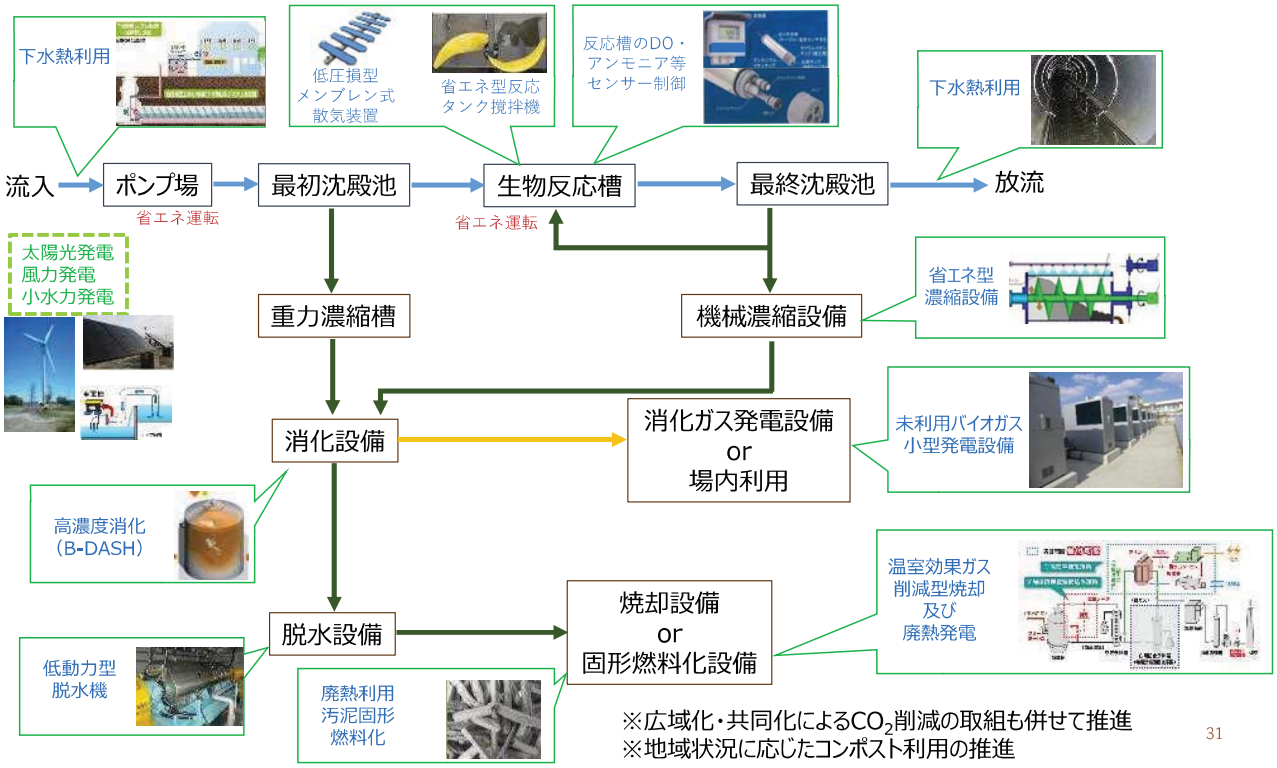
6． 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目 導入すべき技術と例

○取組の方向性を踏まえた導入すべき技術と処理規模別の例を示す。

	導入すべき技術の内容	導入すべき技術の例（下線は運転管理による工夫）			
		超大規模処理場（A2O法 日最大流入水量２０万m³/日）	大規模処理場（A2O法 日最大流入水量１０万m³/日）	中規模処理場（標準法 日最大流入水量5万m³/日）	小規模処理場（OD法 日最大流入水量1万m³/日 以下）
①省エネ	水処理について、処理方式や処理規模に応じた省エネ対策として反応タンク設備関連などの寄与率の高い効果的・効率的な省エネ技術。 汚泥処理については、処理方式や処理規模に応じた省エネ対策として汚泥濃縮機、消化タンク撹拌機、汚泥脱水機の省エネ化など寄与率の高い効果的・効率的な省エネ技術。	・メンブレン式散気装置 ・省エネ型反応タンク撹拌機 ・高度センサー制御システムの導入 ・監視制御システムにおけるエネルギー管理システムの導入 ・主ポンプ、送風機等の運転方法の見直し ・送風量の適正化 ・水中撹拌機、貯留槽撹拌機の間欠運転 ・ベルト型濃縮機 ・スクリュープレス脱水機 ・省エネ型遠心脱水機		・メンブレン式散気装置 ・高度センサー制御システムの導入 ・監視制御システムにおけるエネルギー管理システムの導入 ・主ポンプ・送風機等の運転方法の見直し ・送風量の適正化 ・貯留槽撹拌機の間欠運転 ・ベルト型濃縮機 ・スクリュープレス脱水機 ・省エネ型遠心脱水機	・センサーを用いた自動制御技術 ・間欠運転
②創エネ・再エネ	固形燃料化技術やバイオガス利用等下水汚泥のエネルギー化に関わる効果的・効率的な技術。	・消化ガス利用（発電等） ・固形燃料化 ・廃熱発電		・消化ガス利用（発電等） ・固形燃料化	・消化ガス利用（発電等）
	下水熱利用等の効果的・効率的な技術。	下水熱利用、太陽光発電、風力発電、水力発電			
③下水汚泥焼却に伴い発生するN₂Oへの対策	下水汚泥の焼却施設における燃焼の高度化や、一酸化二窒素の排出の少ない焼却炉及び下水汚泥固形燃料化施設の設置を推進するための効果的・効率的な技術	・多段吹込燃焼式流動炉 ・二段燃焼式循環流動炉 ・ストーカ炉 ・過給式流動炉 ・固形燃料化			
⑥下水道のシステム最適化	部分最適にとどまらず、水処理・汚泥処理システム全体で最適化する技術。	・B-DASH技術などシステムとして評価できる有効技術。			

※上記の他にも「下水道における地球温暖化対策マニュアル（平成28年3月環境省・国土交通省）」表5－1等記載の取り組みを処理場・ポンプ場の実態に応じて取り組む。

6． 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
導入すべき技術と例



※広域化・共同化によるCO_2削減の取組も併せて推進
※地域状況に応じたコンポスト利用の推進

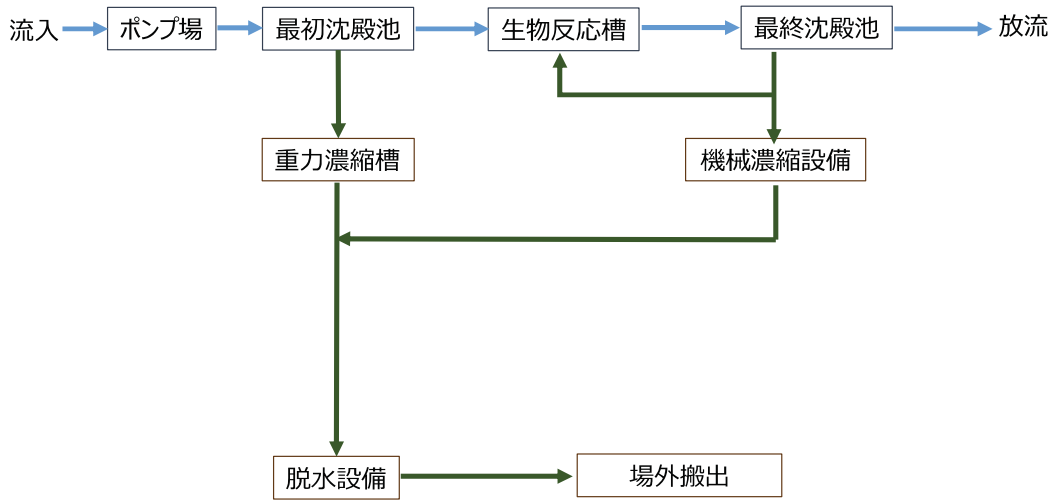
6． 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
導入すべき技術の効果試算例

○標準法（日最大流入水量5万m³/日）の下水処理場をモデルケースとして次の4ケースを実施した場合のエネルギー収支及び二酸化炭素排出量について試算を実施。

1．対照系フロー(標準法　日最大流入水量5万m³/日　)
　従来型機器のケース
2．対照系(省エネ)フロー(標準法　日最大流入水量5万m³/日　)
　運転改善、省エネ機器の導入したケース
3．導入系1(省エネ＋創エネ)機器フロー(標準法　日最大流入水量5万m³/日　)
　運転改善、省エネ機器の導入＋消化設備、消化ガス発電を導入したケース
4．導入系2(省エネ＋創エネ+B-DASH)フロー(標準法　日最大流入水量5万m³/日　)
　運転改善、省エネ機器の導入＋消化設備、消化ガス発電　B-DASH技術を導入したケース

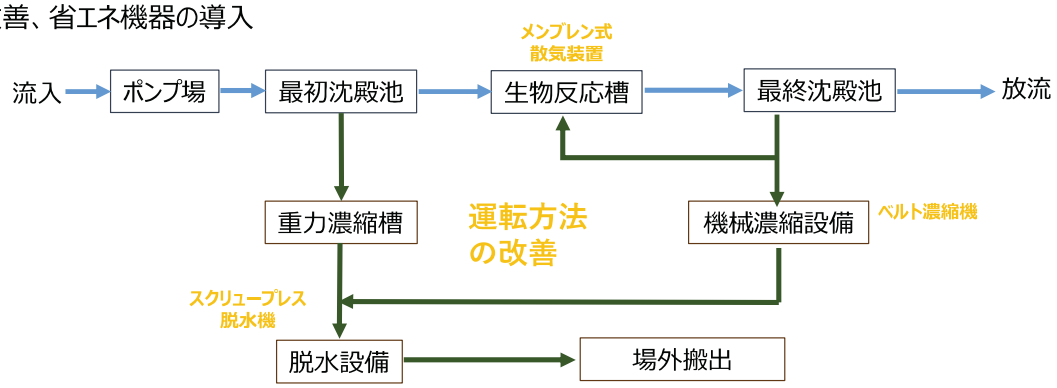
6． 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
導入すべき技術の効果試算例

1．対照系フロー(標準法　日最大流入水量5万m³/日　)



6． 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
導入すべき技術の効果試算例

2．対照系(省エネ)フロー(標準法　日最大流入水量5万m³/日　)
運転改善、省エネ機器の導入



・導入省エネ機器

適用箇所	基本型	省エネ型
散気装置	散気板	メンブレン式
汚泥濃縮機	遠心式	ベルト濃縮機
汚泥脱水機	遠心脱水機	スクリュープレス

・運転管理改善手法例

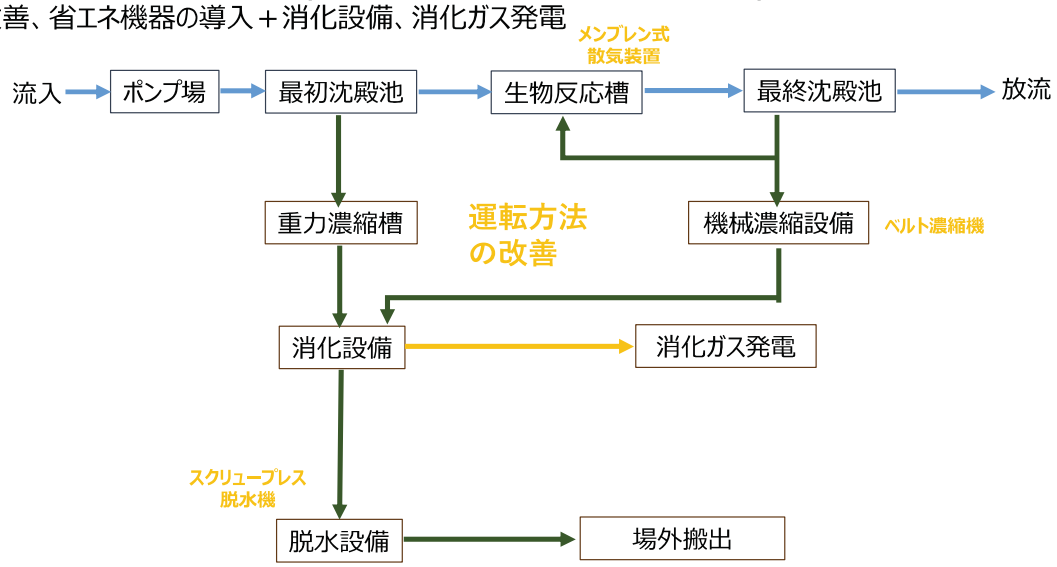
	主ﾎﾟﾝﾌﾟ	送風機	送風量の適正化	汚泥貯留槽撹拌機	返送汚泥ポンプ
検討事例	稼働ポンプ変更による効率的な運転	稼働送風機変更による効率的な運転	必要空気量に応じた送風量の適正化	撹拌機の間欠運転	回転数の見直しによる適切な吐出量への変更

※具体的な運転管理改善効果については（公財）下水道新技術機構の過去の実績より、同流量規模の運転管理改善効果の平均値である6.45%を使用して算出。

国土交通省 国土技術政策総合研究所

6． 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
導入すべき技術の効果試算例

3．導入系1(省エネ＋創エネ)フロー(標準法　日最大流入水量5万m³/日　)
運転改善、省エネ機器の導入＋消化設備、消化ガス発電

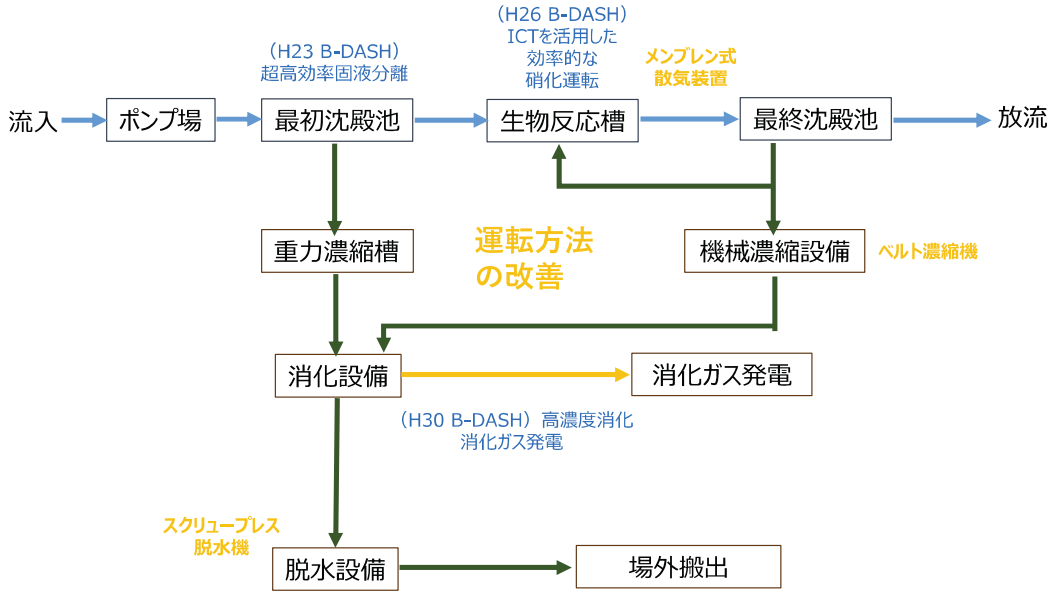


国土交通省 国土技術政策総合研究所

6． 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
導入すべき技術の効果試算例

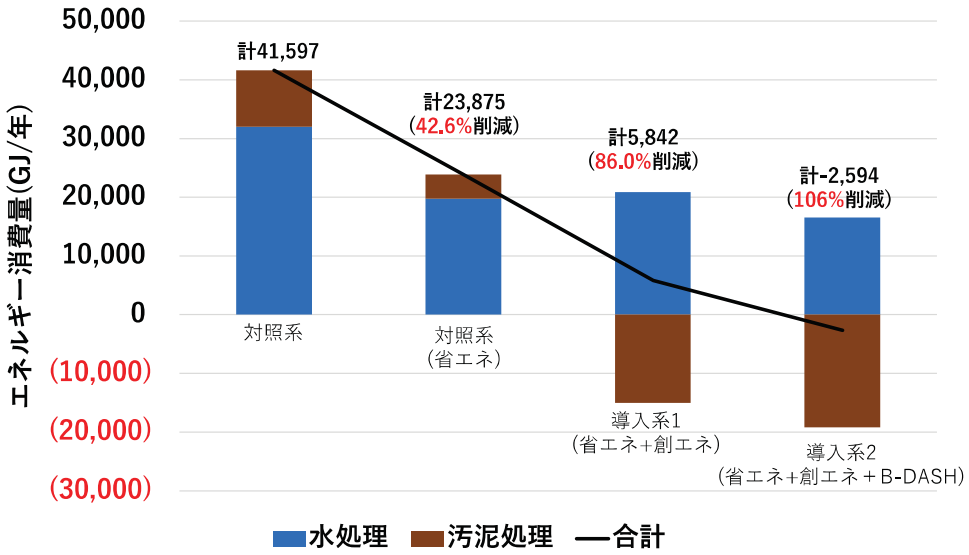
4．導入系2(省エネ＋創エネ+B-DASH)フロー(標準法　日最大流入水量5万m³/日　)
運転改善、省エネ機器の導入＋消化設備、消化ガス発電　B-DASH技術の導入

※なお、B-DASH技術についてはその他の技術も有り、今回は一部技術を適用した試算例を提示したもの。



6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目

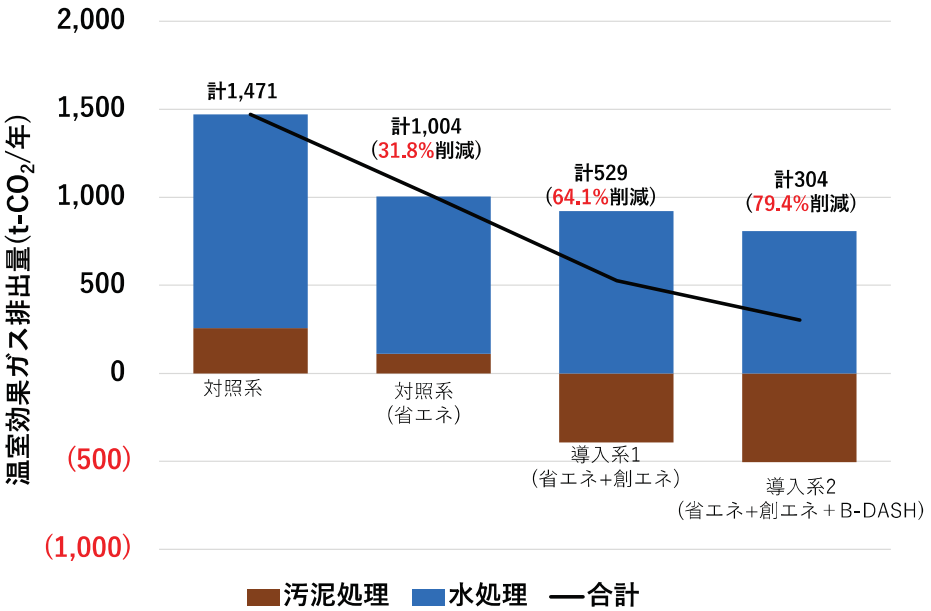
・B-DASH技術導入効果(消費エネルギー削減効果)



※汚泥処理には消化ガス発電による創エネを含む。
※削減率は対照系に対しての削減を示している。

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目

・B-DASH技術導入効果(温室効果ガス削減効果)



※汚泥処理には消化ガス発電による創エネを含む
※電力排出係数0.25 kg-CO_2/kWhを使用
※削減率は対照系に対しての削減を示している。

個別機器による対策も重要だが、システムとしての改善効果が期待できるB-DASH技術の導入が効果的

6． 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
技術開発項目の例

○ 2030年目標達成に向けた技術開発については2030年までに実装可能な技術について取り組む必要がある。
○次に技術開発項目の例を示す。

	導入すべき技術の内容	技術開発項目の例※
①省エネ	水処理について、処理方式や処理規模に応じた省エネ対策として反応タンク設備関連などの寄与率の高い効果的・効率的な省エネ技術。 汚泥処理については、処理方式や処理規模に応じた省エネ対策として汚泥濃縮機、消化タンク撹拌機、汚泥脱水機の省エネ化など寄与率の高い効果的・効率的な省エネ技術。	・深槽曝気システムにおける省エネ型改築技術（R4B-DASH採択テーマ案）※Ⅰ ・ＡＩを活用した下水処理場運転操作支援技術（R3B-DASH採択テーマ）※Ⅰ ・ICT,AI,センシング技術を用いた水処理・汚泥処理制御技術※Ⅱ ・効率型膜処理技術※Ⅲ その他左記に関わる技術
②創エネ・再エネ	固形燃料化技術やバイオガス利用等下水汚泥のエネルギー化に関わる効果的・効率的な技術。 下水熱利用等の効果的・効率的な技術。	・水熱炭化技術※Ⅲ ・汚泥の高付加価値化に関する技術※Ⅲ ・汚泥発酵乾燥技術※Ⅱ、Ⅲ ・既設躯体を活用した汚泥消化設備※Ⅱ ・ディスポーザー関する技術※Ⅱ その他左記に関わる技術
③下水汚泥焼却に伴い発生するN_2Oへの対策	・下水汚泥の焼却施設における燃焼の高度化や、一酸化二窒素の排出の少ない焼却炉及び下水汚泥固形燃料化施設の設置を推進するための効果的・効率的な技術	左記に関わる技術
⑥下水道のシステム最適化	・部分最適にとどまらず、水処理・汚泥処理システム全体で最適化する技術。	・最初沈殿池におけるエネルギー回収技術（R4B-DASH採択テーマ案）※Ⅰ その他左記に関わる技術

※Ⅰ R３，4実規模実証テーマ、Ⅱ（ー社）日本下水道施設業協会へのアンケート（B-DASH関連設問）、ⅢR3国交省実規模実証テーマ案調査結果より記載

国土交通省 国土技術政策総合研究所

7． 2050年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

7．2050年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
下水道分野及び他分野の技術開発の動向について

国土交通省 国土技術政策総合研究所

（下水道分野）

○下水道技術ビジョンロードマップの進捗状況を把握するために実施した、文献（国内文献）調査結果（技術開発レポート2019）から次の技術開発が少ないことが判明。引き続き取組の推進が必要。
- 下水道の水処理・汚泥処理由来で発生するN_2Oに関する研究開発。
- 創エネについて、中小処理場を対象とした技術や熱利用技術についての研究開発。
- 地域バイオマスに関するロードマップについては、創エネ、低炭素に向けた研究に比べて全体的に下水道に関連する研究開発。

○（一社）日本下水道施設業協会アンケート（13社より回答）の結果（2050年カーボンニュートラルの実現に貢献する技術）では
- 「FO膜による水処理技術」、「MBR式メタン発酵システム」、「外部バイオマス受け入れ可能な高効率水処理技術」、「メタン発酵技術の効率化」についての技術開発に関する提案が見られた。

○水処理に伴い発生するN_2Oに関しては、ラボレベルでのメカニズムに関する研究やデータの蓄積を推進していく。

○社会構造の変化や水循環・環境、物質循環、エネルギー等を踏まえた将来的な下水道のあり方やその評価手法については今後の研究課題となりうる。

（他分野）

他分野における次の動向を踏まえた取組が必要。

○グリーン成長戦略（経済産業省及び関係省庁（令和3年）によると
- 水素（2000万t）、アンモニア（3000万t）、合成メタン(2500万t)など下水道由来となりうる資源について2050年に向けて大幅な需要が見込める。
- ガス事業者がガスの脱炭素化とコジェネ導入推進等を行い、次世代熱エネルギー供給を主体的に推進することとなっており、下水道で創出したガス、熱、電気エネルギー等の連携活用が期待される。
- 地域で発生する有機性廃棄物の一体処理によるコスト低減策を今後検討することとなっており、地域社会全体でみたバイオマスの有効活用、最適化が図られていくことになる。
- CO_2の回収技術の実証など技術開発が推進される。

○みどりの食料システム戦略（農林水産省（令和3年））によれば化学肥料を2050年までに使用量を30%削減し、堆肥等への置き換えをすることとなっており、汚泥発酵肥料や汚泥由来のリン等の活用が期待される。

41

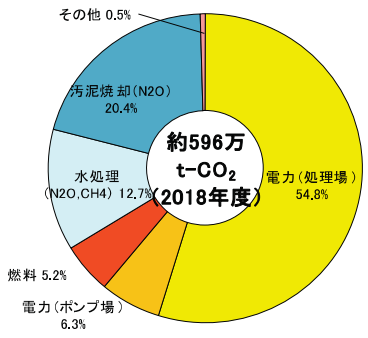
国土交通省 国土技術政策総合研究所

7．2050年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
シナリオに基づいたカーボンニュートラルの実現可能性に関する試算と効果的な技術分野

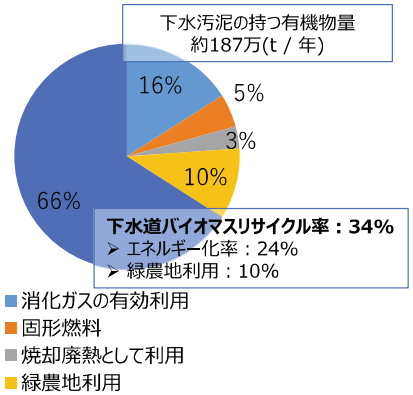
○2018年度時点で下水道からは約600万ｔのCO_2が排出されている中で、下水道分野、他分野の技術開発の動向を踏まえ、2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術について、どういった対策・技術分野が導入されれば、どの程度削減に貢献できるのか、感度分析的に次のシナリオを検討し、削減効果の試算を実施。これにより、有為な技術分野を見える化する。

- 現行トレンドシナリオ
- ゲームチェンジシナリオ

下水道からの温室効果ガス発生量



下水道分野で創エネ／再エネの取組



	発電量 (kWh)	導入カ所数
太陽光:	約0.7億	110
小水力:	約0.02億	27
風力:	約0.07億	6

	発熱量（発電量）	導入カ所数
下水熱:	約90千GJ（約0.25億kWh）	32

※国土交通省下水道部作成

42

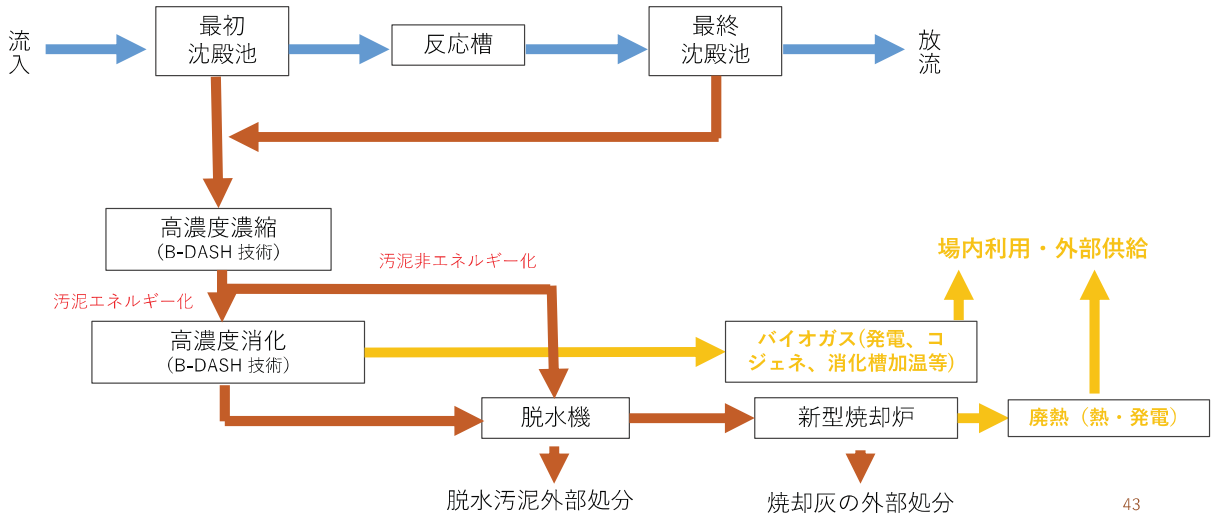
7．2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術
シナリオに基づいたカーボンニュートラルの実現可能性に関する試算と効果的な技術分野

現行トレンドシナリオ

○2050年までの人口推計を踏まえ、将来の処理水量（二次処理、高度処理）、汚泥処理量を推定し、ベースとなるエネルギー由来のCO_2排出量やN_2O排出量等を推定。

○「電力、燃料」については現状の省エネ技術が可能な限り普及展開するとして試算。「創エネ」として下水汚泥エネルギー化率の2030年目標３７％に対応した汚泥エネルギー化投入率７４％で、2050年までそのまま推移するとして創エネ量を推定。「汚泥焼却に伴い発生するN_2O」については、新型炉に置き換わったとして現状のトップランナー値を用いて排出量を算出。「水処理に伴い発生するN_2O」については未対策。

全国処理場のモデル化　汚泥エネルギー化投入率：下水汚泥中の有機物重量のうち、エネルギー利用のために消化槽に投入された重量の割合と定義



43

国土交通省 国土技術政策総合研究所

7．2050年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
シナリオに基づいたカーボンニュートラルの実現可能性に関する試算と効果的な技術分野

ゲームチェンジシナリオ

○基本的な考え方として、「現行トレンドシナリオ」に加えて、例えば、「2030年目標を実現するための技術的課題と取組の方向性」の中で2050年を見据えた課題とされている水処理に伴い発生するN_2Oの抑制対策が可能になることや現行の諸課題が解決し、下水道システムの最適化が図られることで、どの程度の温室効果ガス排出量の削減が可能となるか。さらに2050年を見据えた革新的技術の導入が実現した場合、どの程度削減効果を上乗せできるのか試算。

（諸課題の例）
①システム全体としての省エネ化　②流入有機物の除去・創エネ活用　③処理水・汚泥のカスケード利用の推進
④圧送輸送が困難となる高効率脱水汚泥　⑤消化を促進するための汚泥濃縮、可溶化設備等前処理施設
⑥N_2O対策のため補助燃料を増加させる高温焼却　⑦地域バイオマスやその他の受け入れ　等

具体的な計算方法として

○2050年までの人口推計を踏まえ、将来の処理水量（二次処理、高度処理）、汚泥処理量を推定し、ベースとなるエネルギー由来のCO_2排出量やN_2O排出量等を推定。

○「電気、燃料」については現状の省エネ技術が可能な限り普及展開し、流入有機物の除去により反応槽における動力が削減したことも見込む。さらに、燃料については場内利用のバイオガス等でまかなえないポンプ場に要する燃料がカーボンフリー燃料に置き換わるとする。

○「創エネ」としては流入有機物の除去・創エネ活用により、有効活用する汚泥量の増加を見込み（水処理・汚泥処理に関わる消費・創エネルギー一体でみたシステムとしての改善）、全量消化されることとする。さらに、地域の有機物一体処理の拠点として地域バイオマス（木質、生ゴミ）の受け入れ効果やカーボンフリー水素を活用した、消化槽内でのメタネーション反応によるメタン生成効果も計上。

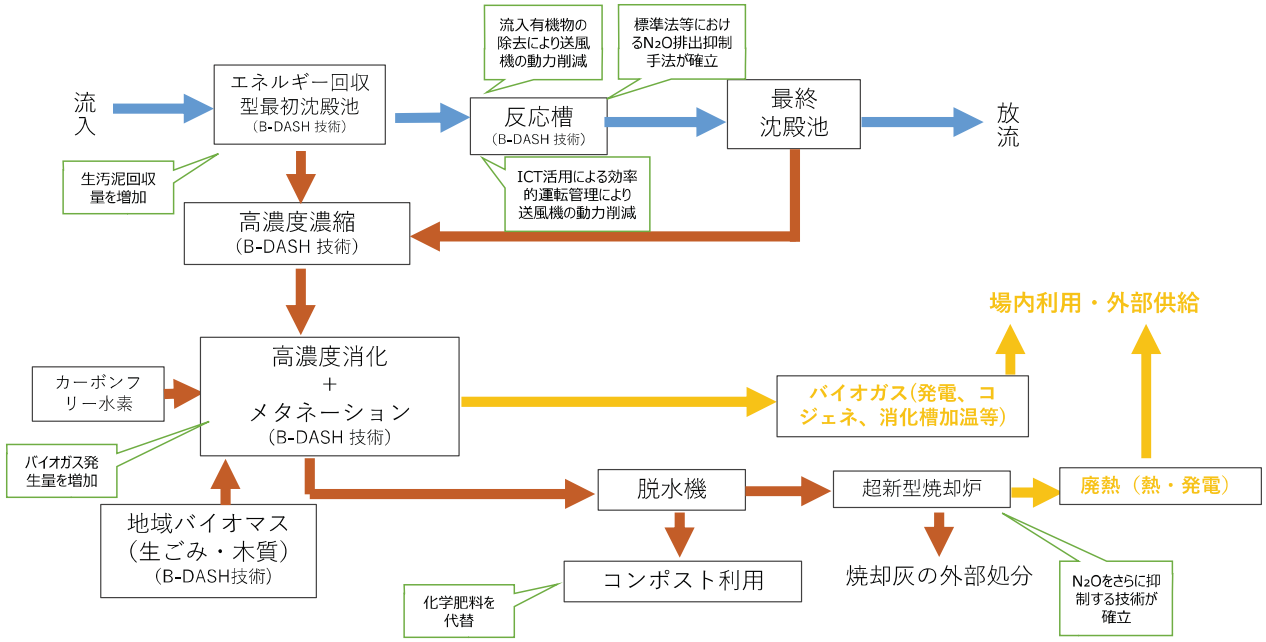
○「汚泥焼却に伴い発生するN_2O」については、現在の新型炉の排出量から技術革新によりさらに排出が減少するとして試算。「水処理に伴い発生するN_2O」については、標準法等における抑制対策手法が確立したこととして試算。

○消化汚泥については、焼却されないものについては全量汚泥肥料として活用することとして、化学肥料で製造した場合と比べたCO_2削減効果についても試算（社会への貢献）。

44

7．2050年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
シナリオに基づいたカーボンニュートラルの実現可能性に関する試算と効果的な技術分野

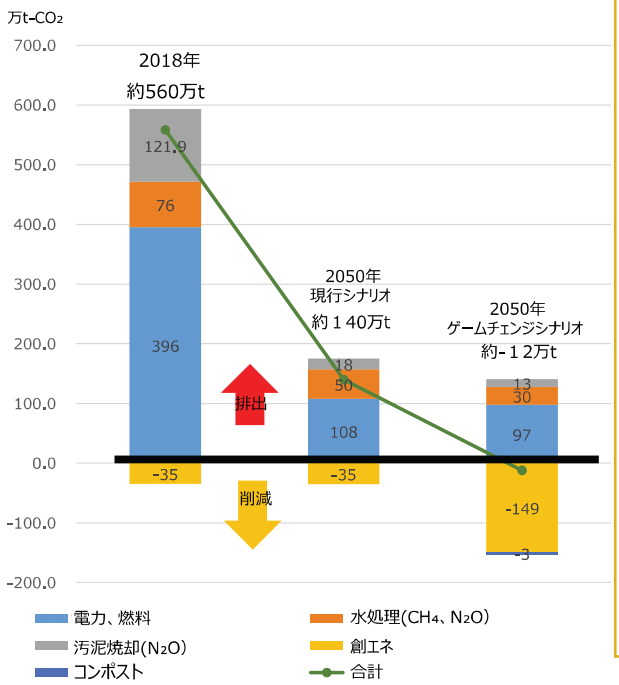
ゲームチェンジシナリオの処理フロー



7．2050年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
シナリオに基づいたカーボンニュートラルの実現可能性に関する試算と効果的な技術分野

		現行トレンドシナリオ	ゲームチェンジシナリオ
総人口 （下水道人口、下水道人口割合）		102 百万人（82 百万人、80.1%）	
処理水量 （1人当たり処理水量）		119 億m^3/年（146.1 m^3/人/年）	
高度処理水量 （2次処理水量）		70 億m^3/年（49 億m^3/年）	
発生汚泥量 （1人当たり発生汚泥量）		1,727 千t-DS/年（21.2 kg-DS/人/年）	
電力由来のCO2排出係数		0.25 kg-CO_2/kWh	
追加の対策	電力	・従来型省エネ対策：電力の36%削減 （高効率散気装置、DO制御技術、運転管理等）	・B-DASH技術も活用した省エネ対策：電力の41%削減 （左記に加え、流入有機物の除去技術及びICTを活用した運転管理により、反応槽の送風に係る電力をそれぞれ15%及び13%削減）
	燃料	－	・カーボンフリー燃料（太陽光発電によって生成したH_2等）による場外ポンプ場のCO_2ゼロエミッション化
	水処理に伴うN2O	－ （排出係数について高度処理は11.7 mg/m^3を2次処理は142 mg/m3を使用（現行の排出係数））	・N_2O排出抑制技術が確立することを前提とし、全処理水に対して、現行の高度処理の排出係数11.7 mg/m^3を使用
	汚泥焼却に伴うN2O	・排出係数は現在のトップランナー値である0.226 kg-CO2/m^3を使用	・メーカーヒアリング等により更なる排出係数の改善が見込めると仮定し、0.151 kg-CO_2/m^3を使用
	創エネによる効果	・汚泥エネルギー化投入率を７４％（２０３０年目標下水汚泥エネルギー化率37%に対応した数値） ・総合効率75%でエネルギー化	・汚泥エネルギー化投入率を100%、更に発生汚泥量に対して50%の生ごみや木質等の地域バイオマスを混合消化 ・メタネーションによるメタン生成量が7%増加と仮定 ・総合効率85%でエネルギー化
	その他	－	・汚泥肥料（コンポスト）により化学肥料を代替

7．2050年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
シナリオに基づいたカーボンニュートラルの実現可能性に関する試算と効果的な技術分野



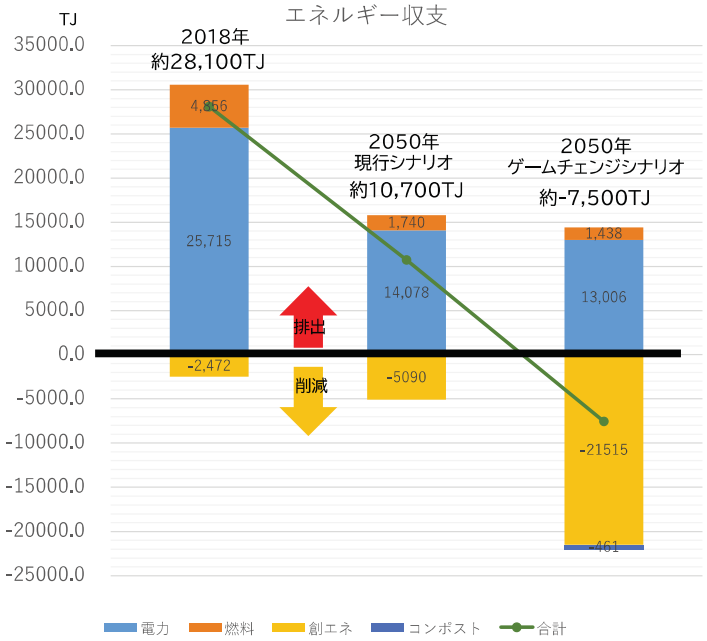
○現行シナリオは約140万ｔの排出量であったものの、ゲームチェンジシナリオでは約－12万ｔの排出量となった。
○シナリオ別の試算から次の取組の効果がカーボンニュートラルの実現への貢献度の高いことが確認できた。
- ・省エネ対策の実施
- ・水処理・汚泥処理のエネルギーをシステム一体で改善すること
- ・生ゴミ等の地域バイオマスを含めて一体的に有機性廃棄物処理を行うこと
- ・消化の促進やCO2、カーボンフリー水素を活用した徹底的なバイオガス生成を行うこと
- ・バイオガス発電廃熱などの熱をフル活用すること
- ・水処理・汚泥処理に伴い発生するN2Oの抑制対策を行うこと
- ・コンポスト利用などの他分野のCO2削減に資する取組を推進すること

※その他課題として水処理から発生するCH4への対策の必要性や下水熱の普及や場内太陽光発電による取組の推進等が考えられる。
※バイオガス製造や熱利用にあたっては、需給の年間変動を考慮した体制が必要。
※その他効果的な水処理・汚泥処理・エネルギー利用形態を排除するものではない。
※個別処理場で見た場合、処理方式や規模、地域社会の状況によって試算は変わりうることに留意が必要。

※電力由来の排出係数0.25kg-CO2/kWhを使用。また、2018年の創エネ効果は下水汚泥エネルギー化率23.4%を用いて算出。

国土交通省 国土技術政策総合研究所

7．2050年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
シナリオに基づいたカーボンニュートラルの実現可能性に関する試算と効果的な技術分野



○エネルギーベースでは、現行シナリオは約10,700TJのエネルギー消費、ゲームチェンジシナリオでは約7,500TJのエネルギー創出となった。

※本資料の試算は速報値であり精査中です。

7．2050年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まとめ　導入すべき技術分野や技術開発の方向性

国土交通省 国土技術政策総合研究所

○下水道技術ビジョンのロードマップを含む下水道分野や他分野における技術開発動向及びシナリオ別の試算並びに令和３年度エネルギー分科会における議論を踏まえ、2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するために導入すべき技術分野や技術開発の方向性について次のとおり整理する。

・下水中の有機物を水処理過程の中でも可能な限り回収し、エネルギー回収効率を向上するとともに水処理に係る負荷を減らすことでエネルギーの消費を抑えるなど水処理・汚泥処理に係るエネルギーをシステム一体的に改善する技術。
・個別設備についての省エネ化・無動力化技術やエネルギー消費の見える化、運転管理手法の改善をセットで行うエネルギーマネジメント手法の開発。また、これまで燃料が使用されている設備の電化促進やカーボンフリー燃料の利用を可能とする技術。
・生ゴミ等の地域バイオマスを含めて一体的に有機性廃棄物処理をするための前処理や消化等に関する技術。汚泥の可溶化など消化性能の向上を図る技術やCO_2、カーボンフリー水素を活用して、徹底的にバイオガス生産量を増加させる技術。
・エネルギー化の課程で発生する廃熱の利用及び利用推進のための技術。
・有機物以外のアンモニアやリン等を回収し、効率的に肥料化・エネルギー化を図る技術。
・下水熱利用を促進する技術。
・水処理・汚泥処理に伴い発生するCH_4やN_2Oの抑制対策技術。
・CO_2削減効果の評価手法、下水道事業者などが目標設定するためのベンチマーク手法や性能指標設定手法に関する技術。
・下水道のデジタル化を通してオペレーションの省力化や省エネ化を推進するためのAI、センシング、制御技術。　等

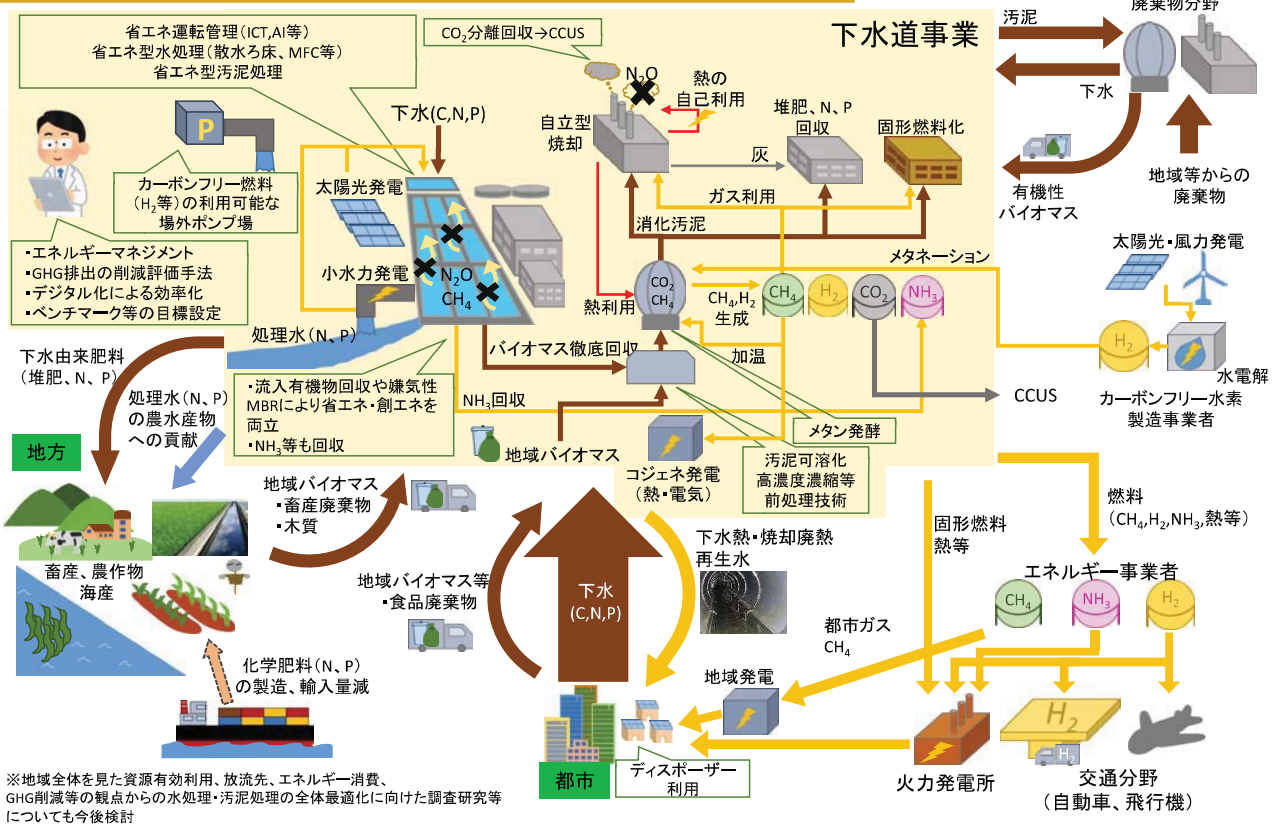
以上に関連する技術開発を総合的に推進していく。
開発に当たっては地域特性や処理方式、規模に応じた持続可能性の高いメニューの整備についても今後検討していく。また、他分野の技術開発等の取組の成果を賢く活用することが重要。開発技術の導入においては、各下水道事業者においても脱炭素化に向けたグランドデザインを描き、それらをストックマネジメント計画や地方公共団体が定める実行計画（地球温暖化対策の推進に関する法律）等にも反映して、着実に推進することが重要。
本邦技術を海外展開することで、地球全体のカーボンニュートラルに貢献するという視点も重要であることから、海外展開を支援するための標準化やガイドライン等の作成など技術的な支援も引き続き推進。
また、今後の研究課題として残る社会構造の変化や水循環・環境、物質循環、エネルギー等を踏まえた将来的な下水道のあり方や調達制度、社会システム等の仕組みに関する事項についても技術的な見地から継続的に調査研究をしていく。
なお、本整理に留まらず、今後も不断の検討、見直しを行い下水道分野がカーボンニュートラルの実現に大きく貢献できるよう取り組んでいく。

49

下水道技術開発会議エネルギー分科会

国土交通省 国土技術政策総合研究所

脱炭素社会に貢献する循環のみち下水道 ～カーボンニュートラル実現に資する技術のイメージ～



※地域全体を見た資源有効利用、放流先、エネルギー消費、GHG削減等の観点からの水処理・汚泥処理の全体最適化に向けた調査研究等についても今後検討

8．2050年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の技術開発ロードマップ

8．2050年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の技術開発ロードマップ及び　速やかに取り組むべき技術開発項目

○下水道技術ビジョンのロードマップを含む下水道分野や他分野における技術開発動向及びシナリオ別の試算並びに令和３年度エネルギー分科会における議論の成果として、2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するために導入すべき技術分野や技術開発の方向性を整理した。これを踏まえ2050年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の技術開発項目についてロードマップとして整理を行った。
○技術開発期間として、実証研究については、その後の導入拡大に要する期間も含めて遅くとも2040年までに実施することとした。
※**新規**は下水道技術ビジョンにない事項を指す。

8．2050年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の技術開発ロードマップ及び 速やかに取り組むべき技術開発項目

○特に、2050年に向けて対策効果が大きく、普及を考慮すると速やかに技術開発を進めるべき技術開発項目を次のとおり整理する。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外の開発を妨げるものではない。

実用化されていない技術分野

①全体最適化に関する事項
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

②CH_4,N_2Oの排出削減に関する事項
技術開発項目３－１　水処理におけるN_2O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

④創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項
技術開発項目８－４　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９－３　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

⑤地域バイオマスの活用に関する事項
技術開発項目12－５　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12－６　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
技術開発項目14－１　下水・下水汚泥構成元素の分離・リサイクル技術等の開発

⑥農林水産物生産及び高付加価値製品製に関する事項
技術開発項目16－4　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

国土交通省 国土技術政策総合研究所

8．2050年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の技術開発ロードマップ及び 速やかに取り組むべき技術開発項目

○特に、2050年に向けて対策効果が大きく普及を考慮すると速やかに技術開発を進めるべき技術開発項目を次のとおり整理する。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外の開発を妨げるものではない。

実用化されている技術があるが、更なる改善やメニューの充実を図るべき技術分野

①全体最適化に関する事項
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
技術開発項目２－２　ICT、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
技術開発項目２－７　エネルギーマネジメント

②CH_4,N_2Oの排出削減に関する事項
技術開発項目３－４　N_2O排出量の少ない、より高度な焼却技術

③指標化、定量化並びに技術開発制度に関する事項
技術開発項目４－２　省エネ・創エネ・省CO_2性能の合理的な定量化手法

④創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項
技術開発項目８－６　汚泥炭化（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９－２　バイオガスや汚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10－２　高濃度濃縮技術、汚泥可溶化、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11－１　バイオガス発電、汚泥焼却等の廃熱利用の効率化に関する技術

⑤地域バイオマスの活用に関する事項
技術開発項目12－２　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13－１　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

⑥農林水産物生産及び高付加価値製品製に関する事項
技術開発項目16－3　汚泥炭化（乾燥、水熱炭化）、発酵等による肥料化技術の効率化

8．2050年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の技術開発ロードマップ

①全体最適化に関する事項

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

基礎・応用研究等開発フェーズ → 実規模実証フェーズ → 導入拡大・コスト低減フェーズ

	当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
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	・下水道システムの最適化によるエネルギー消費の最小化、自立化技術 ※エネルギー自給率目標は今後検討して定める 導入拡大・コスト低減・改善 各技術開発項目成果		

技術目標2　水処理・汚泥処理の最適化に資する技術開発

	当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
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）	・流入有機物の回収による水処理負荷軽減、担体利用技術、省エネ型膜処理技術等の開発、アナモックス反応活用技術等導入によるエネルギー最適化 ※具体的なエネルギー原単位の目標値は今後検討して定める 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH(H23、26)で初沈にろ過設備を設置することによる超高効率固液分離技術について実証		

国土交通省 国土技術政策総合研究所

8．2050年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の技術開発ロードマップ

①全体最適化に関する事項

技術目標2　水処理・汚泥処理の最適化に資する技術開発

基礎・応用研究等開発フェーズ → 実規模実証フェーズ → 導入拡大・コスト低減フェーズ

	当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
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	・ICT、AI等を活用した省エネ水処理技術の開発、導入 ※具体的なエネルギー原単位の目標値は今後検討して定める 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH(H26)でICT(アンモニアセンサー)を用いた風量制御による省エネ型水処理技術について実証		
技術開発項目２－３ 送風プロセスの最適化による省エネ技術	・省エネ機器の開発 ・機器の最適な組み合わせや適切な制御運転方法の検討、普及 ※具体的なエネルギー原単位の目標値は今後検討して定める 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH(R1)でICT、AIを用いた風量制御による省エネ型水処理技術について実証		
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）	・曝気を行わない省エネ型水処理技術(標準法代替)の実用化 ※具体的なエネルギー原単位の目標値は今後検討して定める 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH(H26)で散水ろ床型の無曝気循環式水処理技術について実証		

8．2050年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の技術開発ロードマップ

①全体最適化に関する事項

技術目標2　水処理・汚泥処理の最適化に資する技術開発

基礎・応用研究等開発フェーズ → 実規模実証フェーズ → 導入拡大・コスト低減フェーズ

		当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
	技術開発項目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	・省エネ型機器の開発 ※具体的なエネルギー原単位の目標値は今後検討して定める 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH（H29）で無動力撹拌型鋼板製消化槽を用いた汚泥処理技術について実証		
	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）	・汚泥の低含水率化、燃料化等の新技術の開発 ※具体的なエネルギー原単位の目標値は今後検討して定める 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH（H25低含水化、焼却発電、H29焼却発電等）で実証		
新規	技術開発項目２－７ エネルギーマネジメント	・エネルギー使用の見える化や情報通信インフラの高度化技術を活用したエネルギーマネジメントシステムの開発 導入拡大・コスト低減・改善 事例　下水道機構による省エネ診断にかかる共同研究		

国土交通省 国土技術政策総合研究所

8．2050年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の技術開発ロードマップ

①全体最適化に関する事項

技術目標2　水処理・汚泥処理の最適化に資する技術開発

基礎・応用研究等開発フェーズ → 実規模実証フェーズ → 導入拡大・コスト低減フェーズ

		当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
新規	技術開発項目２－８ 地域全体を見た資源有効利用、放流先、エネルギー消費、GHG削減等の観点からの水処理・汚泥処理の全体最適化に向けた調査研究等	・地域全体を見た資源有効利用、放流先、エネルギー消費等の観点からの水処理・汚泥処理の全体最適化に向けた調査研究 導入拡大・改善 事例　流総指針の改定（H27）→エネルギーの観点を盛り込んだ四次元流総		
新規	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用	・化石燃料使用機器についての電化やカーボンフリー燃料利用を可能とする技術の開発 導入拡大・コスト低減・改善		

8．2050年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の技術開発ロードマップ

②CH_4,N_2Oの排出削減に関する事項

技術目標3　下水道から排出されるCH_4,N_2Oの排出削減に関する技術開発

基礎・応用研究等開発フェーズ → 実規模実証フェーズ → 導入拡大・コスト低減フェーズ

	当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
技術開発項目３－１ 水処理におけるN_2O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	・各水処理方式におけるN_2O発生量の把握等データの蓄積 ・N_2O発生機構の解明 ・抑制運転等の技術の開発 事例　国総研における調査（各処理方式における実態把握、発生要因の分析等）	排出抑制技術の実用化	導入拡大・改善
新規 技術開発項目３－２ 水処理におけるCH_4発生機構の解明、抑制方策技術の開発	・各水処理方式におけるCH_4発生量の把握等データの蓄積 ・CH_4発生機構の解明 ・抑制技術の開発	排出抑制運転技術の実用化	導入拡大・改善

国土交通省 国土技術政策総合研究所

8．2050年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の技術開発ロードマップ

②CH_4,N_2Oの排出削減に関する事項

技術目標3　下水道から排出されるCH_4,N_2Oの排出削減に関する技術開発

基礎・応用研究等開発フェーズ → 実規模実証フェーズ → 導入拡大・コスト低減フェーズ

	当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
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	・低含水化、廃熱活用、汚泥の補助燃料化等を行う技術の普及展開 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH（H25）で低含水率化・省エネ型焼却設備・廃熱発電の各技術を組み合わせた創エネ技術について実証		
技術開発項目３－４ N_2O排出量の少ない、より高度な焼却技術	・より高度な焼却技術（多段吹込燃焼式流動床炉、二段燃焼式循環流動床炉、新型ストーカー炉）への改善、効率化の促進 ・ゼオライトの触媒等を活用した新たなN2O除去技術の開発 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH（H25）で低含水率化・省エネ型焼却設備・廃熱発電の各技術を組み合わせた創エネ技術について実証		
技術開発項目３－５ 省エネ・創エネと同時にN_2O排出抑制を達成する技術	・汚泥の炭化、乾燥による燃料化技術や脱水汚泥の低含水率化と組み合わせた焼却発電技術等の普及展開 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH（H29）で未利用廃熱を活用した高効率発電技術と局所撹拌空気吹込技術を組み合わせた温室効果ガス排出量削減技術について実証		

8．2050年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の技術開発ロードマップ

③指標化、定量化並びに技術開発制度に関する事項

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

基礎・応用研究等開発フェーズ → 実規模実証フェーズ → 導入拡大・コスト低減フェーズ

	当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
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、ベンチマーキング手法の導入を支援する技術	・エネルギー効率に関する適切な技術的指標、ベンチマーキング手法の開発		導入拡大・改善
	事例　・下水道事業におけるエネルギー効率に優れた技術の導入について（平成29年9月　下水道事業課長通知） ・単位水量あたりエネルギー消費量削減（REC削減率）		
技術開発項目４－２ 省エネ・創エネ・省CO_2性能の合理的な定量化手法	・省エネ・創エネ・省CO_2性能の合理的な定量化手法の開発		
			導入拡大・改善

技術目標5　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に関する新たな技術開発プロジェクトの設置等

	当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
新規 技術開発項目５－１ 新たな技術開発プロジェクト制度	政策目標達成型の技術実証プロジェクトの仕組み等検討		
			導入拡大・改善

8．2050年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の技術開発ロードマップ

④創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項

技術目標6　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

基礎・応用研究等開発フェーズ → 実規模実証フェーズ → 導入拡大・コスト低減フェーズ

	当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
技術開発項目６－１ 中小規模下水処理場における草木系バイオマスエネルギー利用技術を活用した汚泥処理（乾燥）の導入技術	パイロットスケール		
	実規模実証		
			導入拡大・コスト低減・改善
	事例　B-DASH（R2採択、室蘭）で小規模を対象とした脱水乾燥、バイオマスボイラ技術について実証中		

技術目標7　低LCC化、エネルギー効率の高効率化による導入促進のため、新しい濃縮脱水システムや新しい嫌気性消化リアクターの開発

	当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
技術開発項目７－１ 濃縮工程の省略や脱水性能を改善した新しい脱水処理システム	実規模実証		
			導入拡大・コスト低減・改善
	事例　濃縮工程と一体となった脱水機　等		
技術開発項目７－２ 汎用型等新しい嫌気性消化リアクター	パイロットスケール		
	実規模実証		
			導入拡大・コスト低減・改善
	事例　無動力撹拌式消化槽や鋼板製消化槽等技術　等		

8．2050年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の技術開発ロードマップ

④創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項

技術目標8　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

基礎・応用研究等開発フェーズ → 実規模実証フェーズ → 導入拡大・コスト低減フェーズ

	当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
技術開発項目８－１ 多様な植物バイオマスからのエネルギー抽出・回収技術	パイロットスケール 実規模実証 事例　ウキクサを用いた窒素・リン除去、メタン発酵技術		導入拡大・コスト低減・改善
技術開発項目８－２ 下水で培養した微細藻類からのエネルギー生産技術	パイロットスケール 実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH（H27採択,佐賀市）バイオガス中のCO_2分離・回収と微細藻類培養への利用技術	※下水処理場での微細藻類由来エネルギー　生産量評価手法についても開発	
技術開発項目８－３ 微生物燃料電池、微生物電解槽の活用によるエネルギー生産技術	基礎研究　パイロットスケール 事例　GAIA（H26採択）微生物燃料電池による省エネ型廃水処理のための基盤技術の開発	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善
技術開発項目８－４ 膜ろ過・嫌気処理による省エネ・創エネ型水処理技術	パイロットスケール 実規模実証 事例　嫌気性MBRや海水濃度差を活用したFO膜ろ過		導入拡大・コスト低減・改善

8．2050年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の技術開発ロードマップ

④創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項

技術目標8　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

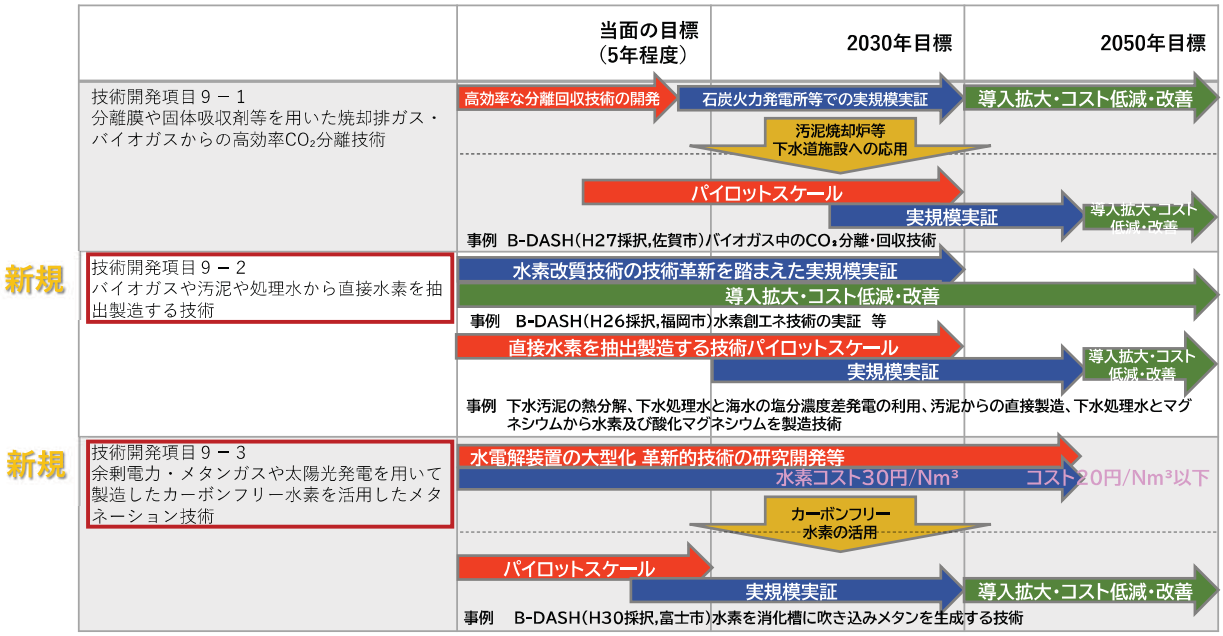
基礎・応用研究等開発フェーズ → 実規模実証フェーズ → 導入拡大・コスト低減フェーズ

		当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
	技術開発項目８－５ 下水熱の利用技術	パイロットスケール 実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH（H30採択,新潟市・十日町）下水熱車道融雪に関する実証研究		
新規	技術開発項目８－６ 汚泥炭化（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	パイロットスケール 実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH（H24採択,長崎市・松山市　H28採択,鹿沼市・秦野市）汚泥炭化、乾燥による燃料化技術		
新規	技術開発項目８－７ 余剰バイオガスの集約、利活用技術の効率化	パイロットスケール 実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH（H27採択,山鹿市・大津町・益城町）複数の下水処理場からバイオガスを効率的に集約・活用する技術		
新規	技術開発項目８－８ 小水力発電技術の効率化	パイロットスケール 実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　低有効落差で発生する未利用エネルギー活用技術　等		
新規	技術開発項目８－９ 次世代太陽光、風力等技術の下水道施設への適用拡大	開発競争の促進 新市場を想定した実証事業・製品化 事例　次世代型太陽電池（ペロブスカイト等）	市場への製品投入 下水道施設への適用 実規模実証	導入拡大

8．2050年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の技術開発ロードマップ

④創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項

技術目標9　汚泥直接、汚泥由来バイオガスや硫化水素などからメタン、水素、CO_2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

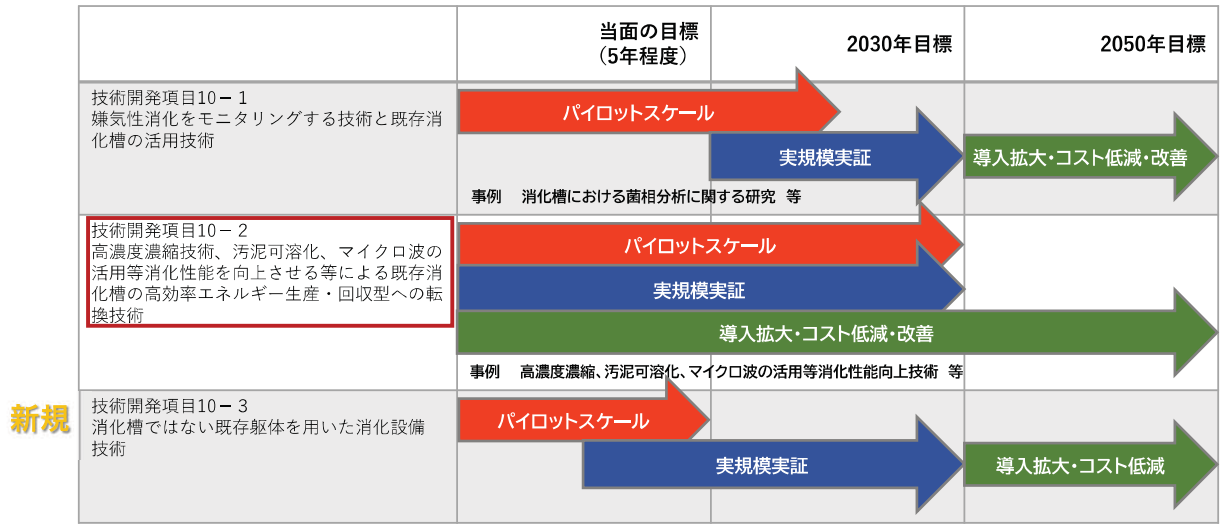


国土交通省 国土技術政策総合研究所

8．2050年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の技術開発ロードマップ

④創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項

技術目標10　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



8．2050年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の技術開発ロードマップ

④創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項

技術目標11　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

	当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
技術開発項目11－1 バイオガス発電、汚泥焼却等の廃熱利用の効率化に関する技術	パイロットスケール 実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　焼却排熱を加温、発電、乾燥等へ効率的に利用するための技術		

8．2050年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の技術開発ロードマップ

⑤地域バイオマスの活用に関する事項

技術目標12　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

	当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
技術開発項目12－1 地域の草木質の脱水助剤への活用技術	パイロットスケール 実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　土木研究所研究（R2、3）実規模の脱水機を用いた混合脱水試験を実施		
技術開発項目12－2 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	パイロットスケール（可溶化技術等） 実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　下水汚泥と刈草の混合消化事業　等		
技術開発項目12－3 竹材等の未利用地域バイオマスを活用した食物生産とその廃材利用を組み合わせたメタン発酵効率化技術	パイロットスケール 事例　下水汚泥と地域バイオマスを用いた食用きのこ栽培技術　等	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善
新規 技術開発項目12－4 混合メタン発酵の導入促進に向けた耐有機酸塗膜の評価手法の確立	防食工法の設計手法の確立 事例　混合メタン発酵の導入促進に向けた耐有機酸塗膜の評価手法		標準仕様策定
新規 技術開発項目12－5 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	補助燃料の選定手法の整備 実規模実証 事例　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		導入拡大・コスト低減・改善
新規 技術開発項目12－6 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	パイロットスケール 実規模実証 事例　ディスポーザー促進等に伴い発生する高負荷水・バイオマス受入に関する評価手法や受け入れ技術		導入拡大・コスト低減・改善

8．2050年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の技術開発ロードマップ

⑤地域バイオマスの活用に関する事項

技術目標13　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

	当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
技術開発項目13－1 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	各分野での各種バイオマスのエネルギー回収の高度化・効率化 地域バイオマス利活用促進のツール作成等評価手法の確立 事例　生ごみ等各種バイオマスの一体的処理促進に向けた評価手法等の検討		導入拡大改善 有機性廃棄物の一体処理によるコスト低減策の検討

技術目標14　下水中の多様な物質の効率的回収に関する技術の開発

	当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
技術開発項目14－1 下水・下水汚泥構成元素の分離・リサイクル技術等の開発 資源元素であるC、N、P、K、Si、Al、Fe、Mg等の分離や、下水、下水汚泥からの高付加価値資源の回収を通して、地域で循環する社会システムに貢献する技術	ラボ・パイロットスケール ※ムーンショット型研究開発技術等の他分野技術の活用 事例　ゼオライト活用、アンモニアストリッピング法、亜臨界水処理等によるアンモニア回収技術	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善
技術開発項目14－2 メタン発酵消化液からのリン回収技術	パイロットスケール 事例　B-DASH（H24採択,神戸市）栄養塩除去と資源再生（リン）技術	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善

8．2050年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の技術開発ロードマップ

⑥農林水産物生産及び高付加価値製品製に関する事項

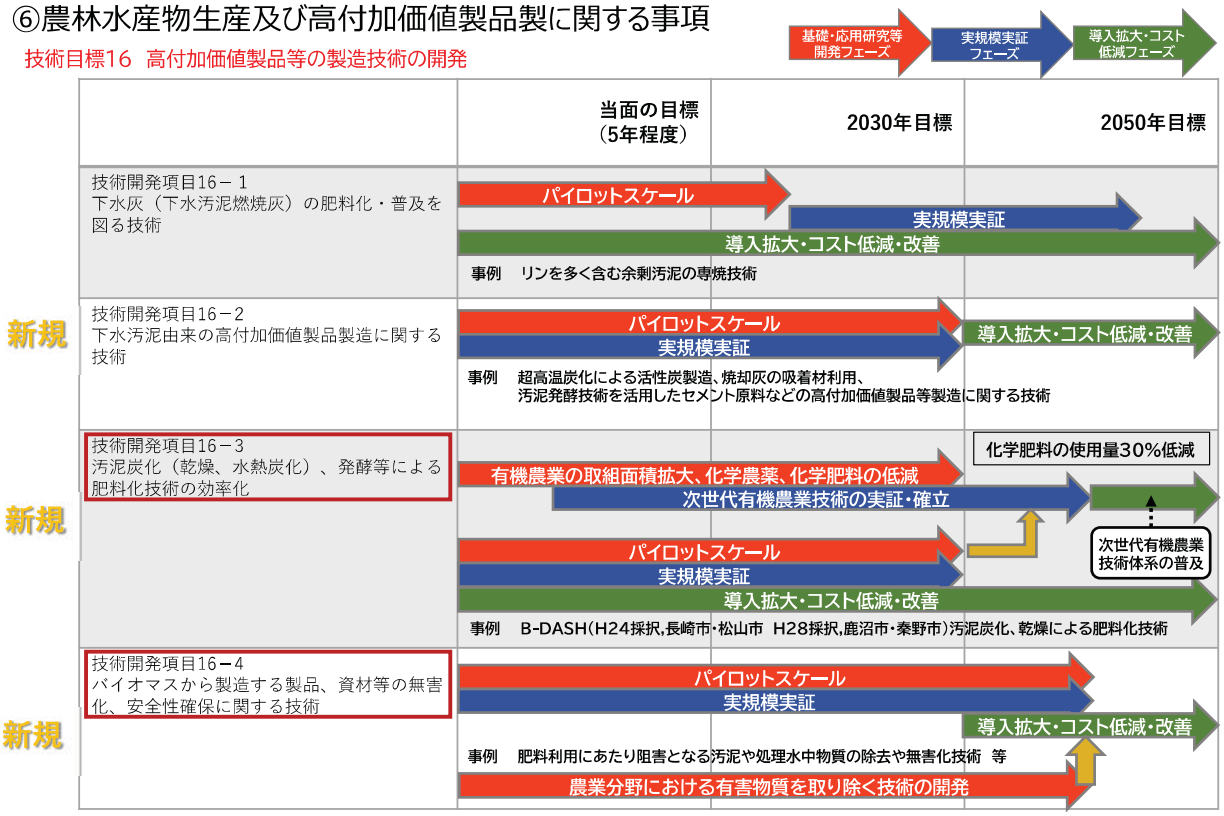
技術目標15　下水道資源・エネルギーを利用した農林水産物の生産に関する技術の開発

	当面の目標（5年程度）	2030年目標	2050年目標
技術開発項目15－1 農林水産利用に適した微細藻類等の有用植物の栽培技術と利用技術	パイロットスケール 事例　GAIA（H26採択、中央大学）微細藻類による漁業資料生産技術	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善
技術開発項目15－2 処理場内での下水熱、バイオガスからの熱・電気・CO_2を活用したトリジェネレーション技術の開発	パイロットスケール 事例　B-DASH（H27採択,佐賀市）バイオガス中のCO_2分離・回収と微細藻類培養への利用技術	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善

