

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。

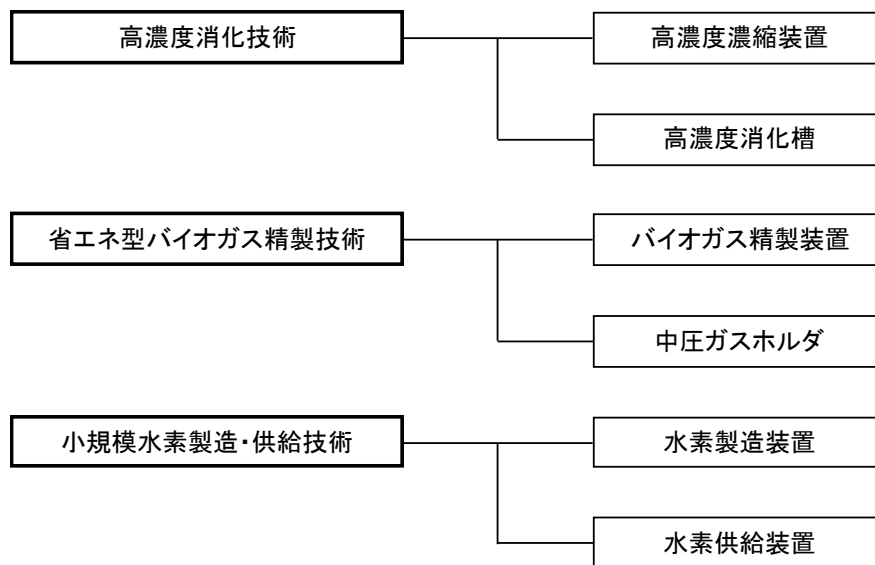


図2-1 本技術の全体構成図

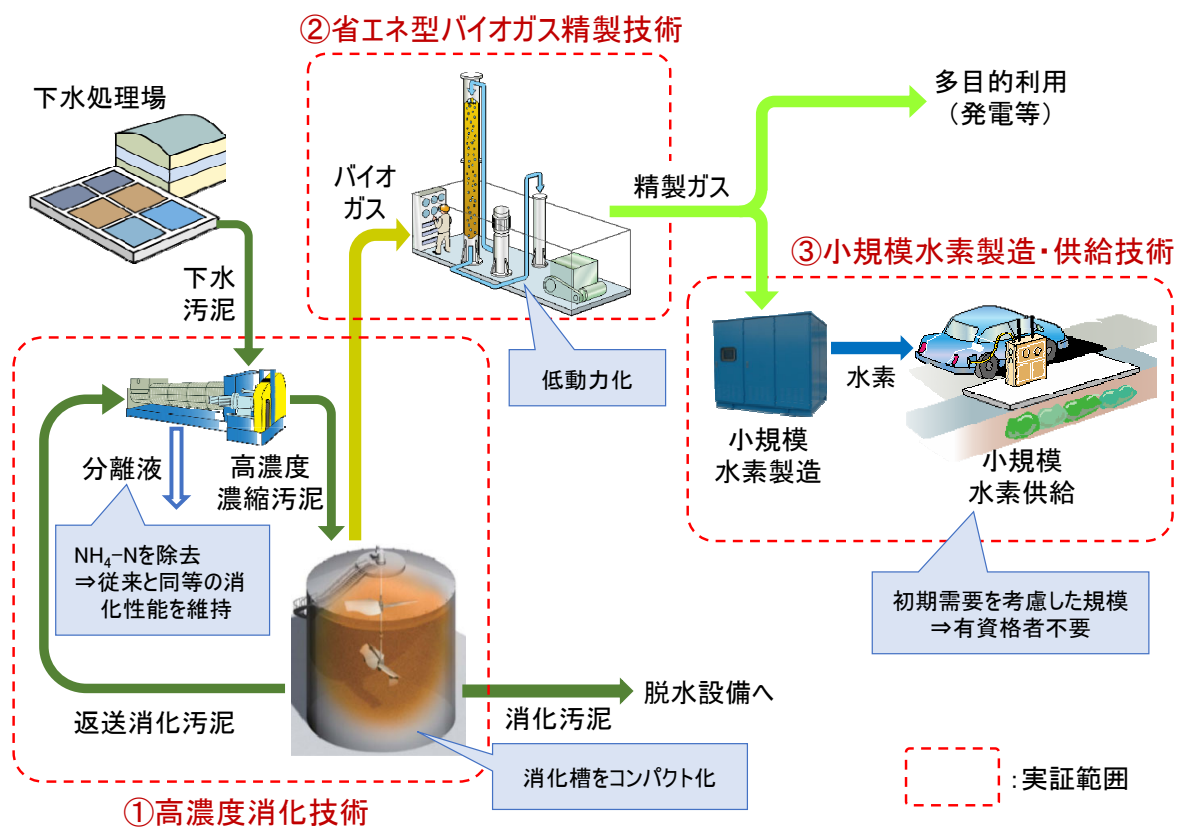


図2-2 本技術の全体フロー図



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。

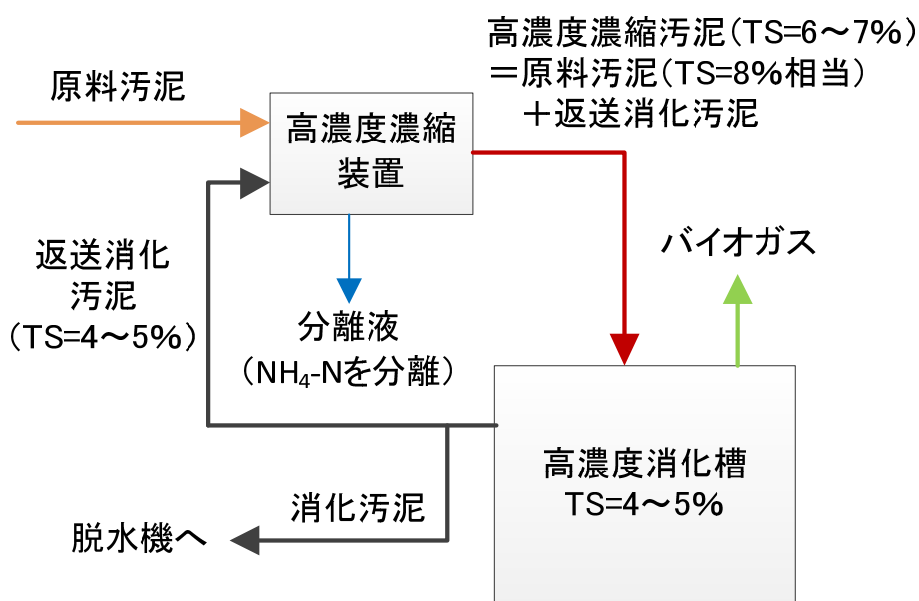


図2-3 高濃度消化技術フロー

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。

