

微細藻類産業化に向けた取り組み



2024年10月25日
CHANCE 第6回マッチング交流会

■ IMATは藻類研究エリアにて、広島県大崎上島大崎発電所構内において、「カーボンリサイクル実証拠点」の一つとして微細藻類の産業応用に資する研究拠点の整備を主たる活動として実施しております。



IMAT基盤技術研究所 大崎上島拠点
- 2022年4月開所

国内でのSAF製造可能量について(2050年予測)

原料		製造技術	概算製造可能量(万kl/年)
	廃棄物	ガス化・FT合成	424
	廃食油	水素化処理	21
	植物油脂	水素化処理	3.2
	バイオマス糖	ATJ	2.3
	木質バイオマス	ガス化・FT合成・ATJ	347
	CO ₂ ・水素	PtL (逆シフト反応・FT合成)	514
	微細藻類	触媒水熱分解・ 水素化処理	N.A.
合計		—	1,312

(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(報告)」から引用



国内SAFの需要 **2,300** 万kl/年

**2050年時点での国内SAF需要をカバーするためには、
微細藻類由来SAFの製造が重要となる。**

IMATは、日本国内の微細藻類事業者の意見/技術の集約の場として、
微細藻類の産業利用と関連技術の発展を推進します。

微細藻類産業の創出に向けた基盤整備の推進

標準化の推進

微細藻類技術に関する研究開発の標準手法や規格の確立・規定、産業利用にむけた技術基盤の整備、政策への提言を実施。

米国NRELやABOの事例を参考に、様々な機関・研究者が得た各種研究成果の適切な比較を推進する



事業例

- 試験や分析/評価方法、単位表記の標準化
- バイオマス生産性等の各種標準参照値の取得
- モデルケース・シナリオの提案
- 各種目標数値、共通課題等の整理
- ロードマップの作成
- 政策や法整備への提言

研究用テストベッドの整備

微細藻類事業の共通実証基盤機能を有する屋内研究設備を設置し、微細藻類事業者の共通利益に資するオープンな研究開発を実施。

米国ATP3テストベッドの事例を参考に、日本国内のテストベッドを整備する



事業例

- 培養から抽出までの工程に関する基礎データの収集および分析
- CO₂フットプリント、TEA、EROI等の分析
- 会員の研究設備利用
- 会員の技術委員会への参加
- 会員への研究成果公開
- 会員の技術セミナー等参加

事業創出の支援

異なる分野の事業者を交えたイベントの開催等による情報収集機会の提供を通じて、微細藻類関連事業の創出を促進。

研究者や事業者の交流活性化を通じて、共同研究や新規事業創出を推進する



事業例

- 産官学連携による研究開発
- 地域産業との連携
- 実務経験を通じた研究員の技術交流
- 各種産業分野・企業との交流会の開催
- ニュースレター等による業界情報の提供



