

研究実施期間

2021年度-2023年度

# メタンを炭素源とする有価物生産システムの構築に向けた 微生物培養と晶析技術の開発

JPMEERF20211R05



主:【重点課題④】環境問題の解決に資する新たな技術シーズの発掘・活用

副:【重点課題⑦】気候変動の緩和策に係る研究・技術開発

研究代表機関

国立大学法人 東京農工大学

研究分担機関

国立大学法人 広島大学

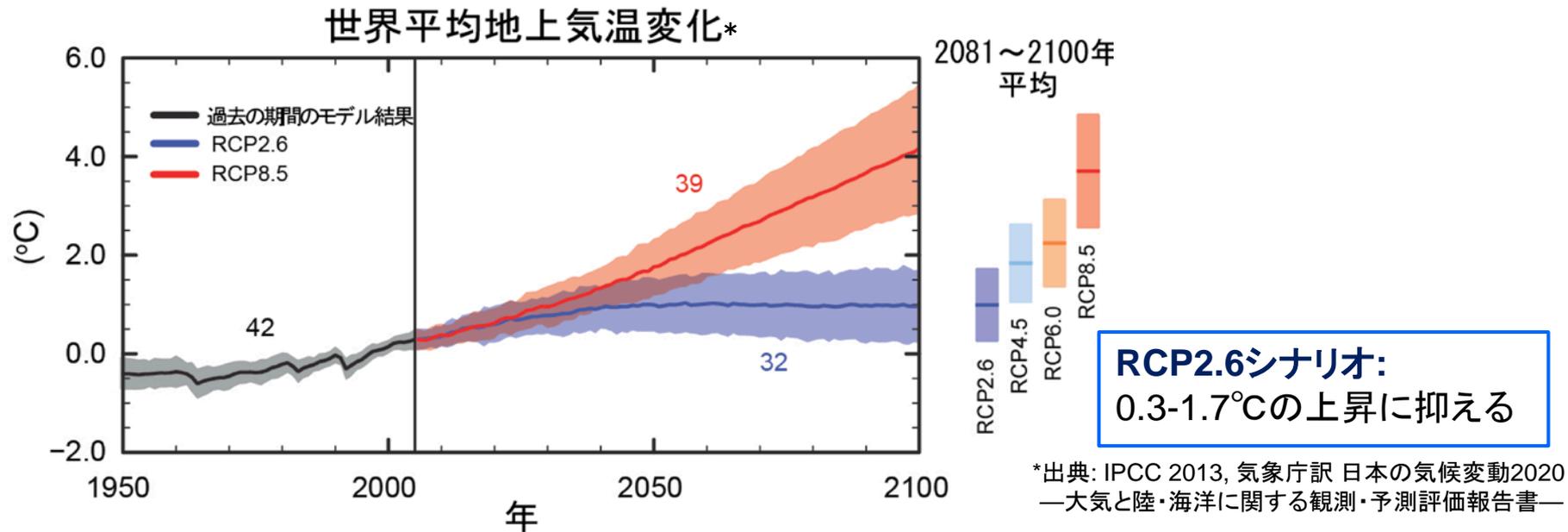
研究代表者

甘利俊太郎(サブテーマ2 リーダー)

研究分担者

末永俊和(サブテーマ1 リーダー)

# 1. 研究背景 – 気候変動に対する動き



## 2021年 気候変動に関する政府間パネル 第6次評価報告書

“温暖化を1.5°Cで止めるには、2050年頃にCO<sub>2</sub>排出を実質ゼロにする必要”

### 日本の取り組み

- 2050年温室効果ガス(GHG)排出量ゼロ(2020年, 菅前総理発言)
- GHG削減目標: 2030年度に2013年度比**46%減**(2021年, 気候サミットにて)

