

NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026

プログラムNo.B2-1-14

カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発/
CO2有効利用拠点における技術開発/
研究拠点におけるCO2有効利用技術開発・実証事業/
カーボンリサイクルに資する微細藻類の担持体培養技
術とバイオマスの製品化の研究開発

発表：2026年07月21日

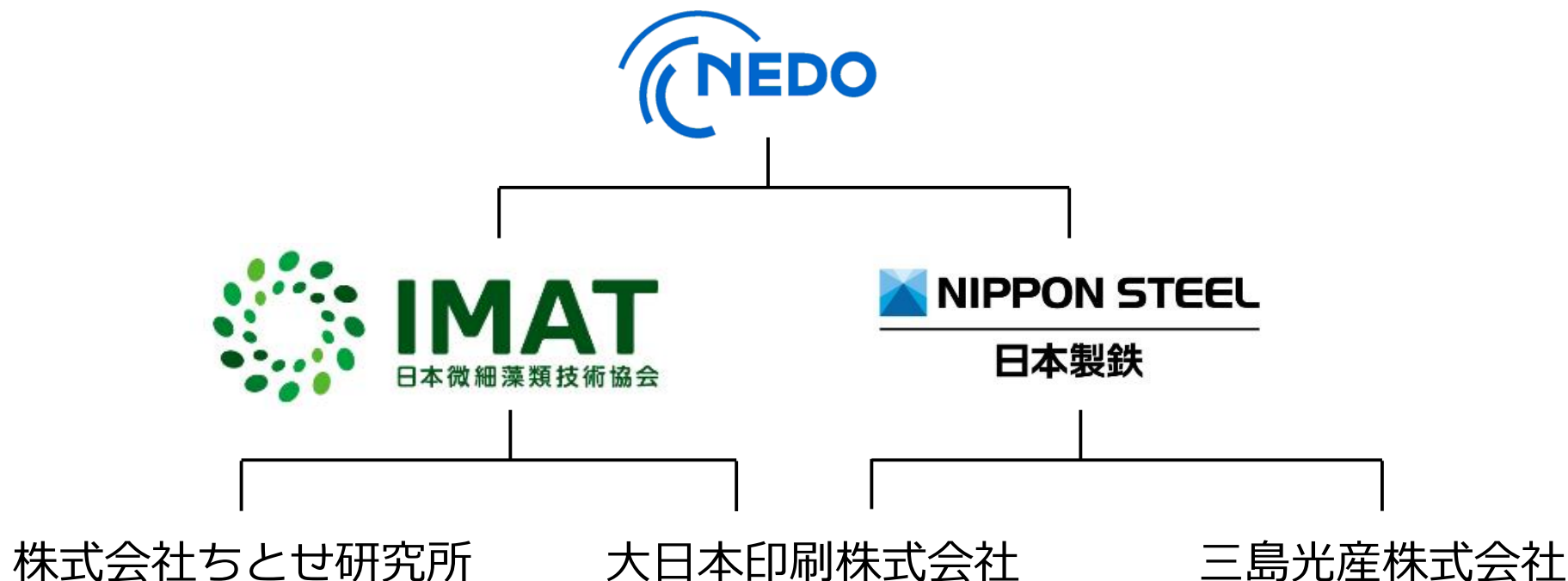
国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

発表者名 吉村 航*

(一社) 日本微細藻類技術協会、*日本製鉄(株)、(株) ちとせ研究所、大日本印刷(株)、三島光産(株)

問い合わせ先 日本製鉄株式会社 技術開発本部 先端技術研究所 吉村 航

E-mail:yoshimura.sb9.koh@jp.nipponsteel.com TEL:070-4064-2959



共同実施先の過去NEDOプロジェクト

日本製鉄 2022～2024年度 「CO₂の高効率利用が可能な藻類バイオマス生産と利用技術の開発」

IMAT 2020～2024年度 「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」

**IMAT・日本製鉄それぞれのNEDOプロジェクトの知見を持ち寄り、
カーボンリサイクル実証研究拠点において新たな体制で研究を実施中。**

カーボンリサイクル実証研究拠点について

2

広島県大崎上島町のカーボンリサイクル実証研究拠点において、
発電所等の排ガスから分離回収したCO₂を利用したカーボンリサイクル技術の研究開発を実施中。



図 カーボンリサイクル実証研究拠点（空撮写真）

カーボンリサイクル実証研究拠点HPより転載

<https://osakikamijima-carbon-recycling.nedo.go.jp/>

日本製鉄とCR実証研究拠点に基盤技術研究所を構えるIMATとで、共同で研究を推進。

カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／CO2有効利用拠点における技術開発／
研究拠点におけるCO2有効利用技術開発・実証事業／
(カーボンリサイクルに資する微細藻類の担持体培養技術とバイオマスの製品化の研究開発)