Standardization, Life Cycle Assessment

培養

強み: 標準化された培養設備

- 産業応用時の培養環境再現(世界初)
- 開放系での安全性評価(国内唯一)
- 安定したバイオマスの提供

遺伝子

強み: 微細藻類の改変技術

- ゲノム編集、遺伝子組換え双方に対応
- ロングリード解析による培養環境把握
- LS1設備による事業性評価が可能

分析

強み: バイオマスの成分分析技術

- バイオマスのポテンシャル評価が可能
- 微細藻類以外の分野にも活用可能

アセスメント

強み: CR技術の価値判断が可能

- ISOに基づいたLCA
- 工程シミュレーションの実施

連携

強み: 拠点を活用した企業・地域連携

- 人材育成、教育
- 設備の共用使用
- 地域活性化の連携

培養

強み: 標準化された培養設備

- 産業応用時の培養環境再現(世界初)
- 開放系での安全性評価(国内唯一)
- 安定したバイオマスの提供

微細藻類の技術の集約拠点として最大限活用出来るように、有望な微細藻類のポテンシャルを検証出来るような拠点として整えている。

標準培養条件における生産性評価

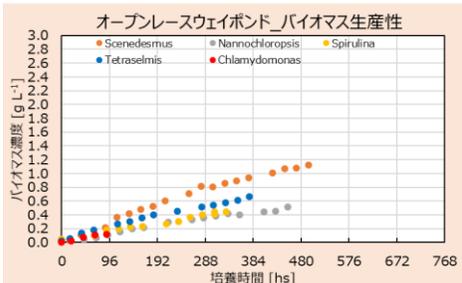
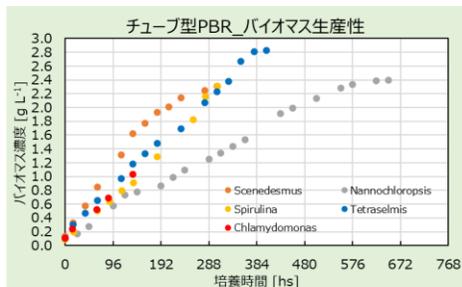
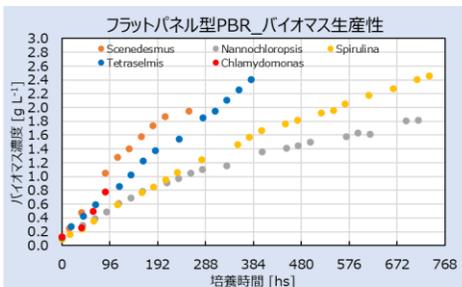
フラットパネル型PBR



チューブ型PBR



オープンレースウェイ

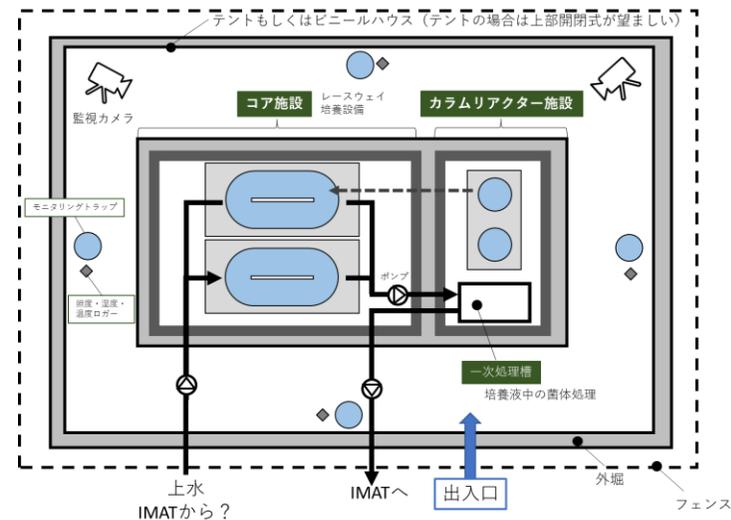


最終プロットまでのバイオマス生産性 [g L⁻¹・d]

	Scenedesmus	Nannochloropsis	Spirulina	Tetraselmis	Chlamydomonas
FP-PBR	0.172	0.059	0.079	0.145	0.181
T-PBR	0.172	0.093	0.175	0.171	0.163
ORP	0.067	0.026	0.029	0.041	0.031

赤字: 高生産性の順番で上位6位

開放系での安全性評価設備



分析

強み: バイオマスの成分分析技術

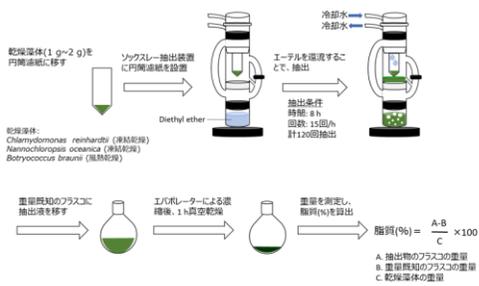
- バイオマスのポテンシャル評価が可能
- 微細藻類以外の分野にも活用可能

最先端の分析装置が一通りそろっており、微細藻類のみならずバイオマスプラスチックやガス類、微量金属等の定量分析等分野を横断した活用が可能。

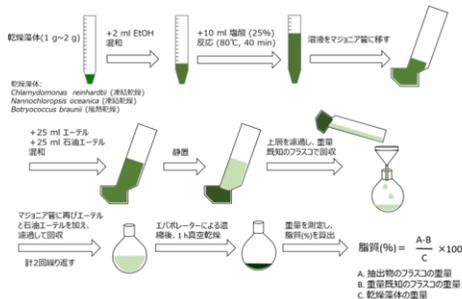
規格に基づいた分析手法の確立

手法	参照した規格	概略
エーテル抽出法	JOCS参2.1.1	中性脂質含有量が多いサンプルの測定に推奨
	AOAC 920.39-1990	
酸分解法	JOCS参2.1.3	中性脂質よりも糖脂質等の含有量が多いサンプルの測定に推奨
	AOAC 954.02-1990	

