

令和3年度

C02 排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業

無加温 UASB 法による厨房排水からの
バイオガス回収に関する技術開発

報告書

令和4年3月

株式会社竹中工務店

令和3年度CO₂排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業
(無加温UASB法による厨房排水からのバイオガス回収に関する技術開発)

株式会社竹中工務店

1. 本事業の目的

建物内で厨芥と厨房排水を対象としたメタン発酵が2014年に商用化された。商用化システムでは、油分を原因とするメタン発酵阻害を回避するために、原料から油分除去を行ってきたが、平成30～31年度に除去していた油分を全量メタン発酵するシステムが開発された。

一方で、商用化システム、平成30～31年度開発システムでも、微細な固形分と溶解性の有機物が排水中に残存し、好気性排水処理でエネルギーを消費して処理されている。更なるCO₂排出削減を行うためには液中の有機物からエネルギーを回収すること、好気性処理でのエネルギー消費を削減することが有効である。加温と曝気のためのエネルギーが不要で排水中有機物をバイオガスに変換可能な無加温UASB法を厨房排水の処理に適用できれば高いCO₂削減効果が期待できる。そこで本事業では、厨房排水処理に無加温UASB法を適用する場合の処理可能な水質の確認とその水質を達成するために必要な前処理について検討したうえで、平成30～31年度の事業で開発したシステムを組み合わせ、厨芥処理量1t/日、厨房排水処理量300m³/日規模のシステムを評価、商品化することを目的とする。

2. 本事業の実施内容

本事業では、商業施設における水質と排水量の変動幅を把握するための調査、無加温UASB法において、水温25℃程度、水理的滞留時間(以下、HRT)12時間以内の条件下で下水道放流基準を達成可能なSSと油分の上限を把握するための連続処理試験を行い、図1に示す開発システムの性能評価を行った。さらに事業化シナリオを検討するために、知的財産取得に関する検討、販売ターゲットの絞り込み、アライアンスの検討を行った。なお連続処理試験で使用した試験機は補助事業を活用して整備した。

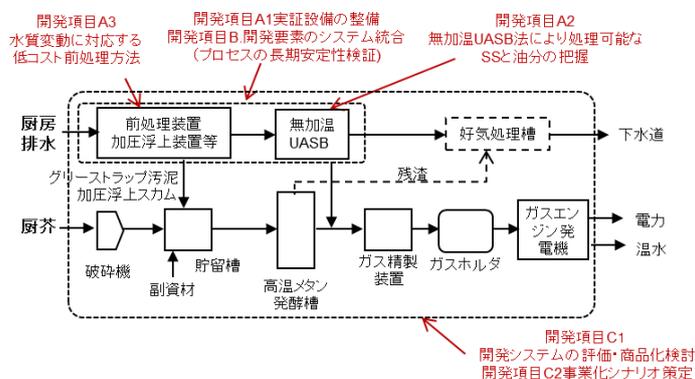


図1 開発システム

3. 本事業の成果

1) 無加温 UASB 法により処理可能な SS と油分の把握

(1) 汚泥の馴致

既設の食品庫場排水処理に用いられていた中温グラニュー汚泥を調達し、人工排水によって 25°C の環境下に馴致した。人工排水においては HRT12 h、COD_{Cr} 容積負荷 2.0 kg/m³/日、水温 25°C 程度の状況下で安定したメタン生成と処理水が下水道放流基準を達成できることを確認した。

(2) SS 濃度と油分濃度を変数とした連続処理試験

実際の厨房排水を油水分離、加圧浮上処理した処理水を原料として、無加温 UASB の連続処理試験を実施した。HRT12 h、COD_{Cr} 容積負荷 2.0 kg/m³/日、水温 25 °C 程度の状況下では流入 SS 150 mg/L、n-Hex 50 mg/L においても、安定したメタン生成量が確認され、下水道放流基準も満足する結果となった。

2) 開発システムの評価

今年度の試験結果を踏まえ、商用化されたシステムと平成 30~31 年度開発システムの厨房除害設備を無加温 UASB に代替したシステムについて、評価を行った。厨芥処理量 1 t/日、厨房排水処理量 300 m³/日規模のシステムではそれぞれ CO₂ 削減効果が 168 t/年と 294 t/年、投資回収年数が 11.8 年と 6.5 年となった。

3) 事業化シナリオの検討

販売ターゲットを絞り込むために文献調査によって潜在的な市場規模を推定した上で、導入が見込まれる業種を選定、ヒアリングを行い、既存施設においては郊外エンクローズ型ショッピングセンターが最も有望であることを確認した。またその他の業種において、導入に向けた課題を整理した。

4. まとめ

実際の厨房排水を用いた試験により、無加温 UASB への供給原水の SS と油分がそれぞれ 150mg/L、50mg/L でも安定した処理を確認できた。また開発済みのシステムと組み合わせることで、厨芥処理量 1t/日、厨房排水処理量 300m³/日規模で CO₂ 削減効果が 294 t/年、投資回収年数が 6.5 年となった。また事業化シナリオを検討し、導入が見込まれるユーザーの絞り込みと事業化に向けた課題の整理を行った。



図 汚泥搬入状況



図 試験装置外観



図 厨房排水の加圧処理状況

2021-2022 Low Carbon Technology Research and Development and
Demonstration Project
(Developing technology for biogas recovery from kitchen wastewater via
low-temperature UASB reactor)

Takenaka Corporation

1. Purpose of this project

Methane fermentation of kitchen waste and kitchen wastewater in buildings was commercialized in 2014. In this commercial methane fermentation system, oil is removed from the raw materials to avoid the inhibition of methane fermentation due to oil. However, in FY2018–2019, a system was developed that can ferment the removed oil with methane.

In both the commercialization system and FY2018–2019 development system, fine solids and soluble organic matter remain in the wastewater, which are treated through aerobic wastewater treatment by consuming energy. To further reduce CO₂ emissions, it is necessary to recover energy from organic substances in the liquid and reduce energy consumption in aerobic treatment. Low-temperature UASB (Up flow Anaerobic Sludge Blanket Process) does not require energy for heating and aeration and can convert organic matter in the wastewater into biogas. Applying this method to the treatment of kitchen wastewater likely leads to high CO₂ reduction. Therefore, the objective of this project is to confirm the quality of water that can be treated via the low-temperature UASB method and examine the pretreatments required to achieve desired water quality. Moreover, this study evaluates and commercializes a system involving a kitchen waste treatment amount of 1 t/day and a kitchen wastewater treatment amount of 300 m³/day by combining the system developed in the FY2018–2019 project.

2. Implementation details of this project

In this project, we aim to understand the variation range of water quality and wastewater volume in the commercial system and low-temperature UASB method. Therefore, a continuous treatment test was conducted to estimate the upper limit of SS and oil content that can achieve the desired sewerage discharge standard under the conditions of water temperature of approximately 25 degrees C and hydraulic retention time (HRT) of 12 h. Moreover, the performance of the development system was evaluated. Furthermore, to examine the commercialization scenario, we examined the acquisition of patent, limited the sales target, and examined the alliance. The testing machine used in the continuous treatment test was maintained using the subsidy project.

3. Results of this project

1) Estimating SS and oil content that can be treated via the low-temperature UASB method

(1) Sludge acclimatization

We procured medium-temperature granule sludge that was used for wastewater treatment in the existing pantry and used artificial wastewater to acclimatize it at a temperature of 25 degrees C. For artificial wastewater, stable methane generation and treated water with sewerage discharge standard can be achieved under the conditions of HRT of 12 h, Organic Loading Rate of 2.0 kg-CODcr/m³/day, and water temperature of approximately 25 degrees C.

(2) Continuous treatment test with SS concentration and oil concentration as variables

A continuous treatment test of low-temperature UASB method was conducted using the treated water, which was obtained by separating the actual kitchen wastewater into oil and water and subjecting it to pressure flotation. Stable methane production was confirmed at an inflow SS of 150 mg/L and n-Hex of 50 mg/L under the conditions of HRT of 12 h, Organic Loading Rate of 2.0 kg-CODcr/m³/day, and water temperature of approximately 25 degrees C; the sewerage discharge standard was also achieved.

2) Evaluation of developed system

Based on the test results of FY2021, we evaluated the commercialized system and low-temperature UASB system that replaced the kitchen waste disposal equipment of the system developed in FY2018–2019. In the system with a kitchen waste treatment amount of 1 t/day and kitchen wastewater treatment amount of 300 m³/day, CO₂ reductions of 168 t/year and 294 t/year were achieved, respectively, and the investment payback periods were 11.8 years and 6.5 years, respectively.

3) Examination of commercialization scenario

After estimating the potential market size through literature review to limit the sales target, we selected the industries that may be commenced and conducted interviews. Consequently, it was confirmed that the suburban enclosed shopping center is the most promising existing facility. In addition, the issues associated with the introduction of other industries were analyzed.

4. Conclusions

We conducted tests using kitchen wastewater to establish that stable treatment was achieved even when the SS and oil content of the raw water supplied to the low-temperature UASB were 150 mg/L and 50 mg/L, respectively. In addition, by combining with the developed system, CO₂ reductions of 294 t/year were achieved with the kitchen waste treatment amounts of 1 t/day and kitchen wastewater treatment amount 300 m³/day, respectively, and the investment payback period was 6.5 years. We also examined commercialization scenarios, limited the users who are expected to introduce them, and sorted out the issues associated with commercialization.

令和3年度CO₂排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業
(無加温UASB法による厨房排水からのバイオガス回収に関する技術開発)

第1章 業務概要.....	1
1. 業務の目的.....	1
2. 事業の全体像.....	2
1) 想定する開発システム.....	2
2) 技術開発の項目.....	3
3) 本事業での実施概要.....	4
3. 事業実施主体、実施体制.....	7
1) 事業実施主体.....	7
2) 実施体制.....	7
4. 目標設定.....	8
5. 事業スケジュール.....	9
第2章 実施内容とその成果.....	10
1. 【開発項目 A1】実証設備の整備.....	10
1) 設置準備.....	10
2) 設計.....	10
3) 製作.....	17
4) 試運転.....	21
2. 【開発項目 A2】無加温UASB法により処理可能なSSと油分の把握.....	22
1) 商業施設の厨房排水水質と排水量の調査.....	22
2) 汚泥の馴致.....	27
3) 厨房排水の調達と分析.....	42
4) SS濃度と油分濃度を変数とした連続処理試験.....	45
3. 【開発項目 C1】開発システムの評価・商品化検討.....	62
1) 物質収支の検討.....	62
2) エネルギー収支の検討.....	73
3) CO ₂ 排出削減効果の試算.....	80
4) 経済性の試算.....	85
4. 【開発項目 C2】事業化シナリオの検討.....	89
1) 知的財産取得に関する検討.....	89
2) 販売ターゲットの絞込み.....	89
3) アライアンスの検討.....	94
5. 検討会の開催.....	95

1) 第1回検討会の開催	95
2) 第2回検討会の開催.....	107

第1章 業務概要

1. 業務の目的

現在、建物運用時のCO₂削減を実現するために、当社では厨芥と厨房排水の固形分からバイオガスを回収する技術を開発し、建物内で厨芥と厨房排水を対象としたメタン発酵として日本で初めて2014年に「あべのハルカス」に導入した。導入したシステムでは、原料中の油分を原因とするメタン発酵阻害を回避するために、原料からの油分除去を行ってきたが、平成30～31年度に実施された本技術開発・実証事業『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』により、除去されていた油分も全量メタン発酵が可能となった。

一方で、商用化されたシステム、平成30～31年度開発システムでも、回収されなかった固形分と溶解性の有機物は排水中に残存（厨芥と厨房排水中の有機物の合計を100%とした場合39%）し、好気性排水処理でエネルギーを消費して処理される。更なるCO₂排出削減を行うためには液中に残存する有機物からエネルギーを回収すること、および好気性処理でのエネルギー消費を削減することが有効である。排水からエネルギーを回収する方法として上向流嫌気性汚泥ろ床法（Up flow Anaerobic Sludge Blanket Process、以下UASB法）が知られているが、一般的なUASB法では排水の温度を35℃程度に加温する必要があるため、排水中の有機物が高濃度でないと得られたバイオガスで排水の加温エネルギーを賄うことが出来ず、適用してもCO₂削減とはならないため、有機物濃度が薄い厨房排水への適用は難しい。一方で排水を加温せず、加温に必要な熱エネルギーが不要となる無加温UASB法では、排水中の有機物濃度が薄くとも回収したバイオガスを排水の加温以外のエネルギー源として活用できるため、CO₂削減が可能であり、厨房排水の処理に適用できれば高いCO₂削減効果が期待できる。また、無加温UASB法で厨房排水を下水道放流基準まで処理することが可能となれば、従来の好気性排水処理で消費していた曝気動力も削減可能となるため、更なるCO₂削減も可能となる。しかし、これまでに無加温UASB法を厨房排水処理に適用した事例はなく、厨房排水処理でしばしば問題となる浮遊物質（以下、SS）や油分の無加温UASB法における処理性能に関する知見は不足している。

そこで本事業では、1m³のUASB槽を用いた連続試験により、無加温UASB法で処理可能なSSと油分を把握し、無加温UASB法で厨房排水を処理するために必要となる前処理方法を開発、無加温UASB法と組み合わせた連続試験を実施する。

本事業では厨房排水処理に無加温UASB法を適用する場合の処理可能な水質の確認とその水質を達成するために必要な前処理について検討したうえで、平成30～31年度の事業で開発したシステムを組み合わせ、厨芥処理量1t/日、厨房排水処理量300m³/日規模のシステムを評価、商品化することを目的とする。

2. 事業の全体像

1) 想定する開発システム

開発するシステムの適用イメージを図 1-2-1 に示す。商業施設や飲食施設を持つホテル、食品工場などにおいて、厨房排水（有機性排水）を加圧浮上装置等で前処理した後に、無加温 UASB 法で有機物をバイオガスに転換する。前処理で発生するスカムについては厨芥と合わせて平成 30～31 年に開発した高油分対応有機性廃棄物メタン発酵システムでバイオガスに変換することで厨芥と厨房排水に含まれる有機物を最大限バイオガスに転換し、エネルギー源として活用すること、厨房排水処理における消費電力を削減することで CO₂ の削減に寄与する。

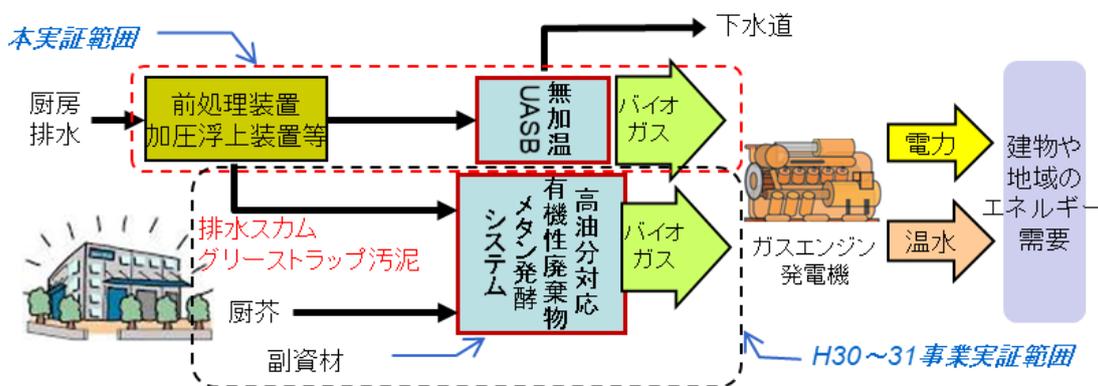


図 1-2-1 開発するシステムの適用イメージ

詳細のシステムフローを図 1-2-2 に示す。厨房排水を無加温 UASB で処理して得られたバイオガスは厨芥などを高温メタン発酵して得られたバイオガスと合わせてガス精製、ガスエンジンなどで電力と熱に変換、システム及びシステムを設置する建物に供給する。

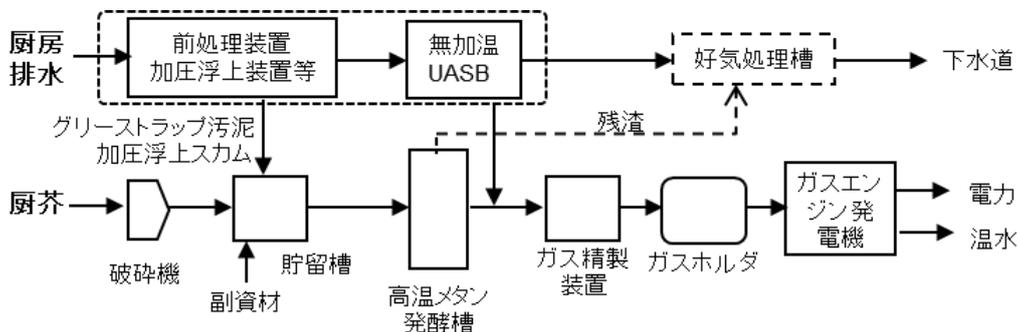


図 1-2-2 開発するシステムの詳細フロー

2) 技術開発の項目

本技術開発は大きく【開発項目 A1】 実証設備の整備、【開発項目 A2】 無加温 UASB 法により処理可能な SS と油分の把握、【開発項目 A3】 水質変動に対応する低コスト前処理方法、【開発項目 B】 開発要素のシステム統合と実証、【開発項目 C1】 開発システムの評価・商品化検討、【開発項目 C2】 事業化シナリオの策定からなる。

【開発項目 A1】 実証設備の整備、【開発項目 A2】 無加温 UASB 法により処理可能な SS と油分の把握、【開発項目 C1】 開発システムの評価・商品化検討、【開発項目 C2】 事業化シナリオの策定については本年度から着手し、【開発項目 A3】 水質変動に対応する低コスト前処理方法の開発と【開発項目 B】 開発要素のシステム統合と実証は、本年度業務の成果を踏まえて、次年度実施する。図 1-2-3 に詳細フローに対する開発項目を記載した。

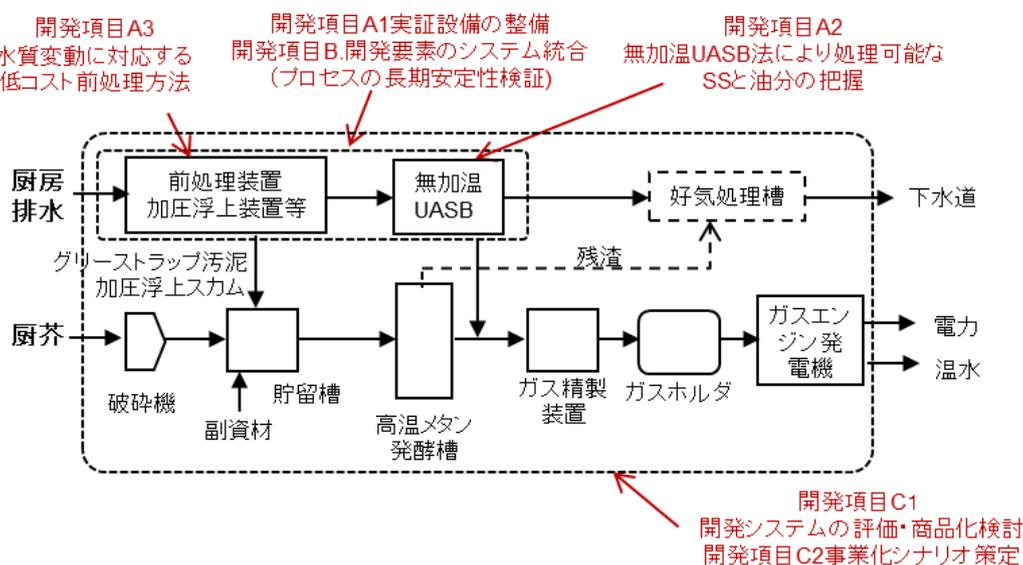


図 1-2-3 詳細フローと開発要素

3) 本事業での実施概要

(1) 【開発項目 A1】 実証設備の整備

【開発項目 A2】、【開発項目 A3】【開発項目 B】で使用する実証試験設備のうち、原水槽と油水分離槽、前処理水槽（2 系統）、UASB 槽（2 系統）に関して補助事業を活用して設計・製作し、株式会社研電社出雲工場内に設置した。実証設備の概要図を図 1-2-3 に、仕様と測定項目を表 1-2-1 に示す。

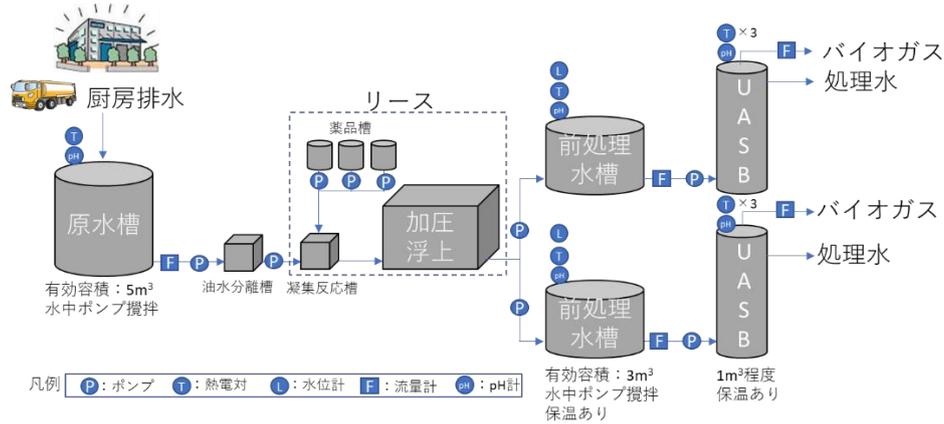


図 1-2-3 実証設備の概要図

表 1-2-1 事象設備の仕様と測定項目

	仕様	測定項目
原水槽	有効容積5m ³ 、機械攪拌	温度、pH
前処理水槽	有効容積3m ³ 、機械攪拌、加温・保温、2系統	温度、pH
UASB槽	有効容積1m ³ 、保温、2系統	温度（3か所）、pH

① 設置準備

設置場所所在地（島根県出雲市）の関連行政機関等に本事業について説明し、了承を得た。

② 設計

補助事業において、【開発項目 A2】、【開発項目 A3】【開発項目 B】で使用する実証設備の設計図を作成した。各槽の仕様は表 1-2-1 に示す通りで、システムの評価を行うために必要なサンプリング場所を必要な個所に設けた。なお、設計にあたっては【開発項目 A2】、【開発項目 B】で想定する実験パラメータに対応出来るように仕様に余裕を持たせた。

③ 実証設備に必要な機器の調達、製作及び設置工事

設計図に基づき、実証設備に必要な機器類を調達して製作し、実証設備を設置した。なお、凝集反応槽と薬品槽、加圧浮上槽はリース品を使用し、その他の設備は補助事業経費により調達した。

④ 試運転調整

上水を用いた試運転により、各機器が正常に動作することを確認した。

(2) 【開発項目 A2】無加温 UASB 法により処理可能な SS と油分の把握

無加温 UASB 法において、水温 25℃程度、水理的滞留時間（以下、HRT）12 時間以内で下水道放流基準を達成可能な SS と油分の上限を把握するために実証機を用いた連続処理試験を行った。なお、本業務の成果を踏まえて、次年度には【開発項目 A3】水質変動に対応する低コスト前処理方法について検討を実施する。油分濃度としてはノルマルヘキサン抽出物質濃度（以下、n-Hex 濃度）を指標とした。

①商業施設の厨房排水水質と排水量の調査

主な処理対処となる商業施設の厨房排水に関して、複数の稼働中の商業施設で水質と排水量の変動幅を把握するために、水質 5 成分（化学的酸素要求量（以下、CODcr）、SS、n-Hex 濃度、生物化学的酸素要求量（以下、BOD）、全蒸発残留物の強熱減量（以下、VS））に関して定量分析を行った。また 1 つの商業施設において、時間ごとの排水量を調査した。

②汚泥の馴致

人工排水を用いて、既存の加温 UASB 方式の処理設備から調達したグラニューール汚泥を馴致した。また 25℃程度では HRT12 時間、容積負荷 2.0 kg-CODcr/m³/day の運転条件で処理が安定することを確認した。

③ 厨房排水の調達と分析

稼働中の商業施設などの建物から本項④連続処理試験で使用する厨房排水を調達し、5 成分（CODcr、SS、n-Hex 濃度、BOD、VS）に関して、定量分析を行った。

④ SS 濃度と油分濃度を変数とした連続処理試験

無薬注で厨房排水を加圧浮上処理すると、水処理メーカーへのヒアリングと文献調査で運転の可能性があるかと判断した SS100～300mg/L、n-Hex50～150mg/L 程度の範囲となったところから、まず無薬注で加圧浮上処理した厨房排水の連続処理試験を実施し、その後、固形有機物と油を添加して、原水中の SS 濃度と n-Hex 濃度を調整した試験実施した。試験期間は合わせて 4 か月程度であった。

(3) 【開発項目 C1】開発システムの評価・商品化検討

最終的には【開発項目 B】開発要素のシステム統合と実証の結果を踏まえて、厨房排水処理量 300m³/日の装置の概念設計を行うことを目的とする。また、日処理量で厨房排水 300m³、厨芥 1t の処理システムについて平成 30～31 年開発システムと融合した場合の物質収支、エネルギー収支、経済性について検証し、性能目標を達成する。なお、性能目標は以下に示す通りとする。

- ・CO2削減量 292 t /年
- ・投資回収 6.9年（補助金無）

本年度は開発システムの間評価として(2)④で実施した連続試験の結果を踏まえて、処理フロー、物質収支、必要な機器、機器での消費エネルギー、エネルギー収支、経済性について精査し、従来システムに対する提案システムの優位性を示した。また、コスト・CO2排出量についてシステムの性能目標と比較をおこなった。

(4) 【開発項目 C2】 事業化シナリオの検討

知的財産の取得、販売ターゲットの絞込みと販売ターゲットへのPR、アライアンスの検討を行い、開発システムに関する事業化シナリオを策定する。本年度は、知的財産取得に関する検討、販売ターゲットの絞込み、アライアンスについて検討した。次年度は販売ターゲットへのPRとアライアンスの検討（今年度からの継続検討）について検討を行う予定である。

①知的財産取得に関する検討

システムの事業化を推進するために必要となる技術的な要素を整理し、知的財産の取得について検討した。

②販売ターゲットの絞込み

市場調査をもとに、開発システムの早期導入が想定されるユーザーの絞込みを行い、ヒアリングを実施した。

③アライアンスの検討

開発システムの詳細設計・施工・メンテナンスについて、エンジニアリング会社等と協議を行い、事業化時のアライアンスを検討した。

(5) 検討会の開催

業務の円滑な実施のため、表 1-2-2 に示す外部有識者等からなる検討会を設置し、検討会を2回実施した。第1回はコロナウイルスの感染状況を鑑み、WEB開催とし、第2回は島根県出雲市で実施し、合わせて実証試験に使用する設備の施設も実施した。

表 1-2-2 検討会名簿

NO	氏名	所属・役職
1	寺田 昭彦	国立大学法人 東京農工大学 大学院工学研究院 教授
2	時松 宏治	国立大学法人 東京工業大学 環境・社会理工学院 准教授
3	小野寺 崇	国立研究開発法人 国立環境研究所 地域環境保全領域 主任研究員
		環境省地球環境局地球温暖化対策課地球温暖化対策事業室
		CO2排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業プログラムオフィサー

3. 事業実施主体、実施体制

1) 事業実施主体

事業の実施主体は株式会社竹中工務店 1 社である。

2) 実施体制

事業の実施体制は図 1-3-1 に示す通りである。

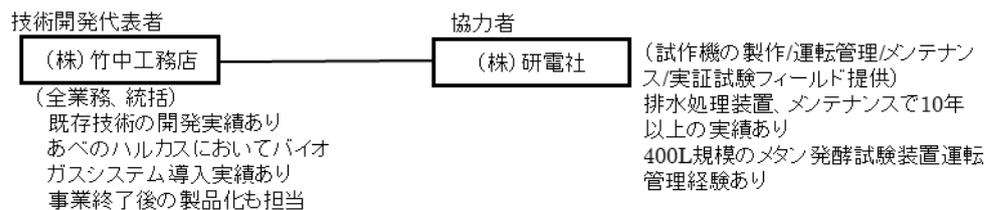


図 1-3-1 実施体制

4. 目標設定

本事業の最終目標と、令和3年度の目標を表1-4-1に示す。

表 1-4-1 目標設定

項目	最終目標	令和3年度の目標
全体目標	無加温 UASB 法を組み込んだ、厨芥及び厨房排水処理システムを建築設備として商品化する。規模は日量、厨房排水 300m ³ 、厨芥 1t の処理能力とする。平成 30～31 年開発システムと組み合わせた場合の性能目標は次の通り ・CO ₂ 削減量 292 t/年 ・投資回収 6.9 年（補助金無）	実排水を用いた無加温UASB法において、有機物除去率75%以上で連続処理することのできるSS、油分濃度の上限を把握する。 試験の結果を用いて商品化を目指すシステムを評価し、最終目標として定めた性能目標と比較する。
【開発項目 A1】 実証設備の整備 (補助事業)	無加温 UASB 槽は有効容積 1m ³ ×2 槽とし、実証試験を想定した上で、評価に必要な各種流量や濃度の測定機器とサンプリングロを備えた試験装置を設計・製作する。 製作したシステムが問題なく稼働することを確認する。	同左
【開発項目 A2】 無加温 UASB 法により処理可能な SS と油分の把握	無加温 UASB 法による処理において HRT12 時間以内、無加温（水温 25℃程度）の条件で、有機物除去率 75%以上、下水道放流基準順守を達成可能な SS、油分濃度の上限を把握する。	同左
【開発項目 A3】 水質変動に対応する低コスト前処理方法の開発	・油水分離器や加圧浮上装置等の組合せ、運転パラメータの設定によって、設定した SS、油分濃度を達成するため前処理のコストを最小化する。 ・複数の厨房排水の前処理特性を把握する。	令和4年度から実施
【開発項目 B】 開発要素のシステム統合と実証	前処理と無加温 UASB を組み合わせた連続運転試験を実施し、原水水質、処理量の変動しても安定した処理が可能な運転シーケンスを確立する。	令和4年度から実施
【開発項目 C1】 開発システム評価・商品化	実証試験の結果を踏まえて厨房排水処理量 300m ³ /日の装置の基本設計を行う。また、日処理量で厨房排水 300m ³ 、厨芥 1t の処理システムについて平成 30～31 年開発システムと融合した場合の物質収支、エネルギー収支、経済性について検証し、性能目標（CO ₂ 削減量 292t/年、投資回収年数 6.9 年（補助金なし））を達成する。	無加温 UASB 法により処理可能な SS と油分の把握のための連続処理試験の結果を踏まえて、開発システムに関して物質収支、エネルギー収支、経済性の評価を行い、性能目標と比較する。
【開発項目 C2】 事業化シナリオの策定	・システムの事業化を推進するために必要となる技術的な要素を整理し、知的財産の出願を行う。 ・開発システムの早期導入が見込まれるユーザーに対して、技術 PR を行う。	・システムの事業化を推進するために必要となる技術的な要素を整理し、知的財産の出願を行う。 ・市場調査により、開発システムの早期導入が想定されるユーザーを絞込む。

5. 事業スケジュール

令和3年度のスケジュールを表1-5-1に示す。

表1-5-1 令和3年度のスケジュール

工 程 表	実施期間												
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	要
委託業務実施上の区分													
【開発項目A1】実証設備の整備													
①設置準備													
②設計(補助事業)													
③調達、製作及び設置(補助事業)													
④試運転調整													
【開発項目A2】無加温UASB法により処理可能なSSと油分の把握													
①商業施設排水性状と排水量調査													
②汚泥の馴致													
③厨房排水の調達と分析													
④SS濃度とn-Hex抽出物濃度を変数とした連続処理試験													
【開発項目C1】開発システム評価・商品化検討													
開発システムの評価/													
【開発項目C2】事業化シナリオの検討													
知的財産取得に関する検討													
販売ターゲットの絞り込み													
アライアンス体制の構築													
検討会の開催													

着手時 → 実施 →

第2章. 実施内容とその成果

1. 【開発項目 A1】 実証設備の整備

1) 設置準備

試験で使用する厨房排水の調達候補を選定し、ヒアリングを行い出雲市内商業施設から厨房排水を調達することとした。

2021年10月28日に出雲市役所地球環境部環境政策課ゼロカーボン推進室を訪問し、試験概要の説明を行った。

2) 設計

(1) 各水槽の設計

UASB 槽の有効容量は 1m^3 とし、将来的な屋内設置を考慮して UASB 槽の高さは 3m 程度とした。気固液分離槽の高さを考慮すると、直胴部の高さは約 2.4m となり、有効容積＝直胴部容積として、UASB 槽内径は 0.73m とした。また直胴部には槽内の汚泥を採取するために水槽底部から 400mm ピッチで 5 つのサンプリングポートを設置した。

ガス回収部は気固液分離槽内で圧力差が生じない様に水槽上部の中心部付近と外周部付近にそれぞれ 1 か所設置し、水封槽はメンテナンス性を考え地上部に設置することとした。

UASB 槽の設計図を図 2-1-1 に水封槽の設計図を図 2-1-2 に示す。

なお、UASB 槽は実用化時の塗装グレードの検証のため、1 系統をフレックライニング塗装とし、もう 1 系統をエポキシ塗装とした。

原水槽は有効容量 5m^3 とし、攪拌機を 2 台設置した。前処理槽は複数の排水での試験を想定して有効容積 3m^3 を 2 槽とし、それぞれの水槽に攪拌機を 2 台した。また前処理水槽については温度調整を行うために容量 2.0kW のヒーターを 2 台設置した。原水槽の設計図を図 2-1-3 に、前処理槽の設計図を図 2-1-4 に示す。

油水分離槽は処理量 $3\text{m}^3/\text{h}$ の場合に、滞留時間が 3 分以上確保できる容量とした。設計図を図 2-1-5 に示す。

(2) フロー図の作成

原料ポンプはメンテナンス性と定流量性の観点からチューブポンプを採用し、UASB 槽容量 1m^3 において、HRT を 6～24 時間での検討を進めるために、 $1\text{m}^3/\text{日} \sim 4\text{m}^3/\text{日}$ の吐出量を得られる型式を選定した。

上向流ポンプはモノフレックスポンプを採用し、線流速を $1 \sim 3\text{m}/\text{h}$ で設定可能なポンプを選定した。原水ポンプについては、加圧浮上装置の処理量 $1.0 \sim 6.0\text{m}^3/\text{h}$ を超えるポンプを選定した。システム全体のフロー図を図 2-1-6 に示す。

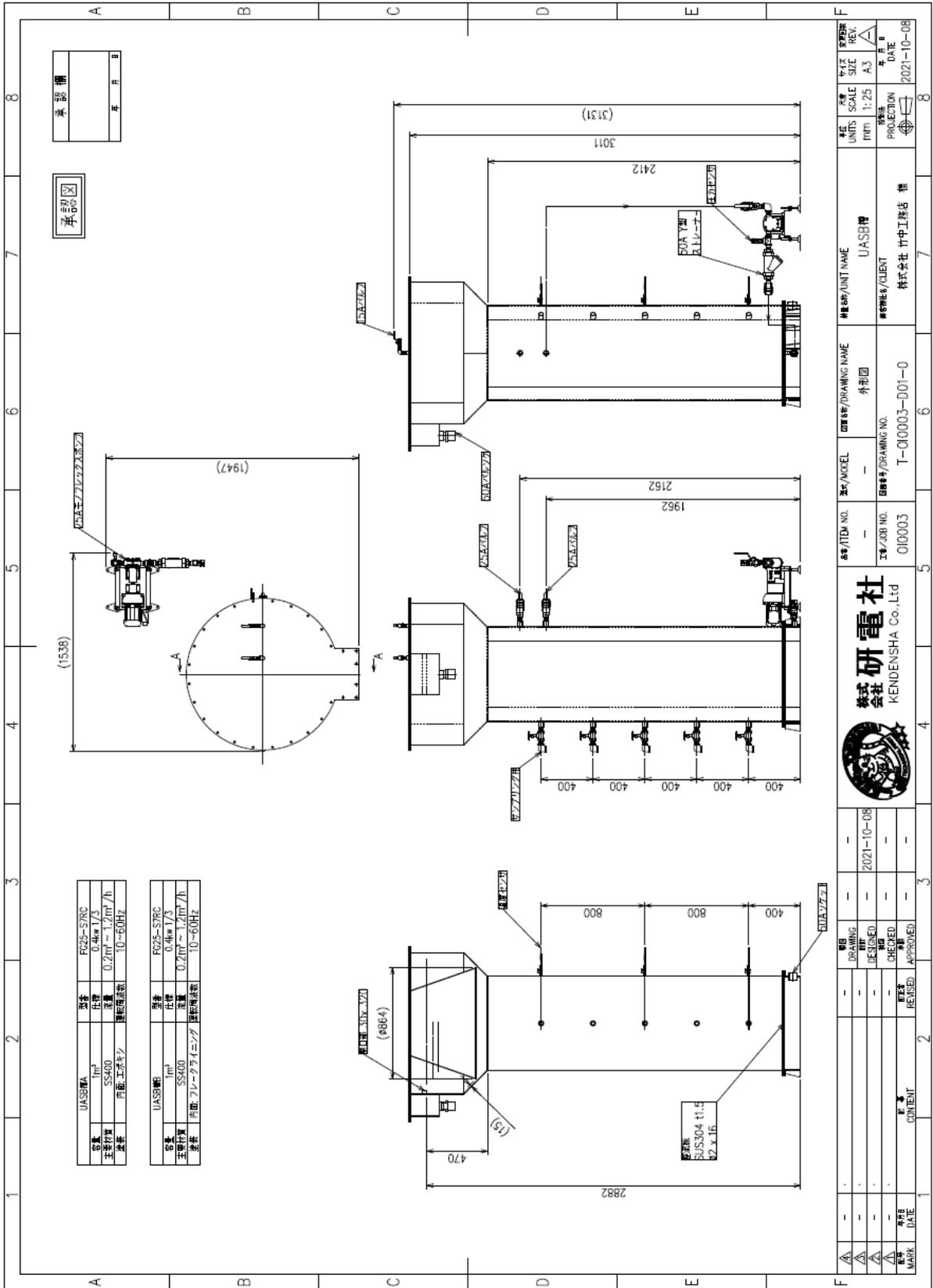


図 2-1-1 UASB 槽設計図

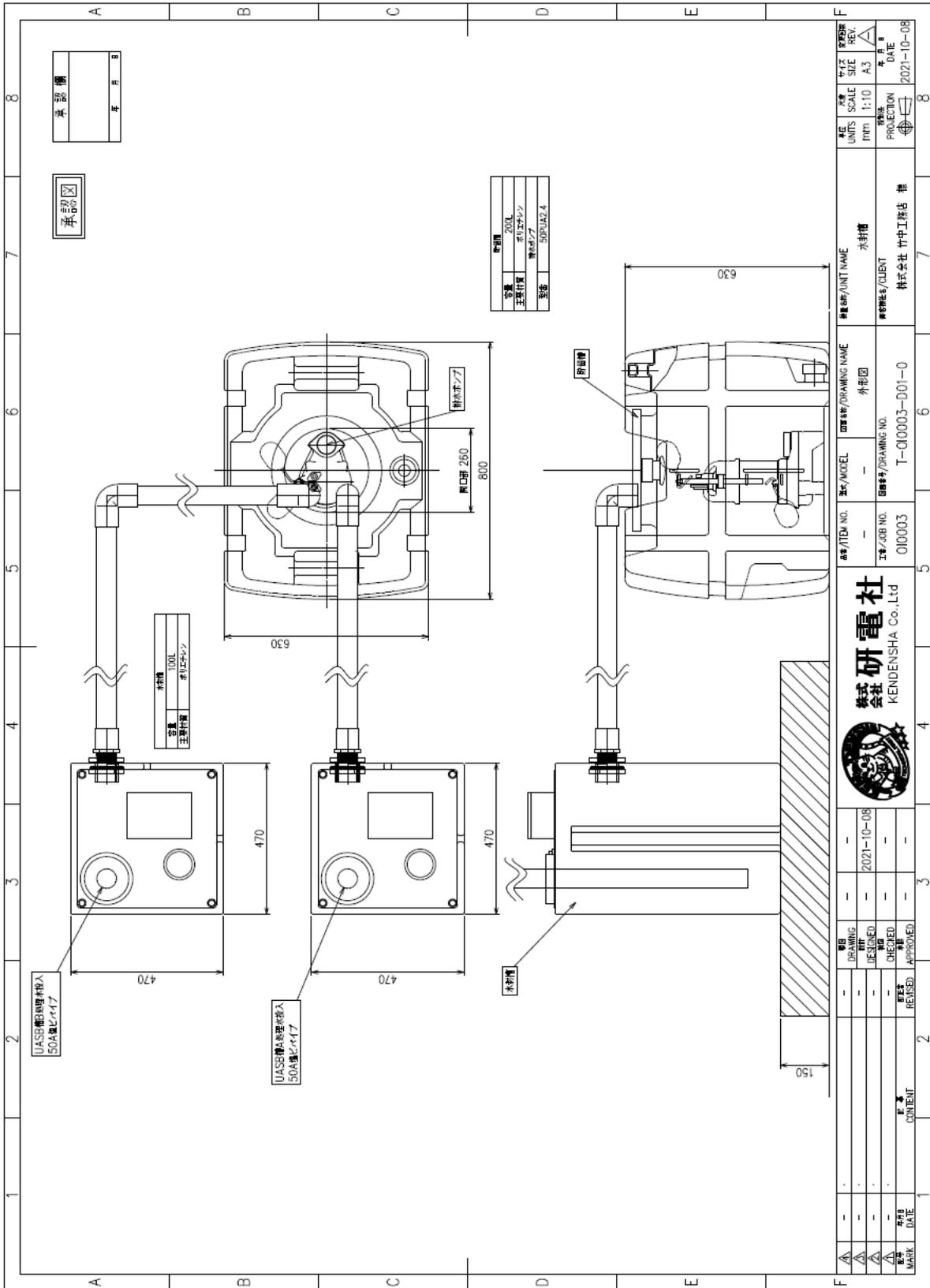


図 2-1-2 水封槽設計図

3) 製作

2) 設計で作成した設計図をもとに UASB 装置、原水槽、前処理槽、油水分離槽を製作した。

UASB 装置については流入部、直胴部、気固液分離部からなるため、製作後にフランジ面からのガス漏れがないかの確認を行った。気固液分離槽の塗装状況を図 2-1-6 に、UASB 槽のフランジ面からの漏れ確認の状況を図 2-1-8 に示す。UASB 装置、原水槽、前処理槽、油水分離槽の制作・設置状況を図 2-1-9 から図 2-1-14 に示す。



(a) フレークライニング塗装



(b) エポキシ樹脂塗装

図 2-1-7 気固液分離槽塗装状況



図 2-1-8 フランジ面からのガス漏れ確認



図 2-1-9 保温前の UASB 槽、水封槽外観



図 2-1-10 保温後の UASB 槽外観



図 2-1-11 原水槽製作状況



図 2-1-12 保温後の原水槽外観



図 2-1-13 前処理槽製作状況



図 2-1-14 保温後の前処理槽外観

4) 試運転

試運転として以下の項目を確認した。

- ・各ポンプの動作確認

原料ポンプ、薬液ポンプ、加圧水ポンプ、上向流ポンプ、排水ポンプの正転逆転と稼働時に異音がないことを確認した。

- ・流量計指示値と実流量の比較

原料ポンプ吐出側に設置した流量計と実流量の差がないことを確認した。

- ・水の循環運転

すべての水槽に水を張り、各ポンプを稼働し水漏れなく稼働することを確認した。また UASB 槽については、サンプリングポートから窒素ガスを供給し、ガス漏れが発生せずにガス回収口から回収されることを確認した。

2. 【開発項目 A2】 無加温 UASB 法により処理可能な SS と油分の把握

1) 商業施設の厨房排水水質と排水量の調査

稼働中の商業施設で水質と排水量の変動幅を把握するために、以下に示す要領で調査を行った。あべのハルカス、商業施設 B では油水分離槽や加圧浮上が設置されており、開発中のシステムでの除去率の参考となるため、原水だけでなく油水分離槽と加圧浮上の前後でもサンプリングを行った。

(1) 調査場所

- ・商業施設 A (神奈川県)
- ・あべのハルカス (大阪府)
- ・商業施設 B (大阪府)

(2) 調査項目

- ・排水性状 (COD_{Cr}、BOD、n-Hex、SS、VS)

商業施設は平日に 1 回、あべのハルカスと商業施設 B では平日と休日に 1 回ずつ分析を行った。

- ・日間排水量 (あべのハルカスと商業施設 B)

