ガイドライン説明会（令和3年8月17日）

# 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導入ガイドライン（案）

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

# 目　次

1.　革新的技術の概要と目的 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　3
2.　革新的技術の概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　8
3.　革新的技術の導入効果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　22
4.　革新的技術の計画･設計 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　25
5.　革新的技術の維持管理 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　28
6.　実証期間中に行った技術上の工夫･改善点 ・・・・・　30
7.　問い合わせ先 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　33

# 1. 革新的技術の概要と目的

# 下水道事業が抱える課題

**消化技術**及び**バイオガス利用技術**は下水汚泥のエネルギー利用を実現し、下水道バイオマスリサイクル率の向上に寄与する技術。しかし、下記課題のため、特に中小規模自治体における導入が進んでいない。

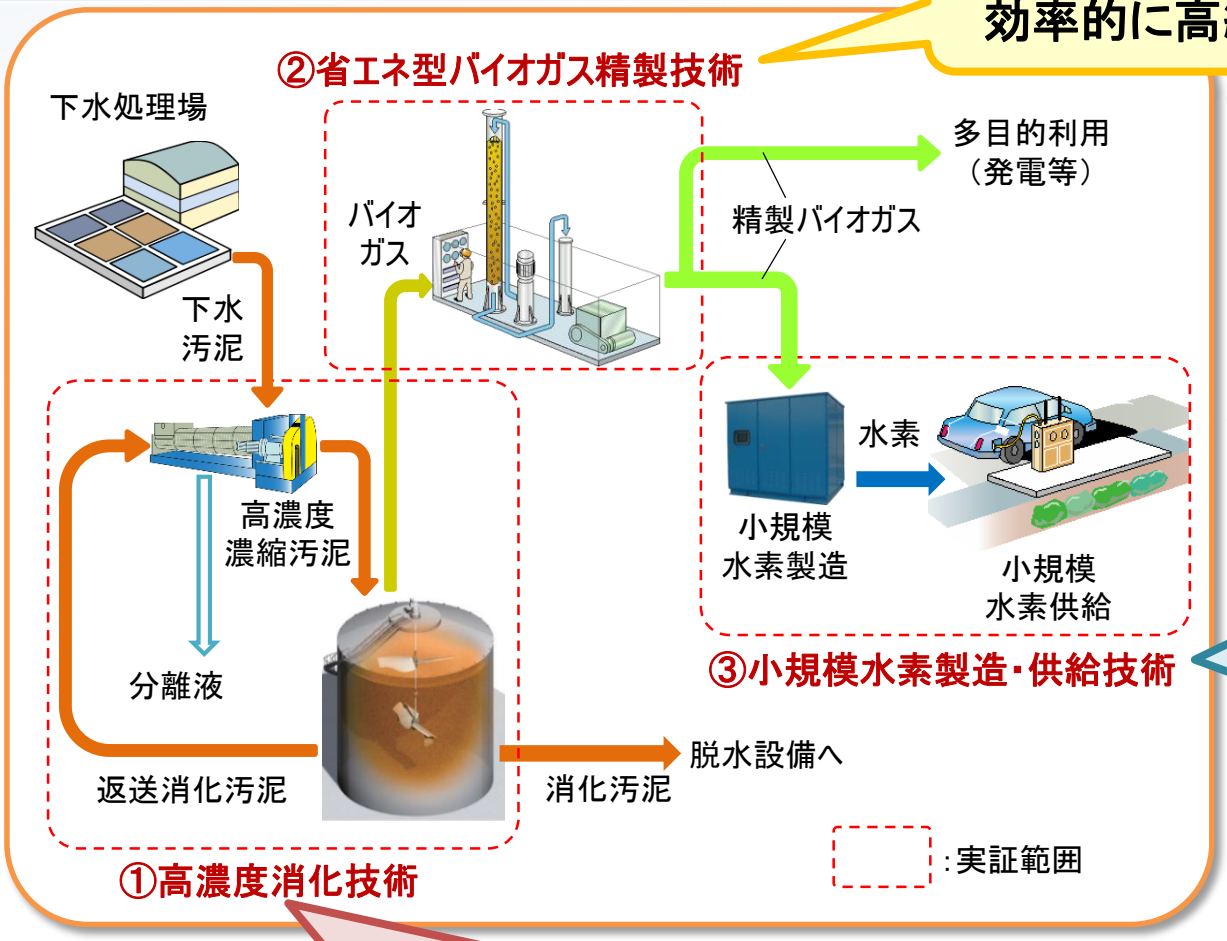
大容量の消化槽が必要 → 初期投資（建設費）が大きい

バイオガス利活用設備（ガス精製、発電等）は機器点数が多い → 維持管理が煩雑化

新下水道ビジョン（H26.7）でも「初期投資額の抑制」「維持管理負荷の低減」が下水汚泥エネルギー化技術導入の課題として挙げられている。

