平成 29 年度：農を活かした北中城活性化検討事業

再生可能資源を活用した北中城産業の活性化推進（詳細調査ほか）業務

報　　告　　書

平成 30 年 3 月

沖 縄 県 中 頭 郡 北 中 城 村

目　次

第 1 章 業務の概要 1
1.1 業務の目的 2
1.2 平成 29 年度に実施する事業概要 2
1.3 事業実施方針 3
1.4 業務実施フロー 3
1.5 業務内容 4
1.5.1 基礎的な調査の実施と事業方針及び実証実験における実施内容･目指す成果、使用する再生可能資源（生ゴミ）の成分分析・課題･対策などの詳細調査・検討の実施 4
1.5.2 候補地域の選定 7
第 2 章 事業化実証実験への取組みの主旨、そのために必要な作業の考え方等について整理 8
2.1 業務の背景 9
2.2 実証実験の目的・実施方針 11
2.3 本年度の業務の目的 12
2.4 事業のスケジュール 12
第 3 章 基礎調査の実施 13
3.1 上位関連計画 14
3.1.1 上位関連計画の整理 14
3.1.2 農を活かした北中城活性化検討事業に関わる他業務の進捗状況整理 16
3.2 村内の土地利用状況及びそれに関わる検討状況整理 17
3.2.1 土地利用の目的 17
3.2.2 北中城村の土地利用計画について 17
3.2.3 駐留軍用地「アワセゴルフ場地区」における土地利用計画 18
3.3 バイオガス発電に関わる最新動向及び関連規制整理 20
3.3.1 バイオガス発電に関わる最新動向 20
3.3.2 バイオガス発電に関わる法規制 21
3.3.3 農用地の取扱いについて 23
3.4 食品廃棄物系バイオマスエネルギー利用システムについて 24
3.4.1 食品廃棄物系のバイオマスのエネルギー利用の検討の視点 24
3.4.2 各種バイオマスのエネルギー変換技術の水準 25
3.4.3 バイオマスエネルギーの賦存量と利用可能性 28
3.4.4 バイオマスエネルギー利用システムの概要 29
3.4.5 生ごみ等のメタン発酵の事例 32
3.5 生ゴミ等の飼料化・堆肥化の現状と課題 35
3.5.1 飼料化について 35
3.5.2 堆肥化について 43
3.5.3 飼料化と堆肥化の関係について 48

3.6 北中城村植物ごみ資源化事業 48
第 4 章 想定される主な実証実験導入設備・装置についての考え方 49
4.1 実証実験の目的 50
4.2 実証実験取組の方針 51
4.3 実証実験の必要性と導入設備・装置の大まかな方針 52
4.3.1 実証実験の必要性 52
4.3.2 実証実験導入設備・装置の大まかな方針 53
第 5 章 再生可能資源（生ゴミ）を原材料として活用するための対策ポイントの整理 55
5.1 良好なメタン発酵のための対策ポイント 56
5.1.1 メタン発酵が再注目される社会的・技術的背景 56
5.1.2 メタン発酵の原理と化学量論 58
5.1.3 メタン発酵の環境条件と運転指標 61
5.1.4 廃棄物系バイオマスのエネルギー資源化の現況 64
5.1.5 メタン発酵技術の課題 69
5.2 良好な堆肥化のための対策ポイント 70
5.2.1 よい堆肥の見きわめ方 70
5.2.2 作物生産農家が望む堆肥とは 74
5.3 良好な炭の農業利用のための対策ポイント 76
第 6 章 再生可能資源の排出量・ゴミの構成の把握、排出ゴミ全体としての成分構成の分析と課題の把握 86
6.1 再生可能資源の成分構成などの目的 87
6.2 イオンモール沖縄ライカムの生ごみ処理の課題 87
6.3 再生可能資源の排出施設の概要 87
6.3.1 排出施設の概要 87
6.3.2 排出方法 89
6.4 排出量実績 90
6.4.1 施設全体からの排出量 90
6.4.2 店舗毎の排出量 93
6.5 生ごみ成分分析・試験の目的 95
6.6 生ごみの採取方法 95
6.7 成分分析・試験の方法 97
6.7.1 生ごみの成分分析方法 97
6.7.2 メタン発酵試験の方法 100
6.8 生ごみの構成内容把握の結果 104
6.9 成分分析・試験結果と考察 106
6.9.1 試験結果 106
6.9.2 考察 108
6.10 分析・試験結果による事業見通しのまとめ 116

6.10.1 バイオガスの濃度・発生量・安定性 116
6.10.2 アンモニアの影響 117
6.10.3 微量金属類の影響 118
6.10.4 消化液の活用・処理方法 118
6.10.5 発電量の見込み 123
第 7 章　類似・優良事例の整理 124
7.1 再生可能（生ゴミ）資源によるバイオガス発電設備 125
7.1.1 バイオガス発電設備の事例のまとめ 125
7.1.2 バイオガス発電設備の事例の一覧 127
7.2 再生可能資源（生ゴミ）による炭化装置 140
7.2.1 炭化装置の事例のまとめ 140
7.2.2 炭化装置の事例の一覧 142
7.3 再生可能（生ゴミ）資源による堆肥化設備・装置 152
7.3.1 堆肥化設備の事例のまとめ 152
7.3.2 堆肥化設備の事例の一覧 154
7.4 ＩＴ技術を利用した省エネ・省力化と環境データ収集・制御管理について 164
7.5 ＩＴ農業事例 169
7.5.1 IT 農業事例のまとめ 169
7.5.2 IT 農業事例の一覧 171
7.6 農業ハウスの事例 181
7.6.1 農業ハウスの事例まとめ 181
7.6.2 農業ハウス事例の一覧 183
7.7 イメージするＩＴ設備機器・ハウス等の生産システム事例 193
第 8 章　事業化への取組み方針と実験設備構成・実験内容・求める成果について 224
8.1 取組み方針・スキーム・導入設備の考え方の検討フロー 225
8.2 事業化に向けての取組み方針 226
8.3 事業化のための実証実験実施に向けた設備・装置の構成について 227
8.3.1 実証実験の取組みスキーム 227
8.3.2 実証実験の設備・装置のより詳細な方針（本計画策定前） 228
8.3.3 導入設備のモデル案の選定（本計画策定前） 230
8.3.4 実証実験の設備・装置のより詳細な方針（本計画策定後） 232
8.3.5 導入設備のモデル案の選定（本計画策定後） 234
8.3.6 （参考）モデル案選定に関する考察 236
8.4 実証試験の内容と目指す成果について 255
第 9 章　実証実験候補地の選定 258
9.1 候補地選定の目的 259
9.2 候補地の位置 259
9.3 候補地の状況整理 260

9.3.1 候補地の概要 260
9.3.2 土地規制 261
9.4 住民意向ヒアリング 263
9.4.1 ヒアリングの目的 263
9.4.2 ヒアリングの方法 263
9.4.3 ヒアリングの結果 263
9.5 評価の着眼点と評価方法 268
9.6 評価結果 269

第1章 業務の概要

1.1 業務の目的.....2
1.2 平成 29 年度に実施する事業概要.....2
1.3 事業実施方針.....3
1.4 業務実施フロー.....3
1.5 業務内容.....4

1.1 業務の目的

本事業は自治体と民間が共同で、農業振興に資する付加価値生産物の確立と営農改善による生産向上への取組み、農業従事者不足の解消・高齢化対策としての若年労働者流入促進と育成、地域エネルギーの地産地消への対応に向け、「農を活かした北中城活性化検討事業」の他の業務とも連動を図り、再生可能資源を活用した農業振興モデル取組みの実証実験を行い、その成果を持って、地域の雇用を生み出しながら人・もの（食・農・エネルギー）の地産地消を強力に進め、前進ある地域づくり事業“何が起きても負けない農と住の調和ある安全で安心した暮らしのできる村”を実現していくことを目的とする。

1.2 平成 29 年度に実施する事業概要

平成 29 年度は前年度の総務省委託調査で設置した委員会を継続し、候補地域自治会長などを新たに加えて委員の見直しを図り、総務省調査で上位選定された 3 箇所の候補地から確実に実施可能な 1 箇所を抽出の上、農業振興（施設園芸・耕作放棄地の再生・養鶏などで）に資する新たな事業展開の実現を目指し、詳細調査の実施、実証実験に関する基本計画及び概略（基本）設計の策定を図っていくことであった。

しかしながら、予算措置ならびに実証実験の実施に向けた担保として成果が見込める可能性を確かなものとしていくことが必要とされることから、当初の作業を 2 年度に分割し、平成 29 年度で詳細調査及び実験の実施に向けた検討を図り、平成 30 年度に基本計画及び概略（基本）設計の策定を行うこととした。

よって平成 29 年度の作業として、バイオマス施設からのエネルギー供給を園芸ハウス及び炭化・堆肥化・飼料化設備へ行うことで使用エネルギーコストの削減と堆肥化への消化液（液肥のもと）提供を可能とし、良品質・低コストの堆肥・飼料の生産、さらには飼料や堆肥を活用して採算性・市場性が高い付加価値農産物の生産・養鶏での産卵の実証実験までを行うため、最も重要となる再生可能資源（生ゴミ）の成分構成などの分析・課題整理・対策の検討、類似事例調査をも含めて目指す効果を発揮しうる設備･装置のあり方検討までの詳細な調査に取組む。

1.3　事業実施方針

１）基礎的な調査の実施と事業方針及び実証実験における実施内容･目指す成果、使用する再生可能資源（生ゴミ）の成分分析・課題･対策などの詳細調査・検討の実施

- 実証実験の取り組みの趣旨、目的を整理した。また、再生可能資源の排出量整理や成分分析等を実施し、安定した事業実施に結びつくように計画を検討した。

２）候補地域の選定

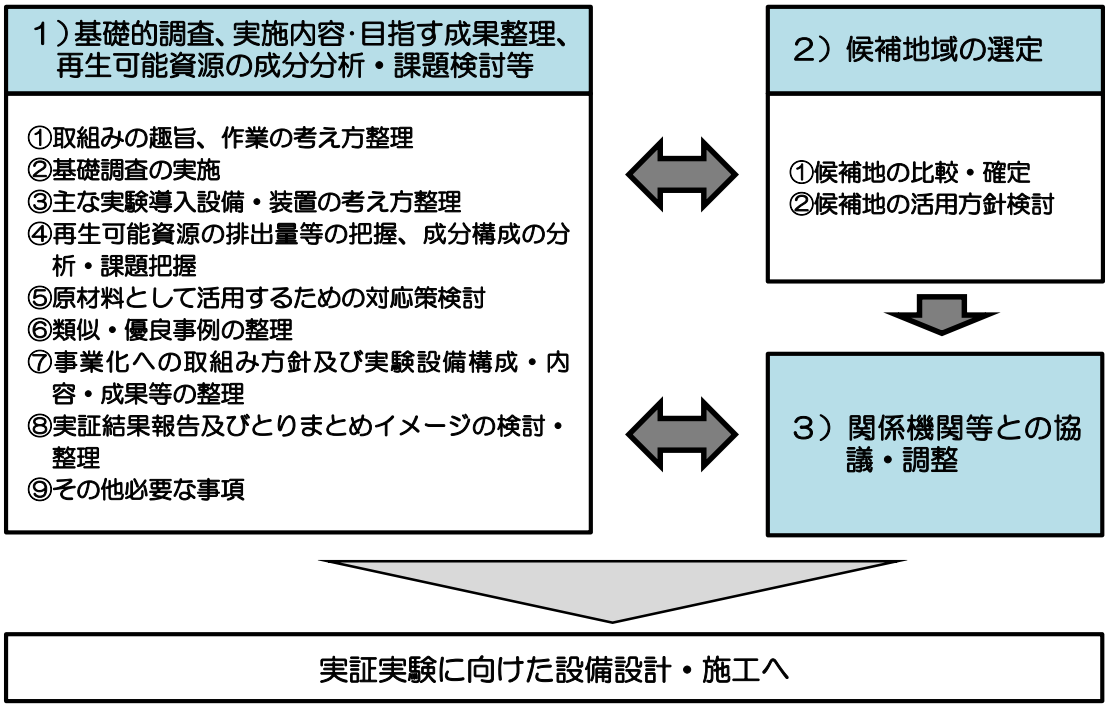
- 土地確保の可能性、そこで取組むことによる実験への協力度合い、法的規制などの条件や土地周辺の環境及び住民意向など客観的な評価指標により候補地を選定した。

３）関係機関等との協議・調整

- 実証実験の実施に向けて、農振・都市計画・環境に関する関係機関との調整・協議等を図った。

1.4　業務実施フロー

- “何が起きても負けない農と住の調和ある安全で安心した暮らしのできる村”の実現に向けて有効な実証実験を実施するために、実証実験に向けた基礎調査や実験内容の方針整理を行う。



1.5　業務内容

1.5.1 基礎的な調査の実施と事業方針及び実証実験における実施内容･目指す成果､使用する再生可能資源（生ゴミ）の成分分析・課題･対策などの詳細調査・検討の実施

総務省委託調査として前年度実施の既往検討成果を参考に､現時点で想定されている再生可能資源（生ゴミ）の１日対応量：2ｔ、45 坪規模の園芸施設ハウス１棟（炭化･堆肥化･飼料化の設備･装置及びバイオガス設備･装置の一部などを設置するスペース含む)、30 坪の露地圃場、残りのバイオガス設備･装置で 25 坪などを約 100 坪の敷地に配置､その上で実証実験を展開していくことを想定し、最も重要となる再生可能資源（生ゴミ）の成分構成などの分析・課題整理・対策の検討、類似事例調査をも含めて目指す効果を発揮しうる設備･装置のあり方の検討までの詳細な調査を行った。

①事業化実証実験への取組みの趣旨、そのために必要な作業の考え方などについて整理
（事業化実証実験の趣旨・目的、実施方針、その上で重要なポイントとなる再生可能資源の成分構成の把握と原材料としての活用のあり方、今後の作業の進め方などについて整理)

②今回の事業化実証実験を実施するに当たっての基礎調査の実施
（上位計画ならびに関連する諸計画状況（水耕栽培実証など）の整理)

③想定される主な実験導入設備・装置について考え方を整理

④再生可能資源（生ゴミ）の排出量・ゴミの構成（野菜・麺類・揚げ物類・肉・魚・飲料水･アルコール類などの内容と構成比）の把握､排出ゴミ全体としての成分構成（たんぱく質､炭水化物、脂肪（油分）有機廃物など）の分析と課題の把握

⑤前項の④の結果を踏まえ、再生可能資源（生ゴミ）原材料として活用するための対応策の検討

１）良好なメタン発酵に向けた物質変換概要と環境条件などについて整理し、対応策を検討

２）良質な堆肥づくりに向けた原材料成分のあり方と添加物などの条件について整理し、対応策を検討

３）良質な飼料づくりに向けた原材料成分のあり方と添加物などの条件について整理し、対応策を検討

⑥今回取組む実証実験設備に関する類似・優良事例の整理（バイオガス設備、過熱蒸気式炭化装置・堆肥化設備、飼料化設備及びエネルギー連携の IT 園芸ハウスなどに関する類似・優良事例の整理)

⑦事業化を目指すための取組み方針及び実験に導入する設備･装置の基本構成の検討、実験内容・成果などの整理

■今回実証する実験で事業化を目指すための取組み方針（役割）の整理

■バイオガス設備、過熱蒸気式炭化装置・堆肥化設備、飼料化設備における設備･装置の基本構成の検討、実験内容・成果などの整理

■園芸ハウスにおける栽培品目の検討及び必要となる栽培環境・設備･装置の基本構成の検討、実験内容・成果などの整理

■バイオガス設備でのエネルギー化・液肥化における発生量・熱量など目指す数値・効果の整理

■製造飼料の品質検証法と目指す成果の整理

■炭・堆肥の品質検証法と目指す成果の整理

⑧実証結果報告及びとりまとめイメージの検討・整理

⑨その他必要な事項

（１）事業化実証実験への取組みの趣旨、そのために必要な作業の考え方などの整理

- 前年度の総務省調査で整理した基礎的な調査及び検討された分散エネルギーに関する基本的事項を踏まえ、事業化実証実験の趣旨・目的、実施方針、その上で重要なポイントとなる再生可能資源の成分構成の把握と原材料としての活用のあり方、今後の作業の進め方などについて整理する。

（２）今回の事業化実証実験を実施するに当たっての基礎調査の実施

- 今後の事業化へ向けて必要な情報について調査を実施した。
- 主な調査項目は以下に示すとおり。

【調査項目】

ア）上位関連計画

イ）農を活かした北中城活性化検討事業に関わる他業務の進捗状況　等

ウ）村内の土地利用状況及びそれに関わる検討状況　等

エ）バイオマス発電に関わる最新動向（法規制等の改正等）

オ）生ゴミを活用した堆肥化・飼料化の法規制

- なお、実証候補地は制約が多い農業振興地域である可能性が高いため、農用地の土地使用に関する手続きについて、最新の法改正の状況などを踏まえて調査を実施した。

（３）想定される主な実験導入設備・装置について考え方を整理

- 事業化実証実験の趣旨・目的、実施方針を踏まえ、導入する設備・装置を検討するとともに導入の考え方を整理する。

（４）再生可能資源の排出量・ゴミの構成の把握、排出ゴミ全体としての成分構成分析と課題の把握

- 本事業において対象とする再生可能資源について、使用量などの実態を調査把握し、精査した。
- 調査はヒアリングによるものとし、再生可能資源の出される施設の管理者並びに資源の処理業者に対して行った。
- ゴミの構成（野菜・麺類・揚げ物類・肉・魚・飲料水･アルコール類などの内容と構成比）についても事業者にヒアリングするとともに実際の排出状況を現地にて確認した。
- ヒアリング等により把握したゴミの構成結果を基に、排出ゴミ全体としての成分構成（たんぱく質、炭水化物、脂肪（油分）有機廃物など）を把握した。また、成分構成の偏り等による事業への課題を整理した。

（５）再生可能資源（生ゴミ）原材料として活用するための対応策の検討

- （４）で把握した成分構成を踏まえ、再生可能資源（生ゴミ）を原材料として活用するための対応策を検討した。

  １）良好なメタン発酵に向けた物質変換概要と環境条件などについて整理し、対応策を検討

  ２）良質な堆肥づくりに向けた原材料成分のあり方と添加物などの条件について整理し、対応策を検討

  ３）良質な飼料づくりに向けた原材料成分のあり方と添加物などの条件について整理し、対応策を検討

（６）今回取組む実証実験設備に関する類似・優良事例の整理

- 今回の事業で扱う実証実験設備（バイオガス設備、炭化・堆肥化・飼料化設備、エネルギー連携の園芸施設ハウス等）に関する類似・優良事例を整理した。
- 事例整理にあたっては、本事業への参考とするため、事業規模、事業費、事業主体、事業箇所の特徴、景観性、環境性等の観点から整理した。

（７）事業化を目指すための取組み方針及び実験に導入する設備･装置の基本構成の検討、実験内容・成果などの整理

１）実証実験の取組み方針の整理

- 事業化実証実験の趣旨・目的、実施方針を踏まえ、将来の事業展開も見据え、実証実験の取組み方針を作成した。

２）導入する設備･装置の基本構成検討

- 取組み方針を踏まえ、実験に導入する設備･装置について、基本構成を検討・整理した。
- 設備・装置は実験の目的を達成するために過不足のない構成とした。

３）実験内容・目指す成果の整理

- 取組み方針及び導入設備・装置の基本構成を基に、実験内容・成果等を検討・整理した。
- 具体的な検討項目は以下の通り。
  - ■導入設備・装置（バイオガス設備、過熱蒸気式炭化装置・堆肥化設備、飼料化設備における設備･装置等）に対する実験内容・成果などの整理
  - ■園芸ハウスにおける栽培品目の検討及び必要となる栽培環境・設備･装置の基本構成の検討、実験内容・成果などの整理
  - ■バイオガス設備でのエネルギー化・液肥化における発生量・熱量など目指す数値・効果の整理
  - ■製造飼料の品質検証法と目指す成果の整理
  - ■炭・堆肥の品質検証法と目指す成果の整理

（８）実証結果報告及びとりまとめイメージの検討・整理

- 上記の検討事項を踏まえ、実証結果報告及びとりまとめ時のイメージを検討・整理した。
- イメージの整理に当たっては、実証の結果が直感的にわかるよう、ビジュアルにも配慮した。

（９）その他必要な事項

- その他に検討が必要な事項がある場合は、作業事前協議にて調整した。

1.5.2　候補地域の選定

農業施設及び公的施設（街路灯など）へのバイオガスエネルギー製造実証実験施設の設置候補地として前年度の総務省調査で検討された３箇所（荻道･大城地区、安谷屋地区、渡口地区）に対し、土地確保の可能性、そこで取組むことによる実験への協力度合い、法的規制などの条件や土地周辺の環境及び住民意向を詳細に把握のうえ、取組みに向けた地域の熟度を検証し、実証実験の実施候補地を1箇所に絞り込みを行った。

（１）候補地の比較と確定

- 前年度の総務省調査で検討された3箇所（荻道･大城地区、安谷屋地区、渡口地区）に対し、土地確保の可能性、そこで取組むことによる実験への協力度合い、法的規制などの条件や土地周辺の環境及び住民意向などから比較評価を行い、1箇所に絞込みを行った。

（２）候補地の活用方針検討

- （1）で選定した候補地に対して、実証実験における活用の方針を検討した。

第2章 事業化実証実験への取組みの主旨、そのために必要な作業の考え方等について整理

2.1 業務の背景 9
2.2 実証実験の目的・実施方針 11
2.3 本年度の業務の目的 12
2.4 事業のスケジュール 12

2.1 業務の背景

北中城村分散型エネルギーインフラプロジェクト・マスタープラン策定事業　概要

【背景】

・アワセ地区大規模商業施設の生ごみは総量等の理由で村外の事業者において委託処理を実施

・総合戦略ではまちづくり施策により、人口増加を図り地方創生を実現する計画

・地方創生の実現には、若い世代が生活していける産業・雇用・魅力ある環境の提供が重要

・特に「食」、その生産の重要な場となる農業の再生・振興は必要不可欠

【目的】

村内で発生する生ごみ資源を利用したバイオガス発電のエネルギー供給事業（堆肥化事業含む）による分散型エネルギーインフラの構築を推進し、自治体を核に地域の雇用を生み出しながら人・もの（食・農・エネルギー）の地産地消を強力に進め、前進ある地域づくり事業“何が起きても負けない農と住の調和ある安全で安心した暮らしのできる村”を実現していく

【事業概要】

生ごみ資源を利用したバイオガス発電のエネルギー供給事業（堆肥化事業含む）による分散型エネルギーインフラ構築のためのマスタープランを策定

マスタープランでは、主に以下の事項を検討

・目指すまちの姿

・本村で発生する生ごみ活用したバイオガス発電事業の方針

・発電により生まれた電力・熱エネルギー・消化液の活用方法

・村内の農業振興のための施策

【事業実施の基本戦略（取組みのあり方）】

基本戦略①：三つの循環により地域が自立・発展するための北中城村の新しい拠点づくり

➢ 三つの循環とエネルギーインフラの役割

1　エネルギーの循環を促す拠点　“ダイナモ”としての役割
ゴミを使ってエネルギーを生み出す。そのエネルギーを村民の営みや農業に活用。

2　食物循環を促す拠点“再生工場”としての役割
生ゴミからエネルギーを取り出し液肥・堆肥を生成。農業に活用。農産物を地域で消費し、更にそのゴミを回収。

3　地域外への資金流出を防ぐ拠点“地域経済循環の要”としての役割
重油を基にするエネルギーは、海外へ利益が流出する。海外の安価な農産物を消費すると海外へ利益が流出する。これを回避して地域内に利益を創出。

基本戦略②：村の発展に合わせた段階的事業展開

➢ 二つの事業ステージと段階ごとのエネルギーインフラの役割

1　村内に生まれた新しい街をモデルとしたエネルギーインフラとしての役割
大型商業施設や大型複合病院を中心に生まれ変わろうとしている新しい街

2　北中城村の発展や需要と供給のバランスを考慮したエネルギーインフラとしての役割
農業振興／安全・安心／地域活性化

【北中城みらいづくり】

●村民みずからが中心となり、賑わいのある地域社会と活力に満ちた産業（農業・観光）を持続する。
●地域の雇用を生み出しながら、人・もの（食・農・エネルギー）の地産地消を強力に進め、“何が起きても負けない農と住の調和ある安全で安心した暮らしのできる村”を実現する。
●輝ける北中城の未来を支えるエネルギーインフラを村全体でつくる。

●村民が主役

・村を愛し、自らの手で未来をつくる。
・生活からでるゴミを資源化する重要な役割を担う。
・子供からお年寄りまで、結の精神で地域をつくる。

●地元企業が主役

・事業に投資し、村の将来に投資し、地域の原動力となる。
・雇用を生み出し、活力に満ちた産業を形成する。

●行政が主役

・輝ける未来像を描き、持続的社会を牽引する。
・村民、地元企業を支援し、村全体を支える。

図 2-1　事業の基本的コンセプト

2.2 実証実験の目的・実施方針

事業化に向けての取組みは、下記の 3 つを実証実験の目的とし、これらの事業化達成のために必要となる導入設備技術の安定性・信頼性及び、稼動に際しての経済性、堆肥や飼料等の品質性・市場性などを洗い出し、村内における食・エネルギー・経済の循環形成を目指した事業展開の実現性及び課題解決方策等について検証した。

① バイオマス処理により発生する「電気・熱」による農業施設、公共施設の経費削減

② 液肥、炭及びＥＭ菌等の培養菌と掛け合わせて堆肥化を図り、耕作放棄地の再生に有効な高機能の土作り

③ 生ゴミをＥＭ菌等の培養菌活用で養鶏に最適な飼料づくり

本事業では、島嶼圏という利用可能な資源確保のハンディを克服し、村規模でも確実な農業振興・産業形成への取組みが可能となる北中城村オリジナルの再生資源化設備を製作の上で各実証実験を進める。

また、本実証実験では村内での新たな事業展開として想定される「バイオガス発電設備」、「炭化設備」、「堆肥化設備」の双方で処理及びその液肥・堆肥の農業利用が展開の可能性、さらに生ゴミの飼料化に取組むことで、バイオガス発電設備規模の縮小を図り、食の循環・再生資源化の産業形成に資する総合的な実証実験を行うこととした。

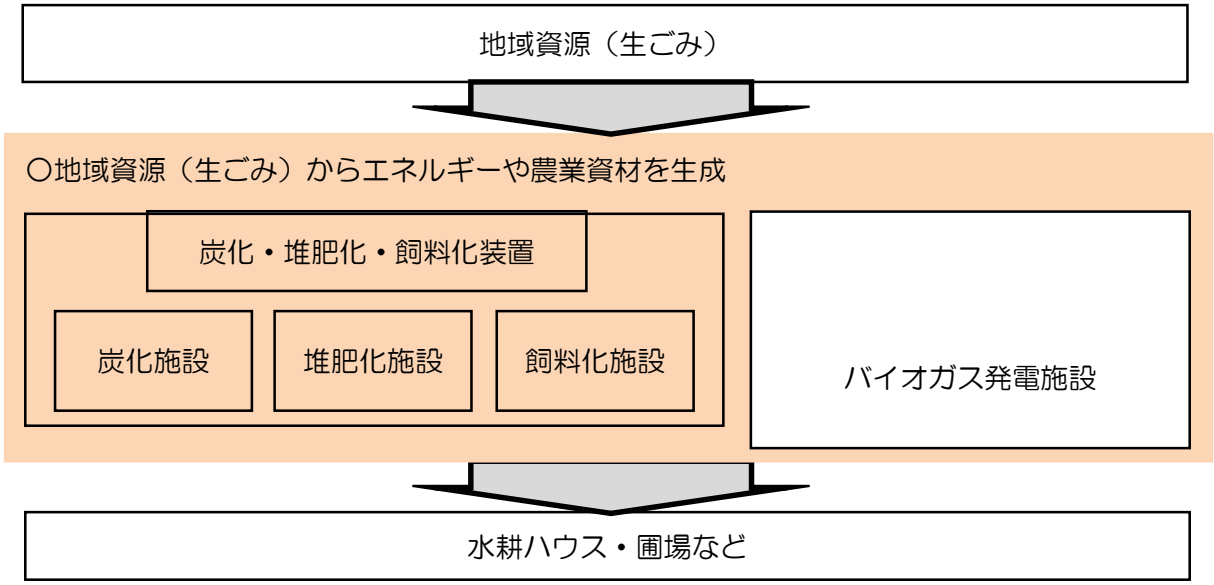


図 2-2　導入する設備の概念図

2.3 本年度の業務の目的

- 小規模メタンガス発酵設備の安定性・信頼性を確認すると共に、メタン発酵を安定させる際の課題や対策の検討を行うため、再生可能資源の成分分析、メタン発酵試験などを実施した。
- 採算性を確保し、かつ村内企業の保有する炭化・肥料化技術との連携を行うため、導入する設備の方針・考え方を整理した。

平成 29 年度は、詳細調査及び実験の実施に向けた検討を行った。また、平成 30 年度に基本計画及び概略（基本）設計の策定を行うこととした。

本計画で想定しているバイオガス発電施設の規模は、現在メーカーが販売している最小規模 4～5t より小さく、メタン発酵のガス発生の安定性は不明な点がある。また、事業化した場合に採算性が確保しにくい面がある。そのため、本年度の業務において、再生可能資源の成分分析、メタン発酵試験などを実施し、メタンガス発酵設備の安定性・信頼性を確認すると共に、メタン発酵を安定させるための課題や対策の検討を行った。

また、採算性の確保及び村内企業の保有する炭化・肥料化技術との連携の点から、導入する設備の方針・考え方を整理した。

2.4 事業のスケジュール

- H28 年度に作成した分散型エネルギーインフラプロジェクトのマスタープランを基に、**本年度では、詳細調査及び実験の実施に向けた検討を行う。**
- H30 年度では基本プランの策定、H31 年度では設計や用地確保、導入検討委員会の開催など導入の準備、H32 年度に設備の導入を行い、H33 年度より実証実験を実施する。

H28 年度	H29 年度	H30 年度	H31 年度	H32 年度	H33・34 年度
マスタープラン策定	詳細調査、実験に向けた検討	基本プラン策定	設計用地確保 実施計画書 導入委員会など	設備の導入 実験準備 稼働試験など	実証実験の実施

図 2-3　事業のスケジュール（予定）

第3章 基礎調査の実施

3.1 上位関連計画 14
3.2 村内の土地利用状況及びそれに関わる検討状況整理 17
3.3 バイオガス発電に関わる最新動向及び関連規制整理 20
3.4 食品廃棄物系バイオマスエネルギー利用システムについて 24
3.5 生ゴミ等の飼料化・堆肥化の現状と課題 35
3.6 北中城村植物ごみ資源化事業 48

3.1 上位関連計画

3.1.1 上位関連計画の整理

上位計画に対する本業務の位置づけ及び目的を明確化するため、本業務の目的の内容から上位計画を「農業振興」、「雇用創出・地域活性化」、「再生可能エネルギー、エネルギーの地産地消」の視点に絞り整理し、これらに対する村の考え方を表 3-1 に整理した。整理した北中城村の上位計画は下記のとおりである。

・「北中城村第四次総合計画（基本構想前期基本計画)」（平成 27 年 12 月）
・「北中城村まち・ひと・しごと創生総合戦略」（平成 28 年 3 月)」
・「北中城農業振興地域整備計画書（平成 24 年 3 月)」

表 3-1　北中城村の上位計画

		北中城村 第四次総合計画 （基本構想前期基本計画） （平成 27 年 12 月）	北中城村 まち・ひと・しごと 創生総合戦略 （平成 28 年 3 月）	北中城 農業振興地域整備計画書 （平成 24 年 3 月）
「①農業振興」に関する記載	課題	・農業就業者の高齢化 ・農業の**担い手不足** ・遊休化した土地が多くみられる	―	・**農家戸数の減少**や**就農者の減少**を要因として**耕作放棄地が増加** ・就農者及び専業農家、各々の就農形態に応じた農業の展開、他の産業との連携による農業の振興が課題
	施策	・農業生産法人や担い手の育成・確保 ・**農村地バンク設置**に伴う遊休地の解消 ・農地流動化による経営規模の拡大	・食物残渣の堆肥化による有機肥料を農業に活用 ・生産性を高めた**次世代型施設**の園芸の地域展開の促進	・地域環境に応じた農業生産基盤の整備や安定した生産を支える**近代化施設の整備**に努める
「②雇用促進・地域活性化」に関する記載	課題	・**経営安定化に向けた総合的な支援** ・**就労希望の村民と求人企業のマッチング**を図り、新たな雇用の創出	・地域資源の発掘と六次産業化などの、好調な観光産業分野と連携した“しごとづくり”が求められている	・農業者が他産業従事者と比較して遜色のない所得を確保しうる**効率的かつ安定的な農業経営の実現のため、収益性の高い農業形態の導入**や**担い手の育成**をする必要がある ・農地流動化や集積化等による生産規模の拡大を図る必要がある
	施策	・企業家や既存企業の**新規事業展開等の支援** ・**就業支援相談体制**の強化	・**就職情報提供による企業とのマッチング**を推進し、観光産業における新たな雇用の創出 ・地域資源に由来するエネルギー及び再生資源を活用した新たな生産展開による人材育成と就農者雇用の機会を創出 ・新規就農者不足解決のため、**講習会や農業経営改善支援事業等の支援の実施、自立した営農が可能となる就農環境整備**の推進	・だれもが就農できる**各種条件の整備や支援**、村民及び消費者の健康づくりにつながる農産物の生産体制の確立を図る ・産業間の連携による多面的な相乗効果をめざした地産地消農業及び都市近郊型農業の推進に努める
「③再生可能エネルギー、エネルギーの地産地消」に関する記載		―	・「食」の循環となる資源再生を図るため、バイオマスによる再生エネルギーの活用	―

※下線：各項目のキーワードとなるもの
　太字：3 つの上位計画で、重複するもの

3.1.2 農を活かした北中城活性化検討事業に関わる他業務の進捗状況整理

農を活かした北中城活性化検討事業に関わる他業務の進捗状況は以下の通りである。

表 3-2　北中城活性化検討事業に関わる他業務の進捗状況

事業内容		平成 28 年度	平成 29 年度	平成 30 年度	平成 31 年度	
(1)水耕栽培	実証実験	■コンテナ式水耕栽培実証実験の実施準備業務	■水耕栽培実証試験（植物工場コンテナタイプ）の本格実証対応			事業開始
	事業化検証		■事業化に向けた事業検討及び詳細設計の実施	■事業化に向けた導入設備の整備	■事業化による検証の実施	
(2)滞在型市民農園		■農を活かした北中城活性化検討業務（基本計画の策定）	■定住促進･産業振興に資する滞在型市民農園のお試し居住モデル実証施設（５区画クラインガルテン）導入	■定住促進･産業振興に資する滞在型市民農園のお試し居住実証実験		
(3)６次産業化		■６次産業化に向けた可能性調査及びアクションプログラム策定業務	■６次産業化商品の試作品開発と市場性実証による地域ブランド構築事業【設備等】	■６次産業化商品の試作品開発と市場性実証による地域ブランド構築事業【試作品開発等】		
(4)農を活かした健康福祉（ウエルネス）の展開			■基本構想・基本計画 ・医食同源・健康長寿支援機能や事業構想の作成、概算事業費。委員会での検討	■整備計画・事業手法検討 ・事業者選定、面整備計画 ・民活事業手法などの検討	・実施設計 ・用地確保(地権者調整) ・整備　など	事業開始
分散型エネルギーインフラプロジェクト		■分散型エネルギーインフラプロジェクト（マスタープラン策定事業)］業務	■分散型エネルギーインフラプロジェクトに関する導入検討	■分散型エネルギーインフラプロジェクトに関する導入設備の整備		

今後の研修施設等への活用

3.2 村内の土地利用状況及びそれに関わる検討状況整理

3.2.1 土地利用の目的

沖縄県では、土地利用の基本理念を「県土が現在及び将来における**県民のための限られた資源であり、生活及び生産を通ずる諸活動の共通の基盤であるという基本認識**に立って、**公共の福祉を優先**させ、**自然環境の保全**を図りつつ、地域の保全的条件に配意して、**健康で文化的な生活環境の確保と地域性豊かな県土の均衡ある発展を図る**こと。」としている（「沖縄県土地利用基本計画書」、（平成 29 年 3 月）より）。

北中城村では、平成 22 年 7 月末日に返還され、平成 25 年 3 月 29 日に引渡された**駐留軍用地「アワセゴルフ場地区」において土地区画整理事業の実施に向けて準備が進められており、この跡地利用は、北中城村の発展をけん引していくものと期待されている。**

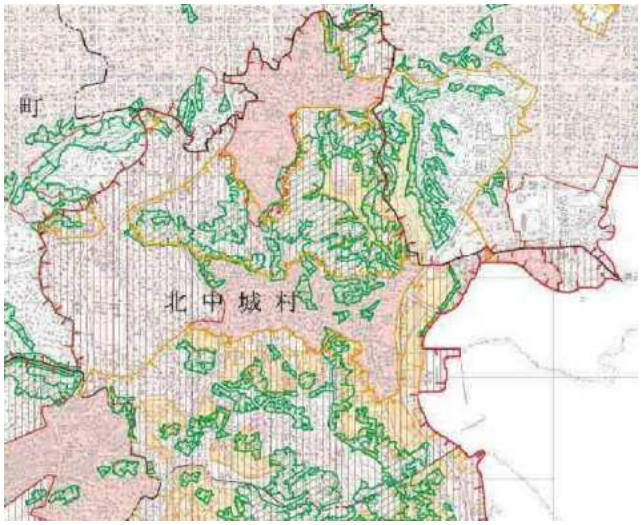
アワセゴルフ場地区の跡地利用については「アワセゴルフ場地区総合整備計画」（北中城村、平成 22 年 3 月）において将来のまちづくりに必要な要素が整理されている。

3.2.2 北中城村の土地利用計画について

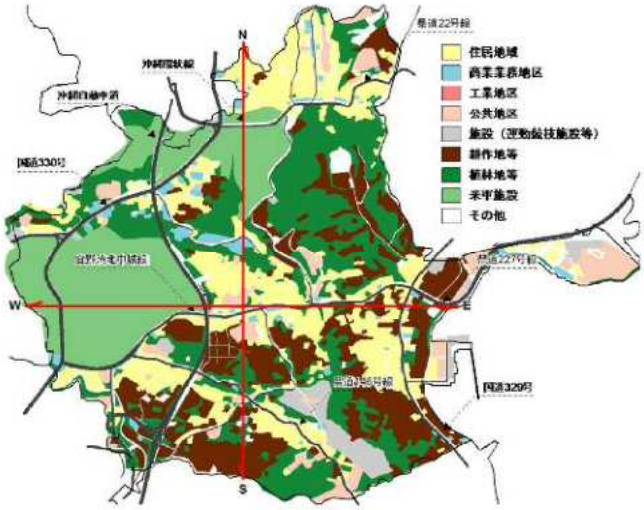
中城湾から内陸の丘陵地まで起伏に富んだ地形であり、市街化区域 216ha(18.7%)に対して、米軍施設は、概ね平坦な土地 164ha（14.2%）を占有している。平成 25 年に引き渡しされた駐留軍用地（約 46ha）においては市街地が形成される計画となっている。

地形は、中城湾に面した海岸線から標高 20m までの海岸低地、内陸部に広がる斜面を形成している丘陵地域及び台地と大きく 3 つに分けられ、起伏の変化に富んだ地形となっている。また、駐留軍用地の返還及び引き渡し以前は、限られた平地の多くを駐留軍用地が占有しており、わずかな平地に住居地域や公共地域が形成されていた。

【土地利用計画図】



【土地利用現況図】



「沖縄県土地利用基本計画」
（沖縄県、平成 29 年 3 月）

図 3-1　北中城村の土地利用計画図および土地利用現況図

【土地利用規制】

北中城村は、那覇広域土地計画区域に含まれ、村全体が都市計画区域に指定されている。市外化区域は約 216ha である。

表 3-3　土地利用規制

区分		面積（ha）	備考
都市計画区域		1,153	都市計画法
農業振興地域		626.0	農業振興地域の整備に関する法律
地すべり防止区域		64.3	地すべり等防止法
森林地域	国有林	0.0	森林法、国有林法
	民有林	188.0	
保安林		1.0	森林法

出典「沖縄県土地利用規制現況図　説明書」　（平成 29 年 3 月）

3.2.3 駐留軍用地「アワセゴルフ場地区」における土地利用計画

駐留軍用地「アワセゴルフ場地区」は平成 24 年 12 月に「北中村まちづくり基本構想」、平成 25 年 3 月に「基本まちづくり基本計画」が策定され、地区のまちづくりに必要な要素を満たす施設として多目的アリーナが位置づけられた。

まちづくりの方向性は、①「沖縄県中部圏域における広域交流拠点の形成」、②「地域の持つ環境風洞・文化等との調和のとれた新たな顔となる多様な交流拠点を目指す」としている。また、まちづくりの要素は、下記に示す 4 つの理念のもと整理された。

Ⅰ「環境を創造する交流拠点」、Ⅱ「健康を増進する交流拠点」、

Ⅲ「観光を振興する交流拠点」、Ⅳ「安全安心を確保する地域防災拠点」

4 つの理念のもと、村に必要な要素を抽出し、更に満たされていない要素を抽出すると下記のとおりとなり、それらを満たす施設として多目的アリーナが位置づけられた。

①地域歴史、文化、産物、②健康増進・スポーツ施設、③スポーツ交流、④防災

図 3-2　アワセ土地改良区における土地利用計画

・医療福祉地区：　複合型商業交流地区と連携し高齢化社会に対応した医療・福祉を中心とした機能を備える。

・複合型商業交流地区：広域交流拠点の核となるゾーンであり、交流に必要な文化交流施設や、県内外の人々が交流できるショッピング、アミューズメント、観光サービス等の施設を集積する。

・高層利用住宅地区：　集合型住宅等の居住機能と沿道利用型のサービス施設を配置し、複合型商業交流地区を補完しつつ、広域交流拠点の役割を担う。

・低層利用住宅地区：　緑、ゆとり、海への眺望を活かした質の高い戸建住宅を配置する。

出典「北中城村　まちづくり実施計画」（北中城村、平成 26 年 5 月

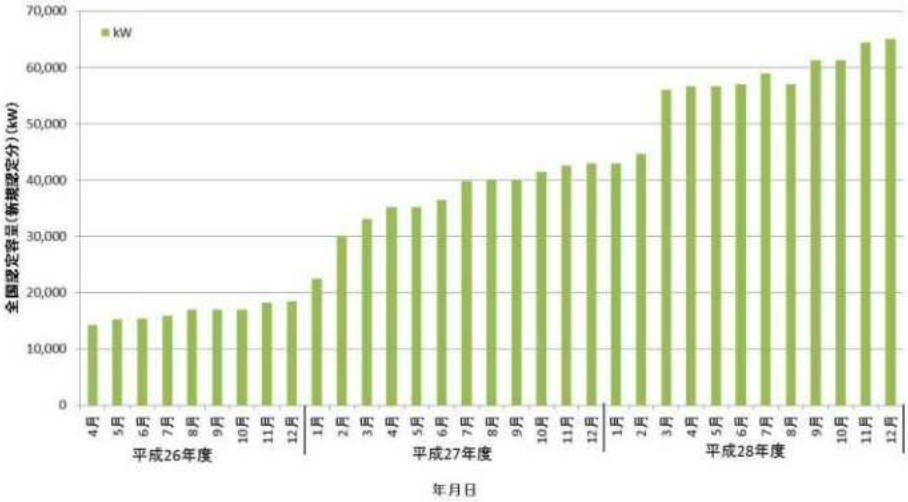
3.3 バイオガス発電に関わる最新動向及び関連規制整理

3.3.1 バイオガス発電に関わる最新動向

バイオガスを利用した全国のバイオマス発電量（新規認定分）は 2018 年 12 月現在において約 65,000kW となっている。資源エネルギー庁ではバイオガス発電設備は設備認定後、半年から 1 年以内に運転を開始することから 2020 年度の導入量は約 70,000kW、2030 年は約 160,000kW となることが想定されている。

なお、沖縄県内では、平成 26～28 年度までに八重瀬町において、環境省のモデル事業である「地域循環型バイオガスシステム構築モデル事業」が実施されている。ただし、本事業は畜産排泄物を主とした事業であり、モデル事業段階であることから、本事業の参考事例としにくい部分がある。

また、うるま市の具志川浄化センター（下水処理場）で行われているバイオガス発電については、下水汚泥を対象にしており、規模も大規模であることから、こちらも本事業の参考とはしにくい部分がある。



出典：メタンガス化が何かを知るための情報サイト（平成 28 年 10 月現在、環境省）

図 3-3　メタン発酵ガス　全国認定容量（新規認定分）（平成 26 年度～平成 28 年度）

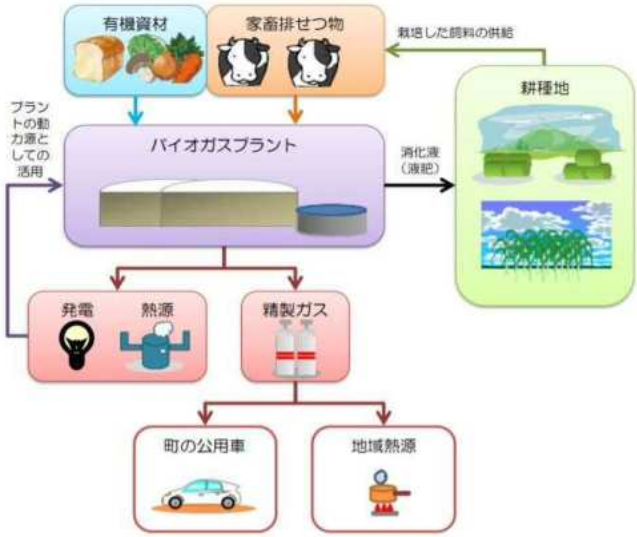


図 3-4　八重瀬町における地域循環型バイオガスシステム構築モデル事業

3.3.2 バイオガス発電に関わる法規制

以下に、バイオマスエネルギー活用の関連法規一覧を示す。

本事業では食品残渣の取り扱いを想定していることから、廃棄物の処理及び清掃に関する法律や食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律等の制約を受ける。

事業実施にあたっては導入する設備に関連した法規を確認し、確実に遵守する必要がある。

表 3-4　バイオマスエネルギー活用の関連法規一覧

段階	名前	概要	分類			
			木質	畜産	食品	バイオ燃料
導入前	廃棄物の処理及び清掃に関する法律	産業廃棄物の収集、運搬、処理を行う場合	○	○	○	○
	家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律	一定規模以上の家畜排せつ物を処理		○		
	食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律	食品関連事業者に対して			○	
	電気事業法	一定規模以上の発電施設の場合	○	○	○	
	エネルギーの使用の合理化に関する法律（省エネ法）	エネルギーを一定以上利用する施設では有資格者が必要	○	○	○	
	大気汚染防止法	一定規模以上の施設について規制値あり	○	○	○	
	騒音規制法	一定規模以上の施設について規制値あり	○	○	○	
	振動規制法	一定規模以上の施設について規制値あり	○	○	○	
	特定工場における公害防止組織の整備に関する法律	公害防止統括者、公害防止主任管理者、公害防止管理者の選任	○	○	○	
	労働安全衛生法	一定規模以上のボイラーがある場合	○	○	○	
	消防法	燃料貯蔵量が一定数量以上の場合	○	○	○	○
	熱供給事業法	他施設へ一定規模以上の熱供給を行う場合	○	○	○	
運用	水質汚濁防止法	水質汚濁に関する規制値	○	○	○	
	悪臭防止法	悪臭に関する規制値		○	○	
	肥料取締法	たい肥を製造販売する場合		○	○	
	揮発油税	炭化水素油に対する課税				○
	地方税法（軽油引取税）	炭化水素油に対する課税				○

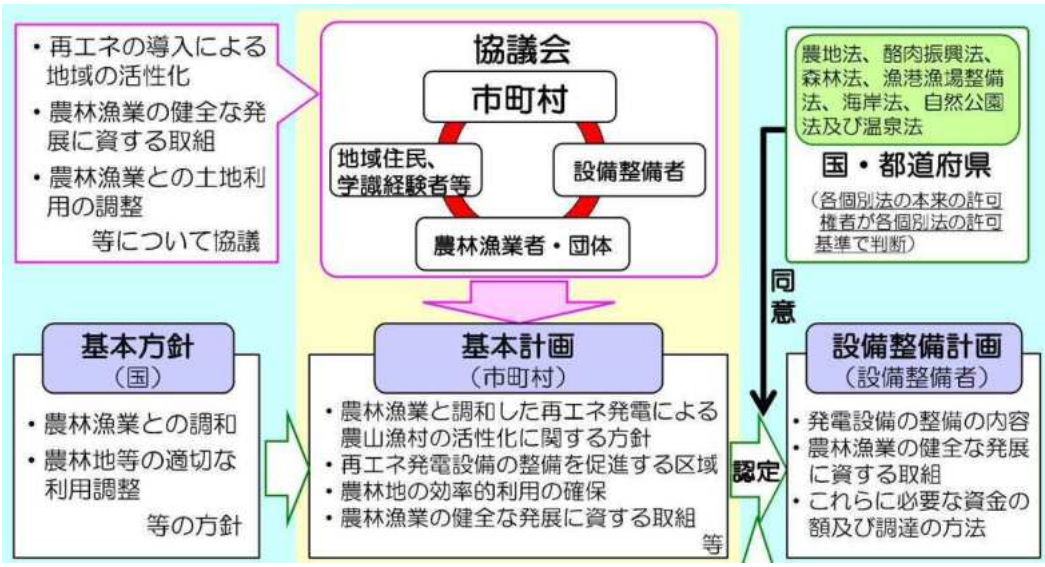
出典：資源エネルギー庁「新エネルギー導入ガイド　企業のためのバイオマス導入 AtoZ」

・農地に該当する場所に再生エネルギー施設を設置することに関する法律

「農林漁業の健全な発展と調和のとれた再生可能エネルギー電気の発電の促進に関する法律」

（平成 28 年 5 月 27 日　法律第 50 号）

表 3-5　農林漁業の健全な発展と調和のとれた再生可能ｴﾈﾙｷﾞｰ電気の発電の促進に関する法律概要

項目名	記載内容	備考
目的	農山漁村において農林漁業の健全な発展と調和のとれた再生可能エネルギー電気の発電を促進するための措置を講ずることにより、農林漁村の活性化を図るとともに、エネルギー供給源の多様化に資するための制度を創設する。	第 1 条
基本理念	・農山漁村における再生可能エネルギー電気の発電の促進は、地域の関係者の相互の密接な連携の下に、地域の活力向上及び持続的発展を図ることを旨として行わなければならない。 ・地域の農林漁業の健全な発展に必要な農林地並びに漁港及びその周辺の水域の確保を図るため、これらの農林漁業上の利用と再生可能エネルギー電気発電のための利用と調整が適正に行わなければならない。	第 2 条
定義	再生可能エネルギー電気とは、以下に記載するエネルギー源を変換して得られる電気をいう。 ・太陽光・風力・水力・地熱・バイオマス	第 3 条
計画制度		第 4 条 ～ 第 9 条
その他	・国・都道府県による市町村に対する情報提供、助言その他の援助 ・計画作成市町村による認定設備整備者に対する指導・助言	第 20 条 第 21 条

出典：「農林漁業の健全な発展と調和のとれた再生可能エネルギー電気の発電の促進に関する法律について」
（平成 28 年 5 月、農林水産省）
「農林漁業の健全な発展と調和のとれた再生可能エネルギー電気の発電の促進の関する法律の概要」
（平成 28 年 5 月、農林水産省）

【「農林漁業の健全な発展と調和のとれた再生可能エネルギー電気の発電の促進に関する法律」において定められた制度を利用することによるメリット】

・農山漁村において再生可能エネルギー電気の発電に活用できる資源が豊富に存在するため、農林業の発展とともに、再生可能エネルギー電気の発電を促進することが可能である。

・再生可能エネルギー発電設備を行おうとする地域を含む市町村は、基本計画を作ることが可能であり、同時に協議会を組織することが可能である。

・協議会は、市町村・地域住民、学識経験者等、設備整備者、農林漁協者・団体で構成され、協議結果は基本計画に反映される。

・市町村は、基本計画の作成及びその円滑かつ確実な実施に関する必要な情報提供及び、助言その他の援助を受けることが可能である。

3.3.3 農用地の取扱いについて

- 本計画におけるバイオマス施設は、農産物生産や農業振興に資するものであり、候補地が農業振興地域であっても必要な手続きをとれば、施設の設置は可能である。

以下に、対象候補地の状況による土地使用の手続きの内容を示す。

農業振興地域内農用地であった場合、原則的には農地以外への転用は禁止である。ただし、本計画のバイオマス施設は農産物生産に関わるものであり、農業用施設として設置することが可能である。また、農業振興地域内の白地区域の場合、農地転用は「地域の農業の振興に関する地方公共団体の計画に基づく施設」であれば、例外により許可される。

表 3-6　対象候補地の状況による土地使用の手続き

対象候補地	土地使用の手続きの考え方	留意点
農業振興地域（農用地区域）	「農畜産物の生産、集荷、調整、貯蔵又は出荷の用に供する施設」として、農業用施設用地に設置することが可能（農振法施行規則第一条より）	農業振興地域整備計画で、農用地から農業用施設用地に変更する必要がある（農振法に基づく）
農業振興地域（白地）	「地域の農業の振興に関する地方公共団体の計画に基づく施設」であれば、例外により許可される。	農地転用許可制度に基づく

3.4 食品廃棄物系バイオマスエネルギー利用システムについて

- メタンガス利用システムの実績は、非常に多数ある。
  課題として、発酵阻害対策の導入や発酵残渣の処理システムが必要となることが挙げられる。今後の方向性として、余剰エネルギーを施設周辺で利用するシステムを構築することが重要である。
- 熱分解ガス化は、木質系バイオマスを対象に 20 件程度の実績がある。
  課題として、トータルコストの低減やエネルギー収支の向上、安定運転が挙げられる。将来的には発電の効率を上げていくことが期待される。
- 炭化システムは広く普及していない。
  課題として、炭の品質確保や利用先確保が挙げられる。今後の方向性として、利用先を含めた地域システムの構築、エネルギー以外の分野での利用拡大が期待される。

3.4.1 食品廃棄物系のバイオマスのエネルギー利用の検討の視点

家庭の生ごみ、外食産業・小売・卸売等流通過程での食品残さ、食品製造業等製造過程での食品残さの利用用途として、飼料・堆肥等の原材料利用に次ぎ、ガス化・エタノール化等の燃料化、発電等のエネルギー利用がある。このバイオマスのエネルギー利用は、地球温暖化防止にも貢献する意義の高いシステムである。

生ごみ等食品廃棄物の利用用途として、原材料利用とエネルギー利用は相互に競合関係にある一方で、補完関係にもあると考えられる。また、生ごみ等食品廃棄物のこうした利用用途は、家畜ふん尿の堆肥化や木質系バイオマスの燃料化等のように、他のバイオマス系廃棄物の利用用途とも重なる。

このようなことから、生ごみ等食品廃棄物のエネルギー利用を検討するに当たり、循環基本法の基本原則に沿ったものとすることを前提とし、原材料利用との競合・補完関係や、他のバイオマスのエネルギー利用との競合・補完関係を考慮することが必要である。

その上で、生ごみ等食品廃棄物の原材料利用とバイオマス全体のエネルギー利用を進展・持続させることのできるシステムの具体像を明確化することが適切である。

また、エネルギー変換技術の水準、賦存量、代替する既存の燃料・エネルギーとの関係、バイオマスの集荷・エネルギー利用のシステム化等を考慮する必要がある。

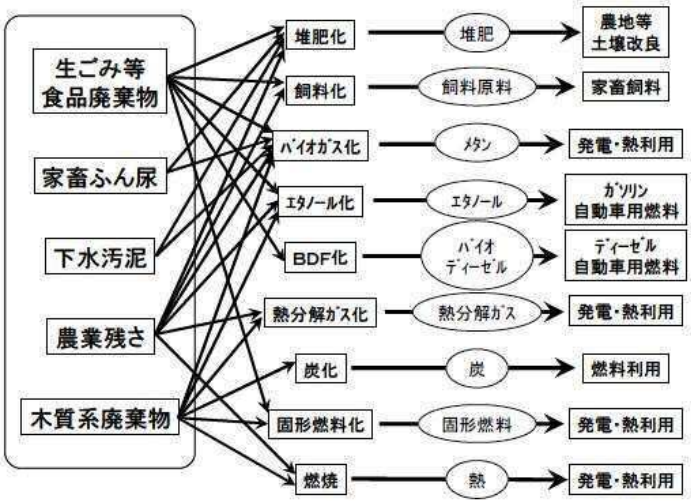


図 3-5　バイオマス系廃棄物の利用用途の概要

3.4.2 各種バイオマスのエネルギー変換技術の水準

各種バイオマスに対応するエネルギー変換技術について、技術水準（実用化、実証、研究開発）は以下のとおり。

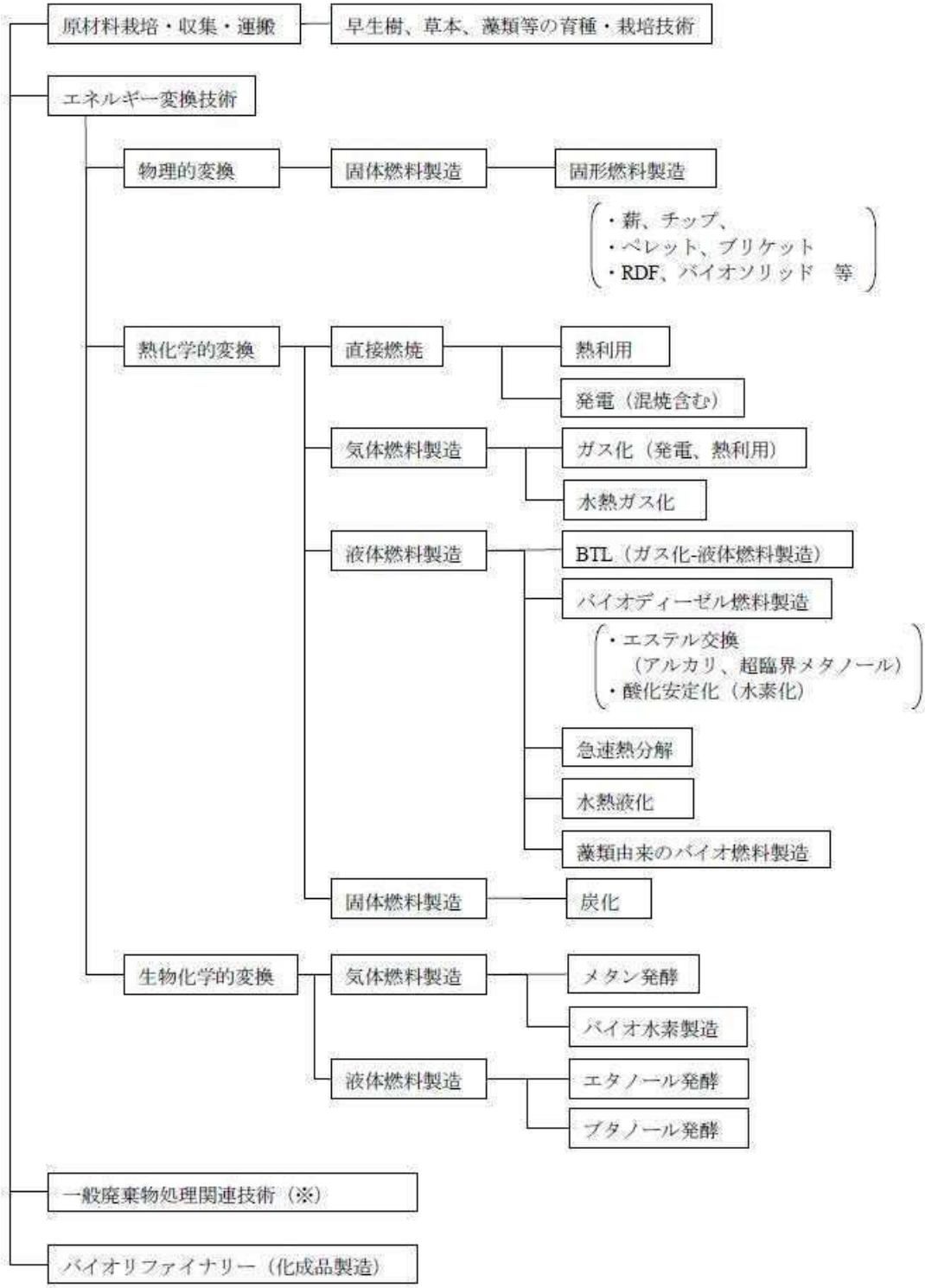
表 3-7　バイオマスの種類ごとに対応する変換技術とその技術水準

変換技術		技術水準	食品廃棄物	家畜ふん尿	下水汚泥	農業残さ	木くず
生物化学的変換	メタン発酵	実用化	◎	◎	◎	○	
		実証					○
	エタノール発酵	実用化	◎注1				
		実証				○	◎
	アセトン・ブタノール発酵	開発	○	△	△		
	水素発酵	開発	○	△	△	○	
熱化学的変換	熱分解ガス化	実用化					◎
		実証	△	△	△	○	◎注2
	超臨界ガス化・油化	基礎研究	○	○	○		
	炭化	実用化	△	△	△	△	◎
	エステル化	実用化	◎注3				
燃焼	直接燃焼	実用化				◎	◎
		実証			△注4		◎注5
	固形燃料化	実用化	○				◎注6

注１：糖蜜など糖・澱粉系のものが対象。
注２：小規模システム、ＧＴＬ（ガストゥリキッド）を含む。注３：食用油が対象。
注４：炭化物の火力発電所利用、注５：小規模システムの実証、火力発電所での混焼の実証。
注６：ペレット化を含む

出典：「バイオマスエネルギー導入ガイドブック（第２版）」
（独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）

技術レベルの区分：◎事例多数・対応技術として向いている
○事例有・対応技術として向いている
△事例有・対応可能な技術



※「一般廃棄物処理関連技術」については、1)組成が複雑であること、2)組成中のバイオマスからのエネルギー変換のみを目的とした技術体系でないこと、3)近年になって、ようやくバイオマスエネルギー回収に主眼を置いた施設設置が進んできたこと、4)エネルギー回収設備の設置等においては交付金等による促進が主であり技術開発、普及に係る要因がコスト制約のみではないこと、等を背景に本書においてはバイオマスエネルギー変換技術とは別の体系として整理した。

出典：NEDO 再生可能エネルギー技術白書

図 3-6　バイオマスエネルギー技術体系

表 3-8　バイオマス資源の体系

バイオマス資源	未利用系資源	木質系バイオマス	森林バイオマス	林地残材
				間伐材
				未利用樹
			その他木質バイオマス（剪定枝など）	
		農業残さ	稲作残さ	稲わら
				もみ殻
			麦わら	
			バガス	
			その他農業残さ	
	廃棄物系資源	木質系バイオマス	製材残材	
			建築廃材	
		製紙系バイオマス	古紙	
			製紙汚泥	
			黒液	
		家畜ふん尿・汚泥	家畜ふん尿	牛ふん尿
				豚ふん尿
				鶏ふん尿
				その他家畜ふん尿
			下水汚泥	
			し尿・浄化槽汚泥	
		食品系バイオマス	食品加工廃棄物	
			食品販売廃棄物	卸売市場廃棄物
				食品小売業廃棄物
			厨芥類	家庭系厨芥
				事業系厨芥
			廃食用油	
		その他	埋立地ガス	
			紙くず・繊維くず	
	生産資源	木質系バイオマス	短周期栽培木材	
		草本系バイオマス	牧草	
			水草	
			海草	
		その他	藻類	
			糖・でんぷん	
			植物油	パーム油
				菜種油

出典：NEDO 再生可能エネルギー技術白書

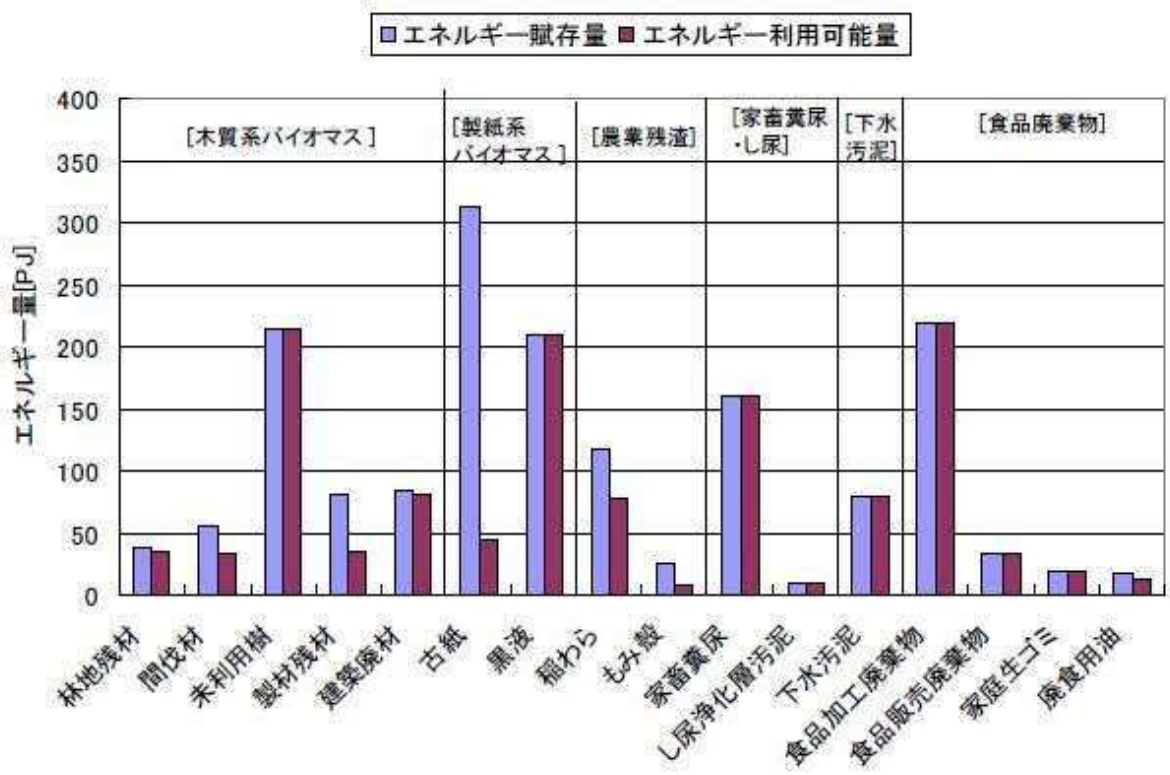
3.4.3 バイオマスエネルギーの賦存量と利用可能性

主要バイオマス全体のエネルギーとしての賦存量及び利用可能量の試算例を以下の図に示す。

この試算によれば、利用可能量（経済性等の実際上の利用制約を考慮しておらず、現実的な利用可能量は更に限定）は年間当たり 1,327PJ（約 3,500 万原油換算 kl 相当）であり、一次エネルギー総供給量の 6%弱に相当する。

また、この試算で食品廃棄物とされるものはバイオマス全体のエネルギー賦存量の 22%を占め、木質系バイオマスに次いでウェイトは大きいが、寄与の大きい食品加工廃棄物は具体的には、食品製造工場の有機性汚泥である。

食品販売廃棄物、家庭生ごみ、廃食用油の３つのエネルギー利用可能量は、63PJ であり、バイオマス全体の約 5%となっている。なお、実際にはこれら 3 つのものについては、その一部が飼料化・堆肥化されるため、残る部分がエネルギー利用の対象となる。



（注１）利用可能量の設定条件は概ね以下の通り

木質系・製紙系・農業残さ・廃食用油：賦存量からエネルギー用途以外の有効利用分を除いた量を利用可能量と想定

家畜ふん尿・し尿・下水汚泥、廃食用油を除く食品廃棄物：賦存量全量を利用可能と想定

出典：「新エネルギー導入基礎調査バイオマスエネルギーの利用・普及政策に関する調査」（社団法人日本エネルギー学会）

図 3-7　我が国の主要バイオマスエネルギーの賦存量と利用可能量

3.4.4 バイオマスエネルギー利用システムの概要

食品廃棄物を中心として、実用化段階にあるシステムの概要を示す。

なお、熱分解ガス化と炭化の技術は、主としてドライ系のバイオマス用のシステムであるが、生ごみ等も組み合わせることは可能であり、事例もある。

(a) メタン（バイオガス）利用システム

表 3-9　メタン（バイオガス）利用システムの概要

①概要		○いろいろなバイオマス（食品廃棄物、畜産廃棄物、農産廃棄物、排水処理汚泥、有機性排水、し尿、植物性バイオマス等）を原料とし、微生物反応によりメタンを生成し、ガスエンジンやボイラーで都市ガスと混合又は代替利用し、発電又は熱として利用するシステム。 ○得られたエネルギーをバイオガス化する場所で自家利用し、余った分を売電又は熱利用する。 ○高含水率のバイオマスからエネルギーを回収できる点がこのシステムの特徴。
②競合材料		○発電機用又はボイラー用の燃料（都市ガス、重油、灯油、ＬＰＧ）
③普及・導入の状況		○食品廃棄物を対象としたものは約 100 件、家畜ふん尿は約 60 件、下水道汚泥は約 252 件と多数の実績がある。
④課題	経済性	○売電価格が発電コストよりも低い
	技術	○アンモニアによる発酵阻害対策技術の導入が必要
	システム	○発酵処理水、発酵残渣の処理のシステム化が必要
⑤今後の可能性・方向性		○余剰分のエネルギーを施設周辺や地域で有効に利用するシステムを構築することがポイント。例えば、メタンガスを市町村のごみ収集車の燃料とする事例もある。 ○技術開発が必要であるが、水素発酵や燃料電池との組み合わせで、将来の水素利用に貢献することが期待される。
⑥各種データ	バイオマスの利用可能量	○食品製造工場汚泥系バイオマス　：　賦存量 218PJ/年 利用可能量 218PJ/年 ○食品廃棄物系バイオマス　：　〃　67PJ/年 〃　63PJ/年 ○畜産・汚泥系バイオマス　：　〃　247PJ/年 〃　247PJ/年 ○木質系バイオマス　：　〃　471PJ/年 〃　395PJ/年 ○製紙系バイオマス　：　〃　523PJ/年 〃　254PJ/年 ○農業残渣系バイオマス　：　〃　141PJ/年 〃　84PJ/年 ［合計　：　賦存量 1,667PJ/年（利用可能量 1,261 PJ/年）］
	バイオマス当たりの変換量	○生ごみ 1ｔ（湿ベース）からバイオガス（メタン濃度約 60%、二酸化炭素濃度約 40%）が 100～200Ｎm^3生成 ○家畜ふん尿あるいは汚泥 1ｔ（湿ベース）からバイオガスが 20～40Ｎm^3生成
	単位エネルギー量当たりコストの事例	○生ごみ 55ｔ/日の施設の場合、発電コスト 14 円/kWh ○家畜ふん尿・食品加工残渣等 5ｔ/日の施設の場合、発電コスト 9 円/kWh ○バイオガス価格（都市ガス原料としての卸売価格）20 円/m^3（0.9 円/MJ）（家庭向けＬＰＧ価格 5.8 円/MJ）
	建設・ランニングコストの事例	○生ごみ 3ｔ/日の施設の場合、施設建設費約 5.1 億円、ランニングコスト約 2,700 万円/年 ○家畜ふん尿等 86ｔ/日の施設の場合、施設建設費約 4.7 億円、ランニングコスト約 5 億円/年

出典：NEDO 再生可能エネルギー技術白書

(b) 熱分解ガス化

表 3-10　熱分解ガス化システムの概要

①概要		○いろいろなバイオマス（食品廃棄物、木くず、農業残さ等）を原料とし、高温場において熱分解と化学反応により、燃料ガスを生成し、ガスエンジンやボイラーで発電又は熱として利用するシステム。 ○含水率の高いバイオマスでは、燃焼熱が水分の蒸発潜熱として浪費されてしまうので、低含水率のバイオマスを対象とするのがエネルギー利用のためには望ましい。
②競合材料		○発電機用又はボイラー用の燃料等（都市ガス、重油、灯油、ＬＰＧ）
③普及・導入の状況		○木質系バイオマスを対象としたものを中心に約 20 件の実績がある。
④課題	経済性	○トータルコストの低減
	技術	○タールの分解促進による総合的エネルギー収支（冷ガス効率）の向上及び安定運転
⑤今後の可能性・方向性		○ガス化は直接燃焼に比べ、システム的には複雑になるが、発電効率等は将来的には高くなると期待されている。 ○小規模でも一定の効率を得られるため、少量発生する地域での有効活用が可能となる。 ○燃料ガスの他、化学原料ガスを生成することも可能であり、燃料以外での利用用途も期待される。（ただし、化学原料ガスの利用は、精製してメタノール、エタノール、酢酸、ホルムアルデヒドなどの原料となるが、現状では天然ガスを原料とする方が経済的）
⑥各種データ	バイオマスの利用可能量	○食品製造工場汚泥系バイオマス　：　賦存量 218PJ/年 利用可能量 218PJ/年 ○食品廃棄物系バイオマス　：　〃　67PJ/年 〃　63PJ/年 ○畜産・汚泥系バイオマス　：　〃　247PJ/年 〃　247PJ/年 ○木質系バイオマス　：　〃　471PJ/年 〃　395PJ/年 ○製紙系バイオマス　：　〃　523PJ/年 〃　254PJ/年 ○農業残渣系バイオマス　：　〃　141PJ/年 〃　84PJ/年 ［合計　：　賦存量 1,667PJ/年（利用可能量 1,261 PJ/年）］
	単位エネルギー量当たりコストの事例	○木質系バイオマス 200ｔ/日の施設の場合、発電コスト 7.5 円/kWh ○資材屑 50ｔ/日の施設の場合、発電コスト 20 円/kWh
	建設・ランニングコストの事例	○間伐材・製材屑等 5ｔ/日のガス化発電施設の場合、施設建設費約 3 億円

出典：NEDO 再生可能エネルギー技術白書

(c)炭化

表 3-11　炭化システムの概要

①概要		○いろいろなバイオマス（食品廃棄物、汚泥、木くず、農業残さ等）を原料とし、空気の供給を制限し、高温場において熱化学的変換により炭を生成し、炭を発電機やボイラー、ストーブ等で発電又は熱として利用するシステム。
②競合材料		○発電用又はボイラー用の燃料（石炭、石油等）
③普及・導入の状況		○古くから利用されているシステムであるが、利用先の問題から広く普及していない。
④課題	システム	○炭の品質確保に加え、炭の安定な利用先確保のシステム化
⑤今後の可能性・方向性		○岩手県のペレットボイラー、ペレットストーブ等のように炭の利用先を含めた地域システムの構築がポイント。 ○ストーブ等新しい燃料利用分野や、エネルギー以外の新用途（活性炭、土壌改良材、畜産飼料添加材、床下調湿材、融雪材、水質浄化材）での利用拡大が期待される。
⑥各種データ	バイオマスの利用可能量	○食品製造工場汚泥系バイオマス　：　賦存量 218PJ/年 利用可能量 218PJ/年 ○食品廃棄物系バイオマス　：　〃　67PJ/年 〃　63PJ/年 ○畜産・汚泥系バイオマス　：　〃　247PJ/年 〃　247PJ/年 ○木質系バイオマス　：　〃　471PJ/年 〃　395PJ/年 ○製紙系バイオマス　：　〃　523PJ/年 〃　254PJ/年 ○農業残渣系バイオマス　：　〃　141PJ/年 〃　84PJ/年 ［合計　：　賦存量 1,667PJ/年（利用可能量 1,261 PJ/年）］
	バイオマス当たりの変換量	○木質系バイオマス（マツの樹皮とおがくず混合物）の場合、原料 1（乾ベース）に対して炭が 0.20（木ガスを多く生成する場合）～0.35（炭を多く生成する場合）生成される。
	単位エネルギー量当たりコストの事例	○家畜ふん尿 23.1 t/日の施設の場合、製造コスト 12 円/MJ ○廃木材チップ 115 t/日の施設の場合、製造コスト 0.2 円/MJ

出典：NEDO 再生可能エネルギー技術白書

3.4.5 生ごみ等のメタン発酵の事例

- 施設の規模に関わらす、生ごみのみをメタン発酵の材料として利用している施設は多くある。発酵残渣は液肥や堆肥として利用している施設も多い。

生ごみや食品残渣を利用したメタン発酵施設の事例を表 3-12 および表 3-13 に示す。

これらの事例は、生ごみのみをメタン発酵の原料として使用しているもの、もしくは他の原料と混合しているが、比較的生ごみの割合が多いものを整理している。

規模に関わらず、生ごみだけをメタン発酵の材料として利用している施設も多くあることがわかる。

また、発酵残渣についても、液肥や堆肥として利用している施設も多い。メタン発酵方式については、湿式中温によるものが最も多くなっている。

表 3-12　メタン発酵施設の事例（大・中規模）

No		1	2	3	4
発電所名称		神立資源リサイクルセンター バイオプラント	城南島食品リサイクル施設	カンポリサイクルプラザ	富山グリーンフードリサイクル
事業者		日立セメント㈱	バイオエナジー株式会社	カンポリサイクルプラザ㈱	富山グリーンフードリサイクル㈱
概観					
発電出力		－	約 26,880ｋWh／日	2260 kWh/日	約 1,650kwh／日
原料		生ごみ・食品残渣	生ごみ・食品残渣	生ごみ・食品残渣 有機性汚泥・剪定枝	生ごみ・剪定枝
処理量（日）		135.9t	130t	50t	40t
発酵方式		湿式中温	湿式中温	乾式高温	湿式高温
生産物利用方法	電気	発電は行わず、隣接する焼却施設の補助燃料としてバイオガスを使用	一部を場内利用し、他は売電	一部は施設内利用。一部はバイオガスとして外部へ供給	一部を場内利用し、他は売電
	熱		メタン発酵槽の加温に利用	メタン発酵槽の加温に利用	メタン発酵槽の加温に利用
	発酵残渣	固液分離を行い、固形分は堆肥化。水分は水処理を行い下水道放流。	発酵処理を行いコンポスト化	固液分離を行い、固形分は堆肥化して販売。水分は水処理を行い下水道放流。	発酵処理を行いコンポスト化

表 3-13　メタン発酵施設の事例（小規模）

No		5	6	7	8
施設名称		北空知衛生センター	コープこうべ食品廃棄物処理施設	瀬波バイオマスエネルギープラント	白石市生ごみ資源化事業所（愛称：シリウス）
事業者		北空知衛生センター組合	コープこうべ	株式会社開成	白石市
概観		不明			
発電出力		約 1,300kwh／日	1,440kwh/日	600～3,000kwh／日	約 550 kwh／日
原料		家庭系・事業系生ごみ	生ごみ、排水汚泥	生ごみ、下水汚泥	生ごみ
処理量（日）		16 t	生ごみ 5t、汚泥 1t	4.9t/日	3 t /日
発酵方式		湿式中温	湿式中温	乾式中温	湿式中温
生産物利用方法	電気	場内利用	場内利用	全量を売電	場内利用
	熱	場内利用	場内利用	農業ハウスへ供給およびメタン発酵槽の加温に利用	温室ハウスおよび給食センターへ供給
	発酵残渣	固液分離を行い、固形分は堆肥化。水分は水処理を行い放流。	排水処理を行い下水道放流	液肥として利用。	排水処理を行い下水道放流

