

カー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)

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、N₂O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。

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ている。

(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と考える。
- ・水処理におけるN₂O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CO₂削減効果ではなく、社会全体でCO₂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。
- ・CO₂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。

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)

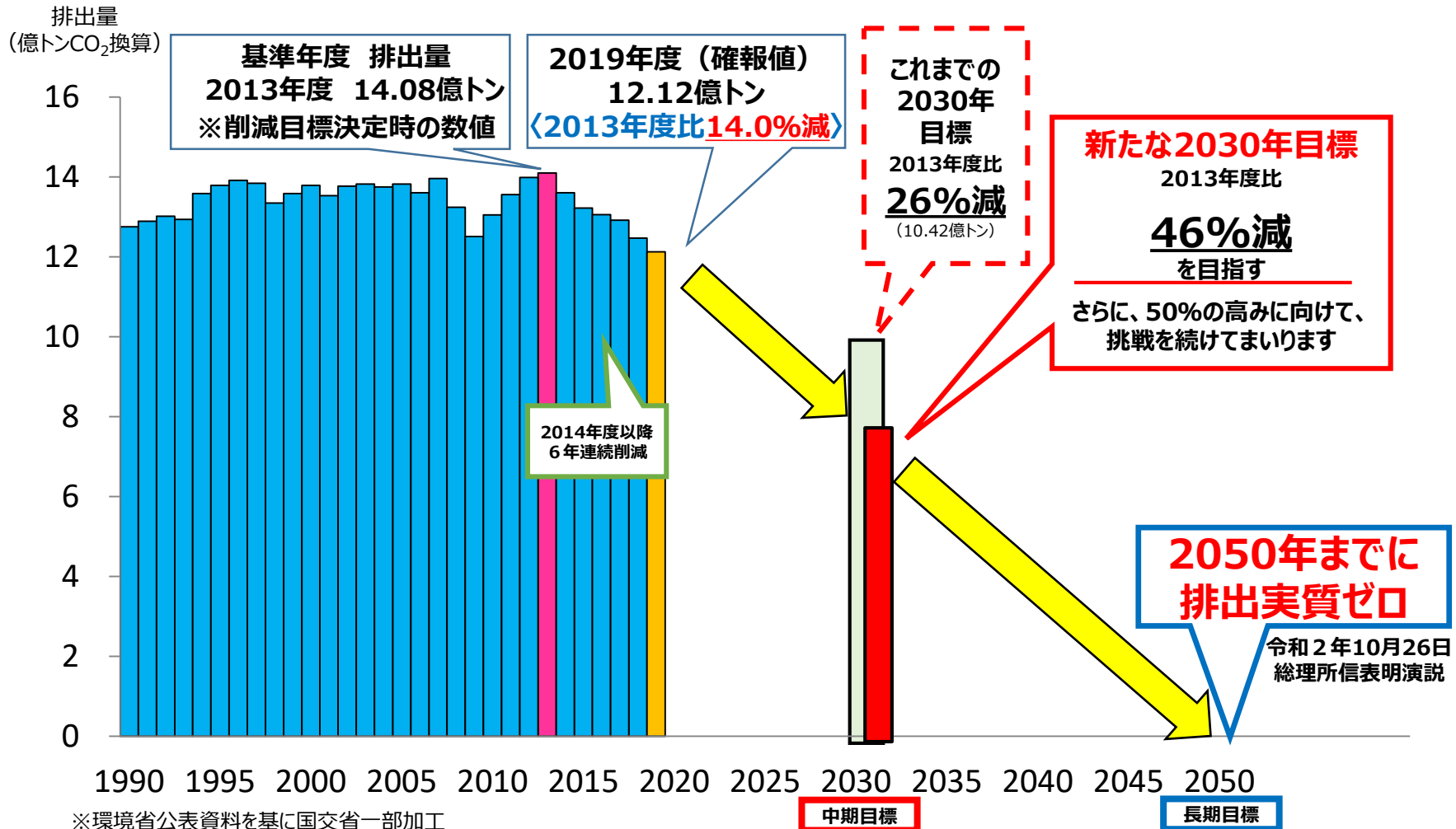
- ・消化ガス発電の効率は、現状では40%程度。廃熱を十分に利用する必要がある。
- ・廃熱利用ができる場所にて発電するなど、技術開発とともに、社会の仕組みを考える必要がある。

※第3回エネルギー分科会についても後日反映

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。

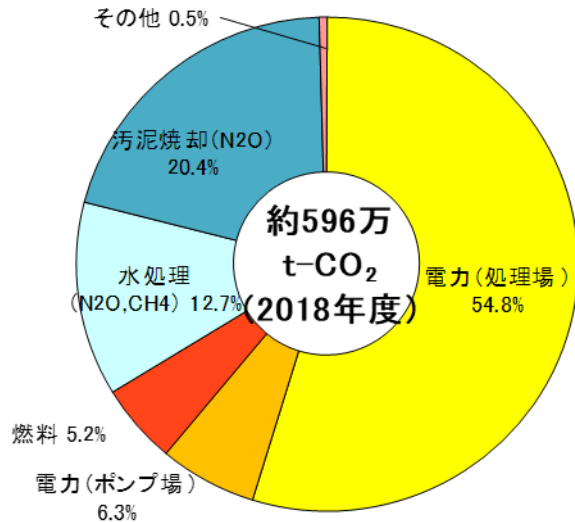


5. 下水道における温室効果ガス排出に関わる現状

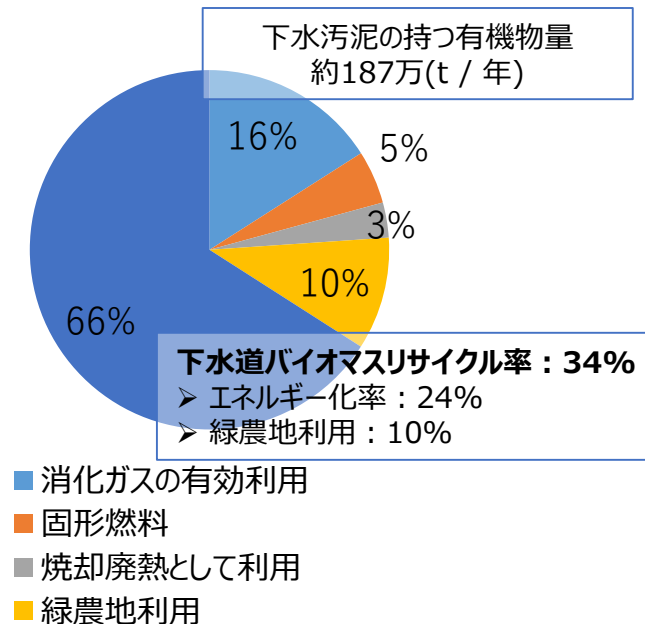
下水道分野における温室効果ガス排出削減とポテンシャルの活用

- ◆ 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-CO₂であり、日本全体の排出量約12.4億t-CO₂の0.7%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CO₂の排出
 - 汚泥の焼却過程でのN₂O排出
 - 水処理過程でのCH₄、N₂O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

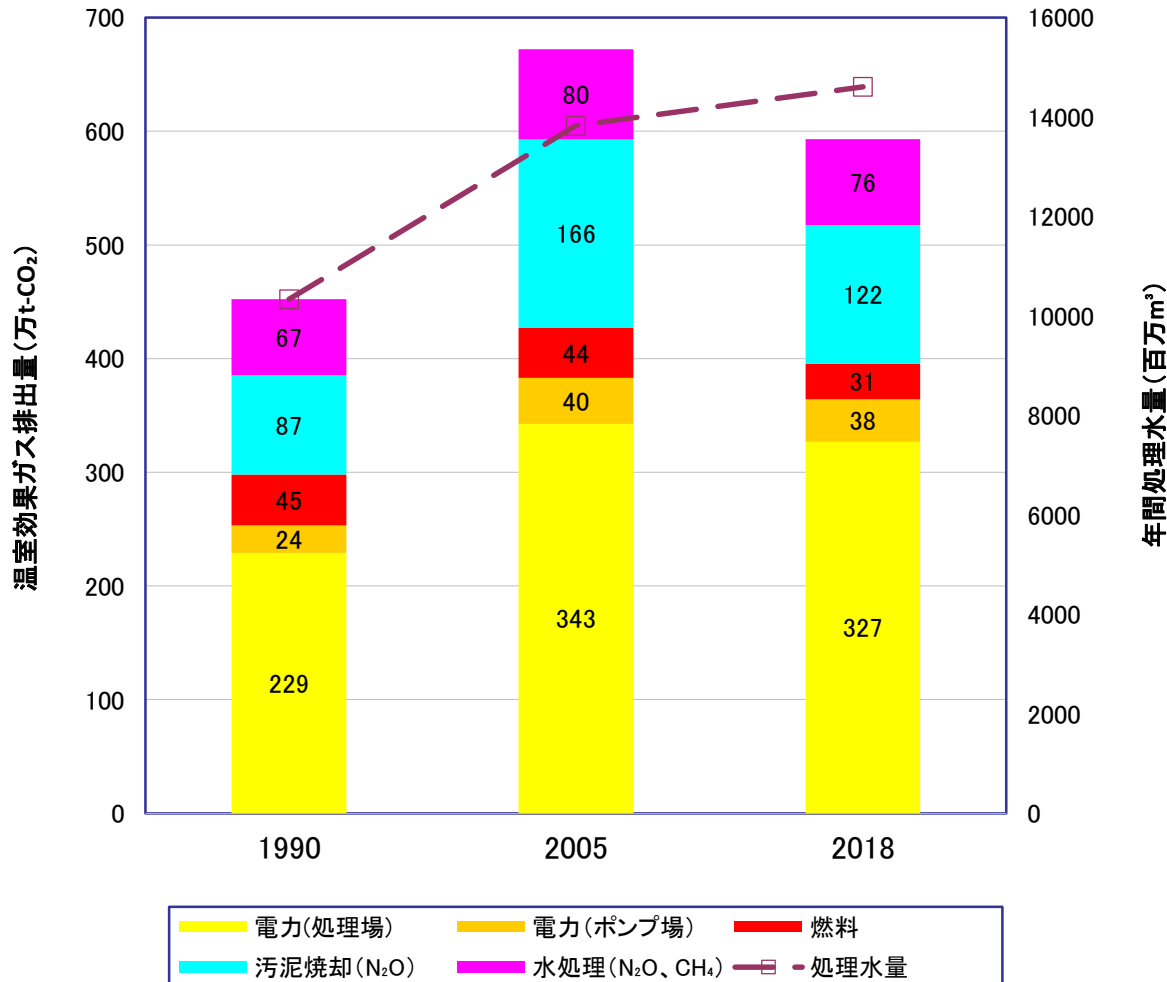


	発電量 (kwh)	導入力所数
太陽光:	約0.7億	110
小水力:	約0.02億	27
風力:	約0.07億	6
	発熱量 (発電量)	導入力所数
下水熱:	約90千GJ (約0.25億kWh)	32

