

【課題名】建物運用時に発生する高油分有機性廃棄物からのバイオガス回収技術の開発・実証(委託)

【代表者】株式会社竹中工務店 加藤利崇

【実施予定年度】平成30~31年度

(1)課題概要

①【課題の概要・目的】

食品小売業や外食産業飲食店から排出される厨芥、厨房排水はメタン発酵によりエネルギーを回収できるが、その多くが焼却処分されている。(株)竹中工務店では、厨芥、厨房排水から建物内で経済的にバイオガスを回収して利用するシステムを開発し、2014年に商用機として大規模複合ビルあべのハルカスに導入した。現在、年間262tのCO₂削減を実現している。油分はバイオガス生成量が多いが、多量に混入すると発酵阻害が起こるため、前段で相当量の油分を除去する必要がある。これを除去せず発酵できれば、CO₂の削減量は1.5倍以上と大幅な増加が見込まれる。これまでの実績からVS(揮発性固形物)量を補完する副資材の投入により、油分の除去なくメタン発酵ができる可能性が示唆されている。本技術開発においてはこれを実証するものであり、本技術開発を通じて、現行の技術よりさらに高効率、経済的にエネルギーを回収することができ、CO₂削減に大きく貢献できる。

重点課題への該当:4-⑤

②【技術開発の内容】

○重要な開発要素

A1.【発酵副資材選定】

運転実績から、投入可能な油分量はVS量に対する比(以下、n-Hex/VSと称す)に依存することが示唆されている。ジャーファメンターを用いた室内発酵試験によりこの比を調整するのに適した副資材(廃糖蜜など)を選定する。

A2.【処理可能な油分比の把握】

発酵副資材は投入可能な油分比が高い方がその使用量を削減できる。当社の施工実績からn-Hex/VSのおおよその推定をしているが、どこまでこの比を上げて投入できるかは不明であるため、実証試験によりこれを明確にする。

A3.【副資材による高油分運転実証】

日々の投入変動に対し、どのように副資材を投入していくかのシーケンスを構築する必要がある。観測の容易なメタンガス濃度、ガス量等から失活への早期対応策などを実証運転で検証し確立する。

その他の開発要素:

A4【商品化】

販売には経済性が重要であり、ユニット化、機器の省エネ化等によりイニシャル及びランニングコストの低減を検討する。

B. 開発要素のシステム統合

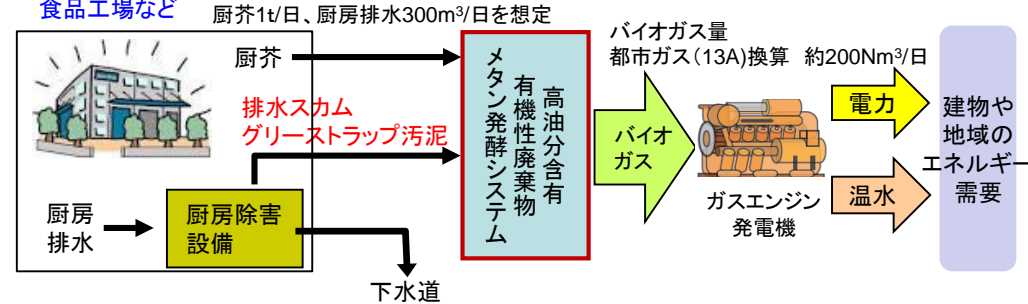
実績のある技術に対し、一部付加させることによってより高度なものにする開発であり、開発要素のシステム統合に課題はないと考えられる。

C. その実証

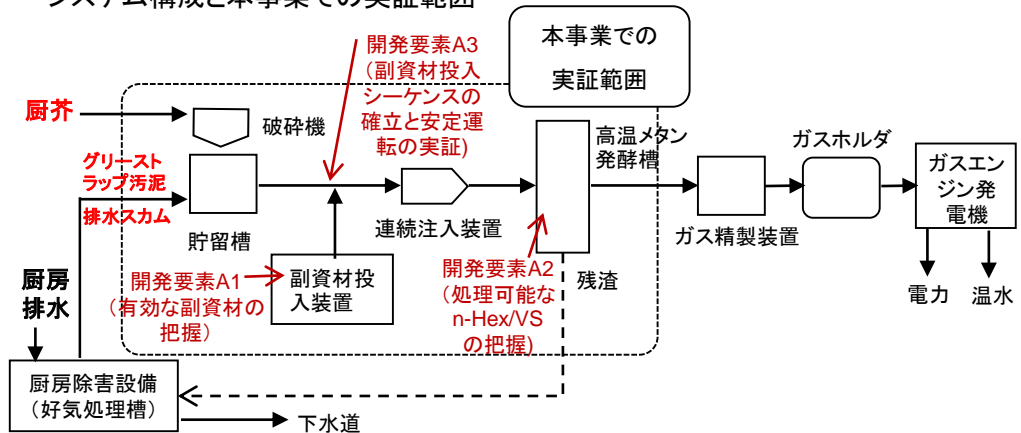
A3に示した課題を解決した上で90日程度の連続運転を実施予定であるが、開発課題を解決しておけば、その実証に課題はない。