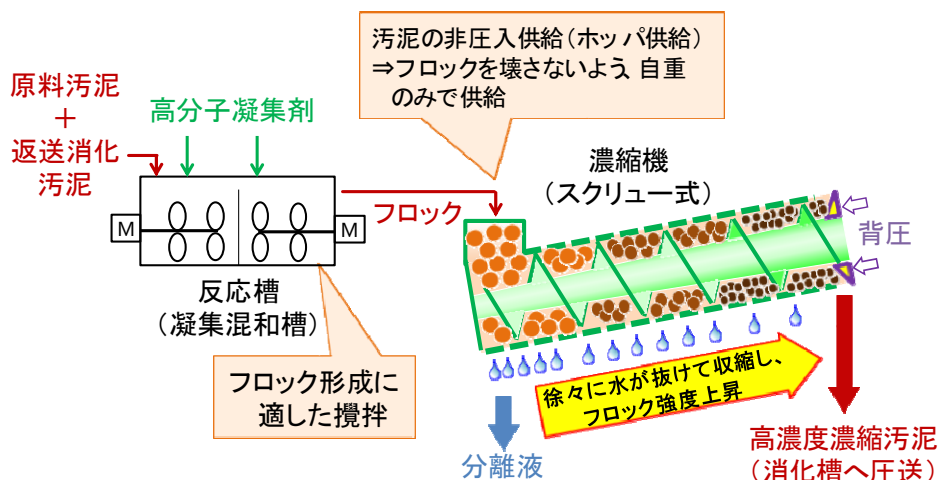


図2-4 高濃度濃縮装置の概要



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。

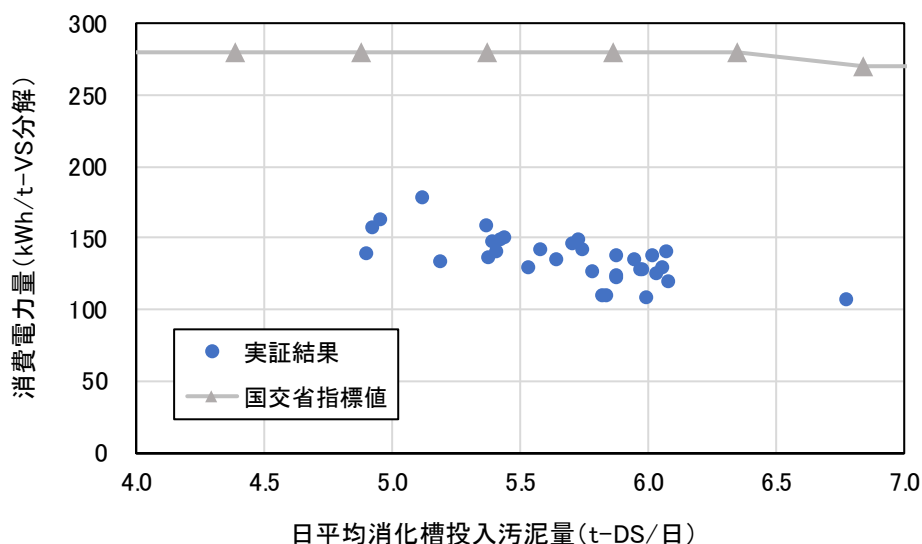


図 2-5 高濃度消化設備 VS 分解量当たり消費電力量

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

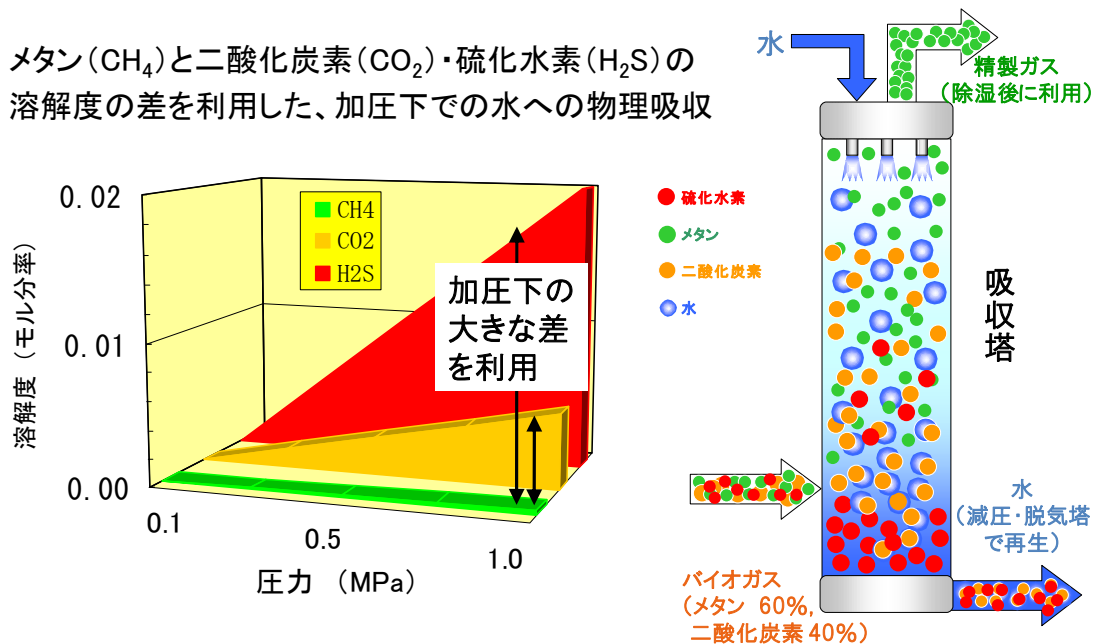


図2-6 バイオガス精製原理 (高圧水吸収法)

