

令和3年度 環境省委託業務

令和3年度脱炭素化・先導的廃棄物処理

システム実証事業

(メタンガス化施設における消化液処理の

効率化および消化液利用促進実証事業) 委託業務

成果報告書

令和4年3月

シン・エナジー株式会社



## 要約

バイオマスエネルギーを創出する施設は、経済や環境など地域社会の中で重要な役割を果たす。そのため、脱炭素・省コストに寄与するクリーンなエネルギー変換技術として導入する企業や自治体が増えつつある。その中でもメタンガス化施設は、商業施設や食品工場から発生する食品廃棄物や畜産農家から排出される家畜ふん尿などの有機性廃棄物からバイオガスを生産し、エネルギーを創出することが可能である。

さらに、メタン発酵後の発酵残渣である消化液は、作物の肥料として使用することで栽培に必要な化学肥料の施肥量・購入費を削減することが可能である。

しかし、メタン発酵後の消化液の「出口」である還元先の圃場の確保ができない地域が多く、また、その場合に必要な排水処理はコストが高額になる等の課題があり、メタンガス化施設の導入に至らない事例も多く存在する。

本事業では、濃縮液の圃場散布試験を行い、肥料としての有効性や安全性を確認し、消化液の濃縮技術の普及および濃縮液の肥料利用の促進を促すことで、従来メタンガス化施設の導入が困難であった地域を含めて、全国でのメタンガス化施設の普及を目指す。

令和3年度は事業の初年度に相当する。主な検証および調査と成果を以下に示す。

### 1. 消化液濃縮技術の技術的優位性の検証

#### (1) 周辺機器等の詳細設計

本事業では八木バイオエコロジーセンター（京都府）の消化液、発電排温水を利用して濃縮装置を稼働させる。濃縮装置の稼働に必要な受入設備や前処理設備などの周辺機器に関する詳細設計を行った。

#### (2) 濃縮装置の発注・納品

濃縮液の圃場散布試験の実施に必要な濃縮液量から消化液処理量・蒸発量を検討し、濃縮装置を選定した。令和4年度に濃縮液の圃場散布試験を実施するため、濃縮装置の発注・納品を行った。

### 2. 稼働中メタンガス化施設の状況調査

#### (1) メタンガス化施設の運転状況の調査

全国の稼働中のメタンガス化施設の内、主に消化液の液肥利用の実績のある8施設を対象に、基本情報、原料、排水処理設備、消化液利用状況についてヒアリングを行った。

## **(2) 発電排熱利用状況の調査**

全国の稼働中のメタンガス化施設の内、主に消化液の液肥利用の実績のある 8 施設を対象に、発電排熱利用の有無、熱利用先、発生熱量と利用熱量についてヒアリングを行った。

## **(3) 消化液濃縮技術の導入による脱炭素効果の調査**

消化液濃縮技術の導入による脱炭素効果を検証するため、消化液排出量 50 ton/日規模のメタンガス化施設を想定し、消化液処理行程での比較を行った。比較は以下の 4 つの場合について行った。

- ・ケース 1：全量排水処理（排水処理および化学肥料散布）
- ・ケース 2：全量液肥利用（液肥散布）
- ・ケース 3：濃縮処理＋濃縮液散布（濃縮処理および濃縮液散布）
- ・ケース 4：排水処理 50%＋濃縮処理 50%（排水処理、濃縮処理および濃縮液散布）

## **3. 消化液および濃縮液の有効性・安全性の検証**

### **(1) 消化液および濃縮液の散布試験の計画策定**

令和 4 年度および令和 5 年度に実施する消化液及び濃縮液の圃場散布試験の散布計画を策定した。

令和 4 年度では畑作の麦を用いて試験を行い、令和 5 年度では水田の水稻を用いて試験を行う。

### **(2) 濃縮液の付加価値化および利活用の事業スキーム検証準備**

稼働中のメタンガス化施設へヒアリングを行い、現在の消化液利用状況の調査を行い、消化液の濃縮技術を導入した際の付加価値化および利活用の事業スキームを検証する準備を行った。

## Summary

The biomass power generation facilities play an important role in the economy, environment, and other aspects of the local community. Therefore, an increasing number of companies and municipalities are adopting this technology as a clean energy conversion technology that contributes to decarbonization and cost savings. Especially, biogas plants can produce biogas from organic wastes such as food waste from commercial facilities and food factories and livestock manure to generate energy.

In addition, the digested liquid, which is the fermentation residue, can be used as a fertilizer for crops, thereby reducing the amount of chemical fertilizers required for cultivation and the purchase cost.

However, there are many areas where it is not possible to secure plots for spraying digested liquid. In those areas, there are many cases where biogas plants have not been introduced due to issues such as the high cost of the necessary wastewater treatment.

In this project, fertilizer experiments of the concentrated solution will be conducted to confirm its effectiveness and safety as a fertilizer. Furthermore, we aim to promote the spread of biogas plants throughout Japan, including areas where it has been difficult to introduce biogas plants in the past, by promoting the spread of concentration technology for digested liquid and the use of the concentrated liquid as fertilizer.

The third year of Reiwa corresponds to the first year of the project, and the main verification and results are as follows:

### 1. Verification of the technological superiority of digested liquid concentration technology

#### 1.1 Detailed design of peripherals

In this project, the concentrator will be operated using digested liquid and waste hot water from power generation at the Yagi Bio Ecology Center in Kyoto.

#### 1.2 Concentrator ordered and delivered

Based on the amount of concentrate needed for the fertilizer experiment, we calculated the amount of digestate to be used and determined the concentrator. Concentrator was ordered and delivered in order to conduct fertilizer experiments with concentrated solution in fourth year of Reiwa.

## 2. Status survey of Biogas plants in operation

### 2.1 Survey of Biogas plant operation

8 biogas plants that have experience using digested liquid as fertilizer were surveyed for basic information, raw materials, wastewater treatment facilities, and digested liquid utilization.

### 2.2 Survey of the use of waste heat from generators

8 biogas plants that have experience using digested liquid as fertilizer were surveyed for use of waste heat from generators, where the heat is used, amount of heat generated and used.

### 2.3 Investigation of the decarbonization effect of introducing digested liquid concentration technology

In order to verify the decarbonization effect of introducing digestate concentration technology, estimates were made for 4 digestate treatment processes. The biogas plant with a digested liquid discharge rate of 50 ton/day was assumed.

- Case 1: All digested liquids are treated with wastewater (Wastewater treatment and Chemical fertilizer)
- Case 2: All digested liquids are treated as fertilizer (As fertilizer)
- Case 3: Concentration treatment + Concentrate spraying (Concentration treatment and Concentrate spraying)
- Case 4: 50% digested liquids are treated with wastewater + The other 50% are treated concentrate (Wastewater treatment, Concentration treatment and Concentrate spraying)

## 3. Validation of the efficacy and safety of digested and concentrate liquids

### 3.1 Develop a plan for fertilizer experiments with digested and concentrated liquids

Plans were developed for fertilizer experiments using digested and concentrated liquids to be conducted in fourth and fifth year of Reiwa.

In fourth year of Reiwa, fertilizer experiments will be conducted using wheat in the field. In fifth year of Reiwa, fertilizer experiments will be conducted using paddy rice in the paddy fields.

### 3.2 Preparation for verification of business scheme for value-adding and utilization of concentrated liquids

Surveys were conducted with biogas plants in operation to investigate the current status of digested liquids utilization. Preparations were made to verify the business scheme for value-adding and utilization of digested liquid when the concentration technology of digested liquids is introduced.

# 目次

第1章 事業概要	1
1. 本事業の目的	1
2. 事業背景	1
3. 用語の定義	3
4. 本事業で検討するメタンガス化施設普及の課題	4
5. 事業の全体像	8
6. 実施体制	9
7. 実施場所	11
8. 本事業の目標	13
9. 事業スケジュール	15
第2章 消化液濃縮技術の技術的優位性の検証	16
1. 実施概要	16
2. 本事業で用いる消化液濃縮技術	16
3. 計画主要項目	17
4. プロセスフロー及び物質収支	19
5. 設計計算	21
6. 全体フロー図	26
7. 機器配置図	27
8. 濃縮装置 機器図	28
9. 濃縮装置 機器仕様	29
第3章 稼働中のメタンガス化施設の状況調査	32
1. 目的	32
2. 調査対象施設	32
3. 調査方法	33
4. ヒアリング結果	34
5. 消化液成分例	42
第4章 消化液および濃縮液の有効性・安全性の検証	43
1. ポット試験計画	43
2. 圃場散布試験計画	46
3. 濃縮液散布方法	49
第5章 CO <sub>2</sub> 排出量削減効果	55
1. CO <sub>2</sub> 削減効果の検証方法	55

2. CO <sub>2</sub> 発生量の試算	55
3. 消化液処理・利用方法別のCO <sub>2</sub> 排出量	60
4. CO <sub>2</sub> 排出量の削減効果	62
第6章 事業終了後の横展開の可能性	63
1. 稼働中のメタンガス化施設	63
2. 新規に建設されるメタンガス化施設	63
第7章 全体まとめ	64
第8章 検討会	65
1. 第1回検討会	65
2. 第2回検討会	67
第9章 審査等委員会	69
第10章 令和3年度廃棄物処理システムにおける脱炭素・省CO <sub>2</sub> 対策普及促進方策検討委託業務への協力	70
1. 第2回検討会	70
2. 第3回検討会	70
参考資料	71

## 第1章 事業概要

### 1. 本事業の目的

本事業では、メタンガス化施設の普及において排水処理・液肥利用が課題となる消化液を濃縮技術を用いて減量化することで、液肥利用を促進させ、有機性廃棄物を利用した再生可能エネルギー創出が可能なメタンガス化施設の普及促進を図ることを目的とする。

消化液の濃縮技術の適用による消化液処理・利用に係るコストの削減、既存の処理・利用方法と比較した際の二酸化炭素排出量の削減効果を検証する。また、濃縮液の圃場散布試験を行い、肥料としての有効性や安全性を確認する。圃場における利用方法や期待される肥料効果をマニュアルとして整備することにより、消化液の濃縮技術の普及および濃縮液の肥料利用の促進を促し、従来メタンガス化施設の導入が困難であった地域を含めて、全国でのメタンガス化施設の普及を目指す。

### 2. 事業背景

バイオマスエネルギーを創出する施設は、経済や環境など地域社会の中で重要な役割を果たす。そのため、脱炭素・省コストに寄与するクリーンなエネルギー変換技術として導入する企業や自治体が増えつつある。中でもメタンガス化施設は、商業施設や食品工場から発生する食品廃棄物や畜産農家から排出される家畜ふん尿などの有機性廃棄物からバイオガスを生産し、エネルギーを創出することが可能である。創出したエネルギーは電力として地域電力会社への売電以外にも、電気・熱エネルギーとして工場や温浴施設等に供給し地域内での利用することも可能である。そのため、メタンガス化施設は他の再生可能エネルギーに比べ、地域の様々な関係者や地域産業に対して利益を波及させることが可能である点で大きな優位性を持つ。

さらに、メタン発酵後の発酵残渣である消化液は、作物の肥料として使用することで栽培に必要な化学肥料の施肥量・購入費を削減することが可能である。また、消化液の農業利用が促進することにより、地域で発生した有機性廃棄物を地域に還元することによる、自立分散型の資源循環が可能である。そのため、多くのメタンガス化施設では、消化液の農業利用を検討し地域との連携を図っている。

しかし、メタン発酵後の消化液の「出口」である還元先の圃場の確保ができない地域が多く、また、その場合に必要な排水処理はコストが高額になる等の課題があり、メタンガス化施設の導入に至らない事例も多く存在する。

消化液を作物栽培の肥料として利用する事例が少ない理由として、消化液に含まれる肥料成分の濃度が低いことが挙げられる。作物が必要とする成分量を与えるためには大量の施用が必要となり、輸送や散布にかかる作業時間や燃料費が施設の運営に影響を及ぼす。また、消化液に含まれる窒素成分の多くはアンモニア態窒素の形態をとっているため、散布直後からアンモニアが揮散しやすく、期待されるよりも肥効が低く、また、周辺の悪臭を引き起こすことも原因と考えられる。

上述の理由から消化液の液肥利用は需要家側の農家に忌避される傾向があるため、やむなく排水処理を行い下水道もしくは河川に放流するが多い。

図1では、メタンガス化施設が地域で占める役割および本事業での検討範囲を示す。

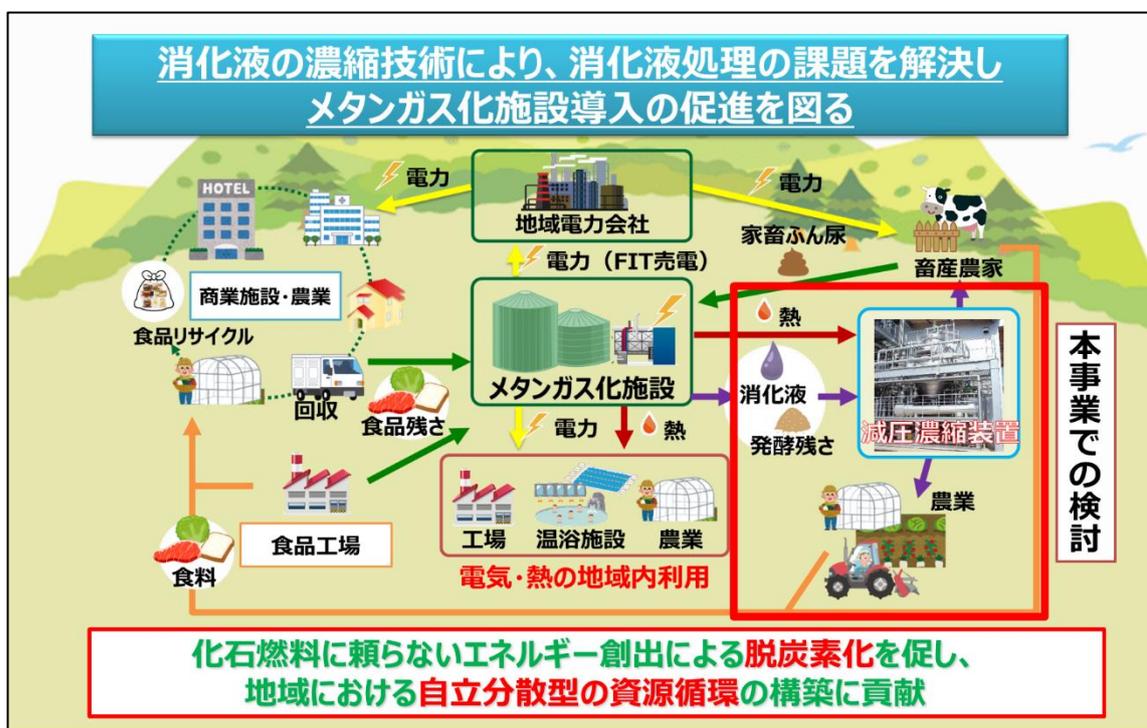


図1 メタンガス化施設の地域での役割

### 3. 用語の定義

本報告書で使用する用語の定義を示す。

表1 用語の定義

用語	説明
メタンガス化施設	メタン発酵によりバイオガスを生産する施設のこと。一般的に「メタン発酵施設」又は「バイオガスプラント」と呼ばれることもある。
消化液	メタン発酵により生じる発酵残渣のこと。処理を行い圃場に散布可能な状態のものを液肥と呼ぶ。
減圧式濃縮装置	水分が75℃付近で沸騰するように圧力を調整した濃縮装置。
濃縮液	消化液を減容化し成分を濃縮させたもの。本報告書では濃縮装置を用いて減容したものを指す。
凝縮水	消化液の蒸発により発生した蒸気を凝縮し回収したもの。夾雑物を含まず、河川放流が可能な水質で生成される。
排水処理	排水の中に含まれている不純物を取り除き、河川や下水道に放流可能な水質にすること。
バイオガス	メタン発酵で発生する、メタンや二酸化炭素を主成分とするガスのこと。
圃場	田、畑、果樹園、牧草地などの農作物を育てる場所のこと。
固形物濃度 (TS)	廃棄物系バイオマス中の固形物量をいう。固形物の割合を表す場合がある。
有機物濃度 (VS)	廃棄物系バイオマス中の有機物量のこと。強熱減量とも言われる。
アンモニア態窒素	消化液に含まれる環境汚染指標として用いられるアンモニウムイオン ( $\text{NH}_4^+$ ) とアンモニア ( $\text{NH}_3$ ) を合計した窒素分のこと。
化学的酸素要求量 ( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ )	水中の有機物などの量を、酸化剤により分解したときの酸素消費量で表したものであり、一般的な水質指標のひとつ。
硫酸アンモニウム ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ )	窒素肥料として使用される硫酸のアンモニウム塩のこと。消化液に硫酸を添加することにより、消化液中のアンモニア態窒素が硫酸アンモニウムに変化する。硫酸とも呼ばれる。
脱ぶ	籾から籾殻を取り除いて玄米にする作業。籾摺りともいう。

## 4. 本事業で検討するメタンガス化施設普及の課題

### (1) 液肥散布における課題

液肥散布における課題については、その発生量の多さに起因している。メタンガス化施設の場合、原料投入量とほぼ同量、または、原料性状による希釈水の添加により原料量以上の消化液が発生する。メタンガス化施設の検討においては、消化液の処理・利用の観点から処理規模を決定するのではなく、その場所または地域から発生する原料量をもとに事業の経済性を確保するための原料量から処理規模を決定する。そのため、どうしても消化液を利用しようとする際に散布可能な必要圃場面積が確保できず、これが根本的な問題となっている。

以下に消化液の量が処理・利用の観点から過剰になっていることに起因する課題を示す。

#### 1) 液肥の施肥可能量による必要な圃場の確保が困難

都道府県ごとに施肥基準が定められており、作物の種類、土壌区分、作型などによって標準的な窒素、リン酸、加里の施肥可能量が示されている。そのため、液肥の施肥量の検討では、施肥可能量を超えない量で計画する必要があるため、メタンガス化施設の消化液排出量が多くなるほど確保すべき圃場の面積が大きくなる。

