

2024年度NEDO再生可能エネルギー一部成果報告会
プログラム No.2

バイオジェット燃料生産技術開発事業
微細藻類基盤技術開発

微細藻類由来バイオジェット燃料生産の産業化と
CO₂利用効率の向上に資する研究拠点及び
基盤技術の整備・開発

発表日：2024年12月18日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

発表者名 青木 慎一

*団体名 (一社) 日本微細藻類技術協会 / (国) 広島大学 / (国) 東京工業大学 /
(国) 京都大学 / (公) 兵庫県立大学 / 学校法人東京農業大学

問い合わせ先 (一社) 日本微細藻類技術協会 E-mail: info-al@imat.or.jp

1. 目的

微細藻類技術の向上を図り、2030年頃のバイオジェット燃料生産技術に係る確実な市場形成および社会実装に資するため、様々な条件下での微細藻類種ごとの実証データ取得が可能なテストベッドを含む研究拠点を整備し、事業化にあたっての課題の解決や培養工程でのCO₂利用効率を向上させるための手法について、検討等を行うことを目的とする。

2. 期間

2020年8月～2025年3月

3. 目標

最終目標：微細藻類培養・分析に関する**標準化手法の確立と技術経済・環境影響分析**の実施を行う。また**微細藻類由来バイオジェット燃料製造プロセスのモデルケース設計**を実施する。

4. 成果・進捗概要

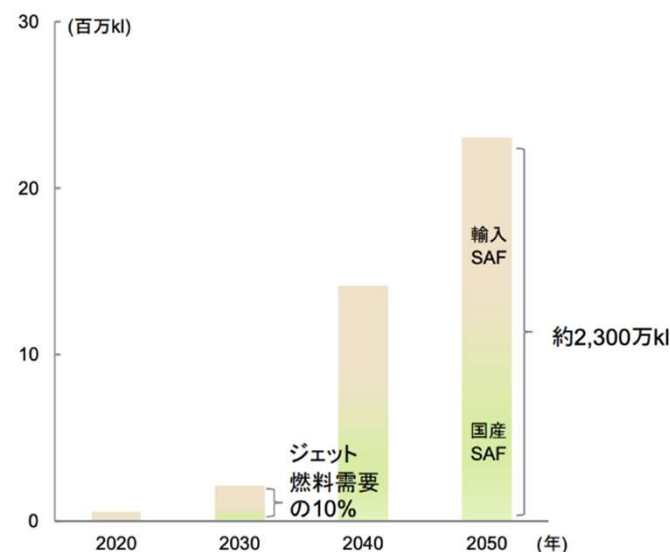
研究開発項目2（標準化）：微細藻類種でのバイオマス・脂質生産性の取得
研究開発項目3（LCA評価）：Aspen Plusによる工程検証を取組み中
研究開発項目4（産業課題）：一貫したプロセスでのモデルケース作成中

日本・米国におけるのSAFに関する目標・規制

	SAF導入比率			備考
	2025年	2030年	2050年	
日本	-	10% (約2.5~5.6百万kl) [※]	-	・政府目標(国内線・国際線)
米国	-	約8%製造 (11百万kl)	100%製造 (130百万kl)	・政府目標 ・製造資金支援(総額43億ドル)、税制優遇を検討中

出所：SMBCLレポート 持続可能な航空燃料（SAF）国産化に向けた取組と事業機会
 ※：2024年9月発行の経産省「2030年における持続可能な航空燃料（SAF）の供給目標量の在り方」では、171万klと記載

日本のジェット燃料需要



国内でのSAF製造可能量について（2050年予測）

推測1：未利用量のみSAFに振り向ける場合

推測2：未利用量に加え発電用等バイオマス以外の供給源がある既利用分をSAFに振り向ける場合

推測3：全ポテンシャルをSAFに振り向ける場合

	廃棄物	廃食油	植物油脂	木質バイオマス	CO ₂ ・水素	製造可能量
推測1	20 万kl	5.0 万kl	3.2 万kl	164 万kl	514 万kl ^{※1}	706 万kl
推測2	377 万kl	5.6 万kl	3.2 万kl	186 万kl	514 万kl ^{※1}	1,086 万kl
推測3	424 万kl	21 万kl	3.2 万kl	347 万kl	514 万kl ^{※1}	1,309 万kl

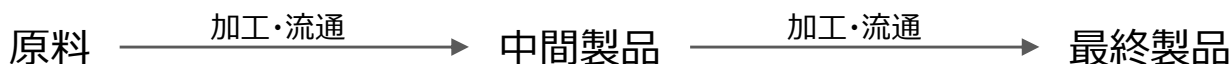
出所：運輸総合研究所「我が国におけるSAFの普及促進に向けたサプライチェーン全体の課題・解決策」

※1 CO₂・水素については2030年における水素供給目標PtL（逆シフト反応・FT合成）

国内SAF需要をカバーするには、微細藻類由来のSAF製造が重要となる。

- 微細藻類産業は注目されている一方で、発展途上であり、これから市場を拡大する産業です。
- 木質バイオマスや稲わら・サトウキビなどの植物バイオマスを利用した産業は、認証・評価体制が整備されていますが、微細藻類の評価機関はいません。

<バイオマス関連の評価機関・体制例>



A: サプライチェーンを追跡

B: 製品中の含有率を実測

A: 製品が持続可能な原料に基づくことをサプライチェーンの追跡により検証する制度

- 原料から製品までのサプライチェーンを通じて監査を行うことで原料のトレーサビリティを担保する
- 製品中の原料由来成分の含有率を実測する必要がないことから、実測での検証ができないリサイクル製品やCO₂由来製品も対象にすることができる




