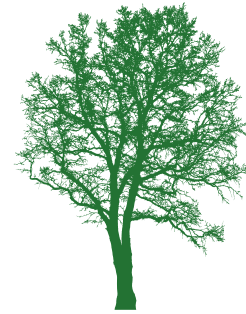


SSH



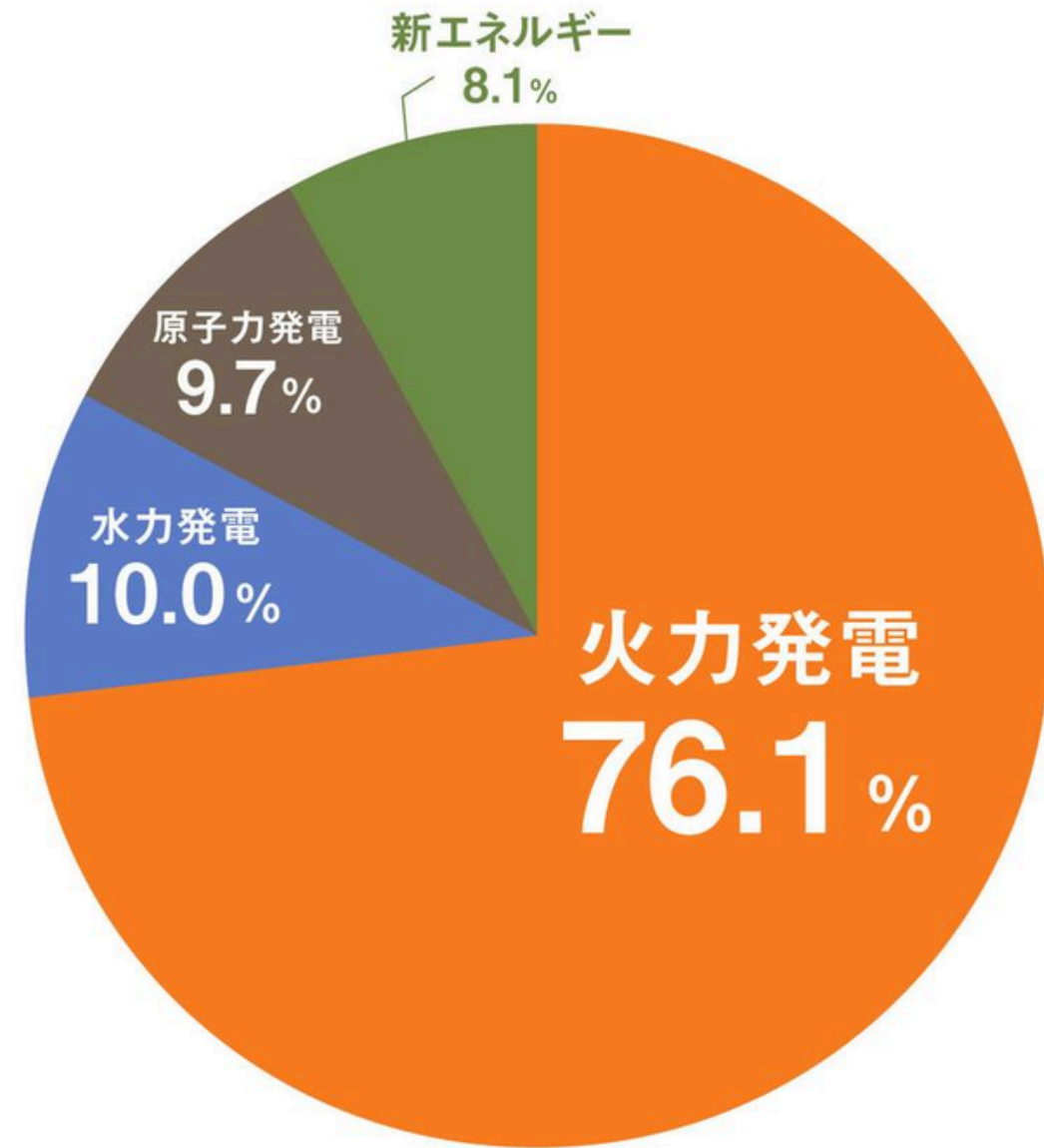
メタン発酵バイオガス発電における メタン発酵の効率化



生ゴミを、

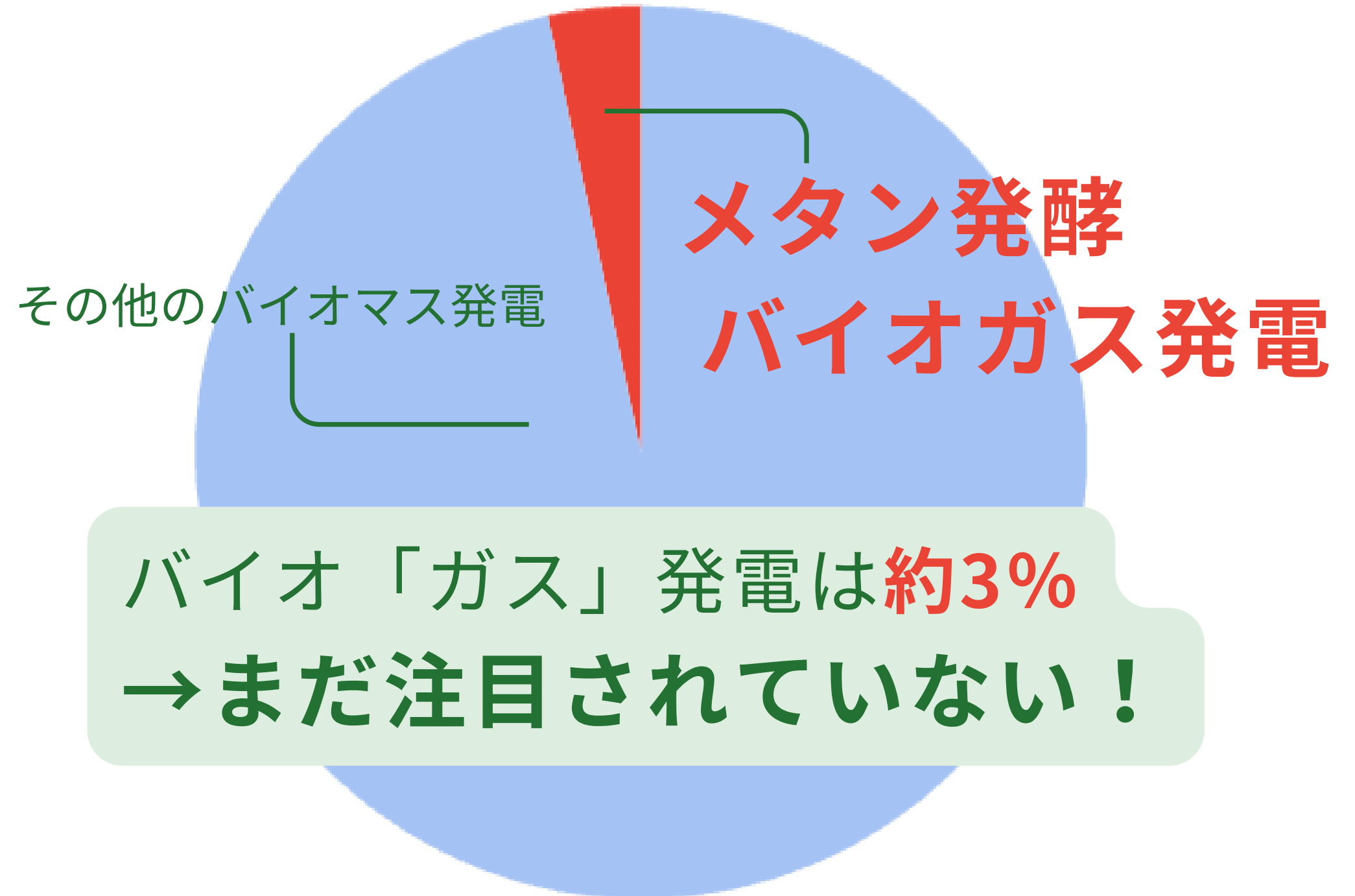


どうにかしたい。



日本のエネルギー内訳(2025)

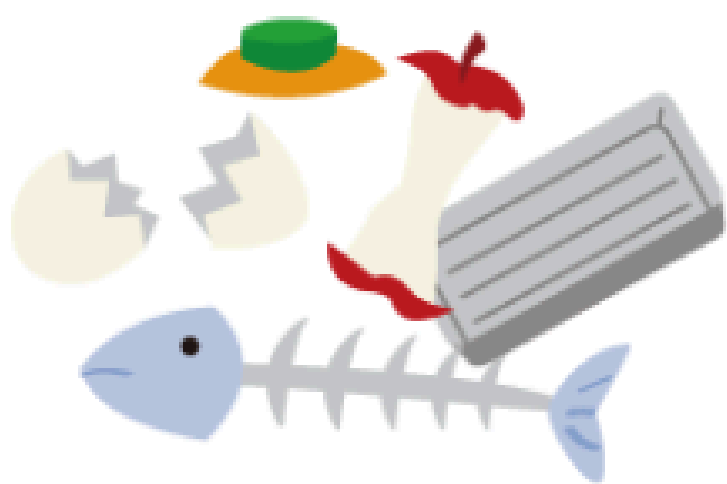
※1



バイオマス発電量内訳(2025)

※2

原料



食品残さ・食品加工くず

メタン発酵

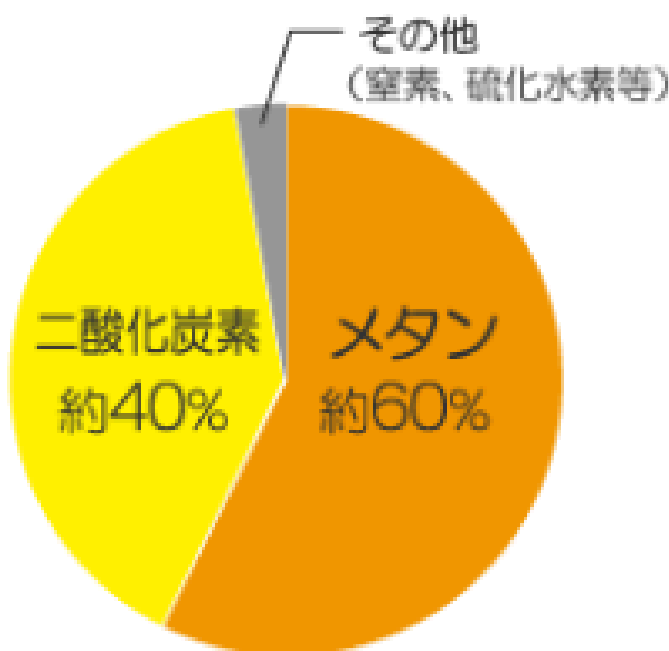
メタン生成細菌が
食品残さなどを食べて発酵

再生可能エネルギー



バイオガスの生成

バイオガスの成分



バイオガスは主に60%がメタンガス、40%を二酸化炭素が占めています。その他に、硫化水素や窒素、微量の水蒸気が含まれます。

01

メタン発酵バイオガス発電とは

価値①安定性

天候に依存しない⇒風力や太陽光より優秀！！

価値②環境適合性

焼却処分される生ゴミを活用する

CO₂の収支ゼロ⇒カーボンニュートラル

価値③循環型社会の形成

残渣を肥料として地域の農地に還元⇒エネルギー循環に繋がる

01

メタン発酵バイオガス発電とは

高い効率でメタンを生成する方法が十分に確立されていない

設備費用が高価

⇒ 普及が進まない

生ゴミを用いた、
メタン発酵バイオガス発電における
メタン発酵の効率化



メタン発酵についての先行実験

- 先行研究があまりない、
実験室規模でのメタン発酵研究手法の確立
- 自分たちの今後の研究の基礎
かつメタン発酵研究の普及に寄与できる

03

実験①(前期)

発酵の材料 ⇒ パン(グルコース)、水、メタン発酵槽消化液



燃烧実験などを行い

メタンが発生することを**確認する**



03

実験①(前期)

結果

- ペットボトルが膨らみ発酵が進んでいる様子は確認できるが、燃焼実験は失敗
⇒メタンが確認できず、可燃性のない他の気体が発生した
or
気体が燃焼実験時に適切に空気と混合しなかったため反応しなかった
- 腐敗が進んでいおり、酸っぱい刺激臭