(3) 各施設の処理フローと採水箇所

各施設の処理フローと採水箇所を図 2-2-1～図 2-2-3 に示す。また商業施設 B における採水状況を図 2-2-4 に示す。

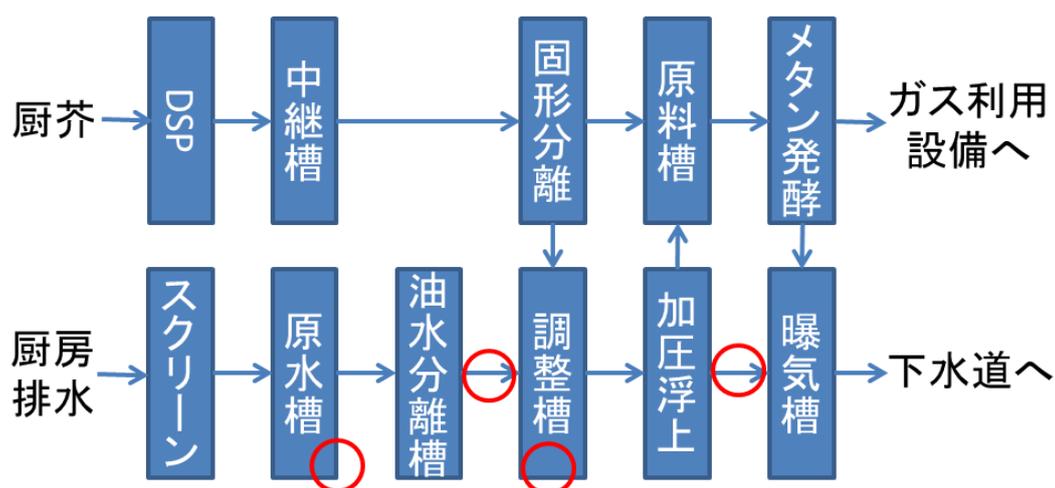


図 2-2-1 あべのハルカスにおける採水箇所

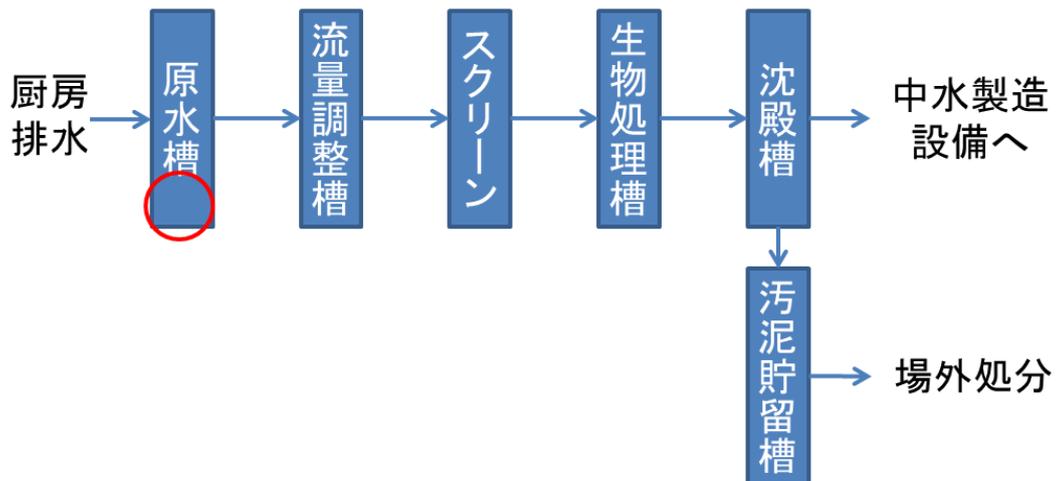


図 2-2-2 商業施設 A における採水箇所

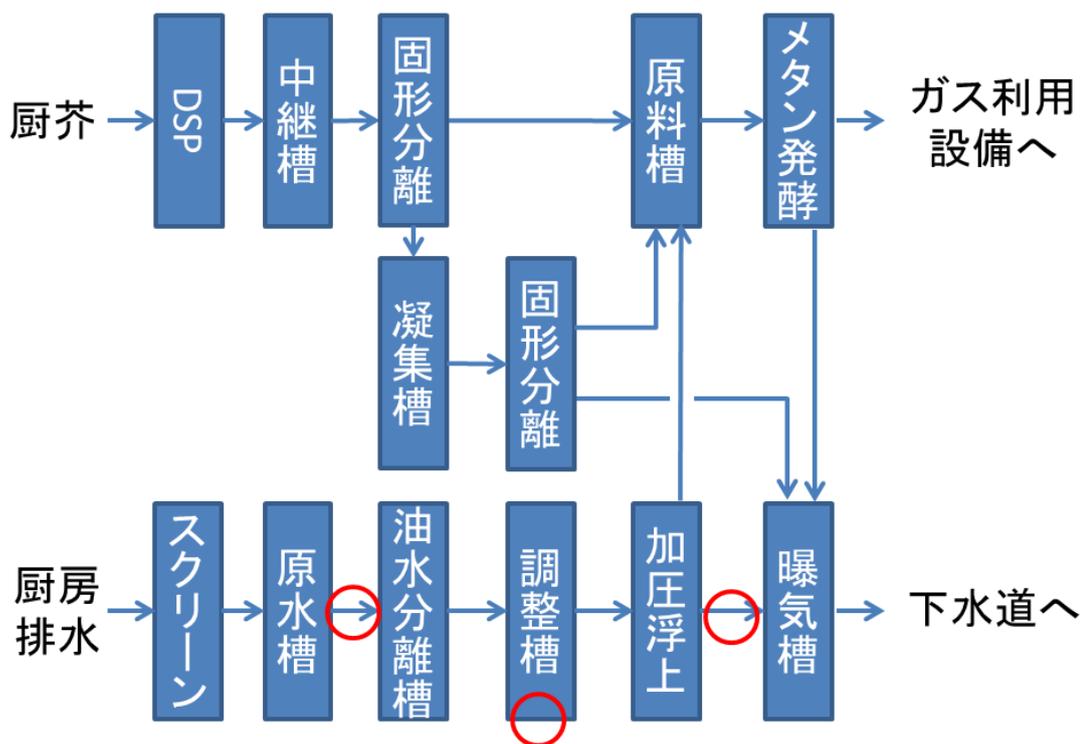


図 2-2-3 商業施設 B における採水箇所



図 2-2-4 商業施設 B における採水状況

(4) 排水性状分析結果

排水性状の分析結果を表 2-2-1～表 2-2-5 に示す。すべての施設において厨房排水中の CODcr、n-Hex、SS が当初想定よりも低い値となった。無加温 UASB の処理限界として想定していた SS200mg、n-Hex50～100mg/L 程度となるため、前処理なしの無加温 UASB 法でも処理できる可能性があると考えられる。あべのハルカスでは油水分離槽で全 CODcr と SS が 50% 程度 n-Hex が 40% 程度除去されている結果となった。厨房排水中では油分がエマルション化して水中に分散しており、SS よりも除去率が低くなったことが考えられる。加圧浮上処理に着目するとあべのハルカスでは全 CODcr が 25%、n-Hex が 55%、SS が 45% 程度除去されているのに対し、商業施設 B では全 CODcr が 60%、n-Hex が 90%、SS が 50% 程度除去される結果となった。ヒアリングの結果商業施設 B では高分子系の凝集剤も添加しており、油分の除去率があべのハルカスと比較して高くなり、全 CODcr の除去率も高くなったと考えられる。SS については凝集剤の添加による除去率の差が小さかった。今回の調査を来年度実施する前処理試験にけるパラメータ設定に活用し、無加温 UASB に適した低コスト型前処理方法の開発に活用して言う予定である。

表 2-2-1 あべのハルカス（平日）の厨房排水性状

	全CODcr	溶解性 CODcr	BOD	n-Hex	SS	VS
原水槽	846	427	506	59	200	430
油水分離槽出口	473	300	313	36	94	310
調整槽 (加圧浮上前)	795	394	485	49	240	380
加圧浮上後	596	320	354	22	130	270

表 2-2-2 あべのハルカス（休日）の厨房排水性状

	全CODcr	溶解性 CODcr	BOD	n-Hex	SS	VS
原水槽	835	488	449	54	170	380
油水分離槽出口	986	427	427	44	140	450
調整槽 (加圧浮上前)	1,150	495	603	66	380	570
加圧浮上後	701	348	427	43	180	320

表 2-2-3 商業施設 A の厨房排水性状

	全CODcr	溶解性 CODcr	BOD	n-Hex	SS	VS
原水槽	846	427	506	59	200	430

表 2-2-4 商業施設 B（平日）の厨房排水性状

	全CODcr	溶解性 CODcr	BOD	n-Hex	SS	VS
原水槽	899	358	471	56	210	350
調整槽 (加圧浮上前)	978	310	583	52	180	700
加圧浮上後	396	133	124	6	86	270

表 2-2-5 商業施設 B（休日）の厨房排水性状

	全CODcr	溶解性 CODcr	BOD	n-Hex	SS	VS
原水槽	1,020	556	531	44	310	570
調整槽 (加圧浮上前)	1,010	488	537	65	240	410
加圧浮上後	909	504	414	22	150	450

(5) 厨房排水量の日間変動

あべのハルカスにおける 2021 年度における厨房排水流入量の日間変動を図 2-2-5 に示す。2021 年度はコロナウイルス流行により、緊急事態宣言、まん延防止措置の発令があったため年間でも大きな変動が確認された。しかし、緊急事態宣言、まん延防止措置の有無にかかわらず休日は平日と比較して厨房排水量が 20~25%程度高い結果となった。このことから来年度の実施する処理量変動に対する無加温 UASB 法の処理性能確認試験では、日処理量を 25%程度変動させる試験を実施することとした。

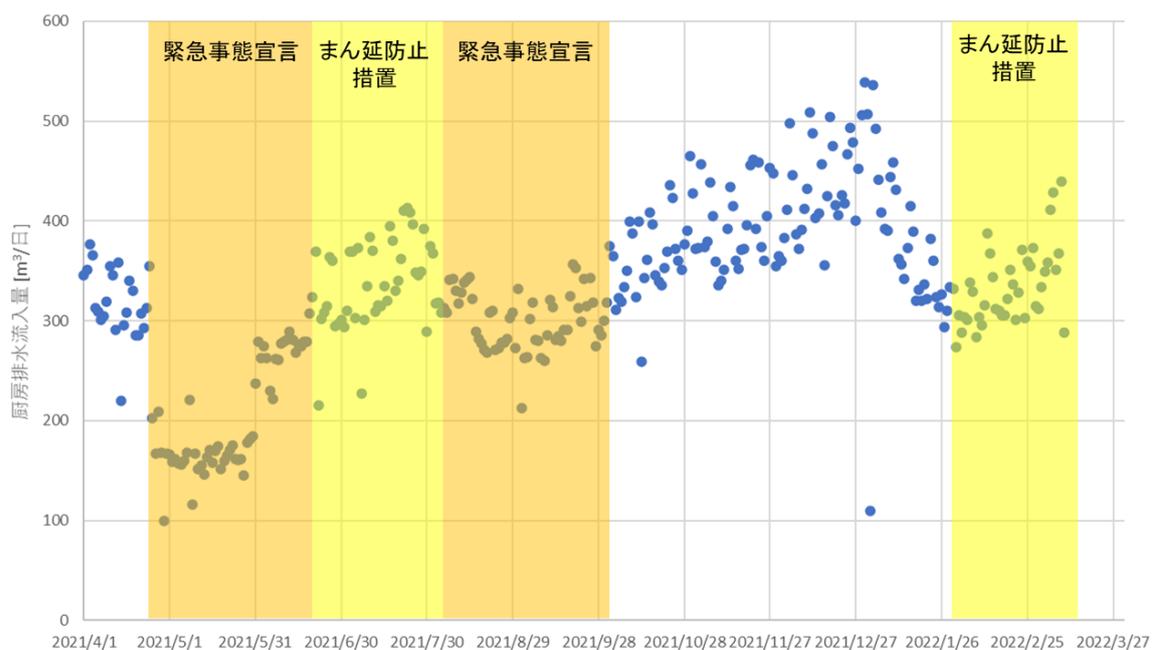


図 2-2-5 厨房排水流入量の日間変動

2) 汚泥の馴致

(1) 汚泥の搬入と初期性状

食品工場排水処理で用いられていた中温グラニュー汚泥を調達し、試験に使用することとした。グラニュー汚泥の搬入状況を図 2-2-6 に、グラニューの SV30 測定状況を図 2-2-7 に示す。なお初期の SV30 測定のみ汚泥を 2 倍希釈して実施した。初期のグラニュー汚泥性状は表 2-1-6 に示す値であった。なお、A、B、C はそれぞれ UASB 槽上底部から 2000mm、1200mm、400mm のサンプルロ口から採取したサンプルである。



図 2-2-6 グラニュー汚泥の搬入状況



図 2-2-7 SV30 の測定状況

表 2-2-6 グラニュール汚泥の初期性状

	A	B	C
MLSS [mg/L]	16,000	23,000	23,000
グラニュール形状[mm]	0.5~1.0	1.0~2.0	1.0~2.0
SVI [mL/g-ss]	57.5	47.8	46.9

①汚泥の分析方法

今年度はグラニュール汚泥の性状を評価する場合は以下の手順でサンプリング、測定を行った。

・グラニュール汚泥のサンプリング

- ⑦ 最初に配管内に滞留したグラニュールを 100ml 引き抜く
(測定後にサンプルの余りと共に UASB 槽内へ戻す)
- ⑧ 上下段は各 100ml 程度、中段からは 200ml 程度ビーカーに採取する。

・SV 測定

- ⑦ 中段から採取したサンプルを、攪拌しながら 500ml メスシリンダーの 100ml の目盛りまで入れる。
- ⑧ 水道水を 500ml の目盛りまで加え、20%濃度に希釈する。
- ⑨ 30 分間静置した後、汚泥が沈殿しているメスシリンダーの目盛りを読み取る。
- ⑩ $SV30 = H \div 500 \times 100$ を 5 倍希釈汚泥の SV30 とする。

SV30 の測定状況を図 2-2-8 に示す。



図 2-2-8 SV30 測定状況

・SS 測定

- ㉞ マイクロピペット(大)のチップ先端を2mm程度カットする。
- ㉟ SV30の測定に使用した汚泥を攪拌しながらマイクロピペットで50ml採取する。
- ㊱ ㉟で採取した汚泥をSS測定用ろ紙でろ過する。
(SS測定用ろ紙は使用前に水をろ過した後に105℃で恒量になるまで乾燥させ、重量を記録しておく。)
- ㊲ ろ過が完了したろ紙を105℃で恒量になるまで乾燥させる。
- ㊳ $SS\text{ (mg/L)} = (\text{乾燥後ろ紙重量} - \text{ろ過前ろ紙重量}) / 50 \times 1000$

SSの測定状況を図2-2-9に示す。



図2-2-9 SSの測定状況

・SVI 算出方法

SVIは以下の式を用いて算出する。

$$SVI\text{ (mL/g)} = SV30\text{ (}\%) \times 10000 \div SS\text{ (mg/L)}$$

・グラニュール目視判断

- ㉞ 水道水100mLに硫化ナトリウム1mgを加えて、硫化ナトリウム水溶液を作成する。
- ㉟ 10ml用マイクロピペットのチップ先端を2mm程度カットし、SV30測定時に使用した5倍希釈グラニュール汚泥を10mlシャーレに入れる。
- ㊱ 硫化ナトリウム水溶液を20mlシャーレに入れて、グラニュール汚泥を分散させる。
- ㊲ シャーレから20cm程度の高さから撮影する。

グラニュール目判断の状況を図2-2-10に示す。

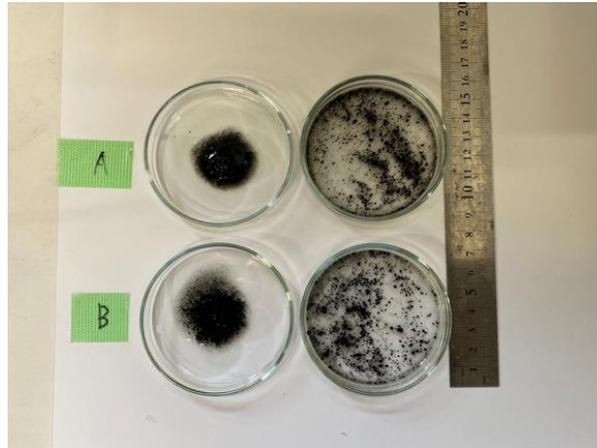


図 2-2-10 グラニュール目視判断の状況

②人工排水による汚泥の馴致

汚泥の馴致は表 2-2-7 に示す人工排水を用いて汚泥の馴致運転を行った。馴致完了は UASB 槽 A ラインでは HRT24h、容積負荷 $1\text{kg-CODcr}/\text{m}^3/\text{日}$ で、UASBS 槽 B ラインでは HRT12h、容積負荷 $2\text{kg-CODcr}/\text{m}^3/\text{日}$ で有機物除去量が 75%で安定した時点とした。結果として A]ラインは 40 日で馴致が完了したのに対して、B ラインは馴致の完了に 103 日を要した。

表 2-2-7 人工排水性状

Carbon source	g/m3(asCODcr)	Trace Element	g/m3
Sucrose	408(450)	FeSO ₄ ·7H ₂ O	7
CH ₃ CH ₂ COOH	150(225)	CoCl ₂ ·6H ₂ O	0.17
CH ₃ COONa	280(225)	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.15
Yeast Extract	99(100)	H ₃ BO ₃	0.06
Inorganic nutrients	g/m3	MnCl ₂ ·4H ₂ O	0.5
NH ₄ Cl	37	NiCl ₂ ·6H ₂ O	0.04
KH ₂ PO ₄	33	CuCl ₂ ·2H ₂ O	0.027
MgCl ₂ ·6H ₂ O	13	NaMoO ₄ ·2H ₂ O	0.025
CaCl ₂ ·2H ₂ O	33		
pH buffer	g/m3		
NaHCO ₃	300		
Alcali component	g/m3		
Na ₂ S	20		

馴致期間における UASB 槽 A ラインの CODcr 容積負荷、HRT、水温、pH を図 2-2-11～図 2-2-14 に示す。HRT の短縮によって CODcr 容積負荷を上昇させた。立上初期は UASB 槽への流入量が少なく、UASB 槽の温度が低い傾向にあったが流入量の増加に伴い温度が上昇し、想定する 25℃付近となった。pH は CODcr 容積負荷を増加させても 7.0 付近で安定していた。

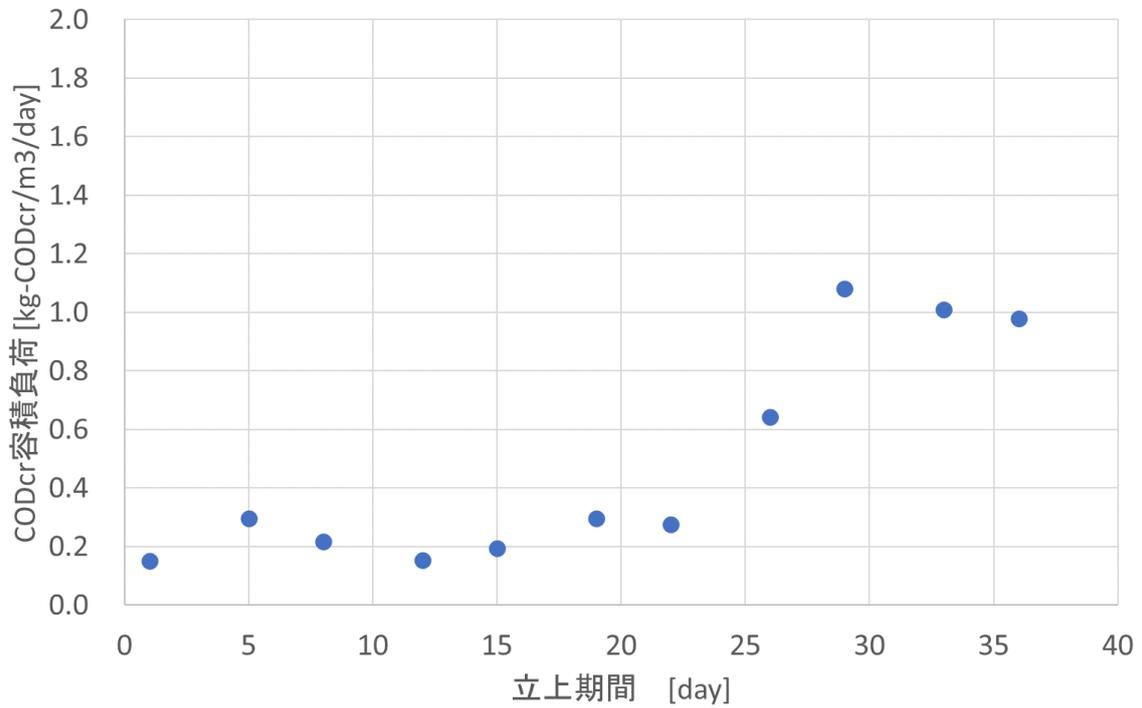


図 2-2-11 馴致期間における UASB 槽 A ラインの COD_{cr} 容積負荷

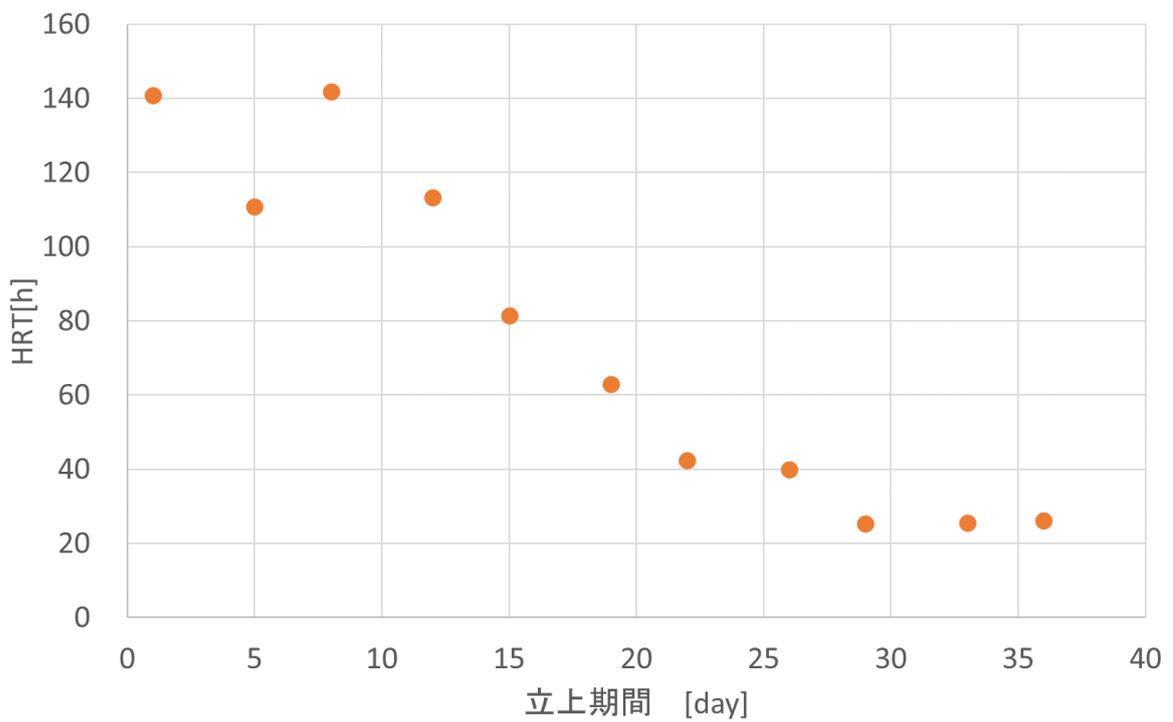


図 2-2-12 馴致期間における UASB 槽 A ラインの HRT

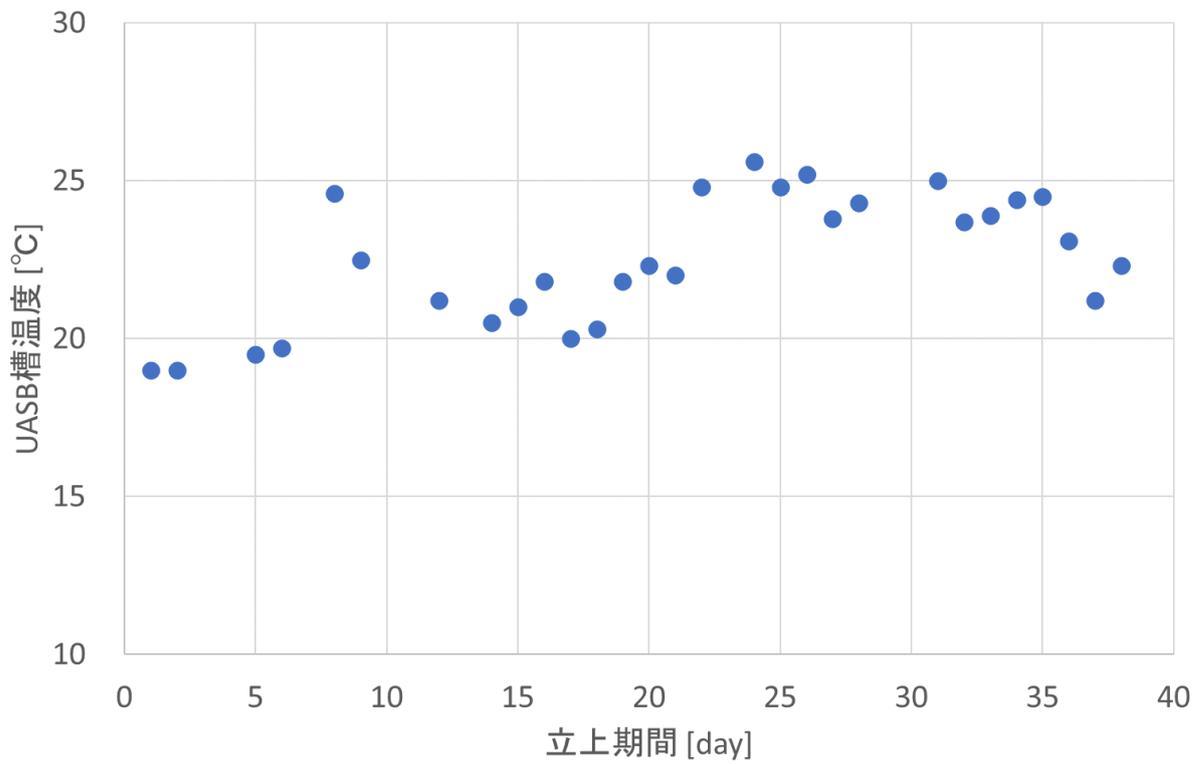


図 2-2-13 馴致期間における UASB 槽 A ラインの温度変動

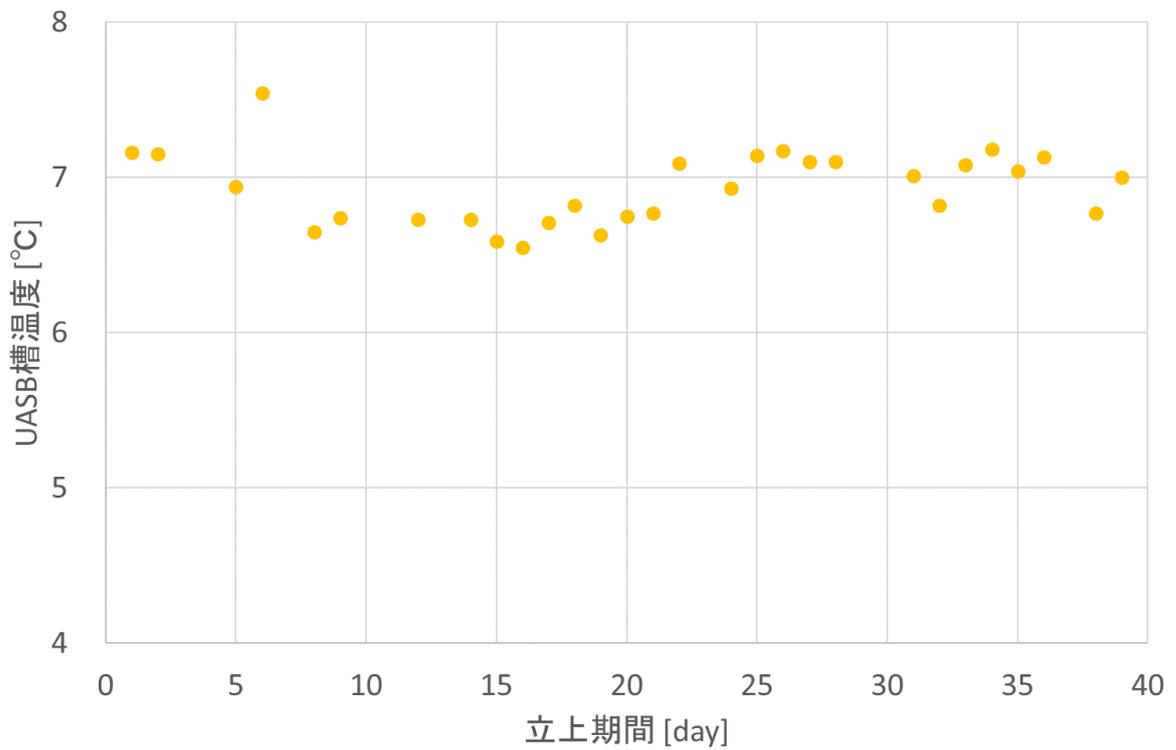


図 2-2-14 馴致期間における UASB 槽 A ラインの pH 変動

馴致期間における UASB 槽 A ラインの COD_{Cr} 容積負荷とメタン生成量の関係を図 2-2-15 に、発生ガス濃度を図 2-2-16 に示す。COD_{Cr} 容積負荷は立上開始から 22 日まで 0.2～0.3kg-COD_{Cr}/m³/日を維持したが、メタン生成量は立上開始から 5 日で一度ピークを迎え 15 日まで減少を続けた。これはグラニュール汚泥とともに UASB 槽に持ち込まれた基質の影響であると考えられる。試験開始から 15 日から 22 日まではメタン生成量も安定したため、COD_{Cr} 容積負荷を増加させると、メタン生成量も増加した。ガス濃度も試験開始から 20 日以降は 85～88% で安定した。

馴致期間における UASB 槽 A ラインの COD_{Cr} 濃度と COD_{Cr} 除去率を図 2-2-17 に、SS 濃度を図 2-2-18 に、n-Hex 濃度を図 2-2-19 に示す。馴致期間 15 日までは流出 COD_{Cr} 濃度が 700mg/L で安定していたが、持込基質の影響が少なくなったと考えられる試験開始から 15 日以降から流出 COD_{Cr} 濃度は低下し、試験開始から 25 日以降では 250mg/L を維持しており、COD_{Cr} 除去率も 75% 以上で安定したため、馴致は完了したと判断した。流出 SS 濃度は測定を開始した試験開始 12 日から 22 日までは 150mg/L と流入よりも高い値を示したが、試験開始 29 日以降は 40mg/L 以下で安定した。これは初期グラニュールの影響を受けていたと考えられる。流出 n-Hex 濃度は、19 日を除いて 20mg/L 以下を維持した。

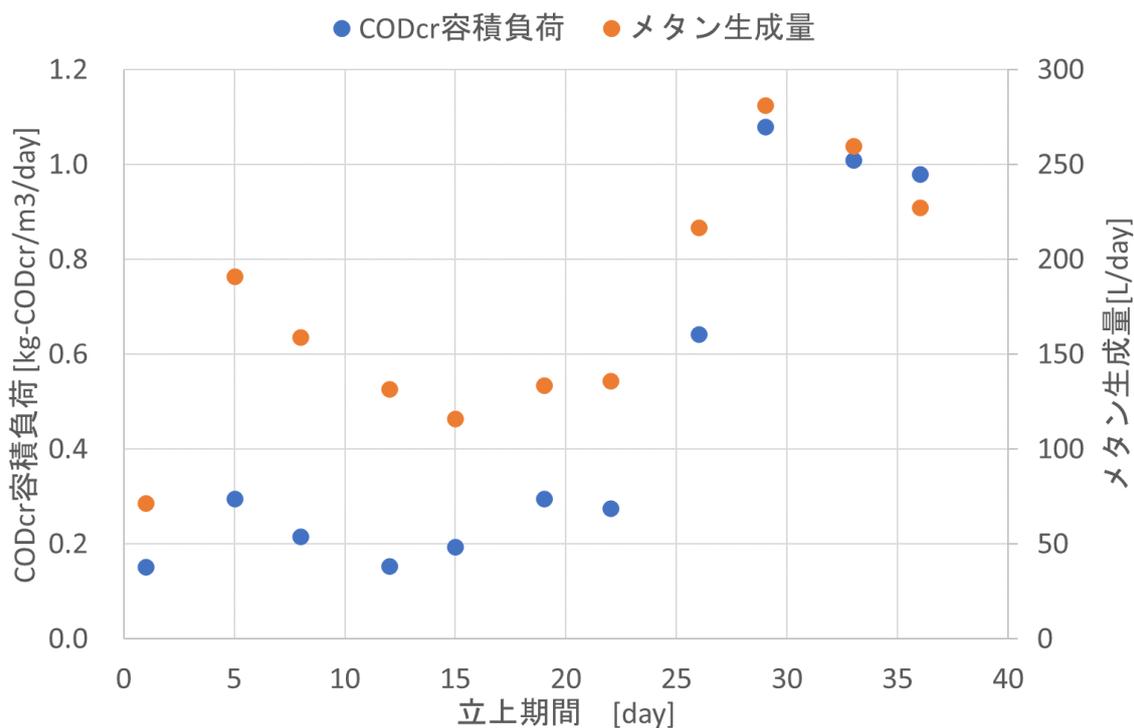


図 2-2-15 馴致期間における UASB 槽 A ラインの COD_{Cr} 容積負荷とメタン生成量の関係

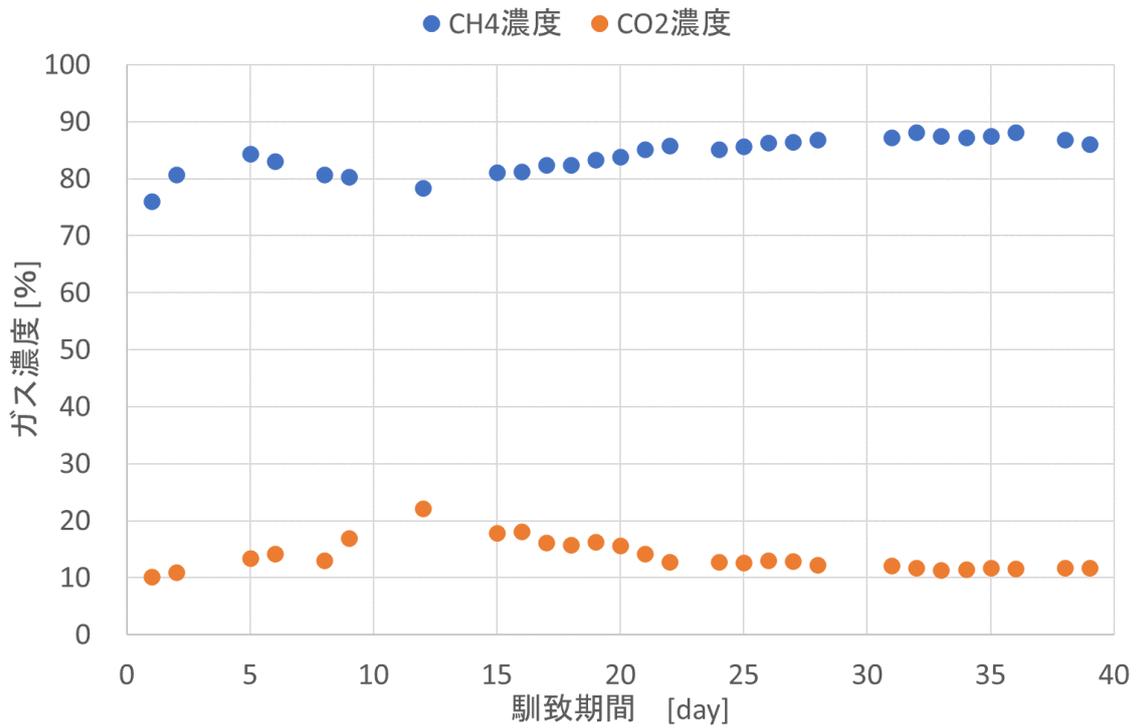


図 2-2-16 馴致期間における UASB 槽 A の発生ガス濃度

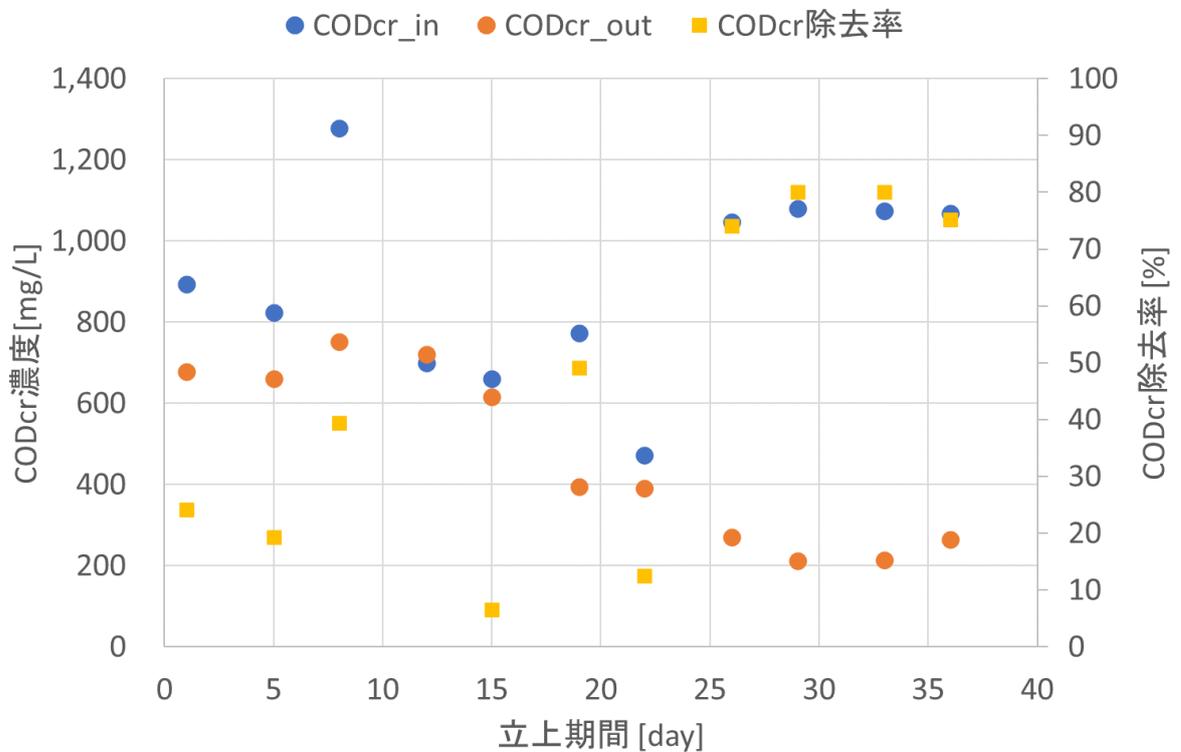


図 2-2-17 馴致期間における UASB 槽 A の CODcr 濃度と CODcr 除去率

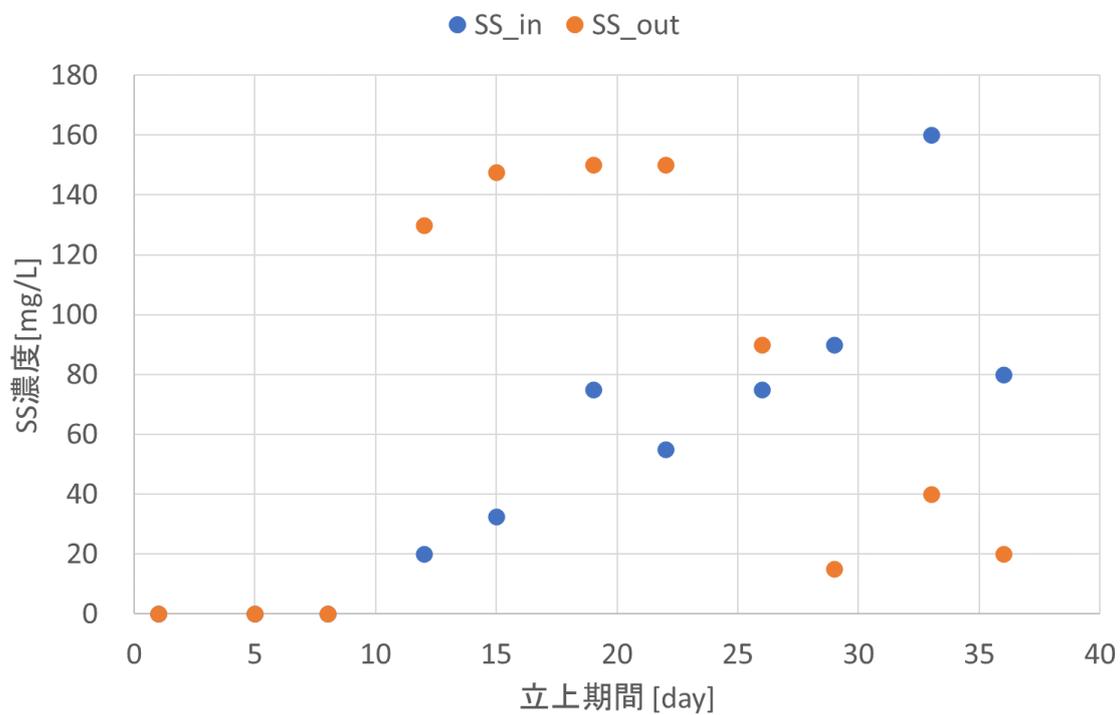


図 2-2-18 馴致期間における UASB 槽 A の SS 濃度

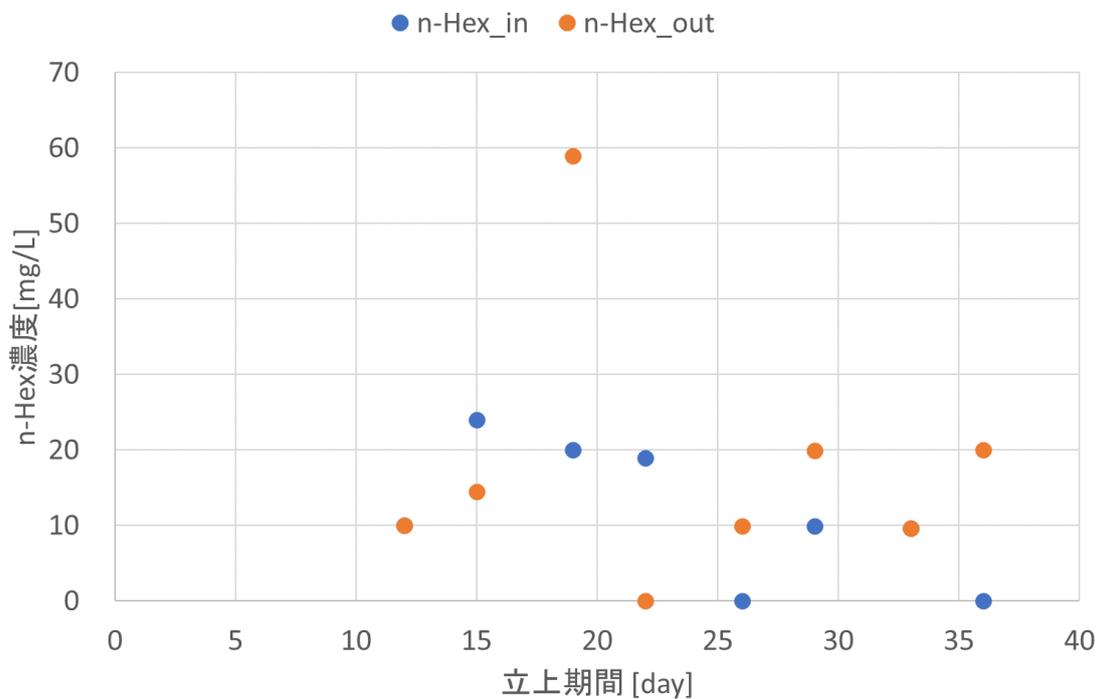


図 2-2-19 馴致期間における UASB 槽 A の n-Hex 濃度

馴致期間における UASB 槽 B ラインの COD_{cr} 容積負荷、HRT、水温、pH を図 2-2-20～図 2-2-23 に示す。A ラインと同様に HRT の短縮によって COD_{cr} 容積負荷を上昇させた。試験開始から 80 日で予定していた 2.0 kg-COD_{cr}/m³/日に到達した。また B ラインも A ラインと同様に処理量が多くなってくると想定した UASB 槽温度 25°C を維持できるようになった。しかし、A ラインと異なり、馴致期間中に何度か pH が連続的に低下し、メタン生成菌が阻害を受けるといわれる pH6.7 を下回ることがあった。pH が 6.7 を下回った場合は原料 1m³ 当たり、300g の炭酸水素ナトリウムを加えて pH を上げてメタン生成菌への阻害を軽減するようにした。

pH 低下の要因としては COD_{cr} 容積負荷を上げた際に酸生成とメタン生成のバランスが崩れてしまったことが考えられる。実排水を用いた連続運転試験でも pH の挙動に応じて炭酸水素ナトリウムの添加を検討する。