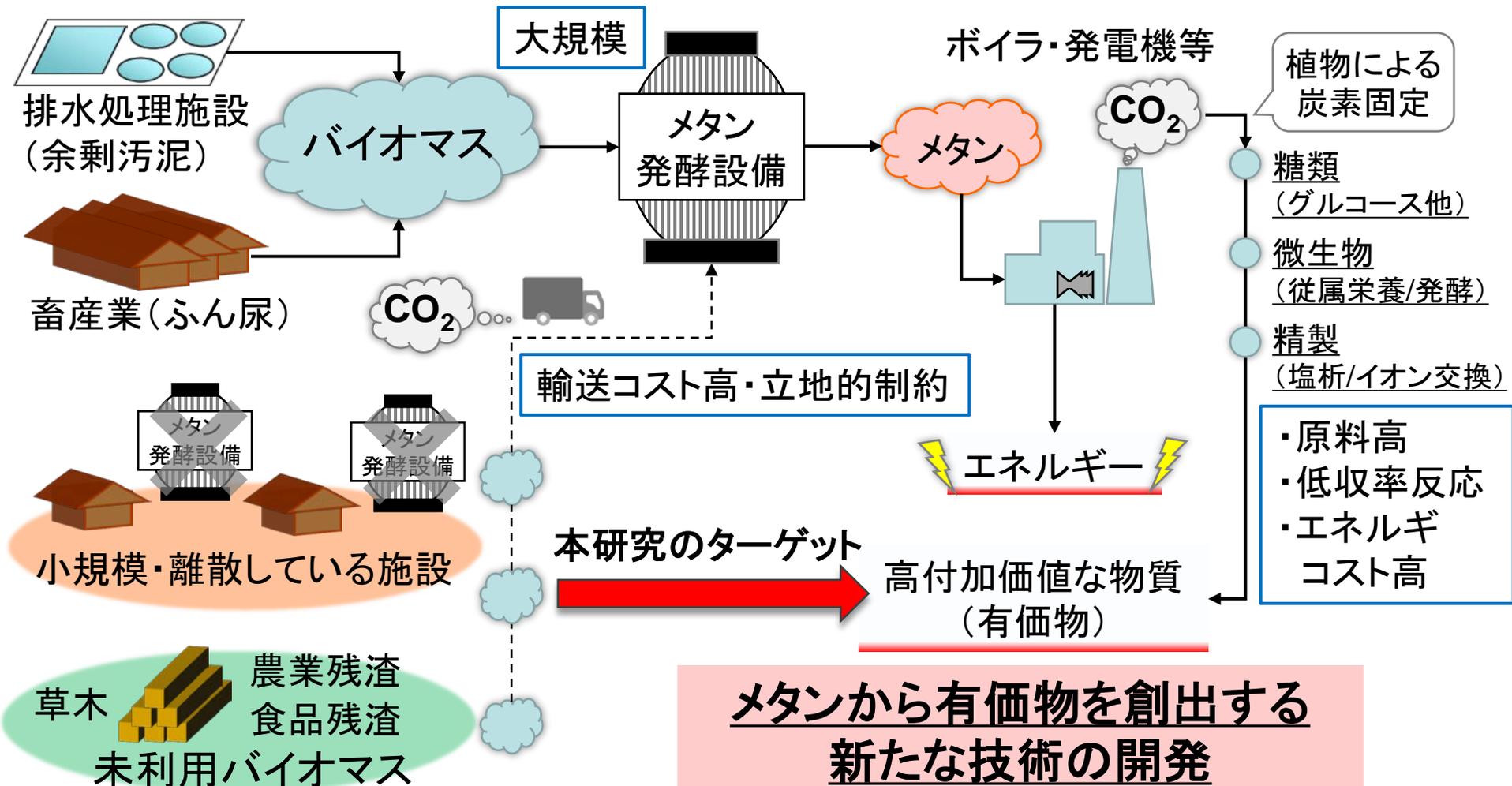
**GHG排出量削減に向け、革新的な新技術の開発が急務**

# 1. はじめに(研究背景)

バイオマス由来のメタンの活用法

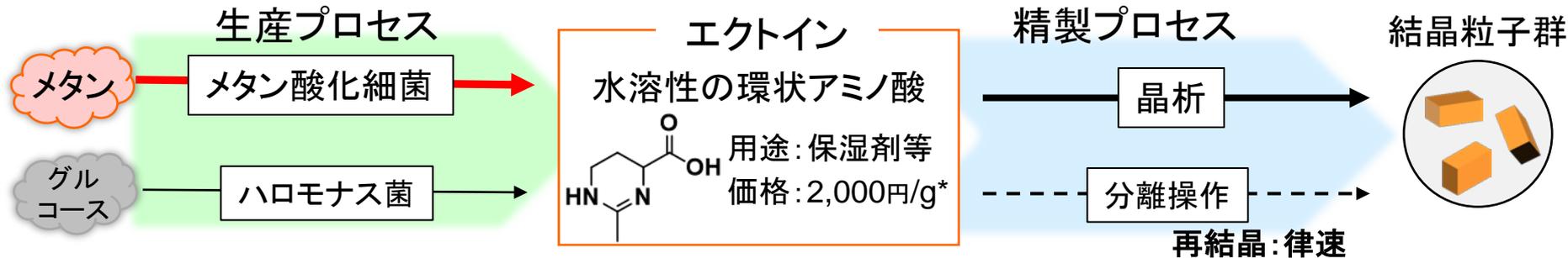


CO<sub>2</sub>排出に繋がる燃料用途以外の可能性の模索が必要



# 1. はじめに(研究背景・研究体制)

微生物(メタン酸化細菌)が代謝機能として生産する有価物に着目



実用化に向け**生産**と**精製**両プロセスの開発を目指す研究体制

メタン酸化細菌を利用しメタンから有価物を生産するための培養-回収技術の確立

→サブテーマ1

夾雑物中から有価物の分離・精製に最適な晶析プロセスの設計指針の獲得

→サブテーマ2

環境工学・環境微生物学

結晶工学・分離工学

化学工学

分担者 末永 俊和(広島大学)

甘利 俊太郎(東京農工大学)

AD 藤原 拓教授(京都大学)

AD 前田 光治教授(兵庫県立大学)

水処理工学及び関連技術の実用化

不純物の影響を考慮した晶析操作設計

## 2. 研究開発目的

微生物の代謝機能を利用しメタンを有価物の炭素源として  
カーボンフットプリントゼロで再び炭素循環系に乗せるコンセプトの提案と実証

未活用バイオマス  
由来のメタン



### メタン酸化細菌による有価物生産に向けた技術開発

- ・メタンの高効率利用を可能とする新規バイオリアクタを開発
  - ・培養条件や微生物代謝に基づいた有価物回収方法の検討
- 有価物を安定して生産する新たな技術の確立