8．2050年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の技術開発ロードマップ

⑥農林水産物生産及び高付加価値製品製に関する事項

技術目標16　高付加価値製品等の製造技術の開発



71

令和3年度　エネルギー分科会　検討結果概要

1.現状認識

○下水道分野の温室効果ガスは処理水量の増加により、近年増加しているところ。
○近年の単位処理水量当たりの電力使用量が横ばいから増加傾向であることや、国土交通省が令和3年に実施した省エネに関するアンケートからは、省エネ対策にはその取組の余地を多く残しているがわかる。
○下水汚泥の焼却に伴い発生するN2Oについては、対策の推進により減少傾向であるものの、新技術の導入による対策の推進が必要。
○水処理に伴い発生するN2Oについては、現在は対策の手立てがないことから、対策手法の確立が必要。
○創エネ対策については、下水汚泥エネルギー化率24%にとどまっていることから、取組の推進と対策技術の効率を上げるための技術開発が必要。
○また、これらをシステム全体で最適化する取り組みについては十分とは言えないことから取組の推進と効率を上げるための技術開発が必要。

2．2030年目標の達成に向けて

○この現状を踏まえ、2030年削減目標を達成するための具体的な導入技術例や技術開発項目例を整理した。また、既存の省エネ対策に加え、システムとして改善できるB-DASH技術を組み合わせることにより温室効果ガスを大きく削減できる可能性があることが対策技術の効果試算の結果わかった。

3．2050年カーボンニュートラルの実現への貢献に向けて

○一方で、2050年までにカーボンニュートラルを実現することへの下水道の貢献については、現状の枠組みや技術だけにとどまらず、更なる技術導入・技術開発、他分野（廃棄物分野、農業分野、エネルギー事業者等）との技術開発も含めた連携の必要性、削減効果等の評価手法の必要性、本邦技術の海外展開への支援、下水道システムの在り方等について広く議論が行われた。また、感度分析的な技術導入効果の試算を通じて、下水道分野におけるカーボンニュートラルの実現可能性や社会への還元ポテンシャル、効果的な技術分野を確認することができた。
○具体的には次のような技術分野の導入と関連する技術開発を総合的に推進していくことを確認した。
・下水中の有機物を水処理過程の中でも可能な限り回収し、エネルギー回収効率を向上するとともに水処理に係る負荷を減らすことでエネルギーの消費を抑えるなど水処理・汚泥処理に係るエネルギーをシステム一体的に改善する技術。
・個別設備についての省エネ化・無動力化技術やエネルギー消費の見える化、運転管理手法の改善をセットで行うエネルギーマネジメント手法の開発。また、これまで燃料が使用されている設備の電化促進やカーボンフリー燃料の利用を可能とする技術。
・生ゴミ等の地域バイオマスを含めて一体的に有機性廃棄物処理をするための前処理や消化等に関する技術。汚泥の可溶化など消化性能の向上を図る技術やCO_2、カーボンフリー水素を活用を通じて、徹底的にバイオガス生産量を増加させる技術。
・エネルギー化の課程で発生する廃熱の利用及び利用推進のための技術。
・有機物以外のアンモニアやリン等を回収し、効率的に肥料化・エネルギー化を図る技術。
・下水熱利用を促進する技術。
・水処理・汚泥処理に伴い発生するCH_4やN_2Oの抑制対策技術。
・CO_2削減効果の評価手法、下水道事業者などが目標設定するためのベンチマーク手法や性能指標設定手法に関する技術。
・下水道のデジタル化を通してオペレーションの省力化や省エネ化を推進するためのAI、センシング、制御技術。 等

4．技術開発ロードマップの作成

○これらについては、「2050年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の技術開発ロードマップ」として整理し、その中でも、対策効果が大きく普及を考慮すると速やかに取り組むべき技術開発項目について抽出を行った。
○このロードマップについては、各者の技術開発の参考としていただくとともに、今後下水道技術ビジョン改訂の際には必要な事項を反映する予定である。また、不断の見直しを実施していくこととする。

72

当面の間、エネルギー分科会において議論すべき課題

国土交通省 国土技術政策総合研究所

来年度以降、当面の間、エネルギー分科会において次の課題について議論すべきと考えている。

○将来的な水処理のあり方の議論に備え、水質とエネルギーの管理の在り方に関する検討。
（ロードマップ2－8）

○地域特性、処理方式、処理規模等に応じたシナリオ設定による効果試算と対策技術の検討。
（ロードマップ１－１）

○下水道の他分野への貢献の評価や自治体が設定する削減目標、ベンチマーク手法など評価手法に関する検討。
（ロードマップ１－１，４－１，４－２）

○廃棄物分野との一体処理促進に資する、効果的な連携ケースや効果試算に関する検討
（ロードマップ13－1）

○汚泥の肥料化やリン回収技術の導入促進に資する検討
（ロードマップ16－3、16－4）

資料２－３
別紙

エネルギー分科会報告書　参考資料

国土交通省 国土技術政策総合研究所

６．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

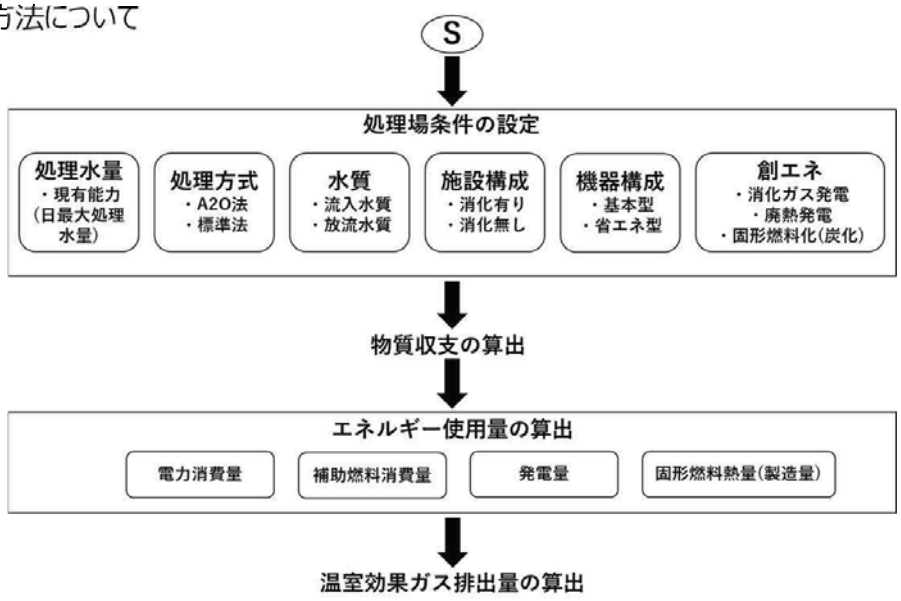
○ 2030年目標達成のための導入すべき技術について、処理方式・処理規模別に代表的な対策技術の導入効果を①～④にて試算、事例提示を行う。
⑤においては有効活用が期待される未利用バイオガスの利用効果に関する試算結果を提示する。
⑥においては、個別技術の導入効果だけではなく、水処理・汚泥処理システムとしての導入効果をB-DASH技術事例からその効果例を提示する。
⑦では、B-DASH技術や既存マニュアルに示す対策技術などその他資料を示す。

①超大規模処理場（A2O法　日最大流入水量20万m³/日）
　省エネ機器導入、運転管理改善、汚泥処理フローの変更による温室効果ガス削減効果の試算
②大規模処理場　（A2O法　日最大流入水量10万m³/日）
　省エネ機器導入、運転管理改善、汚泥処理フローの変更による温室効果ガス削減効果の試算
③中規模処理場　（標準法　日最大流入水量5万m³/日）
　省エネ機器導入、運転管理改善、汚泥処理フローの変更による温室効果ガス削減効果の試算
　※こちらの結果については本編の資料2-3 P32～38を参照
④小規模処理場　（OD法　日最大流入水量1万m³/日以下）
　自動制御による消費電力削減効果事例
⑤未利用バイオガスの利用効果
⑥B-DASHの技術例
⑦その他

国土交通省 国土技術政策総合研究所

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

・①～③試算方法について



※処理場条件の設定に当たっては、
　下水道統計、設計指針、既往の研究成果等の標準的な値を設定値としている。
※物質収支をもとに、処理に必要な槽容量や反応槽の必要空気量、水理学的滞留時間、汚泥量の算出を行う。
※運転管理の工夫による省エネ効果については、省エネ機器を導入した削減効果を計算した後に、運転管理の工夫による所定の削減率をかけることで見込んでいる。

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

①超大規模処理場（A2O法　日最大流入水量20万m³/日）
省エネ機器導入、運転管理改善、汚泥処理フローの変更による温室効果ガス削減効果の試算

・導入省エネ機器

適用箇所	基本型	省エネ型
散気装置	散気板	メンブレン式
反応タンク 撹拌機	水中 かくはん機	省エネ型 かくはん機
汚泥濃縮機	遠心式	ベルト濃縮機
汚泥脱水機	遠心脱水機	スクリュープレス

・運転管理改善手法例

	主ﾎﾟﾝﾌﾟ	送風機	送風量の 適正化	反応タンク 水中撹拌機	汚泥貯留槽 撹拌機	返送汚泥 ポンプ
検討事例	稼働ポンプ変更 による 効率的な運転	稼働送風機変更 による 効率的な運転	必要空気量に 応じた送風量の 適正化	撹拌機の 間欠運転	撹拌機の 間欠運転	回転数の見直し による 適切な吐出量へ の変更

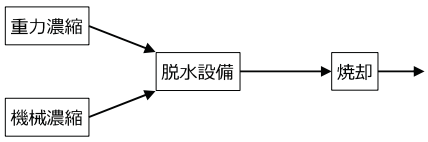
※具体的な運転管理改善効果については（公財)下水道新技術機構の過去の実績より、同流量規模の運転管理改善効果の平均値である5.5%を使用 して算出。

国土交通省 国土技術政策総合研究所

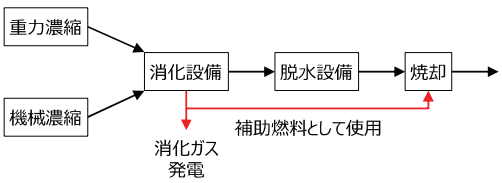
6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

①超大規模処理場（A2O法　日最大流入水量20万m³/日）
省エネ機器導入、運転管理改善、汚泥処理フローの変更による温室効果ガス削減効果の試算

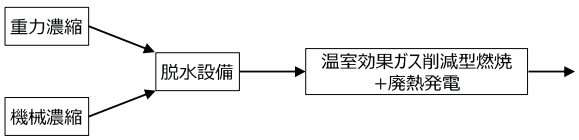
対象系汚泥フロー



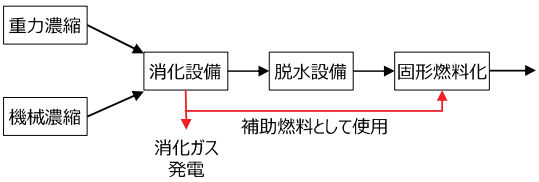
導入系2汚泥フロー



導入系1汚泥フロー

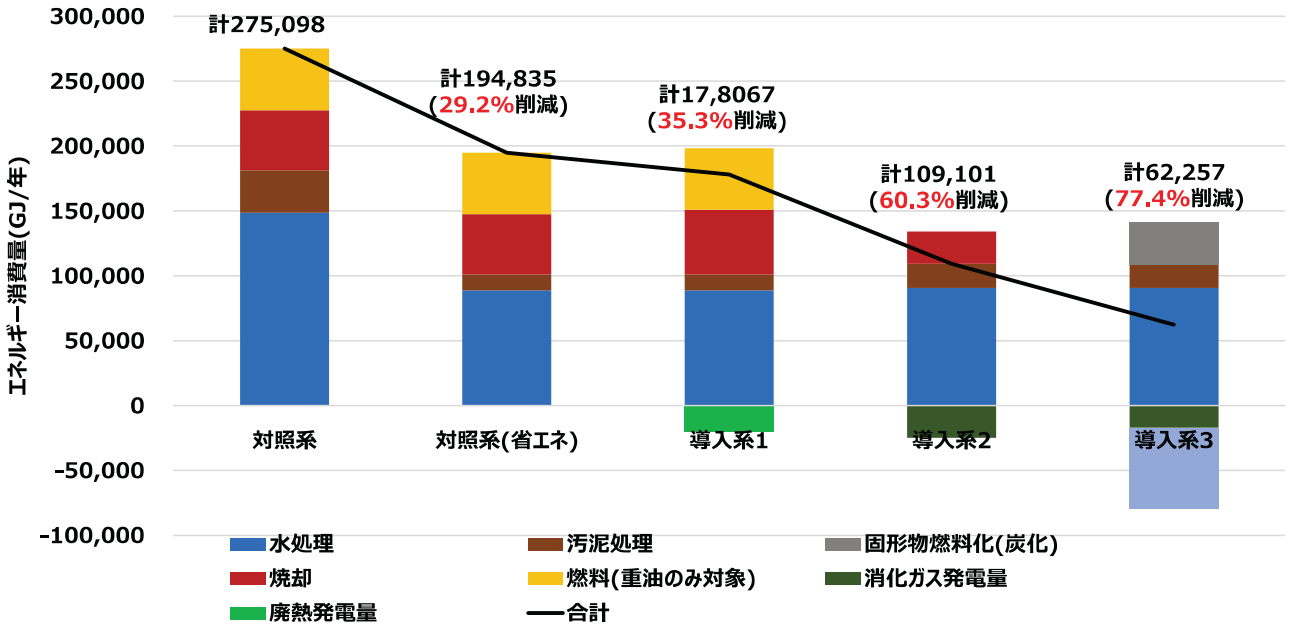


導入系3汚泥フロー



6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

・超大規模処理場（A2O法　日最大流入水量　20万m³/日）における消費エネルギー削減効果



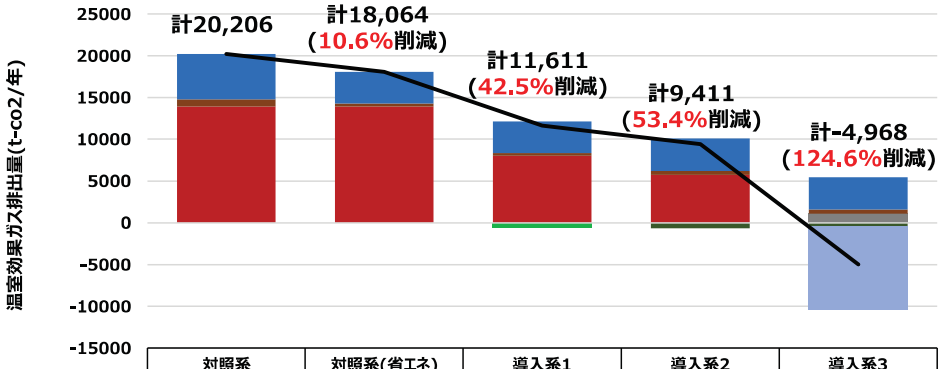
※固形燃料(炭化)は外部で製品利用を行うとして削減効果を計上している

＊以上の試算は速報値であり精査中です。

国土交通省 国土技術政策総合研究所

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

・超大規模処理場（A2O法　日最大流入水量　20万m³/日）における
温室効果ガス排出量の削減効果



	対照系	対照系(省エネ)	導入系1	導入系2	導入系3
水処理	5,407	3,805	3,805	3,852	3,852
汚泥処理	871	330	330	494	494
固形燃料化	0	0	0	0	1,093
焼却	13,929	13,929	8,010	5,723	0
製品利用(石炭代替)	0	0	0	0	(9,957)
消化ガス発電	0	0	0	(658)	(450)
廃熱発電(焼却)	0	0	(534)	0	0
合計	20,206	18,064	11,611	9,411	(4,968)

※固形燃料(炭化)は外部で製品利用を行うとして削減効果を計上している
※電力排出係数0.25 kg-CO_2/kWhを使用

＊以上の試算は速報値であり精査中です。

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

②大規模処理場（A2O法　日最大流入水量10万m³/日）
省エネ機器導入、運転管理改善、汚泥処理フローの変更による温室効果ガス削減効果の試算

・導入省エネ機器

適用箇所	基本型	省エネ型
散気装置	散気板	メンブレン式
反応タンク 撹拌機	水中 かくはん機	省エネ型 かくはん機
汚泥濃縮機	遠心式	ベルト濃縮機
汚泥脱水機	遠心脱水機	スクリュープレス

・運転管理改善手法例

	主ﾎﾟﾝﾌﾟ	送風機	送風量の 適正化	反応タンク 水中撹拌機	汚泥貯留槽 撹拌機	返送汚泥 ポンプ
検討事例	稼働ポンプ変更 による 効率的な運転	稼働送風機変更 による 効率的な運転	必要空気量に 応じた送風量の 適正化	撹拌機の 間欠運転	撹拌機の 間欠運転	回転数の見直しに よる 適切な吐出量へ の変更

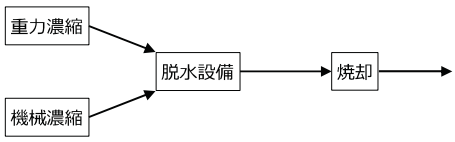
※具体的な運転管理改善効果については（公財)下水道新技術機構の過去の実績より、同流量規模の運転管理改善効果の平均値である7.65%を使用して算出。

国土交通省 国土技術政策総合研究所

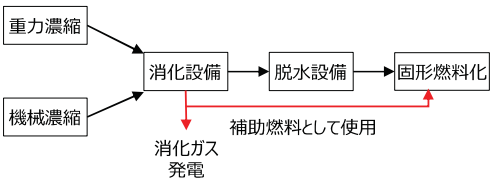
6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

②大規模処理場（A2O法　日最大流入水量10万m³/日）
省エネ機器導入、運転管理改善、汚泥処理フローの変更による温室効果ガス削減効果の試算

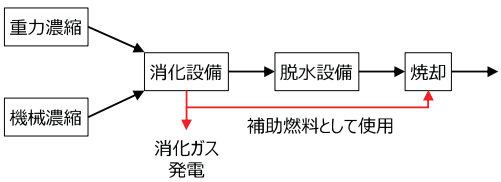
対象系汚泥フロー



導入系2汚泥フロー

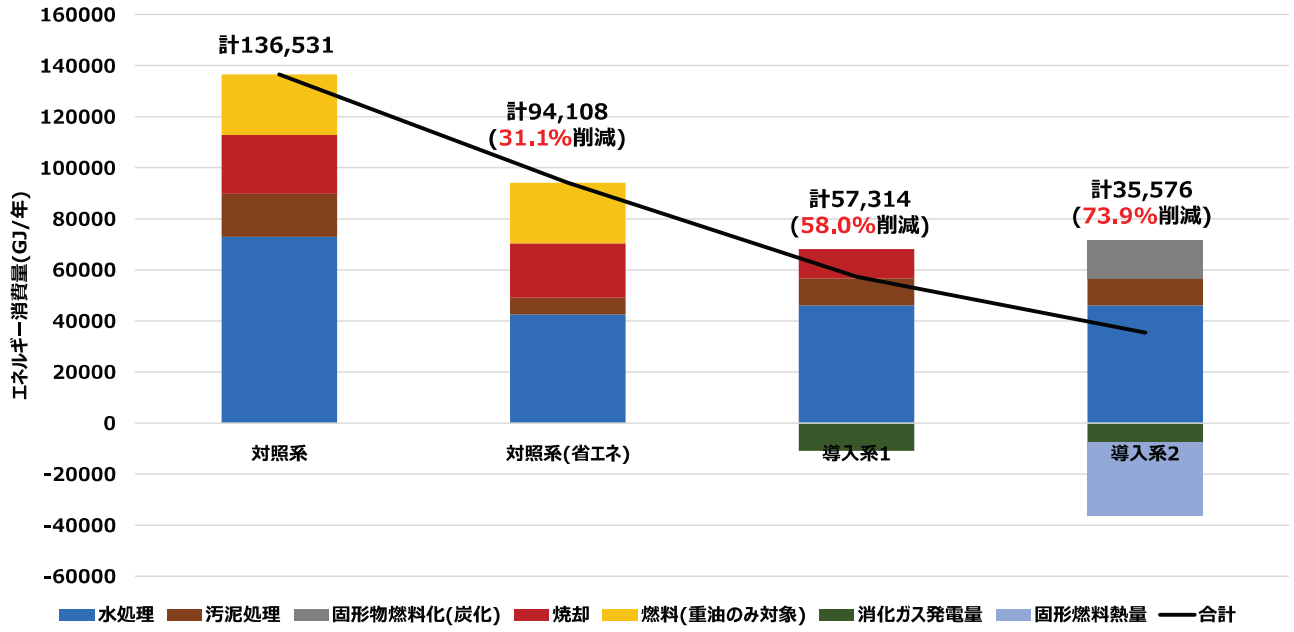


導入系1汚泥フロー



6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

・大規模処理場（A2O法　日最大流入水量　10万m³/日）における消費エネルギー削減効果



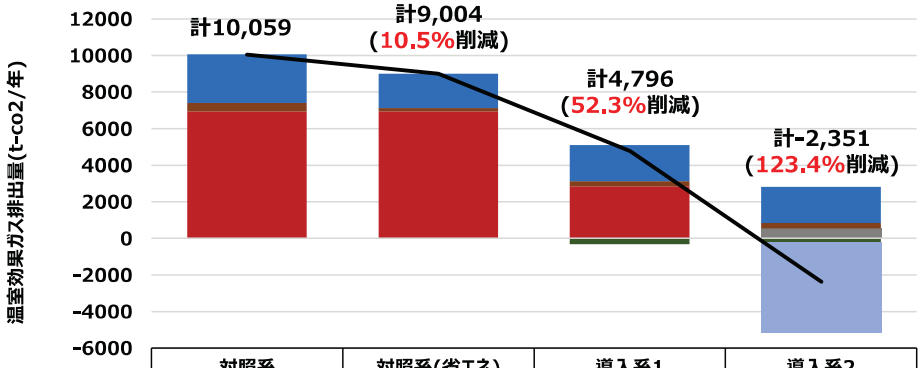
※固形燃料(炭化)は外部で製品利用を行うとして削減効果を計上している

＊以上の試算は速報値であり精査中です。

国土交通省 国土技術政策総合研究所

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

・大規模処理場（A2O法　日最大流入水量　10万m³/日）における
温室効果ガス排出量の削減効果



	対照系	対照系(省エネ)	導入系1	導入系2
水処理	2,666	1,880	1,975	1,975
汚泥処理	450	181	290	290
固形燃料化	0	0	0	543
焼却	6,944	6,944	2,842	0
製品利用(石炭代替)	0	0	0	(4,944)
消化ガス発電	0	0	(311)	(215)
合計	10,059	9,004	4,796	(2,351)

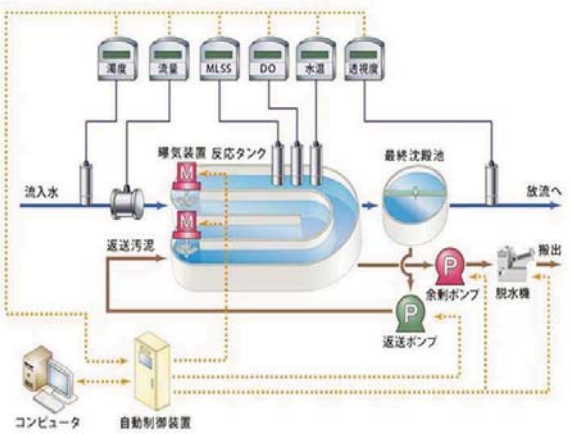
※固形燃料(炭化)は外部で製品利用を行うとして削減効果を計上している
※電力排出係数0.25 kg-CO_2/kWhを使用

＊以上の試算は速報値であり精査中です。

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

④ 小規模処理場（OD法 日最大流入水量 1万m³/日以下）における自動制御による消費電力削減例

処理場名	処理能力（日最大）[m³/日]	平均処理水量 [m³/日]		消費電力量原単位 [kWh/m³]		
		導入前	導入後	導入前	導入後	削減率
AG 処理場	1,900	—	262	—	1.057	—
TG 処理場	3,300	478	456	1.607	1.203	25.1%
OK 処理場	1,200	708	796	1.112	0.928	16.6%
BT 処理場	4,400	2,295	2,499	0.847	0.754	10.9%
OG 処理場	1,300	271	302	0.993	0.850	14.4%
SS 処理場	2,970	1,484	1,459	0.876	0.792	9.6%
YM 処理場	3,250	3,120	3,136	0.469	0.394	16.0%
ON 処理場	3,040	1,286	1,457	1.034	0.913	11.7%
NG 処理場	3,210	1,577	1,495	0.699	0.634	9.3%
MB 処理場	1,800	545	551	0.928	0.905	2.5%
平均値（AG 処理場を除く）	2,719	1,307	1,350	0.952	0.819	12.9%



※ORとは、Oxygen Requirementの略で、反応タンク内で必要とされる酸素量を示す。この制御手法は、AOR(必要酸素量)の計算を簡易的に実施することで曝気装置の運転指標としている。

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

⑤未利用バイオガスの利用効果

○下水汚泥等の資源有効利用状況に関する調査（H30）によると、未利用バイオガスは334処理場で存在し、約5,300万m³/年（全体発生量３．７７億m³/年のうち約１４%）存在。

○小型発電機２５ｋWを既設の消化槽の未利用バイオガスに適用する場合、7年で費用回収が可能となり、２０年使用すれば５千万円以上の黒字が見込まれる。

○小型発電機２５ｋWに必要なバイオガス量（メタン、CO_2等）は13 Nm³/hであるため、未利用量がこれを上回る処理場においては導入可能性がある。

○このうち、未利用量13 m³/h（114千m³/年）を越える処理場で発電事業を行っていない箇所は83処理場存在。合計約3,000万m³（全体の約８%、0.58億kWｈ/年≒1.45万t-CO_2/年削減（0.25t/kWh））利用できる。

※25kW発電機の活用事例ついてはH30採択B-DASHプロジェクト（長岡市中之島浄化センター（流入実績2,520m³ / 日（日最大））等において実績有り。

小型発電機２５ｋWの費用回収年

年数		0	1	2	～	6	7	8	～	20
資本費	百万円	24.8	0	0		0	0	0		0
運転維持費	百万円/年	0	1.625	1.625		1.625	1.625	1.625		1.625
発電量	千kWh/年	0	145.0	145.0		145.0	145.0	145.0		145.0
発電収入	百万円/年	0	5.7	5.7		5.7	5.7	5.7		5.7
費用回収収支（累積）	百万円	▲ 24.8	▲ 20.8	▲ 16.8		▲ 0.7	3.4	7.4		55.8

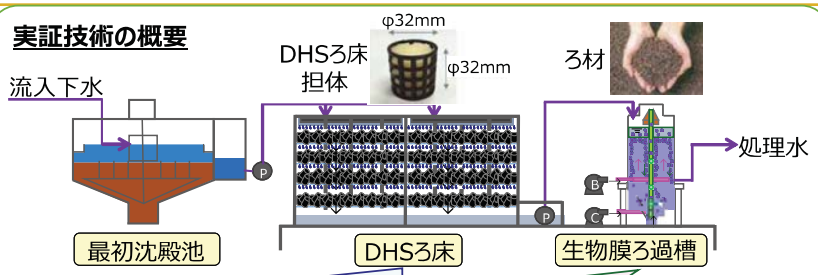
～試算条件～
（発電条件） 小型発電機(発電出力25kW、発電効率：32%)、消化ガス発熱効率：21.5MJ/Nm³
必要バイオガス量 25kW/(21.5 MJ/Nm³ ×32%) ×3.6MJ/kWh=13 Nm³/h
稼働率を66.2%※とすると、25kW×24h×365day×66.2%=145千kWh/年 （不足時は都市ガスの活用も考えられる。）
（発電機資本費） 既存消化槽を利用している場合 99.3万円/kW※×25kW＝24.8百万円
（運転維持費） 6.5万円/kW/年※×25kW＝1.625百万円/年
（FIT収入）39円/kWh× 145千kWh/年＝5.7百万円/年
※METI資料（第65回調達価格等算定委員会 資料4 P. 16, 17）より
＊以上の試算は速報値であり精査中です。

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

省エネ水処理システム

⑥B-DASHの技術例１　ＤＨＳシステムを用いた水量変動追従型水処理技術実証事業
○事業実施者　三機工業（株）、東北大学、香川高等専門学校、高知工業高等専門学校、日本下水道事業団、須崎市 共同研究体
○実証フィールド　須崎市終末処理場（高知県須崎市）
○実証概要
・「スポンジ状担体を充填したろ床（ＤＨＳろ床）」と「生物膜ろ過槽」を組み合わることにより、効率的にダウンサイジングが可能な水処理技術。
・ライフサイクルコストの縮減効果、流入水量減少に対する処理コストの追従性、維持管理の容易性、処理性能の安定性

実証技術の概要



スポンジ担体を充填したろ床
～曝気不要の省エネルギー型水処理方式～
①曝気不要である　→ **省エネルギー**
②担体がスポンジ状で保水性がある
→ **処理性能安定化・流量低下時水質向上**
③スポンジ内に高濃度汚泥を保持
→ **汚泥発生量の削減**
④維持管理項目が少ない　→ **維持管理が容易**
⑤担体の閉塞が生じない　→ **処理性能安定化**

移動床式好気性リアクター
～仕上処理～
①ろ材表面に微生物が高密度に付着
→ **処理水質が安定**
②ろ過と生物処理を同時に実施　→ **省スペース**
③逆洗なしで担体洗浄
→ **連続処理が可能**

※DHS：Down-flow Hanging Sponge　（下向流懸垂型スポンジ状担体）

実証技術の革新性等の特徴

【革新性】
・流入水量減少に応じて、きめ細かく電力使用量等のライフサイクルコストの削減が可能
・流入水量減少に応じて処理水質が自ずと向上
・使用ユニット数を調整することにより、容易に流入水量に応じた処理能力規模の変更が可能
・DHSろ床と生物膜ろ過槽の組合せにより標準法同等の処理水質を確保
・設置環境及び要求水質に合わせて「初沈＋DHSろ床＋生物膜ろ過槽」もしくは「初沈＋DHSろ床」と自由な組合せが可能

【導入効果】
・ライフルサイクルコストの縮減による下水処理場の経営改善
・流入水量減少に追従した処理コストの削減による汚水処理原価の縮減
・維持管理の容易化による技術人員不足の解消
・標準法を本技術（ 500m³/日）に置き換えた場合、87.7t-CO_2/年の削減（69%減）

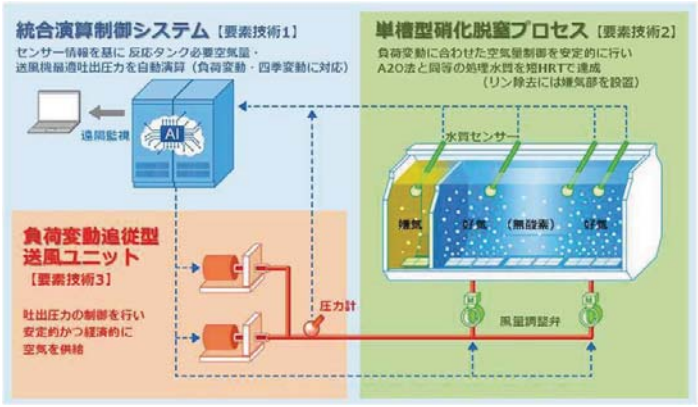
15

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

省エネ水処理システム

⑥B-DASHの技術例２　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実証事業
○事業実施者　メタウォーター・日本下水道事業団・町田市共同研究体
○実証フィールド　東京都町田市成瀬クリーンセンター
○実証概要
・反応タンク流入負荷変動に対応する空気量制御により、短HRTでA2O法同等処理水質の達成
・空気量制御と連動した送風機吐出圧力の自動演算・制御による消費電力の削減

提案技術の概要　**3つの要素技術により構成される高度処理技術**



【効果】省エネ効果等を通じ高度処理化の推進に寄与
① 建設費を抑制（最適な好気・無酸素ゾーン形成による槽容量縮小）
② 省エネの実現（撹拌機不要、循環ポンプ不要、送風電力減）
A2O法に改築する場合と比較して567t-CO_2/年の削減(33.3%減)
（処理規模50,000㎥/dで試算）

提案技術の革新性等の特徴

①ICT活用の空気量制御による短HRTの実現
- NOx 計とNH₄計により負荷変動に応じた空気量演算を行い、単一槽内において最適な好気・無酸素ゾーンを形成
- 循環ポンプと撹拌機が不要で動力費を縮減

②ICT活用による設備連携、圧力低減による送風電力削減の実現
- 反応タンク設備と送風機設備を統合制御
- 必要空気量から送風機の最適吐出圧力をリアルタイムに自動演算し送風電力を削減

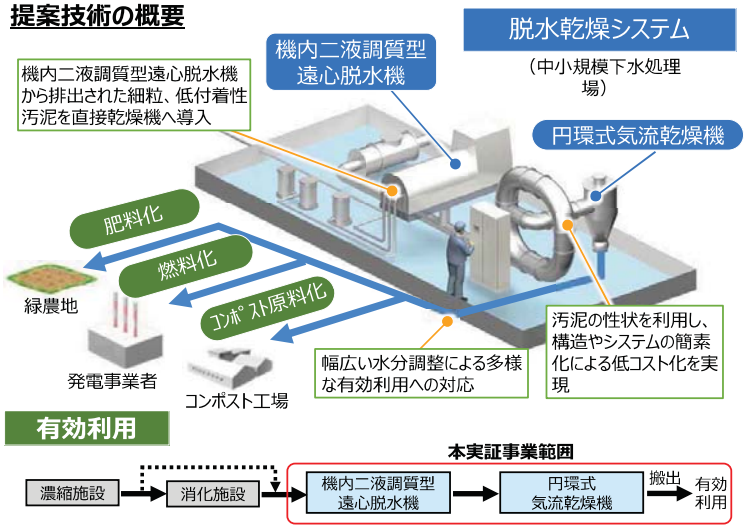
③AI（機械学習機能）による季節変動等への対応、制御安定化の実現
- 必要空気量演算の制御パラメータを機械学習機能により自動チューニング
- チューニングに掛かる負担を軽減しつつ処理水質の安定化を実現

16

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果　省エネ・創エネ汚泥処理システム

⑥B-DASHの技術例３　脱水乾燥システムによる下水汚泥の肥料化、燃料化技術実証研究
○事業実施者　月島機械㈱、サンエコサーマル㈱、日本下水道事業団、鹿沼市農業公社、鹿沼市 共同研究体
○実証フィールド　栃木県鹿沼市黒川終末処理場
○実証概要
　中小規模の下水処理場を対象とした脱水乾燥システム（機内二液調質型遠心脱水機＋円環式気流乾燥機）を用いて、乾燥汚泥を製造し、肥料化、燃料化などの多様な有効利用への適応性や、設備の性能、ライフサイクルコスト縮減等を実証する。

提案技術の概要



提案技術の革新性等の特徴

【新規性】
　システムの簡素化、省スペース化、スマートオペレーション化による低コスト型脱水乾燥技術
・主要機器点数の低減　（従来10点→提案4点）
・省スペース化（50%低減）
・スマートオペレーション化（人件費削減、運転管理の効率化）

【独創性】
　有効利用の用途に応じて幅広い乾燥汚泥含水率の調整を容易とした脱水乾燥技術
・脱水汚泥の性状を利用し、かつ乾燥機内構造物がなく付着や摩耗のリスクがない
・多様な有効利用に対応した含水率（10～50%）の乾燥汚泥が製造可能

（効果）従来型の脱水機、乾燥機の更新に比べて
441t-CO_2/年の削減（61%減）。
（処理規模20,000m³/日の処理場で試算）

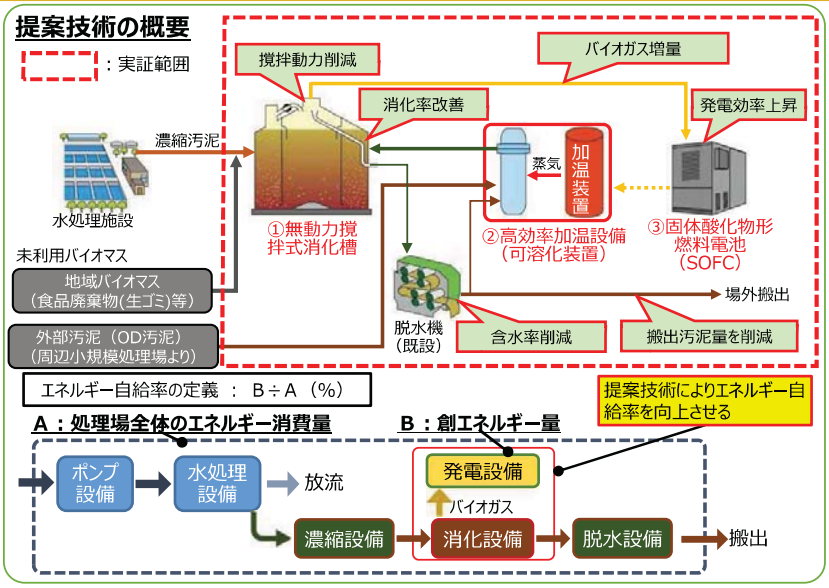
17

国土交通省 国土技術政策総合研究所

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果　省エネ・創エネ汚泥処理システム

⑥B-DASHの技術例４　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の実用化に関する実証事業
○事業実施者　三菱化工機・九州大学・日本下水道事業団・唐津市共同研究体
○実証フィールド　佐賀県唐津市浄水センター
○実証概要
　生ごみ等の未利用バイオマスの活用、無動力の消化槽撹拌装置、バイオガス発生量を増加させる可溶化装置、高い発電効率を有する燃料電池を組み合わせた高効率消化システムについて、処理性能や、エネルギー回収率の向上効果等を実証する。

提案技術の概要



提案技術の革新性等の特徴

①無動力撹拌式消化槽
・消化槽内の撹拌は、発生するバイオガスの圧力を利用するため、無動力
・消化槽内部に機械設備を有しない構造であるため、メンテナンス性の向上とランニングコストの低減が期待される。

②高効率加温設備（可溶化装置）
・熱可溶化による熱加水分解作用により、消化日数の短縮が期待される。
・消化率が上昇し、バイオガスの増量が期待される。
・汚泥が改質され脱水汚泥の含水率の低減が期待される。
　→脱水汚泥の搬出量を削減

③固体酸化物形燃料電池（SOFC）
・ガスエンジンと比べ発電効率向上が期待される。
・電極触媒として、貴金属不要

従来型のPC製消化槽、小型ガスエンジン等の導入に比べて
2454t-CO_2/年の削減（113%減）。
（処理規模30,000m³/日の処理場で試算）
地域バイオマス（OD脱水汚泥4t/日、食品廃棄物2t/日）の排出削減を含む

18

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料

1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

省エネ・創エネ・N2O削減
汚泥処理システム

⑥B-DASHの技術例５　下水道バイオマスからの電力創造システムに関する技術実証研究
○事業実施者　和歌山市、地方共同法人日本下水道事業団、京都大学、株式会社西原環境、株式会社タクマ　共同研究体
○実証フィールド　和歌山市中央終末処理場
○実証概要
　機内二液調質型遠心脱水機、廃熱ボイラ付次世代型階段炉、蒸気発電機の3つの技術を組み合わせた、下水汚泥焼却による電力創造システムの実証

低含水率化技術　機内二液調質型遠心脱水機
「汚泥の高カロリー化」
脱水汚泥の大幅な低含水率化
⇒脱水汚泥のカロリー(熱量)が従来の約２倍に

エネルギー回収技術　廃熱ボイラ付次世代型階段炉
「エネルギー回収」
・ 補助燃料なし、低消費電力、低N_2O排出量で安定燃焼
・廃熱ボイラーで蒸気としてエネルギー（熱）回収

エネルギー変換技術　蒸気発電機
「電力創造」
エネルギーのカスケード利用（小型蒸気発電機＋バイナリー式発電で高い発電量）

省エネルギー
- 補助燃料なし（自燃運転）
- 消費電力を大幅削減

温室効果ガス削減
- 排ガス中のN_2Oの大幅削減
- 電力・燃料由来CO_2大幅削減

創エネルギー
- 中小規模施設でも発電
- 大規模施設では電力自立
システム外に電力供給

（効果）
ー液調質脱水機、流動炉等を導入した場合に比べて
9100t-CO_2/年の削減（88%減）。
（125,000m³/日の処理場で試算）

国土交通省 国土技術政策総合研究所

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料

1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

⑦その他　水処理・汚泥処理等のシステムとして有効性が評価されているB-DASH技術については、これまで３０技術（うち2件は事業中）の脱炭素に資する技術を実証。

処理規模　1万m³/日以下

省エネ	創エネ再エネ	農業利用・再生水	N_2O対策	実施事業名称	委託研究実施者	5万m³以上	1万m³以上5万m³以下	1万m³以下
	○			水素リーダー都市プロジェクト～下水バイオガス原料による水素創エネ技術の実証～	三菱化工機（株）・福岡市・九州大学・豊田通商（株）　共同研究体	○	○	○
○				無曝気循環式水処理技術実証事業	メタウォーター（株）・高知市・高知大学・日本下水道事業団　共同研究体		○	○
○				高効率固液分離技術と二点DO制御技術を用いた省エネ型水処理技術の技術実証事業	前澤工業(株)・（株）石垣・日本下水道事業団・埼玉県　共同研究体	○	○	○
	○			複数の下水処理場からバイオガスを効率的に集約・活用する技術	JNCエンジニアリング(株)・吸着技術工業(株)・(株)九電工・シンコー(株)・山鹿都市ガス(株)・熊本県立大学・山鹿市・大津町・益城町			○
		○		下水処理水の再生処理システムに関する実証事業	（株）西原環境・（株）東京設計事務所・京都大学・糸満市　共同研究体	○	○	○
○	○	○		脱水乾燥システムによる下水汚泥の肥料化、燃料化技術実証事業	月島機械（株）、サンエコサーマル（株）、日本下水道事業団、鹿沼市農業公社、鹿沼市　共同研究体	○	○	○
○				ＤＨＳシステムを用いた水量変動追従型水処理技術実証事業	三機工業（株）、東北大学、香川高等専門学校、高知工業高等専門学校、日本下水道事業団、須崎市　共同研究体			○
○				最終沈殿池の処理能力向上技術実証事業	メタウォーター(株)・日本下水道事業団・松本市共同研究体	○	○	○
○	○			小規模下水処理場を対象とした低コスト・省エネルギー型高濃度メタン発酵技術に関する実証事業	大原鉄工所・西原環境・NJS・長岡技術科学大学・北海道大学・長岡市共同研究体	○	○	○

処理規模　1万m³/日以上

省エネ	創エネ再エネ	農業利用・再生水	N_2O対策	実施事業名称	委託研究実施者	5万m³以上	1万m³以上5万m³以下	1万m³以下
○	○			超高効率固液分離技術を用いたエネルギーマネジメントシステム技術実証事業	メタウォーター・日本下水道事業団　共同研究体	○	○	
○	○			神戸市東灘処理場　再生可能エネルギー生産・革新的技術実証事業	神鋼環境ソリューション・神戸市　共同研究体	○	○	
	○	○		温室効果ガスを排出しない次世代型下水汚泥固形燃料化技術実証事業	長崎市・長崎総合科学大学・三菱長崎機工　共同研究体	○	○	
○	○			廃熱利用型　低コスト下水汚泥固形燃料化技術実証事業	JFEエンジニアリング	○	○	
○				固定床型アナモックスプロセスによる高効率窒素除去技術実証事業	熊本市・日本下水道事業団・（株）タクマ　共同研究体	○	○	
		○		神戸市東灘処理場　栄養塩除去と資源再生（リン）　革新的技術実証事業	水ing・神戸市・三菱商事アグリサービス　共同研究体	○	○	
○	○		○	脱水・燃焼・発電を全体最適化した革新的下水汚泥エネルギー転換システムの実証事業	メタウォーター・池田市　共同研究体	○	○	
○	○		○	下水道バイオマスからの電力創造システム実証事業	和歌山市・日本下水道事業団・京都大学・（株）西原環境・（株）タクマ　共同研究体	○	○	
	○			水素リーダー都市プロジェクト～下水バイオガス原料による水素創エネ技術の実証～※	三菱化工機（株）・福岡市・九州大学・豊田通商（株）　共同研究体	○	○	○
○				無曝気循環式水処理技術実証事業※	メタウォーター（株）・高知市・高知大学・日本下水道事業団　共同研究体		○	○

※1万m³/日以下技術からの再掲

国土交通省 国土技術政策総合研究所

処理規模　1万m³/日以上

省エネ	創エネ再エネ	農業利用・再生水	N_2O対策	実施事業名称	委託研究実施者	5万m³以上	1万m³以上5万m³以下	1万m³以下
○				高効率固液分離技術と二点DO制御技術を用いた省エネ型水処理技術の技術実証事業※	前澤工業(株)・（株）石垣・日本下水道事業団・埼玉県　共同研究体	○	○	○
○				ICTを活用した効率的な硝化運転制御の実用化に関する技術実証事業	（株）日立製作所・茨城県　共同研究体	○	○	
○				ICTを活用したプロセス制御とリモート診断による効率的水処理運転管理技術実証事業	（株）東芝・日本下水道事業団・福岡県・（公財）福岡県下水道管理センター　共同研究体	○	○	
		○		バイオガス中のCO_2分離・回収と微細藻類培養への利用技術実証事業	(株)東芝・(株)ユーグレナ・日環特殊(株)・(株)日水コン・日本下水道事業団・佐賀市	○	○	
		○		下水処理水の再生処理システムに関する実証事業※	（株）西原環境・（株）東京設計事務所・京都大学・糸満市　共同研究体	○	○	○
○	○	○		脱水乾燥システムによる下水汚泥の肥料化、燃料化技術実証事業※	月島機械（株）、サンエコサーマル（株）、日本下水道事業団、鹿沼市農業公社、鹿沼市　共同研究体	○	○	○
○	○	○		自己熱再生型ヒートポンプ式高効率下水汚泥乾燥技術実証事業	（株）大川原製作所、関西電力（株）、秦野市　共同研究体	○	○	
○	○			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の実用化に関する実証事業	三菱化工機（株）・国立大学法人九州大学・日本下水道事業団・唐津市共同研究体	○	○	
	○		○	温室効果ガス削減を考慮した発電型汚泥焼却技術の実用化に関する実証事業	JFEエンジニアリング（株）・日本下水道事業団・川崎市共同研究体	○	○	
○				最終沈殿池の処理能力向上技術実証事業※	メタウォーター(株)・日本下水道事業団・松本市共同研究体	○	○	○
○	○			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事業	神鋼環境ソリューション・日本下水道事業団・富士市共同研究体	○	○	
○	○			小規模下水処理場を対象とした低コスト・省エネルギー型高濃度メタン発酵技術に関する実証事業※	大原鉄工所・西原環境・NJS・長岡技術科学大学・北海道大学・長岡市共同研究体	○	○	○
○				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実証事業	メタウォーター・日本下水道事業団・町田市　共同研究体	○	○	

※1万m³/日以下技術からの再掲

下水熱技術や現在事業中等の技術

省エネ	創エネ再エネ	農業利用・再生水	N_2O対策	実施事業名称	委託研究実施者	5万m^3以上	1万m^3以上5万m^3以下	1万m^3以下
	○			管路内設置型熱回収技術を用いた下水熱利用技術実証事業	大阪市・積水化学・東亜グラウト　共同研究体			
○				特殊繊維担体を用いた余剰汚泥削減型水処理技術実証事業	（株）ＩＨＩ環境エンジニアリング、帝人（株）、日本下水道事業団、辰野町　共同研究体			
	○			小口径管路からの下水熱を利用した融雪技術の実用化に関する実証事業	東亜グラウト工業・丸山工務所・十日町市共同研究体			
	○			ヒートポンプレスで低LCCと高COPを実現する下水熱融雪システムに関する研究	興和・積水化学工業・新潟市共同研究体			
○	○			中小規模処理場同士の広域化に資する低コスト汚泥減量化技術の実証事業	月島機械㈱・日鉄セメント㈱・高砂熱学工業㈱・室蘭工業大学・室蘭市水道部共同研究体	R2採択技術　事業中		
○				ＡＩを活用した下水処理場運転操作の先進的支援技術に関する実証事業	明電舎・ＮＪＳ・広島市・船橋市共同研究体	R3採択技術　事業中		
○	○			最初沈殿池におけるエネルギー回収技術		R4技術案		
○				深槽曝気システムにおける省エネ型改築技術		R4技術案		

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料

1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

⑦その他　下水道における地球温暖化対策マニュアル（平成28年3月環境省・国土交通省）
「表 5-1 下水道部門における温室効果ガスの排出の抑制等に資する設備の選択・使用方法」 を記載。

対策技術 実施率：★★★：80%以上　★★：40 パーセント以上 80%未満　★：30 パーセント以上 50 パーセント未満	実施率	解説
c 最終沈殿池設備		
・汚泥輸送ポンプにおける台数制御システム・インバーター等による回転数制御システムの導入	★★	
・樹脂製等軽量チェーンの導入	★	
・高効率ポンプ・エネルギー消費効率の高い電動機の導入		
・ポンプの台数及び設備容量の適正化その他の必要な措置	★★	
d 高度処理設備		
・水中撹拌機のインバーター等による回転数制御システムの導入	★	
・高効率反応タンク撹拌機の導入		⑦
・硝化液循環ポンプにおける流量制御システム・台数制御システム・回転数制御システムの導入，エアリフトポンプの導入	★★	⑨
・汚泥輸送ポンプにおける台数制御システム・インバーター等による回転数制御システムの導入	★★	
・アナモックス反応による高効率窒素除去技術の導入		⑩
・高度センサー制御システムの導入その他の必要な措置		⑤
ウ 汚泥処理工程における設備		
a 汚泥輸送設備		
・汚泥輸送ポンプにおける台数制御システム・インバーター等による回転数制御システムの導入	★	
・高効率ポンプ・エネルギー消費効率の高い電動機の導入		
・ポンプの台数及び設備容量の適正化その他の必要な措置	★★	
b 汚泥濃縮設備		
・固形物回収率の向上のための機械濃縮の導入	★	⑫
・汚泥性状を踏まえたエネルギー消費効率の高い機械濃縮機の導入による濃縮動力の低減その他の必要な措置		⑪
c 汚泥消化設備		
・汚泥消化タンクの断熱強化		

・機械撹拌式の導入による汚泥消化タンク撹拌機の動力低減		⑬
・蒸気・温水配管等の加温設備の断熱強化		
・加温ボイラー・温水ヒーターにおける自動制御システムの導入その他の必要な措置	★	
d 汚泥脱水設備		
・後続プロセスを踏まえた低含水率脱水設備の導入	★★	⑭
・処理工程における機種特性を勘案した機械脱水装置の導入による動力低減	★★	⑮
・固形物回収率の高い汚泥脱水設備の導入による返流水中の固形物分の低減その他の必要な措置		
エ 汚泥焼却工程における設備		
・汚泥焼却設備における脱水汚泥発生量に応じた汚泥焼却炉の規模の適正化	★★	
・燃焼用空気予熱・汚泥予備乾燥等のための熱回収設備の導入		
・汚泥廃熱を白煙防止空気加熱に活用するための設備の導入又は周辺環境を考慮した白煙防止装置の廃止		
・汚泥焼却炉の断熱強化	★	
・流動焼却炉の熱媒体の漏えいの防止	★	
・汚泥の発熱量・含水率に合わせた燃焼用空気量の調整・温度管理のための自動制御システムの導入	★★	⑯
・流動ブロワ・誘引ファンにおける回転数制御システムの導入	★★	
・汚泥サイロへの汚泥搬送の動力低減,	★★	
・低動力型流動ブロワ等導入による動力低減	★★	
・電動機のインバーター等による回転数制御システムの導入		
・燃焼温度の高温化		
・一酸化二窒素の排出量が少ない焼却炉への更新その他の必要な措置		⑰
オ 総合管理のための設備		
・監視制御システムにおけるエネルギー管理システムの導入		
・省エネ型の監視制御設備の導入その他の必要な措置		
カ 未利用エネルギーの活用（資源化設備）		
a 下水熱利用設備		
・下水の温度差エネルギーの利用とその他の必要な措置		⑱
b 消化ガス有効利用設備		
・消化ガス発電システムの導入	★	⑲
・下水汚泥及び生ごみ等地域のバイオマスとの混合消化による消化ガスの増量		⑳
・消化ガスの焼却炉補助燃料への利用,		
・消化ガスの空調設備熱源への利用		
・燃料電池用燃料製造・都市ガス精製等その他の消化ガス有効利用設備の導入その他の必要な措置		

25

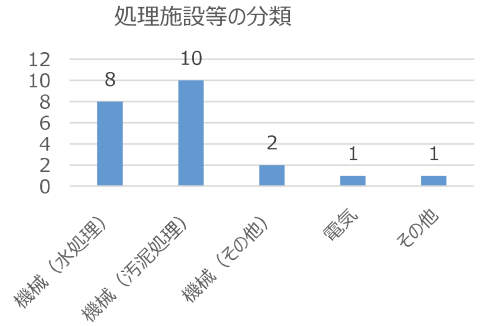
c 下水汚泥固形燃料化設備		
・下水汚泥固形燃料化設備の導入その他の必要な措置		㉔
d 焼却炉廃熱有効利用設備		
・焼却炉廃熱を活用した蒸気タービン発電機		㉒
・バイナリー発電機の導入		㉓
・焼却炉廃熱の利用による消化タンク加温・温水供給		
・焼却炉廃熱の空調設備熱源への利用その他の必要な措置		
e 水圧の有効利用設備		
・水落差エネルギー活用設備の導入その他の必要な措置		㉑
キ アからカまでに掲げる設備以外のもの		
アからカまでに掲げる措置のうち適用可能な措置		
② 温室効果ガスの排出の抑制等に資する使用方法		
ア 前処理・揚水工程における設備		
・沈砂池設備・主ポンプ設備における計時装置（タイマー）の使用・水位差検出・主ポンプ連動等によるスクリーン設備の間欠運転	★★★	
・揚砂設備の間欠運転	★★	
・流入水量に応じた池数制御	★	
・管渠・調整池を利用した主ポンプ揚水量の平準化その他の必要な措置	★	
イ 水処理工程における設備		
a 最初沈殿池設備		
・流入水量に応じた池数制御	★	
・計時装置（タイマー）の使用・汚泥界面の計測等による掻寄機の間欠運転		
・計時装置（タイマー）の使用・濃度の計測・プリセット量の設定等による汚泥引き抜きポンプの間欠運転	★★	
・スカム除去設備におけるスカム捕捉効率の向上による返流水量・稼働時間の低減その他の必要な措置	★	
b 反応タンク設備		
・散気装置の目詰まり防止対策による圧力損失の低減及び酸素溶解効率の回復	★	
・水中撹拌機・ばっ気機の間欠運転	★	
・間欠散水等による消泡水量の適正化その他の必要な措置		
c 最終沈殿池設備		
・計時装置（タイマー）の使用・汚泥界面の計測等による掻寄機の間欠運転		
・計時装置（タイマー）の使用・濃度の計測・プリセット量の設定等による余剰汚泥ポンプの間欠運転	★★★	

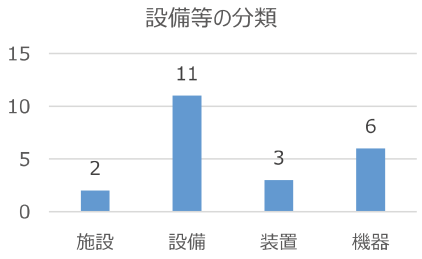
26

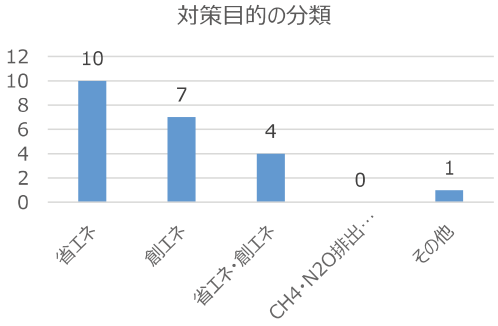
	・スカム除去設備におけるスカム捕捉効率の向上による返流水量・稼働時間の低減その他の必要な措置	★	
d 高度処理設備			
	・水中撹拌機の間欠運転	★	
	・洗浄設備の動力低減のための砂ろ過装置・生物膜ろ過装置の洗浄時間管理その他の必要な措置	★	
ウ 汚泥処理工程における設備			
a 汚泥消化設備			
	・汚泥消化タンクに投入する汚泥濃度の適切な管理	★★	
	・汚泥の温度の適切な管理	★★	
	・利用価値のある蒸気・温水の有効利用その他の必要な措置	★	
b 汚泥脱水設備			
	・汚泥脱水機に供給する汚泥濃度の適切な管理	★★	
	・搬送装置を含む脱水機系列の制御	★	
	・洗浄水量の低減その他の必要な措置	★	
エ 汚泥焼却工程における設備			
	・汚泥焼却設備における焼却炉の適正負荷率での運転	★★	
	・焼却炉に投入する汚泥性状の調整による補助燃料の低減・自燃時間の拡大	★★	
	・白煙防止装置の廃熱利用等による効率的運用又は停止	★	
	・排ガス処理水量の低減その他の必要措置		
オ 総合管理のための設備			
a 水処理運転システム			
	・処理水質とエネルギー消費量を適正に管理した効率的な水処理施設の運転その他必要な措置	★	
b 汚泥処理運転システム			
	・排出汚泥性状とエネルギー消費量を適正に管理した効率的な汚泥処理施設の運転その他必要な措置		
カ その他の主要エネルギー消費設備（その他設備）			
	・脱臭設備における脱臭空気量の低減のための臭気発生源の拡散防止・発生臭気の漏えい防止・発生臭気と一般換気との分離	★	
	・季節・時間帯等に応じたファンの間欠運転その他の必要な措置	★	
キ アからカまでに掲げる設備以外のもの			
	アからカまでに掲げる装置のうち適用可能な措置		

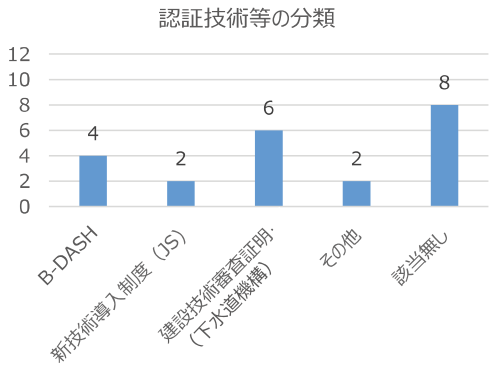
6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
2．　（一社）日本下水道施設業協会へのアンケート

（一社）日本下水道施設業協会へのアンケート結果（2030年目標達成関連）
○会員企業に対してアンケートを実施。13社から回答が得られた。
（設問1）現在各社で有する各温室効果ガス削減対策技術について計22技術の回答が得られた（複数回答あり）。









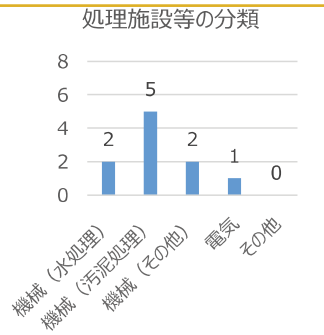
分類	技術名称	効果（アンケート記載内容の転記）
省エネ	スマートMBR SCRUM	MBRシステムの消費電力試算値0.22kWh/m³ （GHG発生量はN₂Oガスの発生量抑制の効果により従来高度処理法以下を想定）
	タービンアシスト省電力汚泥焼却システム	流動ブロワの消費電力を90%以上削減、焼却設備全体の消費電力を30%以上(自社従来比)削減。
	単槽型硝化脱窒プロセスのICT・AI制御による高度処理技術（B-DASH）	建設費を抑制（最適な好気・無酸素ゾーン形成による槽容量縮小）、省エネの実現（撹拌機不要、循環ポンプ不要、送風電力減）、維持管理者の負担軽減（季節変動等へ対応する自動運転）
	空気浮上式高速ターボブロワ	鋼板製多段ターボブロワと比較し、21,000m³/日の処理場規模で一定風量で運転した場合、年間48 t のCO₂が削減。
	エネルギー自立型焼却システム※	0.214kg-N₂O/wet-t（エネルギー使用としてのCO₂排出量ゼロ（炉の立上げ、立下げ工程時は除く））
	メンブレンパイプ式超微細気泡散気装置※	K市との共同研究で40%の空気量削減を達成した。
	低圧損型超微細気泡散気装置※	ブロワ動力50%削減
	低動力型ジェットポンプ式揚砂機	加圧水量が従来技術と同等で従来技術と比べて動力削減率が、吸込口径100Aの場合は３９%以上、吸込口径80Aの場合は２６%以上の低動力化を達成した。
	下水汚泥由来繊維利活用システム	流入下水量200,000t/日の下水処理場において4,682t-CO₂/年の削減効果
	NH₄-N/DO制御※	CO₂削減率：DO一定制御(DO目標値：2mg/L)比約8.5%、送風量一定制御比約23.0%(試算条件(日最大処理量50,000m³の下水処理場)に基づく試算結果)
	ドラフトチューブサーキュレータ（DTC400）（槽上駆動型高効率撹拌装置）※	従来型（水中撹拌機）と比較して年間消費電力量80～90%削減
創エネ	垂直二軸型マイクロ水力発電装置	例）落差1.0m・流量0.5m³/秒（43,200m3/日）で、1.5kW×24時間×360日＝12,960kWh発電 東京電力のCO₂排出係数で算出すると、12,960kWh×0.434kg-CO₂/kWh=5,620kg/年の削減効果となる。
	バイオガスコージェネレーションシステム※	発電効率：最大37%、総合効率：最大85%。
	混合消化（バイオマス受入消化ガス発生促進）	廃棄物のエネルギー化、消化ガス増量による創エネ機能の増強。
	消化ガス発電※	消化ガスエネルギーの30%程度を電気利用、40%程度を熱源利用可能。
	小水力発電＿サイホン式立軸水車	年間CO₂削減量（例）発電出力10kWで、CO₂排出係数を0.00047t-CO₂/kwhと仮定した場合 10kW×24時間×365日×0.00047t-CO₂/kwh≒約40t-CO₂/年の削減効果
	汚泥熱分解燃料化システム※	脱水汚泥100tあたりおおよそ6t以上の下水汚泥固形燃料を製造。総発熱量は15MJ/kg以上（JIS Z 7312:2014準拠）。 → 脱水汚泥1kgあたり0.9MJ以上のカーボンニュートラルな石炭代替燃料を製造している。
	小型・高効率消化ガス発電機※	バイオガス発電のため、0.0005122t-CO₂/kWh（東北電力CO₂基礎排出係数）。
省エネ・創エネ	脱水・燃焼・発電を全体最適化した革新的下水汚泥エネルギー転換システム（B-DASH）	①省エネ：低含水脱水技術＋低空気比省エネ燃焼技術組み合わせによる最適運転制御 ②創エネ：高効率廃熱発電技術（バイナリー発電） ③燃料使用量０（ゼロ） ④電力消費量、発電量は、設備規模や汚泥性状による。 ⑤N₂O排出量低減（燃焼温度による）
	過給式流動炉	動力40～50%削減 N₂O 50%削減
	小規模下水処理場を対象とした低コスト・省エネルギー型高濃度メタン発酵技術実証研究（B-DASH）	投入VSあたりのバイオガス発生率0.3～0.4Nm³/kg-投入VS
CH₄・N₂O排出対策	-	-
その他	腐植質脱臭剤	粒状活性炭：3.069 t -CO₂/t（厚労省資料）及び腐植質脱臭剤：1.183t-CO₂/t（当社試算値）→60%CO₂削減

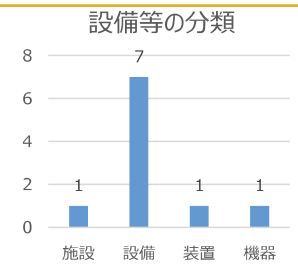
※本技術については関連した試算等を実施。その他技術についても今後試算等の活用を検討。

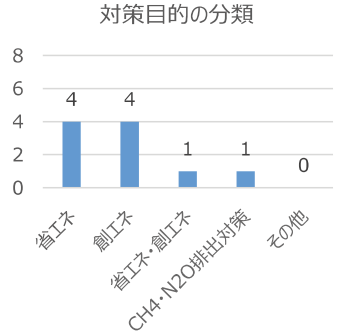
6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料

2．（一社）日本下水道施設業協会へのアンケート

（設問2）下水道事業への導入実績が無い技術のうち、概ね完成している・多少の改善を加える等で2030年度までの間に下水道事業への導入が可能と考えられる各社の技術について計10技術の回答が得られた（複数回答あり）。



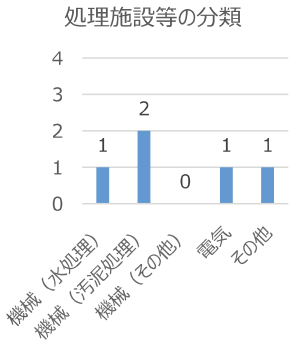


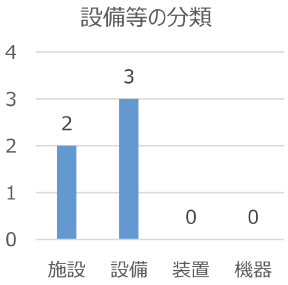


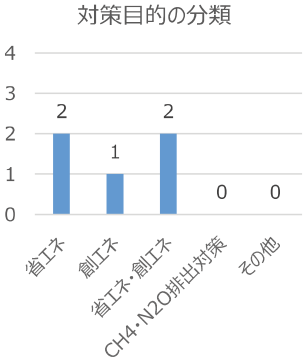
省エネ	災害停電時マンホールポンプ起動支援システム
	触媒添着式ハニカム型脱臭フィルター
	細径PVDF中空糸膜を用いた省エネルギー型MBRシステム
	好気容積比制御
創エネ	汚泥発酵乾燥Bio-drying
	創エネルギー型焼却システム
	セミドライメタン発酵装置（高効率ガス回収型汚泥消化装置）
	消化汚泥可溶化装置
省エネ・創エネ	マイクロ風力発電機＋蓄電池
CH₄・N₂O排出対策	燃焼温度900度以上焼却炉
その他	–

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
2．　（一社）日本下水道施設業協会へのアンケート

（設問3）実規模での導入実績がなく、B-DASHプロジェクト（実規模、FS）で実証していきたいと各社が考えている技術について計5技術の回答が得られた（複数回答あり）　。







省エネ	能力増強型水処理システム
	極値探索制御技術
創エネ	汚泥発酵乾燥Bio-drying
省エネ・創エネ	既設躯体を活用した汚泥消化設備
	ディスポーザーポストを用いた家庭有機物回収システム
CH_4・N_2O 排出対策	–
その他	–

国土交通省 国土技術政策総合研究所

7．2050年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に関する参考資料

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　①下水道技術ビジョン

- 下水道技術ビジョンは「新下水道ビジョン」（H26.7）で示された長期ビジョンや中期目標を達成するために、今後開発すべき技術等について、下水道技術ビジョン検討委員会（委員長：東京大学花木教授）の審議を経てH27.12に策定
- 下水道施設の老朽化対策、近年頻発する集中豪雨などに対応した浸水対策、下水道資源の有効利用の推進など、下水道の今後の重要な課題を解決するため、１１の技術開発分野についてロードマップを作成し、課題、目標、技術開発項目について整理
- 国土技術政策総合研究所の設置する「下水道技術開発会議」においてフォローアップ。

１１の技術開発分野

①持続可能な下水道システム-1　（再構築）
②持続可能な下水道システム-2　（健全化、老朽化対策、スマートオペレーション）
③ 地震・津波対策
④ 雨水管理（浸水対策）
⑤ 雨水管理（雨水利用、不明水対策等）
⑥ 流域圏管理
⑦ リスク管理
⑧ 再生水利用
⑨ 地域バイオマス活用
⑩ 創エネ・再生可能エネルギー
⑪ 低炭素型下水道システム
※赤字箇所以外でも地球温暖化対策関連事項あり。

○下水道技術ビジョンに掲げるロードマップの進捗状況について下水道技術開発会議において文献調査を実施。

○文献調査は平成28年から令和元年度までの下水道研究発表会講演集や下水道協会誌、土木学会年次講演集、水環境学会誌等の論文等を参照。

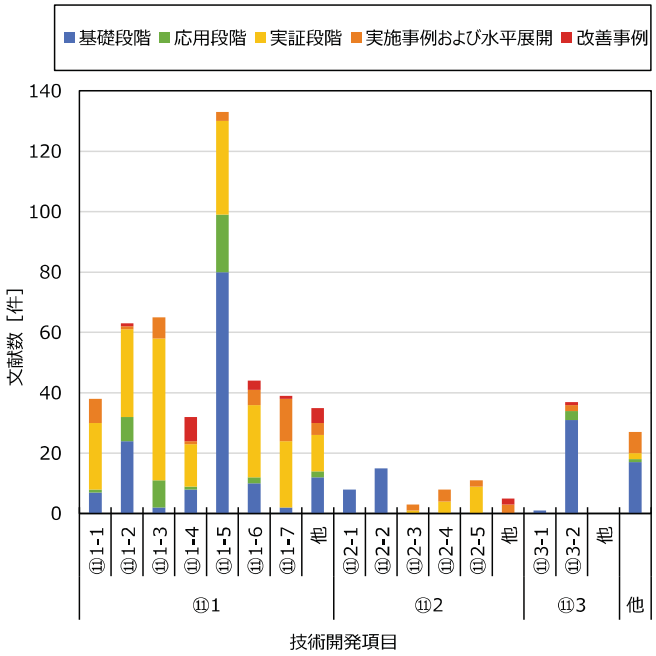
○技術開発レポート２０１９おいてとりまとめた結果について次ページ以降紹介。

国土交通省 国土技術政策総合研究所

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　①下水道技術ビジョン

○「⑪1-5活性汚泥法代替の曝気を行わない省エネ型水処理技術」等が多い。
○「⑪2-1標準活性汚泥法等におけるN_2O排出抑制を低コスト・省エネルギーで実現」等の水処理・汚泥処理に伴い発生するN_2O排出抑制技術が少ない。

⑪低炭素型下水道システム

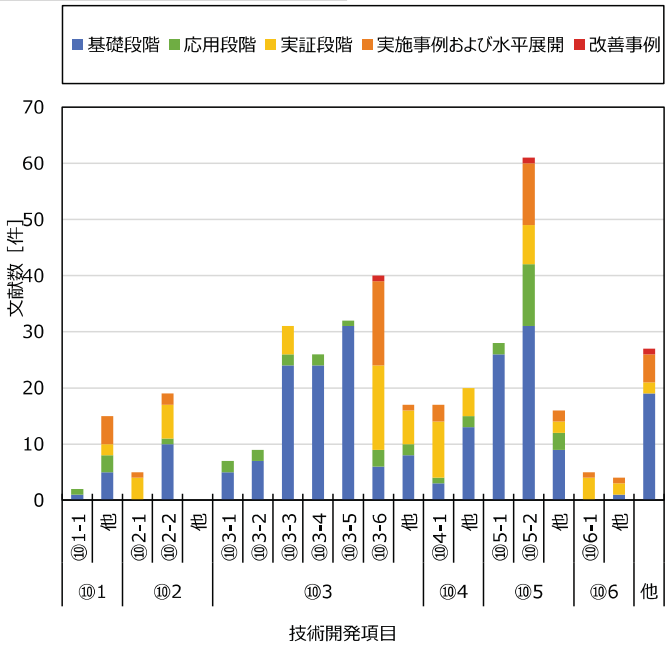


⑪1　下水道で消費するエネルギーの約１割削減に向けた技術開発
　⑪1-1　処理場の省エネ・創エネとあわせたエネルギー消費最小化とエネルギー自立
　⑪1-2　水処理・汚泥処理の全体最適化による省エネ技術（流入有機物の回収による水処理負荷軽減、担体利用技術等）
　⑪1-3　ICT（センサー、CFD等）を活用した省エネ水処理技術。流入水量・水質の変動にあわせた曝気風量の制御や 酸素溶解効率の向上等によるエネルギー最適化
　⑪1-4　送風プロセス（送風機、制御システム、散気装置等）の最適化による省エネ技術
　⑪1-5　活性汚泥法代替の曝気を行わない省エネ型水処理技術（散水ろ床タイプ、嫌気性処理、湿地処理等）
　⑪1-6　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
　⑪1-7　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）
⑪2　下水道から排出される温室効果ガス排出量の約11%削減に向けた技術開発
　⑪2-1　標準活性汚泥法等におけるN_2O排出抑制を低コスト・省エネルギーで実現
　⑪2-2　N_2O発生機構の解明、微生物群衆構造の解析・制御等により、排出抑制する運転技術を実用化
　⑪2-3　高温焼却のコスト増加を抑制し、導入を円滑化する技術
　⑪2-4　N_2O排出量の少ない、より高度な焼却技術(多段吸込燃焼式流動床炉、二段燃焼式循環流動床炉、新型ストーカー炉等)
　⑪2-5　省エネ・創エネと同時にN_2O排出抑制を達成する技術（汚泥の炭化・乾燥による燃料化技術や脱水汚泥の低含水率化と組み合わせた焼却発電技術等）
⑪3　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
　⑪3-1　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
　⑪3-2　省エネ・創エネ・省CO_2性能の合理的な定量化手法・改善技術