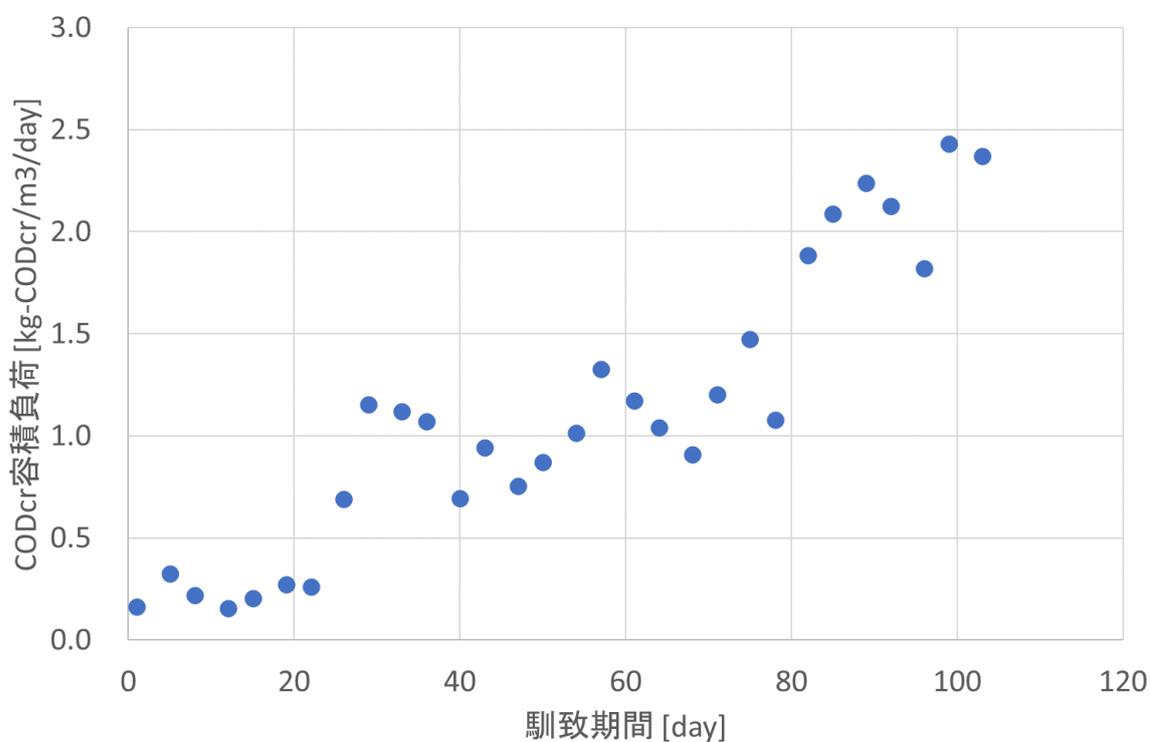


図 2-2-20 馴致期間における UASB 槽 B の COD_{cr} 容積負荷

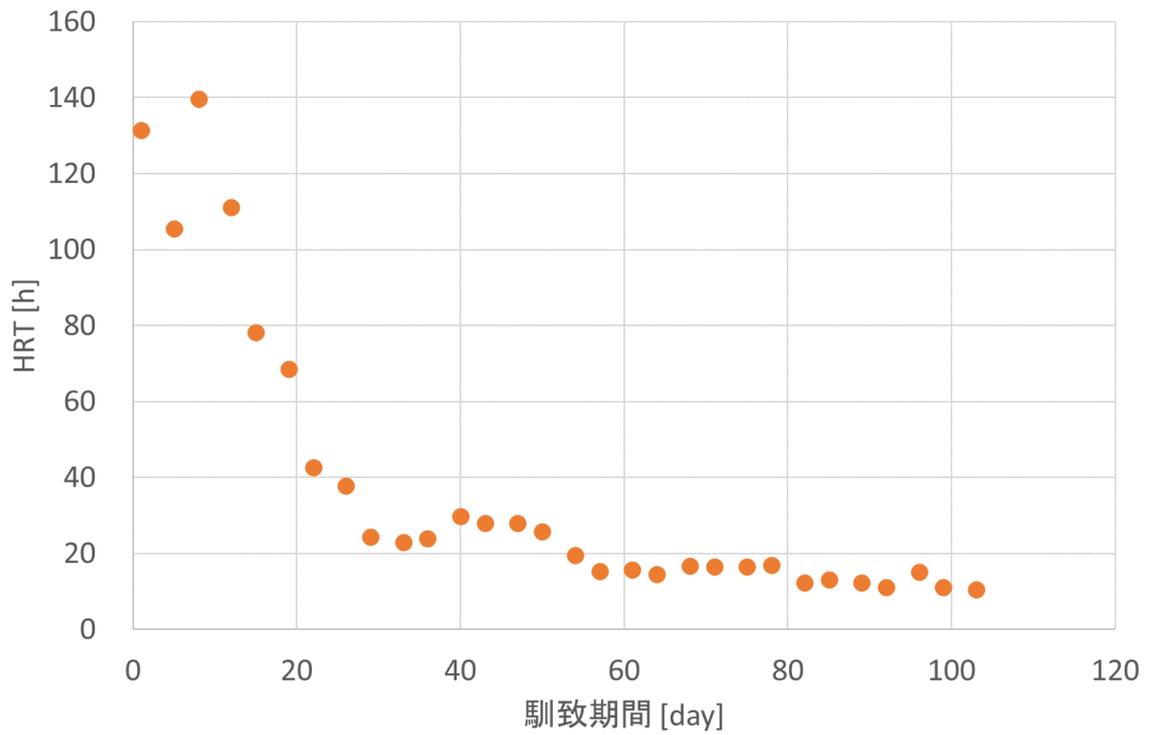


図 2-2-21 馴致期間における UASB 槽 B の HRT

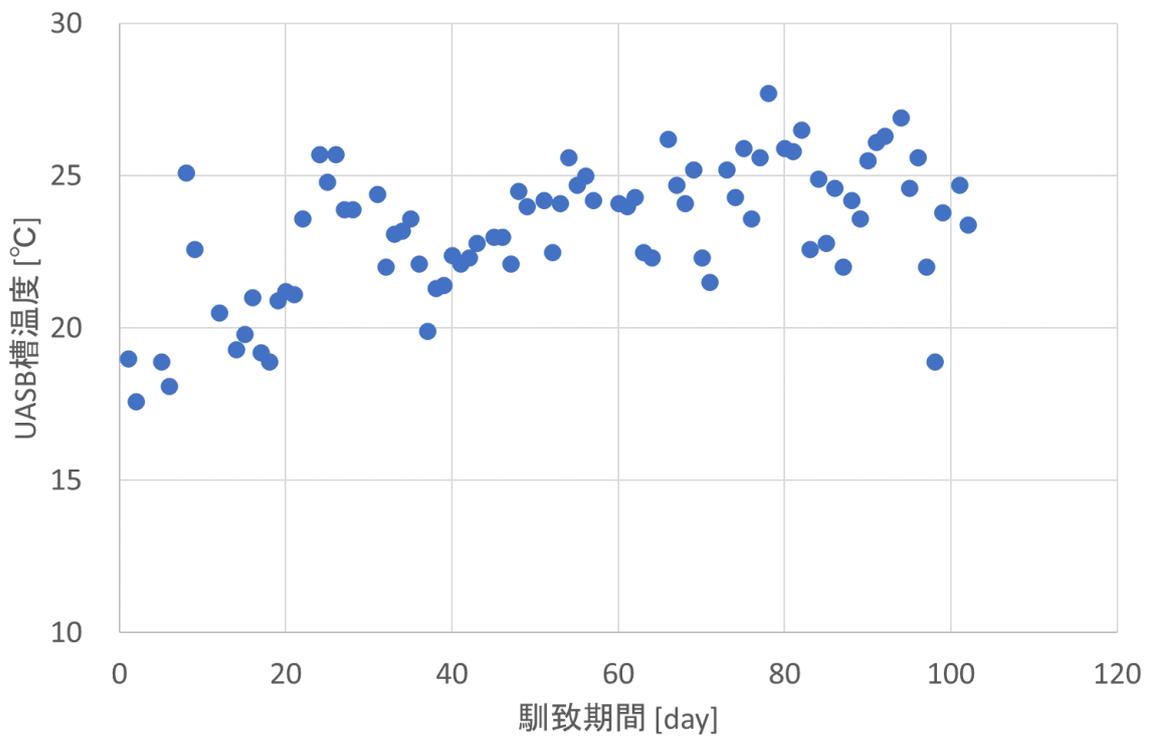


図 2-2-22 馴致期間における UASB 槽 B の温度

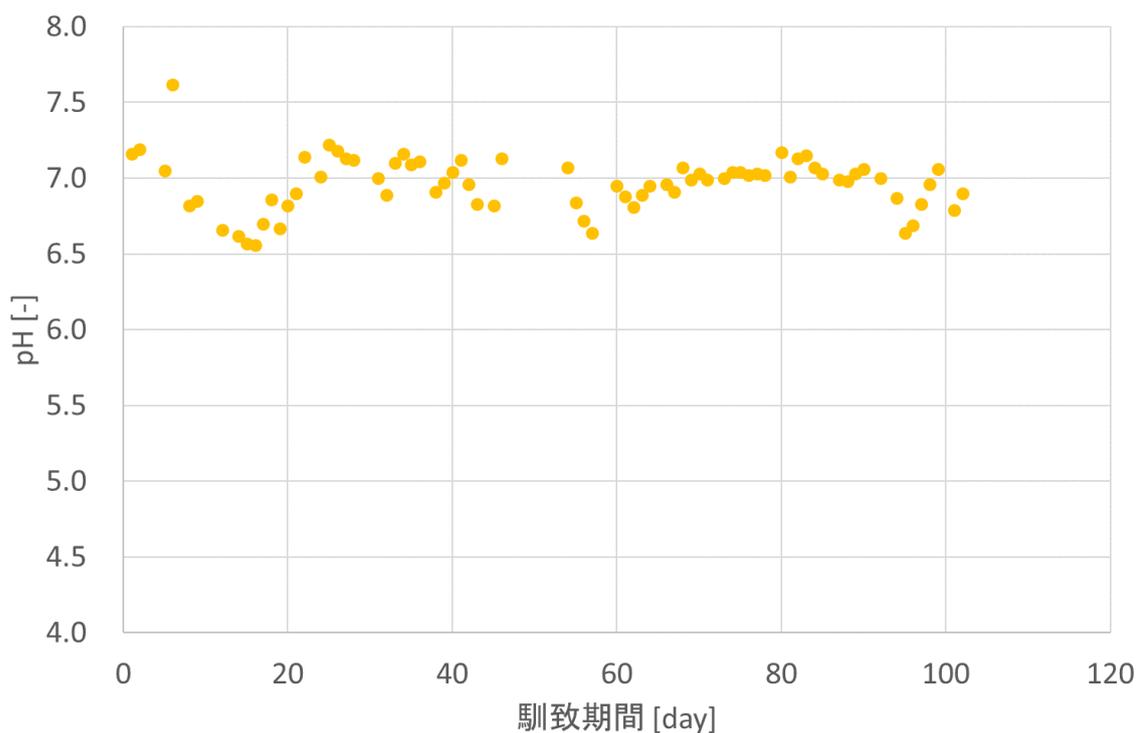


図 2-2-23 馴致期間における UASB 槽 B の pH

馴致期間における UASB 槽 B ラインの COD_{Cr} 容積負荷とメタン生成量の関係を図 2-2-24 に、発生ガス濃度を図 2-2-25 に示す。pH が低下した場合は COD_{Cr} 容積負荷を低下させた運転となったが、COD_{Cr} 容積負荷の増減とともにメタン生成量も増減する結果となった。また pH が低下するとメタン濃度が低下することから、pH 低下時はメタン生成菌が阻害を受けていることが示唆された。

馴致期間における UASB 槽 B ラインの COD_{Cr} 濃度と COD_{Cr} 除去率を図 2-2-25 に、SS 濃度を図 2-2-26 に、n-Hex 濃度を図 2-2-27 に示す。A ラインと同様に馴致期間初期は流出 COD_{Cr} 濃度が高かったが、試験開始から 20 日以降は流出 COD_{Cr} が低下した。ただし UASB 槽の温度が比較的 low だった試験開始から 40 日付近で処理水質が悪化したが、70 日以降は 200~300mg/L 程度で安定し、COD_{Cr} 除去率も 75% 付近で安定したため、馴致は完了したと判断した。

流出 SS 濃度も 80 日以降では 100mg/L 以下で安定し、流出 n-Hex 濃度は、おおむね 20mg/L 以下を維持した。

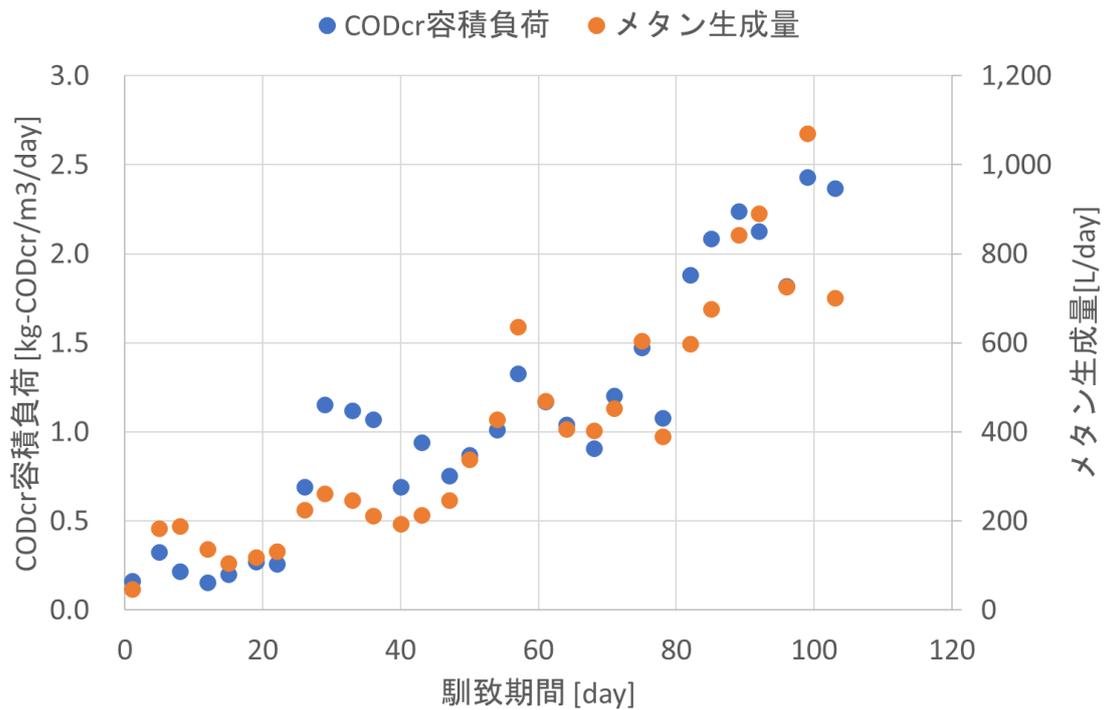


図 2-2-24 馴致期間における UASB 槽 B ラインの CODcr 容積負荷とメタン生成量

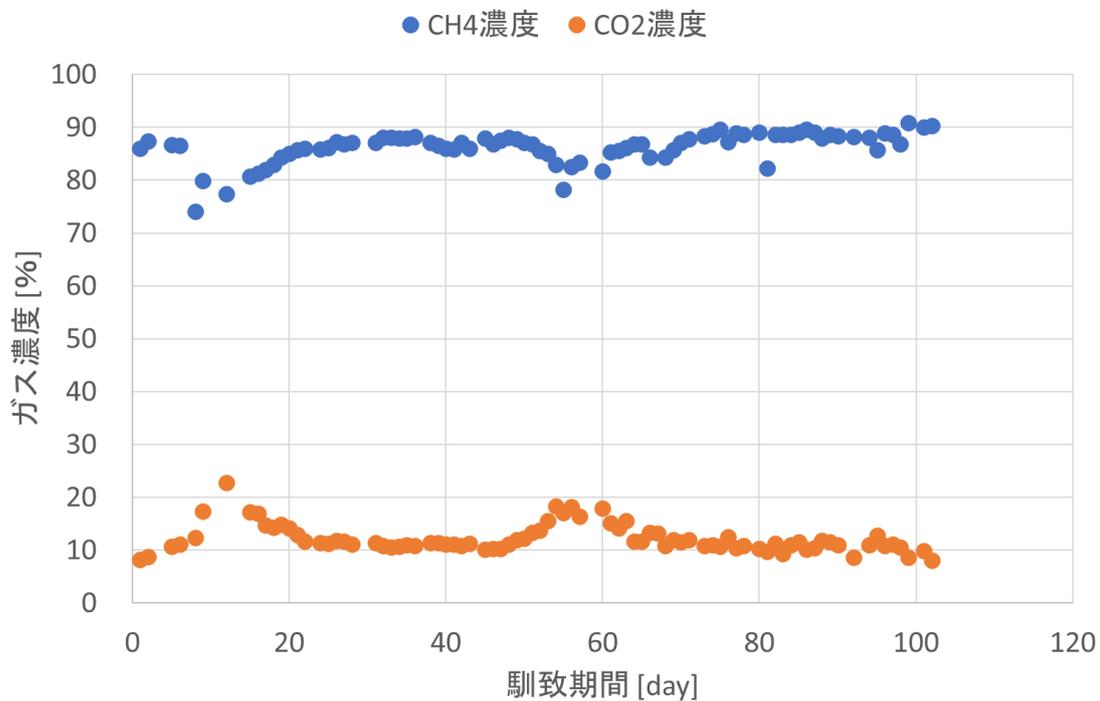


図 2-2-2 馴致期間における UASB 槽 B ラインのガス濃度

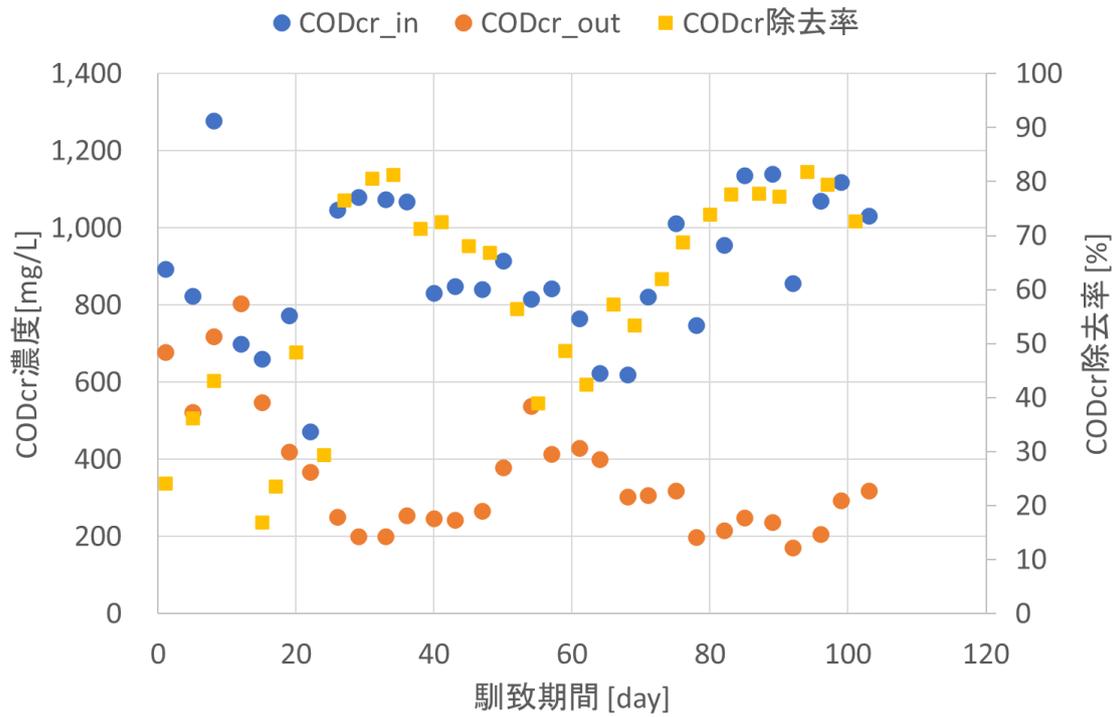


図 2-2-26 馴致期間における UASB 槽 B の CODcr 濃度と CODcr 除去率

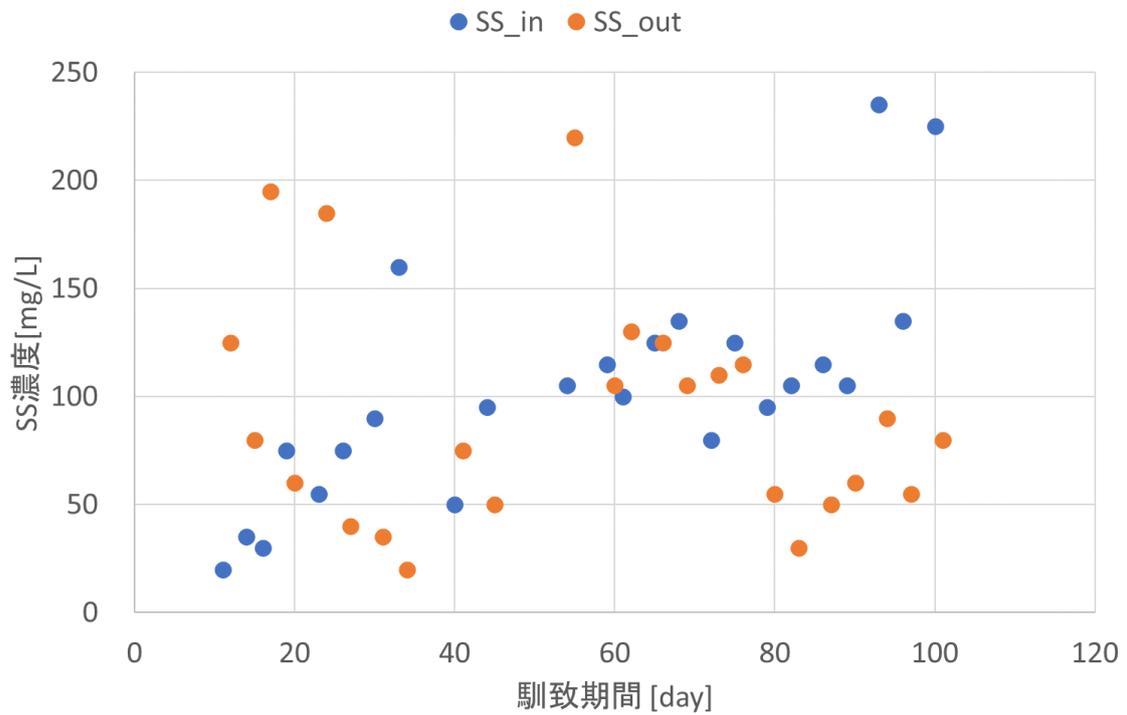


図 2-2-27 馴致期間における UASB 槽 B の SS 濃度

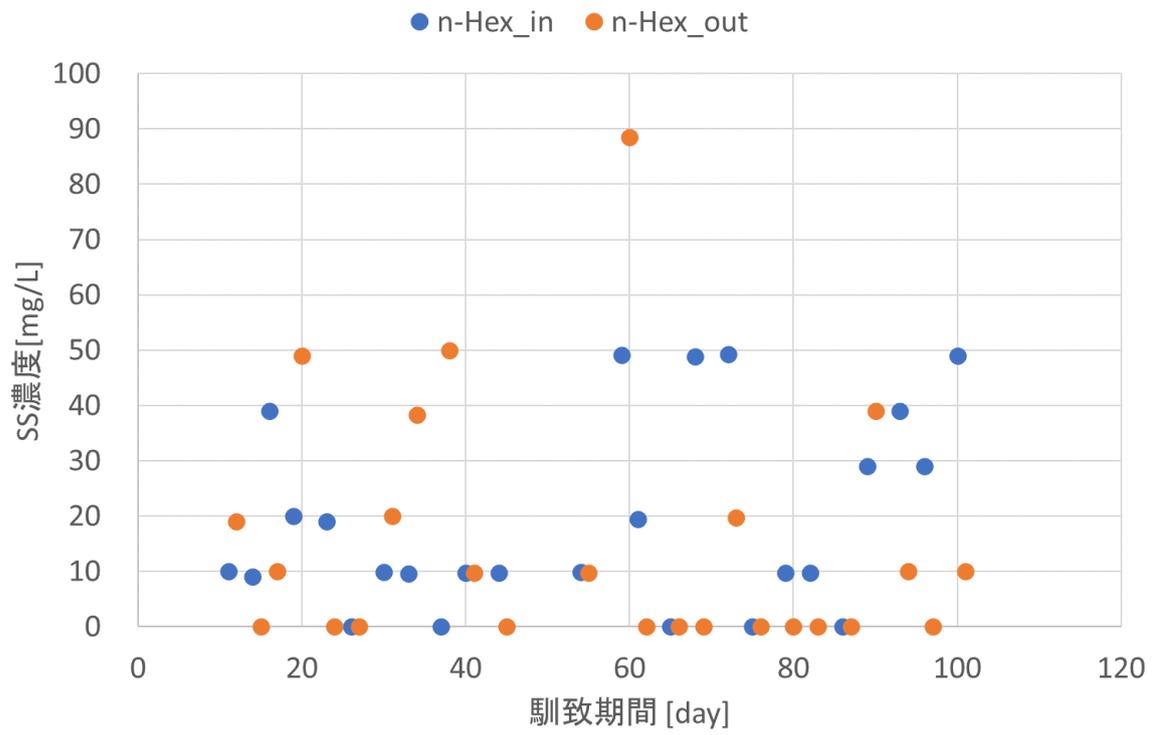


図 2-2-28 馴致期間における UASB 槽 B の n-Hex 濃度

3) 厨房排水の調達と分析

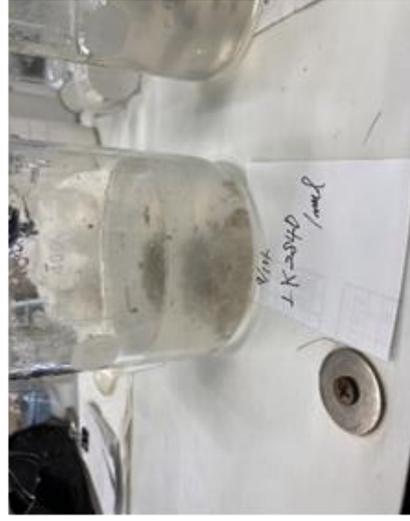
試験で使用する厨房排水は出雲市内の商業施設の油水分離槽から調達した。油水分離槽の状況を図 2-2-29 に示す。当該施設では原水槽が設置されておらず店舗から発生した厨房排水は直接、油水分離槽に流入するため油水分離槽から採水することとした。実厨房排水を用いた無加温 UASB の試験を実施する前に予備試験として、厨房排水の凝集試験と水質分析を行った。厨房排水の凝集試験結果を図 2-2-30 に示す。凝集剤 A と凝集剤 B で必要と考えられる添加量を検討し、良好なフロックを形成した凝集剤 A について、フロックを除去した処理水の分析を行った。各成分が凝集によって低減した。各成分の除去率は TS70%、VS80%、CODcr93%、n-Hex85%程度となった。凝集剤を使用すると CODcr が 500mg/L となっており、無加温 UASB ではバイオガス回収には適さないため、油水分離器と無薬注での加圧浮上処理によって厨房排水を前処理して無加温 UASB 試験に供することとした。



図 2-2-29 出雲市内商業施設の油水分離槽写真



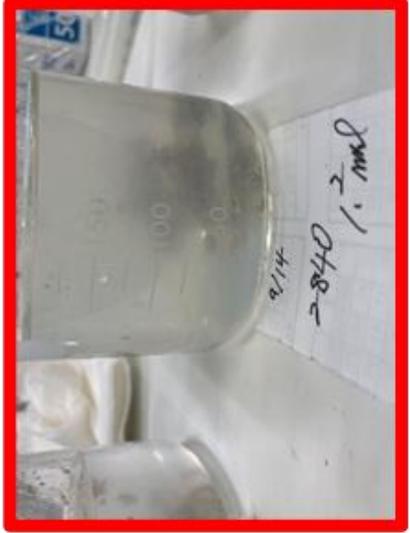
凝集剤A: 8.0ml/L



凝集剤B: 7.0ml/L



凝集剤A: 7.0ml/L



凝集剤B: 6.0ml/L



凝集剤A: 5.0ml/L



凝集剤B: 5.0ml/L

図 2-2-30 厨房排水の凝集試験

表 2-2-8 厨房排水と凝集処理水の性状

	TS mg/L	VS mg/L	CODcr mg/L	n-Hex mg/L		pH
原水	1,240	880	5,900	457		5.84
処理水 [※]	390	170	427	80		-

※ 処理水は凝集剤 A : 7.0ml/L の値

今年度の加圧浮上における各成分の除去率は平均で CODcr 除去率 70%、SS 除去率 72%、n-Hex72%となった。



図 2-2-31 無薬注で加圧浮上処理の状況

4) SS 濃度と油分濃度を変数とした連続処理試験

(1) SS 調整方法と予備試験

厨房排水中の SS 調整用の資材として図 2-2-32 に示すシイタケパウダーを選定し、シイタケパウダーの添加量を検討するための予備試験を行った。予備試験の実施状況を図 2-2-33 と 2-2-34 に、予備試験の測定結果を表 2-2-9 に示す。

予備試験の手順は以下に示す通り。

㊦ 300mL の水に対して、30mg の椎茸パウダーを投入する。

㊧ スターラーで 1 分間攪拌し、全 COD・溶解性 COD を測定する。

㊨ SS を測定する。



図 2-2-32 シイタケパウダー

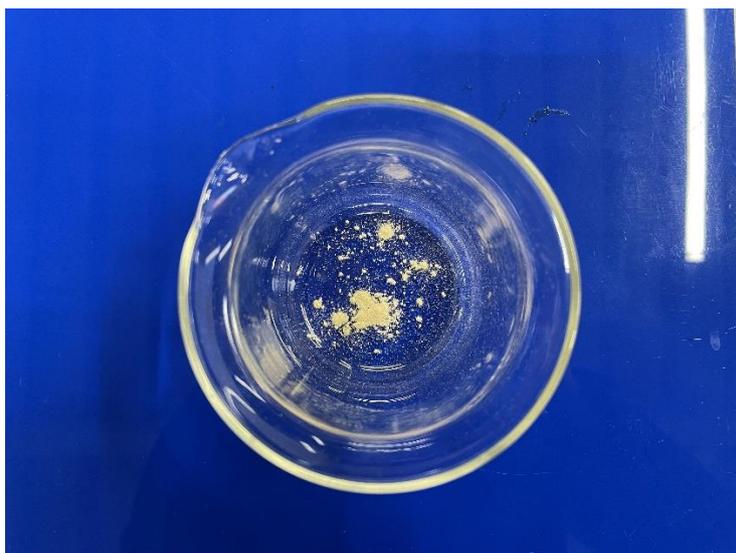


図 2-2-33 シイタケパウダーによる SS 調整の予備試験状況①

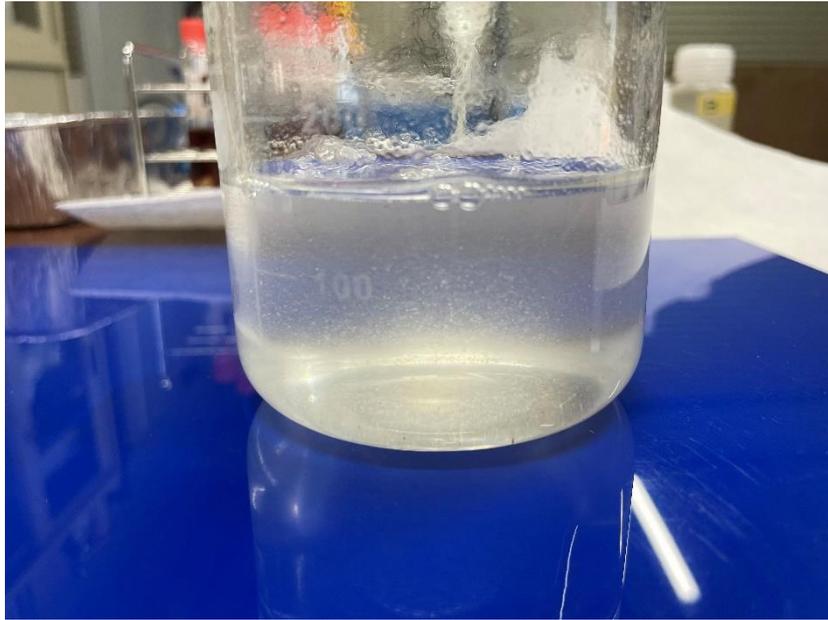


図 2-2-34 シイタケパウダーによる SS 調整の予備試験状況②

表 2-2-9 シイタケパウダー水溶液の測定結果

	SS mg/L	全 CODcr mg/L
シイタケパウダー水溶液	55	79

予備試験の結果から、シイタケパウダーを 1g/L の濃度で添加すると SS は 0.7g/L、全 CODcr は 1g/L 増加すると考えられる。

(2) n-Hex 調整方法と予備試験

厨房排水中の n-Hex 調整にはサラダ油を用いることとした。ただし、サラダ油のみを添加しても分離してしまうため、家庭用洗剤でエマルジョン化させてから厨房排水に投入することにした。十分にエマルジョン化させるためにはサラダ油 200ml に対して、150ml の家庭用洗剤が必要であったため、試験ではサラダ油と家庭用洗剤を等容積で混合した乳化油を添加することとした。乳化油を水道水で 40 倍に希釈した水溶液の n-Hex 濃度を測定すると 12,900mg/L となり、厨房排水 1L に乳化油を 1ml 添加すると n-Hex が 0.52mg/L 程度増加する想定された。



図 2-2-35 サラダ油の乳化試験

(3) 実厨房排水を用いた連続試験

図 2-2-36 から図 2-2-48 に UASB 槽 A ラインでの実排水処理試験結果を示す。試験開始直後から 20 日後に CODcr 容積負荷を $0.5 \text{ kg/CODcr/m}^3/\text{day}$ から $1.0 \text{ kg/CODcr/m}^3/\text{day}$ に容積負荷を上昇させた後急激な pH 低下が見られた。しかし、対策として炭酸水素ナトリウムを厨房排水 1m^3 に対して 600mg/L 添加した後は、pH は 7.0 付近で安定した。試験開始から 40 日から HRT を減少させて、試験開始から 70 日には目標とする HRT12 時間以内の運転条件とした。また 92 日以降は乳化したサラダ油を添加して n-Hex 濃度を 100mg/L 程度に調整した。70 日から 91 日までは n-Hex 濃度は下水放流基準の 30mg/L 以下を満足したが、サラダ油添加後の 92 日以降は n-Hex 濃度が上昇傾向となり、最終的には 45mg/L を超えてしまった。ただし 73 日以降の処理水中 SS 濃度が高くなっており、グラニューール汚泥の崩壊が懸念される。グラニューール汚泥を維持できれば流出 n-Hex 濃度も安定する可能性があるため来年度は微良塩を添加して、グラニューール形成を促進して n-Hex 濃度 100mg/L での処理可能性について検証する。図 2-2-49 から図 2-2-61 に UASB 槽 B ラインでの実排水処理試験結果を示す。UASB 槽 B ラインでは実排水処理開始時から炭酸水素ナトリウムを厨房排水 1m^3 に対して 600mg/L 添加した。試験開始から HRT は目標の 12h 以下を継続し、pH、メタン生成量とメタン濃度も安定していた。25 日までの SS 濃度の平均は 150mg/L であった。25 日以降はシイタケパウダーを添加して SS 濃度を $250\sim 300\text{mg/L}$ 程度に調整した。処理水質は下水道放流基準を満足するが、SS は 200mg/L を超えてしまった。

