

地域の資源循環を支える

次世代の小規模普及型メタン発酵システム

豊橋技術科学大学、(株)豊橋バイオマスソリューションズ、
(株)小柵屋、日本特殊陶業(株)

□研究リーダー

国立大学法人 豊橋技術科学大学 教授 大門 裕之

□事業化リーダー

1) 次世代の小規模普及型メタン発酵システムの開発
株式会社 豊橋バイオマスソリューションズ

代表取締役社長 熱田 洋一

2) メタン発酵の運転を容易にする新たな管理技術

株式会社 小柵屋

専務取締役 鈴木 邦彦

「様々なバイオマス資源」

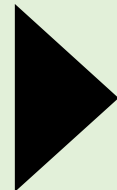
を

「誰でも」

有効利用できる愛知発の技術をつくる！

地域分散型(オンサイト型)の資源循環、再生可能エネルギー生産

- ✓食品廃棄物
- ✓畜産糞尿
- ✓有機汚泥



小規模普及型
メタン発酵システム



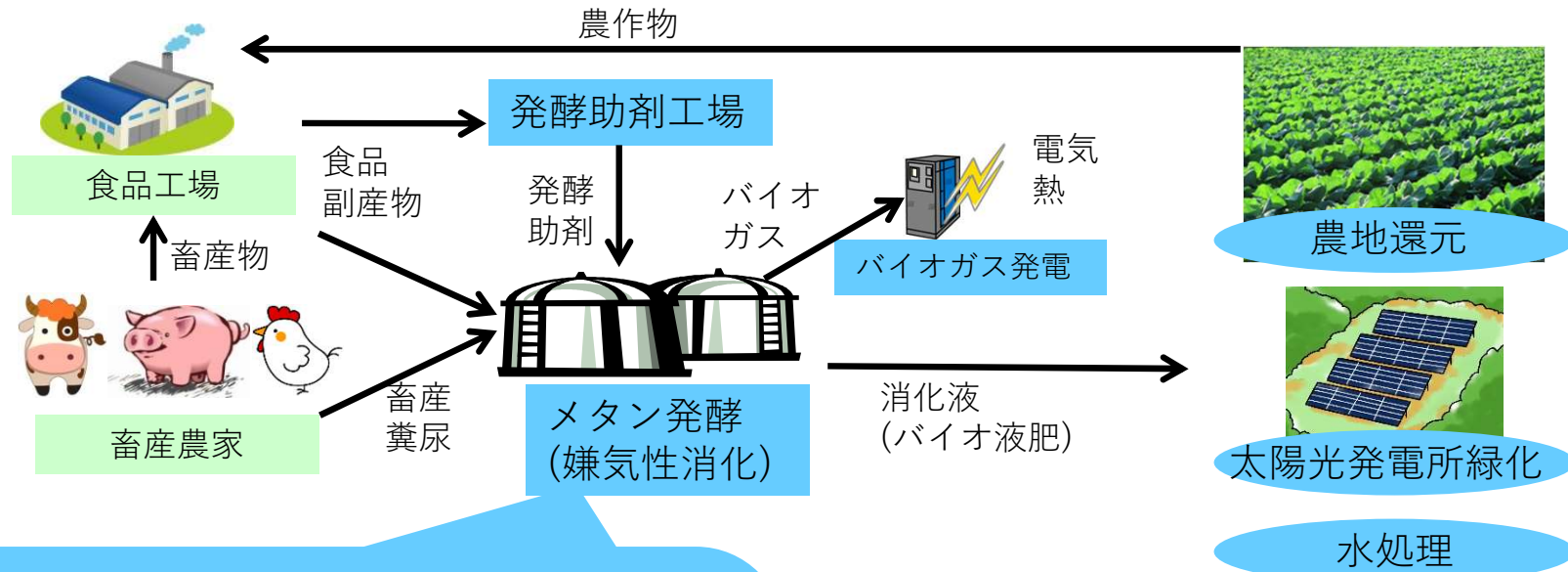
エネルギー生産

1-1. 研究テーマの概要：[メタン発酵技術]

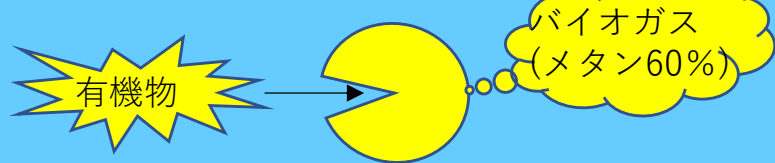
廃棄物の再資源化、再生可能エネルギーの生産技術として

注目されているのに普及が遅れている

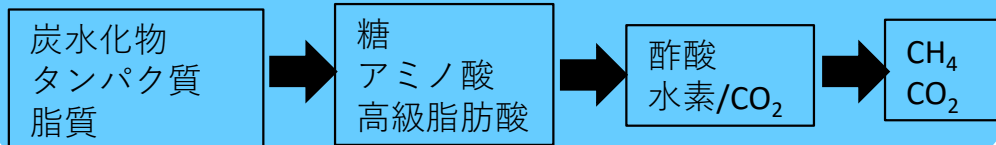
メタン発酵(嫌気性消化)とは



微生物群集の働きを使って、廃棄物等から再生可能エネルギーであるバイオガスを生成



嫌気性(無酸素状態での)微生物群集




カーボンニュートラル、循環型社会、再生可能エネルギーの普及促進、SDGs・・・など 社会的に求められる技術ですが、他の再エネ技術に比べ普及が遅れ

1-2. 研究テーマの概要：[研究テーマの背景と課題]

