

別紙

エネルギー分科会報告書 参考資料

## 6. 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料

## 6. 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料

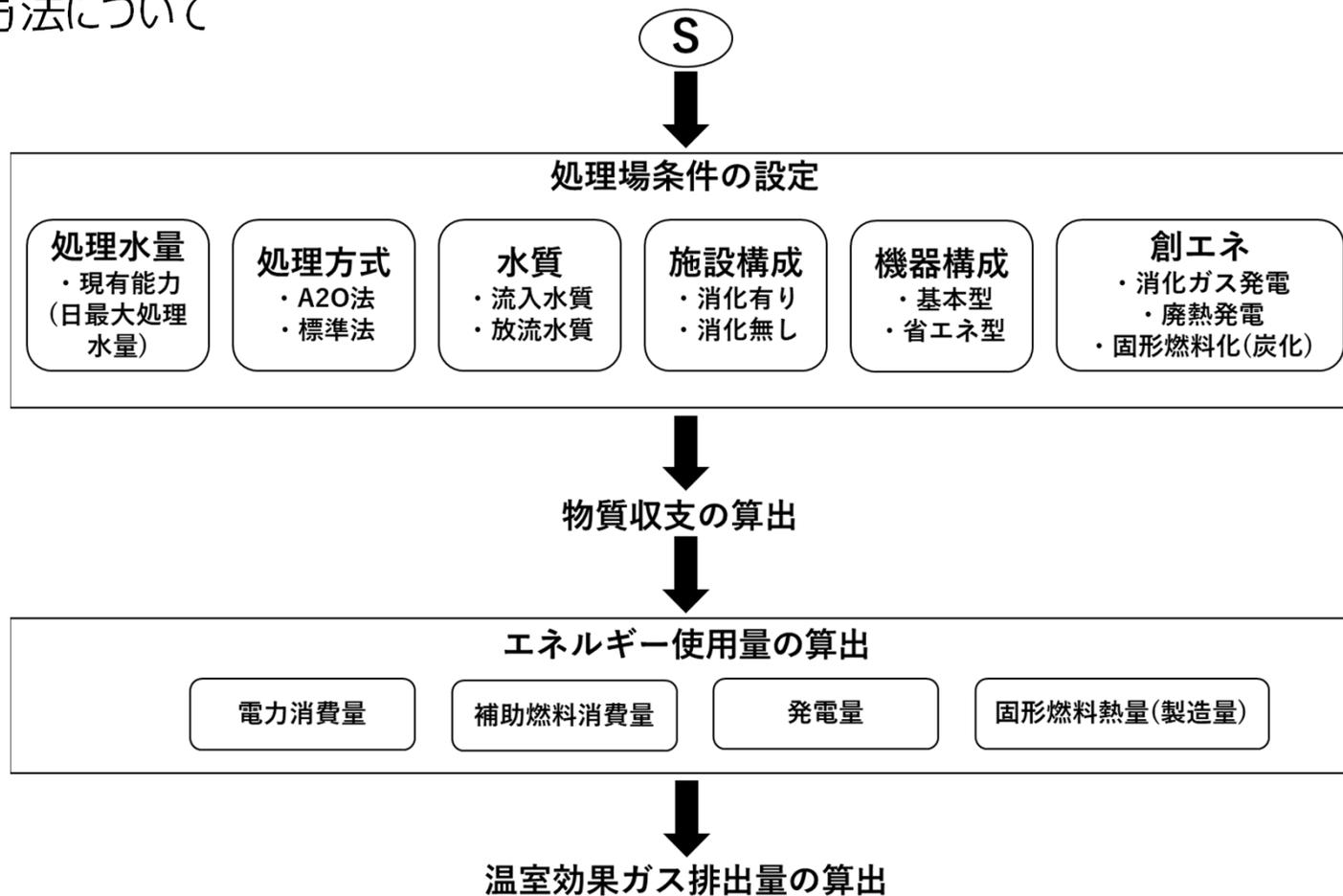
### 1. 2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

- 2030年目標達成のための導入すべき技術について、**処理方式・処理規模別に代表的な対策技術**の導入効果を①～④にて試算、事例提示を行う。
  - ⑤では**有効活用が期待される未利用バイオガス**の利用効果に関する試算結果を示す。
  - ⑥では、個別技術の導入効果だけではなく、**水処理・汚泥処理システムとしての導入効果**をB-DASH技術事例からその効果例を示す。
  - ⑦では、2030年目標達成のための導入すべき技術の整備量に関する検討の結果を示す。
  - ⑧では、B-DASH技術や既存マニュアルに示す対策技術などその他資料を示す。
- ①超大規模処理場（A2O法 日最大流入水量20万m<sup>3</sup>/日）  
 省エネ機器導入、運転管理改善、汚泥処理フローの変更による温室効果ガス削減効果の試算
- ②大規模処理場（A2O法 日最大流入水量10万m<sup>3</sup>/日）  
 省エネ機器導入、運転管理改善、汚泥処理フローの変更による温室効果ガス削減効果の試算
- ③中規模処理場（標準法 日最大流入水量5万m<sup>3</sup>/日）  
 省エネ機器導入、運転管理改善、汚泥処理フローの変更による温室効果ガス削減効果の試算  
**※これらの結果については本編のP33～39を参照**
- ④小規処理場（OD法 日最大流入水量1万m<sup>3</sup>/日以下）  
 自動制御による消費電力削減効果事例
- ⑤未利用バイオガスの利用効果
- ⑥B-DASHの技術例
- ⑦2030年目標達成のための導入すべき技術の整備量に関する検討
- ⑧その他

## 6. 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料

### 1. 2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

#### ・①～③試算方法について



※処理場条件の設定に当たっては、

下水道統計、設計指針、既往の研究成果等の標準的な値を設定値としている。

※物質収支をもとに、処理に必要な槽容量や反応槽の必要空気量、水理学的滞留時間、汚泥量の算出を行う。

※運転管理の工夫による省エネ効果については、省エネ機器を導入した削減効果を計算した後に、運転管理の工夫による所定の削減率をかけることで見込んでいる。

## 6. 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料

### 1. 2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

#### ① 超大規模処理場（A2O法 日最大流入水量20万m<sup>3</sup>/日）

省エネ機器導入、運転管理改善、汚泥処理フローの変更による温室効果ガス削減効果の試算

#### ・導入省エネ機器

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

#### ・運転管理改善手法例

	主ポンプ	送風機	送風量の 適正化	反応タンク 水中攪拌機	汚泥貯留槽 攪拌機	返送汚泥 ポンプ
検討事例	稼働ポンプ変更 による 効率的な運転	稼働送風機変更 による 効率的な運転	必要空気量に 応じた送風量の 適正化	攪拌機の 間欠運転	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5.5%を使用して算出。

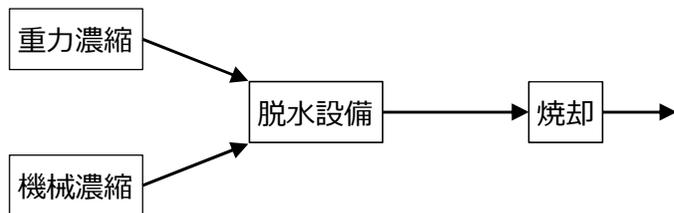
# 6. 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料

## 1. 2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

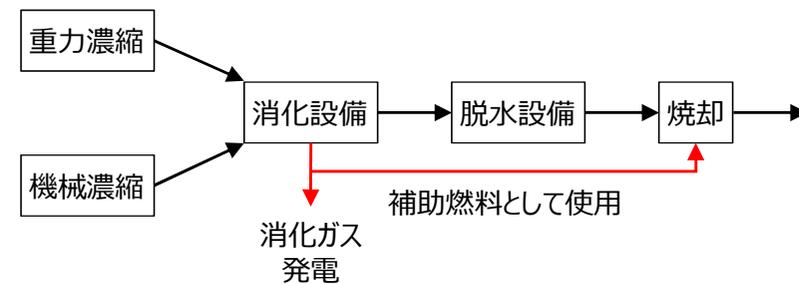
### ① 超大規模処理場（A2O法 日最大流入水量20万m<sup>3</sup>/日）

省エネ機器導入、運転管理改善、汚泥処理フローの変更による温室効果ガス削減効果の試算

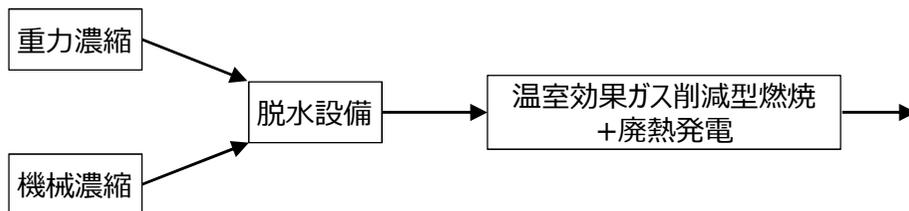
#### 対象系汚泥フロー



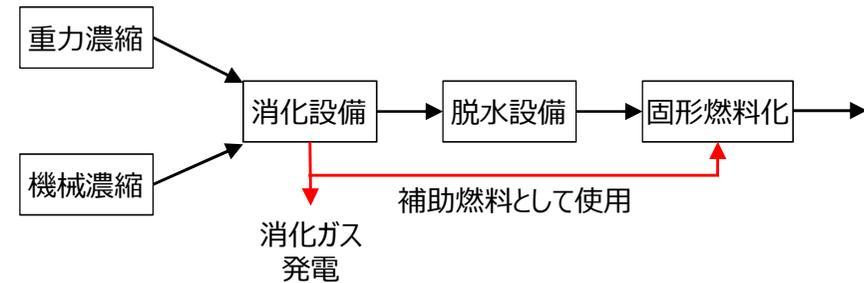
#### 導入系2汚泥フロー



#### 導入系1汚泥フロー



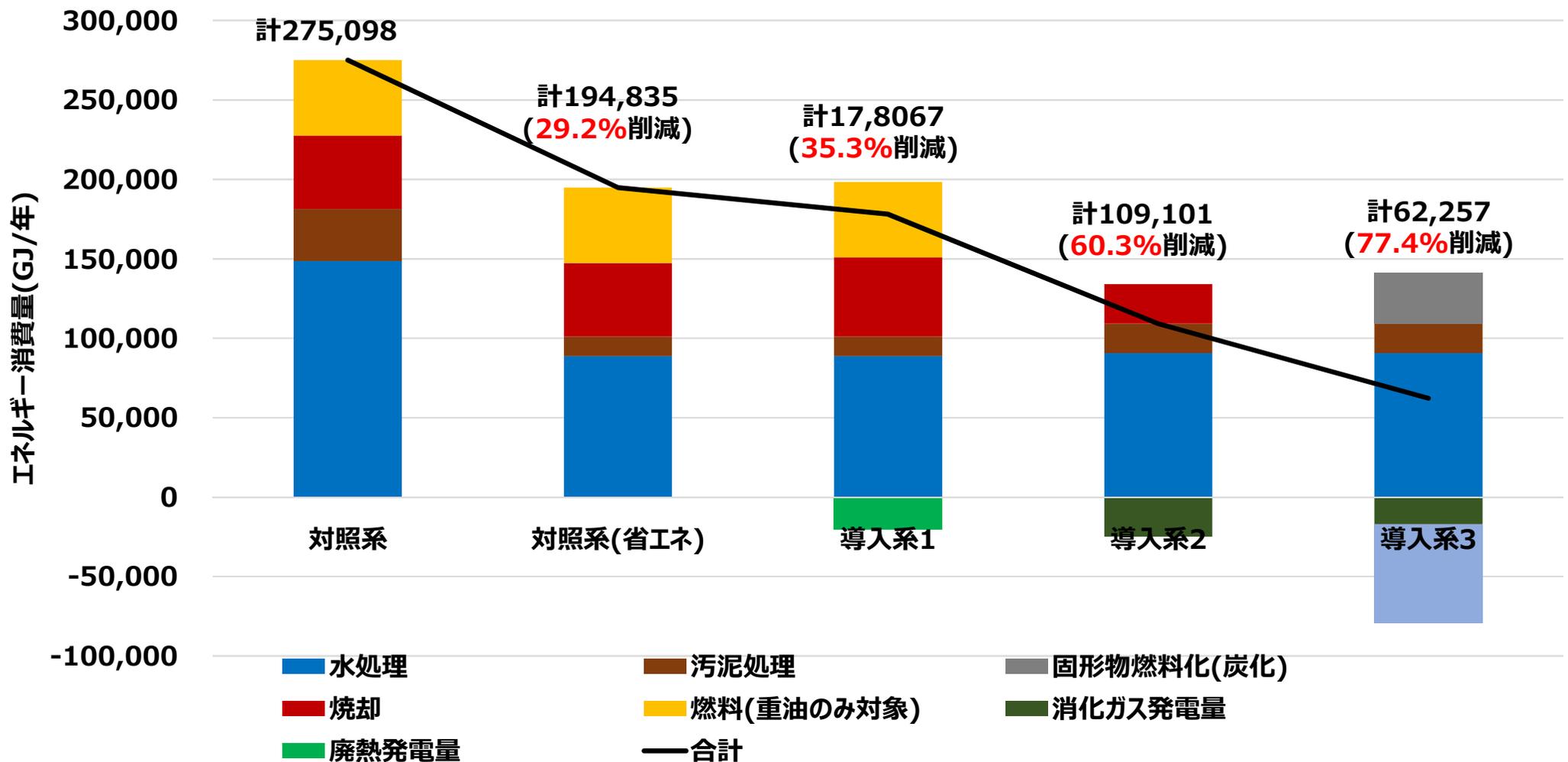
#### 導入系3汚泥フロー



## 6. 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料

### 1. 2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

・超大規模処理場（A2O法 日最大流入水量 20万m<sup>3</sup>/日）における消費エネルギー削減効果

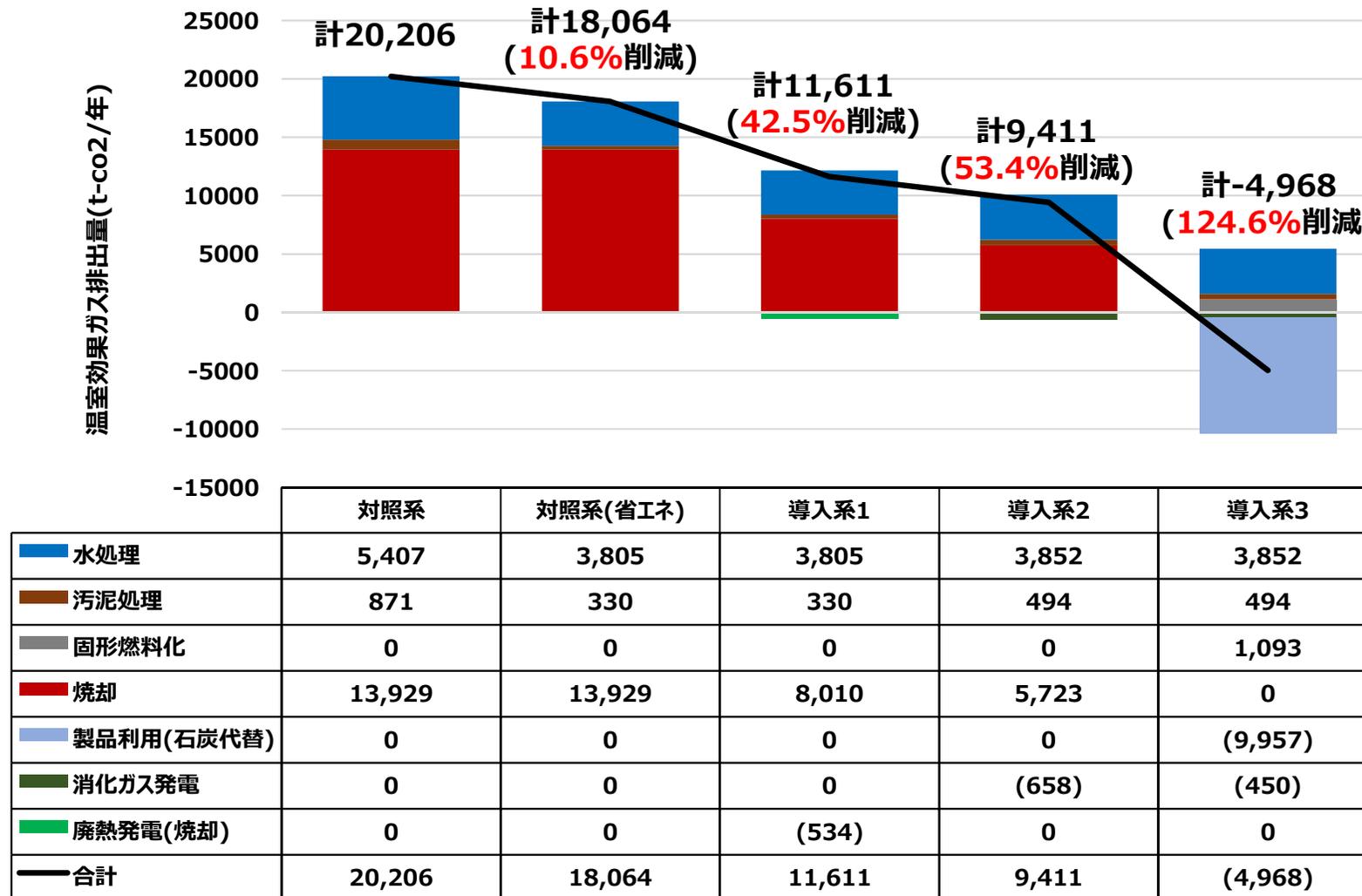


※固形燃料(炭化)は外部で製品利用を行うとして削減効果を計上している

## 6. 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料

### 1. 2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

・超大規模処理場（A2O法 日最大流入水量 20万m<sup>3</sup>/日）における  
温室効果ガス排出量の削減効果



※ 固形燃料(炭化)は外部で製品利用を行うとして削減効果を計上している  
 ※ 電力排出係数0.25 kg-CO<sub>2</sub>/kWhを使用

8  
 \* 以上の試算は速報値であり精査中です。

## 6. 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料

### 1. 2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

#### ②大規模処理場（A2O法 日最大流入水量10万m<sup>3</sup>/日）

省エネ機器導入、運転管理改善、汚泥処理フローの変更による温室効果ガス削減効果の試算

#### ・導入省エネ機器

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

#### ・運転管理改善手法例

	主ポンプ	送風機	送風量の 適正化	反応タンク 水中攪拌機	汚泥貯留槽 攪拌機	返送汚泥 ポンプ
検討事例	稼働ポンプ変更 による 効率的な運転	稼働送風機変更 による 効率的な運転	必要空気量に 応じた送風量の 適正化	攪拌機の 間欠運転	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7.65%を使用して算出。

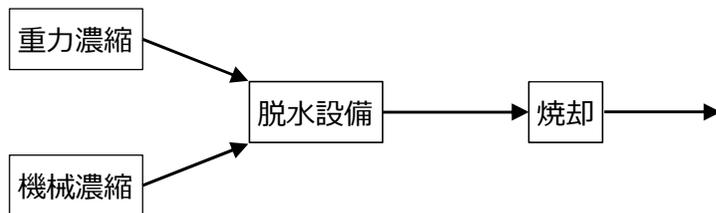
## 6. 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料

### 1. 2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

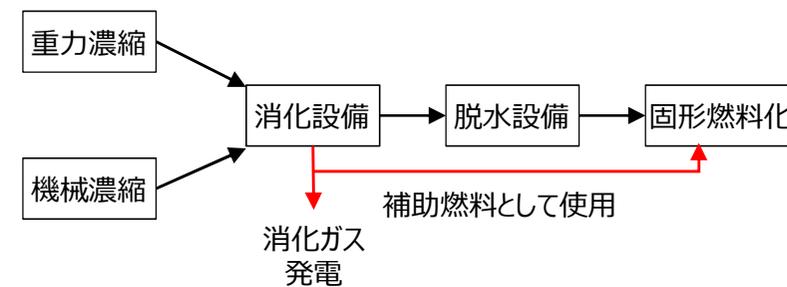
#### ②大規模処理場（A2O法 日最大流入水量10万m<sup>3</sup>/日）

