

## 第3章 導入検討

### 第1節 導入効果検討手法

#### §14 導入検討の考え方

コスト縮減、温室効果ガス排出量削減等のために、下水道における革新的技術の導入について積極的に検討する。

#### 【解説】

コスト縮減、温室効果ガス排出量削減等の社会的要請に対応し、持続可能な発展を支えていくことは、下水道の責務である。今後は、これらを業務指標とするベンチマーキングの導入による下水道マネジメントの改善、PDCA サイクルを通じた持続的な向上が求められるため、日常の運転管理における創意工夫に加え、下水道システム自体の不断の技術革新に取り組むことが必要となる。したがって、下水道事業のあらゆる局面において、コスト、エネルギー面等を考慮し、最良と考えられる新技術を導入することを常に積極的に検討する必要がある。

本技術を含め、下水道革新的技術実証事業において実証・評価され、ガイドラインとして示される革新的技術は、評価時点で実用可能な最良の技術レベルに属するものである。したがって、新技術の導入検討に当たっては、その第一歩として、まずはこれらの革新的技術を検討の俎上に載せることが合理的である。

また、下水道事業の目標に応じて、これらの革新的技術のシステム全体または一部を導入すること、施設の更新等の事業計画にあわせて段階的に導入すること等についても、柔軟に検討する。さらに、複数の革新的技術を組み合わせる導入することについても、それらのガイドラインをあわせて参照することで検討が可能である。

本技術の導入に適した処理場の条件例を表3-1に示す。消化槽を現在保有している処理場だけではなく、消化槽の新規導入を検討中の場合にも適する技術である。なお、本技術を図3-1に

表3-1 本技術の導入に適した処理場の条件例

	条件
消化槽既保有 処理場	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 近隣に下水道への受け入れに好適な地域バイオマスが賦存する</li> <li>・ 消化槽の増設・更新を検討中である</li> <li>・ 脱硫設備・低圧ガスホルダの更新予定がある</li> <li>・ バイオガス有効利用の拡大を検討中である</li> </ul>
消化槽未保有 処理場	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 消化槽の新規導入を検討中である</li> <li>・ 下水汚泥からのエネルギー回収を検討中である</li> </ul>

示されるシステム全体で導入した場合の効果は、表3-2のとおりと見込まれる。詳細は第2節を参照のこと。

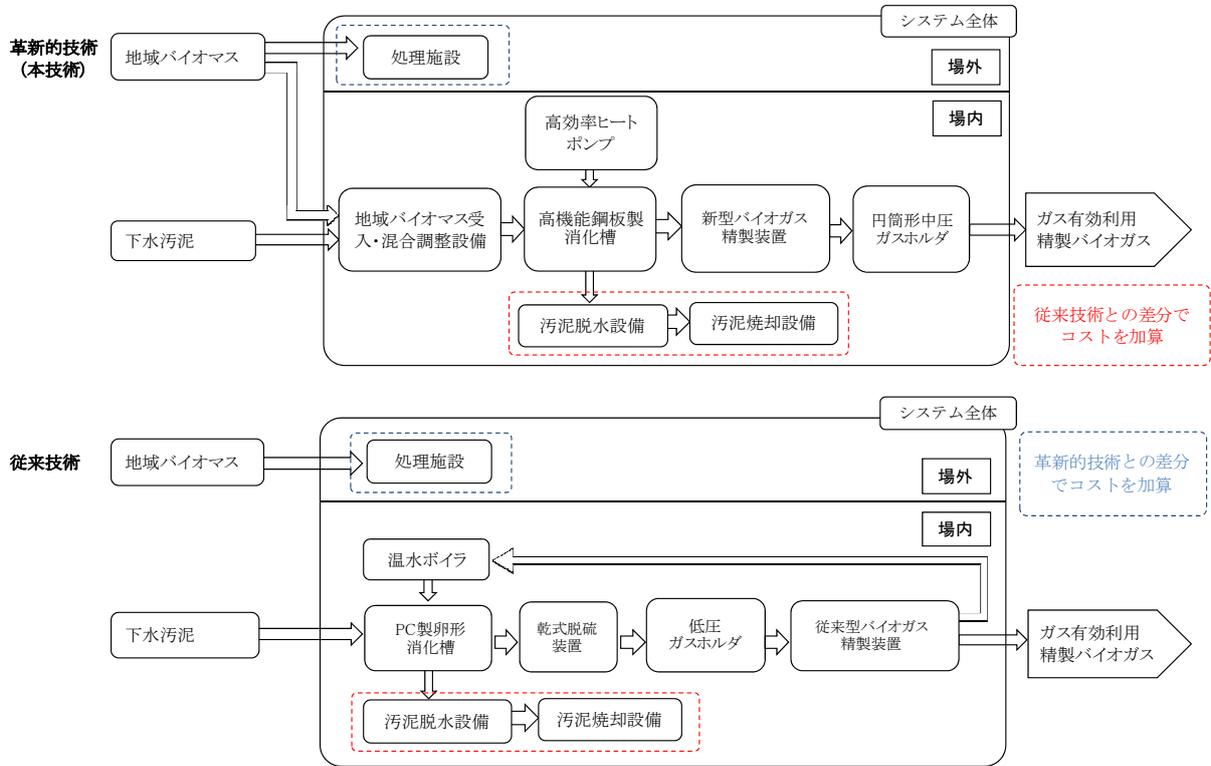


図3-1 全体システムフロー（上：本技術，下：従来技術）

表3-2 本技術のシステム全体での導入効果

日最大流入下水量	m <sup>3</sup> /日	25,000	50,000	75,000
日平均流入下水量	m <sup>3</sup> /日	20,000	40,000	60,000
下水汚泥発生量	t-ds/日	3.5	7.0	10.5
地域バイオマス受け入れ量	t-ds/日	1.7	3.4	5.1
精製バイオガス売却可能量	m <sup>3</sup> N/日	1,351	2,701	4,052
発生バイオガス量増加率	%	61	61	61
精製バイオガス売却可能量増加率	%	206	206	206
建設コスト縮減率（初期投資）	%	17	21	21
建設コスト縮減率（年価）	%	13	18	17
維持管理コスト縮減率	%	55	123	172
LCC 縮減率	%	23	40	45
温室効果ガス排出量削減率（運転時）	%	263	576	1,690

§ 15 導入検討手順

本技術の導入の検討に当たっては、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】

導入検討に当たっては、導入の目的を明確にした後、図3-2および図3-3に示される検討フローに従って、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。

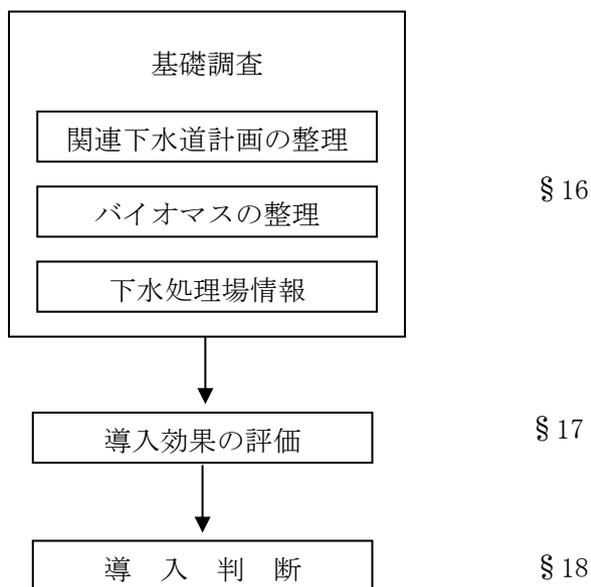


図3-2 導入検討フロー

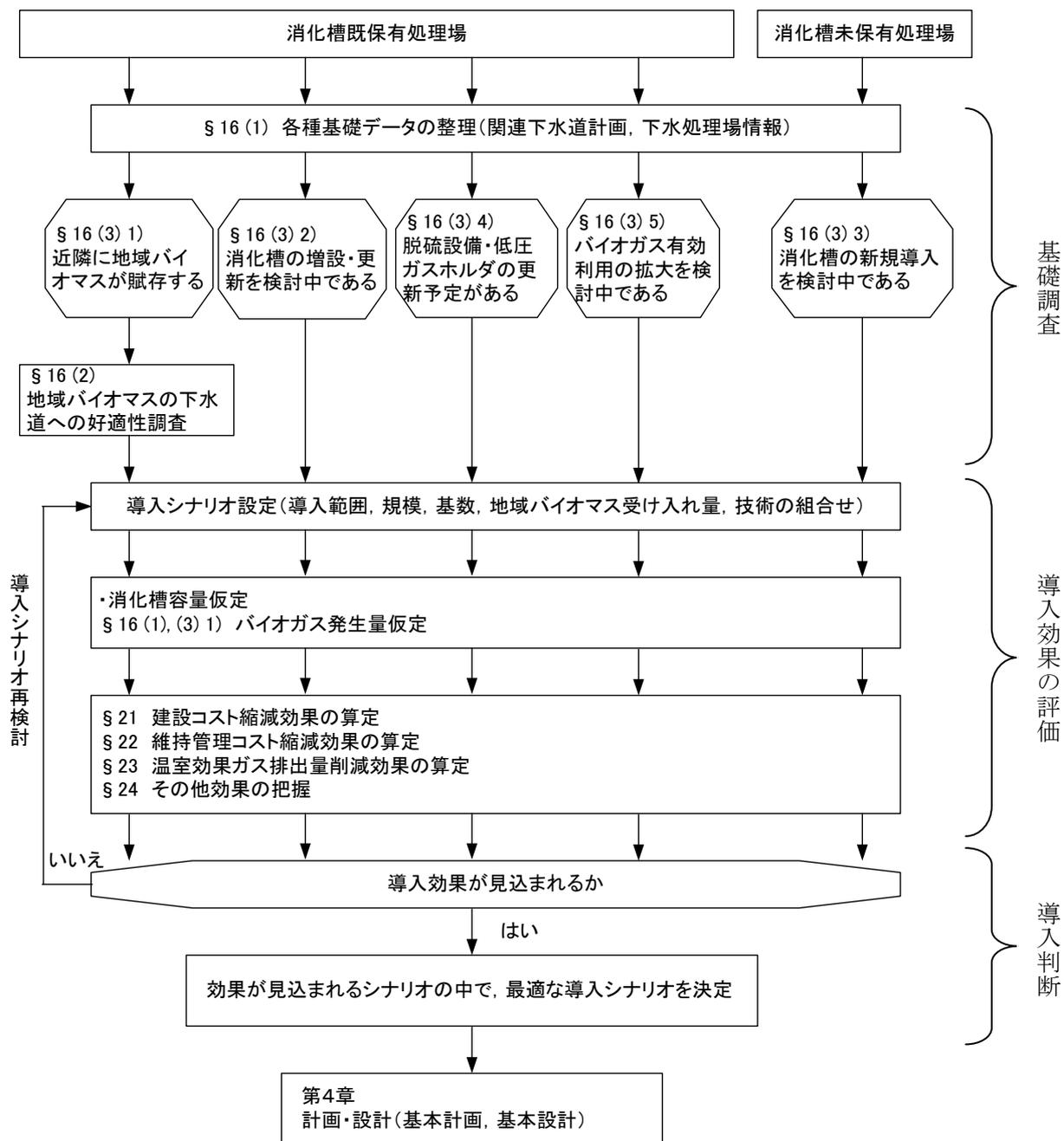


図3-3 導入検討詳細フロー

## § 16 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】

## (1) 各種基礎データの整理

本技術導入の詳細な計画策定に先立ち、下水道施設や地域バイオマス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。

なお、導入効果の評価に当たって下水汚泥発生量を設定する際に利用可能な実績値がない場合は、表3-3のとおりとする。また、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、「下水道施設計画・設計指針と解説 後編」に従って、消化槽への投入有機物量 (VS) 1 t 当たり 500 m<sup>3</sup>N とする。また、メタン含有率は 60% とする。

表3-3 下水汚泥発生量

日最大流入下水量	m <sup>3</sup> /日	25,000	50,000	75,000
日平均流入下水量	m <sup>3</sup> /日	20,000	40,000	60,000
下水汚泥発生量	t-ds/日	3.5	7.0	10.5

## (2) 受入バイオマスに関する資料調査

受け入れ対象とする地域バイオマスを検討するに当たっては、近隣での賦存量とその利用可能量を把握した後、個別の地域バイオマスについての検討が必要である。個別バイオマスの検討は、基礎調査段階ではバイオマス排出元からのヒアリング・目視確認を行い、表3-4の条件に基づいて「下水道への受け入れの好適性」を判断する。導入効果が見込まれ、基本設計へと進んだ際には、バイオマス排出元からサンプルを受領し、成分分析を実施することが望ましい。さらに、実験室規模での回分式メタン発酵実験（バイアル試験）を実施すれば、ガス発生量を精度良く予測することが可能である。