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

◆ 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。



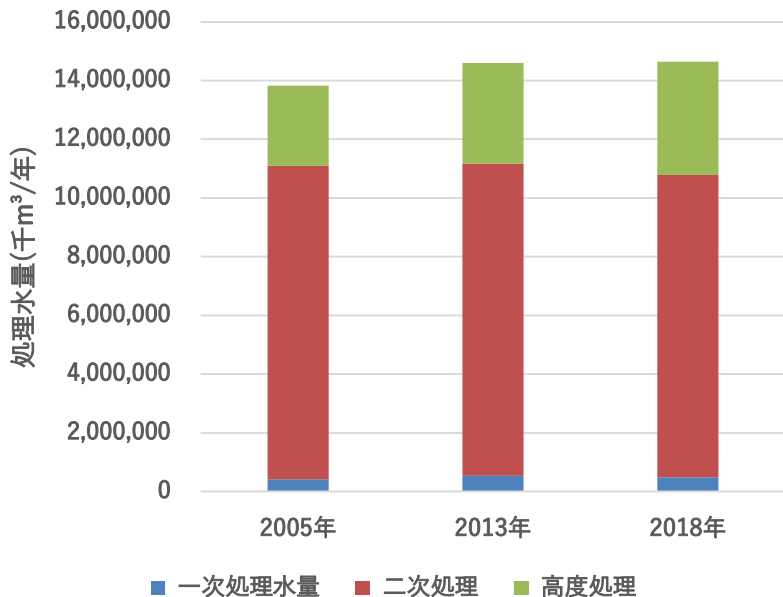
※国土交通省下水道部資料より

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

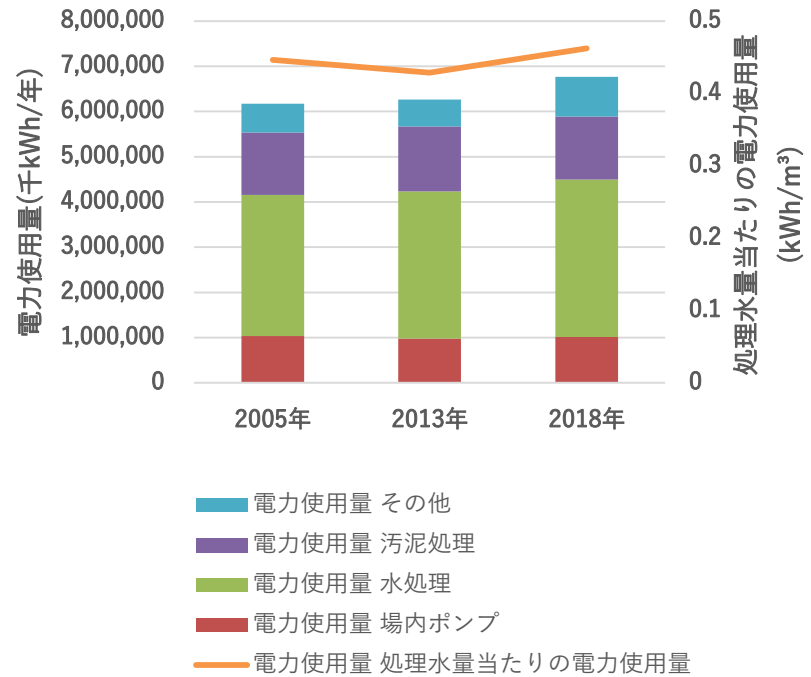
- ・処理場内の電力使用量は水量の増加に伴い増加しており、**処理水量あたりの電力使用量は横ばいからやや増加。**
- ・消費電力の大きい**高度処理の処理水量も増加傾向。**

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



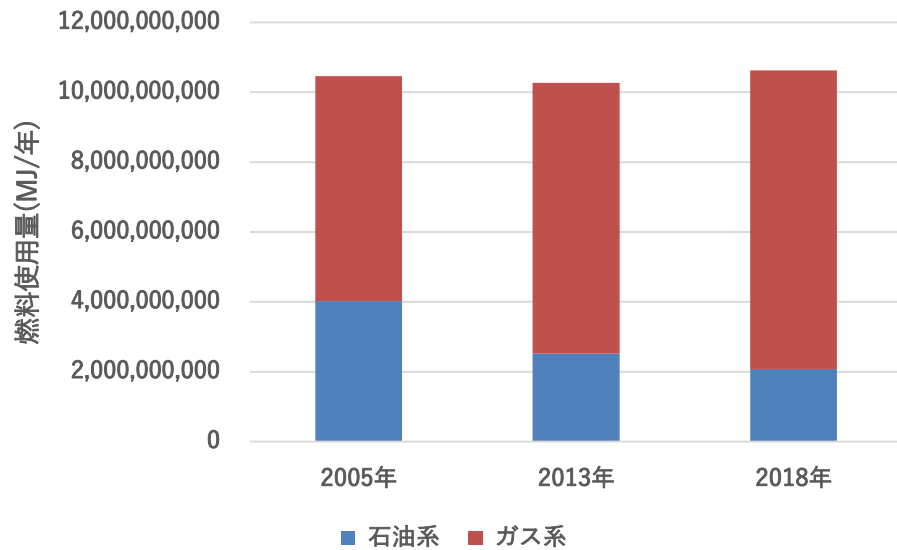
※H30下水道統計より

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

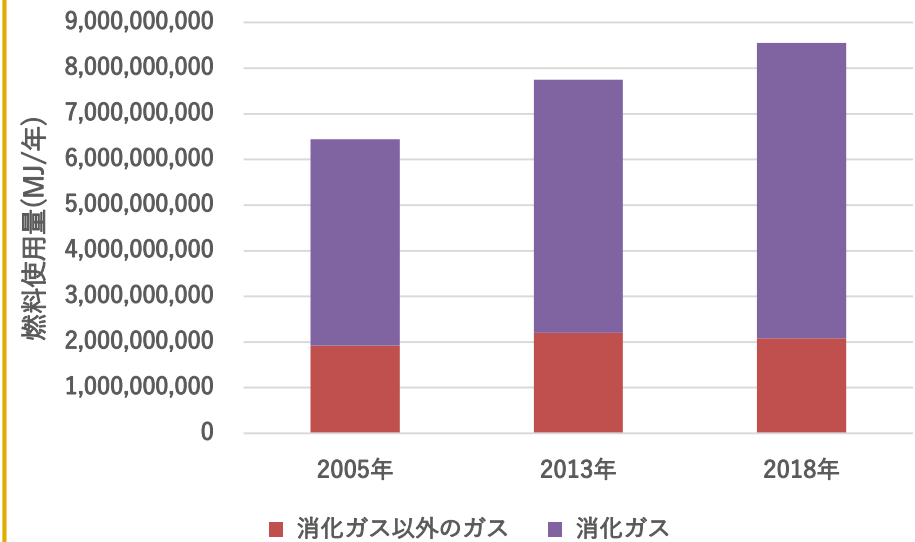
- 燃料使用量はほぼ横ばい。
- 内訳で見ると重油等石油系燃料利用が減少しており、ガス系の利用は伸びているが、消化ガス利用の割合が増加している。

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



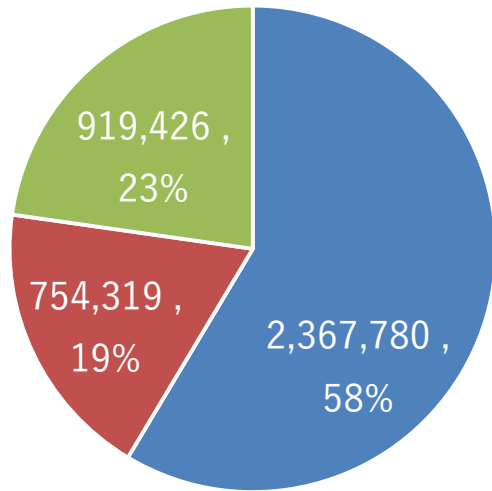
※H30下水道統計より

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

- ・処理場におけるCO₂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。

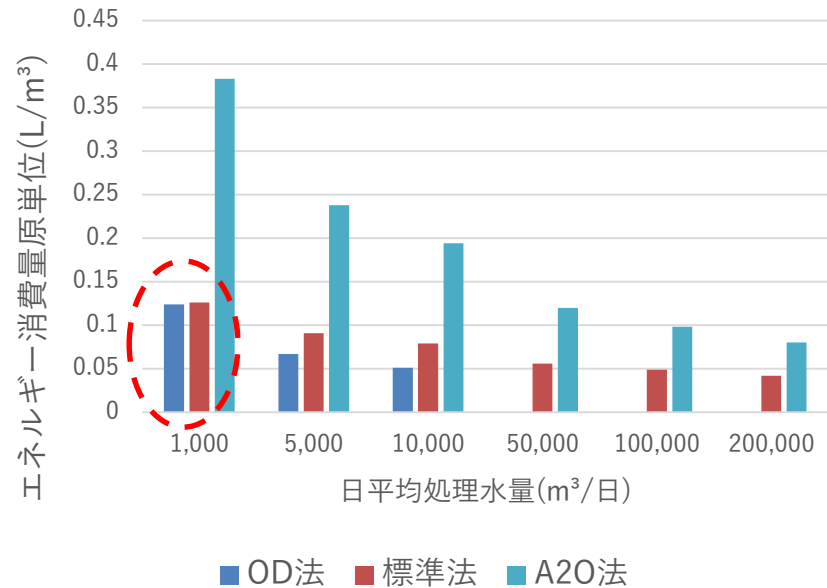
規模別CO₂排出量（処理場）



- 5万m³/日～
- 1万m³/日～5万m³/日
- ～1万m³/日

H30下水道統計に基づきエネルギー由来のCO₂を整理 (t/年)

処理方式別のエネルギー原単位

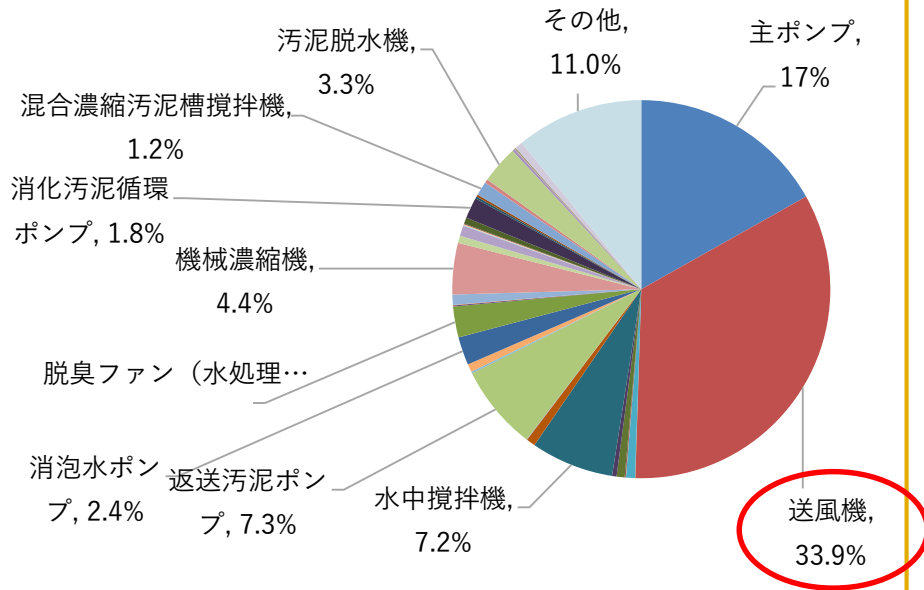


流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説
(平成27年1月) 掲載資料を基にグラフ作成

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

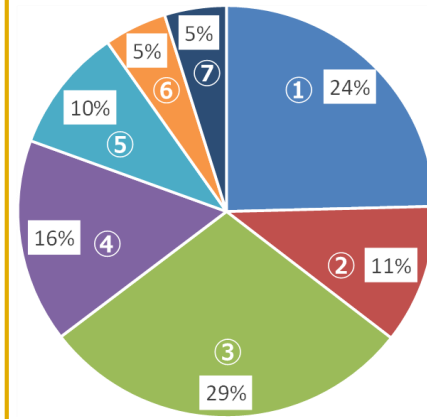
- 消費エネルギーの設備別の割合においては、**散気装置の性能を主に反映した送風機の割合が3割以上を占め最も大きい。**
- (公財) 日本下水道新技術機構の調査によれば、**省エネ対策の寄与率で大きいのは、送風機を含む反応タンク設備に関わる対策。** ※寄与率：同機構の調査の結果で得られた、対策項目ごとの消費エネルギー削減効果の割合

