

# 異なる自生性有機物の添加に対する 富栄養湖堆積物中のメタン生成応答の違い

2024年2月13日 修士研究発表会  
22SS613D Yang Chun Jet (岩田研究室)

# はじめに

- 湖は温室効果ガスである $\text{CH}_4$ の主要な自然発生源

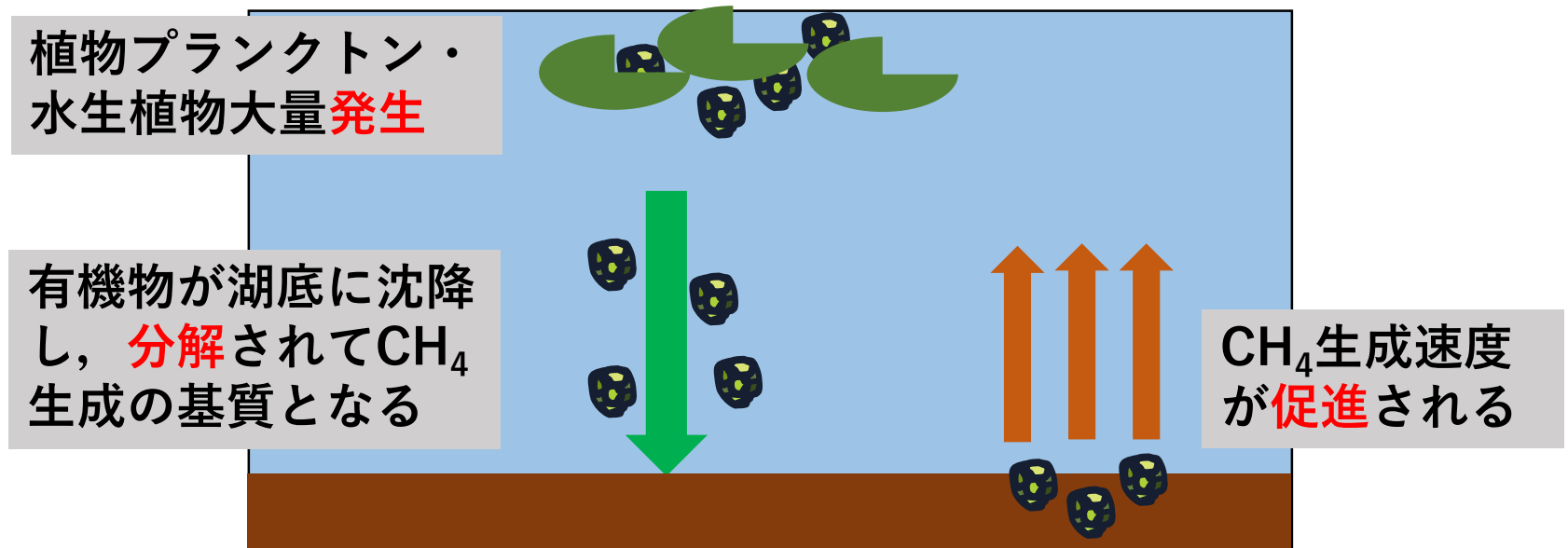
(Bastviken et al., 2011)

- 環境変化による湖からの $\text{CH}_4$ 生成促進

1. 温暖化により微生物活性と群集が変化 (Dean et al., 2018)

2. 季節的な水生植物の繁茂 (Zhang et al., 2019)

3. 富栄養化による藻類の増殖 (Schulz and Conrad, 1995)



# 研究背景 湖底堆積物へ有機物添加した培養実験

## 有機物の添加によってCH<sub>4</sub>生成速度が増加

(Schwarz et al. 2008 ; West et al. 2012 ; Hiltunen et al. 2021; Grasset et al. 2018)

### ■ CH<sub>4</sub>生成速度の増加要因

- ・ CH<sub>4</sub>生成菌の活性の上昇 (West et al. 2012)
- ・ 微生物群集の組成変化 (Schwarz et al. 2008)

### ■ 有機物の違い

(West et al. 2012 ; Grasset et al. 2018)

- ・ CH<sub>4</sub>生成促進率 自生性>他生性 (Grasset et al. 2018)

有機物種類の化学的構造により分解速度が影響される

(Rascio 2002; Dai et al. 2005)

- ・ 植物プランクトン種類によってCH<sub>4</sub>生成ポテンシャルに  
違いなし (Hiltunen et al. 2021)

## 課題

- ・ 有機物添加と温度変化の影響を同時に調べる
- ・ 添加する有機物の状態 (乾燥vs未乾燥) がCH<sub>4</sub>生成に及ぼす影響

## 目的

諏訪湖堆積物中のCH<sub>4</sub>生成に対する

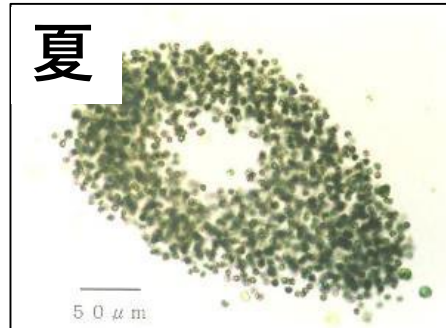
異なる自生性有機物添加の影響と温度との相乗効果を調べる

# 方法・サンプリングサイト



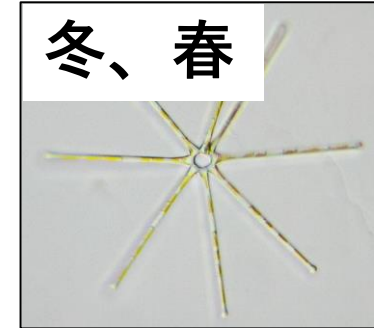
- 富栄養湖
- 平均水深4.3m
- 環境変化（湖外から水流入の増加, 夏季）で自生性有機物発生：  
藻類および水生植物の繁茂