3.5 生ゴミ等の飼料化・堆肥化の現状と課題

3.5.1 飼料化について

1)現状

① 現在の飼料の需給構造について

- 国内の飼料の総供給量のうち、国内産原料によるものは全体の約１割となっており、配合飼料が大部分を占めている。
- 生ごみ、食品残さは、豚及び鶏を給与対象とする飼料の原料として認められているが、牛などへの給与する飼料の原料とすることは禁止されている。
- 畜産物生産費全体に占める飼料費の割合は、豚が 61%、採卵鶏が 54%、ブロイラーが 64%とかなりウェイトが高い。

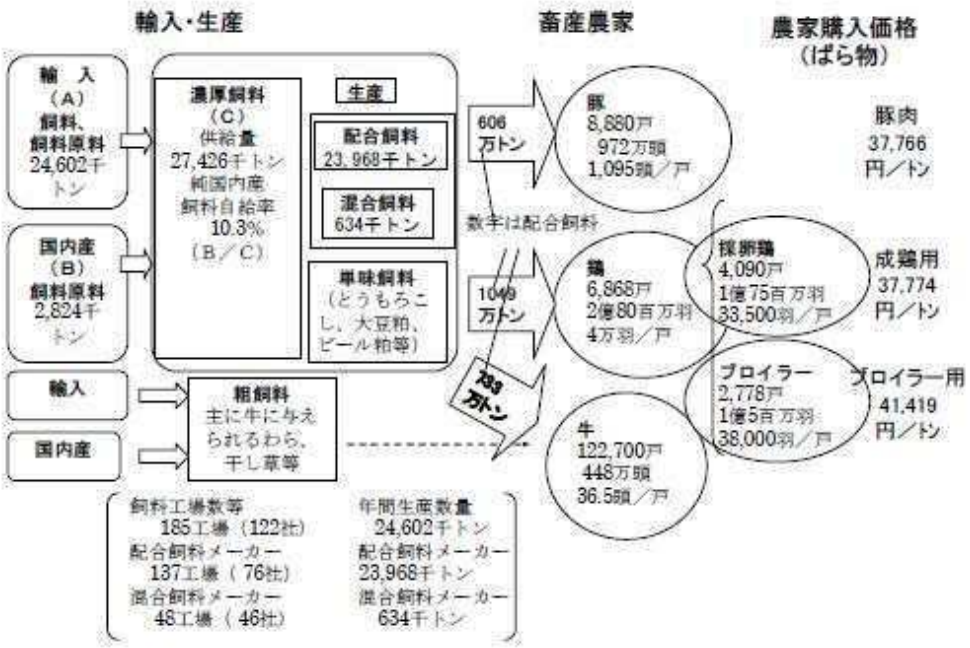
(a) **輸入・国産・消費の概要**

○国内における飼料（濃厚飼料）の総供給量は年間約 27 百万トン、このうち国内産原料によるものは 2.8 百万トン（全体の約１割）となっている。

※濃厚飼料の主なものは、とうもろこし、大豆油かす、こうりゃん、大麦、ふすま（麦の製粉過程で粉と分けられる表皮部分）などであるが、穀類はそのほとんどを外国に依存している。

○濃厚飼料には、配合飼料（栄養的に配慮し多種類の原材料を調合した飼料）、混合飼料（2 種類もしくは 3 種類の飼料を混合した飼料）、単味飼料（生産された飼料で、そのまま家畜に与えたりする飼料）があるが、配合飼料が大部分を占めている。

○畜種別にみた配合飼料の生産量は、養鶏用が 10 百万トン、養豚用が 6 百万トン、乳牛用・肉牛用が 7 百万トンとなっている。



出典：環境省：第４回「生ごみ等の 3R・処理に関する検討会」

図 3-8 飼料の需給構造

（参考） 生ごみの飼料資源としての可能性

食品製造業、食品流通業から排出される生ごみ量は年間約 1,135 万トン、このうち 180 万トン（乾重量で約 50～70 万トン：生ごみの水分 60～70%で推計）が既に飼料化利用されている。再生利用されている生ごみ全てが飼料化されるという前提で 650 万トン（乾重量で約 200～260 万トン）が飼料化されれば、既に飼料化利用されているものと合わせて乾重量 250～330 万トンとなる。これは、国内の濃厚飼料供給量 2,700 万トンの約 1 割程度の量であり、その分だけ現在の配合飼料を代替することになる。

表 3-14 生ごみの発生量・再生利用量等状況

種別	発生量	再生利用・減量化等の実施率	再生利用等未実施の量	飼料向けの利用量	飼料原料としての評価
食品製造業	487 万トン	６９％	148 万トン	136 万トン	質・量の面から飼料に向く
食品卸売業	74 万トン	４５％	41 万トン	12 万トン	利用可能なものは限定的
食品小売業	262 万トン	２３％	201 万トン	11 万トン	
外食産業	312 万トン	１７％	260 万トン	20 万トン	
小計	1135 万トン	４３％	650 万トン	180 万トン	
（参考）家庭系	1080 万トン		－		利用は困難

（平成 15 年度：農水省及び環境省資料から作成）

出典：環境省：第４回「生ごみ等の 3R・処理に関する検討会」資料

(b) **飼料に求められる品質**

飼料の安全性の確保及び品質の改善に関する法律（「飼料安全法」）に基づき、飼料及び飼料添加物の製造等に関する規制、飼料の公定規格の設定等が行われており、栄養成分、安全性において一定の基準を満たすことが義務付けられている。

※生ごみ、食品残さは、豚及び鶏を給与対象とする飼料の原料として認められているが、牛などへの給与する飼料の原料とすることは禁止されている。

表 3-15　飼料原料の利用規制状況（動物性油脂を除く）

主な対象品目			給与対象			
		由来	牛など	豚	鶏	養魚
動物性たん白質	ゼラチン、コラーゲン（確認済のもの）	ほ乳動物	○	○	○	○
	乳、乳製品					
	卵、卵製品	家きん				
	血粉、血しょうたん白	牛など	×	×	×	×
		豚・馬・家きん（確認済のもの）	×	○	○	○
	魚粉などの魚介類由来たん白質（確認済のもの）	魚介類				
	チキンミール、フェザーミール（確認済みのもの）	家きん				
	加水分解たん白、蒸製骨粉（確認済のもの）	家きん	×	○	○	×
	肉骨粉、加水分解たん白、蒸製骨粉	豚（確認済のもの）				
		豚 家きん混合（確認済のもの）				
		牛など	×	×	×	×
	動物性たん白質を含む食品残さ（残飯など）	ほ乳動物 家きん、魚介類	×	○	○	×
その他	骨炭、骨灰（一定の条件で加工処理されたもの）	ほ乳動物 家きん、魚介類	○	○	○	○
	第2リン酸カルシウム（動物由来、脱たん白質を含まないもの）					

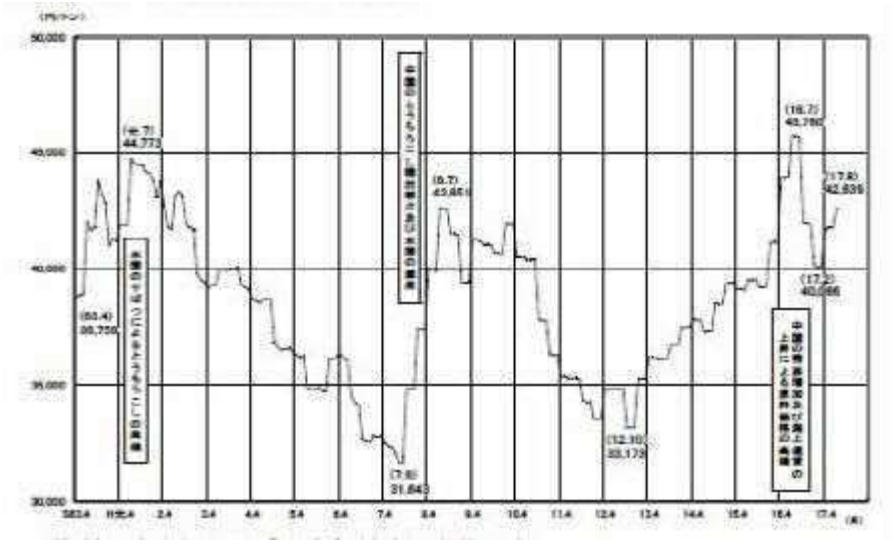
注1　「牛など」には牛、めん羊、山羊及びしかが含まれる。
注2　「確認済のもの」とは、基準適合することについて農林水産大臣の確認を受けた工場の製品のこと
注3　「その他」に記載されたものは、動物性たん白質の規制の対象外
注4　表に記載されていない動物性たん白質は飼料への使用はできない（羽毛粉、血粉、皮粉、獣脂かすなど）

出典：環境省：第４回「生ごみ等の 3R・処理に関する検討会」資料

(c) **飼料の価格**

○飼料の価格は、配合飼料原料のほとんどが外国産であるため、穀物相場などにより大きく変動する場合があるが、ここ数年の配合飼料の価格は、工場渡価格で 1 トン当たり約 3 万円～4 万 6 千円となっている。

○また、畜産物生産費全体に占める飼料費（牧草などの粗飼料を除いた飼料費）の割合は、豚が 61%、採卵鶏が 54%、ブロイラーが 64%とかなりウェイトが高い。



出典：農林水産省畜産振興課「配合飼料流通実態調査」

図 3-9　配合飼料工場渡し価格の推移

(d) **飼料の供給者と使用する飼料の決まり方のメカニズム**

○一般的に畜産農家は、配合飼料メーカー（または全農）から飼料卸問屋（または県経済連）、販売店（または地元ＪＡ）を経由して（配合）飼料の供給を受けている。

○自家配合を行って畜産農家自らが使用する飼料を決定している場合もあるが、飼料供給者が畜産農家の生産した家畜の出荷・販売にも関与している場合には、畜産農家が使用する飼料銘柄の決定に飼料供給者が影響力を持っているものと考えられる。

② 生ごみの飼料化について

- 食品製造工場から出る残さは既に配合飼料原料、単味飼料などに利用されている。また、ホテルやレストラン等から出る調理くずや売れ残りなどの飼料化利用が始まっている。
- 原料としては、食品製造工場からの残さが利用しやすい。

(a) 現状の取組事例

○食品製造工場から出る残さは既に配合飼料原料、単味飼料などに利用されている。また、ホテルやレストラン、スーパーやコンビニから出る調理くずや売れ残りなどの飼料化利用が始まっている。

○飼料の利用先（農家）を確保し、農家における飼料利用を進めるため、豚肉等の生産品を発生源側の事業者で購入するというビジネスモデルにより行われている事例もある。

(b) 飼料化の原料・用途・方法

○原料としては、食品製造工場からの残さ（具体的には、パンくず、菓子くず、麺くず、野菜くず、果物くずなど）が利用しやすい。

○豚用としては、リキッドフィーディング、乾燥飼料、発酵飼料の用途がある。食品製造工場の残さのように均一な質で安定的に供給できるものは、リキッドフィーディング設備のある農場に持ち込まれ、利用される。食品流通過程の残さは、飼料化施設でレシピに基づき複数の発生源のものを組み合わせて乾燥、又は発酵された飼料が農家で配合飼料等に混合され利用されている。

○鶏用は、現状では、飼養羽数 5～10 万羽程度の中規模の自家配合飼料利用養鶏農家（主に採卵鶏農家）を中心に小規模な設備で食品製造工場の残さから発酵飼料を製造し、自家配合利用が行われていることが多い。

(c) 農家における飼料利用の条件

○ 成分が均質で必要な栄養成分があり異物の混入がないこと

○ 原料が安定的（定時、定量的）に供給されること

○ 農家にメリットが出るよう、競合する他の飼料原料よりも安価であること

○ 油分、塩分が多く含まれないこと

2)飼料利用システムの課題

- 質が均一で量が安定しているものがニーズもあり原料として利用しやすく、使いやすい原料から確実に利用していくことが重要である。
- 食品流通過程の残さを飼料原料として利用できるようにするためには、異物混入の防止のため排出者側の確実な取組が必要である。
- 食品残さから製造した飼料等については、供給量の安定性、品質の管理を懸念する指摘があり、配合飼料の原料としての利用は現時点ではハードルが高い。そのため、地域に密着した循環利用の一連のサークルを構築していくことが重要である。
- 競合する既存飼料の価格以下に抑えることが必要不可欠である。

① 原料の調達について

○パンくずなどの質が均一で量が安定しているものがニーズもあり原料として利用しやすく、このような使いやすい原料から確実に利用していくことが重要。

○食品流通過程の残さの場合には、発生源を組み合わせてレシピを作り、目標とする成分とし、できるだけ均一になるようにする必要がある。

○特に、食品流通過程の残さは、異物混入等により利用可能なものが限られる可能性があり、食品流通過程の残さを飼料原料として利用できるようにするためには、異物混入の防止のため排出者側の確実な取組が必要である。

② 飼料の供給先確保について

○食品残さから製造した飼料又は飼料原料を既存の飼料メーカーが配合飼料の原料として利用すれば安定した供給先が確保できると考えられる。しかし、配合飼料は飼料メーカーによって成分が精密に管理されており、食品残さから製造した飼料等については、供給量の安定性、品質の管理（栄養成分・衛生管理面での確実性等）を懸念する指摘があるため、配合飼料の原料としての利用は現時点ではハードルが高い。

○このため、既存の飼料流通市場に乗らないが、地域に密着した循環利用の一連のサークル（食品残さの排出者→飼料化事業者→畜産農家→食品残さの排出者→消費者）を構築していくことによって利用拡大が可能と考えられる。

○また、こうしたサークルは、「顔の見える関係」であるから、原料の調達先（排出事業所）、飼料化の方法（飼料化施設）、栄養成分値等（製品の品質）を明確にし、トレーサビリティを確保する上でも有効であり、飼料利用側（畜産農家）の生ごみ由来飼料に対する不安感を払拭する効果も大きい。

○さらに、利用する畜産農家にメリットがでることが必要で、他の配合飼料よりも安く安定的に供給できる必要がある。ただし、畜産農家も生産コスト削減のために使用するメリットがあっても、既存の飼料供給者等との関係を解消して容易に飼料供給ルートを切り替えられない可能性もある。

○リキッドフィーディングは、農家に設備投資が必要となるが、メリットが大きいため今後拡大すると期待される。特に、パンくずなどの食品製造工場から排出されるものの利用を進め

る上で有効と考えられる。なお、リキッドフィーディング設備については国内メーカーが少ないといわれている。

○鶏用飼料の場合は、利用可能性の高い自家配合を行う採卵鶏農家は中規模以下のところが多い。こうした中規模以下の採卵鶏農家による飼料利用を進めるためには、排出側である食品関連事業者、飼料利用する畜産農家、飼料に関する専門家等の関係者が地域で協働する取組や、さらに、地域に密着した循環利用の一連のサークル（食品残さの排出者→飼料化事業者→畜産農家→食品残さの排出者→消費者）を構築することが重要。

○大規模なブロイラー養鶏農家は、一般的には自家配合よりも既存メーカーの配合飼料を利用しているところが多く、こうした養鶏農家における利用拡大のためには飼料メーカーが配合飼料原料として食品残さの発酵飼料を使用することが必要となる。

③　価格について

○競合する既存飼料の価格以下に抑えることが必要不可欠であるため、飼料化を進展させるためには、主として排出側で飼料化に係るコストを負担する必要がある。

○また、飼料価格が高くならないよう、原料となる食品残さの収集、飼料配達に要する運送コストを最小限に抑えることが必要。

○飼料化事業は飼料の販売で利益を上げるというよりは、食品残さ排出側から十分な料金収入を得て、飼料化等のコストを賄い、事業を行う必要がある。また、飼料化事業側でもイニシャルコストを極力抑えることができるようにする必要があり、そのためには、高価格なプラントではなく、コストのかからないコンパクトなプラントとすることが経済的に成立する飼料化のポイントとなる。

④　品質・栄養成分について

○排出者側の取組を確保し、異物が混入していない飼料化製品を供給し、飼料の安全性を確保することが必要不可欠となる。

○原料となる食品残さを混合し、飼料の栄養成分を安定化できるよう発生源を組み合わせたレシピを作ることが必要で、こうしたレシピを作り、養豚農家等で使ってもらうようにするため、飼料化事業者自らが実証試験を行う事例もある。レシピづくりは、飼料化ビジネスを展開しようとする事業者から見ればノウハウであると考えられるが、飼料化を進展させるためには、排出側である食品関連事業者、飼料利用する畜産農家、飼料に関する専門家等の関係者が地域で協働する取組が有効と考えられる。

⑤　生産品の流通について

○食品残さを原料とした飼料を与えた豚は、不飽和脂肪酸が増し（軟脂）、脂肪があっさりと甘くなり食味が増すなど一定の評価がされている。しかし、枝肉市場では味によらず、軟脂の付いた枝肉は低く評価され、食品残さを原料とする飼料で飼育されたという点でも良い評価にはつながらない。したがって、飼料だけでなく生産された豚も、市場流通ではなく、地域に密着した循環利用に参画する者に供給することになる。このため、地域に密着した循環利用の一連のサークル（食品残さの排出者→飼料化事業者→畜産農家→食品残さの排出者→

消費者）を構築していくことが必要である。

○また、こうしたサークルは、「顔の見える関係」であるため、原料の調達先（排出事業所）、飼料化の方法（飼料化施設）、栄養成分値等（製品の品質）を明確にし、トレーサビリティを確保する上でも有効である。

○食品残さの飼料によって肥育すると、豚肉の不飽和脂肪酸が増し、肉の食味が良くなるという付加価値や、食品残さの発酵飼料は鶏の腸内細菌の働きが活発化し鶏が健康になるといった付加価値をアピールし、消費者の選好につながるようにすることも重要である。

また、地元に密着したサークルに学校給食を組み込むことで、食育による消費者の支持・理解を広げることも重要となる。

○循環型社会に貢献している農業の価値が社会的に評価されれば、そのような生産システムから供給される畜産物の付加価値を高めることになる。

⑥　その他の重要なポイント

○食品関連事業者は、生ごみ等の食品残さの排出側であるため、食品残さの有効利用・処理という点で飼料化システムに依存し、その円滑な運営のメリットを受ける者として、最も重要な役割を担う。したがって、異物の除去、食品残さの成分内容に関する情報、飼料・畜産品が利用され出口が詰まらないようにする取組（畜産品の購入）に加え、全体システムのとりまとめなど総合的に対応する役割を果たすことが飼料化を成立させる上で重要なポイントと考えられる。

○生ごみの飼料利用を進めるには、消費者、食品関連産業（食品残さの排出者）、飼料化事業者、畜産農家の間、つまり、生産、流通、消費の間のコミュニケーションづくりが根本的に必要と考えられる。従って、まず、顔の見える関係をつくる、地産地消から始めることが有効となる。

○また、市町村等の地方公共団体は、ＮＰＯなどと協力し、地域に密着した循環利用のサークルをつくるコーディネーター役を果たしうる存在となる。地方公共団体が、地域における食品関連事業者、飼料化事業者、畜産農家の取組を誘導及び促進し、応援する役割を果たすことが、地域に密着した循環利用の一連のサークルをつくる上で重要である。

⑦　家庭の生ごみの可能性

○家庭から排出される生ごみは、内容が不均質であり異物の混入する危険性が高い。家庭の生ごみを対象としたシステムを考える場合には、市町村が住民への周知、飼料化プロセスの管理、飼料利用側との調整などについてマネージメントをしっかり行い、さらに、品質の管理を確保するためにも、家庭、農家などシステム参加者は相互に顔が見え、コミュニケーションが図れるシステムとすることが現実的である。

3.5.2 堆肥化について

1) 現状

- 普通肥料は成分が安定しており高濃度で、公定規格に沿った成分であることが求められる。そのため、通常、食品製造、流通過程の残さ及び家庭から排出される生ごみが普通肥料の原料として用いられることはない。
- 特殊肥料は 0.5～1 万円／トンと安く、普通肥料の 10 分の 1 程度の価格である。
- 堆肥の流通は、地域の堆肥化センターで堆肥化され、地域の農家に販売される形態等により、地域で流通していると考えられる。
- 生ごみ及び家畜ふん尿の無制限な堆肥利用は、土壌の窒素過多をもたらす可能性がある。
- 堆肥化の取組は各主体で取り組まれており、その規模も様々である。

① 現在の肥料の需給構造について

(a) 肥料需給の概要

○年間の生産量は普通肥料が 983 万トン、特殊肥料が 435 万トン（うち、堆肥は 342 万トン）、全体で 1,418 万トンとなっている。輸出入のほとんどは普通肥料（輸入量 183 万トン、輸出量 91 万トン）。

（参考） 肥料の分類

肥料は「普通肥料」と「特殊肥料」の２つに大別される。

・普通肥料とは、窒素、リン酸、加里などの主成分が保証されている肥料で、肥料の種類により公定規格が細かく設定されているもので、化学肥料（無機質肥料）と有機肥料（有機質肥料）がこれに含まれる。

・特殊肥料とは、使う人が容易にその品質を識別でき、組成が簡単な肥料で、農林水産大臣がその種類を指定しており、米ぬか、魚かす、堆肥などがこれに含まれる。

(b) 肥料に求められる品質（成分）

○普通肥料は成分が安定しており高濃度（窒素、リン酸、加里が 10 数%以上含有）であり、公定規格に沿った成分であることが求められるため、通常、食品製造、流通過程の残さ及び家庭から排出される生ごみが普通肥料の原料として用いられることはない。

○一方、特殊肥料には公定規格はなく、窒素、リン酸、加里の成分は高くても５％程度までのものが多いが、含有成分を明らかにしておくことが必要とされている。食品残さや生ごみは、堆肥、土壌改良剤として特殊肥料の原料となりうる。

(c) 堆肥の価格

○種類によって異なるが、普通肥料は末端価格で 7～8 万円／トン（最低でも 5 万円／トン）であるのに対し、特殊肥料は 0.5～1 万円／トンと安く、普通肥料の 10 分の 1 程度の価格である。

(d) **肥料・特殊肥料の供給**

○肥料は肥料製造メーカーから、商人系の場合は、専門商社、肥料問屋、販売店を経由して、また、全農系の場合は、県経済連、地元 JA を経由して農家に供給されている。（全農系のシェアは全体の約 7～8 割を占めると考えられ、肥料マーケットの規模は全体で約 4,000 億円といわれている。）

○一方、堆肥の流通は、畜産農家と普通の農家との間で堆肥に使う畜産ふん尿とわらを交換する形態、地域の堆肥化センターで堆肥化され地域の農家に販売される形態、食品関連事業者等が堆肥化し地域の農家で利用され、食品関連事業者が農家から農産品を購入するといった形態により、地域で流通していると考えられる。

② 窒素収支の問題

○日本の食料に関する窒素収支（農業環境技術研究所：1997 年の収支）については、流入が 172 万トン（輸入 121 万トン国内生産 51 万トン）、流出は輸出の 1 万トン、環境への放出は、農業生産システムおける 168 万トン（食生活 64 万トン、畜産業 80 万トンなど）に、作物残さと化学肥料を加えた窒素放出総量は 238 万トンとなっている。

○一方、日本の農地に受入可能な窒素の需要量は、農地面積当たりの窒素需要限度量を 250 ㎏／ha とすると、124 万トンとなる。

○窒素を受け入れる環境は農業だけではないが、仮に農地で食料由来の窒素のすべてを受け入れるとした場合、農地での受入可能な適正量の 2 倍近い窒素が環境に放出されている。また、生ごみ（42 万トン）、家畜ふん尿（73 万トン）、化学肥料（49 万トン）、作物残さ（21 万トン）だけでも合計すると 185 万トンであり、生ごみ、家畜ふん尿の無制限な堆肥利用は土壌の窒素過多をもたらすことになる。

③　生ごみの堆肥化について

(a)現状の取組概要

○堆肥化の取組は、地方自治体及びNPO・NGO、廃棄物処理業者、食品関連事業者、一般企業、消費者、これらの複合体等、各主体で取り組まれており、その規模も家庭菜園用のたい肥作りからプラントで製造・販売まで行っている取組まで様々である。

(b)堆肥化の原料・方法

○堆肥化の原料としては、均質であることが望ましく、塩分・油分が多く含まれていないこと、異物の混入が少ないことが上げられる。しかし、取組の規模が様々であるのと同様に、原料も家庭から排出される生ごみから社員食堂等の食べ残し、スーパー等からの食品残渣まで品質も様々で、異物混入の危険性の高いものから均質性の高いものまである。

○家庭からの生ごみについては、自家処理の場合には家庭菜園等でたい肥利用する場合と、家庭から生ごみを収集した後、自治体等が堆肥化したものを販売または市民等に無償で配布している場合がある。

○社員食堂やスーパー等からの食品残渣については、自家処理し自社で畑等に利用する場合や、そのままもしくは一次処理したものを堆肥化業者(処理業者)に処理を委託する場合がある。後者の場合には、堆肥を利用して栽培した農産物を排出者が購入し消費または販売するといった循環サークルが出来上がっているケースが多くある。

○複数の調達先から排出された原料の混合や、食品残さを一次処理したものに家畜ふん尿などの混合をするなど、堆肥成分の安定化を図ることも行われている。

(c)農家が堆肥として利用する条件

○ 既存の堆肥よりも安い価格であること。

○ 成分が安定していること、もしくは利用しやすいよう成分が明確であること。

2)堆肥利用システムの課題

① 堆肥の需給と品質の確保について

- 堆肥需要は季節性があるため、需要の落ち込む時期には在庫が積み上がることになり、このような需給を前提として堆肥利用システムを考える必要がある。
- 堆肥化処理からその堆肥を使って生産された農産物の消費まで、各段階における受け皿が確定した循環利用の構築がポイントとなる。
- 長期保管による品質劣化や、施肥後の発酵等を防ぐために完全に発酵処理が完了した堆肥（完熟）の製造が重要となる。
- 地方自治体が作成する「農作物栽培指導指針」等に生ごみ由来たい肥の施肥設計を組み込み、農家が使いやすいようにすることが有効となる。
- 異物混入防止の徹底が必要となる。

○生ごみ堆肥化製品が毎日出てくるのに対し、堆肥需要のピークが春と秋と季節性があるため、需要の落ち込む時期には在庫が積み上がることになる。このため、在庫の時期は製造コストの回収が出来ず、逆に保管コストが増加する事業となる。このような需給を前提として堆肥利用システムを考える必要がある。

○このため、堆肥化処理からその堆肥を使って生産された農産物の消費まで、堆肥利用、農産品消費の各段階における受け皿が確定した循環利用の構築がポイントとなる。

○長期保管にも品質が劣化しない質の良いたい肥の製造が必要となるが、非需要期の長期保管による品質劣化や施肥後の発酵等を防ぐため、完全に発酵処理が完了した堆肥（完熟）の製造が重要となる。

○堆肥を利用する農家から見れば、各種作物に対する施肥効果が実証され、そのデータが提供されていることが重要と思われる。個々のケースごとにこのような取組は困難であるから、地方自治体が作成する「農作物栽培指導指針」や農業団体の「営農指導指針」に生ごみ由来たい肥の施肥設計を組み込み、農家が使いやすいようにすることが有効となる。

○家庭、食品流通過程などの排出者の段階における分別によって異物混入防止の徹底が必要となる。

② 堆肥化システムについて

- 堆肥の価格は安価であるため、基本的に生ごみの処理料金の範囲内で事業が回っていくものでなければ事業として成立しない。生ごみの収集コスト、堆肥の運搬コストがかからない、原料調達先と堆肥供給先との距離が近い、地域内利用が現実的となる。
- 堆肥利用で競合する家畜ふん尿、汚泥などのバイオマス系廃棄物と価格の安さを競争することは合理的とは考えられず、地域事情に応じた棲み分け等を行うことが重要となる。

○堆肥の価格は 5～10 円／kg程度であり、堆肥の価格は安価であるため、基本的に生ごみの処理料金の範囲内で事業が回っていくものでなければ事業として成立しない。また、既存の堆肥も広域的な流通はほとんどないことからも、付加価値のより少ない堆肥は地域内における流通が事業成立の要件である。このため、生ごみの収集コスト、堆肥の運搬コストがかからない、原料調達先と堆肥供給先との距離が近い、地域内利用が現実的となる。

○その一方で、堆肥化能力（たい肥の生産量）に見合った供給先を確保する必要があるが、堆肥利用で競合する家畜ふん尿、汚泥などのバイオマス系廃棄物と価格の安さを競争することは合理的とは考えられず、地域事情に応じた棲み分け等を行うことが重要となる。

○食品関連事業者は、生ごみ等の食品残さの排出側であるため、食品残さの有効利用・処理という点でたい肥化システムに依存し、その円滑な運営のメリットを受ける者として、最も重要な役割を担う。したがって、異物の除去、食品残さの成分内容に関する情報、堆肥・農産品が利用され出口が詰まらないようにする取組（農産品の購入）に加え、全体システムのとりまとめなど総合的に対応する役割を果たすことがたい肥化を成立させる上で重要となる。

③ 窒素過多問題について

○窒素の供給過剰が続くと、過剰な窒素は、硝酸態窒素という形で地下水に蓄積されるか、野菜に吸い上げられることになる。そういった水や野菜を摂取すると、人の健康に悪影響を及ぼすという問題が指摘されている。

○日本の食料由来の窒素収支は、農地のみで受け入れるとした場合、受入限度の２倍近い大幅な供給過剰状態に達しており、今後さらに食料貿易の自由化が進み、海外依存度が高まった場合の窒素収支の悪化が懸念される。

○このようなことから、家畜ふん尿の堆肥化も、生ごみの堆肥化も、一律に進めることは難しいと思われる。窒素過多とならない範囲で、地域の事情に応じ、「酪農地帯の場合は家畜ふん尿の堆肥化を考える」、「酪農の少ない農村地帯の場合は生ごみの堆肥化を考えることが適切と考えられる。

○生ごみ及び家畜ふん尿の堆肥化は、窒素の収支を悪化させないことが条件であり、生ごみと家畜ふん尿のうち、地域において、堆肥利用し易いものを堆肥化し、飼料化・堆肥化できない生ごみ・家畜ふん尿はエネルギー利用等を考えるべきである。

3.5.3 飼料化と堆肥化の関係について

○堆肥化は、窒素過剰とならない利用を基本とすることが適切である。このため、地域事情の考慮は必要であるが、利用しやすいものから飼料化を進めるべきである。

○堆肥化は、地域事情に応じ、家畜ふん尿の堆肥利用と競合せず、窒素過剰ともならないように進めることが適切である。

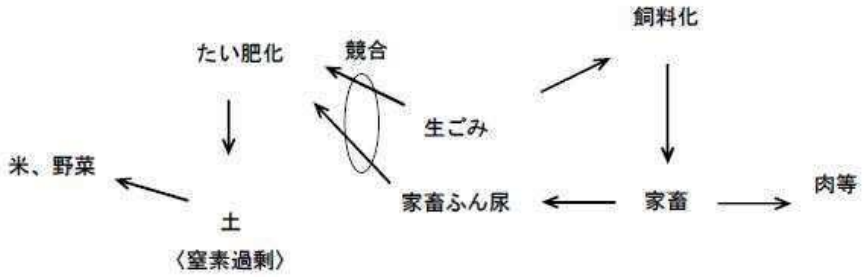


図 3-10　飼料化と堆肥化の関係

3.6　北中城村植物ごみ資源化事業

北中城村では現在、「北中城村植物ごみ資源化ヤード」において植物ごみの資源化事業を実施している。資源化の対象は、雑木や台風などで折れた木、街路樹・公園などの剪定枝であり、チップ化による減量化、堆肥化を実施している。チップは園芸資材や畑の苗床として利用されている。

図 3-11　植物ごみ資源化ヤードの様子

第4章 想定される主な実証実験導入設備・装置についての考え方

4.1 実証実験の目的 50
4.2 実証実験取組の方針 51
4.3 実証実験の必要性と導入設備・装置の大まかな方針 52

4.1 実証実験の目的

- バイオマス処理により生み出される「電気・熱」を農業施設・公共施設に供給し、これら施設における経費削減を図る。
- バイオマス処理により生み出される液肥を、過熱蒸気式炭化により生ゴミから生成した炭及びＥＭ菌等の培養菌と掛け合わせて堆肥化を図り、耕作放棄地の再生に有効な土作りを図る。
- 生ゴミをＥＭ菌等の培養菌活用で養鶏に最適な飼料化作りを図る。

本事業は、再生可能資源（生ゴミ）を用いたバイオマス処理により生み出される「電・熱・消化液」を農業施設・公共施設で、さらには堆肥化や飼料化により作り出された製品を耕作放棄地の再生や露地農地・養鶏などに活用し、村内の食・エネルギー・経済の循環モデルとし、持続する地域社会と活力に満ちた産業（農業・6 次産業化）の実現に寄与していくことを目的として取り組むものである。

単に食品残渣（生ごみ）の処理・再生資源化として炭化・堆肥化及び飼料化を図るだけであれば、肥料と飼料の生産だけとなるが、バイオガス発電と組み合わせることで、電気・熱、液肥、さらには炭、堆肥を生み出す。

また、施設園芸ハウス・飼育施設とエネルギーを連動させることで、農産物の栽培や養鶏にも育成面・コスト面でも寄与することができる。

エネルギー供給により稼動経費の削減をバイオガス発電設備によってまかなうだけでなく、「エネルギー」と「食・農」の循環による「地域経済」の地産地消の推進が図られ、本村の産業活性化に寄与するものになる。

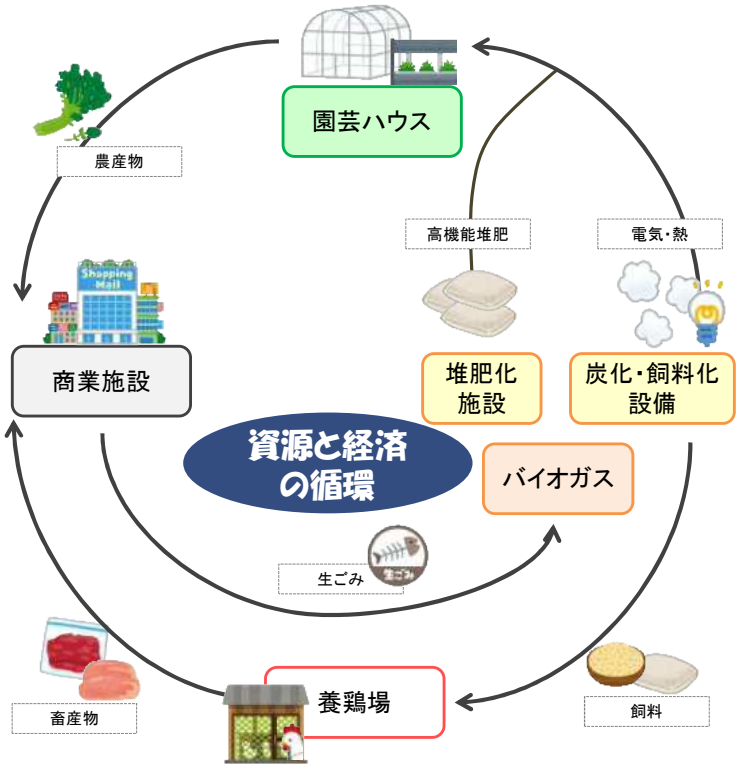


図 4-1　本事業のねらいのイメージ

4.2 実証実験取組の方針

- 今回の実証実験は、一括・単一での大規模な施設とすることなく、村内それぞれの地域特色にあった対応を目指した分散型の地産地消を目指す方針とする。
- 本取組が第一に目指すものは、本事業で生み出されるエネルギーや堆肥、飼料などを活用し、圃場やハウス施設における営農や養鶏で、地域農業・サービス業などの産業活性に繋げ、地域の消費者に安全で良質なものを提供可能としていくことである。

今回の実証実験の取組は、最終的に全村レベルまで見据えた取組の一つであり、一括・単一での大規模な施設とすることなく、村内それぞれの地域特色にあった対応を目指した分散型の地産地消となる取組としている。

資源確保に課題を抱えている島嶼圏として本取組が第一に目指すものは、地域で排出された生ゴミ（再生可能資源）でエネルギーを作り、堆肥化や飼料化により耕作放棄地や地力の落ちた農地の回復を行い、その活用による圃場やハウス施設における営農や養鶏で、地域農業・サービス業（加工・販売等）などの産業活性に繋げ、地域の消費者（村民）に安全で良質なものを提供可能としていくことである。

また、このような農業への取り組み方をも波及させ、植物工場・水耕栽培・養鶏等の農業者の育成・生産拡大を図っていくことを目標としている。

4.3 実証実験の必要性と導入設備・装置の大まかな方針

4.3.1　実証実験の必要性

- 各農村レベルでの事業化展開を目指すため、事例のない 1t/日未満レベルの小型バイオガス発電施設について、実際の現場・条件において適切な運転管理方法、エネルギー、消化液の効果的な活用方法を把握し、採算性の検証を行う必要がある。
- 農業・産業の活性化に資するため、生成される消化液、炭、EM 菌などを混ぜ合わせ、北中城オリジナルの高機能な堆肥を製造する。また、製造する堆肥の品質を検証・確認する必要がある。

全国的に実用化されたバイオガスプラントは処理量が 10ｔ/日以上の事例が多く、5ｔ/日以下の事例は少ない状況にある。さらに、処理量１ｔ/日未満のメタンガス発酵の施設は、実用化されている例が見当たらない状況にある。

一方、本実証実験において導入を考えているバイオガスプラント施設は、処理量が１ｔ/日未満と全国の農村地域レベルでのニーズが多いもののメタンガス発酵の安定性や信頼性及び採算性などの点で設備メーカーなども製作を行っていない領域のものである。本実証実験において、これまで全国的に実用化されていない小型バイオガスプラントが実現可能となれば、全国的に事業への適用が可能となる設備であると考えられる。

この全国でも事例のない１ｔ/日未満レベルの小型バイオガスプラントのため、適切な運転管理条件や生み出されるエネルギー、消化液の効果的な活用方法などを実証実験により把握するとともに、採算性の検証を行い、これが成立できることが判れば北中城村内各地及び村外の農村地域レベルでの事業化展開を図ることが可能となる。

特に、１ｔ/日未満レベルの小型バイオガスプラントで生み出されるエネルギーや消化液の生成量に適した、かつ農業振興や地域貢献に資する付帯設備での活用効果を合わせて実証することで、農業生産の向上や地域経済への貢献が期待できるため、将来的には、本実証にて確立されたノウハウを村内の複数地域でも展開可能になると考えている。

さらに今回の実証では、バイオガスプラントによる発電だけではなく、これにより生成される電気・熱を高機能堆肥化と連動させ、本村内で取組まれている EM 事業及び資源化ヤードによる廃材活用事業と、今回の食物残渣の再生資源化とバイオマス設備による廃液の液肥への再生・堆肥化への活用という 3 つの要素を取り入れた製造過程により、北中城村だから可能な取組みを行い、その技術の安定性・信頼性、設備導入及び設備稼働効率などの経済性、製造する堆肥の品質を検証・確認することは、北中城村オリジナルの実証実験であるといえる。

以上のことから、全国的に例を見ない小規模なバイオガスプラントの活用と、そこから生成される電気・熱を農業に利用して産業の活性化に活かすという、北中城村にとって重要な「再生資源（生ゴミ）活用の実証」となる。

4.3.2 実証実験導入設備・装置の大まかな方針

想定される実証実験設備と装置についての方針は以下のとおりである。

① 実証実験用バイオガスプラント設備

バイオマス資源としてエネルギー化可能な生ごみ量を１ｔ未満程度の規模と想定し、１ｔ未満規模の実証実験用バイオガスプラント設備を構築することを目標とする。

② 実証実験用炭化装置

再生資源を炭化させることで、良質な土壌改良剤・養鶏飼料化を図るための実証実験装置を構築することを目標とする。

③ 実証実験用堆肥化装置

バイオガスプラントから精製された液肥と、培養菌としてのＥＭ菌を加えることで土壌の透水性・保水性、保肥力などの向上や促進を図れる高機能・多様性を持った堆肥化の実現を目指し、詳細な配合仮定、・それによる効果想定などに取組み、その機能を検証するための実証実験装置を構築することを目標とする。

④ 実証規模の園芸ハウス

精製される液肥や堆肥が作物の育成に及ぼす影響を把握し、沖縄における市場性のある栽培品の単位生産量・品質の向上と収益性の検証を目的した園芸ハウスを構築することを目標とする。

村内からの再生可能資源（生ゴミ）をバイオガスプラント及び炭化設備の原料として利活用し、設備から発生するエネルギー（電気・熱）とメタンガス発酵消化液（液肥)及び炭化高機能堆肥を園芸ハウス施設や露地栽培に活かし、食の循環と地域経済（特に農業）の発展に寄与するための実証実験設備・装置の構築を図る。

① 実証実験用バイオガスプラント設備

村内（今回の実証実験ではライカム地区のイオンＳＣ）から発生する再生資源（生ゴミ）を収集して､バイオマス資源としてエネルギー化可能な活用量を１ｔ未満程度の規模と想定し、生ゴミ成分比や鮮度、不純物混合度合い等を踏まえ、１ｔ未満規模の実証実験用バイオガスプラント設備を構築することを目標とする。

② 実証実験用炭化装置

炭化装置については、村内（今回の実証実験ではライカム地区のイオンＳＣ）から発生する再生資源（生ゴミ）を収集して、これらの再生資源を炭化させることで、良質な土壌改良剤・養鶏飼料化を図るための実証実験装置を構築することを目標とする。

③　実証実験用堆肥化装置

堆肥化装置については、バイオガスプラント設備から精製された液肥と培養菌としてのEM 菌を加えることで「土壌の透水性・保水性、保肥力、ミネラル、土の保温、水質浄化、土壌の有機微生物など」の向上や促進を図れる高機能・多様性を持った堆肥化の実現を目指し、詳細な配合仮定、・それによる効果想定などに取組み、その機能を検証するための実証実験装置を構築することを目標とする。

④　実証規模の園芸ハウス

園芸ハウスについては、点滴灌水施肥（養液土耕）栽培を主体に考え、バイオガスプラント設備から製造される消化液から精製される液肥や堆肥が土壌のリン酸・塩基改良により作物の育成に及ぼす影響を把握し、バイオガスプラント設備からの熱・電気及び液肥・堆肥を活用した場合の栽培経費軽減の明確化を図り、沖縄における市場性のある栽培品の単位生産量・品質の向上と収益性の検証を目的した園芸ハウスを構築することを目標とする。

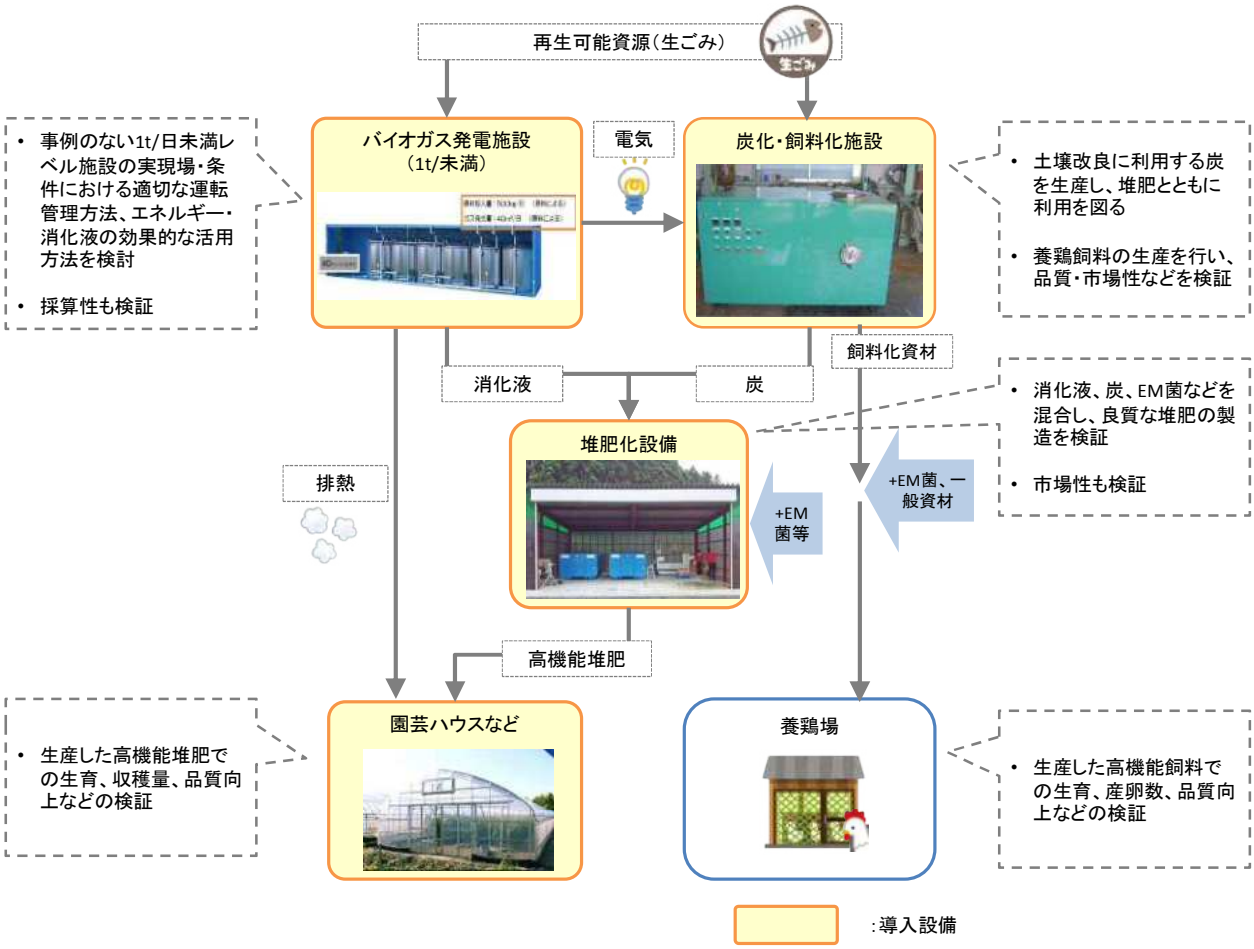


図 4-2　導入設備・装置の概念図

第5章 再生可能資源（生ゴミ）を原材料として活用するための対策ポイントの整理

5.1 良好なメタン発酵のための対策ポイント 56
5.2 良好な堆肥化のための対策ポイント 70
5.3 良好な炭の農業利用のための対策ポイント 76

5.1 良好なメタン発酵のための対策ポイント

本章では、メタン発酵を用いた廃棄物の減量化、無害化、エネルギー資源化の技術動向について、メタン発酵技術が注目される社会的背景、さらにメタン発酵の原理と操作条件を最新の研究成果に基づき概説する。

また、各種廃棄物系バイオマス処理･利用におけるメタン発酵技術の応用状況と課題を整理する。

5.1.1 メタン発酵が再注目される社会的・技術的背景

1)メタン発酵が再注目される背景

- 地球環境問題が大きくクローズアップされるに伴い、20 世紀の大量生産、大量消費、大量廃棄の社会を脱皮し、持続可能な発展が求められている。
- 加えて、過去 1 世紀にわたるメタン発酵やその周辺技術の開発により、近代的なバイオガス技術が生まれ、近年ヨーロッパで実用化されている。
- このような社会情勢の変化と技術の発展により、ここ数年、メタン発酵技術の利活用は再び注目されている。

以下、メタン発酵技術の応用を支えてきた社会的背景を以下に示す。

○ 1990 年代頃より、工場排水処理における環境配慮、排水処理における省エネルギー、汚泥削減のため UASB、EGSB をはじめとする嫌気性処理が多く導入されている。

○ 1998 年度より旧厚生省の推進で始まった「汚泥再生処理センター事業」は「し尿、浄化槽汚泥及び生ごみ等の有機性廃棄物を併せて処理することにより、メタン発酵のうえメタンガスとしてエネルギー回収する設備、又は堆肥化等により有効利用できる原料若しくは製品を製造する設備の設置」を要求したため、新しい超高速メタン発酵技術の開発と応用が促進された。

○ 1999 年「家畜排泄物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」の制定
家畜排泄物の適正処理が本法によって義務付けられた。メタン発酵法は単なる肥料化だけでなく、バイオガスとしてエネルギーを回収できるので、資源回収型処理方法として注目されている。

○ 2000 年食品リサイクル法成立。年間 100 トン以上の食品廃棄物を排出する食品関連事業者は、飼料化、肥料化、油化、メタン化のいずれかの技術を用いてリサイクルを行うことが本法によって義務付けられ、メタン発酵法は有望な技術と期待されている。

○ 2001 年ごみ処理施設性能指針に「ごみメタン施設」が追加された。紙、プラスチック類のリサイクル推進に伴い、水分の多い生ごみは焼却処理のマイナス要因となり、別途リサイクル処理が望ましい。そこで、厨芥を分別してメタン発酵によりメタンを回収する技術が推奨された。

○ 2002 年 12 月に閣議決定された「バイオマス・ニッポン総合戦略」では 2010 年において下水汚泥を含む廃棄物系バイオマスのうち炭素量換算で 80%以上をエネルギー又は製品として利活用するように努めること、そのための効率的なエネルギー変換技術の開発・実用化や生成 CH4 貯蔵･利用技術の開発推進等が盛り込まれている。

○ 2003.8 「バイオソリッド利活用基本計画（下水汚泥処理総合計画）策定マニュアル」では汚泥のエネルギー利用の項目が追加されている。更に国土交通省では生ごみ等バイオマスを下水処理施設で共同処理し、発生した電気等のエネルギーの場内活用を図る「バイオマス利活用事業」を創設した。

2)メタン発酵技術に対する新たな評価

- メタン発酵の最大の特徴は、エネルギーを回収できることであり、バイオエネルギー生産の最有力技術として位置づけられる。
- 排水または汚泥処理の分野では、メタン発酵による汚泥発生の抑制、または発生汚泥の減量化、エネルギー化も重要視されている。

メタン発酵の最大の特徴はエネルギーを回収できることにある。この特徴を活用すれば、表 5-1 に示すように、廃棄物系バイオマスの 3 大カテゴリである下水汚泥（年間 7,600 万トン）、食品廃棄物（年間約 2,200 万トン）、家畜排せつ物（年間約 9,100 万トン）から、最大年間 390 万 kl の原油に相当するエネルギーを生産できる。従って、メタン発酵はバイオエネルギー生産の最有力技術として位置づけられる。

また廃棄物処理システムのライフサイクルアセスメント(LCA) の研究によれば、メタン発酵による生ごみの処理は環境負荷が低く、地球環境にやさしいと報告されている。さらに排水または汚泥処理の分野ではメタン発酵による汚泥発生の抑制、または発生汚泥の減量化、エネルギー化も重要視されている。

表 5-1　代表的廃棄物系バイオマスの発生量およびそのエネルギー生産能力

廃棄物系バイオマス	年間発生量（万トン/年）	メタン生成能力（億 m3/年）	原油換算（万 kl/年）
下水汚泥（濃縮汚泥ベース）	7,600	6.23	62
食品廃棄物	2,200	17.0	169
家畜排せつ物	9,100	16.0	159
合計	18,900	39.23	390

出典：メタン発酵技術の概要とその応用展望

5.1.2 メタン発酵の原理と化学量論

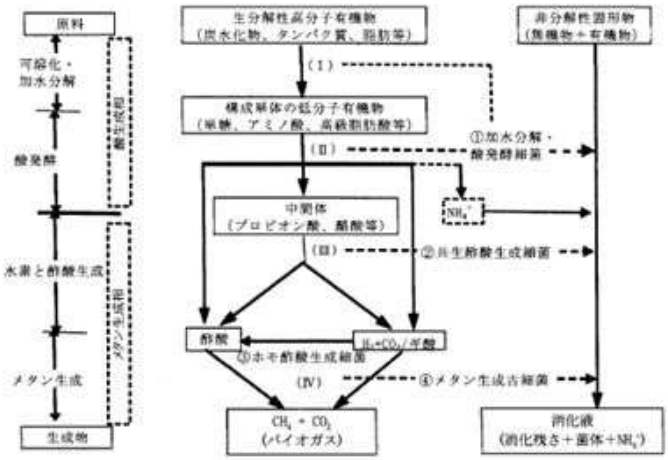
1)メタン発酵における物質変換の概要

- メタン発酵における生分解性有機物の分解過程は (I)可溶化・加水分解、(Ⅱ)酸生成、(Ⅲ)酢酸生成、(Ⅳ)メタン生成の四つの段階からなる。
- メタン発酵では、バイオマスに含まれる生分解性高分子有機物 COD の約 80～90%がバイオガスに転換され、残りの 10～20%程度が非分解性固形物と消化液となる。
- 生成したバイオガスの成分は、一般的にメタン(CH_4) が 60%(±5%)、二酸化炭素(CO_2)が 40%(±5%)程度で安定している。

メタン発酵における生分解性有機物の分解過程は図 5-1 に示す通り、大きく分けて(I) 固形または高分子有機物から溶解性有機性単体（糖、アミノ酸及び高級脂肪酸）を生成する可溶化・加水分解、(Ⅱ) 加水分解生成物である溶解性単体から有機酸（蟻酸、酢酸、プロピオン酸、酪酸など)、アルコール類などを生成する酸生成、(Ⅲ) プロピオン酸や酪酸などの C3 以上の揮発性脂肪酸から酢酸と水素を生成する酢酸生成、(Ⅳ)水素や酢酸などからメタンと二酸化炭素を生成するメタン生成、という四つの段階からなる。排水・廃棄物処理の分野では、(I) と(Ⅱ) の二つの段階を併せて酸生成相、(Ⅲ)と(Ⅳ) の二段階を併せてメタン生成相と呼ぶことが一般的である。

メタン発酵の結果、バイオマスに含まれる生分解性高分子有機物 COD の約 80～90%がバイオガスに転換され、残りの 10～20%程度が増殖菌体となって非分解性固形物とともに消化液となる。またメタン発酵において、タンパク質に含まれている窒素はアミノ酸の分解に伴い NH_4^+の形態で液相に放出する。有機物に含まれているリンはまずリン酸根(PO_4^{3+})になり、そして鉄、マグネシウムなど金属イオンと反応して難溶性の沈殿物となることが多い。なおメタン発酵条件において病原性微生物の死滅効果も大きい。

メタン発酵で生成したバイオガスの成分は、一般的にメタン(CH_4) が 60%(±5%)、二酸化炭素(CO_2)が 40%(±5%)程度で安定している。そのうちメタンが燃料成分であり、その含有量が高いほど発熱量も高くなる。一般的にバイオガスの発熱量は 1 面あたり 5,000～6,000kcal で、都市ガスの 5A～6A の規格に近く、燃料資源としての価値は十分認められる。



出典：水環境保全のための生物学：産業用水調査会

図 5-1　バイオマスのメタン発酵における物質変換の概要

2)メタン発酵微生物の概要

- メタン発酵では、メタンの 70%程度は酢酸から生成し、残りの 30%は二酸化炭素が水素により還元されて生成する。
- 安定的メタン発酵を実現するには、酢酸を利用しメタンを生成する酢酸資化性メタン生成菌（糸状 Methanosaeta 属と連球状 Methanosarcina 属など）を反応槽内に十分維持することが重要。

メタン発酵に関与している微生物は極めて複雑であり、表 5-2 にまとめるように数グループに分けられる。図 5-1 に示すように、メタン発酵の最終段階ではメタン生成古細菌によりメタンと二酸化炭素が生成する。通常のメタン発酵では、メタンの 70%程度は酢酸から生成し、残りの 30%は二酸化炭素が水素により還元されて生成すると考えられている。従って、酢酸を利用するメタン生成菌は重要である。

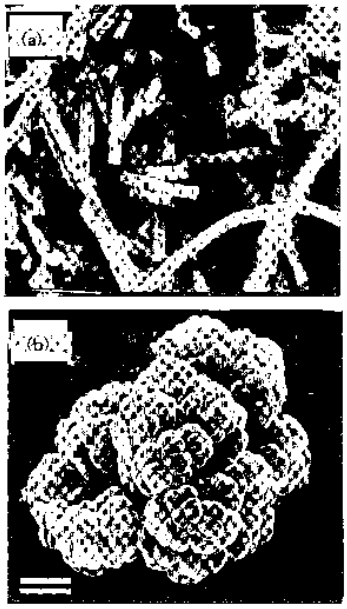
図 5-2 にメタン発酵槽でよく観察される酢酸資化性メタン生成菌の糸状 Methanosaeta 属と連球状 Methanosarcina 属の電子顕微鏡写真を示す。

糸状の Methanosaeta と連球状の Methanosarcina はいずれも酢酸を基質とするため、基質をめぐって競合関係にある。一般的に酢酸濃度が低い場合、Methanosaeta が有利であるのに対して、酢酸濃度が高い場合には Methanosarcina は優勢となる。また、高温条件では Methanosarcina はよく観察される。

安定的メタン発酵を実現するには、反応槽内に Methanosaeta または Methanosarcina の酢酸利用性メタン生成細菌を十分維持する必要がある。

表 5-2　メタン発酵槽における微生物の菌叢構造

細菌グループ	細菌数(個／mL)	代表的属など
Ⅰ. 酸生成細菌 総菌数 タンパク質分解菌 セルロース分解菌	 10^8～10^9 10^7 10^5	ほとんど未知 グラム陰性桿菌が多い *Eubacterium* *Clostridium* 等
Ⅱ. 水素生成性酢酸生成細菌	10^6	グラム陰性桿菌が多い *Syntrophobacter* *Syntrophomonas*
Ⅲ. ホモ酢酸生成細菌	10^5～10^6	*Acetobacterium* *Clostridum*
Ⅳ. メタン生成古細菌	10^6～10^8	*Methanobacterium* *Methanospirillum* *Methanococcus* *Methanosarcina* *Methanosaeta(Methanthrix)*
Ⅴ. 硫酸塩還元細菌	10^4	*Desulfovibrio* *Desulfotomaculum*



出典：メタン発酵技術の概要とその応用展望

図 5-2　代表的メタン生成菌である糸状性の Methanosaeta
(a)連球状の Methanosarcina(b)の電子顕微鏡写真

3)メタン発酵の化学量論

- 生ごみなどのバイオマスに含まれる有機物は炭水化物、タンパク質、脂質および粗繊維に大別すると、メタン生成ポテンシャルは脂肪＞タンパク質>炭水化物の順である。
- ガス組成に関しては、炭水化物の分解ではメタン含有率が 50%であるのに対して、その他の 3 種類の物質はいずれも 70%程度である。

汚泥や生ごみなどのバイオマスに含まれる有機物は炭水化物、タンパク質、脂質および粗繊維に大別されるが、その主な元素構成は炭素(C)、水素(H)、酸素(0)および窒素(N)である。メタン発酵における有機物の変換反応を次式のような化学量論式で簡潔に表現できる。

$$CnHaObNc+[n-0.25a-0.5b+l.75c]H_2O$$
$$\rightarrow[0.5n+0.125a-0.25b-0.375c]\ CH_4+[0.5n-0.125a+0.25b-0.625c]\ CO_2+cNH_4^{+}+cHCO_3^{-}$$

上記の計算より明らかなように、有機物 1g 当たりのメタン生成ポテンシャルは脂肪(0.998L) ＞タンパク質(0.527L) >炭水化物(0.415L)の順である。

また、ガス組成に関しては、炭水化物の分解ではメタン含有率が 50%であるのに対して、その他の 3 種類の物質はいずれも 70%程度である。このようにメタン発酵の対象によってはバイオガス生成量およびメタン含有率は著しく異なる。

表 5-3　代表的有機物および廃棄物系バイオマスのメタン発酵に関する化学量論式とガス発生量の概算

	擬似分子式に基づくメタン発酵の化学量論式 (菌体増殖の影響を考慮していない)	ガス発生量の概算		
		L/g-VS	CH_4率	L-CH_4/g-VS
炭水化物	$(C_6H_{10}O_5)n+nH_2O \rightarrow 3nCH_4+3nCO_2$	0.830	50%	0.415
タンパク質	$C_{16}H_{24}O_5N_4+14.5H_2O \rightarrow 8.25CH_4+3.75CO_2+4NH_4^{+}+4HCO_3^{-}$	0.764	69%	0.527
脂肪	$C_{50}H_{90}O_6+24.5H_2O \rightarrow 34.75CH_4+15.25CO_2$	1.425	70%	0.998
リグニン等	$(-CH_2-)_n+0.5nH_2O \rightarrow 0.75nCH_4+0.25nCO_2$	1.60	75%	1.200
食品生ごみ	$C_{17}H_{29}O_{10}N+6.5H_2O \rightarrow 9.25CH_4+6.75CO_2+NH_4^{+}+HCO_3^{-}$	0.88	58%	0.510
乳牛ふん尿	$C_{22}H_{31}O_{11}N+10.5H_2O \rightarrow 11.75CH_4+9.25CO_2+NH_4^{+}+HCO_3^{-}$	0.97	56%	0.543
都市ごみ	$C_{46}H_{73}O_{31}N+14H_2O \rightarrow 24CH_4+21CO_2+NH_4^{+}+HCO_3^{-}$	0.887	53%	0.470
混合紙	$C_{46}H_{73}O_{31}N+54.25H_2O \rightarrow 134.375CH_4+130.625CO_2+NH_4^{+}+HCO_3^{-}$	0.832	51%	0.424
下水汚泥	$C_{10}H_{19}O_3N+5.5H_2O \rightarrow 6.25CH_4+2.75CO_2+NH_4^{+}+HCO_3^{-}$	1.003	69%	0.690
余剰汚泥	$C_5H_7O_2N+4.0H_2O \rightarrow 2.5CH_4+1.5CO_2+NH_4^{+}+HCO_3^{-}$	0.793	63%	0.500
初沈汚泥	$C_{22}H_{39}O_{10}N+9H_2O \rightarrow 13CH_4+8CO_2+NH_4^{+}+HCO_3^{-}$	0.986	62%	0.611
し尿汚泥	$C_7H_{12}O_4N+9H_2O \rightarrow 13CH_4+8CO_2+NH_4^{+}+HCO_3^{-}$	0.772	60%	0.463

出典：メタン発酵技術の概要とその応用展望

5.1.3 メタン発酵の環境条件と運転指標

- 生ごみを原料としたメタン発酵の重要な因子は、撹拌と混合、温度、pH、有機酸濃度、アンモニア濃度、アルカリ度、ガス組成と硫化水素、滞留時間、微量金属である。
- 実用的な温度は、中温（35℃前後）と高温（55℃前後）。
- 良好に運転されているメタン発酵槽の pH は、6.5～8.2.
- メタン発酵が順調な場合は、有機酸濃度（酢酸、プロピオン酸、酪酸）が低い。
- メタン発酵槽におけるアンモニア濃度の目安は、中温発酵で 4,500～5,000mg/L 以下、高温発酵で 2,500mg/L。
- ガス組成中の CO_2 含有量の急激な上昇または CH_4 含有量の急激な低下は、メタン発酵の阻害と連動。
- 硫化水素濃度は、数百～数千 ppm 以下。
- 滞留時間（メタン生成菌世代時間の 3 倍以上）は、中温で 6 日以上、高温で 4 日以上。
- メタン生成菌の増殖活性に促進効果を及ぼす微量金属元素は、鉄、銅、セレン、コバルト、マンガン、タングステン、ニッケル、モリブデン、ホウ素、亜鉛の 9 種。微量金属の欠乏現象は、2～3 ヶ月後に顕著になることが多い。

1)撹拌と混合

メタン発酵が微生物反応であるため、基質と微生物の混合や反応生成物の物質移動を促進する撹拌は、重要な影響因子となる。過去の経験より適切な撹拌はメタン発酵の効率を向上できることが知られている。特に汚泥などの固形物のメタン発酵処理において反応槽内の撹拌が必要不可欠である。

撹拌の方法は基本的に次の 3 種類がある。

○ 機械撹拌：インペラやドラフトチューブ撹拌機など

○ ガス循環：発生したバイオガスを反応槽内に吹き込む。

○ 水理学的撹拌：液循環または液面変動によって生じる撹拌

近年開発された高濃度メタン発酵では、これらの撹拌手段を組み合わせて使用するケースもある。

2)温度

メタン発酵はその操作温度域により無加温（＜25℃）、中温発酵(30～40℃)および高温発酵(50～60℃)に分けられるが、実用的に中温の最適温度 35℃前後または高温の最適温度 55℃前後で行われる。

一般的に高温発酵の反応速度は中温発酵の 2 倍以上と報告されており、高温発酵の容積負荷は中温の倍程度向上できる。

処理特性の観点から中温発酵と高温発酵を比較すると、高温発酵は加水分解率や病原性微生物の死滅率が高く、発酵速度が早くて高負荷を実現しやすい反面、有機酸が蓄積しやすいこともある。それに対して中温発酵は分解速度が遅いものの、安定性や脱離液の水質が比較的良い。

3)pH

メタン生成菌はほぼ中性付近の pH 条件を好むため、メタン発酵の最適 pH が 6.8～7.6 と言われている。良好に運転されているメタン発酵槽の pH はだいたい 6.5～8.2 の範囲にある。廃水の嫌気性処理において pH が 7.0 の中性付近にあるが、汚泥や生ごみなどの固形廃棄物のメタン発酵においてはアンモニア性窒素濃度が比較的高いため、pH は一般的に 7.0 から 8.0 の範囲にある。

4)有機酸濃度

メタン発酵の中間生成物としてギ酸、酢酸、プロピオン酸、酪酸、乳酸などの有機酸が生成するが、メタン発酵が順調に進んでいる場合、生成した有機酸は速やかにメタン生成菌に利用されるため、有機酸の濃度が低く、しかも検出されるものはほとんど酢酸、プロピオン酸および酪酸の揮発性脂肪酸である。従って、これら 3 種類の揮発性脂肪酸の濃度と構成を分析すれば、メタン発酵槽の運転状況を把握することができる。また、有機酸の蓄積はアルカリ度や pH と連動しているため、pH とアルカリ度の推移よりその動向を容易に推定することができる。

5)アンモニア

バイオマスのメタン発酵においてタンパク質の分解に伴い、NH_4^+が生成する。この NH_4^+がメタン生成細菌増殖の栄養成分になったり、重炭酸根(HCO_3^-) と平衡してアルカリ度になったりするため、良好なメタン発酵にとって不可欠な成分である。しかし、NH_4^+濃度が高すぎると、それに起因するメタン発酵の阻害（有機酸の蓄積とメタン生成速度の低下）が起こる。アンモニア毒性はさまざまな要因に影響されるため、文献に報告されている阻害濃度には幅がある。

また、汚泥の馴養によりアンモニア耐性が強くなることも知られている。メタン発酵槽における安全運転の目安として中温発酵で NH_4^+濃度 4,500～5,000mg/L 以下、高温条件で 2,500mg/L 以下と見られる。投入バイオマスの TS 濃度 10%程度なら、基本的にこの安全ラインが満たされる。

6)アルカリ度

アルカリ度は、酸を中和する溶液の容量を示す指標であり、メタン発酵プロセスの安定性に関わる。一般的にメタン発酵におけるアルカリ度は原液由来のものと代謝由来のものに分けられるが、生ごみや汚泥のメタン発酵においては原液にアルカリ度がほとんどないため、主に発酵代謝に由来する。

代謝由来のアルカリ度は主にタンパク質の分解で放出する NH_4^+に起因する。理論的に NH_4^+は等モルの $HC0_3$ と平衡して NH_4HC0_3 となるため、1 g の NH_4^+-N は 3.6g のアルカリ度をもたらす。従って、メタン発酵槽におけるアルカリ度は投入物の TS 濃度とタンパク質含有率に比例して増大する。

7)ガス組成と硫化水素

メタン発酵により生成するバイオガスの主成分はメタンと二酸化炭素であり、表 5-3 に例示したように CH_4 と CO_2 の含有率はバイオマスの種類と性状に若干影響されるが、一般的にそれぞれ60%(±5%) と 40%(±5%)で安定している。CH_4 含有率の傾向として、タンパク質と脂肪成分が多い場合に高めになるが、逆に炭水化物が多い場合には低めになる。また、メタン発酵槽の運転において CO_2 含有率の急上昇または CH_4 含有率の急低下はメタン発酵の阻害と連動する場合が多い。

メタン発酵において原料に含まれる硫黄成分が硫化水素(H_2S）の生成をもたらす。硫化水素の発生は硫酸塩の還元とタンパク質の発酵に由来するため、原料中の硫酸塩濃度とタンパク質濃度に影響される。バイオガス中の硫化水素濃度は一般的に処理対象により数百 ppm から数千 ppm の範囲で変化する。硫化水素が多くなると、バイオガスの品質を低下させるだけでなく、メタン発酵に阻害を及ぼす場合もある。

8)滞留時間

滞留時間は、有機物の分解率と運転の安定度に影響を及ぼすだけでなく、投入負荷とも関連する重要な指標である。嫌気性反応槽の安定運転を維持するために、メタン生成菌の保持と過負荷の防止が重要である。単純に菌体維持の観点から考えると、メタン生成菌世代時間の 3 倍以上の滞留時間（安全係数 3)を確保しようとすると、中温では 6 日（世代時間 2 日×3 倍）以上、高温では 4 日（世代時間 1.3 日×3 倍）以上が必要という計算になる。また、下水汚泥の分解には固形物の加水分解に時間がかかるため、高い分解率を得るのに、固形物滞留時間(SRT)をある程度長くする必要がある。

さらに、実用技術として滞留時間を 15 日程度以上とすることが一般的である。下水汚泥の処理プロセスにおいて、メタン発酵の他に、脱水性、容量調整などの機能も重視されているため、実用的にはメタン発酵を行う嫌気性消化槽が 30 日の滞留時間で運転されているケースも少なくない。

9)微量金属の必要性

微量金属はあらゆる種類の微生物にとって必須である。メタン生成菌の増殖には数種類の微量金属を特に要求している。メタン生成菌の増殖活性に促進効果を及ぼす元素として鉄、銅、セレン、コバルト、マンガン、タングステン、ニッケル、モリブデン、ホウ素、亜鉛の 9 種類が報告されている。

その中で、最も重要なのは鉄、ニッケル、コバルトの 3 種類である。

微量金属が欠乏しているケースの特徴として、アンモニアやその他の阻害因子がないにも関わらず、反応槽内に有機酸が蓄積し、有機物負荷をなかなか上げられず場合によっては酸敗にもなる。また、この現象は主にメタン発酵の投入物に依存するため、反応槽の初期運転で見られなくても、種汚泥に含まれているものが利用し尽くされる 2～3 カ月後で顕著になることが多い。

一般的に下水汚泥にはこれらの微量金属が豊富に含まれているため、あまり問題にならないが、生ごみおよび食品廃棄物のメタン発酵を行う場合にはこの点を留意する必要がある。

5.1.4 廃棄物系バイオマスのエネルギー資源化の現況

様々な廃棄物系バイオマスは、メタン回収の原料となることが可能である。その中で特に重要なものは下水汚泥、生ごみ、畜産排泄物、産業廃水などが挙げられる。以下、対象物別に技術の現況と応用実績を整理する。

1)下水汚泥の嫌気性消化

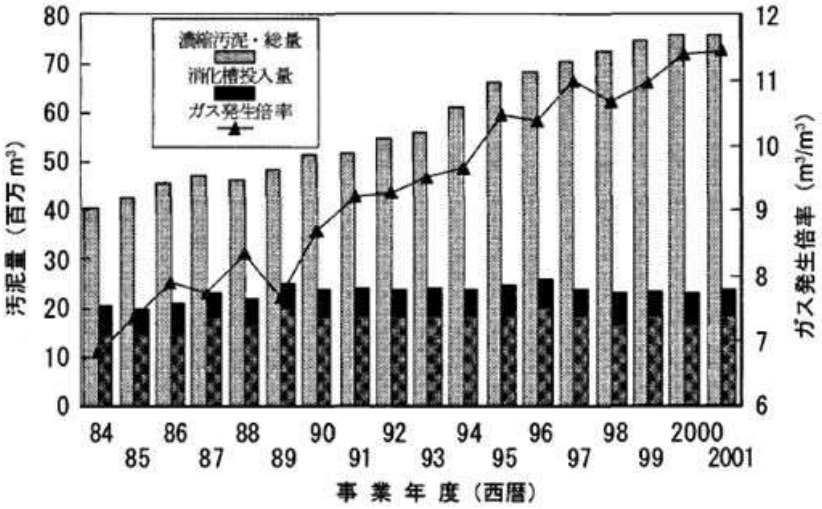
- 嫌気性処理による汚泥処理量は、横ばい状態。
- 一方、メタン発酵の効率を示すガス発生倍率は年々増加。汚泥濃縮技術の進歩に伴い、消化槽への汚泥投入濃度が高くなってきたことが要因である。
- 全国 305 箇所の処理場の平均規模は、消化槽有効容量 7,600m3、滞留時間 34 日、消化温度 34℃で、投入量 215m^3/日、消化ガス発生量 2300m^3/日、消化汚泥排出量 2.8t/日である。

① 下水汚泥処理における嫌気性消化の採用状況

下水道の分野では、伝統的に下水汚泥のメタン発酵を嫌気性消化と呼んでいる。図 5-3 は 1984 年以降の下水汚泥発生量、嫌気性消化処理量及びメタン発酵効率の経年変化をまとめたものである。

近年、小規模下水道の普及により下水汚泥発生量は確実に増えているものの、新規の小規模下水処理施設ではほとんど単独の汚泥処理システムを持たないため、嫌気性処理による汚泥処理量は横ばい状態が続いている。

処理規模別に嫌気性処理の採用状況を検討すると、下水処理量 20,000m^3/日以下の場合、汚泥処理フローに嫌気性消化を込み入れた事例が少ない。特に下水処理量 10,000m3/日以下になると、嫌気性消化がほとんど採用されていない。一方、メタン発酵の効率を示すガス発生倍率は年々高くなってきている。これは、近年汚泥濃縮技術の進歩に伴い、嫌気性消化の前段に遠心濃縮器などの機械濃縮が採用されはじめたため、消化槽への汚泥投入濃度が高くなってきたことによる結果である。



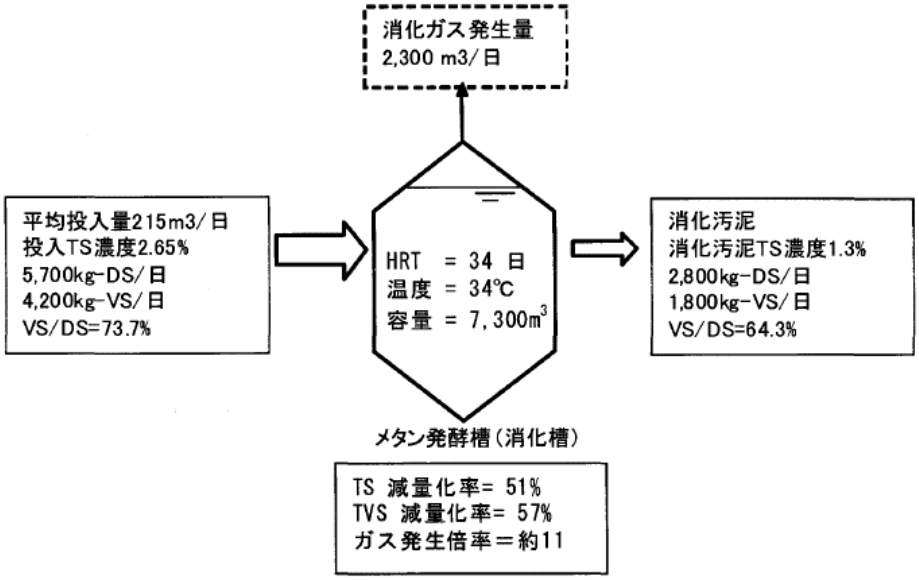
出典：メタン発酵技術の概要とその応用展望

図 5-3 下水汚泥処理における嫌気性消化の採用状況とガス発生効率（倍率）の経年変化

② 下水汚泥嫌気性消化の性能調査

2001 年度の下水道統計によれば、日本全国で発生した下水汚泥の約 34.5%(DS ベース）が嫌気性消化を組み込んだシステムによって処理され､「濃縮→嫌気性消化→脱水→コンポスト」と「濃縮→嫌気性消化→脱水→焼却」が代表的な処理フローとなっている。

図 3-4 に示すように、全国の 305 個所の処理場の平均規模としては、消化槽有効容量は 7,600m3 であり、滞留時間は 34 日、消化温度は 34℃であった。投入汚泥の TS 濃度は 2.65%と比較的に低いため、消化ガス発生倍率は 11 倍程度に止まっている。嫌気性消化による TS 減量化率は平均 51%で、vs 減量化率は 57%であった。消化ガスの組成としては CH_4:60%(57-63%)、CO_2:36%(32-40%)、H_2S： 1164ppm (696-2238ppm)であった。



出典：メタン発酵技術の概要とその応用展望

図 5-4 全国にある下水汚泥メタン発酵槽の平均的運転状況
（平成 12 年度下水道統計に基づく）

2)生ごみのメタン発酵

- 1990 年代の後半から生ごみメタン発酵技術の実用化が開始
- 高濃度（投入 TS 濃度 10%以上）、高温発酵を採用している事例が多い。
- 一般的に生ごみの分解率は約 80%、バイオガス生成量は生ごみ 1 トン（湿重量）当たり 100～160m³ であり、その減量化、エネルギー生産効果が大きい。
- 生ごみのメタン発酵はコストや環境配慮の側面から評価して比較的推進しやすい。
- 課題は、ごみ収集システムにあり、ごみの収集･分別システムを含めた総合的検討が重要。

1990 年代の後半から生ごみメタン発酵技術の実用化が始まった。生ごみまたは食品廃棄物の単独メタン発酵施設の技術の特徴として高濡度（投入 TS 濃度 10%以上）、高温発酵を採用している事例が多い。

一般的に生ごみの分解率は約 80%(±10%は可能) で、バイオガス生成量は生ごみ 1 トン (湿重量) 当たり 100～160m³ と報告されており、その減量化、エネルギー生産効果が大きい。しかし、バイオガス発生量は生ごみの含水率と有機物組成に大きく影響されるため、生ごみの性状を言及せず、生ごみ 1 トン（湿重量）当たりのガス生成量ばかり強調するのは妥当ではない。

また、生ごみは基本的に固形廃棄物になっているので、多くの希釈水を使って処理すると、エネルギー回収効率が低下するだけでなく、排水処理も問題になる。従って、生ごみに対しては、なるべく希釈せずメタン発酵を行うのが理想的である。

こういう観点から、乾式メタン発酵は理想的であるが、実用的にはアンモニア阻害や機械的性能を注意深く確認する必要がある。特に生ごみの乾式高温発酵にはアンモニア阻害が制限因子となることを留意しなければならない。