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

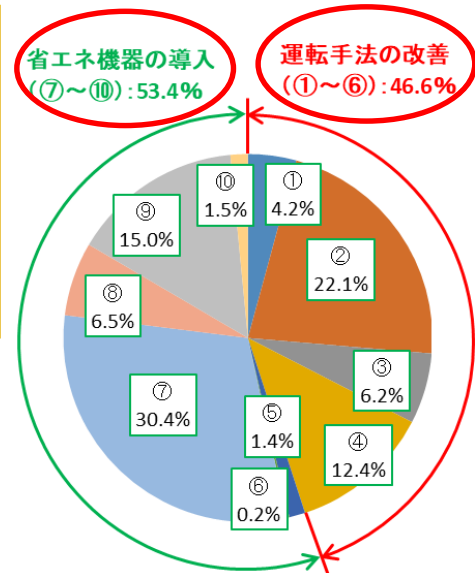
- <消費電力削減効果の算出方法>
- 送風量の適正化による消費電力の削減
 - 嫌気槽・無酸素槽の水中攪拌機を省エネ型攪拌機に変えることによる消費電力の削減
 - 好気槽の水中攪拌機を超微細気泡散気装置に変えることによる攪拌動力の削減と送風量低減による消費電力の削減
 - 従来型の散気装置を酸素移動効率32%の超微細気泡散気装置に変えることによる消費電力の削減
 - 省エネ型汚泥濃縮機の導入による消費電力の削減
 - 省エネ型消化タンク攪拌機の導入による消費電力の削減
 - 省エネ型汚泥脱水機の導入による消費電力の削減

※ (公財) 日本下水道新技術機構調査結果

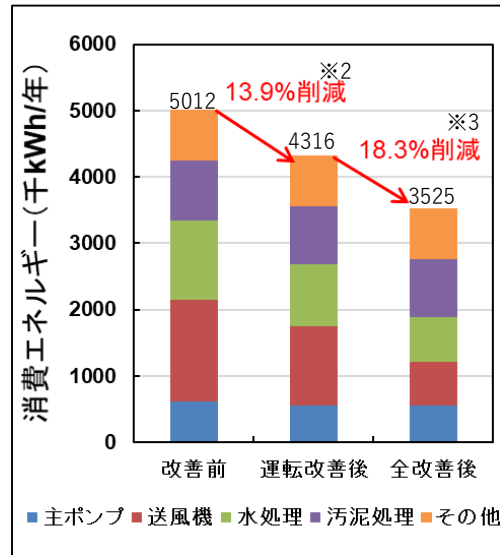
5. 下水道における温室効果ガス排出に関わる現状 効果的・効率的な省エネ対策

(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)	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攪拌機の間欠運転	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攪拌機の間欠運転	20.8	1.4% ⑤
		⑥混合汚泥貯留槽の腐敗防止プロウの冬季停止	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水中攪拌機 (嫌気槽) を省エネ型反応タンク攪拌機に更新	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	19,668m ³ /日 (流入比率0.61、施設能力32,000 m ³ /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