表 3-4 地域バイオマス好適性判断条件

検討段階	確認方法	項目	条件	理由
基礎調査	ヒアリング・目視	異物	ビニル, プラスチック, 布, 金属, 陶器, 石等の異物の混入がないこと	機器破損, 閉塞・堆積
		溶解性	常温で下水汚泥に溶解または混合しやすいこと	混合槽での堆積
		薬品	微生物に悪影響を及ぼす薬品類が含まれないこと	微生物への悪影響
		殻・骨	卵殻, 甲殻, 貝殻, 骨, 大きな種子が含まれないこと	生物分解を受けず, 別途産業廃棄物としての処理が必要
		肉・魚	肉魚の塊が含まれないこと	骨が含まれる
		腐敗性	腐敗していないこと	臭気
基本設計	成分分析	組成	高濃度の窒素を含まないこと	アンモニアによる消化阻害
			高濃度のリンを含まないこと	返流水質悪化
			高濃度の硫黄を含まないこと	バイオガス組成悪化
			高濃度の油脂を含まないこと (ただし, 植物性で脂質 40% 以下のものを除く)	脂肪酸による消化阻害
	バイアル試験	ガス発生量	100 m <sup>3</sup> N/t-wet 以上であること	生ごみのガス発生量一般値 (150 m <sup>3</sup> N/t-wet, メタン 50%) 程度以上

(3) 導入が適している条件

本ガイドラインに記載の技術は、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り、各条件に適した導入範囲と期待される効果は、表3-5のとおりである。

表3-5 導入範囲と期待される効果

条件	導入範囲	期待される効果
1) 近隣に下水道への受け入れに好適な地域バイオマスが賦存する	システム全体	バイオガス有効利用量増 ごみ焼却炉等地域バイオマス処理施設の規模縮小
2) 消化槽の増設・更新を検討中である	鋼板製消化槽	建設・維持管理コスト縮減 建設工期短縮 槽本体と付帯設備の耐用年数が同程度のため、将来の流入下水水量の変動に対して柔軟な更新検討が可能
3) 消化槽の新規導入を検討中である	鋼板製消化槽 バイオガス精製・貯留・圧送システム	後段の汚泥脱水・焼却設備の規模縮小 下水汚泥からのエネルギー回収が可能
4) 脱硫設備・低圧ガスホルダの更新予定がある	バイオガス精製・貯留・圧送システム	バイオガス有効利用用途拡大（自動車燃料，発電燃料，都市ガス・水素原料等）による維持管理コスト縮減・温室効果ガス排出量削減 中圧ガスホルダによる建設コスト・設置面積削減
5) バイオガス有効利用の拡大を検討中である		

1) 近隣に下水道への受け入れに好適な地域バイオマスが賦存する

食品製造系バイオマスや木質系バイオマスが処理場近隣に賦存し、かつ、有効利用が図られていない場合、本ガイドラインに基づく下水処理場への受け入れが有効である。

i) 食品製造系バイオマス

「バイオマス活用推進基本計画」（平成22年12月17日閣議決定）において、食品廃棄物（家庭等から排出される生ごみを含む）は国内で年間約1,900万t発生し、利用率は約27%とされていることから、以下に示す種類のバイオマスの賦存量を調査する。

- ・排水汚泥
- ・廃酸
- ・動植物性残さ

なお、基礎調査段階において食品製造系バイオマス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、種類によらず一律125 m<sup>3</sup>N/t-wetとする。

## ii) 木質系バイオマス

「バイオマス活用推進基本計画」において、林地残材は国内で年間約 800 万 t 発生し、そのほとんどが利用されていないとされていることから、以下に示される種類のバイオマスの賦存量を調査する。

- ・ 広葉樹間伐材
- ・ 針葉樹間伐材
- ・ 高木剪定枝
- ・ 低木剪定枝

なお、基礎調査段階において木質系バイオマス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、樹種ごとに表 3-6 に示される値とする。

表 3-6 木質系バイオマスからのガス発生量仮定値

樹種	ガス発生量仮定値（前処理ありの場合）
広葉樹間伐材	500 m <sup>3</sup> N/t-dry
針葉樹間伐材	50 m <sup>3</sup> N/t-dry
高木剪定枝	300 m <sup>3</sup> N/t-dry
低木剪定枝	300 m <sup>3</sup> N/t-dry

## 2) 消化槽の増設・更新を検討中である

流入下水水量増もしくは汚泥集約化等に伴い処理汚泥量の増加が見込まれる、または、既存の消化槽躯体が老朽化している等により、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、鋼板製消化槽の導入によって、建設・維持管理コストの縮減を図ることが可能である。

## 3) 消化槽の新規導入を検討中である

現在消化槽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、あるいは汚泥集約化等に伴い汚泥減量化が必要となる場合、鋼板製消化槽の導入によって、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。

鋼板製消化槽では、消化槽の新規導入に当たって建設・維持管理コストの縮減が可能であるほか、槽本体と付帯設備の耐用年数が同等程度の期間であるため、将来の更新時に、人口や流入下水水量の変動もしくは消化システムの技術革新に対して、柔軟な更新検討が可能となる。

## 4) 脱硫設備・低圧ガスホルダの更新予定がある

バイオガス精製装置は、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バイオガスの圧力（約 0.9 MPa）を活用して中圧ガスホルダを

導入することが可能である。発生バイオガスからの二酸化炭素（約40%）除去効果と中圧貯蔵効果から、低圧ガスホルダに比べて貯蔵容器の容積を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。

5) バイオガス有効利用の拡大を検討中である

バイオガス精製装置の導入により、メタン濃度97%以上の高品位な精製バイオガスが得られるため、幅広い用途での有効利用が可能である。以下に導入事例を示す。

i) 都市ガス導管への注入

下水処理場周辺に都市ガス導管が敷設されている場合、精製バイオガスをさらに高度精製し、ガス事業者との連携により直接都市ガス導管に注入できないか検討する。平成21年7月に成立した「エネルギー供給事業者による非化石エネルギー源の利用および化石エネルギー原料の有効な利用の促進に関する法律（エネルギー供給構造高度化法）」において、一定規模以上のガス事業者に対して、バイオガスの利用目標達成計画の経済産業大臣への提出が義務付けられた。これにより、都市ガス原料としてのバイオガスの利用拡大が期待される。

神戸市東灘処理場においては、バイオガス精製装置の後段に高度精製設備を付加することにより、「バイオガス購入要領」（大阪ガス株式会社）の基準値を満足するよう高度精製および成分調整を行ったうえで、平成22年9月から都市ガス導管に直接バイオガスを注入している。平成24年度の注入量実績は年間約100万 $\text{m}^3\text{N}$ であり、これは2,500世帯の都市ガス使用量に相当する。

ii) 天然ガス自動車

天然ガス自動車は、メタンを主成分とするガスを燃料とする代表的な低公害車の1つで、国内での普及台数は、平成25年3月末現在、4万2,590台である（一般社団法人日本ガス協会）。「消化ガスのバイオ天然ガス化共同研究報告書」（神戸市、独立行政法人土木研究所、株式会社神鋼環境ソリューション、平成18年12月）で示されている管理基準を満たす精製バイオガスは、天然ガス自動車燃料として利用できるため、主に都市部等天然ガス自動車の普及が進んでいる地域に立地している処理場では、天然ガス自動車燃料として利用することを検討する。

神戸市東灘処理場では、バイオガスの天然ガス自動車燃料としての活用に関して平成16年に実証実験を開始し、試験機関での排ガス・出力試験、公道試験走行を経て、平成20年4月に本格供給を開始している。以降、安定供給を継続しており、平成24年度の天然ガス自動車への供給実績は、年間約44万 $\text{m}^3\text{N}$ 、のべ約1万4,000台である。

iii) バイオガス発電

精製バイオガスは、バイオガスに含まれる不純物のうち、硫化水素だけでなく、二酸化炭素、シロキサンおよび水分も十分除去されている。このため、発電機燃料として利用した場合、カロリー上昇によって発電効率が向上する。また、シロキサン吸着剤の交換費用や昇圧・水分除去費用も不要となるため、バイオガス処理量約3,000 $\text{m}^3\text{N}/\text{日}$ 以上では、建設・維持管

理コストの縮減が可能である。実際に、脱硫装置としてバイオガス精製装置を導入し、精製バイオガスをガスエンジン方式の発電機燃料として活用している実績が2件ある。

#### (4) 技術の組み合わせ

既存設備の有効利用として、土木構造物、消化槽、ガスタンク等の活用を検討し、効果的な導入となることを検討するために調査を行う。本システムの導入検討に当たって、既存設備の有効利用を配慮することも重要である。

##### 1) 土木構造物

地域バイオマスを受け入れる場合は、下水汚泥と混合調整する設備が必要であり、土木水槽等の構造物に余裕がある場合は、この活用を検討することが有効である。

##### 2) 消化槽

地域バイオマスを受け入れる場合に、既設消化槽に滞留日数の余裕がある場合は、この利用を検討することが有効である。

##### 3) 温水ボイラ

既設温水ボイラを有する場合、高効率ヒートポンプで得られる温水を既設温水ラインに切り込むことにより、ヒートポンプまたは既設温水ボイラの点検等に伴う停止時のバックアップが可能となる。

##### 4) ガスタンク

本システムでは、発生したバイオガスを高圧水吸収法で精製することから0.9 MPaの圧力を有する精製バイオガスが得られる。このため、既設の中圧ガスタンク（貯蔵圧力：0.8 MPa程度）が存在する場合は、精製バイオガスの貯蔵設備としての活用を検討する。また、既設で低圧ガスタンクが存在する場合は、減圧したうえで精製バイオガスの貯蔵設備として利用できる。いずれの場合でも、精製ガスは二酸化炭素が除去されているため、発生時のバイオガスと比較して標準状態での体積が40%減少している。また、腐食の原因となる水分や硫化水素が除去されているため設備の長寿命化が期待できる。

**§ 17 導入効果の評価**

本技術の導入により期待される、コスト縮減効果、温室効果ガス排出量削減効果・省エネルギー効果等を試算して評価する。

**【解説】**

下水道革新的技術の導入によって得られる建設や維持管理に係るコスト縮減および温室効果ガス排出量削減効果・省エネルギー効果等を算出する。従来技術と比べてコスト縮減効果や温室効果ガス排出量削減効果・省エネルギー効果等の効果が得られた場合、事業性があるものと評価する。

処理場の条件に応じて様々な導入シナリオが考えられるので、複数の導入シナリオについて § 15 の検討フローに従って導入検討を行う。なお、効果試算の詳細は、**第2節**を参照のこと。

## § 18 導入の判断

評価結果を踏まえて、本技術の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】

個々の技術の適用性を検討し、総合的な導入効果の評価を網羅的に行うことにより、最適なシステムの見通しを立て、導入の判断を行う。

§ 15 のフローに従って導入効果の評価を行った結果、十分な導入効果が見込まれなかった場合は、原因を把握し、表 3-7 に示されるポイントに沿って導入シナリオを見直したうえで、再評価を行う。

なお、本技術の事業化に当たっては、民間の資金・ノウハウを活用する PFI 方式や、設計・建設・維持管理を一括して発注する DBO 方式等の事業形態の採用も検討する。本技術の機械設備の耐用年数は 20 年であり、PFI・DBO 案件の一般的な事業期間と整合している。また、本技術の導入によって有価で売却することが可能なバイオガス量が増大するため、PFI 方式や DBO 方式を採用しやすい事業であると考えられる。

表 3-7 導入シナリオ見直しのポイント

条件	導入効果が見込まれなかった原因	対応策
1) 近隣に下水道への受け入れに好適な地域バイオマスが賦存する	バイオガス発生量の増加が少ない 能力・容量に余裕のある既存設備を活用していない	地域バイオマス受け入れ量再検討 技術の組み合わせ（既存設備の活用）
2) 消化槽の増設・更新を検討中である	消化槽容量が 1 槽当たりの上限 6,000 m <sup>3</sup> を少し超えた	機械濃縮機の導入による投入汚泥濃度アップによる消化槽容量縮小 消化対象汚泥の再検討（初沈汚泥限定等）
3) 消化槽の新規導入を検討中である	消化槽導入効果が汚泥減量化効果より小さかった	汚泥集約対象の再検討（し尿、集排汚泥等）
4) 脱硫設備・低圧ガスホルダの更新予定がある	バイオガス処理規模が小さい	地域バイオマスの受け入れによるバイオガス処理量増
5) バイオガス有効利用の拡大を検討中である	バイオガス売却量が少ない	高効率ヒートポンプの導入によるバイオガス有効利用量増