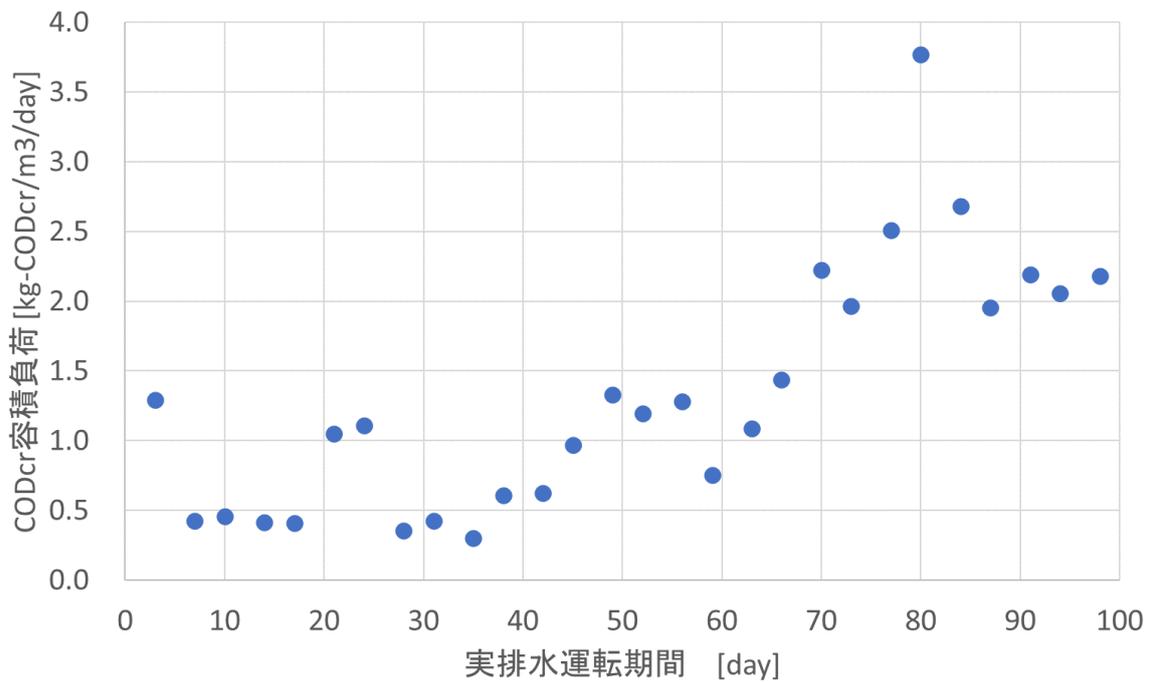


図 2-2-36 実厨房排水運転期間における UASB 槽 A ラインの CODcr 容積負荷

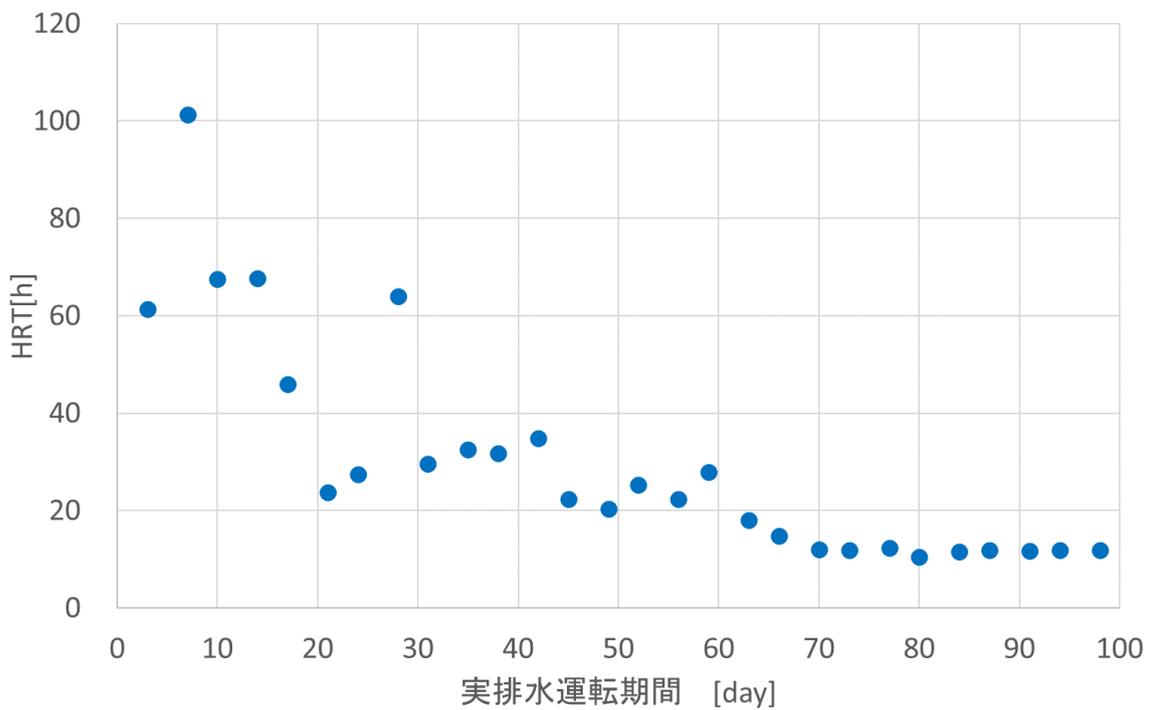


図 2-2-37 実厨房排水運転期間における UASB 槽 A ラインの HRT

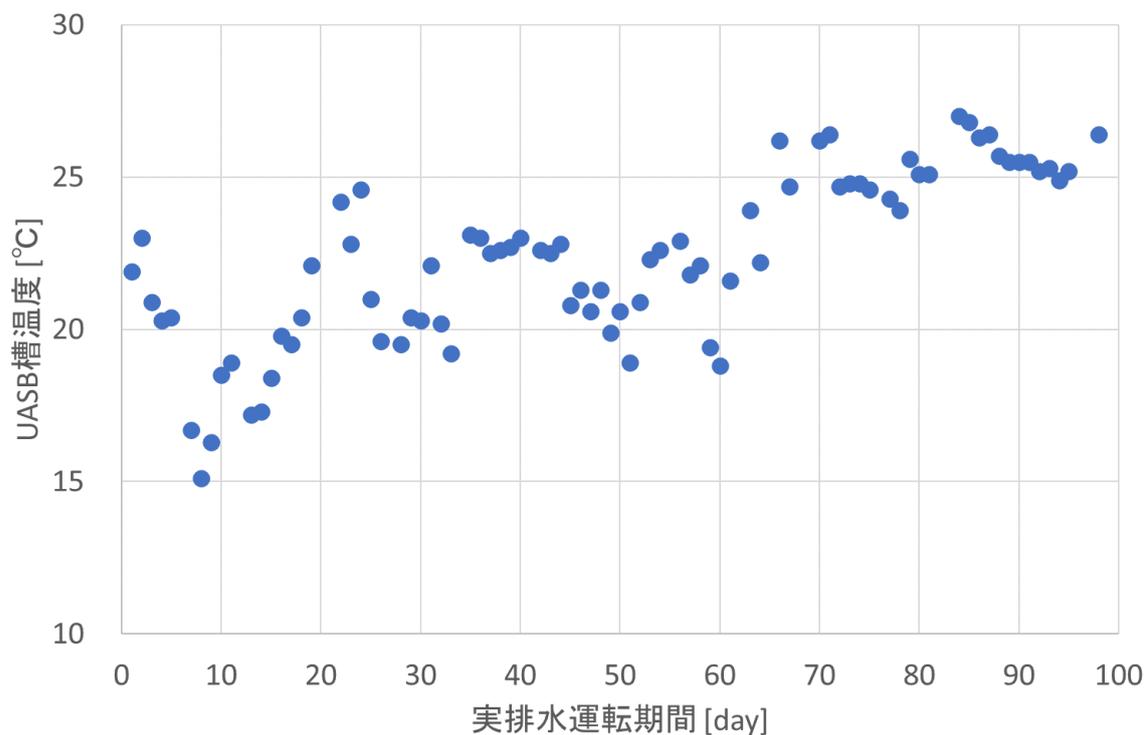


図 2-2-38 実厨房排水運転期間における UASB 槽 A ラインの UASB 槽内温度

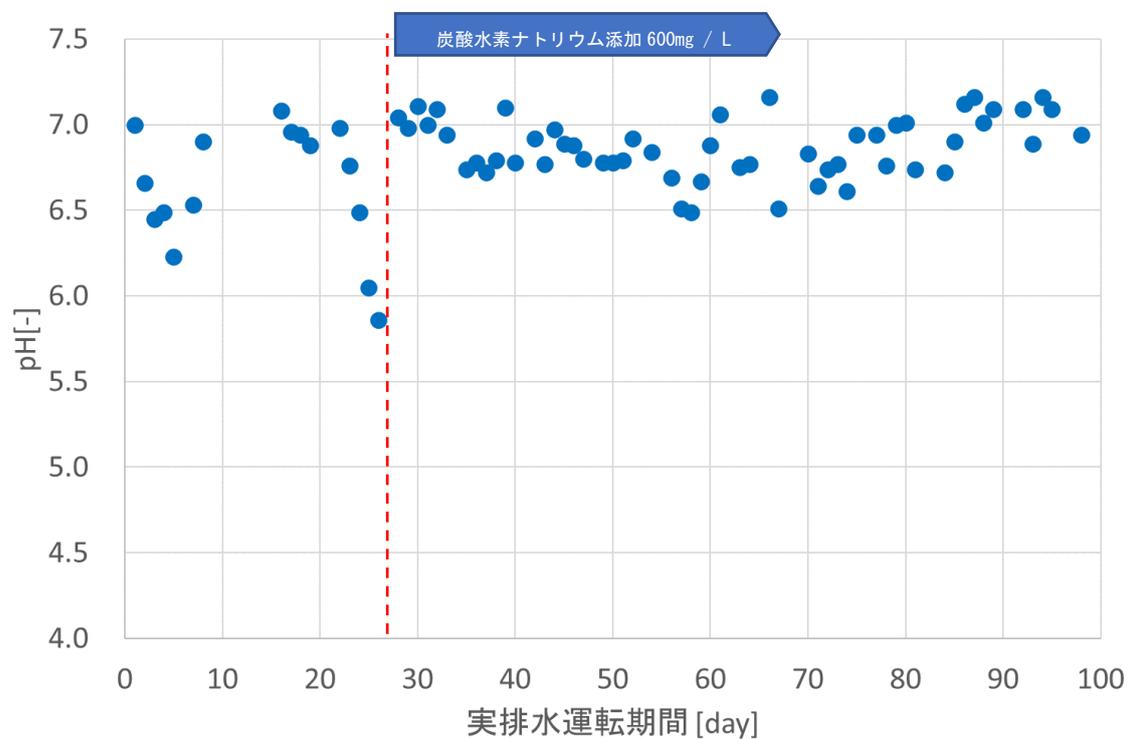


図 2-2-39 実厨房排水運転期間における UASB 槽 A ラインの pH

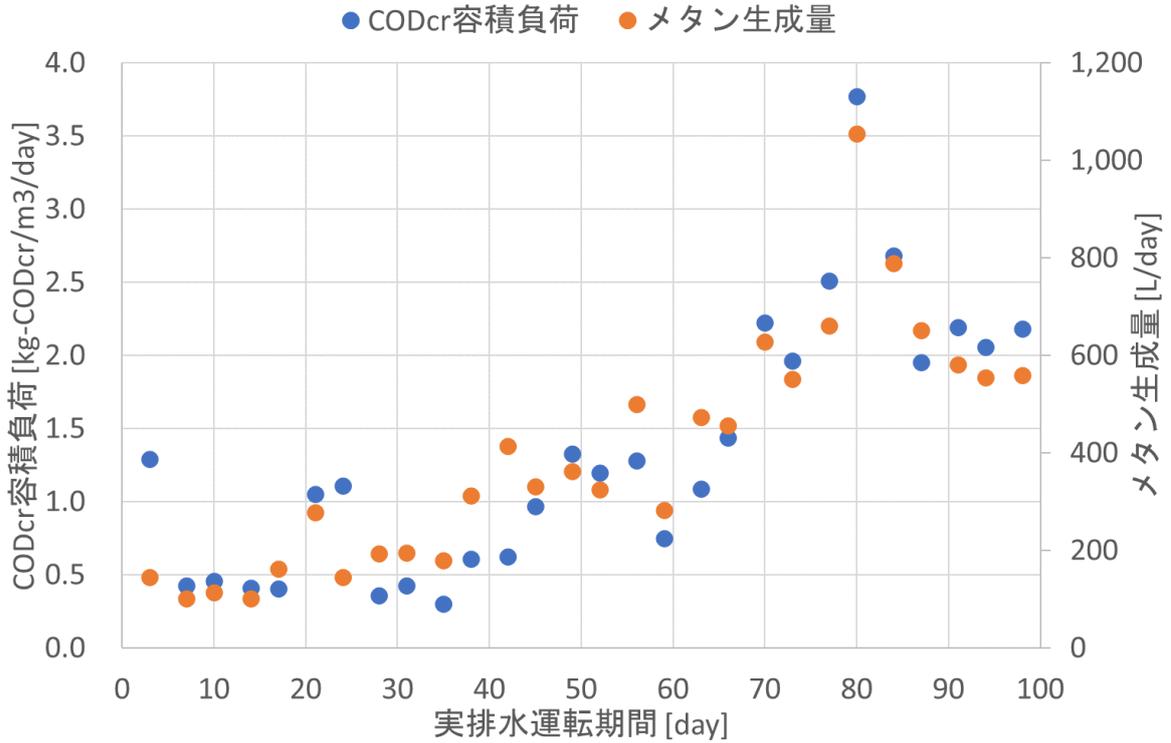


図 2-2-40 実厨房排水運転期間における UASB 槽 A ラインの CODcr 容積負荷とメタン生成量

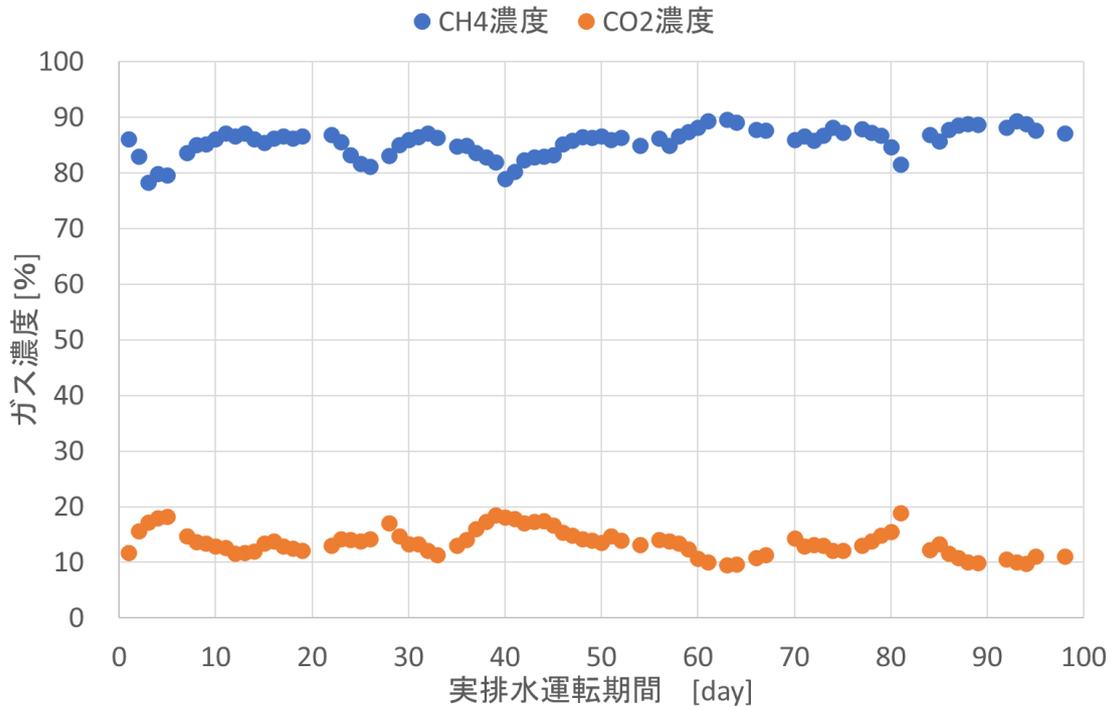


図 2-2-41 実厨房排水運転期間における UASB 槽 A ラインのガス濃度

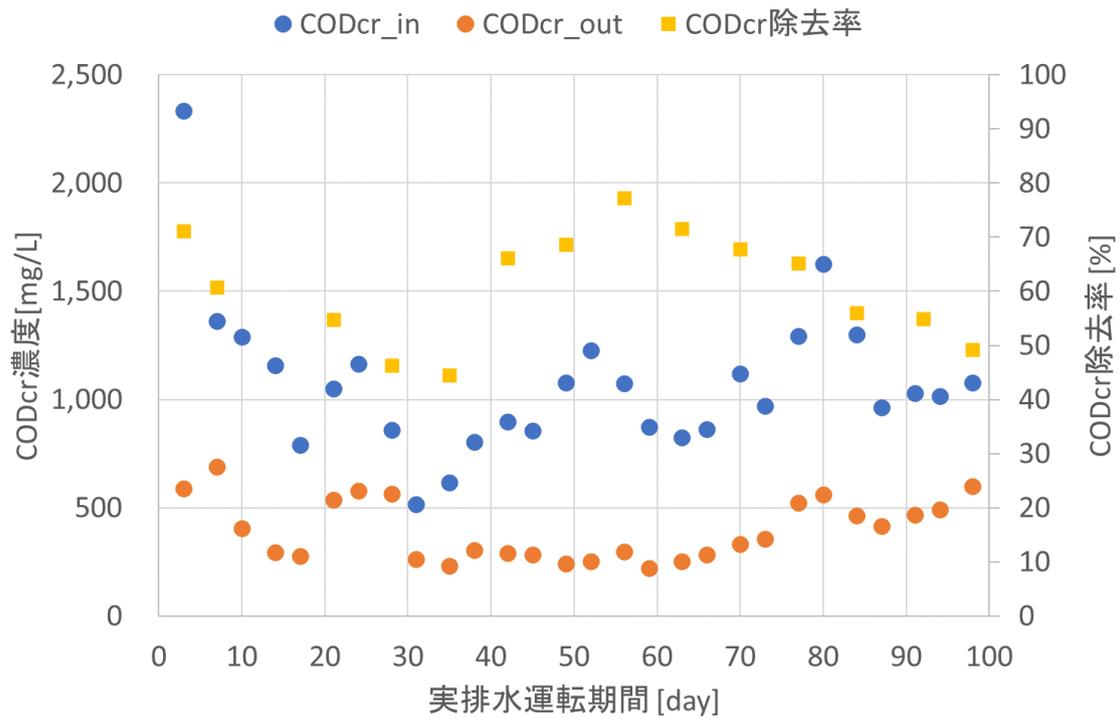


図 2-2-42 実厨房排水運転期間における UASB 槽 A ラインの CODcr 濃度と CODcr 除去率

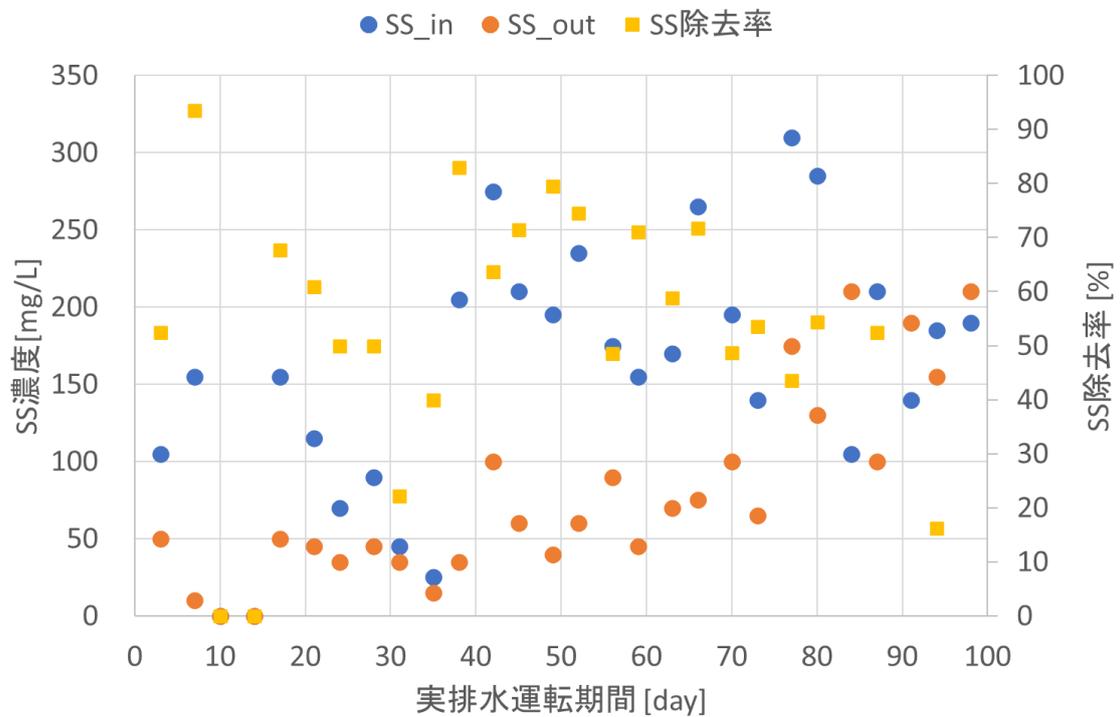


図 2-2-43 実厨房排水運転期間における UASB 槽 A ラインの SS 濃度と SS 除去率

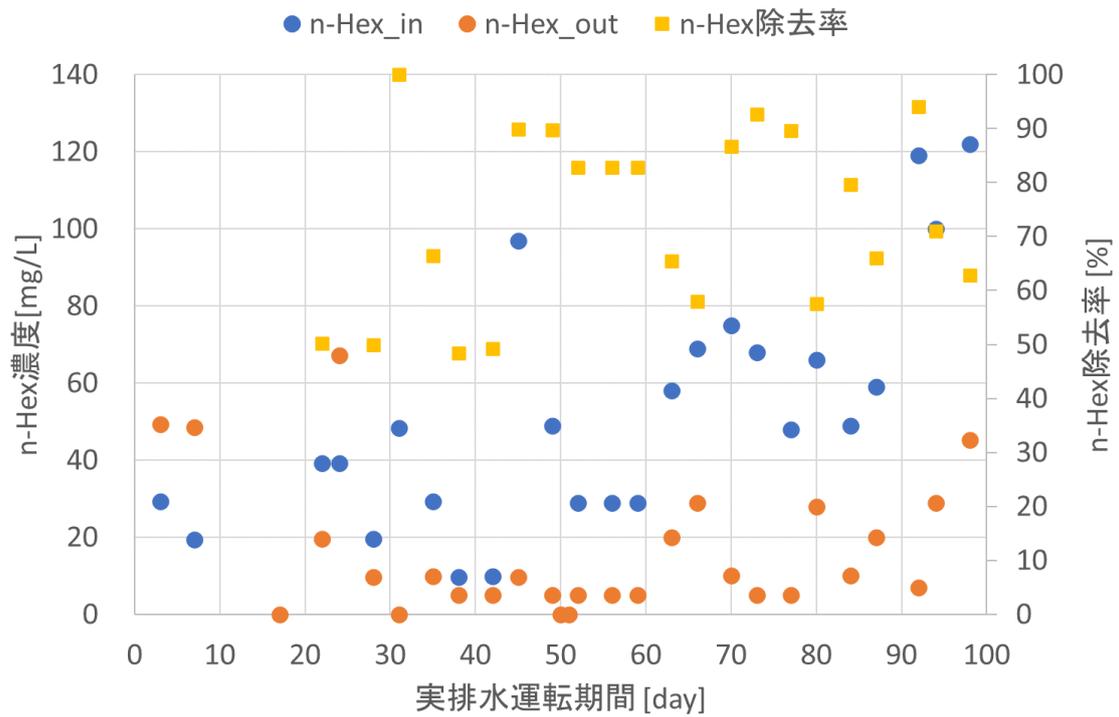


図 2-2-44 実厨房排水運転期間における UASB 槽 A ラインの n-Hex 濃度と n-Hex 除去率

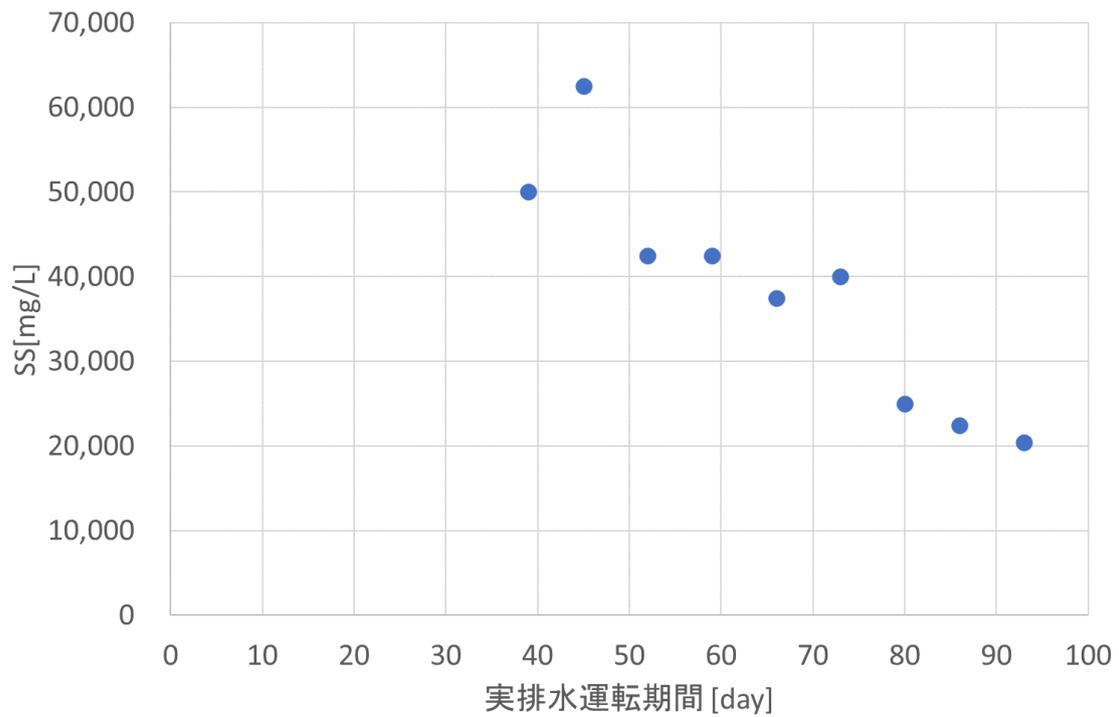


図 2-2-45 実厨房排水運転期間中の UASB 槽 (A ライン) 内の SS 濃度

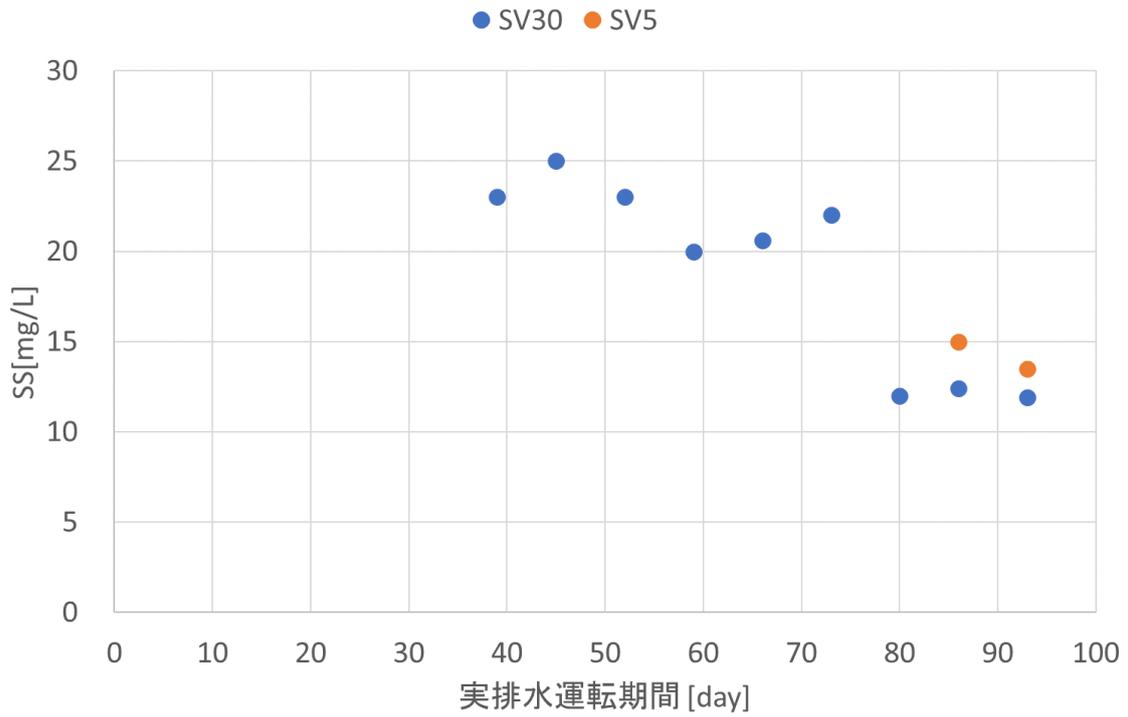


図 2-2-46 実厨房排水運転期間中の UASB 槽 (A ライン)
グラニューール汚泥の SV

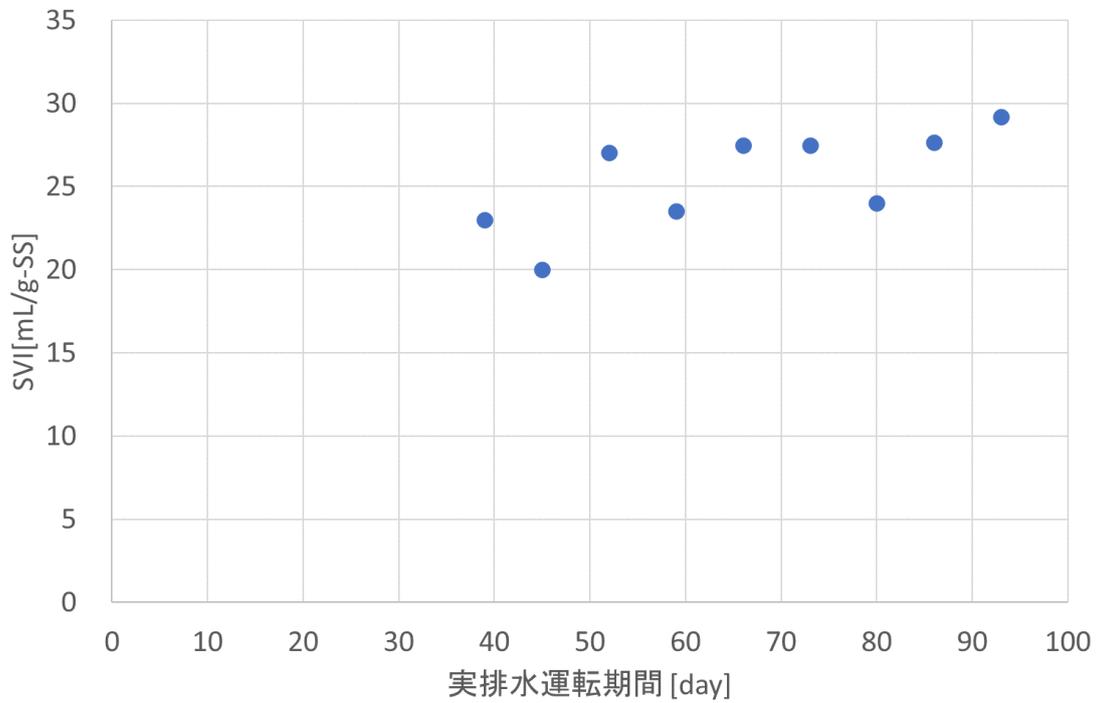


図 2-2-47 実厨房排水運転期間中の UASB 槽 (A ライン)
グラニューール汚泥の SVI

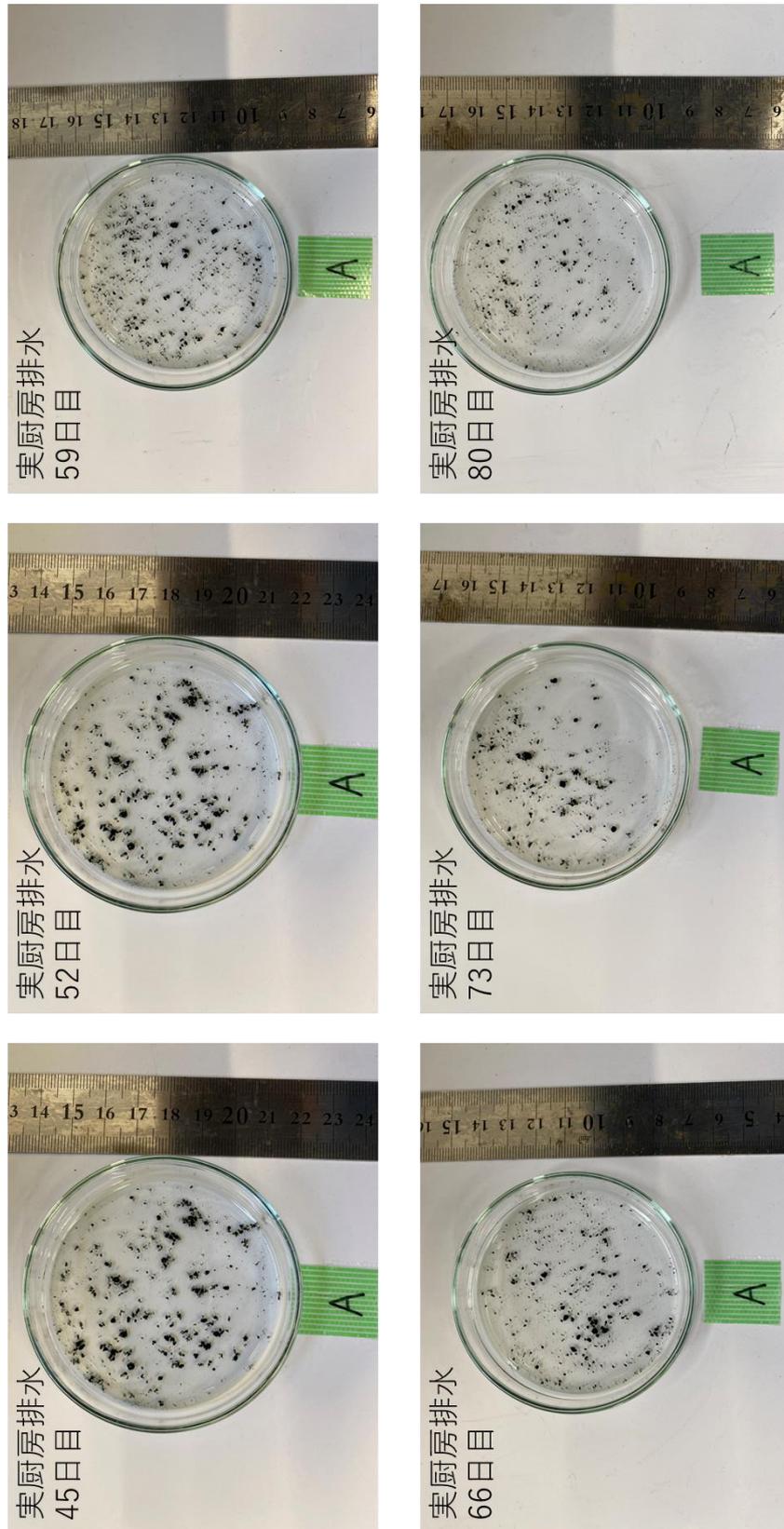


図 2-2-48 UASB 槽 A ラインの目視状況

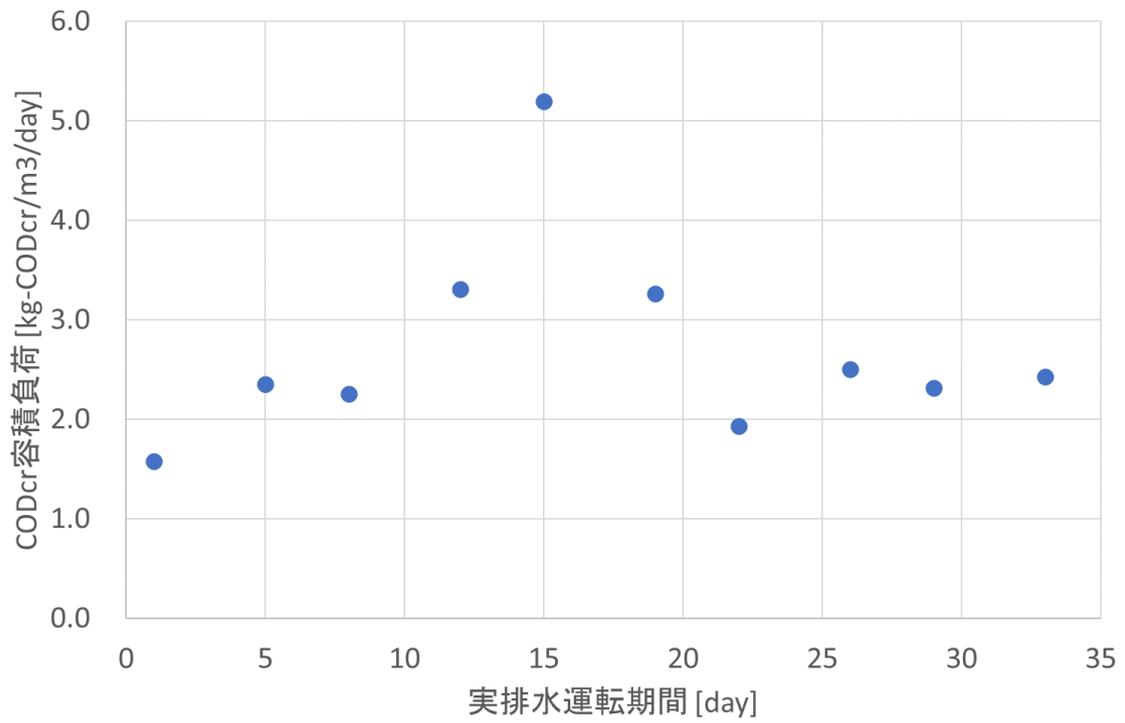


図 2-2-49 実厨房排水運転期間における UASB 槽 B ラインの COD_{cr} 容積負荷

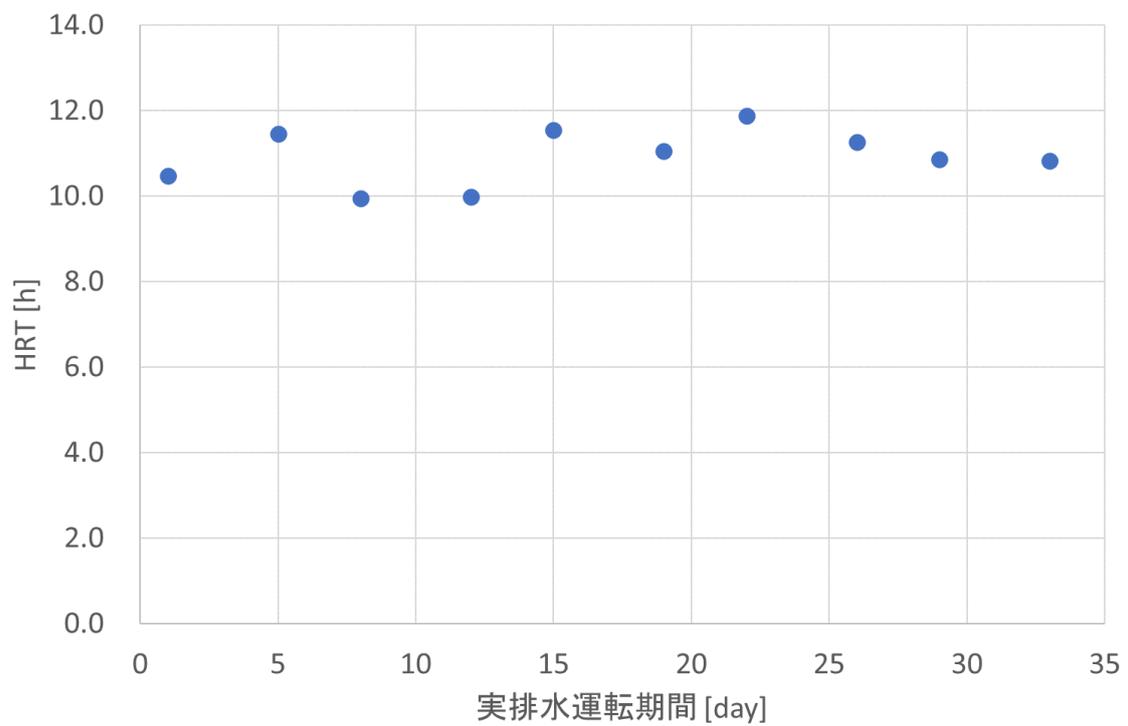


図 2-2-50 実厨房排水運転期間における UASB 槽 B ラインの HRT

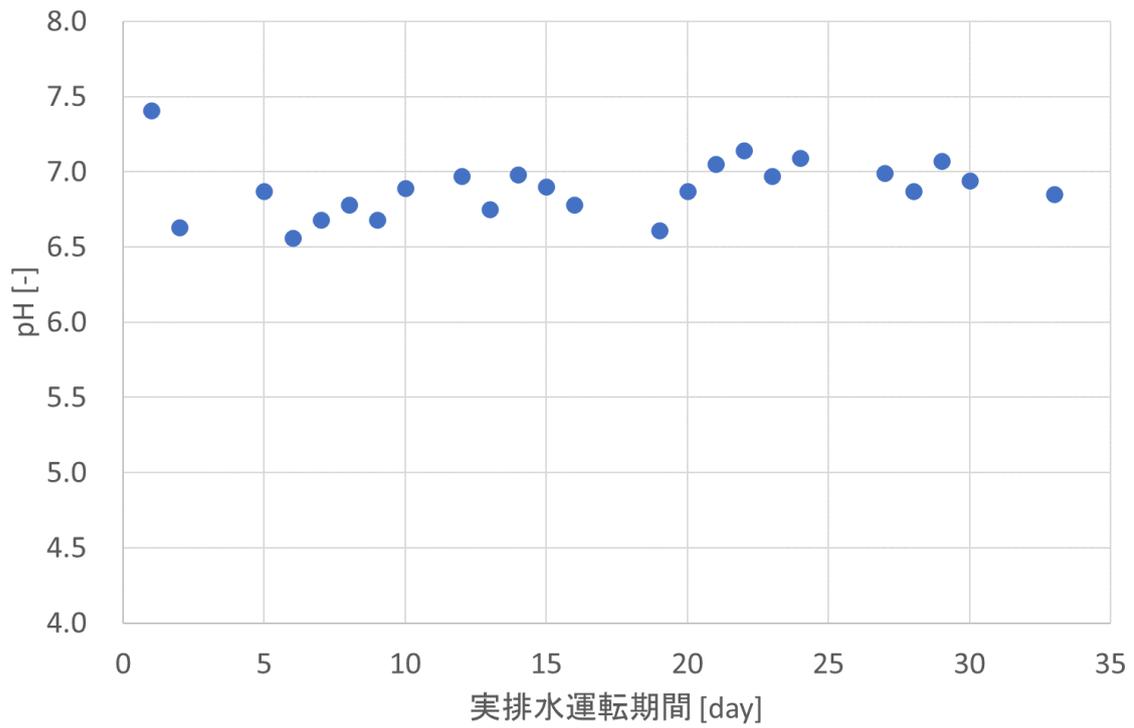


図 2-2-51 実厨房排水運転期間における UASB 槽 B ラインの pH

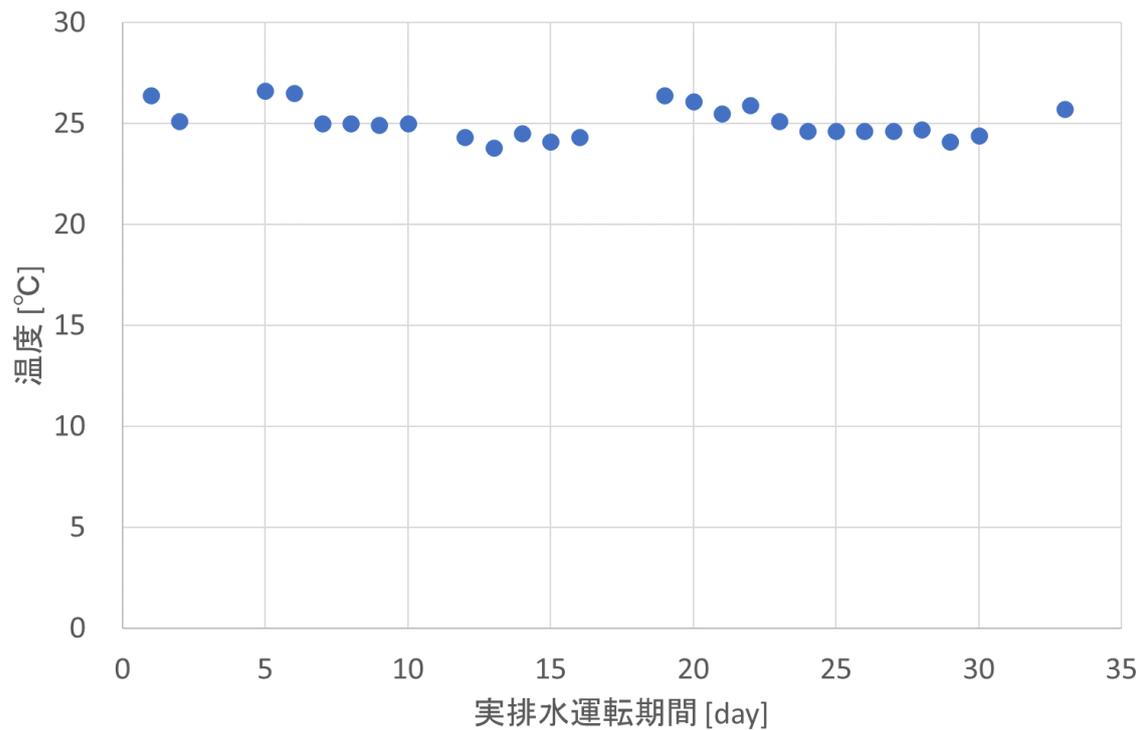


図 2-2-52 実厨房排水運転期間における UASB 槽 B ラインの温度

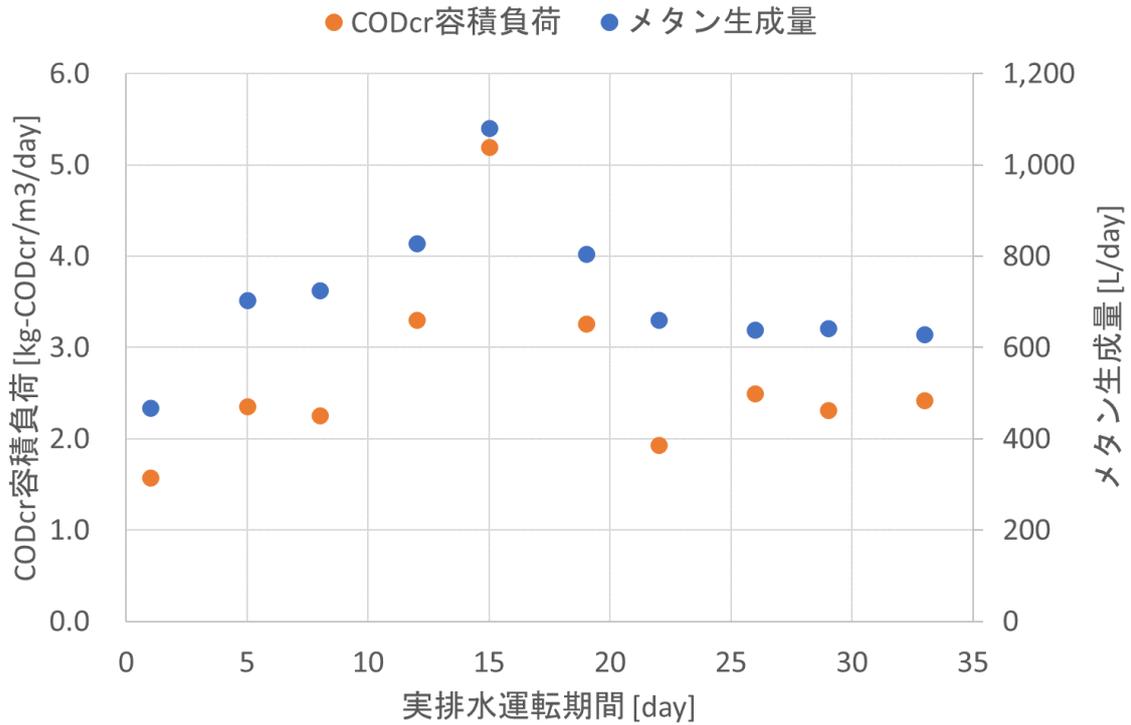


図 2-2-53 実厨房排水運転期間における UASB 槽 B ラインの CODcr 容積負荷とメタン生成量

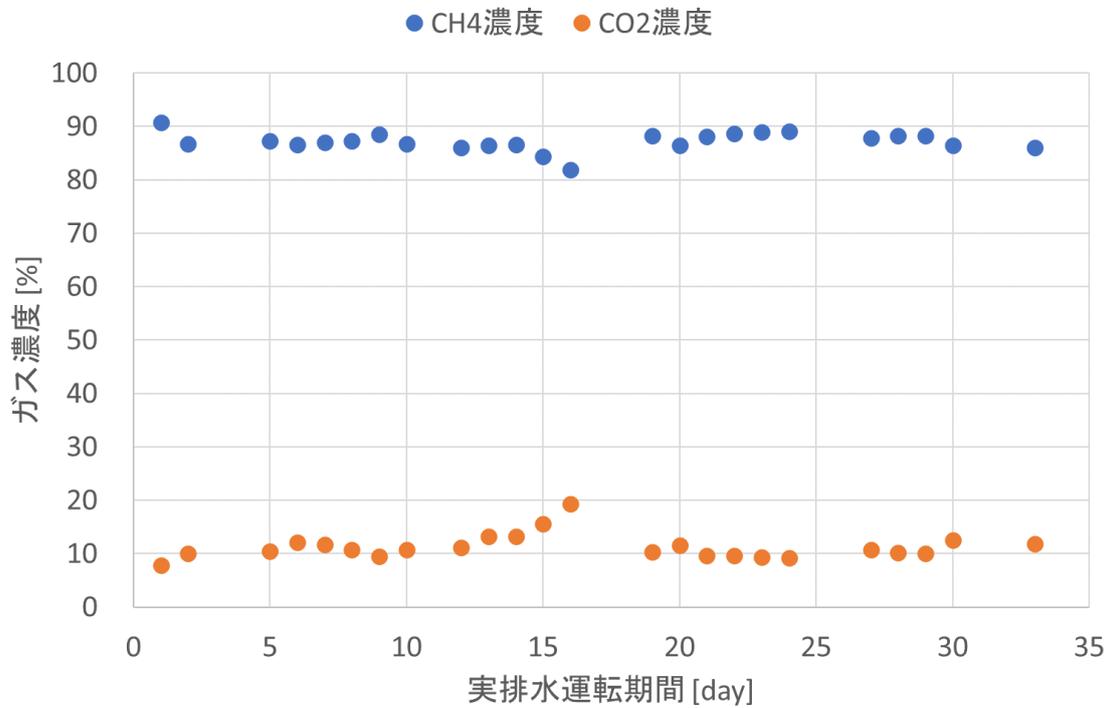


図 2-2-54 実厨房排水運転期間における UASB 槽 B ラインのガス濃度

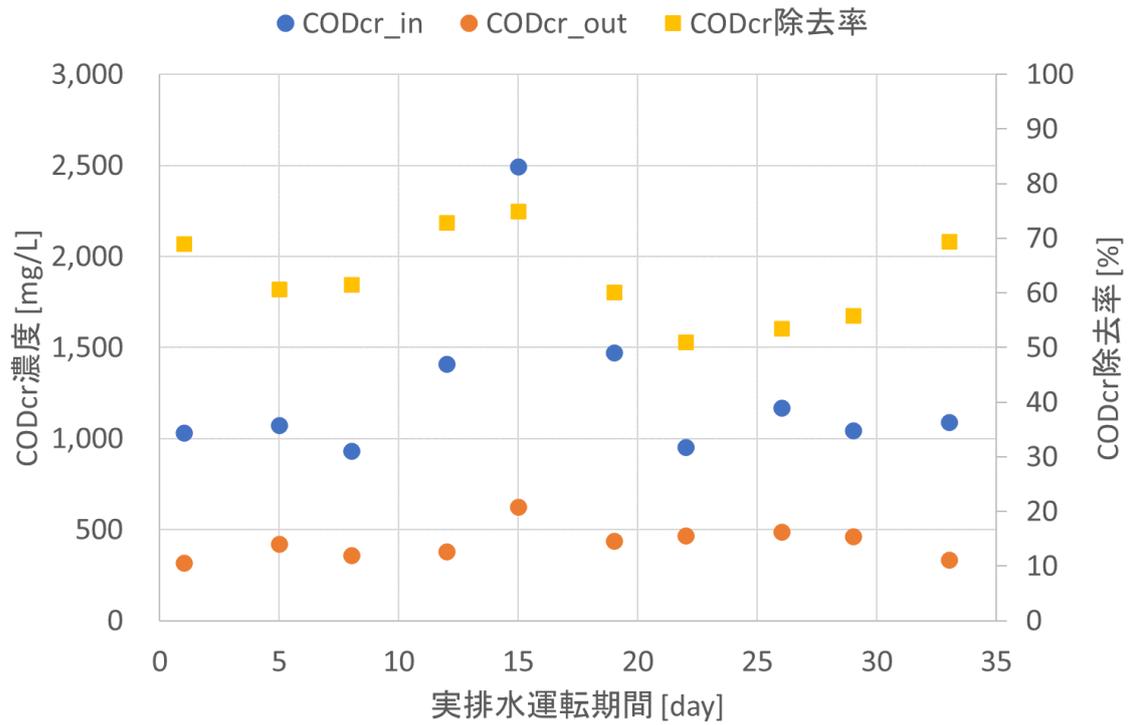


図 2-2-55 実厨房排水運転期間における UASB 槽 B ラインの CODcr 濃度と CODcr 除去率

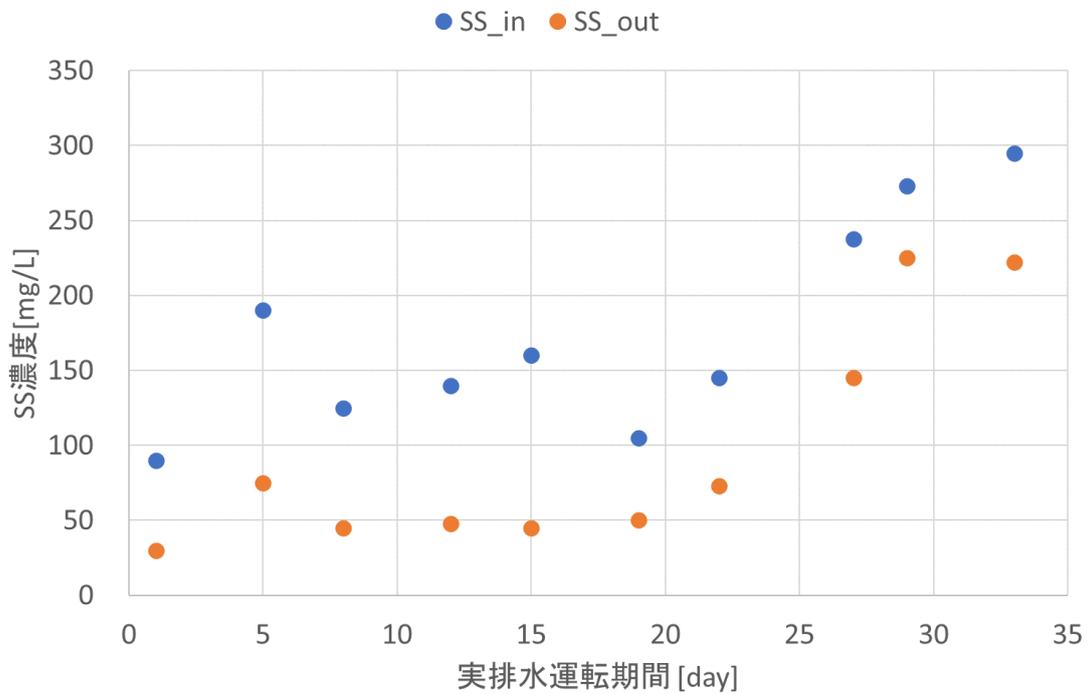


図 2-2-56 実厨房排水運転期間における UASB 槽 B ラインの SS 濃度

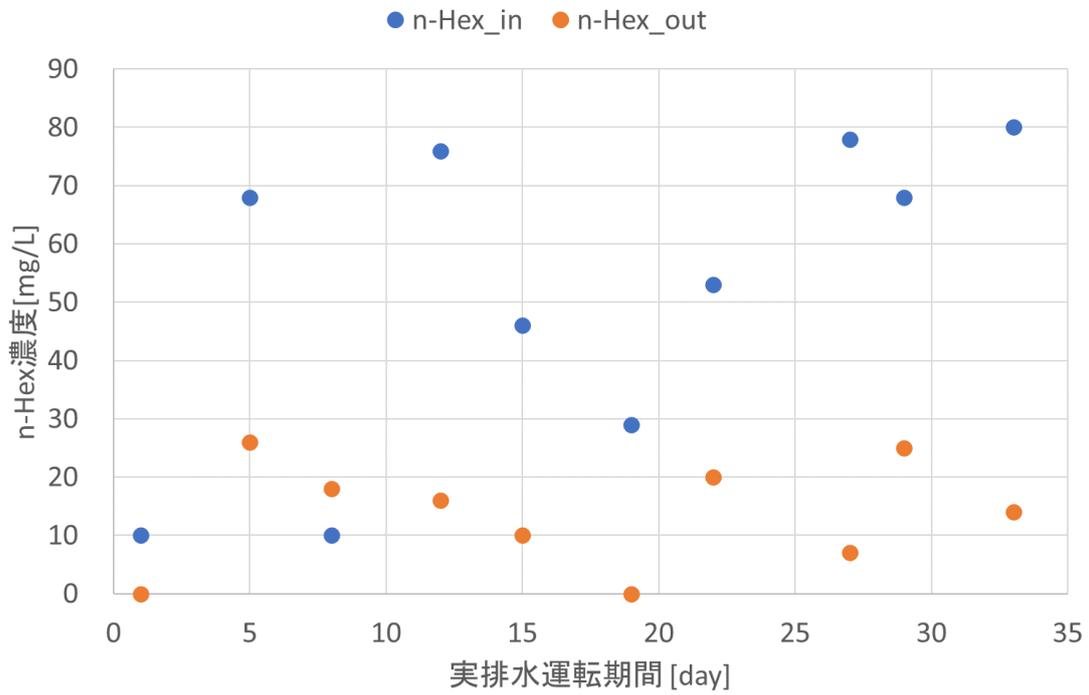


図 2-2-57 実厨房排水運転期間における UASB 槽 B ラインの n-Hex 濃度

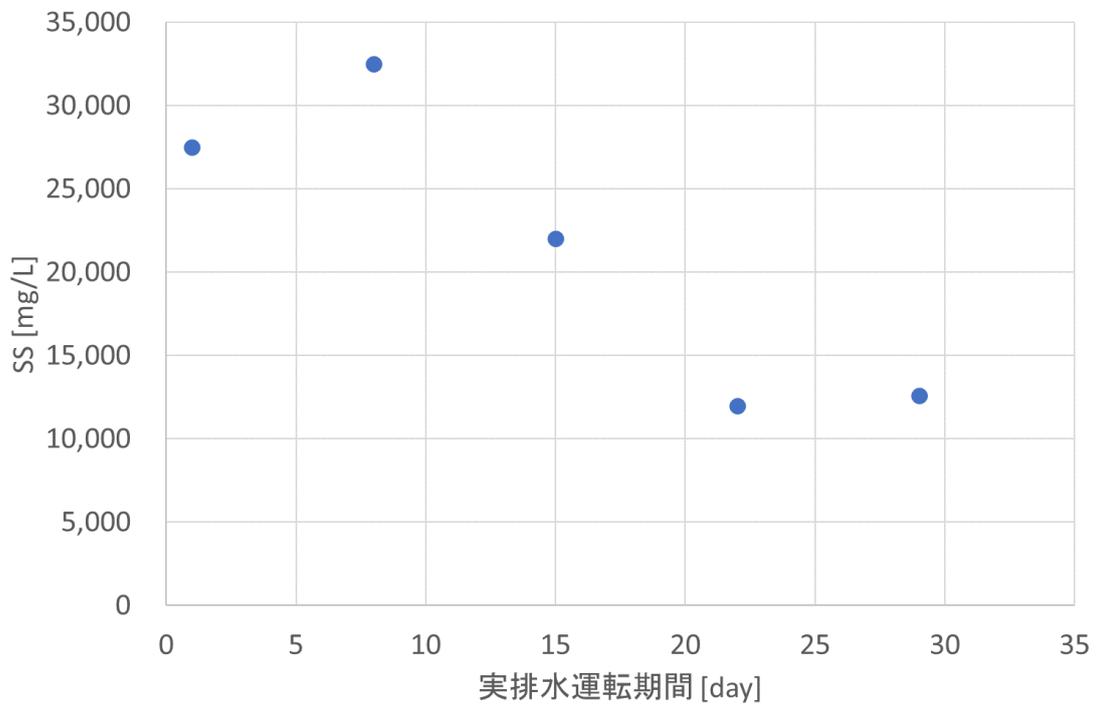


図 2-2-58 実厨房排水運転期間中の UASB 槽 (B ライン) 内の SS 濃度

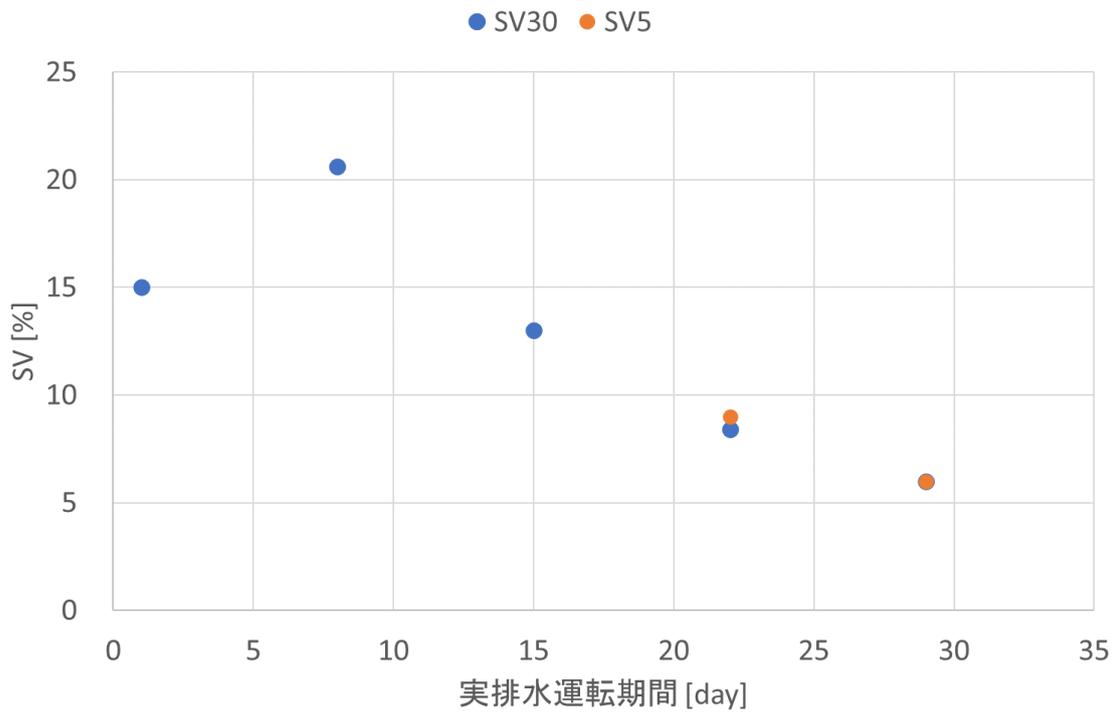


図 2-2-59 実厨房排水運転期間中の UASB 槽 (B ライン)
グラニューール汚泥の SV

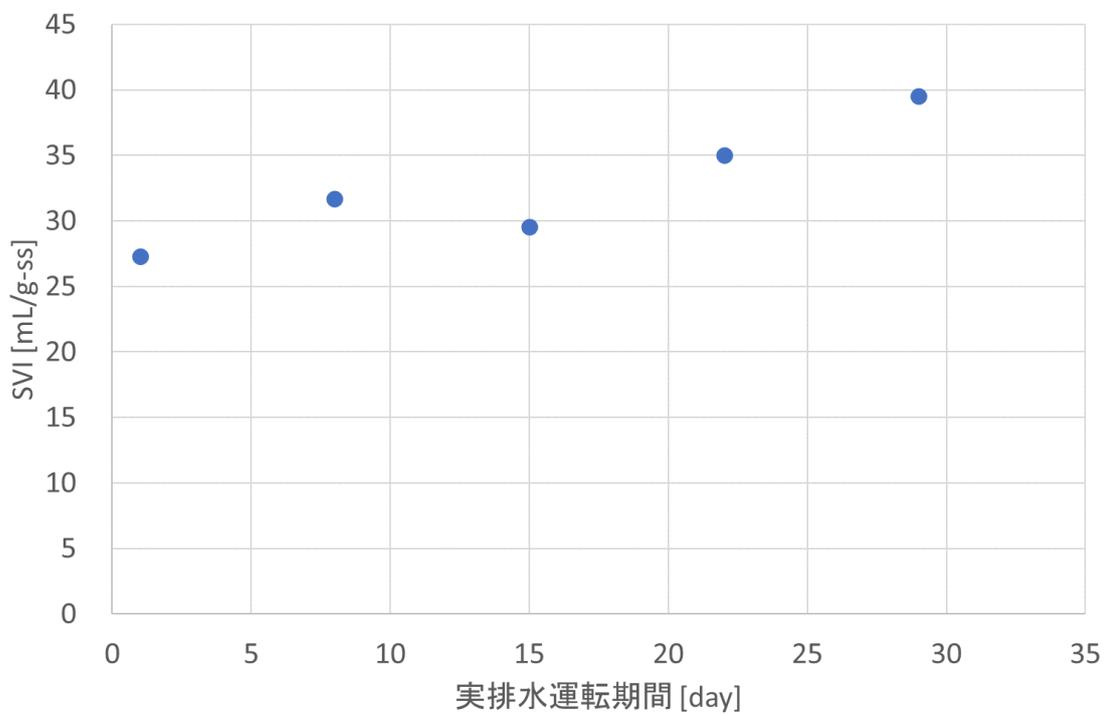


図 2-2-60 実厨房排水運転期間中の UASB 槽 (B ライン) 内の SVI

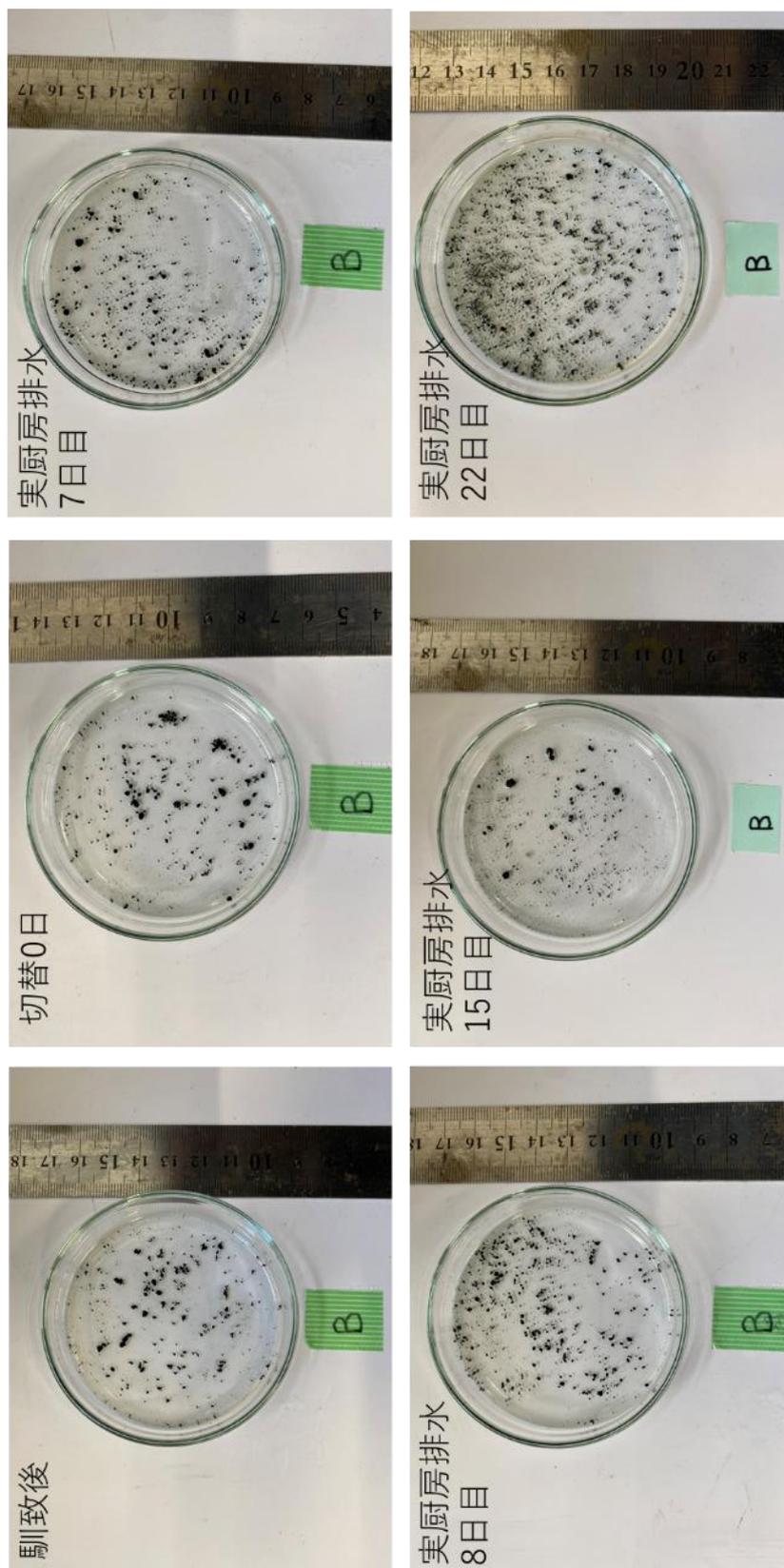


図 2-2-61 UASB 槽 B ラインの汚泥外観の変化

3. 【開発項目 C1】 開発システムの評価・商品化検討

1) 物質収支の検討

システム性能を評価するために、まず物質収支について検討を行った。開発中の技術を組み合わせる候補として、あべのハルカスに導入した商用化システムと平成 30～31 年度事業で開発した高油分対応システムに無加温 UASB を付加することを想定した。

(1) 検討対象

検討対象は以下のシステムとする。

- ・ 商用化システム
- ・ 高油分対応システム
- ・ 商用化システム＋無加温 UASB
- ・ 高油分対応システム＋無加温 UASB

(2) 物質収支の試算条件

物質収支の試算には以下に示す条件を使用した。

①原料処理量と性状

厨芥（投入不適物を除く） 900 kg/日（VS：162 kg/日、n-Hex14kg/日）

厨房排水 300m³/日（VS：144 kg/日、n-Hex60kg/日）

店舗スカム 150 kg/日（VS：40 kg/日、n-Hex30kg/日）

②回収率

ディスポーザー排水固液分離器と油水分離器、加圧浮上装置における各成分の回収率を表 2-2-10 に示す。

表 2-2-10 試算に用いた各機器における回収率

	ディスポーザー排水 スクリーン	油水分離器	加圧浮上槽
VS	65	30	50
SS	65	20	60
BOD	50	10	30