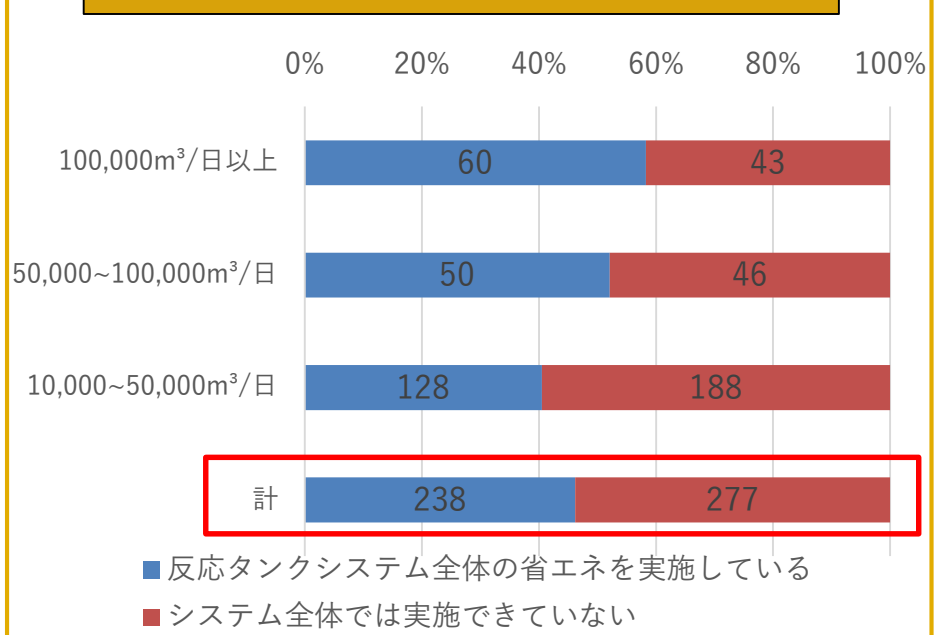
※1 寄与率：調査の結果で得られた、対策項目ごとの消費エネルギー削減効果の割合

※2 改善前を基準にした値
※3 運転改善後を基準にした値

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

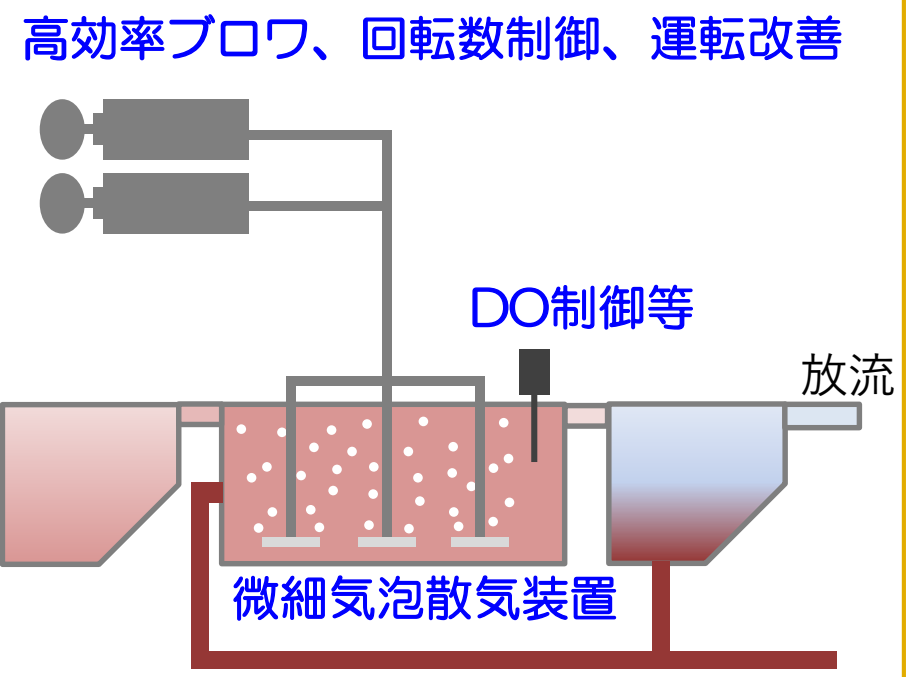


反応タンクの省エネ対策例

- ・ 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

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

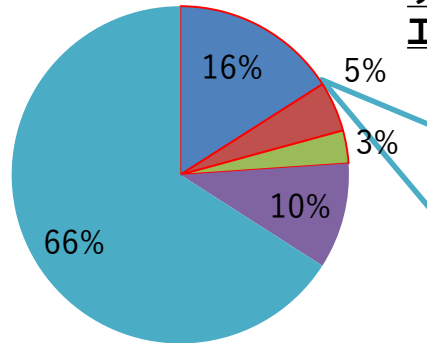


5. 下水道における温室効果ガス排出に関わる現状 創エネルギーの状況

- ・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

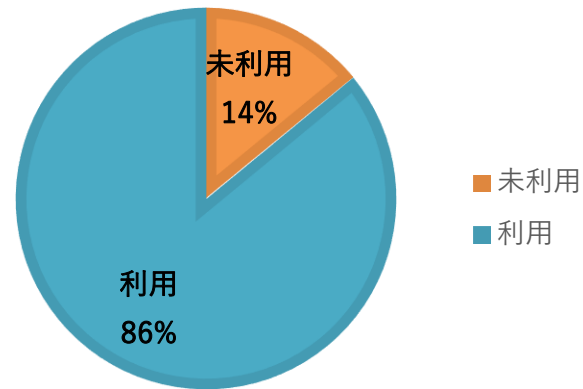
固形燃料化施設
➢ 20カ所

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



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

・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。

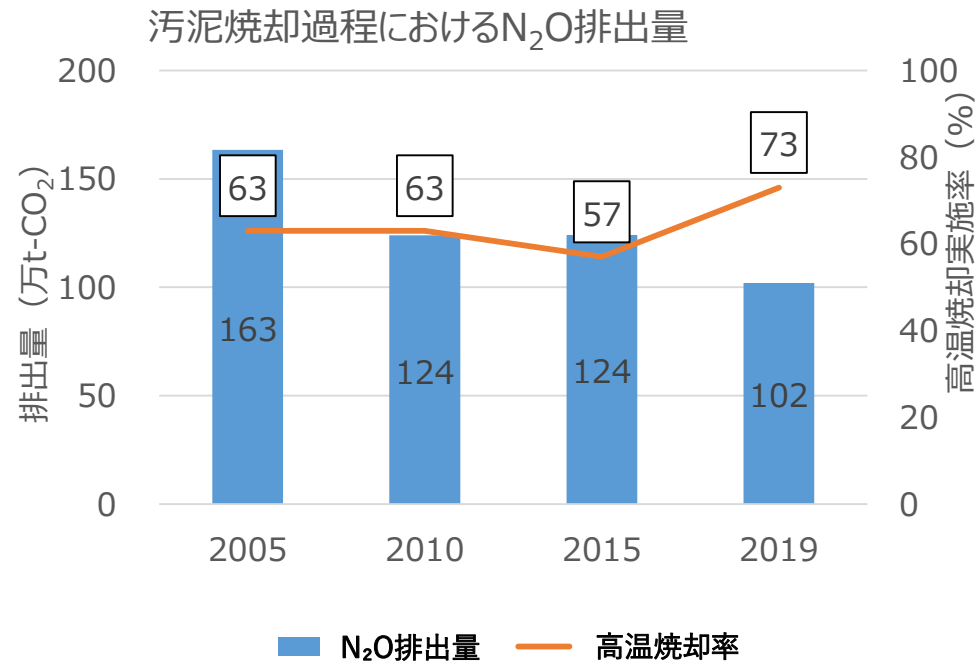
※2：調書によるポテンシャル調査にて作成

※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N₂O排出状況

- 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。

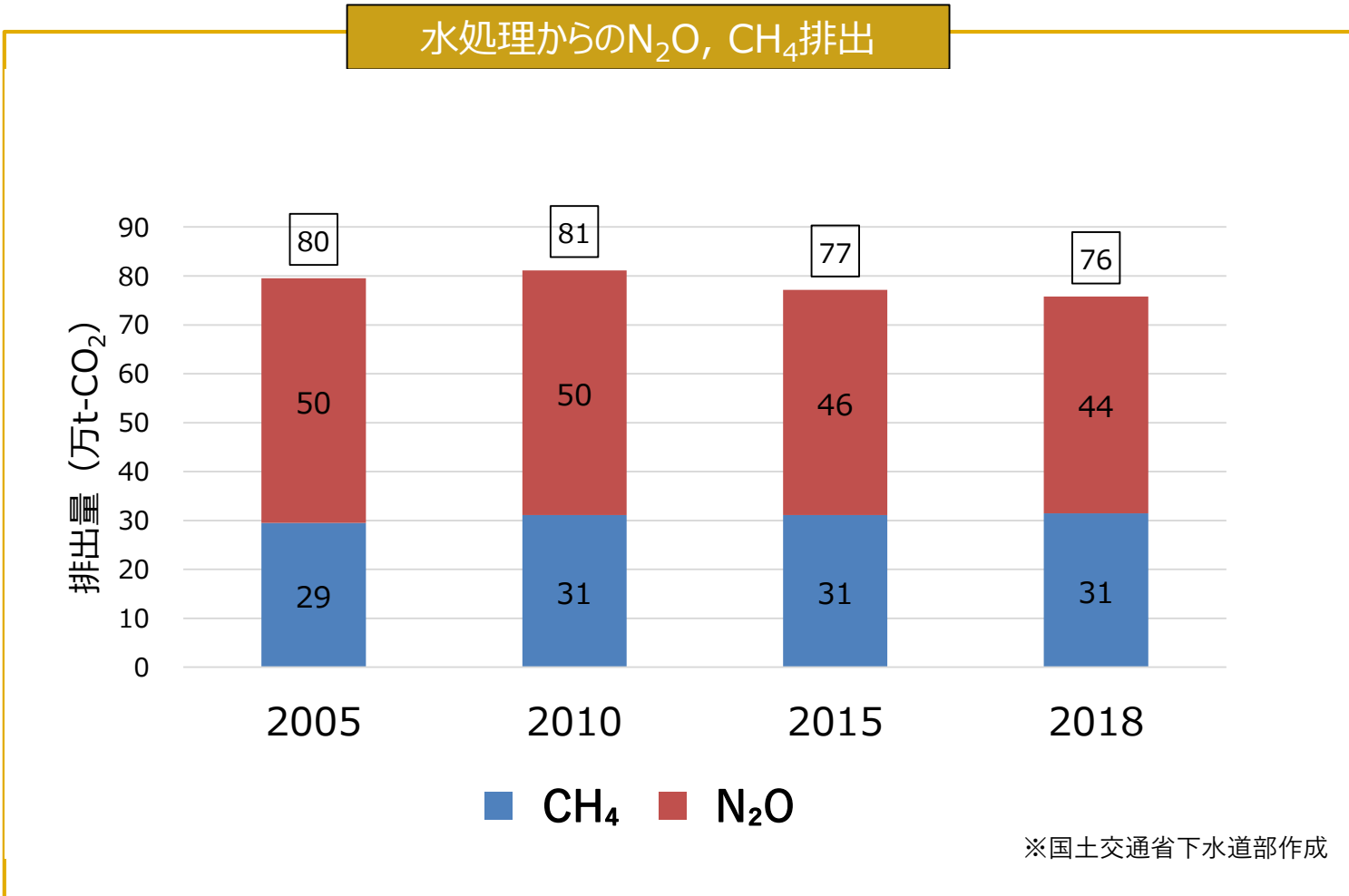
汚泥焼却におけるN₂O排出



※国土交通省下水道部作成

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

- 水処理過程において発生するN₂O、CH₄の排出量は横ばい。
- N₂O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。



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

	法制度	予算制度・ガイドライン等
省エネ	<p>省エネ法 (S54制定、H25改定)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 一定規模以上の事業者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。 	<p>ガイドライン</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 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) <p>予算制度等</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 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 ₂ O対策		<p>予算制度等</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 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N₂O排出削減が出来ることを前提) (H29)
創エネ	<p>下水道法改正 (H27)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 汚泥等の再生利用の努力義務化 	<p>ガイドライン</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 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) <p>予算制度等</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 下水道革新的技術実証事業 (B-DASHプロジェクト) (H23) ➢ 民間活カ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	<p>都市の低炭素化の促進に関する法律 (H24)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 民間事業者の下水熱利用に係る規制緩和 <p>下水道法改正 (H27)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 熱交換器設置の規制緩和 	<p>ガイドライン</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 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) <p>予算制度等</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 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CO₂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

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

- 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-CO₂**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-CO₂

・2030年度の全電源平均の電力排出係数：0.25kg-CO₂/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。

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

①省エネ	<p>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。</p> <ul style="list-style-type: none">・CO₂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 <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。</u>・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 <u>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。</u>・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、<u>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。</u>・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、<u>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</u>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	<ul style="list-style-type: none">・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、<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</u>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、<u>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</u>を推進する。・2030年目標を達成するために、引き続き<u>下水熱利用</u>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。

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

<p>③ 下水汚泥焼却に伴い発生するN₂Oへの対策</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2030年目標を達成するために、引き続き、<u>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</u>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、<u>焼却熱を有効活用</u>しエネルギーの自立化を促進する。
<p>④ 水処理に伴い発生するCH₄、N₂Oへの対策</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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
<p>⑤ 技術開発</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>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</u>を推進する。
<p>⑥ 下水道のシステム最適化</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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、<u>部分最適にとどまらず、システム全体で最適化を推進</u>する。 ・ <u>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</u>する。

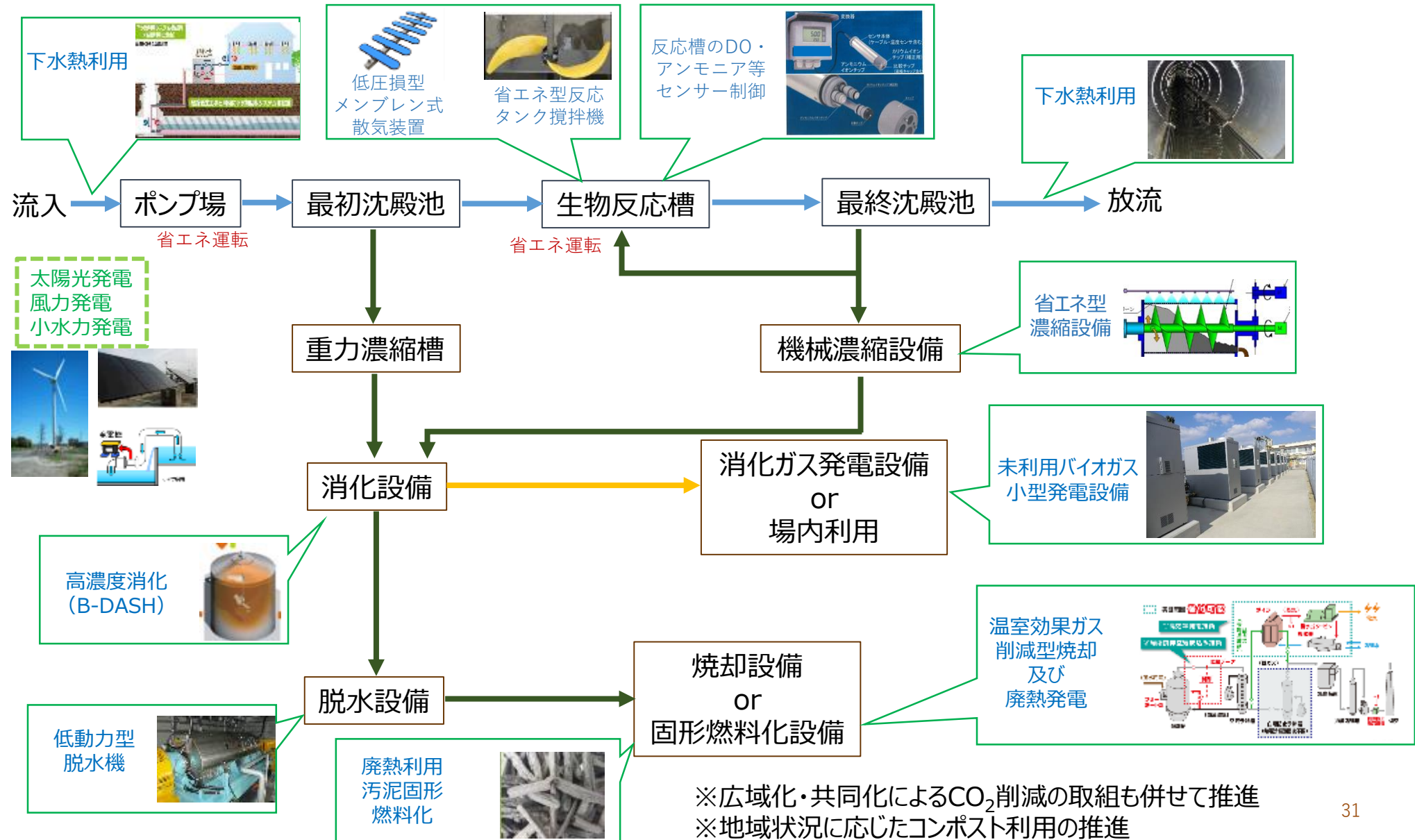
6. 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目 導入すべき技術と例

○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m ³ /日)	大規模処理場 (A2O法 日最大流入水量10万m ³ /日)	中規模処理場 (標準法 日最大流入水量5万m ³ /日)	小規模処理場 (OD法 日最大流入水量1万m ³ /日以下)	
①省エネ	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>	<ul style="list-style-type: none"> ・メンブレン式散気装置 ・省エネ型反応タンク攪拌機 ・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 ・<u>送風量の適正化</u> ・水中攪拌機、貯留槽攪拌機の間欠運転 		<ul style="list-style-type: none"> ・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 ・<u>送風量の適正化</u> ・<u>貯留槽攪拌機の間欠運転</u> ・ベルト型濃縮機 ・スクリーンプレス脱水機 ・省エネ型遠心脱水機 		<ul style="list-style-type: none"> ・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、 <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>	<ul style="list-style-type: none"> ・ベルト型濃縮機 ・スクリーンプレス脱水機 ・省エネ型遠心脱水機 				
②創エネ・再エネ	<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>	<ul style="list-style-type: none"> ・消化ガス利用（発電等） ・固形燃料化 ・廃熱発電 		<ul style="list-style-type: none"> ・消化ガス利用（発電等） ・固形燃料化 		<ul style="list-style-type: none"> ・消化ガス利用（発電等）
	<u>下水熱利用等の効果的・効率的な技術。</u>	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N ₂ Oへの対策	<u>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</u>	<ul style="list-style-type: none"> ・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	<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>	<ul style="list-style-type: none"> ・B-DASH技術などシステムとして評価できる有効技術。 				

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



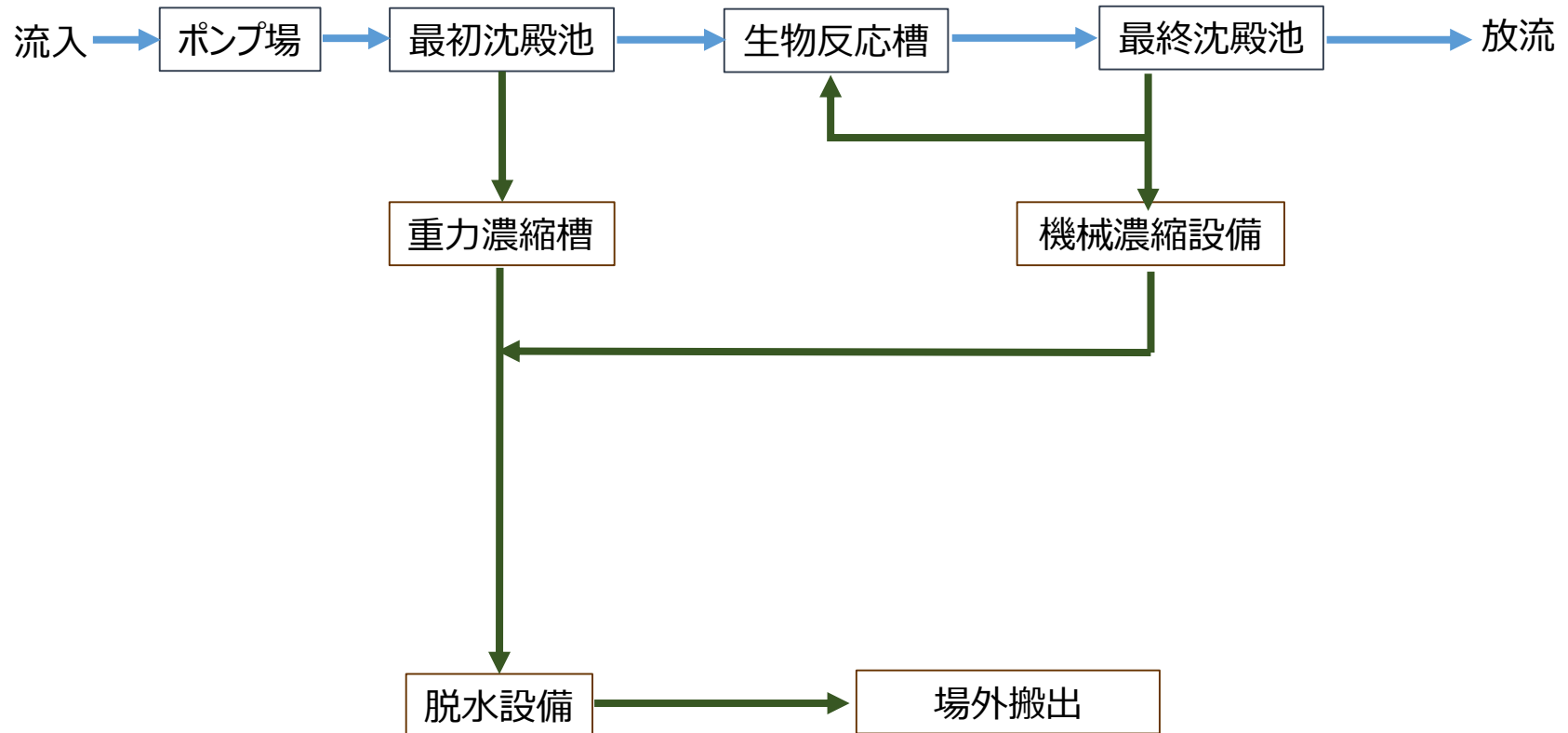
6. 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目 導入すべき技術の効果試算例