③【システム構成】

- ・適用イメージ
商業施設、ホテル
食品工場など



・システム構成と本事業での実証範囲



④【技術開発の目標・リスク】

○想定ユーザ・利用価値: 商業施設、ホテル、食品工場等の経済的なCO₂削減

○目標となる仕様及び性能:

仕様:

主な装置: 原料槽、メタン発酵槽、ばっき槽、加圧浮上槽、副資材投入装置

処理能力: 厨芥1t/日、厨房排水300m³(現在と同等)

グリーストラップ汚泥及び含油スカム処理可(現在は全量処理不可)

性能: 投資回収7年(現在は約10年)、CO₂削減量 230t(現在は125t)

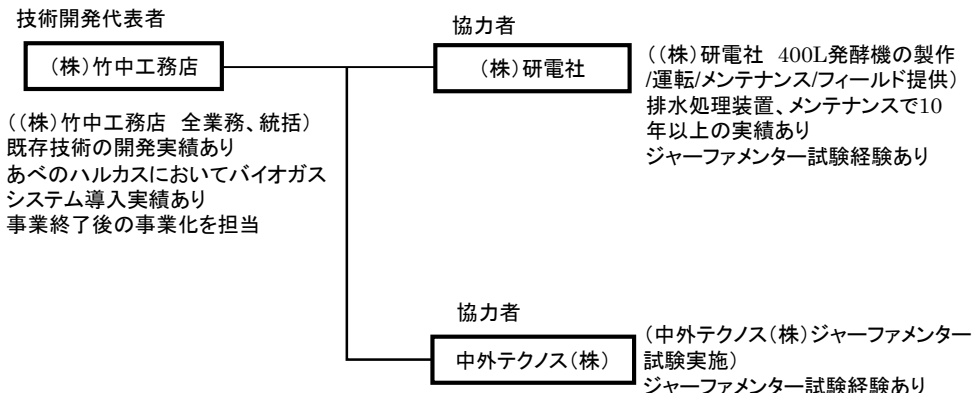
○開発工程のリスク・対応策:

過剰な油分投入による失活からの回復に時間を要するため、失活の予兆を早くつかめるような管理・分析体制をとる。

(2)実施計画等

①【実施体制】

(株)竹中工務店が本事業の全てを実施し、事業終了後の製品化・提案を実施する。本事業の実施にあたっては、400L発酵槽の製作、設置、メンテナンスで(株)研電社の協力を得る。本技術開発で施工に関する協力会社は限定しないため、協力者としての参画である。



②【実施スケジュール】

発酵副資材を選定し、400L発酵機を設置し、90日程度の発酵試験で、処理可能な油分比を把握する。これらの知見を元に400L発酵機で90日程度高油分運転を実施し、発酵副資材投入シーケンスを確立する。その後90日程度実証運転を実施する。本事業終了後、迅速に提案活動へと移行できるよう、販売できるシステムとしての商品化の検討を実施し、本事業の完了とする。

	平成30年度	平成31年度
A-1 発酵副資材の選定	←→	
	7,984千円	
400L発酵機設置	←→	
	(A-2、A-3に含める)	
A-2 処理可能な油分比の把握	←→	
	29,912千円	
A-3 副資材による高油分運転実証	←→	←→
	5,076千円	22,388千円
A-4 商品化検討		←→
		2,084千円
その他経費(一般管理費)	6,446千円	3,671千円
合計	49,418千円	28,143千円