普及を妨げる課題

- 1) **スケールメリットが生かせる大規模事業者しか参入困難**
 - ✓これまでの導入事例は、大規模な工事が伴う高額な設備
 - ✓海外メーカーからのプラント導入(大規模プラントがほとんど)
- 2) **微生物群を用いた技術なので、専門的な知識が必要**
 - ✓適正な条件下を整えてのメタン発酵を実施する必要
 - ✓原料に窒素成分が多いと嫌気性消化ではアンモニアが多く生成し、これがメタン発酵を阻害
- 3) **愛知県等では消化液をバイオ液肥として利用した実績が少なく、それを水処理するコストが高額**
 - ✓愛知県は農業も盛んであるので、他地域より可能性があるが、消化液の肥料成分濃度が低く、作業の煩雑さに対して低効果
 - ✓通常のメタン発酵消化液では夾雑物が多く、通常の機器では散布困難
- 4) **原料として扱う廃棄物の質と量の変動が激しい場合があり、簡単には対応困難**
 - ✓特に、中間処理業者などで食品廃棄物等の原料をメタン発酵する場合、この傾向は顕著
 - ✓他の微生物処理技術に比べ、変動に弱く(増殖速度が遅いイメージ)、適正条件の幅も狭いので、投入原料の量やその方法の管理が重要であるが、現場での測定が困難
- 5) **メタン発酵槽等の運転管理基準を定めても現場でモニタリング困難**
 - ✓アンモニア濃度やアルカリ度などは、メタン発酵槽の安定運転のために管理基準が定められることが多いが、それをモニタリング困難
 - ✓専門性が高い技術なので、開発できる企業が限定

- 
- この課題は、小規模ほど顕著で普及を妨げている
 - 一方、市場規模は中小規模の方が大きいいため、普及には中小規模にフォーカスした課題解決が必要
 - 解決には、原材料管理、処理技術、装置設計など多岐にわたるため業界横断的協調が必要

課題を解決し、様々なバイオマス資源を誰でもメタン発酵できるように！

1)次世代の小規模普及型メタン発酵システムの開発

2)メタン発酵の運転を容易にする新たな管理技術

豊橋技大、(株)豊橋BS

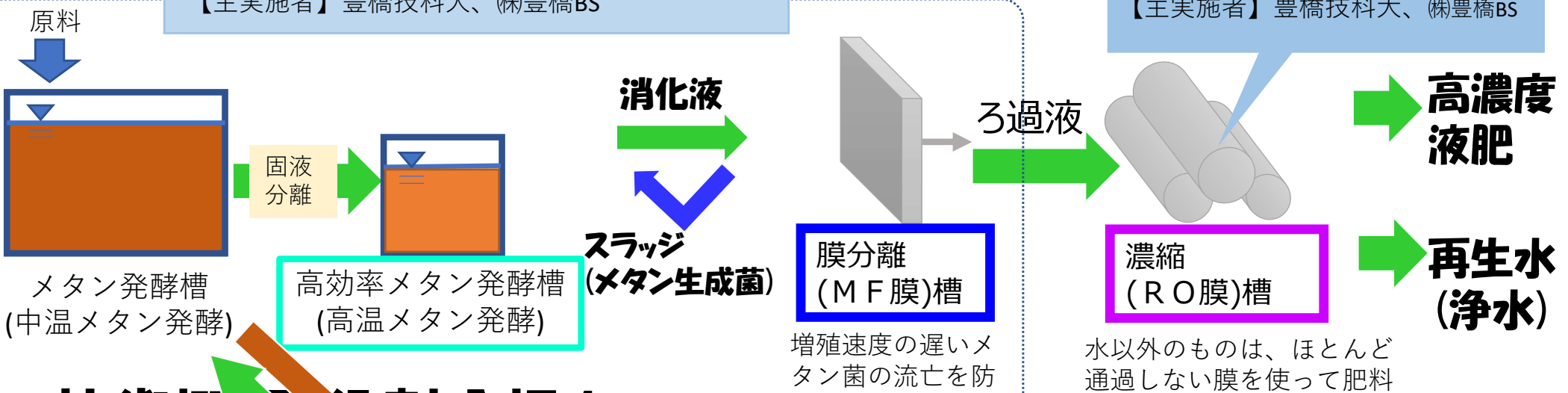
(株)小栴屋、(株)日本特殊陶業

実用化の可能性が高い要素技術のみを採用・社会実装

1-3. 研究テーマの概要：〔次世代の小規模普及型メタン発酵システムの開発〕

1-① 高効率超小型メタン発酵システムの開発
【主実施者】豊橋技科大、(株)豊橋BS

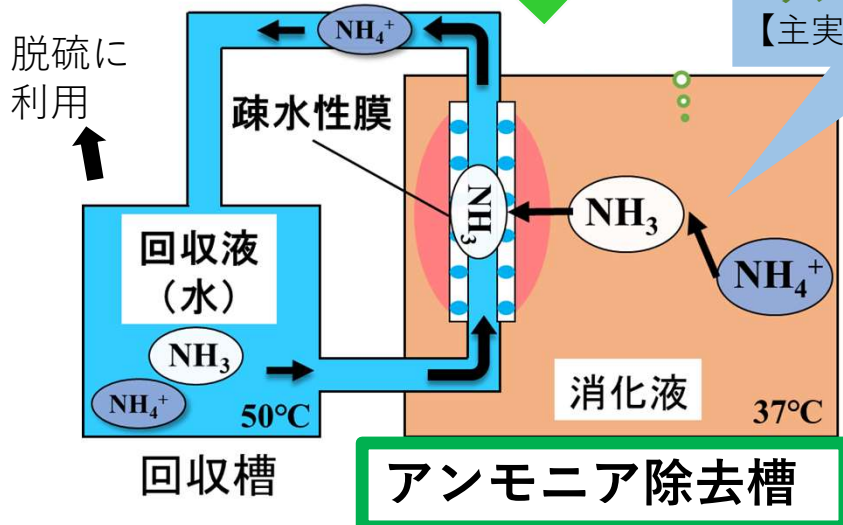
1-③ 消化液を高品位液肥化して資源循環を促進する技術の開発
【主実施者】豊橋技科大、(株)豊橋BS



