

## 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3年度におけるB-DASH技術普及展開状況を示し、(2)に令和3年度のエネルギー分科会で検討し、策定した「カー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(参考資料(3)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3年5月時点でのB-DASH技術が導入されたものは13技術140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3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、石川県小松市、大阪市（2箇所）	5
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	愛知県、埼玉県、熊本市	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 神戸市東灘処理場	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 (2)
H24	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 (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 (3)
		高効率廃熱発電技術	埼玉県（2箇所）、愛知県	3 (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な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、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  (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)高浜市、西尾市、刈谷市、愛西市、豊川市、小牧市、豊橋市、東浦市、(滋賀県)米原市、(京都府)日向市、(大阪府)羽曳野市、(奈良県)奈良市、天理市、川西市、(兵庫県)川西市、伊丹市、三田市、姫路市、(鳥根県)雲南市、(広島県)広島市、福山市、府中町、熊野町、(福岡県)古賀市、(佐賀県)江北町、(長崎県)諫早市、(熊本県)上天草市、嘉島町、熊本市	8  52 (15)
		広角カメラ	岩手県奥州市、東京都羽村市、広島市	3
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+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	NH4-Nセンサーを活用した曝気風量制御(NH4-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、福島県いわき市、石川県	3 (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	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 (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 (2)
13 技術				計 140 (29)

※赤字は令和3年度追記

## (2) 「カー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」概要

### 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。

これらを踏まえ、下水道分野でも温室効果ガス削減に積極的に取り組む必要があり、令和3年度にエネルギー分科会では、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3年度のエネルギー分科会の委員構成及び開催状況の概要は下記の通り。

表 4-2 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
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)

表 4-3 エネルギー分科会委開催状況の概要

開催日時	議事
第1回 令和3年10月8日(金)	・今年のテーマと論点について ・2030年目標を実現するための技術的課題と取組の方向性 等
第2回 令和3年11月22日(月) 及び11月26日(金)	・各委員の発表(西村委員、藤本委員、宮本委員、山村委員) ・2030年目標の実現、2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術 等
第3回 令和4年1月13日(木)	・各委員の発表(齋藤委員、新川委員) ・エネルギー分科会報告書案 等

## 2) 現状認識

下水道分野から排出される温室効果ガスは、2018年度実績で年間約600万t-CO<sub>2</sub>であり、その内訳として、電力由来が約60%、燃料由来が約5%、水処理に伴い発生するCH<sub>4</sub>が約5%、N<sub>2</sub>Oが約7%、下水汚泥焼却に伴い発生するN<sub>2</sub>Oが20%を占めている。下水汚泥焼却に伴い発生するN<sub>2</sub>Oについては、新型炉への更新など高温焼却化の推進に伴い減少傾向を示している。一方で、単位水量あたりの電力消費量は近年横ばいから増加傾向を示し、水処理課程で発生する非エネルギー由来の排出については効果的な対策が取られていない。また、排出量を実質ゼロとするには創エネルギーの取組が必要だが、令和元年度時点の下水汚泥エネルギー化率は24%に留まっている。

## 3) 2030年度目標の達成に向けて

地球温暖化対策計画において、下水道分野では、省エネの促進、創エネ、焼却の高度化、再エネの利用拡大により2013年度比で208万t-CO<sub>2</sub>削減することとなっている。現状を踏まえ、目標達成には更なる省エネや創エネの推進等が必要となる。このため、目標を達成するための具体的な導入技術や技術開発項目例(表4-3)を整理した。また、既存技術の省エネに加え、システムとして改善できるB-DASHプロジェクトの実証技術等を組合せることで、効果的に温室効果ガスを削減できることを、試算例を通じて示した。

表 4-3 2030年度目標達成に資する技術開発項目例

	導入すべき技術の内容	技術開発項目の例
省エネ	<ul style="list-style-type: none"> <li>水処理について、<u>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。</u></li> <li>汚泥処理については、<u>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。</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> <li>A I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</li> <li>ICT/AI/センシング技術を用いた水処理</li> <li>汚泥処理制御技術※II</li> <li>効率型膜処理技術※III</li> <li>その他左記に関わる技術</li> </ul>
創エネ・再エネ	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>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。</u></li> <li><u>下水熱利用等の効果的・効率的な技術。</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水熱炭化技術※III</li> <li>汚泥の高付加価値化に関する技術※III</li> <li>汚泥発酵乾燥技術※II、III</li> <li>既設躯体を活用した汚泥消化設備※II</li> <li>デイスパーザーに関する技術※II</li> <li>その他左記に関わる技術</li> </ul>
下水汚泥焼却に伴い発生するN <sub>2</sub> Oへの対策	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>下水汚泥の焼却施設における燃焼の高度化や、二酸化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</u></li> </ul>	左記に関わる技術
下水道のシステム最適化	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>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。</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> <li>その他左記に関わる技術</li> </ul>

※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)

※III：R3国交省実規模実証テーマ案調査結果より記載

#### 4) 2050年カーボンニュートラルに向けて

分科会では、2050年脱炭素社会（カーボンニュートラル）の実現に向けては、更なる技術開発とその開発技術の導入の他、廃棄物・農業・エネルギー分野等との連携が必要と認識された。温室効果ガス削減効果等の評価指標の必要性、今後の下水道・流域管理・社会システムに対する下水道の貢献のあり方の検討の必要性等が提起された。