研究開発内容

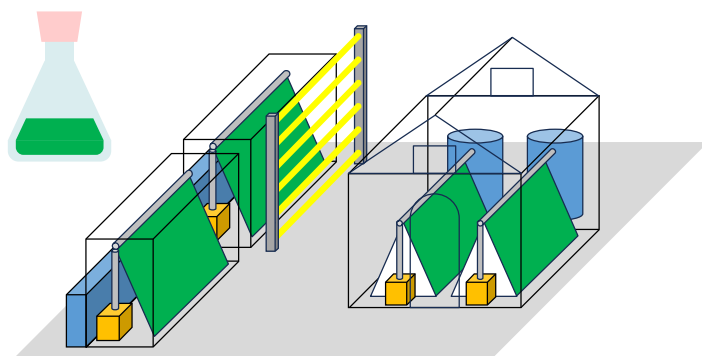
New Energy and Industrial Technology Development Organization

＜概 要＞ 微細藻類バイオマスをCR技術として実用化するための技術開発、検証を行う。

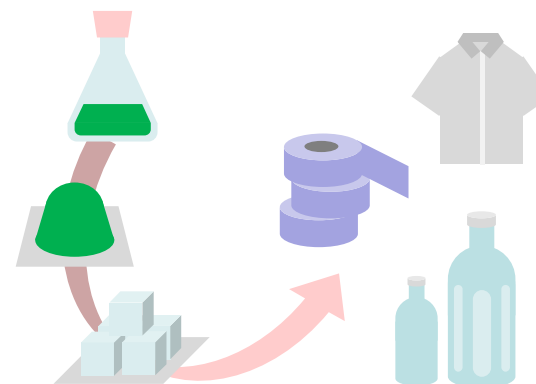
＜事業期間＞2025年4月～2027年3月

＜委託先＞ 一般社団法人日本微細藻類技術協会、日本製鉄株式会社

1.産業利用に向けたバイオマス生産システムの
最小ロットでの検証



2.有価物の検証／微細藻類由来の
化成品合成



3.カーボンニュートラルを目指したLCA算出および産業利用での実証シミュレーション

＜実施内容＞

本研究では、担持体培養の準パイロットスケールの培養装置の製作検証と、微細藻類バイオマスからの化成品合成の技術開発を行う。また、バイオマス生産から利用までの一連のプロセスの社会実装の可能性をLCA、シミュレーションで評価する。

技術課題① 産業利用に向けたバイオマス生産システムの最小ロットでの検証

技術課題② 有価物の検証／微細藻類由来の化成品合成

技術課題③ カーボンニュートラルを目指したLCA算出および産業利用での実証シミュレーション

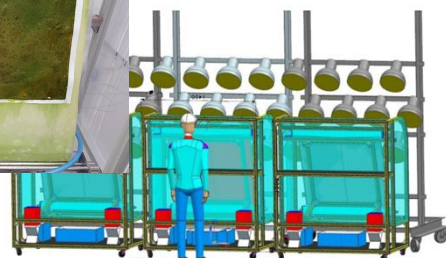
3つの観点から、微細藻類バイオマスの実用化に関わる研究開発を実施中。

研究開発項目①

担持体培養技術の確立



担持体培養



担持体培養装置

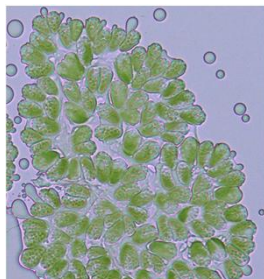
主な研究課題

- ・担持体培養装置の開発
- ・担持体素材の検討、開発
- ・屋内外でのバイオマス生産性の評価
- ・培養プロセスの構築

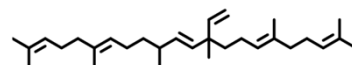
日本製鉄
(大日本印刷、三島光産)