生ごみに対しては、希釈水を加えず、さらに反応系内は湿式発酵を採用することが最も良いと考えられ、生ごみの無希釈二相循環式高速メタン発酵プロセスが考案されている。

図 5-5 に同プロセスのフローと標準設計条件を示す。本プロセスは平成 16 年度より京都府木津町で実証試験が行われており、これまで良好な処理結果を得ている。

生ごみのメタン発酵はコストや環境配慮の側面から評価して比較的推進しやすいと考えられる。

大きな問題点は、ごみ収集システムにあり今後、ごみの収集･分別システムを含めた総合的検討が重要になる。

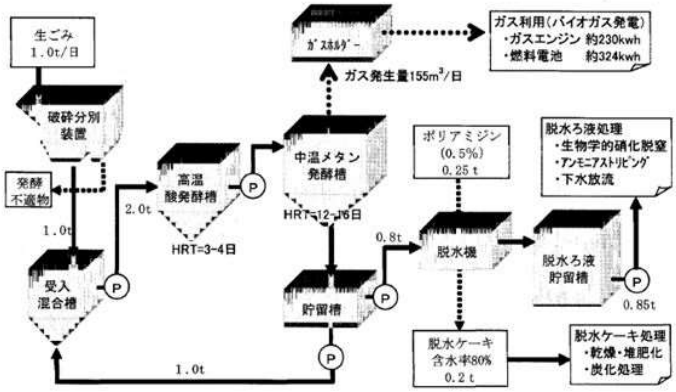


図 5-5　生ごみの無希釈二相循環方式高速メタン発酵プロセスのフロー及び標準的設計条件

3)「汚泥再生処理センター」のメタン発酵技術

- これまで建設されたメタン発酵施設は計 13 件。内訳はメビウスシステム 10 施設（高温メタン発酵）、REM システム 3 施設（中温メタン発酵）。
- メタン発酵より得られたバイオガスの利用方法は大きく熱利用と発電の二つの方式に分けられ、生ごみ量が多い(7.0t/d 以上）プラントでは発電・コジェネ、生ごみが少ないケースでは熱利用だけにとどまっている傾向。

「汚泥再生処理センター」はし尿· 浄化槽汚泥処理施設から発展してきた廃棄物の総合リサイクルシステムである。特徴として、し尿処理汚泥と生ごみの混合高濃度メタン発酵が採用されている。これまで建設されたメタン発酵施設は計 13 件ある。採用されているメタン発酵技術の内訳はメビウスシステム 10 施設（高温メタン発酵）、REM システム 3 施設（中温メタン発酵）となっている。メタン発酵より得られたバイオガスの利用方法は大きく熱利用と発電の二つの方式に分けられる。傾向として生ごみ量が多い（7.0t/d 以上）プラントでは発電・コジェネを行っているが、生ごみが少ないケースでは、熱利用だけにとどまっている。

近年、汚泥再生処理センター事業ではメタン発酵の新規採用はほとんどない。その最大の理由は生ごみの回収は進まないことにあるのではないかと見られる。生ごみの搬入が少ない場合、エネルギーの回収効果が限定的なものになる。

また、余剰汚泥や浄化槽汚泥の分解率向上は依然として技術開発の課題であると言える。

4)家畜排泄物のメタン発酵とエネルギー回収

- 近年、家畜排泄物を集約処理するセンター方式のメタン発酵施設が北海道や東北地方などで多く建設されている。
- 現在、家畜廃棄物のメタン発酵処理施設は日本全国で 30 以上があると言われ、その多くは 2000 年以降に稼働している。
- 八木町バイオエコロジーセンターでは、1 日の平均受入量は乳牛ふん尿 35.9t、豚ふん尿 5.2t、おから 3.3t。中温(35℃)、滞留時間 33 日のメタン発酵により、バイオガス生成量は投入物 $1m^3$ 当たり $32.4m^3$（メタン含有率は 52～ 60%)。H_2S 濃度は 800～1,200ppm。発電能力は 3,913kWh/d に達し，施設内利用後の余剰電力は総発電量の 7～27%を占め、余剰熱も大量に発生している。

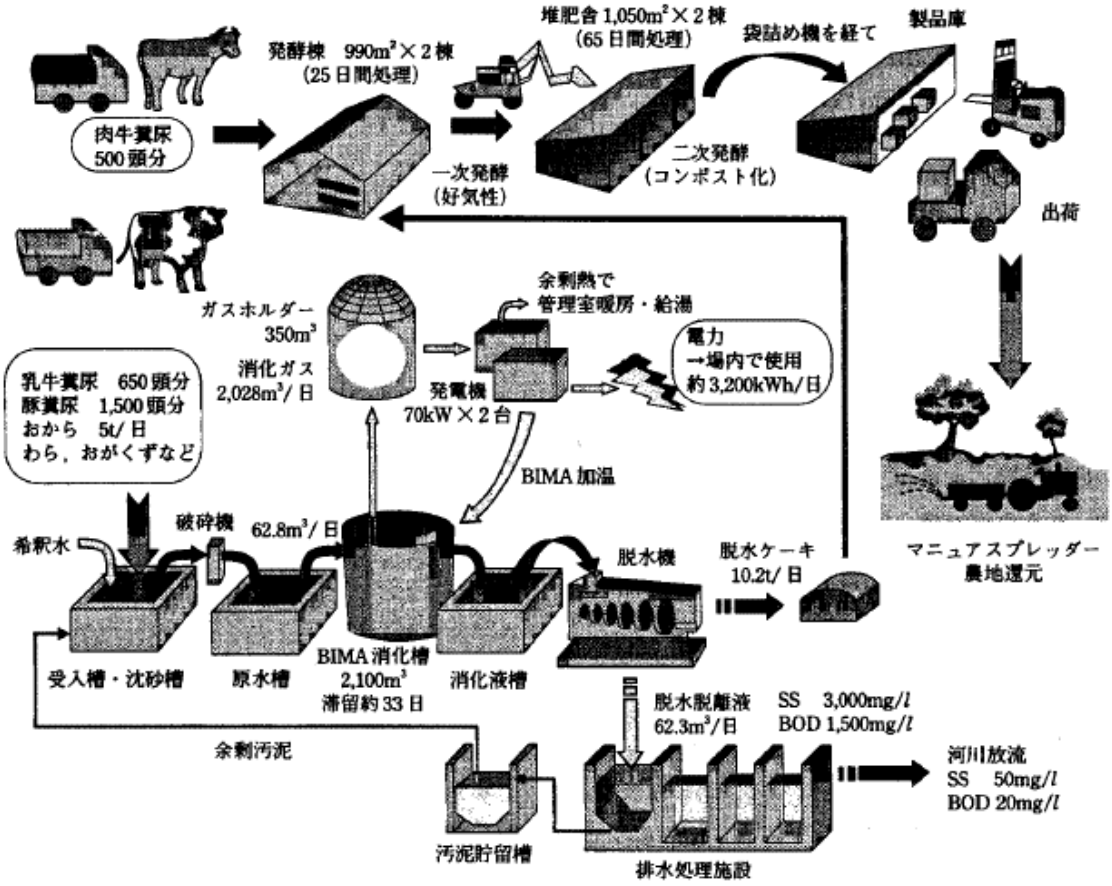
家畜排泄物処理のためのメタン発酵施設（またはバイオガスプラント）は 1998 年に京都府八木町バイオエコロジーセンターが建設された頃から注目を浴びるようになった。ヨーロッパのデンマーク、ドイツの先進的事例と技術も参考になり、近年、家畜排泄物を集約処理するセンター方式のメタン発酵施設が北海道や東北地方などで多く建設された。現在家畜廃棄物のメタン発酵処理施設は日本全国で 30 以上があると言われ、その多くは 2000 年以降稼働し始めている。

図 5-6 に示すように、八木町バイオエコロジーセンターは受入·前処理施設、BIMA 消化槽（メタン発酵槽)、スクリュープレス式脱水機、脱水ケーキ堆肥化施設、脱水脱離液処理施設からなる。

当初計画では、乳牛 650 頭及び豚 1,500 頭のふん尿、おから 5t/d を処理することになっている。2000 年と 2001 年の 2 年間の運転実績によれば、1 日の平均受入量は乳牛ふん尿 35.9 t 及び豚ふん尿 5.2t、おから 3.3t でメタン発酵槽への投入 TS 濃度は 6.8%であった。

中温(35℃)、滞留時間 33 日のメタン発酵により、バイオガス生成量は投入物 $1m^3$ 当たり $32.4m^3$ であり、メタン含有率は 52～ 60%であった。また、H_2S 濃度は 800～1,200ppm であった。

生成したバイオガスはガスホルダーに一次貯留し、脱硫した後、ガスエンジンによる発電を行っている。また、同施設の最新運転実績によれば、発電能力は 3,913kWh/d に達し、施設内利用後の余剰電力は総発電量の 7～27%を占めており余剰熱も大量に発生している。



出典：メタン発酵技術の概要とその応用展望

図 5-6 八木バイオエコロジーセンターのシステムフロー図

5)バイオガスのエネルギー利用技術

様々な原料から回収したバイオガスは、基本的に以下の手段により再利用されている。

- バイオガス発電：ガスエンジン発電（電気転換率約 30%)が主流であるが、最近マイクロタービン発電（電気転換率約 25%)や燃料電池発電（電気転換率 30%以上）などの新しい技術も確立されている。
- ボイラー燃料：バイオガスボイラーの燃料として熱効率 80～85%が得られる。
- 都市ガス原料化：長岡市のように、バイオガスを精製して H_2S と CO_2 を除去して都市ガスとして利用することが可能である。
- 自動車燃料：横須賀市の生ごみ実証プラントのように、バイオガスを精製して天然ガス自動車の燃料とすることができる。
- バイオガスの貯蔵・改質技術：近年、バイオガスの吸着貯蔵技術や水素への改質技術が開発されつつあり、有効利用の選択肢がますます広がっている。

5.1.5 メタン発酵技術の課題

1)分解率とエネルギー効率の問題

嫌気性消化による下水汚泥や家畜排泄物の減量化率は 40～50%程度であり、分解率の向上によるさらなる減量化が求められている。

近年、水熱処理やオゾン酸化などの分解促進技術の導入により、脱水汚泥ベースで汚泥量を半減できる技術が開発されている。また投入 TS 濃度 5～15%の高濃度消化を採用することにより、システム全体のエネルギー効率は大きく改善できる。

2)消化液処理の問題

固形廃棄物メタン発酵処理の最大の問題点は消化液の処理である。特に家畜排泄物の処理ではコストの制限から複雑な処理システムを組むことが難しい。

条件のあるところでは、液肥利用または乾式発酵により消化汚泥の処理工程を簡略化できるが、それ以外のケースでは、発酵残渣または消化汚泥の処理が課題となる。

3) 返流水処理の問題

下水汚泥の嫌気性消化では脱水ろ液の返送による水処理への影響が懸念されている。特に高度処理が要求されている場合、窒素、リン、色度、難分解性 COD の影響も考えなければならない。

現在、効率的窒素除去、リン回収技術の開発が進められている。

4) 消化ガス利用コストの問題

既存の汚泥消化施設においても消化ガスの有効利用を図らず、燃やし捨てている処理施設がある。その原因は施設投資の負担があると言われている。システムの工夫と政策的投資の配慮も重要である。

5.2 良好な堆肥化のための対策ポイント

良質な堆肥づくりに向けた対策ポイントの総括は以下のとおりである。

- 使用目的によって求められる条件が異なるため、堆肥の原料や肥料成分、外観等の性状を確認し、総合的に判断して使用することが重要である。
- よい堆肥の明確な数値はないが、全国農業協同組合中央会の「家畜ふん堆肥の推奨基準」が参考となる。
- 堆肥選びのチェックポイントとして、堆肥由来の雑草や害虫が発生しない、電気伝導度や重金属類濃度が低い、成分が安定しているなどがある。
- 生産農家には、使いやすい、安価で入手しやすい、安全で品質が安定している肥料が求められる。

5.2.1 よい堆肥の見きわめ方

特殊肥料である家畜ふん堆肥には様々な原料が用いられ、肥料成分も多様な上に、使用目的によって求められる条件が異なるため、堆肥の原料や肥料成分、外観等の性状を確認し、総合的に判断して使用することが重要である。

①　よい堆肥の基準

よい堆肥の明確な数値はないが、参考になる指標はある。全国農業協同組合中央会が表 5-4 のような家畜ふん堆肥の推奨基準を示している。ただし、この指標から外れているからといって必ずしも品質が悪いということではない。例として、現在流通している堆肥ではＥＣが 5dS/m を超えるものが少なくないが、これらの多くは肥料成分を豊富に含んでおり、目的に合わせて使用量を調節すれば安全に使用できる。

また、堆肥を作る側と使用する側でも、よい堆肥に対する考え方は異なっている。堆肥を作る側にとっては、水分が少なく、手触りがサラサラとしていて、臭いが少ないものがよい堆肥とされている。これらは堆肥の発酵の進み具合を外観で判断する指標であり、主に流通・散布時の取り扱いやすさの指標でもある。

一方、堆肥を使用する側にとっては、堆肥に含まれる肥料成分や土壌改良効果、作物に対する安全性といった点が重要な指標となる（さらに、価格や入手のしやすさといったコスト面や利便性など)。そして、堆肥に期待する効果が土壌の物理性の改良であるか、肥料成分の供給であるか、あるいはその両方であるかにより、よい堆肥の定義は大きく変わってくる。

表 5-4　家畜ふん堆肥の推奨基準

基準項目	基準値
有機物	60%以上
C／N比	30以下
全窒素量	1%以上
全リン酸（P_2O_5）	1%以上
全カリ（K_2O）	1%以上
銅	600ppm以下
亜鉛	1,800ppm以下
水分	70%以下注）
電気伝導度（EC）	5 dS/m以下注）

注）現物当たり、他の項目は乾物当たり

出典：全国農業協同組合中央会，1994

【参考資料】

表 5-5　良質堆きゅう肥共励会の審査基準

区分	配点	内　　容			点数
臭気	20	無臭、堆肥臭			15～20点
		ややアンモニア臭等臭気を感じる			10～14点
		アンモニア臭等臭気を感じる			6～9点
		生ふん臭			0～5点
手触り	10	強く握っても手のひらにあまりつかない			8～10点
		手で握ると固まるが、放すとパラッと割れる			
		強く握ると手のひらにかなりつく			4～7点
		手で握ると固まるが、放しても割れない			
		ベトベトした感じ			0～3点
		強く握ると指の間から水が滴る			
均質性	5	均質に堆肥化されている			4～5点
		ある程度均質に堆肥化されている			2～3点
		均質に堆肥化されていない			0～1点
コンポテスター	5	測定値　0～3			5点
		測定値　4～6			2点
		測定値　7以上			0点
堆積期間	10	家畜ふんのみ	作物残さとの混合物	木質物との混合物	
		60日以上　10点	90日以上　10点	180日以上　10点	
		30日以上　5点	60日以上　7点	150日以上　8点	
		30日未満　2点	30日以上　4点	120日以上　6点	
			30日未満　2点	90日以上　5点	
				60日以上　4点	
				30日以上　3点	
				30日未満　2点	
こまつな発芽試験	20	対対照発芽率	95%以上		20点
			90%以上　95%未満		15点
			80%以上　90%未満		10点
			70%以上　80%未満		2点
			70%未満		失格
C／N	10	10以上～30未満			10点
		30以上～40未満			5点
		40以上または10未満			0点
EC	5	5 dS/m未満			5点
		5 dS/m以上～10 dS/m未満			3点
		10 dS/m以上			1点
有機物	10	60%より上			10点
		50%以上～60%未満			5点
		50%未満			0点
総合判定	5	優れた堆きゅう肥である			4～5点
		良い堆きゅう肥である			2～3点
		標準的な堆きゅう肥である			1点
		良い堆きゅう肥ではない			0点
計	100				

出典：岡山県畜産協会（2005）

② 肥料取締法に基づく表示

肥料取締法で義務づけられている表示には、原料や主要な肥料成分等が記載されている。しかしながら、複数の原料を混合している一部の堆肥では、製造時期によって混合比率等が変動している可能性もある。また、表示だけでは分からない堆肥の粒径や粗大有機物（水分調整材として使われたバークや木材チップ、家畜が食べ残した飼料、鶏の羽根など）の有無、発酵が不十分なふん塊の有無、臭気、粉塵などを確認する必要がある。

よい堆肥の代名詞のように使われる「完熟堆肥」という言葉にも、厳密な定義は存在しない。よく発酵した堆肥という意味で使われることが多いが、どの段階をもって完熟と呼ぶかは人によって見解が異なるため注意が必要である。

肥料取締法に基づく表示	
肥料の名称	まきばエコ堆肥
肥料の種類	たい肥
届出をした都道府県	岡山県
表示者の氏名又は名称及び住所	
岡山県農林水産総合センター	
岡山県赤磐市神田沖1174-1	
正味重量	13kg（約40L）
生産した年月	欄外に記載
（原　料）	
牛糞、オガクズ、鶏糞	
主要な成分の含有量等（現物あたり）	
窒素全量（%）	1.1
リン酸全量（%）	1.7
カリ全量（%）	3.8
炭素窒素比（C/N比）	28

図 5-7　特殊肥料（たい肥）の表示

③ よい堆肥選びのポイント

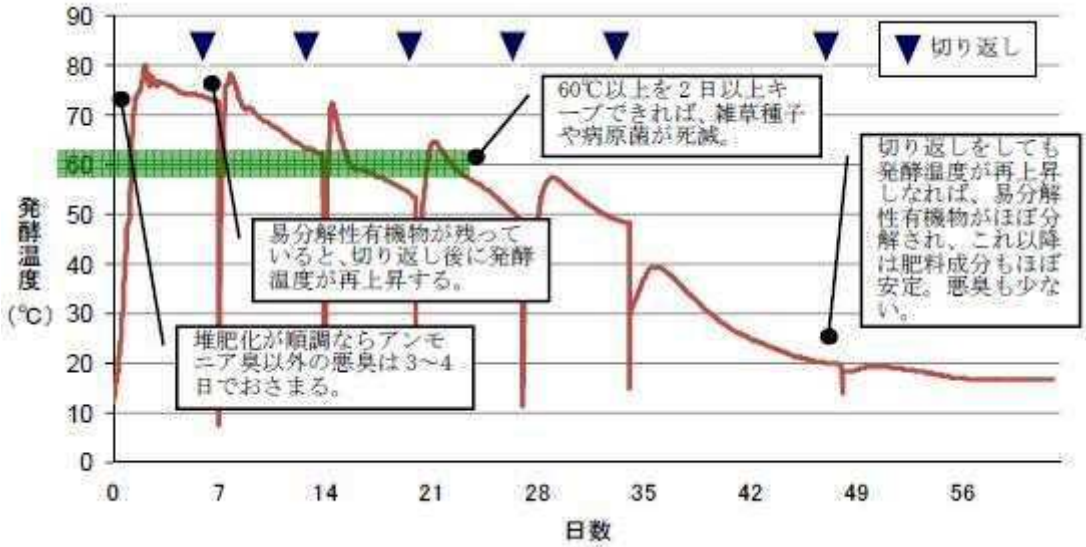
家畜ふんを堆肥化する目的のひとつに、微生物に分解されやすい有機物（以下、易分解性有機物）をあらかじめ分解することがあげられる。通常、未処理のふん尿や未熟な堆肥には易分解性有機物が多く残存している。そのため、これらを多量に施用すると、微生物が土壌中の酸素を消費しながら急激に分解し、土壌が一時的な酸欠状態に陥り作物に害を与えることがあるためである。

図 5-8 に示した堆肥の発酵温度は、有機物を分解する微生物の活動に起因しており、易分解性有機物が少なくなれば次第に低位安定化する（ただし、有機物が完全になくなるわけではないため、ゆるやかな発酵は継続して行われる）。激しい分解が起こっている間は、アンモニアや二酸化炭素などの分解産物も大量に発生し、発酵温度の上昇に伴う水分の蒸発も起こるため、肥料成分等の変動も大きい。

一方、易分解性有機物の分解が落ち着けば、その後は残りの安定的な有機物が時間をかけて分解されるため、肥料成分等が短期間で大きく変動することは少ない。

なお、密閉型の強制発酵装置等で生産された堆肥の一部には、堆肥化の初期段階で水分が急激に低下して微生物の活動が休止し、発酵が止まったものがある。

以上を踏まえて、堆肥を選ぶ側から見たチェックポイントを表 5-6 に整理する。



出典：岡山県農林水産総合センター

図 5-8　牛ふん堆肥化時の発酵温度の推移（堆積発酵方式/通気あり）

表 5-6　堆肥選びのチェックポイント

ほしい堆肥の条件	チェックポイント
堆肥由来の雑草が生えない 堆肥由来の害虫が発生しない 病原菌の心配がない	堆肥化時の発酵温度が60℃以上を2日以上維持されていたものを選ぶ
散布時の悪臭が少ない	明らかにふん尿臭がする未熟な堆肥は避ける 乾きすぎておらず、粉塵が少ないこと ※堆肥散布後すぐにすき込めば悪臭はある程度抑えられる！
窒素飢餓がおきにくい	炭素率（Ｃ/Ｎ比）が30未満のものを選ぶ
ＥＣ（電気伝導度、塩類濃度）が低いもの	通常表示されていないので、製造元に確認（または市販のＥＣ計で測定）
重金属類の濃度が低いもの	銅・亜鉛以外の重金属類は通常表示されていないので、製造元に確認 ※銅：原料に豚ぶんが含まれる堆肥で、現物当たり銅300mg/kg以上含む場合に表示 ※亜鉛：原料に豚ぶんまたは鶏ふんが含まれる堆肥で、現物当たり亜鉛900mg/kg以上を含む場合に表示
肥料成分が多いもの 〈肥料成分の供給を期待する場合〉	鶏ふんや豚ぶんが主原料で、水分調整材の割合が少ないもの
肥料成分が少ないもの 〈土壌改良効果を期待する場合〉	牛ふんが主原料で、発酵期間が長いもの
肥料成分が安定しているもの	基本的に堆肥は肥料成分等が変動するものであるが、密閉型の堆肥化装置で作られた堆肥は、年間を通じて比較的安定している
肥料成分の過剰または欠乏が心配	まずは土壌診断で土壌に残っている肥料成分をきっちり把握！
とにかく安いもの 配達してもらえるもの 圃場に散布してもらえるもの	岡山県畜産協会が公開している「岡山県畜産堆肥マップ」でチェック！（http://okayama.lin.gr.jp/taihi/map/index.htm） 上記サイトに加えて「岡山県たい肥散布受託組織一覧」もチェック！ （http://okayama.lin.gr.jp/taihi/taihisanpu/index.html）

出典：岡山県　家畜ふん堆肥適正施用の手引き

5.2.2 作物生産農家が望む堆肥とは

農林水産省が 2005 年に発表した「家畜排せつ物堆肥の利用に関する意識・意向調査」によると、水稲や野菜、果樹等を生産する農家（以下、生産農家）の約 9 割は家畜ふん堆肥を「利用したい」と考えている。

生産農家の共通するニーズは「散布しやすいこと」、「安価であること」、「安全で品質が安定していること」である。ただし、堆肥を利用する目的は様々であることから、堆肥製造者は生産農家がどのような堆肥を求めているのかを把握し、その要望に合わせた堆肥を供給することが重要である。

①　共通して生産農家が求める堆肥とは

家畜ふん堆肥の品質は、堆肥共励会などの実施を通じて次第に向上しており、腐熟度の低い堆肥が流通することは少なくなった。生産農家が共通して利用したいと考える堆肥は以下に示すように、「見た目にも使いやすそうな形状」、「安価で入手しやすい」、「安全で品質が安定している」堆肥と考えられる。

表 5-7　どの作物でも共通して農家が求める堆肥の一般的な基準

見た目にも使いやすそうな堆肥	・ビニールや石、昆虫などの異物がない ・軽く、形状もさらさらしている ・悪臭がない
安価で入手しやすい	・安価である ・供給量が安定している ・袋詰め、ばら積みなど農家が利用しやすい荷姿 ・運搬や散布を頼める
安全で品質が安定している	・重金属や病原菌、寄生虫、雑草の種子を含まない ・腐熟度が安定している ・原料の種類や成分含有量が表示されている

出典：岡山県　家畜ふん堆肥適正施用の手引き

②　家畜ふん堆肥の問題点

生産農家が家畜ふん堆肥にもっている不満は、表 5-8 に示す「利用したくない」理由に現れている。最も多いのは「散布に労力がかかる」問題で、次いで「成分が明確でない」、「成分が安定しない」、「栄養成分が多すぎる」などの含有成分に関する問題点である。さらに、「雑草種子の混入」や「衛生上の問題」を不満に思っていることが分かる。

作物別では、稲作農家は「散布労力」、「雑草種子」、「価格」を重視しており、露地野菜農家は「散布労力」、「栄養成分が多すぎる」、施設野菜農家及び果樹農家は「含有する成分が安定しない」ことも問題視している。

表 5-8　家畜ふん堆肥を利用したくないとする作物生産農家の理由（単位：%）

区　分	稲作農家	露地野菜農家	施設野菜農家	果樹農家
散布に労力がかかる	55.3	57.9	44.9	47.8
含有する成分量が明確でない	36.8	52.6	42.9	39.1
雑草の種子の混入がある	44.7	42.1	34.7	26.1
衛生上の問題がある	28.9	31.6	12.2	43.5
価格が高い	23.7	5.3	8.2	13.0
含有する成分量が安定しない	18.4	10.5	34.7	34.8
作物の収量増加や品質向上が期待できない	18.4	10.5	16.3	17.4
栄養成分（窒素、リン酸、カリ）が多すぎる	13.2	36.8	10.2	13.0
栄養成分（窒素、リン酸、カリ）が少なすぎる	7.9	5.3	2.0	－
必要量を確保できない	－	5.3	－	4.3
その他	13.2	21.1	36.7	17.4
無回答	－	－	4.1	－

出典：農水省、2005 年「家畜排せつ物堆肥の利用に関する意識・意向調査」より作表

③　今後、利用が進むと生産農家が思う家畜ふん堆肥とは

生産農家が「今後、どのような堆肥の利用が進むと考えているか」の回答を以下に示す。従来から堆肥に求められてきた品質（腐熟度、臭い、外観、衛生上の問題）以外の「散布しやすい」、「価格が安い」、「含有成分量が安定している・成分量が明確である」、「施用量、施用時期など使い方を明記する」、「雑草種子を含まない」とする農家が多い。

家畜ふん堆肥の利用を促進するためには、生産農家が求めている堆肥のニーズを把握することが必要である。

表 5-9　今後利用が進むと考える家畜ふん堆肥（複数回答、%）

区　分	稲作農家	露地野菜農家	施設野菜農家	果樹農家
顆粒やペレットなど散布しやすい	61.4	54.9	50.0	53.4
価格が安い	46.5	50.8	46.1	54.6
成分量が安定している	41.3	44.4	43.0	42.2
雑草種子を含まない	39.4	40.6	30.5	24.7
成分量が明確である	36.3	39.0	44.8	43.4
衛生上の問題がない	34.6	30.5	32.0	34.5
施用量、施用時期など使い方を明記した堆肥	16.8	14.3	16.4	15.8
栄養成分（N, P, K）が少ない堆肥	6.6	6.3	17.2	13.5
栄養成分（N, P, K）が多い堆肥	4.8	4.8	2.1	5.5
その他	3.3	2.5	3.6	3.2

出典：農水省、2005 年「家畜排せつ物堆肥の利用に関する意識・意向調査」より作表

5.3 良好な炭の農業利用のための対策ポイント

良好な炭の農業利用のための対策ポイントの総括は、以下のとおりである。

- バイオ炭は、土壌改良材として作物の収量に大きなプラスの影響を及ぼすことが実証されており、土壌の透水性や保水性の向上、保肥力の向上、ミネラルの補充、土の保温効果、土壌の中和作用、水質浄化、土の団粒構造促進、土壌中の有用微生物の繁殖などの効果が期待される。
- 成功例が多いバイオ炭の使用量は、5～50 t /ha（0.5～5kg/m2）。
- バイオ炭は酸性土壌では作物が著しく成長したが、アルカリ土壌では効果は不明確である。バイオ炭が使われるのは殆どが酸性の土壌であり、高い pH（6-10）のバイオ炭を用いる必要がある。
- バイオ炭の効果は、原料が木であるか生ごみであるかによって、土壌中での持続性や栄養分が異なる。そのため、原料はすべて同じではないことが重要である。
- バイオ炭は、液肥などと混ぜて散布することで風で失われにくくなる。

1)バイオ炭とは

最近、農林業の廃棄物や廃木材、食品廃棄物等の有機物（バイオマス）を炭素化した「バイオ炭」が世界中で注目されている。

大気中の二酸化炭素は植物が行う光合成によって有機炭素となり、植物の中に貯蔵されているが、それを炭化することによって化学的に安定な炭素に変え、土壌や水に用いることで、土壌改良や水質浄化につながり、農作物や樹木などの生長促進となるだけでなく、安定度の高い炭素そのものを、土壌や水中に長期間にわたり封じ込めることができる。

地球温暖化をもたらす二酸化炭素を、このような方法で貯蔵・固定化できるところにバイオ炭が注目を集める理由がある。

日本では昔から有機物から作られた炭を、農地の肥料としても利用しており、炭の農業応用について多くの研究成果を得ている炭利用の先進国である。さらに、農林水産省によって、バイオ炭を利用した土壌による温室効果ガスの削減効果や、農作物や樹木などの生長促進による増収など営農効果について、実際に効果の有無や経年変化などを 3 年間の実験で明らかにするために、農地に固定される炭素について実証する「土壌炭素の貯留に関するモデル事業」が、日本各地で 2009 年 4 月より開始されている。

海外でバイオ炭の利用に最も力を入れているのはアメリカであり、「様々な規模での商業化を促進するための研究開発」、「土壌改良と炭素削減価値のための生産と商品化」、「経済性及び LCA に関する研究」、「ビジネスの軌道に乗せるための研究・普及の取り組み」、「長期間の炭素固定に役立つ化石資源由来でない更新性の肥料の開発」等に多額の国家予算が充てられている。

また、オーストラリアやニュージーランドでは、バイオ炭の利用で農業部門からの温室効果ガスの 80%を占める肉牛や羊の放牧で放出されるメタンガスをかなり抑えられ、炭による土壌改良で窒素肥料の過剰施用による N_2O も含め他の温室効果ガスまで削減できることが期待されている。

2) バイオ炭に関する国際的動向

バイオ炭が国際的に注目され始めたのは比較的新しい。そのきっかけとなったのが、ブラジル奥地のアマゾン川流域での「テラ・プレタ（黒い土）」の発見である。2000 年代に入り、過去に原住民の繁栄を支えたこの「黒い土」の謎が科学的に解明され、その高い農業生産力を支えたのが炭、すなわちバイオ炭だったことが判明した。この発見以後、欧米の研究者達がその効果に驚き、本格的に炭化物の農業利用に取り組むようになった。

わが国の研究者も、世界でも先進的なわが国のバイオ炭技術の研究成果を報告し、バイオ炭普及の必要性を広く訴えていった。その結果準備段階を経て、国際的研究機関が立ち上がり、2007 年イギリスで IBI(International Biochar Initiatives)として発足するに至った。これを受けてわが国でも、2009 年 4 月に日本バイオ炭普及会（Japan Biochar Association）が、わが国とアジア地域におけるバイオ炭普及の中核的機関を目指して発足した。

各国の農業事情や農地面積などに大きな違いがあるために、現時点では温暖化防止に対する効果など、バイオ炭に対する基本的認識や評価が国ごとに異なっていることは事実である。

3)バイオ炭の多面的効用

(a) バイオ炭が持つ様々の効用

バイオ炭に関する基礎実験や収穫データから、バイオ炭は作物の収量に大きなプラスの影響を及ぼすことが実証されるが、現在一般的に、バイオ炭は次のような土壌改良効果があるといわれている

○土壌の透水性や保水性の向上
○保肥力の向上
○ミネラルの補充
○土の保温効果
○土壌の中和作用
○水質浄化
○土の団粒構造促進
○土壌中の有用微生物の繁殖

これらの様々な土壌改良材としての効用により健全な農作物が生育することによって、バイオ炭は農薬・化学肥料漬け農業からの脱皮や、農家にとっては大変重要な連作障害の克服にも道を拓くものと考えられており、現実にそれらを実践している農家を数多く見ることができる。

(b) 作物と有用微生物およびバイオ炭

ここでは特に重要な要素と考えられる、作物と有用微生物そしてバイオ炭の関連について概略を述べる。

① 作物と有用微生物との共生

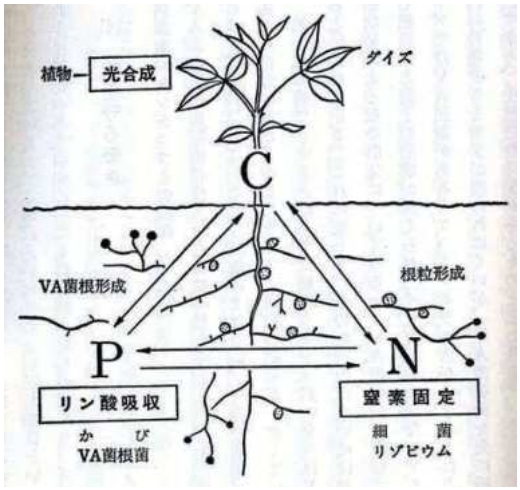
46 億年前に誕生した地球に、最初の生物である微生物が発生したのは 35 億年前、陸上植物が出現したのは 4 億年前といわれる。それ以来、植物と微生物は様々な関係を繰り広げたが、互いに共生する方向へと進化するものが現れた。

共生微生物に最も助けられて生きる典型的な植物として「ダイズ」 を取り上げ、根粒菌と VA 菌根菌との共生関係を概説する。

根粒菌とは、マメ科植物と共生して、根粒をつくる細菌で、空気中の窒素を固定する。自然界における窒素の循環に重要な役割を果たしている。

また、VA 菌根菌とは、植物の根と共生するカビで、菌糸が植物の根の細胞の中に入り込み、適度な状態では、寄主も菌も生育がよくなる。

二つの菌の形成の場を見ると、根粒は主根や側根に接してつくられ、VA 菌根菌は側根の中でも細根に限ってつくられており、うまく住み分けている。三者の共生関係は、ダイズは炭酸ガスと光、水から炭水化物を合成し、これを根粒菌や VA 菌、根菌に与える。根粒菌は炭水化物からエネルギーをとり、VA 菌根菌が供給したリンやミネラルを使って空中窒素を固定し、窒素化合物を合成して植物と VA 菌根菌に送る。VA 菌根菌は上の中から水と共にリンやカリ、ミネラルなどを吸収して根粒菌や植物に与え、その代謝を支えている。こうした三者三様の全く異なる生物が、それぞれ自分の生活を守りながら共生することによって、効率のよい機構を作り上げている。



出典：作物と土をつなぐ共生微生物　(社)農山漁村文化協会

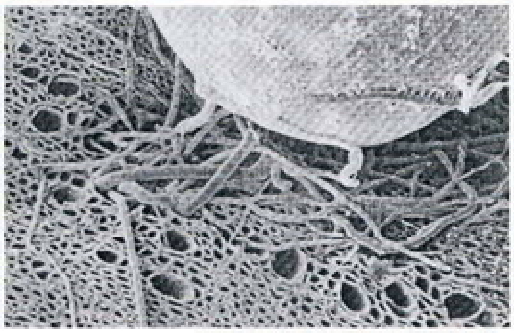
図 5-9　ダイズの根粒菌と VA 菌根菌の共生

② 微生物とバイオ炭

炭は高温で蒸し焼きされているため、原料である植物の組織や細胞は完全に炭化し、きれいな多孔質になっている。そのような物体が土の中に入れられると、そこだけ周辺と全く異なった微細環境ができる。空気や水が適当にあり、さらに敵のいない炭の中の空間は微生物の増殖に適している。環境条件がよく、競争者が少なく、植物の根が周辺にある状態は、競争に弱い共生微生物の繁殖にとって絶好のものであり、根粒菌や VA 菌根菌が逃げ込む結果になる。特に VA 菌根菌はアルカリ性にも耐えるので、カビがいない炭を独占し、近づいて根に容易に感染できる。また、VA 菌根菌の菌糸は太さが変化しやすく、側菌糸がねじれて固形物にまとわりつく癖があり、炭に適応しやすい性質を持っている（図 5-10）。

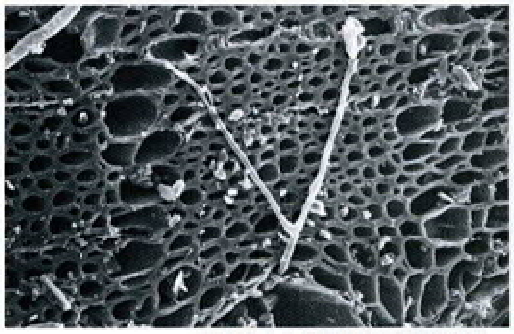
土壌とかなり異なった性質をもつ物体が土の中に入ると、それに適応できる微生物だけがその中に逃げ込んで増殖し、次々と交替して最後には土壌とほとんど変わりない状態に至る。これを菌交替現象(微生物サクセッション）と呼び、微生物生態学上のひとつの原則として知られている。

写真2　胞子から発芽したVA菌糸とナラ炭へ菌糸の侵入状況



木材炭化成分多用途利用技術研究組合

写真3　ナラ炭より出てきたＶＡ菌の菌糸



木材炭化成分多用途利用技術研究組合

図 5-10　炭と VA 菌根菌

4)農作物の生育に及ぼす試験栽培結果紹介

平成 17～20 年にかけて村林光明氏（あいち炭やきの会会員）が行なったバイオ炭による農作物の試験栽培の結果を整理する。

農作物の生育に及ぼすバイオ炭の影響に関する基礎的な試験栽培であるが、バイオ炭の施用により各種の農作物の収量が増加する効果が現れている。

① バイオ炭の作物の毛細根に与える影響について

バイオ炭が作物の根に与える影響は、バイオ炭を使用した方が根の張りが大きくなっている。村林氏は茶農園の茶木について、対照区の無施用に対し、試験区ではバイオ炭を 500g/可施用し比較実験を行なっている。試験区では多数の白い毛細根が発達している（図 5-10）。これはバイオ炭により増殖した有用微生物との共生の結果、発根が促されたと推定される。なお、茶木は元来酸性土壌（pH5.0～5.5）を好み、そのため窒素肥料をあたえるが、過施用による弊害が指摘されている。バイオ炭を与えることによって適度な pH が保たれ、ミネラル成分補給効果が期待できるなど、茶木の生育に好影響のあることが報告されている。

バイオ炭なし

バイオ炭 500g/可

図 5-11　茶木の根比較

② キュウリの試験栽培に見る地温の影響について

村林氏は平成 21 年ハウスキュウリについて試験栽培をおこなっているが、キュウリの生育状況と土壌温度に興味深い関係があることを報告している。

ア．収量比較

・バイオ炭無施用に比較して、概ね 2 割から 8 割程度増加している。（ただし、定植後 71 日目までの収量比較である）

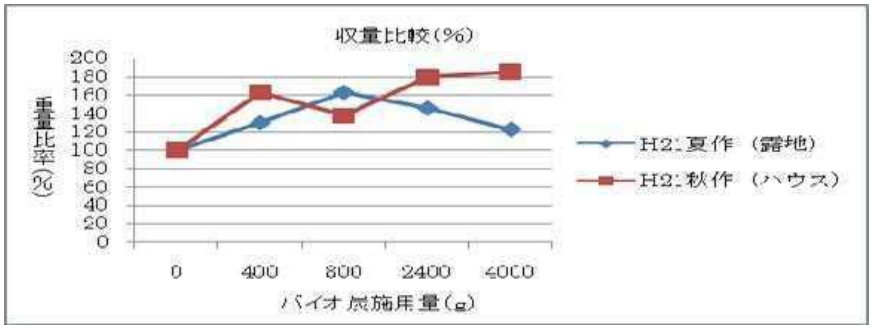


図 5-12　　キュウリの試験栽培

イ．地温測定比較

・バイオ炭の保温効果によるものと思われるが、バイオ炭を施用していない区画－1 に対して、バイオ炭を施用した区画 2～5 は概ね 0.3～1.5℃程度高い地温が観測されている。

表 5-10　地温測定結果

月 日	時 間	外気温	ハウス室温		地 温				
			最高	最低	区画―1	区画―2	区画―3	区画―4	区画―5
1月5日	15:30	8.0	26.0		16.0	16.3	16.5	16.5	16.3
1月6日	8:00	2.0		6.5	14.0	14.5	15.0	15.5	15.5

ウ．キュウリの生育状況の比較

・バイオ炭の施用の有無によって、キュウリの生育状況に大きな差が確認されている。定植後 71 日目の状況を図 5-13,14 に示すが、バイオ炭を使用しなかった区画－1 では、茎・葉とも枯れ始め、バイオ炭を施用している他の区画はいずれも生育・生殖を継続している。これはバイオ炭による土壌の保温効果をはじめとした、良好な土壌環境によるものと推測される。

図 5-13　バイオ炭無施用区画
（71 日目枯れ始めている）

図 5-14　バイオ炭施用区画
（71 日目元気に生育・生殖を続けている）

③　基礎実験に対する考察

ア．実験の意義

村林氏が継続しているバイオ炭が野菜の収量に与える基礎的な実験で重要な点は、必ずバイオ炭を使用しない対照区との比較を行い、バイオ炭が与える影響を観察し、データを整理しているところである。多くの農家からバイオ炭の成果が報告されているが、バイオ炭を使用しなかった場合との比較データは、ほとんど報告されていないと思われる。

農家がバイオ炭使用の是非を判断するためには、できるだけ多くの客観的データが必要であると考える。これからバイオ炭を広く普及させていくためには、農家との連携を深めながら、公的研究機関や大学等が率先して、さまざまな条件下での比較試験データを積み重ね情報発信していくことが必要不可欠である。

イ．農作物の収量に与えるバイオ炭の影響評価

今回の一連の試験結果は、明瞭に収量の増加に寄与することを示している。試験地の土壌はいわば更地であり、そのような状態では明らかにバイオ炭を使用すれば収量は増加する。しかし、実際の農家であり、土作りを長年しっかりとおこなっている農地でのバイオ炭の影響が、今回の結果がそのまま通用するとは限らない。

実際の農地での実績データの積み重ねや、農薬や化学肥料を多用する“化学農業”との比較など、さまざまな条件下での試験結果の集積が待たれるところである。さらに収量だけではなく、農作物の糖度や味覚など質的な面も含めた総合的な評価が必要となると考えられる。

5)バイオ炭の土壌への適用

バイオ炭は土の機能を高めることが知られている。農業廃棄物を強力な土壌改良材に変えることにより土を肥沃にして農作物の収穫量を増加させるとともに、農地の多様性を保つことができる。

バイオ炭については、以下の効果について研究・確認が行われている。

〇地下水への窒素流出の減少
〇窒素酸化物放出の減少
〇陽イオンの交換力を高めて土を肥沃にする
〇酸性土を緩和
〇保水力を増加
〇有益な微生物の増加

バイオ炭は、身近な材料で土壌を改良し長期間肥沃にすることも可能と考えられている。堆肥や糞／農薬は、それらを単独または混合して用い、一定量を毎年土に入れることで成果を得るが、バイオ炭を土壌改良材に使うと、これらの肥料を減量することも可能となる。バイオ炭は土の中に残るため、１度使えば効果が長年続くことになる。

多くの地域で土壌の流出や劣化が起きており、農薬を集中的に使用しても土壌の生産力が失われ、土壌と水資源の異変も発生している。土壌を持続的に管理する現今の優れた沢山の農業技術の中で、土壌の生産性を高め水による養分の流出を防ぐため、バイオ炭は有効な方法と考えられている。

また、バイオ炭の効果は、少雨でやせた土地で最大になることがあげられる。

里山の伝統文化である炭焼きを通し日本だけでなく世界で持続可能で豊かな社会を作ることに貢献している特定非営利活動法人チャコールブラックスによるバイオ炭の特徴を以下に整理する。

■バイオ炭の土壌微生物への影響

何十年もの日米の研究により、バイオ炭が、農業に有用な多くの微生物の活動を刺激することが判明している。微生物はバイオ炭の空孔を好み住み付くことにより、天敵と乾燥から逃れているが、微生物は植物に多くのミネラル養分を提供している。

■農地でのバイオ炭の土への効果

熱帯の農場で数年間、バイオ炭の効果を調べた結果、pH や養分が適切に調整された条件下では、バイオ炭を使ったすべての場合でバイオ炭無しの場合よりも作物の生育は同等以上の効果が認められている。

高度に肥沃なアイオワ州モリソルで米国農業局農業研究サービス部（ARS）により大規模な野外調査が実施され、初年の結果は良好と報告されているが、決定的な結果を得るためにはさらに数年は必要であるとしている。

バイオ炭の効果について、数千年にわたる証拠がある。最も有名なのはブラジルの肥沃なテラ・プレタで、日本でも炭を土に適用する長い伝統があり、その技術は蘇えり、20 年間にわたりコスタリカ他の国々に輸出されている。ブラジルと日本の伝統技術は、バイオ炭の土に対する長期間の良い証拠となっている。

■バイオ炭の土の特性への影響（pH や CEC）

・バイオ炭は酸性土壌を緩和して石灰の必要性を下げるが、多くの場合、養分の提供はできない。糞や骨から作ったバイオ炭は例外で、その材料からの大量の養分を含んでいる。

バイオ炭は土壌に養分を引き付けて保持するので、必要な肥料が少なくて済む。その結果、肥料代が最少になり、かつ肥料（有機／化学）が土中に長期間保持される。

・世界的に殆どの農地は土壌 pH（酸性度）が低く、これを高める必要がある。バイオ炭表面の負の電荷は養分を直接とらえ、酸性の土を緩和する。しかし、これは有機物質の一般的な現象である。

・CEC は陽イオン（Cation）の交換容量であり、土の肥沃度を示す特性指標の一つである。カチオンは陽イオンで、植物の養分になる Ca^{2+}、K^{+}、Mg^{2+}、他のことをいう。これらのイオンは、植物の根からその単純なイオンの形で吸収される。有機物やある種の粘土の表面には負の電荷があり、これらの陽イオンを電気力で保持している。植物の根は、これらの養分を土壌との間で交換して受け取る。もし、土壌の陽イオン交換容量（CEC）が小さいと、これらの養分は保持されず水に流されやすくなる。

■バイオ炭もアルカリ性土壌への適性

バイオ炭が使われるのは殆どが酸性の土壌であり、高い pH (6-10) のバイオ炭が用いられる。

ある研究では、酸性土壌とアルカリ土壌でのバイオ炭の効果が比較され、酸性土壌では作物が著しく成長したが、アルカリ土壌では効果は不明確だった。

他の既存研究では、バイオ炭により pH が上昇し生産に悪影響が出たが、原因は pH＞6 では微生物の栄養が不足になるためであった。石灰性の材料をアルカリ土壌で使う際には注意が必要であるが、バイオ炭をアルカリ土壌で適用するための、石灰性が僅少かゼロのバイオ炭製造が可能である。

■バイオ炭は土壌中にどれだけ長く存在するか

バイオ炭の安定性は環境への効果を決めるため重要である。安定性が重要な理由は以下のとおりである。

① バイオ炭が土壌中に長く存在すると、炭素の長期間埋設が可能になり、気候変動の緩和に役立つため。

② バイオ炭が安定ならば、土質と水質の改善に長く寄与できるため。

バイオ炭は単一の材料ではなく、その特性はその製法と材料によって変化する。

殆どのバイオ炭は、わずかに変化しやすい部分があり、それよりはるかに多い安定な部分がある。文献などによると、その安定な部分が存続する平均的な期間は 500 年から 2～3000 年としている。

■バイオ炭の土の保水性改善

バイオ炭による保水性効果については、多くの、特に野外での研究が必要であるが、最も保水性が必要な砂地の場合でバイオ炭の効果が一定して示されている。

オーストラリアの国立科学協会（CSIRO）が 2009 年 2 月にバイオ炭による保水性に関する包括的な見解を発表した。それによると、バイオ炭の保水性改善に関して直接述べた研究は殆どないが、バイオ炭での収量増加を認めた多くの研究で、保水性の良さが主要因だったと指摘している。

■導入すべきバイオ炭の種類

バイオ炭が、全てで同じではないことは重要である。バイオ炭は炉で無酸素下の状態でバイオマスを熱処理し、揮発性ガスを放出した後に残るものである。

重要となる化学的・物理的特性は、用いる材料と炉の状態である。例として、糞から作ったバイオ炭は、木片で作ったものより遥かに栄養が多い。しかし、木片で作ったものは長時間土中で持続する。2 つの炭は非常に似ているが機能が異なる。

糞や骨からのバイオ炭は、主に灰（いわゆる高ミネラル灰バイオ炭）であり、大量の養分を植物に提供可能である。この肥料の効果は化学肥料のように即効性があり、炭素分が 10%以下と少ないので養分を長期間は保持できない。

バイオ炭の市場は新しく、現在のところバイオ炭の基準はないため、使用する際はバイオ炭の原材料および製法、土壌での使用が確認済みであるか、検査結果を閲覧できるか等について、可能な限り多くの情報を得る必要がある。

図 5-15　原材料別バイオ炭の概観

■土に加えるべきバイオ炭の量

多くの種類のバイオ炭と土があるので、バイオ炭の使用者は、大規模に使用する前に事前に数通りの小規模な適用試験を行うべきである。

成功例が多い試験の範囲は、バイオ炭の使用量で 5～50 t /ha （0.5～5kg/m2）である。

図 5-16 バイオ炭施肥量別作物の育成状況写真

■バイオ炭の適法方法

バイオ炭は堆肥、糞、農業残材のように用いてよいが、収穫の度毎に毎回施す必要はない。

バイオ炭を使う際は、いくつかの農業技法を考慮することが必要である。常に「風による飛散や水による流出有無の確認」、「強風の日は飛散を避けるため、バイオ炭の使用を控える」などがあげられる。

○バイオ炭を表土に一様に混ぜる

・通常、最初の整地の後（例えば手くわ作業や、ディスク耕作）、適用する全範囲にバイオ炭を散布する。この方法は作物生育の前に行え、石灰や糞の散布機を使ってバイオ炭を散布できる。バイオ炭は液肥や、場合により液糞と混ぜて散布すると風で失われにくくなる。

・散布後は、手作業やディスク耕、チゼル耕でバイオ炭を土と混合する。バイオ炭を使う最適な方法は、土の状態や農地の大きさによって決まるため一概ではないが、バイオ炭を表土に一様に混ぜるには、一般的な土壌改良方法で対応可能である。

○植樹孔へのバイオ炭適用

・果樹園を造る際、樹木農園で個々の樹木に対して、植穴にバイオ炭を使って植樹するのは、弱って枯れる損失を最少にする技法である。

○バイオ炭の溝内への施し

・様々な深さの溝に、バイオ炭を手や機械で施せる。バイオ炭を深い溝に入れれば、土で覆われてバイオ炭の機能が十分となり失われるバイオ炭を最小にできる。さらに、農作物や木の成長後も施用可能である。

・木の周りにバイオ炭を環状に施し、数個の穴を木の周りに配置して底にバイオ炭を入れて敷く方法も良い。

第6章 再生可能資源の排出量・ゴミの構成の把握、排出ゴミ全体としての成分構成の分析と課題の把握

6.1 再生可能資源の成分構成などの目的.....87
6.2 イオンモール沖縄ライカムの生ごみ処理の課題.....87
6.3 再生可能資源の排出施設の概要.....87
6.4 排出量実績.....90
6.5 生ごみ成分分析・試験の目的.....95
6.6 生ごみの採取方法.....95
6.7 成分分析・試験の方法.....97
6.8 生ごみの構成内容把握の結果.....104
6.9 成分分析・試験結果と考察.....106
6.10 分析・試験結果による事業見通しのまとめ.....116

6.1 再生可能資源の成分構成などの目的

本計画で想定しているバイオガス発電施設の規模は、現在メーカーが販売している最小規模 4～5t より小さく、メタン発酵のガス発生の安定性は不明な点がある。また、事業化した場合に採算性が確保しにくい面がある。

そのため、再生可能資源の成分分析、メタン発酵試験などを実施し、メタンガス発酵設備の安定性・信頼性を確認すると共に、メタン発酵を安定させるための課題や対策の検討を行う。

6.2　イオンモール沖縄ライカムの生ごみ処理の課題

本村で発生する生ごみは、「中城村・北中城村清掃事務組合」の青葉苑で焼却処理をおこなっている。しかし、イオンモール沖縄ライカムから排出される生ごみは、総量および含水率のなどの理由から青葉苑で処理することができず、村外の事業者へ委託処理している状況である。

この委託費は通常の 3 倍になり、事業者への負担となっている。

6.3 再生可能資源の排出施設の概要

6.3.1 排出施設の概要

1)店舗数

表 6-1 に、イオンモール沖縄ライカムの飲食、食品の店舗一覧を示す。店舗数は 2018 年 2 月現在で 71 店舗である。なお、イオン琉球からのごみの扱いについては、別会社ということもあり、完全に別で処理されている。

表 6-1　店舗一覧表

No	店舗名	内容
1	アメツチテラス(アースハンモックカフェ)	カフェ
2	淡路島カレー＆琉球卵とじ丼	カレー＆卵とじ丼
3	あんかけチャーハンの店　香港　張家飯	炒飯
4	いきなりステーキ	ステーキ
5	板前からあげ	唐揚げ・惣菜
6	ITALIAN BAR LIETTA	イタリアンバル
7	沖縄そばまるみつ	沖縄ぜんざい・沖縄料理
8	カウボーイファミリー	ステーキ・ハンバーグ
9	果汁工房　果琳	フレッシュジュース
10	鎌倉パスタ	生パスタ
11	カルディコーヒーファーム	輸入食品・コーヒー豆
12	京都北白川　ラーメン　魁力屋	ラーメン
13	串家物語	串揚げビュッフェ
14	久世福商店	グロサリー
15	厳選肉&ワイン グリル銀次	ワイン＆レストラン
16	無添　くら寿司	100円回転寿司
17	コールド・ストーン・クリーマリー	アイスクリーム
18	五穀	和食
19	ゴディバ	洋菓子
20	SUBWAY	サンドイッチ
21	サンクゼール	グロサリー
22	サンマルクカフェ	カフェ
23	サーティワンアイスクリーム	アイスクリーム
24	朱里旬集	和菓子
25	食堂どん	丼専門店
26	ジミー	洋菓子
27	JACK IN THE DONUTS	ドーナツ
28	ジャンボステーキHAN'S	ステーキ
29	すきしゃぶ食堂	すき焼き・しゃぶしゃぶ・お好み焼き・もんじゃ
30	スターバックス コーヒー	カフェ
31	炭焼き牛たん仙台なとり	牛たん
32	世界で2番めにおいしい焼きたてメロンパンアイス	メロンパンアイス
33	センプレピッツァ	ナポリピザ
34	タイガー本舗	中華
35	タイ王国　ジャイタイ	タイ料理
36	タコス＆タコライス きじむなぁ	オムタコ・タコライス
37	TULLY'S COFFEE	カフェ
38	だがし　夢や	駄菓子
39	美ら音. Net	沖縄お土産ショップ
40	築地銀だこ	たこ焼き・たい焼き
41	デザート王国	クレープ・タピオカドリンク
42	とりから一番	鶏の唐揚げ
43	とんかつ新宿さぼてん	とんかつ
44	ドトールコーヒーショップ	カフェ
45	DONQ EDITER	ベーカリー
46	長崎ちゃんぽん リンガーハット	ちゃんぽん
47	成田ゆめ牧場	ソフトクリーム
48	博多だるま SOUTH JAPAN	ラーメン
49	博多天ぷら　たかお	天ぷら・天丼
50	ビアード・パパ	シュークリーム
51	PEARL LADY CHA doki―茶時―	お茶・タピオカドリンク
52	BEEF RUSH	ステーキ＆ビュッフェ
53	フレッシュネスバーガー	ハンバーガーカフェ
54	Blue Water Shrimp	ガーリックシュリンプ
55	ブルーシール	アイスクリーム・クレープ
56	プーゾチーズケーキセラー	チーズケーキ
57	ベーカリーレストラン　バケット	ベーカリーレストラン
58	マクドナルド	ハンバーガー
59	Manoa Pancake House	パンケーキ
60	Malasada Garage	マサラダ
61	丸亀製麺	うどん
62	麦とろ海物語	自然薯山芋＆沖縄料理
63	焼肉なべしま	焼肉
64	ラナイカフェ	パンケーキカフェ
65	Lee's kitchen	韓国料理
66	ルピシア	紅茶・日本茶・烏龍茶
67	Roy's	リゾートダイニング
68	ロイヤルホスト	洋食レストラン
69	ローストビーフ星	ローストビーフ丼
70	わしたショップ	沖縄物産
71	わら焼き　いろは丸	海鮮

2)受入施設

以下に、イオンモール沖縄ライカムのごみ受入施設の概観を示す。生ごみだけでなく、可燃ごみなど全ての種類（22 種類）のゴミを受け入れており、翌朝に搬出を行っている。

本施設では、ごみを受入れるのみであり、分別などは行っていない。また、ごみ類の搬送は、種類ごとに別のパッカー車にて行っている。

図 6-1　排出施設内のごみ受入施設

6.3.2 排出方法

1)排出の時間帯

生ごみの搬出については、①17～18 時および②22 時～0 時半の 2 回で受入が可能である。ただし、搬出受入業者へのヒアリングにより、ほぼ 9 割程度は②22 時～0 時半の時間帯で搬出される。

図 6-2　廃棄物保管庫の利用時間に関する掲示

2)排出のフロー

生ごみ搬出のフローは以下のとおりである。イオンモール沖縄ライカムから排出されるごみ類は、同施設内の受入施設で受け入れられる。この受入れ及び搬出・搬送作業は琉球管理産業が行い、有限会社あらぐさに搬送される。有限会社あらぐさでは、生ごみを堆肥化に利用している。

図 6-3　資源の排出フロー図

6.4 排出量実績

6.4.1 施設全体からの排出量

- 最近 1 年間での生ごみ排出量は、日最大 1,395kg、日最小 578kg、日平均で 924kg である。
- 日毎の生ごみ排出量は開店 1 年後程度までは減少傾向にあったが、最近 1 年程度はほぼ横ばいである。横ばい傾向にあることから、活用可能な生ごみ量は、924kg とする。

1)日毎の排出量

以下に、イオンモール沖縄ライカムの開店日からの日毎の生ごみ排出量を示す。また、表 6-2 および図 6-4 には、月毎の排出量および日平均排出量の推移を示す。

生ごみ排出量は、開店直後には 2,000kg を超える日もあったが、それ以後は減少傾向になり、最近はほぼ横ばい傾向にある。

再生可能資源として利用可能な生ごみ量は、日平均で約 920kg 程度と考えられる。ただし、日最大の排出量は 1,395kg である。メタン発酵槽は滞留時間が 25～30 日であり、容量は十分にあるが、受入れ施設はこの日最大量に対応した施設とする必要がある。

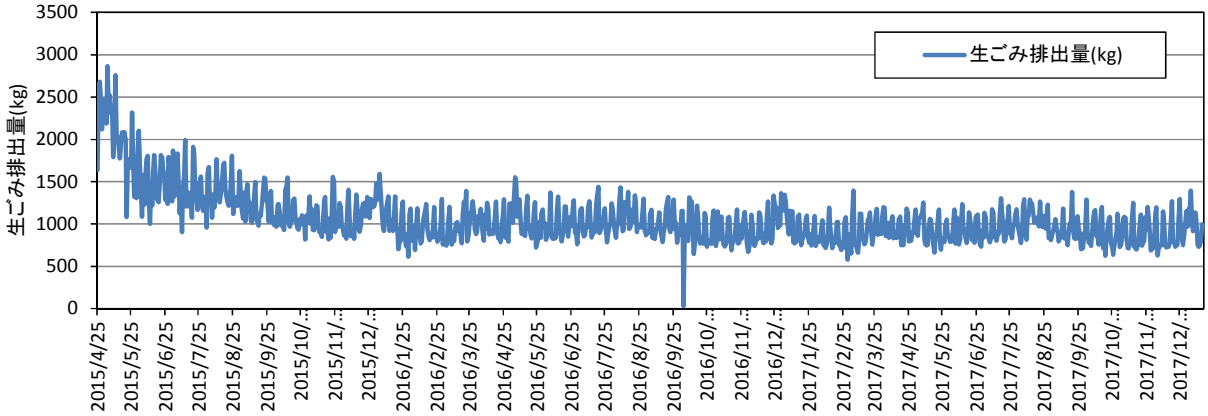


図 6-4　日毎の排出量の推移

表 6-2　施設全体の月ごとの生ごみ排出量

年	月	月合計排出量 (kg)	日数 (日)	日平均排出量 (kg/日)
2015	4	13,940	6	2,323
2015	5	62,343	31	2,011
2015	6	45,108	30	1,504
2015	7	43,697	31	1,410
2015	8	42,783	31	1,380
2015	9	36,443	30	1,215
2015	10	33,645	31	1,085
2015	11	32,177	30	1,073
2015	12	33,907	31	1,094
2016	1	32,864	31	1,060
2016	2	27,470	29	947
2016	3	30,016	31	968
2016	4	29,810	30	994
2016	5	32,728	31	1,056
2016	6	29,486	30	983
2016	7	31,822	31	1,027
2016	8	33,352	31	1,076
2016	9	29,552	30	985
2016	10	28,266	31	912
2016	11	26,915	30	897
2016	12	29,573	31	954
2017	1	29,865	31	963
2017	2	23,911	28	854
2017	3	27,962	31	902
2017	4	28,357	30	945
2017	5	28,647	31	924
2017	6	27,520	30	917
2017	7	30,159	31	973
2017	8	32,101	31	1,036
2017	9	27,263	30	909
2017	10	28,014	31	904
2017	11	26,479	30	883
2017	12	27,122	31	875
2018	1	14,836	15	989

2017年1-12月の日平均排出量(kg/日)　924

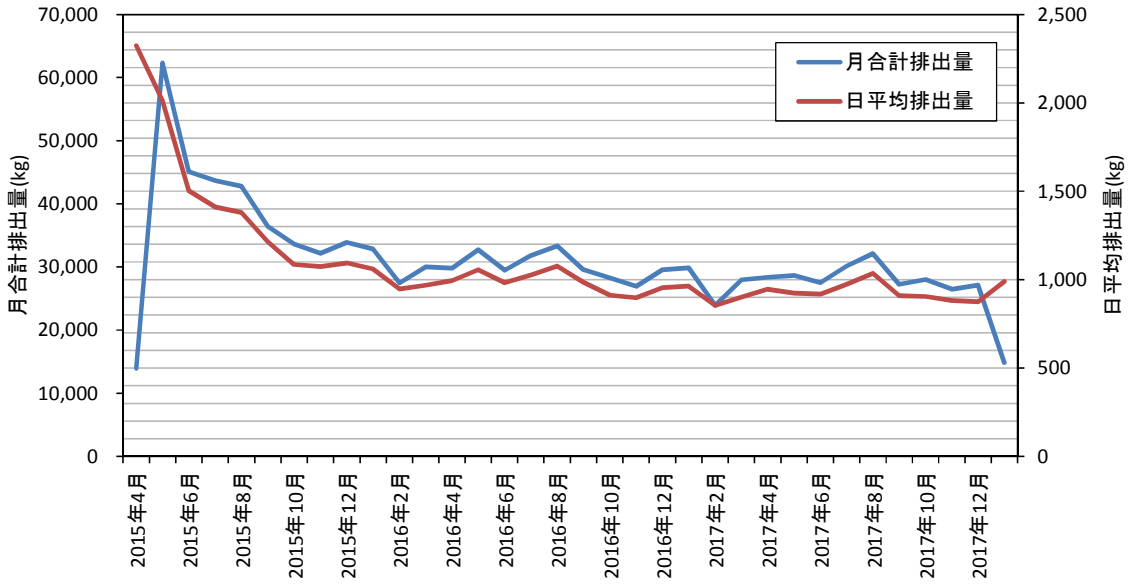


図 6-5　施設全体の月ごとの生ごみ排出量

表 6-3　施設全体の日毎の排出量

単位:kg

年	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	合計
2018	1	968	1,175	1,184	1,395	992	915	1,047	1,133	1,045	759	731	743	782	994	973																	14,836
2017	12	712	771	1,108	1,197	630	706	732	755	755	1,145	1,052	741	725	743	731	782	979	1,266	793	771	732	748	756	1,007	1,294	868	831	751	869	1,020	1,152	27,122
2017	11	729	754	868	1,065	1,084	1,073	822	717	711	753	785	1,060	1,248	735	716	699	744	841	1,026	1,109	745	792	798	1,081	932	1,198	1,083	889	689	733		26,479
2017	10	932	1,287	905	781	786	740	870	1,052	1,146	1,164	858	841	756	866	1,112	1,199	716	818	627	807	956	1,061	1,084	794	727	637	743	837	902	1,120	890	28,014
2017	9	881	916	985	1,056	933	910	793	826	842	969	1,181	829	870	845	751	936	1,007	986	1,376	931	832	824	830	1,090	937	890	703	723	714	897		27,263
2017	8	994	928	854	777	894	1,223	1,289	972	816	1,077	1,101	1,287	1,241	1,238	1,131	1,017	1,021	1,072	1,080	974	1,264	1,022	966	1,093	1,011	949	1,089	1,226	837	847	811	32,101
2017	7	839	1,132	1,085	878	845	834	786	838	1,173	1,133	851	867	803	904	889	1,114	1,302	1,149	941	795	822	990	1,057	1,212	885	931	833	986	990	1,123	1,172	30,159
2017	6	792	792	856	1,013	1,169	769	1,082	773	758	803	1,023	1,233	913	940	843	776	857	1,136	1,063	941	809	849	780	1,074	1,098	1,109	861	755	733	920		27,520
2017	5	1,168	900	862	1,068	1,078	1,093	1,137	1,252	808	755	748	752	965	1,061	1,043	886	767	665	865	867	1,029	1,169	797	698	833	824	789	992	1,051	877	848	28,647
2017	4	1,090	1,198	1,191	860	907	1,011	838	931	1,021	1,090	833	857	844	836	945	1,059	1,087	750	785	751	987	906	1,182	1,139	794	800	804	905	896	1,060		28,357
2017	3	578	881	758	652	1,097	1,395	803	745	718	663	792	1,122	1,120	834	833	761	793	895	1,048	1,057	1,134	933	757	861	894	1,090	1,177	874	909	906	882	27,962
2017	2	828	846	789	825	960	1,041	752	737	719	774	895	1,193	981	824	715	830	773	809	1,022	1,025	753	741	695	780	720	1,028	1,078	778				23,911
2017	1	1,192	1,161	1,343	1,274	1,081	967	876	1,155	1,115	1,150	787	772	791	797	1,091	1,109	889	750	814	854	880	1,053	1,098	848	781	879	746	831	947	1,092	742	29,865
2016	12	671	723	845	1,108	966	783	740	786	831	826	1,136	1,098	900	818	777	893	793	1,061	1,263	827	881	770	838	1,336	1,230	1,194	1,189	954	990	986	1,360	29,573
2016	11	783	740	809	1,149	818	1,027	1,087	856	753	734	756	809	1,075	1,080	857	692	809	786	840	1,032	1,170	772	781	990	825	952	1,070	1,140	958	765		26,915
2016	10	872	1,152	1,156	29	985	823	862	800	1,313	1,126	1,269	941	647	755	936	1,217	1,110	831	770	777	849	769	1,127	1,083	733	804	786	774	769	1,042	1,159	28,266
2016	9	882	892	936	1,132	1,165	835	888	823	936	954	1,024	1,137	921	862	790	908	980	1,184	1,264	1,317	938	907	1,127	941	1,288	970	1,013	779	892	867		29,552
2016	8	1,190	1,024	922	840	1,006	995	1,245	1,433	1,136	916	932	1,257	1,144	1,166	1,379	941	975	1,019	1,176	1,031	1,338	1,259	906	975	990	968	960	1,147	1,299	916	867	33,352
2016	7	966	995	1,167	1,186	913	854	868	965	960	1,196	1,267	1,039	843	877	946	908	1,225	1,330	1,439	896	912	950	1,014	1,100	1,184	911	786	902	968	1,013	1,242	31,822
2016	6	1,010	814	871	988	1,025	1,371	843	827	838	830	841	1,183	1,322	945	907	794	854	950	1,207	1,206	947	852	974	1,083	978	1,177	1,279	897	911	762		29,486
2016	5	1,244	1,205	1,015	1,299	1,550	1,484	1,087	1,159	1,290	1,033	886	904	875	860	1,164	1,331	955	977	879	829	867	1,118	1,258	724	784	831	1,025	837	1,115	1,169	974	32,728
2016	4	920	1,097	1,026	1,177	1,076	905	802	1,107	951	1,248	1,180	876	917	924	882	932	1,099	1,265	893	831	898	786	976	1,110	1,289	843	910	857	792	1,241		29,810
2016	3	758	830	812	744	874	1,031	1,201	857	758	866	798	920	1,013	1,021	919	913	886	773	1,095	1,262	1,126	1,387	793	862	992	1,125	1,165	1,267	1,142	943	883	30,016
2016	2	1,182	804	968	888	694	977	1,185	872	898	771	793	1,020	1,089	1,154	1,233	935	858	810	862	839	945	1,199	850	862	792	811	905	980	1,294			27,470
2016	1	1,482	1,404	1,290	1,591	1,365	1,178	963	917	1,060	1,174	1,272	1,326	921	952	1,042	917	1,062	1,325	972	927	703	799	800	1,129	1,265	825	849	739	882	613	1,120	32,864
2015	12	988	932	863	949	828	1,214	1,403	1,039	856	909	942	828	1,098	1,347	1,162	964	911	993	1,169	1,236	1,250	1,090	1,093	1,316	1,208	1,071	1,295	1,272	1,201	1,209	1,271	33,907
2015	11	1,093	1,325	1,005	1,174	930	926	977	1,219	1,210	991	905	934	849	976	1,259	1,318	906	993	818	1,070	835	1,114	1,555	1,503	908	989	982	969	1,247	1,197		32,177
2015	10	990	1,078	970	1,225	1,235	1,117	990	980	970	931	1,411	1,431	1,548	1,019	970	1,020	1,037	1,280	1,300	1,093	1,026	950	932	1,054	996	1,100	1,033	1,029	819	1,098	1,013	33,645
2015	9	1,324	1,160	1,064	1,369	1,031	1,357	1,471	1,234	1,251	1,043	1,017	1,080	1,292	1,498	1,099	1,019	980	1,121	1,098	1,225	1,372	1,548	1,539	1,274	1,254	1,029	1,205	1,392	1,019	1,078		36,443
2015	8	958	1,598	1,670	1,259	1,352	1,076	1,344	1,194	1,303	1,763	1,375	1,350	1,257	1,375	1,507	1,702	1,721	1,434	1,324	1,265	1,217	1,225	1,522	1,804	1,120	1,322	1,247	1,315	1,215	1,344	1,625	42,783
2015	7	1,266	1,865	1,325	1,545	1,533	1,834	1,542	1,124	1,356	905	1,412	1,587	1,990	1,209	1,340	1,369	1,205	1,286	1,075	1,911	1,833	1,366	1,274	1,166	1,475	1,479	1,559	1,201	1,159	1,185	1,321	43,697
2015	6	2,101	1,665	1,374	1,087	1,573	1,228	1,566	1,761	1,804	1,295	1,005	1,388	1,219	1,618	1,813	1,598	1,307	1,272	1,257	1,522	1,812	1,787	1,648	1,554	1,287	1,334	1,238	1,788	1,653	1,554		45,108
2015	5	2,467	2,422	2,187	2,865	2,425	2,519	2,305	2,290	1,792	2,171	2,758	1,978	2,027	1,888	1,775	1,985	2,081	2,003	2,084	2,013	1,083	1,760	1,762	1,743	1,666	2,318	1,646	1,324	1,797	1,305	1,904	62,343
2015	4																									1,640	2,650	2,680	2,450	2,120	2,400		13,940

日数　997 (日)　全日数平均重量 1,061 (kg)　　2017年1-12月　日平均排出量　924 kg/日　日最大排出量　1395 kg/日　日最小排出量　578 kg/日

2)曜日毎の排出量

以下に曜日毎の排出量を示す。日曜日および月曜日が多い傾向にあるが、これは計測した日が、生ごみの発生した翌日であるためと考えられ、土曜日および日曜日の排出量が多いと考えられる。

土曜日および日曜日の排出量が多い傾向にあるが、量が倍程度の顕著な差にはなっていない。

曜日	合計排出量 (kg)	日数 (日)	日平均排出量 (kg/日)
月	185,051	143	1,294
火	148,926	142	1,049
水	137,166	142	966
木	132,692	142	934
金	138,744	142	977
土	143,653	143	1,005
日	171,901	143	1,202

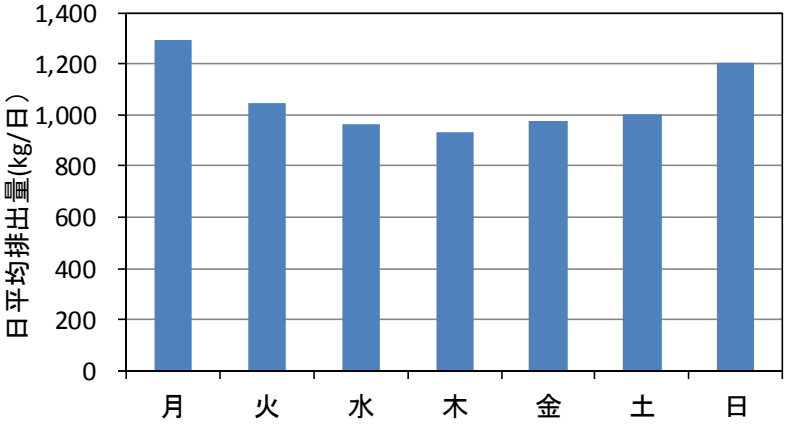


図 6-6　曜日毎の排出量

6.4.2 店舗毎の排出量

- 店舗毎に生ごみ排出量の差は、比較的大きい。
- 飼料化資材として利用しやすい生ごみを排出する店舗の 1 日当たりの排出量は 180kg 程度と比較的大きい。

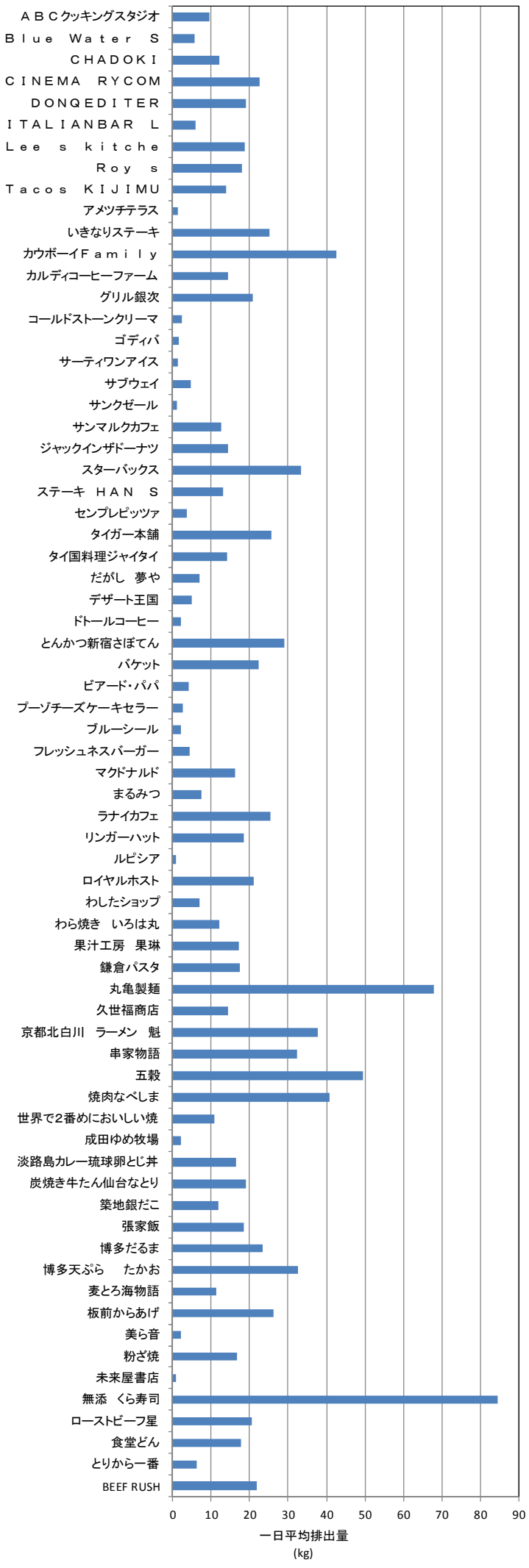
店舗毎の生ごみ排出量を整理したものを表 6-4 に示す。店舗毎の排出量をみると、やや店舗毎の排出量の差が大きいことがわかる。

飼料化資材として利用しやすいパンくず、麺くず等を排出する店舗について整理すると、約 7 店舗程度あり、1 日当たりの排出量は 180kg 程度と比較的大きい。ただし、うどん店に関してはネギ等、パン類と共に野菜なども混入しており、全てが飼料化資材に適するものではなく、状況に応じて分別、使用する必要がある。