B: 製品にバイオマス由来成分が含まれることを実測により検証する制度

- 製品中に含まれるバイオマス由来成分を¹⁴C法を用いて実測する（予め実測した素材を用い、物質収支で製品中の含有率を算出する場合も含む）
- リサイクル製品については含有率を実測できず、バイオマス製品に限られる

概要

認証・表示制度の例

スキームオーナー	制度名	ロゴ
ISCC System	ISCC PLUS	
Roundtable on Sustainable Biomaterials (RSB)	RSB Global Advanced Products	
REDcert	RED cert ²	

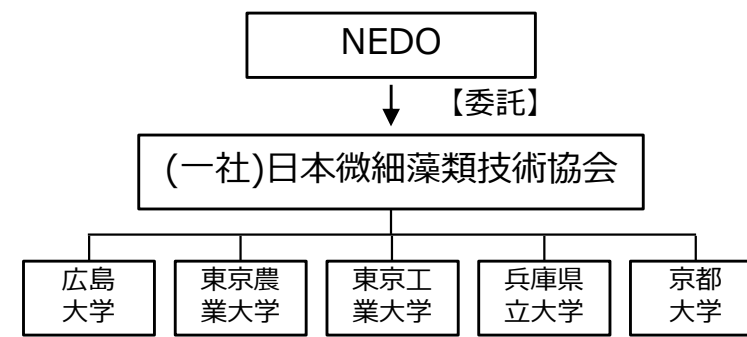
スキームオーナー	制度名	ロゴ
米国農務省	バイオプリファード制度 (BioPreferred program)	
日本バイオプラスチック協会	バイオマスプラ識別表示制度	
(一社) 日本有機資源協会	バイオマスマーク事業	

IMATはSAF燃料製造プロセスのNEDO事業をもとに、微細藻類関連のLCA・TEA技術を蓄積し、**微細藻類産業の市場形成・社会実装に貢献する評価機関**となる。

< 内容 >

- 研究項目1：『国内基盤研究拠点』の整備
- 研究項目2：標準条件・手法の整備
- 研究項目3：排ガス利用および技術経済・環境影響分析
- 研究項目4：産業化課題の解決

< 実施体制図 >



1 研究拠点の整備

安定したデータの取得と複数のアプローチによる技術検証が可能な屋内研究拠点を整備します。

< 実施項目の進捗 >

- ✓ **企業/大学の外部組織との連携強化**
他企業や大学との連携を進めており、研究拠点の価値向上を実施。
- ✓ **事業支援団体としての知名度向上**
出展及び講演を年5回目標しており、半期で3回の対応を実施。
- ✓ **組織体制の充実化**
実施計画書に合わせて、各分野の専門員を20名に増加。
- ✓ **自主自立に向けた組織体制の検討**
外部コンサルと連携し、事業評価を実施中。

2 手法条件の標準化

微細藻類の生産における標準手法・標準条件を整備し、標準参照値の取得を行います。

< 実施項目の進捗 >

- ✓ **標準測定・分析手法の整備**
脂質の詳細分析が可能な体制を整備。
- ✓ **標準培養条件の整備**
バイオマス・脂質・FAME生産性を算出。
- ✓ **標準環境条件の整備**
屋外設備の建設を進め、2024年7月に竣工予定。
- ✓ **分析手法の標準化**
数種の藻類を用いて、主成分を検討済。

3 排ガス利用・分析

大崎クールジェンから供給されるCO₂を用いて微細藻類の培養試験・各種分析を実施します。

< 実施項目の進捗 >

- ✓ **排ガスの微細藻類培養への応用**
IGCC CO₂ガスによる影響評価を実施。
- ✓ **LCA / TEAの参照用数値の取得**
工程シミュレーションのAspen plusを導入し、LCA/TEAの算出を目指す。
- ✓ **下流工程の選定**
主に抽出関連で、ラボスケールと規模を拡大した抽出装置での比較を実施。これにより、規模拡大による影響評価を実施。