# 革新的技術の特徴と課題解決のアプローチ

シンプルな機器構成で低動力かつ効率的に高純度バイオガスを供給




小規模設備とすることにより、有資格者の確保及び法定点検が不要

消化槽の高濃度化及び消化日数の短縮により消化槽容量を約1/3に削減

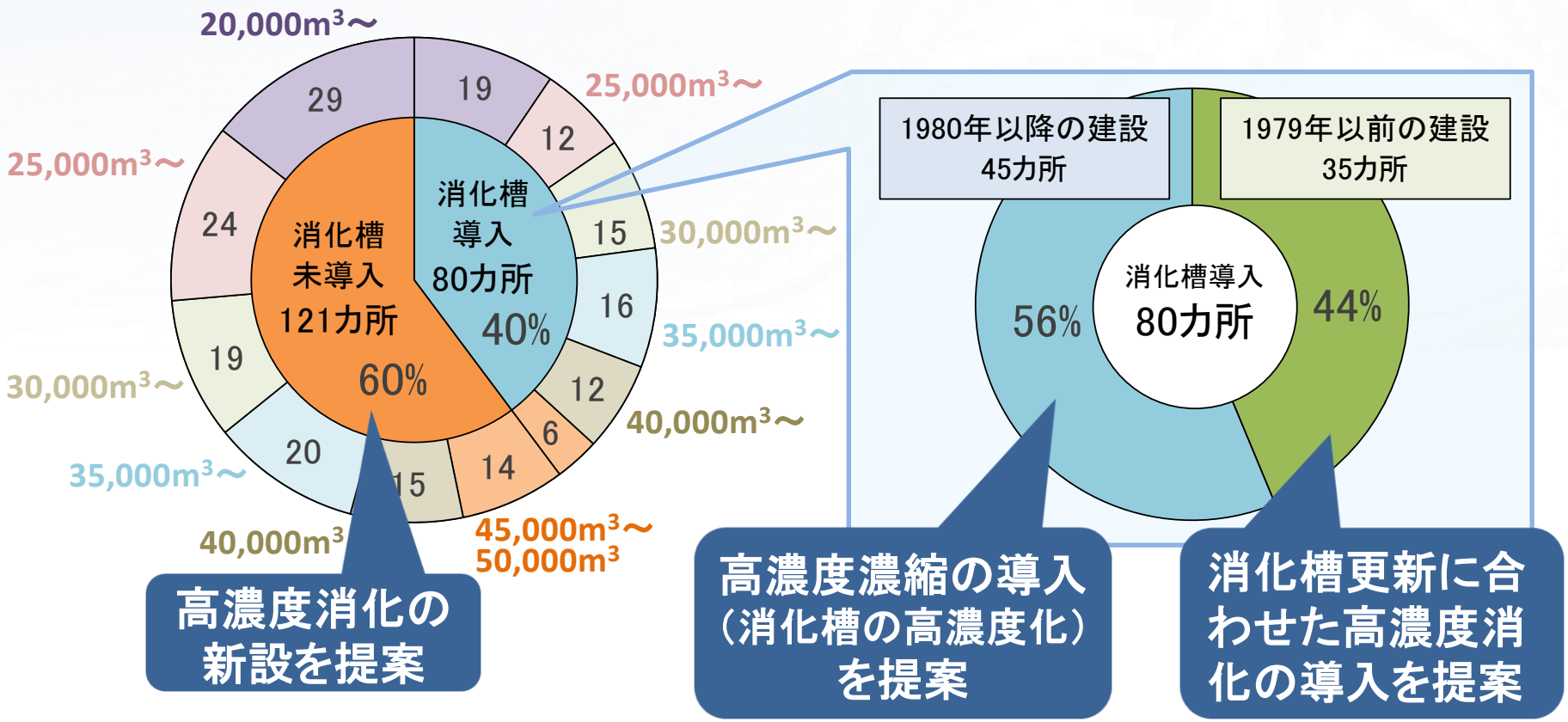
# 革新的技術の導入により期待される効果

高濃度消化技術、シンプルで低動力なバイオガス利活用技術により、人員・財政に余裕のない中小規模自治体においても下水汚泥のエネルギー利用を促進し、脱炭素化（グリーン化）に資することができる

| | |
|---|---|
| 経済面 | 高濃度化及び消化日数短縮による消化設備の総費用縮減、バイオガス利用設備の維持管理が容易、汚泥処分費縮減 |
| 環境面 | 中規模処理場でもバイオガスの多面的エネルギー利用が可能、創エネ増加・$CO_2$削減 |
| 社会面 | 汚泥処理能力向上 ⇒ 他処理場の汚泥受入（広域化・共同化） |

# 革新的技術の普及対象範囲（ターゲット）

**中規模処理場（日最大20,000～50,000m³）201カ所の消化槽導入状況**



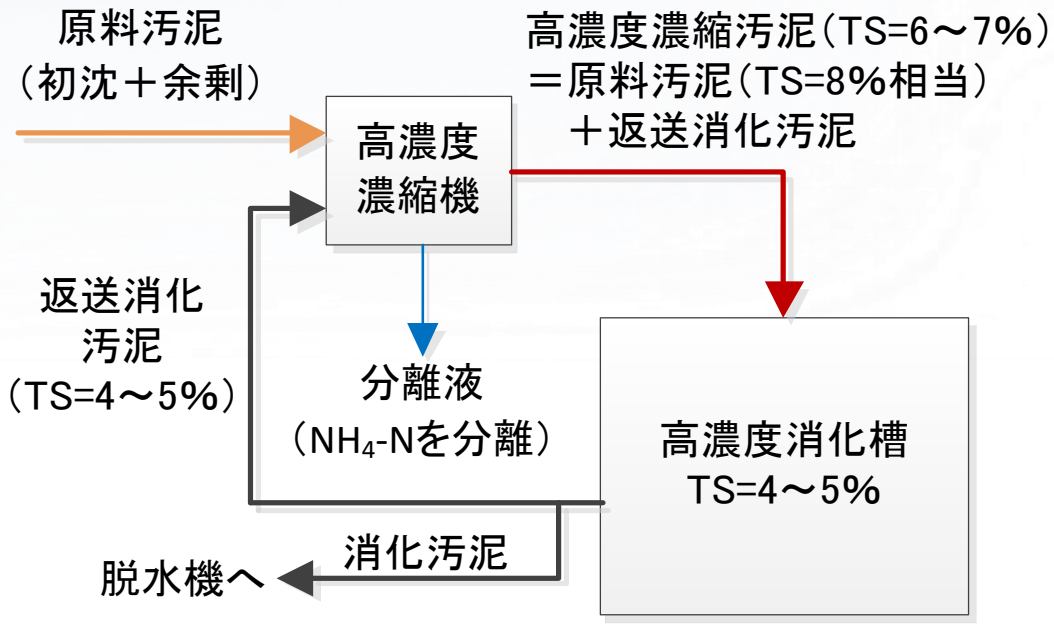

＋ バイオガス精製、バイオガス利用設備の（段階的な）導入を提案

※未利用地域資源の活用を検討している処理場や大規模処理場にも適用可能

# 2. 革新的技術の概要

# 要素技術概要　①高濃度消化技術

## 高濃度濃縮機と高濃度消化槽で構成




| | 革新的技術 | 従来技術 |
|---|---|---|
| 消化槽投入汚泥TS | 8% | 3.5% |
| 日最大消化日数 | 16日 | 20日 |
| 消化槽容量（従来：100） | 35 | 100 |

- 消化汚泥$NH_4$-Nが管理値（立上時：1,500～2,000 mg/L、通常時：2,000 mg/L）より高い場合、消化汚泥を高濃度濃縮機に返送
- 原料汚泥をTS=8%相当へ濃縮、$NH_4$-Nを分離
- 従来技術と同等の消化・脱水性能を維持

