令和3年度新エネルギー等の導入促進のための広報等事業（再エネ導入・運転人材育成支援事業（メタン発酵バイオガス発電における人材育成調査））

事業報告書

一般社団法人日本有機資源協会
Japan Organics Recycling Association（JORA）

2022年2月25日

目次

１．本事業の目的 ･･･p3
２．本事業の概要
（１）事業スキーム ･･･p4
（２）検討委員会の設置･････････････････････････････････････p5
３．事業内容
（１）人材育成等に向けた課題把握調査
◆ヒアリング調査の目的 ･････････････････････････････････p6
◆ヒアリング調査先の選定･････････････････････････････････p6
◆調査先事業所一覧 ･････････････････････････････････････p7-8
◆ヒアリング調査 ･･･p9-12
◆トラブル事例調査 ･････････････････････････････････････p13
◆各調査のとりまとめ結果と課題抽出 ･････････････････････p14-19
（２）人材育成研修テキストの作成
◆テキストの構成及び執筆者 ･････････････････････････････p20-22
◆トラブル事例、巻末事例集、用語の説明、索引、協力者一覧･･････p23-29
（３）研修カリキュラム案の作成
◆模擬研修会の開催と課題抽出･････････････････････････････p30-41
◆研修カリキュラム案 ･････････････････････････････････････p42-46
４．総括 ･･･p47

1. 本事業の目的

○バイオガス発電施設における人材の不足

バイオマス発電設備の開発・増強及び施設運営を担うエンジニアリング人材等の育成は、早急な対応が求められている。
バイオマス発電で使用する機器は海外から輸入しているものが多く、故障した際にいち早く復旧対応ができる人材の不足により、復旧に時間がかかる分、発電が滞り、採算が取れないなどの悪循環に陥っている事例も見受けられる。

○ブラックアウト対応や地域レジリエンスへの課題

FIT制度の見直しにおいては、地域活用電源の地域活用要件として、災害時に電気を活用できる仕組みが必要とされており、ブラックアウト対応や地域住民に安心感を持って理解される再エネ施設としての適切な施設運営は必要不可欠な要素となっている。

○FITからFIPへの移行、ノンファーム型接続、卒FIT、脱FIT・FIPへの対応

FITからFIPへの移行、ノンファーム型接続、卒FIT、脱FIT・FIPをにらんだ設備導入や施設の運転管理計画の立案、柔軟な施設の運転管理の実施の必要性が高まっている。

○設備利用率向上と運転維持費の低減へ向けて

2021年1月27日付けの調達価格等算定委員会からの「令和3年度以降の調達価格等に関する意見」においては、資本費・運転維持費は、平均値・中央値いずれも 2021年度の調達価格における想定値を下回る水準となっており、設備利用率はばらつきが大きい上、平均値・中央値いずれも想定値（90%）を下回る水準となっている。

●バイオガス発電施設運転人材育成のためのツール整備

上記の状況を踏まえて、バイオマス発電についてトータルに理解した上で、現場で運転維持費を削減し、設備利用率を向上させるとともに、それぞれの年度で定められた制度や周辺条件のもとで最適な施設運転をリーダーとして遂行できる人材を育成するためのツールを整備することを、本事業の目的とする。

人材育成のためのツール・・・テキスト・研修カリキュラム案

2. 本事業の概要（1）事業スキーム

有識者による検討委員会を設置し、人材育成のためのツールとなる、テキスト及び研修カリキュラムの検討を行った。

事業スキーム　メタン発酵バイオガス発電における人材育成事業

1）人材育成に向けた課題把握調査	2）人材育成研修教材の作成	3）研修カリキュラムの作成

第1回検討委員会
- 調査内容検討
- 調査先事業所選定
- テキスト構成・項目検討
- 執筆者検討

第2回検討委員会
- 調査結果による課題抽出
- テキスト構成・項目決定
- 執筆者決定

第3回検討委員会
- 研修カリキュラム案検討
- 模擬研修会案の検討
- テキスト全体の方向性確認

第4回検討委員会
- テキスト最終調整
- 模擬研修会による課題抽出
- 研修カリキュラム案再検討

第5回検討委員会
- 用語集検討
- 研修カリキュラム案最終検討
- 事業の総括

事業実施のフロー

- 課題把握調査・ヒアリング
- 調査内容整理・課題抽出・テキストへ反映
- 研修教材項目整理 ／ 執筆者選定 ／ 原稿取りまとめ・執筆・校正 ／ テキスト完成
- テキスト構成検討・決定
- 研修カリキュラム案作成 ／ 模擬研修会の実施・課題抽出 ／ カリキュラム案完成
- 事業報告書作成

2. 本事業の概要(2)検討委員会の設置

◆検討委員会のメンバー

区分	氏名(敬称略)	所属・役職
委員長	芋生　憲司	東京大学　大学院農学生命科学研究科　生物機械工学研究室　教授
委　員	石井　一英	北海道大学工学研究院　循環共生システム研究室　教授
	石井　伸彦	みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社　グローバルイノベーション＆エネルギー部 上席主任コンサルタント
	城石　賢一	北海道鹿追町　農業振興課　担当課長
	盛下　学	バイオエナジー株式会社　代表取締役　社長
	森田 真由美	月島機械株式会社　水環境事業本部　事業統括部　事業推進グループ　主事

◆委員会開催日と議事内容

項目	内容				
回数	第1回委員会	第2回委員会	第3回委員会	第4回委員会	第5回委員会
開催日	2021年6月22日	2021年8月23日	2021年10月11日	2022年1月13日	2022年2月8日
検討事項	・研修教材項目検討 ・テキスト構成検討 ・執筆者検討 ・調査先事業所選定 ・ヒアリング調査内容 ・その他	・ヒアリング調査の中間報告・課題抽出 ・テキスト構成決定 ・執筆者決定 ・執筆要領等決定 ・その他	・ヒアリング調査の中間報告・課題抽出 ・原稿執筆状況と中間報告 ・研修カリキュラム案の検討 ・模擬研修会案の検討	・テキスト最終確認 ・模擬研修会の開催報告と課題抽出 ・研修カリキュラム案再検討	・テキスト用語集検討 ・研修カリキュラム案最終検討 ・事業の総括

3. 事業内容（1）人材育成等に向けた課題把握調査

◆ヒアリング調査の目的

〇2021年3月末時点で既に運転を開始している事業者（5事業者以上）に対し、稼働状況や技術的課題への取り組み状況、発電所における人材育成の実施状況等についてヒアリング等を行い、結果を分析する。

〇メタン発酵バイオガス発電の特質に応じた技術的な優良事例、トラブルの解決事例等を抽出するとともに、発電所等（5事業者以上）に対するヒアリング等を行い、調査結果から人材育成に必要な要素を抽出し、研修教材へ盛り込むべき項目等を整理する。

◆ヒアリング調査先の選定

調査先の選定は、主に第1回検討委員会で検討し、事務局で調整の上、p7-8に示す15事業所へのヒアリングを行った。
なお、調査先の選定にあたっては、以下の項目に留意して選定した。

ヒアリング調査先選定における留意点
● メタン発酵バイオガス発電の原料は多種にわたるため、原料種別に偏りがなく、また混合利用も含めて選定する。
● 施設規模は大から小まで、なるべく網羅する。
● 実施主体は、自治体や民間企業、あるいはPFI事業等、できる限り幅広く選定する。
● 廃棄物処理施設がメインとなるが、牧場型、都市型、地域循環型等、多様なプラントを選定する。
● 発酵残さの扱いについて、バイオ液肥利用、水処理、堆肥化、廃棄物処理等、偏りなく網羅できるよう選定する。
● FIT適用、非FIT、卒FIT等に関しても偏りがないよう選定する。

3. 事業内容（1）人材育成等に向けた課題把握調査

◆調査先事業所一覧　事例1～7

選定した15事業所の概要と調査日は、次のとおりである。調査内容は後述する人材育成テキストの「第3章運転管理上の課題と対策」に盛り込んだほか、テキスト巻末の事例集へ掲載した。（調査内容の詳細はテキストを参照）

テキスト事例集該当番号	調査日	施設または事業の名称（実施主体）	所在地	事業開始年	原料種別	発電規模	FIT／非FIT
事例1	7/20	鹿追町環境保全センター中鹿追バイオガスプラント（鹿追町）	北海道鹿追町	2007年	家畜排せつ物 食品廃棄物 下水汚泥	190kW×1基 100kW×1基	FIT
事例2	7/20	鹿追町環境保全センター瓜幕バイオガスプラント（鹿追町）	北海道鹿追町	2016年	家畜排せつ物 その他	250kW×4基	FIT
事例3	7/21	清水町美蔓バイオガスプラント（十勝清水バイオマスエネルギー株式会社）	北海道清水町	2019年	家畜排せつ物	400kW×2基	FIT
事例4	8/17	ながめやまバイオガス発電所（東北おひさま発電株式会社）	山形県飯豊町	2020年	家畜排せつ物 動植物性残さ	250kW×2基	FIT
事例5	8/11	バイオエナジー株式会社城南島食品リサイクル施設（バイオエナジー株式会社）	東京都大田区	2006年	食品廃棄物	570kW×1基 560kW×2基	FIT
事例6	7/16	食品リサイクル・バイオガス発電（株式会社Jバイオフードリサイクル）	神奈川県横浜市	2018年	食品廃棄物	900kW×2基	FIT
事例7	8/12	三浦バイオマスセンター（三浦地域資源ユーズ株式会社）	神奈川県三浦市	2010年	し尿 浄化槽汚泥 農作物残さ 水産残さ	25kW×1基	非FIT

3. 事業内容（1）人材育成等に向けた課題把握調査

◆調査先事業所一覧　事例8～15

調査日に*が付いている事例は、Webヒアリングで対応したもの

テキスト事例集該当番号	調査日	施設または事業の名称（実施主体）	所在地	事業開始年	原料種別	発電規模	FIT／非FIT
事例8	9/1*	長岡市生ごみバイオガス化事業 （株式会社長岡バイオキューブ）	新潟県 長岡市	2013年	食品廃棄物	560kW×1基	FIT
事例9	1/28*	豊橋市バイオマス資源利活用施設整備・運営事業 （豊橋市上下水道局）	愛知県 豊橋市	2017年	食品廃棄物 下水汚泥 その他	1、000kW×1基	FIT
事例10	10/29	南丹市八木バイオエコロジーセンター （京都府南丹市(旧八木町)）	京都府 南丹市	1998年	家畜排せつ物 食品廃棄物	80kW×1基 25kW×6基	2021年 11月に FIT終了
事例11	10/29	京都市南部クリーンセンター バイオガス化施設 （京都市）	京都府 京都市	2019年	食品廃棄物 その他	1、000kW×1基	FIT
事例12	11/10	乾式メタン発酵施設 （株式会社富士クリーン）	香川県 綾歌郡 綾川町	2018年	食品廃棄物 家畜排せつ物 その他	370kW×2基	非FIT
事例13	11/4	消化ガス発電事業 （宗像市）	福岡県 宗像市	2016年	下水汚泥	25kW×8基	非FIT
事例14	11/4	みやま市バイオマスセンター「ルフラン」 （みやま市）	福岡県 みやま市	2018年	食品廃棄物 食品工場汚泥 し尿 浄化槽汚泥	25kW×4基	非FIT
事例15	11/5	佐賀市下水浄化センター消化ガス発電事業 （佐賀市上下水道局）	佐賀県 佐賀市	2011年	下水汚泥 その他	25kW×16基	非FIT

3. 事業内容（1）人材育成等に向けた課題把握調査

◆ヒアリング調査

ヒアリング調査では、以下のQ1～Q11の質問項目を中心に現地調査（またはWeb調査）を行った。ヒアリング調査の内容と結果はテキストに盛り込んだほか、事例集として事業者ごとの特徴を把握できるよう取りまとめた。

Q1　事業の概要

名称		
実施主体		
発電に付随して使用する技術※１		
実施体制	プラントメーカー	
	設計・施工業者	
	その他	
概要 計画と実績	原料の種類※２	計画：□家畜排せつ物　□食品廃棄物 □下水汚泥　□その他
		実績：□家畜排せつ物　□食品廃棄物 □下水汚泥　□その他
	メタン発酵プラントへの原料別搬入量(t/年)	計画：
		実績：
	生産物の種類	計画：□電気　□熱　□バイオガス □バイオ液肥　□堆肥
		実績：□電気　□熱　□バイオガス □バイオ液肥　□堆肥
	発電量(kwh/年)	計画：
		実績：
	FITの適用	□FIT適用　□FIT対象外
	消化液（バイオ液肥）生産量（t/年）	計画：
		実績：
	堆肥生産量(t/年)	計画：
		実績：
	その他副産物名称及び生産量（t/年）	名称：
		計画：
		実績：
情報公開		可　・　不可

Q2　イニシャルコストとランニングコスト　単位：千円

①　イニシャルコスト

建設費・設備費等	
その他(具体的に記載願います)	
情報公開	可　・　不可

②　ランニングコスト

人件費	
原料等購入費	
ユーティリティ費	
修繕費	
燃料製造費	
運搬費	
廃棄物処理費	
その他（具体的に記載願います）	
情報公開	可　・　不可

3. 事業内容（1）人材育成等に向けた課題把握調査

◆ヒアリング調査

Q3　事業の経営状況

計画との進捗比較（選択肢から選んでください。）	□計画以上に進捗している　□ほぼ計画通り　□計画より遅れている　□進んでいない
事業実施による効果（地域波及効果の発現状況）、定量化できるものは数値化	効果
	数値化
情報公開	（可・不可）