③【事業化・普及の見込み】

○事業化計画

事業化を担う主たる事業者	株式会社竹中工務店
--------------	-----------

本事業終了時に商品化を済ませ、その後以下のように事業化を計画している。

- ・2020年までに、1件の導入実績を作る。
- ・2025年までに3件程度の実績を作り、特殊な設備から一般的に認知された設備へと市場イメージを変革する。
- ・2024年までに、建物設備としての商品化を済ませ、イニシャルコスト低減を図る。
- ・2025年を目処とし、販売、メンテナンスネットワークを組織する。

○事業展開における普及の見込み

- ・市場が明確な商業施設を対象として事業展開を検討した。
- ・既存技術はイニシャルコストが1.5億円、投資回収年数が10年である。
- ・本事業の実施により、イニシャルコストは変わらないが投資回収年数を7年とする。
- ・CO₂削減量は1台あたり既存技術で125t/年であるが、本事業の実施により230t/年を目標とする。

○年度別販売見込み

【提案時当初計画】 ※実施期間中における分科会等で計画変更が認められた場合等はその設定値

年度	2020	2025	2030
目標販売台数(台)	1	6	6
目標累積販売台数(台)	1	23	53
目標販売価格(円/台)	150,000,000	140,000,000	140,000,000

【現時点見込み】

年度	2020	2022	2030	2050
目標販売台数(台)	1	1	5	5
目標累積販売台数(台)	1	3	35	135
目標販売価格(円/台)	190,000,000	190,000,000	170,000,000	170,000,000

○普及におけるリスク(課題・障害)

- ・建物運用者が、厨芥、厨房排水由来の廃棄物を外部に搬出することに慣れており、自分で処理することに対する抵抗感がある。
- ・このため、導入件数がある程度増加するまでは、通常と同類設備の投資回収年数よりも短い年数で回収できる設備とする必要があり、国による助成も望まれる。
- ・複数建物で面的に導入することも考えられるが、廃棄物処理法、建築基準法等との整合性の確認が必要である。

(3)技術開発成果

①【これまでの成果】

- ・11種の副資材を抽出し、バッチ試験及び10L規模のジャーテストの実施により、有望な副資材として厨芥乾燥物・廃シロップ及び廃スターチの3種を選定した
- ・400L規模の装置を作製して連続的な発酵試験を行い、油分比(n-Hex/VS)が0.30~0.40まで、VS容積負荷が4.0kg-VS/m³/日まで安定運転可能なことを実証
- ・油分比(n-Hex/VS)を0.30、VS容積負荷を3.5 kg-VS/m³/日とした条件で、副資材に厨芥乾燥物を用いて約150日間の安定運転を実証した
- ・既存システム(1.8億円)に、300万円~1,000万円の装置(法定耐用年数7年)を付加することにより、年間240tのCO₂削減を見込むことができる

②【エネルギー起源CO₂削減効果】

【提案時当初計画】 ※実施期間中における分科会等で計画変更が認められた場合等はその設定値

開発品(装置/システム)1台当たりの単年度CO ₂ 削減量 (t-CO ₂ /台・年)	230
開発品(装置/システム)の法定耐用年数	7年

年度	2020	2022	2025	2030
単年度CO ₂ 削減量 (万t-CO ₂ /年)	0.16	0.32	0.97	0.97
累積CO ₂ 削減量(万t-CO ₂)	0.16	0.80	3.7	8.5
CO ₂ 削減コスト(円/t-CO ₂)	93,167	93,167	86,956	86,956

【現時点見込み】

開発品(装置/システム)1台当たりの単年度CO ₂ 削減量 (t-CO ₂ /台・年)	240
開発品(装置/システム)の法定耐用年数	7年

年度	2020	2022	2030	2050
単年度CO ₂ 削減量 (万t-CO ₂ /年)	0	0.16	0.84	0.84
累積CO ₂ 削減量(万t-CO ₂)	0	0.16	5.8	22.6
CO ₂ 削減コスト(円/t-CO ₂)	-	118,012	105,590	105,590

③【成果発表状況】

- ・2019年2月 21世紀播磨科学技術フォーラム第56回セミナー(21世紀播磨科学技術フォーラム)
- ・2019年11月 当社技術研究所公開セミナー(当社)
- ・2019年12月 第1回バイオマスセミナー(近畿経済産業局)
- ・2019年12月 エコプロダクツ展(環境省発表)
- ・2020年2月 愛媛県バイオマス利活用推進協議会(愛媛県)
- ・2019年度 資源エネルギー学会講演予稿集「メタン発酵による高油分有機性廃棄物からのエネルギー回収」
- ・2019年度 水環境学会シンポジウム講演予稿集「高油分原料を処理するメタン発酵施設における高級脂肪酸簡易分析法の条件検討」
- ・2019年度 水環境学会大会講演予稿集「建物運用時に発生する高油分有機性廃棄物のメタン発酵技術の開発」