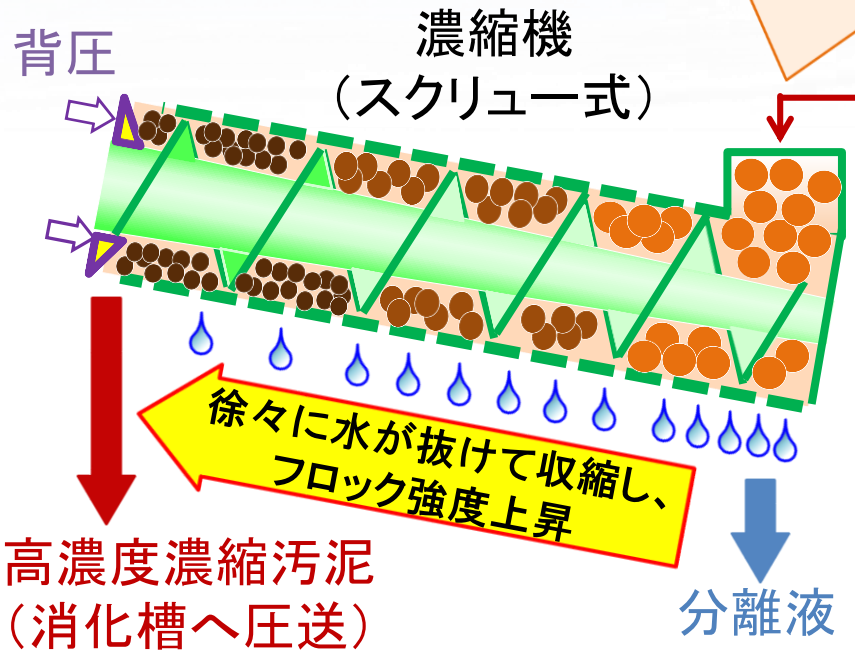
⇒ 消化槽容量を従来技術の約1/3に削減
⇒コスト※縮減

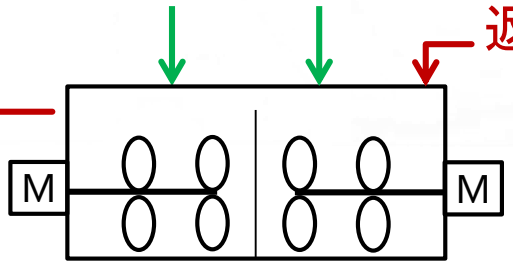
※建設費年価＋維持管理費

# 要素技術概要　①高濃度消化技術

## 高濃度濃縮機には、非圧入スクリュー（ホッパ供給）式を採用

汚泥の非圧入供給（ホッパ供給）
⇒フロックを壊さないよう、自重のみで供給




フロック形成に適した撹拌

混合に適した撹拌

- 返送消化汚泥あり･なしのいずれの場合も、消化槽投入汚泥をTS=8%相当に濃縮可能

# 要素技術概要　①高濃度消化技術

## 高濃度消化槽には、鋼板製消化槽を採用

実証施設
（1,000m$^3$、内径11.7m × 液位9.31m）

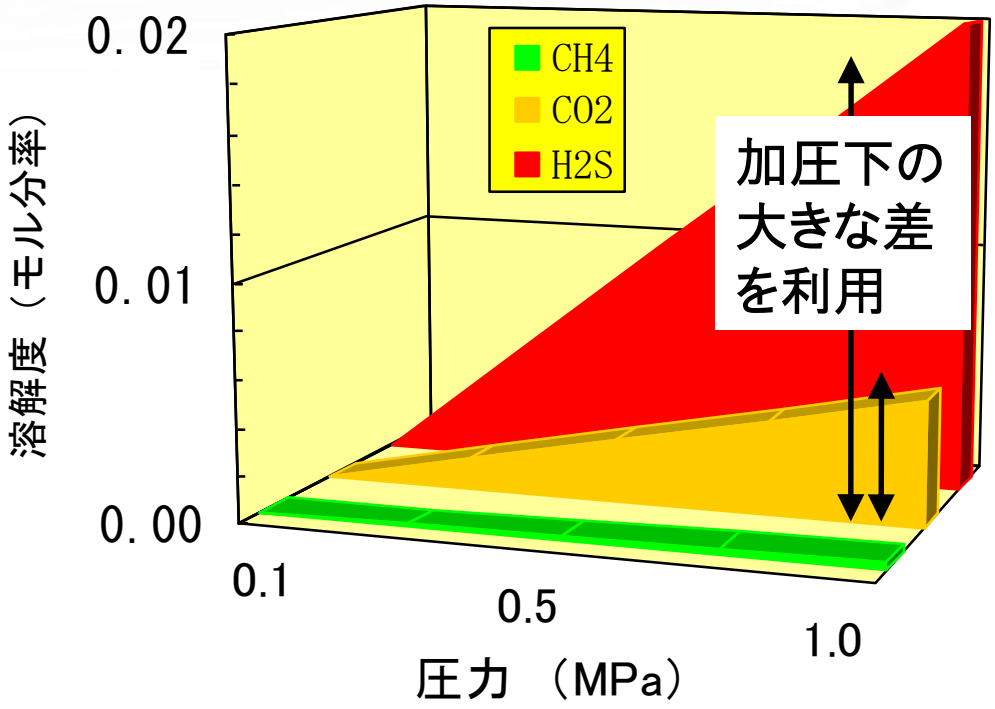
- 中温消化
- 汚泥濃度：投入TS 8%
- 消化日数：日最大16日
- VS容積負荷：日最大4.4 kg/m$^3$/日
- 構造：全溶接鋼板製、円筒立型
- 撹拌方式：インペラ式（高濃度対応）
- 保温：ポリスチレンフォーム
- 防食：ビニルエステル樹脂
- 消費電力：国交省性能指標※に対して40%以上削減
  （高濃度化に伴うポンプ動力削減が寄与）

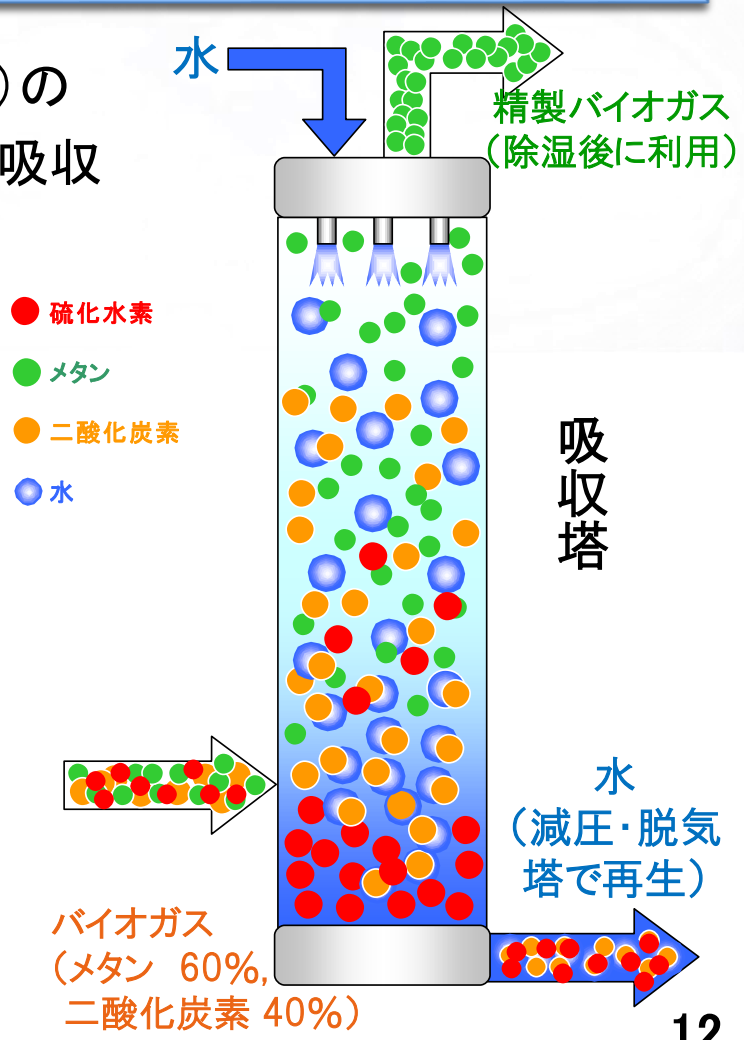
※H29国水下事第38号「下水道事業におけるエネルギー効率に優れた技術の導入について」
中温消化：280kWh/t-VS分解 以下
（日最大25,000～65,000m$^3$/日規模）