## 藻類



藍藻

*Microcystis aeruginosa*



珪藻

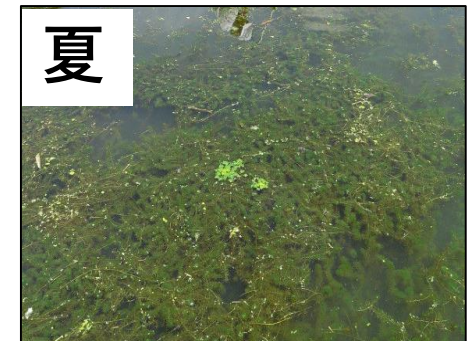
*Asterionella formosa*

## 水生植物



ヒシ

*Trapa japonica*



クロモ

*Hydrilla verticillata*

# 方法

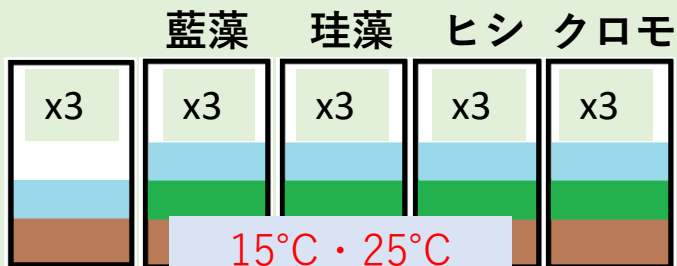
堆積物コア表層0-4cm採取



## 乾燥有機物添加培養実験

分解されやすい状態  
の有機物添加に対する  
ポテンシャルCH<sub>4</sub>生成速度の違い

\* 凍結乾燥, 粉末状有機物  
堆積物湿重量gあたり5mg

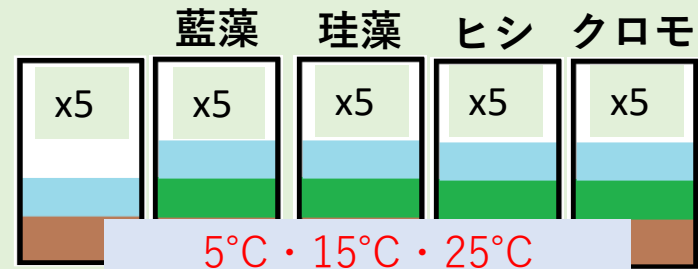


コアのサンプル数=3

## 未乾燥有機物添加培養実験

実際に湖底堆積物に供給される状態  
の有機物に対するCH<sub>4</sub>生成速度の時  
間的变化の違い

\* 未乾燥有機物  
湿重量 0.15~0.5g (堆積物湿重量g  
あたり5mgの乾燥重量に相当)