省エネ機器導入、運転管理改善、污泥処理フローの変更による温室効果ガス削減効果の試算

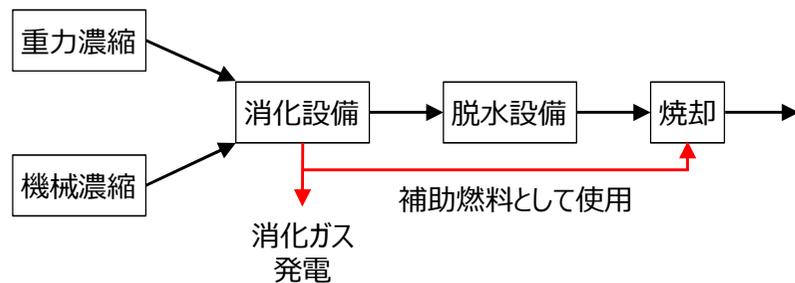
#### 対象系污泥フロー



#### 導入系2污泥フロー



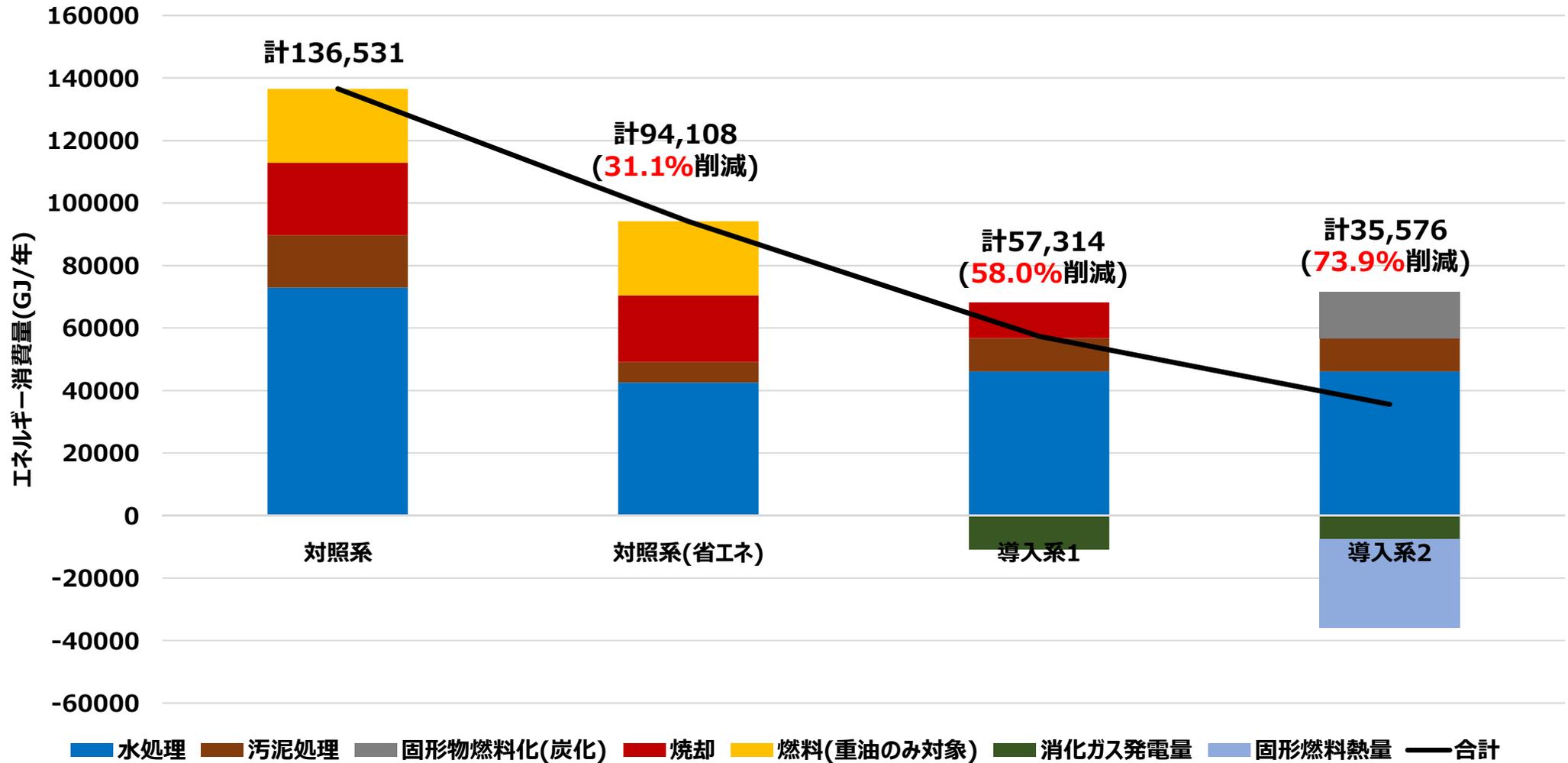
#### 導入系1污泥フロー



## 6. 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料

### 1. 2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

・大規模処理場（A2O法 日最大流入水量 10万m<sup>3</sup>/日）における消費エネルギー削減効果



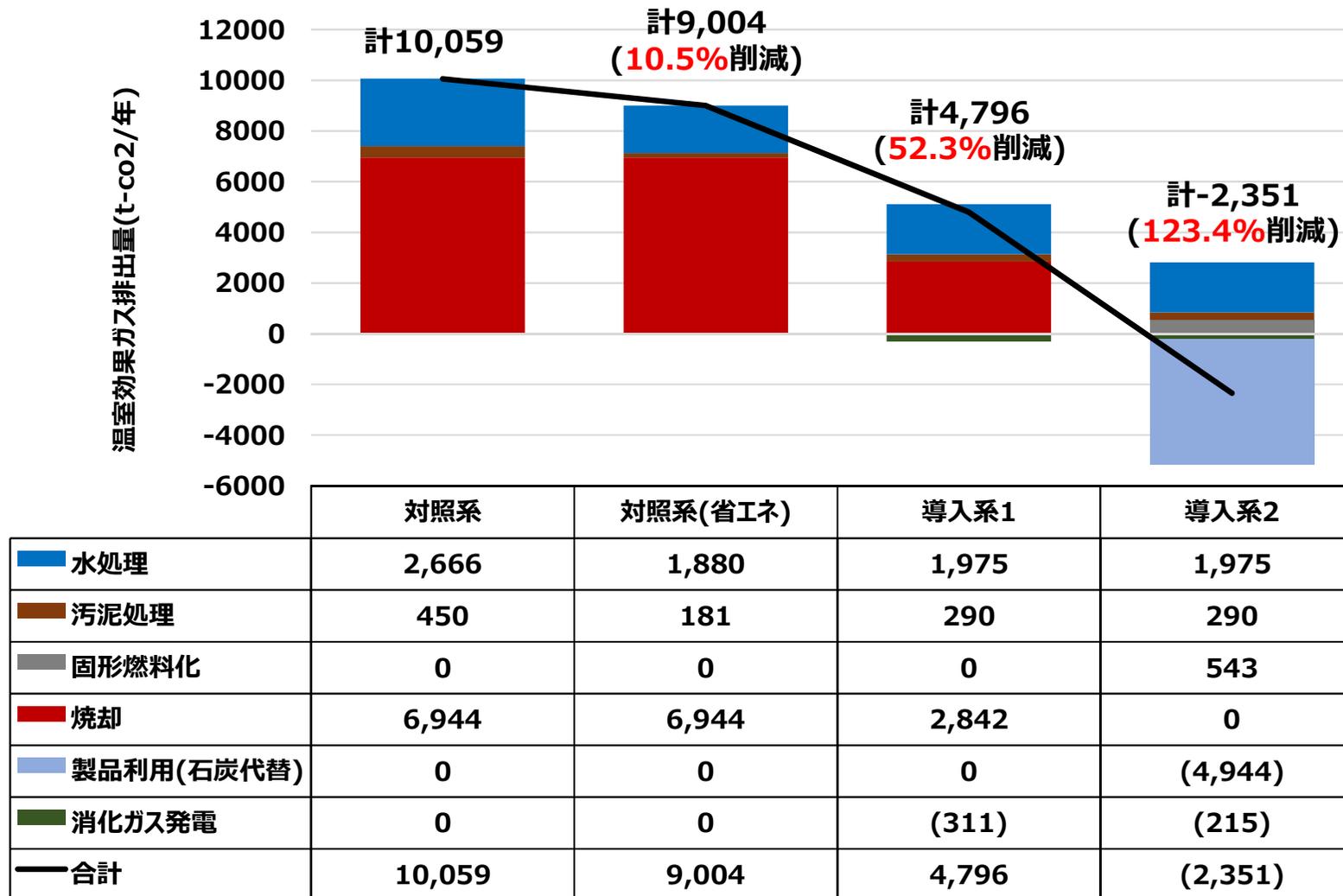
※固形燃料(炭化)は外部で製品利用を行うとして削減効果を計上している

\* 以上の試算は速報値であり精査中です。 <sup>11</sup>

## 6. 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料

### 1. 2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

- 大規模処理場（A2O法 日最大流入水量 10万m<sup>3</sup>/日）における温室効果ガス排出量の削減効果



※固形燃料(炭化)は外部で製品利用を行うとして削減効果を計上している  
 ※電力排出係数0.25 kg-CO<sub>2</sub>/kWhを使用

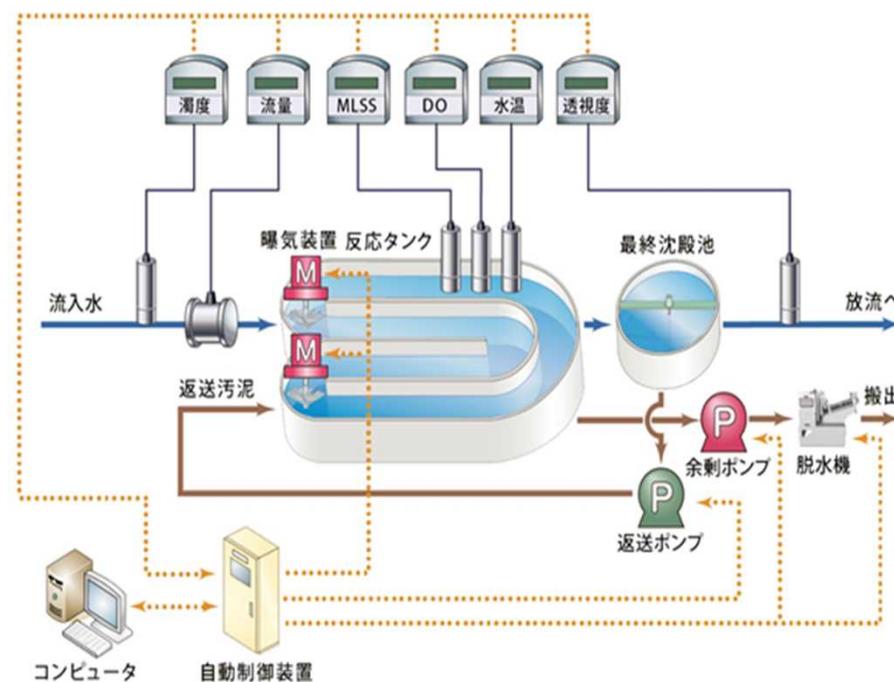
\* 以上の試算は速報値であり精査中です。 <sup>12</sup>

## 6. 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料

### 1. 2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

#### ④ 小規模処理場（OD法 日最大流入水量 1万m<sup>3</sup>/日以下）における自動制御による消費電力削減例

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



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

## 6. 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料

### 1. 2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

#### ⑤未利用バイオガスの利用効果

○下水汚泥等の資源有効利用状況に関する調査※によると、未利用バイオガスは334処理場で存在し、約5,300万m<sup>3</sup>/年（全体発生量3.77億m<sup>3</sup>/年のうち約14%）存在。

※平成31年度下水汚泥等の資源有効利用状況に関する調査業務報告書 国土交通省下水道部 令和2年3月

○小型発電機25kWを既設の消化槽の未利用バイオガスに適用する場合、7年で費用回収が可能となり、20年使用すれば5千万円以上の黒字が見込まれる。

○小型発電機25kWに必要なバイオガス量（メタン、CO<sub>2</sub>等）は13 Nm<sup>3</sup>/hであるため、未利用量がこれを上回る処理場においては導入可能性がある。

○このうち、未利用量13 m<sup>3</sup>/h（114千m<sup>3</sup>/年）を越える処理場で発電事業を行っていない箇所は83処理場存在。合計約3,000万m<sup>3</sup>（全体の約8%、0.58億kWh/年≒1.45万t-CO<sub>2</sub>/年削減（0.25t/kWh））利用できる。

※25kW発電機の活用事例についてはH30採択B-DASHプロジェクト（小型発電機25kWの費用回収年2,520m<sup>3</sup>/日（日最大））等において実績有り。

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

#### ～試算条件～

（発電条件） 小型発電機(発電出力25kW、発電効率：32%)、消化ガス発熱効率：21.5MJ/Nm<sup>3</sup>

必要バイオガス量  $25kW / (21.5 MJ/Nm^3 \times 32\%) \times 3.6MJ/kWh = 13 Nm^3/h$

稼働率を66.2%※とすると、 $25kW \times 24h \times 365day \times 66.2\% = 145千kWh/年$ （不足時は都市ガスの活用も考えられる。）

（発電機資本費） 既存消化槽を利用している場合  $99.3万円/kW^* \times 25kW = 24.8百万円$

（運転維持費）  $6.5万円/kW/年^* \times 25kW = 1.625百万円/年$

（FIT収入）  $39円/kWh \times 145千kWh/年 = 5.7百万円/年$

※METI資料（第65回調達価格等算定委員会 資料4 P. 16, 17）より

\* 以上の試算は速報値であり精査中です。

# 6. 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料

## 1. 2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

### 省エネ水処理システム

#### ⑥B-DASHの技術例1 DHSシステムを用いた水量変動追従型水処理技術実証事業

○事業実施者 三機工業（株）、東北大学、香川高等専門学校、高知工業高等専門学校、日本下水道事業団、須崎市 共同研究体

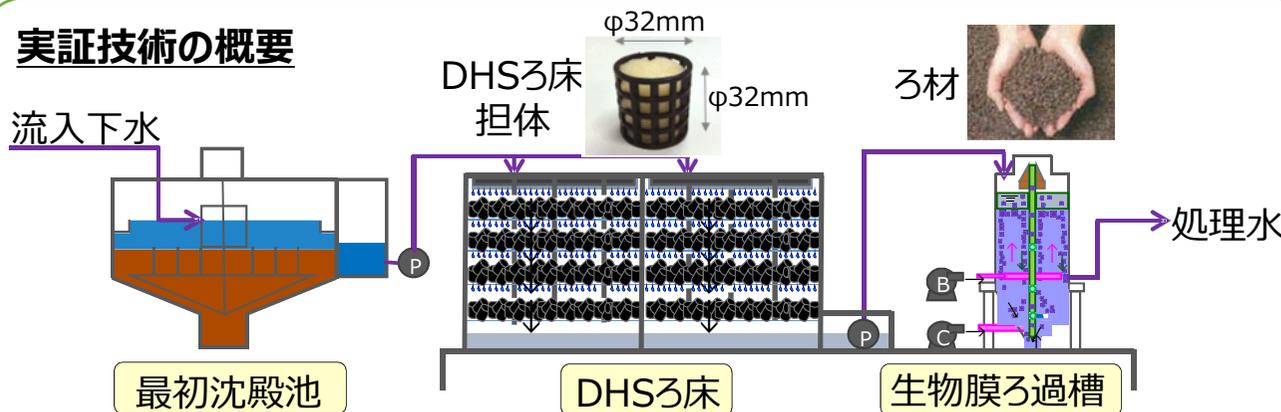
○実証フィールド 須崎市終末処理場（高知県須崎市）

○実証概要

・「スポンジ状担体を充填したろ床（DHSろ床）」と「生物膜ろ過槽」を組み合わせることにより、効率的にダウンサイジングが可能な水処理技術。

・ライフサイクルコストの縮減効果、流入水量減少に対する処理コストの追従性、維持管理の容易性、処理性能の安定性

#### 実証技術の概要



#### スポンジ担体を充填したろ床

～曝気不要の省エネルギー型水処理方式～

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

#### 移動床式好気性リアクター

～仕上処理～

- ①ろ材表面に微生物が高密度に付着  
→ **処理水質が安定**
- ②ろ過と生物処理を同時に実施 → **省スペース**
- ③逆洗なしで担体洗浄  
→ **連続処理が可能**

#### 実証技術の革新性等の特徴

##### 【革新性】

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

##### 【導入効果】

- ・ライフサイクルコストの縮減による下水処理場の経営改善
- ・流入水量減少に追従した処理コストの削減による汚水処理原価の縮減
- ・維持管理の容易化による技術人員不足の解消
- ・標準法を本技術（500m<sup>3</sup>/日）に置き換えた場合、87.7t-CO<sub>2</sub>/年の削減（69%減）

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

## 6. 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料

### 1. 2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

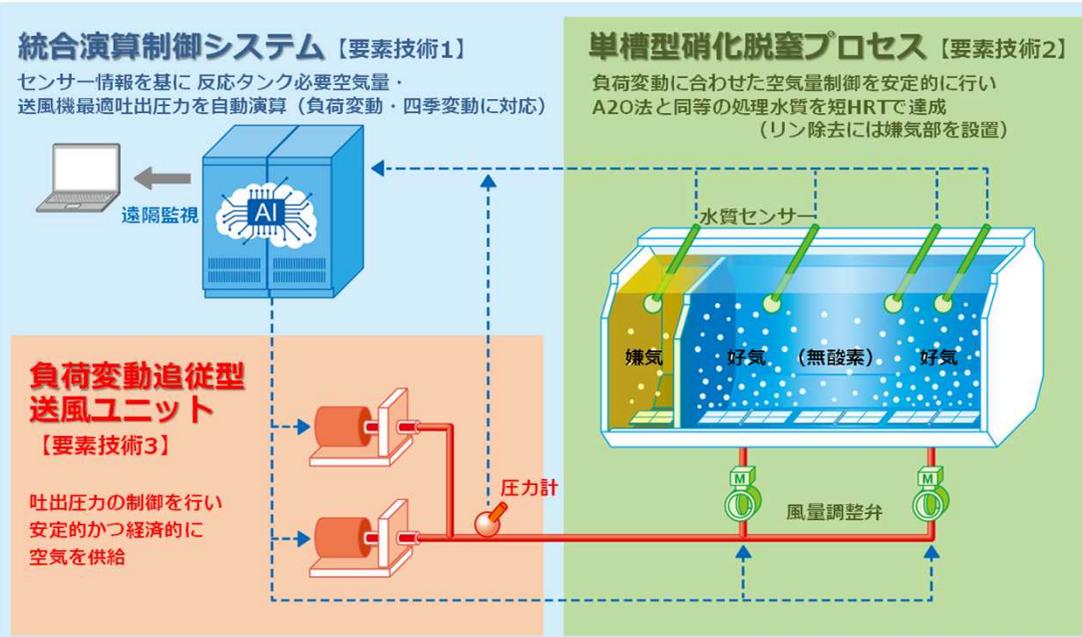
#### 省エネ水処理システム

#### ⑥B-DASHの技術例2 単槽型硝化脱窒プロセスのICT・AI制御による高度処理技術実証事業

- 事業実施者 メタウォーター・日本下水道事業団・町田市共同研究体
- 実証フィールド 東京都町田市成瀬クリーンセンター
- 実証概要

- ・反応タンク流入負荷変動に対応する空気量制御により、短HRTでA2O法同等処理水質の達成
- ・空気量制御と連動した送風機吐出圧力の自動演算・制御による消費電力の削減

#### 提案技術の概要 3つの要素技術により構成される高度処理技術



#### 【効果】省エネ効果等を通じ高度処理化の推進に寄与

- ① 建設費を抑制（最適な好気・無酸素ゾーン形成による槽容量縮小）
  - ② 省エネの実現（攪拌機不要、循環ポンプ不要、送風電力減）
- A2O法に改築する場合と比較して567t-CO<sub>2</sub>/年の削減(33.3%減)  
(処理規模50,000m<sup>3</sup>/dで試算)

#### 提案技術の革新性等の特徴

- ① ICT活用の空気量制御による短HRTの実現
  - ・ NOx 計とNH<sub>4</sub>計により負荷変動に応じた空気量演算を行い、単一槽内において最適な好気・無酸素ゾーンを形成
  - ・ 循環ポンプと攪拌機が不要で動力費を縮減
- ② ICT活用による設備連携、圧力低減による送風電力削減の実現
  - ・ 反応タンク設備と送風機設備を統合制御
  - ・ 必要空気量から送風機の最適吐出圧力をリアルタイムに自動演算し送風電力を削減
- ③ AI（機械学習機能）による季節変動等への対応、制御安定化の実現
  - ・ 必要空気量演算の制御パラメータを機械学習機能により自動チューニング
  - ・ チューニングに掛かる負担を軽減しつつ処理水質の安定化を実現

## 6. 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料

### 1. 2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

省エネ・創エネ汚泥処理システム

#### ⑥B-DASHの技術例3 脱水乾燥システムによる下水汚泥の肥料化、燃料化技術実証研究

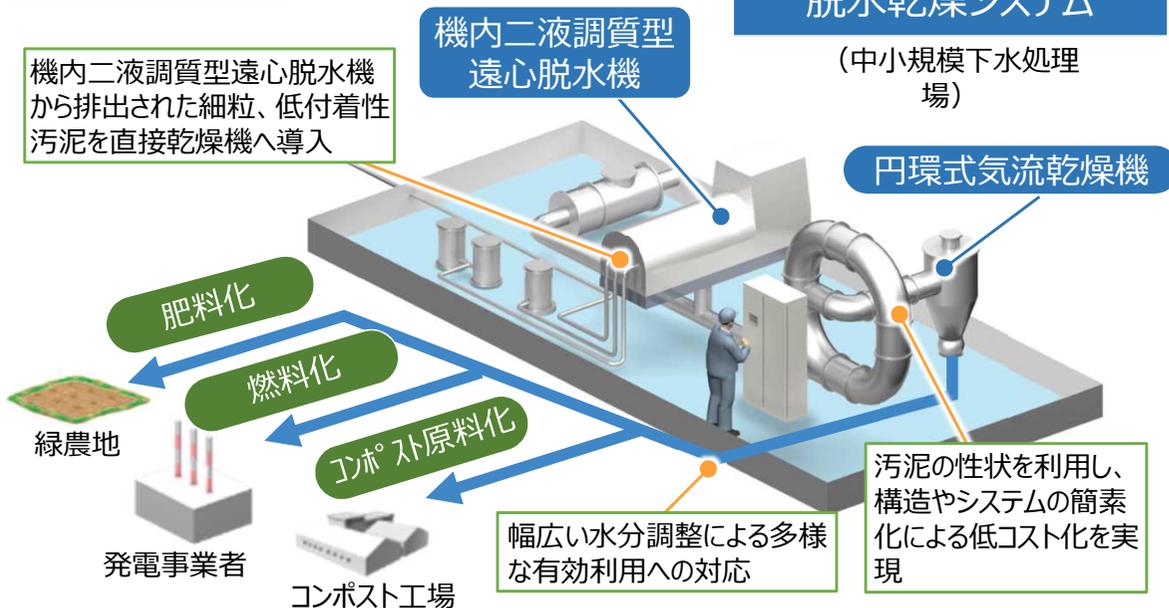
○事業実施者 月島機械(株)、サンエコサーマル(株)、日本下水道事業団、鹿沼市農業公社、鹿沼市 共同研究体

○実証フィールド 栃木県鹿沼市黒川終末処理場

○実証概要

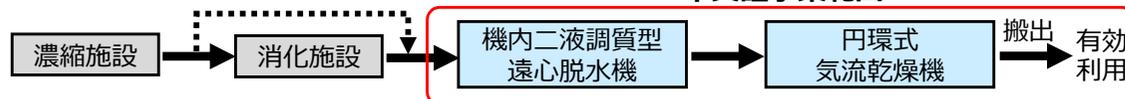
中小規模の下水処理場を対象とした脱水乾燥システム（機内二液調質型遠心脱水機 + 円環式気流乾燥機）を用いて、乾燥汚泥を製造し、肥料化、燃料化などの多様な有効利用への適応性や、設備の性能、ライフサイクルコスト縮減等を実証する。

#### 提案技術の概要



#### 有効利用

#### 本実証事業範囲



#### 提案技術の革新性等の特徴

##### 【新規性】

システムの簡素化、省スペース化、スマートオペレーション化による低コスト型脱水乾燥技術

- ・主要機器点数の低減（従来10点→提案4点）
- ・省スペース化（50%低減）
- ・スマートオペレーション化（人件費削減、運転管理の効率化）

##### 【独創性】

有効利用の用途に応じて幅広い乾燥汚泥含水率の調整を容易とした脱水乾燥技術

- ・脱水汚泥の性状を利用し、かつ乾燥機内構造物がなく付着や摩耗のリスクがない

- ・多様な有効利用に対応した含水率（10～50%）の乾燥汚泥が製造可能

（効果）従来型の脱水機、乾燥機の更新に比べて  
441t-CO<sub>2</sub>/年の削減（61%減）。  
（処理規模20,000m<sup>3</sup>/日の処理場で試算）

# 6. 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料

## 1. 2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

省エネ・創エネ汚泥処理システム

### ⑥B-DASHの技術例 4 高効率消化システムによる地産地消エネルギー活用技術の実用化に関する実証事業

○事業実施者 三菱化工機・九州大学・日本下水道事業団・唐津市共同研究体

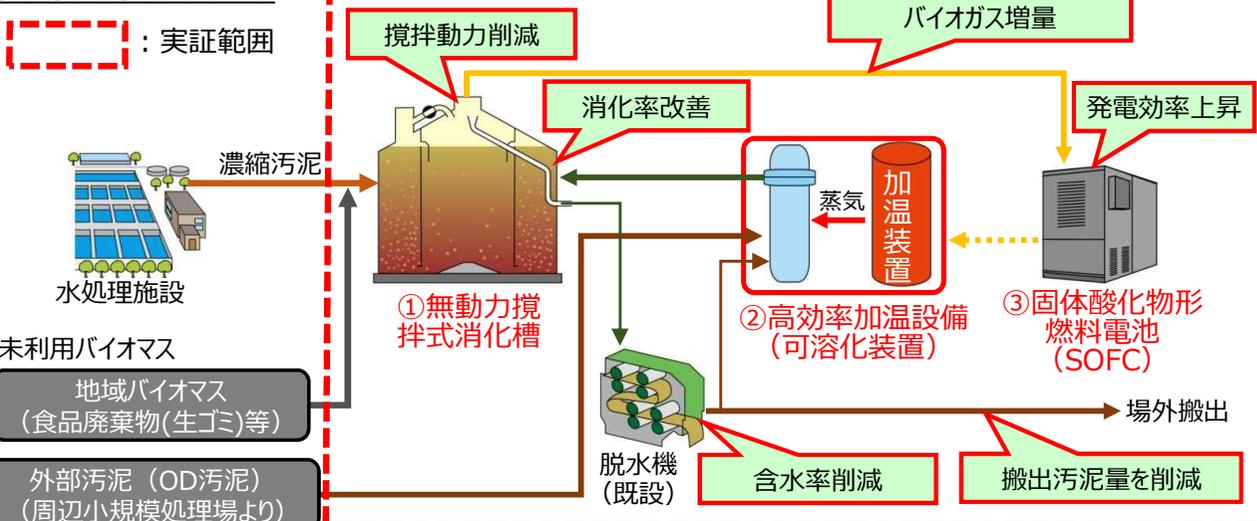
○実証フィールド 佐賀県唐津市浄水センター

#### ○実証概要

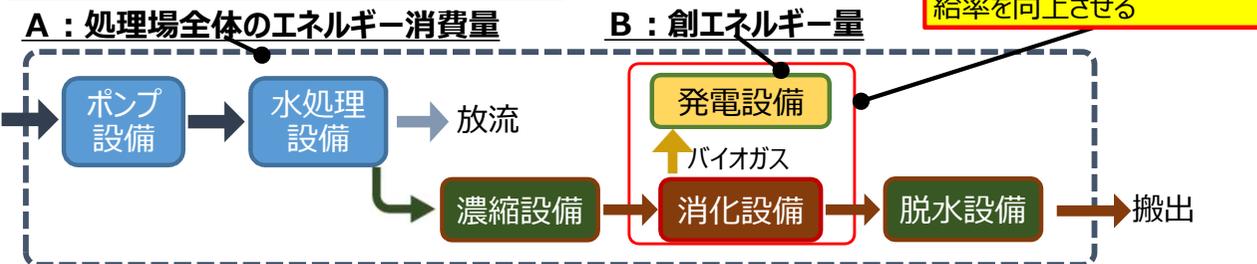
生ごみ等の未利用バイオマスの活用、無動力の消化槽攪拌装置、バイオガス発生量を増加させる可溶化装置、高い発電効率を有する燃料電池を組み合わせた高効率消化システムについて、処理性能や、エネルギー回収率の向上効果等を実証する。

#### 提案技術の概要

：実証範囲



エネルギー自給率の定義 :  $B \div A$  (%)



#### 提案技術の革新性等の特徴

- ①無動力攪拌式消化槽
  - ・消化槽内の攪拌は、発生するバイオガスの圧力を利用するため、無動力
  - ・消化槽内部に機械設備を有しない構造であるため、メンテナンス性の向上とランニングコストの低減が期待される。
- ②高効率加温設備（可溶化装置）
  - ・熱可溶化による熱加水分解作用により、消化日数の短縮が期待される。
  - ・消化率が上昇し、バイオガスの増量が期待される。
  - ・汚泥が改質され脱水汚泥の含水率の低減が期待される。
  - 脱水汚泥の搬出量を削減
- ③固体酸化物形燃料電池（SOFC）
  - ・ガスエンジンと比べ発電効率向上が期待される。
  - ・電極触媒として、貴金属不要

従来型のPC製消化槽、小型ガスエンジン等の導入に比べて  
**2454t-CO<sub>2</sub>/年の削減（113%減）。**  
 (処理規模30,000m<sup>3</sup>/日の処理場で試算)  
 地域バイオマス（OD脱水汚泥4t/日、食品廃棄物2t/日）  
 の排出削減を含む