考察・改善

- ・腐敗していた＝pHが低い
発酵で発生しているのは二酸化炭素、酢酸、水素など
⇒メタン生成段階へ到達していないのでは(GC検証)
⇒投入量を大幅に減らす
- ・市販のペットボトルで行っているため、
キャップを開けたときにガスが漏れ出てしまう。
⇒ガスバッグに接続し、ガスの逃げ道を塞ぐ & GC利用



03

実験②(前期)

材料(改善版)

- パンはミキサーで粉末状に⇒微生物が分解しやすく
 - サンプル1:消化液100g 4日
 - サンプル2:パン(50g)、消化液200g、水50g 1ヶ月半
 - サンプル3:パン(7.5g)、消化液100g 4日
- ⇒ガスバッグに貯める

測定方法(改善版)

- シリンジ型ガスクロマトグラフィーを用い、定量的に測定
- 更に...pHメーターでpHと酸化還元電位(ORP)を測定する



↑ガスクロマトグラフィー

実験結果

サンプル①(消化液のみ)

CH ₄	37.8%	pH	7.84
CO ₂	55.2%	ORP	7
H ₂	7.0%		

⇒メタン含有率、pHともに良

サンプル②(パン50g)

CH ₄	1.08%	pH	4.05
CO ₂	49.6%	ORP	109
H ₂	49.3%		

⇒メタン含有率、pH低

サンプル③(パン7.5g)

CH ₄	0.773%	pH	4.78
CO ₂	87.7%	ORP	8
H ₂	11.5%		

⇒メタン含有率、pH低

03

実験②(前期)

元データ

1		ガス	面積	ガス組成(補正前)	ガス組成(補正後)
2	サンプル1	CH4	59647.2	7.924853187	37.78617743
3		CO2	27547.2	11.57260605	55.17888285
4		H2	37791.8	1.475430125	7.034939721
5	サンプル2	CH4	2407.5	0.3198655435	1.084072821
6		CO2	34861	14.64514069	49.63460214
7		H2	372452	14.54090307	49.28132504
8	サンプル3	CH4	217.4	0.02888422395	0.7731098858
9		CO2	7799	3.276367639	87.69466043
10		H2	11036	0.4308566106	11.53222969
11					
12					
13	CH4(100%)		752660		
14	CO2(100%)		238038		
15	H2(100%)		2561409		
16					

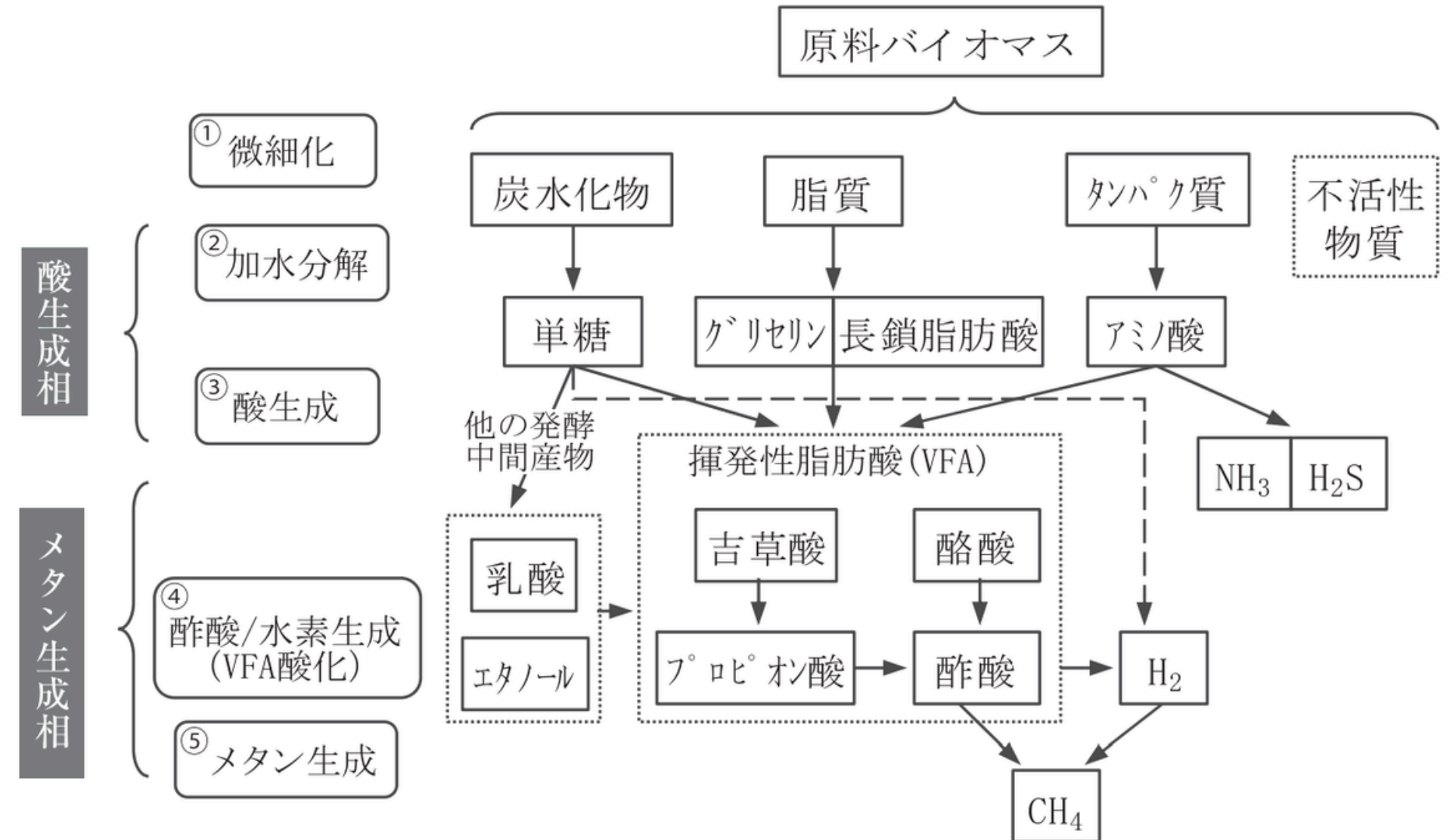
⇒①、②、③ともに
 バイオガス以外の
 大気成分（窒素、酸素）
 が混入している

