

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

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N₂O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N₂O等
- ⑤汚泥焼却に伴い発生するN₂O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

2050年カー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。

2050年カー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。



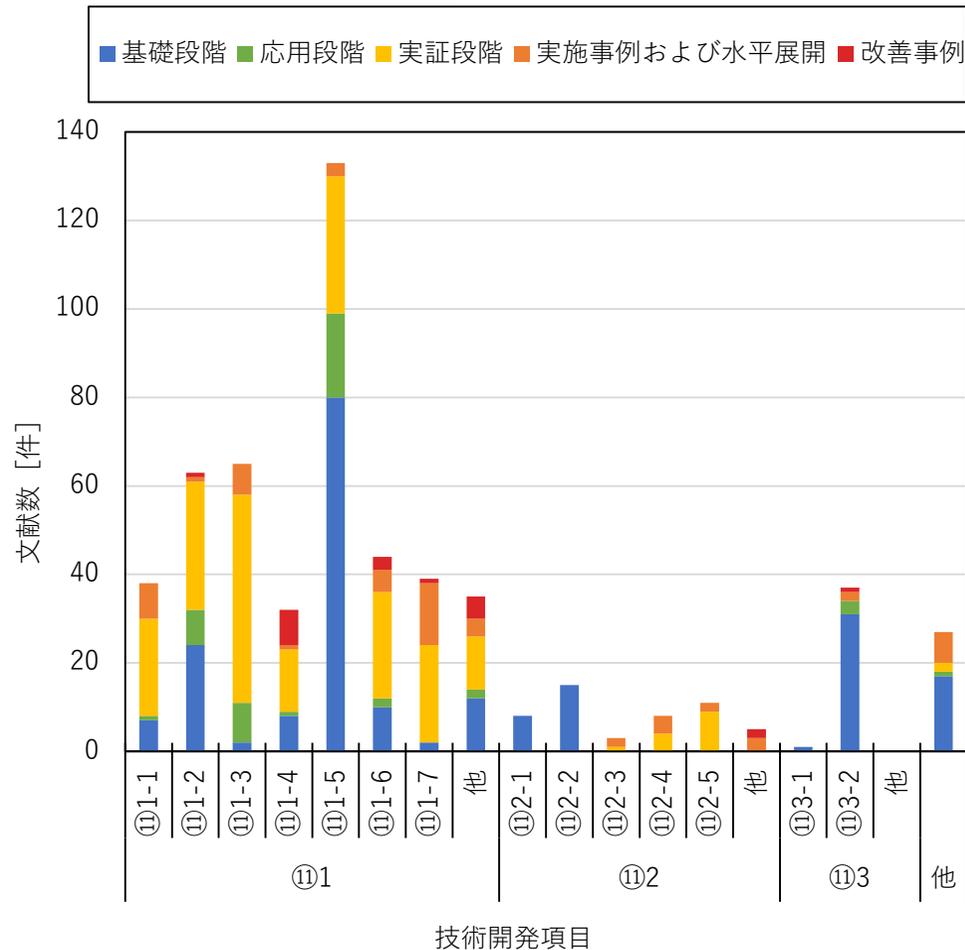
- 下水道技術ビジョンに掲げるロードマップの進捗状況について下水道技術開発会議において文献調査を実施。
- 文献調査は平成28年から令和元年度までの下水道研究発表会講演集や下水道協会誌、土木学会年次講演集、水環境学会誌等の論文等を参照。
- 技術開発レポート2019においてとりまとめた結果について次ページ以降紹介。

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N₂O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N₂O排出抑制技術が少ない。

⑪低炭素型下水道システム



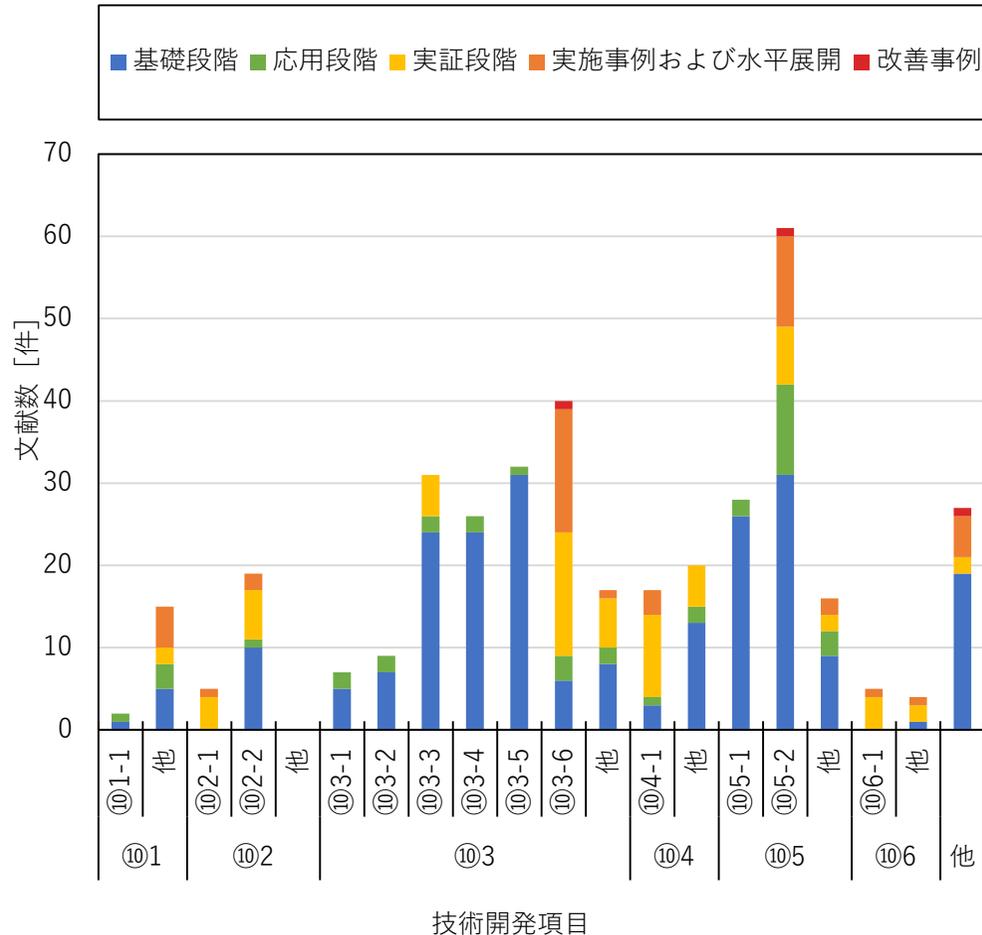
- ⑪1 下水道で消費するエネルギーの約1割削減に向けた技術開発
 - ⑪1-1 処理場の省エネ・創エネとあわせたエネルギー消費最小化とエネルギー自立
 - ⑪1-2 水処理・汚泥処理の全体最適化による省エネ技術（流入有機物の回収による水処理負荷軽減、担体利用技術等）
 - ⑪1-3 ICT（センサー、CFD等）を活用した省エネ水処理技術。流入水量・水質の変動にあわせた曝気風量の制御や 酸素溶解効率の向上等によるエネルギー最適化
 - ⑪1-4 送風プロセス（送風機、制御システム、散気装置等）の最適化による省エネ技術
 - ⑪1-5 活性汚泥法代替の曝気を行わない省エネ型水処理技術（散水ろ床タイプ、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N₂O排出抑制を低コスト・省エネルギーで実現
 - ⑪2-2 N₂O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 N₂O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N₂O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CO₂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、CO₂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CO₂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

2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術

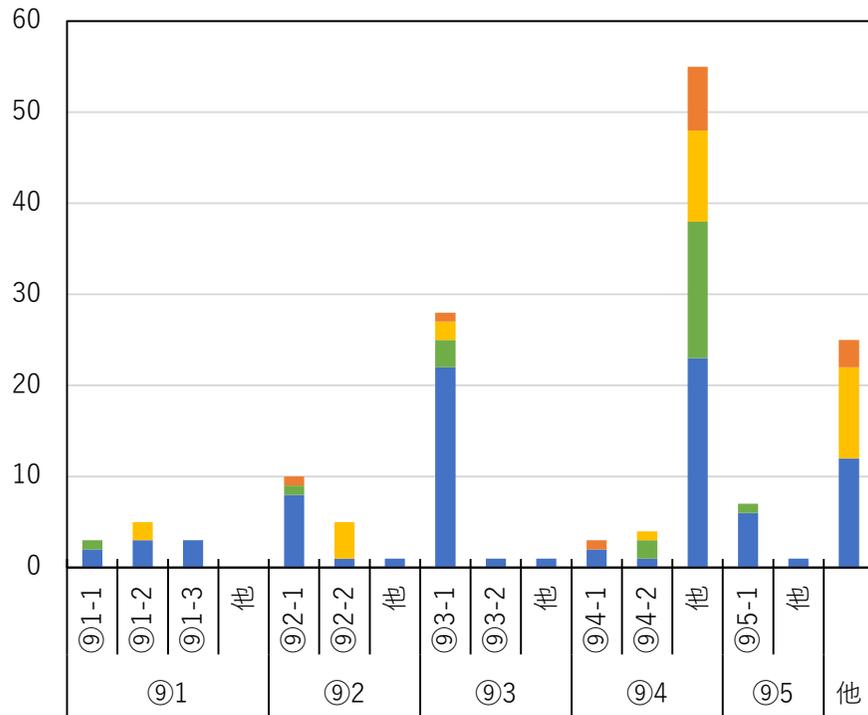
1. 技術開発の動向について ①下水道技術ビジョン

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

■ 基礎段階 ■ 応用段階 ■ 実証段階 ■ 実施事例および水平展開 ■ 改善事例



- 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・CO₂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