# 6. 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発

## 項目に関する参考資料

省エネ・創エネ・N2O削減  
汚泥処理システム

### 1. 2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

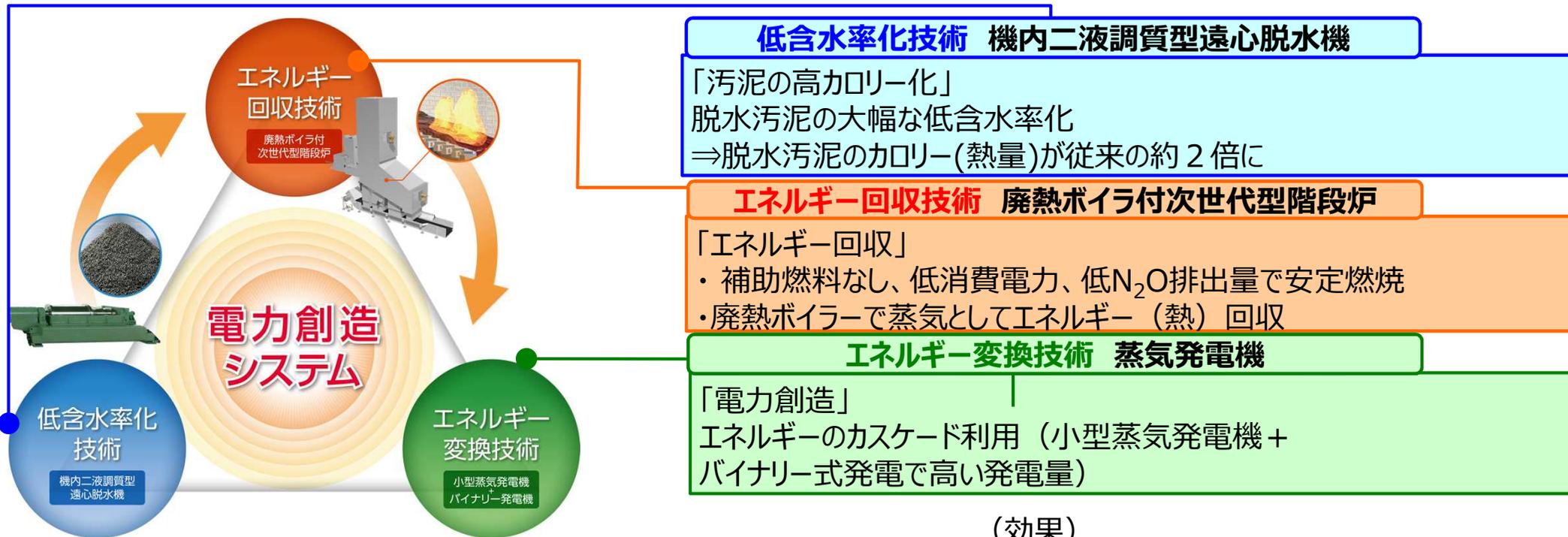
#### ⑥B-DASHの技術例 5 下水道バイオマスからの電力創造システムに関する技術実証研究

○事業実施者 和歌山市、地方共同法人日本下水道事業団、京都大学、株式会社西原環境、株式会社タクマ 共同研究体

○実証フィールド 和歌山市中央終末処理場

○実証概要

機内二液調質型遠心脱水機、廃熱ボイラ付次世代型階段炉、蒸気発電機の3つの技術を組み合わせた、下水汚泥焼却による電力創造システムの実証



#### 低含水率化技術 機内二液調質型遠心脱水機

「汚泥の高カロリー化」  
脱水汚泥の大幅な低含水率化  
⇒脱水汚泥のカロリー(熱量)が従来の約2倍に

#### エネルギー回収技術 廃熱ボイラ付次世代型階段炉

「エネルギー回収」  
・補助燃料なし、低消費電力、低N<sub>2</sub>O排出量で安定燃焼  
・廃熱ボイラーで蒸気としてエネルギー(熱)回収

#### エネルギー変換技術 蒸気発電機

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

#### 省エネルギー

- 補助燃料なし (自燃運転)
- 消費電力を大幅削減

#### 温室効果ガス削減

- 排ガス中のN<sub>2</sub>Oの大幅削減
- 電力・燃料由来CO<sub>2</sub>大幅削減

#### 創エネルギー

- 中小規模施設でも発電
- 大規模施設では電力自立システム外に電力供給

(効果)  
一液調質脱水機、流動炉等を導入した場合に比べて  
**9100t-CO<sub>2</sub>/年の削減 (88%減)**。  
(125,000m<sup>3</sup>/日の処理場で試算)

## 6. 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料

### 1. 2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

#### ⑦2030年目標達成のための導入すべき技術の整備量に関する検討

○ 2030年目標のうち「省エネの促進」、「下水汚泥のエネルギー化（創エネ）」、「焼却の高度化」について導入すべき技術の整備量について整理・検討した。

a. 「省エネの促進」により達成する60万t削減に必要な技術の整備量

b. 「下水汚泥のエネルギー化（創エネ）」により達成する70万t削減に必要な技術の整備量

c. 「焼却の高度化」により達成する78万t削減に必要な技術の整備量

# ⑦ 2030年目標達成のための導入すべき技術の整備量に関する検討

## a. 「省エネの促進」により達成する60万t削減に必要な技術の整備量

○ (公財)日本下水道新技術機構において全国44処理場において運転管理方法の改善と省エネ技術の導入による省エネ効果を省エネ診断として検討。検討結果を活用し下記の通りまとめた。

○ 加えて標準法・高度処理を採用している処理場に対し、既存のB-DASH技術（「H23採択超固液分離技術」「H26採択ICTを活用した硝化運転制御技術」）の削減効果を省エネ診断における削減効果に上乗せ。

### ・ 運転管理改善手法例

運転管理によるエネルギー削減手法	主ポンプ	送風機	送風量の適正化	反応タンク水中攪拌機	汚泥貯留槽攪拌機	返送汚泥ポンプ
検討事例	稼働ポンプ変更(台数、組合せ)による効率的な運転	稼働ポンプ変更(台数、組合せ)による効率的な運転	必要空気量に応じた送風量の適正化	攪拌機の間欠運転	攪拌機の間欠運転	プリーサイズの見直しによる適切な吐出量への変更

### ・ 導入省エネ機器

省エネ機器	省エネ型反応タンク攪拌機	高効率散気装置	省エネ型汚泥濃縮機	省エネ型消化タンク攪拌機	省エネ型汚泥脱水機	返送汚泥ポンプ(インバータ制御への変更)

### ・ 省エネ診断結果(全国44処理場)

OD法 2処理場			標準法 25処理場			高度処理法 10処理場			焼却炉有 16処理場		
管理(%)	機器(%)	計(%)	管理(%)	機器(%)	計(%)	管理(%)	機器(%)	計(%)	管理(%)	機器(%)	計(%)
15.15	2.1	17.25	7.6	13.1	20.7	7.5	16.6	24.1	6.3	17.4	23.7

※省エネ効果：  
消費エネルギー量の削減率

### ・ B-DASH技術の導入効果

	水処理設備における消費電力量削減効果(%)
標準法	23.0
高度処理	20.0

※削減効果は「超固液分離技術」「ICTを活用した硝化運転制御技術」の合算値

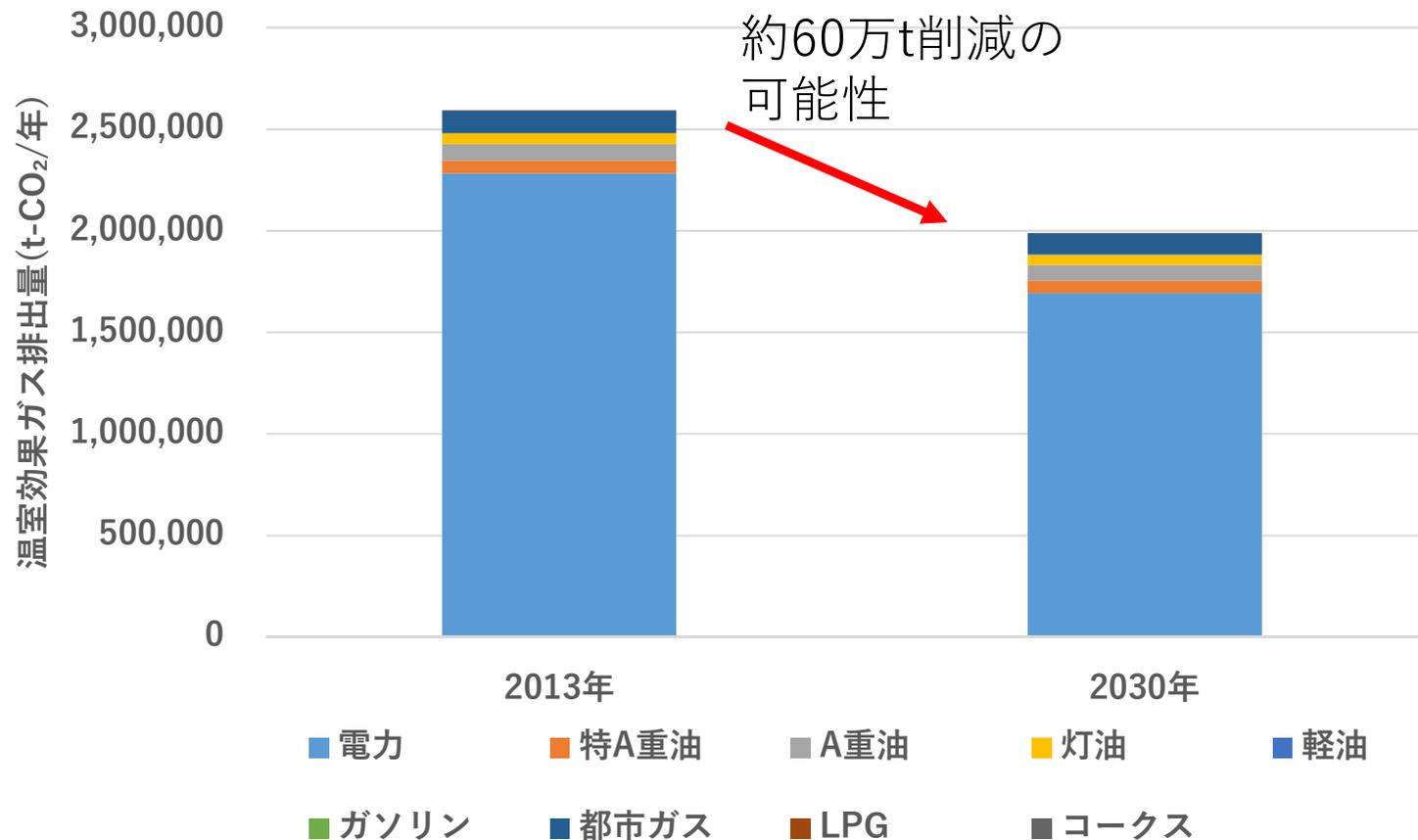
### ・ 参考 処理規模と省エネ効果との関係

1万m <sup>3</sup> /日未満 5処理場			1~5万m <sup>3</sup> /日 16処理場			5~10万m <sup>3</sup> /日 9処理場			10~20万m <sup>3</sup> /日 7処理場			20万m <sup>3</sup> /日以上 7処理場			平均値 44処理場		
管理(%)	機器(%)	計(%)	管理(%)	機器(%)	計(%)	管理(%)	機器(%)	計(%)	管理(%)	機器(%)	計(%)	管理(%)	機器(%)	計(%)	管理(%)	機器(%)	計(%)
10.9	19.1	30.0	6.3	14.3	20.6	6.6	29.3	35.9	8.7	24.9	33.5	2.3	21.4	23.7	6.6	20.7	27.3

## ⑦ 2030年目標達成のための導入すべき技術の整備量に関する検討

### a. 「省エネの促進」により達成する60万t削減に必要な技術の整備量

- 全国の処理場（焼却炉を設置しないOD法966箇所、標準法555箇所、高度処理法及びその他の処理場492箇所及び焼却炉を設置する処理場129箇所）に省エネ診断の結果及び既存のB-DASH技術超高効率固液分離、ICTを活用した効率的な硝化運転）の省エネ効果を適用した場合、年間で約60万t-CO<sub>2</sub>削減が見込まれる。
- 省エネ診断で検討されるような部分最適としての対策だけではなく、B-DASH技術のようなシステムで改善していくような取り組みも必要。



※削減量は2030年までの処理水量変化に伴うエネルギー消費量の変化を考慮した上で、省エネ効果を考慮。

2030年処理水量=「①2030年推定人口」×「②2018年度一人当たり処理水量」

①国立人口問題研究所「日本の将来推計人口（平成29年7月推計）より

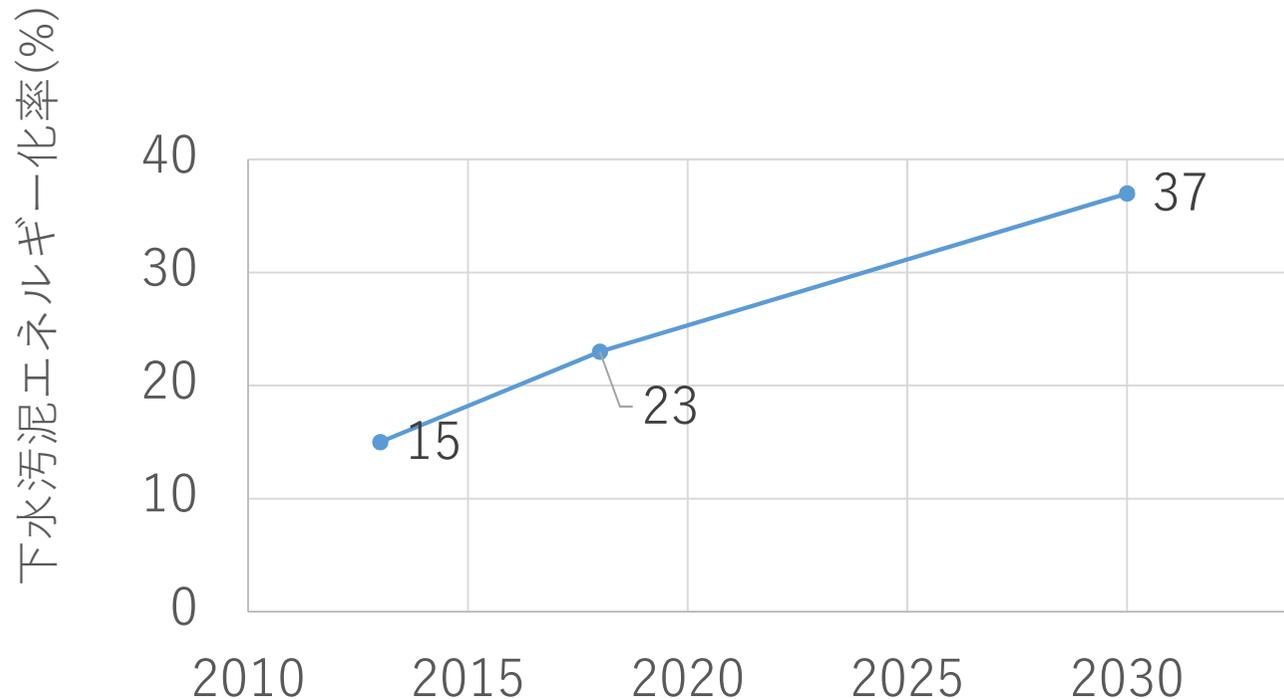
②2018年下水道統計より

## ⑦ 2030年目標達成のための導入すべき技術の整備量に関する検討

b. 「下水汚泥のエネルギー化（創エネ）」により達成する70万 t 削減に必要な技術の整備量

- 70万 t 削減に必要な2030年の下水汚泥エネルギー化率目標は37%であり、2013年比（15%）でこれを達成するためには5万m<sup>3</sup>/日の処理場で6.1t-DS/日※<sup>1</sup>の汚泥を消化するとした場合で試算すると、さらに439箇所の処理場で消化の実施が必要※<sup>2</sup>である。

下水汚泥エネルギー化率の推進について



※1 下水汚泥エネルギー化技術ガイドラインより

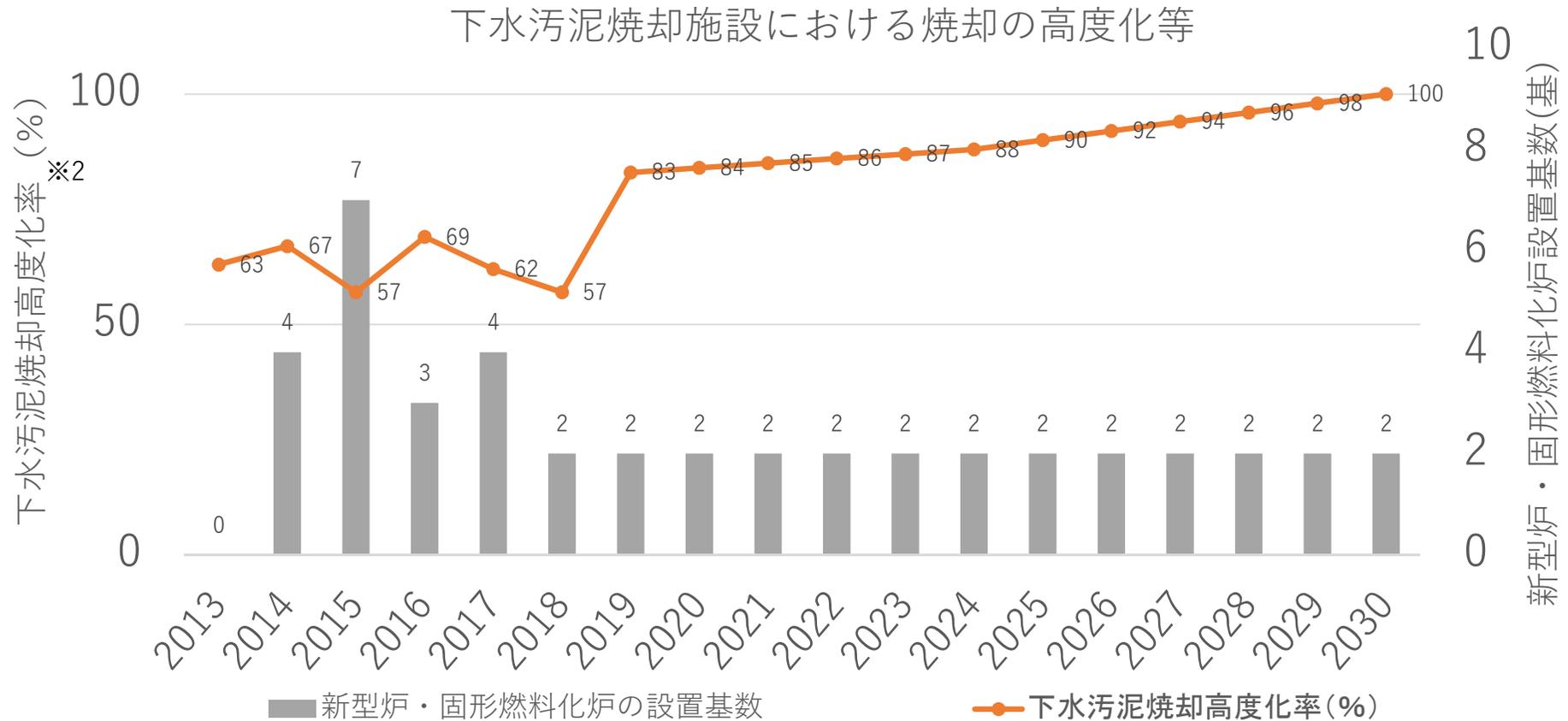
※2 消化槽稼働率は85%として試算。

また、下水汚泥エネルギー化率に対応した有機物量が全量消化槽に投入されるとして、その投入汚泥量を消化率0.5を用いて試算。

## ⑦ 2030年目標達成のための導入すべき技術の整備量に関する検討

### c. 「焼却の高度化」により達成する78万t削減に必要な技術の整備量

○汚泥の焼却温度を高度化（800度⇒850度）することで2030年度に高温焼却化される施設の割合（下水汚泥焼却高度化率）が100%となると想定。加えて、よりN<sub>2</sub>Oの排出量の少ない新型炉や焼却処理せずに固形燃料化を行うこと（**累計44基**）により78万t-CO<sub>2</sub>の削減を目指す。



※1 地球温暖化対策計画から引用  
 ※2 本編の高温焼却実施率と同じ

## 6. 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料

### 1. 2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

⑧その他 水処理・汚泥処理等のシステムとして有効性が評価されているB-DASH技術については、これまで30技術（うち2件は事業中）の脱炭素に資する技術を実証。

#### 処理規模 1万m<sup>3</sup>/日以下

省エネ	創エネ 再エネ	農業利用 ・再生水	N <sub>2</sub> O 対策	実施事業名称	委託研究実施者	5万m <sup>3</sup> 以上	1万m <sup>3</sup> 以上 5万m <sup>3</sup> 以下	1万m <sup>3</sup> 以下
	○			水素リーダー都市プロジェクト～下水バイオガス原料による水素創エネ技術の実証～	三菱化工機（株）・福岡市・九州大学・豊田通商（株）共同研究体	○	○	○
○				無曝気循環式水処理技術実証事業	メタウォーター（株）・高知市・高知大学・日本下水道事業団 共同研究体		○	○
○				高効率固液分離技術と二点DO制御技術を用いた省エネ型水処理技術の技術実証事業	前澤工業(株)・(株)石垣・日本下水道事業団・埼玉県 共同研究体	○	○	○
	○			複数の下水処理場からバイオガスを効率的に集約・活用する技術	JNCエンジニアリング(株)・吸着技術工業(株)・(株)九電工・シンコー(株)・山鹿都市ガス(株)・熊本県立大学・山鹿市・大津町・益城町			○
		○		下水処理水の再生処理システムに関する実証事業	(株)西原環境・(株)東京設計事務所・京都大学・糸満市 共同研究体	○	○	○
○	○	○		脱水乾燥システムによる下水汚泥の肥料化、燃料化技術実証事業	月島機械（株）、サンエコサーマル（株）、日本下水道事業団、鹿沼市農業公社、鹿沼市 共同研究体	○	○	○
○				DHSシステムを用いた水量変動追従型水処理技術実証事業	三機工業（株）、東北大学、香川高等専門学校、高知工業高等専門学校、日本下水道事業団、須崎市 共同研究体			○
○				最終沈殿池の処理能力向上技術実証事業	メタウォーター(株)・日本下水道事業団・松本市共同研究体	○	○	○
○	○			小規模下水処理場を対象とした低コスト・省エネルギー型高濃度メタン発酵技術に関する実証事業	大原鉄工所・西原環境・NJS・長岡技術科学大学・北海道大学・長岡市共同研究体			○

## 処理規模 1万m<sup>3</sup>/日以上

省エネ	創エネ 再エネ	農業利用 ・再生水	N <sub>2</sub> O 対策	実施事業名称	委託研究実施者	5万m <sup>3</sup> 以上	1万m <sup>3</sup> 以上 5万m <sup>3</sup> 以下	1万m <sup>3</sup> 以下
○	○			超高効率固液分離技術を用いたエネルギーマネジメントシステム技術実証事業	メタウォーター・日本下水道事業団 共同研究体	○	○	
○	○			神戸市東灘処理場 再生可能エネルギー生産・革新的技術実証事業	神鋼環境ソリューション・神戸市 共同研究体	○	○	
	○	○		温室効果ガスを排出しない次世代型下水污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 低コスト下水污泥固形燃料化技術実証事業	JFEエンジニアリング	○	○	
○				固定床型アナモックスプロセスによる高効率窒素除去技術実証事業	熊本市・日本下水道事業団・(株)タクマ 共同研究体	○	○	
		○		神戸市東灘処理場 栄養塩除去と資源再生(リン) 革新的技術実証事業	水King・神戸市・三菱商事アグリサービス 共同研究体	○	○	
○	○		○	脱水・燃焼・発電を全体最適化した革新的下水污泥エネルギー転換システムの実証事業	メタウォーター・池田市 共同研究体	○	○	
○	○		○	下水道バイオマスからの電力創造システム実証事業	和歌山市・日本下水道事業団・京都大学・(株)西原環境・(株)タクマ 共同研究体	○	○	
	○			水素リーダー都市プロジェクト～下水バイオガス原料による水素創エネ技術の実証～※	三菱化工機(株)・福岡市・九州大学・豊田通商(株) 共同研究体	○	○	○
○				無曝気循環式水処理技術実証事業※	メタウォーター(株)・高知市・高知大学・日本下水道事業団 共同研究体		○	○

※1万m<sup>3</sup>/日以下技術からの再掲

## 処理規模 1万m<sup>3</sup>/日以上

省エネ	創エネ 再エネ	農業利用 ・再生水	N <sub>2</sub> O 対策	実施事業名称	委託研究実施者	5万m <sup>3</sup> 以上	1万m <sup>3</sup> 以上 5万m <sup>3</sup> 以下	1万m <sup>3</sup> 以下
○				高効率固液分離技術と二点DO制御技術を用いた省エネ型水処理技術の技術実証事業※	前澤工業(株)・(株)石垣・日本下水道事業団・埼玉県 共同研究体	○	○	○
○				ICTを活用した効率的な硝化運転制御の実用化に関する技術実証事業	(株)日立製作所・茨城県 共同研究体	○	○	
○				ICTを活用したプロセス制御とリモート診断による効率的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	○	○	
		○		バイオガス中のCO <sub>2</sub> 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)ユージェナ・日環特殊(株)・(株)日水コン・日本下水道事業団・佐賀市	○	○	
		○		下水処理水の再生処理システムに関する実証事業※	(株)西原環境・(株)東京設計事務所・京都大学・糸満市 共同研究体	○	○	○
○	○	○		脱水乾燥システムによる下水汚泥の肥料化、燃料化技術実証事業※	月島機械(株)、サンエコサマル(株)、日本下水道事業団、鹿沼市農業公社、鹿沼市 共同研究体	○	○	○
○	○	○		自己熱再生型ヒートポンプ式高効率下水汚泥乾燥技術実証事業	(株)大川原製作所、関西電力(株)、秦野市 共同研究体	○	○	
○	○			高効率消化システムによる地産地消エネルギー活用技術の実用化に関する実証事業	三菱化工機(株)・国立大学法人九州大学・日本下水道事業団・唐津市共同研究体	○	○	
	○		○	温室効果ガス削減を考慮した発電型汚泥焼却技術の実用化に関する実証事業	JFEエンジニアリング(株)・日本下水道事業団・川崎市共同研究体	○	○	
○				最終沈殿池の処理能力向上技術実証事業※	メタウォーター(株)・日本下水道事業団・松本市共同研究体	○	○	○
○	○			高濃度消化・省エネ型バイオガス精製による効率的エネルギー利活用技術に関する実証事業	神鋼環境ソリューション・日本下水道事業団・富士市共同研究体	○	○	
○				単槽型硝化脱窒プロセスのICT・AI制御による高度処理技術実証事業	メタウォーター・日本下水道事業団・町田市 共同研究体	○	○	