サブテーマ1

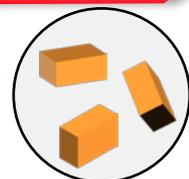
### 夾雑物から高純度な有価物を得るための晶析プロセスの開発

- ・有価物を含む多成分相図の作成
  - ・培養液中の不純物の影響を考慮した結晶粒子群の品質制御
- 夾雑物中から有価物を分離・精製するプロセスの構築

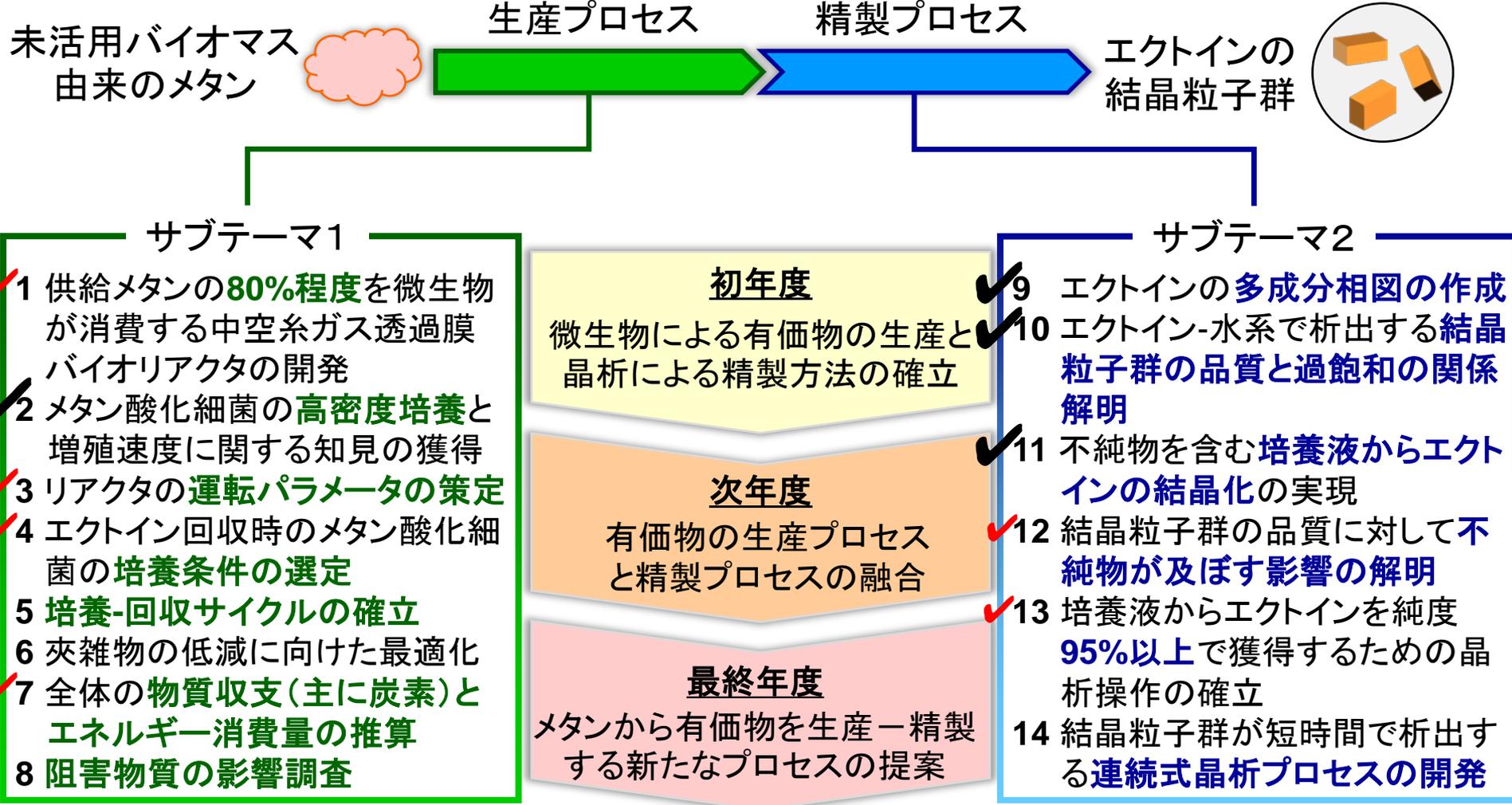
サブテーマ2

国内外でのメタン発酵の普及、メタンとCO<sub>2</sub>  
の排出量削減による環境政策への貢献

エクトインの  
結晶粒子群



# 3. 研究目標及び研究計画



CO<sub>2</sub>の25倍の温室効果を有するメタンを経済的に成り立つ高付加価値物質の生産する原料として利用し、地域経済に役立つ新しい環境対策プロセス技術の開発と実証