# 要素技術概要　②省エネ型バイオガス精製技術

**大規模処理場向けで実績のある高圧水吸収方式のバイオガス精製装置を、中規模処理場向けに適用**

メタン（$CH_4$）と二酸化炭素（$CO_2$）・硫化水素（$H_2S$）の溶解度の差を利用した、加圧下での水への物理吸収

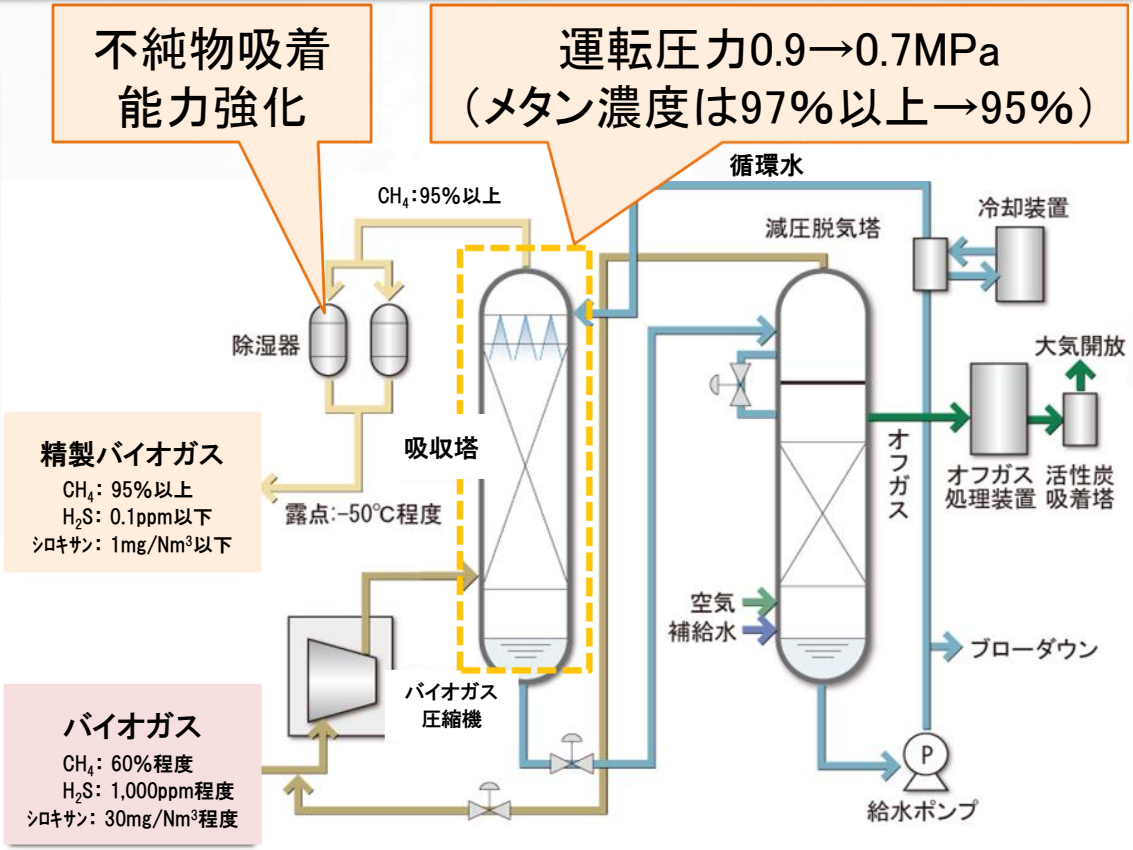


# 要素技術概要　②省エネ型バイオガス精製技術

**中規模処理場向けへの適用に当たり、運転圧力を下げることにより省エネ化**

- 水素製造装置の要求メタン濃度は95%以上
- バイオガスの多面的利用に当たり、水素、発電の組み合わせでクリティカルな不純物はシロキサン




- メタン濃度95%以上、かつ、シロキサン及び硫化水素の除去率を維持しつつ、運転圧力を低下させて消費電力低減（30%削減：対従来水素製造前処理）
- 中規模処理場における多面的なバイオガス利活用に適用

# 要素技術概要　③小規模水素製造・供給技術

燃料電池自動車向けに、新規需要創出を考慮した小規模で水素を製造・供給

## 水素製造装置

- 水素製造方式：水蒸気改質法
- 原料：精製バイオガス（メタン＞95%）
- 製造水素品質：
  燃料電池車向け規格を満足
- 安定稼働実績を有する都市ガス仕様品を活用

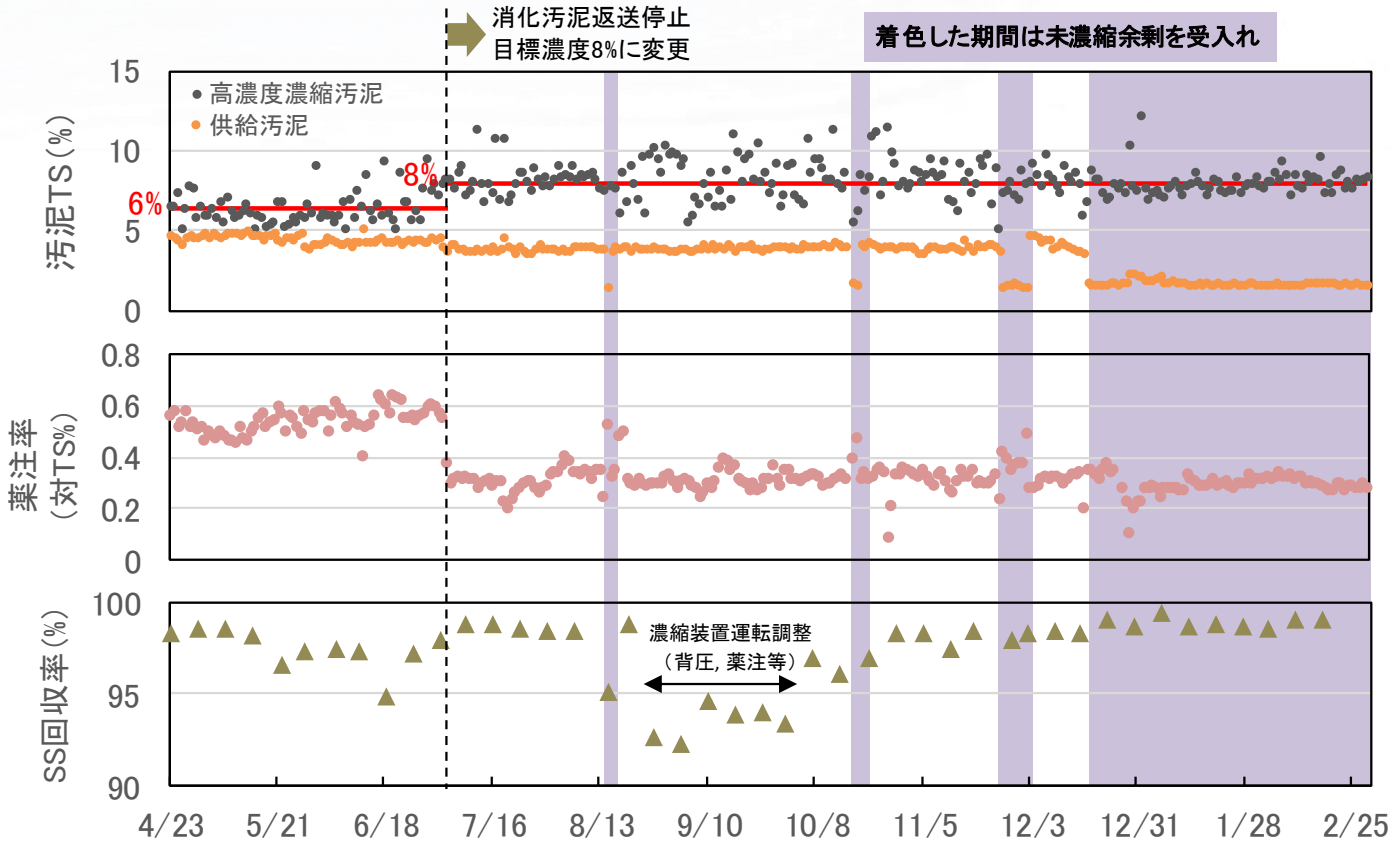
## 水素供給装置

- 燃料電池車に水素を供給
- 充填能力：1～2台／日（35MPa）
- パッケージ型（高圧水素配管の現地施工を削減）
- 有資格者選任不要

# 研究結果：高濃度消化技術（高濃度濃縮の安定性）

| 評価指標 | 目標値 | 研究結果 | |
|---|---|---|---|
| 濃縮性能 | 原料汚泥と返送消化汚泥の混合汚泥をTS=6%（原料汚泥TS=8%相当）以上に濃縮できること | **原料汚泥と返送消化汚泥の混合汚泥をTS=6%以上（消化汚泥返送停止時は平均8%）に濃縮可能であることを確認した。** | **達成** |