表 6-4　店舗毎の生ごみ排出量

No	店舗名	総重量 (kg)	排出日数 (日)	1日平均排出量 (kg/日)	質が均一な生ごみ (パン・麺くず)
1	ABCクッキングスタジオ	9,703	1,011	9.6	
2	Blue Water S	5,826	1,037	5.6	
3	CHADOKI	204	17	12	
4	CINEMA RYCOM	23,461	1,039	22.6	○
5	DONQEDITER	20,129	1,059	19	○
6	ITALIANBAR L	5,972	1,034	5.8	
7	Lee s kitche	18,957	1,006	18.8	
8	Roy s	18,780	1,048	17.9	
9	Tacos KIJIMU	14,444	1,039	13.9	
10	アメツチテラス	215	155	1.4	
11	いきなりステーキ	26,387	1,047	25.2	
12	カウボーイFamily	31,570	741	42.6	
13	カルディコーヒーファーム	1,015	70	14.5	
14	グリル銀次	7,458	359	20.8	
15	コールドストーンクリーマ	2,043	848	2.4	
16	ゴディバ	21	14	1.5	
17	サーティワンアイス	221	181	1.2	
18	サブウェイ	2,153	472	4.6	
19	サンクゼール	2	2	1	
20	サンマルクカフェ	13,094	1,048	12.5	○
21	ジャックインザドーナツ	14,939	1,039	14.4	○
22	スターバックス	2,071	62	33.4	
23	ステーキ HAN S	13,251	1,014	13.1	
24	センプレピッツァ	889	240	3.7	
25	タイガー本舗	26,803	1,044	25.7	
26	タイ国料理ジャイタイ	13,877	984	14.1	
27	だがし 夢や	14	2	7	
28	デザート王国	4,367	875	5	
29	ドトールコーヒー	912	431	2.1	
30	とんかつ新宿さぼてん	30,944	1,063	29.1	
31	バケット	21,202	949	22.3	○
32	ビアード・パパ	4,159	1,002	4.2	
33	プーゾチーズケーキセラー	2,560	1,028	2.5	
34	ブルーシール	2,131	1,020	2.1	
35	フレッシュネスバーガー	4,276	949	4.5	
36	マクドナルド	13,598	842	16.1	
37	まるみつ	7,407	985	7.5	
38	ラナイカフェ	26,919	1,060	25.4	○
39	リンガーハット	18,659	1,006	18.5	
40	ルピシア	9	11	0.8	
41	ロイヤルホスト	20,961	994	21.1	
42	わしたショップ	7	1	7	
43	わら焼き いろは丸	12,604	1,040	12.1	
44	果汁工房 果琳	17,747	1,035	17.1	
45	鎌倉パスタ	16,220	925	17.5	
46	丸亀製麺	69,867	1,027	68	○
47	久世福商店	43	3	14.3	
48	京都北白川 ラーメン 魁	36,966	980	37.7	
49	串家物語	33,727	1,040	32.4	
50	五穀	48,781	987	49.4	
51	焼肉なべしま	38,033	934	40.7	
52	世界で2番めにおいしい焼	262	24	10.9	
53	成田ゆめ牧場	99	45	2.2	
54	淡路島カレー琉球卵とじ丼	3,780	232	16.3	
55	炭焼き牛たん仙台なとり	20,008	1,049	19.1	
56	築地銀だこ	12,318	1,051	11.7	
57	張家飯	19,621	1,057	18.6	
58	博多だるま	24,493	1,053	23.3	
59	博多天ぷら　たかお	34,352	1,056	32.5	
60	麦とろ海物語	11,821	1,052	11.2	
61	板前からあげ	391	15	26.1	
62	美ら音	2	1	2	
63	粉ざ焼	8,410	501	16.8	
64	未来屋書店	852	1,021	0.8	
65	無添 くら寿司	82,656	977	84.6	
66	ローストビーフ星	21,575	1,054	20.5	
67	食堂どん	17,813	1,012	17.6	
68	とりから一番	6,101	998	6.1	
69	BEEF RUSH	21,833	1,007	21.7	
	総計	991,982	1,071	926.2	

質が均一なごみ(パン・麺くず)の平均排出量　184.2kg



6.5 生ごみ成分分析・試験の目的

生ごみの成分構成を分析することで、メタン発酵や堆肥化等の各バイオマス処理を行う場合の成分構成による課題を把握する。また、特にメタン発酵試験については、生ごみの成分がガスの発生に影響するため、メタン発酵のポテンシャルを把握するために簡易なメタン発酵試験を実施する。

表 6-5　生ごみ成分分析・試験の目的

分析・試験	分析・試験の目的
成　分　分　析	ごみの三成分や栄養成分、メタン発酵に影響する項目などの分析を実施
メタン発酵試験	生ごみを簡易なメタン発酵試験に供し、メタン発酵のポテンシャルを把握

6.6 生ごみの採取方法

- 生ごみの採取は、代表的な平日の 1 日に実施することとし、2018 年 2 月 14 日に実施した。
- 生ごみの採取は、店舗毎に偏りがないようにごみの採取を行い、混合し分析の対象とする。
- 採取時には、生ごみの構成内容（野菜類、ごはん類など）や卵の殻の混入などの確認を行う。

1)採取日

分析は、季節変動を把握するため、年 4 回程度実施することが理想であるが、本業務内では難しいため、代表的な平日の 1 回の調査を実施する。

2)採取方法

生ごみの採取の方法を以下に示す。店舗毎に排出される生ごみはイオンモール内では混合されないため、採取時は店舗毎に採取を実施する。

採取方法を図 6-7 に示す。ごみの内容の偏りをさけるため、採取時は各店舗からの生ごみ 10%程度にあたる数 kg 程度をビニール袋に採取する。その後、ビニール袋内でよく混合し、当日の各店舗毎の排出量に応じて、ビニール袋内から再度採取して全ての店舗分を混合し、分析の対象とする。

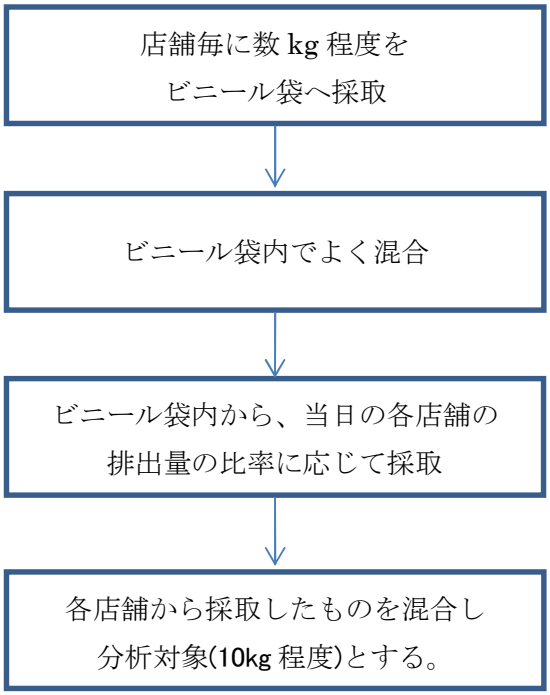


図 6-7　生ごみ採取の方法

3)生ごみの構成の確認

採取時には、サンプリングシートを持参し生ごみの内容を確認する。具体的には以下に示すように、生ごみの構成内容（野菜類、ごはん類、麺類などの構成）、卵の殻・甲殻類の殻の混入について確認する。また、概観の写真を撮影する。

No　1　　店舗名　炭焼き牛たん仙台なとり

生ごみの構成内容

[ ] 様々なものが混合

[○] 野菜類　[○] ごはん類　[ ] 麺類　[ ] 揚げ物　[ ] 肉　[ ] 魚

[ ] パン　[ ] その他炭水化物　[ ] お菓子・果物　[ ] 飲料

卵の殻、甲殻類の殻の混入　　備考

[ ] 有り　[○] 無し

図 6-8　生ごみサンプリングシートの例

6.7 成分分析・試験の方法

6.7.1 生ごみの成分分析方法

- 生ごみの成分分析項目は、「ごみ処理施設整備の計画・設計要領　2017 改訂版」を参考に必要な項目を設定し、表 6-7 のとおりとする。

ごみの分析項目は、施設の種類ごとに以下のような試験項目が例として示されている。生ごみの処分方法として、メタン発酵、炭化、堆肥化、飼料化が想定されるため、各処理方法で分析が必要となる項目を分析項目で設定する。

表 6-6　施設の種類とごみ質試験項目の例

ごみ処理施設の種類	ごみ質試験項目
焼却施設 ガス化溶融施設	低質ごみ、基準ごみ、高質ごみの三成分（水分、可燃分、灰分）、低位発熱量、単位体積重量及び、基準ごみ可燃分中の元素組成（C、H、O、N、S、Cl）
破砕選別施設	種類別組成及び単位体積重量（t/m^3）
RDF施設	焼却施設の試験項目に準ずるほか、種類別組成を追加
高速堆肥化施設	種類別組成、水分、pH、単位体積重量、元素組成（C、N、重金属等）、異物混入率

※「ごみ処理施設整備の計画・設計要領　2017 改訂版」より抜粋

生ごみの分析項目は表 6-7 のとおりとする。また、各分析項目の分析を行う理由と着眼点は以下のとおりである。

1)単位体積重量、含水率、異物混入率、pH

ごみ質の基本的な項目のため、分析を実施する。

2)ごみの三成分、低位発熱量

炭化や飼料化など、燃焼や加熱を行う際のごみの分析に必須項目である。

3)TS、VS、T-COD

メタン発酵を行う場合、ごみ質を判断する基本的な項目である。

4)ケルダール性窒素、アンモニア性窒素

アンモニアは高濃度になるとメタン発酵を阻害する要因となるため、分析を実施。また、ケルダール性窒素のうちの有機性窒素は、分解によりアンモニアを生成するため、これもアンモニアの生成を把握するために必要な項目である。

5)炭水化物、タンパク質、脂肪、リグニン

脂肪やタンパク質は、炭水化物に比べてメタンガスが発生しやすい成分であり、この成分比率を把握することでメタンの生成能を把握できる。ただし、タンパク質は多すぎるとアンモニアを生成し、メタン発酵の阻害となる。

また、リグニンは難分解性有機物であり、量が多いとメタン発酵の阻害となる。

6)炭素、水素、酸素、窒素、リン、硫黄、塩素、カリウム、鉄、ニッケル、コバルト（銅、セレン、マンガン、タングステン、モリブデン、ホウ素、亜鉛）

炭素、窒素、リン、カリウムなどは、微生物の活動に必須の元素であり、分析を行う。

また、鉄、ニッケル、コバルトなどの微量金属類も微生物の活動に必須であるが、生ごみや食品残渣などの場合、メタン発酵の運転時間が長くなると枯渇することがある。

7)卵の殻、骨などカルシウム分

卵の殻や骨などカルシウム分が多いと、機器にこびりつき故障の原因になる事例が報告されており、これらの混入の有無を目視で把握する。

表 6-7　分析項目

分類	分析項目	分析の目的			備考
		ﾒﾀﾝ発酵	炭化・飼料化	堆肥化	
基本的項目	ごみの三成分（水分、可燃分、灰分）		○		
	低位発熱量		○		推定式による
	単位体積重量	○	○	○	
	含水率	○	○	○	
	異物混入率（つまようじ、繊維、ゴム等）	○	○	○	
水質項目	pH	○		○	
	TS（全蒸発残渣）	○			
	VS（強熱減量）	○			
	T-CODcr（化学的酸素要求量）	○			
	ケルダール性窒素	○			
	アンモニア性窒素	○			
有機物構成	炭水化物	○			
	タンパク質	○			
	脂肪	○			
	リグニン	○			
元素分析	炭素、水素、酸素、窒素、リン、硫黄、塩素、カリウム、鉄、ニッケル、コバルト（銅、セレン、マンガン、タングステン、モリブデン、ホウ素、亜鉛）	○	○	○	ICP-MS などにより測定

6.7.2 メタン発酵試験の方法

- メタン発酵試験は、2~4 週間程度で中温によるバッチ試験により行う。
- メタン発酵試験の分析項目は、バイオガス中のメタン濃度およびバイオガス発生量とする。

1)試験概要

（1）試験場所：(株)バイオガスラボ金沢研究所

（2）試験期間：2018 年 2 月 21 日～3 月 8 日

（3）試験概要：小規模メタン発酵タンク内に試料を適量投入し、バイオガス発生状況を計測することにより当該試料のバイオガス発生量ポテンシャルを検討する。

表 6-8　メタン発酵試験の概要

	短期ラボテスト	長期ラボテスト
目的	バイオマスが持つバイオガス発生量のポテンシャルを確認	実施設を想定した安定的な運転条件を事前に把握
試験方法	バッチ試験	連続試験
テスト期間	2～4週間	3～4か月
発酵タンク	4・6 L	4・6 L
汚泥濃度	3 %	3 %（成り行き）
発酵温度	37 ℃ ± 0.5 ℃	37 ℃ ± 0.5 ℃
成果品	・バイオガス発生量 ・分解率等基礎情報 ・成分分析 ・メタン濃度	・バイオガス発生量 ・発酵の安定性 ・発酵負荷 ・消化液の性状

2)試験内容

（1）試料

1）サンプル：受領した 47 種類のサンプル（種類と写真を巻末に示す）

2）サンプル受領日：2018 年 2 月 16 日

3）サンプルの調整

受領した各サンプルは種類が多かったため次の通りに調整を行った。調整の写真を図 6-11 に示す。

- 受領した各サンプルは貴社ご指示の重量にとりわけ混合した。混合した各重量表は巻末の参考資料に示す。
- 混合したサンプルを 2 軸の破砕装置により破砕し、出来る限り均一になるようにした。一度の破砕だと処理後のサンプルも大きく均一にならなかったため再度破砕装置で 2 回目の処理を行った。
- 破砕機において 2 回処理したサンプルはより均一に細かくするために 2 軸破砕機において 2 回処理したサンプルを袋に入れ均等になるように手で撹拌した後、適量取り、ミキサーにかけ分析及び試験に供した。

（２）実施事項

１）分析

①試験に供した混合食品残渣の性状分析

②試験により発生したバイオガスのメタン濃度の測定

２）試験

①試験に供した量・・・50 g

②試験機器及び試験条件

ⅰ）メタン発酵槽：3.5L

ⅱ）発酵温度：37 ℃ ± 0.5 ℃

ⅲ）撹拌状況：常時撹拌

メタン発酵試験に使用する種汚泥は、生ごみの基質に普段から馴致されている汚泥を発酵槽に投入する。

③試験実施期間

試験はバイオガス発生速度が小さくなり、バイオガスの発生がほぼ認められなくなるまで実施した。

④試験回数：１回

⑤試験装置の構成、試験室及び機器を以下に示す。

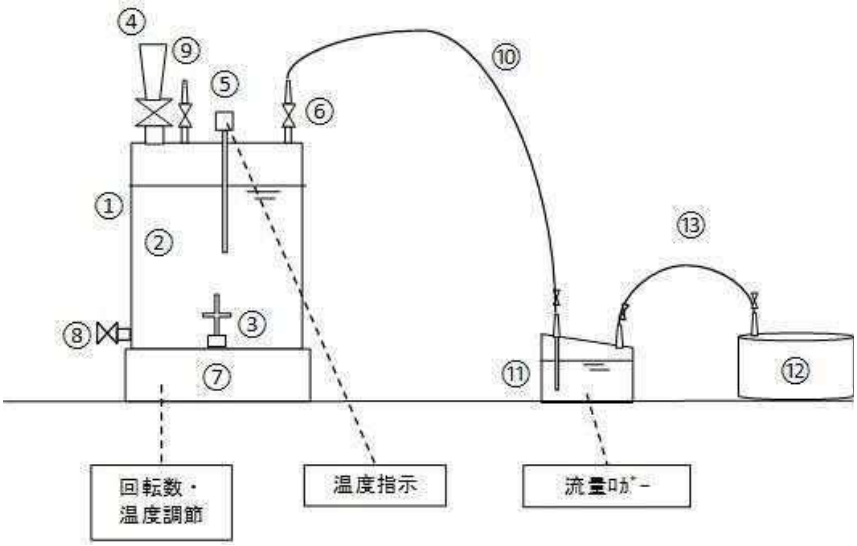


図 6-9　試験装置の構成

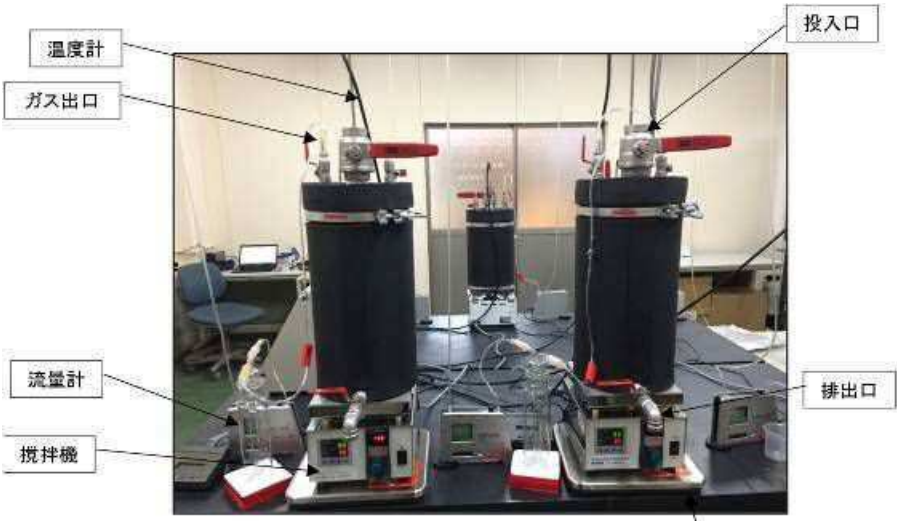


図 6-10　試験室全景と試験装置

3)分析項目

メタン発酵試験の分析項目は、バイオガス中のメタン濃度およびバイオガス発生量とする。

写真-1 サンプル47種	写真-2 破砕前サンプル
写真-3 二軸破砕1回後	写真-4 二軸破砕2回後
写真-5 試験用ミキサー処理後	写真-6 二軸破砕機

図 6-11　メタン発酵試験状況写真

6.8 生ごみの構成内容把握の結果

- 生ごみの構成として、野菜類やごはん類が混入している店舗が多く、魚やパンが混入している店舗は少ない。
- 卵の殻や甲殻類の混入がある店舗は多くある。

表 6-9 に、生ごみ採取時に確認を行った各店舗の生ごみの構成内容を示す。

野菜類やごはん類が混入している店舗が多く、魚やパンが混入している店舗は少なかった。また、バイオマス処理に影響を与える可能性がある、卵の殻や甲殻類などのカルシウム分の混入がある店舗も多かった。

表 6-9　各店舗の生ごみ構成内容

No	サンプリング日 排出量 (kg)	店舗名	生ごみの構成											卵の殻、甲殻類の混入	備考
			様々なゴミ	野菜類	ごはん類	麺類	揚げ物	肉	魚	パン	その他炭水化物	お菓子・果物	飲料		
1	10.8	炭焼き牛たん仙台なとり		○	○										
2	23.8	あんかけチャーハンの店　香港　張家飯		○	○	○		○							
3	9.0	淡路島カレー＆琉球卵とじ丼			○									○	
4	0.5	ドトールコーヒーショップ		○											
5	2.9	Blue Water Shrimp													
6	3.8	麦とろ海物語※			○									○	
7	2.9	タコス＆タコライス きじむなぁ※		○	○			○							
8	2.6	デザート王国										○			
9	25.8	ロイヤルホスト		○	○			○							
10	25.5	Lee's kitchen		○	○			○						○	
11	14.8	博多天ぷら　たかお※		○	○		○								
12	4.1	博多だるま SOUTH JAPAN		○	○	○									
13	3.0	沖縄そばまるみつ		○	○										
14	11.1	ローストビーフ星												○	
15	9.0	麦とろ海物語※		○	○			○							
16	2.6	ITALIAN BAR LIETTA		○		○									
17	8.2	サンマルクカフェ		○						○					
18	14.3	ラナイカフェ		○						○		○			
19	11.3	ベーカリーレストラン　パケット								○					
20	8.2	JACK IN THE DONUTS								○					
21	8.8	DONQ EDITER								○					
22	7.8	CINEMA RYC									○				ポップコーン、コーヒーかす
23	14.0	タイ国料理　ジャイタイ												○	エビの殻
24	10.8	長崎ちゃんぽん リンガーハット		○											
25	2.4	BEEF RASH		○				○							
26	20.0	とんかつ新宿さぼてん					○	○							
27	6.2	ABCクッキングスタジオ		○				○						○	
28	10.0	博多天ぷら　たかお※		○	○										
29	5.5	ジャンボステーキHAN'S		○	○			○							
30	8.6	とりから一番		○	○										
31	10.6	果汁工房　果琳										○			
32	11.8	築地銀だこ					○							○	
33	7.9	わら焼き　いろは丸		○	○									○	エビの殻
34	54.8	無添　くら寿司			○				○					○	
35	25.6	串家物語		○	○							○			
36	40.0	焼肉なべしま		○	○							○			
37	7.8	Roy's		○		○		○							
38	38.5	五穀													
39	47.3	丸亀製麺		○		○	○							○	卵の殻
40	12.2	マクドナルド		○			○							○	卵の殻
41	19.8	ワイルドオーシャン※		○		○						○			閉店済みで店舗名が異なる可能性有り
42	2.5	SUBWAY		○											
43	0.3	未来屋書店	○												
44	0.2	ビアード・パパ										○			
45	0.9	ブルーシール										○		○	
46	5.4	タコス＆タコライス きじむなぁ※		○	○									○	卵の殻
47	2.2	プーゾチーズケーキセラー										○		○	卵の殻
合計	576.0		1	28	19	6	5	10	1	5	1	9	0	14	

※サンプリング時に複数の袋があり、店舗名が重複するもの

6.9 成分分析・試験結果と考察

6.9.1 試験結果

成分分析の結果を以下に示す。

1)成分・性状分析結果

表 6-10　成分分析結果（基本的項目）

項目		単位	測定結果	分析方法
単位容積重量		kg/m³	764	昭和52年11月環整第95号の別紙2に定める方法
ごみの3成分	水分	w/w%	65.8	
	灰分（生ごみ）	w/w%	1.9	
	灰分（乾燥ごみ）	w/w%	5.7	
	可燃分	w/w%	32.3	
低位発熱量(計算値)		kcal/kg	1,060	
		kJ/kg	4,430	
含水率（厨芥類）		w/w%	66.0	
異物混入率		w/w%	1.0	

表 6-11　成分分析結果（有機物・栄養成分など）

	項目	単位	混合食品残渣	分析方法
1	pH	-	4.8	下水試験方法
2	TS	%	34.1	下水試験方法
3	強熱減量	%	93.7	下水試験方法
4	CODcr	mg／kg	460,000	JISK0102
6	ｹﾙﾀﾞｰﾙ性窒素	mg／kg	8,300	JISK0102
7	NH4-N	mg／kg	140	JISK0102
8	T-P	mg／kg	930	飼料分析方法
9	K	mg／kg	1400	下水試験方法
10	炭素	%-TS	47.7	酸素循環法
11	水素	%-TS	8.20	酸素循環法
12	窒素	%-TS	2.79	酸素循環法
13	酸素	%-TS	36.5	計算
14	全硫黄	%-TS	0.213	JISZ7303
15	粗たん白質	%	5.20	飼料分析基準(ICPMS)
16	粗脂肪	%	6.140	粗飼料品質ｶﾞｲﾄﾞﾌﾞｯｸ
17	炭水化物	%	17.00	粗飼料品質ｶﾞｲﾄﾞﾌﾞｯｸ
18	リグニン	%	1.25	ﾊﾟﾙﾌﾟ材のﾘｸﾞﾆﾝ試験法
19	塩素	mg/kg	3300	JISZ7302-6
20	鉄	mg/kg	71	飼料分析基準(ICPMS)
21	ニッケル	mg/kg	0.14	飼料分析基準(ICPMS)
22	コバルト	mg/kg	0.018	飼料分析基準(ICPMS)
23	銅	mg/kg	4.1	飼料分析基準(ICPMS)
24	セレン	mg/kg	0.054	飼料分析基準(ICPMS)
25	マンガン	mg/kg	3.1	飼料分析基準(ICPMS)
26	タングステン	mg/kg	0.054	飼料分析基準(ICPMS)
27	モリブデン	mg/kg	0.16	飼料分析基準(ICPMS)
28	ホウ素	mg/kg	0.86	飼料分析基準(ICPMS)
29	亜鉛	mg/kg	7.7	飼料分析基準(ICPMS)

1)バイオガス発生状況

バイオガスの発生状況は良好である。生ごみや食品残渣は、早い段階でガスの発生が落ち着く傾向にあり、本試験でも 10 日程度でガスの発生が収まった。

	単位	混合食品残渣
検体量	g	50
最終バイオガス発生量	nml	13413

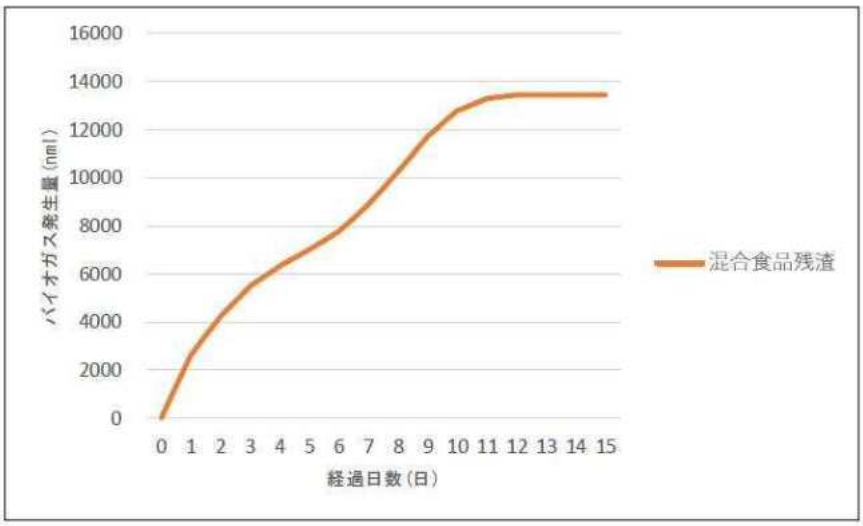


図 6-12　試験終了時のバイオガス発生量 (*1)とその推移

(*1) バイオガス発生量は、試験に使用したものと同じ種汚泥を無負荷で同時に運転した時のバイオガス発生量をブランクとして差し引いた値である。

2)　バイオガス中のメタン濃度測定

試験において発生したバイオガス中のメタン濃度の測定結果を以下に示す。

表 6-12　バイオガス中のメタン濃度(*2)

	単位	混合食品残渣
メタン濃度	%	58.9

(*2)メタン濃度は、試験開始時から終了時まで発生したバイオガス全量をアルミバッグに捕集し、終了後ガスクロマトグラフィーで分析を実施した。

6.9.2 考察

1)試料の性状

- 対象の生ごみは、水分が少なめで有機物が多い試料であったと言える。
- 有機態窒素濃度が高いため、アンモニアの生成によるメタン発酵の阻害が懸念される。
- 微量金属類はメタン発酵を阻害する程ではなく、適切な量が含まれている。

（1）pH

pH は 4.8 であり低めであったが、食品残渣は pH が低い傾向にあり、発酵処理には問題が無い値である。状況に応じて、pH 調整剤を添加する可能性もある。

（2）TS（蒸発残留物）

TS は 34.1 %であり高い値であった。以下に示すように、一般的な生ごみの TS は 10~16%程度であり、今回の試料は比較的水分が少なく、一般的な生ごみの半分程度であると言える。。

表 6-13　生ごみなどの固形物濃度、メタン濃度

区分		TS 固形物濃度（%）	有機物(VS)分解率(%)	ガス発生倍率（Nm^3/t-分解 VS）	メタン濃度（%）
畜産系	乳牛	6.5～9.2	42.6～49.0	483.6～485.7	59.0～64.5
	豚	4.4～8.9	47.4～52.0	665.7～713.1	65.0～65.9
食品系	生ごみ	10.1～16.0	79.6～83.0	454.9～624.1	56.4～58.4
汚泥系	余剰汚泥	10	35～40	793	62.5
	下水汚泥	3	50	1,097	62

出典：「メタン発酵」技法堂出版野池達也著より

（3）強熱減量

有機物量を示す強熱減量は 93.7 %であり、有機物量が多いことが示された。

（4）CODcr

CODcr は 460,000mg/kg と高い値を示した。以下に示すように一般的な調理くずと同じ程度の値であり、メタン生成の基となる有機物は十分に含まれていると言える。

表 6-14　生ごみ等の化学分析値

有機固形物	含水率	COD_{Cr}	全窒素	VS/TS 比
調理くず	73.4	480,000	12,200	95.4
生ごみ	82.3	215,000	4,260	93.5
水産加工残渣	74.7	380,000	165,000	91.7
牛排泄物	66.2	300,000	8,630	84.9
豚排泄物	74.7	310,000	9,470	78.8

単位：含水率(%)，COD_{Cr}(mg/kg-湿重)，全窒素(mg/kg-湿重)，VS/TS 比(%)

出典：「メタン発酵」技法堂出版野池達也著より

（5）窒素類

有機性窒素とアンモニア性窒素の合計であるケルダール性窒素は 8,300 mg/kg であり、アンモニア濃度は 140mg/kg であった。初期はアンモニア性窒素濃度は低いが、有機態窒素が分解されることにより、アンモニアによるメタン発酵の阻害が懸念される。

（6）リン及びカリ

T-P は 930mg/kg（2.0 mg/g-COD） であり、カリは 1,400mg/kg（1,070mg/L） であった。これらの栄養塩類は以下に示す至適濃度の範囲にあり、問題ないと言える。

表 6-15　微量栄養塩の要求量

元素	要求量 (mg/g-COD)	至適濃度 (mg/L)	代表的な添加剤
栄養塩			
N	5～15	50	NH_3, NH_4Cl, NH_4HCO_3
P	0.8～2.5	10	NaH_2PO_4
S	1～3	5	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$
微量栄養塩			
Fe	0.03	10	$FeCl_2 \cdot 4H_2O$
Co	0.003	0.02	$CoCl_2 \cdot 2H_2O$
Ni	0.004	0.02	$NiCl_2 \cdot 6H_2O$
Zn	0.02	0.02	$ZnCl_2$
Cu	0.004	0.02	$CuCl_2 \cdot 2H_2O$
Mn	0.004	0.02	$MnCl_2 \cdot 4H_2O$
Mo	0.004	0.05	$NaMoO_4 \cdot 2H_2O$
Se	0.004	0.08	Na_2SeO_3
W	0.004	0.02	$NaWO_4 \cdot 2H_2O$
B	0.004	0.02	H_3BO_3
一般のカチオン			
Na^+		100～200	NaCl, $NaHCO_3$
K^+		200～400	KCl
Ca^{2+}		100～200	$CaCl_2 \cdot 2H_2O$
Mg^{2+}		75～250	$MgCl_2$

出典：「メタン発酵」技法堂出版野池達也著より

（7）炭素等含有量

炭素の含有量は 47.7%と高く、窒素が 2.79%、硫黄が 0.213%であった。C/N 比は 17 である。C/N 比が小さいほど消化液のアンモニア性窒素は高くなり、メタン発酵の阻害が懸念される。下表と比べると、下水汚泥などに比べると阻害は少ないと想定される。

表 6-16　生ごみ等の C/N 比など

	C/N 比	TS 濃度(mg/L)	アンモニア性窒素 (mg/L)
下水汚泥(混合)[19]	5.5	37,000	1,008
最初沈殿池汚泥	10.0	39,000	574
余剰汚泥	3.9	37,000	1,386
し尿[20]	6.0[21]	25,000	3,000
食品生ごみ[21]	14.6	50,000	876

出典：「メタン発酵」技法堂出版野池達也著より

（8）粗たん白質等

粗たん白質は 5.2%、粗脂肪が 6.14%、炭水化物が 17%であり、粗脂肪が高めであること及び炭水化物系の食品残渣が多かったと考えられた。リグニンは 1.25%と非常に低い値であった。リグニンは難分解性の有機物であるが、濃度は低いため問題ないと言える。

（9)金属類等

今回分析した項目では特に有害物質として問題になるほど含有されていた項目はない。

ただし、塩素は 3,300mg/kg 含有されており、やや高めの値である。微量金属類の要求量は、ほとんどの元素で含まれており、元素の添加材の必要性は低いと言える。

（１０）異物混入率

重量比として、1%の異物が混入している状況であった。混入物としては、紙、木材およびプラスチックが確認された。

紙・木材については、生ごみと共にメタン発酵に供することがあるため発酵不適物とは言えない。プラスチックはメタン発酵に供するべきではなく、生ごみの収集段階およびメタン発酵槽に投入する前段階で分別する必要がある。

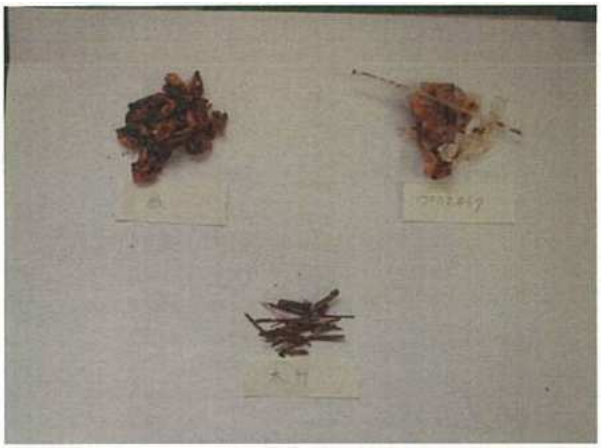


図 6-13　異物混入の状況

2)バイオガス発生量

- メタン濃度は 58.9%と他の生ごみの平均値と比べて高く、メタンガス発生のポテンシャルは高い。
- メタン発生量原単位、固形物あたりのバイオガス発生量についても、他の生ごみと比べて同等もしくはそれ以上のレベルにある。その他のバイオマスと比較してもガス発生率は高いと言える。

（１）メタン濃度

混合食品残渣から発生したバイオガス中のメタン濃度は表 6-12 に示した通りであり、58.9%と60%近い値であった。表 6-13 に示すように、通常の生ごみを若干上回るメタンガス濃度であり、メタンガスの濃度は高いと言える。

（２）バイオガス発生量原単位(*3)

バイオガス発生量のポテンシャルはバイオガス発生量原単位として表すことが出来る。原料湿重量当たりのバイオガス発生量原単位とメタン発生量原単位を表 6-17 に示す。

表 6-19 に示す他の生ごみ試料と比較すると、今回の試料はガス発生量原単位としては高い値であり、これは分解されやすい原料であると共に、TS が高いことも一因であると考えられた。また、表 6-20 に示す他の様々なバイオマスのガス発生量原単位と比較しても、今回の試料は高いガス発生量が大きいことがわかる。

(*3)原単位とは原料 1t あたりのバイオガスの発生量を示し、湿重量当たり、固形物量当たり等、基となる重量により異なる。

表 6-17　バイオガス発生量原単位

	単位	混合食品残渣
バイオガス発生量原単位	Nm^3/t	268.3
メタン発生量原単位	Nm^3/t	158.0

（３）乾物量当たりのガス発生量

固形物量（TS）当たりのバイオガス発生量原単位とメタン発生量原単位および有機物量（VS）当たりのバイオガス発生量原単位とメタン発生量原単位を以下に示す。

表 6-19 のガス発生倍率と比較すると同程度のガス発生量となっており、メタンガスの発生は問題ないと言える。

表 6-18　固形物量・有機物量当たりのバイオガス発生量

	単位	混合食品残渣
固形物量当りの バイオガス発生量原単位	Nm^3/t-TS	786.8
固形物量当りの メタン発生量原単位	Nm^3/t-TS	463.4

	単位	混合食品残渣
有機物量当りの バイオガス発生量	Nm^3/t-VS	839.7
有機物量当りの メタン発生量	Nm^3/t-VS	494.6

表 6-19　生ごみのメタン発酵性能の例

原料・プロセス*		温度	発酵日数 (d)	分解率(%) TS基準	分解率(%) VS基準	ガス発生倍率 Nm^3/t-湿重	ガス発生倍率 Nm^3/kg-TS	ガス発生倍率 Nm^3/kg-VS	CH_4濃度(%)	出典
人工生ごみ	TS 5%	T	15	75.4	80.5	37			58.4	9)
	TS 7.5%	T	15	73.0	77.8	50			56.4	
	TS 10%	T	15	69.3	75.3	69			59.7	
	TS 12%	T	15	73.6	77.8	83			57.5	
人工生ごみ	TS 10%	M	5	62.5	65.5		0.64	1.09[a)]		10)
		M	7.5	68.5	72.0		0.625	1.00[a)]		
		M	10	70.0	74.0		0.67	1.00[a)]		
		M	15	73.0	78.0		0.73	1.01[a)]		
		M	30	78.5	83.0		0.70	0.90[a)]		
人工生ごみ	TS 10%	T	5	72.0	75.5		0.68	1.00[a)]		10)
		T	7.5	78.0	80.0		0.60	0.87[a)]		
		T	10	75.0	78.0		0.67	0.92[a)]		
		T	15	74.0	79.0		0.69	0.93[a)]		
		T	30	73.0	80.5		0.695	0.93[a)]		
IMC システム		M			82.9			0.834[a)]	60.1	11)
食品残渣		T	20				0.47			12)
生ごみ		M	10～20		53	121.8			52	13)
学校給食ごみ/固定床		T	8		81.6	160.2				14)
		T	10		78.6	162.7				
		T	20		84.2	205.6				
学校給食ごみ/固定床		T	3.2		75.3	168.5				15)
		T	4		78.9	175.6				
		T	8		90.3	203.7				
乾式メタン発酵		T			84	172		0.679[b)]		16)
膜型メタン発酵		T	11.7			132				16)
WTM システム		M			80 ↑	183		0.87[a)]		17)

*：プロセス名が明記されていないものは，完全混合の連続運転プロセスを示す．
T：高温メタン発酵(55 ℃)，M：中温メタン発酵(35～37 ℃)，単位は a)：分解 VS 当り，b)：投入 VS 当り

出典：「メタン発酵」技法堂出版野池達也著より

表 6-20　様々なバイオマスのメタン発酵性能の例

原料・プロセス*	温度	発酵日数(d)	分解率(%) TS基準	分解率(%) VS基準	ガス発生量 Nm³/t-湿重	ガス発生量 Nm³/kg-TS	ガス発生量 Nm³/kg-VS	CH_4濃度(%)	出典
し尿／選別生ごみ(1:0.98)／メビウスシステム	T		53.1		53.5	0.442			28)
し尿／選別生ごみ(1:2.44)	T		52.2		45.0	0.476			
し尿／選別生ごみ(1:4.37)	T		69.8		88.9	0.649			
生ごみ＋し尿	T	7.5		67.6			0.48		29)
家畜排泄物主体／乾式	T			50			0.38～0.39	52	30)
人工生ごみ／し尿汚泥(9:1)	M	5	56	62.5	59.5		0.65	58～60	31)
	M	7.5	57.5	63	61		0.68	58～60	
	M	10	64	70	58.5		0.685	58～60	
	M	15	66	72	61.5		0.705	58～60	
	M	30	72	77.5	57.5		0.675	58～60	
人工生ごみ／し尿汚泥(9:1)	T	5	69	73	62		0.68	58～61	31)
	T	7.5	72	77	64		0.71	58～61	
	T	10	71.5	78	61.5		0.725	58～61	
	T	15	74	79	62.5		0.72	58～61	
	T	30	76	82	65		0.77	58～61	
家畜排泄物等／膜型	T	12.7		35.8			0.67	69～70	32)
人工生ごみ／し尿									
(100:0)	M	15	68	73		0.76	0.81	61	33)
(90:10)	M	15	62	66		0.63	0.74	58	
(72:25)	M	15	46	59		0.51	0.61	60	
(50:50)	M	15	32	48		0.38	0.49	60	
人工生ごみ／し尿									
(100:0)	T	15	75	79		0.72	0.80	57.5	33)
(90:10)	T	15	77	77		0.69	0.80	59.5	
(72:25)	T	15	63	69		0.48	0.59	58	
(50:50)	T	15	30	50		0.39	0.51	59	
家畜排泄物／食品残渣	M	29～33		44.4	32.4			52～60	34)
油脂スカム／人工生ごみ	M	15	65.8	69.1	94.9	0.676		68.3	35)
	T	15	84.1	86.5	103	0.728		70.2	
家畜排泄物／食品残渣	M	33			26.3		0.48	55.4	36)
	T	26			31.4		0.57	55.4	
食品残渣／生ごみ，メタクレスシステム				78.3	134			62.2	37)
乾式／コンポガス	T	20～25		73～85	175～223			56.7～58.5	38)

*：プロセス名が明記されていないものは，完全混合の連続運転プロセスを示す．
T：高温メタン発酵(55℃)，M：中温メタン発酵(35～37℃)

出典：「メタン発酵」技法堂出版野池達也著より

（4）粗たん白等の分解からの考察

CODcr 除去率を有機物分解率とみなし、粗たん白、粗脂肪及び炭水化物の分解もこれに準ずると仮定した場合のバイオガス発生量は 13,170nml となり、ほぼ今回の試験結果（13,413nml）と同等の値と考えられた。

なお、分解したそれぞれの分解量当りのバイオガス発生量は次の値を参考とした。

粗たん白質は 0.764nml/g-bVS 、粗脂肪は 1.425nml/gbVS、炭水化物は 0.83nml/gbVS とした。（「メタン発酵」技法堂出版野池達也著より）

（５）炭素分解速度の推移

①炭素分解速度の変化

混合食品残渣の炭素分解速度（一日当りの炭素分解量）の変化を以下に示す。

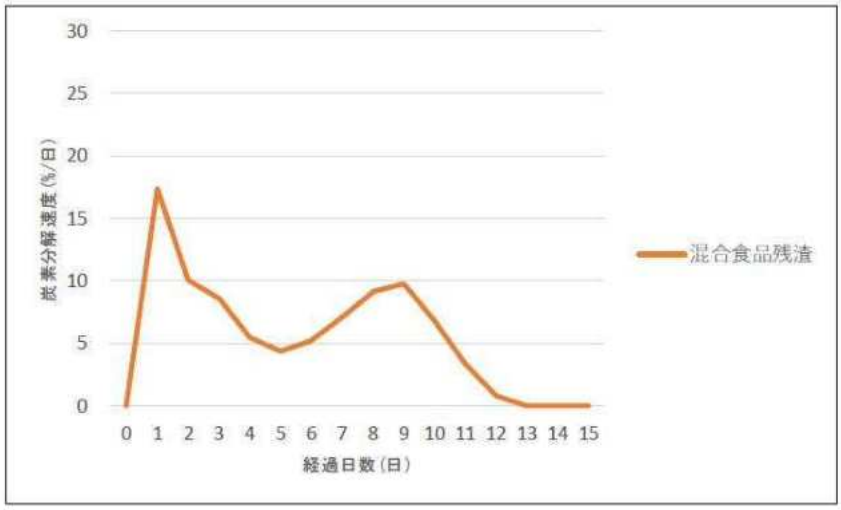


図 6-14　炭素分解速度の変化

投入直後に高くなり、その後投入後 8，9 日目に再び高い値を示した。これは、易分解性の物質が含まれているとともに、分解の遅い脂肪分なども同様に含有されていることと推察される。

②炭素分解率の推移

混合食品残渣の炭素分解率の累積経日変化を以下に示す。分解された炭素量の 90%が試験開始後 9 日間で分解されている。

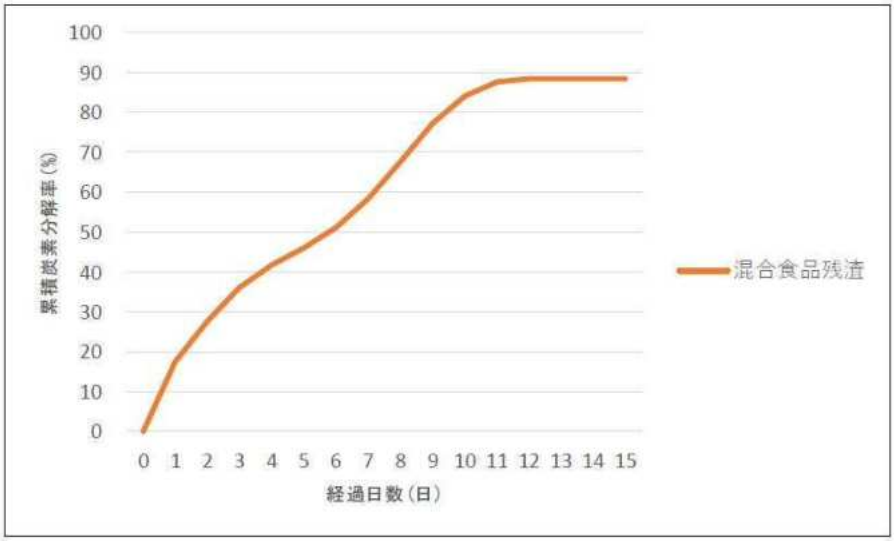


図 6-15　炭素分解率の累積経日変化

3)その他

（1）アンモニア性窒素濃度

バイオマスをメタン発酵処理した場合の、メタン発酵槽内のアンモニア性窒素濃度はメタン発酵阻害を検討する上で重要である。

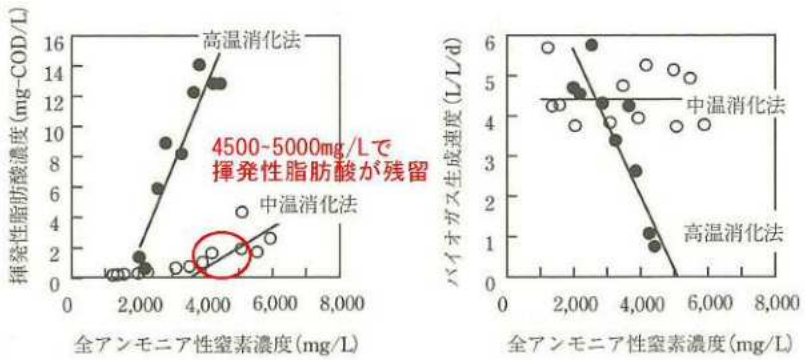
混合食品残渣を処理した場合の発酵槽内のアンモニア性窒素濃度の推測結果を表-10 に示す。槽内のアンモニア性窒素濃度は 11,900mg/l と高くなっている。これは分解率が高いため、有機性窒素から溶出するアンモニア性窒素量が多くなるためと考えられる。

図 6-16 に示すとおり、生ごみを使用した湿式法の中温発酵（37℃前後）における槽内のアンモニア性窒素濃度は上限が 4,500~5,000 mg/l 程度といわれている。ただし、アンモニアの阻害については、pH が高い場合や高温消化でより顕著となる。

アンモニアの阻害を起こさないために、水で希釈してメタン発酵の材料としたり、メタン発酵槽の前段に可溶化槽・アンモニア除去装置を付加した装置の導入が考えられる。なお、希釈すると消化液の量が多くなるため、できるだけ消化液の量を抑えるために実証実験において 2～3 倍希釈の倍率でアンモニアの阻害が発生するか確認する必要がある。

表 6-21　メタン発酵槽内のアンモニア性窒素濃度

	単位	混合食品残渣
メタン発酵槽内の アンモニア性窒素濃度	mg/l	11900



出典：「メタン発酵」技法堂出版野池達也著より

図 6-16　生ごみと汚泥を基質としたメタン発酵のアンモニアの阻害結果

（2）消化液量

混合食品残渣を 1t 処理した場合に発生する消化液量を以下に示す。減量率としては 31%と高い値であった。2～3 倍の希釈を行う場合、消化液は 1.3～1.9t/日程度発生すると想定される。

表 6-22　消化液量推算結果

	単位	混合食品残渣
消化汚泥量	t	0.69

（3）汚泥濃度

同様に消化液の汚泥濃度（TS 濃度）を推算した結果を以下に示す。TS 濃度が低く計算されたが、これは有機物量が多く分解率が高かったためと考えられる。

表 6-23　消化液中の汚泥濃度

	単位	混合食品残渣
発酵槽内の固形物濃度	%	4.0

6.10 分析・試験結果による事業見通しのまとめ

【事業化に向けた良好な見通し】

- バイオガスの発生量、メタン濃度は良好であり、バイオガス発生の安定性も確保できることから、今回の試料はエネルギー回収の面で優位であると言える。

【今後検討すべき課題】

- アンモニアによるメタン発酵の阻害が懸念されるため、水により希釈してメタン発酵の材料として利用、もしくは可溶化槽・アンモニア除去装置を付加したメタン発酵システムを採用すれば、メタン発酵の阻害は影響しないと言える。
- 希釈を行う場合は、1 日あたり 1.4～1.9t 程度の消化液が発生するため、液肥として利用する場合は 2 か月分程度にあたる 110 ㎥程度の貯留槽を確保する。
- 消化液の全量散布が難しい場合は、下水道放流は水処理設備の導入を検討する。この点は、今後検討していく液肥利用計画や、候補地の下水道整備状況などにより判断する。

6.10.1 バイオガスの濃度・発生量・安定性

今回試験に供した混合食品残渣は 1t 当りのバイオガス発生量が 268.3Nm^3 であり、他の生ごみ試料と比べて高い値を示した。また、他のバイオマスと比べてもガス発生量は大きい。

メタン濃度は 60%近くあり他の生ごみ試料と比べて大きく、エネルギー回収にも有利であると考えられる。

また、生ごみの発生量の日毎の変動は小さく、排出される店舗数も 1 日あたり約 50 店舗と多いことから、質の変動も小さいと言える。このことから、バイオガス発生の安定性も確保できる。

なお、採算が確保される形で運用されている新潟県長岡市の「生ごみバイオガス発電センター」では、バイオガス発生量原単位は、約 150N Nm^3/t、メタン濃度は約 50%である。この事例と比較してもバイオガスの発生量、メタン濃度は良好であり、バイオガス発生の安定性も確保できることから、今回の試料はエネルギー回収の面で優位であると言える。

6.10.2 アンモニアの影響

混合食品残渣は窒素含有量も高く、分解率も高いため、メタン発酵槽内のアンモニア性窒素濃度が11,900mg/l とかなり高くなると推算された。実施設の運転管理に際しては希釈する等の検討が必要である。

アンモニアは高温・高濃度の発酵で、より阻害が大きくなるとされる。アンモニアの影響を考慮すると、地下水や水道水などにより 2～3 倍程度に希釈してメタン発酵の材料として使用すれば、メタン発酵の阻害は起きることなく、エネルギーの回収は確実に実施できると言える。この場合、日平均の生ごみの量を 920kg とすると、1 日あたり 1.4～1.9t 程度の消化液が発生するため、消化液の利用先・貯留場所を確保する必要がある。

また、メタン発酵槽の前段に高温の可溶化槽を設置し、アンモニアの除去装置を設置することで、後段のメタン発酵槽においてアンモニアの阻害を受けずにメタンガスを回収することが可能である（図 6-17 参照）。各アンモニア対策の特徴は表 6-24 に示すとおりである。

これらアンモニア阻害への対策は、消化液の利用、維持管理費などを総合的に勘案し、次年度以降に検討する必要がある。

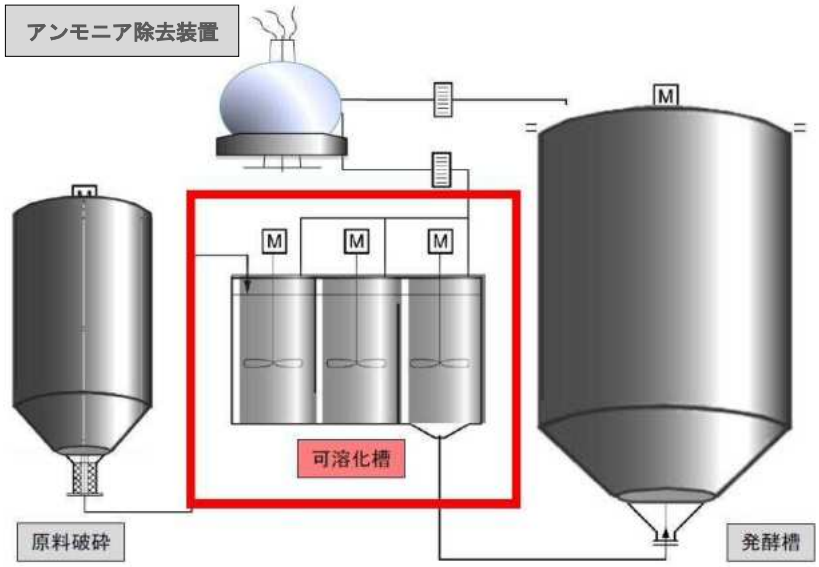


図 6-17　可溶化・アンモニア除去装置を付帯したメタン発酵システム

表 6-24　各アンモニア対策の特徴

アンモニア対策	メタン発酵方式	メリット	デメリット
水による希釈	湿式 中温	・ 設備を導入せずアンモニア対策が可能	・ 消化液の量が多くなる ・ 高温に比べ設備規模が大きくなる
可溶化槽+アンモニア除去	乾式 高温※	・ 消化液の量が少ない ・ 中温に比べ設備規模が小さくなる	・ 加温に要するエネルギーが大きくなる。

※乾式の場合、メタン発酵槽の温度は高温（55℃程度）が採用されることが非常に多い

6.10.3 微量金属類の影響

その他、金属類等の分析結果からは有害となると考えられるほどの含有量の高い項目は無いと考えられた。

微量金属類の量は微生物の活動に必要な量はある程度確保されており、添加などは不要であると想定される。

6.10.4 消化液の活用・処理方法

1)消化液の活用・処理方法

消化液（発酵残渣）の処理、利用方法は以下に示すとおりである。経済的な処理・利用方法は、そのまま液肥として利用するものや送水、下水道放流する場合である。

また、消化液を固液分離した後、固形分を乾燥、堆肥化し肥料として利用することも可能である。この場合、堆肥化設備を導入し、発酵残渣の固形分の堆肥化を図ると共に、水分は下水道放流や乾燥焼却処理などを行う必要がある。

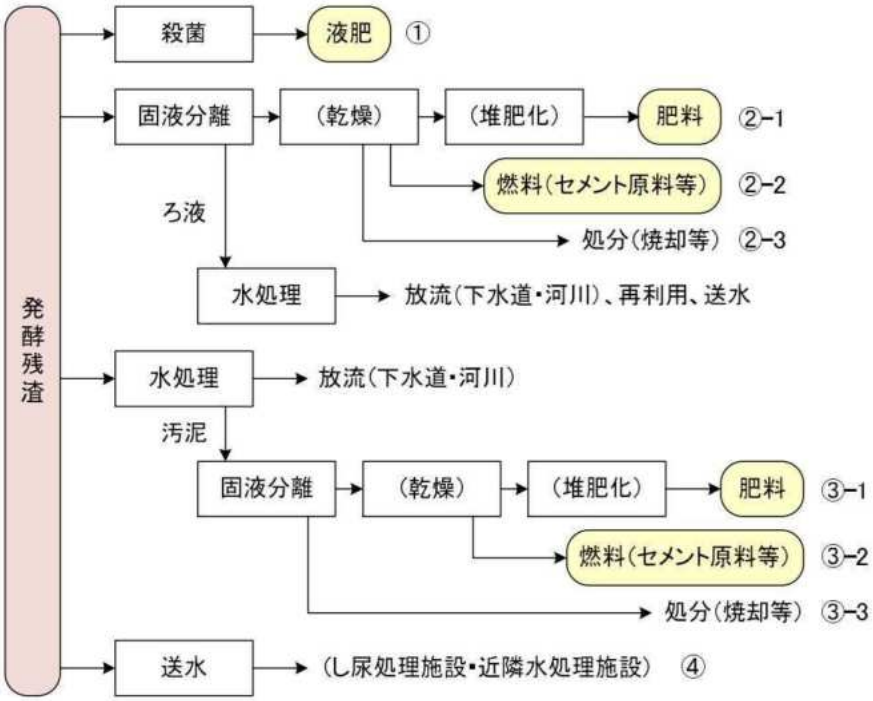


図 6-18　発酵残渣の処理・利用方法

2)消化液の肥料利用のポイント

① 利用先の確保

消化液をそのまま液肥として利用する場合、利用先を確保しておく必要がある。堆肥は過剰気味である地域もあることから、地域における堆肥の現在の利用状況や長期的な需要の見通し等を把握しておく必要がある。

なお、本村では「北中城村植物ごみ資源化ヤード」においても一部堆肥を製造している。ただし、本事業で製造する堆肥は、栄養分豊富な消化液、および炭、EM 菌等を混合した高機能堆肥であり、資源化ヤードで製造される堆肥とは機能が異なる。

液肥の配布については、事例として販売している場合や無償で配布している場合などがある。次年度以降に状況やニーズを把握した上で、適切な配布方法の検討を実施していく。

② 消毒殺菌の実施

消化液の液肥利用を行う場合、病原菌等の影響を防ぐため、適切な殺菌を行うことが望ましいとされる。殺菌は加熱殺菌が一般的である。ただし、メタン発酵方式が 55℃程度の高温消化の場合、病原菌類は死滅しやすいため、一般的に殺菌処理は不要である。

③ 異物混入対策

液肥にプラスチックなどの異物が混入しないようにするため、メタン発酵槽への投入過程などで異物混入対策の徹底を図る必要がある。

3)消化液の施肥量と散布面積の試算

ここでは、消化液の液肥利用を行う場合の施肥量と散布可能な面積の試算結果を示す。

【消化液の施肥量】

1 日あたりに発生する消化液の量を 1.9t/日とし、どれだけの農地に液肥として散布可能かを想定する。なお、北中城の農産物はさとうきびが多いことから、さとうきびの施肥基準を参考とする。

散布する量の設定（窒素濃度を基準に設定）

消化液の全窒素濃度　3,000mg/L と想定

全窒素濃度　3,000mg/L ＝　3 kg/m^3

基準施肥量　26kg/10a（表 6-25 より村の主な土壌であるジャーガルで算定）

面積当たり施肥量　26kg/10a　÷　3 kg/m^3　＝　8.7 m^3/10a　≒　0.87 m^3/a

表 6-25　さとうきびの基準施肥量（沖縄県　さとうきび栽培指針）

土壌型		作型	三要素成分量 (kg/10a) N	P_2O_5	K_2O	施肥配分(%) 元肥	追肥 1回目	2回目	3回目	施肥量(袋/10a)注1 元肥	追肥 1回目	2回目	3回目	施肥時期（月） 元肥	追肥 1回目	2回目	3回目
ジャーガル	熟畑	夏植	26	10	7	30	30	20	20	2.5	2.5	1.5	1.5	7～8	10～11	2～3	5～6
		春植	19	8	5	30	30	40		2	2	2.5		2～3	4	5～6	
		株出	22	9	6	40	30	30		3	2	2		2～3	4	5～6	
	造成畑	夏植	30	15	8	30	30	20	20	3	3	2	2	7～8	10～11	2～3	5～6
		春植	23	15	6	30	30	40		2	2	3.5		2～3	4	5～6	
		株出	25	15	7	40	30	30		3	2.5	2.5		2～3	4	5～6	
島尻マージおよび大東マージ	熟畑	夏植	24	8	8	30	20	25	25	2.5	1.5	2	2	7～8	10～11	2～3	5～6
		春植	20	6	6	30	30	40		2	2	2.5		2～3	4	5～6	
		株出	22	7	7	40	30	30		3	2	2		2～3	4	5～6	
国頭マージ	熟畑	夏植	27	12	12	30	20	25	25	2.5	2	2	2	7～8	10～11	2～3	5～6
		春植	20	10	10	30	30	40		2	2	2.5		2～3	4	5～6	
		株出	23	11	11	40	30	30		3.5	2	2		2～3	4	5～6	
	新開地 初作	夏植	40	100	25	30	20	25	25	4	2.5	3	3	7～8	10～11	2～3	5～6
		春植	30	100	20	30	30	40		3	3	4		2～3	4	5～6	
	新開地 二期作以降	夏植	40	25	25	30	20	25	25	4	2.5	3	3	7～8	10～11	2～3	5～6
		春植	30	20	20	30	30	40		3	3	4		2～3	4	5～6	
		株出	35	23	23	40	30	30		4	3.5	3.5		2～3	4	5～6	

【施肥可能な面積】

北中城村の耕地に施肥可能な面積を算定する。

年間液肥発生量　1.9t/日　×　365 日　＝　694t/年

施肥可能な面積　694t/年　÷　0.87 m^3/a　＝　798a　≒　8ha

H29 年の耕地面積　74ha（H29 農業センサスより）

耕地面積に対する施肥可能な割合　8ha　÷　74ha　≒　11%

耕作放棄地面積　約 27ha

耕作放棄地面積に対する施肥可能な割合　8ha　÷　27ha　≒　30%

発生した液肥 694t/年は、約 8ha の農地に施肥可能であり、現在の耕地面積に対して 11%、耕作放棄地面積に対して 30%を賄うことができる。

消化液　約 694t/年

約 8ha への散布が可能

図 6-19　消化液（液肥）の散布

4)消化液の貯留量の試算・排水処理

【消化液の貯留量】

さとうきびの施肥時期は、表 6-25 に示すとおり夏植の場合は年 4 回程度の散布であり、施肥を行わない期間は最大で 2 か月程度であると想定される。そのため、最大で 2 か月分程度の消化液を貯留できる施設が必要になると考えられる。

1 日あたり消化液排出量　1.9t/日

消化液の貯留量　　1.9t/日×60 日　＝　114 ㎥

【消化液の排水処理】

消化液の農地への全量散布は難しい場合、下水道放流もしくは排水処理を行い河川等へ放流することを検討する。

①　下水道放流の場合

候補地が下水道整備区域の場合、消化液はそのまま下水道放流を行う。本事業における排水量は、最大で 1.9t/日と想定されるため、表 6-26 の下水道への排除基準と照らし合わせると pH などの基準を満たせば下水道にそのまま放流することが可能であると考えられる。

表 6-26　下水道への排除基準

対象者 / 対象物質又は項目		水質汚濁防止法上の特定施設の設置者			水質汚濁防止法上の特定施設を設置していない者	
		50㎥/日以上	50㎥/日未満		50㎥/日以上	50㎥/日未満
環境項目等	総クロム	2mg/L以下	2mg/L以下	2mg/L以下	2mg/L以下	2mg/L以下
	銅	3mg/L以下	3mg/L以下	3mg/L以下	3mg/L以下	3mg/L以下
	亜鉛	2mg/L以下	2mg/L以下	2mg/L以下	2mg/L以下	2mg/L以下
	フェノール類	5mg/L以下	5mg/L以下	―	5mg/L以下	―
	鉄（溶解性）	10mg/L以下	10mg/L以下	―	10mg/L以下	―
	マンガン（溶解性）	10mg/L以下	10mg/L以下	―	10mg/L以下	―
	生物化学的酸素要求量（BOD）	600mg/L未満（300mg/L未満）	―		600mg/L未満（300mg/L未満）	―
	浮遊物質量（SS）	600mg/L未満（300mg/L未満）	―		600mg/L未満（300mg/L未満）	―
	ノルマルヘキサン抽出物質 鉱油	5mg/L以下	―		5mg/L以下	―
	ノルマルヘキサン抽出物質 動植物油	30mg/L以下	―		30mg/L以下	―
	窒素	120mg/L未満	―		120mg/L未満	―
	燐	16mg/L未満	―		16mg/L未満	―
	水素イオン濃度（pH）	5を超え9未満（5.7を超え8.7未満）	5を超え9未満（5.7を超え8.7未満）		5を超え9未満（5.7を超え8.7未満）	5を超え9未満（5.7を超え8.7未満）
	温度	45℃未満（40℃未満）	45℃未満（40℃未満）		45℃未満（40℃未満）	45℃未満（40℃未満）
	沃素消費量	220mg/L未満	220mg/L未満		220mg/L未満	220mg/L未満

② 排水処理を行う場合

排水処理を行う場合、処理水量にもよるが表 6-27 に示す一律排水基準に適合する必要がある。この一律排水基準に適合する処理施設を導入する必要がある。消化液は窒素成分が豊富であるため、硝化脱窒を含む水処理を導入する必要がある。

もしくは、一律排水基準を満たせば、希釈してそのまま放流することも可能である。消化液のアンモニア態窒素濃度が 3,000mg/L と想定した場合、一律排水基準の 100mg/L を満たすには 30 倍程度の希釈が必要である。

表 6-27 一律排水基準

生活環境項目	許容限度
水素イオン濃度(pH)	海域以外 5.8~8.6、海域 5.0~9.0
生物化学的酸素要求量(BOD)	160mg/L (日間平均 120mg/L)
化学的酸素要求量(COD)	160mg/L (日間平均 120mg/L)
浮遊物質量(SS)	200mg/L (日間平均 150mg/L)
ノルマルヘキサン抽出物質含有量(鉱油類含有量)	5mg/L
ノルマルヘキサン抽出物質含有量(動植物油脂類含有量)	30mg/L
フェノール類含有量	5mg/L
銅含有量	3mg/L
亜鉛含有量	2mg/L
溶解性鉄含有量	10mg/L
溶解性マンガン含有量	10mg/L
クロム含有量	2mg/L
大腸菌群数	日間平均 3000個/cm3
窒素含有量	120mg/L (日間平均 60mg/L)
燐含有量	16mg/L (日間平均 8mg/L)

備考:生活環境項目の排水基準は、一日当たりの平均的な排出水の量が50m3以上である工場又は事業場に係る排出水について適用する。
(*)アンモニア性窒素に0.1, 4-ジオキサン4を乗じたもの、亜硝酸性窒素及び硝酸性窒素の合計量。

有害物質の種類	許容限度
カドミウム及びその化合物	0.1mg/L
シアン化合物	1mg/L
有機燐化合物(パラチオン、メチルパラチオン、メチルジメトン及びEPNに限る。)	1mg/L
鉛及びその化合物	0.1mg/L
六価クロム化合物	0.5mg/L
砒素及びその化合物	0.1mg/L
水銀及びアルキル水銀その他の水銀化合物	0.005mg/L
アルキル水銀化合物	検出されないこと。
ポリ塩化ビフェニル	0.003mg/L
トリクロロエチレン	0.3mg/L
テトラクロロエチレン	0.1mg/L
ジクロロメタン	0.2mg/L
四塩化炭素	0.02mg/L
1,2-ジクロロエタン	0.04mg/L
1,1-ジクロロエチレン	1mg/L
シス-1,2-ジクロロエチレン	0.4mg/L
1,1,1-トリクロロエタン	3mg/L
1,1,2-トリクロロエタン	0.06mg/L
1,3-ジクロロプロペン	0.02mg/L
チウラム	0.06mg/L
シマジン	0.03mg/L
チオベンカルブ	0.2mg/L
ベンゼン	0.1mg/L
セレン及びその化合物	0.1mg/L
ほう素及びその化合物	海域以外 10mg/L、海域230mg/L
ふっ素及びその化合物	海域以外 8mg/L、海域15mg/L
アンモニア、アンモニウム化合物亜硝酸化合物及び硝酸化合物	(*)100mg/L
1,4-ジオキサン	0.5mg/L

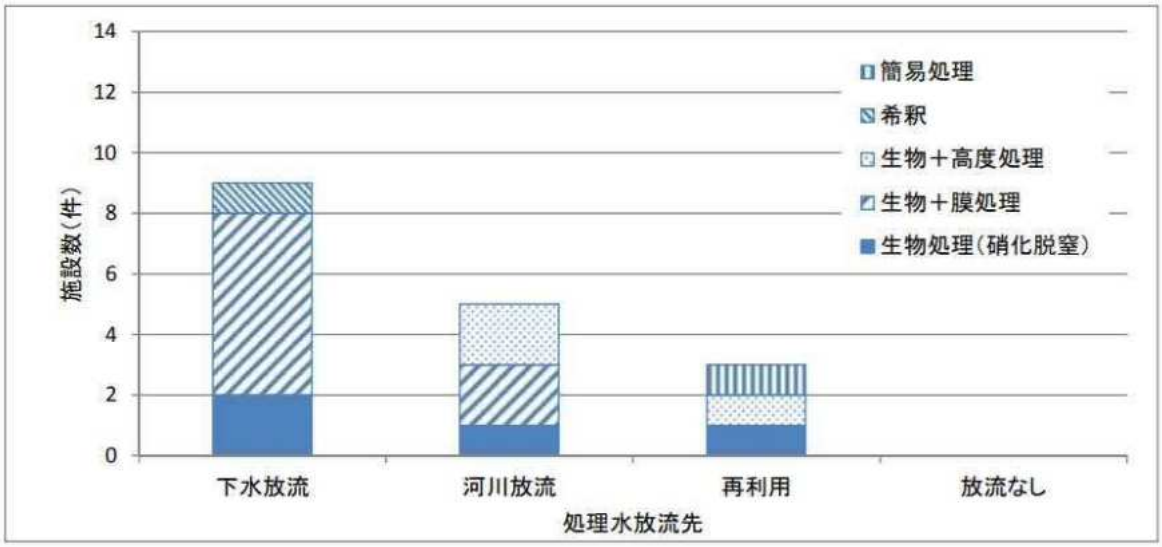


図 6-20 環境省調査による消化液の水処理の採用数

6.10.5 発電量の見込み

以下に、分析結果から得られた結果より、発電量の見込みを算出する。

① メタンガス発生量の算出

ガス発生量原単位　268.3 Nm^3/t

年間生ごみ排出量　337.3 t

年間ガス発生量　268.3 Nm^3/t　×　337.3 t　＝　90,605 Nm^3

メタンガス濃度　58.9%

年間メタンガス発生量　90,605 Nm^3　×58.9%　＝53,457 Nm^3

② 発電量の算出

発電効率　0.3

メタンガスの低位発熱量　36 MJ/ Nm^3

1MJ = 0.2778 kWh

53,457 Nm^3　×　36　×　0.2778　×　0.3　＝　160,384 kWh/年

≒　**13,300 kWh/月**

③ コンテナ式水耕栽培の消費電力を賄う場合

以下に、2018 年 1 月におけるコンテナ式水耕栽培の消費電力量を示す。月間の消費電力量は約 8,000kWh であり、バイオガス発電により全て賄うことが可能である。そのため、電力料金としてかかっているひと月あたり 25 万円程度の費用が削減可能である。

ただし、これは冬季における消費電力量であり、夏季には空調による消費電力量がより大きいと推察される。現在は冬季の消費電力量データしかないため、今後把握する必要がある。

表 6-28　コンテナ式水耕栽培の消費電力量実績（2018 年 1 月）

号機	環境制御タイプ	月間消費電力量(kWh)	料金（円）
1 号機	人工光型	2,997	94,719
2 号機	太陽光型	971	29,967
3 号機	人工光+アクアポニックス	1,148	35,656
4 号機	太陽光型+アクアポニックス	615	18,622
5 号機	人工光型+エネルギー利用最適化技術	2,238	70,492
合計		**7,972**	249,456

⇒冬季は消費電力量を賄うことが可能

第7章　　類似・優良事例の整理

7.1 再生可能（生ゴミ）資源によるバイオガス発電設備 125
7.2 再生可能資源（生ゴミ）による炭化装置 140
7.3 再生可能（生ゴミ）資源による堆肥化設備・装置 152
7.4 ＩＴ技術を利用した省エネ・省力化と環境データ収集・制御管理について 164
7.5 ＩＴ農業事例 169
7.6 農業ハウスの事例 181
7.7 イメージするＩＴ設備機器・ハウス等の生産システム事例 193

7.1　再生可能（生ゴミ）資源によるバイオガス発電設備

バイオガス発電とは、下水汚泥や食品残渣、生ごみなどを発酵させてバイオガス（主成分はメタン）を発生させ、そのバイオガスを燃料としてガスコジェネやガスボイラーを運転し、電気エネルギー、熱エネルギーなどを取り出すものである。

ここでは、再生可能（生ゴミ）資源によるバイオガス発電設備・装置についての事例を整理した。

7.1.1 バイオガス発電設備の事例のまとめ

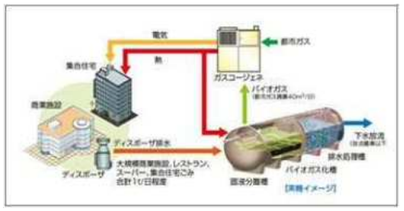
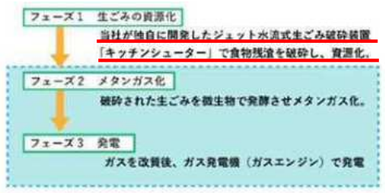
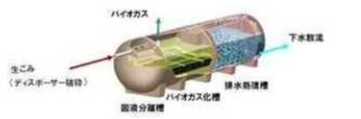
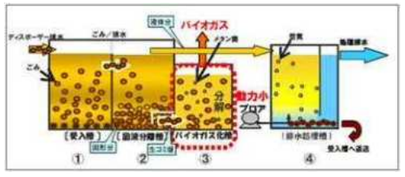
- 事例の中で製品化されているものは、事例 1,2 および 4 と考えられる。
- 処理可能な量や処理方法などの特長を含めて、採用する設備の仕様を選定していく方針とする。

バイオガス発電設備の事例のまとめを表 7-1 に示す。

どの事例も小規模なバイオガス発電設備である。ただし、事例 3 及び 5 については、実証実験もしくは自主開発により製造されたもので、製品化されていないものと考えられる。

また、現在開発中のコンテナ式製品もあるため、次年度業務において、事業費・各製品の特長を含めて採用する製品を選定していく。

表 7-1　バイオガス発電設備・装置

事例 No	1	2	3	4	5
会社名	株式会社　開成	フューチャーエナジー株式会社	株式会社大阪ガス	サイエンスソフトウェア株式会社	沖縄県　石垣市
プラント名	瀬波バイオマスエネルギープラント	EG5 型	小型バイオガス化システム	グリーンハウス型プラント コンテナ型プラント	メタン発酵試験プラント
写真及び図等	 ＜システムフロー＞	 ＜EG5　D 型＞	 ＜小型バイオガス化システム＞	 ＜グリーンハウス型プラント＞ ＜コンテナ型プラント＞	 ＜メタン発酵試験プラント＞
プラント事業概要	・食品系の動植物性残渣を活用したバイオマス施設を運営 ・バイオマス原料の処理受託収入やバイオガス発電による売電収入、発電排熱の農業利用、バイオマス消化液は管理農地へ施肥することで、農業とバイオマス事業を連動させるビジネスモデルを構築	・小型のメタン発酵ガス化電装置で、食品残渣の破砕機（キッチンシューター）と組み合わせることにより、商業ビル・オフィスビルの中や大規模マンションなどの隣接地において、メタン発酵ガス化発電を行うことが可能	・バイオガス化槽と排水処理を一体構造とし 、ポンプ等の機器を大幅に削減することで少量の生ごみを経済的にバイオガス化が可能 ・10kg と 100kg の処理能力実証機で試験を行い、バイオガスが安定的に発生すること等を実証	・原料を前段階の『可溶化槽』にまず投入して溶解 ・可溶化によりメタン発酵を高湿発酵で運転が可能であるため、滞留時間が短く、発酵槽の大きさもコンパクト化	・独自に設計したメタン発酵施設で、消化液を液肥として農地に散布 ・発酵過程でバイオガスに含まれる水分の除去やガスの供給方法等が課題
製品化	○	○	－（実証実験のみ）	○	－（自主開発）
主な設備概要	【バイオガス】 処理能力：4.9t/日以下（食品残渣） 発生量：320N ㎥/日 熱量　：22~24MJ/N ㎥ （メタン 55~60%） 【売電】 年間発電量③：187,200kWh/年 FIT 売電価格④：39 円/kWh 年間売電価格③×④：7,300,800 円/年 	【バイオガス】 処理能力：300 ~500kg/日 発電量：60～100 kW 設置面積：約 40 ㎡ 【メタン調整ユニット】 加水分解槽、脱硫槽、ガスバック 【メタン発酵ユニット】 発酵槽×2、温水過熱ユニット  【発電部】ガスエンジン（ヤンマー製） 約 220Kwh/日（利用可能約 100 kwh/日）	【バイオガス】 処理能力：10kg～1t 発生量：0.7m³～70m³/日 【生ごみ量：10kg】 バイオガス発生量：0.7 ㎥/日 熱量：17MJ/日 発電量：（コージェネ利用）：1.6kWh/h   ①受入槽　②固液分離層　③バイオガス化槽　④排水処理槽	【グリーンハウス型プラント】 処理能力：6kg/日～26ｔ/日 ・シンプルな 1 槽発酵タイプ ・太陽光を利用した発酵槽の加温により、エネルギー消費量を削減 ・循環ポンプ等を外部に設置し、メンテナンス性を向上 【コンテナ型プラント】 処理能力：250kg/日～ ・1 次発酵 2 次発酵を 2：1 の容量で運転 ・発酵タンク等をコンテナ内に設置し、大掛かりな設置工事が不要 ・発酵効率の向上、消化液の臭気・濁度の低減効果 	【バイオガス】 処理能力：1t/日 ・施設は 40 m³ の発酵槽や 5 m³ の液肥貯留槽 4 基、発生ガス処理の機材などで構成。 ・発酵処理は原料混合槽で生ごみと汚泥に泡盛かすも加え、5 日間かき混ぜ、1 日 1 トンを発酵槽に送って微生物を使い 40 日かけて消化処理する。

7.1.2 バイオガス発電設備の事例の一覧

（１）株式会社開成

新潟県村上市の株式会社開成では、食品系の動植物性残渣を活用したバイオマス施設を運営することで、バイオマス原料の処理受託収入やバイオガス発電による売電収入、発電排熱の農業利用、バイオマス消化液は管理農地へ施肥することで肥料購入費が削減され、農業とバイオマス事業を連動させるビジネスモデルを構築している。

表 7-2　会社概要

会社名	株式会社 開成
本社所在地	新潟県村上市宿田 1198 番地 1 電話／0254-66-8522　FAX／0254-66-7848
設立	平成 11 年 6 月 14 日
資本金	9,525 万円
その他	（事業許可） 産業廃棄物収集運搬業許可　No.01501165815 産業廃棄物処分業許可　No.01521165815 （再生可能エネルギー発電設備認定：メタン発酵ガス） 経済産業省　20120711 関東第 120 号 （再生可能エネルギー発電設備変更認定：使用燃料追加） 経済産業省　24 関エネ再変第 1001 号 （肥料登録：瀬波バイオマスメタン発酵肥料 1 号） 農林水産省　生第 93014 号 （再生利用事業計画『食品リサイクル・ループ』認定） 厚生労働省　厚生労働省発生食 0131 第 6 号 農林水産省　28 食産第 4732 号 国土交通省　観観産第 693 号 環　境　省　環廃企発第 1702143 号 （産業廃棄物処理業） 瀬波バイオマスエネルギープラント 〒958-0037　新潟県村上市瀬波温泉 1-1175-113

表 7-3　瀬波バイオマスエネルギープラントの主な設備仕様と稼働状況

項　　目		仕様･稼働状況	備　　考
バイオガス	処理能力	4.9t/日	食品残渣
	バイオガス発生量	320N㎥/日	
	バイオガス熱量	22～24MJ/N㎥	メタン55～60%
加温ボイラー	input熱量	418MJ/h	100,000kcal/h
	吐出温度	給水温＋35℃	
コジェネ	発電機容量	25kW(50Hz)	エンジン 4気筒 4.3ℓ
	バイオガス消費量	13.1N㎥/h	
	発電効率 ①	35%	実測値
	熱回収率 ②	45%	
	総合効率 ①＋②	80%	
売電	年間発電量 ③	187,200kWh/年	520kWh/日×360日/年
	FIT売電単価 ④	39円/kWh	
	年間売電金額 ③×④	7,300,800円/年	