④【技術開発終了後の事業展開】

○量産化・販売計画

- ・2021年末までに、既存施設に導入し、2022年に実績PR開始
- ・2021年末までに、ユニット化、生産体制の整備によってシステム全体の低コスト化を推進
- ・2023年を目処として、ノウハウの実施許諾による低コストでの生産体制による定常的な販売を開始、海外への販路広げる

○事業拡大シナリオ

年度	2020	2021	2023	2025 (最終目標)
既施設への導入				
生産体制の整備				
定常的な販売事業開始				
海外販路拡大				

○シナリオ実現上の課題

- ・事業化に向けた生産体制の整備(ノウハウ実施許諾、ファブレスによる生産)
- ・低コスト化のためのユニット化による設置作業簡素化
- ・建築基準法における阻集器設置義務の解釈変更の活動
- ・海外への事業展開に向けた海外動向調査
- ・海外生産体制の整備(パートナー企業の育成) 等

○参考資料1 CO2削減効果について

○2020年時点の削減効果

- ・実績見込みなし

○2022年時点の削減効果（試算方法パターン C, II - i）

- ・実績として1台納入稼働
- ・開発機器（システム、モデル）1台当たりのCO2削減量：240t/年（従来の本システムを導入しない場合に対する削減量）
- ・削減原単位（副資材として廃シロップを利用の場合）

厨芥発生量を1 t/日、厨房排水由来の排水スカムとGT スカムの混合物の投入量が1.07 t/日、副資材として廃シロップを0.54 t/日を添加、合計投入量2.51 t/日（n-hex/VS=0.30）（VS 328 kg、n-Hex 99 kg）が原料となる。

厨芥のトラックによる運搬回避による省CO2 量2.8 t-CO2/年、バイオガスのコジェネ利用による電力、都市ガス代替169.6 t-CO2/年（バイオガス341.8 Nm3、メタン濃度65%、コジェネの発電効率35%、熱供給効率50%）、厨房排水余剰汚泥、GT スカム及び店舗スカムの外部焼却処理回避62.8 t-CO2/年（従来方式では0.028 t-DS/日の厨房排水余剰汚泥、0.084 t-DS/日のGT スカムが発生する。今計画では発生が回避、1.535kg- CO2/kg-汚泥DSを原単位）、厨房排水余剰汚泥、GT スカム及び店舗スカムのバキューム車での運搬回避による省CO2 量1.5 t-CO2/年（厨房排水余剰汚泥の含水率を97%とし、店舗スカムとGT スカムは1.07 t/日を0.6m3/日に脱水して搬出するものとする。トラック1 台当たり走行20 km、4 m3 の積載が可能、トラックの燃費は4 km/L とすると、厨房排水余剰汚泥の運搬回避による省CO2 量は、0.79 t-CO2/年である。また、バイオガス設備に投入するGT スカムの運搬回避による省CO2 量は、0.70 t-CO2/年）、副資材の運搬に関するCO2 量6.6t-CO2/年（往復でトラック1 台当たり52 km の距離を走行するものとし、1 台当たり1 t の副資材を積載し、トラックの燃費は4 km/L-軽油）、副資材の処理に関するCO2 量2.4 t-CO2/年（廃シロップの排水処理のために発生するCO2）

上記を合計すると、バイオガス導入によるCO2 削減量は232.8 t-CO2/年

- ・累積CO2削減量：0.024万t-CO2（1台分のみ）
- ・CO2削減コスト 1.9億円 ÷ (240t-CO2/台 × 7年) = 118,012円/t-CO2

○2030年時点の削減効果（試算方法パターン B-a, II - i）

- ・国内潜在市場規模：4,333台（食品製造業/総務省「経済センサス」の売り上げからの廃棄物量の予測、商業施設（百貨店協会による規模別店舗数）に基づき推計）
- ・2030年度までに目指す普及量：35台（既存店舗2店舗及び新築商業施設の50%（3店舗）への導入）
- ・開発機器1台当たりのCO2削減量：240t/年
- ・削減原単位：2022年に同じ
- ・累積CO2削減量：5.8万t-CO2
- ・CO2削減コスト1.7億円 ÷ (240t-CO2/台 × 7年) = 105,590円/t-CO2