○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

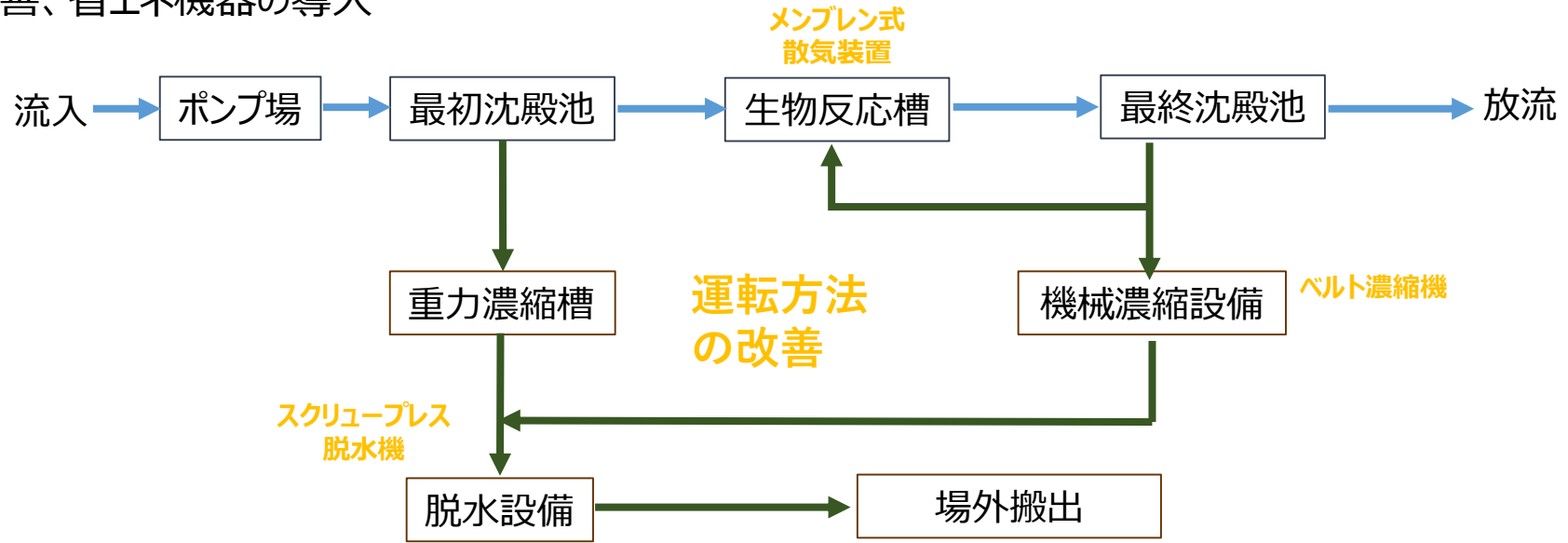
6. 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目 導入すべき技術の効果試算例

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	スクリープレス

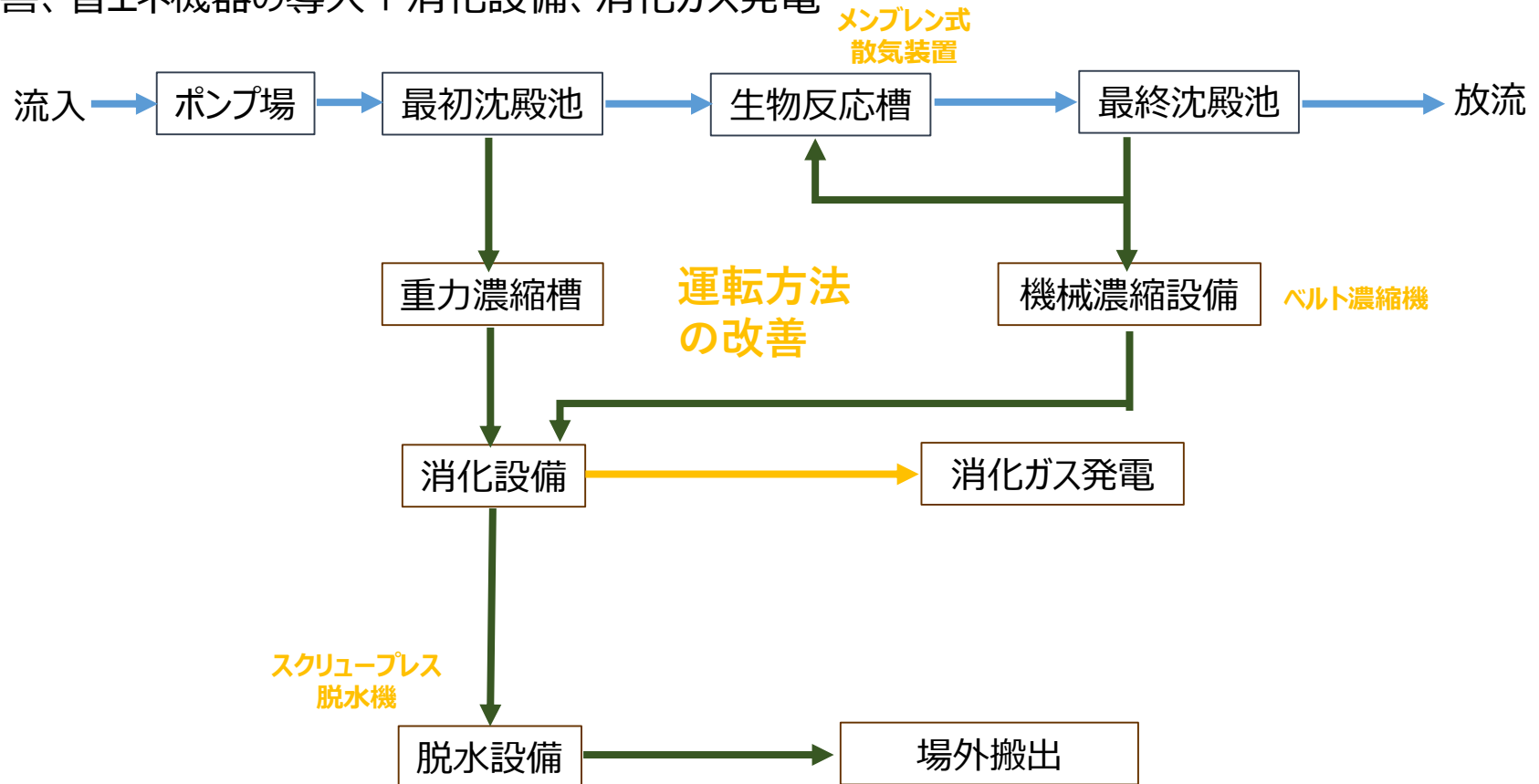
・運転管理改善手法例

	主ポンプ	送風機	送風量の適正化	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	攪拌機の間欠運転	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。

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

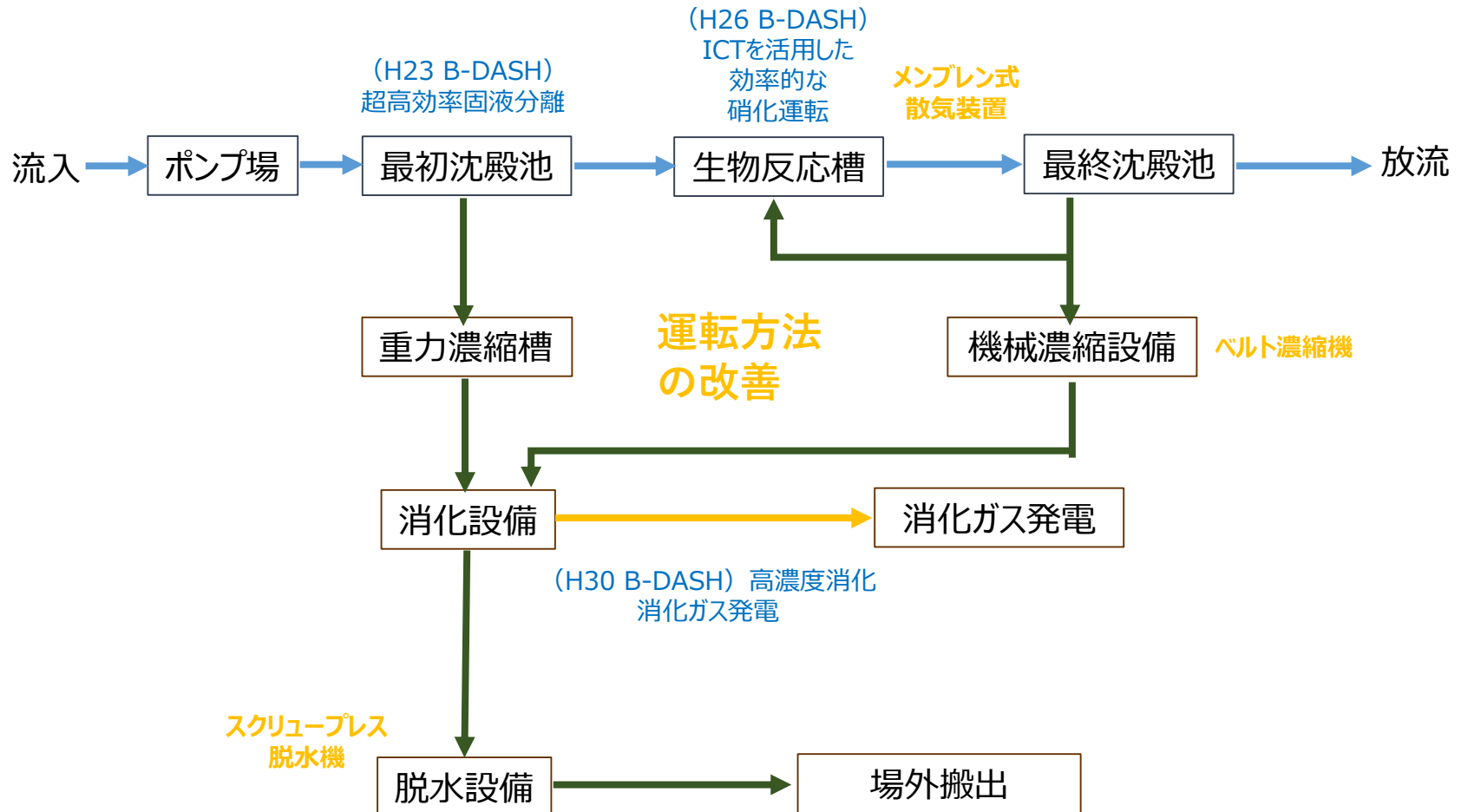
3. 導入系1(省エネ+創エネ)フロー(標準法 日最大流入水量5万m³/日) 運転改善、省エネ機器の導入+消化設備、消化ガス発電