2050年カー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。

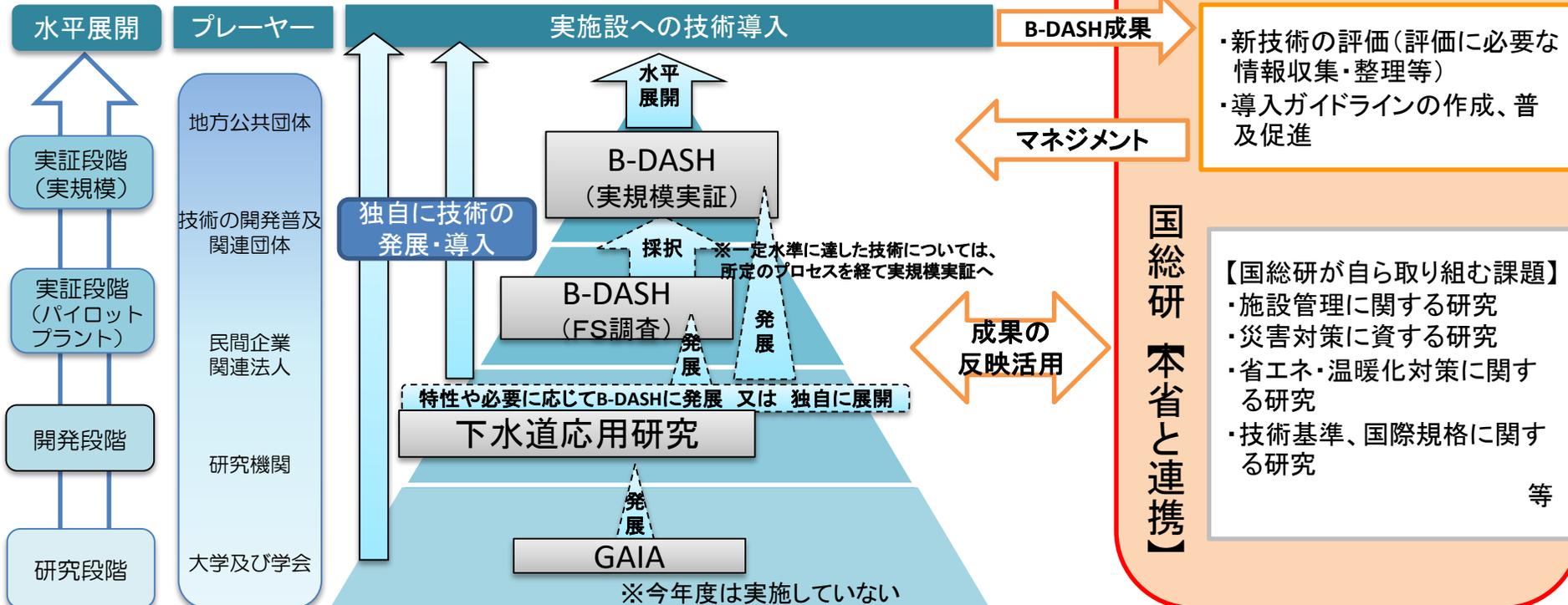
下水道技術ビジョン(H27年12月策定、平成29年2月一部改定)

ロードマップ(新たに開発すべき技術を中心に今後の下水道の技術開発の方向性を提示)

ロードマップ重点課題の選定

新技術導入に必要な要素技術の調査・実証

行政課題解決に必要な
研究課題



2050年カー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な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
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(株)・日鉄セメント(株)・高砂熱学工業(株)・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)パワーユニテッド、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・バイオガストラボ 共同研究体
	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

2050年カー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
	持続可能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。

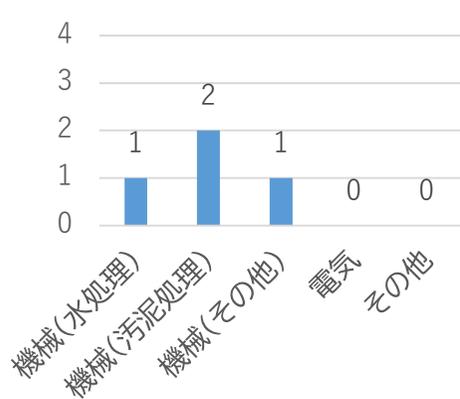
採択年度	研究テーマ名	共同研究体
H26	好塩古細菌を用いたカリウム資源回収の実用化に関する技術開発	北海道大学大学院工学研究院
	下水を利用して培養した微細藻類による漁業飼料生産技術の開発	中央大学理工学部
	下水処理水再利用による飼料用米栽培に関する研究	山形大学農学部
	下水汚泥を用いた高付加価値きのこの生産技術及びその生産過程で発生する廃培地・炭酸ガスの高度利用技術の開発	鹿児島工業高等専門学校
	消化汚泥の肥料利用に関する研究	高知大学教育研究部
	グラフェン-酸化グラフェン還元微生物複合体を用いたバイオマス電力生産技術の下水処理施設への適用検討	日本工営(株)上下水道部
	微生物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
H29	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
	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
H30	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
	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

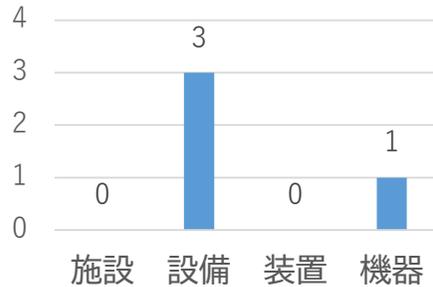
1. 技術開発の動向について ③ (一社) 日本下水道施設業協会アンケート

(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)。

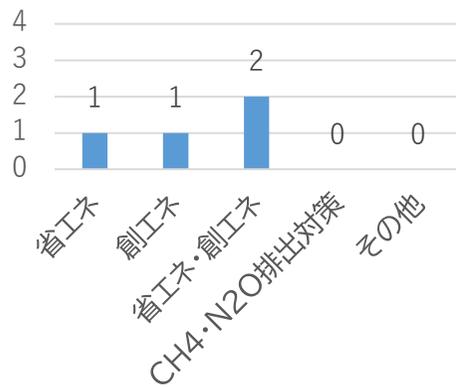
処理施設等の分類



設備等の分類



対策目的の分類



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 ₂ O 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

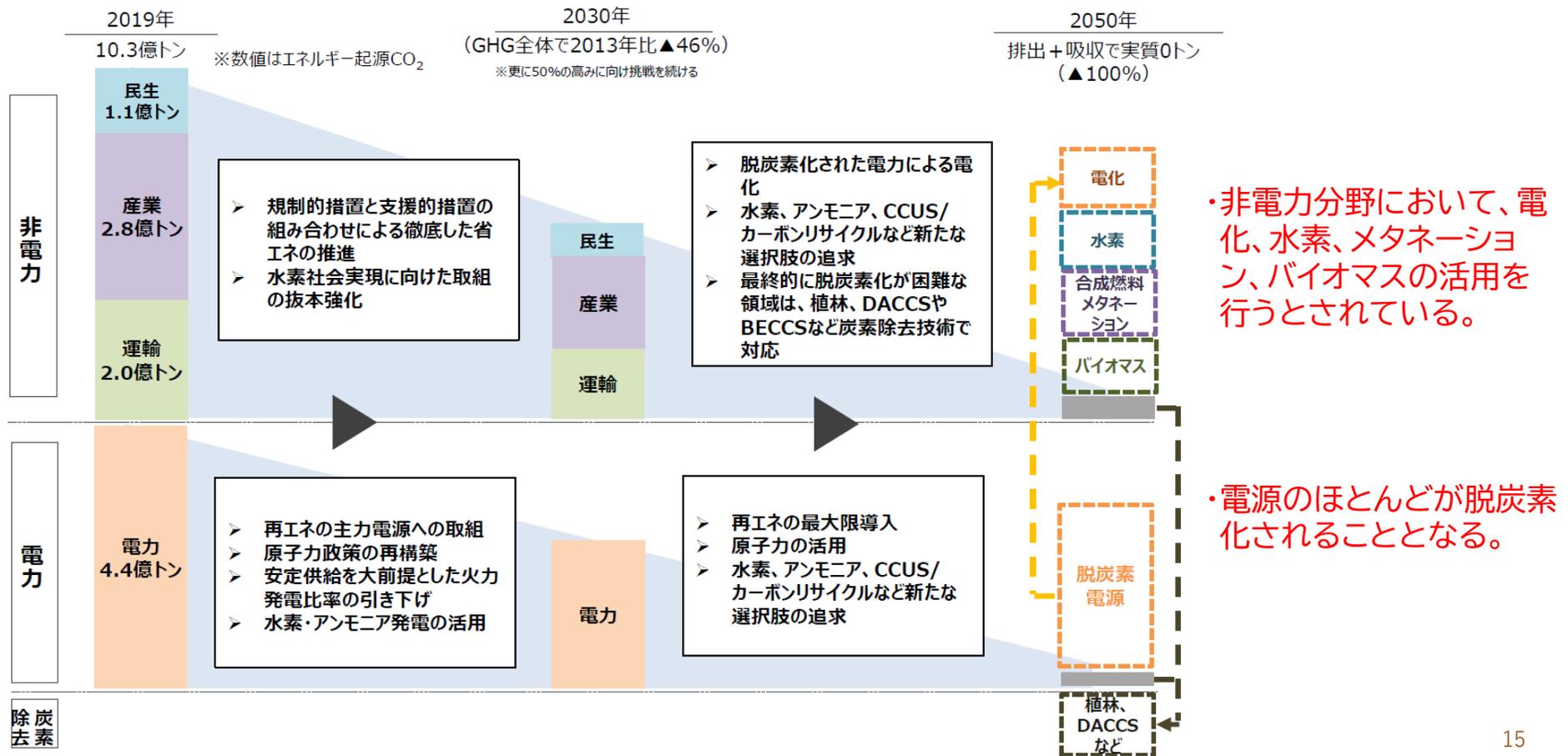
1. 技術開発の動向について ④他分野との連携

○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）



2050年カー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

- 1.1. カーボンサイクル・マテリアル
 - CO₂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。