※1万m<sup>3</sup>/日以下技術からの再掲

## 下水熱技術や現在事業中等の技術

省エネ	創エネ 再エネ	農業利用 ・再生水	N <sub>2</sub> O 対策	実施事業名称	委託研究実施者	5万m <sup>3</sup> 以上	1万m <sup>3</sup> 以上 5万m <sup>3</sup> 以下	1万m <sup>3</sup> 以下
	○			管路内設置型熱回収技術を用いた下水熱利用技術実証事業	大阪市・積水化学・東亜グラウト 共同研究体			
○				特殊繊維担体を用いた余剰汚泥削減型水処理技術実証事業	(株) I H I 環境エンジニアリング、帝人(株)、日本下水道事業団、辰野町 共同研究体			
	○			小口径管路からの下水熱を利用した融雪技術の実用化に関する実証事業	東亜グラウト工業・丸山工務所・十日町市共同研究体			
	○			ヒートポンプで低LCCと高COPを実現する下水熱融雪システムに関する研究	興和・積水化学工業・新潟市共同研究体			
○	○			中小規模処理場同士の広域化に資する低コスト汚泥減量化技術の実証事業	月島機械(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		R2採択技術	事業中
○				A I 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・N J S ・広島市・船橋市共同研究体		R3採択技術	事業中
○	○			最初沈殿池におけるエネルギー回収技術			R4技術案	
○				深槽曝気システムにおける省エネ型改築技術			R4技術案	

## 6. 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料

### 1. 2030年目標達成のための導入すべき技術とその効果

⑧その他 下水道における地球温暖化対策マニュアル（平成28年3月環境省・国土交通省）  
「表 5-1 下水道部門における温室効果ガスの排出の抑制等に資する設備の選択・使用方法」を記載。

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

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

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

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

## 6. 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料

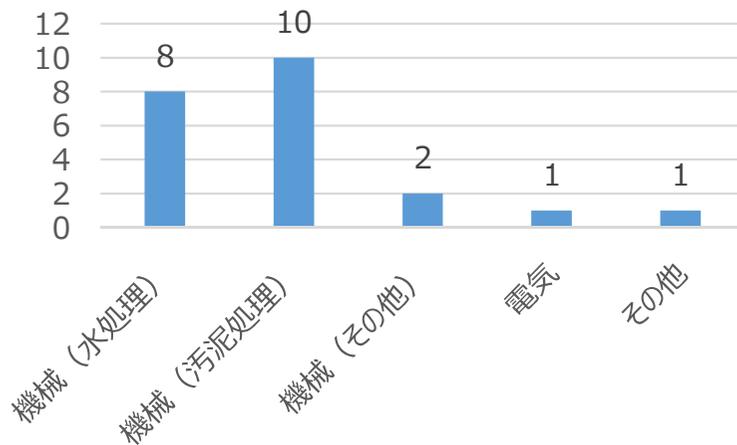
### 2. (一社) 日本下水道施設業協会へのアンケート

(一社) 日本下水道施設業協会へのアンケート結果 (2030年目標達成関連)

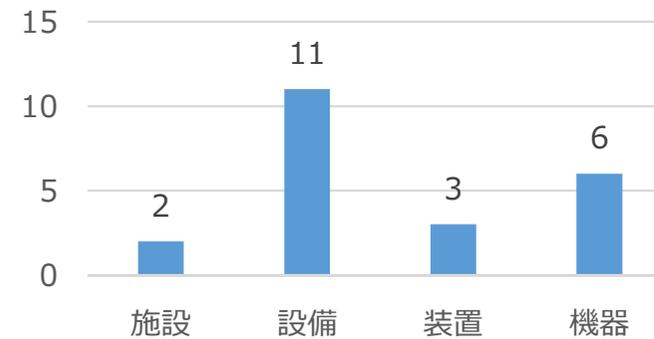
○会員企業に対してアンケートを実施。13社から回答が得られた。

(設問1) 現在各社で有する各温室効果ガス削減対策技術について計22技術の回答が得られた (複数回答あり)。

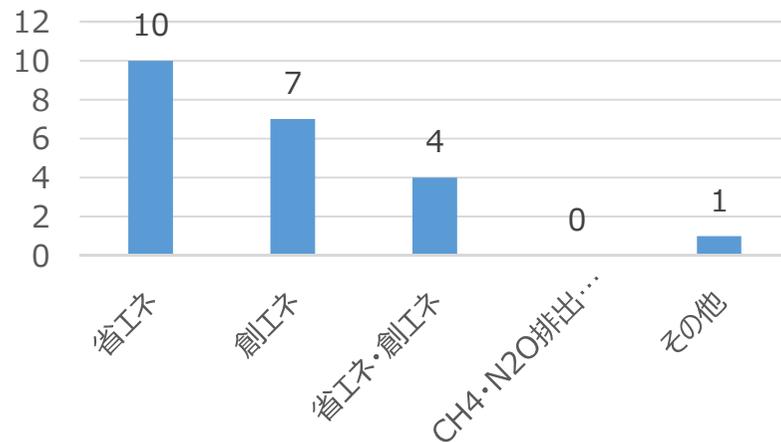
処理施設等の分類



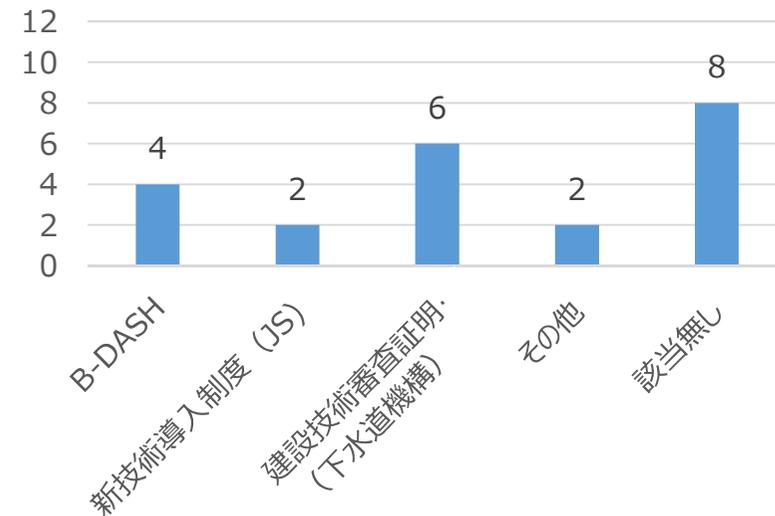
設備等の分類



対策目的の分類



認証技術等の分類



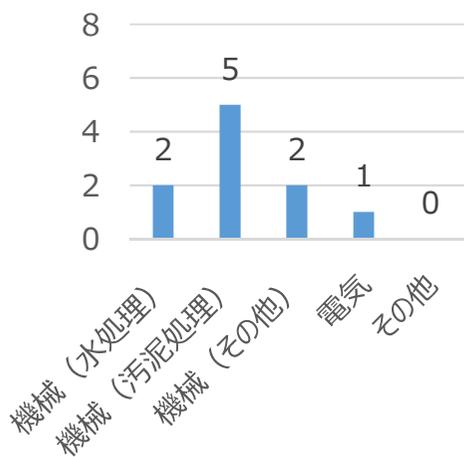
分類	技術名称	効果（アンケート記載内容の転記）
省エネ	スマートMBR SCRUM	MBRシステムの消費電力試算値0.22kWh/m <sup>3</sup> （GHG発生量はN <sub>2</sub> Oガスの発生量抑制の効果により従来高度処理法以下を想定）
	タービンアシスト省電力汚泥焼却システム	流動ブロウの消費電力を90%以上削減、焼却設備全体の消費電力を30%以上(自社従来比)削減。
	単槽型硝化脱窒プロセスのICT・AI制御による高度処理技術（B-DASH）	建設費を抑制（最適な好気・無酸素ゾーン形成による槽容量縮小）、省エネの実現（攪拌機不要、循環ポンプ不要、送風電力減）、維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

## 6. 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料

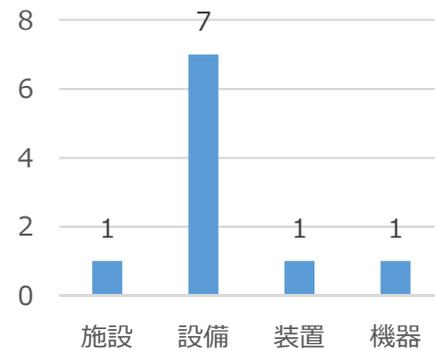
### 2. (一社) 日本下水道施設業協会へのアンケート

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

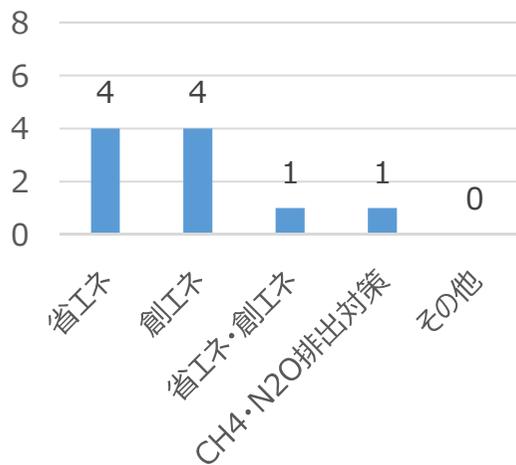
処理施設等の分類



設備等の分類



対策目的の分類



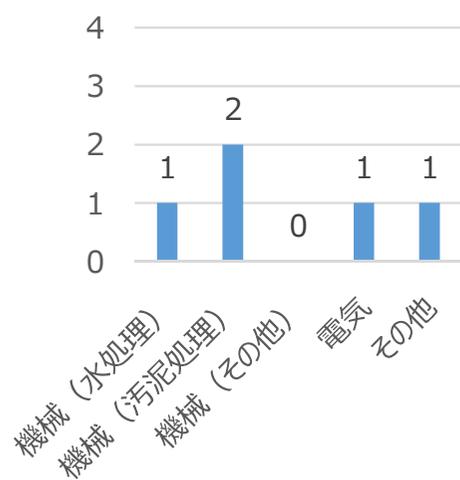
省エネ	災害停電時マンホールポンプ起動支援システム
	触媒添着式ハニカム型脱臭フィルター
	細径PVDF中空糸膜を用いた省エネルギー型MBRシステム
創エネ	好気容積比制御
	汚泥発酵乾燥Bio-drying
	創エネルギー型焼却システム
	セミドライメタン発酵装置(高効率ガス回収型汚泥消化装置)
	消化汚泥可溶化装置
省エネ・創エネ	マイクロ風力発電機+蓄電池
CH <sub>4</sub> ・N <sub>2</sub> O排出対策	燃焼温度900度以上焼却炉
その他	-

## 6. 2030年目標達成のための導入すべき技術及び技術開発項目に関する参考資料

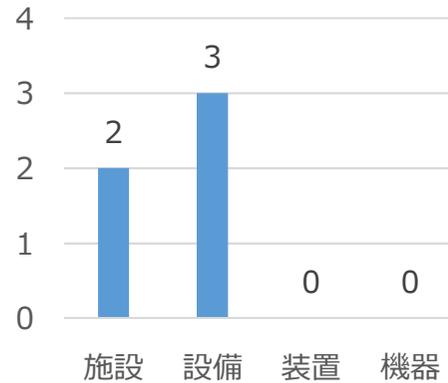
### 2. (一社) 日本下水道施設業協会へのアンケート

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

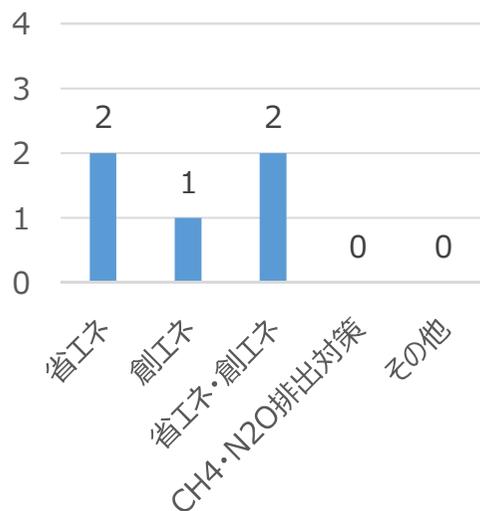
処理施設等の分類



設備等の分類



対策目的の分類



省エネ	能力増強型水処理システム
	極値探索制御技術
創エネ	汚泥発酵乾燥Bio-drying
省エネ・創エネ	既設躯体を活用した汚泥消化設備
	ディスプレイポストを用いた家庭有機物回収システム
CH <sub>4</sub> ・N <sub>2</sub> O 排出対策	—
その他	—

## 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

---

## 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

### 1. 技術開発の動向について ①下水道技術ビジョン

- ◆ 下水道技術ビジョンは「新下水道ビジョン」(H26.7)で示された長期ビジョンや中期目標を達成するために、今後開発すべき技術等について、下水道技術ビジョン検討委員会(委員長:東京大学花木教授)の審議を経てH27.12に策定。
- ◆ 下水道施設の老朽化対策、近年頻発する集中豪雨などに対応した浸水対策、下水道資源の有効利用の推進など、下水道の今後の重要な課題を解決するため、1.1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。

#### 1.1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。



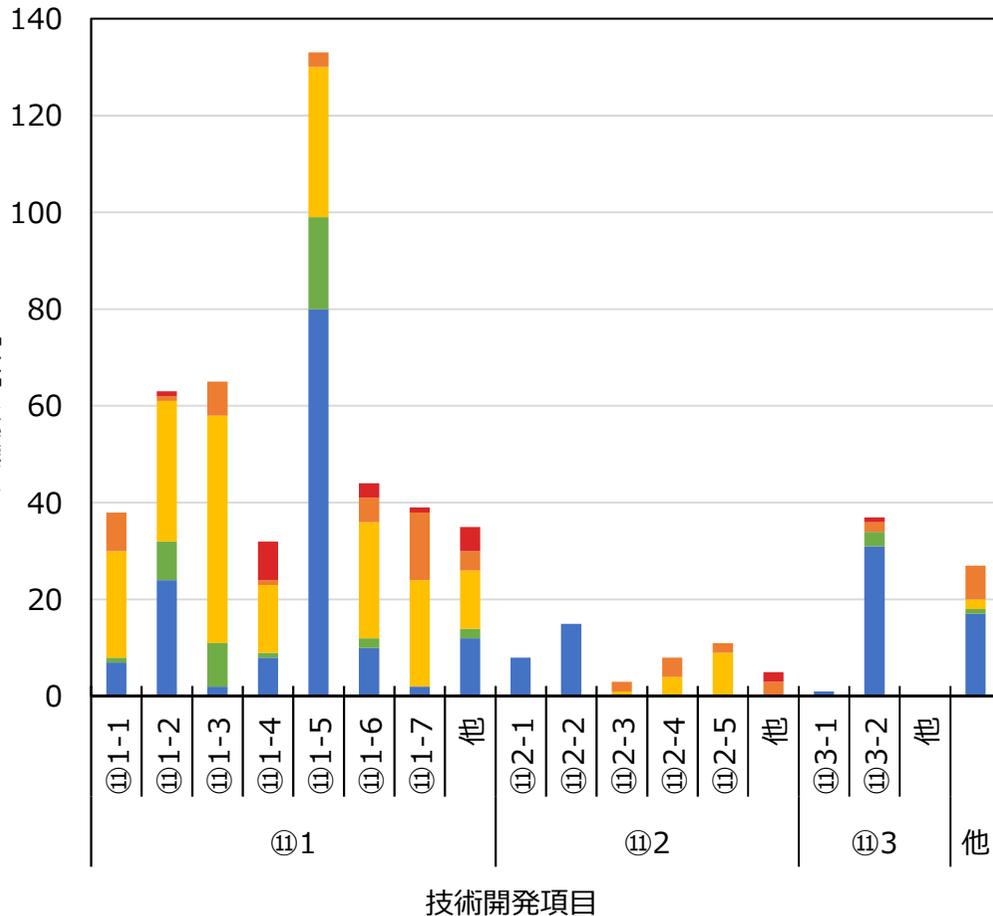
- 下水道技術ビジョンに掲げるロードマップの進捗状況について下水道技術開発会議において文献調査を実施。
- 文献調査は平成28年から令和元年度までの下水道研究発表会講演集や下水道協会誌、土木学会年次講演集、水環境学会誌等の論文等を参照。
- 技術開発レポート2019においてとりまとめた結果について次ページ以降紹介。

# 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

## 1. 技術開発の動向について ①下水道技術ビジョン

- 「①①1-5活性汚泥法代替の曝気を行わない省エネ型水処理技術」等が多い。
- 「①①2-1標準活性汚泥法等におけるN<sub>2</sub>O排出抑制を低コスト・省エネルギーで実現」等の水処理・汚泥処理に伴い発生するN<sub>2</sub>O排出抑制技術が少ない。

### ①①低炭素型下水道システム



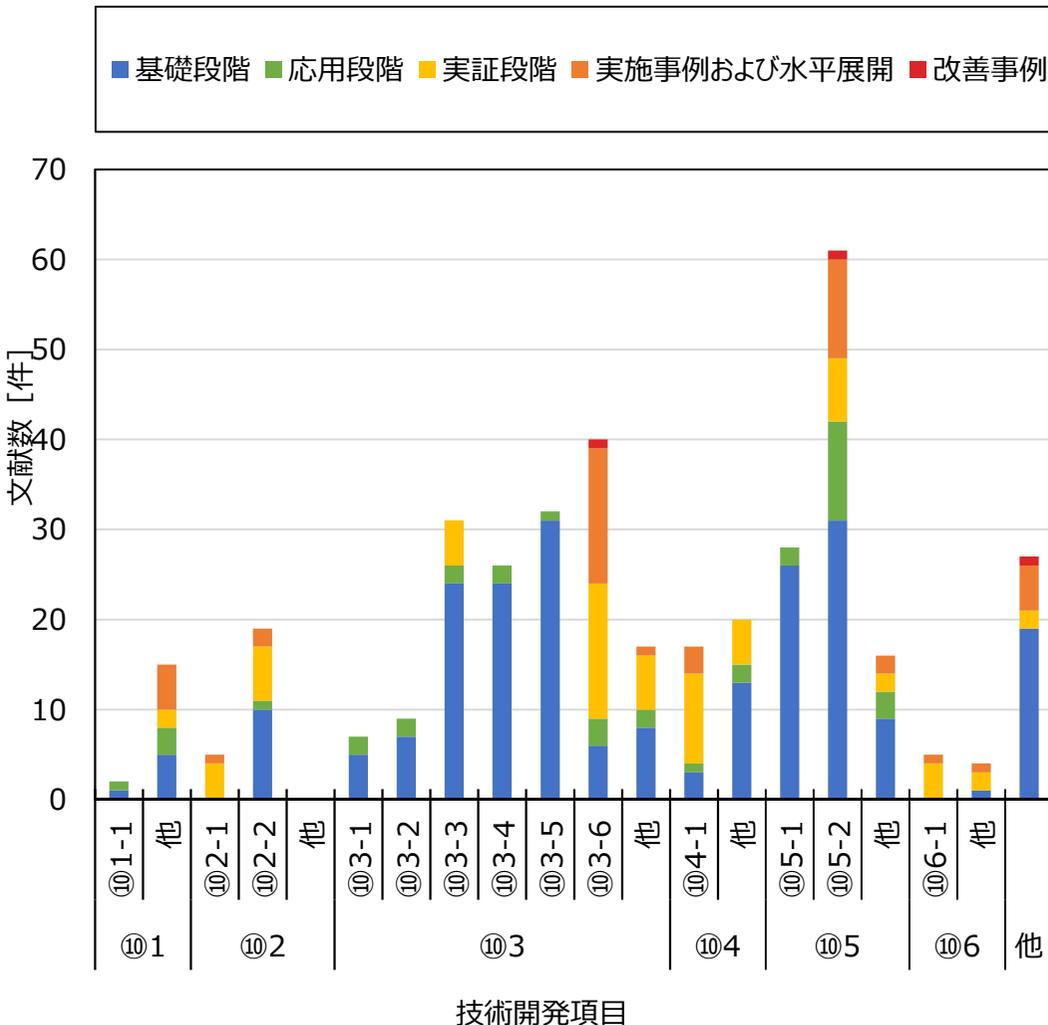
- ①①1 下水道で消費するエネルギーの約1割削減に向けた技術開発
  - ①①1-1 処理場の省エネ・創エネとあわせたエネルギー消費最小化とエネルギー自立
  - ①①1-2 水処理・汚泥処理の全体最適化による省エネ技術（流入有機物の回収による水処理負荷軽減、担体利用技術等）
  - ①①1-3 ICT（センサー、CFD等）を活用した省エネ水処理技術。流入水量・水質の変動にあわせた曝気風量の制御や酸素溶解効率の向上等によるエネルギー最適化
  - ①①1-4 送風プロセス（送風機、制御システム、散気装置等）の最適化による省エネ技術
  - ①①1-5 活性汚泥法代替の曝気を行わない省エネ型水処理技術（散水ろ床タイプ、嫌気性処理、湿地処理等）
  - ①①1-6 汚泥の濃縮、脱水、嫌気性消化等の各プロセスの省エネ性を向上させる技術
  - ①①1-7 汚泥のエネルギー化により、省エネと創エネを同時に行う技術の高度化（低含水化、汚泥移送、燃料化、焼却発電等）
- ①①2 下水道から排出される温室効果ガス排出量の約11%削減に向けた技術開発
  - ①①2-1 標準活性汚泥法等におけるN<sub>2</sub>O排出抑制を低コスト・省エネルギーで実現
  - ①①2-2 N<sub>2</sub>O発生機構の解明、微生物群衆構造の解析・制御等により、排出抑制する運転技術を実用化
  - ①①2-3 高温焼却のコスト増加を抑制し、導入を円滑化する技術
  - ①①2-4 N<sub>2</sub>O排出量の少ない、より高度な焼却技術（多段吸込燃焼式流動床炉、二段燃焼式循環流動床炉、新型ストーカー炉等）
  - ①①2-5 省エネ・創エネと同時にN<sub>2</sub>O排出抑制を達成する技術（汚泥の炭化・乾燥による燃料化技術や脱水汚泥の低含水率化と組み合わせた焼却発電技術等）
- ①①3 ベンチマーキング手法を活用し、事業主体のエネルギー効率改善促進
  - ①①3-1 エネルギー効率に関する適切な技術的指標の開発、ベンチマーキング手法の導入を支援する技術
  - ①①3-2 省エネ・創エネ・省CO<sub>2</sub>性能の合理的な定量化手法・改善技術

# 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

## 1. 技術開発の動向について ① 下水道技術ビジョン

- 「⑩3 下水処理技術と下水資源を活用したエネルギー生産技術の開発」や「⑩5 嫌気性消化に関する各種バイオマス受け入れも視野に入れた運転管理方法や既存システムの改良技術の開発」に関する技術が多い。
- 「⑩1 様々な再生可能エネルギー利用技術を組み合わせた中小規模処理場向けエネルギー自立化技術の開発」や「⑩6 熱利用による下水処理場でのエネルギー利用効率化技術の開発」に関する技術が少ない。

### ⑩ 創エネ・再生可能エネルギー



- ⑩1 様々な再生可能エネルギー利用技術を組み合わせた中小規模処理場向けエネルギー自立化技術の開発
  - ⑩1-1 中山間地域等の中小規模下水処理場における草木系バイオマスエネルギー利用技術を活用した汚泥処理（乾燥）の導入技術
- ⑩2 低LCC化、エネルギー効率の効率化による導入促進のため、新しい濃縮脱水システムや新しい嫌気性消化リアクターの開発
  - ⑩2-1 濃縮工程を省略した新しい脱水処理システム
  - ⑩2-2 汎用型等新しい嫌気性消化リアクター
- ⑩3 下水処理技術と下水資源を活用したエネルギー生産技術の開発
  - ⑩3-1 多様な植物バイオマスからのエネルギー抽出・回収技術
  - ⑩3-2 下水で培養した微細藻類からのエネルギー生産技術
  - ⑩3-3 下水処理場での微細藻類由来エネルギー生産量評価技術
  - ⑩3-4 微生物燃料電池の活用によるエネルギー生産技術
  - ⑩3-5 膜ろ過・嫌気処理による省エネ・創エネ型水処理技術
  - ⑩3-6 下水熱の利用技術
- ⑩4 汚泥直接、汚泥由来バイオガスや硫化水素などからメタン、水素、CO<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
  - ⑩4-1 膜処理を用いたバイオガスからの省エネルギー・高効率・簡易CO<sub>2</sub>分離技術
- ⑩5 嫌気性消化に関する各種バイオマス受け入れも視野に入れた運転管理方法や既存システムの改良技術の開発
  - ⑩5-1 嫌気性消化をモニタリングする技術と既存消化槽の活用技術
  - ⑩5-2 既存消化槽の高効率エネルギー生産・回収型への転換技術
- ⑩6 熱利用による下水処理場でのエネルギー利用効率化技術の開発
  - ⑩6-1 ガス発電廃熱を利用した乾燥技術