Q4　順調に進んでいる場合、成功要因と波及効果についてお答えください。

成功要因	
波及効果（雇用増加、CO_2削減効果等）	
情報公開	可　・　不可

Q5　事業が停滞している場合の要因や事業運営上の課題、またそれらを解決された方策等についてお答えください。

停滞要因	
運営上の課題	
解決方策等	
情報公開	可　・　不可

Q6　設備利用率の向上方策について、具体的に行っていることをお答えください。

設備利用率の向上のために行っていること（原料の前処理、プラントのハンドリング等）	
設備利用率における運転上の課題	
情報公開	可　・　不可

3. 事業内容（1）人材育成等に向けた課題把握調査

◆ヒアリング調査

Q7　運転維持費の低減方策について、具体的に行っている工夫や、運転上の課題をお答えください。

運転維持費の低減のために行っていること（工夫や注意など）	
運転維持費における課題	
情報公開	可 ・ 不可

Q8　メーカーとの契約にあたって、保証可能な運転条件やメンテナンス等のトラブル予防方法等についてお答えください。

メーカーとの契約するうえで注意したこと、確認したこと	
プラント運転における、メーカーとの具体的な運転条件やトラブル予防法	
情報公開	可 ・ 不可

Q9　トラブル、故障、安全衛生等への対応や対策について具体的にお答えください。

発生したことがあるトラブル、故障の事例	
上記トラブル、故障への具体的対応方法	
トラブル、故障におけるリスク回避方法（原料選別、前処理、ハンドリング等）	
安全衛生で取り組んでいる工夫やルール	
情報公開	可 ・ 不可

3. 事業内容（1）人材育成等に向けた課題把握調査

◆ヒアリング調査

Q10　ブラックアウトなどの具体的対応方法や、地域レジリエンスなどで、取り組んでいることや計画していることがあれば、お答えください。

経験したことがあるブラックアウトや災害の状況（災害名称でも可）	
上記に対して行った具体的対応※１	
今後想定されるブラックアウトや災害対応へ準備している対策	
地域レジリエンスとして行っている、または計画している対応（自治体との防災協定等）	
情報公開	可　・　不可

Q11　メタン発酵バイオガス発電に関して、施設運転をリーダーとして遂行できる人材育成のための、テキストと研修カリキュラムを作成しています。どのようなテキストやカリキュラムがあれば良いと考えますか。また、今後受けてみたいと思う講座や研修はどのような内容ですか。

受講してみたい講座や研修のテーマ・内容	
実際の運転に役立つと思われるテキスト項目	
カリキュラムとして魅力的な研修内容	
人材育成研修等の受講可能性	
その他ご要望等	

３．事業内容（１）人材育成等に向けた課題把握調査

◆トラブル事例調査

メタン発酵バイオガス発電設備における、各種トラブルの特徴とその克服方法を把握するため、**「各工程におけるトラブル対応に関するアンケート調査」**を行った。

このトラブル事例の調査により、運転管理上の課題と、課題を克服する方法について、テキスト第3章に取りまとめた。
（詳細はテキスト「第3章 運転管理上の課題と対策」を参照）

メタン発酵の原料となる廃棄物の原料種別は多様であり、また原料種別ごとに対応が異なることから、トラブル対応のアンケート調査では、**原料種別ではなく、メタン発酵バイオガス発電プラントにおける工程別の事例を収集し、取りまとめた。**

「各工程におけるトラブル対応に関するアンケート調査」

メタン発酵バイオガス発電の各工程については、以下の１０項目としており、その工程項目に当てはまらない場合は、「⑪その他」として、具体的にご記入をお願いいたします。各工程でのご記入の際、可能な限り具体的な写真の挿入（別添送付でも構いません）をお願いいたします。

①原料受入れ設備と前処理設備
②メタン発酵槽
③ガスホルダー
④脱硫装置
⑤発電装置
⑥固液分離設備
⑦好気性発酵設備（固形分の堆肥化設備）
⑧液肥貯留設備
⑨消化液の水処理設備
⑩脱臭設備
⑪その他

トラブル発生の工程	（例）①原料受入れ設備と前処理設備
トラブルの内容	（例）直接ダンプして投入する原料受入れピットでは、異物の除去ができなかった。 また、原料の硫化水素により、鉄製部分の腐食が激しく、塗装等のメンテナンスが多かった。
トラブルへの対応内容	（例）原料受入れ槽への投入前にコンクリート製のフラットな踊り場を設け、そこで異物除去を行う対応を行った。 また、できる限りコンクリート製の仕切り板等を設けた。

3. 事業内容（1）人材育成等に向けた課題把握調査

◆各調査のとりまとめ結果と課題抽出

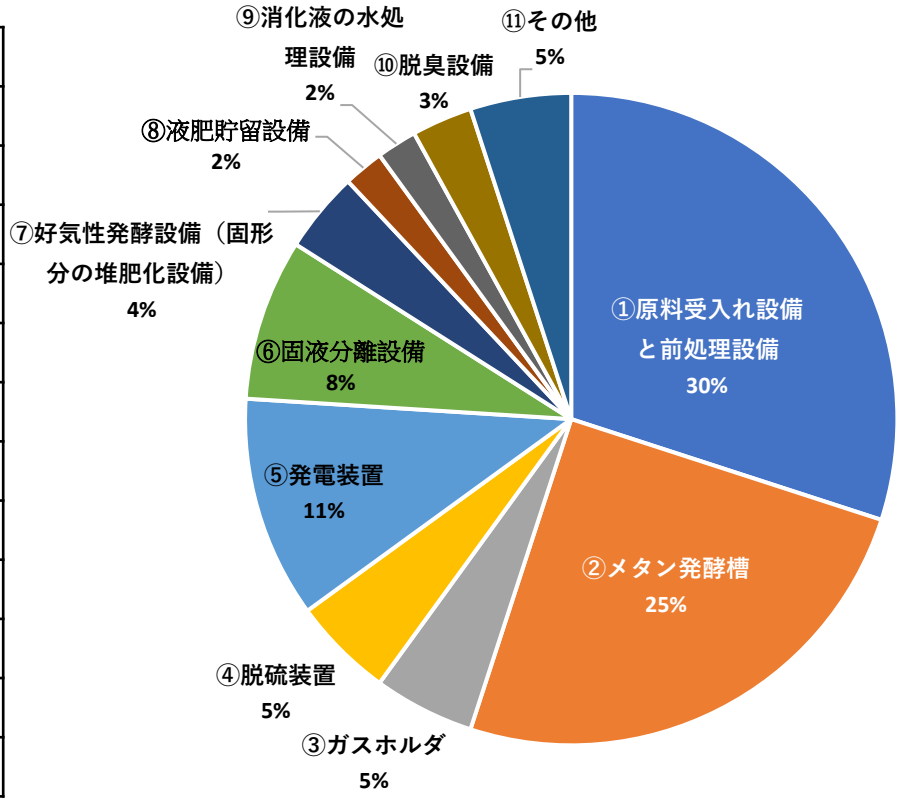
「各工程におけるトラブル対応に関するアンケート調査」を行った結果、**合計100件のトラブル事例**を収集し、工程別に分けると以下の結果となった。内容の詳細は、テキストの「第3章第2節　各工程におけるトラブルとその対応」に100件の事例全てを掲載した。

また、ヒアリング調査とトラブル事例調査の結果から抽出された課題を整理・分析し、運転管理上の課題ついては「第3章第1節　運転管理上の課題」に、課題を克服する方法については、「第3章第3節　運転管理上の課題を克服する方法」に取りまとめた。

（詳細はテキストの第3章を参照）

調査から抽出された課題は、本事業の目的でもある設備利用率の向上、運転維持費の低減、制度変更への対応に合致しており、ここではテキスト第3章第1節から、**①設備利用率の現状と課題**、**②運転維持費の現状と課題**、**③出力制御における課題**について、ピックアップして述べる。

工程No.	工程	回答件数
①	原料受入れ設備と前処理設備	30
②	メタン発酵槽	25
③	ガスホルダ	5
④	脱硫装置	5
⑤	発電装置	11
⑥	固液分離設備	8
⑦	好気性発酵設備（固形分の堆肥化設備）	4
⑧	液肥貯留設備	2
⑨	消化液の水処理設備	2
⑩	脱臭設備	3
⑪	その他	5
	合計件数	100



3. 事業内容（1）人材育成等に向けた課題把握調査

◆各調査のとりまとめ結果と課題抽出

①設備利用率の現状と課題

設備利用率が想定値より低い要因は以下の表のように整理される。（表はテキストp69より抜粋）
※設備利用率とは、設備利用率（実績）＝（年間の買取電力量）/（365×24×発電出力）で計算される。

表　設備利用率が想定値より低い要因

要因	内容
想定値の考え方によるもの	想定値とされている90%は、発電装置メーカーがカタログに出すチャンピオンデータである。稼働率が上がっても70-80%が現実的な値であるとも言える。
	電力の自家地域消費分がある。
	メンテナンスに備えての予備発電機を入れているところが多い。
	原料である廃棄物の受入は停止できないので、複数ラインを設けているところもある。
事業計画設備導入計画によるもの	発電機の規模が、廃棄物処理の観点からの原料受入必要量、収益を確保するための原料確保必要量の最大値で設計導入されている。
	将来の家畜飼養頭数の増加を見込んだ規模の設備が準備されている場合がある。
	下水汚泥に加えて将来的に食品廃棄物などの地域バイオマスと合わせた混合利用を予定されている場合がある。
	原料受入停止曜日を設定している場合がある。
	原料の量に季節変動がある。
	予定した量の原料が確保できない場合がある。食品廃棄物の場合は競争あり。
	追加設備の負担ができない、消化液を散布する農地を確保できない、水処理などの維持管理費の上昇、人員不足などにより、事業が頓挫する場合がある。
設備の保守点検によるもの	発電機の定期メンテナンス、周辺設備のメンテナンスによる稼働停止がある。
設備の運転トラブルによるもの	トラブル（選別機、固液分離、破砕機、移送配管、異物混入等）による稼働停止がある。
	海外メーカー製設備の場合、トラブル解消のための装置機器の交換に時間を要する場合がある。
	メタン発酵の不良によりバイオガス発生量が少なくなっている場合がある。

◆各調査のとりまとめ結果と課題抽出

①設備利用率の現状と課題

設備利用率を向上させるための方策は、以下のように整理される。（テキストp69-70より抜粋）
また、以下の抜粋の他、テキスト第1章第3節～第4節にも、課題克服のための方策をまとめている。

設備利用率を向上させるためには、計画段階からの検討を含めて、次のような方法があると考えられる。
① 専門分野を異にする専門家の意見を踏まえてよりよい計画を立案する。特に、運転管理の実務経験者からの意見を反映させる。
② PFI事業経験者から、計画、設計、建設、運転の一貫した取組を聞き取り、改善策の参考とする。
③ 事業者決定のための総合評価方式で、技術提案を受ける仕様書の精緻化を図る。
④ 計画時に受入れ予定の原料を用いて、ガス発生量予測の精度をあげる。
⑤ 原料の混合利用や分解率向上のための前処理追加により、バイオガス発生量を増加させる工夫を行う。
⑥ 適切なメンテナンス計画（日常、月間、年間、中期）を作成する。
⑦ 施設の長寿命化のための予防保全措置を講じる。
⑧ 日々の運転管理を指標（温度、pH、アンモニア濃度、有機酸濃度等）に基づき適切に行う。
⑨ 発電機に悪影響を及ぼすバイオガス中の水分、硫化水素、シロキサン類を除去する。
⑩ メーカーによる遠隔監視等による維持管理支援体制を整備する。
⑪ うまく運転できていない施設への指導、専門家によるフォロー（ハンズオン支援）を行う。
⑫ 国産設備、技術への切り替えを促進する。

施設稼働後に、運転管理によって設備利用率を上げるための課題は次のように整理され、発電量の最大化を目指すための課題に置き換える。
① 原料供給者とのコミュニケーションによる発酵不適物の混入防止、水分調整
② 運転データのモニタリングと解析による運転不良の予兆の把握と対応
③ 運転トラブルを最小限にするための作業員による作業と機械的処理の連携
④ 運転トラブルが発生した場合の早期復旧手順の確立
⑤ ガスホルダのバッファーの有効利用
⑥ メンテナンス方法の工夫による稼働停止期間の最小化
⑦ 将来的には、ICT、AI活用による運転管理の効率化

◆各調査のとりまとめ結果と課題抽出

②運転維持費の現状と課題

施設稼働後に、運転管理によって運転維持費を低減させるための課題は次のように整理される(テキストp72より抜粋)。また、課題克服のための方策は、テキスト第1章第3節～第4節にまとめている。

※運転維持費は、「万円/kW/年」で算出されるものを指す。

施設稼働後に、運転管理によって運転維持費を低減させるための課題は次のように整理される。安定した運転の継続、トラブルの最小化、ライフサイクルでの支出削減と収入の増加が肝要である。

① 熱の有効利用
② バイオ液肥の利用と水処理のバランスの検討
③ 凝集剤や脱硫に用いる資材の検討
④ 設備更新と予防保全の検討
⑤ 適切な人員配置と技術力向上
⑥ より合理的な液肥散布方法の検討（適正規模の適正台数の機械の導入、バイオ液肥の中間貯留槽設置、気象予報の利用を含む）
⑦ 原料供給者、生成物（バイオ液肥、堆肥、再生敷料等）の利用者との交渉による適正価格の設定。