技術概要・役割分担1 次世代の小規模普及型メタン発酵システムの開発

1-② 本分野での長年にわたる課題であるアンモニア阻害を回避する技術の開発
【主実施者】豊橋技科大、(株)豊橋BS

- ① 小型でも高効率化により短時間でメタン発酵可能
- ② 従来はアンモニア阻害の発生により取扱うことができなかった原料・条件での運転も可能
- ③ 肥料成分が高濃度の液肥を製造



👍 従来より、2倍の高負荷にも耐えうるメタン発酵システムの実現
👍 価値の高いバイオ液肥の製造

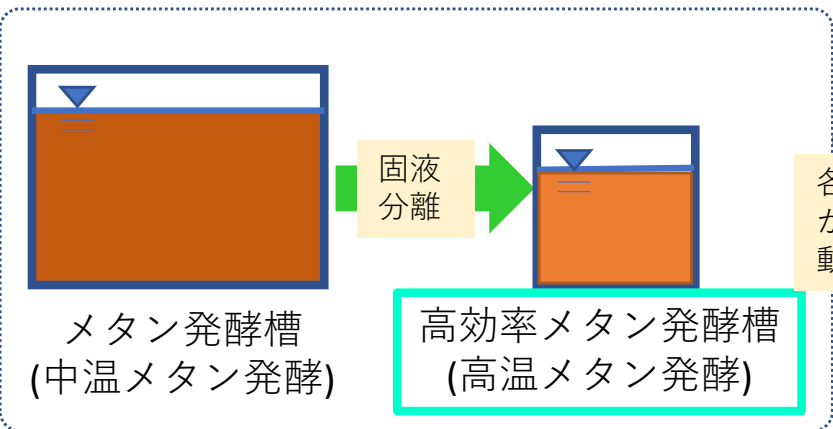
【実証試験設置計画】

- R4 高効率超小型メタン発酵設備(中心部分)
- R5 高効率超小型メタン発酵設備(膜分離等)
- R6 アンモニア除去設備
濃縮(RO膜)設備

1-4. 研究テーマの概要：[メタン発酵の運転を容易にする新たな管理技術]

原料

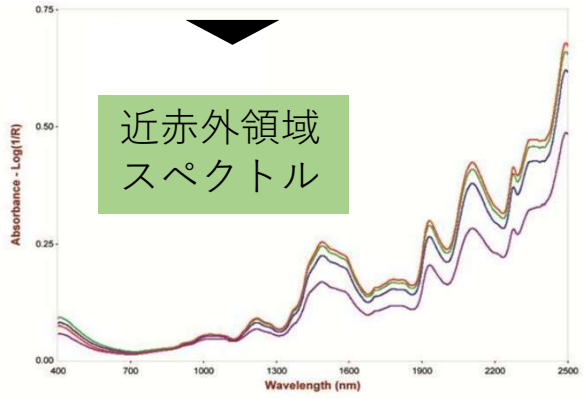
採取



3-①迅速かつ簡便な原料の成分推計法開発
【主実施者】(株)小柵屋



近赤外分光光度計
(相馬光学社製、写真小柵屋提供)



近赤外領域
スペクトル

運転管理

- ・ 発酵槽酸敗防止基準を満たすように原料投入計画を策定
- ・ バイオガス発生量予測

原料の成分を
瞬時に推計

各メタン発酵槽から消化液を自動サンプリング

4 メタン発酵の消化液に特化した水質センサー開発
【主実施者】日本特殊陶業(株)