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　①下水道技術ビジョン

○「⑩3下水処理技術と下水資源を活用したエネルギー生産技術の開発」や「⑩5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」に関する技術が多い。
○「⑩1　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」や「⑩6　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」に関する技術が少ない。

⑩創エネ・再生可能エネルギー



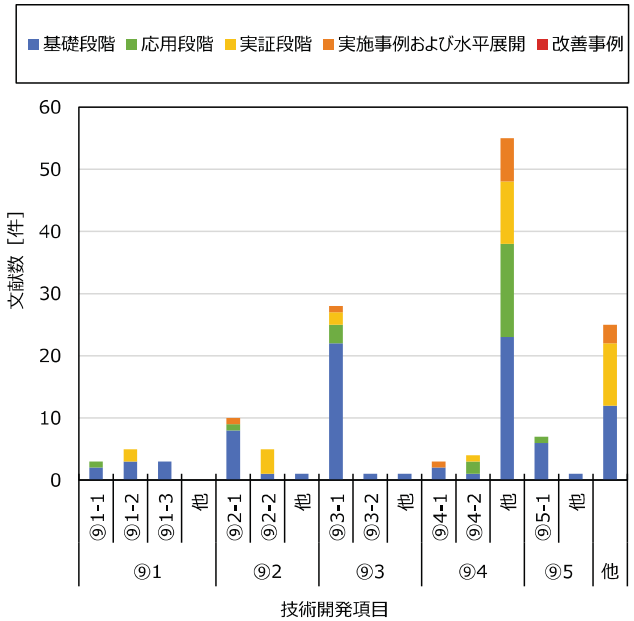
⑩1　様々な再生可能エネルギー利用技術を組み合わせた中小規模処理場向けエネルギー自立化技術の開発
　⑩1-1　中山間地域等の中小規模下水処理場における草木系バイオマスエネルギー利用技術を活用した汚泥処理（乾燥）の導入技術
⑩2　低ＬＣＣ化、エネルギー効率の高効率化による導入促進のため、新しい濃縮脱水システムや新しい嫌気性消化リアクターの開発
　⑩2-1　濃縮工程を省略した新しい脱水処理システム
　⑩2-2　汎用型等新しい嫌気性消化リアクター
⑩3　下水処理技術と下水資源を活用したエネルギー生産技術の開発
　⑩3-1　多様な植物バイオマスからのエネルギー抽出・回収技術
　⑩3-2　下水で培養した微細藻類からのエネルギー生産技術
　⑩3-3　下水処理場での微細藻類由来エネルギー生産量評価技術
　⑩3-4　微生物燃料電池の活用によるエネルギー生産技術
　⑩3-5　膜ろ過・嫌気処理による省エネ・創エネ型水処理技術
　⑩3-6　下水熱の利用技術
⑩4　汚泥直接、汚泥由来バイオガスや硫化水素などからメタン、水素、CO_2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
　⑩4-1　膜処理を用いたバイオガスからの省エネルギー・高効率・簡易CO_2分離技術
⑩5　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
　⑩5-1　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
　⑩5-2　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
⑩6　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
　⑩6-1　ガス発電廃熱を利用した乾燥技術

国土交通省 国土技術政策総合研究所

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　①下水道技術ビジョン

下水道技術ビジョンに掲げるロードマップの進捗状況について
○「⑨3-1　下水汚泥構成元素の分離・リサイクル技術の開発」や「⑨４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」に関連した食と下水道に関する技術が多い。
○その他、全体的に下水道関連の文献が少なかった。

⑨地域バイオマス

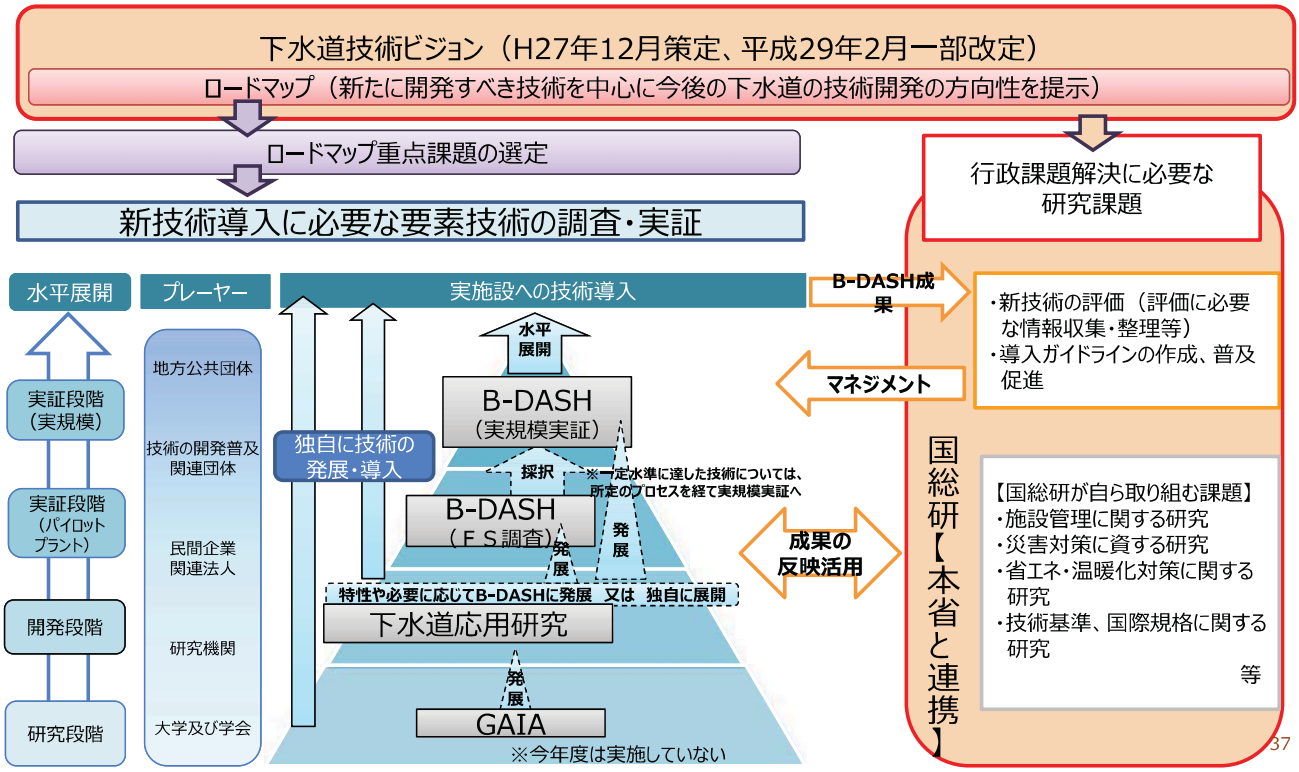


⑨1　地域の間伐材等の未利用資源を活用して脱水効率、消化効率を向上させる技術の開発
　⑨1-1　地域の草木質の脱水助剤への活用技術
　⑨1-2　様々な状態で発生する、剪定枝、除草刈草の受け入れ、前処理、メタン発酵技術
　⑨1-3　竹材等の未利用地域バイオマスを活用した食物生産とその廃材利用を組み合わせたメタン発酵効率化技術
⑨2　下水処理場における多様なバイオマス利用技術を比較するためのＬＣＣ評価及びＬＣＡ評価等に関する技術の開発
　⑨2-1　各種バイオマスのバイオマス有効利用技術のＬＣＣ，ＬＣＡ分析・評価に関する技術
　⑨2-2　バイオマスから製造する製品、資材等の無害化、安全性確保に関する技術
⑨3　下水中の多様な物質の効率的回収に関する技術の開発
　⑨3-1　下水汚泥構成元素の分離・リサイクル技術の開発
　⑨3-2　メタン発酵消化液からのリン回収技術
⑨4　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
　⑨4-1　農林水産利用に適した有用微細藻類の下水培養技術と利用技術
　⑨4-2　処理場内での下水熱、バイオガスからの熱・電気・CO_2を活用したトリジェネレーション技術の開発
⑨5　高品質下水灰の生産・肥料化技術の開発
　⑨5-1　下水灰（下水汚泥燃焼灰）の肥料化・普及を図る技術

7．2050年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に関する参考資料

1．技術開発の動向について　②B-DASHプロジェクト等

・国土交通省が実施する新技術に関する調査・実証事業として、B-DASHプロジェクト等の取組を実施している。



国土交通省 国土技術政策総合研究所

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　②B-DASHプロジェクト等

・2011年よりB-DASHプロジェクトを実施し、３０技術（うち2件は事業中）の脱炭素に資する技術を実証。

採択年度	実施事業名称	委託研究実施者
H23	超高効率固液分離技術を用いたエネルギーマネジメントシステム技術実証事業	メタウォーター・日本下水道事業団　共同研究体
	神戸市東灘処理場　再生可能エネルギー生産・革新的技術実証事業	神鋼環境ソリューション・神戸市　共同研究体
H24	温室効果ガスを排出しない次世代型下水汚泥固形燃料化技術実証事業	長崎市・長崎総合科学大学・三菱長崎機工　共同研究体
	廃熱利用型　低コスト下水汚泥固形燃料化技術実証事業	JFEエンジニアリング
	管路内設置型熱回収技術を用いた下水熱利用技術実証事業	大阪市・積水化学・東亜グラウト　共同研究体
	固定床型アナモックスプロセスによる高効率窒素除去技術実証事業	熊本市・日本下水道事業団・（株）タクマ　共同研究体
	神戸市東灘処理場　栄養塩除去と資源再生（リン）　革新的技術実証事業	水ing・神戸市・三菱商事アグリサービス　共同研究体
H25	脱水・燃焼・発電を全体最適化した革新的下水汚泥エネルギー転換システムの実証事業	メタウォーター・池田市　共同研究体
	下水道バイオマスからの電力創造システム実証事業	和歌山市・日本下水道事業団・京都大学・（株）西原環境・（株）タクマ　共同研究体
H26	水素リーダー都市プロジェクト～下水バイオガス原料による水素創エネ技術の実証～	三菱化工機（株）・福岡市・九州大学・豊田通商（株）　共同研究体
	無曝気循環式水処理技術実証事業	メタウォーター（株）・高知市・高知大学・日本下水道事業団　共同研究体
	高効率固液分離技術と二点DO制御技術を用いた省エネ型水処理技術の技術実証事業	前澤工業(株)・（株）石垣・日本下水道事業団・埼玉県　共同研究体
	ICTを活用した効率的な硝化運転制御の実用化に関する技術実証事業	（株）日立製作所・茨城県　共同研究体
	ICTを活用したプロセス制御とリモート診断による効率的水処理運転管理技術実証事業	（株）東芝・日本下水道事業団・福岡県・（公財）福岡県下水道管理センター　共同研究体

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　②B-DASHプロジェクト等

採択年度	実施事業名称	委託研究実施者
H27	複数の下水処理場からバイオガスを効率的に集約・活用する技術	JNCエンジニアリング(株)・吸着技術工業(株)・(株)九電工・シンコー(株)・山鹿都市ガス(株)・熊本県立大学・山鹿市・大津町・益城町
	バイオガス中のCO_2分離・回収と微細藻類培養への利用技術実証事業	(株)東芝・(株)ユーグレナ・日環特殊(株)・(株)日水コン・日本下水道事業団・佐賀市
	下水処理水の再生処理システムに関する実証事業	（株）西原環境・（株）東京設計事務所・京都大学・糸満市　共同研究体
H28	脱水乾燥システムによる下水汚泥の肥料化、燃料化技術実証事業	月島機械（株）、サンエコサーマル（株）、日本下水道事業団、鹿沼市農業公社、鹿沼市　共同研究体
	自己熱再生型ヒートポンプ式高効率下水汚泥乾燥技術実証事業	（株）大川原製作所、関西電力（株）、秦野市　共同研究体
	ＤＨＳシステムを用いた水量変動追従型水処理技術実証事業	三機工業（株）、東北大学、香川高等専門学校、高知工業高等専門学校、日本下水道事業団、須崎市　共同研究体
H29	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の実用化に関する実証事業	三菱化工機（株）・国立大学法人九州大学・日本下水道事業団・唐津市共同研究体
	温室効果ガス削減を考慮した発電型汚泥焼却技術の実用化に関する実証事業	JFEエンジニアリング（株）・日本下水道事業団・川崎市共同研究体
	最終沈殿池の処理能力向上技術実証事業	メタウォーター(株)・日本下水道事業団・松本市共同研究体
H30	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事業	神鋼環境ソリューション・日本下水道事業団・富士市共同研究体
	小規模下水処理場を対象とした低コスト・省エネルギー型高濃度メタン発酵技術に関する実証事業	大原鉄工所・西原環境・NJS・長岡技術科学大学・北海道大学・長岡市共同研究体
H30	小口径管路からの下水熱を利用した融雪技術の実用化に関する実証事業	東亜グラウト工業・丸山工務所・十日町市共同研究体
H30	ヒートポンプレスで低LCCと高COPを実現する下水熱融雪システムに関する研究	興和・積水化学工業・新潟市共同研究体
H31	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実証事業	メタウォーター・日本下水道事業団・町田市　共同研究体
事業中 R2	中小規模処理場同士の広域化に資する低コスト汚泥減量化技術の実証事業	月島機械㈱・日鉄セメント㈱・高砂熱学工業㈱・室蘭工業大学・室蘭市水道部共同研究体
事業中 R3	ＡＩを活用した下水処理場運転操作の先進的支援技術に関する実証事業	明電舎・ＮＪＳ・広島市・船橋市共同研究体
R4 案	最初沈殿池におけるエネルギー回収技術	
	深槽曝気システムにおける省エネ型改築技術	

国土交通省 国土技術政策総合研究所

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　②B-DASHプロジェクト等

・B-DASHプロジェクト（FS調査）では、９技術の脱炭素に資する技術の調査を実施。

採択年度	実施事業名称	委託研究実施者
H28	下水汚泥の熱分解高純度水素製造プロセス技術研究開発に関する調査事業	（株）オストランド、（株）アイピーエル、成蹊大学、産業技術総合研究所　共同研究体
	下水処理水と海水の塩分濃度差を利用した水素製造システムの実用化に関する調査事業	山口大学、（株）正興電機製作所、日本下水道事業団　共同研究体
	下水汚泥から水素を直接製造する技術に関する調査事業	東北大学、カーボンフリーネットワーク（株）、（株）大和三光製作所、弘前市　共同研究体
	下水処理水を利用した水素発電による下水道維持管理コスト低減に関する調査事業	清水建設（株）、積水化学工業（株）、（株）パワーユナイテッド、大阪狭山市、軽井沢町、小林市　共同研究体
	中小規模下水処理場を対象とした高濃度メタン発酵技術に関する予備調査 ※実規模実証でも実施	(株)西原環境、(株)大原鉄工所、北海道大学、浜中町共同研究体
H29	稲わらと下水汚泥の高濃度混合高温消化と炭化を核とした地域内循環システムに関する調査事業	金沢大学・公立鳥取環境大学・明和工業・バイオガスラボ共同研究体体
	アナモックス細菌を用いた省エネルギー型下水高度処理技術の実用化に関する調査事業	株式会社明電舎・神戸市共同研究体
	高圧ジェット装置を導入した高度処理における余剰汚泥の減容化	東京農工大学・（株）石垣・土木研究所共同研究体
H31	汚泥の高付加価値化と省エネ・創エネを組み合わせた事業採算性の高い炭化システム	大同特殊鋼・中央大学・気仙沼市共同研究体

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　②B-DASHプロジェクト等

・応用研究では10技術の脱炭素に資する技術の調査を実施。

採択年度	研究テーマ名	共同研究体
H29	炭化・温水抽出による新たなリン回収技術の開発に関する研究	三佳・ケントム・日水コン・滋賀県
	きのこ生産を核とした下水道資源のカスケード利用システムの構築	鹿児島工業高等専門学校・日水コン・大成建設・霧島市
H30	処理場に流入する汚水の原単位を精密・省力的に把握して数学的に最適プロセスを設計する技術の開発	オリジナル設計・北九州市立大学・京都大学・ネクスト環境コンサルタント共同研究体
	官民連携による下水資源・エネルギーを活かした植物栽培技術の研究	長岡技術科学大学・土木研究所・東亜グラウト工業・大原鉄工所・クリーンリード共同研究体
H31	新規高性能ガス透過膜と高解像度モニタリング技術を導入した膜曝気型バイオフィルム法による排水処理の省エネ化	三菱ケミカル東京農工大学共同研究体
	FO膜を用いた超省エネ型下水処理システムの開発	造水促進センター・北九州市立大学・長崎大学・水ingエンジニアリング・日本水工設計共同研究体
	下水処理場における硝化阻害物質の高効率探索システムの開発	鹿児島大学・土木研究所・いであ共同研究体
	下水道資源を最大限に活用した飼料用米栽培技術の開発と下水道の新たな役割の創造	山形大学・鶴岡市・日水コン・岩手大学・鶴岡市農業協同組合
R3	微生物燃料電池を用いた発電型水処理技術の開発	日本工営(株)・東洋紡(株)・玉野総合コンサルタント(株)・名古屋工業大学 共同研究体
事業中	サステイナブルな汚泥焼却のための次世代補助燃料の検討	京都大学・土木研究所・月島機械(株)・(株)タクマ 共同研究体

国土交通省 国土技術政策総合研究所

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　②B-DASHプロジェクト等

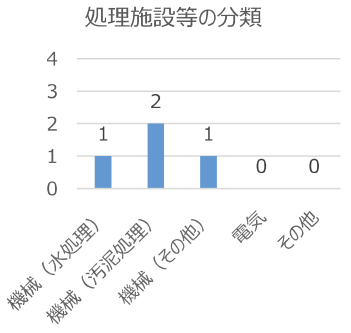
・GAIAでは１８技術の脱炭素に資する技術の調査を実施。

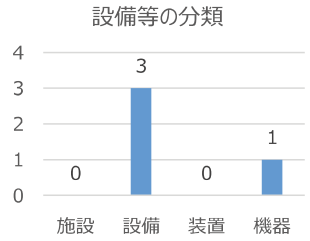
採択年度	研究テーマ名	共同研究体
H26	好塩古細菌を用いたカリウム資源回収の実用化に関する技術開発	北海道大学大学院工学研究院
	下水を利用して培養した微細藻類による漁業飼料生産技術の開発	中央大学理工学部
	下水処理水再利用による飼料用米栽培に関する研究	山形大学農学部
	下水汚泥を用いた高付加価値きのこの生産技術及びその生産過程で発生する廃培地・炭酸ガスの高度利用技術の開発	鹿児島工業高等専門学校
	消化汚泥の肥料利用に関する研究	高知大学教育研究部
	グラフェン-酸化グラフェン還元微生物複合体を用いたバイオマス電力生産技術の下水処理施設への適用検討	日本工営(株)上下水道部
	微生物燃料電池による省エネ型廃水処理のための基盤技術の開発	岐阜大学流域圏科学研究センター
H27	都市域路面排水の低環境負荷型処理による用途別水資源としての利用可能性の検討	京都大学地球環境学堂
	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	長岡技術科学大学環境社会基盤工学専攻
	地域の汚水組成とその長期変化に応じて最適処理プロセスを設計するための技術	北九州市立大学国際環境工学部
	下水処理施設の高品質資源回収・流域リスク低減拠点化を目指したオゾン処理導入技術開発	京都大学大学院工学研究科
H28	FO膜とクロラミン耐性メタン発酵を組合せた低コスト・エネルギー生産型下水処理システムの開発	北九州市立大学国際環境工学部エネルギー循環化学科
	微細藻類を用いた下水中でのアスタキサンチン生産技術の開発	岡山大学環境管理センター
	下水汚泥の有用微生物優占技術と高付加価値農業資材の生産技術の開発	長岡技術科学大学産学融合トップランナー養成センター
H29	下水処理微生物の遺伝子ビッグデータの構築と迅速・簡便な微生物モニタリングシステムの開発	東北大学・産業技術総合研究所GAIA共同研究体
	下水汚泥消化ガスの水蒸気改質反応により高純度水素を製造する膜反応器の開発	学校法人工学院大学
H30	深層学習を活用した流域での人間活動に応じた流入下水負荷変動予測と既往処理システム運転管理の最適化	国立大学法人京都大学・国立大学法人愛媛大学・国立大学法人東京大学共同研究体
	下水汚泥中の有機物を炭素資源としたバイオ燃料製造プロセスの開発	公立大学法人北九州市立大学

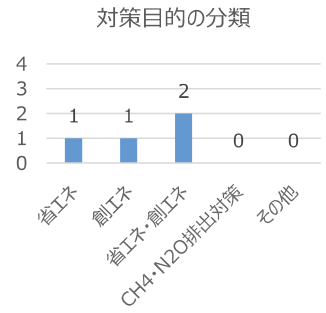
7．2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

1．技術開発の動向について　③　（一社）日本下水道施設業協会アンケート

（一社）日本下水道施設業協会へのアンケート結果（2050カーボンニュートラル関連）
○会員企業に対してアンケートを実施。13社から回答が得られた（再掲）。
（設問4）2050年脱炭素社会への貢献等中長期的に技術開発に取り組んでいく予定のテーマ等及び（設問５）開発期間について計4技術の回答が得られた（複数回答あり）。







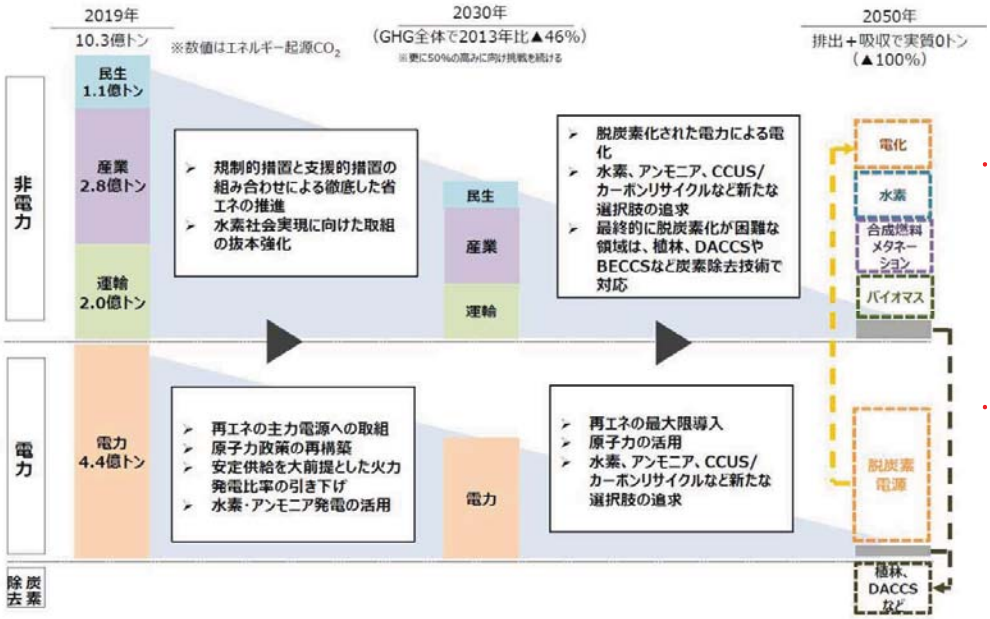
省エネ	FO膜による水処理	10年以内
創エネ	外部バイオマス受け入れ可能な高効率水処理＋高効率消化技術	–
省エネ・創エネ	MBR式メタン発酵システム	10年以内
	メタン発酵技術の改良	5年以内
CH_4・N_2O 排出対策	–	–
その他	–	–

7．2050年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に関する参考資料

1．技術開発の動向について　④他分野との連携

○エネルギー基本計画（令和3年10月閣議決定）
カーボンニュートラル実現に向けた課題と対応のポイントとして次の位置づけあり。
電力部門では再エネ等の活用と水素・アンモニア発電、CCUS/カーボンリサイクルによる火力発電などのイノベーションを追求すること。非電力部門では、電化推進、電化が困難な部門では水素や合成メタンなどの活用。 等

○2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（グリーン成長戦略）（関係省庁 令和3年6月）



・非電力分野において、電化、水素、メタネーション、バイオマスの活用を行うとされている。

・電源のほとんどが脱炭素化されることとなる。

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　④他分野との連携

○2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（グリーン成長戦略）（関係省庁 令和3年6月）

～下水道分野と関連が強い分野～

１．洋上風力・太陽光・地熱
・脱炭素電源として、 次世代型太陽電池の技術開発

２．水素・燃料アンモニア
・水素については2030年300万トン、2050年2,000万トン程度の導入量を目指す。
・アンモニアについては2030年300万トン、2050年3000万トンの燃料等としての国内需要を想定。

３．次世代熱エネルギー
・メタネーションなどによる合成メタンを2050年2500万トン供給を目指す。

８．物流・人流・土木インフラ
・下水道の省エネ化、下水熱利用の促進（2025年までに案件形成に集中的に取り組む。）
・建設施工のカーボンニュートラルの実現

９．食料・農林水産業
・有機農業の取組面積拡大、化学農薬・化学肥料の低減

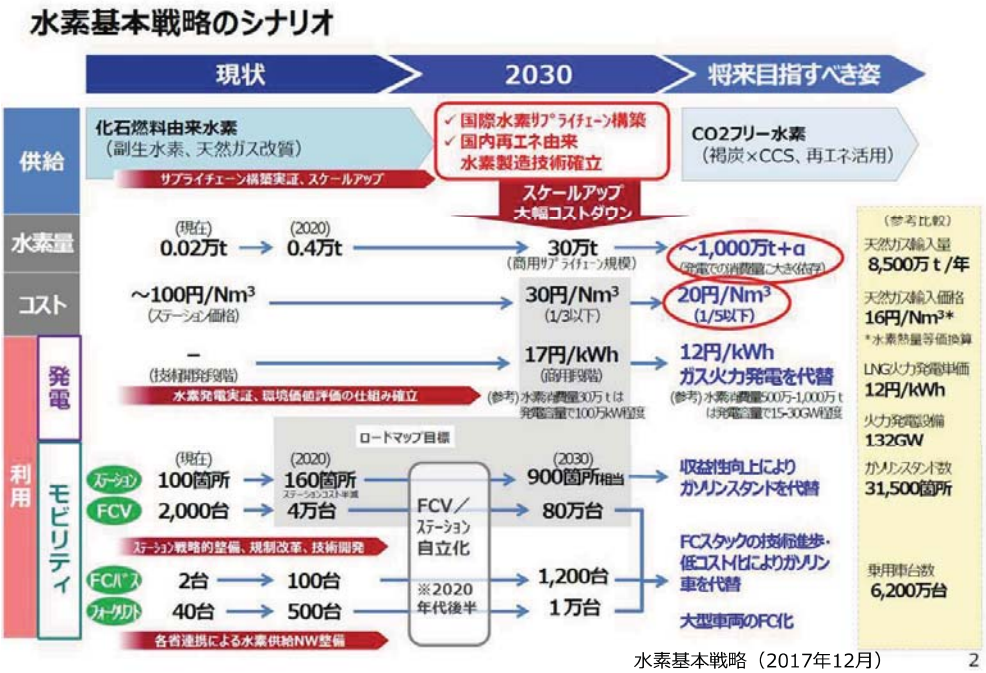
１１．カーボリサイクル・マテリアル
・CO_2吸収型コンクリートの低コスト化を目指す。
・低コストかつ高効率なCO_2分離回収技術の開発。2050年の世界市場10兆円の3割シェアを目指す。

１３．資源循環関連
・下水道バイオマスの活用拡大（ 2025年までに案件形成に集中的に取り組む。）
・有機性廃棄物の一体処理によるコスト低減策の検討を2040年まで実施。
・排熱利用型地域熱供給、オンライン熱輸送の向上など回収したエネルギー利用の高度化・効率化

※他にも、自動車の電動化、微細藻類由来のジェット燃料、分散型エネルギー、次世代グリッド等に関する取組に関する記載あり。

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　④他分野との連携　水素

○グリーン成長戦略において、水素については2050年2,000万トン程度の導入量を目指す。また、カーボンフリー水素の製造コストの削減を図り20円/Nm³を目指す。
○水素基本戦略では、2030年水素ステーション900箇所、FCV80万台等を目指す。さらに将来的にはガス火力発電の代替となることを目指していくなど、需要が大きく増加する見通し。

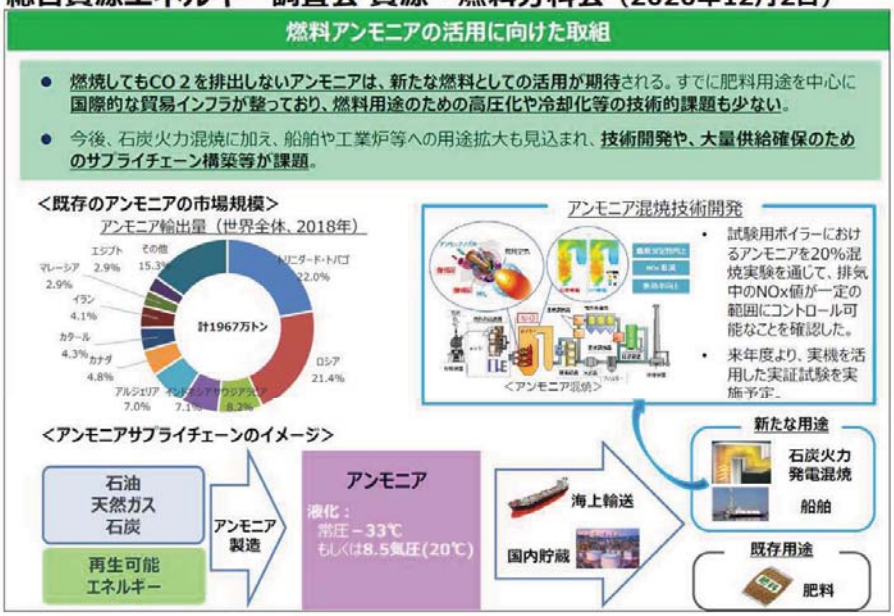


水素基本戦略（2017年12月） 2

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　④他分野との連携　アンモニア

○グリーン成長戦略において、アンモニアについては石炭火力における混焼や専焼のための技術開発を推進。
○今後、石炭火力発電に加えて、船舶や工業炉等への用途拡大も見込まれるため技術開発や大量供給確保のためのサプライチェーン構築が課題。
○2030年300万トン、2050年3000万トンの燃料等としての国内需要を想定。

総合資源エネルギー調査会 資源・燃料分科会（2020年12月2日）



5

総合資源エネルギー調査会資源・燃料分科会（2020年12月2日）

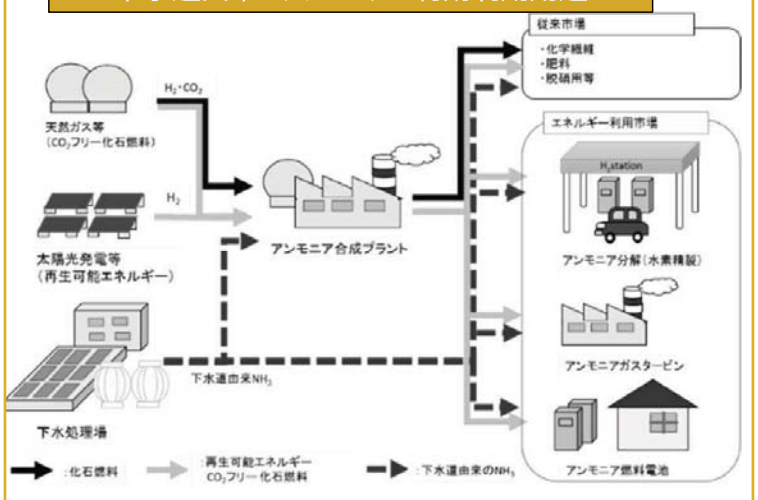
国土交通省 国土技術政策総合研究所

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　④他分野との連携　アンモニア

○アンモニアについては、国総研の研究において全国の処理場で発生する消化汚泥の脱水ろ液からアンモニアストリッピング法で回収した場合のポテンシャルとして約1.2万t-NH_3/年（2015年輸入量20万t/年の約6.3%相当）であることを試算。
○また、近年の研究※では、下水処理場における窒素収支を調査し、汚泥が有する窒素ポテンシャルを約15.2万t-N/年と試算。また汚泥固形中の窒素を亜臨界水処理によるアンモニア化により、エネルギー利用した際のCO_2削減効果約56.1万t-CO_2/年と試算。

※出典：小島啓輔、加藤雄大、隅倉光博、川本徹　下水処理場における窒素由来のエネルギーポテンシャルの試算とその利用に関する考察,下水道協会誌,Vol58,No.708,pp.78-86,2021.

下水道由来のアンモニアの有効利用用途



（アンモニアストリッピング法）
・高濃度のアンモニア性窒素を含む溶液に空気等を吹き込み、NH_4^+とOH^-を反応させNH_3を発生させる手法。高水温・高pHの条件により反応が進む。

$$NH_4^+ + OH^- \rightarrow NH_3 + H_2O$$

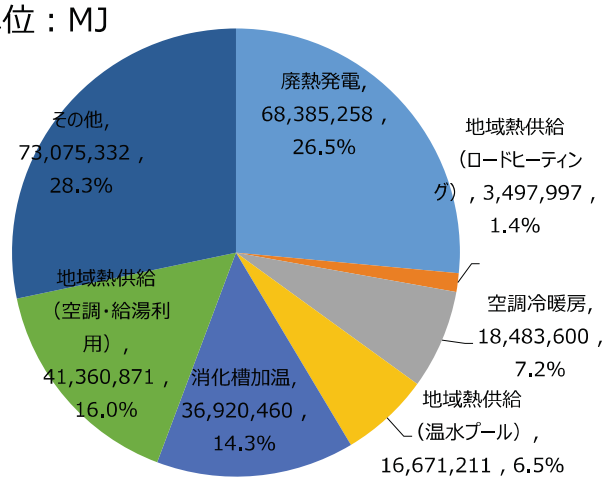
（亜臨界水処理）
・水の気液共存線の臨界点（374 ℃、22.1 MPa）があり、この温度・圧力よりもやや緩和である高温、高圧の水（液体）を亜臨界水という。上記研究※では消化汚泥中の有機物を分界し、窒素成分をアンモニアに変換することを想定している。

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　④他分野との連携　熱利用

○下水道分野における熱利用は、下水熱は32カ所（発熱量約９０TJ）、下水汚泥焼却廃熱利用を実施している施設34カ所（有効利用熱量約3,400TJ）、バイオガス発電のコージェネ廃熱利用等で取り組まれている。
○焼却廃熱は、場内利用だけでは無く、地域の熱供給源としての役割も果たしているケースもある。

下水汚泥焼却廃熱利用状況の内訳

単位：MJ



出典　下水汚泥等の資源有効利用状況に関する調査（令和元年度）より作成

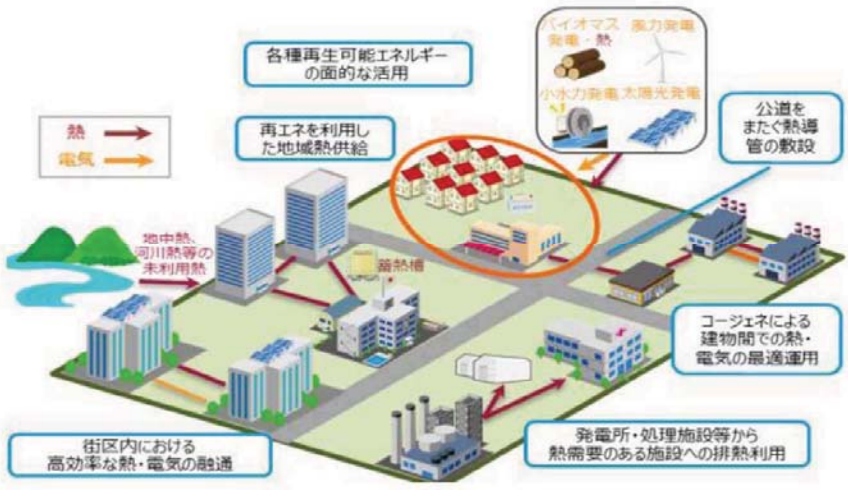
焼却熱の温水プールへの活用
（川崎市入江崎総合スラッジセンター）

焼却熱を六甲アイランド共同住宅地区へ供給
（神戸市東部スラッジセンター）

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　④他分野との連携　熱・バイオガス利用

○グリーン成長戦略において、ガスの脱炭素化とコジェネ導入推進を核として、「ガス事業者が、地方自治体や同業種・他業種と連携し、次世代熱エネルギー供給を主体的に推進。」とされており、下水汚泥由来のメタンガスや処理場で発生した廃熱についても、地域の分散型エネルギーシステムへの一角として連携・導入が期待される。
※東邦ガスは知多市南部浄化センターの余剰バイオガスを都市ガスの原料として活用している事例有り。
○また、グリーン成長戦略において、合成メタンへ転換の上、コジェネの導入推進を目指しており、「2050年までに合成メタン2500万トンを供給」することとしており、ガスの脱炭素化には大きな需要が見込まれる。

分散型エネルギーシステムのイメージ



出典：METI　再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会

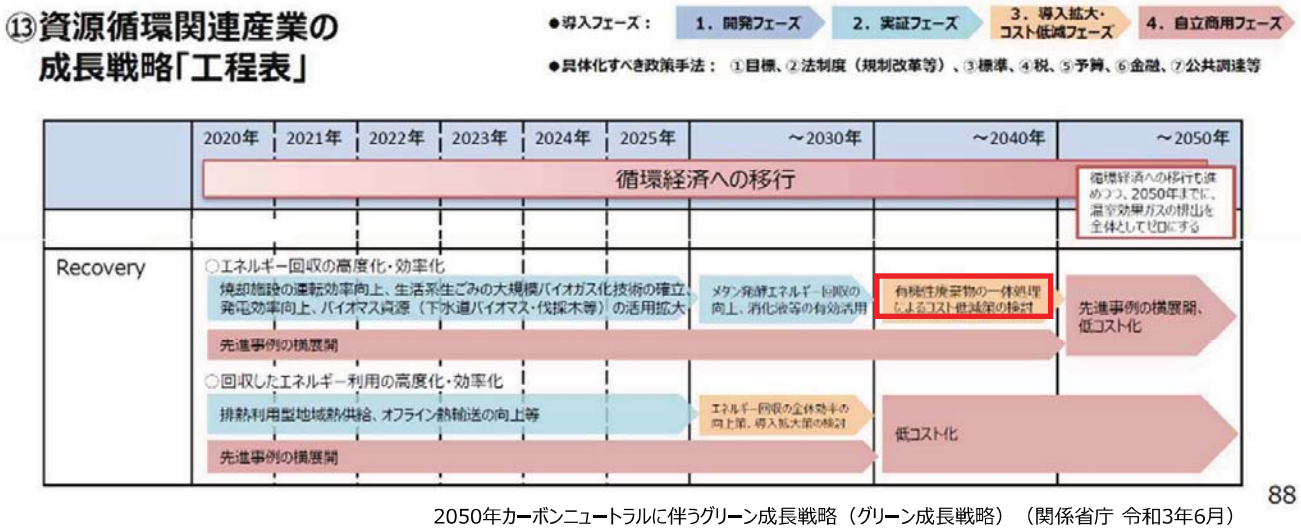
メタネーション技術

・太陽光発電を用いた水分解により精製された水素を活用し、消化におけるメタン発生量の促進等期待。
・また、下水道施設から発生したCO_2を回収し、メタネーション施設での活用も期待。

出典：資源エネルギー庁資料

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　④他分野との連携　地域バイオマス

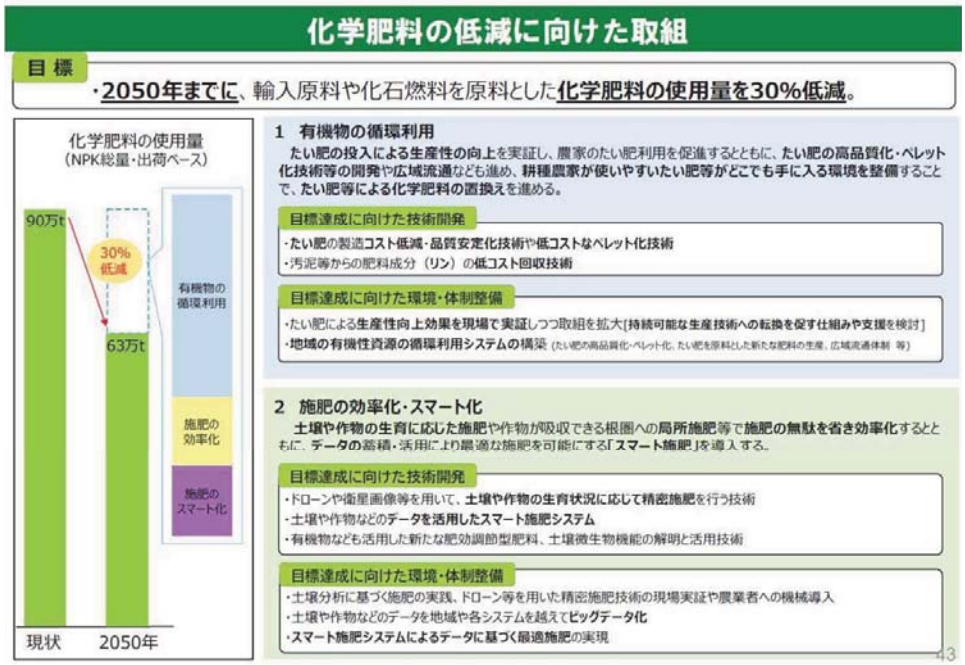
○グリーン成長戦略において、バイオマス資源の拡大やメタン発酵エネルギー回収の向上等について2030年までに取り組むこととされており、その後の2040年まで有機性廃棄物の一体処理によるコスト低減策の検討を実施するとされている。
○生ゴミ等や下水汚泥由来のバイオマスを一体的に処理をすることで効率よくエネルギー回収をする技術が求められている。



2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（グリーン成長戦略）（関係省庁 令和3年6月）

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　④他分野との連携　農業等利用技術

○「みどりの食料システム戦略」において、化学肥料の使用料の30%低減が位置づけられ、その代替として、有機物の循環利用等が位置づけられている。
○技術開発項目として、堆肥の製造コスト低減・品質安定化技術や低コストなペレット化技術、汚泥等からの肥料成分（りん）の低コスト回収技術が位置づけられている。



「みどりの食料システム戦略」本体及び参考資料（令和3年5月12日みどりの食料システム戦略本部決定）より

7．2050年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に関する参考資料

1．技術開発の動向について　④他分野との連携　農業等利用技術

○下水道発食材については「じゅんかん育ち」として処理水や下水汚泥由来肥料等を活用し、米、野菜作り、ノリ等が生産されている。
○汚泥肥料は高温発酵、乾燥、炭化による肥料化が取り組まれH28採択B-DASH（鹿沼市、大川原市）においては乾燥技術による肥料化について実証。
○肥料の栄養素となる汚泥中のリンを回収については、H24採択B-DASH（神戸市）において、消化汚泥から直接リンを回収する技術が実証された。下水道のリンポテンシャルは海外から輸入するリン約１０％に相当。
○効率的に下水・汚泥由来のリン、アンモニア等資源の有効活用を可能とする技術開発が必要。

じゅんかん育ち

リン回収技術（H24採択B-DASH）

7．2050年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に関する参考資料

1．技術開発の動向について　④他分野との連携　ＣＯ₂分離回収利用

○グリーン成長戦略において、低コストかつ高効率なCO₂分離回収技術の開発。2050年の世界市場10兆円の3割シェアを目指すとされている。また、「高効率なCO₂分離回収技術を開発し、コスト低減」を図り2024年から実証事業を行うこととなっている。
○バイオガスや焼却排ガス中のＣＯ₂を分離回収し、場外の農業・工業利用やメタネーションへの活用などカーボンリサイクルが期待される。
○下水道分野においては、バイオガス中のCO₂分離・回収技術（H27採択B-DASH 佐賀市）でPSA法（加圧と減圧を繰り返しCH₄,CO₂を連続的に分離・回収する方法）による実施事例がある。

固体吸収材

分離膜

2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（グリーン成長戦略）（関係省庁 令和3年6月）

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　⑤連携対象となる他分野技術開発事例

○下水道分野の技術開発には他分野の技術開発との連携・活用が必要。

ムーンショット型研究開発

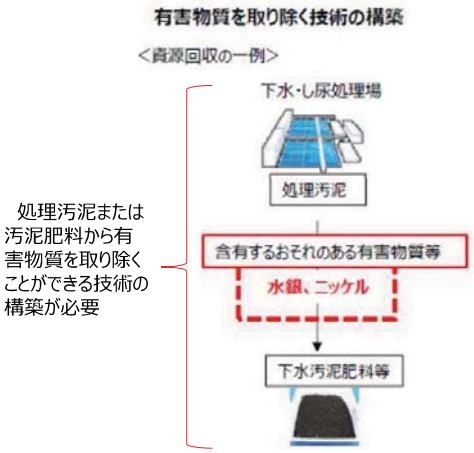
・総合科学技術・イノベーション会議（CSTI）において、日本発の破壊的イノベーションの創出を目指し、挑戦的な研究開発（ムーンショット）を推進するものとして、「ムーンショット型研究開発制度」が創設
・NEDOが取り組む開発として窒素化合物を回収、資源転換、無害化する技術の開発があり、産総研、東京大学が個別プロジェクトに取り組んでいる。
・例えば東京大学ではゼオライトを用いたアンモニア回収技術に関する開発に取り組んでいる（処理水や焼却排ガスからの回収への活用が期待される）。

○NEDOが取り組む目標
ムーンショット目標4
「2050年までに、地球環境再生に向けた持続可能な資源循環を実現」
（2）窒素化合物を回収、資源転換、無害化する技術の開発

研究開発プロジェクト	プロジェクトマネージャー
産業活動由来の希薄な窒素化合物の循環技術創出ープラネタリーバウンダリー問題の解決に向けて	国立研究開発法人産業技術総合研究所 川本　徹
窒素資源循環社会を実現するための希薄反応性窒素の回収・除去技術開発	国立大学法人東京大学 脇原　徹

農業分野における技術開発

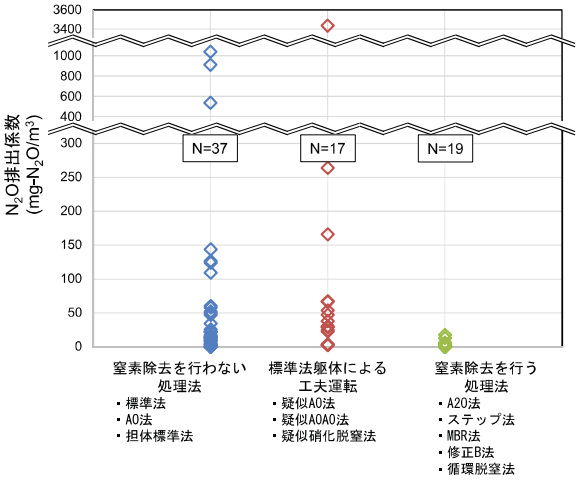
・みどりの食料システム戦略（令和３年５月農林水産省）において２０５０年までに、化学肥料30%低減を目指すこととしている。
・化学肥料の使用量低減に向けた技術開発・普及（2040年頃から）の一例として、処理汚泥中の有害物質を取り除く技術の構築が位置づけられている。

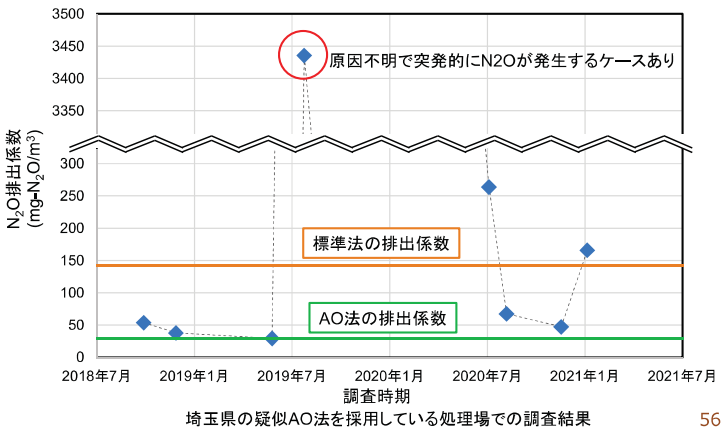


※第３回脱炭素小委員会　農林水産省資料を一部加筆

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　⑥水処理に伴い発生するN₂O対策

○標準法に比較して、高度処理の排出係数が小さいことがわかっているが、標準法の中でも排出量に大きな差が出ている。
○調査時期によって大きく排出量が異なることがある。また、標準法を擬似AOとすることで、一定程度排出量を削減できている可能性がある。
○今後、次の取組を推進することにより、排出係数や抑制対策の検討につなげていく。
・同じ処理法でも排出量が異なる要因や、突発的に発生する要因を微生物解析やリアクターを用いた実験などにより明らかにしていく。
・現行の排出係数が妥当であるかどうか、実態調査行い、データの蓄積を進めていく。



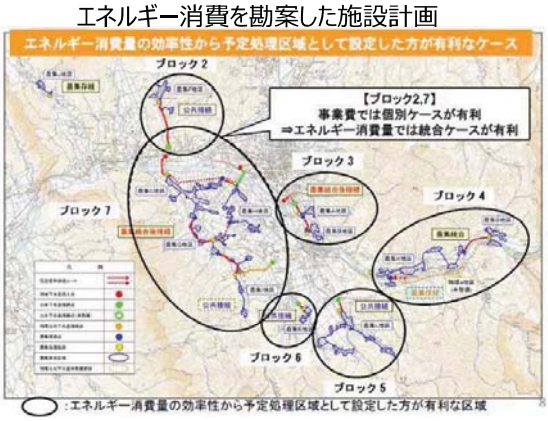


埼玉県の疑似AO法を採用している処理場での調査結果

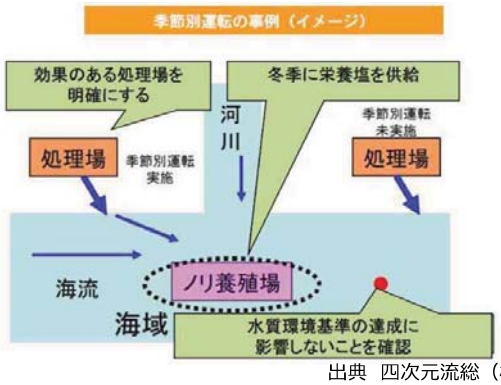
7．2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料
1．技術開発の動向について　⑦エネルギーの観点からみた水処理

○下水処理の処理水質については、下水道法令に基づく計画放流水質や水質汚濁防止法に基づく一律排水基準や環境基準の達成が 困難な地域（東京湾、伊勢湾、瀬戸内海）における総量規制基準等に従い設定される。
○その具体的な配置計画としては下水道法に基づく流域下水道整備総合計画（流総）に、環境基準達成のための処理方式や処理規模等が位置づけることとなっている。
○流総については下水道法施行規則の改正を受け平成27年10月にその指針と解説の改定がなされ次の事項についても考慮できることとなった。
・水質環境基準の目標に加えて、下水道管理者として地域の実情や特性を勘案し、水質環境基準以外の目標（季節別目標水質、エネルギーに関する目標など）を定めること
・発生源別目標負荷量や計画処理水質は、エネルギー消費量も勘案した上で設定
○ 2050年カーボンニュートラルを見据えると、環境基準や経済性だけではなく、社会全体をみた資源有効利用、放流先、エネルギー消費、GHG削減等の観点からの水処理・汚泥処理の仕組みの将来的なあり方やその評価手法についても今後の研究課題となりうる。

エネルギー消費を勘案した施設計画



地先の状況に応じた水処理



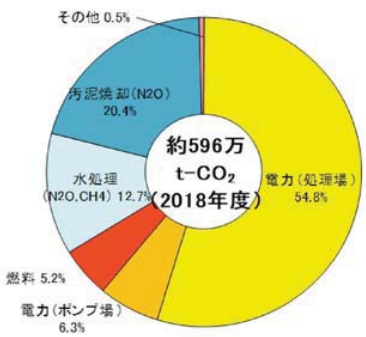
出典　四次元流総（概要）

7．2050年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に関する参考資料
2．技術開発のシナリオと試算　①シナリオ

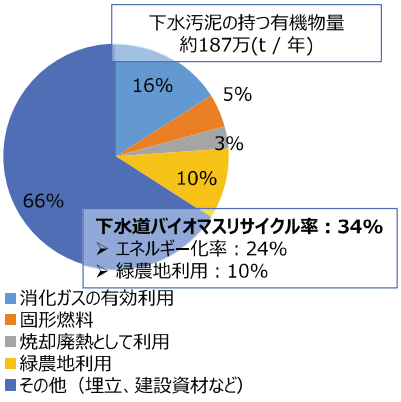
○2018年度時点で下水道からは約600万 t のCO_2が排出されている中で、下水道分野、他分野の技術開発の動向を踏まえ、2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術について、どういった対策・技術分野が導入されれば、どの程度削減に貢献できるのか、感度分析的に次のシナリオを検討し、削減効果の試算を実施。これにより、有為な技術分野を見える化する。

・現行トレンドシナリオ
・ゲームチェンジシナリオ

下水道からの温室効果ガス発生量



下水道分野で創エネ／再エネの取組



	発電量 (kWh)	導入カ所数
太陽光:	約0.7億	110
小水力:	約0.02億	27
風力:	約0.07億	6

	発熱量（発電量）	導入カ所数
下水熱:	約90千GJ（約0.25億kWh）	32

※国土交通省下水道部作成

7．2050年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に関する参考資料
2．技術開発のシナリオと試算　①シナリオ

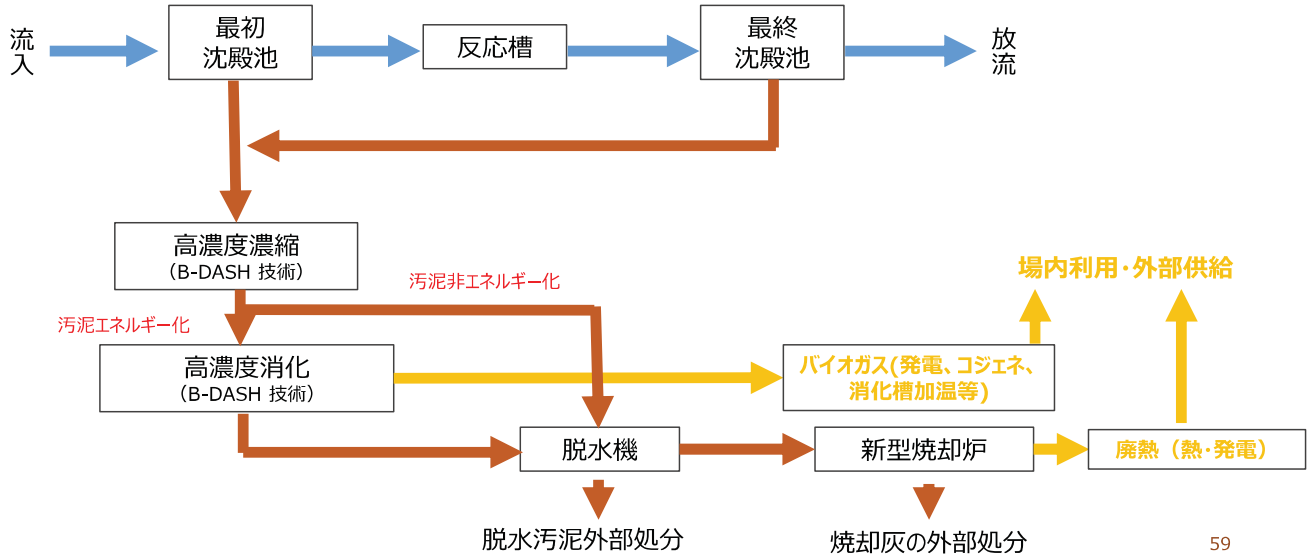
現行トレンドシナリオ

○2050年までの人口推計を踏まえ、将来の処理水量（二次処理、高度処理）、汚泥処理量を推定し、ベースとなるエネルギー由来のCO_2排出量やN_2O排出量等を推定。

○「電力、燃料」については現状の省エネ技術が可能な限り普及展開するとして試算。「創エネ」として下水汚泥エネルギー化率の2030年目標３７%に対応した汚泥エネルギー化投入率７４%で、2050年までそのまま推移するとして創エネ量を推定。「汚泥焼却に伴い発生するN_2O」については、新型炉に置き換わったとして現状のトップランナー値を用いて排出量を算出。「水処理に伴い発生するN_2O」については未対策。

全国処理場のモデル化

汚泥エネルギー化投入率：下水汚泥中の有機物重量のうち、エネルギー利用のために消化槽に投入された重量の割合と定義



国土交通省 国土技術政策総合研究所

7．2050年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に関する参考資料
2．技術開発のシナリオと試算　①シナリオ

ゲームチェンジシナリオ

○基本的な考え方として、「現行トレンドシナリオ」に加えて、例えば、「2030年目標を実現するための技術的課題と取組の方向性」の中で2050年を見据えた課題とされている水処理に伴い発生するN_2Oの抑制対策が可能になることや現行の諸課題が解決し、下水道システムの最適化が図られることで、どの程度の温室効果ガス排出量の削減が可能となるか。さらに2050年を見据えた革新的技術の導入が実現した場合、どの程度削減効果を上乗せできるのか試算。

（諸課題の例）
①システム全体としての省エネ化　②流入有機物の除去・創エネ活用　③処理水・汚泥のカスケード利用の推進
④圧送輸送が困難となる高効率脱水汚泥　⑤消化を促進するための汚泥濃縮、可溶化設備等前処理施設
⑥N_2O対策のため補助燃料を増加させる高温焼却　⑦地域バイオマスやその他の受け入れ　等

具体的な計算方法として

○2050年までの人口推計を踏まえ、将来の処理水量（二次処理、高度処理）、汚泥処理量を推定し、ベースとなるエネルギー由来のCO_2排出量やN_2O排出量等を推定。

○「電気、燃料」については現状の省エネ技術が可能な限り普及展開し、流入有機物の除去により反応槽における動力が削減したことも見込む。さらに、燃料については場内利用のバイオガス等でまかなえないポンプ場に要する燃料がカーボンフリー燃料に置き換わるとする。

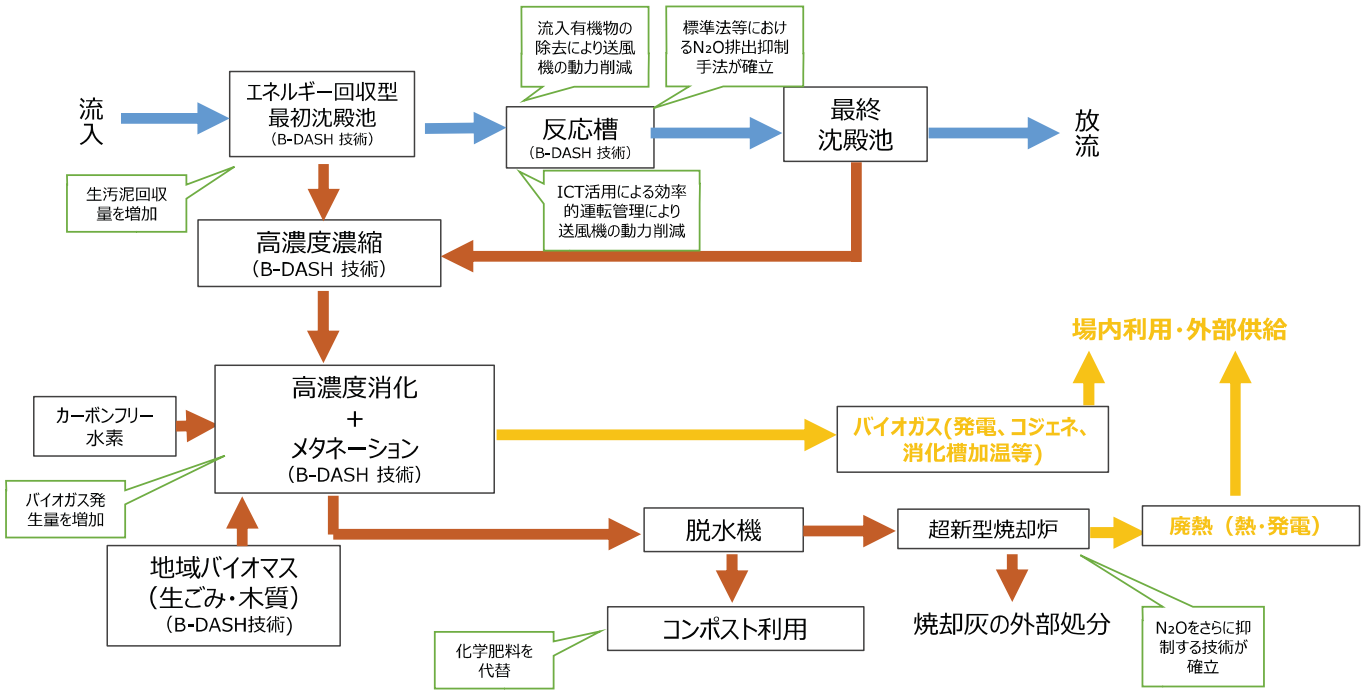
○「創エネ」としては流入有機物の除去・創エネ活用により、有効活用する汚泥量の増加を見込み（水処理・汚泥処理に関わる消費・創エネルギー一体でみたシステムとしての改善）、全量消化されることとする。さらに、地域の有機物一体処理の拠点として地域バイオマス（木質、生ゴミ）の受け入れ効果やカーボンフリー水素を活用した、消化槽内でのメタネーション反応によるメタン生成効果も計上。

○「汚泥焼却に伴い発生するN_2O」については、現在の新型炉の排出量から技術革新によりさらに排出が減少するとして試算。「水処理に伴い発生するN_2O」については、標準法等における抑制対策手法が確立したこととして試算。

○消化汚泥については、焼却されないものについては全量汚泥肥料として活用することとして、化学肥料で製造した場合と比べたCO_2削減効果についても試算（社会への貢献）。

7．2050年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に関する参考資料
2．技術開発のシナリオと試算　①シナリオ

ゲームチェンジシナリオの処理フロー



7．2050年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
2．技術開発のシナリオと試算　①シナリオ

		現行トレンドシナリオ	ゲームチェンジシナリオ
総人口 （下水道人口、下水道人口割合）		102 百万人（82 百万人、80.1%）	
処理水量 （1人当たり処理水量）		119 億m^3/年（146.1 m^3/人/年）	
高度処理水量 （2次処理水量）		70 億m^3/年（49 億m^3/年）	
発生汚泥量 （1人当たり発生汚泥量）		1,727 千t-DS/年（21.2 kg-DS/人/年）	
電力由来のCO2排出係数		0.25 kg-CO_2/kWh	
追加の対策	電力	・従来型省エネ対策：電力の36%削減 （高効率散気装置、DO制御技術、運転管理等）	・B-DASH技術も活用した省エネ対策：電力の41%削減 （左記に加え、流入有機物の除去技術及びICTを活用した運転管理により、反応槽の送風に係る電力をそれぞれ15%及び13%削減）
	燃料	–	・カーボンフリー燃料（太陽光発電によって生成したH_2等）による場外ポンプ場のCO_2ゼロエミッション化
	水処理に伴うN2O	– （排出係数について高度処理は11.7 mg/m^3を2次処理は142 mg/m3を使用（現行の排出係数））	・N_2O排出抑制技術が確立することを前提とし、全処理水に対して、現行の高度処理の排出係数11.7 mg/m^3を使用
	汚泥焼却に伴うN2O	・排出係数は現在のトップランナー値である0.226 kg-CO2/m^3を使用	・メーカーヒアリング等により更なる排出係数の改善が見込めると仮定し、0.151 kg-CO_2/m^3を使用
	創エネによる効果	・汚泥エネルギー化投入率を７４％（２０３０年目標下水汚泥エネルギー化率37%に対応した数値） ・総合効率75%でエネルギー化	・汚泥エネルギー化投入率を100%、更に発生汚泥量に対して50%の生ごみや木質等の地域バイオマスを混合消化 ・メタネーションによるメタン生成量が7%増加と仮定 ・総合効率85%でエネルギー化
	その他	–	・汚泥肥料（コンポスト）により化学肥料を代替

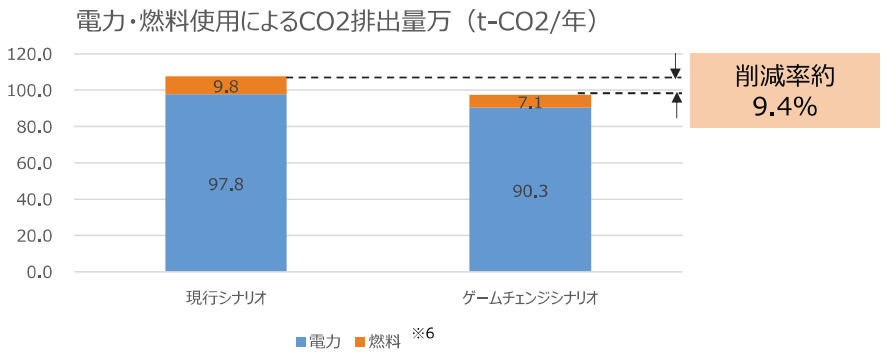
7．2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料
2．技術開発のシナリオと試算　②2050年処理水量、汚泥処理量

	単位	2018	2050(推計)
総人口	百万人	126	102
下水道人口	百万人	100	82
下水道人口割合	%	79.3	80.1
処理水量	億m³/年	146	119
1人当たり処理水量	m³/人/年	146.1	146.1
高度処理水量	億m³/年	32	70
発生汚泥量	千t-DS/年	2,121	1,727
1人当たり汚泥量	kg-DS/人/年	21.2	21.2

※１国立人口問題研究所「日本の将来推計人口（平成29年7月推計）出生中位（死亡中位）推計値」から2050年の人口を抽出し、下水道人口割合は2020年度実績の80.1%で推移するとし、また2018年度の人口（実績）と下水道統計・汚泥有効利用調査の実績を入力から1人当たりの処理水量、発生汚泥量を算出して2050年度の処理水量、発生汚泥量を推計した。
なお、高度処理水量については2050年の下水道人口のうち84.9%が高度処理の必要とし※２、高度処理普及率は100%まで到達するとして、その割合を用いて算出。

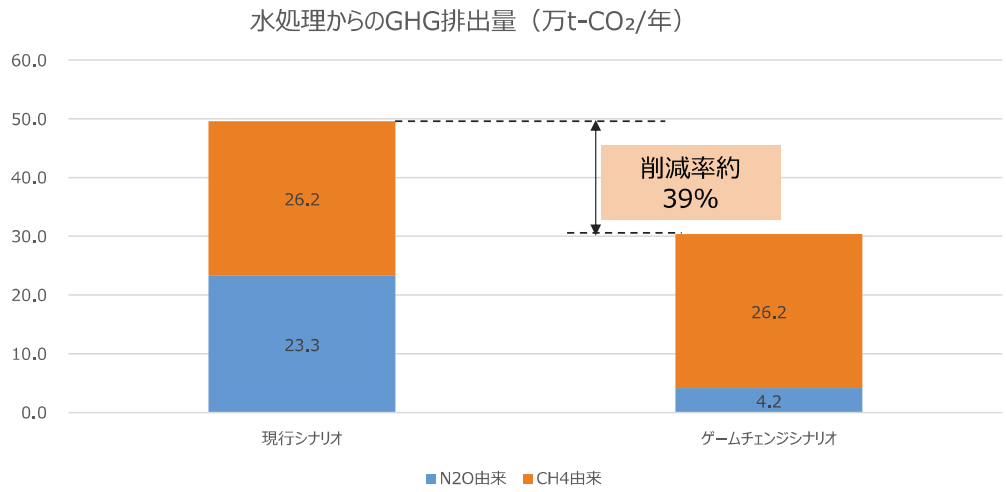
※２　2009年～2013年までの下水道人口のうち高度処理の必要な人口割合の平均。

7．2050年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に関する参考資料
2．技術開発のシナリオと試算　③電力・燃料



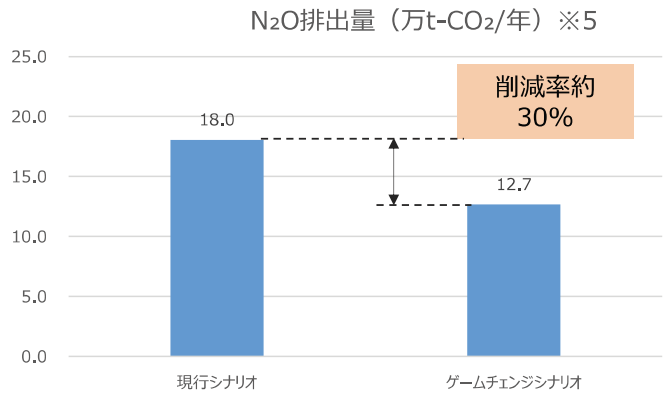
（計算方法）
１．現行シナリオ
○ベースとなる使用電力量については、2018年処理水量当りの電力使用量0.51kWh/m³※1と2050年推定処理水量から把握※5 。処理場の使用電力については、36%※2の削減効果を計上。
○ベースとなる使用燃料量は2018年度処理水量当りの燃料使用量と2050年推定処理水量から把握※5。省エネ効果は未計上。
２．ゲームチェンジシナリオ
○現行シナリオに加えて電力については流入有機物の除去技術を用い反応槽の送風に係る電力を15%※3削減する効果を加算、さらにICTを活用した際の送風電力量削減12.9%を加算※4。
○燃料は場内利用のバイオガス等でまかなえない場外ポンプ場に係る燃料はカーボンフリー燃料に置き換わるとし、燃料由来CO_2は排出しないこととした。
○エネルギー基本計画に基づく2030年の電源構成を反映した0.25 kg-CO_2/kWhを用いた。
※1　H30年下水道統計
※2　日本下水道新技術機構省エネ診断結果
※3　H23B-DASH技術（超高効率固液分離）
※4　H26B-DASH技術（ICTを活用した硝化運転制御）
※5　消化ガスの2018年の場内利用に相当する2050年の使用燃料、自家発電電力（消化ガス）に関する数量は消費と創エネ双方からあらかじめ控除する。
また、汚泥焼却に必要とする燃料、電力は汚泥の自燃、廃熱利用（自家発電（焼却廃熱発電）含む）により自立するとして、その数量は消費と創エネ双方からあらかじめ控除する。
※6　下水道統計に記載されている特A重油、A重油、灯油、軽油、ガソリン、都市ガス、プロパンガス、コークス等を考慮。

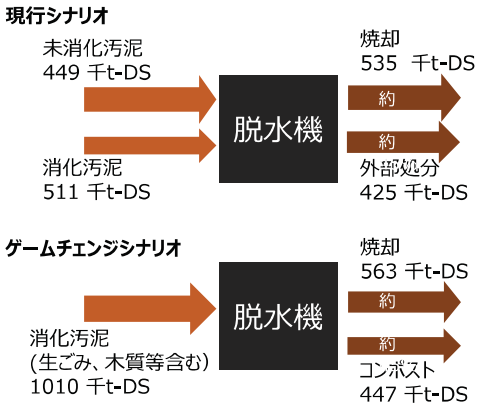
7．2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料
2．技術開発のシナリオと試算　④水処理に伴い発生するN₂O等



（計算方法）
1．現行シナリオ
○温室効果ガス排出量計算方法は下記の通り。
「N_2O排出量＝高度処理水量×A2O法のN_2O排出係数＋高度処理以外の処理水量×標準法のN_2O排出係数」
「CH_4排出量＝処理水量×CH_4排出係数」
2．ゲームチェンジシナリオ
○排出抑制手法が確立し、N_2O排出係数が高度処理以外も高度処理並みの排出係数となるとして試算。
「N_2O排出量＝処理水量×A2O法のN_2O排出係数」
「CH_4排出量＝処理水量×CH_4排出係数」

7．2050年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に関する参考資料
2．技術開発のシナリオと試算　⑤汚泥焼却伴い発生するN₂O等