③出力制御における課題

発電の出力制御には、需給バランスによるものと、送電線の容量(電力系統の安定性を含む)によるものがある。出力の制御がなされるのは、特定の日の特定時間帯に需給バランスの調整の必要から出力制御を受ける場合、系統接続の契約時に期間を特定して出力抑制を受けることが決まっている場合がある。前者の場合、今後の出力制御やFIPへの対応で、プラント側で増強すべき設備には以下のようなものがある。（テキストp73より抜粋）

また、以下の抜粋の他、テキスト第4章第7節、第5章第2節にも出力制御への対応を記述している。

① 熱電併給システム（CHP）の増設及び運用制御システム
② ガスホルダ
③ 系統の状況や電力需要を把握した運用制御システム
④ 系統に売電できない場合の電力自家利用システム
⑤ 電力以外のバイオガス利用システム
⑥ 余剰熱利用システム

3. 事業内容（1）人材育成等に向けた課題把握調査

◆各調査のとりまとめ結果と課題抽出

ヒアリング調査のQ11では、メタン発酵バイオガス発電に関する人材育成についての設問を設けた。Q11の回答結果は、後述する模擬研修会の開催時にも検討項目として参考にし、「役立つテキスト項目」から一部結果はテキストにも反映させた。

表　ヒアリングQ11結果まとめ　回答1～6

	受講してみたいテーマ・内容	役立つテキスト項目	魅力的な研修内容	その他要望等
回答1	メタン発酵技術、メタン発酵施設の運転操作、原料に応じた日常の作業内容・ルーティン			
回答2	（現場からの要望）ガスエンジンの運転管理/詳細を学びたい。 （ガスエンジンの構造から運転、トラブル対応）現在はメーカーへの委託のために自社が主体でメンテナンスを行いたい。	（一般的事例）・水処理設備、メタン発酵設備の運転管理方法において管理指標等が必要であると考える。	メーカー技術者による技術説明	メタン発酵設備の運転は、その対象原料と施設設備によりかなりの相違があることが課題となると思います。
回答3	前処理関連、脱水関連、水処理関連、堆肥化関連、脱硫関連、発電機関連、脱臭関連、設備トラブルの対処について	水処理関連の専門用語、各種分析結果の解釈、受入廃棄物の選定、適切な凝集剤の選定・利用方法、適切な設備点検方法、メタン菌の管理方法	専門家を招いた講習、他プラントの事例紹介、他プラントとの技術交流	
回答4				あったら良いと思うテキストやカリキュラムは下記のとおり。 ・現場での手引きとしても使用できる管理の指針や問題解決法が盛り込まれているもの ・各処理工程の原理などを簡易的に理解できるもの ・新しい施設の環境や保全対策等が記載されたもの ・機器管理台帳や運転日報等、維持管理に必要な報告書等のひな形が含まれているもの
回答5				バイオガス発電所は無人運転であり、設備計画・設計の人員教育を実施している。またメタン発酵設備は、下水処理設備の運転管理を別の事業者が実施しているため、下水処理設備の維持管理の教育等があれば参考にさせていただきたいと考える。
回答6		・安全遵守の徹底。 ・メタン発酵の仕組みと温度・pH・供給量管理について。 ・メタン発酵が阻害される要因とその対策について、具体的な事例等。 ・シーケンス制御とインターロックの解説		

3. 事業内容（1）人材育成等に向けた課題把握調査

◆各調査のとりまとめ結果と課題抽出

表　ヒアリングQ11結果まとめ　回答7～14

	受講してみたいテーマ・内容	役立つテキスト項目	魅力的な研修内容	その他要望等
回答7	・他施設におけるバイオガス化施設の運転状況 ・他施設の運転トラブル事例（なかなか難しいと思いますが） ・他施設の導入メリット（計画時の想定）と稼働後の効果確認結果 ・他施設のバイオガスの有効利用方法とその実績	・発酵槽内の分析結果の運転パラメータへのフィードバック ・有機酸やアンモニア濃度の管理値、pHや固形物濃度の推移等の乾式、湿式、投入原料等毎の指針や決め方	・発酵槽への投入原料の性質の違いによる発酵状態の分析。 ・本市施設は都市ごみを投入原料としていますが、分別収集のごみを投入している施設、家畜糞尿の施設と様々あるなかで、それぞれの発酵槽の発酵状態、発酵残さの性状等、様々な角度から考察する。	
回答8				導入前ならば、発電機の種類などは、燃料電池も含めて詳細に知りたい。その他、事業全体の費用も重要。
回答9	災害、故障事例及び当該事例からの復旧			
回答10	メタン発酵バイオガス発生促進のための処理施設運転管理	系統連携規程		
回答11	・有機物負荷について ・原料の分析評価方法 ・アンモニア障害への対応方法 ・搬送関係設備の清掃について ・原料（廃棄物）調達方法 ・施設運営全般について	・設備点検整備の計画 ・設備の動作機構 ・設備の補修方法	・実施設での運転管理研修 ・ラボベースでのメタン発酵実習	
回答12		メタン発酵アドバイザー養成講座のメタン発酵のメカニズム、及び維持管理の項目が役立った（役立っている）		以前受講したメタン発酵アドバイザー養成講座が多岐にわたりとてもよかったと思います。テーマ別（管理・ガス利用・農業　等）の研修で日帰りの講習があればよいと思います。また、関西でやっていただければなお受けやすくなります。
回答13	PFI事業におけるモニタリング手法について			余剰ガスの活用方法・将来のFIT制度の動向
回答14	・原料別の関連法規及び事業化に関する留意事項 ・メタン発酵発電に関する最新事例や技術動向	先進事例を元に、設備運用に係る課題の解決例	バイオガス発電施設の技術管理者からの事例紹介や意見交換会	

考察　Q11の回答とヒアリング調査から、メタン発酵施設の特徴として、対象原料が多様であり、設備や規模等によって運転技術が異なるため、人材育成を一般化して行うことが難しい現状が浮かび上がった。メタン発酵施設では、季別の変化を踏まえる必要から、運転技術を獲得するまでには1～2年必要であるという意見もあった。また、運転上のノウハウは、各事業者が手探りで獲得しており、他施設のプラントの事例を参考にしたいという意見が多かった。廃棄物処理の観点からすると、設備不良やトラブル等で原料受入れを止めることが難しい場合が多いため、トラブルに対応できる知識と経験を持った人材の育成が急務であると言える。

3. 事業内容（2）人材育成研修テキストの作成

◆テキストの構成及び執筆者

検討委員会でテキストの構成を議論し、以下のように、テキスト目次を決定した。

テキスト目次

はじめに
1. 本テキストの目的と利用方法 …… 1
2. 用語の説明 …… 3

第 1 章 メタン発酵とバイオガス発電の概要
第 1 節 メタン発酵技術の基礎知識 …… 9
第 2 節 メタン発酵バイオガス発電システムの全体像 …… 25
第 3 節 バイオガス発電機について …… 31
第 4 節 メタン発酵バイオガス発電に関する政策動向 …… 37
コラム 地域バイオマス活用による脱炭素 …… 50

第 2 章 事業化及び関連法規等
第 1 節 事業化のポイント …… 51
第 2 節 関連法規、必要な資格、安全・衛生管理 …… 61
コラム グリーン成長戦略におけるメタン発酵 …… 66

第 3 章 運転管理上の課題と対策 …… 67
第 1 節 運転管理上の課題 …… 68
第 2 節 各工程におけるトラブルとその対応 …… 75
第 3 節 運転管理上の課題を克服する …… 125
第 4 節 運転上のデータ収集と分析・活用事例 …… 133
コラム 家畜ふん尿パイプライン …… 139

第 4 章 副産物・バイオガスの利用
第 1 節 バイオ液肥（農地利用する消化液） …… 141
第 2 節 消化液と汚泥の処理① …… 147
消化液と汚泥の処理② …… 151
第 3 節 再生敷料と堆肥 …… 155
第 4 節 バイオガスの熱利用 …… 165
第 5 節 バイオガスの直接利用 …… 171
第 6 節 バイオガス由来の水素製造及び利用 …… 175
第 7 節 ブラックアウト対応の具体的手法 …… 179
第 8 節 地域レジリエンスへの貢献① …… 183
地域レジリエンスへの貢献② …… 187
コラム 水素発酵について …… 193

第 5 章 今後に向けて
第 1 節 温室効果ガス削減効果の定量化及び持続可能性の確保 …… 195
第 2 節 ノンファーム型接続の可能性と課題 …… 201
第 3 節 FIT から FIP への移行、脱 FIT・FIP に向けた対応 …… 207
コラム バイオマス産業都市について …… 217
コラム バイオマス利用技術の現状とロードマップについて …… 218

事例集
・事例一覧 …… 219
・事例 1 鹿追町環境保全センター 中鹿追バイオガスプラント …… 220
・事例 2 鹿追町環境保全センター 瓜幕バイオガスプラント …… 221
・事例 3 清水町美蔓バイオガスプラン …… 222
・事例 4 ながめやまバイオガス発電所 …… 223
・事例 5 バイオエナジー株式会社 …… 224
・事例 6 株式会社 J バイオフードリサイクル …… 225
・事例 7 三浦バイオマスセンター …… 226
・事例 8 長岡市生ごみバイオガス化事業 …… 227
・事例 9 豊橋市バイオマス利活用センター …… 228
・事例 10 南丹市八木バイオエコロジーセンター …… 229
・事例 11 京都市南部クリーンセンター …… 230
・事例 12 株式会社富士クリーン …… 231
・事例 13 宗像終末処理場 …… 232
・事例 14 みやま市バイオマスセンター「ルフラン」 …… 233
・事例 15 佐賀市上下水道局 …… 234

索引 …… 235

検討委員会の委員及び事務局、執筆者一覧
協力自治体及び事業者一覧

3. 事業内容（2）人材育成研修テキストの作成

◆テキストの構成及び執筆者

テキストの構成に基づき、以下のように執筆者を決定した。

章	節	タイトル	執筆ページ数	執筆者
第1章 メタン発酵とバイオガス発電の概要	1節	メタン発酵技術の基礎知識	15	石井一英（北海道大学）
	2節	メタン発酵バイオガス発電システムの全体像	5	石井一英（北海道大学）
	3節	バイオガス発電機について	5	林　清史（ヤンマーエネルギーシステム㈱）
	4節	メタン発酵バイオガス発電に関する政策動向	13	芋生憲司（東京大学）
第2章 事業化及び関連法規等	1節	事業化のポイント	9	石井伸彦（みずほリサーチ＆テクノロジーズ㈱）
	2節	関連法規、必要な資格、安全・衛生管理	5	石井伸彦（みずほリサーチ＆テクノロジーズ㈱）
第3章 運転管理上の課題と対策	1節	運転管理上の課題	8	JORA
	2節	各工程におけるトラブルとその対応	49	JORA
	3節	運転管理上の課題を克服する方法	7	JORA
	4節	運転上のデータ収集と分析・活用事例	6	須藤貴宜（フロー㈱）
第4章 副産物・バイオガスの利用	1節	バイオ液肥（農地利用する消化液）	5	中村真人（農研機構）
	2節	消化液と汚泥の処理①	3	高原晋（㈱神鋼環境ソリューション）
	2節	消化液と汚泥の処理②	3	森田真由美（月島機械㈱）
	3節	再生敷料と堆肥	9	羽賀清典（畜産環境整備機構）
	4節	バイオガスの熱利用	6	遠藤良輔（大阪府立大学）
	5節	バイオガスの直接利用	3	高原晋（㈱神鋼環境ソリューション）
	6節	バイオガス由来の水素製造及び利用	3	阿保洋一（エア・ウォーター㈱）
	7節	ブラックアウト対応の具体的手法	4	須藤貴宜（フロー㈱）
	8節	地域レジリエンスへの貢献①	4	須藤貴宜（フロー㈱）
	8節	地域レジリエンスへの貢献②	6	猪飼幸輝（㈱ビオクラシックス半田）
第5章 今後に向けて	1節	温室効果ガス削減効果の定量化及び持続可能性の確保	5	芋生憲司（東京大学）
	2節	ノンファーム型接続の可能性と課題	5	三嶋大介（㈱アーセック）
	3節	FITからFIPへの移行、脱FIT・FIPに向けた対応	10	JORA
コラム	各章末		6	JORA
事例一覧・事例集	巻末		16	JORA