結果・考察

課題①：水素が大量に発生した
⇒酢酸/水素生成段階止まり

課題②：空気の混入量が多い
⇒好気状態になってしまう

pH3桁下がった⇒プロトン濃度が1000倍くらい
ORP値 = -400 くらいが目安



改善方法

- 好気状態で加水分解に影響
⇒窒素置換
- pHが下がらないように
⇒pH緩衝材(炭酸水素ナトリウム、炭酸カルシウム)の投入
リン酸なども緩衝材だが発酵の栄養にもなりうる⇒実験環境変わってしまうから不適切
- およそ3日目からメタンが発生する
⇒小規模・短期間で実験を行う

03

実験③(後期)

pH緩衝材の違いによる発酵能力の違い

- 炭酸水素ナトリウム:炭酸カルシウム=1:0
- 炭酸水素ナトリウム:炭酸カルシウム=0:1
- 炭酸水素ナトリウム:炭酸カルシウム=1:1

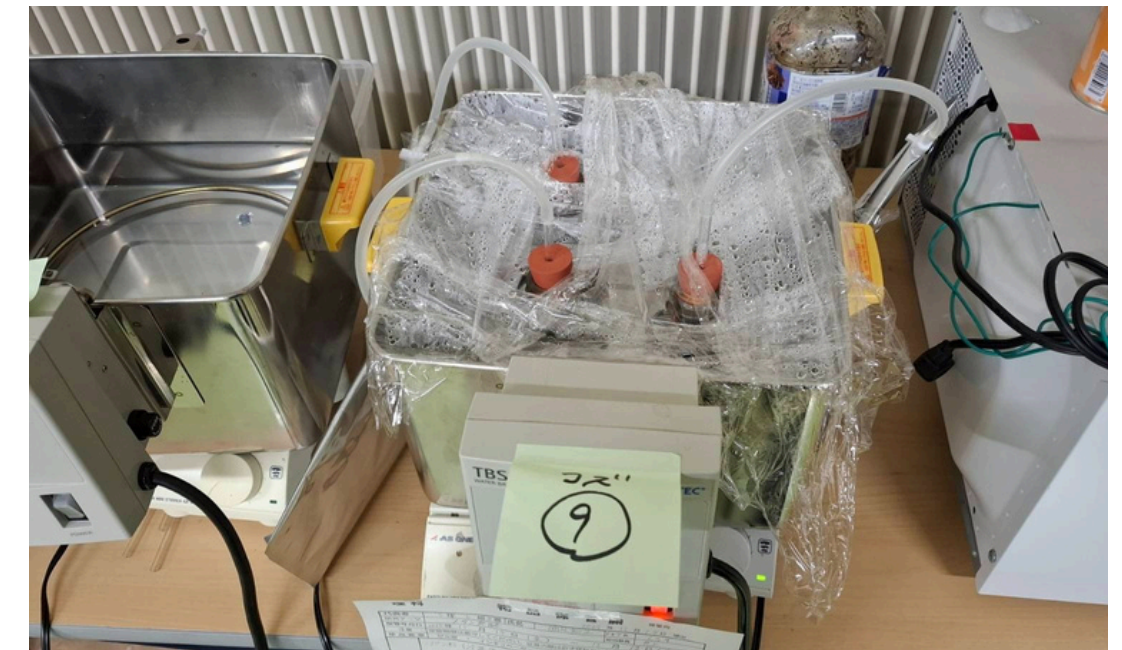
条件：4日間

緩衝液濃度0.010mol/L

消化液200mL、緩衝液50mL、パン粉1.0g

ペットボトル⇒デュラン瓶

恒温器(38°C)⇒ウォーターバス(38°C)、マグネチックスターラー



03

実験③(後期)