エーテル抽出法の手順

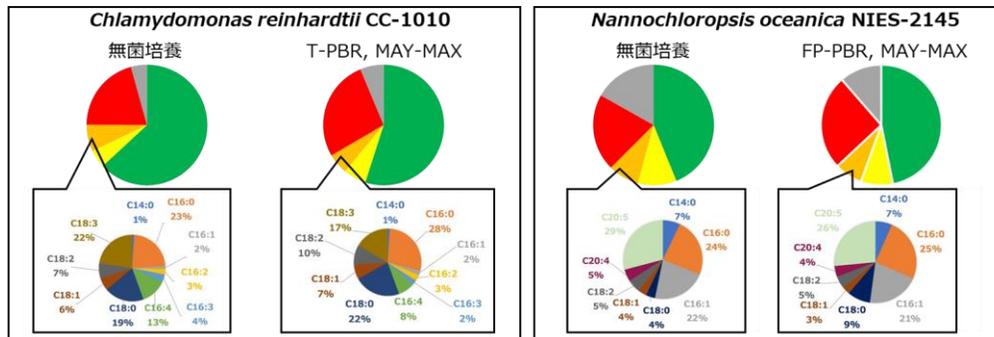


酸分解法の手順



バイオマスのポテンシャル評価

対象	<i>Chlamydomonas reinhardtii</i> CC-1010 (無菌培養)	<i>Chlamydomonas reinhardtii</i> CC-1010 (T-PBR, MAY-MAX)	<i>Nannochloropsis oceanica</i> NIES-2145 (無菌培養)	<i>Nannochloropsis oceanica</i> NIES-2145 (FP-PBR, MAY-MAX)
タンパク質	63.09%	54.93%	43.86%	46.89%
脂質	11.99%	11.65%	18.62%	16.13%
脂肪酸	7.20%	5.54%	8.29%	7.52%
灰分	4.29%	6.27%	16.83%	11.37%
炭水化物	20.63%	27.15%	20.69%	25.61%