## 第2節 導入効果

### § 19 導入効果

本技術のシステム全体または一部の導入により期待される効果を、コスト削減、温室効果ガス排出量削減、省エネルギー効果等について、従来技術との比較により把握する。本技術の導入効果として、以下の効果が期待できる。

- (1) 建設コスト削減効果
- (2) 維持管理コスト削減効果
- (3) 温室効果ガス排出量削減・省エネルギー効果
- (4) 個別技術における効果
- (5) その他効果

#### 【解説】

導入によるコスト削減効果は、本技術を導入した場合に想定されるコストと導入しない場合の従来技術を用いた代替施設導入に想定されるコストの差で示される。また、温室効果ガス排出量削減・省エネルギー効果も同様の差を持って示される。その他、新技術の導入によって副次的に得られる効果があり、導入効果算定にカウントしない効果をその他効果として示す。

#### (1) 建設コスト削減効果

従来技術の建設コストと本技術の建設コストを比較することによって、建設コスト削減額を算出する。建設コスト削減効果算定フローを図3-4に示す。

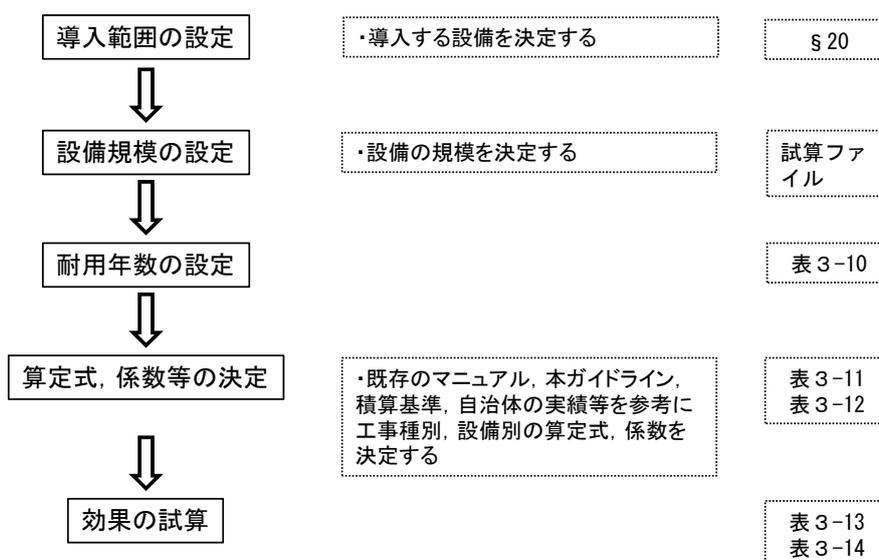


図3-4 建設コスト削減効果算定フロー

(2) 維持管理コスト削減効果

従来技術の維持管理コストと本技術の維持管理コストを比較することによって、維持管理コスト削減額を算出する。維持管理コスト削減効果算定フローを図3-5に示す。

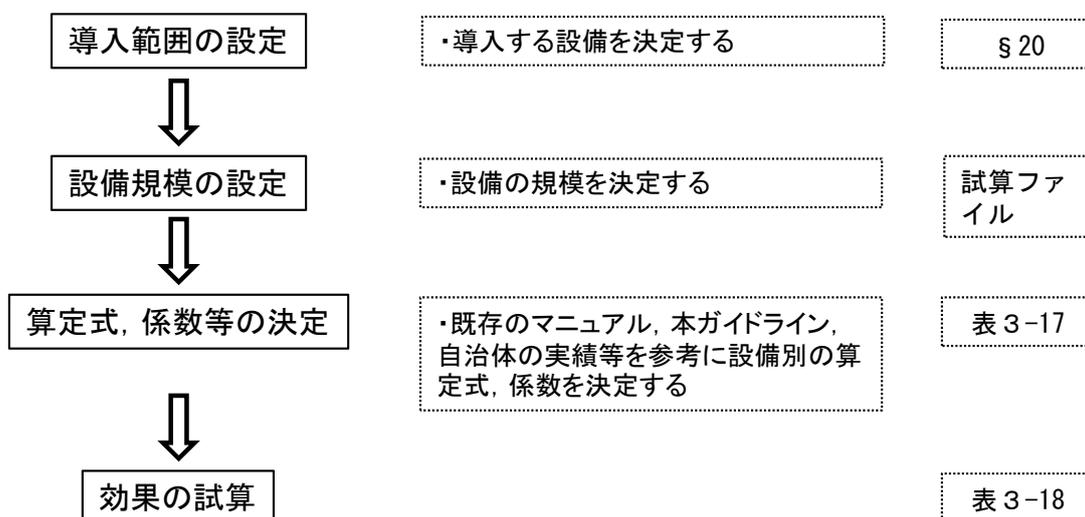


図3-5 維持管理コスト削減効果算定フロー

(3) 温室効果ガス排出量削減・省エネルギー効果

従来技術からの温室効果ガス排出量と本技術からの排出量を比較することによって、温室効果ガス排出量削減効果を算出する。温室効果ガス排出量削減効果算定フローを図3-6に示す。省エネルギー効果についても同様に従来技術と本技術のエネルギー消費量を比較することによって省エネルギー効果を算出する。

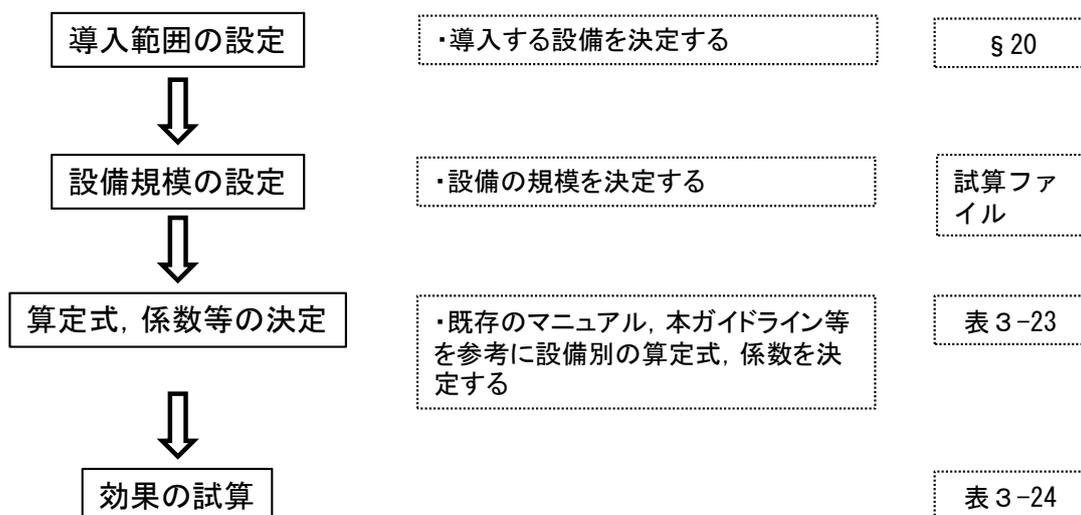


図3-6 温室効果ガス排出量削減効果算定フロー

**(4) 個別技術における効果**

個別技術における効果として、以下に示す効果がある。

- 1) 新型バイオガス精製装置の動力低減効果
- 2) 脱水性向上および汚泥焼却補助燃料削減効果

**(5) その他効果**

その他効果として、以下に示す効果がある。

- 1) 鋼板製消化槽の工期短縮効果
- 2) 新型バイオガス精製装置の工期短縮効果
- 3) 円筒形ガスホルダの工期短縮効果
- 4) 新型バイオガス精製装置の精製性能
- 5) 新型バイオガス精製・貯留・圧送システムの設置面積削減効果
- 6) 高効率ヒートポンプによるエネルギー使用量削減効果

§ 20 導入効果検討範囲の検討

本技術のシステム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】

本技術と従来技術の全体システムフローを図3-7および図3-8に示す。

本技術をシステム全体で導入する場合、下水処理場内に地域バイオマス受入・混合調整設備を新設するほか、高機能鋼板製消化槽、高効率ヒートポンプ、新型バイオガス精製装置および円筒形中圧ガスホルダを設置する。一方、従来技術では、PC製卵形消化槽、温水ボイラ、乾式脱硫装置、低圧ガスホルダおよび従来型バイオガス精製装置を設置するものとする。

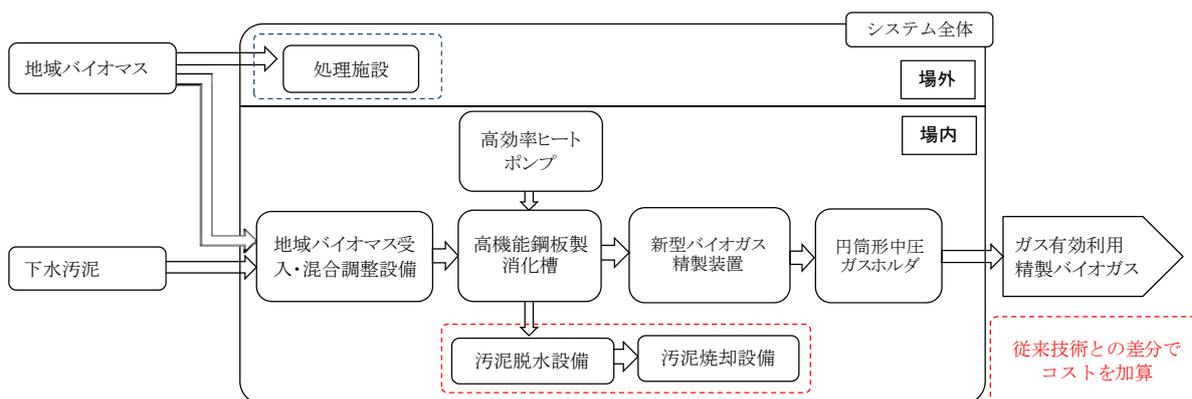


図3-7 本技術の全体システムフロー

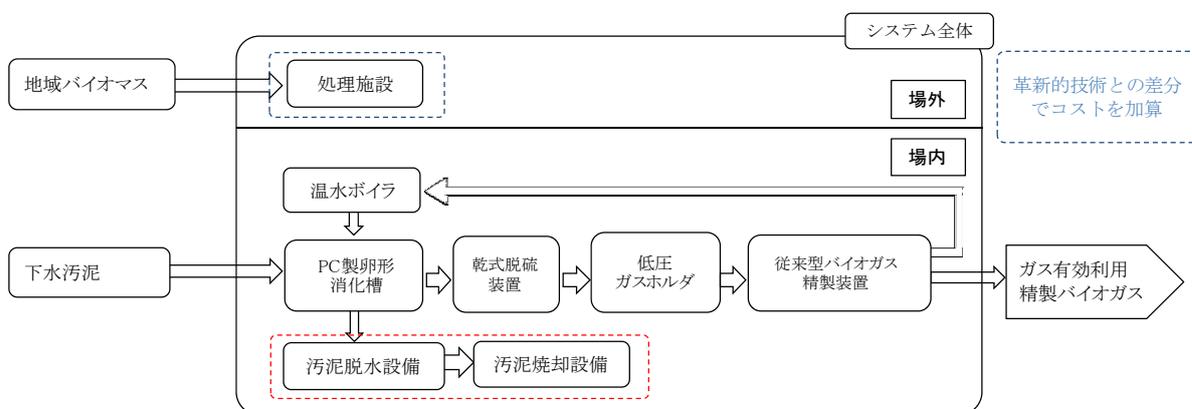


図3-8 従来技術の全体システムフロー

地域バイオマスを受け入れる場合、汚泥脱水設備および汚泥焼却設備について、本技術の導入による汚泥増加分に係る建設費および維持管理費の増分を計上する。一方、場外の地域バイオマス処理施設については、本技術の導入によるごみ処理施設の規模縮小に伴う建設費および維持管理費の差分を、従来技術のコストに計上する。

また、本技術のうち一部技術の導入検討のために、個別技術ごとの比較も行う。地域バイオマスの受け入れなしの場合で、本技術と従来技術とで同じ設備規模での比較を行うこととし、消化槽設備の比較フローは、表3-8のとおりとする。バイオガス精製・貯留設備の比較フローは、表3-9のとおりとし、従来技術の従来型バイオガス精製装置を比較対象から除外して、脱硫・ガス貯蔵設備としての比較も行う。