4 産業課題化の解決

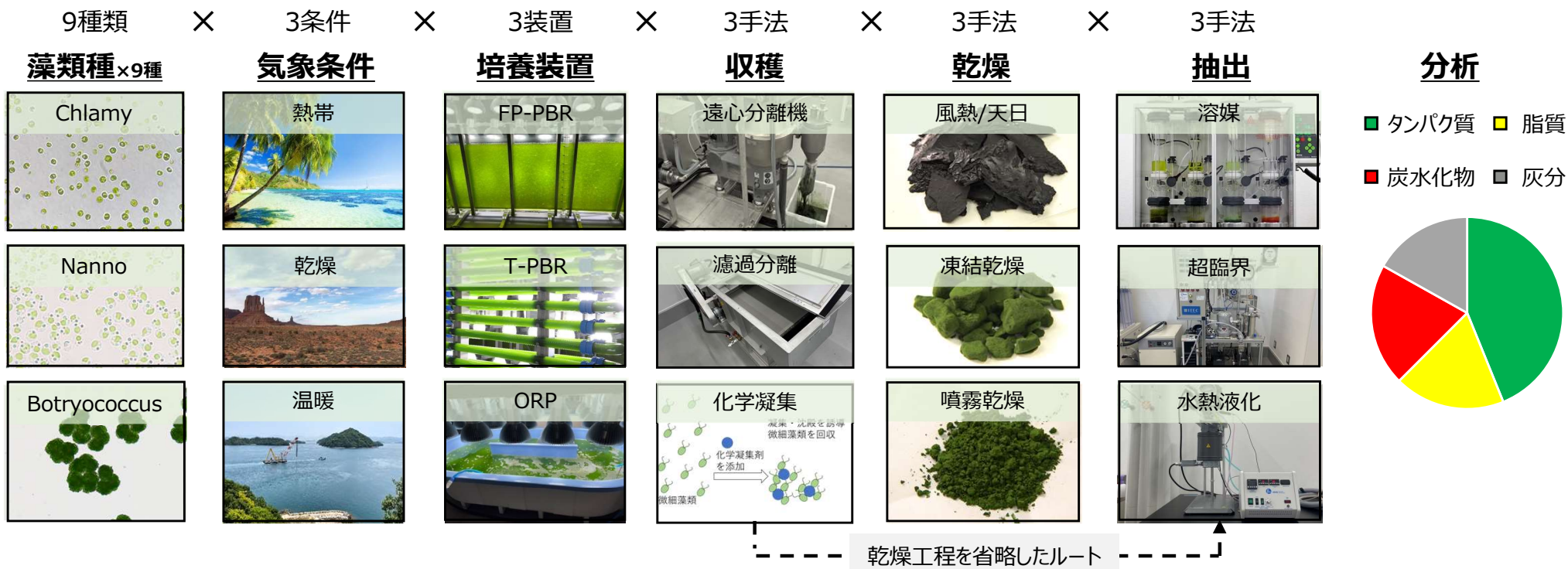
実証データを比較・分析し、商業化の課題解決を行います。

< 実施項目の進捗 >

- ✓ **実証データ比較・分析**
各工程のCO₂排出量を算出した。現在、微細藻類が培養中に固定するCO₂量の測定を進めている。
- ✓ **第一種使用設備の建設、運用**
第一種使用設備の要件を満たした建屋が完成。現在、拡散試験の検証を実施中。