出典：ＬＰＧＣ　ＷＥＢ通信 Vol.2

出典：株式会社開成

図 7-1　瀬波バイオマスエネルギープラントのシステムフロー図

バイオマス用発電機及び電力系統連系盤

メタン発酵消化液（液肥）の農業利用

消化液（液肥）サンプル

液肥散布車による穂肥作業

プラントから消化液（液肥）を汲み上げ

液肥散布車による穂肥作業

出典：株式会社開成

（２）フューチャーエナジー株式会社

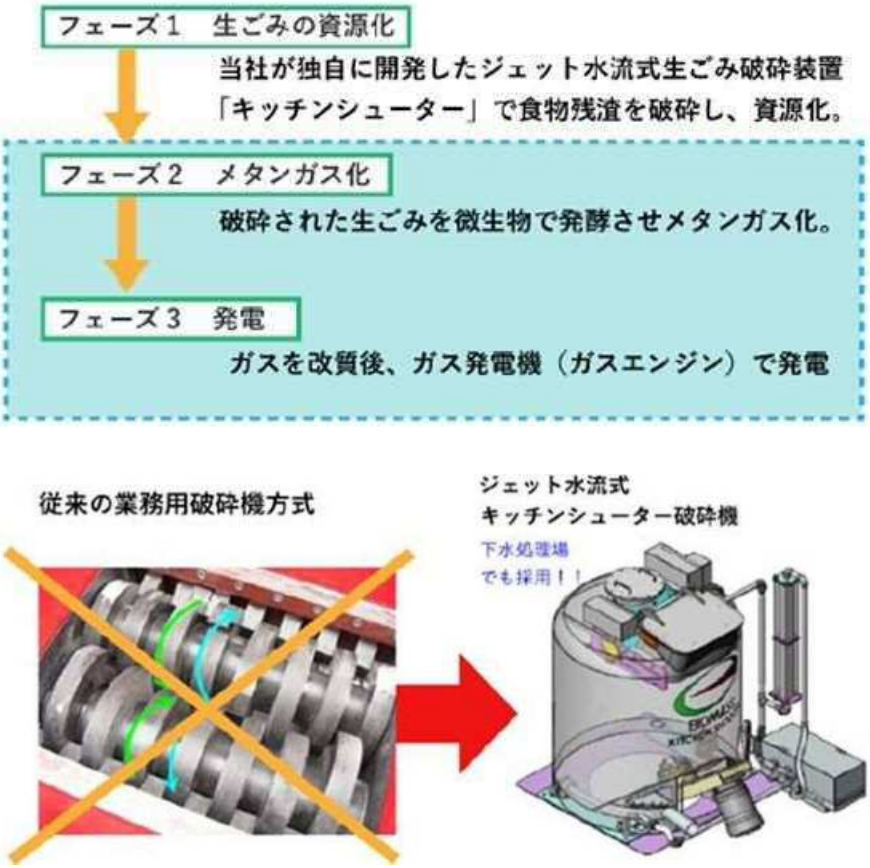
フューチャーエナジー株式会社は、日本で始めて「生ごみ（食物残渣）」のみで「バイオマス発電」を成功させた企業である。

表 7-4　会社概要

会社名	フューチャーエナジー株式会社
本社所在地	千代田区丸の内２丁目３番２号　丸の内郵船ビル１階 電話／03-5533-8515　FAX／03-5533-8765
設立	2002 年 3 月 28 日
資本金	5,315 万円
事業内容	メタン発酵ガス化電装置の製造・販売 食品残渣破砕機の製造・販売 三次元接続集積蓄電池の製造・販売

【バイオマス発電の特徴】

エコジェネは、小型のメタン発酵ガス化電装置で、世界で初めてが小型化に成功したものである。食品残渣の破砕機（キッチンシューター）と組み合わせることにより、商業ビル・オフィスビルの中や大規模マンションなどの隣接地において、メタン発酵ガス化発電を行うことができる。



出典：フューチャーエナジー株式会社ＨＰより

図 7-2　バイオマス発電の流れ

表 7-5　装置構成　ＥＧ５型

メタン調整ユニット		加水分解槽、脱硫槽、ガスバック
メタン発酵ユニット		発酵槽×２、温水過熱ユニット
発電部		ガスエンジン（ヤンマー製を使用）
	加水分解槽材質	FRP 容積：10,000ℓ（有効量）
	発酵槽（２槽）	材質：FRP 容積：10,000ℓ（1 槽あたり有効量）
	脱硫装置	材質：SUS304
	ガスバッグ	形式：球状キャンバスタンク（太陽工業）
	発電部（ガスエンジン）	定格発電量：AC200V３φ25kw 発電量：約 220Kwｈ/日（利用可能約 100Kwｈ/日） 系統連系方式：別途打合せによる
備考		エコジェネは約 40 ㎡の広さがあれば設置可能

出典：フューチャーエナジー株式会社ＨＰより

出典：フューチャーエナジー株式会社ＨＰより

図 7-3　フューチャーエナジー社　ＥＧ５Ｄ型

（３）株式会社大阪ガス

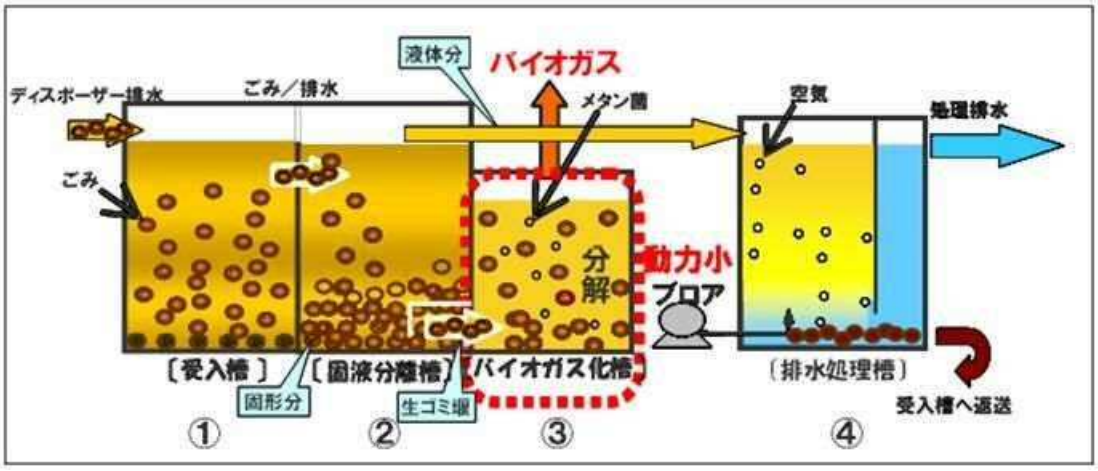
大阪ガスでは、バイオガス化槽と排水処理を一体構造とし 、ポンプ等の機器を大幅に削減することで、少量の生ごみを経済的にバイオガス化する小型装置を（株）ダイキアクシスと共同で開発している。

一般的に、バイオガスプラントは日量２～３ｔを超えればエネルギーを回収できると言われ、それ以下の規模では投入エネルギーよりも回収エネルギーが少ないと言われていたが、これまでに、日量10kg と 100kg の処理能力実証機で試験を行い、それぞれの機器でバイオガスが安定的に発生することなどを実証した。

表 7-6　株式会社大阪ガスの会社概要

会社名	株式会社大阪ガス
本社所在地	大阪市中央区平野町四丁目１番２号 電話／03-5533-8515　FAX／03-5533-8765
設立	1897 年 4 月 10 日（事業開始：1905 年 10 月 19 日）
資本金	1,321 億 6,666 万円

【バイオガス発電の概要】



出典：株式会社大阪ガスＨＰより

図 7-4　バイオガス化システム詳細

① 受入槽

ディスポーザーで粉砕した生ごみを受入れ、骨などの重量物を沈降除去する。

② 固液分離槽

生ごみの固体分が槽下部に沈降し、バイオガス化槽への入口に“生ごみの堰”をつくることで、バイオガス化槽内のメタン菌が固液分離槽に流出することを防ぐ。“生ごみの堰“はバイオガス化槽内の水流によって、バイオガス化槽に吸い込まれ、生ごみの液体分は、オーバーフローにより排水処理槽に直接送られる。

③ バイオガス化槽

生ごみをバイオガス化する。なお、バイオガス化槽内は発生したバイオガス等を熱源としてメタン菌が活性化しやすい温度（30～55℃）に一定に保持する。

④ 排水処理槽

バイオガス化槽に流入しない生ごみの液体分を、排水処理槽で処理し、下水道放流できるレベルまで浄化する。

【小型バイオガス化システムの特徴】

10kg～1t の生ごみから 0.7m3～70m3／日のバイオガスを回収。回収したバイオガスは燃料としてガスコージェネレーションシステム、ガスボイラー、ガス吸収式冷温水器など多用途で利用することが可能。

表 7-7　性能緒元

	生ごみ量	
	10kg／日	1ｔ／日
バイオガス発生量	0.7 ㎥／日	70 ㎥／日
熱量	17MJ/日	1700MJ/日
発電量（コージェネ利用時）	1.6kWh/日	160kWh/日
CO_2削減量*	1.7kgCO2/日	170kgCO2/日

出典：株式会社大阪ガスＨＰより

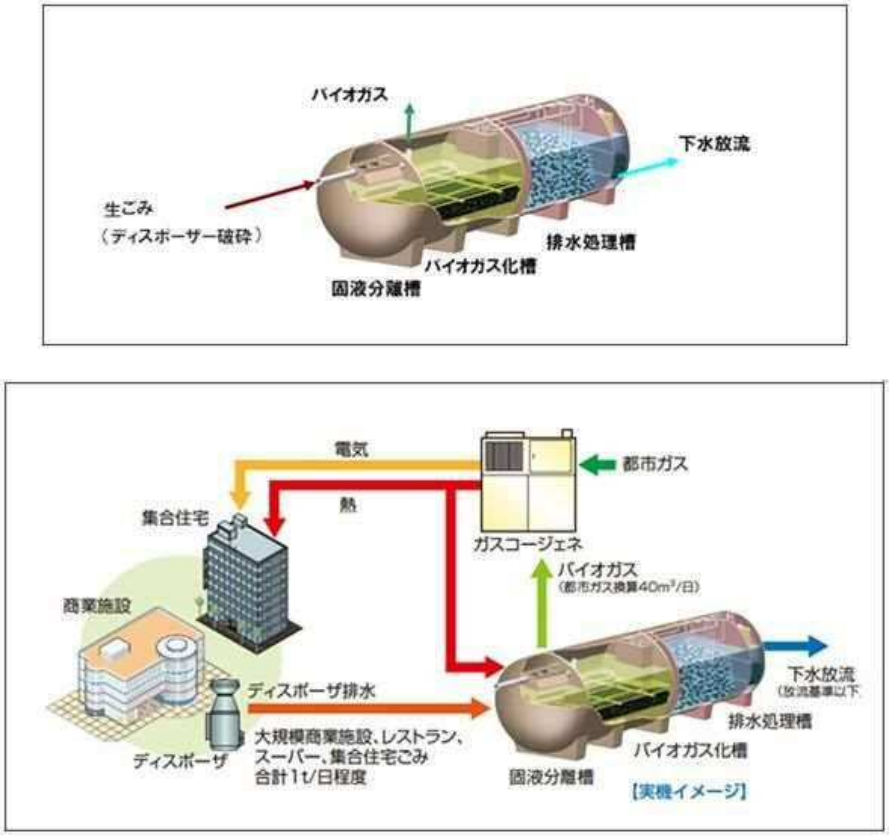


図 7-5　小型バイオガス化システムの概観

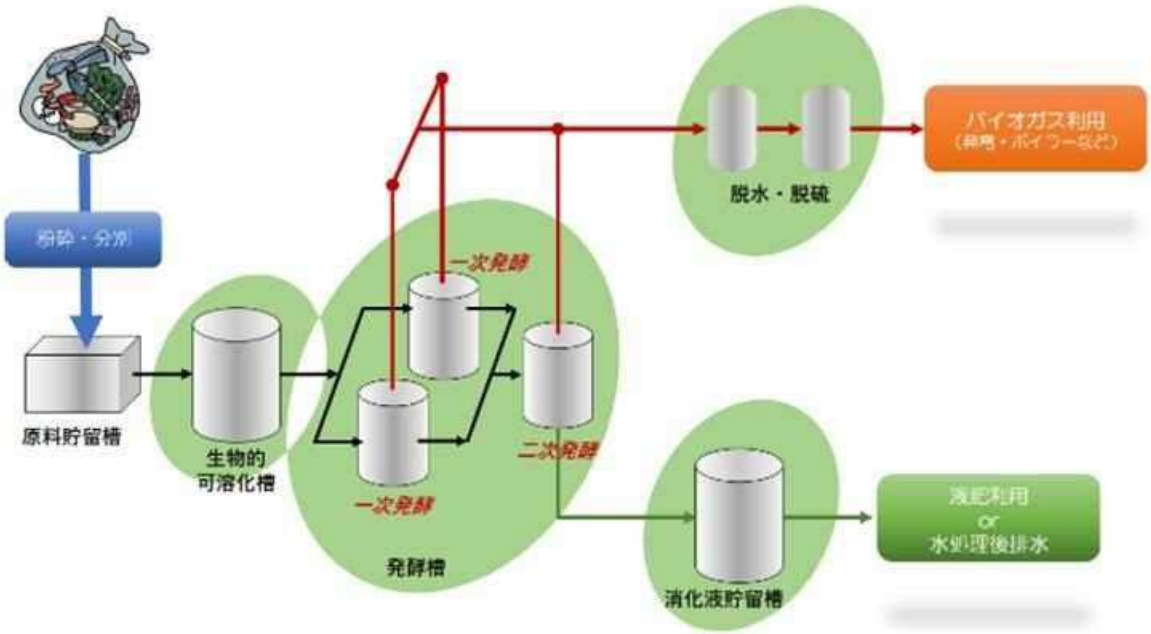
（4）サイエンスソフトウェア株式会社

従来のバイオガス発電では、原料を直接発酵槽に投入するが、本システムでは前段階の『可溶化槽』にまず投入して溶解するのが特徴である。

可溶化槽では可溶化菌（特許取得済み）により、原料を次のメタン発酵の促進のため第一次溶解させる。可溶化によりメタン発酵を高湿発酵で運転できるので、滞留時間が短く、発酵槽の大きさもコンパクトにでき、システム全体の小型化が実現されている。

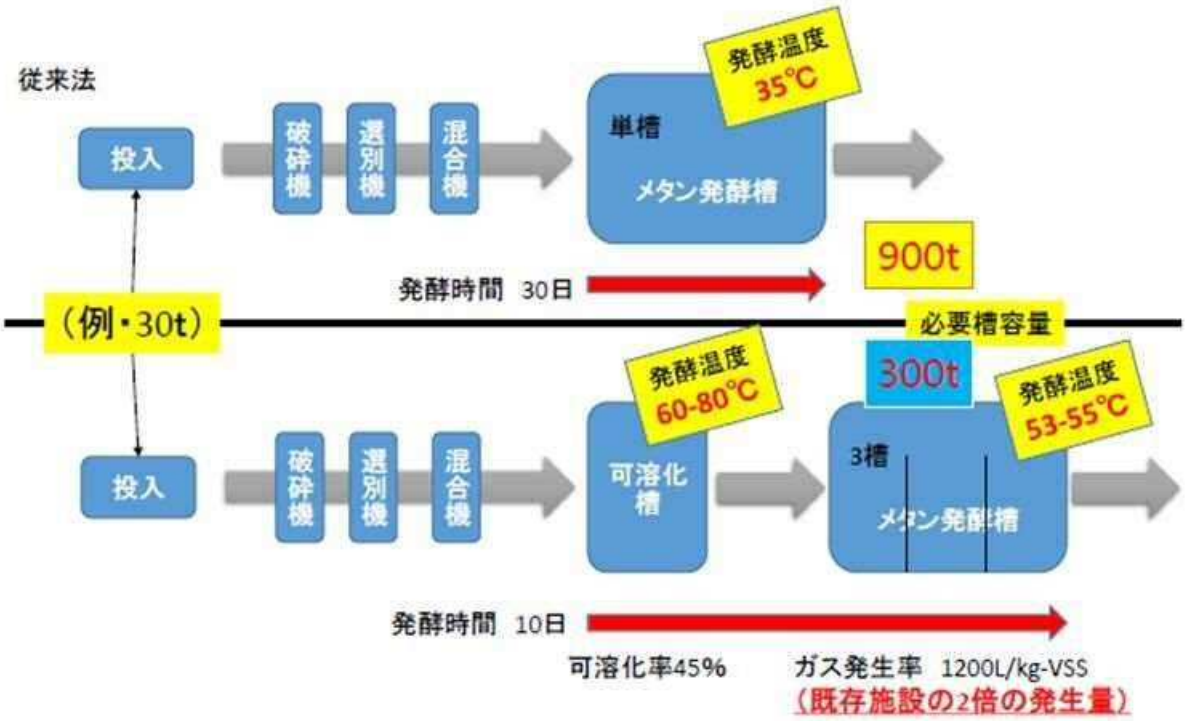
表 7-8　サイエンスソフトウェア株式会社の会社概要

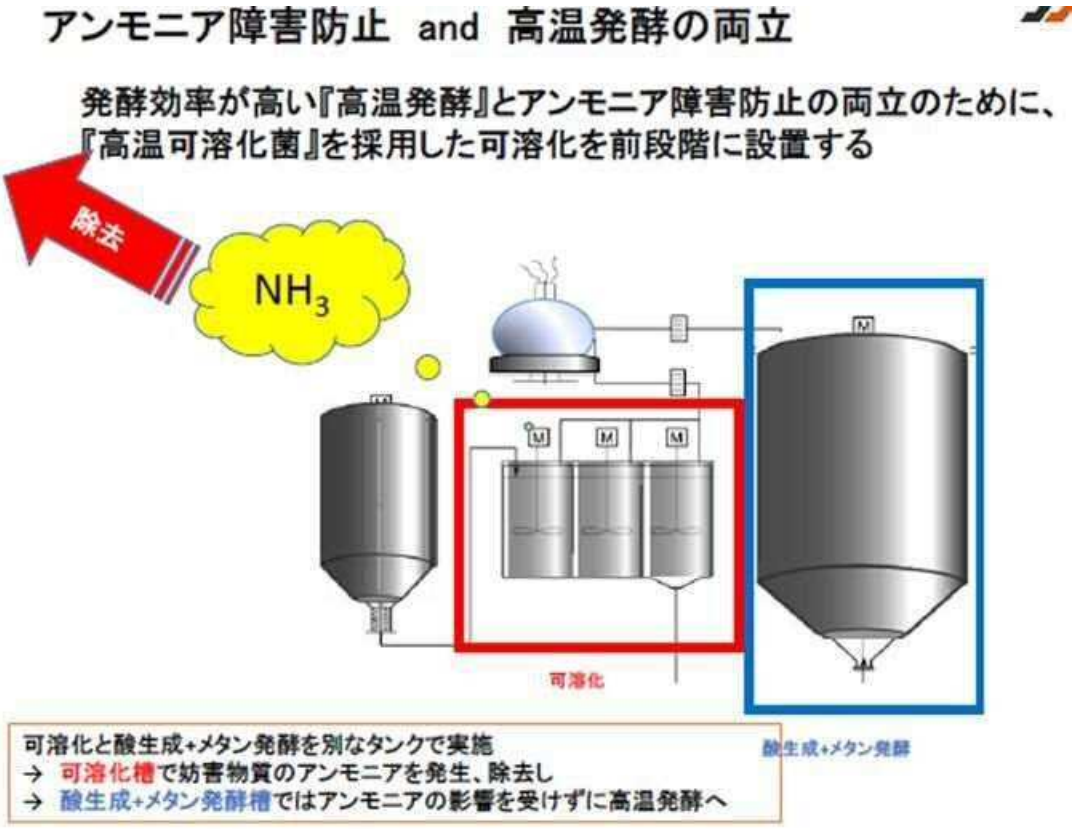
会社名	サイエンスソフトウェア株式会社
本社所在地	大阪市中央区平野町四丁目 1 番 2 号 電話／03-5533-8515　FAX／03-5533-8765
設立	1897 年 4 月 10 日（事業開始：1905 年 10 月 19 日）
資本金	1,321 億 6,666 万円



出典：サイエンスソフトウェア株式会社パンフレットより

図 7-6　バイオガスシステムの基本フロー図





出典：サイエンスソフトウェア株式会社パンフレットより

図 7-7　バイオガスシステム図

【グリーンハウス型プラント】

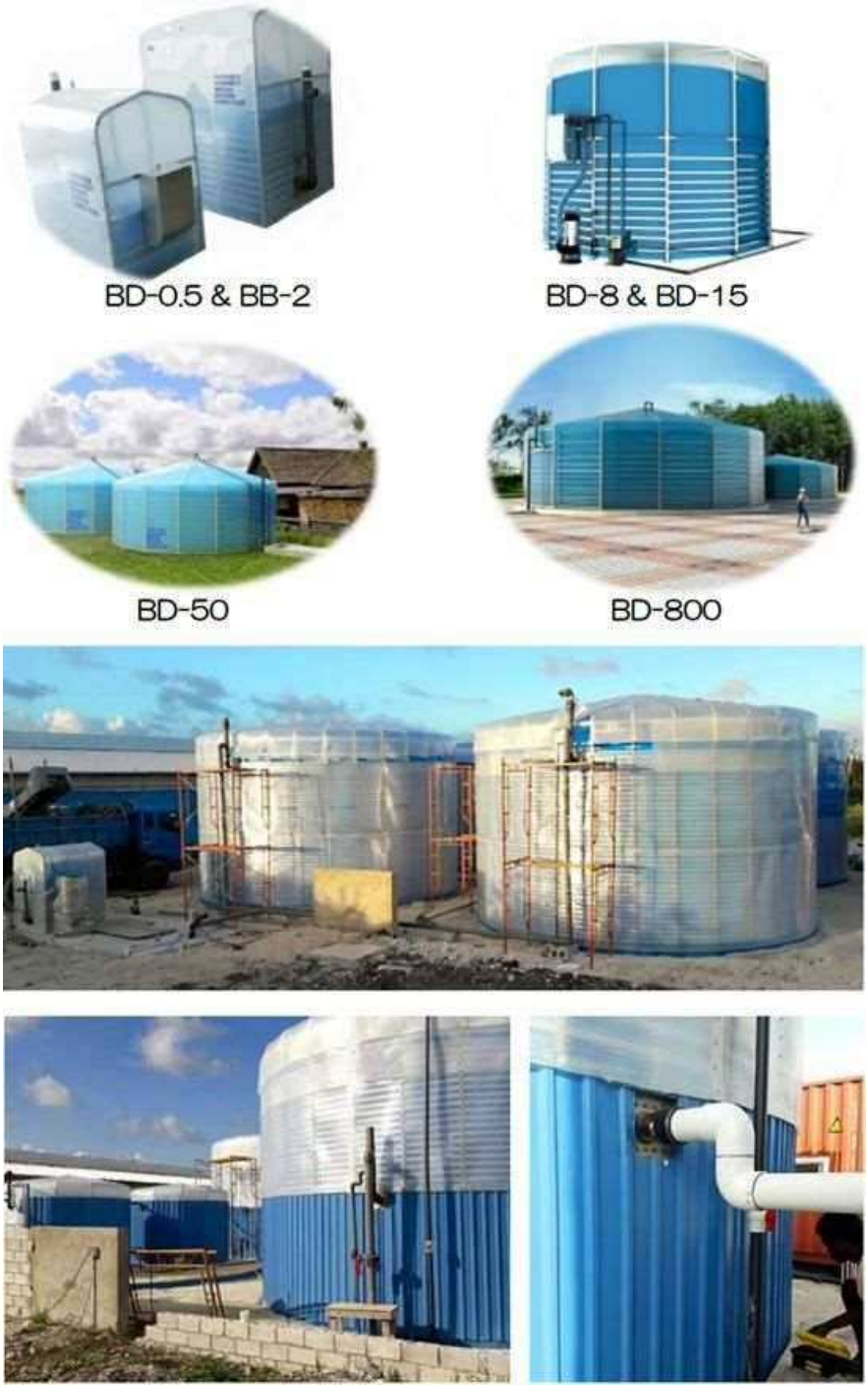
○原料投入量：6kg/日～26ｔ/日

○シンプルな１槽発酵タイプ

○太陽光を利用した発酵槽の加温により、エネルギー消費量を削減

○循環ポンプ等を外部に設置し、メンテナンス性を向上

○据付・撤去/移動がスムーズ



出典：サイエンスソフトウェア株式会社パンフレットより

図 7-8　グリーンハウス型プラント

【コンテナ型プラント】

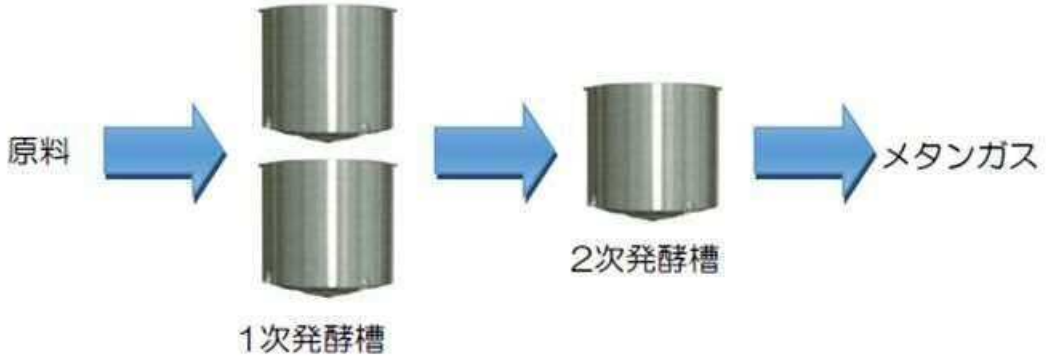
○原料投入量：250kg/日～

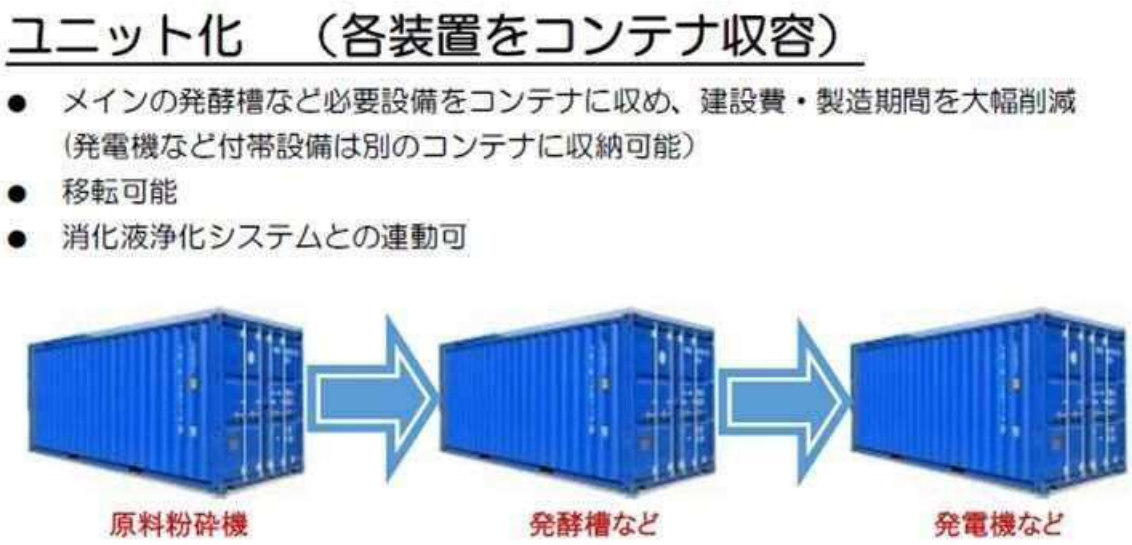
○発酵タンク等をコンテナ内に設置し、大掛かりな設置工事が不要

○１次発酵・２次発酵を２：１の容量で運転

○発酵効率の向上、消化液の臭気・濁度の低減効果

○タンク容量の小型化によるメンテナンス性の向上





出典：サイエンスソフトウェア株式会社パンフレットより

図 7-9　コンテナ型プラントの特徴

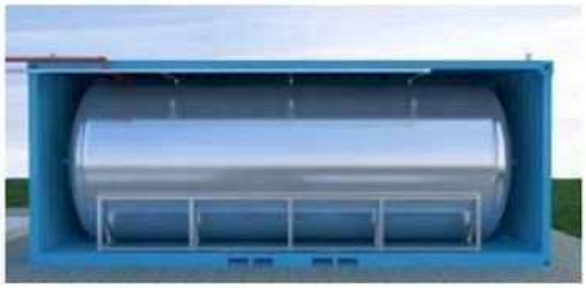
•コンテナ収容型発酵槽

少量処理向け　（複数タンクをコンテナ内に収容）

原料投入量：250kg/日　（原料による）
ガス発生量：20m³/日　（原料による）

原料投入量：500kg/日　（原料による）
ガス発生量：40m³/日　（原料による）

大量処理向け　（大タンク×1をコンテナ内に収容）



タンク容量：17m³

このサイズの発酵槽を原料の種類・量により、必要数設置します。

出典：サイエンスソフトウェア株式会社パンフレットより

図 7-10　コンテナ型プラントのタイプ例

（５）沖縄県石垣市

石垣市は独自に設計したメタン発酵施設で、生ごみやし尿浄化槽の汚泥などを液肥やガス燃料などへ再資源化する取り組みを進めている。

施設は 40 m3 の発酵槽や 5 m3 の液肥貯留槽 4 基、発生ガス処理の機材などで構成される。タンクなどは費用面を考慮し独自に用意。試験プラントとして大川のし尿処理場内に整備された。

発酵処理は原料混合槽で生ごみと汚泥に泡盛かすも加え、5 日間かき混ぜる。1 日 1 トンを発酵槽に送って微生物を使い 40 日かけて消化処理する仕組み。発酵処理後は消化液を液肥として農地に散布する計画。

一方、発酵に伴い発生するメタンガスはガスメーターで計測し既存の脱硫機で硫化水素を除去し、燃焼の程度を調査するなど活用を検討している。ただ、発酵過程でバイオガスに含まれる水分の除去やガスの供給方法などに課題がある。

図 7-11　石垣市が独自に設計したメタン発酵試験プラント（石垣市大川）

7.2　再生可能資源（生ゴミ）による炭化装置

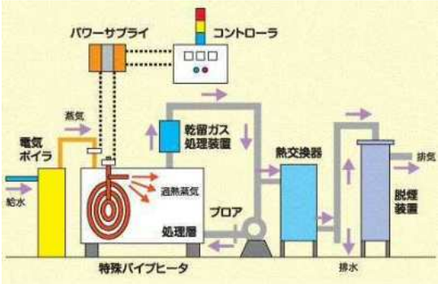
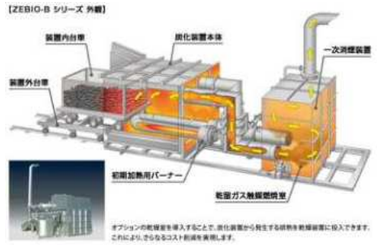
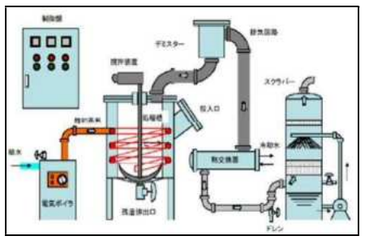
いろいろなバイオマス（食品廃棄物、汚泥、木くず、農業残さ等）を原料とし、空気の供給を制限し、高温場において熱化学的変換により炭を生成し、炭を発電機やボイラー、ストーブ等で発電又は熱として利用するシステムについて、ここでは、再生可能（生ゴミ）資源による炭化設備・装置の事例を整理した。

7.2.1 炭化装置の事例のまとめ

- 処理方式については、連続式およびバッチ式があり、加熱方法は過熱蒸気式によるものが多い。処理量も比較的幅広く対応している機種もある。
- 飼料化に使用する乾燥機能は、オプションで追加する必要がある機種もある。
- 処理方式、加熱方法、処理量などについて考慮して、導入する設備の仕様を設定する方針とする。

炭化装置の事例のまとめを表 7-9 に示す。

表 7-9　炭化設備・装置のまとめ

会社名	オリエンタル機電株式会社	株式会社マキテック	株式会社 ZE エナジー	株式会社　実践環境研究所	株式会社オークス
装置名	過熱水蒸気式ガス化炭化装置	過熱蒸気による炭化装置	連続炭化装置 ZEBIO-B シリーズ	過熱蒸気式乾燥・炭化装置	水蒸気炭化装置 SC－500
写真及び図等	 ＜過熱水蒸気式ガス化炭化装置（K2PEC）＞	 ＜過熱蒸気による炭化装置フロー＞	 ＜ ZEBIO－B シリーズ＞	 ＜過熱蒸気式乾燥・炭化装置＞	 ＜水蒸気炭化装置 SC－500＞
事業概要	・関連特許権を保有 ・過熱蒸気式 ・処理量：不明 ・バッチ式	・火気を使用しない常圧の過熱蒸気による「乾燥・炭化処理装置」を開発 ・過熱蒸気式 ・処理量：200～2,400 kg/日 ・乾燥・炭化装置として使用可 ・バッチ式	・熱効率の高い炭化装置であり、さまざまな物質に対応した独自の炭化技術を保有（処理方法；複数保有） ・処理量：180～720 kg/日 ・オプションを付加することで乾燥装置として使用可 ・バッチ式	・過熱蒸気を利用した乾燥装置及び400℃～700℃の過熱蒸気発生装置の受注も対応 ・過熱蒸気式 ・処理量：200kg～2000kg/日 ・バッチ式	・小型水蒸気式炭化装置は、分別の難しい食べ残しなど焼却の難しい廃棄物の炭化処理が可能 ・過熱蒸気式 ・処理能力：30kg/時間 ・バッチ式
主な設備概要	【K2-PEC の特徴】 ・有機性であれば細かい分別がいらない ・乾留ガスと炭化物に分離され、廃棄物を排出しない ・廃棄物でエネルギー自立可能 ・廃棄部を行いながら、熱・電力供給が可能 ・燃焼しないため、ダイオキシン類の発生がない ・非燃焼方式により CO2 排出量の削減 ＜実証実験の概要＞	【特徴】 ・処理対象物は、基本的には有機物（可燃物）全てが対象 ・処理後の炭化物は、良質な「炭」であり有価物として処理できる ・1 回の処理時間が約 2 時間～3 時間と短時間で効率的 ・クローズドタイプなので屋内設置が可能 ・燃焼設備、圧力容器、危険物等の法的規制を受けない ・オールステンレス製で耐性があり長寿命 【メカニズム】 ・電気ボイラを使用して蒸気を作る ・特殊金属パイプに電圧を印加してヒータとし、パイプ内に蒸気を供給し、700℃～800℃の高温過熱蒸気を作り込み、被処理物を約 2 時間で炭化 ・蒸発水分は乾留ガスとともに熱交換器で冷却し、液化回収	【特徴】 ・炭化のプロセスで発生するガスを回収し熱源として再利用している ・発電システムの構築や化石燃料の代わりに代替エネルギーの利用が可能 ・汚泥、ペーパースラッジなど 80%以上の水分を含んだ廃棄物の処理にも適している ・乾留ガスを熱源として循環利用 	【過熱蒸気の特徴】 ・過熱蒸気発生装置はシンプルで低コストを実現 ・乾燥装置から熱分解装置まで幅広い用途に対応 ・処理量は 20kg/回から時間 500kg の連続式まで多機種 ・オール電気方式で化石燃料は直接的には不使用 ・過熱蒸気の利用により熱効率が高くランニングコストも経済的 ・炭化装置における炭化物は「炭」として有価物に利活用  ＜バッチ式処理装置フロー＞	【特徴】 ・小型焼却炉の規制範囲なので大部分の地域において無届で設置可能 ・1 回の処理時間は冷却も含み約 8 時間、標準機は炭化層に攪拌装置付 約 8 時間かけて炭化するので感染性病原菌は死滅 ・省スペースで低燃費、安全な炭化処理 ・　設置面積は階段部分を除き 2.3m×3m、高さは約 2.4m のコンパクトサイズ ・　操作は自動運転。標準機は炭化槽内に撹拌装置を設け、安全に均一炭化

7.2.2 炭化装置の事例の一覧

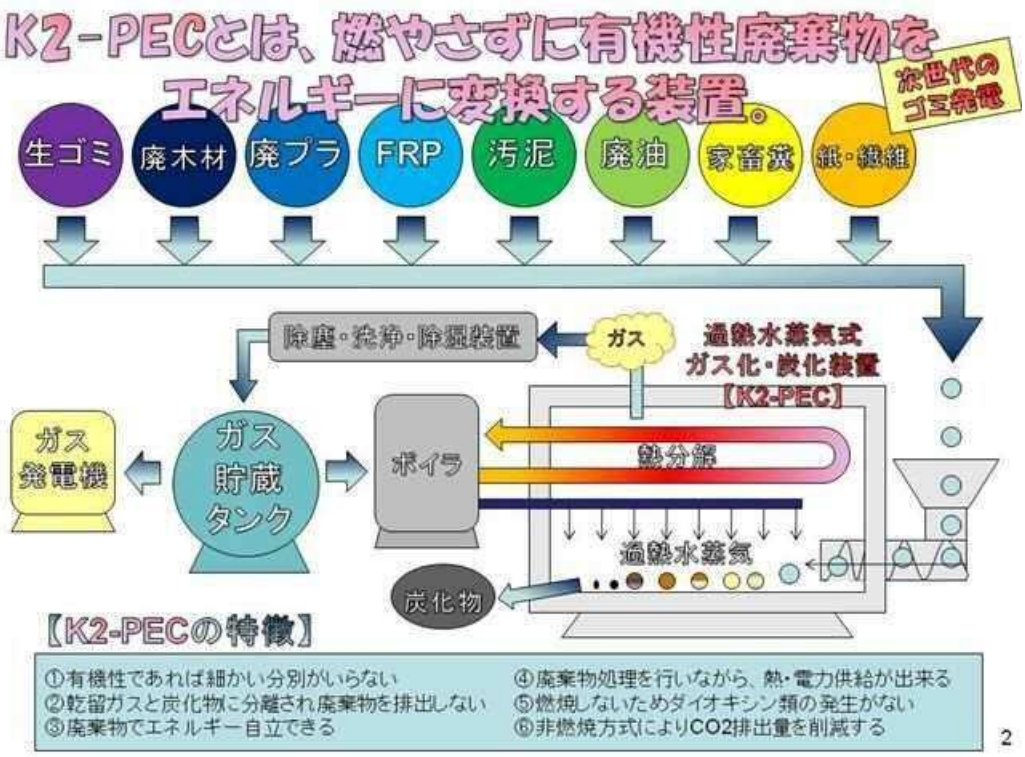
（１）オリエンタル機電株式会社

燃やさずに有機物からガス体としてエネルギーを回収する技術の開発が進展しており、既に商品化されている「炭化装置」に止まらず、近年「ガス化・炭化装置」についても、いくつか製品化・商品化が試みられている。

実用に耐えるものとするためには、「タール問題」の解決が不可欠であるが、オリエンタル機電株式会社は関連特許権を保有し、その基礎的開発を行い、すでに実証実験を終了している。

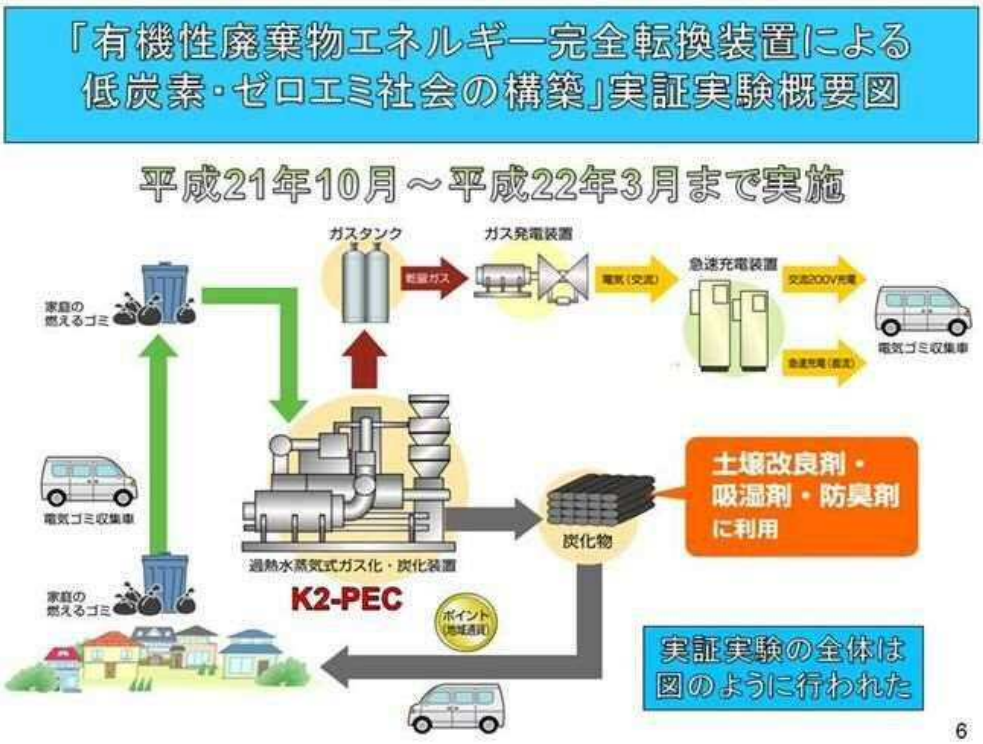
表 7-10　オリエンタル機電株式会社の会社概要

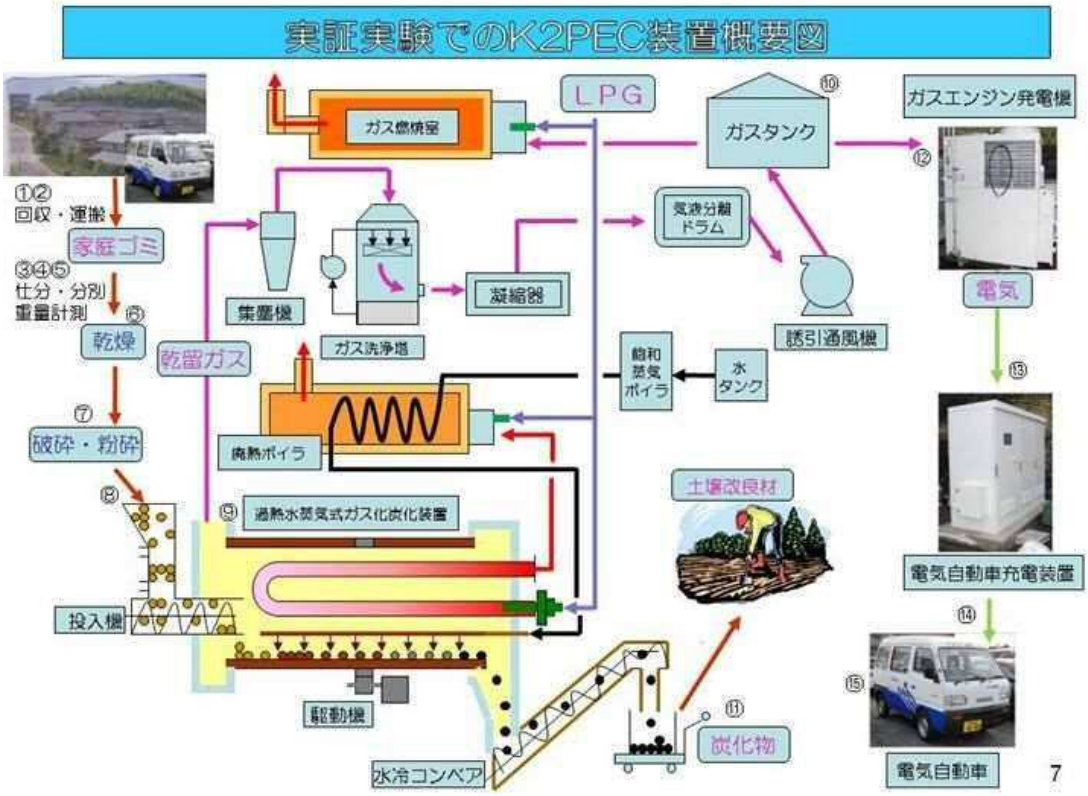
会社名	オリエンタル機電株式会社
本社所在地	大阪市中央区南船場４丁目６番 10 号新東和ビル３Ｆ 電話／06-6251-3415　　FAX／06-6251-3739
設立	昭和 44 年８月
資本金	8,000 万円



出典：オリエンタル機電株式会社ＨＰより

図 7-12　過熱水蒸気式ガス化炭化装置（Ｋ２ＰＥＣ）





出典：オリエンタル機電株式会社ＨＰより

図 7-13　実証実験の概要

（２）株式会社マキテック

株式会社マキテックでは、火気を使用しない常圧の過熱蒸気による「乾燥・炭化処理装置」を開発している。

表 7-11　株式会社マキテックの会社概要

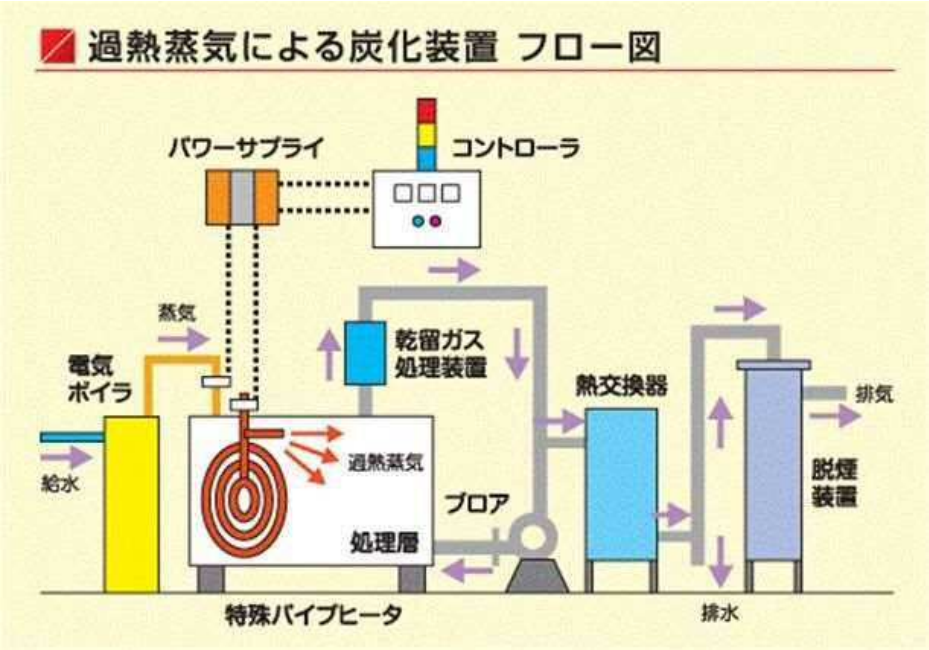
会社名	株式会社マキテック
本社所在地	名古屋市熱田区旗屋一丁目 9 番 21 号 電話／052-681-3205　FAX／052-681-3387
設立	昭和 49 年 5 月
資本金	7,912.1 万円

【特徴】

- 処理対象物は、基本的には有機物（可燃物）全てが対象。
- 処理後の炭化物は、良質な「炭」であり有価物として処理できる。
- 1 回の処理時間が約 2 時間～3 時間と短時間で効率的。
- クローズドタイプなので屋内設置が可能。
- 燃焼設備、圧力容器、危険物等の法的規制を受けない。
- オールステンレス製で耐性があり長寿命。

【メカニズム】

・電気ボイラを使用して蒸気を作る（低圧蒸気が供給可能な場合はボイラは不要）。特殊金属パイプに電圧を印加してヒーターとし、このパイプ内に蒸気を供給し、700□～800□の高温過熱蒸気を作り込み、被処理物を約 2 時間で炭化する。蒸発水分は乾留ガスとともに熱交換器で冷却し、液化回収する。



出典：株式会社マキテックＨＰより

図 7-14　過熱蒸気による炭化装置フロー図

（３）株式会社ＺＥエナジー

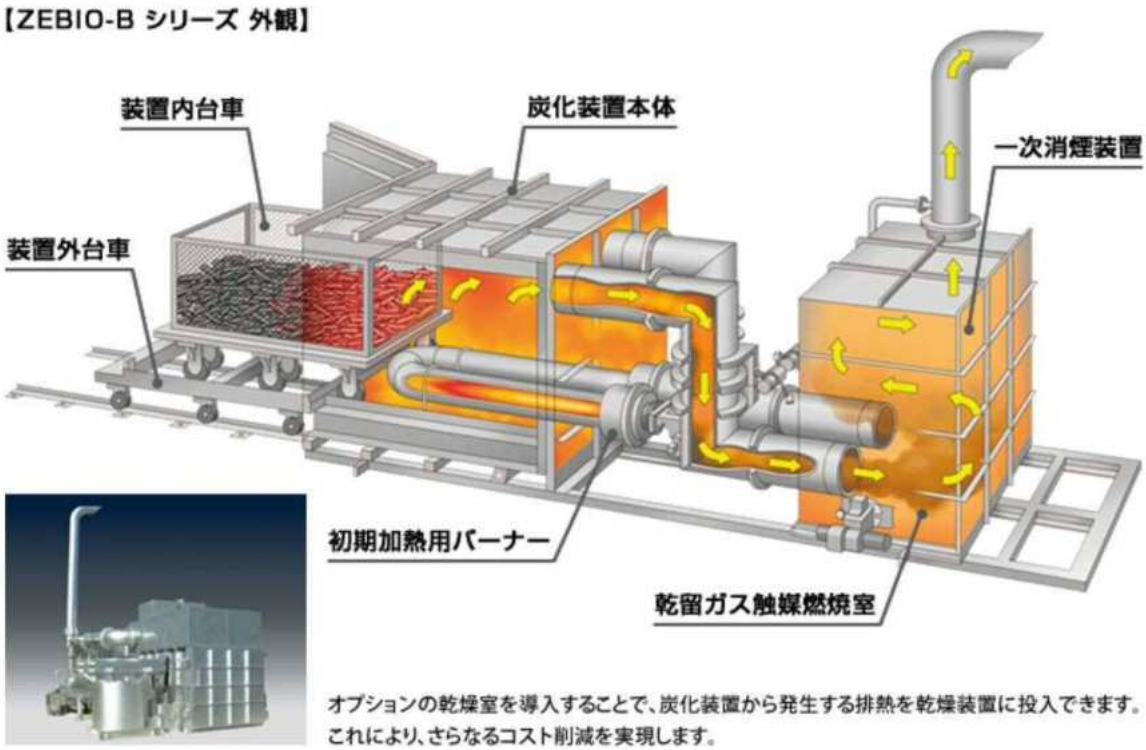
ZE エナジーの前身は、炭化装置のパイオニア企業。1987 年から研究と開発を積み重ね、熱効率の高い炭化装置を追求している。廃棄物のサンプル数も 200 種類を超えており、さまざまな物質に対応した独自の炭化技術を確立している。

表 7-12　株式会社ＺＥエナジーの会社概要

会社名	株式会社ＺＥエナジー
本社所在地	東京都港区浜松町 1-10-14 住友東新橋ビル 3 号館 7 階 電話／03-6432-4331　FAX／03-6432-4332
設立	平成 20 年 8 月
資本金	10,775 万円

【連続炭化装置 ZEBIO-B シリーズ】

大型廃棄物がそのまま投入できる ZEBIO-B シリーズは、本体にセラミック断熱材を採用したバッチ式の炭化装置。高い熱効率を実現し、破砕などの加工をせずに廃棄物を投入するだけで、ダイレクトに炭や炭化物を作ることができる。廃棄盤や廃アルミに付着する有機成分の除去にも対応している。



出典：株式会社ＺＥエナジーＨＰより

図 7-15　ZEBIO－B シリーズ

【ZEBIO-B シリーズの特徴】

1. セラミックを採用した高い熱効率

本体にセラミック断熱材を採用することで装置内の熱効率が優れている。非常に高い熱効率を実現することにより、ランニングコストの大幅な削減が可能である。

2. 短時間で良質な炭化物を生成

高温での炭化が可能なため、他社では真似のできない良質な高温炭の生成が可能である。炭素の固定率が極めて高く、土窯と比較して炭化物が高速に仕上がる。

3. 前処理加工のいらない優れた利便性

破砕処理などの前処理加工がほとんどいらず、扉が大きいことから大型の廃棄物材料も投入可能である。

4. 自動制御による安全性の確保

豊富な経験に基づいた制御システムにより安全性の高い自動運転が可能。また、自動通報システムなどの導入により万全のメンテナンス体制で運転管理を支援する。ガス化の温度設定を変更することにより地域のニーズに応じた運転が可能である。発電／炭化／水素燃料製造の切替えができる。

5. 代替エネルギーの利用が可能（オプション仕様）

バイオマス燃料バーナーを導入することで、炭・木質バイオマス・廃食油等を化石燃料の代替エネルギーとして利用することが可能。これにより、ランニングコストの削減に大きく貢献する。

6. 排気・排熱を最大限に利用（オプション仕様）

排熱ボイラー・軟水化装置等のオプションにより、工場内で蒸気・温水として利用可能。排気を利用した熱交換装置やスターリングエンジン、カリーナサイクル発電装置（バイナリー発電）、ボイラーの取付けも可能。

表 7-13　ZEBIO-B シリーズ仕様

形式	ZEBIO-B-1000	ZEBIO-B-2000	ZEBIO-B-3000	ZEBIO-B-4000
投入量	0.6m³（約0.18ｔ）	1.2m³（約0.36ｔ）	1.8m³（約0.54ｔ）	2.4m³（約0.72ｔ）
装置寸法（mm）	L4,300 × W2,000 × H1,800	L5,500 × W2,000 × H1,800	L6,000 × W2,000 × H2,500	L6,800 × W2,000 × H2,500
設置面積（mm×mm）	9,000 × 3,200	10,000 × 3,200	12,000 × 3,200	13,500 × 3,200
材質	SS・SUS・セラミックス			
電源	100V または200V			200V
電力量	1.2kW/h	1.2kW/h	1.5kW/h	1.7kW/h
燃料	灯油、A重油（ガス燃料・BDF も対応可能）			
燃料消費量	max 6L/h	max 6L/h	max 10L/h	max 15L/h
加熱時間	6 ～48h（加熱方式によって異なる）			
加熱温度帯	100℃～750℃（それ以上の場合も対応可能）			
オプション	乾燥室　二次消煙装置　酢液回収装置　熱交換装置　自動制御装置（基本仕様は半自動） 強制冷却装置　N_2・CO_2 パージ機構　脱塵装置　バイオマス燃料熱風発生装置 カリーナサイクル発電装置（バイナリー発電）			

出典：株式会社ＺＥエナジーＨＰより

（４）株式会社　実践環境研究所

株式会社実践環境研究所では過熱蒸気による炭化装置の開発に取り組み、新連携事業の認定のもとに製品化がなされている。これまで過熱蒸気の優位な特性は言われていたが、コスト面からの実用化が遅れていたのが現状である。

株式会社実践環境研究所では、過熱蒸気による炭化処理装置を主力商品としてラインナップしており、日量 200kg～2000kg の有機物炭化が可能である。また、過熱蒸気を利用した乾燥装置および 400℃～700℃の過熱蒸気発生装置の受注対応も行っている。

表 7-14　株式会社実践環境研究所の会社概要

会社名	株式会社実践環境研究所
本社所在地	名古屋市中村区椿町 17-16　丸元ビル４F 電話／052-452-0729
設立	平成 15 年 9 月 15 日
資本金	5,000 万円

【加熱蒸気とは】

・蒸気をさらに加熱して 100℃以上の高温に

・過熱蒸気には多くの特長、特に熱エネルギーが大

出典：株式会社実践環境研究所ＨＰより

図 7-16　加熱蒸気の概念図

【過熱蒸気の特徴】

・熱容量が大きい：　200℃の加熱空気と比較して 13.3 倍

・伝熱特性に優れている：　170℃～280℃で逆転点温度の学説

・無酸素雰囲気をつくる：　ほぼ無酸素の状態である

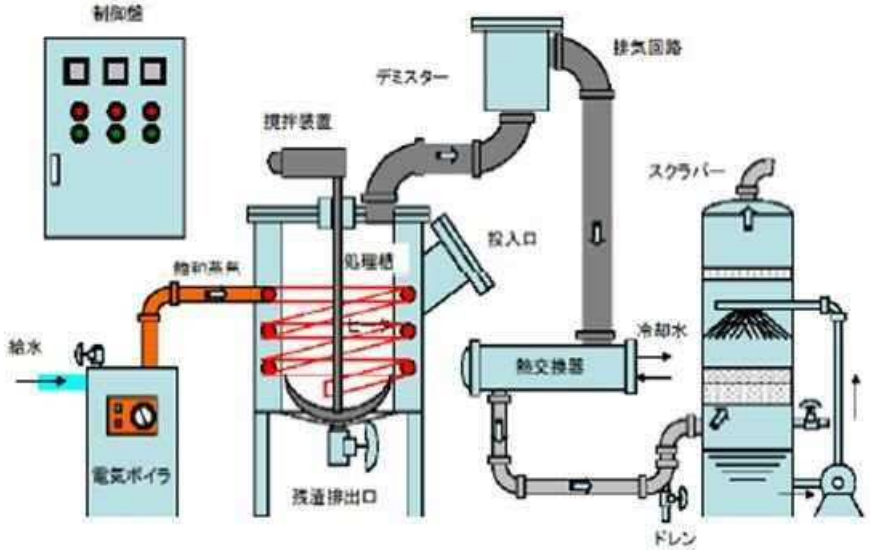
・常圧である：　大気圧下での高温蒸気をつくることが可能

【製品の特徴】

・過熱蒸気発生装置に独自の工夫がありシンプルで低コストを実現
・乾燥装置から熱分解装置まで幅広い用途に対応
・処理量は 20kg/回から時間 500kg の連続式まで多機種
・オール電気方式で化石燃料は直接的には不使用
・過熱蒸気の利用により熱効率が高くランニングコストも経済的
・炭化装置における炭化物は「炭」として有価物に利活用

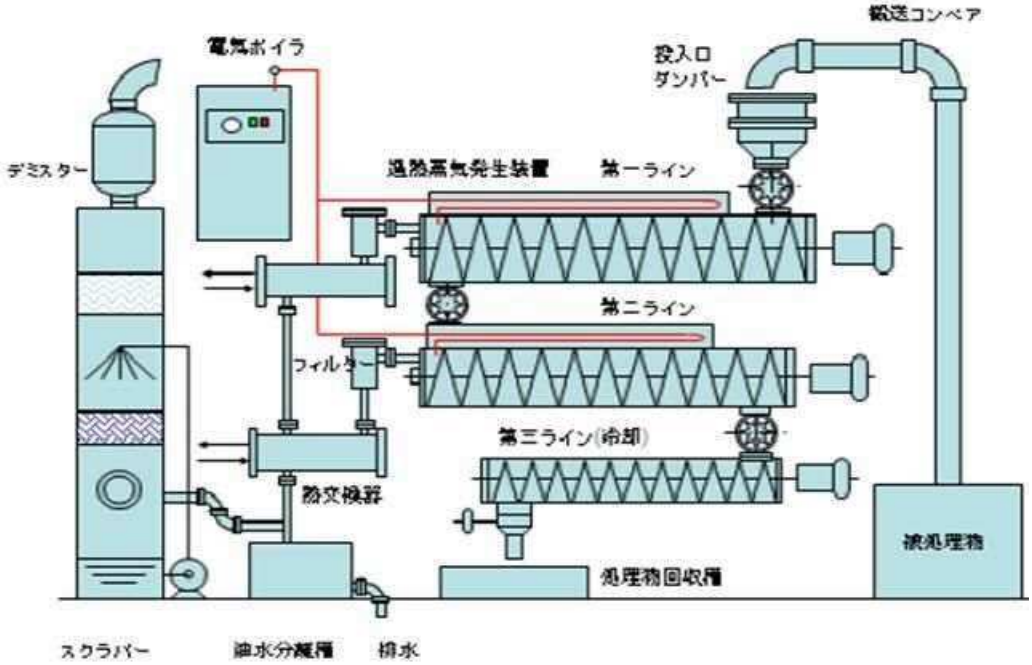
出典：株式会社実践環境研究所ＨＰより

図 7-17　過熱蒸気式乾燥・炭化装置



出典：株式会社実践環境研究所ＨＰより

図 7-18　バッチ式処理装置フロー図



出典：株式会社実践環境研究所ＨＰより

図 7-19　連続式処理装置フロー図

（５）株式会社オークス

株式会社オークスの小型水蒸気式炭化装置は、分別の難しい食べ残しや調理済み包装食品、容器入り廃棄ヨーグルト、容器入り廃棄納豆、感染性廃棄物、生肉や鮮魚包装で汚染のひどいプラスチック包装材など焼却の難しい廃棄物の炭化処理を可能としている。

表 7-15　株式会社オークスの会社概要

会社名	株式会社オークス
本社所在地	名古屋市港区十一屋 2 丁目 235 番地 電話／052-383-6110　　FAX/ 052-383-6117
設立	平成 3 年 8 月 8 日
資本金	3,000 万円

【水蒸気炭化装置 ＳＣ－500】

○小型焼却炉の規制範囲なので大部分の地域において無届で設置可能

・火床面積は 0.48 ㎡。炭化能力は時間当たり 30kg 以下のバッチ式なので大部分の地域において届出不要。

・スーパーヒート水蒸気を炭化槽内に連続的に吹き込み還元性かつ不活性な雰囲気中で炭化するため、ダイオキシンや一酸化炭素の排出量は極めて微量。

○1 回の処理時間は冷却も含み約 8 時間、標準機は炭化層に攪拌装置付

・1 回の処理容積は 500 リッター（200kg、内プラスチックは 50kg 以内、ただし塩ビは不可）×約 8 時間。

・炭化槽内を約 500℃の輻射熱で加熱し、約 600℃にスーパーヒートした水蒸気を吹き込み、相乗効果で約 8 時間かけて炭化するので感染性病原菌は死滅する。

○省スペースで低燃費、安全な炭化処理を実現

・燃料は都市ガス又はＬＰＧを利用、時間当たり約 30 リッターの飽和水蒸気と時間当たり約 50 リッターの冷却水を使用。乾留ガスを加熱燃料として有効利用し、低燃費・全自動運転で稼動。

・設置面積は階段部分を除き 2.3m×3m、高さは約 2.4m のコンパクトサイズ。

・投入口は電動開閉にも対応する。

○操作は自動運転。標準機は炭化槽内に撹拌装置を設け安全均一に炭化

・投入後は炭化冷却終了まで自動運転、排気温度は 250℃以下、各種安全装置付。

出典：株式会社オークスＨＰより

図 7-20　水蒸気炭化装置 ＳＣ－500

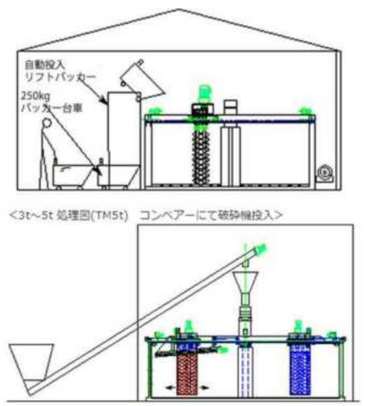
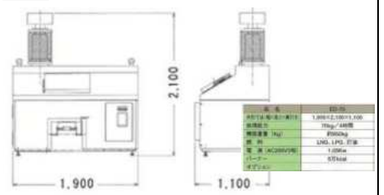
7.3　再生可能（生ゴミ）資源による堆肥化設備・装置

7.3.1 堆肥化設備の事例のまとめ

- 処理方式は、発酵によるものと高温乾燥によるものがあり、処理量は幅広く対応可能な製品がそろっている。
- 処理方式、処理量、臭気の発生度合いも含めて、導入する設備の仕様を設定する方針とする。

堆肥化設備の事例のまとめを表 7-16 に示す。

表 7-16　堆肥化設備・装置のまとめ

会社名	スターエンジニアリング株式会社	株式会社ミライエ	中部エコテック株式会社	株式会社天神製作所	株式会社オークス
装置名	生ゴミ処理機バイオクリーン	アームロールコンテナを利用した堆肥化システム	クリーンコンポ	TM 業務用生ごみ処理機	業務用生ゴミ処理装置　「エコドライ」
写真及び図等	 ＜生ゴミ処理機バイオクリーン＞	 ＜アームロールコンテナを利用した堆肥化システム＞	 ＜クリーンコンポ＞	 ＜ TM 業務用生ごみ処理機＞	 ＜エコドライ　シリーズ＞
事業概要	・アシドロコンポスト分解方式は、酸性下で処理物の分解が進行するため、アンモニアの揮散が少なく、臭気が少ない ・発酵方式	・5 トン未満の生ゴミ処理に適した、臭気ゼロの生ゴミ堆肥化システム ・アームロールコンテナを発酵槽として使用し、堆肥化後は、コンテナごと運搬可能 ・前処理装置で異物を除去し、生ごみを細かく粉砕。副資材と混合してアームロールに投入 ・切り返しが不要で、臭気がほとんど出ないため脱臭装置も不要。市街地等でも利用可能 ・発酵方式	・都市から出る生ごみや畜産農家から出る家畜の糞尿を原料とし、焼却処理に頼らず微生物の自然な力で発酵させた肥料は、良質の有機質肥料として安全で安心できる農産物の生産を可能にしている ・脱臭対策においても脱臭装置の導入による無臭化を行っている ・発酵方式	・畜産排泄物処理プラントの設計・施工等による蓄積した技術と経験をもとに生ごみを無害な気体と水分に分解し、約 97%減容化している ・発酵方式	・食品の売れ残りや食べ残し、あるいは製造過程で発生する食品廃棄物等の生ゴミを畜産のブタ・ウシなどの飼料として再生利用するための生ゴミ処理機の製造・販売を行っている ・高温乾燥方式
主な設備概要	【特徴】 処理量：5～500kg/日 ・生ごみ処理機バイオクリーンは、投入した生ごみのほとんど（85%以上）を分解消滅させる。ごく少量の分解残渣は、有機栽培などの栽培に適した良質堆肥となる ・アシドロコンポスト分解方式はアンモニアの揮散が少なく、酸性雨などの大気汚染の原因を抑制することができる。また、他の方式と比較して臭気が少なく、環境負荷を軽減が図れる ＜アシドロ®コンポスト分解方式のメカニズム＞	【特徴】 処理量：5ｔ未満 【利用事例】 ・ 生ゴミは専用のボックスで運び込まれたあと破砕し、それを剪定枝チップと混合、アームロールボックスに充てん ・ 原料に酸素を供給するため、上から通気装置イージージェットジュニアを挿しこむ ・ 定期的にユンボで内容物をかき混ぜ、30 日間で発酵終了 ＜アームロールコンテナ内部の様子＞	【特徴】 能力：汚泥・食残（水分 80%） 処理量：1ｔ 取出量：0.3ｔ ・微生物による好気性発酵処理を行い、ダイオキシンの発生を防止 ・発酵温度が 70～80℃に達するため、大腸菌（O-157 等）が滅菌される ・一槽発酵槽によって発酵処理に威力を発揮 ・良質な有機質肥料として利用可能 ・竪型の発酵槽のため場所を取らない 	【特徴】 処理量：500kg~1.0t ・TM 業務用生ごみ処理機は無害な気体と水分に分解し、生ごみを約 97%減容化することが可能 ・残った残渣は土壌改良剤（堆肥）としてリサイクル可能  ＜TM 業務用生ごみ処理機＞	【特徴】 処理量：70kg～500kg ・二重構造の処理槽で加熱するとともに、処理物に熱風を直接吹き付けて、処理物の温度を 85℃程度に制御することで、生ごみの腐敗菌や雑菌は死滅し、4 時間～12 時間という短時間で顆粒状にできる ・脱臭機能を装備しているため、処理物の匂いを環境基準値内にとどめることが可能であり、高性能のサイクロンにより、乾燥時に粉塵が飛散を抑制する 

7.3.2 堆肥化設備の事例の一覧

（１）スターエンジニアリング株式会社

従来の有機性廃棄物の堆肥化プラントでは、大量の有機性廃棄物を堆肥化する過程で、耐え難い臭気が発生するという問題がしばしば発生してきた。

スターエンジニアリング株式会社のアシドロコンポスト分解方式は、酸性下で処理物の分解が進行するため、アンモニアの揮散が少なく、臭気が少ないことが特徴となっている。アンモニアによる窒素の揮散が少ないため、処理後のコンポストには窒素分が多く含まれ、酸性なので保存性がある。

また、アンモニアの揮散が抑えられることで、温室効果ガスの中でも特に強力とされる亜酸化窒素の発生が抑えられ、環境負荷の削減効果も大きいものといえる。

表 7-17　スターエンジニアリング株式会社の会社概要（再掲）

会社名	スターエンジニアリング株式会社
本社所在地	茨城県日立市大沼町 1 丁目 28 番 10 号 電話／0294(38)1212　　FAX/0294(38)1215
設立	1980 年 1 月 29 日
資本金	3,000 万円

【生ゴミ処理機バイオクリーン】

業務用生ごみ処理機バイオクリーンは、最大処理量 5kg/日から、500kg/日まで、計 7 機種がラインナップされている。

出典：スターエンジニアリング株式会社

図 7-21　生ゴミ処理機バイオクリーン

【生ごみ処理機バイオクリーンの特徴】

・東北大学大学院工学研究科との長年の共同開発から生まれた、アシドロコンポスト分解方式を採用。分解菌（基材）の追加・交換にかかる費用を必要とせず、ランニングコスト低減に貢献。

・生ごみ処理機バイオクリーンは、投入した生ごみのほとんど（85%以上）を分解消滅させる。ごく少量の分解残渣は、有機栽培などの栽培に適した良質堆肥となる。
東北大学農学部の実験により、雑草抑制・ジャガイモの収穫量アップなどの優れた肥料効果が確認されている。

・アシドロコンポスト分解方式はアンモニアの揮散が少なく、酸性雨などの大気汚染の原因を抑制することができる。また、他の方式と比較して臭気が少なく、環境負荷を軽減が図れる。

出典：スターエンジニアリング株式会社

図 7-22　アシドロ®コンポスト分解方式のメカニズム

（２）株式会社ミライエ

株式会社ミライエは、堆肥化を中心としたリサイクル設備のプラントメーカーであり、堆肥化に関するナレッジの蓄積及びその社会還元を目的に、独自の体制を整えている。

表 7-18　の会社概要（再掲）

会社名	株式会社ミライエ
本社所在地	島根県松江市矢田町 250-167 電話／0852-28-0001　　FAX/ 0852-31-3981
設立	1972 年 1 月 20 日
資本金	7,100 万円

【生ゴミ用　小規模　悪臭ゼロ堆肥化システム】

・5 トン未満の生ゴミ処理に適した、臭気ゼロの生ゴミ堆肥化システム

・アームロールコンテナを発酵槽として使用し、堆肥化した後は、コンテナごと運搬可能。遊休施設等があれば建築物の新設が不要。

・前処理装置で異物を除去し、生ごみを細かく粉砕。副資材と混合してアームロールに投入する。切り返しが不要で、臭気がほとんど出ないため脱臭装置も不要。市街地等でも利用可能な堆肥化システム。

出典：株式会社ミライエＨＰより

図 7-23　アームロールコンテナを利用した堆肥化システム

【生ごみ破袋分別装置】

・処理能力　：0.4m³/時-16m³/時

・電気容量　：0.4kW-22kW

写真：生ごみ破袋分別装置

【利用事例】

・生ゴミは専用のボックスで運び込まれたあと破砕し、それを剪定枝チップと混合、アームロールボックスに充てん

・原料に酸素を供給するため、上から通気装置イージージェットジュニアを挿しこむ

・定期的にユンボで内容物をかき混ぜ、30 日間で発酵終了

写真：生ごみ運搬ボックス

写真：アームロールコンテナ内部の様子

（３）中部エコテック株式会社

中部エコテック株式会社では、永年に渉り培われてきた畜産業界における技術の蓄積と経験をベースに、環境保全に配慮した資源のリサイクル化を目指し、自然との共生を図る ”クリーンコンポ”を開発している。

都市から出る生ごみや畜産農家から出る家畜の糞尿を原料とし、焼却処理に頼らず微生物の自然な力で発酵させた肥料は、良質の有機質肥料として安全で安心できる農産物の生産を可能にしている。また、脱臭対策においても脱臭装置の導入による無臭化を行っている。

表 7-19　の会社概要（再掲）

会社名	中部エコテック株式会社
本社所在地	愛知県名古屋市南区白水町 36 番地 179 電話／052-614-6331　　FAX/ 052-614-6332
設立	平成 6 年 4 月 25 日
資本金	3,000 万円

【クリーンコンポの特徴】

〇ダイオキシンの発生を防止

・微生物による好気性発酵処理を行う為、ごみの焼却に伴うダイオキシンは生成されない。

〇大腸菌（O-157 等）の滅菌

・人体に悪影響を及ぼす病原菌を死滅させる為に、発酵温度が 70～80℃に達するので滅菌される。

〇悪臭を出さない周囲への配慮

・発生する悪臭を一括収集し、脱臭槽にて無臭化する。

〇大量処理の一槽発酵槽

・大量の発酵処理に威力を発揮する。

〇製品は良質な有機質肥料

・製品は、良質な有機質肥料として利用できる。

〇省スペース

・竪型の発酵槽で場所を取らないので広い堆積場は必要としない。

〇耐久性、断熱性を重視した構造

・タンクは三重構造（内壁：ステンレス、中間：断熱材、外壁：鉄）。

・駆動は油圧などを採用。

クリーンコンポシリーズ　C-20ET

処理能力

能　力	処理量	取出量
汚泥・食残 （水分80%）	1.0ton	0.3ton

※処理能力は、季節・地域によって異なる場合があります。

電気料金概算

月　間	50,000円

※地域電力会社により、差はあります。

出典：中部エコテック株式会社ＨＰより

図 7-24　有機性廃棄物処理の主な流れ

（４）株式会社天神製作所

株式会社天神製作所は、主に畜産排泄物処理プラントの設計・施工を手掛けており、蓄積した技術と経験をもとに生ゴミ処理機の開発も行っており、生ごみを無害な気体と水分に分解し、生ごみを約97%減容化している。

表 7-20　の会社概要（再掲）

会社名	株式会社　天神製作所
本社所在地	宮崎県都城市都北町 7210-2 電話／0986－47－1825　　FAX/ 0986－47－1826
設立	－
資本金	－

【ＴＭ業務用生ごみ処理機の特徴】

・従来は微生物による生ごみの発酵・分解システムでコンポスト化するだけだったが、ＴＭ業務用生ごみ処理機は無害な気体と水分に分解し、生ごみを約 97%減容化することができる。また、残った残渣は土壌改良剤（堆肥）としてリサイクルできる。

・TM 垂直攪拌機（スクリュー式）が生ごみ等を攪拌及び破砕するため、微生物の働きを促進させ処理速度が速い。

・２軸のスクリューによる破砕効果で、硬い糞や凝集剤入り汚泥でもキメ細かく破砕・攪拌する。

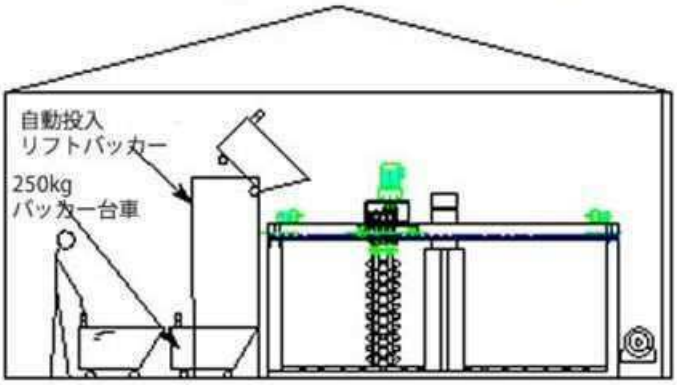
・TM 垂直攪拌機（スクリュー式）のスピーディーな処理により、悪臭を押さえ臭いを緩和する。また、オプション（脱臭装置）により無臭化することもできる。

出典：株式会社　天神製作所ＨＰより

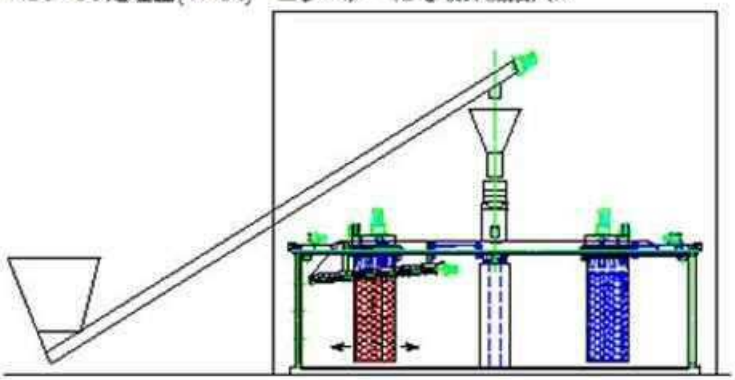
図 7-25　ＴＭ業務用生ごみ処理機 1.5ｔタイプ本体

●500kg～処理タイプ）

<500kg～1t 処理図(TM500k)　破砕し投入リフトパッカーで投入(250L入り)>



<3t～5t 処理図(TM5t)　コンベアーにて破砕機投入>



日量処理5t～20tにつきましては、TM垂直撹拌機またはTML型地走式発酵撹機での対応になります。

機種	TM500k	TM1t	TM3t	TM5t
＊最大処理能力(kg/日)	2,400×5,000	2,400×5,000	2,400×9,000	2,400×12,000
本体重量(kg)	10,000	12,000	13,000	16000
電源	三相 ２００Ｖ 50/60Hz			
所要電力	21kw	21kw	21kw	32kw

＊　容積比重は０．９で設計していますが生ごみの種類により、処理重量は変化します。
○　床からの送風仕様は、入っておりません。各種ご希望により製作いたします。
○　デザイン及び仕様については変更することもございますのでご了承ください。

機種	能力	外形寸法 （高さ×幅×奥行）	本体重量	電源	消費電力
自動リフトパッカー （HTR25）	250kg 270L(容量)	2,023×1,206×1,078	250kg	単相 １００Ｖ　50/60Hz	0.4Kw

出典：株式会社　天神製作所ＨＰより

図 7-26　ＴＭ業務用生ごみ処理機の仕様

（５）株式会社オークス

株式会社オークスでは、食品の売れ残りや食べ残し、あるいは製造過程で発生する食品廃棄物などのいわゆる生ゴミを、畜産のブタ・ウシなどの飼料として再生利用するための生ゴミ処理機の製造・販売を行っている。

表 7-21　株式会社オークスの会社概要（P22 の再掲）

会社名	株式会社オークス
本社所在地	名古屋市港区十一屋 2 丁目 235 番地 電話／052-383-6110　　FAX/ 052-383-6117
設立	平成 3 年 8 月 8 日
資本金	3,000 万円

【業務用生ゴミ処理装置　「エコドライ」シリーズの特徴】

○生ゴミを高品質な堆肥原料・飼料に再生

・従来はごみとして捨てていた食品廃棄物を利用して、有機農法に適した堆肥原料、さらには養豚・養鶏・養殖などの各種飼料を作ることができる。定評のある高温発酵菌の採用によってさらに品質の高い堆肥原料・飼料を生産できる。

○4 時間～12 時間で類粒状に熱風乾燥

・二重構造の処理槽で加熱するとともに、処理物に熱風を直接吹き付けて、処理物の温度を 85 度程度に制御。

・これにより、生ごみの腐敗菌や雑菌は死滅し、4 時間～12 時間という短時間で顆粒状にできる。

○さまざまな食品廃棄物に対応

・高温による急速乾燥方式のため、処理できる食品廃棄物の種類は多岐にわたる。例えば魚だけといった単一材料、刺激の強い香辛料を含む材料、食品工場の排水処理汚泥なども菌体堆肥原料として再生できる。

○燃焼脱臭装置とサイクロンを標準装備

・脱臭機能を装備しているので、処理物の匂いを環境基準値内にとどめることができ、燃焼時だけでなく、冷却運転時にも脱臭効果がある。また、高性能のサイクロンによって乾燥時に粉塵が飛散を抑える。