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

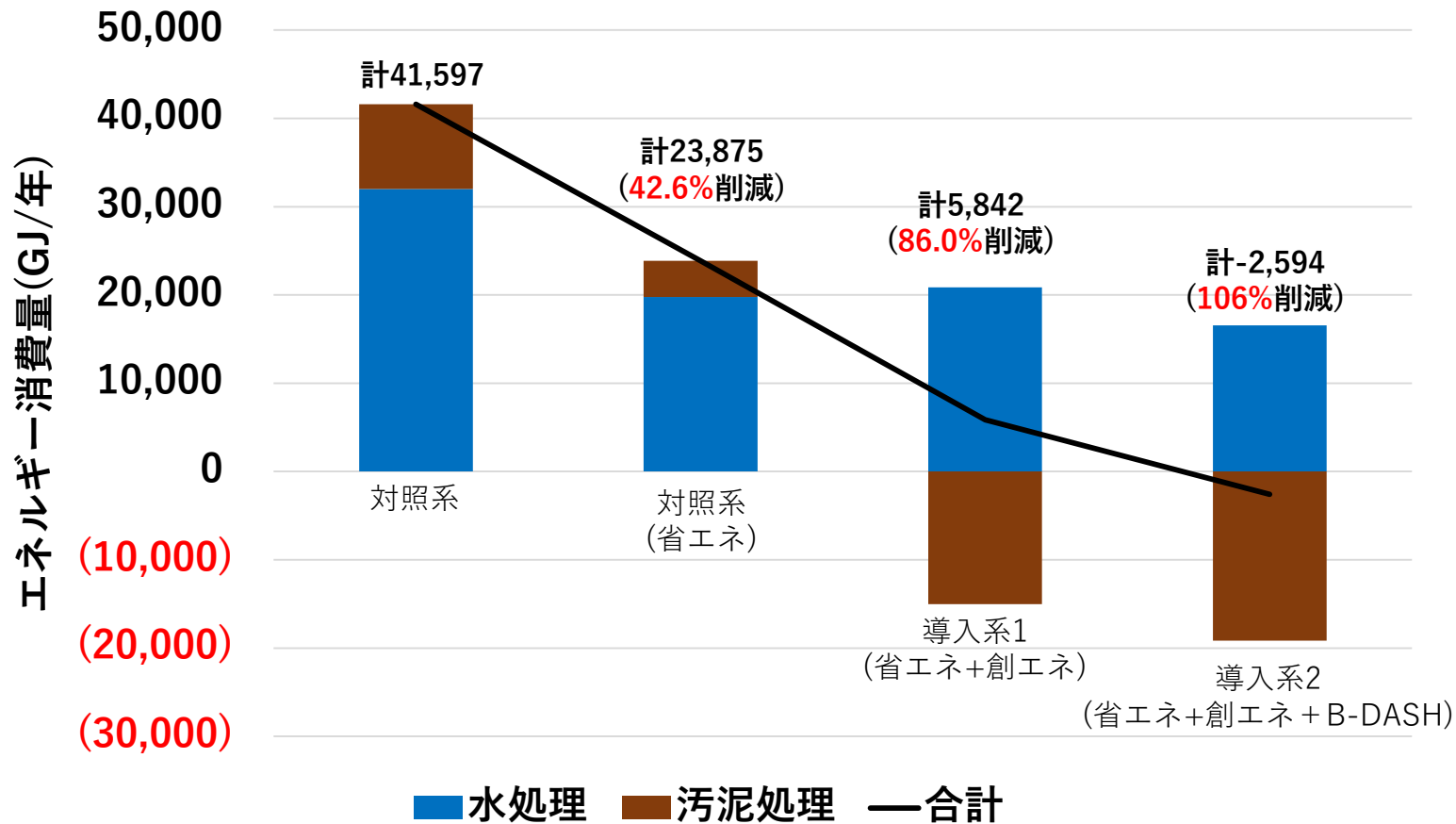
4. 導入系2(省エネ+創エネ+B-DASH)フロー(標準法 日最大流入水量5万m³/日) 運転改善、省エネ機器の導入+消化設備、消化ガス発電 B-DASH技術の導入

※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

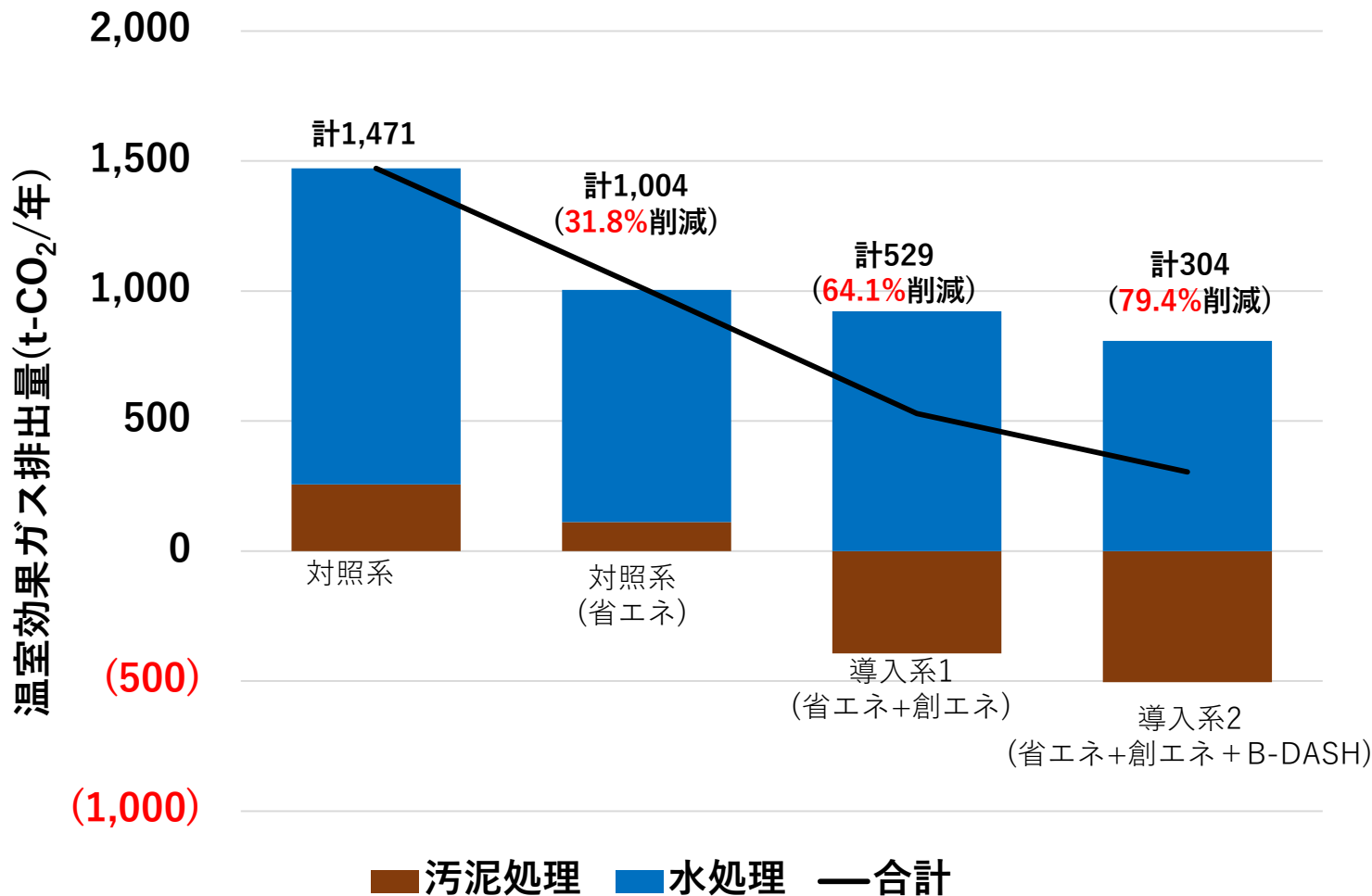
- ・ B-DASH技術導入効果(消費エネルギー削減効果)



※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-CO₂/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 38

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、 <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>	<ul style="list-style-type: none"> ・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
	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>	
②創エネ・再エネ	<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>	<ul style="list-style-type: none"> ・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
	<u>下水熱利用等の効果的・効率的な技術。</u>	
③下水汚泥焼却に伴い発生するN ₂ Oへの対策	<u>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</u>	左記に関わる技術
⑥下水道のシステム最適化	<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>	<ul style="list-style-type: none"> ・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

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

(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。

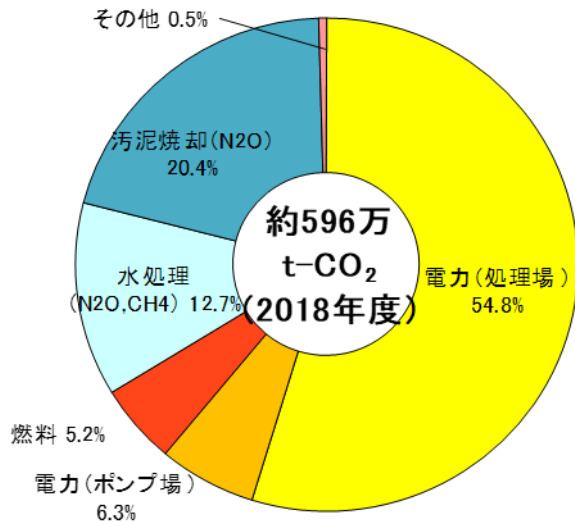
- グリーン成長戦略（経済産業省及び関係省庁（令和3年））によると
 - ・水素（2000万t）、アンモニア（3000万t）、合成メタン（2500万t）など下水道由来となりうる資源について2050年に向けて大幅な需要が見込める。
 - ・ガス事業者がガスの脱炭素化とコジェネ導入推進等を行い、次世代熱エネルギー供給を主体的に推進することとなっており、下水道で創出したガス、熱、電気エネルギー等の連携活用が期待される。
 - ・地域で発生する有機性廃棄物の一体処理によるコスト低減策を今後検討することとなっており、地域社会全体でみたバイオマスの有効活用、最適化が図られていくことになる。
 - ・ CO_2 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。

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

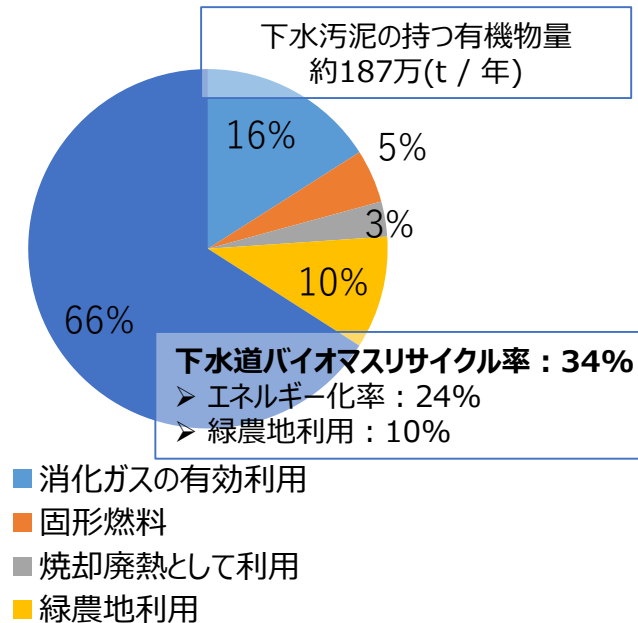
○2018年度時点で下水道からは約600万 t のCO₂が排出されている中で、下水道分野、他分野の技術開発の動向を踏まえ、2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術について、どういった対策・技術分野が導入されれば、どの程度削減に貢献できるのか、感度分析的に次のシナリオを検討し、削減効果の試算を実施。これにより、有為な技術分野を見える化する。