特に、液肥を畑地へ散布する場合、過剰に施用を行うと表面流出が発生し施肥ムラを生じる。そのため、消化液を均一に施用するためには10 aあたり5~6 ton程度が一回の施用限界量である(畜産環境整備機構、2013)。そのため、消化液を全て農地還元しようとした場合、施肥可能量の上限値から算出した散布可能な圃場面積を確保する必要がある。

液肥利用が進んでいる地域として北海道が挙げられるが、北海道はメタンガス化施設の近隣に大規模な圃場がある場合が多いためであり、同様の形態は本州以南において一部を除き非常に困難である。

#### 2) 液肥散布に係る輸送・散布の負荷が大きい

消化液は液肥として圃場へ還元する際に消化液中の窒素成分に合わせた施肥計画により散布を行う。ただし、消化液は、表2に示すとおり水分が多く窒素成分が低い傾向にあり、必要な窒素施肥量とするためにはある程度の量を散布する必要がある。その際、メタンガス化施設から圃場までの液肥の輸送や散布専用の重機による散布が必要で、さらに散布時期が集中することもあり、液肥輸送や散布に係る燃料費や人件費等、農家の負荷の増大が課題となっている。

表2 稼働中のメタンガス化施設消化液の成分一覧

項目	単位	施設A	施設B	施設C	施設D	施設E	施設F
主な原料		乳牛ふん尿	乳牛ふん尿	豚ふん尿 (洗浄水含む)	生ごみ	食品加工残渣・生ごみ	野菜加工残渣・乳牛ふん尿
pH	—	8.03	7.66	7.79	8.04	8.08	7.48
水分	%	93.9	95.9	98.3	98.2	97.4	97.5
VS	mg/L	40,500	24,200	11,600	8,730	14,800	14,300
全窒素 (T-N)	mg/L	3,270	3,390	1,290	2,710	1,640	1,820
アンモニア態窒素 (NH <sub>4</sub> -N)	mg/L	1,480	1,740	731	1,550	961	798
リン酸 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	mg/L	2,175	1,228	612	733	545	926
加里 (K <sub>2</sub> O)	mg/L	3,542	3,867	590	1,433	2,289	3,096
COD <sub>mn</sub>	mg/L	17,800	14,100	3,290	4,200	8,010	7,880

出典：2013年 (財)畜産環境整備機構 「メタン発酵消化液の濃縮・改質による野菜栽培利用マニュアル」より一部編集

### 3) 消化液の散布時における窒素分（アンモニア）の揮発

消化液に含まれる窒素の約半分はアンモニア態窒素であるため、圃場への施用直後からアンモニア揮散が起りやすくなる。そのため、肥料成分である窒素分の低下が起こるだけでなく、悪臭の原因となり周辺住民とのトラブルを引き起こす要因にもなる。さらに、成分が揮発してしまうため、施肥後は速やかに作付けを行う必要がある。そのため元肥としての散布は作物の作付け時期と同じ時期となりその結果、散布に係る作業が集中してしまい、輸送、散布に係る負荷の増大につながる。

### 4) 液肥の貯留が可能な大規模貯留設備が必要

液肥を圃場へ散布する施肥時期は元肥や追肥として年に2~3回と限られており、施肥に必要な分の消化液を確保するため貯留槽で必要量を貯留する必要がある。その際、一般的に約6か月分以上の大規模な貯留設備が必要となり、建設コストが負担となる。

## (2) 液肥利用の促進に関する課題

### 1) 肥料成分

近隣農家に液肥を利用してもらうためには液肥に含まれる窒素・リン酸・加里を主とする肥料成分を明確に示すことが重要である。地域や栽培している作物によって最適な施肥量は異なる。また、表2に示すようにメタンガス化施設に投入する原料によっても、消化液の肥料成分は異なる。液肥利用を促進するためには、散布する液肥の肥料成分を正確に分析し、分析結果に基づいた施肥計画を立てる必要がある。

### 2) 散布の安全性・有効性

液肥利用促進のためには、肥料成分を明示することと同様に、散布する液肥の安全性および有効性を示すことが重要である。液肥には表2に示すとおり窒素・リン酸・加里以外にも様々な成分が含まれる。そのため、液肥に含まれる成分が、作物や土壤に負の影響を与えないものであるという安全性を示す必要がある。

### 3) 液肥散布に対する近隣農家からの理解・協力が必須

液肥を利用する際に最も重要となるのが、メタンガス化施設の近隣農家から理解・協力を得ることができるかという点である。メタンガス化施設から排出される消化液を全量液肥として散布しようと考えた場合、一般的にかなり大規模な圃場が必要であり、メタンガス化施設を運営する事業者のみでまかなうことは北海道地域など一部地域を除き困難である。そのため、液肥利用を行うためには近隣で圃場を所有している住民・企業などに協力を仰ぎ、散布を行う必要がある。その際、散布する消化液の安全性・有効性を定量的に示し、理解を得る必要がある。

## (3) 排水処理設備における課題

### 1) 設備に係る建設費、維持管理費等の費用が高価

消化液を全量液肥として圃場へ還元できない場合、または一部しか還元できない場合は、施設の立地条件により下水もしくは河川へ放流するために排水処理を設置する必要がある。また、排水処理設備の規模は、液肥利用できない場合は消化液の全量を、消化液の一部を液肥利用する場合は、散布できない消化液量に応じて設置する必要がある。

下水放流の場合は、簡易な排水処理設備をもって放流基準値以下まで処理することができるが、河川への放流の場合、厳しい放流基準値以下まで処理する必要がある。特に窒素の放流基準値がある場合は、硝化脱窒処理や凝集処理といった三次処理等の高度処理および汚泥の脱水処理等が必要である。よって、それに係る建設コストや使用薬品類、電力費、メンテナンス費の他、脱水した汚泥を利用できない

場合は高額な処理費が発生する。河川放流を行うメタンガス化施設の運営に係る全体の費用の内、排水処理の占める割合は非常に高く、経済性を低減させることになり、これが普及を妨げる一因となっている。

## 2) 設備の運転管理の煩雑さ

高度処理まで含む排水処理施設の場合、複数の薬品類の補充や定期的な点検、生物処理の管理監視、脱水汚泥の搬出など運転管理における人員確保が不可欠である。さらに排水処理の状況を管理するための分析も必要である。

また、仮に排水処理設備に不具合があった場合は、消化液が処理できなくなり、メタン発酵設備への原料投入を減少させることにより消化液の発生量を減少させ、排水処理設備の負荷を下げる等の対処の必要がある。その結果、バイオガス発生量が低下し、売電収入が計画を下回り経済性を低減させてしまう結果となる。このような事態が発生しないよう排水処理設備の運転管理はしっかりと行う必要があり、簡素化できるものではない。

## (4) 脱炭素・CO<sub>2</sub>排出量における課題

### 1) バイオガス発電装置の低いエネルギー利用率

一般的にバイオガスによる発電の場合、バイオガス発電装置により約40%が電力として回収され、約40%が主に温水として回収される。一般的には温水は熱交換によりメタン発酵槽の加温に利用されるが、得られる温水の一部で十分であり、ほとんどの温水は利用されず放熱させている。

### 2) 排水処理設備によるCO<sub>2</sub>排出量の増大

CO<sub>2</sub>排出量の観点においては、排水処理を行う生物処理工程や使用電力量に伴うCO<sub>2</sub>が発生するため、排水処理設備の設置はCO<sub>2</sub>排出量の増減に大きく影響を及ぼす。

### 3) 液肥の輸送および散布に係るCO<sub>2</sub>排出量の増大

消化液中の肥効成分は薄く大部分が水分のため、必要な窒素量を満足させるためには施肥可能量までの大量の液肥が必要となる。そのため、液肥を運搬する車両や液肥を散布する重機等にかかる燃料由来のCO<sub>2</sub>排出量が大きくなっている。

以上のメタンガス化施設の普及の妨げとなっている消化液の液肥利用および排水処理設備における課題を解決するため、本事業では消化液の濃縮技術を適用する。この技術により消化液の減量化と液肥利用の促進が可能であり、全国的にメタンガス化施設を普及させることを目的に本事業を実施する。

## 5. 事業の全体像

本事業では、消化液の濃縮技術により、消化液処理の課題を解決しメタンガス化施設導入の促進を図るため、以下の課題について検討を行う。

- ① 液肥散布における課題
- ② 液肥利用の促進に関する課題
- ③ 排水処理設備における課題
- ④ 脱炭素・CO<sub>2</sub>排出量に関する課題

本事業は令和3年度の単年度契約ではあるが、令和3年度から令和5年度までの複数年事業を想定した委託業務である。令和3年度では課題①～④の検討に向け、以下の業務を実施する。

### ① 消化液濃縮技術の技術的優位性の検証

消化液の処理方法に関して濃縮技術の優位性を検証するため、消化液の減圧濃縮装置を設置し、令和4年度の稼働に向けて周辺機器等の詳細設計等を実施する。また、消化液濃縮技術の独自性及び導入費用削減の検証を行い、全国展開へ向けた戦略を検討する。

### ② 稼働中メタンガス化施設の状況調査

メタンガス化施設普及の課題となっている消化液の処理状況および課題の調査のため、消化液を液肥利用しているメタンガス化施設の運転状況を調査する。状況調査では、稼働中メタンガス化施設の概要、消化液処理状況、発電排熱利用状況について調査する。

また、消化液濃縮技術の導入に必要な立地・放流条件などを調査することでの脱炭素効果について検討し、令和4年度以降に実施する波及効果の検証準備を行う。

### ③ 消化液および濃縮液の有効性・安全性の検証

八木バイオエコロジーセンターから排出される消化液の成分を分析し、令和4年度および令和5年度に実施する消化液および濃縮液の圃場散布試験に向けて、散布計画を策定する。濃縮液の成分は装置設置が令和4年度となるため、シン・エナジー（株）の過去の実証試験結果を元に推定する。

また、生成される濃縮液の付加価値化および利活用の事業スキームについて令和4年度以降に行う検証の準備を進める。

## 6. 実施体制

### (1) 本事業の実施者について

#### 1) シン・エナジー株式会社（実施主体）

メタン発酵消化液の濃縮技術に関する弊社独自の技術について特許出願中であり、本事業で使用する濃縮装置の発注業務および周辺機器の詳細設計業務を執り行う。また、本事業のスケジュール管理や、各種データ解析のまとめなど取り纏め業務を行う。

#### 2) 公益財団法人 八木町農業公社（共同実施者）

本事業の実施場所である、南丹市八木バイオエコロジーセンターの運営を行っている。施設稼働から20年以上にわたり液肥利用促進のため、利用方法の周知活動を行っている。本事業では、濃縮装置の運転管理、地域農家への協力依頼、消化液・濃縮液の圃場散布を行う。

#### 3) 京都大学 農学研究科 大土井 克明 助教（共同実施者）

消化液、濃縮液の圃場散布方法の検討及びCO<sub>2</sub>削減効果の検討を行う。メタン発酵消化液の輸送効率向上に関する研究を行っており、地球環境資源センター（2016）「消化液の肥料利用に伴うメタンガス化事業実施手引 報告書」の作成事業では委員を務めた。

#### 4) 京都農業の研究所株式会社（共同実施者）

濃縮液の作物へ与える影響を明らかにするため、植害試験および栽培試験を実施する。間藤 代表は、植物栄養学・土壌学を専門としており、メタン発酵消化液の適切な施用方法等について研究を行っている。

#### 5) 株式会社バイオガスラボ（共同実施者）

消化液や濃縮液などの成分分析および本技術の波及効果についての分析を行う。バイオガス事業専門のコンサルティング会社であり、日本全国のメタンガス化施設における各種分析業務や運転適正化に関するサポートを行っている。

#### 6) 南丹市（事業支援）

本事業の実施場所の自治体である。圃場散布試験のための住民説明などのサポートを行う。八木バイオエコロジーセンター稼働時から現在に至るまで、施設の運営や液肥散布について八木町農業公社のサポートを行っている。

## (2) 実施体制図

本事業の実施体制図を以下に示す。

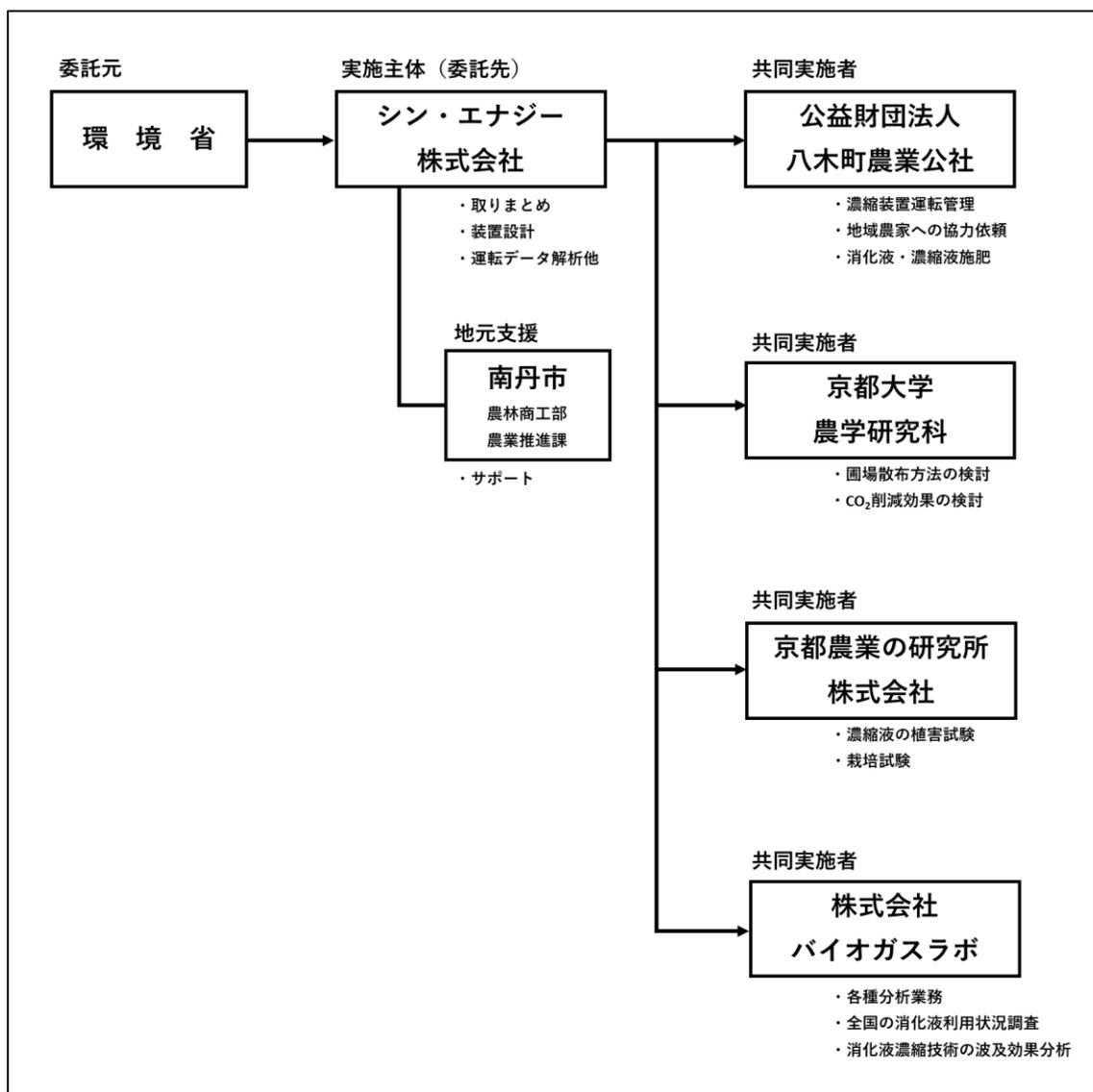


図2 実施体制図

## 7. 実施場所

### (1) 実施場所の基本情報

- ・名称 : 南丹市八木バイオエコロジーセンター
- ・住所 : 京都府南丹市八木町諸畑千田1
- ・管理者 : 公益財団法人 八木町農業公社

### (2) 南丹市八木バイオエコロジーセンターの概要

八木バイオエコロジーセンターは地域の酪農家から発生する乳牛ふん尿や食品加工工場から排出される残さ等を原料として、メタン発酵によりエネルギーと有機物由来の液肥（消化液）や堆肥を生産するメタンガス化施設である。投入原料量は、現在おから2 ton/日、乳牛ふん尿50～60 ton/日、豚ふん尿1～2 ton/日、有機汚泥20～30 ton/日であり、バイオガス発生量は約3,000 m<sup>3</sup>/日である。

バイオガス発電により生産したエネルギーは場内利用の他、余剰電力を売電している。平成31年度の実績では1,259 MWh/年の発電を行い、これは、一般家庭400世帯以上の電力消費量に相当する。

年間約20,000 tonの消化液が生成されるが、利用されるのは約5,000 ton程度で、液肥利用は生産量の約25%程度にとどまっているのが現状である。利用しきれない消化液については排水処理を行っている。

液肥の利用が伸びない原因は、散布対象作物の水稻の施肥適期でしか液肥利用の需要が見込めないのに対し、液肥の供給は毎日一定量発生するという需要と供給の不一致による。

八木バイオエコロジーセンターは本州におけるメタンガス化施設のモデルケースであり稼働開始から20年以上液肥の普及活動を継続し、市のバックアップのもと、近年では液肥の利用者も増加している。また、本州で液肥利用の進んでいる施設の内の一のひとつであるが、液肥利用については課題を抱えている。

