

## 第4章 新技術の開発・導入促進に向けた検討

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。

新技術の開発・導入促進に関する内容として、(1)に令和4年度における下水道革新的技術実証事業(B-DASH)技術普及展開状況を示し、(2)に新技術の導入実績やマニュアル・ガイドライン類の活用状況調査結果、(3)に令和4年度のエネルギー分科会における主な検討事項(参考資料-6参照)の概要を示す。

### (1) B-DASH 技術普及展開状況

新技術の導入にあたっては、実績や安定性が求められるため、下水道事業者の導入検討の際には他の地方公共団体の導入事例が参考となる。B-DASH技術を対象とし、国土交通省本省にて調査した普及展開状況を表4-1に示す。なお、令和4年5月時点で導入されているB-DASH技術は15技術165件である。

表 4-1 B-DASH 技術の普及展開状況（国土交通本省調べ、令和 4 年 5 月時点）

| 採択年度  | 実証技術   | 要素技術   | 導入先（順不同）   | 件数       |
|-------|--|--|--|----------|
| 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                            | 超高効率固液分離   | 秋田県、岩手県大船渡市、新潟県糸魚川市、石川県小松市、大阪市（2箇所）、北九州市   | 7 (2)    |
| H23   | 神戸市東灘処理場再生可能エネルギー生産・革新的技術（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） | 高機能鋼板製消化槽  | 埼玉県、愛知県、福知山市、兵庫県、佐賀市、熊本市   | 6 (3)    |
|       |  | 新型バイオガス精製装置  | 神戸市（2箇所）、京都市   | 3        |
| H24   | 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                               | 高効率ヒートポンプ  | 愛知県  | 1        |
|       |  | 下水熱採熱技術  | 仙台市、新潟市（2箇所）、滋賀県大津市、愛知県豊田市、横浜市、青森県弘前市、富山市  | 8        |
| H24   | 神戸市東灘処理場<br>栄養塩除去と資源再生（リン）革新的実証事業                        | リン回収   | 福岡市  | 1        |
| 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                       | 低空気比省エネ燃焼技術  | 埼玉県（2箇所）、愛知県   | 3        |
|       |  | 高効率廃熱発電技術  | 埼玉県（2箇所）、愛知県   | 3        |
| H25   | 管口カメラ点検と展開広角カメラ調査及びプロファイリング技術を用いた効率的管渠マネジメントシステム         | 管口カメラ点検+展開広角カメラ調査  | 東京都八王子市、長野県岡谷市、長野県諏訪市、愛知県豊田市、愛知県高浜市、京都府向日市、大阪府大阪狭山市、広島市、愛媛県大洲市   | 9 (1)    |
|       |  | (類似手法) 管口カメラのみまたは管口カメラ点検+直側カメラ調査                             | (宮城県) 村田町、富谷市、(福島県) いわき市、南相馬市、(茨城県) 行方市、(千葉県) 柏市、白井市、茂原市、浦安市、(埼玉県) さいたま市、川越市、春日部市、行田市、新座市、(東京都) 清瀬市、瑞穂町、(福井県) 福井市、(長野県) 諏訪市、(岐阜県) 関市、(静岡県) 磐田市、袋井市、藤枝市、(愛知県) 水とみどりの公社、高浜市、西尾市、刈谷市、岡崎市、愛西市、豊川市、小牧市、東浦町、(滋賀県) 米原市、かつらぎ町、(京都府) 向日市、(大阪府) 羽曳野市、河内長野市、熊取町、泉大津市、大阪狭山市、柏原市、摂津市、(奈良県) 奈良市、天理市、川西町、宇陀市、桜井市(兵庫県) 川西市、伊丹市、三田市、姫路市、(鳥根県) 出雲市、雲南市、(広島県) 広島市、福山市、大竹市、府中町、熊野町、(愛媛県) 伊方町、(福岡県) 古賀市、(佐賀県) 江北町、鳥栖市、(長崎県) 諫早市、(熊本県) 上天草市、嘉島町、熊本市、(鹿児島県) 霧島市、日置市 | 67 (14)  |
| H25   | 広角カメラ調査と衝撃弾性波検査法による効率的な管渠マネジメントシステムの実証事業                 | 広角カメラ  | 岩手県奥州市、東京都羽村市、広島市  | 3        |
|       |  | 広角カメラ+衝撃弾性波調査または衝撃弾性波調査のみ                                    | 北海道旭川市、釧路市、苫小牧市、紋別市、新ひだか町、青森県六ヶ所村、秋田県大仙市、宮城県村田町、福島県いわき市、茨城県日立市、群馬県中之条町、邑楽町、埼玉県春日部市、久喜市、神奈川県海老名市、新潟市、新潟県魚沼市、長野県松本市、浜松市、滋賀県東近江市、大阪府堺市、河内長野市、奈良県天理市、長崎県佐世保市、大分市、大分県日出町  | 26       |
| H26   | 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                         | 硝化制御技術・アンモニア計  | 横浜市（2箇所）   | 2        |
| H26   | 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な水処理運転管理技術                    | NH <sub>4</sub> -Nセンサーを活用した曝気風量制御(NH <sub>4</sub> -N/DO制御)技術 | 横浜市（2箇所）   | 2        |
| H28   | 脱水乾燥システムにおける下水道の肥料化・燃料化技術                                | 脱水乾燥システム   | 千葉県市原市、栃木県小山市、神奈川県綾瀬市  | 3        |
|       |  | 円環式気流乾燥機   | 福島県いわき市、石川県  | 2 (2)    |
| H28   | 下水道圧送管路における硫酸腐食箇所の効率的な調査技術                               | -  | 秋田県、東京都、東京都国立市、山梨県、石川県、福井県、滋賀県、京都府、大津市、兵庫県、三重県、島根県、佐賀県佐賀市、沖縄県  | 14       |
| 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                    | 高効率加温設備  | 佐賀県唐津市   | 1 (1)    |
| H29   | 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                       | 局所攪拌空気吹込み装置  | 川崎市  | 1        |
| H29   | 最初沈殿池の処理能力向上技術実証事業                                       | ファイナルフィルター   | 新潟県糸魚川市  | 1 (1)    |
| H31   | AIによる音響データを用いた雨天時侵入水検知技術の実用化に関する実証事業                     | AI音響調査   | 秋田県北秋田市、愛知県岡崎市   | 2        |
| 15 技術 |  |  | 計  | 165 (24) |