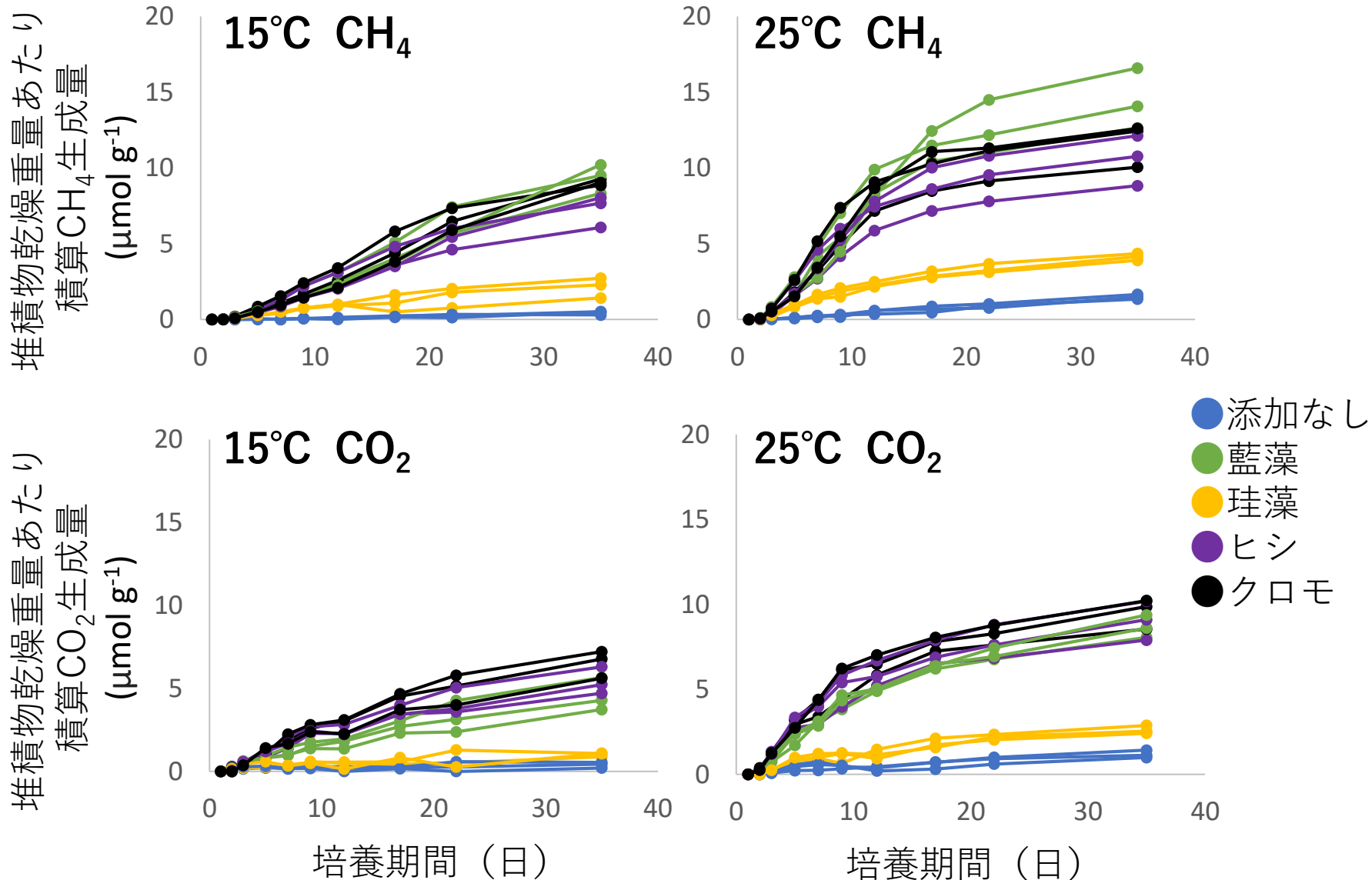


コアのサンプル数=1



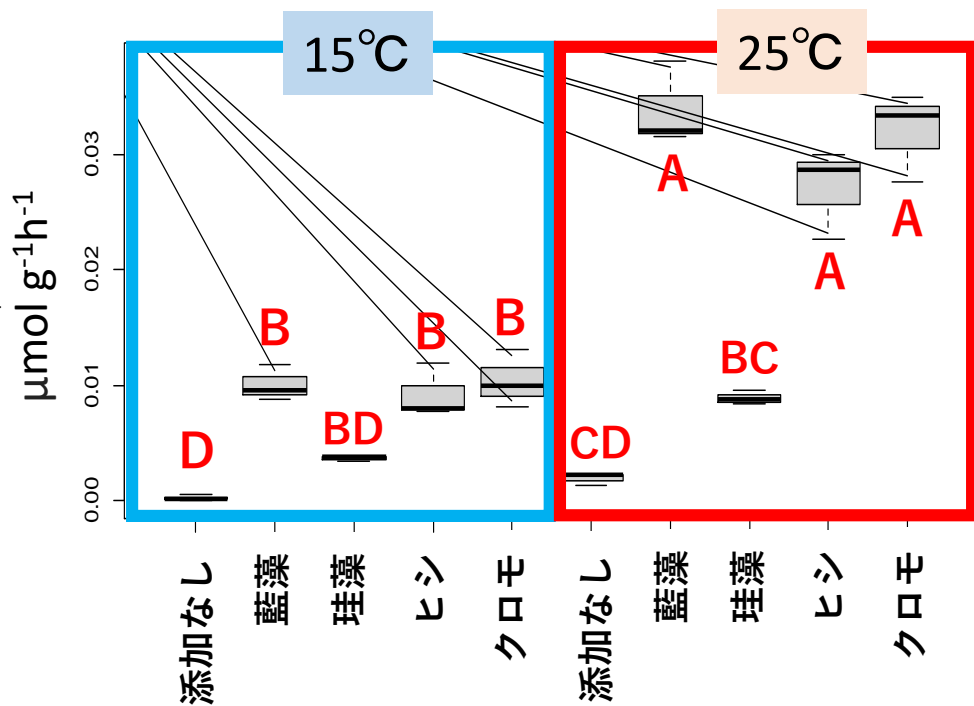
- 窒素ガスでページ, 暗条件で培養
- ヘッドスペースのCH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>濃度分析  
Los Gatos Ultraportable Greenhouse Gas Analyzer (UGGA)