○手間いらずの自動運転と抜群の耐久性

・焼却～冷却～停止などの作業は自動運転で行なわれるので、手間がかからず安全かつ確実に処理することができる。また、要所に高級耐熱鋼を採用することにより、高度な耐久性も実現。

○70kg 機～5,000kg まで、全 6 機種をラインナップ

・70kg、250kg、500kg、1,000kg、3,000kg、5,000kg、の 6 機種があり、複数台並列で昼夜 2 回転稼動させれば、日量 10t～50t の処理が可能。

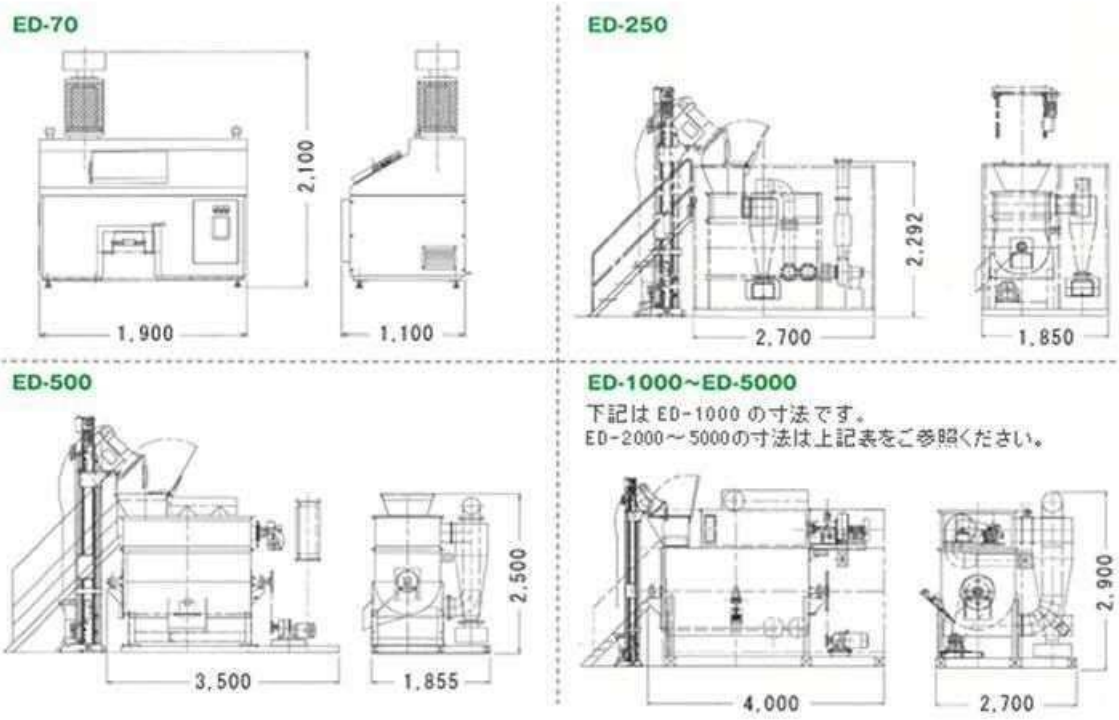
エコドライ標準仕様

品　名	ED-70	ED-250	ED-500
外形寸法(幅×高さ×奥行き)	1,900×2,100×1,100	2,700×2,292×1,850	3,500×2,500×1,855
処理能力	70kg／4時間	250kg／5時間	500kg／6時間
機器重量（Kg）	約950kg	約3,200kg	約5,000kg
燃　料	LNG、LPG、灯油	LNG、LPG、灯油	LNG、LPG、灯油
電　源（AC200V3相）	1.05Kw	3.15Kw	7.15Kw
バーナー	5万kcal	15万kcal	20万kcal
オプション		投入機・取出機	投入機・取出機

品　名	ED-1000	ED-3000	ED-5000
外形寸法(幅×高さ×奥行き)	4,000×2,900×2,700	5,500×3,600×3,800	6,000×4,500×4,100
処理能力	1,000kg／8時間	3,000kg／10時間	5,000kg／12時間
機器重量（Kg）	約8,000kg	約15,000kg	約20,000kg
燃　料	LNG、LPG、灯油	LNG、LPG、灯油	LNG、LPG、灯油
電　源（AC200V3相）	10.95Kw	19.45Kw	32.25Kw
バーナー	30万kcal	75万kcal	122万kcal
オプション	投入機・取出機	投入機・取出機	投入機・取出機

※性能改良のため使用寸法を一部変更することがあります。各機器の最新仕様・寸法等は、お問合せください。

エコドライシリーズ寸法図



出典：株式会社オークスＨＰより

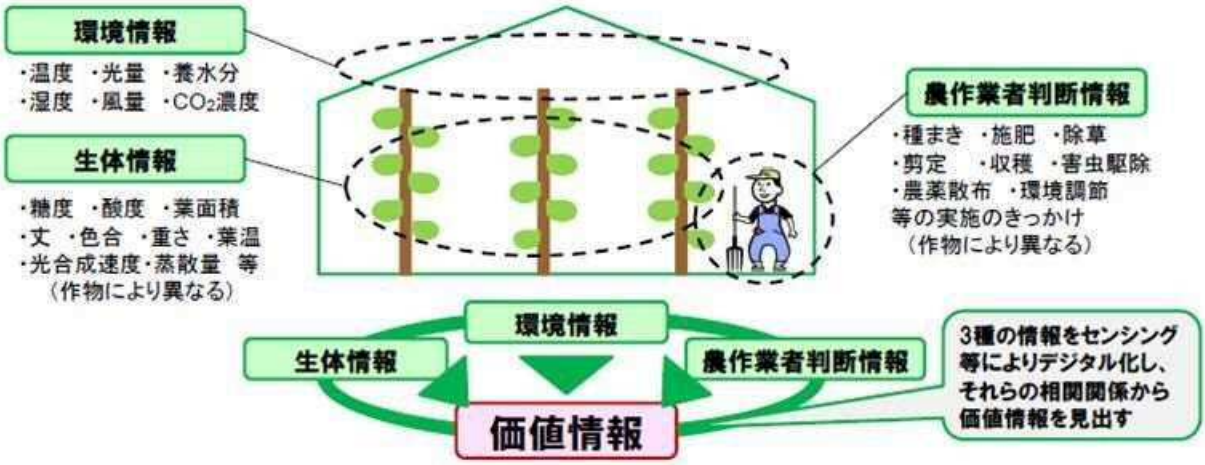
図 7-27　エコドライの標準仕様と寸法図

7.4　ＩＴ技術を利用した省エネ・省力化と環境データ収集・制御管理について

（１）農業分野におけるＩＴの利活用

従来ＩＴ化されてこなかった農業分野のアナログ情報や技術をデジタル化・ネットワーク化し、その利活用を進めることによって、農業を中核とした周辺産業において、農業が抱える課題解決に貢献する新しいサービス・ビジネスを創出することが可能となる。

そのためには、まずは、農産物の栽培に関わる様々な情報（環境情報、生体情報、農作業者判断情報等）を収集・分析して栽培に有用なノウハウ（価値情報）を抽出し、農業経営者を始め農業周辺産業において、それを利活用することができるシステム（「スマートアグリシステム（ＡＩシステム）」）を構築することが必要である。



出典：経済産業省　ＩＴ融合新産業の具体的例

図 7-28　農業分野におけるＩＴ利活用のイメージ

（２）農業が抱える課題の解決

ＩＴの利活用によって農業が抱える課題の解決には、以下の２点が必要となる。

○農産物の栽培に関わる様々な情報を収集・分析し、収量の向上や生産コスト低減などに寄与する栽培に有用なノウハウ（価値情報）を抽出する。

○抽出した価値情報から、農業経営者の農作業判断を支援する生産システムを構築することによって、収量の向上や生産コストの低減などの収益向上に寄与。また、農作業者に最適な農作業を提示することによって、栽培ノウハウの継承にも貢献。

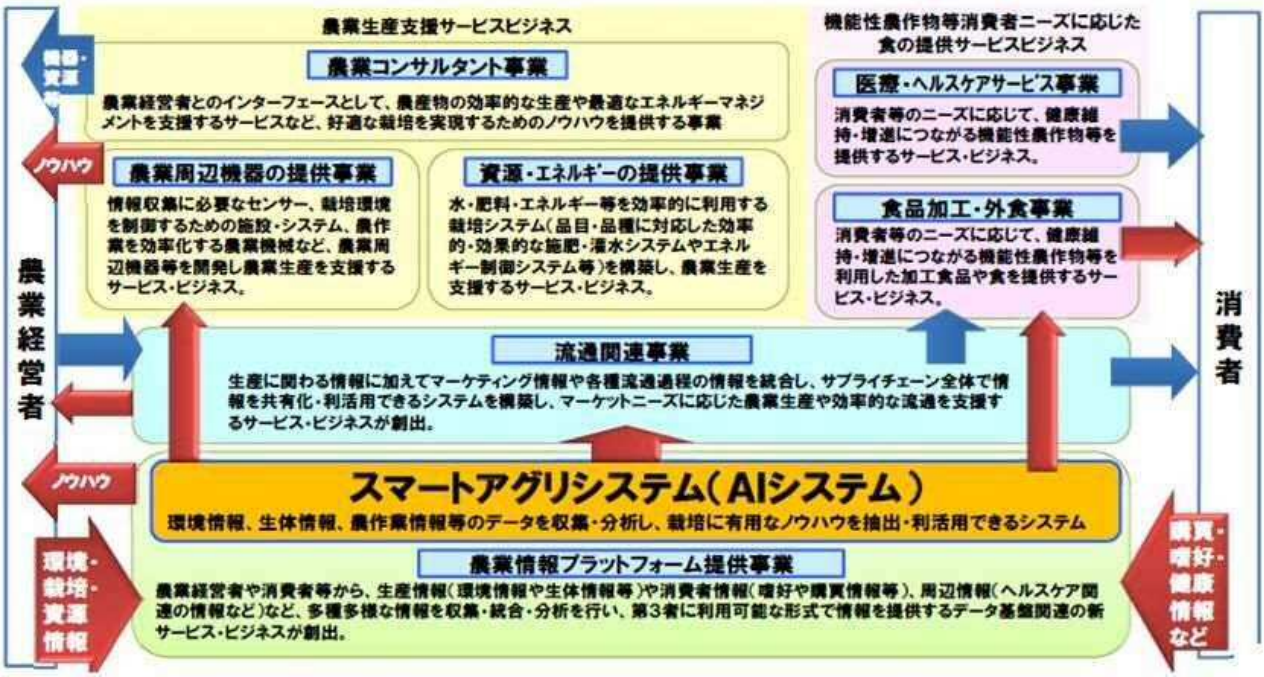
【抽出する価値情報】

表 7-22　ＩＴの利活用によって抽出した価値情報と農業が抱える課題の解決

抽出する価値情報の事例	生産システムの機能	農業が抱える課題の解決
環境変化に応じた農作業判断	時々の環境の変化や生育状況に応じて、好適な農作業を提示できるシステムを構築。 （例えば、天候変化に応じた温湿度や光量等の維持、果実の糖度等の生育状況に応じた灌水等）。	農作物の安定供給や作業効率の向上を実現。 また、若年層向けに最適な農作業を提示する。 ことにより栽培ノウハウの継承にも貢献。
病気・害虫・生体障害の予兆検知・予防	施設内の環境情報や生体情報等を収集・分析することによって、病害や害虫・生理障害などを予兆するアラートを発信するシステムを構築。	病害等を事前に検知し適切な予防措置を講じることによって欠品リスクを低減。
施肥・散布農薬量など資源の最適化	土地の状況や生育状況等に応じた最適な肥料の散布時期、量を提示できるシステムを構築。	過剰施肥の防止による生産コストの低減、農作物の品質向上（残留成分の低減）を実現。

（３）農業・ＩＴ・産業の新しいサービス・ビジネスの創出

農業におけるこうした課題解決のためには、農業を中核とした周辺産業が、スマートアグリシステム（ＡＩシステム）を活用して、異業種・異分野におけるノウハウやビジネスニーズ等を踏まえた新しいサービスやビジネスを創出し、農業分野にサービス提供していくことが重要となる。



出典：経済産業省　ＩＴ融合新産業の具体的例

図 7-29　農業×ＩＴ×産業の新しいサービス・ビジネスの創出

（４）農業用温室の価格が高い一因

農業用温室の価格が高い一因としては、以下の要因があげられる。

○日本では、簡易なパイプハウスが多いものの、台風や大雪、地震など、地域の気象条件に対応して強度を高めた温室の整備が進められており、地域によって温室の構造や価格が異なる。

○施主（農家）のニーズに応え、耐久性の高い資材（例：曇りにくいフィルム等）が開発されているほか、施主の農地で収益を最大化できるよう、農地の大きさや形状に合わせて温室の仕様をオーダーメイドで決定する場合が多い。

（５）施設園芸における技術開発の状況（実用化された技術）

日本の施設園芸は、施設園芸の先進技術国であるオランダと比べて、夏場の高温や台風、降雪への対応が重要な課題であり、数々の研究の中から新技術が生まれてきた。

環境制御システムは、オランダが先行していたが、近年、日本では他産業からの参入も活発で、高度な技術力を活かした製品開発で機能向上が図られている。

出典：農林水産省　施設園芸をめぐる情勢

図 7-30　施設園芸における技術開発の状況（実用化された技術）

7.5 ＩＴ農業事例

7.5.1　IT 農業事例のまとめ

IT 農業事例のまとめを表 7-23 に示す。

表 7-23　IT 農業　事例のまとめ

会社名	サンファーム・オオヤマ有限会社	株式会社サニープレイスファーム	トマト学校「新規就農者トレーニングファーム」	株式会社ネクス	農事組合法人　和郷園
導入システム	・栽培施設内外の環境をセンサーで測定し、ハウス内の環境制御	・センサーで取得した室温や日射量等の環境データを基に自動制御で栽培環境を管理	・施肥量等を精密に制御できる「灌水施肥装置」を用いて培養液を投与	・デジタル管理された化学的土壌マネジメント（NCXX FAR）	・「灌水制御機能」 「農業 ICT クラウドサービス」/NEC
写真及び図等	 ＜プリバ社製の統合環境制御システムの導入＞	 ＜養液型トマト栽培施設　内部＞	 ＜ハウス内の IT システム＞	 ＜システムの概要＞	 ＜給水システムのメンテナンスの様子＞
システム内容	栽培作物：トマト 作付面積：1ha 導入コスト：600 万円（初期費用） ・プリバ社の「マキシマイザー」を導入システム操作は会長及び社長が行っている ・栽培施設内外の状況や変化をグラフで確認し、ハウス内環境を判断して環境制御の設定・調整を行っている	栽培作物：トマト（養液型栽培） 作付面積：2ha（平成 22 年度～23 年度） ・農業づくり交付金及び経営体育成支援事業に取り組んだ ・大分県農林水産研究センターの生産技術を活用した、「低段密植栽培方式による糖度の高い美味しいトマト」の生産に取り組んでいる ・高品質な高濃度トマトを効率よく栽培する研究のため環境データ、出力機器の動作情報、終了・品質記録等の各種情報を蓄積し分析	栽培作物：トマト 【導入背景】 ・台風等によるパイプハウスの倒壊や樹体の損傷を防ぎ、通常のハウスよりコストの高い耐候性ハウスの導入を進めるため更なる増収と高品質化を目指し灌水施肥装置を導入 ・新規就農者の確保・育成に取り組むため「一般社団法人とまと学校」の設立、運営に対する支援を行っている	・肥料の種類や量を最適に設計された土を入れたポットに苗を定植し、肥効がコントロールされているため追肥することなく栽培が可能 ・施設内は温度、湿度、CO2 濃度、照度、土壌水分量、放射線量等のデータを取得。データは定期的にＳＮＳに自動投稿され、外部からでも確認が可能	栽培作物：トマト ・灌水回数や灌水量を PC やスマートフォンで設定し自動で実行 ・灌水の時間、時間間隔、量等の詳細設定を 1 日 48 パターンまで PC で設定可能
導入効果 及び 今後の課題	【導入効果】 ・蓄積されたデータに基づき、収量、味、品質、病気の発生等に関する前年度の課題を明確にし、その課題解決を折り込んだ今年度及び次年度計画を立てやすくなった ・費用対効果をデータに基づいて判断し、実施の可否を決定できるようになった ・除湿コントロールにより灰色かび病の発生を防止 【今後の課題】 ・地中部の環境をモニタリングすること土壌分析をリアルタイムに行うセンサーを設置し、データを収集中である	【導入効果】 ・質の高いトマトの生産及び高付加価値商品の独自ルートでの販売が経営の安定化 ・商標登録し、関東、中部、関西及び福岡のデパート等に直接出荷 ＜システム概要　イメージ図＞	【導入効果】 ・施肥等の自動化までは至ってないが、蓄積した各種データを参考に、当日の施肥量等を決定することが可能 【今後の課題】 ・新規参入者や後継者育成の観点からも栽培方法のマニュアル化と装置の自動化	【NCXX FARM の特徴】 ・化学的分析により配合された機能性用土を用いた、多段式ポット栽培により栽培中の追肥が不要、手軽に作物を栽培することが可能 ・各種栽培条件をデータ化・最適化する事により、安定した生産が可能な栽培技術を確立 【多段式ポット栽培】 ・窒素、リン酸カリウムおよび各種ミネラルが適正に適合された独自の機能性用土を用いた栽培方法 	【導入効果】 ・遠く離れた 3 カ所のハウスの灌水の制御及び記録が灌水制御システムを導入したことにより、農作業の手間の省略化 ・気象の急変等による、急な灌水設定の変更が必要になった場合、スマートフォンから状態を確認し、すぐに設定変更が可能

7.5.2　IT 農業事例の一覧

①サンファーム・オオヤマ有限会社（栃木県）

栽培施設内外の環境をセンサーで測定し、その状況や変化に応じて、ハウス内の環境を制御するシステムを導入し、コスト削減や病害発生の防止を実現している。

経営のタイプ：施設園芸	栽培作物：トマト
作付面積：1ha	従業者数：14 人
IT 導入コスト：初期費用 600 万円、運用費用 なし	

【課題】

○データに基づく環境複合制御を実現すること

⇒ 玉数を増やすと小玉になる傾向をどのように対処するか、肥料、温度、湿度、換気などのデータを見ながら複合的に制御する必要がある。

【システムの内容】

○栽培施設の内外の環境をセンサーで測定し、その状況や変化に応じて、ハウス内の環境を制御するシステム

⇒ プリバ社の「マキシマイザー」を導入。システム操作するのは会長及び社長。栽培施設内外の状況や変化をグラフで確認し、ハウス内環境を判断して環境制御の設定・調整を行う。

【導入による効果】

● データに基づいて課題を明確にし、今年度又は次年度に講じる解決策を立案

⇒ 蓄積されたデータに基づいて、収量、味、品質、病気の発生等に関する前年度の課題を明確にし、その課題解決を折り込んだ今年度又は次年度計画が立てやすくなった。

● 解決策の費用対効果をデータに基づいて判断し、実施の可否を決定

⇒ 収量を増やすためには温度やＣＯ２濃度を上げることが有効とデータから判断できた。そのためのコスト増を収量増による回収が見込めるか否か、データに基づいて判断が可能になった。

● １棟１ha の施設園芸により、人件費８％を有効時間に割当て、燃料費も節約

⇒ ＩＴ導入により１棟１ha の施設園芸が実現でき、栽培に有効な作付面積の拡大、機材の準備・片付け時間の短縮、燃料費の節約等を実現した。

● 2～3 年で県下トップレベルのトマト栽培農家に成長

⇒新規就農者でありながら自分で課題発見できる能力を持つ人は 2～3 年で県下トップレベルのトマト栽培農家になることができる。

● 除湿コントロールにより灰色かび病の発生を防止

⇒ 湿度の監視と天候や状況に応じた除湿が適切なタイミングで実施可能となり、灰色かび病を予防できるようになった。

【検討すべき課題】

○地中部の環境をモニタリングすること

⇒ 地上部の環境はモニタリング・制御し多くのデータも得られているが、地中部の環境はモニタリングができていない。

現在、土壌分析をリアルタイムに行うセンサー（地温、EC（電気伝導度）、pF 値（水分吸引圧））を設置して地中部のデータを取りはじめたところであり、データが増えてくれば、地上部で得られたデータと同様に、これまでと違った角度から分析し、これまでになかった判断ができるようになると期待している。作物が本当に必要なときに必要なものを与えることの実現が課題。

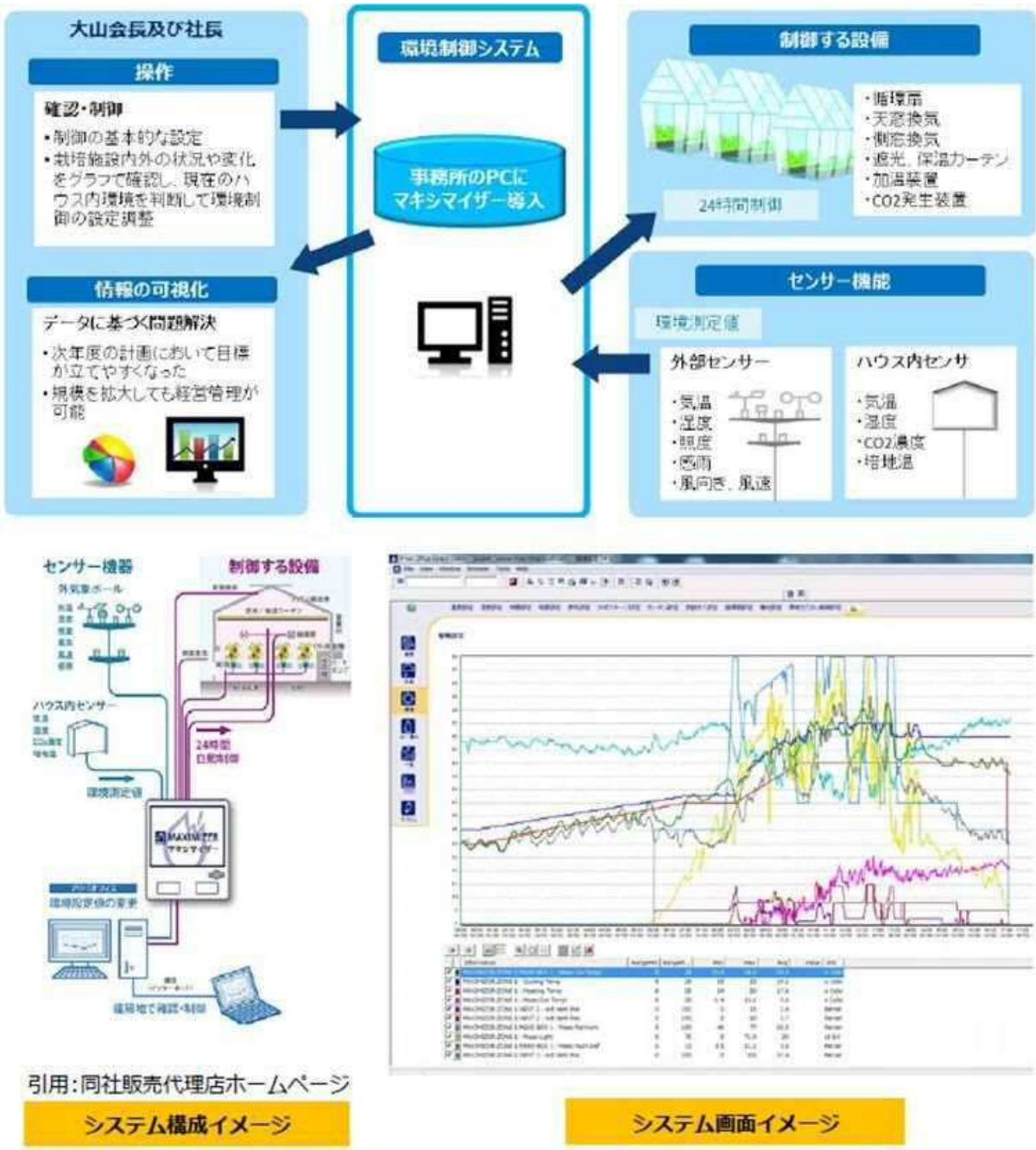


図 7-31　マキシマイザー（プリバ社製の統合環境制御システム）の導入

②株式会社サニープレイスファーム（大分県）

【取組の概要】

○株式会社サニープレイスファームは、大分県佐伯市女島地区においてトマトの養液栽培に取り組む農業法人であり、株式会社上組の子会社である大分港運株式会社を核に設立された。

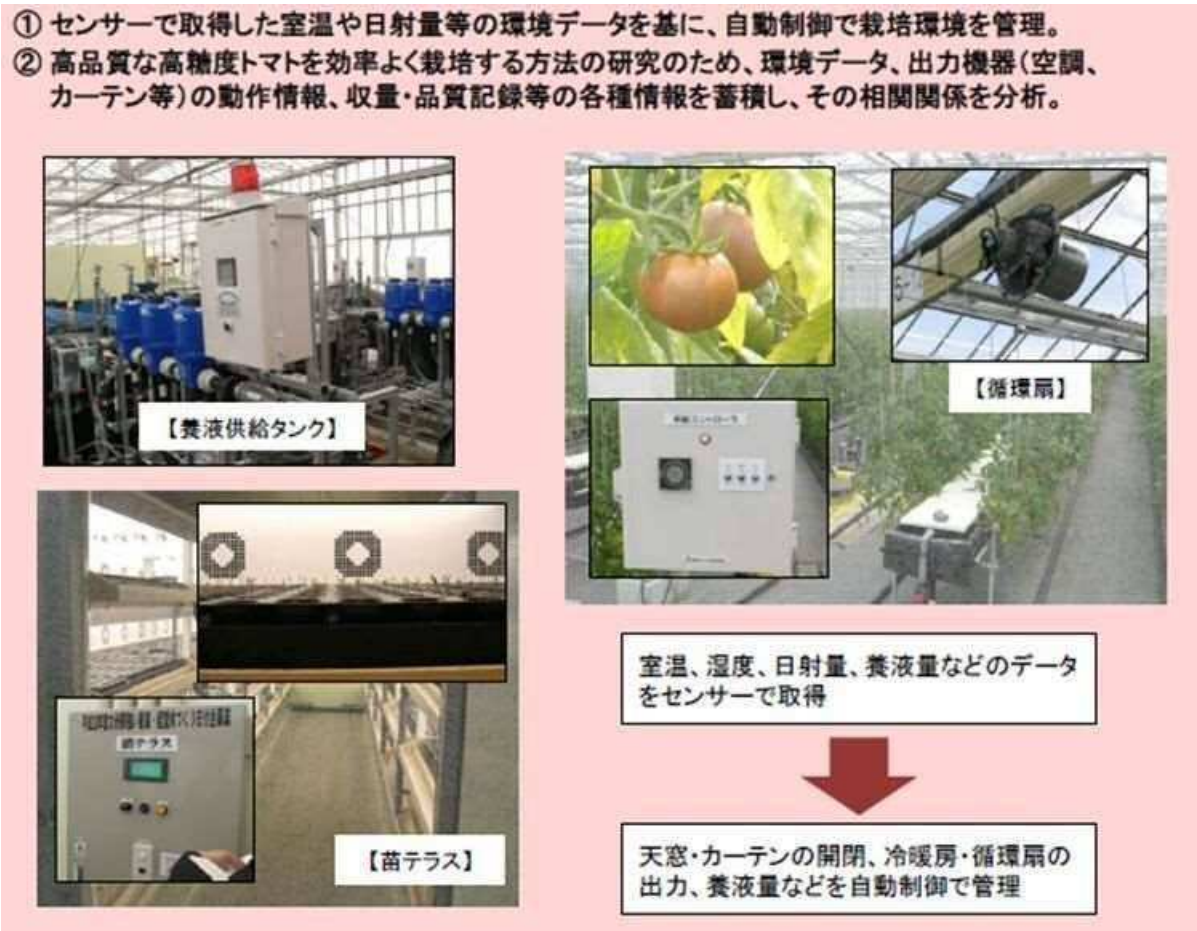
○株式会社サニープレイスファームは、農業参入に当たって、元々農業者ではないことから、地域の多くの農業者とは違う土俵で取り組みたいとの意向から、一般的な土を使った農業ではなく、トマトの養液栽培に取り組むことを決定。

○また、養液栽培施設の整備に当たっては、県や市から農業参入のサポートを受ける中で補助事業の活用が可能であるとの紹介を受けたことから強い農業づくり交付金及び経営体育成支援事業に取り組むこととし、平成 22～23 年度に合計約 2 ha の養液栽培施設と集出荷貯蔵施設を整備している。

写真：施設全景
養液型トマト栽培施設 2 棟 19,304.75 ㎡
トマト集出荷調整施設 182.9 ㎡

写真：施設内部

【システム概要】



出典：株式会社サニープレイスファームＨＰより

図 7-32　システム概要

【経営改善の効果】

○株式会社サニープレイスファームでは、事業で整備した栽培施設において、大分県農林水産研究センターの生産技術を活用した、「トマトの低段密植栽培方式による糖度の高い美味しいトマト」の生産に取り組んでいる。

○養液中に塩分を加えストレスを与えることにより、糖度を上げた高糖度トマトは「塩熟トマト朱々」として商標登録し、関東、中部、関西及び福岡のデパート等に直接出荷している。養液栽培施設による質の高いトマトの生産及び高付加価値商品の独自ルートでの販売が経営の安定化に結びついている。

○トマトの生産、出荷調整には常時雇用 19 名のほか、繁忙期の臨時雇用（252 日人／年）や梱包箱折を障害者施設に委託するなど、地域の雇用の創出に大きな役割を担っている。

③トマト学校「新規就農者トレーニングファーム」（大分県）

【トマト学校取組の背景】

・大分県竹田市荻町は、西日本でも有数の夏秋トマト産地として知られているが、高齢化による離農や品目転換により、近年は面積、生産戸数ともに減少傾向にある。

・今後、産地を維持するためには、継続的に新規就農者を確保・育成する方策が必要であるが、安定生産のための技術の習得が参入の大きな障壁となっている。

・そこで、JA おおいた竹田事業部トマト部会を対象に、関係機関で連携してトレーニングファーム「一般社団法人とまと学校」（２年間の研修を通じて夏秋トマトの栽培技術を習得し、新規就農を目指す、雇用型研修施設、以下、「とまと学校」)の設立、運営に対する支援を行い、新規就農者の確保・育成に取り組んでいる。

【ＩＴ化導入経緯】

○台風等によるパイプハウスの倒壊や樹体の損傷を防ぐため、通常のハウスよりコストの高い耐候性ハウスの導入を進めるに当たり、更なる増収と高品質化を目指し灌水施肥装置を導入することとした。先進的な農家にあっては、従来の養液土耕栽培から養液土耕隔離床栽培へ栽培方法を変更し、これを実現している。

○長年の栽培経験によって、その技術を蓄積した者なら、樹体を見て培養液の施肥量を決めることができるが、新たにトマト栽培を行うには、緻密な栽培管理が要求される養液土耕隔離床栽培の技術を習得する必要があり、ハウス内環境や施肥量等のデータを分析し、これに対応した栽培方法をマニュアル化することとした。

【システム概要】

○ハウス内環境（ＣＯ２濃度、温湿度、日射量）や樹体の状況をセンサーで測定して、当日の施肥量や灌水量を判断し、施肥量等を精密に制御できる「灌水施肥装置（コンピュータ制御)」を 用いて培養液を投与。投与した培養液は、ＵＳＢメモリーを利用してパソコンに取り込み、 データ蓄積及び分析を行うことができる。

○１時間毎のデータをパソコンに取り込み、収集したデータ（栽培者が当日の気象条件で判断し 与えた施肥量等）と照合して分析する。

出典：トマト学校「新規就農者トレーニングファーム」ＨＰより

図 7-33　ハウス内のＩＴシステム

灌水施肥システム

アドバンフレッシュ灌水施肥制御版

1.面積単位での灌水量を基本に肥料を混入します。
＊灌水量と肥料の希釈率を入力し施肥量を一定にします。
2.多品種 多作型を管理できます。
＊最大８系統の独立した灌水施肥ができます。
3.1週間の灌水パターンを自由に選べます。
＊栽培時期にあった多彩な灌水、施肥がえらべます。

出典：トマト学校「新規就農者トレーニングファーム」ＨＰより

図 7-34　ハウス内のＩＴシステム（その 2）

【効果・課題等】

○現在は、施肥等の自動化までは至ってないが、蓄積した各種データを参考に、当日の施肥量等を決めることができるので、その効果は大きい。

○また、新規参入者や後継者育成の観点からも栽培方法のマニュアル化と装置の自動化が重要である。

④株式会社ネクス（岩手県）

【ＩＴ導入経緯・背景】

○株式会社ネクスグループは、これまで培ってきた通信技術資産を生かしてＭ２Ｍ分野への参入拡大を目指し、かつその資産を異業種と融合させることで、デバイス事業のドメイン拡大を進めている。その具体的なモデルケースの一つとして、農業事業をスタートさせ、当社通信事業の応用による農業ＩＣＴ化の実現に向けて取り組んでいる。

○岩手県花巻市にある花巻本社は広大な遊休地を有しており、この遊休地を利用してビニールハウスを建設し、農業を開始。また、効率的な人員配置により花巻本社従業員による栽培、収穫を行うことで初期投資、人件費等の抑制をしながら、その上で気温、湿度、土壌温度、土壌水分等の環境データと育成状況を関連づけ、収量を推定したり、データを用いて作物の品質を高めるなど、誰でも安定して美味しい農作物が作れる仕組み作りを行っている。

○NCXX FARM のデジタル管理された化学的土壌マネジメントは、環境へ与える負荷を最小限に抑え、「安心、安全、エコ」な作物を消費者に提供することが可能。また、各種栽培条件をデータ化・最適化する事により、安定した生産が可能な栽培技術を確立し、それらを生産者へ提供することを目的に様々な取り組みを行なっている。

○最終的にはこれらのデータを活かし、ＩＴと農法を組合わせた商品化を行い、生産者へ販売、一方で収穫される野菜に関しても販路を確保していくことで、特に冬の期間でも安定して農業を営む方々が収入を得られるようなフランチャイズモデルを創出、今後も地域への貢献を目指し、製造業でありながら地産地消を実現できる農業ＩＴ化の実現、更には雇用の促進に向けた取り組みを進めていきたいと考えている。

【NCXX FARM の特徴】

○化学的分析により配合された機能性用土を用いた、多段式ポット栽培により栽培中の追肥が不要、手軽に作物を栽培することが可能となる。栽培はデジタル管理のマネジメントにより効率化および多くの収量が見込まれる。

○多段式ポット栽培システムとは窒素、リン酸カリウムおよび各種ミネラルが適正に適合された独自の機能性用土を用いて一段目は窒素濃度を低くし成長初期に必要な栄養素を含んだ用土を使用する。成長過程で必要な肥料が足りなくなると 2 段目の用土が使われることで追肥が不要となるシステムで慣行農法に比べて単位面積あたり収量が約 1.5～2 倍に増加、また水耕栽培や溶液栽培と比べて初期投資が低コスト。ポットが独立しているためポット同士での病気等感染がしにくく、かつ設置条件（土地を耕す、農地でないと利用できないなど）に制限のないことが特色のシステムとである。

出典：㈱ネクス　プレスリリースより

図 7-35　多段式ポットの仕組みとＩＣＴ管理画面の一部

【システム概要】

○肥料の種類や量を最適に設計、その肥料を混合した土を入れたポットに苗を定植し、肥効がコントロールされているため追肥することなく栽培が可能。

○施設内は温度、湿度、ＣＯ２濃度、照度、土壌水分量、放射線量等のデータを取得可能。

○施設内のデータは定期的にＳＮＳに自動投稿され、外部からでも確認が可能。また、施設内にカメラを設置しており、ネット動画配信を通じてリアルタイムで映像を配信。

○センサーネットワークの構築等は自社の技術を活かして自ら整備。また、同様に自社の開発資産を活かして潅水システムを自動化しており、人手によらず作業効率化を図っている。

出典：株式会社ネクスＨＰより

図 7-36　システムの概要

⑤農事組合法人　和郷園（千葉県）

【導入前の背景や課題】

○千葉県内の複数の農家が協業して誕生した農事組合法人の和郷園は、「農業生産者の自律」を目指し、様々な取り組みを進めている。農産物を栽培するだけでなく、直営スーパー「OTENTO 田園調布店」やネットを通じて農作物を直販するなど、加工・流通までをカバーした農業の「6 次産業化」を推進。また、積極的に最新の技術を採用し「農業の工業化」も目指している。

○トマトは、水を与えすぎないという「ストレス」を加えることで、小ぶりで糖度の高い実をつける。和郷園は、土ではなく、保湿性の高い特殊なフィルムを“畑”にして作物を栽培する「アイメック農法」という技術を採用。アイメック農法なら灌水量を完全にコントロールすることができるが、様々な条件や生育状況に応じた、きめ細かな灌水制御が不可欠となっていた。

○「毎日、何時にどれだけ肥料を溶かした養液を灌水するかを制御盤でタイマー設定してコントロールしていたが、現在の灌水装置は操作が煩雑でわかりづらい上、灌水記録は手作業で記入しなければならず、非常に手間がかかっていた。農業の工業化を実現するには、できるだけ手間を削減し、過去の実績データを品質や収量の向上に役立てていくことが不可欠であり、より効率的に灌水制御と記録を行える方法として、NEC の「農業 ICT クラウドサービス」の「灌水制御機能」を導入している。

【農業 ICT クラウドサービス】

○効率的に灌水制御と記録を行える仕組みとして、和郷園が導入したのが NEC の「農業 ICT クラウドサービス」の「灌水制御機能」である。これは、PC などからクラウドサービスにアクセスし、わかりやすい画面を通じて、1 日の灌水時間や灌水量を設定できるシステム。灌水実績はクラウド上に自動的に記録・蓄積される。

○和郷園の一員である向後農場では、もともと農業 ICT クラウドサービスの「センシング機能」を活用している。ハウスに設置したセンサーを通じて、ハウス内の温度・湿度・炭酸ガス量・照度などを遠隔から見える化し、異常があった場合には手もとのスマートフォンで警報メールを受信。それを品質管理に役立ててきた。

○センシングしたデータは、クラウド上に記録・蓄積されるため、それを見ながら生産者同士が改善点を検討することも可能。品質や収量向上のためのノウハウの共有に役立つ。

【導入システム（灌水制御機能）】

○灌水回数や灌水量を PC やスマートフォンで設定し自動で実行

○農業 ICT クラウドサービスは、NEC の持つ M2M（Machine to Machine）技術などを駆使し、農業の生産性向上や農産物の品質改善に貢献するサービスである。クラウドサービスであるため、サーバなどの資産を持たずとも迅速かつ低コストの利用が開始可能。

○灌水制御機能は、クラウド経由でハウスに設置した灌水装置を制御できる機能で、何時から何時まで動作させるのか、どのくらいの間隔で作動させるのか、どのくらいの時間水をやるのかといった灌水に関わる詳細な設定を、1 日 48 パターンまで、PC 画面から設定可能。

○また、灌水情報はクラウドに自動記録。蓄積したデータを PC やスマートフォンから確認し、今後の灌水設計にも活用したり、複数のハウスの灌水データを一元的に閲覧したりすることも可能。

○一般的に灌水装置は 1 台の灌水制御盤当たり 8 バルブが上限となるが、農業 ICT クラウドサービスの灌水制御は 32 バルブまで対応。大規模な圃場への対応や、同一圃場内でのより細かな灌水制御を実現可能。

写真 : 給水用タンクなどの給水システムに設けた弁。バルブの開閉によって水の流量をコントロールし、作物に対する供給水分量を調整する。

【導入後の成果】

○遠く離れた 3 カ所のハウスを回りながら、灌水の設定や記録作業を行うのはとても時間がかっていたが、現在は、従来の装置よりも簡単に灌水の設定を行うことができる上、手作業で行っていた記録作業が自動化したことで、農作業の手間を大きく省力化している。省力化によって生まれた時間で、自分の目で見て、手で触って状態を確かめる時間が増えるなど、より丁寧にトマトの『世話』を行えるようになっている。

○遠隔から灌水制御を行えるようになった点も大きなメリット。気象の急変や上司や先輩の指示によって、急に灌水設定の変更が必要になった場合、スマートフォンから状態を確認し、すぐに設定変更を行える農業 ICT クラウドサービスなら、現場に足を運ばずともすぐに対応できる。もともと設定していた値に対する割合で灌水量を増減する機能、任意の時間の灌水だけをスキップさせる機能など、柔軟な灌水制御を行うための機能も充実している。

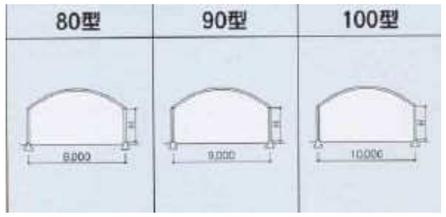
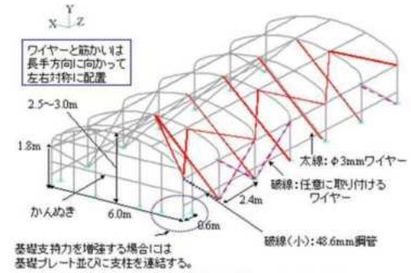
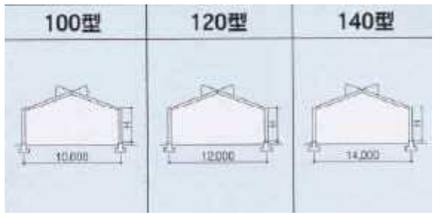
○さらに、クラウド上に記録・蓄積したデータを確認して、経験の浅い生産者などに正確な指示を出しや、分析して栽培ノウハウを数値化することも可能。具体的には「少し多めに水をやる」としか表現できなかった指示も「何ミリリットル多めに」と伝えることが可能。次いで温度・湿度・炭酸ガス量・照度、そして灌水実績などを分析することで傾向を把握し、「こういう条件が続いたときは、こう対処した方がよい」といったノウハウを抽出し、品質・収量の向上に役立てることもできる。

7.6 農業ハウスの事例

7.6.1 農業ハウスの事例まとめ

農業ハウスの事例のまとめを表 7-24 に示す。

表 7-24　ビニールハウス　事例

会社名	株式会社　モリシタ	株式会社　三和アグリテクノ	沖阪産業　株式会社	有限会社　サンワ産業
導入ハウス	農業用ビニールハウス	農業用ビニールハウス（主に沖縄県）	園芸用ビニールハウス（主に沖縄県）	パイプハウス・鉄骨ハウス
1	＜デーロク　5 代目＞ ・アーチパイプ口径：25.4mm・厚み：1.2mm ・間口：6.0 m、6.2 m	＜パワーハウス　ＬＨ-Ｉ型＞ ・天窓はアングルの亜鉛ドブ漬メッキ処理されており、更にアルミオキペットを装着しているので強度、防錆対策は充分配慮。軽量H型鋼を用いた強靭な大型ハウス ・間口：12m 迄（LH150）、15m 迄（LH200）	＜沖縄型角パイプ温室（ドームタイプ）＞  ・主骨材：□100×50　□125×75　38.1φ ・間口：8m～10m	＜耐性強化型ハウス＞ ・施設に強風が吹き付けた場合、大きな負荷が生じるが、筋違補強を施すことにより、最大瞬間風速 50m/s に相当する荷重に耐えられる  ・主骨財：φ48.6×2.3 （外径 48.6mm、厚さ 2.3mm） ・間口 6.0m
2	＜ダブルアーチハウス＞ ・デーロクハウスの内側にアーチパイプをダブルで入れて補強したビニールハウス 	＜スカイハウス　ＳＲ-Ｉ型＞ ・主骨材に角型鋼を用いたアーチ型ハウス。 ・主骨材、谷樋、軒樋もすべて亜鉛ドブ漬メッキ処理されている ・間口：7m 迄（50×50）～10m 迄（125×75）	＜沖縄型角パイプ温室（切妻タイプ）＞  ・主骨材：□100×50　□125×75 □150×75　□150×75 ・間口：8m～10m	
3	＜大ちゃん＞ ・大口径の 42.7φパイプを構造材に使用し、8 メートルの間口と高い軒高の大型ビニールハウス ・風雪に耐えられる強度・耐久性がある ・アーチパイプ口径：42.7mm・厚み：2.0m ・間口：7.5m、8.0m	＜強化施設 486 型＞ ・専用基礎石使用でハウスの強度アップ ・主骨材φ48,6 は亜鉛ドブ漬メッキ加工 ・間口：6m	—	—

①株式会社モリシタ（福井県）

昭和 41 年から農薬、農業資材、園芸施設を取り扱う実績のある会社で、福井全県を商圏とする地場の農業用ビニールハウスメーカー。福井県で初めて高張力鋼管の曲げ加工に成功している。

表 7-25　株式会社モリシタの会社概要

会社名	株式会社モリシタ
本社所在地	福井県福井市江端町 6-37 電話／0776-34-1222　　FAX/ 0776-34-1224
設立	昭和 41 年 9 月
資本金	3,000 万円

【ビニールハウス】

○デーロク(5 代目)

福井県内ではスタンダードなタイプのビニールハウスで、間口は 6 メートルある。

現在販売している型は、改良を重ねた 5 代目。

・アーチパイプ口径：25.4mm

・厚み：1.2mm

・間口：6.0 m、6.2m

写真：デーロク(5 代目)

○ダブルアーチハウス

「デーロクハウス」の内側にアーチパイプをダブルでいれて補強したビニールハウス。補強ダブルアーチパイプの間隔は、1.5 メートル～3.0 メートル。

・アーチパイプ口径：25.4mm

・厚み：1.2mm

・間口：6.0 m、6.2 m

ダブルアーチの間隔は２メートル間

写真：ダブルアーチハウス

○大ちゃん 427

大口径の 42.7φパイプを構造材に使用することで､8 メートルの間口と高い軒高の大型ビニールハウスを実現。

福井の風雪に耐えられる強度・耐久性と持ち、コスト面でも優れている。

42.7φパイプは自社で油圧式ベンダーを使って曲げている。

ダブルアーチの間隔は２メートル間隔で入っている。

・アーチパイプ口径：42.7mm

・厚み：2.0m

・間口：7.5m、8.0m

写真：大ちゃん 427

φ42.7mm のパイプを使用

写真：大ちゃん 427 内部

○大ちゃん 486

アーチパイプには建築現場で使われている 48.6φの足場管を使用しており、風雪に耐えられる強度・耐久性に優れたビニールハウス。

48.6φパイプは自社で油圧式ベンダーを使って曲げている。

・アーチパイプ口径：48.6mm

・厚み：2.4mm

・間口：8.5m、9.0m、10m

写真：大ちゃん 486

パイプがφ48.6mmX 肉厚 2.4mmの足場パイプを利用

写真：大ちゃん 486 内部

②株式会社三和アグリテクノ（沖縄県）

昭和 56 年創業、昭和 62 年に三和農材株式会社となり、平成 13 年に株式会社三和アグリテクノに商号変更している。沖縄の農業と共に発展してきた「ビニールハウスシリーズ」、高強度スタンチョンの牛舎等の「畜産施設」、新時代の農業経営を実現する高収益の砂耕プラント「スーパーサンドシリーズ」など、各種農業施設や資材を提供している。

表 7-26　株式会社三和アグリテクノの会社概要

会社名	株式会社三和アグリテクノ
本社所在地	沖縄県中頭郡中城村字南浜 202-4 電話／098-895-2281　　FAX/ 098- 895－2284
設立	昭和 62 年 6 月 2 日
資本金	2,000 万円

【ビニールハウス】

○パワーハウス　ＬＨ-Ｉ型

天窓はアングルの亜鉛ドブ漬メッキ処理されており、更にアルミオキペットを装着しているので強度、防錆対策は充分配慮されている。軽量H型鋼を用いた強靭な大型ハウス。

間　口

ＬＨ150　12m迄
ＬＨ200　15m迄

軒　高

ＬＨ150　2700mm迄
ＬＨ200　4200mm迄

主鋼材

ＬＨ200×100×3.2×4.5
ＬＨ150×75×3.2×4.5

その他

台風強度（ビニール張り）
最大瞬間風速60m

施工事例

出典：株式会社三和アグリテクノＨＰより

○スカイハウス　ＳＲ-Ｉ型

主骨材に角型鋼を用いたアーチ型ハウス。主骨材、谷樋、軒樋もすべて亜鉛ドブ漬メッキ処理されている。

間　口

□ 50×50	7m迄
□ 75×45	8m迄
□100×50	10m迄
□125×75	10m迄

軒　高

□ 50×50	2m迄
□ 75×45	2.2m迄
□100×50	2.5m迄
□125×75	3m迄

その他

台風強度（ビニール張り）

最大瞬間風速40m

施工事例

出典：株式会社三和アグリテクノＨＰより

○強化施設４８６型

・専用基礎石使用でハウスの強度アップ

・主骨材φ48,6 は亜鉛ドブ漬メッキ加工

・谷樋は板厚 2.3mm を使用で強度アップ

間　　口

6m

軒　　高

1900mm

柱間隔

2000mm（合掌アーチΦ48.6）ドブ

基礎工

フーチン　310×310×75

立ち上がり部　120×200×525

妻　　柱

Φ48.6

吊り棚

Φ42.7×2.3

施工事例

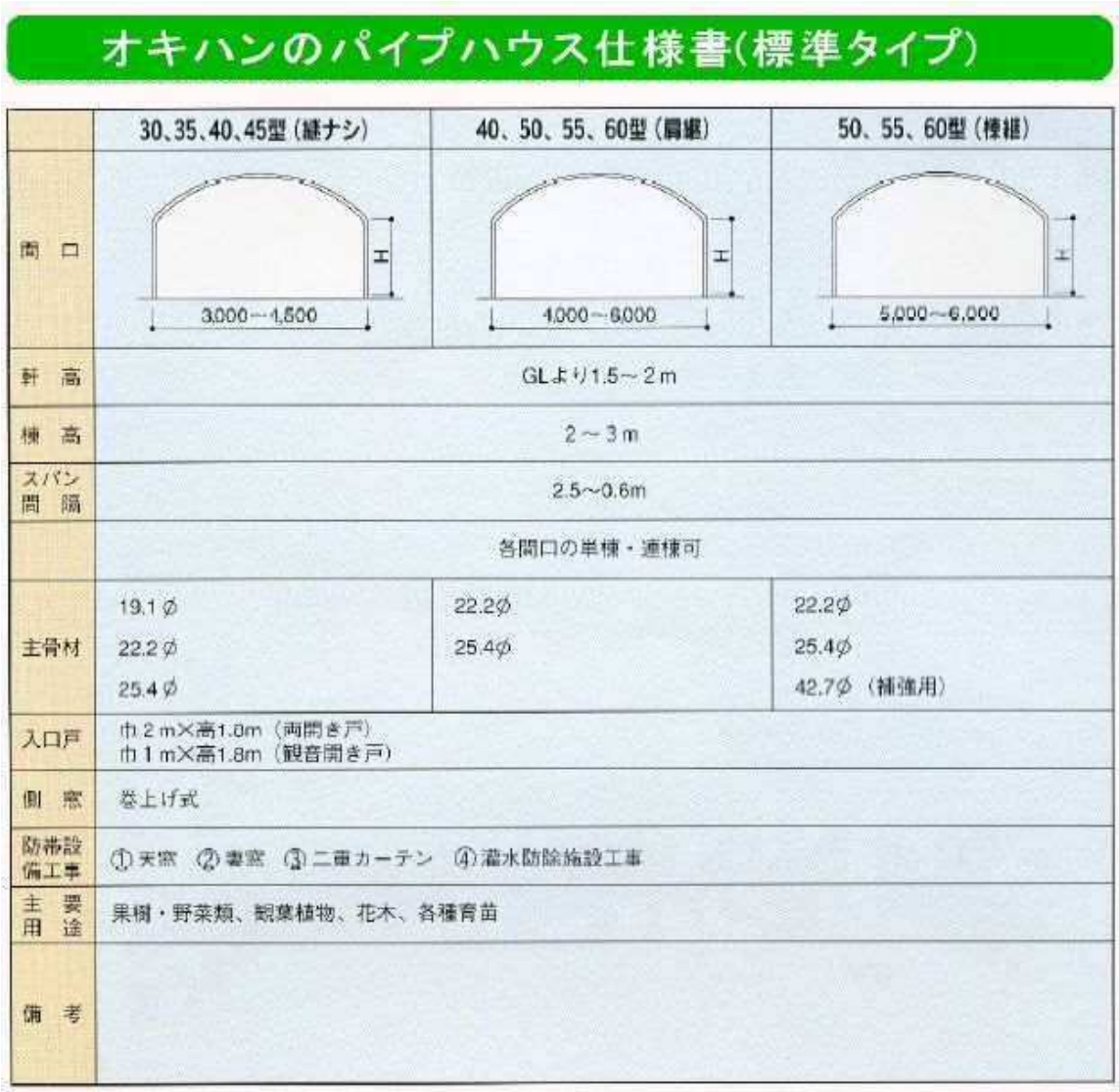
出典：株式会社三和アグリテクノＨＰより

③沖阪産業株式会社（沖縄県）

亜熱帯農業分野のハウス基盤整備を拡充。全農・県経済連指定店を受け、園芸施設部は県内需要の大半を占める部門で、園芸ハウス設計施工、水耕栽培システム設計施工、園芸施設資材販売、ガラス温室などの総合メーカーとして高品質資材を供給している。

表 7-27　沖阪産業株式会社の会社概要

会社名	沖阪産業株式会社
本社所在地	沖縄県那覇市港町３丁目５番１号 電話／098-997-4129　　FAX/ 098-997-2374
設立	昭和 46 年 11 月 17 日
資本金	8,900 万円



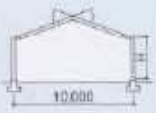
オキハンのパイプハウス仕様書(標準タイプ)

	30、35、40、45型（継ナシ）	40、50、55、60型（肩巻）	50、55、60型（棟巻）
間口	H　3,000～4,500	H　4,000～6,000	H　5,000～6,000
軒高	GLより1.5～2m		
棟高	2～3m		
スパン間隔	2.5～0.6m		
	各間口の単棟・連棟可		
主骨材	19.1φ 22.2φ 25.4φ	22.2φ 25.4φ	22.2φ 25.4φ 42.7φ（補強用）
入口戸	巾2m×高1.8m（両開き戸） 巾1m×高1.8m（観音開き戸）		
側窓	巻上げ式		
防帯設備工事	①天窓　②妻窓　③二重カーテン　④灌水防除施設工事		
主要用途	果樹・野菜類、観葉植物、花木、各種育苗		
備考			

出典：沖阪産業株式会社ＨＰより

図 7-37　パイプハウス仕様の概要（標準タイプ）

オキハンのビニールハウス仕様書（標準タイプ） 園芸用施設安全基準

	沖縄型角パイプ温室（ドームタイプ）			沖縄型角パイプ温室（切妻タイプ）		
	80型	90型	100型	100型	120型	140型
間口						
軒高	GLより2～2.8m					
スパン間隔	3m					
屋根勾配	20度（3.3寸）					
	各間口の単棟・連棟可					
被覆材	軟質ビニール、防虫防風ネット					
止め方	スプリング					
主骨材	□-100×50 □-125×75 38.1φ パイプ □-60×30			□-100×50 □-125×75 □-150×75 □-60×30		
入口戸	巾1.2m×高1.8m（片引戸） 巾1.8m×高1.8m（両引戸）			いずれもアルミ製、ビニール張 別注寸法可能		
天窓	陣笠、両天窓（ラックビニオン式）OHS式（自動、手動）					
側窓	突き出し式連続窓（自動・手動）、ビニール巻上げ式換気（手動）					
防帯設備工事	①二重カーテン ②暖房工事 ③換気扇 ④灌水防除工事 ⑤冷風工事 ⑥ 作業場 他					
主要用途	果樹類、野菜類、観葉鉢物、花木、各種育苗					
備考	天窓は両天、片天とも可能 換気扇は妻面に取付け可能					

出典：沖阪産業株式会社ＨＰより

図 7-38　パイプハウス仕様の概要（角パイプタイプ）

④有限会社サンワ産業（沖縄県）

パイプハウスから鉄骨ハウスまでニーズに合わせた設計・施工を行っている。

表 7-28　有限会社サンワ産業の会社概要

会社名	有限会社サンワ産業
本社所在地	沖縄県糸満市字福地 176 電話／098-997-4129　　FAX/ 098-997-2374
設立	昭和 55 年 6 月 16 日

【県内での主な納入先】

・サンシャインファーム（ＥＭ研究機構グループ）

・沖縄県農業協同組合

・沖縄県内の農業生産法人や農家など

【耐性強化型ハウス】

・施設の主骨材にはφ48.6×2.3（外径 48.6mm、厚さ 2.3mm）の一般構造用鋼管を用いており、棟高 2.8m、軒高 1.8m、間口 6.0m、主骨材を長手方向に 2.4m 間隔で配置する。補強にはφ48.6×2.3 パイプと外径 3mm ワイヤーを用い、主骨材間にはφ22.0×1.6 パイプを 60cm 間隔で設置する。

・施設に強風が吹き付けた場合、妻面方向からの風に対しては妻柱に、側面からは肩部に最も大きな負荷が生じるが、鋼管によるかんぬき、またはワイヤーによる筋違補強を施すことにより、最大瞬間風速 50m/s に相当する荷重に耐えられる。

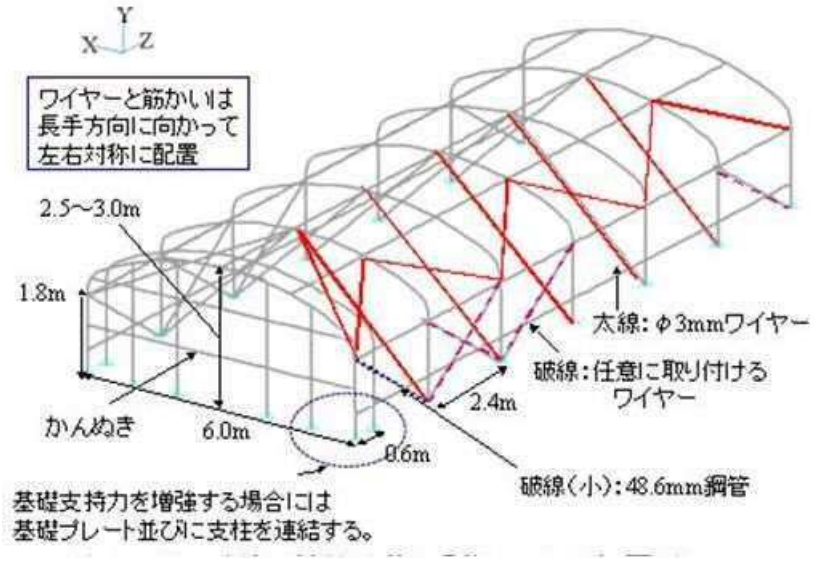
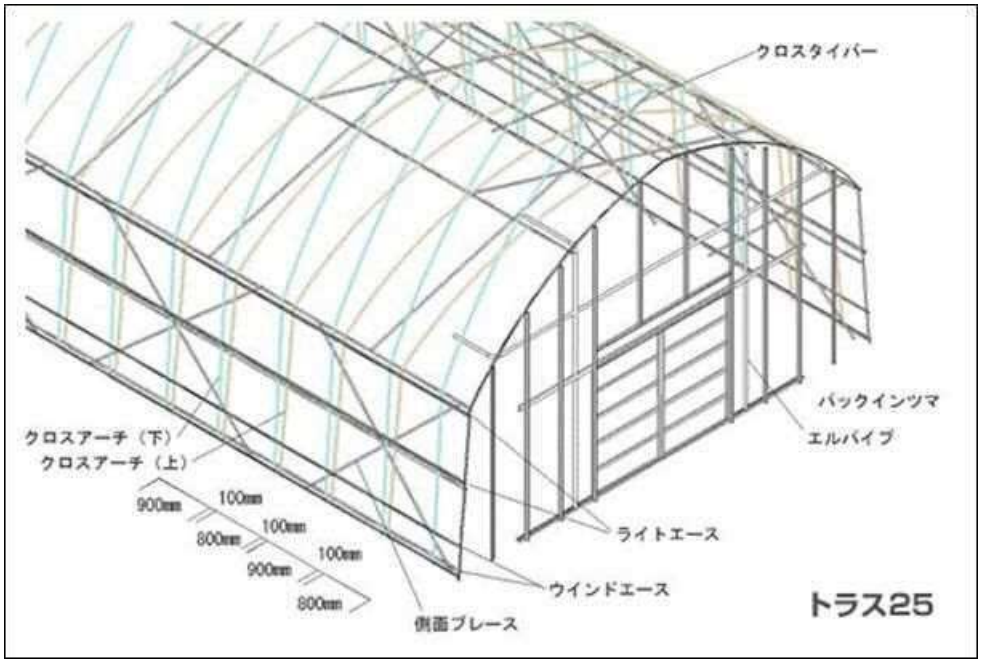


図 7-39　耐性強化型ハウスのイメージ例

○主骨材トラスにすることで低コストかつ頑丈な温室



＊提携・協力先の渡辺パイプ株式会社製品類似

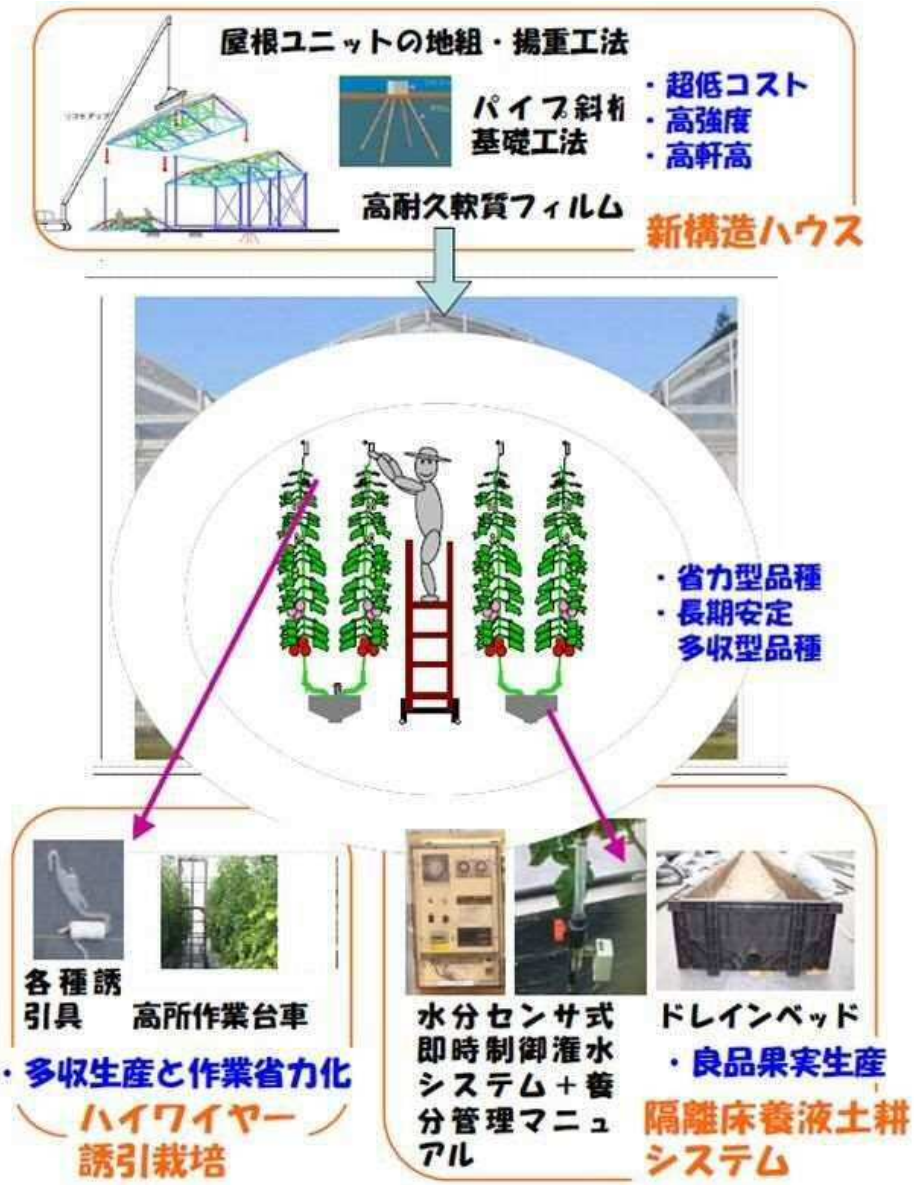
図 7-40　トラスタイプの温室

7.7　イメージするＩＴ設備機器・ハウス等の生産システム事例

①愛知県農業総合試験場の取組み

農林水産省の研究委託事業「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」において、「トマト産地のリニューアルに向けた低コスト生産システムの開発」の課題の中で、野菜茶研、大阪府立大学、農業工学研究所、企業（ハウス建設、被覆資材）が共同で、施設本体の建設コストを大幅に低減するために、従来の１／２のコストで建設可能な新しいタイプのハウスを開発した。コストダウンのポイントは、パイプ基礎工法（土工事が不要）、軽量の新部材の採用、モジュール単位による屋根のユニット工法である。

この新構造ハウスにを利用して愛知県農業総合試験場が報告している低コスト生産システムの内容を整理する。



出典：トマト産地のリニューアルに向けた低コスト生産システムの導入指針

図 7-41　新構造ハウスを利用した低コスト生産システムイメージ図

【養液土耕栽培（愛知県農業総合試験場開発）の特徴と導入コスト】

新構造ハウスに導入した栽培システムにおける個別技術の特徴

養液土耕栽培

- 施肥の無駄が少なく肥料コストを下げることができる。また、かん水量も削減でき、低コスト生産に適合する。
- 必要量を必要なときに施用するため、長期一作型栽培での草勢管理を適正に行える。
- 追肥などの自動化ができ、労働時間の削減が見込まれる。

隔離ベッド

- 隔離床での栽培は、余剰水分を培養土から排出でき、地下水の影響も受けないため果菜類の栽培において高品質生産の手段として優れている。
- 土壌病害対策の効果が大きく、持続的生産が可能になる。
- 新構造ハウスを含め高軒高施設でのハイワイヤー栽培では、高所作業車は必須で、地表面の均平が不可欠である。
- 作業性を向上させるためは植物の配置方法が重要になる。耕起等の作業がない隔離ベッドでの栽培は作業効率の向上にもつながる。

隔離ベッドでの栽培

かん水制御

- 愛知農総試で開発した精度が良いテンシオンメーターと、pF 値を電圧に変える装置およびテンシオンメーターからの電圧を制御する即時制御かん水システムは、省力的で効率的な水分管理を行える。
- 少量の水を必要なときに何度も即時に与えることができる。隔離ベッド等少量の培地でも、過不足無くかん水でき高品質生産が可能である。

なお、少量かん水による栽培では均一性が重要であり、点滴かん水チューブによる液肥とかん水を行う。

即時制御かん水システム

表 1-3-a1　隔離ベッド(小量培地型)、養液土耕栽培システムの導入コスト

機資材名	価格（千円）※1
隔離ベッド（55cm 幅）	1，123 ※1
トマト用培土	420
点滴灌水チューブ	192
即時制御灌水システム	250
液肥施用システム一式	543
電気・配管工事一式	200
合　計	2，728

金額は 10a あたり
新構造ハウスのﾕﾆｯﾄ数：25
間口　22.5m(5 連棟)
奥行　45m
ﾍﾞｯﾄ長　390m
消費税別途
※1　運賃別途

【新構造ハウスを利用した低コスト生産システムの経営評価】

経営評価の前提

① 経営面積 40ａの家族経営から、企業的経営を目指し 60ａの経営に拡大する場合に導入する施設の経営評価とする。
② 施設は新構造ハウスとし、付帯装備として、ハイワイヤー誘引、養液土耕と隔離ベッドを導入する。
③ 作型は、促成・長期一作とする。
④ 技術導入の目的は、「低コスト」「安定生産」「作業効率向上」とする。

項目		具体的データ
コストに関すること	施設導入コスト	**新構造ハウスと同等の施設等の導入コストの比較**

	新構造ハウス	硬質フィルムハウス（Ｖ類）	ガラス温室＊＊
10ａあたり導入コスト	693 万円	1,215 万円	2,000 万円

＊平成 18 年９月時点のデータ。
＊＊「施設と園芸」2005 年 131 号より
新構造ハウスの導入コストは、同等の硬質フィルムハウス（Ｖ類）の 57.0%、ガラス温室の 34.7%となる。

附帯設備導入コストの例（10ａあたり）

設備名	導入コスト	備考
高所作業車＊	65.6 万円	レール一式 46.7 万円 手動作業車 18.9 万円
誘引器具＊＊	43.5 万円	本体 104 円 ボビン 45 円 2,780 株／10ａとして
養液土耕システム	300 万円	システム 200 万円 隔離ベッド 100 万円
合　計	409.1 万円	

＊高所作業車（電動式）の場合、１台 25 万円。
＊＊本体とボビンが一体型のものもある（１個 70 円）
　誘引にクリップを使用する場合は、その経費も必要（１個３円）。

低コスト生産システム導入に伴う経費の増減試算（10ａあたり）

費用名	増減額	内訳
諸材料費	＋13.1 万円	ボビン更新費用（45 円×2,780 株）
減価償却費	－38.4 万円	硬質フィルムハウス（Ｖ類）と比較
雇用労賃	－11.8 万円	労働時間 148 時間減 時給 800 円として

＊施設導入コスト減に伴い、支払利息の負担の減少が見込まれる。
＊作業時間は、収穫、つる下げ・誘引作業における省力効果を反映したものである（「1-2-d　作業性」参照）。

安定生産に関すること

収量性

10ａあたり収量　24.4ｔ（愛知県農業総合試験場調査結果より）

品種：ルネッサンス　　収穫期間：10月～６月

＊栽培の概要及び生産実績の詳細は1-2-b「生産性」を参照のこと。

冬期受光量

ハイワイヤー誘引の部位別受光量　　単位 MJ/㎡/日

測定部位	上位葉	中位葉	下位葉
受光量	1.7	1.0	0.7
斜め誘引との比較	±0	**25%増**	**75%増**

調査時期：２月　（愛知県農業総合試験場調査結果より）

＊日照量が少ない時期において、中位葉・下位葉の受光量が増加した。

＊調査の詳細は、1-2-a「草勢維持及び採光性改善の状況」参照。

冬期温度

高軒高ハウスの重油使用量　　（野菜茶業研究所試算）

高軒高ハウスの面積	324㎡	1,296㎡	2,916㎡
ＡＰハウスとの比較	＋11%	＋3.4%	**－0.2%**

＊20ａ以上の施設においては、重油使用量の大幅な増加は見られない。

労働に関すること

ハイワイヤー栽培の省力効果

つる下げ・誘引作業の作業時間（愛知県農業総合試験場調査結果より）

１株あたり	10ａあたり	斜め誘引と比較して
15.8～19.3秒	146.4～178.8時間	**19.6～34.2%の減**

＊2,780株/10ａ、つる下げ作業12回として換算。

その他作業の省力効果（参考）

栃木県農業試験場の調査では、**収穫、葉かき作業**において、「しゃがみ」「背伸び」の作業姿勢の割合が減少するなど、作業姿勢の改善が見られるとともに軽労化し、作業能率が向上したとの報告がある。

単位時間当たり作業能率の向上（慣行との比）

収穫作業 **11%**　　葉かき作業 **48%**

作業効率向上シミュレーション　　単位：時間、%／10ａ

作業名	作業時間		削減時間	慣行比
	ハイワイヤー	慣行		
つる下げ・誘引	**162.9**	222.2	**59.3**	**73.3**
収　穫	**712**	800	**88**	**89**
合　計	**874.9**	1,022.2	**147.3**	**85.6**

慣行の作業時間を2,000時間／10ａとすると、148時間の削減により、**作業効率は約７%の向上になる。**

総合評価

1　「低コスト」

施設本体の導入コストは大幅に削減される。

これにより、大規模施設の導入や、労力を有効に活用するための附帯設備の充実に資本を充てることが可能である。

2　「安定生産」

従来の施設と同等の収量が期待できる。

3　「作業効率向上」

「つる下げ・誘引作業」「収穫作業」の作業行程の変化に伴い、当該作業効率の向上が期待でき、経営全体での労働時間削減の可能性がある。

出典：トマト産地のリニューアルに向けた低コスト生産システムの導入指針

【低コスト生産システムの経営モデル】

1　経営モデルの前提

（1）経営形態と発展ステージ

家族経営から企業的経営へ発展・移行期

（2）経営規模

経営規模 40ａから 60ａへの経営規模拡大

（3）導入施設

新構造ハウスを主体とした低コスト生産システム

（ハイワイヤー誘引、養液土耕）

（4）労働力

大人３人（うち１人後継者）＋雇用労力

（5）低コスト生産システム導入の目的

・規模拡大

・収穫期間の長期化

・労働・作業改善（単純化・効率向上・作業姿勢改善）

（6）施設導入方法と作付体系

モデルＡ：60ａの施設を一度に導入した場合。促成・長期一作

モデルＢ：40ａの既存施設に 20ａの施設を増設した場合。促成・長期一作

モデルＣ：40ａの既存施設に 20ａの施設を増設した場合。年二作

促成・長期一作・・７月下旬播種　８月中旬定植　９月下旬～７月上旬収穫

年二作・・・・・・①７月播種　８月定植　10 月～１月収穫

②12 月播種　２月定植　４～７月収穫

2　モデルの設定

収量　促成・長期一作 25ｔ／10ａ（愛知農総試での結果より）

抑制・半促成　10ｔ／10ａ（愛知県「農業経営改善モデル」等より）

単価　295 円／kg（「平成 16 年主要野菜の入荷量と価格」東海農政局園芸特産課資料より）

その他の数値は、愛知県「農業経営改善モデル」を参考にした。

3　経営モデルの目標と活用について

モデルは、新規投資の返済をして、なお、余剰金が見込める経営である。

出典：トマト産地のリニューアルに向けた低コスト生産システムの導入指針

経営モデル

項目	モデルA (60a新設)	モデルB (20a新設) 新設分 促成長期一作	モデルB (20a新設) 既設分 促成	経営全体
面積 (a)	60	20	40	60
収量 (kg／10a)	25,000	25,000	20,000	—
総収量 (kg)	150,000	50,000	80,000	130,000
単価 (円/kg)	295	295	295	—
収入 (万円)	**4,425**	1,475	2,360	**3,835**
(万円／10a)	738	738	590	639
生産費 (万円)	2,154	718	1,018	1,736
うち諸材料費	178	59	66	125
うち減価償却費	874	291	170	461
うち雇用労賃	457	152	352	504
販売費・一般管理費 (万円)	658	219	303	522
経費 (万円)	**2,812**	937	1,321	**2,259**
(万円／10a)	469	469	330	376
所得 (万円)	**1,613**	537	1,039	**1,576**
(万円／10a)	269	269	260	263

項目	モデルC (20a新設) 新設分 半促成	モデルC (20a新設) 新設分 抑制	モデルC (20a新設) 既設分 促成	経営全体
面積 (a)	20	20	40	60
収量 (kg／10a)	10,000	10,000	20,000	—
総収量 (kg)	20,000	20,000	80,000	13,000
単価 (円/kg)	295	295	295	—
収入 (万円)	1,180		2,360	**3,540**
(万円／10a)	590		590	590
生産費 (万円)	742		1,018	1,760
販売費・一般管理費 (万円)	190		303	493
経費 (万円)	932		1,321	**2,253**
(万円／10a)	466		330	376
所得 (万円)	248		1,039	**1,287**
(万円／10a)	124		260	215

【参考資料：ユビキタス環境制御システム】

低コスト生産システムの環境制御システムとして採用されたのが、ユビキタス環境制御システム(通称：ウエックス(UECS))である。ユビキタスは、「至る所にある」という意味で、これまでの温室コンピュータで行っていた中央集中型の環境制御に代わり、暖房機、天窓、温度計などの個々の機器に、安価な小型コンピュータを内蔵させ、必要な場所で必要な計測と制御を、施設の規模に合わせて低コストで自律分散的に実現するものである(図 1)。このシステムを導入することによって、次の利点がある。

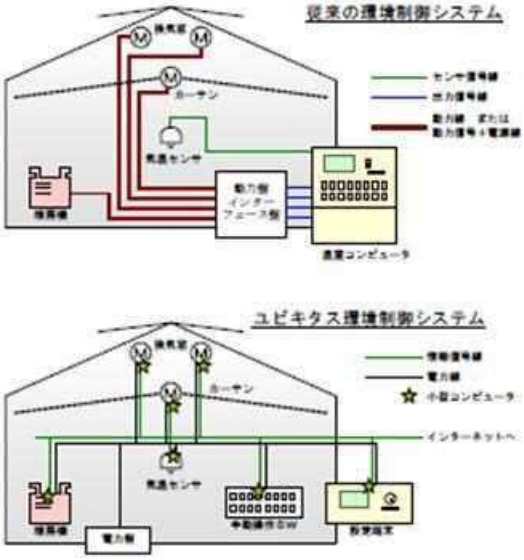


図 1　新システムと従来のシステムとの違い

(1) 電気配線などの設置工事が軽減し、低コスト化が図れる。図 2 は野茶研モデルハウスのシンプルな電力盤。機器に電源ケーブルとネットワークケーブルを接続するだけで、設置が完了し、基本的な計測制御を開始できる。

(2) 万一故障しても全体が停止せず、故障機器の交換だけで修理できる。また、段階的導入も可能で、植物工場から簡易温室まで規模に合わせた機器構成に対応できる。図 3 は野茶研モデルハウスの機器構成。

(3) ハウスが情報化し、パソコンや携帯情報機器で Web ブラウザなどを使って監視･操作が可能である。図 4 は遠隔操作の例。また、図 5 のような各種ソフトウェアをパソコンに導入(ダウンロード)して、さまざまな応用が可能である。

(4) 規格はオープン化されているので、規格に対応していれば、製造会社、機種を問わず混在が可能である。表 1 はウエックス対応機器の開発状況を示す。

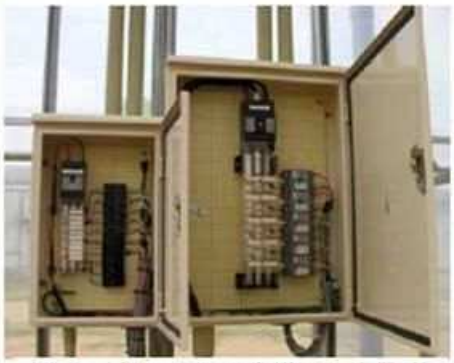


図 2　ウエックスを導入した野茶研モデルハウスの電力盤

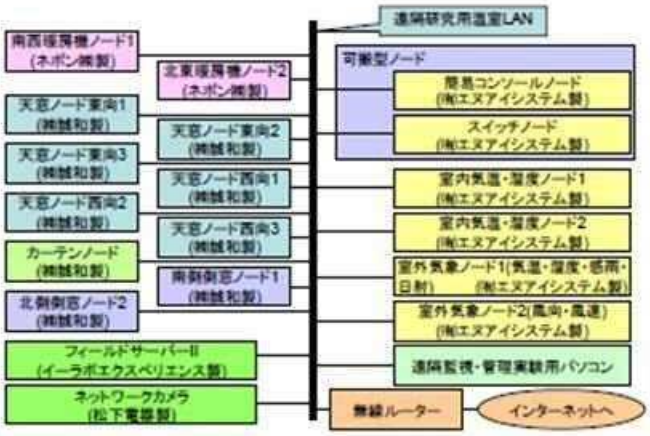


図 3　野茶研モデルハウス環境制御システムの接続機器(ノード)構成

図 4　携帯情報機器で遠隔監視･操作した例(左：携帯電話による気温の経時変化監視例、右：携帯ゲーム機による暖房機操作例)