※赤字は令和4年度追記

## (2) 新技術の導入実績やマニュアル・ガイドライン類の活用状況調査結果

### 1) 調査目的と調査方法

現時点において課題解決技術支援ツール（試行版）に登録している新技術は 294 件、下水道関係組織が策定したガイドラインやマニュアル類は 375 件あるが、令和 4 年度に実施した地方公共団体に対するヒアリング調査において、各技術の導入実績数や導入団体名を知りたいという意見が多かったため、調査を実施した。また、技術開発における課題（見直すべき技術分野、強化すべき技術分野、新技術やガイドライン・マニュアル類の認知度・利活用度等）について分析するため、政令指定都市やコンサルタント会社に対し、認知度や活用状況に関する調査を実施した。

本ツールに登録している新技術 294 件の公表機関と技術の分類内訳を表 4-2 に示す。このうち、国土交通省の B-DASH 技術（49 件）については、開発元のメーカーに対しヒアリング調査を行った。地方共同法人日本下水道事業団の新技術導入制度で選定された技術（32 件）については、令和 4 年 12 月に事業団に対しヒアリング調査を行った。また、日本下水道新技術機構の審査証明技術（213 件）については、5 年おきに更新される審査技術証明書に記載されている導入実績数をもとに整理した。

ガイドライン・マニュアル類に関する認知度や活用状況調査については、令和 4 年 12 月に政令指定都市 16 市及び主要上下水道コンサルタント会社 8 者を対象にアンケート調査を行った。調査は、375 件のそれぞれのガイドライン・マニュアルに対し、「利用したことがある」、「知っている」、「知らない」の 3 つから選択してもらう形式とした。ガイドライン・マニュアル類の発行機関と技術の分類内訳を表 4-3 に示す（参考資料-5）。

表 4-2 新技術(294 件)の内訳

| 公表機関                    | 大分類       | 件数   |
|-------------------------|-----------|------|
| 国土交通省 (49件)             | 水処理       | 10件  |
|                         | 下水汚泥処理・利用 | 17件  |
|                         | 管路/施設管理技術 | 14件  |
|                         | 浸水対策      | 2件   |
|                         | 侵入水対策     | 2件   |
|                         | その他       | 4件   |
| 地方共同法人 日本下水道事業団(32件)    | 水処理       | 10件  |
|                         | 下水汚泥処理・利用 | 21件  |
|                         | 浸水対策      | 1件   |
| 公益財団法人 日本下水道新技術機構(213件) | 水処理       | 37件  |
|                         | 下水汚泥処理・利用 | 13件  |
|                         | その他       | 163件 |

表 4-3 ガイドライン・マニュアル類（375 件）の内訳

| 発行機関                        | 大分類              | 件数  |
|-----------------------------|------------------|-----|
| 国土交通省（64件）                  | 事業マネジメント         | 10件 |
|                             | 未普及地域の解消         | 2件  |
|                             | 浸水対策             | 9件  |
|                             | BIM/CIM          | 1件  |
|                             | 費用効果分析           | 1件  |
|                             | 広域・共同化           | 3件  |
|                             | PPP/PFI          | 5件  |
|                             | 雨天時侵入水対策         | 1件  |
|                             | 能動的水環境管理         | 7件  |
|                             | 省エネルギー対策         | 2件  |
|                             | 合流式下水道の改善        | 2件  |
|                             | 下水道の見える化等        | 2件  |
|                             | 地震対策             | 2件  |
|                             | 資源・エネルギー循環の形成    | 14件 |
|                             | 下水道への紙オムツ受入      | 1件  |
| 人材育成                        | 2件               |     |
| 地方共同法人 日本下水道事業団(9件)         | コンクリート腐食抑制       | 1件  |
|                             | 活性汚泥モデル          | 1件  |
|                             | 下水汚泥固形燃料発生特性     | 1件  |
|                             | 耐硫酸モルタル防食技術      | 1件  |
|                             | 下水汚泥固形燃料化システム    | 1件  |
|                             | オゾン処理技術          | 1件  |
|                             | アナモックス反応         | 1件  |
|                             | MBR              | 1件  |
| シートライニング工法                  | 1件               |     |
| 公益財団法人 日本下水道新技術機構(165件)     | 管渠施設             | 45件 |
|                             | 管渠施設、海外展開        | 1件  |
|                             | 維持管理・経営          | 18件 |
|                             | 汚泥処理施設           | 38件 |
|                             | 計画               | 34件 |
|                             | 計画、水処理施設         | 1件  |
|                             | 水処理施設            | 27件 |
|                             | 水処理施設、震災対策の推進    | 1件  |
| 公益社団法人 日本下水道協会(101件)        | 行財政              | 10件 |
|                             | 技術指針類            | 42件 |
|                             | 用語集              | 1件  |
|                             | 設計・積算            | 13件 |
|                             | 日本下水道協会規格(JSWAS) | 31件 |
| 公益社団法人 日本下水道管路管理業協会(15件)    | 技術マニュアル・技術資料     | 3件  |
|                             | 設計・積算            | 1件  |
|                             | 技術指針類            | 11件 |
| 一般社団法人 日本下水道施設管理業協会(1件)     | 技術マニュアル・技術資料     | 1件  |
| 一般社団法人 日本下水道施設業協会(6件)       | 技術マニュアル・技術資料     | 6件  |
| 公益社団法人 全国上下水道コンサルタント協会(14件) | 雨水管理             | 1件  |
|                             | 事業計画             | 2件  |
|                             | 設計・積算            | 1件  |
|                             | 技術マニュアル・技術資料     | 1件  |
|                             | 設計指針類            | 9件  |

## 2) 調査結果

### ①新技術（294 件）の導入実績調査

294 件の新技術の導入実績数の結果について、図 4-1 から図 4-3 に示す。導入実績は「0 件・不明」、「1 件」、「2～5 件」、「6～10 件」、「11 件以上」の 5 段階に分類し整理した。なお、国土交通省や日本下水道事業団の新技術は比較的近年（過去 10 年以内）に開発された技術であるのに対し、日本下水道新技術機構の新技術には 10 年以上前の技術も含まれることから、公平な比較分析を行うため、日本下水道新技術機構の新技術については、過去 10 年以内に開発された技術に限定して整理した図も併記した。