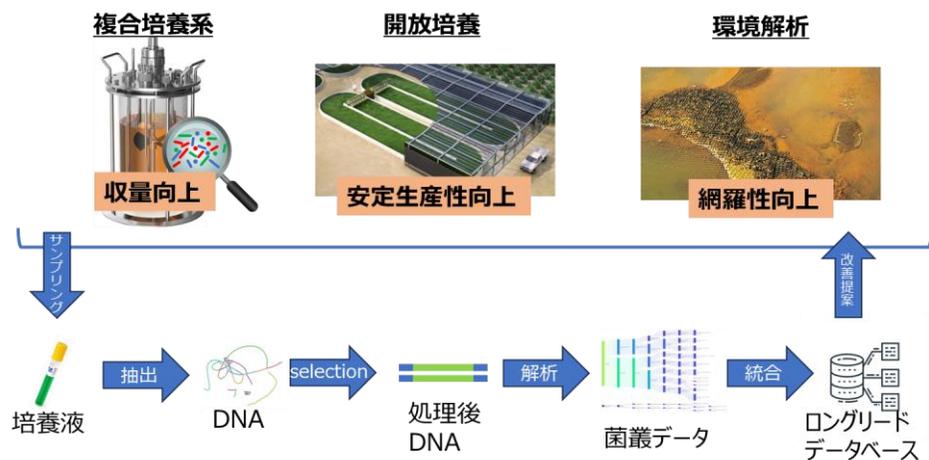
遺伝子

強み: 微細藻類の改変技術

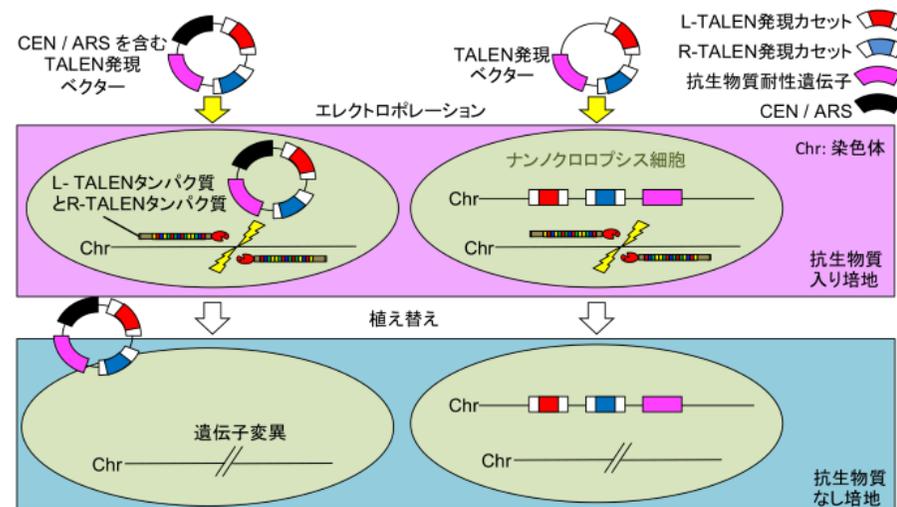
- ゲノム編集、遺伝子組換え双方に対応
- ロングリード解析による培養環境把握
- LS1設備による事業性評価が可能

高性能かつ環境耐性の高い微細藻類を作出するための技術が集約されている。また、その産業価値の検証を行うための設備群が揃っている。

ロングリード菌叢解析イメージ



ゲノム編集株の開発事例



CEN / ARSを含むTALEN発現ベクターによるゲノム編集とその後の脱落の図

アセスメント

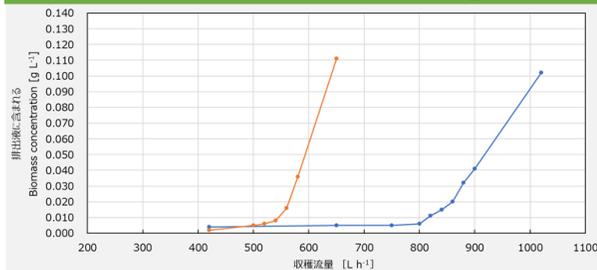
強み: CR技術の価値判断が可能

- ISOに基づいたLCA
- 工程シミュレーションの実施

微細藻類に限らず、先進的な技術に対する将来価値を定量的に評価、解釈を行う体制が整いつつある。

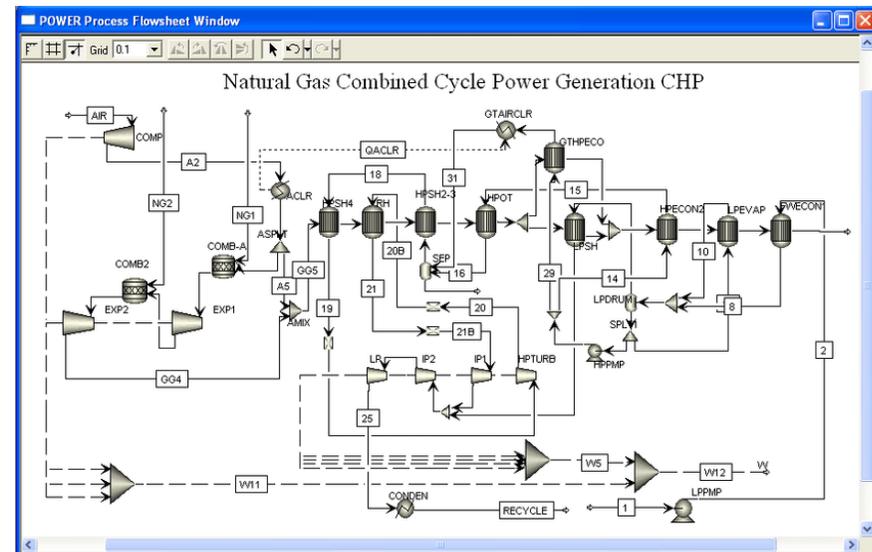
工程のLCA、TEA実績

遠心分離機による収穫コストおよびCO₂排出量



藻類種	収穫コスト	CO ₂ 排出量
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i> CC-1010	xx 円 kg ⁻¹	yy kg _{CO₂eq} kg _{DM} ⁻¹
<i>Nannochloropsis oceanica</i> NIES-2145	xx 円 kg ⁻¹	yy kg _{CO₂eq} kg _{DM} ⁻¹