- 1.3. 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

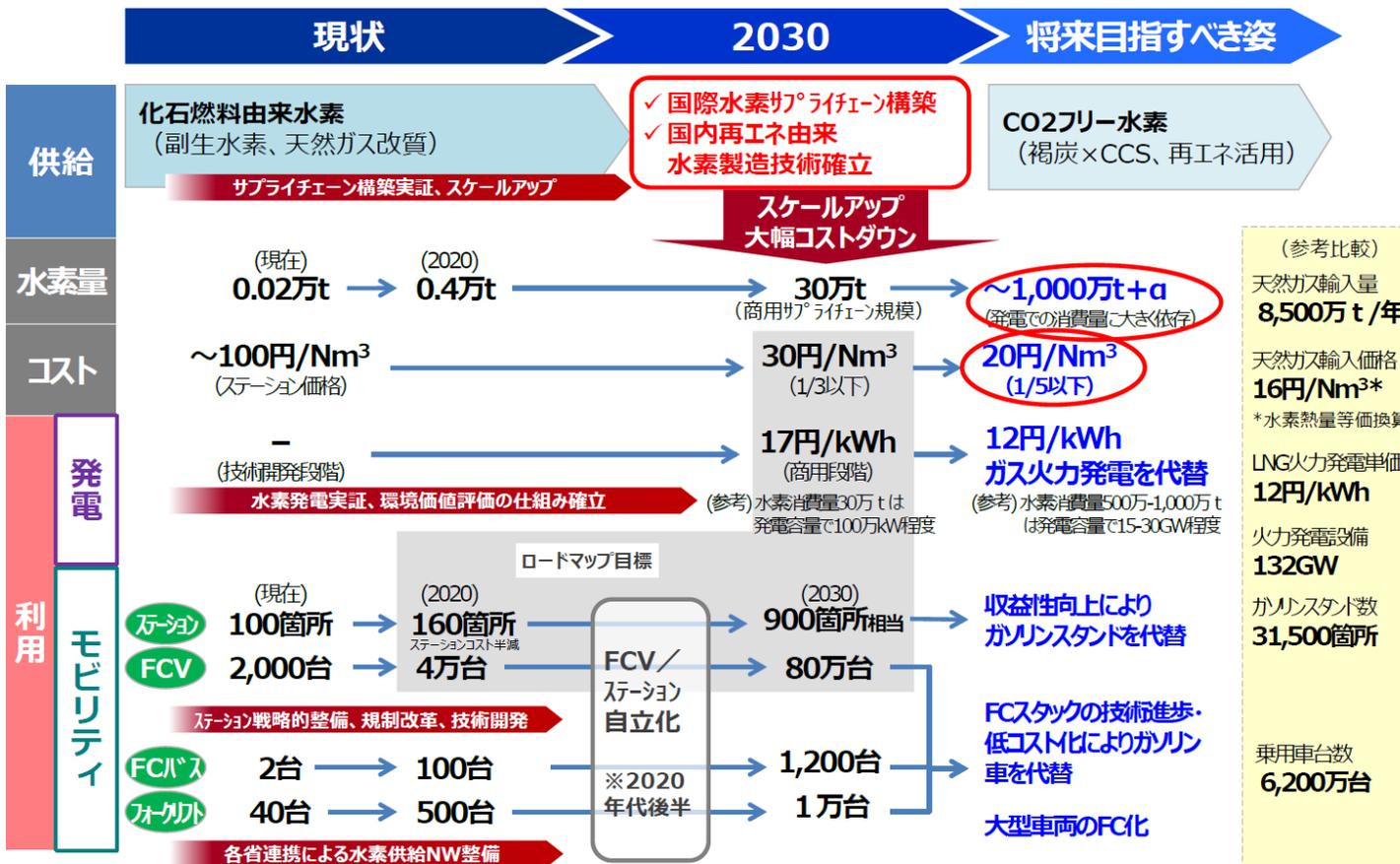
※他にも、自動車の電動化、微細藻類由来のジェット燃料、分散型エネルギー、次世代グリッド等に関する取組に関する記載あり。

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**。

水素基本戦略のシナリオ



2050年カー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

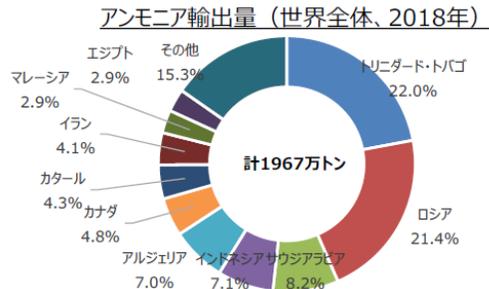
- グリーン成長戦略において、アンモニアについては石炭火力における混焼や専焼のための技術開発を推進。
- 今後、石炭火力発電に加えて、船舶や工業炉等への用途拡大も見込まれるため技術開発や大量供給確保のためのサプライチェーン構築が課題。
- 2030年300万トン、**2050年3000万トン**の**燃料等としての国内需要を想定**。

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)

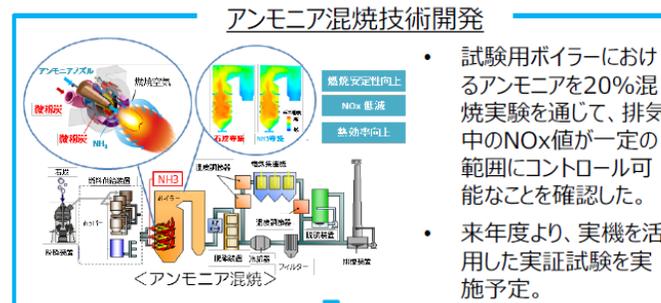
燃料アンモニアの活用に向けた取組

- 燃焼してもCO₂を排出しないアンモニアは、**新たな燃料としての活用が期待**される。すでに肥料用途を中心に**国際的な貿易インフラが整っており、燃料用途のための高圧化や冷却化等の技術的課題も少ない**。
- 今後、石炭火力混焼に加え、船舶や工業炉等への用途拡大も見込まれ、**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等が課題**。

<既存のアンモニアの市場規模>



<アンモニアサプライチェーンのイメージ>



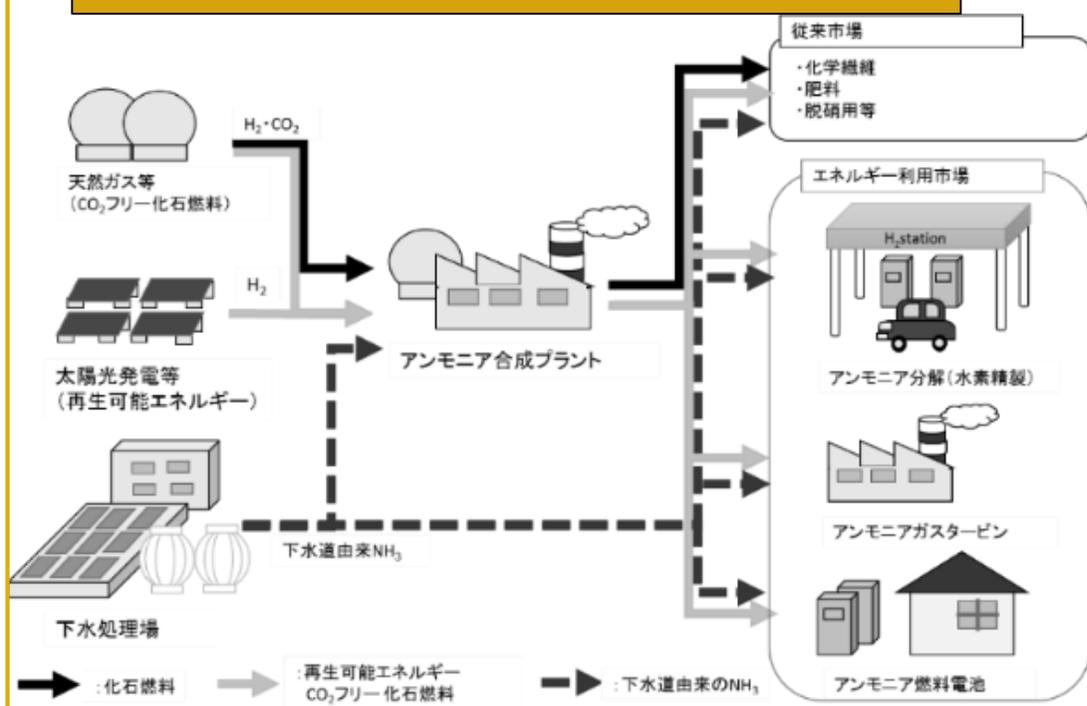
2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術

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-NH₃/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CO₂削減効果約56.1万t-CO₂/年と試算。

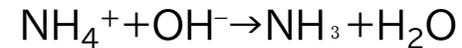
※出典：小島啓輔、加藤雄大、隅倉光博、川本徹 下水処理場における窒素由来のエネルギーポテンシャルの試算とその利用に関する考察,下水道協会誌,Vol58,No.708,pp.78-86,2021.