## 高濃度濃縮装置供給汚泥と高濃度濃縮汚泥TSの推移

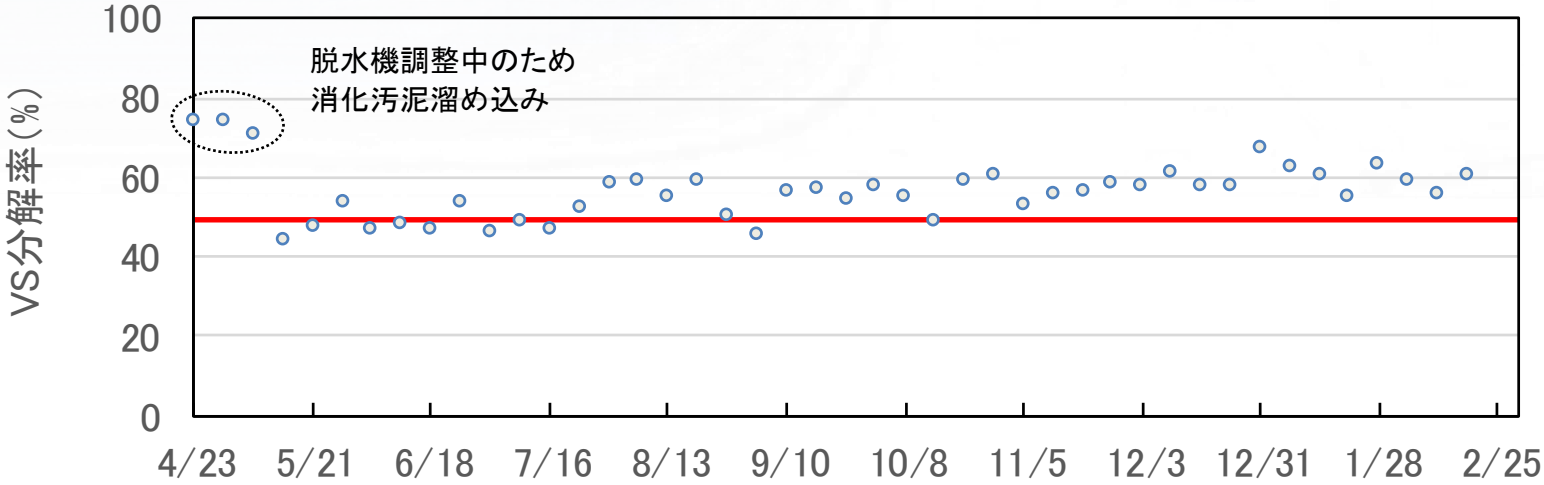



8/14～15、10/17～19、11/25～12/2、及び12/17以降は既設機械濃縮をバイパスし、未濃縮の余剰汚泥（TS=0.8～1.0%）を受入れた。

※その他の期間は、既設機械濃縮も使用し2段階の機械濃縮を実施

# 研究結果：高濃度消化技術（高濃度消化の安定性）

| 評価指標 | 目標値 | 研究結果 | |
|---|---|---|---|
| 消化性能（1/2） | VS分解率50%以上 | VS分解率が平均50%以上であることを確認した。 | 達成 |

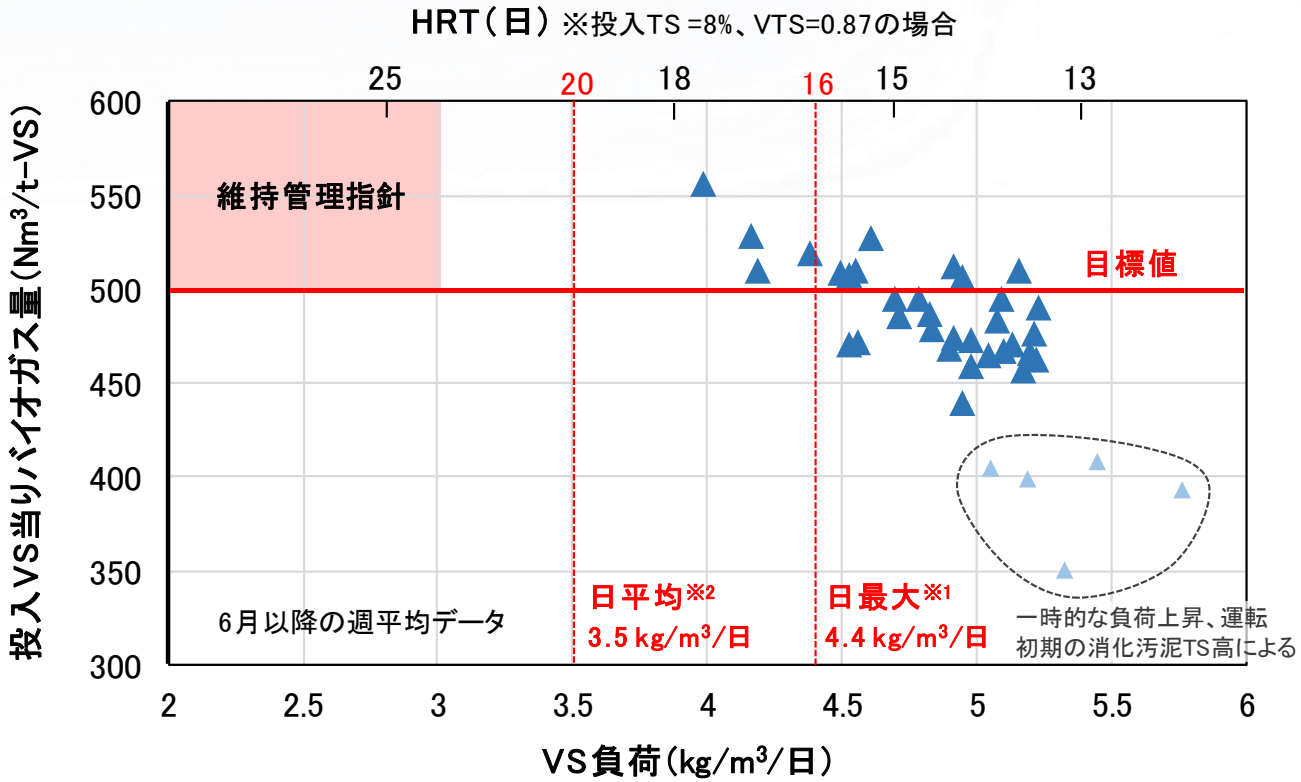



※ VS分解率＝$\left\{1-\dfrac{\text{消化槽引抜VS量＋返送消化汚泥分離液VS量}}{\text{消化槽投入VS量（初沈・余剰分）}}\right\}\times 100$（%）

- R1年5月～R2年1月のVS分解率は平均55%

# 研究結果：高濃度消化技術（高濃度消化の安定性）

| 評価指標 | 目標値 | 研究結果 | |
|---|---|---|---|
| 消化性能（2/2） | ガス発生量500Nm³/t−投入VS以上 | 消化槽投入VS負荷が日最大4.4kg/m³/日以下で、ガス発生量500Nm³/t−投入VS以上となることを確認した。 | 達成 |