パイロット試験の様子

- ・ 夾雑物の多い消化液に対応したセンサーを装備
- ・ アンモニア濃度等の計測が可能
- ・ 同社が別用途で実用化しているセンサーを応用

玉ねぎ畑への消化液(バイオ液肥)散布の様子



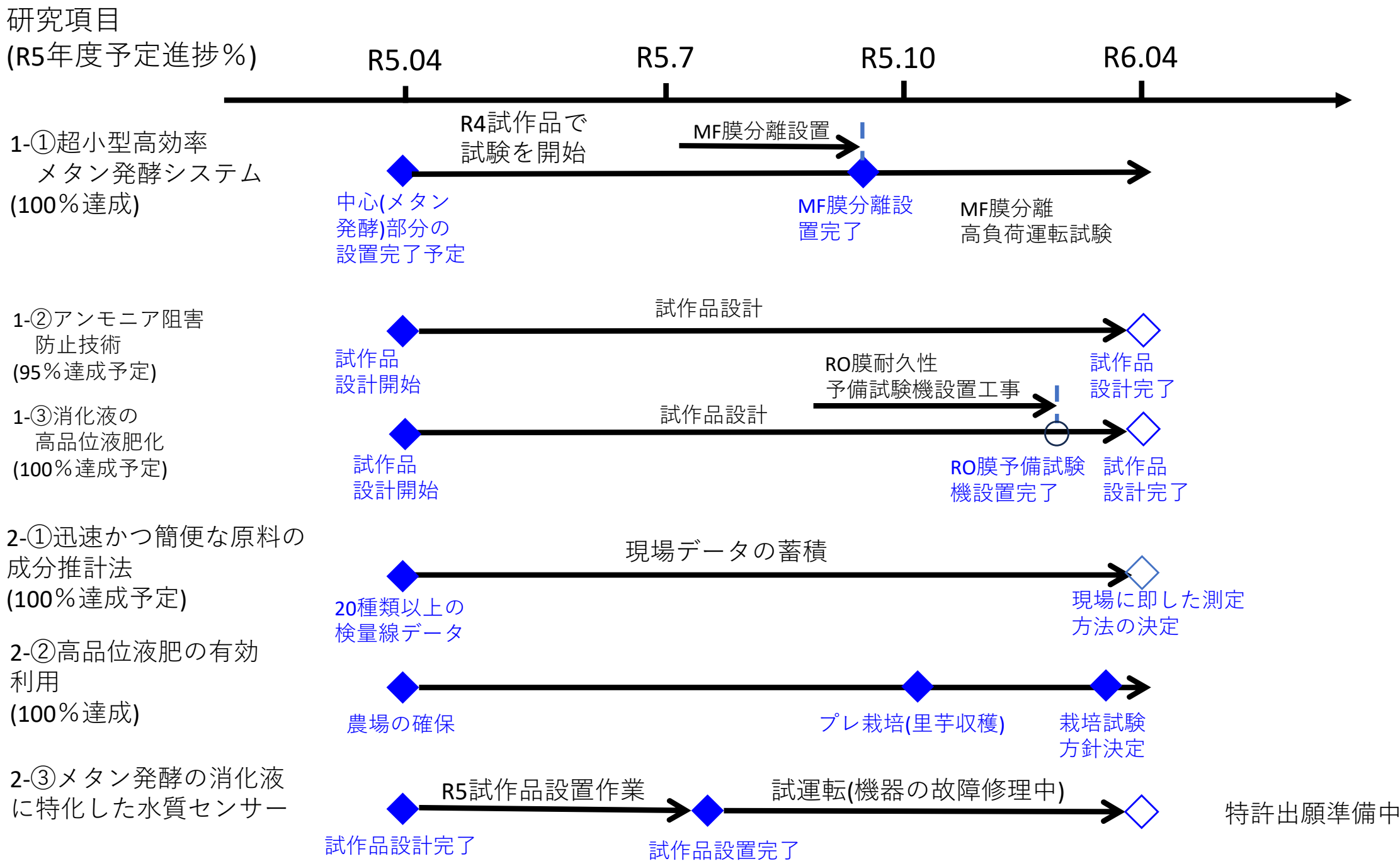
市販のスプリンクラーを使用

3-② 高品位液肥の有効利用法開発
【主実施者】(株)小柵屋

【実証試験設置計画】

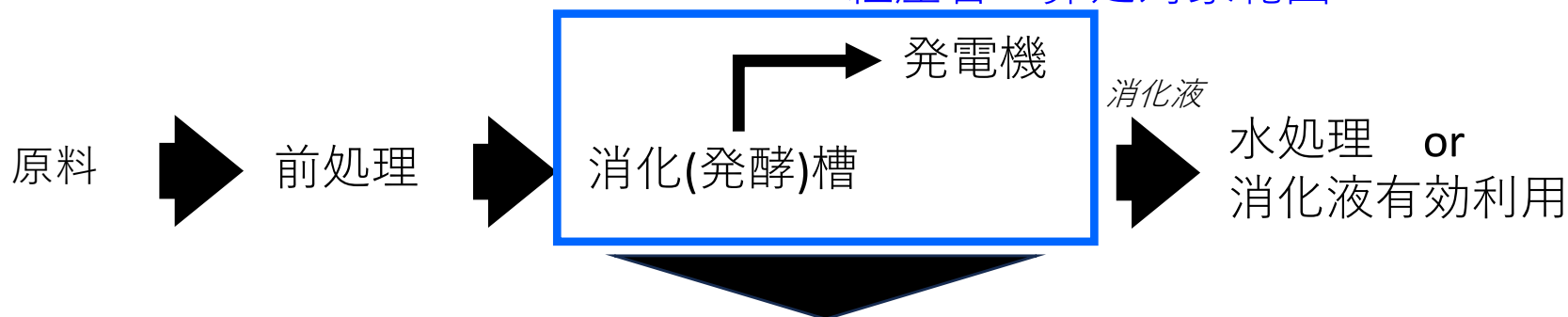
R5 水質センサーの設置

2. 年次ロードマップ: [本年度の実施概要ロードマップと目標達状況]



3-1 研究開発の実施状況：[目標達成状況 設備費239万円/kW以下]

経産省・算定対象範囲



(経産省：2021年FIT調達価格算定委員会資料)

