

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.1139

December 2020

B-DASH プロジェクト No.31

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)

下水道研究部下水処理研究室

B-DASH Project No.31
Guideline for introducing efficient energy utilization technology
using high-solids anaerobic digestion and energy-saving biogas purification

Wastewater and Sludge Management Division

Water Quality Control Department

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

B-DASHプロジェクト No.31

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)

下水道研究部 下水処理研究室

B-DASH Project No.31

Guideline for introducing efficient energy utilization technology
using high-solids anaerobic digestion and energy-saving biogas purification

Wastewater and Sludge Management Division
Water Quality Control Department

概要

本ガイドラインは、下水道事業における大幅なコスト縮減や省エネルギー・創エネルギー効果の増大に寄与するため、下水道革新的技術の一つである「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」について、下水道事業者が導入検討する際に参考にできる資料として策定したものである。

キーワード : 高濃度消化, 省エネ型バイオガス精製, 小規模水素製造・供給

Synopsis

This Guideline for introducing efficient energy utilization technology using high-solids anaerobic digestion and energy-saving biogas purification, which is one of innovative sewage technologies, is designed to promote significant cost reduction as well as energy saving and generation, and to serve as a reference for sewage works administrators.

Key Words : high-solids anaerobic digestion, energy-saving biogas purification, small-scale hydrogen production and refuelling

執筆担当者一覧

- 国土技術政策総合研究所下水道研究部下水処理研究室 室 長 . . . 田 隴 淳
- 国土技術政策総合研究所下水道研究部下水処理研究室 主任研究官 . . . 岩 渕 光生
- 前 国土技術政策総合研究所下水道研究部下水処理研究室 主任研究官 . . . 太 田 太一
- 国土技術政策総合研究所下水道研究部下水処理研究室 研究官 . . . 高 濱 俊平
- 前 国土技術政策総合研究所下水道研究部下水処理研究室 研究官 . . . 石 川 剛士

はじめに

我が国の下水道は、国民生活に不可欠な社会資本として整備が進められており、下水道処理人口普及率は 79.7%（令和元年度末）となっている。下水道は、公衆衛生の向上や公共用水域の水質保全に貢献するとともに、質・量ともに安定した水・資源・エネルギー等のポテンシャルを有しており、水・資源・エネルギー循環に貢献できる可能性がある社会資本でもある。また、下水や汚泥の処理に伴い温室効果ガスが排出され、地方公共団体の公共事業の中でも大きな温室効果ガス排出源となっている。今後、下水道の未普及地域の解消や高度処理化など、温室効果ガス排出量のさらなる増加が見込まれ、地球温暖化防止に一定の役割を果たそうとする我が国において、その削減が急がれる状況となっている。このような状況を背景に、下水汚泥や下水の持つエネルギー資源としてのポテンシャルに期待が高まっており、省エネ・省資源の取り組みに加えて、積極的にこれら資源を有効活用し、再生可能エネルギーを創出する取り組みが始まっている。

平成 26 年 7 月に策定された「新下水道ビジョン」（国土交通省水管理・国土保全局下水道部、公益社団法人日本下水道協会）では、有機物、栄養塩類を除去対象物質でなく資源として捉え、革新的な技術・システム等を導入し、他バイオマスを集約することで、下水処理場を水・資源・エネルギーの集約・自立・供給拠点化することが打ち出されている。また、平成 27 年の下水道法改正で、下水道管理者は「発生汚泥等が燃料又は肥料として再生利用されるよう努めなければならない」とする規定が新設された。さらに、「新下水道ビジョン加速戦略」（平成 29 年 8 月 国土交通省水管理・国土保全局下水道部）でも、下水道の活用による付加価値向上の重要性が示されている。こうした方針を受け、コスト削減やエネルギー消費量、温室効果ガス排出量の削減が期待できる革新的技術が求められている。

国土交通省下水道部では、優れた革新的技術の実証・普及により効率的な下水道事業を促進し、併せて本邦企業による水ビジネスの海外展開を支援するため、「下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト※）」を平成 23 年度から開始し、国土技術政策総合研究所下水道研究部が実証研究の実施機関となっている。

本ガイドラインで示す「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」は、コンパクトな消化槽、低動力のバイオガス精製装置および小規模の水素製造・供給装置からなる、下水汚泥からの効率的なエネルギー回収・利活用技術である。中規模処理場においてもバイオガスの多面的な利用を可能とする革新的技術であり、実証研究においてもその有効性が確認された。

本ガイドラインは、国土技術政策総合研究所委託研究（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実証研究 受託者：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 実施期間：平成 30 年度～令和元年度）において実施した成果を踏まえ、下水道事業者が本革新的技術の導入を検討する際に参考にできる資料として策定したものであり、この優れた技術が全国そして海外にも普及されることを強く願うものである。

技術選定から実証研究施設の設置、実運転による実証を踏まえたガイドラインの策定までを 3 年間という短期間でまとめるにあたり、大変なご尽力をいただいた下水道革新的技術実証事業評価委員会の委員各位、およびガイドラインに対する意見聴取にご協力いただいた下水道事業者の各位をはじめ、実証研究に精力的に取り組まれた研究体各位等全ての関係者に深く感謝申し上げます。

※B-DASH プロジェクト：Breakthrough by Dynamic Approach in Sewage High Technology Project

国土交通省国土技術政策総合研究所 下水道研究部長 岡本 誠一郎

目 次

第 1 章 総 則

第 1 節 目 的.....	1
§ 1 目 的.....	1
第 2 節 ガイドラインの適用範囲.....	3
§ 2 ガイドラインの適用範囲.....	3
第 3 節 ガイドラインの構成.....	4
§ 3 ガイドラインの構成.....	4
第 4 節 用語の定義.....	5
§ 4 用語の定義.....	5

第 2 章 技術の概要と評価

第 1 節 技術の概要.....	7
§ 5 技術の目的.....	7
§ 6 技術全体の概要と特徴.....	8
§ 7 高濃度消化技術の概要と特徴.....	11
§ 8 省エネ型バイオガス精製技術の概要と特徴.....	16
§ 9 小規模水素製造・供給技術の概要と特徴.....	20
第 2 節 技術の適用条件.....	25
§ 10 適用条件および推奨条件.....	25
§ 11 導入シナリオ例.....	27
第 3 節 実証研究に基づく評価の概要.....	29
§ 12 技術の評価項目.....	29
§ 13 技術の評価結果.....	31

第 3 章 導入検討

第 1 節 導入検討手法.....	41
-------------------	----

§ 14 導入検討手順	41
§ 15 基礎調査	43
§ 16 導入効果の検討	44
§ 17 導入効果検討範囲の検討	45
§ 18 コスト縮減効果の算定	47
§ 19 省エネ効果の算定	62
§ 20 省 CO ₂ 効果の算定	67
§ 21 その他効果	72
§ 22 導入判断	74

第4章 計画・設計

第1節 導入計画	75
§ 23 計画の手順	75
§ 24 基本条件の設定	76
§ 25 基本計算	77
§ 26 施設計画の検討	80
§ 27 導入効果の検証	83
§ 28 導入計画の策定	84
第2節 施設設計	85
§ 29 高濃度消化設備の設計	85
§ 30 省エネ型バイオガス精製設備の設計	90
§ 31 小規模水素製造・供給設備の設計	94

第5章 維持管理

第1節 高濃度消化の立ち上げ	96
§ 32 高濃度消化の立ち上げ方法	96
第2節 運転管理	98
§ 33 高濃度消化技術の運転管理	98
§ 34 省エネ型バイオガス精製技術の運転管理	102
§ 35 小規模水素製造・供給技術の運転管理	103

第3節 保守点検	105
§ 36 高濃度消化技術の保守点検	105
§ 37 省エネ型バイオガス精製技術の保守点検	108
§ 38 小規模水素製造・供給技術の保守点検	111
第4節 異常時の対応	115
§ 39 異常時の対応	115

資 料 編

1. 実証研究結果	116
2. ケーススタディー	149
3. 小規模水素製造・供給設備に関する各種手続きおよび法定点検	241
4. 参考文献	242
5. 問い合わせ先	243

第1章 総 則

第1節 目 的

§1 目 的

本ガイドラインは、下水道事業における大幅なコスト縮減や省エネルギー・創エネルギー効果の増大に寄与するため、下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）で採択された「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」（以下、「本技術」とする）について、実証研究の成果を踏まえて、技術の概要、導入検討、計画・設計および維持管理等に関する技術的事項について明らかにし、もって導入の促進に資することを目的とする。

【解 説】

下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）は、新技術の研究開発、および実用化を加速することにより、下水道事業における資源回収、大幅な省エネルギー・創エネルギー効果やコスト縮減を実現し、あわせて、本邦企業による水ビジネスの海外展開を支援するため、国土交通省が実施しているものである。

B-DASH プロジェクト全体の概要は、図1-1に示すとおりである。各実証事業においては、国土技術政策総合研究所からの委託研究として、実証研究を実施している。

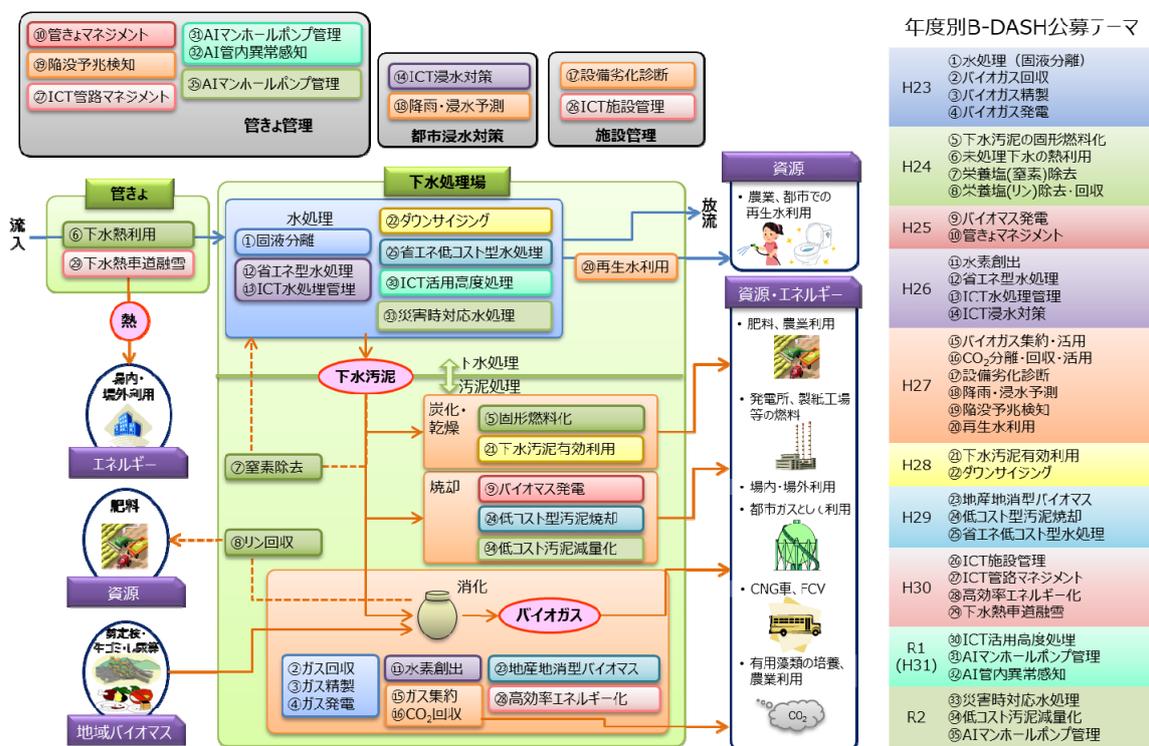


図 1-1 下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）の概要（全体）

実証研究のとりまとめに当たっては、専門的知識を有する有識者、および実務に精通した地方公共団体の下水道事業者より意見を聴取したうえで、学識経験者で構成される「下水道革新的技術実証事業評価委員会」（以下、評価委員会とする。詳細は <http://www.nilim.go.jp/lab/ecg/bdash/bdash.htm> 令和2年6月15日時点）の評価を受けている。

本技術は、下水道事業における大幅な省エネルギー・創エネルギー効果やコスト削減等を実現する革新的技術として採択されたもので、本ガイドラインは、評価委員会で評価された本技術の実証研究（平成30年度から令和元年度にかけての2年間）の成果を踏まえ、本技術の導入の促進に資することを目的として、国土技術政策総合研究所において策定するものである。このため、本ガイドラインでは、地方公共団体等の下水道事業者が本技術の導入を検討する際に参考にできるように、技術の概要と評価、導入検討、計画・設計および維持管理等に関する技術的事項についてとりまとめている。

なお、本ガイドラインについても、実証研究の成果と同様に、専門的知識を有する有識者および実務に精通した地方公共団体の下水道事業者より意見を聴取のうえ、評価委員会の評価を受け、了承されたものである。

第2節 ガイドラインの適用範囲

§2 ガイドラインの適用範囲

本ガイドラインは、本技術の全体または一部についての、下水道施設を対象とした導入検討、計画・設計および維持管理に適用する。

【解説】

本ガイドラインは、下水道施設の新・増設あるいは既存施設・設備の更新に際して、本技術の全体または一部の導入を促進することを目的として、本技術の導入検討、計画・設計、維持管理の参考となるようにとりまとめたものである。

本技術の全体を同時にまたは段階的に導入する場合のほか、本技術の一部の要素技術のみを導入する場合についても、本ガイドラインは適用される。

本ガイドラインは、地方公共団体等の下水道事業者および関連する民間企業等に利用されることを想定して策定している。

第3節 ガイドラインの構成

§3 ガイドラインの構成

本ガイドラインは、総則、技術の概要と評価、導入検討、計画・設計、維持管理および資料編から構成される。

【解説】

本ガイドラインの構成および各章の内容は、以下のとおりとする。

(1) 第1章 総則

第1章では、ガイドラインの目的、適用範囲、構成、用語の定義について記述する。

(2) 第2章 技術の概要と評価

第2章では、本技術の目的、概要、特徴、適用条件、導入シナリオ例について整理する。また、実証研究で得られた成果に基づく本技術の評価結果を示す。

(3) 第3章 導入検討

第3章では、本技術の導入を検討する際に必要な手順、手法を整理する。

(4) 第4章 計画・設計

第4章では、導入検討の結果として、本技術の導入効果が期待できると判断された場合に、導入に向けてより具体的に実施設計を進めるための方法について整理する。

(5) 第5章 維持管理

第5章では、本技術を導入した場合において、下水道管理者等が実施すべき維持管理の具体的方法について整理する。

その他、資料編として、実証研究結果、ケーススタディー、問い合わせ先等に関する資料を示す。

第4節 用語の定義

§4 用語の定義

本ガイドラインで取り扱う用語は、以下に示すように定義する。なお、下水道施設の基本的な用語に関しては「下水道施設計画・設計指針と解説 2019年版」(公益社団法人日本下水道協会)、「下水道用語集 2000年版」(社団法人日本下水道協会)に準拠する。

(1) 消化

バイオマス中の有機物質を嫌気性または好気性微生物の働きでガス化・液化・無機化し、安定化・減量化することをいうが、本ガイドライン中の消化とは嫌気性消化のことを指す。

(2) 原料汚泥

初沈汚泥または余剰汚泥、もしくはこれらを混合した混合生汚泥について、本ガイドラインでは原料汚泥という。

(3) 返送消化汚泥

消化汚泥のアンモニア性窒素濃度の調整を目的として高濃度消化槽から高濃度濃縮装置に返送する消化汚泥を、本ガイドラインでは返送消化汚泥という。

(4) バイオガス

嫌気性消化槽でバイオマス中の有機物が微生物により代謝分解され発生するガスをいう。

(5) 高濃度消化

通常の消化は、原料汚泥を3~4%程度に濃縮したうえで消化槽に投入し、消化槽内の汚泥濃度は1~2.5%程度である。これに対し、本ガイドラインの消化では、原料汚泥を8%程度に濃縮したうえで消化槽に投入し、消化槽内の汚泥濃度は4~5%程度である。本ガイドラインではこれを高濃度消化として定義する。

(6) バイオガス精製装置

バイオガス中の不純物を除去する装置をいう。本ガイドラインでは高圧水吸収法による精製装置を対象とし、二酸化炭素が除去されてバイオガスのメタン濃度が高められるほか、硫化水素、シロキサン等の微量不純物も除去される。

(7) 精製ガス

バイオガス精製装置でバイオガス中の不純物を除去して得られる、メタン濃度95%以上の高品位バイオガスをいう。

(8) 水素製造装置

バイオガス精製装置で得られる精製ガスを原料として水素を製造する装置をいう。本ガイドラインでは水蒸気改質を原理とする都市ガス仕様品を対象とする。

(9) 水蒸気改質法

炭化水素を水素に変換する方法のひとつであり、本ガイドラインでは精製ガス中のメタンを水蒸気と共に触媒上で反応させて、水素を主成分とするガスを製造する方法をいう。

(10) 水素供給装置

燃料電池自動車（FCV）に水素を供給する装置をいう。本ガイドラインでは、水素の新規需要創出を考慮し、高圧ガス保安法に定める有資格者の確保および法定点検が不要な小規模（圧縮機能力 30 Nm³-H₂/日未満）を対象とする。なお、Nは標準状態（0℃, 1 atm）を意味しており、1 Nm³とは標準状態に換算した1 m³のガス量であることを表す（以下、同様）。

第2章 技術の概要と評価

第1節 技術の概要

§5 技術の目的

本技術は、コンパクトな消化槽，低動力のバイオガス精製装置，小規模の水素製造・供給設備の組み合わせにより，大規模処理場に加え，中規模処理場においてもバイオガスの多面的な利用を可能にする技術である。本技術の導入により，汚泥処理に係る総費用（建設費年価＋維持管理費）の縮減および下水汚泥エネルギー化率の向上を図るとともに，広域的な汚泥処理の推進に貢献することを目的とする。

【解説】

パリ協定を踏まえて閣議決定された「地球温暖化対策計画」（平成28年5月）では，下水道分野における省エネルギー対策や再生可能エネルギー活用の推進に向けて，一層の努力が求められている。また，「水素基本戦略」（平成29年12月），「エネルギー基本計画」（第4次：平成26年4月，第5次：平成30年7月）では，新たなエネルギー源としての水素の活用，脱炭素化に向けた水素や蓄電の技術開発を進める方針を示し，水素社会実現に向けた取り組みを推進している。こうした方針を受け，下水道分野も含め官民を挙げた実証実験等が行われている。

しかし，代表的なエネルギー化技術である消化技術，発電や水素製造・供給等のバイオガス利活用技術は，初期投資が大きく，維持管理も煩雑化するため，中小規模の自治体が有する処理場での採用が進んでいない。

本技術は，コンパクトな消化槽，低動力のバイオガス精製装置，小規模の水素製造・供給設備を組み合わせることによって総費用（建設費年価＋維持管理費）を縮減し，大規模処理場に加え，中規模処理場においてもバイオガスの多面的な利用を可能とし，下水汚泥エネルギー化率の向上に貢献できる技術である。

また，消化槽の高濃度化が可能で，濃縮汚泥での集約に伴う消化槽への投入汚泥固形物量の増加に対応できることから，広域的な汚泥処理の推進に当たって活用可能な技術である。

§6 技術全体の概要と特徴

本技術は、高濃度消化技術、省エネ型バイオガス精製技術、小規模水素製造・供給技術により構成されており、消化槽容積の大幅削減によるコストの縮減、シンプルな機器構成による低動力かつ効率的なバイオガスの利活用が可能である。また、小規模水素製造・供給技術は、中規模処理場においてもバイオガスの多面的な利用を可能とするものである。

【解説】

本技術は、下水汚泥を消化してバイオガスを発生させ、これを精製したガスを多面的に利用するもので、高濃度消化技術（高濃度濃縮装置、高濃度消化槽）、省エネ型バイオガス精製技術（バイオガス精製装置、中圧ガスホルダ）、小規模水素製造・供給技術（水素製造装置、水素供給装置）により構成される。本技術の全体構成図を図2-1に、本技術の全体フロー図を図2-2に、本技術の実証設備全景を写真2-1に、それぞれ示す。

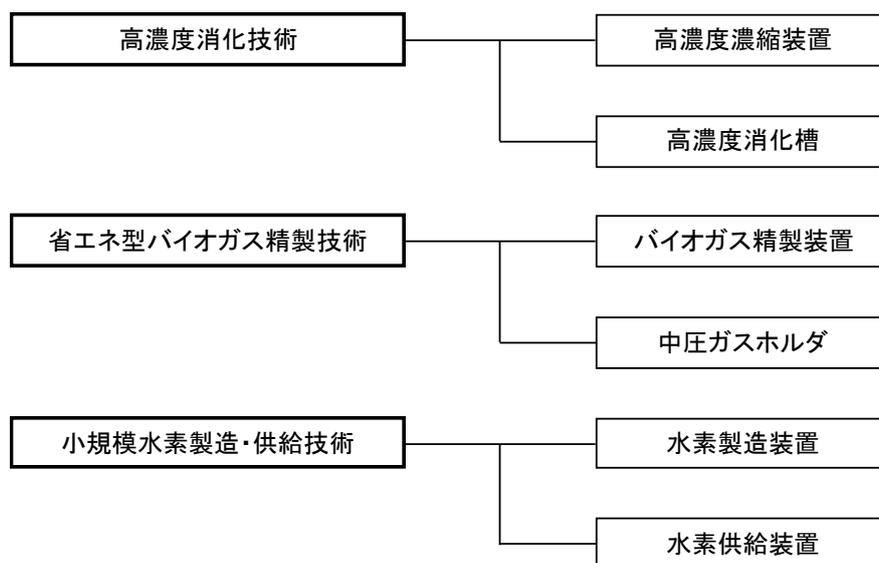


図2-1 本技術の全体構成図

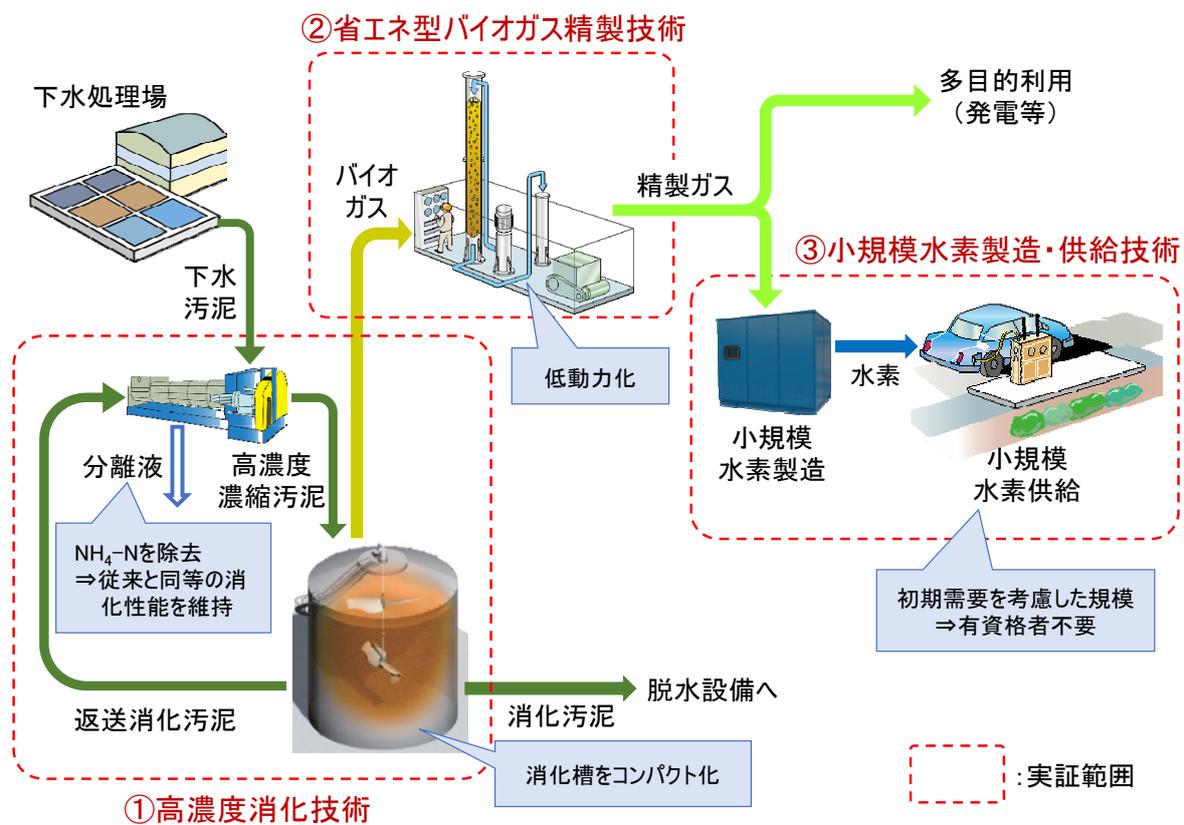


図2-2 本技術の全体フロー図



写真2-1 本技術の実証設備全景

本技術全体の特徴は、以下のとおりである。

(1) 消化設備、バイオガス精製設備のコスト縮減が可能である。

高濃度消化による消化槽容積の大幅削減、省エネ型バイオガス精製による電力削減により建設費、維持管理費の縮減が可能である。

(2) 大規模処理場に加え、中規模処理場においてもバイオガスの効率的なエネルギー利用が可能である。

シンプルな機器構成で低動力かつ効率的に不純物を除去してメタン濃度を高めたバイオガスおよびバイオガス由来の水素を供給できる。また、小規模な設備をもちいることにより、水素製造・供給において、高圧ガス保安法に定める有資格者の確保および法定点検が不要となる。これまでコスト、有資格者の確保等の面からバイオガスを複数の用途でエネルギー利用することが困難であった中規模処理場においても、従来より少ない負担で設備を導入することができる。バイオガスの多面的な利用により、総費用の縮減、エネルギー化率の向上、温室効果ガス排出量の削減が可能である。

§7 高濃度消化技術の概要と特徴

高濃度化と消化日数の短縮により，消化槽容積を従来の約 1/3 に削減できる技術である。原料汚泥と返送消化汚泥を混合して濃縮することでアンモニア性窒素（以下，「NH₄-N」とする）を濃縮分離液に溶解させて除去するため，高濃度化と消化日数短縮をしつつ，従来技術と同等の消化性能，脱水性能を維持することができる。

以下の2つの設備から構成される。

- (1) 高濃度濃縮装置
- (2) 高濃度消化槽

【解説】

高濃度消化技術は，汚泥の高濃度化と消化日数の短縮により，消化槽容積を従来の約 1/3 に削減できる技術である。図2-3に示すように，原料汚泥と返送消化汚泥を混合して濃縮することでNH₄-Nを濃縮分離液に溶解させて除去するため，原料汚泥の窒素濃度によらず，消化汚泥のNH₄-Nを消化阻害が生じない濃度に調整できる。これにより，汚泥の高濃度化と消化日数の短縮にもかかわらず，消化性能（VS分解率，投入VS当たりのガス発生量）を従来技術と同等に維持することが可能となる。また，消化性能が従来技術と同等のため，高濃度消化槽から引き抜いた消化汚泥についても，従来技術の消化汚泥と同等の脱水性能を得ることが可能である。

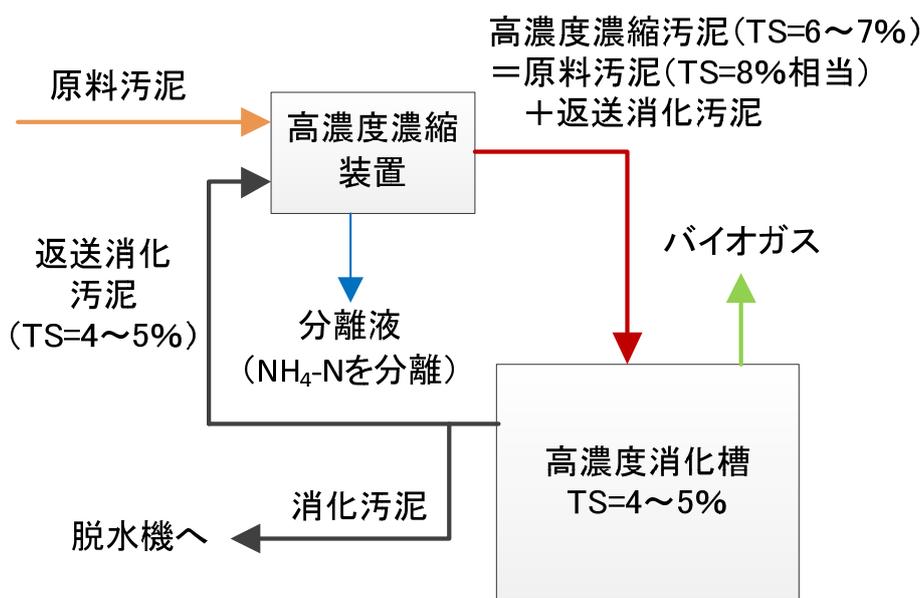


図2-3 高濃度消化技術フロー

高濃度消化技術を構成する高濃度濃縮装置と高濃度消化槽の概要は、以下のとおりである。

(1) 高濃度濃縮装置

原料汚泥 (TS=1~4%程度) を TS=8%程度に濃縮し、高濃度濃縮汚泥を得る装置である。原料汚泥である初沈汚泥、余剰汚泥はそれぞれ最初沈殿池、最終沈殿池から未濃縮のまま直接受け入れることができるが、初沈汚泥については、既存の重力濃縮槽を調整池として継続利用することで、発生量の変動が吸収される効果が期待できる。また、余剰汚泥については、既存の機械濃縮機がある場合、高濃度濃縮装置の予備機として活用することで、汚泥処理の安定性がより一層向上する効果が期待できる。

高濃度消化では原料汚泥を濃縮するため、中濃度消化 (消化槽への投入汚泥 TS=3~4%程度) と比較して消化槽への投入汚泥中の窒素濃度が高くなる。そのため、消化汚泥中の $\text{NH}_4\text{-N}$ が高くなりやすく、メタン生成菌や酸生成菌の働きを阻害する恐れがある。本技術では、原料汚泥の窒素負荷が高いとき、あるいは $\text{NH}_4\text{-N}$ が許容値を超える恐れがあるときに、消化汚泥を高濃度濃縮装置に返送し、原料汚泥と混合して濃縮することにより、返送消化汚泥に含まれる $\text{NH}_4\text{-N}$ を濃縮分離液とともに除去できる。このように $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度を調整・制御することで消化性能を維持し安定化することが可能である。

高濃度濃縮装置の概要を図2-4に、実証設備の外観を写真2-2に示す。原料汚泥と返送消化汚泥の混合汚泥を反応槽に投入し、高分子凝集剤を添加して攪拌する。攪拌の回転数は反応槽の上流側と下流側で個別に設定でき、汚泥の性状や処理量に大幅な変更がある場合は、回転数を変えることで攪拌強度を調整することができる。濃縮は非圧入式スクリー濃縮機で行う。フロックを壊さないよう自重のみで供給 (ホップ供給) 方式を採用しており、フロックの状態に極力影響を与えないようろ過・圧密するため、汚泥性状・混合比率が変動しても安定した濃縮性能が得られる。

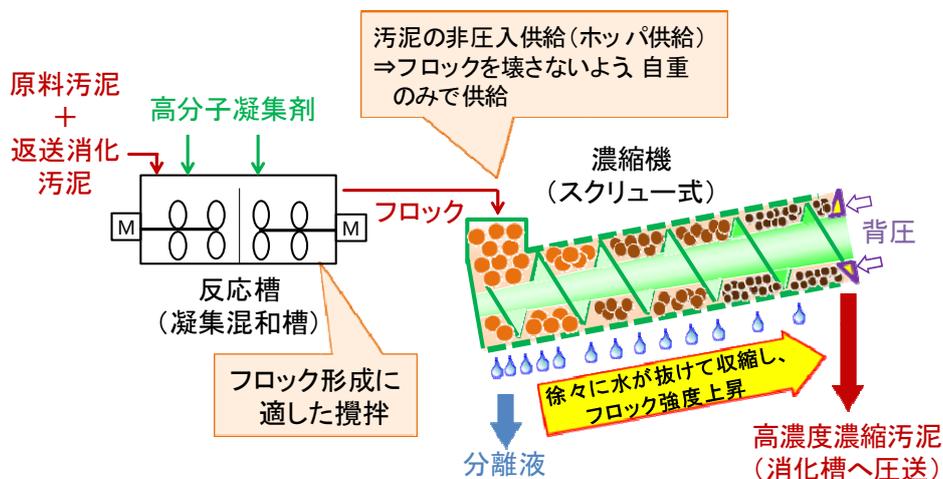


図2-4 高濃度濃縮装置の概要



写真 2-2 高濃度濃縮装置

(2) 高濃度消化槽

高濃度濃縮汚泥は、高濃度消化槽に投入し中温消化処理（38～40℃）を行う。高濃度化（投入汚泥 TS=3.5→8%，消化槽内 TS=1～2.5→4～5%），ならびに，消化日数の短縮（日最大消化日数=20→16日）により，消化槽容積を従来の中温消化の約 1/3 まで削減でき（VS 容積負荷：日最大 4.4 kg/m³/日），上述した NH₄-N の制御および脱水機側の調整により，高濃度化や消化日数の短縮にもかかわらず，従来消化と同等の消化性能，消化汚泥脱水性を維持することが可能である。

また，汚泥の高濃度化および消化槽の小型化に伴い，汚泥移送量，汚泥循環量，および温水循環量が減少する。このため，従来の消化と比較してポンプ動力を低減することが可能となり，高濃度消化設備の VS 分解量当たり消費電力量（図 2-5）は，国土交通省が定めるエネルギー性能指標（平成 29 年国水下水事第 38 号）の中温消化の値に対して，おおむね半分となる。

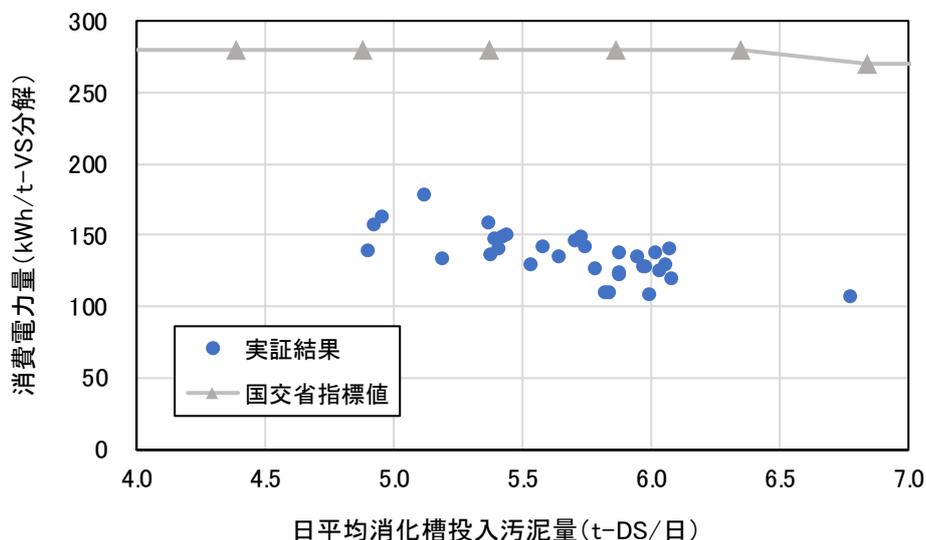


図 2-5 高濃度消化設備 VS 分解量当たり消費電力量

高濃度消化槽の実証設備外観を，写真 2-3 に示す。消化槽を鋼板製とすることで，建設コストの縮減および現地工事期間の大幅な短縮が可能となる。また鋼板製の特徴として，センサ類，サイトグラス等の設置が容易かつ自由度が高く，運転状況が把握しやすい。攪拌機は中濃度消化よりも羽根径を大きくすることにより，高濃度でもスカムの発生を抑制し，槽内汚泥全体を攪拌することができる。



写真 2-3 高濃度消化槽

§8 省エネ型バイオガス精製技術の概要と特徴

シンプルな機器構成で低動力かつ効率的にバイオガスから不純物を除去することにより、バイオガスの多面的な利用を可能とする技術である。精製したガスは、バイオガス精製装置の運転圧力を活用して中圧で貯留する。以下の2つの設備から構成される。

- (1) バイオガス精製装置
- (2) 中圧ガスホルダ

【解説】

省エネ型バイオガス精製技術は、バイオガスから効率的に不純物を除去することにより、バイオガスの多面的な利用を可能とする技術である。シンプルな機器構成で低動力であるため、従来よりコストの負担が少なく、中規模処理場においても導入しやすい。

省エネ型バイオガス精製技術を構成するバイオガス精製装置と中圧ガスホルダの概要は、以下のとおりである。

(1) バイオガス精製装置

バイオガス精製装置は、高圧水吸収法(図2-6)を原理とし、ガス成分の水への溶解度の差が加圧条件下で拡大する特性を利用して、バイオガスのメタン高濃度化、および、不純物の除去を一括して行うものである。同様の精製原理であるB-DASHプロジェクトNo.2「バイオガスを活用した効率的な再生可能エネルギー生産システムガイドライン(案)」の新型バイオガス精製装置と比較して、運転圧力を低下させる(0.9→0.7 MPa)とともに、除湿器での吸着能力を強化することで、水素製造に求められるメタン濃度(95%以上)、ならびに、シロキサンおよび硫化水素の除去性能を維持しつつ、消費電力を低減することができる。

図2-7に示されるとおり、バイオガスは、まずバイオガス圧縮機で0.7 MPa(ゲージ圧力、以下同様)程度まで昇圧され、吸収塔に下部から導入される。バイオガスが吸収塔内部を通過する間に、上部から散水される水と向流接触することにより、水への溶解度の高い二酸化炭素と硫化水素が水に吸収され、バイオガスから除去される。また、加圧下での水との向流接触により、シロキサンも除去される。さらに、バイオガスは、吸収塔上部から除湿器に導かれて水分が除去され、精製ガスが得られる。付帯するガス分析計でガス性状が管理値を満たしていることが確認された精製ガスは中圧ガスホルダに貯留される。バイオガス精製装置の実証設備外観を、写真2-4に示す。

メタン(CH₄)と二酸化炭素(CO₂)・硫化水素(H₂S)の溶解度の差を利用した、加圧下での水への物理吸収

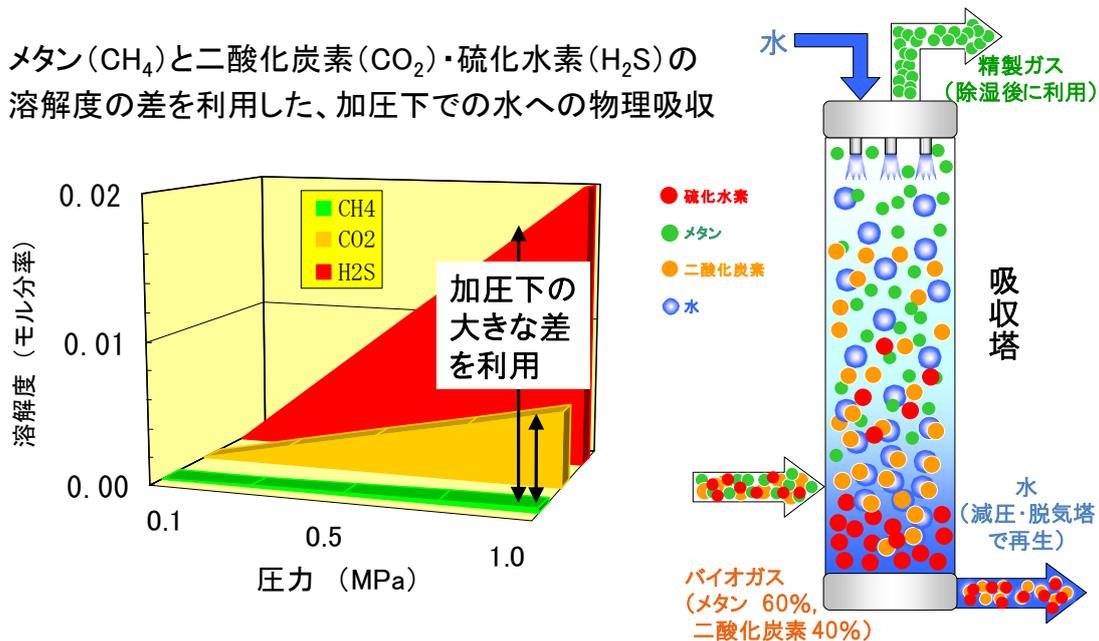


図2-6 バイオガス精製原理 (高圧水吸収法)

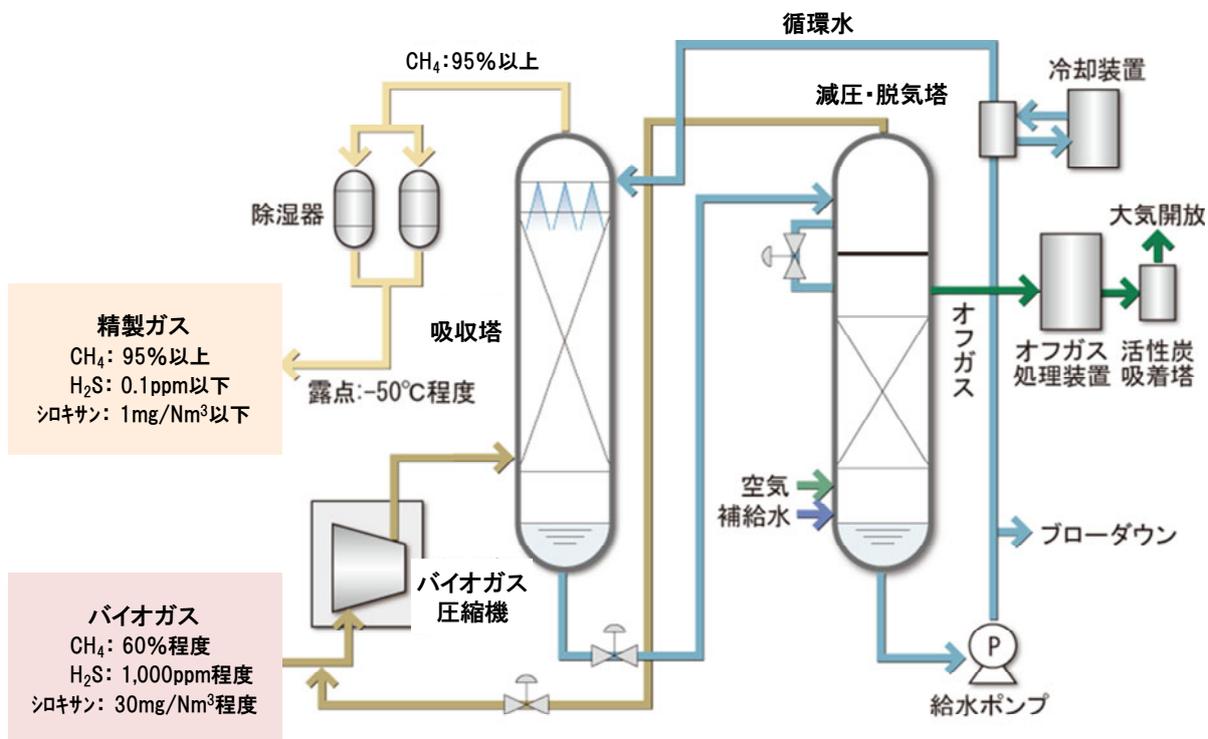


図2-7 省エネ型バイオガス精製技術フロー



写真2-4 バイオガス精製装置

(2) 中圧ガスホルダ

中圧ガスホルダは精製ガスを貯留する。バイオガス精製装置の運転圧力（0.7 MPa 程度）を活用して中圧で貯留することにより、一般的な脱硫後のバイオガスを低圧ガスホルダで貯留する場合と比較して、ガスホルダの幾何容積は1/10以下に、設置面積は1/2以下となる。また、それらの効果により建設費も大幅に縮減できる。

さらに、ガスホルダを円筒形とすることによって、工場完成品のトラック輸送が可能となり、現地工事期間を大幅に短縮できる。中圧ガスホルダの実証設備外観を、写真2-5に示す。



写真2-5 中圧ガスホルダ

§9 小規模水素製造・供給技術の概要と特徴

精製ガスを原料として燃料電池自動車の燃料として利用できる品質の水素を製造し、燃料電池自動車に供給する技術で、水素製造装置および水素供給装置から構成される。燃料電池自動車の新規需要創出をめざす先導的事業を想定した小規模設備とする。

【解説】

水素製造装置は、水蒸気改質法を採用する（図2-8、写真2-6）。省エネ型バイオガス精製装置で精製ガスのメタン濃度を95%以上とし、かつ、バイオガスに含まれる不純物を除去しているため、水素製造用前処理工程・装置を省略できるほか、安定運転実績を有しパッケージ化された既存の水素製造装置を適用することができる。燃料電池自動車向け燃料品質を定めたISO 14687の規格値（表2-1）を満足する水素を得ることができる。

なお、小規模設備とすることで、高圧ガス保安法に定める有資格者の配置や法定点検が不要となることから、中規模処理場においても導入効果が期待できる。

表 2-1 水素品質規格 ISO 14687 (2019)

項目	単位	規格値
水素 ※1	vol%	99.97 以上
水分	ppm	5 以下
全炭化水素 (非メタン)	ppm	2 以下
メタン	ppm	100 以下
酸素	ppm	5 以下
ヘリウム	ppm	300 以下
窒素	ppm	300 以下
アルゴン	ppm	300 以下
二酸化炭素	ppm	2 以下
一酸化炭素	ppm	0.2 以下
全硫黄化合物	ppm	0.004 以下
ホルムアルデヒド	ppm	0.2 以下
ギ酸	ppm	0.2 以下
アンモニア	ppm	0.1 以下
ハロゲン化合物	ppm	0.05 以下
微粒子 ※2	mg/kg	1 以下

※1 100 (%) - 不純物濃度合計 (%) で算出

※2 一般社団法人水素供給利用技術協会 (HySUT) が策定した「水素品質管理の運用ガイドライン」(HySUT-G 0001) により、公称 5 μm フィルタを設置する場合は測定不要

水素供給装置は水素圧縮機、蓄圧器、ディスペンサーからなる (図 2-9, 写真 2-7)。水素圧縮機において 1 MPa 未満の水素を 40 MPa まで昇圧し、蓄圧器に貯留する。ディスペンサーは、蓄圧器内の圧力 (最大 40 MPa) と燃料電池自動車の水素タンク内の圧力との差を利用して、ホース、ノズルを通して水素を充填する (充填圧力 35 MPa 以下)。充填中は燃料電池自動車の水素タンクの温度をモニターするとともに、充填を制御する。1 日当たり燃料電池自動車 1~2 台程度へ充填可能であり、1 台当たりの充填時間は 5 分程度である。

水素圧縮機は、処理能力を 30 Nm³/日未満とする。これにより高圧ガス保安法に定める有資格者の確保および法定点検が不要となり、大規模設備と比較して、維持管理の負担、費用を削減できる。

水素供給装置は圧縮水素充填技術基準（JPEC-S 0003）（2014）※に準拠しており，燃料電池自動車の燃料水素容器に安全に水素を充填することが可能である。

※一般財団法人石油エネルギー技術センター（JPEC）が策定した，燃料電池自動車の燃料容器に安全かつ効率良く水素を充填するための基準で，米国自動車技術会（SAE）が定めた国際的な規格「SAE J2601」を基に策定されている。水素の供給温度に対して，外気温度ごとに充填速度（圧力上昇率）が定められている。商用の水素ステーションにおいては，HySUT-G 0003「水素充填性能確認ガイドライン」にしたがい，当該基準への適合を確認することが求められている。

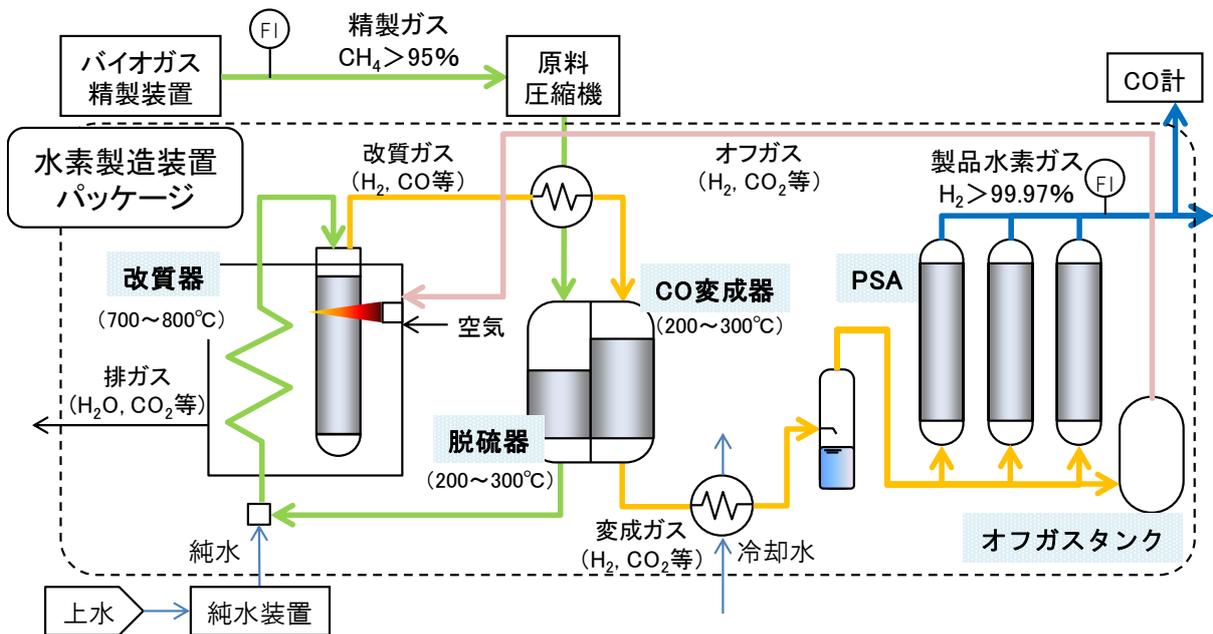


図 2-8 水素製造装置

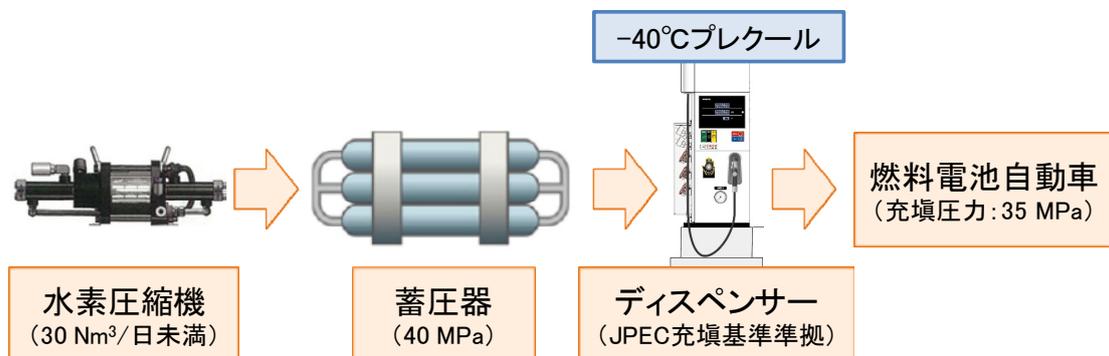


図 2-9 水素供給装置



写真 2-6 水素製造装置



写真 2-7 水素供給装置

なお、水素は必要量を製造するが、やむを得ず余剰の水素が発生した場合は、消化槽に吹き込むことによりメタンに転換してエネルギーとして回収することができる。図 2-10 に示すように、消化槽に水素を吹き込むと、消化槽内に存在する水素資化性メタン生成菌の働きにより、消化槽内バイオガス中の CO₂ からメタンが生成され、バイオガス中のメタン濃度を上昇させることができる。

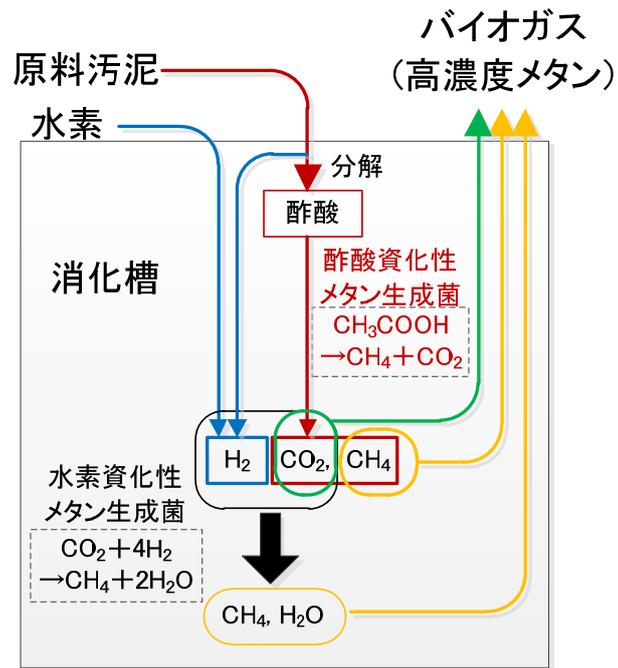


図2-10 消化槽への水素吹込によるメタン生成反応

第2節 技術の適用条件

§10 適用条件および推奨条件

本技術は、コスト縮減や維持管理の簡易化等により、これまでバイオガスの多面的な利用が困難であった中規模処理場（日最大 20,000～50,000 m³/日規模）に適用範囲を広げるものである。また、大規模処理場においても従来より少ない負担で導入することが可能である。「適用条件」を満たすことを基本とするが、その中でも高い導入効果が得られることが期待される「推奨条件」をあわせて記す。

【解説】

本技術の適用条件および推奨条件として、流入下水量、水処理方式、初沈汚泥比率、既設脱水機の型式がある。

（1）適用条件

本技術全体を導入する場合の適用条件を以下に記す。

1) 流入下水量

省エネ型バイオガス精製技術の圧縮機規模の制約により、日最大 20,000 m³/日以上とする。

日最大 20,000 m³/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である。また、広域汚泥処理に伴う集約処理、地域バイオマスの受入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 m³/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である。

2) 水処理方式

初沈汚泥が発生する水処理方式（最初沈殿池を備える）とする。

（2）推奨条件

本技術の推奨条件を以下に記す。

1) 流入下水量

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、日最大 40,000 m³/日以上規模の処理場において効率的な運用が可能である。また、小規模水素製造・供給まで含めた本技術全体を導入する場合は、総費用、エネルギー収支、CO₂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 m³/日以上が推奨される。

2) 初沈汚泥比率

余剰汚泥に対する初沈汚泥の固形分比率が大きいこと。

3) 既設脱水機の型式

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は、既設脱水機がベルトプレス、遠心、または難脱水対応強化型のスクリープレスであることが望ましい。また、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（難脱水対応強化型スクリープレスの場合は、前濃縮の追加による高濃度化を含む）を検討する。

§ 11 導入シナリオ例

導入シナリオとして、消化槽の新設・増設・更新時に本技術を一括導入する場合と、既存施設の更新状況に応じて本技術の一部の設備を個別導入する場合がある。

【解説】

導入シナリオとして、本技術の高濃度消化技術、省エネ型バイオガス精製技術、小規模水素製造・供給技術に関するすべての設備を導入する一括導入と、既存施設の更新状況に応じて適用可能な設備を導入する個別導入がある。導入シナリオ例を図2-11に示す。

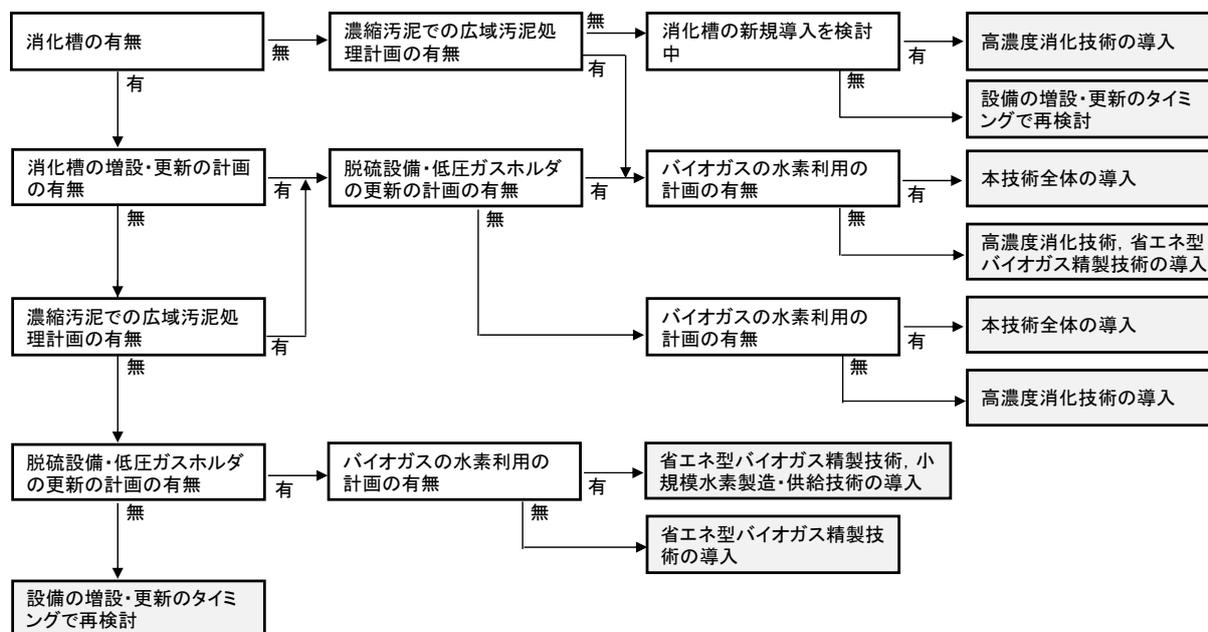


図2-11 導入シナリオ例

なお、本技術は、以下1)～5)の1つ以上の条件に合致する処理場への導入が有効である。

1) 消化槽の増設・更新を検討中である

消化槽の増設あるいは更新が必要となる処理場においては、消化槽をコンパクトにできる高濃度消化技術の導入によって、建設・維持管理費の縮減を図ることが可能である。流入下水流量増や汚泥広域処理化等に伴う処理汚泥量の増加にも対応できる。

2) 脱硫設備・低圧ガスホルダの更新予定がある

省エネ型バイオガス精製装置は、低動力で硫化水素、二酸化炭素、シロキサン、水分等の不純物を同時に除去できるため、脱硫設備の更新時に高機能な脱硫設備として導入することが可能である。また、低圧ガスホルダの更新時に精製ガスの圧力（0.7 MPa 程度）を活用して中圧ガスホルダを導入することで貯蔵容器の容積を 1/10 以下に縮小できるため、コストおよび設置面積を大幅に削減することができる。

3) バイオガスの多面的な利用を検討中である

省エネ型バイオガス精製装置の導入により、バイオガスからメタン濃度 95% 以上の高品位な精製ガスが得られる。精製ガスは、バイオガス発電の燃料としての利用に加え、水素の原料としても利用可能で、製造した水素は燃料電池自動車の燃料として活用できる。これにより、バイオガスの多面的な利用が可能となる。

4) 消化槽設備の新規導入を検討中である

現在消化槽設備を保有しない処理場において、新たに汚泥のエネルギー利用を検討中、あるいは汚泥広域処理等に伴い汚泥減量化が必要となる場合、高濃度消化技術の導入によって、より効果的に汚泥減量化を図りつつ再生可能エネルギーであるバイオガスの利活用が可能となる。なお、バイオガスのエネルギー利用を行わない場合であっても、高濃度消化技術を部分導入することによって、より効果的に汚泥処分費を縮減することが可能である。

5) 汚泥処理の広域化を検討中である

本技術の高濃度濃縮装置は、場内で発生する初沈汚泥、余剰汚泥に加えて、他処理場で発生する濃縮汚泥を受け入れて処理することができる。また、本技術の高濃度消化槽は、消化槽への投入汚泥 TS=8% 程度の高濃度化に対応可能な消化槽である。したがって、濃縮汚泥を集約して汚泥処理の広域化を行う場合、あらかじめ本技術の高濃度消化槽を導入しておくことにより、将来濃縮汚泥の受入を開始する時期にあわせて段階的に高濃度濃縮装置を導入することで、消化槽を増設することなく汚泥処理量の増加に対応することが可能となる。

第3節 実証研究に基づく評価の概要

§ 12 技術の評価項目

本技術の実証研究において評価された項目を以下に記す。

- ・高濃度消化技術：高濃度濃縮の安定性，高濃度消化の安定性
- ・省エネ型バイオガス精製技術：精製性能，低動力性
- ・小規模水素製造・供給技術：システムの安定性
- ・高濃度メタン生成技術：消化槽への水素吹込の効果
- ・全体の効果（FS）：費用，省エネ，省CO₂

【解説】

実証研究における評価項目を表2-2に示す。

表 2-2 実証研究の評価項目

技術	評価項目	評価指標	実証方法	目標値
高濃度消化	高濃度濃縮の安定性	濃縮性能	濃縮汚泥濃度を確認	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
		NH ₄ -N 分離性能	高濃度濃縮汚泥の NH ₄ -N を確認	消化槽内 NH ₄ -N を 1,500~2,000 mg/L 程度に調整できること
	高濃度消化の安定性	消化性能	高濃度消化槽 (1,000 m ³) で確認	VS 分解率 50%以上, ガス発生量 500 Nm ³ /t-投入 VS 以上
		攪拌性能	トレーサー試験, 流速測定	従来技術と同等以上
		脱水性能	既設脱水機の機能増設	含水率 79%以下 (2液薬注)
省エネ型バイオガス精製	精製性能	不純物除去性能	実証施設精製ガスに含まれる濃度を確認	硫化水素 0.1 ppm 以下 シロキサン 1 mg/Nm ³ 以下
	低動力性	消費電力	実証施設における消費電力を確認	従来技術に対して消費電力 30%減
小規模水素製造・供給	システムの安定性	水素製造能力	実証施設で確認	0.5 Nm ³ -精製ガス/Nm ³ -水素以下
		水素品質	実証施設で確認	燃料電池自動車燃料品質規格を満たすこと (水素 99.97%以上等)
		充填性能	実証施設で確認	圧縮水素充填技術基準を満たすこと
高濃度メタン生成	消化槽への水素吹込	バイオガスメタン濃度	水素混合槽 (5 m ³) への水素吹込	バイオガスメタン濃度 5 ポイント上昇
		消化性能	消化率, ガス発生量を実証消化槽と比較	実証消化槽と同等以上
全体の効果 (FS 等)	費用	総費用 (年価換算値)	積み上げ計算	従来技術より縮減
	省エネ	エネルギー収支	積み上げ計算	革新的技術と従来技術と比較 算定範囲でのエネルギー自立 従来技術よりエネルギー収支増加
	省 CO ₂	温室効果ガス排出量	積み上げ計算	従来技術より削減

§ 13 技術の評価結果

本技術における以下の評価項目の評価結果を記す。

- ・高濃度消化技術：高濃度濃縮の安定性，高濃度消化の安定性
- ・省エネ型バイオガス精製技術：精製性能，低動力性
- ・小規模水素製造・供給技術：システムの安定性
- ・高濃度メタン生成：消化槽への水素吹込の効果
- ・全体の効果（FS）：費用，省エネ，省CO₂

【解説】

実証研究における評価結果の概要を図2-12、表2-3に示す。詳細については、資料編1「実証研究結果」に記す。

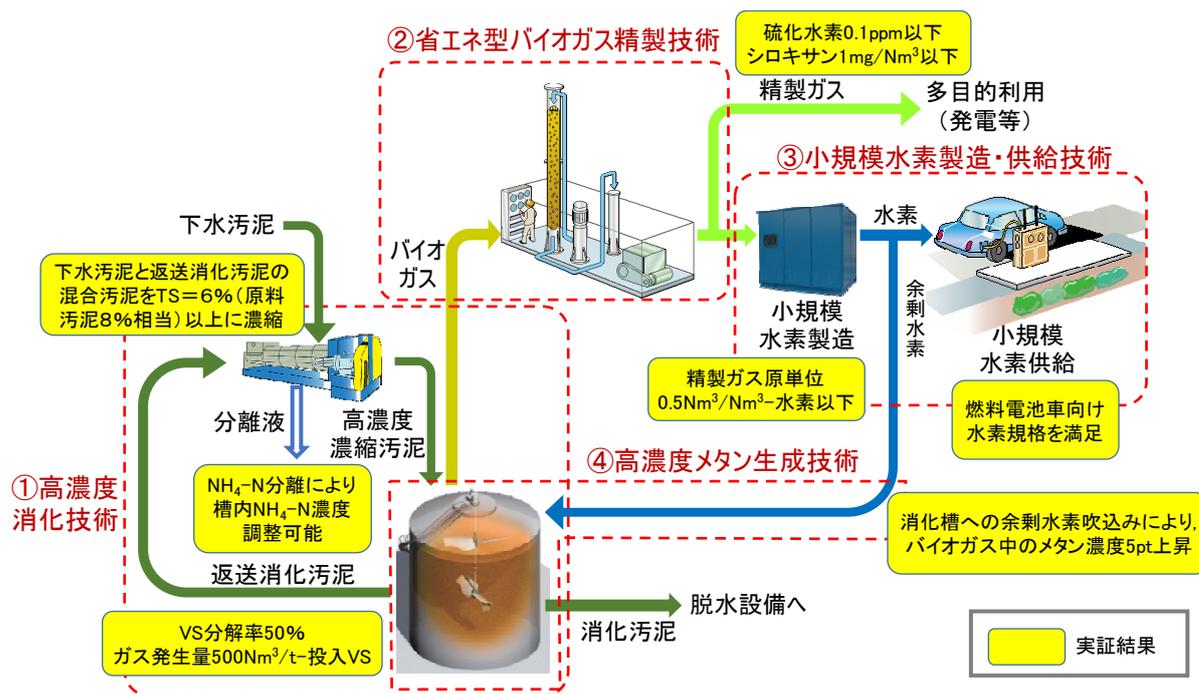


図2-12 評価結果の概要

表 2-3 評価結果の概要

技術	評価項目	評価指標	目標	評価
高濃度消化	高濃度濃縮の安定性	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 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。
		NH ₄ -N 分離性能	1,500~2,000 mg/L 程度に調整できること	消化汚泥の高濃度濃縮への返送により NH ₄ -N を調整可能であることを確認した。
	高濃度消化の安定性	消化性能	VS 分解率 50%以上, ガス発生量 500 Nm ³ /t-投入 VS 以上	消化槽投入 VS 負荷が日最大 4.4 kg/m ³ /日以下で, VS 分解率 50%以上, 投入 VS 当たりガス発生量 500 Nm ³ /t 以上を達成した。
		攪拌性能	従来技術と同等以上	流速測定で槽内の流動を確認, また, トレーサー試験で消化に影響を及ぼすデッドスペースがないことを確認した。槽内温度も上・中・下部で差はなかった。
		脱水性能	含水率 79%以下 (2 液薬注)	薬注率等の脱水機運転条件の調整により含水率 79%以下を達成した。
	省エネ型バイオガス精製	精製性能	不純物除去性能	硫化水素 0.1 ppm 以下 シロキサン 1 mg/Nm ³ 以下
低動力性		消費電力	消費電力 30%減 (従来技術水素前処理との比較)	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。
小規模水素製造・供給	システムの安定性	水素製造能力	0.5 Nm ³ -精製ガス/Nm ³ -水素以下	四季で目標値を達成した。
		水素品質	燃料電池自動車燃料品質規格を満たすこと (水素 99.97%以上等)	四季で目標値を達成した。
		充填性能	圧縮水素充填技術基準を満たすこと	試運転時に技術基準への適合を確認した。バイオガス由来の水素を燃料電池自動車に充填した。
高濃度メタン生成	消化槽への水素吹込	バイオガスメタン濃度	バイオガスメタン濃度 5 ポイント上昇	小型槽でバイオガスメタン濃度 5~7 ポイント上昇。古細菌叢の変化も確認した。
		消化性能	実証消化槽と同等以上	水素吹込を行っていない高濃度消化槽と同等の VS 分解率で, VFA の蓄積もなく, 消化状況は良好であった。
全体の効果 (FS 等)	費用	総費用 (年価換算値)	従来技術より縮減	FS 評価結果を表 2-4 ~ 表 2-12 に示す。日最大 50,000 m ³ /日規模では総費用, エネルギー収支, CO ₂ 排出量のすべてにおいて目標を達成した。
	省エネ	エネルギー収支	算定範囲でのエネルギー自立 従来技術よりエネルギー収支増加	
	省 CO ₂	CO ₂ 排出量	従来技術より削減	

FS 評価フローを図 2-13, 図 2-14 に, 評価結果 (総費用, エネルギー収支, CO₂ 排出量, 費用回収年) を表 2-4 ~ 表 2-12, 図 2-15 ~ 図 2-23 に示す。詳細については, 資料編 2 「ケーススタディー」 に記す。

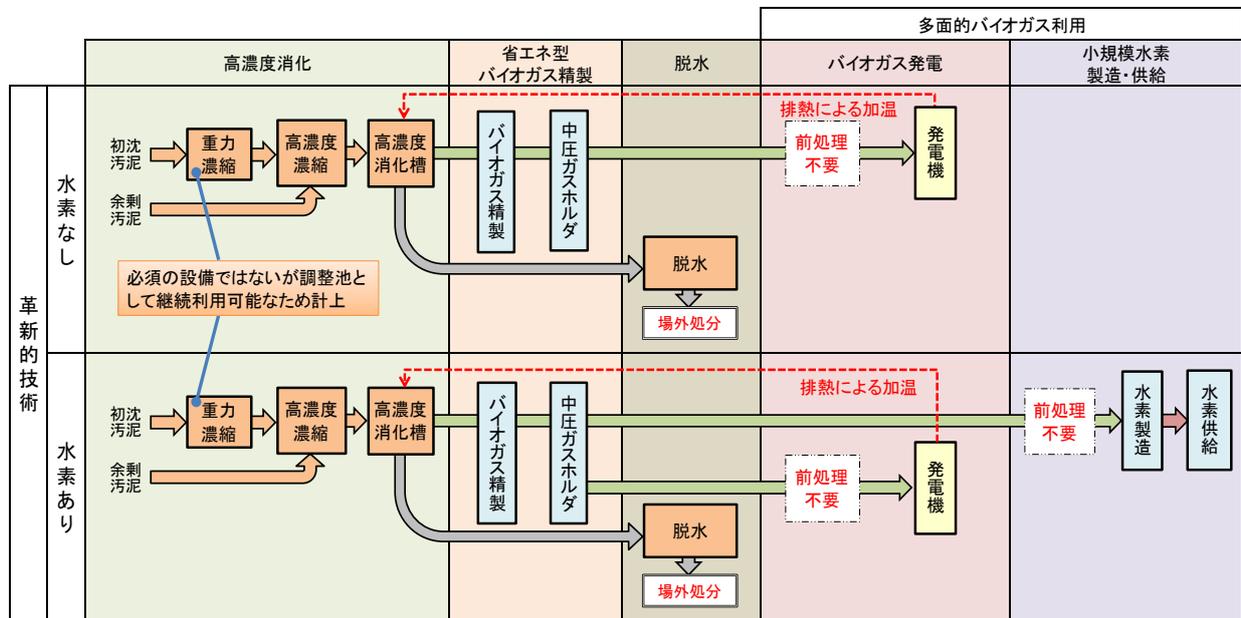


図 2-13 革新的技術 FS 評価フロー

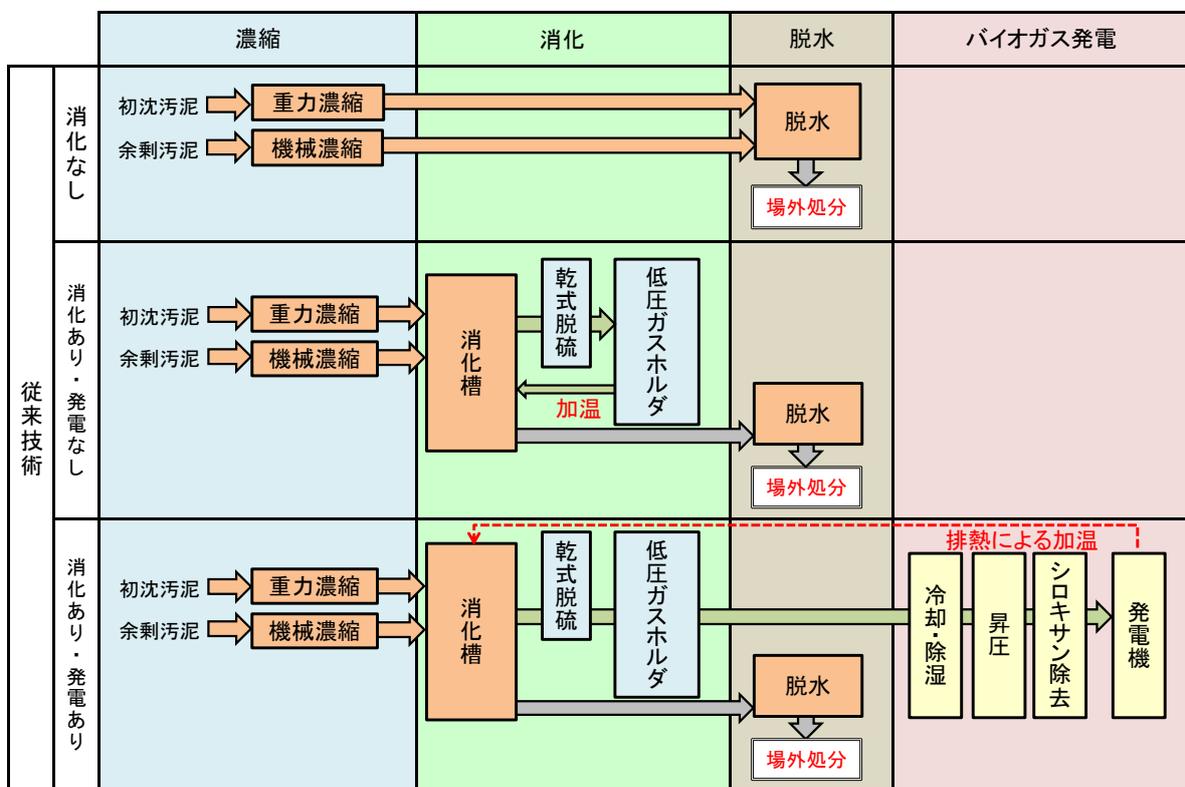


図 2-14 従来技術 FS 評価フロー

- ・総費用（建設費年価＋維持管理費）

表2-4 総費用（日最大 50,000 m³/日規模）

	革新的技術 (水素なし)	革新的技術 (水素あり)	従来技術 (消化なし)	従来技術 (消化あり・発電なし)	従来技術 (消化・発電あり)
建設費年価 (百万円/年)	115.8	137.9	79.3	154.8	181.3
維持管理費 (百万円/年)	41.9	51.5	111.0	41.2	31.1
総費用 (百万円/年)	157.7	189.3	190.2	196.0	212.4

表2-5 総費用（日最大 35,000 m³/日規模）

	革新的技術 (水素なし)	革新的技術 (水素あり)	従来技術 (消化なし)	従来技術 (消化あり・発電なし)	従来技術 (消化・発電あり)
建設費年価 (百万円/年)	95.9	118.0	68.2	132.9	151.5
維持管理費 (百万円/年)	37.8	47.3	82.0	34.8	27.7
総費用 (百万円/年)	133.6	165.3	150.3	167.7	179.3