(計算方法)
1.現行シナリオ
○汚泥エネルギー化投入率※1が74%（次ページで説明）と試算したときに、エネルギー化されなかった汚泥と消化汚泥を合わせた量のうち一定の割合（60%※2）、焼却されるとして焼却量を試算。
○排出係数については、現在のトップランナー値である下記を採用。
「N_2O排出量＝焼却量×800度の排出係数×0.15※3」
2．ゲームチェンジシナリオ
○発生汚泥の全てが消化槽に投入され、消化汚泥のうち一定の割合（60%※2）焼却されるとして試算。
○技術革新によりさらに排出係数が改善されると考え下記を採用。
「N_2O排出量＝焼却量×800度の排出係数×0.1※4」

※1　下水汚泥エネルギー化投入率：下水汚泥中の有機物重量のうち、エネルギー利用のために消化槽に投入された重量の割合。
※2　2018年の汚泥発生量に対する焼却汚泥量の割合（2018年汚泥有効利用調査より）。
※3　東京都資料（通常焼却の0.15倍のN_2O排出量）を参照。
※4　メーカヒアリング等から0.15倍よりもさらに改善すると見込んだ国総研の推定。
※5　生ごみ、木質等の焼却に伴うGHG排出量の試算はN_2Oの排出係数を用いて行った。

2050年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
２．技術開発のシナリオと試算　⑥創エネによる削減効果（消化）

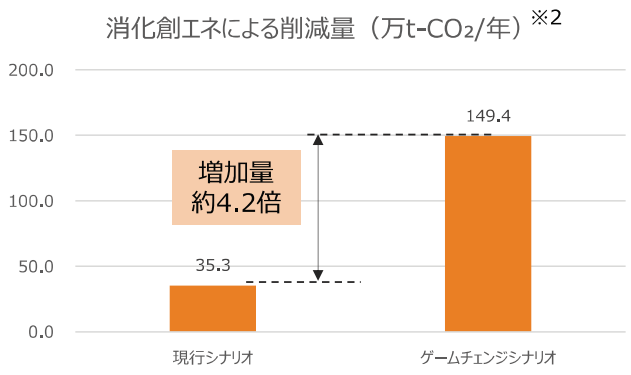
（計算方法）
１．現行シナリオ
○2050年の汚泥エネルギー化投入率※1は2030年目標の下水汚泥エネルギー化率37%に対応した汚泥エネルギー化投入率７４％で、2050年まで、そのまま推移するとして実施 。
○62.8%に対応した汚泥をすべて消化槽に投入することとして、消化率60%※2で発生したバイオガスについて、総合効率75% ※3で電気、熱利用等としてエネルギー利用されたものとし、創エネ効果を算出。
○その創エネ効果を電力排出係数0.25 kg-CO_2/kWhを用いてCO_2に換算。

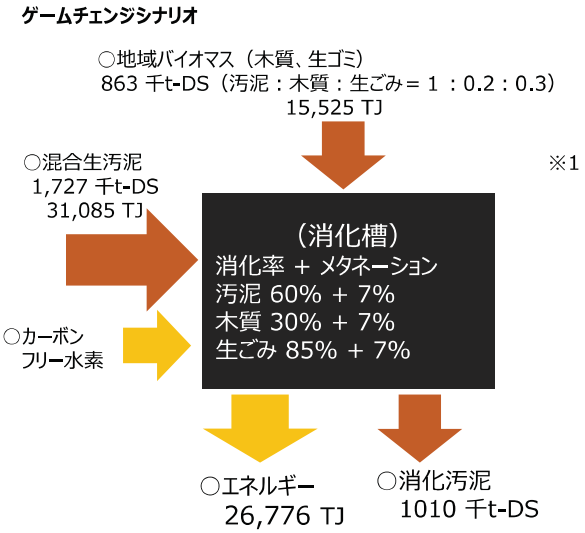
※1汚泥エネルギー化投入率：下水汚泥中の有機物重量のうち、エネルギー利用のために消化槽に投入された重量の割合と定義
※2H30B-DASH（富士市）の実績データの中での最良値
※3下水道事業におけるエネルギー効率に優れた技術の導入について（平成２９年９月　下水道事業課長通知）

（計算方法）
2．ゲームチェンジシナリオ
○発生汚泥の全量と地域バイオマスである生ごみ及び木質を消化により一体的処理を行うと想定。さらに、カーボンフリー水素を消化槽に吹き込むことにより、消化槽内のCO_2とメタネーション反応を起こし、メタン生成量が増加すると見込む※4。
○発生したバイオガスについて、総合効率85% ※5で電気、熱利用等としてエネルギー利用されたとして、創エネ効果を算出。
○その創エネ効果を電力換算し、排出係数0.25 kg-CO_2/kWhを用いてCO_2に換算。

※4 地域バイオマスの投入割合や消化率はH23B-DASH技術（バイオガスを活用した効果的な再生可能エネルギー生産システム）より引用。また、汚泥消化率やメタネーションによる増分はH30B-DASH技術（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）より引用。
※5（一社）日本ガス協会HPより

７．2050年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に関する参考資料
２．技術開発のシナリオと試算　⑥創エネによる削減効果（消化）





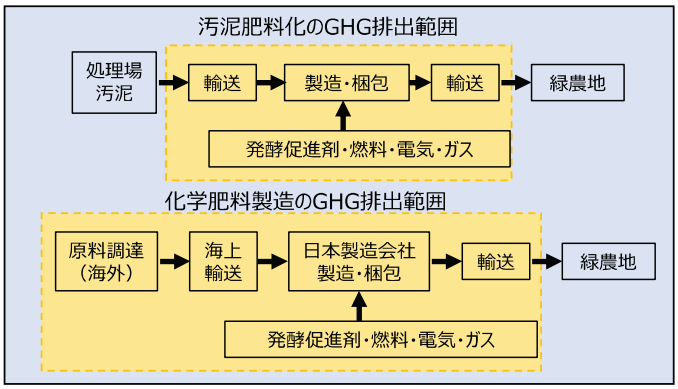
※1 地域バイオマスの投入割合や消化率はH23B-DASH技術（バイオガスを活用した効果的な再生可能エネルギー生産システム）より引用。また、汚泥消化率やメタネーションによる増分はH30B-DASH技術（高濃度消化・省エネ型バイオガス精製による効率的エネルギー利活用）より引用。
※2消化ガスの2018年の場内利用に相当する2050年の使用燃料、自家発電電力（消化ガス）に関する数量は消費と創エネ双方からあらかじめ控除する。また、汚泥焼却に必要とする燃料、電力は汚泥の自燃、廃熱利用（自家発電（焼却廃熱発電）含む）により自立するとして、その数量は消費と創エネ双方からあらかじめ控除する。

7．2050年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に関する参考資料
2．技術開発のシナリオと試算　⑦汚泥肥料（コンポスト）による化学肥料代替効果

（計算方法）
1．ゲームチェンジシナリオ
○消化汚泥の内、焼却されなかった汚泥を全量コンポスト利用する。
○同重量の窒素、リン酸を得る際に発生するCO_2について、下水汚泥発酵肥料の製造等に伴い発生するCO_2排出量と化学肥料製造等に伴い発生するCO_2排出量を比較を行う。

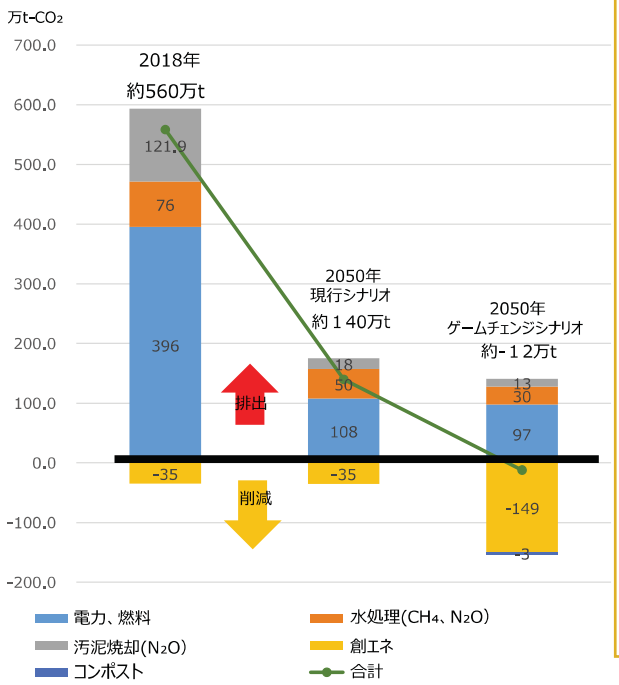
①コンポスト化される汚泥量：447 千t-DS (2,234 千t-wet　含水率80%として)
②製造されるコンポスト：コンポスト化される汚泥量2,234千t-wet×0.25※2 ＝ 559 千t
③コンポスト製造から輸送に係るエネルギー：559千t×1,907 MJ/t※2 ＝ 1066 TJ
④コンポスト中の窒素、リン酸含有量
　T-N含有量：559千t×0.029 ※1 ＝ 16.2 千t
　P_2O_5含有量：559千t×0.047 ※1 ＝ 26.3 千t
⑤汚泥由来コンポストと同量のT-N、P2O5含有量の化学肥料製造・輸送に係るエネルギー
　T-N：16.2千t×48.6MJ/kg ※3 ＝ 787 TJ
　P_2O_5：26.3千t×28.6MJ/kg ※3 ＝ 752 TJ
⑥削減エネルギー量＝⑤－③
　(787TJ + 752TJ) - 1066TJ = 473 TJ
⑦A重油換算のCO_2削減量（汚泥肥料による化学肥料代替効果）
　473TJ × 0.0693kg-CO_2/MJ = 3.2 万t-CO_2

＊化学肥料の代替として汚泥肥料を1t製造することによる削減効果は次の通り。
3.2万t-CO2÷559千t ＝ 57kg-CO_2/t



※1　佐賀市上下水道　肥料の有料販売（https://www.water.saga.saga.jp/main/104.html）
※2　橘 隆一、蒲原 弘継、後藤 尚弘、藤江 幸一：下水汚泥発酵肥料の製造に関するLCA、第３回日本ＬＣＡ学会研究発表会講演要旨集、2008、26-27
※3　小林久、佐合隆一：窒素およびリン肥料の製造・流通段階のライフサイクルにわたるエネルギー消費量とCO_2排出量の試算、農作業研究、2001、141-151

7．2050年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に関する参考資料
2．技術開発のシナリオと試算　⑧まとめ（CO_2ベース）

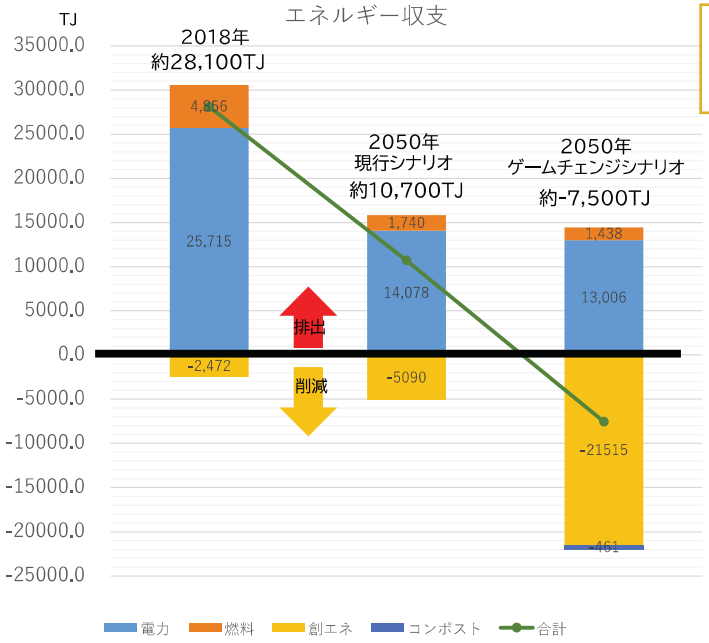


○現行シナリオは約140万ｔの排出量であったものの、ゲームチェンジシナリオでは約－12万ｔの排出量となった。
○シナリオ別の試算から次の取組の効果がカーボンニュートラルの実現への貢献度の高いことが確認できた。
・省エネ対策の実施
・水処理・汚泥処理のエネルギーをシステム一体で改善すること
・生ゴミ等の地域バイオマスを含めて一体的に有機性廃棄物処理を行うこと
・消化の促進やCO_2、カーボンフリー水素を活用した徹底的なバイオガス生成を行うこと
・バイオガス発電廃熱などの熱をフル活用すること
・水処理・汚泥処理に伴い発生するN_2Oの抑制対策を行うこと
・コンポスト利用などの他分野のCO_2削減に資する取組を推進すること

※その他課題として水処理から発生するCH_4への対策の必要性や下水熱の普及や場内太陽光発電による取組の推進等が考えられる。
※バイオガス製造や熱利用にあたっては、需給の年間変動を考慮した体制が必要。
※その他効果的な水処理・汚泥処理・エネルギー利用形態を排除するものではない。
※個別処理場で見た場合、処理方式や規模、地域社会の状況によって試算は変わりうることに留意が必要。

※電力由来の排出係数0.25kg-CO_2/kWhを使用。また、2018年の創エネ効果は下水汚泥エネルギー化率23.4%を用いて算出。

7．2050年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に関する参考資料
2．技術開発のシナリオと試算　⑧まとめ（エネルギーベース）



※本資料の試算は速報値であり精査中です。

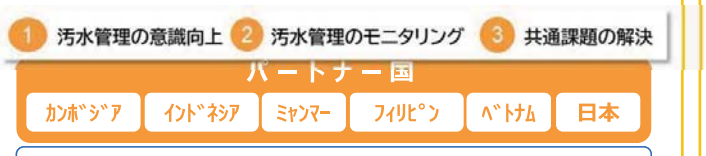
○エネルギーベースでは、現行シナリオは約10,700TJのエネルギー消費、ゲームチェンジシナリオでは約7,500TJのエネルギー創出となった。

7．2050年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に関する参考資料
3．本邦技術の海外展開によるカーボンニュートラルへの貢献

○国土交通省インフラシステム海外展開行動計画２０２１ では取組を強化すべき新たな課題として「カーボンニュートラルに貢献する質の高いインフラシステムの海外展開」等を掲げている。
○下水道インフラの案件形成には、相手国における下水道整備の上位施策への位置づけが重要であることからアジア汚水管理パートナーシップ(AWaP) ※1 等の政府間対話を通じた汚水管理の主流化を後押ししている。
※1 Asia Wastewater Management Partnership 2018年7月に設立。
○また、本邦技術の現地基準化等を目的とした下水道技術海外実証事業（WOW TO JAPANプロジェクト※2）を通じた製品等としての普及促進を図っており、令和3年度は、世界でも市場の大きい米国において、高効率・大出力磁気浮上式ブロワに係る実証事業を行うこととしている。
※２ Wonder Of Wastewater Technology Of JAPANプロジェクト
○さらに、JICA円借款プロジェクト等の実施を通じた本邦技術を活用した案件形成支援にも取り組んでいる。

アジア汚水管理パートナーシップ （ＡＷａＰ）

- SDGsの目標とアジア各国の現状には大きな格差があり、各国の知見や経験を共有する



ＡＷａＰの組織体制

第一回総会（2018年7月　北九州市）

WOW TO JAPAN プロジェクト事例

・米国の下水処理場で多くの電力を使用する曝気用ブロワについて、川崎重工業（株）が開発した**高効率の大出力磁気浮上式ブロワに更新し、エネルギー消費量を大幅に削減**。
・本実証によるエネルギー削減効率を米国にて実証することで、**本製品の優れた技術優位性を確認**するとともに、サンベルトエリアとメトロポリタンエリアを中心に普及の促進を図る。

7．2050年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に関する参考資料
3．本邦技術の海外展開によるカーボンニュートラルへの貢献

（参考）委員よりご紹介いただいた海外技術と比較して優位な本邦技術

（１）センサー，センシング技術（画像センサー等に利用される半導体センサー、またこれらを利用した制御システム等）
（２）固体燃料電池
（３）触媒技術（水素発生，人工光合成を含む）
（４）塗料，防腐剤，無機材料（セラミックス）
に加えて
（一社）日本下水道施設業協会アンケート（13社より回答）の結果の中で、月島機械株式会社より提案のあった
（５）過給式流動焼却炉
（６）焼却廃熱を利用して脱水汚泥の低含水率化を図る加温濃縮脱水システムを組み合わせた過給式流動焼却炉

今後の予定

資料３

○令和4年1月26日　第４回脱炭素実現小委員会への情報提供

○令和4年２月2日　第２回下水道技術開発会議への報告

委員資料１

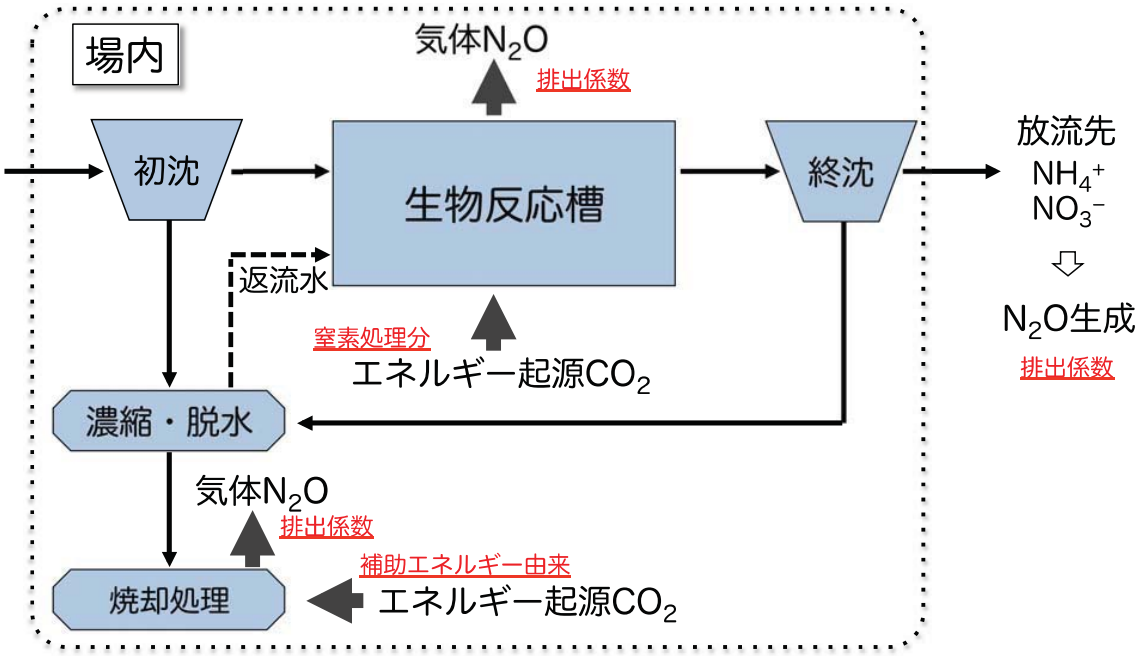
下水道技術開発会議 第3回エネルギー分科会

温室効果ガス排出抑制を目的とした窒素処理のあり方に関する一考察

令和４年１月１３日

日本大学　齋藤利晃

処理方式比較のための検討範囲



単位流入/投入窒素あたりによる水処理方式と汚泥処理（焼却）方式の温室効果ガス排出量の比較

N_2O転換率換算による処理方式の比較結果

$$N_2O\text{転換率} = \frac{N_2O\text{生成量}}{\text{流入/投入窒素量}} \text{ 又は } \frac{N_2O\text{換算エネルギー消費量}}{\text{流入/投入窒素量}}$$

水処理プロセス

処理方式	反応槽流入窒素あたりの転換率(%)			
	N_2O*1	エネルギー*2	自然界*3	合計
標準活性汚泥法	0.42	-	0.50	**0.92**
循環式硝化脱窒法	0.03	0.82	0.15	**1.00**

*1：排出係数より
*2：中規模処理場における高度処理による増分
*3：IPCCデフォルト値

汚泥焼却

処理方式	投入窒素あたりの転換率(%)		
	N_2O*4	エネルギー*5	合計
高分子凝集剤・流動床炉(高温燃焼)	4.10	0.33	**4.43**
高分子凝集剤・多段炉	5.61	0.33	**5.94**
多段吹込燃焼式流動床炉等(高温燃焼)	1.67	0.33	**2.00**

*4：排出係数より
*5：補助燃料等

算定条件	
標準活性汚泥法	流入窒素36mgN/L，60%水処理系へ流入，脱窒無し，排出係数142mgN_2O/m^3
循環式硝化脱窒法	流入窒素36mgN/L，60%水処理系へ流入，全量硝化（脱窒70%，30%放流） 地球温暖化対策マニュアル（平成28年3月）を基に中規模処理場（40,000m^3/日）の高度処理に伴うエネルギー増分（0.16kWh/m^3）を考慮，N_2OのGWP298，排出係数11.7mgN_2O/m^3
自然界の排出	IPCCデフォルト0.5%を使用，標準法では水処理系への流入窒素全て放流，循環法では水処理系への流入窒素の30%が放流
汚泥焼却	排出係数（263～882gN_2O/t），含水率80%，乾燥汚泥あたりの窒素含有率5%
汚泥焼却のエネルギー	補助燃料等エネルギー30kWh/t，電力の炭素排出係数0.52kgCO_2/kWh，N_2OのGWP298

窒素固定に要するエネルギーの推定

窒素固定に必要なエネルギーの概算値

35 MJ/kg-N　　流入窒素36mgN/Lを仮定すると，0.35kWh/m^{3}に相当

表　窒素ガスのアンモニアへの転換に係るエネルギー(MJ/kg-N)

世界統計年鑑からの推定	40	＊1
電気分解により調達した水素からの製造	54	＊2
	30	＊3
天然ガスから調達した水素からの製造	35	＊2
	35	＊3
（参考）アンモニア生産を目的とした水素製造	25	＊4
（参考）生物による窒素固定	23	＊5
	17	＊6

＊1　世界統計年鑑より石油換算消費量1.4×10^{11}L/年，アンモニア生産量 1.6×10^{8}t-NH4/年および原油の熱量38MJ/Lを用いて算出
＊2　https://yumenavi.info/douga/2014/doc/27686.pdf より算出
＊3　comtecQuestのホームページ　http://comtecquest.com/RD/rd011.html より
＊4　資源エネルギー庁燃料電池推進室『水素の製造、輸送・貯蔵について』より算出
＊5　丸山芳治. (1976). 生物による窒素固定. 日本農芸化学会誌, 50(5), R121–R132.
＊6　ニトロゲナーゼ反応のみ

流入窒素の有する仮想エネルギー

表　仮想エネルギーと下水処理関連エネルギーの比較

施設規模			小規模	中規模	大規模
処理量		m^3/日	10,000	40,000	100,000
			標準法 循環法	標準法 循環法	標準法 循環法
消費	消費エネルギー	kWh/m^3	0.42　0.71	0.31　0.47	0.26　0.36
	流入アンモニアの仮想エネルギー	kWh/m^3	0.35 (仮定：36gN/m^3)		
生成	有機物（全ポテンシャル）	kWh/m^3	1.33 (仮定：190gBOD/m^3)		
	メタン生成	kWh/m^3	0.41 (仮定：転換効率31%)		

出展： 地球温暖化対策マニュアル（平成28年3月）を基に作成

微細藻類を用いた窒素回収の意義

表　窒素除去およびエネルギーに関する簡易比較

		微細藻類 培養＊1	循環型 硝化脱窒法＊3	太陽光 発電＊2
窒素除去	gN m^{-2} d^{-1}	5	190	-
発電量	kWh m^{-2} d^{-1}	-	-	0.160
仮想エネルギー 回収	kWh m^{-2} d^{-1}	0.049	-	-

＊1　Gross, M., Mascarenhas, V., & Wen, Z. (2015). Evaluating algal growth performance and water use efficiency of pilot-scale revolving algal biofilm (RAB) culture systems. Biotechnology and Bioengineering, 112(10), 2040–2050. 窒素含有率10%で算出

＊2　下水処理場におけるエネルギー自立の可能性調査研究技術資料，日本下水道新技術機構（2019年，3月）Ｉ市の例. 夜間を含めた年間平均値

＊3　滞留時間16h，水深5mとして，25mgN/Lの窒素を脱窒すると仮定

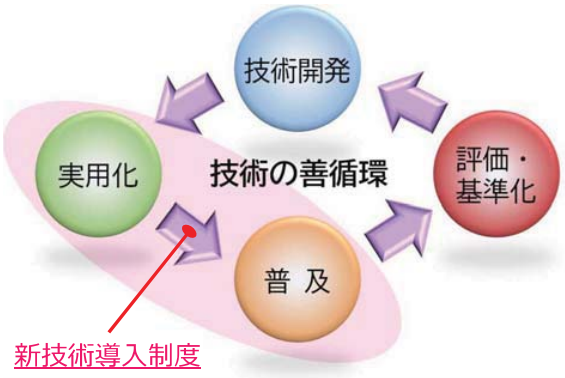
JS新技術【脱炭素】の取組み

JS技術戦略部
資源エネルギー技術課長
新川　祐二

Japan Sewage Works Agency

JS新技術導入制度

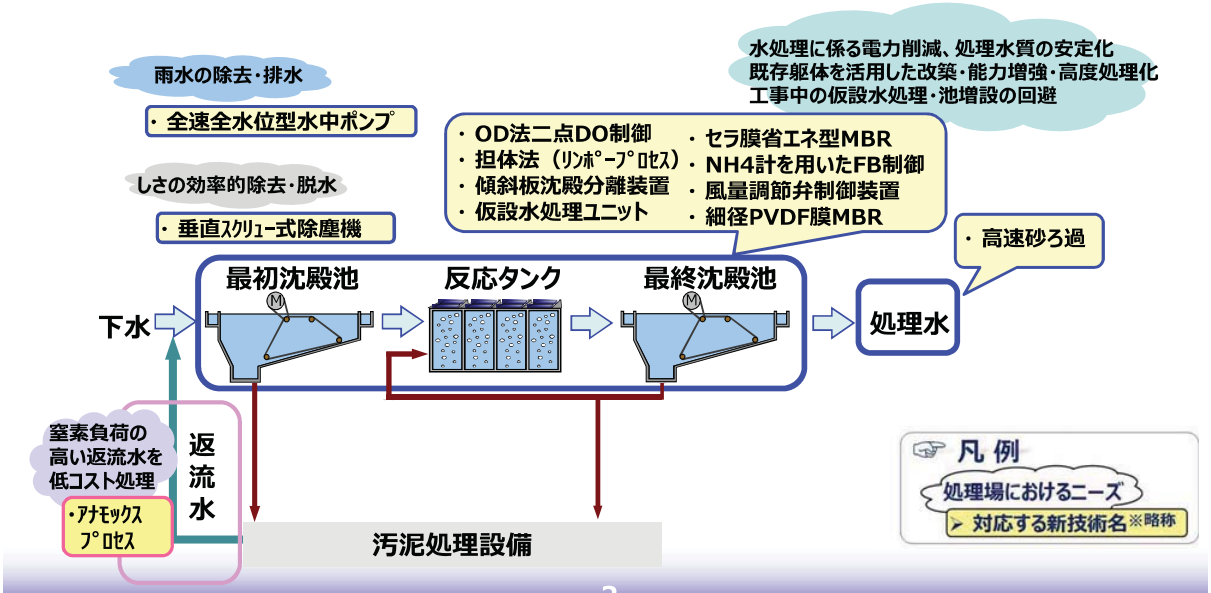
- **優れた新技術を受託事業に積極的に導入し、技術の善循環を円滑に実施する**ため、平成23年度から従前の制度を拡充した新たな「**新技術導入制度**」を運用。
  - 共同研究等で**JSが開発した新技術**について、開発者の申請に基づき、**受託事業における適用性を確認**し、実施設への積極的な導入を図る。 → 新技術Ⅰ類
  - **JS以外で開発された新技術**について、開発者の申請に基づき、**JSが実施設への適用性、受託事業における適用性を確認**し、実施設への**積極的な導入**を図る。
    → 新技術Ⅱ類・Ⅲ類



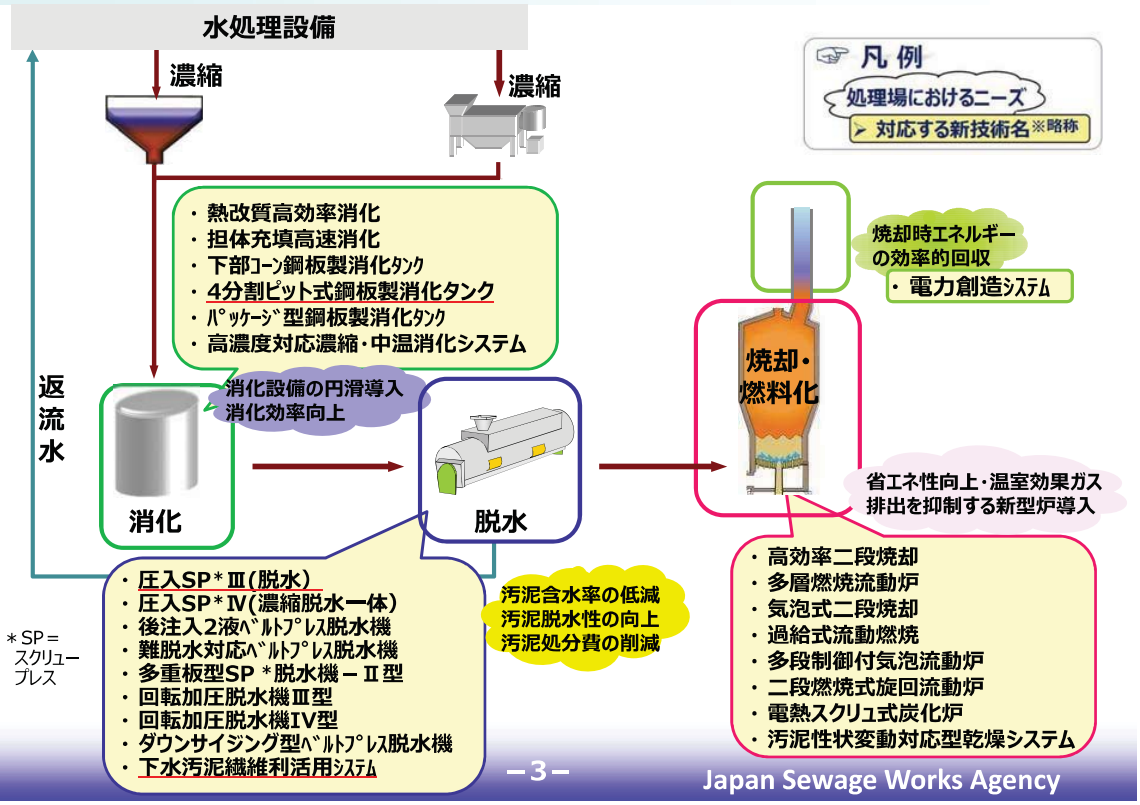
JS新技術のラインナップ①水処理技術など

41の新技術を選定（令和3年11月末時点）

（注）新技術選定された日から５年経過し、有効期間が満了した5技術を含む。
なお、新技術選定の有効期間は1回延長可能であり、最大で10年である。



JS新技術のラインナップ②汚泥処理技術



パンフレットのご紹介(ニーズに応える新技術)

目次

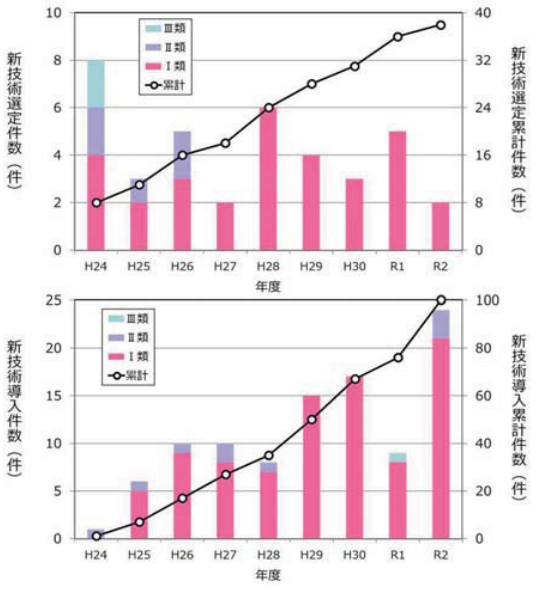
◆ ニーズや課題にマッチした最適な技術をご提案します！ ◆

ニーズ課題	Ⅰ	省エネ化・低炭素化を進めたい。	
解決策	1	標準法等(処理水量10,000m³/日程度以上)における曝気風量を削減します。	P.
解決策	2	標準法等(処理水量10,000m³/日程度以上)で既存施設を活用し、大幅な省エネ化を実現します。	P.
解決策	3	オキシデーションディッチ(OD)法における曝気動力を削減します。	P.
解決策	4	膜分離活性汚泥法(MBR)における省エネ化を実現します。	P.
解決策	5	焼却炉の温室効果ガス排出量の削減、省エネ化を実現します。	P.
解決策	6	汚泥処理返流水の窒素除去の省エネ化・省コスト化を実現します。	P.
ニーズ課題	Ⅱ	処理能力を増強したい。 [処理場統廃合、し尿等受入れ、工事期間中の能力減少等]	
解決策	7	標準法等で既存施設を活用し、処理能力を増強します。	P.
解決策	8	OD法で既存施設を活用し、処理能力を増強します。	P.
解決策	9	小規模施設(仮設水量概ね1,200m³/日以下)で改築更新工事期間中の処理能力を確保します。	P.
ニーズ課題	Ⅲ	改築更新や機能向上をスムーズに行いたい。 [省スペース化、ダウンサイジング、設備簡素化等]	
解決策	10	標準法(処理水量10,000m³/日程度以上)で既存施設を活用し、高度処理化(窒素除去)や省スペース化を実現します。	P.
解決策	11	標準法等の既存施設を活用し、流入水量減少に対応したダウンサイジングを実現します。	P.
解決策	12	既存の躯体を活用し、下水処理水中の浮遊物質(SS)除去を実現します。	P.
ニーズ課題	Ⅲ	改築更新や機能向上をスムーズに行いたい。(続き) [省スペース化、ダウンサイジング、設備簡素化等]	
解決策	13	汚泥処理設備の簡素化(濃縮工程の省略)により、省スペース化、ライフサイクルコストの縮減を実現します。	P.
解決策	14	従来機種よりも処理能力を向上することにより、汚泥脱水機の縮小化(省スペース化)、省コスト化を実現します。	P.
解決策	15	消化効率を向上させることにより、消化タンクの省容積化、省スペース化を実現します。	P.
解決策	16	処理場・ポンプ場のしさ除去設備の省スペース化、省コスト化、維持管理向上を図ります。	P.
ニーズ課題	Ⅳ	汚泥発生量を減らし、処理・処分コストを削減したい。	
解決策	17	OD法の既存施設を活用し、汚泥発生量を削減します。	P.
解決策	18	脱水汚泥の低含水率化により、汚泥発生量を削減します。	P.
解決策	19	最初沈殿池を有する施設で流入下水中の成分を利用し、脱水汚泥の低含水率化等を実現します。	P.
ニーズ課題	Ⅴ	下水道バイオマス利用・創エネをしたい。	
解決策	20	消化タンクの新増設や改築の工期短縮、省コスト化を実現します。	P.
解決策	21	消化タンクの撹拌動力を大幅な低減を実現します。	P.
解決策	22	消化効率を向上させることにより、バイオガス発生量の増加や地域バイオマス受入れ量の増加を実現します。	P.
解決策	23	焼却廃熱を利用して発電を行い、焼却システムの電力自立化を実現します。	P.
解決策	24	低コストで需要に応じた下水汚泥の燃料化や肥料化を実現します。	P.
ニーズ課題	Ⅵ	雨水対策を早急に進めたい。	
解決策	25	省スペース、低コストで小規模雨水ポンプ場を整備できます。	P.

JS新技術の導入実績

19の新技術を106の施設に導入（令和3年10月末時点）

（注）新技術の導入決定時点でカウント



新技術の選定件数および導入件数の推移

技術別導入件数

導入件数	技術名称（1件のものは非掲載）
56	・圧入式スクリュープレス脱水機(Ⅲ型)
8	・OD法における二点DO制御システム
7	・単槽式MBRと高速凝集沈殿法による仮設水処理ユニット
6	・破砕・脱水機構付垂直スクリュー式除塵機
5	・多層燃焼流動炉
3	・圧入式スクリュープレス脱水機(Ⅳ型)による濃縮一体化脱水法 ・過給式流動燃焼システム ・パッケージ型鋼板製消化タンク
2	・ゴムメンブレン式超微細気泡散気装置※ ・下部コーン型鋼板製消化タンク ・下水汚泥由来繊維利活用システム ・多重板型スクリュープレス脱水機-Ⅱ型

※有効期間満了済

➢ 課題：新技術の導入が進みにくい実態がある。
⇒ 性能面、脱炭素効果、不具合事例、維持管理者へのヒアリング等の事後調査に注力し、導入効果を整理することで下水道管理者の導入検討を促し、技術的な支援を行う事が重要。

新技術導入事例（丸亀市新浄化センター）

丸亀市新浄化センター整備事業

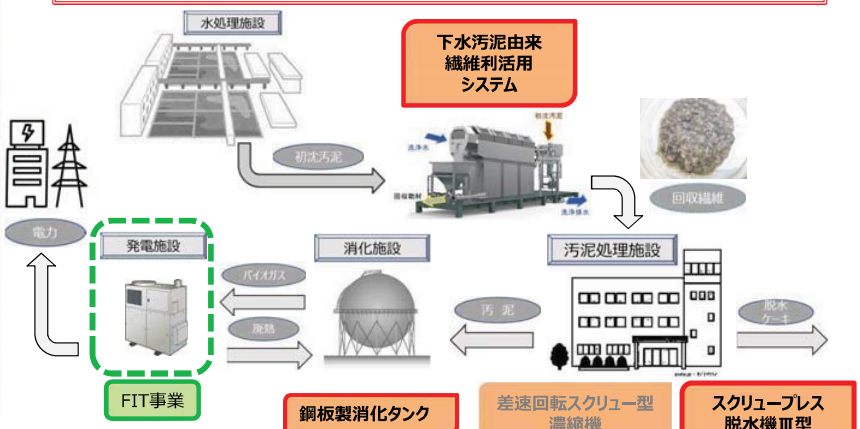
- 現丸亀浄化センターは供用開始後45年が経過
- 塩害による構造物の劣化、耐震基準未達、高潮による浸水被害

⇒

- 新浄化センターの建設（再構築）
  平成29年度から敷地造成、水処理施設建設工事に着手
  令和5年度末供用開始を目指す

丸亀市浄化センター
供用開始　昭和51年6月
排除方式　分流式（一部 合流）
水処理方式　標準活性汚泥法
汚泥処理方式　濃縮→消化→脱水→処分(一般ゴミとの混焼)
処理能力　37,400m3/日（晴天日最大）
118,800m3/日（雨天時最大）

- 新浄化センターでは、省エネ、創エネに関する新技術を積極的に導入し、エネルギーの有効利用を図り、持続可能で健全な下水道事業の経営を目指す。



ニーズ課題 V　**下水道バイオマス利用・創エネをしたい。**

解決策 20　**消化タンクの新増設や改築**の工期短縮、省エネ化を実現します。

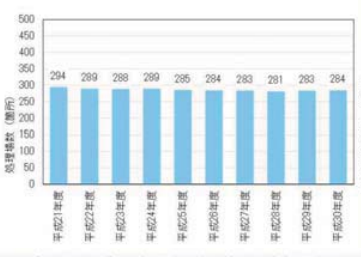
JSが提案するソリューション技術

消化タンクを鋼板製とすることで、従来のコンクリート製消化タンクと比べて、工期短縮や省エネ化、維持管理性向上を実現する『**鋼板製消化タンク**』をご提案します。

- 消化設備のある処理場数は近年横ばい
- 消化設備未導入（292ヶ所）
  ※日平均流入水量1万m³/日以上

- 固形燃料化システムは焼却等と比較して燃料消費量 大
  （一概に焼却等と比較して優劣をつけることは出来ない）

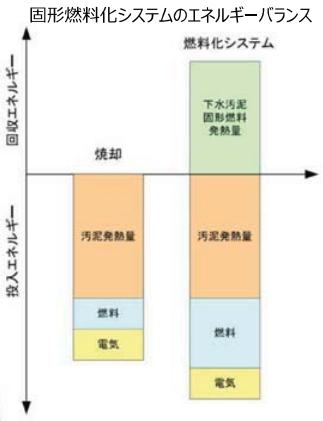
- 小規模処理場向けの簡易な低コストメタン発酵システムの開発が必要。
- 固形燃料化の最大の課題として乾燥燃料の削減
  （消化ガスや地域未利用熱源の活用）



消化設備がある処理場数の推移(全処理場)
出典：平成21～30年度下水道統計より作成

処理場規模毎の消化設備導入状況
出典：平成30年度下水道統計より作成

固形燃料化システムのエネルギーバランス



ニーズ課題 V　下水道バイオマス利用・創エネをしたい。

技術の特徴（メリット）

『下水道事業におけるエネルギー効率に優れた技術の導入について』の性能指標に適合した技術です。
（H29.9.15 国水下事第38号）

- ✓ 建設工期の短縮、建設コストを削減。
- ✓ 低動力のインペラ式撹拌機等の採用により、省エネルギー化を実現。
- ✓ 各種センサ類の柔軟な設置が可能となり、内部の状態監視が可能。
- ✓ 堆積物を抑制する底部構造などにより維持管理性を向上。
- ✓ コンクリート製消化タンクと同等の消化性能を確認。（消化日数、消化率、ガス発生率など）

- ➢ 消化タンクの新設・増設・改築更新を迅速に対応
- ➢ 消化プロセス導入により、消化ガスの有効利用により脱炭素社会に貢献。（創エネルギー）

導入対象・規模

- ✓ 最初沈殿池汚泥、余剰汚泥を対象。（地域バイオマス等の受入れも可能。）
- ✓ 中温消化（35～40℃）を対象。
- ✓ 消化タンク容量は1,000～9,000m3/基を対象。

ニーズ課題 V　下水道バイオマス利用・創エネをしたい。

各種ラインナップ

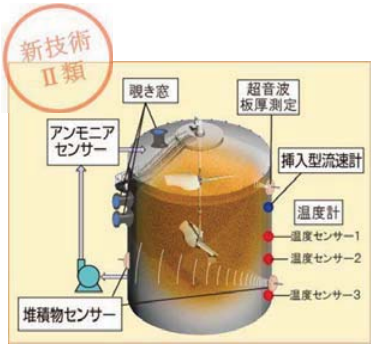
下部コーン型鋼板製消化タンク

【特徴】
●下部コーン構造により、浚渫時の堆積物量を低減し、維持管理性の向上を実現します。

４分割ピット式鋼板製消化タンク

【特徴】
●底部を4分割ピット構造を構築し、定期的に汚泥を引き抜くことで、堆積物を低減し、維持管理性の向上を実現します。

パッケージ型鋼板製消化タンク



【特徴】
●各種センサーによりタンク内の状態を可視化し、運転状況の変化や異常を早期に察知することが可能です。

ニーズ課題 Ⅳ 汚泥発生量を減らし、処理・処分コストを削減したい。

解決策 19 **最初沈殿池を有する施設**で**流入下水中の成分を利用**し、脱水汚泥の低含水率化等を実現します。

JSが提案するソリューション技術

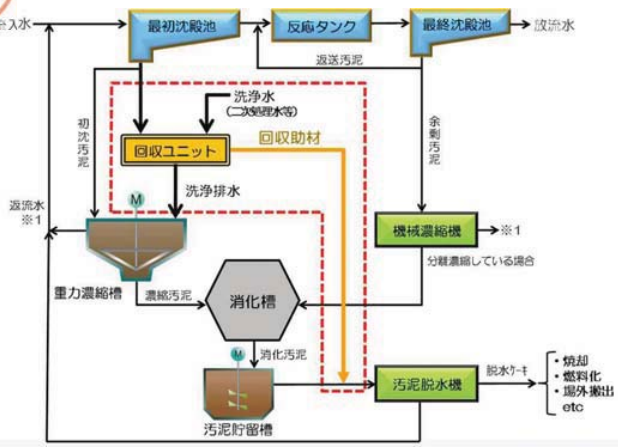
最初沈殿池(初沈)汚泥中の繊維状物を回収し、脱水助材として脱水機に供給することにより、難脱水性の一因である繊維状物不足を解消し、脱水性の向上を図る『**下水汚泥由来繊維利活用システム**』をご提案します。

下水汚泥由来繊維利活用システム

新技術 I類

本システムは，下水汚泥中の繊維状物を「回収ユニット」により効率的に回収し，これを脱水機供給汚泥に脱水助剤として添加します。これにより、脱水汚泥の低含水率化や安価な高分子凝集剤への変更、凝集剤の低薬注率化等，脱水性能の大幅な改善が可能となります。

回収された繊維状物



繊維利活用システムの導入概念図

ニーズ課題 Ⅳ 汚泥発生量を減らし、処理・処分コストを削減したい。

技術の特徴

- ✓ 脱水性能の改善。（低含水率化、低薬注率化）
- ✓ 維持管理コストの縮減。（薬品費、処分費等）
- ✓ 脱水性能の安定化。（汚泥性状の変動に対して、安定した含水率）
- ✓ 消化ガス発生量は減少。
- ✓ 導入効果は初沈汚泥の繊維含有量に依存。

➢ 嫌気性消化槽を有する処理場や導入を検討している処理場で脱水性能の向上や汚泥処理・処分費の縮減を図りたい場合におすすめです。

➢ 混合生汚泥の汚泥性状の変動の著しい処理場で脱水性能の改善を図りたい場合におすすめです。

回収ユニット外観

導入対象・規模

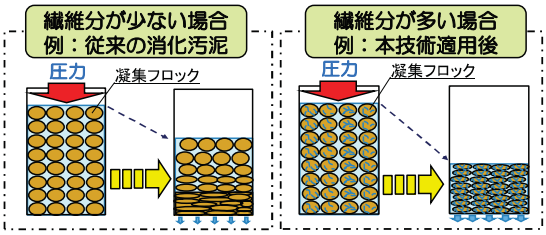
- ✓ 最初沈殿池を有している下水処理場が対象。
- ✓ 概ね20,000m3（日平均水量）以上でコストメリットが発生。

ニーズ課題 Ⅳ 汚泥発生量を減らし、処理・処分コストを削減したい。

脱 水 効 果

■繊維状物の効果

- ✓ 繊維分が骨格の役割となり、圧力下で空隙を確保でき、水抜けが良くなります。
- ✓ 供給汚泥に回収した繊維分を添加することで含水率が大幅に低下します。

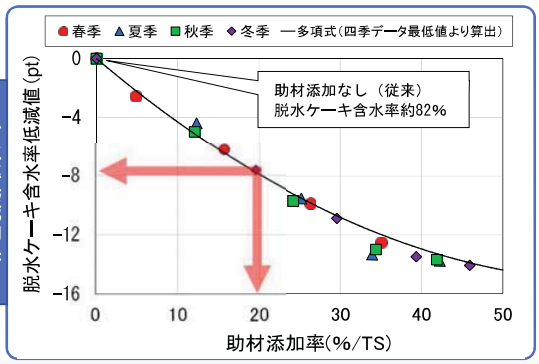


■効果の一例（共同研究成果より）

A処理場，実機スクリュープレス脱水機(φ900)の例

- ✓ 助材添加率20%で含水率は7～8ポイント減
  （82%⇒74～75%程度）
- ✓ 脱水ケーキ発生量は20～30%程度減
  ※上記の条件下での試算結果
- ✓ 薬注率は約50%程度減
  ※含水率低減を見込まない場合の効果（助剤18%添加時）

含水率低減効果



注）脱水性能は処理場ごとに異なることから、導入時は実態調査や現地脱水試験などによる事前導入検討（FS）を行う必要があります。

ニーズ課題 Ⅳ 汚泥発生量を減らし、処理・処分コストを削減したい。

解決策 18 **脱水汚泥の低含水率化**により、汚泥発生量を削減します。

JSが提案するソリューション技術

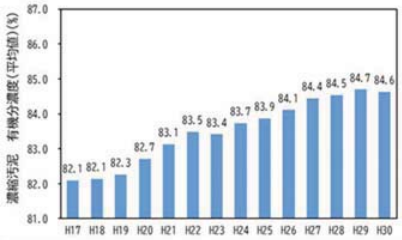
豊富な『低含水率型脱水機』のラインアップから、汚泥性状等に適した最適な脱水機を提案します。

近年の汚泥処理技術の課題

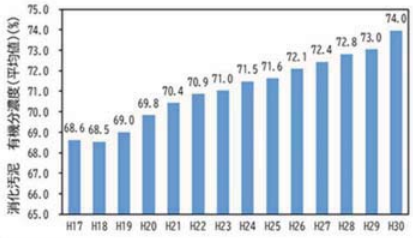
- ✓ 食生活変化等による汚泥性状の 高VTS化、汚泥沈降性の悪化による低濃度汚泥への対応。
- ✓ 下水用汚泥バイオマスの利活推進による消化汚泥（難脱水汚泥）への対応。
- ✓ 下水道施設の広域化・共同化推進による汚泥性状変動への対応。

➢ 難脱水汚泥に確実に対応する 低含水率・低動力の脱水機の開発

従来の汚泥脱水機に濃縮部増強や二液調質などの新機能を追加し、脱水ケーキの低含水率化を実現。



汚泥性状[VTS]の実態（濃縮汚泥）
出典：平成17～平成30年度下水道統計より作成



汚泥性状[VTS]の実態（消化汚泥）
出典：平成17～平成30年度下水道統計より作成

ニーズ課題 Ⅳ

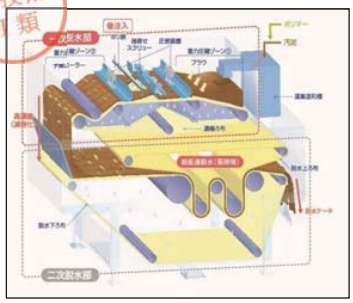
汚泥発生量を減らし、処理・処分コストを削減したい。

※性能発揮が期待できる汚泥性状には一定の範囲があります。
詳細はJSまでお問い合わせください。

各種ラインナップ

後注入2液型ベルトプレス脱水機

新技術 Ⅰ類



【特徴】
従来のベルトプレス脱水機の一次脱水部に無機集剤を効率的に添加する新機能を追加により高濃度化することで低含水率化が可能です。

【適用対象汚泥】
嫌気性消化汚泥
（標準法、機械濃縮）

難脱水性汚泥対応型ベルトプレス脱水機

新技術 Ⅰ類

【特徴】
長い重力濃縮部と多数の脱水ローラーの採用により、難脱水性である消化汚泥の安定処理が可能です。更に二液調質を行うことで低含水率化も可能です。

【適用対象汚泥】
嫌気性消化汚泥
(標準法、機械濃縮)

難脱水対応強化型スクリュープレス脱水機

新技術 Ⅰ類

【特徴】
凝集装置による適正な凝集フロックの形成により難脱水性である消化汚泥の低含水率化が可能です。
混合生汚泥等の比較的脱水容易な汚泥では「高濃度濃縮機」を省略しても脱水性能を発揮できます。

【適用対象汚泥】
混合生汚泥 (標準法及び高度処理法)
嫌気性消化汚泥
(標準法及び高度処理法)

ニーズ課題 Ⅳ

汚泥発生量を減らし、処理・処分コストを削減したい。

※性能発揮が期待できる汚泥性状には一定の範囲があります。
詳細はJSまでお問い合わせください。

各種ラインナップ

圧入式スクリュープレス脱水機(Ⅲ型)

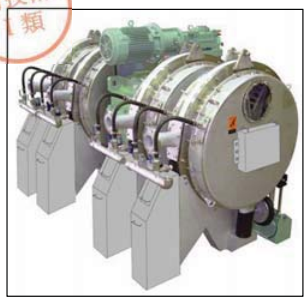
新技術 Ⅰ類

【特徴】
従来の圧入式スクリュープレス脱水機の濃縮部と脱水部を独立させることで、濃縮部での高濃度化や、脱水部を長くすることで低含水率化が可能です。

【適用対象】
混合生汚泥(標準法)　[R3:JS標準化]
消化汚泥(標準法)　[R3:JS標準化]
全量余剰汚泥(標準法)
余剰汚泥（OD法・回分法）

回転加圧脱水機Ⅲ型

新技術 Ⅰ類



【特徴】
従来の回転加圧脱水機に電気浸透機能や無機凝集剤添加(機内二液調質)機能を付加することで低含水率化が可能です。

【適用対象】
機械濃縮混合生汚泥(標準法)

回転加圧脱水機Ⅳ型

新技術 Ⅰ類

【特徴】
従来の回転加圧脱水機に「濃縮部ユニット」を付加し、凝集・濃縮・脱水工程を一体的に行うことより、未濃縮汚泥や低濃度（0.5～1.5%）の混合生汚泥に対して低含水率化が可能です。

【適用対象】
混合生汚泥(標準法)
※低濃度汚泥　TS 1.0%程度

ご清聴
ありがとうございました。
Japan Sewage Works Agency

参考資料1

用語の修正について

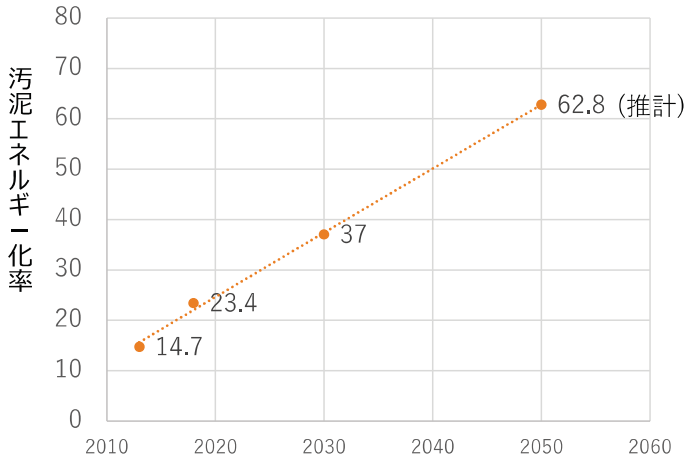
○第2回エネルギー分科会の試算において、「下水汚泥エネルギー化率」という言葉を誤用しておりましたので、次の言葉に修正します。

汚泥エネルギー化投入率：下水汚泥中の有機物重量のうち、エネルギー利用のために消化槽に投入された重量の割合

○なお、本来の下水汚泥エネルギー化率の定義は次の通り
下水汚泥エネルギー化率＝バイオガス等※として有効利用された有機物重量/下水汚泥有機物量
バイオガスとして有効利用された有機物量＝消化槽に投入された汚泥量（DS）×0.8（有機物割合）×0.5（消化率）
×（有効利用バイオガス量/発生バイオガス量）
※固形燃料、焼却廃熱としての有効利用も考慮されている。

○なお、現行シナリオで試算した62.8%については、下水汚泥エネルギー化率から外すいして算出した数値であるため不適当。現行シナリオとしては、2030年目標下水汚泥エネルギー化率37%に対応した汚泥エネルギー化投入率７４％で、2050年まで、そのまま推移するとして、再度試算を実施。

2050年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
2. 技術開発のシナリオと試算　⑥創エネによる削減効果（消化）



下水汚泥エネルギー化率：下水汚泥中の有機物のうち、バイオガス発電や固形燃料化等、 エネルギー利用された割合

（計算方法）

１．現行シナリオ

○2050年の汚泥エネルギー化率はこれまでの実績と2030年目標の37%から外挿し62.8%とする。

○62.8%に対応した汚泥をすべて消化槽に投入することとして、消化率60%※1で発生したバイオガスについて、総合効率75% ※2で電気、熱利用等としてエネルギー利用されたものとし、創エネ効果を算出。

○その創エネ効果を電力排出係数0.25 kg-CO_2/kWhを用いてCO_2に換算。

※1 H30B-DASH（富士市）の実績データの中での最良値

※2下水道事業におけるエネルギー効率に優れた技術の導入について（平成２９年９月　下水道事業課長通知）

※3消化ガスの2018年の場内利用に相当する2050年の使用燃料、自家発電電力（消化ガス）に関する数量は消費と創エネ双方から控除する。また、汚泥焼却に必要とする燃料、電力は汚泥の自燃、廃熱利用（自家発電（焼却廃熱発電）含む）により自立するとして、その数量は消費と創エネ双方から控除する。

下水道技術開発会議　第３回 エネルギー分科会
議事要旨

日　時　令和４年１月 13（木）　9:30～12:00
場　所　WEB 会議システムにより開催
出席者　座　　長　三宮座長
　　委　　員　永長委員、大上委員、堅田委員、齋藤委員、新川委員、西村委員、野口委員、
　　藤本委員、宮本委員
　　事　務　局　国土技術政策総合研究所

□ **議　題**:

議事

1. 各委員の発表
2. 第２回エネルギー分科会におけるご意見について
3. 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の技術開発等に関する
エネルギー分科会報告書（案）

委員資料１ 温室効果ガス排出抑制を目的とした窒素処理のあり方に関する一考察(齋藤委員)

○ 委員

・ 窒素は処理場で取るという考え方だが、水圏全体で考えると窒素が減ってきているエリアもある。下水道の役割として窒素をはじめとした栄養塩を供給するという観点もあると思う。

（回答）

・ 下水処理場で窒素を取った方が良いか、取らない方が良いか、地域の実情も踏まえて、全体最適化を図っていく必要性があると考える。

○ 委員

・ P6 流入窒素の有する仮想エネルギーとは空気中の窒素を固定化して肥料等の製品化するために投入したエネルギーのことで、従来の下水処理ではこの窒素を処理してしまうため、製品として利用するために投入したエネルギーを捨てることになってしまうという理解でよろしいか。流れてくる窒素を処理対象と捉えるだけでなく、下水処理場を、エネルギーをかけて固定化した窒素を再度、資源として回収できる拠点にするという方向性も必要であるという理解でよろしいか。

（回答）

・ その通り。

委員資料 2 JS 新技術【脱炭素】の取組み(新川委員)

○ 委員

- P5 新技術の導入に関して、導入が進んだ技術について導入が進んだ理由を教えてほしい。
- P11 下水汚泥由来繊維利活用システムの温室効果ガスの削減効果について知見があれば教えてほしい。特に、「消化ガス発生量は減少と有るが、どの程度か。」

(回答)

- P5 導入が進んだ技術に関しては、低含水率化により LCC 面で有利に働いたからだと考えられる。
- P11 下水汚泥由来繊維利活用システムの温室効果ガスの削減効果については、試算条件により大分値が変わる。5 万 m^3/日クラスの処理場規模では最も温室効果ガス削減に効果があるのは焼却設備のある処理場に本技術を適用した場合である。消化ガス発生量の減少は回収繊維分量によるところが大きいが約 8%というデータがある。

○ 委員

・消化ガス発生量が減少するといっても、影響は小さいことを理解した。

資料 2-1 第 2 回エネルギー分科会におけるご意見について
資料 2-2 ご意見を踏まえた追加資料

○委員

- 資料 2-2 P11 AO 法における撹拌機の間欠曝気の取り組みにより、エネルギー消費量が大きく減ることは重要だと考えるが、一方でポリリン酸蓄積細菌やアンモニア酸化細菌が N_2O を生成することが知られている。これは DO に大きく依存するため間欠曝気をどのようにコントロールしていくかも重要である。DO をどれくらいのレベルに保つのかにより、N_2O の生成が大きく変わってしまう可能性がある。こういった取り組みを行う際には、しっかりモニタリングを行ってほしい。

○委員

- 部分ではなく、全体最適化を目指すことが重要である。下水道施設の中だけで考えるのではなく、流域全体で考え、流域でどういう物質循環が望まれているのか、水環境をどのようにしていくのか等の議論をする必要があると考える。
- 下水道の脱炭素を考える中で下水道から自然界に出たものをどうするのか、どこまで責任をとるのかという問題があるが、逆に下水道界のチャンスと捉え、下水道の重要性や B-DASH 導入効果等を積極的にアピールしていくのも重要だと思う。
- 他分野との連携について、処理技術、エネルギー回収分野の連携だけでなく、下水道で出来ることの可能性もアピールしていく必要があると考える。

○ 委員

- 脱炭素の取り組みの中で、従来の考え方以外に下水道が社会に対してどのようなことが出来るのか、広く見直す良い機会であると感じた。

○ 委員

- 資料 2-2 P11 AO 法における間欠運転についてエネルギーは減るが、躯体の管理の側面から見ると、塗装の劣化等の躯体に影響を与える可能性もあるので、資産管理を含めた総合的な判断が必要であると考える。
- 下水処理場では水質の向上をこれまで最重要課題として注力してきたが、一方で、豊かな水環境という視点で、水処理のあり方を考える方向性もあって良いのでは。

○ 委員

- コストは無視できない。公共団体にとってコストという指標以外の評価軸はあり得るのか。

(回答)委員

- 社会的ニーズがあり、規制や法律面での後押しがあれば、コストが掛かっても対応しなければならないという動機付けになると考える。全国的に取り組まなければならないものであれば、法律等のルールのようなものがあると地方自治体としても動きやすいと考える。

(回答)委員

- 各市町村により下水道事業の進捗状況が全く異なっている。普及が進んでいない所については脱炭素以外に急ぐべき課題が山積しているため、どのように取り組んでいくか大きな課題となっている。また、市町村にとってメリットを感じられるようにすることも課題。

資料 2-3 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の技術開発等に関するエネルギー分科会報告書（案）及び別紙「エネルギー分科会報告書（案）参考資料」

○ 委員

- 最終的に定量的に評価する時に、温室効果ガス排出量にするのか、エネルギー消費量にするのかという所についても考える必要がある。

(回答)

- 電源構成の変化により温室効果ガス排出量が減るという面があるが、下水道分野としては、省エネ等によってエネルギー使用量を減らすということも考える必要がある。

○ 委員

- P49 ストックマネジメント計画や温対法の実行計画に技術開発を反映するということだが、そこのイメージ感について説明してほしい。

(回答)

- 技術開発自体を位置付けるということではなくて、開発した技術を導入するに当たっては各下水道事業者においても脱炭素化に向けたグランドデザインを描いて、それを踏まえたストックマネジメント計画や実行計画を作っていくべきではないかという下水道事業者としての姿勢を視点とした。

○ 委員

- 脱炭素という観点から下水処理のあり方をもう一度考えるべきという議論がされていたが、正にその通りだと考える。
- また、下水処理のあり方は地域によってかなり異なるということが見えてきている。高

度な水処理を今後追求する所もあるが、行き先の状況に応じて処理レベルを落とすこともありうる。それによって処理方法を転換していくということを進めるきっかけになった。

・ 今回の議論を踏まえて、各自治体が実行計画にどのように位置付けていくか、どのように施策の目標を位置付けていくのか、どこまで他分野に貢献できるかというところを、グランドデザインとして描いていくことが重要だと思う。

○ 委員

・ 他分野にすでに貢献できていることもあるのでその点を改めて計画等に位置づけることが、アピールになると考える。

○ 委員

・ 全体最適化という言葉の扱い方について下水道を境界にしたものか、地域・流域を含めて全体としたものか、分かるようにまとめて欲しい。

以上

（４）エネルギー分科会報告書

当該資料は令和3年度の下水道技術開発会議エネルギー分科会の最終報告書として、分科会終了時点でとりまとめたものです。

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の技術開発等に関するエネルギー分科会報告書

令和４年３月
下水道技術開発会議エネルギー分科会

目次

1．エネルギー分科会における令和3年度の論点

2．エネルギー分科会開催状況

3．エネルギー分科会　分科会委員名簿

4．エネルギー分科会での主なご意見

5．下水道における温室効果ガス排出に関わる現状

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目

7．2050年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

8．2050年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の技術開発ロードマップ

１．エネルギー分科会における令和3年度の論点
２．エネルギー分科会開催状況
３．エネルギー分科会　分科会委員名簿
４．エネルギー分科会での主なご意見

１．エネルギー分科会における令和3年度の論点

◆ 国内全体の温室効果ガス削減の目標
（１）【中期目標（2030年度46%減（2013年度比））】
（２）【長期目標（2050年度までに実質排出ゼロ）】

に対して、下水道分野としても目標を設定して取り組む必要がある中で、
（１）に向けて、効果的な技術を再整理
（２）に向けて、どこに技術開発の余地があるか等を確認

し、国としての方向性を示す参考とするため、エネルギー分科会において、議論したい。

◆ 主として下記について、分科会委員より、意見、アイデアを頂戴したい。

①下水道の温室効果ガス排出削減対策の”柱“（対策の要素）とも言える
省エネ、創エネ、N_2O対策のそれぞれについて、これまでの取り組みの
評価とこれから取り組むべきこと

②下水処理過程の中で、特にシステムとして効果が発揮される対策について、
これまでの取り組みの評価とこれから取り組むべきこと

③上記以外にも、これからの対応として、念頭に置くべきこと

（令和3年度第1回下水道技術開発会議 資料より）

１．エネルギー分科会における令和3年度の論点

下水道分野の削減目標（2030年目標）も含めた新たな地球温暖化対策計画が示され、また、「下水道政策研究委員会 脱炭素社会への貢献のあり方検討小委員会」（以下「脱炭素小委員会」という。）の議論が始まったことから、前頁を念頭に置きつつ、

（１）については、

「具体的にどの技術分野をどの程度活用することによって、目標の達成が可能となるか」、「さらなる高みに向けた取り組みの可能性はあるか」等について、主に下記の技術的課題について議論を行う。

①省エネの取組　②創エネ・再エネの取組　③下水汚泥焼却に伴い発生するN_2Oへの対策の取組
④水処理に伴い発生するCH_4、N_2Oへの対策の取組　⑤技術開発の動向　⑥下水道のシステム最適化

（２）については、

脱炭素小委員会の主要論点「地域社会全体を捉えた上で、温室効果ガス排出の徹底した削減とともに、更なる資源集約や連携強化を通じたポテンシャルの最大活用による、新たな利用可能性の追求、貢献拡大をどのように図るべきか？」を踏まえ、

下水道分野の他に、他分野の技術開発の動向についても把握しつつ、今後の下水道において期待される技術開発について、議論する。

２．エネルギー分科会開催状況

第1回：令和3年10月8日（金）
主な議事
（１）下水道技術開発会議エネルギー分科会について
（２）下水道政策研究委員会脱炭素社会への貢献のあり方検討小員会等との関係及び本分科会における令和3年度の論点について
（３）地球温暖化の現状とカーボンニュートラルに関する動向等
（４）2030年目標と実現に向けた技術的課題と取組の方向性について
（５）2050年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

第２回：令和3年11月22日（月）及び11月26日（金）（委員の都合を勘案し、2回に分けて開催。）
主な議事
（１）各委員の発表（西村委員、藤本委員、宮本委員、山村委員）
（２）第1回エネルギー分科会におけるご意見について
（３）2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
（４）2050年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
（５）2050年カーボンニュートラルの実現に貢献する下水道の技術開発ロードマップ

第３回：令和４年1月13日（木）
主な議事
（１）各委員の発表（斎藤委員、新川委員）
（２）第2回エネルギー分科会におけるご意見について
（３）下水道技術開発会議への報告案

３．エネルギー分科会　分科会委員名簿（敬称略）

・大阪市 建設局 下水道部 施設管理課長　永長大典

・国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部 下水道企画課 下水道国際・技術室 下水道国際推進官　大上陽平

・一般社団法人 日本下水道施設業協会 技術部長　堅田智洋

・日本大学 理工学部 土木工学科 教授　齋藤利晃

・地方共同法人 日本下水道事業団 技術戦略部 資源エネルギー技術課長　新川祐二

・京都大学大学院 工学研究科附属流域圏総合環境質研究センター 准教授　西村文武

・福岡県 建築都市部 下水道課長　野口寿文

・公益財団法人 日本下水道新技術機構 資源循環研究部長　藤本裕之

・国立研究開発法人 土木研究所 材料資源研究グループ 主任研究員　宮本豊尚

・中央大学 理工学部 教授　山村寛

・国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水道エネルギー・機能復旧研究官　三宮武（座長）

４．エネルギー分科会での主なご意見

１．脱炭素社会に向けた下水道のあり方に関するご意見

（2030年目標）

・2030年に向けてはB-DASH技術等の温室効果ガス削減対策技術を実装していくのが、1つの現実的な手であると考える。

（カーボンニュートラル）

・下水処理システムそのものを含めて新しい開発余地があるかどうかも視点に入れるべき。

・2050年には水循環、物質循環を考えた時に現状より高度な水処理が求められるというシナリオや地先に応じて下水道で栄養塩を取り過ぎないというシナリオも考慮すべき。

・放流水質のレベルとエネルギー消費量の関係性についても議論しても良いと考える。

・窒素等の下水道への排除基準について将来的に見直しても良いのではないか。

・水処理におけるN_2Oの削減については、現状で対策を立てることは困難。引き続きデータを蓄積し、分析していくことが重要。

・リン除去の際にポリリン酸蓄積細菌等がN_2Oを生成することがわかっている。AO法の省エネ目的で間欠運転を行うことがどういった影響を与えるかという観点でもデータを収集すべき。

４．エネルギー分科会での主なご意見

国土交通省 国土技術政策総合研究所

１．脱炭素社会に向けた下水道のあり方に関するご意見

（ 2030年目標・カーボンニュートラル共通）

・脱炭素化について、下水道・流域管理・社会システム全体の最適化の観点で、評価方法も含めて考える必要がある。また、その効果は積極的に発信していくべき。

・下水道のCO_2削減効果だけではなく、社会全体でCO_2排出削減に資することも考えていくべき。カーボンオフセットがうまく回る仕組みを考えることも重要。

・CO_2排出に関してのベンチマーク指標については検討していく必要。

・自治体は、老朽化対策、雨水対策など、並行して取り組むべき課題を様々に抱えている。自治体が取り組みやすいように、具体的な方策を示すべき。

・独自技術を採用してもらうためにもDB、DBOといった発注制度の転換も進めるべき。

・今の改築更新やストックマネジメント制度の中で進めていくと、部分的な取り組みが中心になってくる。システム全体としての取組をやりにくい仕組みになっている。処理場や地域の特性に応じたグランドデザインを描きながらリノベーションを進めていくべき。

・下水道の中だけではなく、どこまで他分野に貢献できるかという視点でグランドデザインを描くべき。

・積極的にカーボンニュートラルの技術を海外に売り出していく政府戦略が重要。

・間欠運転は省エネ目的には良いが土木躯体に悪影響な場合があることから資産管理の観点も留意すべき。

・脱炭素のために下水道使用料の単価を上げることは難しい。法律等が施策推進の動機付けになるかと思う。また、脱炭素化の推進が各下水道事業管理者のメリットと感じられるようにすることも課題。

・電源構成の変化により温室効果ガスは減るが、それに関わらず省エネ等によりエネルギー使用量を削減していくことが重要。

４．エネルギー分科会での主なご意見

国土交通省 国土技術政策総合研究所

２．下水道が有する資源・エネルギーの有効活用に関するご意見

（カーボンニュートラル）

・廃棄物処理事業との連携強化が重要であると考えている。

・窒素、アンモニア回収や肥料等の他分野の研究開発と連携し、推進するべきである。

・汚泥処理等に必要な熱エネルギーをコジェネで確保し、残りの余剰消化ガスは都市ガス化して「地産のカーボンニュートラルエネルギー」として環境価値を加え外部供給することが有望と考えている。

・消化ガスの水素化は、現時点では、供給体制と比べて水素需要が低水準であり、供給先の確保が課題となる。また、水素製造コストが追加でかかることや水素導管供給コストは導管インフラ等の整備コストがかかるうえ、高圧ガス保安法・ガス事業法等の規制が厳しいという問題を抱えている。