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、NH₄⁺とOH⁻を反応させNH₃を発生させる手法。高水温・高pHの条件により反応が進む。



(亜臨界水処理)

・水の気液共存線の臨界点(374 °C、22.1 MPa)があり、この温度・圧力よりもやや緩和である高温、高压の水(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。

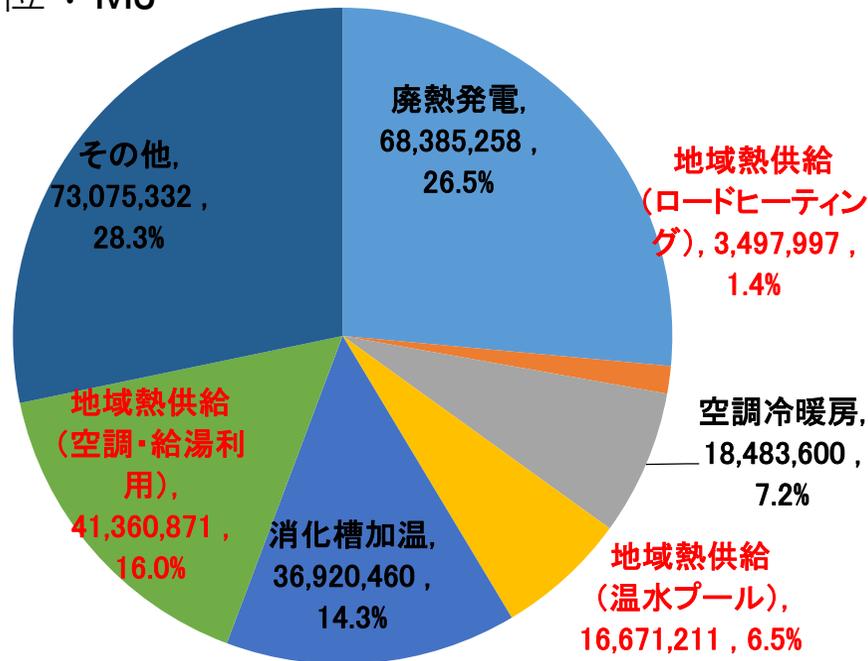
2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術

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を取り組まれている。
- 焼却廃熱は、場内利用だけではなく、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 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

2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術

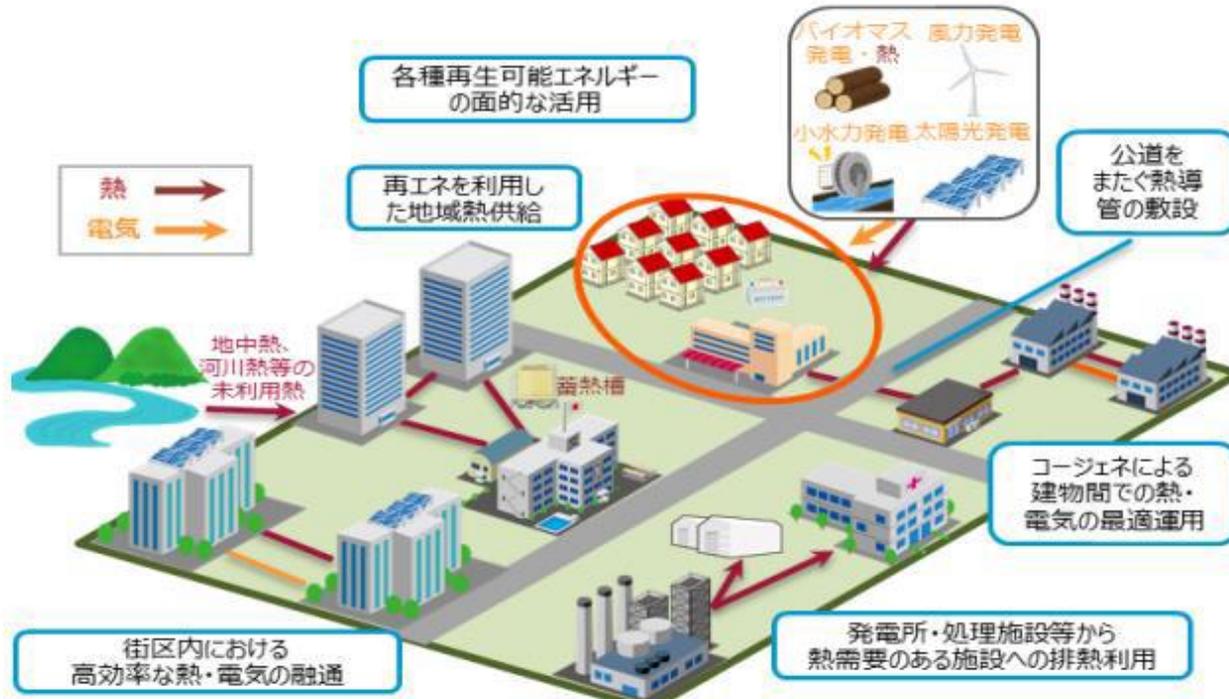
1. 技術開発の動向について ④他分野との連携 熱・バイオガス利用

○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CO₂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
- 具体化するべき政策手法： 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

	2020年	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
	循環経済への移行								循環経済への移行も進めつつ、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
Recovery	<ul style="list-style-type: none"> ○エネルギー回収の高度化・効率化 焼却施設の運転効率向上、生活系生ごみの大規模バイオガス化技術の確立、発電効率向上、バイオマス資源（下水道バイオマス・伐採木等）の活用拡大 						メタン発酵エネルギー回収の向上、消化液等の有効活用	有機性廃棄物の一体処理によるコスト低減策の検討	先進事例の横展開、低コスト化
	<ul style="list-style-type: none"> ○回収したエネルギー利用の高度化・効率化 排熱利用型地域熱供給、オフライン熱輸送の向上等 						エネルギー回収の全体効率の向上策、導入拡大策の検討	低コスト化	
	先進事例の横展開								

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

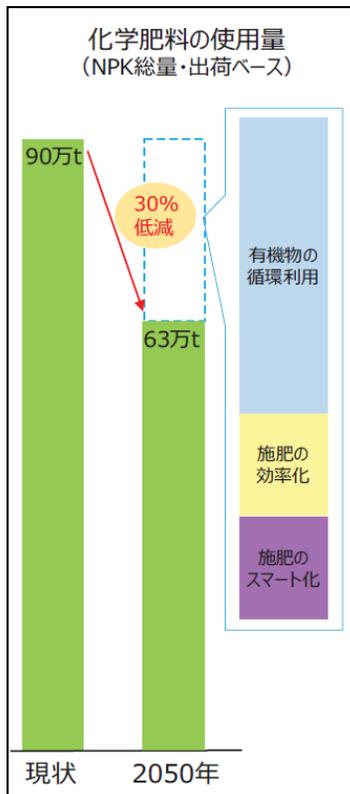
1. 技術開発の動向について ④他分野との連携 農業等利用技術

- 「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。

化学肥料の低減に向けた取組

目標

・2050年までに、輸入原料や化石燃料を原料とした**化学肥料の使用量を30%低減**。



1 有機物の循環利用

たい肥の投入による生産性の向上を実証し、農家のたい肥利用を促進するとともに、たい肥の高品質化・ペレット化技術等の開発や広域流通なども進め、耕種農家が使いやすいたい肥等がどこでも手に入る環境を整備することで、たい肥等による化学肥料の置換えを進める。

目標達成に向けた技術開発

- ・たい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(リン)の低コスト回収技術

目標達成に向けた環境・体制整備

- ・たい肥による生産性向上効果を現場で実証しつつ取組を拡大[持続可能な生産技術への転換を促す仕組みや支援を検討]
- ・地域の有機性資源の循環利用システムの構築 (たい肥の高品質化・ペレット化、たい肥を原料とした新たな肥料の生産、広域流通体制 等)

2 施肥の効率化・スマート化

土壌や作物の生育に応じた施肥や作物が吸収できる根圏への局所施肥等で施肥の無駄を省き効率化するとともに、データの蓄積・活用により最適な施肥を可能にする「スマート施肥」を導入する。

目標達成に向けた技術開発

- ・ドローンや衛星画像等を用いて、土壌や作物の生育状況に応じて精密施肥を行う技術
- ・土壌や作物などのデータを活用したスマート施肥システム
- ・有機物なども活用した新たな肥効調節型肥料、土壌微生物機能の解明と活用技術

目標達成に向けた環境・体制整備

- ・土壌分析に基づく施肥の実践、ドローン等を用いた精密施肥技術の現場実証や農業者への機械導入
- ・土壌や作物などのデータを地域や各システムを越えてビッグデータ化
- ・スマート施肥システムによるデータに基づく最適施肥の実現

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

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、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

①処理水
栄養塩を含んだ処理水を利用した
水稻や海苔養殖※等



※海苔養殖等に配慮し、成長期の冬に
栄養塩を多く供給

②肥料
下水汚泥を発酵して肥料化



③熱・CO2
CO2をハウス内での栽培に活用



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 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している。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。

⑪カーボンリサイクル・マテリアル産業

●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

(カーボンリサイクル)の成長戦略「工程表」・具体化するべき政策手法：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

※代表事例を記載	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
●分離回収 コスト目標 (/CO ₂ t) 低圧ガス： 30年 2千円台 高圧ガス： 30年 千円台 DAC： 50年 2千円台 目標規模 50年 世界で約25億 CO ₂ t	○排ガス由来	・高効率なCO ₂ 分離回収技術を開発し、 コスト低減			・大規模実証		・更なるコスト低減による導入拡大	
	○大気由来 (DAC)	・ムーンショット型研究開発制度等を活用した、大気からのCO ₂ 直接回収 (DAC) 技術の研究開発 (エネルギー効率向上、コスト低減)					・実証による更なる低コスト化	・さらなる低コスト化・補助金等による導入拡大