- ・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

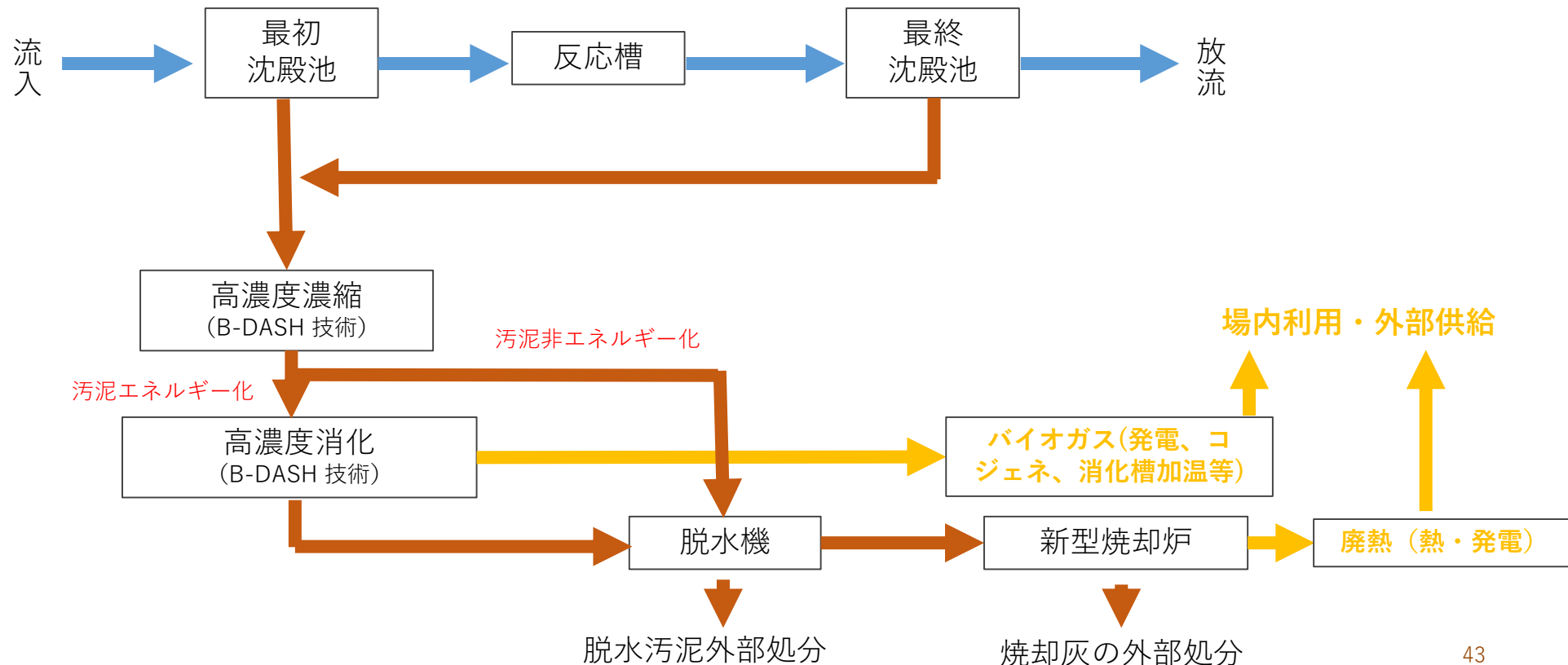
※国土交通省下水道部作成

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 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)

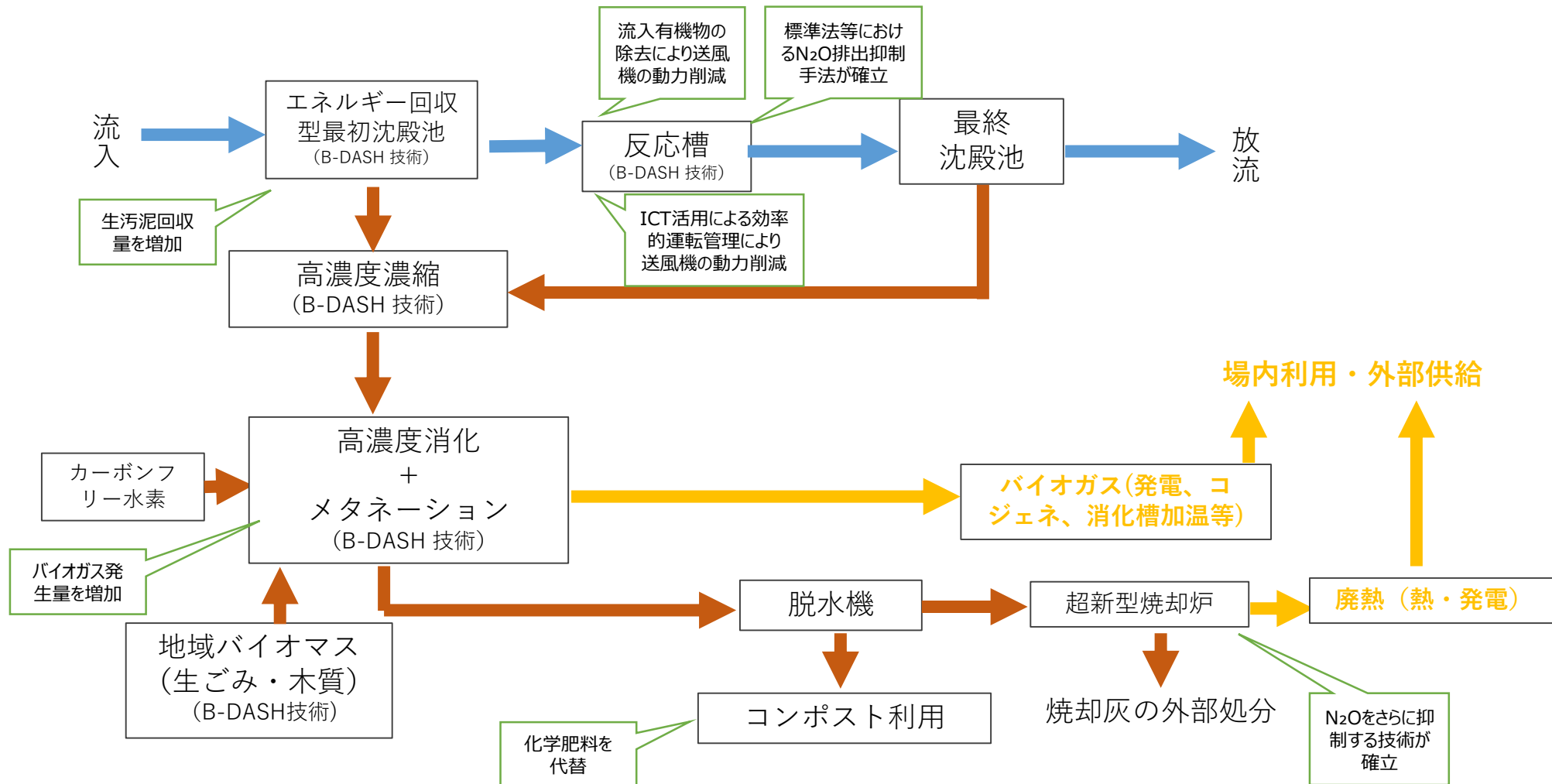
- ①システム全体としての省エネ化 ②流入有機物の除去・創エネ活用 ③処理水・汚泥のカスケード利用の推進
- ④圧送輸送が困難となる高効率脱水汚泥 ⑤消化を促進するための汚泥濃縮、可溶化設備等前処理施設
- ⑥N₂O対策のため補助燃料を増加させる高温焼却 ⑦地域バイオマスやその他の受け入れ 等

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CO₂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

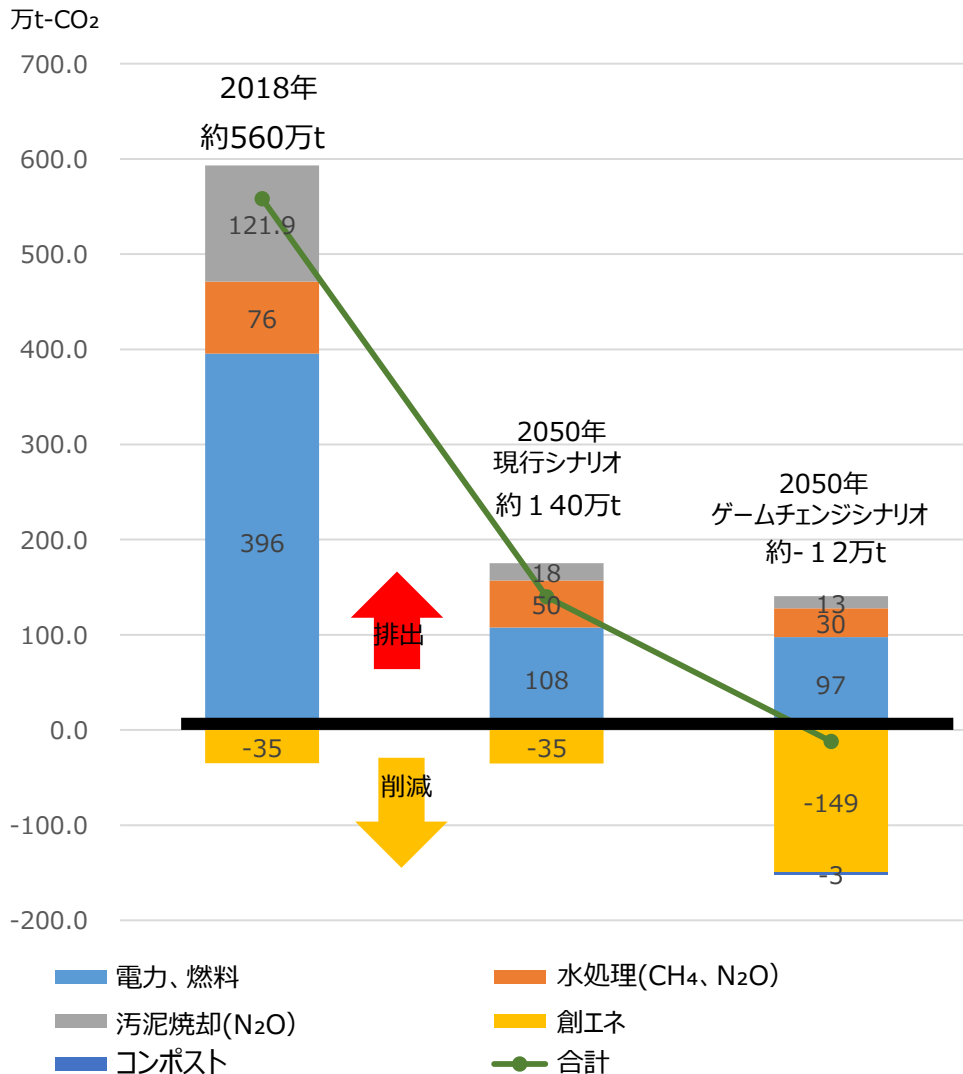
ゲームチェンジシナリオの処理フロー



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	<ul style="list-style-type: none"> 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) 	<ul style="list-style-type: none"> 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	—	<ul style="list-style-type: none"> カーボンフリー燃料 (太陽光発電によって生成したH₂等) による場外ポンプ場のCO₂ゼロエミッション化
	水処理に伴うN ₂ O	— (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/m ³ を使用 (現行の排出係数))	<ul style="list-style-type: none"> N₂O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/m³を使用
	汚泥焼却に伴うN ₂ O	<ul style="list-style-type: none"> 排出係数は現在のトップランナー値である0.226 kg-CO₂/m³を使用 	<ul style="list-style-type: none"> 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-CO₂/m³を使用
	創エネによる効果	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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	—	<ul style="list-style-type: none"> 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