用語集や索引等含めた総ページ数　238ページ

3. 事業内容（2）人材育成研修テキストの作成

◆テキストの構成及び執筆者 テキストの各章の概要は以下の通りである。

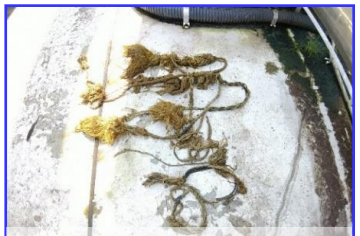
章	節	タイトル	内容
第1章 メタン発酵と バイオガス発電の概要	第1節	メタン発酵技術の基礎知識	第1節は、メタン発酵技術の基礎知識として、メタン発酵の方法、発酵プロセス、制御因子、バイオガスの成分と除去すべき物質等を解説している。第2節では、バイオガス発電における全体システム、多様な種類の原料、発酵残さの利用、バイオガスやバイオメタンの利用等について解説している。 第3節では、バイオガス発電機の種類と仕組み、発電機におけるバイオガスの特性、発電機の予防保全について解説している。第4節では、メタン発酵バイオガス発電に関する、制度の変遷、FITの調達価格の推移、FITからFIPへの移行等、政策動向を中心に解説している。
	第2節	メタン発酵バイオガス発電システムの全体像	
	第3節	バイオガス発電機について	
	第4節	メタン発酵バイオガス発電に関する政策動向	
第2章 事業化及び関連法規等	第1節	事業化のポイント	第1節では、メタン発酵事業における構想段階からの注意点や検討すべき項目を整理している。また、事業の実現可否や安定稼働に係る課題を整理し、解決策の案や事例をまとめている。第2節では、メタン発酵バイオガス発電事業における、様々な関連法規を整理し、一覧表としてまとめている。
	第2節	関連法規、必要な資格、安全・衛生管理	
第3章 運転管理上の 課題と対策	第1節	運転管理上の課題	ヒアリング調査やトラブル事例調査の結果から抽出された課題を整理・分析している。 第1節では、設備利用率と運転維持費の現状と課題を整理している。第2節では、トラブル事例調査の結果として、全100件の事例を掲載している。第3節では、運転管理上の課題を克服する方法について、特にトラブル防止や予防保全のための日常点検チェックリストの例を紹介し、第１節の課題解決に向けての方策を分析している。 第4節では、特に発酵槽を管理する上で重要となる、測定するべきデータとその分析方法、データ共有の活用事例について実際のデータ見本を交えて解説している。
	第2節	各工程におけるトラブルとその対応	
	第3節	運転管理上の課題を克服する方法	
	第4節	運転上のデータ収集と分析・活用事例	
第4章 副産物・バイオガス の利用	第1節	バイオ液肥（農地利用する消化液）	第1節では、バイオ液肥について、成分の特徴や液肥散布の注意点、普及プロセス、取組事例についてまとめている。第2節①では、主に消化液の水処理について、第２節②では、主に消化汚泥の処理や有効利用について、それぞれまとめている。第3節では、再生敷料の役割・特徴・注意点と、堆肥化の処理方法や発酵条件を解説し、取組事例も紹介している。第4節では、バイオガスの熱利用について、熱のみの利用とコージェネレーションについて解説し、熱利用に関する課題や取組事例を紹介している。第5節では、発電ではなくガスとしての直接利用について、特に自動車燃料や都市ガス利用のためのバイオガス精製技術と利用方法を解説している。第6節では、バイオガス中のメタンを水素に変換する技術の解説と、製造した水素の利用例について紹介している。第7節では、ブラックアウト時におけるバイオガスプラントの課題整理と対応方法をまとめ、北海道の事例を紹介している。第８節①では、第7節のブラックアウト対応の具体的事例からに関連して地域への展開事例を紹介し、電源だけでなくガスや熱の供給方法も提案している。第8節②では、総合的な視点から地域レジリエンスを解説し、パターン別の対応策や災害発生時の手順の例をまとめている。
	第2節①	消化液と汚泥の処理①	
	第2節②	消化液と汚泥の処理②	
	第3節	再生敷料と堆肥	
	第4節	バイオガスの熱利用	
	第5節	バイオガスの直接利用	
	第6節	バイオガス由来の水素製造及び利用	
	第7節	ブラックアウト対応の具体的手法	
	第8節①	地域レジリエンスへの貢献①	
	第8節②	地域レジリエンスへの貢献②	
第5章 今後に向けて	第1節	温室効果ガス削減効果の定量化及び持続可能性の確保	第1節では、LCAの構成や、インベントリ分析の方法、プロセスの比較、メタン発酵バイオガス発電の持続可能性の確保について解説している。第2節では系統連携の基本情報、ファーム接続とノンファーム接続の違い、日本版コネクト＆マネージについて解説している。第3節では、国の制度に関わる情報源情報を整理し、共通課題と対応策、プラント運営事業者が留意するべき事項についてまとめている。
	第2節	ノンファーム型接続の可能性と課題	
	第3節	FITからFIPへの移行、脱FIT・FIPに向けた対応	
コラム	各章末に配置	「地域バイオマス活用による脱炭素」、「グリーン成長戦略におけるメタン発酵」、「家畜ふん尿パイプライン」、「水素発酵について」、「バイオマス産業都市について」、「バイオマス利用技術の現状とロードマップについて」	メタン発酵バイオガス発電に関する政策情報や、テキスト本文には記載していない各種のトピックスを記述している。
事例集	巻末		ヒアリング調査を実施した15事業者について、各プラントの個別情報を掲載した。原料の種類、処理量や発電量など数値データから、設備利用率の向上方策や運転維持費の低減方策、トラブルシューティング等をまとめている。

3. 事業内容（2）人材育成研修テキストの作成

◆トラブル事例

ヒアリング調査やトラブル事例調査の結果、100件のトラブル事例を収集し、それらの結果をプラントの工程別に整理して、以下のように事例をテキスト内に掲載した。テキストでは100事例全てを掲載しているが、ここでは一部のみ紹介することに留める。
（テキスト「第3章第2節　各工程におけるトラブルとその対応」より一部抜粋）

事例①-8　異物混入トラブル

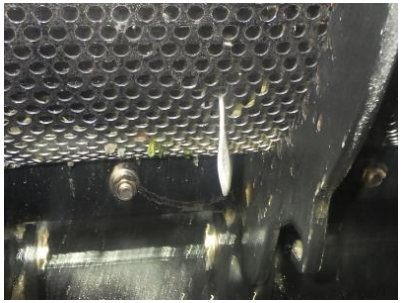
トラブル発生の工程	①原料受入れ設備と前処理設備（異物混入トラブル）
トラブルの概要	ふん尿原料を受入れる２つの水槽内に異物が混入し、ポンプ等の詰まりが発生する場合がある。（以下写真参照） 異物1　果実類 異物2　根菜類および木片  異物3　ロープ 異物4　動物の骨 異物5　動物の皮 異物6　大型の木片
トラブルへの対応	異物による機器の破損や配管の詰まりを防止するため、バイオガスプラントを利用される方々に対して、バーンクリーナー、コンテナ周辺に異物が落ちていないか等の確認をお願いし、注意喚起を行っている。具体的には、異物を発見するごとに、異物の写真を添付し、注意喚起を行っている。この対応により、徐々に異物の混入は減少している。

3. 事業内容（2）人材育成研修テキストの作成

◆トラブル事例

テキスト「第3章第2節　各工程におけるトラブルとその対応」より一部抜粋。

事例①-11　異物混入トラブル

トラブル発生の工程	①原料受入れ設備と前処理設備
トラブルの概要	家庭系一般廃棄物の生ごみ前処理設備に、異物（金属や衣類等）が投入され破砕機や破袋装置が停止した。頻度は１回/月程度。
トラブルへの対応	破砕分別機はメッシュ部分に金属等の異物が引っかかり、機械を止めて清掃し対応する。破砕分別機から断続的に金属音がする場合は、混入異物がある可能性が高い。また市民・排出事業者への注意喚起も継続。  写真１　メッシュ部分の異物 写真２　混入異物のフォーク

事例②-20　発酵阻害

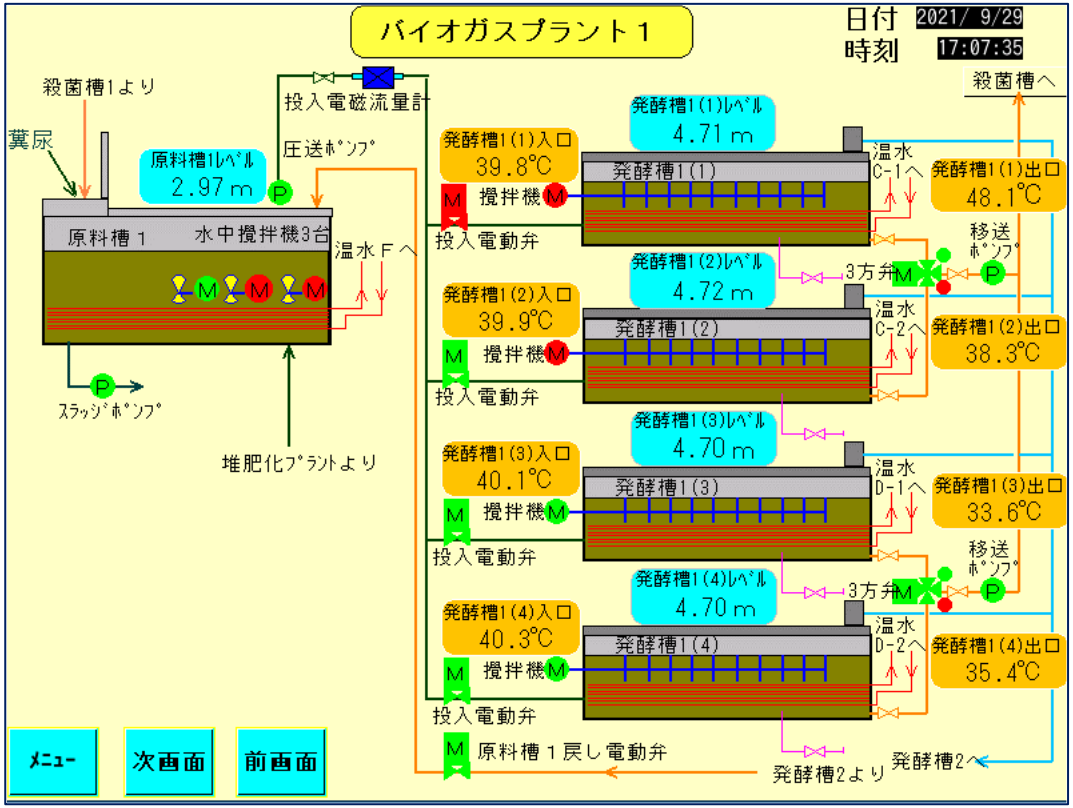
トラブル発生の工程	②メタン発酵槽
トラブルの内容	原料投入量、pH、温度、ORPなど、一通りの数値は問題ないにもかかわらず、少しでも有機分量が多いと、pHの低下やメタン濃度の低下がみられ、非常にシビアな原料コントロールを強いられていた。
トラブルへの対応	食品廃棄物のみで運転する場合、微量元素が足りなくなる傾向にあることがわかった。主に鉄、ニッケル、コバルトであった。測定してみると鉄はある程度入っていたが、ほかの2つの元素は全くなかった。この2種類を適量入れることにより解決し、安定した運転管理ができるようになった。客先に納めたプラントにも規模に応じて頻度や量を指示して定期的に入れるようにしてもらっている。また、数か月に一度、VFAの測定をお願いしている。

3. 事業内容（2）人材育成研修テキストの作成

◆トラブル事例

テキスト「第3章第2節　各工程におけるトラブルとその対応」より一部抜粋。

事例②-7　堆積物トラブル

トラブル発生の工程	②メタン発酵槽
トラブルの概要	長年の使用によりスラッジ等が堆積し、発酵温度が計測場所により差が出ている。
トラブルへの対応	撹拌時間を多くすることにより堆積しているスラッジ等を撹拌した。  図　原料槽水中撹拌機 入口温度と出口温度に差異が生じた場合、撹拌時間を多くしている。

３．事業内容（２）人材育成研修テキストの作成

◆巻末事例集

15件のヒアリング調査の結果は、事業所ごとに情報を整理して、以下のように事例集としてテキストの巻末に掲載した。テキストでは15事例全てを掲載しているが、ここでは一部のみ紹介することに留める。（テキスト「事例集」より一部抜粋）

令和３年度新エネルギー等の導入促進のための広報等事業委託費における
再エネ導入・運転人材育成支援事業（メタン発酵バイオガス発電における人材育成）

事例 5

バイオエナジー株式会社　城南島食品リサイクル施設（東京都大田区）

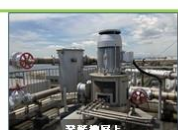
事業者紹介

名称：バイオエナジー株式会社　城南島食品リサイクル施設
実施主体：バイオエナジー株式会社
発電に付随して使用する技術：メタン発酵、水処理、余剰熱利用
プラントメーカー/設計・施工業者：三菱重工環境エンジニアリング（建設当時）

事業開始年	2006年	原料の種類	食品廃棄物（事業系一般廃棄物及び産業廃棄物の生ごみ）
プラントへの原料別搬入量		搬入量（実績値） 約33,116t / 2020年（固形・液状の合計値）コロナ禍のために例年より減少している。	
処理能力（t/日）	最大130t/日（固形110t/日、液状20t/日）	生産物の種類	電気 ・ バイオガス
発電容量 570kW× 1基 560kW× 2基		発電量（100%稼働の計画値） 1,216,800kW / 月	発電量（実績値） 994,173kWh / 2021年4月（稼働率82%）
FITの適用		FIT（FIT終了後、再度単独給電に戻すか検討している。）	
事業の状況	イニシャルコスト	3,600,000千円(建屋・設備・土地等)	
	状況	ほぼ計画通り	
	成功要因	運営開始時は、集荷、設備の安定運転に苦労したが、運転のノウハウの取得後は安定運転となった。またFIT適用後（2012年12月以後）は発電収入が増加したことで経営状態が向上した。	
	波及効果	7,000t / 年のCO_2削減効果	
	設備利用率の向上方策	・定期メンテナンスにおいては、各機器のメンテナンス周期を確立し突発事故を未然に防ぐ。 ・前処理設備ハンドリングにおいては、有機物と不適物の選別が最も重要で回収率を上げるために負荷を定量にする必要があり、本設備は選別機前に原料の定量供給機を追設した。	
	運転上の課題	ガスエンジンのうち、設置から年数が経っているエンジンは、建屋室温が高くなり発電効率が下がるため、換気回数を増加させることが必要。	
	運転維持費の低減方策	各設備のシーケンスフローを見直し、無駄に稼働している機器を低減させた。 365日運転指示書を作成し、各設備の運転停止条件を明確化し、無駄に稼働させないようにしている。	
	運転維持費の課題	運転を指示できる人材の育成が急務(指導的役割を担う人材の増員)。	
	メーカーと契約するうえで確認したこと	発電機増設時は、試運転期間などは特に長く持たせるようにした(既設設備との取合いトラブルは、瞬時には出ないトラブルもあるため。 また、完工後のメンテナンス10年間も契約前に必ず提出してもらい、比較対象に盛り込んでいる。	
トラブルシューティング	トラブルや故障事例	選別機撹拌羽破損	
	上記トラブルの対応	過剰な原料の投入を抑制するために、原料の定量供給機を設置することにより解消した。	
	リスク回避方法	設備の突発故障の低減のために、日常点検を手厚く実施、また年間修繕計画の策定を行っている。 毎日のサンプリングでは20か所ほど採取し分析している。	
ブラックアウトの対応方法と地域レジリエンス	経験した事象	系統上で他の会社が事故を起こし、廃棄物の受電遮断機解放により停電（道路工事中の電線切断）	
	地域レジリエンス対応	城南島の地域特性として、災害時の避難場所として施設を提供することとなっている。	
その他特徴		・24時間365日受け入れ可能で、メンテナンス中も受入、稼働を継続している。原料搬入では、展開検査用のホッパーがあり、定期的に展開検査を行ってる。 ・夏季期間に発酵槽の冷却のため、屋上部のコンクリートにホースで水を張る等工夫をしている。 ・プラントの運転管理に関わる全ての業務を自社で行い、メーカーへの委託はせず、技術も自社で培っている。 ・精製したバイオガスの都市ガスへの導管注入を、2020年9月まで行っていた(都市ガス精製装置は維持している)。 ・3基の発電機のうち最新のものは(2020年9月導入)、出力制御装置が付いており、制御依頼が来た場合5分以内に出力を落とすことが可能な出力制御ユニットを自社で作り上げた。	