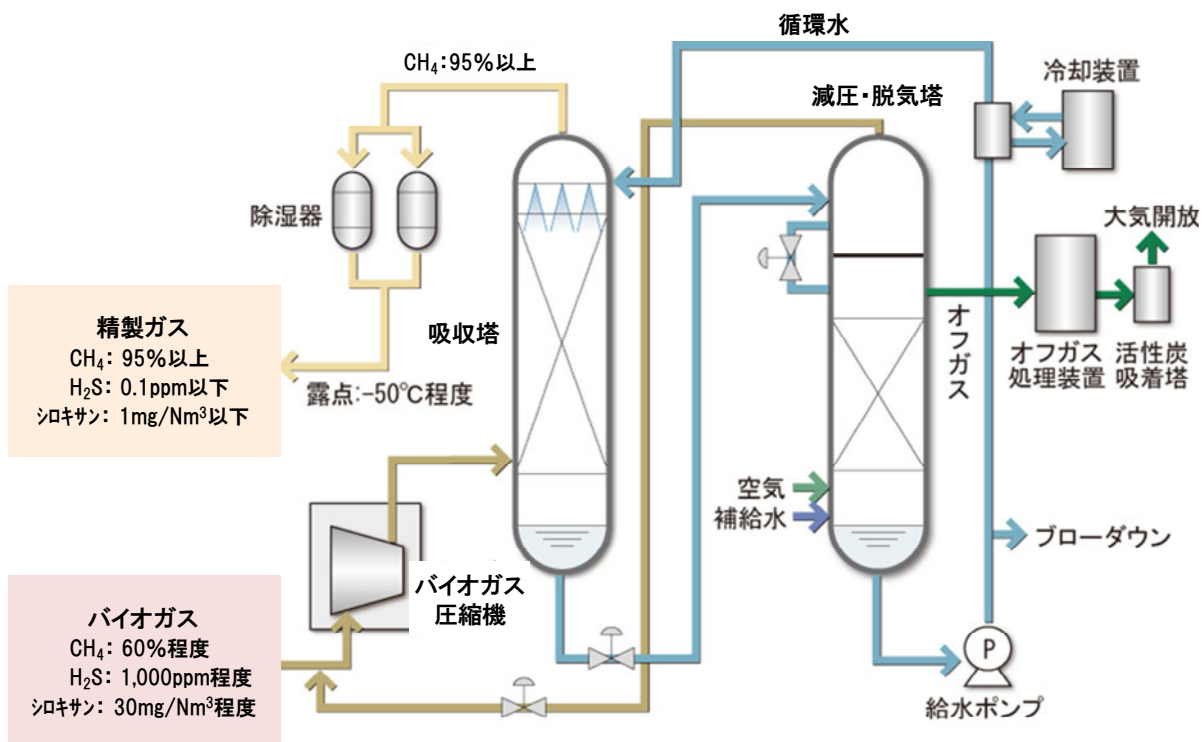


図2-7 省エネ型バイオガス精製技術フロー



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 μ m 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。