本事業では、濃縮装置および付帯設備を排水処理槽の上部に設置し、原液となる消化液は消化液槽から移送するものとする。

(3) 八木バイオエコロジーセンターの処理フローおよび平面図

八木バイオエコロジーセンターの処理フロー及び平面図を以下に示す。

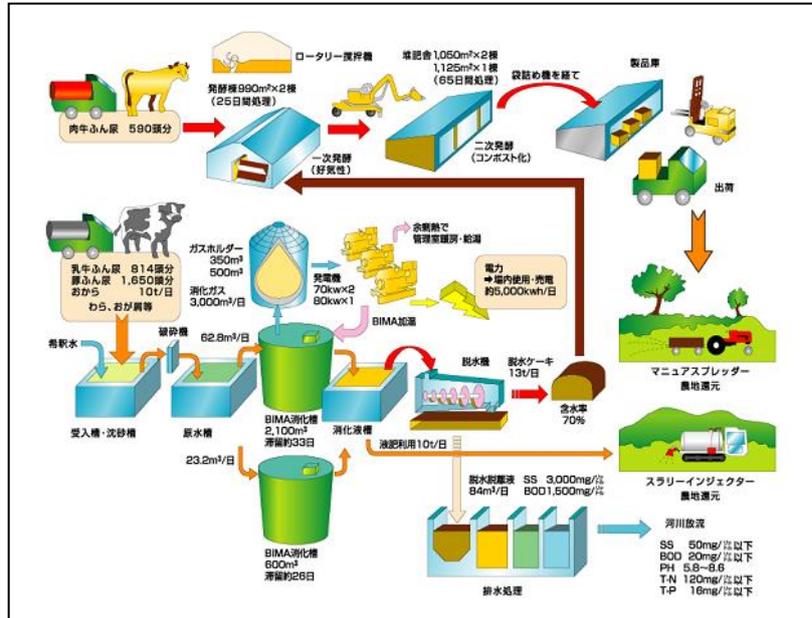


図3 八木バイオエコロジーセンター処理フロー

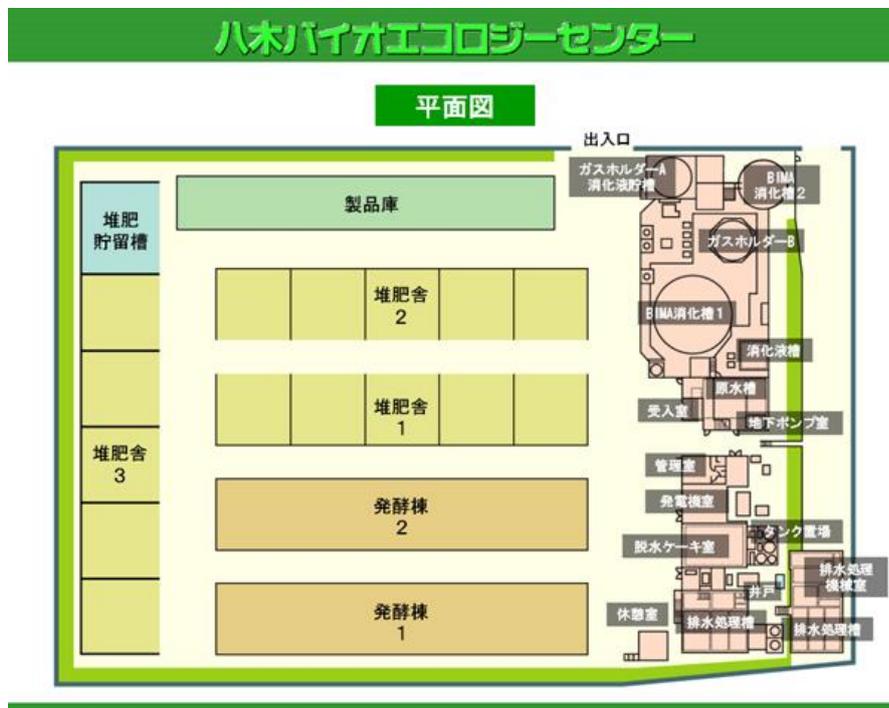


図4 八木バイオエコロジーセンター平面図

## 8. 本事業の目標

本事業は令和3年度の単年度契約ではあるが、令和3年度から令和5年度までの複数年事業を想定した委託業務である。そのため、本事業の目標は次年度以降の実施を想定した記述を行っている。

### (1) 事業全体

#### 1) 目標

本事業では、有機性廃棄物を利用した再生可能エネルギー創出が可能なメタンガス化施設の普及促進を図るため、濃縮技術の導入により液肥利用を促進させることを目標とする。

消化液の濃縮技術による省コスト・省CO<sub>2</sub>効果の実証も行う。濃縮液の肥料としての有効性・安全性を試験し、圃場利用方法をマニュアル化することにより、消化液の肥料利用を促し、更なるメタンガス化施設の普及を目指す。

#### 2) 令和3年度の目標

- ① 消化液濃縮技術の技術的優位性の検証のため、濃縮装置の詳細設計を行い、装置の設置を行う。
- ② 現在稼働中のメタンガス化施設における消化液の利用状況および運転状況を調査する。
- ③ 令和4年度および令和5年度に実施する消化液および濃縮液の圃場散布試験に向けて、散布計画を策定する。

### (2) 消化液濃縮技術の技術的優位性の検証

#### 1) 採択時の技術の状況

消化液の濃縮技術について特許出願済み（シン・エナジー（株））である。しかし、他の消化液処理技術との比較は未検証である。

#### 2) 最終目標

八木バイオエコロジーセンターから排出される消化液を利用し、濃縮装置を用いて濃縮液を生成する。生成される濃縮液の分析結果および装置の運転データを解析し、他の消化液の処理方法と比較を行い、濃縮技術の技術的優位性について検証する。

また、濃縮装置の設置・稼働に係るコストについても検証する。

#### 3) 令和3年度の目標

- ① 濃縮装置の詳細設計および納品まで実施する。
- ② 消化液濃縮技術の独自性および導入費用削減について検証を行う。

### (3) 稼働中メタンガス化施設の状況調査

#### 1) 採択時の技術の状況

稼働中メタンガス化施設の施設概要や投入原料、発電量をまとめた報告書はあるが、消化液利用状況や施設のエネルギーバランスについて取り纏めている報告書は少ない。

#### 2) 最終目標

メタンガス化施設普及のため、消化液濃縮技術を導入した際の効果について検証する。

稼働中のメタンガス化施設の運転状況のデータを用いて、既設のメタンガス化施設で消化液濃縮技術を導入した場合の効果についても調査を実施する。また、消化液濃縮技術の導入に必要な立地・放流条件や導入することでの脱炭素効果について調査し、波及効果の検証を行う。

#### 3) 令和3年度の目標

- ① 消化液を液肥利用しているメタンガス化施設の施設概要、消化液処理状況、発電排熱利用状況についてヒアリングを行う。
- ② 消化液濃縮技術の導入条件検討の準備を行う。

### (4) 消化液および濃縮液の有効性・安全性の検証

#### 1) 採択時の技術の状況

濃縮液についてシン・エナジー（株）が独自に栽培用ポットを用いた栽培試験を行い、安全性の確認を行っている。

しかし、実際の圃場を利用した栽培試験は行っていない。

#### 2) 最終目標

消化液濃縮技術を普及させるため、濃縮液の有効性・安全性について実証し、濃縮液利活用のマニュアルを作成する。

また、濃縮液利用の普及を促進させるため、濃縮液の付加価値化および販売を含めた事業スキームについて検証を行う。

#### 3) 令和3年度の目標

- ① 八木バイオエコロジーセンターから排出される消化液の成分分析を行い、濃縮装置を用いた際の濃縮液の成分を推定する。
- ② 令和4年度および令和5年度に実施する消化液および濃縮液の圃場散布試験の散布計画を策定する。
- ③ 生成される濃縮液の付加価値化および利活用の事業スキームについて、令和4年度以降に行う検証の準備を進める。

## 9. 事業スケジュール

本事業は令和3年度の単年度契約ではあるが、令和3年度から令和5年度までの複数年事業を想定した委託業務である。そのため、事業スケジュールは次年度以降の実施を想定した記述を行っている。

表3 事業スケジュール

実施項目	令和3年度			令和4年度			令和5年度				
	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
1. 公募契約関係											
(1) 公募	●→	●→									
(2) 提案書作成	●→	●→									
(3) 委託契約締結			●→								
(4) 実証事業				●→	●→	●→	●→	●→	●→	●→	●→
2. 実証事業											
(1) 装置関連											
1) 詳細設計				●→	●→	●→					
2) 発注・装置製作				●→	●→	●→					
3) 設置工事							●→	●→			
4) 運転							●→	●→	●→	●→	●→
(2) 調査関連											
1) 稼働中メタンガス化施設の状況調査											
① 消化液処理設備調査							●→	●→			
② 排熱利用状況調査							●→	●→			
③ 既設消化液利用調査											
④ 消化液等分析									●→		
2) 全国の消化液利用状況調査											
① 消化液利用施設の探索				●→	●→						
② 現地視察							●→	●→			
③ 液肥等分析							●→	●→			
(3) 濃縮装置											
1) 装置運転管理							●→	●→	●→	●→	●→
2) 維持管理コスト検討							●→	●→	●→	●→	●→
3) 成分分析（濃縮液、凝縮水等）							●→	●→	●→	●→	●→
4) 運転状況の分析							●→	●→	●→	●→	●→
(4) 濃縮液の農地還元											
1) 植害試験							●→	●→			
2) 育成試験							●→	●→			
3) 散布方法の検討									●→		
4) 農地散布実施							●→	●→	●→	●→	
5) 散布の効果測定								●→	●→	●→	
(5) 成果報告書											
1) 技術の優位性のまとめ								●→	●→	●→	
2) CO <sub>2</sub> 削減効果まとめ								●→	●→	●→	
3) 消化液濃縮技術の波及効果								●→	●→	●→	
4) 濃縮液の利活用マニュアル								●→	●→	●→	
5) 成果報告書作成								●→	●→	●→	

## 第2章 消化液濃縮技術の技術的優位性の検証

### 1. 実施概要

濃縮装置の令和4年度の稼働に向けて、八木バイオエコロジーセンターに濃縮装置の納入を行う。さらに、本事業では八木バイオエコロジーセンターから排出される消化液を濃縮するため、濃縮液投入前の前処理機器など周辺機器等の詳細設計等を実施する。

また、消化液濃縮技術の独自性及び導入費用削減の検証を行い、全国展開へ向けた戦略を検討する。

### 2. 本事業で用いる消化液濃縮技術

#### (1) 技術の概要

この技術は、消化液に含まれる窒素成分の主体であるアンモニア態窒素が熱により蒸発してしまうことを防止するため、前処理において硫酸を添加することにより硫酸アンモニウムを生成させることで固定化し、アンモニア成分の蒸発を防止し濃縮液側に窒素成分を移送させるものである。

本技術の特徴は、消化液の濃縮過程において前処理として硫酸および消泡剤を添加する。また、濃縮装置には減圧式濃縮装置を用い、熱源としてバイオガス発電装置からの余剰排温水を利用するものである。

本技術では、消化液量に対し32%前後の濃縮液と68%前後の凝縮水を得ることができ、液肥としての散布量を従来の量に比較し32%前後まで軽減するものである。また、凝縮水は放流基準値以下の水質となるため、施設における再利用やその後の処理なしで放流することが可能となる。

本事業により消化液の減量化が可能となり、メタンガス化事業における普及の課題である「出口」(消化液の処理および利用) 確保のハードルを下げることができる。また、メタンガス化施設において稼働中・新設を問わず導入することが可能で波及効果も高いと考えられる。

#### (2) 技術の新規性

液体の濃縮技術は食品加工における飲料の製造工程などに用いられるものであり、一般的に知られている技術である。また、消化液のアンモニア態窒素に硫酸を添加し硫酸アンモニウムを生成する技術も公知の技術である。減圧式濃縮技術および硫酸添加の技術をメタンガス化施設から発生する消化液に適用した場合、通常、硫酸添加時や減圧時に発生する急激な発泡により装置の閉塞等が発生し運転が困難になる。

装置の安定稼働のためには、発泡を防止するために大量の消泡剤の添加が必要になるなどの課題が多く残され、実用化に至っていなかった。また、熱による濃縮技術の導入のためには、蒸発させるための熱源調達のためにボイラーの導入が必要であることや、エネルギーコストがかかるなどの課題もあった。

そこで弊社は、濃縮装置に投入する消化液の硫酸や消泡剤を添加する前処理工程について研究し、従来に比べ少ない薬剤の添加量になる方法を開発した（特許出願済み）。また、濃縮時に必要な熱源についても蒸気などの高温ではなく低温の廃温水を利用できる濃縮装置を用いることで、メタンガス化施設のバイオガス発電装置から発生する余剰廃温水を利用し、化石燃料を使用することなく濃縮ができるシステムを開発し適用している。

### 3. 計画主要項目

#### (1) 処理能力

##### 1) 公称能力（稼働日あたり）

調整液量	1日あたり	:	1081.4 kg/日
	時間あたり	:	45.1 kg/時

##### 2) 処理方式

薬液前処理+濃縮処理

##### 3) 原料

###### ① 原料種別

メタン発酵消化液

###### ② 性状

a. TS 濃度	46,000 mg/L
b. VS 濃度	70.0 %-TS
c. T-N（全窒素）	3,000 mg/L
d. NH <sub>4</sub> -N（アンモニア態窒素）	1,900 mg/L

###### ③ 原料の集積方法

八木バイオエコロジーセンターの消化液貯留槽より消化液ポンプを使用し、固液分離機へ移送する

#### (2) 主要設備方式

1) 受入設備	脱水式固液分離方式
2) 前処理設備	消泡剤注入及び pH 調整
3) 濃縮設備	減圧式濃縮方式

(3) 稼働日数および稼働時間

1) 稼働日数 50 日/年

2) 装置稼働時間 (想定)

① 受入設備

- a. 年間稼働日数 50 日/年
- b. 週間稼働日数 5 日/週 (月曜日～金曜日)
- c. 稼働日当たりの装置稼働時間 1.5 時間/日

② 前処理設備

- a. 年間稼働日数 50 日/年
- b. 週間稼働日数 5 日/週 (月曜日～金曜日)
- c. 稼働日当たりの装置稼働時間 5 時間/日

③ 濃縮設備

- a. 年間稼働日数 50 日/年
- b. 週間稼働時間 102 時間/週 (4.25 日/週 相当)  
月曜日の 10 時に稼働開始  
金曜日の 16 時に稼働停止

#### 4. プロセスフロー及び物質収支

本事業で設置する濃縮装置・周辺機器のプロセスフロー及び物質収支を以下に示す。

八木バイオエコロジーセンターから排出される消化液から夾雑物を取り除くため液分離を行い、分離液に弊社の独自技術である薬品を用いた前処理で調整を行った後、濃縮装置へ投入する。

濃縮装置の熱源は八木バイオエコロジーセンターのバイオガス発電機から発生する排温水を利用する。濃縮装置から発生する濃縮液は各種試験に利用し、凝縮水は既設の排水処理設備にて処理する。

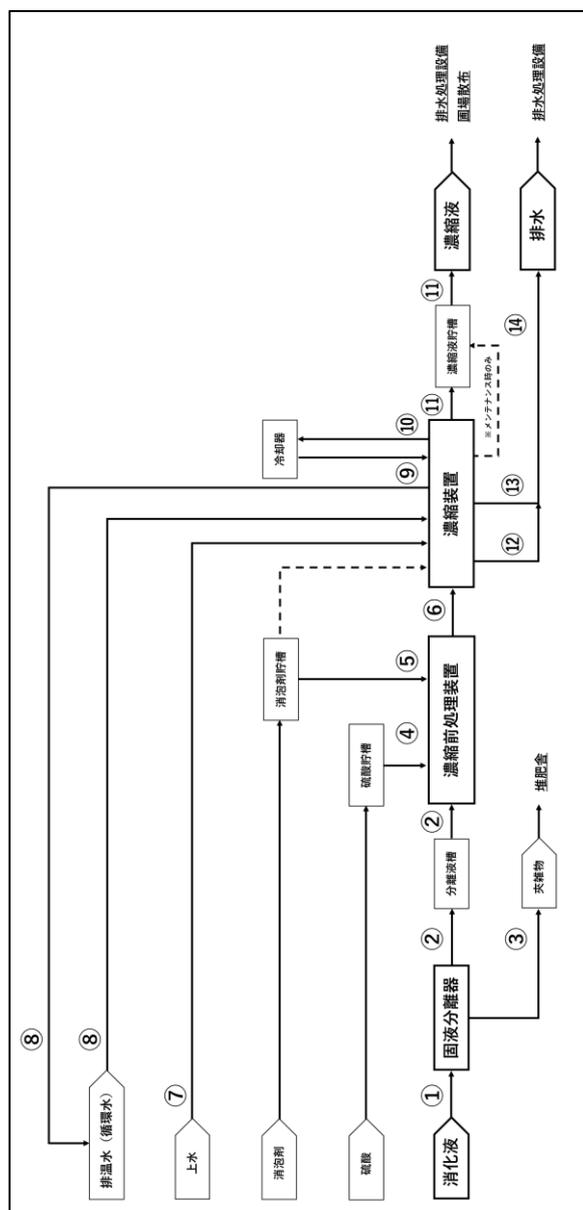


図4 プロセスフロー

表 5 物質収支

No.	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
名称	消化液	分離液	夾雑物	硫酸	消泡剤	②+④+⑤ 調整液	給水
流量	1.05 m <sup>3</sup> /日	1.00 m <sup>3</sup> /日	58 kg/日	61.3 L/日	0.1 L/日	1.06	
TS量	48.3 kg/日	33.8 kg/日	14.5 kg/日	-	-	33.8	0
TS濃度	46,000 mg/L	34,000 mg/L	250,000 mg/L	-	-	32,000 mg/L	0
水分量	1.00 m <sup>3</sup> /日	0.97 m <sup>3</sup> /日	0.04 m <sup>3</sup> /日	-	-	1.03 m <sup>3</sup> /日	
含水率	95.4 %	96.6 %	75.0 %	-	-	96.8 %	100
備考	1.5時間/日	1.5時間/日	1.5時間/日	濃度：20%	-	5時間/日	-
No.	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭
名称	発電機排温水	冷却水（入）	冷却水（出）	濃縮液	ブロー水	凝縮水	排水
流量	24.0 m <sup>3</sup> /日	24.0 m <sup>3</sup> /日	24.0 m <sup>3</sup> /日	0.34 m <sup>3</sup> /日	0.24 m <sup>3</sup> /日	0.72 m <sup>3</sup> /日	0.96 m <sup>3</sup> /日
TS量	0.00 kg/日	0.00 kg/日	0.00 kg/日	30.00 kg/日	0 kg/日	0 kg/日	0 kg/日
TS濃度	0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L	100,000 mg/L	0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
水分量	24.0 m <sup>3</sup> /日	24.0 m <sup>3</sup> /日	24.0 m <sup>3</sup> /日	0.31 m <sup>3</sup> /日	0.24 m <sup>3</sup> /日	0.72 m <sup>3</sup> /日	0.96 m <sup>3</sup> /日
含水率	100.0 %	100.0 %	100.0 %	90.0 %	100 %	100.0 %	100.0 %
備考	24時間/日	32°C	37°C	24時間/日	24時間/日	24時間/日	24時間/日