# 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

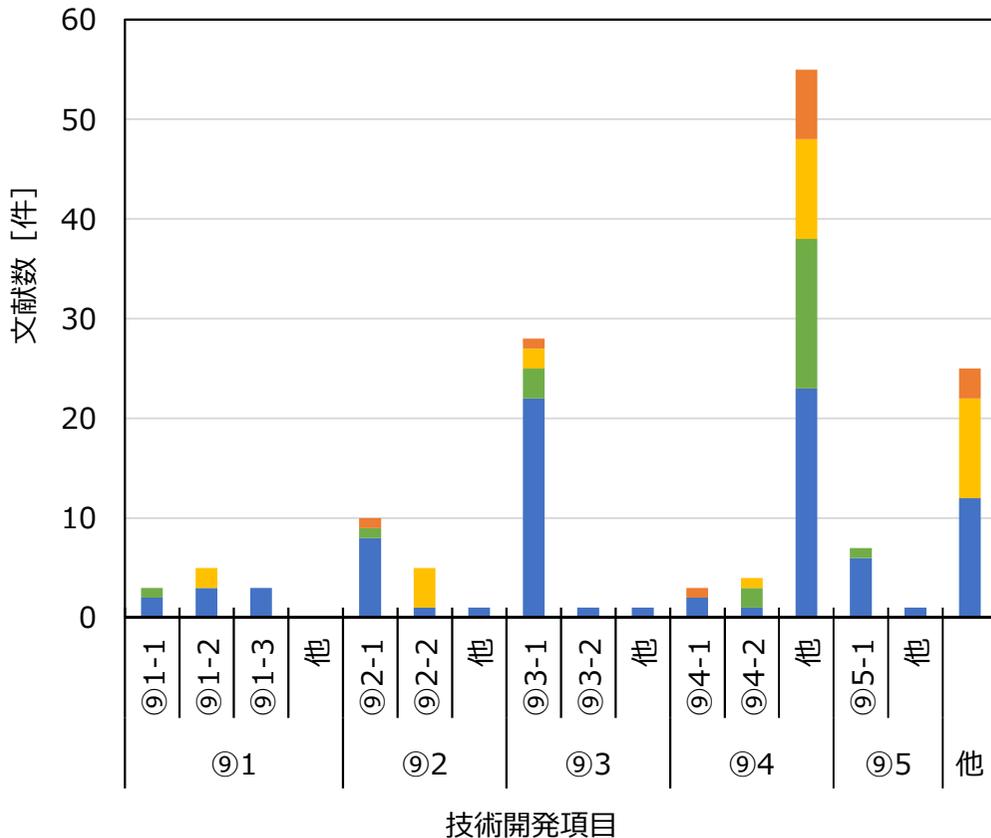
## 1. 技術開発の動向について ① 下水道技術ビジョン

下水道技術ビジョンに掲げるロードマップの進捗状況について

- 「⑨3-1 下水汚泥構成元素の分離・リサイクル技術の開発」や「⑨4 下水道資源・エネルギーを利用した農林水産物の生産に関する技術の開発」に関連した食と下水道に関する技術が多い。
- その他、**全体的に下水道関連の文献が少なかった。**

### ⑨地域バイオマス

■ 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・CO<sub>2</sub>を活用したトリジェネレーション技術の開発
- ⑨5 高品質下水灰の生産・肥料化技術の開発
  - ⑨5-1 下水灰（下水汚泥燃焼灰）の肥料化・普及を図る技術

# 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

## 1. 技術開発の動向について ②B-DASHプロジェクト等

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

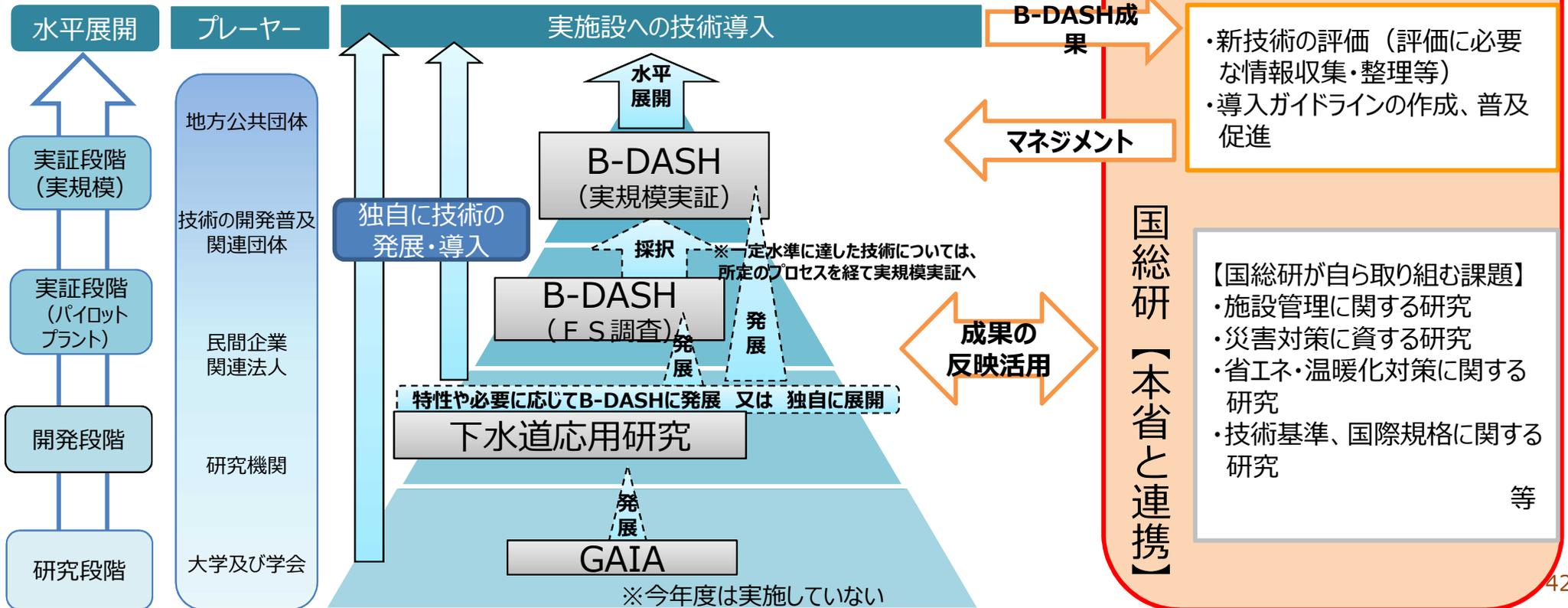
下水道技術ビジョン（H27年12月策定、平成29年2月一部改定）

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



# 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

## 1. 技術開発の動向について ②B-DASHプロジェクト等

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

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

# 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

## 1. 技術開発の動向について ②B-DASHプロジェクト等

採択年度	実施事業名称	委託研究実施者
H27	複数の下水処理場からバイオガスを効率的に集約・活用する技術	JNCエンジニアリング(株)・吸着技術工業(株)・(株)九電工・シンコー(株)・山鹿都市ガス(株)・熊本県立大学・山鹿市・大津町・益城町
	バイオガス中のCO <sub>2</sub> 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)ユージェナ・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	

事業中

## 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

### 1. 技術開発の動向について ②B-DASHプロジェクト等

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

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

# 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

## 1. 技術開発の動向について ②B-DASHプロジェクト等

・応用研究では10技術の脱炭素に資する技術の調査を実施。

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

# 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

## 1. 技術開発の動向について ②B-DASHプロジェクト等

・GAIAでは18技術の脱炭素に資する技術の調査を実施。

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

## 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

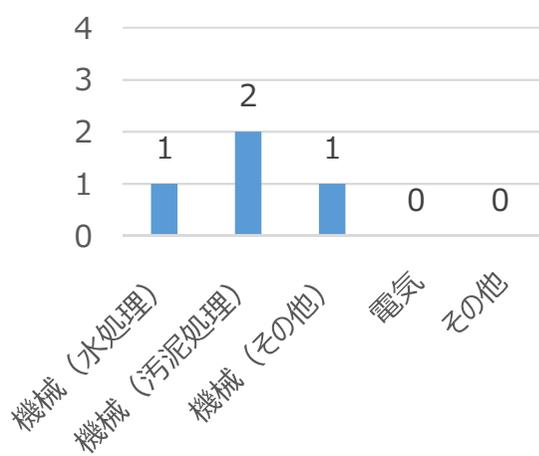
### 1. 技術開発の動向について ③ (一社) 日本下水道施設業協会アンケート

(一社) 日本下水道施設業協会へのアンケート結果 (2050カーボンニュートラル関連)

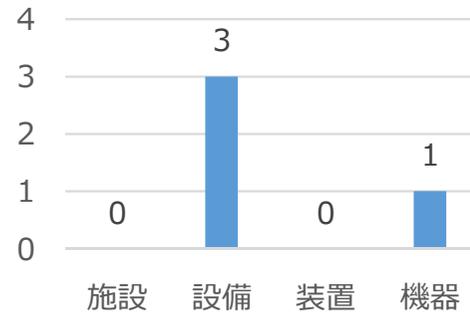
○会員企業に対してアンケートを実施。13社から回答が得られた (再掲)。

(設問4) 2050年脱炭素社会への貢献等中長期的に技術開発に取り組んでいく予定のテーマ等及び (設問5) 開発期間について計4技術の回答が得られた (複数回答あり)。

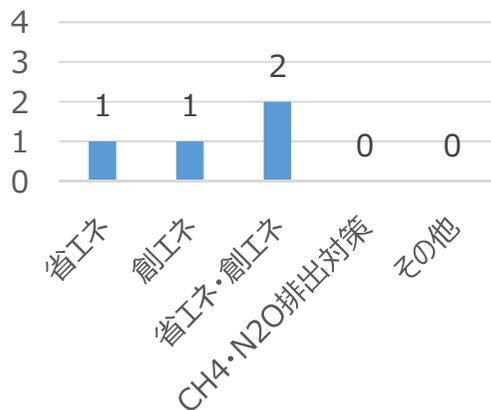
処理施設等の分類



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 <sub>4</sub> ・N <sub>2</sub> O 排出対策	—	—
その他	—	—

# 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

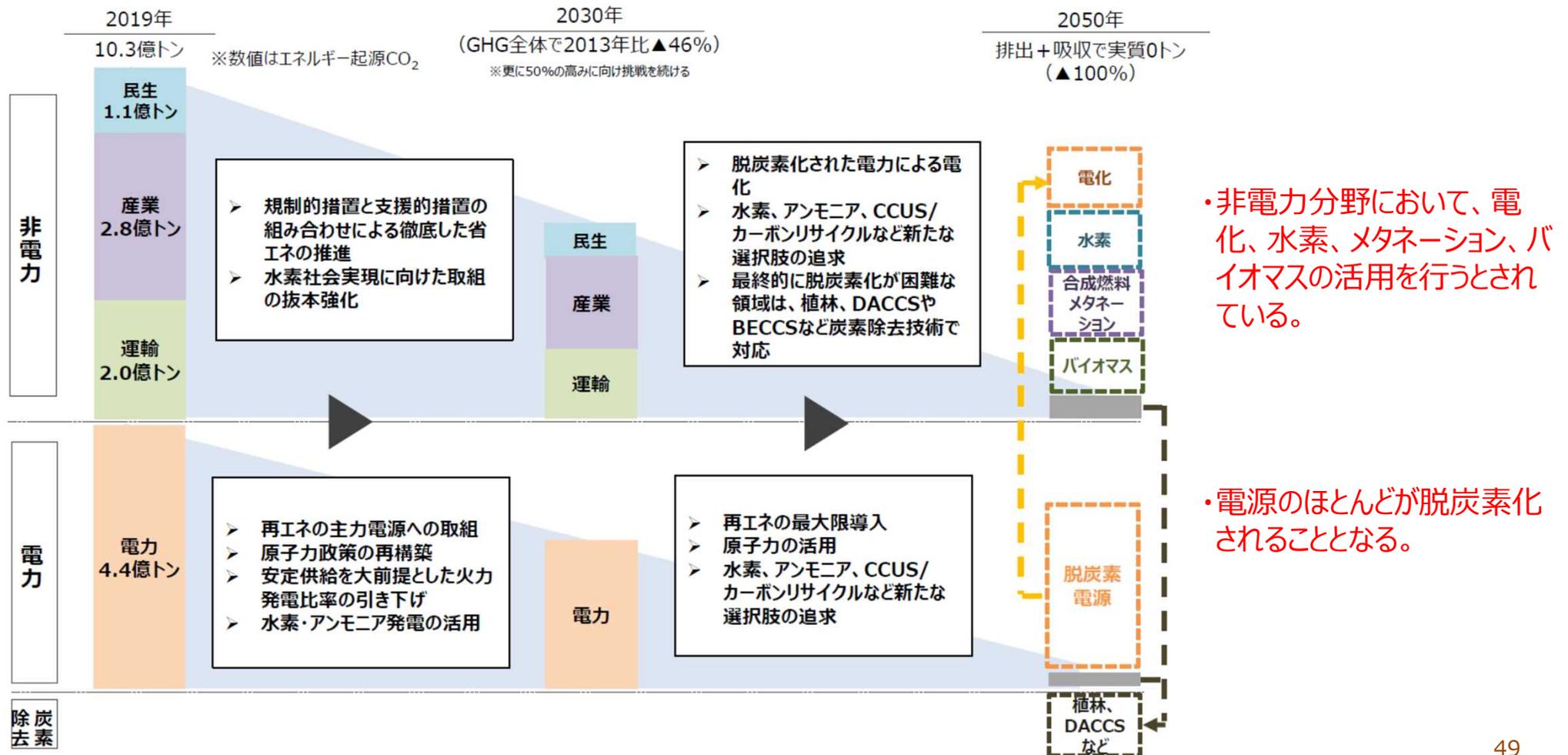
## 1. 技術開発の動向について ④他分野との連携

### ○エネルギー基本計画（令和3年10月閣議決定）

カーボンニュートラル実現に向けた課題と対応のポイントとして次の位置づけあり。

電力部門では再エネ等の活用と水素・アンモニア発電、CCUS/カーボンリサイクルによる火力発電などのイノベーションを追求すること。非電力部門では、電化推進、電化が困難な部門では水素や合成メタンなどの活用。等

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



# 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

## 1. 技術開発の動向について ④他分野との連携

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

 <p><b>洋上風力・太陽光・地熱</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2040年、3,000~4,500万kWの案件形成【洋上風力】</li> <li>2030年、次世代型で14円/kWhを視野【太陽光】</li> </ul> <p>1</p>	 <p><b>水素・燃料アンモニア</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2050年、2,000万トン程度の導入【水素】</li> <li>東南アジアの5,000億円市場【燃料アンモニア】</li> </ul> <p>2</p>	 <p><b>次世代熱エネルギー</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2050年、既存インフラに合成メタンを90%注入</li> </ul> <p>3</p>	 <p><b>原子力</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2030年、高温ガス炉のカーボンフリー水素製造技術を確立</li> </ul> <p>4</p>	 <p><b>自動車・蓄電池</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2035年、乗用車の新車販売で電動車100%</li> </ul> <p>5</p>	 <p><b>半導体・情報通信</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2040年、半導体・情報通信産業のカーボンニュートラル化</li> </ul> <p>6</p>	 <p><b>船舶</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2028年よりも前倒しでゼロエミッション船の商業運航実現</li> </ul> <p>7</p>
 <p><b>物流・人流・土木インフラ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2050年、カーボンニュートラルポートによる港湾や、建設施工等における脱炭素化を実現</li> </ul> <p>8</p>	 <p><b>食料・農林水産業</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2050年、農林水産業における化石燃料起源のCO<sub>2</sub>ゼロエミッション化を実現</li> </ul> <p>9</p>	 <p><b>航空機</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2030年以降、電池などのコア技術を、段階的に技術搭載</li> </ul> <p>10</p>	 <p><b>カーボリサイクル・マテリアル</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2050年、人工光合成プラを既製品並み【CR】</li> <li>ゼロカーボンスチールを実現【マテリアル】</li> </ul> <p>11</p>	 <p><b>住宅・建築物・次世代電力マネジメント</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2030年、新築住宅・建築物の平均でZEH・ZEB【住宅・建築物】</li> </ul> <p>12</p>	 <p><b>資源循環関連</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2030年、バイオマスプラスチックを約200万トン導入</li> </ul> <p>13</p>	 <p><b>ライフスタイル関連</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2050年、カーボンニュートラル、かつレジリエントで快適な暮らし</li> </ul> <p>14</p>

～下水道分野と関連が強い分野～

### 1. 洋上風力・太陽光・地熱

・脱炭素電源として、次世代型太陽電池の技術開発

### 2. 水素・燃料アンモニア

・水素については2030年300万トン、**2050年2,000万トン**程度の導入量を目指す。

・アンモニアについては2030年300万トン、**2050年3000万トン**の燃料等としての国内需要を想定。

### 3. 次世代熱エネルギー

・メタネーションなどによる合成メタンを**2050年2500万トン**供給を目指す。

### 8. 物流・人流・土木インフラ

・下水道の省エネ化、下水熱利用の促進（**2025年までに案件形成に集中的に取り組む。**）

・建設施工のカーボンニュートラルの実現

### 9. 食料・農林水産業

・有機農業の取組面積拡大、化学農薬・化学肥料の低減

### 11. カーボリサイクル・マテリアル

・CO<sub>2</sub>吸収型コンクリートの低コスト化を目指す。

・低コストかつ高効率なCO<sub>2</sub>分離回収技術の開発。2050年の世界市場10兆円の3割シェアを目指す。

### 13. 資源循環関連

・下水道バイオマスの活用拡大（**2025年までに案件形成に集中的に取り組む。**）

・有機性廃棄物の一体処理によるコスト低減策の検討を**2040年まで実施。**

・排熱利用型地域熱供給、オンライン熱輸送の向上など回収したエネルギー利用の高度化・効率化

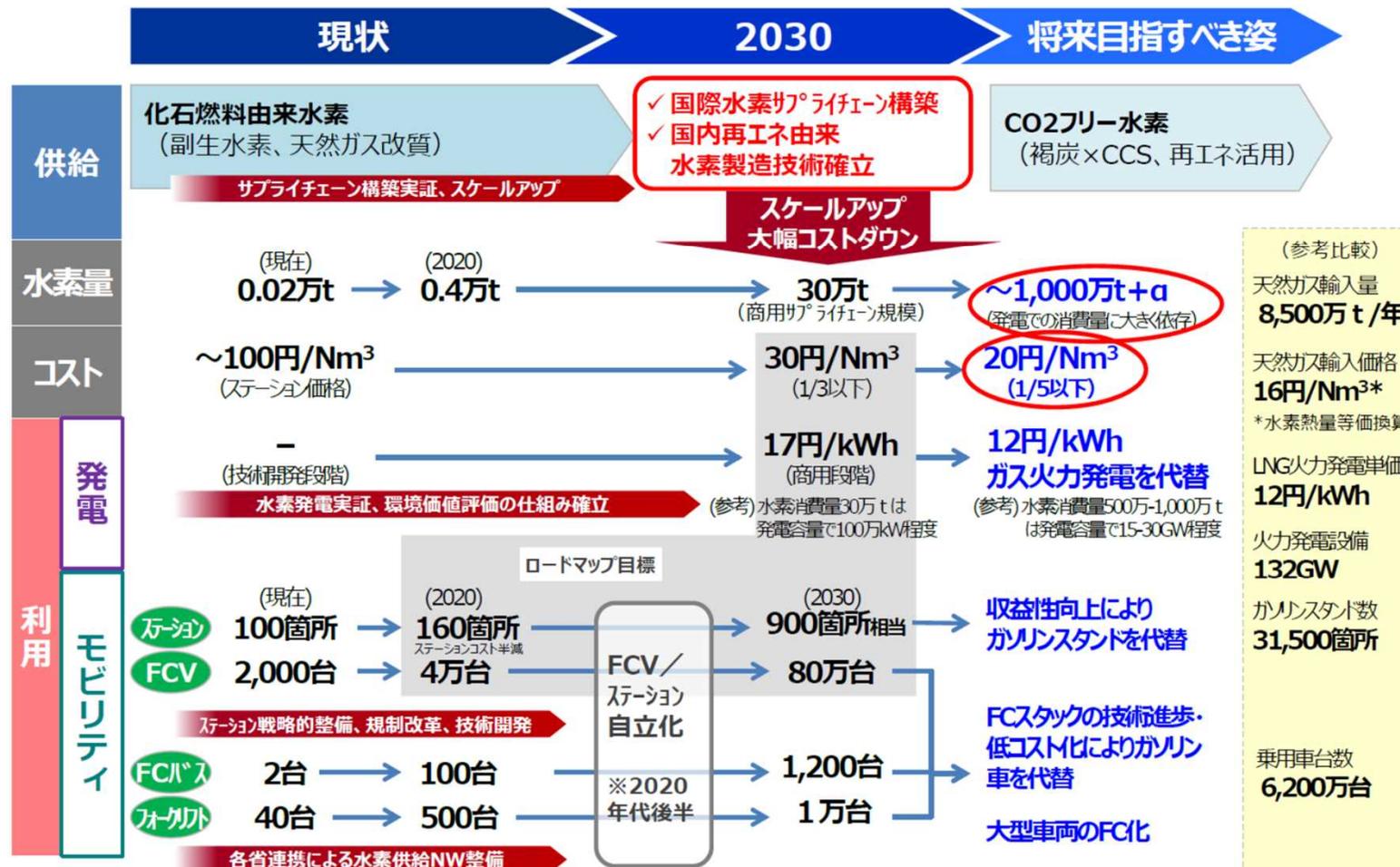
※他にも、自動車の電動化、微細藻類由来のジェット燃料、分散型エネルギー、次世代グリッド等に関する取組に関する記載あり。

# 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

## 1. 技術開発の動向について ④他分野との連携 水素

- グリーン成長戦略において、水素については**2050年2,000万トン**程度の導入量を目指す。また、カーボンフリー水素の製造コストの削減を図り**20円/Nm<sup>3</sup>**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



# 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

## 1. 技術開発の動向について ④他分野との連携 アンモニア

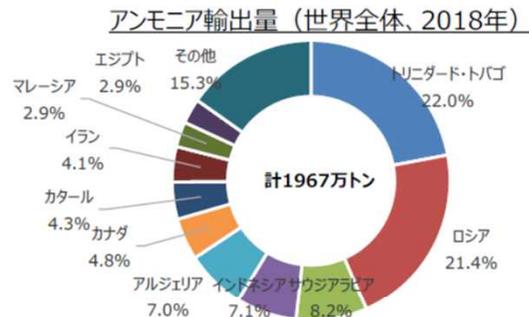
- グリーン成長戦略において、アンモニアについては石炭火力における混焼や専焼のための技術開発を推進。
- 今後、石炭火力発電に加えて、船舶や工業炉等への用途拡大も見込まれるため技術開発や大量供給確保のためのサプライチェーン構築が課題。
- 2030年300万トン、**2050年3000万トン**の**燃料等としての国内需要を想定**。

### 総合資源エネルギー調査会 資源・燃料分科会 (2020年12月2日)

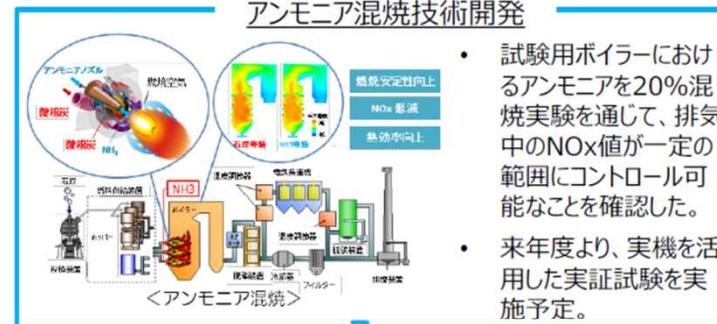
#### 燃料アンモニアの活用に向けた取組

- **燃焼してもCO<sub>2</sub>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>



#### アンモニア混焼技術開発



#### <アンモニアサプライチェーンのイメージ>



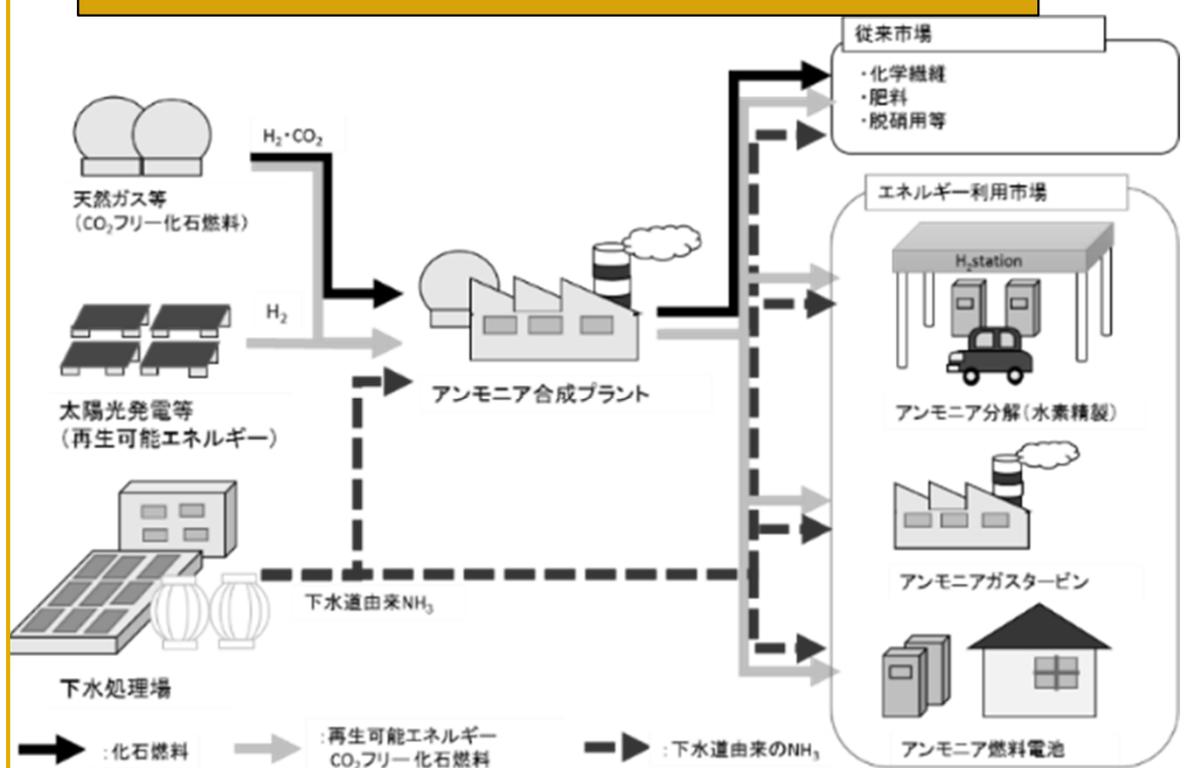
# 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

## 1. 技術開発の動向について ④他分野との連携 アンモニア

- アンモニアについては、国総研の研究において全国の処理場で発生する消化汚泥の脱水ろ液からアンモニアストリッピング法で回収した場合のポテンシャルとして約1.2万t-NH<sub>3</sub>/年（2015年輸入量20万t/年の約6.3%相当）であることを試算。
- また、近年の研究※では、下水処理場における窒素収支を調査し、汚泥が有する窒素ポテンシャルを約15.2万t-N/年と試算。また汚泥固形中の窒素を亜臨界水処理によるアンモニア化により、エネルギー利用した際のCO<sub>2</sub>削減効果約56.1万t-CO<sub>2</sub>/年と試算。

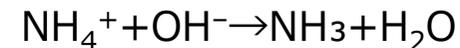
※出典：小島啓輔、加藤雄大、隅倉光博、川本徹 下水処理場における窒素由来のエネルギーポテンシャルの試算とその利用に関する考察、下水道協会誌、Vol58, No. 708, pp. 78-86, 2021.