- 実証消化槽の設計汚泥量として既設脱水設備供給量を採用。
- 実証開始後、重力濃縮からの汚泥引抜を速やかに行うよう運用変更。

⇒重力濃縮での回収率が上昇し、汚泥量が設計日最大を超える量に増加。

⇒濃縮前の汚泥量（発生量）で設計することにより、実施設では回避可能。

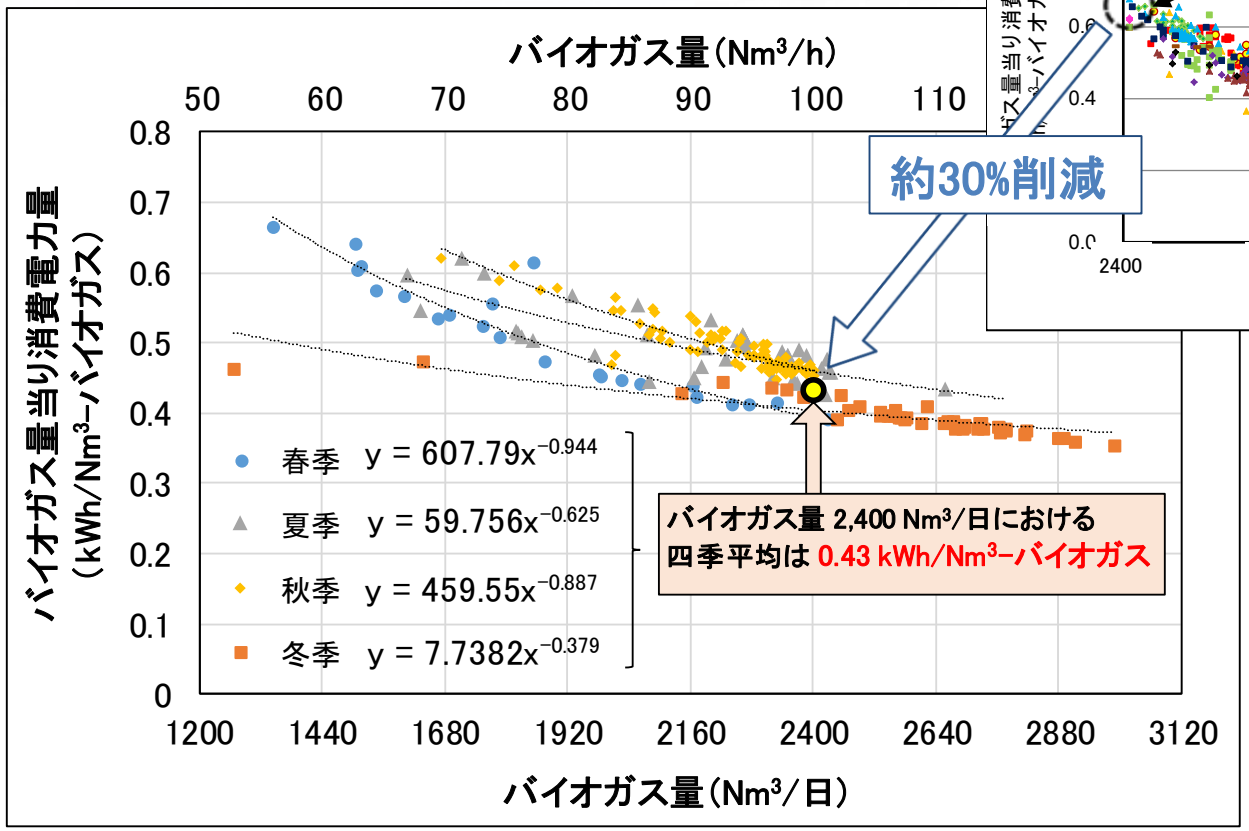
※1　日最大TS受入量5.3t/日×0.87（有機物濃度）×0.95（高濃度濃縮SS回収率）÷1000m³（消化槽有効容積）
※2　日最大VS負荷×0.8

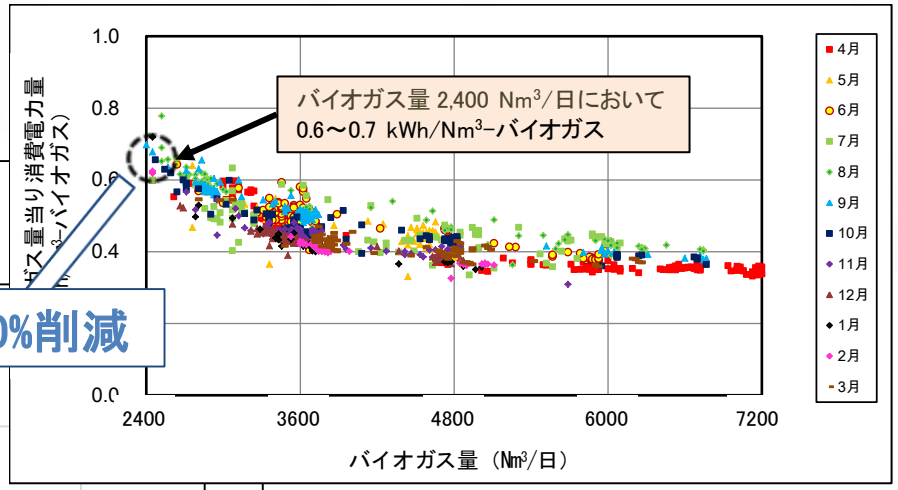
# 研究結果：省エネ型バイオガス精製技術（低動力性）

概要

| 評価指標 | 目標値 | 研究結果 | |
|---|---|---|---|
| 消費電力 | 消費電力30%削減（従来技術水素前処理と比較） | 大規模処理場向け従来技術に対して年平均で30%削減を確認した（バイオガス量2,400Nm³/日における比較）。 | 達成 |

↓本実証データ




↑H23 B-DASHデータ

H23 B-DASHプロジェクトNo.2 ガイドライン（案）
資料編p.135 図資1-14より

# 研究結果：小規模水素製造・供給技術

| 評価指標 | 目標値 | 研究結果 | |
|---|---|---|---|
| 水素製造能力 | 0.5Nm$^3$-精製ガス/Nm$^3$-水素 以下 | **四季を通じて目標を達成した。** | **達成** |

| | | 春季 | 夏季 | 秋季 | 冬季 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 評価日時（100%負荷での定常運転時） | | 2019/5/23 12:00～17:00 | 2019/8/2 11:00～16:00 | 2019/9/25 11:00～16:00 | 2020/1/22 11:00～16:00 | |
| 精製ガス使用量 | Nm$^3$/h | 12.6 | 12.6 | 12.6 | 12.6 | |
| 水素製造量 | Nm$^3$/h | 26.6 | 26.1 | 25.0 | 26.4 | 目標値 |
| **精製ガス原単位** | **Nm$^3$/Nm$^3$-水素** | **0.47** | **0.48** | **0.50** | **0.48** | **0.5以下** |

↑
都市ガス原料の場合と同等の効率

# 技術の適用条件

| 項目 | 条件 |
| --- | --- |
| 水質、汚泥性状 | 初沈汚泥が発生する水処理方式 |
| 設備規模 | 省エネ型バイオガス精製技術は、圧縮機規模の制約により、処理水量：日最大20,000m$^3$/日以上の規模の処理場に適用可能<br><br>※日最大20,000 m$^3$/日未満の処理場においても，高濃度消化技術のみの部分的な導入は可能<br><br>※広域汚泥処理に伴う集約処理等によりバイオガス量の増加が見込まれる場合は，日最大20,000 m$^3$/日未満の規模の処理場においても本技術全体の導入が可能 |