※ No.①から⑭は図4 プロセスフローに示す番号の状態を表す。

## 5. 設計計算

### (1) 受入設備

#### 1) 消化液ポンプ

- |        |  |
|--------|--|
| ① 形式   | 容積式ポンプ   |
| ② 数量   | 1 台  |
| ③ 処理量  | 消化液 : 1.05 m <sup>3</sup> /日 (稼働日あたり)  |
| ④ 運転時間 | 1.5 時間/日   |
| ⑤ 所要能力 | $1.05 \text{ m}^3/\text{日} \times 1 / (1.5 \text{ 時間/日} \times 60 \text{ 分/時間}) \times 10^3$<br>$\doteq 11.6 \text{ L/分}$            |
| ⑥ 余裕率  | 1.2  |
| ⑦ 設計能力 | $1.05 \text{ m}^3/\text{日} \times 1 / (1.5 \text{ 時間/日} \times 60 \text{ 分/時間})$<br>$\times 10^3 \times 1.2$<br>$= 14.0 \text{ L/分}$ |
| ⑧ 付属品  | インバーター   |

#### 2) 固液分離機

- |             |   |
|-------------|---|
| ① 形式        | 脱水式固液分離方式   |
| ② 数量        | 1 基   |
| ③ 処理量       | 1.05 m <sup>3</sup> /日 (稼働日あたり)   |
| ④ 消化液 TS 濃度 | 46,000 mg/L   |
| ⑤ 運転時間      | 1.5 時間/日  |
| ⑥ 所要能力      | $1.05 \text{ m}^3/\text{日} \times 1 / 1.5 \text{ 時間/日} \doteq 0.7 \text{ m}^3/\text{時間}$  |
| ⑦ TS 回収率    | 30 %  |
| ⑧ 固形物含水率    | 75 %  |
| ⑨ 固形物量      | $1.05 \text{ m}^3/\text{日} \times 46,000 \text{ mg/L} \times 10^{-3} \times 30 \%$<br>$\doteq 14.5 \text{ kg/日}$<br>$14.5 \text{ kg/日} \times 1 / (1 - 75\%) = 58.0 \text{ kg/日}$   |
| ⑩ 分離液量      | $(1.05 \text{ ton/日} - 58.0 \text{ kg/日}) \times 1 / 1.0 \text{ ton/m}^3$<br>$\doteq 1.0 \text{ m}^3/\text{日}$  |
| ⑪ 分離液 TS 濃度 | $1.05 \text{ m}^3/\text{日} \times 46,000 \text{ mg/L} \times 10^{-3} - 14.5 \text{ kg/日}$<br>$= 33.8 \text{ kg/日}$<br>$33.8 \text{ kg/日} \times 1 / (1.0 \text{ m}^3/\text{日} \times 1 / 1.0 \text{ ton/m}^3$<br>$- 58.0 \text{ kg/日})$<br>$\doteq 34,000 \text{ mg/L}$ |
| ⑫ 汚泥処理量     | 49 kg-DS/時間   |

- ⑬ 処理可能量  $49 \text{ kg-DS/時間} \times 1/46,000 \text{ mg/L} \times 1/60 \text{ 分/時間} \times 10^6$   
 $\approx 17.7 \text{ L/分}$   
 $14.0 \text{ L/分} < 17.7 \text{ L/分}$   
 よって、設計能力 < 処理可能量

### 3) 分離液槽

- ① 形式 円筒密閉型ポリエチレン製タンク  
 ② 数量 1 槽  
 ③ 処理量 分離液：1.0 m<sup>3</sup>/日（稼働日あたり）  
 ④ 貯留時間 1 日  
 ⑤ 所要容量  $1.0 \text{ ton/日} \times 1/1.0 \text{ ton/m}^3 \times 1 \text{ 日} \approx 1.0 \text{ m}^3$   
 ⑥ 設計容量 1.5 m<sup>3</sup>  
 ⑦ 寸法  $\phi 1,275 \text{ mm} \times H1,740\text{mm}$   
 ⑧ 付属品 攪拌機 0.4kW

## (2) 前処理設備

### 1) 分離液ポンプ

- ① 形式 容積式ポンプ  
 ② 数量 1 台  
 ③ 処理量 分離液：1.0 m<sup>3</sup>/日（稼働日あたり）  
 ④ 運転時間 5 時間/日  
 ⑤ 所要能力  $1.0 \text{ m}^3/\text{日} \times 1/ (5 \text{ 時間/日} \times 60 \text{ 分/時間}) \times 10^3$   
 $\approx 33.4 \text{ L/分}$   
 ⑥ 付属品 インバーター  
 ⑦ 付属品 可搬型電動攪拌機 0.04kW

### 2) 硫酸貯槽

- ① 形式 円筒密閉型ポリエチレン製タンク  
 ② 数量 1 槽  
 ③ 貯留物 希硫酸  
 ④ 比重 1.142 kg/L  
 ⑤ 貯留日数 14 日以上  
 ⑥ 設計容量 1.0 m<sup>3</sup>  
 ⑦ 付属品 レベルゲージ ローリーカップリング  
 防液提（鋼板製内部タールエポキシ塗装）防液提

### 3) 消泡剤貯槽

- ① 形式                   ポンプ架台付き PE 製タンク
- ② 数量                   1 槽
- ③ 消泡剤                 消泡剤
- ④ 貯留日数             50 日以上
- ⑤ 設計容量             25 L
- ⑥ 付属品               レベルゲージ

### 4) 濃縮前処理装置

- ① 硫酸注入ポンプ
  - a. 形式                 ダイヤフラム式ポンプ
  - b. 台数                 1 台
  - c. 設計能力           408.7 mL/分
- ② 消泡剤注入ポンプ
  - a. 形式                 ダイヤフラム式ポンプ
  - b. 台数                 1 台
  - c. 設計能力           0.67 mL/分
- ③ 調整槽 1
  - a. 形式                 角型鋼板製タンク
  - b. 数量                 1 槽
  - c. 設計容量           36.0 L
  - d. 付属品               可搬型電動攪拌機
- ④ 調整槽 2
  - a. 形式                 角型鋼板製タンク
  - b. 数量                 1 槽
  - c. 設計容量           36.0 L
  - d. 付属品               可搬型電動攪拌機
- ⑤ 調整液槽
  - a. 形式                 角型鋼板製タンク
  - b. 数量                 1 槽
  - c. 設計容量           1.06 m<sup>3</sup>
  - d. 付属品               可搬型電動攪拌機

### (3) 濃縮設備

#### 1) 調整液ポンプ

- |        |   |
|--------|---|
| ① 形式   | 容積式ポンプ  |
| ② 数量   | 1 台   |
| ③ 処理量  | 調整液 : 1.06 m <sup>3</sup> /日  |
| ④ 運転時間 | 24 時間/日   |
| ⑤ 所要能力 | $1.06 \text{ m}^3/\text{日} \times 1 / (24 \text{ 時間/日} \times 60 \text{ 分/時間}) \times 10^3$<br>$\approx 0.74 \text{ L/分}$                 |
| ⑥ 余裕率  | 1.2   |
| ⑦ 設計能力 | $1.06 \text{ m}^3/\text{日} \times 1 / (24 \text{ 時間/日} \times 60 \text{ 分/時間}) \times 10^3$<br>$\times 1.2$<br>$\approx 0.89 \text{ L/分}$ |

#### 2) 濃縮装置

- |             |   |
|-------------|---|
| ① 形式        | 減圧式濃縮装置   |
| ② 数量        | 1 基   |
| ③ 運転時間      | 24 時間/日   |
| ④ 処理量       | 1.06 m <sup>3</sup> /日  |
| ⑤ TS 濃度     | 32,000 mg/L   |
| ⑥ TS 量      | 33.8 kg/日   |
| ⑦ 濃縮後 TS 濃度 | 100,000 mg/L  |
| ⑧ 濃縮液量      | $1.06 \text{ m}^3/\text{日} \times 100,000 \text{ mg/L} / 32,000 \text{ mg/L}$<br>$\approx 0.34 \text{ m}^3/\text{日}$        |
| ⑨ 凝縮水量      | $1.06 \text{ m}^3/\text{日} - 0.34 \text{ m}^3/\text{日} \approx 0.72 \text{ m}^3/\text{日}$                                   |
| ⑩ 濃縮倍率      | $100,000 \text{ mg/L} \times 1 / 32,000 \text{ mg/L} \approx 3.13 \text{ 倍}$  |
| ⑪ 所要能力      | $0.72 \text{ m}^3/\text{日} \times 1 / 24 \text{ 時間/日} \times 1.0 \text{ t/m}^3 \times 10^3$<br>$\approx 30.0 \text{ kg/時間}$ |
| ⑫ 設計能力      | 31.0 kg/時間  |
| ⑬ 温水供給条件    | 供給量 : 1,000 L/時間 (運転時) ~ 2,000 L/時間 (最大)<br>供給温度 : 85°C $\Delta T = 8^\circ\text{C}$ (排出温度 77°C)                            |
| ⑭ 冷却水供給条件   | 供給量 : 1,000 L/時間<br>供給温度 : 32°C $\Delta T = 5^\circ\text{C}$ (排出温度 37°C)  |
| ⑮ ブロー水排出条件  | 排出量 : 10 L/時間<br>排出温度 : 40°C  |
| ⑯ シール水補給量   | 1.0 L/時間 (運転時) ~ 2,000 L/時間 (洗缶時)   |

⑰ 付属品	動力操作盤一式、電気ヒーター
3) 濃縮液貯槽	
① 形式	円筒密閉式ポリエチレン製タンク
② 数量	1 槽
③ 流入量	濃縮液 : 0.34 m <sup>3</sup> /日 (稼働日当たり)
④ 貯留日数	7 日
⑤ 所要容量	0.34 m <sup>3</sup> /日 × 7 日 = 2.38 m <sup>3</sup>
⑥ 設計容量	3.0 m <sup>3</sup>
⑦ 付属品	攪拌機 1.5kW
4) 濃縮液ポンプ	
① 形式	水中ポンプ
② 数量	1 台
③ 処理量	0.34 ton/日 (嵩比重 : 1.0 kg/L)
④ 運転時間	30 分/日
⑤ 所要能力	0.34 ton/日 × 1/30 分/日 × 1/1.0 kg/L × 10 <sup>3</sup> ≒ 11.4 L/分
⑥ 余裕率	1.2
⑦ 設計能力	11.4 L/分 × 1.2 ≒ 13.6 L/分

## 6. 全体フロー図

本事業で設置する濃縮装置および周辺機器の全体フロー図を以下に示す。

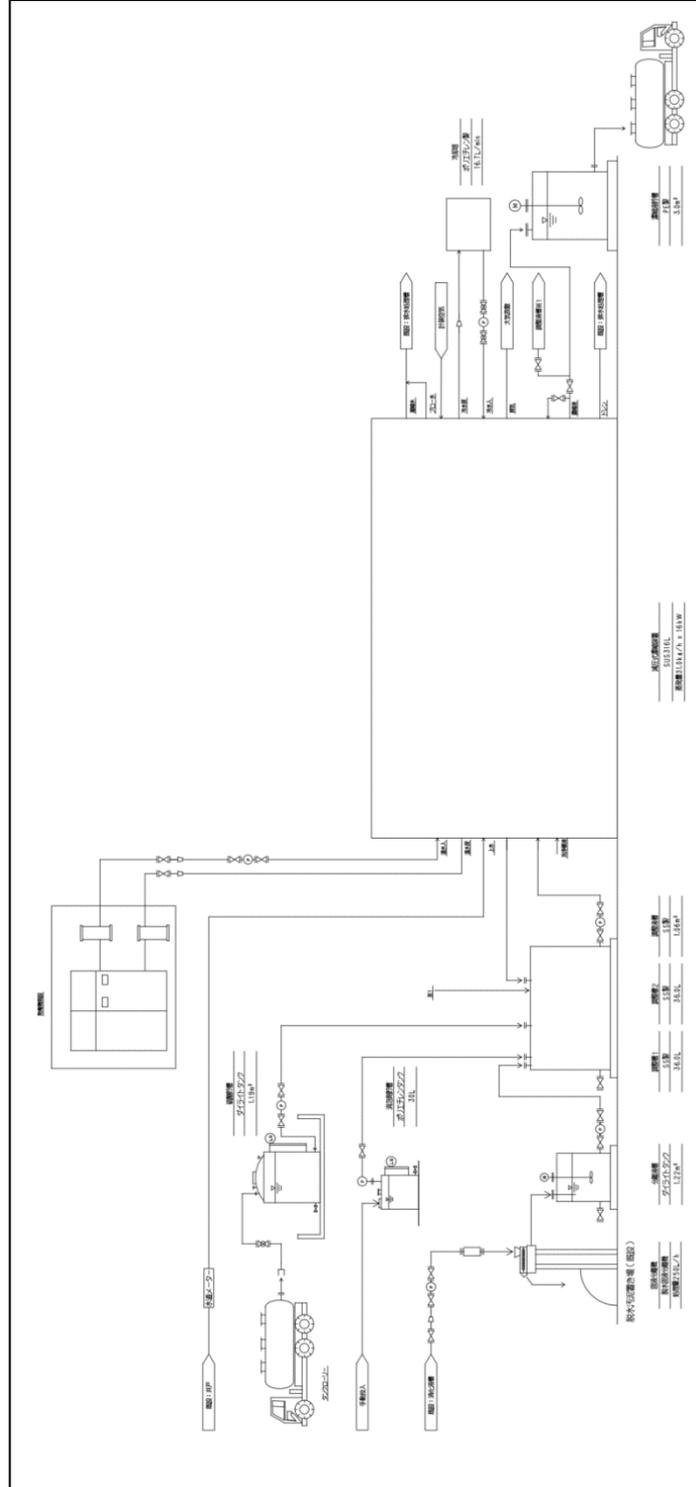


図5 全体フロー図

## 7. 機器配置図

本事業で設置する濃縮装置および周辺機器の機器配置図を以下に示す。

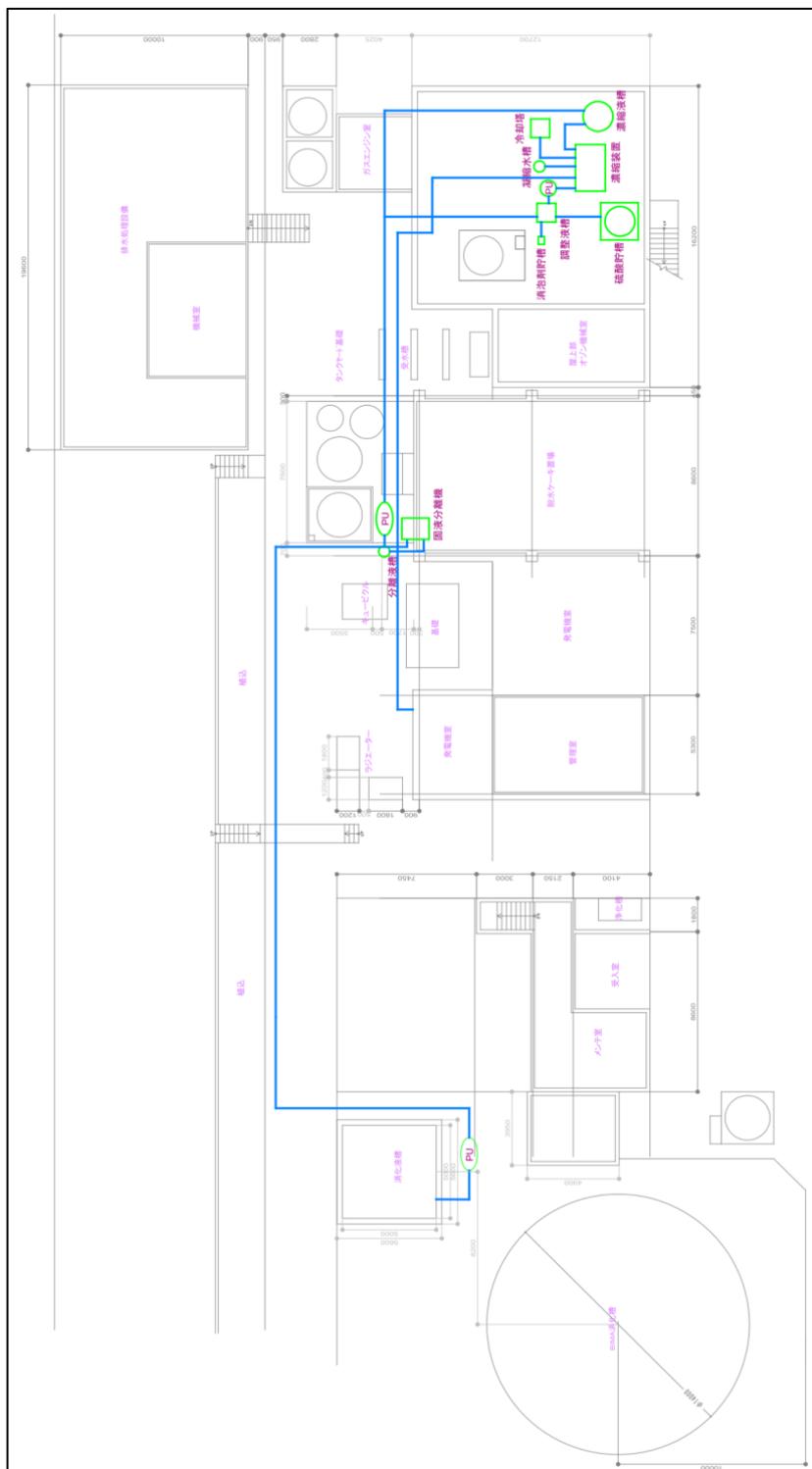


図6 機器配置図



## 9. 濃縮装置 機器仕様

### (1) 計画条件

#### 1) 供給液条件

① 調整液量	1081.4 kg/日 45.1 kg/時間
② 液比重 (仮定)	1.025
③ pH	4~5
④ TS	3.12 wt%
⑤ 供給液温度	25°C
⑥ 圧力	0.1MPa.G