また、2050年度の温室効果ガス排出量の試算を行った。その中で、技術導入効果の感度分析を通じて効果的な技術分野、留意点等を整理した。

試算は、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「現行シナリオ」及び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」について実施した（図4-1）。その結果として、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を示した。

- ・省エネ対策の実施  
（試算条件 41%電力削減、場外ポンプ場におけるカーボンフリー燃料の利用）
- ・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  
（試算条件 最初沈殿池における有機物の回収量を増やし、後段の反応槽において必要な送風量を減少させ、最適に制御）
- ・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  
（試算条件 すべての発生汚泥の有効利用及び発生汚泥量（乾燥重量ベース）の50%に相当する地域バイオマスを受入。また、未燃焼の汚泥全量を堆肥等へ有効利用し、そのCO<sub>2</sub>削減効果を評価。）
- ・消化の促進やCO<sub>2</sub>、カーボンフリー水素を活用した徹底的にバイオガス生成を実施  
（試算条件 下水汚泥の消化率を60%（B-DASH実績）とすることに加え、上記の有機性廃棄物と下水汚泥を一体処理することに伴うバイオガスの増量、さらには消化ガス中のCO<sub>2</sub>とカーボンフリー水素等を反応させて利用可能なバイオガスを増量するメタネーションの実施）
- ・バイオガス発電廃熱などの熱をフル活用  
（試算条件 総合効率85%によるコージェネを考慮）
- ・水処理・汚泥処理過程で発生するN<sub>2</sub>Oの抑制対策を実施  
（試算条件 水処理過程で発生する非エネルギー由来の温室効果ガスの排出抑制方策の確立と汚泥焼却による排出量のさらなる削減を考慮）
- ・コンポスト利用などの他分野のCO<sub>2</sub>削減に資する取組を推進  
（試算条件 汚泥肥料の化学肥料代替による削減効果を考慮）

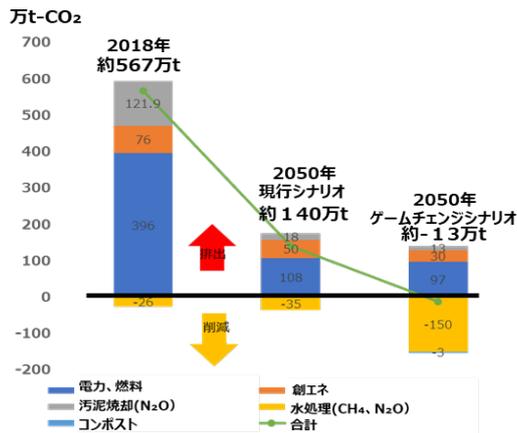


図 4-1 2050 年カーボンニュートラルの実現可能性に関する試算事例

エネルギー分科会の議論の成果として、下水道技術ビジョンも踏まえ、16 の技術目標、52 の具体的な技術開発項目からなる「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」を作成した。このうち、速やかに取り組むべき 25 項目を表 4-4 に示す。

表 4-4 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のうち、速やかに取り組むべき 25 項目

実用化されていない技術分野
<p>①全体最適化に関する事項</p> <p>技術目標 1 下水道施設の省エネ・創エネとあわせ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</p> <p>技術開発項目 1-1 下水道施設の省エネ・創エネとあわせエネルギー消費最小化とエネルギー自立</p> <p>技術目標 2 水処理・汚泥処理の最適化に資する技術開発</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活用</p>
<p>②CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oの排出削減に関する事項</p> <p>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</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>④創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>技術目標 9 汚泥直接・汚泥由来バイオガスや酸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</p> <p>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</p>
<p>⑤地域バイオマスの活用に関する事項</p> <p>技術目標 12 地域の閑雑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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p>
<p>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</p> <p>技術目標 16 高付加価値製品等の製造技術の開発</p> <p>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</p>
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
<p>①全体最適化に関する事項</p> <p>技術目標 2 水処理・汚泥処理の最適化に資する技術開発</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</p> <p>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曝気風量の制御や薬液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</p> <p>技術開発項目 2-7 エネルギーマネジメント</p>
<p>②CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oの排出削減に関する事項</p> <p>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</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>③指標化、定量化並びに技術開発制度に関する事項</p> <p>技術目標 4 ヘ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</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、ヘ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</p>
<p>④創エネルギー・再生可能エネルギーに関する事項</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>技術目標 9 汚泥直接・汚泥由来バイオガスや酸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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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・回収率への転換技術</p> <p>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</p> <p>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</p>
<p>⑤地域バイオマスの活用に関する事項</p> <p>技術目標 12 地域の閑雑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</p> <p>技術開発項目 12-2 様々な状態が発生する、固定床、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</p> <p>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</p>
<p>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</p> <p>技術目標 16 高付加価値製品等の製造技術の開発</p> <p>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</p>

## 5) 令和4年度以降の取組

エネルギー分科会では、令和4年度に①下水道が関連する他分野の活動との効果的な連携に対する評価手法の検討や自治体が定める削減目標設定手法の検討、②将来的な下水道・流域管理・社会システムの全体最適化の議論に備えた検討、③水処理課程で発生するN<sub>2</sub>Oの排出メカニズム分析に関する検討、④廃棄物分野との一体処理に資する検討等を扱う予定であり、カーボンニュートラルの実現に向けた取組を一層推進していく。