pH試験紙

炭酸水素ナト:炭酸カル=1:0

炭酸水素ナト:炭酸カル=0:1 ⇒ **すべて中性**

炭酸水素ナト:炭酸カル=1:1

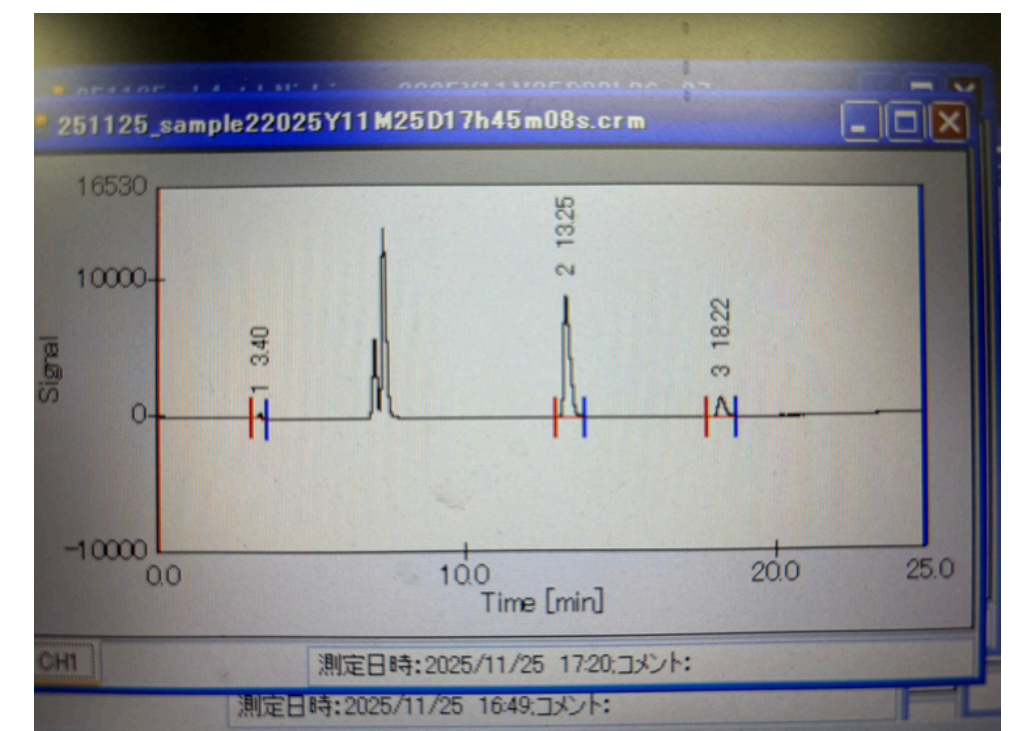
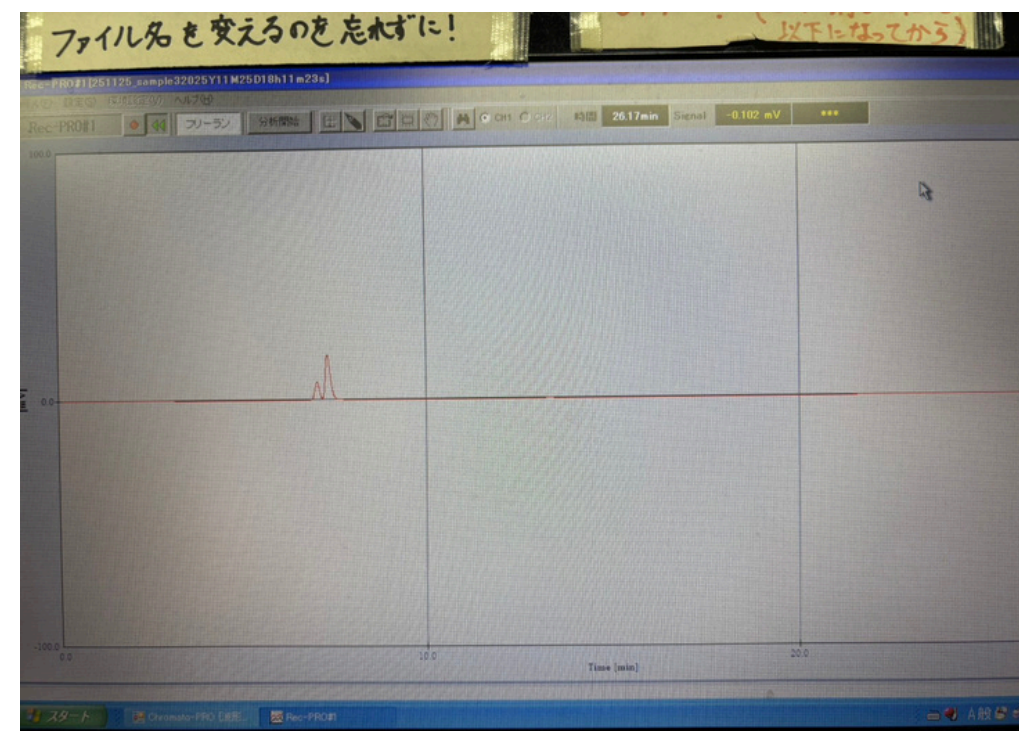
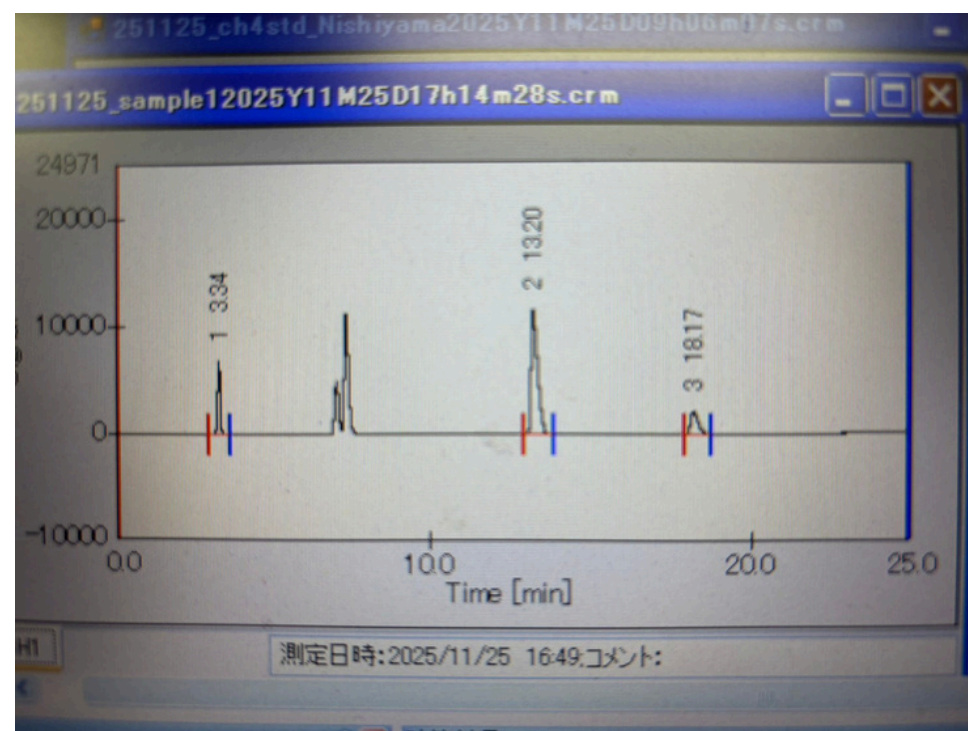


GC

炭酸水素ナト:炭酸カル=1:0

炭酸水素ナト:炭酸カル=0:1

炭酸水素ナト:炭酸カル=1:1



03

実験③(後期)

発生ガスに含まれていた各ガスの組成

	炭酸水素ナトのみ	炭酸カルのみ ※ガス発生せず	1:1
メタンCH ₄	59.9%	-	66.6%
二酸化炭素CO ₂	35.6%	-	33.0%
水素H ₂	4.5%	-	0.36%

03

実験③(後期)