表2-6 総費用（日最大 20,000 m³/日規模）

	革新的技術 (水素なし)	革新的技術 (水素あり)	従来技術 (消化なし)	従来技術 (消化あり・発電なし)	従来技術 (消化・発電あり)
建設費年価 (百万円/年)	74.4	96.5	54.0	104.8	115.5
維持管理費 (百万円/年)	33.2	42.8	51.6	26.8	22.7
総費用 (百万円/年)	107.7	139.3	105.6	131.6	138.2

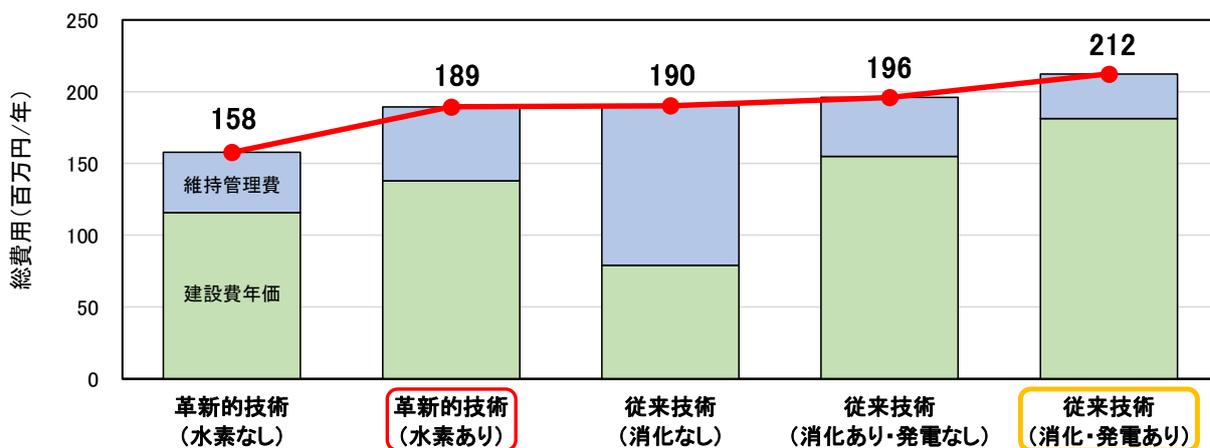


図 2-15 総費用 (日最大50,000 m³/日規模)

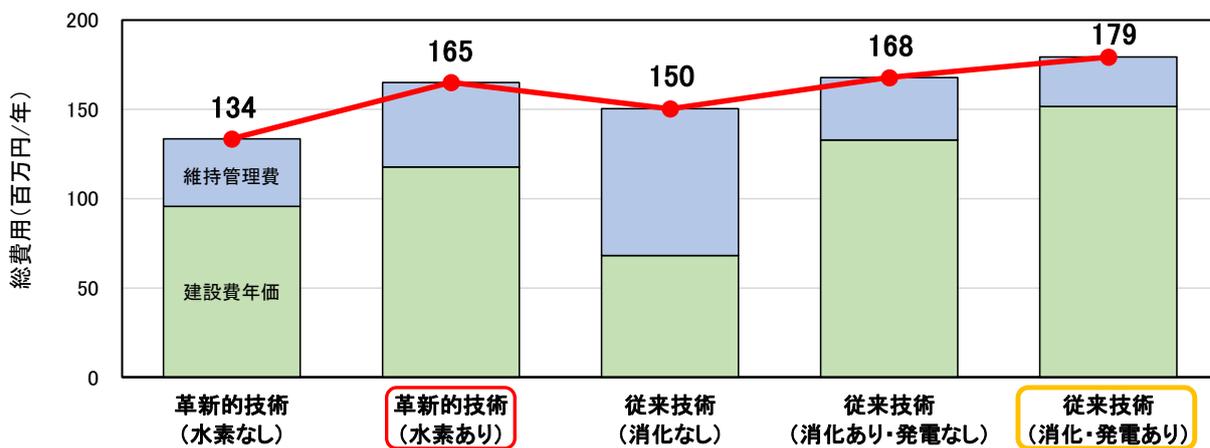


図 2-16 総費用 (日最大35,000 m³/日規模)

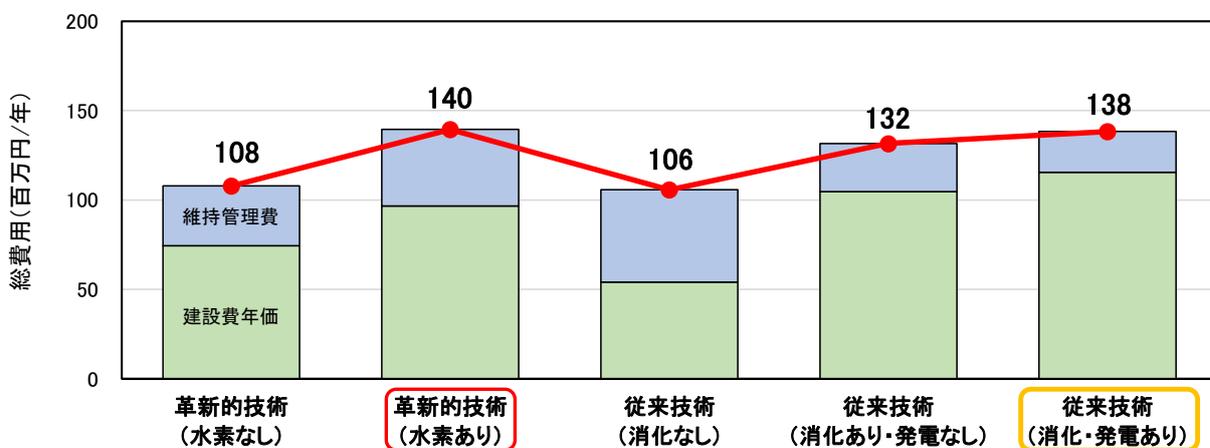


図 2-17 総費用 (日最大20,000 m³/日規模)

・エネルギー収支

本技術（革新的技術）または従来技術を導入した場合に想定されるエネルギー創出量からエネルギー消費量を差し引いた値をエネルギー収支といい、図2-18～図2-20に折れ線で示す。

表2-7 エネルギー収支（日最大 50,000 m³/日規模）

	革新的技術 (水素なし)	革新的技術 (水素あり)	従来技術 (消化なし)	従来技術 (消化あり・発電なし)	従来技術 (消化・発電あり)
消費量 (GJ/年)	6,471	7,032	1,720	5,757	5,757
創出量 (GJ/年)	17,170	17,161	0	0	14,176
収支 (GJ/年)	10,700	10,128	-1,720	-5,757	8,419

表2-8 エネルギー収支（日最大 35,000 m³/日規模）

	革新的技術 (水素なし)	革新的技術 (水素あり)	従来技術 (消化なし)	従来技術 (消化あり・発電なし)	従来技術 (消化・発電あり)
消費量 (GJ/年)	5,301	5,863	1,613	4,041	4,041
創出量 (GJ/年)	12,019	12,010	0	0	9,923
収支 (GJ/年)	6,719	6,147	-1,613	-4,041	5,882

表2-9 エネルギー収支（日最大 20,000 m³/日規模）

	革新的技術 (水素なし)	革新的技術 (水素あり)	従来技術 (消化なし)	従来技術 (消化あり・発電なし)	従来技術 (消化・発電あり)
消費量 (GJ/年)	4,034	4,596	1,307	2,318	2,318
創出量 (GJ/年)	6,868	6,859	0	0	5,671
収支 (GJ/年)	2,834	2,263	-1,307	-2,318	3,352

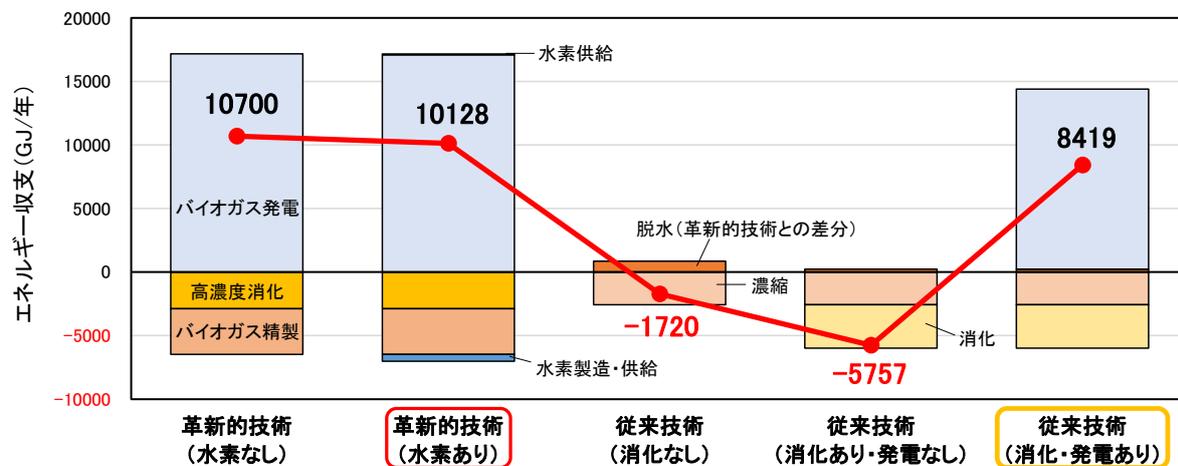


図 2-18 エネルギー収支 (日最大 50,000 m³/日規模)

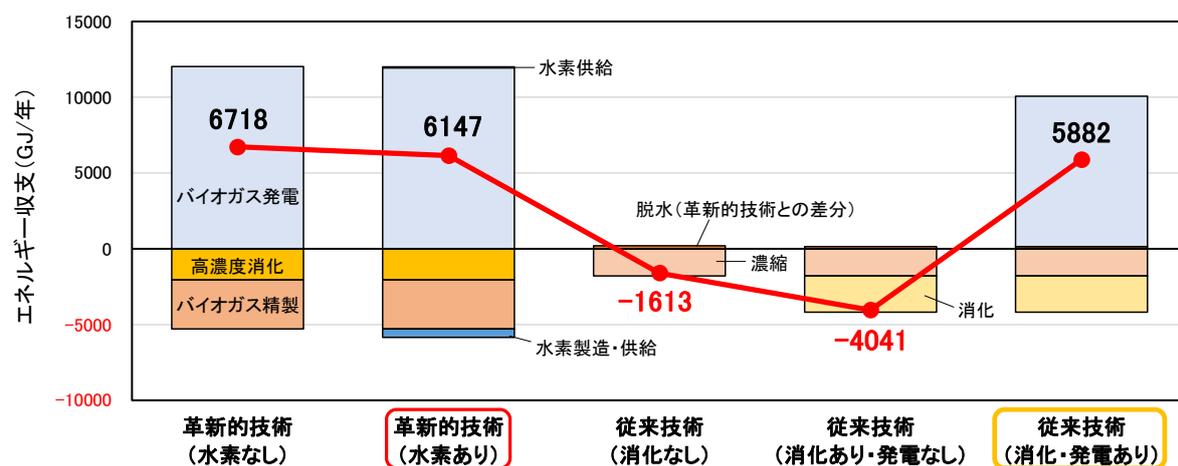


図 2-19 エネルギー収支 (日最大 35,000 m³/日規模)

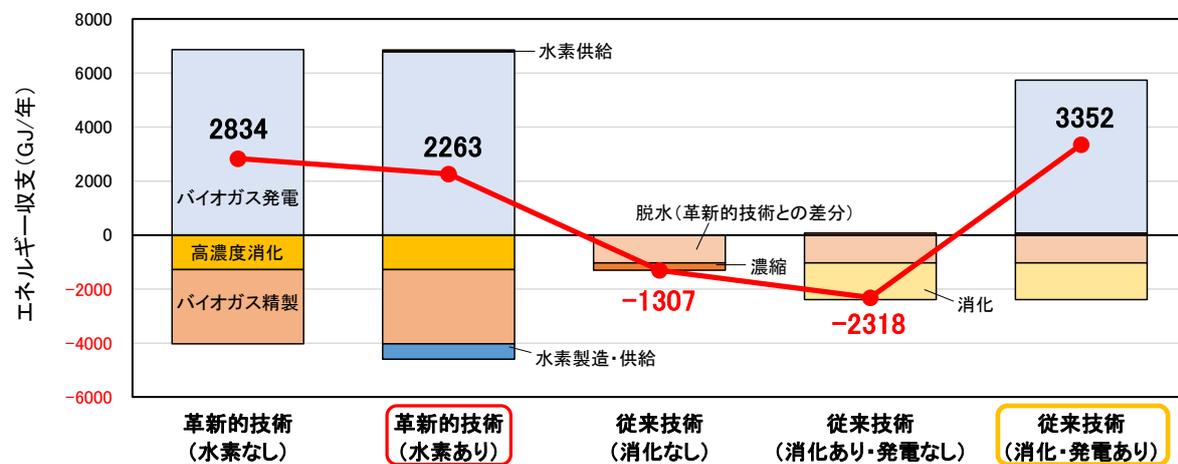


図 2-20 エネルギー収支 (日最大 20,000 m³/日規模)

・CO₂ 排出量

表 2-10 CO₂ 排出量 (日最大 50,000 m³/日規模)

	革新的技術 (水素なし)	革新的技術 (水素あり)	従来技術 (消化なし)	従来技術 (消化あり・発電なし)	従来技術 (消化・発電あり)
排出量 (t-CO ₂ /年)	556	585	287	451	451
削減量 (t-CO ₂ /年)	884	884	0	0	729
排出－削減 (t-CO ₂ /年)	-327	-299	287	451	279

表 2-11 CO₂ 排出量 (日最大 35,000 m³/日規模)

	革新的技術 (水素なし)	革新的技術 (水素あり)	従来技術 (消化なし)	従来技術 (消化あり・発電なし)	従来技術 (消化・発電あり)
排出量 (t-CO ₂ /年)	437	466	222	316	316
削減量 (t-CO ₂ /年)	619	619	0	0	511
排出－削減 (t-CO ₂ /年)	-181	-153	222	316	-194

表 2-12 CO₂ 排出量 (日最大 20,000 m³/日規模)

	革新的技術 (水素なし)	革新的技術 (水素あり)	従来技術 (消化なし)	従来技術 (消化あり・発電なし)	従来技術 (消化・発電あり)
排出量 (t-CO ₂ /年)	313	342	147	181	181
削減量 (t-CO ₂ /年)	353	354	0	0	292
排出－削減 (t-CO ₂ /年)	-40	-12	147	181	-111

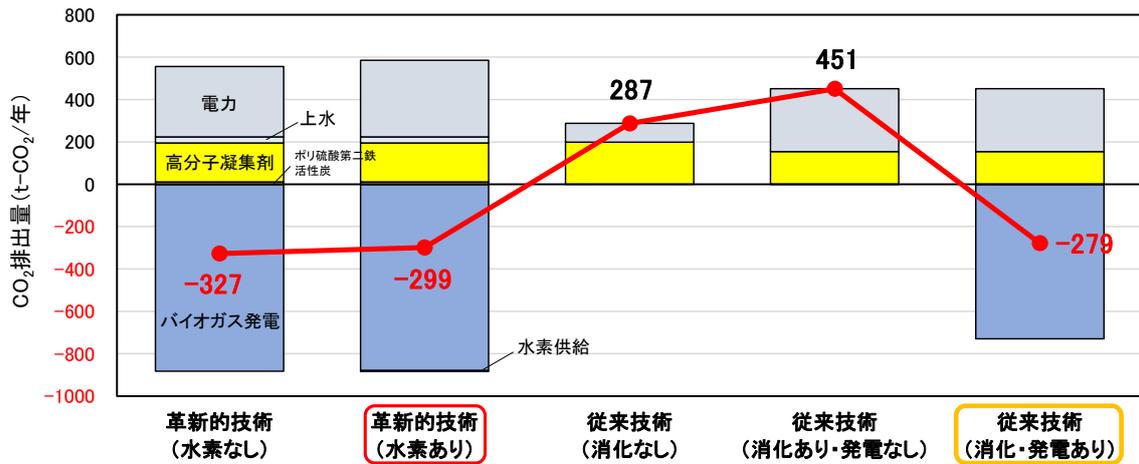


図 2-2 1 CO₂ 排出量 (日最大 50,000 m³/日規模)

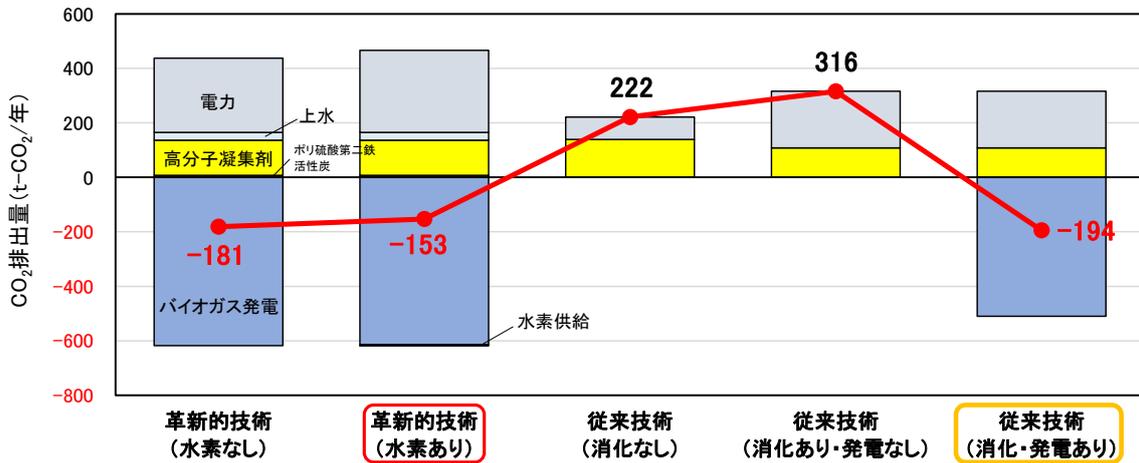


図 2-2 2 CO₂ 排出量 (日最大 35,000 m³/日規模)

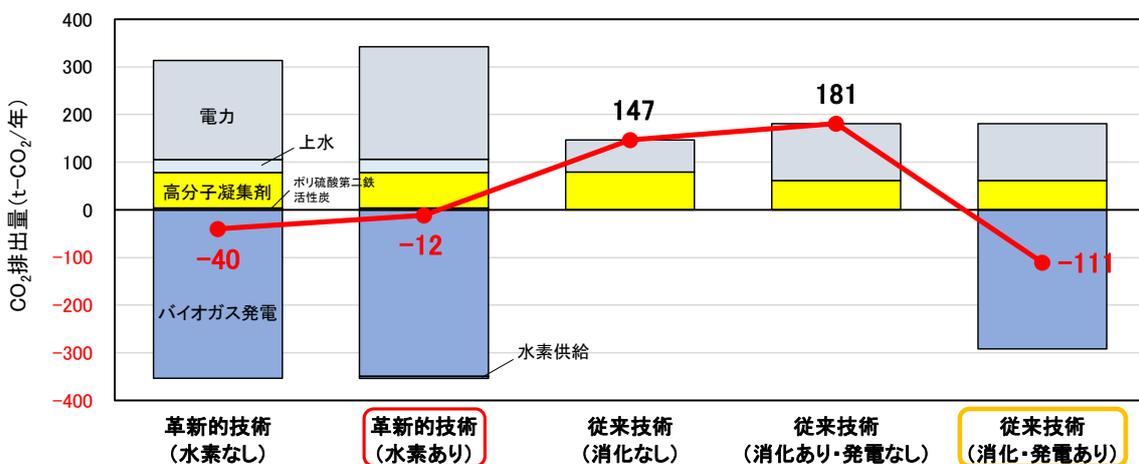


図 2-2 3 CO₂ 排出量 (日最大 20,000 m³/日規模)

・費用回収年（消化槽未保有処理場）

消化槽未保有処理場が高濃度消化技術を新規導入する場合の費用回収年を示す。なお，導入効果を算定するにあたり，消化導入に伴う汚泥処分費縮減効果，ならびに，機械濃縮および脱水機の維持管理費縮減効果を計上した。

表 2-13 高濃度消化技術費用回収年

		日最大 50,000 m ³ /日規模	日最大 35,000 m ³ /日規模	日最大 20,000 m ³ /日規模
革新的技術 (高濃度消化)	建設費 (百万円)	924.9	754.2	548.5
	維持管理費 (百万円/年)	30.6	22.4	14.3
導入効果 (百万円/年)		109.6	80.9	50.8
費用回収年 [※] (年)		11.7	12.9	15.0

※費用回収年＝革新的技術の建設費 / (導入効果－革新的技術の維持管理費)

第3章 導入検討

第1節 導入検討手法

§ 14 導入検討手順

本技術の導入検討に当たっては、下水道施設およびとりまく地域について現況および課題等を把握し、導入効果の評価を行い、適切な導入範囲および事業形態等について判断する。

【解説】

本技術の導入検討に当たっては、導入の目的を明確にした後、図3-1および図3-2に示される検討フローにしたがって、必要な情報を収集し、導入効果の概略試算を行い、導入範囲および事業形態等を含めた導入判断を行う。また、試算の結果、導入効果が不十分であった場合には、必要に応じて導入シナリオを見直し、再検討を行う。

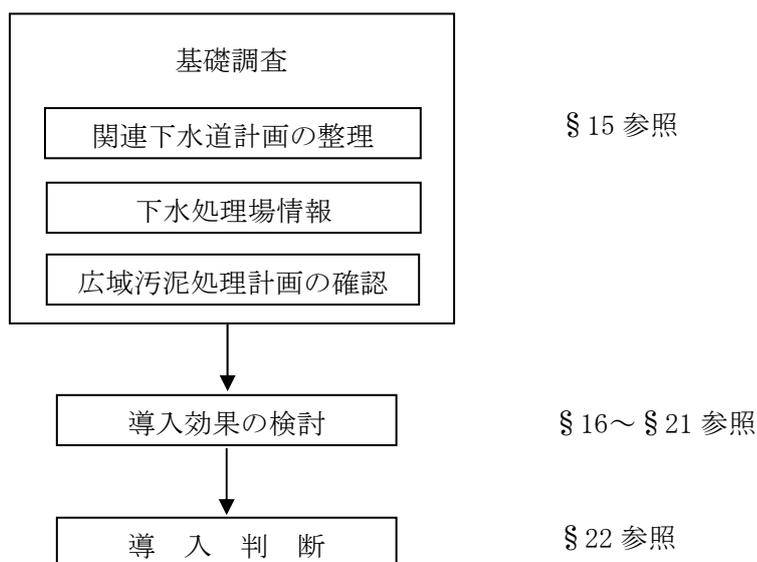


図3-1 導入検討フロー

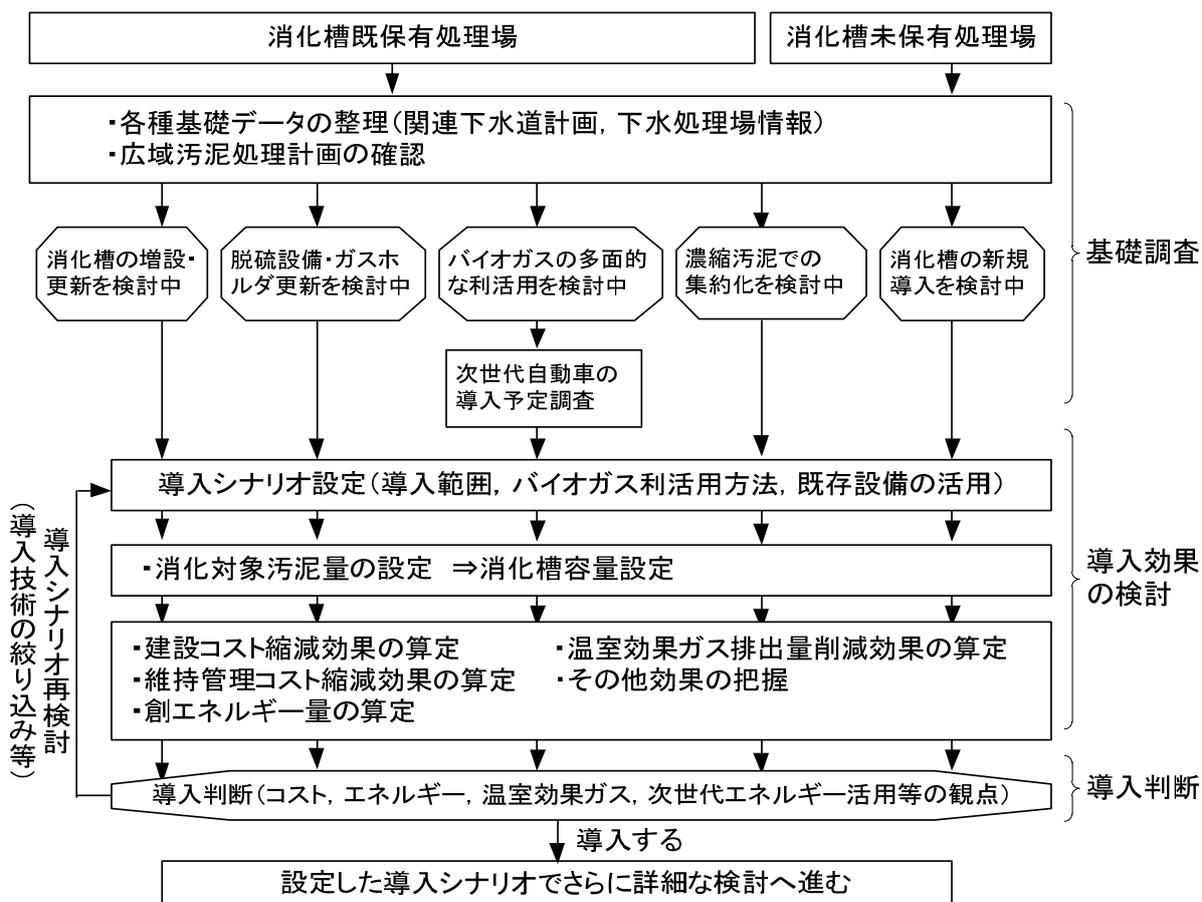


図3-2 導入検討詳細フロー

§ 15 基礎調査

基礎調査では、下水道施設およびとりまく地域について現況および課題等を把握する。

【解説】

基礎調査は、設計検討に先立ち、これまでの計画検討状況をまとめ、運転状況の調査を行うことにより現状を明確にし、導入効果の検討に必要な基礎情報を取得することを目的とし、下水道施設や関連計画等の情報の収集と整理および運転状況の整理を行う。

(1) 各種基礎データの整理

下水道施設の現況ならびに関連計画等を把握する。また、本技術導入検討の基礎となる既存施設の運転データを収集・整理し、運転状況を把握する。

既存施設の改築更新計画等の関連下水道計画の確認を行い、導入を検討している設備の位置づけや適用法令等を調査する。また、導入する地方公共団体における水素の利活用計画も確認する。

バイオガス発生量、バイオガス使用量について、既存施設の運転データを管理年報等から収集・整理し、運転状況を把握するとともに年間での変動状況やバイオガスの使用可能量を把握する。

なお、下水汚泥からのバイオガス発生量を仮定する際に、利用可能な実績値がない場合は、実証結果に基づいて、消化槽への投入有機物量 (VS) 1 t 当たり 500 Nm³ とする。また、メタン濃度は 60% とする。

(2) 広域汚泥処理計画の確認

汚泥処理の広域化計画が策定されている場合、本技術の高濃度消化技術を活用した濃縮汚泥での集約化が可能か検討を行う。

§ 16 導入効果の検討

§ 15 で調査した内容を踏まえて、適切な設備規模、導入範囲を選択し、簡易算定式等を持ちいて、本技術の以下の項目について試算する。

- (1) コスト縮減効果
- (2) 省エネ効果
- (3) 省 CO₂ 効果
- (4) その他効果

【解説】

本技術の導入によって得られる建設や維持管理に係る費用、省エネ効果、および省 CO₂ 効果を試算し、導入効果を検討する。なお、本ガイドラインで提示する簡易算定式は、実証試験の成果等に基づき、特定の条件を前提として設定したものである。他に詳細な建設費等の積算や、別途実証試験を行い維持管理費等の評価をした場合には、それらの結果を踏まえ、導入を検討する下水処理場の実態に合わせた前提条件を設定のうえ検討規模を設定し、導入効果の試算を行ってもよい。

その他、本技術の導入によって得られる効果をその他効果として示す。

§ 17 導入効果検討範囲の検討

本技術の全体または一部の導入により期待される効果を算出するに当たり、検討範囲を検討する。

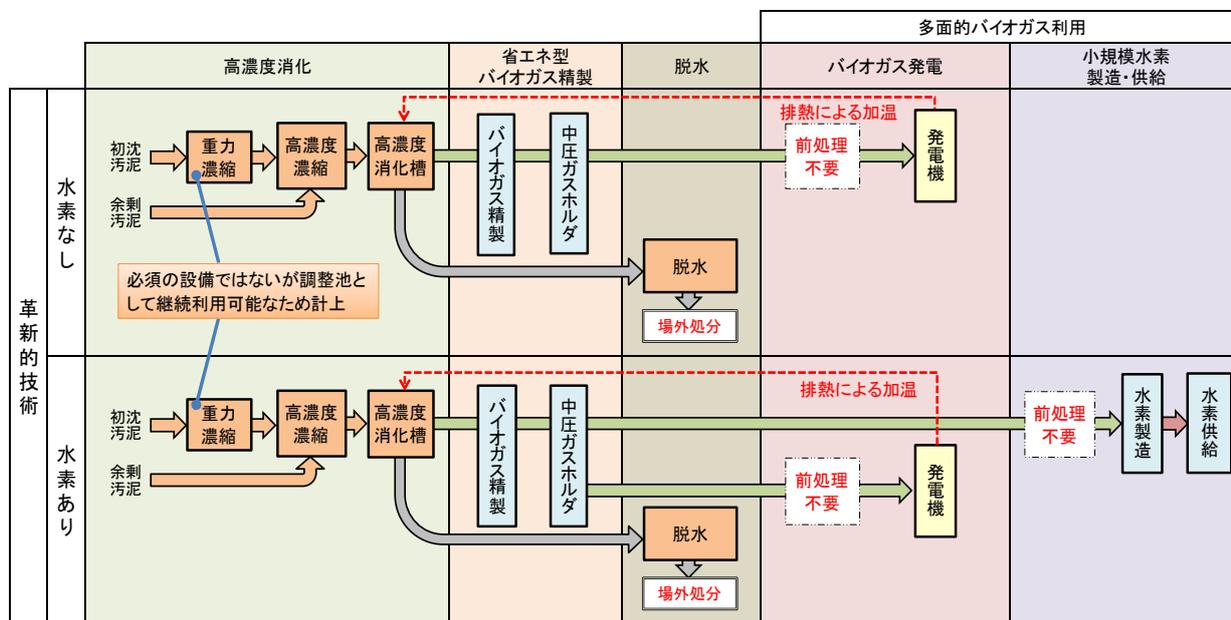
【解説】

本技術（革新的技術）と従来技術の全体フローを図3-3および図3-4に示す。

本技術については、発電のみを行い、水素製造・供給を行わない「水素なし」、発電および水素製造・供給を行う「水素あり」等のケースが考えられる。従来技術のフローとしては、消化を行わず汚泥を直接脱水する「消化なし」、消化は行うが発電は行わない「消化あり・発電なし」、消化、発電とも行う「消化あり・発電あり」等のケースが考えられる。

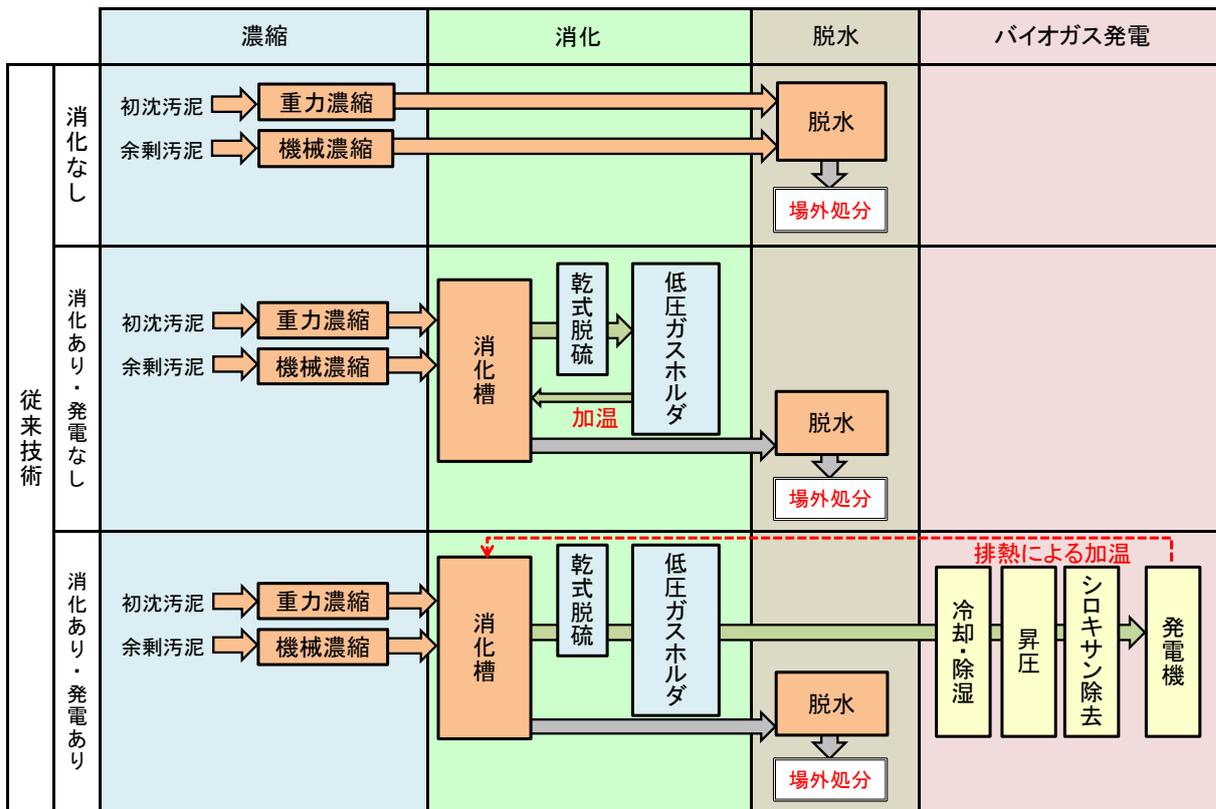
本技術において重力濃縮は必須の設備ではないが、調整池として継続利用可能なため、評価範囲に含めた。脱水の費用、エネルギーについては、革新的技術には計上せず、革新的技術と従来技術の差分を従来技術に計上した。

さらに本技術の段階的導入検討においては、要素技術である高濃度消化のみの範囲で、従来技術の濃縮・消化との比較も行う（図3-5）。



※脱水の費用・エネルギーは計上せず（革新的技術と従来技術の差分を従来技術に計上）

図3-3 本技術の全体フロー



※脱水の費用・エネルギーは、革新的技術と従来技術の差分を計上

図 3-4 従来技術の全体フロー

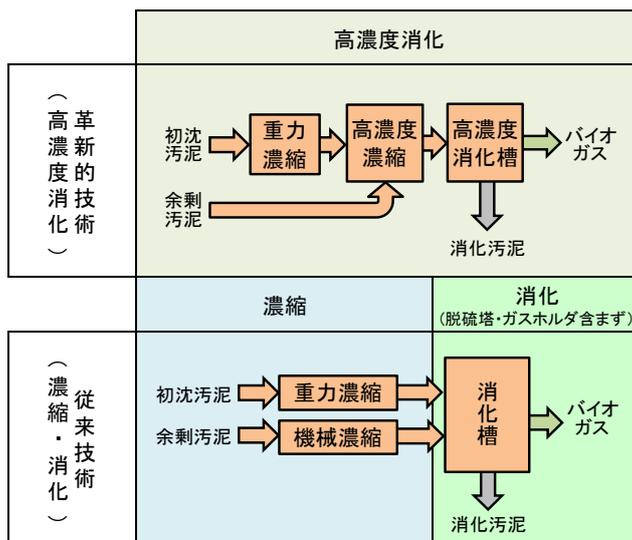


図 3-5 要素技術の比較フロー

§ 18 コスト縮減効果の算定

本技術の全体または一部の導入により期待されるコスト縮減の効果について、従来技術との比較により把握する。コストは総費用（年価換算値）とする。

【解説】

コスト縮減効果は、本技術（革新的技術）を導入した場合に想定されるコストと従来技術をもちいた代替施設を導入した場合に想定されるコストとの差で示す。

（1）建設費

建設費算出の考え方を、本技術については1)に、従来技術については2)に、それぞれ示す。また、建設費年価は建設費に以下の係数を乗じて算出した。

$$\frac{i(I+i)^n}{(I+i)^n - 1}$$

ここで、

i：利子率（割引率），2.3%とする

n：耐用年数

耐用年数は、表3-1に示される値をもちいる。

表3-1 耐用年数

設備	項目	耐用年数	出典
消化	機械・電気	15年（鋼板製消化槽本体は20年）	※1
	土木	45年	
消化以外	機械・電気	15年	※2
	土木	50年	

※1 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導入ガイドライン(案)

※2 下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン

1) 建設費（革新的技術）

革新的技術の建設費は簡易算定式（表3-2）をもちいて算出する。簡易算定式は、処理場規模別に算出した建設費（資料編2「ケーススタディー」参照）から、図3-6～図3-9に示すように回帰曲線により導出したものである。また、得られた簡易算定式をもちいた処理場規模ごとの算出例を表3-3および図3-10に示す。なお、高濃度消化設備の算定式は、消化槽1槽として導出したものである。消化槽1槽当たりの有効容積5,000 m³までは実証施設（有効容積1,000 m³）と相似での製作が可能のため、当該算定式は有効容積5,000 m³に相当する日最大汚泥固形物量25 t-ds/日を上限として適用可能である。日最大汚泥固形物量25 t-ds/日を超える場合、攪拌性能を検討したうえで消化槽1槽として導入効果を試算することができるが、1槽当たりの汚泥固形物量25 t-ds/日以下の消化槽を複数設けるとすることで簡易算定式を適用することが可能である。

表3-2 革新的技術の建設費簡易算定式（平成30年度価格）

設備		建設費（百万円）	備考
高濃度消化 （濃縮含む）	機械・電気（消化槽本体）	$Y=63.2 \times Q1^{0.677}$	Q1：日最大汚泥固形物量 （t-ds/日， $Q1 \leq 25$ ）
	機械・電気（消化槽本体以外）	$Y=195.8 \times Q1^{0.531}$	
	土木（消化槽）	$Y=19.6 \times Q1^{0.586}$	
	土木（消化槽以外）	$Y=28.2 \times Q1^{0.569}$	
省エネ型 バイオガス精製	機械・電気	$Y=39.6 \times Q2^{0.255}$	Q2：日最大バイオガス 発生量（Nm ³ /日， $1,292 \leq Q2 \leq 3,230$ ）
	土木	$Y=4.3 \times Q2^{0.265}$	
小規模 水素製造・供給	機械・電気	$Y=271.8$	
	土木	$Y=13.7$	
バイオガス発電	機械・電気	$Y=3.6 \times Q2^{0.505}$	
	土木	$Y=0.219 \times Q2^{0.596}$	

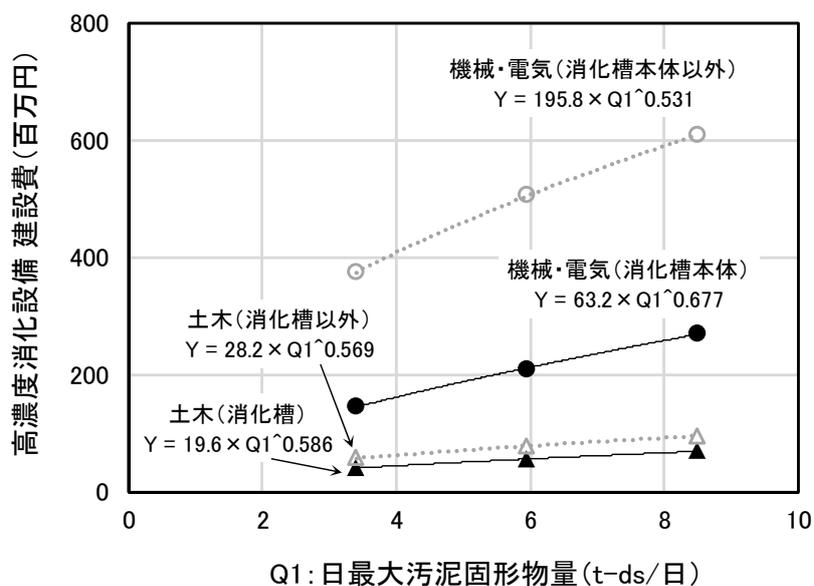


図3-6 簡易算定式の導出(高濃度消化設備建設費)

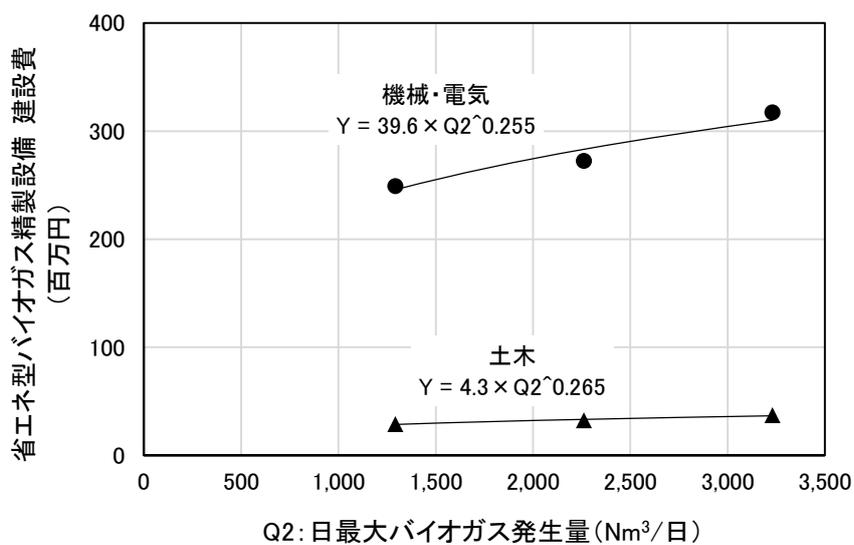


図3-7 簡易算定式の導出(省エネ型バイオガス精製設備建設費)

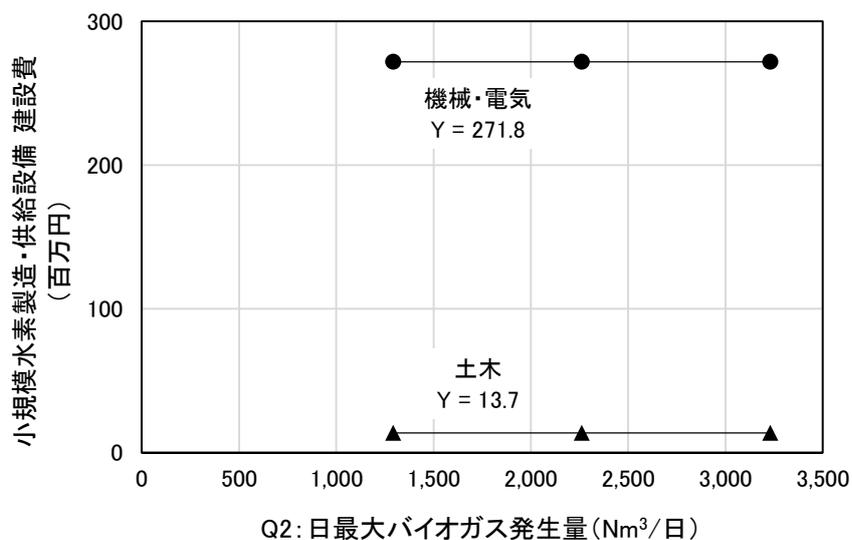


図 3-8 簡易算定式の導出 (小規模水素製造・供給設備建設費)

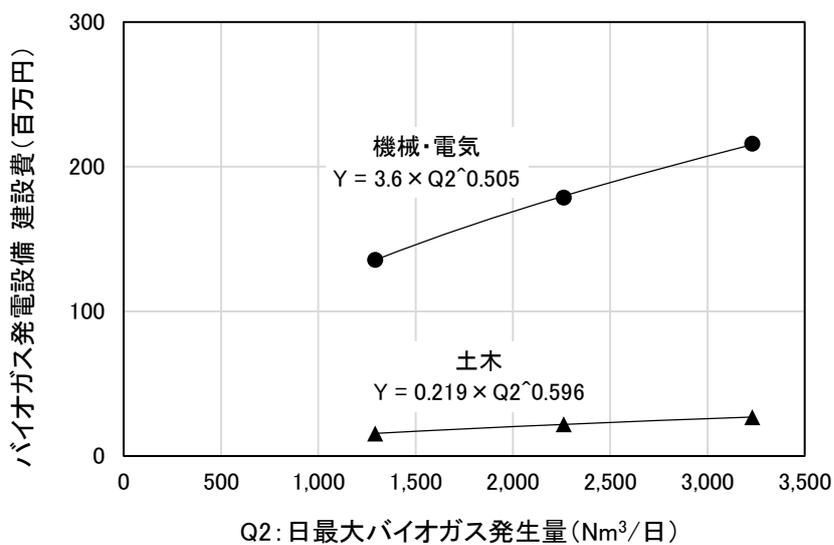


図 3-9 簡易算定式の導出 (バイオガス発電設備建設費)

表3-3 簡易算定式をもちいた革新的技術の建設費算出例

日最大流入水量		m ³ /日		20,000	35,000	50,000
日最大汚泥固形物量		t-ds/日	Q1	3.4	5.95	8.5
日最大バイオガス発生量		Nm ³ /日	Q2	1,292	2,261	3,230
高濃度消化 (濃縮含む)	機械・電気 (消化槽本体)	百万円	Y=	144.7	211.4	269.1
	機械・電気 (消化槽本体以外)	百万円	Y=	375.0	504.8	610.0
	土木 (消化槽)	百万円	Y=	40.2	55.7	68.7
	土木 (消化槽以外)	百万円	Y=	56.6	77.8	95.3
省エネ型 バイオガス精製	機械・電気	百万円	Y=	246.1	283.8	310.8
	土木	百万円	Y=	28.7	33.3	36.6
小規模 水素製造・供給	機械・電気	百万円	Y=	271.8	271.8	271.8
	土木	百万円	Y=	13.7	13.7	13.7
バイオガス発電	機械・電気	百万円	Y=	134.1	177.9	213.0
	土木	百万円	Y=	15.7	21.9	27.0
合計	水素なし	百万円		1,041.1	1,366.6	1,630.5
	水素あり	百万円		1,326.6	1,652.1	1,916.0

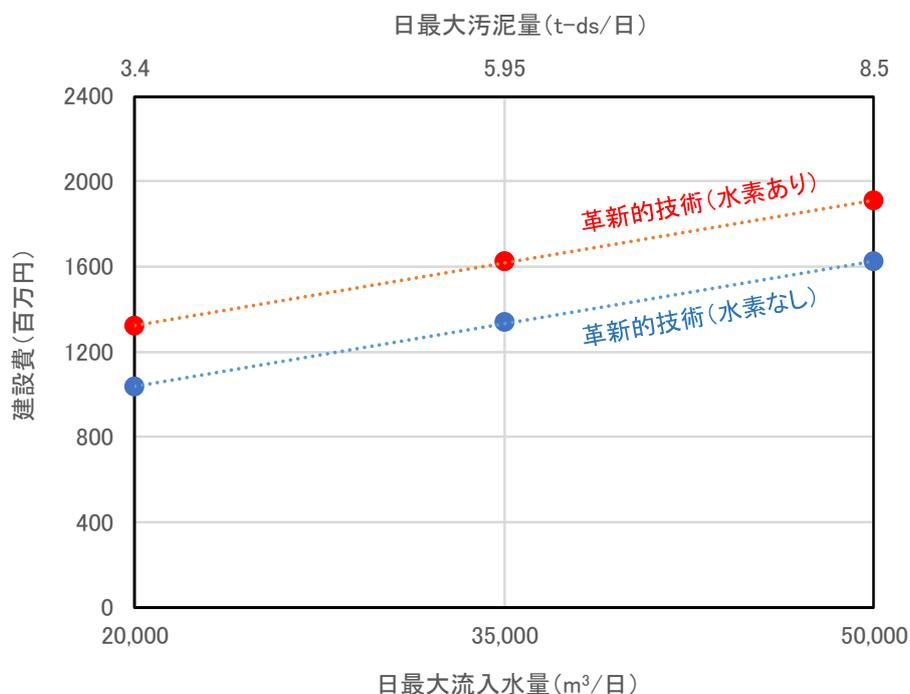


図3-10 革新的技術の建設費算出例 (本技術の全体)

2) 建設費（従来技術）

従来技術の建設費試算条件を表3-4に示す。

表3-4 従来技術の建設費試算条件

設備		建設費		単位	出典
濃縮	重力濃縮	機械	$Y=0.0131 \times (0.5 \times Qd0)^{0.611}$	億円	※1
		土木	$Y=0.0124 \times (0.5 \times Qd0)^{0.598}$		
	機械濃縮	機械	$Y=0.438 \times (0.5 \times Qd0)^{0.422}$		
		土木	$Y=0.340 \times (0.5 \times Qd0)^{0.259}$		
消化	脱硫・ガスホルダ含む。 要素技術（濃縮・消化） のみの試算では以下を 差し引く	機械	$Y=0.516 \times Qd1^{0.385}$	百万円	※2
		土木	$Y=0.169 \times Qd1^{0.539}$		
	脱硫	機械	$0.878 \times g^{0.761}$		
	ガスホルダ	機械	$10.4 \times V^{0.437}$		
脱水 （革新的技術との差分）		機械	$Y=0.434 \times Qd2^{0.373}$	億円	※1
		土木	$Y=0.227 \times Qd2^{0.444}$		
バイオガス発電		機械・電気	$Y=1.3132x$	百万円	※3
		土木	$Y=0.0263x+5.8284$		

Qd0：日最大汚泥量[1%換算]（m³/日）

Qd1：濃縮後日最大汚泥量[1%換算]（m³/日）

Qd2：日最大脱水投入汚泥量[1%換算]（m³/日）

g：バイオガス処理能力（m³/時）

V：ガスホルダ貯留容量（m³） バイオガス発生量の半日分とした。

x：総発電施設規模（kW）

※1 下水汚泥広域利活用検討マニュアル

※2 下水処理場へのバイオマス（生ごみ等）受け入れマニュアル

※3 下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン

従来技術の簡易算定式作成にもちいた下水汚泥広域利活用検討マニュアル、下水処理場へのバイオマス（生ごみ等）受け入れマニュアルの費用関数は、それぞれ平成13年度、平成21年度の単価で作成されている。そのため、表3-5に示す建設工事費デフレーター（平成23年度基準）をもちいて、平成30年度費用に補正している。建設工事費デフレーターは国土交通省ホームページにて公表されているので、さらに年次補正を変更する場合は、そちらを参照されたい。

表3-5 建設工事費デフレター

出典	工事種別	建設工事費デフレター (平成23年度基準)	
		平成13年度	平成30年度
下水汚泥広域利活用検討 マニュアル	下水道	92.7 (平成13年度)	110.5※ (平成30年度)
下水処理場へのバイオマス (生ごみ等)受け入れマニュアル	下水道	98.5 (平成21年度)	110.5※ (平成30年度)

※令和2年3月時点の暫定値

(2) 維持管理費

維持管理費算出の考え方を、革新的技術については1)に、従来技術については2)に、それぞれ示す。革新的技術の維持管理費は、電力、薬品等の用役費、補修費、人件費、発電による電力費低減について、実証研究結果に基づく簡易算定式をもちいて評価する。補修費は15年間運転を継続した場合の1年当たりの平均値とする。従来技術の維持管理費は、既存のガイドライン等の費用関数に基づき工程ごとに評価する。

用役等の各種単価は、ここでは表3-6に示される値を採用した。

表3-6 用役等の各種単価

電力	円/kWh	16.5	※1※2
高分子凝集剤	円/kg	566	※1
上水	円/m ³	309.1	※1
ポリ硫酸第二鉄(11%溶液)	円/kg	38.9	※1
人件費	百万円/年/人	7.0	※3
汚泥処分費	円/t-wet	22,000	※1

※1 国総研調べ

※2 発電電力は場内利用とし、同単価で算定する。

※3 下水バイオガス原料による水素創エネ技術導入ガイドライン(案)

1) 維持管理費（革新的技術）

革新的技術の維持管理費は簡易算定式（表3-7）をもちいて算出する。簡易算定式は、処理場規模別に算出した維持管理費（資料編2「ケーススタディー」参照）から、図3-11～図3-15に示すように回帰曲線により導出したものである。また、得られた簡易算定式をもちいた処理場規模ごとの算出例を表3-8および図3-16に示す。なお、高濃度消化設備の算定式は、建設費と同様に、消化槽1槽として導出したものである。消化槽1槽当たりの有効容積5,000 m³までは実証施設（有効容積1,000 m³）と相似での製作が可能のため、当該算定式は有効容積5,000 m³に相当する日最大汚泥固形物量25 t-ds/日を上限として適用可能である。日最大汚泥固形物量25 t-ds/日を超える場合、攪拌性能を検討したうえで消化槽1槽として導入効果を試算することができるが、1槽当たりの汚泥固形物量25 t-ds/日以下の消化槽を複数設けるとすることで簡易算定式を適用することが可能である。

表3-7 革新的技術の維持管理費簡易算定式

	設備		維持管理費（百万円/年）	備考	
共通	高濃度消化 （濃縮含む）	重力濃縮	$Y=0.35 \times Q1^{0.628}$	Q1：日最大汚泥固形物量 （t-ds/日， $Q1 \leq 25$ ）	
		電力費	$Y=0.73 \times Q1^{0.887}$		
		薬品費	$Y=2.1 \times Q1$		
		補修費	$Y=2.7 \times Q1^{0.509}$		
		人件費	$Y=7.0$		
	省エネ型 バイオガス精製	電力費	$Y=0.62 \times Q2^{0.285}$	Q2：日最大バイオガス 発生量（Nm ³ /日， $1,292 \leq Q2 \leq 3,230$ ）	
		上水費	$Y=4.3$		
		補修費	$Y=1.9 \times Q2^{0.195}$		
	発電 のみ	バイオガス発電	補修費		$Y=0.026 \times Q2^{0.771}$
			電力費縮減		$Y=0.0092 \times Q2^*$
発電 および 水素	バイオガス発電	補修費	$Y=0.026 \times Q2^{0.771}$		
		電力費縮減	$Y=0.0087 \times Q2^{1.007}$ *		
	小規模水素 製造・供給	電力費	$Y=1.0$		
		上水費	$Y=0.0055$		
		補修費	$Y=8.4$		

※バイオガス発電によって電力費が縮減されるものとし、負の値として算出する。

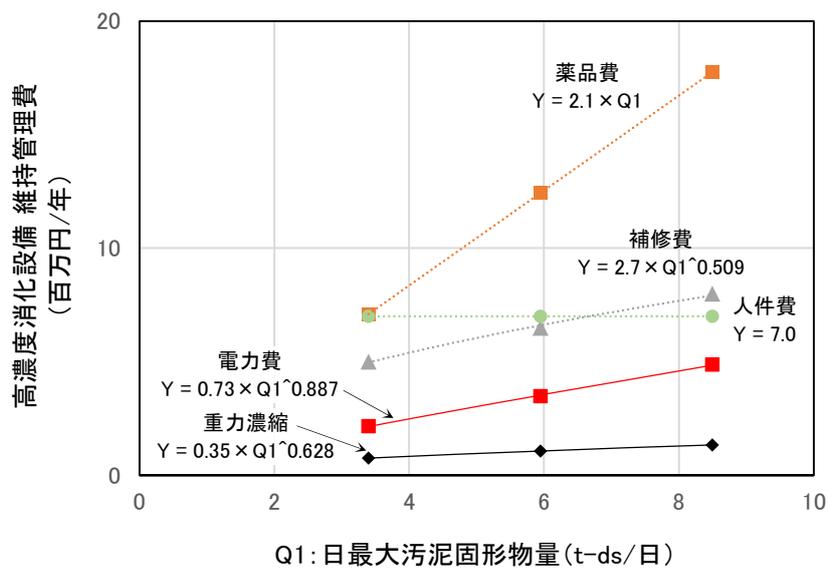


図3-1-1 簡易算定式の導出（高濃度消化設備維持管理費）

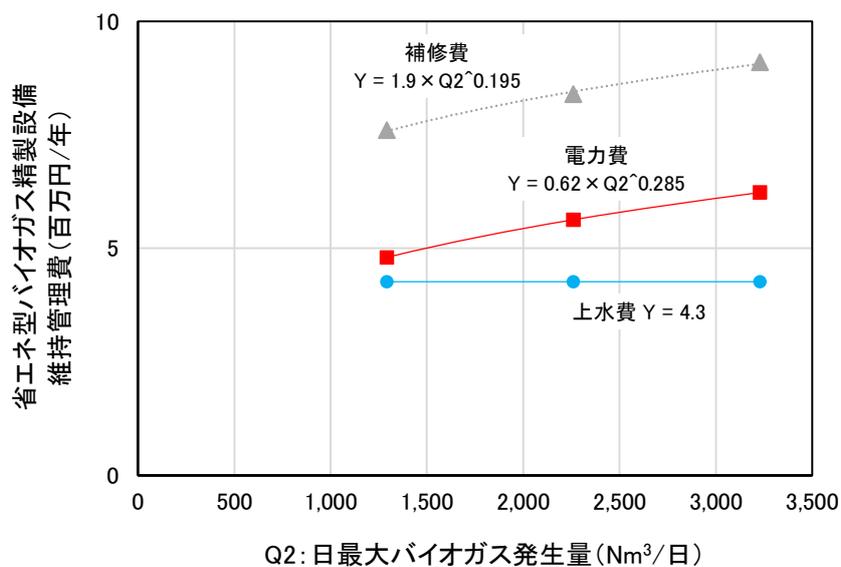


図3-1-2 簡易算定式の導出（省エネ型バイオガス精製設備維持管理費）

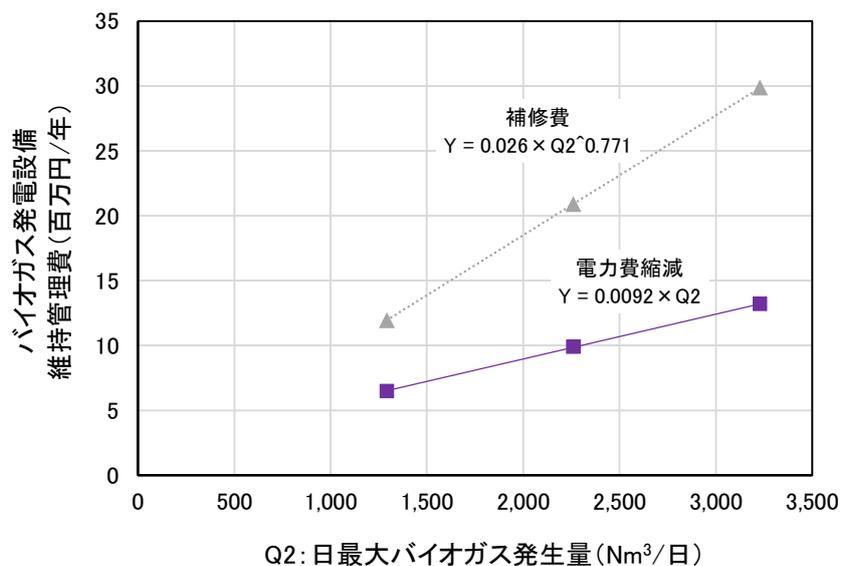


図3-13 簡易算定式の導出（バイオガス発電設備維持管理費／「発電のみ」ケース）

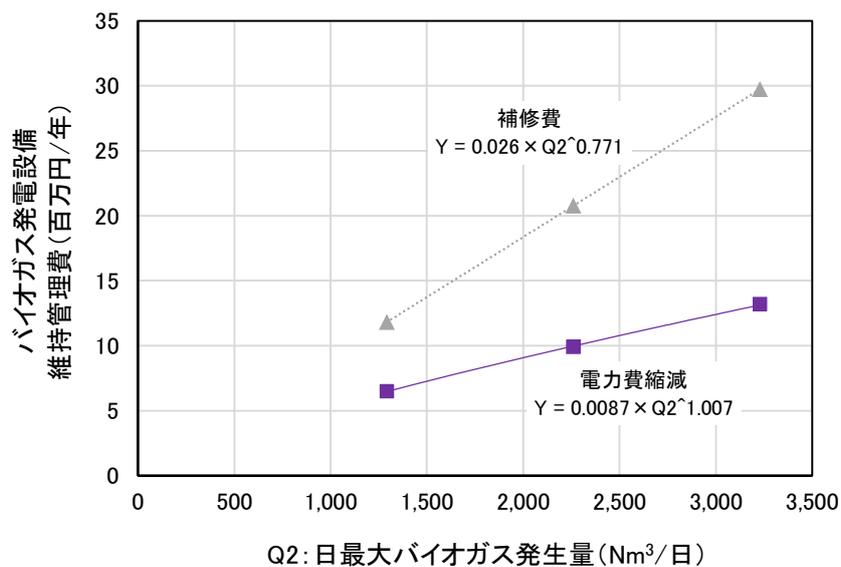


図3-14 簡易算定式の導出（バイオガス発電設備維持管理費／「発電および水素」ケース）

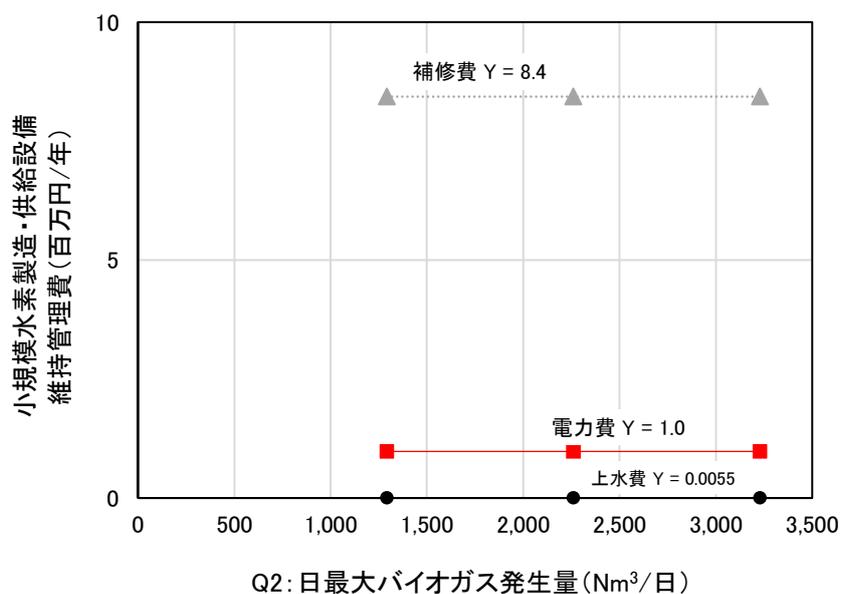


図3-15 簡易算定式の導出（小規模水素製造・供給設備維持管理費）

表3-8 簡易算定式をもちいた革新的技術の維持管理費算出例

日最大流入水量		m ³ /日		20,000	35,000	50,000	
日最大汚泥固形物量		t-ds/日	Q1	3.4	5.95	8.5	
日最大バイオガス発生量		Nm ³ /日	Q2	1,292	2,261	3,230	
共通	高濃度消化 (濃縮含む)	重力濃縮	百万円/年	Y=	0.8	1.1	1.3
		電力費	百万円/年	Y=	2.2	3.6	4.9
		薬品費	百万円/年	Y=	7.1	12.5	17.9
		補修費	百万円/年	Y=	5.0	6.7	8.0
		人件費	百万円/年	Y=	7.0	7.0	7.0
		省エネ型 バイオガス 精製	電力費	百万円/年	Y=	4.8	5.6
		上水費	百万円/年	Y=	4.3	4.3	4.3
		補修費	百万円/年	Y=	7.7	8.6	9.2
発電 のみ	バイオガス 発電	補修費	百万円/年	Y=	6.5	10.0	13.2
		電力費縮減	百万円/年	Y=	-11.9	-20.8	-29.7
発電 および 水素	バイオガス 発電	補修費	百万円/年	Y=	6.5	10.0	13.2
		電力費縮減	百万円/年	Y=	-11.8	-20.8	-29.7
	小規模水素 製造・供給	電力費	百万円/年	Y=	1.0	1.0	1.0
		上水費	百万円/年	Y=	0.0	0.0	0.0
		補修費	百万円/年	Y=	8.4	8.4	8.4
合計		水素なし	百万円/年		33.5	38.6	42.3
		水素あり	百万円/年		43.0	48.0	51.7

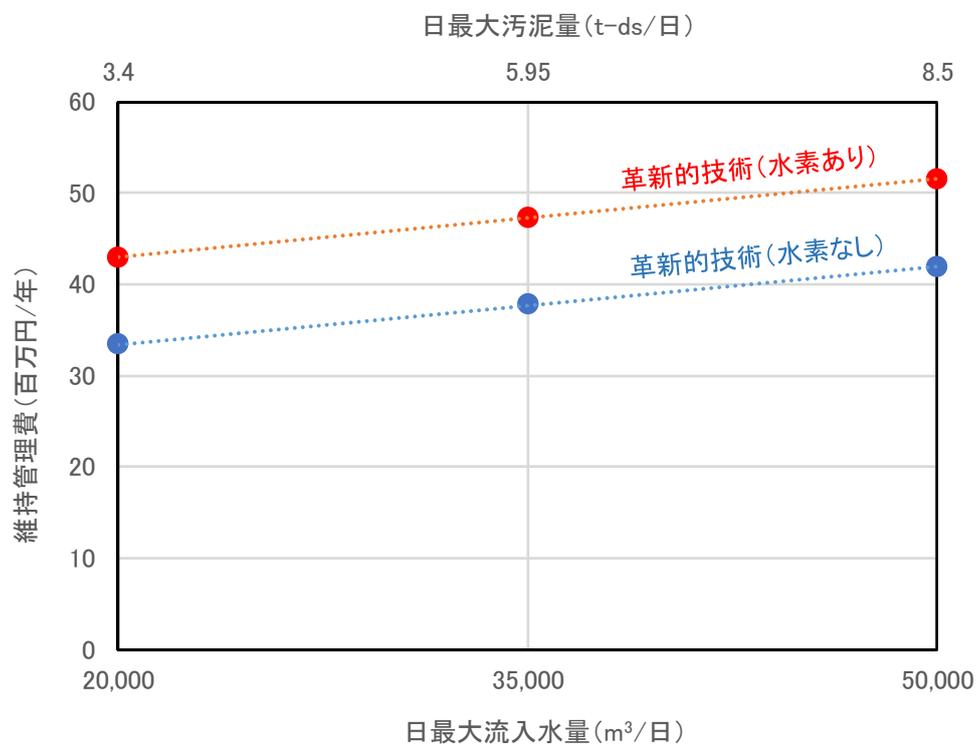


図3-16 革新的技術の維持管理費算出例

2) 維持管理費（従来技術）

従来技術の維持管理費の試算条件を表3-9に示す。

表3-9 従来技術の維持管理費試算条件

設備		維持管理費	単位	出典	
濃縮	重力濃縮	$Y=0.030 \times (0.5 \times Qd0)^{0.628}$	百万円/年	※1	
	機械濃縮	$Y=0.661 \times (0.5 \times Qd0)^{0.573}$			
消化	脱硫・ガスホルダ含む。要素技術（濃縮・消化）のみの試算では以下を差し引く	$Y=0.171 \times (Qd1 \times 365 \times 0.8)^{0.390}$		※1	
	脱硫	$0.0796 \times g^{0.761}$		※2	
	ガスホルダ	$0.283 \times V^{0.302}$			
脱水 (革新的技術との差分)		$Y=0.039 \times (Qd2 \times 365 \times 0.8)^{0.596}$			※1
脱水汚泥処分費 (革新的技術との差分)		$Y=1/(100-W) \times (Qd2 \times 365 \times 0.8) \times 22,000 \div 10^6$			
バイオガス発電		$Y=0.0579x$			※3

Qd0：日最大汚泥量[1%換算] (m³/日)

Qd1：濃縮後日最大汚泥量[1%換算] (m³/日)

Qd2：日最大脱水投入汚泥量[1%換算] (m³/日)

g：バイオガス処理能力 (m³/時)

V：ガスホルダ貯留容量 (m³) バイオガス発生量の半日分とした。

W：脱水汚泥含水率 (%)

x：総発電施設規模 (kW)

※1 下水汚泥広域利活用検討マニュアル

※2 下水処理場へのバイオマス（生ごみ等）受け入れマニュアル

※3 下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン

(3) 総費用

総費用（年価換算値）は、建設費年価と維持管理費の合計とした。

ここで、建設費年価＝建設費× $i(1+i)^n / \{(1+i)^n - 1\}$ とした。

i : 利子率＝2.3%

n : 耐用年数（消化）＝15年（機械・電気）、ただし鋼板製消化槽本体は20年 ※1
45年（土木）
（消化以外）＝15年（機械・電気）、50年（土木） ※2

※1 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導入ガイドライン（案）

※2 下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン

建設費に上述の係数を乗じた建設費年価について、処理場規模ごとの算出例を表3-10に示す。また、建設費年価に維持管理費を加えた総費用について、処理場規模ごとの算出例を表3-11および図3-17に示す。

表3-10 革新的技術の建設費年価算出例

		耐用年数	単位	算出結果		
日最大流入水量		—	m ³ /日	20,000	35,000	50,000
日最大汚泥固形物量		—	t-ds/日	3.4	5.95	8.5
日最大バイオガス発生量		—	Nm ³ /日	1,292	2,261	3,230
高濃度消化 （濃縮含む）	機械・電気（消化槽本体）	20	百万円/年	9.1	13.3	16.9
	機械・電気（消化槽本体以外）	15	百万円/年	29.8	40.2	48.5
	土木（消化槽）	45	百万円/年	1.4	2.0	2.5
	土木（消化槽以外）	50	百万円/年	1.9	2.6	3.2
省エネ型 バイオガス精製	機械・電気	15	百万円/年	19.6	22.6	24.7
	土木	50	百万円/年	1.0	1.1	1.2
小規模 水素製造・供給	機械・電気	15	百万円/年	21.6	21.6	21.6
	土木	50	百万円/年	0.5	0.5	0.5
バイオガス発電	機械・電気	15	百万円/年	10.7	14.2	17.0
	土木	50	百万円/年	0.5	0.7	0.9
合計	水素なし	—	百万円/年	74.0	96.7	114.9
	水素あり	—	百万円/年	96.1	118.8	137.0

表 3-1 1 革新的技術の総費用算出例

日最大流入水量		m ³ /日	20,000	35,000	50,000
日最大汚泥固形物量		t-ds/日	3.4	5.95	8.5
総費用	水素なし	百万円/年	107.5	135.3	157.2
	水素あり	百万円/年	139.1	166.8	188.7

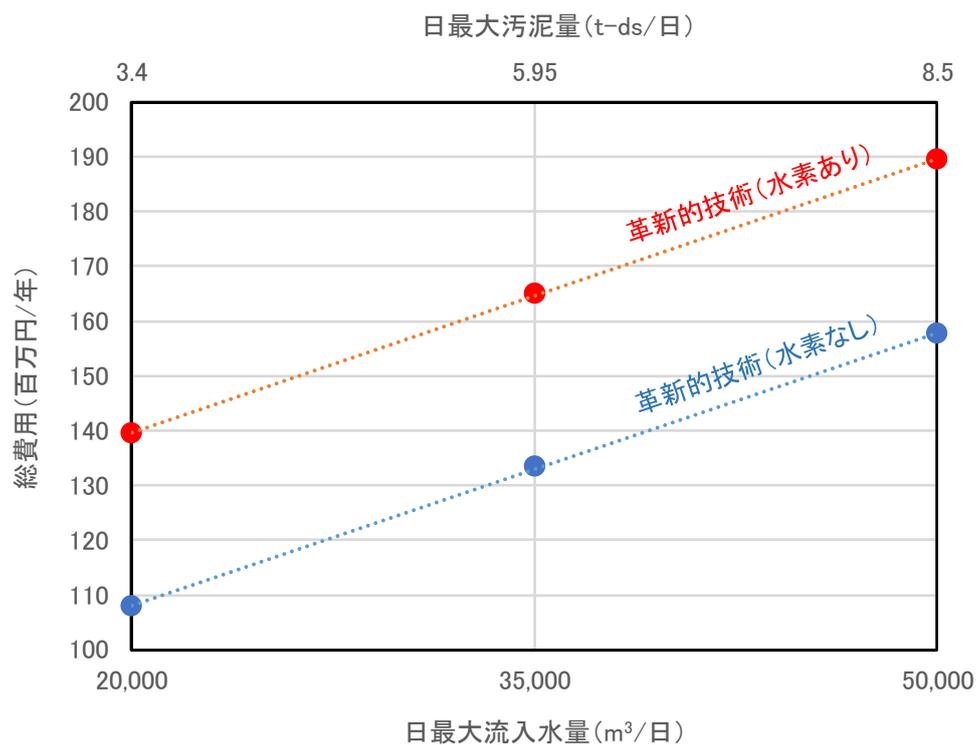


図 3-1 7 革新的技術の総費用算出例

§ 19 省エネ効果の算定

本技術の全体または一部の導入により期待される省エネ効果について、従来技術との比較により把握する。

【解説】

省エネ効果として、本技術（革新的技術）を導入した場合に想定されるエネルギー収支^{*}と従来技術をもちいた代替施設を導入した場合に想定されるエネルギー収支との差を一次エネルギー換算値で示す。エネルギー収支の算出の考え方を、革新的技術については1)に、従来技術については2)に、それぞれ示す。

^{*}エネルギー収支=創エネルギー量-エネルギー消費量

1) エネルギー収支（革新的技術）

革新的技術のエネルギー収支は簡易算定式（表3-12）をもちいて算出する。簡易算定式は、処理場規模別に算出したエネルギー消費量および創エネルギー量（資料編2「ケーススタディー」参照）から、図3-18～図3-21に示すように回帰曲線により導出したものである。また、得られた簡易算定式をもちいた処理場規模ごとの算出例を表3-13および図3-22に示す。

表3-12 革新的技術のエネルギー収支簡易算定式

		設備	エネルギー (GJ/年)	備考
発電のみ	エネルギー消費	高濃度消化	$Y=428 \times Q1^{0.889}$	Q1：日最大汚泥固形物量 (t-ds/日, $Q1 \leq 25$) Q2：日最大バイオガス発生量 (Nm ³ /日, $1,292 \leq Q2 \leq 3,230$)
		省エネ型バイオガス精製	$Y=359 \times Q2^{0.285}$	
	創エネルギー	バイオガス発電	$Y=5.3 \times Q2$	
発電および水素	エネルギー消費	高濃度消化	$Y=428 \times Q1^{0.889}$	
		省エネ型バイオガス精製	$Y=359 \times Q2^{0.285}$	
		小規模水素製造・供給	$Y=562$	
	創エネルギー	バイオガス発電	$Y=5.0 \times Q2^{1.007}$	
		水素供給	$Y=65.8$	