# 乾燥有機物添加培養実験 | 結果・考察



# 乾燥有機物添加培養実験 | 結果

堆積物乾燥重量あたり  
平均CH<sub>4</sub>生成速度



- 有機物添加でCH<sub>4</sub>生成速度 ↑
- 平均CH<sub>4</sub>生成速度25°C > 15°C
- 珪藻添加区が低め

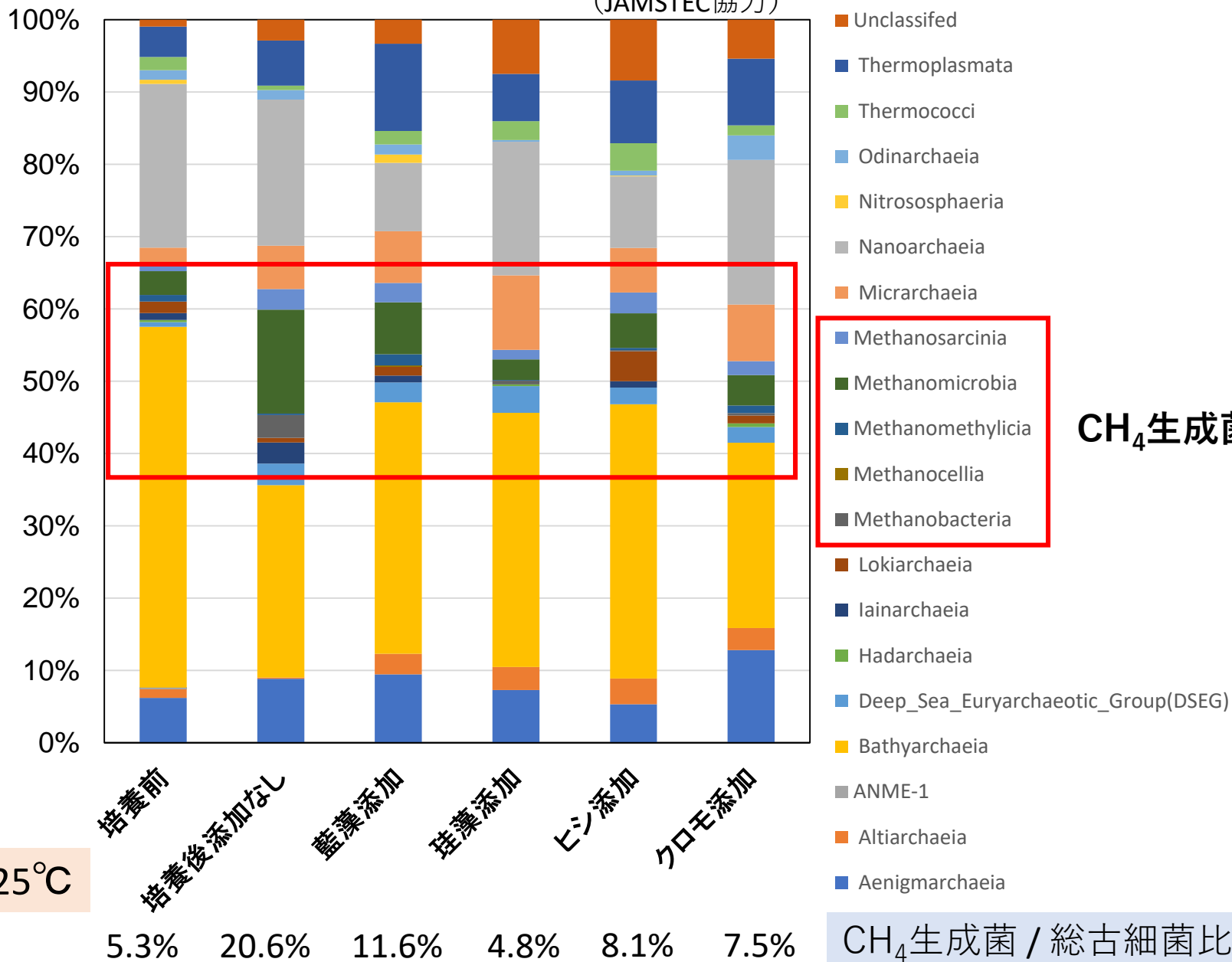
基準（15°C、添加なし）に対する平均CH<sub>4</sub>生成速度の変化量(μmol g<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>)

| 温度15°C→25°C |     | 有機物添加 | 温度 + 有機物添加 |
|-------------|-----|-------|------------|
| 0.001       | 藍藻  | 0.010 | 0.034      |
|             | 珪藻  | 0.003 | 0.009      |
|             | ヒシ  | 0.009 | 0.027      |
|             | クロモ | 0.010 | 0.032      |

- CH<sub>4</sub>生成の促進効果  
温度 + 有機物添加 > 単独の促進効果の合計  
(相乗効果)