国土交通省の新技術については、導入実績が 2 件以上ある割合は 57%、11 件以上の多数導入の割合は 8%であり、日本下水道事業団の新技術については、導入実績が 2 件以上ある割合は 44%、11 件以上の多数導入の割合は 3%であった。また、日本下水道新技術機構の新技術については、導入実績が 2 件以上ある割合は全技術と過去 10 年間技術ともに 70 数%と高く、11 件以上の多数導入の割合も全技術で 22%、過去 10 年間技術で 8%あった。

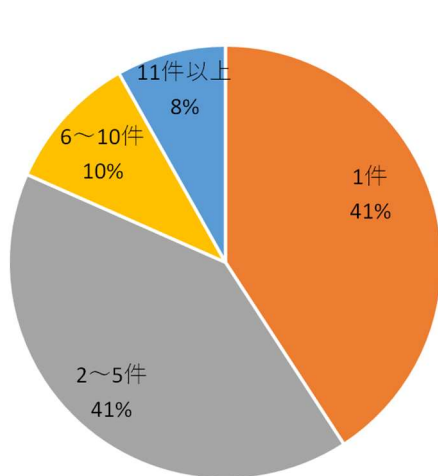


図 4-1 国土交通省の新技術導入実績

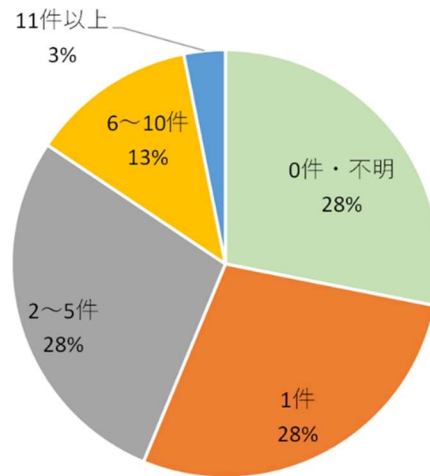


図 4-2 日本下水道事業団の新技術導入実績

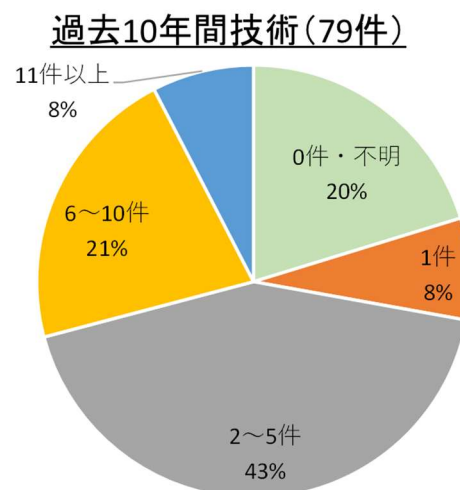
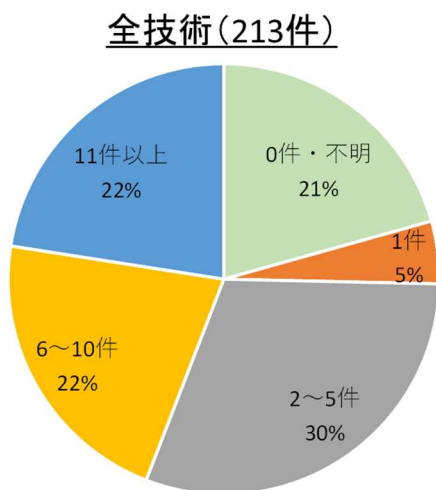


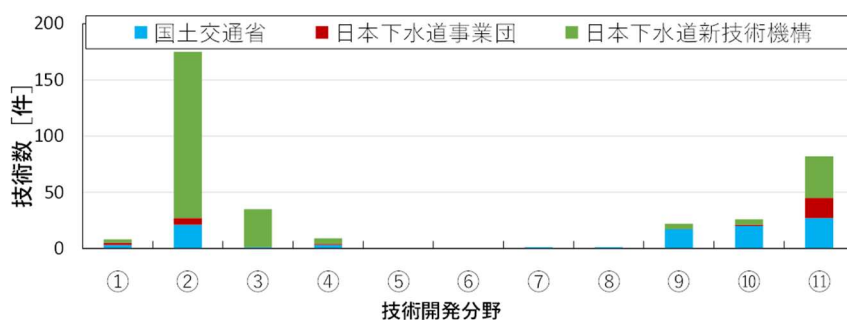
図 4-3 日本下水道新技術機構の新技術導入実績(左は全技術、右は過去 10 年間の開発技術)

次に、294 件の新技術を下水道技術ビジョンの 11 の技術開発分野別に分類し、傾向を比較するため、令和 3 年度に実施した自治体技術ニーズ調査結果のグラフと並べて示した（図 4-4）。さらに、過去 10 年間の新技術に限定して同様の分類を行い、傾向を比較するため、令和元年度に実施した文献調査結果のグラフと併せて示した（図 4-5）。

図 4-4 の上図をみると、新技術の導入数が多い技術開発分野は②、⑪、③、⑩、⑨、①の順であるが、この傾向（形状）は下図の自治体ニーズ調査の傾向（形状）と似ていることから、技術ニーズと技術シーズには一定の相関性があると考えられた。

また、図 4-5 の上図は過去 10 年間に限定した新技術の分野別グラフであるが、図 4-4 の上図のグラフと傾向（形状）は大きく変わらないものの、技術開発分野⑨、⑩、⑪の技術数が相対的に増加しており、近年の 3 分野の技術ニーズの高まりが確認できた。さらに、下に並べた文献調査結果のグラフの傾向（形状）と比較すると、技術開発分野⑥、⑦で大きな差がみられた。この理由として、両分野（⑥、⑦）では学会等に投稿される論文の数が多いためと考えられた。

（令和 4 年度活用状況調査結果）



- ～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・老朽化対応、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
  - 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