微細藻類関連技術の研究基盤構築およびその成果の公正な比較・評価を通じて、
微細藻類由来バイオジェット燃料の産業化に貢献する

標準条件を規定し、複数原理からなるプロセスを比較

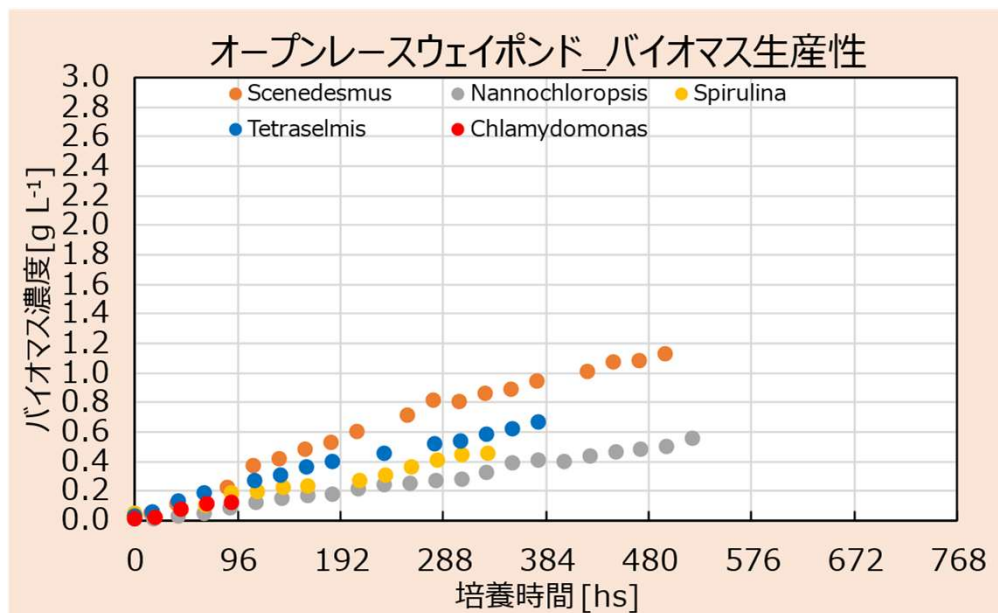
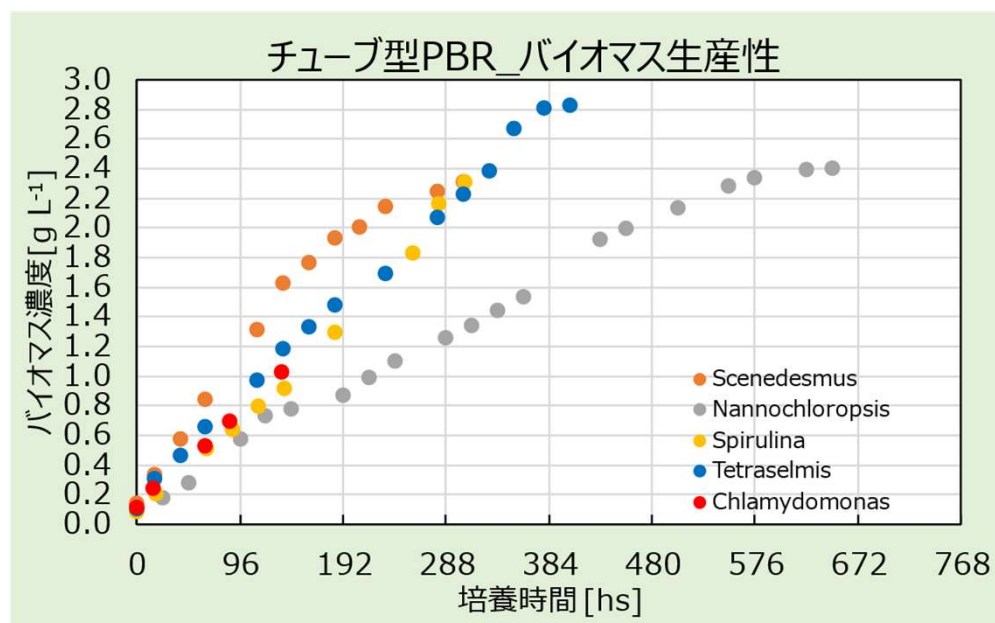
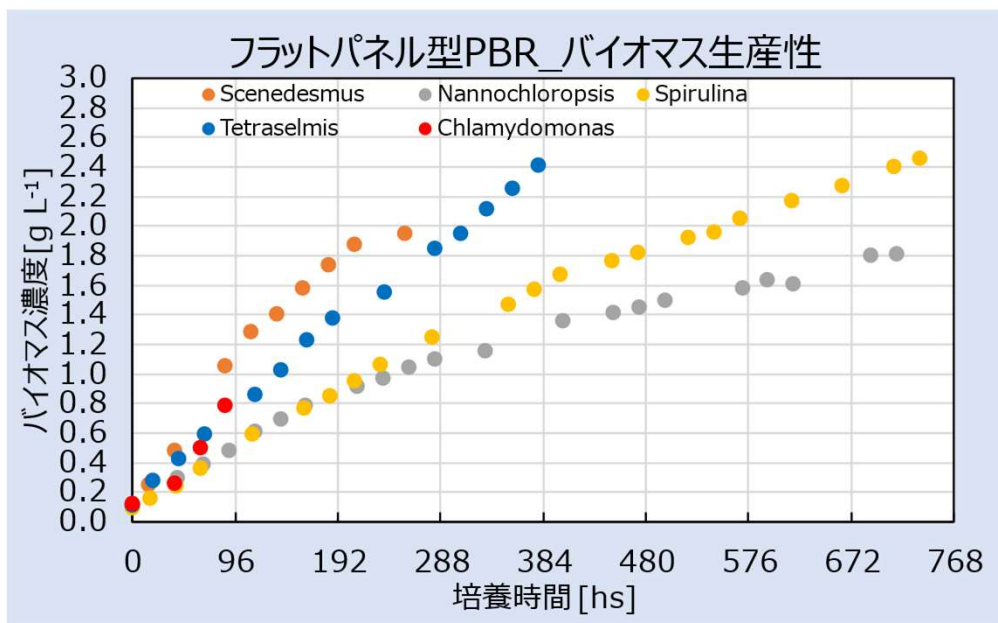