79



固体吸収材



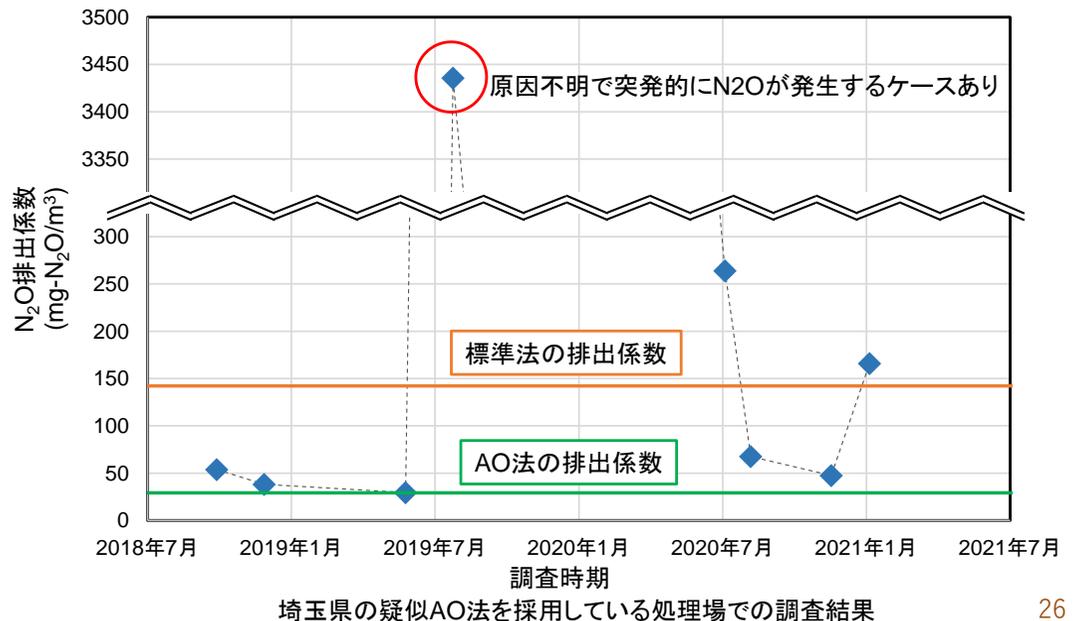
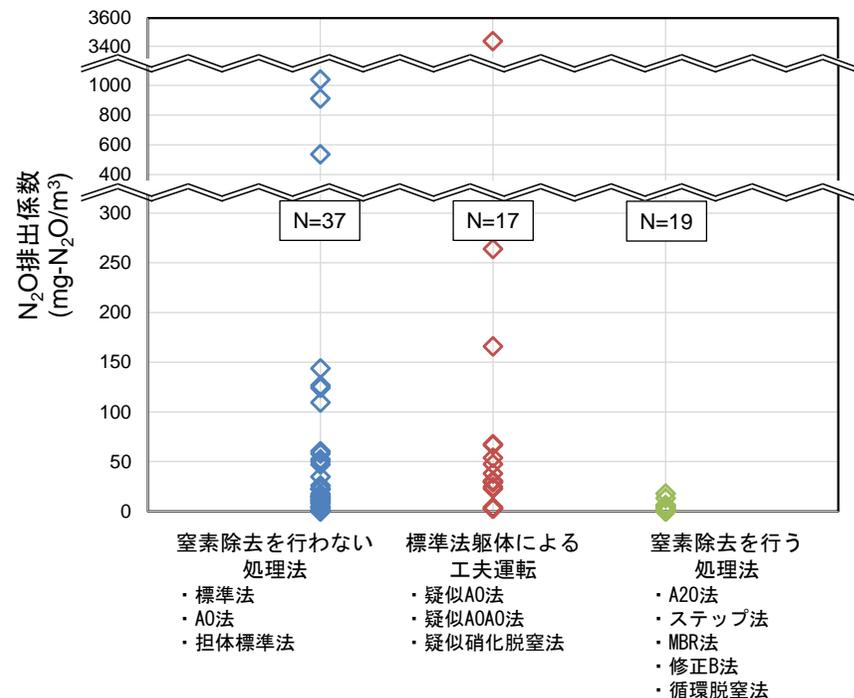
分離膜

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、標準法を疑似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、実態調査を行い、データの蓄積を進めていく。



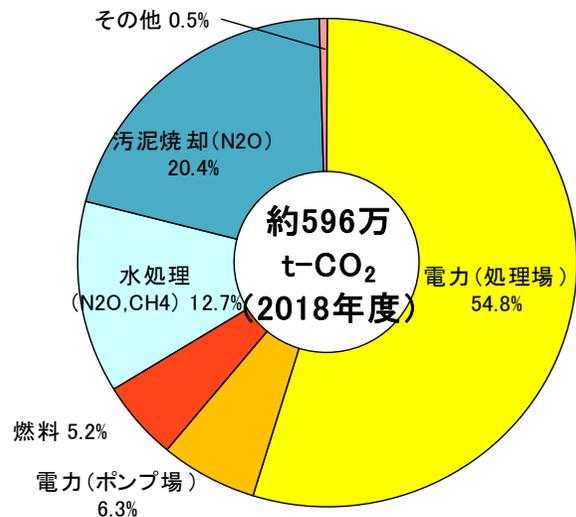
2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術

2. 技術開発のシナリオと試算 ①シナリオ

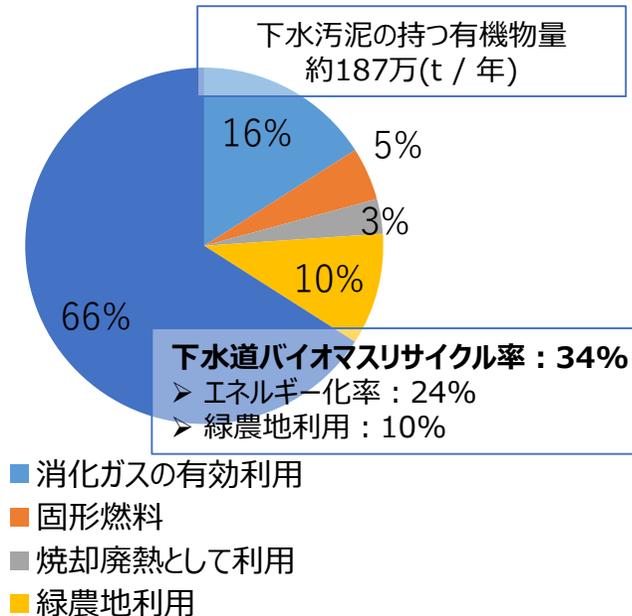
○2018年度時点で下水道からは約600万 t のCO₂が排出されている中で、下水道分野、他分野の技術開発の動向を踏まえ、2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術について、どの技術が導入されれば、どの程度削減に貢献できるのか、次のシナリオを検討し、削減効果の試算を実施。これにより、有為な技術分野が見える化する。

- ・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 (千GJ)	導入力所数
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

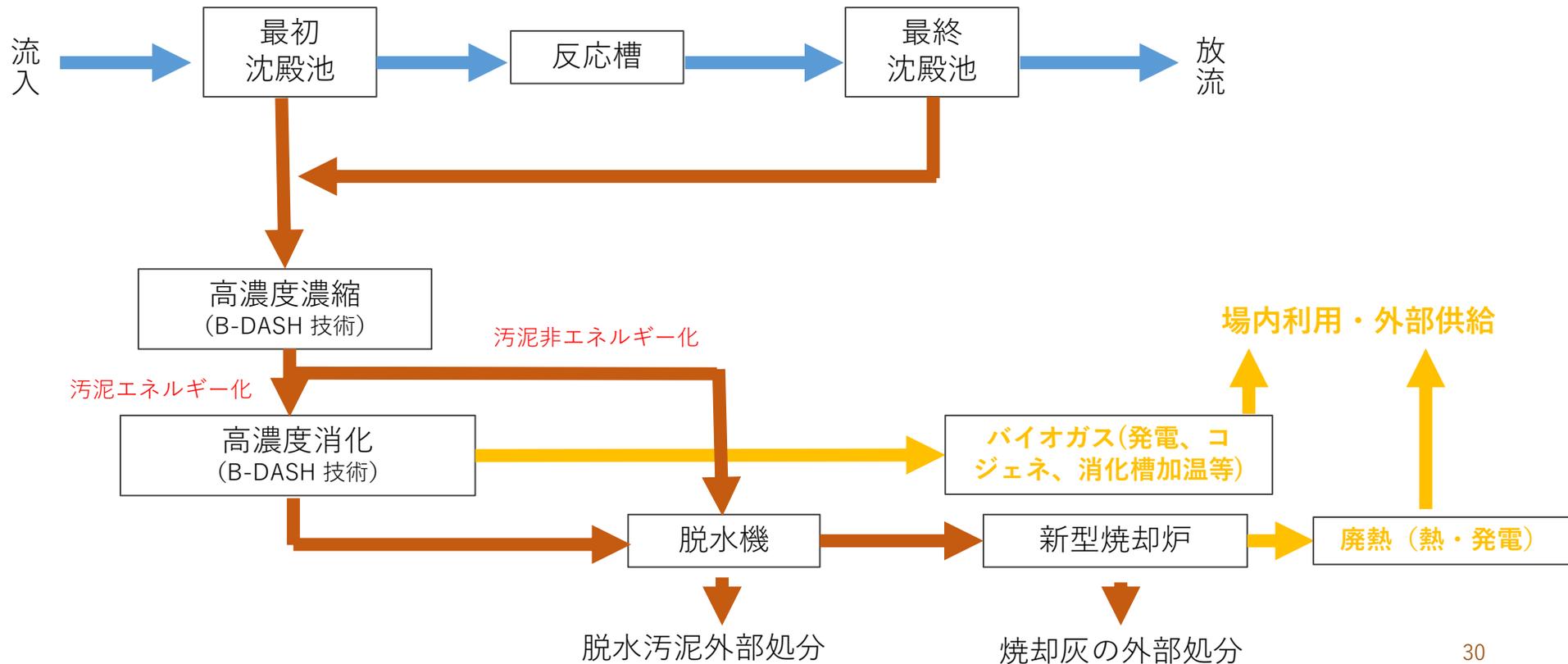
2. 技術開発のシナリオと試算 ①シナリオ

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CO₂排出量やN₂O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N₂O」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N₂O」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N₂O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乘せできるのか試算。