### 下水道由来のアンモニアの有効利用用途



#### (アンモニアストリッピング法)

・高濃度のアンモニア性窒素を含む溶液に空気等を吹き込み、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>とOH<sup>-</sup>を反応させNH<sub>3</sub>を発生させる手法。高温・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、高圧の水（液体）を亜臨界水という。上記研究※では消化汚泥中の有機物を分解し、窒素成分をアンモニアに変換することを想定している。

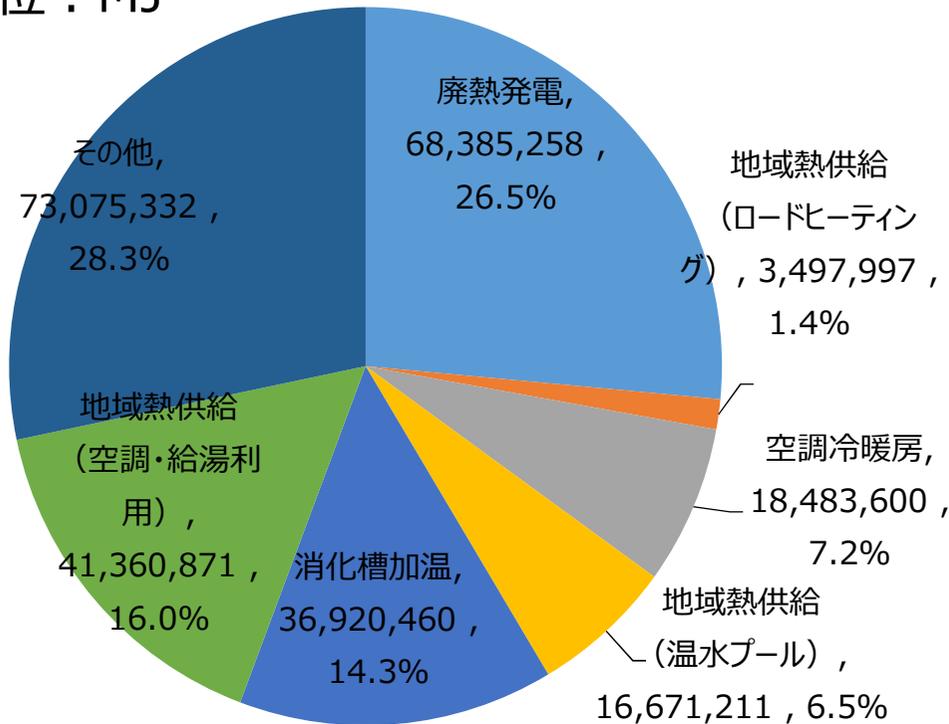
## 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

### 1. 技術開発の動向について ④他分野との連携 熱利用

- 下水道分野における熱利用は、下水熱は32カ所（発熱量約90TJ）、下水汚泥焼却廃熱利用を実施している施設34カ所（有効利用熱量約3,400TJ）、バイオガス発電のコージェネ廃熱利用等で行われている。
- 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)

# 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

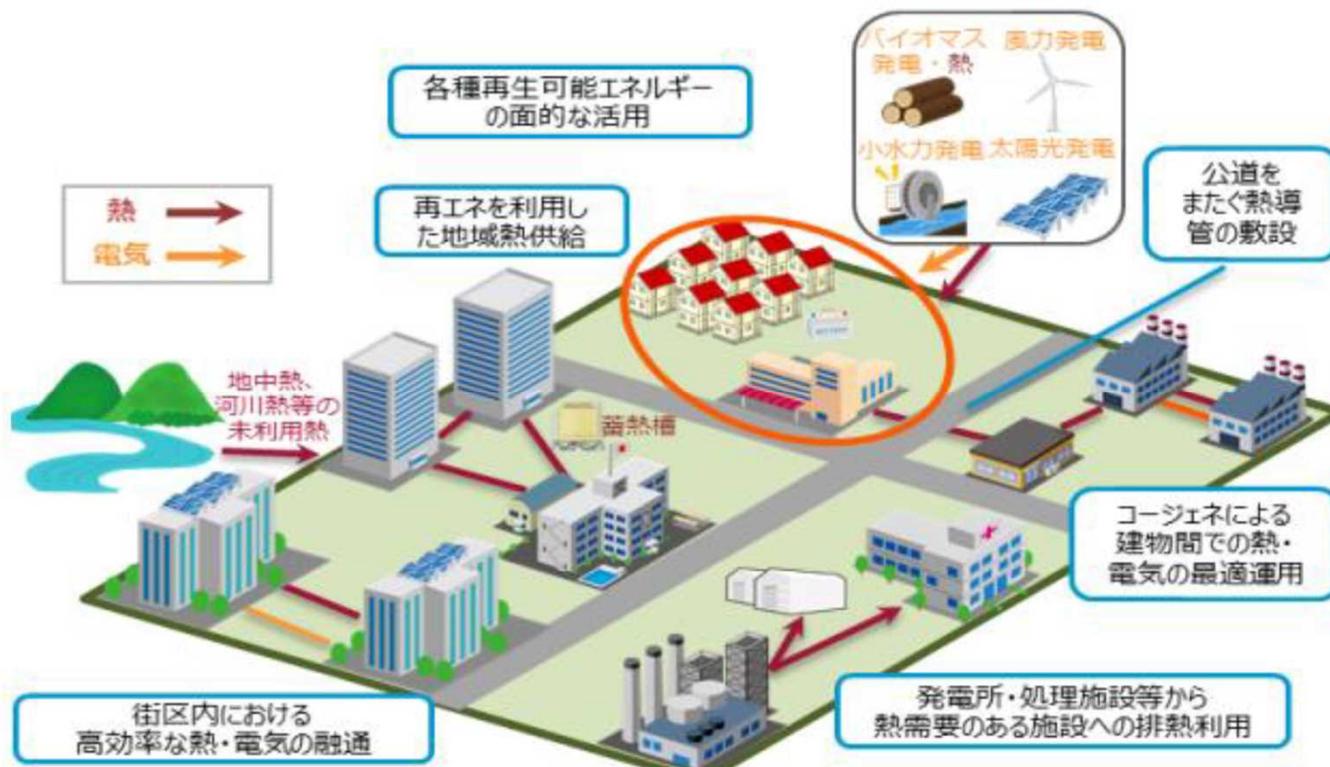
## 1. 技術開発の動向について ④他分野との連携 熱・バイオガス利用

○グリーン成長戦略において、ガスの脱炭素化とコジェネ導入推進を核として、「ガス事業者が、地方自治体や同業種・他業種と連携し、次世代熱エネルギー供給を主体的に推進。」とされており、**下水汚泥由来のメタンガスや処理場で発生した廃熱についても、地域の分散型エネルギーシステムへの一角として連携・導入が期待される。**

※東邦ガスは知多市南部浄化センターの余剰バイオガスを都市ガスの原料として活用している事例有り。

○また、グリーン成長戦略において、合成メタンへ転換の上、コジェネの導入推進を目指しており、「**2050年までに合成メタン2500万トン**を供給」することとしており、**ガスの脱炭素化には大きな需要が見込まれる。**

### 分散型エネルギーシステムのイメージ



出典：METI 再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会

### メタネーション技術

- ・太陽光発電を用いた水分解により精製された水素を活用し、消化におけるメタン発生量の促進等期待。
- ・また、下水道施設から発生したCO<sub>2</sub>を回収し、メタネーション施設での活用も期待。



出典：資源エネルギー庁資料

## 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

### 1. 技術開発の動向について ④他分野との連携 地域バイオマス

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

### ⑬資源循環関連産業の成長戦略「工程表」

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

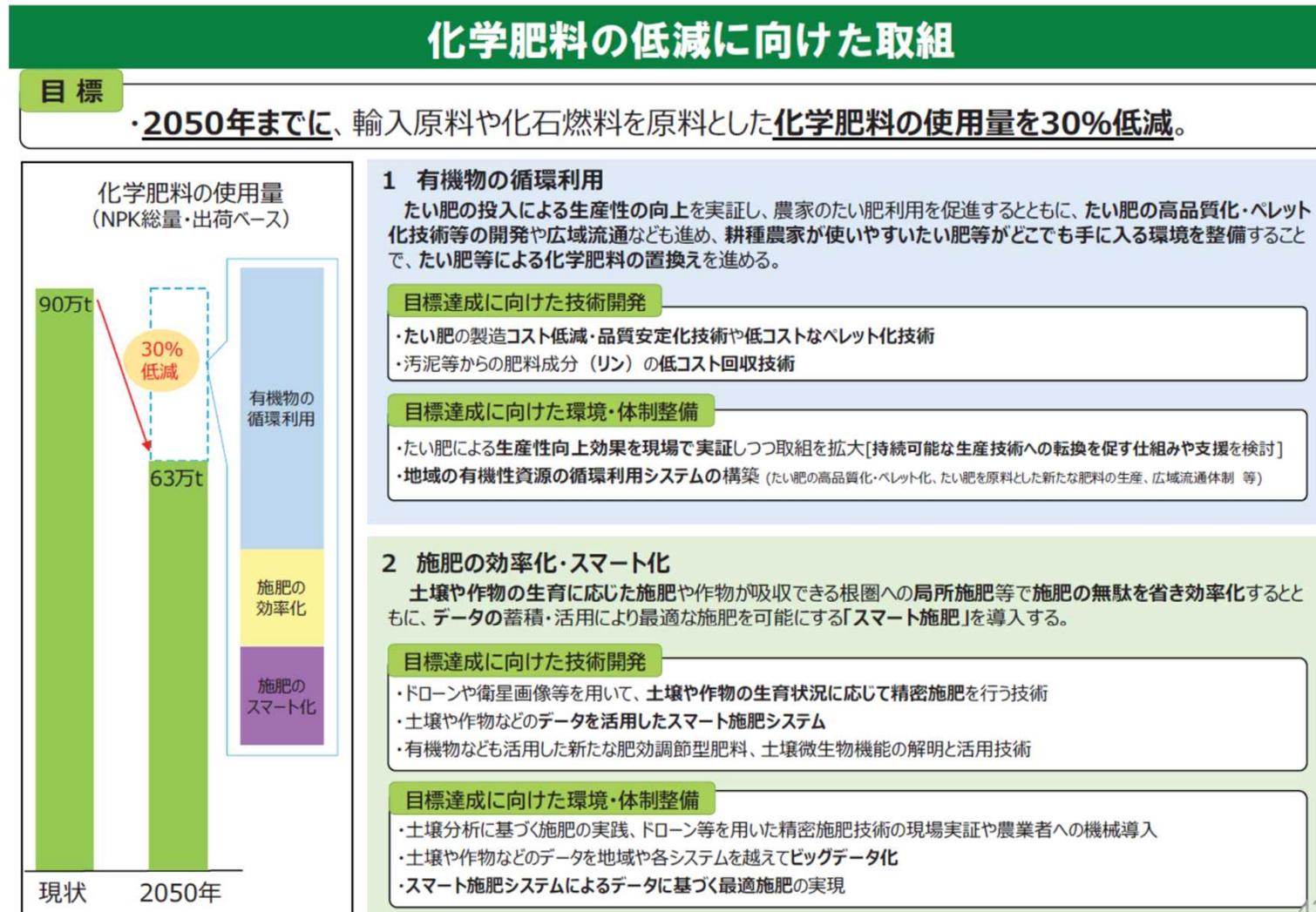
	2020年	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
	循環経済への移行								循環経済への移行も進めつつ、2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする
Recovery	<ul style="list-style-type: none"> <li>○エネルギー回収の高度化・効率化 焼却施設の運転効率向上、生活系生ごみの大規模バイオガス化技術の確立、発電効率向上、バイオマス資源（下水道バイオマス・伐採木等）の活用拡大</li> <li>先進事例の横展開</li> </ul>						メタン発酵エネルギー回収の向上、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"> <li>○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</li> <li>先進事例の横展開</li> </ul>						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	

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

# 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

## 1. 技術開発の動向について ④他分野との連携 農業等利用技術

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



## 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

### 1. 技術開発の動向について ④他分野との連携 農業等利用技術

- 下水道発食材については「じゅんかん育ち」として処理水や下水汚泥由来肥料等を活用し、米、野菜作り、川などが生産されている。
- 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）



# 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

## 1. 技術開発の動向について ④他分野との連携 CO<sub>2</sub>分離回収利用

- グリーン成長戦略において、低コストかつ高効率なCO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>を分離回収し、場外の農業・工業利用やメタネーションへの活用などカーボンリサイクルが期待される。
- 下水道分野においては、バイオガス中のCO<sub>2</sub>分離・回収技術（H27採択B-DASH 佐賀市）でPSA法（加圧と減圧を繰り返しCH<sub>4</sub>,CO<sub>2</sub>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 (カーボンリサイクル)の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ： 1. 開発フェーズ 2. 実証フェーズ 3. 導入拡大・コスト低減フェーズ 4. 自立商用フェーズ

●具体化すべき政策手法： ①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

※代表事例を記載	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
<b>●分離回収</b> コスト目標 (/CO <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> t	○排ガス由来 ・高効率なCO <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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

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）

# 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための 下水道技術に関する参考資料

## 1. 技術開発の動向について ⑤連携対象となる他分野技術開発事例

○下水道分野の技術開発には他分野の技術開発との連携・活用が必要。

### ムーンショット型研究開発

- ・総合科学技術・イノベーション会議（CSTI）において、日本発の破壊的イノベーションの創出を目指し、挑戦的な研究開発（ムーンショット）を推進するものとして、「ムーンショット型研究開発制度」が創設
- ・NEDOが取り組む開発として窒素化合物を回収、資源転換、無害化する技術の開発があり、産総研、東京大学が個別プロジェクトに取り組んでいる。
- ・例えば東京大学ではゼオライトを用いたアンモニア回収技術に関する開発に取り組んでいる（処理水や焼却排ガスからの回収への活用が期待される）。

○NEDOが取り組む目標  
ムーンショット目標4

「2050年までに、地球環境再生に向けた持続可能な資源循環を実現」

### (2) 窒素化合物を回収、資源転換、無害化する技術の開発

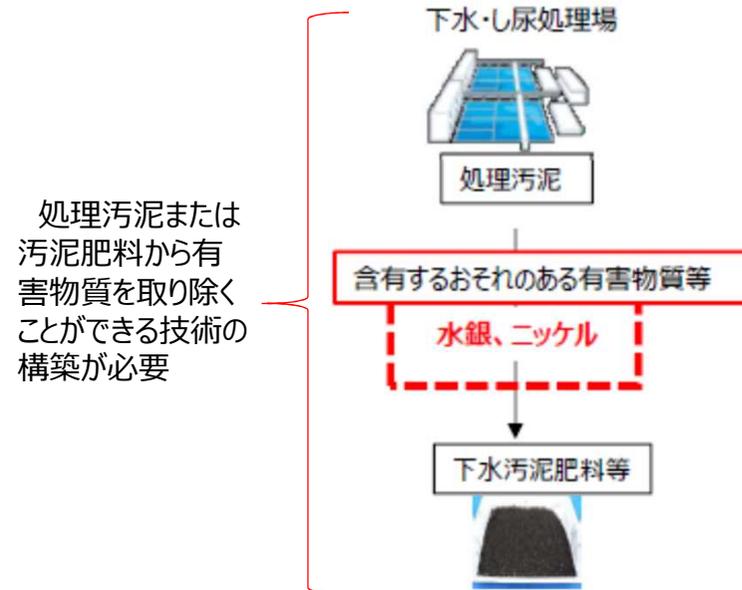
研究開発プロジェクト	プロジェクトマネージャー
産業活動由来の希薄な窒素化合物の循環技術創出—プラネタリーバウンダリー問題の解決に向けて	国立研究開発法人産業技術総合研究所 川本 徹
窒素資源循環社会を実現するための希薄反応性窒素の回収・除去技術開発	国立大学法人東京大学 脇原 徹

### 農業分野における技術開発

- ・みどりの食料システム戦略（令和3年5月農林水産省）において2050年までに、化学肥料30%低減を目指すこととしている。
- ・化学肥料の使用量低減に向けた技術開発・普及（2040年頃から）の一例として、処理汚泥中の有害物質を取り除く技術の構築が位置づけられている。

#### 有害物質を取り除く技術の構築

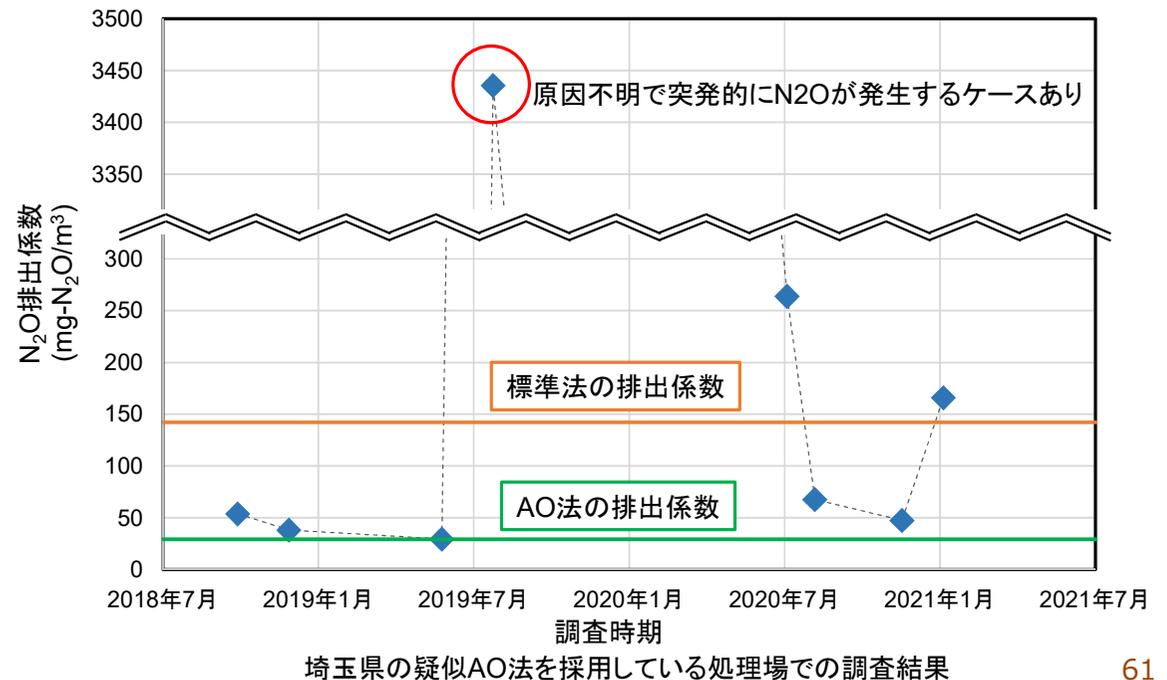
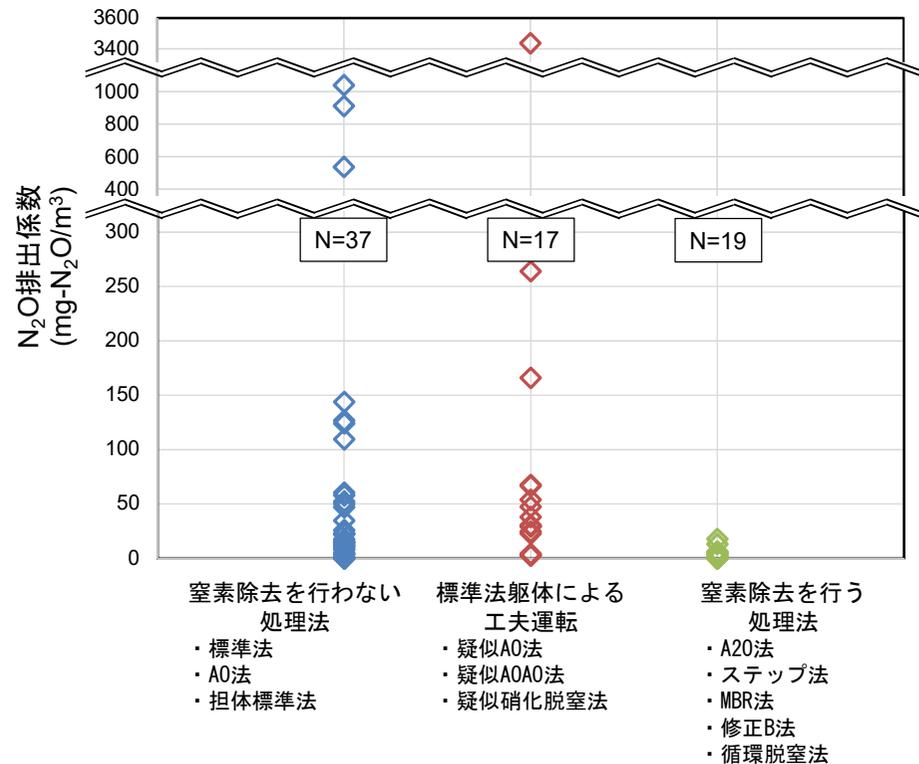
<資源回収の一例>



# 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

## 1. 技術開発の動向について ⑥水処理に伴い発生するN<sub>2</sub>O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。

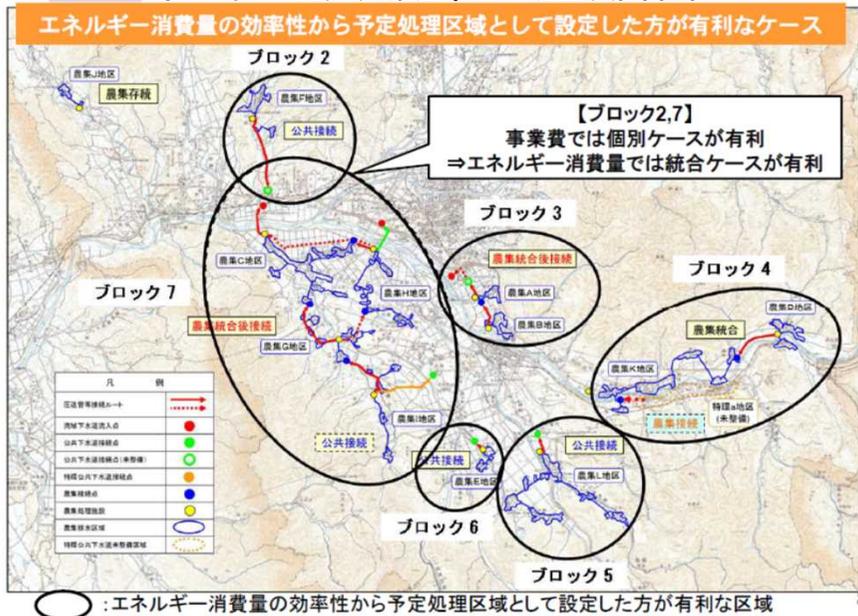


# 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

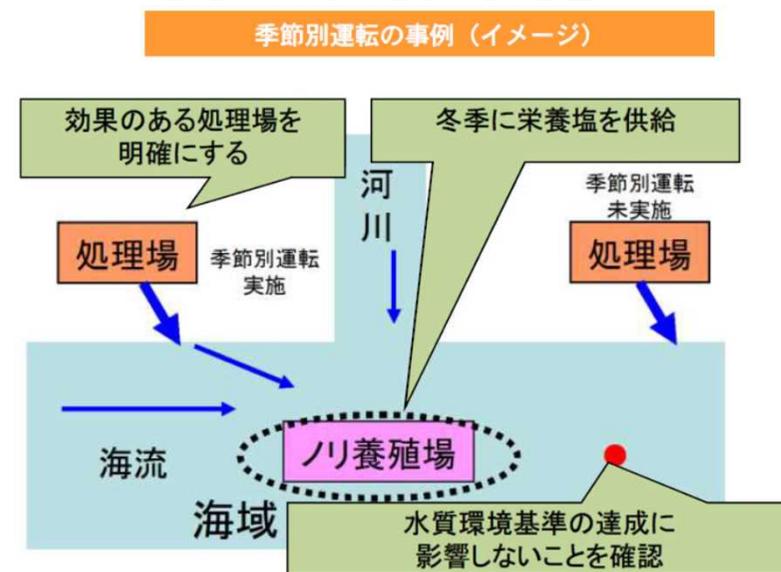
## 1. 技術開発の動向について ⑦エネルギーの観点からみた水処理

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

エネルギー消費を勘案した施設計画



地先の状況に応じた水処理



出典 四次元流総（概要）

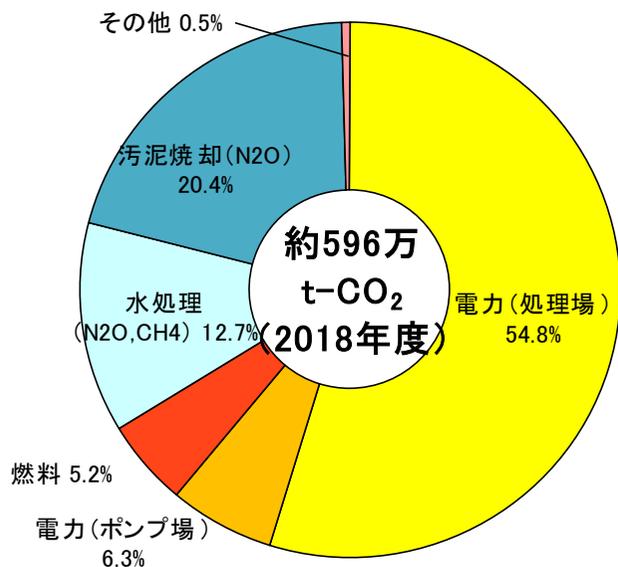
# 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