表3-8 個別技術（消化槽設備）比較フロー

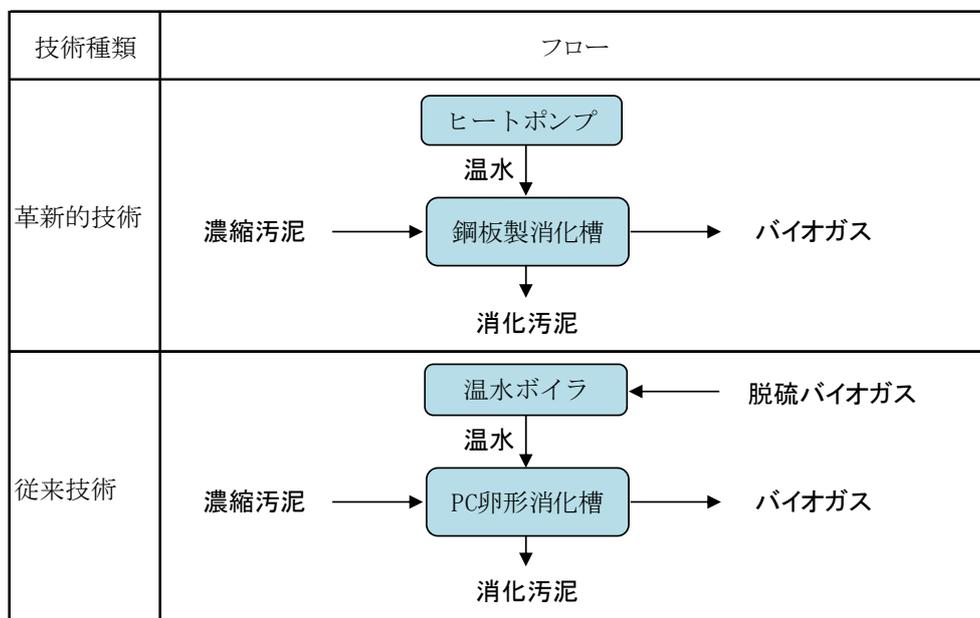
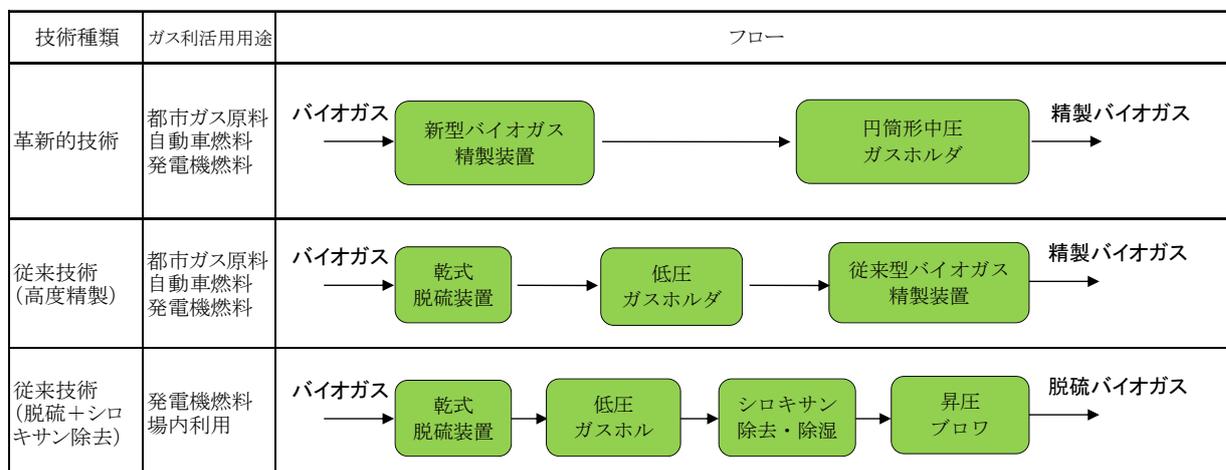


表3-9 個別技術（バイオガス精製・貯留設備）比較フロー



## § 21 建設コスト縮減効果の算定

本技術のシステム全体または一部の導入により期待される建設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。

### 【解説】

導入によるコスト削減効果は、本技術を導入した場合に想定されるコストと導入しない場合の従来技術を用いた代替施設導入に想定されるコストの差で示す。

#### (1) 建設コストについての試算方法

建設コスト算出の考え方を、革新的技術については(2)に、従来技術については(3)に、それぞれ示す。これらの算定式は、既存の費用関数を参照したもの以外については、以下の方法で導いた。

機械設備工事コストおよび電気設備工事コストは、消化槽 2,000 m<sup>3</sup>、4,000 m<sup>3</sup>、6,000 m<sup>3</sup> 規模についてシステム全体で工種別積算要領に基づき積算した工事価格から導出した。

土木・建築工事コストは、地域バイオマス受入・混合調整設備については、「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」の費用関数を用いた。鋼板製消化槽については、土質条件を定めたくえで積算要領に基づき算出した。従来技術のPC製卵形消化槽については、複数自治体の規模別建設費実績に基づき費用関数を作成した。

また、従来技術の地域バイオマス処理施設の建設費については、「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」のごみ処理施設建設費に係る費用関数を用いた。

なお、建設コストの比較は、初期投資についてだけでなく、以下の係数を乗じて算出した年価についても行う。

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

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 3-10 に示される値を用いる。§ 8 高機能鋼板製消化槽の概要に記載のとおり、鋼板製消化槽は、内面に防食塗装を施工することにより、20年の耐用年数が確保されるものと評価されていることから、これにあわせて革新的技術の機械・電気設備はいずれも20年とする。比較対象である従来技術についても、機械・電気設備および地域バイオマス処理施設は、革新的技術と同じく、いずれも耐用年数を20年とする。また、消化槽の躯体の耐用年数にあわせて、土木・建築の耐用年数は、いずれも45年とする。

表 3-10 耐用年数

設備	項目	耐用年数
地域バイオマス受入・混合調整設備, 消化槽設備, バイオガス精製・貯留設備, 汚泥脱水設備, 汚泥焼却設備	機械・電気	20年
	土木・建築	45年
地域バイオマス処理施設 (場外設置)	—	20年

(2) 本技術 (革新) の積み上げの考え方

本技術の建設コスト算定式を表 3-11 に示す。

表 3-11 革新的技術の建設コスト算定式

項目	設備		建設コスト (百万円)	備考	出典
導入 施設 建設	地域バイオマス 受入・混合調整 設備	機械・電気 工事	$Y=187.9 \times Q^{0.304}$	Q: 地域バイオマス受け入 れ量 (t-ds/日)	—
		受入設備 土木工事	$Y=22.4 \times Q^{0.504}$	Q: 地域バイオマス受け入 れ量 (t-wet/日)	※1
		受入設備 建築工事	$Y=75.9 \times Q^{0.342}$		※1
		混合設備 土木・建築 工事	$Y=2.01 \times Q^{0.583}$	Q: 混合槽容量 (m <sup>3</sup> ) 混合汚泥量に対し2日分 の滞留時間を見込む	※1
	消化槽設備 (高効率鋼板製消 化槽, 高効率ヒー トポンプ)	機械・電気 工事	$Y=5.85 \times Q^{0.570}$	Q: 消化槽容量 (m <sup>3</sup> ) (200 ≤ Q ≤ 6,000) 滞留日数は20日とする	—
		土木工事	$Y=0.0117 \times Q + 25.6$		—
	バイオガス精製・ 貯留設備 (新型バイオガス 精製装置, 円筒形 中圧ガスホルダ)	機械・電気 工事	$Y=35.2 \times Q^{0.323}$	Q: バイオガス処理量 (m <sup>3</sup> N/日) 下水汚泥: 500 m <sup>3</sup> N/t-投入 VS 食品製造系: 125 m <sup>3</sup> N/t-wet 木質系: 500 m <sup>3</sup> N/t-dry	—
		土木工事	—	ここでは考慮していない が, 設置面積削減によるコ スト縮減が見込める	—

表3-11 の続き

項目	設備		建設コスト (百万円)	備考	出典
既設 改造	汚泥脱水設備 (増分)	機械工事	$Y=43.4 \times (Qa^{0.373} - Qb^{0.373})$	Qa: 本技術導入後の消化汚泥量 [1%換算] (m <sup>3</sup> /日)	※2
		土木工事	$Y=22.7 \times (Qa^{0.444} - Qb^{0.444})$	Qb: 本技術導入前の消化汚泥量 [1%換算] (m <sup>3</sup> /日)	
能力 増強	汚泥焼却設備 (増分)	機械工事	$Y=188.8 \times (Qa^{0.597} - Qb^{0.597})$	Qa: 本技術導入後の脱水汚泥量 (t-wet/日)	※2
				Qb: 本技術導入前の脱水汚泥量 (t-wet/日)	
	ポンプ・配管類の増強, 中央監視室の改造, 返流水負荷増加対策			考慮しない	—

※1 「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」

※2 「バイオソリッド利活用基本計画（下水汚泥処理総合計画）策定マニュアル」

費用関数で算出した建設コストについては、表3-12の建設工事費デフレーターを用いて、最新年度価格に補正する。地域バイオマス受入・混合調整設備の土木・建築工事コストは平成22年度単価で、汚泥脱水設備・汚泥焼却設備の建設コスト（増分）は平成13年度単価で、それぞれ作成されているため、建設工事費デフレーター（平成17年度基準=100，平成13年度=98.3，平成22年度=104.4）を用いて補正されている。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、ホーム >> 統計情報・白書 >> 統計情報 >> 建設工事関係統計データで公表されているので、年次補正を変更する場合には、そちらを参照されたい。

表3-12 建設工事費デフレーター

設備	工事種別	デフレーター（費用関数換算年度）
地域バイオマス受入・混合調整設備 (土木・建築)	下水道	104.4（平成22年度）
汚泥脱水設備, 汚泥焼却設備	下水道	98.3（平成13年度）

(3) 従来技術の費用関数等の考え方

従来技術の建設コスト算定式を表3-13に示す。

表3-13 従来技術の建設コスト算定式

処理対象	設備			建設コスト(百万円)	備考	出典
下水汚泥	消化槽設備 (PC製卵形消化槽, 温水ボイラ)		機械・電気 工事	$Y=4.38 \times Q^{0.542}$	Q:消化槽容量(m <sup>3</sup> ) 滞留日数は20日とする	—
			土木工事	$Y=0.112 \times Q + 257.4$		—
	バイオガス精製・ 貯留設備	高度精製	機械・電気 工事	$Y=53.4 \times Q^{0.344}$	Q:バイオガス処理量 (m <sup>3</sup> N/日) 下水汚泥: 500 m <sup>3</sup> N/t-投入 VS	—
		脱硫+シ ロキサン 除去	機械・電気 工事	$Y=12.7 \times Q^{0.463}$		—
		土木工事	—	ここでは考慮しない	—	
地域バイオマス処理施設 (差分)				$Y=-0.087 \times (Xb^2 - Xa^2) + 59.53 \times (Xb - Xa)$	Xb:本技術導入前の施設規模(t-wet/日) Xa:本技術導入後の施設規模(t-wet/日)	※

※「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」

消化槽設備の土木工事コストは平成21年度単価で、地域バイオマス処理施設は平成20年度単価で、表3-14に示される建設工事費デフレーター(平成17年度基準)を用いて、それぞれ費用関数が作成されているため、年次補正を変更する場合には、前述のとおり国土交通省ホームページを参照されたい。

表3-14 建設工事費デフレーター

設備	工事種別	デフレーター(費用関数換算年度)
消化槽設備(土木)	下水道	104.4(平成21年度)
地域バイオマス処理施設	環境衛生	108.3(平成20年度)

(4) 実証研究に基づく事例

図3-7および図3-8に示されるシステム全体での、従来技術に対する革新的技術の建設コスト縮減率試算結果を表3-15に示す。初期投資は、17~21%の縮減で、年価では、13~18%の縮減率となる。

表3-15 システム全体での建設コスト縮減効果

● 下水汚泥 3.5 t-ds/日 + 地域バイオマス 1.7 t-ds/日

革新的技術・鋼板製消化槽容量 2,000 m<sup>3</sup>

従来技術・PC製卵形消化槽容量 1,750 m<sup>3</sup>

			土木・建築	機械	電気	合計	備考
革新的技術	建設コスト (百万円)	下水 3.5 t-ds/日 + 地域バイオマス 1.7 t-ds/日	285	1,067	124	1,476	システム全体
	年価 (百万円/年)		10.2	67.2	7.8	85	
従来技術	建設コスト (百万円)	下水 3.5 t-ds/日	476	819	77	1,372	
		地域バイオマス 1.7 t-ds/日	—	—	—	397	
	計	476	819	77	1,769		
縮減率	建設コスト		—	—	—	17%	
	年価		—	—	—	13%	