写真・概要図

展開検査用の受入ピット


発酵槽屋上

都市ガス精製装置

左：発酵槽　右：ガスホルダー

224

令和３年度新エネルギー等の導入促進のための広報等事業委託費における
再エネ導入・運転人材育成支援事業（メタン発酵バイオガス発電における人材育成）

事例 9

豊橋市バイオマス利活用センター（愛知県豊橋市）

事業者紹介

名称：豊橋市バイオマス資源利活用施設整備・運営事業
実施主体：豊橋市上下水道局
発電に付随して使用する技術：炭化、余剰熱利用
プラントメーカー/設計・施工業者：株式会社豊橋バイオウィル（PFI）

事業開始年	2017年	原料の種類	食品廃棄物 ・ 下水汚泥 ・ その他	
プラントへの原料別搬入量	搬入量（計画値） 下水汚泥 :128,115㎥ / 年 し尿浄化槽汚泥:44,165㎥ / 年 生ごみ :21,535t / 年	搬入量（実績値/ 2020年） 下水汚泥 :141,089㎥ し尿浄化槽汚泥:52,189㎥ 生ごみ :17,105t	搬入量（実績値/ 2019年） 下水汚泥 :151,069㎥ し尿浄化槽汚泥:50,370㎥ 生ごみ :18,107t	搬入量（実績値/ 2018年） 下水汚泥 :155,177㎥ し尿浄化槽汚泥:49,509㎥ 生ごみ :17,945t
処理能力（t または ㎥/日）		下水汚泥：1325㎥/日 ・ し尿浄化槽汚泥：121㎥/日 ・ 生ごみ：59t/日		
生産物の種類		電気 ・ バイオガス ・ 熱 ・ 炭化燃料		
発電容量 1,000kW×1基	発電量（計画値） 6,800MWh / 年	発電量（実績値） 6,824MWh / 2020年	発電量（実績値） 6,584MWh / 2019年	発電量（実績値） 7,020MWh / 2018年
FITの適用		FIT		
その他副産物 炭化燃料	生産量（計画値） 2,482t / 年（6.8t / 日）	生産量（実績値） 2,288t / 2020年	生産量（実績値） 2,426t / 2019年	生産量（実績値） 2,515t / 2018年
事業の状況	イニシャルコスト	建設費・設備費等 9,175,635千円（撤去工事・割賦を除く）		
	ランニングコスト（全てをサービス購入費としてまとめて支払）	サービス購入費（実績額） 264,480千円／2020年	サービス購入費（実績額） 255,295千円／2019年	サービス購入費（実績額） 243,550千円／2018年
	状況	ほぼ計画通り		
	事業実施による効果	市民のごみ分別意識の向上。下水汚泥の肥料化以外の方法でのエネルギー有効活用。		
	成功要因	複合バイオマス(下水汚泥と生ごみの混合物)とすることで効率的かつ安定的に発酵させられること。生ごみとの混合利用により、バイオガスの発生量を増やすことが可能。		
	波及効果	従来の処理方法（2016）と比較した場合のCO_2削減量 12,538t／2020年 ・ 13,110t／2019年 ・ 10,914t／2018年		
	運転維持費の低減方策	・ガスエンジン発電機の熱回収(メタン発酵槽の加温)。 ・原料投入量が減る土日にもメタンガスを一定量発生させるため、原料の混合槽で量を調整し、発酵槽への移送量を調整すること。この工夫により月曜日のガス発生量が極端に低下することを防ぐ。		
トラブルシューティング	トラブルや故障事例	生ごみ前処理設備に異物(金属や衣類)が投入され、破砕分別機や破袋装置が停止		
	上記トラブルの対応	機械を止めて清掃し対応するとともに、金属音がする場合は注意。市民・排出事業者への注意喚起。		
	リスク回避方法	複数系列にて処理を行っている。生ごみの原料投入系列は3つあり、その内1つは予備ライン。 また、生ごみ投入ピットでは作業員が目視確認し、危険物(リチウムイオン電池や家庭用ガスボンベ等)や発酵不適物の混入を未然に防いでいる。		
ブラックアウトの対応方法と地域レジリエンス	ブラックアウトや災害対応へ準備している対策	・自家発電設備の設置(875kW× 1基)と、500Lと4,000L(地下貯蔵)の軽油を備蓄し、ブラックアウトした場合でも場内の一部施設の稼働が可能。		
	地域レジリエンス対応	一般廃棄物及び下水について愛知県内の市町村等及び下水道管理者が相互に応援し、円滑な処理を行うこと。また、自家発電設備と備蓄燃料により、ブラックアウト時でも廃棄物の受入れが可能。		
その他特徴		・従来は下水汚泥の肥料化を行っていたが、PFI事業により食品廃棄物との混合でのメタン発酵を開始。計画段階から家庭系生ごみが投入された場合に発酵不適物が多いことを想定し、異物除去や選別方法を考慮して設計された。 ・市民へのごみの分別方法変更に関しては、約1年間で500回の説明会を開催し、理解醸成と合意形成に繋げた。		

写真・概要図　※掲載写真は全て豊橋市提供

生ごみステーション

生ごみ受入れピット

メタン発酵槽

炭化設備

228

発電容量や発電量の実績値を掲載

事業の実施状況では、設備利用率の向上方策や運転維持費の低減方策等も掲載

メーカーとの契約での確認点

ブラックアウト対応や地域レジリエンス

写真から雰囲気を掴む

原料種別ごとのプラントへの原料投入量は計画値と実績値を掲載

電気以外の生産物（バイオ液肥・堆肥等の生産量も掲載）

コストなども可能な範囲で掲載

トラブルシューティングでは、トラブル事例の他、リスク回避方法も掲載

その他、プラントの特徴的な個別情報を掲載

3. 事業内容（2）人材育成研修テキストの作成

◆用語の説明

メタン発酵バイオガス発電に関わる用語のうち、本調査のテキスト内で使用される63語をピックアップし、以下のように用語の説明としてテキストの冒頭に掲載した。ここでは一部のみ紹介することに留める。
（テキスト「用語の説明」より一部抜粋）

用語の説明

本テキストで使用している用語について、以下に解説を示す。本用語の解説は、メタン発酵に関わる記述に特化しているため、全ての分野の用語解説に適用できるとは言えない。
なお、テキスト巻末の索引に使用している用語も、以下の用語をもとに作成している。

用語		解説
B	BCP	Business Continuity Planning（事業継続計画）は、災害や事故等の緊急事態が発生した時に、企業が損害や影響を最小限に抑え、事業の継続や復旧を図るために策定する計画。
B	BOD	Biochemical oxygen demand（生物化学的酸素要求量）は、最も一般的な水質指標のひとつ。水中の有機物の量を酸化分解のために微生物が必要とする酸素の量で表したもの。BODの値が大きいほど、その水質は悪い。
C	CODcr	Chemical Oxygen Demand（化学的酸素要求量）は、酸化剤により分解した時の酸素消費量として水中の有機物量の指標である。酸化剤については、日本では過マンガン酸カリウムを用いるが、メタンガス化の検討では、より有機物の補足率が高い二クロム酸カリウムを用いることがある。このときの COD を「CODcr」(「COD クロム」)という。
C	CHP	Combined Heat and Power （熱電併給システム）は、エネルギー供給システムの方式のひとつで、熱と電力を同時に供給するシステム。熱エネルギーを使ってエンジンで発電し、エンジンからの排熱を利用して温水を作る等、熱の有効利用を行う。コージェネレーション（Cogeneration）や、短く「コージェネ」とも呼ばれる。
C	CCS（CCUS）	Carbon dioxide Capture and Storage（二酸化炭素回収・貯留技術）は、発電所や工場などから排出されたCO_2を、他の気体から分離して集め、地中深くに貯留・圧入すること。 Carbon dioxide Capture、 Utilization and Storage（二酸化炭素回収・貯留技術と利用）は、分離・貯留したCO_2を利用すること。
C	C/N比	C/N比（炭素率）は、有機物に含まれる炭素と窒素との比率を表す指標。
D	DO	Dissolved Oxygen（溶存酸素濃度）は、採取された水にどれだけの濃度で酸素が溶存しているかという水質の指標のひとつ。溶存酸素量が高いほど、水質は良好とされる。
D	DBO方式	Design Build Operate 方式とは、PFIに類似した事業方式のひとつで、公共が資金調達を負担し、設計・建設、運営を民間に委託する方式。

3. 事業内容（2）人材育成研修テキストの作成

◆索引

本調査のテキスト内で使用される用語（63語）から索引を作成し、該当頁へ辿れるようテキストの巻末に索引を付した。ここでは索引の全体像を紹介する。（テキスト「索引」より抜粋）

索　引

【B】BCP 189, 215
BOD 114, 119, 148
【C】CODcr 11, 12, 103
CHP 9, 25, 26, 73
CCS（CCUS） 48
C/N比 20
【D】DO 148
DBO方式 152
【E】EGSB 13, 16, 17, 18
【F】FIT ..... 26, 28, 29, 34, 37, 39～46, 48, 51, 54, 56, 58, 67, 74, 131, 163, 181, 198, 201, 207～210, 213, 216
FIP ..... 43～48, 73, 198, 205, 207～210, 213
【G】GHG 47, 48, 195, 196, 197, 198, 210, 213
【H】HRT 13, 14, 15, 16, 18, 19
【L】LNG 21, 58
LPG 25, 26, 64
LHV 177
LCA 195, 196, 197, 198, 199, 212
【O】O&Mコスト 53, 56, 57
ORP 99, 148, 175
【P】PFI 69, 152, 214
pH 17, 19, 20, 26, 57, 69, 86, 98, 99, 100, 101, 103, 134, 142, 148, 158, 159
PSA 22, 171, 175, 176
PCS 73
【R】RPS 37, 39, 40, 42, 48, 198
【S】SS 15, 18, 27
SRT 14, 15, 19
SPC 56, 214
【T】TS 12, 13, 16, 20, 85, 96, 98
【U】UASB 13, 16, 18, 19, 23
【V】VS 10, 11, 12, 19, 85
VFA 19, 20, 26, 99, 100, 101, 103
【あ】アルカリ度 19, 20
アンモニア態窒素 20, 27, 141, 142, 143, 148
【い】インベントリ分析 195, 196, 197
【お】汚泥日令（SA） 148