工程シミュレーションによる検証



連携

強み: 拠点を活用した企業・地域連携

- 人材育成、教育
- 設備の共用使用
- 地域活性化の連携

広島近郊の企業・大学との連携や大崎上島内事業者との連携を積極的に進めている。

教育活動支援



地域連携例 (養殖利用)



養殖イメージ

培養 (ナンクロロプシス)



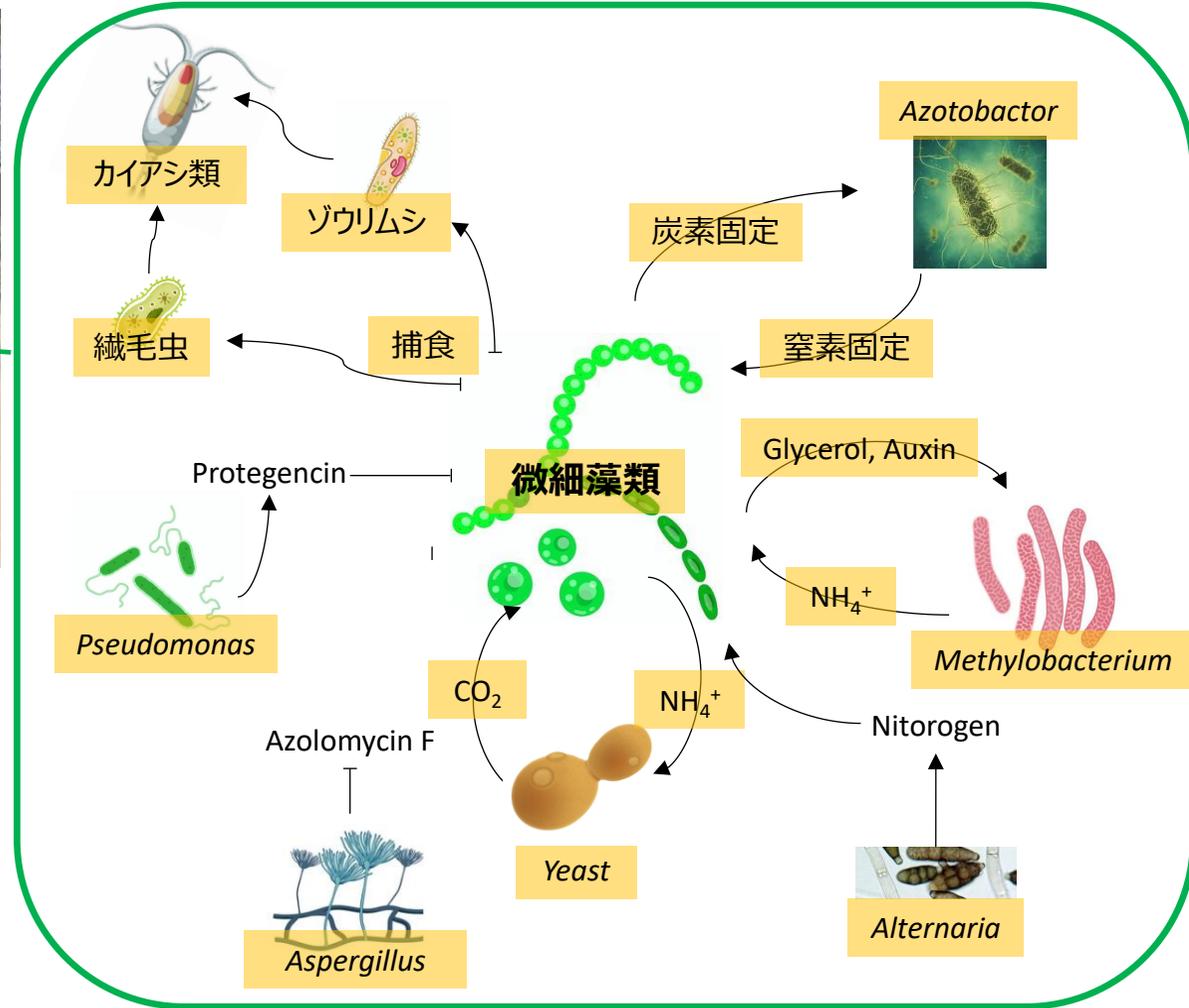
飼料としての
実用可能性
検討

抽出後残渣



コンタミネーションの課題について

- 屋外環境での培養では、微細藻類は様々な微生物と相互に関わりを持って生育を行っている。



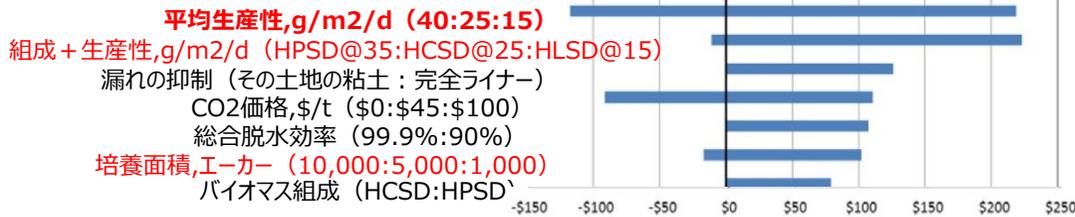
その生育環境の把握は、培養を行う上での安定化のためにも重要であり、将来的には共培養等の生産性向上のための情報を得る事が出来る。

Calatrava et al. *Plants* 2023, 12, 788.

コンタミネーションの課題について

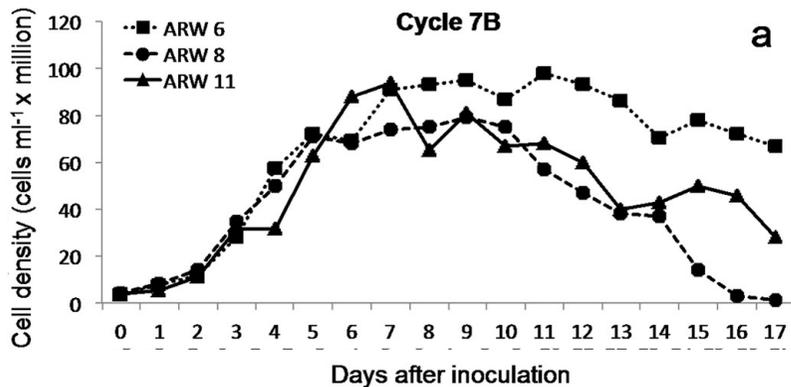