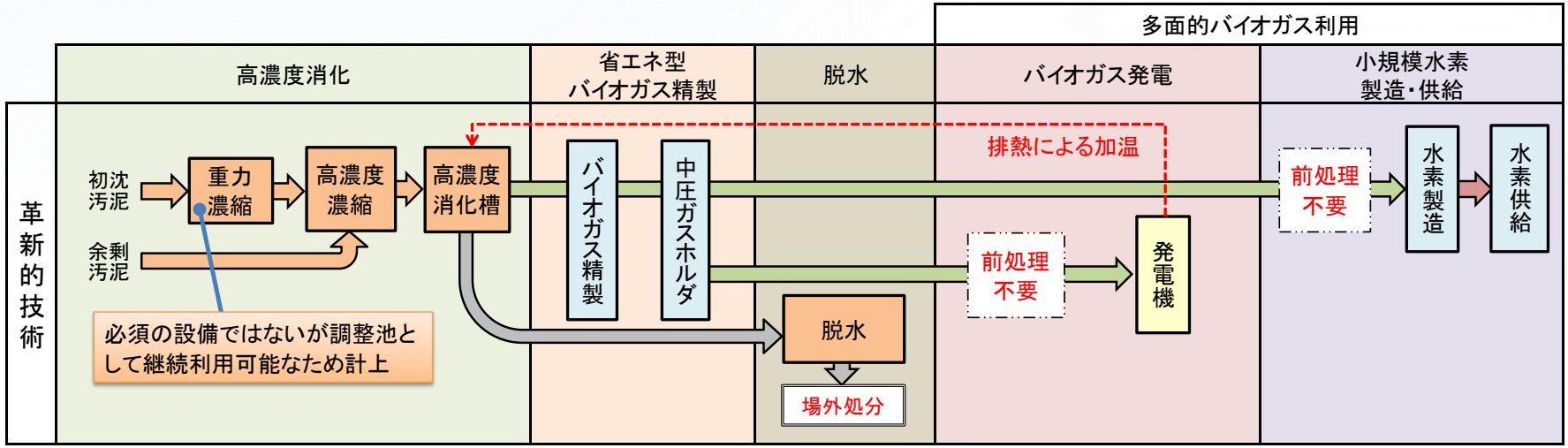
# 技術の推奨条件

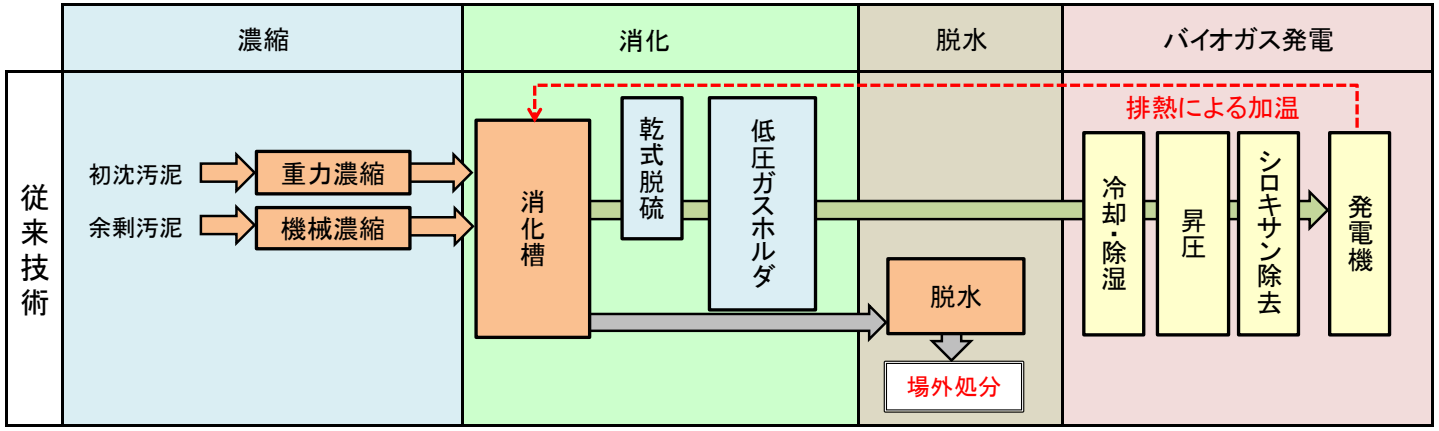
| 項目 | 条件 |
|---|---|
| 水質、汚泥性状 | • 初沈汚泥の比率が大 |
| 設備規模 | • 省エネ型バイオガス精製技術は、圧縮機規模の制約により、処理水量：日最大40,000m$^3$/日以上の規模の処理場において効率的な運用が可能<br>• 小規模水素製造・供給まで含めて導入する場合は，総費用，エネルギー収支，$CO_2$排出量のいずれにおいても従来技術に対してメリットが見込まれる日最大50,000 m$^3$/日以上を推奨 |
| その他 | • 既設脱水機がベルトプレス、遠心または難脱水汚泥対応型スクリュープレスであることが望ましい（消化槽未保有処理場への導入時に既設脱水機を継続利用する場合）<br>• 設置スペースに制約があるなかでバイオガスの有効利用を推進する場合 |

# 3. 革新的技術の導入効果

# 導入効果試算例 【評価範囲】

総費用（年価換算値）、エネルギー収支、温室効果ガス排出量を試算し従来技術と比較



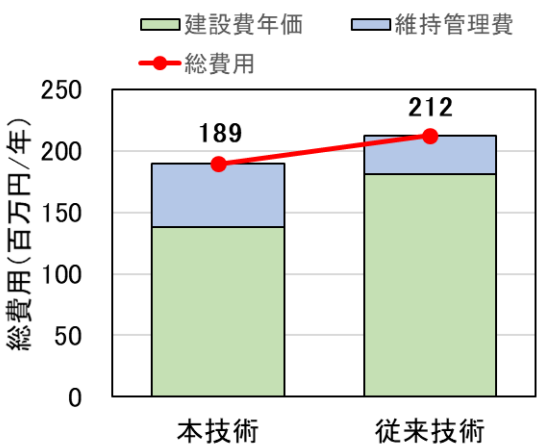



# 導入効果試算例 【評価結果、日最大50,000m³/日規模】

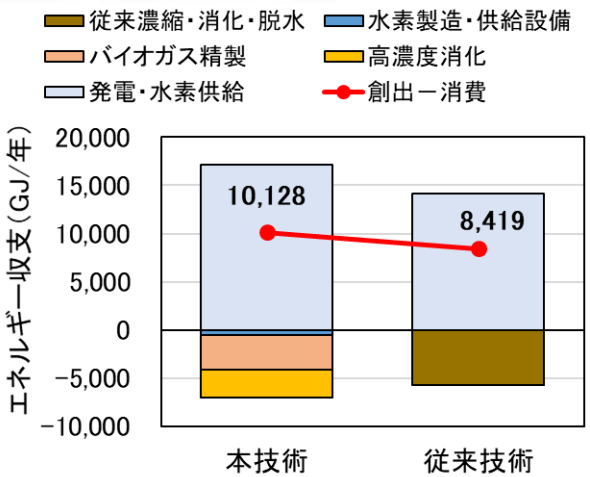
## 総費用、エネルギー収支、温室効果ガス排出量のすべてにおいて従来技術より優位