## 4. 研究開発内容(サブテーマ1)

開発内容	当初の検討時期	目標No.
メタン酸化細菌の菌体収率の把握と、動力学的パラメータ(増殖速度)の取得を行った。	初年度	1
メタン酸化細菌による生成エクトインの測定方法の確立と、エクトイン蓄積状態の確認を行った。		2
エクトインの回収プロセスを模擬した回分試験により、メタン酸化細菌からのエクトイン溶出と回収率を求めた。		3
連続培養リアクターの構築と試運転を行い、試験的に収支を計算した。		4
メタン酸化細菌の凍結保存方法と復元方法を確立した。 実施理由: 一般的なグリセロールによる凍結保存方法だと上手くいかなかったため	—	新規

計画書に沿った開発内容

当初の研究計画と異なる開発内容

## 4. 研究開発内容(サブテーマ2)

開発内容	当初の検討時期	目標No.	
<p>所望の結晶粒子群を得るための晶析操作を設計する上で基盤データとなるエクトインを含む多成分相図を新たに作成した.</p>	初年度	9	
<p>エクトインを含む二成分系から得られる結晶粒子群特性を明らかにした.</p>	初年度	10	計画書に沿った開発内容
<p>多成分相図を利用して、得られたエクトインの結晶粒子群特性と晶析操作の相関関係を解明した.</p>	初年度   次年度	10	
<p>サブテーマ1から供給される溶液中の不純物が析出するエクトインの結晶粒子群特性に及ぼす影響を明らかにした.</p>	次年度	11, 12, 13	
<p>提案するエクトイン製造プロセスのフィージビリティを推算した. 実施理由: 採択時のコメントに基づき、提案プロセスのフィージビリティを早めに把握する必要があると判断したため</p>	最終年度	7	
<p>エクトインの結晶成長速度を算出した. 実施理由: フィージビリティの詳細な検討に向け、晶析工程にて生産速度を推算するために重要な操作パラメータであるため</p>	—	新規	
<p>エクトインの無水和物／水和物の転移条件を明らかにした. 実施理由: 研究課題開始後、水和の有無が粒子群特性に影響することが明らかになり、結晶粒子群の品質管理に必要な知見であるため</p>	—	新規	

# 5. 結果及び考察(サブテーマ1)

メタン酸化細菌による有機物生産に向けた技術開発  
(実施機関: 広島大学 サブテーマリーダー: 末永 俊和)

回分試験による  
各種検討結果

# 5. 結果及び考察(サブテーマ1)

メタン酸化細菌による有機物生産に向けた技術開発  
(実施機関: 広島大学 サブテーマリーダー: 末永 俊和)

連続培養装置の  
試運転結果

# 5. 結果及び考察(サブテーマ2)

夾雑物から高純度な有価物を得るための晶析プロセスの開発  
(実施機関:東京農工大学 サブテーマリーダー:甘利 俊太郎)

## 5. 結果及び考察(サブテーマ2)

夾雑物から高純度な有価物を得るための晶析プロセスの開発  
(実施機関:東京農工大学 サブテーマリーダー:甘利 俊太郎)