- 235 -

【か】家畜排せつ物 9, 13, 25, 28, 29, 31, 63, 67, 144, 145, 153, 160, 169, 175, 198, 199, 201, 209, 210, 213
ガスエンジン 22, 31, 47, 126, 130, 165, 166, 212
活性汚泥法 15, 27, 149
活性炭 16, 22, 105, 106, 111, 149, 175
カリ 9, 11, 141, 142
乾式メタン発酵（乾式発酵） 13, 17, 25, 26, 58, 209
【こ】コージェネレーション 37, 38, 39, 165, 166, 167, 168, 169
【さ】再生敷料 25, 27, 72, 112, 133, 155, 156, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 210
栽培暦 143, 144
【し】硝化 148, 149
消化液 51, 53, 54, 56, 58, 59, 67, 69, 75, 85, 87, 92, 93, 99, 102, 112, 113, 114, 117, 118, 119, 129, 137, 138, 139, 141, 142, 144, 145, 147, 149, 151, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 167, 189, 198, 199, 208, 209, 210, 213
シロキサン 22, 23, 32, 34, 69, 86, 111, 171, 175
湿式メタン発酵（湿式発酵） 13, 25, 26
【す】スカム 14, 93, 117, 128
【た】脱窒（脱窒処理、脱窒素処理） 27, 148, 149
【ち】地域レジリエンス 180, 182, 183, 184, 187, 209, 210, 213, 214
窒素 9, 12, 20, 21, 27, 56, 57, 95, 101, 103, 141, 142, 143, 144, 148, 149, 159, 162, 175, 176, 197
【ね】燃料電池 29, 31, 38, 39, 50, 166, 175, 176, 177, 187, 188
【は】バイオ液肥 67, 72, 125, 130, 131, 133, 139, 141, 142, 143, 144, 156, 197, 199, 208, 210, 214
バイオガス（消化ガス） ..... 9～16, 18, 19, 21, 22, 25～29, 31～35, 37, 41, 42, 46～48, 51, 53, 54, 58, 61, 67～69, 71～73, 77, 80, 84, 86, 87, 89, 92, 94, 99, 100, 102, 104～107, 110, 111, 125～128, 130, 131, 133, 134, 136, 139, 141, 144, 145, 153, 156, 160～163, 165, 167～169, 171, 172, 175, 177, 179～184, 186～189, 191, 195～199, 201, 202, 204, 205, 207～215, 217
バイオメタン（バイオ天然ガス） 9, 22, 25, 26, 27, 28, 58, 169, 171, 172, 176, 177
【ふ】ファーム接続、ノンファーム接続 26, 203, 204
ブラックアウト 67, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 187, 190, 191, 212, 213
【ま】マイクロガスタービン 31, 166
【め】メタン ..... 9～15, 17～23, 25～29, 31, 32, 34, 35, 37, 41, 47, 48, 51, 53, 56～59, 61, 62, 66～69, 71, 72, 75, 76, 78, 85, 91～94, 96～102, 107, 109, 121, 125, 130, 133, 136, 141～143, 145, 148, 149, 153, 155～158, 160, 162, 163, 165, 166～169, 171, 172, 175, 176, 177, 180, 182, 188, 189, 193, 196～199, 205, 207～211, 213～215, 217, 218
メタン生成菌 193
【り】硫化水素 21, 22, 32, 34, 69, 83, 89, 98, 108, 111, 120, 131, 165, 171, 175
リン酸 9, 20, 118, 141, 142, 148, 166

- 236 -

3. 事業内容（2）人材育成研修テキストの作成

◆協力者一覧

本調査で多くの自治体や事業者に協力いただいた。ヒアリング調査やトラブル事例調査、その他テキスト作成に必要なデータや資料の提供を頂いた協力自治体及び事業者の一覧をテキストの巻末に付した。（テキスト巻末より一部抜粋）

本事業における協力自治体及び事業者一覧

北海道鹿追町
新潟県長岡市
愛知県豊橋市上下水道局
京都府京都市
京都府南丹市
公益財団法人八木町農業公社
福岡県宗像終末処理場
福岡県みやま市
佐賀市上下水道局
栗田工業株式会社
JFE エンジニアリング株式会社
JFE 環境テクノロジー株式会社
株式会社 J バイオフードリサイクル
水 ing エンジニアリング株式会社
住友重機械エンバイロメント株式会社
株式会社タクマ
株式会社ちよだ製作所
月島機械株式会社
東北おひさま発電株式会社
十勝清水バイオマスエネルギー株式会社
株式会社トーヨーエネルギーファーム
株式会社長岡バイオキューブ
バイオエナジー株式会社
株式会社バイオガスラボ
日立造船株式会社
株式会社富士クリーン
前澤工業株式会社
三浦地域資源ユーズ株式会社
三菱化工機株式会社

3. 事業内容(3)研修カリキュラム案の作成

◆模擬研修会の開催と課題抽出

研修カリキュラム案作成のため、テキスト内容を中心とした模擬研修会を開催した。

模擬研修会

開催日時：2022年1月12日(水)　13:00～17:40

開催場所：会場・オンライン（Zoom）併用

合計参加人数：50名（受講生33名・・・会場7名、オンライン26名）＊

（その他講師、検討委員、オブザーバー、事務局17名）

＊受講生はヒアリング調査先の事業所から参加頂いた。

研修内容

時間	内容	担当・講師
13:00	挨拶	事務局
13:10-13:50	①メタン発酵バイオガス発電システムの全体像	石井一英（北海道大学）
13:50-14:30	②事業化のポイント、関連法規等	石井伸彦（みずほリサーチ＆テクノロジーズ㈱）
14:40-15:30	③運転管理上の課題と対策 各工程におけるトラブルとその対応（一部抜粋）	森田真由美（月島機械㈱）
15:30-16:10	④バイオ液肥（農地利用する消化液）	中村真人（農研機構）
16:10-16:50	⑤メタン発酵バイオガス発電に関する政策動向	芋生憲司（東京大学）
17:00-17:35	⑥共通テーマによるディスカッション	事務局
17:35	挨拶	事務局

3. 事業内容（3）研修カリキュラム案の作成

◆模擬研修会の開催と課題抽出

模擬研修会開催後、受講生へアンケートを実施した。（アンケート回収率64%）
回答内容は、誤字脱字以外の修正等はせず、そのまま掲載している。

アンケート内容

1. 模擬研修会の内容は参考になりましたか。

2. 1を選択した理由をご回答ください。

3. 講義の難易度はいかがでしたか。

4. 参考になった、あるいは興味のあった講義はどれですか。（複数回答可）

5. 各講義について、ご意見、ご要望、改善点等がございましたら、お聞かせください。

6. オンラインディスカッションの方法についてご意見をお聞かせください。

7. 今後の研修において、インターネット等を活用したe-ラーニングの導入も検討していますが、ご意見をお聞かせください。（複数回答可）

8. 模擬研修会の全体的な満足度はどうでしたか。

9. 8でお答えいただいた理由をご回答ください。

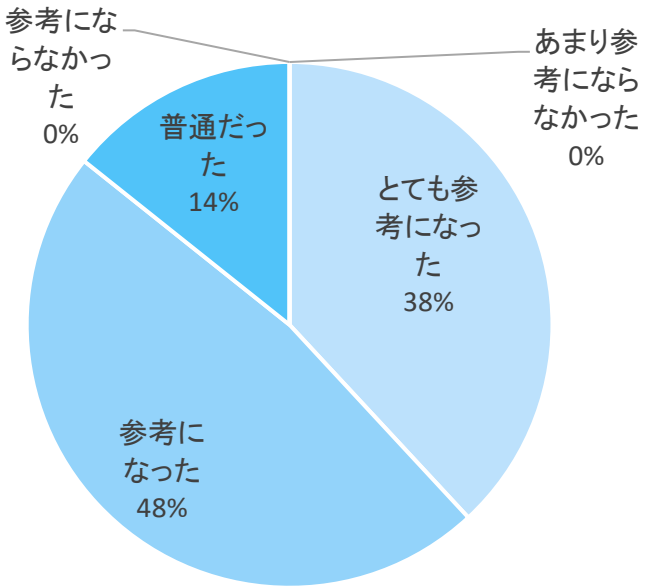
10. 本事業では、下記の目次のテキストを作成しています。テキスト中で特に関心のある項目はどれですか。（複数回答可）

11. 来年度以降本研修を本格的（2日間程度）に実施に予定です。質問10の目次にはない内容で特に必要と思われる内容やご意見があればお聞かせください。

3. 事業内容(3)研修カリキュラム案の作成

◆模擬研修会の開催と課題抽出 (アンケート結果から)

1. 模擬研修会の内容は参考になりましたか。



考察
「とても参考になった」と「参考になった」を合わせると86%であり、概ね方向性は問題ないことが確認された。今回は模擬であるため、想定される全ての講義を実施していないが、内容面では特にトラブル事例や実際のプラント運転に関わる講義の需要が多いと思われる。

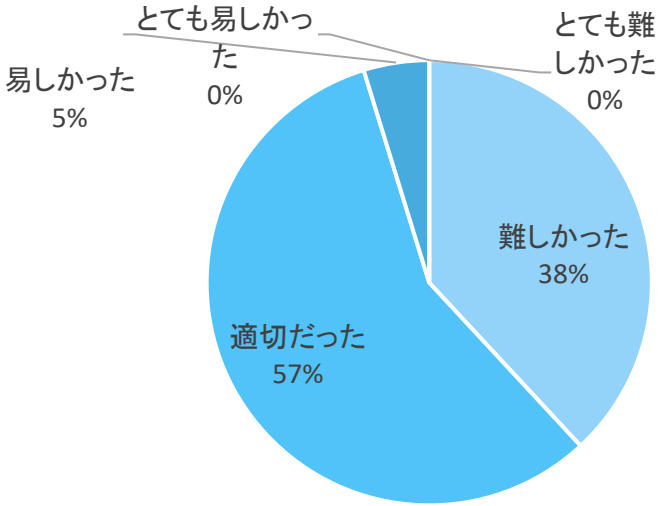
2. 1を選択した理由をご回答ください。(自由記述)

- 各方面の講師による話が興味深かった。
- 基本的な事項は網羅されているように感じたが、現場に帰って役立つ、実践したい内容は少なく感じた。
- 様々な方面の話を聞けて良かった。
- セミナーの内容が充実していた。
- 導入の人材、運転の人材、どちらもバイオガス発電事業を俯瞰した形で総論を学ぶ必要あり。
- トラブル事例等は運営側として参考になったが、全体的な内容としては経営側、導入側の内容が多かった。
- 他の施設の情報で忘れていたことを思い出したり、貴重な時間だった。
- ﾄﾗﾌﾞﾙ事例が私にとって新たな知見となりました
- 事業開発の検討から操業まで事業の上流から下流までカバーされた幅広い内容で、面白く聞くことができた。
- 自施設のメタン発酵原料以外の原料についても理解ができたため。
- 色々と勉強になりましたが、特にトラブル事例について各工場の事例が良かったです。
- 他の工場のトラブル事例などは触れる機会が少ないので、非常に貴重な知見をいただく場になった。
- 模擬研修の運営上、個別事例の詳細が割愛されてしまった部分はやむを得ないが少々残念であった。
- 食品残渣によるバイオガス(当市施設)について、理解を深めることができた。また、それ以外についての知識を得ることができた。
- 事業化のポイントや政策動向などが分かりやすく解説されていた。
- 講義1のメタン発酵バイオマス発電が大変腹落ちする部分もあり勉強になった。

3. 事業内容（3）研修カリキュラム案の作成

◆模擬研修会の開催と課題抽出　（アンケート結果から）

3. 講義の難易度はいかがでしたか。



考察
今回の模擬研修会の受講対象者は、メタン発酵プラントの運転にすでに数年間携わっている方や、メタン発酵の知識がある方を想定していたが、実際の受講者は、プラントの運転に携わってからまだ日が浅い方、運転実務には携わっていない方も参加されており、「難しかった」という回答が38%であった。受講対象者の適切な把握と、研修実施前のアナウンスが重要ということがわかった。
　また、参考になった講義の質問では、どの講義も満遍なく参考になったという回答であったが、最も多かったのはトラブル事例の紹介の講義であった。

4. 参考になった、あるいは興味のあった講義はどれですか。複数選択可

3. 事業内容（3）研修カリキュラム案の作成

◆模擬研修会の開催と課題抽出　（アンケート結果から）

5. 各講義について、ご意見、ご要望、改善点等がございましたら、お聞かせください。（自由記述）

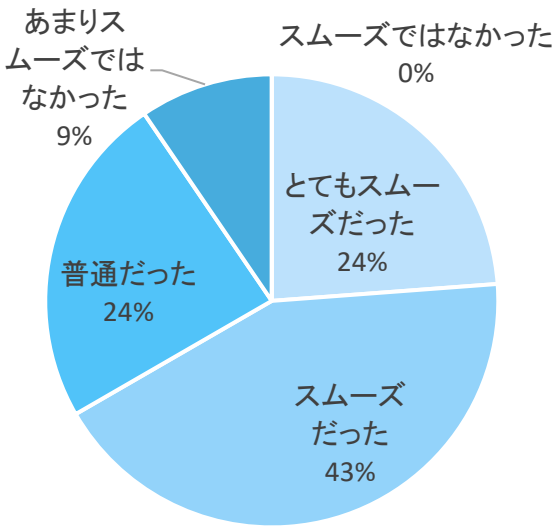
● 各社の操業トラブル事例が知りたい。政策動向について詳しく知りたい。
● 80分で聞いてみたいと感じました。
● 各講義とも短い時間だったので、ポイントを絞った研修を複数回に分けた方が良いと感じた。
● 講義内容を現場でどう活かすことができるかを、イメージできるようにご説明頂けると大変嬉しい。
● 全体的に言えることですが、特に2講義目は範囲が広いので、事業化と法令は別にした方が良いと思う。
● バイオガス化事業を計画・経営する人とバイオガス化施設を運営管理・操業する人でそれぞれ必要な知識、講義の需要が異なるので、それに応じた講義内容をセットしていただけると研修の意義が高まると思います。
● バイオ液肥は家畜糞尿等が主なメタン発酵対象になりますが、今後の講義もある程度は下水汚泥、家畜糞尿、生ごみ等発酵原料別のカリキュラムがあると受ける側からは選択しやすいと思います。
● 各講義とも内容が充実していたので、もう少し講義時間が欲しかった。
● 講義について幾つかの視点で解説して頂き、大変参考になりました。
● 操業担当者向けの講義と、操業以外の担当者向けの講義に分かれていると、さらに気軽に参加しやすくなると思います。
● 内容によっては、分からない用語もあったため、講義とは別に用語集を資料として作成していただければ助かります。また、講義内容全般ですが、ある一定の知識がないと、講義内容についていけないと思いますので、当該研修会に参加にあたり、どの程度の知識レベルが必要なのかを示していただくとよいかと思います。
● 細かい点までフォローされたおり、とても面白く聞けた。
● 「自治体」という立場での参加でしたが、知らないことが多かったのでとても勉強になりました。
● スライド下部が見切れているところとマスクのせいで聞きずらい部分があったので考えてもらえればと思いました。