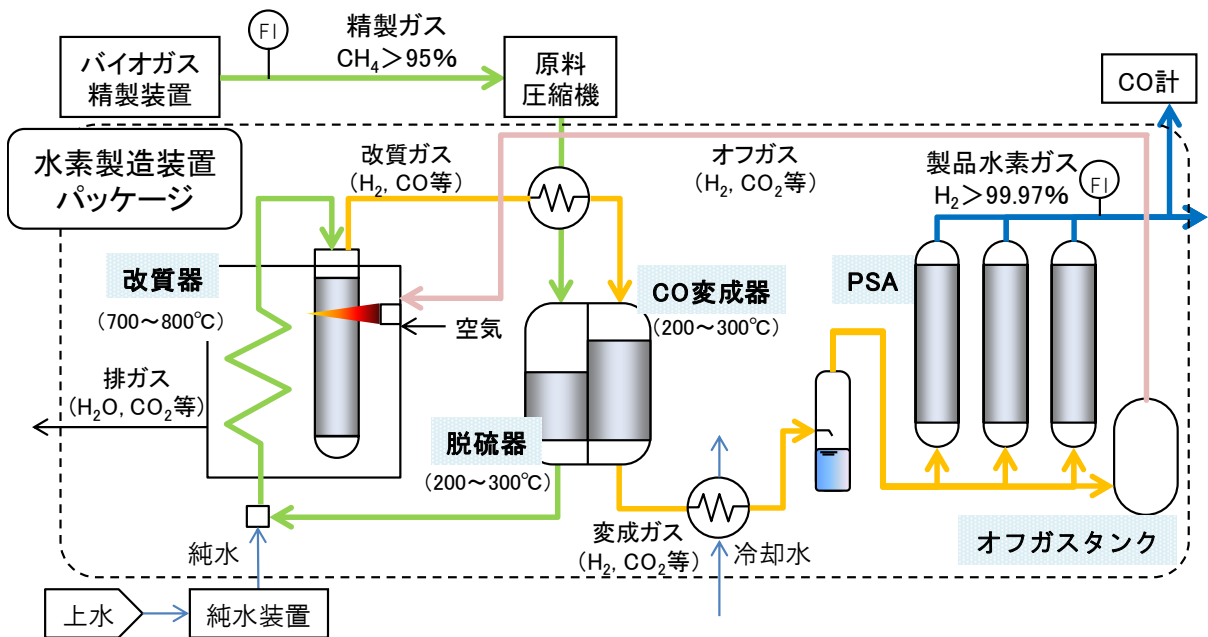


図 2-8 水素製造装置

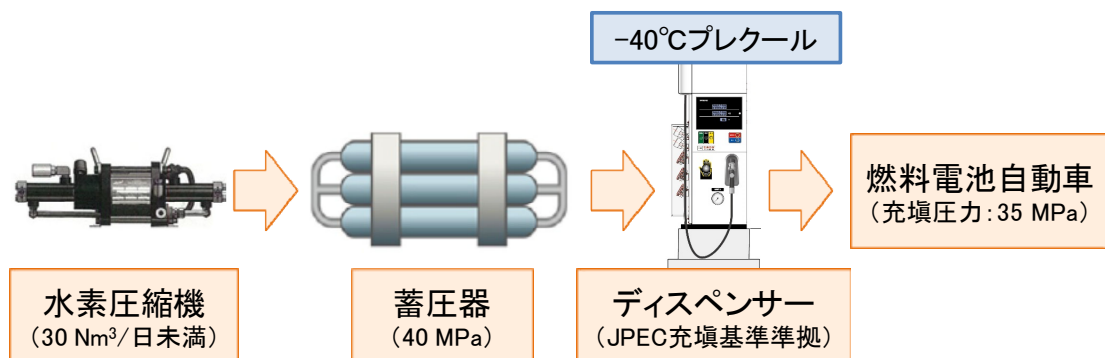


図 2-9 水素供給装置



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 CO_2 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。

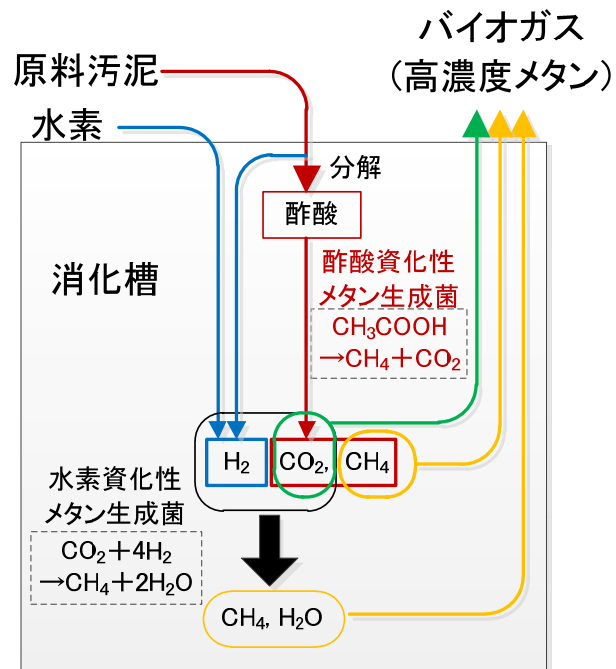


図2-10 消化槽への水素吹込によるメタン生成反応

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。

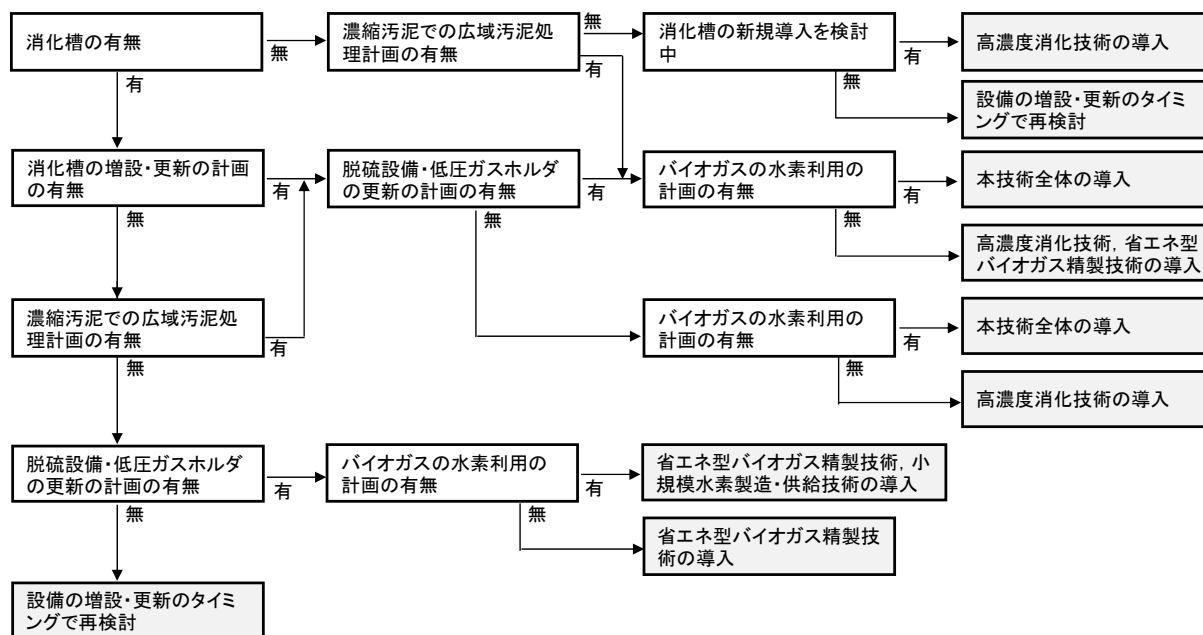


図2-11 導入シナリオ例

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化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。