図 5　パソコンで動作するウエックス対応ソフトウェアの例(左：警報等の監視ソフト､右：機器動作状態閲覧と計測制御情報のデータベース化ソフト)

図 6　ウエックス研究会のホームページ

表 1　ウエックス対応機器(ノード)の開発状況(2006 年 12 月現在)

ノードの種類	ノード開発組織	対象機器製造会社	開発レベル
暖房機ノード	ネポン		製品化可能
天窓ノード	誠和		製品化可能
カーテンノード			
側窓ノード			試作
手動自動スイッチノード	エヌアイシステム		製品化可能
簡易コンソールノード			
屋内気象ノード			
屋外気象ノード			
汎用入出力ノード			
ファン一体型細霧冷房ノード	東海大学	フルタ電機・松下ナベック	試作
養液供給ノード		太洋興業	設計
養液栽培ベッドノード			
補光ノード		未定	

以上の特徴を持ったウエックスは、野菜茶業研究所の超低コストモデルハウスの環境制御システムとして採用されたほか、2006 年度から開始した農林水産省の低コスト植物工場成果重視事業における生産施設用の環境制御システムとしても導入が検討されている。

出典：トマト産地のリニューアルに向けた低コスト生産システムの導入指針

②パナソニック「アグリ・エンジニアリング事業」

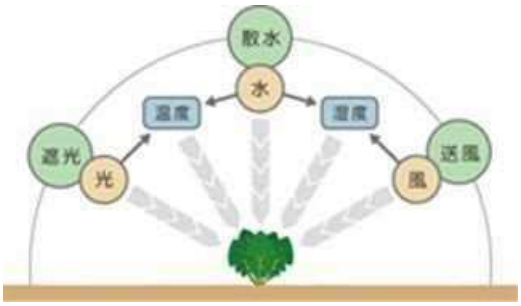
パナソニック株式会社 エコソリューションズ社は、市販の農業用資材の最適配置設計と、自然の力を積極的に活用する「『パッシブ』環境制御システム」とを融合することにより、局所環境制御を実現した『パッシブハウス型農業プラント』を開発。農産物の生産効率の向上と生産者負担の軽減を図る「アグリ・エンジニアリング事業」に 2014 年度から参入している。

【「パッシブハウス型農業プラント」の特徴】

○自然の力を積極的に活用した「環境制御システム」

自然光、水、風などの自然エネルギーを直接利用するパッシブ技術により、できるだけ電気のエネルギーに頼らずに、作物周辺の温度、湿度などの環境をバランス良く整えるトータル環境制御システムを提供する。一般的な植物工場と異なり、エアコンや暖房機を使用しないためエネルギーコストを抑えた栽培が可能。

ハウス外の照度、外気温度、ハウス内の温度・湿度を計測して、遮光、送風、散水を行なう設備機器を制御し、作物の生育ステップごとに機器動作の優先順位を決めて、成長に合わせた制御を行う。また、機器動作の制御は、季節や時間に合わせて自動的に変更して制御する。



出典：パナソニック株式会社ＨＰより

図 7-42　トータル環境バランス制御

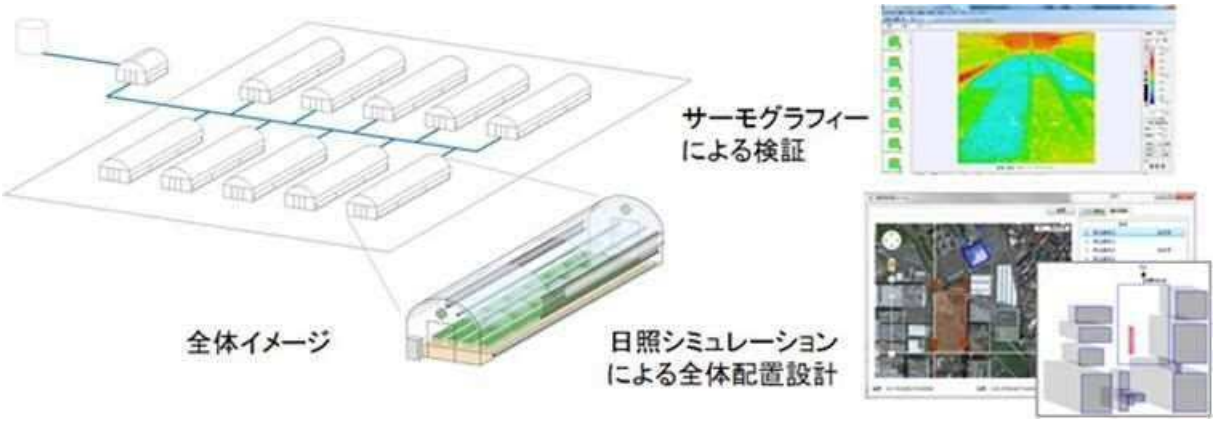
出典：パナソニック株式会社ＨＰより

図 7-43　環境制御システム

○「局所フォーカス」や日照シミュレーション等を活用した「エンジニアリング技術」

設備機器を最適に配置することで作物周辺のみを集中的に環境制御する「局所フォーカス」を実現し、環境制御を省エネで実現。

ハウス内の設備機器は気流解析やサーモグラフィによる測定を行ない、最大限の効果が発揮できるように機器選定や配置設計をしている。また、日照シミュレーションによる周辺環境の影響を考慮したハウスの全体配置設計や生産者が利用中の井戸ポンプや電源設備などに合わせた共用設備の設計を行なって、生産者一人ひとりに合わせた提案を行っている。



出典：パナソニック株式会社ＨＰより

図 7-44　局所フォーカスのイメージ図

【導入コスト】

「パッシブハウス型農業プラントは、10 棟 1 ユニットの価格が約 5500 万円。一般的なビニールハウスは 1 棟あたり 150～200 万円程度。これに制御機器を導入すると 400～500 万円の費用がかかる。その点では 10 棟あたりの価格はほぼ同等になる。

投資は 6～7 年で回収ができると考えているほか、農作業の手間が削減されることから、その分手が回らなかった農地での作づけが可能になり、収入増を見込めるというメリットもある」。ハウスそのものは一般的なビニールハウスを使用。約 10 年の耐用年数がある。

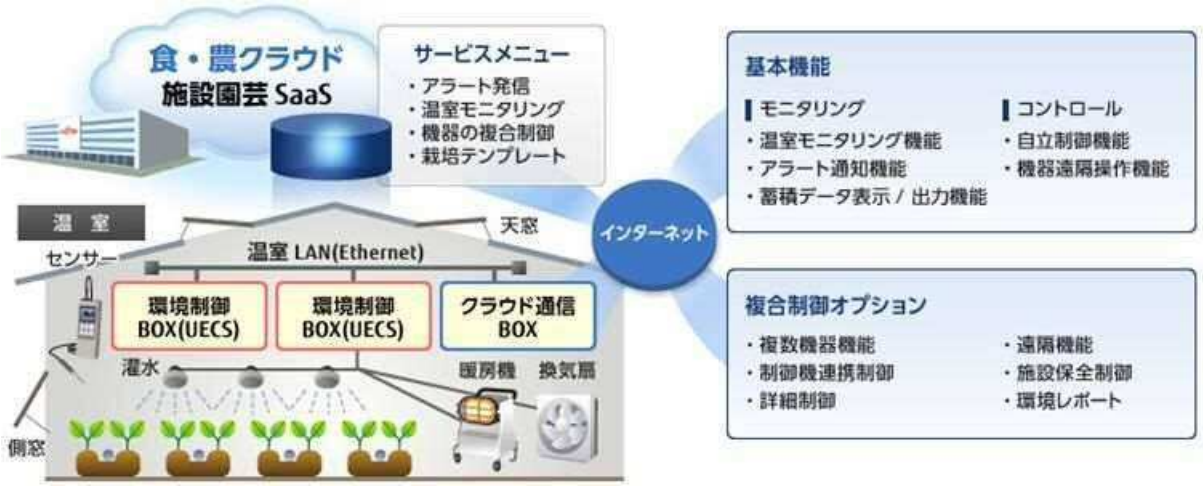
③富士通株式会社「食・農クラウド施設園芸 SaaS・施設環境制御 Box」

「施設園芸 SaaS・施設環境制御 box」は、食・農クラウド Akisai の中で施設園芸をサポートする製品群である。「施設環境制御 box」は各種センサ情報の収集や機器の制御を行うハードウェアであり、「施設園芸 SaaS」はクラウドに蓄積された様々なデータを利活用するクラウドサービスである。

これらを利用することにより、農業生産者は生産プロセスの見える化や温室の遠隔監視、装置の遠隔制御が可能となり、適時作業を逃さず行え、質の高いものを安定供給することができる。

【施設園芸 SaaS・施設環境制御 box の概要】

・遠隔から温室のモニタリング・リモートコントロールを実現
・予め設定した条件で温室内の装置を自動制御
・富士通データセンターで、温室の環境データの蓄積・分析が可能
・日本発の施設園芸／植物工場向け情報基盤であるユビキタス環境制御システム UECS に準拠



出典：富士通株式会社ＨＰより

図 7-45　施設園芸 SaaS・施設環境制御 box の概要イメージ図

【施設園芸 SaaS・施設環境制御 box の提供機能】

「施設園芸 SaaS」「施設環境制御 box」は、施設園芸に対し、生産管理面から支援する製品群で、これらを利用することにより、農業生産者はいつでもどこでも生産プロセスを見える化できる。

「施設園芸 SaaS」は、温室とクラウドを接続して、データ計測・装置制御を行う「基本サービス」と、温度、湿度、CO2、日射量、土壌水分の観点から、複数装置を制御する「複合制御オプション」からなる。「複合制御オプション」は、作物や施設にとって最適な環境制御を行うためのオプション機能である。

○基本機能

・モニタリング（環境計測・監視）

温室の環境をセンサー・クラウドを使ってモニタリングできる。「ハウス内の温度を離れた場所からでもリアルタイムに把握したい」「複数あるハウス環境を一元的に把握したい」という課題に施設園芸 SaaS モニタリングで対応することができる。

施設園芸 SaaS モニタリングで利用できる機能表（施設園芸 SaaS サービス機能と比較）

温室監視	温室のリモート制御	データ蓄積	機器運転条件設定
・モ モバイル端末への表示	・モバイル端末での制御	・モ 環境情報(温湿度など)	・モ 管理対象温室の登録
・モ リアルモニタリング	・機器運転条件設定	・機器運転情報	・制御対象機器の登録
・モ 環境情報のグラフ表示	・強制ON / OFF	・操作ログ	・自動制御条件設定
・モ アラート通知	・機器疎通確認	・モ エラー情報	・モ アラート条件設定

【凡例】モ ：モニタリング機能

出典：出典：富士通株式会社ＨＰより

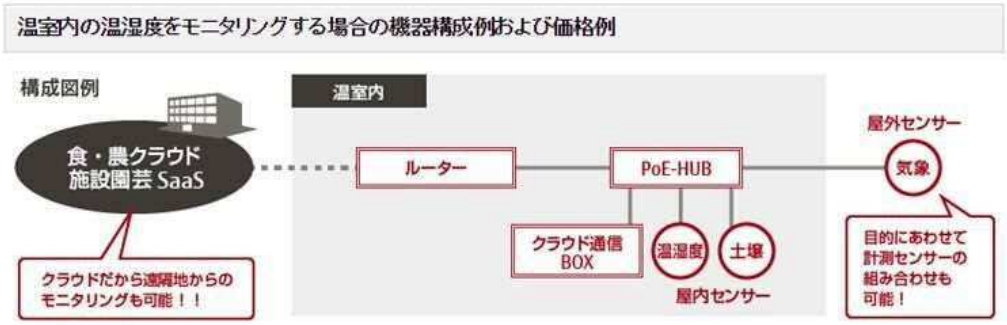


表. 温湿度を計測する場合の概算費用(単位:円、税抜価格)

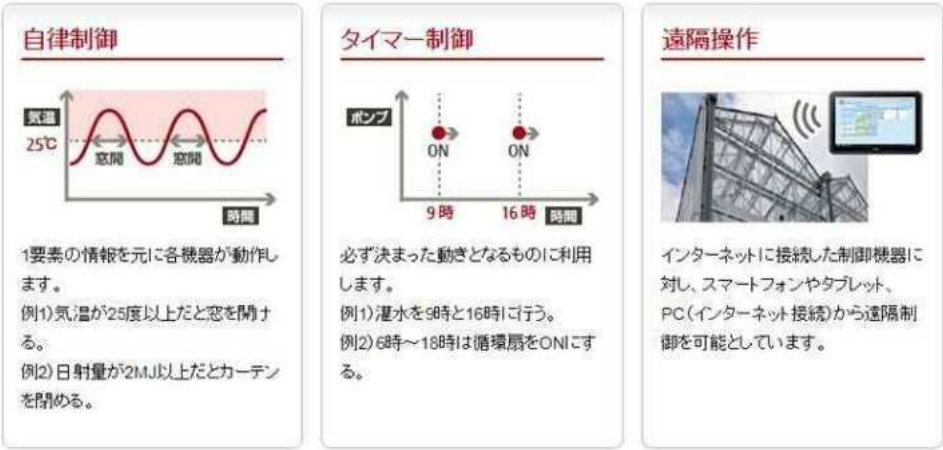
項目	商品	単価	個数	費用	支払方法	備考
1	基本サービス	14,400	1	14,400	年額	1ノード月額1200円、年額14,400円。2年目以降も必要
2	追加オプションノード	14,400	1	14,400	年額	1ノード月額1200円、年額14,400円。2年目以降も必要
3	クラウド通信BOX	170,000	1	170,000	一括	メーカー保証5年
4	温湿度センサー[LAN型]	136,400	1	136,400	一括	
			小計	335,200		
5	導入支援サービス	個別見積	1	個別見積	一括	
6	導入工事サービス	個別見積	1	個別見積	一括	

出典：出典：富士通株式会社ＨＰより

・コントロール（自律制御・機器遠隔操作）

利用者が予め設定した条件で、温室内の制御機器を自動制御する。

また、施設とクラウドを接続することで、事務所や外出先から制御機器を遠隔操作することができる。



施設園芸 SaaS の機器制御に関する機能表

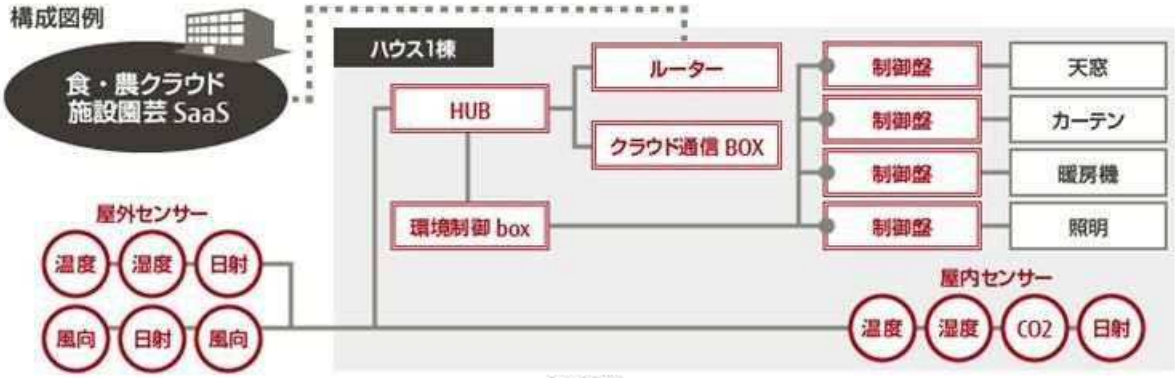
温室監視	温室のリモート制御	データ蓄積	機器運転条件設定
・モバイル端末への表示	・モバイル端末での制御	・環境情報(温湿度など)	・管理対象温室の登録
・リアルモニタリング	・機器運転条件	・機器運転情報	・制御対象機器の登録
・環境情報のグラフ表示	・強制ON / OFF	・操作ログ	・自動制御条件設定
・アラート通知	・機器疎通確認	・機器エラー情報	・アラート条件設定

【凡例】：コントロール機能 / 設定

出典：出典：富士通株式会社ＨＰより

価格例

ハウス内センサー4点、外気象センサー6点かつ制御4点の構成図例とその見積例となります。



【価格例】

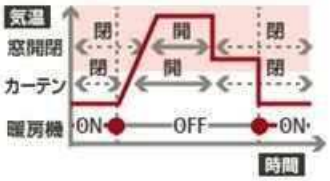
項目	商品	単価	個別	費用	支払方法	備考
1	基本サービス	14,400円	1	14,400円	年額	2年目以降も必要、1ノードあたりの費用
2	追加オプションノード	14,400円	13	187,200円	年額	2年目以降も必要、1ノードあたりの追加費用
3	環境制御box	683,400円	1	683,400円	一括	4点制御(天窓、カーテン、暖房機、照明など)
4	クラウド通信BOX	170,000円	1	170,000円	一括	メーカー保証5年
5	PoE-HUB	49,800円	1	49,800円	一括	Switch-S8PWRの場合
6	温湿度/CO2センサ	186,500円	1	186,500円	一括	LAN型、温度、湿度、CO2
7	日射センサ	104,500円	1	104,500円	一括	LAN型、日射量
8	屋外気象センサ	481,400円	1	481,400円	一括	LAN型、気温、湿度、日射量、風向、風速、感雨
		小計(一括)		**1,814,700円**		接続ケーブル、ルータなどインターネット接続費用は別途必要となります。
		小計(年額)		**201,600円**		
9	導入支援サービス	個別見積	1	個別見積	一括	センサ設定、クラウド側の設定作業、動作確認
10	導入工事サービス	個別見積	1	個別見積	一括	現場への機器取り付け作業

出典：出典：富士通株式会社ＨＰより

○複合制御オプション

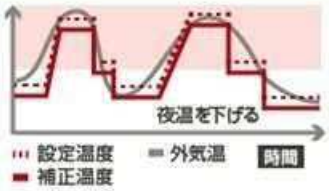
温室の温度や湿度などの環境要素の目標値・上限値・下限値を指定し、天窓や暖房機などの複数機器を制御することによって、指定した範囲内に遷移するように温室状態を制御する機能。

複合制御①



気温などを設定値にするために複数の機器を組み合わせて制御します。
例)夜間、室温を確保するために窓と保温カーテンを閉じ、暖房機をONにする。

複合制御②



設定値を補正して光合成促進、転流促進、呼吸、成長バランスなどを考慮しながら環境を制御します。
例)当日の日射量に応じて、夜間の温度を調整します。

日の出 / 日の入り設定

日の出、日の入時刻を基準に各種機器を制御します。日の出、日の入時刻は、温室に設定した緯度・経度・標高から自動計算されます。
例)日の出後の日射を十分取り込むために、日の出から60分は遮光カーテンを開ける。

機器動作条件設定

急激な温度変化や、突然の降雨など生育に影響のある気象状態が発生した場合の詳細な制御を設定することができます。
例)天窓が開閉設定値に素早く開いて外気を一気に取り込むことを防ぐために、徐々に開閉していきます。
(激変緩和機能)

栽培フェーズの例

作物の生育フェーズ毎に、温度と湿度の上限値・下限値内での環境制御を実現します。

環境レポート

日毎、週毎の温室内外の環境状態をメールで配信します。主な要素は温度、湿度、日射、CO2の昼間、夜間、1日、週間の平均値や制御状態の異常アラートの発信回数、現在の制御設定が記載されています。

出典：出典：富士通株式会社ＨＰより

機能

施設園芸SaaSの複合制御オプションで利用できる機能表です。

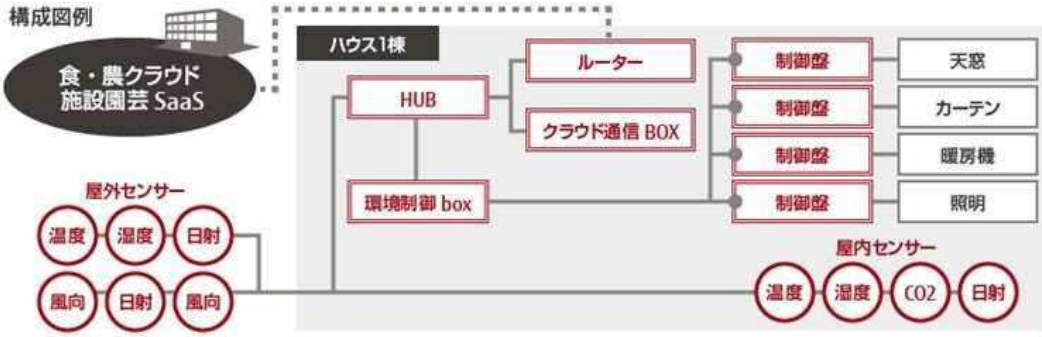
環境要素による連携制御	制御機連携制御	施設保全制御	詳細制御
• 温度制御 • 湿度制御 • CO2制御 • 日射制御 • 灌水制御 • 日の出 / 日の入制御	• 保温カーテン連動機能 • 換気扇連動機能 • 換気窓連動機能 • 天井扇連動機能	• 強風時制御機能 • 天窓吹き込み防止機能	• 温度激変緩和機能 • 外気温による制御機能 • 降雨時制御機能機能

補正機能	環境レポート
• 一時的な数値の補正機能（手動） 　∘ 曇りが続いた時 　∘ 実の成長を促したい時 　∘ 葉や茎の成長を促したい時	• 日毎、週毎の温室内外の環境状態をメール配信 【送信される項目例】 温度/湿度/日射量/CO2（昼間・夜間）/ 異常アラート発信回数 / 現在の制御設定

出典：出典：富士通株式会社ＨＰより

価格例

ハウス内センサー4点、外気象センサー6点かつ機器制御4点の構成図例とその見積例となります。



【価格例】

項目	商品	単価	個別	費用	支払方法	備考
1	基本サービス	14,400円	1	14,400円	年額	2年目以降も必要、1ノードあたりの費用
2	追加オプションノード	14,400円	13	187,200円	年額	2年目以降も必要、1ノードあたりの追加費用
3	複合制御オプション	12,000円	1	12,000円	年額	2年目以降も必要、1ハウスあたりの費用
4	環境制御box	683,400円	1	683,400円	一括	4点制御(天窓、カーテン、暖房機、照明など)
5	クラウド通信BOX	170,000円	1	170,000円	一括	メーカー保証5年
6	PoE-HUB	49,800円	1	49,800円	一括	Switch-S8PWRの場合
7	温湿度/CO2センサ	186,500円	1	186,500円	一括	LAN型、温度、湿度、CO2
8	日射センサ	104,500円	1	104,500円	一括	LAN型、日射量
9	屋外気象センサ	481,400円	1	481,400円	一括	LAN型、気温、湿度、日射量、風向、風速、感雨
		小計(一括)		**1,814,700円**		接続ケーブル、ルータなどインターネット接続費用は
		小計(年額)		**213,600円**		別途必要となります。
10	導入支援サービス	個別見積	1	個別見積	一括	センサ設定、クラウド側の設定作業、動作確認
11	導入工事サービス	個別見積	1	個別見積	一括	現場への機器取り付け作業

出典：出典：富士通株式会社ＨＰより

【環境制御 box】

温室を制御する情報基盤として、「施設環境制御 box」が提供される。温度・湿度・日射量・CO2 といった各種センサを接続することができ、暖房機や換気扇、窓、照明などの装置を制御することができる。 施設環境制御 box は、UECS 通信規格 V1.0-E10 に準拠しており、この規格に準拠した他社製のアプリケーションでも環境の計測や制御が可能である。

④その他主なメーカーでの農業用制御・監視装置の概要

ア．株式会社ニッポー

表 7-29　株式会社ニッポーの会社概要

会社名	株式会社ニッポー
本社所在地	埼玉県川口市川口 2-13-20 電話／048-253-2788　　FAX/ 048-253-2793
設立	昭和 39 年 11 月 28 日
資本金	10,000 万円

【統合環境制御盤（ハウスナビアドバンス）】

統合環境制御盤（ハウスナビアドバンス）は、今までバラバラだった換気・暖房・カーテン・炭酸ガス施用などを相互に連携させ、ムダが無くバランスのとれた環境づくりが行える。

本体の設定はすべて制御盤のタッチキー（押しボタン式）とツマミで調整することが出来るので、覚えやすく、簡単に操作出来る。また、パソコンを開かなくても操作パネルでハウスの様子を確認することができる。

過去のデータをワンタッチでグラフ表示が可能。

過去３日分（今日・昨日・一昨日）のグラフをワンタッチで確認することが出来る。

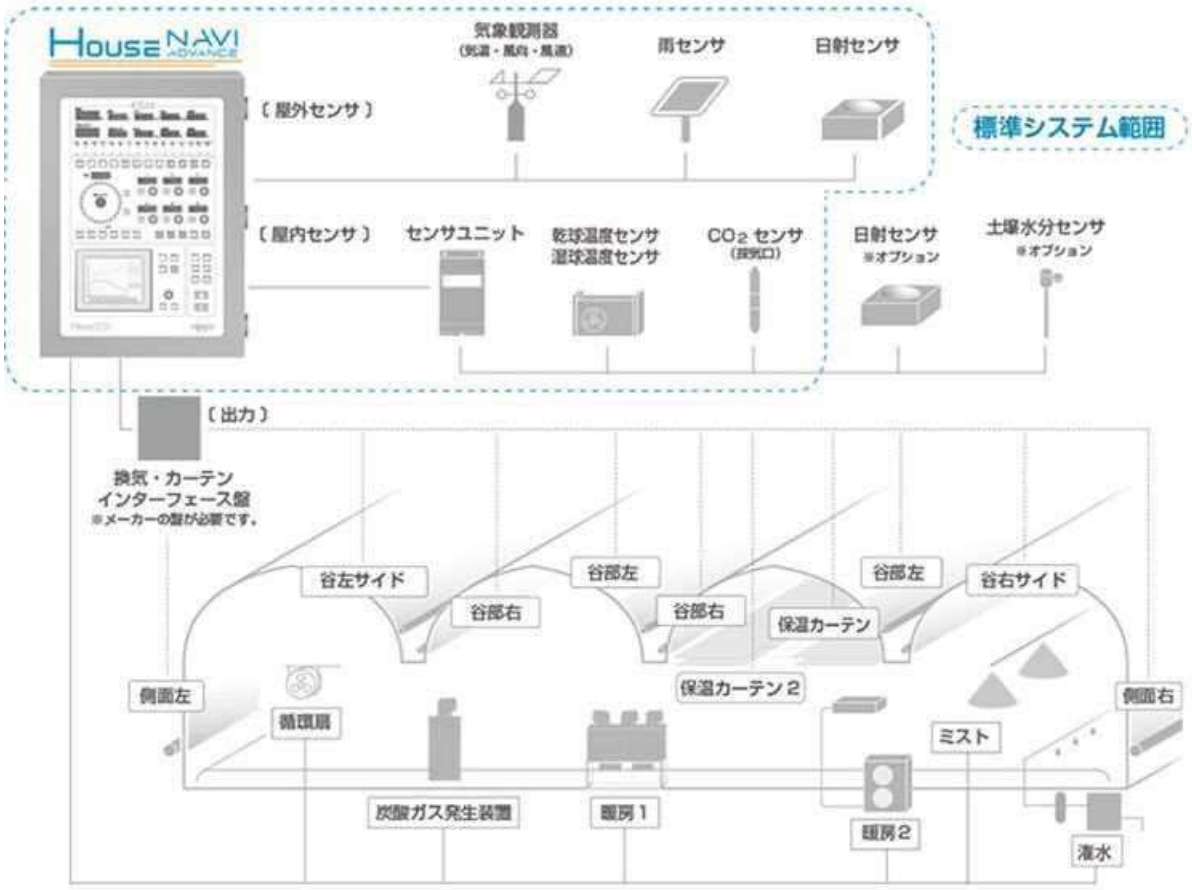
・代表的な環境データグラフ

（温度・湿度・飽差・炭酸ガス･･･等）

・温度制御データグラフ

・飽差制御データグラフ

大きくて見やすい！
5.7 インチの大画面



出典：株式会社ニッポーＨＰより

図 7-46　製品の使用例

○換気式飽差コントロール

・植物の蒸発による水分によって飽差をコントロール

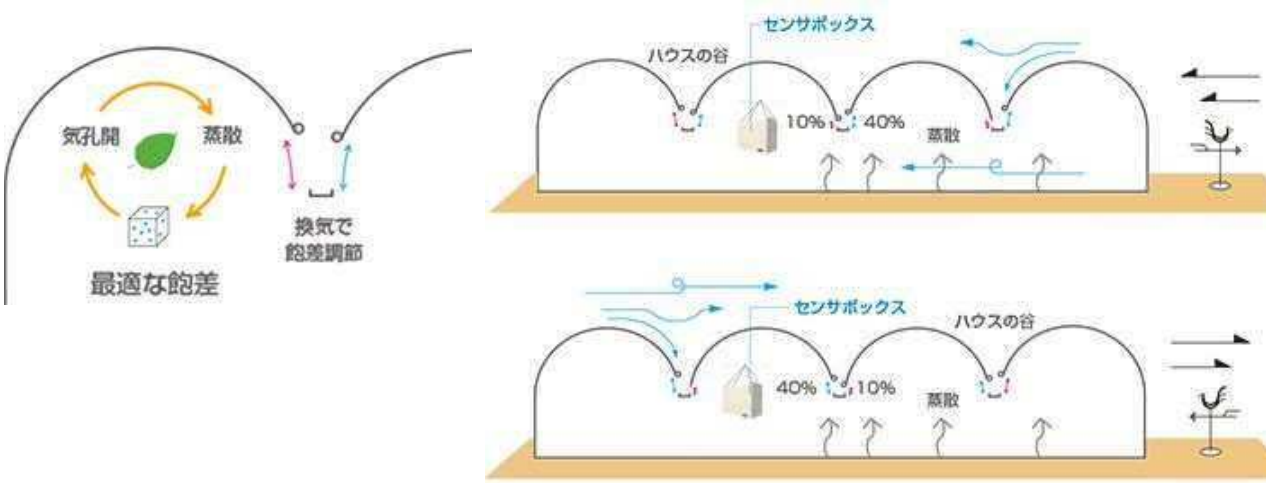
・ミストによるコントロールも可能。

・飽差を見ながら開度を調整

・風向で左右入替え

・風の強さにより開度を調整

・温度が上がり過ぎた場合は、開けて温度を下げる

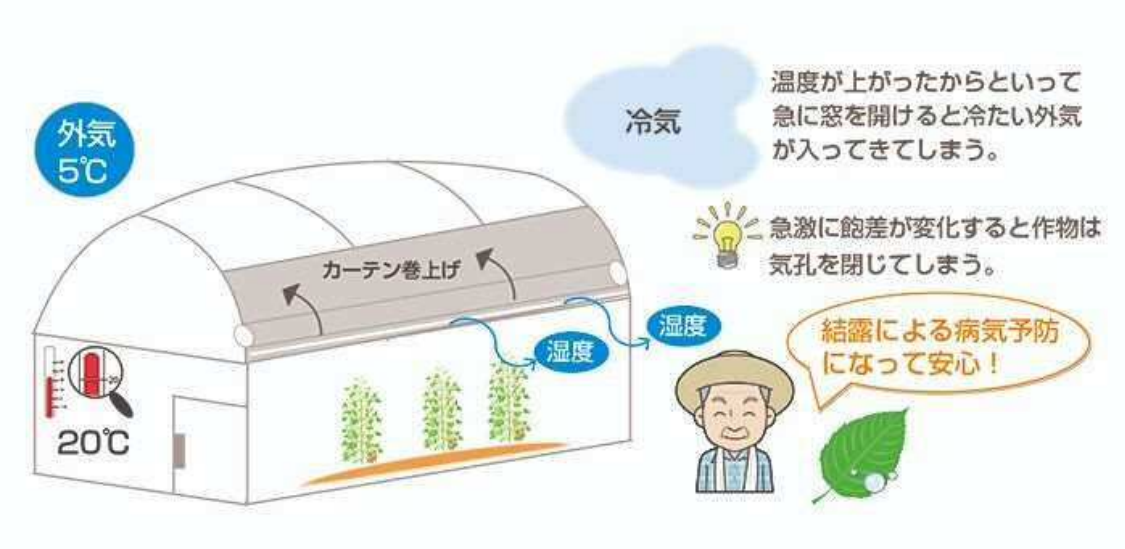


出典：株式会社ニッポーＨＰより

図 7-47　換気式飽差コントロール

○スカシ換気コントロール

ハウス内外の温度を見ながら少しだけ窓を開けてハウス内の湿度を逃がす。

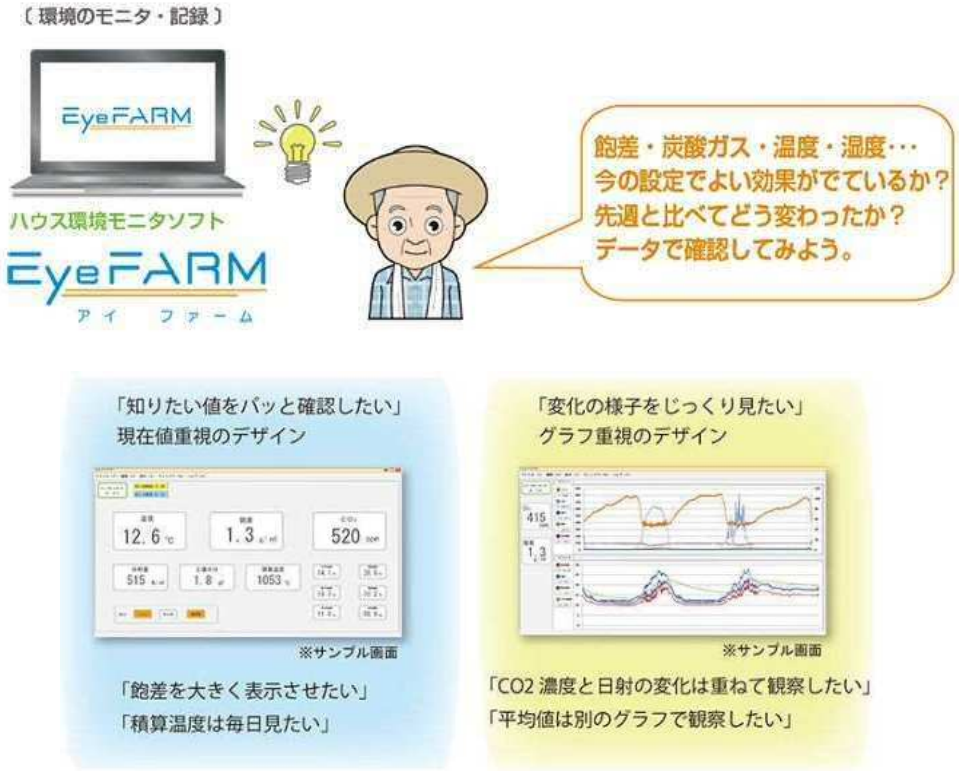


出典：株式会社ニッポーＨＰより

図 7-48　スカシ換気コントロールのイメージ

○ハウスの環境をモニタ＆データ収集

ハウスナビアドバンスで測定したデータした環境データと、機器の動作状況をパソコンでモニタ、記録することができる。

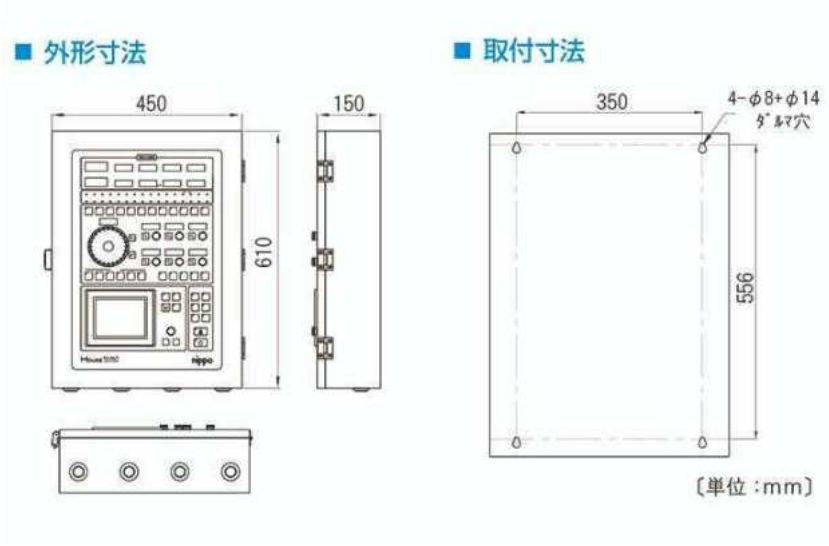


出典：株式会社ニッポーＨＰより

図 7-49　ハウス環境モニタソフト EyeFARM

表 7-30　統合環境制御盤（ハウスナビアドバンス）の仕様

名称	統合環境制御盤　House NAVI ADVANCE	
電源電圧	AC100V～200V　50／60Hz	
制御項目	換気窓(巻上げ式)／カーテン／暖房／循環扇／炭酸ガス／飽差(ミスト+換気)／潅水(タイマ・日射)／ＥＣ(タイマ)※換気窓の制御には駆動用インターフェース盤が必要	
表示	換気（12）	谷左開・谷左閉・谷右開・谷右閉・谷左サイド開・谷左サイド閉・谷右サイド開・谷左サイド閉・側面左開・側面左閉・側面右開・側面右閉
	カーテン（4）	内張１開・内張１閉・内張２開・内張２閉
	暖房（3）	加温器１・加温器２・ヒートポンプ
	循環扇（1）	循環扇
	炭酸ガス（2）	CO_2 ①・CO_2 ②
	ミスト（1）	加湿
	潅水（1）	潅水
	ＥＣ（1）	ＥＣ
	警報（1）	警報
測定項目	ハウス内	温度・飽差・CO□濃度・土壌水分センサ(オプション)・日射センサ増設用(オプション)
	ハウス外	温度・風向・風速(気象観測器)・雨センサ・日射センサ
データ収集	ハウス環境モニタソフト EyeFARM をご利用ください。 ※パソコンは別途ご準備ください。(※ハウス環境モニタソフトの遠隔監視には市販の監視用アプリケーションをご利用ください。(インターネットへの接続が必要となります。)	
警報通報	異常時の電話通報･メール通報には別途通報装置と回線の契約が必要となります。	
設置方法	壁掛け方式（屋内用）	
質量	約 16.5kg	
納入範囲	制御盤本体(1)･センサユニット※(1)･雨センサ(1)･気象観測器(1)･日射センサ(1)･通信用変換器 RS485-USB(1)・乾湿球温度センサ用ボックス(1) ※CO□センサはセンサユニットに内蔵	



イ．三基計装株式会社

表 7-31　三基計装株式会社の会社概要

会社名	三基計装株式会社
本社所在地	東京都板橋区熊野町 32-8 電話／03-5917-0345　　FAX/ 03-5917-0346
設立	昭和 45 年 12 月 20 日 （親会社：株式会社チノー1936 年 8 月設立、資本金 42 億 92 百万円、東証 1 部上場）
資本金	3,500 万円　（株式会社チノー100%）

【複合環境制御装置】

○制御対象

・天窓、側窓、カーテン（遮光・保温等）、暖房・換気扇、タイマー、警報

○特徴

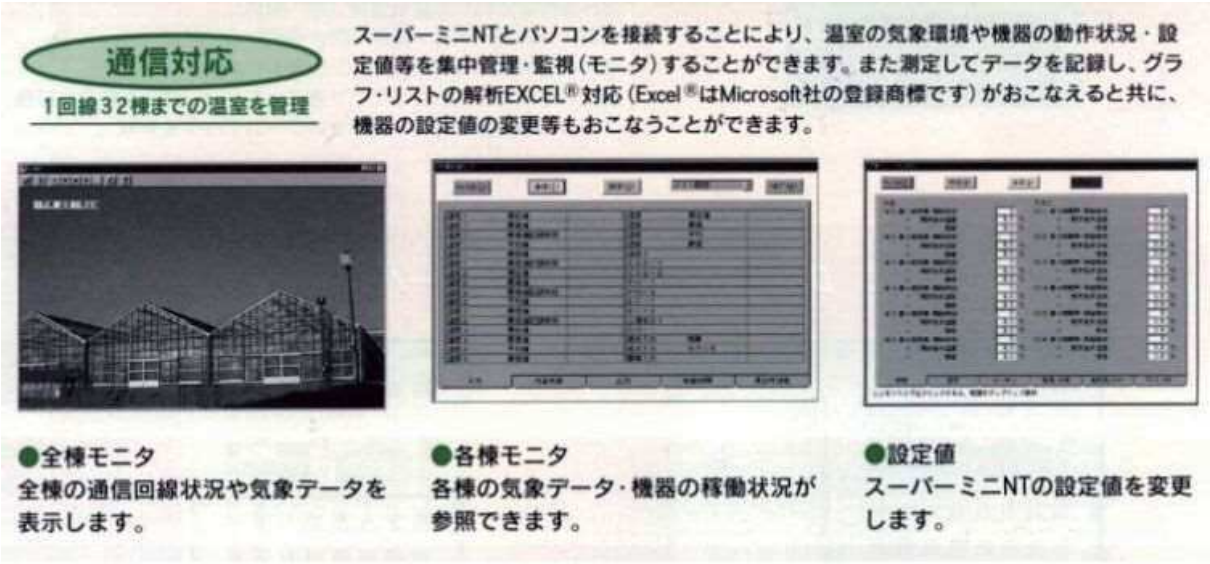
・多様な制御出力（出力割付方式で様々な温室制御に対応）

・豊富なセンサー入力

・メンテナンス容易なカートリッジ方式（自動制御部分の着脱式により、非常時でも手動運転が可能）

・２～６段階まで選べる変温管理（窓・暖房）

・各窓の時間帯・温度・開度制限を個別に設定可能



出典：三基計装株式会社ＨＰより

【ハウスリモコンＷｉＦｉ】

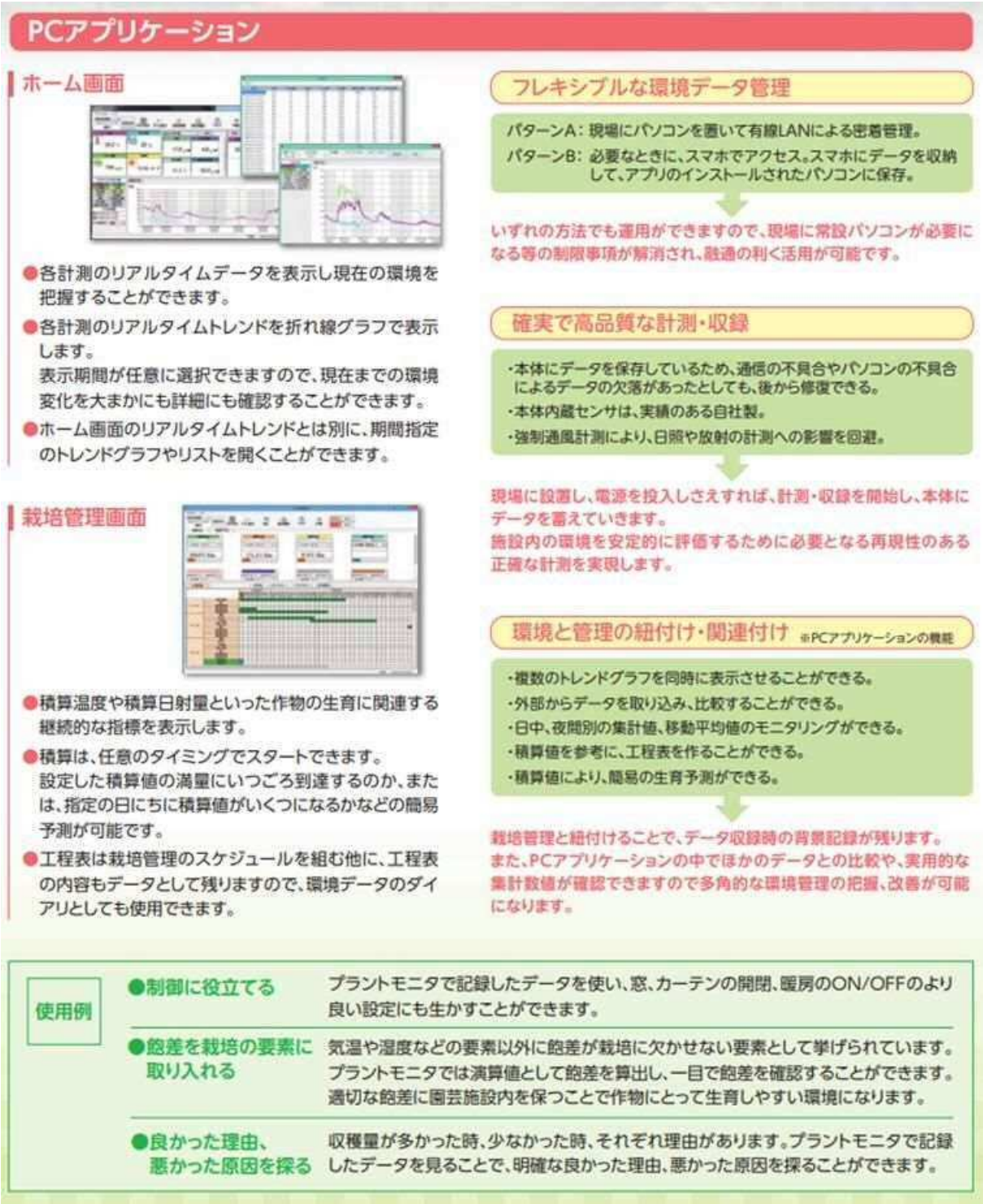
スマホ、携帯電話、パソコンからハウスの状態を確認・変更ができる。複合環境制御装置の天窓・カーテン・暖房等を制御し、温度・湿度・日射等のデータを見ることができる。また、異常警報を通報することが可能である。

出典：三基計装株式会社ＨＰより

図 7-50　ハウスリモコンＷｉＦｉの概要

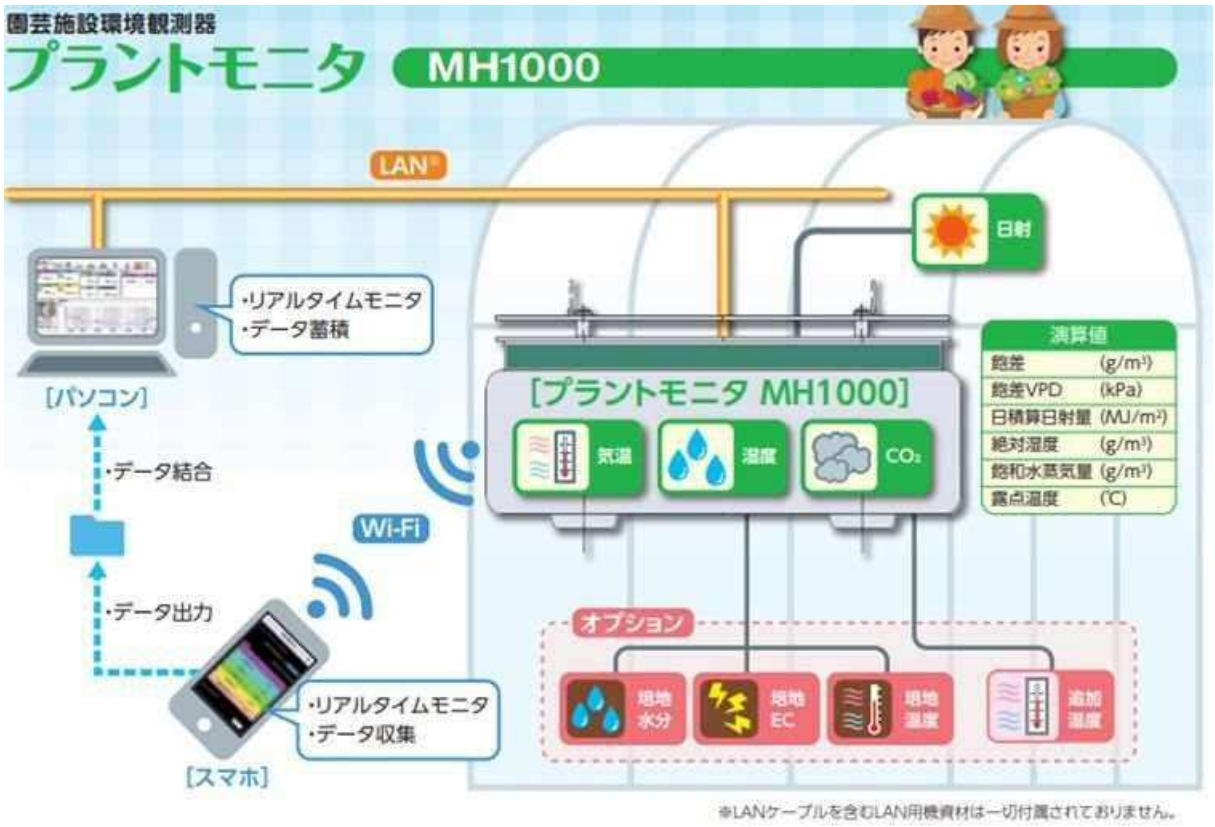
【園芸施設観測機器プラントモニタＭＨ1000】

プラントモニタMH1000 は、園芸施設内の環境を計測、記録する製品で、ＰＣアプリケーションを使い、環境と栽培管理を紐付けすることにより、作物の計画生産、品質向上のための実用的な環境データ運用が可能になる。



出典：三基計装株式会社ＨＰより

図 7-51　ＰＣアプリケーションの概要



本体セット

①プラントモニタ MH1000
②日射センサ(コード30m付き)
③PCアプリケーション
④SUSワイヤ製吊り材
＊温湿度センサ、CO_2センサはプラントモニタ本体に内蔵

オプション

追加温度センサ	サーミスタ(防水チューブ付き)
培地センサ	水分量用または水分量・EC・温度用

■測定種類・仕様

気温	−10.0～50.0℃
湿度	0～100%RH
CO_2濃度	0～5000ppm
日射量	0～1.39kW/m²
追加温度センサ	−40.0～60.0℃
培地センサ(オプション)	水分0～100% EC(電気伝導率)0～7.00mS/cm 温度−10.0～50.0℃

■一般仕様

使用温度範囲	−10.0～50.0℃ ※ただし結露しないこと
電源	100～240VAC±10% (電源コード1.7m付き)
外形寸法	φ230×90mm ※ただし凸部含まず
質量	約1.2kg

出典：三基計装株式会社ＨＰより

図 7-52　園芸施設環境計測器プラントモニタの概要

ウ．株式会社セクラ

表 7-32　株式会社セクラの会社概要

会社名	株式会社セクラ
本社所在地	東京都新宿区西新宿 7-5-25 西新宿木村屋ビル 6F 電話／03-3227-2321
設立	1987 年 12 月
資本金	2 億 9,650 万 7,500 円

【温室内環境遠隔モニタリングシステム　みどりクラウド】

「みどりクラウド」は、自動的に圃場の環境を計測、記録し、そのデータを離れた所からいつでも確認することができる圃場モニタリングシステム。

○クラウドサービス

・アップロードされたデータを蓄積

・データを集計・分析

・気象データも集計

・異常を検知し警報を送信

○みどりボックス（センサーボックス）

・圃場環境を自動で計測

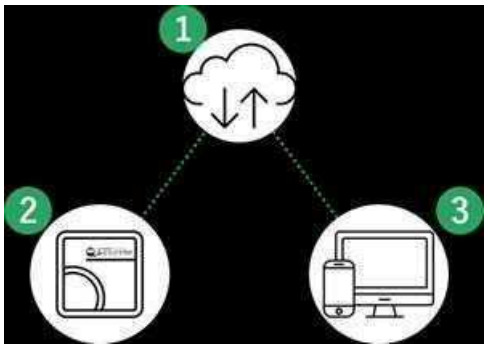
・2 分おきにデータをクラウドに送信

○みどりモニタ

・PC/スマホ/ガラケーで環境データを表示

・環境データを活用するための機能を搭載

（グラフ表示/警報機能/データ共有/作業記録）



出典：株式会社セクラＨＰより

図 7-53　みどりクラウドイメージ

【みどりボックス（センサーボックス）で計測できるもの】

環境データ・写真・気象予測データによって設備の動作状況や異常な環境、天候の急激な変化、不審な侵入を離れたところでも確認できる。

〇搭載センサー

各種センサーは 2 分おきに計測を行い、クラウドにデータを送信。
仮にみどりボックスが故障しても、データはクラウドに蓄積されているので消えることはない。

・温度センサーは-20℃～60℃までの気温を測ることができる。

・静電容量の変化から相対湿度を測定し、計測した相対湿度と Tetens 式により算出した飽和水蒸気圧を基に、飽差を算出。

・400～1100nm の太陽光放射強度の計測値から日射量（W/m²）を算出。

・写真の撮影を行う。植物の状況や窓の開閉状態、侵入者など状況を確認することができる。

・土壌内の水分量を体積含水率にて表現する。土壌中における水分の変化を見ることができる。

・0～5,000ppm までの CO_2 濃度を計測することができ

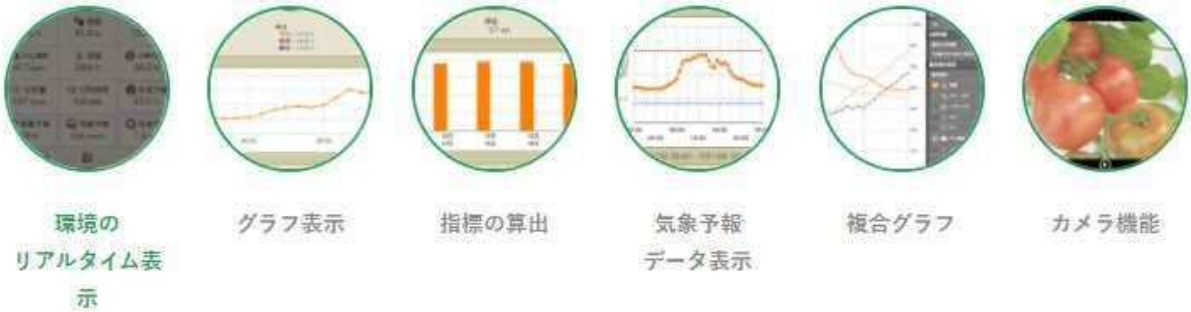
・高機能版では、土壌電気伝導度の計測が可能。土壌の肥料含有率を EC として数値化することで、施肥設計を立てやすくすることができる。

表 7-33　みどりボックスのタイプ別概要

	みどりボックスPRO	みどりボックス2（3Gモデル）	みどりボックス2（Wi-Fiモデル）
対象機器			
製品概要	完全防水・センサーの拡張が可能なプロフェッショナル版。露地栽培や、大規模生産施設で使用が容易になります。	通信回線を内蔵し、コンセントに差すだけですぐに使える。必要なセンサーがセットになった入門版	圃場内で無線LANが使えるならこちら。必要なセンサーがセットになった入門版
価格（税別）	**初期費用** 128,000円 **月額費用** 2,260円 （クラウド利用料1,280円+通信費980円） ※2台目以降のクラウド利用料は980円となります。	**初期費用** 89,000円 **月額費用** 2,260円 （クラウド利用料1,280円+通信費980円） ※2台目以降のクラウド利用料は980円となります。	**初期費用** 68,000円 **月額費用** 1,280円 （クラウド利用料のみ） ※2台目以降のクラウド利用料は980円となります。
通信	3G通信モジュール内蔵（標準SIMカード）	3G通信モジュール内蔵（標準SIMカード）	無線LAN(Wi-Fi)モジュール 802.11b/11g/11n
防水機能	防水性能有り(IP65相当)	簡易防水	簡易防水
センサーケーブル長	1m~50mまで延長可能	3m	3m
センサー	**基本セット** カメラ/温湿度センサー **追加可能な別売りセンサー(最大6種類16個まで)** ・温湿度センサー ・温度センサー ・日射量センサー ・CO_2濃度センサー ・土壌水分センサー ・土壌複合センサー（水分/地温/EC）	**基本セット** カメラ/温湿度センサー/温度センサー/日射量センサー **追加可能な別売りセンサー** ・土壌水分センサー ・CO_2濃度センサー	**基本セット** カメラ/温湿度センサー/温度センサー/日射量センサー **追加可能な別売りセンサー** ・土壌水分センサー ・CO_2濃度センサー

出典：株式会社セクラＨＰより

【みどりモニタ】

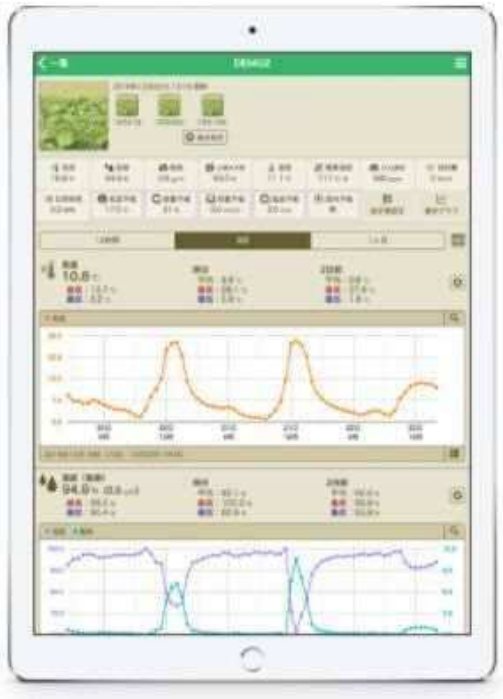


〇環境のリアルタイム表示
・現在の環境をひと目で確認することができる。
・また、最高・最低といった統計情報も表示される。
〇グラフ表示
・過去のデータをもとにグラフやデータを表示することができる。
・グラフの描画期間は 1 時間～12 ヶ月まで範囲を設定することが可能。
〇指標の算出
・日射量が 120W/㎡以上の状態が 2 分以上続いた時間を積算して算出
・日の平均気温が指定された積算基準温度よりも高い時に、積算基準温度を差し引いた温度を積算して算出。欠損値が合った場合は、前後のデータより補完して算出。

【異常な環境を検知】
・警報機能は、圃場環境の異常が発生するとメールやアプリでお知らせする。
・気温、温度、湿度、飽差、CO2 濃度、土壌水分に対して、上限値/下限値を設定することができ、各種計測値の正常値の範囲を指定することで、正常値の範囲外の値が計測された際に警報を発生させる。
・みどりボックスに異常が発生し、データが正常に送られてこないときも警報を発生することができる。

【共有機能】
・承認した生産者同士でデータを共有し、コミュニケーションをとることで、成功例・問題点の発見や検討を行うことができる。

【みどりノート（作業日誌）】
・農作業の記録を行うことができる。
・環境データと作業記録をみることで、作業に対する環境変化の確認や、問題点などを管理することができる。



出典：株式会社セクラＨＰより

図 7-54　みどりモニタ

第8章 事業化への取組み方針と実験設備構成・実験内容・求める成果について

8.1 取組み方針・スキーム・導入設備の考え方の検討フロー.....225
8.2 事業化に向けての取組み方針.....226
8.3 事業化のための実証実験実施に向けた設備・装置の構成について.....227
8.4 実証試験の内容と目指す成果について.....255

8.1 取組み方針・スキーム・導入設備の考え方の検討フロー

本章の実証実験の取組み方針、スキーム、導入設備・装置の考え方および実証内容と目指す成果について、検討フローを以下に示す。

導入設備・装置のより詳細な方針およびモデル案については、費用を圧縮していく方針から、まず本計画策定前における考え方を示す。その上で、より費用を圧縮するため、本計画の再生可能資源の量に基づく考え方を提示する。

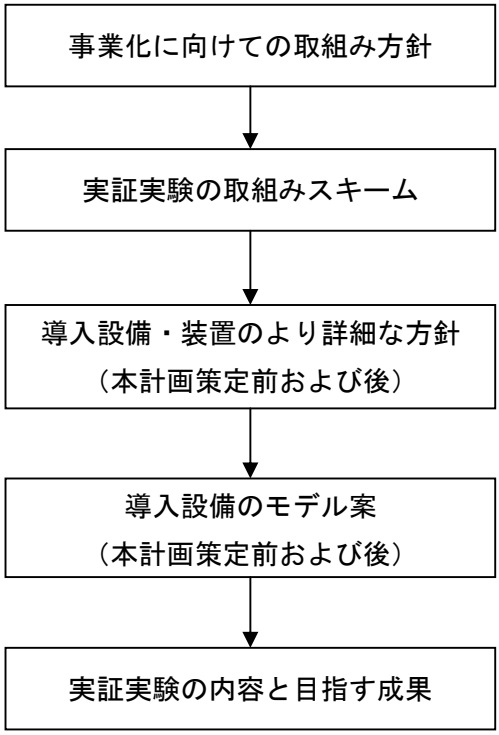


図 8-1　取組み方針・スキーム・導入設備の考え方の検討フロー

8.2　事業化に向けての取組み方針

事業化に向けての取組みとして、

① バイオマス処理により発生する「電気・熱」による農業施設、公共施設の経費削減

② 「液肥」と養鶏の糞尿を、炭及びＥＭ菌等の培養菌と掛け合わせて堆肥化を図り、耕作放棄地の再生に有効な高機能の土作り

③ 生ゴミをＥＭ菌等の培養菌活用で養鶏に最適な飼料づくり

を実証実験の目的とし、これらの事業化達成のために必要となる導入設備技術の安定性・信頼性及び、稼動に際しての経済性、堆肥や飼料等の品質性・市場性などを洗い出し、村内における食・エネルギー・経済の循環形成を目指した事業展開の実現性及び課題解決方策等について検証する。

本事業では、島嶼圏という利用可能な資源確保のハンディを克服し、村規模でも確実な農業振興・産業形成への取組みが可能となる北中城村オリジナルの再生資源化設備を製作の上で各実証実験を進める。

本実証実験では、村内での新たな事業展開として想定される「バイオガス発電設備」、「炭化設備」、「堆肥化設備」の双方で処理及びその液肥・堆肥の農業利用が展開できるのか、さらには生ゴミの飼料化に取組むことで、バイオガス発電設備規模の縮小を図り、食の循環・再生資源化の産業形成に資する総合的な実証実験を行うこととする。

また、今回の実証実験での取組みは、最終的に全村レベルまでを視野に入れた取り組みとしているが、一括・単一での大規模な施設とすることなく、村内のそれぞれの地域特色にあった対応を目指し、分散型での地産地消事業となる取組みを目指していることから、将来の事業展開に満足しうるかを検証するうえで最小限の必要な設備規模としている。

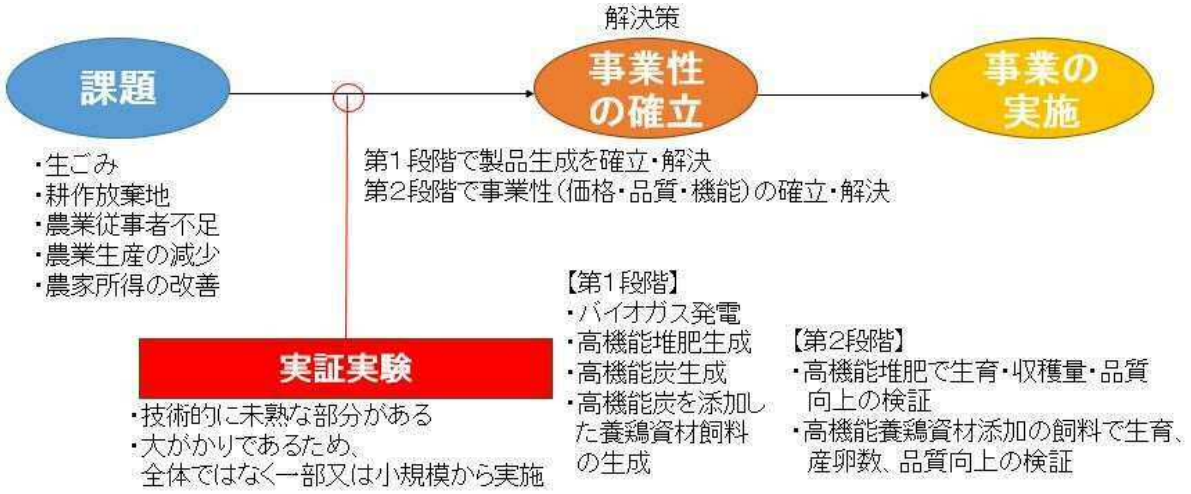


図 8-2　事業化に向けての取組みフロー

8.3　事業化のための実証実験実施に向けた設備・装置の構成について

8.3.1 実証実験の取組みスキーム

- 第一段階の実証実験では、①設備稼働の可能なエネルギー及び肥料化可能な消化液の確保可能性と、②および③良質な炭化及び安価で品質・効果が高い飼料資材・堆肥が出来るのかについて実証する。
- 第二段階では、②および③でデータ上の目標達成した高養鶏資材と高機能堆肥を使用し、④園芸ハウス施設で収穫量向上などの検証、⑤養鶏施設で品質向上などの検証を実施し、事業化に向けての商品効果が現れるのかを実証する。

本実証実験では、村内で発生する再生可能資源（生ゴミ）を活用したバイオガス発電設備により、メタンガスの発酵検証、電気と熱の発生用量の検証を行い、炭化・堆肥化設備により液肥の素になる消化液の検証を行う。また、どのような供給及び利用が収益性に富んでいるか検証を図り、採算性のある炭化・堆肥化設備との総合プラン化を構築する。

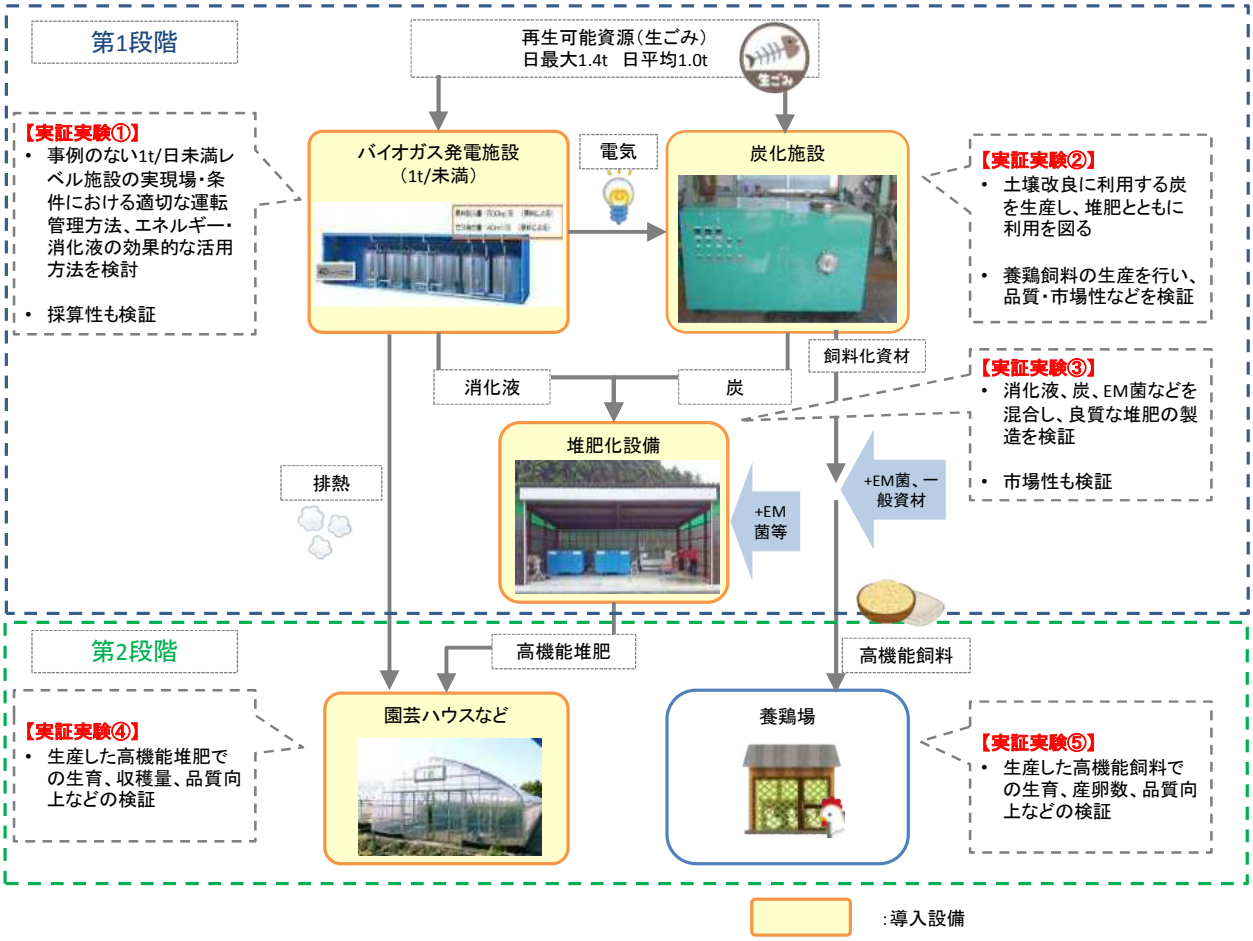


図 8-3　実証実験の取組みスキーム図

8.3.2　実証実験の設備・装置のより詳細な方針（本計画策定前）

1)処理方法に関する考え方

本計画策定前においては、活用可能な生ごみ量として 1.95t/日程度を想定していた。そのため、ここでは段階的な費用圧縮の考えから、生ごみ量 1.95t/日程度の場合の導入設備・装置の考え方を示す。

2)導入設備・装置の考え方

- 導入するバイオマス処理設備は、発生する生ゴミ（日最大 1.4t/日）を想定し、①0.7～1.0t/日処理レベルのバイオガス発電、②0.40t/日処理レベルの炭化装置、③0.80t/日処理レベルの堆肥化装置を基準とする。
- 上記により生み出される電気・熱・液肥を、ＩＴ技術が導入された園芸ハウス内での養液土耕栽培に活用することで、生育状況・収穫量・品質の向上を栽培実証していく。

今回の実証実験業務における最終的な設備導入と実証の方向としては、発生する生ゴミ（1.95t/日）を対象として、以下に示す基準

① 0.70～1.0t/日処理レベルのバイオガス発電
② 0.40t/日処理レベルの炭化装置
③ 0.80t/日処理レベルの堆肥化装置

により再生資源化を行い、それらをＩＴ技術が導入された園芸ハウス内での養液土耕栽培に活用することで、生育状況・収穫量・品質の向上を栽培実証していく考えである。
ＩＴ技術園芸ハウスでの環境制御・監視については主に、室内温度・湿度、換気の監視・制御、養液や灌水の濃度・成分構成・水温管理・分量の監視・制御を行う予定である。

なお、本実証実験における設備導入については、小規模のバイオガス発電設備を導入し、採算性の検証も行う方針である。そのため、メーカーへの実施設計の発注では費用を抑えていくことが難しいため、計画準備業務を実施して導入設備の仕様の検討、調整を図り、費用を抑制していくものとする。モデル案では、このために準備業務としての委託料を含む。

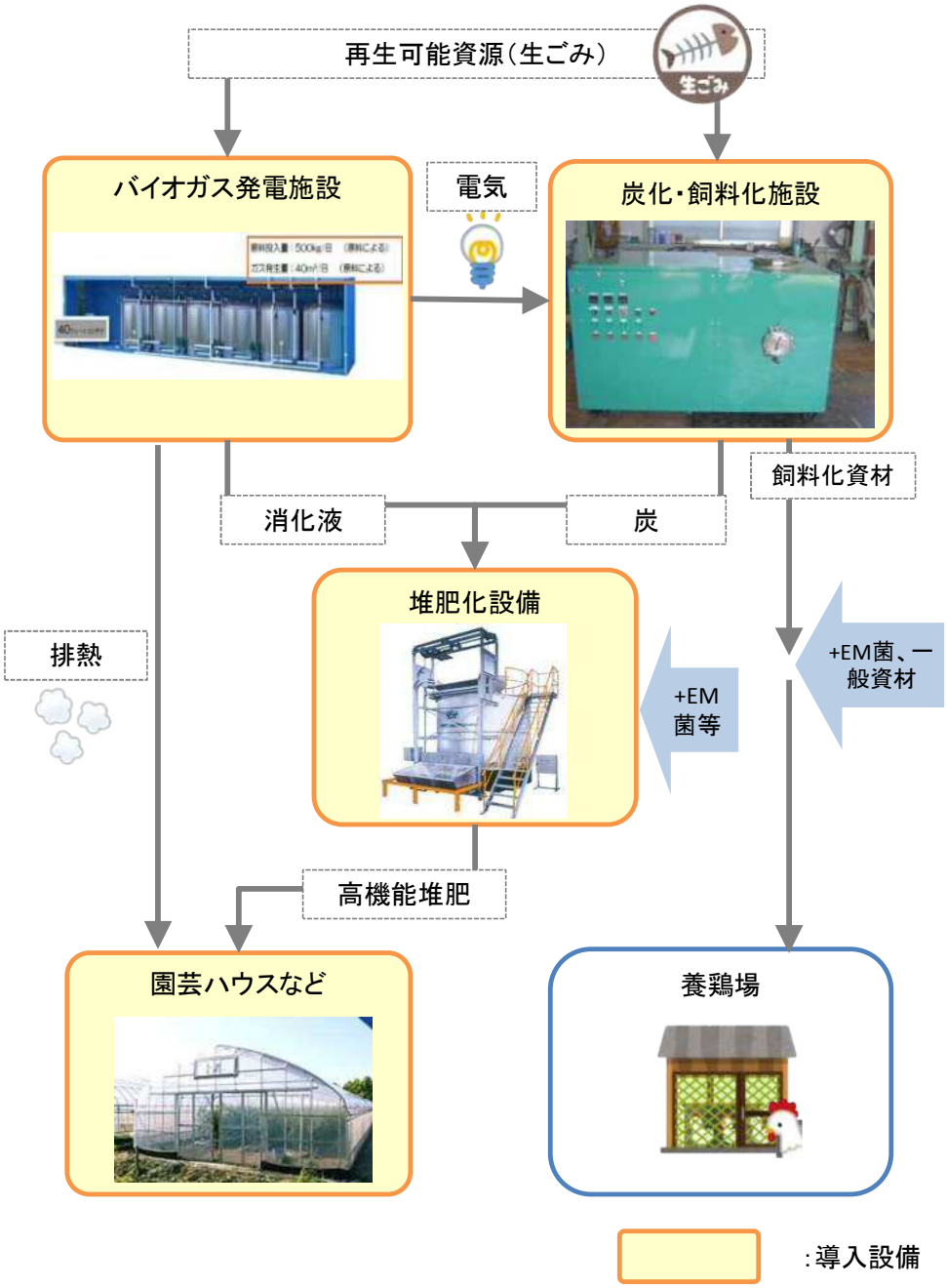


図 8-4　導入する設備の模式図（本計画策定前）

8.3.3 導入設備のモデル案の選定（本計画策定前）

ここでは、本計画策定前時点での生ごみ量 1.95t/日の条件において、導入設備を選定した場合のモデル案を示す。なお、B 案については、台風への対策の優位性から、バイオガス発電設備および園芸ハウスについてコンテナ式を採用する。

表 8-1　導入を検討するモデル案

	A案	B案
バイオガス発電設備（約 100 ㎡）	1.00t/日処理レベルのバイオガス発電 ４，２００万円（税込） サイエンスソフトウェア株式会社 注 1）運搬・組立て・設置・初期稼動点検まで含む 注 2）メタン発酵によるバイオ発電においてはコンテナ式での設備対応も可能であったが、導入費が通常のタイプよりも約 1.5 倍の価格となるため、一般タイプでの設定	0.70t/日処理レベルのコンテナ式バイオガス発電 ７，０００万円（税込） サイエンスソフトウェア株式会社 注 1）運搬・組立て・設置・初期稼動点検まで含む 注 2）メタン発酵によるバイオ発電においては一般より価格が高くなるが活用範囲が広がること・台風などの対策が要らないことなどを考慮し、コンテナ式での設備対応で設定 注３）現在、「㈱開成」がコンテナ式のバイオガス発電設備を開発中であり、仕様、性能、価格の面で検討に値するものであれば候補としていく。なお、平成 30 年４月までには製品化ができるとの回答を得ている。
炭化装置(約 10 ㎡)	0.40t/日処理レベルの炭化装置 １，９００万円（税込） 株式会社実践環境研究所 注 1）運搬・組立て・設置・初期稼動点検、簡易な建屋まで含む 注 2）土壌改良化及び飼料資材化の対応が可能とする	
堆肥化装置(約 10 ㎡)	0.80t /日処理レベルの生ゴミ堆肥化装置 ３，０００万円（税込） 中部エコテック株式会社 注 1）運搬・組立て・設置・初期稼動点検、簡易な建屋まで含む 注 2）堆肥化の対応が可能とする 注 3）完全生ゴミ分解消滅型装置は食物残渣処理の実証実験として優良事例と考えられるが、本実証実験の趣旨が生ゴミを再生可能資源とした農業振興への活用である事を踏まえ、今回の設備・装置の選考から除外 また、本設備・装置は簡易な防風壁で３方を囲む程度で屋外設置が可能な点、比較的安価であるなどを踏まえ選定 注４）0.80 t タイプは、0.50 t タイプと 1.00 t タイプの見積もりを参考に算定	

園芸ハウス（約150㎡）	実証規模の基本園芸ハウス ６６０万円（税込） 有限会社サンワ産業 ハウス環境制御・監視のＩＴ装置 ２４０万円（税込） 注）ＩＴ装置については、事例価格やヒアリングなどにより必要最小限の範囲で導入装置・設備や金額を設定。	実証実験用コンテナハウス ２８０万円（税込） ○水耕栽培実証実験で使用の太陽光利用型と人工光利用型の２基を活用 注 1）現在、水耕栽培の実証実験として使用している太陽光利用型と人工光利用型（エネルギー利用最適化検証）のコンテナ式水耕栽培の設備について、実証実験完了時に本取組みと連動させ、バイオマス発電におけるエネルギー活用・生成した液肥や堆肥製品の活用実証実験施設として利用 注 2）そのためのコンテナ移設費を７０万円程度想定 注 3）エネルギー連動させるための設備改修費を７０万円程度想定
付帯設備	上記における電気・上下水道設置工事 １７０万円（税込）	
委託料	その他に、設備導入に向けた選定・製作・設置対応及び実験実施に向けた準備業務としての委託料が考えられる。（約１，０００万（税込）程度）	
	合計：１１，１７０万円	合計：１３，３５０万円