○2050年時点の削減効果（試算方法パターン B-a, II - i）

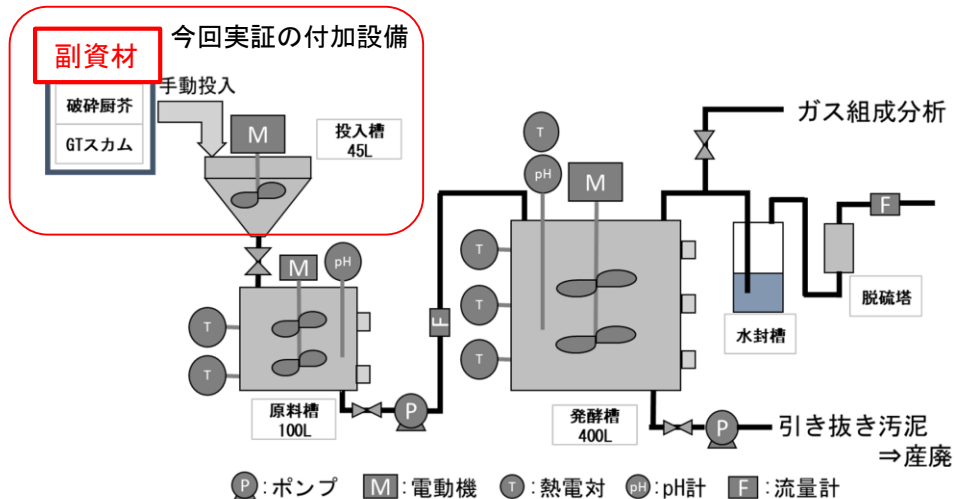
- ・同上で年間5件の新規導入
- ・2050年度までに目指す普及量：135台（既存店舗2店舗及び新築商業施設の50%（3店舗）への導入）
- ・累積CO2削減量：22.6万t-CO2
- ・CO2削減コスト1.7億円 ÷ (240t-CO2/台 × 7年) = 105,590円/t-CO2

○参考資料2 事業化計画について

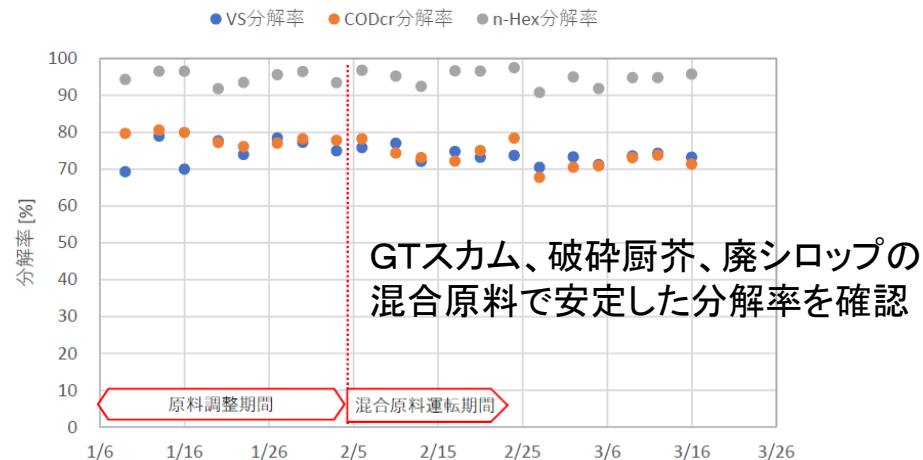
項目	備考	2020	2021	2022	2023	2024	2025
既存施設への導入	既存施設へ導入し実績をPRする	協議	導入	データ取り	PR		
実施許諾のための準備	開発全体を特許化。ノウハウを許諾できるようにまとめる	実施許諾用技術集の作成/特許審査					
低コスト化	ユニット化検討(図面作成)、既存施設におけるデータ取得による設備の簡素化						
生産体制の構築	OEMメーカーの開拓と設計体制の構築						
販売ターゲットの絞り込み	市場調査結果を受けたターゲットの絞り込み	市場調査		ターゲットの絞り込みとPR			
メンテナンス体制	保守会社の育成と委託体制の構築						
海外生産体制の確立	海外での生産保守体制の構築						
建築基準法上の解釈	建築基準法上の阻集器の設置義務の解釈を本設備の設置により不要とする。						