（令和 3 年度自治体技術ニーズ調査結果）

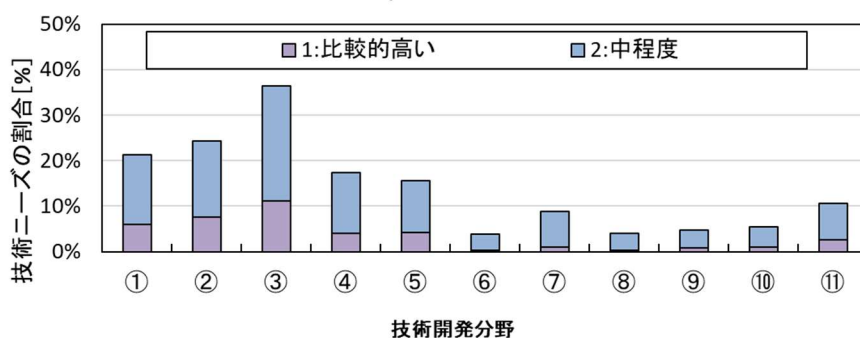
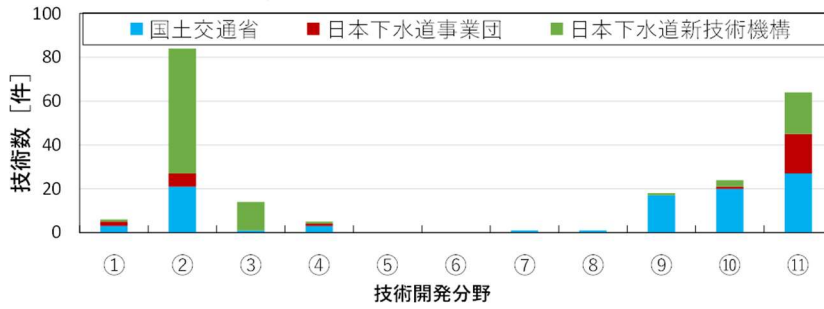


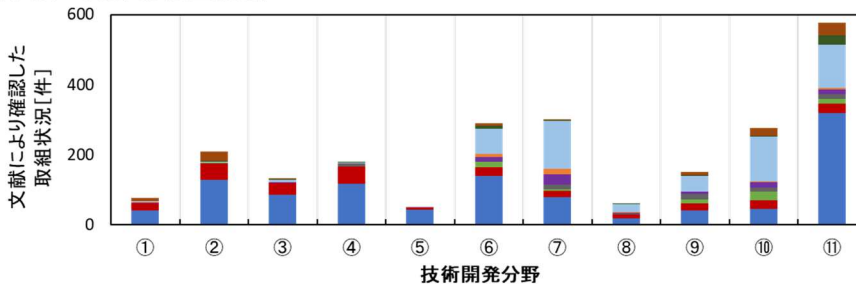
図 4-4 技術開発分野別に分類した新技術と自治体ニーズ

(令和4年度活用状況調査結果)



- ～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・老朽化対応、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
  - 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

(令和元年度文献調査結果)



- |                |                  |                   |
|----------------|------------------|-------------------|
| ■ 下水道研究発表会講演集  | ■ 下水道協会誌         | ■ 土木学会年次講演集(第Ⅶ部門) |
| ■ 土木学会論文集G(環境) | ■ 環境工学研究フォーラム講演集 | ■ 水環境学会誌          |
| ■ 水環境学会年次講演集   | ■ EICA研究発表会論文集   | ■ JS技術開発年次報告書     |

図 4-5 技術開発分野別に分類した新技術（過去 10 年間の開発技術に限定）と文献数

②ガイドライン・マニュアル類（375 件）の認知度・活用状況調査

開発された新技術を普及展開していくためには、ユーザーに当該技術の存在や内容を知ってもらう必要がある。このため、下水道事業におけるこれらの技術の主要ユーザーである地方公共団体、企業の代表として、16 の政令指定都市及び 8 つの主要上下水道コンサルタント会社に対し、ガイドライン・マニュアル類の認知度に関するアンケート調査を行った結果を示す（図 4-6）。

ガイドライン・マニュアル類の認知度や利用割合については、コンサルタント会社では概ね高い一方、政令指定都市では発行機関（図では発行元と表記）により差があるため、新技術の一層の普及のためには、地方公共団体の認知度を高めていくことが重要と考えられた。

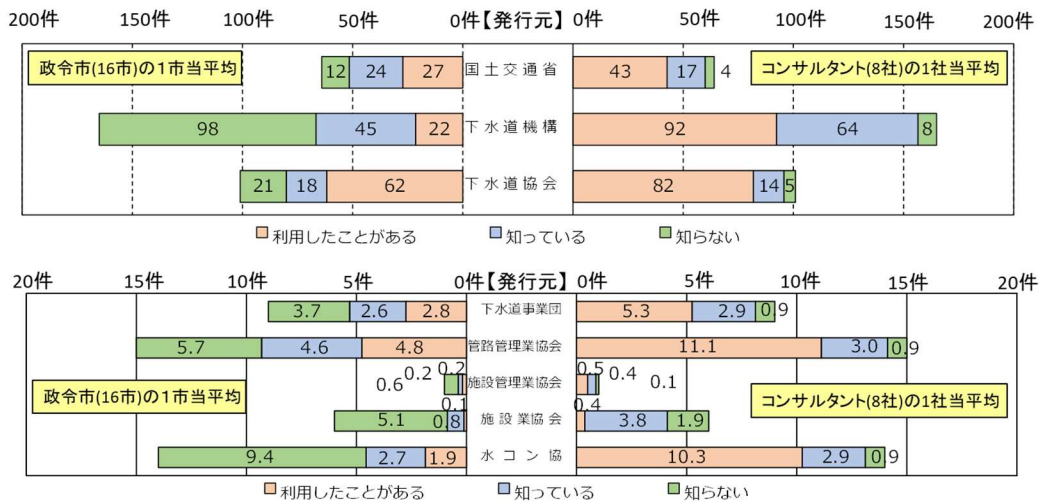


図 4-6 ガイドライン・マニュアル類の認知度・利用数（1 市・1 社当り平均）

### (3) エネルギー分科会における主な検討事項

#### 1) はじめに

2021(令和3)年6月に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が公布され、2050年までの脱炭素社会に向けた基本理念の規定、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盛り込まれた。

同年10月に我が国は、国連気候変動枠組条約第26回締約国会議(COP26)に先立ち、2050年カーボンニュートラルを宣言した。また、地球温暖化対策計画が閣議決定され、2030年度において温室効果ガス排出46%削減(2013年度比)を目指すことが示された。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。下水道分野においても脱炭素社会の実現に貢献するため「脱炭素社会への貢献のあり方検討小委員会」が設置され、下水道の将来像を定め、関係者が一体となって取り組むべき総合的な施策とその実施工程が2022(令和4)年3月に公表された。