単位：万円/kW	500kW未満	全規模
資本費 平均値	321.7	307.1
中央値	242.7	244.8

最も厳しい値を選択 + 物価急騰等

今回の試作品(算定対象範囲)の主な仕様

投入可能量：2 (返送消化液を含む)トン/日

バイオガス発生量：300~350Nm³/日

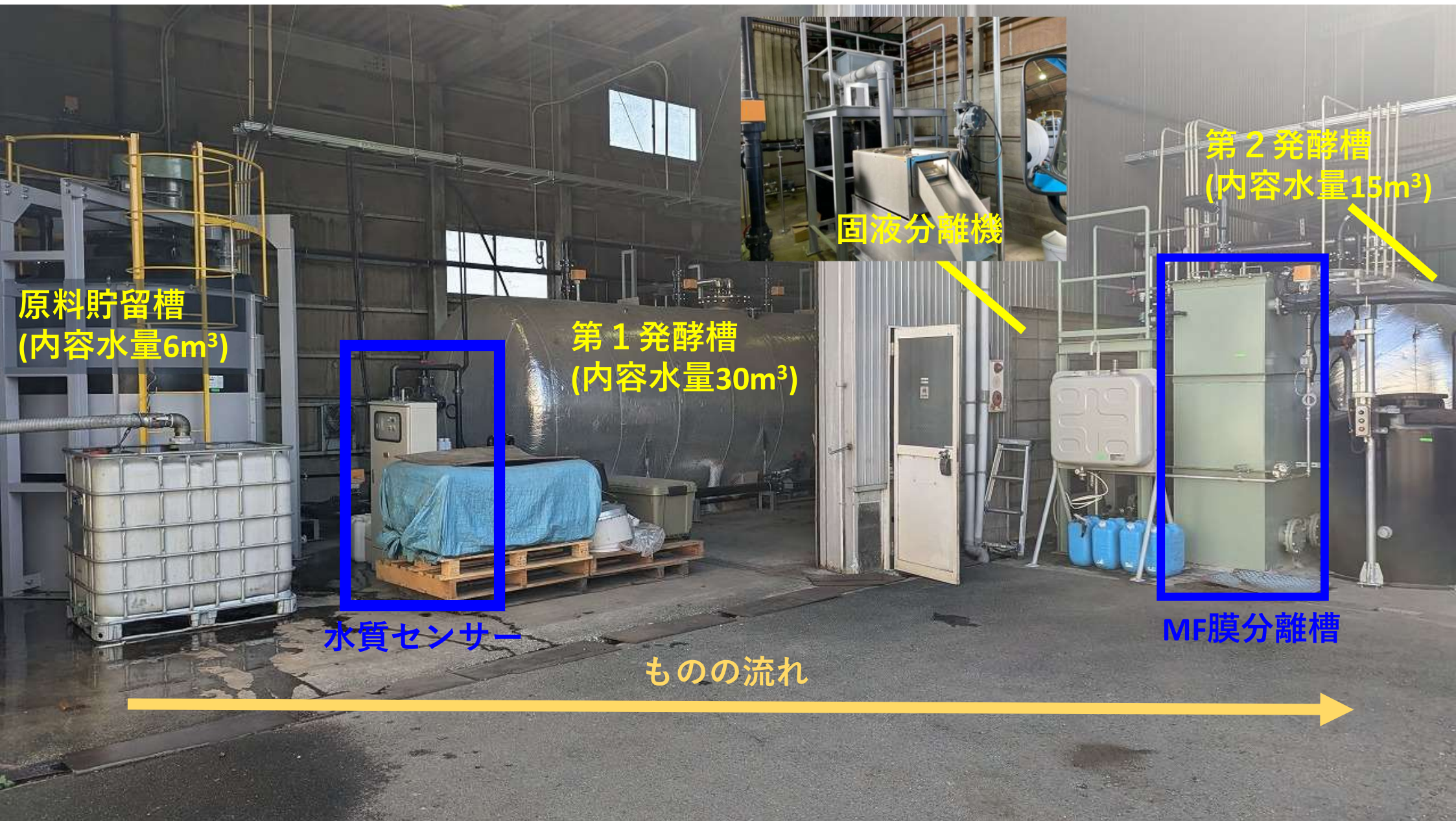
想定発電量：540~630kWh/日 = 23~26kWh/時

今回の試作品(算定対象範囲)の価格 + 発電機金額

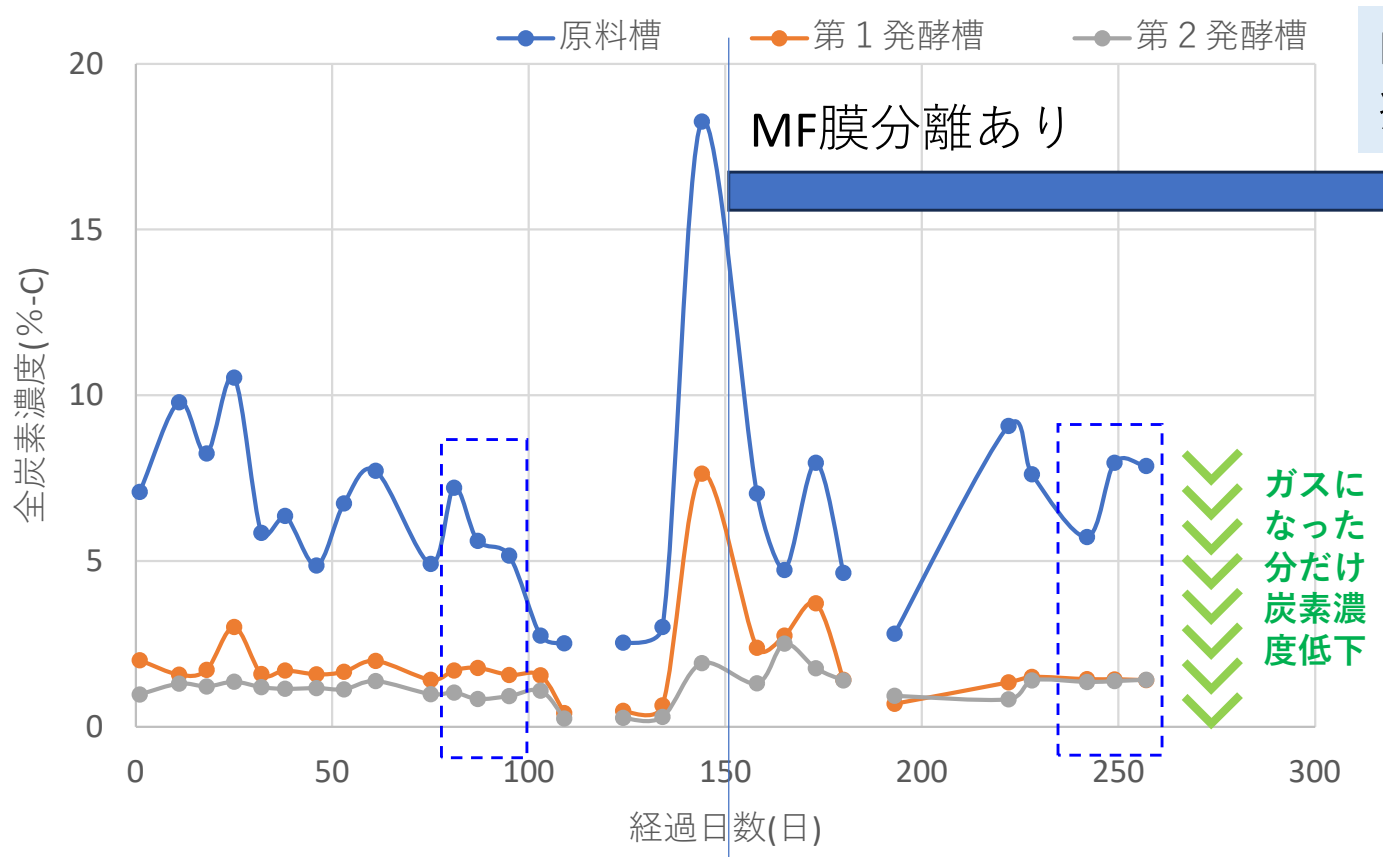