#### 2) 濃縮液条件

① 濃縮液量	337.4 kg/日 14.1 kg/時間
② 液比重 (仮定)	1.085
③ TS	≤10.0 wt%
④ 濃縮液温度	65~80°C
⑤ 圧力	≥0.05 MPa.G

#### 3) 凝縮水条件 (シール水を除く)

① 凝縮水量	744.0 kg/日 31.0 kg/時間
② 凝縮水温度	約 40°C (30~80°Cで変動有)
③ 圧力	0.05 MPa.G

#### 4) 蒸発条件

① 蒸発能力	31.0kg/時間
--------	-----------

### (2) ユーティリティ使用量

#### 1) 電気

① 電力	200V 60Hz×3φ
② 設備能力	16 kW
③ 運転能力	14 kW (ヒータ使用時) 11 kW (ヒータ未使用時)

#### 2) 冷却水

① 供給圧力	0.2 MPa.G
② 圧力損失	0.1 MPa.G

- |         |                           |
|---------|---------------------------|
| ③ 供給温度  | 32℃以下                     |
| ④ 出口温度差 | 5℃                        |
| ⑤ 水質    | 水道水程度                     |
| ⑥ 設備能力  | 最大 1.0 m <sup>3</sup> /時間 |
| ⑦ 運転能力  | 1.0 m <sup>3</sup> /時間    |
| 3) 温水   |                           |
| ① 供給压力  | 0.2 MPa.G                 |
| ② 压力損失  | 0.1 MPa.G                 |
| ③ 供給温度  | 85℃                       |
| ④ 出口温度差 | 8℃                        |
| ⑤ 水質    | 水道水程度                     |
| ⑥ 設備能力  | 最大 2.0 m <sup>3</sup> /時間 |
| ⑦ 運転能力  | 1.0 m <sup>3</sup> /時間    |
| 4) 市水   |                           |
| ① 供給压力  | 0.2 MPa.G                 |
| ② 供給温度  | 25℃                       |
| ③ 設備能力  | 最大 2,000 L/時間             |
| ④ 運転能力  | 1.0 L/時間                  |
| 5) 計装空気 |                           |
| ① 供給压力  | 0.6 MPa.G                 |
| ② 供給条件  | 除湿・除塵                     |
| ③ 運転能力  | 1.0 Nm <sup>3</sup> /時間   |
| 6) 消泡剂  |                           |
| ① 投入方法  | 手投入                       |
| ② 運転能力  | 少量                        |

### (3) 濃縮装置写真

本事業で使用する濃縮装置の写真を以下に示す。



図8 濃縮装置 前面

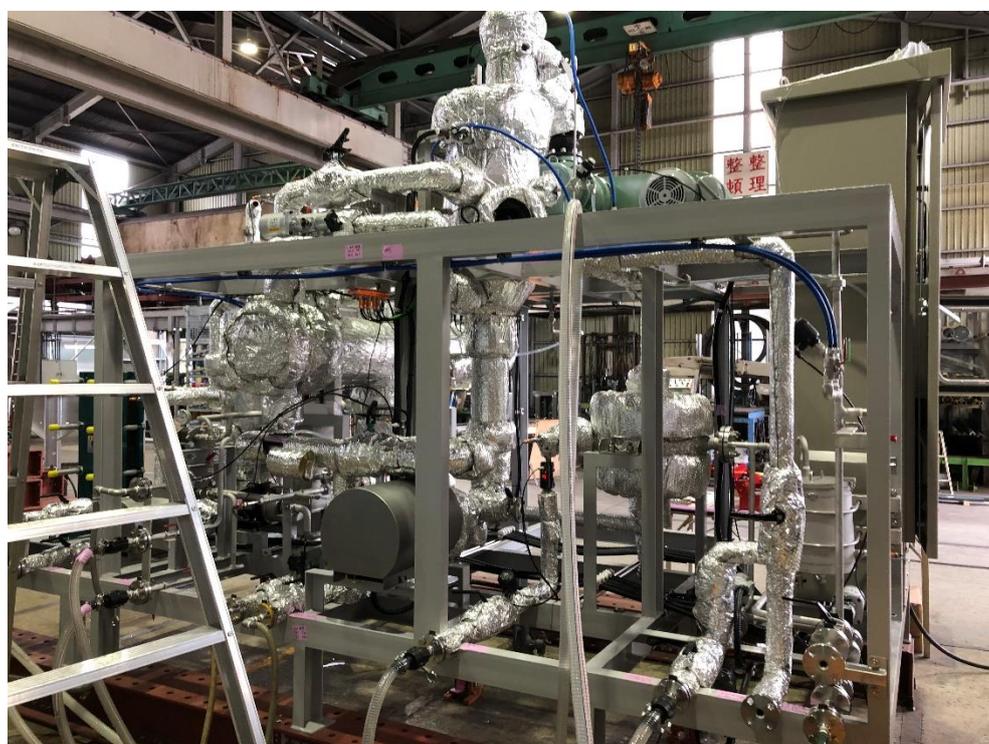


図9 濃縮装置 後面

## 第3章 稼働中のメタンガス化施設の状況調査

### 1. 目的

本技術の適用条件及び波及効果を検討するため、全国の稼働中のメタンガス化施設の内、主に消化液の液肥利用の実績のある施設を対象に、施設の基本情報・消化液利用状況・熱利用状況・排水処理状況についてヒアリングを行った。

### 2. 調査対象施設

本事業で稼働状況の調査を行った施設を以下の表6に示す。

表6 調査対象施設一覧

地域	施設名	計画処理量 (t/日)	投入原料 (t/日)	消化液利用		
				液肥	堆肥	水処理
北海道	鹿追町環境保全センター中鹿追バイオガスプラント	94.8	乳牛ふん：97.3 生ごみ：0.01	○		
北海道	鹿追町環境保全センター瓜幕バイオガスプラント	210	乳牛ふん尿：149.0 豚ふん尿：8.0 敷料等：7.9 雑排水・洗浄水：45.1	○		
北海道	美蔓バイオガスプラント	143	乳牛ふん尿：143	○	○	
北海道	別海バイオガス発電株式会社	285	家畜排せつ物：280 産廃系食品残渣：5	○		
中部	豊橋市バイオマス利活用センター	31	汚泥：約472 生ごみ：約59			○
近畿	八木バイオエコロジーセンター	84.7	乳牛ふん：76.8 おから：0.4 豆乳・豆かす：7.5	○	○	○
九州	おおき循環センター「くるるん」	38.9	し尿：6.2 浄化槽汚泥：28.3 生ごみ(家庭系・事業系)：3.9	○		
九州	みやま市バイオマスセンター「ルフラン」	129.9	家庭系生ごみ：5.3 事業系生ごみ：2.3 産業系食廃棄物：2.3 し尿：42 浄化槽汚泥：78	○		

### 3. 調査方法

ヒアリングは以下に示すシートを送付し、施設担当者に記入してもらう形で調査を行った

シン・エナジー株式会社					
「令和3年度脱炭素化・先導的廃棄物処理システム実証事業」 メタンガス化施設に関するヒアリングシート					
記入日： 年 月 日					
□基本データ					
法人名		施設名			
住所		ご担当者			
□施設全体について					
施設フロー	施設フロー図を添付してください。				
稼働日数	日/年	稼働時間			時間/日
バイオガス発生量	Nm <sup>3</sup> /日	消化液発生量			m <sup>3</sup> /日
発電出力	kW	発電量			kWh/年
建設費用					千円
維持管理費*	千円/年	メンテナンス費 機器更新費			千円/年
※各種ユーティリティ、薬品代					
□熱利用について					
発電排熱利用	有 ・ 無		熱利用先		
発生熱量	MJ/年	利用している熱量			MJ/年
□原料の情報					
原料投入時の前処理方法					
	原料の種類	投入量		備考 ※季節変動等	
		(t/年)	(t/日)		
	例：乳牛ふん尿	300	1.0		
1					
2					
3					
4					
5					
□施設の排水処理設備について					
排水処理方式					
放流先 河川 ・ 下水道					
放流水質 pH： 、 BOD： mg/L、 SS： mg/L、 COD <sub>Mn</sub> ： mg/L、 全窒素 (T-N)： mg/L					
排水処理可能量と現状の処理量		設計量	m <sup>3</sup> /日	現状の処理量	m <sup>3</sup> /日
排水処理設備の建設費用 千円					
排水処理設備の維持管理費*		千円/年	メンテナンス費 機器更新費	千円/年	
※各種ユーティリティ、薬品代					
□消化液利用について					
散布先 施設管理圃場 ・ 近隣農家 ・ その他 ( )					
散布量		m <sup>3</sup> /年	散布面積	a	
対象作物		畑作 ( ) ・ 水稻	散布時期・回数	月、回/年	
散布費用 千円/年 ※車輛レンタル代、燃料代、人件費など					
散布実施者 施設管理者 ・ 農家 ・ 自治体 ・ その他 ( )					
消化液貯留槽		有 ・ 無	貯留容量	m <sup>3</sup>	
□その他備考					
※ 消化液の成分・性状の分析データを添付してください。					

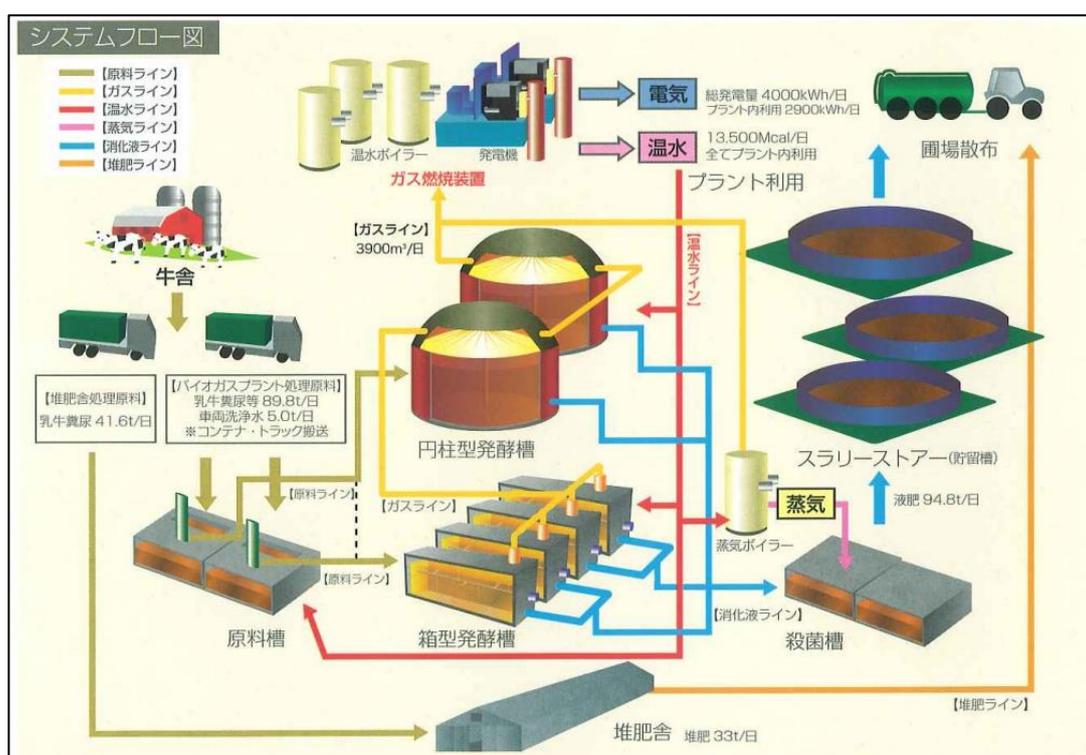
図10 ヒアリングシート

#### 4. ヒアリング結果

ヒアリングを行ったメタンガス化施設の内、フロー図についてヒアリングで回答のあった施設もしくはホームページ等で公表されている施設のフロー図を示す。ホームページ等からフロー図を引用した施設については、出典を示す。

また、メタンガス化施設のヒアリング回答を表10に示す。

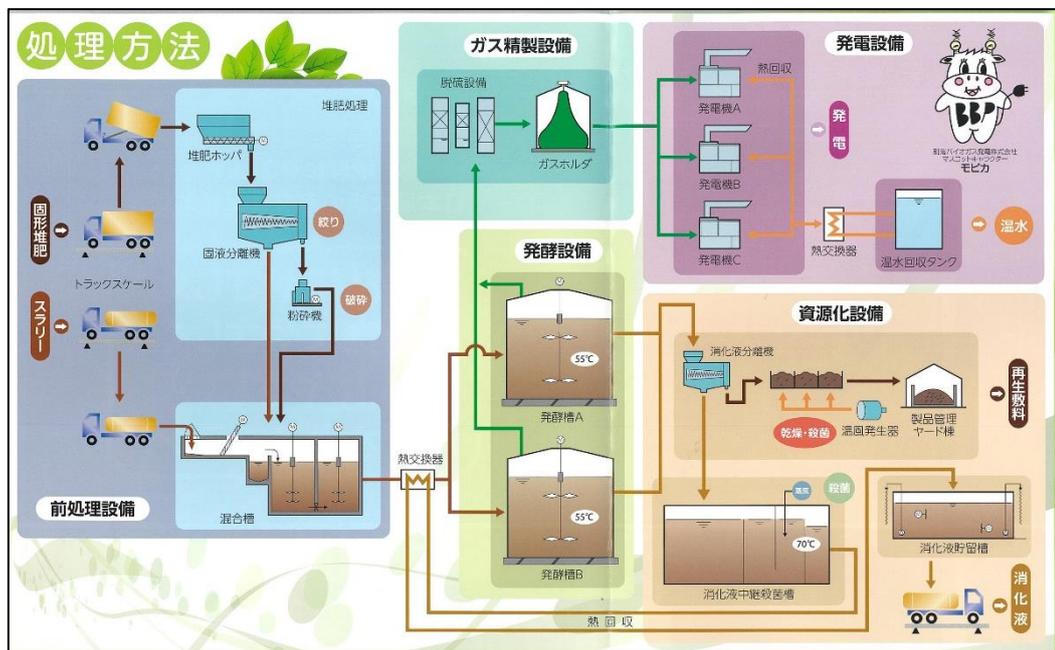
##### (1) 鹿追町環境保全センター中鹿追バイオガスプラント



出典：鹿追町環境保全センター パンフレット



(4) 別海バイオガス発電株式会社



(5) 豊橋市バイオマス利活用センター

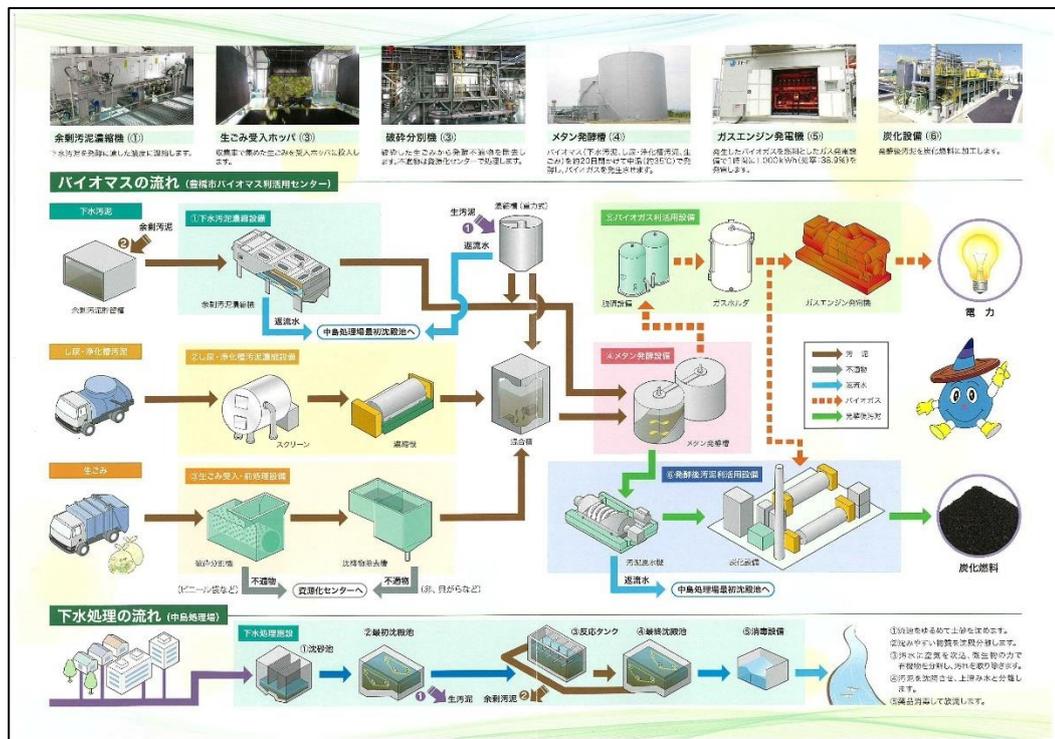




表7 メタンガス化施設のヒアリング結果まとめ

項目	単位	施設名							
		中鹿追バイオガスプラント	瓜幕バイオガスプラント	美蔓バイオガスプラント	別海バイオガス発電株式会社	豊橋市バイオマス利活用センター	八木バイオエコロジーセンター	おおき循環センター「くるるん」	みやま市バイオマスセンター「ルフラン」
事業主体	—	鹿追町	鹿追町	十勝清水バイオマスエネルギー(株)	別海バイオガス発電株式会社	豊橋市上下水道局	公益財団法人八木町農業公社	一般社団法人サステイナブルおおき	みやま市役所
住所	—	北海道河東郡鹿追町鹿追北4線5番地	北海道河東郡鹿追町瓜幕西30線25番地	北海道上川郡清水町字美蔓西22線97番地	北海道野付郡別海町別海2番地	愛知県豊橋市神野新田町字中島5番地	京都府南丹市八木町諸畑千田1番地1	福岡県三潴郡大木町横溝1331-1	福岡県みやま市瀬高町小川5番地
発酵方式	—	中温湿式	中温湿式	中温湿式	高温湿式	中温湿式	中温湿式	中温湿式	中温湿式
稼働日数	日/年	365	365	365	365	365	314	311	365
稼働時間	時間/日	24	24	24	24	24	8.5	8	24
バイオガス発生量	Nm <sup>3</sup> /日	3,900	6,550	5,900	8,000	9,397	626,431	400	631
消化液発生量	m <sup>3</sup> /日	90	190	46,757	210	無回答	23,439	15	10,718
発電出力	kW	290	750	494	1,800	1000	25kW*6台 80kW*1台	25kW*2	100
発電量	kWh/年	2,000,000	5,600,000	3,596,000	7,300,000	6,823,541	1,166,165	248,000	415,738
建設費用	千円	848,000	2,850,000	1,850,000	2,400,000	9,175,635	406,880	520,000	1,860,000
維持管理費	千円/年	80,000	150,000	非公表	無回答	107,785	907	7,573	33,168
メンテナンス費・機器更新費	千円/年	無回答	無回答	非公表	無回答	156,695	14,405	6,933	88,234