（ 2030年目標・カーボンニュートラル共通）

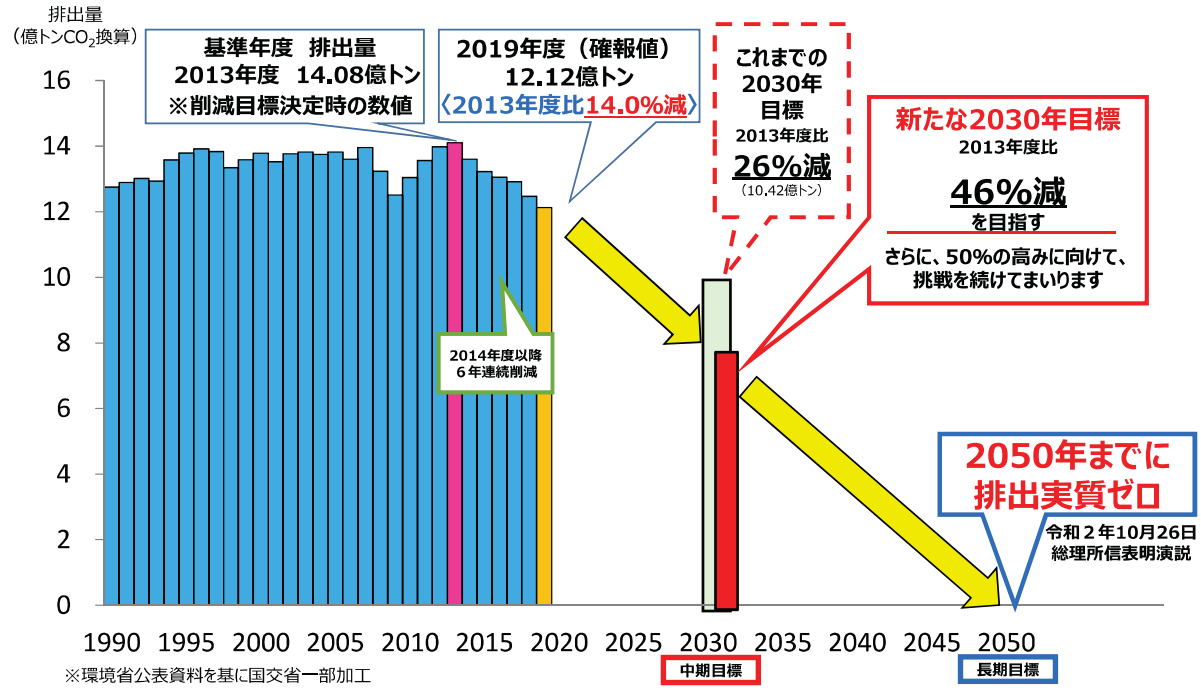
・消化ガス発電の効率は、現状では40%程度。廃熱を十分に利用する必要がある。

・廃熱利用ができる場所にて発電するなど、技術開発とともに、社会の仕組みを考える必要がある。

５．下水道における温室効果ガス排出に関わる現状

５．下水道における温室効果ガス排出に関わる現状
我が国の温室効果ガス削減の中長期目標

◆ 「2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」べく、中長期目標を設定。



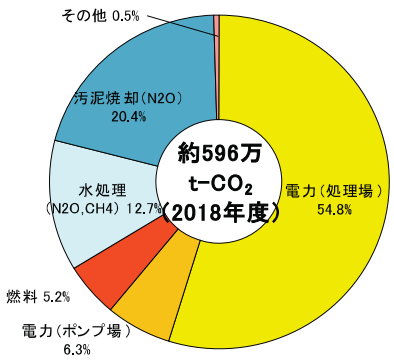
※環境省公表資料を基に国交省一部加工

５．下水道における温室効果ガス排出に関わる現状
下水道分野における温室効果ガス排出削減とポテンシャルの活用

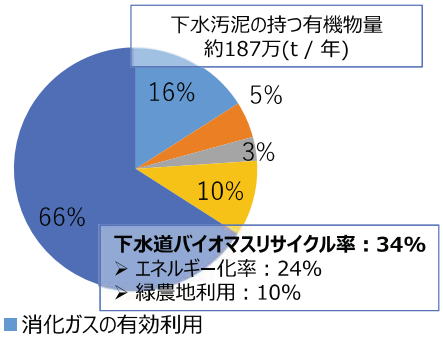
国土交通省 国土技術政策総合研究所

- ◆ 2018年度における下水道分野での温室効果ガス排出量は約600万t-CO_2であり、日本全体の排出量約12.4億t-CO_2の0.5%に相当。
- ◆ また、自治体の事務事業から排出される温室効果ガスの大きな割合を占める。
  - ➢ 水処理、汚泥処理における電力、燃料消費に伴うCO_2の排出
  - ➢ 汚泥の焼却過程でのN_2O排出
  - ➢ 水処理過程でのCH_4、N_2O排出
- ◆ 一方で、バイオガス等、下水道資源を活用した創エネポテンシャルも有している。
- ◆ 更に、敷地や施設上空を活用した太陽光パネル、下水熱の利用など再エネポテンシャルの余地もある。

下水道からの温室効果ガス発生量



下水道分野で創エネ／再エネの取組



令和元年度データ

	発電量	導入力所数
太陽光:	約0.7億kwh	110
小水力:	約0.02億kwh	27
風力:	約0.07億kwh	6

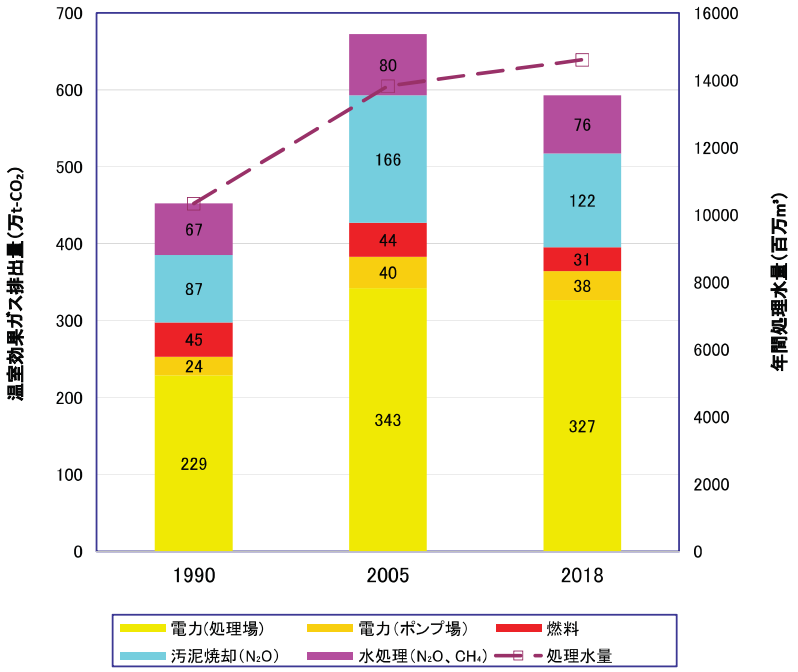
	発熱量(発電量)	導入力所数
下水熱:	約90千GJ (約0.25億kWh)	32

令和元年度データ
※国土交通省下水道部作成

５．下水道における温室効果ガス排出に関わる現状
下水道における温室効果ガス排出量の推移

国土交通省 国土技術政策総合研究所

- ◆ 1990年からの排出量の変化をみると、処理水量の増加により、温室効果ガス排出量は増加している。



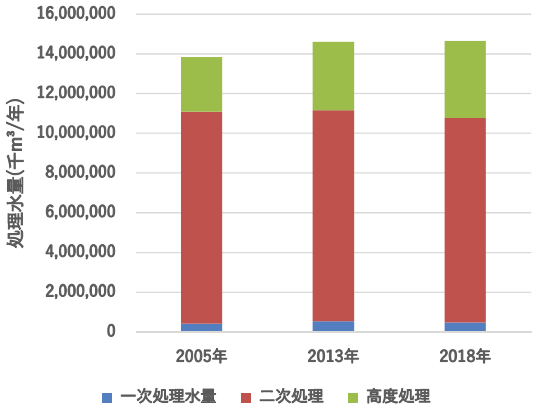
※国土交通省下水道部資料より

５．下水道における温室効果ガス排出に関わる現状
下水道におけるエネルギー消費

国土交通省 国土技術政策総合研究所

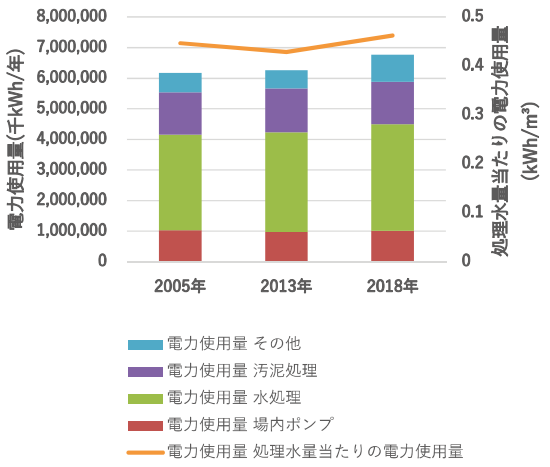
・処理場内の電力使用量は水量の増加に伴い増加しており、処理水量あたりの電力使用量は横ばいからやや増加。
・消費電力の大きい高度処理の処理水量も増加傾向。

処理水量の現状



※H30下水道統計より

処理場内電力消費の現状



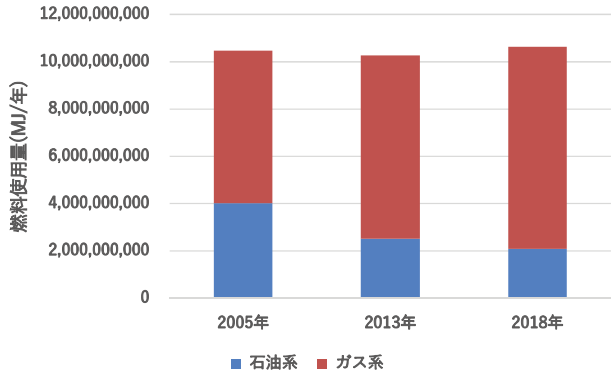
※H30下水道統計より

５．下水道における温室効果ガス排出に関わる現状
下水道におけるエネルギー消費

国土交通省 国土技術政策総合研究所

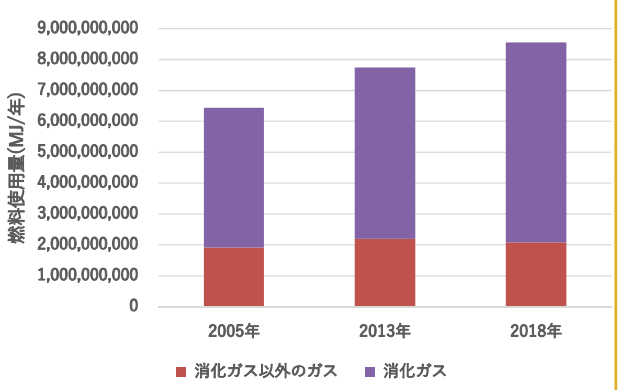
・燃料使用量はほぼ横ばい。
・内訳でみると重油等石油系燃料利用が減少しており、ガス系の利用は伸びているが、消化ガス利用の割合が増加している。

燃料使用量の現状



※H30下水道統計より

ガス系使用量の内訳



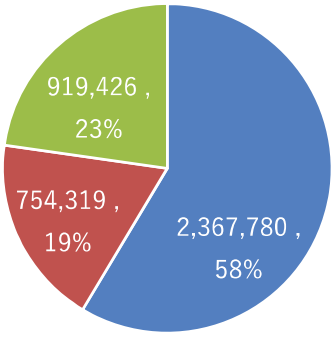
※H30下水道統計より

５．下水道における温室効果ガス排出に関わる現状
下水道における規模別の温室効果ガス排出量

国土交通省 国土技術政策総合研究所

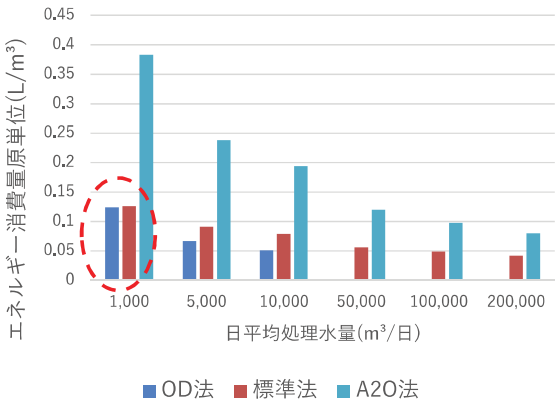
・処理場におけるCO_2排出量の割合としては、処理水量５万m³/日以上の処理場からの排出が５割以上を占めるものの、１万m³/日未満の排出量も２割強存在。
・処理方式別のエネルギー原単位は、高度処理の原単位が大きい。また、小規模処理場で多く存在するOD法の原単位は、処理規模が千m³/日では標準法とほとんど変わらない。

規模別ＣＯ２排出量（処理場）



H30下水道統計に基づきエネルギー由来のCO_2を整理（t/年）

処理方式別のエネルギー原単位



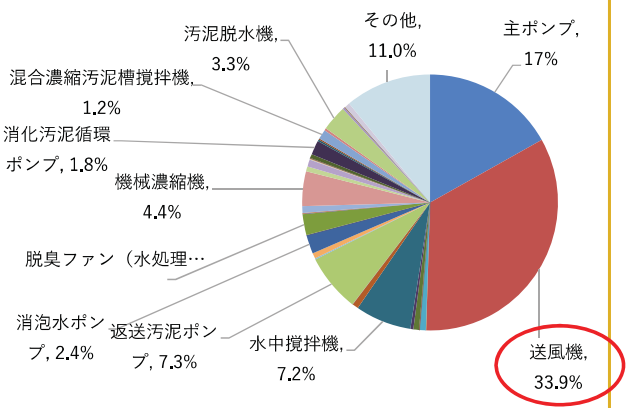
流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説
（平成27年1月）掲載資料を基にグラフ作成

５．下水道における温室効果ガス排出に関わる現状
効果的・効率的な省エネ対策

国土交通省 国土技術政策総合研究所

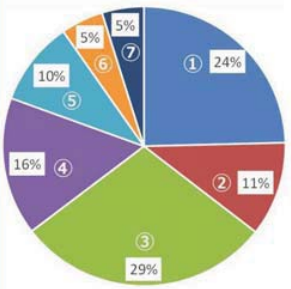
・消費エネルギーの設備別の割合においては、散気装置の性能を主に反映した送風機の割合が3割以上を占め最も大きい。
・（公財）日本下水道新技術機構の調査によれば、省エネ対策の寄与率で大きいのは、送風機を含む反応タンク設備に関わる対策。　※寄与率：同機構の調査の結果で得られた、対策項目ごとの消費エネルギー削減効果の割合

設備別の消費エネルギーの割合



日平均流入水量40,000m³規模（焼却無し）の試算結果（下水道機構 H26年3月）

省エネ対策の寄与率



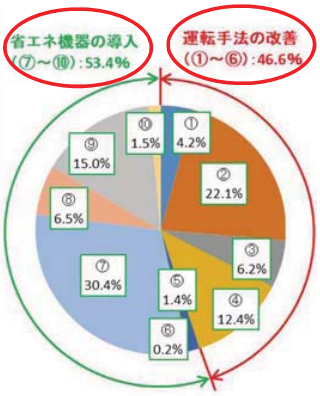
省エネ対策の項目別寄与率

＜消費電力削減効果の算出方法＞
①送風量の適正化による消費電力の削減
②嫌気槽・無酸素槽の水中撹拌機を省エネ型撹拌機に変えることによる消費電力の削減
③好気槽の水中撹拌機を超微細気泡散気装置に変えることによる撹拌動力の削減と送風量低減による消費電力の削減
④従来型の散気装置を酸素移動効率32%の超微細気泡散気装置に変えることによる消費電力の削減
⑤省エネ型汚泥濃縮機の導入による消費電力の削減
⑥省エネ型消化タンク撹拌機の導入による消費電力の削減
⑦省エネ型汚泥脱水機の導入による消費電力の削減

※　（公財）日本下水道新技術機構調査結果

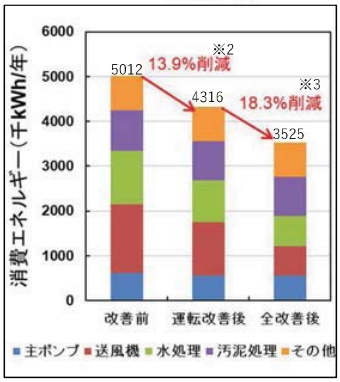
５．下水道における温室効果ガス排出に関わる現状 効果的・効率的な省エネ対策

（公財）日本下水道新技術機構
処理場を対象とした省エネ対策検討に関する調査結果の事例
・散気装置の高効率化や水中攪拌機の省エネ化など省エネ機器の導入は５３．４％の寄与率。
・送風機の流入負荷変動に合わせた号機切替時期の適正化等の運転手法の改善だけでも４６．６％の寄与率が存在。



区分	設備	省エネ対策	削減電力量（千kWh/年）	※1 寄与率	
運転手法の改善	汚水ポンプ	①主ポンプの運転号機の見直し（1+6号→3.3+6号）	62.7	4.2%	①
	送風機	②前曝気風量半減による1台運転時間の長期化及び流入負荷変動に合わせた号機切替時期の適正化	327.3	22.1%	②
	水処理	③反応タンク嫌気槽の水中撹拌機の間欠運転	91.9	6.2%	③
		④返送汚泥ポンプの異径プーリへの交換	184.0	12.4%	④
	汚泥処理	⑤機械濃縮汚泥貯留槽撹拌機の間欠運転	20.8	1.4%	⑤
		⑥混合汚泥貯留槽の腐敗防止ブロワの冬季停止	3.1	0.2%	⑥
	小計		689.8	46.6%	
省エネ機器の導入	送風機	⑦散気装置を高効率散気装置へ更新	449.8	30.4%	⑦
		⑧1号送風機を更新	96.0	6.5%	⑧
	水処理	⑨水中撹拌機（嫌気槽）を省エネ型反応タンク撹拌機に更新	222.2	15.0%	⑨
		⑩返送汚泥ポンプの電動機低出力化とインバータの導入	22.5	1.5%	⑩
	小計		790.5	53.4%	
合計			1,480.3	100%	

※1 寄与率：調査の結果で得られた、対策項目ごとの消費エネルギー削減効果の割合



※2 改善前を基準にした値
※3 運転改善後を基準にした値

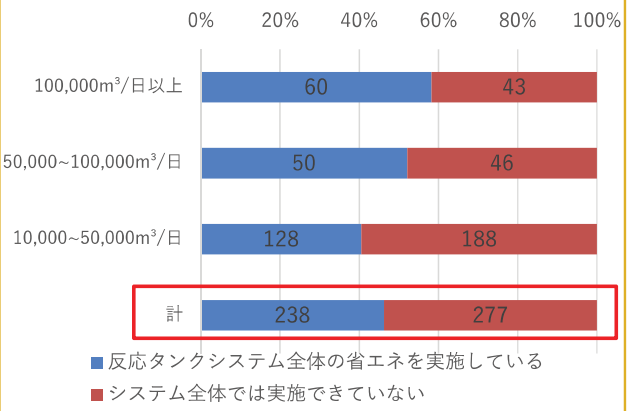
調査対象処理上の諸元

日平均汚水量	19,668m³/日（流入比率0.61、施設能力32,000 m³/日）
流入BOD	140mg/ℓ（計画230mg/ℓ）
水処理方式	標準活性汚泥法（硝化促進）
汚泥処理方式	濃縮⇒脱水

５．下水道における温室効果ガス排出に関わる現状 効果的・効率的な省エネ対策

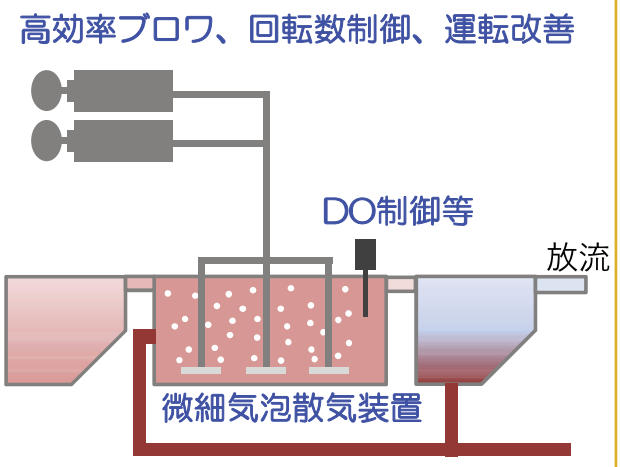
・反応タンク設備の省エネ対策について散気装置の高効率機器導入だけの部分最適ではなく、システム全体として省エネ対策を実施している処理場の割合は４割程度。
・処理規模別で見た場合に大規模処理場に比べて小さい処理場の対策は進んでいない。

反応タンクの省エネ実施状況



反応タンクの省エネ対策例
・DO制御等システムの導入
・微細気泡散気装置等の導入による送風量の適正化
・送風機における消費電力分析と運転改善の実施
・送風機における台数、風量、回転数制御システムの導入
・高効率ブロワの導入の導入
※令和3年国土交通省が実施した省エネに関するアンケート結果を基に作成

省エネ対策をシステム全体として導入した反応タンク設備のイメージ



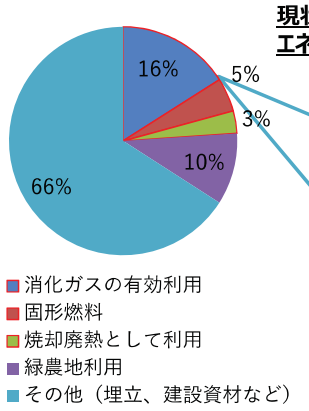
５．下水道における温室効果ガス排出に関わる現状
創エネルギーの状況

国土交通省 国土技術政策総合研究所

・下水汚泥エネルギー化率は２４％にとどまっている。
・消化を実施している処理場において、消化ガス発電や消化槽加温、その他処理場内利用などで使用されていない未利用のバイオガスが約5,300万m³/年が存在。

創エネの実績

現状：R元年度
エネルギー化率：24%



バイオガス発電施設
➢ 118カ所

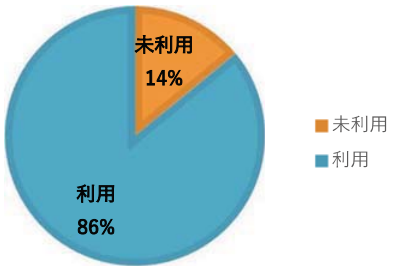
固形燃料化施設
➢ 20カ所

有効利用熱量
➢ 約26 万kl (原油換算)
(下水道分野のエネルギー消費量の約17%※1)

※国土交通省下水道部作成

未利用バイオガス

○ 汚泥資源等有効利用調査(H30データ※)未利用バイオガスは334処理場で存在し、約5,300万m³/年(全体発生量3．77億m³/年のうち約14%)存在



※平成３１年度下水汚泥等の資源有効利用状況に関する調査業務
国土交通省下水道部　令和2年3月

５．下水道における温室効果ガス排出に関わる現状
再生可能エネルギーの状況

国土交通省 国土技術政策総合研究所

・下水道施設で活用可能な、太陽光発電、小水力発電、風力発電及び下水熱利用等の再生可能エネルギーについては、温室効果ガス削減に資する一定のポテンシャルを有している。

再エネの実績

	発電量（kwh）	導入力所数
太陽光:	約0.7億	110
小水力:	約0.02億	27
風力:	約0.07億	6
	発熱量（発電量）	**導入力所数**
下水熱:	約90千GJ（約0.25億kWh）	32

再エネポテンシャル

太陽光: ◆ 全処理場における水処理施設の上部（未利用部分）空間に導入した場合※1

約2.5 億kwh（下水道分野の電力消費量の約3.3%）

小水力: ◆ 処理水の放流時における落差を活用することが可能な処理場に導入した場合の発電量※2

約0.05 億kwh（下水道分野の電力消費量の約0.07%）

下水熱: ◆ 下水の有する熱総量※1

約 20,000 千GJ（約90万世帯の熱利用量）(約 55 億kWh)

※1：物理的、技術的に設置可能な個所から算出したものであり、採算性は考慮していない。
※2: 調書によるポテンシャル調査にて作成。

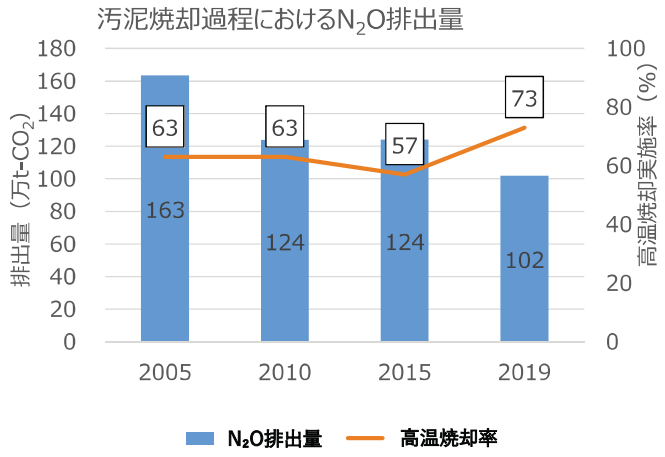
国土交通省下水道部作成

5．下水道における温室効果ガス排出に関わる現状
汚泥焼却におけるN_2O排出状況

国土交通省 国土技術政策総合研究所

・高温焼却の実施や排出係数の低い炉への更新等により、
下水汚泥の焼却に伴い発生するN_2Oの排出量は減少傾向。

汚泥焼却におけるN_2O排出



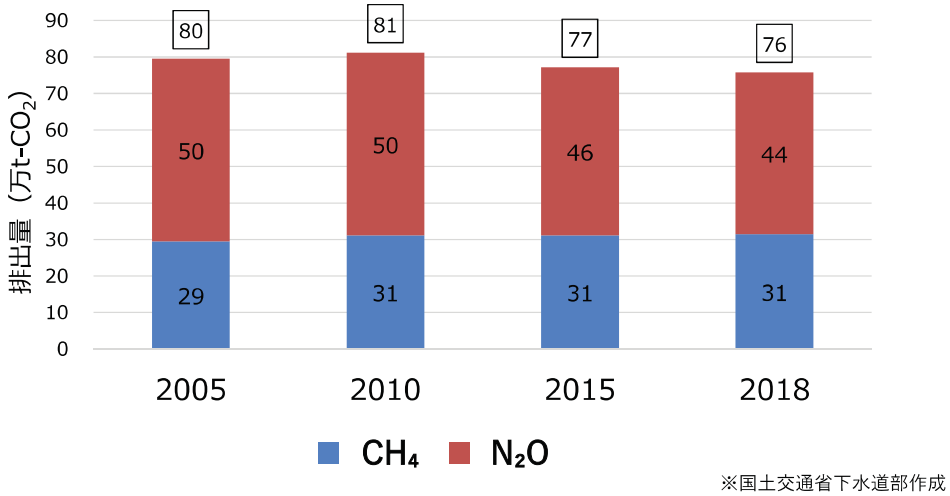
※国土交通省下水道部作成

5．下水道における温室効果ガス排出に関わる現状
水処理からのN_2O, CH_4排出状況

国土交通省 国土技術政策総合研究所

・水処理過程において発生するN2O、CH4の排出量は横ばい。
・N_2Oの発生メカニズムは依然として不明な点が多く、抑制対策は明確でない。

水処理からのN_2O, CH_4排出



※国土交通省下水道部作成

５．下水道における温室効果ガス排出に関わる現状
地球温暖化に対する下水道分野での国の取り組み

国土交通省 国土技術政策総合研究所

	法制度	予算制度・ガイドライン等
省エネ	**省エネ法（S54制定、H25改定）** ➢ 一定規模以上の事業者にエネルギー使用状況の報告義務 ➢ エネルギー消費原単位の年率1%削減努力義務	**ガイドライン** ➢ 水質とエネルギーの最適管理のためのガイドライン（H30.3） ➢ 下水処理場のエネルギー最適化に向けた省エネ技術導入マニュアル（案）（R1.6） **予算制度等** ➢ 下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）（H23） ➢ 消化槽等の消費電力量を交付要件化(H29)
N_2O対策		**予算制度等** ➢ 焼却炉・溶融炉の設置・改築において 廃熱回収率や消費電力量削減率を交付要件化（高温焼却と同等以上のN_2O排出削減が出来ることを前提）（H29）
創エネ	**下水道法改正（H27）** ➢ 汚泥等の再生利用の努力義務化	**ガイドライン** ➢ 下水処理場における地域バイオマス利活用マニュアル（案）（H29.3） ➢ 広域化・共同化計画策定マニュアル（案）（H31.3） ➢ 下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン -改訂版-（H30.1） **予算制度等** ➢ 下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）（H23） ➢ 民間活力イノベーション推進下水道事業（H26） ➢ 設備更新における廃熱利用型炉の交付要件化(H29) ➢ 下水道エネルギー拠点化コンシェルジュ事業(H30) ➢ 下水道リノベーション推進総合事業（R2）
再エネ	**都市の低炭素化の促進に関する法律（H24）** ➢ 民間事業者の下水熱利用に係る規制緩和 **下水道法改正（H27）** ➢ 熱交換器設置の規制緩和	**ガイドライン** ➢ 下水熱マニュアル（案）の策定（R3改訂） ➢ 下水熱ポテンシャルマップ作成の手引き（H27.3） **予算制度等** ➢ 下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）（H23） ➢ エネ特事業（上下水道・ダム施設の省CO_2改修支援事業）との連携 ➢ FITの活用による民間連携

※下水道事業の各予算については記載した分類以外にも活用可能

※国土交通省下水道部作成

５．下水道における温室効果ガス排出に関わる現状
下水道技術ビジョンにおける位置づけ

国土交通省 国土技術政策総合研究所

- 下水道技術ビジョンは「新下水道ビジョン」（H26.7）で示された長期ビジョンや中期目標を達成するために、今後開発すべき技術等について、下水道技術ビジョン検討委員会（委員長：東京大学花木教授）の審議を経てH27.12に策定。
- 下水道施設の老朽化対策、近年頻発する集中豪雨などに対応した浸水対策、下水道資源の有効利用の推進など、下水道の今後の重要な課題を解決するため、１１の技術開発分野についてロードマップを作成し、課題、目標、技術開発項目について整理。
- 国土技術政策総合研究所の設置する「下水道技術開発会議」においてフォローアップ。

１１の技術開発分野

①持続可能な下水道システム-1　（再構築）
②持続可能な下水道システム-2　（健全化、老朽化対策、
　スマートオペレーション）
③ 地震・津波対策
④ 雨水管理（浸水対策）
⑤ 雨水管理（雨水利用、不明水対策等）
⑥ 流域圏管理
⑦ リスク管理
⑧ 再生水利用
⑨ 地域バイオマス活用
⑩ 創エネ・再生可能エネルギー
⑪ 低炭素型下水道システム
※赤字箇所以外でも地球温暖化対策関連事項あり。

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
地球温暖化対策計画における削減目標

・**地球温暖化対策計画改定（令和3年10月22日閣議決定）における下水道分野の削減目標（2030年目標）**

- ２０３０年度における温室効果ガス排出量を２０１３年度比（二酸化炭素換算で）**２０８万t-CO_2**削減。
- 2050年カーボンニュートラルに向けて更なる高みを目指す。

省エネの促進

現状:	電力消費量が増加傾向
目標:	年率約2%の削減を確保し、約60万t-CO_2を削減
進捗見通:	省エネ法に基づく取組(年率１%削減)よりも一層の取組加速が必要

下水汚泥のエネルギー化（創エネ）

現状:	下水汚泥エネルギー化率：24%（R元年度）
目標:	エネルギー化率を37%まで向上させることで、約70万t-CO_2を削減
進捗見通:	自治体の導入計画の確実な実施、更なる取組の拡大が必要

焼却の高度化

現状:	高温焼却実施率：約73%（R元年度）
目標:	高温焼却実施率100%、新型炉への更新により、約78万t-CO_2を削減
進捗見通:	改築更新時に高温焼却への確実な更新、更なる排出削減に向けた取組が必要

再エネ利用の拡大

現状:	太陽光：約0.7 億kWh 小水力：約0.02 億kWh 風　力：約0.07 億kWh 下水熱：約90 千GJ
目標:	導入推進により、約1万t-CO_2を削減
進捗見通:	達成見込み

地球温暖化対策計画における2013年度の下水道分野の温室効果ガス排出量は約406万t-CO_2

・2030年度の全電源平均の電力排出係数：0.25kg-CO_2/kWh（出典：長期エネルギー需給見通し（H27.7 資源エネルギー庁））使用。

※国土交通省下水道部作成資料を基に作成

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目 取組の方向性

国土交通省 国土技術政策総合研究所

①省エネ	近年の電力使用量原単位が横ばいからやや増加傾向であること、国土交通省が実施した省エネに関するアンケートから省エネ対策にはその取組の余地を多く残していることを踏まえ、２０３０年目標を達成するために、現状の省エネ対策として改善寄与率の高い効果的・効率的な技術の導入と２０３０年までに実装可能な技術開発を中心に引き続き取り組むなど、一層の取り組みの推進が必要。具体的には以下について取り組む。 ・CO_2排出量の大きい大規模処理場に関しては、今後処理水量が増加し、エネルギー消費量原単位が大きい高度処理法や処理水量のマス層である標準法について、 また、一定の排出量を占める小規模処理場において多く導入されているOD法について　等 処理方式や処理規模に応じた省エネ対策として反応タンク設備関連の寄与率の高い効果的・効率的な省エネ技術の導入・開発を推進する。 ・汚泥処理設備の省エネ対策については、重油等石油系燃料利用が減少しているなど省エネ対策の効果が見えているものの、未対策の処理場もあることから処理方式や処理規模に応じた省エネ対策として汚泥濃縮機、消化タンク撹拌機、汚泥脱水機の省エネ化など寄与率の高い効果的・効率的な省エネ技術の導入・開発を推進する。 ・反応タンク設備等の省エネ対策について、システム全体としての対策が不十分な現状を踏まえ、対策効果を一層上げるために、水処理、汚泥処理についてシステム全体として省エネ対策を推進する。 ・あまり猶予のない２０３０年までの時間制約や自治体の厳しい経営状況等から、省エネ設備への更新が困難な処理場が存在することを踏まえ、消費電力や運転状況の見える化などのエネルギーマネジメントを通じて、運転管理の工夫により消費電力を削減するなど、ハード整備だけに頼らない総合的な取組を徹底する。
②創エネ・再エネ	・２０３０年目標を達成するために、創エネルギーについては、そのポテンシャルに対して活用の余地が大きいことから、固形燃料化技術やバイオガス利用等下水汚泥のエネルギー化に関わる効果的・効率的な技術の導入や２０３０年までに実装可能な技術の開発を推進する。 ・特に、あまり猶予のない２０３０年までの時間制約等から、大がかりな創エネ施設の導入が困難な処理場が存在することを踏まえ、例えば、小型発電設備の導入など比較的簡易な設備の付加による未利用バイオガスの活用を推進する。 ・２０３０年目標を達成するために、引き続き下水熱利用等の効果的・効率的な技術の導入や２０３０年までに実装可能な技術の開発を推進する。

※寄与率：（公財）日本下水道新技術機構の調査の結果で得られた、対策項目ごとの消費エネルギー削減効果の割合

国土交通省 国土技術政策総合研究所

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目 取組の方向性

③下水汚泥焼却に伴い発生するN_2Oへの対策	・２０３０年目標を達成するために、引き続き、下水汚泥の焼却施設における燃焼の高度化や、一酸化二窒素の排出の少ない焼却炉及び下水汚泥固形燃料化施設の設置を推進するための効果的・効率的な技術の導入や２０３０年までに実装可能な技術の開発を推進する。 ・この際、焼却熱を有効活用しエネルギーの自立化を促進する。
④水処理に伴い発生するCH_4、N_2Oへの対策	・N_2O発生メカニズム解明やそれを踏まえた抑制対策手法に関する調査研究については２０５０年を見据え引き続き推進する。
⑤技術開発	・R4　B-DASHテーマ2件も含め、２０３０年までに実装可能な効果的・効率的な技術の実証を推進する。
⑥下水道のシステム最適化	・２０３０年だけではなく、２０５０年も見据えて調査研究等技術開発やモデル事業を通じて、部分最適にとどまらず、下水道のシステム全体で最適化を推進する。 ・脱炭素化に向けたグランドデザインを各下水道事業で描き、それらを地方公共団体が定める実行計画（地球温暖化対策の推進に関する法律）等にも反映して、着実に推進する。

6． 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
導入すべき技術と例

○取組の方向性を踏まえた導入すべき技術と処理規模別の例を示す。

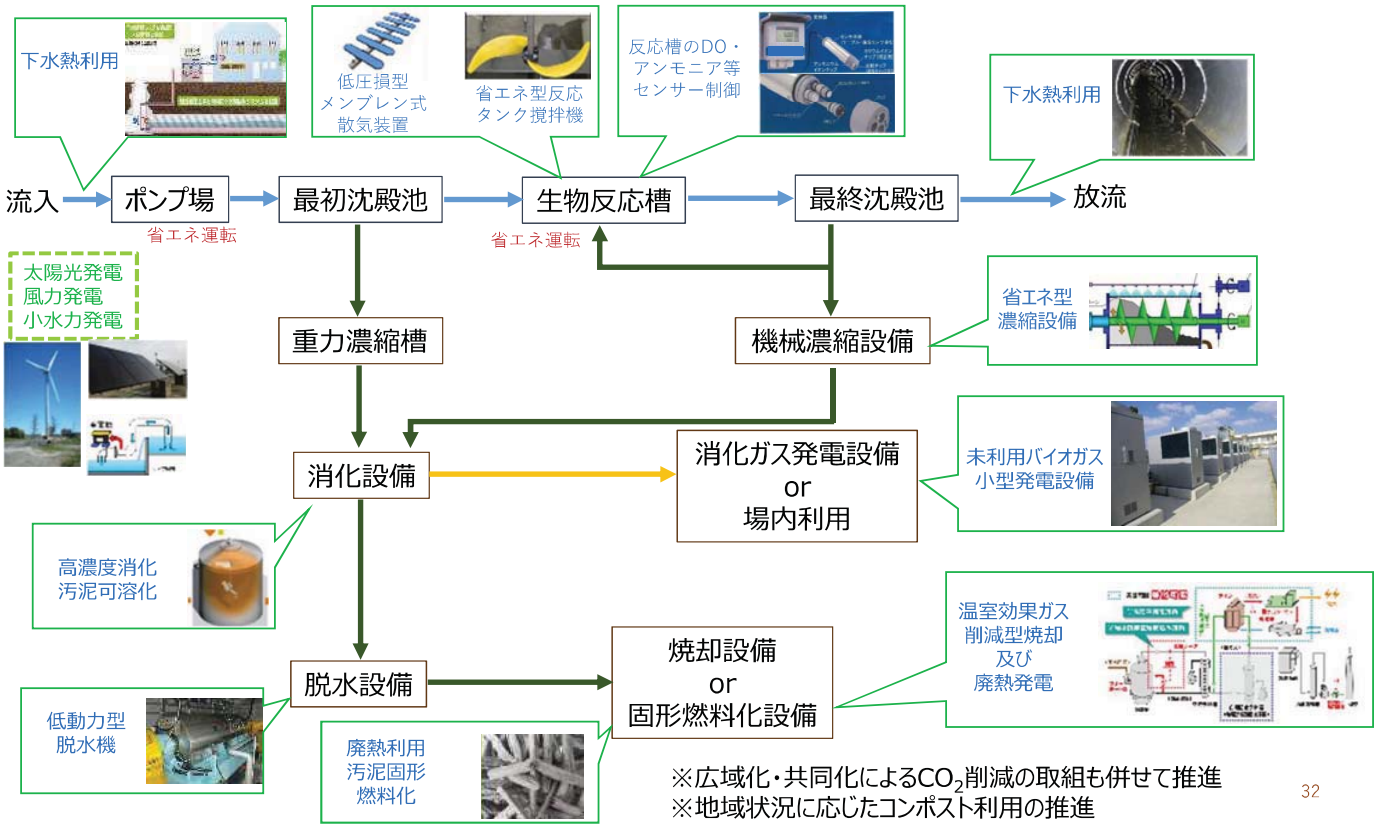
	導入すべき技術の内容	導入すべき技術の例（下線は運転管理による工夫）			
		超大規模処理場（A2O法 日最大流入水量２０万m³/日）	大規模処理場（A2O法 日最大流入水量１０万m³/日）	中規模処理場（標準法 日最大流入水量5万m³/日）	小規模処理場（OD法 日最大流入水量1万m³/日 以下）
①省エネ	水処理について、処理方式や処理規模に応じた省エネ対策として反応タンク設備関連などの寄与率の高い効果的・効率的な省エネ技術。	・メンブレン式散気装置 ・省エネ型反応タンク撹拌機 ・高度センサー制御システムの導入 ・監視制御システムにおけるエネルギー管理システムの導入 ・主ポンプ、送風機等の運転方法の見直し ・送風量の適正化 ・水中撹拌機、貯留槽撹拌機の間欠運転 ・ベルト型濃縮機 ・スクリュープレス脱水機 ・省エネ型遠心脱水機		・メンブレン式散気装置 ・高度センサー制御システムの導入 ・監視制御システムにおけるエネルギー管理システムの導入 ・主ポンプ・送風機等の運転方法の見直し ・送風量の適正化 ・貯留槽撹拌機の間欠運転 ・ベルト型濃縮機 ・スクリュープレス脱水機 ・省エネ型遠心脱水機	・センサーを用いた自動制御技術 ・間欠運転
	汚泥処理については、処理方式や処理規模に応じた省エネ対策として汚泥濃縮機、消化タンク撹拌機、汚泥脱水機の省エネ化など寄与率の高い効果的・効率的な省エネ技術。				
②創エネ・再エネ	固形燃料化技術やバイオガス利用等下水汚泥のエネルギー化に関わる効果的・効率的な技術。	・消化ガス利用（発電等） ・固形燃料化 ・廃熱発電		・消化ガス利用（発電等） ・固形燃料化	・消化ガス利用（発電等）
	下水熱利用等の効果的・効率的な技術。	下水熱利用、太陽光発電、風力発電、水力発電			
③下水汚泥焼却に伴い発生するN₂Oへの対策	下水汚泥の焼却施設における燃焼の高度化や、一酸化二窒素の排出の少ない焼却炉及び下水汚泥固形燃料化施設の設置を推進するための効果的・効率的な技術。	・多段吹込燃焼式流動炉 ・二段燃焼式循環流動炉 ・ストーカ炉 ・過給式流動炉 ・固形燃料化			
⑥下水道のシステム最適化	部分最適にとどまらず、水処理・汚泥処理システム全体で最適化する技術。	・B-DASH技術など下水道のシステムとして評価できる有効技術			

※上記の他にも「下水道における地球温暖化対策マニュアル（平成28年3月環境省・国土交通省）」表5－1等記載の取り組みを処理場・ポンプ場の実態に応じて導入する。

31

国土交通省 国土技術政策総合研究所

6． 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
導入すべき技術と例



※広域化・共同化によるCO_2削減の取組も併せて推進
※地域状況に応じたコンポスト利用の推進

32

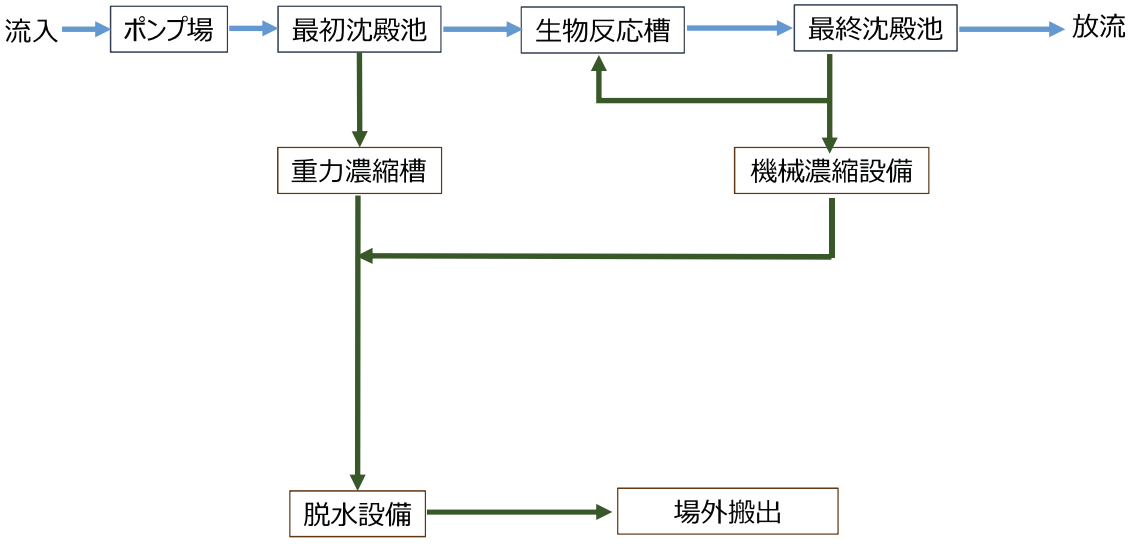
6． 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
導入すべき技術の効果試算例

○標準法（日最大流入水量5万m³/日）の下水処理場をモデルケースとして次の4ケースを実施した場合のエネルギー収支及び二酸化炭素排出量について試算を実施。

1．対照系フロー(標準法　日最大流入水量5万m³/日　)
　従来型機器のケース
2．対照系(省エネ)フロー(標準法　日最大流入水量5万m³/日　)
　運転改善、省エネ機器の導入したケース
3．導入系1(省エネ＋創エネ)機器フロー(標準法　日最大流入水量5万m³/日　)
　運転改善、省エネ機器の導入＋消化設備、消化ガス発電を導入したケース
4．導入系2(省エネ＋創エネ+B-DASH)フロー(標準法　日最大流入水量5万m³/日　)
　運転改善、省エネ機器の導入＋消化設備、消化ガス発電　B-DASH技術を導入したケース

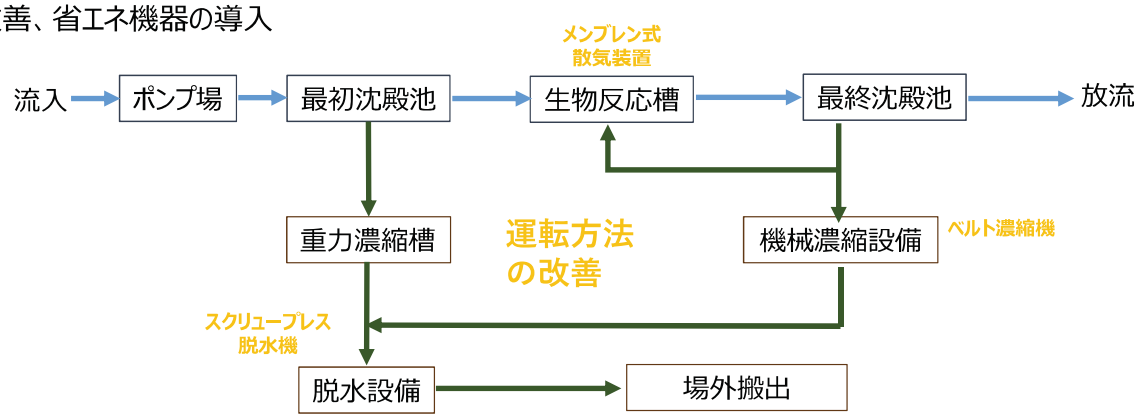
6． 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
導入すべき技術の効果試算例

1．対照系フロー(標準法　日最大流入水量5万m³/日　)



6． 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
導入すべき技術の効果試算例

2．対照系(省エネ)フロー(標準法　日最大流入水量5万m³/日　)
運転改善、省エネ機器の導入



・導入省エネ機器

適用箇所	基本型	省エネ型
散気装置	散気板	メンブレン式
汚泥濃縮機	遠心式	ベルト濃縮機
汚泥脱水機	遠心脱水機	スクリュープレス

・運転管理改善手法例

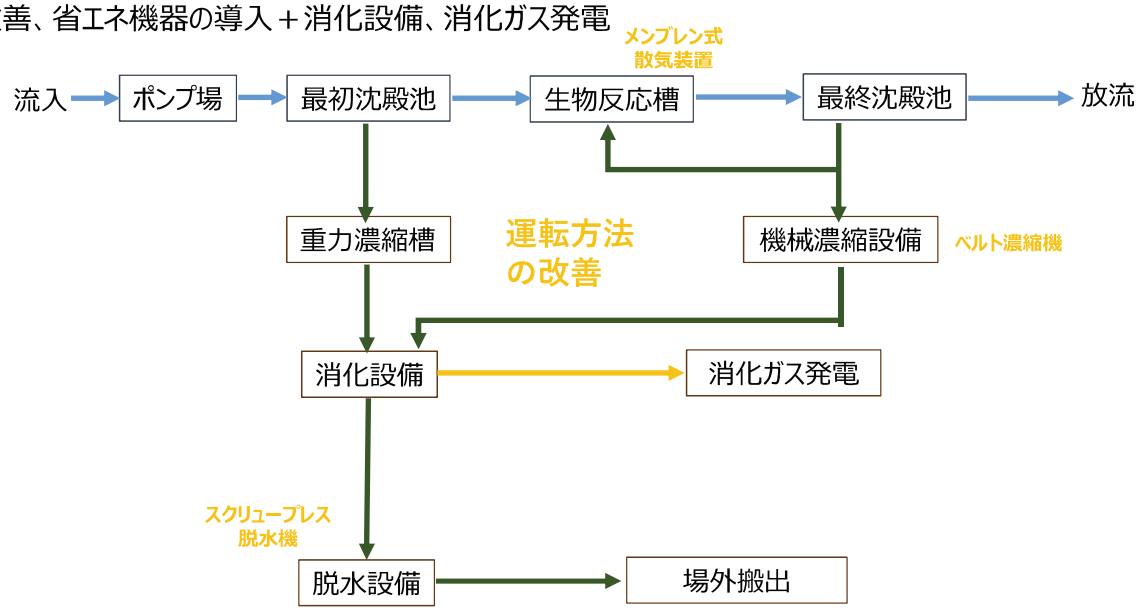
	主ﾎﾟﾝﾌﾟ	送風機	送風量の適正化	汚泥貯留槽撹拌機	返送汚泥ポンプ
検討事例	稼働ポンプ変更による効率的な運転	稼働送風機変更による効率的な運転	必要空気量に応じた送風量の適正化	撹拌機の間欠運転	回転数の見直しによる適切な吐出量への変更

※具体的な運転管理改善効果については（公財）下水道新技術機構の過去の実績より、同流量規模の運転管理改善効果の平均値である6.45%を使用して算出。

国土交通省 国土技術政策総合研究所

6． 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
導入すべき技術の効果試算例

3．導入系1(省エネ＋創エネ)フロー(標準法　日最大流入水量5万m³/日　)
運転改善、省エネ機器の導入＋消化設備、消化ガス発電

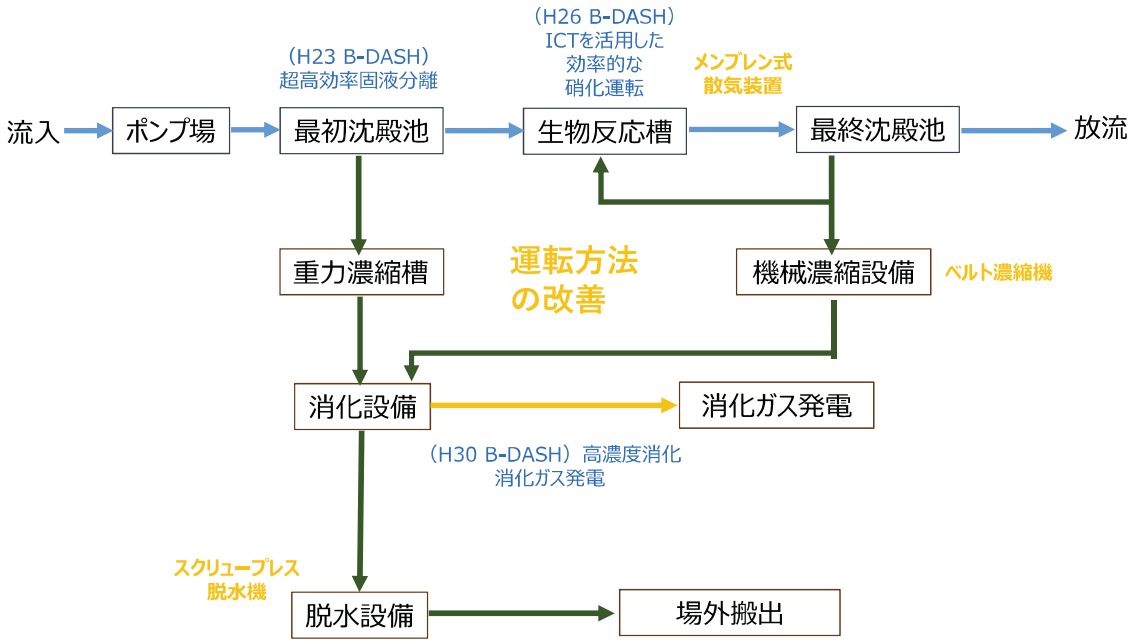


6． 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目 導入すべき技術の効果試算例

4．導入系2(省エネ＋創エネ+B-DASH)フロー(標準法　日最大流入水量5万m³/日　)

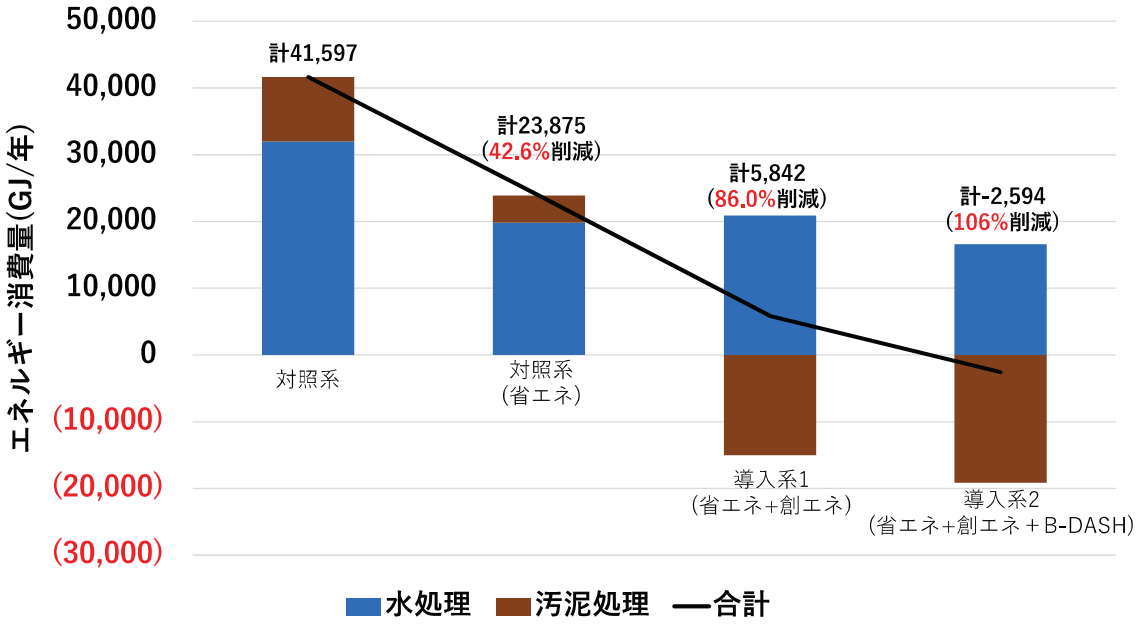
運転改善、省エネ機器の導入＋消化設備、消化ガス発電　B-DASH技術の導入

※なお、B-DASH技術についてはその他の技術も有り、今回は一部技術を適用した試算例を提示したもの。



6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目 導入すべき技術の効果試算例

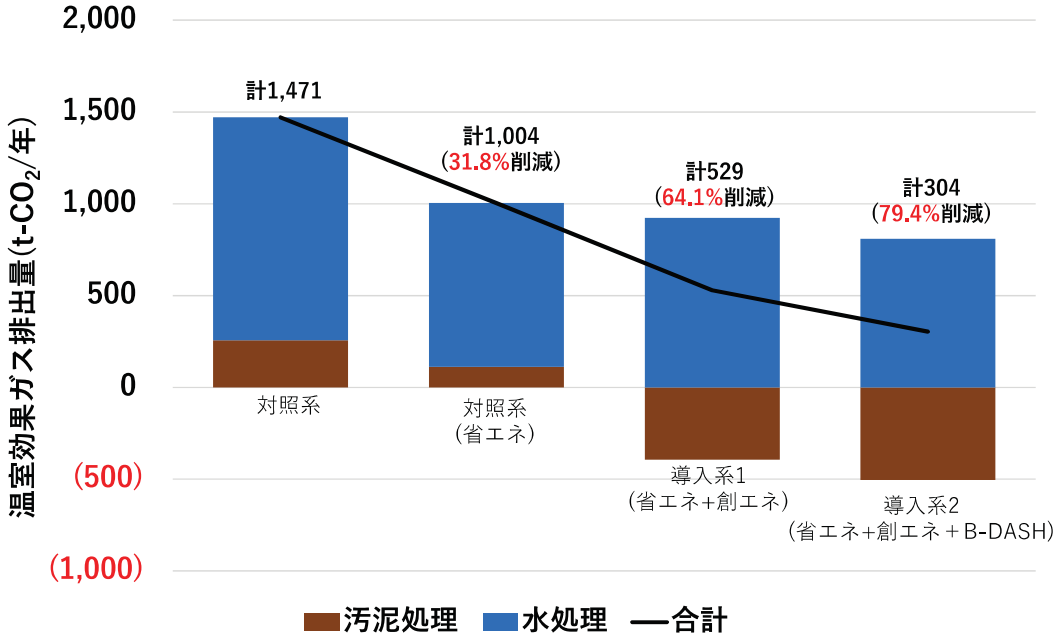
・B-DASH技術導入効果(消費エネルギー削減効果)



※汚泥処理には消化ガス発電による創エネを含む。
※削減率は対照系に対しての削減を示している。

6． 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
導入すべき技術の効果試算例

・B-DASH技術導入効果(温室効果ガス削減効果)



※汚泥処理には消化ガス発電による創エネを含む。
※電力排出係数0.25 kg-CO_2/kWhを使用。
※削減率は対照系に対しての削減を示している。

個別機器による対策も重要だが、システムとしての改善効果が期待できるB-DASH技術の導入が効果的

6． 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
導入すべき技術の整備量

○2030年目標のうち「省エネの促進」、「下水汚泥のエネルギー化（創エネ）」、「焼却の高度化」について導入すべき技術の整備量（試算）

1．省エネの促進（目標：2013年度比60万t削減）
運転方法の改善、省エネ機器（メンブレン等）及び既存のB-DASH技術（超高効率固液分離技術、ICTを活用した効率的な硝化運転技術）の全国処理場への導入が必要。

2．下水汚泥のエネルギー化（目標： 2013年度比70万t削減）
削減目標達成に必要な2030年度の下水汚泥エネルギー化率は37%（2013年度15%）。これを達成するためには5万m^3/日の処理場で6.1t-DS/日の汚泥を消化するとした場合で試算すると、さらに約４４０箇所の処理場で消化の実施が必要。

3．焼却の高度化（目標： 2013年度比78万t削減）
汚泥の焼却温度を高度化（800度⇒850度）することで2030年度に高温焼却実施率が100%となると想定。加えて、よりN_2Oの排出量の少ない新型炉や焼却処理せずに固形燃料化を行うこと（2013年度比新規設置基数44基）が必要。（出典 地球温暖化対策計画（令和３年10月22日閣議決定））

6． 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目
技術開発項目の例

○ 2030年目標達成に向けた技術開発については2030年までに実装可能な技術について取り組む必要がある。
○次に技術開発項目の例を示す。

	導入すべき技術の内容	技術開発項目の例※
①省エネ	水処理について、処理方式や処理規模に応じた省エネ対策として反応タンク設備関連などの寄与率の高い効果的・効率的な省エネ技術。 汚泥処理については、処理方式や処理規模に応じた省エネ対策として汚泥濃縮機、消化タンク攪拌機、汚泥脱水機の省エネ化など寄与率の高い効果的・効率的な省エネ技術。	・深槽曝気システムにおける省エネ型改築技術（R4B-DASH採択テーマ案）※Ⅰ ・ＡＩを活用した下水処理場運転操作支援技術（R3B-DASH採択テーマ）※Ⅰ ・ICT,AI,センシング技術を用いた水処理・汚泥処理制御技術※Ⅱ ・効率型膜処理技術※Ⅲ その他左記に関わる技術
②創エネ・再エネ	固形燃料化技術やバイオガス利用等下水汚泥のエネルギー化に関わる効果的・効率的な技術。 下水熱利用等の効果的・効率的な技術。	・水熱炭化技術※Ⅲ ・汚泥の高付加価値化に関する技術※Ⅲ ・汚泥発酵乾燥技術※Ⅱ、Ⅲ ・既設躯体を活用した汚泥消化設備※Ⅱ ・ディスポーザーに関する技術※Ⅱ その他左記に関わる技術
③下水汚泥焼却に伴い発生するN₂Oへの対策	・下水汚泥の焼却施設における燃焼の高度化や、一酸化二窒素の排出の少ない焼却炉及び下水汚泥固形燃料化施設の設置を推進するための効果的・効率的な技術。	左記に関わる技術
⑥下水道のシステム最適化	・部分最適にとどまらず、水処理・汚泥処理システム全体で最適化する技術。	・最初沈殿池におけるエネルギー回収技術（R4B-DASH採択テーマ案）※Ⅰ その他左記に関わる技術

※Ⅰ R３，4実規模実証テーマ、Ⅱ（一社）日本下水道施設業協会へのアンケート（B-DASH関連設問）、ⅢR3国交省実規模実証テーマ案調査結果より記載

国土交通省 国土技術政策総合研究所

7．2050年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

7．2050年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
下水道分野及び他分野の技術開発の動向について

国土交通省 国土技術政策総合研究所

（下水道分野）
○下水道技術ビジョンロードマップの進捗状況を把握するために実施した、文献（国内文献）調査結果（技術開発レポート2019）から次の技術開発が少ないことが判明。引き続き取組の推進が必要。
・下水道の水処理・汚泥処理由来で発生するN_2Oに関する研究開発。
・創エネについて、中小処理場を対象とした技術や熱利用技術についての研究開発。
・下水道に関連する地域バイオマスに関する研究開発。

○（一社）日本下水道施設業協会アンケート（13社より回答）の結果（2050年カーボンニュートラルの実現に貢献する技術）では
・「FO膜による水処理技術」、「MBR式メタン発酵システム」、「外部バイオマス受け入れ可能な高効率水処理技術」、「メタン発酵技術の効率化」についての技術開発に関する提案が見られた。

○水処理に伴い発生するN_2Oに関しては、ラボレベルでのメカニズムに関する研究やデータの蓄積を推進していく。

○社会構造の変化や水循環・環境、物質循環、エネルギー等を踏まえた将来的な下水道のあり方やその評価手法については今後の研究課題となりうる。

（他分野）
他分野における次の動向を踏まえた取組が必要。
○グリーン成長戦略（経済産業省及び関係省庁（令和3年）によると
・水素（2000万t）、アンモニア（3000万t)、合成メタン(2500万t)など下水道由来となりうる資源について2050年に向けて大幅な需要が見込める。
・ガス事業者がガスの脱炭素化とコジェネ導入推進等を行い、次世代熱エネルギー供給を主体的に推進することとなっており、下水道で創出したガス、熱、電気エネルギー等の連携活用が期待される。
・地域で発生する有機性廃棄物の一体処理によるコスト低減策を今後検討することとなっており、地域社会全体でみたバイオマスの有効活用、最適化が図られていくことになる。
・CO_2の回収技術の実証など技術開発が推進される。
○みどりの食料システム戦略（農林水産省（令和3年））によれば化学肥料の使用量を2050年までに30%削減し、堆肥等への置き換えをすることとなっており、汚泥発酵肥料や汚泥由来のリン等の活用が期待される。

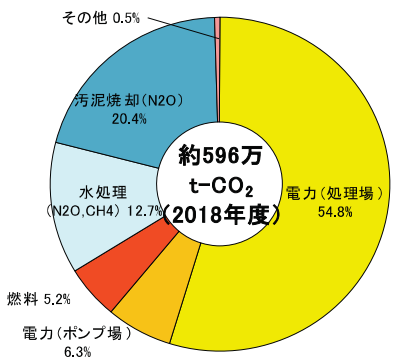
国土交通省 国土技術政策総合研究所

7．2050年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
シナリオに基づいたカーボンニュートラルの実現可能性に関する試算と効果的な技術分野

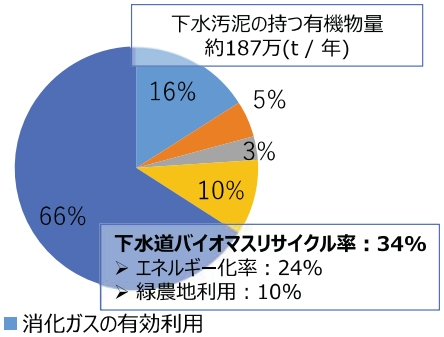
○2018年度時点で下水道からは約600万ｔのCO_2が排出されている中で、下水道分野、他分野の技術開発の動向を踏まえ、2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術について、どのような対策・技術分野が導入されれば、どの程度削減に貢献できるのか、感度分析的に次のシナリオを検討し、削減効果の試算を実施。これにより、有為な技術分野を見える化する。

・現行トレンドシナリオ
・ゲームチェンジシナリオ

下水道からの温室効果ガス発生量



下水道分野で創エネ／再エネの取組



令和元年度データ

	発電量（kWh）	導入カ所数
太陽光：	約0.7億	110
小水力：	約0.02億	27
風力：	約0.07億	6

	発熱量（発電量）	導入カ所数
下水熱：	約90千GJ（約0.25億kWh）	32

令和元年度データ

※国土交通省下水道部作成

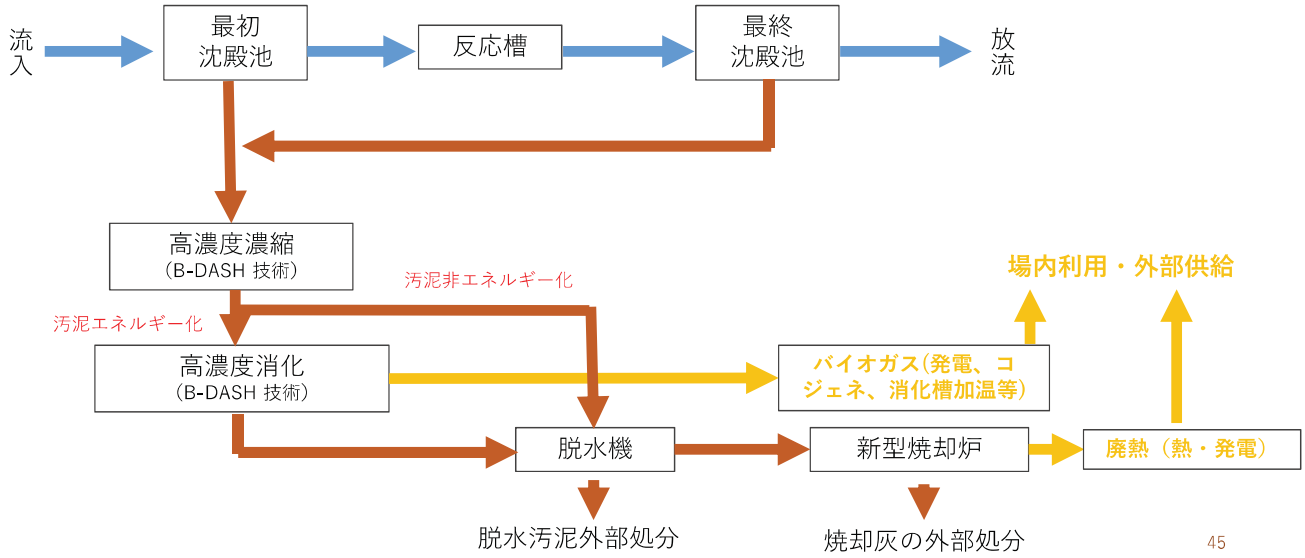
7．2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術
シナリオに基づいたカーボンニュートラルの実現可能性に関する試算と効果的な技術分野

現行トレンドシナリオ

○2050年までの人口推計を踏まえ、将来の処理水量（二次処理、高度処理）、汚泥処理量を推定し、ベースとなるエネルギー由来のCO_2排出量やN_2O排出量等を推定。

○「電力、燃料」については現状の省エネ技術が可能な限り普及展開するとして試算。「創エネ」として下水汚泥エネルギー化率の2030年目標３７%に対応した汚泥エネルギー化投入率７４%で、2050年までそのまま推移するとして創エネ量を推定。「汚泥焼却に伴い発生するN_2O」については、新型炉に置き換わったとして現状のトップランナー値を用いて排出量を算出。「水処理に伴い発生するN_2O」については未対策。

全国処理場のモデル化　汚泥エネルギー化投入率：下水汚泥中の有機物重量のうち、エネルギー利用のために消化槽に投入された重量の割合と定義



国土交通省 国土技術政策総合研究所

7．2050年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
シナリオに基づいたカーボンニュートラルの実現可能性に関する試算と効果的な技術分野

ゲームチェンジシナリオ

○基本的な考え方として、「現行トレンドシナリオ」に加えて、例えば、「2030年目標を実現するための技術的課題と取組の方向性」の中で2050年を見据えた課題とされている水処理に伴い発生するN_2Oの抑制対策が可能になることや現行の諸課題が解決し、下水道システムの最適化が図られることで、どの程度の温室効果ガス排出量の削減が可能となるか。さらに2050年を見据えた革新的技術の導入が実現した場合、どの程度削減効果を上乗せできるのか試算。

（諸課題の例）
①システム全体としての省エネ化　②流入有機物の除去・創エネ活用　③処理水・汚泥のカスケード利用の推進
④圧送輸送が困難となる高効率脱水汚泥　⑤消化を促進するための汚泥濃縮、可溶化設備等前処理施設
⑥N_2O対策のための高温焼却　⑦地域バイオマスの受け入れ　等

具体的な計算方法として

○2050年までの人口推計を踏まえ、将来の処理水量（二次処理、高度処理）、汚泥処理量を推定し、ベースとなるエネルギー由来のCO_2排出量やN_2O排出量等を推定。

○「電気、燃料」については現状の省エネ技術が可能な限り普及展開し、流入有機物の除去等により反応槽における動力が削減したことも見込む。さらに、燃料については場内利用のバイオガス等でまかなえないポンプ場に要する燃料がカーボンフリー燃料に置き換わるとする。

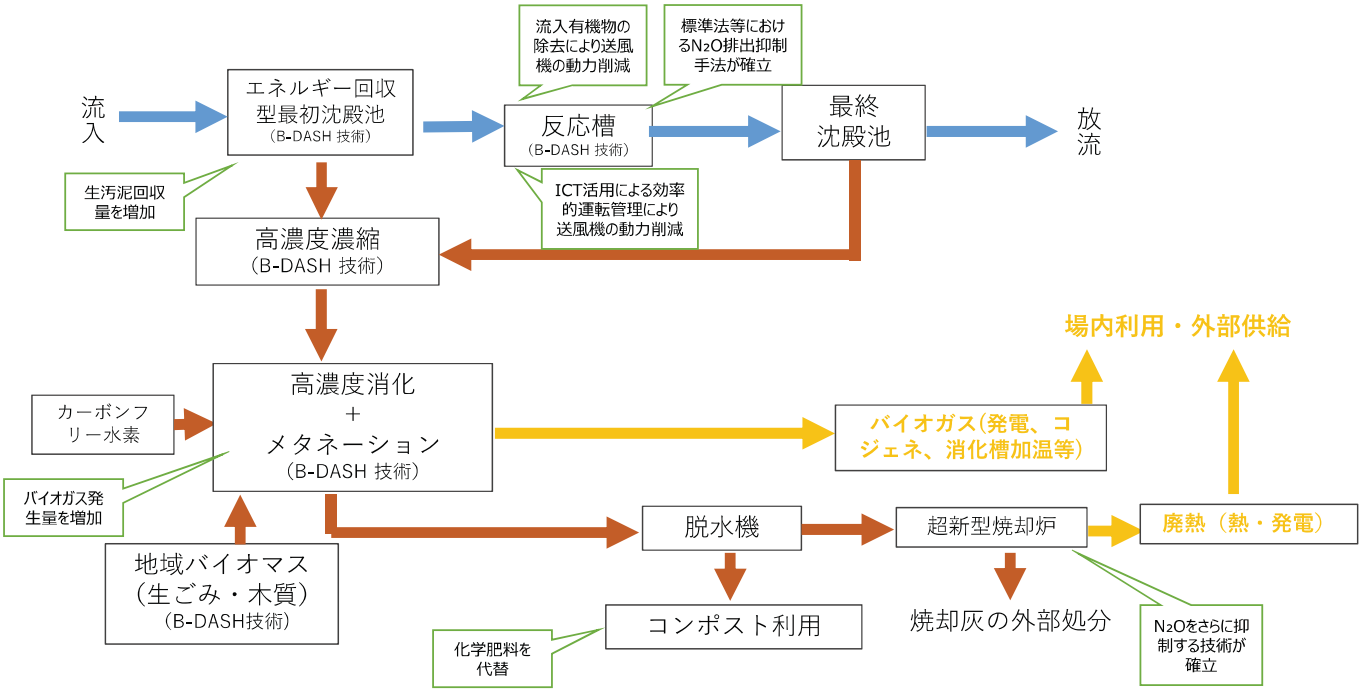
○「創エネ」としては流入有機物の除去・創エネ活用により、有効活用する汚泥量の増加を見込み（水処理・汚泥処理に関わる消費・創エネルギー一体でみたシステムとしての改善）、発生汚泥は全量消化槽に投入されることとする。さらに、地域の有機物一体処理の拠点として地域バイオマス（木質、生ゴミ）の受け入れ効果やカーボンフリー水素を活用した、消化槽内でのメタネーション反応によるメタン生成効果も計上。