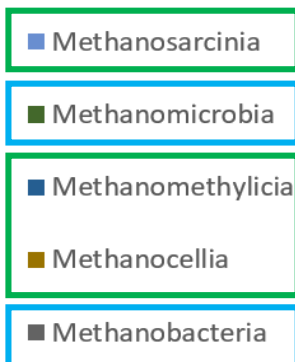
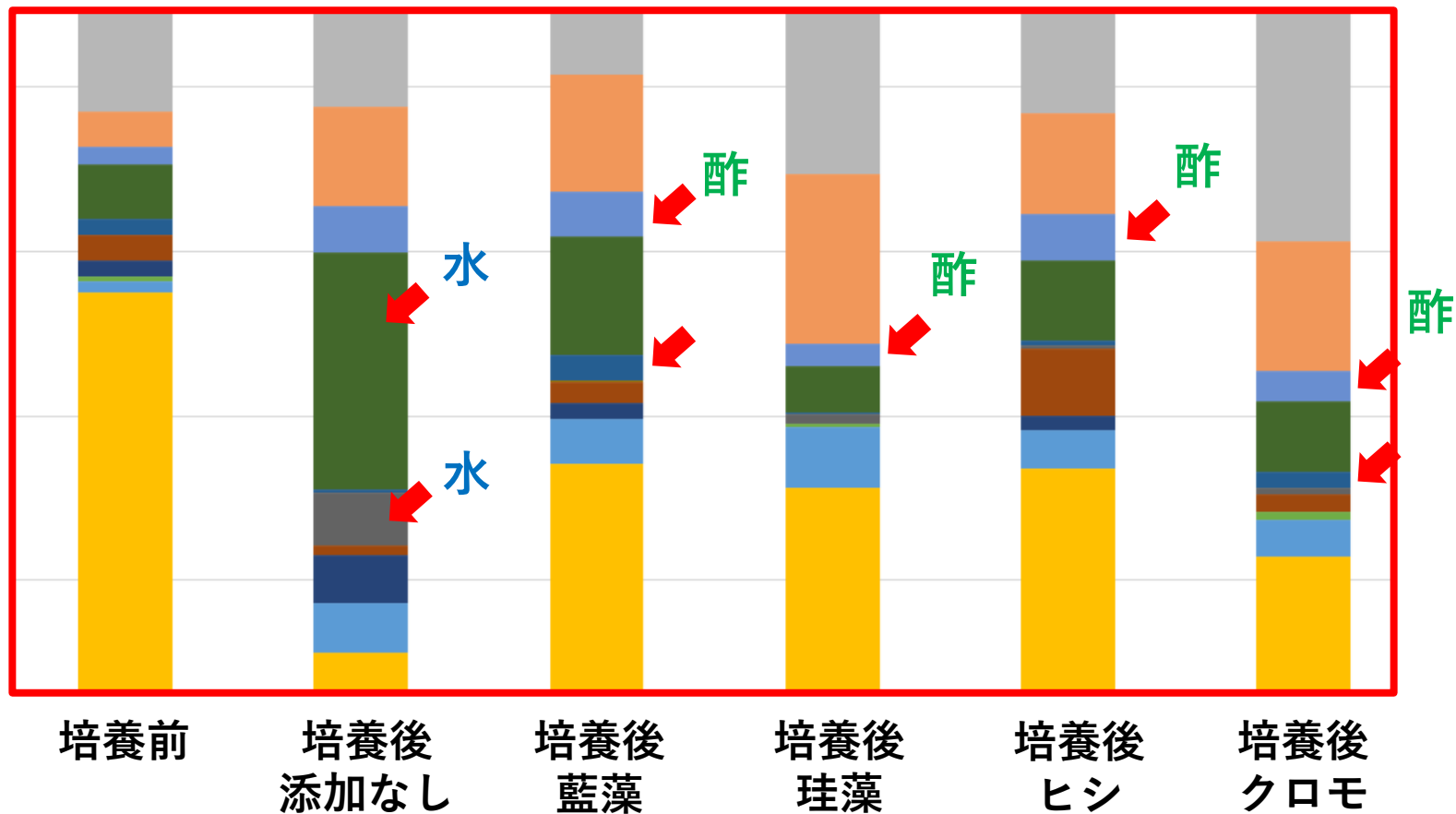
# 乾燥有機物添加培養実験 | 結果

(JAMSTEC協力)