● 下水汚泥 7 t-ds/日 + 地域バイオマス 3.4 t-ds/日

革新的技術・鋼板製消化槽容量 4,000 m<sup>3</sup>

従来技術・PC製卵形消化槽容量 3,500 m<sup>3</sup>

			土木・建築	機械	電気	合計	備考
革新的技術	建設コスト (百万円)	下水 7 t-ds/日 + 地域バイオマス 3.4 t-ds/日	384	1,418	165	1,967	システム全体
	年価 (百万円/年)		13.8	89.2	10.4	113	
従来技術	建設コスト (百万円)	下水 7 t-ds/日	683	1,075	101	1,858	
		地域バイオマス 3.4 t-ds/日	—	—	—	631	
	計	683	1,075	101	2,489		
縮減率	建設コスト		—	—	—	21%	
	年価		—	—	—	18%	

表3-15 の続き

●下水汚泥 10.5 t-ds/日+地域バイオマス 5.1 t-ds/日

革新的技術・鋼板製消化槽容量 6,000 m<sup>3</sup>

従来技術・PC製卵形消化槽容量 5,250 m<sup>3</sup>

			土木・建築	機械	電気	合計	備考
革新的技術	建設コスト (百万円)	下水10.5 t-ds/日 +地域バイオマス 5.1 t-ds/日	468	1,762	173	2,402	システム全体
	年価 (百万円/年)		16.8	110.9	10.9	139	
従来技術	建設コスト (百万円)	下水 10.5 t-ds/日	889	1,295	104	2,288	
		地域バイオマス 5.1 t-ds/日	—	—	—	753	
	計	889	1,295	104	3,041		
	年価 (百万円/年)		—	—	—	167	
縮減率	建設コスト		—	—	—	21%	
	年価		—	—	—	17%	

## § 22 維持管理コスト削減効果の算定

本技術のシステム全体または一部の導入により期待される維持管理コスト削減の効果について、従来技術との比較により把握する。

### 【解説】

導入による維持管理コスト削減効果は、本技術を導入した場合に想定される維持管理コストと導入しない場合の従来技術を用いた代替施設導入に想定される維持管理コストの差で示す。

維持管理コスト削減効果は、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。

本技術のシステム全体を導入する場合、地域バイオマスを受け入れるため、電力コストおよび汚泥最終処分コストが増加する一方、点検補修コストが減少するとともに精製バイオガス売却収入が増加するため、維持管理コストの削減効果がある。

本技術の一部を導入する場合についても、例えば、高効率ヒートポンプを導入する場合、電力コストが増加するものの、精製バイオガス売却収入が増加するため、維持管理費の合計では削減効果がある。

#### (1) 維持管理コストについての試算方法

維持管理コストとして、電力コスト、精製バイオガス売却収入、点検補修コストおよび汚泥最終処分コストの評価を行う。各エネルギーの単価については、ここでは表3-16に示される値を採用した。精製バイオガスは、都市ガス原料として利用可能な高品位ガスであることから、発熱量ベースで都市ガスと同等の単価に設定した。なお、労務費については、従来技術との差がないとして、コスト算出対象外とした（費用関数に含まれているものを除く）。

表3-16 エネルギー単価

電力	円/kWh	10
都市ガス（熱量：44.8 MJ/m <sup>3</sup> N）	円/m <sup>3</sup> N	80
精製バイオガス（熱量：39.3 MJ/m <sup>3</sup> N）	円/m <sup>3</sup> N	70

#### 1) 電力コスト

費用関数を用いた電力消費量算定値に、電力単価を乗じて算出する。

なお、費用関数は、消化槽規模2,000、4,000、6,000 m<sup>3</sup>規模の電力消費量を、「下水道におけるLCA適用の考え方」（国総研資料第579号）に基づいて算定した値から作成した。

また、従来技術の地域バイオマス処理施設の電力消費量は、「ごみ焼却施設維持管理実態全国調査結果」（財団法人日本環境衛生センター）に従って、135 kWh/t-wet とする。

2) 精製バイオガス売却収入

物質収支に基づいて算出した精製バイオガス供給量に、エネルギー単価を乗じて精製バイオガス売却収入を算出する。従来技術については、消化槽加温用ボイラでの消費量を差し引いた精製バイオガス量を、精製バイオガス供給量とする。

3) 点検補修コスト

メーカー見積に基づいて作成した費用関数を用いて算出する。ただし、従来技術の消化槽設備については、「バイオソリッド利活用基本計画（下水汚泥処理総合計画）策定マニュアル」の費用関数を用いる。また、従来技術の地域バイオマス処理施設については、建設コストの2%とする。

4) 汚泥最終処分コスト

地域バイオマスを投入する場合、消化汚泥量および脱水汚泥量が増加する。その一方、木質由来の繊維状物が消化汚泥中に残留することによって脱水性が向上し、汚泥焼却設備における補助燃料消費量が減少する。そこで、汚泥脱水設備および汚泥焼却設備の維持管理コスト増加分を「バイオソリッド利活用基本計画（下水汚泥処理総合計画）策定マニュアル」の費用関数を用いて算出する。また、実験結果に基づく試算結果を用いて、汚泥焼却設備における補助燃料削減効果を算出する。

5) 返流水負荷増加対策コスト

既に消化を行っている処理場では、本実証研究で実績を有する混合比率（固形分比率で、下水汚泥：地域バイオマス＝1：0.5以下）では、地域バイオマスの受け入れによる汚泥処理逆流負荷の影響は大きくないと考えられる。したがって、本ガイドラインでは返流水負荷対策コストを維持管理コストの算定対象に含めていない。

(2) 本技術（革新）の積み上げの考え方

革新的技術の維持管理コスト算定式を表3-17に示す。

表3-17 革新的技術の維持管理コスト算定式

設備		維持管理コスト (百万円/年)	備考
地域バイオマス受 入・混合調整設備	電力	$Y=1.536 \times Q^{0.475}$	Q: 地域バイオマス受け入れ量 (t-ds/ 日)
	点検補修	$Y=17.8 \times Q^{0.243}$	
消化槽設備	電力	$Y=0.0053 \times Q^{0.911}$	Q: 消化槽容量 (m <sup>3</sup> ) (200 ≤ Q ≤ 6,000) 滞留日数は20日とする
	点検補修	$Y=0.303 \times Q^{0.350}$	
バイオガス精製・ 貯留設備	電力	$Y=0.0318 \times Q^{0.644}$	Q: バイオガス処理量 (m <sup>3</sup> N/日) 下水汚泥: 500 m <sup>3</sup> N/t-投入 VS 食品製造系: 125 m <sup>3</sup> N/t-wet 木質系: 500 m <sup>3</sup> N/t-dry
	点検補修	$Y=0.856 \times Q^{0.234}$	
精製バイオガス売却収入		$Y=- (6.05 \times Q_s + 7.56 \times Q_b) ※$	Q <sub>s</sub> : 下水汚泥処理量 (t-ds/日) Q <sub>b</sub> : 地域バイオマス処理量 (t-ds/日)
汚泥脱水設備	維持管理 費増分	$Y=0.039 \times (Q_a^{0.596} - Q_b^{0.596})$	Q <sub>a</sub> : 本技術導入後の年間消化汚泥処理量 [固形物1%換算] (m <sup>3</sup> /年) Q <sub>b</sub> : 本技術導入前の年間消化汚泥処理量 [固形物1%換算] (m <sup>3</sup> /年)
汚泥焼却設備	維持管理 費増分	$Y=0.287 \times (Q_a^{0.673} - Q_b^{0.673})$	Q <sub>a</sub> : 本技術導入後の年間脱水汚泥処理量 (t-wet/年) Q <sub>b</sub> : 本技術導入前の年間脱水汚泥処理量 (t-wet/年)
	補助燃料 削減分	$Y=-10.5 \times Q_w ※※$	Q <sub>w</sub> : 木質系バイオマス受け入れ量 (t-ds/ 日)

※精製バイオガスの売却収入によって維持管理コストが縮減されるものとし、負の値として算出する。

※※木質系バイオマスの受け入れによって脱水性が向上し汚泥焼却設備における補助燃料使用量が削減されるものとし、負の値として算出する。

(3) 従来技術の費用関数等の考え方

従来技術の維持管理コスト算定式を表3-18に示す。

表3-18 従来技術の維持管理コスト算定式

項目	設備		維持管理コスト (百万円/年)	備考
消化槽設備	消化槽設備	電力	$Y=0.0112 \times Q^{0.652}$	Q: 消化槽容量 (m <sup>3</sup> ) Q <sub>y</sub> : 年間処理汚泥量 [1%換算] (m <sup>3</sup> /年) 滞留日数は20日とする
		点検補修費等	$Y=0.171 \times Q_y^{0.390} - 0.0112 \times Q^{0.652}$	
バイオガス 精製・貯留設備	高度精製	電力	$Y=0.0863 \times Q^{0.559}$	Q: バイオガス処理量 (m <sup>3</sup> N/日) 下水汚泥: 500 m <sup>3</sup> N/t-投入 VS
		点検補修費	$Y=0.536 \times Q^{0.409}$	
	脱硫+シロキサン除去	電力	$Y=0.0095 \times Q^{0.518}$	
		点検補修費	$Y=0.202 \times Q^{0.491}$	
地域バイオマス処理施設	電力差分	$Y=10 \times 135 \times Q \times 360 \times 10^{-6}$	Q: 本技術導入後の地域バイオマス受け入れ量 (t-wet/日)	
	点検補修費差分	建設コスト (差分) の2%		
精製バイオガス売却収入			$Y=-3.17 \times Q$ ※	Q: 下水汚泥処理量 (t-ds/日)

※精製バイオガスの売却収入によって維持管理コストが縮減されるものとし、負の値として算出する。

(4) 実証研究に基づく事例

1) システム全体での比較

図3-7および図3-8に示されるシステム全体での、従来技術に対する革新的技術の維持管理コスト縮減効果試算結果を表3-19に示す。コスト縮減効果は年間17.2~67.6百万円、縮減率は55~172%である。

表3-19 システム全体での維持管理コスト縮減効果

●下水汚泥 3.5 t-ds/日 + 地域バイオマス 1.7 t-ds/日規模

百万円/年

	電力 コスト	点検補修 コスト	精製バイオ ガス 売却収入	脱水設備 維持管理費 増加	汚泥焼却設備		合計
					維持管理費 増加	補助燃料 削減	
革新的技術	12.2	30.2	-34.0	5.8	6.1	-6.3	14.0
従来技術	8.8	33.5	-11.1	—	—	—	31.2
縮減額	—	—	—	—	—	—	17.2
縮減率	—	—	—	—	—	—	55%

表3-19 の続き

●下水汚泥 7 t-ds/日+地域バイオマス 3.4 t-ds/日規模 百万円/年

	電力コスト	点検補修コスト	精製バイオガス 売却収入	脱水設備 維持管理費 増加	汚泥焼却設備		合計
					維持管理費 増加	補助燃料 削減	
革新的技術	19.1	34.3	-68.1	8.8	9.7	-12.7	-8.9
従来技術	14.6	45.9	-22.2	—	—	—	38.3
縮減額	—	—	—	—	—	—	47.2
縮減率	—	—	—	—	—	—	123%

●下水汚泥 10.5 t-ds/日+地域バイオマス 5.1 t-ds/日規模 百万円/年

	電力コスト	点検補修コスト	精製バイオガス 売却収入	脱水設備 維持管理費 増加	汚泥焼却設備		合計
					維持管理費 増加	補助燃料 削減	
革新的技術	28.3	40.5	-102.1	11.2	12.7	-19.0	-28.4
従来技術	18.5	54.0	-33.3	—	—	—	39.2
縮減額	—	—	—	—	—	—	67.6
縮減率	—	—	—	—	—	—	172%

2) 個別設備ごとの比較

地域バイオマスの受け入れがなく、同じ量の下水汚泥あるいはバイオガスを処理する条件で、個別設備ごとの維持管理コストを試算した。従来技術に対する革新的技術での縮減率試算結果を、以下に示す。

① 消化槽設備

表3-8に示されるフローの消化槽設備で、従来技術に対する革新的技術の維持管理コスト縮減率を試算した結果を表3-20に示す。コスト縮減効果は年間17.9~39.3百万円である。

表3-20 消化槽設備での維持管理コスト縮減効果

●消化槽容量 1,750 m<sup>3</sup> 規模 百万円/年

	電力コスト	点検補修コスト	精製バイオガス 売却収入	合計	縮減額
革新的技術	3.3	5.6	-21.2	-12.3	17.9
従来技術	1.5	15.2	-11.1	5.6	—