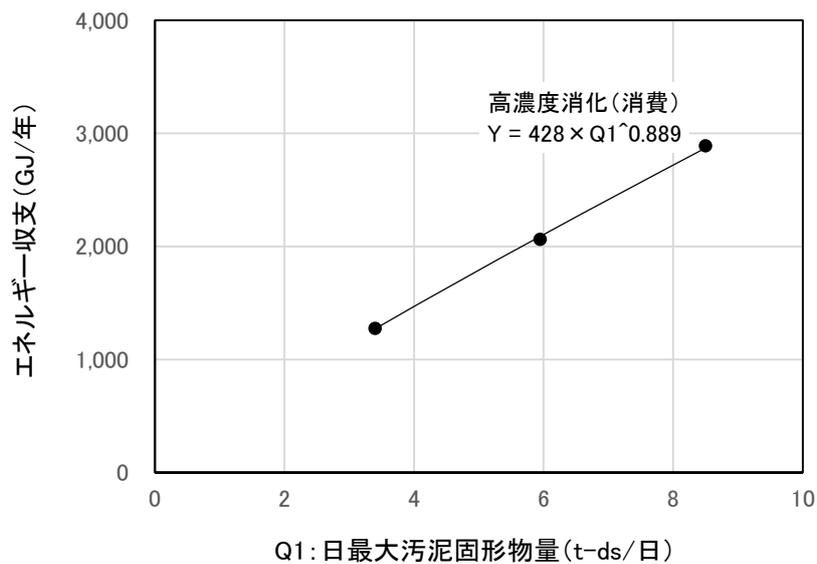


図3-18 簡易算定式の導出 (高濃度消化設備エネルギー収支)

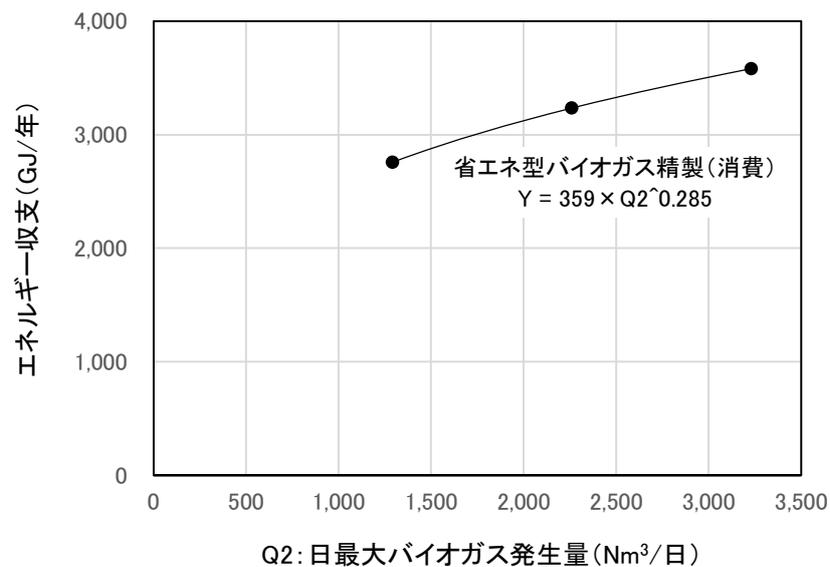


図3-19 簡易算定式の導出 (省エネ型バイオガス精製設備エネルギー収支)

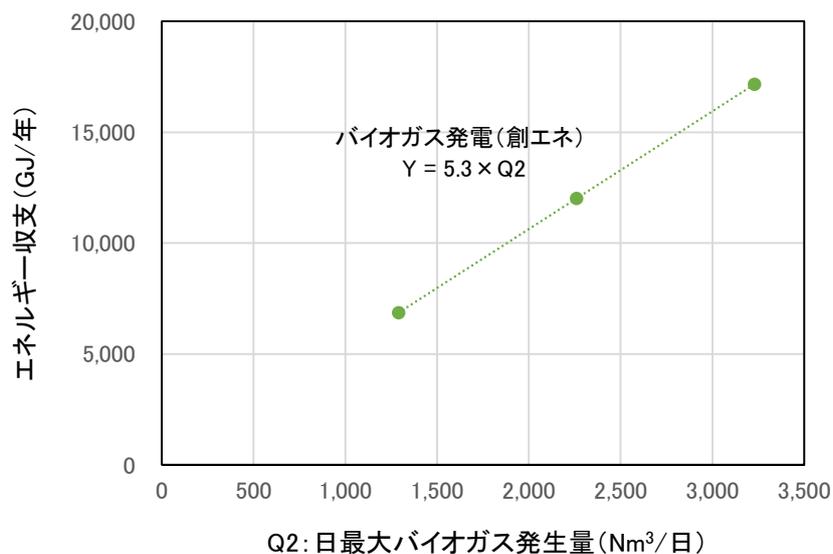


図3-20 簡易算定式の導出 (バイオガス発電設備エネルギー収支/「発電のみ」ケース)

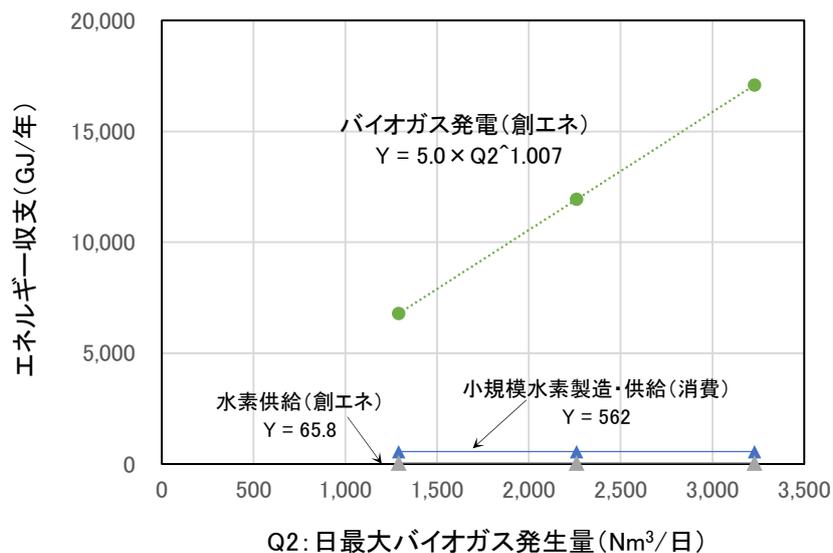


図3-21 簡易算定式の導出 (バイオガス発電設備および小規模水素製造・供給設備エネルギー収支/「発電および水素」ケース)

表3-13 簡易算定式をもちいた革新的技術のエネルギー収支算出例

日最大流入水量		m ³ /日		20,000	35,000	50,000	
日最大汚泥固形物量		t-ds/日	Q1	3.4	5.95	8.5	
日最大バイオガス発生量		Nm ³ /日	Q2	1,292	2,261	3,230	
発電のみ	エネルギー消費	高濃度消化	GJ/年	Y=	1,270	2,089	2,869
		省エネ型バイオガス精製	GJ/年	Y=	2,766	3,244	3,591
	創エネルギー	バイオガス発電	GJ/年	Y=	6,848	11,983	17,119
発電および水素	エネルギー消費	高濃度消化	GJ/年	Y=	1,270	2,089	2,869
		省エネ型バイオガス精製	GJ/年	Y=	2,766	3,244	3,591
		小規模水素製造・供給	GJ/年	Y=	562	562	562
	創エネルギー	バイオガス発電	GJ/年	Y=	6,792	11,983	17,090
		水素供給	GJ/年	Y=	66	66	66
エネルギー収支(創出量-消費量)		水素なし	GJ/年		2,812	6,650	10,659
		水素あり	GJ/年		2,260	6,104	10,134

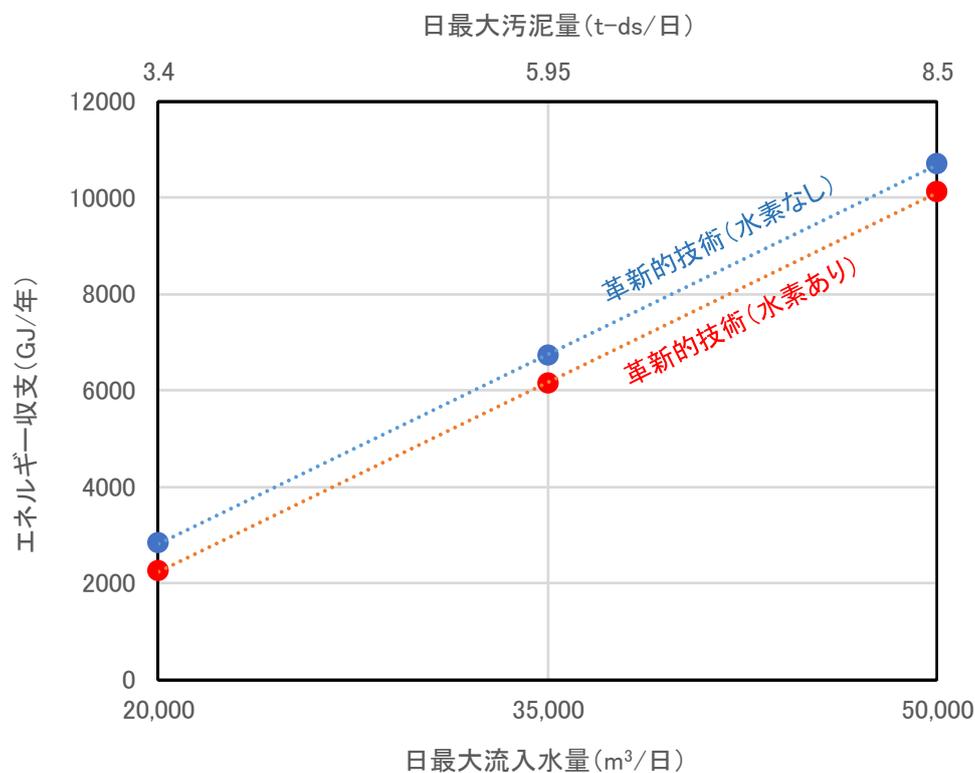


図3-22 革新的技術のエネルギー収支試算例

2) エネルギー収支（従来技術）

従来技術のエネルギー収支の試算条件を表3-14に示す。

表3-14 従来技術のエネルギー収支試算条件

設備		エネルギー	出典
濃縮	重力濃縮	7 kWh/t-ds	※1
	機械濃縮	212 kWh/t-ds	
消化		5.3 kWh/m ³	※2
脱水 (革新的技術との差分)		直接脱水： $Y=1575.4 \times X2^{0.6723}$ 消化脱水： $Y=62.631 \times X2^{1.2091}$ Y：消費電力量 (kWh/年) X2：投入汚泥固形物量 (t-ds/年)	※4
バイオガス発電		小型発電機（発電効率：32%，廃熱回収率：52%。 ⇒定格発電出力 25 kW/台，廃熱回収量：40.6 kW） 発電量（システム端）＝発電量（発電端）×90%	※1 ※2
電力から熱量への換算：受電端投入熱量 9.484 MJ/kWh ※3			

- ※1 下水道革新的技術事業説明書
- ※2 下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン
- ※3 エネルギー源別標準発熱量（平成27年4月14日，資源エネルギー庁）
- ※4 国総研調べ

§ 20 省 CO₂ 効果の算定

本技術の全体または一部の導入により期待される省 CO₂ 効果について、従来技術との比較により把握する。

【解 説】

省 CO₂ 効果は、本技術（革新的技術）を導入した場合に想定される CO₂ 排出量と従来技術をもちいた代替施設を導入した場合に想定される CO₂ 排出量との差で示す。CO₂ 排出量の算出の考え方を、革新的技術については 1) に、従来技術については 2) に、それぞれ示す。なお、水素を燃料電池自動車に供給することによる削減分も含めて算出する。また、CO₂ 排出係数は表 3-15 に示す値をもちいた。

表 3-15 CO₂ 排出係数

	項目	単位	排出係数	出典
エネルギー消費に伴う排出	電力	t-CO ₂ /kWh	0.000488	令和2年1月7日環境省公表「平成30年度の電気事業者ごとの基礎排出係数・調整後排出係数等の公表について」代替値
上水・薬品類の消費に伴う排出	上水	t-CO ₂ /m ³	0.0020	「下水道における地球温暖化対策マニュアル」環境省・国土交通省（平成28年3月）
	高分子凝集剤	t-CO ₂ /t	6.5	
	ポリ硫酸第二鉄	t-CO ₂ /t	0.0308	「廃棄物処理施設の基幹的設備改良マニュアル」環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課（平成27年3月改訂）
	活性炭	t-CO ₂ /t	0.26	「下水道における地球温暖化対策マニュアル」環境省・国土交通省（平成28年3月）
水素有効利用による排出削減	ガソリン	t-CO ₂ /kL	2.32	
	燃料電池自動車（燃費 12.1km/Nm ³ ）への水素供給による排出削減量として、同じ距離を走行するガソリン車（燃費 21.4km/L）が消費するガソリン由来の排出量を計上 下水バイオガス原料による水素創エネ技術導入ガイドライン（案）			
バイオガス発電による排出削減	電力	t-CO ₂ /kWh	0.000488	令和2年1月7日環境省公表「平成30年度の電気事業者ごとの基礎排出係数・調整後排出係数等の公表について」代替値

1) CO₂ 排出量（革新的技術）

革新的技術の CO₂ 排出量は簡易算定式（表 3-16）をもちいて算出する。簡易算定式は、処理場規模別に算出した CO₂ 排出量および CO₂ 排出削減量（資料編 2「ケーススタディー」参照）から、図 3-23～図 3-24 に示すように回帰曲線により導出したものである。また、得られた簡易算定式をもちいた処理場規模ごとの算出例を表 3-17 および図 3-25 に示す。

表3-16 革新的技術のCO₂排出量簡易算定式

		CO ₂ 排出[排出削減]量 (t-CO ₂ /年)	備考
発電のみ	排出	電力	$Y=110.3 \times Q1^{0.513}$
		上水	$Y=27.6$
		高分子凝集剤	$Y=21.8 \times Q1$
		ポリ硫酸第二鉄	$Y=1.2 \times Q1$
		活性炭	$Y=0.037 \times Q1^{1.031}$
	排出削減	バイオガス発電	$Y=103.9 \times Q1$
発電および水素	排出	電力	$Y=133.8 \times Q1^{0.462}$
		上水	$Y=27.6$
		高分子凝集剤	$Y=21.8 \times Q1$
		ポリ硫酸第二鉄	$Y=1.2 \times Q1$
		活性炭	$Y=0.037 \times Q1^{1.031}$
	排出削減	水素供給	$Y=4.5$
		バイオガス発電	$Y=101.9 \times Q1^{1.007}$

Q1 : 日最大汚泥固形物量 (t-ds/日, Q1 ≤ 25)

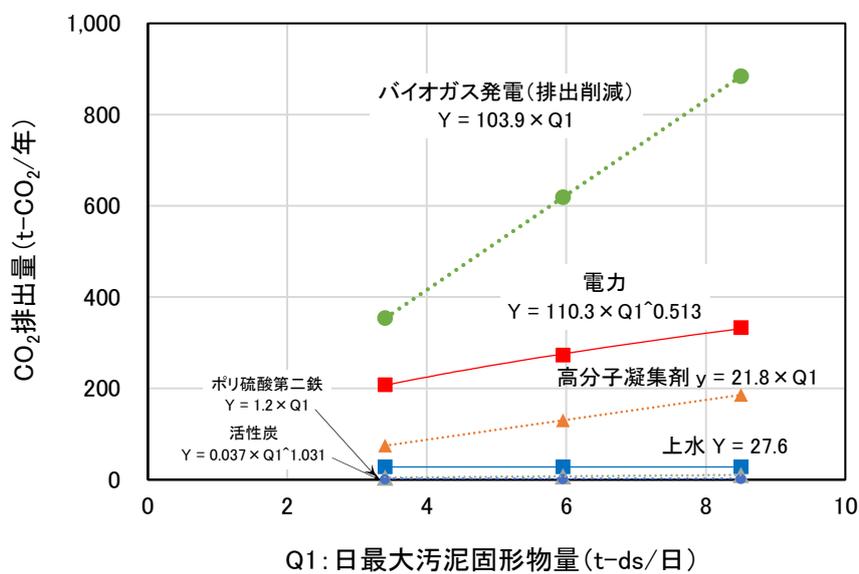


図3-23 簡易算定式の導出 (CO₂ 排出量 / 「発電のみ」 ケース)

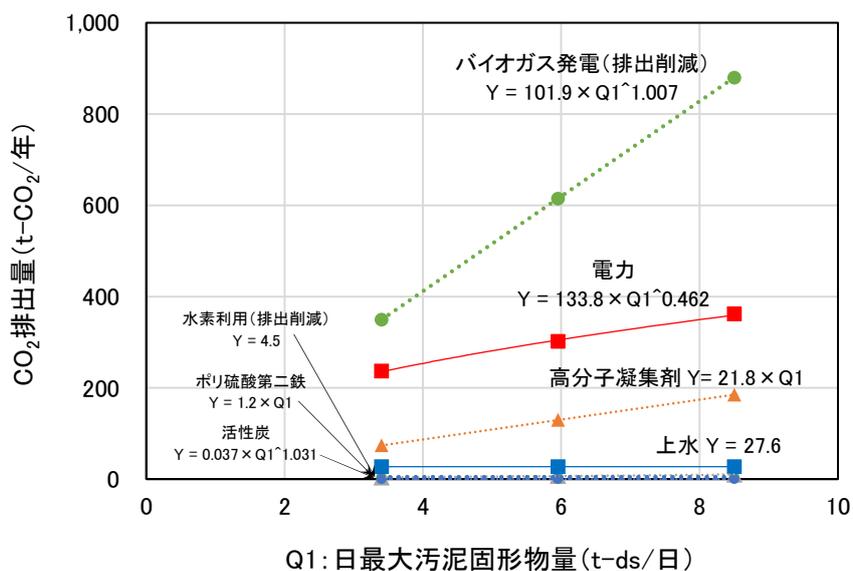


図3-24 簡易算定式の導出 (CO₂ 排出量 / 「発電および水素」 ケース)

表3-17 簡易算定式をもちいた革新的技術のCO₂ 排出量算出例

日最大流入水量		m ³ /日		20,000	35,000	50,000	
日最大汚泥固形物量		t-ds/日	Q1	3.4	5.95	8.5	
発電のみ	排出	電力	t-CO ₂ /年	Y=	206.6	275.4	330.6
		上水	t-CO ₂ /年	Y=	27.6	27.6	27.6
		高分子凝集剤	t-CO ₂ /年	Y=	74.1	129.7	185.3
		ポリ硫酸第二鉄	t-CO ₂ /年	Y=	4.1	7.1	10.2
		活性炭	t-CO ₂ /年	Y=	0.1	0.2	0.3
	排出削減	バイオガス発電	t-CO ₂ /年	Y=	353.3	618.2	883.2
発電および水素	排出	電力	t-CO ₂ /年	Y=	235.5	305.0	359.6
		上水	t-CO ₂ /年	Y=	27.6	27.6	27.6
		高分子凝集剤	t-CO ₂ /年	Y=	74.1	129.7	185.3
		ポリ硫酸第二鉄	t-CO ₂ /年	Y=	4.1	7.1	10.2
		活性炭	t-CO ₂ /年	Y=	0.1	0.2	0.3
	排出削減	水素供給	t-CO ₂ /年	Y=	4.5	4.5	4.5
排出削減	バイオガス発電	t-CO ₂ /年	Y=	349.4	613.9	879.2	
排出量ー 排出削減量	水素なし	t-CO ₂ /年		-40.8	-178.2	-329.2	
	水素あり	t-CO ₂ /年		-12.5	-148.8	-300.7	

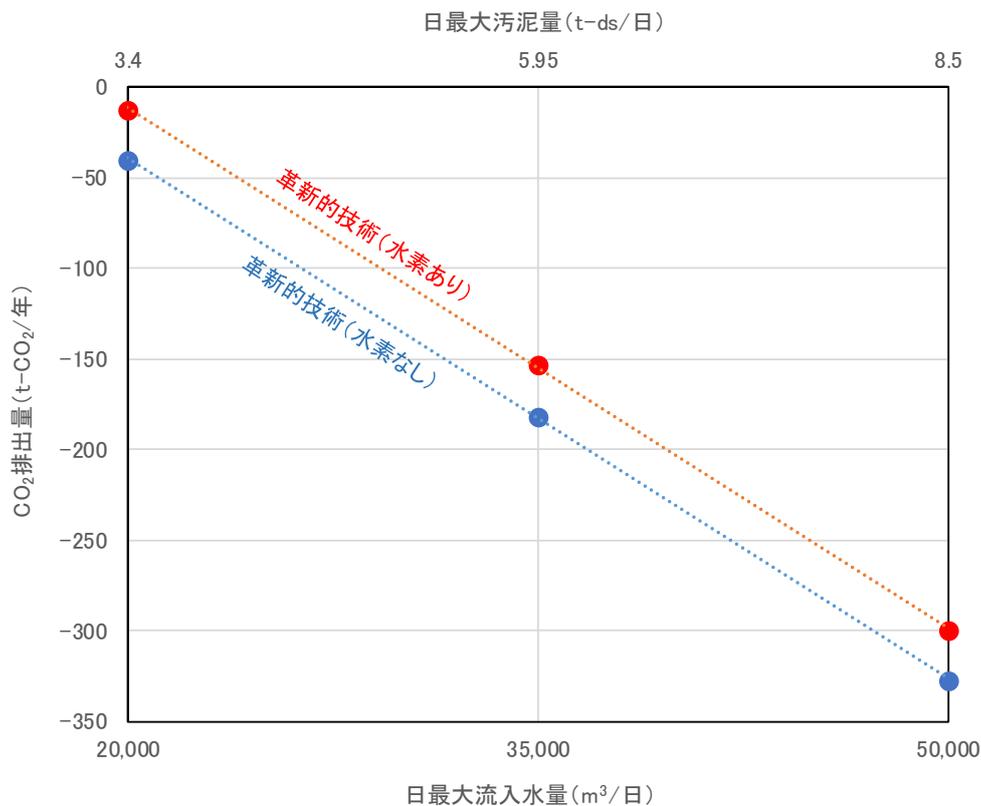


図3-25 革新的技術のCO₂排出量 (CO₂排出削減量)算出例

2) CO₂ 排出量（従来技術）

従来技術の CO₂ 排出量は、表 3-14 に示す消費電力量および発電量，ならびに、表 3-18 に示す高分子凝集剤使用量に、表 3-15 に示す CO₂ 排出係数を乗じて算出する。

表 3-18 従来技術の高分子凝集剤使用量

対象設備	薬注率（%対 TS）
機械濃縮	0.3
脱水（消化なし）	1.2
脱水（消化あり）	1.6

§ 21 その他効果

本技術の全体または一部の導入により期待されるその他の効果について、従来技術との比較により把握する。

【解説】

本技術の導入によって得られるその他の効果を、従来技術と比較して示す。

1) 設置面積削減効果

汚泥の高濃度化と消化日数の削減により消化槽容積を従来の約 1/3 にできる。また、高圧水吸収方式による精製時の圧力 (0.7 MPa 程度) を活用した 0.6 MPa 程度の中圧貯蔵とすること、および、二酸化炭素が除去された精製ガスを貯蔵することによって貯蔵量の 40%削減が可能となることにより、ガスの貯蔵に必要な容器容積が従来技術の約 1/10 以下となる。

本技術は、上述のとおり消化設備のコンパクト化を図ることができるため、設置面積についても従来技術に対して削減が可能である。表 3-19 にシステム全体の設置面積の試算結果を示す。配置図等の詳細については資料編 2 「ケーススタディー」を参照されたい。

表3-19 設置面積

■日最大50,000 m³/日規模 (単位:m²)

革新的技術	高濃度消化※2	バイオガス精製	バイオガス発電	水素製造・供給	総面積
機器スペース	771	152	153	138	-
配管・メンテナンス、 離隔距離含む※1	1300	257	258	233	2048
従来技術	濃縮※3	消化		バイオガス 発電	計
		消化槽等※4	脱硫貯留等		
機器スペース	202	746	393		
		1139			
配管・メンテナンス、 離隔距離含む※1	453	2552		455	3459

■日最大35,000 m³/日規模 (単位:m²)

革新的技術	高濃度消化※2	バイオガス精製	バイオガス発電	水素製造・供給	総面積
機器スペース	652	152	126	138	-
配管・メンテナンス、 離隔距離含む※1	1190	278	230	252	1950
従来技術	濃縮※3	消化		バイオガス 発電	計
		消化槽等※4	脱硫貯留等		
機器スペース	197	621	382		
		1003			
配管・メンテナンス、 離隔距離含む※1	407	2070		363	2840

■日最大20,000 m³/日規模 (単位:m²)

革新的技術	高濃度消化※2	バイオガス精製	バイオガス発電	水素製造・供給	総面積
機器スペース	607	152	126	138	-
配管・メンテナンス、 離隔距離含む※1	1080	270	224	246	1820
従来技術	濃縮※3	消化		バイオガス 発電	計
		消化槽等※4	脱硫貯留等		
機器スペース	197	558	288		
		846			
配管・メンテナンス、 離隔距離含む※1	376	1613		286	2274

- ※1 総面積を各設備の機器スペースの割合で案分。
- ※2 電気室、計装用圧縮機、除湿器含む。重力濃縮除く。
- ※3 重力濃縮除く。
- ※4 電気室、計装用圧縮機、除湿器含む。

§ 22 導入判断

前項までの導入効果に関する評価結果のほか，地方公共団体の水素エネルギー利活用に関する政策等も踏まえ，本技術の導入について総合的に判断する。十分な導入効果が見込まれなかった場合は，その原因を分析し，必要に応じて導入シナリオを見直したうえで再検討を行う。

【解説】

本技術の導入については，コスト縮減効果，省エネ効果，省CO₂効果の評価結果のほか，地方公共団体の水素エネルギー利活用に関する政策等も踏まえ，総合的に判断する。

検討の結果，十分な導入効果が見込まれなかった場合は，その原因を分析し，必要に応じて導入範囲，規模，運転時間，既存設備の活用等の諸条件を見直したうえで，再評価を行う。

第4章 計画・設計

第1節 導入計画

§ 23 計画の手順

本技術の導入に関する計画は、以下の手順で実施する。

- (1) 基本条件の設定
- (2) 基本計算
- (3) 施設計画の検討
- (4) 導入効果の検証
- (5) 導入計画の策定

【解説】

第3章 導入検討において、期待した導入効果が見込まれると判断された場合、その導入シナリオに基づき、以下の手順で導入計画を立案する。

- (1) 基本条件の設定（§ 24 参照）
- (2) 基本計算（§ 25 参照）
- (3) 施設計画の検討（§ 26 参照）
- (4) 導入効果の検証（§ 27 参照）
- (5) 導入計画の策定（§ 28 参照）

§ 24 基本条件の設定

導入計画の検討に先立ち、下水汚泥の発生量および濃度等の基本条件を設定する。

【解説】

管理年報等から表4-1に示す初沈汚泥および余剰汚泥の発生量、各種濃度（固形物、有機物、全窒素、NH₄-N）を設定する（最初沈殿池、最終沈殿池の引抜汚泥ベースの日最大値および日平均値）。

さらに、発電、水素製造・供給の有無、施設稼働率、運転時間等の基本条件を設定する。

表4-1 基本条件の設定

初沈汚泥	汚泥量	m ³ /日	日最大値 および 日平均値
	固形物	%	
	有機物	%	
	全窒素	mg/L	
	NH ₄ -N	mg/L	
余剰汚泥	汚泥量	m ³ /日	
	固形物	%	
	有機物	%	
	全窒素	mg/L	
	NH ₄ -N	mg/L	

§ 25 基本計算

基本条件の設定に基づき、基本計算を行う。基本計算では以下の項目を実施する。

- (1) 基本フローの検討
- (2) 物質収支の計算

【解説】

§ 24 にて設定した基本条件に基づき、基本計算を実施する。

(1) 基本フローの検討

水素製造・供給の有無を踏まえ、設備全体の基本フローを設定する。図4-1にフロー例を示す。

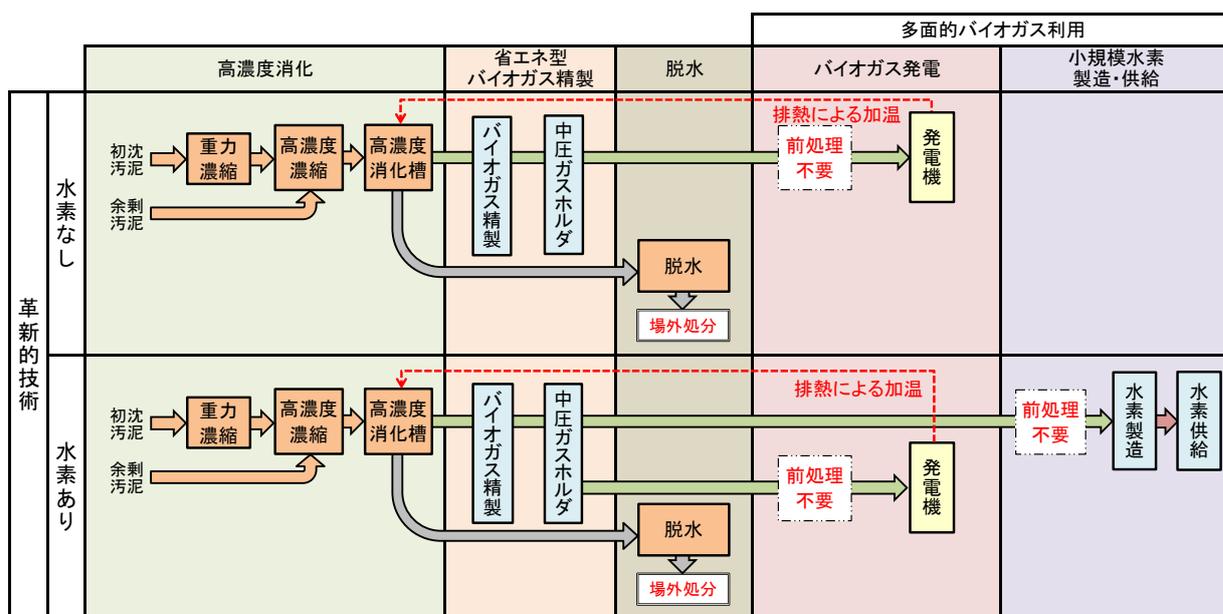


図4-1 基本フロー例

(2) 物質収支の計算

設定された基本フロー、基本条件に基づいて、各設備、機器の運転条件を設定して物質収支を算出する。革新的技術全体の算出例(日平均処理汚泥量 6.8 t-ds/日規模)を表4-2に示す。

表 4-2 革新的技術の物質収支例（日平均処理汚泥量 6.8 t-ds/日規模）

		単位	下水汚泥	
			初沈汚泥	余剰汚泥
処理量 (高濃度濃縮投入量)	湿重量	t-wet/日	340	340
	固形物濃度 (TS)	%	1.0	1.0
	固形物量	t-ds/日	3.4	3.4
	有機物濃度 (VS)	%	0.8	0.8
	有機物量	t-VS/日	2.72	2.72
計算条件	高濃度濃縮機回収率	%	95	
	有機物分解率	%	55	
	バイオガス発生量	Nm ³ /t-投入 VS	500	
	バイオガスメタン濃度	%	60	
	精製ガスメタン濃度	%	95	
	脱水機回収率	%	90	
	脱水汚泥含水率	%	80	
	水素製造原単位	Nm ³ -精製ガス/Nm ³ -水素	0.5	
計算結果	分解有機物量	t-VS/日	2.99	
	消化汚泥中有機物量	t-VS/日	2.45	
	消化汚泥中固形物量	t-ds/日	3.81	
	バイオガス発生量	Nm ³ /日	2,584	
	精製ガス量	Nm ³ /日	1,632	
	脱水汚泥量	t-wet/日	17.2	
	水素製造量	Nm ³ /日	表資 2-18 のように設定	

表 4-2 に示される計算結果は、以下の計算式をもちいて求めることができる。消化槽への汚泥投入量や濃度等の計算条件が異なる場合にも適用可能である。

高濃度濃縮回収率，精製ガスメタン濃度，脱水汚泥含水率としては，実証研究結果に基づき，それぞれ 95%，95%，80% をもちいる。既存の消化槽がない等により，VS 分解率，投入 VS 当たりバイオガス発生量，バイオガスメタン濃度の実績値がない場合は，それぞれ 55%，500 Nm³/t，60% と仮定する。

$$\text{分解有機物量 (t-VS/日)} = \text{有機物量 (t-VS/日)} \times \text{高濃度濃縮回収率 (\%)} \times \text{VS 分解率 (\%)} / 100$$

$$\text{消化汚泥中有機物量 (t-VS/日)} = \text{有機物量 (t-VS/日)} \times \text{高濃度濃縮回収率 (\%)} - \text{分解有機物量 (t-VS/日)}$$

第1節 導入計画

消化汚泥中固形物量(t-ds/日) = 固形物量(t-ds/日) - 分解有機物量(t-VS/日)

バイオガス発生量 (Nm³/日) = 有機物量(t-VS/日) × 高濃度濃縮回収率(%) × 投入VS当たりバイオガス発生量(Nm³/t-VS)

精製ガス量(Nm³/日) = バイオガス発生量 (Nm³/日) × バイオガスメタン濃度(%) / 精製ガスメタン濃度(%)

脱水汚泥量 (t-wet/日) = 100 / (100 - 脱水汚泥含水率(%)) × 消化汚泥中固形物量 (t-ds/日) × 脱水機回収率(%) / 100

§ 26 施設計画の検討

施設計画の検討に際しては、以下の項目について検討を行う。

- (1) 構成設備の諸元設定
- (2) 適用法令の確認
- (3) 配置計画

【解説】

(1) 構成設備の諸元設定

基本計算を基に、プロセスを構成する主要設備についての諸元（型式、能力、使用条件等）を設定する。

(2) 適用法令の確認

本技術の導入に当たっては、以下に示す法令が適用され、事前の確認および定められた手続きが必要となる。

1) 都市計画法

下水処理場は下水道事業として都市計画決定を行い事業認可を受けているが、新たに消化設備を設置する場合は、あらかじめ関係機関と協議・調整しておくことが重要である。

なお、市街化調整区域への小規模水素製造・供給設備の設置については、**開発許可制度運用指針 I-6-2 第1号関係(3)**の水素スタンドに関する規定を参考とすることができる。

2) 景観法

消化設備、バイオガス精製設備等を設置する自治体によっては、景観法が適用される可能性がある。あらかじめ関係機関と協議・調整しておくことが重要である。

3) 建築基準法

新たに消化設備、小規模水素製造・供給設備を設置する場合、用途地域内の立地制限について、あらかじめ建築部局に確認し、必要な手続きを行う必要がある（**法 48 条、別表第二**）。また、消化槽、ガスタンク等の工作物の設置について、建築部局に確認し、必要な手続きを行う必要がある。

4) ガス事業法

バイオガスの供給事業（ガス事業を除く。）または自ら製造したバイオガスを使用する事業を行う者は、**ガス事業法第 105 条**の規定により、準用事業者¹⁾に該当する。したがって、新たに事

業を開始する場合は、管轄の経済産業省産業保安監督部長に準用事業開始届出書の提出が必要となる（**ガス事業法第106条**、**ガス事業法施行規則第169条**）。また、消化槽は「ガス発生設備」に、ガスホルダは「ガスホルダー」にそれぞれ該当するため、消化槽またはガスホルダの設置または変更を行った場合、20日以内に設置（変更）報告書の提出が必要となる（**ガス事業法第171条第1項**、**ガス関係報告規則第3条**）。さらに、消化槽、バイオガス精製装置、およびガスホルダについて、**ガス工作物の技術上の基準を定める省令**および**ガス工作物の技術上の基準の細目を定める告示**で定める技術上の基準に適合するように設置し、維持しなければならない。なお、ガス工作物の技術上の基準を定める省令に定める技術的要件を満たすべき技術的内容を例示したものとして、**ガス工作物技術基準の解釈例**が制定されている。

5) 高圧ガス保安法

小規模水素製造・供給設備を設置する場合、あらかじめ高圧ガス規制部局に確認し、必要な手続きを行う必要がある。なお、本ガイドラインに記載した規模の圧縮水素を製造する者は、**高圧ガス保安法第5条第2項第1号**の規定により、第二種製造者として都道府県知事または指定都市の長に届出を行う必要がある。また、本ガイドラインに記載した規模（300 Nm³以上1,000 Nm³未満）の高圧ガス（圧縮水素等）を貯蔵する者は、**高圧ガス保安法第17条の2**の規定により、第二種貯蔵所の届出も行う必要がある。

6) 消防法

余剰ガス燃焼装置、小規模水素製造装置、消化槽加温設備（温水ヒータ）等を設置する場合、火災予防条例に基づく届出を行う必要がある。また、新たに消化設備を設置する等により、消化槽立ち上げ時の加温燃料としてLPGを利用する場合、貯蔵の届出が必要となる。

また、本ガイドラインに記載した規模（300 Nm³以上）の高圧ガスを貯蔵する場合、危険物の製造所、貯蔵所、取扱所に対して20 m以上の距離を確保する必要がある（**危険物の規制に関する規則第12条第2号**）。

7) 労働安全衛生法

ゲージ圧力0.2 MPa以上の気体をその内部に保有する容器（第一種圧力容器を除く。）で、内容積が40 L以上のものは、第二種圧力容器に該当するため、個別検定合格品を使用する必要があるほか、1年ごとに定期自主検査を行う必要がある。また、危険場所に設置する電気設備は、防爆電気設備を使用する必要がある。

8) 振動規制法

バイオガス精製装置のバイオガス圧縮機等に関して、振動規制法の適用について環境規制部局に確認し、必要な手続きを行う必要がある。

9) フロン類の使用の合理化及び管理の適正化に関する法律（フロン排出抑制法）

省エネ型バイオガス精製設備の冷却装置、小規模水素供給装置のプレクーラ等、フロンを使用する機器については、四半期に1回の簡易点検を行う必要がある。また、所定の電動機容量以上の機器については、1年ごとに有資格者による点検を行う必要がある。

10) 大気汚染防止法

消化槽加温設備として温水ヒータを設置する場合、ばい煙発生施設に該当する可能性があるため、あらかじめ関係機関と協議・調整しておくことが重要である。なお、本ガイドラインに記載した小規模水素製造装置（水素製造能力 25 Nm³/h）の改質器はガス発生炉であるものの、バーナーの燃焼能力が政令で定める規模要件より小さいため、ばい煙発生施設には該当しない（大気汚染防止法施行令第2条，別表第一）。

（3）配置計画

高圧ガス設備である水素供給設備，ならびに，ガス工作物の技術上の基準を定める省令の適用を受ける工作物である消化槽，バイオガス精製装置，およびガスホルダと，火気取扱設備（バイオガス発電設備，余剰ガス燃焼装置）との距離等，法令に基づく離隔距離，また，配管，メンテナンス・建設工事スペース等を考慮して，配置検討を行う。参考としてケーススタディーを実施した規模別のシステム全体の概算設置面積を表4-3に示す（詳細については資料編2「ケーススタディー」参照）。

表4-3 概算設置面積（参考）

処理規模（日最大流入下水量）	m ³ /日	50,000	35,000	20,000
高濃度消化設備	m ²	1,300	1,190	1,080
バイオガス精製設備	m ²	257	278	270
バイオガス発電設備	m ²	258	230	224
水素製造・供給設備	m ²	233	252	246
総面積	m ²	2,048	1,950	1,820

§ 27 導入効果の検証

§ 25 の基本計算結果， § 26 で検討した施設計画に基づいて，第3章で評価した導入効果の再検討を行い，目的とする導入効果が得られるか検証する。

【解説】

§ 25 の基本計算結果， § 26 で検討した施設計画に基づいて，総費用，エネルギー収支，CO₂排出量，その他の効果について，簡易算定式あるいは積み上げによる再検討を行い，導入効果が得られるか検証する。

(1) 総費用

(2) エネルギー収支

(3) CO₂ 排出量

(4) その他の効果

§ 28 導入計画の策定

前項までに行った施設計画と導入効果の検証に基づいて、施設計画、導入効果、計画上の留意点を盛り込んだ導入計画をとりまとめる。

【解説】

これまでの検討結果に基づいて、本技術の導入に関する導入計画書を作成する。導入計画書には、基本条件、基本計算結果、施設計画に加え、導入効果の検証結果、計画上の留意点を含めてとりまとめる。

第2節 施設設計

§ 29 高濃度消化設備の設計

基本計算に基づいて設定した構成設備の諸元により，高濃度消化設備の設計を行う。

- (1) 高濃度濃縮装置の設計
- (2) 高濃度消化槽の設計

【解 説】

(1) 高濃度濃縮装置の設計

高濃度濃縮装置は消化槽投入汚泥を原料汚泥 TS=8%相当まで濃縮するものである。初沈汚泥，余剰汚泥および返送消化汚泥の混合汚泥に対して安定した濃縮性能が得られることから，型式はスクリー式とする。

高濃度濃縮装置の処理能力は，投入汚泥の日最大固形物量に基づいて算出するが，台数は点検または故障時を考慮して，2台以上とする。例えば，初沈汚泥，余剰汚泥の日最大固形物量の合計が8.5 t-ds/日，返送消化汚泥（NH₄-N濃度を低減する必要があるとき）の固形物量が6.8 t-ds/日のとき，

$$(8.5+6.8) \div 24 \text{ 時/日} \div 2 \text{ 台} = 0.32 \text{ t-ds/時} \cdot \text{台} \rightarrow 350 \text{ kg-ds/時} \cdot \text{台} \times 2 \text{ 台とする。}$$

消化汚泥の返送率は，消化槽内 NH₄-N濃度が2,000 mg/L以下となるように定める。初期返送率は表4-4から設定する。例えば，消化槽投入汚泥※の T-N濃度が5,000 mg/Lのとき，初期返送率は2%とする（消化槽有効容積が1,000 m³のときは20 m³/日）。初期返送率で NH₄-Nが2,000 mg/L以下まで下がらない場合は，あるいは，2,000 mg/Lより十分低い場合は，T-Nから NH₄-Nへの転換率が仮定と異なるため返送率を0.5ポイント刻みで増減させ，1,500～2,000 mg/L程度で安定するようにする。

$$\text{※消化槽投入汚泥 T-N(mg/L)} = \text{原料汚泥 T-N(mg/L)} \div \text{原料汚泥固形物濃度(\%)} \times 8\%$$

表4-4 消化汚泥の初期返送率

消化槽投入汚泥 T-N(mg/L) ※原料汚泥の8%濃縮後	初期返送率 (消化槽容積に対し)
4,000 mg/L	返送なし
4,500 mg/L	1%
5,000 mg/L	2%
5,500 mg/L	3%

(2) 高濃度消化槽の設計

高濃度消化槽では中温消化 (38~40℃) を行う。高濃度消化槽の有効容量は式 (4・1) によって求める。

$$V = Q \cdot T \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 1)$$

ここで、

V : 高濃度消化槽有効容量 (m³)

Q : 消化槽投入汚泥量 (m³/日), 返送消化汚泥を含まない原料汚泥 TS=8%相当の日最大値。

T : 消化日数 (日), 日最大投入汚泥量時に 16 日を下回らない日数とする。

投入汚泥の固形分濃度, 有機分濃度をそれぞれ TS (%), VS (%) とし, 式 (4・1) をもちいると, 有機物容積負荷 L (kg/m³/日) と消化槽投入汚泥量 Q (m³/日), 消化槽有効容量 V (m³) の間には, 式 (4・2) の関係がある。

$$L = Q \times TS / 100 \times VS / TS \times 1000 \div V$$

$$= TS / 100 \times VS / TS \times 1000 \div T \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 2)$$

実証結果に基づき有機物容積負荷 L は 4.4kg/m³/日以下とするため, 消化日数 T は以下の式 (4・3) を満たす範囲で設定する。

$$T \geq TS / 100 \times VS / TS \times 1000 \div 4.4 \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 3)$$

投入汚泥が TS=8%, VS/TS=0.88 のとき, $T \geq 16$ となるため, 一般的な汚泥であれば, $T=16$ (日) とすることにより, 式 (4・3) を満足することができる。

なお, 消化槽 1 槽当たりの有効容量 5,000 m³ までは実証施設 (槽容積 1,000 m³) と相似での製作が可能である。5,000 m³ を超える容量については攪拌性能を個別に検討したうえで設計を行う。

高濃度消化槽は鋼板製 (全溶接円筒形貯槽) とする。形状および構造は, 以下のとおりとする。

1) 形状

鋼板製消化槽の形状は円筒形とし, 内径と有効水深との割合は 1 : 1 程度とする。底部は平底とする。

2) 構造

消化槽の構造は, 全溶接鋼板製とする。耐食性を考慮し, 消化槽内面に防食塗装を施工する。熱の放散を防ぐため, 消化槽外面に保温材を施工する。保温材は, 断熱性能に優れたポリスチレンフォームを標準とする。汚泥の投入管, 引抜管等を設ける。

3) 攪拌

攪拌機は, 高濃度消化槽内の温度分布の均一化および汚泥の均質化を図るため, 高濃度に対応したインペラ式機械攪拌機とし, 槽外部に設置するポンプによる循環を併用する。次の事項を考慮する。

- ・ 正転運転およびし渣絡みつき・堆積物蓄積防止のための逆転運転が可能なものとする。

- ・消化槽内に設置するインペラ，駆動軸等は，金属製で耐食性および耐久性に優れたものとする。駆動軸が大気中から消化槽内に貫通しているため，バイオガスが外部に漏えいしない軸封構造とする。

4) 加温

加温は間接加温方式とする。消化槽の外部に消化汚泥熱交換器を設置し，熱供給源と消化汚泥熱交換器とを循環する温水によって，消化槽と消化汚泥熱交換器とを循環する汚泥を間接的に加温する。

消化汚泥循環ポンプの吐出量は，加温に必要な熱収支から求められる汚泥循環量と，消化槽循環回数から求められる汚泥循環量の，いずれか大きい方の値にて決定する。

① 熱収支から必要となる汚泥循環量

$$Q_{Sc} = \frac{3,600 Q_{max}}{\rho_s \cdot C_s (T_s' - T_s)} \dots\dots\dots (4 \cdot 4)$$

ここで，

Q_{Sc} : 消化汚泥循環量 (m³/h)

Q_{max} : 鋼板製消化槽の加温最大熱量 (kW)

ρ_s : 汚泥密度 (=1,000 kg/m³)

C_s : 汚泥比熱 {=4.186 kJ/(kg・K)}

T_s' : 消化汚泥熱交換器出口汚泥温度 (K)

T_s : 消化汚泥熱交換器入口汚泥温度 (K)

② 消化槽循環回数から必要となる汚泥循環量

$$Q_{Sc} = V \frac{n}{24} \dots\dots\dots (4 \cdot 5)$$

ここで，

Q_{Sc} : 消化汚泥循環量 (m³/h)

V : 鋼板製消化槽有効容量 (m³)

n : 鋼板製消化槽循環回数 (=0.5回/日)

消化汚泥循環ポンプの能力算出に当たってもちいる式(4・5)の消化槽循環回数の値は，**汚泥消化タンク改築・修繕技術資料** p.109 (財団法人下水道新技術推進機構)における計算例に準じて，0.5回/日とすることができる。

③ 消化汚泥循環ポンプ吐出量

式(4・4)で求めた熱収支から必要となる汚泥循環量と、式(4・5)で求めた消化槽循環回数から必要となる汚泥循環量とを比較し、値が大きい方を採用する。なお、消化汚泥循環ポンプの吐出量には、20%程度の余裕を見込む。

④ 消化汚泥熱交換器伝熱面積

消化汚泥熱交換器の伝熱面積は、式(4・6)によって求める。

$$A = \frac{1000 \cdot Q_{max}}{K \cdot \Delta T} \times 1.2 \dots\dots\dots (4 \cdot 6)$$

ここで、

A : 消化汚泥熱交換器の伝熱面積 (m²)

Q_{max} : 鋼板製消化槽の加温最大熱量 (kW)

K : 総括伝熱係数 {W/ (m²・K)}

$$\Delta T : \text{対数平均温度差} \left(\frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\Delta T_1 / \Delta T_2)} \right) \quad (K)$$

ΔT₁ : 消化汚泥熱交換器の入口温水温度 T_w と出口汚泥温度 T_s' との差 (K)

ΔT₂ : 消化汚泥熱交換器の出口温水温度 T_w' と入口汚泥温度 T_s との差 (K)

なお、式(4・6)中の1.2は総括伝熱係数の変動に対する余裕を考慮した値である。

消化汚泥熱交換器での汚泥循環量を Q_{sc} (m³/h)、温水循環量を Q_w (m³/h) とすれば、T_s' および T_w' は式(4・7)、(4・8)によって求めることができる。

$$T'_s = T_s + \frac{Q_{max}}{\rho_s \frac{Q_{sc}}{3,600} \cdot C_s} \dots\dots\dots (4 \cdot 7)$$

$$T'_w = T_w - \frac{Q_{max}}{\rho_w \frac{Q_w}{3,600} \cdot C_w} \dots\dots\dots (4 \cdot 8)$$

ここで、

ρ_s : 汚泥密度 (=1,000 kg/m³)

ρ_w : 温水密度 (=1,000 kg/m³)

C_s : 汚泥比熱 {=4.186 kJ/ (kg・K)}

C_w : 温水比熱 {=4.186 kJ/ (kg・K)}

5) その他

消化槽は、ガス事業法における「ガス発生設備」、「ガス発生器」に該当するため、ガス工作物の技術上の基準を定める省令に適合するものでなければならない。

また、ガス工作物の技術上の基準の細目を定める告示 第2条第1項の規定により、事業場の境界線に対して、消化槽の外側から5m以上の離隔距離を有する必要がある。

§ 30 省エネ型バイオガス精製設備の設計

基本計算に基づいて設定した構成設備の諸元により、省エネ型バイオガス精製設備の設計を行う。

- (1) バイオガス精製装置の設計
- (2) 中圧ガスホルダの設計

【解説】

(1) バイオガス精製装置の設計

バイオガス精製装置は、バイオガスを発電機燃料、水素製造原料等として有効利用するために、メタン濃度を高めるとともに、硫化水素、シロキサン、水分の除去が可能なものとする。バイオガスの発生量に基づいて、必要となる処理量を決定する。

1) 型式

精製方式は、高圧水吸収法とする。

2) 性能

バイオガス精製装置は、表4-5に示される標準的な管理値を満足する、高品位な精製ガスを供給できるものとする。

表4-5 精製ガス標準管理値

成分	メタン	硫化水素	水分（露点）	シロキサン
単位	%	ppm	℃	mg/Nm ³
管理値	95 以上	0.1 以下	-50 以下	1.0 以下

3) 構造

ガス事業法に基づくガス工作物の技術上の基準を定める省令に従うとともに、最高使用圧力0.2 MPa以上、かつ、内容積40 L以上の圧力容器である吸収塔、減圧塔および除湿器は、労働安全衛生法に基づく第二種圧力容器とする。

バイオガス圧縮機は、バイオガスを0.7 MPa程度まで昇圧可能な容積式圧縮機（流量調整のため回転数制御可能）とし、冷却方式は水冷式とする。硫化水素および水分を含むバイオガスによって腐食されない構造および材質とする。

吸収塔は、材質SUS316L相当の円筒形容器で、下部から昇圧されたバイオガスを供給し、上部から供給される循環水と向流接触させる。また、バイオガスと循環水を効率良く接触させるため、充填物を内蔵する構造とする。

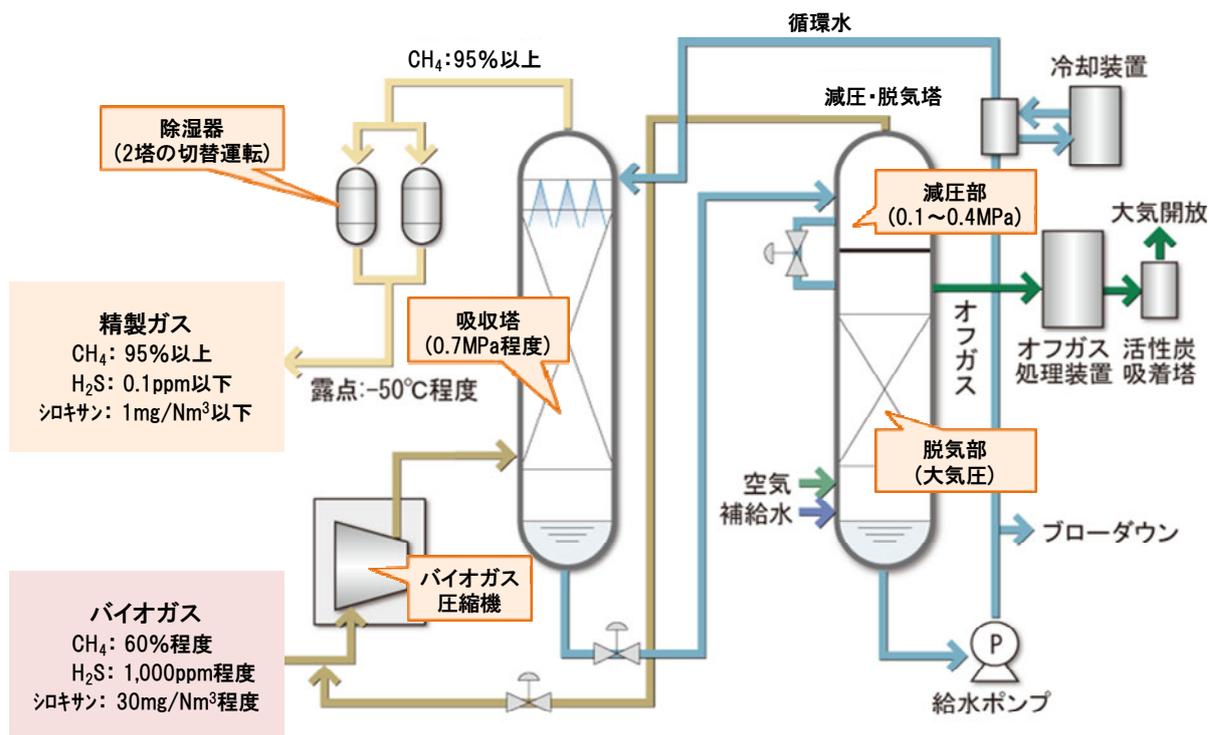


図4-2 バイオガス精製装置の構造

除湿器は、2塔式の円筒形容器で、吸着材を内蔵する。吸収塔でメタン濃度が高められたバイオガスから水分を除去するとともに、吸収塔で除去されなかったシロキサンを吸着除去するもので、2塔の切替によって連続的に運転可能な構成とする。運転待機側の除湿器には、再生ガスヒータで所定温度に加温した精製ガスを供給し、吸着材を再生させる。

給水ポンプは、内圧0.7 MPa程度の吸収塔の頂部に循環水を供給可能な多段ポンプ（流量調整のため回転数制御可能）とする。

減圧・脱気塔は、材質 SUS316L 相当の円筒形容器で、上部が減圧部、下部が脱気部である。吸収塔下部から抜き出された循環水を減圧部で0.1~0.4 MPa程度に減圧した後、脱気部の上部に供給する。脱気部は充填物を内蔵しており、脱気ブロウによって脱気部下から送り込まれる空気と循環水が向流接触することにより、循環水を再生させる。

冷却装置は、循環水へのガス溶解効率を高めるため、循環水を所定温度にまで冷却可能な空冷式チラーとする。

循環水の補給は上水で行うものとし、給水ユニットをもちいて補給する。

4) その他

吸収塔、減圧・脱気塔および循環水配管は、保温材で覆い、外気の熱による循環水の温度上昇をできるだけ抑制する。再生ガスヒータ、除湿器および付属配管は、放熱低減および火傷防止のため、保温材で覆う。

ガス工作物の技術上の基準の細目を定める告示 第2条第3項の規定により、事業場の境界線に対して、バイオガス精製装置の外面から3 m以上の離隔距離を有する必要がある。

また、**ガス工作物技術基準の解釈例** 第8条の規定により、火気取扱設備（ボイラ、燃焼炉、焼却炉、喫煙室等）に対して8 m以上の距離を有する必要がある。

（2）中圧ガスホルダの設計

中圧ガスホルダは、バイオガス精製装置から供給される精製ガスを貯留するものであり、以下の各項目を考慮して定める。

1) 型式

バイオガス精製装置における高圧水吸収方式の精製圧力を活用して中圧式とする。常用圧力は、0.7 MPa程度とし、最高使用圧力は、1 MPa未滿（0.97 MPa程度）とする。

2) 容量

ガスホルダの幾何容積（容器容積）と貯蔵量との関係は、式（4・9）で求められる。

$$Q = (10 \cdot P + 1) \times V \cdots \cdots \cdots (4 \cdot 9)$$

ここに、

Q ：貯蔵量（Nm³）

P ：貯蔵圧力（MPa）

V ：幾何容積（m³）

「下水道施設計画・設計指針と解説 後編－2019年版－」に記載されているとおり、バイオガスを発電等で常時利活用し、消費量も安定している場合には、ガスホルダの容積をその用途により決定することができる。貯蔵圧力の上限はバイオガス精製装置の精製圧力である0.7 MPa、貯蔵圧力の下限は利活用装置への供給圧力（小規模水素製造装置の場合、0.15 MPa程度）であり、その上下限での貯蔵量の差が有効貯蔵量に相当し、精製ガス量の6時間分程度とすることができる。

3) 形状

円筒形とし、完成品のトラック輸送が可能な寸法とする。

4) 構造

ガス事業法に基づく**ガス工作物の技術上の基準を定める省令**に従うとともに、**労働安全衛生法**に基づく第二種圧力容器とする。

安全対策として、安全弁のほか、地震時等に閉止する緊急遮断弁を設ける。

5) その他

ガス事業法における「ガスホルダー」に該当するため、**ガス工作物の技術上の基準を定める省令**に適合するものでなければならない。バイオガス精製装置と同様に、第二種圧力容器の個別検定合格品とする。

また、**ガス工作物の技術上の基準の細目を定める告示** 第2条第1項の規定により、事業場の境界線に対して、中圧ガスホルダの外面から10 m以上の離隔距離を有する必要があるほか、**ガス工作物技術基準の解釈例** 第8条の規定により、火気取扱設備（ボイラ、燃焼炉、焼却炉、喫煙室等）に対しても8 m以上の距離を有する必要がある。

ガス工作物技術基準の解釈例 第76条第5号および第90条第2号の規定により、遠隔操作可能な緊急遮断装置で停電時も機能が失われないものをガスの受入配管および送出配管に設ける必要がある。

§ 31 小規模水素製造・供給設備の設計

基本計算に基づいて設定した構成設備の諸元により、小規模水素製造・供給設備の設計を行う。

- (1) 水素製造装置の設計
- (2) 水素供給装置の設計

【解説】**(1) 水素製造装置の設計**

1) 型式

水素原料は精製ガスとし、水素製造方式は水蒸気改質法とする。

2) 装置能力

都市ガス原料仕様のラインナップから水素必要量に応じて選定する。新規需要創出を考慮した小規模水素製造を想定する場合、最小規模（水素製造能力 25 Nm³/h）を選定する。燃料電池自動車向けに利用する場合、製品水素の品質は ISO 国際規格（ISO 14687 Grade D）に定める水素品質を満足するものとする。

改質部、精製部を含む本体ユニットと、水素原料である精製ガスを昇圧する原料圧縮機ユニット、製品ガス純度を管理するための CO 分析計、および、改質部に供給する純水を製造する純水装置ユニットを有する。

運転制御は動力制御盤にて行い、起動、停止、待機運転等のモード切替はタッチパネルや監視用パソコンの操作により、全自動で行うことができる。ガス漏れ等の重故障が発生した場合は、安全措置として電源供給を遮断し系内を窒素パージする。その他の停止時は、水素パージを行い自動停止する。

(2) 水素供給装置の設計

圧縮機処理能力 30 Nm³/日未満の圧縮水素スタンドであり、高圧ガス保安法に基づく技術上の基準として、一般高圧ガス保安規則第 12 条の 2 が適用される。構成機器の基本仕様は表 4-6 のとおりとする。

表4-6 水素供給装置の基本仕様

圧縮機	種類	油圧駆動式
	圧縮段数	二段圧縮
	冷却方式	水冷式
	吸込圧力	0.5 MPa
	吐出圧力	40.0 MPa
	法定処理能力	30 Nm ³ /日未満
蓄圧器	容器種類	特定則容器, 複合容器 (TypeⅢ)
	容器容積×バンク数	300 L × 3バンク
	最高充填圧力	40.0 MPa
ディスペンサー	常用圧力	40.0 MPa
	充填圧力	35.0 MPa
	充填制御	圧縮水素充填技術基準 JPEC-S 0003(2014)に準拠

第5章 維持管理

第1節 高濃度消化の立ち上げ

§ 32 高濃度消化の立ち上げ方法

高濃度消化槽の立ち上げにおいては、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度に注意しながら段階的に負荷を上昇させる。種汚泥として消化汚泥を植種することが望ましい。

【解説】

高濃度消化槽の立ち上げは、種汚泥の植種や運転方法等、通常消化技術と同様の手順で可能である。ただし、原料汚泥 $\text{TS}=8\%$ 相当の高濃度濃縮汚泥を投入することから、特に $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の上昇や、槽内の消化汚泥の高濃度化に伴う攪拌性能の低下に留意が必要である。種汚泥投入後、立ち上げ期間は2ヵ月程度を見込むが、状況によって多少前後することに留意が必要である。

実証試験における立ち上げ結果については、資料編1「実証研究結果」p.122を参照されたい。

(1) 種汚泥

種汚泥なしでも立ち上げは可能であるが、立ち上げ期間が長くなるため、種汚泥があるほうが望ましい。種汚泥は、既存下水処理場の消化汚泥を基本とする。高温消化汚泥、中温消化汚泥のいずれでもよく、また、高濃度消化汚泥でなく固形物濃度1~2.5%程度の消化汚泥でもよい。

(2) 立ち上げ中の運転方法

立ち上げ初期は槽内の汚泥濃度が低いため、投入負荷を定格の10%程度で処理を開始することが望ましい。処理性能として、槽内汚泥中の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が2,000 mg/L以下、VFA濃度(酢酸換算)が200 mg/L以下であることを確認できたところで、投入負荷を徐々に上昇させ、バイオガス発生量、pH、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度、VFA濃度の確認を行うことにより、本技術の安定的な立ち上げが可能である。

(3) 立ち上げ中の留意点

高濃度に濃縮した汚泥を消化槽へ投入することから、立ち上げ中は特に $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の上昇に対する注意が必要である。第2節の表5-2に示す分析頻度を参考に、状況を把握することが望ましい。また、消化槽内の汚泥濃度が徐々に上昇するため、第2節の表5-4に示す攪拌性能についても留意が必要である。

(4) 立ち上げ完了の目安

本技術の立ち上げ完了は、定格負荷での処理において、バイオガス発生量、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度、VFA濃度が管理値を満足したことを目安とする。立ち上げ完了後は、**第2節**に示す運転管理方法に則ることにより、本技術を良好に運用することが可能である。

(5) 保管中の機器に対する留意事項

試運転を開始するまで製作工場、現地等において機器を保管する際に、雨水の浸入等により機器内部に発錆が生じることのないよう留意する。

第2節 運転管理

§ 33 高濃度消化技術の運転管理

高濃度消化技術の運転管理は、以下に示す項目に関して、測定、分析、解析を行い、適正な運転が行われているかを確認する。

- (1) 高濃度濃縮装置
- (2) 高濃度消化槽

【解説】

高濃度濃縮装置においては、初沈汚泥および余剰汚泥の受入流量の比率に応じ、最初に凝集混和槽攪拌回転数、薬品選定等を行うことで、安定した処理性能を維持することが可能である。

高濃度消化槽においては、槽内可視化技術を活用して堆積物の蓄積がないことを確認するとともに、槽内の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が 2,000 mg/L 以下となる運転を行うことで、安定した消化性能の維持が可能である。

本技術の運転は、高濃度濃縮装置および高濃度消化槽ともに基本的には自動運転であるが、それぞれ各種測定・分析等を行うことで運転状況をより正確に把握し適切に管理することが可能である。

(1) 高濃度濃縮装置

高濃度濃縮装置の主な運転管理項目を表 5-1 に示す。

表5-1 高濃度濃縮装置の主な運転管理項目

測定対象	測定項目	測定方法	測定頻度	管理値
初沈汚泥	受入流量	電磁流量計	連続	
	TS	現場測定	2回/週程度	
	TS, VS, T-N, NH ₄ -N, T-P, COD _{cr}	依頼分析	1回/月程度	
余剰汚泥	受入流量	電磁流量計	連続	
	TS	現場測定	2回/週程度	
	TS, VS, T-N, NH ₄ -N, T-P, COD _{cr}	依頼分析	1回/月程度	
返送消化汚泥 (高濃度消化槽出口)	返送消化汚泥量	電磁流量計	連続	
	TS	現場測定	2回/週程度	
	TS, VS, T-N, NH ₄ -N, T-P, COD _{cr}	依頼分析	1回/月程度	
高濃度濃縮装置供給汚泥 (高濃度濃縮装置供給汚泥貯留槽出口)	TS	汚泥濃度計	連続	
	TS,	現場測定	2回/週程度	
	TS, VS, NH ₄ -N	依頼分析	1回/月程度	
高濃度濃縮汚泥 (高濃度濃縮装置出口)	TS	汚泥濃度計	連続	原料汚泥 TS=8%相当
	TS	現場測定	2回/週程度	原料汚泥 TS=8%相当
	TS, VS, T-N, NH ₄ -N, T-P, COD _{cr}	依頼分析	1回/月程度	
濃縮分離液	流量	電磁流量計	連続	
	SS, T-N, NH ₄ -N, T-P, COD _{cr}	依頼分析	1回/月程度	

(2) 高濃度消化槽

投入汚泥、消化汚泥およびバイオガスについて、表5-2に示す流量および性状を測定し、表5-3に示す管理値に基づいて、消化が良好に行われているかを確認する。NH₄-N濃度が管理値(2,000 mg/L以下)を超えた場合には第4章第2節(1)高濃度濃縮装置の設計により設定した返送率を0.5ポイント刻みで増加させ、NH₄-N濃度の低減を図る。

また、表5-4に示す測定を行うことにより、良好な消化状態を維持するため消化槽内が十分攪拌されているかを確認する。消化槽外壁面温度の測定結果から消化槽底部でのし渣等の堆積が懸念される場合は、攪拌機の逆回転の頻度を増加させる。

表 5-2 高濃度消化槽の主な運転管理項目（消化性能関連）

測定対象	測定項目	測定方法	測定頻度	管理値
投入汚泥 (高濃度濃縮装置出口)	投入汚泥量	電磁流量計	連続	
	TS	汚泥濃度計	連続	原料汚泥 TS=8%相当
	TS	現場測定	2回/週程度	
	TS, VS, T-N, NH ₄ -N, T-P, COD _{cr}	依頼分析	1回/月程度	
消化汚泥 (高濃度消化槽出口)	引抜汚泥量	電磁流量計	連続	
	返送汚泥量	電磁流量計	連続	
	pH, TS	現場測定	2回/週程度	pH : 7~8 程度
	TS, VS, T-N, NH ₄ -N, T-P, COD _{cr} , VFA, アルカリ度	依頼分析	1回/月程度 (立ち上げ期 間は1回/週程 度)	NH ₄ -N:2,000 mg/L 以下 VFA (酢酸換 算) :200 mg/L 以下
バイオガス	発生量	超音波流量計	連続	
	その他は表 5-5 参照			

表 5-3 消化槽管理値

対象	項目	管理値
投入負荷	VS 容積負荷	日最大 4.4 kg/m ³ /日以下
消化性能	VS 分解率	50%以上
	バイオガス量	500 Nm ³ /t-VS 以上
消化汚泥	pH	7~8
	NH ₄ -N	立ち上げ時 : 1,500~2,000 mg/L 定格運転時 : 2,000 mg/L 以下 ※管理値を超える場合は消化 汚泥を高濃度濃縮に返送
	総 VFA (酢酸換算)	200 mg/L 以下

表 5-4 高濃度消化槽の主な運転管理項目（攪拌性能関連）

測定対象	測定項目	測定方法	測定頻度	管理値
消化槽内部	温度（上部，中部，下部）	測温抵抗体	連続	バラツキがないこと
	槽内流速	槽内挿入型電磁流速計 （メーカー点検時に実施）	適宜	
消化槽外壁	壁面温度	赤外線温度計	1回/月程度	

§ 34 省エネ型バイオガス精製技術の運転管理

省エネ型バイオガス精製技術の運転管理は、バイオガス精製装置に関して、測定、分析、解析を行い、適正な運転が行われているかを確認する。

【解説】

省エネ型バイオガス精製装置においては、バイオガス圧縮機の運転圧力、吸収塔での循環水量等を適切に設定することで、安定した処理性能を維持することが可能である。これに加え、バイオガス、精製ガスのそれぞれについて各種測定・分析等を行うことで運転状況をより正確に把握し適切に管理することが可能である。

(1) バイオガス精製装置

バイオガス精製装置の主な運転管理項目を表5-5に示す。

表5-5 バイオガス精製装置の主な運転管理項目

測定対象	測定項目	測定方法	測定頻度	管理値
バイオガス (高濃度消化槽出口)	発生量	超音波流量計	連続	
	CH ₄ , CO ₂	現場分析	適宜	
	CH ₄ , CO ₂ , O ₂ , N ₂ , H ₂ , 硫化水素, シロキサン, 水分	依頼分析	1回/季節	
精製ガス	バイオガス供給量	超音波流量計	連続	
	精製ガス量	オリフィス流量計	連続	
	CH ₄ , CO ₂ , O ₂ , 水分	現場ガス分析計	連続	表4-5 参照
	CH ₄ , CO ₂ , O ₂ , N ₂ , H ₂ , 硫化水素, シロキサン, 水分	依頼分析	1回/季節	

§ 35 小規模水素製造・供給技術の運転管理

小規模水素製造・供給技術の運転管理は、以下に示す項目に関して、測定、分析、解析を行い、適正な運転が行われているかを確認する。

- (1) 水素製造装置
- (2) 水素供給装置

【解説】

本技術は、新規需要創出を考慮した燃料電池自動車向け水素を小規模で供給することを可能とし、都市ガス仕様品の活用、装置のパッケージ化、有資格者不要等によりコスト縮減が期待できる。

運転管理においては、基本的に自動運転であり、異常時には警報が発報されるシステムとなっている。

(1) 水素製造装置

水素製造装置の主な運転管理項目を表5-6に示す。

表5-6 水素製造装置の主な運転管理項目

測定対象	測定項目	測定方法	測定頻度	管理値
精製ガス (水素製造装置入口)	供給量	オリフィス流量計	連続	
水素ガス (水素製造装置出口)	製造量	流量計	連続	
	CO 濃度	赤外線式濃度計	連続	0.2 ppm 以下

(2) 水素供給装置

水素供給装置の主な運転管理項目を表5-7に示す。燃料電池自動車に供給する水素品質の管理については、一般社団法人水素供給利用技術協会が制定している水素品質管理の運用ガイドライン (HySUT-G 0001) を活用することが有効である。

表5-7 水素供給装置の主な運転管理項目

測定対象	測定項目	測定方法	測定頻度	管理値
水素ガス(水素供給装置ディスペンサー)	流入量	流量計	連続	
	水分, 全炭化水素, メタン, O ₂ , He, N ₂ , Ar, CO ₂ , CO, 全硫黄, ホルムアルデヒド, ギ酸, アンモニア, 全ハロゲン	依頼分析	試運転時に1回	ISO 14687 表2-1参照
	水分, 全炭化水素, O ₂ , N ₂ , Ar, CO, 全硫黄, アンモニア	依頼分析	前回の分析後1回/年以上	ISO 14687

第3節 保守点検

§ 36 高濃度消化技術の保守点検

高濃度消化技術の保守点検は、以下に示す項目に関して、定期的に異常の有無の確認、オイル等消耗品の交換等を行う。

- (1) 高濃度濃縮装置
- (2) 高濃度消化槽

【解説】

(1) 高濃度濃縮装置

高濃度濃縮装置の点検内容を表5-8に示す。

表5-8-1 高濃度濃縮装置の点検内容（1/2）

機器名称		点検項目	点検頻度			
			日	週	月	年
初沈汚泥供給ポンプ（既設） 余剰汚泥供給ポンプ（既設） 高濃度濃縮装置汚泥供給ポンプ		異音・異常振動	○			
		潤滑油液位	○			
		電流値	○			
		吐出圧力・流量	○			
		オイル交換				○
高濃度濃縮装置供給汚泥 貯留槽攪拌機		異音・異常振動	○			
		潤滑油液位	○			
		電流値	○			
		オイル交換				○
高濃度濃縮 装置	スクリー部 モータ	異音・異常振動	○			
		電流値	○			
		グリス補給（軸受部，駆動チェーン，スプロケット）			○	
	反応槽攪拌機	異音・異常振動	○			
		電流値	○			
		グリス補給（軸受部，駆動チェーン，スプロケット）			○	

表 5-8-2 高濃度濃縮装置の点検内容 (2/2)

機器名称		点検項目	点検頻度			
			日	週	月	年
薬品溶解装置	給粉機	異音・異常振動	○			
		電流値	○			
	攪拌機	異音・異常振動	○			
		電流値	○			
薬品供給ポンプ		異音・異常振動	○			
		電流値	○			
		吐出圧力	○			

(2) 高濃度消化槽

高濃度消化槽の点検内容を表 5-9 に示す。なお、消化汚泥貯留槽攪拌機については、高濃度濃縮装置汚泥貯留槽攪拌機と同等の点検が必要であるため、表 5-8 を参照されたい。

表 5-9-1 高濃度消化槽の点検内容 (1/2)

機器名称		点検項目	点検頻度			
			日	週	月	年
消化槽汚泥供給ポンプ		異音・異常振動	○			
		潤滑油液位	○			
		電流値	○			
		吐出圧力・流量	○			
		オイル交換				○
高濃度消化槽		発泡 (発泡検知センサ)	○			
		ガス圧力 (微圧計/圧力伝送器)	○			
		板厚				○
高濃度消化槽攪拌機		減速機オイル交換				○
		グリス注入			○	
		異音・異常振動	○			
		潤滑油液位	○			
		軸封水水位	○			
		電流値	○			

表5-9-2 高濃度消化槽の点検内容(2/2)

機器名称	点検項目	点検頻度			
		日	週	月	年
消化汚泥循環ポンプ 消化汚泥引抜ポンプ	摺動部グリス注入			○	
	異音・異常振動	○			
	潤滑油液位	○			
	吐出圧力	○			
	電流値	○			
消化汚泥貯留槽	ガス圧力(微圧計/圧力伝送器)	○			
	板厚				○
温水ヒータ	缶水圧力	○			
	缶水温度	○			
	燃料ガス供給圧力	○			
温水循環ポンプ	摺動部グリス注入			○	
	異音・異常振動	○			
	潤滑油液位	○			
	吐出圧力	○			
	電流値	○			
汚泥熱交換器	圧力(温水/汚泥, 入口/出口)	○			
	温度(温水/汚泥, 入口/出口)	○			
全般	バイオガス管ドレントラップ 水封確認	○			