エネルギー分科会では、2021年度より下水道分野の温室効果ガス排出削減に関し、中期(2030年度)目標に対する効果的な技術の整理と長期(2050年)目標に対して期待される技術開発等について検討し、「カー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」を策定した。

令和4年度は、当該報告書において当面の間議論すべきとして挙げられた課題のうち、国土技術政策総合研究所の業務にて実施している調査内容も含め、以下の項目について委員より意見、アイデアを頂いた。

#### ① 技術開発の推進

- ・地域特性や社会情勢の変化に応じた2050年シナリオ検討・感度分析
- ・エネルギー分科会ロードマップの下水道技術ビジョン・ロードマップへの反映

#### ② 地方公共団体の脱炭素化検討・取組み支援

- ・自治体のGHG排出量削減目標設定に資するベンチマーク手法
- ・廃棄物分野との一体処理推進
- ・下水道の他分野への貢献評価手法

#### ③ 水処理過程で発生するGHG排出量削減

- ・水処理過程で発生するN<sub>2</sub>O排出状況・メカニズム分析

#### ④ 将来的な全体最適化に向けて

- ・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た準備の実施

令和4年度のエネルギー分科会委員構成及び開催の概要は表4-4、表4-5の通りである。



表 4-4 エネルギー分科会委員一覧（敬称略）

|   |
|---|
| 大阪市建設局下水道部施設管理課長 永長大典                           |
| 一般社団法人日本下水道施設業協会技術部長 堅田智洋                       |
| 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 課長補佐 西郷進也     |
| 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開発室総括主任研究員 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            |
| 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                   |
| 公益財団法人日本下水道協会技術部技術課 主幹 前田明德                     |
| 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 三宅晴男（座長） |
| 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               |
| 東京都下水道局計画調整部エネルギー・温暖化対策推進担当課長 宗吉統               |
| 北海道建設部まちづくり局都市環境課公園下水道担当課長 山下誠一                 |
| 中央大学理工学部人間総合理工学科教授 山村寛                          |

表 4-5 エネルギー分科会開催状況の概要

| 開催日時                         | 議事  |
|------------------------------|---|
| 第 1 回<br>令和 4 年 8 月 29 日（月）  | ・本分科会の今年度の取組<br>・R3 迄の国総研関連研究状況について 等   |
| 第 2 回<br>令和 4 年 11 月 15 日（火） | ・各委員の発表、国総研関連研究進捗報告 等   |
| 第 3 回<br>令和 5 年 2 月 24 日（金）  | ・技術開発推進に資する取組（シナリオ検討、技術開発ロードマップへの反映）<br>・地方公共団体取組支援（目標設定支援ツール等）<br>・水処理からの N <sub>2</sub> O 排出の把握<br>・将来的な全体最適化に向けて 等 |

## 2) 検討概要

### ① 技術開発の推進

#### ○地域特性や社会情勢の変化に応じた 2050 年シナリオ検討・感度分析

令和 3 年度エネルギー分科会では、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（CN）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か、感度分析的に検討し、削減効果の試算結果を報告した。令和 3 年度試算はあくまで全国一律に対策技術が導入されたという条件で実施していたため、本年度試算は水処理方式、処理規模別に算出、また条件を見直し、CN 達成へ向けて促進すべき技術開発項目を抽出した。

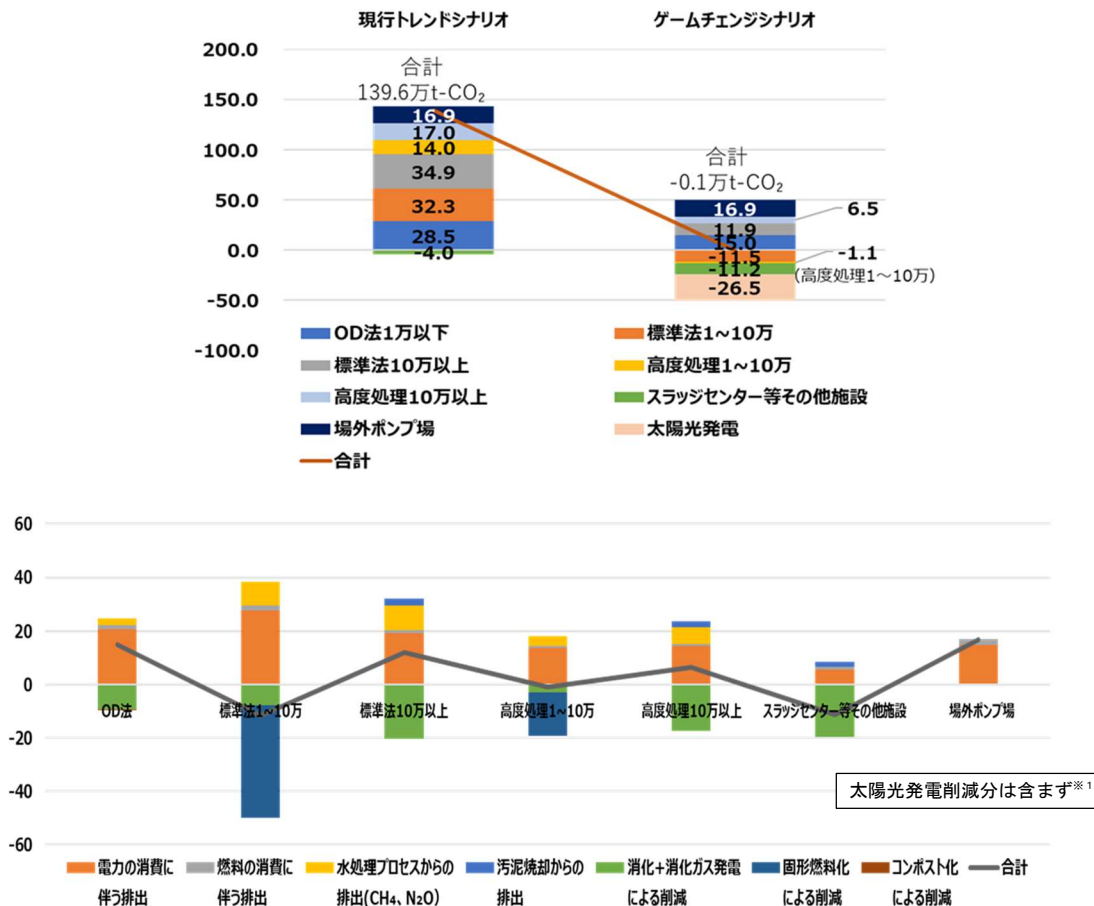
日本全国の処理場を処理規模・処理方式により 6 区分に分類し、それぞれの区分毎に、現行の延長線として想定をした「現行トレンドシナリオ」、現行の諸課題の解決や更なる革新的技術の導入実現を想定した「ゲームチェンジシナリオ」の 2 シナリオを想定し、対策メニューを検討、