●消化槽容量 3,500 m<sup>3</sup> 規模 百万円/年

	電力コスト	点検補修コスト	精製バイオガス 売却収入	合計	縮減額
革新的技術	6.6	6.9	-42.4	-28.9	28.6
従来技術	2.3	19.6	-22.2	-0.3	—

表3-20 の続き

●消化槽容量 5,250 m<sup>3</sup> 規模

百万円/年

	電力コスト	点検補修コスト	精製バイオガス 売却収入	合計	縮減額
革新的技術	9.6	6.9	-63.5	-47.0	39.3
従来技術	3.0	22.6	-33.3	-7.7	—

## ② バイオガス精製・貯留設備

表3-9に示されるフローのバイオガス精製・貯留設備で、2種類の従来技術に対する革新的技術の維持管理コスト縮減率を試算した結果を表3-21に示す。高度精製を行う従来技術に対するコスト縮減効果は、年間7.6～13.2百万円である。また、脱硫・シロキサン除去を行う従来技術に対しては、バイオガス処理量2,800 m<sup>3</sup>N/日規模以上でコスト縮減効果が認められる。

表3-21 バイオガス精製・貯留設備での維持管理コスト縮減効果

●バイオガス処理量 1,400 m<sup>3</sup>N/日規模

百万円/年

	電力コスト	点検補修コスト	合計
革新的技術	3.0	4.7	7.7
従来技術（高度精製）	4.9	10.4	15.3
従来技術（脱硫＋シロキサン除去）	0.4	7.1	7.5
従来技術（高度精製）に対する縮減額			7.6
従来技術（脱硫＋シロキサン除去）に対する縮減額			-0.2

●バイオガス処理量 2,800 m<sup>3</sup>N/日規模

百万円/年

	電力コスト	点検補修コスト	合計
革新的技術	4.1	5.9	10.0
従来技術（高度精製）	7.4	13.7	21.1
従来技術（脱硫＋シロキサン除去）	0.6	9.9	10.5
従来技術（高度精製）に対する縮減額			11.1
従来技術（脱硫＋シロキサン除去）に対する縮減額			0.5

●バイオガス処理量 4,200 m<sup>3</sup>N/日規模

百万円/年

	電力コスト	点検補修コスト	合計
革新的技術	6.2	5.9	12.1
従来技術（高度精製）	9.0	16.3	25.3
従来技術（脱硫＋シロキサン除去）	0.7	12.2	12.9
従来技術（高度精製）に対する縮減額			13.2
従来技術（脱硫＋シロキサン除去）に対する縮減額			0.8

### § 23 温室効果ガス排出量削減効果の算定

本技術のシステム全体または一部の導入により期待される温室効果ガス排出量の削減効果について、従来技術との比較により把握する。

#### 【解説】

導入による温室効果ガス削減効果は、本技術を導入した場合に想定される温室効果ガス排出量と従来技術を用いた代替施設導入に想定される温室効果ガス排出量の差で示す。また、生産されるエネルギーの有効利用により削減される温室効果ガス排出量も含めて算定し、削減効果を示す。

#### (1) 温室効果ガスについての試算方法

下水道における温室効果ガスの排出は、施設建設時、施設運転時および廃棄時に大別される。

- ① 電気、燃料（石油、ガス）等のエネルギー消費に伴う排出
- ② 施設の建設、運転時および廃棄に伴う各処理プロセスからの排出
- ③ 上水、工業用水、薬品類の消費に伴う排出
- ④ 下水道資源の有効利用による排出量の削減

地球温暖化対策の推進に関する法律では6種類の温室効果ガスが規定されているが、このうちフロン系ガスについては、地方公共団体実行計画によるものとし、下水道温暖化防止計画では次の3種類の温室効果ガスを対象としている。

- ① 二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>)
- ② メタン (CH<sub>4</sub>)
- ③ 一酸化二窒素 (N<sub>2</sub>O)

ただし、生物処理に伴う二酸化炭素、嫌気性消化過程で生成されるメタンの燃焼に伴う二酸化炭素、汚泥焼却に伴う二酸化炭素等、生物起源の二酸化炭素は対象としない。また、本実証研究では、メタンおよび一酸化二窒素については、算定範囲外（ただし、ガイドラインとしては言及）としている。

温室効果ガスの排出量は、次の計算式により算定する。

$$\begin{aligned} \text{(各温室効果ガスの排出量)} &= \Sigma \{ \text{(活動の種類ごとの排出量)} \} \\ &= \Sigma \{ \text{(活動量)} \times \text{(排出係数)} \} \end{aligned}$$

- ① 「電気、燃料等のエネルギー消費に伴う排出」は、期間内（通常1年間）に使用した電力量、燃料使用量に排出係数を乗じて算定する。
- ② 「施設の建設、運転時および廃棄に伴う各処理プロセスからの排出」は、本技術での排出量に占める割合は大きくないが、算定する場合は、各処理施設の建設時および撤去時に係

る排出量を，類似の算定事例を参考にして算出する。

- ③「上水，工業用水，薬品類の消費に伴う排出」は，本技術での排出量に占める割合は大きくないが，算定する場合は，期間内に使用した量に「下水道における地球温暖化防止推進計画策定の手引き」の排出係数を乗じて算定する。
- ④「下水道資源の有効利用による排出量の削減」は，本技術で生産されるバイオガスの有効利用によって，代替する買電電力量や化石燃料消費量が減じるものとして算定する。

上記により算定された対象物質（CO<sub>2</sub>，CH<sub>4</sub>，N<sub>2</sub>O）ごとに，地球温暖化係数を乗じて，その合計値である「総排出量」を求める。

温室効果ガス総排出量 (t-CO <sub>2</sub> ) = Σ {各温室効果ガスの排出量 (t) × 各温室効果ガスの地球温暖化係数}	
(地球温暖化係数)	
二酸化炭素 (t-CO <sub>2</sub> /年) × 1	= 温室効果ガス排出量 (t-CO <sub>2</sub> /年)
メタン (t-CH <sub>4</sub> /年) × 21	= 温室効果ガス排出量 (t-CO <sub>2</sub> /年)
一酸化二窒素 (t-N <sub>2</sub> O/年) × 310	= 温室効果ガス排出量 (t-CO <sub>2</sub> /年)
Σ : 総排出量	

(2) 温室効果ガスの排出係数

本技術における温室効果ガス排出量の算定対象と，関連する主な排出係数は，表 3-28 のとおりである。その他，表 3-28 に示される排出係数以外は，表 3-22 による。

表 3-22 温室効果ガス排出係数

エネルギー種類	排出係数	根拠
都市ガス (44.8 MJ/m <sup>3</sup> N)	2.234 kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> N	算定省令* 第2条第3項，別表第一
精製バイオガス (39.3 MJ/m <sup>3</sup> N)	1.960 kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> N	都市ガスの係数から熱量換算にて算出

※ 特定排出者の事業活動に伴う温室効果ガスの排出量の算定に関する省令 (平成 18 年経済産業省・環境省令第 3 号)

(3) 温室効果ガス排出量削減量の算定

本実証研究で対象としている温室効果ガス排出量の算定対象となる活動のうち，電力消費に伴う排出とバイオガス供給による排出削減の 2 種類について，革新的技術での活動量算定式を表 3-23 に，従来技術での活動量算定式を表 3-24 に，それぞれ示す。電力消費に伴う排出とバイオガス供給による排出削減以外は，影響が小さいため算定対象外としてよい。

表 3-23 革新的技術の活動量算定式

	設備	活動量 (千 kWh/年, 千 m³N/年)	備考
電力消費	地域バイオマス 受入・混合調整設備	$Y=153.6 \times Q^{0.475}$	Q: 地域バイオマス受け入れ量 (t-ds/日)
	消化槽設備 (高効率鋼板製消化槽, 高効率ヒートポンプ)	$Y=0.534 \times Q^{0.911}$	Q: 消化槽容量 (m³) (200 ≤ Q ≤ 6,000) 滞留日数は 20 日とする
	バイオガス精製・貯留設備	$Y=3.183 \times Q^{0.644}$	Q: バイオガス処理量 (m³N/日) 下水汚泥: 500 m³N/t-投入 VS 食品製造系: 125 m³N/t-wet 木質系: 500 m³N/t-dry
バイオ ガス	精製バイオガス供給	$Y=- (86.5 \times Q_S + 108.0 \times Q_B) \quad ※$	Q <sub>S</sub> : 下水汚泥処理量 (t-ds/日) Q <sub>B</sub> : 地域バイオマス処理量 (t-ds/日)

※精製バイオガスの有効利用によって都市ガス消費量が削減されるものとし、負の値として算出する。

表 3-24 従来技術の活動量算定式

	設備	活動量 (千 kWh/年, 千 m³N/年)	備考	
電力消費	消化槽設備	$Y=1.117 \times Q^{0.652}$	Q: 消化槽容量 (m³) 滞留日数は 20 日とする	
	バイオ ガス精 製・貯 留設備	高度精製 (脱硫, ガスタンク, 従来型精製)	$Y=8.633 \times Q^{0.559}$	Q: バイオガス処理量 (m³N/日) 下水汚泥: 500 m³N/t-投入 VS
		脱硫+シロキサン除去 (脱硫, ガスタンク, シロキサン除去, 昇圧)	$Y=1.859 \times Q^{0.432}$	
	地域バイオマス処理施設	$Y=135 \times Q \times 360 \times 10^{-3}$	Q: 処理量 (t-wet/日)	
バイオ ガス	精製バイオガス供給	$Y=-45.4 \times Q \quad ※$	Q: 下水汚泥処理量 (t-ds/日)	

※精製バイオガスの有効利用によって都市ガス消費量が削減されるものとし、負の値として算出する。

(4) 実証研究に基づく事例

i) システム全体での比較

図3-7, 図3-8に示されるシステム全体での, 従来技術に対する革新的技術の温室効果ガス排出量削減量試算結果を表3-25に示す。この事例では, 削減率は263~1,690%である。

表3-25 システム全体での温室効果ガス排出量削減効果

●下水汚泥 3.5 t-ds/日+地域バイオマス 1.7 t-ds/日規模 t-CO<sub>2</sub>/年

	電力消費	精製バイオガス供給	合計
革新的技術	672	-953	-281
従来技術	484	-312	172
削減量	—	—	453
削減率	—	—	263%

●下水汚泥 7 t-ds/日+地域バイオマス 3.4 t-ds/日規模 t-CO<sub>2</sub>/年

	電力消費	精製バイオガス供給	合計
革新的技術	1,049	-1,906	-857
従来技術	803	-623	180
削減量	—	—	1,037
削減率	—	—	576%

●下水汚泥 10.5 t-ds/日+地域バイオマス 5.1 t-ds/日規模 t-CO<sub>2</sub>/年

	電力消費	精製バイオガス供給	合計
革新的技術	1,555	-2,859	-1,304
従来技術	1,017	-935	82
削減量	—	—	1,386
削減率	—	—	1,690%

ii) 個別設備ごとの比較

1) 消化槽設備

表3-8に示す消化槽設備において, 地域バイオマスの受け入れがなく, 同じ量の下水汚泥を処理する場合の, 革新的技術と従来技術の温室効果ガス排出量を比較した。革新的技術の排出量には, ヒートポンプを用いたことによるバイオガス有効利用量増加分を, 外部供給するとして加算した。

表3-26に示す3種類の規模のいずれについても、革新的技術の方が温室効果ガス排出量が削減される試算結果が得られ、削減量は183～484 t-CO<sub>2</sub>/年と見積もられた。

表3-26 消化槽設備での温室効果ガス排出量削減効果

●消化槽容量 1,750m<sup>3</sup> 規模

t-CO<sub>2</sub>/年

	電力消費	バイオガス供給 (ヒートポンプ効果)	合計	削減量
革新的技術	179	-281	-102	183
従来技術	81	—	81	—

●消化槽容量 3,500m<sup>3</sup> 規模

t-CO<sub>2</sub>/年

	電力消費	バイオガス供給 (ヒートポンプ効果)	合計	削減量
革新的技術	361	-563	-202	326
従来技術	124	—	124	—

●消化槽容量 5,250m<sup>3</sup> 規模

t-CO<sub>2</sub>/年

	電力消費	バイオガス供給 (ヒートポンプ効果)	合計	削減量
革新的技術	527	-844	-317	483
従来技術	166	—	166	—

2) バイオガス精製・貯留設備

表3-9に示すバイオガス精製・貯留設備において、同じ量のバイオガスを処理する場合の、革新的技術と従来技術の温室効果ガス排出量を比較した結果を表3-27に示す。革新的技術と高度精製を行う従来技術については、精製バイオガスを外部供給するとして削減分を加算した。また、脱硫・シロキサン除去のみを行う従来技術については、精製バイオガスを発電機燃料に活用するとして発電量分の排出削減効果を加算した。