○「汚泥焼却に伴い発生するN_2O」については、現在の新型炉の排出量から技術革新によりさらに排出が減少するとして試算。「水処理に伴い発生するN_2O」については、標準法等における抑制対策手法が確立したこととして試算。

○消化汚泥については、焼却されないものについては全量汚泥肥料として活用することとして、化学肥料で製造した場合と比べたCO_2削減効果についても試算（社会への貢献）。

7．2050年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
シナリオに基づいたカーボンニュートラルの実現可能性に関する試算と効果的な技術分野

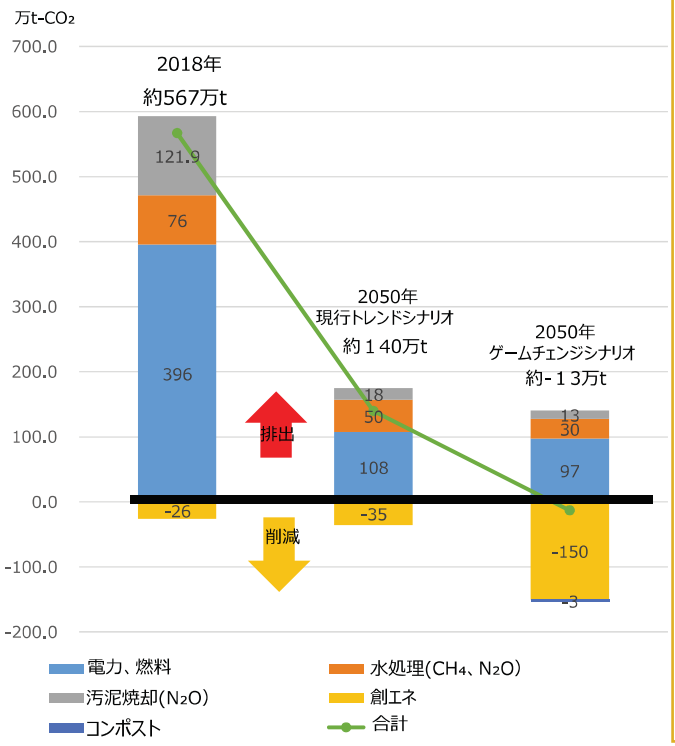
ゲームチェンジシナリオの処理フロー



7．2050年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
シナリオに基づいたカーボンニュートラルの実現可能性に関する試算と効果的な技術分野

		現行トレンドシナリオ	ゲームチェンジシナリオ
総人口（下水道処理人口、下水道処理人口普及率）		102 百万人（82 百万人、80.1%）	
処理水量（1人当たり処理水量）		119 億m^3/年（146 m^3/人/年）	
高度処理水量（2次処理水量）		70 億m^3/年（49 億m^3/年）	
発生汚泥量（1人当たり発生汚泥量）		1,727 千t-DS/年（21.2 kg-DS/人/年）	
電力由来のCO2排出係数		0.25 kg-CO_2/kWh	
追加の対策	電力	・従来型省エネ対策：電力の36%削減（高効率散気装置、DO制御技術、運転管理等）	・B-DASH技術も活用した省エネ対策：電力の約41%削減（左記に加え、流入有機物の除去技術及びICTを活用した運転管理により、反応槽の送風に係る電力をそれぞれ約14%及び約13%削減）
	燃料	–	・カーボンフリー燃料（太陽光発電によって生成したH_2等）による場外ポンプ場のCO_2ゼロエミッション化
	水処理に伴うN2O	–（排出係数について高度処理は11.7 mg/m^3を2次処理は142 mg/m3を使用（現行の排出係数））	・N_2O排出抑制技術が確立することを前提とし、全処理水に対して、現行の高度処理の排出係数11.7 mg/m^3を使用
	汚泥焼却に伴うN2O	・排出係数は現在のトップランナー値である0.226 kg-CO2/t-wetを使用	・メーカーヒアリング等により更なる排出係数の改善が見込めると仮定し、0.151 kg-CO_2/t-wetを使用
	創エネによる効果	・汚泥エネルギー化投入率を74%（2030年目標下水汚泥エネルギー化率37%に対応した数値） ・総合効率75%でエネルギー化	・汚泥エネルギー化投入率を100%、更に発生汚泥量に対して50%の生ごみや木質等の地域バイオマスを混合消化 ・メタネーションによるメタン濃度が60%から67%に増加と仮定 ・総合効率85%でエネルギー化
	その他	–	・汚泥肥料（コンポスト）により化学肥料を代替

7．2050年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
シナリオに基づいたカーボンニュートラルの実現可能性に関する試算と効果的な技術分野



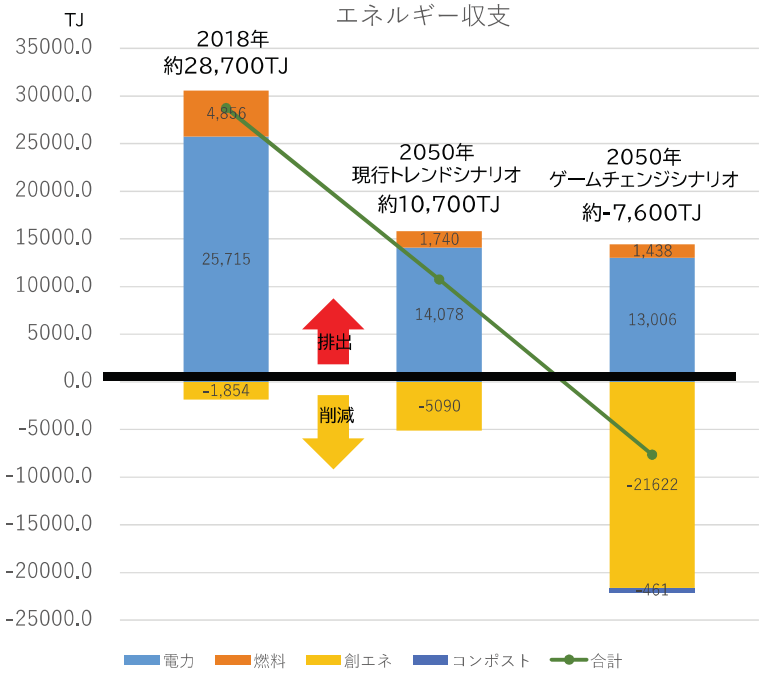
○現行トレンドシナリオは約140万ｔの排出量であったものの、ゲームチェンジシナリオでは約－13万ｔの排出量となった。
○シナリオ別の試算から次の取組の効果がカーボンニュートラルの実現への貢献度の高いことが確認できた。
- ・省エネ対策の実施
- ・水処理・汚泥処理のエネルギー使用量を下水道のシステム一体で削減
- ・生ゴミ等の地域バイオマスを含めて一体的に有機性廃棄物処理を実施
- ・消化の促進やCO₂、カーボンフリー水素を活用した徹底的なバイオガス生成を実施
- ・バイオガス発電廃熱などの熱をフル活用
- ・水処理・汚泥処理課程で発生するN₂Oの抑制対策を実施
- ・コンポスト利用などの他分野のCO₂削減に資する取組を推進

※その他課題として水処理から発生するCH₄への対策の必要性や下水熱の普及や場内太陽光発電による取組の推進等が考えられる。
※バイオガス製造や熱利用にあたっては、需給の年間変動を考慮した体制が必要。
※その他効果的な水処理・汚泥処理・エネルギー利用形態を排除するものではない。
※個別処理場で見た場合、処理方式や規模、地域社会の状況によって試算は変わりうることに留意が必要。

※2050年の電力由来の排出係数は0.25kg-CO₂/kWhを使用し試算。また、2018年の創エネ効果は下水汚泥エネルギー化率約24%を用いて算出。

国土交通省 国土技術政策総合研究所

7．2050年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
シナリオに基づいたカーボンニュートラルの実現可能性に関する試算と効果的な技術分野



○エネルギーベースでは、現行トレンドシナリオは約10,700TJのエネルギー消費、ゲームチェンジシナリオでは約7,600TJのエネルギー創出となった。

7．2050年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まとめ　導入すべき技術分野や技術開発の方向性

国土交通省 国土技術政策総合研究所

○下水道技術ビジョンのロードマップを含む下水道分野や他分野における技術開発動向及びシナリオ別の試算並びに令和３年度エネルギー分科会における議論を踏まえ、2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するために導入すべき技術分野や技術開発の方向性について次のとおり整理する。

【導入すべき技術分野】

・下水中の有機物を水処理過程の中でも可能な限り回収し、エネルギー回収効率を向上するとともに水処理に係る負荷を減らすことでエネルギーの消費を抑えるなど水処理・汚泥処理に係るエネルギー使用量をシステム一体的に削減する技術。
・個別設備についての省エネ化・無動力化技術やエネルギー消費の見える化、運転管理手法の改善をセットで行うエネルギーマネジメント手法の開発。また、これまで燃料が使用されている設備の電化促進やカーボンフリー燃料の利用を可能とする技術。
・生ゴミ等の地域バイオマスを含めて一体的に有機性廃棄物処理をするための前処理や消化等に関する技術。汚泥の可溶化など消化性能の向上を図る技術やCO_2、カーボンフリー水素を活用して、徹底的にバイオガス生産量を増加させる技術。
・エネルギー化の課程で発生する廃熱の利用及び利用推進のための技術。
・有機物以外のアンモニアやリン等を回収し、効率的に肥料化・エネルギー化を図る技術。
・下水熱利用を促進する技術。
・水処理・汚泥処理課程で発生するCH_4やN_2Oの抑制対策技術。
・CO_2削減効果の評価手法、下水道事業者などが目標設定するためのベンチマーク手法や性能指標設定手法に関する技術。
・下水道のデジタル化を通してオペレーションの省力化や省エネ化を推進するためのICT（AI、センシング、制御技術）。 等

【技術開発の方向性】

導入すべき技術分野に関連する技術開発を総合的に推進していく。

開発にあたっては、地域の人口減少に伴う水量や水質の変化及びコストも踏まえ、地域特性や処理方式、規模に応じた柔軟性のある、持続可能性の高いメニューの整備についても今後検討していく。また、他分野の技術開発等の取組の成果を賢く活用することが重要。開発技術の導入においては、各下水道事業者においても脱炭素化に向けたグランドデザインを描き、それらを地方公共団体が定める実行計画（地球温暖化対策の推進に関する法律）等にも反映して、着実に推進することが重要。

地球全体のカーボンニュートラルに貢献するという視点も重要であることから、本邦技術の海外展開を支援するための標準化やガイドライン等の作成など技術的な支援も引き続き推進。

また、今後の研究課題として残る、社会構造の変化や水循環・環境、物質循環、エネルギー等を勘案した将来的な下水道・流域管理・社会システムの全体最適やあり方、調達制度等の仕組みに関する事項についても技術的な見地から継続的に調査研究をしていく。

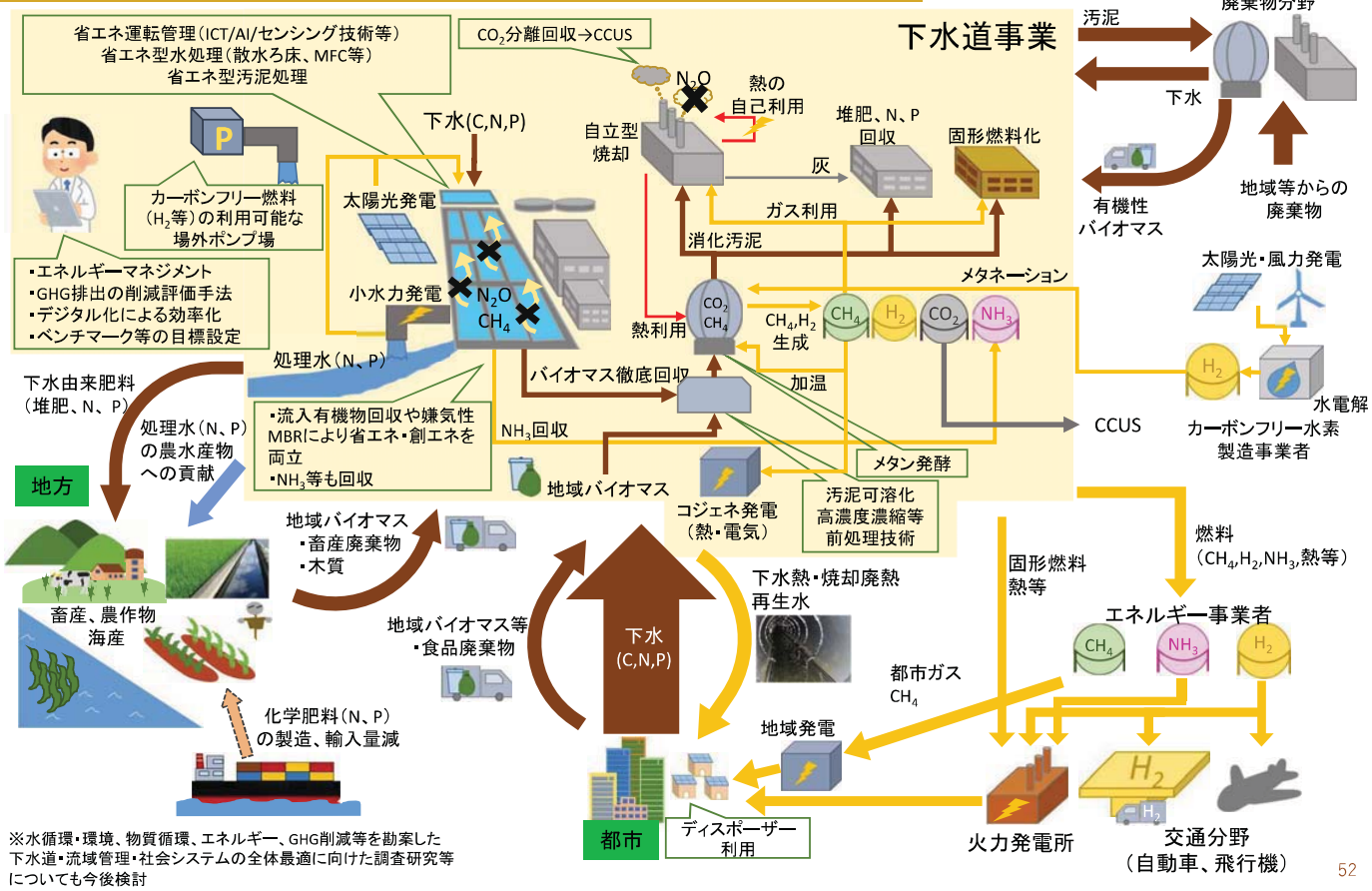
なお、本整理に留まらず、今後も不断の検討、見直しを行い、下水道分野がカーボンニュートラルの実現に大きく貢献できるよう取り組んでいく。

51

下水道技術開発会議エネルギー分科会

国土交通省 国土技術政策総合研究所

脱炭素社会に貢献する循環のみち下水道 ～カーボンニュートラル実現に資する技術のイメージ～



※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についても今後検討

52

8．2050年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の技術開発ロードマップ

国土交通省 国土技術政策総合研究所

8．2050年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の技術開発ロードマップ

○下水道技術ビジョンのロードマップを含む下水道分野や他分野における技術開発動向及びシナリオ別の試算並びに令和３年度エネルギー分科会における議論の成果として、2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するために導入すべき技術分野や技術開発の方向性を整理した。これを踏まえ2050年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の技術開発項目についてロードマップとして整理を行った。
○技術開発期間として、実証研究については、その後の導入拡大に要する期間も含めて遅くとも2040年までに実施することとした。
※**新規**は下水道技術ビジョンにない事項を指す。

8．2050年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の技術開発ロードマップ 速やかに取り組むべき技術開発項目

○特に、2050年に向けて対策効果が大きく、普及を考慮すると速やかに技術開発を進めるべき技術開発項目を次のとおり整理する。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。

実用化されていない技術分野

①全体最適化に関する事項
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２－８　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

②CH_4,N_2Oの排出削減に関する事項
技術目標３　下水道から排出されるCH_4、N_2O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_2O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

④創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項
技術目標８　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８－４　膜ろ過・嫌気処理による省エネ・創エネ型水処理技術
技術目標９　汚泥直接、汚泥由来バイオガスや硫化水素などからメタン、水素、CO_2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９－３　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

⑤地域バイオマスの活用に関する事項
技術目標１２　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12－５　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12－６　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１４　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14－１　下水・下水汚泥構成元素の分離・リサイクル技術等の開発

⑥農林水産物生産及び高付加価値製品製造に関する事項
技術目標１６　高付加価値製品等の製造技術の開発
　技術開発項目16－４　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

8．2050年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の技術開発ロードマップ 速やかに取り組むべき技術開発項目

実用化されている技術はあるが、更なる改善やメニューの充実を図るべき技術分野

①全体最適化に関する事項
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
　技術開発項目２－２　ICT、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
　技術開発項目２－７　エネルギーマネジメント

②CH_4,N_2Oの排出削減に関する事項
技術目標３　下水道から排出されるCH_4,N_2Oの排出削減に関する技術開発
　技術開発項目３－４　N_2O排出量の少ない、より高度な焼却技術

③指標化、定量化並びに技術開発制度に関する事項
技術目標４　ベンチマーキング手法を活用した、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、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_2性能の合理的な定量化手法

④創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項
技術目標８　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８－６　汚泥炭化（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
技術目標９　汚泥直接、汚泥由来バイオガスや硫化水素などからメタン、水素、CO_2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９－２　バイオガス、汚泥及び処理水から直接水素を抽出製造する技術
技術目標１０　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10－２　高濃度濃縮技術、汚泥可溶化、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
技術目標１１　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11－１　バイオガス発電、汚泥焼却等の廃熱利用の効率化に関する技術

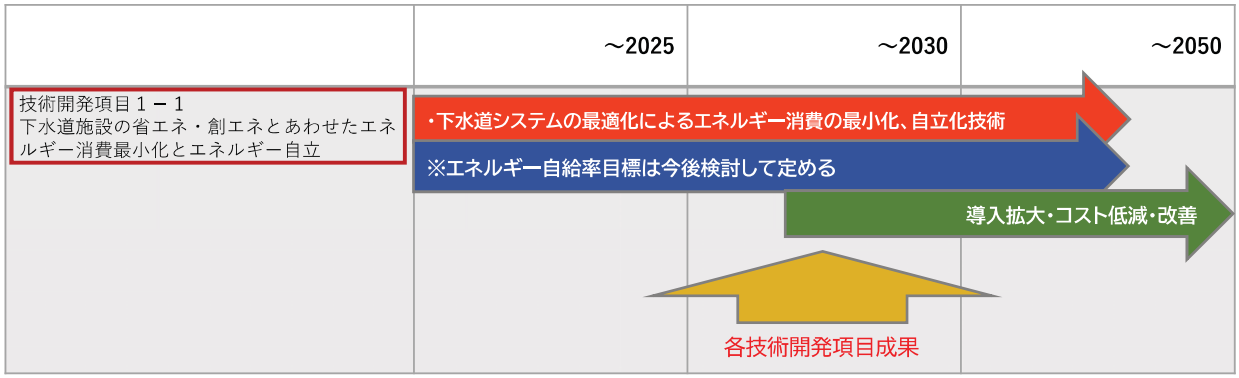
⑤地域バイオマスの活用に関する事項
技術目標１２　地域の間伐材等の未利用資源を活用して脱水効率、消化効率、焼却効率を向上させる技術の開発
　技術開発項目12－２　様々な状態で発生する、剪定枝、除草刈草、廃棄物等の受け入れ、前処理、メタン発酵技術
技術目標１３　下水処理場における多様なバイオマス利用技術を比較するためのＬＣＣ評価及びＬＣＡ評価等に関する技術の開発
　技術開発項目13－１　各種バイオマスのバイオマス有効利用技術のＬＣＣ，ＬＣＡ分析・評価に関する技術

⑥農林水産物生産及び高付加価値製品製造に関する事項
技術目標１６　高付加価値製品等の製造技術の開発
　技術開発項目16－３　汚泥炭化（乾燥、水熱炭化）、発酵等による肥料化技術の効率化

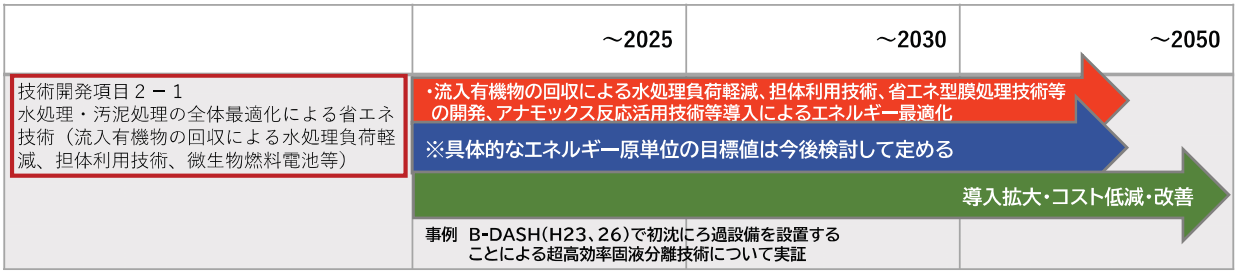
8．2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術の技術開発ロードマップ

①全体最適化に関する事項

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



技術目標2　水処理・汚泥処理の最適化に資する技術開発



国土交通省 国土技術政策総合研究所

8．2050年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の技術開発ロードマップ

①全体最適化に関する事項

技術目標2　水処理・汚泥処理の最適化に資する技術開発

8．2050年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の技術開発ロードマップ

①全体最適化に関する事項

技術目標2　水処理・汚泥処理の最適化に資する技術開発

基礎・応用研究等開発フェーズ → 実規模実証フェーズ → 導入拡大・コスト低減フェーズ

	～2025	～2030	～2050
技術開発項目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	・省エネ型機器の開発 ※具体的なエネルギー原単位の目標値は今後検討して定める 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH(H29)で無動力撹拌型鋼板製消化槽を用いた汚泥処理技術について実証		
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）	・汚泥の低含水率化、燃料化等の新技術の開発 ※具体的なエネルギー原単位の目標値は今後検討して定める 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH(H25低含水化、焼却発電、H29焼却発電等)で実証		
新規 技術開発項目２－７ エネルギーマネジメント	・エネルギー使用の見える化や情報通信インフラの高度化技術を活用したエネルギーマネジメントシステムの開発 導入拡大・コスト低減・改善 事例　下水道機構による省エネ診断にかかる共同研究		

国土交通省 国土技術政策総合研究所

8．2050年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の技術開発ロードマップ

①全体最適化に関する事項

技術目標2　水処理・汚泥処理の最適化に資する技術開発

基礎・応用研究等開発フェーズ → 実規模実証フェーズ → 導入拡大・コスト低減フェーズ

	～2025	～2030	～2050
新規 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	・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 導入拡大・改善 事例　流総指針の改定(H27)→エネルギーの観点を盛り込んだ四次元流総		
新規 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	・化石燃料使用機器についての電化やカーボンフリー燃料利用を可能とする技術の開発 導入拡大・コスト低減・改善		

8．2050年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の技術開発ロードマップ

②CH_4,N_2Oの排出削減に関する事項

技術目標3　下水道から排出されるCH_4、N_2Oの排出削減に関する技術開発

基礎・応用研究等開発フェーズ → 実規模実証フェーズ → 導入拡大・コスト低減フェーズ

	～2025	～2030	～2050
技術開発項目３－１ 水処理におけるN_2O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	・各水処理方式におけるN_2O発生量の把握等データの蓄積 ・N_2O発生機構の解明 ・抑制運転等の技術の開発 事例　国総研における調査（各処理方式における実態把握、発生要因の分析等）	排出抑制技術の実用化	導入拡大・改善
新規 技術開発項目３－２ 水処理におけるCH_4発生機構の解明、抑制方策技術の開発	・各水処理方式におけるCH_4発生量の把握等データの蓄積 ・CH_4発生機構の解明 ・抑制技術の開発	排出抑制技術の実用化	導入拡大・改善

61

国土交通省 国土技術政策総合研究所

8．2050年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の技術開発ロードマップ

②CH_4,N_2Oの排出削減に関する事項

技術目標3　下水道から排出されるCH_4、N_2Oの排出削減に関する技術開発

基礎・応用研究等開発フェーズ → 実規模実証フェーズ → 導入拡大・コスト低減フェーズ

	～2025	～2030	～2050
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	・低含水化、廃熱活用、汚泥の補助燃料化等を行う技術の普及展開 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH（H25）で低含水率化・省エネ型焼却設備・廃熱発電の各技術を組み合わせた創エネ技術について実証		
技術開発項目３－４ N_2O排出量の少ない、より高度な焼却技術	・より高度な焼却技術の開発 ・ゼオライトの触媒等を活用した新たなN_2O除去技術の開発 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH（H25）で低含水率化・省エネ型焼却設備・廃熱発電の各技術を組み合わせた創エネ技術について実証		
技術開発項目３－５ 省エネ・創エネと同時にN_2O排出抑制を達成する技術	・汚泥の炭化、乾燥による燃料化技術や脱水汚泥の低含水率化と組み合わせた焼却発電技術等の開発 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH（H29）で未利用廃熱を活用した高効率発電技術と局所撹拌空気吹込技術を組み合わせた温室効果ガス排出量削減技術について実証		

62

8．2050年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の技術開発ロードマップ

③指標化、定量化並びに技術開発制度に関する事項

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

	～2025	～2030	～2050
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、ベンチマーキング手法の導入を支援する技術	・ベンチマーキング手法や目標設定手法の開発、エネルギー効率に関する適切な技術的指標の設定 事例　・下水道事業におけるエネルギー効率に優れた技術の導入について（平成29年9月　下水道事業課長通知） ・単位水量あたりエネルギー消費量削減（REC削減率）	導入拡大・改善	
技術開発項目４－２ 省エネ・創エネ・省CO_2性能の合理的な定量化手法	・他分野への貢献の評価等に資する、省エネ・創エネ・省CO_2性能の合理的な定量化手法の開発	導入拡大・改善	

技術目標5　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に関する新たな技術開発プロジェクトの設置等

	～2025	～2030	～2050
新規 技術開発項目５－１ 新たな技術開発プロジェクト制度	政策目標達成型の技術実証プロジェクトの仕組み等検討	導入拡大・改善	

8．2050年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の技術開発ロードマップ

④創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項

技術目標6　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

	～2025	～2030	～2050
技術開発項目６－１ 中小規模下水処理場における草木系バイオマスエネルギー利用技術を活用した汚泥処理（乾燥）の導入技術	パイロットスケール 実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH（R2採択、室蘭）で小規模を対象とした脱水乾燥、バイオマスボイラ技術について実証中		

技術目標7　低LCC化、エネルギー効率の高効率化による導入促進のため、新しい濃縮脱水システムや新しい嫌気性消化リアクターの開発

	～2025	～2030	～2050
技術開発項目７－１ 濃縮工程の省略や脱水性能を改善した新しい脱水処理システム	実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　濃縮工程と一体となった脱水機　等		
技術開発項目７－２ 汎用型等新しい嫌気性消化リアクター	パイロットスケール 実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　無動力撹拌式消化槽や鋼板製消化槽等技術　等		

8．2050年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の技術開発ロードマップ

④創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項

技術目標8　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

	～2025	～2030	～2050
技術開発項目８－１ 多様な植物バイオマスからのエネルギー抽出・回収技術	パイロットスケール 実規模実証 事例　ウキクサを用いた窒素・リン除去、メタン発酵技術		導入拡大・コスト低減・改善
技術開発項目８－２ 下水で培養した微細藻類からのエネルギー生産技術	パイロットスケール 実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH（H27採択,佐賀市）バイオガス中のCO₂分離・回収と微細藻類培養への利用技術		※下水処理場での微細藻類由来エネルギー　生産量評価手法についても開発
技術開発項目８－３ 微生物燃料電池、微生物電解槽の活用によるエネルギー生産技術	基礎研究　パイロットスケール 事例　GAIA（H26採択）微生物燃料電池による省エネ型廃水処理のための基盤技術の開発	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善
技術開発項目８－４ 膜ろ過・嫌気処理による省エネ・創エネ型水処理技術	パイロットスケール 事例　嫌気性MBRや海水濃度差を活用したFO膜ろ過	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善

国土交通省 国土技術政策総合研究所

8．2050年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の技術開発ロードマップ

④創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項

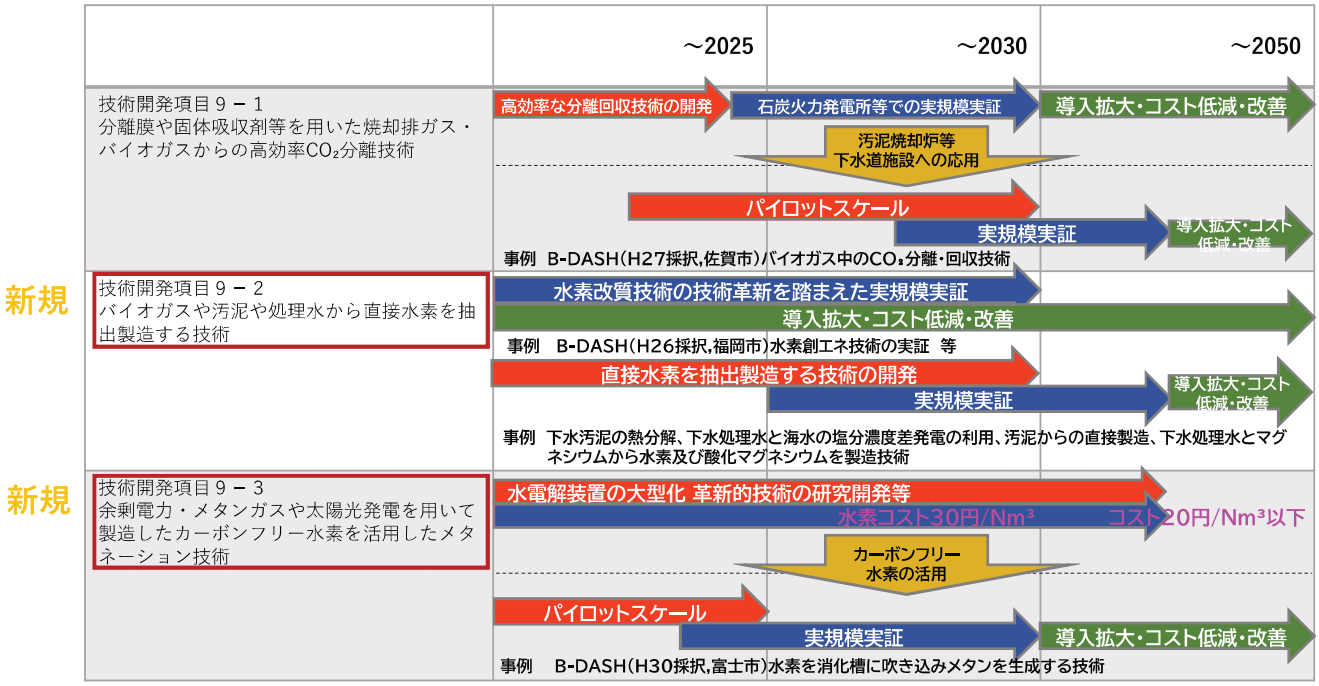
技術目標8　下水道施設と下水資源を活用したエネルギー生産技術の開発

		～2025	～2030	～2050
	技術開発項目８－５ 下水熱の利用技術	パイロットスケール 実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH（H30採択,新潟市・十日町）下水熱車道融雪に関する実証研究		
新規	技術開発項目８－６ 汚泥炭化（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	パイロットスケール 実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH（H24採択,長崎市・松山市　H28採択,鹿沼市・秦野市）汚泥炭化、乾燥による燃料化技術		
新規	技術開発項目８－７ 余剰バイオガスの集約、利活用技術の効率化	パイロットスケール 実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　B-DASH（H27採択,山鹿市・大津町・益城町）複数の下水処理場からバイオガスを効率的に集約・活用する技術		
新規	技術開発項目８－８ 小水力発電技術の効率化	パイロットスケール 実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　低有効落差で発生する未利用エネルギー活用技術　等		
新規	技術開発項目８－９ 次世代太陽光、風力等技術の下水道施設への適用拡大	開発競争の促進 新市場を想定した実証事業・製品化 事例　次世代型太陽電池（ペロブスカイト等） 実規模実証	市場への製品投入 下水道施設への適用	導入拡大

8．2050年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の技術開発ロードマップ

④創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項

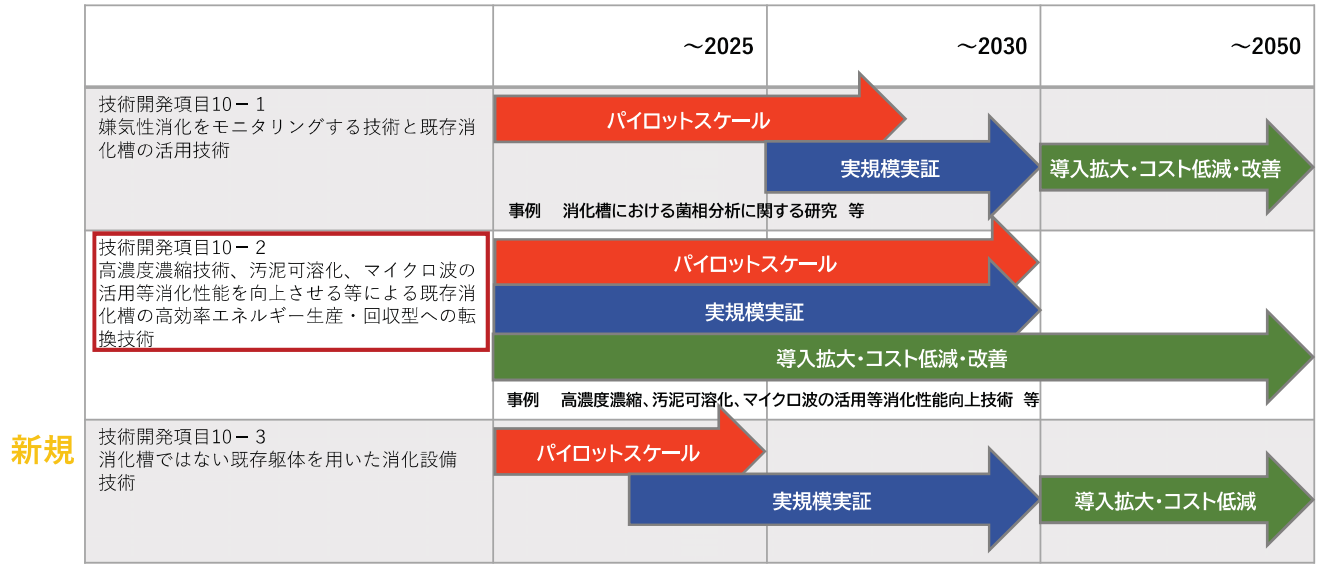
技術目標9　汚泥直接、汚泥由来バイオガスや硫化水素などからメタン、水素、CO_2等の有効利用ガス成分の効率的な分離・濃縮、精製、回収技術の開発



8．2050年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の技術開発ロードマップ

④創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項

技術目標10　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



8．2050年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の技術開発ロードマップ

④創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項

技術目標11　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

	～2025	～2030	～2050
技術開発項目11－1 バイオガス発電、汚泥焼却等の廃熱利用の効率化に関する技術	パイロットスケール 実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　焼却排熱を加温、発電、乾燥等へ効率的に利用するための技術		

8．2050年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の技術開発ロードマップ

⑤地域バイオマスの活用に関する事項

技術目標12　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

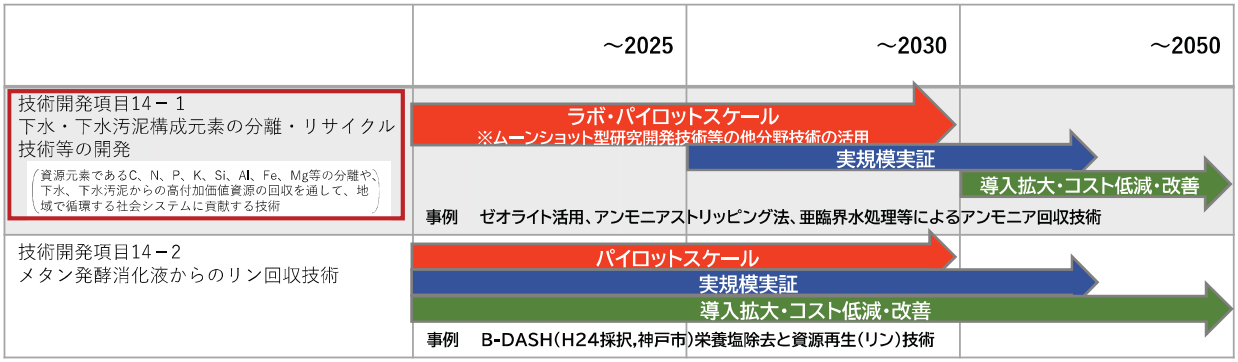
		～2025	～2030	～2050
	技術開発項目12－1 地域の草木質の脱水助剤への活用技術	パイロットスケール 実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　土木研究所研究（R2、3）実規模の脱水機を用いた混合脱水試験を実施		
	技術開発項目12－2 様々な状態で発生する、剪定枝、除草刈草、廃棄物等の受け入れ、前処理、メタン発酵技術	パイロットスケール（可溶化技術等） 実規模実証 導入拡大・コスト低減・改善 事例　下水汚泥と刈草の混合消化事業　等		
	技術開発項目12－3 竹材等の未利用地域バイオマスを活用した食物生産とその廃材利用を組み合わせたメタン発酵効率化技術	パイロットスケール 事例　下水汚泥と地域バイオマスを用いた食用きのこ栽培技術　等	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善
新規	技術開発項目12－4 混合メタン発酵の導入促進に向けた耐有機酸塗膜の評価手法の確立	防食工法の設計手法の確立 事例　混合メタン発酵の導入促進に向けた耐有機酸塗膜の評価手法		標準仕様策定
新規	技術開発項目12－5 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	補助燃料の選定手法の整備 実規模実証 事例　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		導入拡大・コスト低減・改善
新規	技術開発項目12－6 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	パイロットスケール 実規模実証 事例　ディスポーザー促進等に伴い発生する高負荷水・バイオマス受入に関する評価手法や受け入れ技術		導入拡大・コスト低減・改善

8．2050年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の技術開発ロードマップ

⑤地域バイオマスの活用に関する事項

技術目標13　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

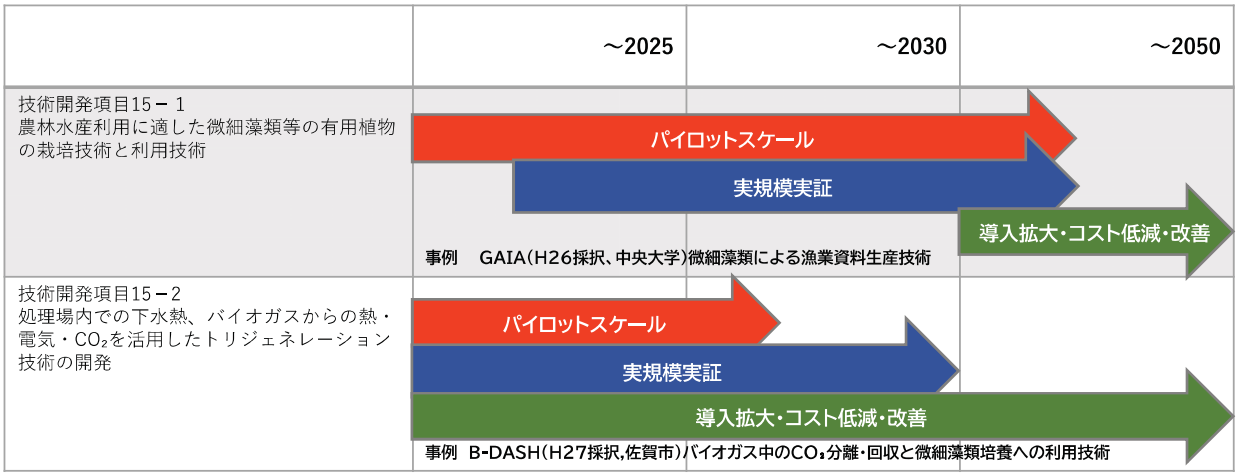
技術目標14　下水中の多様な物質の効率的回収に関する技術の開発



8．2050年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の技術開発ロードマップ

⑥農林水産物生産及び高付加価値製品製造に関する事項

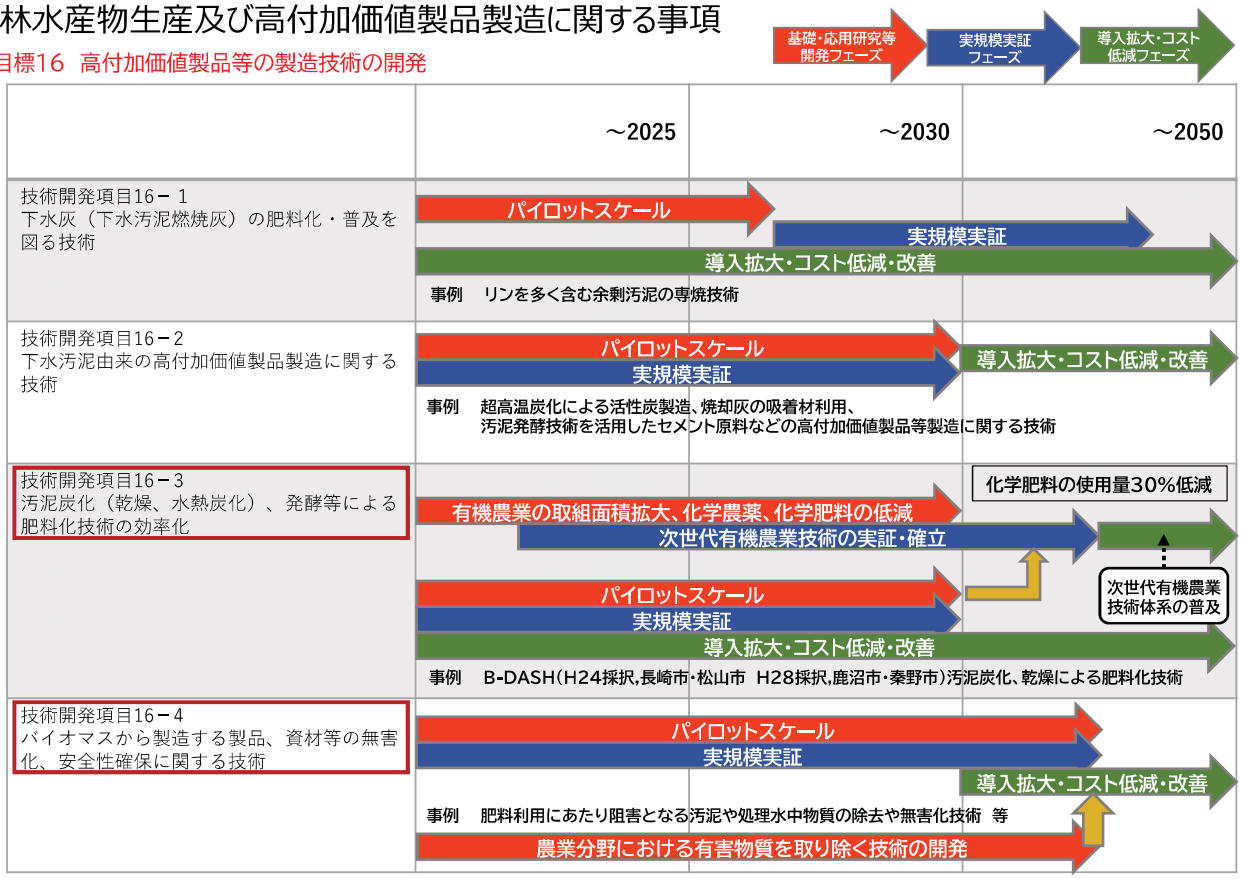
技術目標15　下水道資源・エネルギーを利用した農林水産物の生産に関する技術の
開発



8．2050年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の技術開発ロードマップ

⑥農林水産物生産及び高付加価値製品製造に関する事項

技術目標16　高付加価値製品等の製造技術の開発



73

令和3年度　エネルギー分科会　検討結果

1.現状認識

○下水道分野の温室効果ガスは処理水量の増加により、近年増加しているところ。
○近年の単位処理水量当たりの電力使用量が横ばいから増加傾向であることや、国土交通省が令和3年に実施した省エネに関するアンケートからは、省エネ対策にはその取組の余地を多く残していることがわかる。
○下水汚泥の焼却に伴い発生するN_2Oについては、対策の推進により減少傾向であるものの、新技術の導入によるさらなる対策の推進が必要。
○水処理に伴い発生するN_2Oについては、現在は対策の手立てがないことから、対策手法の確立が必要。
○創エネ対策については、下水汚泥エネルギー化率が24%にとどまっていることから、取組の推進と対策技術の効率を上げるための技術開発が必要。
○また、これらをシステム全体で最適化する取り組みについては十分とは言えないことから取組の推進と効率を上げるための技術開発が必要。

2．2030年目標の達成に向けて

○この現状を踏まえ、2030年削減目標を達成するための具体的な導入技術例や技術開発項目例を整理した。また、既存の省エネ対策に加え、下水道システムとして改善できるB-DASH技術等を組み合わせることにより温室効果ガスを大きく削減できる可能性があることが試算結果からわかった。

3．2050年カーボンニュートラルの実現への貢献に向けて

○2050年までにカーボンニュートラルを実現することへの下水道の貢献については、現状の枠組みや技術だけにとどまらず、更なる技術導入・技術開発、他分野（廃棄物分野、農業分野、エネルギー分野等）との技術開発も含めた連携の必要性、削減効果等の評価手法の必要性、本邦技術の海外展開への支援、下水道・流域管理・社会システムの全体最適やあり方等について広く議論が行われた。また、感度分析的な技術導入効果の試算を通じて、下水道分野におけるカーボンニュートラルの実現可能性や社会への還元ポテンシャル、効果的な技術分野を確認することができた。
○具体的には次のような技術分野の導入と関連する技術開発を総合的に推進していくことを確認した。
・下水中の有機物を水処理過程の中でも可能な限り回収し、エネルギー回収効率を向上するとともに水処理に係る負荷を減らすことでエネルギーの消費を抑えるなど水処理・汚泥処理に係るエネルギー使用量をシステム一体的に削減する技術。
・個別設備についての省エネ化・無動力化技術やエネルギー消費の見える化、運転管理手法の改善をセットで行うエネルギーマネジメント手法の開発。また、これまで燃料が使用されている設備の電化促進やカーボンフリー燃料の利用を可能とする技術。
・生ゴミ等の地域バイオマスを含めて一体的に有機性廃棄物処理をするための前処理や消化等に関する技術。汚泥の可溶化など消化性能の向上を図る技術やCO_2、カーボンフリー水素を活用を通じて、徹底的にバイオガス生産量を増加させる技術。
・エネルギー化の課程で発生する廃熱の利用及び利用推進のための技術。
・有機物以外のアンモニアやリン等を回収し、効率的に肥料化・エネルギー化を図る技術。
・下水熱利用を促進する技術。
・水処理・汚泥処理課程で発生するCH_4やN_2Oの抑制対策技術。
・CO_2削減効果の評価手法、下水道事業者などが目標設定するためのベンチマーク手法や性能指標設定手法に関する技術。
・下水道のデジタル化を通してオペレーションの省力化や省エネ化を推進するためのICT（AI、センシング、制御技術）。 等

4．技術開発ロードマップの作成

○これらについては、「2050年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の技術開発ロードマップ」として整理し、その中でも、対策効果が大きく普及を考慮すると速やかに取り組むべき１６の技術目標、５２の具体的な技術開発項目（うち速やかに取り組むべき25項目を抽出）を明らかにした。
○このロードマップについては、各者の技術開発の参考としていただくとともに、今後下水道技術ビジョン改訂の際には必要な事項を反映する予定である。また、不断の見直しを実施していくこととする。

74

エネルギー分科会において当面の間、議論すべき課題

国土交通省 国土技術政策総合研究所

当面の間、エネルギー分科会において次の課題について議論すべきと考えている。

１．来年度から実施予定

１．１　2030年目標の達成に向けた課題

〇下水道の他分野への貢献の評価手法検討や自治体の削減目標設定に資するベンチマーク手法に関する国総研の検討状況についての報告・意見聴取。
（ロードマップ１－１，４－１，４－２関連）

１．２　カーボンニュートラル実現への貢献に向けた課題

〇将来的な下水道・流域管理・社会システムの全体最適化やあり方の議論に備え、現状の取組状況（二軸管理、季節別運転、物質循環（有機物、窒素、りん）、新技術等の関連情報）の把握、取り組むべきスコープの明確化、地域特性、社会情勢の変化等に応じた様々なシナリオ検討・感度分析、工程整理等の実施。
（ロードマップ2－8関連）

○水処理課程で発生するN_2Oの排出状況やメカニズム分析に関する国総研の検討状況についての報告・意見聴取。
（ロードマップ３－１関連）

１．３　2030年目標の達成及びカーボンニュートラル実現への貢献に向けた共通課題

〇廃棄物分野との一体処理促進に資する、効果的な連携ケースや効果試算に関する国総研の検討状況についての報告・意見聴取。
（ロードマップ13－1関連）

２．再来年度以降実施予定

〇汚泥の肥料化やリン回収技術の導入促進に資する検討。
（ロードマップ16－3、16－4関連）

〇ロードマップの進捗状況の把握等フォローアップに関する事項。

75

（５）エネルギー分科会報告書

参考資料

国土交通省 国土技術政策総合研究所

別紙

当該資料は令和3年度の下水道技術開発会議エネルギー分科会の最終報告書として、分科会終了時点でとりまとめたものです。

エネルギー分科会報告書　参考資料

国土交通省 国土技術政策総合研究所

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

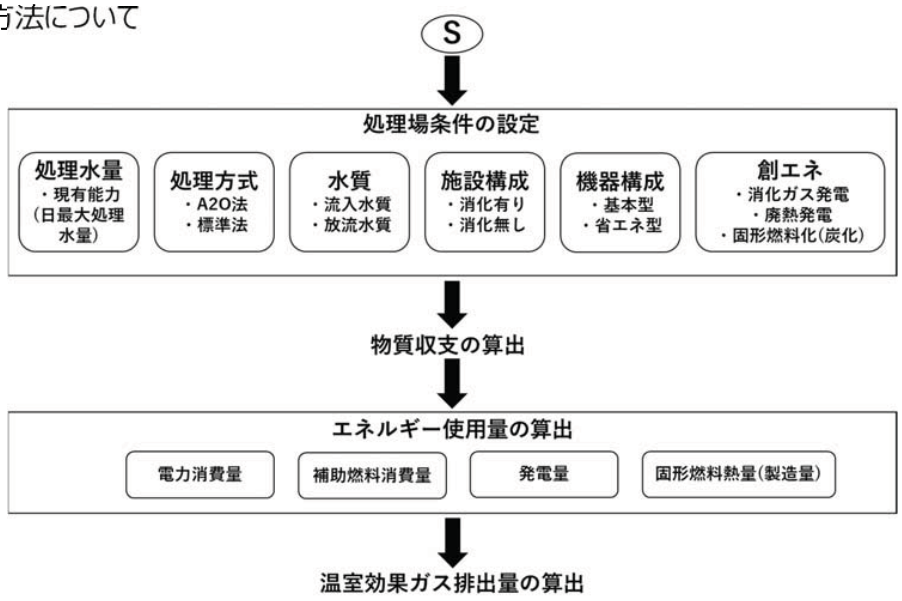
○ 2030年目標達成のための導入すべき技術について、処理方式・処理規模別に代表的な対策技術の導入効果を①～④にて試算、事例提示を行う。
⑤では有効活用が期待される未利用バイオガスの利用効果に関する試算結果を示す。
⑥では、個別技術の導入効果だけではなく、水処理・汚泥処理システムとしての導入効果をB-DASH技術事例からその効果例を示す。
⑦では、2030年目標達成のための導入すべき技術の整備量に関する検討の結果を示す。
⑧では、B-DASH技術や既存マニュアルに示す対策技術などその他資料を示す。

①超大規模処理場（A2O法　日最大流入水量20万m³/日）
　省エネ機器導入、運転管理改善、汚泥処理フローの変更による温室効果ガス削減効果の試算
②大規模処理場　（A2O法　日最大流入水量10万m³/日）
　省エネ機器導入、運転管理改善、汚泥処理フローの変更による温室効果ガス削減効果の試算
③中規模処理場　（標準法　日最大流入水量5万m³/日）
　省エネ機器導入、運転管理改善、汚泥処理フローの変更による温室効果ガス削減効果の試算
　※こちらの結果については本編のP33～39を参照
④小規模処理場　（OD法　日最大流入水量1万m³/日以下）
　自動制御による消費電力削減効果事例
⑤未利用バイオガスの利用効果
⑥B-DASHの技術例
⑦2030年目標達成のための導入すべき技術の整備量に関する検討
⑧その他

国土交通省 国土技術政策総合研究所

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

・①～③試算方法について



※処理場条件の設定に当たっては、
　下水道統計、設計指針、既往の研究成果等の標準的な値を設定値としている。
※物質収支をもとに、処理に必要な槽容量や反応槽の必要空気量、水理学的滞留時間、汚泥量の算出を行う。
※運転管理の工夫による省エネ効果については、省エネ機器を導入した削減効果を計算した後に、運転管理の工夫による所定の削減率をかけることで見込んでいる。

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

①超大規模処理場（A2O法　日最大流入水量20万m³/日）
省エネ機器導入、運転管理改善、汚泥処理フローの変更による温室効果ガス削減効果の試算

・導入省エネ機器

適用箇所	基本型	省エネ型
散気装置	散気板	メンブレン式
反応タンク 撹拌機	水中 かくはん機	省エネ型 かくはん機
汚泥濃縮機	遠心式	ベルト濃縮機
汚泥脱水機	遠心脱水機	スクリュープレス

・運転管理改善手法例

	主ﾎﾟﾝﾌﾟ	送風機	送風量の 適正化	反応タンク 水中撹拌機	汚泥貯留槽 撹拌機	返送汚泥 ポンプ
検討事例	稼働ポンプ変更 による 効率的な運転	稼働送風機変更 による 効率的な運転	必要空気量に 応じた送風量の 適正化	撹拌機の 間欠運転	撹拌機の 間欠運転	回転数の見直し による 適切な吐出量へ の変更

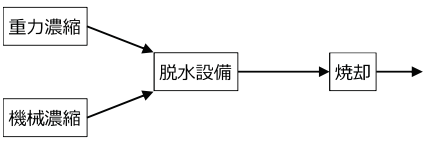
※具体的な運転管理改善効果については（公財)下水道新技術機構の過去の実績より、同流量規模の運転管理改善効果の平均値である5.5%を使用 して算出。

国土交通省 国土技術政策総合研究所

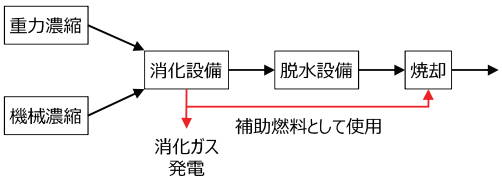
6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

①超大規模処理場（A2O法　日最大流入水量20万m³/日）
省エネ機器導入、運転管理改善、汚泥処理フローの変更による温室効果ガス削減効果の試算

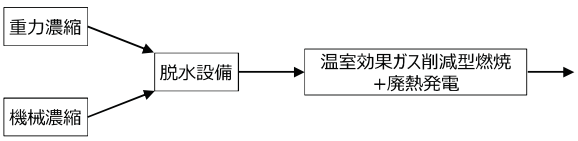
対象系汚泥フロー



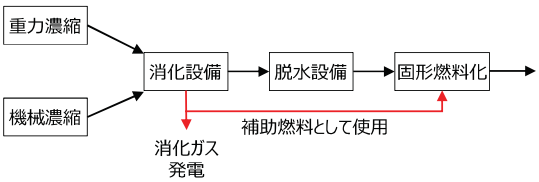
導入系2汚泥フロー



導入系1汚泥フロー

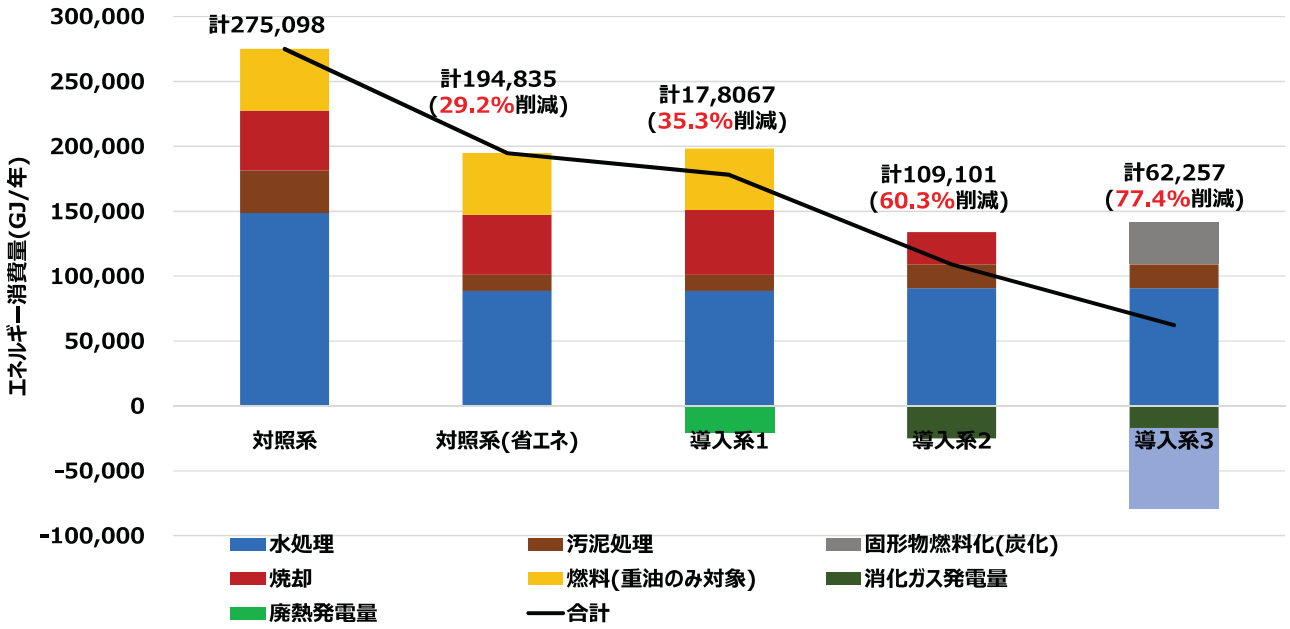


導入系3汚泥フロー



6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

・超大規模処理場（A2O法　日最大流入水量　20万m³/日）における消費エネルギー削減効果



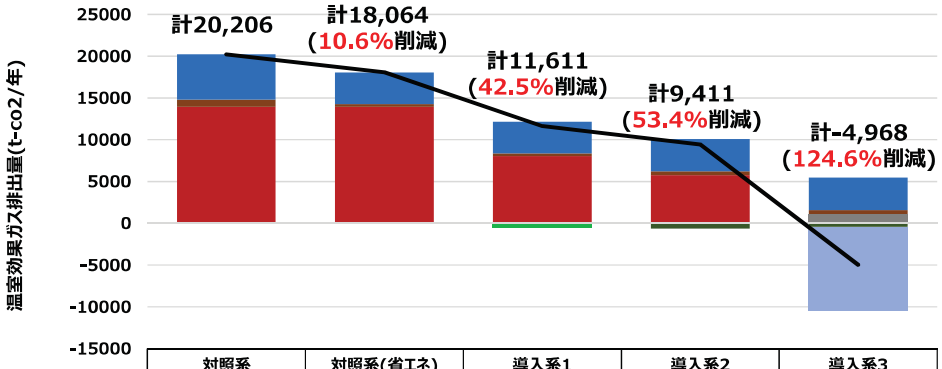
※固形燃料(炭化)は外部で製品利用を行うとして削減効果を計上している

＊以上の試算は速報値であり精査中です。

国土交通省 国土技術政策総合研究所

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

・超大規模処理場（A2O法　日最大流入水量　20万m³/日）における
温室効果ガス排出量の削減効果



	対照系	対照系(省エネ)	導入系1	導入系2	導入系3
水処理	5,407	3,805	3,805	3,852	3,852
汚泥処理	871	330	330	494	494
固形燃料化	0	0	0	0	1,093
焼却	13,929	13,929	8,010	5,723	0
製品利用(石炭代替)	0	0	0	0	(9,957)
消化ガス発電	0	0	0	(658)	(450)
廃熱発電(焼却)	0	0	(534)	0	0
合計	20,206	18,064	11,611	9,411	(4,968)

※固形燃料(炭化)は外部で製品利用を行うとして削減効果を計上している
※電力排出係数0.25 kg-CO_2/kWhを使用

＊以上の試算は速報値であり精査中です。

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

②大規模処理場（A2O法　日最大流入水量10万m³/日）
省エネ機器導入、運転管理改善、汚泥処理フローの変更による温室効果ガス削減効果の試算

・導入省エネ機器

適用箇所	基本型	省エネ型
散気装置	散気板	メンブレン式
反応タンク 撹拌機	水中 かくはん機	省エネ型 かくはん機
汚泥濃縮機	遠心式	ベルト濃縮機
汚泥脱水機	遠心脱水機	スクリュープレス

・運転管理改善手法例

	主ﾎﾟﾝﾌﾟ	送風機	送風量の 適正化	反応タンク 水中撹拌機	汚泥貯留槽 撹拌機	返送汚泥 ポンプ
検討事例	稼働ポンプ変更 による 効率的な運転	稼働送風機変更 による 効率的な運転	必要空気量に 応じた送風量の 適正化	撹拌機の 間欠運転	撹拌機の 間欠運転	回転数の見直しに よる 適切な吐出量へ の変更

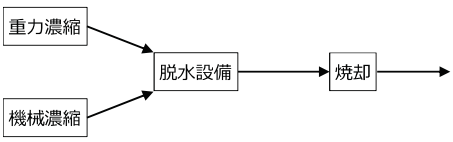
※具体的な運転管理改善効果については（公財)下水道新技術機構の過去の実績より、同流量規模の運転管理改善効果の平均値である7.65%を使用して算出。

国土交通省 国土技術政策総合研究所

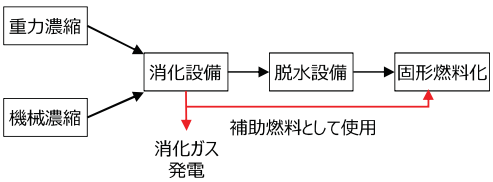
6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

②大規模処理場（A2O法　日最大流入水量10万m³/日）
省エネ機器導入、運転管理改善、汚泥処理フローの変更による温室効果ガス削減効果の試算

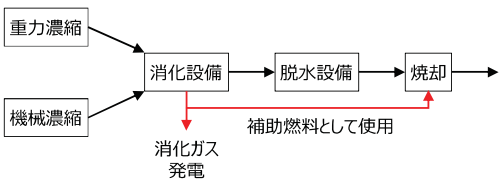
対象系汚泥フロー



導入系2汚泥フロー

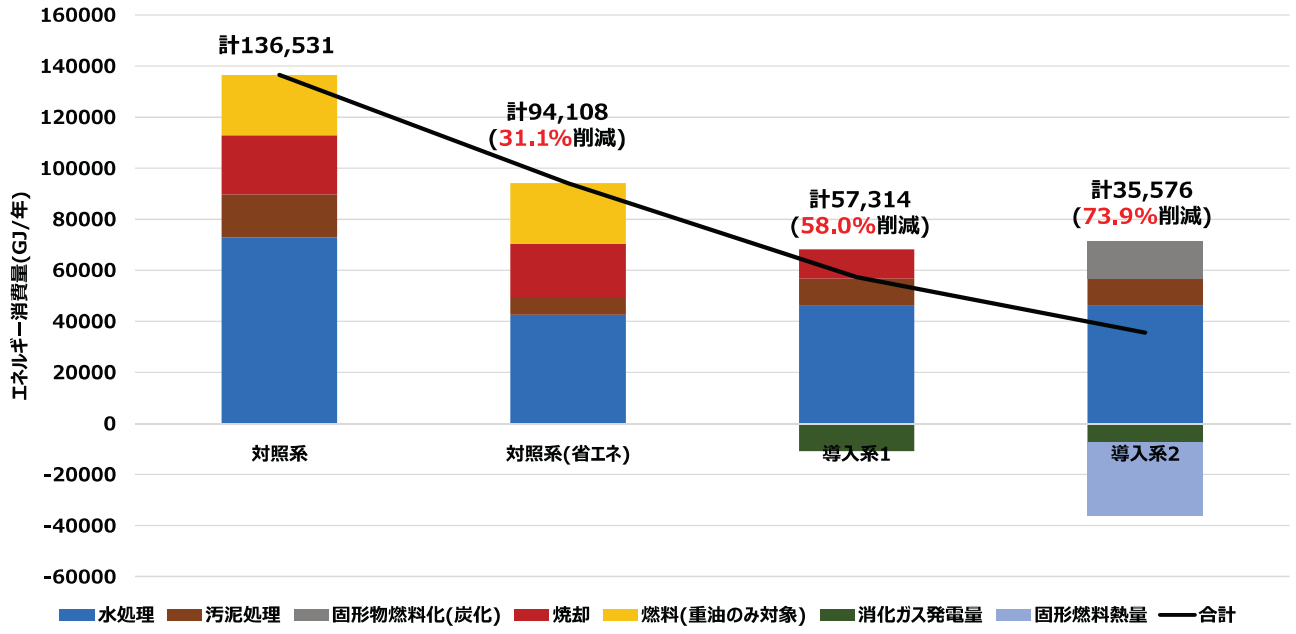


導入系1汚泥フロー



6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

・大規模処理場（A2O法　日最大流入水量　10万m³/日）における消費エネルギー削減効果



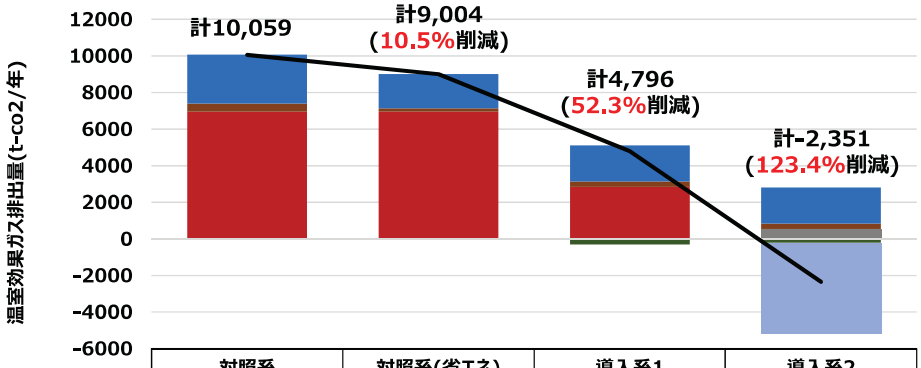
※固形燃料(炭化)は外部で製品利用を行うとして削減効果を計上している

＊以上の試算は速報値であり精査中です。

国土交通省 国土技術政策総合研究所

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

・大規模処理場（A2O法　日最大流入水量　10万m³/日）における
温室効果ガス排出量の削減効果



	対照系	対照系(省エネ)	導入系1	導入系2
水処理	2,666	1,880	1,975	1,975
汚泥処理	450	181	290	290
固形燃料化	0	0	0	543
焼却	6,944	6,944	2,842	0
製品利用(石炭代替)	0	0	0	(4,944)
消化ガス発電	0	0	(311)	(215)
合計	10,059	9,004	4,796	(2,351)

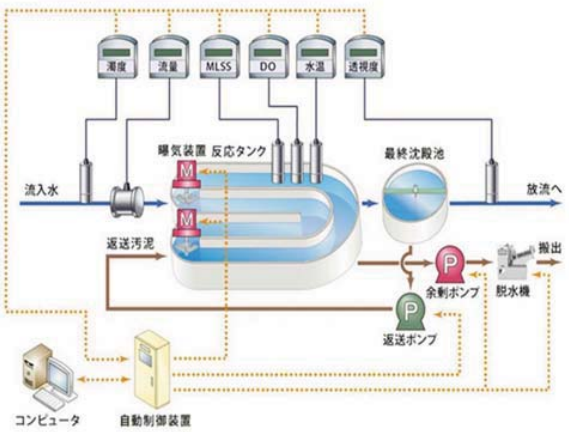
※固形燃料(炭化)は外部で製品利用を行うとして削減効果を計上している
※電力排出係数0.25 kg-CO_2/kWhを使用

＊以上の試算は速報値であり精査中です。

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

④ 小規模処理場（OD法 日最大流入水量 1万m³/日以下）における自動制御による消費電力削減例

処理場名	処理能力（日最大）[m³/日]	平均処理水量 [m³/日]		消費電力量原単位 [kWh/m³]		
		導入前	導入後	導入前	導入後	削減率
AG 処理場	1,900	—	262	—	1.057	—
TG 処理場	3,300	478	456	1.607	1.203	25.1%
OK 処理場	1,200	708	796	1.112	0.928	16.6%
BT 処理場	4,400	2,295	2,499	0.847	0.754	10.9%
OG 処理場	1,300	271	302	0.993	0.850	14.4%
SS 処理場	2,970	1,484	1,459	0.876	0.792	9.6%
YM 処理場	3,250	3,120	3,136	0.469	0.394	16.0%
ON 処理場	3,040	1,286	1,457	1.034	0.913	11.7%
NG 処理場	3,210	1,577	1,495	0.699	0.634	9.3%
MB 処理場	1,800	545	551	0.928	0.905	2.5%
平均値（AG 処理場を除く）	2,719	1,307	1,350	0.952	0.819	12.9%



※ORとは、Oxygen Requirementの略で、反応タンク内で必要とされる酸素量を示す。この制御手法は、AOR(必要酸素量)の計算を簡易的に実施することで曝気装置の運転指標としている。

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

⑤未利用バイオガスの利用効果

○下水汚泥等の資源有効利用状況に関する調査※によると、未利用バイオガスは334処理場で存在し、約5,300万m³/年（全体発生量３．７７億m³/年のうち約１４%）存在。

※平成３１年度下水汚泥等の資源有効利用状況に関する調査業務報告書 国土交通省下水道部 令和2年3月

○小型発電機２５ｋWを既設の消化槽の未利用バイオガスに適用する場合、7年で費用回収が可能となり、２０年使用すれば５千万円以上の黒字が見込まれる。

○小型発電機２５ｋWに必要なバイオガス量（メタン、CO_2等）は13 Nm³/hであるため、未利用量がこれを上回る処理場においては導入可能性がある。

○このうち、未利用量13 m³/h（114千m³/年）を越える処理場で発電事業を行っていない箇所は83処理場存在。合計約3,000万m³（全体の約８%、0.58億kWｈ/年≒1.45万t-CO_2/年削減（0.25t/kWh））利用できる。

※25kW発電機の活用事例ついてはH30採択B-DASHプロジェクト（小型発電機２５ｋWの費用回収年2,520m³ / 日（日最大））等において実績有り。

小型発電機２５ｋWの費用回収年

年数		0	1	2	～	6	7	8	～	20
資本費	百万円	24.8	0	0		0	0	0		0
運転維持費	百万円/年	0	1.625	1.625		1.625	1.625	1.625		1.625
発電量	千kWh/年	0	145.0	145.0		145.0	145.0	145.0		145.0
発電収入	百万円/年	0	5.7	5.7		5.7	5.7	5.7		5.7
費用回収収支（累積）	百万円	▲ 24.8	▲ 20.8	▲ 16.8		▲ 0.7	3.4	7.4		55.8