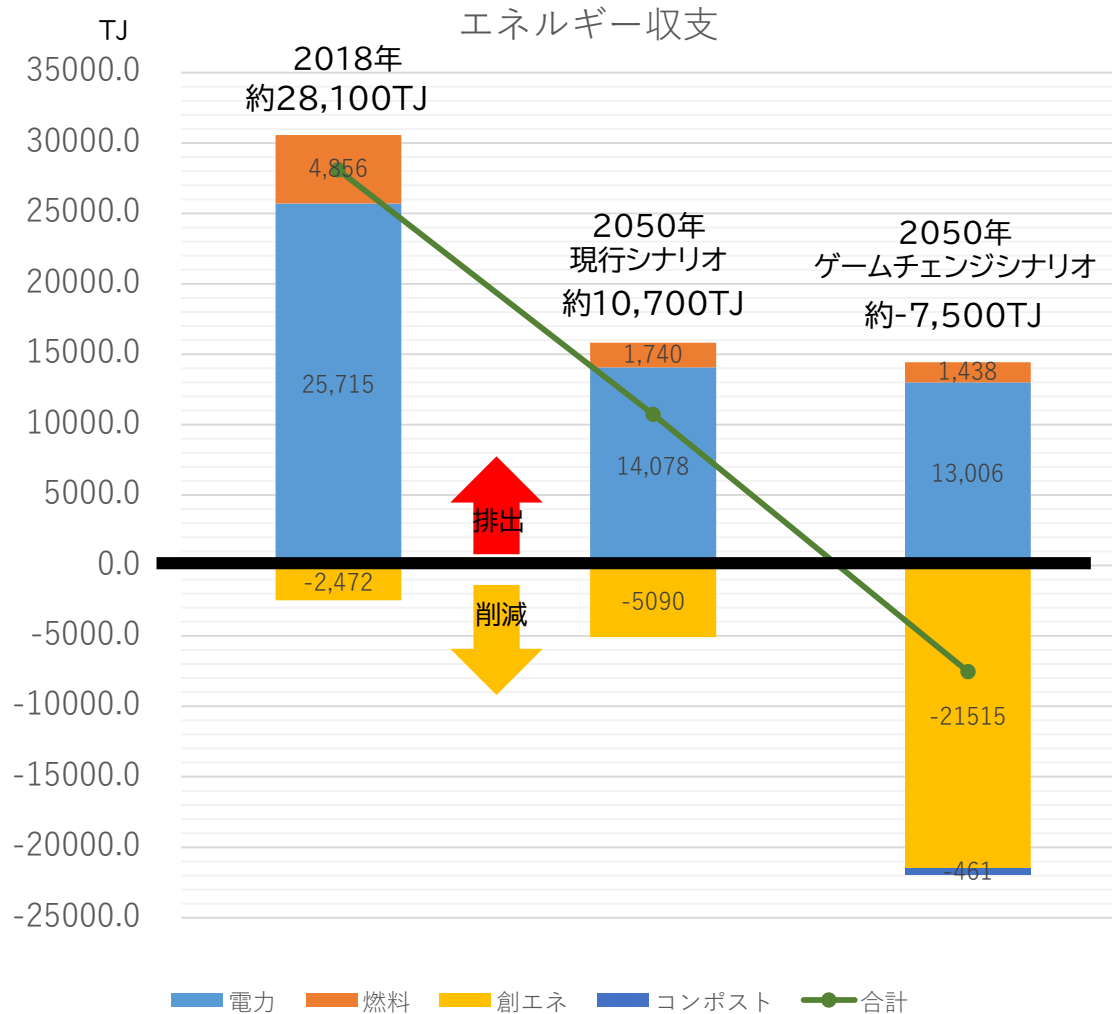


- 現行シナリオは約140万 t の排出量であったものの、ゲームチェンジシナリオでは約 **-12万 t** の排出量となった。
- シナリオ別の試算から次の取組の効果がカーボンニュートラルの実現への貢献度の高いことが確認できた。
 - ・省エネ対策の実施
 - ・水処理・汚泥処理のエネルギーをシステム一体で改善すること
 - ・生ゴミ等の地域バイオマスを含めて一体的に有機性廃棄物処理を行うこと
 - ・消化の促進やCO₂、カーボンフリー水素を活用した徹底的なバイオガス生成を行うこと
 - ・バイオガス発電廃熱などの熱をフル活用すること
 - ・水処理・汚泥処理に伴い発生するN₂Oの抑制対策を行うこと
 - ・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。

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。

まとめ 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CO₂、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CH₄やN₂Oの抑制対策技術。
- ・CO₂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。

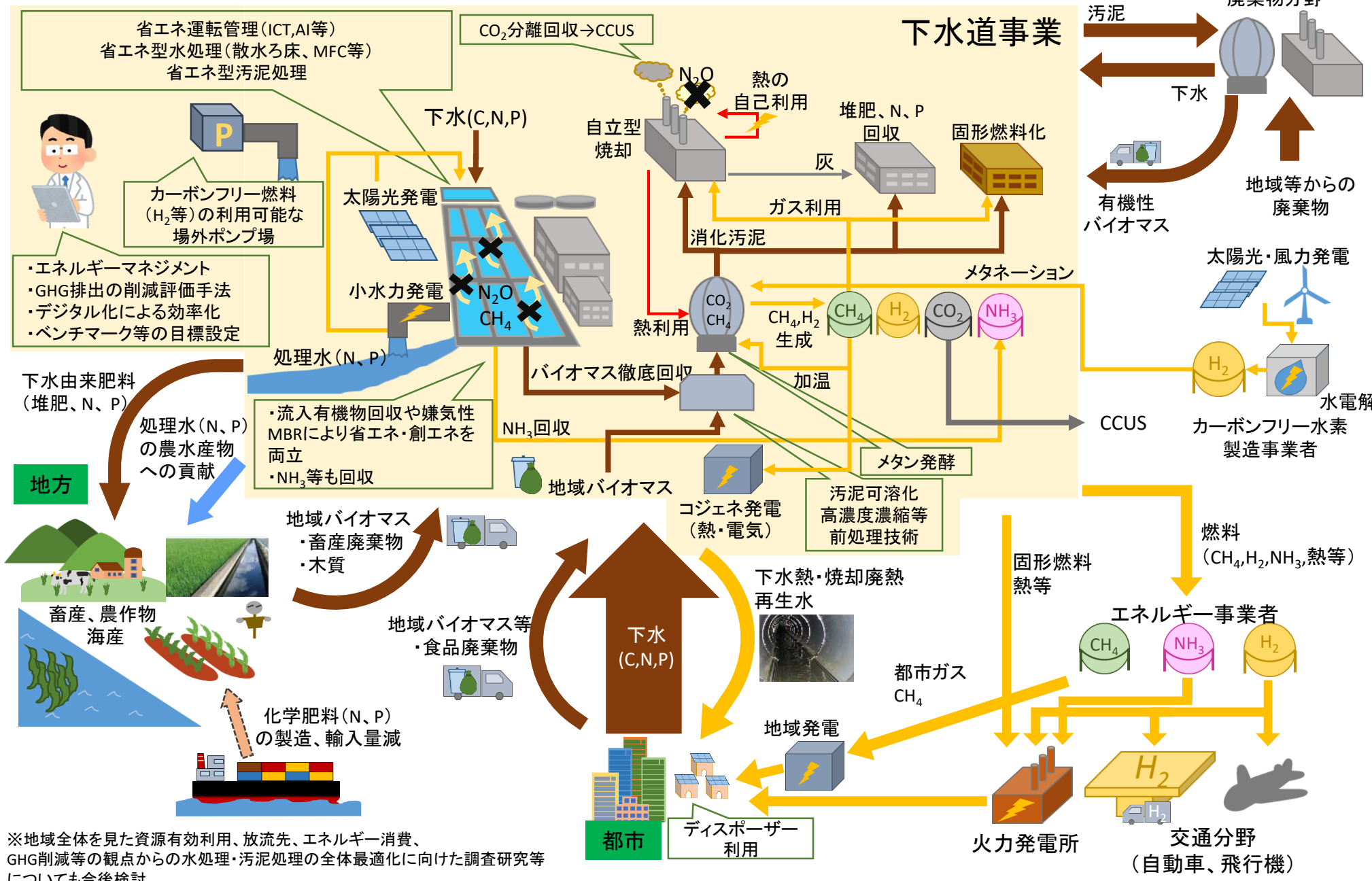
開発に当たっては地域特性や処理方式、規模に応じた持続可能性の高いメニューの整備についても今後検討していく。また、他分野の技術開発等の取組の成果を賢く活用することが重要。開発技術の導入においては、各下水道事業者においても脱炭素化に向けたグランドデザインを描き、それらをストックマネジメント計画や地方公共団体が定める実行計画（地球温暖化対策の推進に関する法律）等にも反映して、着実に推進することが重要。

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。

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

②CH₄, N₂O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N₂O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・下水污泥構成元素の分離・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

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

②CH₄、N₂Oの排出削減に関する事項

技術開発項目 3-4 N₂O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CO₂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



	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		<ul style="list-style-type: none"> ・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 	<ul style="list-style-type: none"> 導入拡大・コスト低減・改善
		<p>各技術開発項目成果</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

	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）		<ul style="list-style-type: none"> ・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 	<ul style="list-style-type: none"> 導入拡大・コスト低減・改善
		<p>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</p>	

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



	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



	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	<p>・省エネ型機器の開発</p> <p>※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</p>		<p>導入拡大・コスト低減・改善</p> <p>事例 B-DASH(H29)で無動力攪拌型鋼板製消化槽を用いた汚泥処理技術について実証</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>・汚泥の低含水率化、燃料化等の新技術の開発</p> <p>※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</p>		<p>導入拡大・コスト低減・改善</p> <p>事例 B-DASH(H25低含水化、焼却発電、H29焼却発電等)で実証</p>
新規 技術開発項目 2 - 7 エネルギーマネジメント	<p>・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</p>		<p>導入拡大・コスト低減・改善</p> <p>事例 下水道機構による省エネ診断にかかる共同研究</p>

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



新規

新規

	当面の目標 (5年程度)	2030年目標	2050年目標
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	<p>・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</p> <p>導入拡大・改善</p>	<p>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</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>・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</p>		<p>導入拡大・コスト低減・改善</p>

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

②CH₄,N₂O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CH₄,N₂Oの排出削減に関する技術開発



	当面の目標 (5年程度)	2030年 目標	2050年 目標
技術開発項目 3 - 1 水処理におけるN ₂ 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	<ul style="list-style-type: none"> 各水処理方式におけるN₂O発生量の把握等データの蓄積 N₂O発生機構の解明 抑制運転等の技術の開発 	排出抑制技術の実用化	導入拡大・改善
	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)		
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	<ul style="list-style-type: none"> 各水処理方式におけるCH₄発生量の把握等データの蓄積 CH₄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

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

②CH₄,N₂O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CH₄,N₂Oの排出削減に関する技術開発



	当面の目標 (5年程度)	2030年目標	2050年目標
技術開発項目 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	<ul style="list-style-type: none"> ・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 		<ul style="list-style-type: none"> 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 ₂ O排出量の少ない、より高度な焼却技術	<ul style="list-style-type: none"> ・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 		<ul style="list-style-type: none"> 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 ₂ O排出抑制を達成する技術	<ul style="list-style-type: none"> ・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 		<ul style="list-style-type: none"> 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攪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



	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	<p>・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</p> <p>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)</p>		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	<p>・省エネ・創エネ・省CO₂性能の合理的な定量化手法の開発</p>		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

新規

	当面の目標 (5年程度)	2030年目標	2050年目標
技術開発項目 5 - 1 新たな技術開発プロジェクト制度	<p>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</p>		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



	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 無動力攪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



	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、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	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		

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



	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 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	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

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、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



	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	導入拡大・コスト低減・改善
		汚泥焼却炉等 下水道施設への応用	
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		パイロットスケール	導入拡大・コスト低減・改善
		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		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
		直接水素を抽出製造する技術パイロットスケール	導入拡大・コスト低減・改善
	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		実規模実証
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	コスト20円/Nm ³ 以下
		水素コスト30円/Nm ³	
		カーボンフリー水素の活用	
	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,富士市)水素を消化槽に吹き込みメタンを生成する技術			

新規

新規

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



	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 事例 消化槽における菌相分析に関する研究 等	実規模実証	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 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	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善
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

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 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	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善
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) 事例 下水汚泥と刈草の混合消化事業 等	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善
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 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	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善
新規 技術開発項目12-6 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 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	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

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		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 <small>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</small>	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	実規模実証	導入拡大・コスト低減・改善
	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	
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		

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		
	実規模実証		
事例 GAIA(H26採択、中央大学)微細藻類による漁業資源生産技術	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		
	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			

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



	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	導入拡大・コスト低減・改善
	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		
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	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	化学肥料の使用量30%低減 次世代有機農業技術体系の普及
		パイロットスケール 実規模実証	
	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		
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	導入拡大・コスト低減・改善
	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		
		農業分野における有害物質を取り除く技術の開発	

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CO₂、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CH₄やN₂Oの抑制対策技術。
 - ・CO₂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。

- 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)