2050年におけるCO<sub>2</sub>排出量を試算した。(表4-6)(図4-7)

表4-6 想定シナリオ

| 処理方法           | 区分                             | 現行トレンドシナリオ   | ゲームチェンジシナリオ  |           |
|----------------|--------------------------------|--|--|-----------|
|                | 日平均処理水量<br>(m <sup>3</sup> /日) |  |  |           |
| OD法            | 1万以下                           | 濃縮⇒脱水<br>⇒場外搬出or焼却(N <sub>2</sub> O排出抑制炉)            | 濃縮⇒汚泥可溶化⇒消化(バイオマス受入)<br>⇒脱水⇒コンポスト化                             | 太陽光<br>発電 |
| 標準法            | 1-10万                          | 濃縮⇒脱水<br>⇒場外搬出or焼却(N <sub>2</sub> O排出抑制炉)            | 濃縮⇒汚泥可溶化⇒消化(バイオマス受入)<br>⇒脱水⇒固形燃料化(乾燥)                          |           |
| 標準法            | 10万以上                          | 濃縮⇒消化⇒脱水<br>⇒場外搬出or焼却(エネルギー自立+N <sub>2</sub> O排出抑制炉) | 濃縮⇒汚泥可溶化⇒消化(バイオマス受入)<br>⇒脱水⇒焼却(エネルギー自立+超N <sub>2</sub> O排出抑制炉) |           |
| 高度処理           | 1-10万                          | 濃縮⇒消化⇒脱水<br>⇒場外搬出or焼却(N <sub>2</sub> O排出抑制炉)         | 濃縮⇒汚泥可溶化⇒消化(バイオマス受入)<br>⇒脱水⇒固形燃料化(乾燥)                          |           |
| 高度処理           | 10万以上                          | 濃縮⇒消化⇒脱水<br>⇒場外搬出or焼却(エネルギー自立+N <sub>2</sub> O排出抑制炉) | 濃縮⇒汚泥可溶化⇒消化(バイオマス受入)<br>⇒脱水⇒焼却(エネルギー自立+超N <sub>2</sub> O排出抑制炉) |           |
| スラッジセンター等その他施設 |                                | 濃縮⇒消化⇒脱水<br>⇒場外搬出or焼却(エネルギー自立+N <sub>2</sub> O排出抑制炉) | 濃縮⇒汚泥可溶化⇒消化(バイオマス受入)<br>⇒脱水⇒焼却(エネルギー自立+超N <sub>2</sub> O排出抑制炉) |           |

※各シナリオフローにおける想定技術は試算の都合上設定したものであり、各処理法や規模毎に当該技術のみを推奨するものではない  
 ※上記シナリオに含まない技術(嫌気性 MBR、バイオメタネーション等)についても一部効果試算を実施



※1 削減可能量は各処理場の利用可能面積に依存するため、今回は規模区分毎に分けることはせず全国ベースでの比較グラフのみに反映した。

上記ゲームチェンジシナリオでは、2050年カーボンニュートラルの表記となっているが、このシナリオは発生汚泥の全量消化や将来的な技術開発による課題解決を含む等、大胆な仮定を行ったものである。そのため今回試算対象とした技術のみならず、小規模処理場や場外ポンプ場の対策、水処理におけるCH<sub>4</sub>対策、新たな水処理技術、バイオメタネーションやCCUS等、幅広く技術開発を進め、CN達成を目指す必要がある。

試算結果を踏まえ、2050年CNに向け速やかに取組むべき技術開発項目を再整理した。なお第3章(2)に示すように、令和3年度に作成した「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の技術開発ロードマップ」の内容については、今回「下水道技術ビジョン・ロードマップ」の技術開発分野⑨～⑪にその内容を反映・再整理しており、速やかに取組むべき技術開発項目としては、反映後の技術開発項目として抽出したものである。(表4-7)