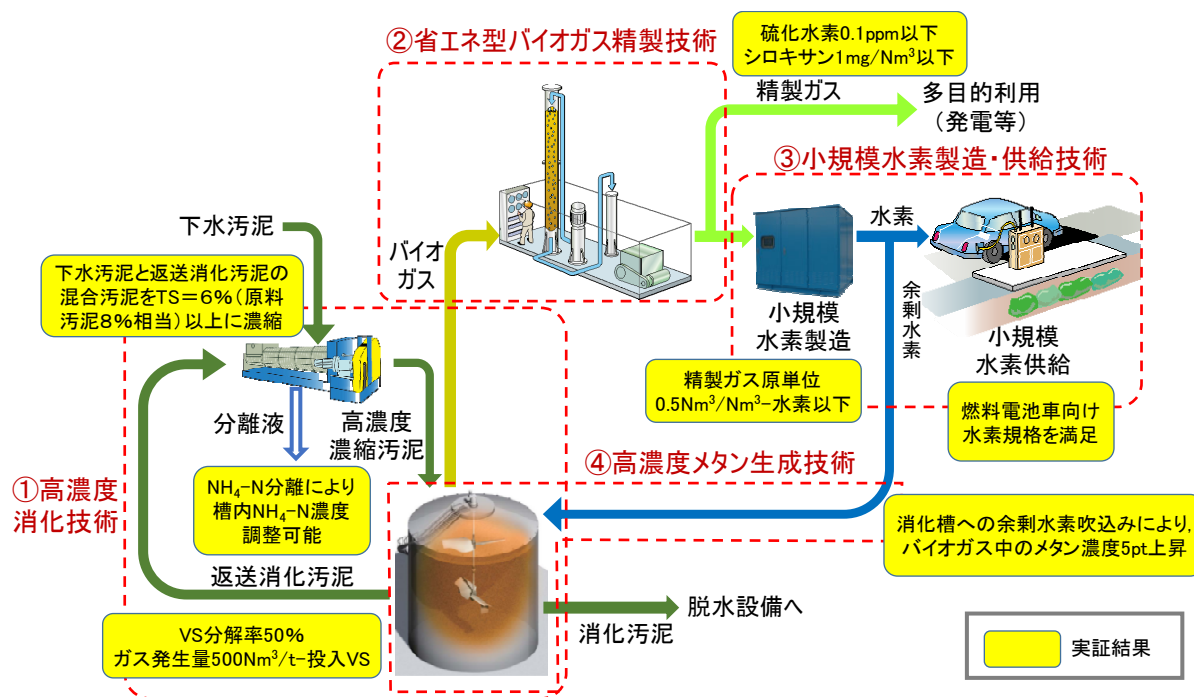


図2-12 評価結果の概要

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。

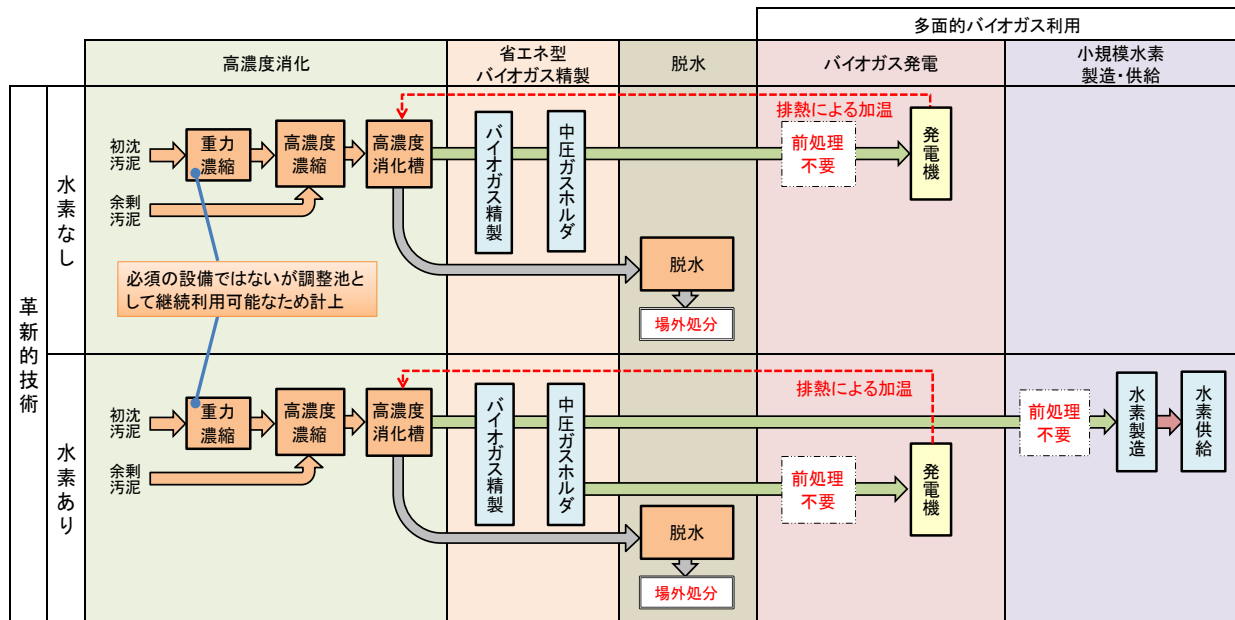


図 2-13 革新的技術 FS 評価フロー

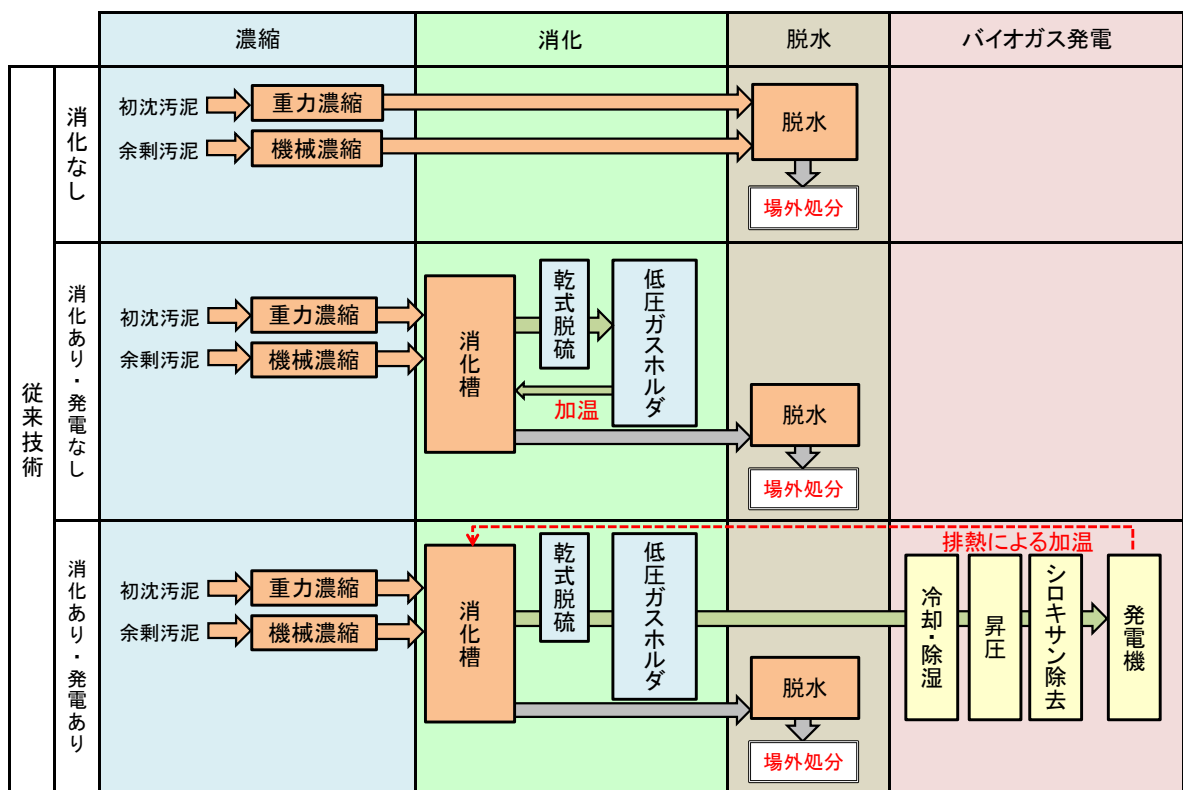