§ 37 省エネ型バイオガス精製技術の保守点検

省エネ型バイオガス精製技術の保守点検は、以下に示す項目に関して、定期的に異常の有無の確認、消耗品の交換等を行う。

- (1) バイオガス精製装置
- (2) 中圧ガスホルダ

【解 説】

(1) バイオガス精製装置

バイオガス精製装置の点検内容を表5-10に示す。

表5-10-1 バイオガス精製装置の点検内容（1/2）

※は点検項目欄を参照

機器名称	点検項目	点検頻度			
		日	週	月	年
全般	ガス漏れ	○			
バイオガス圧縮機	定期点検（2年ごと）				※
	電動機年次点検整備				○
	異音・異常振動	○			
	吐出圧力	○			
	電流値	○			
	潤滑水流量	○			
	潤滑水フィルタ差圧	○			
高圧水給水ポンプ	年次点検整備				○
	電動機年次点検整備				○
	吐出圧力	○			
	異音・異常振動，水漏れ	○			
	電流値	○			
吸収塔	第二種圧力容器定期自主検査（外観検査）				○
	充填物清掃（2年ごと）				※
	圧力・水位	○			
減圧塔	第二種圧力容器定期自主検査（外観検査）				○
	圧力・水位	○			

表5-10-2 バイオガス精製装置の点検内容（2/2）

※は点検項目欄を参照

機器名称	点検項目	点検頻度			
		日	週	月	年
脱気塔	充填物清掃（2年ごと）				※
	圧力・水位	○			
脱気ブロワ	異音・異常振動	○			
	電流値	○			
除湿器	第二種圧力容器定期自主検査（外観検査）				○
再生ガスヒータ	再生ガス温度（除湿器入口/出口）	○			
	再生ガスフィルタ圧力（入口/出口）	○			
パージ用ファン	異音・異常振動	○			
オフガス処理装置	pH（ドレンポット）	○			
	散水ポンプ 流量	○			
	散水ポンプ 電流値	○			
	散水ポンプ 異音・異常振動	○			
冷却装置	冷凍機年次点検（フィン清掃等）				○
	異音・異常振動	○			
	フロン類使用機器点検（3ヵ月ごと） フロン排出抑制法に基づく点検			※	○
冷却水タンク	水漏れ	○			
冷却水ポンプ	異音・異常振動	○			
	電流値	○			
	吐出圧力	○			
	流量	○			
ガス分析計	年次点検整備				○
	ガス漏れ（ガス漏れ検知器）	○			
	校正ガス残量確認	○			
	サンプルガス流量	○			
脱臭装置	異臭	○			
	脱臭ファン 異音・異常振動	○			
	ドレントラップ 水封確認	○			

(2) 中圧ガスホルダ

中圧ガスホルダの点検内容を表5-11に示す。

なお、中圧ガスホルダの維持管理については、社団法人日本ガス協会発行の**円筒形ガスホルダの手引き**を活用することができる。運転開始後5年以内の開放点検が推奨されており、当該点検時に内面腐食の恐れのないことが確認できれば、管理値を満足する精製ガスはドレンを生じる可能性がないことから、以後10年間は開放点検不要とされている。また、**ガス事業法**に基づく準用事業者が適合を義務付けられている**ガス工作物技術基準**により、緊急遮断弁の定期的な動作確認を行う。

表5-11 中圧ガスホルダの点検内容

機器名称	点検項目	点検頻度			
		日	週	月	年
中圧ガスホルダ	第二種圧力容器定期自主検査（外観検査）				○
	圧力	○			
	温度	○			
	ガス漏れ	○			
緊急遮断弁	動作確認				○

§ 38 小規模水素製造・供給技術の保守点検

小規模水素製造・供給技術の保守点検は、以下に示す項目に関して、定期的に異常の有無の確認、消耗品の交換等を行う。

- (1) 水素製造装置
- (2) 水素供給装置

【解説】

(1) 水素製造装置

水素製造装置の点検内容を表5-12に示す。

表5-12-1 水素製造装置の点検内容（1/2）

機器名称	点検項目	点検頻度			
		日	週	月	年
水素製造装置	第二種圧力容器定期自主検査(外観検査) 対象機器：脱硫器・CO 変成器・ PSA 吸着塔・水素ガスホルダ				○
	製品水素 積算値			○	
	製品タンク圧力	○			
	脱硫器圧力（入口/出口）			○	
	原料加熱器入口圧力			○	
	反応管圧力（入口/出口）			○	
	CO 変成器入口圧力			○	
	改質ガス圧力			○	
	リサイクルガス流量			○	
	オフガスタンク水抜き			○	
	冷却器の損傷（冷却水管サイトグラスで 気泡有無確認）			○	
	電磁弁ナット緩み・異音			○	

表 5-1 2-2 水素製造装置の点検内容 (2 / 2)

機器名称	点検項目	点検頻度			
		日	週	月	年
原料圧縮機	異音・異常振動	○			
	Vベルト緩み・異音	○			
	オイル量	○			
	冷却水量	○			
	ガス漏れ (異臭)	○			
	温度	○			
	圧力 (吸込/吐出) (水素製造時)			○	
	スナッパドレン排出			○	
	潤滑油汚れ確認			○	
	オイル補充			○	
純水装置ユニット	純水ポンプ 吐出圧力	○			
	純水ポンプ 異音	○			
	冷却水量	○			
	水漏れ	○			
	RO水質 (25 μS/cm 以下)	○			
	純水装置出口水質 (1 μS/cm 以下)	○			
CO 分析計	CO 分析値	○			
	サンプルガス流量	○			
水素ボンベ	残圧	○			
	供給圧力	○			
	使用期限			○	
窒素ボンベ	残圧	○			
	供給圧力	○			
	使用期限			○	
計装空気	圧力			○	
	フィルタドレン抜き			○	

(2) 水素供給装置

水素供給装置の点検内容を表5-13に示す。

表5-13-1 水素供給装置の点検内容(1/2)

※は点検項目欄を参照

機器名称	点検項目	点検頻度			
		日	週	月	年
装置全般	ガス漏れ	○			
	開閉表示				○
	ボルト等の緩み				○
	高圧ガス製造所表示・警戒標識				○
	消火器の腐食・損傷等				○
	障壁の損傷等				○
圧縮機ユニット	自動弁の作動状況	○			
	安全弁検査				○
蓄圧器ユニット	容器等の損傷			○	
	自動弁の作動状況	○			
	圧力保持試験(使用の都度)	※			
	安全弁検査				○
	水素配管肉厚測定				○
ディスペンサーユニット	充填制御状況(流量・切替・終了)	○			
	充填ホース・緊急離脱カプラ		○		
	充填ノズル・先端脱圧弁状態		○		
	ユニット内外の損傷等		○		
	充填ホース交換(必要に応じて)				○
空気圧縮機・エアータンク	異音・異常振動	○			
	ON/OFF動作確認	○			
	ドレンタンク水抜き		○		
	フィルタ汚れ		○		
窒素発生器	異音・異常振動	○			
	ON/OFF動作確認	○			
	フィルタ汚れ			○	
冷却塔	塔の損傷等	○			
	水量	○			

表5-13-2 水素供給装置の点検内容（2/2）

※は点検項目欄を参照

機器名称	点検項目	点検頻度			
		日	週	月	年
チラーユニット	異音・異常振動	○			
	ON/OFF動作確認	○			
	フロン類使用機器点検（3ヵ月ごと） フロン排出抑制法に基づく点検			※	○
	ドレンタンク水抜き			○	
	フィルタ汚れ			○	
	冷媒・液媒漏れ点検				○
検知器（ガス・火炎）	作動試験				○
動力制御盤	外観の損傷等	○			
	異音・異常振動	○			
	蓄圧器制御・充填制御状況	○			
	ランプ表示類	○			
	ガス検知器（電源，監視指示状態，損傷等）	○			

第4節 異常時の対応

§ 39 異常時の対応

本技術において、発生しうる異常を事前に想定し、その対応と対策を整理し、異常が発生した際には適切に対処することが必要である。

【解説】

本技術は、自動運転を基本としているが、流入汚泥の性状が急激に変化した場合には運転制御が追従せず処理性能が悪化することが想定される。発生しうる主な異常を表5-14に示す。

なお、これらの異常が発生し装置が停止した場合は、処理場における汚泥処理に支障をきたすことが考えられ、迅速で適切な対応が求められる。

表5-14 想定される異常の原因とその対処方法

	想定される異常	原因	対処方法
高濃度濃縮装置	濃縮汚泥濃度の過低下	・余剰汚泥の流入割合の増加 ・流入固形物濃度の増加	・薬注率設定値を増加させる
	濃縮汚泥濃度の過上昇	・最初沈殿池汚泥の流入割合の増加	・薬注率設定値を減少させる
	SS回収率の低下	・凝集フロックの形成異常	・薬注率設定値を増加させる
高濃度消化槽	NH ₄ -N濃度の上昇	・過負荷（投入汚泥量過多等）	・返送消化汚泥量を増加させる
	VFA濃度の上昇	・過負荷（投入汚泥量過多等）	・投入汚泥量を減少させる
	バイオガス発生量の低下	・過負荷（投入汚泥量過多等） ・消化日数が短い	・投入汚泥量を減少させる
バイオガス精製装置	精製ガス中メタン濃度の低下	・バイオガス発生量の急上昇 ・充填物の汚れ	・循環水量を増加させる ・充填物の洗浄・交換
	精製ガス中硫化水素濃度の上昇	・バイオガス発生量の急上昇 ・充填物の汚れ	・循環水量を増加させる ・充填物の洗浄・交換

資料編

1. 実証研究結果

1. 1. 実証研究概要

(1) 実証施設設置場所

富士市東部浄化センター（所在地：静岡県富士市富士岡南 260 番地-1）

(2) 実証規模

処理場における発生汚泥を全量処理可能な規模（日最大汚泥処理量 5.3 t-ds/日）とした。

(3) 実証期間

平成 30 年 7 月～平成 31 年 3 月（平成 30 年度委託研究期間）

令和元年 6 月～令和 2 年 3 月（令和元年度委託研究期間）

(4) 実証施設仕様

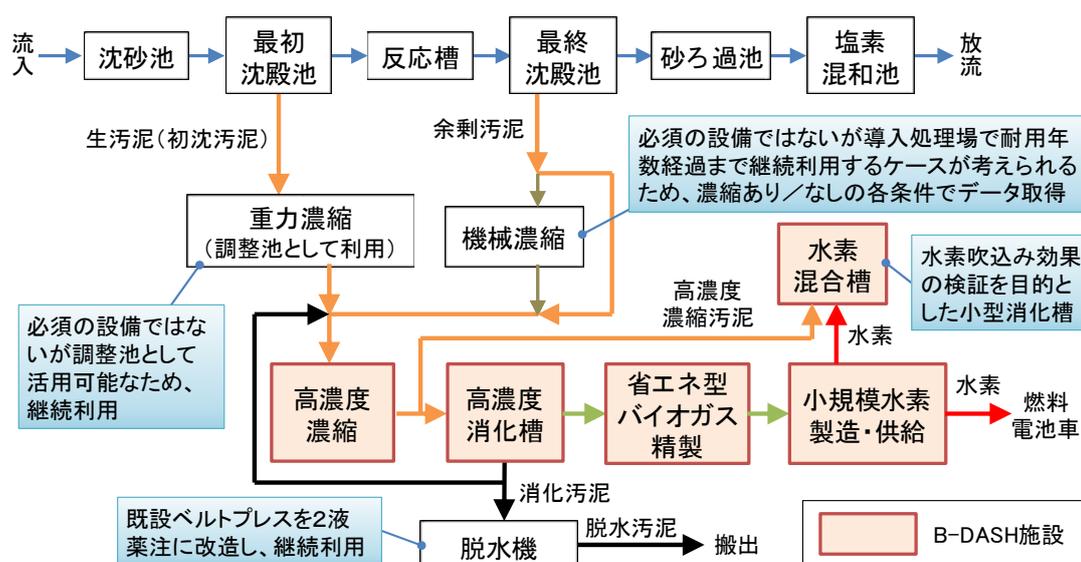
表資 1-1 に実証施設の主な仕様を示す。

表資 1-1 実証施設主仕様

設備名	容量・能力	主仕様
1) 高濃度濃縮設備	350 kg-DS/h×2 基	スクリー式
2) 高濃度消化設備	有効容積 1,000 m ³	鋼板製, インペラ式攪拌機
3) バイオガス精製設備	バイオガス処理量 100 Nm ³ /h	高圧水吸収法
4) 水素製造・供給設備	圧縮機能力 29.75 Nm ³ /日	水蒸気改質, 充填圧力: 35 MPa
5) 高濃度メタン生成設備	有効容積 5 m ³	水素吹込用消化槽

(5) 実証フロー

図資 1-1 に既設を含むフローを示す。



図資 1-1 実証フロー

1. 2. 成果概要

表資 1-2 に実証研究の成果の概要を示す。

表資 1-2-1 成果概要 (1/2)

技術	評価項目	評価指標	目標	成果	
高濃度消化	高濃度濃縮の安定性	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 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
		NH ₄ -N 分離性能	1,500~2,000 mg/L 程度に調整できること	消化汚泥の高濃度濃縮への返送により NH ₄ -N を調整可能であることを確認した。	達成
	高濃度消化の安定性	消化性能	VS 分解率 50%以上, ガス発生量 500 Nm ³ /t-投入 VS 以上	消化槽投入 VS 負荷が日最大 4.4 kg/m ³ /日以下で, VS 分解率 50%以上, 投入 VS 当たりガス発生量 500 Nm ³ /t 以上を達成した。	達成
		攪拌性能	従来技術と同等以上	流速測定で槽内の流動を確認, また, トレーサー試験で消化に影響を及ぼすデッドスペースがないことを確認した。槽内温度も上・中・下部で差はなかった。	達成
		脱水性能	含水率 79%以下 (2 液薬注)	薬注率等の脱水機運転条件の再調整により含水率 79%以下を達成した。	達成
	省エネ型バイオガス精製	精製性能	不純物除去性能	硫化水素 0.1 ppm 以下 シロキサン 1 mg/Nm ³ 以下	四季を通じて目標値を達成した。
低動力性		消費電力	消費電力 30%減 (従来技術水素前処理との比較)	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。	達成
小規模水素製造・供給	システムの安定性	水素製造能力	0.5 Nm ³ -精製ガス/Nm ³ -水素以下	四季を通じて目標値を達成した。	達成
		水素品質	燃料電池自動車燃料品質規格を満たすこと (水素 99.97%以上等)	四季を通じて目標値を達成した。	達成
		充填性能	圧縮水素充填技術基準を満たすこと	試運転時に技術基準への適合を確認した。各季においてバイオガス由来の水素を FCV に充填した。	達成

表資 1-2-2 成果概要 (2/2)

技術	評価項目	評価指標	目標	成果	
高濃度メタン生成	消化槽への水素吹込	バイオガスメタン濃度	バイオガスメタン濃度 5 ポイント上昇	小型槽でバイオガスメタン濃度 5~7 ポイント上昇。古細菌叢の変化も確認した。	達成
		消化性能	実証消化槽と同等以上	水素吹込を行っていない高濃度消化槽と同等の VS 分解率で、VFA の蓄積もなく、消化状況は良好であった。	達成
全体の効果 (FS 等)	費用	総費用 (年価換算値)	従来技術より縮減	日最大 50,000 m ³ /日規模では、総費用、エネルギー収支、CO ₂ 排出量のすべてにおいて目標を達成した。	達成
	省エネ	エネルギー収支	算定範囲でのエネルギー自立 従来技術よりエネルギー収支増加		達成
	省 CO ₂	CO ₂ 排出量	従来技術より削減		達成

1. 3. 実証研究結果

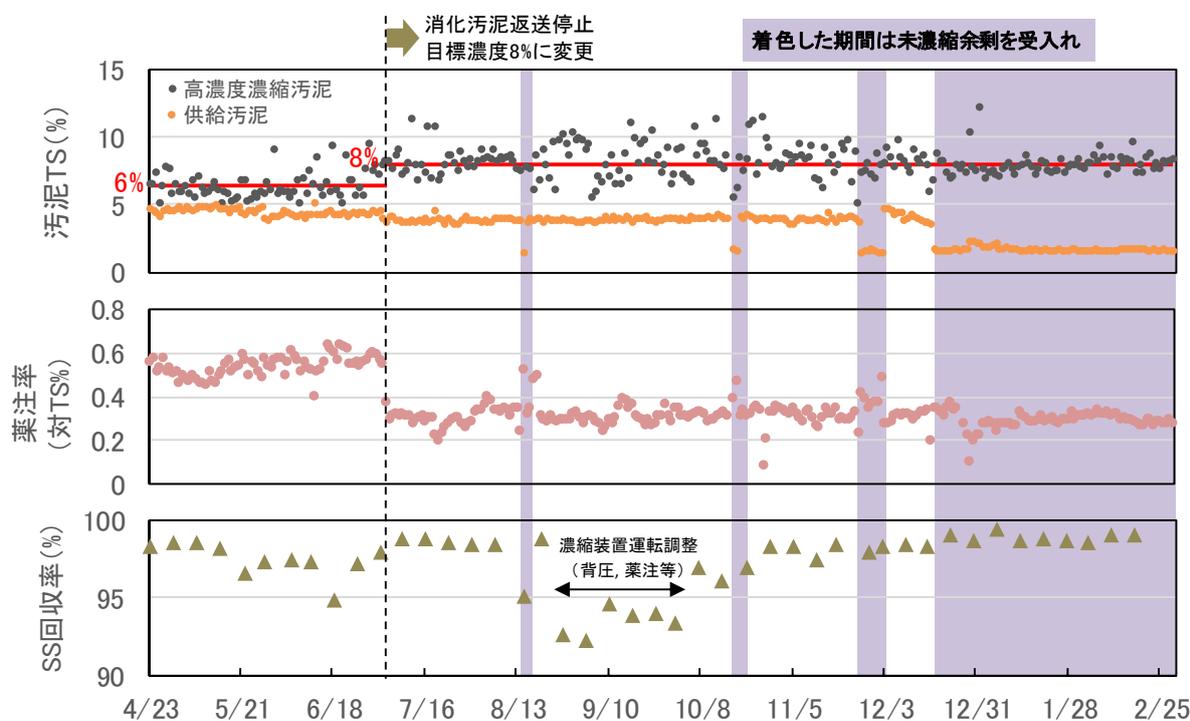
1. 3. 1. 高濃度消化技術

(1) 高濃度濃縮の安定性

1) 濃縮性能

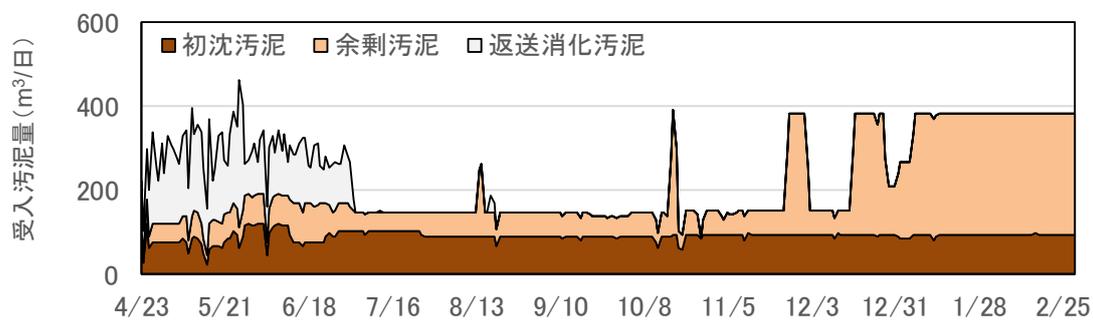
平成 31 年 4 月より定格負荷での濃縮運転を開始し、初沈汚泥、余剰汚泥、返送消化汚泥の混合汚泥を TS=6%以上に濃縮可能であることを確認した（図資 1-2）。NH₄-N がラボ試験による事前検討で設定した上限値以下であったため、7/3 より消化汚泥の返送を停止し、目標濃度を 8%としたが問題なく濃縮することができた。薬注率は、返送消化汚泥の混合割合により 0.3~0.6%対 TS 程度、SS 回収率はおおむね 95%以上を維持した。

余剰汚泥については、既設機械濃縮による濃縮汚泥を受け入れた条件と、革新的技術の基本フローに合わせ未濃縮汚泥（TS=0.8~1.0%）を受け入れた条件（図資 1-2 の着色期間：8/14~15, 10/17~19, 11/25~12/2, および、12/17 以降）の両方で運転を行い、いずれも濃縮可能であることを確認した。

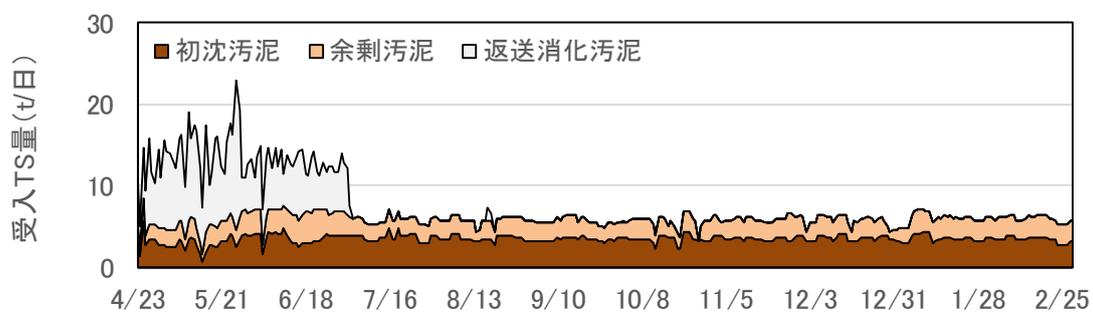


図資 1-2 高濃度濃縮装置での汚泥 TS, 薬注率, SS 回収率

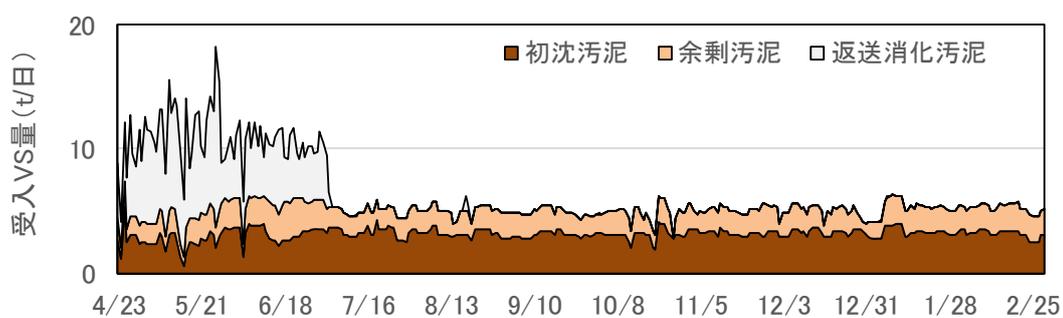
図資 1-3～図資 1-5 に実証施設（高濃度濃縮装置供給汚泥貯留槽）に受け入れた汚泥量，TS 量，VS 量を示す。図資 1-6 に示すように余剰汚泥 TS に対する初沈汚泥 TS 比率は 1.5 程度であった。



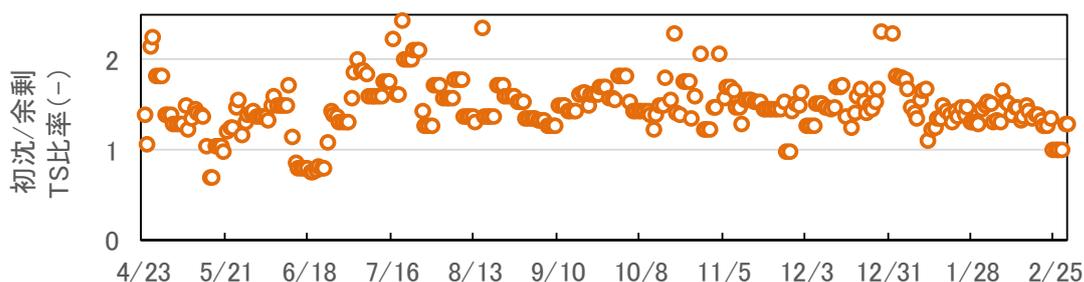
図資 1-3 高濃度濃縮装置供給汚泥貯留槽受入量



図資 1-4 高濃度濃縮装置供給汚泥貯留槽 TS 受入量



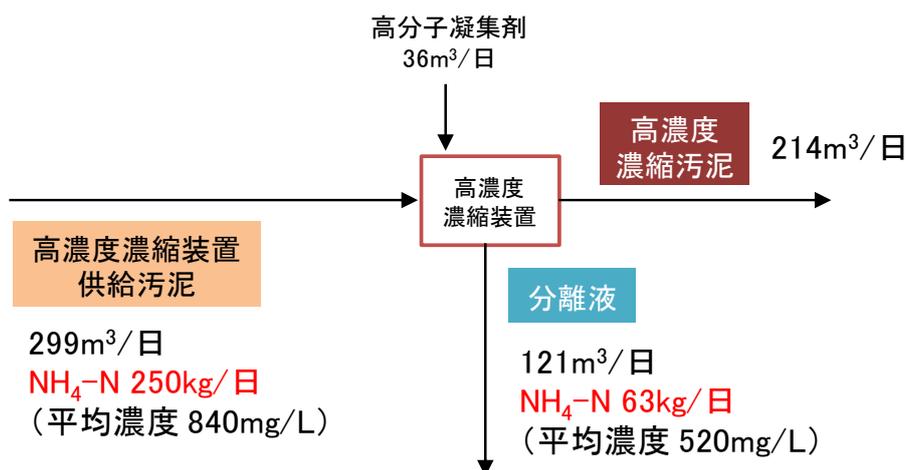
図資 1-5 高濃度濃縮装置供給汚泥貯留槽 VS 受入量



図資 1-6 初沈/余剰 TS 比率

2) NH₄-N 分離性能

定格負荷において、消化汚泥の高濃度濃縮への返送による NH₄-N 分離性能を確認した。高濃度濃縮における NH₄-N 収支 (図資 1-7) から、供給汚泥中の NH₄-N の一部は分離液に溶解して分離されたことが示された。消化汚泥 NH₄-N がラボ試験による事前検討で設定した上限値以下であったため、7/3 より消化汚泥の返送を停止した。



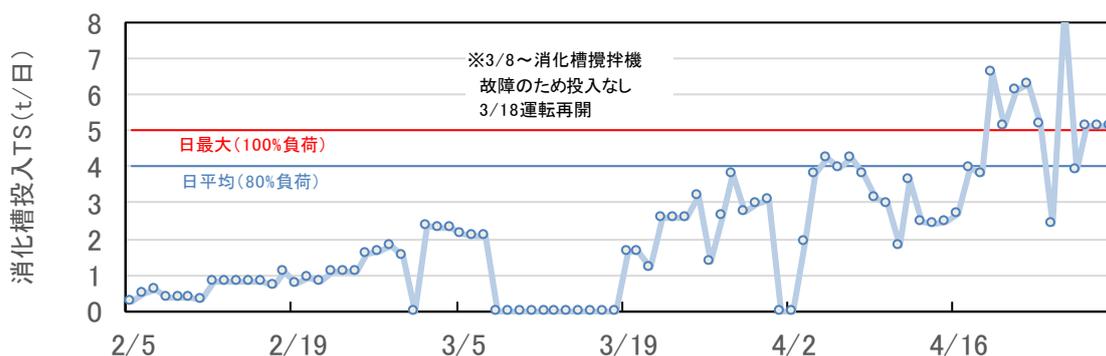
図資 1-7 高濃度濃縮における NH₄-N 収支 (5/1~6/30 の平均)

(2) 高濃度消化の安定性

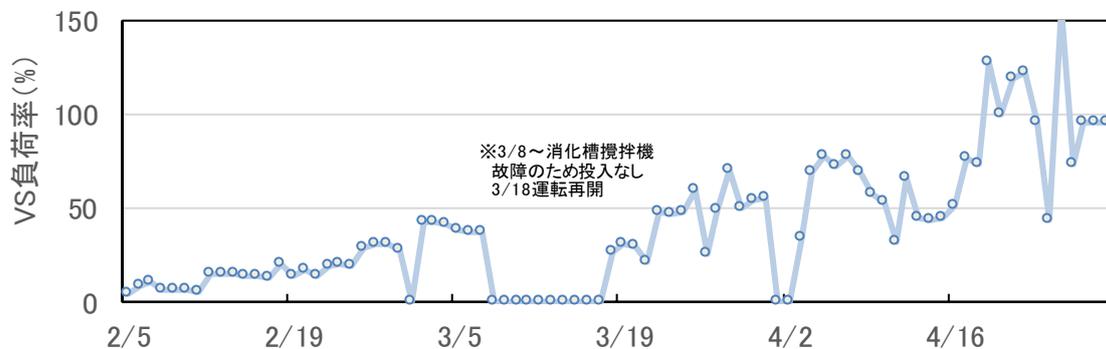
1) 立ち上げ時 (平成 30 年度)

2/1 に種汚泥受入を完了 (満水まで水張りし, 各種計器調整, 攪拌性能の測定等を実施後, 約 500 m³ となるよう排水。その後, 富士市西部浄化センターより移送した高温消化汚泥約 500 m³ を投入), 消化槽内を約 40℃ に保ち, 2/5 より原料汚泥投入を開始した。

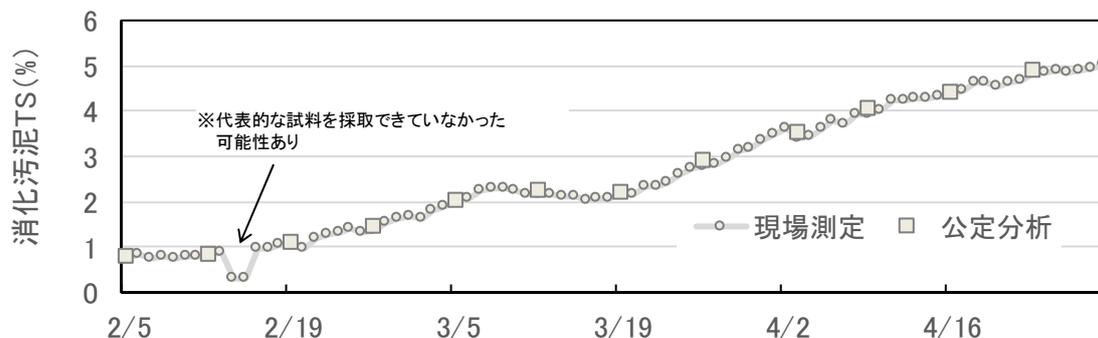
図資 1-8 に消化槽投入 TS 量, 図資 1-9 に VS 負荷率を示す。4/25 に汚泥の全量受入を開始し, 計画負荷におおむね到達するまで立ち上げ期間は約 2 ヶ月であった (消化槽攪拌機減速機故障のため汚泥を投入しなかった 10 日間を除く)。計画負荷到達時は消化汚泥 TS=4~5%, バイオガス量 2,000 Nm³/日程度とおおむね想定値まで上昇した (図資 1-10, 図資 1-11)。



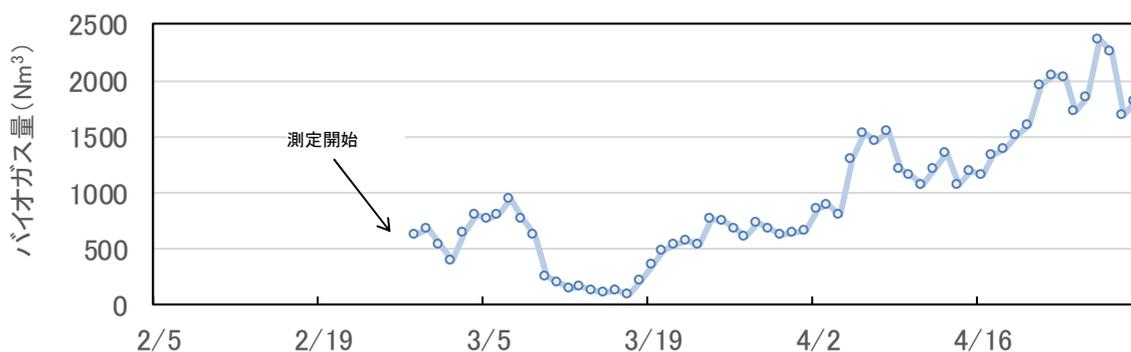
図資 1-8 消化槽投入 TS 量 (立ち上げ時)



図資 1-9 VS 負荷率 (立ち上げ時)



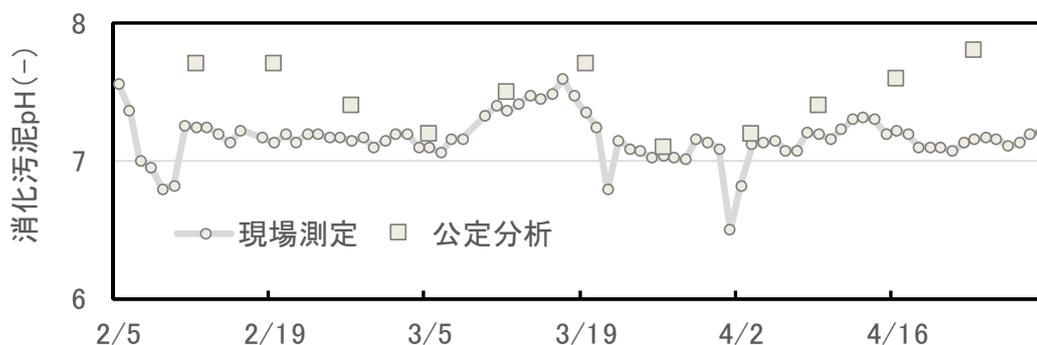
図資 1-10 消化汚泥 TS (立ち上げ時)



図資 1-1 1 バイオガス量 (立ち上げ時)

図資 1-1 2, 図資 1-1 3 に, 立ち上げ期間中の消化汚泥 pH, VFA を示す。おおむね管理値内 (pH : 7 ~8, VFA : 酢酸換算で 200 mg/L 以下) を維持したが, 立ち上げ当初や, メンテナンス作業後の原料投入再開時等, 急な負荷上昇があった際に pH の低下, VFA の上昇が認められた。その場合は, 一時的に汚泥投入量を減らし, 適正なレベルに回復させてから負荷上昇を再開させた。

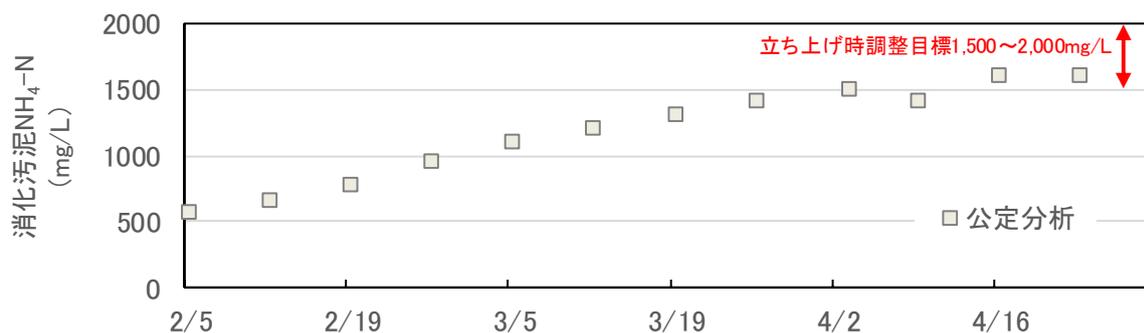
図資 1-1 4 に示すように NH₄-N は高濃度濃縮での NH₄-N 分離効果により, TS より緩やかに上昇しながら立ち上げ時の指標濃度である 1,500~2,000 mg/L に収束した。



図資 1-1 2 消化汚泥 pH (立ち上げ時)



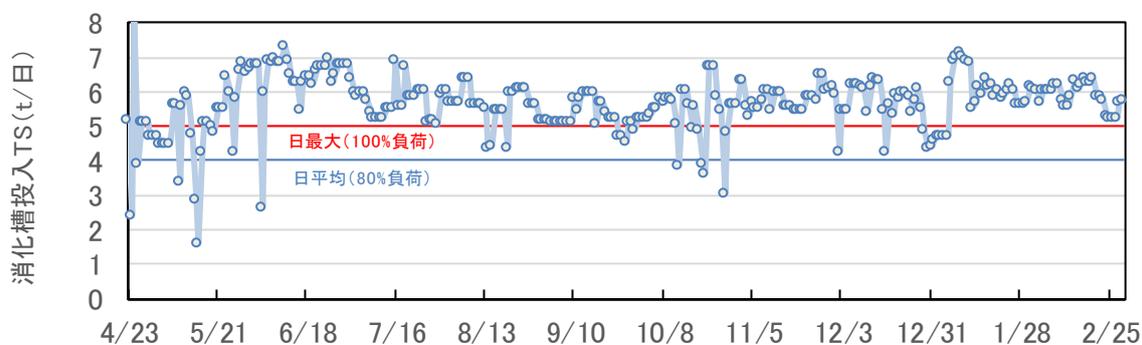
図資 1-1 3 消化汚泥 VFA (立ち上げ時)

図資 1-14 消化汚泥 NH₄-N (立ち上げ時)

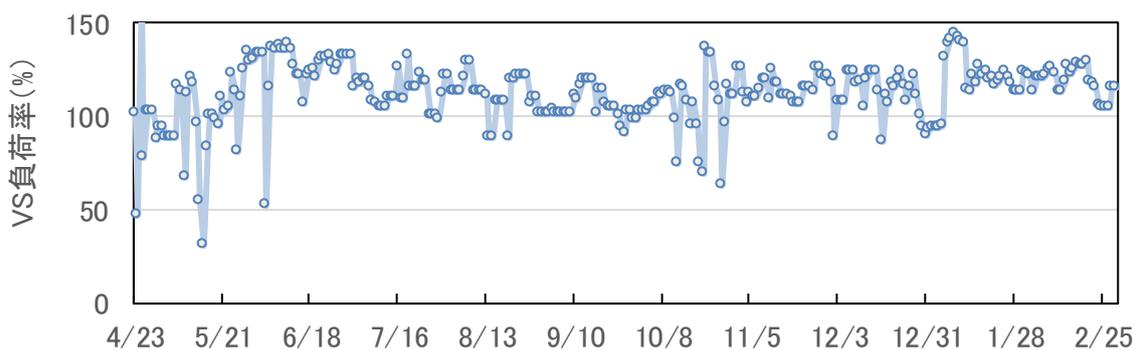
2) 定格時 (平成 31 年度/令和元年度)

発生汚泥の全量処理を開始した 4/25 以降のデータを以下に示す。

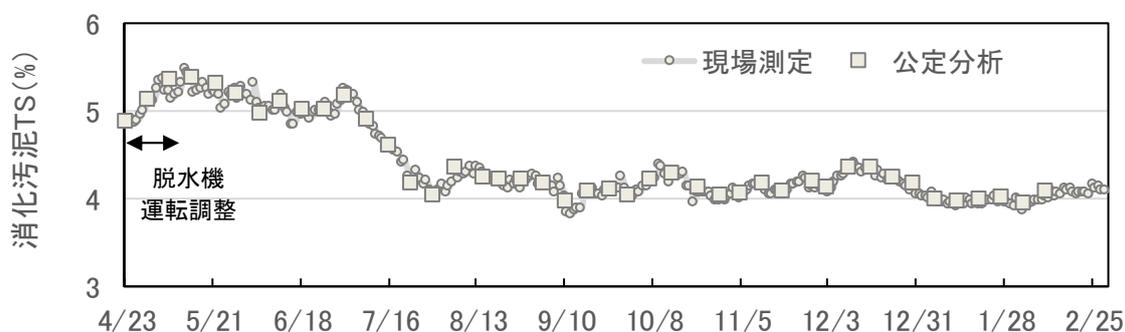
消化槽投入 TS 量, VS 負荷率は, ほぼ全期間にわたり設計の日最大値を上回り, 特に 5~6 月および 11 月以降に高い状況となった (図資 1-15, 図資 1-16)。これは重力濃縮槽における回収率が設計時の想定より高かったためである。消化汚泥 TS は 5~6 月は 5% 前後まで上昇した (図資 1-17)。これは投入負荷が高い状況で, 消化汚泥による既設脱水機の運転調整の期間中, 消化汚泥引抜量を減じたためである。7 月以降は 4% 台前半で安定した。



図資 1-15 消化槽投入 TS 量 (定格時)

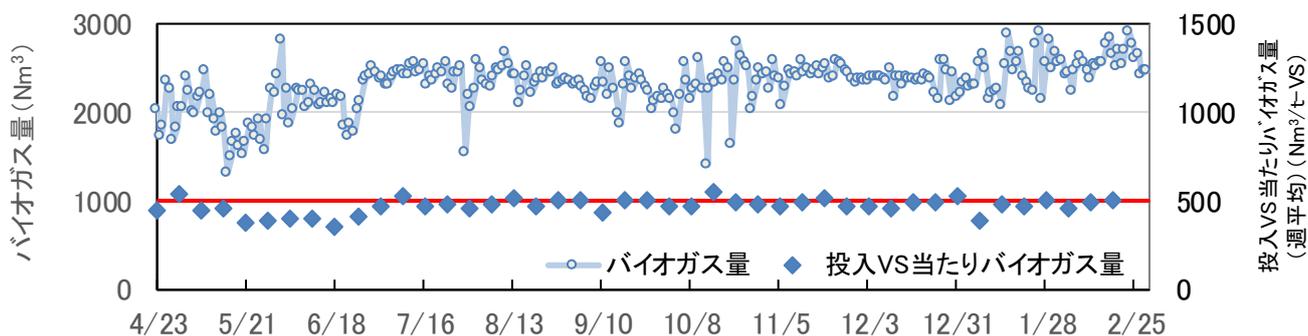


図資 1-16 VS 負荷率 (定格時)



図資 1-17 消化汚泥 TS (定格時)

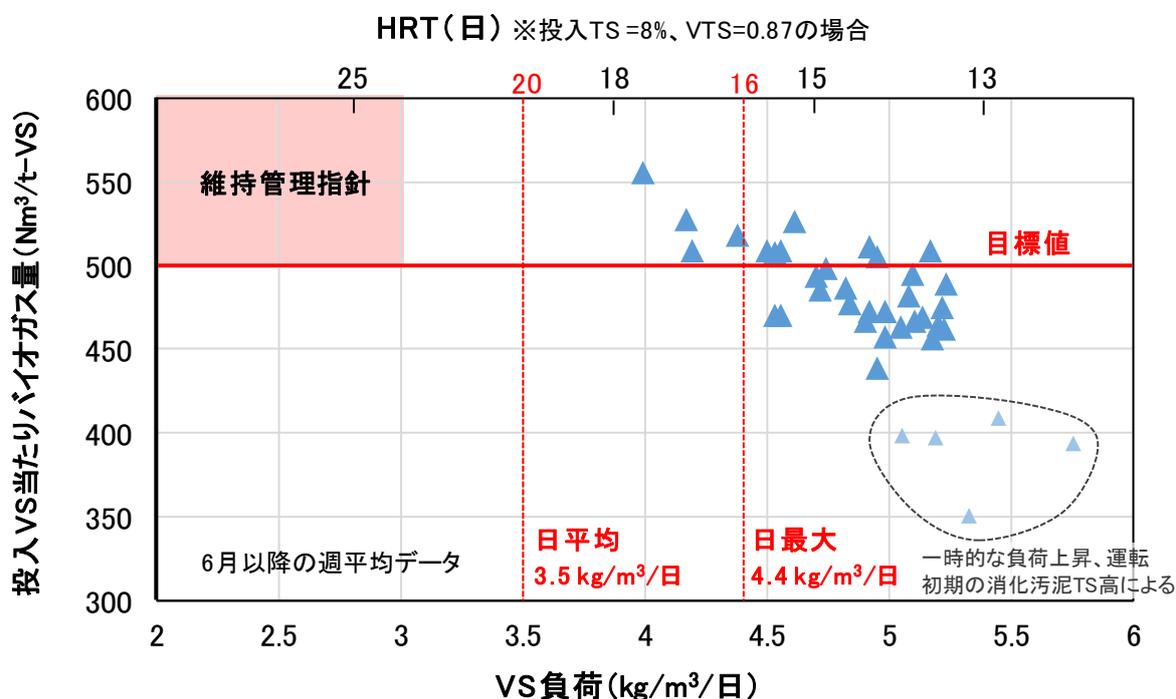
図資 1-18 にバイオガス量の推移を示す。5～6月は定格負荷となつてから消化日数の3倍の期間が経過しておらず定常状態ではなかつたため、バイオガス量がやや少なめであつたが、7月以降は、2,400 Nm³/日程度まで上昇し、投入 VS 当たりバイオガス量は目標値である 500 Nm³/t-VS 程度となつた。



図資 1-18 バイオガス量, 投入 VS 当たりバイオガス量 (定格時)

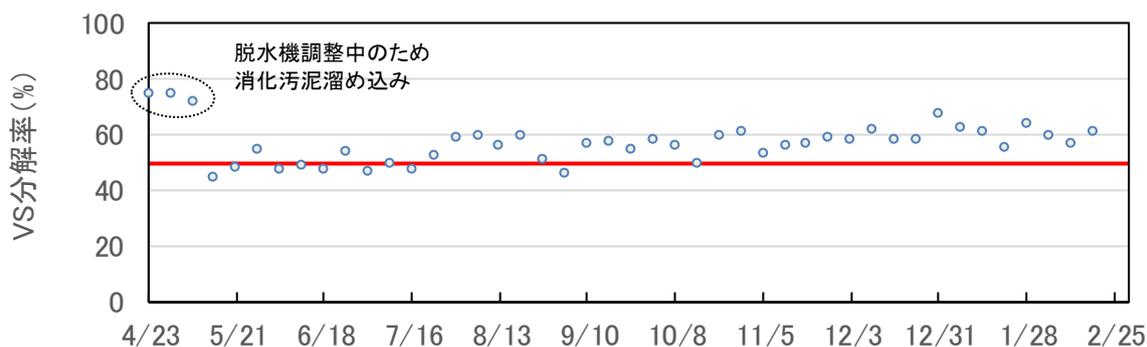
図資 1-19 に VS 負荷と投入 VS 当たりバイオガス量の関係を示す。従来消化と同じく、VS 負荷が高くなると投入 VS 当たりバイオガス量が減少する傾向があつた。上述のように設計時の想定より VS 負荷が

高かったため、投入 VS 当たりバイオガス量が目標値の $500 \text{ Nm}^3/\text{t-VS}$ を下回ることもあったが、設計値の日最大 VS 負荷 $4.4 \text{ kg}/\text{m}^3/\text{d}$ 以下において目標を達成できることを確認した。



図資 1-19 VS 負荷と投入 VS 当たりバイオガス量の関係（週平均データ）

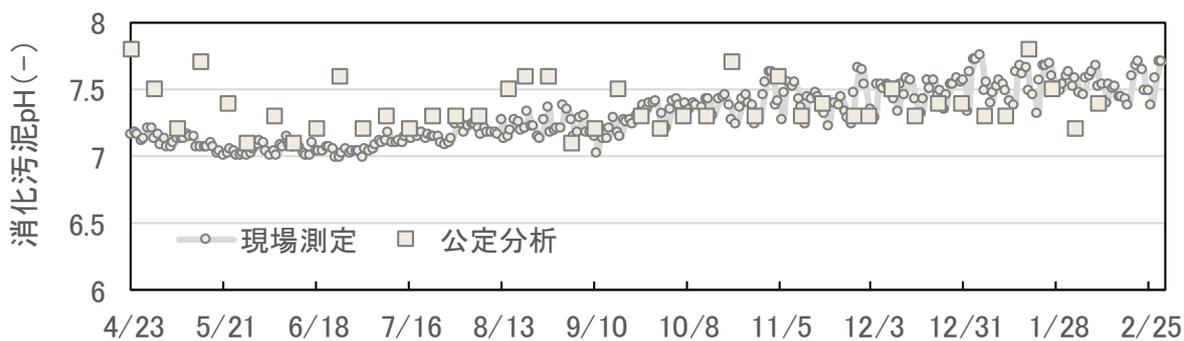
図資 1-20 に VS 分解率を示す。5~6 月は 50% 前後、7 月以降は 50~60% で推移した。



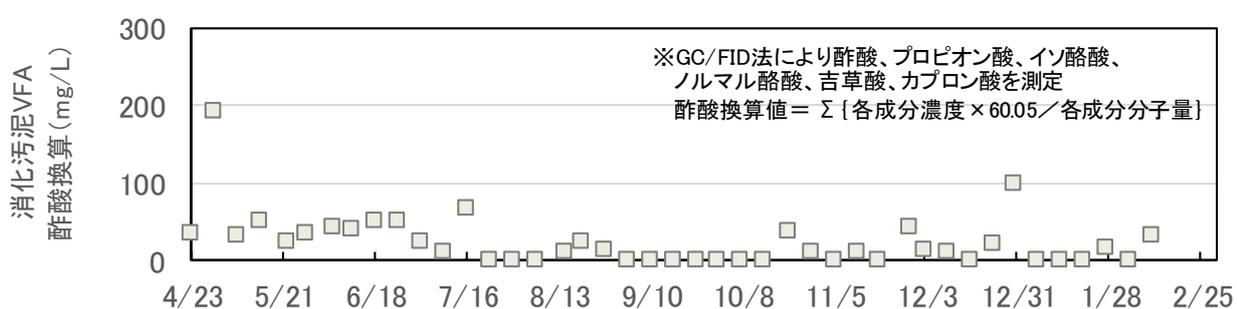
図資 1-20 VS 分解率（週平均データ）

図資 1-21 ~ 図資 1-23 に、定格時の消化汚泥 pH, VFA, $\text{NH}_4\text{-N}$ を示す。pH は 7~8 を維持、VFA の蓄積は認められなかった。 $\text{NH}_4\text{-N}$ は消化汚泥を返送している期間は $1,500 \text{ mg}/\text{L}$ 以下で、ラボ試験による事前検討で設定した上限値である $2,500 \text{ mg}/\text{L}$ を大きく下回ったため、7/3 以降消化汚泥の返送を停止、その後は $1,500\sim 2,000 \text{ mg}/\text{L}$ で推移した。

1. 実証研究結果



図資 1-2 1 消化汚泥 pH (定格時)

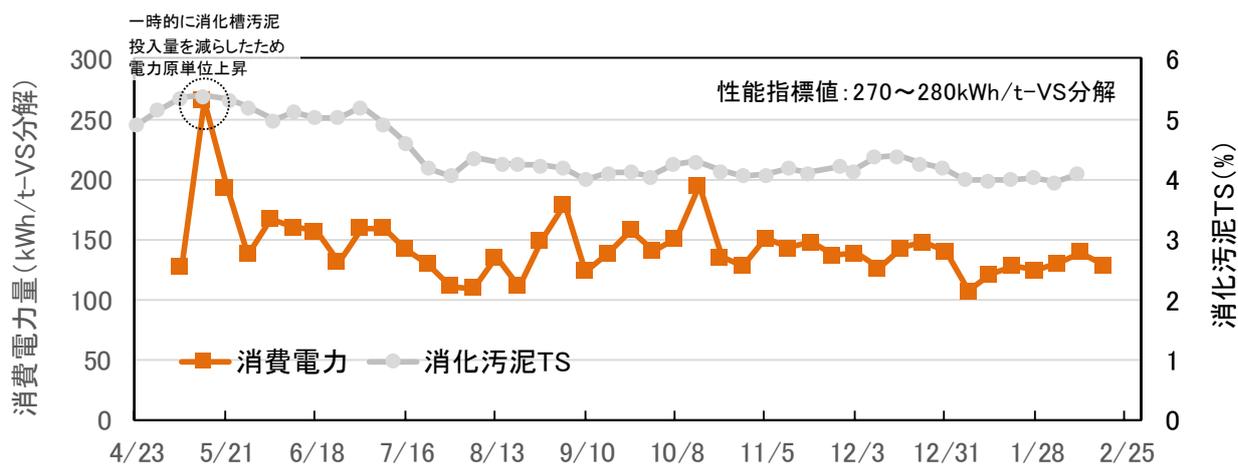


図資 1-2 2 消化汚泥 VFA (定格時)



図資 1-2 3 消化汚泥 NH₄-N (定格時)

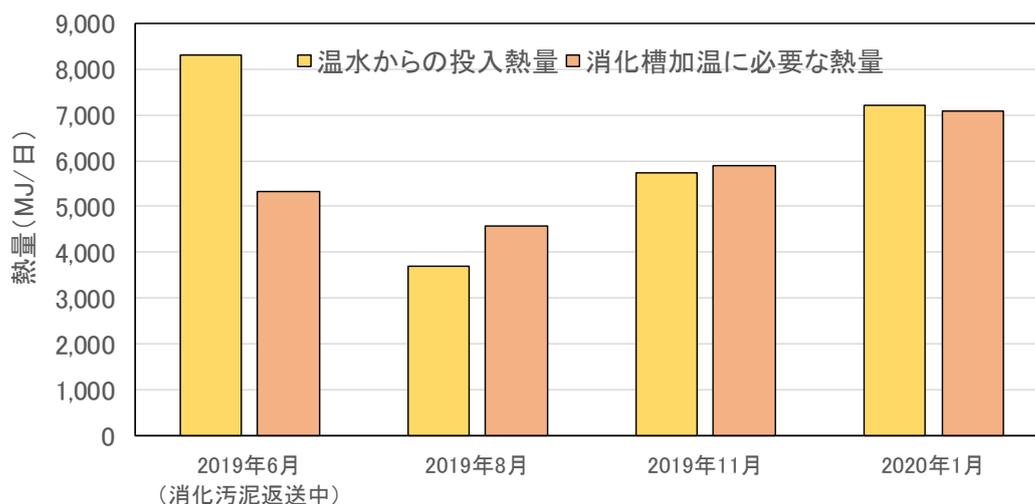
図資 1-2 4 に高濃度消化設備の VS 分解量当たりの消費電力量を示す。VS 分解量の変動により一時的な上昇はあるが、消化汚泥 TS=4~5% でおおむね 110~150 kWh/t-VS 分解程度であった。これは国土交通省が定めるエネルギー性能指標 (平成 29 年国水下水事第 38 号) の中温消化の値 (270~280 kWh/t-VS 分解) の約半分であり、高濃度化に伴う送泥量および循環汚泥量の減少がポンプ動力の低減に寄与している。



図資 1-2 4 高濃度消化設備 VS 分解量当たり消費電力量

図資 1-2 5 に消化槽加温に要した熱量を示す。消化槽加温のため温水によって投入した熱量は、夏季（8月）→秋季（11月）→冬季（1月）と気温低下に伴い上昇した。また、投入熱量はバイオガス熱量の7～14%に相当した。夏季は投入熱量が所要熱量を下回っており、温水以外からの入熱（外気、直射日光等）があったと考えられる。冬季は消化槽からの放熱が大きくなり投入熱量が所要熱量を上回った。消化汚泥返送中（6月）は返送配管での放熱、濃縮分離液排出による熱損失で投入熱量が増加し、バイオガス熱量の18%であった。

なお、高濃度消化槽への投入熱量は、下水汚泥エネルギー化技術ガイドラインで示されている、従来技術におけるバイオガス量に対する加温ガス量の比率（50,000 m³/日規模では34.8%）に対して大幅に削減されている。



温水からの投入熱量 = 温水循環量 (m³/日) × 比熱 × 汚泥熱交換器における温水温度低下 (K)
 消化槽加温に必要な熱量 = 消化槽投入汚泥量 (m³/日) × 比熱 × {消化槽温度 (K) - 投入汚泥温度 (K)}
 ※消化汚泥返送中 (2019年6月) の消化槽投入汚泥量は返送消化汚泥を除く原料汚泥のTS=8%換算量とした。
 ※投入汚泥温度は流入下水温度 (6月平均: 22.8°C、8月平均: 25.2°C、11月平均: 21.6°C、1月平均: 18.4°C) に等しいと仮定した。

図資 1-2 5 消化槽加温熱量

3) 攪拌性能

高濃度消化槽内の攪拌状態を確認するため、水負荷、汚泥定格負荷において、消化槽内の流速測定、および、トレーサー試験を実施した。また、消化槽内の汚泥温度に偏りが無いか確認した。いずれの結果からも、槽内の攪拌状態は良好であることが示された。

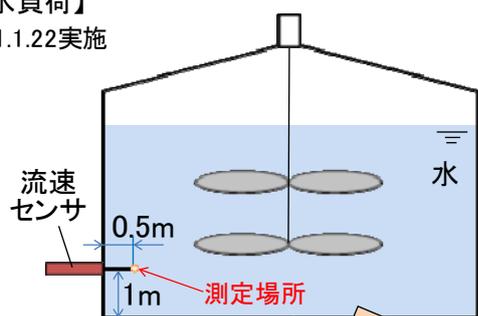
〔流速測定〕

消化槽の底部から1 m、内側に0.5 mの位置に流速センサを設置し、流速を測定した。その結果、平均流速は、水負荷で21.4 cm/s、汚泥負荷で2.2 cm/sであった（図資1-26）。一方、数値流動解析によると実測ポイントにおける平均流速は、水負荷で20~30 cm/s、定格負荷で0~4 cm/s程度であり、実測結果と整合した（表資1-3、表資1-4）。このことから、数値流動解析により槽内の流速分布を推測することが可能と判断した。

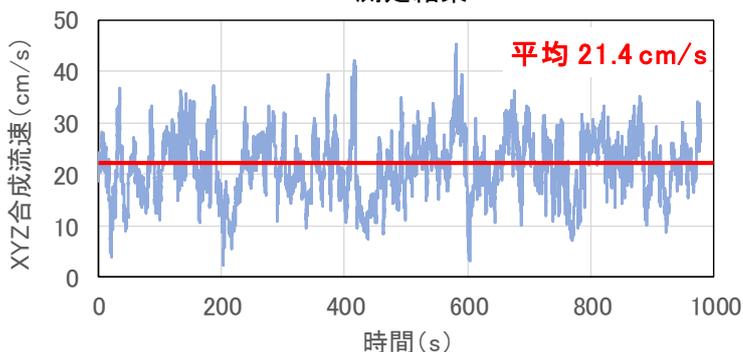
ここで、定格時の数値流動解析によると、①流速3 cm/s以上の領域が底面から50 cm上の水平断面で80%以上、②液面の平均流速7.7 cm/sという結果が得られており、高濃度消化槽において、底面の堆積物の蓄積、液面のスカム蓄積を抑制できる流速が確保されていると判断された。また、実際の設備においても、液面付近にスカムが蓄積するような事象は発生しなかった。

【水負荷】

R1.1.22実施



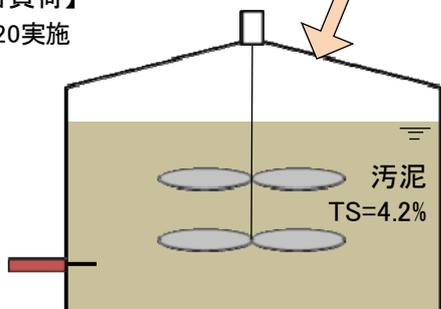
測定結果



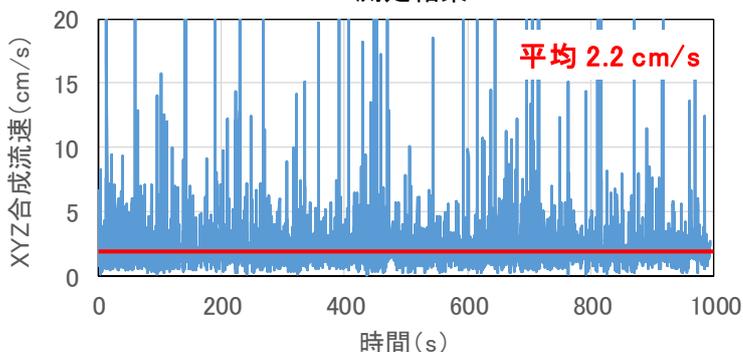
高濃度消化槽
有効容量 1,000m³
内径 11.7m
攪拌回転数 8.2min⁻¹

【定格負荷】

R1.8.20実施

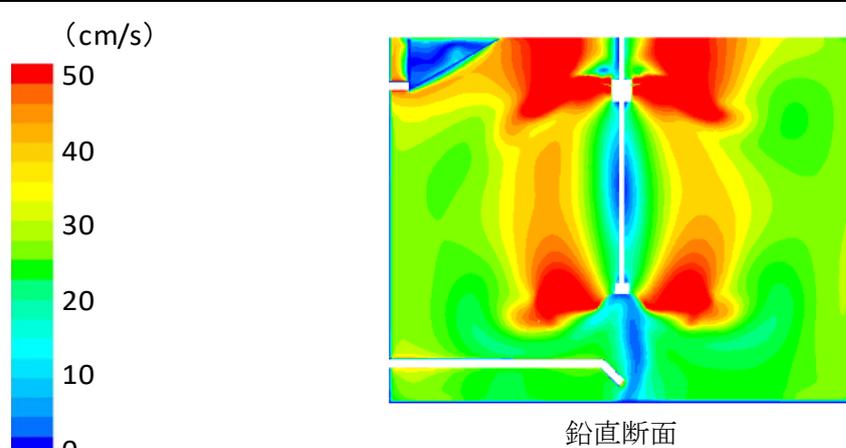


測定結果

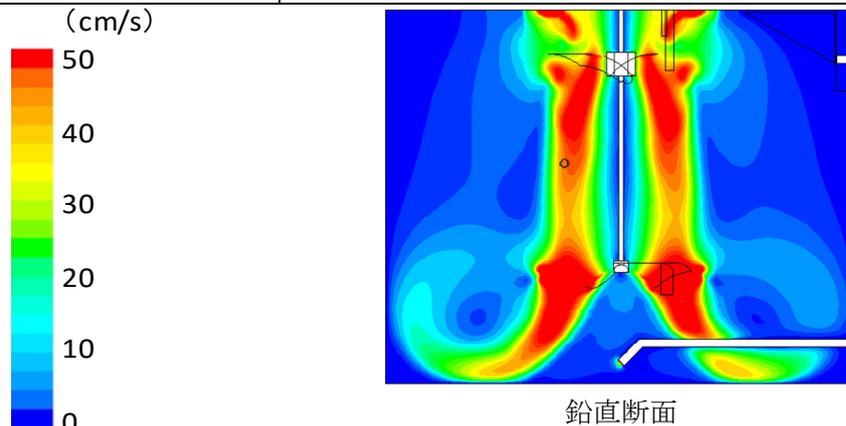


図資1-26 流速測定

表資 1-3 数値流動解析結果（水負荷）

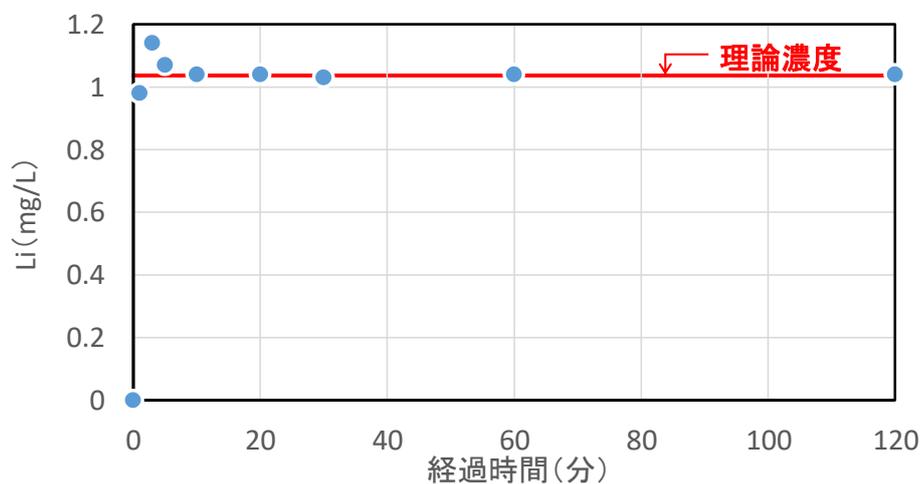
条件	流体	水
	消化槽容積 (m ³)	1,000
	攪拌回転数 (min ⁻¹)	8.2
解析結果	 <p>(cm/s)</p> <p>50 40 30 20 10 0</p> <p>鉛直断面</p>	
	実測ポイントにおける平均流速 (cm/s)	20~30 cm/s 程度 (実測値 21.4 cm/s と同等)

表資 1-4 数値流動解析結果（定格負荷）

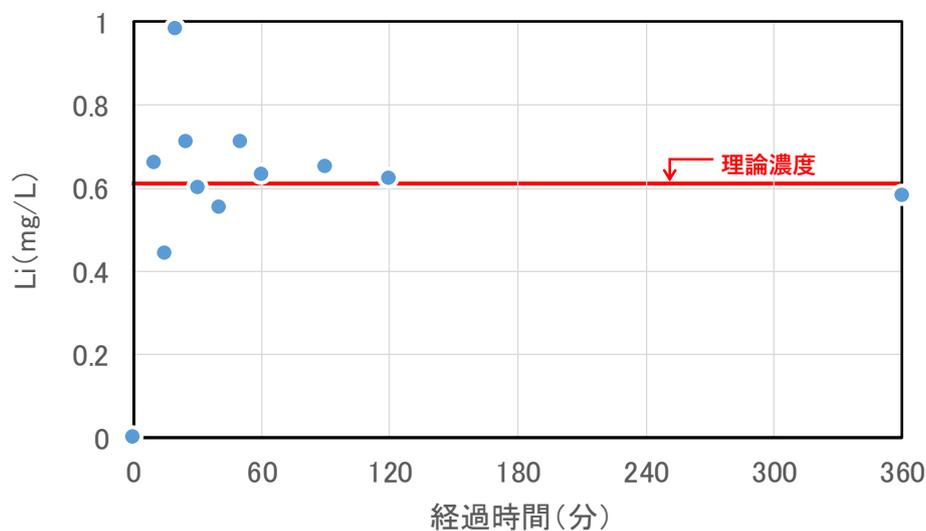
条件	流体	高濃度消化汚泥
	消化槽容積 (m ³)	1,000
	攪拌回転数 (min ⁻¹)	8.2
解析結果	 <p>(cm/s)</p> <p>50 40 30 20 10 0</p> <p>鉛直断面</p>	
	<p>①流速 3 cm/s 以上の領域が底面から 50 cm 上の水平断面で 80% 以上 ⇒堆積物の蓄積抑制可能</p> <p>②液面の平均流速 7.7 cm/s ⇒攪拌軸まわりに滞留域なく、液面におけるスカム蓄積抑制可能</p>	
	実測ポイントにおける平均流速 (cm/s)	0~4 cm/s 程度 (実測値 2.2 cm/s と同等)

〔トレーサー試験〕

トレーサー剤 (LiCl) を高濃度消化槽に投入して Li 濃度の経時変化を測定し、完全混合にかかる時間を確認した。水負荷 (図資 1-27) では、約 10 分で完全混合した場合の理論濃度に収束し、混合状態に問題ないことを確認できた。定格負荷 (図資 1-28) においても、約 60 分で理論濃度に収束し、消化性能に悪影響を与えるデッドスペース (おおむね 5% 以上) は形成されていないことを確認できた。



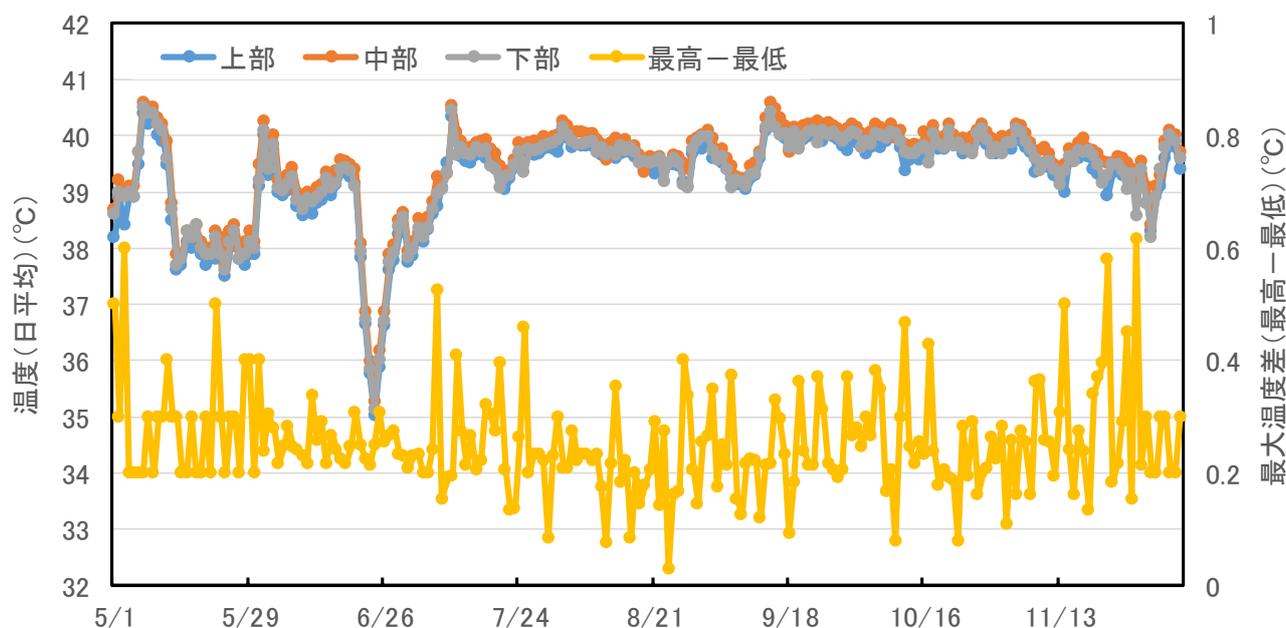
図資 1-27 トレーサー試験結果 (水負荷) R1. 1. 22 実施



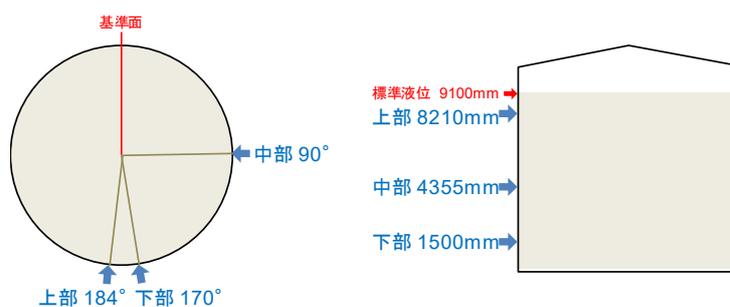
図資 1-28 トレーサー試験結果 (定格負荷) R1. 8. 20 実施

〔消化槽内汚泥温度〕

図資 1-29 に高濃度消化槽の上部，中部，下部で測定した温度(測定位置:図資 1-30)，および，最大温度差(最高値-最低値)を示す。最大温度差はおおむね 0.4°C 以内と小さいことから，槽内は均一な温度分布が得られており，槽内の攪拌状態は良好であることが示唆された。なお，6月の温度低下はバイオガス精製装置点検に際し一時的に加温を停止したためである。



図資 1-29 高濃度消化槽内温度



図資 1-30 測定位置 (測温抵抗体設置)

〔消化槽壁面温度〕

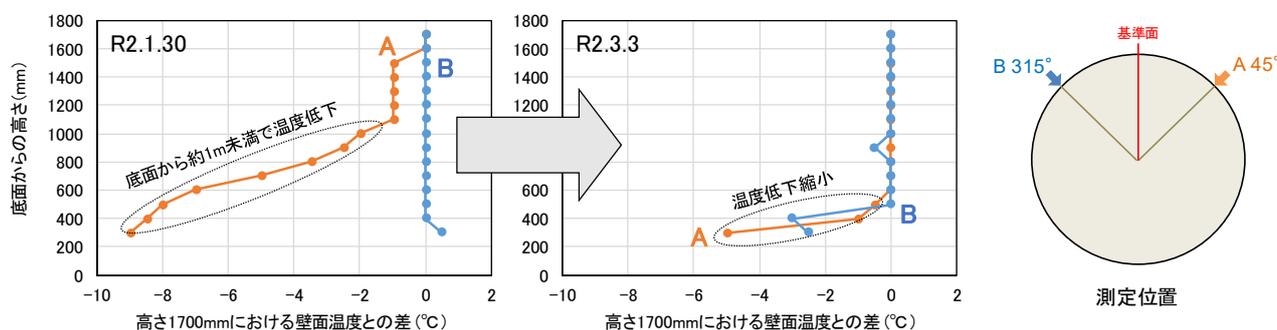
令和2年1月より消化汚泥引抜流量の変動が見られ、堆積物の増加が懸念されたことから、1/14より高濃度消化槽攪拌機の逆転頻度を増加^{*}させ（7日に1回→3日に1回）、さらに、1/30に高濃度消化槽底部の堆積状況を確認するため、鋼板の外壁面温度を測定した。

図資1-31に消化槽壁面温度の基準温度（底面から高さ1700mmにおける温度とした）との温度差を示す。1/30時点では、測定位置Aにおいて底面から0~1mの範囲で最大 $\Delta 9^{\circ}\text{C}$ の温度低下が確認され、壁面近くに堆積物が残っていることが示唆された。その後、攪拌機の逆転頻度をさらに増加させて2日に1回とし、3/3に再測定したところ、温度低下が縮小した（底面から0~0.5mの範囲で最大 $\Delta 5^{\circ}\text{C}$ ）ことから、消化槽壁面温度の低下が確認された場合は、攪拌機の逆転頻度を増加させることにより、効果的に堆積物の排出を促進できることが確認された。なお、堆積物は槽容積のおおむね5%以下に抑えることが望ましい（消化槽底部に一樣に堆積した場合、実証消化槽では堆積高さ0.5mに相当）。

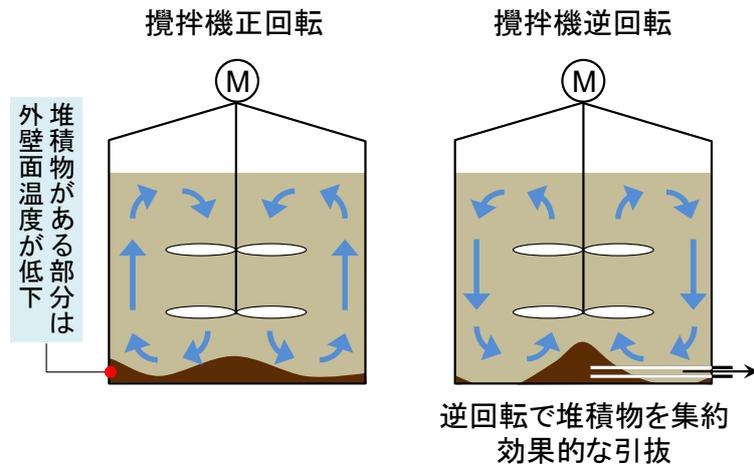
※攪拌機の逆回転により消化槽底部の堆積物を巻き上げ、消化汚泥の引抜に伴う堆積物排出を促進(図資1-32)

表資1-5 攪拌機逆転頻度と消化槽側面温度測定履歴

	攪拌機逆転頻度	運転状況・測定結果
1/14 まで	7日に1回	
1/14 以降	3日に1回	消化汚泥引抜流量の変動がみられ堆積物の増加が懸念されたため逆転頻度を増加させた。
1/30	消化槽側面温度測定	場所により底面から0~1mの範囲で温度低下が確認された。
2/19 以降	2日に1回	
3/3	消化槽側面温度測定	温度低下領域が縮小した。