# 6.(1) 進捗状況

## 自己評価：計画通り進展している

### 理由

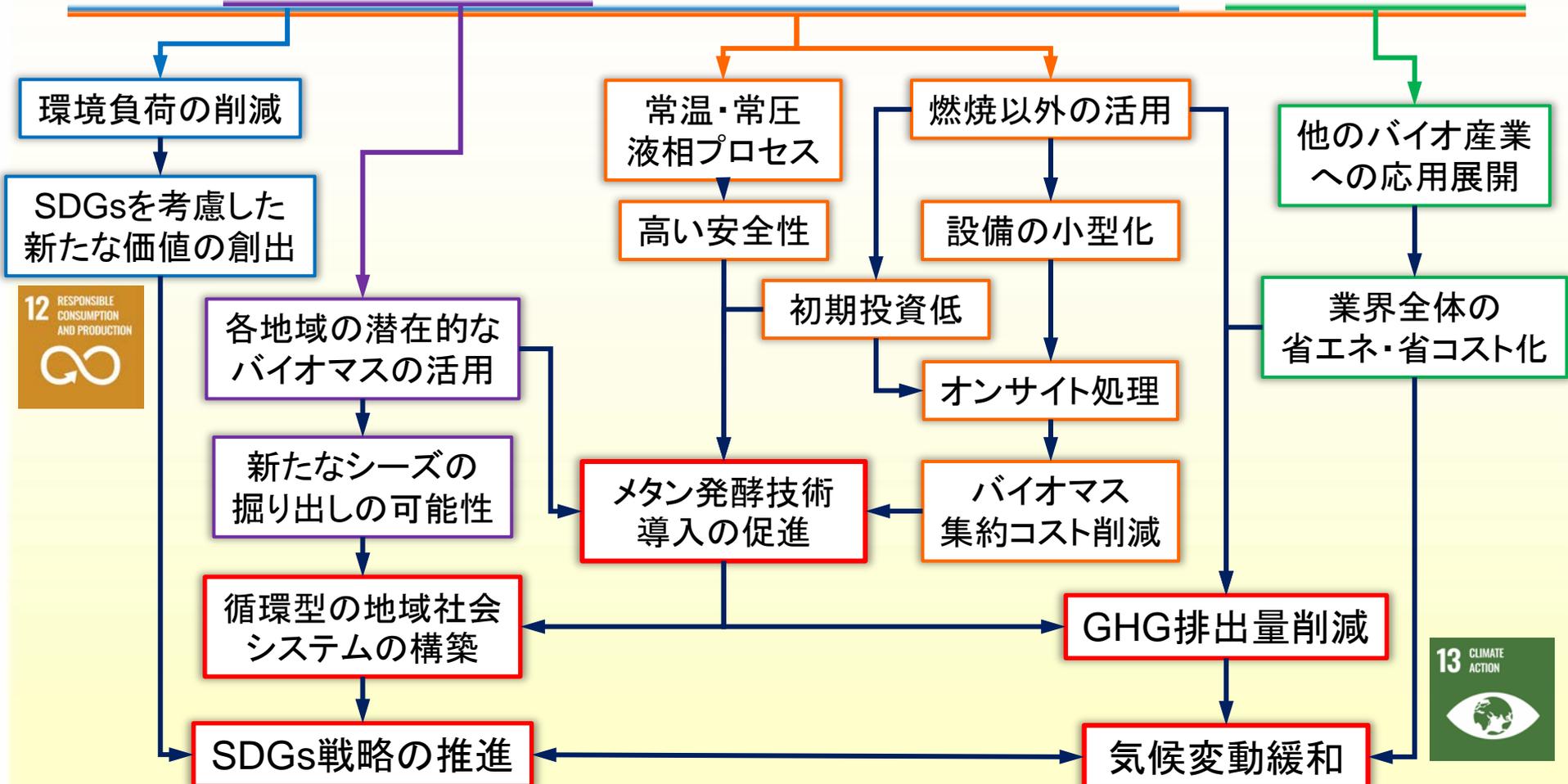
- ・初年度の目標である操作条件を設計する上で基盤データ(高密度培養と増殖速度に関する知見、エクトインを含む多成分相図)を獲得できたため。
- ・連続培養試験にて、数値的な目標達成に至っていない部分もあるが、それに向けた改善案を挙げて準備と検討を開始しているため。
- ・AD会合でのご助言に基づき、サブテーマ間で連携し、初年度から次年度にかけての目標として掲げていた擬似的な原料溶液からエクトインの結晶粒子群を析出させることに成功したため。
- ・採択時のコメントに基づいて、研究計画を前倒して、本研究課題が提案するプロセスのフィージビリティについて初期検討を実施し、実現可能性の見込みがあることを確認することができたため。
- ・当初の研究計画には含まれていなかった水和転移に関する実験を実施し、エクトインが医薬品分野で注目されている水和物や溶媒和物の結晶化に関する知見の獲得のために適当なモデル化合物として利用できることが明らかになったため。

## 6.(2) 環境政策等への貢献

重点課題④: 環境問題の解決に資する新たな技術シーズの発掘・活用  
 重点課題⑦: 気候変動の緩和策に係る研究・技術開発

解決に貢献

有価物を未活用バイオマス由来のメタンから微生物を利用して生産し、晶析で分離・精製



# 7. 研究成果の発表状況

## 査読付き学術論文

“Effect of cooling rate on characterization of ectoine crystals in the cooling crystallization.”