CODcr	50	10	30
n-Hex	55	60	70

③除去率

メタン発酵槽、厨房除害設備、無加温 UASB 槽の各成分の除去率を表 2-2-11 に示す。

表 2-2-11 各装置における除去率

	メタン 発酵	高油分対 応 メタン発酵	厨房除害 設備	無加温 UASB 応募時	無加温 UASB 中間評価
VS	80	71	—	—	—
SS	85	75	45	45	64
BOD	90	80	75	80	74
CODcr	90	71	75	80	70
n-Hex	98	95	80	90	78

④BOD/SS 転換率

生物処理における BOD/SS 転換率は厨房除害設備で 0.25、無加温 UASB で 0.05 とした。

・メタン回収量

固形分のメタン発酵でのメタン回収量は分解油脂分当たりのメタン生成量 $1.35\text{Nm}^3\text{-CH}_4/\text{kg-分解 n-Hex}$ 、分解 VS（非油脂分）当たりのメタン生成量 $0.6\text{Nm}^3\text{-CH}_4/\text{kg-分解 VS}$ とする。

無加温 UASB においては、着手時は分解 CODcr 当たりのメタン生成量 $0.35\text{Nm}^3/\text{kg-CODcr}$ としたが、今年度の試験ではグラニューク汚泥の流出の影響も受けていたことが考えられたため、流入 CODcr 当たりのメタン生成量で評価することとした。実厨房排水を長期間処理した UASB 槽 A ラインで CODcr 容積負荷が $2.0\text{kg-CODcr}/\text{m}^3/\text{day}$ の期間の結果として、メタン生成量 $0.29\text{Nm}^3/\text{kg-流入 CODcr}$ を採用した。処理水中へのメタン溶存量は $0.019\text{Nm}^3\text{-CH}_4/\text{Nm}^3\text{-処理水}$ とする。

(3) 着手時の想定物質収支

着手時の想定物質収支を図 2-2-62～図 2-2-65 に示す。商用化システム、高油分対応システムともに無加温 UASB を導入することでメタン生成量が 1 日当たり 75m^3 増加する見込みである。また無加温 UASB の処理水とメタン発酵消化液を混合すると各成分が下水道放流基準以下となるため曝気処理は不要であると考えられる。

③商用化システム+無加温 UASB

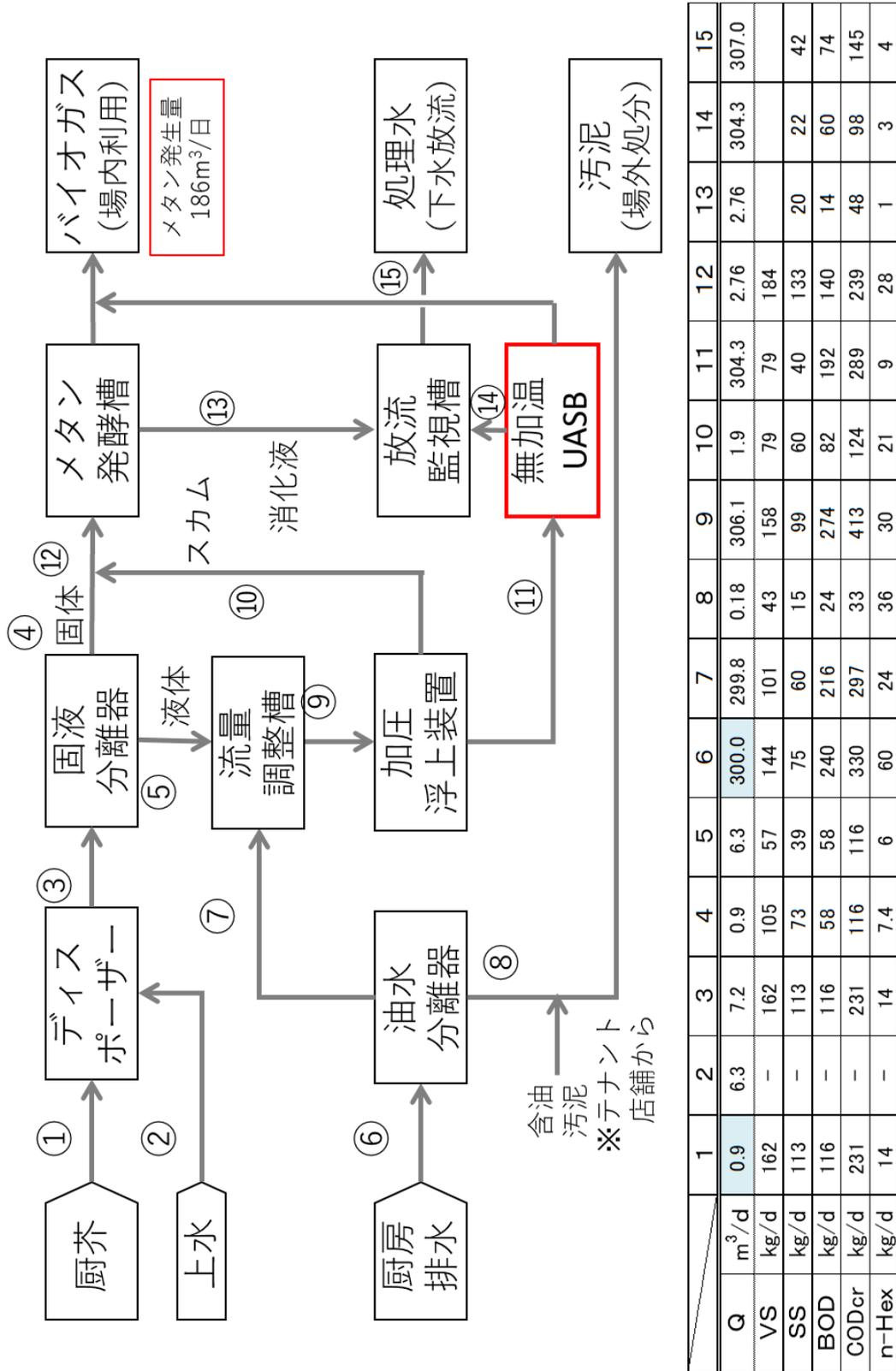
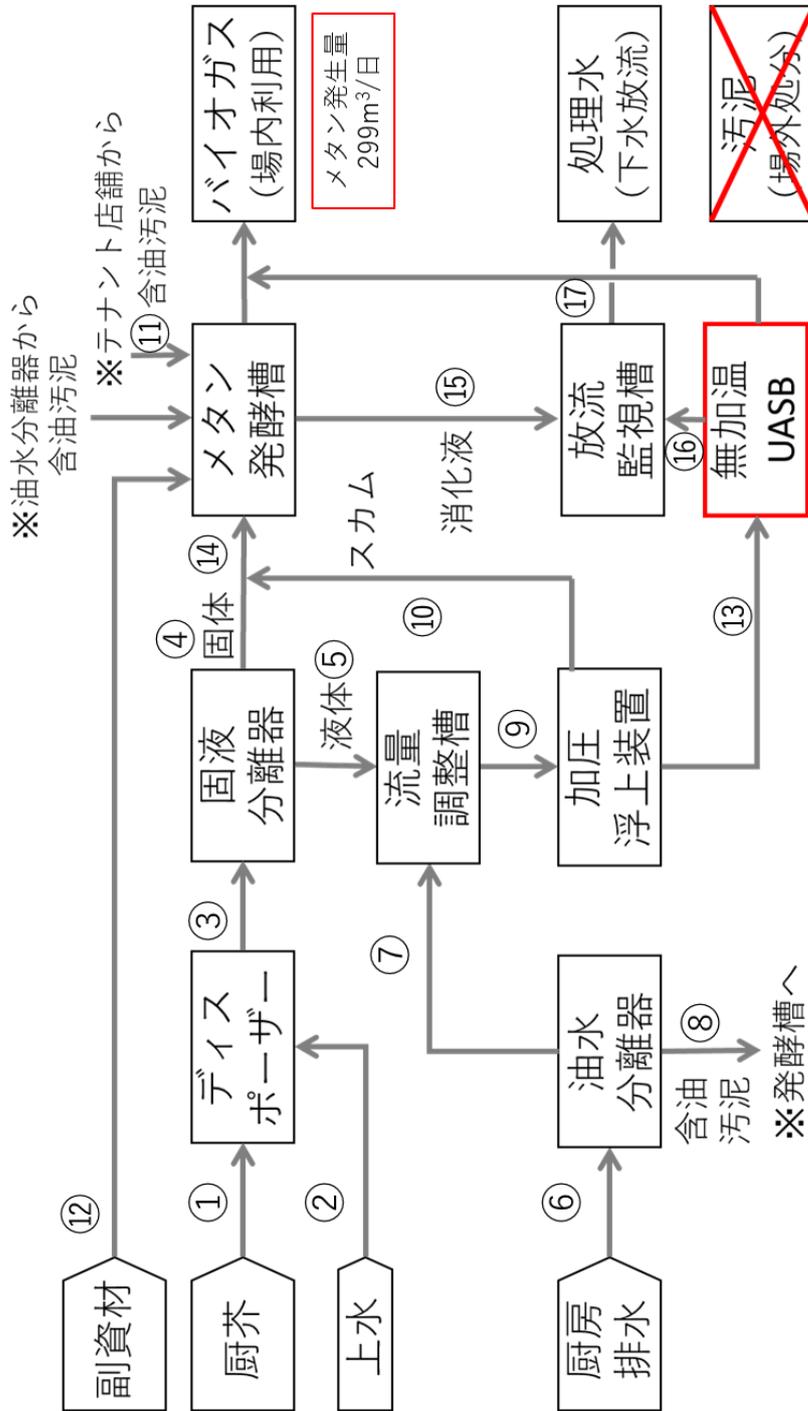


図 2-2-64 商用化システム+無加温 UASB の物質収支 (着手時)

④高油分対応システム+無加温 UASB



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Q	m ³ /d	0.9	6.3	0.9	6.3	300.0	299.8	0.18	306.1	1.9	0.15	0.07	304.8	3.16	3.16	304.3	307.4
VS	kg/d	162	-	162	105	57	144	43	158	79	40	61	79	328	95		
SS	kg/d	113	-	113	73	39	60	15	99	60	40	61	40	249	62	22	84
BOD	kg/d	116	-	116	58	58	240	24	274	82	20	27	192	211	42	38	81
CODcr	kg/d	231	-	231	116	116	330	33	413	124	27	45	289	344	100	58	158
n-Hex	kg/d	14	-	14	7.4	6	24	36	30	21	30	4	9	98	5	0.9	6

図 2-2-65 高油分対応システム+無加温 UASB の物質収支 (着手時)

(4) 今年度試験の結果を反映した物質収支

今年度の試験結果を反映した物質収支を図 2-2-66 から図 2-2-69 に示す。メタン生成量を投入 COD_{Cr}1kg あたりのメタン生成量を 0.29Nm³に、各成分の除去率を表 2-2-11 に示した中間評価の値に変更した。また今年度の試験結果から無加温 UASB で SS150mg/L、n-Hex50mg/L までは処理可能として、油水分離器の有無が物質収支に与える影響も確認した。結果として商用化システムにおいては、油水分離器を無くすことで、場外搬出される含油汚泥が減少し、メタン生成量が増加することが確認された。ただし、高油分対応システムでは固形分メタン発酵で処理される油分が減少し、無加温 UASB で処理される油分が増加し、システム全体でのメタン回収量は減少する形となった。これは固形分のメタン発酵の方が油分の分解率が高いことに起因する。また商用化システム、高油分対応システムいずれにおいても、処理水質、特に n-Hex が悪化するため採用する場合には運転管理に注意を払う必要がある。

①商用化システム+無加温 UASB (油水分離器あり)

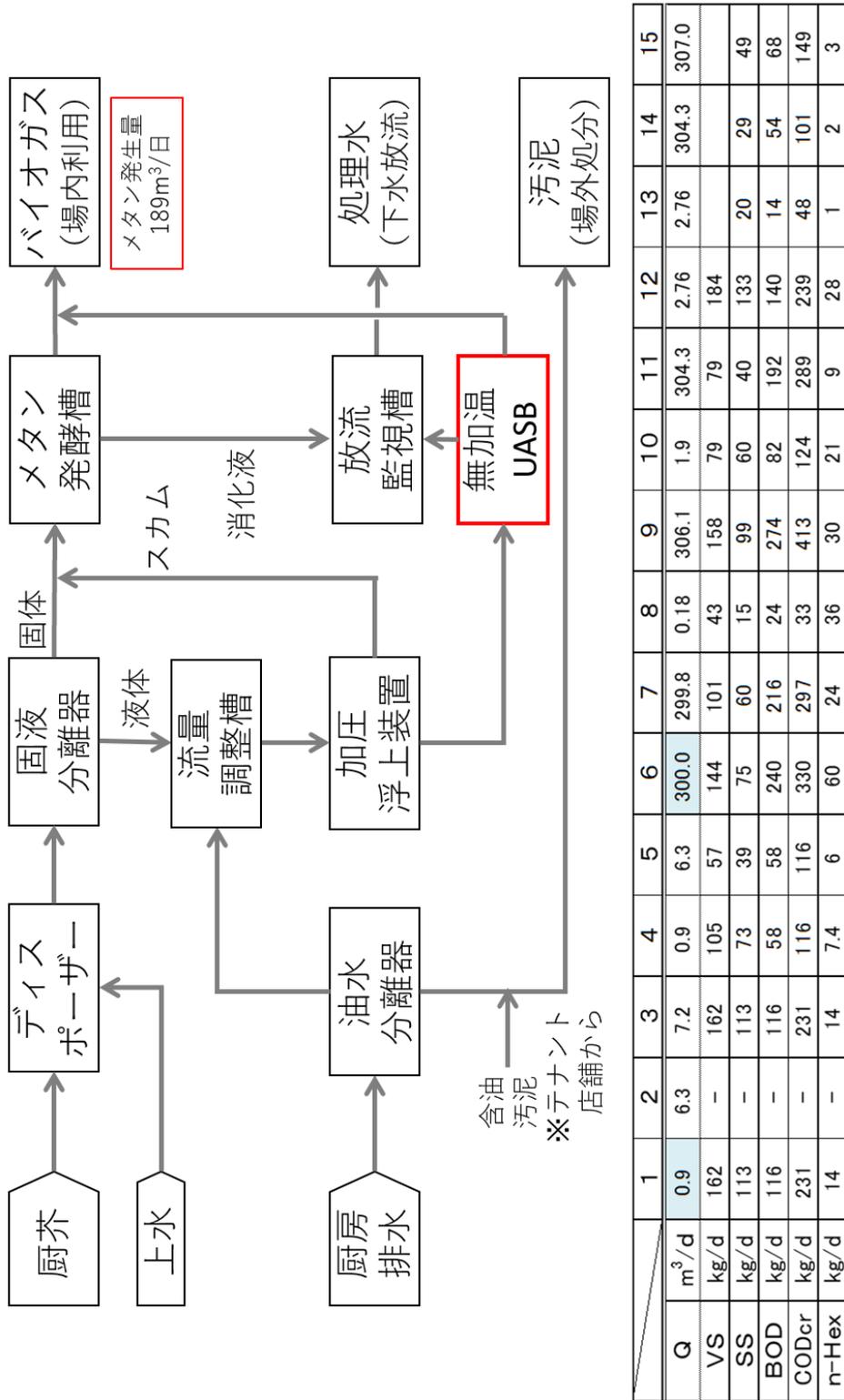
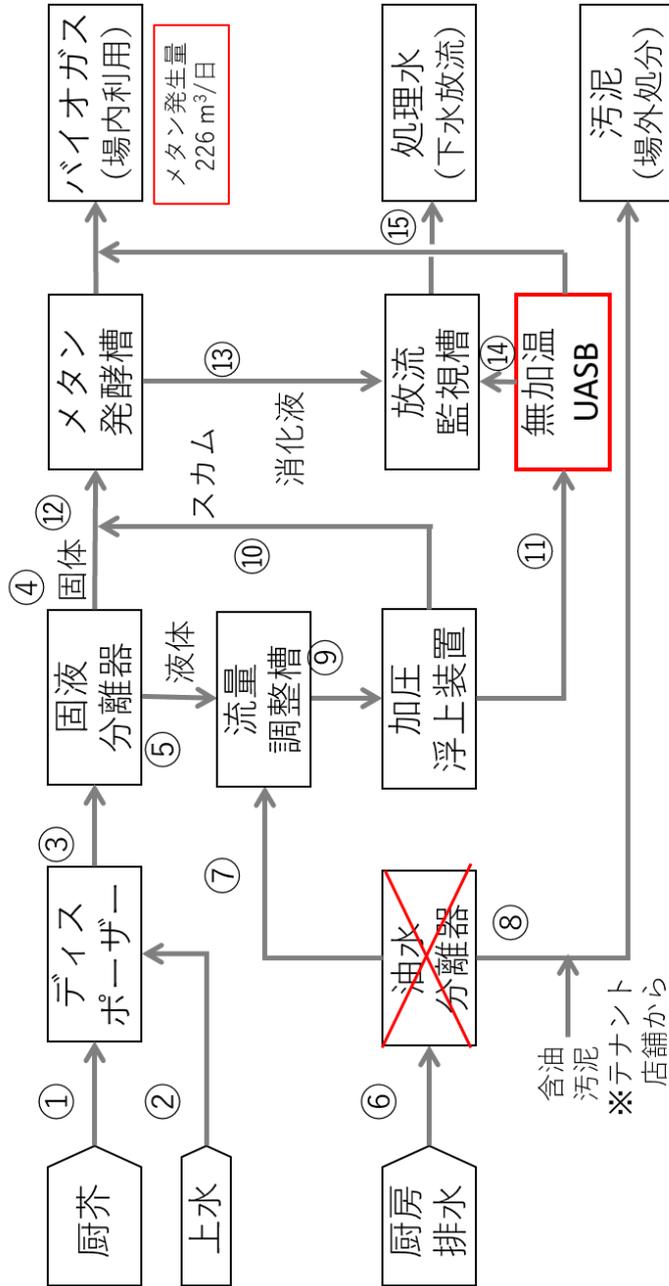


図 2-2-66 今年度の試験結果を反映した商用化システム+無加温 UASB の物質収支①

②商用化システム+無加温 UASB (油水分離器無し)



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Q	m³/d	0.9	6.3	7.2	0.9	6.3	300.0	0.00	306.3	2.4	303.9	3.30	3.30	303.9	307.2
VS	kg/d	162	-	162	105	57	144	0	201	100	100	206			
SS	kg/d	113	-	113	73	39	75	0	114	69	46	142	21	32	54
BOD	kg/d	116	-	116	58	58	240	0	298	89	209	147	15	58	73
CODcr	kg/d	231	-	231	116	116	330	0	446	134	312	249	50	109	158
n-Hex	kg/d	14	-	14	7.4	6	60	0	66	46	20	54	2	5	7

図 2-2-67 今年度の試験結果を反映した
商用化システム+無加温 UASB の物質収支②

③高油分対応システム+無冠 UASB (油水分離器あり)

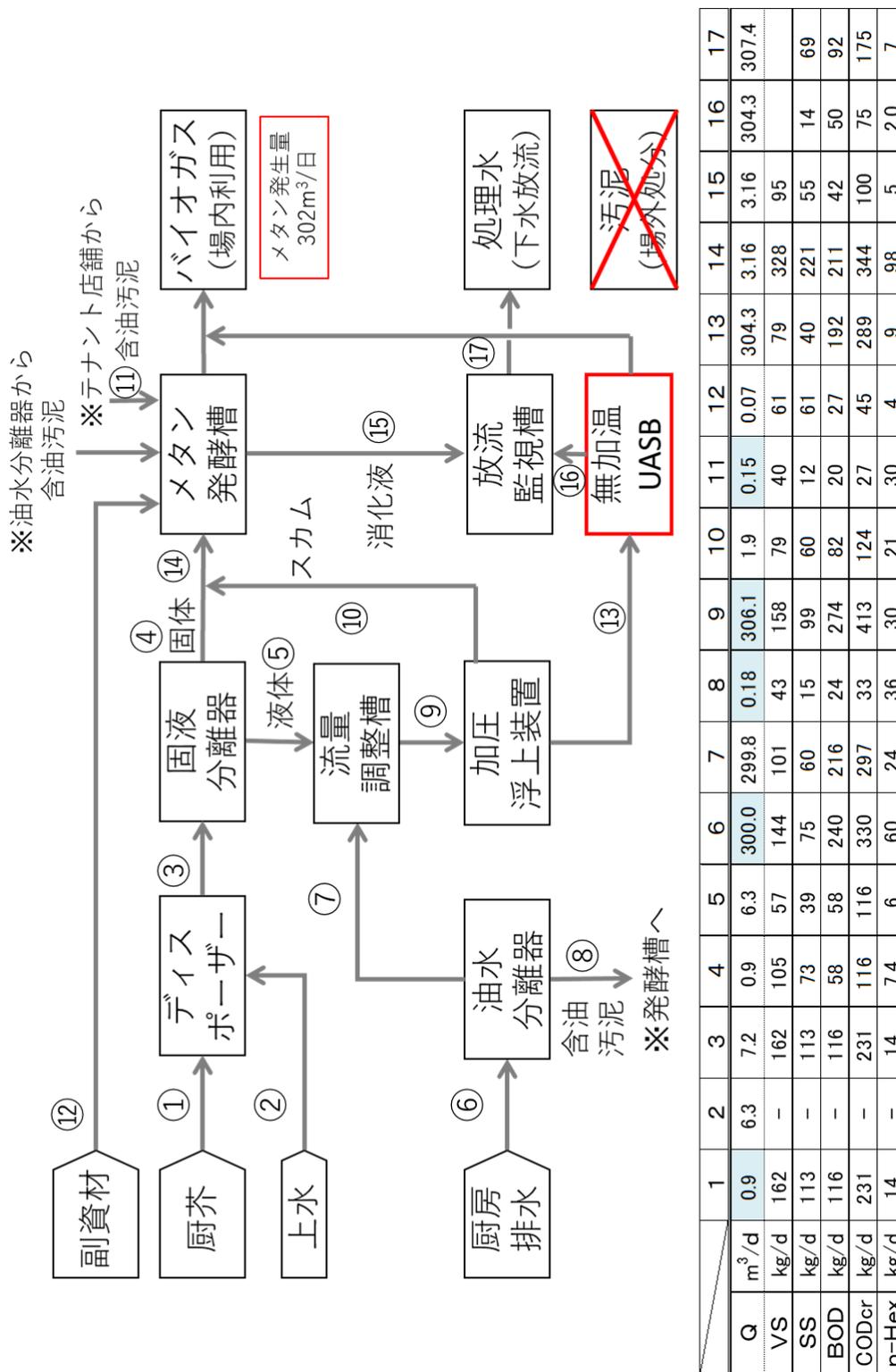
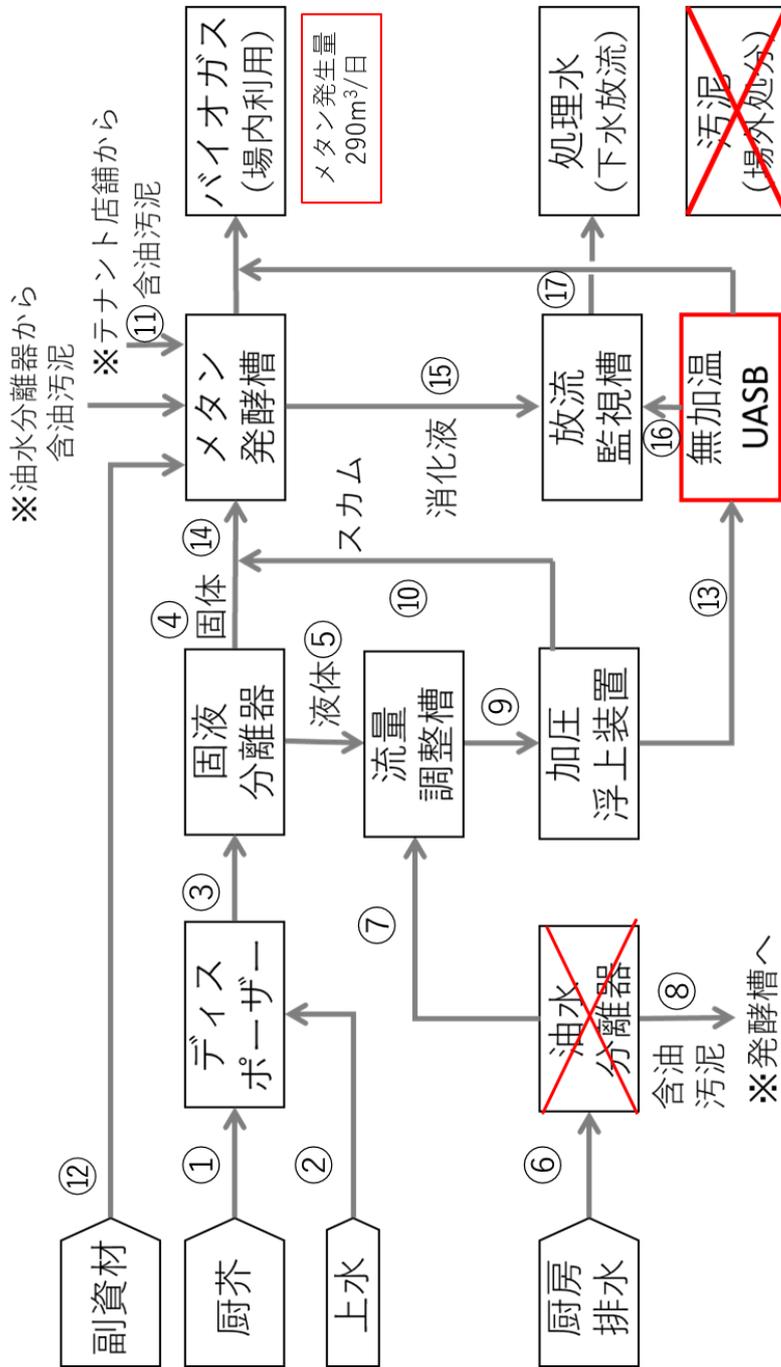