各工程のCO₂排出量・稼働コストの算出 (IMATで算出した数値)

分類	培養		収穫		乾燥		抽出	
	パネル型	チューブ型	遠心機	濾過分離	天日	風熱	溶媒(ラボ)	溶媒(規模拡大)
CO ₂ 排出量	1.7 ※1	2.2 ※1	12.3 ※1	10.5 ※1	0 ※1	30.8 ※1	4.5 ※1	データ取得中
稼働コスト	3,350 ※2	4,540 ※2	325 ※2	387 ※2	192 ※2	295 ※2	1,573 ※2	512 ※2

※1 : kg-CO₂ kg_{Dry Biomass}⁻¹、※2 : 円 kg_{Dry Biomass}⁻¹

■ 培養プロセスにおけるLCA・TEA算出に向けたバイオマス生産データの取得（研究開発項目2・3）

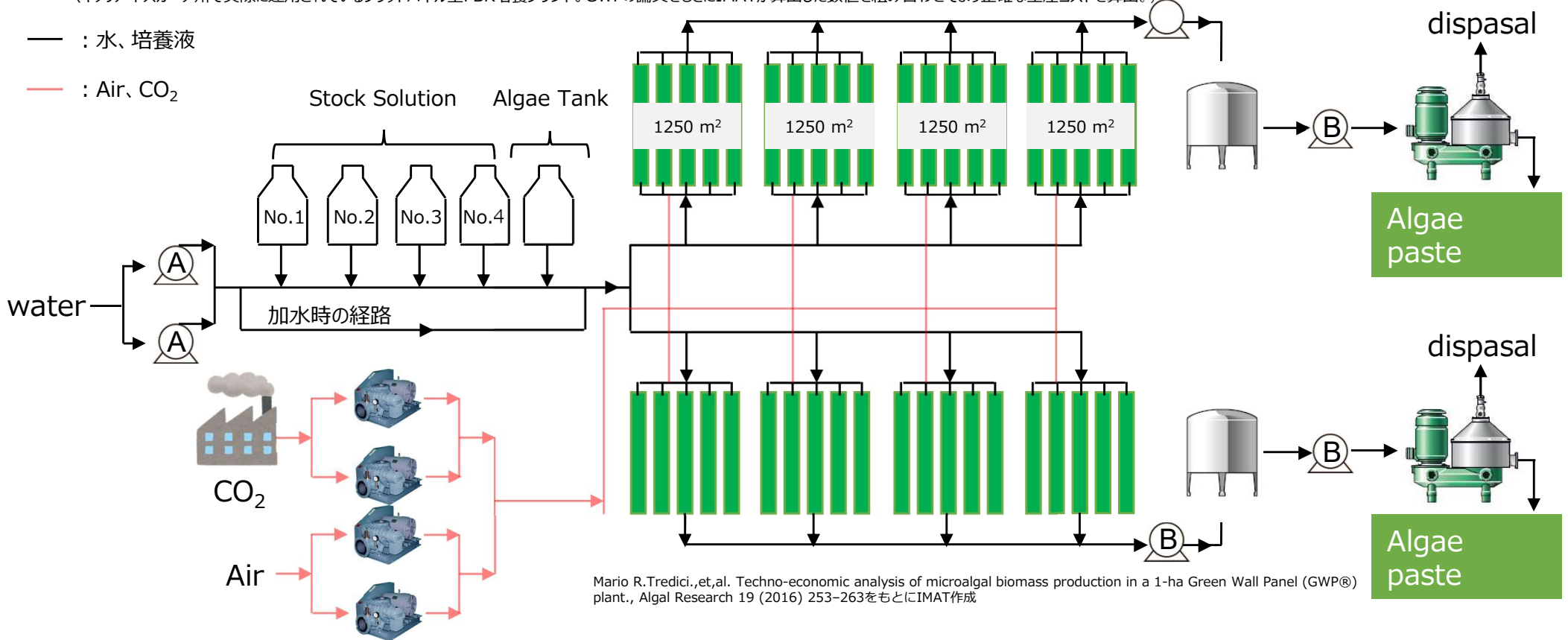


最終プロットまでのバイオマス生産性 [$\text{g L}^{-1} \cdot \text{d}$]

	FP-PBR	T-PBR	ORP
<i>Scenedesmus</i>	0.172	0.172	0.067
<i>Nannochloropsis</i>	0.059	0.093	0.026
<i>Spirulina</i>	0.079	0.175	0.029
<i>Tetraselmis</i>	0.145	0.171	0.041
<i>Chlamydomonas</i>	0.181	0.163	0.031
<i>Botryococcus</i>	0.106	0.096	0.034

GWP※1を参照した生産コスト_運用フロー (1ha規模)

※1 : Mario R.Tredici.,et,al. Techno-economic analysis of microalgal biomass production in a 1-ha Green Wall Panel (GWP®) plant., Algal Research 19 (2016) 253-263
 (イタリアトスカーナ州で実際に運用されているフラットパネル型PBR培養プラント。GWPの論文をもとにIMATが算出した数値を組み合わせてより正確な生産コストを算出。)



Mario R.Tredici.,et,al. Techno-economic analysis of microalgal biomass production in a 1-ha Green Wall Panel (GWP®) plant., Algal Research 19 (2016) 253-263をもとにIMAT作成

- (A) : 水中ポンプ
- (B) : 送液ポンプ
- : 培養液貯蔵タンク
- : 遠心分離機
- : ブロワ

	機器のスペック
水中ポンプ	10 kW、300 m ³ h ⁻¹
送液ポンプ	5.5 kw、40 m ³ h ⁻¹
培養液貯蔵タンク	50,000 L容器
遠心分離機	7.5 kw、4 m ³ h ⁻¹
ブロワ	7.5 kw、520 Nm ³ h ⁻¹



※2 : Mario R.Tredici.,et,al. Techno-economic analysis of microalgal biomass production in a 1-ha Green Wall Panel (GWP®) plant., Algal Research 19 (2016) 253-263から培養写真を引用

GWPを参照した生産コスト_試算条件（1ha規模）

各項目	条件	耐用年数 year ⁻¹ ※4	総費用（導入価格） ※4,5	減価償却 or 年間コスト year ⁻¹ ※4,5
土地	土地代を含まない	-	-	-
PBR バッグ	LDPE（厚み：0.3 mm）	1	1,578,465 円	1,578,465 円
PBR バッグ_光路長	4.5 cm	-	-	-
PBR 水深	0.7 m	-	-	-
透過率	90%	-	-	-
1 haあたりの培養液量	394,000 L	全交換(約90回)	水中ポンプによる河川から供給のためなし	
培地価格	0.417 円 L ⁻¹ で試算	-	-	14,786,820 円
バイオマス生産性	0.139 g L ⁻¹ ・d ※2,3	-	-	-
年間のバイオマス生産量	15.1 t year ⁻¹ (275日計算)	-	-	-
ロス率	本試算では考慮しない	-	-	-
人件費	6人、人員は1交代制のフルタイム。 作業管理者1人、培養経験者1人、作業員4人	-	25,612,938 円	25,612,938 円
10 kw 水中ポンプ_2台	300 m ³ h ⁻¹ で稼働	10	5,276,779 円	527,677 円
5.5 kw 送液ポンプ_4台	40 m ³ h ⁻¹ で稼働	10	952,561 円	95,256 円
培養液貯蔵タンク_2台	50,000 L容器	20	1,484,808 円	74,240 円
7.5 kw 遠心分離機_2台	4 m ³ h ⁻¹ の処理量	25	15,990,240 円	639,609 円
7.5 kw ブロワ_4台	520 Nm ³ h ⁻¹ の処理量	20	3,026,724 円	151,336 円
配管、器具、バルブ類	一括での試算結果	15	20,417,537 円	1,361,169 円
税金、保険料	本試算では考慮しない	-	-	-