**総費用※（年価換算値）** **11%縮減**

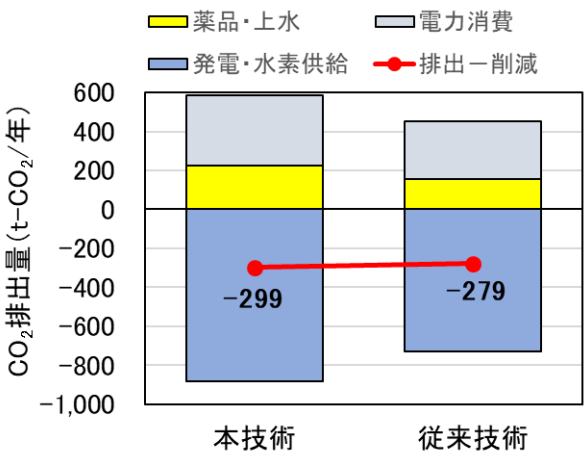
※総費用（年価換算値）＝建設費年価＋維持管理費




**エネルギー収支（創出量－消費量）** **20%向上**




**温室効果ガス収支（排出量－削減量）** **7%向上**




## 他の規模や、要素技術（高濃度消化のみ）の導入効果についてはガイドライン参照

# 4. 革新的技術の計画・設計

# 革新的技術の導入による既存施設への影響

**濃縮設備**

初沈汚泥、余剰汚泥は未濃縮のまま高濃度濃縮装置に供給できるため、既存濃縮設備の利用は必須でなくなる。
既存の重力濃縮槽は調整池として、機械濃縮設備は高濃度濃縮装置の予備機として活用可能。
重力濃縮から機械濃縮への変更により、回収率が向上し、水処理負荷低減（放流水質改善）及びバイオガス量増が見込める。

**脱水設備**

消化槽を新設する場合は消化汚泥に対応するため、２液薬注（高分子凝集剤、ポリ硫酸第二鉄）への改造を検討する。

# 計画・設計で考慮すべき事項

- 既存施設現況、運転状況（汚泥発生量、バイオガス発生量/使用量等）
- 改築更新計画、広域化計画、水素の利活用計画等の関連計画
- 導入設備の位置づけや適用法令

## 主な適用法令

| 法令 | 該当設備 | 主な留意事項 |
|---|---|---|
| 都市計画法 | 全体 | 立地規制 |
| 建築基準法 | 全体 | 用途地域に応じた規制<br>建築確認申請（建築物、工作物） |
| ガス事業法 | 消化設備<br>バイオガス精製<br>ガスホルダ | 準用事業者届出、設備設置報告<br>ガス工作物技術基準への適合（敷地境界との距離、火気取扱設備との距離、強度、安全装置等） |
| 高圧ガス保安法 | 水素製造・供給設備 | 処理能力、貯蔵量に応じた届出（第二種製造者、第二種貯蔵所）<br>技術基準への適合（強度、安全装置、離隔距離等） |
| 消防法 | 加温設備<br>水素製造・供給設備 | 危険物貯蔵所と水素製造・供給設備との離隔距離<br>LPG貯蔵届出（立上時等の燃料として利用の場合）<br>火災予防条例に基づく届出（余剰ガス燃焼装置、水素製造装置等） |

# 5. 革新的技術の維持管理

# 革新的技術の日常運転管理項目と作業負荷

水素製造・供給運転パターン ： FCV供給分を1週間分まとめて製造し、その他の時間は水素製造装置を冷間停止とする。 （単位：h）

| No. | 設備区分 | 運転管理の内容 | 頻度 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 | 計 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 全体 | 運転監視 | 毎日 | ※1 | | | | | | | | |
| 2 | 全体 | 巡回点検 | 毎日 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 7 | |
| 3 | 全体 | サンプリング・簡易分析 | 1回/週 | | 1 | | | | | | 1 | |
| 4 | 高濃度濃縮装置 | 高分子凝集剤投入 | 毎日 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 3.5 | 従来技術（機械濃縮）と同等 |
| 5 | 高濃度濃縮装置 | 給粉機の清掃 | 3回/週 | 0.5 | | 0.5 | | 0.5 | | | 1.5 | |
| 6 | 高濃度濃縮装置 | 高分子凝集剤受け入れ | 1回/週 | 0.5 | | | | | | | 0.5 | |
| 7 | 脱水機 | ポリ鉄受け入れ | 2回/週 | | 0.5 | | | 0.5 | | | 1 | |
| 8 | 水素製造・供給設備 | 運転・充填・点検 | 平日 | 1.0 | 0.5 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | | | 4.5 | |
| 計 | | | | 3.5 | 3.5 | 3 | 2.5 | 3.5 | 1.5 | 1.5 | 19h/週（2.4日/週）※2 | |

※1　従来技術と同等（既設を含めた設備全体を従来と同等の人数で運転監視可能）
※2　1日8時間勤務

➢ 日中の運転員1名選任。夜間は他設備と兼任で中央監視室から監視。

# 6. 実証期間中に行った技術上の工夫・改善点

# 実証期間中に行った技術上の工夫・改善点

## 水素供給装置におけるコスト・エネルギー削減検討

待機中の窒素（パージ用、バルブ作動用）消費量を削減し、ボンベからの供給に切り替えることにより、消費電力を削減

| 工程 | 主要機器（電動機容量） | | | | | 消費電力 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 圧縮機ユニット（3.7kW） | チラーユニット（20kW） | 窒素製造（空気圧縮機等）（6.4kW） | 冷却塔・循環ポンプ（5.9kW） | 換気扇（0.4kW） | 電力（kW） | 運転時間（h/d）※ | 電力量（kWh/d） |
| 蓄圧中 | ○ | | ○ | ○ | ○ | 14 | 8 | 112 |
| 充填準備中 | | ○ | ○ | ○ | ○ | 26 | 1 | 26 |
| 待機中 | | | ○⇒× | | ○ | 7⇒1.2 | 15 | 105⇒18 |
| | | | | | | 計 | 24 | 243⇒156 |

※水素充填量（10Nm³/d）の場合

当初：　窒素を空気から製造
見直し後：　待機中は、窒素をボンベから供給

# 実証フィールド提供自治体からのコメント

## 富士市上下水道部

本技術の導入によって、外部委託処分している脱水汚泥量を削減できたほか、バイオガスの有効利用が可能となりました。

消化設備の新規導入でしたが、既設の水処理設備や放流水質への影響もみられておらず、汚泥の処分費縮減とエネルギー化率向上の両立が可能な技術です。

# 7. 問い合わせ先

| | |
|---|---|
| 国土交通省<br>国土技術政策総合研究所 | 下水道研究部 下水処理研究室<br>〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地<br>TEL 029-864-3933 FAX 029-864-2817<br>URL www.nilim.go.jp/lab/ecg/index.htm |
| 株式会社神鋼環境ソリューション | 営業本部 水環境営業部 東日本営業室<br>〒141-0033 東京都品川区西品川1丁目1番1号<br>（住友不動産大崎ガーデンタワー）<br>TEL 03-5931-3714 FAX 03-5931-5706<br>URL https://www.kobelco-eco.co.jp/ |
| 日本下水道事業団 | 技術戦略部 資源エネルギー技術課<br>〒113-0034 東京都文京区湯島2-31-27 湯島台ビル<br>TEL 03-6361-7854 FAX 03-5805-1828<br>URL https://www.jswa.go.jp/ |
| 富士市 | 上下水道部 下水道施設維持課<br>〒416-0906 静岡県富士市本市場441番地の1<br>TEL 0545-67-2846 FAX 0545-67-2896<br>URL https://www.city.fuji.shizuoka.jp/ |