～試算条件～
（発電条件） 小型発電機(発電出力25kW、発電効率：32%)、消化ガス発熱効率：21.5MJ/Nm³
必要バイオガス量 25kW/(21.5 MJ/Nm³ ×32%) ×3.6MJ/kWh=13 Nm³/h
稼働率を66.2%※とすると、25kW×24h×365day×66.2%=145千kWh/年 （不足時は都市ガスの活用も考えられる。）
（発電機資本費） 既存消化槽を利用している場合 99.3万円/kW※×25kW＝24.8百万円
（運転維持費） 6.5万円/kW/年※×25kW＝1.625百万円/年
（FIT収入）39円/kWh× 145千kWh/年＝5.7百万円/年
※METI資料（第65回調達価格等算定委員会 資料4 P. 16, 17）より

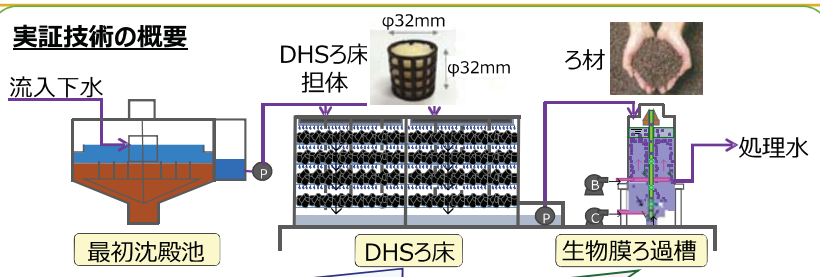
＊以上の試算は速報値であり精査中です。

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

省エネ水処理システム

⑥B-DASHの技術例１　ＤＨＳシステムを用いた水量変動追従型水処理技術実証事業
○事業実施者　三機工業（株）、東北大学、香川高等専門学校、高知工業高等専門学校、日本下水道事業団、須崎市 共同研究体
○実証フィールド　須崎市終末処理場（高知県須崎市）
○実証概要
・「スポンジ状担体を充填したろ床（ＤＨＳろ床）」と「生物膜ろ過槽」を組み合わせることにより、効率的にダウンサイジングが可能な水処理技術。
・ライフサイクルコストの縮減効果、流入水量減少に対する処理コストの追従性、維持管理の容易性、処理性能の安定性

実証技術の概要



スポンジ担体を充填したろ床
～曝気不要の省エネルギー型水処理方式～
①曝気不要である　→ **省エネルギー**
②担体がスポンジ状で保水性がある
→ **処理性能安定化・流量低下時水質向上**
③スポンジ内に高濃度汚泥を保持
→ **汚泥発生量の削減**
④維持管理項目が少ない　→ **維持管理が容易**
⑤担体の閉塞が生じない　→ **処理性能安定化**

移動床式好気性リアクター
～仕上処理～
①ろ材表面に微生物が高密度に付着
→ **処理水質が安定**
②ろ過と生物処理を同時に実施　→ **省スペース**
③逆洗なしで担体洗浄
→ **連続処理が可能**

※DHS：Down-flow Hanging Sponge　（下向流懸垂型スポンジ状担体）

実証技術の革新性等の特徴

【革新性】
・流入水量減少に応じて、きめ細かく電力使用量等のライフサイクルコストの削減が可能
・流入水量減少に応じて処理水質が自ずと向上
・使用ユニット数を調整することにより、容易に流入水量に応じた処理能力規模の変更が可能
・DHSろ床と生物膜ろ過槽の組合せにより標準法同等の処理水質を確保
・設置環境及び要求水質に合わせて「初沈＋DHSろ床＋生物膜ろ過槽」もしくは「初沈＋DHSろ床」と自由な組合せが可能

【導入効果】
・ライフルサイクルコストの縮減による下水処理場の経営改善
・流入水量減少に追従した処理コストの削減による汚水処理原価の縮減
・維持管理の容易化による技術人員不足の解消
・標準法を本技術（ 500m³/日）に置き換えた場合、87.7t-CO_2/年の削減（69%減）

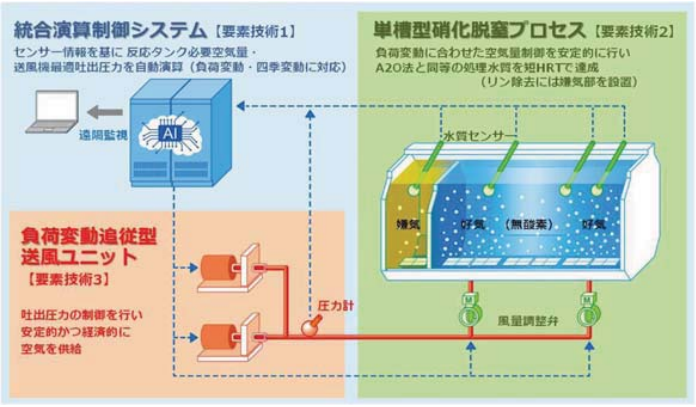
15

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

省エネ水処理システム

⑥B-DASHの技術例２　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実証事業
○事業実施者　メタウォーター・日本下水道事業団・町田市共同研究体
○実証フィールド　東京都町田市成瀬クリーンセンター
○実証概要
・反応タンク流入負荷変動に対応する空気量制御により、短HRTでA2O法同等処理水質の達成
・空気量制御と連動した送風機吐出圧力の自動演算・制御による消費電力の削減

提案技術の概要　**3つの要素技術により構成される高度処理技術**



【効果】省エネ効果等を通じ高度処理化の推進に寄与
① 建設費を抑制（最適な好気・無酸素ゾーン形成による槽容量縮小）
② 省エネの実現（撹拌機不要、循環ポンプ不要、送風電力減）
A2O法に改築する場合と比較して567t-CO_2/年の削減(33.3%減)
（処理規模50,000㎥/dで試算）

提案技術の革新性等の特徴

①ICT活用の空気量制御による短HRTの実現
- NOx 計とNH₄計により負荷変動に応じた空気量演算を行い、単一槽内において最適な好気・無酸素ゾーンを形成
- 循環ポンプと撹拌機が不要で動力費を縮減

②ICT活用による設備連携、圧力低減による送風電力削減の実現
- 反応タンク設備と送風機設備を統合制御
- 必要空気量から送風機の最適吐出圧力をリアルタイムに自動演算し送風電力を削減

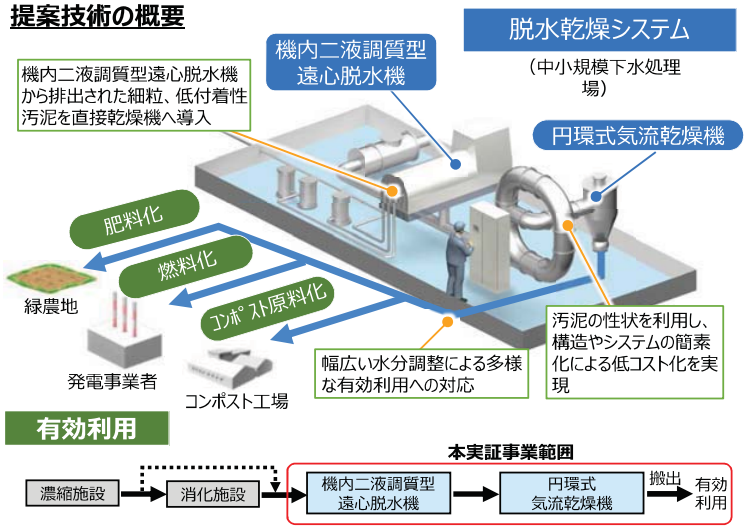
③AI（機械学習機能）による季節変動等への対応、制御安定化の実現
- 必要空気量演算の制御パラメータを機械学習機能により自動チューニング
- チューニングに掛かる負担を軽減しつつ処理水質の安定化を実現

16

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果　省エネ・創エネ汚泥処理システム

⑥B-DASHの技術例３　脱水乾燥システムによる下水汚泥の肥料化、燃料化技術実証研究
○事業実施者　月島機械㈱、サンエコサーマル㈱、日本下水道事業団、鹿沼市農業公社、鹿沼市 共同研究体
○実証フィールド　栃木県鹿沼市黒川終末処理場
○実証概要
　中小規模の下水処理場を対象とした脱水乾燥システム（機内二液調質型遠心脱水機＋円環式気流乾燥機）を用いて、乾燥汚泥を製造し、肥料化、燃料化などの多様な有効利用への適応性や、設備の性能、ライフサイクルコスト縮減等を実証する。

提案技術の概要



提案技術の革新性等の特徴

【新規性】
　システムの簡素化、省スペース化、スマートオペレーション化による低コスト型脱水乾燥技術
・主要機器点数の低減　（従来10点→提案4点）
・省スペース化（50%低減）
・スマートオペレーション化（人件費削減、運転管理の効率化）

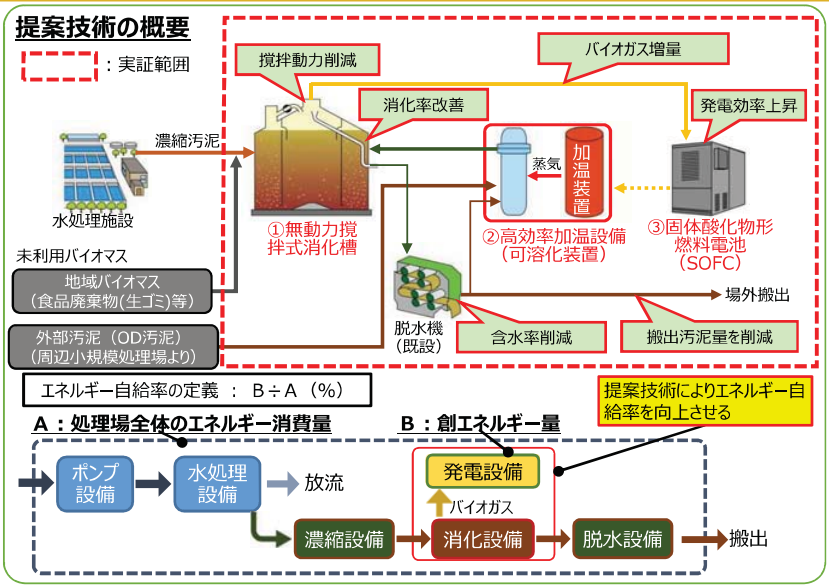
【独創性】
　有効利用の用途に応じて幅広い乾燥汚泥含水率の調整を容易とした脱水乾燥技術
・脱水汚泥の性状を利用し、かつ乾燥機内構造物がなく付着や摩耗のリスクがない
・多様な有効利用に対応した含水率（10～50%）の乾燥汚泥が製造可能

（効果）従来型の脱水機、乾燥機の更新に比べて
441t-CO_2/年の削減（61%減）。
（処理規模20,000m³/日の処理場で試算）

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果　省エネ・創エネ汚泥処理システム

⑥B-DASHの技術例４　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の実用化に関する実証事業
○事業実施者　三菱化工機・九州大学・日本下水道事業団・唐津市共同研究体
○実証フィールド　佐賀県唐津市浄水センター
○実証概要
　生ごみ等の未利用バイオマスの活用、無動力の消化槽撹拌装置、バイオガス発生量を増加させる可溶化装置、高い発電効率を有する燃料電池を組み合わせた高効率消化システムについて、処理性能や、エネルギー回収率の向上効果等を実証する。

提案技術の概要



提案技術の革新性等の特徴

①無動力撹拌式消化槽
・消化槽内の撹拌は、発生するバイオガスの圧力を利用するため、無動力
・消化槽内部に機械設備を有しない構造であるため、メンテナンス性の向上とランニングコストの低減が期待される。

②高効率加温設備（可溶化装置）
・熱可溶化による熱加水分解作用により、消化日数の短縮が期待される。
・消化率が上昇し、バイオガスの増量が期待される。
・汚泥が改質され脱水汚泥の含水率の低減が期待される。
　→脱水汚泥の搬出量を削減

③固体酸化物形燃料電池（SOFC）
・ガスエンジンと比べ発電効率向上が期待される。
・電極触媒として、貴金属不要

従来型のPC製消化槽、小型ガスエンジン等の導入に比べて
2454t-CO_2/年の削減（113%減）。
（処理規模30,000m³/日の処理場で試算）
地域バイオマス（OD脱水汚泥4t/日、食品廃棄物2t/日）の排出削減を含む

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料

1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

省エネ・創エネ・N2O削減
汚泥処理システム

⑥B-DASHの技術例５　下水道バイオマスからの電力創造システムに関する技術実証研究
○事業実施者　和歌山市、地方共同法人日本下水道事業団、京都大学、株式会社西原環境、株式会社タクマ　共同研究体
○実証フィールド　和歌山市中央終末処理場
○実証概要
　機内二液調質型遠心脱水機、廃熱ボイラ付次世代型階段炉、蒸気発電機の3つの技術を組み合わせた、下水汚泥焼却による電力創造システムの実証

低含水率化技術　機内二液調質型遠心脱水機
「汚泥の高カロリー化」
脱水汚泥の大幅な低含水率化
⇒脱水汚泥のカロリー(熱量)が従来の約２倍に

エネルギー回収技術　廃熱ボイラ付次世代型階段炉
「エネルギー回収」
・ 補助燃料なし、低消費電力、低N_2O排出量で安定燃焼
・廃熱ボイラーで蒸気としてエネルギー（熱）回収

エネルギー変換技術　蒸気発電機
「電力創造」
エネルギーのカスケード利用（小型蒸気発電機＋バイナリー式発電で高い発電量）

省エネルギー
- 補助燃料なし（自燃運転）
- 消費電力を大幅削減

温室効果ガス削減
- 排ガス中のN_2Oの大幅削減
- 電力・燃料由来CO_2大幅削減

創エネルギー
- 中小規模施設でも発電
- 大規模施設では電力自立
  システム外に電力供給

（効果）
ー液調質脱水機、流動炉等を導入した場合に比べて
9100t-CO_2/年の削減（88%減）。
（125,000m^3/日の処理場で試算）

19

国土交通省 国土技術政策総合研究所

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料

1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

⑦2030年目標達成のための導入すべき技術の整備量に関する検討

○ 2030年目標のうち「省エネの促進」、「下水汚泥のエネルギー化（創エネ）」、「焼却の高度化」について導入すべき技術の整備量について整理・検討した。

a.「省エネの促進」により達成する６０万ｔ削減に必要な技術の整備量

b.「下水汚泥のエネルギー化（創エネ）」により達成する70万ｔ削減に必要な技術の整備量

c.「焼却の高度化」により達成する78万ｔ削減に必要な技術の技術の整備量

20

⑦ 2030年目標達成のための導入すべき技術の整備量に関する検討

国土交通省 国土技術政策総合研究所

a.「省エネの促進」により達成する６０万ｔ削減に必要な技術の整備量
○（公財)日本下水道新技術機構において全国44処理場において運転管理方法の改善と省エネ技術の導入による省エネ効果を省エネ診断として検討。検討結果を活用し下記の通りとりまとめた。
○加えて標準法・高度処理を採用している処理場に対し、既存のB-DASH技術（「H23採択超固液分離技術」「H26採択ICTを活用した硝化運転制御技術」）の削減効果を省エネ診断における削減効果に上乗せ。

・運転管理改善手法例

運転管理による エネルギー削減手法	主ポンプ	送風機	送風量の 適正化	反応タンク 水中撹拌機	汚泥貯留槽 撹拌機	返送汚泥 ポンプ
検討事例	稼働ポンプ変更 (台数、組合せ)による 効率的な運転	稼働ポンプ変更 (台数、組合せ)による 効率的な運転	必要空気量に応じた 送風量の適正化	撹拌機の 間欠運転	撹拌機の 間欠運転	プリーサイズの見 直しによる適切な 吐出量への変更

・導入省エネ機器

省エネ 機器	省エネ型 反応ﾀﾝｸ 撹拌機	高効率 散気装置	省エネ型 汚泥 濃縮機	省エネ型 消化ﾀﾝｸ 撹拌機	省エネ型 汚泥 脱水機	返送汚泥ポンプ (インバータ制御 への変更)

・省エネ診断結果(全国44処理場)

OD法 2処理場			標準法 25処理場			高度処理法 10処理場			焼却炉有 16処理場		
管理(%)	機器(%)	計(%)	管理(%)	機器(%)	計(%)	管理(%)	機器(%)	計(%)	管理(%)	機器(%)	計(%)
15.15	2.1	17.25	7.6	13.1	20.7	7.5	16.6	24.1	6.3	17.4	23.7

※省エネ効果：
消費エネルギー量の削減率

・B-DASH技術の導入効果

	水処理設備における 消費電力量削減効果(%)
標準法	23.0
高度処理	20.0

※削減効果は
「超固液分離技術」「ICTを活用した硝化運転制御技術」の合算値

・参考　処理規模と省エネ効果との関係

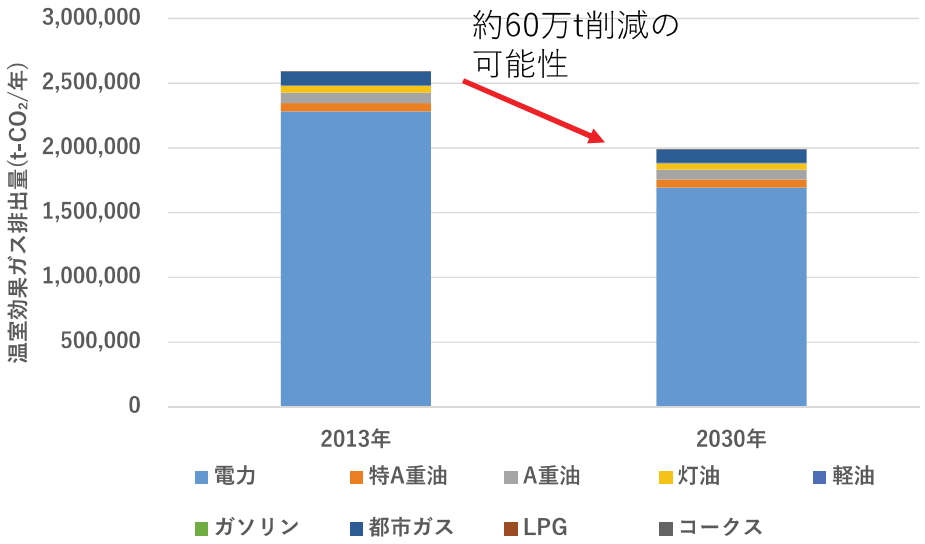
1万㎥/日未満 5処理場			1～5万㎥/日 16処理場			5～10万㎥/日 9処理場			10～20万㎥/日 7処理場			20万㎥/日以上 7処理場			平均値 44処理場		
管理 (%)	機器 (%)	計 (%)	管理 (%)	機器 (%)	計 (%)	管理 (%)	機器 (%)	計 (%)	管理 (%)	機器 (%)	計 (%)	管理 (%)	機器 (%)	計 (%)	管理 (%)	機器 (%)	計 (%)
10.9	19.1	30.0	6.3	14.3	20.6	6.6	29.3	35.9	8.7	24.9	33.5	2.3	21.4	23.7	6.6	20.7	27.3

21

⑦ 2030年目標達成のための導入すべき技術の整備量に関する検討

国土交通省 国土技術政策総合研究所

a.「省エネの促進」により達成する６０万ｔ削減に必要な技術の整備量
○全国の処理場（焼却炉を設置しないOD法966個所、標準法555個所、高度処理法及びその他の処理場492個所及び焼却炉を設置する処理場129個所）に省エネ診断の結果及び既存のB-DASH技術超高効率固液分離、ICTを活用した効率的な硝化運転）の省エネ効果を適用した場合、年間で約６０万t-CO2削減が見込まれる。
○省エネ診断で検討されるような部分最適としての対策だけではなく、B-DASH技術のようなシステムで改善していくような取り組みも必要。



※削減量は2030年までの処理水量変化に伴うエネルギー消費量の変化を考慮した上で、省エネ効果を考慮。
2030年処理水量=「①2030年推定人口」×「②2018年度一人当たり処理水量」
①国立人口問題研究所「日本の将来推計人口（平成29年7月推計)より
②2018年下水道統計より

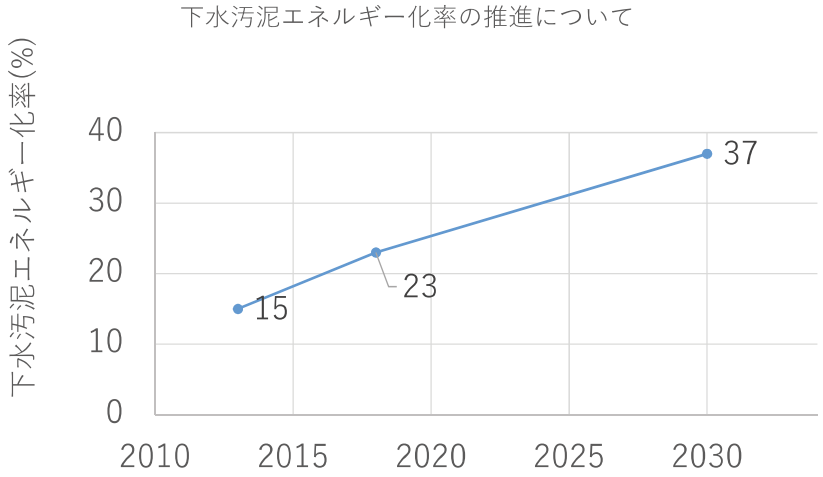
22

⑦ 2030年目標達成のための導入すべき技術の整備量に関する検討

国土交通省 国土技術政策総合研究所

b.「下水汚泥のエネルギー化（創エネ）」により達成する70万 t 削減に必要な技術の整備量

○ 70万 t 削減に必要な2030年の下水汚泥エネルギー化率目標は37%であり、2013年比（15%）でこれを達成するためには5万m^3/日の処理場で6.1t-DS/日※1の汚泥を消化するとした場合で試算すると、さらに439箇所の処理場で消化の実施が必要※2である。



※1 下水汚泥エネルギー化技術ガイドラインより
※2 消化槽稼働率は85%として試算。
また、下水汚泥エネルギー化率に対応した有機物量が全量消化槽に投入されるとして、その投入汚泥量を消化率0.5を用いて試算。

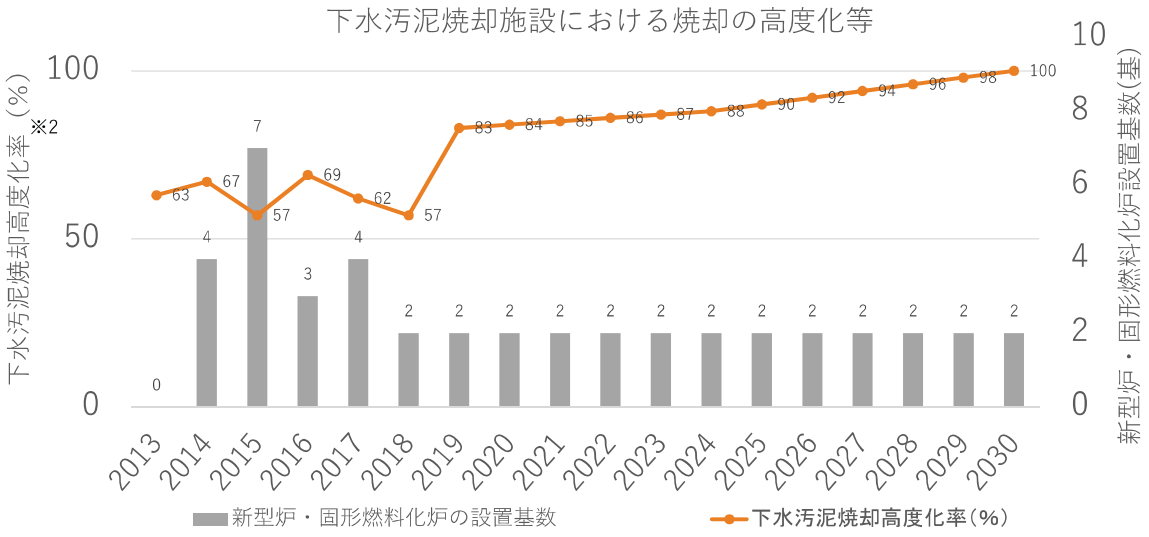
---

⑦ 2030年目標達成のための導入すべき技術の整備量に関する検討

国土交通省 国土技術政策総合研究所

c.「焼却の高度化」により達成する78万t削減に必要な技術の整備量

○汚泥の焼却温度を高度化（800度⇒850度）することで2030年度に高温焼却化される施設の割合（下水汚泥焼却高度化率）が100%となると想定。加えて、よりN_2Oの排出量の少ない新型炉や焼却処理せずに固形燃料化を行うこと（累計44基）により78万t-CO_2の削減を目指す。



※1 地球温暖化対策計画から引用
※2 本編の高温焼却実施率と同じ

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

⑧その他　水処理・汚泥処理等のシステムとして有効性が評価されているB-DASH技術については、これまで３０技術（うち2件は事業中）の脱炭素に資する技術を実証。

処理規模　1万m³/日以下

省エネ	創エネ再エネ	農業利用・再生水	N_2O対策	実施事業名称	委託研究実施者	5万m³以上	1万m³以上5万m³以下	1万m³以下
	○			水素リーダー都市プロジェクト～下水バイオガス原料による水素創エネ技術の実証～	三菱化工機（株）・福岡市・九州大学・豊田通商（株）　共同研究体	○	○	○
○				無曝気循環式水処理技術実証事業	メタウォーター（株）・高知市・高知大学・日本下水道事業団　共同研究体		○	○
○				高効率固液分離技術と二点DO制御技術を用いた省エネ型水処理技術の技術実証事業	前澤工業(株)・（株）石垣・日本下水道事業団・埼玉県　共同研究体	○	○	○
	○			複数の下水処理場からバイオガスを効率的に集約・活用する技術	JNCエンジニアリング(株)・吸着技術工業(株)・(株)九電工・シンコー(株)・山鹿都市ガス(株)・熊本県立大学・山鹿市・大津町・益城町			○
		○		下水処理水の再生処理システムに関する実証事業	（株）西原環境・（株）東京設計事務所・京都大学・糸満市　共同研究体	○	○	○
○	○	○		脱水乾燥システムによる下水汚泥の肥料化、燃料化技術実証事業	月島機械（株）、サンエコサーマル（株）、日本下水道事業団、鹿沼市農業公社、鹿沼市　共同研究体	○	○	○
○				ＤＨＳシステムを用いた水量変動追従型水処理技術実証事業	三機工業（株）、東北大学、香川高等専門学校、高知工業高等専門学校、日本下水道事業団、須崎市　共同研究体			○
○				最終沈殿池の処理能力向上技術実証事業	メタウォーター(株)・日本下水道事業団・松本市共同研究体	○	○	○
○	○			小規模下水処理場を対象とした低コスト・省エネルギー型高濃度メタン発酵技術に関する実証事業	大原鉄工所・西原環境・NJS・長岡技術科学大学・北海道大学・長岡市共同研究体			○

処理規模　1万m³/日以上

省エネ	創エネ再エネ	農業利用・再生水	N_2O対策	実施事業名称	委託研究実施者	5万m³以上	1万m³以上5万m³以下	1万m³以下
○	○			超高効率固液分離技術を用いたエネルギーマネジメントシステム技術実証事業	メタウォーター・日本下水道事業団　共同研究体	○	○	
○	○			神戸市東灘処理場　再生可能エネルギー生産・革新的技術実証事業	神鋼環境ソリューション・神戸市　共同研究体	○	○	
	○	○		温室効果ガスを排出しない次世代型下水汚泥固形燃料化技術実証事業	長崎市・長崎総合科学大学・三菱長崎機工　共同研究体	○	○	
○	○			廃熱利用型　低コスト下水汚泥固形燃料化技術実証事業	JFEエンジニアリング	○	○	
○				固定床型アナモックスプロセスによる高効率窒素除去技術実証事業	熊本市・日本下水道事業団・（株）タクマ　共同研究体	○	○	
		○		神戸市東灘処理場　栄養塩除去と資源再生（リン）　革新的技術実証事業	水ing・神戸市・三菱商事アグリサービス　共同研究体	○	○	
○	○		○	脱水・燃焼・発電を全体最適化した革新的下水汚泥エネルギー転換システムの実証事業	メタウォーター・池田市　共同研究体	○	○	
○	○		○	下水道バイオマスからの電力創造システム実証事業	和歌山市・日本下水道事業団・京都大学・（株）西原環境・（株）タクマ　共同研究体	○	○	
	○			水素リーダー都市プロジェクト～下水バイオガス原料による水素創エネ技術の実証～※	三菱化工機（株）・福岡市・九州大学・豊田通商（株）　共同研究体	○	○	○
○				無曝気循環式水処理技術実証事業※	メタウォーター（株）・高知市・高知大学・日本下水道事業団　共同研究体		○	○

※1万m³/日以下技術からの再掲

処理規模　1万m³/日以上

省エネ	創エネ再エネ	農業利用・再生水	N_2O対策	実施事業名称	委託研究実施者	5万m³以上	1万m³以上5万m³以下	1万m³以下
○				高効率固液分離技術と二点DO制御技術を用いた省エネ型水処理技術の技術実証事業※	前澤工業(株)・（株）石垣・日本下水道事業団・埼玉県　共同研究体	○	○	○
○				ICTを活用した効率的な硝化運転制御の実用化に関する技術実証事業	（株）日立製作所・茨城県　共同研究体	○	○	
○				ICTを活用したプロセス制御とリモート診断による効率的水処理運転管理技術実証事業	（株）東芝・日本下水道事業団・福岡県・（公財）福岡県下水道管理センター　共同研究体	○	○	
		○		バイオガス中のCO_2分離・回収と微細藻類培養への利用技術実証事業	(株)東芝・(株)ユーグレナ・日環特殊(株)・(株)日水コン・日本下水道事業団・佐賀市	○	○	
		○		下水処理水の再生処理システムに関する実証事業※	（株）西原環境・（株）東京設計事務所・京都大学・糸満市　共同研究体	○	○	○
○	○	○		脱水乾燥システムによる下水汚泥の肥料化、燃料化技術実証事業※	月島機械（株）、サンエコサーマル（株）、日本下水道事業団、鹿沼市農業公社、鹿沼市　共同研究体	○	○	○
○	○	○		自己熱再生型ヒートポンプ式高効率下水汚泥乾燥技術実証事業	（株）大川原製作所、関西電力（株）、秦野市　共同研究体	○	○	
○	○			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の実用化に関する実証事業	三菱化工機（株）・国立大学法人九州大学・日本下水道事業団・唐津市共同研究体	○	○	
	○		○	温室効果ガス削減を考慮した発電型汚泥焼却技術の実用化に関する実証事業	JFEエンジニアリング（株）・日本下水道事業団・川崎市共同研究体	○	○	
○				最終沈殿池の処理能力向上技術実証事業※	メタウォーター(株)・日本下水道事業団・松本市共同研究体	○	○	○
○	○			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事業	神鋼環境ソリューション・日本下水道事業団・富士市共同研究体	○	○	
○				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実証事業	メタウォーター・日本下水道事業団・町田市　共同研究体	○	○	

※1万m³/日以下技術からの再掲

下水熱技術や現在事業中等の技術

省エネ	創エネ再エネ	農業利用・再生水	N_2O対策	実施事業名称	委託研究実施者	5万m³以上	1万m³以上5万m³以下	1万m³以下
	○			管路内設置型熱回収技術を用いた下水熱利用技術実証事業	大阪市・積水化学・東亜グラウト　共同研究体			
○				特殊繊維担体を用いた余剰汚泥削減型水処理技術実証事業	（株）ＩＨＩ環境エンジニアリング、帝人（株）、日本下水道事業団、辰野町　共同研究体			
	○			小口径管路からの下水熱を利用した融雪技術の実用化に関する実証事業	東亜グラウト工業・丸山工務所・十日町市共同研究体			
	○			ヒートポンプレスで低LCCと高COPを実現する下水熱融雪システムに関する研究	興和・積水化学工業・新潟市共同研究体			
○	○			中小規模処理場同士の広域化に資する低コスト汚泥減量化技術の実証事業	月島機械㈱・日鉄セメント㈱・高砂熱学工業㈱・室蘭工業大学・室蘭市水道部共同研究体	R2採択技術　事業中		
○				ＡＩを活用した下水処理場運転操作の先進的支援技術に関する実証事業	明電舎・ＮＪＳ・広島市・船橋市共同研究体	R3採択技術　事業中		
○	○			最初沈殿池におけるエネルギー回収技術		R4技術案		
○				深槽曝気システムにおける省エネ型改築技術		R4技術案		

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料

1．2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

⑧その他　下水道における地球温暖化対策マニュアル（平成28年3月環境省・国土交通省）
「表 5-1 下水道部門における温室効果ガスの排出の抑制等に資する設備の選択・使用方法」 を記載。

対策技術 実施率：★★★：80%以上　★★：40 パーセント以上 80%未満　★：30 パーセント以上 50 パーセント未満	実施率	解説
c 最終沈殿池設備		
・汚泥輸送ポンプにおける台数制御システム・インバーター等による回転数制御システムの導入	★★	
・樹脂製等軽量チェーンの導入	★	
・高効率ポンプ・エネルギー消費効率の高い電動機の導入		
・ポンプの台数及び設備容量の適正化その他の必要な措置	★★	
d 高度処理設備		
・水中撹拌機のインバーター等による回転数制御システムの導入	★	
・高効率反応タンク撹拌機の導入		⑦
・硝化液循環ポンプにおける流量制御システム・台数制御システム・回転数制御システムの導入，エアリフトポンプの導入	★★	⑨
・汚泥輸送ポンプにおける台数制御システム・インバーター等による回転数制御システムの導入	★★	
・アナモックス反応による高効率窒素除去技術の導入		⑩
・高度センサー制御システムの導入その他の必要な措置		⑤
ウ 汚泥処理工程における設備		
a 汚泥輸送設備		
・汚泥輸送ポンプにおける台数制御システム・インバーター等による回転数制御システムの導入	★	
・高効率ポンプ・エネルギー消費効率の高い電動機の導入		
・ポンプの台数及び設備容量の適正化その他の必要な措置	★★	
b 汚泥濃縮設備		
・固形物回収率の向上のための機械濃縮の導入	★	⑫
・汚泥性状を踏まえたエネルギー消費効率の高い機械濃縮機の導入による濃縮動力の低減その他の必要な措置		⑪
c 汚泥消化設備		
・汚泥消化タンクの断熱強化		

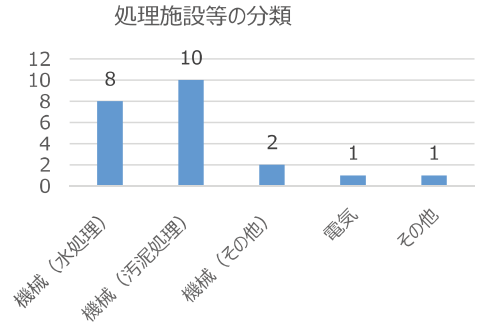
・機械撹拌式の導入による汚泥消化タンク撹拌機の動力低減		⑬
・蒸気・温水配管等の加温設備の断熱強化		
・加温ボイラー・温水ヒーターにおける自動制御システムの導入その他の必要な措置	★	
d 汚泥脱水設備		
・後続プロセスを踏まえた低含水率脱水設備の導入	★★	⑭
・処理工程における機種特性を勘案した機械脱水装置の導入による動力低減	★★	⑮
・固形物回収率の高い汚泥脱水設備の導入による返流水中の固形物分の低減その他の必要な措置		
エ 汚泥焼却工程における設備		
・汚泥焼却設備における脱水汚泥発生量に応じた汚泥焼却炉の規模の適正化	★★	
・燃焼用空気予熱・汚泥予備乾燥等のための熱回収設備の導入		
・汚泥廃熱を白煙防止空気加熱に活用するための設備の導入又は周辺環境を考慮した白煙防止装置の廃止		
・汚泥焼却炉の断熱強化	★	
・流動焼却炉の熱媒体の漏えいの防止	★	
・汚泥の発熱量・含水率に合わせた燃焼用空気量の調整・温度管理のための自動制御システムの導入	★★	⑯
・流動ブロワ・誘引ファンにおける回転数制御システムの導入	★★	
・汚泥サイロへの汚泥搬送の動力低減，	★★	
・低動力型流動ブロワ等導入による動力低減	★★	
・電動機のインバーター等による回転数制御システムの導入		
・燃焼温度の高温化		
・一酸化二窒素の排出量が少ない焼却炉への更新その他の必要な措置		⑰
オ 総合管理のための設備		
・監視制御システムにおけるエネルギー管理システムの導入		
・省エネ型の監視制御設備の導入その他の必要な措置		
カ 未利用エネルギーの活用（資源化設備）		
a 下水熱利用設備		
・下水の温度差エネルギーの利用とその他の必要な措置		⑱
b 消化ガス有効利用設備		
・消化ガス発電システムの導入	★	⑲
・下水汚泥及び生ごみ等地域のバイオマスとの混合消化による消化ガスの増量		⑳
・消化ガスの焼却炉補助燃料への利用，		
・消化ガスの空調設備熱源への利用		
・燃料電池用燃料製造・都市ガス精製等その他の消化ガス有効利用設備の導入その他の必要な措置		

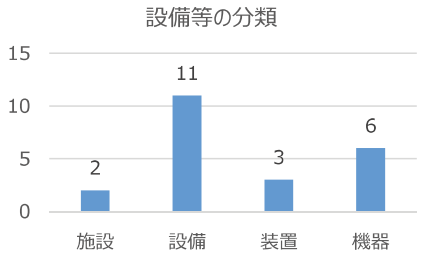
c 下水汚泥固形燃料化設備		
・下水汚泥固形燃料化設備の導入その他の必要な措置		㉔
d 焼却炉廃熱有効利用設備		
・焼却炉廃熱を活用した蒸気タービン発電機		㉒
・バイナリー発電機の導入		㉓
・焼却炉廃熱の利用による消化タンク加温・温水供給		
・焼却炉廃熱の空調設備熱源への利用その他の必要な措置		
e 水圧の有効利用設備		
・水落差エネルギー活用設備の導入その他の必要な措置		㉑
キ アからカまでに掲げる設備以外のもの		
アからカまでに掲げる措置のうち適用可能な措置		
② 温室効果ガスの排出の抑制等に資する使用方法		
ア 前処理・揚水工程における設備		
・沈砂池設備・主ポンプ設備における計時装置（タイマー）の使用・水位差検出・主ポンプ連動等によるスクリーン設備の間欠運転	★★★	
・揚砂設備の間欠運転	★★	
・流入水量に応じた池数制御	★	
・管渠・調整池を利用した主ポンプ揚水量の平準化その他の必要な措置	★	
イ 水処理工程における設備		
a 最初沈殿池設備		
・流入水量に応じた池数制御	★	
・計時装置（タイマー）の使用・汚泥界面の計測等による掻寄機の間欠運転		
・計時装置（タイマー）の使用・濃度の計測・プリセット量の設定等による汚泥引き抜きポンプの間欠運転	★★	
・スカム除去設備におけるスカム捕捉効率の向上による返流水量・稼働時間の低減その他の必要な措置	★	
b 反応タンク設備		
・散気装置の目詰まり防止対策による圧力損失の低減及び酸素溶解効率の回復	★	
・水中撹拌機・ばっ気機の間欠運転	★	
・間欠散水等による消泡水量の適正化その他の必要な措置		
c 最終沈殿池設備		
・計時装置（タイマー）の使用・汚泥界面の計測等による掻寄機の間欠運転		
・計時装置（タイマー）の使用・濃度の計測・プリセット量の設定等による余剰汚泥ポンプの間欠運転	★★★	

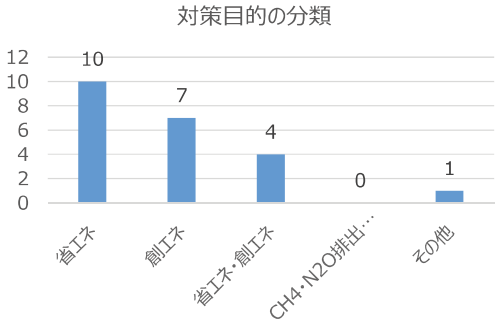
・スカム除去設備におけるスカム捕捉効率の向上による返流水量・稼働時間の低減その他の必要な措置	★	
d 高度処理設備		
・水中撹拌機の間欠運転	★	
・洗浄設備の動力低減のための砂ろ過装置・生物膜ろ過装置の洗浄時間管理その他の必要な措置	★	
ウ 汚泥処理工程における設備		
a 汚泥消化設備		
・汚泥消化タンクに投入する汚泥濃度の適切な管理	★★	
・汚泥の温度の適切な管理	★★	
・利用価値のある蒸気・温水の有効利用その他の必要な措置	★	
b 汚泥脱水設備		
・汚泥脱水機に供給する汚泥濃度の適切な管理	★★	
・搬送装置を含む脱水機系列の制御	★	
・洗浄水量の低減その他の必要な措置	★	
エ 汚泥焼却工程における設備		
・汚泥焼却設備における焼却炉の適正負荷率での運転	★★	
・焼却炉に投入する汚泥性状の調整による補助燃料の低減・自燃時間の拡大	★★	
・白煙防止装置の廃熱利用等による効率的運用又は停止	★	
・排ガス処理水量の低減その他の必要措置		
オ 総合管理のための設備		
a 水処理運転システム		
・処理水質とエネルギー消費量を適正に管理した効率的な水処理施設の運転その他必要な措置	★	
b 汚泥処理運転システム		
・排出汚泥性状とエネルギー消費量を適正に管理した効率的な汚泥処理施設の運転その他必要な措置		
カ その他の主要エネルギー消費設備（その他設備）		
・脱臭設備における脱臭空気量の低減のための臭気発生源の拡散防止・発生臭気の漏えい防止・発生臭気と一般換気との分離	★	
・季節・時間帯等に応じたファンの間欠運転その他の必要な措置	★	
キ アからカまでに掲げる設備以外のもの		
アからカまでに揚げる装置のうち適用可能な措置		

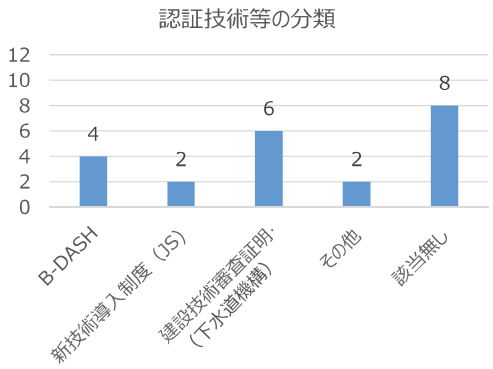
6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
2．　（一社）日本下水道施設業協会へのアンケート

（一社）日本下水道施設業協会へのアンケート結果（2030年目標達成関連）
○会員企業に対してアンケートを実施。13社から回答が得られた。
（設問1）現在各社で有する各温室効果ガス削減対策技術について計22技術の回答が得られた（複数回答あり）。







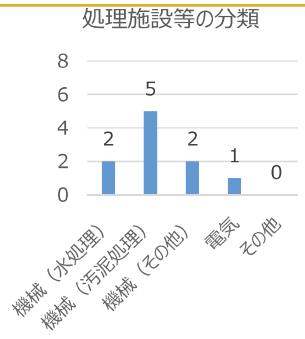


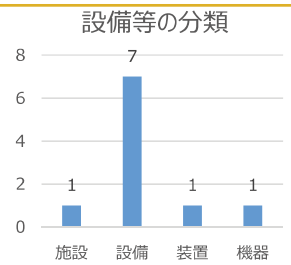
分類	技術名称	効果（アンケート記載内容の転記）
省エネ	スマートMBR　SCRUM	MBRシステムの消費電力試算値0.22kWh/m³（GHG発生量はN_2Oガスの発生量抑制の効果により従来高度処理法以下を想定）
	タービンアシスト省電力汚泥焼却システム	流動ブロワの消費電力を90%以上削減、焼却設備全体の消費電力を30%以上(自社従来比)削減。
	単槽型硝化脱窒プロセスのICT・AI制御による高度処理技術（B-DASH）	建設費を抑制（最適な好気・無酸素ゾーン形成による槽容量縮小）、省エネの実現（撹拌機不要、循環ポンプ不要、送風電力減）、維持管理者の負担軽減（季節変動等へ対応する自動運転）
	空気浮上式高速ターボブロワ	鋼板製多段ターボブロワと比較し、21,000m³/日の処理場規模で一定風量で運転した場合、年間48 t のCO_2が削減。
	エネルギー自立型焼却システム※	0.214kg-N_2O/wet-t（エネルギー使用としてのCO_2排出量ゼロ（炉の立上げ、立下げ工程時は除く））
	メンブレンパイプ式超微細気泡散気装置※	K市との共同研究で40%の空気量削減を達成した。
	低圧損型超微細気泡散気装置※	ブロワ動力50%削減
	低動力型ジェットポンプ式揚砂機	加圧水量が従来技術と同等で従来技術と比べて動力削減率が、吸込口径100Aの場合は３９%以上、吸込口径80Aの場合は２６%以上の低動力化を達成した。
	下水汚泥由来繊維利活用システム	流入下水量200,000t/日の下水処理場において4,682t-CO_2/年の削減効果
	NH_4-N/DO制御※	CO_2削減率：DO一定制御(DO目標値：2mg/L)比約8.5%、送風量一定制御比約23.0%(試算条件(日最大処理量50,000m³の下水処理場)に基づく試算結果)
	ドラフトチューブサーキュレータ（DTC400）（槽上駆動型高効率撹拌装置）※	従来型（水中撹拌機）と比較して年間消費電力量80～90%削減
創エネ	垂直二軸型マイクロ水力発電装置	例）落差1.0m・流量0.5m³/秒（43,200m3/日）で、1.5kW×24時間×360日＝12,960kWh発電　東京電力のCO_2排出係数で算出すると、12,960kWh×0.434kg-CO_2/kWh=5,620kg/年の削減効果となる。
	バイオガスコージェネレーションシステム※	発電効率：最大37%、総合効率：最大85%。
	混合消化（バイオマス受入消化ガス発生促進）	廃棄物のエネルギー化、消化ガス増量による創エネ機能の増強。
	消化ガス発電※	消化ガスエネルギーの30%程度を電気利用、40%程度を熱源利用可能。
	小水力発電＿サイホン式立軸水車	年間CO_2削減量（例）発電出力10kWで、CO_2排出係数を0.00047t-CO_2/kwhと仮定した場合 10kW×24時間×365日×0.00047t-CO_2/kwh≒約40t-CO_2/年の削減効果
	汚泥熱分解燃料化システム※	脱水汚泥100tあたりおおよそ6t以上の下水汚泥固形燃料を製造。総発熱量は15MJ/kg以上（JIS Z 7312:2014準拠）。 →　脱水汚泥1kgあたり0.9MJ以上のカーボンニュートラルな石炭代替燃料を製造している。
	小型・高効率消化ガス発電機※	バイオガス発電のため、0.0005122t-CO_2/kWh（東北電力CO_2基礎排出係数）。
省エネ・創エネ	脱水・燃焼・発電を全体最適化した革新的下水汚泥エネルギー転換システム（B-DASH）	①省エネ：低含水脱水技術＋低空気比省エネ燃焼技術組み合わせによる最適運転制御 ②創エネ：高効率廃熱発電技術（バイナリー発電） ③燃料使用量０（ゼロ） ④電力消費量、発電量は、設備規模や汚泥性状による。 ⑤N_2O排出量低減（燃焼温度による）
	過給式流動炉	動力40～50%削減 N_2O 50%削減
	小規模下水処理場を対象とした低コスト・省エネルギー型高濃度メタン発酵技術実証研究（B-DASH）	投入VSあたりのバイオガス発生率0.3～0.4Nm³/kg-投入VS
CH_4・N_2O排出対策	-	-
その他	腐植質脱臭剤	粒状活性炭：3.069 t -CO_2/t（厚労省資料）及び腐植質脱臭剤：1.183t-CO_2/t（当社試算値）→60%CO_2削減

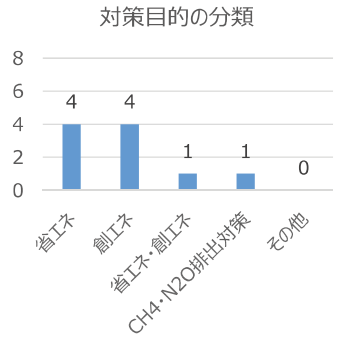
※本技術については関連した試算等を実施。その他技術についても今後試算等の活用を検討。

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
2．　（一社）日本下水道施設業協会へのアンケート

（設問2）下水道事業への導入実績が無い技術のうち、概ね完成している・多少の改善を加える等で2030年度までの間に下水道事業への導入が可能と考えられる各社の技術について計10技術の回答が得られた（複数回答あり）。



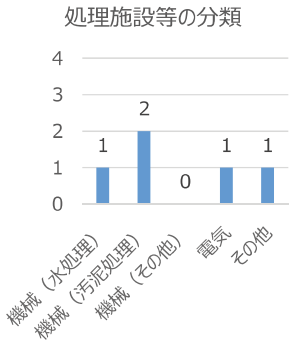


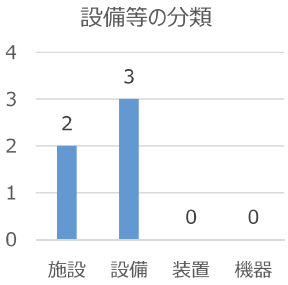


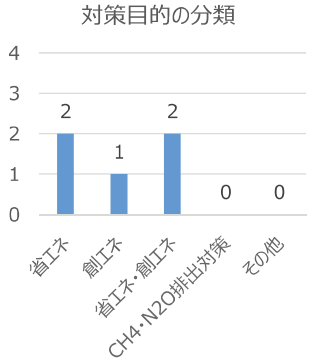
省エネ	災害停電時マンホールポンプ起動支援システム
	触媒添着式ハニカム型脱臭フィルター
	細径PVDF中空糸膜を用いた省エネルギー型MBRシステム
	好気容積比制御
創エネ	汚泥発酵乾燥Bio-drying
	創エネルギー型焼却システム
	セミドライメタン発酵装置（高効率ガス回収型汚泥消化装置）
	消化汚泥可溶化装置
省エネ・創エネ	マイクロ風力発電機＋蓄電池
CH_4・N_2O排出対策	燃焼温度900度以上焼却炉
その他	–

6．2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料
2．　（一社）日本下水道施設業協会へのアンケート

（設問3）実規模での導入実績がなく、B-DASHプロジェクト（実規模、FS）で実証していきたいと各社が考えている技術について計5技術の回答が得られた（複数回答あり）。







省エネ	能力増強型水処理システム
	極値探索制御技術
創エネ	汚泥発酵乾燥Bio-drying
省エネ・創エネ	既設躯体を活用した汚泥消化設備
	ディスポーザーポストを用いた家庭有機物回収システム
CH_4・N_2O排出対策	–
その他	–

7．2050年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に関する参考資料

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　①下水道技術ビジョン

- 下水道技術ビジョンは「新下水道ビジョン」（H26.7）で示された長期ビジョンや中期目標を達成するために、今後開発すべき技術等について、下水道技術ビジョン検討委員会（委員長：東京大学花木教授）の審議を経てH27.12に策定。
- 下水道施設の老朽化対策、近年頻発する集中豪雨などに対応した浸水対策、下水道資源の有効利用の推進など、下水道の今後の重要な課題を解決するため、１１の技術開発分野についてロードマップを作成し、課題、目標、技術開発項目について整理。
- 国土技術政策総合研究所の設置する「下水道技術開発会議」においてフォローアップ。

１１の技術開発分野

①持続可能な下水道システム-1　（再構築）
②持続可能な下水道システム-2　（健全化、老朽化対策、スマートオペレーション）
③ 地震・津波対策
④ 雨水管理（浸水対策）
⑤ 雨水管理（雨水利用、不明水対策等）
⑥ 流域圏管理
⑦ リスク管理
⑧ 再生水利用
⑨ 地域バイオマス活用
⑩ 創エネ・再生可能エネルギー
⑪ 低炭素型下水道システム
※赤字箇所以外でも地球温暖化対策関連事項あり。

○下水道技術ビジョンに掲げるロードマップの進捗状況について下水道技術開発会議において文献調査を実施。

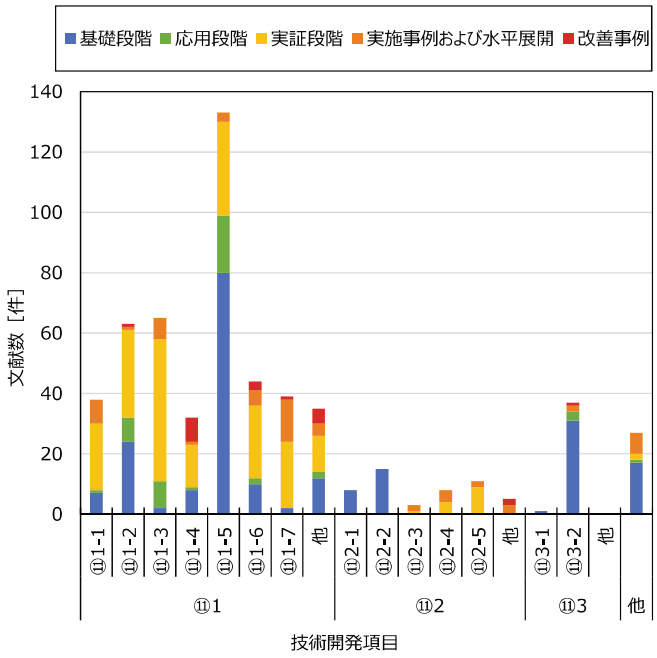
○文献調査は平成28年から令和元年度までの下水道研究発表会講演集や下水道協会誌、土木学会年次講演集、水環境学会誌等の論文等を参照。

○技術開発レポート２０１９おいてとりまとめた結果について次ページ以降紹介。

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　①下水道技術ビジョン

○「⑪1-5活性汚泥法代替の曝気を行わない省エネ型水処理技術」等が多い。
○「⑪2-1標準活性汚泥法等におけるN_2O排出抑制を低コスト・省エネルギーで実現」等の水処理・汚泥処理に伴い発生するN_2O排出抑制技術が少ない。

⑪低炭素型下水道システム



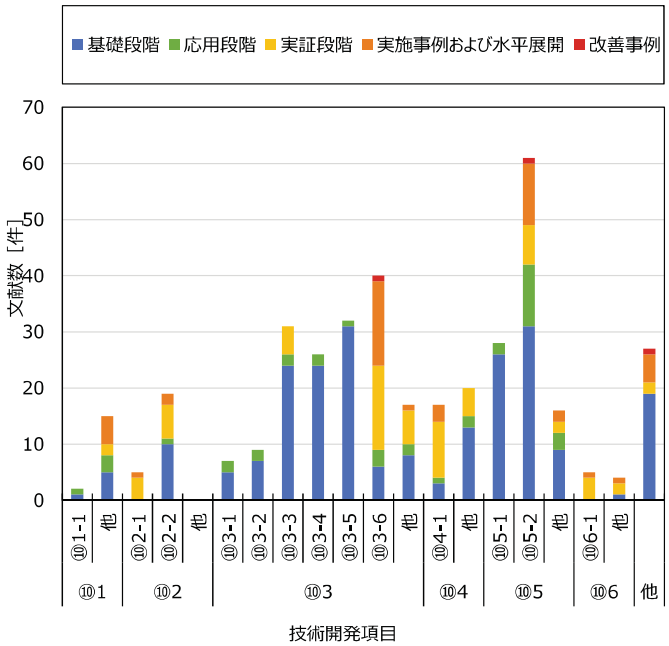
⑪1　下水道で消費するエネルギーの約１割削減に向けた技術開発
　⑪1-1　処理場の省エネ・創エネとあわせたエネルギー消費最小化とエネルギー自立
　⑪1-2　水処理・汚泥処理の全体最適化による省エネ技術（流入有機物の回収による水処理負荷軽減、担体利用技術等）
　⑪1-3　ICT（センサー、CFD等）を活用した省エネ水処理技術。流入水量・水質の変動にあわせた曝気風量の制御や 酸素溶解効率の向上等によるエネルギー最適化
　⑪1-4　送風プロセス（送風機、制御システム、散気装置等）の最適化による省エネ技術
　⑪1-5　活性汚泥法代替の曝気を行わない省エネ型水処理技術（散水ろ床タイプ、嫌気性処理、湿地処理等）
　⑪1-6　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
　⑪1-7　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）
⑪2　下水道から排出される温室効果ガス排出量の約11%削減に向けた技術開発
　⑪2-1　標準活性汚泥法等におけるN_2O排出抑制を低コスト・省エネルギーで実現
　⑪2-2　N_2O発生機構の解明、微生物群衆構造の解析・制御等により、排出抑制する運転技術を実用化
　⑪2-3　高温焼却のコスト増加を抑制し、導入を円滑化する技術
　⑪2-4　N_2O排出量の少ない、より高度な焼却技術(多段吸込燃焼式流動床炉、二段燃焼式循環流動床炉、新型ストーカー炉等)
　⑪2-5　省エネ・創エネと同時にN_2O排出抑制を達成する技術（汚泥の炭化・乾燥による燃料化技術や脱水汚泥の低含水率化と組み合わせた焼却発電技術等）
⑪3　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
　⑪3-1　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
　⑪3-2　省エネ・創エネ・省CO_2性能の合理的な定量化手法・改善技術

国土交通省 国土技術政策総合研究所

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　①下水道技術ビジョン

○「⑩3下水処理技術と下水資源を活用したエネルギー生産技術の開発」や「⑩5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」に関する技術が多い。
○「⑩1　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」や「⑩6　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」に関する技術が少ない。

⑩創エネ・再生可能エネルギー

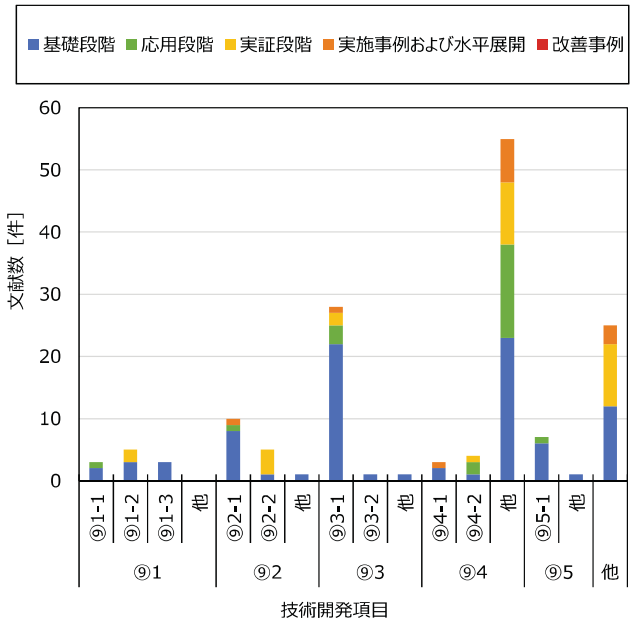


⑩1　様々な再生可能エネルギー利用技術を組み合わせた中小規模処理場向けエネルギー自立化技術の開発
　⑩1-1　中山間地域等の中小規模下水処理場における草木系バイオマスエネルギー利用技術を活用した汚泥処理（乾燥）の導入技術
⑩2　低ＬＣＣ化、エネルギー効率の高効率化による導入促進のため、新しい濃縮脱水システムや新しい嫌気性消化リアクターの開発
　⑩2-1　濃縮工程を省略した新しい脱水処理システム
　⑩2-2　汎用型等新しい嫌気性消化リアクター
⑩3　下水処理技術と下水資源を活用したエネルギー生産技術の開発
　⑩3-1　多様な植物バイオマスからのエネルギー抽出・回収技術
　⑩3-2　下水で培養した微細藻類からのエネルギー生産技術
　⑩3-3　下水処理場での微細藻類由来エネルギー生産量評価技術
　⑩3-4　微生物燃料電池の活用によるエネルギー生産技術
　⑩3-5　膜ろ過・嫌気処理による省エネ・創エネ型水処理技術
　⑩3-6　下水熱の利用技術
⑩4　汚泥直接、汚泥由来バイオガスや硫化水素などからメタン、水素、CO_2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
　⑩4-1　膜処理を用いたバイオガスからの省エネルギー・高効率・簡易CO_2分離技術
⑩5　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
　⑩5-1　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
　⑩5-2　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
⑩6　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
　⑩6-1　ガス発電廃熱を利用した乾燥技術

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　①下水道技術ビジョン

下水道技術ビジョンに掲げるロードマップの進捗状況について
○「⑨3-1　下水汚泥構成元素の分離・リサイクル技術の開発」や「⑨４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」に関連した食と下水道に関する技術が多い。
○その他、全体的に下水道関連の文献が少なかった。

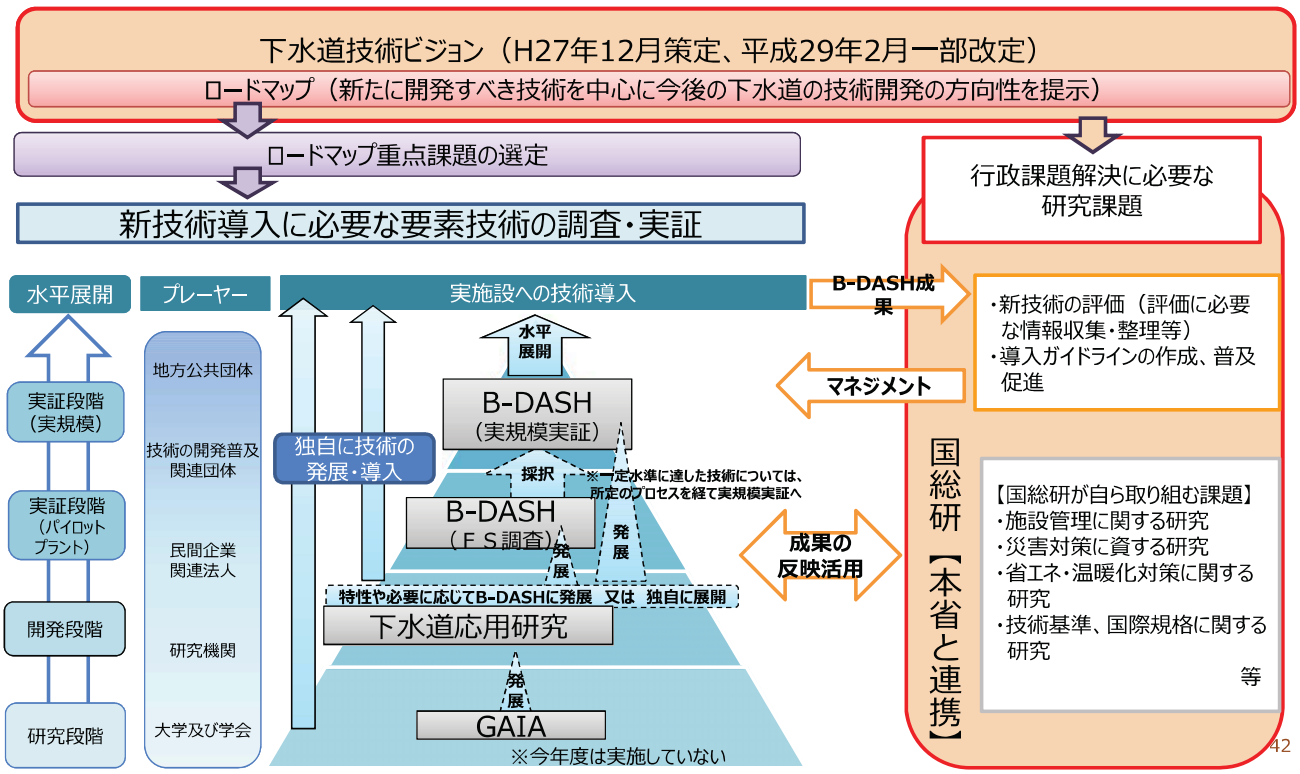
⑨地域バイオマス



⑨1　地域の間伐材等の未利用資源を活用して脱水効率、消化効率を向上させる技術の開発
　⑨1-1　地域の草木質の脱水助剤への活用技術
　⑨1-2　様々な状態で発生する、剪定枝、除草刈草の受け入れ、前処理、メタン発酵技術
　⑨1-3　竹材等の未利用地域バイオマスを活用した食物生産とその廃材利用を組み合わせたメタン発酵効率化技術
⑨2　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
　⑨2-1　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
　⑨2-2　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
⑨3　下水中の多様な物質の効率的回収に関する技術の開発
　⑨3-1　下水汚泥構成元素の分離・リサイクル技術の開発
　⑨3-2　メタン発酵消化液からのリン回収技術
⑨4　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
　⑨4-1　農林水産利用に適した有用微細藻類の下水培養技術と利用技術
　⑨4-2　処理場内での下水熱、バイオガスからの熱・電気・CO_2を活用したトリジェネレーション技術の開発
⑨5　高品質下水灰の生産・肥料化技術の開発
　⑨5-1　下水灰（下水汚泥燃焼灰）の肥料化・普及を図る技術

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　②B-DASHプロジェクト等

・国土交通省が実施する新技術に関する調査・実証事業として、B-DASHプロジェクト等の取組を実施している。



7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　②B-DASHプロジェクト等

・2011年よりB-DASHプロジェクトを実施し、３０技術（うち2件は事業中）の脱炭素に資する技術を実証。

採択年度	実施事業名称	委託研究実施者
H23	超高効率固液分離技術を用いたエネルギーマネジメントシステム技術実証事業	メタウォーター・日本下水道事業団　共同研究体
	神戸市東灘処理場　再生可能エネルギー生産・革新的技術実証事業	神鋼環境ソリューション・神戸市　共同研究体
H24	温室効果ガスを排出しない次世代型下水汚泥固形燃料化技術実証事業	長崎市・長崎総合科学大学・三菱長崎機工　共同研究体
	廃熱利用型　低コスト下水汚泥固形燃料化技術実証事業	JFEエンジニアリング
	管路内設置型熱回収技術を用いた下水熱利用技術実証事業	大阪市・積水化学・東亜グラウト　共同研究体
	固定床型アナモックスプロセスによる高効率窒素除去技術実証事業	熊本市・日本下水道事業団・（株）タクマ　共同研究体
	神戸市東灘処理場　栄養塩除去と資源再生（リン）　革新的技術実証事業	水ing・神戸市・三菱商事アグリサービス　共同研究体
H25	脱水・燃焼・発電を全体最適化した革新的下水汚泥エネルギー転換システムの実証事業	メタウォーター・池田市　共同研究体
	下水道バイオマスからの電力創造システム実証事業	和歌山市・日本下水道事業団・京都大学・（株）西原環境・（株）タクマ　共同研究体
H26	水素リーダー都市プロジェクト～下水バイオガス原料による水素創エネ技術の実証～	三菱化工機（株）・福岡市・九州大学・豊田通商（株）　共同研究体
	無曝気循環式水処理技術実証事業	メタウォーター（株）・高知市・高知大学・日本下水道事業団　共同研究体
	高効率固液分離技術と二点DO制御技術を用いた省エネ型水処理技術の技術実証事業	前澤工業(株）・（株）石垣・日本下水道事業団・埼玉県　共同研究体
	ICTを活用した効率的な硝化運転制御の実用化に関する技術実証事業	（株）日立製作所・茨城県　共同研究体
	ICTを活用したプロセス制御とリモート診断による効率的水処理運転管理技術実証事業	（株）東芝・日本下水道事業団・福岡県・（公財）福岡県下水道管理センター　共同研究体

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　②B-DASHプロジェクト等

採択年度	実施事業名称	委託研究実施者
H27	複数の下水処理場からバイオガスを効率的に集約・活用する技術	JNCエンジニアリング(株)・吸着技術工業(株)・(株)九電工・シンコー(株)・山鹿都市ガス(株)・熊本県立大学・山鹿市・大津町・益城町
	バイオガス中のCO_2分離・回収と微細藻類培養への利用技術実証事業	(株)東芝・(株)ユーグレナ・日環特殊(株)・(株)日水コン・日本下水道事業団・佐賀市
	下水処理水の再生処理システムに関する実証事業	（株）西原環境・（株）東京設計事務所・京都大学・糸満市　共同研究体
H28	脱水乾燥システムによる下水汚泥の肥料化、燃料化技術実証事業	月島機械（株）、サンエコサーマル（株）、日本下水道事業団、鹿沼市農業公社、鹿沼市　共同研究体
	自己熱再生型ヒートポンプ式高効率下水汚泥乾燥技術実証事業	（株）大川原製作所、関西電力（株）、秦野市　共同研究体
	ＤＨＳシステムを用いた水量変動追従型水処理技術実証事業	三機工業（株）、東北大学、香川高等専門学校、高知工業高等専門学校、日本下水道事業団、須崎市　共同研究体
H29	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の実用化に関する実証事業	三菱化工機（株）・国立大学法人九州大学・日本下水道事業団・唐津市共同研究体
	温室効果ガス削減を考慮した発電型汚泥焼却技術の実用化に関する実証事業	JFEエンジニアリング（株）・日本下水道事業団・川崎市共同研究体
	最終沈殿池の処理能力向上技術実証事業	メタウォーター(株)・日本下水道事業団・松本市共同研究体
H30	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事業	神鋼環境ソリューション・日本下水道事業団・富士市共同研究体
	小規模下水処理場を対象とした低コスト・省エネルギー型高濃度メタン発酵技術に関する実証事業	大原鉄工所・西原環境・NJS・長岡技術科学大学・北海道大学・長岡市共同研究体
H30	小口径管路からの下水熱を利用した融雪技術の実用化に関する実証事業	東亜グラウト工業・丸山工務所・十日町市共同研究体
H30	ヒートポンプレスで低LCCと高COPを実現する下水熱融雪システムに関する研究	興和・積水化学工業・新潟市共同研究体
H31	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実証事業	メタウォーター・日本下水道事業団・町田市　共同研究体
事業中 R2	中小規模処理場同士の広域化に資する低コスト汚泥減量化技術の実証事業	月島機械㈱・日鉄セメント㈱・高砂熱学工業㈱・室蘭工業大学・室蘭市水道部共同研究体
事業中 R3	ＡＩを活用した下水処理場運転操作の先進的支援技術に関する実証事業	明電舎・ＮＪＳ・広島市・船橋市共同研究体
R4	最初沈殿池におけるエネルギー回収技術	
案	深槽曝気システムにおける省エネ型改築技術	

7．2050年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に関する参考資料

1．技術開発の動向について　②B-DASHプロジェクト等

・B-DASHプロジェクト（FS調査）では、９技術の脱炭素に資する技術の調査を実施。

採択年度	実施事業名称	委託研究実施者
H28	下水汚泥の熱分解高純度水素製造プロセス技術研究開発に関する調査事業	（株）オストランド、（株）アイピーエル、成蹊大学、産業技術総合研究所　共同研究体
	下水処理水と海水の塩分濃度差を利用した水素製造システムの実用化に関する調査事業	山口大学、（株）正興電機製作所、日本下水道事業団　共同研究体
	下水汚泥から水素を直接製造する技術に関する調査事業	東北大学、カーボンフリーネットワーク（株）、（株）大和三光製作所、弘前市　共同研究体
	下水処理水を利用した水素発電による下水道維持管理コスト低減に関する調査事業	清水建設（株）、積水化学工業（株）、（株）パワーユナイテッド、大阪狭山市、軽井沢町、小林市　共同研究体
	中小規模下水処理場を対象とした高濃度メタン発酵技術に関する予備調査 ※実規模実証でも実施	（株)西原環境、(株)大原鉄工所、北海道大学、浜中町共同研究体
H29	稲わらと下水汚泥の高濃度混合高温消化と炭化を核とした地域内循環システムに関する調査事業	金沢大学・公立鳥取環境大学・明和工業・バイオガスラボ共同研究体体
	アナモックス細菌を用いた省エネルギー型下水高度処理技術の実用化に関する調査事業	株式会社明電舎・神戸市共同研究体
	高圧ジェット装置を導入した高度処理における余剰汚泥の減容化	東京農工大学・（株）石垣・土木研究所共同研究体
H31	汚泥の高付加価値化と省エネ・創エネを組み合わせた事業採算性の高い炭化システム	大同特殊鋼・中央大学・気仙沼市共同研究体