※2：FP-PBRの0.154 g L⁻¹・dに0.9をかけた数値 ※3：晴天時のみの試算のため、気候変動を考慮しない ※4：論文値参照 ※5：1€ = 142.77円を使用（2023年3月12日時点）

機器関連の稼働コスト

各項目	1時間あたりのエネルギー [Kwh]	動作時間 h year ⁻¹	1時間あたりのエネルギー [Kwh year ⁻¹]	年間コスト year ⁻¹ ※2,3
10 kw 水中ポンプ	10.0	118	1,180	29,482 円
5.5 kw 送液ポンプ	5.5	1,773	9,752	243,651 円
7.5 kw 遠心分離機	7.5	8,865	66,488	1,661,186 円
7.5 kw ブロウ_日中 0.22 L L ⁻¹ min ⁻¹	30.0	2,750 10時間稼働	82,500	2,061,241 円
7.5 kw ブロウ_夜間 0.12 L L ⁻¹ min ⁻¹	16.9	3,850 14時間稼働	65,065	1,625,632 円

※2: 電力料金は産業用価格の€0.175 kwh⁻¹より算出(論文の記載値) ※3: 1€ = 142.77円を使用 (2023年3月12日時点)

各コスト結果

項目	価格	単位	割合
PBR バッグ	1,578,465	円	3.1 %
培地	14,786,820	円	29.3 %
人件費	25,612,938	円	50.8 %
稼働電力	2,849,287	円	5.6 %
減価償却	5,621,192	円	11.2 %
合計	50,448,702	円	100.0 %

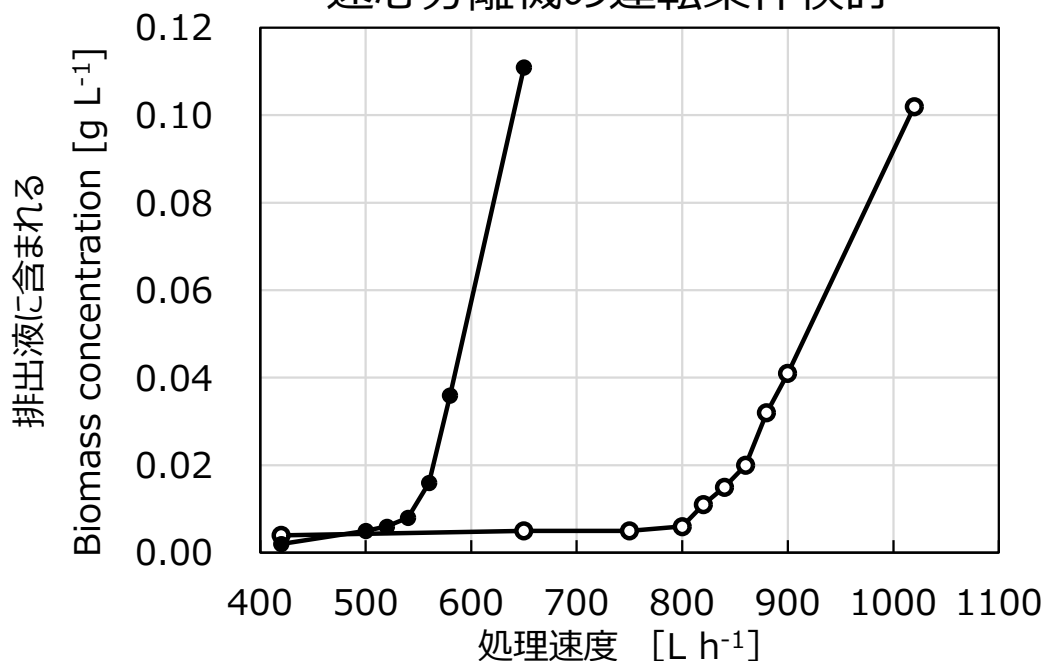
バイオマス生産コスト (1ha規模)

項目	試算結果
年間バイオマス量	15.06 t year ⁻¹
合計コスト	50,448,702 円
バイオマス生産コスト	3349.8 円 Biomass kg ⁻¹

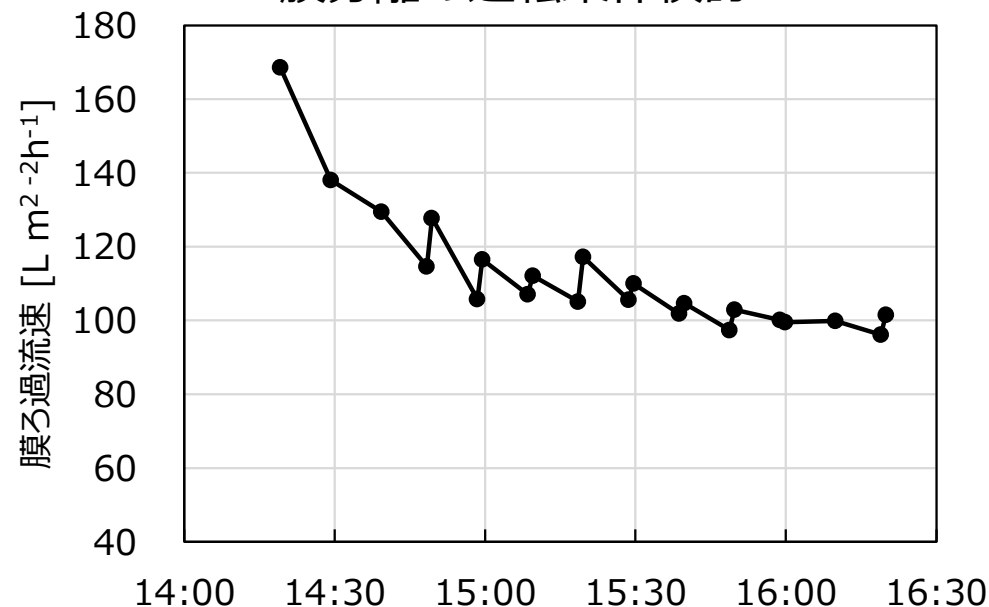
1ha規模でバイオマスkgあたりの生産コストは3,349円で高価となる。
 ただし培養・収穫・乾燥工程における、培養規模の影響を考慮したコストダウンは可能なため、
培養規模に合わせたコスト及びCO₂排出量の計算モデルを最終成果として報告する。