■ 微細藻類を開放系で培養を行うと、様々な外来生物に晒されることになる。ポンドクラッシュの多くは外来生物のコンタミネーションによって引き起こされており、その生産コストの影響は非常に大きい。そのため、コンタミネーションの抑制・リスク管理は非常に重要となり、国内外問わず多くの検討がなされている。

最小販売価格の変化 (\$/t-藻、ベースライン: \$491/t)

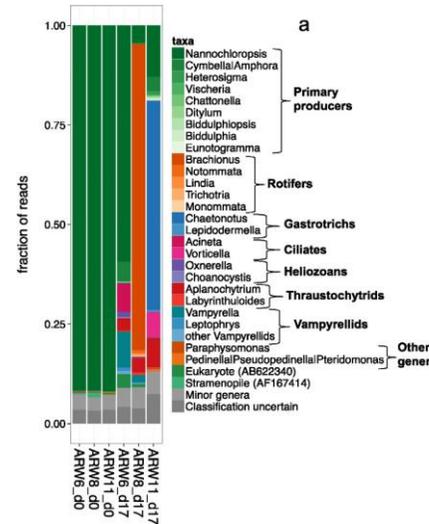


コストへの影響の大きい要素は生産性に関するものが上位を占めており、安定生産は産業化の課題解決事項として最重要事項の1つ。

Conceptual Basis and Techno Economic Modeling for Integrated Algal Biorefinery Conversion of Microalgae to Fuels and Products (NREL, 2019)



Carney et al. *Algal Research* 17 (2016) 341–347



微細藻類を単独で培養した際、その外来生物のコンタミネーションは顕著に生産性に効いている。