図 2-2-68 今年度の試験結果を反映した高油分対応システム+無加温 UASB の物質収支①

④高油分対応システム+無冠 UASB (油水分離器なし)



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Q	m ³ /d	0.9	6.3	7.2	0.9	6.3	300.0	0.00	306.3	2.4	0.15	0.07	303.9	3.52	3.52	303.9	307.4
VS	kg/d	162	-	162	105	57	144	0	201	100	40	61	100	307	89	-	-
SS	kg/d	113	-	113	73	39	75	0	114	69	12	61	46	215	54	16	70
BOD	kg/d	116	-	116	58	58	240	0	298	89	20	27	209	194	39	54	93
CODcr	kg/d	231	-	231	116	116	330	0	446	134	27	45	312	321	93	81	174
n-Hex	kg/d	14	-	14	7.4	6	60	0	66	46	30	4	20	88	4	4.4	9

図 2-2-69 今年度の試験結果を反映した
高油分対応システム+無加温 UASB の物質収支②

2) エネルギー収支の検討

試算した物質収支をもとに各システムのエネルギー出力を試算した結果を図 2-2-70 から図 2-2-75 に示す。厨房除害設備の稼働電力を考慮しても商用化システム単体以外は余剰電力が発生する。またすべてのケースにおいて余剰熱が発生することが確認できた。

(1) エネルギー収支の試算条件

エネルギー収支の試算には以下の条件を使用した。

- ・メタン発熱量：35.6 MJ/Nm³
- ・コジェネレーション発電効率：35 %
- ・コジェネレーション熱回収率：50 %
- ・変換係数：0.278 kWh/MJ
- ・メタン発酵用消費電力量：160 kWh/日
- ・メタン発酵用加温熱量：1,105 MJ/日
- ・厨房除害用消費電力：600kWh/日
- ・無加温 UASB で削減可能な消費電力量：206 kWh/日

(2) 着手時の想定エネルギー収支

・商用化システム単体

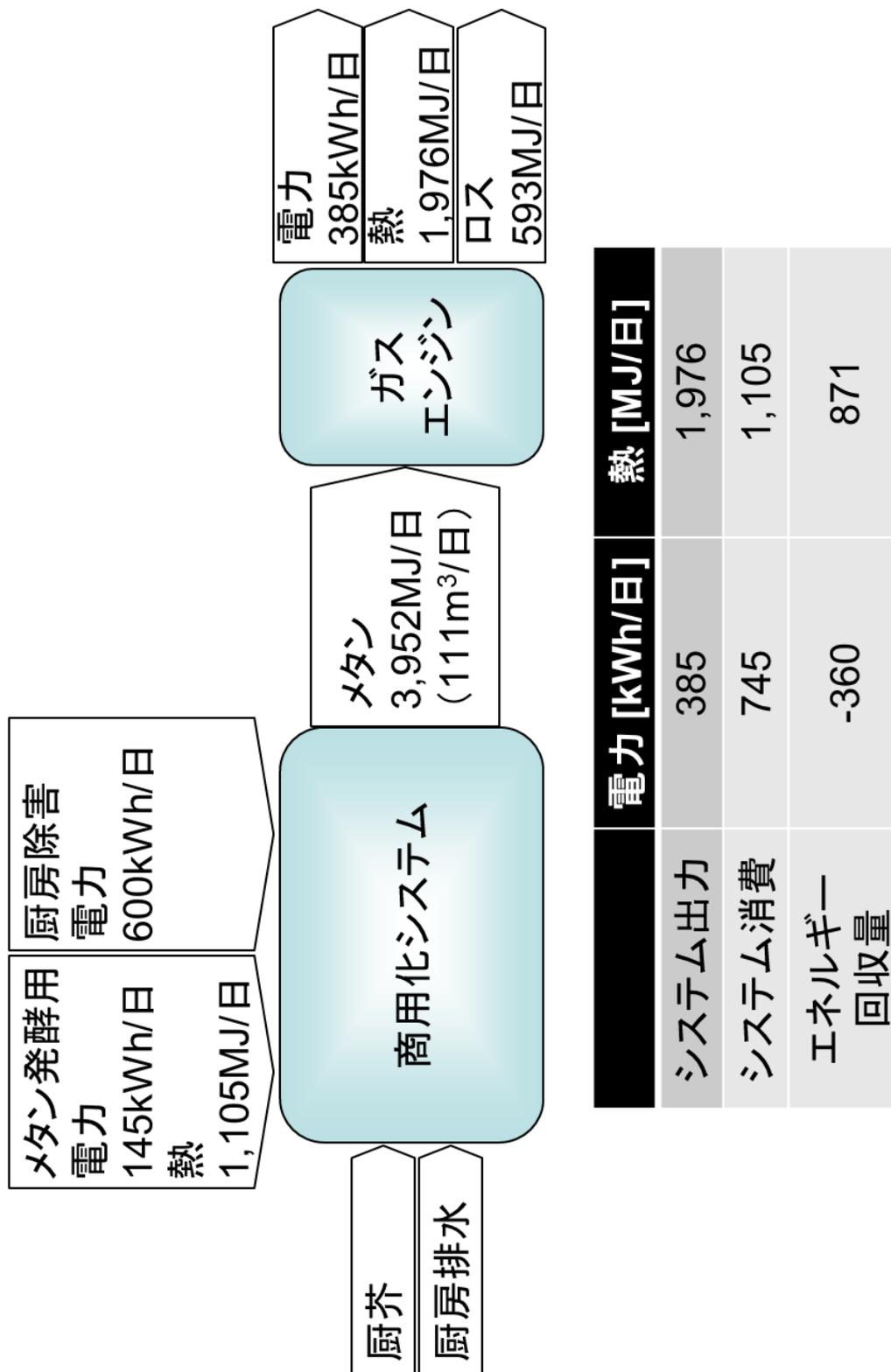


図 2-2-70 商用化システムのエネルギー収支

・高油分対応システム単体

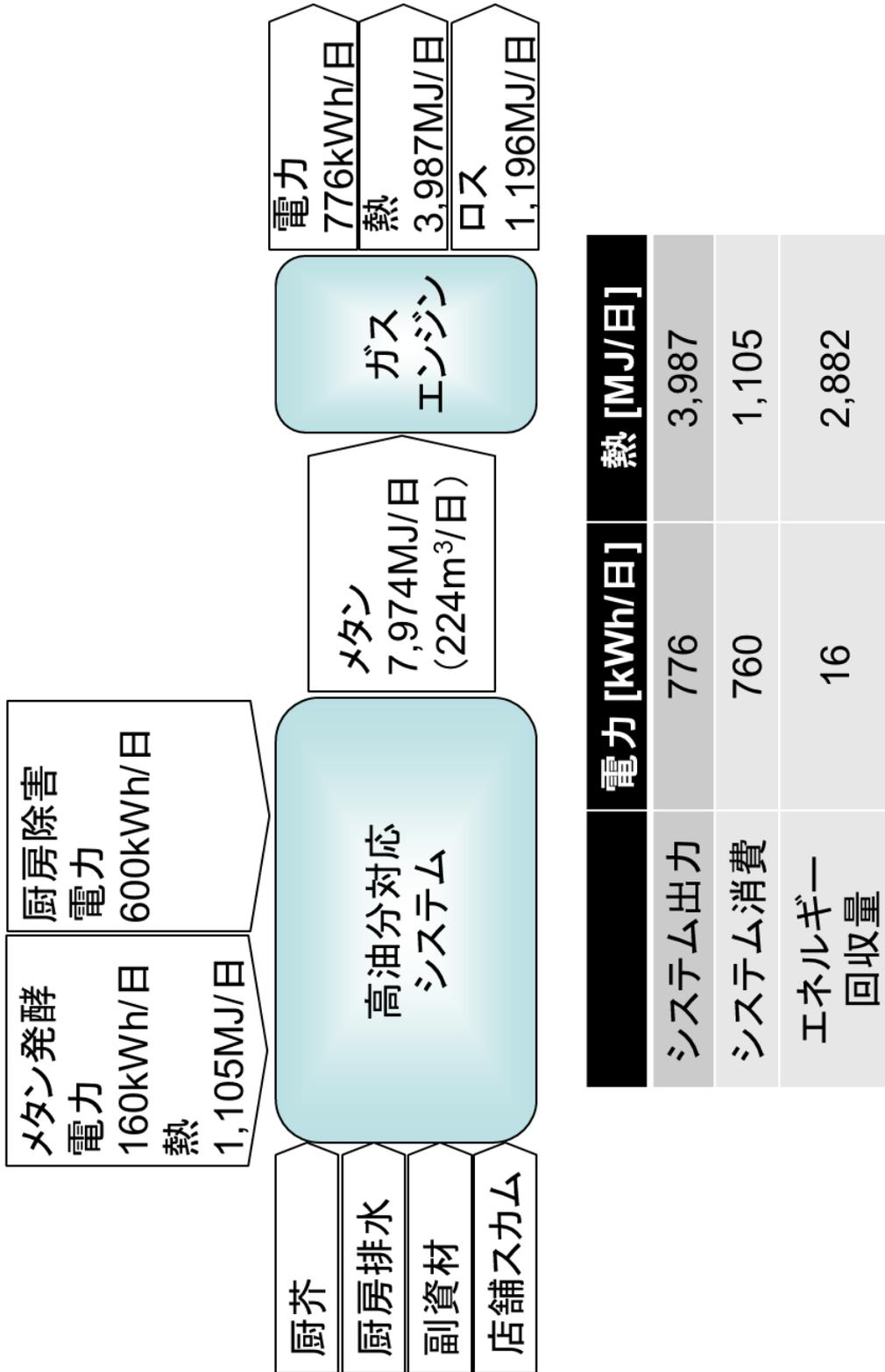


図 2-2-71 高油分対応システムのエネルギー収支

・商用化システム+無加温 UASB

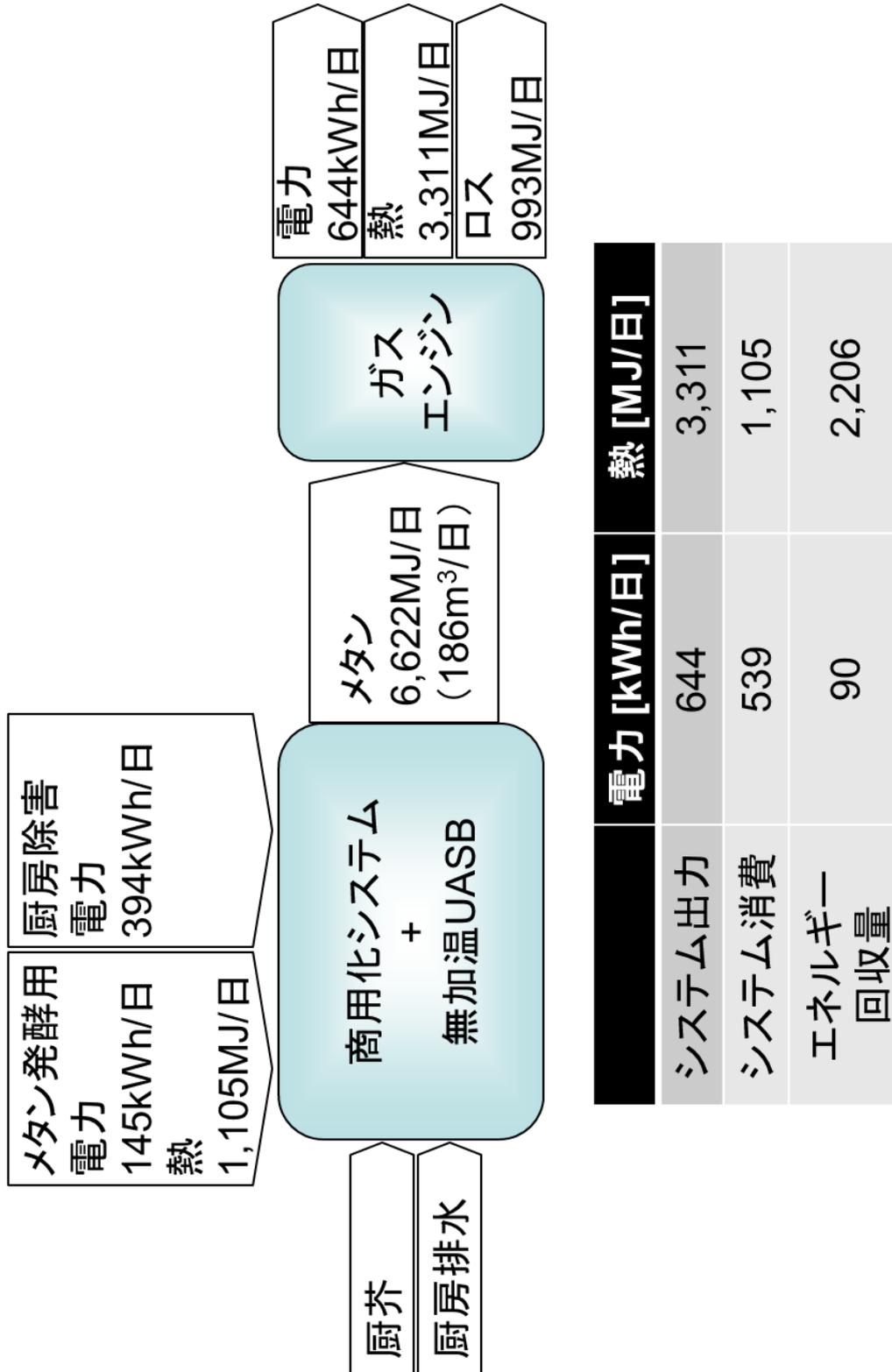


図 2-2-72 商用化システム+無加温 UASB のエネルギー収支

・高油分対応システム+無加温 UASB

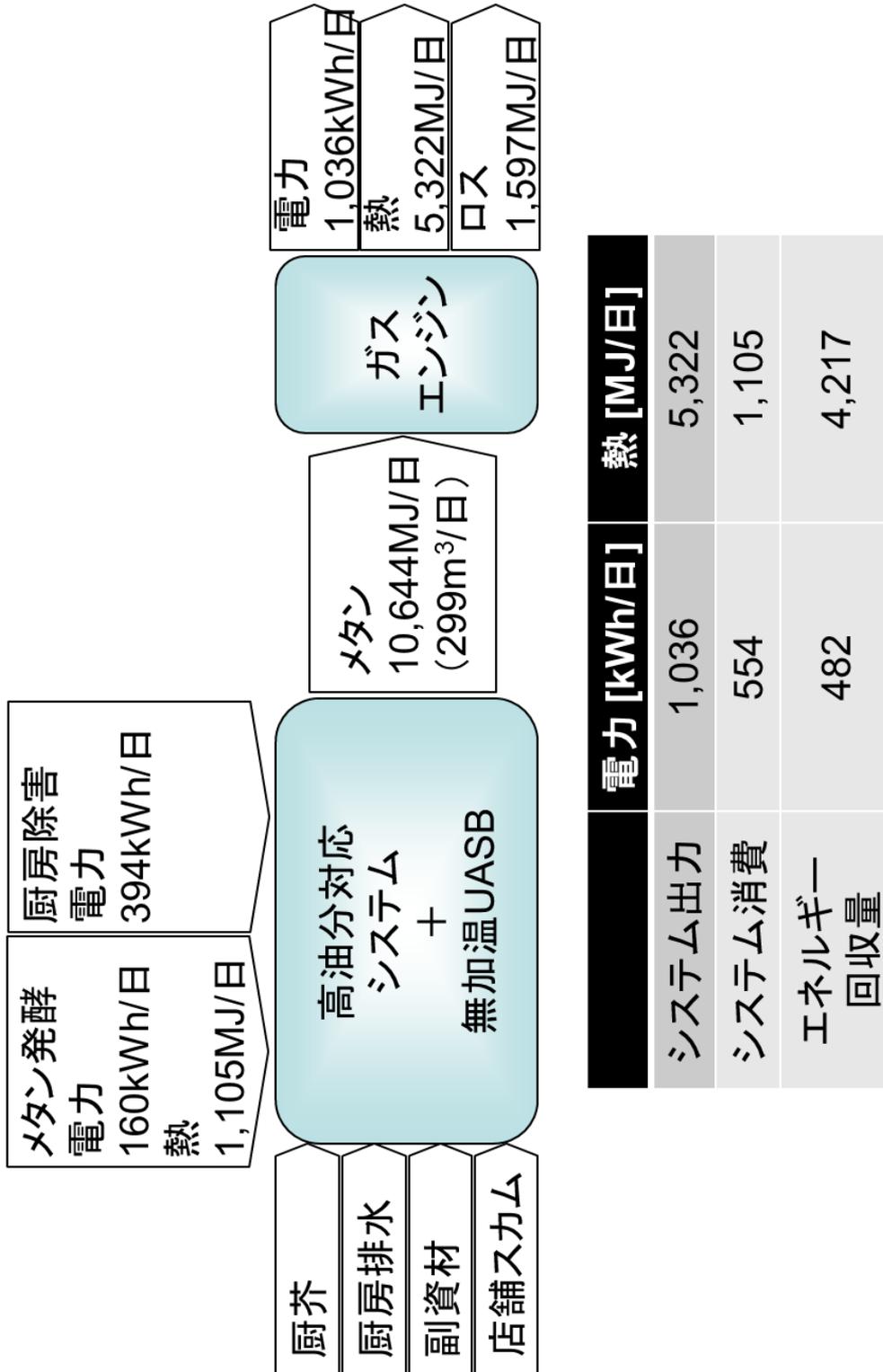


図 2-2-73 高油分対応システム+無加温 UASB のエネルギー収支

- (3) 今年度試験の結果を反映したエネルギー収支
 ・商用化システム+無加温 UASB

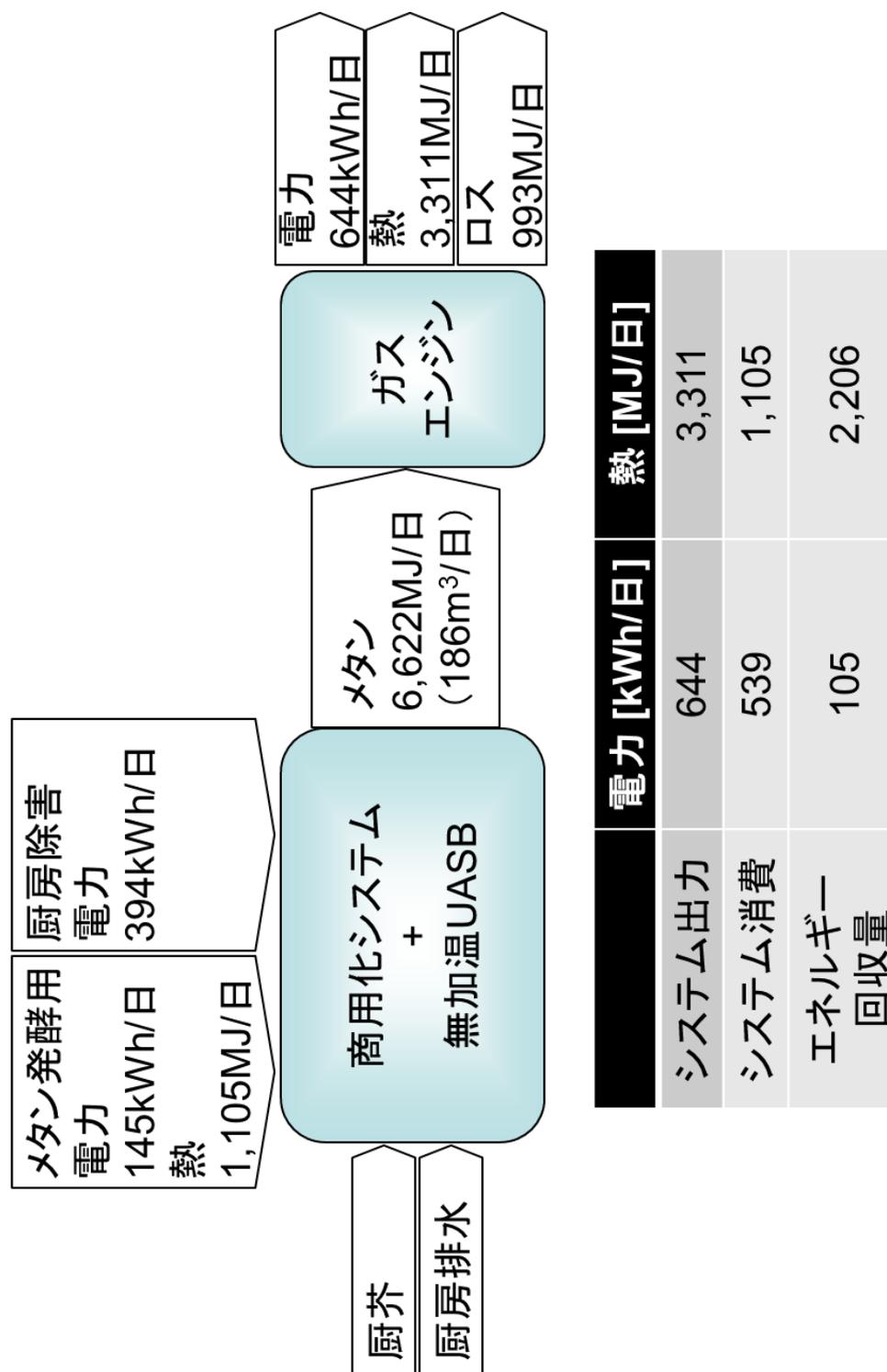


図 2-2-74 今年度試験の結果を反映した
 商用化システム+無加温 UASB のエネルギー収支

・高油分対応システム+無加温 UASB

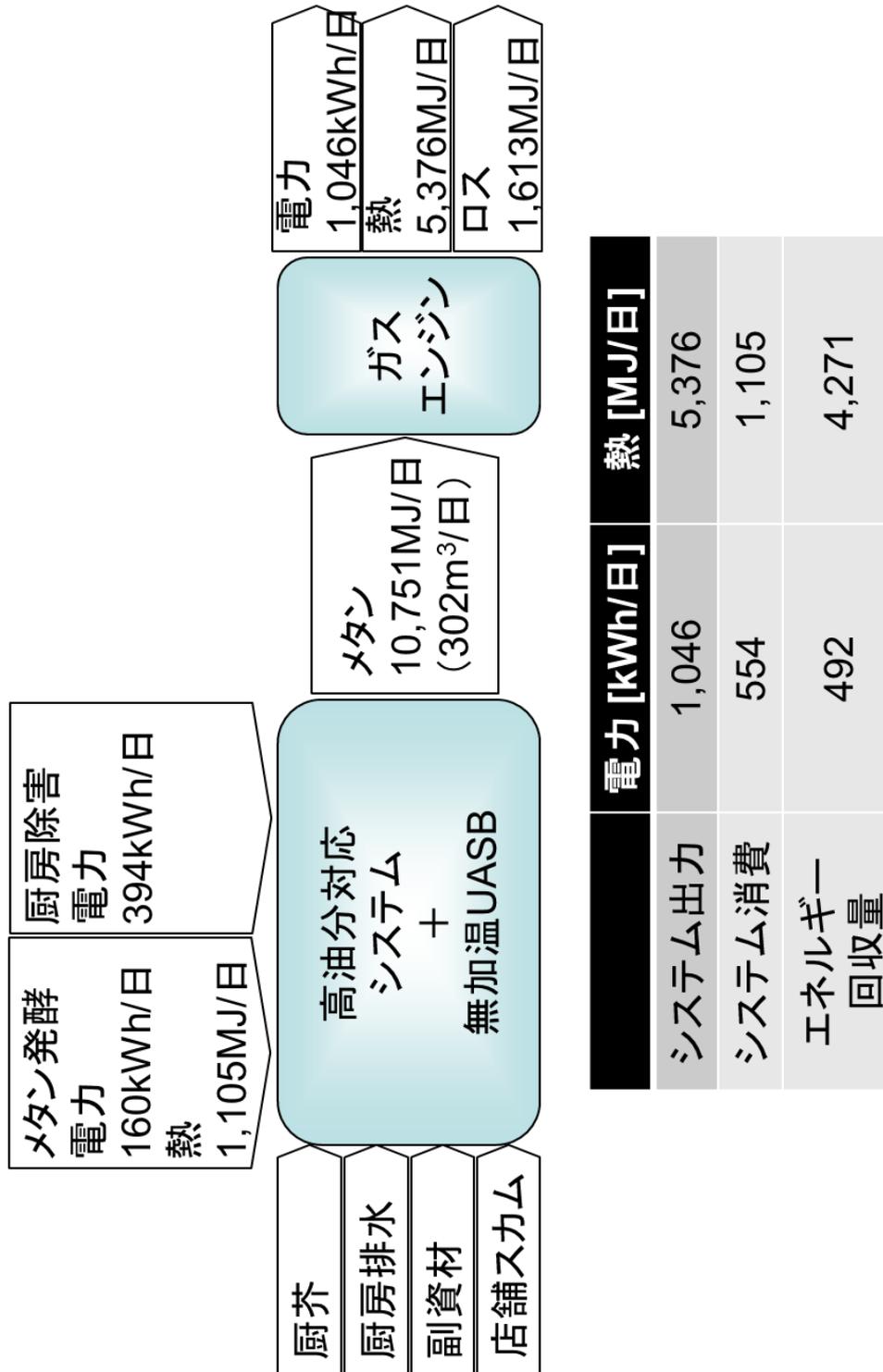


図 2-2-75 今年度試験の結果を反映した
高油分対応システム+無加温 UASB のエネルギー収支

3) CO₂ 排出削減効果の試算

各システムのエネルギー収支をもとに、CO₂ 排出削減効果を試算した。ベースシナリオは厨芥を場外排出処分、厨房排水を曝気処理することを想定し、CO₂ 排出削減効果はベースシナリオと各システムの CO₂ 排出量の比較によって求めた。

(1) CO₂ 排出削減効果の試算条件

CO₂ 排出削減効果の試算には以下の条件を使用した。

- ・電力の CO₂ 排出原単位：0.587 kg-CO₂/kWh
- ・都市ガスの CO₂ 排出原単位：2.23 kg-CO₂/ Nm³
- ・ガソリンの CO₂ 排出原単位：2.58 kg-CO₂/L
- ・都市ガス発熱量：40.6MJ/Nm³
- ・ボイラ効率：90%
- ・厨芥のトラック運搬回数：1回/日
- ・厨芥のトラック運搬距離：13 km/回
- ・厨芥の運搬トラック燃費：4 km/L
- ・CH₄ の温暖化係数を 25 kg-CO₂/kg-CH₄
- ・25°Cにおける溶存メタン量：0.019Nm³-CH₄/Nm³-処理水
- ・メタン密度 0.714 kg-CH₄/Nm³-CH₄

(2) 着手時の CO₂ 排出削減効果

① 商用化システム単体

㊦ 消費電力削減の効果

ベースシナリオの消費電力量は 600kWh/日、商用化システム単体の消費電力は 745 kWh/日、バイオガス由来の電力回収量は 385kWh/日から消費電力削減による CO₂ 排出削減効果は以下の通りとなる。

$$(600-745+385) \text{ kWh/日} \times 0.587 \text{ kg-CO}_2/\text{kWh} \times 365 \text{ 日/年} \div 1,000 = 51 \text{ t-CO}_2/\text{年}$$

④ 都市ガス代替の効果

システムの熱回収量 871MJ/日から、都市ガス代替量と都市ガス代替による CO₂ 排出削減効果は以下の通りとなる。

$$\text{都市ガス代替量は } 871 \text{ MJ/日} \div 40.6 \text{ MJ/Nm}^3 \div 0.9 = 24 \text{ Nm}^3/\text{日}$$

$$\text{CO}_2 \text{ 排出削減効果は } 24 \text{ Nm}^3/\text{日} \times 2.23 \text{ kg-CO}_2/\text{Nm}^3 \times 365 \text{ 日/年} \div 1,000 = 19 \text{ t-CO}_2/\text{年}$$

㊦ 厨芥のトラック運搬回避の効果

厨芥のトラック運搬回避による CO₂ 排出削減効果は以下通り。

$$1 \text{ 回/日} \times 365 \text{ 日/年} \times 13 \text{ km/回} \div 4 \text{ km/L} \times 2.58 \text{ kg-CO}_2/\text{L} \div 1,000 = 3.0 \text{ t-CO}_2/\text{年}$$

以上の結果から商用化システム単体の CO₂ 排出削減効果は 73 t-CO₂/年となった。

②高油分対応システム単体

㊦ 消費電力削減の効果

ベースシナリオの消費電力量は 600kWh/日、高油分対応システム単体の消費電力は 760 kWh/日、バイオガス由来の電力回収量は 385kWh/日から消費電力削減による CO₂ 排出削減効果は以下の通りとなる。

$$(600-760+776) \text{ kWh/日} \times 0.587 \text{ kg-CO}_2/\text{kWh} \times 365 \text{ 日/年} \div 1,000 = 132 \text{ t-CO}_2/\text{年}$$

㊧ 都市ガス代替の効果

システムの熱回収量 2,882MJ/日から、都市ガス代替量と都市ガス代替による CO₂ 排出削減効果は以下の通りとなる。

$$\text{都市ガス代替量は } 2,882 \text{ MJ/日} \div 40.6 \text{ MJ/Nm}^3 \div 0.9 = 79 \text{ Nm}^3/\text{日}$$

$$\text{CO}_2 \text{ 排出削減効果は } 79 \text{ Nm}^3/\text{日} \times 2.23 \text{ kg-CO}_2/\text{Nm}^3 \times 365 \text{ 日/年} \div 1,000 = 64 \text{ t-CO}_2/\text{年}$$

㊨ 厨芥のトラック運搬回避の効果

厨芥のトラック運搬回避による CO₂ 排出削減効果は以下通り。

$$1 \text{ 回/日} \times 365 \text{ 日/年} \times 13 \text{ km/回} \div 4 \text{ km/L} \times 2.58 \text{ kg-CO}_2/\text{L} \div 1,000 = 3.0 \text{ t-CO}_2/\text{年}$$

以上の結果から高油分対応システム単体の CO₂ 排出削減効果は 199 t-CO₂/年となった。

③商用化システム+無加温 UASB

㊦ 消費電力削減の効果

ベースシナリオの消費電力量は 600kWh/日、商用化システム+無加温 UASB の消費電力は 539 kWh/日、バイオガス由来の電力回収量は 644kWh/日から消費電力削減による CO₂ 排出削減効果は以下の通りとなる。

$$(600-539+644) \text{ kWh/日} \times 0.587 \text{ kg-CO}_2/\text{kWh} \times 365 \text{ 日/年} \div 1,000 = 151 \text{ t-CO}_2/\text{年}$$

㊧ 都市ガス代替の効果

システムの熱回収量 2,206MJ/日から、都市ガス代替量と都市ガス代替による CO₂ 排出削減効果は以下の通りとなる。

$$\text{都市ガス代替量は } 2,206 \text{ MJ/日} \div 40.6 \text{ MJ/Nm}^3 \div 0.9 = 60 \text{ Nm}^3/\text{日}$$

$$\text{CO}_2 \text{ 排出削減効果は } 60 \text{ Nm}^3/\text{日} \times 2.23 \text{ kg-CO}_2/\text{Nm}^3 \times 365 \text{ 日/年} \div 1,000 = 49 \text{ t-CO}_2/\text{年}$$

㊨ 厨芥のトラック運搬回避の効果

厨芥のトラック運搬回避による CO₂ 排出削減効果は以下通り。

$$1 \text{ 回/日} \times 365 \text{ 日/年} \times 13 \text{ km/回} \div 4 \text{ km/L} \times 2.58 \text{ kg-CO}_2/\text{L} \div 1,000 = 3.0 \text{ t-CO}_2/\text{年}$$

㊩ 溶存メタンの効果

処理水中の溶存メタン量と溶存メタンによる CO₂ 排出量増加は以下の通りとなる。

$$\text{溶存メタン量 } 305 \text{ m}^3/\text{日} \times 0.019 \text{ Nm}^3\text{-CH}_4/\text{Nm}^3\text{-処理水} = 5.8 \text{ Nm}^3\text{-CH}_4/\text{日}$$

溶存メタンによる CO₂ 排出量増加

$$5.8 \text{ Nm}^3\text{-CH}_4/\text{日} \times 365 \text{ 日/年} \times 25 \text{ kg-CO}_2/\text{kg-CH}_4 \times 0.714 \text{ kg-CH}_4/\text{Nm}^3\text{-CH}_4 \div 1,000 = 38 \text{ t-CO}_2/\text{年}$$

以上の結果から商用化システムに無加温 UASB を付加した場合の CO₂ 排出削減効果は 165 t-CO₂/年となった。

④ 高油分対応システム+無加温 UASB

㉞ 消費電力削減の効果

ベースシナリオの消費電力量は 600kWh/日、高油分対応システム+無加温 UASB の消費電力は 554 kWh/日、バイオガス由来の電力回収量は 1,036kWh/日から消費電力削減による CO₂ 排出削減効果は以下の通りとなる。

$$(600-554+1,036) \text{ kWh/日} \times 0.587 \text{ kg-CO}_2/\text{kWh} \times 365 \text{ 日/年} \div 1,000 = 232 \text{ t-CO}_2/\text{年}$$

㉟ 都市ガス代替の効果

システムの熱回収量 4,217MJ/日から、都市ガス代替量と都市ガス代替による CO₂ 排出削減効果は以下の通りとなる。

$$\text{都市ガス代替量は } 4,217 \text{ MJ/日} \div 40.6 \text{ MJ/Nm}^3 \div 0.9 = 115 \text{ Nm}^3/\text{日}$$

$$\text{CO}_2 \text{ 排出削減効果は } 115 \text{ Nm}^3/\text{日} \times 2.23 \text{ kg-CO}_2/\text{Nm}^3 \times 365 \text{ 日/年} \div 1,000 = 94 \text{ t-CO}_2/\text{年}$$

㊱ 厨芥のトラック運搬回避の効果

厨芥のトラック運搬回避による CO₂ 排出削減効果は以下通り。

$$1 \text{ 回/日} \times 365 \text{ 日/年} \times 13 \text{ km/回} \div 4 \text{ km/L} \times 2.58 \text{ kg-CO}_2/\text{L} \div 1,000 = 3.0 \text{ t-CO}_2/\text{年}$$

㊲ 溶存メタンの効果

処理水中の溶存メタン量と溶存メタンによる CO₂ 排出量増加は以下の通りとなる。

$$\text{溶存メタン量 } 305 \text{ m}^3/\text{日} \times 0.019 \text{ Nm}^3\text{-CH}_4/\text{Nm}^3\text{-処理水} = 5.8 \text{ Nm}^3\text{-CH}_4/\text{日}$$

溶存メタンによる CO₂ 排出量増加

$$5.8 \text{ Nm}^3\text{-CH}_4/\text{日} \times 365 \text{ 日/年} \times 25 \text{ kg-CO}_2/\text{kg-CH}_4 \times 0.714 \text{ kg-CH}_4/\text{Nm}^3\text{-CH}_4 \div 1,000$$

$$= 38 \text{ t-CO}_2/\text{年}$$

以上の結果から高油分対応システムに無加温 UASB を付加した場合の CO₂ 排出削減効果は 291 t-CO₂/年となった。

(3) 今年度試験の結果を反映した CO₂ 排出削減効果

① 商用化システム+無加温 UASB

㊦ 消費電力削減の効果

ベースシナリオの消費電力量は 600kWh/日、商用化システム+無加温 UASB の消費電力は 539 kWh/日、バイオガス由来の電力回収量は 655kWh/日から消費電力削減による CO₂ 排出削減効果は以下の通りとなる。

$$(600-539+655) \text{ kWh/日} \times 0.587 \text{ kg-CO}_2/\text{kWh} \times 365 \text{ 日/年} \div 1,000 = 153 \text{ t-CO}_2/\text{年}$$

㊧ 都市ガス代替の効果

システムの熱回収量 2,206MJ/日から、都市ガス代替量と都市ガス代替による CO₂ 排出削減効果は以下の通りとなる。

$$\text{都市ガス代替量は } 2,259 \text{ MJ/日} \div 40.6 \text{ MJ/Nm}^3 \div 0.9 = 62 \text{ Nm}^3/\text{日}$$

$$\text{CO}_2 \text{ 排出削減効果は } 62 \text{ Nm}^3/\text{日} \times 2.23 \text{ kg-CO}_2/\text{Nm}^3 \times 365 \text{ 日/年} \div 1,000 = 50 \text{ t-CO}_2/\text{年}$$

㊨ 厨芥のトラック運搬回避の効果

厨芥のトラック運搬回避による CO₂ 排出削減効果は以下通り。

$$1 \text{ 回/日} \times 365 \text{ 日/年} \times 13 \text{ km/回} \div 4 \text{ km/L} \times 2.58 \text{ kg-CO}_2/\text{L} \div 1,000 = 3.0 \text{ t-CO}_2/\text{年}$$

㊩ 溶存メタンの効果

処理水中の溶存メタン量と溶存メタンによる CO₂ 排出量増加は以下の通りとなる。

$$\text{溶存メタン量 } 305 \text{ m}^3/\text{日} \times 0.019 \text{ Nm}^3\text{-CH}_4/\text{Nm}^3\text{-処理水} = 5.8 \text{ Nm}^3\text{-CH}_4/\text{日}$$

溶存メタンによる CO₂ 排出量増加

$$5.8 \text{ Nm}^3\text{-CH}_4/\text{日} \times 365 \text{ 日/年} \times 25 \text{ kg-CO}_2/\text{kg-CH}_4 \times 0.714 \text{ kg-CH}_4/\text{Nm}^3\text{-CH}_4 \div 1,000 \\ = 38 \text{ t-CO}_2/\text{年}$$

以上の結果から商用化システムに無加温 UASB を付加した場合の CO₂ 排出削減効果は 168 t-CO₂/年となった。

② 高油分対応システム+無加温 UASB

㊦ 消費電力削減の効果

ベースシナリオの消費電力量は 600kWh/日、高油分対応システム+無加温 UASB の消費電力は 554 kWh/日、バイオガス由来の電力回収量は 1,046kWh/日から消費電力削減による CO₂ 排出削減効果は以下の通りとなる。

$$(600-554+1,046) \text{ kWh/日} \times 0.587 \text{ kg-CO}_2/\text{kWh} \times 365 \text{ 日/年} \div 1,000 = 234 \text{ t-CO}_2/\text{年}$$

㊧ 都市ガス代替の効果

システムの熱回収量 4,271MJ/日から、都市ガス代替量と都市ガス代替による CO₂ 排出削減効果は以下の通りとなる。

$$\text{都市ガス代替量は } 4,271 \text{ MJ/日} \div 40.6 \text{ MJ/Nm}^3 \div 0.9 = 117 \text{ Nm}^3/\text{日}$$

$$\text{CO}_2 \text{ 排出削減効果は } 117 \text{ Nm}^3/\text{日} \times 2.23 \text{ kg-CO}_2/\text{Nm}^3 \times 365 \text{ 日/年} \div 1,000 = 95 \text{ t-CO}_2/\text{年}$$

㊦ 厨芥のトラック運搬回避の効果

厨芥のトラック運搬回避による CO₂ 排出削減効果は以下通り。

$$1 \text{ 回/日} \times 365 \text{ 日/年} \times 13 \text{ km/回} \div 4 \text{ km/L} \times 2.58 \text{ kg-CO}_2/\text{L} \div 1,000 = 3.0 \text{ t-CO}_2/\text{年}$$

㊧ 溶存メタンの効果

処理水中の溶存メタン量と溶存メタンによる CO₂ 排出量増加は以下の通りとなる。

$$\text{溶存メタン量 } 305 \text{ m}^3/\text{日} \times 0.019 \text{ Nm}^3\text{-CH}_4/\text{Nm}^3\text{-処理水} = 5.8 \text{ Nm}^3\text{-CH}_4/\text{日}$$

溶存メタンによる CO₂ 排出量増加

$$5.8 \text{ Nm}^3\text{-CH}_4/\text{日} \times 365 \text{ 日/年} \times 25 \text{ kg-CO}_2/\text{kg-CH}_4 \times 0.714 \text{ kg-CH}_4/\text{Nm}^3\text{-CH}_4 \div 1,000 \\ = 38 \text{ t-CO}_2/\text{年}$$

以上の結果から高油分対応システムに無加温 UASB を付加した場合の CO₂ 排出削減効果は 294 t-CO₂/年となった。

4) 経済性の試算

物質収支とエネルギー収支をもとに経済性の下記の試算条件を用いて試算を行った。なお商用化システムと高油分対応システムと無加温 UASB と組み合わせた場合の経済性は今年度の試験結果を反映して試算を実施した。商用化システムに無加温 UASB を追加する場合は 14.6 年から 11.8 年に、高油分システムに無加温 UASB を追加する場合は 7.0 年から 6.5 年に短縮できることを確認した。

(1) 経済性評価の試算条件

- ・ 厨芥処分費：50 円/kg
- ・ 汚泥スカム処分費：50 円/kg
- ・ 副資材調達費：40 円/kg
- ・ 固形分メタン発酵の薬品代、分析費、投入人件費、メンテナンス費：11,560,000 円
- ・ 副資材投入装置のメンテナンス費：500,000 円/年
- ・ 無加温 UASB の薬品代、メンテ費：1,000,000 円/年
- ・ 電力単価：17 円/kWh
- ・ 電力基本使用料削減：1,700 円/kW/月
- ・ 都市ガス単価：100 円/Nm³

(2) 経済性評価

① 商用化システム単体

㊦ 厨芥処分費の削減

厨芥の場内処分量 900 kg/日から

$$900 \text{ kg/日} \times 365 \text{ 日} \times 50 \text{ 円/kg} = 16,425,000 \text{ 円/年}$$

㊧ 汚泥、スカム処分費の削減

従来方式では 0.032 t-DS/日の厨房排水余剰汚泥、0.052 t-DS/日の GT スカムが発生する。商用化システムでは余剰汚泥の発生がないので、229 kg/日の汚泥を削減できる。

$$229 \text{ kg/日} \times 365 \text{ 日} \times 50 \text{ 円/kg} = 4,179,250 \text{ 円/年}$$

㊨ 電力代替による削減

ベースシナリオの消費電力量は 600kWh/日、商用化システム単体の消費電力は 745 kWh/日、バイオガス由来の電力回収量は 385kWh/日から

$$(600-745+385) \text{ kWh/日} \times 17 \text{ 円/kwh} \times 365 \text{ 日/年}$$

$$+ (600-745+385) \text{ kWh/日} \div 24\text{h/日} \times 1,700 \text{ 円/kW/月} \times 12 \text{ 月/年} = 1,693,200 \text{ 円/年}$$

㊩ 都市ガス代替による削減

都市ガス代替量 24 Nm³/日から

$$24 \text{ Nm}^3/\text{日} \times 100 \text{ 円/Nm}^3 \times 365 \text{ 日/年} = 876,000 \text{ 円/年}$$

㊪ 薬品代、分析費用、投入人件費、メンテナンス費による増加

試算条件から 10,560,000 円/年

⑦～⑭を合算して年間 11,603,453 円のランニングコスト削減となった。
商用システムのイニシャルコストを 170,000,000 円とすると投資回収年数は
 $170,000,000 \text{ 円} \div 11,603,453 \text{ 円/年} = 14.6 \text{ 年}$ となる。

②高油分対応システム

⑦ 厨芥処分費の削減

厨芥の場内処分量 900 kg/日から

$$900 \text{ kg/日} \times 365 \text{ 日} \times 50 \text{ 円/kg} = 16,425,000 \text{ 円/年}$$

⑧ 汚泥、スカム処分費の削減

従来方式では 0.032 t-DS/日の厨房排水余剰汚泥、0.052 t-DS/日の GT スカムが発生する。高油分対応システムでは余剰汚泥の発生がなく、GT スカムも全量場内処分可能
出るため 600 kg/日の汚泥・スカムを削減できる。

$$600 \text{ kg/日} \times 365 \text{ 日} \times 50 \text{ 円/kg} = 10,950,000 \text{ 円/年}$$