(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
- ⑥N₂O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

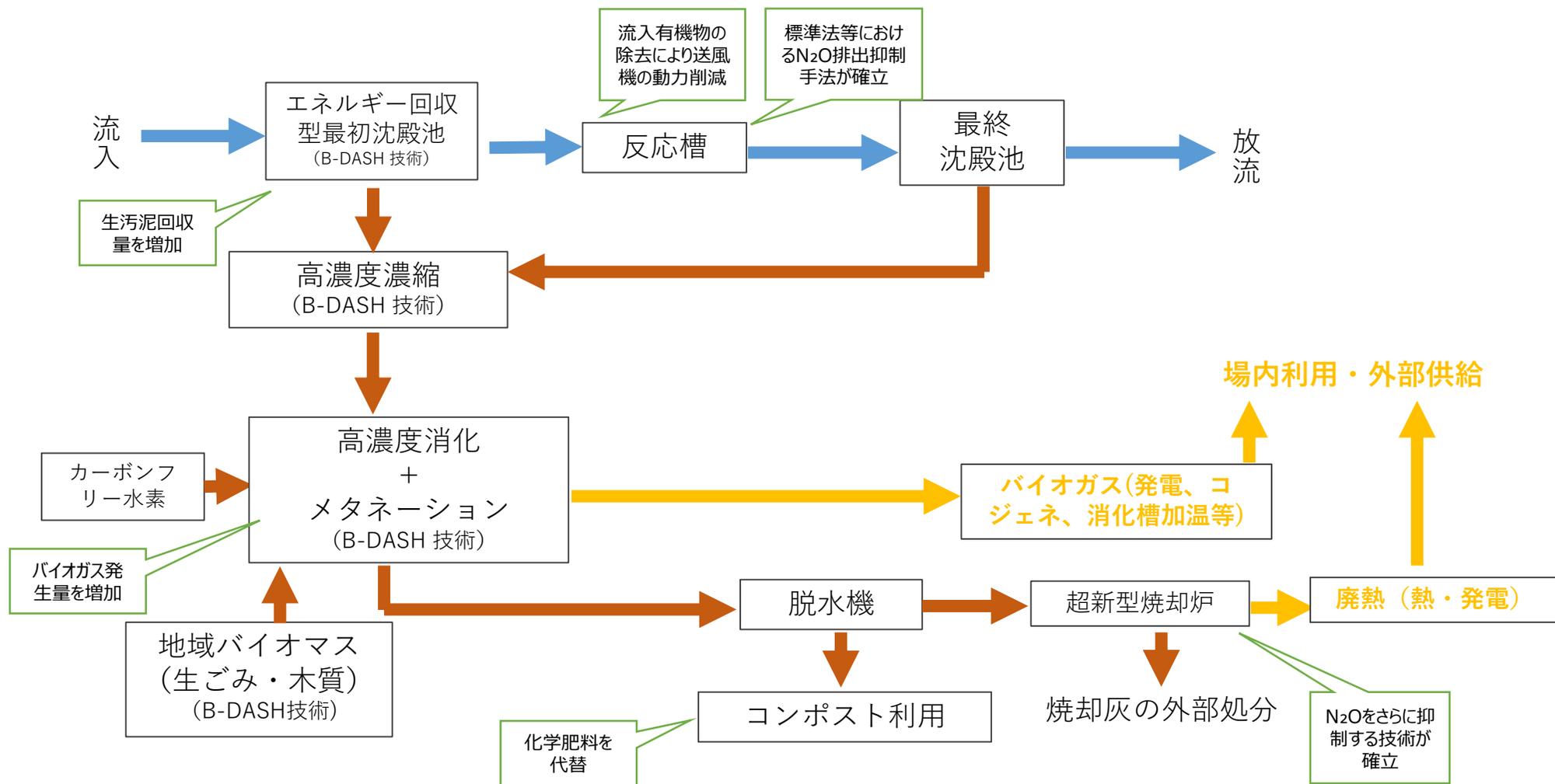
具体的な計算方法として

- 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CO₂排出量やN₂O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N₂O」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N₂O」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CO₂削減効果についても試算（社会への貢献）。

2050年カー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m ³ /年	146	119
1人当たり処理水量	m ³ /人/年	146.1	146.1
高度処理水量	億m ³ /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

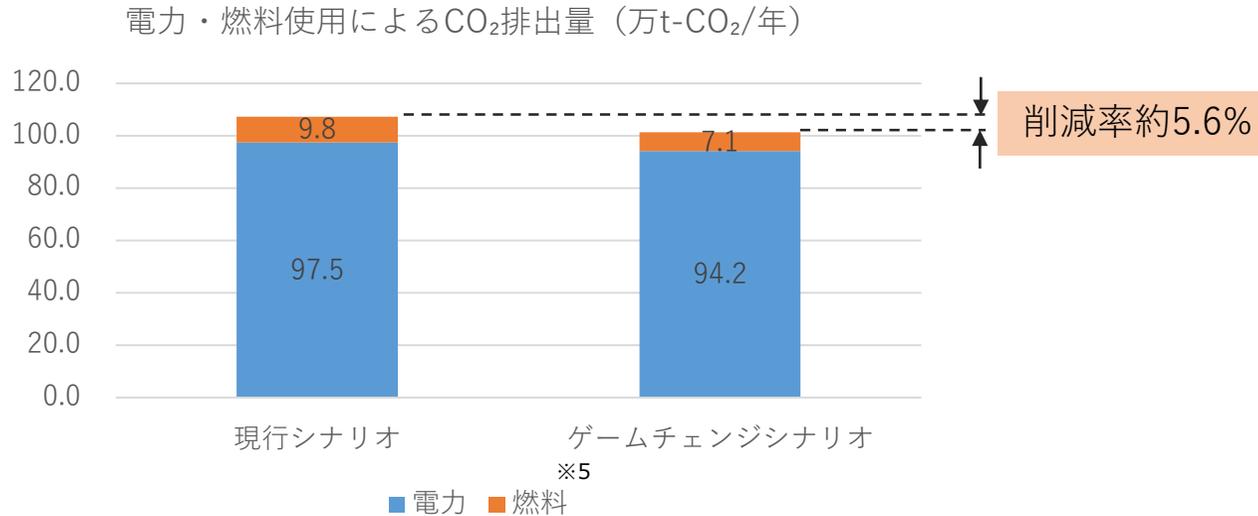
※1 国立人口問題研究所「日本の将来推計人口（平成29年7月推計）出生中位（死亡中位）推計値」から2050年の人口を抽出し、下水道人口割合は2020年度実績の80.1%で推移するとし、また2018年度の人口（実績）と下水道統計・汚泥有効利用調査の実績を入力から1人当たりの処理水量、発生汚泥量を算出して2050年度の処理水量、発生汚泥量を推計した。

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り、燃料由来CO₂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-CO₂/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

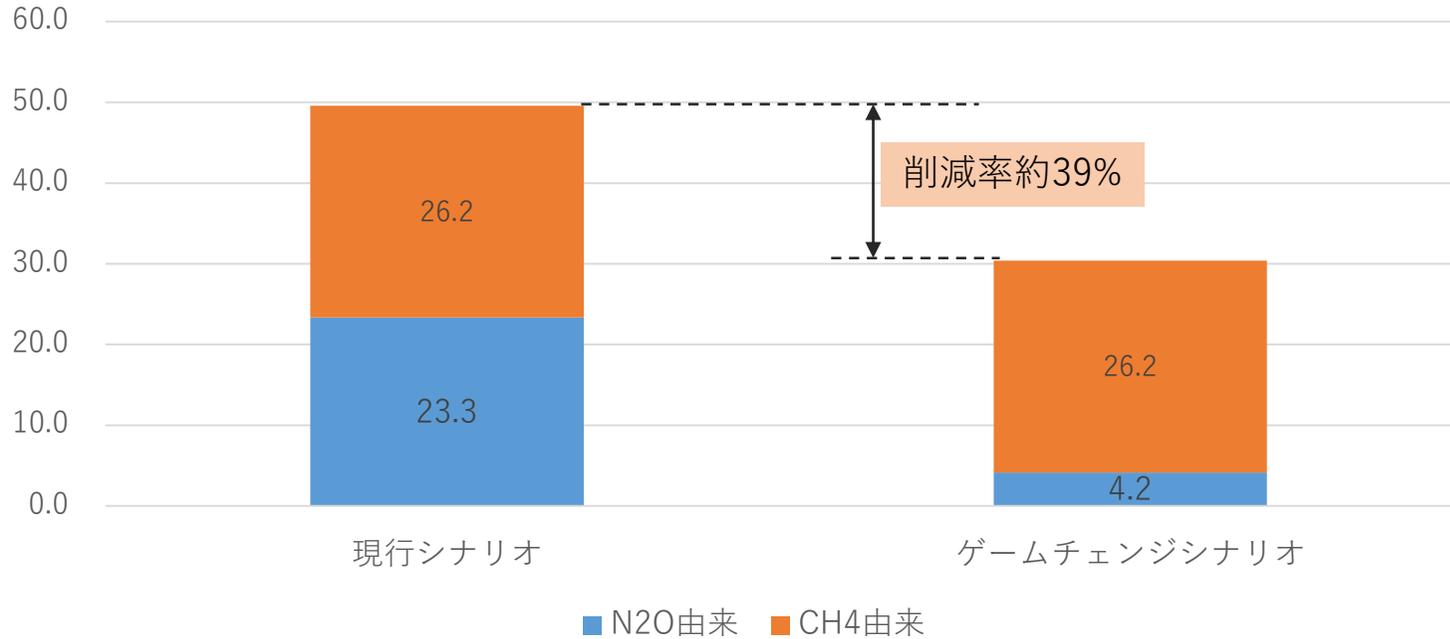
※3 H23B-DASH技術 (超高効率固液分離)