**Shuntaro AMARI**, Sae UNO, Tsubasa KASAI, **Toshikazu SUENAGA**, Hiroshi TAKIYAMA  
*Chemical Engineering Research and Design*, Preparing

## 学会発表

“好気性メタン酸化細菌から有価物(エクトイン)生産に向けた基礎的培養条件の検討”

**末永 俊和**, 二宮 竜, **甘利 俊太郎**, 中井 智司, 後藤 健彦, 西嶋 渉

化学工学会第53回秋季大会, 信州大学長野(工学)キャンパス, 2022年9月, 口頭

“エクトイン結晶粒子群製造のための晶析に関する基礎研究”

宇野 沙映, 笠井 つばさ, **末永俊和**, 滝山 博志, **甘利 俊太郎**

化学工学会新潟大会2022, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター, 2022年11月, 口頭

“[依頼講演]剪断場を利用したカスケード型連続フロー晶析装置の開発”

**甘利 俊太郎**

化学工学会新潟大会2022, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター, 2022年11月, 口頭

上記の他、2022年度中に化学工学会第88年会(2023年3月)にて発表予定

## 参考資料

“Effect of operating conditions on the characteristics of crystalline particles in a cascade-type crystallizer.”

**Shuntaro AMARI**, Ayano NAKAMURA, Hiroshi TAKIYAMA

*Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2022



# 9. 研究ロードマップ(修正版)



	2021年度	2022年度		2023年度		2024年度以降
目標	微生物による有価物の生産と晶析による精製手法の確立	有価物の生産プロセスと精製プロセスの融合		メタンから有価物を生産-精製する新たなプロセスの提案		実際のメタン発酵プロセスへの導入の検討
内容	有価物の生産と精製プロセスを確立する上で基盤となる実験データの収集	生産と精製プロセスを融合し、メタンから有価物を結晶粒子群として獲得		有価物の回収効率と製品純度の向上に向けたプロセス全体の最適化とその実証		生産・分離精製プロセスのスケールアップと実プロセス規模での検討
会合(予定)	KO会合(6月)	1st AD会合(2月)	2nd AD会合(6月)	3rd AD会合(12月)	4th AD会合(6-7月)	5th AD会合(11-12月)
サブテーマ1(末永)	中空糸型バイオリアクターの設計	有価物生産に適した培養条件の検討		バイオマスのメタン発酵を考慮したLCAの実施		スケールアップの検討 ラボ→キロラボ
サブテーマ2(甘利)	完了	温暖化抑制に対する貢献度の定量的な評価・フィージビリティの検討		有価物の回収率向上に向けた運転条件の探索		企業との共同研究でパイロットスケールでの検討(2025年度以降)
予算フェーズ	革新型研究開発(若手枠)					環境問題対応型研究 ミディアムファンディング枠

採択時のコメントに基づき検討開始

AD会合にて検討開始時期を前倒し

過飽和の制御に向けたエクトインを含む多成分相図の作成

溶液中の不純物がエクトインの結晶粒子群品質に及ぼす影響の解明

バイオリアクタから供給される原料溶液による結晶化の試行

継続運転中のリアクタを用いた有価物の培養・回収手法の検討

連続化に向けた完全フロー型装置導入の検討

スケールアップの検討  
ラボ→キロラボ

企業との共同研究でパイロットスケールでの検討  
(2025年度以降)

革新型研究開発(若手枠)

環境問題対応型研究  
ミディアムファンディング枠