■ 収穫プロセスにおけるLCA・TEA算出に向けた条件設定・コスト/CO₂排出量（研究開発項目3）

遠心分離機の運転条件検討



膜分離の運転条件検討



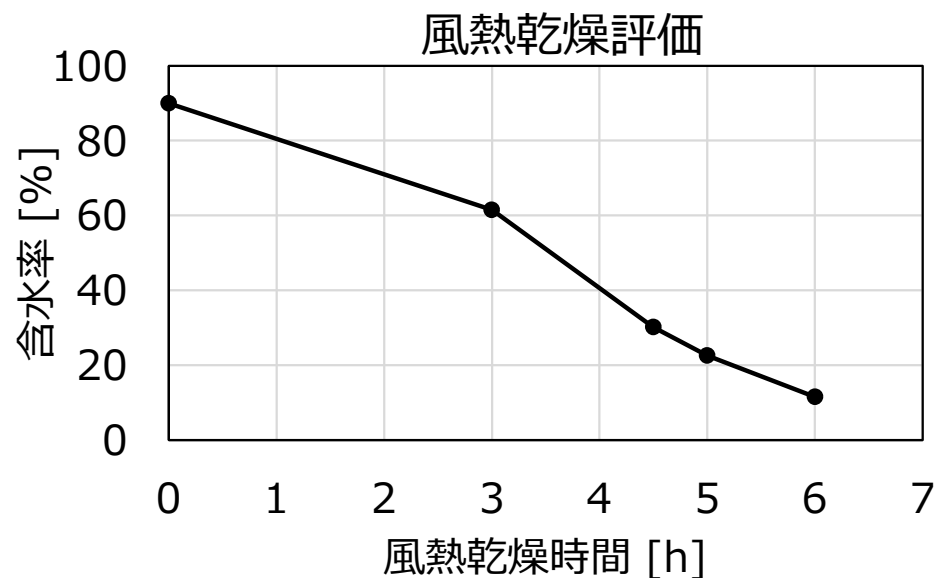
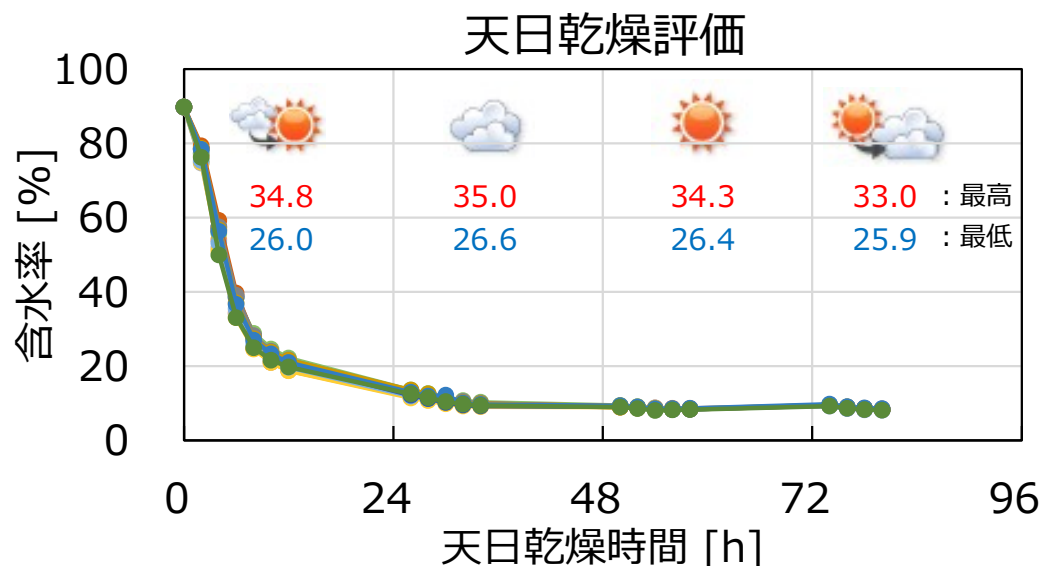
遠心分離機におけるバイオマスkgあたりの収穫コストおよびCO₂排出量

藻類種	収穫コスト	CO ₂ 排出量
<i>Chlamydomonas</i>	325.0 円 kg ⁻¹	12.3 kg _{CO₂eq} kg _{DM} ⁻¹
<i>Nannochloropsis</i>	435.4円 kg ⁻¹	16.7 kg _{CO₂eq} kg _{DM} ⁻¹