表 4-7 下水道技術ビジョン・ロードマップ⑨～⑪のうち、速やかに取組むべき項目

|   |
|---|
| <p style="text-align: center;"><b>技術開発分野ごとのロードマップ ⑨地域バイオマス</b></p> <p><b>技術目標 1 地域の間伐材等の未利用資源を活用して脱水効率、消化効率、焼却効率を向上させる技術の開発</b></p> <p>技術開発項目1-2 様々な状態で発生する、剪定枝、除草刈草、廃棄物等の受け入れ、前処理、メタン発酵技術</p> <p>技術開発項目1-5 地域で発生したバイオマス・プラスチック等を用いた焼却炉の効率的運転</p> <p>技術開発項目1-6 高負荷水・バイオマス受入に関する評価手法や受け入れ技術</p> <p><b>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 L C C 評価及び L C A 評価等に関する技術の開発</b></p> <p>技術開発項目2-1 各種バイオマスのバイオマス有効利用技術の L C C, L C A 分析・評価に関する技術</p> <p><b>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</b></p> <p>技術開発項目3-1 下水・下水汚泥構成元素の分離・リサイクル技術等の開発</p> <p><b>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</b></p> <p>技術開発項目4-2 下水道資源からの熱・電気・CO2等を活用（CO2固定化等含む）したネガティブエミッション技術やトリジェネレーション技術</p> <p><b>技術目標 5 高付加価値製品等の製造技術の開発</b></p> <p>技術開発項目5-3 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</p> <p>技術開発項目5-4 バイオマスから製造する製品、資材等の無害化、安全性確保に関する技術</p>  |
| <p style="text-align: center;"><b>技術開発分野ごとのロードマップ ⑩創エネ・再生可能エネルギー</b></p> <p><b>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</b></p> <p>技術開発項目2-2 汎用性等新しい嫌気性消化リアクター</p> <p><b>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</b></p> <p>技術開発項目3-4 膜ろ過・嫌気処理による省エネ・創エネ型水処理技術</p> <p>技術開発項目3-6 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</p> <p>技術開発項目3-9 次世代太陽光、風力等技術の下水道施設への適用拡大</p> <p><b>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<sub>2</sub>等の有効利用ガス成分の効率的な分離・濃縮、精製、回収技術の開発</b></p> <p>技術開発項目4-2 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</p> <p>技術開発項目4-3 太陽光発電等を用いて製造したカーボンフリー水素を活用したメタンエーション技術</p> <p><b>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</b></p> <p>技術開発項目5-1 嫌気性消化をモニタリングする技術と既存消化槽の活用技術</p> <p>技術開発項目5-2 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</p> <p>技術開発項目5-3 消化槽ではない既存躯体を用いた消化設備技術</p> <p><b>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</b></p> <p>技術開発項目6-1 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</p>   |
| <p style="text-align: center;"><b>技術開発分野ごとのロードマップ ⑪脱炭素社会に資する下水道システム</b></p> <p><b>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</b></p> <p>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</p> <p><b>技術目標 2 水処理・汚泥処理の最適化に資する技術開発</b></p> <p>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）</p> <p>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）</p> <p>技術開発項目 2-3 送風プロセス（送風機、制御システム、散気装置等）の最適化による省エネ技術</p> <p>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）</p> <p>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）</p> <p>技術開発項目 2-7 エネルギーマネジメント</p> <p>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</p> <p>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</p> <p><b>技術目標 3 下水道から排出されるCH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oの排出削減に関する技術開発</b></p> <p>技術開発項目 3-1 水処理におけるN<sub>2</sub>O発生機構の解明、微生物群集構造の解析・制御等による排出抑制技術の実用化</p> <p>技術開発項目 3-2 水処理におけるCH<sub>4</sub>発生機構の解明、排出抑制技術の開発</p> <p>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</p> <p>技術開発項目 3-4 N<sub>2</sub>O排出量の少ない、より高度な焼却技術</p> <p>技術開発項目 3-5 省エネ・創エネと同時にN<sub>2</sub>O排出抑制を達成する技術</p> <p><b>技術目標 4 ベンチマーキング手法を活用し、事業主体のエネルギー効率改善促進</b></p> <p>技術開発項目 4-1 エネルギー効率に関する適切な技術的指標の開発、ベンチマーキング手法の導入を支援する技術</p> <p>技術開発項目 4-2 省エネ・創エネ・省CO<sub>2</sub>性能の合理的な定量化手法・改善技術</p> |

○エネルギー分科会ロードマップの下水道技術ビジョン・ロードマップへの反映

令和3年度のエネルギー分科会の議論を基に「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」を策定・公表しているが、令和4年度の下水道技術ビジョン・ロードマップの改定に伴い、現在脱炭素関連分野で二本立てとなっているロードマップの統合・再整理を行うものとした。その概要は第3章を参照のこと。

## ② 地方公共団体の脱炭素化検討・取組み支援

### ○自治体の GHG 排出量削減目標設定に資するベンチマーク手法

地球温暖化対策の推進に関する法律の一部改正に伴い、地方公共団体実行計画において、区域における再エネ等 GHG 削減施策の実施目標を策定義務化（指定都市等以外は努力義務化）等が盛り込まれたが、下水道に関する具体的な数値目標を策定している自治体は少数にとどまる。地方公共団体実行計画策定における下水道の目標設定を促すため、エネルギー分科会他自治体の試用による意見等を踏まえ、検討の足掛かりとなる簡易ツール「下水道処理場における温室効果ガス排出削減目標設定支援ツール」を作成した。ツールの主な機能は以下の通りである。

- ・ 処理方法、処理水量、消費電力量等を入力するのみで自処理場と全国の処理場の平均的な温室効果ガス排出量等を比較
- ・ 処理方法として、水処理方式に寄らず汚泥焼却施設を有する処理場（i.汚泥焼却有）、汚泥焼却施設を有しない処理場（ii.標準法、iii.高度処理、iv.OD法）の4種に分類
- ・ 各種対策メニューから GHG 削減対策を選択し、導入効果を概算（様々な技術を検討できるようフリー記載欄を設定）

ツールは目的に応じて、以下の2パターンを作成した。

【下水道の省エネによる削減目標 60 万 t-CO<sub>2</sub> 編】省エネ、創エネ、汚泥焼却の高度化、再エネのうち、全処理場に関係する「省エネ対策」に特化したツール。2030年の省エネによる削減目標（60 万 t-CO<sub>2</sub>）に対応する目標目安値を表示できるように設定。

【下水道の削減目標 208 万 t-CO<sub>2</sub> 編】2030年の GHG 排出削減目標値 208 万 t-CO<sub>2</sub> に対応するツール。（図 4-8）

なお、削減の目安値は以下のように設定している。

省エネ：各処理場において 2013 年度実績値より年率 2%削減するように設定

創エネ：2030 年目標値から既削減分を差引き、OD 以外の処理場に削減目標を按分

焼却高度化：2030 年目標値から既削減分とスラッジセンター排出分を差引き、焼却設備のある処理場で按分

本ツールは国総研 HP にて公開しており、地方公共団体の下水道における脱炭素の目標策定及び技術の検討の足掛かりとして活用頂くものとしている。

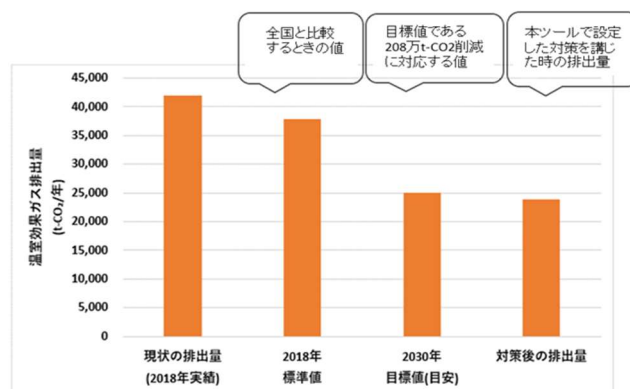


図 4-8 「下水道の削減目標 208 万 t-CO<sub>2</sub> 編」による A 処理場の GHG 排出量試算イメージ

※全ての値において、電力の排出係数は 2030 年度における全電力平均の排出係数（0.25t-CO<sub>2</sub>/千 kWh）を使用



### ○廃棄物分野との一体処理推進

パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略に基づき、分散型エネルギーシステムについても強靱化が求められている。し尿の受け入れや下水汚泥の利活用に留まらず、地域全体で更なる創エネ・省エネ、資源回収を推進していく必要がある。下水処理と廃棄物処理を連携させ、廃棄物処理施設で焼却処分されている生ごみ等の地域バイオマスを下水道に受け入れ、地域全体でエネルギーやリン等のマテリアルを効率的に回収する資源循環システムを構築することが必要である。