7．2050年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に関する参考資料

1．技術開発の動向について　②B-DASHプロジェクト等

・応用研究では10技術の脱炭素に資する技術の調査を実施。

採択年度	研究テーマ名	共同研究体
H29	炭化・温水抽出による新たなリン回収技術の開発に関する研究	三佳・ケントム・日水コン・滋賀県
	きのこ生産を核とした下水道資源のカスケード利用システムの構築	鹿児島工業高等専門学校・日水コン・大成建設・霧島市
H30	処理場に流入する汚水の原単位を精密・省力的に把握して数学的に最適プロセスを設計する技術の開発	オリジナル設計・北九州市立大学・京都大学・ネクスト環境コンサルタント共同研究体
	官民連携による下水資源・エネルギーを活かした植物栽培技術の研究	長岡技術科学大学・土木研究所・東亜グラウト工業・大原鉄工所・クリーンリード共同研究体
H31	新規高性能ガス透過膜と高解像度モニタリング技術を導入した膜曝気型バイオフィルム法による排水処理の省エネ化	三菱ケミカル東京農工大学共同研究体
	FO膜を用いた超省エネ型下水処理システムの開発	造水促進センター・北九州市立大学・長崎大学・水ingエンジニアリング・日本水工設計共同研究体
	下水処理場における硝化阻害物質の高効率探索システムの開発	鹿児島大学・土木研究所・いであ共同研究体
	下水道資源を最大限に活用した飼料用米栽培技術の開発と下水道の新たな役割の創造	山形大学・鶴岡市・日水コン・岩手大学・鶴岡市農業協同組合
事業中R3	微生物燃料電池を用いた発電型水処理技術の開発	日本工営(株)・東洋紡(株)・玉野総合コンサルタント(株)・名古屋工業大学 共同研究体
	サステイナブルな汚泥焼却のための次世代補助燃料の検討	京都大学・土木研究所・月島機械(株)・(株)タクマ 共同研究体

7．2050年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に関する参考資料

1．技術開発の動向について　②B-DASHプロジェクト等

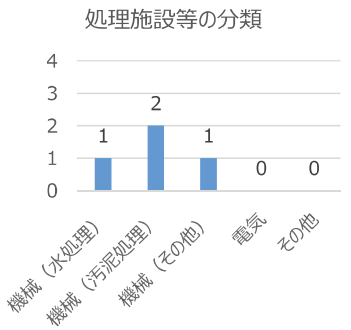
・GAIAでは１８技術の脱炭素に資する技術の調査を実施。

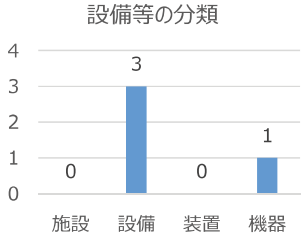
採択年度	研究テーマ名	共同研究体
H26	好塩古細菌を用いたカリウム資源回収の実用化に関する技術開発	北海道大学大学院工学研究院
	下水を利用して培養した微細藻類による漁業飼料生産技術の開発	中央大学理工学部
	下水処理水再利用による飼料用米栽培に関する研究	山形大学農学部
	下水汚泥を用いた高付加価値きのこの生産技術及びその生産過程で発生する廃培地・炭酸ガスの高度利用技術の開発	鹿児島工業高等専門学校
	消化汚泥の肥料利用に関する研究	高知大学教育研究部
	グラフェン-酸化グラフェン還元微生物複合体を用いたバイオマス電力生産技術の下水処理施設への適用検討	日本工営(株)上下水道部
	微生物燃料電池による省エネ型廃水処理のための基盤技術の開発	岐阜大学流域圏科学研究センター
H27	都市域路面排水の低環境負荷型処理による用途別水資源としての利用可能性の検討	京都大学地球環境学堂
	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	長岡技術科学大学環境社会基盤工学専攻
	地域の汚水組成とその長期変化に応じて最適処理プロセスを設計するための技術	北九州市立大学国際環境工学部
	下水処理施設の高品質資源回収・流域リスク低減拠点化を目指したオゾン処理導入技術開発	京都大学大学院工学研究科
H28	FO膜とクロラミン耐性メタン発酵を組合せた低コスト・エネルギー生産型下水処理システムの開発	北九州市立大学国際環境工学部エネルギー循環化学科
	微細藻類を用いた下水中でのアスタキサンチン生産技術の開発	岡山大学環境管理センター
	下水汚泥の有用微生物優占技術と高付加価値農業資材の生産技術の開発	長岡技術科学大学産学融合トップランナー養成センター
H29	下水処理微生物の遺伝子ビッグデータの構築と迅速・簡便な微生物モニタリングシステムの開発	東北大学・産業技術総合研究所GAIA共同研究体
	下水汚泥消化ガスの水蒸気改質反応により高純度水素を製造する膜反応器の開発	学校法人工学院大学
H30	深層学習を活用した流域での人間活動に応じた流入下水負荷変動予測と既往処理システム運転管理の最適化	国立大学法人京都大学・国立大学法人愛媛大学・国立大学法人東京大学共同研究体
	下水汚泥中の有機物を炭素資源としたバイオ燃料製造プロセスの開発	公立大学法人北九州市立大学

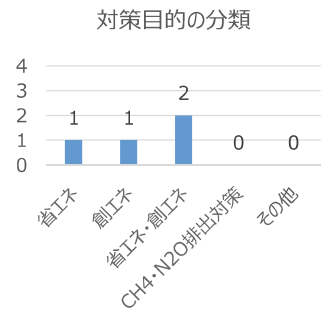
7．2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

1．技術開発の動向について　③　（一社）日本下水道施設業協会アンケート

（一社）日本下水道施設業協会へのアンケート結果（2050カーボンニュートラル関連）
○会員企業に対してアンケートを実施。13社から回答が得られた（再掲）。
（設問4）2050年脱炭素社会への貢献等中長期的に技術開発に取り組んでいく予定のテーマ等及び（設問５）開発期間について計4技術の回答が得られた（複数回答あり）。





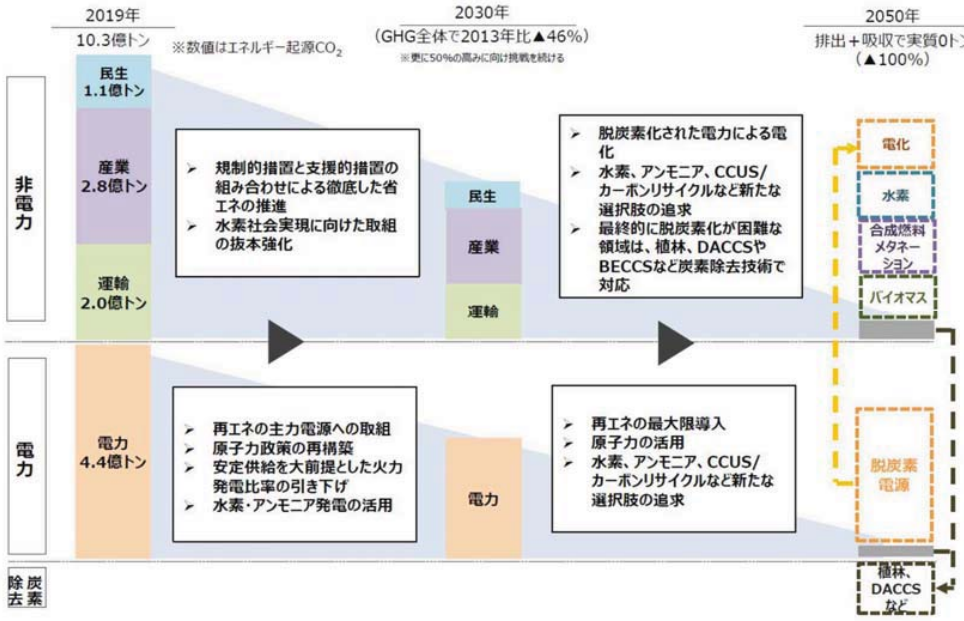


省エネ	FO膜による水処理	10年以内
創エネ	外部バイオマス受け入れ可能な高効率水処理＋高効率消化技術	－
省エネ・創エネ	MBR式メタン発酵システム	10年以内
	メタン発酵技術の改良	5年以内
CH_4・N_2O 排出対策	－	－
その他	－	－

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　④他分野との連携

○エネルギー基本計画（令和3年10月閣議決定）
カーボンニュートラル実現に向けた課題と対応のポイントとして次の位置づけあり。
電力部門では再エネ等の活用と水素・アンモニア発電、CCUS/カーボンリサイクルによる火力発電などのイノベーションを追求すること。非電力部門では、電化推進、電化が困難な部門では水素や合成メタンなどの活用。 等

○2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（グリーン成長戦略）（関係省庁 令和3年6月）



・非電力分野において、電化、水素、メタネーション、バイオマスの活用を行うとされている。

・電源のほとんどが脱炭素化されることとなる。

国土交通省 国土技術政策総合研究所

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　④他分野との連携

○2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（グリーン成長戦略）（関係省庁 令和3年6月）

～下水道分野と関連が強い分野～

1．洋上風力・太陽光・地熱
・脱炭素電源として、 次世代型太陽電池の技術開発

2．水素・燃料アンモニア
・水素については2030年300万トン、2050年2,000万トン程度の導入量を目指す。
・アンモニアについては2030年300万トン、2050年3000万トンの燃料等としての国内需要を想定。

3．次世代熱エネルギー
・メタネーションなどによる合成メタンを2050年2500万トン供給を目指す。

8．物流・人流・土木インフラ
・下水道の省エネ化、下水熱利用の促進（2025年までに案件形成に集中的に取り組む。）
・建設施工のカーボンニュートラルの実現

9．食料・農林水産業
・有機農業の取組面積拡大、化学農薬・化学肥料の低減

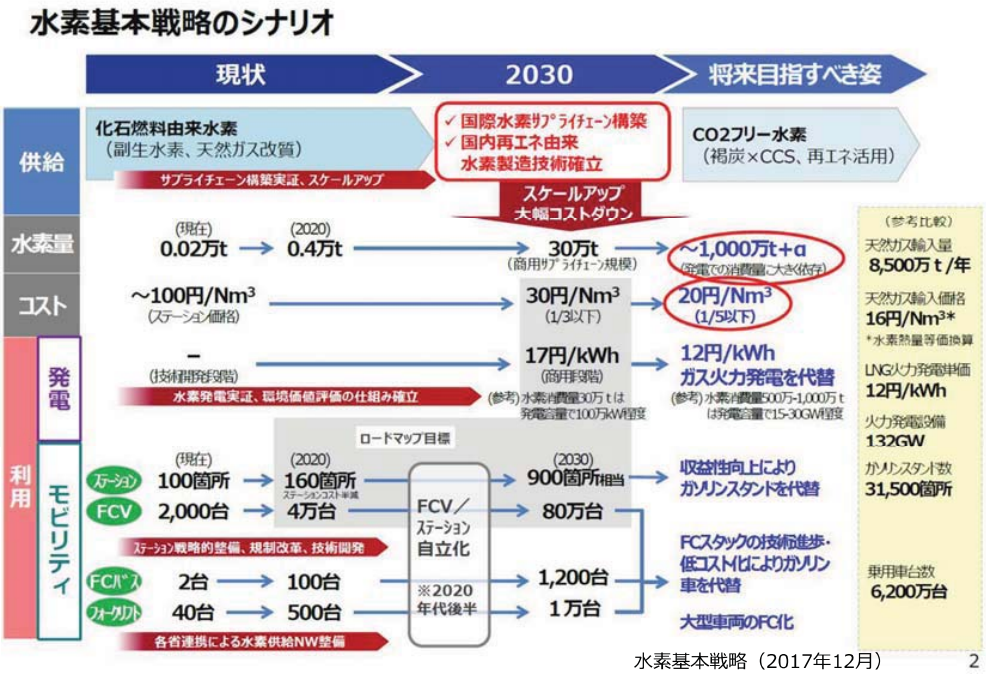
11．カーボリサイクル・マテリアル
・CO_2吸収型コンクリートの低コスト化を目指す。
・低コストかつ高効率なCO_2分離回収技術の開発。2050年の世界市場10兆円の3割シェアを目指す。

13．資源循環関連
・下水道バイオマスの活用拡大（ 2025年までに案件形成に集中的に取り組む。）
・有機性廃棄物の一体処理によるコスト低減策の検討を2040年まで実施。
・排熱利用型地域熱供給、オンライン熱輸送の向上など回収したエネルギー利用の高度化・効率化

※他にも、自動車の電動化、微細藻類由来のジェット燃料、分散型エネルギー、次世代グリッド等に関する取組に関する記載あり。

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　④他分野との連携　水素

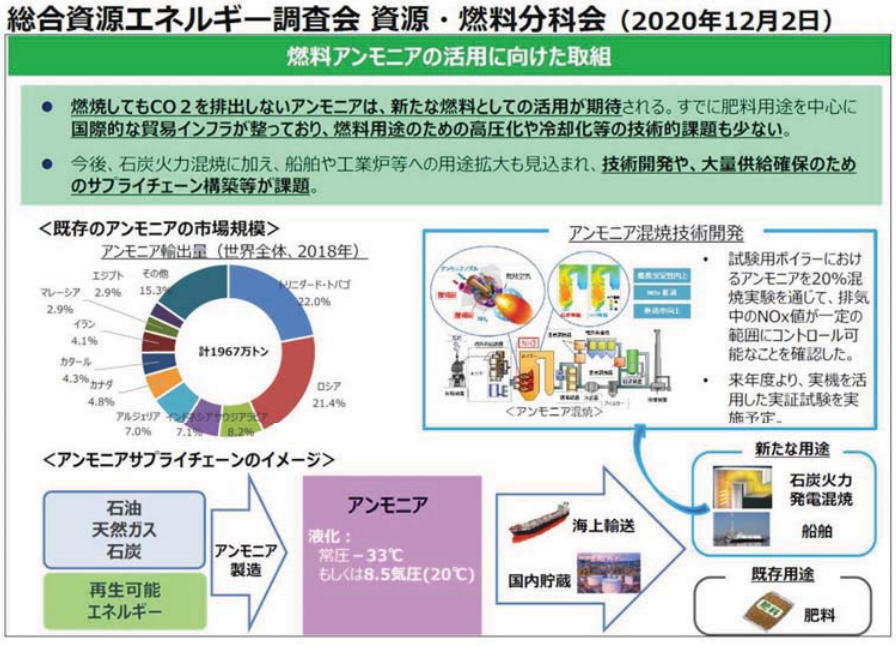
○グリーン成長戦略において、水素については2050年2,000万トン程度の導入量を目指す。また、カーボンフリー水素の製造コストの削減を図り20円/Nm³を目指す。
○水素基本戦略では、2030年水素ステーション900箇所、FCV80万台等を目指す。さらに将来的にはガス火力発電の代替となることを目指していくなど、需要が大きく増加する見通し。



水素基本戦略（2017年12月）　2

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　④他分野との連携　アンモニア

○グリーン成長戦略において、アンモニアについては石炭火力における混焼や専焼のための技術開発を推進。
○今後、石炭火力発電に加えて、船舶や工業炉等への用途拡大も見込まれるため技術開発や大量供給確保のためのサプライチェーン構築が課題。
○2030年300万トン、2050年3000万トンの燃料等としての国内需要を想定。



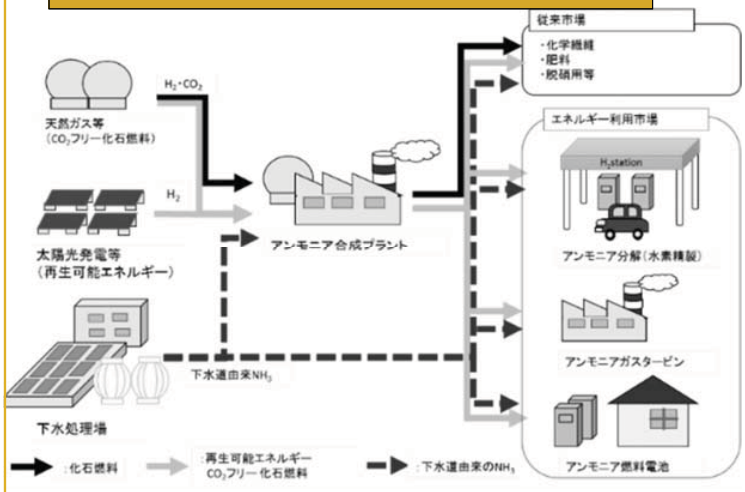
5

総合資源エネルギー調査会資源・燃料分科会（2020年12月2日）

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　④他分野との連携　アンモニア

○アンモニアについては、国総研の研究において全国の処理場で発生する消化汚泥の脱水ろ液からアンモニアストリッピング法で回収した場合のポテンシャルとして約1.2万t-NH_3/年（2015年輸入量20万t/年の約6.3%相当）であることを試算。
○また、近年の研究※では、下水処理場における窒素収支を調査し、汚泥が有する窒素ポテンシャルを約15.2万t-N/年と試算。また汚泥固形中の窒素を亜臨界水処理によるアンモニア化により、エネルギー利用した際のCO_2削減効果約56.1万t-CO_2/年と試算。
※出典：小島啓輔、加藤雄大、隅倉光博、川本徹　下水処理場における窒素由来のエネルギーポテンシャルの試算とその利用に関する考察,下水道協会誌,Vol58,No.708,pp.78-86,2021.

下水道由来のアンモニアの有効利用用途



（アンモニアストリッピング法）
・高濃度のアンモニア性窒素を含む溶液に空気等を吹き込み、NH_4^+とOH^-を反応させNH_3を発生させる手法。高水温・高pHの条件により反応が進む。

$$NH_4^+ + OH^- \rightarrow NH_3 + H_2O$$

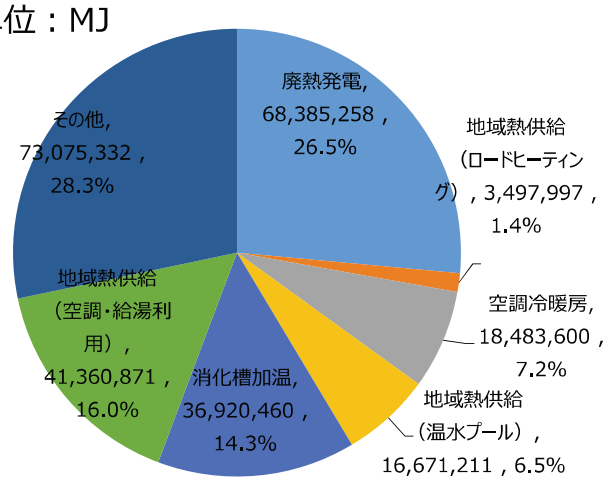
（亜臨界水処理）
・水の気液共存線の臨界点（374 ℃、22.1 MPa）があり、この温度・圧力よりもやや緩和である高温、高圧の水（液体）を亜臨界水という。上記研究※では消化汚泥中の有機物を分界し、窒素成分をアンモニアに変換することを想定している。

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　④他分野との連携　熱利用

○下水道分野における熱利用は、下水熱は32カ所（発熱量約９０TJ）、下水汚泥焼却廃熱利用を実施している施設34カ所（有効利用熱量約3,400TJ）、バイオガス発電のコージェネ廃熱利用等で取り組まれている。
○焼却廃熱は、場内利用だけでは無く、地域の熱供給源としての役割も果たしているケースもある。

下水汚泥焼却廃熱利用状況の内訳

単位：MJ



焼却熱の温水プールへの活用
（川崎市入江崎総合スラッジセンター）

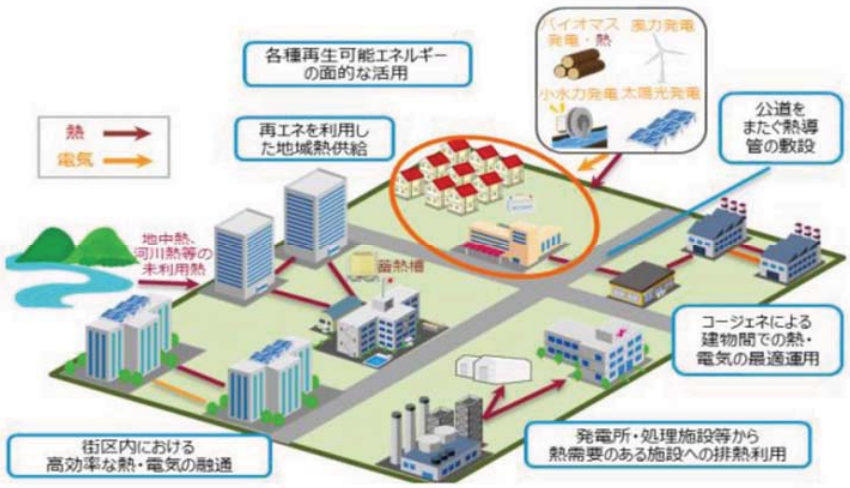
焼却熱を六甲アイランド共同住宅地区へ供給
（神戸市東部スラッジセンター）

出典　平成３１年度下水汚泥等の資源有効利用状況に関する調査業務報告書　**国土交通省下水道部**　令和2年3月より作成

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　④他分野との連携　熱・バイオガス利用

○グリーン成長戦略において、ガスの脱炭素化とコジェネ導入推進を核として、「ガス事業者が、地方自治体や同業種・他業種と連携し、次世代熱エネルギー供給を主体的に推進。」とされており、下水汚泥由来のメタンガスや処理場で発生した廃熱についても、地域の分散型エネルギーシステムへの一角として連携・導入が期待される。
※東邦ガスは知多市南部浄化センターの余剰バイオガスを都市ガスの原料として活用している事例有り。
○また、グリーン成長戦略において、合成メタンへ転換の上、コジェネの導入推進を目指しており、「2050年までに合成メタン2500万トンを供給」することとしており、ガスの脱炭素化には大きな需要が見込まれる。

分散型エネルギーシステムのイメージ



出典：METI　再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会

メタネーション技術

・太陽光発電を用いた水分解により精製された水素を活用し、消化におけるメタン発生量の促進等期待。
・また、下水道施設から発生したCO_2を回収し、メタネーション施設での活用も期待。

出典：資源エネルギー庁資料

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　④他分野との連携　地域バイオマス

○グリーン成長戦略において、バイオマス資源の拡大やメタン発酵エネルギー回収の向上等について2030年までに取り組むこととされており、その後の2040年まで有機性廃棄物の一体処理によるコスト低減策の検討を実施するとされている。
○生ゴミ等や下水汚泥由来のバイオマスを一体的に処理をすることで効率よくエネルギー回収をする技術が求められている。

⑬資源循環関連産業の成長戦略「工程表」

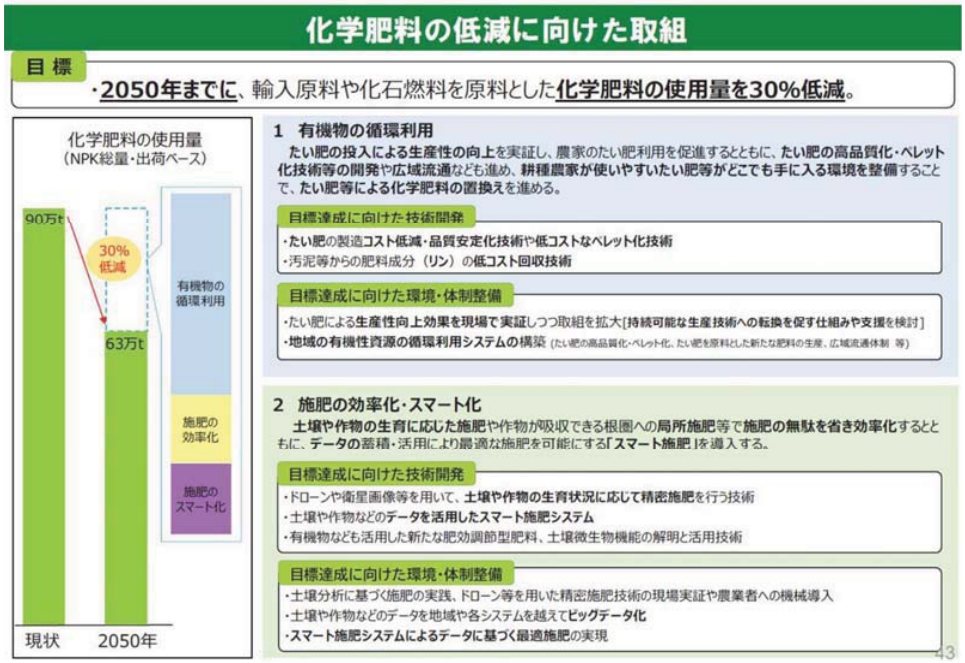
●導入フェーズ：　1．開発フェーズ　2．実証フェーズ　3．導入拡大・コスト低減フェーズ　4．自立商用フェーズ
●具体化すべき政策手法：　①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

88

2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（グリーン成長戦略）（関係省庁 令和3年6月）

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　④他分野との連携　農業等利用技術

○「みどりの食料システム戦略」において、化学肥料の使用料の30%低減が位置づけられ、その代替として、有機物の循環利用等が位置づけられている。
○技術開発項目として、堆肥の製造コスト低減・品質安定化技術や低コストなペレット化技術、汚泥等からの肥料成分（りん）の低コスト回収技術が位置づけられている。



57

「みどりの食料システム戦略」本体及び参考資料（令和3年5月12日みどりの食料システム戦略本部決定）より

国土交通省 国土技術政策総合研究所

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　④他分野との連携　農業等利用技術

○下水道発食材については「じゅんかん育ち」として処理水や下水汚泥由来肥料等を活用し、米、野菜作り、ノリ等が生産されている。
○汚泥肥料は高温発酵、乾燥、炭化による肥料化が取り組まれH28採択B-DASH（鹿沼市、大川原市）においては乾燥技術による肥料化について実証。
○肥料の栄養素となる汚泥中のリンを回収については、H24採択B-DASH（神戸市）において、消化汚泥から直接リンを回収する技術が実証された。下水道のリンポテンシャルは海外から輸入するリン約１０%に相当。
○効率的に下水・汚泥由来のリン、アンモニア等資源の有効活用を可能とする技術開発が必要。

じゅんかん育ち

リン回収技術（H24採択B-DASH）

58

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　④他分野との連携　ＣＯ₂分離回収利用

○グリーン成長戦略において、低コストかつ高効率なCO₂分離回収技術の開発。2050年の世界市場10兆円の3割シェアを目指すとされている。また、「高効率なCO₂分離回収技術を開発し、コスト低減」を図り2024年から実証事業を行うこととなっている。
○バイオガスや焼却排ガス中のＣＯ₂を分離回収し、場外の農業・工業利用やメタネーションへの活用などカーボンリサイクルが期待される。
○下水道分野においては、バイオガス中のCO₂分離・回収技術（H27採択B-DASH 佐賀市）でPSA法（加圧と減圧を繰り返しCH₄,CO₂を連続的に分離・回収する方法）による実施事例がある。

2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（グリーン成長戦略）（関係省庁 令和3年6月）

固体吸収材

分離膜

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　⑤連携対象となる他分野技術開発事例

○下水道分野の技術開発には他分野の技術開発との連携・活用が必要。

ムーンショット型研究開発

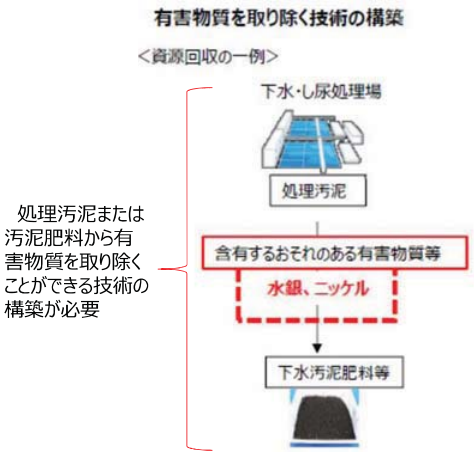
・総合科学技術・イノベーション会議（CSTI）において、日本発の破壊的イノベーションの創出を目指し、挑戦的な研究開発（ムーンショット）を推進するものとして、「ムーンショット型研究開発制度」が創設
・NEDOが取り組む開発として窒素化合物を回収、資源転換、無害化する技術の開発があり、産総研、東京大学が個別プロジェクトに取り組んでいる。
・例えば東京大学ではゼオライトを用いたアンモニア回収技術に関する開発に取り組んでいる（処理水や焼却排ガスからの回収への活用が期待される）。

○NEDOが取り組む目標
ムーンショット目標4
「2050年までに、地球環境再生に向けた持続可能な資源循環を実現」
（2）窒素化合物を回収、資源転換、無害化する技術の開発

研究開発プロジェクト	プロジェクトマネージャー
産業活動由来の希薄な窒素化合物の循環技術創出ープラネタリーバウンダリー問題の解決に向けて	国立研究開発法人産業技術総合研究所 川本　徹
窒素資源循環社会を実現するための希薄反応性窒素の回収・除去技術開発	国立大学法人東京大学 脇原　徹

農業分野における技術開発

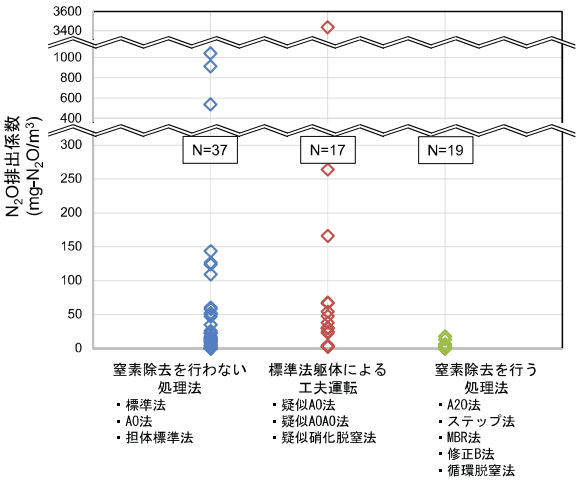
・みどりの食料システム戦略（令和３年５月農林水産省）において２０５０年までに、化学肥料30%低減を目指すこととしている。
・化学肥料の使用量低減に向けた技術開発・普及（2040年頃から）の一例として、処理汚泥中の有害物質を取り除く技術の構築が位置づけられている。

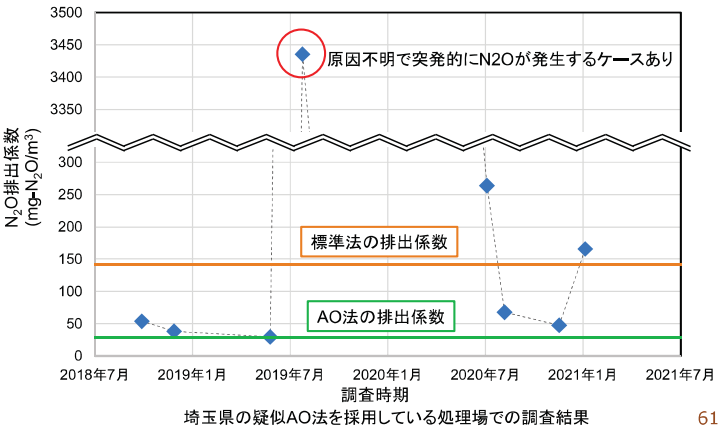


※第３回脱炭素小委員会　農林水産省資料を一部加筆

7．2050年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に関する参考資料
1．技術開発の動向について　⑥水処理に伴い発生するN₂O対策

○標準法に比較して、高度処理の排出係数が小さいことがわかっているが、標準法の中でも排出量に大きな差が出ている。
○調査時期によって大きく排出量が異なることがある。また、標準法を擬似AOとすることで、一定程度排出量を削減できている可能性がある。
○今後、次の取組を推進することにより、排出係数や抑制対策の検討につなげていく。
・同じ処理法でも排出量が異なる要因や、突発的に発生する要因を微生物解析やリアクターを用いた実験などにより明らかにしていく。
・現行の排出係数が妥当であるかどうか、実態調査行い、データの蓄積を進めていく。



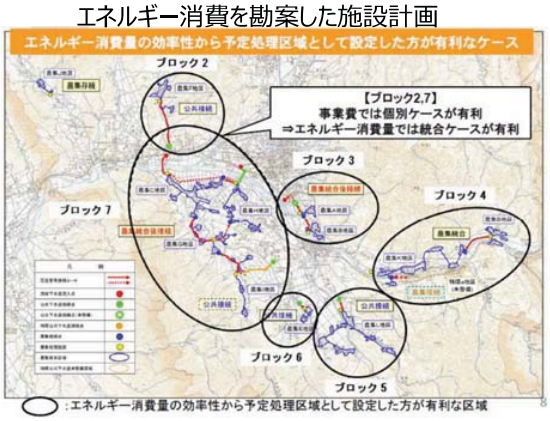


埼玉県の疑似AO法を採用している処理場での調査結果

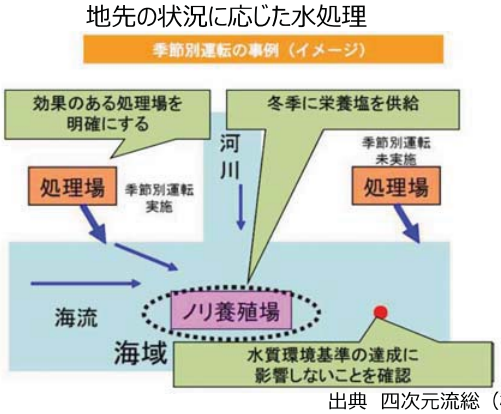
7．2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料
1．技術開発の動向について　⑦エネルギーの観点からみた水処理

○下水処理の処理水質については、下水道法令に基づく計画放流水質や水質汚濁防止法に基づく一律排水基準や環境基準の達成が 困難な地域（東京湾、伊勢湾、瀬戸内海）における総量規制基準等に従い設定される。
○その具体的な配置計画としては下水道法に基づく流域下水道整備総合計画（流総）に、環境基準達成のための処理方式や処理規模等が位置づけることとなっている。
○流総については下水道法施行規則の改正を受け平成27年10月にその指針と解説の改定がなされ次の事項についても考慮できることとなった。
・水質環境基準の目標に加えて、下水道管理者として地域の実情や特性を勘案し、水質環境基準以外の目標（季節別目標水質、エネルギーに関する目標など）を定めること
・発生源別目標負荷量や計画処理水質は、エネルギー消費量も勘案した上で設定
○ 2050年カーボンニュートラルを見据えると、環境基準や経済性だけではなく、社会全体をみた資源有効利用、放流先、エネルギー消費、GHG削減等の観点からの水処理・汚泥処理の仕組みの将来的なあり方やその評価手法についても今後の研究課題となりうる。

エネルギー消費を勘案した施設計画



地先の状況に応じた水処理



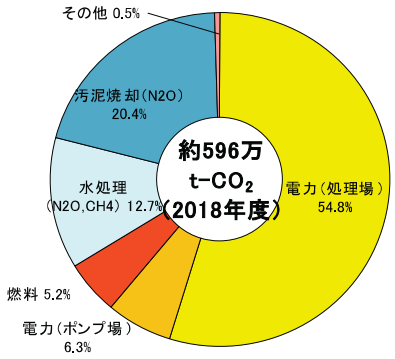
出典　四次元流総（概要）

7．2050年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に関する参考資料
2．技術開発のシナリオと試算　①シナリオ

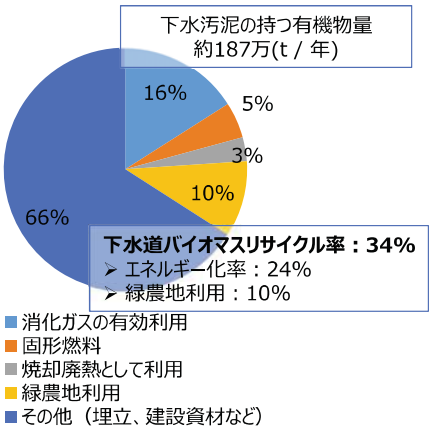
○2018年度時点で下水道からは約600万ｔのCO_2が排出されている中で、下水道分野、他分野の技術開発の動向を踏まえ、2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術について、どのような対策・技術分野が導入されれば、どの程度削減に貢献できるのか、感度分析的に次のシナリオを検討し、削減効果の試算を実施。これにより、有為な技術分野を見える化する。

・現行トレンドシナリオ
・ゲームチェンジシナリオ

下水道からの温室効果ガス発生量



下水道分野で創エネ／再エネの取組



	発電量 (kWh)	導入カ所数
太陽光:	約0.7億	110
小水力:	約0.02億	27
風力:	約0.07億	6

	発熱量（発電量）	導入カ所数
下水熱:	約90千GJ（約0.25億kWh）	32

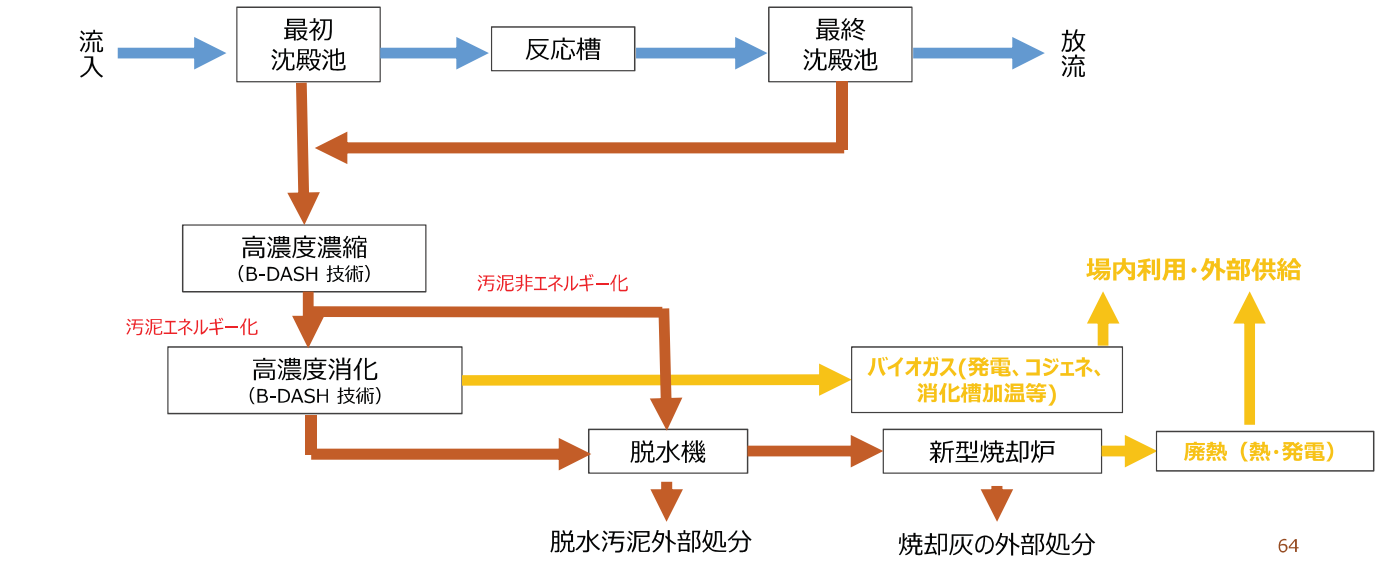
※国土交通省下水道部作成

7．2050年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に関する参考資料
2．技術開発のシナリオと試算　①シナリオ

現行トレンドシナリオ
○2050年までの人口推計を踏まえ、将来の処理水量（二次処理、高度処理）、汚泥処理量を推定し、ベースとなるエネルギー由来のCO_2排出量やN_2O排出量等を推定。
○「電力、燃料」については現状の省エネ技術が可能な限り普及展開するとして試算。「創エネ」として下水汚泥エネルギー化率の2030年目標３７％に対応した汚泥エネルギー化投入率７４％で、2050年までそのまま推移するとして創エネ量を推定。「汚泥焼却に伴い発生するN_2O」については、新型炉に置き換わったとして現状のトップランナー値を用いて排出量を算出。「水処理に伴い発生するN_2O」については未対策。

全国処理場のモデル化

汚泥エネルギー化投入率：下水汚泥中の有機物重量のうち、エネルギー利用のために消化槽に投入された重量の割合と定義



7．2050年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に関する参考資料
2．技術開発のシナリオと試算　①シナリオ

ゲームチェンジシナリオ

○基本的な考え方として、「現行トレンドシナリオ」に加えて、例えば、「2030年目標を実現するための技術的課題と取組の方向性」の中で2050年を見据えた課題とされている水処理に伴い発生するN_2Oの抑制対策が可能になることや現行の諸課題が解決し、下水道システムの最適化が図られることで、どの程度の温室効果ガス排出量の削減が可能となるか。さらに2050年を見据えた革新的技術の導入が実現した場合、どの程度削減効果を上乗せできるのか試算。

（諸課題の例）
①システム全体としての省エネ化　②流入有機物の除去・創エネ活用　③処理水・汚泥のカスケード利用の推進
④圧送輸送が困難となる高効率脱水汚泥　⑤消化を促進するための汚泥濃縮、可溶化設備等前処理施設
⑥N_2O対策のための高温焼却　⑦地域バイオマスやその他の受け入れ　等

具体的な計算方法として

○2050年までの人口推計を踏まえ、将来の処理水量（二次処理、高度処理）、汚泥処理量を推定し、ベースとなるエネルギー由来のCO_2排出量やN_2O排出量等を推定。

○「電気、燃料」については現状の省エネ技術が可能な限り普及展開し、流入有機物の除去等により反応槽における動力が削減したことも見込む。さらに、燃料については場内利用のバイオガス等でまかなえないポンプ場に要する燃料がカーボンフリー燃料に置き換わるとする。

○「創エネ」としては流入有機物の除去・創エネ活用により、有効活用する汚泥量の増加を見込み（水処理・汚泥処理に関わる消費・創エネルギー一体でみたシステムとしての改善）、発生汚泥は全量消化槽に投入されることとする。さらに、地域の有機物一体処理の拠点として地域バイオマス（木質、生ゴミ）の受け入れ効果やカーボンフリー水素を活用した、消化槽内でのメタネーション反応によるメタン生成効果も計上。

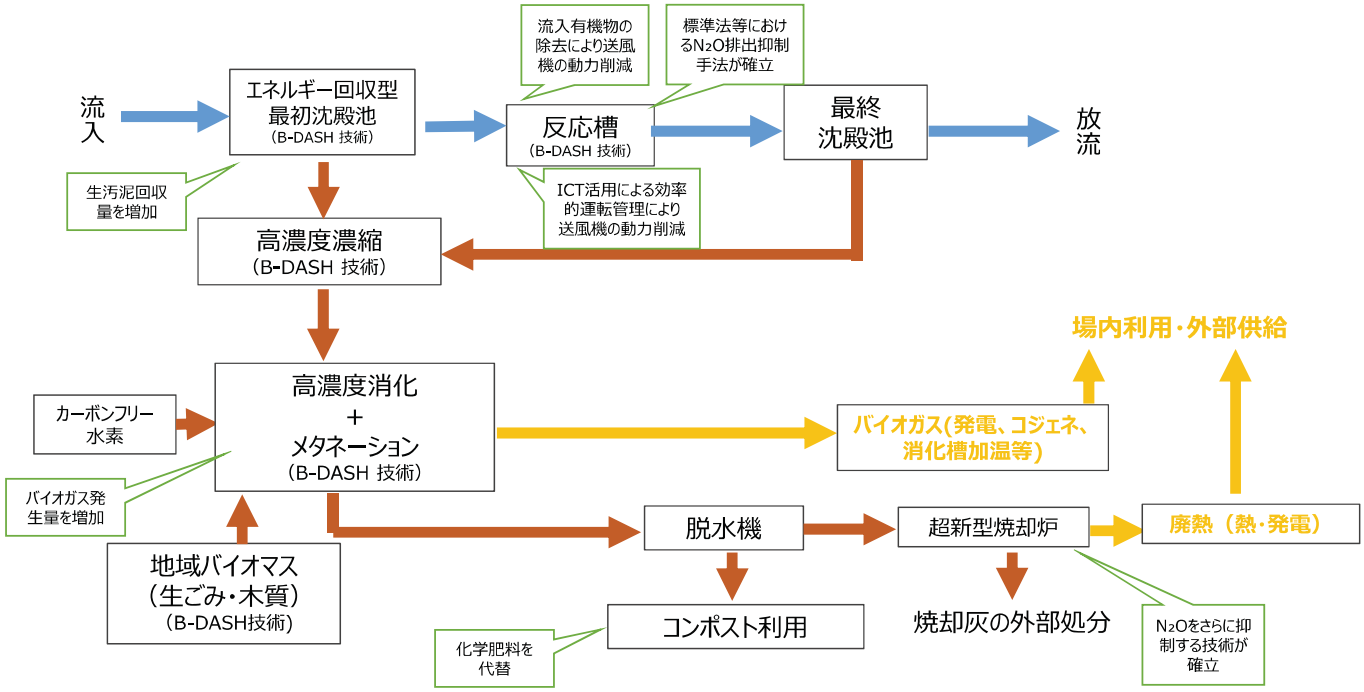
○「汚泥焼却に伴い発生するN_2O」については、現在の新型炉の排出量から技術革新によりさらに排出が減少するとして試算。「水処理に伴い発生するN_2O」については、標準法等における抑制対策手法が確立したこととして試算。

○消化汚泥については、焼却されないものについては全量汚泥肥料として活用することとして、化学肥料で製造した場合と比べたCO_2削減効果についても試算（社会への貢献）。

国土交通省 国土技術政策総合研究所

7．2050年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に関する参考資料
2．技術開発のシナリオと試算　①シナリオ

ゲームチェンジシナリオの処理フロー



7．2050年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
2．技術開発のシナリオと試算　①シナリオ

		現行トレンドシナリオ	ゲームチェンジシナリオ
総人口（下水道処理人口、下水道処理人口普及率）		102 百万人（82 百万人、80.1%）	
処理水量（1人当たり処理水量）		119 億m^3/年（146 m^3/人/年）	
高度処理水量（2次処理水量）		70 億m^3/年（49 億m^3/年）	
発生汚泥量（1人当たり発生汚泥量）		1,727 千t-DS/年（21.2 kg-DS/人/年）	
電力由来のCO2排出係数		0.25 kg-CO_2/kWh	
追加の対策	電力	・従来型省エネ対策：電力の36%削減（高効率散気装置、DO制御技術、運転管理等）	・B-DASH技術も活用した省エネ対策：電力の約41%削減（左記に加え、流入有機物の除去技術及びICTを活用した運転管理により、反応槽の送風に係る電力をそれぞれ14%及び13%削減）
	燃料	－	・カーボンフリー燃料（太陽光発電によって生成したH_2等）による場外ポンプ場のCO_2ゼロエミッション化
	水処理に伴うN2O	－（排出係数について高度処理は11.7 mg/m^3を2次処理は142 mg/m3を使用（現行の排出係数））	・N_2O排出抑制技術が確立することを前提とし、全処理水に対して、現行の高度処理の排出係数11.7 mg/m^3を使用
	汚泥焼却に伴うN2O	・排出係数は現在のトップランナー値である0.226 kg-CO2/t-wetを使用	・メーカーヒアリング等により更なる排出係数の改善が見込めると仮定し、0.151 kg-CO_2/t-wetを使用
	創エネによる効果	・汚泥エネルギー化投入率を74%（2030年目標下水汚泥エネルギー化率37%に対応した数値） ・総合効率75%でエネルギー化	・汚泥エネルギー化投入率を100%、更に発生汚泥量に対して50%の生ごみや木質等の地域バイオマスを混合消化 ・メタネーションによるメタン濃度が60%から67%に増加と仮定 ・総合効率85%でエネルギー化
	その他	－	・汚泥肥料（コンポスト）により化学肥料を代替

7．2050年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に関する参考資料
2．技術開発のシナリオと試算　②2050年処理水量、汚泥処理量

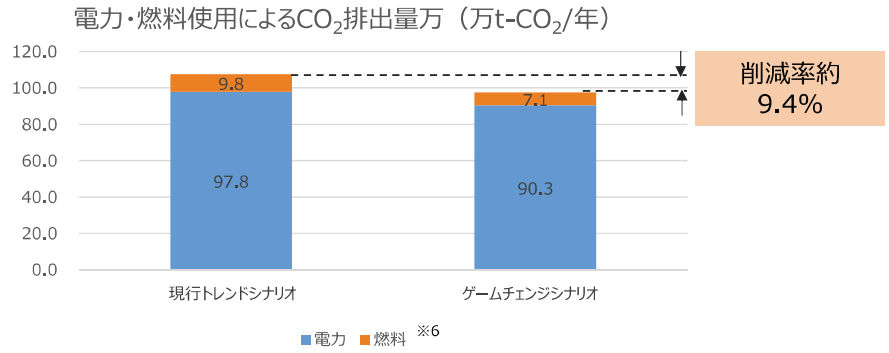
	単位	2018	2050(推計)
総人口	百万人	127	102
下水道処理人口	百万人	100	82
下水道処理人口普及率	%	79.3	80.1
処理水量	億m^3/年	146	119
1人当たり処理水量	m^3/人/年	146	146
高度処理水量	億m^3/年	38.6	70
発生汚泥量	千t-DS/年	2,121	1,727
1人当たり汚泥量	kg-DS/人/年	21.2	21.2

※１国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口（平成29年7月推計）出生中位（死亡中位）推計値」から2050年の人口を抽出し、下水道処理人口普及率は2020年度実績の80.1%で推移するとし、また2018年度の人口（実績）と下水道統計・汚泥有効利用調査※３の実績を入力から1人当たりの処理水量、発生汚泥量を算出して2050年度の処理水量、発生汚泥量を推計した。
なお、高度処理水量については2050年の下水道処理人口のうち84.9%が高度処理の必要とし※２、高度処理普及率は100%まで到達するとして、その割合を用いて算出。

※２　2009年～2013年までの下水道処理人口のうち高度処理の必要な人口割合の平均を算出。 国土交通省下水道部調べ

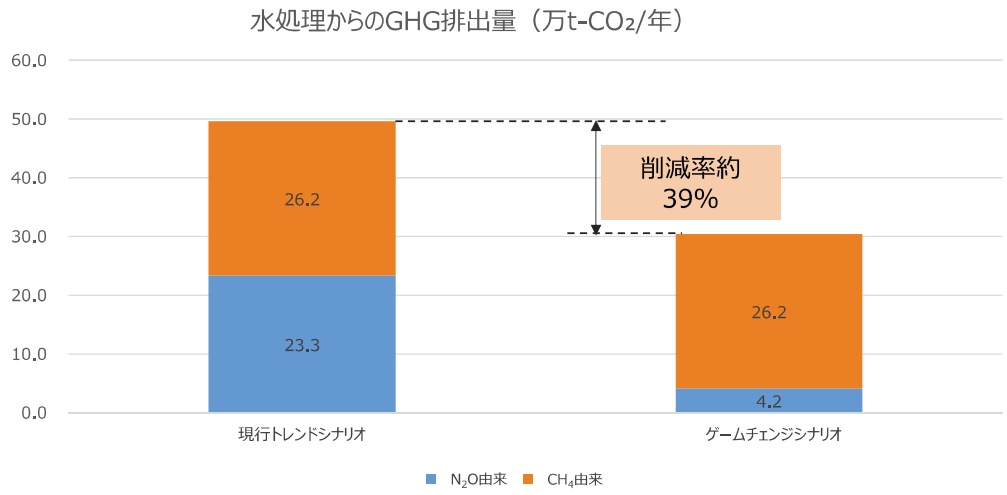
※３　平成３１年度下水汚泥等の資源有効利用状況に関する調査業務報告書　国土交通省下水道部　令和2年3月

7．2050年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に関する参考資料
2．技術開発のシナリオと試算　③電力・燃料



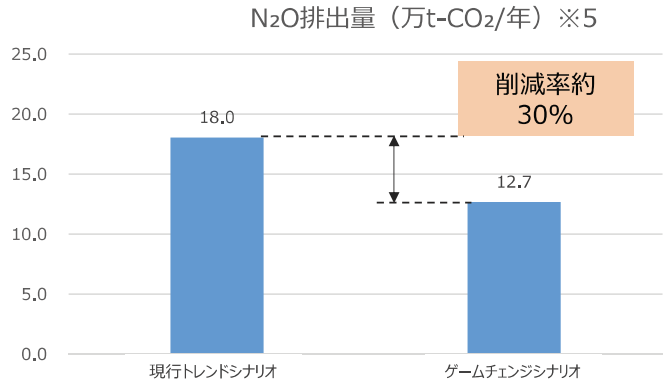
（計算方法）
1．現行トレンドシナリオ
○ベースとなる使用電力量については、2018年処理水量当りの電力使用量0.51kWh/m³※1と2050年推定処理水量から把握※5 。処理場の使用電力については、36%※2の削減効果を計上。
○ベースとなる使用燃料量は2018年度処理水量当りの燃料使用量と2050年推定処理水量から把握※5。省エネ効果は未計上。
2．ゲームチェンジシナリオ
○現行トレンドシナリオに加えて電力については流入有機物の除去技術を用い反応槽の送風に係る電力を約14%※3削減する効果を加算、さらにICTを活用した際の送風電力量削減役13%を加算※4。
○燃料は場内利用のバイオガス等でまかなえない場外ポンプ場に係る燃料はカーボンフリー燃料に置き換わるとし、燃料由来CO_2は排出しないこととした。
○エネルギー基本計画に基づく2030年の電源構成を反映した0.25 kg-CO_2/kWhを用いた。
※1　H30年下水道統計
※2　日本下水道新技術機構省エネ診断結果
※3　H23B-DASH技術（超高効率固液分離）
※4　H26B-DASH技術（ICTを活用した硝化運転制御）
※5　消化ガスの2018年の場内利用に相当する2050年の使用燃料、自家発電電力（消化ガス）に関する数量は消費と創エネ双方からあらかじめ控除する。
また、汚泥焼却に必要とする燃料、電力は汚泥の自燃、廃熱利用（自家発電（焼却廃熱発電）含む）により自立するとして、その数量は消費と創エネ双方からあらかじめ控除する。
※6　下水道統計に記載されている特A重油、A重油、灯油、軽油、ガソリン、都市ガス、プロパンガス、コークス等を考慮。

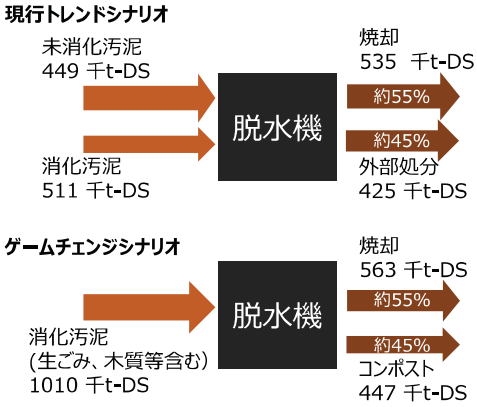
7．2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料
2．技術開発のシナリオと試算　④水処理に伴い発生するN2O等



（計算方法）
1．現行トレンドシナリオ
○温室効果ガス排出量計算方法は下記の通り。
「N_2O排出量＝高度処理水量×A2O法のN_2O排出係数＋高度処理以外の処理水量×標準法のN_2O排出係数」
「CH_4排出量＝処理水量×CH_4排出係数」
2．ゲームチェンジシナリオ
○排出抑制手法が確立し、N_2O排出係数が高度処理以外も高度処理並みの排出係数となるとして試算。
「N_2O排出量＝処理水量×A2O法のN_2O排出係数」
「CH_4排出量＝処理水量×CH_4排出係数」

7．2050年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に関する参考資料
2．技術開発のシナリオと試算　⑤汚泥焼却伴い発生するN₂O等





(計算方法)
1.現行トレンドシナリオ
○汚泥エネルギー化投入率※1が74%（次ページで説明）と試算したときに、エネルギー化されなかった汚泥と消化汚泥を合わせた量のうち一定の割合（55%※2）、焼却されるとして焼却量を試算。
○排出係数については、現在のトップランナー値である下記を採用。
「N_2O排出量＝焼却量×800度の排出係数×0.15※3」
２．ゲームチェンジシナリオ
○発生汚泥の全てが消化槽に投入され、消化汚泥のうち一定の割合（55%※2）焼却されるとして試算。
○技術革新によりさらに排出係数が改善されると考え下記を採用。
「N_2O排出量＝焼却量×800度の排出係数×0.1※4」

※1　汚泥エネルギー化投入率：下水汚泥中の有機物重量のうち、エネルギー利用のために消化槽に投入された重量の割合。
※2　2018年の汚泥発生量に対する焼却汚泥量の割合
（2018年汚泥有効利用調査データ（平成３１年度下水汚泥等の資源有効利用状況に関する調査業務報告書　国土交通省下水道部　令和2年3月）より）。
※3　東京都資料（通常焼却の0.15倍のN_2O排出量）を参照。
※4　メーカヒアリング等から0.15倍よりもさらに改善すると見込んだ国総研の推定。
※5　生ごみ、木質等の焼却に伴うGHG排出量の試算はN_2Oの排出係数を用いて行った。

7．2050年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に関する参考資料
2．技術開発のシナリオと試算　⑥創エネによる削減効果（消化）

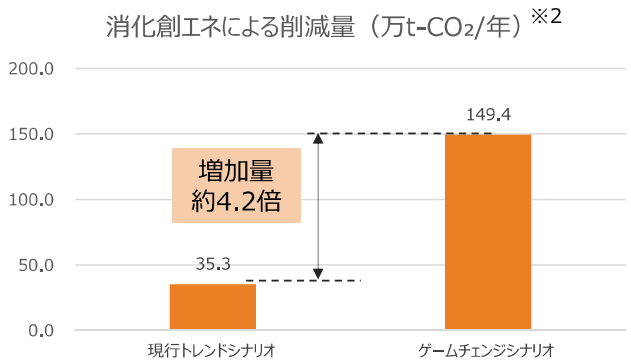
（計算方法）
１．現行トレンドシナリオ
○2050年の汚泥エネルギー化投入率※1は2030年目標の下水汚泥エネルギー化率37%に対応した汚泥エネルギー化投入率７４％で、2050年まで、そのまま推移するとして実施 。
○62.8%に対応した汚泥をすべて消化槽に投入することとして、消化率60%※2で発生したバイオガスについて、総合効率75% ※3で電気、熱利用等としてエネルギー利用されたものとし、創エネ効果を算出。
○その創エネ効果を電力排出係数0.25 kg-CO_2/kWhを用いてCO_2に換算。

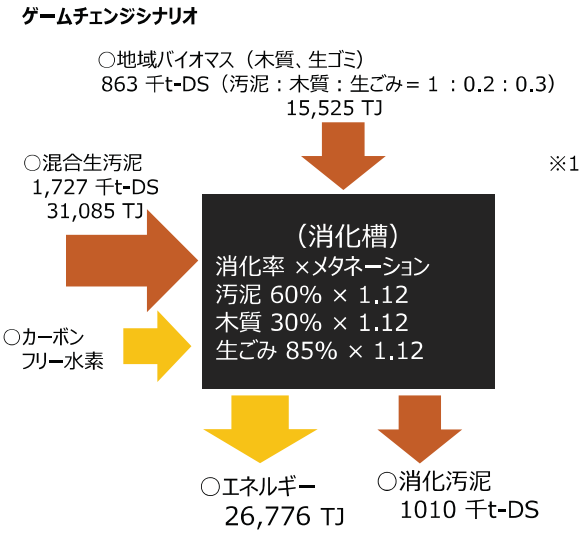
※1汚泥エネルギー化投入率：下水汚泥中の有機物重量のうち、エネルギー利用のために消化槽に投入された重量の割合と定義
※2H30B-DASH（富士市）の実績データの中での最良値
※3下水道事業におけるエネルギー効率に優れた技術の導入について（平成２９年９月　下水道事業課長通知）

（計算方法）
2．ゲームチェンジシナリオ
○発生汚泥の全量と地域バイオマスである生ごみ及び木質を消化により一体的処理を行うと想定。さらに、カーボンフリー水素を消化槽に吹き込むことにより、消化槽内のCO_2とメタネーション反応を起こし、メタン濃度が７％増加すると見込む※4。
○発生したバイオガスについて、総合効率85% ※5で電気、熱利用等としてエネルギー利用されたとして、創エネ効果を算出。
○その創エネ効果を電力換算し、排出係数0.25 kg-CO_2/kWhを用いてCO_2に換算。

※4 地域バイオマスの投入割合や消化率はH23B-DASH技術（バイオガスを活用した効果的な再生可能エネルギー生産システム）より引用。また、汚泥消化率やメタネーションによる増分はH30B-DASH技術（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）より引用。
※5（一社）日本ガス協会HPより

7．2050年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に関する参考資料
2．技術開発のシナリオと試算　⑥創エネによる削減効果（消化）





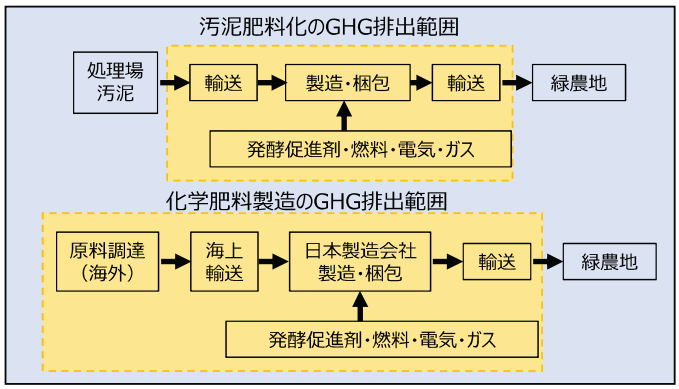
※1 地域バイオマスの投入割合や消化率はH23B-DASH技術（バイオガスを活用した効果的な再生可能エネルギー生産システム）より引用。また、汚泥消化率やメタネーションによる増分はH30B-DASH技術（高濃度消化・省エネ型バイオガス精製による効率的エネルギー利活用）より引用。
なお、1.12はメタン濃度が60%から67%に7%増加した倍率。
※2消化ガスの2018年の場内利用に相当する2050年の使用燃料、自家発電電力（消化ガス）に関する数量は消費と創エネ双方からあらかじめ控除する。また、汚泥焼却に必要とする燃料、電力は汚泥の自燃、廃熱利用（自家発電（焼却廃熱発電）含む）により自立するとして、その数量は消費と創エネ双方からあらかじめ控除する。

7．2050年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に関する参考資料
2．技術開発のシナリオと試算　⑦汚泥肥料（コンポスト）による化学肥料代替効果

（計算方法）
1．ゲームチェンジシナリオ
○消化汚泥の内、焼却されなかった汚泥を全量コンポスト利用する。
○同重量の窒素、リン酸を得る際に発生するCO₂について、下水汚泥発酵肥料の製造等に伴い発生するCO₂排出量と化学肥料製造等に伴い発生するCO₂排出量を比較を行う。

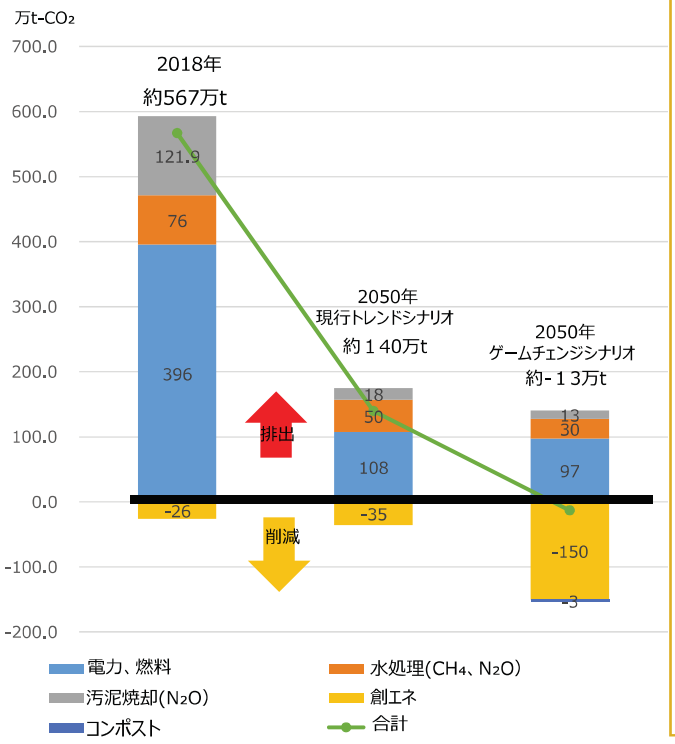
①コンポスト化される汚泥量：447 千t-DS (2,234 千t-wet　含水率80%として)
②製造されるコンポスト：コンポスト化される汚泥量2,234千t-wet×0.25※2 ＝ 559 千t
③コンポスト製造から輸送に係るエネルギー：559千t×1,907 MJ/t※2 ＝ 1066 TJ
④コンポスト中の窒素、リン酸含有量
T-N含有量：559千t×0.029 ※1 ＝ 16.2 千t
P_2O_5含有量：559千t×0.047 ※1 ＝ 26.3 千t
⑤汚泥由来コンポストと同量のT-N、P2O5含有量の化学肥料製造・輸送に係るエネルギー
T-N：16.2千t×48.6MJ/kg ※3 ＝ 787 TJ
P_2O_5：26.3千t×28.6MJ/kg ※3 ＝ 752 TJ
⑥削減エネルギー量＝⑤－③
(787TJ + 752TJ) - 1066TJ = 473 TJ
⑦A重油換算のCO_2削減量（汚泥肥料による化学肥料代替効果）
473TJ × 0.0693kg-CO_2/MJ = 3.2 万t-CO_2

＊化学肥料の代替として汚泥肥料を1t製造することによる削減効果は次の通り。
3.2万t-CO2÷559千t ＝ 57kg-CO_2/t



※1 佐賀市上下水道　肥料の有料販売（https://www.water.saga.saga.jp/main/104.html）
※2 橘 隆一、蒲原 弘継、後藤 尚弘、藤江 幸一：下水汚泥発酵肥料の製造に関するLCA、第３回日本ＬＣＡ学会研究発表会講演要旨集、2008、26-27
※3 小林久、佐合隆一：窒素およびリン肥料の製造・流通段階のライフサイクルにわたるエネルギー消費量とCO₂排出量の試算、農作業研究、2001、141-151

7．2050年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に関する参考資料
2．技術開発のシナリオと試算　⑧まとめ（CO_2ベース）

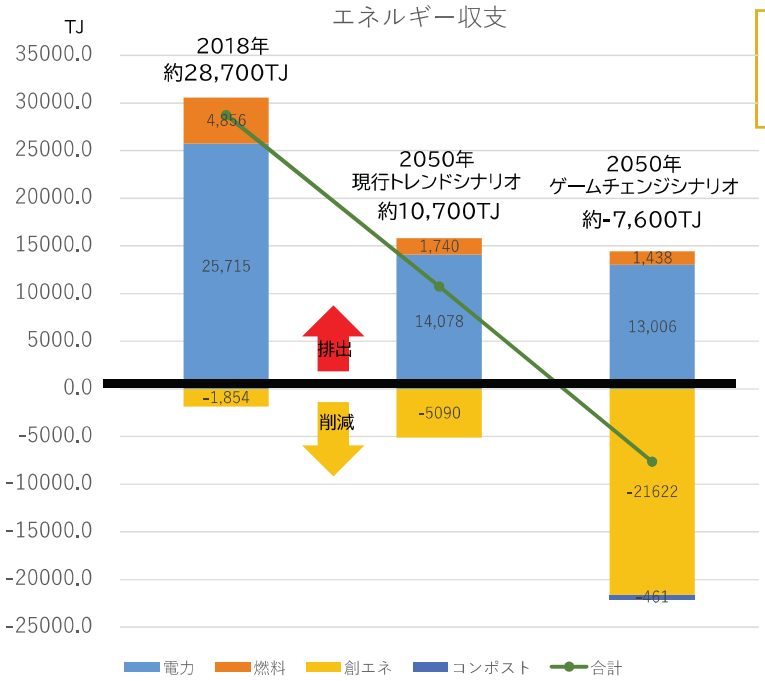


○現行トレンドシナリオは約140万ｔの排出量であったものの、ゲームチェンジシナリオでは約－13万ｔの排出量となった。
○シナリオ別の試算から次の取組の効果がカーボンニュートラルの実現への貢献度の高いことが確認できた。
- ・省エネ対策の実施
- ・水処理・汚泥処理のエネルギー使用量を下水道のシステム一体で削減
- ・生ゴミ等の地域バイオマスを含めて一体的に有機性廃棄物処理を実施
- ・消化の促進やCO_2、カーボンフリー水素を活用した徹底的なバイオガス生成を実施
- ・バイオガス発電廃熱などの熱をフル活用
- ・水処理・汚泥処理課程で発生するN_2Oの抑制対策を実施
- ・コンポスト利用などの他分野のCO_2削減に資する取組を推進

※その他課題として水処理から発生するCH_4への対策の必要性や下水熱の普及や場内太陽光発電による取組の推進等が考えられる。
※バイオガス製造や熱利用にあたっては、需給の年間変動を考慮した体制が必要。
※その他効果的な水処理・汚泥処理・エネルギー利用形態を排除するものではない。
※個別処理場で見た場合、処理方式や規模、地域社会の状況によって試算は変わりうることに留意が必要。

※2050年の電力由来の排出係数は0.25kg-CO_2/kWhを使用し試算。また、2018年の創エネ効果は下水汚泥エネルギー化率約24%を用いて算出。

7．2050年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に関する参考資料
2．技術開発のシナリオと試算　⑧まとめ（エネルギーベース）



○エネルギーベースでは、現行トレンドシナリオは約10,700TJのエネルギー消費、ゲームチェンジシナリオでは約7,600TJのエネルギー創出となった。

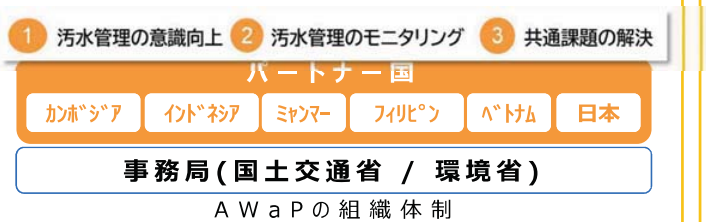
7．2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料
3．本邦技術の海外展開によるカーボンニュートラルへの貢献

国土交通省 国土技術政策総合研究所

○国土交通省インフラシステム海外展開行動計画２０２１ では取組を強化すべき新たな課題として「カーボンニュートラルに貢献する質の高いインフラシステムの海外展開」等を掲げている。
○下水道インフラの案件形成には、相手国における下水道整備の上位施策への位置づけが重要であることからアジア汚水管理パートナーシップ(AWaP) ※1等の政府間対話を通じた汚水管理の主流化を後押ししている。
※1 Asia Wastewater Management Partnership 2018年7月に設立。
○また、本邦技術の現地基準化等を目的とした下水道技術海外実証事業（WOW TO JAPANプロジェクト※2）を通じた製品等としての普及促進を図っており、令和3年度は、世界でも市場の大きい米国において、高効率・大出力磁気浮上式ブロワに係る実証事業を行うこととしている。
※２ Wonder Of Wastewater Technology Of JAPANプロジェクト
○さらに、JICA円借款プロジェクト等の実施を通じた本邦技術を活用した案件形成支援にも取り組んでいる。

アジア汚水管理パートナーシップ （ＡＷａＰ）

- SDGsの目標とアジア各国の現状には大きな格差があり、各国の知見や経験を共有する



ＡＷａＰの組織体制

第一回総会（2018年7月 北九州市）

WOW TO JAPAN プロジェクト事例

・米国の下水処理場で多くの電力を使用する曝気用ブロワについて、川崎重工業（株）が開発した**高効率の大出力磁気浮上式ブロワに更新し、エネルギー消費量を大幅に削減**。
・本実証によるエネルギー削減効率を米国にて実証することで、**本製品の優れた技術優位性を確認**するとともに、サンベルトエリアとメトロポリタンエリアを中心に普及の促進を図る。

77

国土交通省 国土技術政策総合研究所

7．2050年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に関する参考資料
3．本邦技術の海外展開によるカーボンニュートラルへの貢献

（参考）委員よりご紹介いただいた海外技術と比較して優位な本邦技術

（１）センサー，センシング技術（画像センサー等に利用される半導体センサー、またこれらを利用した制御システム等）
（２）固体燃料電池
（３）触媒技術（水素発生，人工光合成を含む）
（４）塗料，防腐剤，無機材料（セラミックス）
に加えて
（一社）日本下水道施設業協会アンケート（13社より回答）の結果の中で、月島機械株式会社より提案のあった
（５）過給式流動焼却炉
（６）焼却廃熱を利用して脱水汚泥の低含水率化を図る加温濃縮脱水システムを組み合わせた過給式流動焼却炉

78

（6）本資料に関する問い合わせ先

国土交通省　国土技術政策総合研究所　下水道研究部　下水処理研究室
住所：　〒305-0804　茨城県つくば市旭 1 番地
電話：　029-864-3933
e-mail：nil-gesuisyori@mlit.go.jp
（下水道技術開発会議 エネルギー分科会 報告に関するお問い合わせであることを表題等に明記の上、送信下さい。）

国土技術政策総合研究所資料
TECHNICAL NOTE of ＮＩＬＩＭ
Ｎｏ．1223　　August　2022

編集・発行　©国土技術政策総合研究所
本資料の転載・複写の問い合わせは
〒305-0804　茨城県つくば市旭１番地
企画部研究評価・推進課　　TEL 029-864-2675