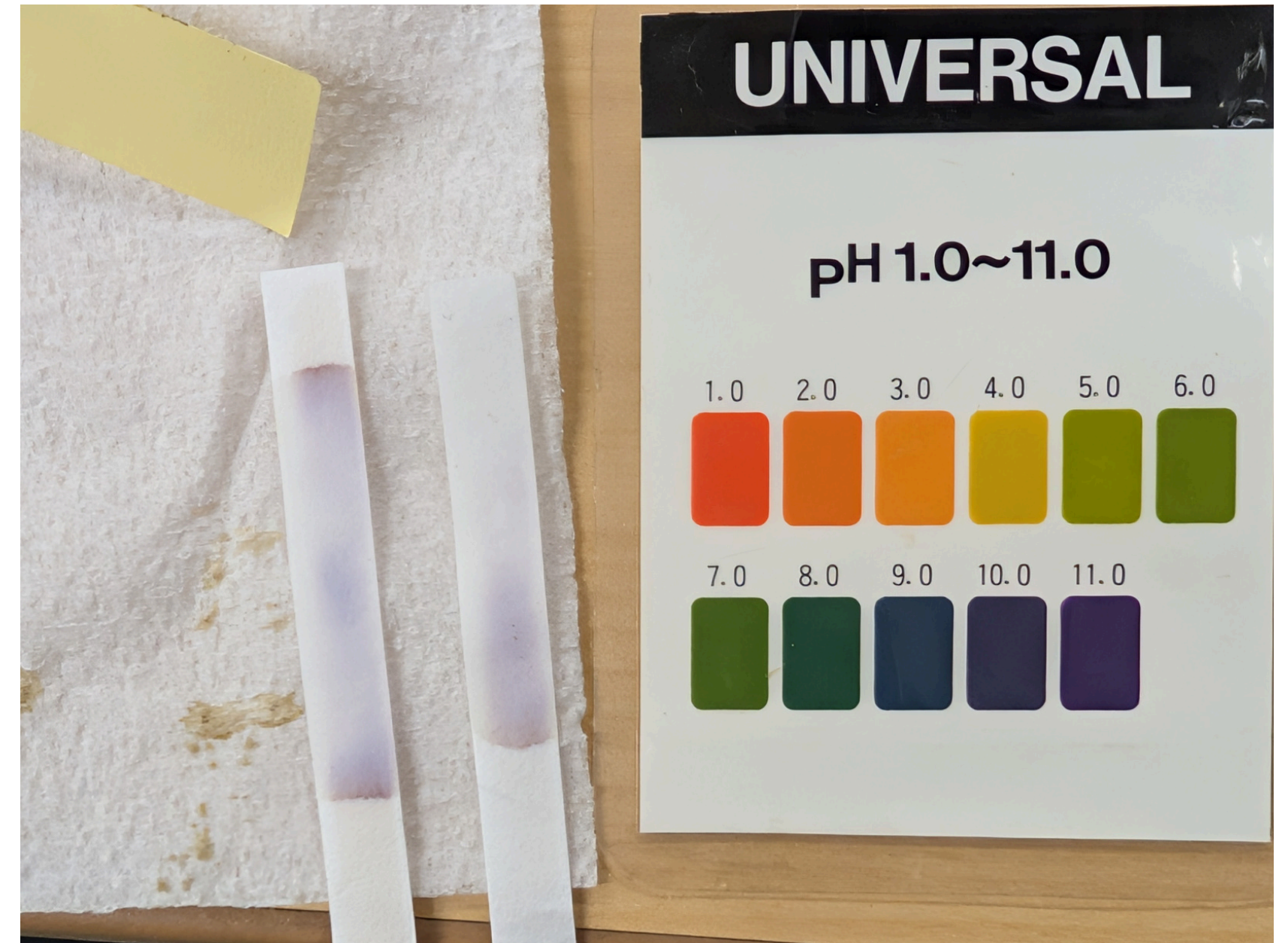
炭酸カルシウムのpH測定

結果：pHはおおよそ11

メタン発酵適正pH7~8

⇒炭酸カルシウムは

緩衝材として適していない



卵殻のpH緩衝能力の分析

- ↳ ・主に炭酸カルシウム
 - ・メジャーな食品廃棄物
 - ・難溶性のため水には溶けない
- & 炭酸カルシウムは塩基性⇒あまり期待できない

卵殻によってpH緩衝できれば、

生ごみという状態そのままメタン発酵を維持できる

「どのような生ゴミが効率的に
メタンガスを生成できるか」

→各生ゴミの発酵の効率性を明らかに

→効率的な投入物設計・原料ブレンド戦略
を考察

03

実験⑤(後期)

仮説：「単位材料あたりにおけるメタンガス生成量は豚バラ肉が最も多く、脂質を多く含む生ゴミが効率的にメタンガスを生成することができる。」

仮説に用いるデータ

食パン1gあたりの栄養素含有量

炭水化物 : 0.479g

タンパク質 : 0.078g

脂質 : 0.035g

灰分 : 0.016g

水分 : 0.0392g

豚バラ肉1gあたりの栄養素含有量

炭水化物 : 0.001g

タンパク質 : 0.144g

脂質 : 0.354g

灰分 : 0.007g

水分 : 0.494g

鶏胸肉1gあたりの栄養素含有量

炭水化物 : 0.001g

タンパク質 : 0.233g

脂質 : 0.019g

灰分 : 0.011g

水分 : 0.736g

03

実験⑤(後期)

李玉友, 覃宇(2020)[2]によるメタン発酵の化学量論式を用いて、相対的な元素組成比からバイオガス生成量とメタンガス生成量の理論的な最大値を算出する。



実験⑤(後期)

パン			
成分	質量(g)	メタン生成量(mL/g-VS)	総メタン生成量(mL)
炭水化物	0.479	414	198.31
タンパク質	0.078	524	40.872
脂質	0.035	989	34.615
合計	0.592		273.793
豚バラ肉			
成分	質量(g)	メタン生成量(mL/g-VS)	総メタン生成量(mL)
炭水化物	0.001	414	0.414
タンパク質	0.144	524	75.466
脂質	0.354	989	349.08
合計	0.499		424.956
鶏胸肉			
成分	質量(g)	メタン生成量(mL/g-VS)	総メタン生成量(mL)
炭水化物	0.001	414	0.414
タンパク質	0.233	524	122.192
脂質	0.019	989	18.791
合計	0.253		141.397

03

実験⑤(後期)

方法：パン、鶏むね肉、豚バラ肉をペースト
デュラン瓶に食品1g、消化液200g、
緩衝液50mL(0.01mol/L)を投入して密閉する



1ヶ月間放置し、GCを用いて、
メタンガス発生量を定量的に測定する(未実施)

実験条件として…

- ・ pH域を保つ → pH緩衝材 = 炭酸水素ナトリウム投入
- ・ 嫌気状態で加水分解を促進 → 窒素置換
- ・ 腐敗・有機酸生成を防ぐため → 原料投入量を1%
- ・ 発酵槽の密閉性を保つ → デュラン瓶