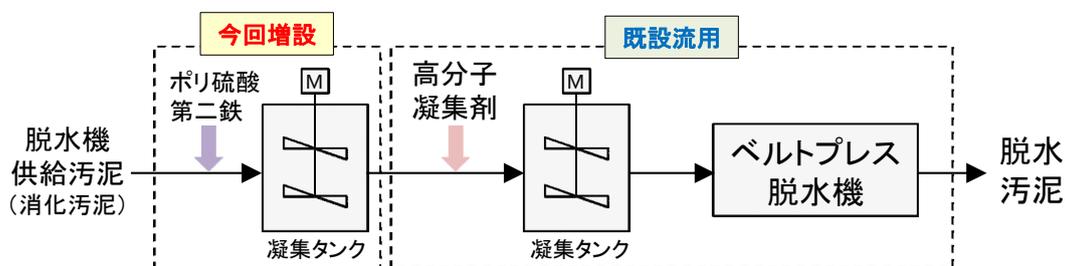
図資1-31 高濃度消化槽壁面温度



図資 1-3 2 攪拌機逆回転による堆積物引抜

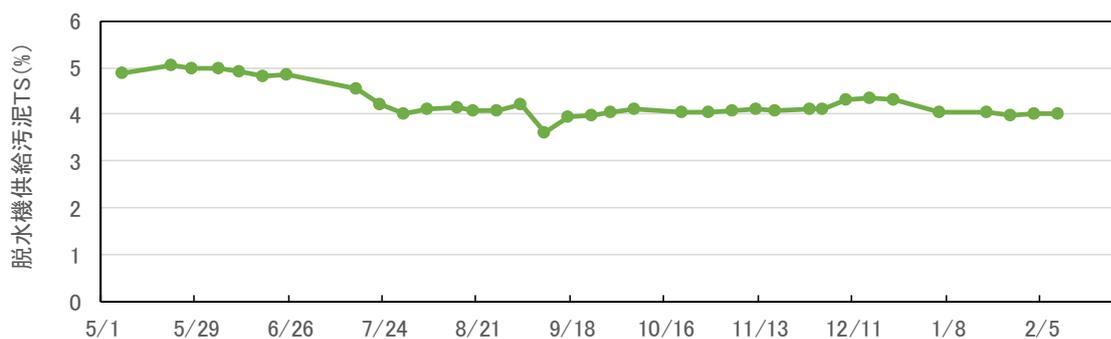
4) 脱水性能

消化汚泥の脱水には、混合生汚泥用の既設脱水機2台（No.2 ベルトプレス脱水機，No.3 ベルトプレス脱水機）を使用した。消化汚泥に対応するため既設の高分子凝集剤の凝集タンクの上流にポリ硫酸第二鉄用の凝集タンクを追加し（図資1-33）、2液薬注による脱水を行った。

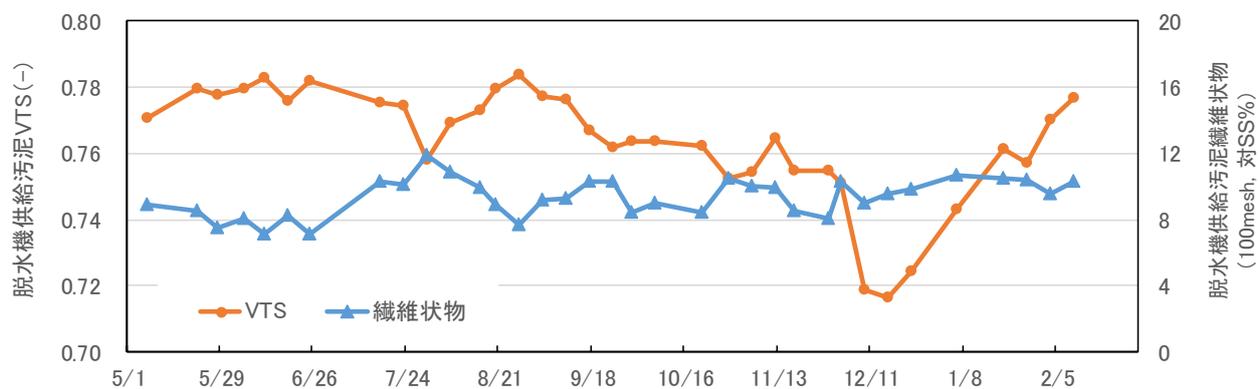


図資1-33 脱水設備フロー

図資1-34～図資1-35に脱水機供給汚泥の性状として、TS，VTS，繊維状物の分析結果を示す。

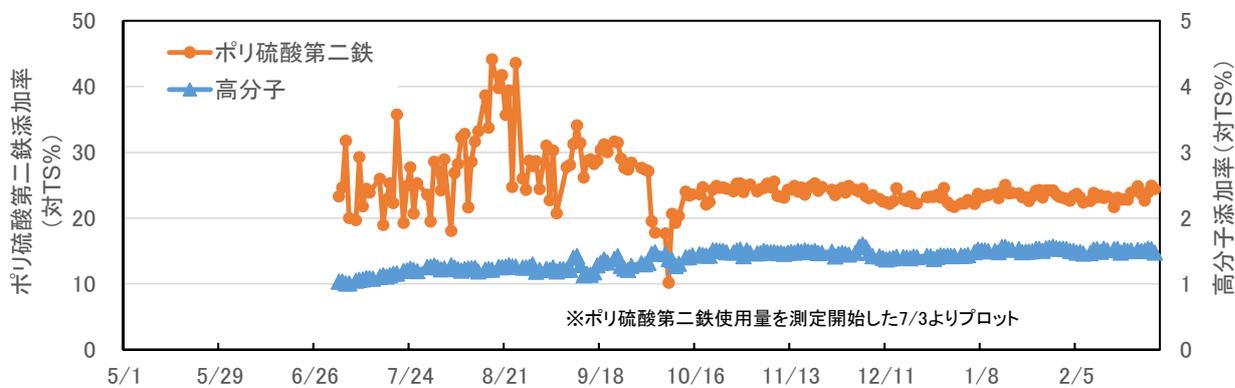


図資1-34 脱水機供給汚泥 TS

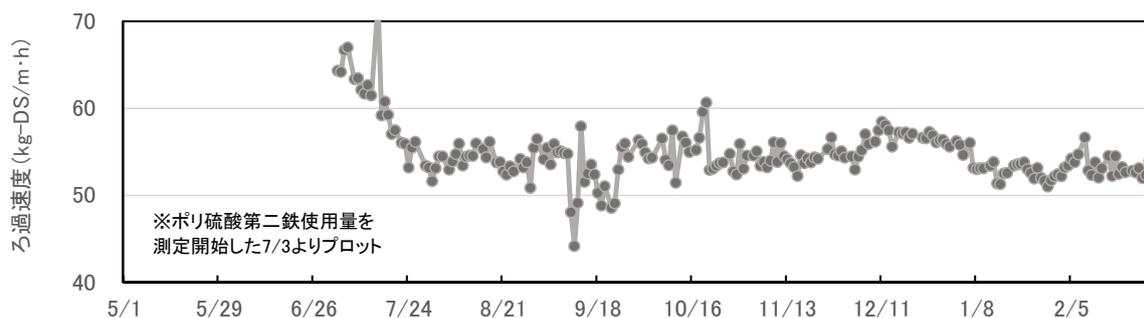


図資1-35 脱水機供給汚泥 VTS, 繊維状物

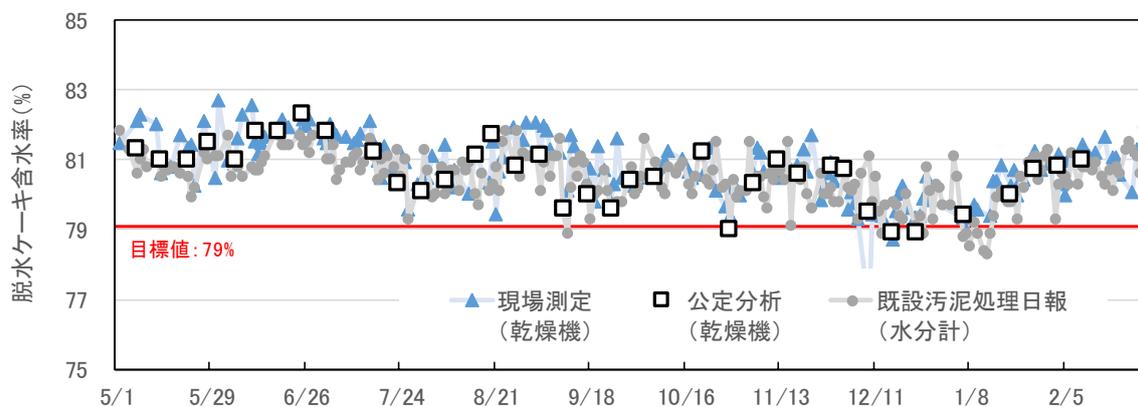
図資 1-36～図資 1-38 に No. 2 ベルトプレス脱水機の運転データを示す。ポリ硫酸第二鉄添加率等の運転条件の調整が完了した 10 月中旬以降、ポリ硫酸第二鉄添加率 24%、高分子添加率 1.5%、ろ過速度 55 kg-DS/m・h において、脱水ケーキ含水率は 80%程度であった。



図資 1-36 ポリ硫酸第二鉄および高分子添加率 (No. 2 ベルトプレス脱水機)



図資 1-37 ろ過速度 (No. 2 ベルトプレス脱水機)

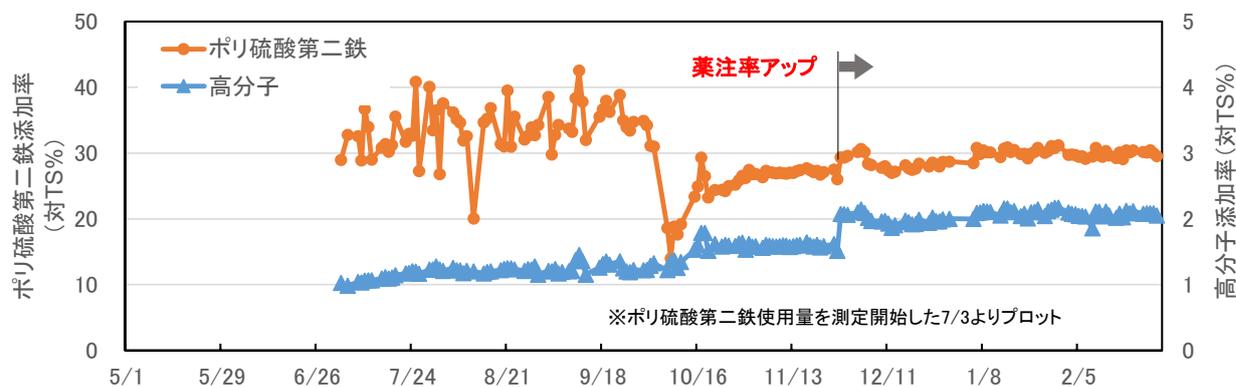


図資 1-38 脱水ケーキ含水率 (No. 2 ベルトプレス脱水機)

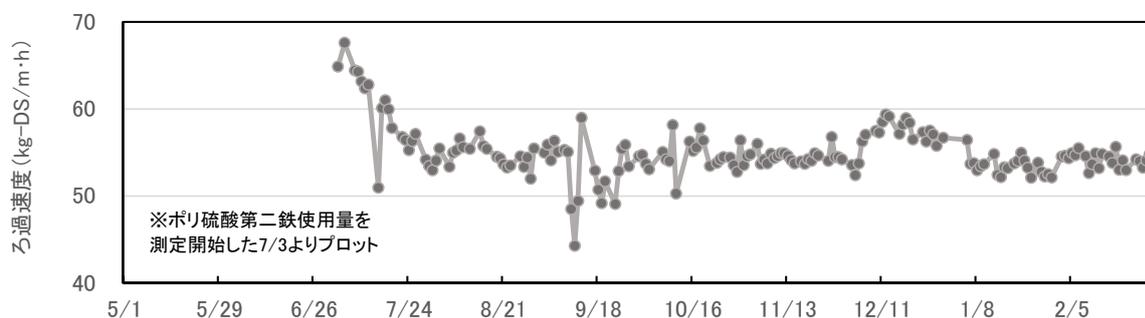
1. 実証研究結果

図資 1-3 9～図資 1-4 1 に No. 3 ベルトプレス脱水機の運転データを示す。ポリ硫酸第二鉄添加率等の運転条件の調整が完了した 10 月中旬以降 11/26 まで、ポリ硫酸第二鉄添加率 26%、高分子添加率 1.6%、ろ過速度 55 kg-DS/m・h において、脱水ケーキ含水率は 80%程度であった。

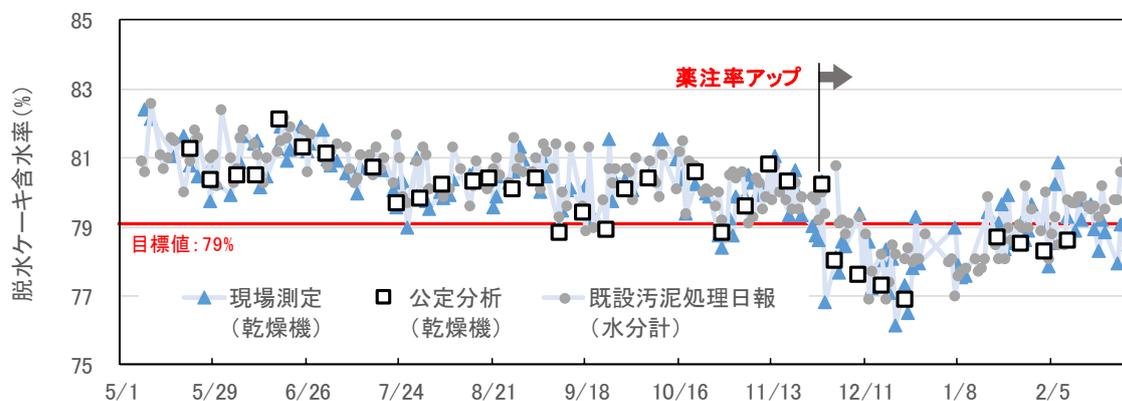
No. 3 ベルトプレス脱水機は脱水汚泥含水率の低減を目的に、11/27 より薬品添加率を増加させた（ポリ硫酸第二鉄添加率 29%、高分子添加率 2.0%）。その結果、脱水ケーキ含水率は 79%以下へと改善した。



図資 1-3 9 ポリ硫酸第二鉄および高分子添加率 (No. 3 ベルトプレス脱水機)



図資 1-4 0 ろ過速度 (No. 3 ベルトプレス脱水機)



図資 1-4 1 脱水ケーキ含水率 (No. 3 ベルトプレス脱水機)

1. 3. 2. 省エネ型バイオガス精製技術

(1) 精製性能（不純物除去性能）

表資 1-6 に精製ガス中の不純物濃度の四季データを示す。硫化水素濃度、シロキサン濃度はいずれも四季を通じて目標値を満足した。

表資 1-6 精製ガス中の不純物濃度

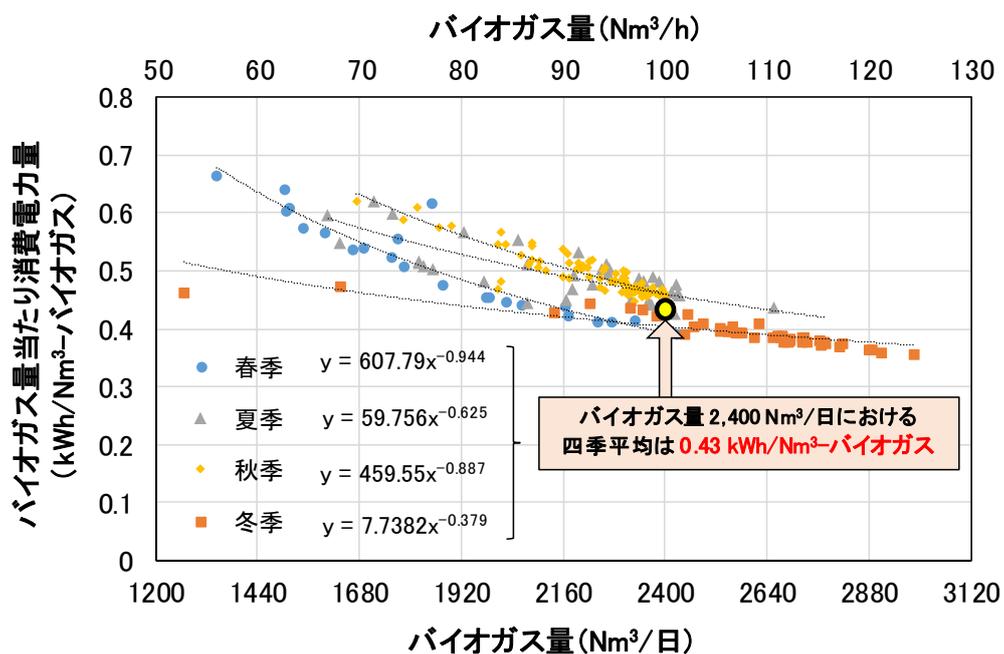
		目標値	春季	夏季		秋季	冬季
			5/22	7/30	8/22	11/25	2/5
硫化水素	ppm	0.1以下	<0.05	<0.5 ¹⁾	<0.05	<0.05	<0.05
シロキサン	mg/Nm ³	1以下	0.8	0.09	0.6	0.2	0.2
	D3	mg/Nm ³	-	<0.02	0.03	<0.02	<0.02
	D4	mg/Nm ³	-	0.30	0.04	0.23	0.07
	D5	mg/Nm ³	-	0.31	0.02	0.23	0.06
	D6	mg/Nm ³	-	0.15	<0.01	0.11	0.04

1) 定量下限値が高いため参考データ

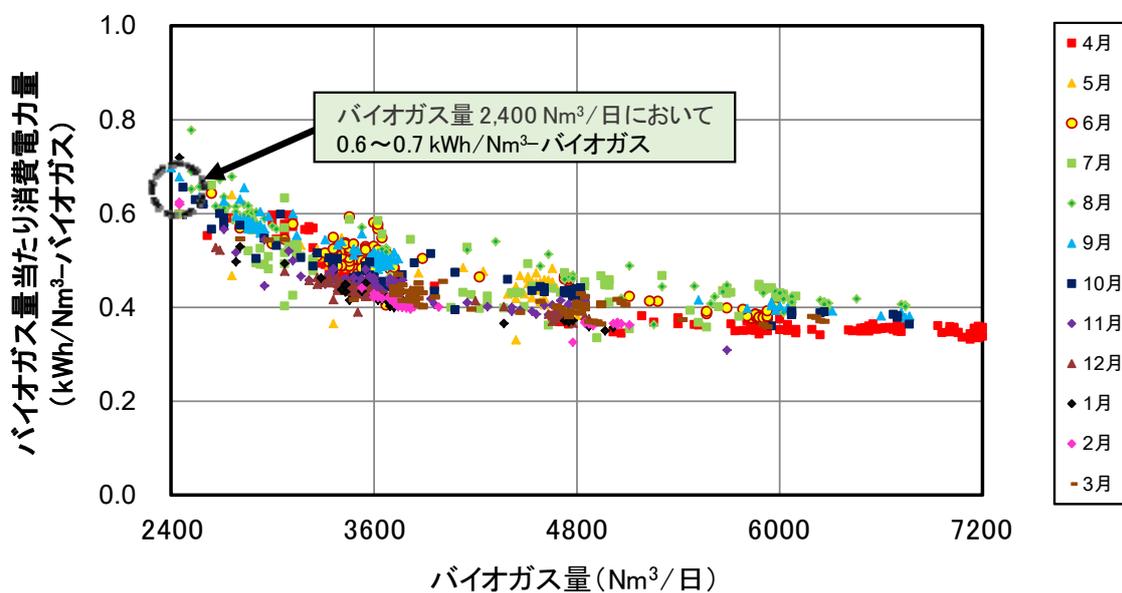
(2) 低動力性（消費電力）

本実証研究におけるバイオガス精製技術は § 8 で述べたとおり、中規模処理場向けに運転圧力を低下させることによって低動力化を図っている。

図資 1-4 2 にバイオガス処理量当たりの電力原単位（精製装置に供給したバイオガス量当たりの精製装置消費電力量）を示す。電力原単位はバイオガス量が少ないほど上昇する傾向があり、バイオガス量 2,400 Nm³/日（100 Nm³/h）における四季平均の電力原単位は 0.43 kWh/Nm³-バイオガスであった。これを、同じく高圧水吸収法を原理とし平成 23 年度 B-DASH で実証された大規模処理場向け精製技術と比較した。図資 1-4 3 に示すとおり、当該技術の電力原単位はバイオガス量 2,400 Nm³/日（100 Nm³/h）において 0.6~0.7 kWh/Nm³-バイオガス程度である。したがって、今回実証した精製技術は約 30%の電力低減が可能であることが示された。



図資 1-4 2 精製装置消費電力原単位（革新的技術）



図資 1-4 3 精製装置消費電力原単位（従来技術）

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

1. 3. 3. 小規模水素製造・供給技術

(1) 水素製造装置

1) 水素製造能力

精製ガス原単位（単位体積の水素を製造するのに必要な精製ガス量）で評価した。表資 1-7 に示すように四季を通じて目標値 0.5 Nm³/Nm³-水素以下を満足し、都市ガス原料の場合と熱量換算ベースで同等の効率^{*}で水素製造が可能であることを確認した。

※都市ガス原単位 0.42 Nm³/Nm³-水素（実証施設採用機種メーカー公表値）は、都市ガス高位発熱量 45 MJ/Nm³、精製ガス高位発熱量 38 MJ/Nm³ より、精製ガス原単位で 0.5 Nm³/Nm³-水素に相当。

表資 1-7 精製ガス原単位

		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

2) 水素品質

表資 1-8 に製造した水素ガスの品質（純度および不純物濃度）を示す。四季を通じて、燃料電池自動車燃料品質規格（ISO 14687）を満足した。

表資 1-8 製品水素ガス品質

		燃料電池車規格値 (ISO14687)	春季	夏季	秋季	冬季
			5/13	8/30	10/24	2/7
純度 ¹⁾	%	99.97以上	99.989	99.989	99.989	99.989
酸素	ppm	5以下	<0.05	<0.05	<0.05	0.17
窒素	ppm	300以下	1.49	6.7	0.2	1.8
アルゴン	ppm	300以下	0.10	0.10	<0.05	<0.05
ヘリウム	ppm	300以下	<100	<100	<100	<100
一酸化炭素	ppm	0.2以下	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
二酸化炭素	ppm	2以下	<0.05	0.10	<0.05	<0.05
全炭化 水素	メタン	ppm	100以下	<0.1	<0.1	<0.1
	非メタン 炭化水素 ²⁾	ppm	2以下	<0.5	<0.5	<0.5
ホルムアルデヒド	ppm	0.2以下	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
ギ酸	ppm	0.2以下	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
ハロゲン化合物 ³⁾	ppm	0.05以下	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
アンモニア	ppm	0.1以下	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
全硫黄 ⁴⁾	ppm	0.004以下	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
水分(露点)	ppm(°C)	5(-66)以下	0.46(-81)	0.64(-79)	0.88(-77)	1.2(-75)
微粒子	mg/kg	1以下	<1	<1	<1	<1

1) 100%から不純物濃度の合計(水分、微粒子は除く)を差し引き算出した。

各分析項目において下限値未満の濃度に関しては下限値の濃度を不純物濃度として算出した。

2) C2～C5を測定できる分析条件にて検出したピークをメタン換算した半定量分析とした。

3) 水溶性のF, Cl, Brを分析対象とした。

4) 分析機器(GC-FPD)にて検出したピーク(COS, H₂S, CS₂, CH₃SH)をH₂S換算した半定量分析とした。

(2) 水素供給装置

1) 燃料電池自動車への充填

試運転時（平成 30 年度），一般社団法人水素供給利用技術協会が制定した**水素充填性能確認ガイドライン**（HySUT-G 0003）にしたがって充填性能試験を実施し，**圧縮水素充填技術基準**（JPEC-S 0003）（2014）※に適合していることを確認した。

※一般財団法人石油エネルギー技術センター（JPEC）が策定した，燃料電池自動車の燃料容器に安全かつ効率良く水素を充填するための制御方式の基準で，米国自動車技術会（SAE）が定めた国際的な規格「SAE J2601」を基に策定されている。商用の水素ステーションにおいては，HySUT-G 0003「水素充填性能確認ガイドライン」にしたがい，当該基準への適合を確認することが求められている。

また，計量性能試験（条件：プレクール温度 -40°C ，最高充填圧力 35 MPa，目量 0.01 kg，最小測定量 1 kg）を実施し，器差が規定公差以内であることを確認した（表資 1-9）。

表資 1-9 計量性能試験結果

試験点(質量m)	充填量表示(I)	器差(E)
2.290 kg	2.298 kg	+0.35%
0.922 kg	0.910 kg	-1.30%
0.944 kg	0.940 kg	-0.42%

※器差 $E=(I-m)/m\times 100(\%)$ ガイドライン規定公差： $\pm 10\%$

令和元年度は，各季節においてバイオガスから製造した水素を燃料電池自動車に充填した。充填結果を表資 1-10 に示す。

本実証研究では燃料電池自動車として MIRAI（トヨタ）を使用した。燃費を 105km/kg（「燃料電池バスの普及及び導入支援策について」，国土交通省自動車局環境政策課/環境省水・大気環境局自動環境対策課）として春季結果を基に下記のように試算すると，1 回当たり約 173km 走行可能な水素を充填した。

水素充填圧力：初期圧 10.5 MPa，終了圧 35.1 MPa

水素充填量： $0.77+0.88=1.65$ kg

走行可能距離： $105\times 1.65=173.25$ km

表資 1-10 燃料電池自動車への充填結果

		春季		夏季		秋季	冬季	
		5/31	23.2	8/13	30.2	11/21	2/27	2/28
環境温度	$^{\circ}\text{C}$	23.1	23.2	30.3	30.2	15.1	12.2	10.4
初期圧	MPa	10.5	20.4	13.7	23.3	19.8	18.0	23.7
終了圧	MPa	25.9	35.1	26.7	34.5	35.1	25.3	33.0
充填量	kg	0.77	0.88	0.69	0.63	0.88	0.51	0.53
充填時間	sec	63	86	62	78	86	113	70
1回目開始から 2回目終了まで		7min 20sec		5min 44sec		-	-	-

※春、夏、冬季は待機期間が長く、プレクーラ/ディスペンサ間の温度が上昇していたため 2回に分けて充填。

1. 3. 4. 高濃度メタン生成技術

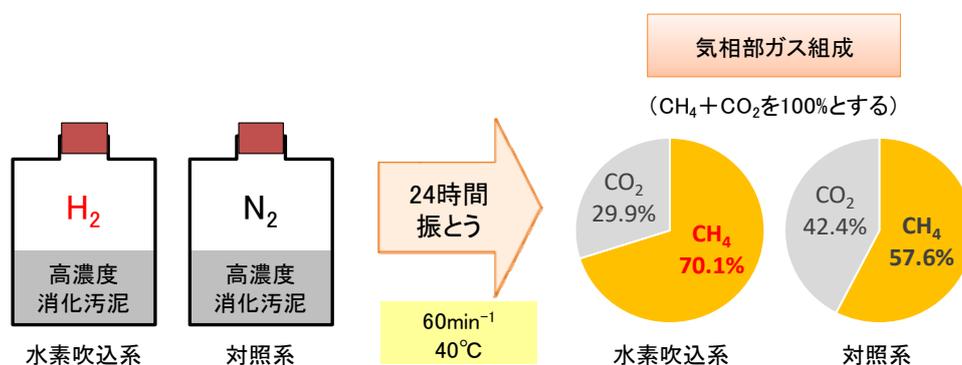
(1) 水素吹込によるメタン濃度上昇

1) ラボ試験 (平成 30 年度)

ラボ試験 (バイアルによる回分試験, ジャーフェーマンターによる連続試験) を実施し, 水素吹込によりバイオガス中のメタン濃度が上昇することを確認した。

〔回分試験〕

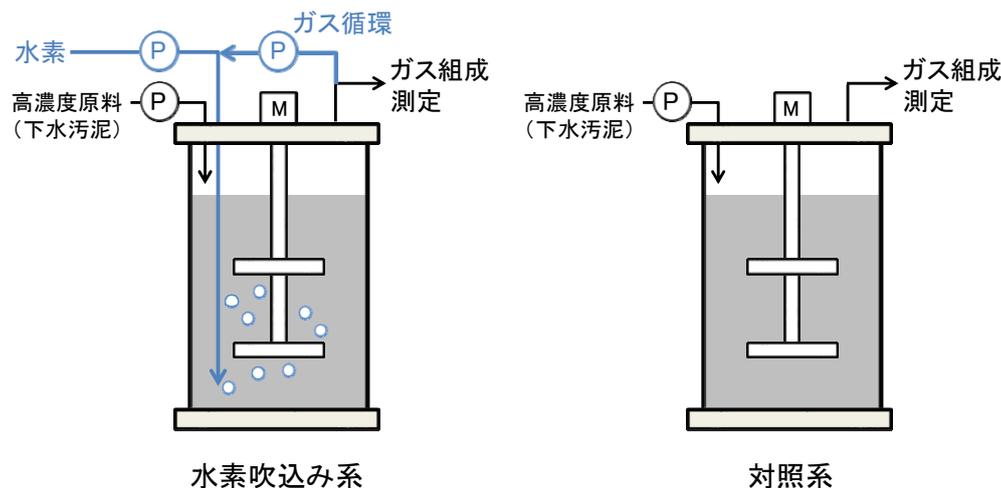
718 mL バイアル瓶に高濃度消化汚泥 400 mL を入れ, 窒素パージ後に水素吹込系は気相部を水素で置換してから, 24 時間振とう後の気相部のガス組成を測定した。その結果, 高濃度消化汚泥と水素を接触させることにより, 対照系と比較して 10 ポイント程度メタン濃度の高いバイオガスが発生することを確認した (図資 1-4 4)。



図資 1-4 4 バイアルによる水素吹込回分試験

〔連続試験〕

高濃度消化運転中のジャー (発酵容積 4 L) に水素を吹き込み, ガス組成を測定した (図資 1-4 5)。

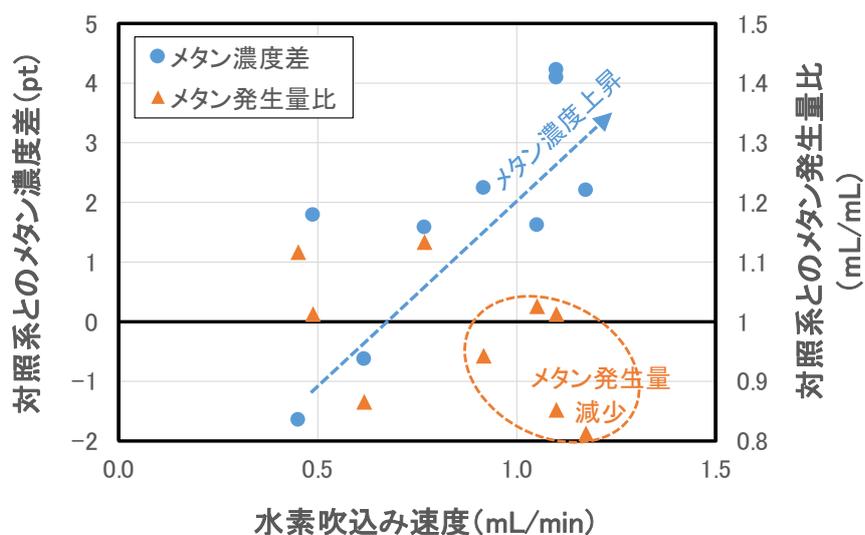


図資 1-4 5 ジャーフェーマンターによる水素吹込連続試験

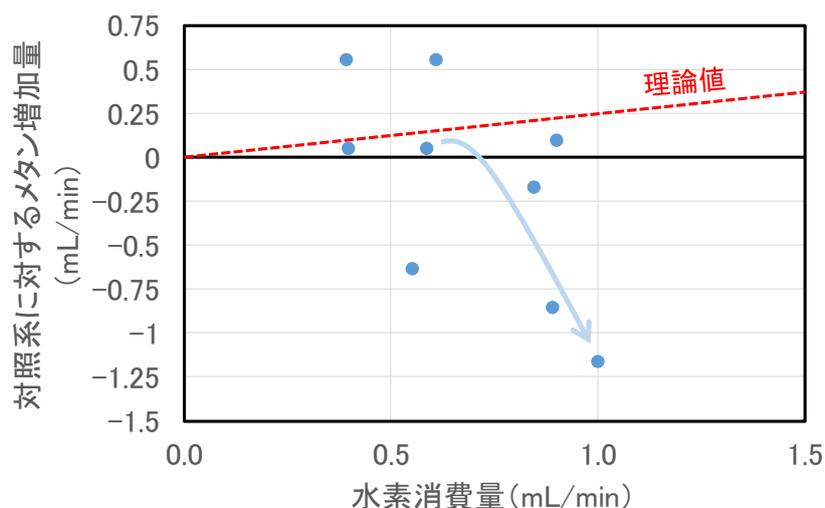
ガス組成結果から, 水素吹込速度に対する対照系とのメタン濃度差, メタン発生量比をまとめた (図資 1-4 6)。水素吹込速度を増加させると, バイオガス中のメタン濃度が上昇し, 対照系とのメタン濃

度差が増加する傾向が確認された。また、メタン濃度を5ポイント上昇させるには1.5~2 mL/min程度(0.38~0.5 L/min/m³-発酵容積)の吹込が必要と考えられた。

一方、図資1-46からは、ばらつきは大きいですが、水素吹込速度が一定以上になるとメタン発生量が減少傾向であるように見受けられる。消化汚泥中の水素濃度が過剰になると、消化障害が生じるとされており、これが原因である可能性が考えられる。ラボ試験で得られた水素消費量とメタン増加量の関係(図資1-47)では、水素消費量0.6 mL/min程度以下では、理論値レベルのメタン量増加があるとみられるが、水素消費量がより大きくなると、水素吹込系のメタン量が減少に転じている。消化槽に水素を吹き込む際は、消化性能を確認しながら、過剰な吹込とにならないよう留意する必要がある。



図資1-46 水素吹込速度に対する対照系とのメタン濃度差およびメタン発生量比



図資1-47 水素消費量とメタン増加量の関係

2) 水素混合槽への水素吹込試験（令和元年度）

5/23, 水素混合槽（有効容積 5 m³／発酵容積 3.9 m³）に種汚泥として高濃度消化槽の消化汚泥を投入し、高濃度濃縮汚泥の消化運転を開始した。さらに 7/14 より水素混合槽への水素吹込を開始した。

12月までは昼間のみ 1.6 NL/min（フロート式流量計で 2 L/min を標準状態換算）の水素を吹き込み、令和 2 年 1 月より常時 2 NL/min（マスフローメータ指示値）吹き込んだ。この吹込量はラボ試験結果（メタン濃度を 5 ポイント上昇させるための吹込量 0.38～0.5 L/min/m³-発酵容積）に基づき設定した。後述のように吹込による消化阻害は認められなかった。

〔メタン濃度公定分析結果〕

表資 1-1 1 に高濃度消化槽と水素混合槽のバイオガス組成をガスクロマトグラフにて分析した結果を示す。水素混合槽におけるメタンと二酸化炭素の合計に対するメタンの割合が、水素を吹き込んでいない高濃度消化槽に対して 5～7 ポイント程度上昇していることが確認された。

表資 1-1 1 バイオガス組成（公定分析）

消化槽		R1.8.27		R2.1.31	
		高濃度消化槽 1000m ³	水素混合槽 3.9m ³	高濃度消化槽 1000m ³	水素混合槽 3.9m ³
吹込み条件		水素吹込なし	昼間のみ 1.6 NL/min吹込	水素吹込なし	常時 2 NL/min吹込
CH ₄	%	56	59	56	51
CO ₂		41	35	40	27
N ₂		0.5	2.2	2.6	1.6
O ₂		<0.1	0.6	0.8	0.6
H ₂		<0.05	2.5	<0.05	21
メタン濃度 (CH ₄ +CO ₂ を 100%とする)		58	63	58	65

〔簡易測定結果〕

頻度を増やしてガス組成を確認するため、現場にて検知管等を持ちいた簡易測定を行った。1/18～2/14 の平均データ（n=25）を表資 1-1 2 に示す。簡易測定のためばらつきは大きいですが、水素混合槽において高濃度消化槽に対してメタン濃度が平均 4 ポイント程度上昇していると考えられた。

表資 1-12 バイオガス組成（簡易測定）

消化槽		R2.1.18~2.14平均	
		高濃度消化槽 1000m ³	水素混合槽 3.9m ³
吹込み条件		水素吹込なし	常時 2 NL/min吹込
CH ₄ ※1	%	57	48
CO ₂ ※2		43	31
H ₂ ※3		-	20
メタン濃度 (CH ₄ +CO ₂ を100%とする)		57	61

※1 CO₂とH₂の濃度の合計を100から差し引いた。

※2 1/22以前:東亜DKKポータブル炭酸ガス濃度計CGP-31で測定

1/23以降:濃度計不具合のためガステック検知管による測定に変更

※3 大気で10倍等に希釈しガステック水素検知管(測定範囲0.5%~2.0%)で測定

[メタンへの転換率およびメタン増加量]

簡易測定結果によると、常時吹込における水素のメタンへの転換率は下記のように計算され、吹き込んだ水素の約7割が消費され、メタンに転換したと考えられた。

水素吹込量=2.9 Nm³/日

未反応水素=0.9 Nm³/日 (バイオガス量 4.3 Nm³/日×水素濃度 20%)

⇒水素のメタンへの転換率= (1-0.9/2.9) ×100=69%

また、メタン増加量は、(2.9-0.9) ÷4※より 0.5 Nm³/日と計算された。

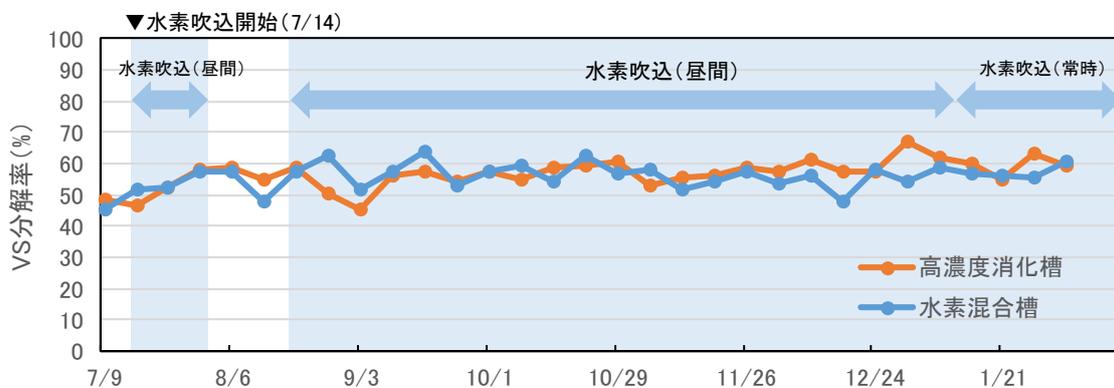
※水素 4 モルからメタン 1 モルが生成

3) 微生物叢解析（令和元年度）

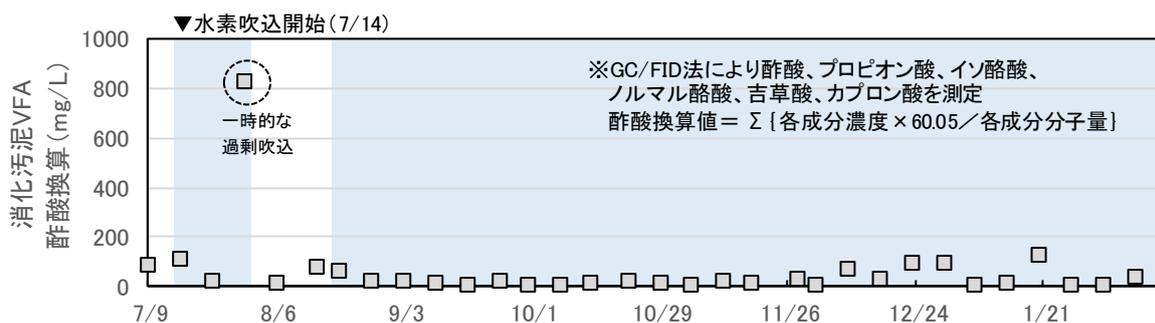
水素吹込による微生物叢の変化を確認するため、次世代シーケンス解析（NGS 解析）による高濃度消化槽および水素混合槽の消化汚泥中の古細菌の微生物叢解析を行った。図資 1-50 に古細菌の存在比率を示す。水素混合槽への水素吹込を開始した7月以降、両槽の微生物叢に違いが認められた。水素混合槽では Methanobacterium 等の水素資化性古細菌の存在比率が高く、高濃度消化槽では Candidatus_Methanofastidisum 等の酢酸資化性古細菌の存在比率が高いことがわかった。本結果から、水素吹込によるメタン濃度の上昇が、水素資化性古細菌の増加による可能性が示唆された。

(2) 水素吹込による消化性能への影響

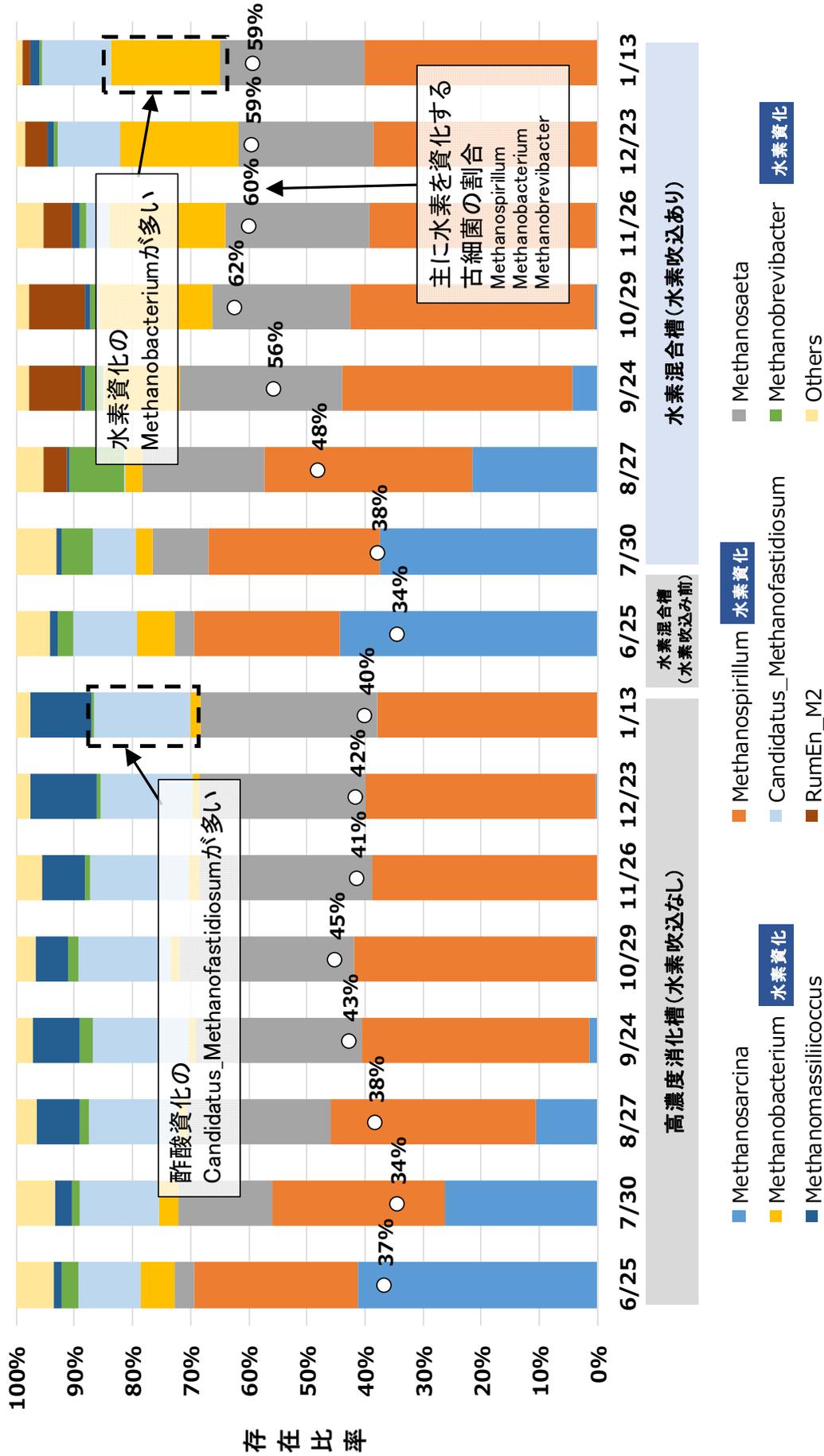
VS 分解率は高濃度消化槽と同等で 50~60% (図資 1-4 8), VFA の蓄積もなく (図資 1-4 9), 水素吹込による消化阻害は認められなかった。



図資 1-4 8 高濃度消化槽および水素混合槽の VS 分解率



図資 1-4 9 水素混合槽消化汚泥 VFA



図資 1-50 高濃度消化槽および水素混合槽における古細菌存在比率

2. ケーススタディー

2. 1. 試算条件

(1) 評価規模

下記3種類の規模の下水処理場について、本技術（革新的技術）の全体を導入する場合および高濃度消化設備のみを導入する場合の、総費用、エネルギー収支およびCO₂排出量を試算した。

- 流入下水量 50,000 m³/日（日最大）、40,000 m³/日（日平均）規模
処理汚泥量 8.5 t-ds/日（日最大）、6.8 t-ds/日（日平均）
- 流入下水量 35,000 m³/日（日最大）、28,000 m³/日（日平均）規模
処理汚泥量 5.95 t-ds/日（日最大）、4.76 t-ds/日（日平均）
- 流入下水量 20,000 m³/日（日最大）、16,000 m³/日（日平均）規模
処理汚泥量 3.4 t-ds/日（日最大）、2.72 t-ds/日（日平均）

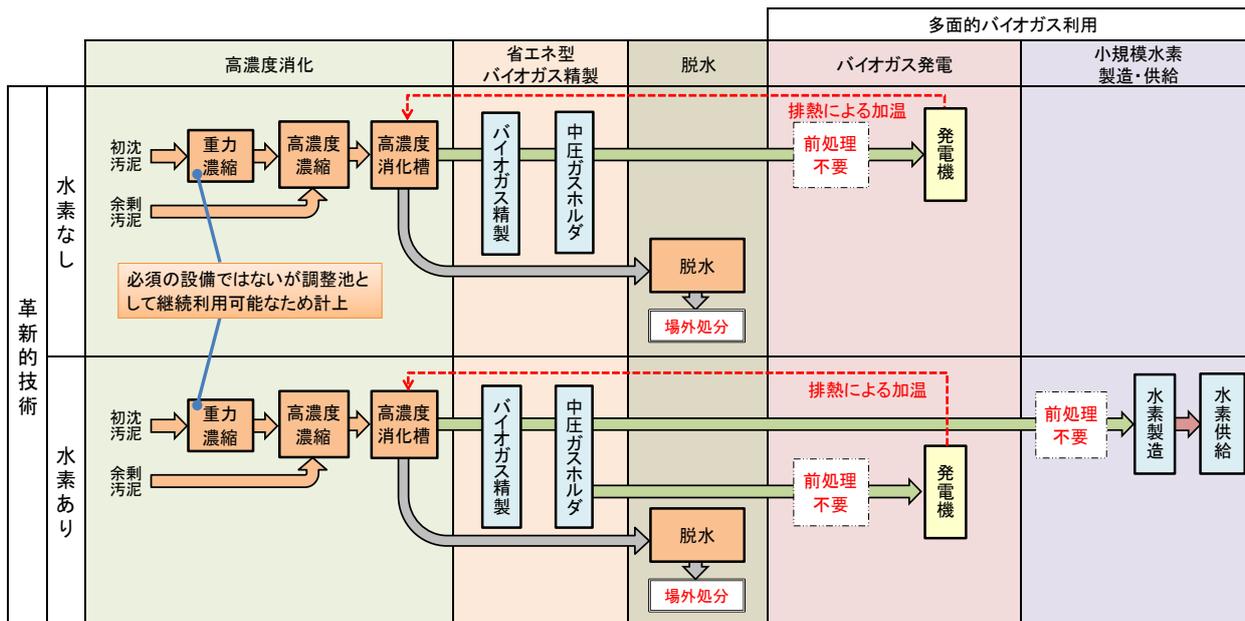
(2) 評価フロー

革新的技術、従来技術の評価フローを、**図資 2-1**、**図資 2-2**に示す。革新的技術では、バイオガス利用として、発電のみを行う場合と、多面的な利用として発電に加え小規模水素製造・供給まで行う場合の2ケースを想定した。革新的技術において重力濃縮設備は必須の設備ではないが、調整池として継続利用可能なため、FSに計上した。

従来技術では、既存処理場の処理フローとして代表的と思われる3ケース、すなわち、「消化なし」（濃縮、直接脱水）、「消化あり・発電なし」（濃縮、消化、消化汚泥脱水）、「消化あり・発電あり」（濃縮、消化、消化汚泥脱水、バイオガス発電）を想定した。

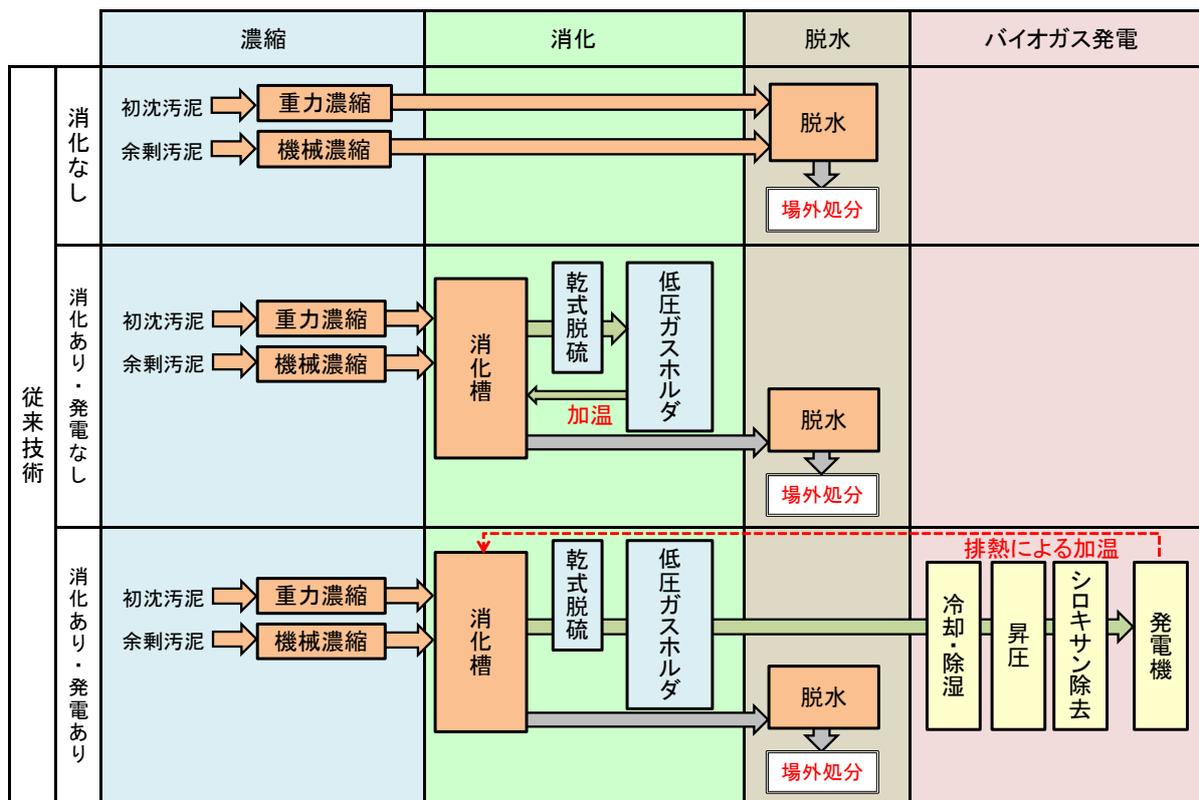
脱水の費用、エネルギーについては、革新的技術には計上せず、革新的技術と従来技術の差分を従来技術に計上した。

さらに革新的技術の段階的導入検討のため、要素技術である高濃度消化のみの範囲で、従来技術の濃縮・消化との比較も行った（**図資 2-3**）。



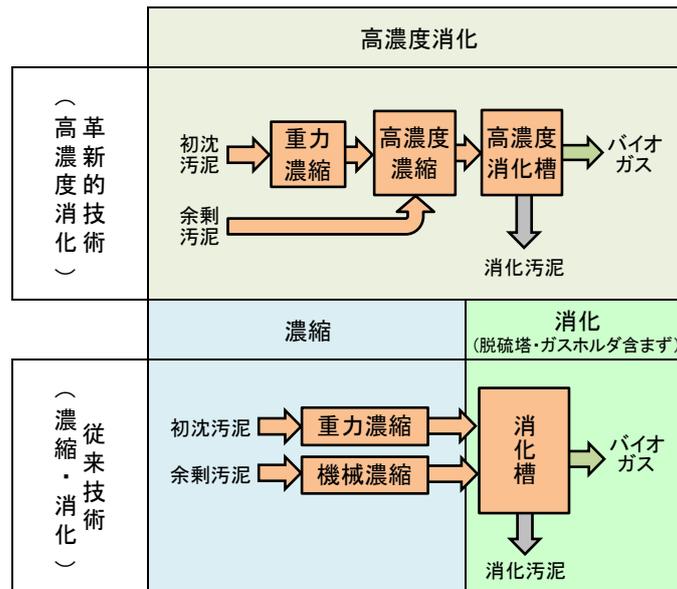
※脱水の費用・エネルギーは計上せず（革新的技術と従来技術の差分を従来技術に計上）

図資 2-1 革新的技術 FS 評価フロー



※脱水の費用・エネルギーは、革新的技術と従来技術の差分を計上

図資 2-2 従来技術 FS 評価フロー



図資 2-3 要素技術の比較フロー

(3) 物質収支

表資 2-1～表資 2-8 に革新的技術，従来技術の物質収支（濃縮・消化・脱水）の計算条件および計算結果を示す。

表資 2-1 物質収支計算条件（革新的技術）

高濃度濃縮機回収率	%	95
有機物分解率	%	55
投入 VS 当たりバイオガス発生量	Nm ³ /t-投入 VS	500
バイオガスメタン濃度	%	60
精製ガスメタン濃度	%	95
脱水機回収率	%	90
脱水汚泥含水率	%	80

表資 2-2 物質収支試算条件（従来技術）

重力濃縮回収率	%	85
機械濃縮回収率	%	95
有機物分解率（消化あり）	%	55
投入 VS 当たりバイオガス発生量	Nm ³ /t-投入 VS	500
バイオガスメタン濃度	%	60
脱水機回収率	%	90
脱水汚泥含水率（消化なし）	%	79
脱水汚泥含水率（消化あり）	%	82

表資 2-3 革新的技術の物質収支（日最大 50,000 m³/日規模）

		単位	下水汚泥	
			初沈汚泥	余剰汚泥
処理量（日平均）	湿重量	t-wet/日	340	340
	固形物濃度（TS）	%	1.0	1.0
	固形物量	t-ds/日	3.40	3.40
	有機物濃度（VS）	%	0.8	0.8
	有機物量	t-VS/日	2.72	2.72
計算結果（日平均）	分解有機物量	t-VS/日	2.84	
	消化汚泥中有機物量	t-VS/日	2.33	
	消化汚泥中固形物量	t-ds/日	3.62	
	バイオガス発生量	Nm ³ /日	2,584	
	精製ガス量	Nm ³ /日	1,632	
	脱水汚泥量	t-wet/日	17.2	

表資 2-4 革新的技術の物質収支（日最大 35,000 m³/日規模）

		単位	下水汚泥	
			初沈汚泥	余剰汚泥
処理量（日平均）	湿重量	t-wet/日	238	238
	固形物濃度（TS）	%	1.0	1.0
	固形物量	t-ds/日	2.38	2.38
	有機物濃度（VS）	%	0.8	0.8
	有機物量	t-VS/日	1.90	1.90
計算結果（日平均）	分解有機物量	t-VS/日	1.99	
	消化汚泥中有機物量	t-VS/日	1.63	
	消化汚泥中固形物量	t-ds/日	2.53	
	バイオガス発生量	Nm ³ /日	1,809	
	精製ガス量	Nm ³ /日	1,142	
	脱水汚泥量	t-wet/日	12.1	

表資 2-5 革新的技術の物質収支（日最大 20,000 m³/日規模）

		単位	下水汚泥	
			初沈汚泥	余剰汚泥
処理量（日平均）	湿重量	t-wet/日	136	136
	固形物濃度（TS）	%	1.0	1.0
	固形物量	t-ds/日	1.36	1.36
	有機物濃度（VS）	%	0.8	0.8
	有機物量	t-VS/日	1.09	1.09
計算結果（日平均）	分解有機物量	t-VS/日	1.14	
	消化汚泥中有機物量	t-VS/日	0.93	
	消化汚泥中固形物量	t-ds/日	1.44	
	バイオガス発生量	Nm ³ /日	1,034	
	精製ガス量	Nm ³ /日	653	
	脱水汚泥量	t-wet/日	6.9	

表資 2-6 従来技術の物質収支（日最大 50,000 m³/日規模）

		単位	下水汚泥	
			初沈汚泥	余剰汚泥
処理量（日平均）	湿重量	t-wet/日	340	340
	固形物濃度（TS）	%	1.0	1.0
	固形物量	t-ds/日	3.4	3.4
	有機物濃度（VS）	%	0.8	0.8
	有機物量	t-VS/日	2.72	2.72
計算結果（日平均）	分解有機物量	t-VS/日	2.69	
	消化汚泥中有機物量	t-VS/日	2.20	
	消化汚泥中固形物量	t-ds/日	3.43	
	バイオガス発生量	Nm ³ /日	2,448	
	脱水汚泥量（消化なし）	t-wet/日	26.2	
	脱水汚泥量（消化あり）	t-wet/日	17.1	

表資 2-7 従来技術の物質収支（日最大 35,000 m³/日規模）

		単位	下水汚泥	
			初沈汚泥	余剰汚泥
処理量（日平均）	湿重量	t-wet/日	238	238
	固形物濃度（TS）	%	1.0	1.0
	固形物量	t-ds/日	2.38	2.38
	有機物濃度（VS）	%	0.8	0.8
	有機物量	t-VS/日	1.90	1.90
計算結果（日平均）	分解有機物量	t-VS/日	1.88	
	消化汚泥中有機物量	t-VS/日	1.54	
	消化汚泥中固形物量	t-ds/日	2.40	
	バイオガス発生量	Nm ³ /日	1714	
	脱水汚泥量（消化なし）	t-wet/日	18.4	
	脱水汚泥量（消化あり）	t-wet/日	12.0	

表資 2-8 従来技術の物質収支（日最大 20,000 m³/日規模）

		単位	下水汚泥	
			初沈汚泥	余剰汚泥
処理量（日平均）	湿重量	t-wet/日	136	136
	固形物濃度（TS）	%	1.0	1.0
	固形物量	t-ds/日	1.36	1.36
	有機物濃度（VS）	%	0.8	0.8
	有機物量	t-VS/日	1.09	1.09
計算結果（日平均）	分解有機物量	t-VS/日	1.08	
	消化汚泥中有機物量	t-VS/日	0.88	
	消化汚泥中固形物量	t-ds/日	1.37	
	バイオガス発生量	Nm ³ /日	979	
	脱水汚泥量（消化なし）	t-wet/日	10.5	
	脱水汚泥量（消化あり）	t-wet/日	6.9	

(4) 主要機器

表資 2-9 ~ 表資 2-11 に革新的技術の主要機器仕様を示す。

表資 2-9 機器リスト (日最大 50,000 m³/日規模)

分類	機器名称	型式	仕様	電動機 kW	運転 台数	設置 台数
高濃度濃縮 設備	高濃度濃縮装置供給汚泥貯留槽	鋼板製タンク	59m ³	-	1	1
	高濃度濃縮装置供給汚泥貯留槽 攪拌機	パドル式	攪拌容量 59m ³	7.5	1	1
	高濃度濃縮装置汚泥供給ポンプ	一軸ネジ式	150A 39m ³ /h (0.5~1.5倍)	11	1	2
	高濃度濃縮装置	スクリー式	550kgDS/h	2.2	1	2
	高分子定量供給機	可変連続式	0.43L/min	0.75	1	2
	高分子溶解タンク	鋼板製立形円筒槽	3.3m ³ 攪拌機付 バッチ式	3.7	1	2
	薬品供給ポンプ	一軸ねじ	40A 26.8L/min	1.5	1	2
	高濃度濃縮装置洗浄水供給ポンプ	渦巻ポンプ	189L/分 0.5 MPa	2.2	1	2
	返流水貯留槽	土木工事費に含む	有効容量 38m ³	-	1	2
	返流水排出ポンプ	水中ポンプ	80A 1.3m ³ /min SUS製	5.5	1	2
	濃縮汚泥貯留槽	鋼板製シュート	1.9m ³	-	1	2
高濃度消化槽 設備	消化槽汚泥供給ポンプ	一軸ねじ式	吸込み角フランジ/吐出 250A 16m ³ /h	11	1	2
	高濃度消化槽	鋼板製	槽有効容量 1620m ³	-	1	1
	高濃度消化槽攪拌機	インペラ式	攪拌容量 1620m ³	11	1	1
	消化汚泥循環ポンプ	一軸ねじ式	吸込み角フランジ/吐出 125A 43m ³ /h	11	1	1
	消化汚泥引抜ポンプ	一軸ねじ式	吸込み角フランジ/吐出 125A 43m ³ /h	11	1	1
	消化汚泥循環/引抜ポンプ	一軸ねじ式	吸込み角フランジ/吐出 125A 43m ³ /h	11	0	1
	汚泥熱交換器	スパイラル式	伝熱面積 8m ²	-	1	1
	温水ヒータ	簡易ボイラ	加温能力 180kW 以上	-	0	1
	温水循環ポンプ	ラインポンプ	40A 0.22m ³ /min	1.5	1	2
	消化汚泥貯留槽	鋼板製タンク	12m ³	-	1	1
	消化汚泥貯留槽攪拌機	パドル式	攪拌容量 12m ³	2.2	1	1
バイオガス精製 設備	バイオガス精製装置	高圧水吸収法	150Nm ³ /h	56.8	1	1
	給水ユニット	受水槽付給水ユニット	32A 0.6m ³ /min	2.2	1	1
	受水タンク	FRP製パネルタンク	6m ³	-	1	1
	散水ポンプ	横軸渦巻ポンプ	65A 0.4m ³ /min	2.2	1	1
	冷却装置	空冷式チラーユニット	冷却能力 45kW 以上	19.6	1	1
	冷却水タンク	SUS製パネルタンク	1.5m ³	-	1	1
	冷却水ポンプ	ラインポンプ	65A 0.33m ³ /min	3.7	1	1
	余剰ガス燃焼装置	自然通風式	バイオガス 150m ³ /h 精製ガス 90Nm ³ /h	-	1	1
中圧ガスホルダ 設備	中圧ガスホルダ	円筒形	6時間貯留 60m ³	-	1	1
バイオガス発電 設備	バイオガス発電設備	ガスエンジン	25kW/台	-	11	11
水素製造設備	水素製造装置	水蒸気改質法	25Nm ³ -H ₂ /h		1	1
水素供給設備	水素供給装置		圧縮機能力 30Nm ³ /日未満		1	1

※初沈汚泥供給ポンプ、余剰汚泥供給ポンプは本システム外 (既存設備を利用)

※脱臭装置は既設と共用

表資 2-10 機器リスト (日最大 35,000 m³/日規模)

分類	機器名称	型式	仕様	電動機 kW	運転 台数	設置 台数
高濃度濃縮 設備	高濃度濃縮装置供給汚泥貯留槽	鋼板製タンク	41m ³	-	1	1
	高濃度濃縮装置供給汚泥貯留槽 攪拌機	パドル式	攪拌容量 41m ³	5.5	1	1
	高濃度濃縮装置汚泥供給ポンプ	一軸ネジ式	125A 28m ³ /h (0.5~1.5倍)	7.5	1	2
	高濃度濃縮装置	スクリー式	400kgDS/h	1.5	1	2
	高分子定量供給機	可変連続式	0.32L/min	0.75	1	2
	高分子溶解タンク	鋼板製立形円筒槽	2.4m ³ 攪拌機付 バッチ式	3.7	1	2
	薬品供給ポンプ	一軸ねじ	32A 19.5L/min	0.75	1	2
	高濃度濃縮装置洗浄水供給ポンプ	渦巻ポンプ	162L/分 0.5 MPa	2.2	1	2
	返流水貯留槽	土木工事費に含む	有効容量 27m ³	-	1	2
	返流水排出ポンプ	水中ポンプ	50A 0.9m ³ /min SUS製	3.7	1	2
濃縮汚泥貯留槽	鋼板製シュート	1.4m ³	-	1	2	
高濃度消化槽 設備	消化槽汚泥供給ポンプ	一軸ねじ式	吸込み角フランジ/吐出 200A 11m ³ /h	7.5	1	2
	高濃度消化槽	鋼板製	槽有効容量 1140m ³	-	1	1
	高濃度消化槽攪拌機	インペラ式	攪拌容量 1140m ³	7.5	1	1
	消化汚泥循環ポンプ	一軸ねじ式	吸込み角フランジ/吐出 125A 30m ³ /h	7.5	1	1
	消化汚泥引抜ポンプ	一軸ねじ式	吸込み角フランジ/吐出 125A 30m ³ /h	7.5	1	1
	消化汚泥循環/引抜ポンプ	一軸ねじ式	吸込み角フランジ/吐出 125A 30m ³ /h	7.5	0	1
	汚泥熱交換器	スパイラル式	伝熱面積 6m ²	-	1	1
	温水ヒータ	簡易ボイラ	加温能力 130kW 以上	-	0	1
	温水循環ポンプ	ラインポンプ	40A 0.16m ³ /min	1.5	1	2
	消化汚泥貯留槽	鋼板製タンク	8m ³	-	1	1
消化汚泥貯留槽攪拌機	パドル式	攪拌容量 8m ³	1.5	1	1	
バイオガス精製 設備	バイオガス精製装置	高圧水吸収法	100Nm ³ /h	47.9	1	1
	給水ユニット	受水槽付給水ユニット	32A 0.5m ³ /min	1.5	1	1
	受水タンク	FRP製パネルタンク	6m ³	-	1	1
	散水ポンプ	横軸渦巻ポンプ	50A 0.3m ³ /min	1.5	1	1
	冷却装置	空冷式チラーユニット	冷却能力 32kW 以上	12.3	1	1
	冷却水タンク	SUS製パネルタンク	1m ³	-	1	1
	冷却水ポンプ	ラインポンプ	65A 0.25m ³ /min	2.2	1	1
	余剰ガス燃焼装置	自然通風式	バイオガス 100m ³ /h 精製ガス 60Nm ³ /h	-	1	1
中圧ガスホルダ 設備	中圧ガスホルダ	円筒形	6時間貯留 35m ³	-	1	1
バイオガス発電 設備	バイオガス発電設備	ガスエンジン	25kW/台	-	8	8
水素製造設備	水素製造装置	水蒸気改質法	25Nm ³ -H ₂ /h		1	1
水素供給設備	水素供給装置		圧縮機能力 30Nm ³ /日未満		1	1

※初沈汚泥供給ポンプ、余剰汚泥供給ポンプは本システム外 (既存設備を利用)

※脱臭装置は既設と共用

表資 2-1 1 機器リスト (日最大 20,000 m³/日規模)

分類	機器名称	型式	仕様	電動機 kW	運転 台数	設置 台数
高濃度濃縮 設備	高濃度濃縮装置供給汚泥貯留槽	鋼板製タンク	24m ³	-	1	1
	高濃度濃縮装置供給汚泥貯留槽 攪拌機	パドル式	攪拌容量 24m ³	3.7	1	1
	高濃度濃縮装置汚泥供給ポンプ	一軸ネジ式	100A 16m ³ /h (0.5~1.5倍)	5.5	1	2
	高濃度濃縮装置	スクリー式	250kgDS/h	1.5	1	2
	高分子定量供給機	可変連続式	0.2L/min	0.4	1	2
	高分子溶解タンク	鋼板製立形円筒槽	1.5m ³ 攪拌機付 パッチ式	2.2	1	2
	薬品供給ポンプ	一軸ねじ	32A 12.2L/min	0.4	1	2
	高濃度濃縮装置洗浄水供給ポンプ	渦巻ポンプ	162L/分 0.5 MPa	2.2	1	2
	返流水貯留槽	土木工事費に含む	有効容量 16m ³	-	1	2
	返流水排出ポンプ	水中ポンプ	50A 0.6m ³ /min SUS製	2.2	1	2
	濃縮汚泥貯留槽	鋼板製シュート	0.8m ³	-	1	2
高濃度消化槽 設備	消化槽汚泥供給ポンプ	一軸ねじ式	吸込み角フランジ/吐出 125A 7m ³ /h	5.5	1	2
	高濃度消化槽	鋼板製	槽有効容量 650m ³	-	1	1
	高濃度消化槽攪拌機	インペラ式	攪拌容量 650m ³	5.5	1	1
	消化汚泥循環ポンプ	一軸ねじ式	吸込み角フランジ/吐出 100A 17m ³ /h	5.5	1	1
	消化汚泥引抜ポンプ	一軸ねじ式	吸込み角フランジ/吐出 100A 17m ³ /h	5.5	1	1
	消化汚泥循環/引抜ポンプ	一軸ねじ式	吸込み角フランジ/吐出 100A 17m ³ /h	5.5	0	1
	汚泥熱交換器	スパイラル式	伝熱面積 4m ²	-	1	1
	温水ヒータ	簡易ボイラ	加温能力 80kW 以上	-	0	1
	温水循環ポンプ	ラインポンプ	40A 0.09m ³ /min	1.5	1	2
	消化汚泥貯留槽	鋼板製タンク	5m ³	-	1	1
	消化汚泥貯留槽攪拌機	パドル式	攪拌容量 5m ³	0.75	1	1
バイオガス精製 設備	バイオガス精製装置	高圧水吸収法	100Nm ³ /h	47.9	1	1
	給水ユニット	受水槽付給水ユニット	32A 0.5m ³ /min	1.5	1	1
	受水タンク	FRP製パネルタンク	5m ³	-	1	1
	散水ポンプ	横軸渦巻ポンプ	50A 0.3m ³ /min	1.5	1	1
	冷却装置	空冷式チラーユニット	冷却能力 32kW 以上	12.3	1	1
	冷却水タンク	SUS製パネルタンク	1m ³	-	1	1
	冷却水ポンプ	ラインポンプ	65A 0.25m ³ /min	2.2	1	1
余剰ガス燃焼装置	自然通風式	バイオガス 80m ³ /h 精製ガス 48Nm ³ /h	-	1	1	
中圧ガスホルダ 設備	中圧ガスホルダ	円筒形	6時間貯留 25m ³	-	1	1
バイオガス発電 設備	バイオガス発電設備	ガスエンジン	25kW/台	-	5	5
水素製造設備	水素製造装置		25Nm ³ -H ₂ /h		1	1
水素供給設備	水素供給装置		圧縮機能力 30Nm ³ /日未満		1	1

※初沈汚泥供給ポンプ、余剰汚泥供給ポンプは本システム外（既存設備を利用）

※脱臭装置は既設と共用

(5) 試算条件

1) 建設費

表資2-12にシステム全体の試算条件を、表資2-13に要素技術（高濃度消化のみ）の試算条件を示す。

表資2-12 建設費試算条件（システム全体）

革新的技術			従来技術				
高濃度消化 (濃縮含む)	重力濃縮:従来技術と同様	積み上げ	濃縮	重力濃縮	機械	$0.0131(0.5Qd0)^{0.611}$	※1 億円
	機械・電気				土木	$0.0124(0.5Qd0)^{0.598}$	
土木	機械濃縮			機械	$0.438(0.5Qd0)^{0.422}$		
土木				土木	$0.340(0.5Qd0)^{0.259}$		
省エネ型バイオ ガス精製	機械・電気		消化	機械	$0.516Qd1^{0.385}$		
	土木			土木	$0.169Qd1^{0.539}$		
小規模水素 製造・供給	機械・電気			脱水(革新的技術と の差額を計上)	機械	$0.434Qd2^{0.373}$	
	土木				土木	$0.227Qd2^{0.444}$	
バイオガス発電	機械・電気		バイオガス発電	機械・電気	$1.3132x$	※2 百万円	
	土木			土木	$0.0263x + 5.8284$		
・高濃度消化槽でのVS分解率:55% ・Qd2:日最大脱水投入汚泥量[1%換算](m ³ /日) =181(20,000m ³ /日規模) 317(35,000m ³ /日規模) 452(50,000m ³ /日規模)			・Qd0:日最大汚泥量[1%換算](m ³ /日) =340(20,000m ³ /日規模), 595(35,000m ³ /日規模), 850(50,000m ³ /日規模) ・Qd1:濃縮後日最大汚泥量[1%換算](m ³ /日) =306(20,000m ³ /日規模), 536(35,000m ³ /日規模), 765(50,000m ³ /日規模) ・Qd2:日最大脱水投入汚泥量[1%換算](m ³ /日) ⇒直接脱水:306(20,000m ³ /日規模), 536(35,000m ³ /日規模), 765(50,000m ³ /日規模) ⇒消化脱水:171(20,000m ³ /日規模), 300(35,000m ³ /日規模), 428(50,000m ³ /日規模) ・重力濃縮と機械濃縮の固形分比率を1:1として算出 ・消化槽でのVS分解率:55% ・x:総発電施設規模(kW)				

※1 下水汚泥広域利活用検討マニュアル ⇒デフレーターを用いて2018(H30)年度費用に補正

※2 下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン

表資 2-13 建設費試算条件 (要素技術)

革新的技術			従来技術				
高濃度消化 (濃縮含む)	重力濃縮:従来技術と同様	積み上げ	濃縮	重力濃縮	機械	$0.0131 (0.5Qd0)^{0.611}$	※1 億円
	機械・電気			土木	$0.0124 (0.5Qd0)^{0.598}$		
				機械濃縮	機械	$0.438 (0.5Qd0)^{0.422}$	
	土木				$0.340 (0.5Qd0)^{0.259}$		
	土木		消化 (脱硫・ガスホルダ含む)		機械	$0.516 Qd1^{0.385}$	
					土木	$0.169 Qd1^{0.539}$	
			上記消化 より差引	脱硫	機械	$0.878 g^{0.761}$	※2 百万円
ガスホルダ	機械	$10.4 V^{0.437}$					
・高濃度消化槽でのVS分解率:55%			<ul style="list-style-type: none"> ・Qd0:日最大汚泥量[1%換算](m³/日) =340(20,000m³/日規模), 595(35,000m³/日規模), 850(50,000m³/日規模) ・Qd1:濃縮後日最大汚泥量[1%換算](m³/日) =306(20,000m³/日規模), 536(35,000m³/日規模), 765(50,000m³/日規模) ・重力濃縮と機械濃縮の固形分比率を1:1として算出 ・重力濃縮・機械濃縮汚泥のVTS:80% ・バイオガス発生量:500Nm³/t-VS投入 ・g:バイオガス量(m³/時) ・V:ガスホルダ貯留容量(m³) バイオガス発生量の半日分とした 				