⑨ 電力代替による削減

ベースシナリオの消費電力量は 600kWh/日、高油分システム単体の消費電力は 760 kWh/日、バイオガス由来の電力回収量は 776kWh/日から

$$(600-760+776) \text{ kWh/日} \times 17 \text{ 円/kwh} \times 365 \text{ 日/年}$$

$$+ (600-760+776) \text{ kWh/日} \div 24\text{h/日} \times 1,700 \text{ 円/kW/月} \times 12 \text{ 月/年} = 4,345,880 \text{ 円/年}$$

⑩ 都市ガス代替による削減

都市ガス代替量 79 Nm³/日から

$$79 \text{ Nm}^3/\text{日} \times 100 \text{ 円/Nm}^3 \times 365 \text{ 日/年} = 2,883,500 \text{ 円/年}$$

⑪ 薬品代、分析費用、投入人件費、メンテナンス費による増加

$$\text{試算条件から } 10,560,000 \text{ 円/年} + 500,000 \text{ 円/年} = 12,560,000 \text{ 円/年}$$

⑫ 油水分離器スカム処分作業費の削減

$$1.5 \text{ h/日} \times 2 \text{ 人} \times 2,700 \text{ 円/h} \times 365 \text{ 日/年} = 3,000,000 \text{ 円/年}$$

⑦～⑫を合算して年間 25,544,380 円のランニングコスト削減となった。

高油分対応システムのイニシャルコストを 180,000,000 円とすると
投資回収年数は $180,000,000 \text{ 円} \div 25,544,380 \text{ 円/年} = 7.0 \text{ 年}$ となる。

③商用化システム+無加温 UASB

㉗ 厨芥処分費の削減

厨芥の場内処分量 900 kg/日から

$900 \text{ kg/日} \times 365 \text{ 日} \times 50 \text{ 円/kg} = 16,425,000 \text{ 円/年}$

㉘ 汚泥、スカム処分費の削減

従来方式では 0.032 t-DS/日の厨房排水余剰汚泥、0.052 t-DS/日の GT スカムが発生する。商用化システムでは余剰汚泥の発生がないので、229 kg/日の汚泥を削減できる。

$229 \text{ kg/日} \times 365 \text{ 日} \times 50 \text{ 円/kg} = 4,179,250 \text{ 円/年}$

㉙ 電力代替による削減

ベースシナリオの消費電力量は 600kWh/日、商用化システム+無加温 UASB の消費電力は 554kWh/日、バイオガス由来の電力回収量は 655kWh/日から

$(600-554+655) \text{ kWh/日} \times 17 \text{ 円/kwh} \times 365 \text{ 日/年}$

$+ (600-554+655) \text{ kWh/日} \div 24\text{h/日} \times 1,700 \text{ 円/kW/月} \times 12 \text{ 月/年} = 4,945,555 \text{ 円/年}$

㉚ 都市ガス代替による削減

都市ガス代替量 24 Nm³/日から

$62 \text{ Nm}^3/\text{日} \times 100 \text{ 円/Nm}^3 \times 365 \text{ 日/年} = 2,263,000 \text{ 円/年}$

㉛ 薬品代、分析費用、投入人件費、メンテナンス費による増加

試算条件から 11,560,000 円/年+1,000,000 円/年=12,560,000 円/年

㉗~㉛を合算して年間 15,252,805 円のランニングコスト削減となった。

商用システム+無加温 UASB のイニシャルコストを 180,000,000 円とすると

投資回収年数は $180,000,000 \text{ 円} \div 15,252,805 \text{ 円/年} = 11.8 \text{ 年}$ となる。

④高油分対応システム+無加温 UASB

㉗ 厨芥処分費の削減

厨芥の場内処分量 900 kg/日から

$900 \text{ kg/日} \times 365 \text{ 日} \times 50 \text{ 円/kg} = 16,425,000 \text{ 円/年}$

㉘ 汚泥、スカム処分費の削減

従来方式では 0.032 t-DS/日の厨房排水余剰汚泥、0.052 t-DS/日の GT スカムが発生する。高油分対応システムでは余剰汚泥の発生がなく、GT スカムも全量場内処分可能になるため 600 kg/日の汚泥・スカムを削減できる。

$600 \text{ kg/日} \times 365 \text{ 日} \times 50 \text{ 円/kg} = 10,950,000 \text{ 円/年}$

㉙ 電力代替による削減

ベースシナリオの消費電力量は 600kWh/日、高油分システム+無加温 UASB の消費電力は 760 kWh/日、バイオガス由来の電力回収量は 1,046kWh/日から

$(600-554+1,046) \text{ kWh/日} \times 17 \text{ 円/kWh} \times 365 \text{ 日/年}$

$+ (600-554+1,046) \text{ kWh/日} \div 24\text{h/日} \times 1,700 \text{ 円/kW/月} \times 12 \text{ 月/年} = 7,704,060 \text{ 円/年}$

⑤ 都市ガス代替による削減

都市ガス代替量 $117\text{Nm}^3/\text{日}$ から

$117 \text{ Nm}^3/\text{日} \times 100 \text{ 円/Nm}^3 \times 365 \text{ 日/年} = 4,270,500 \text{ 円/年}$

⑥ 薬品代、分析費用、投入人件費、メンテナンス費による増加

試算条件から $11,560,000 \text{ 円/年} + 500,000 \text{ 円/年} + 1,000,000 \text{ 円/年} = 13,060,000 \text{ 円/年}$

⑦ 油水分離器スカム処分作業費の削減

$1.5 \text{ h/日} \times 2 \text{ 人} \times 2,700 \text{ 円/h} \times 365 \text{ 日/年} = 3,000,000 \text{ 円/年}$

⑦～④を合算して年間 29,289,560 円のランニングコスト削減となった。

高油分対応システム+無加温 UASB のイニシャルコストを 190,000,000 円とすると

投資回収年数は $190,000,000 \text{ 円} \div 29,289,560 \text{ 円/年} = 6.5 \text{ 年}$ となる。

4. 【開発項目 C2】 事業化シナリオの検討

1) 知的財産取得に関する検討

既往特許 3 件と開発技術の比較を実施し、知的財産権取得の可能性について検討をおこなった。結果として、既存技術との差別化は十分に可能と判断したため、知的財産権取得について手続きを進めていく。

2) 販売ターゲットの絞込み

販売ターゲットの絞込みとして、市場規模の想定と各業界の既存施設における導入可能性調査を行った。

(1) 市場規模の想定

本技術はメタファームと組み合わせて販売することを想定しているため、厨芥排出量が 1～5t/日となる施設数を推定し、業種ごとに設定した食品廃棄物の再生利用実施率を超える事業者の比率を乗じて業種ごとの市場規模とした。本調査では食品製造業、食品卸売業、ショッピングセンターを含む食品小売業、ホテル業、給食センター、結婚式場、社員食堂を対象とし、調査結果を表 2-4-1 に示す。

表 2-4-1 市場規模の調査結果

業種	施設数 ^{※1}	比率 ^{※2}	市場規模
食品製造業	5,212	79.6	4,150
食品卸売業	34	61.9	21
食品小売業 (ショッピングセンター)	273	46.6	127
ホテル業	39	54.2	21
学校給食センター	26	42.2	11
病院給食センター	0	-	0
結婚式場	2	55.3	1
社員食堂	5	33.3	2
合計	5,591	-	4,333

※1：厨芥排出量が 1～5t/日と推定される施設

※2 食品廃棄物の再生利用実施率が食品製造業 90%以上、
食品卸売業 50%以上、食品小売業 50%以上、
ホテル業・その他 50%以上となる事業者の比率

なお各業種の調査方法は以下に示す通り。

①食品製造業

- ㊦ 食品リサイクル法に基づく定期報告の結果（農林水産省）より、小分類 41 業種ごとに食品廃棄物の平均発生原単位を算出
- ㊧ 平均発生原単位をもとに、日量 1～5t の食品廃棄物が発生する売上規模を算出
- ㊨ 総務省「経済センサス」から全国の事業所数と売上高に関するデータを収集し、上記で算出した売上規模に当てはまる事業所の数を積算
- ㊩ 食品リサイクル法に基づく定期報告の結果（農林水産省）から食品製造業における再生利用実施率 90%以上の事業者の割合を算出
- ㊪ ㊨でもとめた事業所数に㊩で求めた割合を乗じて市場規模とした。

②食品卸売業

- ㊦ 食品リサイクル法に基づく定期報告の結果（農林水産省）より、小分類 7 業種ごとに食品廃棄物の平均発生原単位を算出
- ㊧ 平均発生原単位をもとに、日量 1～5t の食品廃棄物が発生する売上規模を算出
- ㊨ 総務省「経済センサス」から全国の事業所数と売上高に関するデータを収集し、上記で算出した売上規模に当てはまる事業所の数を積算
- ㊩ 食品リサイクル法に基づく定期報告の結果（農林水産省）から食品卸売業における再生利用実施率 50%以上の事業者の割合を算出
- ㊪ ㊨でもとめた事業所数に㊩で求めた割合を乗じて市場規模とした。

③食品小売業（ショッピングセンター）

- ㊦ 一般社団法人日本ショッピングセンター協会の定義からショッピングセンターの総数を特定
- ㊧ 経済産業省関東経済産業局「大型ショッピングセンターにおける 3 R システム構築調査」から厨芥排出量が 1～5t/日となるショッピングセンターの割合を算出
- ㊨ 総務省「経済センサス」から全国の事業所数と売上高に関するデータを収集し、上記で算出した売上規模に当てはまる事業所の数を積算
- ㊩ 食品リサイクル法に基づく定期報告の結果（農林水産省）から食品小売業・外食産業における再生利用実施率 50%以上の事業者の割合を算出
- ㊪ ㊨でもとめた事業所数に㊩で求めた割合を乗じて市場規模とした。

④ホテル業

- ㊦ 食品廃棄物の発生量を公開しているホテルのデータから、延べ床面積当たりの平均発生原単位を算出
- ㊧ 平均発生原単位をもとに、日量 1～5t の食品廃棄物が発生する延床面積を算出

- ㉞ Web サイト情報をもとに㉜を満たすホテル数を算出
- ㉝ 食品リサイクル法に基づく定期報告の結果（農林水産省）からホテル業における再生利用実施率 50%以上の事業者の割合を算出
- ㉞ ㉝でもとめた事業所数に㉝で求めた割合を乗じて市場規模とした。

⑤学校給食センター

- ㉞ 環境省請負調査「平成 26 年度 食品循環資源に関する実施状況調査等業務」に基づいて、児童・生徒 1 人当たりの廃棄物量を特定
- ㉟ 日量 1～5t の食品廃棄物が発生する調理規模を算出
- ㊱ 文部科学省「学校給食実施状況等調査」（平成 30 年度）記載の公立学校向けの共同調理場規模別共同調理場数のうち「10,001 人～20,000 人」及び「20,000 人以上」に該当する事業所を算出
- ㉝ 食品リサイクル法に基づく定期報告の結果（農林水産省）から給食センターにおける再生利用実施率 50%以上の事業者の割合を算出
- ㉞ ㉝でもとめた事業所数に㉝で求めた割合を乗じて市場規模とした。

⑥病院給食センター

- ㉞ 環境省請負調査「平成 26 年度 食品循環資源に関する実施状況調査等業務」に基づいて、1 病床当たりの廃棄物量を特定
- ㉟ 日量 1～5t の食品廃棄物が発生する病床数を算出
- ㊱ Web サイト「病院情報局」から㉟で求めた病床数に該当する病院を抽出
（この時点で対象施設が 0 となったため、調査を終了）

⑦結婚式場

- ㉞ 農林水産省が定める食品廃棄物等の業種別目標値（2019～2023 年度）では、結婚式場の単位当たり発生量 0.826kg/人から日量 1～5t の排出量に相当する結婚式場の収容人数を算出
- ㉟ 公益社団法人日本ブライダル文化振興協会の会員として加盟している婚礼施設のうち、㉞で求めた収容人数を満たす施設を抽出
- ㊱ 食品リサイクル法に基づく定期報告の結果（農林水産省）から結婚式場における再生利用実施率 50%以上の事業者の割合を算出
- ㉝ ㉟でもとめた事業所数に㊱で求めた割合を乗じて市場規模とした。

⑧社員食堂

- ㉞ 大阪市立環境科学研究所の調査結果を参照して、社員食堂における食品廃棄物排出量の原単位を「市役所」と同じ 0.11kg/食と仮定し、日量 1～5t の排出量に相当する食

数を算出

- ④ 社食利用率 80%として、日量 1~5t の排出量に相当する従業員規模を推計
- ⑤ WEB 情報、各社の有価証券報告書から同一事業所に勤務する従業員数が④で求めた従業員規模を満足する事業所を抽出
- ⑥ 食品リサイクル法に基づく定期報告の結果（農林水産省）から社員食堂における再生利用実施率 50%以上の事業者の割合を算出
- ⑦ ⑤でもとめた事業所数に⑥で求めた割合を乗じて市場規模とした。

（2）導入可能性に関するヒアリング候補の選定

導入可能性が高い業種として、これまで導入実績のあるショッピングセンターの他、食品製造業のうち弁当・惣菜工場、冷凍食品工場、菓子工場、給食事業者を選定して、各業種について以下に示す方法でヒアリング候補リストを作成した。

① ショッピングセンター

一般社団法人日本ショッピングセンター協会資料「都道府県・市町村別 SC 一覧」掲載の「店舗面積」の上位施設をリストアップ

② 弁当・惣菜工場

弁当・惣菜業界の大手企業を各種公開情報からリストアップし、該当企業で実際に弁当・惣菜を製造している工場をリストアップ

③ 冷凍食品工場

冷凍食品業界の大手企業と各社の主要な工場をリストアップ

④ 菓子工場

菓子の種類として分解の容易性とバイオガスの発生量からチョコレート、クッキーを選定し、大手菓子メーカーの中から、チョコレートやクッキーの生産量が多いと思われる企業をリストアップ

⑤ 給食事業者

事業所給食業界の売上高上位企業をリストアップ

（3）ヒアリング項目

本調査におけるヒアリング項目を以下に示す。

- ・事業所から排出する具体的な生ごみの種類とその量
- ・生ごみの基本的な処理方法と外部委託の有無
- ・外部委託時のリサイクル費用（概算）
- ・現在の処理方法に対する課題認識
- ・生ごみのリサイクル率向上に対する考え方
- ・リサイクル率向上に向けた取組み方針
- ・事業所内への生ごみ処理機導入に対する関心・意向

- ・メタン発酵に関する認知度
- ・メタン発酵の導入意向とその理由
- ・同業他社によるメタン発酵の導入可能性に対する見解
- ・メタン発酵の導入意欲が高いと思われる同業他社とその理由

(4) ヒアリング結果の概要

ヒアリング結果の抜粋を図 2-4-2 に示す。既存施設において最も導入が有望視されるのは郊外エンクローズ型のショッピングセンターであった。一方でビル直結型は設置スペースの確保、複数棟からなるオープン型では厨芥の収集方法が課題となることが分かった。

弁当・惣菜製造工場では、もともと余裕を持った敷地ではないため、設置スペースが問題となるというのが共通の意見であった。また初期コストの捻出が困難という意見も多かった。冷凍食品工場では、従来型のメタン発酵設備を導入している事業所もあり、小型低コストであれば導入の可能性があると考えられる。しかし、ショッピングセンターと比較して求められる投資回収年数が短い傾向にあった。ビスケット、チョコレートを中心とする菓子製造工場では、クッキーやパイ生地は飼料化を行い、飼料化が困難なチョコレート塊と分別コストのかかるパッケージ後の廃棄物は焼却処分しており、食品廃棄物処理に課題を持っていないようであった。給食事業者は現状では、排出量が 1t/日以上となる事業者が少ないが人手不足の影響もあり大型セントラルキッチンも増加傾向にあるため、今後導入が期待できると考える。ただし、専門の技術者が配置されていないため設置のみでなく、運営管理も含めた対応が必要となると考えられる。

本調査は既存施設へのヒアリングを実施し、ショッピングセンターと食品工場、給食事業や導入の可能性があると判断したが、既存施設で課題となるスペースの確保は、新築工事であればスペース確保は可能であると考えられるため、新築工事においては業種を問わずに PR していく必要がある。

表 2-4-2 ヒアリング調査結果の抜粋

	有望度とその理由	注目すべき意見
ショッピングセンター	◎ 郊外エンクローズ型に導入ニーズあり	ビル直結型ではスペース確保が困難 郊外オープン型では収集方法が課題 投資回収が10年程度 であれば導入検討対象
弁当・惣菜	× 設備投資が困難、設置スペースなし	設置スペースの確保が難しい 初期コストの捻出が困難 投資回収10年は長い
冷凍食品	△ 一部工場に従来型メタン発酵が導入済み	小型で低コストであれば、冷凍食品業界でも需要は高い 投資回収5年程度 であれば話を聞きたい
菓子製造	× ビスケット、パイ生地は有価物として取引	食品ロス削減、飼料化・肥料化を推進 パッケージと中身を分ける人手と費用が掛かるので不良品は焼却処分
給食事業者	△ 排出量1t/日以上セントラルキッチンが少ない	大型セントラルキッチンも増加の可能性あり 設備運用を全て事業者側で行い、電力を購入する形であれば興味あり

3) アライアンスの検討

アライアンスについては装置の製造・メンテナンスで協業可能な水処理メーカーについて絞込みを行い、情報交換を行った。今年度と次年度の試験結果をもとに協議を進めて、システムの生産体制についてアライアンスの構築を目指す。

5. 検討会の開催

1) 第1回検討会の開催

第1回検討会は下記の通り開催した。

開催日時：2021年10月27日(水) 13:00-15:00

開催場所：WEB開催

参加者：検討委員 東京農工大学 寺田昭彦 教授、東京工業大学 時松宏治准教授
国立環境研究所 小野寺崇 主任研究員

環境省 小林純一郎 課長補佐、田中嘉彦 課長補佐、越智俊二 専門員
プログラムオフィサー 村木正昭 総括PO、藤沼康実 PO
竹中工務店 奈良知幸、宮田弘樹、川尻聡、加藤利崇、山崎祐二

- 議事：1. 事業者の紹介
2. 委員の紹介、挨拶
3. POの紹介、挨拶
4. 技術開発・実証事業内容についての説明
5. 進捗状況の説明
6. 今後の予定の説明
7. 質疑応答

検討会における主な説明内容と質疑応答は以下の通り。

①技術開発・実証事業内容についての説明

■技術開発実証事業の内容と目標

- ・あべのハルカスに導入したメタン発酵設備(メタファーム)のさらなる省CO₂化のため、無加温UASBを活用した有機性排水の嫌気処理技術の開発を行う。
- ・これまでに当社で無加温UASBの小型試験を実施、油分100mg/Lで処理可能の結果を得ている。また、SSの処理について、荏原製作所の報告事例でSS 200mg/Lで処理可能の結果が報告されている。
- ・本技術開発の実証範囲は、開発項目A1：実証設備の整備、A2：処理可能なSS、油分の把握、A3：統合システム実証(※来年度)、B：システム統合と実証である。

■仕様書に示す開発項目について(R3年度)

- ・A1：実証設備の設計製作。設置場所は研電社出雲工場内に設置。製作範囲は、原水槽、油水分離槽、前処理水槽×2、UASB槽×2。加圧浮上設備はリース。
- ・A1のR3年度実施内容として、実証設備の設置について10/19出雲市役所に説明、了承をいただいた。また、現在、製作物の設計、製作、試運転まで完了している。
- ・A2：HRT12時間、25℃、でCOD75%除去できるSS、油分濃度を把握する。
- ・A2のR3年度実施内容として、稼働中の商業施設の厨房排水の排水量と水質分析を実施予定。また、グラニューール汚泥の低温への馴致を開始している。また、連続処理試験

で使用する厨房排水の成分分析を実施中であり、今後、調達した厨房排水を前処理して連続処理試験に供する予定。

- ・ C 1 : 開発システムの基本設計を行い、厨房排水 300m³、厨芥 1t の処理システムについて評価し、CO₂ 削減量 292 t/年、投資回収 6.9 年（補助金無）の達成を目指す。
- ・ C 1 の R3 年度実施内容として、開発システムの間接評価において、連続試験の結果より処理フロー、物質収支、必要機器、消費エネルギー、エネルギー収支、経済性について精査し、提案システムの優位性を示す。
- ・ C 2 : 知的財産の取得、販売ターゲットの絞り込みと販売ターゲットへの PR、アライアンスの検討を行い、事業化シナリオを検討する。
- ・ C 2 の R3 年度実施内容として、知的財産の検討、アライアンス検討を実施中。今後、ユーザーの絞り込みを検討する。

■仕様書に示す開発項目について（R4 年度）

- ・ A 3 : 水質変動に対応する低コスト前処理方法の開発を行う。
- ・ A 3 の R4 年度実施内容として、油水分離器や加圧浮上装置等の組合せによって SS、油分の処理目標濃度を達成するため前処理方法を検討し、前処理コストの最小化を図る。
- ・ B : 開発要素のシステム統合と実証を図る。
- ・ B の R4 年度実施内容として、前処理と無加温 UASB を組み合わせた連続運転試験で安定処理が可能な運転シーケンスを確立する。
- ・ C 1 の R4 年度実施内容として、連続運転試験結果を基に開発システムに関して物質収支、エネルギー収支、経済性の評価を行い、性能目標と比較する。
- ・ C 2 の R4 年度実施内容として、市場調査により、開発システムの早期導入が想定されるユーザーに対して PR を行うとともに、事業化時のアライアンス体制を構築する。

■技術開発・実証事業内容に関する質疑応答

- ・ バイオガスの回収量の目標値を定量的に示しては。また、除去率の割合だけでなく、UASB 槽の容積当たりの除去量の表記があった方がよい。
⇒厨房排水の水質調査結果を踏まえて設定したい。
- ・ 本技術の優位性など他社技術との違いが示されているとよい。
- ・ 前処理のコストを最小化、とは具体的に何を最小化するのか
⇒前処理は加圧浮上と凝集処理を想定。装置構成（イニシャルコスト）と薬剤添加量などランニングコストを最小化したい。
- ・ 委託と補助のそれぞれで整備したものはなにか。
⇒A 1 の装置の設計製作は補助事業（リース品は除く）。試運転以降は委託事業である。
- ・ A 2 の下水道放流可能な水質、想定水質のターゲットがあるのか。インプットの水質によって変わるのではないか。
⇒上限を超えた排水は前処理で目標水質以下に調整する。既存商業施設の排水水質を

調査して前処理が必要かどうかも含めて判断する。

- ・投資回収の境界（バウンダリー）はどこまでか。本実証範囲のみで6.9年か。
⇒システム全体（メタン発酵も含めて全体）で6.9年としている。
- ・前処理スカムがメタン発酵に及ぼす影響も考慮が必要なので、前処理スカムの性状把握も行った方が良い。
⇒定期的に前処理スカムの分析を実施する。
- ・投資回収6.9年は積み上げ型で算出？トップダウンで普及を考えて妥当な水準か？
⇒建築設備は5年くらいが求められる。普及のためにさらなる投資回収の短縮に取り組みたい。
- ・厨房排水の調達は毎日とのことだが、水質は毎日分析して調整するのか？
⇒平日は毎日分析実施を予定。

②進捗状況の説明

- ・基本設計を行い、UASB槽の装置製作を行った。
- ・文献調査、UASBの温度影響を調査。COD 7-10 kg-COD/m³/d、HRT4時間の条件において80%超の除去率の報告あり。
- ・出雲市商業施設の厨房排水水質を調査した。採取した排水の簡易凝集試験も実施し、COD<500mg/L、n-Hex 80mg/Lまで処理できた。ただし凝集剤多すぎるとCODが低くメタンガスでないので、薬剤量を減らすなど調整が必要かどうか検討したい。
- ・35°CのUASB種汚泥を25°C環境下に馴致するために、人工排水を用いた運転を実施中。COD、SS、n-Hex、BOD、VS、菌叢、pH、温度、ガス量、ガス組成の分析を予定している。

■進捗状況に関する質疑応答

- ・汚泥の馴致は菌叢だけではなく汚泥のキャラクタリゼーション（汚泥密度、グラニューールのサイズ、沈降速度）を評価した方がよい。
- ・既往文献調査で都市下水の文献のCOD負荷7-10kgは高すぎるのでは。これを目標としない方がよい。文献の内容確認をした方が良い。
- ・馴致を行うのにどれくらい時間がかかるのか？実排水に切り替え時の馴致も必要なので、スケジュール管理が重要である。
⇒汚泥の状態によるが1か月以上はかかると予想している。
- ・実排水の水質条件を振るのであればかなりの試験ケースが必要。そのたびに馴致するのか。
⇒馴致完了後、低負荷から試験を開始して連続的に負荷を上昇させるので、都度の馴致はしない。原水の水質は前処理した実排水にSS、n-Hexを添加して調整予定。

③今後の予定の説明

- ・稼働中商業施設の厨房排水水質調査（あべのハルカス、その他 2～3 か所）。
加圧浮上前の厨房排水、ディスポーザー排水のスクリーン透過液などを分析する。
- ・SS 濃度と油分濃度を変数とした連続処理試験 SS と n-Hex それぞれを独立して制御した試験で処理上限を確認した後に、SS および n-Hex 両方の上限濃度の試験を行う。
- ・契約が当初より遅れたため、UASB 槽 2 槽で油分、SS を別々に並行して試験する計画に変更する。各条件で 3～4 週間の運転を見込む。試験時の COD 負荷は、1000 mg/L (2 kg-COD/m³/day) を上限と想定。
- ・分析項目は COD_{Cr}、SS、n-Hex、BOD、VS、菌叢、pH、温度、ガス量、ガス組成を分析する。先ほど指摘のあった汚泥の特性も評価したい。
- ・試験結果をもとに開発システムの評価・商品化検討。想定マテバラ、エネルギー収支より従来技術に対する優位性を評価する。
- ・知財は既存特許を調査して出願に向けて準備中。販売ターゲットの絞り込み、顧客ヒアリングを実施予定。エンジニアリング会社 1 社とアライアンス計画中。

■今後の予定に関する質疑応答

- ・p27 の図はハルカスのシステムに開発技術を組み込んだものだが、メタファームのみ、メタファーム+油分、メタファーム+油分+開発システムでケース分けして示すこと。
- ・フロー図で好気処理設備が点線となっている意味は？好気処理設備は入るのか？
⇒想定水質から見ると処理不要と考えているが、好気処理の必要性は法律・条令を確認したい。
- ・p6 の図では消化液が無加温 UASB に入るフローになっており、他のページのフローと異なるが？
⇒消化液をどこに戻すかは、まだ決まっていない。水質を見て判断したい。
- ・p28 システム消費、出力だけでなく、実質利用できるエネルギーも記載すること。
- ・販売ターゲットはどのくらいの台数を想定しているのか。
⇒潜在市場は既存商業施設で 200 台を見込む。食品工場はさらに 1 桁多い数がある。
まずは商業施設をターゲットとしている。
⇒申請書類では導入見込みが 2030 年で 20 台、耐用年数 15 年となっている。
- ・前はハルカスのグリストラップ汚泥を運んで試験していた。今回は出雲の近くの厨房排水だが、ハルカスとは切り離してシステムを考えているのか。
⇒本実証技術もハルカスのシステムと組み合わせて使っていく。前の事業ではスカムを月に数回採取すれば良かったが厨房排水は 4m³/日使用するため、大阪から毎日運ぶのは困難。そこで近隣の厨房排水を処理・調整して試験する。
- ・連続処理試験の、SS は影響がすぐに出てこず時間差で SS が蓄積して影響が出る可能性がある。BOD 除去率、COD マスバランスをリアルタイムで把握して注意しながら試験すること。汚泥の SS を定期的に調査することも有効。

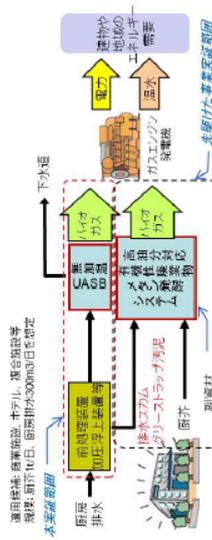
- 低温になると COD のマスバランスがとれなくなる (unknown が多くなる) ことがあるので注意。
- 過去の試験では冬に汚泥量が増えて夏に汚泥量が減った (水温の影響と思われる)。
- p26 の②で過負荷なら負荷を戻すとあるが、一度悪化するとすぐには戻らないので注意。一方で装置の運転条件変更の工夫に特許性があるかもしれない。立ち上げノウハウ、悪化時の回復ノウハウは重要。

参加者名簿 (1. 2. 3 関連)

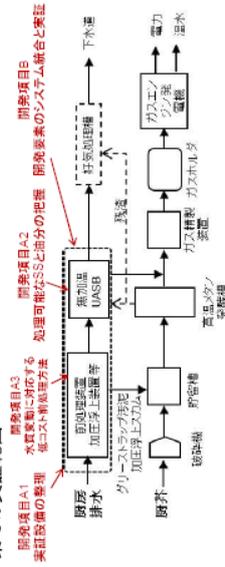
委員	寺田 昭彦	東京農工大学 大学院工学研究院 教授
委員	時松 宏治	東京工業大学 環境・社会理工学院 准教授
委員	小野寺 崇	国立環境研究所 地域環境保全領域 主任研究員
発注者	小林 樹一郎	環境省 環境再生・資源循環局 廃棄物適正処理推進課 課長補佐
発注者	田中 篤彦	環境省 環境再生・資源循環局 廃棄物適正処理推進課 課長補佐
発注者	越智 俊二	環境省 環境再生・資源循環局 廃棄物適正処理推進課 環境専門員
総括プログラムオフィサー	村木 正昭	一般社団法人国際環境研究協会 工学博士
プログラムオフィサー	藤沼 康実	一般社団法人国際環境研究協会 農学博士
事業者	奈良 知幸	株式会社竹中工務店技術研究所 研究主任
事業者	宮田 弘樹	株式会社竹中工務店技術研究所 グループリーダー
事業者	川尻 聡	株式会社竹中工務店技術研究所 主任研究員
事業者	山崎 祐二	株式会社竹中工務店技術研究所 主任研究員
事業者	加藤 利崇	株式会社竹中工務店環境エネルギー本部 課長

4-1. 適用イメージと本事業での実証範囲

・適用のイメージ



・本事業での実証範囲



令和3年度CO2排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業
(無加温UASB法による厨房排水からのバイオガス回収に関する技術開発)
第1回技術検討会

議事次第

1. 事業者の紹介
2. 委員の紹介、挨拶
3. POの紹介、挨拶
4. 技術開発・実証事業内容についての説明
5. 進捗状況の説明
6. 今後の予定の説明
7. 質疑応答

2021年10月27日

(株) 竹中工務店

4. 技術開発・実証事業内容についての説明

- 4-1. 適用イメージと本事業での実証範囲
- 4-2. 令和3年度の技術開発の目標と内容
- 4-3. 令和4年度の技術開発の目標と内容
- 4-4. 仕様書

4-2. 令和3年度の技術開発の目標

○令和3年度の技術開発の目標と内容

技術開発項目	現状	目標	令和3年度の技術開発目標
0 全体目標	<ul style="list-style-type: none"> ・追加温UASB法において、ラバウケールで人工排水処理設備を構築しており、基礎的な知見を蓄積している。商業施設で排出される厨房排水の分析結果から厨房排水を無加温UASB法で処理する場合はSSと油分除去法の前処理が必要と判断される。 	<ul style="list-style-type: none"> ・追加温UASB法を参考に、無加温UASB法に本及び厨房排水処理システムを構築し、有機物除去率(COD削減率)75%以上で連続処理することを目指す。 ・COD削減率80%以上、COD削減率削減率の向上を目指す。 ・CO2削減率2924%、投資回収率6.9年(補助金)を実現する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・追加温UASB法に本及び厨房排水処理システムを構築し、有機物除去率(COD削減率)75%以上で連続処理することを目指す。 ・COD削減率80%以上、COD削減率削減率の向上を目指す。 ・CO2削減率2924%、投資回収率6.9年(補助金)を実現する。
1 【開発項目A1】 実証設備の整備	—	無加温UASB槽は有効容積1m ³ ×2槽とし、実証試験を想定した上で、計画に必要な各種装置や標準の前処理設備を設計・製作する。製作したシステムが問題なく稼働することを確認する。	—
2 【開発項目A2】 無加温UASB法により処理可能なSSと油分の距離	<ul style="list-style-type: none"> ・人工排水に油分添加した試験では、n-Hex濃度が100mg/Lまでは安定した運転が可能であった。また25℃(電温)の条件下で、有機物除去率(COD削減率)75%以上、下水処理設備でも安定運転可能なSS、油分の距離が確認される。 	<ul style="list-style-type: none"> ・追加温UASB法による処理に近い条件下で、有機物除去率(COD削減率)75%以上、COD削減率削減率の向上を目指す。 ・CO2削減率2924%、投資回収率6.9年(補助金)を実現する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・追加温UASB法に本及び厨房排水処理システムを構築し、有機物除去率(COD削減率)75%以上で連続処理することを目指す。 ・COD削減率80%以上、COD削減率削減率の向上を目指す。 ・CO2削減率2924%、投資回収率6.9年(補助金)を実現する。

4-3. 令和4年度の技術開発の目標

○令和4年度の技術開発の目標と内容

技術開発項目	現状	目標	令和4年度の技術開発目標
1 【開発項目A3】 水質変動に対応する低コスト前処理方法の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・加圧浮上で水質変動に対応する低コスト前処理方法の開発 ・SS濃度200mg/L以下は浮上処理で対応可能であるが、開発項目A2で導入した目標水質を達成する層流処理設備の構築、追加量、運転(パワー、メンテナンス)の検証が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・海水分断層の追加圧上装置の構築。層流処理設備の構築。追加量、運転(パワー、メンテナンス)の検証が必要である。 ・SS濃度200mg/L以下は浮上処理で対応可能であるが、開発項目A2で導入した目標水質を達成する層流処理設備の構築、追加量、運転(パワー、メンテナンス)の検証が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・追加温UASB法に本及び厨房排水処理システムを構築し、有機物除去率(COD削減率)75%以上で連続処理することを目指す。 ・COD削減率80%以上、COD削減率削減率の向上を目指す。 ・CO2削減率2924%、投資回収率6.9年(補助金)を実現する。
2 【開発項目B】 開発要素のシステム統合と実証	<ul style="list-style-type: none"> ・厨房のメタン発酵槽で処理可能な運転条件についての知見を有し、排水水質、処理設備の最適化も実施している。 ・A2とA3の開発要素およびその統合に関する知見が不足しており、ユニット化については未検証である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・追加温UASB法に本及び厨房排水処理システムを構築し、有機物除去率(COD削減率)75%以上で連続処理することを目指す。 ・COD削減率80%以上、COD削減率削減率の向上を目指す。 ・CO2削減率2924%、投資回収率6.9年(補助金)を実現する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・追加温UASB法に本及び厨房排水処理システムを構築し、有機物除去率(COD削減率)75%以上で連続処理することを目指す。 ・COD削減率80%以上、COD削減率削減率の向上を目指す。 ・CO2削減率2924%、投資回収率6.9年(補助金)を実現する。

4-2. 令和3年度の技術開発の目標

○令和3年度の技術開発の目標と内容

技術開発項目	現状	目標	令和3年度の技術開発目標
3 【開発項目C】 開発システム 新車・商品化	<ul style="list-style-type: none"> ・1日処理量で処理容量300m³、厨水処理システムについて、人工排水を使用(かつろろフィルター)と併用して、COD削減率、投資回収率、CO2削減率、経済性について評価している。 	<ul style="list-style-type: none"> ・1日処理量で処理容量300m³、厨水処理システムについて、人工排水を使用(かつろろフィルター)と併用して、COD削減率、投資回収率、CO2削減率、経済性について評価している。 	<ul style="list-style-type: none"> ・追加温UASB法に本及び厨房排水処理システムを構築し、有機物除去率(COD削減率)75%以上で連続処理することを目指す。 ・COD削減率80%以上、COD削減率削減率の向上を目指す。 ・CO2削減率2924%、投資回収率6.9年(補助金)を実現する。
4 【開発項目C2】 事業化シナリオの策定	—	<ul style="list-style-type: none"> ・システムの事業化を推進するため、システムの事業化を推進するための必要となる技術的な要素を整理し、知財対策の出願を行う。 ・開発システムの出発点として、開発システムの出発点として、知財対策の出願を行う。 ・開発システムの出発点として、知財対策の出願を行う。 ・開発システムの出発点として、知財対策の出願を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ・追加温UASB法に本及び厨房排水処理システムを構築し、有機物除去率(COD削減率)75%以上で連続処理することを目指す。 ・COD削減率80%以上、COD削減率削減率の向上を目指す。 ・CO2削減率2924%、投資回収率6.9年(補助金)を実現する。

4-3. 令和4年度の技術開発の目標

○令和4年度の技術開発の目標と内容

技術開発項目	現状	目標	令和4年度の技術開発目標
3 【開発項目C】 開発システム 新車・商品化	<ul style="list-style-type: none"> ・1日処理量で処理容量300m³、厨水処理システムについて、人工排水を使用(かつろろフィルター)と併用して、COD削減率、投資回収率、CO2削減率、経済性について評価している。 	<ul style="list-style-type: none"> ・1日処理量で処理容量300m³、厨水処理システムについて、人工排水を使用(かつろろフィルター)と併用して、COD削減率、投資回収率、CO2削減率、経済性について評価している。 	<ul style="list-style-type: none"> ・追加温UASB法に本及び厨房排水処理システムを構築し、有機物除去率(COD削減率)75%以上で連続処理することを目指す。 ・COD削減率80%以上、COD削減率削減率の向上を目指す。 ・CO2削減率2924%、投資回収率6.9年(補助金)を実現する。
4 【開発項目C2】 事業化シナリオの策定	—	<ul style="list-style-type: none"> ・システムの事業化を推進するため、システムの事業化を推進するための必要となる技術的な要素を整理し、知財対策の出願を行う。 ・開発システムの出発点として、開発システムの出発点として、知財対策の出願を行う。 ・開発システムの出発点として、知財対策の出願を行う。 ・開発システムの出発点として、知財対策の出願を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ・追加温UASB法に本及び厨房排水処理システムを構築し、有機物除去率(COD削減率)75%以上で連続処理することを目指す。 ・COD削減率80%以上、COD削減率削減率の向上を目指す。 ・CO2削減率2924%、投資回収率6.9年(補助金)を実現する。

4-4. 仕様書

(1)【開発項目A1】実証設備の整備 実施済み(本日説明)

無加温UASB法により処理可能なSSと油分の把握で使用する実証試験設備を設計・製作し、株式会社研電社出雲工場内に設置する。実証設備の概要図を図1に、仕様と測定項目を表1に示す。

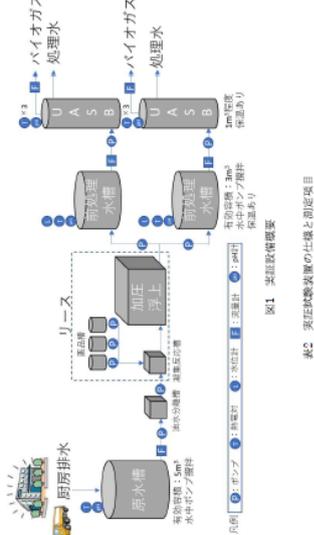


図1 実証設備概要

表1 実証試験装置の仕様と測定項目

前水槽	有効容積10L	水中ポンプ機構、温度・計測定
前処理水槽	有効容積10L	水中ポンプ機構、温度・計測定、保圧あり、2系統
UASB槽	有効容積10L	温度・計測定、保圧あり、2系統

4-4. 仕様書

(2)【開発項目A2】無加温UASB法により処理可能なSSと油分の把握

・項目概要

無加温UASB法において、水温25°C程度、水理学的滞留時間(以下、HRT)12時間以内で下水道放流基準を達成可能なSSと油分の把握を行うために実証機を用いた連続処理試験を行う。なお、本業務の成果を踏まえて、次年度には【開発項目A3】水質変動に対応する低コスト前処理方法について調査する。油分濃度としてはノルマルヘキサゲン抽出物濃度(以下、n-Hex濃度)を指標とする。

・R3年度実施内容

① 商業施設の厨房排水水質と排水量の調査 実施予定(本日説明)
主な処理対象となる商業施設の厨房排水に関して、種数の稼働中の商業施設で水質と排水量の変動幅を把握するために、水質5成分(化学的酸素要求量(以下、CODcr)、SS、n-Hex濃度、生物化学的酸素要求量(以下、BOD)、全蒸発残留物の強熱減量(以下、VS))を定量分析し、時間ごとの排水量を調査すること。

② 汚泥の馴致 実施中(本日説明)

人工排水または加圧浮上装置で処理した厨房排水を用いて、既存の加温UASB方式の処理設備から調達したグラニューカル汚泥を馴致すること。また25°C程度で運転が安定するために必要なHRTと容積負荷を確認すること。なお、安定運転は、処理水中のSS、n-Hex濃度、BODが下水道放流基準を満足しているかから判断すること。

4-4. 仕様書

(1)【開発項目A1】実証設備の整備 実施済み(本日説明)

無加温UASB法により処理可能なSSと油分の把握で使用する実証試験設備を設計・製作し、株式会社研電社出雲工場内に設置する。実証設備の概要図を図1に、仕様と測定項目を表1に示す。

① 設置準備(10/19実施済み)

設置場所所在地(鳥取県出雲市)の関連行政機関等に本事業について説明し、了承を得ること。

② 設計(実施済み)

実証設備の設計図を作成すること。無加温UASB槽は有効容積1m³×2槽とし、評価に必要な各種流量や温度・水素イオン濃度(pH)の測定機器を備えるとともに、サンプリング場所を必要箇所毎に設けること。なお、設計にあたっては(2)、(3)で想定する実験パラメータに対応出来るように仕様に余裕を持たせること。

③ 実証設備に必要な機器の調達、製作及び設置工事(実施済み)

設計図に基づき、実証設備に必要な機器類を調達して製作し、実証設備を設置すること。なお、凝集反応槽と薬品槽、加圧浮上槽はリース品を使用し、その他の設備は補助事業経費により調達する。また、実証設備の製作・設置は外注して差し支えない。

④ 試運転調整(実施済み)

上水を用いた試運転により、各機器が正常に動作することを確認すること。

4-4. 仕様書

・R3年度実施内容

③ 厨房排水の調達と分析 実施中(本日説明)
稼働中の商業施設などの建物から本項④連続処理試験で使用する厨房排水を調達し、5成分(CODcr、SS、n-Hex濃度、BOD、VS)を定量分析すること。

④ SS濃度と油分濃度を対象とした連続処理試験 実施予定(本日説明)

無加温UASB法で処理可能なSS濃度と油分濃度を把握するために、③で調達した厨房排水を加圧浮上で処理した後に、処理水に固形有機物を油を添加して、実験原水からのSS濃度とn-Hex濃度を任意に調整して4か月程度の連続処理試験を1回行うこと。運転条件は②の結果を踏まえた上で決定し、処理水については、5成分(CODcr、SS、n-Hex濃度、BOD、VS)を定量分析し、それぞれ除去率を求めること。

なお、本項で実施する厨房排水の調達、装置の運転管理、水質分析は外注しても差し支えない。

4-4. 仕様書

(3)【開発項目c1】開発システムの評価・商品化検討

・項目概要

【開発項目B】開発要素のシステム統合と実証の結果を踏まえて、厨房排水処理量300m³/日の装置の基本設計を行う。また、日処理量で厨屋排水300m³、厨芥1tの処理システムについて平成30～31年開発システムと融合した場合の物質収支、エネルギー収支、経済性について検証し、性能目標を達成する。なお、性能目標は以下に示す通りとする。

- ・CO₂削減量 292t/年
- ・投資回収 6.9年(補助金無)

・R3年度実施内容 実施予定

本年度は開発システムの中間評価として(2)④で実施した連続試験の結果を踏まえて、処理フロー、物質収支、必要な機器、機器での消費エネルギー、エネルギー収支、経済性について精査し、従来システムに対する提案システムの優位性を示すこと。また、コスト・CO₂排出量についてシステムの性能目標と比較すること。

4-4. 仕様書

(4)【開発項目c2】事業化シナリオの検討

・項目概要

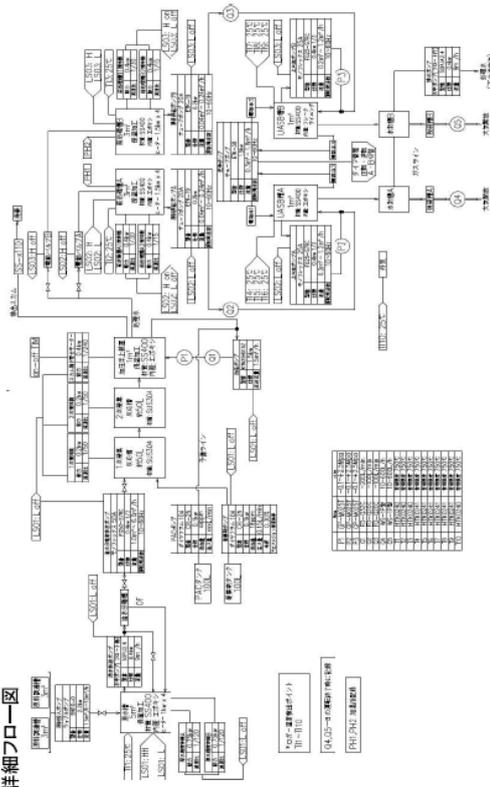
知的財産の取得、販売ターゲットの絞り込みと販売ターゲットへのPR、アライアンスの検討を行い、開発システムに関する事業化シナリオを策定する。本年度は、知的財産取得に関する検討、販売ターゲットの絞り込み、アライアンスについて検討し、次年度は販売ターゲットへのPRとアライアンスの検討(今年度からの継続検討)について検討を行うこと。

・R3年度実施内容

- ①知的財産取得に関する検討 実施中
システムの事業化を推進するために必要となる技術的な要素を整理し、知的財産の取得について検討すること。
- ②販売ターゲットの絞り込み 実施予定
市場調査をもとに、開発システムの早期導入が想定されるユーザーの絞り込みを行うこと。
- ③アライアンスの検討 実施中
開発システムの詳細設計・施工・メンテナンスについて、エンジニアリング会社等と協議を行い、事業化時のアライアンスを検討すること。

5-1. 装置の設計・製作

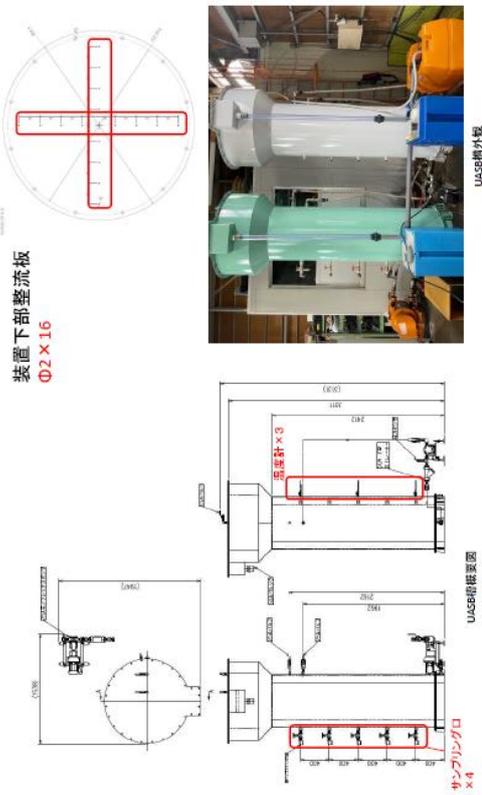
・詳細フロー図



5. 進捗状況の説明

- 5-1. 試験装置の設計・製作(補助事業)
- 5-2. 既往文献調査(試験条件の検討)
- 5-3. 出雲市商業施設の厨房排水水質調査
- 5-4. 人工排水による立上運転

5-1. 装置の設計・製作



装置下部整流板
Φ2 × 16

サンプンング口
×4

UASB機断面図

UASB機外観

5-2. 既往文献調査

目的 計画処理条件の妥当性を検証

Dukka et al., 2018
Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua (2018) 67 (8): 858-884.