で適性な発酵ができる

原料選定として（予想）…

脂質を多く含む原料が比較的効率的にメタンガスを生成できる

今後：各原料によるメタンガス生成量をGCで定量的評価
pH緩衝材として卵殻を投入⇒pH緩衝可能性の考察

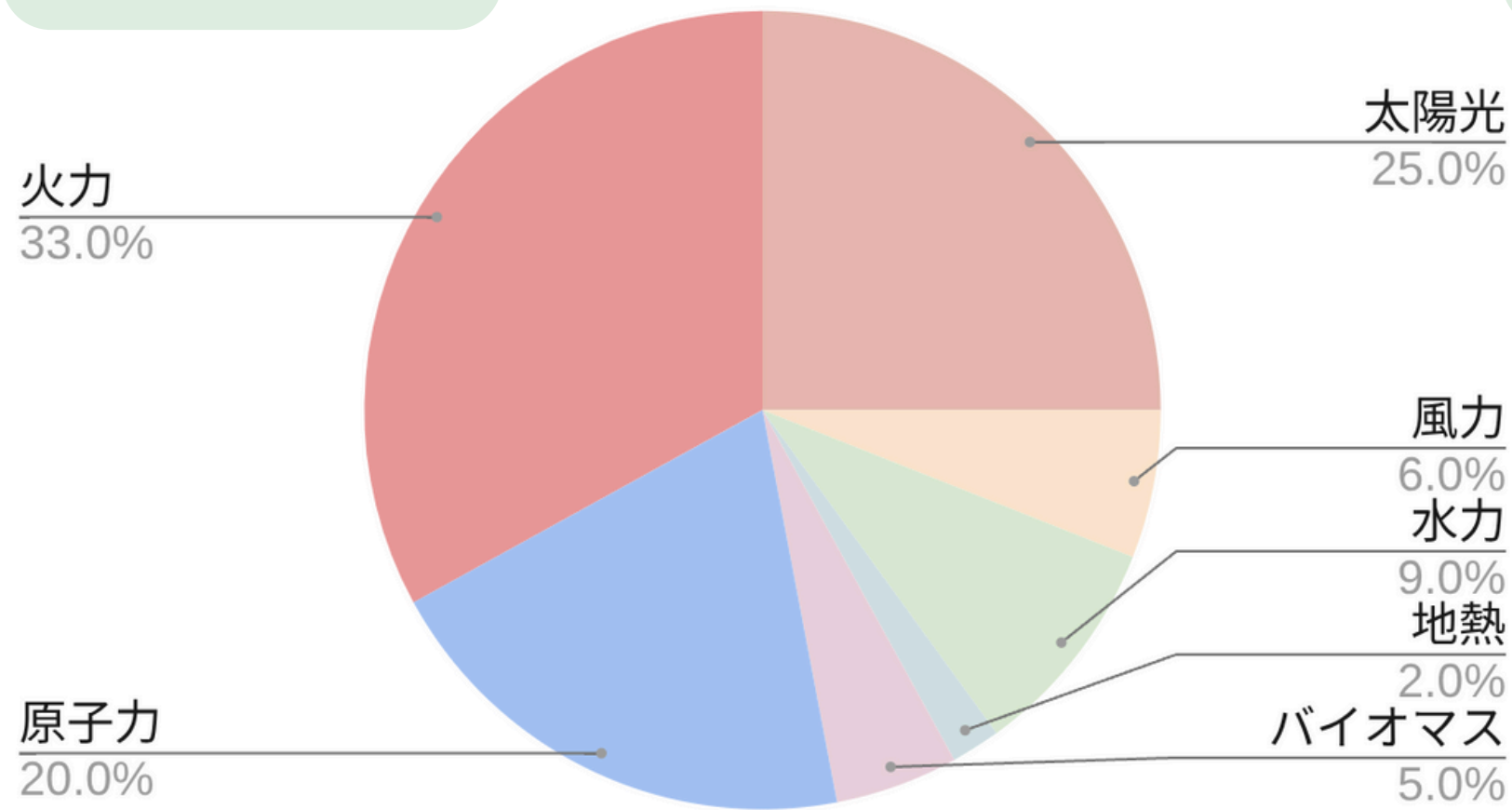
実験室規模でのメタン発酵手法の確立

投入物選定による発酵効率の最適化

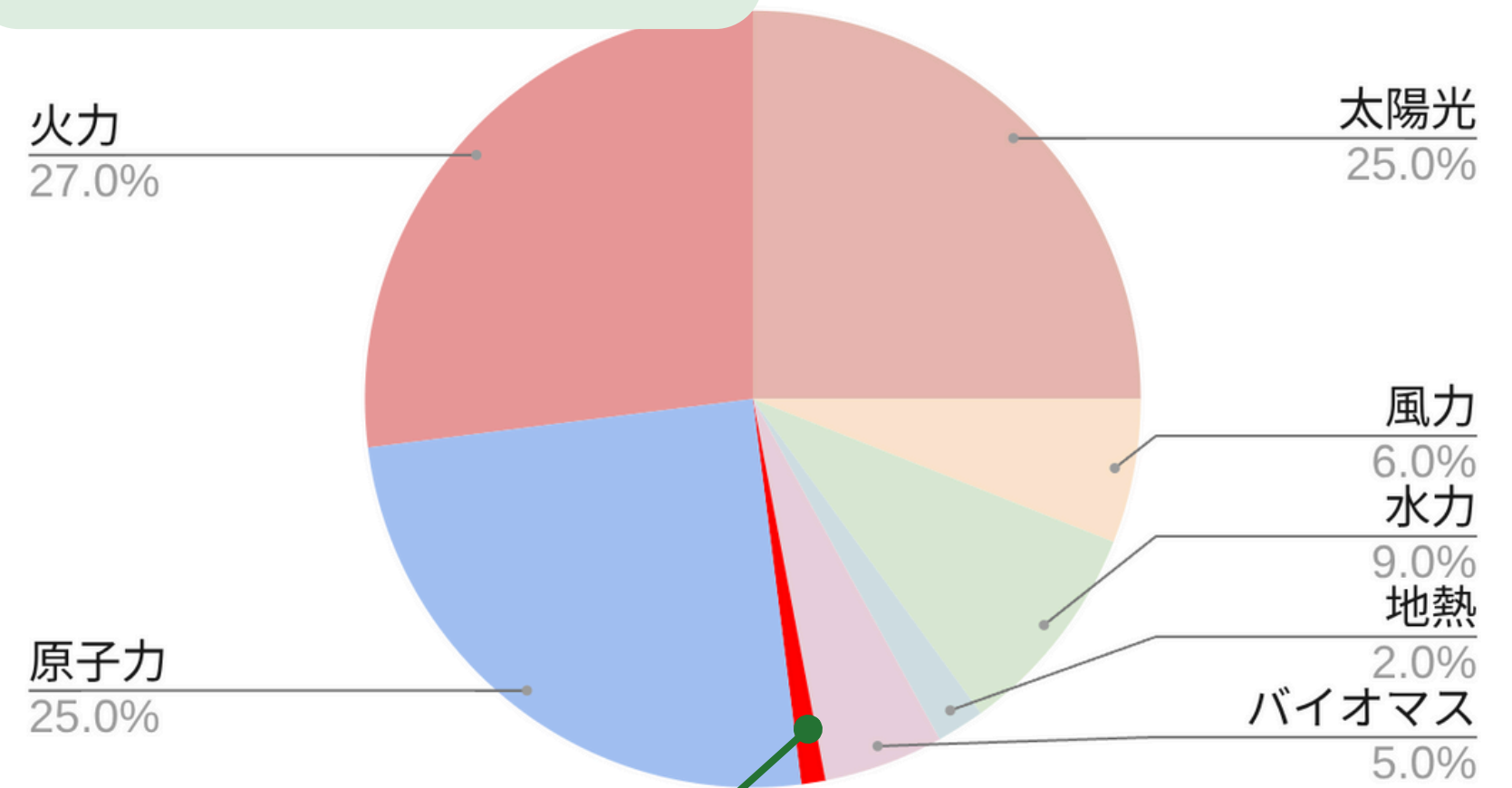
メタン発酵の普及による世間的関心の向上と
発酵に適した原料選定による発電効率の最適化