## 2. 技術開発のシナリオと試算 ①シナリオ

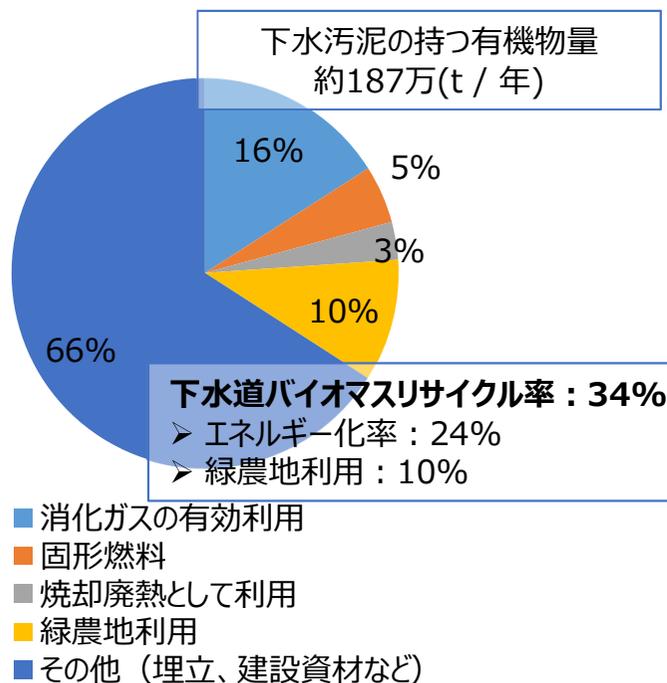
○2018年度時点で下水道からは約600万 t のCO<sub>2</sub>が排出されている中で、下水道分野、他分野の技術開発の動向を踏まえ、2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術について、どのような対策・技術分野が導入されれば、どの程度削減に貢献できるのか、感度分析的に次のシナリオを検討し、削減効果の試算を実施。これにより、有為な技術分野を見える化する。

- ・現行トレンドシナリオ
- ・ゲームチェンジシナリオ

### 下水道からの温室効果ガス発生量



### 下水道分野で創エネ／再エネの取組



	発電量 (kWh)	導入力所数
<b>太陽光:</b>	約0.7億	110
<b>小水力:</b>	約0.02億	27
<b>風力:</b>	約0.07億	6

	発熱量 (発電量)	導入力所数
<b>下水熱:</b>	約90千GJ (約0.25億kWh)	32

※国土交通省下水道部作成

# 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

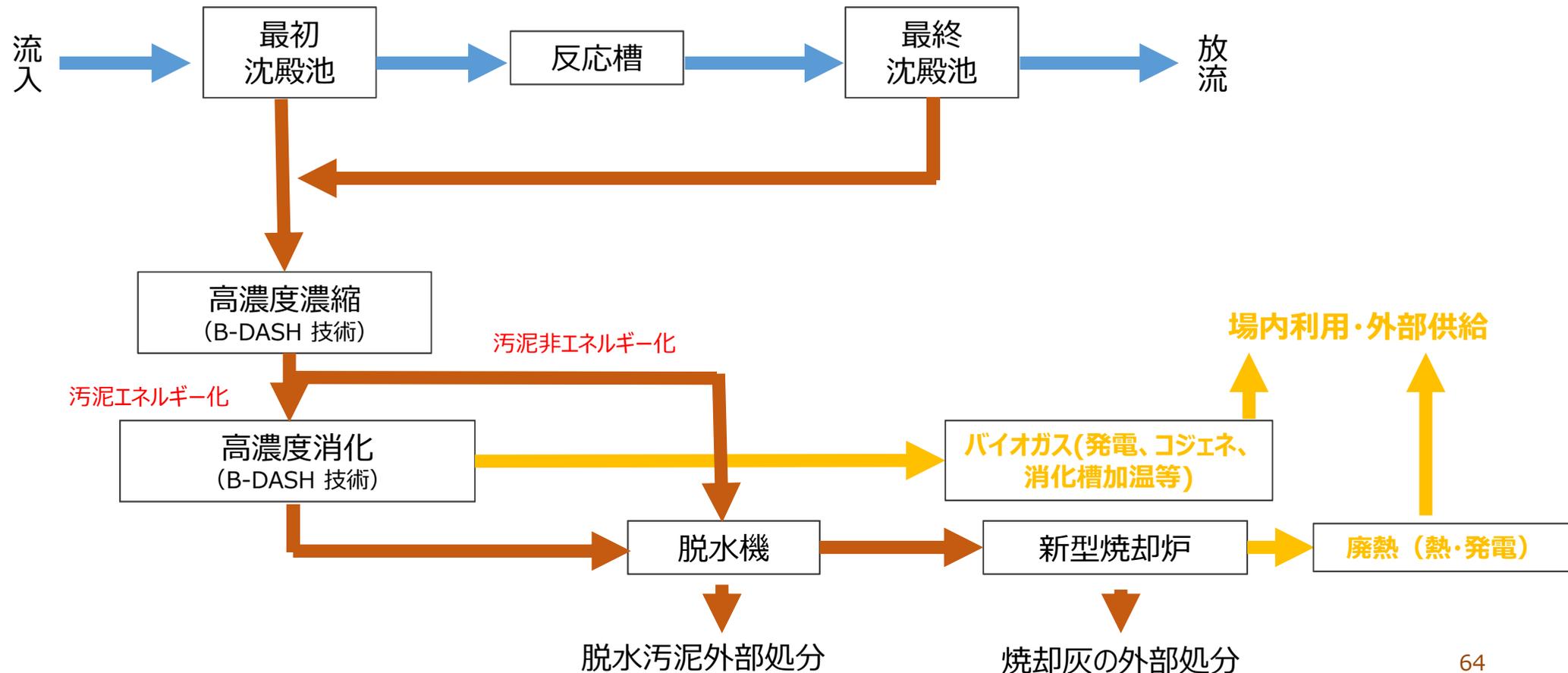
## 2. 技術開発のシナリオと試算 ①シナリオ

### 現行トレンドシナリオ

- 2050年までの人口推計を踏まえ、将来の処理水量（二次処理、高度処理）、汚泥処理量を推定し、ベースとなるエネルギー由来のCO<sub>2</sub>排出量やN<sub>2</sub>O排出量等を推定。
- 「電力、燃料」については現状の省エネ技術が可能な限り普及展開するとして試算。「創エネ」として下水汚泥エネルギー化率の2030年目標37%に対応した汚泥エネルギー化投入率74%で、2050年までそのまま推移するとして創エネ量を推定。「汚泥焼却に伴い発生するN<sub>2</sub>O」については、新型炉に置き換わったとして現状のトップランナー値を用いて排出量を算出。「水処理に伴い発生するN<sub>2</sub>O」については未対策。

### 全国処理場のモデル化

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



# 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

## 2. 技術開発のシナリオと試算 ①シナリオ

### ゲームチェンジシナリオ

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

(諸課題の例)

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

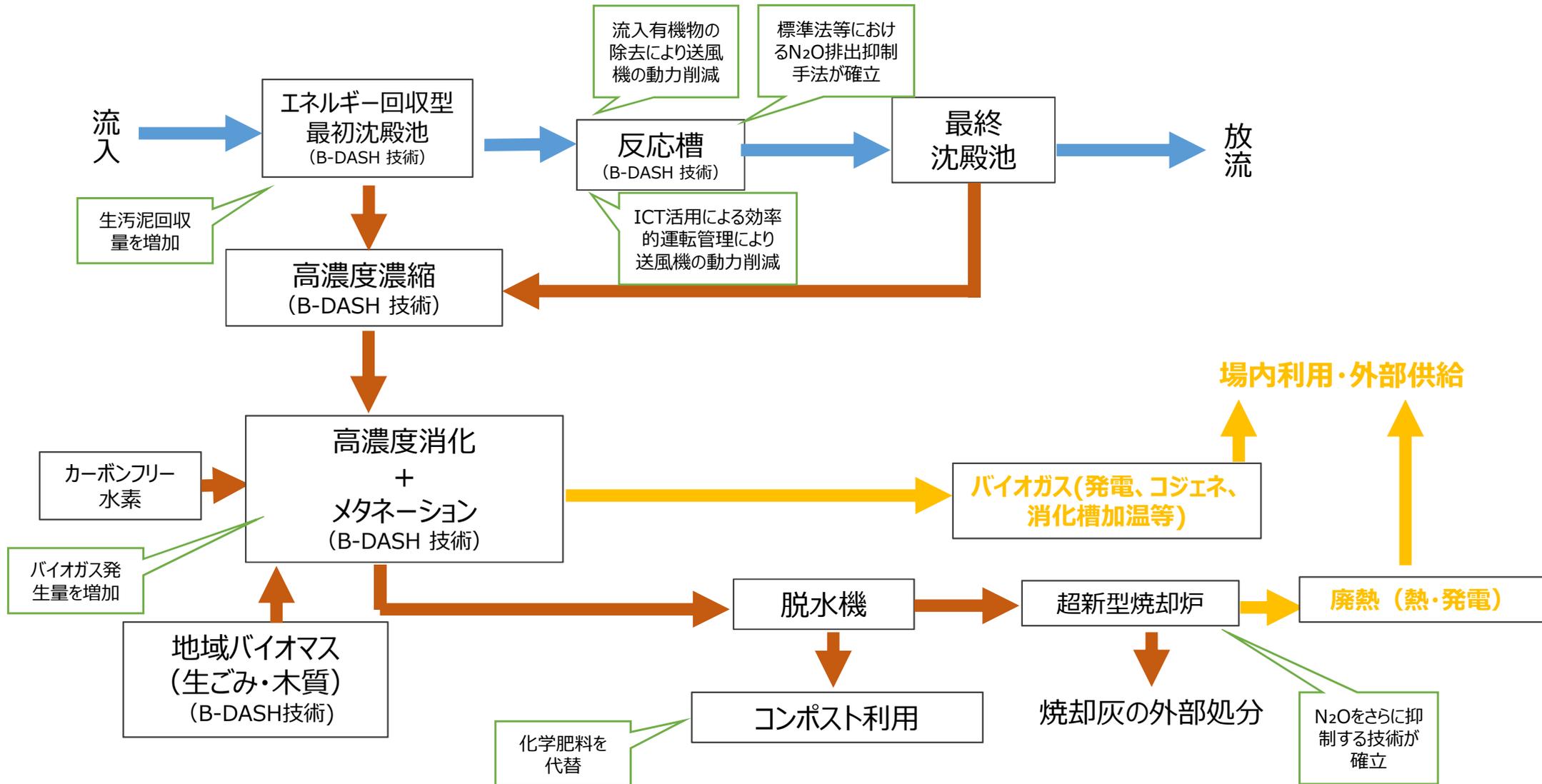
### 具体的な計算方法として

- 2050年までの人口推計を踏まえ、将来の処理水量（二次処理、高度処理）、汚泥処理量を推定し、ベースとなるエネルギー由来のCO<sub>2</sub>排出量やN<sub>2</sub>O排出量等を推定。
- 「電気、燃料」については現状の省エネ技術が可能な限り普及展開し、**流入有機物の除去等により反応槽における動力が削減したことも見込む。**さらに、燃料については場内利用のバイオガス等でまかなえない**ポンプ場に要する燃料がカーボンフリー燃料に置き換わる**とする。
- 「創エネ」としては**流入有機物の除去・創エネ活用により、有効活用する汚泥量の増加を見込み（水処理・汚泥処理に関わる消費・創エネルギー一体でみたシステムとしての改善）、発生汚泥は全量消化槽に投入**されることとする。さらに、地域の有機物一体処理の拠点として**地域バイオマス（木質、生ゴミ）の受け入れ効果**やカーボンフリー水素を活用した、**消化槽内でのメタネーション反応によるメタン生成効果**も計上。
- 「汚泥焼却に伴い発生するN<sub>2</sub>O」については、**現在の新型炉の排出量から技術革新によりさらに排出が減少**するとして試算。「水処理に伴い発生するN<sub>2</sub>O」については、**標準法等における抑制対策手法が確立**したことからして試算。
- 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したCO<sub>2</sub>削減効果**についても試算（社会への貢献）。

# 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

## 2. 技術開発のシナリオと試算 ①シナリオ

### ゲームチェンジシナリオの処理フロー



# 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術

## 2. 技術開発のシナリオと試算 ①シナリオ

		現行トレンドシナリオ	ゲームチェンジシナリオ
総人口 (下水道処理人口、下水道処理人口普及率)		102 百万人 (82 百万人、80.1%)	
処理水量 (1人当たり処理水量)		119 億m <sup>3</sup> /年 (146 m <sup>3</sup> /人/年)	
高度処理水量 (2次処理水量)		70 億m <sup>3</sup> /年 (49 億m <sup>3</sup> /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CO <sub>2</sub> 排出係数		0.25 kg-CO <sub>2</sub> /kWh	
追加の 対策	電力	・従来型省エネ対策：電力の36%削減 (高効率散気装置、DO制御技術、運転管理等)	・B-DASH技術も活用した省エネ対策：電力の約41%削減 (左記に加え、流入有機物の除去技術及びICTを活用した運転管理により、反応槽の送風に係る電力をそれぞれ14%及び13%削減)
	燃料	—	・カーボンフリー燃料（太陽光発電によって生成したH <sub>2</sub> 等）による 場外ポンプ場のCO <sub>2</sub> ゼロエミッション化
	水処理に伴うN <sub>2</sub> O	— (排出係数について高度処理は11.7 mg/m <sup>3</sup> を2次処理は142 mg/m <sup>3</sup> を使用（現行の排出係数）)	・N <sub>2</sub> O排出抑制技術が確立することを前提とし、全処理水に対して、 現行の高度処理の排出係数11.7 mg/m <sup>3</sup> を使用
	汚泥焼却に伴うN <sub>2</sub> O	・排出係数は現在のトップランナー値である 0.226 kg-CO <sub>2</sub> /t-wetを使用	・メーカーヒアリング等により更なる排出係数の改善が見込めると仮 定し、0.151 kg-CO <sub>2</sub> /t-wetを使用
	創エネによる効果	・汚泥エネルギー化投入率を74%（2030年目 標下水汚泥エネルギー化率37%に対応した数 値） ・総合効率75%でエネルギー化	・汚泥エネルギー化投入率を100%、更に発生汚泥量に対して 50%の生ごみや木質等の地域バイオマスを混合消化 ・メタネーションによるメタン濃度が60%から67%に増加と仮定 ・総合効率85%でエネルギー化
	その他	—	・汚泥肥料（コンポスト）により化学肥料を代替

## 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

### 2. 技術開発のシナリオと試算 ②2050年処理水量、汚泥処理量

	単位	2018	2050(推計)
総人口	百万人	127	102
下水道処理人口	百万人	100	82
下水道処理人口普及率	%	79.3	80.1
処理水量	億m <sup>3</sup> /年	146	119
1人当たり処理水量	m <sup>3</sup> /人/年	146	146
高度処理水量	億m <sup>3</sup> /年	38.6	70
発生汚泥量	千t-DS/年	2,121	1,727
1人当たり汚泥量	kg-DS/人/年	21.2	21.2

※1 国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口（平成29年7月推計）出生中位（死亡中位）推計値」から2050年の人口を抽出し、下水道処理人口普及率は2020年度実績の80.1%で推移するとし、また2018年度の人口（実績）と下水道統計・汚泥有効利用調査※3の実績を入力から1人当たりの処理水量、発生汚泥量を算出して2050年度の処理水量、発生汚泥量を推計した。

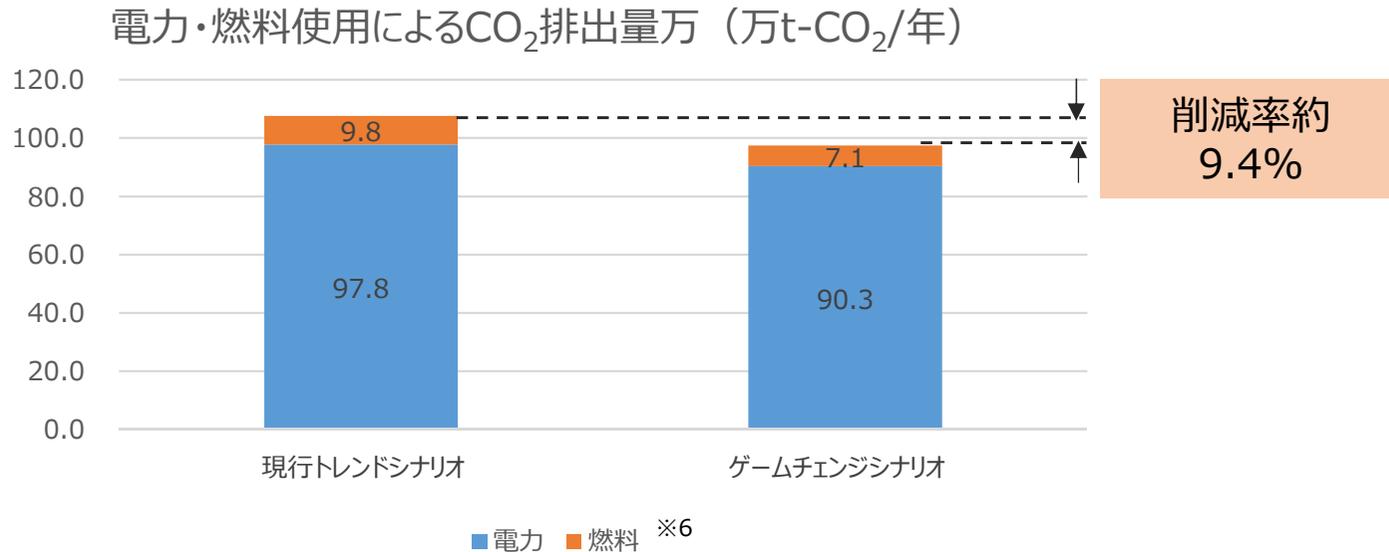
なお、高度処理水量については2050年の下水道処理人口のうち84.9%が高度処理の必要とし※2、高度処理普及率は100%まで到達するとして、その割合を用いて算出。

※2 2009年～2013年までの下水道処理人口のうち高度処理の必要な人口割合の平均を算出。国土交通省下水道部調べ

※3 平成31年度下水汚泥等の資源有効利用状況に関する調査業務報告書 国土交通省下水道部 令和2年3月

# 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

## 2. 技術開発のシナリオと試算 ③電力・燃料



### (計算方法)

#### 1. 現行トレンドシナリオ

- ベースとなる使用電力量については、2018年処理水量当りの電力使用量0.51kWh/m<sup>3</sup>※1と2050年推定処理水量から把握※5。処理場の使用電力については、36%※2の削減効果を計上。
- ベースとなる使用燃料量は2018年度処理水量当りの燃料使用量と2050年推定処理水量から把握※5。省エネ効果は未計上。

#### 2. ゲームチェンジシナリオ

- 現行トレンドシナリオに加えて電力については流入有機物の除去技術を用い反応槽の送風に係る電力を約14%※3削減する効果を加算、さらにICTを活用した際の送風電力量削減役13%を加算※4。
- 燃料は場内利用のバイオガス等でまかなえない場外ポンプ場に係る燃料はカーボンフリー燃料に置き換わりとし、燃料由来CO<sub>2</sub>は排出しないこととした。
- エネルギー基本計画に基づく2030年の電源構成を反映した0.25 kg-CO<sub>2</sub>/kWhを用いた。

※1 H30年下水道統計

※2 日本下水道新技術機構省エネ診断結果

※3 H23B-DASH技術（超高効率固液分離）

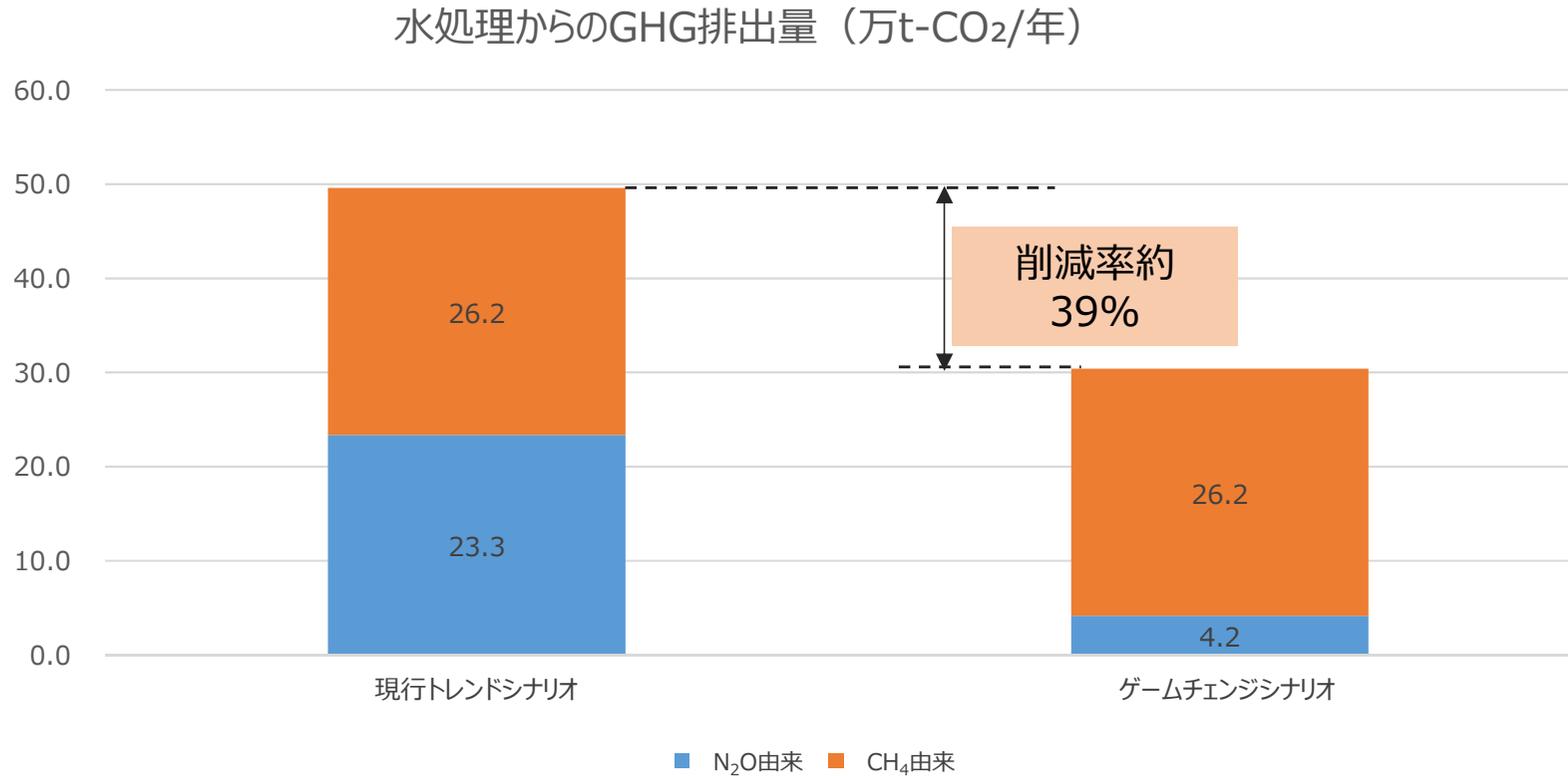
※4 H26B-DASH技術（ICTを活用した硝化運転制御）

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

※6 下水道統計に記載されている特A重油、A重油、灯油、軽油、ガソリン、都市ガス、プロパンガス、コークス等を考慮。

## 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

### 2. 技術開発のシナリオと試算 ④水処理に伴い発生するN<sub>2</sub>O等



#### (計算方法)

##### 1. 現行トレンドシナリオ

○温室効果ガス排出量計算方法は下記の通り。

「N<sub>2</sub>O排出量 = 高度処理水量×A2O法のN<sub>2</sub>O排出係数+高度処理以外の処理水量×標準法のN<sub>2</sub>O排出係数」