高度精製を行う従来技術と比較した場合、表3-27に示される3種類の規模のいずれについても、革新的技術の方が温室効果ガス排出量削減効果が大きい試算結果が得られ、削減量は106～183 t-CO<sub>2</sub>/年と見積もられた。

一方、脱硫・シロキサン除去のみの従来技術と比較した場合、バイオガス処理量1,400 m<sup>3</sup>N/日規模については、バイオガス発電を行う従来技術の方が、温室効果ガス排出量削減効果が大きい試算結果が得られた。しかし、バイオガス処理量2,800 m<sup>3</sup>N/日規模および4,200 m<sup>3</sup>N/日規模につ

いては、いずれも、高度精製を行い精製バイオガスを外部供給する革新的技術の方が、温室効果ガス排出量削減効果がやや大きい試算結果が得られた。なお、バイオガス量の季節変動は無視し、稼働日については革新的技術、従来技術のいずれについても、バイオガスを全量有効利用できる」と仮定した。

表 3-27 精製設備での温室効果ガス排出量削減効果

●バイオガス処理量 1,400 m<sup>3</sup>N/日規模 t-CO<sub>2</sub>/年

	電力消費	バイオガス 供給	バイオガス 発電	合計
革新的技術	164	-593	—	-429
従来技術（高度精製）	270	-593	—	-323
従来技術（脱硫＋シロキサン除去）	23	—	-490	-466
従来技術（高度精製）に対する削減量				106
従来技術（脱硫＋シロキサン除去）に対する削減量				-37

●バイオガス処理量 2,800 m<sup>3</sup>N/日規模 t-CO<sub>2</sub>/年

	電力消費	バイオガス 供給	バイオガス 発電	合計
革新的技術	226	-1,186	—	-960
従来技術（高度精製）	409	-1,186	—	-777
従来技術（脱硫＋シロキサン除去）	32	—	-979	-947
従来技術（高度精製）に対する削減量				183
従来技術（脱硫＋シロキサン除去）に対する削減量				13

●バイオガス処理量 4,200 m<sup>3</sup>N/日規模 t-CO<sub>2</sub>/年

	電力消費	バイオガス 供給	バイオガス 発電	合計
革新的技術	340	-1,779	—	-1,439
従来技術（高度精製）	496	-1,779	—	-1,283
従来技術（脱硫＋シロキサン除去）	37	—	-1,469	-1,432
従来技術（高度精製）に対する削減量				156
従来技術（脱硫＋シロキサン除去）に対する削減量				8

試算条件 発電効率：30%（低位発熱量基準）

稼働日数：360日/年（発電機，ガス供給設備とも）

バイオガス有効利用率：稼働日は100%（発電機，ガス供給設備とも）

電気の排出係数：0.550 kg-CO<sub>2</sub>/kWh（消費分，発電分とも）

表 3-28 温室効果ガスの排出係数

区 分	項 目	単 位	排出係数	備 考	
① 電気, 燃料(石油, ガス)等のエネルギー消費に伴う排出	電力	kg-CO <sub>2</sub> /kWh	注1)		
	A重油	kg-CO <sub>2</sub> /L	2.71	(1)	
	一般炭	kg-CO <sub>2</sub> /kg	2.41	(1)	
	プロパン	kg-CO <sub>2</sub> /kg	3.00	(1)	
	ガソリン	kg-CO <sub>2</sub> /L	2.32	(1)	
② 施設の運転に伴う各処理プロセスからの排出 注4)	汚泥の焼却	下水汚泥	kg-CH <sub>4</sub> /wet-t	0.0097	(1)
			kg-N <sub>2</sub> O/wet-t	1.11	政令
		高分子・流動炉(通常)	kg-CH <sub>4</sub> /wet-t	0.0097	(1)
			kg-N <sub>2</sub> O/wet-t	1.51	算定省令
		高分子・流動炉(高温)	kg-CH <sub>4</sub> /wet-t	0.0097	(1)
			kg-N <sub>2</sub> O/wet-t	0.645	算定省令
		高分子・多段炉	kg-CH <sub>4</sub> /wet-t	0.0097	(1)
			kg-N <sub>2</sub> O/wet-t	0.882	算定省令
		石灰系	kg-CH <sub>4</sub> /wet-t	0.0097	(1)
			kg-N <sub>2</sub> O/wet-t	0.294	算定省令
	その他下水汚泥	kg-CH <sub>4</sub> /wet-t	0.0097	(1)	
		kg-N <sub>2</sub> O/wet-t	0.882	算定省令	
	下水汚泥固形燃料化	汚泥炭化(中温炭化)	kg-N <sub>2</sub> O/wet-t	0.0092	注2)
		汚泥乾燥(乾燥造粒)	kg-N <sub>2</sub> O/wet-t	0.0000	注2)
		汚泥乾燥(油温乾燥)	kg-N <sub>2</sub> O/wet-t	0.0184	注2)
		汚泥乾燥(乾燥[混合焼却])	kg-N <sub>2</sub> O/wet-t	0.0095	注2) 注3)

出典 (1)「下水道における地球温暖化防止推進計画策定の手引き 平成21年3月」

注1) 他人から供給された電気の使用に伴う CO<sub>2</sub> 排出係数

電力会社別の排出係数については、算定省令に定める値を下回るものを環境大臣・経済産業大臣において公表することとされており、その値を用いることができる。なお、自らが消費している電気の排出係数がわからない場合等は、政令又は算定省令で定められた値である代替値(平成24年度排出分は0.550 t-CO<sub>2</sub>/千kWhであるが、毎年改正される)を一般的に使用できる排出係数として用いることができる。

注2) 政令、算定省令にて定められた数値ではなく、実態調査等により算出された数値。当該設備の導入を検討する際に参考として使用し、温室効果ガスの削減効果を算定する。

注3) 実態調査を行った設備において、直燃式脱臭炉と蓄熱式脱臭炉の2カ所の排ガス出口があり、蓄熱式脱臭炉出口において排出係数が0kg-N<sub>2</sub>O/wet-tであるため、直燃式脱臭炉出口部における排出係数を採用する。ただし、排ガス量の比率は、直燃式脱臭炉:4割、蓄熱式脱臭炉:6割となっている。

注4) 今後の技術開発により、新たなエネルギー化技術について、排出係数の知見が得られた場合には、その数値を使って温室効果ガス削減効果を算定することができる。

## § 24 個別技術における効果およびその他効果

本技術のシステム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副次的に得られる効果を、従来技術と比較して示す。

## (1) 新型バイオガス精製装置の動力低減効果

従来型バイオガス精製装置に対する新型バイオガス精製装置の動力低減効果を、以下に示す。

従来型のバイオガス精製装置では、2段圧縮で断熱圧縮を行うタイプのガス圧縮機を採用していたのに対し、新型バイオガス精製装置では、1段圧縮で等温圧縮が可能な水潤滑式のガス圧縮機を採用している。これにより、同規模のバイオガス精製装置のガス圧縮機電動機容量を比較すると、従来型では75 kWであったのに対し、新型では45 kWと40%の削減が図られている。

バイオガス精製装置全体とガス圧縮機の使用電力測定結果を表3-29に示す。新型と従来型の装置能力に10%の差はあることが示されているが、同じ処理ガス量で比較すると、総電力量は約18%削減したことが確認された。特に従来型で総電動機容量の50%近くを占めるガス圧縮機の電力量が31%削減されており、これが装置全体での使用電力量の削減に大きく寄与している。

表3-29 バイオガス精製装置の使用電力比較

対象	新型		従来型		削減率 (削減量)	
	最大処理能力 300 m <sup>3</sup> N/h 1段圧縮・水潤滑式	装置仕様	最大処理能力 330 m <sup>3</sup> N/h 2段圧縮・断熱圧縮	装置仕様		
処理ガス量	300 m <sup>3</sup> N/h	装置仕様	300 m <sup>3</sup> N/h	装置仕様		
使用 電力量	全体	111.2 kW	125 kW	135.9 kW	158 kW	18.2% (24.7 kW)
	うち、ガス 圧縮機	39.8 kW	45 kW	58.0 kW	75 kW	31.4% (18.2 kW)

※力率を1として、kVAからkWに換算した値で記載している。

なお、実証施設における四季を通じた運転データに基づく、従来型バイオガス精製装置に対する新型バイオガス精製装置の動力削減効果は、バイオガス精製装置全体で18%となった。詳細は資料編に示す。

(2) 脱水性向上および汚泥焼却補助燃料削減効果

木質系バイオマスの受け入れに伴う脱水性向上および汚泥焼却設備における補助燃料低減効果を、以下に示す。

木質系バイオマスの受け入れに伴い消化汚泥に含まれる繊維状物の量が増加することによって、消化汚泥の脱水性が向上する。処理能力 1 m<sup>3</sup>/h 規模の試験用脱水機（回転加圧式）を用いて、地域バイオマス添加ありの条件で脱水性試験を実施した。比較に用いた地域バイオマス添加なしの条件についても、同じく処理能力 1 m<sup>3</sup>/h 規模の試験用脱水機（回転加圧式）でデータを取得した。

表 3-30 に示されるように、地域バイオマスの受け入れにより、脱水汚泥の含水率は 3 ポイント以上向上する結果が得られた。

表 3-30 脱水性確認試験結果

	脱水汚泥含水率
	%
地域バイオマスあり※	79.6
地域バイオマスなし	82.9

※木質添加率：0.8%（湿重量ベース）

表 3-30 の実験データを用いて、後段の汚泥焼却設備における補助燃料コスト削減効果および温室効果ガス排出量削減効果を算出した結果を表 3-31 に示す。補助燃料は熱量 44.8 MJ/m<sup>3</sup>N の都市ガスとして、R-2 システム（流動焼却、乾燥機なし）の場合の補助燃料削減率を計算したところ、28%の補助燃料使用量削減効果が認められた。地域バイオマスありの条件では含水率が 3 ポイント以上向上し、また、脱水汚泥中の可燃物濃度（強熱減量）は約 6 %上昇し、低位発熱量も高くなっていることから、脱水汚泥量は 10%程度増加しているにもかかわらず、補助燃料使用量削減効果が得られる。

表 3-31 汚泥焼却工程への影響

(処理規模：下水汚泥 7 t-ds/日＋地域バイオマス 3.4 t-ds/日)

	脱水汚泥				焼却設備補助燃料（都市ガス）		
	発生量	含水率	強熱減量 (600℃)	低位 発熱量	使用量	コスト	温室効果ガス 排出量
	t-wet/日	%	%-ds	kJ/kg-ds	m <sup>3</sup> N/日	百万円/年	t-CO <sub>2</sub> /年
革新的技術	27.3	79.6	78.4	16,700	1,110	32.0	893
従来技術	24.6	82.9	72.6	15,800	1,550	44.6	1,247
削減率	—	—	—	—	28%		

(3) 鋼板製消化槽の工期短縮効果

有効容量 4,000 m<sup>3</sup> 規模で消化槽の全体工期を比較した結果、鋼板製消化槽は、PC 製卵形消化槽と比較して、約 50% (592 日→273 日、休日含む) の工期短縮効果が認められる(表 3-32 参照)。これは、鋼板製にすることで工場製作範囲を増加させることが可能となり、工場で加工した鋼板を現地で組立・溶接することによって消化槽を製作できるためである。この結果、現地工事期間を短縮することができる。

表 3-32 消化槽の工期比較例

PC製卵形消化槽(従来技術)〈容積:4000m<sup>3</sup>〉・・・実績工程例

		月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	所要日数
土木工事				掘削・杭																			105
本体工事	円錐部																						15
	リング基礎																						36
	側壁工																						115
	管廊・ガスドーム																						106
	防食塗装																						50
機械工事																							181
電気工事																							196
工事開始～完成																							592

高機能鋼板製消化槽(革新的技術)〈容積:4000m<sup>3</sup>〉・・・標準工程

		月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	所要日数
土木工事				杭・配筋・基礎コン																			105
本体工事	工場製作			材料手配・板加工																			90
	現地組立・溶接																						75
	攪拌機取付																						3
	塗装・保温																						61
機械工事																							60
電気工事																							60
製作開始～完了																							273

(4) 新型バイオガス精製装置の工期短縮効果

バイオガス処理能力 300 m<sup>3</sup>N/h 規模でバイオガス精製装置の全体工期を比較した結果、新型バイオガス精製装置は、従来型と比較して、約 50% (220 日→110 日、休日含む) の工期短縮効果が認められる (表 3-33 参照)。特に、現地工事期間は、約 1/3 (98 日→32 日、休日含む) に短縮することができる。これは、装置全体をパッケージ化することによって現地工事比率を大幅に低減することが可能となるためである。