を実現したい！

政府目標



私達の電源構成



バイオガス 1.0%

根拠[経済効率] [指標の選定] (売買価格) - LCOE(コスト) = 利益

メタン発酵バイオガス発電

FIT = 35円/kWh

LCOE = 5.088円/kWh

利益 約30円/kWh

火力発電

市場価格(LNG専焼) = 10.7円/kWh

(石炭専焼) = 13.6円/kWh

(石油専焼) = 24.9円/kWh

LCOE(LNG) = 19.1円/kWh

(石炭) = 24.7円/kWh

(石油) = 43.8円/kWh

利益 -約9~20円/kWh

LCOE算出式

$$\text{円/kWh} = \frac{\text{総費用 (資本費 + 運転維持費 + 燃料費 + 社会的費用)}}{\text{総発電電力量 (kWh)}}$$

OpenAI. (2025). ChatGPT (Version 5.1) [Large language model]. <https://chat.openai.com/>

関西電力. (n.d.). 2030年に新たな電源構成は決まっていますか? . <https://tinyurl.com/99nxyvmf>

資源エネルギー庁. (2025, February 6). 発電コスト検証に関するとりまとめ [Report].

[https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/](https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/mitoshi/cost_wg/pdf/cost_wg_20250206_01.pdf)

[mitoshi/cost_wg/pdf/cost_wg_20250206_01.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/mitoshi/cost_wg/pdf/cost_wg_20250206_01.pdf)

根拠[安定供給]

[指標の選定]

設備利用率の低さは、天候や夜間、メンテナンスによる停止等の影響を受けやすく、電力の安定性や効率性が低いことを示す

メタン発酵バイオガス発電

設備利用率(中央値) = 65.8%

火力発電

設備利用率(LNG,石炭,石油) = 70%

目標 = 90% ⇔ 目標 = 50% ↓

設備投資率算出式

$$\text{設備利用率} = \frac{\text{実際の年間発電量(kWh)}}{\text{年間総時間数} \times \text{設備容量(kW)}} \times 100$$

資源エネルギー庁. (2022, 1月). バイオマス発電について 資料2 本日御議論いただきたい事項 (バイオマス発電). 経済産業省.
https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/074_02_00.pdf

根拠[実現可能性]

メタン発酵バイオガス発電

現状総発電量の0.15%

脂質が多い原料のみを使う⇒効率4倍

プラント1.5倍に増設で1%達成

既存の発酵槽を活用して約150基増設した場合

増設コスト16,620(万円) < 利益98,550(万円) = 長期的には回収可能

(資本費110.8万/kW × 150 < 利益30円/kWh × 稼働年数25年 × 365日 × 24h × 150)

北海道立総合研究機構

松本様

北海道大学 酪農生産研究施設

平様

東京大学

南教授

東京農業大学

寺田教授 利谷教授

東京農工大学

大西教授

一般社団法人 Ezofrogs運営 E2LAB

一般財団法人 日本原子力文化財団主催 課題研究支援事業

全国高校生異分野融合型研究プログラム IHRP2025

北海道大学

佐藤久教授

参考文献

- 【2025年最新版】火力発電の燃料別発電量を円グラフで分かりやすく解説！日本の電源構成比も徹底比較。(2025, March 26). かねでんWITHYOU. <https://media.kepco.co.jp/study/17522890> ※1
- 一般社団法人日本有機資源協会(2023, October 27).メタン発酵バイオガス発電 に関わる情勢.経済産業省.https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/088_11_00.pdf ※2
- プラントのご紹介.(n.d.).株式会社西東京リサイクルセンター.<https://nrc.tokyo.jp/plant/> ※3
- 「生ごみからエネルギーを作ってみよう！～親子で体験するバイオガス実験！～」を開催しました。(2025, December 4). 環さん.<https://www.tamaki3.jp/resource/news/index.php?d=y81PSbVNYSwuUEsrzUu2Tc0rKapUA5Pxefm2JobmJmoFiemptgA=>
- メタン発酵の仕組み.(n.d.). Reneria.
<https://reneria.co.jp/howabout/construction/fermentation/> ※5
- オオブユニティ株式会社(2015, July 3).バイオガス発電施設が完成しました。.オオブユニティ株式会社.<https://www.obuunity.co.jp/news/news-company/entry-126.html>
- ※6
- ※7鹿追町環境保全センター(n.d.)「鹿追町環境保全センターバイオガスプラント | Zero Carbon」
Retrieved June.27.2025 from
<https://www.town.shikaoi.lg.jp/introduce/Zerocarbon/biogasplant/>