※1 下水汚泥広域利活用検討マニュアル ⇒デフレーターを用いて2018(H30)年度費用に補正

※2 下水処理場へのバイオマス(生ごみ等)受け入れマニュアル ⇒デフレーターを用いて2018(H30)年度費用に補正

2) 維持管理費

表資 2-1 4 にシステム全体の試算条件を、表資 2-1 5 に要素技術（高濃度消化のみ）の試算条件を示す。

表資 2-1 4 維持管理費試算条件（システム全体）

革新的技術		従来技術				
高濃度消化 (濃縮含む)	重力濃縮: 従来技術と同様	濃縮	重力濃縮	0.030 (0.5Qd0) ^{0.628}		※1 百万円/年
	電力		機械濃縮	0.661 (0.5Qd0) ^{0.573}		
	薬品(高分子凝集剤、ポリ硫酸第二鉄)	消化		0.171 (Qd1 × 365 × 0.8) ^{0.390}		
	補修費	脱水(革新的技術との差額を計上)		0.039 (Qd2 × 365 × 0.8) ^{0.596}		
省エネ型 バイオガス 精製	人件費	脱水汚泥処分費(革新的技術との差額を計上)		1/(100-W) × (Qd2 × 365 × 0.8) × 22,000 ÷ 10 ⁶		百万円/年
	電力	バイオガス発電		0.0579x		
	上水					
小規模水素 製造・供給	補修費					
	電力					
バイオガス 発電	上水					
	補修費					
	電力費縮減					

電力・薬品・上水は実証データに基づき設定
補修費は積み上げ

- ・電力: 16.5円/kWh ※3※4
- ・高分子凝集剤(カチオン系): 566円/kg ※3
- ・ポリ硫酸第二鉄(11%溶液): 38.9円/kg ※3
- ・上水: 309.1円/m³ ※3
- ・人件費: 7百万円/年/人 ※5

- ・Qd0: 日最大汚泥量[1%換算](m³/日)
= 340(20,000m³/日規模), 595(35,000m³/日規模), 850(50,000m³/日規模)
- ・Qd1: 濃縮後日最大汚泥量[1%換算](m³/日)
= 306(20,000m³/日規模), 536(35,000m³/日規模), 765(50,000m³/日規模)
- ・Qd2: 日最大脱水投入汚泥量[1%換算](m³/日)
⇒ 直接脱水: 306(20,000m³/日規模), 536(35,000m³/日規模), 765(50,000m³/日規模)
⇒ 消化脱水: 171(20,000m³/日規模), 300(35,000m³/日規模), 428(50,000m³/日規模)
- ・重力濃縮と機械濃縮の固形分比率を1:1として算出
- ・消化槽でのVS分解率: 55%
- ・W: 脱水汚泥含水率(%)
⇒ 従来直接脱水79%、従来消化脱水82% ※6 革新消化脱水(2液調質)80%
- ・ポリ硫酸第二鉄添加による脱水汚泥固形物量増: 脱水機供給汚泥固形物量 × 25%(添加率) × 11%(ポリ硫酸第二鉄溶液濃度) × 107/56 (Fe(OH)₃分子量/Fe分子量)
- ・脱水汚泥処分単価: 22,000円/t-wet ※3
- ・x: 総発電施設規模(kW)

※1 下水汚泥広域利活用検討マニュアル
 ※2 下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン
 ※3 国総研調べ
 ※4 発電電力は場内利用とし、同単価で算定する。

※5 下水バイオガス原料による水素創エネ技術導入ガイドライン(案)
 ※6 JS標準仕様書
 直接脱水: 分流式VTS=80%の混合生汚泥標準値
 消化脱水: VTS=66.7%の消化汚泥標準値

表資 2-15 維持管理費試算条件（要素技術）

革新的技術			従来技術			
高濃度消化 (濃縮含む)	重力濃縮: 従来技術と同様	電力・薬品は実証データに基づき設定	濃縮	重力濃縮	$0.030 (0.5Qd0)^{0.628}$	※1 百万円/年
	電力			機械濃縮	$0.661 (0.5Qd0)^{0.573}$	
	薬品 (高分子凝集剤)	補修費は積み上げ	消化 (脱硫・ガスホルダ含む)		$0.171 (Qd1 \times 365 \times 0.8)^{0.390}$	
	補修費		上記消化より差引	脱硫	$0.0796 g^{0.761}$	※2 百万円/年
人件費			ガスホルダ	$0.283 V^{0.302}$		
<ul style="list-style-type: none"> ・電力: 16.5円/kWh ※3 ・高分子凝集剤(カチオン系): 566円/kg ※3 ・ポリ硫酸第二鉄(11%溶液): 38.9円/kg ※3 ・上水: 309.1円/m³ ※3 ・人件費: 7百万円/年/人 ※4 			<ul style="list-style-type: none"> ・Qd0: 日最大汚泥量[1%換算](m³/日) = 340(20,000m³/日規模), 595(35,000m³/日規模), 850(50,000m³/日規模) ・Qd1: 濃縮後日最大汚泥量[1%換算](m³/日) = 306(20,000m³/日規模), 536(35,000m³/日規模), 765(50,000m³/日規模) ・重力濃縮と機械濃縮の固形分比率を1:1として算出 ・重力濃縮・機械濃縮汚泥のVTS: 80% ・バイオガス発生量: 500Nm³/t-VS投入 ・g: バイオガス量(m³/時) ・V: ガスホルダ貯留容量(m³) バイオガス発生量の半日分とした 			

※1 下水汚泥広域活用検討マニュアル

※2 下水処理場へのバイオマス(生ごみ等)受け入れマニュアル

※3 国総研調べ

※4 下水バイオガス原料による水素創エネ技術導入ガイドライン(案)

3) 総費用（年価換算値）

総費用（年価換算値）は、建設費年価と維持管理費の合計とした。

ここで、建設費年価 = 建設費 $\times i(1+i)^n / \{(1+i)^n - 1\}$ とした。

i : 利子率 = 2.3%

n : 耐用年数 (消 化) = 15 年 (機械・電気), ただし鋼板製消化槽本体は 20 年 ※1
45 年 (土木)

(消化以外) = 15 年 (機械・電気), 50 年 (土木) ※2

※1 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導入ガイドライン (案)

※2 下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン

4) エネルギー収支

表資 2-1 6 に示す前提条件に基づき試算した。

表資 2-1 6 FS 前提条件 (エネルギー収支)

	革新的技術		従来技術		
エネルギー消費(電力)	高濃度消化	重力濃縮 7 kWh/t-ds	重力濃縮	7 kWh/t-ds	※1
		実証データに基づき試算	機械濃縮	212 kWh/t-ds	※1
	省エネ型 バイオガス精製		消化	5.3 kWh/m ³	※2
	小規模水素 製造・供給		脱水(革新的技術との差 分を計上) X2: 投入汚泥固形物量(t-ds/年) Y: 消費電力量(kWh/年)	直接脱水: Y=1575.4 X2 ^{0.6723} 消化脱水: Y=62.631 X2 ^{1.2091}	※4
創エネ	水素供給	積み上げ	バイオガス発電	メタン濃度55~75%対応の小型発電機 (発電効率:32%、廃熱回収率:52%。 ⇒1台当たりの定格発電出力:25kW, 廃 熱回収量:40.6kW) 発電量(システム端)=発電量(発電 端)×90%	※1 ※2
	バイオガス発電	メタン濃度75~ 100%対応の 小型発電機 (発電効率: 33%)※5			
エネルギー収支=創エネルギー量 - エネルギー消費量 (電力から熱量への換算: 受電端投入熱量9.484MJ/kWh ※3)					

※1 下水道革新的技術事業説明書

※2 下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン

※3 エネルギー源別標準発熱量(平成27年4月14日、資源エネルギー庁)

※4 国総研調べ

※5 メーカーカタログ

5) CO₂排出量

表資 2-17 に示す前提条件に基づき試算した。

表資 2-17 FS 前提条件 (CO₂ 排出量)

			排出係数	出典
エネルギー消費に伴う排出	電力	t-CO ₂ /kWh	0.000488	令和2年1月7日環境省公表 「平成30年度の電気事業者ごとの基礎排出係数・調整後排出係数等の公表について」 代替値
上水・薬品類の消費に伴う排出	上水	t-CO ₂ /m ³	0.0020	平成28年3月 環境省・国土交通省 下水道における地球温暖化対策マニュアル 1) 高分子凝集剤薬注率(対TS%) 革新的技術)高濃度濃縮:0.35%、脱水:1.5% 従来技術)機械濃縮:0.3%、 脱水1.2%(消化なし)、1.6%(消化あり) 2) 国総研調べ
	高分子凝集剤 ¹⁾	t-CO ₂ /t	6.5	
	ポリ硫酸第二鉄 ²⁾ (11%溶液)	t-CO ₂ /t	0.0308	
	活性炭	t-CO ₂ /t	0.26	
水素有効利用による排出削減	ガソリン	t-CO ₂ /kL	2.32	燃料電池自動車(燃費:12.1 km/Nm ³)への水素供給による排出削減量として、同じ距離を走行するガソリン車(燃費:21.4km/L)が消費するガソリン由来の排出量を計上する。 (下水バイオガス原料による水素創エネ技術導入ガイドライン(案)より)
バイオガス発電による排出削減	電力	t-CO ₂ /kWh	0.000488	令和2年1月7日環境省公表 「平成30年度の電気事業者ごとの基礎排出係数・調整後排出係数等の公表について」 代替値

2. 2. 試算結果

バイオガス利用設備の運転パターンにより、次の6ケースで試算した結果を示す。また、要素技術である高濃度消化のみでの試算結果を、ケース①において示す。

ケース①：FCVに供給する水素 10 Nm³/日を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する。残りの精製ガスは発電にもちいる。

ケース②：FCVに供給する水素 10 Nm³/日を毎日製造し、その他の時間は水素製造装置を待機させる。残りの精製ガスは発電にもちいる。

ケース③：常時低負荷（40%）で水素製造し、FCVに供給する 10 Nm³/日以外は、消化槽に吹き込む。残りの精製ガスは発電にもちいる。吹き込んだ水素は全量メタンになると仮定し、メタン増量分は発電用の精製ガス量の増加として計上する。

ケース④：常時定格負荷で水素製造し、FCVに供給する 10 Nm³/日以外は、消化槽に吹き込む。残りの精製ガスは発電にもちいる。吹き込んだ水素は全量メタンになると仮定し、メタン増量分は発電用の精製ガス量の増加として計上する。

ケース⑤：外部に供給する水素を製造し、その他の時間は水素製造装置を待機させる。残りの精製ガスは発電にもちいる。（供給設備は設置しない）

ケース⑥：常時定格負荷で水素製造し、外部に供給する水素以外は消化槽に吹き込む。残りの精製ガスは発電にもちいる。吹き込んだ水素は全量メタンになると仮定し、メタン増量分は発電用の精製ガス量の増加として計上する。（供給設備は設置しない）

表資 2-18 水素製造・供給設備の運転パターン

運転パターン		水素製造	水素供給		水素吹込※	バイオガス発電
			FCV	外部		
①	定格負荷でFCV供給分を1週間分まとめて製造し、その他の時間は冷間停止	1週間のFCV供給分 70Nm ³ をまとめて製造(3h) 残り冷間停止 製造量: 10Nm ³ /日	供給量: 10Nm ³ /日	なし	なし	あり
②	定格負荷でFCV供給分を毎日製造し、その他の時間は待機運転	毎日FCV供給分10Nm ³ を製造(0.6h)、残り待機 製造量: 10Nm ³ /日	供給量: 10Nm ³ /日	なし	なし	あり
③	常時低負荷(40%)で水素製造し、FCV供給分以外は消化槽に吹き込む	40%負荷24h製造 製造量: 240Nm ³ /日			吹込量: 230Nm ³ /日	
④	常時定格負荷で水素製造し、FCV供給分以外は消化槽に吹き込む	100%負荷24h製造 製造量: 605Nm ³ /日			吹込量: 595Nm ³ /日	
⑤	定格負荷で外部供給分を毎日製造し、その他の時間は待機運転(供給設備設置しない)	外部供給分500Nm ³ を製造(20h)、残り待機 製造量: 500Nm ³ /日	なし	供給量: 500Nm ³ /日	なし	あり
⑥	常時定格負荷で水素製造し、外部供給分以外は消化槽に吹き込む(供給設備設置しない)	100%負荷24h製造 製造量: 605Nm ³ /日			吹込量: 105Nm ³ /日	

※水素吹込によるメタン増量分は発電用の精製ガス量の増加としてFSに反映

(1) ケース① (FCV 供給分を1週間分まとめて製造し, その他の時間は冷間停止)

1) 建設費

表資2-19 建設費試算結果 (日最大 50,000 m³/日規模)

革新的技術 (百万円)			水素なし		水素あり		要素技術(高濃度消化)	
			建設費	年価	建設費	年価	建設費	年価
高濃度消化	重力濃縮	機械	52.9	5.0	52.9	5.0	52.9	5.0
		土木	46.3	1.9	46.3	1.9	46.3	1.9
	消化	機械・電気	816.0	60.4	816.0	60.4	816.0	60.4
		土木	108.9	3.8	108.9	3.8	108.9	3.8
	計	機械・電気	868.9	65.4	868.9	65.4	868.9	65.4
		土木	155.2	5.7	155.2	5.7	155.2	5.7
省エネ型 バイオガス精製	機械・電気	317.4	25.3	317.4	25.3	-	-	
	土木	37.3	1.3	37.3	1.3	-	-	
バイオガス発電	機械・電気	215.9	17.2	215.9	17.2	-	-	
	土木	26.9	0.9	26.9	0.9	-	-	
小規模水素 製造・供給	機械・電気	-	-	271.8	21.6	-	-	
	土木	-	-	13.7	0.5	-	-	
合計			1621.6	115.8	1907.1	137.9	1024.1	71.1

従来技術 (百万円)			消化なし		消化あり・発電なし		消化・発電あり		要素技術(濃縮・消化)	
			建設費	年価	建設費	年価	建設費	年価	建設費	年価
重力濃縮	機械	52.9	5.0	52.9	5.0	52.9	5.0	52.9	5.0	
	土木	46.3	1.9	46.3	1.9	46.3	1.9	46.3	1.9	
機械濃縮	機械	563.2	53.4	563.2	53.4	563.2	53.4	563.2	53.4	
	土木	163.0	6.6	163.0	6.6	163.0	6.6	163.0	6.6	
消化	機械	-	-	665.1	63.1	665.1	63.1	373.6	37.1	
	土木	-	-	605.6	25.9	605.6	25.9	605.6	25.9	
脱水 (革新的技術との差額)	機械	92.0	8.7	-8.5	-0.8	-8.5	-0.8	-	-	
	土木	90.1	3.6	-8.1	-0.3	-8.1	-0.3	-	-	
バイオガス発電	機械・電気	-	-	-	-	328.3	26.1	-	-	
	土木	-	-	-	-	12.4	0.4	-	-	
合計			1007.5	79.2	2079.5	154.8	2420.2	181.3	1804.6	129.9

表資2-20 建設費試算結果（日最大35,000 m³/日規模）

革新的技術 (百万円)		水素なし		水素あり		要素技術(高濃度消化)		
		建設費	年価	建設費	年価	建設費	年価	
高濃度消化	重力濃縮	機械	42.5	4.0	42.5	4.0	42.5	4.0
		土木	37.4	1.5	37.4	1.5	37.4	1.5
	消化	機械・電気	665.2	49.4	665.2	49.4	665.2	49.4
		土木	89.0	3.1	89.0	3.1	89.0	3.1
	計	機械・電気	707.7	53.4	707.7	53.4	707.7	53.4
		土木	126.4	4.6	126.4	4.6	126.4	4.6
省エネ型 バイオガス精製	機械・電気	272.5	21.7	272.5	21.7	-	-	
	土木	32.6	1.1	32.6	1.1	-	-	
バイオガス発電	機械・電気	178.7	14.2	178.7	14.2	-	-	
	土木	21.9	0.7	21.9	0.7	-	-	
小規模水素 製造・供給	機械・電気	-	-	271.8	21.6	-	-	
	土木	-	-	13.7	0.5	-	-	
合計		1339.8	95.7	1625.3	117.8	834.1	58.0	

従来技術 (百万円)		消化なし		消化あり・発電なし		消化・発電あり		要素技術(濃縮・消化)	
		建設費	年価	建設費	年価	建設費	年価	建設費	年価
重力濃縮	機械	42.5	4.0	42.5	4.0	42.5	4.0	42.5	4.0
	土木	37.4	1.5	37.4	1.5	37.4	1.5	37.4	1.5
機械濃縮	機械	484.5	46.0	484.5	46.0	484.5	46.0	484.5	46.0
	土木	148.6	6.0	148.6	6.0	148.6	6.0	148.6	6.0
消化	機械	-	-	579.7	55.0	579.7	55.0	333.6	33.0
	土木	-	-	499.7	21.4	499.7	21.4	499.7	21.4
脱水 (革新的技術との差額)	機械	80.5	7.6	-7.4	-0.7	-7.4	-0.7	-	-
	土木	76.9	3.1	-6.9	-0.3	-6.9	-0.3	-	-
バイオガス発電	機械・電気	-	-	-	-	229.8	18.3	-	-
	土木	-	-	-	-	10.4	0.4	-	-
合計		870.4	68.2	1778.1	132.9	2018.3	151.6	1546.3	111.9

表資2-21 建設費試算結果（日最大20,000 m³/日規模）

革新的技術 (百万円)		水素なし		水素あり		要素技術(高濃度消化)		
		建設費	年価	建設費	年価	建設費	年価	
高濃度消化	重力濃縮	機械	30.2	2.9	30.2	2.9	30.2	2.9
		土木	26.7	1.1	26.7	1.1	26.7	1.1
	消化	機械・電気	483.6	36.1	483.6	36.1	483.6	36.1
		土木	64.9	2.3	64.9	2.3	64.9	2.3
	計	機械・電気	513.8	39.0	513.8	39.0	513.8	39.0
		土木	91.6	3.4	91.6	3.4	91.6	3.4
省エネ型 バイオガス精製	機械・電気	249.2	19.8	249.2	19.8	-	-	
	土木	29.1	1.0	29.1	1.0	-	-	
バイオガス発電	機械・電気	135.7	10.8	135.7	10.8	-	-	
	土木	15.6	0.5	15.6	0.5	-	-	
小規模水素 製造・供給	機械・電気	-	-	271.8	21.6	-	-	
	土木	-	-	13.7	0.5	-	-	
合計		1035.0	74.5	1320.5	96.6	605.4	42.4	

従来技術 (百万円)		消化なし		消化あり・発電なし		消化・発電あり		要素技術(濃縮・消化)	
		建設費	年価	建設費	年価	建設費	年価	建設費	年価
重力濃縮	機械	30.2	2.9	30.2	2.9	30.2	2.9	30.2	2.9
	土木	26.7	1.1	26.7	1.1	26.7	1.1	26.7	1.1
機械濃縮	機械	382.6	36.3	382.6	36.3	382.6	36.3	382.6	36.3
	土木	128.6	5.2	128.6	5.2	128.6	5.2	128.6	5.2
消化	機械	-	-	467.4	44.3	467.4	44.3	278.1	27.4
	土木	-	-	369.6	15.8	369.6	15.8	369.6	15.8
脱水 (革新的技術との差額)	機械	65.4	6.2	-6.0	-0.6	-6.0	-0.6	-	-
	土木	60.0	2.4	-5.4	-0.2	-5.4	-0.2	-	-
バイオガス発電	機械・電気	-	-	-	-	131.3	10.5	-	-
	土木	-	-	-	-	8.5	0.3	-	-
合計		693.5	54.1	1393.7	104.8	1533.5	115.6	1215.8	88.7

2) 維持管理費

表資 2-2 2 維持管理費試算結果 (日最大 50,000 m³/日規模)

革新的技術 (百万円/年)		水素なし	水素あり	要素技術 (高濃度消化)	
高濃度消化	重力濃縮	1.3	1.3	1.3	
	消化	電力	4.9	4.9	4.9
		薬品費	17.8	17.8	4.9
		補修費	8.0	8.0	8.0
		人件費	7.0	7.0	7.0
計	39.0	39.0	26.1		
省エネ型 バイオガス精製	電力	6.2	6.2	-	
	上水	4.3	4.3	-	
	補修費	9.1	9.1	-	
バイオガス発電	補修費	13.2	13.2	-	
	電力費低減	-29.9	-29.7	-	
小規模水素 製造・供給	電力	-	1.0	-	
	上水	-	0.0	-	
	補修費	-	8.4	-	
合計		41.9	51.5	26.1	

従来技術 (百万円/年)	消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり	要素技術 (濃縮・消化)
重力濃縮	1.3	1.3	1.3	1.3
機械濃縮	21.2	21.2	21.2	21.2
消化	-	20.9	20.9	15.1
脱水(革新的技術との差分)	16.2	-1.4	-1.4	-
脱水汚泥処分費(消化なしと革新的技術との差分)	72.3	-	-	-
脱水汚泥処分費(消化ありと革新的技術との差分)	-	-0.8	-0.8	-
バイオガス発電	-	-	14.5	-
バイオガス発電 電力費縮減額	-	-	-24.7	-
合計	111.0	41.2	31.0	37.6

表資 2-2 3 維持管理費試算結果 (日最大 35,000 m³/日規模)

革新的技術 (百万円/年)		水素なし	水素あり	要素技術 (高濃度消化)	
高濃度消化	重力濃縮	1.1	1.1	1.1	
	消化	電力	3.5	3.5	3.5
		薬品費	12.4	12.4	3.4
		補修費	6.5	6.5	6.5
		人件費	7.0	7.0	7.0
計	30.5	30.5	21.5		
省エネ型 バイオガス精製	電力	5.6	5.6	-	
	上水	4.3	4.3	-	
	補修費	8.4	8.4	-	
バイオガス発電	補修費	9.9	9.9	-	
	電力費低減	-20.9	-20.8	-	
小規模水素 製造・供給	電力	-	1.0	-	
	上水	-	0.0	-	
	補修費	-	8.4	-	
合計		37.8	47.3	21.5	

従来技術 (百万円/年)	消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり	要素技術 (濃縮・消化)
重力濃縮	1.1	1.1	1.1	1.1
機械濃縮	17.3	17.3	17.3	17.3
消化	-	18.1	18.1	13.4
脱水(革新的技術との差分)	13.1	-1.1	-1.1	-
脱水汚泥処分費(消化なしと革新的技術との差分)	50.6	-	-	-
脱水汚泥処分費(消化ありと革新的技術との差分)	-	-0.5	-0.5	-
バイオガス発電	-	-	10.1	-
バイオガス発電 電力費縮減額	-	-	-17.3	-
合計	82.1	34.9	27.7	31.8

2. ケーススタディー

表資 2-2 4 維持管理費試算結果 (日最大 20,000 m³/日規模)

革新的技術 (百万円/年)		水素なし	水素あり	要素技術 (高濃度消化)	
高濃度消化	重力濃縮	0.8	0.8	0.8	
	消化	電力	2.2	2.2	2.2
		薬品費	7.1	7.1	2.0
		補修費	5.0	5.0	5.0
		人件費	7.0	7.0	7.0
計	22.1	22.1	17.0		
省エネ型 バイオガス精製	電力	4.8	4.8	-	
	上水	4.3	4.3	-	
	補修費	7.6	7.6	-	
バイオガス発電	補修費	6.5	6.5	-	
	電力費低減	-11.9	-11.8	-	
小規模水素 製造・供給	電力	-	1.0	-	
	上水	-	0.0	-	
	補修費	-	8.4	-	
合計		33.4	42.9	17.0	

従来技術 (百万円/年)	消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり	要素技術 (濃縮・消化)
重力濃縮	0.8	0.8	0.8	0.8
機械濃縮	12.5	12.5	12.5	12.5
消化	-	14.6	14.6	11.0
脱水(革新的技術との差分)	9.4	-0.8	-0.8	-
脱水汚泥処分費(消化なしと革新的技術との差分)	28.9	-	-	-
脱水汚泥処分費(消化ありと革新的技術との差分)	-	-0.3	-0.3	-
バイオガス発電	-	-	5.8	-
バイオガス発電 電力費縮減額	-	-	-9.9	-
合計	51.6	26.8	22.7	24.3

3) 総費用

表資 2-2 5 総費用試算結果（日最大 50,000 m³/日規模）

革新的技術 (百万円/年)	水素なし	水素あり	要素技術 (高濃度消化)
建設費年価	115.8	137.9	71.1
維持管理費	41.9	51.5	26.1
総費用	157.7	189.4	97.2
従来(消化なし)に対し	17% 縮減	1% 縮減	—
従来(消化あり・発電なし)に対し	20% 縮減	3% 縮減	—
従来(消化・発電あり)に対し	26% 縮減	11% 縮減	—
従来(要素技術)に対し	—	—	42% 縮減

従来技術 (百万円/年)	消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり	要素技術 (濃縮・消化)
建設費年価	79.2	154.8	181.3	129.9
維持管理費	111.0	41.2	31.0	37.6
総費用	190.2	196.0	212.3	167.5

表資 2-2 6 総費用試算結果（日最大 35,000 m³/日規模）

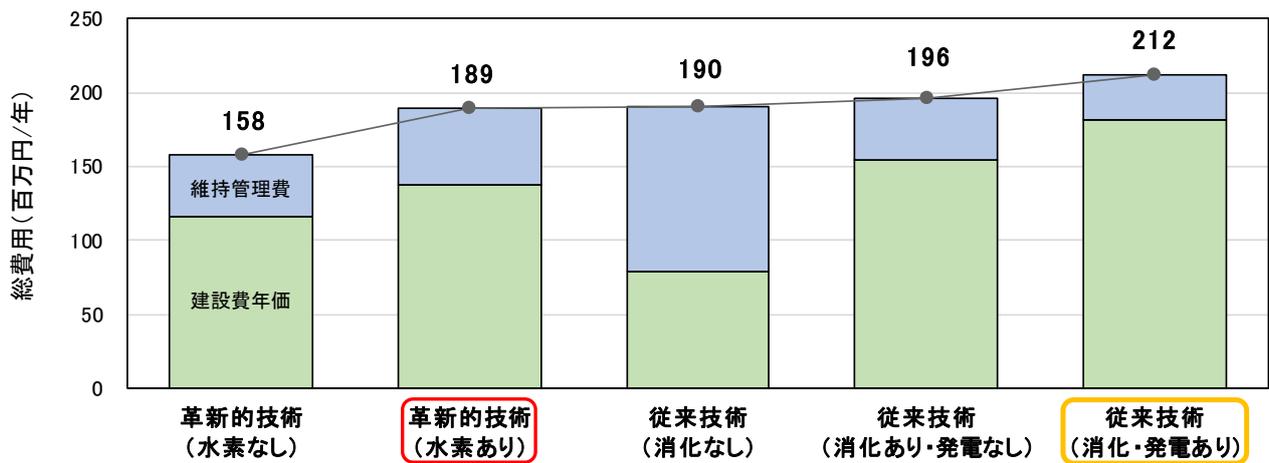
革新的技術 (百万円/年)	水素なし	水素あり	要素技術 (高濃度消化)
建設費年価	95.7	117.8	58.0
維持管理費	37.8	47.3	21.5
総費用	133.5	165.1	79.5
従来(消化なし)に対し	11% 縮減	10% 増加	—
従来(消化あり・発電なし)に対し	20% 縮減	2% 縮減	—
従来(消化・発電あり)に対し	26% 縮減	8% 縮減	—
従来(要素技術)に対し	—	—	45% 縮減

従来技術 (百万円/年)	消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり	要素技術 (濃縮・消化)
建設費年価	68.2	132.9	151.6	111.9
維持管理費	82.1	34.9	27.7	31.8
総費用	150.3	167.8	179.3	143.7

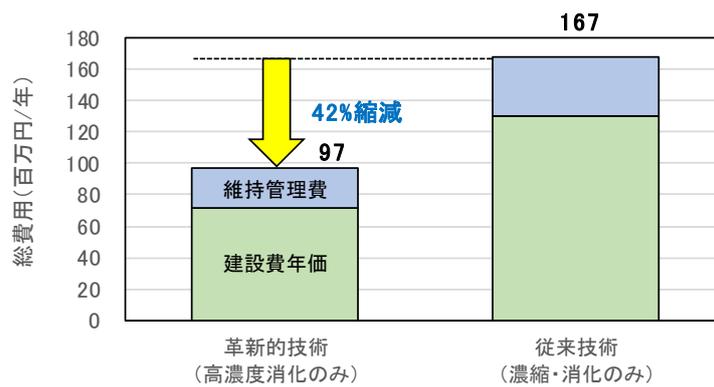
表資 2-2 7 総費用試算結果（日最大 20,000 m³/日規模）

革新的技術 (百万円/年)	水素なし	水素あり	要素技術 (高濃度消化)
建設費年価	74.5	96.6	42.4
維持管理費	33.4	42.9	17.0
総費用	107.9	139.5	59.4
従来(消化なし)に対し	2% 増加	32% 増加	—
従来(消化あり・発電なし)に対し	18% 縮減	6% 増加	—
従来(消化・発電あり)に対し	22% 縮減	1% 増加	—
従来(要素技術)に対し	—	—	47% 縮減

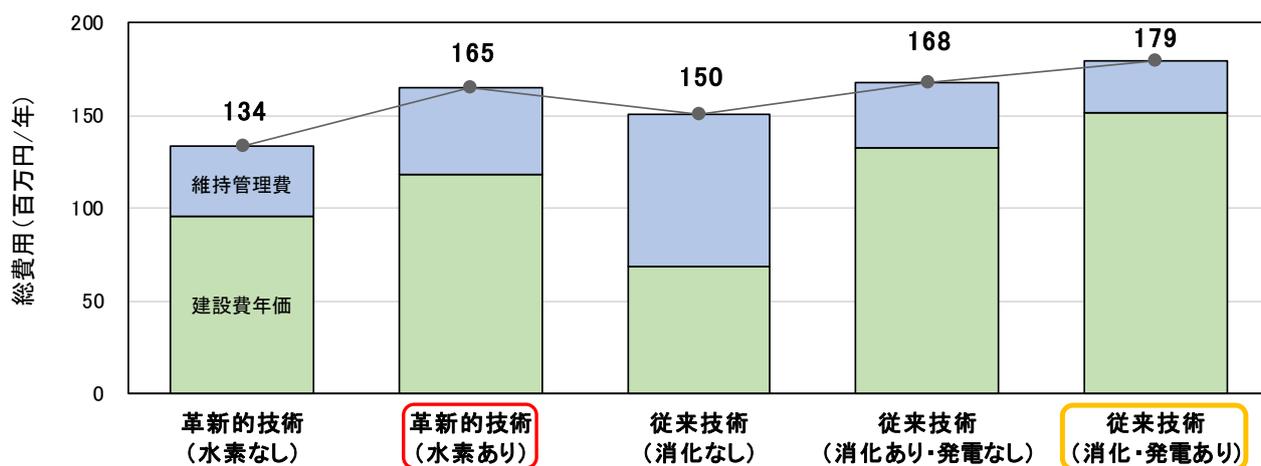
従来技術 (百万円/年)	消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり	要素技術 (濃縮・消化)
建設費年価	54.1	104.8	115.6	88.7
維持管理費	51.6	26.8	22.7	24.3
総費用	105.7	131.6	138.3	113.0



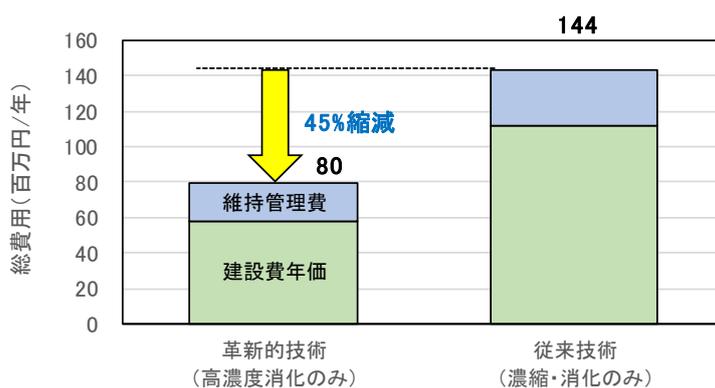
図資 2-4 総費用 (日最大 50,000 m³/日規模)



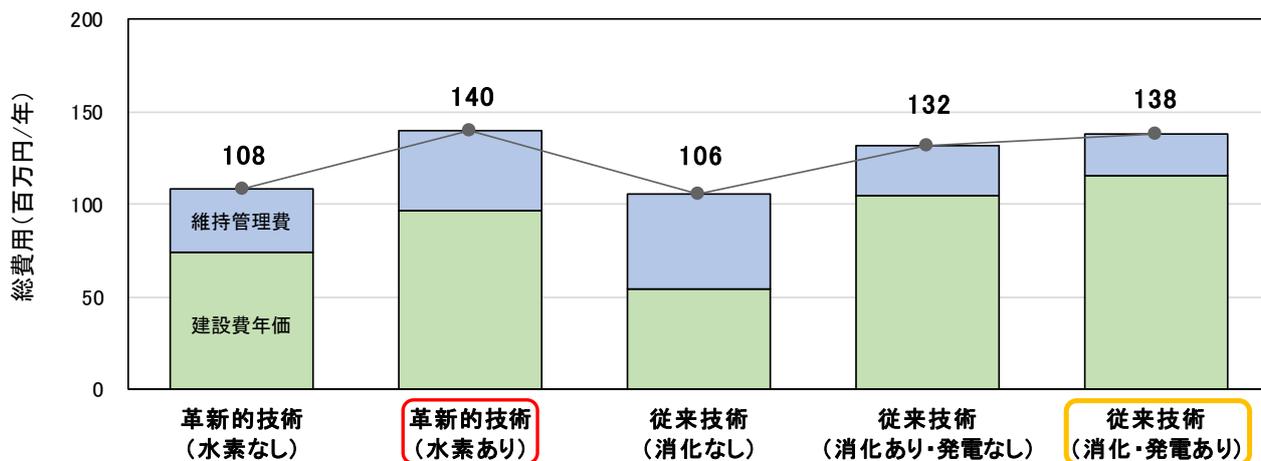
図資 2-5 要素技術の総費用比較 (日最大 50,000 m³/日規模)



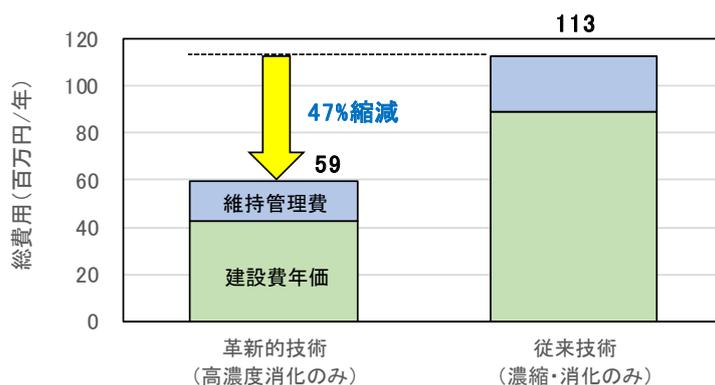
図資 2-6 総費用 (日最大 35,000 m³/日規模)



図資 2-7 要素技術の総費用比較 (日最大 35,000 m³/日規模)



図資 2-8 総費用 (日最大 20,000 m³/日規模)



図資 2-9 要素技術の総費用比較 (日最大 20,000 m³/日規模)

4) エネルギー収支

表資 2-28 エネルギー収支試算結果（日最大 50,000 m³/日規模）

革新的技術 (GJ/年)		水素なし	水素あり	要素技術 (高濃度消化)	
消費	高濃度消化	重力濃縮	82.4	82.4	82.4
		消化	2808.8	2808.8	2808.8
		計	2891.2	2891.2	2891.2
	省エネ型バイオガス精製		3579.4	3579.4	—
小規模水素製造・供給		—	561.8	—	
創エネ	水素供給		—	65.8	—
	バイオガス発電		17170.3	17094.9	—
エネルギー収支(創エネ—消費)		10699.7	10128.3	-2891.2	
従来(消化なし)に対し		12420 GJ/年 増加	11848 GJ/年 増加	—	
従来(消化あり・発電なし)に対し		16457 GJ/年 増加	15885 GJ/年 増加	—	
従来(消化・発電あり)に対し		2281 GJ/年 増加	1709 GJ/年 増加	—	
従来(要素技術)に対し		—	—	3089 GJ/年 増加	

従来技術 (GJ/年)		消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり	要素技術 (濃縮・消化)
消費	重力濃縮	82.4	82.4	82.4	82.4
	機械濃縮	2495.2	2495.2	2495.2	2495.2
	消化	—	3402.5	3402.5	3402.5
	脱水(革新的技術との差分)		-857.5	-223.0	-223.0
創エネ	バイオガス発電		—	14176.2	—
エネルギー収支(創エネ—消費)		-1720.1	-5757.1	8419.1	-5980.1

表資 2-29 エネルギー収支試算結果（日最大 35,000 m³/日規模）

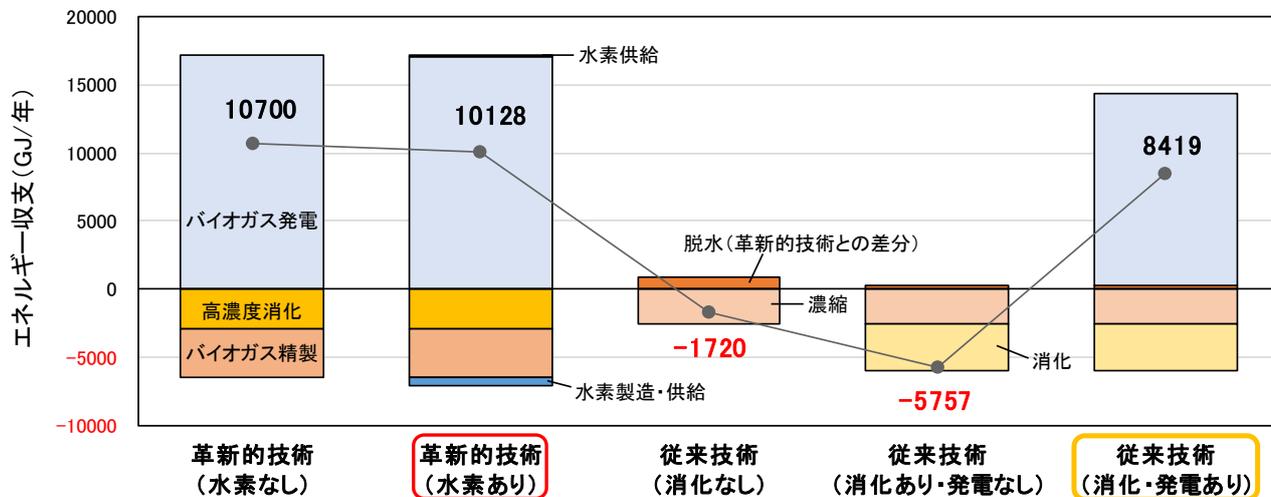
革新的技術 (GJ/年)		水素なし	水素あり	要素技術 (高濃度消化)	
消費	高濃度消化	重力濃縮	57.7	57.7	57.7
		消化	2006.9	2006.9	2006.9
		計	2064.6	2064.6	2064.6
	省エネ型バイオガス精製		3236.1	3236.1	—
小規模水素製造・供給		—	561.8	—	
創エネ	水素供給		—	65.8	—
	バイオガス発電		12019.2	11943.9	—
エネルギー収支(創エネ—消費)		6718.5	6147.2	-2064.6	
従来(消化なし)に対し		8331 GJ/年 増加	7760 GJ/年 増加	—	
従来(消化あり・発電なし)に対し		10760 GJ/年 増加	10188 GJ/年 増加	—	
従来(消化・発電あり)に対し		836 GJ/年 増加	265 GJ/年 増加	—	
従来(要素技術)に対し		—	—	2121 GJ/年 増加	

従来技術 (GJ/年)		消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり	要素技術 (濃縮・消化)
消費	重力濃縮	57.7	57.7	57.7	57.7
	機械濃縮	1746.6	1746.6	1746.6	1746.6
	消化	—	2381.7	2381.7	2381.7
	脱水(革新的技術との差分)		-191.5	-144.9	-144.9
創エネ	バイオガス発電		—	9923.3	—
エネルギー収支(創エネ—消費)		-1612.8	-4041.1	5882.2	-4186.0

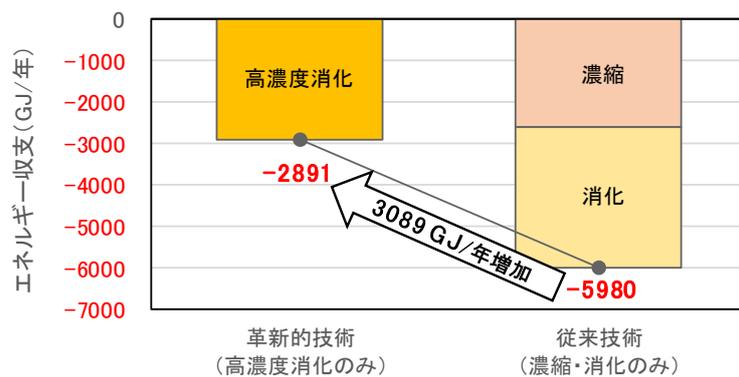
表資 2-30 エネルギー収支試算結果（日最大 20,000 m³/日規模）

革新的技術 (GJ/年)		水素なし	水素あり	要素技術 (高濃度消化)	
消費	高濃度消化	重力濃縮	33.0	33.0	33.0
		消化	1243.4	1243.4	1243.4
		計	1276.4	1276.4	1276.4
	省エネ型バイオガス精製	2757.6	2757.6	—	
	小規模水素製造・供給	—	561.8	—	
創エネ	水素供給	—	65.8	—	
	バイオガス発電	6868.1	6792.8	—	
エネルギー収支(創エネ—消費)		2834.1	2262.8	-1276.4	
従来(消化なし)に対し		4142 GJ/年 増加	3570 GJ/年 増加	—	
従来(消化あり・発電なし)に対し		5153 GJ/年 増加	4581 GJ/年 増加	—	
従来(消化・発電あり)に対し		518 GJ/年 減少	1089 GJ/年 減少	—	
従来(要素技術)に対し		—	—	1116 GJ/年 増加	

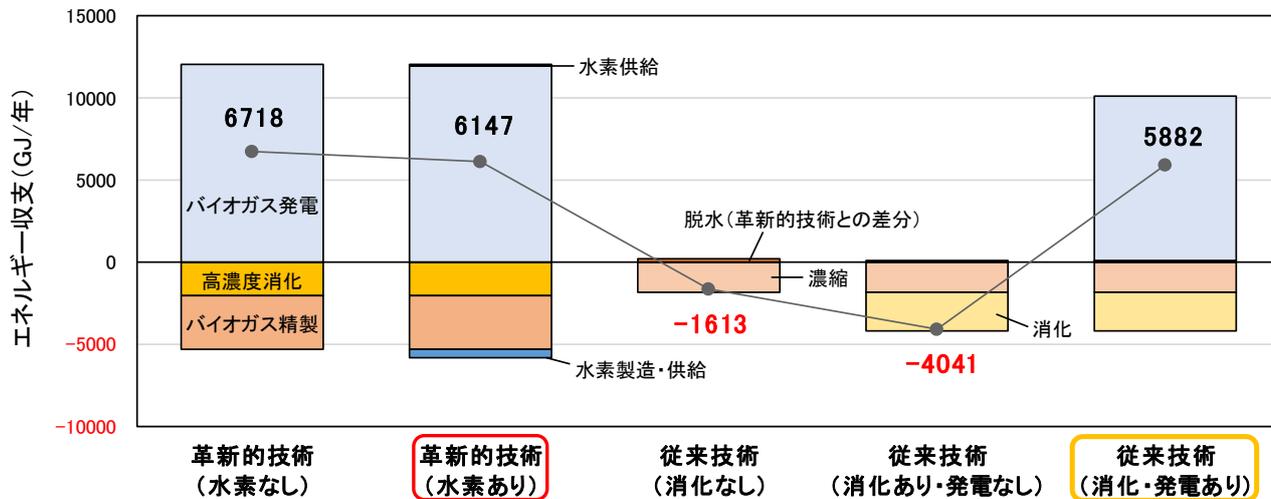
従来技術 (GJ/年)		消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり	要素技術 (濃縮・消化)
消費	重力濃縮	33.0	33.0	33.0	33.0
	機械濃縮	998.1	998.1	998.1	998.1
	消化	—	1361.0	1361.0	1361.0
	脱水(革新的技術との差分)	276.3	-73.6	-73.6	—
創エネ	バイオガス発電	—	—	5670.5	—
エネルギー収支(創エネ—消費)		-1307.4	-2318.5	3352.0	-2392.1



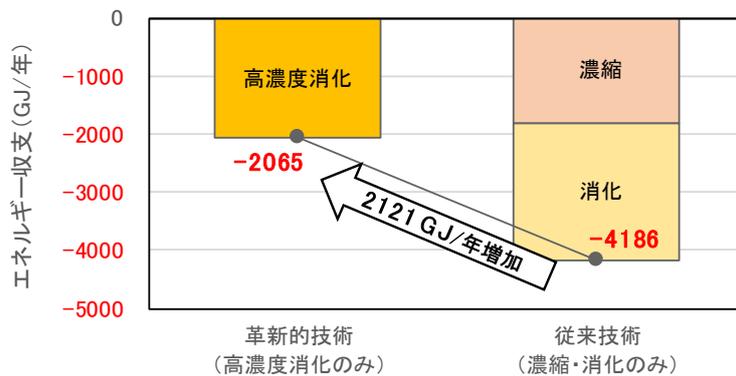
図資 2-10 エネルギー収支 (日最大 50,000 m³/日規模)



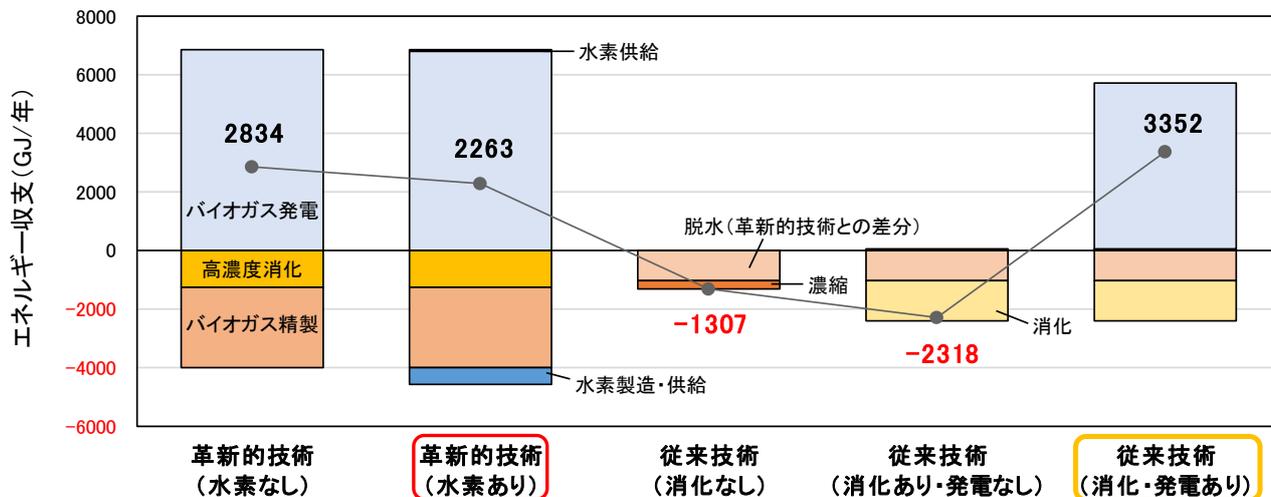
図資 2-11 要素技術のエネルギー収支比較 (日最大 50,000 m³/日規模)



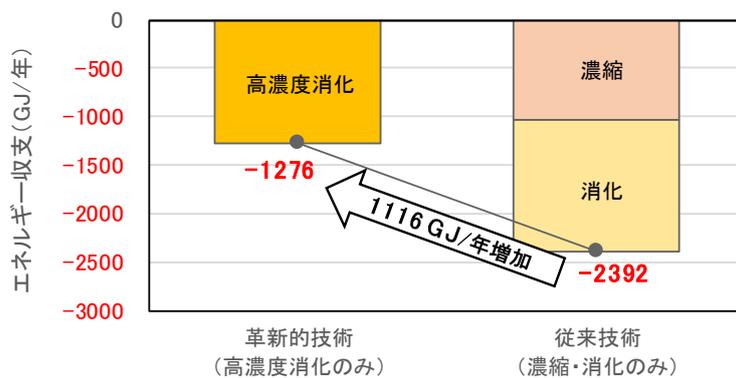
図資 2-1 2 エネルギー収支 (日最大 35,000 m³/日規模)



図資 2-1 3 要素技術のエネルギー収支比較 (日最大 35,000 m³/日規模)



図資 2-1 4 エネルギー収支 (日最大 20,000 m³/日規模)



図資 2-1 5 要素技術のエネルギー収支比較 (日最大 20,000 m³/日規模)

5) CO₂排出量表資 2-3 1 CO₂排出量試算結果（日最大 50,000 m³/日規模）

革新的技術 (t-CO ₂ /年)		水素なし	水素あり	要素技術 (高濃度消化)
排出	電力	332.9	361.9	152.4
	上水	27.6	27.6	-
	高分子凝集剤	185.2	185.2	56.5
	ポリ硫酸第二鉄	10.2	10.2	-
	活性炭	0.31	0.31	-
排出削減	水素利用によるガソリン使用削減	-	-4.5	-
	バイオガス発電	-883.5	-879.6	-
総排出量		-327.3	-298.9	208.9
従来(消化なし)に対し		614 t-CO ₂ /年 減少	586 t-CO ₂ /年 減少	-
従来(消化あり・発電なし)に対し		778 t-CO ₂ /年 減少	750 t-CO ₂ /年 減少	-
従来(消化・発電あり)に対し		49 t-CO ₂ /年 減少	20 t-CO ₂ /年 減少	-
従来(要素技術)に対し		-	-	131 t-CO ₂ /年 減少

従来技術 (t-CO ₂ /年)		消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり	要素技術 (濃縮・消化)
排出	電力	88.5	296.2	296.2	315.3
	上水	-	-	-	-
	高分子凝集剤	198.4	154.3	154.3	24.2
	ポリ硫酸第二鉄	-	-	-	-
	活性炭	-	0.4	0.4	-
排出削減	バイオガス発電	-	-	-729.4	-
総排出量		286.9	450.9	-278.5	339.5

表資 2-3 2 CO₂排出量試算結果（日最大 35,000 m³/日規模）

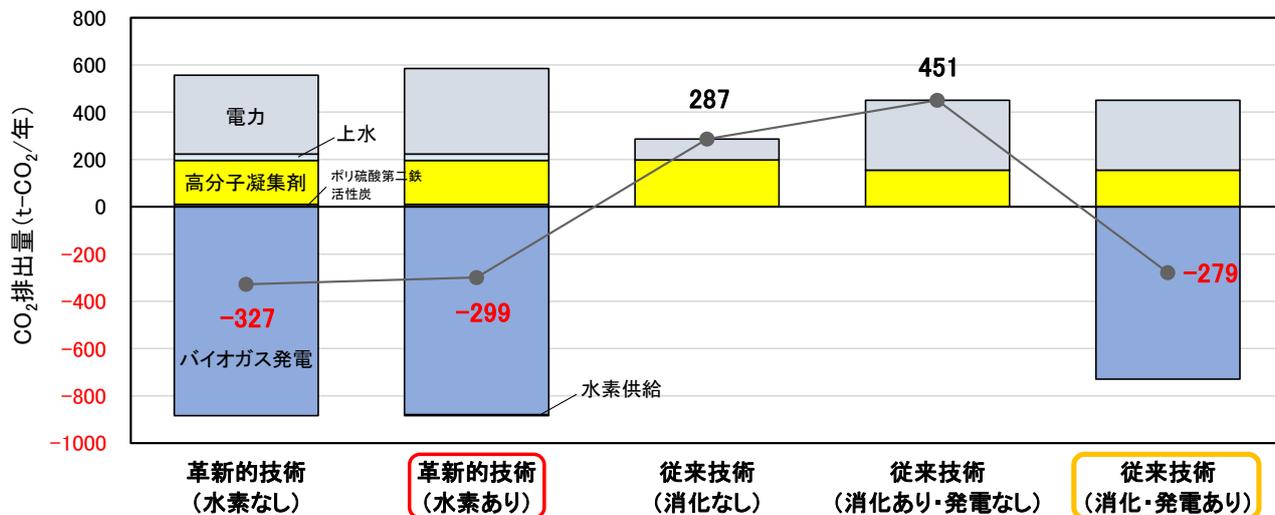
革新的技術 (t-CO ₂ /年)		水素なし	水素あり	要素技術 (高濃度消化)
排出	電力	272.7	301.7	108.8
	上水	27.6	27.6	-
	高分子凝集剤	129.6	129.6	39.5
	ポリ硫酸第二鉄	7.1	7.1	-
	活性炭	0.26	0.26	-
排出削減	水素利用によるガソリン使用削減	-	-4.5	-
	バイオガス発電	-618.5	-614.6	-
総排出量		-181.2	-152.8	148.3
従来(消化なし)に対し		403 t-CO ₂ /年 減少	375 t-CO ₂ /年 減少	-
従来(消化あり・発電なし)に対し		497 t-CO ₂ /年 減少	469 t-CO ₂ /年 減少	-
従来(消化・発電あり)に対し		13 t-CO ₂ /年 増加	42 t-CO ₂ /年 増加	-
従来(要素技術)に対し		-	-	89 t-CO ₂ /年 減少

従来技術 (t-CO ₂ /年)		消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり	要素技術 (濃縮・消化)
排出	電力	83.0	207.9	207.9	220.7
	上水	-	-	-	-
	高分子凝集剤	138.9	108.0	108.0	16.9
	ポリ硫酸第二鉄	-	-	-	-
	活性炭	-	0.3	0.3	-
排出削減	バイオガス発電	-	-	-510.6	-
総排出量		221.9	316.2	-194.4	237.6

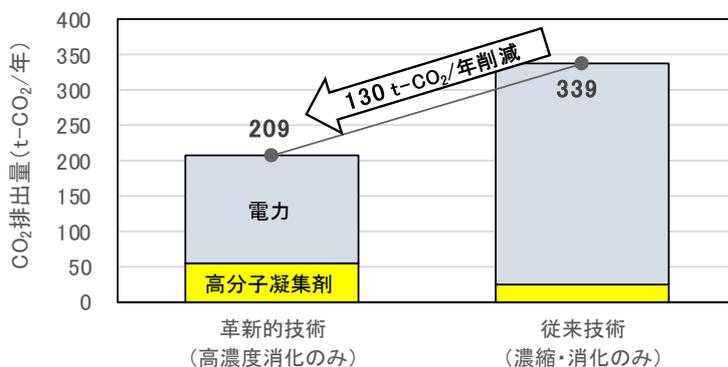
表資 2-3 3 CO₂ 排出量試算結果 (日最大 20,000 m³/日規模)

革新的技術 (t-CO ₂ /年)		水素なし	水素あり	要素技術 (高濃度消化)
排出	電力	207.6	236.5	67.3
	上水	27.6	27.6	-
	高分子凝集剤	74.1	74.1	22.6
	ポリ硫酸第二鉄	4.1	4.1	-
	活性炭	0.12	0.12	-
排出削減	水素利用によるガソリン使用削減	-	-4.5	-
	バイオガス発電	-353.4	-349.5	-
総排出量		-39.9	-11.6	89.9
従来(消化なし)に対し		187 t-CO ₂ /年 減少	158 t-CO ₂ /年 減少	-
従来(消化あり・発電なし)に対し		221 t-CO ₂ /年 減少	193 t-CO ₂ /年 減少	-
従来(消化・発電あり)に対し		71 t-CO ₂ /年 増加	99 t-CO ₂ /年 増加	-
従来(要素技術)に対し		-	-	46 t-CO ₂ /年 減少

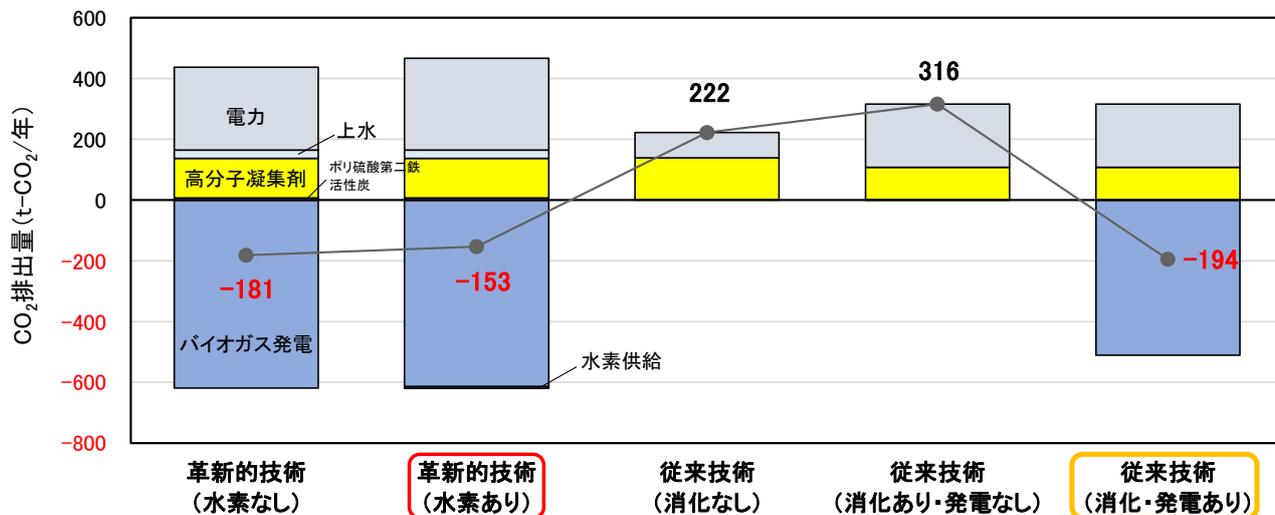
従来技術 (t-CO ₂ /年)		消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり	要素技術 (濃縮・消化)
排出	電力	67.3	119.3	119.3	126.1
	上水	-	-	-	-
	高分子凝集剤	79.4	61.7	61.7	9.7
	ポリ硫酸第二鉄	-	-	-	-
	活性炭	-	0.2	0.2	-
排出削減	バイオガス発電	-	-	-291.8	-
総排出量		146.7	181.2	-110.6	135.8



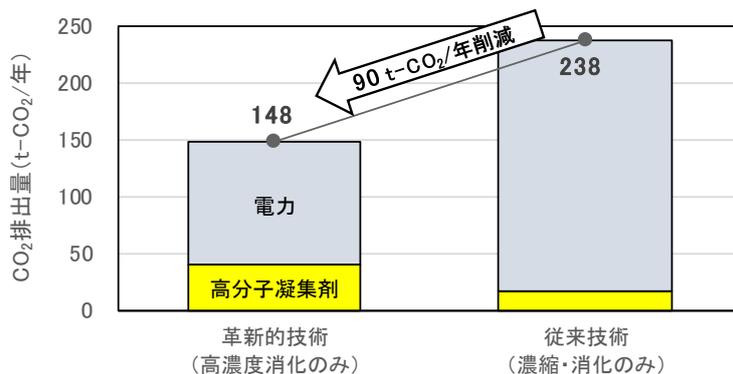
図資 2-1 6 CO₂ 排出量 (日最大 50,000 m³/日規模)



図資 2-1 7 要素技術の CO₂ 排出量比較 (日最大 50,000 m³/日規模)

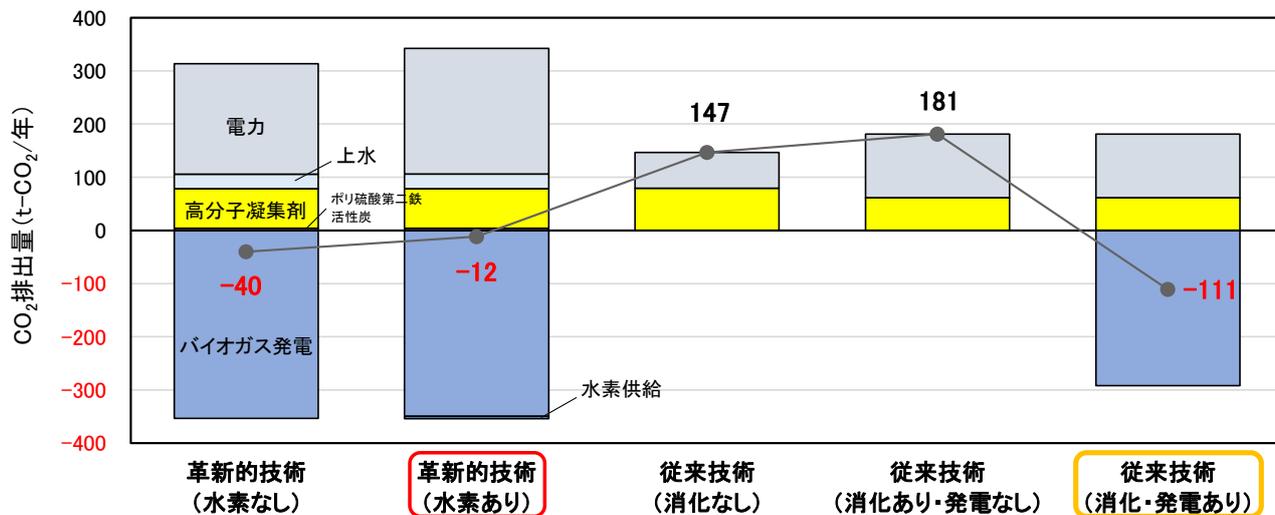


図資 2-18 CO₂ 排出量 (日最大 35,000 m³/日規模)

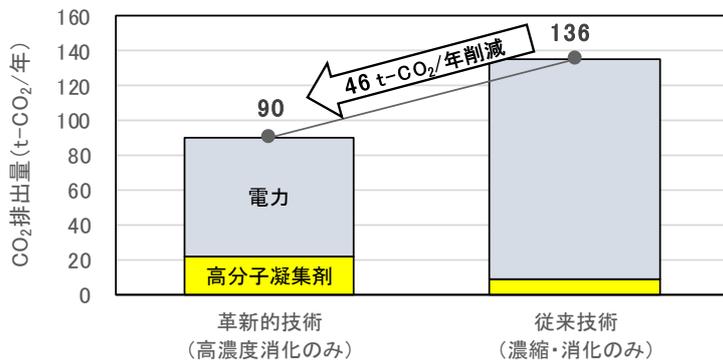


図資 2-19 要素技術の CO₂ 排出量比較 (日最大 35,000 m³/日規模)

2. ケーススタディー



図資 2-2 0 CO₂ 排出量 (日最大 20,000 m³/日規模)



図資 2-2 1 要素技術の CO₂ 排出量比較 (日最大 20,000 m³/日規模)

(2) ケース② (FCV 供給分を毎日製造し, その他の時間は待機運転)

1) 建設費

表資 2-3 4 建設費試算結果 (日最大 50,000 m³/日規模)

革新的技術 (百万円)		水素なし		水素あり		
		建設費	年価	建設費	年価	
高濃度 消化	重力濃縮	機械	52.9	5.0	52.9	5.0
		土木	46.3	1.9	46.3	1.9
	消化	機械・電気	816.0	60.4	816.0	60.4
		土木	108.9	3.8	108.9	3.8
	計	機械・電気	868.9	65.4	868.9	65.4
		土木	155.2	5.7	155.2	5.7
省エネ型 バイオガス精製	機械・電気	317.4	25.3	317.4	25.3	
	土木	37.3	1.3	37.3	1.3	
バイオガス発電	機械・電気	215.9	17.2	215.9	17.2	
	土木	26.9	0.9	26.9	0.9	
小規模水素 製造・供給	機械・電気	-	-	271.8	21.6	
	土木	-	-	13.7	0.5	
合計		1621.6	115.8	1907.1	137.9	

従来技術 (百万円)		消化なし		消化あり・発電なし		消化・発電あり	
		建設費	年価	建設費	年価	建設費	年価
重力濃縮	機械	52.9	5.0	52.9	5.0	52.9	5.0
	土木	46.3	1.9	46.3	1.9	46.3	1.9
機械濃縮	機械	563.2	53.4	563.2	53.4	563.2	53.4
	土木	163.0	6.6	163.0	6.6	163.0	6.6
消化	機械	-	-	665.1	63.1	665.1	63.1
	土木	-	-	605.6	25.9	605.6	25.9
脱水 (革新的技術との差額)	機械	92.0	8.7	-8.5	-0.8	-8.5	-0.8
	土木	90.1	3.6	-8.1	-0.3	-8.1	-0.3
バイオガス発電	機械・電気	-	-	-	-	328.3	26.1
	土木	-	-	-	-	12.4	0.4
合計		1007.5	79.2	2079.5	154.8	2420.2	181.3

表資 2-3 5 建設費試算結果（日最大 35,000 m³/日規模）

革新的技術 (百万円)			水素なし		水素あり	
			建設費	年価	建設費	年価
高濃度消化	重力濃縮	機械	42.5	4.0	42.5	4.0
		土木	37.4	1.5	37.4	1.5
	消化	機械・電気	665.2	49.4	665.2	49.4
		土木	89.0	3.1	89.0	3.1
	計	機械・電気	707.7	53.4	707.7	53.4
		土木	126.4	4.6	126.4	4.6
	省エネ型 バイオガス精製	機械・電気	272.5	21.7	272.5	21.7
		土木	32.6	1.1	32.6	1.1
	バイオガス発電	機械・電気	178.7	14.2	178.7	14.2
		土木	21.9	0.7	21.9	0.7
小規模水素 製造・供給	機械・電気	-	-	271.8	21.6	
	土木	-	-	13.7	0.5	
合計			1339.8	95.7	1625.3	117.8

従来技術 (百万円)		消化なし		消化あり・発電なし		消化・発電あり	
		建設費	年価	建設費	年価	建設費	年価
重力濃縮	機械	42.5	4.0	42.5	4.0	42.5	4.0
	土木	37.4	1.5	37.4	1.5	37.4	1.5
機械濃縮	機械	484.5	46.0	484.5	46.0	484.5	46.0
	土木	148.6	6.0	148.6	6.0	148.6	6.0
消化	機械	-	-	579.7	55.0	579.7	55.0
	土木	-	-	499.7	21.4	499.7	21.4
脱水 (革新的技術との差額)	機械	80.5	7.6	-7.4	-0.7	-7.4	-0.7
	土木	76.9	3.1	-6.9	-0.3	-6.9	-0.3
バイオガス発電	機械・電気	-	-	-	-	229.8	18.3
	土木	-	-	-	-	10.4	0.4
合計		870.4	68.2	1778.1	132.9	2018.3	151.6

表資 2-3 6 建設費試算結果（日最大 20,000 m³/日規模）

革新的技術 (百万円)			水素なし		水素あり	
			建設費	年価	建設費	年価
高濃度消化	重力濃縮	機械	30.2	2.9	30.2	2.9
		土木	26.7	1.1	26.7	1.1
	消化	機械・電気	483.6	36.1	483.6	36.1
		土木	64.9	2.3	64.9	2.3
	計	機械・電気	513.8	39.0	513.8	39.0
		土木	91.6	3.4	91.6	3.4
	省エネ型 バイオガス精製	機械・電気	249.2	19.8	249.2	19.8
		土木	29.1	1.0	29.1	1.0
	バイオガス発電	機械・電気	135.7	10.8	135.7	10.8
		土木	15.6	0.5	15.6	0.5
小規模水素 製造・供給	機械・電気	-	-	271.8	21.6	
	土木	-	-	13.7	0.5	
合計			1035.0	74.5	1320.5	96.6

従来技術 (百万円)		消化なし		消化あり・発電なし		消化・発電あり	
		建設費	年価	建設費	年価	建設費	年価
重力濃縮	機械	30.2	2.9	30.2	2.9	30.2	2.9
	土木	26.7	1.1	26.7	1.1	26.7	1.1
機械濃縮	機械	382.6	36.3	382.6	36.3	382.6	36.3
	土木	128.6	5.2	128.6	5.2	128.6	5.2
消化	機械	-	-	467.4	44.3	467.4	44.3
	土木	-	-	369.6	15.8	369.6	15.8
脱水 (革新的技術との差額)	機械	65.4	6.2	-6.0	-0.6	-6.0	-0.6
	土木	60.0	2.4	-5.4	-0.2	-5.4	-0.2
バイオガス発電	機械・電気	-	-	-	-	131.3	10.5
	土木	-	-	-	-	8.5	0.3
合計		693.5	54.1	1393.7	104.8	1533.5	115.6

2) 維持管理費

表資 2-3 7 維持管理費試算結果 (日最大 50,000 m³/日規模)

革新的技術 (百万円/年)		水素なし	水素あり	
高濃度消化	重力濃縮	1.3	1.3	
	消化	電力	4.9	4.9
		薬品費	17.8	17.8
		補修費	8.0	8.0
		人件費	7.0	7.0
計	39.0	39.0		
省エネ型 バイオガス精製	電力	6.2	6.2	
	上水	4.3	4.3	
	補修費	9.1	9.1	
バイオガス発電	補修費	13.2	13.2	
	電力費低減	-29.9	-29.2	
小規模水素 製造・供給	電力	-	1.7	
	上水	-	0.0	
	補修費	-	14.6	
合計		41.9	58.9	

従来技術 (百万円/年)	消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
重力濃縮	1.3	1.3	1.3
機械濃縮	21.2	21.2	21.2
消化	-	20.9	20.9
脱水(革新的技術との差分)	16.2	-1.4	-1.4
脱水汚泥処分費(消化なしと革新的技術との差分)	72.3	-	-
脱水汚泥処分費(消化ありと革新的技術との差分)	-	-0.8	-0.8
バイオガス発電	-	-	14.5
バイオガス発電 電力費縮減額	-	-	-24.7
合計	111.0	41.2	31.0

表資 2-3 8 維持管理費試算結果 (日最大 35,000 m³/日規模)

革新的技術 (百万円/年)		水素なし	水素あり	
高濃度消化	重力濃縮	1.1	1.1	
	消化	電力	3.5	3.5
		薬品費	12.4	12.4
		補修費	6.5	6.5
		人件費	7.0	7.0
計	30.5	30.5		
省エネ型 バイオガス精製	電力	5.6	5.6	
	上水	4.3	4.3	
	補修費	8.4	8.4	
バイオガス発電	補修費	9.9	9.9	
	電力費低減	-20.9	-20.2	
小規模水素 製造・供給	電力	-	1.7	
	上水	-	0.0	
	補修費	-	14.6	
合計		37.8	54.8	

従来技術 (百万円/年)	消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
重力濃縮	1.1	1.1	1.1
機械濃縮	17.3	17.3	17.3
消化	-	18.1	18.1
脱水(革新的技術との差分)	13.1	-1.1	-1.1
脱水汚泥処分費(消化なしと革新的技術との差分)	50.6	-	-
脱水汚泥処分費(消化ありと革新的技術との差分)	-	-0.5	-0.5
バイオガス発電	-	-	10.1
バイオガス発電 電力費縮減額	-	-	-17.3
合計	82.1	34.9	27.7

表資 2-39 維持管理費試算結果（日最大 20,000 m³/日規模）

革新的技術 (百万円/年)		水素なし	水素あり	
高濃度消化	重力濃縮	0.8	0.8	
	消化	電力	2.2	2.2
		薬品費	7.1	7.1
		補修費	5.0	5.0
		人件費	7.0	7.0
計	22.1	22.1		
省エネ型 バイオガス精製	電力	4.8	4.8	
	上水	4.3	4.3	
	補修費	7.6	7.6	
バイオガス発電	補修費	6.5	6.5	
	電力費低減	-11.9	-11.2	
小規模水素 製造・供給	電力	-	1.7	
	上水	-	0.0	
	補修費	-	14.6	
合計		33.4	50.4	

従来技術 (百万円/年)	消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
重力濃縮	0.8	0.8	0.8
機械濃縮	12.5	12.5	12.5
消化	-	14.6	14.6
脱水(革新的技術との差分)	9.4	-0.8	-0.8
脱水汚泥処分費(消化なしと革新的技術との差分)	28.9	-	-
脱水汚泥処分費(消化ありと革新的技術との差分)	-	-0.3	-0.3
バイオガス発電	-	-	5.8
バイオガス発電 電力費縮減額	-	-	-9.9
合計	51.6	26.8	22.7

3) 総費用

表資 2-4 0 総費用試算結果（日最大 50,000 m³/日規模）

革新的技術 (百万円/年)	水素なし	水素あり
建設費年価	115.8	137.9
維持管理費	41.9	58.9
総費用	157.7	196.8
従来(消化なし)に対し	17% 縮減	3% 増加
従来(消化あり・発電なし)に対し	20% 縮減	1% 増加
従来(消化・発電あり)に対し	26% 縮減	7% 縮減

従来技術 (百万円/年)	消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
建設費年価	79.2	154.8	181.3
維持管理費	111.0	41.2	31.0
総費用	190.2	196.0	212.3

表資 2-4 1 総費用試算結果（日最大 35,000 m³/日規模）

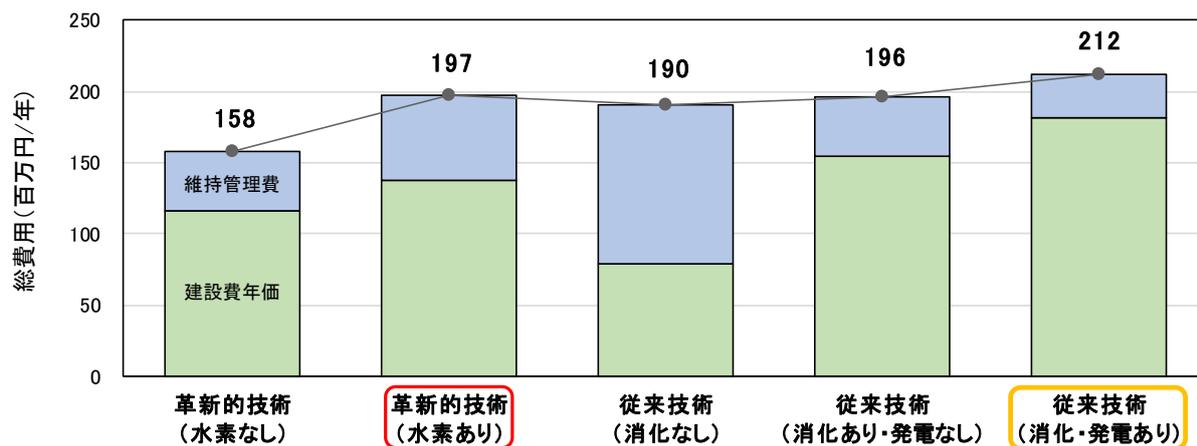
革新的技術 (百万円/年)	水素なし	水素あり
建設費年価	95.7	117.8
維持管理費	37.8	54.8
総費用	133.5	172.6
従来(消化なし)に対し	11% 縮減	15% 増加
従来(消化あり・発電なし)に対し	20% 縮減	3% 増加
従来(消化・発電あり)に対し	26% 縮減	4% 縮減