表 3-33 バイオガス精製装置の工期比較例

従来型バイオガス精製装置 (従来技術) <処理能力: 330 m<sup>3</sup>N/h> . . . 実績工程例

	月	1	2	3	4	5	6	7	8	所要日数
土木工事		掘削・杭・配筋・基礎コン								55
工場製作			工場製作・検査							60
輸送					輸送					29
現地工事						据付・電気工事・保温				98
工事開始～完了		→								220

新型バイオガス精製装置 (革新的技術) <処理能力: 300 m<sup>3</sup>N/h> . . . 標準工程

	月	1	2	3	4	5	6	7	8	所要日数
土木工事		掘削・杭・配筋・基礎コン								47
工場製作		工場製作・組立・検査								71
輸送				輸送						28
現地工事				据付・電気工事・保温						32
工事開始～完了		→								110

(5) 円筒形ガスホルダの工期短縮効果

ガスホルダの全体工期を比較した結果、円筒形中圧ガスホルダは、従来技術の低圧ガスホルダと比較して、約 50% (243 日→115 日、休日含む) の工期短縮効果が認められる (表 3-34 参照)。特に、現地工事期間は、約 1/50 (197 日→4 日、休日含む) と大幅に短縮することができる。これは、高圧水吸収方式による精製時の圧力 (0.9 MPa 程度) を活用した 0.8 MPa 程度の中圧貯蔵とすることによってガスの容積が約 1/10 になること、および、二酸化炭素が除去された精製バイオ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ってガスの貯蔵に必要な容器容積が従来技術の 7%程度に小さくなり、ガスホルダを円筒形にすると工場完成品のトラック輸送が可能となるためである。従来は現地での溶接、非破壊検査、塗装等が必要であった

が、本技術ではこれらすべてを製作工場で行うことが可能であり、必要な現地作業は、工場完成品の搬入・据付のみとなる。

表3-34 ガスホルダの工期比較例

低圧ガスホルダ(従来技術) (容量:2,500m<sup>3</sup>N, 数量:1基)

	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	所要日数
土木工事		杭・基礎									45
工場製作		材料手配・板加工									45
現地工事			搬入・組立・溶接・塗装・検査								197
<b>工事開始～完成</b>											<b>243</b>

球形中圧ガスホルダ(参考従来技術) (貯蔵容量:1,500m<sup>3</sup>N, 数量:1基)・・・実績工程

	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	所要日数
土木工事		杭・基礎									59
工場製作		材料手配・板加工									69
現地工事			搬入・組立・溶接・塗装・検査								85
<b>工事開始～完成</b>											<b>155</b>

円筒形中圧ガスホルダ(革新的技術) (貯蔵容量:500m<sup>3</sup>N/基, 数量:3基)・・・今回実績

	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	所要日数
土木工事			杭・基礎								66
工場製作		材料手配・板加工	組立・溶接・検査								79
現地工事				現地搬入・据付							4
<b>製作開始～完成</b>											<b>115</b>

(6) 新型バイオガス精製装置の精製性能

新型バイオガス精製装置の原理は、従来型バイオガス精製装置と同様に高圧水吸収法であり、従来型と同様に高品位な精製バイオガスが得られる（表3-35参照）。天然ガス自動車の燃料として供給する場合の管理基準を、常に満たしていることが確認できている。

表3-35 バイオガス精製装置の精製性能比較

対象ガス		新型精製装置				従来型 精製装置	管理基準※
		バイオ ガス	精製バイ オガス	バイオ ガス	精製バイ オガス	精製バイオ ガス	精製バイオ ガス
処理ガス量	m <sup>3</sup> N/h	280		300		270	—
メタン	vol%	61.5	98.6	60.5	98.6	98.2	97以上
二酸化炭素	vol%	38.1	0.32	39.2	<0.1	0.97	—
	除去率%	—	99.2	—	99.7	—	—
酸素	vol%	<0.1	0.27	0.28	0.28	0.17	4未満
硫化水素	ppm	420	0.02	540	<0.01	0.06	0.1以下
	除去率%	—	99.995	—	99.998	—	—
水分 (露点換算)	vol%	3.4	—	1.2	—	—	—
	℃	—	<-55	—	<-55	<-55	-51以下
シロキサン	mg/m <sup>3</sup> N	41.8	D3~D6 各々 <0.005	42.9	D3~D6 各々 <0.005	D3~D6 各々 <0.005	1以下
	除去率%	—	99.98 以上	—	99.98 以上	—	—

※天然ガス自動車燃料としての管理基準「消化ガスのバイオ天然ガス化共同研究報告書」(神戸市, 独立行政法人土木研究所, 株式会社神鋼環境ソリューション, 平成18年12月)

(7) 新型バイオガス精製・貯留・圧送システムの設置面積削減効果

新型バイオガス精製・貯留・圧送システムの設置面積を、規模別の標準図を作成して従来技術の「乾式脱硫+低圧ガスホルダ」と比較すると、図3-9のとおりとなる。同じバイオガス処理能力で比較すると、50%以上の設置面積削減効果が認められ、基礎工事コストの削減効果がある。

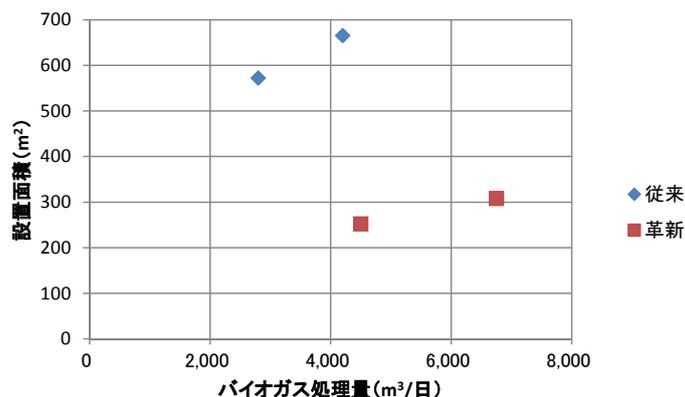


図3-9 新型バイオガス精製・貯留・圧送システムの設置面積比較

(8) 高効率ヒートポンプによるエネルギー使用量削減効果

ヒートポンプの性能は、COP（成績係数：消費電力の何倍の熱量をヒートポンプから取り出せるか）で表わされる。同じ熱量の温水を供給する際の、ヒートポンプでの消費電力量と従来技術である温水ボイラでの消費熱量を比較すると、以下の関係式が成立する。

$$\text{ヒートポンプ消費電力量} \times \text{COP} = \text{温水ボイラ消費熱量} \times \text{ボイラ効率}$$

また、ヒートポンプでの消費電力量から1次エネルギーに換算してエネルギー使用量を算出すると、以下の式で表される。

$$\text{ヒートポンプでのエネルギー使用量} = \text{ヒートポンプ消費電力量} \div \text{発電効率}$$

したがって、高効率ヒートポンプを採用することによるエネルギー使用量削減率は、以下の式で求められる。

$$\text{エネルギー使用量削減率 (\%)} =$$

$$= (1 - \text{ヒートポンプでのエネルギー使用量} \div \text{温水ボイラ消費熱量}) \times 100$$

$$= (1 - \text{ボイラ効率} \div \text{COP} \div \text{発電効率}) \times 100$$

実証施設で取得した、熱源である放流水の温度とヒートポンプ COP の関係を図3-10に示す。熱源である放流水温度が高いほどヒートポンプの効率が向上し、COP は高くなる。ヒートポンプによる加温熱量が150 kWのときの値で比較すると、放流水温度が20℃程度の冬季にはCOPが2.7程度であったのに対し、放流水温度が30℃程度の夏季にはCOPは3.1程度に上昇した。

同じく実証施設で取得した、ヒートポンプで供給する温水温度とCOPの関係を図3-11に示す。熱源の温度が一定の範囲にある場合、ヒートポンプで供給する温水の温度が低い方がヒートポンプの効率は向上し、COPは高くなる。ヒートポンプによる加温熱量が250 kWのときの値で比較すると、供給温水温度が約80℃のときCOPは2.9程度であるのに対し、供給温水温度が約60℃のときCOPは3.5程度に上昇した。

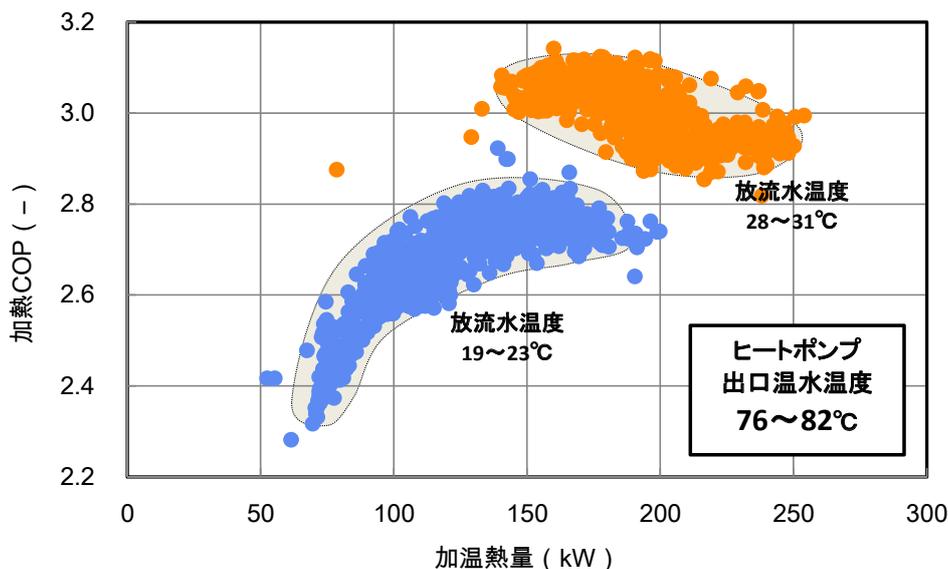


図 3-10 熱源（放流水）温度とヒートポンプ COP の関係（供給温水：80°C程度）

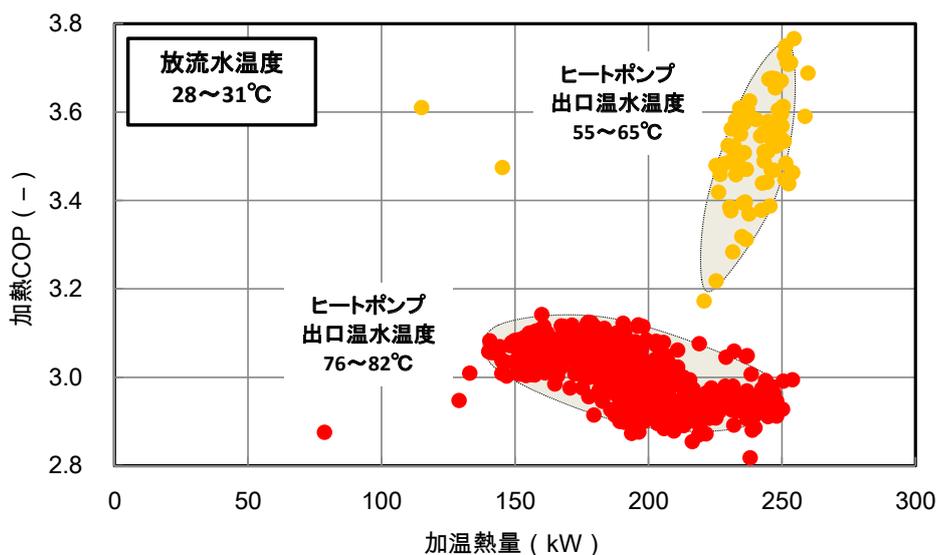


図 3-11 ヒートポンプ供給温水温度と COP の関係（熱源温度：30°C程度）

温水ボイラのボイラ効率を 86%，1 次エネルギー換算時の発電効率を 40%として，前述の計算式を用いてエネルギー使用量削減率を算出すると，COP が 2.7 のときのエネルギー使用量削減効果は 20%程度，COP が 3 のときのエネルギー使用量削減効果は 28%程度で，COP が 3.5 のときのエネルギー使用量削減効果は 38%程度となる。

以上より，高効率ヒートポンプで 20°C以上の未利用熱源を利用した場合，20%以上のエネルギー使用量削減効果が得られる。実際の運用における最適運転条件は，温水供給温度を変化させて確認運転を行って決定することとし，消化槽を安定に加温することが可能な範囲内で温水供給温度を低下させた条件で運転することによって，さらに大きなエネルギー削減効果が得られる。