※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

水処理からのGHG排出量 (万t-CO₂/年)



(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。

「N₂O排出量 = 高度処理水量 × A2O法のN₂O排出係数 + 高度処理以外の処理水量 × 標準法のN₂O排出係数」

「CH₄排出量 = 処理水量 × CH₄排出係数」

2. ゲームチェンジシナリオ

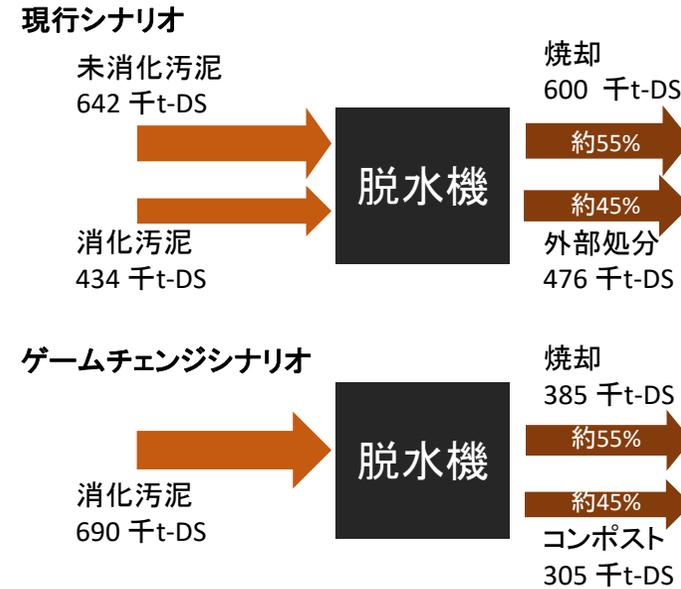
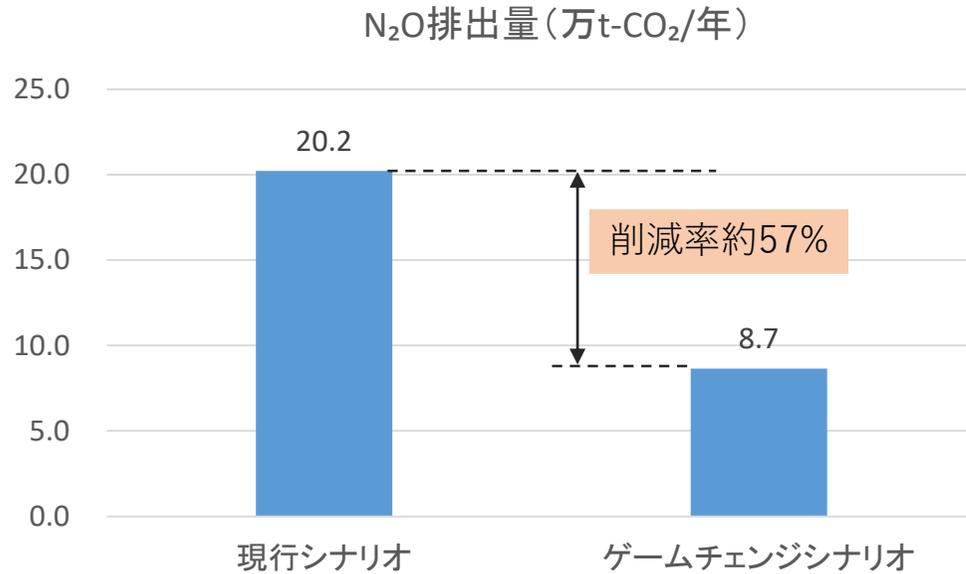
○排出抑制手法が確立し、N₂O排出係数が高度処理以外も高度処理並みの排出係数となるとして試算。

「N₂O排出量 = 処理水量 × A2O法のN₂O排出係数」

「CH₄排出量 = 処理水量 × CH₄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汚泥焼却に伴い発生する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。

$$[N_2O\text{排出量} = \text{焼却量} \times 800\text{度の排出係数} \times 0.15^{*3}]$$

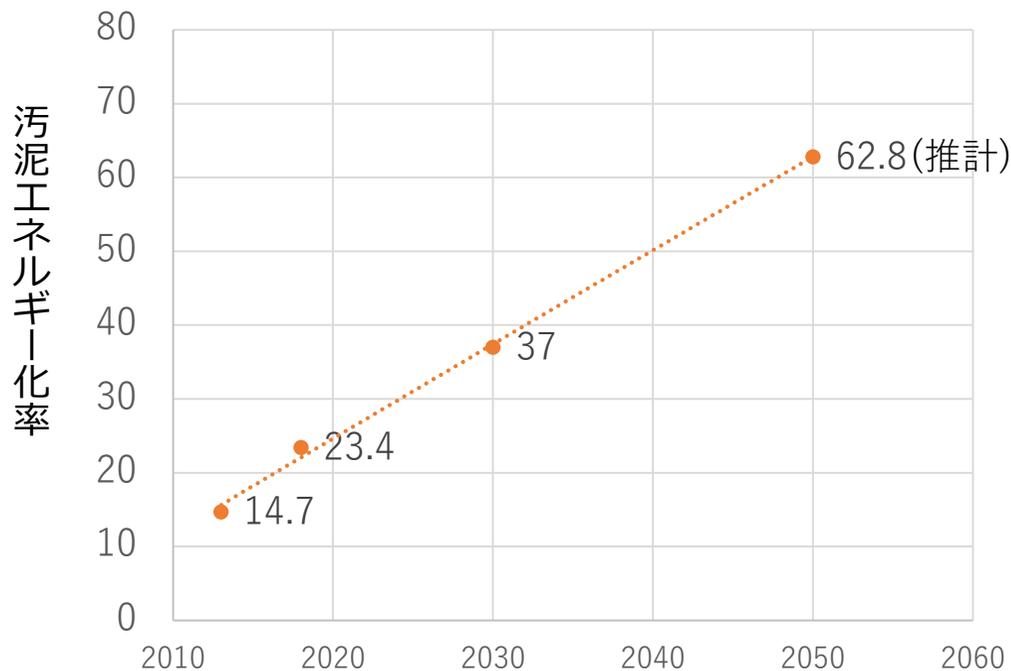
2. ゲームチェンジシナリオ

- 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。

$$[N_2O\text{排出量} = \text{焼却量} \times 800\text{度の排出係数} \times 0.1^{*4}]$$

※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N₂O排出量) を参照。
 ※4 メーカーヒアリング等から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-CO₂/kWhを用いてCO₂に換算。

※1 H30B-DASH (富士市) の実績データの中での最良値

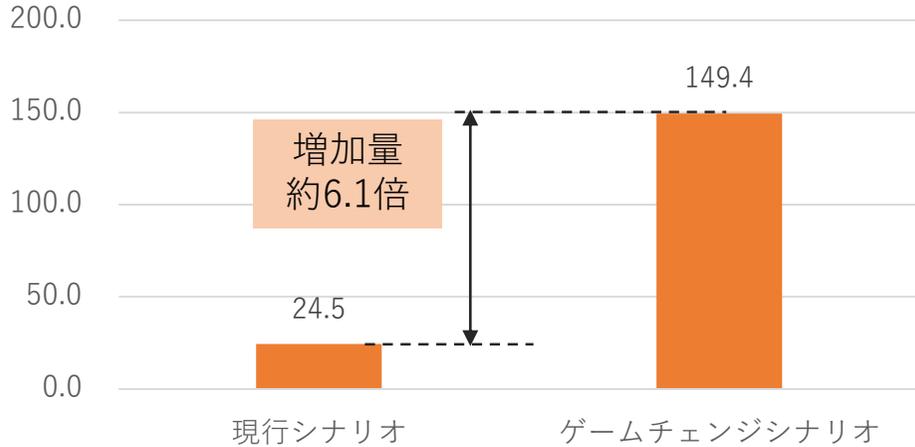
※2 下水道事業におけるエネルギー効率に優れた技術の導入について (平成29年9月 下水道事業課長通知)

※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。

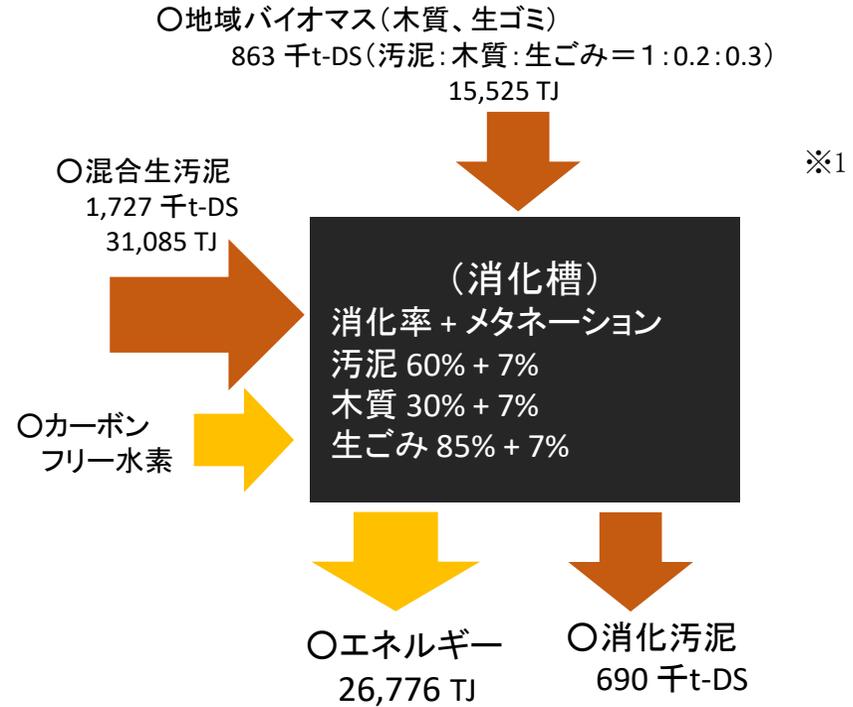
2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術