基本情報

表7 メタンガス化施設のヒアリング結果まとめ

項目		単位	施設名							中鹿追バイオガスプラント	瓜幕バイオガスプラント	美蔓バイオガスプラント	別海バイオガス発電株式会社	豊橋市バイオマズ利活用センター	八木バイオエコロジーセンター	おおき循環センター「くるるん」	みやま市バイオマズセンター「ルフラン」
原料	原料投入時の前処理方法	—	無	無	無	無回答	下水汚泥、し尿・浄化槽汚泥：濃縮 生ごみ：破碎、発酵不適物除去	無回答	し尿・浄化槽汚泥：夾雑物除去装置 生ごみ：破碎分別装置	生ごみ：微破碎処理 し尿・浄化槽汚泥：脱水濃縮 食品工場残渣及び汚泥：直接投入							
	原料種	—	乳牛ふん尿：60,825t/年 下水汚泥：1,487t/年	乳牛ふん尿：60,000t/年	乳牛ふん尿：51,866t/年	乳牛ふん尿：87,600t/年 動植物性残渣：14,600t/年	下水汚泥：351.0t/日 し尿・浄化槽汚泥：121.0t/日 生ごみ（家庭・事業系一般廃棄物）：59.0t/日	乳牛ふん尿：20,399.12t/年 豆乳・崩豆腐：2,744.36t/年 おから：252.84t/年 豆かす：34.33t/年 酒粕：8.05t/年	し尿：1,949t/年 浄化槽汚泥：8,824t/年 生ごみ（家庭系・事業系）：1,240t/年	家庭系生ごみ：1,256t/年 事業系生ごみ：349t/年 食品工場残渣および汚泥：65t/年 し尿：15,518t/年 浄化槽汚泥：22,772t/年							
排水処理設備	排水処理方式	—	該当設備無	該当設備無	該当設備無	該当設備無	隣接する下水処理場にて処理	活性汚泥法	高負荷脱窒素処理方式	膜処理高負荷脱窒素処理方式							
	放流先	—	無	無	無	無	下水道	河川	合併浄化槽の漲水として利用	河川							
	放流水質	—	無	無	無	無	無回答	pH：7.7 BOD：1.3mg/L SS：10mg/L COD <sub>Mn</sub> ：39mg/L 全窒素（T-N）：27mg/L	pH：7.0 BOD：4.0mg/L SS：23mg/L COD <sub>Mn</sub> ：15mg/L 全窒素（T-N）：— mg/L	pH：8.1 BOD：1.0mg/L 未満 SS：2mg/L 未満 COD <sub>Mn</sub> ：16mg/L 全窒素（T-N）：6.3mg/L							

表7 メタンガス化施設のヒアリング結果まとめ

項目	単位	施設名								
		中鹿追バイオガスプラント	瓜幕バイオガスプラント	美蔓バイオガスプラント	別海バイオガス発電株式会社	豊橋市バイオマス利活用センター	八木バイオエコロジーセンター	おおき循環センター「くるるん」	みやま市バイオマスセンター「ルフラン」	
排水処理設備	排水処理可能量 (設計値)	m <sup>3</sup> /日	無	無	無	無	無	45.3	42.6	120.0
	現状の処理量	m <sup>3</sup> /日	無	無	無	無	無	43.8	29.6	105.0
	排水処理設備の建設費用	千円	無	無	無	無	無	171,052	「施設全体について」に含む	566,276 (排水処理施設に係る機械工事、土木工事の合計)
	排水処理設備の維持管理費	千円/年	無	無	無	無	無	31,893	「施設全体について」に含む	内訳無
	メンテナンス費・機器更新費	千円/年	無	無	無	無	無	5,319	「施設全体について」に含む	内訳無し
消化液利用状況	散布先	—	受益酪農家、耕種農家	受益酪農家、耕種農家	その他(草地・デントコーン・一部畑地)	近隣農家	炭化処理	近隣農家	近隣農家	近隣農家
	散布量	m <sup>3</sup> /年	40,542	61,000	46,757	70,000	無	4,040	5,555	10,000
	散布面積	a	1,091	1,400	無回答	不明	無	11,100	12,555	15,000
	対象作物	—	飼料作物、耕種作物	飼料作物、耕種作物	酪農用自給飼料(牧草・デントコーン)	牧草	無	水稻	水稻・麦・菜の花・畑等	麦、菜種、筍など
	散布時期・回数	月・回/年	4月～10月	4月～10月	無回答	3	無	無回答	4,5,6月・10,11月 2回/年	水稻:4・9月 麦:11月
	散布費用	千円/年	24,000	29,400	非公表	不明	無	無回答	829	9,759

表7 メタンガス化施設のヒアリング結果まとめ

項目	単位	施設名								
		中鹿追バイオガスプラント	瓜幕バイオガスプラント	美蔓バイオガスプラント	別海バイオガス発電株式会社	豊橋市バイオマス利活用センター	八木バイオエコロジーセンター	おおき循環センター「くるるん」	みやま市バイオマスセンター「ルフラン」	
消化液利用状況	散布実施者	—	自治体	自治体	施設管理者	農家	無	無回答	施設管理者	無回答
	消化液貯留槽	—	有	有	有	有	無	有	有	有
	貯留容量	m <sup>3</sup>	23,939	56,140	敷地内 20,000 m <sup>3</sup> +サテライト有	17,000	無	300	1,200m <sup>3</sup> ×1基 1,000m <sup>3</sup> ×2基	4,000m <sup>3</sup> ×2基
熱利用状況	発電排熱利用有無	—	有	有	有	有	有	有	有	有
	熱利用先	—	原料槽、発酵槽、チヨウザメ施設、マンガーク栽培、サツマイモ保管	原料槽、発酵槽	調整槽・発酵槽・殺菌槽他場内利用	発酵槽温度維持(温水)	メタン発酵槽(加温)	消化槽加温・管理室暖房等	発酵槽加温、熱殺菌用	発酵槽加温・生ごみ収集桶洗浄水熱源・液肥殺菌槽加温
	発生熱量	MJ/年	20,695,500	4,510,000	データなし	無回答	無回答	19,847,595	2,647,000	449,474
	利用熱量	MJ/年	18,000,000	4,510,000	データなし	無回答	無回答	17,087,923	1,509,000	449,474

## 5. 消化液成分例

ヒアリングを実施したメタンガス化施設の内、消化液の成分について回答のあった施設の成分を以下の表8に示す。

また、それぞれの消化液について、本技術で想定される濃縮倍率（2.4倍）で濃縮した場合の濃縮液の想定される性状についても示す。

表8 施設ごとの消化液の性状及び想定される濃縮液の性状

項目	単位	美蔓バイオガスプラント		八木バイオロジーセンター		ルフラン	
		消化液	濃縮液	消化液	濃縮液	消化液	濃縮液
TS	mg/L	45,900	110,160	46,000	110,400	23,000	55,200
VS	%-TS	70.8	70.8	70.0	70.0	—	—
COD <sub>mn</sub>	mg/L	61,750	—	—	—	—	—
全窒素	mg/L	—	—	3,000	7,200	3,100	7,440
全リン酸	mg-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /L	—	—	900	2,160	1,000	2,400
カリウム	mg-K <sub>2</sub> O/L	—	—	6,000	14,400	560	1,344

## 第4章 消化液および濃縮液の有効性・安全性の検証

### 1. ポット試験計画

#### (1) 目的

試験圃場で作物に対して消化液および濃縮液を与え栽培を行うことにより、植害の有無および育成への影響（肥効）を調査することを目的とする。試験は八木バイオエコロジーセンターから排出される消化液を用い、コマツナおよび水稻の栽培を行う。

消化液に含まれる栄養塩の濃度は低いですが、濃縮液では全ての塩濃度が上昇する。このため濃縮液を用いて野菜を栽培した後、跡地土壌の塩集積が、次作の生育に影響しないような肥培管理が求められる。この点に留意して栽培種を選び、施肥と灌水を計画することが必要となる。

#### (2) コマツナ *Brassica napa L.* を用いたポット試験

##### 1) 土壌

京都市左京区の比叡山山麓にある修学院離宮内の林ノ脇圃場の土壌を使用する。林ノ脇圃場はかつて水田だったが、水田耕作が放棄された後、樹木が再生し、その下で生成した土壌である。

##### 2) ポットサイズ

直径 11cm × 深さ 10cm

##### 3) 試験区画

合計 48 区画（処理区 16 区画×3 反復）

##### 4) 処理区

処理区①～⑬には、リン酸と加里をそれぞれ 10kg-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/10a、10kg-K<sub>2</sub>O/10a となるようにリン酸二水素カリウム及び塩化カリウムを加える。

- ① 無窒素対照区
- ② 硫酸アンモニウム（窒素量 50 mg）
- ③ 硫酸アンモニウム（窒素量 100 mg）
- ④ 硫酸アンモニウム（窒素量 200 mg）
- ⑤ 消化液（全窒素量 50 mg）
- ⑥ 消化液（全窒素量 100 mg）
- ⑦ 消化液（全窒素量 200 mg）
- ⑧ 濃縮液（全窒素量 50 mg）

- ⑨ 濃縮液（全窒素量 100 mg）
- ⑩ 濃縮液（全窒素量 200 mg）
- ⑪ 濃縮液（アンモニア態窒素 50 mg）
- ⑫ 濃縮液（アンモニア態窒素 100 mg）
- ⑬ 濃縮液（アンモニア態窒素 200 mg）
- ⑭ 消化液（全窒素量 200 mg、リン酸・加里の添加無）
- ⑮ 濃縮液（全窒素量 200 mg、リン酸・加里の添加無）
- ⑯ 濃縮液（アンモニア態窒素 200 mg、リン酸・加里の添加無）

## 5) 分析

### ① 乾物重量

コマツナ地上部を収穫し乾燥器（70℃）で恒量まで乾燥させ、乾物重量を測定する。

### ② 窒素含有量

乾燥試料を電動ミキサーで粉碎し、全炭素窒素分析装置により窒素含有量を測定する。

土壌にはもともと作物が吸収できる窒素があり、無施肥の場合の生育量は土壌に内在している窒素量によって規定され、施肥された窒素が上乘せされる。コマツナが吸収した窒素量から無窒素対照区でコマツナが吸収した窒素量を引いた窒素量の、それぞれの窒素施肥量に対する割合を施肥窒素の回収率とする。

$$\text{窒素回収率 (\%)} = \frac{\text{窒素吸収量} - \text{無窒素対照区での窒素吸収量}}{\text{窒素施肥量}} \times 100$$

### ③ 電気伝導率

栽培後の土壌を風乾し、コマツナの根を除きフルイにかけ土壌試料とする。土壌試料と水の比が 1 : 5 となるようにし、1 : 5 水抽出する。抽出液上清の pH を pH 電極、電気伝導度を EC メーターで測定する。

## (2) 水稻 *Oryza sativa* を用いたポット試験

### 1) 土壌

京都市左京区の比叡山山麓にある修学院離宮内の林ノ脇圃場の土壌を使用する。林ノ脇圃場はかつて水田だったが、水田耕作が放棄された後、樹木が再生し、その下で生成した土壌である。

### 2) ポットサイズ

1/2,000 a ワグネルポット（断面積 0.05 m<sup>2</sup>、深さ 30 cm）

### 3) 試験区画

合計 24 区画 (処理区 8 区画×3 反復)

### 4) 処理区

本試験では、消化液に含まれる即効性窒素がアンモニウムイオンの重碳酸塩なのに対し、濃縮液ではアンモニウムイオンの硫酸塩が主体であることの肥料としての効果の違いを検証する。さらに、濃縮液の施用時期を田植えの 2 日前と 7 日前に設定し、この間のアンモニア揮散の影響の検証を行う。

実際の圃場においては、消化液散布から田植えまでの時間が長く空くと、アンモニアの揮散だけでなく、硝化によってアンモニウムイオンが硝酸イオンに酸化され、入水時に水とともに流亡してしまう可能性もある。水田に施用される消化液・濃縮液の窒素の挙動について詳細な追跡が必要である。

処理区①～③には、リン酸と加里をそれぞれ 10kg-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/10a、10kg-K<sub>2</sub>O/10a となるようにリン酸二水素カリウム及び塩化カリウムを加える。

#### ① 無窒素対照区

② 硫酸アンモニウム (アンモニア態窒素 500 mg、田植え 7 日前施用)

③ 硫酸アンモニウム (アンモニア態窒素 500 mg、田植え 2 日前施用)

④ 消化液 (アンモニア態窒素 500 mg、田植え 7 日前施用)

⑤ 消化液 (アンモニア態窒素 500 mg、田植え 2 日前施用)

⑥ 濃縮液 (アンモニア態窒素 500 mg、田植え 7 日前施用)

⑦ 濃縮液 (アンモニア態窒素 500 mg、田植え 2 日前施用)

⑧ 濃縮液 (ケルダール窒素 500 mg)

### 5) 分析

#### ① 乾物重量

収穫したイネ試料はビニールハウスで 2 週間乾燥させ、穂と藁に分けて分析する。穂は籾を取り外し、籾は風選により空籾と充填籾に分ける。70°Cの乾熱器で 3 日間乾燥させ、充填籾と藁の乾物重量を測定する。

#### ② 窒素含有率

処理区 (②～⑧) ではアンモニア態窒素を <sup>15</sup>N 標識して、アンモニア態窒素の挙動を追跡する。

籾と藁は電動ミキサーで粉碎し、全窒素含有率分析および <sup>15</sup>N 同位体分析を行う。

## 2. 圃場散布試験計画

### (1) 目的

水稲もしくは耕種作物の栽培を行っている圃場で散布実験を行い、散布物毎の生育状況を調査する。その際、運搬に係る時間・散布に係る時間を実測し、散布物毎の散布効率やCO<sub>2</sub>排出量を検証することを目的とする。

日本で消化液を施肥する圃場は、一部北海道などの地域を除いて、多くの場合水稲栽培を行う水田である。そのため、水田への施肥に比べ畑地への施肥の知見は乏しく、消化液利用が進まない一つの要因となっている。

本事業では、畑作の麦および水田の水稲を用いた圃場散布試験計画の策定をし、令和4年度および令和5年度に圃場散布試験を実施する。それらの結果を基に、濃縮液利用の全国展開への戦略を検討する。

### (2) 令和4年度：麦

#### 1) 試験場所

京都府南丹市 もしくは 京都市

#### 2) 対象作物

小麦、大麦 もしくは 菜種 など

#### 3) 栽培担当者

栽培を行う地域で麦や菜種の栽培に長じた栽培者の協力のもと実施する。

#### 4) 試験区画

合計8区画（処理区4区画×2反復）

#### 5) 処理区

- ① 無施肥区
- ② 化学肥料区（慣行区）
- ③ 消化液区
- ④ 濃縮液区

#### 6) 散布量

- ・消化液散布量：4 t/10 a
- ・濃縮液散布量：アンモニア態窒素が消化液4 t/10 aに相当する量

#### 7) 分析

##### ① 収量調査

一区画の刈り取りを始める前、コンバインのグレインタンクを空にして、一区画刈り終わるとグレインタンクから軽トラに全粒を移す。一区画ごとに軽ト

ラの積載重量を測定し、該当処理区の収量とする。

② 収量構成要素

各処理区から代表的な 10 株程度を選定し、収量構成要素を分析する。

(3) 令和 4 年度：水稻

1) 試験場所

京都府南丹市の新八ヶ坪の圃場で行う。新八ヶ坪の圃場では以前より八木バイオエコロジーセンターから排出される消化液の散布を行っており、消化液を肥料とした水稻栽培の実績を持つ。

2) 試験区画

38.05 a

3) 散布量

令和 4 年度の栽培では消化液の施肥は行わない。令和 5 年度の水稲栽培に向けて無施肥栽培を行い、土壌に蓄積する肥料成分をイネに吸収させて抜き圃場のコンディショニングを行う。