本体2,300 + MF膜分離1,100 + 25kW + 発電機等1,200万円 = 4,600万円

170~200万円/kW < 239万円

3-2 研究開発の実施状況：[実施内容1 設置している試作品の写真]



3-3. 研究開発の実施状況：[実施内容 2 例 各槽における全炭素濃度]

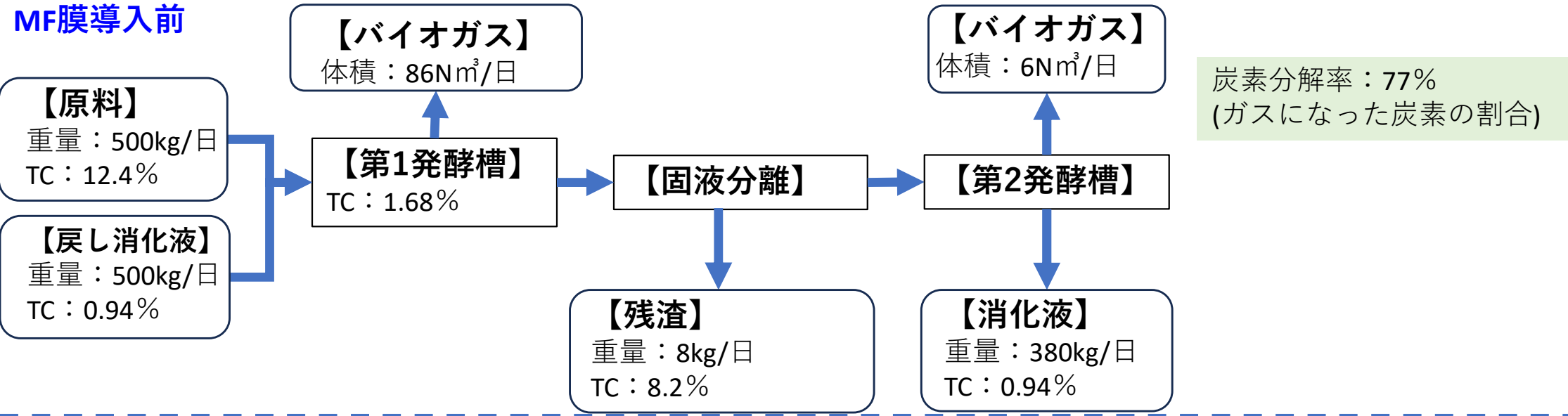


バイオガスの組成
(期間の平均値)
 $\text{CH}_4 : \text{CO}_2 = 63 : 36(\%)$
 $\text{H}_2\text{S} = 750\text{ppm}$