図 2-14 従来技術 FS 評価フロー

- ・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

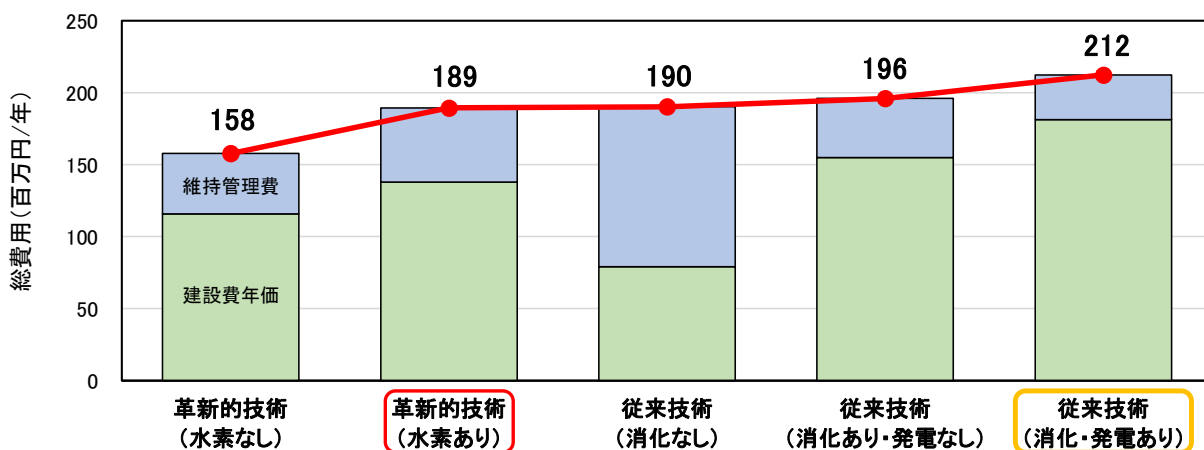


図 2-15 総費用 (日最大50,000 m³/日規模)

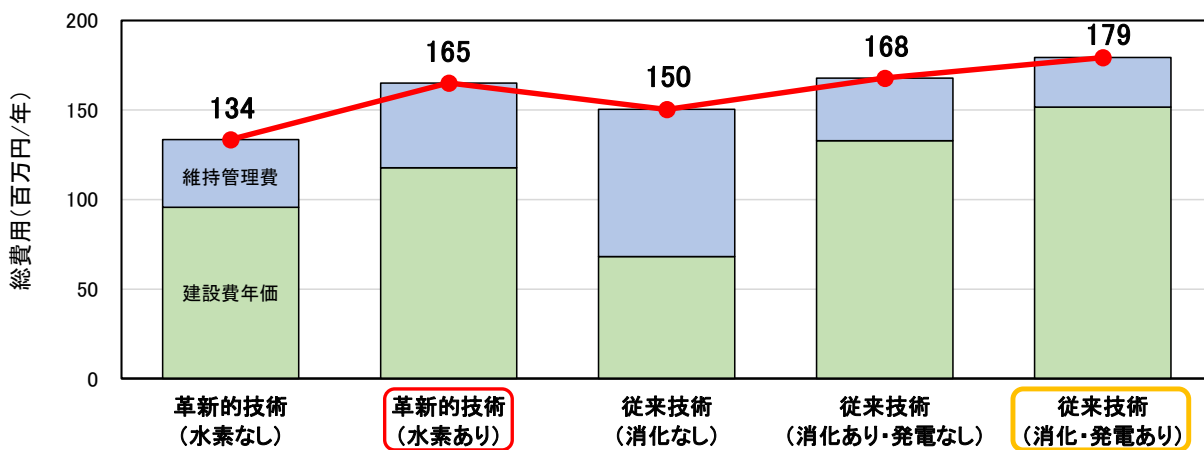


図 2-16 総費用 (日最大35,000 m³/日規模)