# 乾燥有機物添加培養実験 | 結果



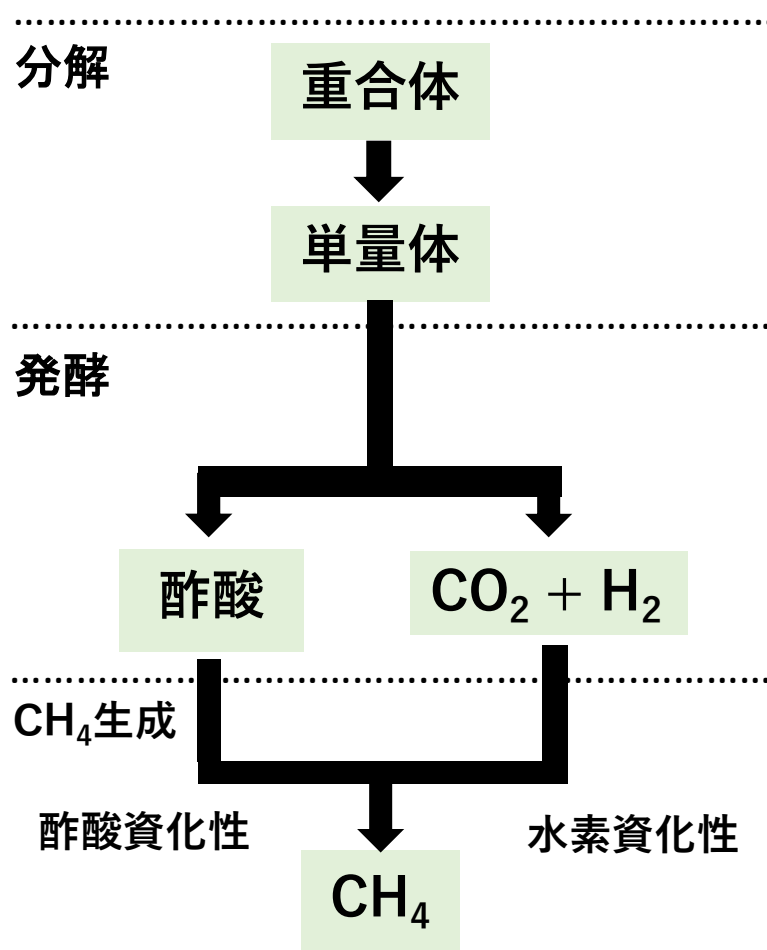
酢酸資化性

水素資化性

- 有機物添加区：酢酸資化生 + 添加×区：水素資化生 +

# 乾燥有機物添加培養実験 | 考察

## 嫌気条件下の有機物分解から CH<sub>4</sub>生成への経路



■ 有機物の分解・発酵で基質が生成され、CH<sub>4</sub>生成に供給  
・珪藻添加区：  
ケイ素の殻、低有機物量

■ 温度の上昇  
微生物の活性

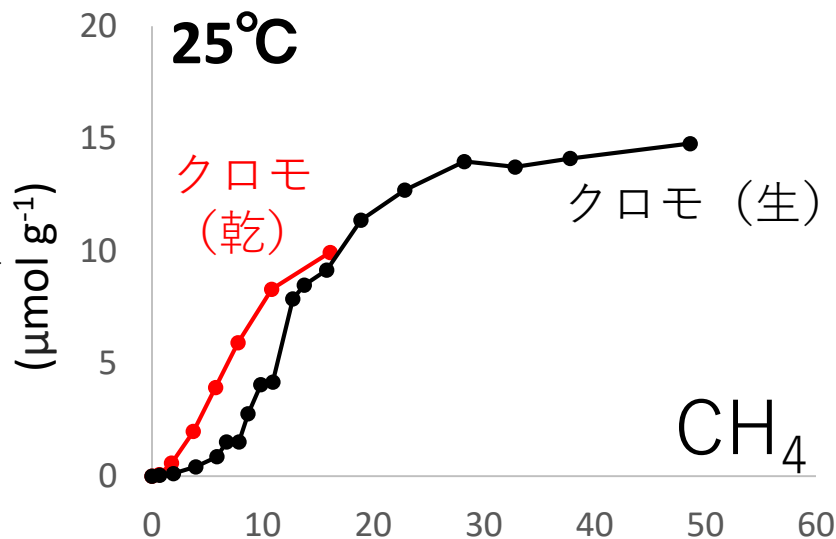
■ 相乗効果  
温度上昇による微生物の活性  
+  
有機物添加で微生物が消費できる  
基質の供給