従来技術 (百万円/年)	消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
建設費年価	68.2	132.9	151.6
維持管理費	82.1	34.9	27.7
総費用	150.3	167.8	179.3

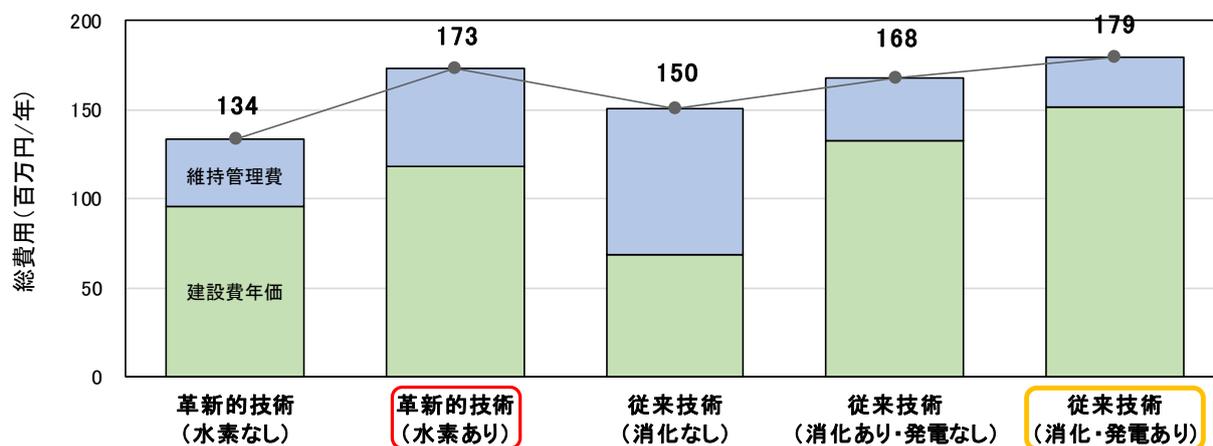
表資 2-4 2 総費用試算結果（日最大 20,000 m³/日規模）

革新的技術 (百万円/年)	水素なし	水素あり
建設費年価	74.5	96.6
維持管理費	33.4	50.4
総費用	107.9	147.0
従来(消化なし)に対し	2% 増加	39% 増加
従来(消化あり・発電なし)に対し	18% 縮減	12% 増加
従来(消化・発電あり)に対し	22% 縮減	6% 増加

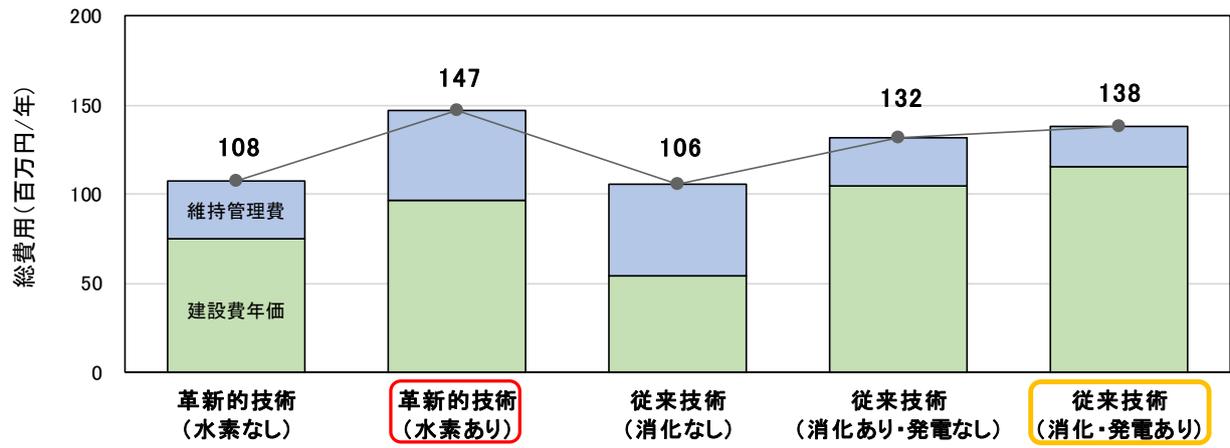
従来技術 (百万円/年)	消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
建設費年価	54.1	104.8	115.6
維持管理費	51.6	26.8	22.7
総費用	105.7	131.6	138.3



図資 2-2 2 総費用 (日最大 50,000 m³/日規模)



図資 2-2 3 総費用 (日最大 35,000 m³/日規模)



図資 2-2 4 総費用 (日最大 20,000 m³/日規模)

4) エネルギー収支

表資 2-4 3 エネルギー収支試算結果 (日最大 50,000 m³/日規模)

革新的技術 (GJ/年)		水素なし	水素あり
消費	高濃度消化	重力濃縮	82.4
		消化	2808.8
		計	2891.2
	省エネ型バイオガス精製	3579.4	3579.4
創エネ	小規模水素製造・供給	—	945.2
	水素供給	—	65.8
		バイオガス発電	17170.3
エネルギー収支(創エネ—消費)		10699.7	9409.4
従来(消化なし)に対し		12420 GJ/年 増加	11130 GJ/年 増加
従来(消化あり・発電なし)に対し		16457 GJ/年 増加	15167 GJ/年 増加
従来(消化・発電あり)に対し		2281 GJ/年 増加	990 GJ/年 増加

従来技術 (GJ/年)		消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
消費	重力濃縮	82.4	82.4	82.4
	機械濃縮	2495.2	2495.2	2495.2
	消化	—	3402.5	3402.5
	脱水(革新的技術との差分)	-857.5	-223.0	-223.0
創エネ	バイオガス発電	—	—	14176.2
エネルギー収支(創エネ—消費)		-1720.1	-5757.1	8419.1

表資 2-4 4 エネルギー収支試算結果 (日最大 35,000 m³/日規模)

革新的技術 (GJ/年)		水素なし	水素あり
消費	高濃度消化	重力濃縮	57.7
		消化	2006.9
		計	2064.6
	省エネ型バイオガス精製	3236.1	3236.1
創エネ	小規模水素製造・供給	—	945.2
	水素供給	—	65.8
		バイオガス発電	12019.2
エネルギー収支(創エネ—消費)		6718.5	5428.2
従来(消化なし)に対し		8331 GJ/年 増加	7041 GJ/年 増加
従来(消化あり・発電なし)に対し		10760 GJ/年 増加	9469 GJ/年 増加
従来(消化・発電あり)に対し		836 GJ/年 増加	454 GJ/年 減少

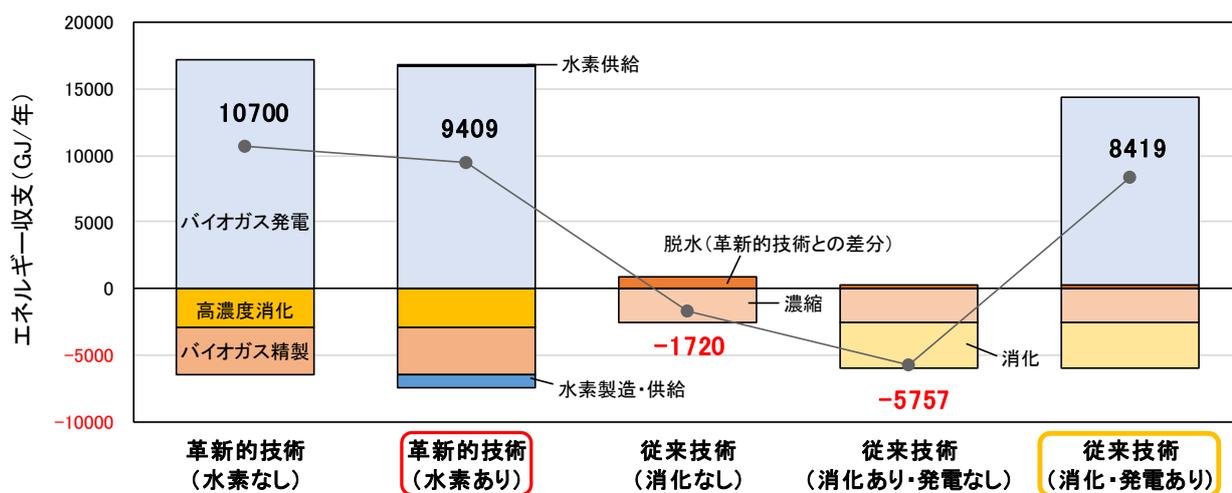
従来技術 (GJ/年)		消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
消費	重力濃縮	57.7	57.7	57.7
	機械濃縮	1746.6	1746.6	1746.6
	消化	—	2381.7	2381.7
	脱水(革新的技術との差分)	-191.5	-144.9	-144.9
創エネ	バイオガス発電	—	—	9923.3
エネルギー収支(創エネ—消費)		-1612.8	-4041.1	5882.2

表資 2-45 エネルギー収支試算結果（日最大 20,000 m³/日規模）

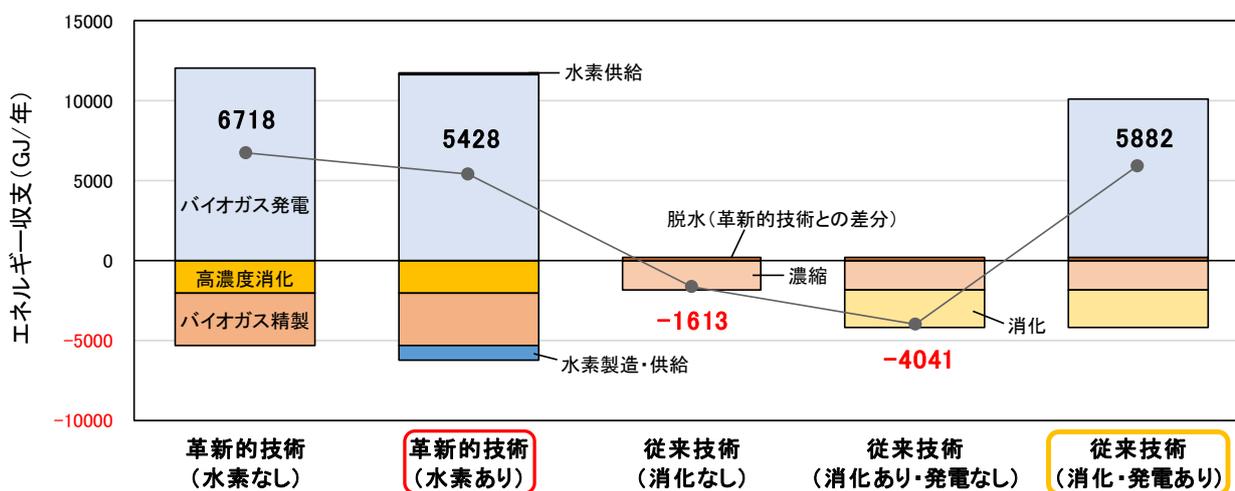
革新的技術 (GJ/年)		水素なし	水素あり	
消費	高濃度消化	重力濃縮	33.0	33.0
		消化	1243.4	1243.4
		計	1276.4	1276.4
	省エネ型バイオガス精製		2757.6	2757.6
小規模水素製造・供給		—	945.2	
創エネ	水素供給		—	65.8
	バイオガス発電		6868.1	6457.2
エネルギー収支(創エネ—消費)		2834.1	1543.8	
従来(消化なし)に対し		4142 GJ/年 増加	2851 GJ/年 増加	
従来(消化あり・発電なし)に対し		5153 GJ/年 増加	3862 GJ/年 増加	
従来(消化・発電あり)に対し		518 GJ/年 減少	1808 GJ/年 減少	

従来技術 (GJ/年)		消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
消費	重力濃縮	33.0	33.0	33.0
	機械濃縮	998.1	998.1	998.1
	消化	—	1361.0	1361.0
	脱水(革新的技術との差分)	276.3	-73.6	-73.6
創エネ	バイオガス発電		—	5670.5
エネルギー収支(創エネ—消費)		-1307.4	-2318.5	3352.0

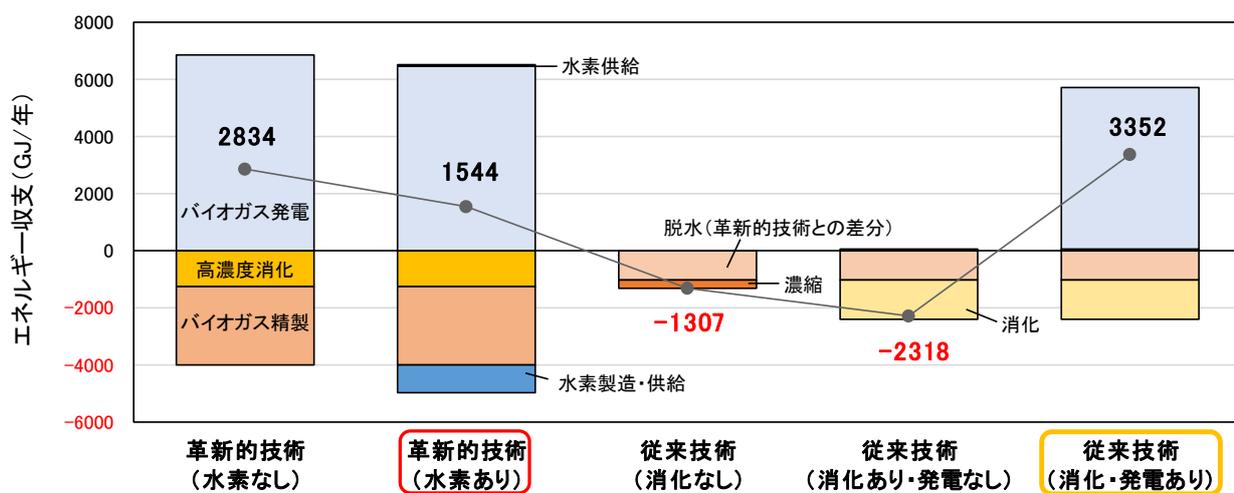
2. ケーススタディー



図資 2-2 5 エネルギー収支 (日最大 50,000 m³/日規模)



図資 2-2 6 エネルギー収支 (日最大 35,000 m³/日規模)



図資 2-2 7 エネルギー収支 (日最大 20,000 m³/日規模)

5) CO₂排出量表資 2-46 CO₂排出量試算結果（日最大 50,000 m³/日規模）

革新的技術 (t-CO ₂ /年)		水素なし	水素あり
排出	電力	332.9	381.6
	上水	27.6	27.7
	高分子凝集剤	185.2	185.2
	ポリ硫酸第二鉄	10.2	10.2
	活性炭	0.31	0.31
排出削減	水素利用によるガソリン使用削減	-	-4.5
	バイオガス発電	-883.5	-862.4
総排出量		-327.3	-261.9
従来(消化なし)に対し		614 t-CO ₂ /年 減少	549 t-CO ₂ /年 減少
従来(消化あり・発電なし)に対し		778 t-CO ₂ /年 減少	713 t-CO ₂ /年 減少
従来(消化・発電あり)に対し		49 t-CO ₂ /年 減少	17 t-CO ₂ /年 増加

従来技術 (t-CO ₂ /年)		消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
排出	電力	88.5	296.2	296.2
	上水	-	-	-
	高分子凝集剤	198.4	154.3	154.3
	ポリ硫酸第二鉄	-	-	-
	活性炭	-	0.4	0.4
排出削減	バイオガス発電	-	-	-729.4
総排出量		286.9	450.9	-278.5

表資 2-47 CO₂排出量試算結果（日最大 35,000 m³/日規模）

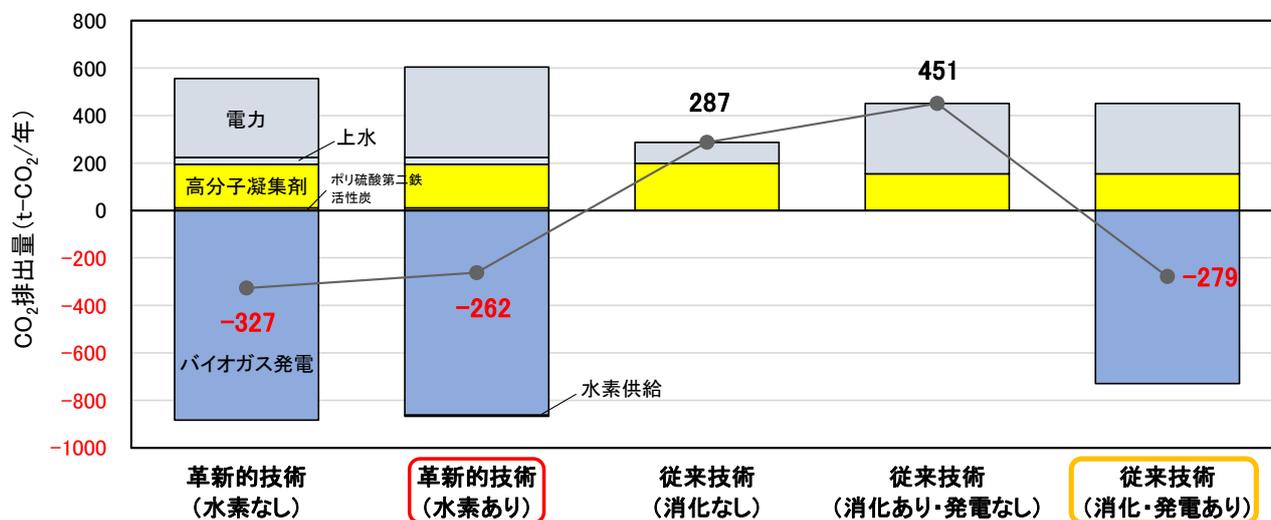
革新的技術 (t-CO ₂ /年)		水素なし	水素あり
排出	電力	272.7	321.4
	上水	27.6	27.7
	高分子凝集剤	129.6	129.6
	ポリ硫酸第二鉄	7.1	7.1
	活性炭	0.26	0.26
排出削減	水素利用によるガソリン使用削減	-	-4.5
	バイオガス発電	-618.5	-597.3
総排出量		-181.2	-115.7
従来(消化なし)に対し		403 t-CO ₂ /年 減少	338 t-CO ₂ /年 減少
従来(消化あり・発電なし)に対し		497 t-CO ₂ /年 減少	432 t-CO ₂ /年 減少
従来(消化・発電あり)に対し		13 t-CO ₂ /年 増加	79 t-CO ₂ /年 増加

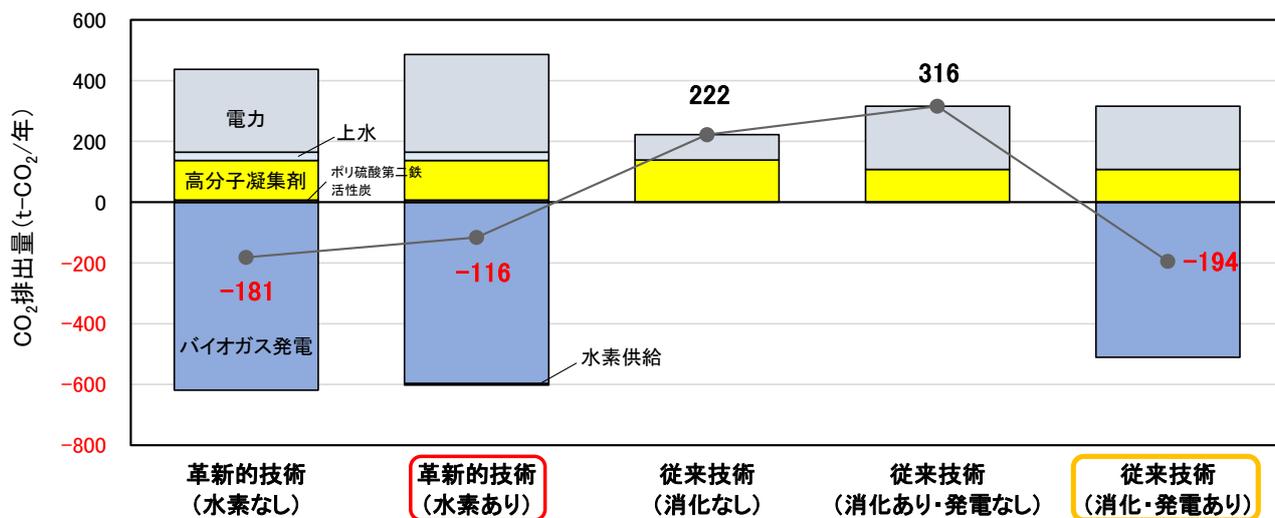
従来技術 (t-CO ₂ /年)		消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
排出	電力	83.0	207.9	207.9
	上水	-	-	-
	高分子凝集剤	138.9	108.0	108.0
	ポリ硫酸第二鉄	-	-	-
	活性炭	-	0.3	0.3
排出削減	バイオガス発電	-	-	-510.6
総排出量		221.9	316.2	-194.4

表資 2-4 8 CO₂ 排出量試算結果 (日最大 20,000 m³/日規模)

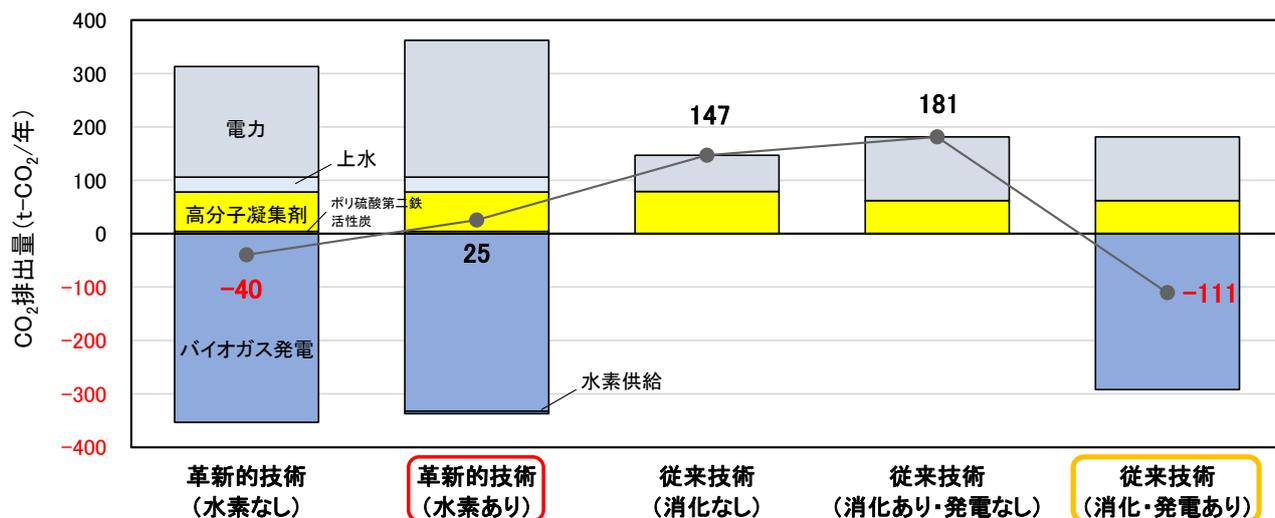
革新的技術 (t-CO ₂ /年)		水素なし	水素あり
排出	電力	207.6	256.2
	上水	27.6	27.7
	高分子凝集剤	74.1	74.1
	ポリ硫酸第二鉄	4.1	4.1
	活性炭	0.12	0.12
排出削減	水素利用によるガソリン使用削減	-	-4.5
	バイオガス発電	-353.4	-332.3
総排出量		-39.9	25.4
従来(消化なし)に対し		187 t-CO ₂ /年 減少	121 t-CO ₂ /年 減少
従来(消化あり・発電なし)に対し		221 t-CO ₂ /年 減少	156 t-CO ₂ /年 減少
従来(消化・発電あり)に対し		71 t-CO ₂ /年 増加	136 t-CO ₂ /年 増加

従来技術 (t-CO ₂ /年)		消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
排出	電力	67.3	119.3	119.3
	上水	-	-	-
	高分子凝集剤	79.4	61.7	61.7
	ポリ硫酸第二鉄	-	-	-
	活性炭	-	0.2	0.2
排出削減	バイオガス発電	-	-	-291.8
総排出量		146.7	181.2	-110.6

図資 2-2 8 CO₂ 排出量 (日最大 50,000 m³/日規模)



図資 2-2 9 CO₂ 排出量 (日最大 35,000 m³/日規模)



図資 2-3 0 CO₂ 排出量 (日最大 20,000 m³/日規模)

(3) ケース③（常時低負荷（40%）で水素を製造し、FCV 供給分以外は消化槽に吹き込む）

1) 建設費

表資 2-4 9 建設費試算結果（日最大 50,000 m³/日規模）

革新的技術 (百万円)			水素なし		水素あり	
			建設費	年価	建設費	年価
高濃度消化	重力濃縮	機械	52.9	5.0	52.9	5.0
		土木	46.3	1.9	46.3	1.9
	消化	機械・電気	816.0	60.4	816.0	60.4
		土木	108.9	3.8	108.9	3.8
	計	機械・電気	868.9	65.4	868.9	65.4
		土木	155.2	5.7	155.2	5.7
	省エネ型 バイオガス精製	機械・電気	317.4	25.3	317.4	25.3
		土木	37.3	1.3	37.3	1.3
	バイオガス発電	機械・電気	215.9	17.2	215.9	17.2
		土木	26.9	0.9	26.9	0.9
小規模水素 製造・供給	機械・電気	-	-	271.8	21.6	
	土木	-	-	13.7	0.5	
合計			1621.6	115.7	1907.1	137.8

従来技術 (百万円)		消化なし		消化あり・発電なし		消化・発電あり	
		建設費	年価	建設費	年価	建設費	年価
重力濃縮	機械	52.9	5.0	52.9	5.0	52.9	5.0
	土木	46.3	1.9	46.3	1.9	46.3	1.9
機械濃縮	機械	563.2	53.4	563.2	53.4	563.2	53.4
	土木	163.0	6.6	163.0	6.6	163.0	6.6
消化	機械	-	-	665.1	63.1	665.1	63.1
	土木	-	-	605.6	25.9	605.6	25.9
脱水 (革新的技術との差額)	機械	92.0	8.7	-8.5	-0.8	-8.5	-0.8
	土木	90.1	3.6	-8.1	-0.3	-8.1	-0.3
バイオガス発電	機械・電気	-	-	-	-	328.3	26.1
	土木	-	-	-	-	12.4	0.4
合計		1007.5	79.2	2079.5	154.8	2420.2	181.3

表資 2-5 0 建設費試算結果（日最大 35,000 m³/日規模）

革新的技術 (百万円)			水素なし		水素あり	
			建設費	年価	建設費	年価
高濃度消化	重力濃縮	機械	42.5	4.0	42.5	4.0
		土木	37.4	1.5	37.4	1.5
	消化	機械・電気	665.2	49.4	665.2	49.4
		土木	89.0	3.1	89.0	3.1
	計	機械・電気	707.7	53.4	707.7	53.4
		土木	126.4	4.6	126.4	4.6
省エネ型 バイオガス精製	機械・電気	272.5	21.7	272.5	21.7	
	土木	32.6	1.1	32.6	1.1	
バイオガス発電	機械・電気	178.7	14.2	178.7	14.2	
	土木	21.9	0.7	21.9	0.7	
小規模水素 製造・供給	機械・電気	-	-	271.8	21.6	
	土木	-	-	13.7	0.5	
合計			1339.8	95.8	1625.3	117.8

従来技術 (百万円)		消化なし		消化あり・発電なし		消化・発電あり	
		建設費	年価	建設費	年価	建設費	年価
重力濃縮	機械	42.5	4.0	42.5	4.0	42.5	4.0
	土木	37.4	1.5	37.4	1.5	37.4	1.5
機械濃縮	機械	484.5	46.0	484.5	46.0	484.5	46.0
	土木	148.6	6.0	148.6	6.0	148.6	6.0
消化	機械	-	-	579.7	55.0	579.7	55.0
	土木	-	-	499.7	21.4	499.7	21.4
脱水 (革新的技術との差額)	機械	80.5	7.6	-7.4	-0.7	-7.4	-0.7
	土木	76.9	3.1	-6.9	-0.3	-6.9	-0.3
バイオガス発電	機械・電気	-	-	-	-	229.8	18.3
	土木	-	-	-	-	10.4	0.4
合計		870.4	68.2	1778.1	132.9	2018.3	151.6

表資 2-5 1 建設費試算結果（日最大 20,000 m³/日規模）

革新的技術 (百万円)			水素なし		水素あり	
			建設費	年価	建設費	年価
高濃度消化	重力濃縮	機械	30.2	2.9	30.2	2.9
		土木	26.7	1.1	26.7	1.1
	消化	機械・電気	483.6	36.1	483.6	36.1
		土木	64.9	2.3	64.9	2.3
	計	機械・電気	513.8	39.0	513.8	39.0
		土木	91.6	3.4	91.6	3.4
省エネ型 バイオガス精製	機械・電気	249.2	19.8	249.2	19.8	
	土木	29.1	1.0	29.1	1.0	
バイオガス発電	機械・電気	135.7	10.8	135.7	10.8	
	土木	15.6	0.5	15.6	0.5	
小規模水素 製造・供給	機械・電気	-	-	271.8	21.6	
	土木	-	-	13.7	0.5	
合計			1035.0	74.5	1320.5	96.6

従来技術 (百万円)		消化なし		消化あり・発電なし		消化・発電あり	
		建設費	年価	建設費	年価	建設費	年価
重力濃縮	機械	30.2	2.9	30.2	2.9	30.2	2.9
	土木	26.7	1.1	26.7	1.1	26.7	1.1
機械濃縮	機械	382.6	36.3	382.6	36.3	382.6	36.3
	土木	128.6	5.2	128.6	5.2	128.6	5.2
消化	機械	-	-	467.4	44.3	467.4	44.3
	土木	-	-	369.6	15.8	369.6	15.8
脱水 (革新的技術との差額)	機械	65.4	6.2	-6.0	-0.6	-6.0	-0.6
	土木	60.0	2.4	-5.4	-0.2	-5.4	-0.2
バイオガス発電	機械・電気	-	-	-	-	131.3	10.5
	土木	-	-	-	-	8.5	0.3
合計		693.5	54.1	1393.7	104.8	1533.5	115.6

2) 維持管理費

表資 2-5 2 維持管理費試算結果（日最大 50,000 m³/日規模）

革新的技術 (百万円/年)		水素なし	水素あり	
高濃度消化	重力濃縮	1.3	1.3	
	消化	電力	4.9	4.9
		薬品費	17.8	17.8
		補修費	8.0	8.0
		人件費	7.0	7.0
計	39.0	39.0		
省エネ型 バイオガス精製	電力	6.2	6.2	
	上水	4.3	4.3	
	補修費	9.1	9.1	
バイオガス発電	補修費	13.2	13.2	
	電力費低減	-29.9	-28.8	
小規模水素 製造・供給	電力	-	2.3	
	上水	-	0.1	
	補修費	-	16.7	
合計		41.9	62.1	

従来技術 (百万円/年)	消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
重力濃縮	1.3	1.3	1.3
機械濃縮	21.2	21.2	21.2
消化	-	20.9	20.9
脱水(革新的技術との差分)	16.2	-1.4	-1.4
脱水汚泥処分費(消化なしと革新的技術との差分)	72.3	-	-
脱水汚泥処分費(消化ありと革新的技術との差分)	-	-0.8	-0.8
バイオガス発電	-	-	14.5
バイオガス発電 電力費縮減額	-	-	-24.7
合計	111.0	41.2	31.0

表資 2-5 3 維持管理費試算結果（日最大 35,000 m³/日規模）

革新的技術 (百万円/年)		水素なし	水素あり	
高濃度消化	重力濃縮	1.1	1.1	
	消化	電力	3.5	3.5
		薬品費	12.4	12.4
		補修費	6.5	6.5
		人件費	7.0	7.0
計	30.5	30.5		
省エネ型 バイオガス精製	電力	5.6	5.6	
	上水	4.3	4.3	
	補修費	8.4	8.4	
バイオガス発電	補修費	9.9	9.9	
	電力費低減	-20.9	-19.8	
小規模水素 製造・供給	電力	-	2.3	
	上水	-	0.1	
	補修費	-	16.7	
合計		37.8	58.0	

従来技術 (百万円/年)	消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
重力濃縮	1.1	1.1	1.1
機械濃縮	17.3	17.3	17.3
消化	-	18.1	18.1
脱水(革新的技術との差分)	13.1	-1.1	-1.1
脱水汚泥処分費(消化なしと革新的技術との差分)	50.6	-	-
脱水汚泥処分費(消化ありと革新的技術との差分)	-	-0.5	-0.5
バイオガス発電	-	-	10.1
バイオガス発電 電力費縮減額	-	-	-17.3
合計	82.1	34.9	27.7

表資 2-5 4 維持管理費試算結果（日最大 20,000 m³/日規模）

革新的技術 (百万円/年)		水素なし	水素あり	
高濃度消化	重力濃縮	0.8	0.8	
	消化	電力	2.2	2.2
		薬品費	7.1	7.1
		補修費	5.0	5.0
		人件費	7.0	7.0
計	22.1	22.1		
省エネ型 バイオガス精製	電力	4.8	4.8	
	上水	4.3	4.3	
	補修費	7.6	7.6	
バイオガス発電	補修費	6.5	6.5	
	電力費低減	-11.9	-10.9	
小規模水素 製造・供給	電力	-	2.3	
	上水	-	0.1	
	補修費	-	16.7	
合計		33.4	53.5	

従来技術 (百万円/年)	消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
重力濃縮	0.8	0.8	0.8
機械濃縮	12.5	12.5	12.5
消化	-	14.6	14.6
脱水(革新的技術との差分)	9.4	-0.8	-0.8
脱水汚泥処分費(消化なしと革新的技術との差分)	28.9	-	-
脱水汚泥処分費(消化ありと革新的技術との差分)	-	-0.3	-0.3
バイオガス発電	-	-	5.8
バイオガス発電 電力費縮減額	-	-	-9.9
合計	51.6	26.8	22.7

3) 総費用

表資 2-5 5 総費用試算結果（日最大 50,000 m³/日規模）

革新的技術 (百万円/年)	水素なし	水素あり		
建設費年価	115.8	137.9		
維持管理費	41.9	62.1		
総費用	157.7	200.0		
従来(消化なし)に対し	17% 縮減	5% 増加		
従来(消化あり・発電なし)に対し	20% 縮減	2% 増加		
従来(消化・発電あり)に対し	26% 縮減	6% 縮減		

従来技術 (百万円/年)	消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
建設費年価	79.2	154.8	181.3
維持管理費	111.0	41.2	31.0
総費用	190.2	196.0	212.3

表資 2-5 6 総費用試算結果（日最大 35,000 m³/日規模）

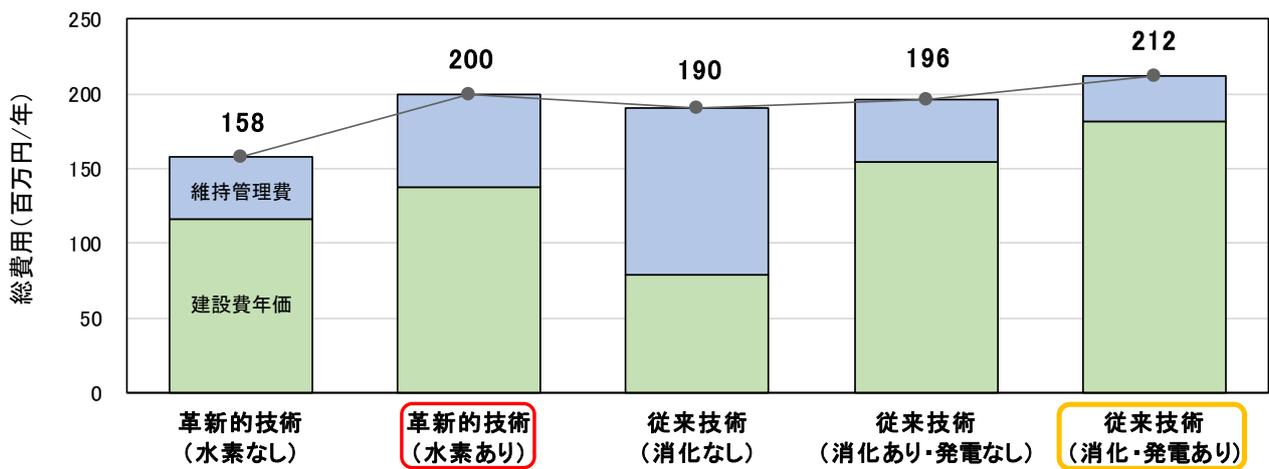
革新的技術 (百万円/年)	水素なし	水素あり		
建設費年価	95.7	117.8		
維持管理費	37.8	58.0		
総費用	133.5	175.8		
従来(消化なし)に対し	11% 縮減	17% 増加		
従来(消化あり・発電なし)に対し	20% 縮減	5% 増加		
従来(消化・発電あり)に対し	26% 縮減	2% 縮減		

従来技術 (百万円/年)	消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
建設費年価	68.2	132.9	151.6
維持管理費	82.1	34.9	27.7
総費用	150.3	167.8	179.3

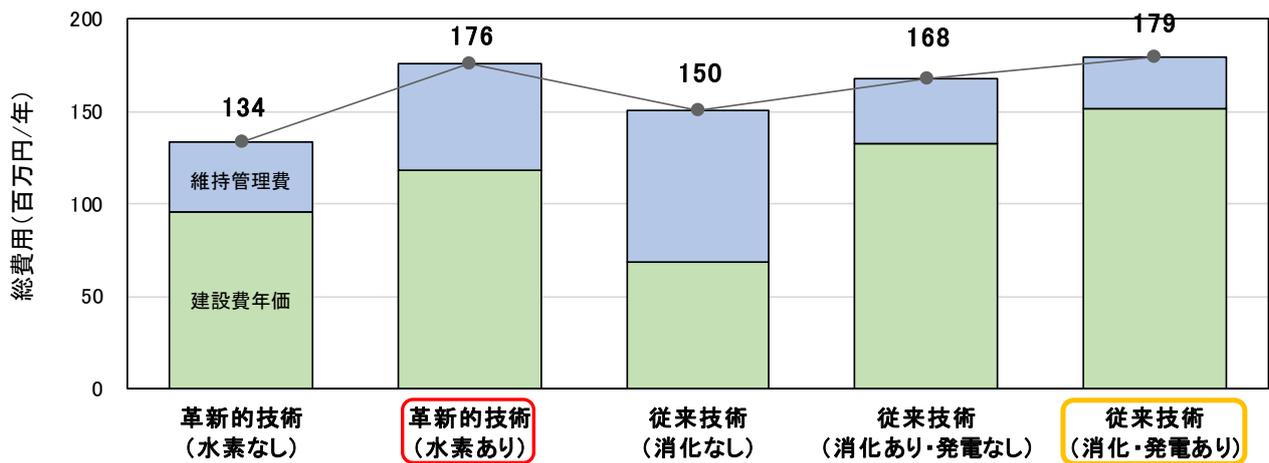
表資 2-5 7 総費用試算結果（日最大 20,000 m³/日規模）

革新的技術 (百万円/年)	水素なし	水素あり		
建設費年価	74.5	96.6		
維持管理費	33.4	53.5		
総費用	107.9	150.1		
従来(消化なし)に対し	2% 増加	42% 増加		
従来(消化あり・発電なし)に対し	18% 縮減	14% 増加		
従来(消化・発電あり)に対し	22% 縮減	9% 増加		

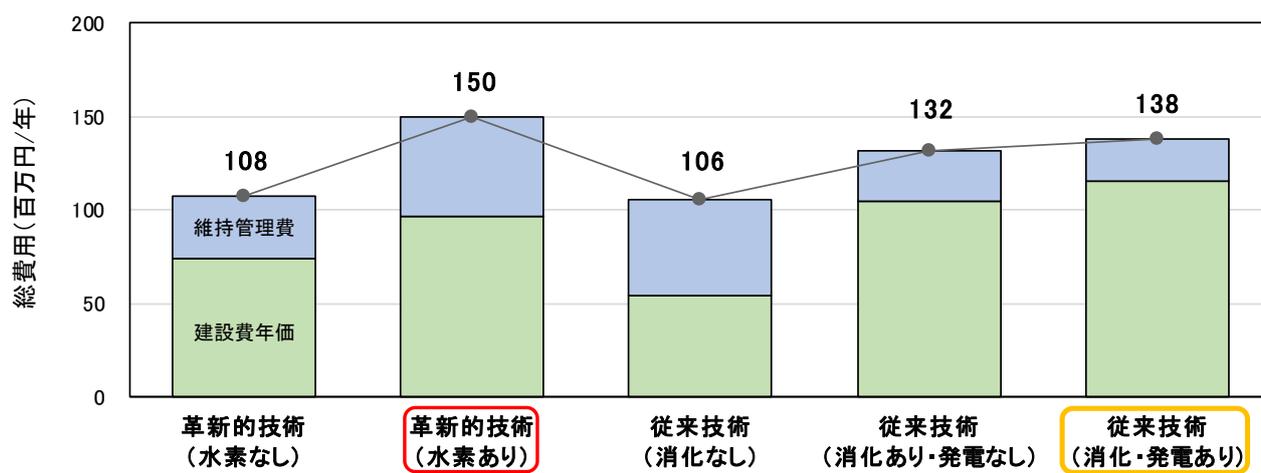
従来技術 (百万円/年)	消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
建設費年価	54.1	104.8	115.6
維持管理費	51.6	26.8	22.7
総費用	105.7	131.6	138.3



図資 2-3 1 総費用 (日最大 50,000 m³/日規模)



図資 2-3 2 総費用 (日最大 35,000 m³/日規模)

図資 2-3 3 総費用 (日最大 20,000 m³/日規模)

4) エネルギー収支

表資 2-5 8 エネルギー収支試算結果 (日最大 50,000 m³/日規模)

革新的技術 (GJ/年)		水素なし	水素あり
消費	高濃度消化	重力濃縮	82.4
		消化	2808.8
		計	2891.2
	省エネ型バイオガス精製	3579.4	3579.4
創エネ	小規模水素製造・供給	—	1295.7
	水素供給	—	65.8
	バイオガス発電	17170.3	16544.6
エネルギー収支(創エネ—消費)		10699.7	8844.1
従来(消化なし)に対し		12420 GJ/年 増加	10564 GJ/年 増加
従来(消化あり・発電なし)に対し		16457 GJ/年 増加	14601 GJ/年 増加
従来(消化・発電あり)に対し		2281 GJ/年 増加	425 GJ/年 増加

従来技術 (GJ/年)		消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
消費	重力濃縮	82.4	82.4	82.4
	機械濃縮	2495.2	2495.2	2495.2
	消化	—	3402.5	3402.5
	脱水(革新的技術との差分)	-857.5	-223.0	-223.0
創エネ	バイオガス発電	—	—	14176.2
エネルギー収支(創エネ—消費)		-1720.1	-5757.1	8419.1

表資 2-5 9 エネルギー収支試算結果 (日最大 35,000 m³/日規模)

革新的技術 (GJ/年)		水素なし	水素あり
消費	高濃度消化	重力濃縮	57.7
		消化	2006.9
		計	2064.6
	省エネ型バイオガス精製	3236.1	3236.1
創エネ	小規模水素製造・供給	—	1295.7
	水素供給	—	65.8
	バイオガス発電	12019.2	11393.5
エネルギー収支(創エネ—消費)		6718.5	4862.9
従来(消化なし)に対し		8331 GJ/年 増加	6476 GJ/年 増加
従来(消化あり・発電なし)に対し		10760 GJ/年 増加	8904 GJ/年 増加
従来(消化・発電あり)に対し		836 GJ/年 増加	1019 GJ/年 減少

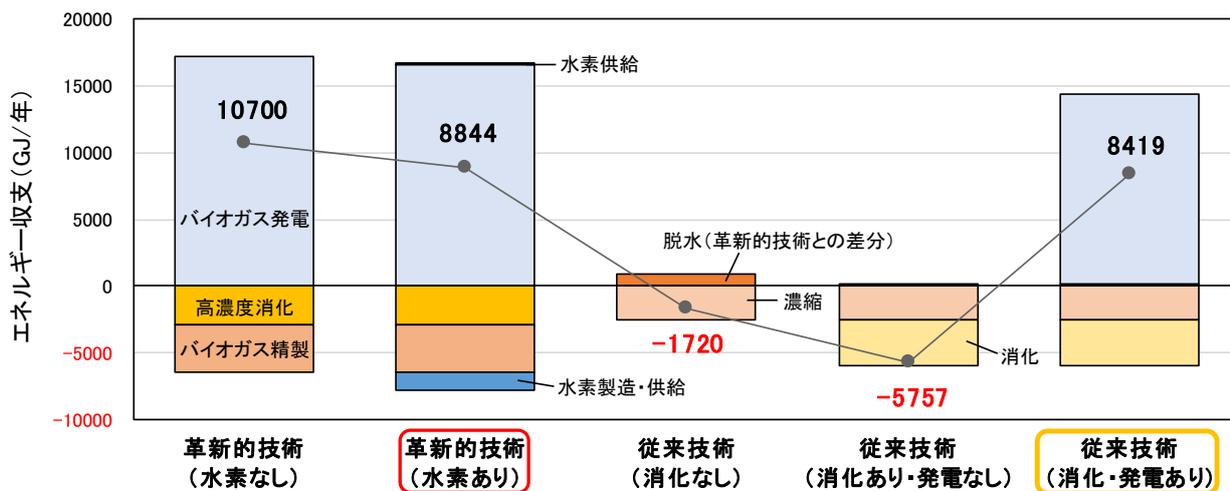
従来技術 (GJ/年)		消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
消費	重力濃縮	57.7	57.7	57.7
	機械濃縮	1746.6	1746.6	1746.6
	消化	—	2381.7	2381.7
	脱水(革新的技術との差分)	-191.5	-144.9	-144.9
創エネ	バイオガス発電	—	—	9923.3
エネルギー収支(創エネ—消費)		-1612.8	-4041.1	5882.2

表資 2-60 エネルギー収支試算結果（日最大 20,000 m³/日規模）

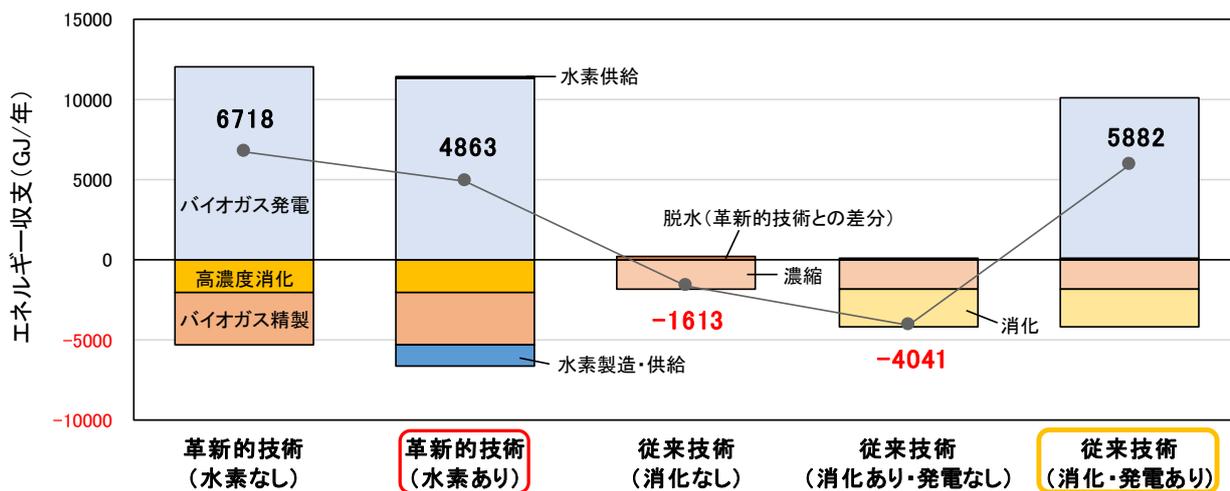
革新的技術 (GJ/年)		水素なし	水素あり	
消費	高濃度消化	重力濃縮	33.0	33.0
		消化	1243.4	1243.4
		計	1276.4	1276.4
	省エネ型バイオガス精製	2757.6	2757.6	
創エネ	小規模水素製造・供給	—	1295.7	
	水素供給	—	65.8	
	バイオガス発電	6868.1	6242.4	
エネルギー収支(創エネ—消費)		2834.1	978.5	
従来(消化なし)に対し		4142 GJ/年 増加	2286 GJ/年 増加	
従来(消化あり・発電なし)に対し		5153 GJ/年 増加	3297 GJ/年 増加	
従来(消化・発電あり)に対し		518 GJ/年 減少	2374 GJ/年 減少	

従来技術 (GJ/年)		消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
消費	重力濃縮	33.0	33.0	33.0
	機械濃縮	998.1	998.1	998.1
	消化	—	1361.0	1361.0
	脱水(革新的技術との差分)	276.3	-73.6	-73.6
創エネ	バイオガス発電	—	—	5670.5
エネルギー収支(創エネ—消費)		-1307.4	-2318.5	3352.0

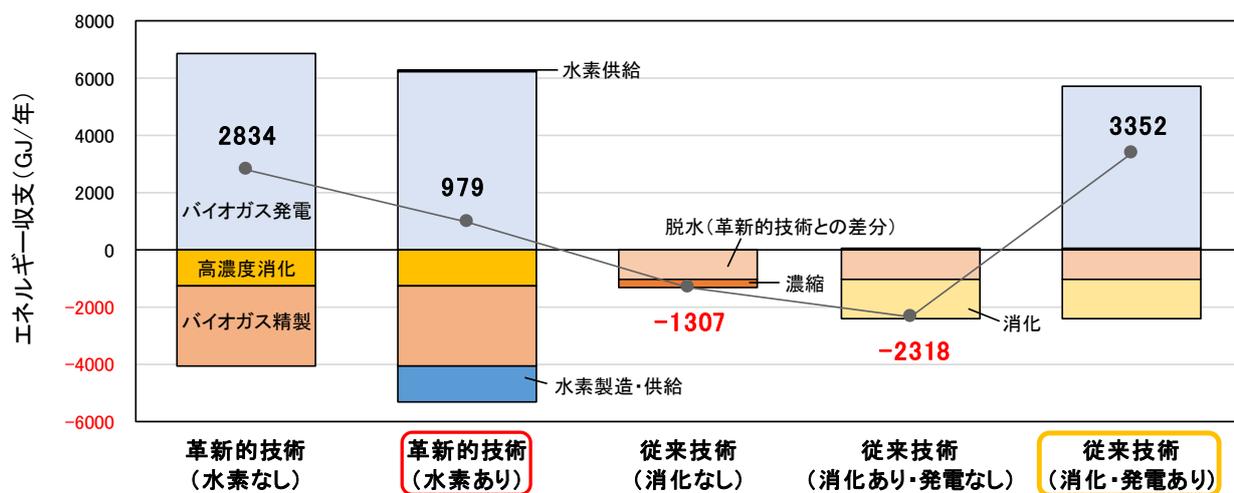
2. ケーススタディー



図資 2-3 4 エネルギー収支 (日最大 50,000 m³/日規模)



図資 2-3 5 エネルギー収支 (日最大 35,000 m³/日規模)



図資 2-3 6 エネルギー収支 (日最大 20,000 m³/日規模)

5) CO₂ 排出量表資 2-6 1 CO₂ 排出量試算結果 (日最大 50,000 m³/日規模)

革新的技術 (t-CO ₂ /年)		水素なし	水素あり
排出	電力	332.9	399.6
	上水	27.6	28.4
	高分子凝集剤	185.2	185.2
	ポリ硫酸第二鉄	10.2	10.2
	活性炭	0.31	0.31
排出削減	水素利用によるガソリン使用削減	-	-4.5
	バイオガス発電	-883.5	-851.3
総排出量		-327.3	-232.1
従来(消化なし)に対し		614 t-CO ₂ /年 減少	519 t-CO ₂ /年 減少
従来(消化あり・発電なし)に対し		778 t-CO ₂ /年 減少	683 t-CO ₂ /年 減少
従来(消化・発電あり)に対し		49 t-CO ₂ /年 減少	46 t-CO ₂ /年 増加

従来技術 (t-CO ₂ /年)		消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
排出	電力	88.5	296.2	296.2
	上水	-	-	-
	高分子凝集剤	198.4	154.3	154.3
	ポリ硫酸第二鉄	-	-	-
	活性炭	-	0.4	0.4
排出削減	バイオガス発電	-	-	-729.4
総排出量		286.9	450.9	-278.5

表資 2-6 2 CO₂ 排出量試算結果 (日最大 35,000 m³/日規模)

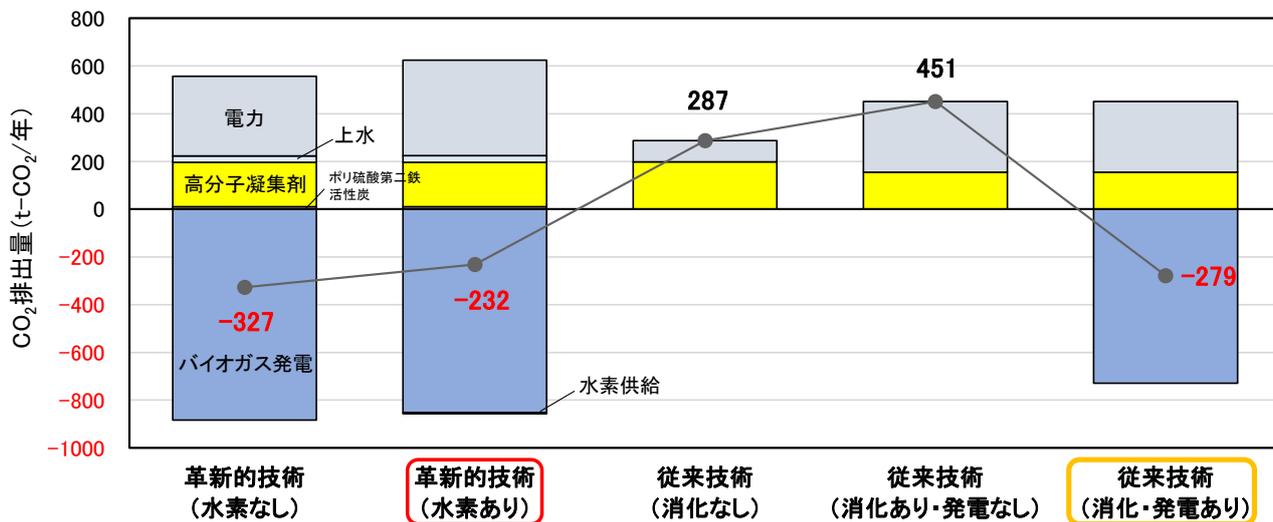
革新的技術 (t-CO ₂ /年)		水素なし	水素あり
排出	電力	272.7	339.4
	上水	27.6	28.4
	高分子凝集剤	129.6	129.6
	ポリ硫酸第二鉄	7.1	7.1
	活性炭	0.26	0.26
排出削減	水素利用によるガソリン使用削減	-	-4.5
	バイオガス発電	-618.5	-586.3
総排出量		-181.2	-86.0
従来(消化なし)に対し		403 t-CO ₂ /年 減少	308 t-CO ₂ /年 減少
従来(消化あり・発電なし)に対し		497 t-CO ₂ /年 減少	402 t-CO ₂ /年 減少
従来(消化・発電あり)に対し		13 t-CO ₂ /年 増加	108 t-CO ₂ /年 増加

従来技術 (t-CO ₂ /年)		消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
排出	電力	83.0	207.9	207.9
	上水	-	-	-
	高分子凝集剤	138.9	108.0	108.0
	ポリ硫酸第二鉄	-	-	-
	活性炭	-	0.3	0.3
排出削減	バイオガス発電	-	-	-510.6
総排出量		221.9	316.2	-194.4

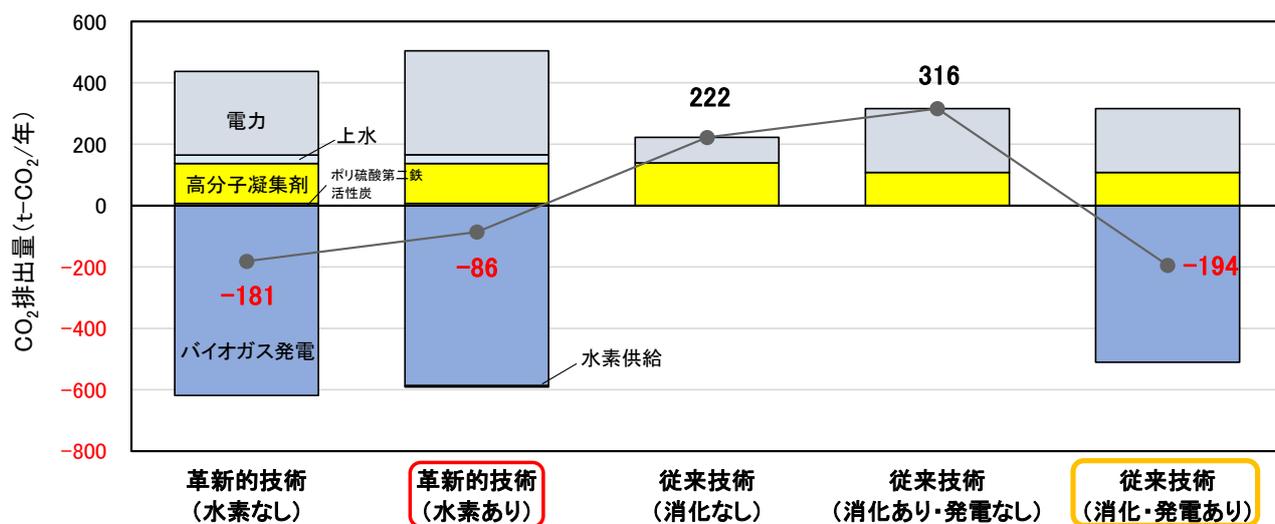
表資 2-6 3 CO₂ 排出量試算結果 (日最大 20,000 m³/日規模)

革新的技術 (t-CO ₂ /年)		水素なし	水素あり
排出	電力	207.6	274.2
	上水	27.6	28.4
	高分子凝集剤	74.1	74.1
	ポリ硫酸第二鉄	4.1	4.1
	活性炭	0.12	0.12
排出削減	水素利用によるガソリン使用削減	-	-4.5
	バイオガス発電	-353.4	-321.2
総排出量		-39.9	55.2
従来(消化なし)に対し		187 t-CO ₂ /年 減少	92 t-CO ₂ /年 減少
従来(消化あり・発電なし)に対し		221 t-CO ₂ /年 減少	126 t-CO ₂ /年 減少
従来(消化・発電あり)に対し		71 t-CO ₂ /年 増加	166 t-CO ₂ /年 増加

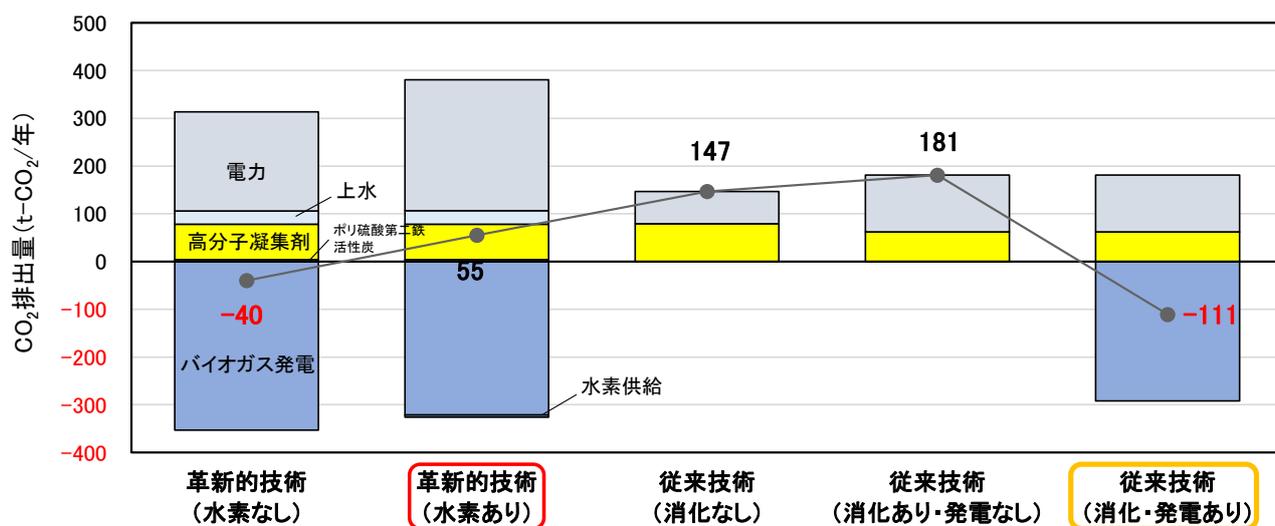
従来技術 (t-CO ₂ /年)		消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
排出	電力	67.3	119.3	119.3
	上水	-	-	-
	高分子凝集剤	79.4	61.7	61.7
	ポリ硫酸第二鉄	-	-	-
	活性炭	-	0.2	0.2
排出削減	バイオガス発電	-	-	-291.8
総排出量		146.7	181.2	-110.6



図資 2-3 7 CO₂ 排出量 (日最大 50,000 m³/日規模)



図資 2-3 8 CO₂ 排出量 (日最大 35,000 m³/日規模)



図資 2-3 9 CO₂ 排出量 (日最大 20,000 m³/日規模)

4) ケース④（常時定格負荷で水素を製造し、FCV 供給分以外は消化槽に吹き込む）

1) 建設費

表資 2-6 4 建設費試算結果（日最大 50,000 m³/日規模）

革新的技術 (百万円)			水素なし		水素あり		
			建設費	年価	建設費	年価	
高濃度消化	重力濃縮	機械	52.9	5.0	52.9	5.0	
		土木	46.3	1.9	46.3	1.9	
	消化	機械・電気	816.0	60.4	816.0	60.4	
		土木	108.9	3.8	108.9	3.8	
	計	機械・電気	868.9	65.4	868.9	65.4	
		土木	155.2	5.7	155.2	5.7	
	省エネ型バイオガス精製		機械・電気	317.4	25.3	317.4	25.3
			土木	37.3	1.3	37.3	1.3
バイオガス発電		機械・電気	215.9	17.2	215.9	17.2	
		土木	26.9	0.9	26.9	0.9	
小規模水素製造・供給		機械・電気	-	-	271.8	21.6	
		土木	-	-	13.7	0.5	
合計			1621.6	115.8	1907.1	137.9	

従来技術 (百万円)		消化なし		消化あり・発電なし		消化・発電あり	
		建設費	年価	建設費	年価	建設費	年価
重力濃縮	機械	52.9	5.0	52.9	5.0	52.9	5.0
	土木	46.3	1.9	46.3	1.9	46.3	1.9
機械濃縮	機械	563.2	53.4	563.2	53.4	563.2	53.4
	土木	163.0	6.6	163.0	6.6	163.0	6.6
消化	機械	-	-	665.1	63.1	665.1	63.1
	土木	-	-	605.6	25.9	605.6	25.9
脱水 (革新的技術との差額)	機械	92.0	8.7	-8.5	-0.8	-8.5	-0.8
	土木	90.1	3.6	-8.1	-0.3	-8.1	-0.3
バイオガス発電	機械・電気	-	-	-	-	328.3	26.1
	土木	-	-	-	-	12.4	0.4
合計		1007.5	79.2	2079.5	154.8	2420.2	181.3

2. ケーススタディー

表資 2-6 5 建設費試算結果 (日最大 35,000 m³/日規模)

革新的技術 (百万円)			水素なし		水素あり	
			建設費	年価	建設費	年価
高濃度消化	重力濃縮	機械	42.5	4.0	42.5	4.0
		土木	37.4	1.5	37.4	1.5
	消化	機械・電気	665.2	49.4	665.2	49.4
		土木	89.0	3.1	89.0	3.1
	計	機械・電気	707.7	53.4	707.7	53.4
		土木	126.4	4.6	126.4	4.6
省エネ型 バイオガス精製	機械・電気	272.5	21.7	272.5	21.7	
	土木	32.6	1.1	32.6	1.1	
バイオガス発電	機械・電気	178.7	14.2	178.7	14.2	
	土木	21.9	0.7	21.9	0.7	
小規模水素 製造・供給	機械・電気	-	-	271.8	21.6	
	土木	-	-	13.7	0.5	
合計			1339.8	95.7	1625.3	117.8

従来技術 (百万円)		消化なし		消化あり・発電なし		消化・発電あり	
		建設費	年価	建設費	年価	建設費	年価
重力濃縮	機械	42.5	4.0	42.5	4.0	42.5	4.0
	土木	37.4	1.5	37.4	1.5	37.4	1.5
機械濃縮	機械	484.5	46.0	484.5	46.0	484.5	46.0
	土木	148.6	6.0	148.6	6.0	148.6	6.0
消化	機械	-	-	579.7	55.0	579.7	55.0
	土木	-	-	499.7	21.4	499.7	21.4
脱水 (革新的技術との差額)	機械	80.5	7.6	-7.4	-0.7	-7.4	-0.7
	土木	76.9	3.1	-6.9	-0.3	-6.9	-0.3
バイオガス発電	機械・電気	-	-	-	-	229.8	18.3
	土木	-	-	-	-	10.4	0.4
合計		870.4	68.2	1778.1	132.9	2018.3	151.6

表資 2-6 6 建設費試算結果 (日最大 20,000 m³/日規模)

革新的技術 (百万円)			水素なし		水素あり	
			建設費	年価	建設費	年価
高濃度消化	重力濃縮	機械	30.2	2.9	30.2	2.9
		土木	26.7	1.1	26.7	1.1
	消化	機械・電気	483.6	36.1	483.6	36.1
		土木	64.9	2.3	64.9	2.3
	計	機械・電気	513.8	39.0	513.8	39.0
		土木	91.6	3.4	91.6	3.4
省エネ型 バイオガス精製	機械・電気	249.2	19.8	249.2	19.8	
	土木	29.1	1.0	29.1	1.0	
バイオガス発電	機械・電気	135.7	10.8	135.7	10.8	
	土木	15.6	0.5	15.6	0.5	
小規模水素 製造・供給	機械・電気	-	-	271.8	21.6	
	土木	-	-	13.7	0.5	
合計			1035.0	74.5	1320.5	96.6

従来技術 (百万円)		消化なし		消化あり・発電なし		消化・発電あり	
		建設費	年価	建設費	年価	建設費	年価
重力濃縮	機械	30.2	2.9	30.2	2.9	30.2	2.9
	土木	26.7	1.1	26.7	1.1	26.7	1.1
機械濃縮	機械	382.6	36.3	382.6	36.3	382.6	36.3
	土木	128.6	5.2	128.6	5.2	128.6	5.2
消化	機械	-	-	467.4	44.3	467.4	44.3
	土木	-	-	369.6	15.8	369.6	15.8
脱水 (革新的技術との差額)	機械	65.4	6.2	-6.0	-0.6	-6.0	-0.6
	土木	60.0	2.4	-5.4	-0.2	-5.4	-0.2
バイオガス発電	機械・電気	-	-	-	-	131.3	10.5
	土木	-	-	-	-	8.5	0.3
合計		693.5	54.1	1393.7	104.8	1533.5	115.6

2) 維持管理費

表資 2-6 7 維持管理費試算結果 (日最大 50,000 m³/日規模)

革新的技術 (百万円/年)		水素なし	水素あり	
高濃度消化	重力濃縮	1.3	1.3	
	消化	電力	4.9	4.9
		薬品費	17.8	17.8
		補修費	8.0	8.0
		人件費	7.0	7.0
計	39.0	39.0		
省エネ型 バイオガス精製	電力	6.2	6.2	
	上水	4.3	4.3	
	補修費	9.1	9.1	
バイオガス発電	補修費	13.2	13.2	
	電力費低減	-29.9	-27.2	
小規模水素 製造・供給	電力	-	2.3	
	上水	-	0.3	
	補修費	-	16.7	
合計		41.9	63.9	

従来技術 (百万円/年)	消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
重力濃縮	1.3	1.3	1.3
機械濃縮	21.2	21.2	21.2
消化	-	20.9	20.9
脱水(革新的技術との差分)	16.2	-1.4	-1.4
脱水汚泥処分費(消化なしと革新的技術との差分)	72.3	-	-
脱水汚泥処分費(消化ありと革新的技術との差分)	-	-0.8	-0.8
バイオガス発電	-	-	14.5
バイオガス発電 電力費縮減額	-	-	-24.7
合計	111.0	41.2	31.0

表資 2-6 8 維持管理費試算結果 (日最大 35,000 m³/日規模)

革新的技術 (百万円/年)		水素なし	水素あり	
高濃度消化	重力濃縮	1.1	1.1	
	消化	電力	3.5	3.5
		薬品費	12.4	12.4
		補修費	6.5	6.5
		人件費	7.0	7.0
計	30.5	30.5		
省エネ型 バイオガス精製	電力	5.6	5.6	
	上水	4.3	4.3	
	補修費	8.4	8.4	
バイオガス発電	補修費	9.9	9.9	
	電力費低減	-20.9	-18.2	
小規模水素 製造・供給	電力	-	2.3	
	上水	-	0.3	
	補修費	-	16.7	
合計		37.8	59.8	

従来技術 (百万円/年)	消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
重力濃縮	1.1	1.1	1.1
機械濃縮	17.3	17.3	17.3
消化	-	18.1	18.1
脱水(革新的技術との差分)	13.1	-1.1	-1.1
脱水汚泥処分費(消化なしと革新的技術との差分)	50.6	-	-
脱水汚泥処分費(消化ありと革新的技術との差分)	-	-0.5	-0.5
バイオガス発電	-	-	10.1
バイオガス発電 電力費縮減額	-	-	-17.3
合計	82.1	34.9	27.7

表資 2-69 維持管理費試算結果（日最大 20,000 m³/日規模）

革新的技術 (百万円/年)		水素なし	水素あり	
高濃度消化	重力濃縮	0.8	0.8	
	消化	電力	2.2	2.2
		薬品費	7.1	7.1
		補修費	5.0	5.0
		人件費	7.0	7.0
計	22.1	22.1		
省エネ型 バイオガス精製	電力	4.8	4.8	
	上水	4.3	4.3	
	補修費	7.6	7.6	
バイオガス発電	補修費	6.5	6.5	
	電力費低減	-11.9	-9.3	
小規模水素 製造・供給	電力	-	2.3	
	上水	-	0.3	
	補修費	-	16.7	
合計		33.4	55.3	

従来技術 (百万円/年)	消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
重力濃縮	0.8	0.8	0.8
機械濃縮	12.5	12.5	12.5
消化	-	14.6	14.6
脱水(革新的技術との差分)	9.4	-0.8	-0.8
脱水汚泥処分費(消化なしと革新的技術との差分)	28.9	-	-
脱水汚泥処分費(消化ありと革新的技術との差分)	-	-0.3	-0.3
バイオガス発電	-	-	5.8
バイオガス発電 電力費縮減額	-	-	-9.9
合計	51.6	26.8	22.7

3) 総費用

表資 2-7 0 総費用試算結果 (日最大 50,000 m³/日規模)

革新的技術 (百万円/年)	水素なし	水素あり		
建設費年価	115.8	137.9		
維持管理費	41.9	63.9		
総費用	157.7	201.8		
従来(消化なし)に対し	17% 縮減	6% 増加		
従来(消化あり・発電なし)に対し	20% 縮減	3% 増加		
従来(消化・発電あり)に対し	26% 縮減	5% 縮減		

従来技術 (百万円/年)	消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
建設費年価	79.2	154.8	181.3
維持管理費	111.0	41.2	31.0
総費用	190.2	196.0	212.3

表資 2-7 1 総費用試算結果 (日最大 35,000 m³/日規模)

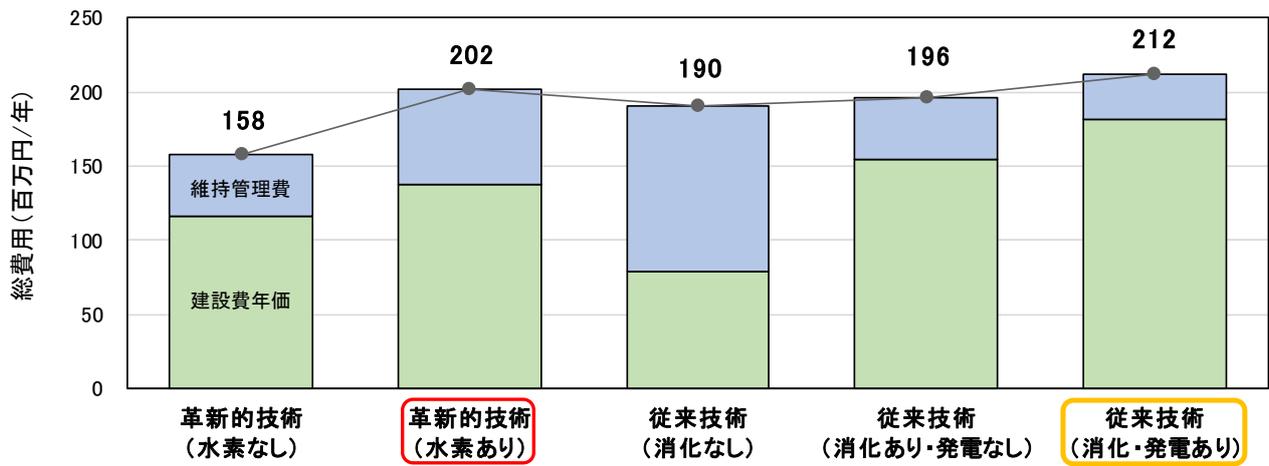
革新的技術 (百万円/年)	水素なし	水素あり		
建設費年価	95.7	117.8		
維持管理費	37.8	59.8		
総費用	133.5	177.6		
従来(消化なし)に対し	11% 縮減	18% 増加		
従来(消化あり・発電なし)に対し	20% 縮減	6% 増加		
従来(消化・発電あり)に対し	26% 縮減	1% 縮減		

従来技術 (百万円/年)	消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
建設費年価	68.2	132.9	151.6
維持管理費	82.1	34.9	27.7
総費用	150.3	167.8	179.3