4) 栽培・収穫

以下の図 1 1 に示す栽培歴に従い、通常行っている栽培方法を無施肥で行う。

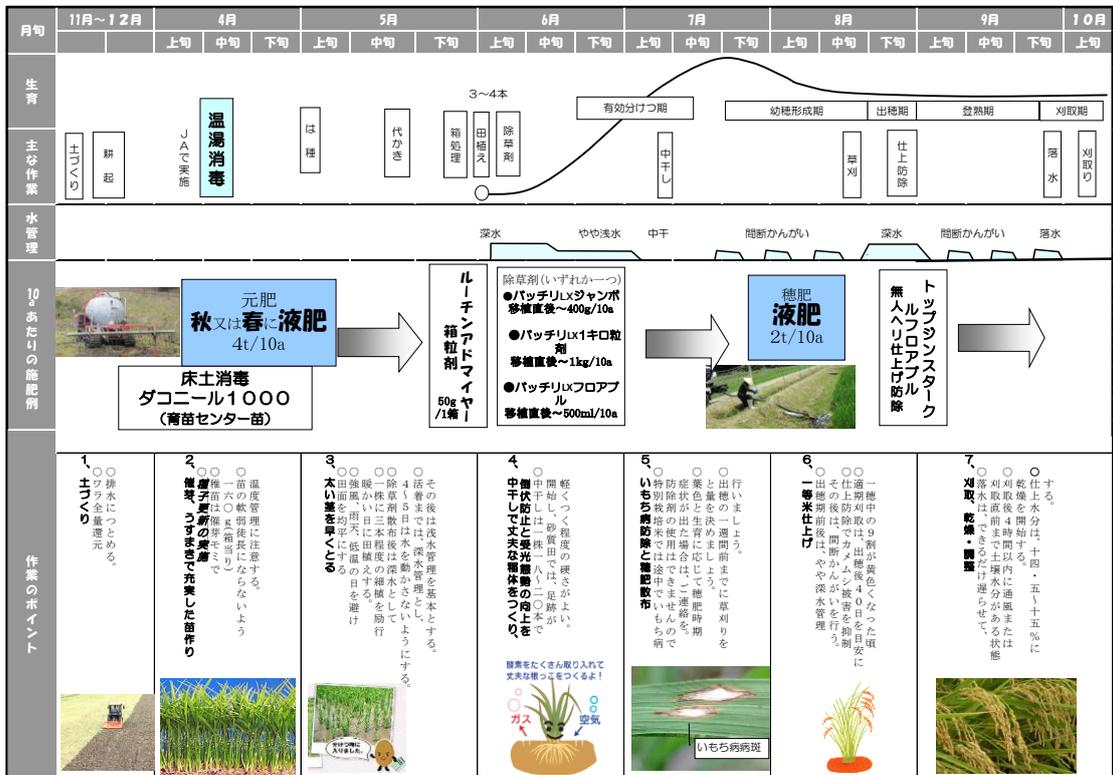


図 1 1 令和 3 年産京都八木産ヒノヒカリ 栽培指針 (液肥利用特別栽培米)

5) 分析

令和4年度は各種分析は実施しない。

(4) 令和5年度：水稲

1) 試験場所

京都府南丹市の新八ヶ坪の圃場で行う。

2) 試験区画

合計8区画(処理区4区画×2反復)

3) 処理区

- ① 無施肥区
- ② 化学肥料区(慣行区)
- ③ 消化液区
- ④ 濃縮液区

4) 散布量

消化液散布量：4 t/10 a

濃縮液散布量：アンモニア態窒素が消化液4 t/10 aに相当する量

5) 分析

① 収量調査

一区画の刈り取りを始める前、コンバインのグレインタンクを空にして、一区画刈り終わるとグレインタンクから軽トラに全籾を移す。一区画ごとに軽トラの積載重量を測定し、該当処理区の収量とする。

② 収量構成要素

各処理区から代表的な10株程度を選定し、収量構成要素を分析する。

③ 食味分析

全籾から5 kg程度をネット袋に採取し、各処理区の籾を収穫する。籾をブルーシート上で乾燥させ、脱ぶして玄米として分析を行う。

### 3. 濃縮液散布方法

#### (1) 目的

消化液の散布方法は様々あり、散布圃場の利用形態や規模によって導入する機械を検討する必要がある。日本でも表9に示すように、散布圃場の特性に合わせて様々な方法で消化液の散布が行われている。

しかし、濃縮液の散布方法を検討した知見はない。濃縮液は消化液に比べ含水率が低く粘度が高くなるため、従来の散布方法では散布機が目詰まりなどのトラブルが発生する可能性がある。

そのため、本事業では濃縮液の散布に適用可能性が高い散布方法を検討し、散布装置の試作を行い、令和4年度以降に予定している濃縮液の圃場散布試験に向けた準備を行う。

#### (2) 消化液散布方法の概要

日本で過去に導入された消化液の散布方法を以下に示す。

表9 消化液（液肥）の施用方法の概要

圃場	施用手法	概要	適用圃場	特徴	実施例
牧草地域	大型スラリースプレッダー	10t程度～25t程度の家畜ふん尿用スラリースプレッダーを使用	大規模な牧草地、畑地	広大な農地に効率的な施用が可能	北海道他
	小～中型スラリースプレッダー（バキュームカー）	5t程度の家畜ふん尿用のスラリースプレッダーを使用	牧草地、畑地	日本の一般的な牧草地に比較的効率的な施用が可能	全国の牧草地等
	肥培かんがい施設（牧草、畑）	メタン発酵液肥を水と混合し、かんがい用パイプラインを用いて圃場まで送水。圃場ではリールマシン等により施用	大規模な牧草地、畑地	広大な農地に効率的な施用が可能	北海道他

圃場	施用手法	概要	適用圃場	特徴	実施例
水田	改良小型スラリースプレッダー	家畜ふん尿用のスラリースプレッダーの吐出口を下向きに改良し、クローラードンプ(回転式)の荷台に乗せた機械を使用	水田の元肥(代掻き前)	日本の一般的な整備済み水田に効率的な施用が可能。吐出口が下向きのため、液肥が飛散しにくい。	九州他
	バキュームローリーによる流し込み	水田の水口より、バキュームローリーを停車させ、用水と同時に液肥を供給	水田の元肥(代掻き後)、追肥	日本の一般的な水田に適用可能	九州他
	肥培かんがい施設(水田)	牧草地における肥培かんがいを参考に、液肥貯留槽、ポンプ、用水・液肥混合槽、パイプラインを用いて水田の水口より用水と合わせて液肥を施用	水田の元肥(代掻き後)、追肥、転作畑において畝間かんがいの手法が適用可能	日本の一般的な整備済み農地に効率的な施用が可能。施肥の時期の自由度が高まる。	実証試験
畑地等	改良小型スラリースプレッダー	水田用と同様	麦の元肥、追肥施用、菜の花の元肥等	日本の一般的な整備済みの転作水田や畑に効率的な施用が可能。吐出口が下向きのため、液肥が飛散しにくい。	九州他

圃場	施用手法	概要	適用圃場	特徴	実施例
畑地等	畝間かんが い的手法	畑の畝間に液肥を流 し込む方法	キャベツ、 レタス、ス イートコー ン等	日本の一般 的な畑地に 効率的な施 用が可能	全国各地
	畑地用マイ クロかんが いチューブ	液肥タンク、ポンプ、 フィルターを通した 液肥を畑地かんがい 用チューブを用いて 施用	アスパラガ ス、キュウ リ等のハウ ス野菜	自由度の高 い施肥管理 が可能。ハ ウスや樹園 地等の付加 価値の高い 作物への適 用が可能。	九州他 実証試験

出典：岩下・岩田（2010）メタン発酵消化液の液肥利用マニュアル. より一部編集

### (3) 濃縮液散布装置の検討

#### 1) 濃縮液散布装置の試作

京都大学大学院農学研究科において、農家が所有しているトラクタで消化液及び濃縮液を散布する手法（図12）について開発中である。



図12 トラクタでの散布装置

図12はトラクタの3点リンクヒッチに角型バケットを装着し、バケット内に300Lローリータンク、ガソリンエンジン発電機を搭載した。タンク内に設置した汚物用ポンプによりタンク内の消化液を移送し、角型バケットに装着した塩ビパイプ製の散布装置により散布する。

この方法では、散布幅を1.5m、10aあたりの散布量を1トンとすると長辺が100mである標準的な圃場で1往復ごとに1回の補給となり、理論作業量と実際の圃場作業量の比率である圃場作業効率は30%程度となる。この圃場作業効率を高めるためには、積載する液肥量増やす必要があるが、そのためにはトラクタのサイズを大きくする必要があり困難である。そこで、バキュームカーからエンジンポンプ、リールマシンを介して直接トラクタへ液肥を供給しながら散布する方法を用いている事例を調査した。

## 2) 散布方法に関する現地調査

令和4年3月10日に沖縄県島尻郡八重瀬町の八重瀬町バイオガスプラントを訪問し、液肥散布方法について調査を行った。八重瀬町バイオガスプラントは、乳牛ふん尿、食品廃棄物を原料とした中温湿式メタン発酵であり、八木バイオエコロジーセンターとほぼ同様の施設である。乳牛ふん尿について発酵槽投入前に固液分離し、固形分を堆肥化に回しているところが相違点である。

八重瀬町バイオガスプラントの基本情報を以下に示す。

- ① 事業主体 : 株式会社 八重瀬堆肥センター
- ② 所在地 : 沖縄県島尻郡八重瀬町富盛 1615-1
- ③ 原料 : 乳牛ふん尿、食品残さ
- ④ 計画処理量 : 50 t/日
- ⑤ 発酵方式 : 中温湿式
- ⑥ バイオガス発生量 : 1,000 Nm<sup>3</sup>/日

八重瀬町バイオガスプラントでは、液肥散布にリールマシンを介して直接トラクタを用いる手法をとっており、圃場作業効率を高めている。



図13 八重瀬町の液肥散布の様子

図13で示されている写真右側の液肥散布車はタンク容量9トンの強力吸引車である。液肥散布車から写真中央のキャリアカーに設置したエンジンポンプによりトラクタへ液肥を移送し、圃場に散布する。実際に液肥散布時間を計測した結果、9トンの消化液散布に必要な時間は25分程度であった。液肥散布車が圃場に到着し、実際に散布が始まるまでに必要な時間は5分程度であったため、この散布方法での圃場作業効率は約83%であった。

9トンの液肥散布車が圃場に接する農道へ直接侵入できるのは、沖縄県の主要農産物がサトウキビであり、収穫時に大型のトラックで運搬することから農道が広いためである。南丹市においては3トンのバキュームカーで運搬し、同様の作業を行ったとすると、圃場作業効率62.5%での作業が見込める。

この散布方法では、リールマシンからトラクタへ液肥を供給する際のホースの接続方法がポイントとなる。

図14にこの散布方法のポイントとなる部分を示す。



図14 トラクタへのホースの接続方法

## 第5章 CO<sub>2</sub>排出量削減効果

### 1. CO<sub>2</sub>削減効果の検証方法

#### (1) 前提条件

メタンガス化施設の内、原料投入から消化液排出までの設備は同じとし、消化液処理行程での比較を行う。現状システムを消化液の排水処理を行っている場合とし、液肥利用を行う場合、濃縮技術を導入した場合での比較を行う。単純焼却については、家畜ふん尿を焼却処理することはないため、今回は比較を実施しない。

また、消化液処理・利用の想定として、メタンガス化施設における消化液排出量を50 ton/日規模とし、投入原料は家畜ふん尿と仮定する。投入原料を家畜ふん尿とする理由は、国内のメタンガス事業における市場として最も大きく、かつ、液肥として利用しやすい点からである。

#### (2) 対象

メタン発酵後の消化液の処理・利用に関わる以下の4つの場合についてCO<sub>2</sub>排出量をそれぞれ試算する。

- ・ケース1：全量排水処理（排水処理および化学肥料散布）
- ・ケース2：全量液肥利用（液肥散布）
- ・ケース3：濃縮処理＋濃縮液散布（濃縮処理および濃縮液散布）
- ・ケース4：排水処理 50%＋濃縮処理 50%（排水処理、濃縮処理および濃縮液散布）

### 2. CO<sub>2</sub>発生量の試算

#### (1) 排水処理

1) 処理プロセス：消化脱窒＋凝集沈殿＋ろ過・活性炭＋脱水

2) 排水処理設備全体でのCO<sub>2</sub>排出量

生物処理工程でのCO<sub>2</sub>排出量：70.2 tCO<sub>2</sub>/年

電気使用でのCO<sub>2</sub>排出量：557.5 tCO<sub>2</sub>/年

$$\cdot 70.2 \text{ tCO}_2/\text{年} + 557.5 \text{ tCO}_2/\text{年} = 627.7 \text{ tCO}_2/\text{年}$$

よって、排水処理設備からのCO<sub>2</sub>排出量は、627.7 tCO<sub>2</sub>/年と算出した。



### (3) 液肥散布

#### 1) 輸送・散布条件

液肥の輸送・散布は、0.1 ha の圃場に 5.0 t の液肥を施用し、メタンガス化施設に戻る行程を 1 回の散布とする。輸送に利用するバキューム車、2t トラックの燃料消費量は、それぞれ 5.5 km/L、7.0 km/L、液肥散布車の燃料使用量は 18 L/ha とする (中村 2011)。メタンガス化施設から散布圃場までの平均直線距離は 5km とし、平均道路距離への換算は森田ら (2014) が全国 112 都市における道路距離を直線距離で算出した係数 1.3035 を使用する。

使用燃料は軽油であり、環境省「算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧」から排出係数は 2.58 kCO<sub>2</sub>/L を用いて試算を行う。

##### ① 消化液発生量

$$\cdot 50\text{t/日} \times 365 \text{日/年} = 18,250 \text{ t/年}$$

##### ② 1年間で液肥の散布に必要な圃場面積

$$\cdot 18,250 \text{ t/年} \div 5.0 \text{ t/0.1ha} \times 10^{-1} \doteq 365.0 \text{ ha}$$

##### ③ 散布回数

$$\cdot 365.0 \text{ ha/年} \div 0.1 \text{ ha/回} = 3,650 \text{ 回/年}$$

##### ④ 圃場・施設間の平均移動距離

$$\cdot 5 \text{ km} \times 1.3035 \times 2 \text{ 回} = 13.035 \text{ km/回}$$

#### 2) 液肥の輸送・散布に係る CO<sub>2</sub> 排出量

##### ① 燃料使用量

$$\cdot \text{バキューム車} : 13.035 \text{ km/回} \div 5.5 \text{ km/L} \times 3,650 \text{ 回/年} \doteq 8,651 \text{ L/年}$$

$$\cdot 2 \text{ t トラック} : 13.035 \text{ km/回} \div 7.0 \text{ km/L} \times 3,650 \text{ 回/年} \doteq 6,797 \text{ L/年}$$

$$\cdot \text{液肥散布車} : 365 \text{ ha/年} \times 18 \text{ L/ha} = 6,570 \text{ L/年}$$

##### ② CO<sub>2</sub> 排出量

$$\cdot \text{バキューム車} : 8,651 \text{ L/年} \times 2.58 \text{ kCO}_2/\text{L} \doteq 22,319.6 \text{ kCO}_2/\text{年}$$

$$\cdot 2 \text{ t トラック} : 6,797 \text{ L/年} \times 2.58 \text{ kCO}_2/\text{L} \doteq 17,536.2 \text{ kCO}_2/\text{年}$$

$$\cdot \text{液肥散布車} : 6,570 \text{ L/年} \times 2.58 \text{ kCO}_2/\text{L} = 16,950.6 \text{ kCO}_2/\text{年}$$

$$\begin{aligned} \cdot \text{合計} & : 22,319.6 \text{ kCO}_2/\text{年} + 17,536.2 \text{ kCO}_2/\text{年} + 16,950.6 \text{ kCO}_2/\text{年} \\ & = 56,806.4 \text{ kCO}_2/\text{年} \doteq 56.8 \text{ tCO}_2/\text{年} \end{aligned}$$

よって、液肥散布に係る CO<sub>2</sub> 排出量は、**56.8 tCO<sub>2</sub>/年**と算出した。

#### 3) 消化液施肥後の土壌から発生する温室効果ガス

消化液の土壌への施肥後、消化液に含まれる窒素成分の内、一部は硝化過程に N<sub>2</sub>O として大気中に揮散する。

消化液に含まれる窒素の内、N<sub>2</sub>O として大気中に揮散する割合は、消化液施肥の

先行研究において示された値 0.41%を使用し、算出した（中村 2011）。また、引用した値は、無施肥区（対照区）での N<sub>2</sub>O を差し引いた正味の発生量である。

- ・消化液散布量 : 18,250 t/年
- ・消化液中の窒素量 : 3,000 mg-N/L
- ・N<sub>2</sub>O 発生量 : 0.41%
- ・N<sub>2</sub>O の地球温暖化係数 : 298 tCO<sub>2</sub>/ tN<sub>2</sub>O

① 消化液中の窒素量

$$18,250 \text{ t/年} \times 3,000 \text{ mg-N/L} \times 10^{-6} \doteq 54.75 \text{ tN/年}$$

② 土壌からの N<sub>2</sub>O 発生量

$$54.75 \text{ tN/年} \times 0.41\% \doteq 0.2245 \text{ tN}_2\text{O/年}$$

③ CO<sub>2</sub> 排出量

$$0.2245 \text{ tN}_2\text{O/年} \times 298 \text{ tCO}_2/\text{ tN}_2\text{O} \doteq 66.9 \text{ tCO}_2/\text{年}$$

よって、消化液施肥後に土壌から揮散する CO<sub>2</sub> 排出量は、**66.9 tCO<sub>2</sub>/年**と算出した。

#### （4）消化液の濃縮処理

1) 濃縮装置からの CO<sub>2</sub> 排出量の根拠

濃縮装置の導入により、消化液処理に係る電力使用量が増加する。そのため、装置導入により増加する電力量から CO<sub>2</sub> 排出量を算出する。電力係数は、本事業の公募資料で提示された 0.470 tCO<sub>2</sub>/MWh を使用する。