■ 有機物添加で微生物群集の組成変化

# 未乾燥有機物添加培養実験 | 結果・考察

堆積物乾燥重量あたり

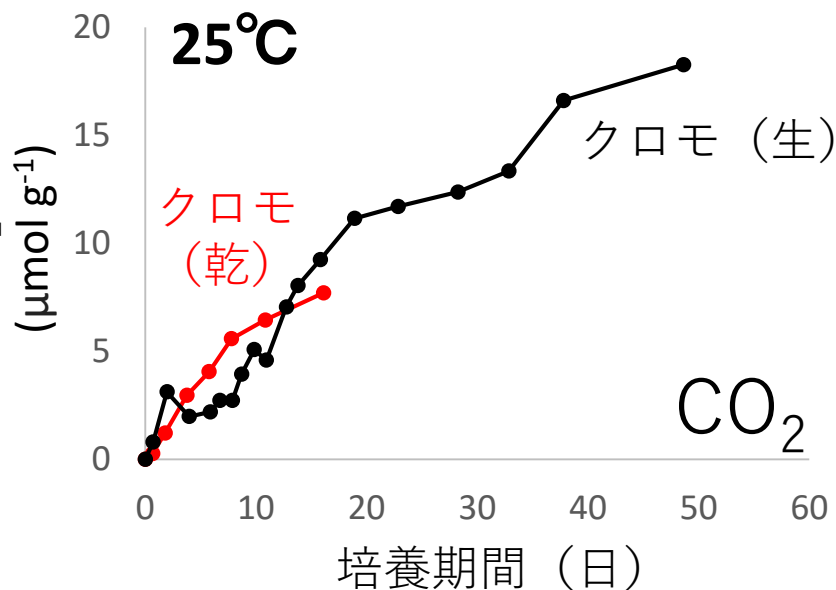
積算CH<sub>4</sub>生成量



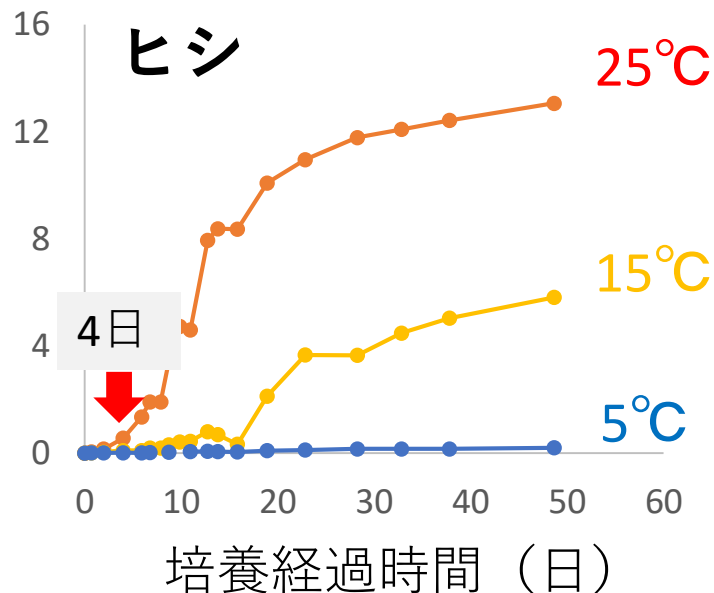
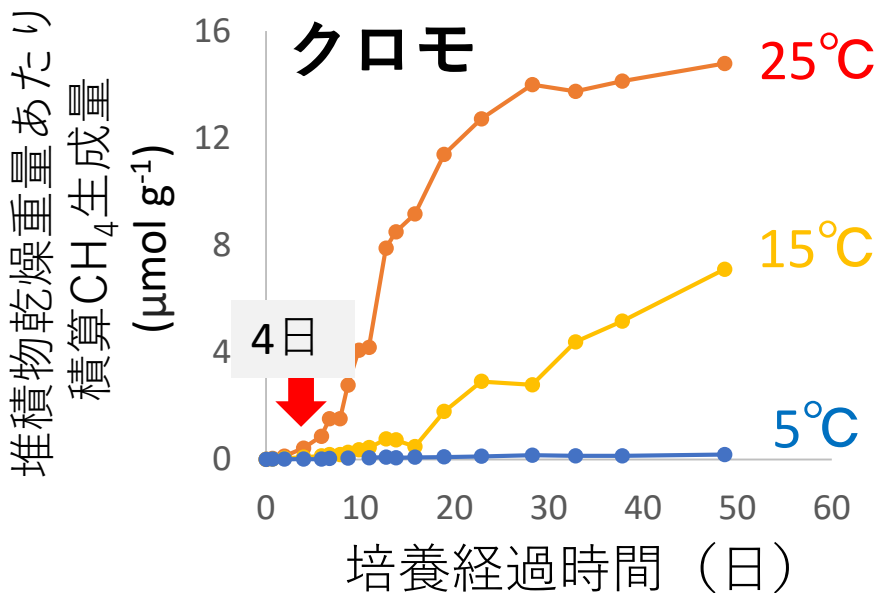
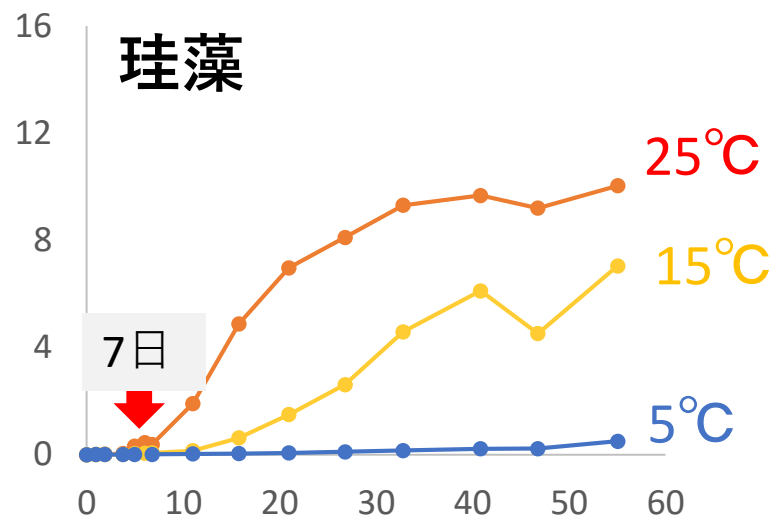
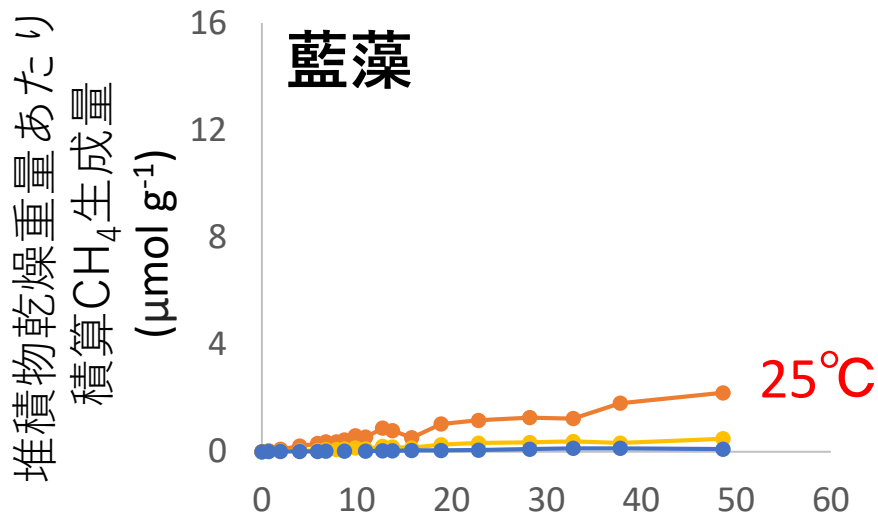
■ CO<sub>2</sub>はすぐに生成が開始、  
CH<sub>4</sub>は生成されるまで遅れがある