膜分離におけるバイオマスkgあたりの収穫コストおよびCO₂排出量

藻類種	収穫コスト	CO ₂ 排出量
<i>Chlamydomonas</i>	852.0 円 kg ⁻¹	32.2 kg _{CO₂eq} kg _{DM} ⁻¹
<i>Nannochloropsis</i>	576.2円 kg ⁻¹	21.8 kg _{CO₂eq} kg _{DM} ⁻¹

■ 乾燥プロセスにおけるLCA・TEA算出に向けた条件設定・コスト/CO₂排出量 (研究開発項目3)



乾燥手法によるコスト

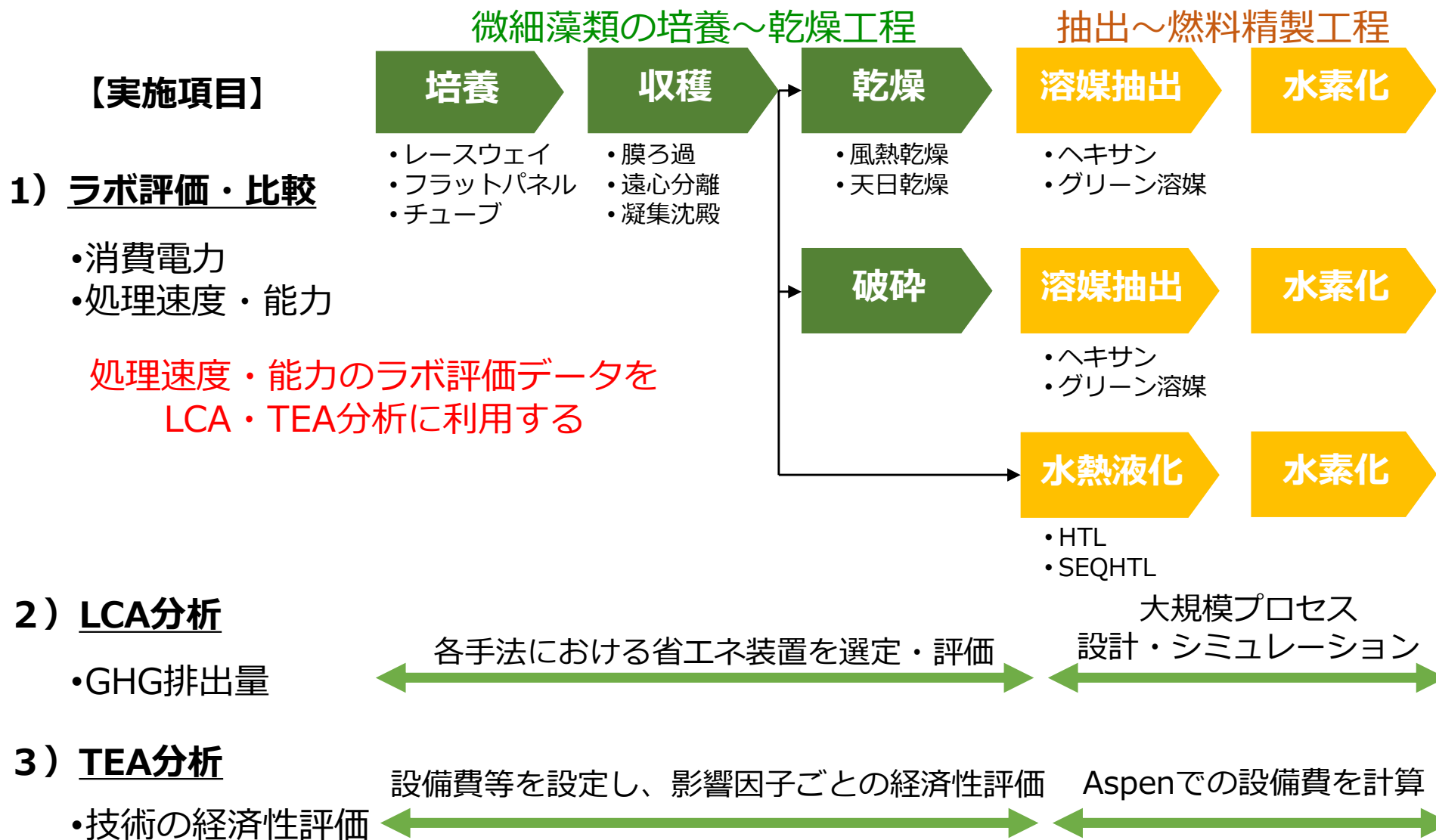
乾燥手法	乾燥コスト	CO ₂ 排出量
天日乾燥	278 円 kg ⁻¹	0 kg _{CO₂eq} kg _{DM} ⁻¹
風熱乾燥	707 円 kg ⁻¹	30.9 kg _{CO₂eq} kg _{DM} ⁻¹

1 ha規模での培養に必要な天日乾燥面積

生産性 [g m ⁻² d ⁻¹]	培養面積 m ²	収穫日数 days	収穫含水率	濃縮液量 L	面積 m ²	厚み 6mm 処理量 [L]	m ² あたり 処理量 [L]	必要面積 [m ²]
25	10,000	4	90	10,000	0.016	1.152	72.0	138.9

設置面積試算の結果より、設備費などのCapexに関わる試算を実施。

■ LCA・TEA算出に向けたAspenの活用およびモデルケース作成（研究開発項目4）



Aspenを用いた一貫したプロセスでのLCA・TEA算出およびSAF燃料でのモデルケース提示が今年度の成果見込となる。