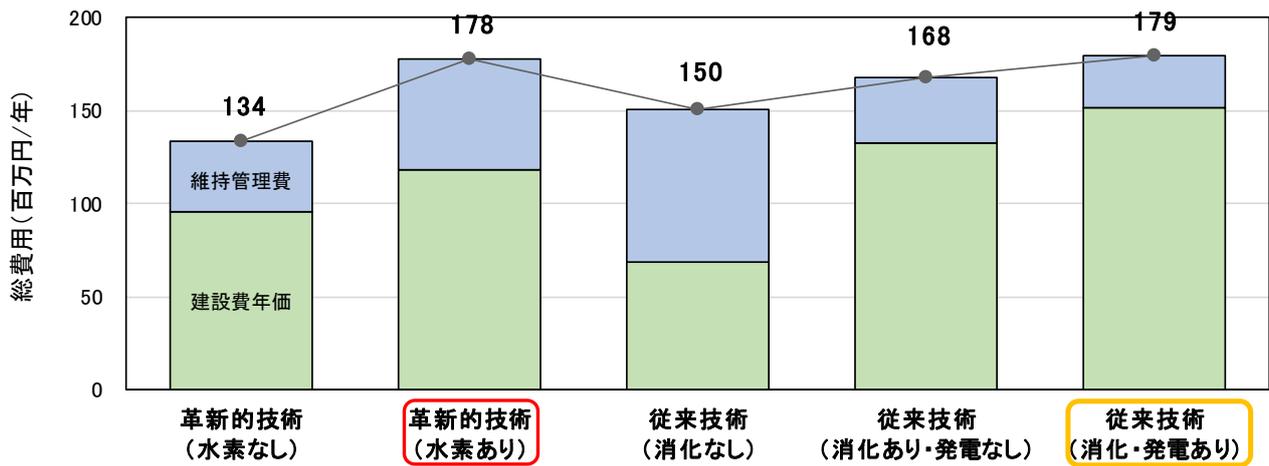
表資 2-7 2 総費用試算結果 (日最大 20,000 m³/日規模)

革新的技術 (百万円/年)	水素なし	水素あり		
建設費年価	74.5	96.6		
維持管理費	33.4	55.3		
総費用	107.9	151.9		
従来(消化なし)に対し	2% 増加	44% 増加		
従来(消化あり・発電なし)に対し	18% 縮減	15% 増加		
従来(消化・発電あり)に対し	22% 縮減	10% 増加		

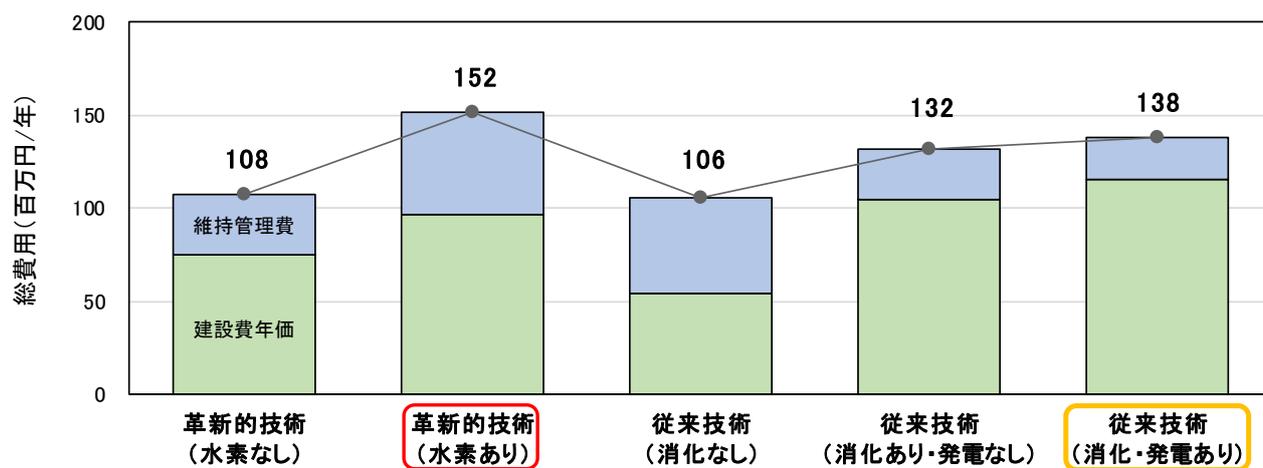
従来技術 (百万円/年)	消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
建設費年価	54.1	104.8	115.6
維持管理費	51.6	26.8	22.7
総費用	105.7	131.6	138.3



図資 2-4 0 総費用 (日最大 50,000 m³/日規模)



図資 2-4 1 総費用 (日最大 35,000 m³/日規模)

図資 2-4 2 総費用 (日最大 20,000 m³/日規模)

4) エネルギー収支

表資 2-7 3 エネルギー収支試算結果 (日最大 50,000 m³/日規模)

革新的技術 (GJ/年)		水素なし	水素あり
消費	高濃度消化	重力濃縮	82.4
		消化	2808.8
		計	2891.2
	省エネ型バイオガス精製	3579.4	3579.4
創エネ	小規模水素製造・供給	—	1295.7
	水素供給	—	65.8
	バイオガス発電	17170.3	15635.6
エネルギー収支(創エネ—消費)		10699.7	7935.1
従来(消化なし)に対し		12420 GJ/年 増加	9655 GJ/年 増加
従来(消化あり・発電なし)に対し		16457 GJ/年 増加	13692 GJ/年 増加
従来(消化・発電あり)に対し		2281 GJ/年 増加	484 GJ/年 減少

従来技術 (GJ/年)		消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
消費	重力濃縮	82.4	82.4	82.4
	機械濃縮	2495.2	2495.2	2495.2
	消化	—	3402.5	3402.5
	脱水(革新的技術との差分)	-857.5	-223.0	-223.0
創エネ	バイオガス発電	—	—	14176.2
エネルギー収支(創エネ—消費)		-1720.1	-5757.1	8419.1

表資 2-7 4 エネルギー収支試算結果 (日最大 35,000 m³/日規模)

革新的技術 (GJ/年)		水素なし	水素あり
消費	高濃度消化	重力濃縮	57.7
		消化	2006.9
		計	2064.6
	省エネ型バイオガス精製	3236.1	3236.1
創エネ	小規模水素製造・供給	—	1295.7
	水素供給	—	65.8
	バイオガス発電	12019.2	10484.5
エネルギー収支(創エネ—消費)		6718.5	3953.9
従来(消化なし)に対し		8331 GJ/年 増加	5567 GJ/年 増加
従来(消化あり・発電なし)に対し		10760 GJ/年 増加	7995 GJ/年 増加
従来(消化・発電あり)に対し		836 GJ/年 増加	1928 GJ/年 減少

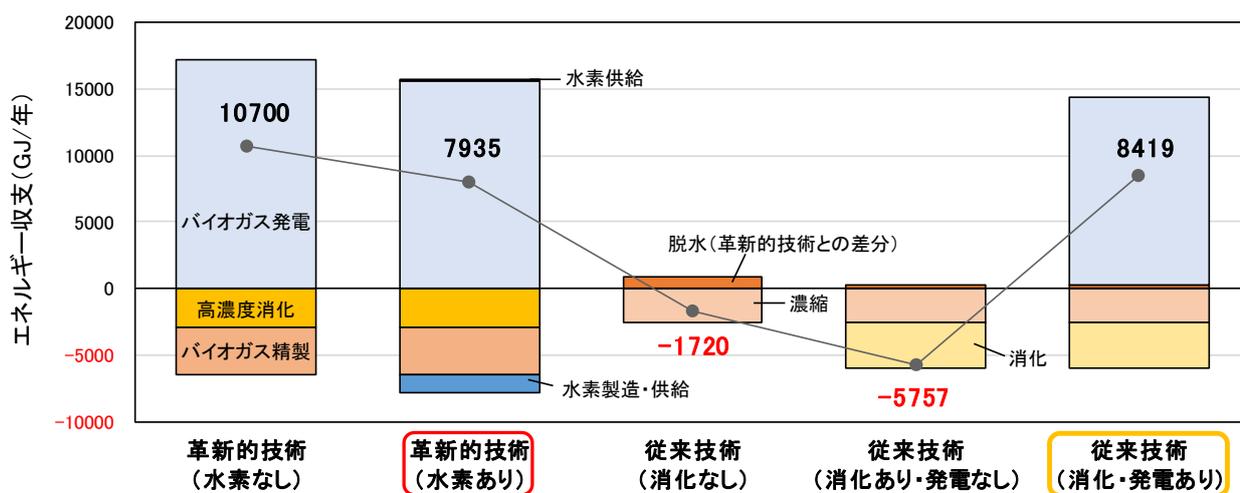
従来技術 (GJ/年)		消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
消費	重力濃縮	57.7	57.7	57.7
	機械濃縮	1746.6	1746.6	1746.6
	消化	—	2381.7	2381.7
	脱水(革新的技術との差分)	-191.5	-144.9	-144.9
創エネ	バイオガス発電	—	—	9923.3
エネルギー収支(創エネ—消費)		-1612.8	-4041.1	5882.2

表資 2-75 エネルギー収支試算結果（日最大 20,000 m³/日規模）

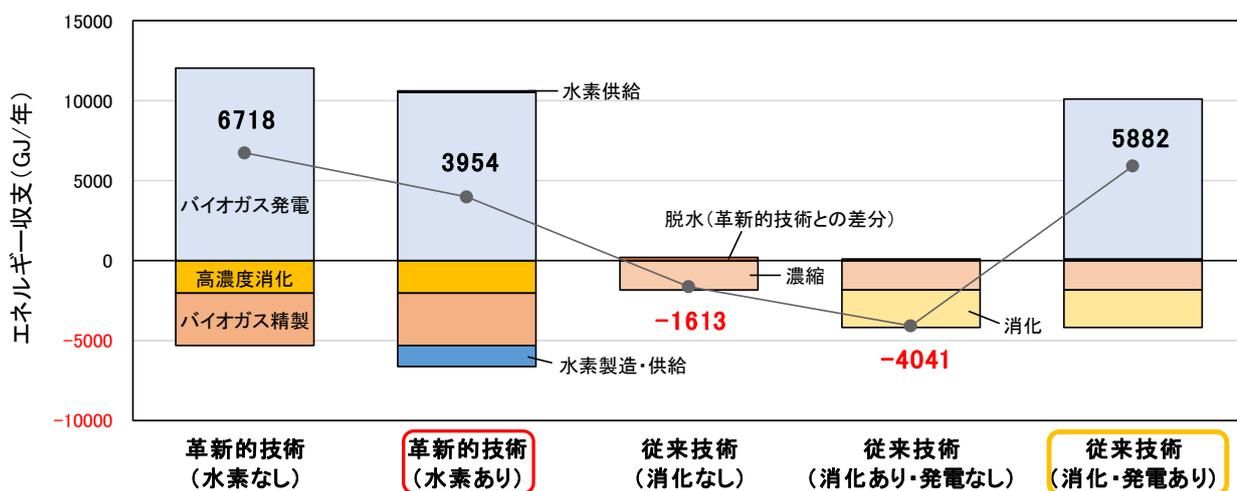
革新的技術 (GJ/年)		水素なし	水素あり	
消費	高濃度消化	重力濃縮	33.0	33.0
		消化	1243.4	1243.4
		計	1276.4	1276.4
	省エネ型バイオガス精製		2757.6	2757.6
小規模水素製造・供給		—	1295.7	
創エネ	水素供給		—	65.8
	バイオガス発電		6868.1	5333.4
エネルギー収支(創エネ—消費)		2834.1	69.5	
従来(消化なし)に対し		4142 GJ/年 増加	1377 GJ/年 増加	
従来(消化あり・発電なし)に対し		5153 GJ/年 増加	2388 GJ/年 増加	
従来(消化・発電あり)に対し		518 GJ/年 減少	3283 GJ/年 減少	

従来技術 (GJ/年)		消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
消費	重力濃縮	33.0	33.0	33.0
	機械濃縮	998.1	998.1	998.1
	消化	—	1361.0	1361.0
	脱水(革新的技術との差分)	276.3	-73.6	-73.6
創エネ	バイオガス発電		—	5670.5
エネルギー収支(創エネ—消費)		-1307.4	-2318.5	3352.0

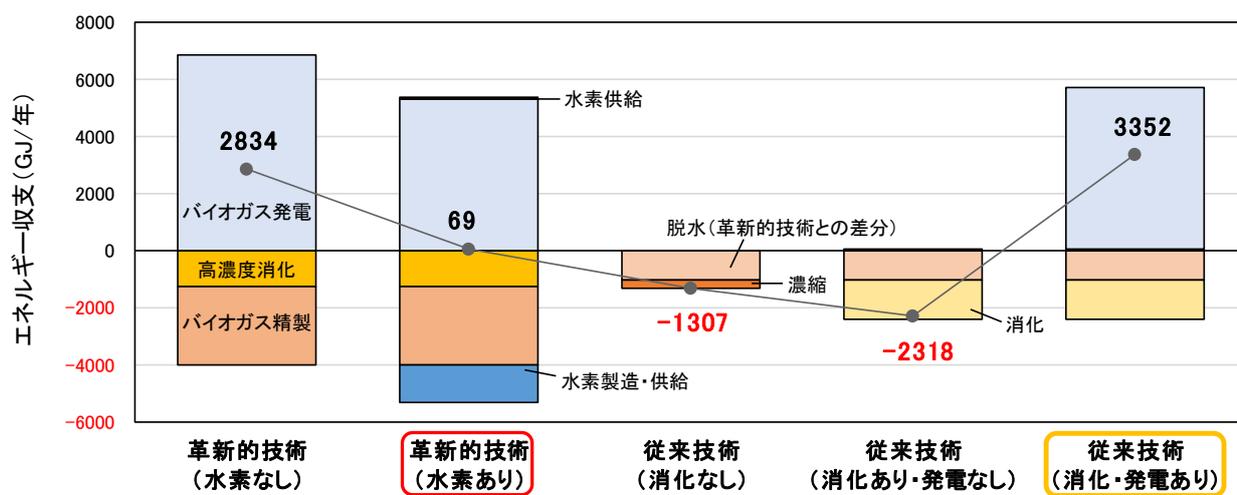
2. ケーススタディー



図資 2-4 3 エネルギー収支 (日最大 50,000 m³/日規模)



図資 2-4 4 エネルギー収支 (日最大 35,000 m³/日規模)



図資 2-4 5 エネルギー収支 (日最大 20,000 m³/日規模)

5) CO₂排出量表資 2-76 CO₂排出量試算結果（日最大 50,000 m³/日規模）

革新的技術 (t-CO ₂ /年)		水素なし	水素あり
排出	電力	332.9	399.6
	上水	27.6	29.6
	高分子凝集剤	185.2	185.2
	ポリ硫酸第二鉄	10.2	10.2
	活性炭	0.31	0.31
排出削減	水素利用によるガソリン使用削減	-	-4.5
	バイオガス発電	-883.5	-804.5
総排出量		-327.3	-184.1
従来(消化なし)に対し		614 t-CO ₂ /年 減少	471 t-CO ₂ /年 減少
従来(消化あり・発電なし)に対し		778 t-CO ₂ /年 減少	635 t-CO ₂ /年 減少
従来(消化・発電あり)に対し		49 t-CO ₂ /年 減少	94 t-CO ₂ /年 増加

従来技術 (t-CO ₂ /年)		消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
排出	電力	88.5	296.2	296.2
	上水	-	-	-
	高分子凝集剤	198.4	154.3	154.3
	ポリ硫酸第二鉄	-	-	-
	活性炭	-	0.4	0.4
排出削減	バイオガス発電	-	-	-729.4
総排出量		286.9	450.9	-278.5

表資 2-77 CO₂排出量試算結果（日最大 35,000 m³/日規模）

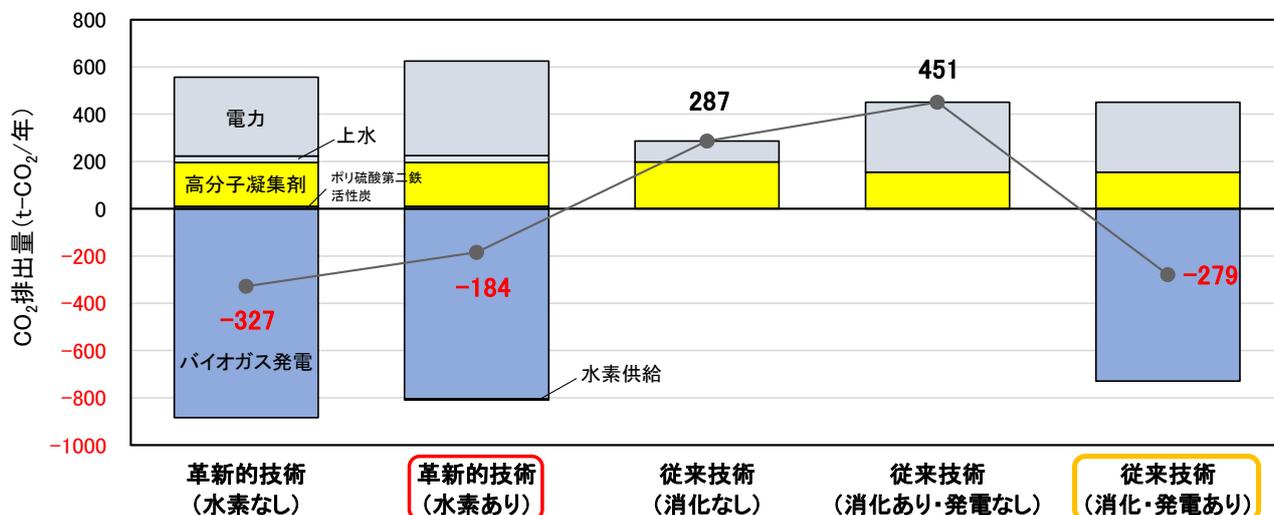
革新的技術 (t-CO ₂ /年)		水素なし	水素あり
排出	電力	272.7	339.4
	上水	27.6	29.6
	高分子凝集剤	129.6	129.6
	ポリ硫酸第二鉄	7.1	7.1
	活性炭	0.26	0.26
排出削減	水素利用によるガソリン使用削減	-	-4.5
	バイオガス発電	-618.5	-539.5
総排出量		-181.2	-38.0
従来(消化なし)に対し		403 t-CO ₂ /年 減少	260 t-CO ₂ /年 減少
従来(消化あり・発電なし)に対し		497 t-CO ₂ /年 減少	354 t-CO ₂ /年 減少
従来(消化・発電あり)に対し		13 t-CO ₂ /年 増加	156 t-CO ₂ /年 増加

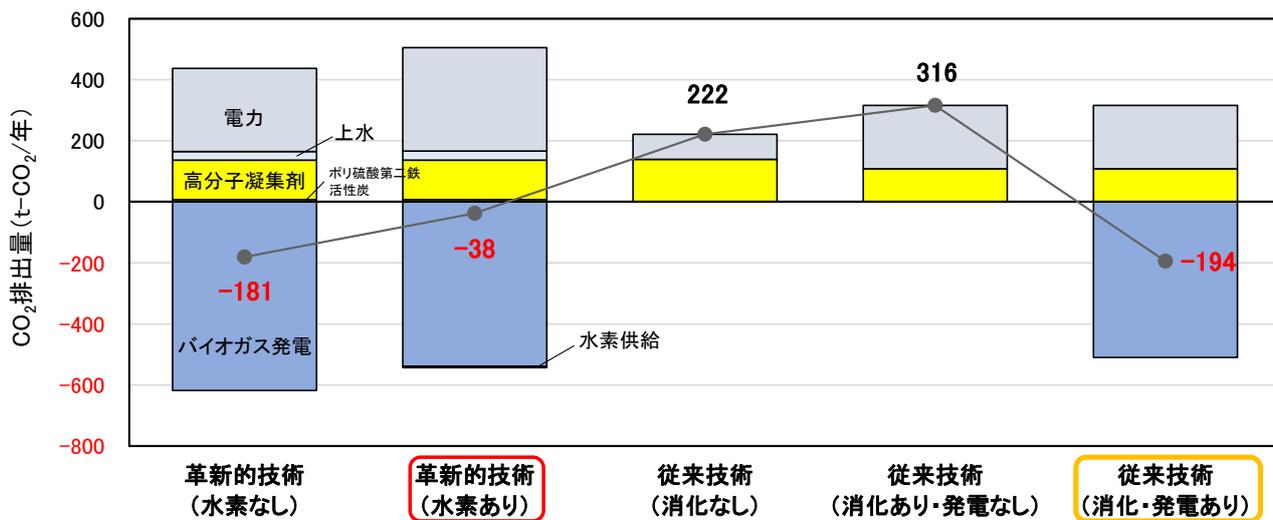
従来技術 (t-CO ₂ /年)		消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
排出	電力	83.0	207.9	207.9
	上水	-	-	-
	高分子凝集剤	138.9	108.0	108.0
	ポリ硫酸第二鉄	-	-	-
	活性炭	-	0.3	0.3
排出削減	バイオガス発電	-	-	-510.6
総排出量		221.9	316.2	-194.4

表資 2-7 8 CO₂ 排出量試算結果 (日最大 20,000 m³/日規模)

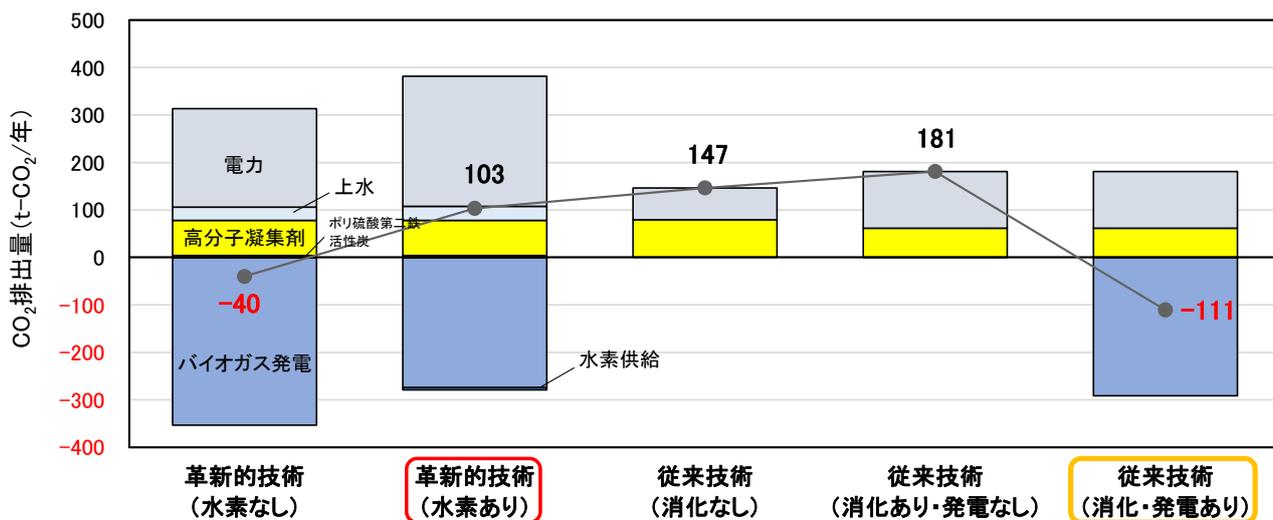
革新的技術 (t-CO ₂ /年)		水素なし	水素あり
排出	電力	207.6	274.2
	上水	27.6	29.6
	高分子凝集剤	74.1	74.1
	ポリ硫酸第二鉄	4.1	4.1
	活性炭	0.12	0.12
排出削減	水素利用によるガソリン使用削減	-	-4.5
	バイオガス発電	-353.4	-274.4
総排出量		-39.9	103.2
従来(消化なし)に対し		187 t-CO ₂ /年 減少	43 t-CO ₂ /年 減少
従来(消化あり・発電なし)に対し		221 t-CO ₂ /年 減少	78 t-CO ₂ /年 減少
従来(消化・発電あり)に対し		71 t-CO ₂ /年 増加	214 t-CO ₂ /年 増加

従来技術 (t-CO ₂ /年)		消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
排出	電力	67.3	119.3	119.3
	上水	-	-	-
	高分子凝集剤	79.4	61.7	61.7
	ポリ硫酸第二鉄	-	-	-
	活性炭	-	0.2	0.2
排出削減	バイオガス発電	-	-	-291.8
総排出量		146.7	181.2	-110.6

図資 2-4 6 CO₂ 排出量 (日最大 50,000 m³/日規模)



図資 2-4 7 CO₂ 排出量 (日最大 35,000 m³/日規模)



図資 2-4 8 CO₂ 排出量 (日最大 20,000 m³/日規模)

(5) ケース⑤ (外部供給分を毎日製造し, その他の時間は待機運転 ※供給設備なし)

1) エネルギー収支

表資 2-79 エネルギー収支試算結果 (日最大 50,000 m³/日規模)

革新的技術 (GJ/年)		水素なし	水素あり	
消費	高濃度消化	重力濃縮	82.4	82.4
		消化	2808.8	2808.8
		計	2891.2	2891.2
	省エネ型バイオガス精製		3579.4	3579.4
小規模水素製造・供給		-	752.9	
創エネ	水素供給		-	3054.1
	バイオガス発電		17170.3	14427.2
エネルギー収支(創エネ—消費)		10699.7	10257.8	
従来(消化なし)に対し		12420 GJ/年 増加	11978 GJ/年 増加	
従来(消化あり・発電なし)に対し		16457 GJ/年 増加	16015 GJ/年 増加	
従来(消化・発電あり)に対し		2281 GJ/年 増加	1839 GJ/年 増加	

従来技術 (GJ/年)		消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
消費	重力濃縮	82.4	82.4	82.4
	機械濃縮	2495.2	2495.2	2495.2
	消化	-	3402.5	3402.5
	脱水(革新的技術との差分)	-857.5	-223.0	-223.0
創エネ	バイオガス発電		-	14176.2
エネルギー収支(創エネ—消費)		-1720.1	-5757.1	8419.1

表資 2-80 エネルギー収支試算結果 (日最大 35,000 m³/日規模)

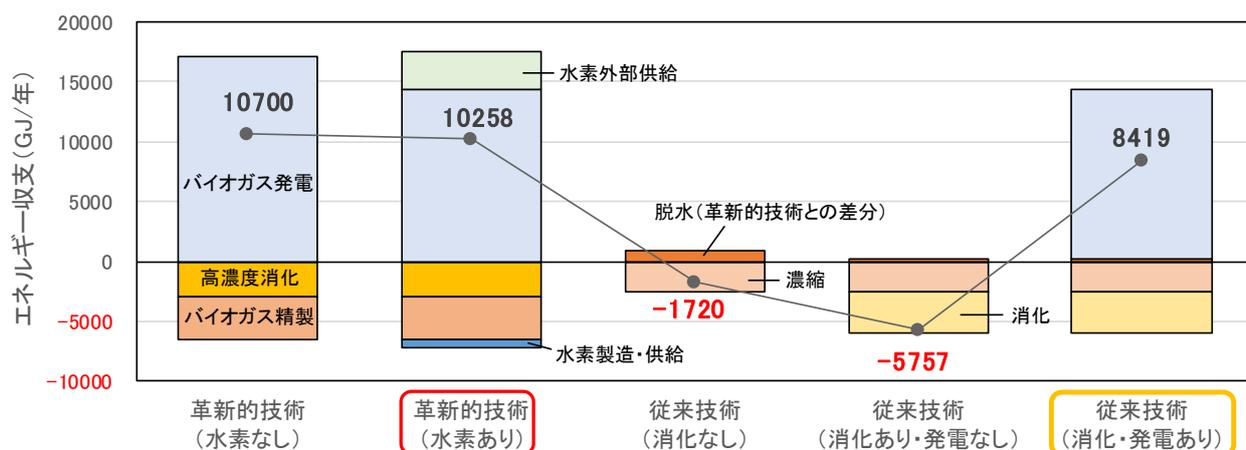
革新的技術 (GJ/年)		水素なし	水素あり	
消費	高濃度消化	重力濃縮	57.7	57.7
		消化	2006.9	2006.9
		計	2064.6	2064.6
	省エネ型バイオガス精製		3236.1	3236.1
小規模水素製造・供給		-	752.9	
創エネ	水素供給		-	3054.1
	バイオガス発電		12019.2	9276.1
エネルギー収支(創エネ—消費)		6718.5	6276.6	
従来(消化なし)に対し		8331 GJ/年 増加	7889 GJ/年 増加	
従来(消化あり・発電なし)に対し		10760 GJ/年 増加	10318 GJ/年 増加	
従来(消化・発電あり)に対し		836 GJ/年 増加	394 GJ/年 増加	

従来技術 (GJ/年)		消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
消費	重力濃縮	57.7	57.7	57.7
	機械濃縮	1746.6	1746.6	1746.6
	消化	-	2381.7	2381.7
	脱水(革新的技術との差分)	-191.5	-144.9	-144.9
創エネ	バイオガス発電		-	9923.3
エネルギー収支(創エネ—消費)		-1612.8	-4041.1	5882.2

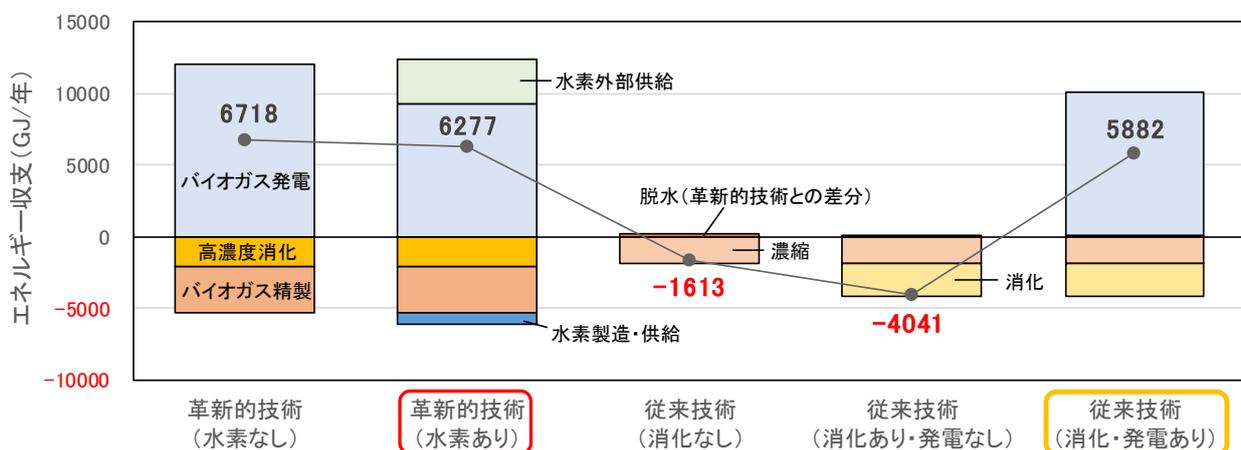
表資 2-8 1 エネルギー収支試算結果（日最大 20,000 m³/日規模）

革新的技術 (GJ/年)		水素なし	水素あり	
消費	高濃度消化	重力濃縮	33.0	33.0
		消化	1243.4	1243.4
		計	1276.4	1276.4
	省エネ型バイオガス精製		2757.6	2757.6
	小規模水素製造・供給		-	752.9
創エネ	水素供給		-	3054.1
	バイオガス発電		6868.1	4125.0
エネルギー収支(創エネー消費)		2834.1	2392.2	
従来(消化なし)に対し		4142 GJ/年 増加	3700 GJ/年 増加	
従来(消化あり・発電なし)に対し		5153 GJ/年 増加	4711 GJ/年 増加	
従来(消化・発電あり)に対し		518 GJ/年 減少	960 GJ/年 減少	

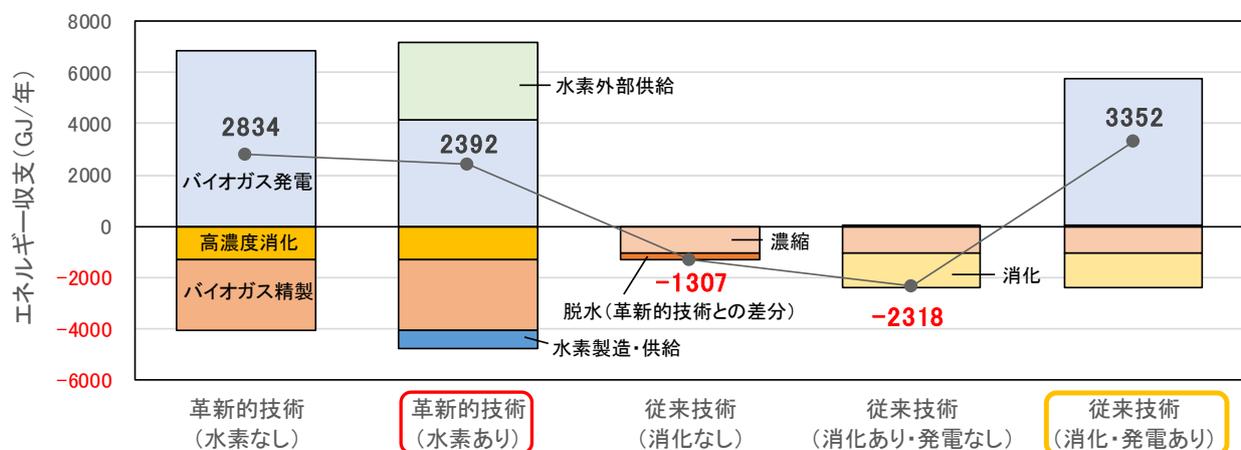
従来技術 (GJ/年)		消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
消費	重力濃縮	33.0	33.0	33.0
	機械濃縮	998.1	998.1	998.1
	消化	-	1361.0	1361.0
	脱水(革新的技術との差分)	276.3	-73.6	-73.6
創エネ	バイオガス発電		-	5670.5
エネルギー収支(創エネー消費)		-1307.4	-2318.5	3352.0



図資 2-4 9 エネルギー収支 (日最大 50,000 m³/日規模)



図資 2-5 0 エネルギー収支 (日最大 35,000 m³/日規模)



図資 2-5 1 エネルギー収支 (日最大 20,000 m³/日規模)

ケース⑥（常時定格負荷で製造し、外部供給分以外は消化槽吹込 ※供給設備なし）

1) エネルギー収支

表資 2-8 2 エネルギー収支試算結果（日最大 50,000 m³/日規模）

革新的技術 (GJ/年)		水素なし	水素あり
消費	高濃度消化	重力濃縮	82.4
		消化	2808.8
		計	2891.2
	省エネ型バイオガス精製	3579.4	3579.4
創エネ	小規模水素製造・供給	-	785.3
	水素供給	-	3054.1
	バイオガス発電	17170.3	14278.9
エネルギー収支(創エネ—消費)		10699.7	10077.1
従来(消化なし)に対し		12420 GJ/年 増加	11797 GJ/年 増加
従来(消化あり・発電なし)に対し		16457 GJ/年 増加	15834 GJ/年 増加
従来(消化・発電あり)に対し		2281 GJ/年 増加	1658 GJ/年 増加

従来技術 (GJ/年)		消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
消費	重力濃縮	82.4	82.4	82.4
	機械濃縮	2495.2	2495.2	2495.2
	消化	-	3402.5	3402.5
	脱水(革新的技術との差分)	-857.5	-223.0	-223.0
創エネ	バイオガス発電	-	-	14176.2
エネルギー収支(創エネ—消費)		-1720.1	-5757.1	8419.1

表資 2-8 3 エネルギー収支試算結果（日最大 35,000 m³/日規模）

革新的技術 (GJ/年)		水素なし	水素あり
消費	高濃度消化	重力濃縮	57.7
		消化	2006.9
		計	2064.6
	省エネ型バイオガス精製	3236.1	3236.1
創エネ	小規模水素製造・供給	-	785.3
	水素供給	-	3054.1
	バイオガス発電	12019.2	9127.8
エネルギー収支(創エネ—消費)		6718.5	6095.9
従来(消化なし)に対し		8331 GJ/年 増加	7709 GJ/年 増加
従来(消化あり・発電なし)に対し		10760 GJ/年 増加	10137 GJ/年 増加
従来(消化・発電あり)に対し		836 GJ/年 増加	214 GJ/年 増加

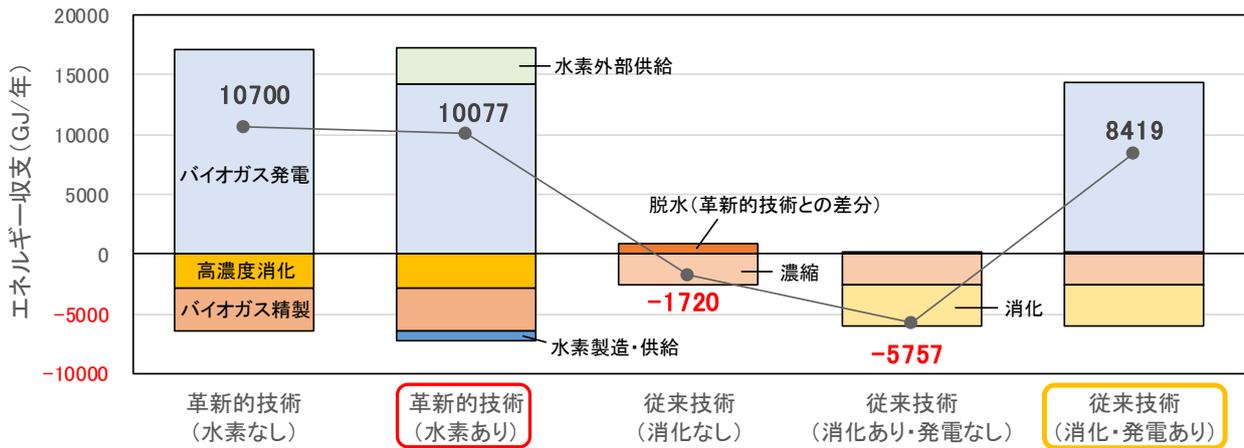
従来技術 (GJ/年)		消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
消費	重力濃縮	57.7	57.7	57.7
	機械濃縮	1746.6	1746.6	1746.6
	消化	-	2381.7	2381.7
	脱水(革新的技術との差分)	-191.5	-144.9	-144.9
創エネ	バイオガス発電	-	-	9923.3
エネルギー収支(創エネ—消費)		-1612.8	-4041.1	5882.2

表資 2-8 4 エネルギー収支試算結果（日最大 20,000 m³/日規模）

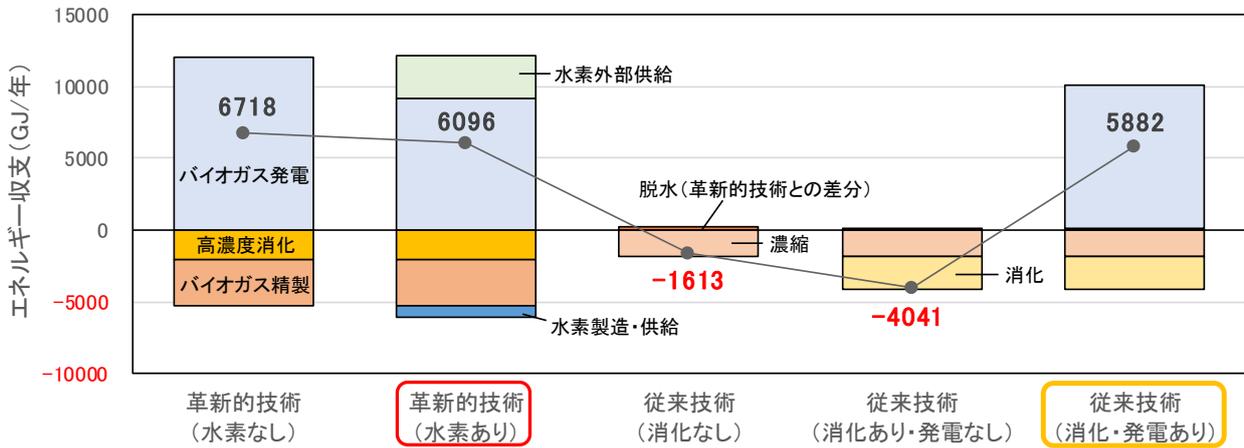
革新的技術 (GJ/年)		水素なし	水素あり	
消費	高濃度消化	重力濃縮	33.0	33.0
		消化	1243.4	1243.4
		計	1276.4	1276.4
	省エネ型バイオガス精製	2757.6	2757.6	
創エネ	小規模水素製造・供給	-	785.3	
	水素供給	-	3054.1	
	バイオガス発電	6868.1	3976.7	
エネルギー収支(創エネー消費)		2834.1	2211.5	
従来(消化なし)に対し		4142 GJ/年 増加	3519 GJ/年 増加	
従来(消化あり・発電なし)に対し		5153 GJ/年 増加	4530 GJ/年 増加	
従来(消化・発電あり)に対し		518 GJ/年 減少	1141 GJ/年 減少	

従来技術 (GJ/年)		消化なし	消化あり・発電なし	消化・発電あり
消費	重力濃縮	33.0	33.0	33.0
	機械濃縮	998.1	998.1	998.1
	消化	-	1361.0	1361.0
	脱水(革新的技術との差分)	276.3	-73.6	-73.6
創エネ	バイオガス発電	-	-	5670.5
エネルギー収支(創エネー消費)		-1307.4	-2318.5	3352.0

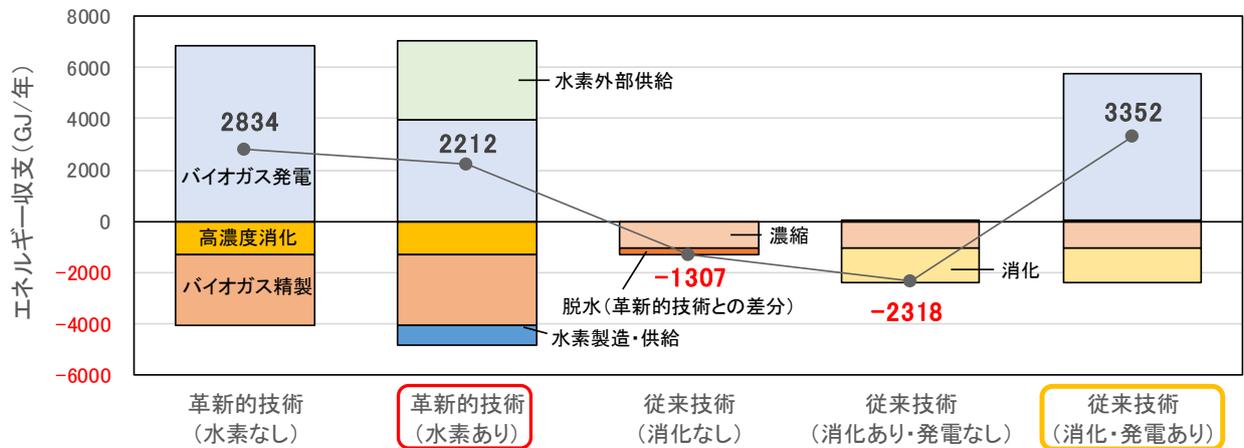
2. ケーススタディー



図資 2-5 2 エネルギー収支 (日最大 50,000 m³/日規模)



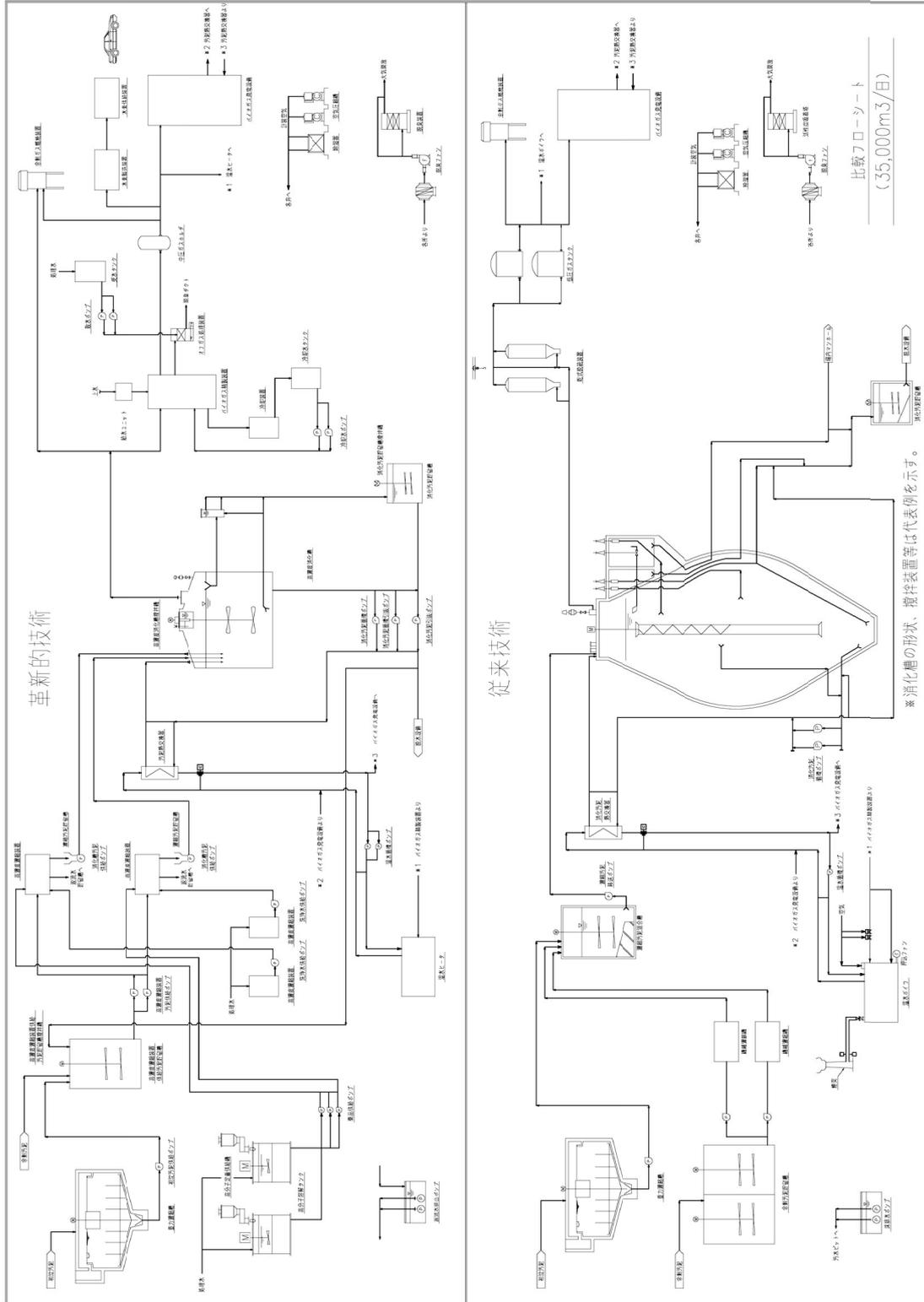
図資 2-5 3 エネルギー収支 (日最大 35,000 m³/日規模)



図資 2-5 4 エネルギー収支 (日最大 20,000 m³/日規模)

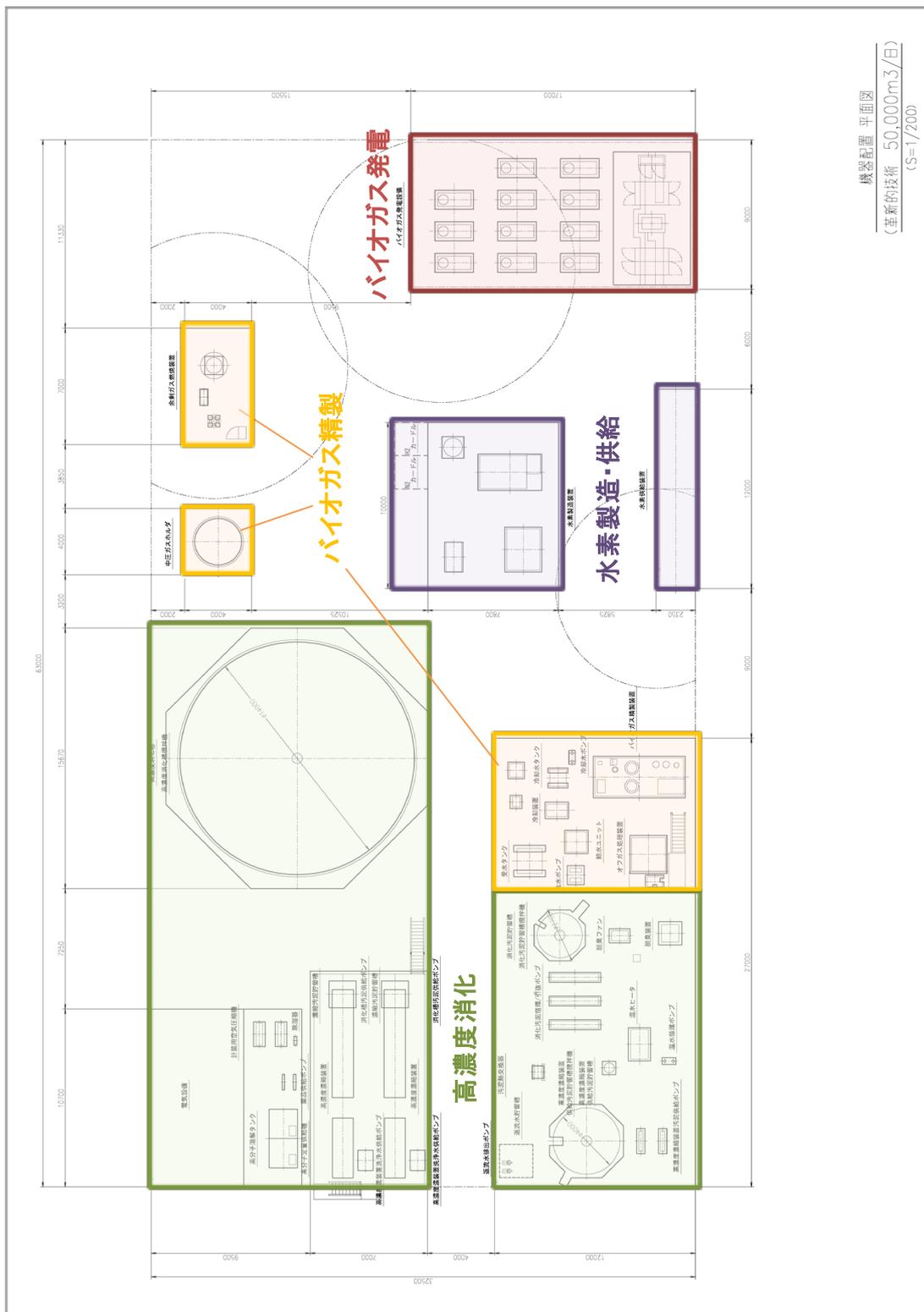
2. 3. 設置面積の検討

ケーススタディーを実施した3種類の規模において設備の設置面積の比較を行った。図資2-55に革新的技術、従来技術の比較フロー、図資2-56～図資2-61に各評価規模における配置図を示す。各機器を火気からの離隔距離や配管、メンテ・建設工事スペースを考慮して配置した。配置図に基づく設置面積の算出結果を表資2-85に示す。すべての評価規模において、各設備、システム全体のいずれも従来技術に対し省スペースであった。

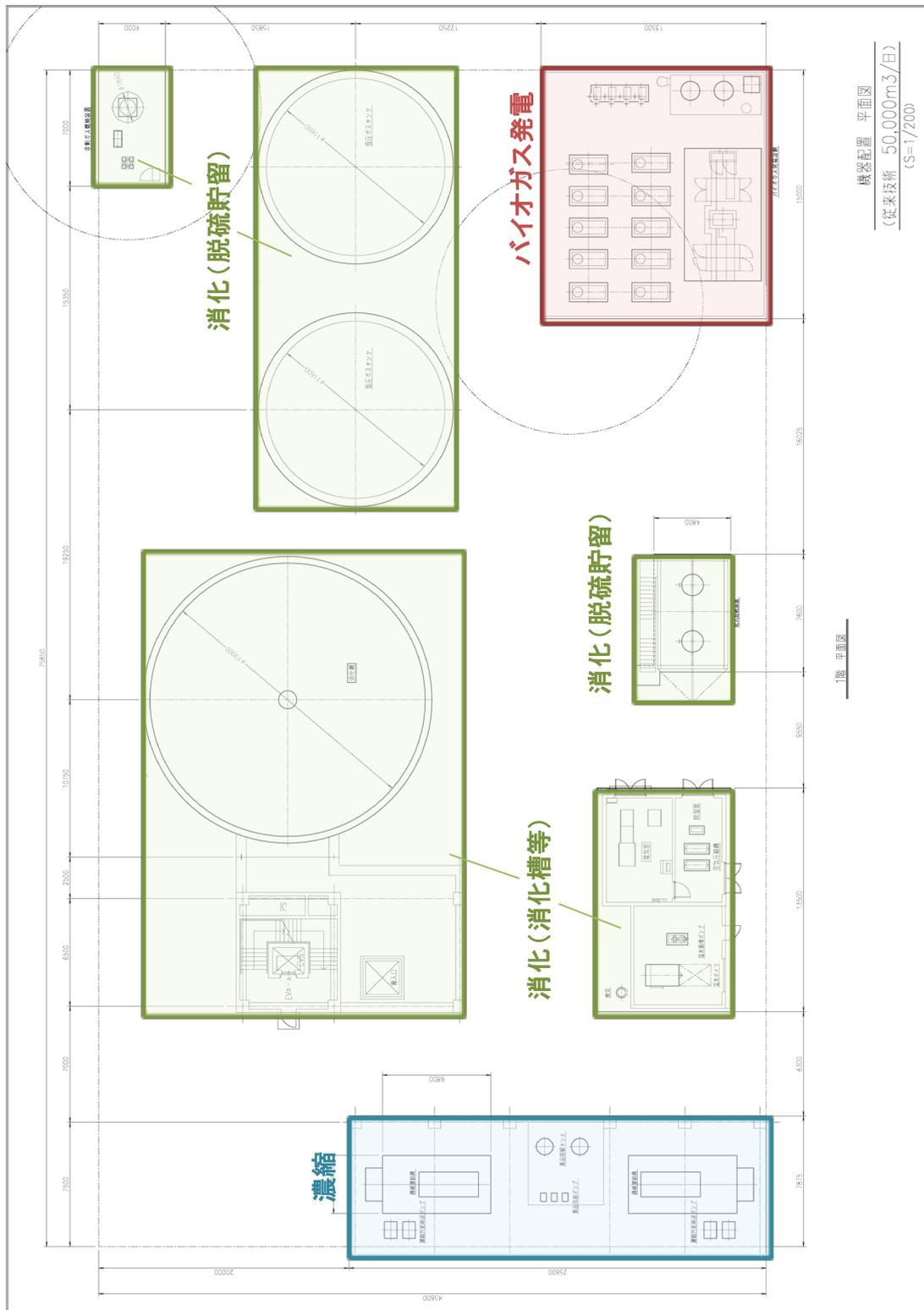


図資 2-5 革新的技術、従来技術の比較フローシート

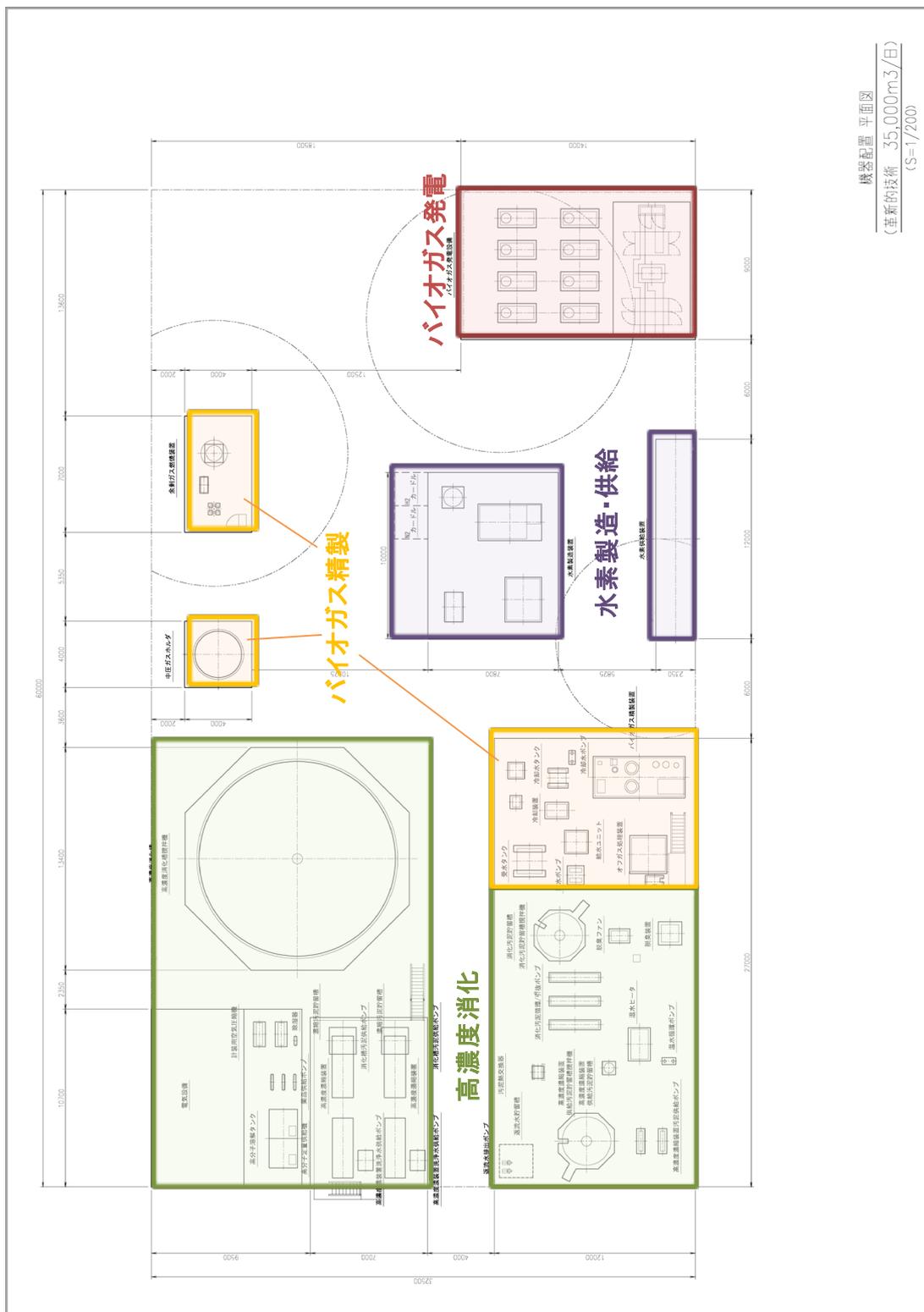
比較フローシート
(35,000m³/日)



図資 2-5-6 配置図 (革新的技術, 日最大 50,000 m³/日規模)

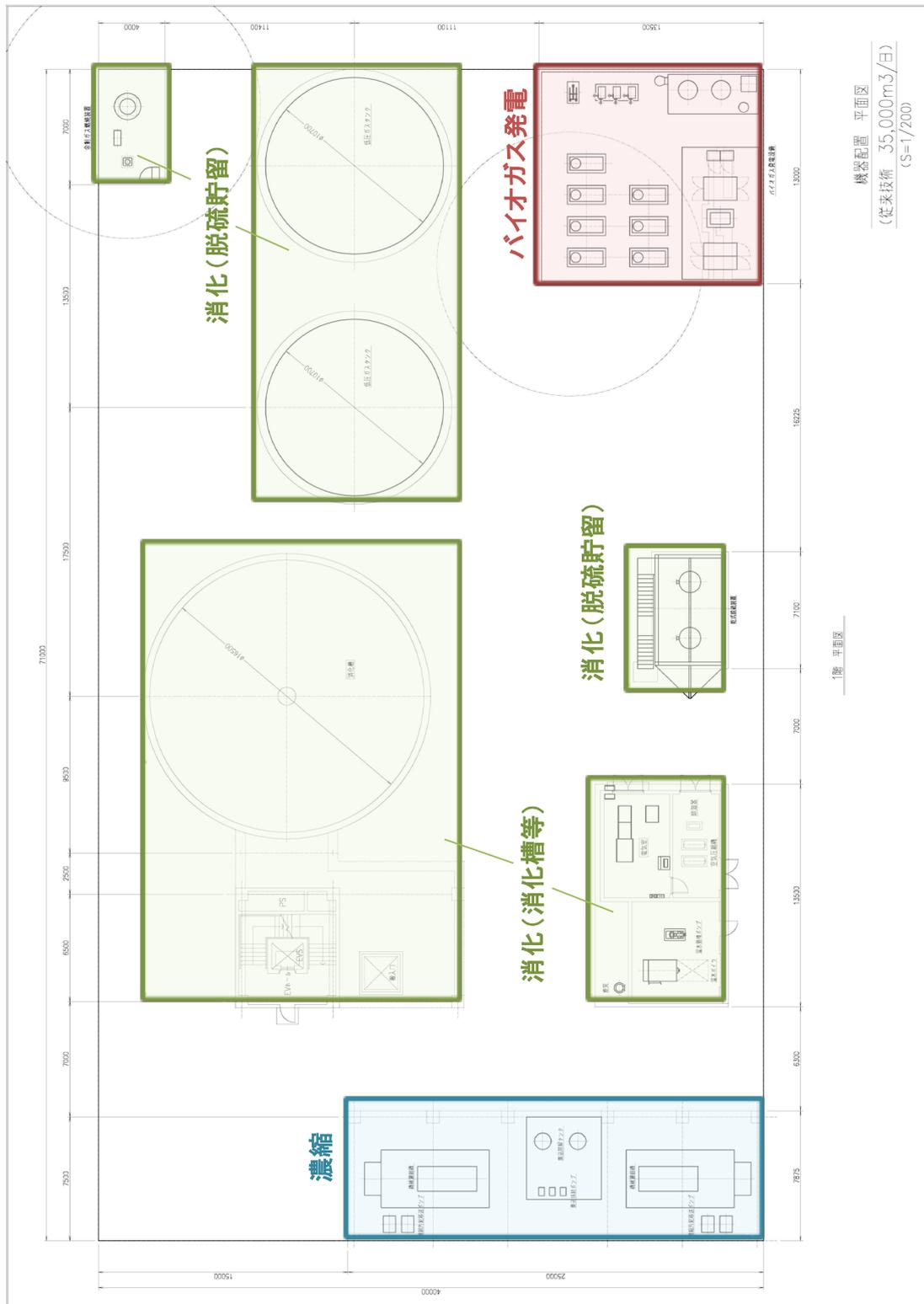


図資 2-5-7 配置図 (従来技術, 日最大 50,000 m³/日規模)

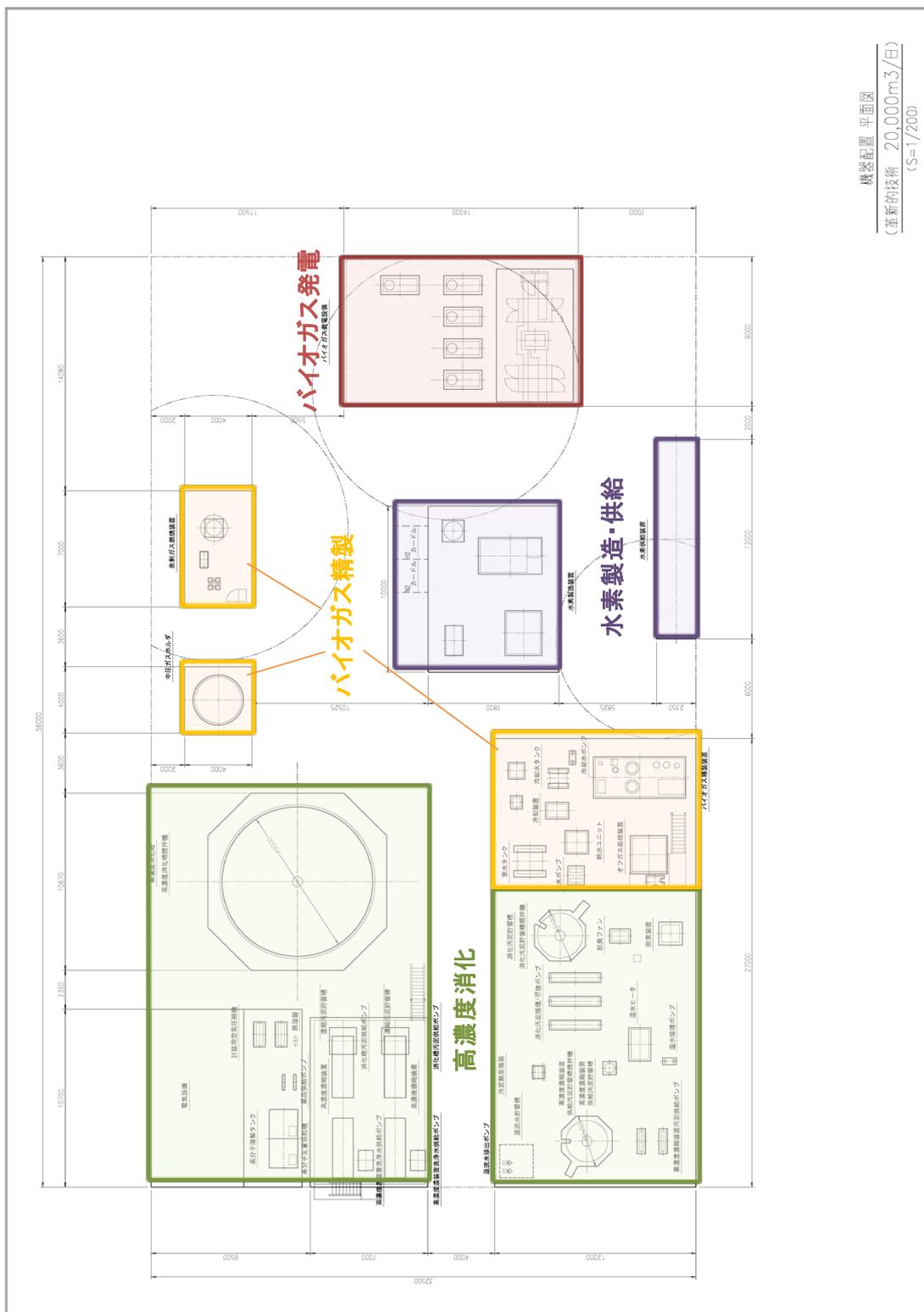


図資 2-5 8 配置図 (革新的技術, 日最大 35, 000 m³/日規模)

2. ケーススタディー

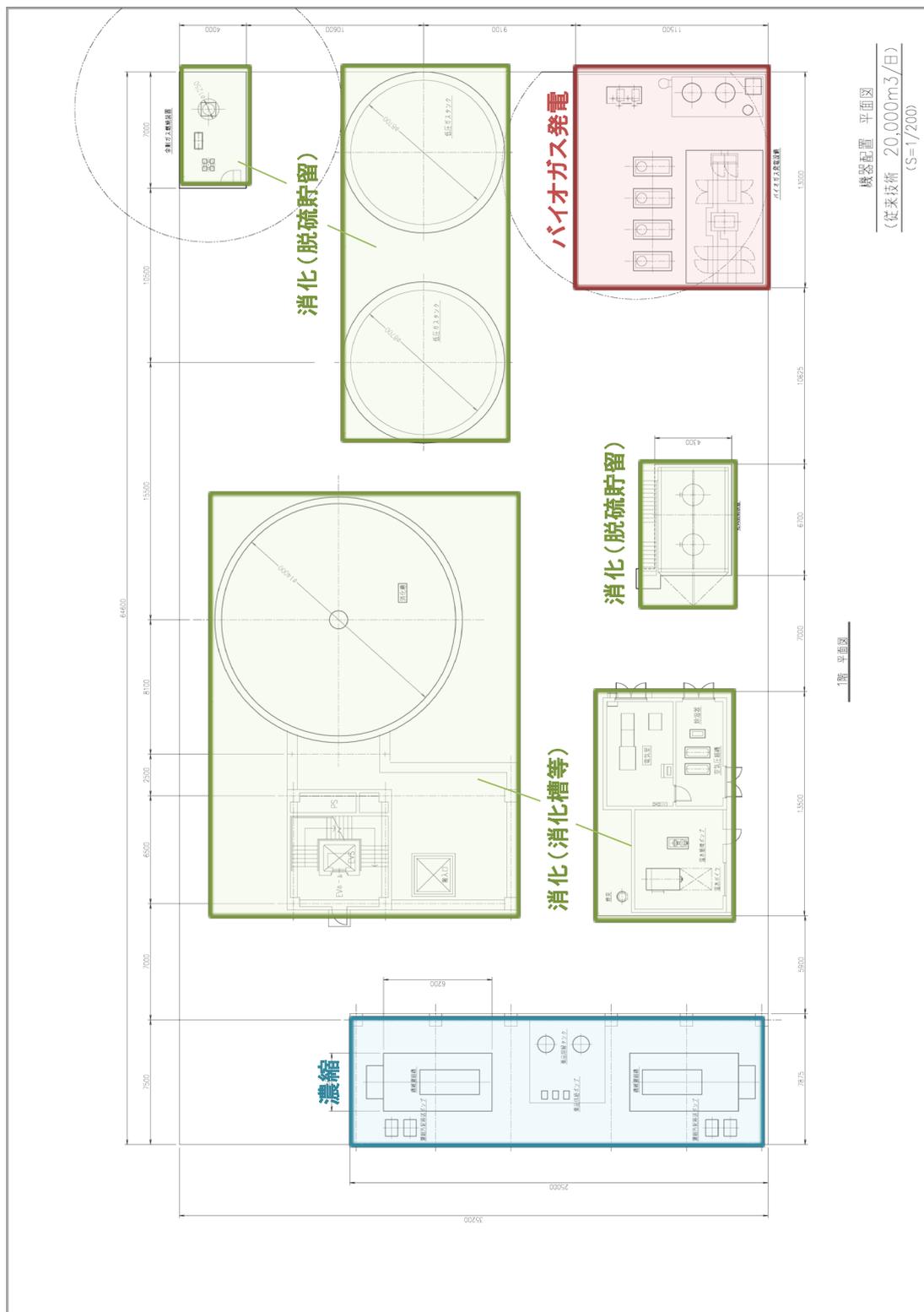


図資 2-5 9 配置図 (従来技術, 日最大 35,000 m³/日規模)



図資 2-60 配置図 (革新的技術, 日最大 20,000 m³/日規模)

2. ケーススタディー



図資 2-6 1 配置図 (従来技術, 日最大 20,000 m³/日規模)

表資 2-8 5 設置面積

■日最大50,000 m³/日規模 (単位:m²)

革新的技術	高濃度消化※2	バイオガス 精製	バイオガス 発電	水素製造 ・供給	総面積		
機器スペース	771	152	153	138	-		
配管・メンテナンス、 離隔距離含む※1	1300	257	258	233	2048		
従来技術	濃縮※3	消化		バイオガス 発電	計		
機器スペース	202	消化槽等※4	脱硫貯留等			203	-
		1139					
配管・メンテナンス、 離隔距離含む※1	453	2552		455	3459		

■日最大35,000 m³/日規模 (単位:m²)

革新的技術	高濃度消化※2	バイオガス 精製	バイオガス 発電	水素製造 ・供給	総面積		
機器スペース	652	152	126	138	-		
配管・メンテナンス、 離隔距離含む※1	1190	278	230	252	1950		
従来技術	濃縮※3	消化		バイオガス 発電	計		
機器スペース	197	消化槽等※4	脱硫貯留等			176	-
		1003					
配管・メンテナンス、 離隔距離含む※1	407	2070		363	2840		

■日最大20,000 m³/日規模 (単位:m²)

革新的技術	高濃度消化※2	バイオガス 精製	バイオガス 発電	水素製造 ・供給	総面積		
機器スペース	607	152	126	138	-		
配管・メンテナンス、 離隔距離含む※1	1080	270	224	246	1820		
従来技術	濃縮※3	消化		バイオガス 発電	計		
機器スペース	197	消化槽等※4	脱硫貯留等			150	-
		846					
配管・メンテナンス、 離隔距離含む※1	376	1613		286	2274		

※1 総面積を各設備の機器スペースの割合で案分。

※2 電気室、計装用圧縮機、除湿器含む。重力濃縮除く。

※3 重力濃縮除く。

※4 電気室、計装用圧縮機、除湿器含む。

3. 小規模水素製造・供給設備に関する各種手続きおよび法定点検

本技術で導入する小規模水素製造・供給設備設置時の法令に基づく届出等および法定点検について以下に示す。なお、各自治体による上乘せ規制がある場合があるので別途個別に確認が必要である。

(1) 火災予防条例等

水素製造設備の設置について、余剰ガス燃焼装置、温水ヒータ等と同様、設備の設置前に「炉設置届出」が必要となる場合があるため、管轄部署（消防部局等）に確認を行う。

(2) 高圧ガス保安法

本技術で導入を想定する水素供給設備は、一般高圧ガス保安規則第12条の2の技術基準に適合する設備であり、事業開始20日前に「第二種製造者製造届出書」、事業開始前に「第二種貯蔵所設置届出書」を届け出て、受理される必要があるため、十分な事前協議が必要である。なお、圧縮機の処理能力が30 Nm³/日未満のため、有資格者の確保および法定点検は不要であるが、従業者に対する保安教育を行う必要がある（法第27条第4項）。また、水素の販売を行う場合は有資格者の選任および届出が必要となる（法第20条の4、法第28条）。

1) 第二種製造者製造届出書

【条 件】 圧縮機処理能力100 Nm³/日未満の製造設備を設置

【届出先】 都道府県知事または指定都市の長（高圧ガス保安担当部署）

【時 期】 事業開始の20日前

【資格者】 不要

【備 考】 一般高圧ガス保安規則第12条の2（30 Nm³/日未満）の技術基準に基づき届出

2) 第二種貯蔵所設置届出書

【条 件】 300 Nm³以上1,000 Nm³未満の高圧ガス（圧縮水素等）を貯蔵

【届出先】 都道府県知事または指定都市の長（高圧ガス保安担当部署）

【時 期】 事業開始前

【資格者】 不要

【備 考】 貯蔵量を合算して届出を行う必要がある容器がないか、あらかじめ確認する。

(3) 法定点検

水素供給設備にはチラーが設置されており、フロン類の使用の合理化及び管理の適正化に関する法律（フロン排出抑制法）により、点検が義務付けられている。水素供給設備に使用するチラーは7.5 kW以上の冷凍冷蔵機器に該当するため、1年に1回以上専門家により点検を行い、機器の点検・整備の履歴について機器ごとに記録簿に記録し、廃棄まで保管する必要がある。

4. 参考文献

下水道施設計画・設計指針と解説 後編 2019年版, 公益社団法人日本下水道協会

下水道維持管理指針 実務編 2014年版, 公益社団法人日本下水道協会

下水処理場へのバイオマス(生ごみ等)受け入れマニュアル -2011年3月-, 財団法人下水道新技術推進機構

下水汚泥広域利活用検討マニュアル, 国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部, 平成31年3月

下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン 平成29年度版, 国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部

水素品質管理の運用ガイドライン HySUT-G 0001 (2020), 一般社団法人水素供給利用技術協会

5. 問い合わせ先

本技術ガイドラインに関する問い合わせは、以下にお願いいたします。

国土交通省 国土技術政策総合研究所	国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水処理研究室 〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地 TEL 029-864-3933 FAX 029-864-2817 URL www.nilim.go.jp/lab/ecg/index.htm
----------------------	---

本ガイドラインは、下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）により国土交通省国土技術政策総合研究所が以下の企業・団体に研究委託を行い、その成果をとりまとめたものです。

<実証研究者 連絡先>

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 〒141-0033 東京都品川区西品川1丁目1番1号 (住友不動産大崎ガーデンタワー) TEL 03-5931-3714 FAX 03-5931-5706 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 〒113-0034 東京都文京区湯島2-31-27 湯島台ビル TEL 03-6361-7854 FAX 03-5805-1828 URL https://www.jswa.go.jp/
富士市	上下水道部 下水道施設維持課 〒416-0906 静岡県富士市本市場441番地の1 TEL 0545-67-2846 FAX 0545-67-2896 URL https://www.city.fuji.shizuoka.jp/