考察
講義時間が短いという意見が多かったが、模擬のため通常の講義の半分の時間を設定していた。通常の講義では、60～90分は必要ということが確認された。「用語集」に関する要望は、テキストに掲載することで反映した。また、プラントの運転作業者と、経営・管理側で講義内容を分けるという意見も出されたが、発電所のリーダー育成の観点からは、現場と管理の両方の内容を含むことが必要と考えられる。原料別の講義に関する需要については、選択方式等も検討が必要と考えられる。

3. 事業内容(3)研修カリキュラム案の作成

◆模擬研修会の開催と課題抽出 （アンケート結果から）

6. ディスカッションの方法についてご意見をお聞かせください。



考察
模擬研修会では、受講生同士のディスカッションを開催した。内容の詳細はp37-38に記載するが、ここではアンケート結果からディスカッションのオペレーションや方法のみ検討する。会場とオンラインのハイブリッドでの開催のため、参加者を3つのグループに分けた。会場で1グループ、オンライン参加者で2グループ作成しディスカッションに入ったが、討議時間が足りないという意見が出されており、テーマを事前に知らせておく等の工夫が必要であることが確認できた。また、オンライン参加者同士の討議はできたが、会場参加者とオンライン参加者の討議はできなかったため、オペレーションの工夫が必要であることがわかった。

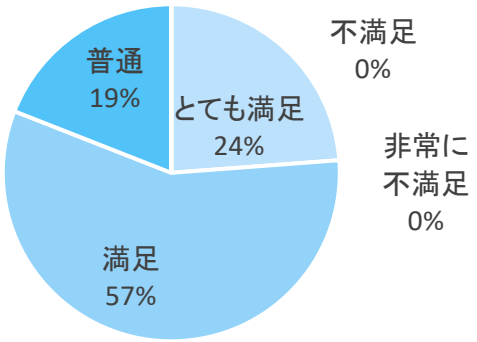
7. 今後の研修において、インターネット等を活用したe-ラーニングの導入も検討しています。ご意見をお聞かせください。複数選択可

考察
講義形式の研修の開催については、現地研修でなければ、会場での集合研修にこだわらず、オンライン講義や動画講義等の希望も多かった。一方で、講師や他の受講生との交流や情報交換を直接したいという希望も一定数確認された。また、プラントの運転作業者を受講対象にする場合は、日程確保の観点からも、オンラインや動画での講義配信も検討すべき事項であることが確認された。

3. 事業内容(3)研修カリキュラム案の作成

◆模擬研修会の開催と課題抽出 （アンケート結果から）

8. 模擬研修会の全体的な満足度はどうでしたか。



考察
模擬研修会であるため、時間的制約部分を除けば、概ね想定していた満足度であった。オンライン参加の場合は、リモートにおける時間や場所の優位性をさらに活かし、交流時間が少ない等のデメリットをいかに少なくするかという点が課題となる。また、会場とオンライン参加者との交流についても、オペレーションが課題となる。
内容については、LCA等は多少難しい内容も含むため、講義時間を確保し、質疑時間を充分に取ることで、受講生の理解が深まると思われる。

9. 8でお答えいただいた理由をご回答ください。（自由記述）

● ZOOM会議は場所を選ばず、また研修会場に直接向かわなくても参加できるため、在宅勤務時でも参加可能なところは非常に良いと思います。
● 一般的でなく講演に向かない内容でも、講師の方と直接話をすることで情報交換できたため。
● 色々な情報を得られたので良かった。
● オンラインディスカッションで不安なところもありましたが、うまくまとめて進めていただき、大変助かりました。今回の研修が半日での研修日程であるのは、模擬研修であることも理由だとは思うのですが、研修内容がすごく充実していたので、もう少し研修に時間をかけて受けたかった。
● オンラインにて手軽に他の工場の情報や知識を得ることが出来たため。
● 他の施設の事例や対応方法など楽しく勉強させていただきました。
● 講師の方の中に、実際にプラントの運転に関わる方を入れていただけると良いのではと感じた。
● メタン発酵に特化した研修を受けたことがなかったため、こういった機会は有意義でした。
● 内容も興味深く、全体がスムーズに進行されていた。時間の限りがあるのが仕方ないが、参加者同士の情報交換もできると良かった。
● メタン発酵について調べようにも日々の業務内では時間が取れない場合が多い。そういったことを分かりやすくまとめてお聞かせいただける機会はとてもありがたかった。
● 今後導入を検討している自治体においても見識が深まると思う。
● メタン発酵の全体像から具体的な内容まで、短い時間内に重要なポイントが分かりやすくまとめてあり満足しました。政策動向のインベントリ分析、影響評価については時間もなかったためか複雑で理解が難しい部分もありました。

3. 事業内容(3)研修カリキュラム案の作成

◆模擬研修会の開催と課題抽出 （アンケート結果から）

10. 本事業では、以下の目次のテキストを作成しています。テキスト中で特に関心のある項目はどれですか。
複数選択可

考察
全体としては比較的満遍なく関心が高かったが、「メタン発酵技術の基礎知識」が最も多かったことから、今回の受講生にとっては基礎の確認や復習が重要であったことが確認できる。また、第3章の「運転管理上の課題と対策」も需要が高く、研修に反映させるべきと考える。

3. 事業内容（3）研修カリキュラム案の作成

◆模擬研修会の開催と課題抽出　（アンケート結果から）

11. 来年度以降本研修を本格的（2日間程度）に実施に予定です。質問10の目次にはない内容で特に必要と思われる内容やご意見があればお聞かせください。（自由記述）

● 運転管理していく中で、実施した事項がどのような結果を及ぼしたのか。（トラブル対策ではなく、例えば点検にIT導入したら運転人員を削減できたなどの取組事例）
● 各地域における施設の適正について（例：消化液貯留槽、オープンポンド北海道〇、京都×）、消化液の利用促進実例の紹介、出席者相互のディスカッション
● メーカー別一覧を施設、プラント、PPS事業者等で、業者が選択できるようにしてほしい。河川法は開発面積と影響するので、入れておくべき。地下水への流出は化成肥料も同じことと考えて、特に留意すべきでないと思う。
● 現場での研修が1日あるとありがたいです。
● 主な施設の処理フロー、事業の採算性の詳細
● 先にも述べたが、工場の実地研修やトラブルや操業など意見交換できる場あると良いです。
● 必要な稼働率を維持することを前提とした、設備メンテナンスコスト削減のノウハウ（事例紹介）
● 用語集
● 現在の事業（PFI及びFIT）の終了を見据え、今後の取り組み方（方向性）を検討したい。
● ぜひ本研修も参加したいと思いました。

考察
トラブル事例だけでなく優良事例の紹介や、現場視察の需要が高かった。また、受講生同士のディスカッションや情報交換の需要も高い。講義による研修以外に、現場視察や受講生同士のディスカッションをどのように組み込むかが課題となる。また、用語集への要望はテキストに反映した。

３．事業内容（３）研修カリキュラム案の作成

◆模擬研修会の開催と課題抽出　（ディスカッションから）

模擬研修会では、実際の研修を想定して、受講生同士のディスカッション（40分程度）を実施した。ディスカッションのテーマと方法は以下の通り。

テーマ：メタン発酵の運転管理に関する研修の在り方－研修を真に役立つものにするためには－

方法：
①3グループに分かれて以下の項目を討議・・・１５分（Zoom参加者は、ブレイクアウトルームで討議）
■ディスカッションの内容
・研修の構成（座学、現地研修、etc…）
・研修の期間（日数、時期、etc…）
・必ず含めるべき講義内容や特に学びたい項目（5項目程度）

■グループ内でのまとめ役
まとめ役のみ、事務局から指名する。

②討議内容を各グループのまとめ役が発表・・・各グループ5分、発表時間計１５分程度

3. 事業内容（3）研修カリキュラム案の作成

◆模擬研修会の開催と課題抽出　（ディスカッションから）

模擬研修会グループディスカッションの発表まとめ

■会場グループ
・中級向けの実践的な事例紹介
・運転管理の方々の目線に合わせて、日常管理や点検の業務スケジュールなど情報共有できると良い
・ポストFITの展開、バイオガス業界の話があると良い
・日程については、長期間は難しく、最大2日間程度。テーマを絞る必要もあるかもしれない。
・Eラーニングの活用もぜひ行ってほしい
・学びたい項目では、プラントの入口（原料受入）と出口（発酵残さの扱い）も重要
・前処理では、原料の種類別の分析や設備機器。消化液では液肥利用の、地域別の深堀りした意見交換がほしい
・維持管理ではトラブル対応に関する情報共有
・地域での合意形成やそのやり方

■WebグループA
・需要の高いものは、オペレーションに関わる操業、トラブル事例の深堀
・予防保全とメンテナンスの効率化、発酵槽の管理値、他のプラントの情報
・期間は、操業に関わる人が多いため、長くても2日間、テーマを絞る必要もあるかも。
・現地研修で、意見交換することで、より深く学べる。
・開催の時期については、冬季は移動が難しい地域もあり、温暖な時期にした方が良い。

■WebグループB
・研修の構成は、座学と現場は分けた方が良い。現場研修は、自身と同じ技術を持ったプラントの方が効率がよいと思われる。
・座学はリモートが良い。
・ディスカッションも、本日のように行うことで良い情報交換ができる。
・期間は2日間程度が良い。そのくらいの期間だと、まとまった時間で現場を離れて集中でき、内容も濃くなり深く学べる。
・現地研修は理想的だが、時間の都合を合わせられるかどうか。
・講義内容は法規関係は重要だが、まとまった情報が少なく、本日の講義も有意義であった。
・メタン発酵の特徴を踏まえた内容では、原料別の傾向・現象・理論・対応があれば良い。
・トラブル事例と対策

◆模擬研修会の開催と課題抽出

模擬研修会の開催から、研修を実施するにあたって以下のような課題と課題克服のための事項を整理した。

項目	課題
内容	● トラブル事例、優良事例、実際のプラント運転に関わる講義の需要。
	● 現場視察や現場研修の需要。
	● 原料種別ごとの講義の検討。
	● 内容にもよるが、1講義60～90分は必要。質疑時間を充分に取る必要性。
その他	● 受講対象者の適切な把握と、受講生募集に際しての適切なアナウンス。
	● 「用語集」の需要。
	● 講師と受講生、あるいは受講生同士の交流や情報交換の需要の高さと必要性。
開催方法	● オンラインの場合は、メリットを最大限に活用し、デメリットを最小限にする工夫。
	● 会場とオンラインの交流や、ディスカッションのオペレーションの工夫。
	● 現地研修以外の講義のe-ラーニングの需要の高さと、研修期間の検討。
	● オンラインや動画での講義配信と、会場講義との併用や選択可能なシステムの検討。

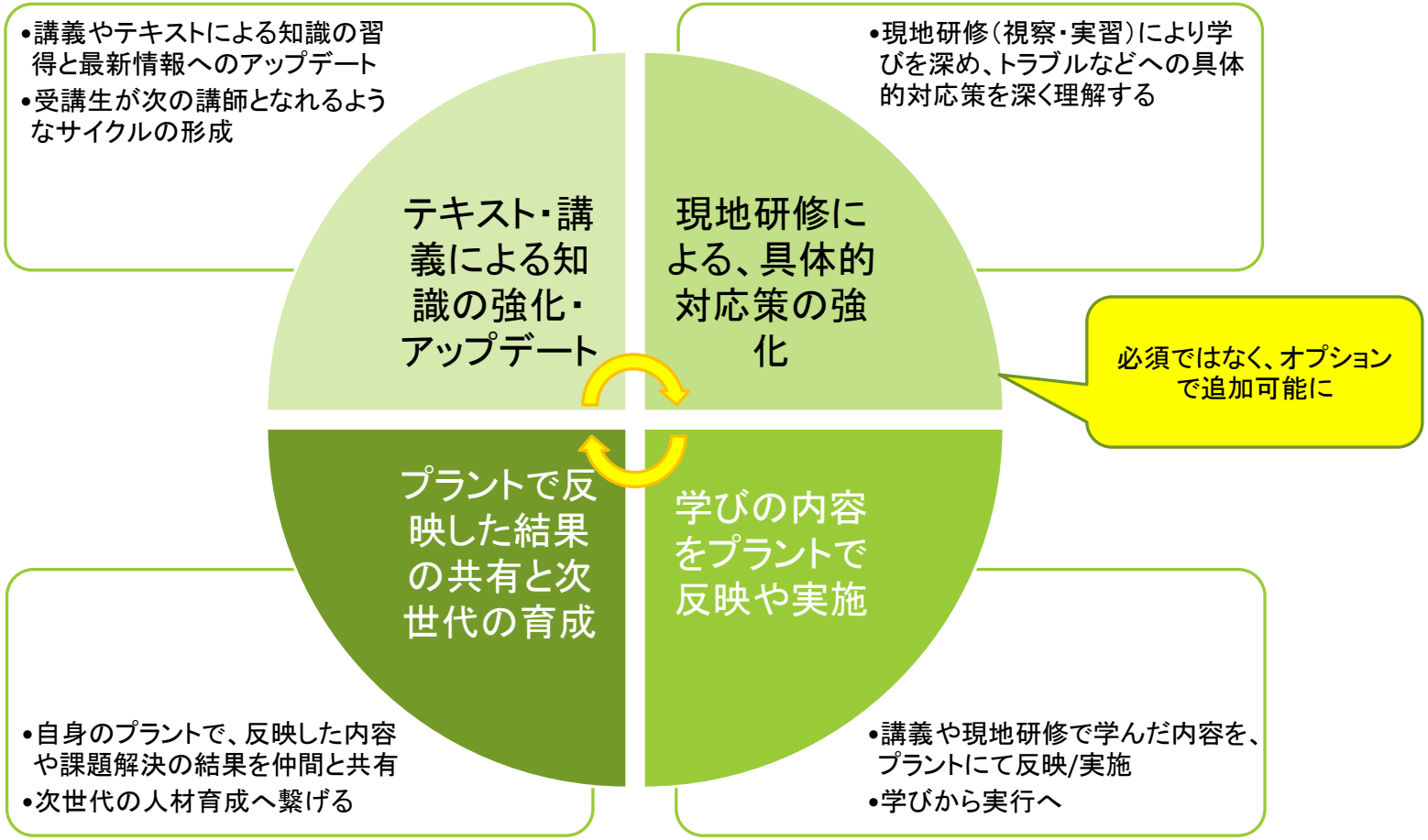
項目	課題克服のために考えられること
内容	● トラブル事例や優良事例等、なるべくプラントの運転に関わっている方の講義を組み込む。 ● 講義時間と質疑のバランスを検討し、適切な時間を確保。 ● 現場視察は可能な限り、実施することが必要。 ● 講義を原料種別ごとに選択する方法の検討や、現場視察の際には原料種別ごとに複数回開催することも検討。
その他	● 用語集はテキストに盛り込むことで対応可能。 ● 研修の受講対象者について、メタン発酵に関わる知識や経験がないまたは少ない方、経営・管理側の方、現場での運転作業員の方、運転管理者の方等、ある程度レベルを揃えるために、段階的な研修を検討。 ● ディスカッションやワークショップ等、受講生同士、講師と受講生の交流の場を確保。
開催方法	● Zoom等のリアルタイムのオンライン研修の他、会場とのハイブリッド、動画のみの配信等、ニーズに応じて柔軟な研修形態を検討。期間を定めた研修では、2日間程度にする。 ● オンラインを使用した研修の場合は、研修実施側のオペレーションテクニックの向上。