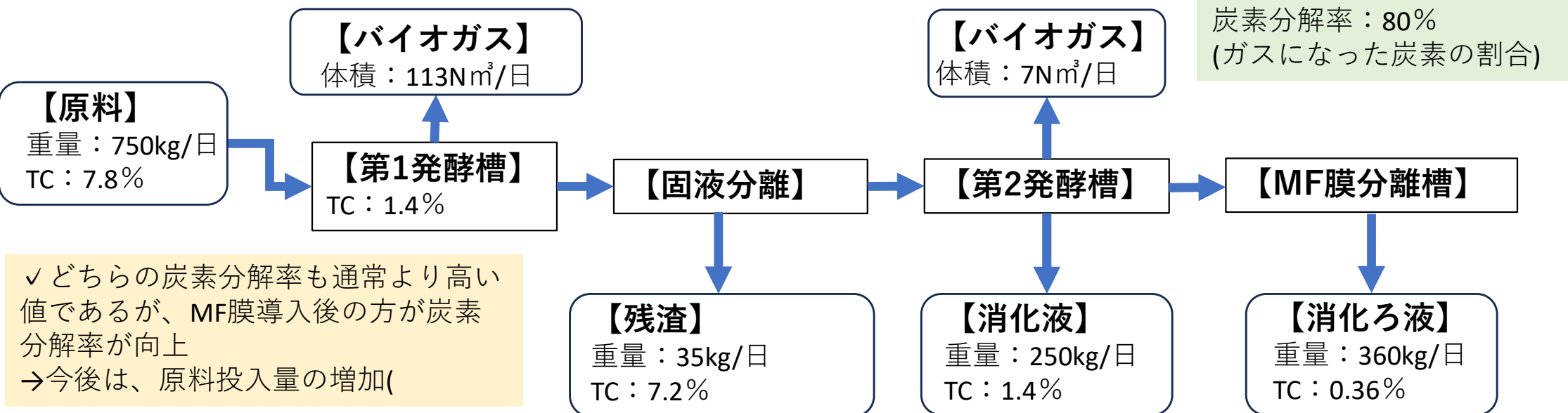
原料混合率	原料:戻し消化液 = 1:1		原料100%		
発酵槽投入量(L/日)	1,000	500	750	1,000	1,500

3-4. 研究開発の実施状況：[炭素フロー(MF膜分離導入前後)]

MF膜導入前



MF膜導入後



3-5 研究開発の実施状況：[試料の前処理]

試料の前処理

5/11

近赤外分光光度計(写真：豊技大購入)



1200~2500 nm の近赤外線を利用する分光光度計

- ✓ 固形試料の分析が可能
 - ✓ 簡易・迅速 (1サンプル30秒程度)
- 堆肥・土壌・飼料の品質管理へ適応済み
(株)小柵屋 等)

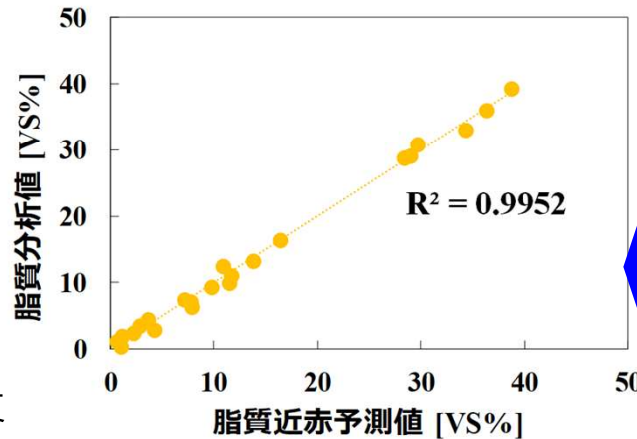


前処理

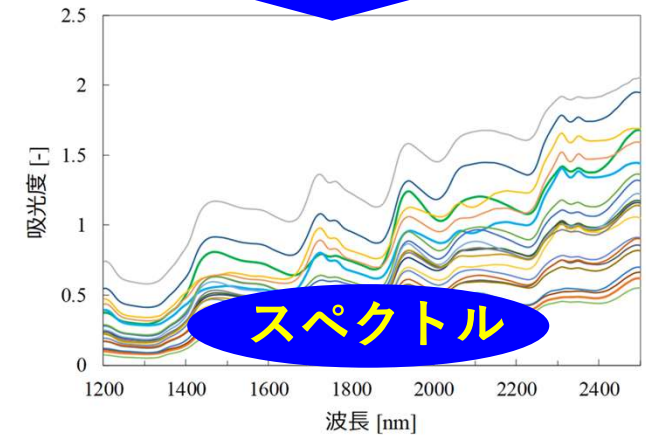
BMP = a × ADOM + b × 脂肪
...原料から発生が見込まれるバイオガス(ポテンシャル)量

設定値より高すぎる...
酸敗の危険性があり

設定より低すぎる...
発酵槽内の微生物活性が落ちる。



検量線



スペクトル

各波長の吸光度vs化学分析結果→多変量解析→波長の吸光度を重みづけ→各成分の値を推計

スペクトルデータから各種成分を推計可能に

実証試験で実践

4. 研究実績 2023年度

○特許出願 1件準備中

【展示会】

第12回次世代ものづくり基盤技術産業展

TECH Biz EXPO 2023-あいち新エネルギー産業講演会・交流会2023 2023.2 ポスターセッション

イノベーションフェア2023 in東三河 2023.10 ポスターセッション

サイエンスアゴラ2023 2023.11 ピッチセッショントークセッション

2023年度アグリビジネス創出フェアin東海 2023.12 ポスターセッション

エコプロ2023 2023.12 出展

超異分野学会豊橋フォーラム2023 2023.12 ポスターセッション・パネルディスカッション

【表彰その他】

「STI for SDGs」アワード科学技術振興機構理事長賞

「小規模廉価型メタン発酵システムによる「誰ひとり取り残さない」社会の実現」

豊橋技術科学大学 資源循環工学研究室、株式会社豊橋バイオマスソリューションズ 2023.11

エコテックグランプリ2023 リアルテックファンド賞、京セラ賞

「小規模メタン発酵システムのトップ企業を目指して」

株式会社豊橋バイオマスソリューションズ 2023.10)

【補助事業等】

農林水産省中小企業イノベーション創出推進事業(フェーズ3基金)