濃縮装置に係る電力を 2,760 kWh/日とする。また、装置の稼働日数を 300 日/年として試算する。

① 消費電力量

$$\cdot 2,760 \text{ kWh/日} \times 300 \text{ 日/年} = 828,000 \text{ kWh/年}$$

② CO<sub>2</sub> 排出量

$$\cdot 828,000 \text{ kWh/年} \times 0.470 \text{ tCO}_2/\text{MWh} \times 10^{-3} \doteq 389.2 \text{ tCO}_2/\text{年}$$

よって、濃縮処理に係る CO<sub>2</sub> 排出量は、**389.2 tCO<sub>2</sub>/年**と算出した。

2) 濃縮液の輸送・散布に係る CO<sub>2</sub> 排出量

濃縮液は消化液に対し 2.4 倍に濃縮されており、散布に係る CO<sub>2</sub> 排出量も同様に削減されるものとする。

$$\cdot \text{濃縮液散布に係る CO}_2 \text{ 排出量} : 56.8 \text{ tCO}_2/\text{年} \div 2.4 = 23.7 \text{ tCO}_2/\text{年}$$

よって、液肥散布に係る CO<sub>2</sub> 排出量は、**23.7 tCO<sub>2</sub>/年**と算出した。

3) 濃縮液施肥後の土壌から発生する温室効果ガス

消化液へ硫酸を添加することにより、消化液中に含まれるアンモニア態窒素は

硫酸アンモニウム（硫安）へ変化する。硫安は非揮発性の物質であるが、一部は窒素の硝化過程に  $N_2O$  として大気中に揮散する。

濃縮液に含まれる窒素の内、 $N_2O$  として大気中に揮散する割合は、消化液施肥の先行研究において示された値 0.11% を使用し、算出した（中村 2011）。また、引用した値は、無施肥区（対照区）での  $N_2O$  を差し引いた正味の発生量である。

① 濃縮液散布量

$$18,250 \text{ t/年} \times 1/2.4 \text{ 倍} \doteq 7,604.2 \text{ t/年}$$

② 濃縮液中の窒素量

$$\cdot 3,000 \text{ mg-N/L} \times 2.4 \text{ 倍} \doteq 7,200 \text{ mg-N/L}$$

$$\cdot 7,604.2 \text{ t/年} \times 7,200 \text{ mg-N/L} \times 10^{-6} \doteq 54.75 \text{ tN/年}$$

③ 土壌からの  $N_2O$  発生量

$$54.75 \text{ tN/年} \times 0.11\% \doteq 0.060 \text{ tN}_2\text{O/年}$$

④  $CO_2$  排出量

$$0.060 \text{ tN}_2\text{O/年} \times 298 \text{ tCO}_2/ \text{ tN}_2\text{O} \doteq 17.9 \text{ tCO}_2/\text{年}$$

よって、消化液施肥後に土壌から揮散する  $CO_2$  排出量は、17.9 tCO<sub>2</sub>/年 と算出した。

### 3. 消化液処理・利用方法別のCO<sub>2</sub>排出量

消化液の処理・利用方法について次のケース1～4のそれぞれについてCO<sub>2</sub>排出量を算出する。

#### (1) ケース1 (全量排水処理)

消化液は全量排水処理を行い、圃場には化学肥料が散布される。そのためCO<sub>2</sub>排出量は以下ようになる。

- ・排水処理のCO<sub>2</sub>排出量 : 627.7 tCO<sub>2</sub>/年
- ・化学肥料由来のCO<sub>2</sub>排出量 : 197.1 tCO<sub>2</sub>/年
- ・合計 : 627.7 tCO<sub>2</sub>/年 + 197.1 tCO<sub>2</sub>/年 = 824.8 tCO<sub>2</sub>/年

よって、全量排水処理を行う場合のCO<sub>2</sub>排出量は、**824.8 tCO<sub>2</sub>/年**と算出した。

#### (2) ケース2 (全量液肥利用)

消化液は液肥として圃場へ全量散布される。そのため、CO<sub>2</sub>排出量は以下のようになる。

- ・液肥散布のCO<sub>2</sub>排出量 : 56.8 tCO<sub>2</sub>/年
- ・土壌から揮散するCO<sub>2</sub>排出量 : 66.9 tCO<sub>2</sub>/年
- ・合計 : 56.8 tCO<sub>2</sub>/年 + 66.9 tCO<sub>2</sub>/年  
= 123.7 tCO<sub>2</sub>/年

よって、全量液肥利用を行う場合のCO<sub>2</sub>排出量は**123.7 tCO<sub>2</sub>/年**と算出した。

#### (3) ケース3 (濃縮処理+濃縮液散布)

消化液は濃縮処理され、濃縮液となる。その後濃縮液は全量圃場へ散布される。そのため、CO<sub>2</sub>排出量は以下ようになる。

- ・濃縮処理に係るCO<sub>2</sub>排出量 : 389.2 tCO<sub>2</sub>/年
- ・濃縮液散布に係るCO<sub>2</sub>排出量 : 23.7 tCO<sub>2</sub>/年
- ・土壌から揮散するCO<sub>2</sub>排出量 : 17.9 tCO<sub>2</sub>/年
- ・合計 : 389.2 tCO<sub>2</sub>/年 + 23.7 tCO<sub>2</sub>/年 + 17.9 tCO<sub>2</sub>/年  
= 430.8 tCO<sub>2</sub>/年

よって、消化液を濃縮処理し、濃縮液を圃場へ散布する場合のCO<sub>2</sub>排出量は、**430.8 tCO<sub>2</sub>/年**と算出した。

(4) ケース 4 (排水処理 50%+濃縮処理 50%)

排出される消化液の内、半量の排水処理を行い、残りの半量を濃縮処理し、濃縮液の圃場散布まで行うものとする。そのため CO<sub>2</sub> 排出量は以下ようになる。

- ・排水処理の CO<sub>2</sub> 排出量 : 627.7 tCO<sub>2</sub>/年 ÷ 2 ≒ 313.85 tCO<sub>2</sub>/年
  - ・化学肥料由来の CO<sub>2</sub> 排出量 : 197.1 tCO<sub>2</sub>/年 ÷ 2 ≒ 98.55 tCO<sub>2</sub>/年
  - ・濃縮処理に係る CO<sub>2</sub> 排出量 : 389.2 tCO<sub>2</sub>/年 ÷ 2 ≒ 194.6 tCO<sub>2</sub>/年
  - ・濃縮液散布に係る CO<sub>2</sub> 排出量 : 23.7 tCO<sub>2</sub>/年 ÷ 2 ≒ 11.85 tCO<sub>2</sub>/年
  - ・土壌から揮散する CO<sub>2</sub> 排出量 : 17.9 tCO<sub>2</sub>/年 ÷ 2 ≒ 8.95 tCO<sub>2</sub>/年
- ・合計 : 313.85 tCO<sub>2</sub>/年 + 98.55 tCO<sub>2</sub>/年 + 194.6 tCO<sub>2</sub>/年  
+ 11.85 tCO<sub>2</sub>/年 + 8.95 tCO<sub>2</sub>/年  
= 627.8 tCO<sub>2</sub>/年

よって、排出される消化液の内、半量の排水処理を行い、残りの半量を濃縮処理し、濃縮液の圃場散布まで行う場合の CO<sub>2</sub> 排出量は **627.8 tCO<sub>2</sub>/年**と算出した。

#### 4. CO<sub>2</sub>排出量の削減効果

消化液の処理・利用方法ケース1～4のCO<sub>2</sub>排出量と比較を以下にまとめる。

- ・ケース1（全量排水処理） ：824.8 tCO<sub>2</sub>/年
- ・ケース2（全量液肥利用） ：123.7 tCO<sub>2</sub>/年
- ・ケース3（濃縮処理＋濃縮液散布） ：430.8 tCO<sub>2</sub>/年
- ・ケース4（排水処理50%＋濃縮処理50%） ：627.8 tCO<sub>2</sub>/年

ケース1～4の処理・利用方法の内、CO<sub>2</sub>排出量の小さいものから並べると、以下のようになる。

全量液肥利用 < 濃縮処理＋濃縮液散布 < 排水処理50%＋濃縮処理50% < 全量排水処理

全量排水処理を行う場合を基本に比較を行った場合、ケース2～4でのCO<sub>2</sub>排出量の削減効果は以下のようになる。

- ・ケース2（全量液肥利用）  
：824.8 tCO<sub>2</sub>/年 － 123.7 tCO<sub>2</sub>/年 = 701.1 tCO<sub>2</sub>/年
- ・ケース3（濃縮処理＋濃縮液散布）  
：824.8 tCO<sub>2</sub>/年 － 430.8 tCO<sub>2</sub>/年 = 393.9 tCO<sub>2</sub>/年
- ・ケース4（排水処理50%＋濃縮処理50%）  
：824.8 tCO<sub>2</sub>/年 － 627.8 tCO<sub>2</sub>/年 = 197.0 tCO<sub>2</sub>/年

以上より、消化液をそのまま液肥として利用可能な場合のケース2「全量液肥利用」を除き、ケース3の「濃縮処理＋濃縮液散布」が最もCO<sub>2</sub>削減効果が高くなる。

## 第6章 事業終了後の横展開の可能性

### 1. 稼働中のメタンガス化施設

2021年に国内で導入されているメタンガス化施設は245件であり、その内、原料としての家畜ふん尿の割合は40%、食品残さは20%になる。液肥利用のし易さから、本技術の稼働中のメタンガス化施設への導入は家畜ふん尿を投入している施設への導入が主となると考えられる。

稼働中のメタンガス化施設の内、家畜ふん尿を原料とする施設数は98件であり、その内5%の施設へ本技術が導入されると仮定する。よって、本技術の稼働中のメタンガス化施設への普及見込みはおよそ5件程度と想定される。

### 2. 新規に建設されるメタンガス化施設

国内のメタンガス化施設の導入はFIT制度開始以降増加しており、2020年12月末時点で新規認定が205件であり、年度ごとに認定施設が15~30件ほど増加している。また近年、脱炭素への取組強化による再生可能エネルギーの重要性の見直しやメタンガス化施設のレジリエンス強化への寄与が注目されており、導入を検討する事業者・自治体は増加している。このまま導入が加速すれば、日本有機資源協会等の試算では、国内のメタンガス化施設の導入件数は2021年では245件、2030年には515件（2021年度比で270件の増加）、2050年には1,415件（2021年度比で1,170件の増加）まで増加するとの見込みが報告されている。

新規で建設されるメタンガス化施設の計画に本技術は導入しやすく、新規施設の内10%が本技術を導入したとすると、2030年までで27件、2050年までで117件のメタンガス化施設へ本技術の導入が見込まれる。

また、これまでメタンガス化施設の導入計画時点で排水処理コストや液肥散布の困難さから導入を断念するケースが多くあった。そのため、本技術の普及により、メタンガス化施設の導入はさらに加速されることが考えられ、上述の導入見込みを超える導入が期待される。

## 第7章 全体まとめ

それぞれの課題に対する目標と成果を以下にまとめる。

表10 本年度事業の課題に対する目標と成果

課題	目標	成果
消化液濃縮技術の技術的優位性の検証	周辺機器等の詳細設計	・令和4年度の設置工事に向け、詳細設計完了
	濃縮装置の発注・納品	・令和4年度の稼働に向け、八木バイオエコロジーセンターに濃縮装置の納品完了
稼働中メタンガス化施設の状況調査	メタンガス化施設の運転状況の調査	・全国8施設にヒアリング実施済み
	発電排熱利用状況の調査	・全国8施設にヒアリング実施済み
	消化液濃縮技術の導入による脱炭素効果の調査	・排水処理および液肥散布に対するCO <sub>2</sub> 排出量の比較を調査済み
消化液および濃縮液の有効性・安全性の検証	消化液および濃縮液の散布試験の計画策定	・令和4年度の散布計画策定済み（水稻、麦） ・令和5年度の散布計画策定済み（水稻）
	濃縮液の付加価値化および利活用の事業スキーム検証準備	・ヒアリングを行うことにより、消化液の利用状況の調査を実施済み。来年度以降の検証の準備を行った。

## 第8章 検討会

本事業の検討会を下記要領で開催した。

### 1. 第1回検討会

#### (1) 開催日時

令和3年11月19日 15:00～17:00

#### (2) 形式

オンライン会議 (Zoom)

#### (3) 出席者

##### 1) 検討委員

所属・役職	氏名
国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門 資源利用研究領域 地域資源利用・管理グループ 上級研究員	中村 真人
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	小林 純一郎
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	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 環境専門員	越智 俊二

##### 2) 実施者

所属・役職	氏名
公益財団法人八木町農業公社 事務局長	中川 悦光
公益財団法人八木町農業公社 南丹市 八木バイオエコロジーセンター 施設長	清水 由紀夫
国立大学法人 京都大学 農学研究科地域環境科学専攻 農業システム工学分野 助教 博士(農学)	大土井 克明
京都農業の研究所株式会社	間藤 徹
株式会社バイオガスラボ 代表取締役	三崎 岳郎

3) 事務局

所属・役職	氏名
シン・エナジー株式会社 バイオガス部 部長	石橋 保
シン・エナジー株式会社 バイオガス部 主任	澤田 純平

(4) 議事次第

- 1) 開会
- 2) 参加者紹介
- 3) 本事業の目的
- 4) 事業経費
- 5) 実施項目の変更
- 6) 令和3年度 実施スケジュール
- 7) 稼働中メタンガス化施設の調査 調査候補一覧
- 8) アンケート内容(案)
- 9) 消化液・濃縮液の散布計画(令和4年度実施)
- 10) その他
- 11) 閉会

## 2. 第2回検討会

### (1) 開催日時

令和4年2月17日 14:00~16:00

### (2) 形式

オンライン会議 (Zoom)

### (3) 出席者

#### 1) 検討委員

所属・役職	氏名
国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門 資源利用研究領域 地域資源利用・管理グループ 上級研究員	中村 真人
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	小林 純一郎
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	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 環境専門員	越智 俊二

#### 2) 実施者

所属・役職	氏名
公益財団法人八木町農業公社 事務局長	中川 悦光
公益財団法人八木町農業公社 南丹市 八木バイオエコロジーセンター 施設長	清水 由紀夫
国立大学法人 京都大学 農学研究科地域環境科学専攻 農業システム工学分野 助教 博士(農学)	大土井 克明
京都農業の研究所株式会社	間藤 徹
株式会社バイオガスラボ 代表取締役	三崎 岳郎

#### 3) 実施協力者

所属・役職	氏名
南丹市役所 農林商工部 農業推進課 農政係 係長	中島 友弘

4) 事務局

所属・役職	氏名
シン・エナジー株式会社 バイオガス部 部長	石橋 保
シン・エナジー株式会社 バイオガス部 主任	澤田 純平

(4) 議事次第

- 1) 開会
- 2) 実施項目の変更
- 3) 実施スケジュール
- 4) 令和3年度の実施内容
- 5) 次年度実施に伴う経費
- 6) 第2回審査会コメントについて
- 7) 本年度の経費精算
- 8) 本年度中の実施内容
- 9) その他
- 10) 閉会

## 第9章 審査等委員会

環境省が実施した「令和3年度脱炭素化・先導的廃棄物処理システム実証事業 審査等委員会」に下記要領で出席し、業務報告を行った。

### (1) 開催日時

開催日 : 令和4年2月10日(木)

開催時間 : 14:25～14:55

### (2) 形式

オンライン会議 (Webex)

## 第10章 令和3年度廃棄物処理システムにおける脱炭素・省CO<sub>2</sub>対策普及促進方策検討委託業務への協力

環境省が別途実施する「令和3年度廃棄物処理システムにおける脱炭素・省CO<sub>2</sub>対策普及促進方策検討委託業務」に下記要領でオブザーバーとして出席した。また、本事業の実施内容について情報提供を行った。

### 1. 第2回検討会

#### (1) 開催日時

開催日 : 2022年1月20日(木)

開催時間 : 9:00 ~ 10:50

#### (2) 場所

サンシティオフィスビル5階Aホール

佐賀県佐賀市神野東2丁目1-3

※ オンライン併用

### 2. 第3回検討会

#### (1) 開催日時

開催日 : 2022年3月8日(火)

開催時間 : 10:00 ~ 11:50

#### (2) 場所

航空会館501・502会議室

※ オンライン併用

## 参考資料

- ・環境省（2017）温室効果ガス総排出量算定方法ガイドライン.
- ・環境省. 算定方法・排出係数一覧. <https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/calc>(参照 2022-01-24)
- ・農林水産省（2011）平成 22 年度 農林水産分野における「CO<sub>2</sub>の見える化」推進事業 報告書.
- ・中村 真人（2011）メタン発酵消化液の液肥利用とその環境影響に関する研究, 農工研報. 50. 1-57.
- ・森田 匡俊・鈴木 克哉・奥貫 圭一（2014）日本の主要都市における直線距離と道路距離との比に関する実証的研究. GIS-理論と応用. 22(1). 1-7.
- ・一般社団法人 日本有機資源協会・一般社団法人 木質バイオマスエネルギー協会（2021）国産バイオマス発電の導入見通し（参照 2021-6-24）. [https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku\\_gas/saisei\\_kano/pdf/030\\_03\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/saisei_kano/pdf/030_03_00.pdf).
- ・一般社団法人 日本ガス協会（2020）カーボンニュートラルチャレンジ 2050. (参照 2021-6-24). [https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/2050\\_gas\\_jigyo/pdf/004\\_07\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/2050_gas_jigyo/pdf/004_07_00.pdf).
- ・(財) 畜産環境整備機構（2013）メタン発酵消化液の濃縮・改質による野菜栽培利用マニュアル.



リサイクル適正の表示：印刷用の紙にリサイクルできます

この印刷物は、グリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準にしたがい、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料[A ランク]のみを用いて作製しています。