3. 事業内容（3）研修カリキュラム案の作成

◆研修カリキュラム案 （全体概要）

ヒアリング調査とトラブル事例調査、模擬研修会のアンケート結果および「メタン発酵の運転管理に関する研修の在り方」というテーマでのディスカッション内容を基に、研修カリキュラム案を以下のように作成した。

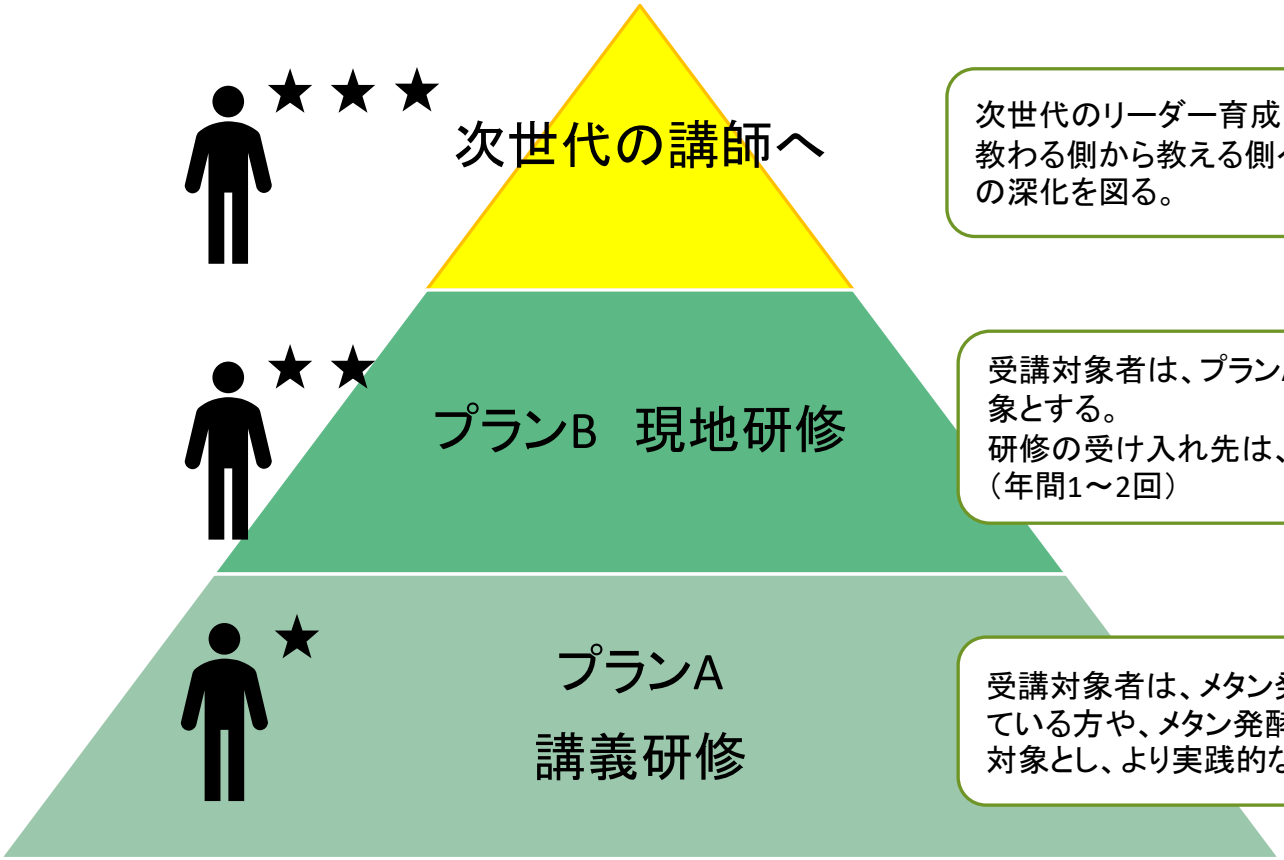
なお、研修カリキュラム案は、研修実施主体が工夫・検討するべき項目も多いため、本報告書ではメタン発酵バイオガス発電における人材育成研修実施における、課題や留意点、推奨される全体カリキュラム案を示す。



3. 事業内容(3)研修カリキュラム案の作成

◆研修カリキュラム案 （受講生のレベルアップと受講対象者）

教えることこそが
学びとなる



次世代のリーダー育成
教わる側から教える側へ、立場が変わることで更なる学びの深化を図る。

受講対象者は、プランAを一度でも受講されている方を対象とする。
研修の受け入れ先は、原料種別ごとに定期的に変更。
（年間1～2回）

受講対象者は、メタン発酵プラントの運転にすでに関わっている方や、メタン発酵に関する知識を有している方等を対象とし、より実践的な内容の研修とする。

※実践的な研修内容のため、基礎的な知識はテキストでの事前学習や、より入門的な研修等で補う。

3. 事業内容（3）研修カリキュラム案の作成

◆研修カリキュラム案 （プランA 講義による研修）

日程	講義	時間（分）	内容	備考
1日目	1	90	メタン発酵バイオガス発電システムの全体像	メタン発酵の基礎から制御因子等
	2	50	関連法規等	
	3	80	メタン発酵バイオガス発電における政策動向	
	4	90	発酵残さ（消化液・堆肥）利用	複数の講義から選択可能な方式も検討
	5	90	バイオガス・熱・水素等の利用	
2日目	6	60	ブラックアウト対応と地域レジリエンス	
	7	60	運転管理上の課題と対策 －各工程におけるトラブルとその対応－	トラブル事例とその対応
	8	60	事例紹介①-トラブル事例から学ぶ対応策	原料の前処理、運転におけるハンドリング、発酵槽のモニタリング等、実践的な運転に関わる内容を事例から学ぶ。
	9	60	事例紹介②-トラブル事例から学ぶ対応策	
		60	ワークショップまたはディスカッション	テーマは受講生から事前募集する等ニーズを把握する
後日提出			小論文	

●基礎的な部分はテキストまたはe-ラーニング、動画等を活用して、必要な時に復習できるよう整備することも検討。
●講義による研修では、オンライン研修や集合研修、またはそのハイブリッド等ニーズに応じた開催方法を検討。

テキストによる自学自習 講義
- 基礎や全体像の確認と、最新知識へのアップデート
- 運転管理やトラブル対応の具体的手法の獲得
- 高度な運転管理知識の習得

ワークショップ ディスカッション
- ワークショップやディスカッションでの多様な判断の仕方や、技術的ノウハウの獲得、人材交流

小論文
- インプットした知識の整理
- アウトプットによる知識の再構築
- 小論文は講評し受講生へフィードバック

◆研修カリキュラム案 （プランB 現地研修）

視察

プランAの座学に、現地視察をオプション追加できる仕組みとする。

プラント全体の構造、フロー、副産物の取り扱い、地域住民との合意形成等、現地視察により知識の定着と具体的対応の習得を図る。

実習

プランAの座学に、現地実習をオプション追加できる仕組みとする。

可能であれば、プラントでの搬入作業や、異物確認、液肥散布などの実習を行い、ノウハウを習得。

※実習の場合、資格や免許が必要なことはできないため、現地で可能なことは限られる。
計測・分析等、実施可能な部分に加えて、トラブルシューティング、ブラックアウト対応等のワークショップ等行い、プランAの講義内容から更なる深化を図る。

現地研修による、
具体的対応策の強化

3. 事業内容（3）研修カリキュラム案の作成

◆研修カリキュラム案　（カリキュラム案ー実施に向けての検討事項）

テキストをベースに研修を実施する場合、研修実施主体が検討すべき項目を以下のように整理した。

項目	実施に向けて検討すべき事項詳細
研修名	実践的な内容を想定した研修名（例：メタン発酵バイオガス発電リーダー育成研修）
受講対象	プラントの運転作業員や運転管理者、プラントメーカーの技術者、事業者、自治体担当者
研修形態	A　座学（講義形式）：連続した2日間、ワークショップ等も含む。 B　視察（現地視察・実習）：移動時間含み2日間程度を予定。 習得確認：小論文にて理解度を確認する。 ※基本はAを実施し、Bはオプション追加等で対応を想定。
研修場所	A　講義は会場及びオンライン（動画含む） B　見学・実習は現場で行う（メタン発酵バイオガス発電所、牧場、廃棄物処理施設等）
講師	メタン発酵の研究者、プラント運転に携わっている方等適切な講師を選定。
受講料（必要経費）	研修実施主体の事業性を考慮して検討
受講生の募集方法	研修実施主体として活用できるあらゆる媒体を通じて募集する。 また、既受講生のメーリングリスト等あれば、積極的に活用する。
研修修了者のフォロー及び連携方法	研修修了者には、メーリングリスト等を活用し、連携を強化する。 また、フォローアップを必要に応じて行い、新たな政策動向やプラント運転における課題共有を行い、習得した知識のアップデートを図る。

4. 総括

◆メタン発酵バイオガス発電における人材育成の方策

◆ メタン発酵バイオガス発電施設における運転管理技術共有の必要性

本事業では、原料種別や施設規模等、多様な事業者を対象に、メタン発酵バイオガス発電施設の運転管理に関するヒアリング調査及びトラブル事例調査を行った。調査結果から浮かび上がってきたのは、バイオガス発電施設における人材育成は、共通かつ喫緊の課題ということであった。

バイオガス発電施設は、その多くが廃棄物処理を第一の目的としており、設備不良やトラブル等で原料受入を止めることが難しい場合が多い。受入を止めないために、複数ラインの設置や、設備の増設等により、搬送ラインが複雑になっている施設もあった。

メタン発酵は、異物混入対策、温度やpHの管理が安定稼働の重要なポイントである。四季を通じた外気温の影響や原料の質・量の変化等も考慮する必要がある。設計段階では十分に想定できない季別ごとの運転ノウハウを獲得するまで、稼働開始から丸2年は試行錯誤の運転が続くという実態がある。

メタン発酵バイオガス発電における人材育成の困難さは、運転技術のノウハウを、各事業者が個別に手探りで獲得しているという現状に起因している。そのノウハウは、企業（事業者）秘密の場合もある。原料種別や施設規模、地域の特性（気候等）が異なるため、運転ノウハウを一般化することは非常に難しいが、公開可能な範囲でトラブル対応事例等を共有することによって、効率的な人材育成が可能になる。

◆ メタン発酵バイオガス発電施設における次世代の人材を育成する方策

メタン発酵バイオガス発電施設における運転管理技術は、個々の事業者が工夫しながら獲得してきた。本事業では、自治体やプラントメーカーの協力を得て、トラブルとその対応に関する事例を100件収集し、体系的に整理することができた。これらの情報は、原料種別や施設規模、地域の特性等に関わらず、他施設の事例からヒントを得ることや、横断的な運転管理技術向上に役立つ可能性があり、メタン発酵の業界全体の底上げに繋がる。

メタン発酵バイオガス発電に関する人材育成は、事業者が独自に作成している資料やオンザジョブトレーニングで行うものに加え、本事業で作成した「人材育成テキスト」教材の活用や、学識者や実務経験豊富な実務者を講師とする研修の実施が合理的方策である。技術情報の共有と人脈形成もポイントであり、運転管理技術の向上は、その後の施設設計にも生かされる。研修で得られた知見を自らの施設の運転に反映させるとともに、自らも研修講師等を務め、知識の確認と新たな気づきの発見を行っていくことが次世代の人材に期待される。尚且つ、適切な運転管理は、設備利用率の向上と運転維持費の低減に繋がるとともに、再生可能エネルギーの導入拡大や脱炭素化にも貢献することが期待される。