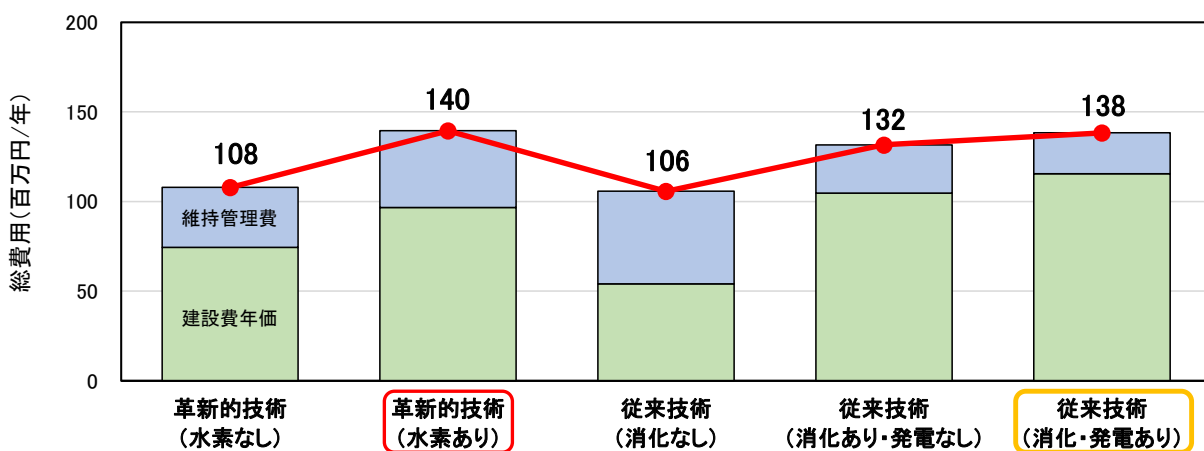


図 2-17 総費用 (日最大20,000 m³/日規模)

・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

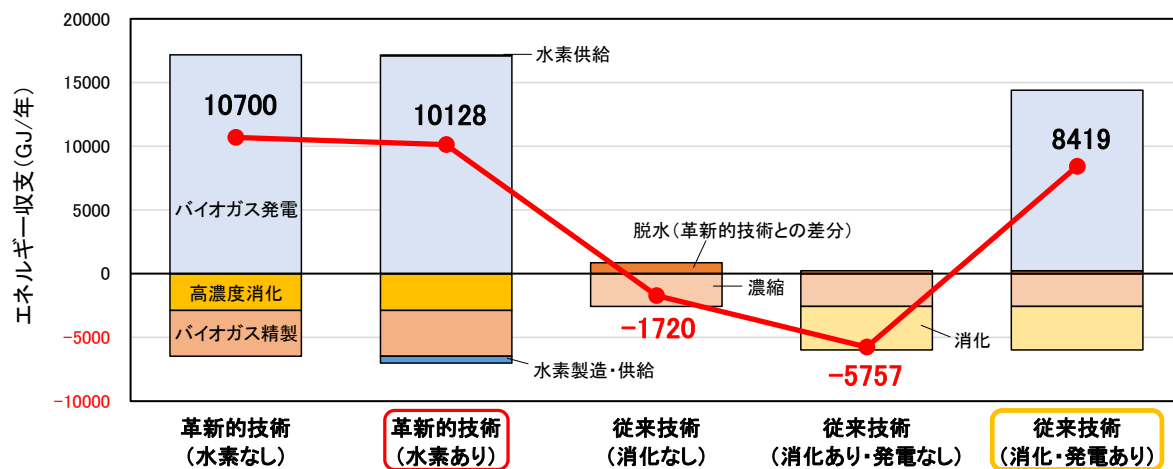


図 2-18 エネルギー収支 (日最大 50,000 m³/日規模)

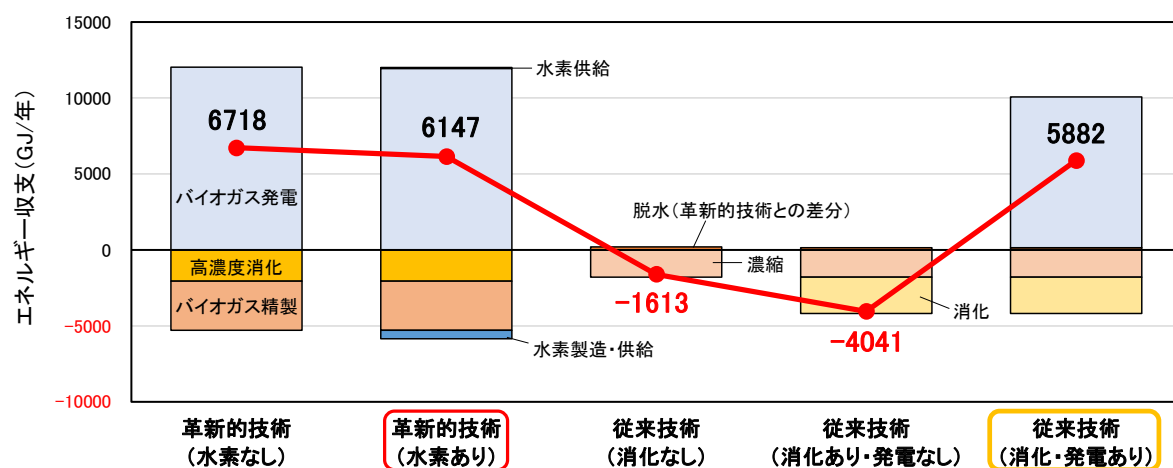


図 2-19 エネルギー収支 (日最大 35,000 m³/日規模)

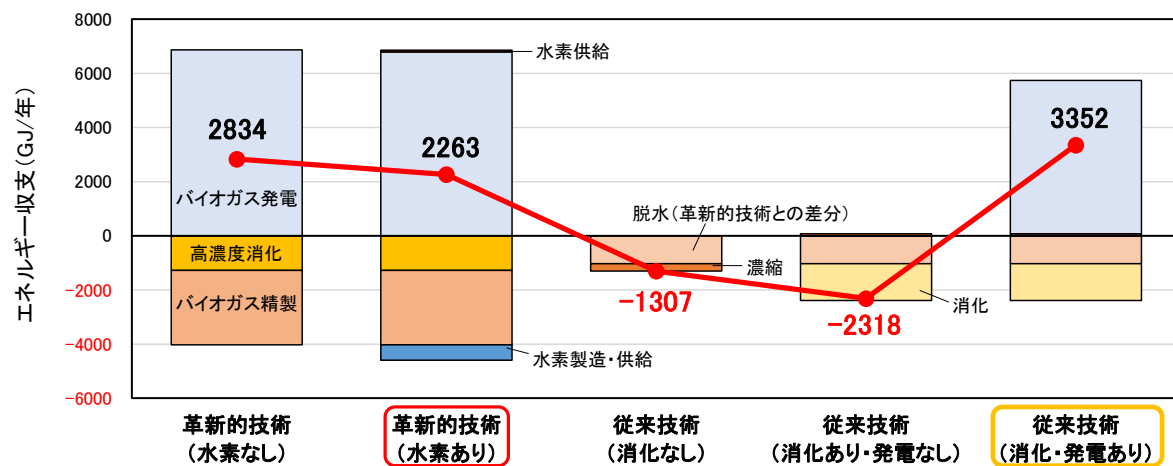


図 2-20 エネルギー収支 (日最大 20,000 m³/日規模)