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)

消化創エネによる削減量 (万t-CO₂/年)



ゲームチェンジシナリオ



(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CO₂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-CO₂/kWhを用いてCO₂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：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

P₂O₅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

P₂O₅：17.9千t × 28.6MJ/kg^{*3} = 510 TJ

- ⑥削減エネルギー量 = ⑤ - ③

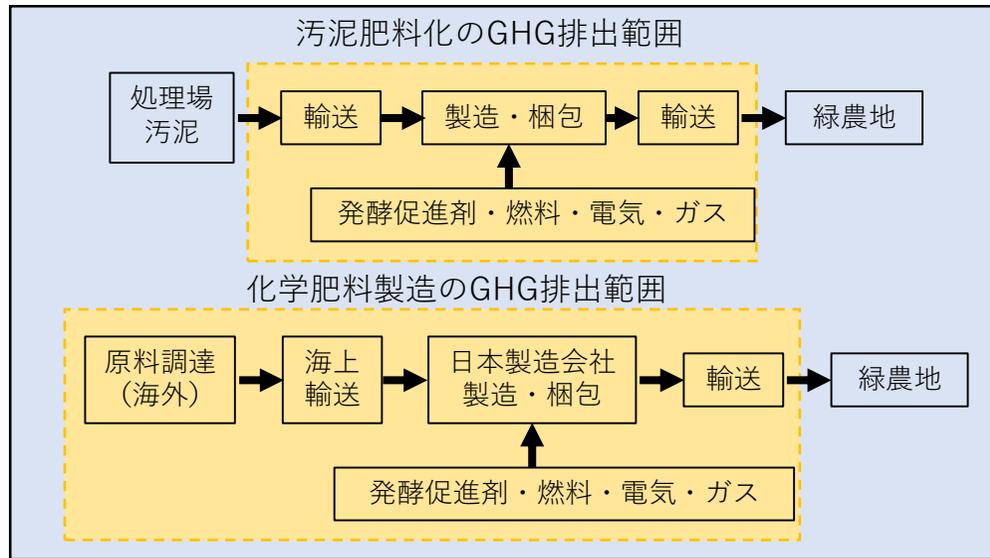
(533TJ + 510TJ) - 728TJ = 315 TJ

- ⑦A重油換算のCO₂削減量 (汚泥肥料による化学肥料代替効果)

315TJ × 0.0693kg-CO₂/MJ = **2.2 万t-CO₂**

* 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-CO₂/t**



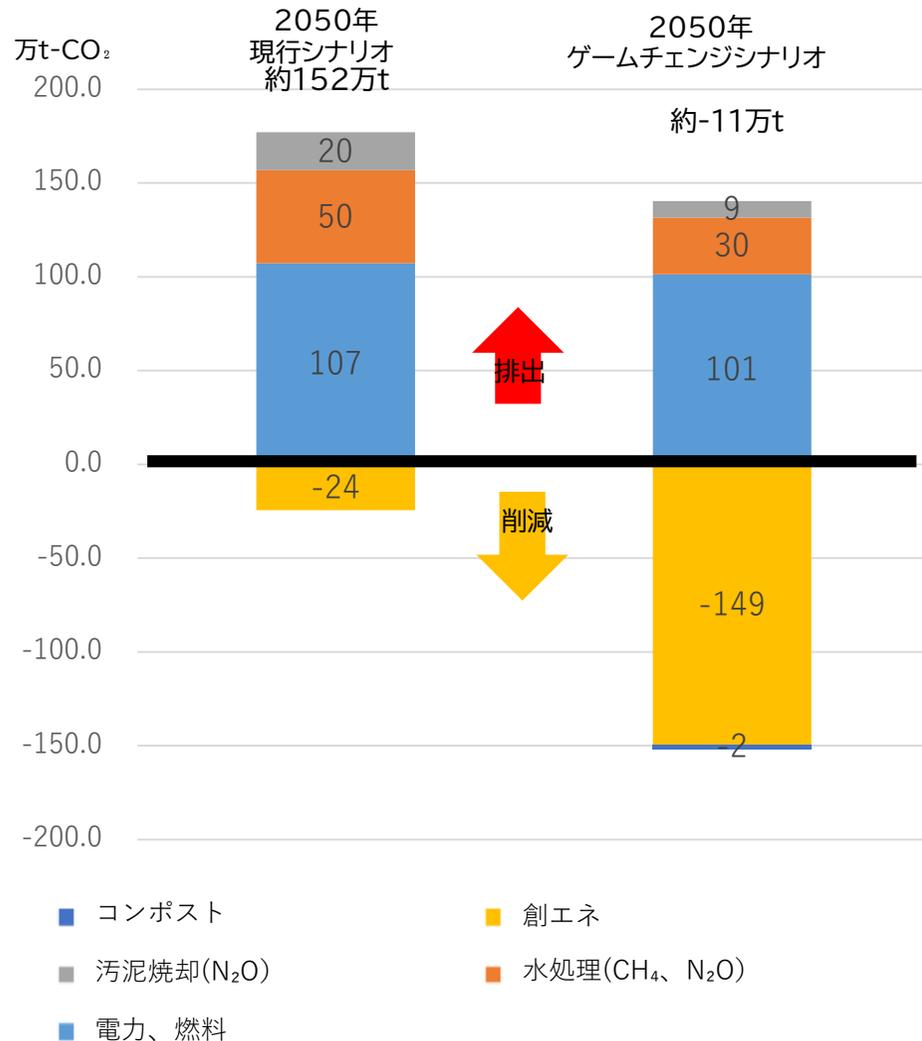
*1 佐賀市上下水道 肥料の有料販売 (<https://www.water.saga.saga.jp/main/104.html>)

*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

2050年カー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(CO₂ベース)



※電力由来の排出係数0.25kg-CO₂/kWhを使用

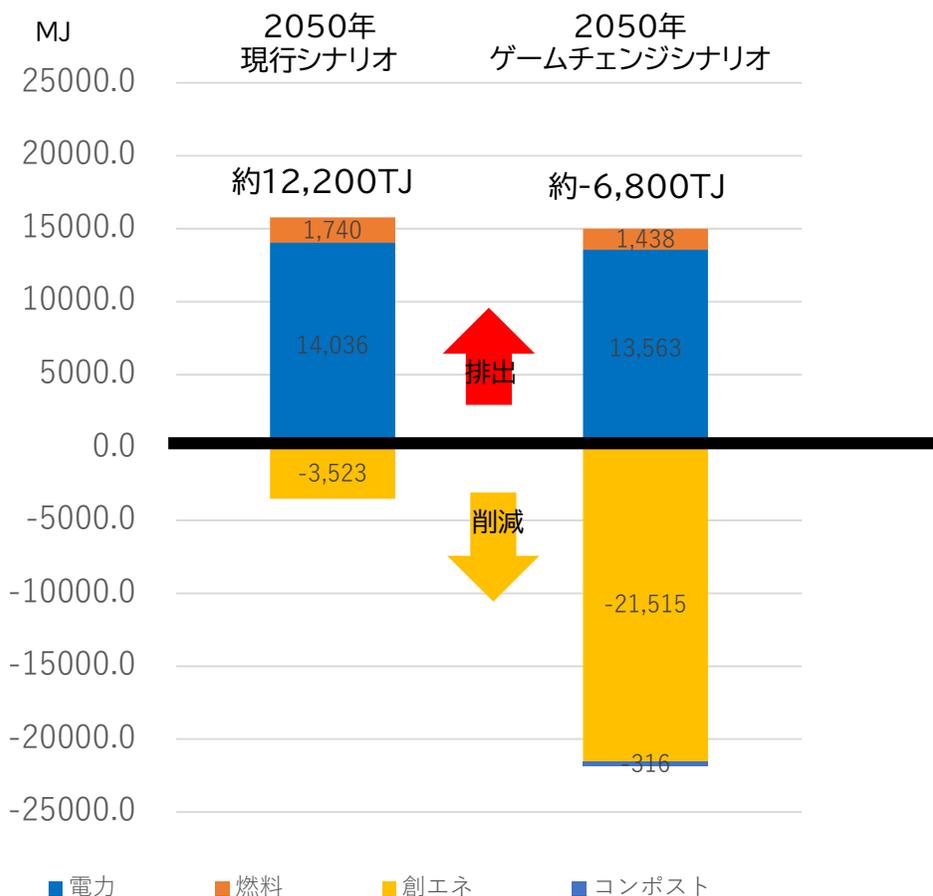
- 現行シナリオは約152万 t の排出量であったものの、ゲームチェンジシナリオでは約 **-11万 t** の排出量となった。
- シナリオ別の試算から次の取組の効果がカーボンニュートラルの実現への貢献度の高いことが確認できた。
 - ・水処理・汚泥処理のエネルギーをシステム一体で改善すること
 - ・生ゴミ等の地域バイオマスを含めて一体的に有機性廃棄物処理を行うこと
 - ・消化の促進やCO₂、カーボンフリー水素を活用した徹底的なバイオガス生成を行うこと
 - ・バイオガス発電廃熱などの熱をフル活用すること
 - ・水処理・汚泥処理に伴い発生するN₂Oの抑制対策を行うこと
 - ・コンポス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。
 ※個別処理場を見た場合、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)



○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。

※本資料の試算は速報値であり精査中です。