廃棄物分野との連携にあたり、自治体の職員が手軽に利用でき、詳細検討の足がかりとなる「検討手順書」が必要不可欠である。自治体の情報を基に、定性的・定量的な観点で、総合的にどういった連携パターンが良いかを選定できる検討手順書を作成し、それを水平展開することで、資源循環システムの構築を促進できるよう国総研にて検討業務を実施中である。

令和4年度は、令和3年度に作成した連携パターンの精査、経済性・環境性に関して定量的な評価手法の検討を行った。令和5年度は引き続き、モデルケースにおける実行可能性調査の実施、並びに検討手順書及び簡易検討ツールを作成予定である。

### ○下水道の他分野への貢献評価手法

下水道は肥料成分や水、熱など（以下、「下水道資源」という。）が集積する場であり、消化ガスや肥料化・成分抽出、再生水の供給等等、下水道事業以外への活用は持続可能な社会構築に有効と考えられる。また活用物を需要家近傍で生産することで、製造・輸送等で生じるGHG削減に寄与し、従来資源代替としての活用が脱炭素化に資する可能性がある。そこで下水道資源の活用事例およびそのGHG削減効果について調査し、他分野への貢献評価手法の構築を目指すものである。

令和4年度より先進的な取り組みが行われている国内下水処理場に対し、下水道資源の有効利用方法、量や必要エネルギー、費用等の調査を実施、従来製品の代替とした場合のGHG削減効果への試算を開始した。下水道資源の有効活用は地域社会の農業、工業、商業等の産業構造と密接な関係があり、下水道資源の有効活用には継続して利用が見込める需要家の存在が必要であるなど、周辺立地の関係が重要であることが示唆された。

令和5年度は上記の継続に加え国内の一般的な中小規模処理場についても調査し、外部貢献評価手法の精度向上を行い、令和6年度以降に下水道の他分野への貢献について立地や規模に応じた一定のモデルケースを構築することを予定している。

### ③ 水処理過程で発生するGHG排出量削減

$N_2O$  は  $CO_2$  の約300倍の温室効果を有し、水処理から排出される  $N_2O$  は下水道事業全体から排出されるGHGの約7.4%を占めるが、実態把握が進んでいない。実測等により適切に排出係数が算定できる場合はその値を用いても良いとされるが、具体的な実測方法が定められておらず、自治体が調査・設定に踏み出せていない。 $N_2O$  の生成機構の研究は進んでいるものの、実処理場での排出抑制手法は確立されておらず、また標準法やAO法の調査では、高度処理同等の低い排出結果もある一方、非常に高い結果もあり、突発的な高排出量事象の抑制等が求められる。

$N_2O$  調査方法の確立や、より実態に即した  $N_2O$  排出係数への改定、排出削減に資する運転手

法の確立等を目的に、国総研にて全国の下水处理場での N<sub>2</sub>O 排出量実態調査等を継続している。

N<sub>2</sub>O 排出量は季節、時間および採取箇所による影響が大きいとされ、複数処理方式を有する A 市と共同で季節毎に 24 時間調査を実施し、標準法でも N<sub>2</sub>O 排出抑制の可能性があることを確認した。なお 24 時間調査では細かな変動や降雨等の影響が見えない等の課題があり、N<sub>2</sub>O 自動測定機による長期間連続モニタリングも実施し、N<sub>2</sub>O 濃度の 24 時間のたまかな傾向を把握できた。引き続き通年データと 24 時間調査による実測値とを比較し、季節毎の 24 時間調査の妥当性検証を進め、実測による排出係数設定結果として公表を予定している。さらに連続モニタリングも含め調査方法の一般化・簡易化・マニュアル化を予定している。

今後も実処理場における実態把握調査を継続し、処理方式、硝化促進・抑制、季節別運転等による N<sub>2</sub>O 排出量への影響の明確化、自治体の実測した N<sub>2</sub>O 排出係数の公表支援、水処理に係るエネルギー消費と N<sub>2</sub>O 排出量の関係整理、N<sub>2</sub>O 排出係数改定に向けた作業等を実施予定である。

#### ④ 将来的な全体最適化に向けて

持続可能な社会の実現においては、GHG 排出量削減の他、下水道資源の利活用、廃棄物バイオマス受け入れによる消化ガスの生産拡大やエネルギー創出、適切な水環境など、下水道分野のみに限定されない領域を含め、流域管理、社会システム等を含めた全体最適化の検討が重要とされる。全体最適化のあり方の議論に備え、現在検討を進めている上記記載の項目等を含め、検討範囲や優先順位の検討等、地域社会を包含する形の全体最適化の議論に備えた整理を引き続き実施していく。

### 5) 令和 5 年度以降の取組

エネルギー分科会では、令和 5 年度も引き続き以下の項目について検討を行う予定であり、カーボンニュートラルの実現に向けた取り組みを一層推進していく。

#### 【令和 5 年度における取組案】

##### 1) 技術開発の推進

- ①下水道技術ビジョン・ロードマップ（脱炭素関係）のフォローに向けた情報収集。
- ②汚泥肥料化・リン回収技術等の関係機関の情報の共有

##### 2) 地方公共団体の脱炭素化検討・取組支援

- ①廃棄物との一体処理推進におけるモデルケース実行可能性調査・検討手順書案の検討
- ②下水道の他分野への貢献評価手法検討に向けた情報収集・検討の継続

##### 3) N<sub>2</sub>O 排出メカニズム・制御因子解明に向けた調査

##### 4) 将来的な全体最適化に向けた検討範囲の設定、流域全体を踏まえた議論 等