・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

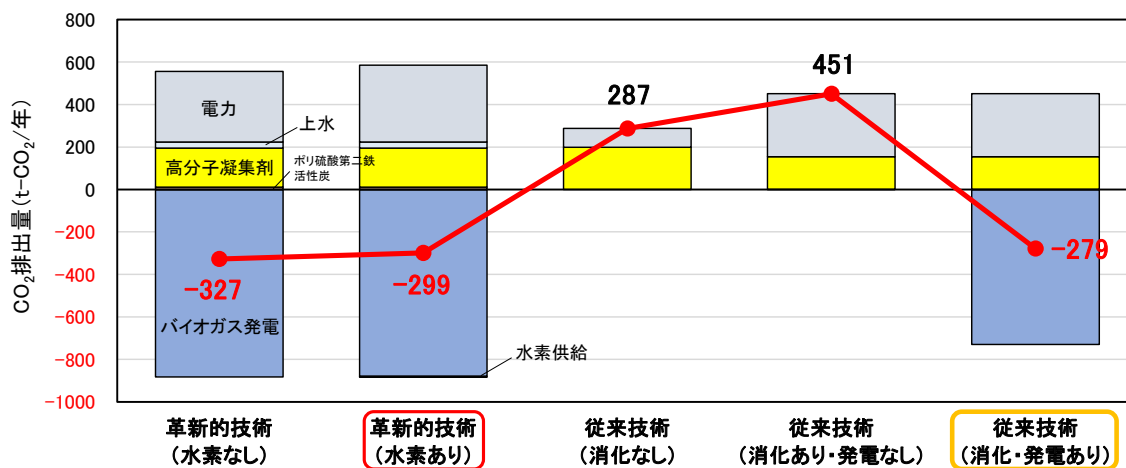


図 2-2 1 CO₂ 排出量 (日最大 50,000 m³/日規模)

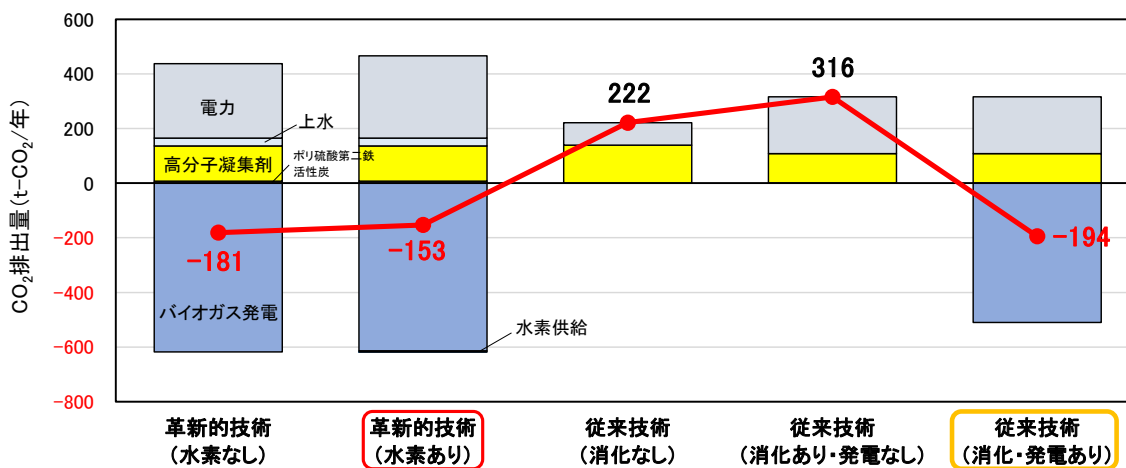


図 2-2 2 CO₂ 排出量 (日最大 35,000 m³/日規模)

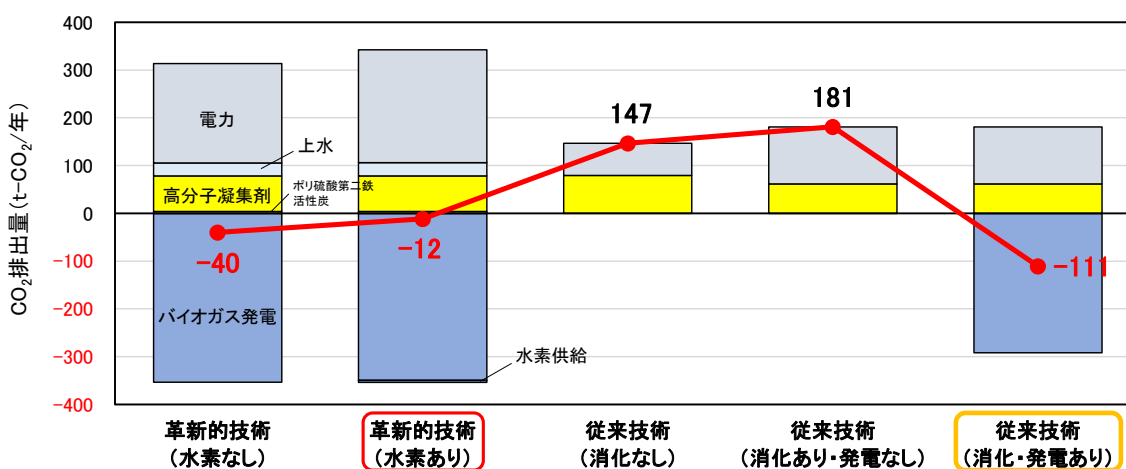


図 2-2 3 CO₂ 排出量 (日最大 20,000 m³/日規模)

・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)