○参考資料3 その他

①実証設備概略図



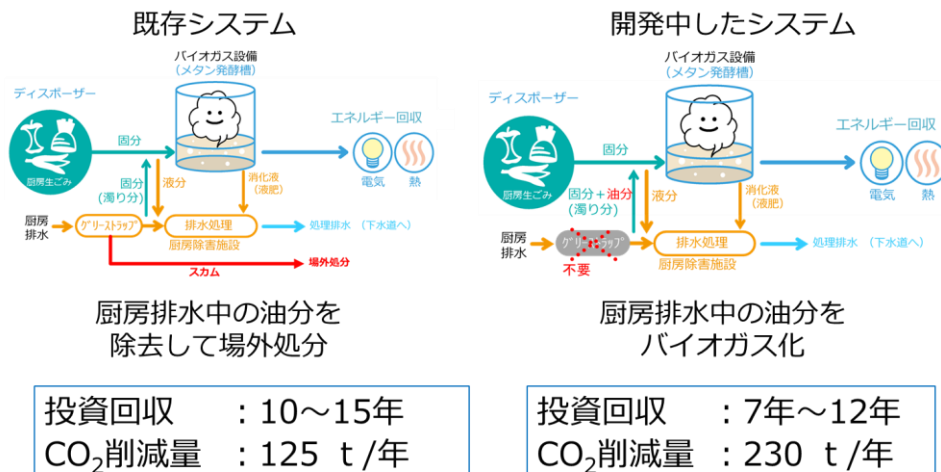
③実証試験結果



②実証設備設置状況



④導入イメージ及び効果



CO₂排出削減対策技術評価委員会による終了課題事後評価の結果

・ 評価点 7.0 点 (10点満点中)

・ 評価コメント

【評価される点】

- 廃棄物として処理していたグリーストラップ汚泥を、副資材によって希釈しバイオガスを回収するというシステムは、広く一般的な技術となりうるもので、評価できる。
- 食料と競合せず、常温で長期間保存でき、安価である11種類の副資材の中からバイオガス発生に特に有望な3種の副資材を選定し、安定運転可能な油分比を見出して約150日間実証し、当初計画をやや上回るCO₂削減量を確認した点は評価できる。
- 投資回収年数が目標の7年をわずかに超えたが、実用化のため、特定した3種の副資材の安定的な供給に目途をつけていることは評価できる。
- 先行施設(あべのハルカス)の事例も含め、成果発表を積極的に行った点は評価できる。

【今後の課題】

- 設備のコンパクト化、付加設備の低コスト化、安価な副資材の調達等を進めて投資回収年数の短縮に努め、多様な業界の企業と連携して社会実装の実現化が望まれる。本開発設備でも過剰な油分が失活に繋がることから、事前調整槽における油分の検出をユニット化し量産体制が構築できれば、導入コストはかなり下げられると思われる。
- 社会普及に繋げる一歩として、本システムにおける廃棄物の質・量、副資材の投入量(湿重量、VS量、n-Hex量)、ガス発生量等の物質フローと、電力消費・発生量等のエネルギー収支、そして個々のプロセスにおけるCO₂排出量等、開発設備のパフォーマンスを分かりやすく説明し、商業施設、ホテル、食品工場等の想定ユーザーからの認知・理解を獲得していくことが望まれる。
- 本開発設備は既存システムへの付加設備であり、営業・販売面ではこれまでの取り組みの延長線上にある。副資材投入装置が加わることで設備のメンテナンス条件が変わることから、ユーザー側の要望を十分に集約して、低コスト化と省力化を同時に達成するように取り組むことが望まれる。

【その他特記事項】

- ビルの飲食店からの汚水の水質・水量の変動が激しいことから、小型の装置では管理が難しく、そこに人手がかかるとコストが高くなると思われる。実用化にあたっては導入拠点ごとのカスタマイズが可能なシステムの構築が必要である。
- CO₂削減の効果として、外部焼却処理回避が大きな割合を占めているが、焼却処理する汚泥やスカムはバイオマス由来であるため、「カーボンニュートラル」の観点を踏まえて、より精緻なCO₂削減効果の検討が望まれる。