Table 2 | List of experimental studies focusing on the effect of temperature on the efficiency of a UASB process

Temperature (°C)	COD removal efficiency (%)	Organic loading rate (kg COD m ⁻³ d ⁻¹)	Hydraulic retention time (hours)	Comments	Reference
55	>90	18	3.9	Methane production dropped with the increase in temperature	Uemura et al. (1995)
65	65			都市下水 ↓	
30	85	7.2-10.8	4	ISS removal increased with temperature, but not significantly	Parizadehha et al. (2002)
25	81			都市下水 ↓	
20	75			都市下水 ↓	
32	87	0.8-1.2	6-10	ISS removal was not significantly affected by change in temperature	Singh & Vinayachandran (2003)
20	84			都市下水 ↓	
15	81				
11	79				
6	40			Grey water(尿を除く家庭排水) ↓	
14-25	41		12	Still performed better than septic tank even at low temperature	Elmitwalli & Otterpohl (2001)
30	64		16		

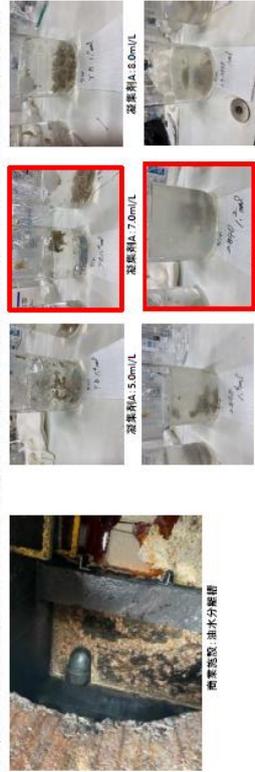
想定している処理条件(流入CODcr1,000mg/L、HRT:12h、25°C)で
目標のCODcr除去率75%十分に達成できる可能性あり

5-3. 出雲市商業施設の厨房排水水質調査

目的

連続処理試験で使用予定の厨房排水の水質と凝集性の確認

出雲市内の商業施設で厨房排水を採水、凝集剤の添加量を確認、簡易の加圧浮上処理を実施



TS mg/L	VS mg/L	CODcr mg/L	n-Hex mg/L	pH
1,240	880	5,900	457	5.84
390	170	427	80	-

※ 凝集剤A: 7.0ml/L(加圧浮上処理)

※ 凝集剤B: 7.0ml/L(加圧浮上処理)

5-4. 汚泥の馴致(人工排水による立上運転)

目的

調達した中温UASB汚泥(35°C運転)の低温環境への馴致

運転条件

原水温度[°C] : 25
HRT [h] : 48 ⇒ 32 ⇒ 24
OLR [kg-CODcr/m³/日] : 0.1 ⇒ 0.2 ⇒ 0.3 ⇒ 0.5 ⇒ 0.75 ⇒ 1.0

排水性状

HRT: 48h

Carbon sources	g/m ³ N-CODcr	Carbon sources	g/m ³ N
CH ₃ COOH	180(225)	FeSO ₄ ·7H ₂ O	0.17
CH ₃ COONa	280(225)	CaCl ₂ ·2H ₂ O	0.15
Yeast Extract	99(100)	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.06
Inorganic nutrients		H ₃ BO ₃	0.05
NH ₄ Cl	37	MnCl ₂ ·4H ₂ O	0.04
NH ₄ PO ₄	33	K ₂ Cr ₂ O ₇	0.027
MgCl ₂ ·6H ₂ O	13	CoCl ₂ ·2H ₂ O	0.025
CaCl ₂ ·2H ₂ O	33	Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	0.025
pH buffer			
NH ₄ CO ₃	300		
Algal component			
Nutrients	20		

分析項目

T-CODcr (S-CODcr) : 3回/週
SS : 3回/週
n-Hex抽出物 : 3回/週
BOD : 2回/週
VS : 2回/週
菌叢解析 : 1回/10日

測定項目(毎日)

pH、温度、ガス発生量、ガス組成

HRT: 24hでCODcr除去率75%以上を達成した時点で実排水を用いた立上に移行

6-1. 既存施設の厨房排水水質と排水量の調査

■目的
稼働中商業施設での厨房排水の水質、排出量に関する変動幅(日間、週間)の把握

■調査場所
あべのハルカス、セパンパーク天美、他1~2件で調査を予定

■調査項目
厨房排水水質(CODcr, BOD, n-Hex, SS, VS, pH、水温)営業時間において1~2時間置きに採水
ハルカスとセパンパーク天美については平日と休日とを1日ずつ
排水量は運転記録から週間変動を記録

■あべのハルカスにおける採水予定箇所



TAKENAKA
本資料の公表、転用はご遠慮ください 20

6-2. SS濃度と油分濃度を変数とした連続処理試験

■目的
無加温UASBで処理可能なSS濃度と油分濃度の把握

■検討手順

- ①厨房排水の加圧浮上処理水で汚泥の馴致を完了(HRTの決定)
- ②SS濃度と油分濃度の上限を独立して検討(各条件を3~4週間運転)
- ③処理性能が1週間程度で回復傾向にならない場合前の負荷に戻す(処理上限を決定)
- ④SSの処理上限で油分濃度を変数を試験(油分濃度は処理上限値と1段階前の2種類)

・SS濃度処理上限

	1	2	3	4
油分濃度 mg/L		100		
SS濃度 mg/L	100	200	300	400

・油分濃度処理上限

	1	2	3	4
油分濃度 mg/L	50	100	150	200
SS濃度 mg/L				200

- 運転条件
原水温度 :25℃
- 分析項目
T-CODcr (S-CODcr) :5回/週
SS :5回/週
n-Hex抽出物 :3回/週
BOD :3回/週
VS :5回/週
菌叢解析 :1回/10日
- 測定項目(毎日)
pH、温度、ガス発生量、ガス組成

TAKENAKA
本資料の公表、転用はご遠慮ください 22

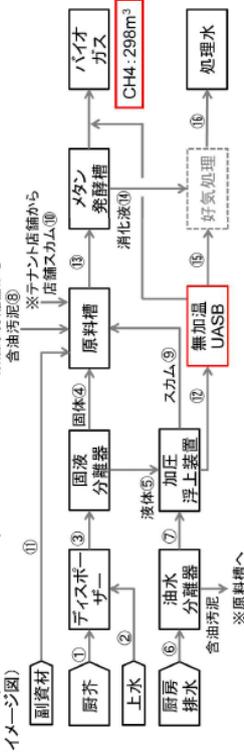
TAKENAKA
本資料の公表、転用はご遠慮ください 21

6-3. 開発システムの評価・商品化検討

■目的

既存技術に対する優位性確認と性能目標への到達度の把握

■厨房:1t/日、厨房排水300m³/日のシステム評価 ※油水分離器から含油汚泥⑧

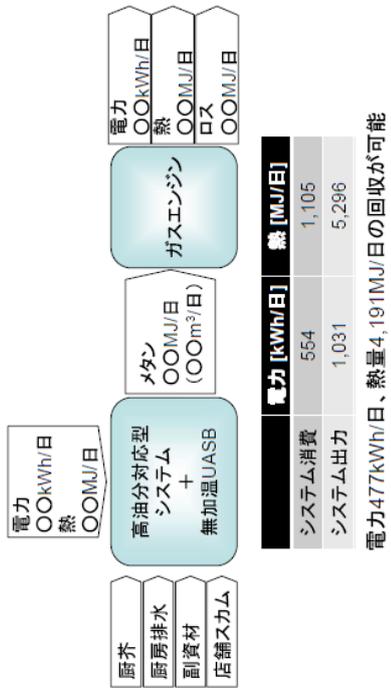


	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	18
Q	m ³ /d	0.9	6.3	7.2	0.9	6.3	300.0	739.8	0.18	1.9	0.15	0.07	304.3	2.78	2.76	304.3	307.0
Vb	m ³ /100000	-	23.00	17.00	9.00	440	300	140.00	47.40	260.00	171.00	250	113.00	23.00	113.00	23.00	23.00
SS	mg/l	155.000	15.600	81.200	8.300	250	200	83.300	32.100	83.300	87.1.000	131	80.000	13.500	13.500	80.000	13.500
BOD	mg/l	129.000	18.100	64.500	9.900	800	720	132.300	44.200	132.300	382.000	630	76.000	7.900	7.900	76.000	7.900
CODcr	mg/d	231	116	350	330	240	216	24	82	27	27	192	211	211	192	211	211
n-Hex	kg/d	15.000	1.900	6.300	960	200	80	200.000	11.300	200.000	56.900	30	35.700	1.400	1.400	35.700	1.400
n-Hex/VS	kg/d	0.08	1.4	7.4	6	60	24	35	21	30	4	9	89	4	9	89	4
													0.30				0.30

TAKENAKA
本資料の公表、転用はご遠慮ください 23

6-3. 開発システムの評価・商品化検討

■ 厨房: 1t/日、厨房排水300m³/日のシステム評価(イメージ図)



物質収支とエネルギー収支をもとにCO₂排出削減量、経済性を評価

2) 第2回検討会の開催

第2回検討会は実証試験施設の視察と進捗報告の2部からなり、島根県出雲市とWEBでのハイブリッド開催とした。

開催日時：2022年3月15日(火) 13:15-14:15 (実証施設視察) 14:45-16:45 (進捗報告)

開催場所：島根県出雲市 (株式会社研電社、出雲ビックハート会議室) とWEB

参加者：検討委員 東京農工大学 寺田昭彦 教授、東京工業大学 時松宏治准教授
国立環境研究所 小野寺崇 主任研究員 (WEB参加)

環境省 田中嘉彦 課長補佐 (WEB参加)、越智俊二 専門員 (WEB参加)

プログラムオフィサー 村木正昭 総括PO (WEB参加)、藤沼康実 PO

竹中工務店 奈良知幸、川尻聡、加藤利崇、山崎祐二

議事：1. 第1回検討会の指摘事項、中間評価の結果

2. 進捗状況の報告

3. 質疑応答

第2回検討会における主な説明内容と質疑応答は以下の通り。

①進捗状況の報告

■既存施設水質調査

- ・商業施設の厨房排水の水質調査：3か所実施。うち2か所は分析中。
- ・商業施設の厨房排水の日間排水量調査：1か所で実施。もう1か所についてデータ入手調整中。週内変動は20～25%程度。コロナの緊急事態宣言、まん延防止措置で長期では大きく変動している。

■実証運転

- ・無加温UASB装置立上げ。Aラインは40日 (HRT24h、容積負荷1kg-COD/m³/日) で、Bラインは80日 (HRT12h、容積負荷2kg-COD/m³/日) で人工排水から実排水に切り替え。
- ・実排水切り替え後、AラインでSS 200mg/L、n-Hex 50mg/Lで処理できることを確認、Aラインはn-Hex濃度100mg/L、BラインはSS濃度300mg/Lを検証予定。
- ・権利化検討では他社特許を調査確認し、本プロセスで侵害しないことを確認。本プロセス権利化を目指す。

■事業化検討

- ・販売ターゲット絞り込み検討、既存施設に対するヒアリング調査を実施。
- ・ショッピングセンターは導入検討対象、給食事業者などではエネルギーサービス (設備運用をメタン設置の事業者側で行い、電力購入する) であれば興味あり。

■進捗状況に関する質疑応答

- ・事業化シナリオの調査は本開発技術 (無加温UASB) と従来型メタファーム込みでの導入の話か。
⇒従来型メタファームも込みでの事業化シナリオを想定。

- ・メタン濃度はメタン発酵、UASB で異なるのか。
⇒UASB は 85%程度と高い、メタン発酵は 60%程度。発生量割合は 1:3 なので混合では 66%程度
- ・本開発は従来システムのオプションを増やす位置づけだが、本開発でシステムとして完結するのか。
⇒現状はこれで完結と考えている。
- ・本開発技術によりメンテナンスや運営主体も変わるのか。
⇒メンテはなるべく増えない方向とし、日常運転はビルメンテの方で実施を想定。
- ・設備運用・メンテナンスを行う会社を設立することも考えられるのでは。
⇒まだ検討は進んでいないが、エネルギーサービス会社と組み運用・メンテするなどが考えられる。
- ・スケジュールが若干後ろ倒しだが、装置立上げが進んでいることは良い。排水処理の変動値を本技術の設計に活かしてもらいたい。
- ・負荷変動によって処理が悪化してしまった際のトラブルシューティングが重要。短い時間では難しいがノウハウ蓄積を進めてほしい。
- ・システム評価 (p22) の数値が変わった理由は。
⇒流入有機物量の変化に伴いメタンガス発生量を変更したため。
- ・油水分離器なしで処理可能としたが、その条件についても次年度検証するのか。
⇒次年度油水分離器なしの条件でも検証したい。(竹中)
- ・最終はカーボン収支で評価してほしい。CO₂の観点から溶存メタンの寄与がどのくらいか知りたい。
⇒サンプリングの際にできるだけ標準化、均質化したものを取るべき。できるだけ多くの量をホモジナイズして COD で分析することが有効ではないか。
⇒厨房排水が固分・液分で分離する、流入水質の変動が大きいため正確な収支が取りにくい。日常分析と公定分析の相関、分析前処理など再検証したい。
- ・無加温 UASB で変更できるパラメータは、流入量 (滞留時間) と循環比であり、流入量によって循環比を制御するなど有効では。
- ・既存施設調査で UASB の入口だけでなく油水分離や加圧浮上の前後でサンプリングした理由はなにか。
⇒既存施設の油水分離や加圧浮上の除去性能把握と実証試験機の除去性能の比較を行うために調査した。
- ・負荷変動でも UASB で処理できるよう槽容量を設定すべき。
⇒変動に対する安定性の知見はないので、次年度で週内変動させた処理試験を実施する。変動に対応できない場合は、例えば週末は前処理運転条件を変更するなど検討し、システム全体として負荷変動に対応出来るようにしたい。
- ・汚泥馴致 p15、p16 で A ラインと B ラインで運転日数が異なる理由は？

- ⇒p15、p16 は人工排水の結果、p17 に実排水切替後の結果を示した。日数が違うのは運転切替時の条件が異なるため、切替後の最終 COD 負荷は同じ負荷まで上昇させる。報告書では分かりやすいよう記載したい。
- ・油水分離器が無くなることでイニシャルコストへの影響はどの程度か。
⇒本体価格は誤差範囲、メンテナンス費は変わると考えられる。
 - ・現時点の価格・投資回収年からさらに削減の見込みはあるか。
⇒メンテナンス費はさらなる精査が必要と考えている。
 - ・事業化シナリオにある各施設は排水性状が大きく異なるが、今回の前処理技術で対応できるか。
⇒ショッピングセンターは対応可。他の施設は水質がオープンでないところも多く個別に検討が必要と考える。ただし本実証試験では高濃度の排水を処理できているので、かなりの割合の産業排水に対応できると想定している。
 - ・竹中が主でやるのか、別会社と組むのかなど普及シナリオも検討してほしい。
⇒事業化シナリオの検討において、アライアンスを検討している。
 - ・p10 の SS、VS が逆転しており誤りではないか。
⇒正しい。溶解性 VS が多いためと思われる。
 - ・グラニュール汚泥はどこから調達したのか。
⇒食品工場で処理していたグラニュールと聞いているが施設名は不明である。
 - ・SV30 は活性汚泥を想定しているので、グラニュール汚泥の沈降性を上手く示せない。静置 10 秒や 30 秒である程度沈降していることが確認できれば沈降性が良いと判断できる。
 - ・炭酸水素ナトリウムで安定化させたのは良い判断だった。
 - ・p16 の流出 COD は汚泥が流出しているのか処理水が未分解なのか判断できないので、溶解性 COD で評価するとよい。
⇒日常管理としては溶解性 COD_{cr} も測定しているのでデータを整理する。
 - ・特許検討は構造的な新規性で特許が取れる方が強いので野心的に出願検討を進めてほしい。
 - ・事業者が本システムを導入した際にどのようにアピールしていくかも検討すべき。示し方もノウハウになる。
⇒エネルギー側面だけでなく資源循環の面からも PR していきたい。
 - ・本装置の運転年数はどのように考えるか。
⇒15 年程度。リース会社は 10 年で減価償却、残り 5 年で利益を生むという発想がある。一方で事業主は単純な投資回収年で判断する傾向がある。
 - ・好気性グラニュールは SV5（沈降 5 分）で SV5=SV30 であればグラニュールと定義している。

参加者名簿

委員	寺田 昭彦	東京農工大学 大学院工学研究院 教授
委員	時松 宏治	東京工業大学 環境・社会理工学院 准教授
委員	小野寺 崇	国立環境研究所 地域環境保全領域 主任研究員
発注者	田中 嘉彦	環境省 環境再生・資源循環局 廃棄物適正処理推進課 課長補佐
発注者	越智 俊二	環境省 環境再生・資源循環局 廃棄物適正処理推進課 環境専門員
総括プログラムオフィサー	村木 正昭	一般社団法人国際環境研究協会 工学博士
プログラムオフィサー	藤沼 康実	一般社団法人国際環境研究協会 農学博士
プログラムオフィサー	森下 研	一般社団法人国際環境研究協会
事業者	奈良 知幸	株式会社竹中工務店技術研究所 研究主任
事業者	川尻 聡	株式会社竹中工務店技術研究所 主任研究員
事業者	山崎 祐二	株式会社竹中工務店技術研究所 主任研究員
事業者	加藤 利崇	株式会社竹中工務店環境エネルギー本部 副部長

令和3年度CO₂排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業
(無加温UASB法による厨房排水からのバイオガス回収に関する技術開発)
第2回技術検討会

議事次第

1. 第1回検討会の指摘事項、中間評価の結果、実施スケジュールの見直し
2. 進捗状況の報告
3. 質疑応答

2022年3月15日
(株)竹中工務店

1-1. 第1回検討会の指摘事項確認

■本事業での実施内容に関する指摘事項

バイオガスの回収量の目標値を定量的に示しては、また、除去率の割合だけでなく、UASB槽の容積当たりの除去量の表記があった方がよい。
⇒報告書では、バイオガス回収量の目標値、COD_{Cr}容積負荷を記載する。

本技術の優位性など他社技術との違いが示されているとよい。
⇒商品化の検討において、他社システムの情報収集を検討する。

A2の下水道放流可能な水質、想定水質のターゲットがあるのか。
インプットの水質によって変わるのではないか。
⇒SS、n-Hexがどこまで許容されるかを確認した上で前処理でそれを実現したい
COD_{Cr}については、1,000mg/L程度は確保したい

前処理スクラムがメタン発酵に及ぼす影響も考慮が必要なので、前処理スクラムの性状把握も行った方がよい。
⇒スクラムについても、VS、COD_{Cr}、n-Hexの評価を追加する。

1. 第1回検討会の指摘事項、 中間評価の結果、 実施スケジュールの見直し

- 1-1. 第1回検討会指摘事項の確認
- 1-2. 中間評価の結果と指摘要望事項
- 1-3. 実施スケジュールの見直し

1-1-1. 第1回検討会の指摘事項確認

■進捗状況に関する指摘事項

汚泥の馴致は菌叢だけではなく汚泥のキャラクタリゼーション(汚泥密度、グラニュールのサイズ、沈降速度)を評価した方がよい。
 ⇒汚泥密度、沈降速度も評価項目として加える。
 グラニュールサイズは定量評価ではなく写真撮影で代替したい。

既往文献調査で都市下水の文献のCOD負荷7-10kgは高すぎるのでは。これを目標としない方がよい。
 ⇒本事業では提案時のCODcr1,000mg/L、HR12hからCODcr容積負荷は2kg程度として運転を管理したい。

■今後の予定に関する指摘事項

SSは影響がすぐに出てこそ時間差でSSが蓄積して影響が出る可能性がある。
 BOD除去率、CODマスバランスをリアルタイムで把握して注意しながら試験すること。汚泥のSSを定期的に調査することも有効。
 ⇒BOD除去率とCODマスバランス、汚泥性状は定期的に評価を行う。

1-2. 中間評価の結果

【評価する点】

- 概ね計画通り実施されており、提案段階の目標が達成可能と見込まれる点は評価できる。
- 使用する発酵槽を複数設置して、効率的に実証試験を推進する点は評価できる。

【指摘・要望事項】

- 無加温UASBを安定的に稼働させる条件(SS・油分・BOD)は、横展開する際に重要となるので、**処理上限の見極めを確実に**に行い、次年度は排水特性に応じた**前処理方法を幅広く検討**すること。
 ⇒SS濃度と油分濃度をそれぞれ独立して把握するため連続試験を継続した後、それぞれの処理上限を合わせた条件で連続処理試験を実施する。
- 普及にあたっては、実用機第1号の受注が重要である。現状では実証データ等が無いため具体的な営業活動には制限があるが、**実証試験の進捗に合わせて導入見込み、客へのアプローチを強化し、早期に顧客獲得の目途をつけるべく取組を強化**すること。
 ⇒本事業の結果をとりまとめ、開発システムの概要と導入メリットを説明する。必要に応じて実証試験装置の公開を行う。

1-2. 中間評価の結果

【内示予算】

委託契約額: 42,746千円(税込)
 補助金交付額: 175千円(税抜)

【継続条件】

無し

【評価点】

6.6点 (10点満点中)

(1) 確認項目

- ①実施内容の妥当性: 7.3点
 - ②今年度計画(目標)の達成度: 5.8点
 - ③最終年度計画(目標)の達成可能性: 7.0点
 - ④事業終了後の展開: 6.8点
 - ⑤CO2削減効果: 6.5点
- (2) 総合評価点: 6.5点
 (評価点の算出方法: [確認項目①~⑤の平均点] × 1/2 + [総合評価点] × 1/2 = 評価点)

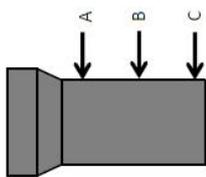
1-3. 実施スケジュールの見直し

技術開発項目	目標	令和3年度	令和4年度
実証設備の整備	本事業で使用する実証設備の設計と製作し、試運転により性能を確認する。	試作機設計製作	
無加温UASBの処理上限把握	HR12時間以内、水温25℃程度の条件下、有機物除去率75%以上、下水道放流基準値守を達成する無加温UASBで処理可能なSS、油分濃度を把握する。	システム立上 SS、油分濃度の処理上限把握	
前処理方法の開発	変動する原水性状に対して、A1で処理したSS、油分濃度を達成する前処理方式とその運転方法を決定する。	前処理方法決定	
開発要素のシステム統合と実証	排水の水質と排出量の変動しても、安定して下水道放流基準を達成可能な前処理と無加温UASBの連続シーケンスを確立する。	連続シーケンスの確立	
開発システムの評価・商品化検討	機種のユニバータ化、機種の省エネ化等によりエネルギーランニングコストの低減を検討する。	システム評価	
事業化検討	開発開始後速やかに事業化に移れるように、販売ターゲットの絞り込みとPR、加盟取得等の実証評価、アライアンスの構築を検討する。	販売ターゲットの絞り込み PR 設計・施工・メンテナンスに関するエンジニアリング会社等との協議	実証機稼働

2-1. 無加温UASB法により処理可能なSSと油分の把握

■汚泥の馴致

- 汚泥投入状況とサンプリング箇所



■汚泥の初期性状

	A	B	C
MLSS [mg/L]	16,000	23,000	23,000
グラニューール形状[mm]	0.5~1.0	1.0~2.0	1.0~2.0
SVI [mL/g-ss]	57.5	47.8	46.9

SVI=SV30 × 10,000/MLSSとして算出



A B C
SV30の測定状況
本資料の公表、転用はご遠慮ください

2-1. 無加温UASB法により処理可能なSSと油分の把握

■汚泥の馴致

- 人工排水性状

分析項目	頻度
T-CODcr (S-CODcr)	:3回/週
SS	:3回/週
n-Hex抽出物	:3回/週
BOD	:2回/週
VS	:2回/週

Carbon source	g/m ³ asCODcr	Trace Element	g/m ³
Sucrose	408(450)	FeSO ₄ ·7H ₂ O	7
CH ₃ COOH	150(225)	CoCl ₂ ·6H ₂ O	0.17
CH ₃ COONa	280(225)	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.15
Yeast Extract	99(100)	HRB03	0.06
Inorganic nutrients	g/m ³	MnCl ₂ ·4H ₂ O	0.5
NH ₄ Cl	37	NiCl ₂ ·6H ₂ O	0.04
K ₂ HPO ₄	33	CoCl ₂ ·6H ₂ O	0.027
MgCl ₂ ·6H ₂ O	13	NiMO ₄ ·2H ₂ O	0.025
CaCl ₂ ·2H ₂ O	33		
pH buffer	g/m ³		
NaHCO ₃	300		
Alkali component	g/m ³		
Na ₂ S	20		

※pHの低下によってNaHCO₃添加量は変更

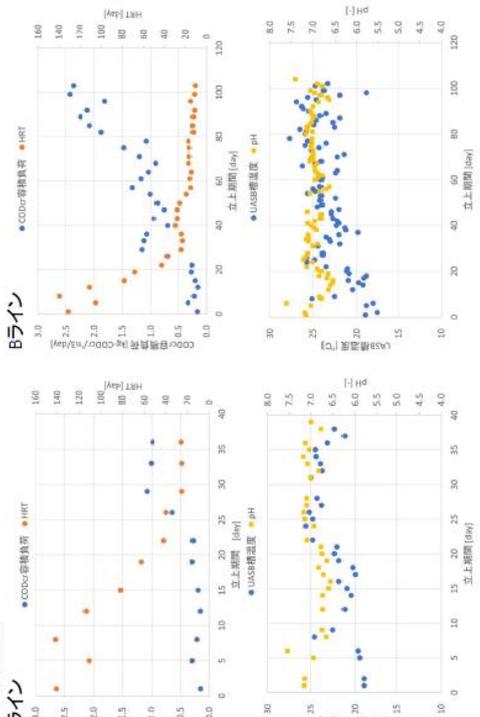
- 測定項目 (毎日)
pH、温度、ガス発生量、ガス組成

AラインはHRT24h、容積負荷1kg-CODcr/m³/日で原料切替(人工排水⇒実排水)
BラインはHRT11h、容積負荷2kg-CODcr/m³/日で原料切替(人工排水⇒実排水)

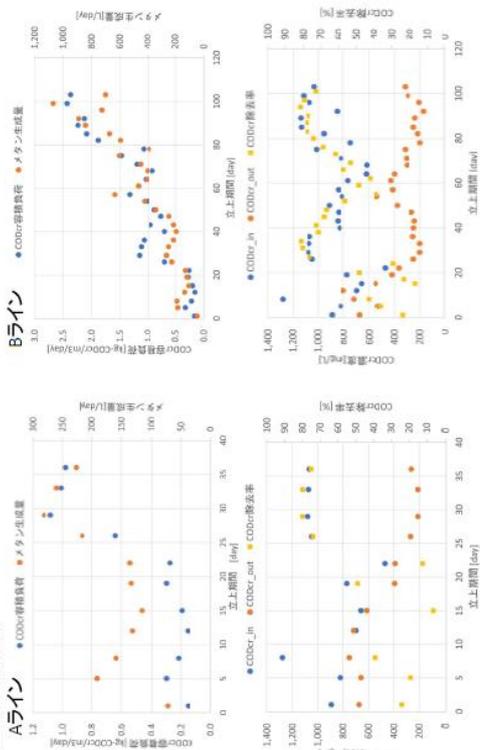
2-1. 無加温UASB法により処理可能なSSと油分の把握

■汚泥の馴致

Aライン

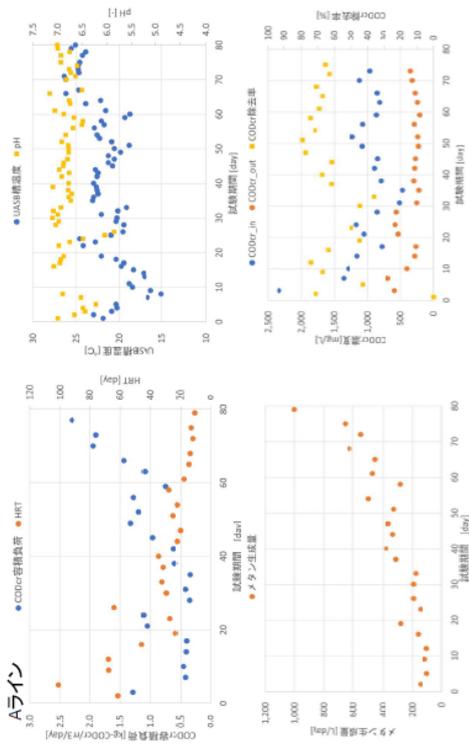


Bライン



2-1. 無加温UASB法により処理可能なSSと油分の把握

SS濃度と油分濃度を変数とした連続処理試験



TAKENAKA
THE INSTITUTE OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY

本資料の公表、転用はご遠慮ください 17

2-2. 開発システムの評価・商品化検討

■試算条件

・回収率

	厨芥スカーン	油水分離槽	加圧浮上槽
VS	65	30	50
SS	65	20	60
BOD	50	10	30
CODcr	50	10	30
n-Hex	55	60	70

・除去率

	メタン発酵槽	無加温UASB	無加温UASB	環境
VS	80	—	—	—
SS	85	45	64	64
BOD	90	80	74	74
CODcr	90	80	70	70
n-Hex	98	90	78	78

メタン発熱量 : 35.6MJ
都市ガス発熱量 : 40.6MJ
発電効率 : 0.35
熱回収率 : 0.5
ボイラ効率 : 0.9

CO2発生原単位
電力 : 0.587kg-CO₂/kWh
都市ガス : 2.23kg-CO₂/Nm³
軽油 : 2.619kg-CO₂/L

生ごみ処分費 : 50円/kg
汚泥スカーン処分費 : 50円/kg
副資材調達費 : 40円/kg
無加温UASBメンテ費 : 1,000千円/年

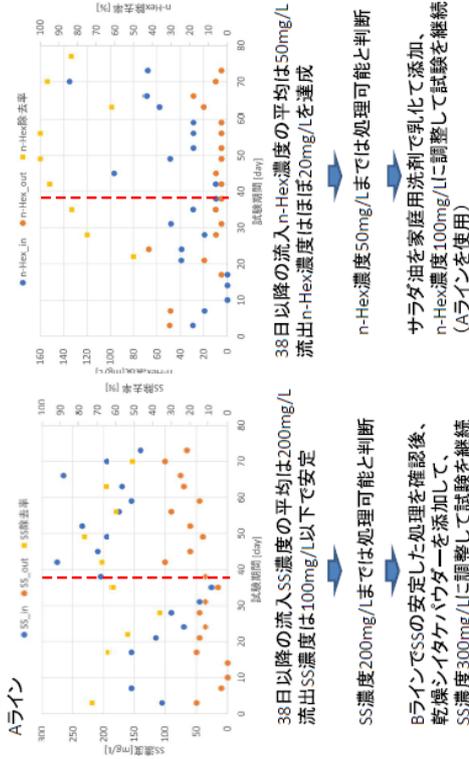
電力単価 : 17円/kWh
電力基本使用料削減 : 17円/kWh
都市ガス単価 : 100円/Nm³

TAKENAKA
THE INSTITUTE OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY

本資料の公表、転用はご遠慮ください 19

2-1. 無加温UASB法により処理可能なSSと油分の把握

SS濃度と油分濃度を変数とした連続処理試験



TAKENAKA
THE INSTITUTE OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY

本資料の公表、転用はご遠慮ください 18

2-2. 開発システムの評価・商品化検討

■開発システムの省CO₂性とコスト評価

・物質収支 (応募時)



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Q	m ³ /g	0.9	6.3	7.2	0.9	6.3	3000	2998	618	19	615	0.07	3043	2.76	3043	307.9
SS	mg/L	1513	1513	1513	1513	1513	1513	1513	1513	1513	1513	1513	1513	1513	1513	1513
BOD	mg/L	28100	28100	28100	28100	28100	28100	28100	28100	28100	28100	28100	28100	28100	28100	28100
CODcr	mg/L	28100	28100	28100	28100	28100	28100	28100	28100	28100	28100	28100	28100	28100	28100	28100
n-Hex	mg/L	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
n-Hex/VS	kg/g	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08

TAKENAKA
THE INSTITUTE OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY

本資料の公表、転用はご遠慮ください 20

2-2. 開発システムの評価・商品化検討

■省CO2性とコスト評価

・電力代替量と都市ガス代替量

	単位	前回開発技術	開発技術(応募時)	開発技術(現在)
メタン発生量	m ³ /日	224	299	308
電力発生量	KWh/日	776	1,037	1,067
プロパノール削減	KWh/日	—	206	206
電力自家消費量	KWh/日	160	160	160
電力代替量	KWh/日	616	1,083	1,113
回収熱量	MJ/日	3,987	5,328	5,482
熱使用量	MJ/日	1,105	1,105	1,105
都市ガス代替量	Nm ³ /日	79	116	120

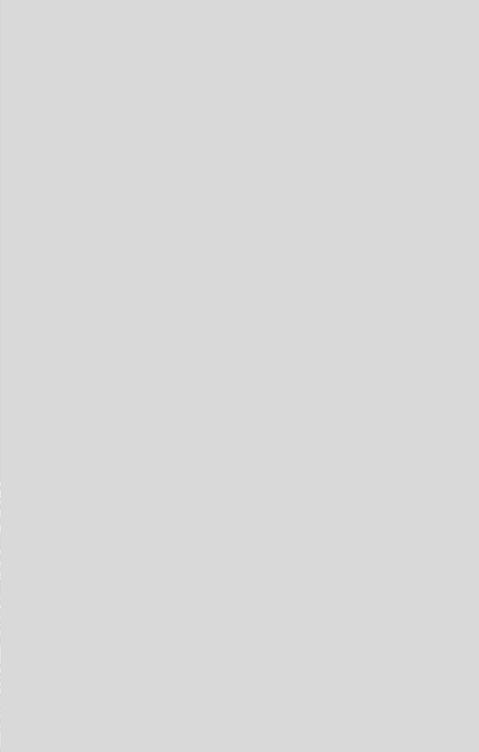
・CO₂削減量

	単位	前回開発技術	開発技術(応募時)	開発技術(現在)
電力代替	t-CO ₂ /年	132	232	238
都市ガス代替	t-CO ₂ /年	64	94	98
汚泥収集回避	t-CO ₂ /年	3	3	3
溶存メタンによる増加	t-CO ₂ /年	0	38	38
合計	t-CO ₂ /年	199	291	301

(比較対象)厨芥※及びGTスカム:場外処分、厨房排水:好気処理後奈刺汚泥は場外処分

2-3. 事業化シナリオの検討

■知的財産取得に関する検討



2-2. 開発システムの評価・商品化検討

■開発システムの省CO2性とコスト評価

・物質収支(現在)



2-2. 開発システムの評価・商品化検討

■現在の省CO2性とコスト評価

・ランニングコスト評価

	単位	前回開発技術	開発技術(応募時)	開発技術(現在)
電力代替	千円/年	4,345	7,639	7,851
都市ガス代替	千円/年	2,879	4,218	4,373
汚泥・スカム収集回避	千円/年	10,933	10,933	10,933
生ごみ処分費	千円/年	16,425	16,425	16,425
副資材	千円/年	1,300	1,300	1,300
メンテナンス費	千円/年	11,060	12,060	12,060
合計	千円/年	25,222	28,855	29,539

・投資回収年数評価

	単位	前回開発技術	開発技術(応募時)	開発技術(現在)
ランニングコスト削減	千円/年	25,222	28,855	29,539
イニシャルコスト	千円	190,000	210,000	210,000
投資回収年数	年	7.1	6.9	6.8

2-3. 事業化シナリオの検討

2-3. 事業化シナリオの検討

■販売ターゲットの絞り込み

・調査手順

- STEP0: デスクリサーチによる市場規模の想定(本事業開始前の調査)
- STEP1: デスクリサーチによるヒアリングリストの作成
- STEP2: ヒアリング調査

・調査結果

STEP0: デスクリサーチによる市場規模の想定(既存施設)

市場規模: 各業種の厨芥排出量が1~5t/日となる施設数に、業種ごとに設定した食品廃棄物の再生利用率を超える事業者の比率を乗じて算出

業種	施設数※1	比率※2	市場規模
食品製造業	5,212	79.6	4,150
食品卸売業	34	61.9	21
食品小売業 (ショッピングセンター)	273	46.6	127
ホテル業	39	54.2	21
その他※3	33	42.2	14
合計	5,591	-	4,333

※1: 厨芥排出量が1~5t/日となる施設数
 ※2: 食品廃棄物の再生利用率が、
 食品製造業90%以上、
 食品卸売業50%以上、
 食品小売業50%以上、
 ホテル業・その他50%以上となる事業者の比率
 ※3: 学校給食センター、病院給食センター、結婚式場、社員食堂の総数

2-3. 事業化シナリオの検討

■販売ターゲットの絞り込み

STEP0: デスクリサーチによる市場規模の想定(既存施設)

- (1) 食品製造業
 - ① 食品リサイクル法に基づく定期報告の結果(農林水産省)より、小分類41業種ごとに食品廃棄物の平均発生原単位を算出
 - ② 平均発生原単位をもとに、日量1~5tの食品廃棄物が発生する売上規模を算出
 - ③ 総務省「経済センサス」から全国の事業所数と売上高に関するデータを収集し、上記で算出した売上規模に当てはまる事業所の数を積算
 - ④ 食品製造業における再生利用率90%以上の事業者の割合を算出
 - ⑤ ③でもとめた事業所数に④で求めた割合を乗じて市場規模とした。

(2) 食品卸売業

- ① 食品製造業の①~③と同様の手順で事業所の数を積算
- ④ 食品卸売業における再生利用率50%以上の事業者の割合を算出
- ⑤ ③でもとめた事業所数に④で求めた割合を乗じて市場規模とした。

(3) ショッピングセンター

- ① (一社)日本ショッピングセンター協会からショッピングセンターの総数を特定
- ② 経済産業省関東経済産業局「大型ショッピングセンターにおけるGRシステム構築調査」から厨芥排出量が1~5t/日となるショッピングセンターの割合を算出
- ③ 食品小売業・外食産業における再生利用率50%以上の事業者の割合を算出
- ④ ショッピングセンター総数に②と③で求めた割合を乗じて市場規模とした。

2-3. 事業化シナリオの検討

■販売ターゲットの絞り込み

・調査方法

STEP0: デスクリサーチによる市場規模の想定(既存施設)

- (4) ホテル業
 - ① 食品廃棄物の発生量を公開しているホテルのデータから、延べ床面積当たりの平均発生原単位を算出
 - ② 平均発生原単位をもとに、日量1~5tの食品廃棄物が発生する延床面積を算出
 - ③ Web サイト情報をもとに②を満たすホテル数を算出
 - ④ ホテル業における再生利用率50%以上の事業者の割合を算出
 - ⑤ ③でもとめたホテル数に④で求めた割合を乗じて市場規模とした。

(5) その他(学校給食センターほか)

- ① 環境省調査「平成26年度 食品循環資源に関する実施状況調査等業務」に基づいて、児童・生徒1人当たりの廃棄物量を特定
- ② 日量1~5tの食品廃棄物が発生する調理規模を算出
- ③ 文部科学省「学校給食実施状況調査」(平成30年度)記載の公立学校向けの共同調理場規模別共同調理場数のうち「10,001人~20,000人」及び「20,000人以上」に該当する事業所を算出
- ④ 給食センターにおける再生利用率50%以上の事業者の割合を算出
- ⑤ ③でもとめた事業所数に④で求めた割合を乗じて市場規模とした。

2-3. 事業化シナリオの検討

■販売ターゲットの絞り込み

STEP1: デスクリサーチによるヒアリングリストの作成

- ① ショッピングセンター
店舗面積の上位をリストアップ(地下街は除く)
- ② 弁当・惣菜:
各種公開情報から大手企業をリストアップし、該当企業で実際に弁当・惣菜を製造している工場をリストアップ
- ③ 冷凍食品
冷凍食品業界の大手企業と各社の主要な工場をリストアップ
- ④ 菓子製造
大手菓子メーカーの中から、バイオガス発生量の多いチョコレートやクッキーの生産量が多いと思われる企業をリストアップ
- ⑤ 給食事業者
事業所給食業界の売上高上位企業をリストアップ

2-3. 事業化シナリオの検討

■販売ターゲットの絞り込み

STEP2: ヒアリング調査(既存施設に対して)

	有望度とその理由	注目すべき意見
ショッピングセンター	◎ 郊外エンクローズ型に導入ニーズあり	ビル直結型ではスペース確保が困難 郊外オープン型では収集方法が課題 投資回収が10年程度 であれば導入検討対象
弁当・惣菜	× 設備投資が困難、設置スペースなし	設置スペースの確保が難しい 初期コストの捻出が困難 投資回収10年は長い
冷凍食品	△ 一部工場に従来型メタン発酵が導入済み	小型で低コストであれば、冷凍食品業界でも バイオガス発電装置の需要は高い 投資回収5年程度 であれば話を聞きたい
菓子製造	× ビスケット、パイ生地は有価物として取引	食品ロス削減、飼料化・肥料化を推進 パッケージと中身を分ける人手と費用が掛かる ので不良品は焼却処分
給食事業者	△ 排出量1t/日以上以上のセントラルキッチンが少ない	大型セントラルキッチンも増加の可能性あり 設備運用を全て事業者側で行い、電力を購入する形出れば興味あり