8.3.4　実証実験の設備・装置のより詳細な方針（本計画策定後）

本計画の策定の中で活用可能な生ごみ資源量の確認を行ったことから、この処理量に対応し、より費用を圧縮した方針とすることが可能である。

生ごみ排出量を、日最大で 1.4t/日、日平均で 1.0t/日とした場合、それぞれの設備について実証実験の内容を満たす最低限の設備を導入した場合の考え方を以下に示す。

- バイオガス発電設備は、小規模設備の運転管理、エネルギー生成、採算性などを評価するため、日平均の生ごみを処理できる、1.0 t/日処理レベルの設備を導入する。
- 炭化・飼料化装置は、実証実験で最低限必要な炭、飼料を得ることができる、小規模な 0.4t/日処理レベルの設備を導入する。
- 現段階では概算金額であり、また現在開発中のバイオガス発電設備などもあるため、来年度以降、予算の圧縮と概算金額の確実性を高める調整を実施していく。

① バイオガス発電設備

バイオガス発電設備については、小規模バイオガス発電における運転管理、エネルギー生成、採算性などを評価するため、最大で全ての生ごみを処理できる、0.7～1.0 t/日処理レベルのバイオガス発電設備を導入する方針とする。

② 炭化・飼料化装置

炭化・飼料化装置については、バイオ炭の施用実績（0.5～5kg/㎡）より、実証実験では最低限の設備が必要になると考えられる。例えば 400kg の生ごみを一日に処理すると 100 ㎡程度に散布が可能であり、実証実験ではこの量を数日処理すれば必要な量は確保できる。また、日最大量の 1.4t/日の生ごみが発生した時に、バイオガス発電設備と炭化装置により処理可能であることから、炭化装置は 0.4t/日処理レベルの設備を導入することとする。

なお、堆肥化については、液肥の一部、炭、EM 菌などを混ぜ合わせて堆肥をつくるため、発酵するための大規模な設備ではなく、堆肥化の資材である液肥・炭・EM 菌などを混ぜ合わせる設備とする。その他、これに付随する園芸ハウスなどを導入する方針とする。

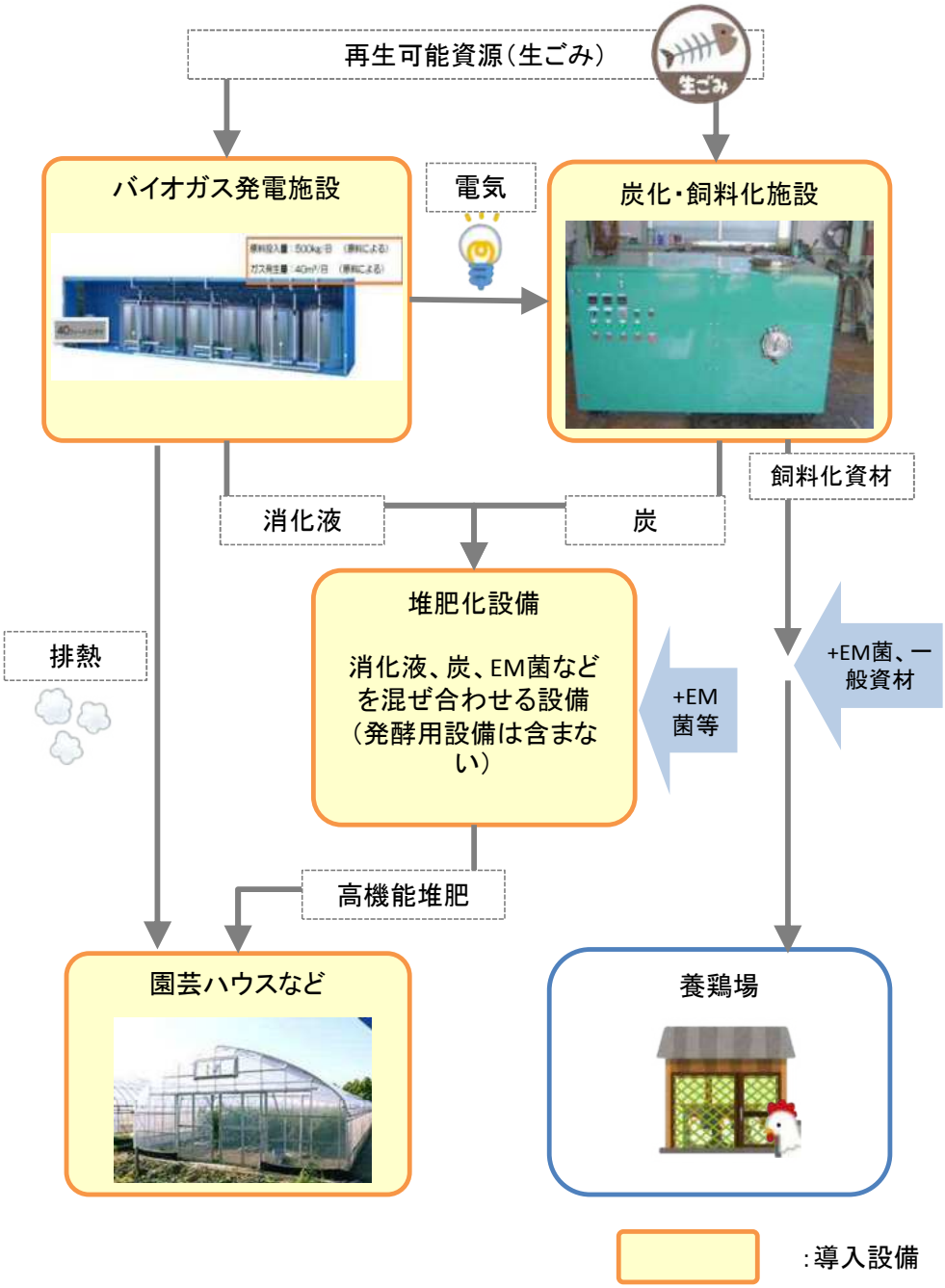


図 8-5　導入する設備の模式図（本計画策定後）

8.3.5 導入設備のモデル案の選定（本計画策定後）

ここでは、来年度における設備の選定に向けて、導入設備を選定した場合のモデル案を示す。なお、B 案については、台風への対策の優位性から、バイオガス発電設備および園芸ハウスについてコンテナ式を採用する。

表 8-2　導入を検討するモデル案

	Ａ案	Ｂ案
バイオガス発電設備（約 100 ㎡）	0.7～1.0t/日処理レベルのバイオガス発電 ４，２００万円（税込） サイエンスソフトウェア株式会社 注 1）運搬・組立て・設置・初期稼動点検まで含む 注 2）メタン発酵によるバイオ発電においてはコンテナ式での設備対応も可能であったが、導入費が通常のタイプよりも約 1.5 倍の価格となるため、一般タイプでの設定	0.7～1.0t/日処理レベルのコンテナ式バイオガス発電 ７，０００万円（税込） サイエンスソフトウェア株式会社 注 1）運搬・組立て・設置・初期稼動点検まで含む 注 2）メタン発酵によるバイオ発電においては一般より価格が高くなるが活用範囲が広がること・台風などの対策が要らないことなどを考慮し、コンテナ式での設備対応で設定 注３）現在、「㈱開成」がコンテナ式のバイオガス発電設備を開発中であり、仕様、性能、価格の面で検討に値するものであれば候補としていく。なお、平成 30 年４月までには製品化ができるとの回答を得ている。
炭化装置(約 10 ㎡)	0.40t/日処理レベルの炭化装置 １，９００万円（税込） 株式会社実践環境研究所 注 1）運搬・組立て・設置・初期稼動点検、簡易な建屋まで含む 注 2）土壌改良化及び飼料資材化の対応が可能とする	

園芸ハウス（約150㎡）	実証規模の基本園芸ハウス ６６０万円（税込） 有限会社サンワ産業 ハウス環境制御・監視のＩＴ装置 ２４０万円（税込） 注）ＩＴ装置については、事例価格やヒアリングなどにより必要最小限の範囲で導入装置・設備や金額を設定。	実証実験用コンテナハウス ２８０万円（税込） ○水耕栽培実証実験で使用の太陽光利用型と人工光利用型の２基を活用 注 1）現在、水耕栽培の実証実験として使用している太陽光利用型と人工光利用型（エネルギー利用最適化検証）のコンテナ式水耕栽培の設備について、実証実験完了時に本取組みと連動させ、バイオマス発電におけるエネルギー活用・生成した液肥や堆肥製品の活用実証実験施設として利用 注 2）そのためのコンテナ移設費を７０万円程度想定 注 3）エネルギー連動させるための設備改修費を７０万円程度想定
付帯設備	上記における電気・上下水道設置工事 １７０万円（税込）	
委託料	その他に、設備導入に向けた選定・製作・設置対応及び実験実施に向けた準備業務としての委託料が考えられる。（約１，０００万（税込）程度）	
	合計：８，１７０万円	合計：１０，３５０万円

8.3.6 （参考）モデル案選定に関する考察

1)再生可能（生ゴミ）資源によるバイオガス発電設備・装置

前章の類似・優良事例のバイオガス発電設備・装置より、モデル案の対象となる設備を選定する。今回の導入設備は、1t/日未満の処理量のものであり、かつ製品化されているものである。そのため、この条件に当てはまるサイエンスソフトウェアの製品をモデル案として選定する。

また、当社のバイオガス発電設備には、以下に示すグリーンハウスタイプとコンテナタイプがある。

■グリーンハウスタイプ

・２タンク式、小型バイオガス発電システム

・メタン発酵によるバイオ発電においてはコンテナ式での設備対応も可能であったが、導入費が通常のタイプよりも約 1.5 倍の価格となるため、一般タイプでの設定

■コンテナタイプ

・0.65ｔ用コンテナ型バイオガス発電システム

・メタン発酵によるバイオ発電においては一般より価格が高くなるが活用範囲が広がること・台風などの対策が要らないことなどを考慮し、コンテナ式での設備対応で設定

A案：グリーンハウスタイプ	B案：コンテナタイプ

次頁以降に、グリーンハウスタイプおよびコンテナタイプの仕様書、見積りなどを示す。

【グリーンハウスタイプ仕様書及び見積書】

No.	記号	名称	仕様	数量	外観写真
1	T1	前処理タンク	直径2.8m、高さ1.2m	1	
2	M1	混合器		1	
3	P1	原料移送ポンプ	22t/h 1.5kw 破砕機付き（1台予備）	2	
4	T2,3	発酵槽	容量 66m3, 直径5.88m, 高さ 3m, 水位2m, 発酵容量 54.38m3, ガス貯蔵量 3.21m3	2	
5	O2,3	熱交換器		1	
6	P6	熱交換用ポンプ		1	
7	P2,3	発酵槽攪拌ポンプ	48L/分 1.1kw	2	
8	O3,4	脱水塔、脱硫塔	400m3/日	1	

No.	記号	名称	仕様	数量	外観写真
9		脱硫剤		200	
10	S3	流量・メタン濃度、流量、圧力計	流量範囲 0.3～65m3/h メタン濃度範囲 30～100% 温度 -20°C～60°C	1	
11	P5	排水ポンプ	40m/h, 3kw	1	
12	O1	固液分離装置	1.0/0.7/0.5mmフィルター 処理量 5～7m3	1	
13	E1	バイオガスエンジ	発電機 10kw 電圧 230/400V	1	
14		送料		1	
15		組み立て費用	現地での組み立て作業費 3人x10日	30	
16		現地立ち会い日	サイエンスエンジニア 立ち会い	10	
17		諸経費	10%	1	
		合計			

御見積書

見積No. T29-M055-01

北中城村 御中

見積日 2017年12月8日

下記の通り、御見積り申し上げます。

件名: バイオガス実証実験設備(グリーンハウス)

納入期日 7ヶ月
納品場所 貴社ご指定場所
取引条件 着手時50%, 検収時50%分割支払 末締め翌月末現金
有効期限 発行日より90日間

Science Software
サイエンスソフトウェア株式会社
〒104-0033
東京都中央区新川2-8-5 ゼロワンビル3階
TEL 03-5542-0374 FAX 03-5542-0564
担当: 中島 晋也

合計金額	¥41,655,600※

品名	数量	単位	単価	金額
前処理タンク	1	式	1670000	1,670,000
混合機	1	式	960000	960,000
原料移送ポンプ	2	式	170000	340,000
発酵槽	2	式	6820000	13,640,000
熱交換器	1	式	1870000	1,870,000
熱交換用ポンプ	1	式	460000	460,000
発酵槽攪拌用ポンプ	2	式	220,000	440,000
脱水塔、脱硫塔	1	式	3,270,000	3,270,000
脱硫剤	200	式	1,000	200,000
流量・メタン濃度、圧力計	1	式	1,170,000	1,170,000
排水ポンプ	1	式	470000	470,000
固液分離装置	1	式	3220000	3,220,000
バイオガスエンジン	1	式	4760000	4,760,000
送料	1	式	100000	100,000
組み立て費	30	人工	50000	1,500,000
現地立ち会い費	10	人工	100000	1,000,000
諸経費(10%)	1	式	3500000	3,500,000
仕様、検収条件は納入仕様書(SS-T29-M055)をご覧下さい。			小計	38,570,000
			消費税等	3,085,600
			合計	41,655,600

<前提条件>
※合計金額には消費税が含まれております。
※貴社の営業上の利益の損失、業務の中断等による損害については、当社は責任を負わないものとします。当社の損害賠償は、かかる製品または役務について貴社から既にお支払いを受けた金額を限度と致します。

【コンテナタイプ仕様書及び見積書】

No.	記号	名称	仕様	数量	外観写真
1	T1	前処理タンク	直径2.8m、高さ1.2m	1	
2	M1	混合機		1	
3	P1	原料移送ポンプ	22t/h 1.5kw 破砕機付き（1台予備）	2	
4	T2,3	発酵槽	容量 17m3, SUS製、2重構造（保温材入り）、メタンバブリングミキサー、電熱ヒーター付き	3	
5	O2,3	熱交換器		1	
6	P6	熱交換用ポンプ		1	
7	P2,3	発酵槽攪拌ポンプ	48L/分 1.1kw	2	
8	O3,4	脱水塔、脱硫塔	400m3/日	1	

No.	記号	名称	仕様	数量	外観写真
9		脱硫剤		200	
10	S3	流量・メタン濃度、圧力計	流量範囲 0.3～65m3/h メタン濃度範囲 30～100% 温度 -20℃～60℃	1	
11	P5	排水ポンプ	40m/h, 3kw	1	
12	O1	固液分離装置	1.0/0.7/0.5mmフィルター 処理量 5～7m3	1	
13	E1	バイオガスエンジン	発電機 10kw 電圧 230/400V	1	
14		送料		1	
15		組み立て費用	現地での組み立て作業費 3人x10日	30	
16		現地立ち会い費	サイエンスエンジニア 立ち会い	10	

御見積書

見積No. T29-M055-02

北中城村 御中

見積日 2017年12月18日

下記の通り、御見積り申し上げます。

件名: バイオガス実証実験設備(コンテナタイプ)

納入期日 7ヶ月
納品場所 貴社ご指定場所
取引条件 着手時50%, 検収時50%分割支払 末締め翌月末現金
有効期限 発行日より90日間

Science Software
サイエンスソフトウェア株式会社
〒104-0033
東京都中央区新川2-8-5 ゼロワンビル3階
TEL 03-5542-0374 FAX 03-5542-0564
担当: 中島 晋也

合計金額	¥69,692,400※

品名	数量	単位	単価	金額
前処理タンク	1	式	1670000	1,670,000
混合機	1	式	960000	960,000
原料移送ポンプ	2	式	170000	340,000
発酵槽 コンテナタイプ	3	式	13200000	39,600,000
熱交換器	1	式	1870000	1,870,000
熱交換用ポンプ	1	式	460000	460,000
発酵槽攪拌用ポンプ	2	式	220,000	440,000
脱水塔、脱硫塔	1	式	3,270,000	3,270,000
脱硫剤	200	式	1,000	200,000
流量・メタン濃度、圧力計	1	式	1,170,000	1,170,000
排水ポンプ	1	式	470000	470,000
固液分離装置	1	式	3220000	3,220,000
バイオガスエンジン	1	式	4760000	4,760,000
送料	1	式	100000	100,000
組み立て費	30	人工	50000	1,500,000
現地立ち会い費	10	人工	100000	1,000,000
諸経費(10%)	1	式	3500000	3,500,000

仕様、検収条件は納入仕様書(SS-T29-M055)をご覧下さい。

小計	64,530,000
消費税等	5,162,400
合計	69,692,400

<前提条件>
※合計金額には消費税が含まれております。
※貴社の営業上の利益の損失、業務の中断等による損害については、当社は責任を負わないものとします。当社の損害賠償は、かかる製品または役務について貴社から既にお支払いを受けた金額を限度とします。

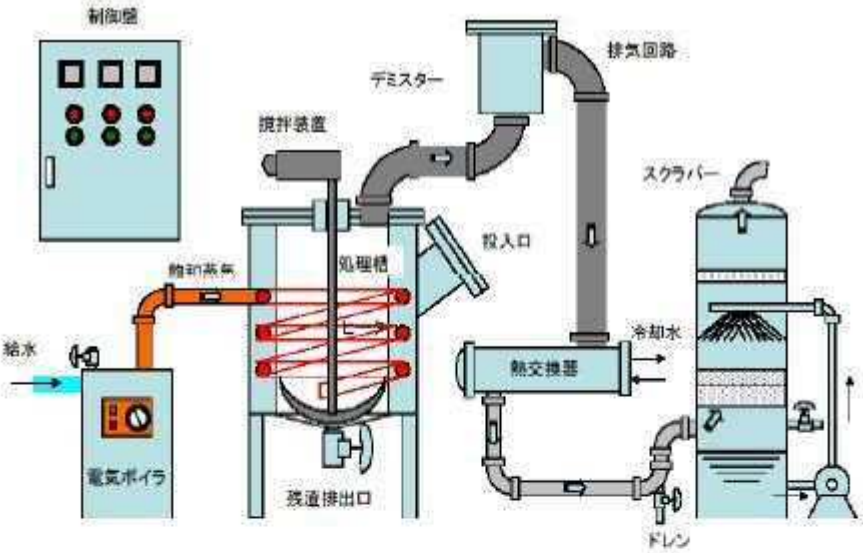
2) 再生可能（生ゴミ）資源による炭化（飼料添加資材化含）設備・装置

炭化・飼料化装置のモデル案の選定については、処理量が不明なもの（オリエンタル機電製）は除く。また、乾燥装置をオプションで付与する必要がある装置（ZE エナジー製）も除く。

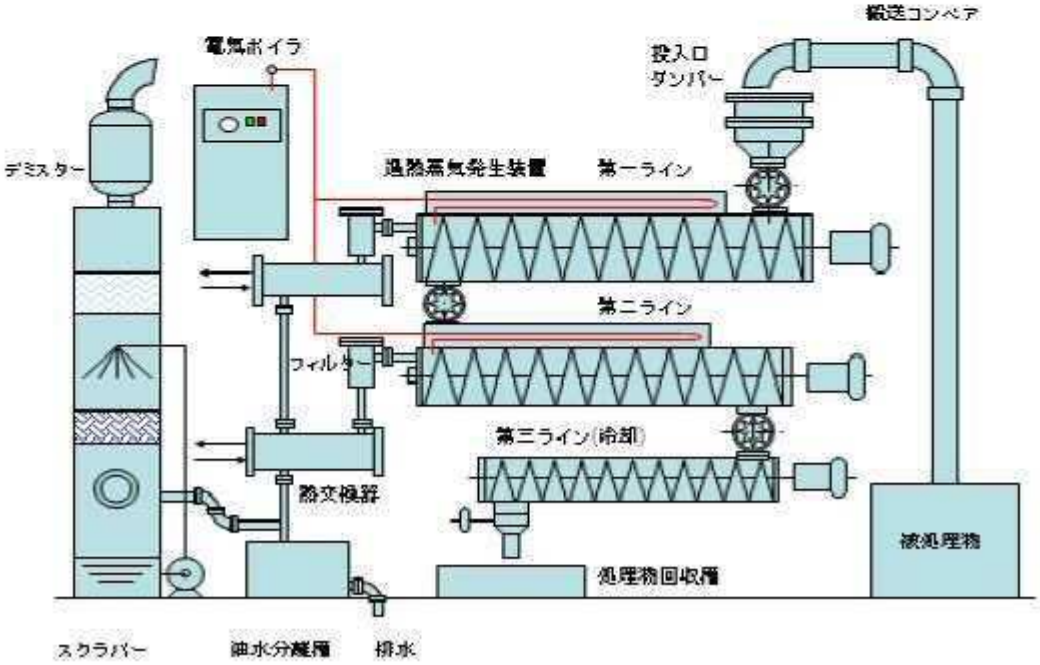
それ以外の製品の中では、処理量および性能は、どの製品でも対応可能である。そのため、これまで調査している見積りの中で最も事業費を抑えることができる株式会社実践環境研究所の加熱蒸気式乾燥・炭化装置を導入することとする。

出典：株式会社実践環境研究所ＨＰより

写真　過熱蒸気式乾燥・炭化装置



連続式処理装置フロー図



出典：株式会社実践環境研究所ＨＰより

図 8-6　バッチ式処理装置のフロー図

生ごみ炭化処理装置提案書　C案修正

株式会社実践環境研究所

平成 29 年 11 月 24 日

主として生ごみ処理に利用する炭化装置について提案します。処理物は炭化物「炭」として利用が可能です。

使用する装置は、高温過熱蒸気を利用した熱分解方式で焼却設備の法的対象外です。装置は半連続式とし、自動化により装置に特別の要員を必要としません。

1. 被処理物 有機物全般水分率 80%
   処理量： 400kg/ 日(8 時間)

2. 処理後の状態
   炭化物
   原料の 5%程度（推定）

3. 処理方法
   過熱蒸気による炭化処理
   半連続式

4. 基本性能

	項目	内容	備考
1	処理能力	50kg/ 時間	
2	処理方式	半連続式	
3	処理時間	1 日 8 時間稼動	
4	使用蒸気量	60kg/h	
5	使用電力	28kWh	
6	外形寸法（設置面積）	W3000 X D2500 X H2500mm	
7	重量	約 900kg	

5. 主要機器構成

	項目	内容	備考
1	処理槽	材質 SUS304 250L 縦型 700<1> X 700mm	撹拌
2	過熱蒸気発生装置	特殊金属ヒータ	
3	パワートランス	容量 24kVA 1 台 スコット巻き	
4	熱交換器	材質 SUS304 水冷式	
5	サイクロン	材質 SUS304	
6	乾留ガス処理装置	活性炭脱臭塔 3m3/min 0. 4kW	
7	投入口	ホッパー、 スクリューコンベア	
8	制御盤	シーケンサー搭載、タッチパネル	
9	排出口	手動 タンクバルブ式	
10	冷却塔・ポンプ	5 冷却トン、水量 65L/ mi n 0.4kW	
11	排水処理装置	排水濾過膜処理装置	

6. 主要機能

①過熱蒸気発生装置

飽和水蒸気を加熱し過熱蒸気を生成する装置で、ヒータ管、パワートランスとこれらを接続する機器によって構成されている。

ヒータ管表面温度は最高 900℃まで可能であり、これによる過熱蒸気吐出温度は最大 700℃程度となる。

②処理槽

被処理物を過熱蒸気により乾燥処理を行い乾燥物とする缶体、投入機構、排出機構、等の機能を持つ。

処理室温度は任意に設定可能である。

③乾留回路・排気ガス処理装置

排気ガスから発生する臭気、煙等は活性炭脱臭塔により脱臭、脱煙処理して大気に放出する。

④サイクロン

排気ガスに含まれるミストはサイクロンより除去される。

⑤熱交換器

排気ガスに含まれる排出蒸気は冷却して水として回収する。

⑥飽和水蒸気発生装置

低圧飽和水蒸気 60kg/h をご支給願います。ご要望により電気ボイラー等を準備します

⑦投入機構

ホッパーからスクリューコンベアに定量供給します。

⑧排出機構

手動式バルブにて排出します。

1 日 8 時間稼動とし処理後冷却時間を置いて排出する。

⑨制御盤

操作の自動化を図るためシーケンサーを搭載し任意設定を可能とする。また、装置はタッチパネル方式とする。

温度表示、異常表示、各設定値入力、自動・手動切替、モータ関係のインバータ制御等の機能を持つ。

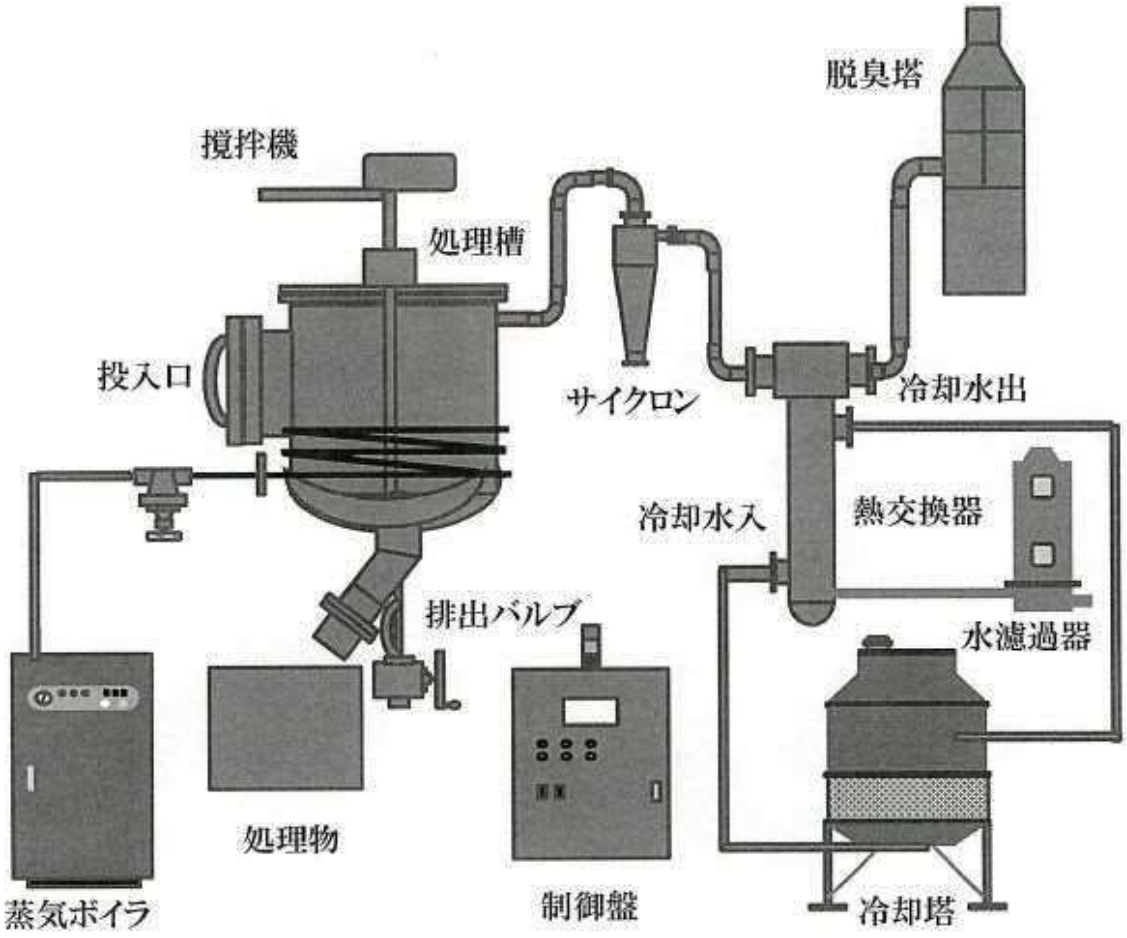


図 8-7　熱分解装置フローシート図

8. ランニングコスト

	使用量	単価（仮定）	金額
電気代	68kWh	1 5 円/ k 罷	1020 円/ h
水道代	1181/h	250 円 I nf	29. 5 円/ h
計			1049. 5 円/ h

処理単価： 1049. 5 円--;-50kg=21. 0 円/ kg

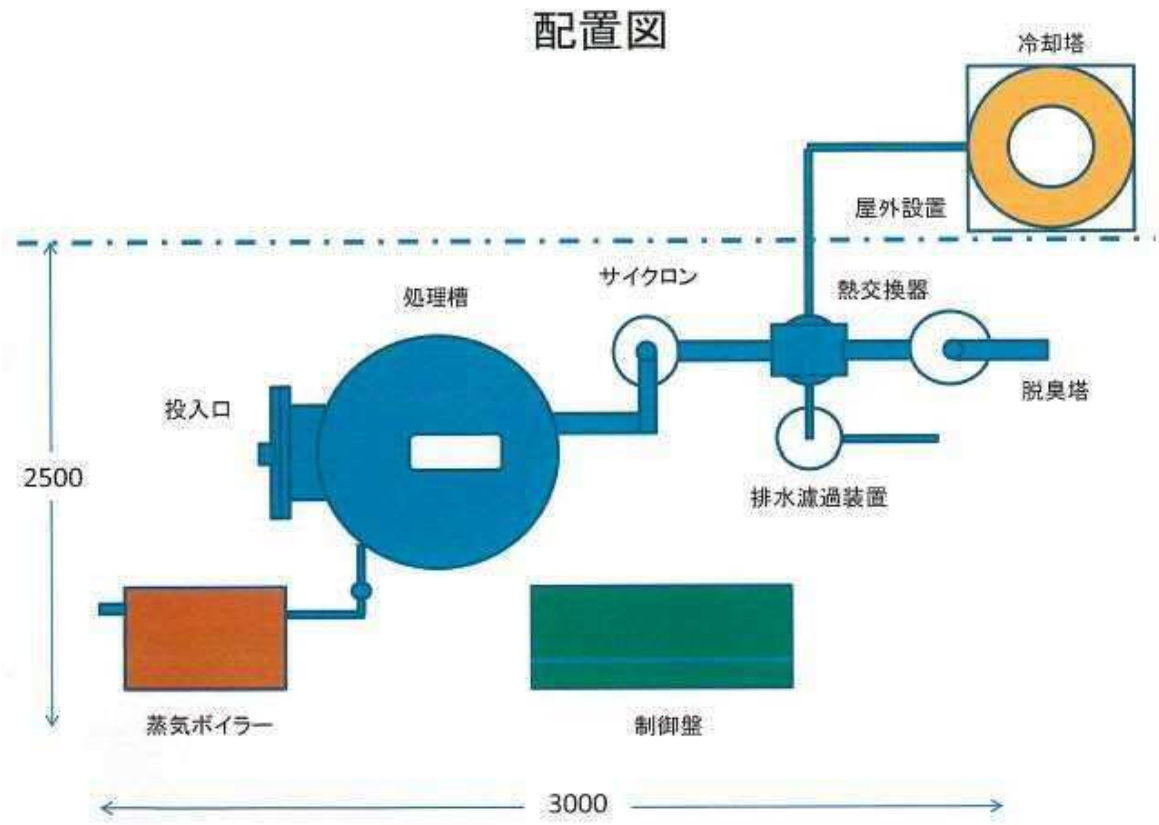


図 8-8　生ごみ炭化処理装置の配置図

2017/11/26

株式会社実践環境研究所
名古屋市中村区椿町17番16号
TEL ： 052－452－0729

◎納期： 受注後100日
◎お支払：契約時 1／2 検収時 1／2

御 見 積 書

件名　半連続式炭化装置B案

処理能力　時間 50kg　8時間稼動

見積仕様項目	仕様	数量	単価	金額
処理槽	SUS304 250L 縦型撹拌	1 台	5,250,000	5,250,000
投入機構	ホッパー・ロータリーバルブ	1 式	1,050,000	1,050,000
配管・保温工事	セラミック・ロックウール	1 式	320,000	320,000
架台	SS 塗装仕上げ	1 台	380,000	380,000
過熱蒸気発生装置	蒸気量 60kg/h 蒸気温度700℃	1 式	1,800,000	1,800,000
制御盤	タッチパネル、シーケンサー	1 面	1,500,000	1,500,000
熱交換器	SUS304	1 台	750,000	750,000
脱臭処理装置	活性炭脱臭塔 3㎥/min	1 台	550,000	550,000
冷却塔	5冷却トン ポンプ・配管・バルブ	1 台	450,000	450,000
サイクロン	SUS304 架台SS	1 台	150,000	150,000
工場試験費	機材レンタル費含む	1 式	600,000	600,000
現地工事費	試運転調整含む	1 式	700,000	700,000
排水処理装置	排水濾過装置	1 式	1,000,000	1,000,000
電気ボイラー	蒸気量 60kg/h 蒸気温度103℃	1 台	1,300,000	1,300,000
設計費		1 式	1,500,000	1,500,000
諸経費		1 式	1,500,000	1,500,000
合計				18,800,000

◎ 消費税は別途申し受けます
◎ 別途工事
一次側工事
投入コンベア
破砕機
選別機
◎その他上記項目に無い事項

3) 再生可能（生ゴミ）資源による堆肥化設備・装置

本計画策定後のモデル案には、堆肥化設備を選定していないが導入する可能性もあるため、処理量0.8t/日を満たす設備のうち、実績が多数である中部エコテックの製品を参考として以下に示す。

■中部エコテック株式会社　　0.80t/日処理レベルの生ゴミ堆肥化装置

・運搬・組立て・設置・初期稼動点検、簡易な建屋まで含む

・堆肥化の対応が可能とする

・完全生ゴミ分解消滅型装置は食物残渣処理の実証実験として優良事例と考えられるが、本実証実験の趣旨が生ゴミを再生可能資源とした農業振興への活用である事を踏まえ、今回の設備・装置の選考から除外

・また、本設備・装置は簡易な防風壁で３方を囲む程度で屋外設置が可能な点、比較的安価であるなどを踏まえ選定

中部エコテック株式会社　　0.80t/日処理レベルの生ゴミ堆肥化装置

クリーンコンポシリーズ　C-20ET

処理能力

能　力	処理量	取出量
汚泥・食残 （水分80%）	1.0ton	0.3ton

※処理能力は、季節・地域によって異なる場合があります。

電気料金概算

月　間	50,000円

※地域電力会社により、差はあります。

クリーンコンポシリーズ　C-40ET

処理能力

能　力	処理量	取出量
汚泥・食残 （水分80%）	2.5ton	0.6ton

※処理能力は、季節・地域によって異なる場合があります。

電気料金概算

月　間	100,000円

※地域電力会社により、差はあります。

出典：中部エコテック株式会社ＨＰより

発酵装置　運転イメージ
クリーンコンポは生ゴミ・汚泥の発酵乾燥機です
発酵ガス
臭気対策
省スペース！
吸着脱臭
吸着脱臭
水洗脱臭
薬液スクラバー

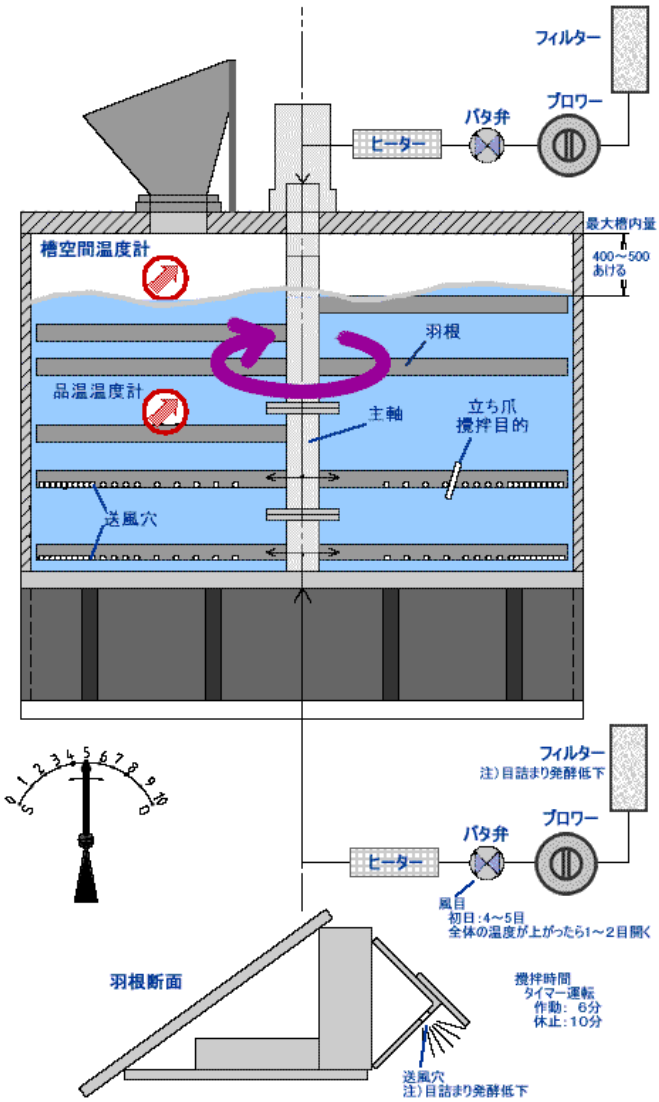

フィルター
ブロワー
バタ弁
ヒーター
最大槽内量
400～500
あける
槽空間温度計
羽根
品温温度計
主軸
立ち爪
撹拌目的
送風穴
フィルター
注）目詰まり発酵低下
ブロワー
バタ弁
ヒーター
風目
初日：4～5目
全体の温度が上がったら1～2目開く
羽根断面
撹拌時間
タイマー運転
作動：6分
休止：10分
送風穴
注）目詰まり発酵低下

図 8-9　コンポの構造図

4)　園芸ハウス

園芸ハウスについては、A案として、県内で実績多数であり台風などへの対策もある程度確保できるサンワ産業製の園芸ハウスを採用する。また、B案として、より台風への対策が確保でき、実証実験後に実際の農村集落へ移設することができるコンテナ式水耕栽培ハウスを採用する。

Ａ案：実証規模の基本園芸ハウス

園芸ハウスは、有限会社サンワ産業のハウス施設を導入する。

Ｂ案：実証実験用コンテナハウス

現在、水耕栽培の実証実験として使用している太陽光利用型と人工光利用型（エネルギー利用最適化検証）のコンテナ式水耕栽培の設備について、実証実験完了時に本取組みと連動させ、バイオマス発電におけるエネルギー活用・生成した液肥や堆肥製品の活用実証実験施設として利用する。

そのためのコンテナ移設費を７０万円程度想定、エネルギー連動させるための設備改修費を７０万円程度想定する。

Ａ案：サンワ産業の基本園芸ハウス

施設仕様書

型　式

1．角鋼	100×50　屋根型　間口 6.5m
2．軒高	ＧＬより 2.4m
3．棟高	ＧＬより≒3.5m
4．スパン	L=3m

鉄骨仕様

1．鋼　材	側柱・合掌・妻柱 100×50×t=2.3（溶融亜鉛メッキ 360 g/㎡以上）
	棟木　C75×45×t=2.3（溶融亜鉛メッキ 360 g/㎡以上）
2．基　礎	200×300×600mm　（二次製品）
	根巻きコンクリート 600×600×200mm
	機械室床…土間コンクリート 厚 100mm
3．母屋胴縁	60×30×t=2.3　（溶融亜鉛メッキ 360 g/㎡以上）
4．ブレース	9φ　（溶融亜鉛メッキ 360 g/㎡以上）
5．出入口	鋼製両引分戸　□32×32
	機械室　巾 1.2m×高 2.3m×2 枚組
	栽培室・中扉　巾 1.2m×高 1.9m×2 枚組　各 1 ヵ所
	出入口下コンクリート　W300×H200×L7000
換　気	機械室：側面換気（電動）
	栽培室：側面換気（電動）・天窓換気（電動）
被　覆	機械室：屋根…チクナミトタン　側面…ＰＯ　0.15 ㎜
	栽培室：被覆押さえ材（ビニペット）　（ＺＡＭ）
	防虫ネット　全面　1 ㎜
	ビニール　全面　ＰＯ　0.15 ㎜
	屋根、側面、妻面　ＰＯ　0.15 ㎜

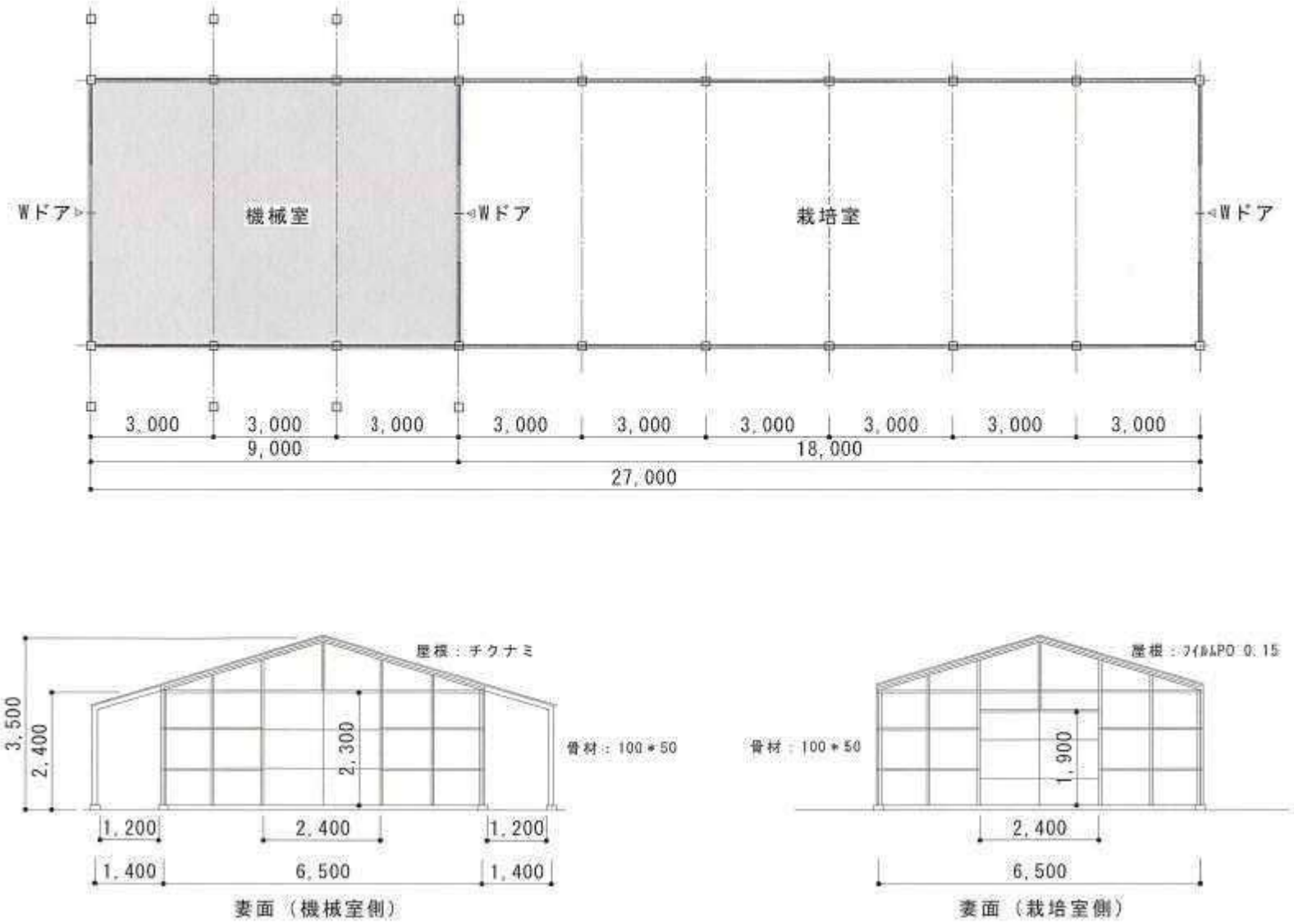


図 8-10　実証試験用栽培ハウス

御　見　積　書

平成29年12月15日

御見積致します。なにとぞご用命下さいますよう
お願い申しあげます。

御見積総額　金額￥6，536，084 －
納　　期　御相談の上
受渡場所　現場渡し
御支払条件
御見積有効期限　平成30年2月末日
件　　名

有限会社　サンワ産業
沖縄県糸満市字福地176番地
TEL　098-997-4129
FAX　098-997-2374

NO	品　　名	寸　　法	数　量	単 位	単　価	金　　額	備　　考
	鉄骨ハウス(□100*50)	6.5mx27　単棟	175.5	㎡			
1	本体資材		1	式		2,038,830	
2	換気資材		1	式		315,000	
3	被覆資材		1	式		462,300	
4	施工費		1	式		2,250,000	
5	天窓工事		1	式		685,800	
	諸経費		1	式		300,000	
	計					6,051,930	
	消費税					484,154	
	合計					6,536,084	
記事	電気工事費用等は別途						

8.4　実証試験の内容と目指す成果について

- 実証試験の内容と目指す成果は、以下の内容とする。
  ① 各設備に供給可能なエネルギー及び肥料化が可能な液肥・固形物がバイオガス発電で得られること
  ② 安価で品質・効果が高い炭化品及び堆肥・養鶏資材が安定して出来ること
  ③ ①と②の製造・目標達成に係る経費を収支の見合うまでに抑えられるか
  ④ 生成された炭化品を添加した堆肥・養鶏資材飼料がデータ通りに結果を出せるか（栽培品の生育状況・栄養価・収量、養鶏の健康向上及び卵の生産・品質）
  ⑤ 本設備を用いての事業化（生産確立と商品の市場流通）の目処を確立

小規模バイオマスプラントの場合、メタンガス発酵の安定性、信頼性が確保しづらいのは、原料の品質(本実証では生ごみの化学組成や水分量など)のばらつきやメタン発酵に悪影響を及ぼす物質(物質交換上で発生する酸や、原料に含まれる異物など）の割合が大きくなるためだと言える。

本実証実験ではバイオガスプラントを稼働させ、その中でメタンガスの発酵による安定した電気・熱の発生、液肥化に資する消化液の品質、その上で炭化・堆肥化及び園芸ハウスへのエネルギー供給に向けた蓄電や熱変換システムのあり方を踏まえ、バイオガスプラントの安定性・信頼性を実証することであると考えている。また、この点が適切に把握・解明・実証できれば北中城村が目指す農を活かした新たな産業活性“食の循環と経済の地産地消（新たな農業振興と産業・雇用の創出）"の実現に大きく寄与するものと考えている。

以上の考えから今回の実証実験設備構築においては、プラントとしての整備が実証実験を行う上で必要不可欠であり、安定した電気・熱の発生、液肥化に資する消化液の品質、その上で炭化・堆肥化及び園芸ハウスへのエネルギー供給に向けた蓄電や熱変換システムのあり方を踏まえ、バイオガスプラントとしての安定性・信頼性を実証することを目的としている。

また、国内小規模の発電機（25ｋｗ）の導入には１億円程度が必要となる。１ｔ/日の生ゴミを原料として、現在の固定価格買取制度を活用した売電を行った場合、20 年でも投資回収ができないため、バイオマス発電による電力を農業へ活用（自家消費）するなどにより、高い付加価値を与える方法も検討し、売電以外から利益回収を図ることで事業性を高め、採算ベースに乗るかどうかも検証していく。

表 8-3　実証試験の内容と目指す成果について

	Ａ案	Ｂ案
達成目標について	①　各設備に供給可能なエネルギー及び肥料化が可能な液肥・固形物がバイオガス発電で得られること ②　安価で品質・効果が高い炭化品及び堆肥・養鶏資材が安定して出来ること ③　①と②の製造・目標達成に係る経費を収支の見合うまでに抑えられるか ④　生成された炭化品を添加した堆肥・養鶏資材飼料がデータ通りに結果を出せるか（栽培品の生育状況・栄養価・収量、養鶏の健康向上及び卵の生産・品質） ⑤　本設備を用いての事業化（生産確立と商品の市場流通）の目処を確立	同左
設置場所について	①　荻道･大城地区にある福祉農園等を行う私有地（第１候補）で検討を進める ②　上記が難しい場合､安谷屋地区の圃場整備区域内の私有地､渡口地区のサンシャインファーム近接地､村有地である北中城団地敷地内を想定する。	同左

実験設備の運営管理及び実験実施・事業化に向けた考え方について	○村が実証実験の設備所有者・実施者となり、コンサル企業とＥＭ研究機構との共同体に実証実験の実施業務を再委託し、発注者・受注者は愛媛大学（有機農業分野の教授）及び早稲田大学（持続型食・農・バイオ研究所）又は早稲田大学（持続型食・農・バイオ研究所の支援・協力を得て、実証実験の目標成果を達成の上、産官学共同による事業化に取組む。 ○但し、ＥＭ研究機構との連携による実証実験への取組みが困難となった場合には、コンサル企業とこの取組みに関心を持つ関係企業との共同体に実証実験の実施業務を再委託し、発注者・受注者は琉球大学（農学部）又は早稲田大学（持続型食・農・バイオ研究所）の支援・協力を得て、実証実験の目標成果を達成の上、産官学共同による事業化に取組む。	○村が実証実験の設備所有者・実施者となり、コンサル企業とＥＭ研究機構との共同体に実証実験の実施業務を再委託し、発注者・受注者は愛媛大学（有機農業分野の教授）及び早稲田大学（持続型食・農・バイオ研究所）又は早稲田大学（持続型食・農・バイオ研究所）単独、琉球大学（農学部）単独の支援・協力を得て、実証実験の目標成果を達成の上、産官学共同による事業化に取組む。 ○但し、ＥＭ研究機構との連携による実証実験への取組みが困難となった場合には、コンサル企業とこの取組みに関心を持つ関係企業との共同体に実証実験の実施業務を再委託し、発注者・受注者は琉球大学（農学部）又は早稲田大学（持続型食・農・バイオ研究所）の支援・協力を得て、実証実験の目標成果を達成の上、産官学共同による事業化に取組む。

第9章　　実証実験候補地の選定

9.1 候補地選定の目的.....259
9.2 候補地の位置.....259
9.3 候補地の状況整理.....260
9.4 住民意向ヒアリング.....263
9.5 評価の着眼点と評価方法.....268
9.6 評価結果.....269

9.1 候補地選定の目的

バイオガスエネルギー製造実実験施設から生み出す電気・熱・肥料などを園芸ハウスなどの農業施設や街路灯など公的施設で利活用するための実証試験の候補地として、前年度の総務省調査で検討された候補地のうち、評価点の高かった荻道・大城、安谷屋地区、渡口地区及び北中城団地の 4 箇所に対し、土地確保の可能性、法的規制などの条件や土地周辺の環境及び住民意向を把握のうえ、取組みに向けた地域の熟度を検証し、実証実験の候補選定における優先度を絞り込む。

9.2 候補地の位置

- 実証実験の候補地は、荻道・大城地区、安谷屋地区、渡口地区及び北中城団地の 4 箇所である。
- 荻道・大城、安谷屋地区、渡口地区及び北中城団地は、それぞれ北中城村の南、中心からやや南西、北及び東に位置する。

以下に、候補地となる荻道・大城地区、安谷屋地区、渡口地区及び北中城団地の位置図を示す。

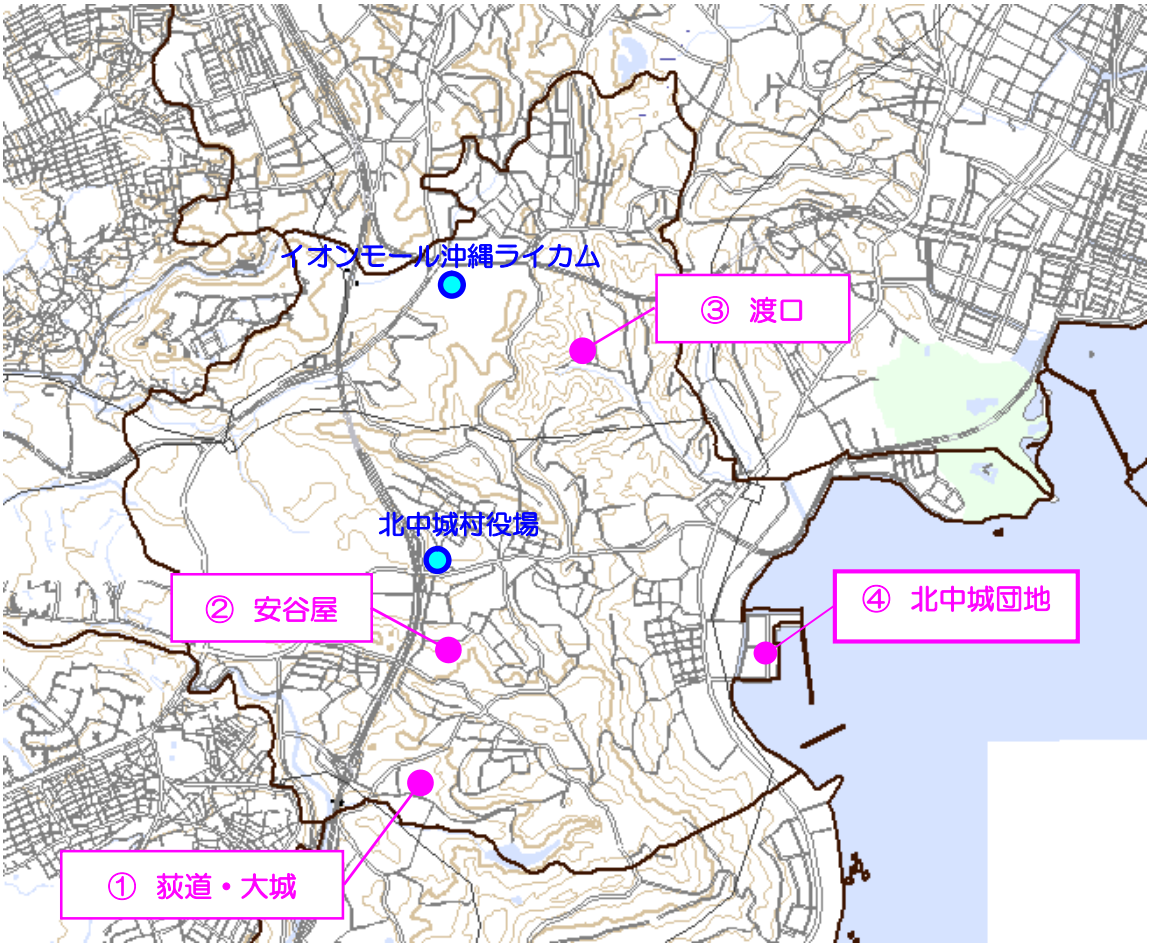


図 9-1　候補地の位置図

9.3　候補地の状況整理

9.3.1 候補地の概要

- 実証実験の候補地は、荻道･大城地区、安谷屋地区、渡口地区及び北中城団地の 4 箇所である。
- 荻道･大城地区、安谷屋地区、渡口地区及び北中城団地は、それぞれ北中城村の南、中心からやや南西、北及び東に位置する。
- 主要な道路からのアクセルは、どの候補地とも良好である。

荻道・大城地区、安谷屋地区、渡口地区及び北中城団地の候補箇所の概要を以下に示す。

表 9-1　候補地の概況

項目	候補地①	候補地②	候補地③	候補地④
概況				
所在地区	荻道・大城	安谷屋	渡口	北中城団地
土地所有者	民有地	民有地、一部が村有地	民有地	村有地
面積	8,900 m^2	3,200 m^2	2,800 m^2	967 m^2
傾斜の有無	平地	平地	平地	平地
生ごみ排出先からの距離	5.2 km	4.2 km	4.4 km／1.9 km	4.6 km
アクセス性	主要な道路からアクセス良好	主要な道路からアクセス良好	主要な道路からアクセス良好／大型車両の離合困難道路が 1.2km 程度	主要な道路からアクセス良好

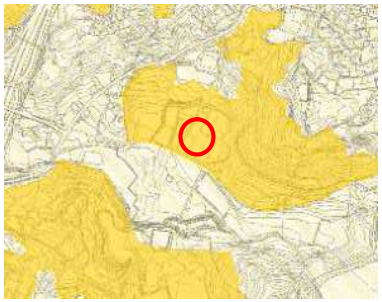
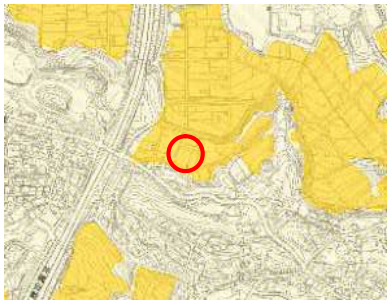
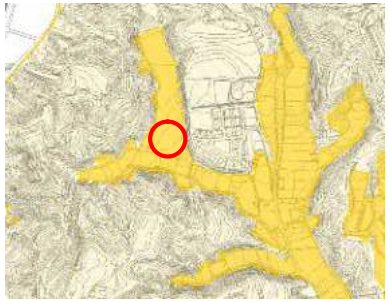
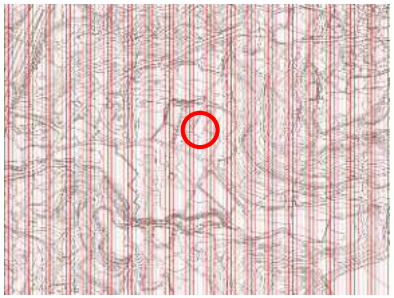
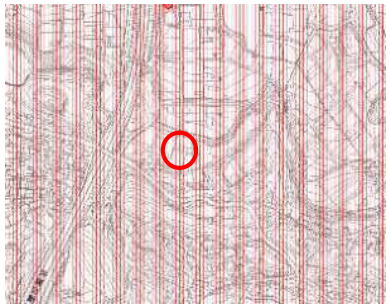
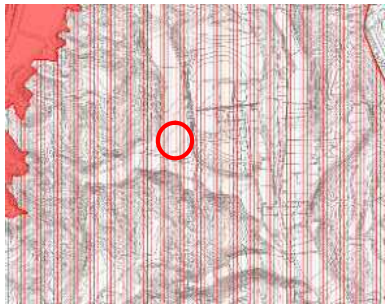
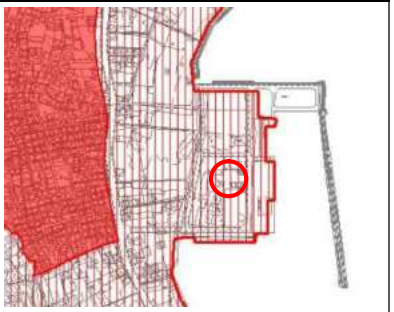
9.3.2 土地規制

4 箇所の候補地について、開発行為等に制限を受ける「農業地域」、「市街地調整区域」や地すべりなどの「土砂災害危険個所」や「津波浸水想定区域」などの土地規制の状況を以下に示す。

1) 農業地域、都市計画地域

荻道･大城地区、安谷屋地区、渡口地区は農業地域及び農用地区域に位置している。一方で、北中城団地は農業地域及び農用地区域どちらにも属していない。

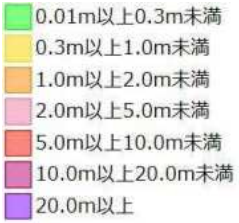
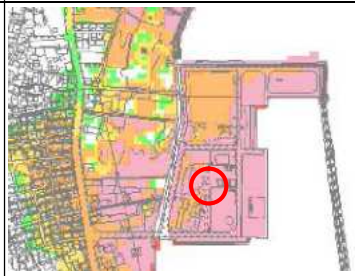
また、4 箇所の候補地はすべて市街地調整区域に位置する。

	候補地①　荻道・大城	候補地②　安谷屋	候補地③　渡口	候補地④　北中城団地
農業地域・農用地区域 ≪凡例≫ 農業地域 農用地区域				
	・農業地域及び農用地区域に位置する。	・農業地域及び農用地区域に位置する。	・農業地域及び農用地区域に位置する。	・農業地域及び農用地区域に位置しない。
都市計画区域 （市街地調整区域） ≪凡例≫ 都市地域 市街化区域 市街化調整区域 その他用途地域				
	・市街地調整区域に位置する。	・市街地調整区域に位置する。	・市街地調整区域に位置する。	・市街地調整区域に位置する。

2)土砂災害危険個所、津波浸水想定区域

荻道･大城、安谷屋地区、渡口地区の候補地 3 箇所ともに、津波による浸水範囲には含まれておらず、津波の影響はないと想定される。

一方で、北中城団地は津波による浸水範囲に含まれており、津波の影響が懸念される。

	候補地①　荻道・大城	候補地②　安谷屋	候補地③　渡口	候補地④　北中城団地
土砂災害 ≪凡例≫ 				
	・土砂災害エリアには位置していない。	・土砂災害エリアには位置していないが、近傍が地すべり防止区域である。	・土砂災害エリアには位置していない。	・土砂災害エリアには位置していない。
津波浸水想定 ≪凡例≫  				
	・津波により浸水すると想定されるエリアには位置していない。	・津波により浸水すると想定されるエリアには位置していない。	・津波により浸水すると想定されるエリアには位置していない。	・津波により浸水すると想定されるエリアに位置している。

9.4 住民意向ヒアリング

9.4.1 ヒアリングの目的

再生可能資源を活用した事業への理解度、住民意向および地域の協力度合い等を把握するため、地域住民へのヒアリングを実施した。

対象地区は、昨年度実施した業務（マスタープラン）において、比較的遊休地が多く、電気・熱や堆肥などを活用できる農業施設のある、荻道･大城、安谷屋地区、渡口地区及び北中城団地の 4 箇所である。

このヒアリングの結果を、候補地の選定に反映する。

9.4.2 ヒアリングの方法

ヒアリングの方法は以下のとおりである。

対 象 者 ：自治会長（渡口、安谷屋、荻道及び大城地区、北中城団地）
実 施 日 ：2 月下旬から 3 月上旬
所要時間：30 分程度
実施方法：口頭による直接のヒアリングもしくは、郵送によるアンケート形式
直接のヒアリングの場合、調査員 2 名程度（村からの業務受託者）が公民館などに伺い、質問形式で意向調査を実施。
実施場所：各自治区の公民館等（訪問によるヒアリングの場合）
質問内容：ごみ処理への関心や取組み、本事業への理解度や意向、その他ご意見

安谷屋および荻道地区については、自治会長様のご都合がついたため公民館での直接のヒアリングを実施した。なお、渡口、大城地区および北中城団地については、自治会長様の都合がつかず、郵送によるアンケート形式により実施した。

9.4.3 ヒアリングの結果

- ヒアリングを実施できた地区では、本事業について概ねご理解いただき、地区への説明会を開催し理解を得ながら進めることで賛同できるとの回答を得た。

地区意向のヒアリング結果を、次頁意向に示す。

ヒアリングを行った地区では、本事業について概ねご理解いただいたと共に、地域の活性化や村民健康増進にもつながる案として以下のような代表的な意見をいただいた。

- 地区の生ごみを回収して利用するなら、住民が歩くことになって健康増進にもつながりいいと思う（安谷屋）。
- 農村型医療事業と一体となり、パークゴルフ場などが整備されればいいと思う（安谷屋）。
- 地区内で事業を行うなら、地域の方々に役割を持ってもらえれば、モチベーションにもなり協力いただけると思う（荻道）。

【地区意向ヒアリング結果（安谷屋）】

議　　題	地域意向ヒアリング（安谷屋地区）		
開催日時	平成 30 年 3 月 2 日(金)　13:00～14:00	開催場所	安谷屋公民館
参加者	安谷屋区　自治会長 棚原会長	北中城村　企画振興課 鹿島参事 オリエンタルコンサルタンツ 梶原　二宮	

内　　容
1.　地区の状況（農業や健康維持など） ・　地区内では、土地の相続問題が多く、都会に出た跡取りが地区の土地を相続できていない実態がある。これらの土地に商業利用としてペンションなどが建つと、治安の面で心配である。 ・　地区内では、生産する農産物は特定していない。 ・　運動できる場所は、若松に多いイメージである。 ・　地区の住民は日頃から歩くことが少なく、健康を維持する上で課題である。 **2.　健康維持に関する意向** ・　日頃運動できる環境を確保するために、吉の浦のように陸上競技場などを誘致できれば良いと考える。 ・　パークゴルフ場などを地区内に設置できれば、歩くことにつながり健康増進になると思う。ゲートボールよりパークゴルフがよい。 **3.　地域の活性化に関する意向** ・　喜舎場ではそろばん教室などが集まっており、中央公民館では民間事業者（エンカレッジ）による学習教育プログラムを行っている。当地区でも、このような教育拠点ができたらよいと考える。 ・　道の駅などは、最初は住民の意識的に抵抗があるかもしれないが、活性化として良いと考えられる。 **4.　再生可能資源（生ごみ等）の活用に関する意向** ・　地区一体で生ごみ等を活用している事例はない。ただし、一住民が堆肥化している事例はある。 ・　生ごみを活用する事業についても把握しており、事業の取組み内容としては、いいと思う。小中学生の学習施設にもなるため、事業の説明を地区に対して実施してもらえれば、地区内で推進してもらえればと思う。 ・　イオンモール沖縄ライカムのグリーストラップの汚泥は、村外に搬出している。これも同時に活用できたらいいと思う。 **5.　事業の施設（農村型医療・再生可能資源活用）などの導入について** ・　地元への説明会をやってもらえれば、導入することには賛成である。 ・　北中城インターのあたりでやれれば良いと思う。 ・　地区の生ごみを回収するなら、住民が少し歩くことにもなり健康増進にも役立つと思う。 ・　生ごみを持ってくることと引き換えに、無料券など（産地で生産した野菜や足湯施設のもの）を配ればより良いと思う。 以　上

【地区意向ヒアリング結果（荻道）】

議　　題	地域意向ヒアリング（荻道）		
開催日時	平成 30 年 3 月 3 日(土)　13:00～14:00	開催場所	荻道公民館
参加者	荻道区　自治会長 安里会長	北中城村　企画振興課 鹿島参事 オリエンタルコンサルタンツ 梶原　二宮	

内　　容
1.　地区の状況（農業や健康維持など） ・　地区では、ひまわりを植えていて村内や県外も含めて販売もしており、今は地区の特産品になりつつある。 ・　老人クラブでは、毎週金曜日に体操を行っている。 ・　壮年会では、畑で芋を栽培しており、直売所で販売も行っている。 ・　地区では、60 代は主にウォーキングで健康維持に努めている。 **2.　地域の活性化に関する意向** ・　隣接する他地区と協力し、様々な花を楽しめる花の郷として活性化していければいいと思う。 ・　中村家住宅の近くにある石畳道も、散策路の一部として活用できたらいいと思う。 ・　地区で実施したひまわりと蝶のイベントでは、蝶ハウスが人気があった。できれば、行政が少しお金を出してくれればと思う。 ・　このようなイベントを那覇のホテルなどと共同で実施し、北中城まで足を運んでもらうような PR ができたらいいと思う。 **3.　再生可能資源（生ごみ等）の活用に関する意向** ・　地区では、生ごみなどの活用については取り組んでいない。 ・　事業の内容は賛同できる。 **4.　事業の施設（農村型医療・再生可能資源活用）などの導入について** ・　事業の内容は、賛同できる。 ・　事業を実施する場合、住民のたまり場となるような広場があればよいと思う。 ・　足湯や農産物の販売所などもあればよいと思う。 ・　地区内で事業を行うなら、地域の方々に役割を持ってもらえれば、モチベーションにもなり協力いただけると思う。 ・　継続性を持って、事業に取り組んでほしい。 以　上

【地区意向ヒアリング結果（大城）】

北中城村　農を活かした北中城活性化事業　アンケート

番号に○をつけて回答をお願いします。

問1　事業内容について、ご理解いただけましたか。あてはまるものを全て回答してください。（複数可）

① 「再生可能資源の活用」事業について、理解できた
② 「エネルギーや地域産業の循環」について、理解できた
③ 「健康に暮らせる地域づくりの取組み」について、理解できた
④ どれも理解できなかった

問2　あなたもしくは地区内で、ごみを減らすこと（リデュース）や再生利用（リサイクル）等に取り組んだこと・取組みをされていますか。あてはまる答えの番号に○を付けてください。（○は１つだけ）

① 日頃から積極的に行っている
② 出来る範囲で行っている
③ 考えているが、まだ取り組んでいない。
④ 何もしていない・何も考えていない

○取組みを行っている場合、その内容をお教えください。

問3　北中城村では、生ごみを活用した産業（特に農業面で）の活性化に資する事業を検討していますが、知っていましたか。あてはまる回答をお答えください。（１つだけ）

① よく知っている
② 知っている
③ 多少知っている
④ 全く知らない

２ページ目もご回答ください。

問4　本事業の「取組み内容」や「コンセプト（＝健康長寿日本一の農の郷づくり）」についてどのようにお感じになられましたか。（１つに○）

① よいと思う
② どちらともいえない
③ よいと思わない

○上記の理由やご意見などをお聞かせください。

食物残渣の再生可能な資源を元に農地の土づくり・そして安全な食材が出来る事は大変すばらしいと思う。

問5　あなたは、本事業についてどのように思いますか。あてはまる回答をお答えください。（１つだけ）

① 実現に向けて、事業を推進してほしい
② 地域（自治会）と調整を図りながら実現に向けて取り組んでほしい
③ 内容が理解できていないので説明会を開催し、住民の理解を得て取り組んでほしい
④ 実施すべきでない

○上記の理由やご意見などあればお聞かせください。

問6　ご自宅の地区内に、北中城村の農業振興や雇用創出など地域活性化に資する、福祉農園や農産物直売所、食物残渣の再生資源化施設などが導入されるとした場合、どのように考えますか。あてはまる回答をお答えください。（複数可）

① 導入することに賛成
② 納得いくものであれば導入してほしい
③ できれば導入してほしくない
④ 導入には反対である
⑤ 説明が不十分なので判断できない

問7　事業展開イメージについて、追加のアイデアやご意見があればお聞かせください。

地域は観光客が多く来客するので農産物直売所（道の駅に類似する様な施設）がほしい（役員会等々でいつも話題になる）
観光バスが多く往来するので雇用の面でも地域の生きがいづくりの面でも期待している。

（大城地区）

アンケートは以上です。ご協力ありがとうございました。

【地区意向ヒアリング結果（渡口）】

北中城村　農を活かした北中城活性化事業　アンケート

番号に○をつけて回答をお願いします。

問1　事業内容について、ご理解いただけましたか。あてはまるものを全て回答してください。（複数可）

① 「再生可能資源の活用」事業について、理解できた
② 「エネルギーや地域産業の循環」について、理解できた
③ 「健康に暮らせる地域づくりの取組み」について、理解できた
④ どれも理解できなかった

問2　あなたもしくは地区内で、ごみを減らすこと（リデュース）や再生利用（リサイクル）等に取り組んだこと・取組みをされていますか。あてはまる答えの番号に○を付けてください。（○は１つだけ）

① 日頃から積極的に行っている
② 出来る範囲で行っている
③ 考えているが、まだ取り組んでいない。
④ 何もしていない・何も考えていない

○取組みを行っている場合、その内容をお教えください。

問3　北中城村では、生ごみを活用した産業（特に農業面で）の活性化に資する事業を検討していますが、知っていましたか。あてはまる回答をお答えください。（１つだけ）

① よく知っている
② 知っている
③ 多少知っている
④ 全く知らない

２ページ目もご回答ください。

問4　本事業の「取組み内容」や「コンセプト（＝健康長寿日本一の農の郷づくり）」についてどのように感じになられましたか。（１つに○）

① よいと思う
② どちらともいえない
③ よいと思わない

○上記の理由やご意見などをお聞かせください。

提案や理想としては分かるが、いままで役場、農協では、いろんな作物や農の多様などの推奨があった。しかしどれも、村では長続きせず成功したとはいえない。

問5　あなたは、本事業についてどのように思いますか。あてはまる回答をお答えください。（１つだけ）

① 実現に向けて、事業を推進してほしい
② 地域（自治会）と調整を図りながら実現に向けて取り組んでほしい
③ 内容が理解できていないので説明会を開催し、住民の理解を得て取り組んでほしい
④ 実施すべきでない

○上記の理由やご意見などあればお聞かせください。

社会情勢、流行などで奨励や提案がされたと思う。地域と調整を図り、村を導いた息の長い指導、人材作りが必要、補助金があるからでは、だめ。

問6　ご自宅の地区内に、北中城村の農業振興や雇用創出など地域活性化に資する、福祉農園や農産物直売所、食物残渣の再生資源化施設などが導入されるとした場合、どのように考えますか。あてはまる回答をお答えください。（複数可）

① 導入することに賛成
② 納得いくものであれば導入してほしい
③ できれば導入してほしくない
④ 導入には反対である
⑤ 説明が不十分なので判断できない

問7　事業展開イメージについて、追加のアイデアやご意見があればお聞かせください。

いま、行っている清掃ごみなどの堆肥資源化事業は良い。しかし、それにつながる後の事業が成されていないと思う。作る（再生資源、エネルギー）と利用・活用は一体の事業だと思う。

アンケートは以上です。ご協力ありがとうございました。

9.5 評価の着眼点と評価方法

事業実施場所の選定については、いくつかの着眼点で評価を行い選定した。重要と想定した評価の着眼点を以下に示す。

≪評価の着眼点≫

1　土地利用の法規制

・開発許可などが必要となる農業地域や市街化調整区域に指定されていないことが望ましい。

2　災害時の安全性

・地震や豪雨による土砂災害や津波の浸水などに対して、安全性が確保されていることが望ましい。

3　資源（生ごみ）の輸送距離

・可能な限り各施設間の距離が近く、輸送効率の良いことが望まれる。
・また、輸送の際の交通や周辺環境への影響がないことが重要である。

4　敷地の広さ

・バイオガス施設、炭化施設、堆肥化施設、園芸ハウスなど、実施する事業の規模に応じた広さ（約 300 ㎡程度）を確保できていることが必要である。
・なお、長期的に資源（生ごみ）の増量による事業の拡大に対応できる広さが望まれる。

5　北中城ならではの風景（景観性）、周辺環境への影響

・穏やかな農村風景という古くからの村の風景と調和を考慮することが望ましい。
・住居が近接しておらず、住民への影響が小さいことが望ましい。

6　土地取得の容易さ

・一定規模の土地を使用することから、借地等による地権取得が容易であることが必要である。

7　施工性・経済性

・造成が容易で下水等のインフラが整っており、経済性、施工性に優れていることが望まれる。

8　実験への協力度合い

・周辺に農地や園芸ハウスなどが多くあり、実験への協力が得られやすい環境が望ましい。

9　住民意向

・事業内容や目的を把握し、実験施設の導入に理解を示してくれる地域が望ましい。

また、評価の方法は、以下の通りである。

・各項目を「◎：良い（5 点）、○：可能性が高い（3 点）、△：あまり良くない（1 点）」の 3 段階で評価。
・点数が多い地点が、より最適な候補地として選定。

9.6 評価結果

- 比較検討の結果、候補地①が最も評価が高く、候補地②および③、④の順位で優先順位が高い。
- 4 箇所の候補地の中では候補地①が実証実験の実施箇所として優先順位が高く、最優先の候補地とする。

表 9-2　事業実施場所の選定

候補地	候補地① ［荻道・大城］		候補地② ［安谷屋］		候補地③ ［渡口］		候補地④ ［北中城団地］	
概況								
	民村有地、面積 8,900 ㎡、 資源排出先からの距離 5.2km		一部が村有地、面積 3,200 ㎡、 資源排出先からの距離 4.2km		民有地、面積 2,800 ㎡、 資源排出先からの距離 4.4km（別ルート 1.9km）		村有地、面積 967 ㎡、 資源排出先からの距離 4.6km	
① 地利用の法規制	・農用地区域のため農振除外の必要性がある。 ・市街化調整区域でもあり、開発許可申請が必要。	△	・農用地区域のため農振除外の必要性がある。 ・市街化調整区域でもあり、開発許可申請が必要。	△	・農用地区域のため農振除外の必要性がある。 ・市街化調整区域でもあり、開発許可申請が必要。	△	・農用地区域ではないため農振除外は不要。 ・市街化調整区域でもあり、開発許可申請が必要。	○
② 災害時の安全性	・地震や豪雨による土砂災害や津波による浸水の影響を受ける可能性は少ない。	◎	・50～100m 離れた比較的近い箇所が、地すべり危険個所に指定されており、大地震などで土砂災害の影響を受ける可能性がある。	○	・地震や豪雨による土砂災害や津波による浸水の影響を受ける可能性は少ない。	◎	・地震や豪雨による土砂災害は少ないものの、津波による浸水の影響を受ける可能性がある。	△
③ 資源（生ごみ）の輸送距離	・資源搬出先からは少し離れている。 ・候補地 4 地点に内では最も遠い。	△	・資源搬出先からは少し離れている。	○	・資源搬出先からは少し離れている。 ・大型車両では離合が困難なルートではあるが、そのルートを通れば輸送距離は短い。	○	・資源搬出先からは少し離れている。	○
④ 事業地の広さ	・十分な広さがある	◎	・少し手狭となる可能性がある	○	・手狭となる可能性がある	△	・手狭となる可能性がある	△
⑤ 北中城村ならではの風景、土地周辺の環境	・北中城村旧来からの里山風景を呈している。 ・周辺は農地が多く、中城公園に隣接する。	◎	・北中城村旧来からの里山風景を呈している。 ・周辺は農地が多い。	◎	・北中城村旧来からの里山風景を呈している。 ・周辺は農地が多く、近傍に住宅地を有する。	◎	・海辺であり、北中城村旧来の漁村の風景を呈している。	○
⑥ 土地確保の可能性	・耕作放棄されている民有地であり、土地使用の同意は得られると考えられる。	◎	・一部は村有地で、放棄地となっており土地確保の可能性は高い	○	・民有地であり、土地利用のための調整が必要となる可能性がある。	△	・村有地であるため、土地利用の合意は比較的得やすいと考えられる。	◎
⑦ 施工性・経済性	・平地でアクセスも良く施工性に問題はない。 ・周辺は住宅などの施設が少なく、下水等のインフラ設備の必要性が高い。	△	・平地でアクセスも良く施工性に問題はない。 ・周辺は住宅などの施設が少なく、下水等のインフラ設備の必要性が高い。	△	・平地でアクセスも良く施工性に問題はない。 ・周辺には住宅などの施設が少なく、下水等のインフラ設備の必要性が高い。	△	・平地でアクセスも良く施工性に問題はない。	○
⑧ 実験への協力度合い	・周辺に畑もあり、農業を営む方々の協力を得やすい。	○	・比較的周辺に畑が多くあり、農業従事者の協力を得やすい。	○	・農業を営む企業が近隣にあり、積極的な参加や協力を得やすい。	◎	・住宅地であり、農業従事者などの協力は得にくい	△
⑨ 住民意向	・事業の目的や内容への理解があり、施設の受入れには概ね好意的である。	○	・事業の目的や内容への理解があり、施設の受入れには概ね好意的である。	○	・事業の目的や内容への理解があり、施設の受入れには概ね好意的である。	○	・コンテナ水耕栽培の実証で事業に対して意見が出ており、説明会等により理解を求める必要がある。	△
点数	29 点（◎：4 コ、○：2 コ、△：3 コ）		25 点（◎：1 コ、○：6 コ、△：2 コ）		25 点（◎：3 コ、○：2 コ、△：4 コ）		21 点（◎：1 コ、○：4 コ、△：4 コ）	
優先順位	1		2		2		3	

◎：良い（5 点）、○：可能性が高い（3 点）、△：あまり良くない（1 点）