堆積物乾燥重量あたり

積算CO<sub>2</sub>生成量

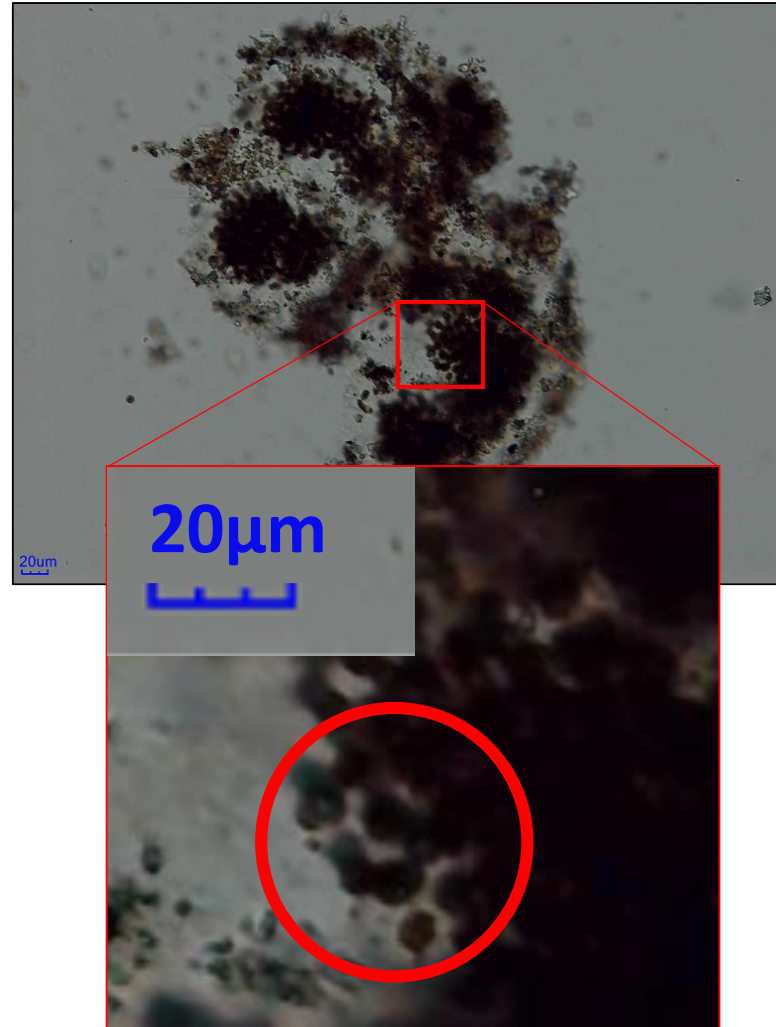
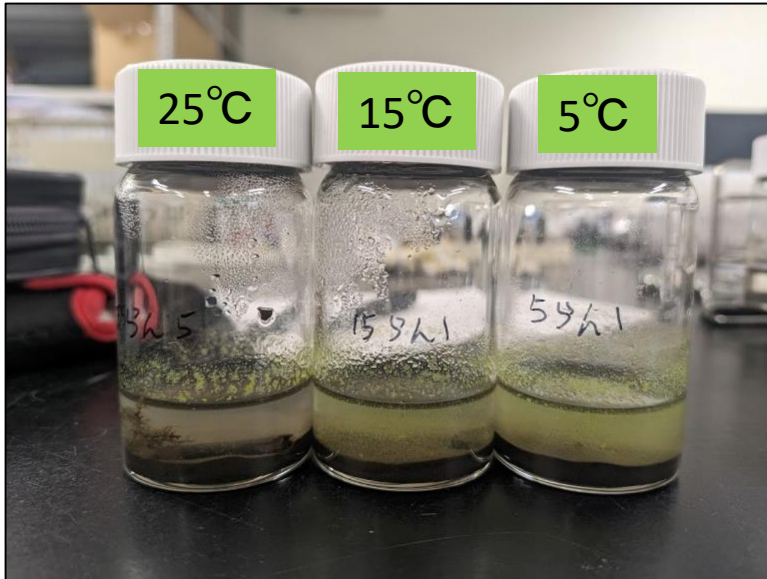


# 未乾燥有機物添加培養実験 | 結果・考察



# 未乾燥有機物添加培養実験 | 結果・考察

- 藍藻→増殖に不適な環境にいるため  
分解されにくい**休眠状態**に入る (Tsujiura, 2000; Yang, 2023)



# まとめ

- 自生性有機物の添加で $\text{CH}_4$ 生成が促進された
- 有機物種類・状態
  - ・ 有機物それぞれの特性が基質供給に影響することで $\text{CH}_4$ 生成速度を制限する
  - ・ 生有機物添加： $\text{CH}_4$ 生成には時間がかかる
- 有機物添加と温度上昇の相乗効果
  - ・ 温度上昇：微生物の活性化
  - ・ 有機物添加：活性化された $\text{CH}_4$ 生成菌が使用できる基質の制限がなくなる

世界的に富栄養化の進行と温暖化

→ 将来、湖堆積物の $\text{CH}_4$ 生成と放出が大きく促進される可能性がある