「化学肥料およびGHG排出量削減に資する循環型社会システムの開発・実証」

2023～2027年度 528百万円 (株)豊橋BS、旭化成(株)、農研機構、イオンアグリ創造(株)、(株)小柵屋、技科大

5-1. 事業化の見通し

〔事業化を見据えた体制の構築 特にスタートアップ企業を中心として〕



小樹屋



日本特殊陶業



- ①各社がそれぞれの技術および製品(プラント)を販売
- ②本次世代型メタン発酵システムおよび管理技術をパッケージで販売



大学発
ベンチャー



豊橋BS
(スタートアップ企業)

豊橋技術科学大学

- ・ サプライチェーンの構築済→拡大中
- ・ 連携企業多数

現在、4G型
メタン発酵システムを販売
✓初年度黒字目標達成
✓今期(2期目)売上目標1億円達成

現在、事業進行中の案件
養豚糞尿系 ×2グループ 3施設
中間処理業者系 ×2件 2施設
食品工場系 ×2件 2施設
その他 ×1件 1施設

※本事業による開発が間に合えば、
次世代型機の導入を考えているところがいくつかあり

○既に従来型(4G)で実績を積上げており、
本実証試験の結果を踏まえ、次世代(5G)型
設備の販売が展開できる体制になっている。

5-2. 事業化の見通し:[市場性]

設備規模(億円)

100

10

1

他社と連携してでプラント施工

当社が単独でプラント施工

国内大手・海外から技術or設備導入
【公共処理場、大規模中間処理場などを対象】
既に普及が進んでいる領域

国内
市場規模
地域に0~2件程度
(60件、1600億円)

地域に5~30件程度
(800件、4,800億円)

地域に50~500件程度
(9,000件、7,200億円)

大規模集約型

小規模分散型

- スケールメリットが高い
- ×安定運転等に対するリスクが高い
- ×欧州等と条件・状況がかなり相違

- ×排出企業で状況がかなり相違
- 各社独自の取組として実施可能
- 消化液の有効利用が比較的容易

- ✓件数、市場規模共に大規模集約型事業より大きい。
- ✓ベースが愛知で1から開発・設計した技術であるため、次世代技術の導入も円滑
- ✓小規模分散型は注目度が高く、競争が生まれてきている。
→実績で先行、次世代型機の実現でさらに独壇場の市場となる。

☆大手企業を中心にCN事業を真剣に進めており、活況を呈している。
→早期に次世代型機の実用化が必要

5-3. ビジネスプラン

バイオガス(メタン発酵)事業は、中小の単独企業だけで成立が難しい。多くの企業(本申請以外の企業も含む)と連携して事業を進めている。

以下の特徴をしっかりと伝えられるように最終年度の実証を進める

【技術的な特徴】

○2倍の高負荷でも安定した発酵が可能

例) 土木費が削減可能、必要な敷地が縮小

○これまで困難であった原料も取扱可能

例) これまで大幅な希釈が必要であった養鶏糞

【特徴的なビジネスモデル】

○(本実証設備のような)可搬式タンクを用いたメタン発酵設備のリース事業

例) 初期費用0円で可能

○高品位液肥販売事業

例) これまで廃棄物だった消化液を有価物化、液肥の買取・販売事業

6-1. 愛知県産業への貢献

どの業界においても、多くの企業がSDGs、脱炭素に向けた取組を始めており、本申請によりバイオガス(メタン発酵)事業が普及することは、産業界全体へのインパクトが非常に大きい。

【機械工業】

メタン発酵プラントにおいて、愛知県の企業の製品も多く使用している。

【食品産業】

食品工場は、大きな工場であっても大規模な設備を導入できるほどのところは少ない。そこで、本申請による小型のシステムがサイズ的に適している。これまで、導入できなかったこの業界でのメタン発酵も一段と進むことになる。また、運転管理体制が従来より充実した本申請技術であれば、新たな労務費をあまり必要とせず、導入が可能である点も大きい。

【中間処理業】

原料である廃棄物が集まり、大規模な事業が実施できるところでは、既に設備の設置もしくは設置計画の策定を始めている。しかし、中小規模の事業者ではまだまだ普及していない。そうした事業者でも導入可能となる。本分野の事業者に導入が進めば、愛知県全体でのリサイクル率向上が期待できる。

【畜産業】

愛知県は、畜産も盛んな地域である。これまで、アンモニア阻害の心配からメタン発酵導入が困難であった養鶏を始め、これまでの希釈を必要せずともよくなる(設備費が削減できる)養豚などで本技術の導入が進むと考えられる。また、愛知県では比較的小規模な酪農や養豚農家さんも多いため、本技術が本分野におけるメタン発酵の促進に大きく貢献できる。匂い対策などにもつながり、業界のイメージの改善になる。本技術に対する知見が少なくても、水質モニタリングの遠隔監視等が充実していれば、安心して導入できる。

【耕種農業】

化学肥料の高騰から有機肥料に注目が集まっている。本技術による消化液は、従来と性状が大きく異なり、成分も濃縮されていることから、これまでの負のイメージを覆すことができる。そして、バイオ液肥としての利用が進めば、肥料代削減だけでなく、資源循環やSDGsに貢献もしくは配慮した農業の実践につながる。

6-2. 人材育成[研究者・技術者]

【申請事業期間中】

- 豊橋技科大学学生を在学中のものも含め、(株)豊橋BSの社員等として雇用
- 試験は、申請内容のものを優先して実施
- 本技術の導入などを検討している事業者などと情報交換を行い、本実証試験の一部を実施しながら知見を深めて頂く計画

【事業終了後】(案)

- 本技術の導入を検討中の事業者などが実証試験の実施を希望された場合、本申請事業で設置した設備を使用してこれを行う実証拠点
- 同時に人材育成の場としても活用していくことを提案