「CH<sub>4</sub>排出量 = 処理水量×CH<sub>4</sub>排出係数」

##### 2. ゲームチェンジシナリオ

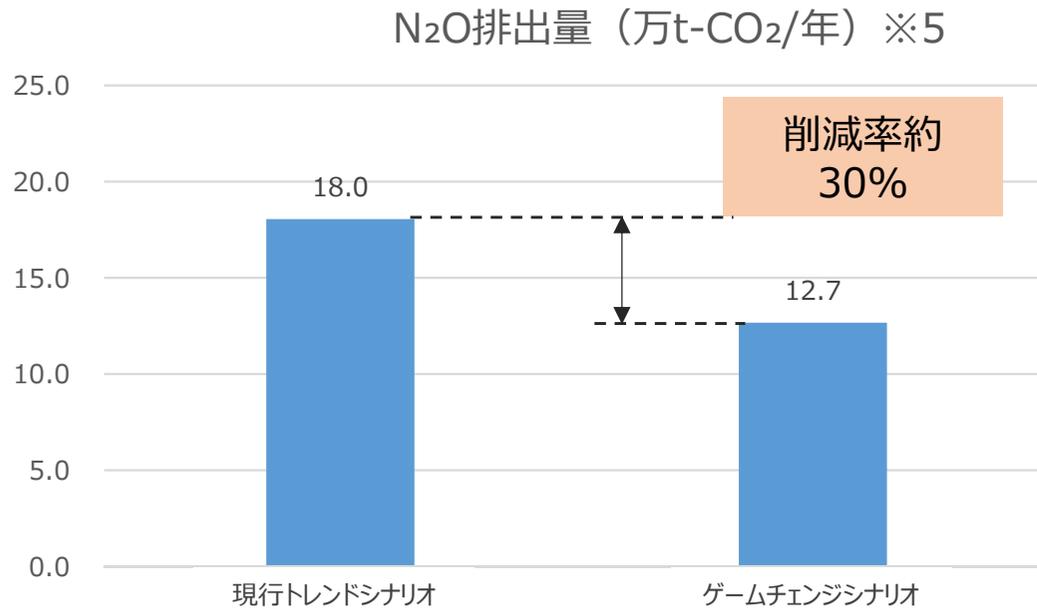
○排出抑制手法が確立し、N<sub>2</sub>O排出係数が高度処理以外も高度処理並みの排出係数となるとして試算。

「N<sub>2</sub>O排出量 = 処理水量×A2O法のN<sub>2</sub>O排出係数」

「CH<sub>4</sub>排出量 = 処理水量×CH<sub>4</sub>排出係数」

## 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

### 2. 技術開発のシナリオと試算 ⑤汚泥焼却に伴い発生するN<sub>2</sub>O等



#### 現行トレンドシナリオ



#### ゲームチェンジシナリオ



#### (計算方法)

##### 1. 現行トレンドシナリオ

○汚泥エネルギー化投入率※1が74% (次ページで説明) と試算したときに、エネルギー化されなかった汚泥と消化汚泥を合わせた量のうち一定の割合 (55%※2)、焼却されるとして焼却量を試算。

○排出係数については、現在のトップランナー値である下記を採用。

「N<sub>2</sub>O排出量 = 焼却量 × 800度の排出係数 × 0.15※3」

##### 2. ゲームチェンジシナリオ

○発生汚泥の全てが消化槽に投入され、消化汚泥のうち一定の割合 (55%※2) 焼却されるとして試算。

○技術革新によりさらに排出係数が改善されると考え下記を採用。

「N<sub>2</sub>O排出量 = 焼却量 × 800度の排出係数 × 0.1※4」

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

※2 2018年の汚泥発生量に対する焼却汚泥量の割合

(2018年汚泥有効利用調査データ (平成31年度下水汚泥等の資源有効利用状況に関する調査業務報告書 国土交通省下水道部 令和2年3月) より)。

※3 東京都資料 (通常焼却の0.15倍のN<sub>2</sub>O排出量) を参照。

※4 メーカーリング等から0.15倍よりもさらに改善すると見込んだ国総研の推定。

※5 生ごみ、木質等の焼却に伴うGHG排出量の試算はN<sub>2</sub>Oの排出係数を用いて行った。

# 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

## 2. 技術開発のシナリオと試算 ⑥創エネによる削減効果（消化）

### （計算方法）

#### 1. 現行トレンドシナリオ

- 2050年の汚泥エネルギー化投入率<sup>※1</sup>は2030年目標の下水汚泥エネルギー化率37%に対応した汚泥エネルギー化投入率74%で、2050年まで、そのまま推移するとして実施。
- 62.8%に対応した汚泥をすべて消化槽に投入することとして、消化率60%<sup>※2</sup>で発生したバイオガスについて、総合効率75%<sup>※3</sup>で電気、熱利用等としてエネルギー利用されたものとし、創エネ効果を算出。
- その創エネ効果を電力排出係数0.25 kg-CO<sub>2</sub>/kWhを用いてCO<sub>2</sub>に換算。

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

※2H30B-DASH（富士市）の実績データの中での最良値

※3下水道事業におけるエネルギー効率に優れた技術の導入について（平成29年9月 下水道事業課長通知）

### （計算方法）

#### 2. ゲームチェンジシナリオ

- 発生汚泥の全量と地域バイオマスである生ごみ及び木質を消化により一体的処理を行うと想定。さらに、カーボンフリー水素を消化槽に吹き込むことにより、消化槽内のCO<sub>2</sub>とメタネーション反応を起こし、メタン濃度が7%増加すると見込む<sup>※4</sup>。
- 発生したバイオガスについて、総合効率85%<sup>※5</sup>で電気、熱利用等としてエネルギー利用されたとして、創エネ効果を算出。
- その創エネ効果を電力換算し、排出係数0.25 kg-CO<sub>2</sub>/kWhを用いてCO<sub>2</sub>に換算。

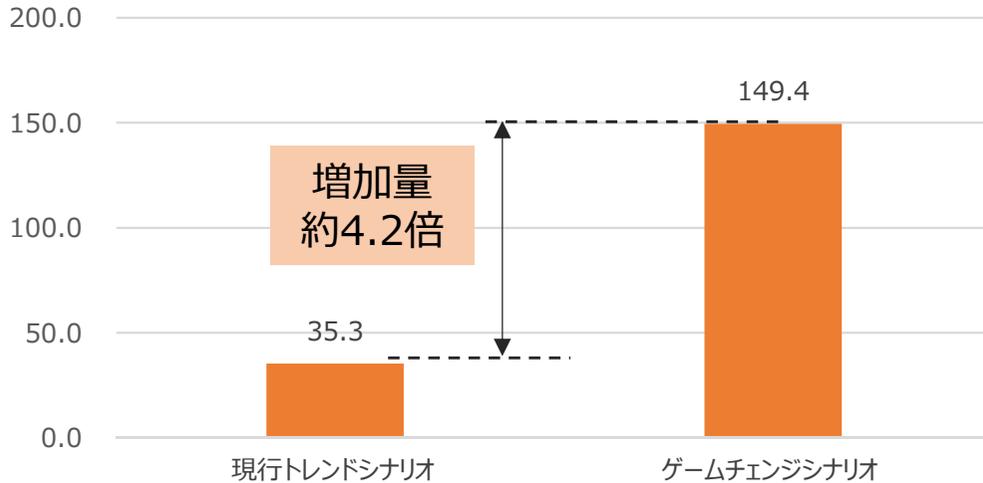
※4 地域バイオマスの投入割合や消化率はH23B-DASH技術（バイオガスを活用した効果的な再生可能エネルギー生産システム）より引用。また、汚泥消化率やメタネーションによる増分はH30B-DASH技術（高濃度消化・省エネ型バイオガス精製による効率的エネルギー利活用）より引用。

※5（一社）日本ガス協会HPより

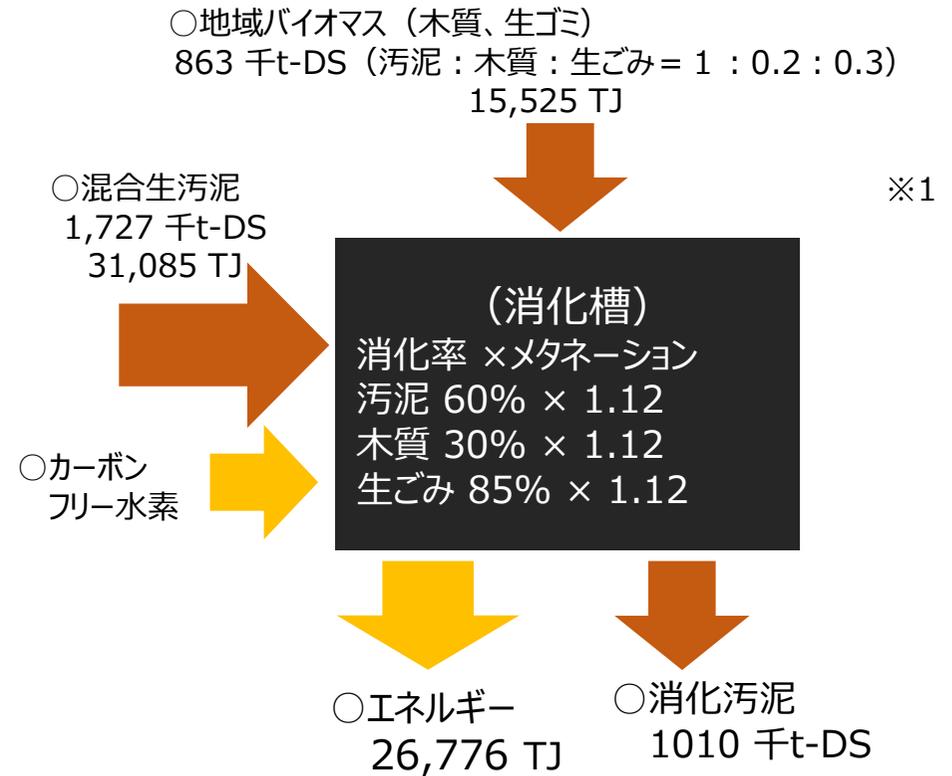
## 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

### 2. 技術開発のシナリオと試算 ⑥創エネによる削減効果（消化）

消化創エネによる削減量（万t-CO<sub>2</sub>/年）※2



#### ゲームチェンジシナリオ



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

なお、1.12はメタン濃度が60%から67%に7%増加した倍率。

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

## 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

### 2. 技術開発のシナリオと試算 ⑦汚泥肥料（コンポスト）による化学肥料代替効果

(計算方法)

#### 1. ゲームチェンジシナリオ

- 消化汚泥の内、焼却されなかった汚泥を全量コンポスト利用する。
- 同重量の窒素、リン酸を得る際に発生するCO<sub>2</sub>について、下水汚泥発酵肥料の製造等に伴い発生するCO<sub>2</sub>排出量と化学肥料製造等に伴い発生するCO<sub>2</sub>排出量を比較を行う。

- ①コンポスト化される汚泥量：447 千t-DS (2,234 千t-wet 含水率80%として)
- ②製造されるコンポスト：コンポスト化される汚泥量2,234千t-wet×0.25<sup>※2</sup> = 559 千t
- ③コンポスト製造から輸送に係るエネルギー：559千t×1,907 MJ/t<sup>※2</sup> = 1066 TJ
- ④コンポスト中の窒素、リン酸含有量

$$\text{T-N含有量} : 559\text{千t} \times 0.029 \text{ }^{※1} = 16.2 \text{ 千t}$$

$$\text{P}_2\text{O}_5\text{含有量} : 559\text{千t} \times 0.047 \text{ }^{※1} = 26.3 \text{ 千t}$$

- ⑤汚泥由来コンポストと同量のT-N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>含有量の化学肥料製造・輸送に係るエネルギー

$$\text{T-N} : 16.2\text{千t} \times 48.6\text{MJ/kg }^{※3} = 787 \text{ TJ}$$

$$\text{P}_2\text{O}_5 : 26.3\text{千t} \times 28.6\text{MJ/kg }^{※3} = 752 \text{ TJ}$$

- ⑥削減エネルギー量 = ⑤ - ③

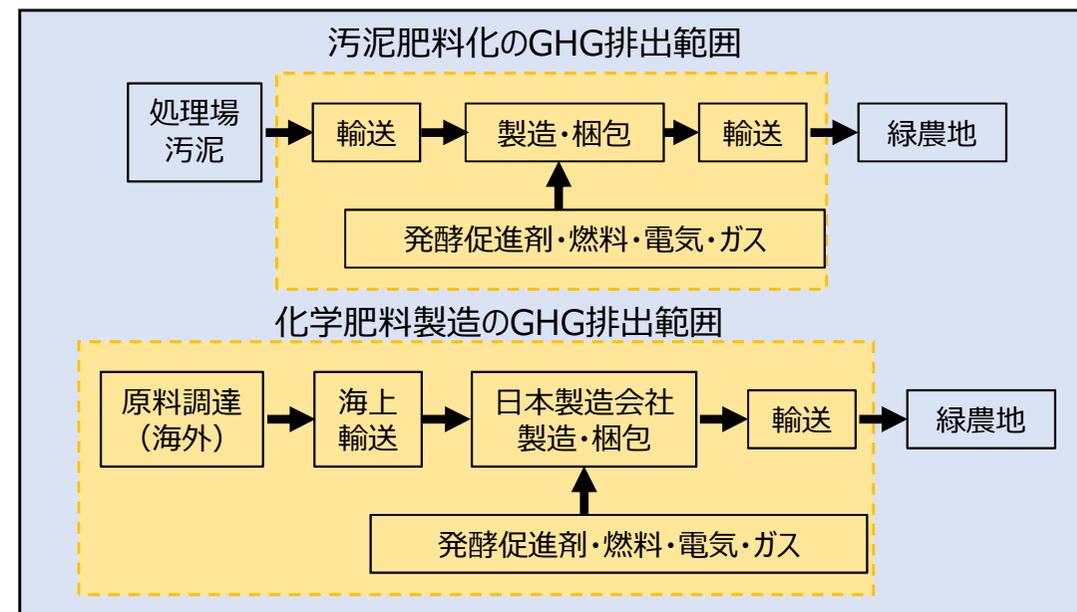
$$(787\text{TJ} + 752\text{TJ}) - 1066\text{TJ} = 473 \text{ TJ}$$

- ⑦A重油換算のCO<sub>2</sub>削減量（汚泥肥料による化学肥料代替効果）

$$473\text{TJ} \times 0.0693\text{kg-CO}_2/\text{MJ} = 3.2 \text{ 万t-CO}_2$$

\* 化学肥料の代替として汚泥肥料を1t製造することによる削減効果は次の通り。

$$3.2\text{万t-CO}_2 \div 559\text{千t} = 57\text{kg-CO}_2/\text{t}$$



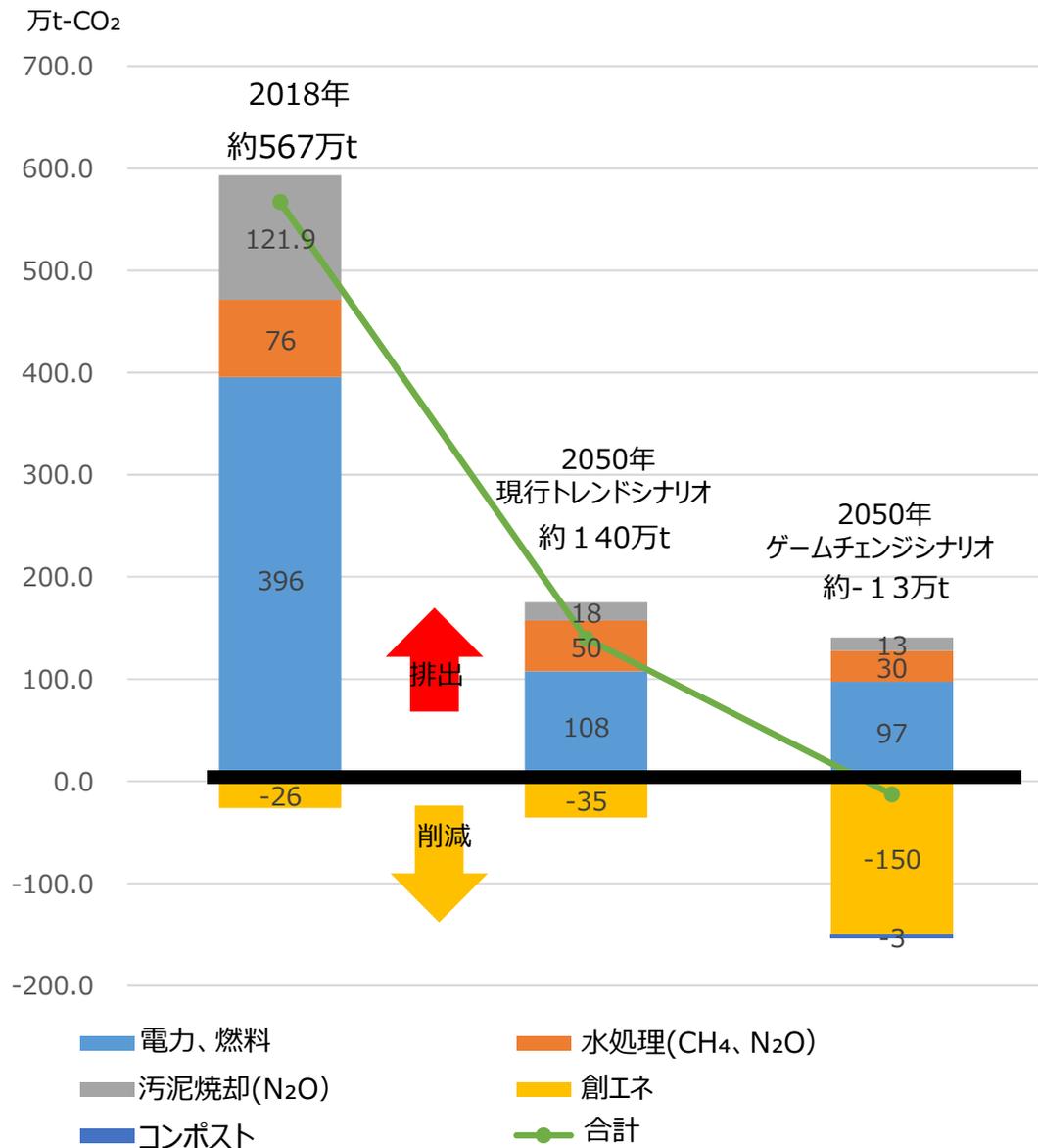
※1 佐賀市上下水道 肥料の有料販売 (<https://www.water.saga.saga.jp/main/104.html>)

※2 橋 隆一、蒲原 弘継、後藤 尚弘、藤江 幸一：下水汚泥発酵肥料の製造に関するLCA、第3回日本LCA学会研究発表会講演要旨集、2008、26-27

※3 小林久、佐合隆一：窒素およびリン肥料の製造・流通段階のライフサイクルにわたるエネルギー消費量とCO<sub>2</sub>排出量の試算、農作業研究、2001、141-151

## 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

### 2. 技術開発のシナリオと試算 ⑧まとめ (CO<sub>2</sub>ベース)



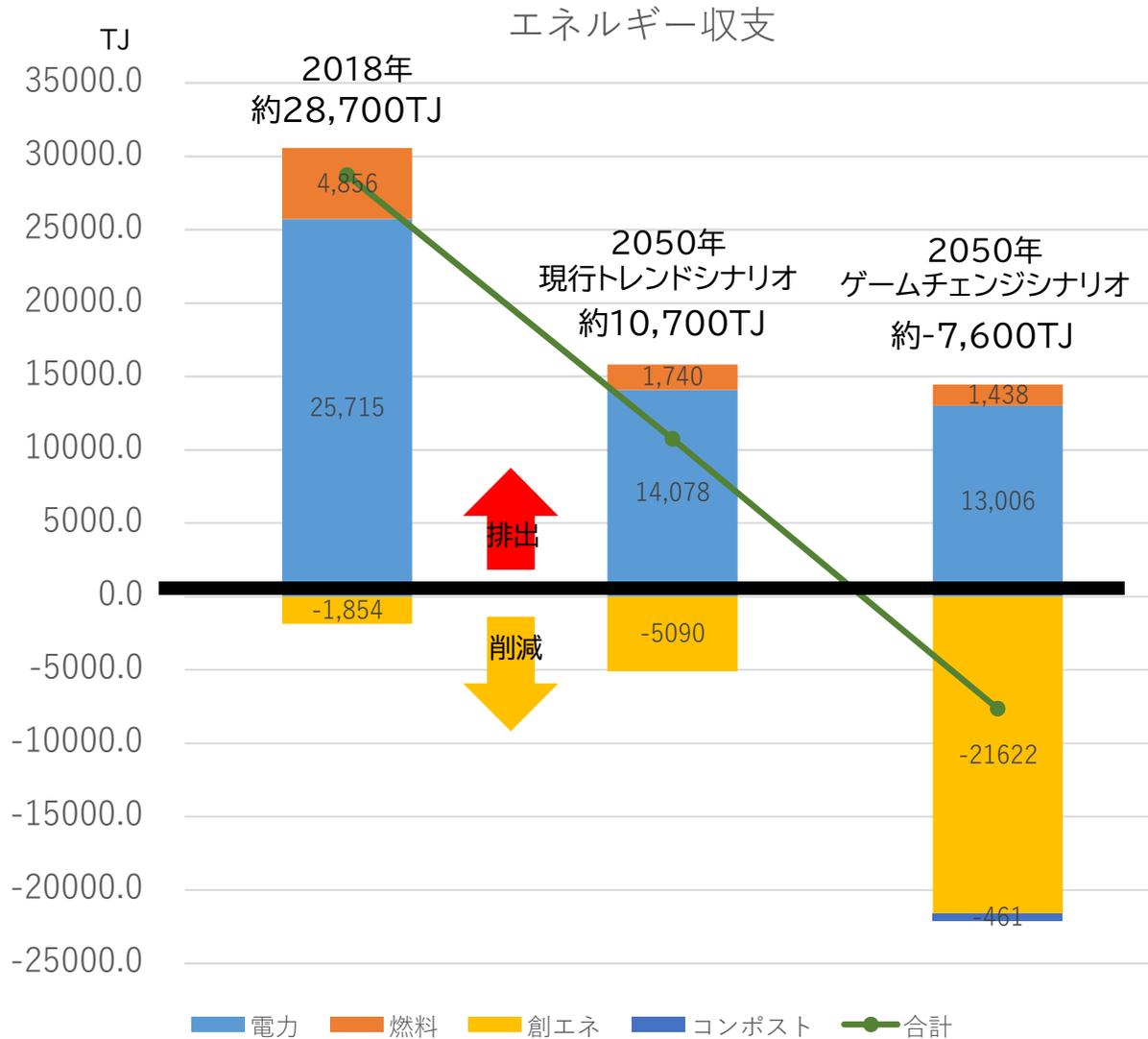
- 現行トレンドシナリオは約140万 t の排出量であったものの、ゲームチェンジシナリオでは約 **-13万 t** の排出量となった。
- シナリオ別の試算から次の取組の効果がカーボンニュートラルの実現への貢献度の高いことが確認できた。
  - ・省エネ対策の実施
  - ・水処理・汚泥処理のエネルギー使用量を下水道のシステム一体で削減
  - ・生ゴミ等の地域バイオマスを含めて一体的に有機性廃棄物処理を実施
  - ・消化の促進やCO<sub>2</sub>、カーボンフリー水素を活用した徹底的なバイオガス生成を実施
  - ・バイオガス発電廃熱などの熱をフル活用
  - ・水処理・汚泥処理課程で発生するN<sub>2</sub>Oの抑制対策を実施
  - ・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

※その他課題として水処理から発生するCH<sub>4</sub>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。  
 ※個別処理場で見えた場合、処理方式や規模、地域社会の状況によって試算は変わりうることに留意が必要。

※2050年の電力由来の排出係数は0.25kg-CO<sub>2</sub>/kWhを使用し試算。また、2018年の創エネ効果は下水汚泥エネルギー化率約24%を用いて算出。

## 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

### 2. 技術開発のシナリオと試算 ⑧まとめ（エネルギーベース）



# 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

## 3. 本邦技術の海外展開によるカーボンニュートラルへの貢献

- 国土交通省インフラシステム海外展開行動計画2021では取組を強化すべき新たな課題として「**カーボンニュートラルに貢献する質の高いインフラシステムの海外展開**」等を掲げている。
- 下水道インフラの案件形成には、相手国における下水道整備の上位施策への位置づけが重要であることから**アジア汚水管理パートナーシップ(AWaP)**※1等の政府間対話を通じた汚水管理の主流化を後押ししている。
  - ※1 Asia Wastewater Management Partnership 2018年7月に設立。
- また、本邦技術の現地基準化等を目的とした**下水道技術海外実証事業(WOW TO JAPANプロジェクト※2)**を通じた製品等としての普及促進を図っており、令和3年度は、世界でも市場の大きい米国において、**高効率・大出力磁気浮上式ブロワに係る実証事業**を行うこととしている。
  - ※2 Wonder Of Wastewater Technology Of JAPANプロジェクト
- さらに、**JICA円借款プロジェクト**等の実施を通じた本邦技術を活用した案件形成支援にも取り組んでいる。

### アジア汚水管理パートナーシップ (AWaP)

- ・SDGsの目標とアジア各国の現状には大きな格差があり、各国の知見や経験を共有する

1 汚水管理の意識向上 2 汚水管理のモニタリング 3 共通課題の解決

#### パートナー国

カンボジア インドネシア ミャンマー フィリピン ベトナム 日本

#### 事務局(国土交通省 / 環境省)

AWaPの組織体制



第一回総会 (2018年7月 北九州市)

### WOW TO JAPAN プロジェクト事例

- ・米国の下水処理場で多くの電力を使用する曝気用ブロワについて、川崎重工業(株)が開発した**高効率の大出力磁気浮上式ブロワに更新し、エネルギー消費量を大幅に削減**。
- ・本実証によるエネルギー削減効率を米国にて実証することで、**本製品の優れた技術優位性を確認**するとともに、サンベルトエリアとメトロポリタンエリアを中心に普及の促進を図る。



## 7. 2050年カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術に関する参考資料

### 3. 本邦技術の海外展開によるカーボンニュートラルへの貢献

(参考) 委員よりご紹介いただいた海外技術と比較して優位な本邦技術

- (1) センサー, センシング技術 (画像センサー等に利用される半導体センサー、またこれらを利用した制御システム等)
- (2) 固体燃料電池
- (3) 触媒技術 (水素発生, 人工光合成を含む)
- (4) 塗料, 防腐剤, 無機材料 (セラミックス)

に加えて

- (一社) 日本下水道施設業協会アンケート (13社より回答) の結果の中で、月島機械株式会社より提案のあった
- (5) 過給式流動焼却炉
- (6) 焼却廃熱を利用して脱水汚泥の低含水率化を図る加温濃縮脱水システムを組み合わせた過給式流動焼却炉