研究開発項目②

微細藻類バイオマスからのPET製造



ボツリオコッカス



ボツリオコッセン



炭化水素を含む粗油

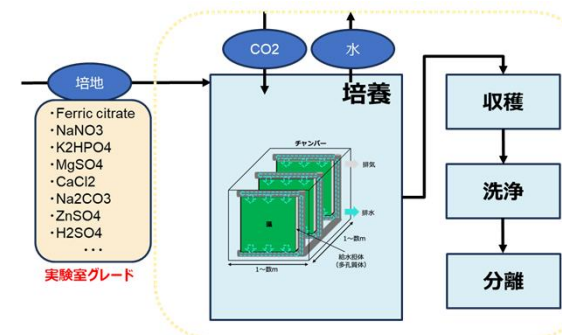
主な研究課題

- ・炭化水素抽出工程の最適化
- ・炭化水素からPET樹脂合成の検証
- ・バイオマス～PETのプロセスの評価

IMAT
(ちとせ研究所、大日本印刷)

研究開発項目③

培養～利用までのLCA・経済性評価



培養に関するLCAのイメージ

主な研究課題

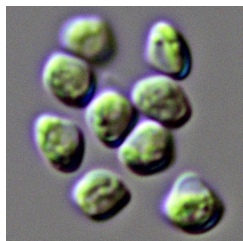
- ・実測値を用いたLCA評価
- ・大規模培養時のCO2削減効果の検証

担持体培養（高生産培養技術）×ボツリオコッカス（炭化水素の利用）で、
カーボンリサイクルに資する技術を開発し、その有用性を検証する

生物の光合成を利用したCO₂の固定化技術として微細藻類によるバイオマス生産が注目されている。

微細藻類とは

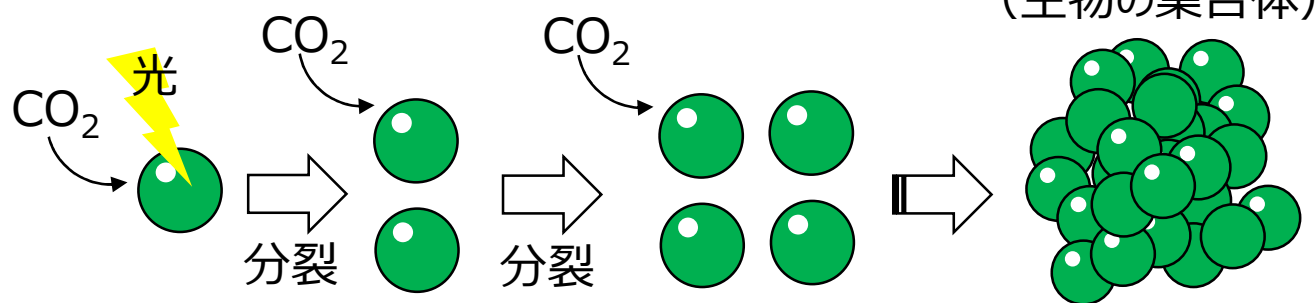
- ・微小な光合成生物
サイズは数～数十μm
- ・非常に多様な種が存在
Ex. クロレラ、ユーグレナ
- ・様々な環境に適応



Parachlorella kimitsuensis

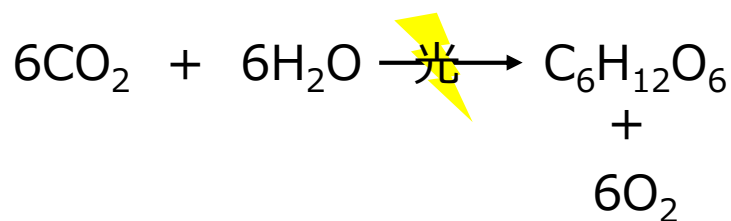
微細藻類によるバイオマス生産

微細藻類はCO₂を取り込んで増殖する。



光合成と物質生産

微細藻類はCO₂を原料に様々な有機物を合成することができる。



バイオマス

炭水化物

脂質

タンパク質

その他

バイオマスには様々な物質が含まれる。



化学合成が困難な複雑な分子がつくれる。
Ex. 脂肪酸、糖



混合物のため単離・精製が難しい。

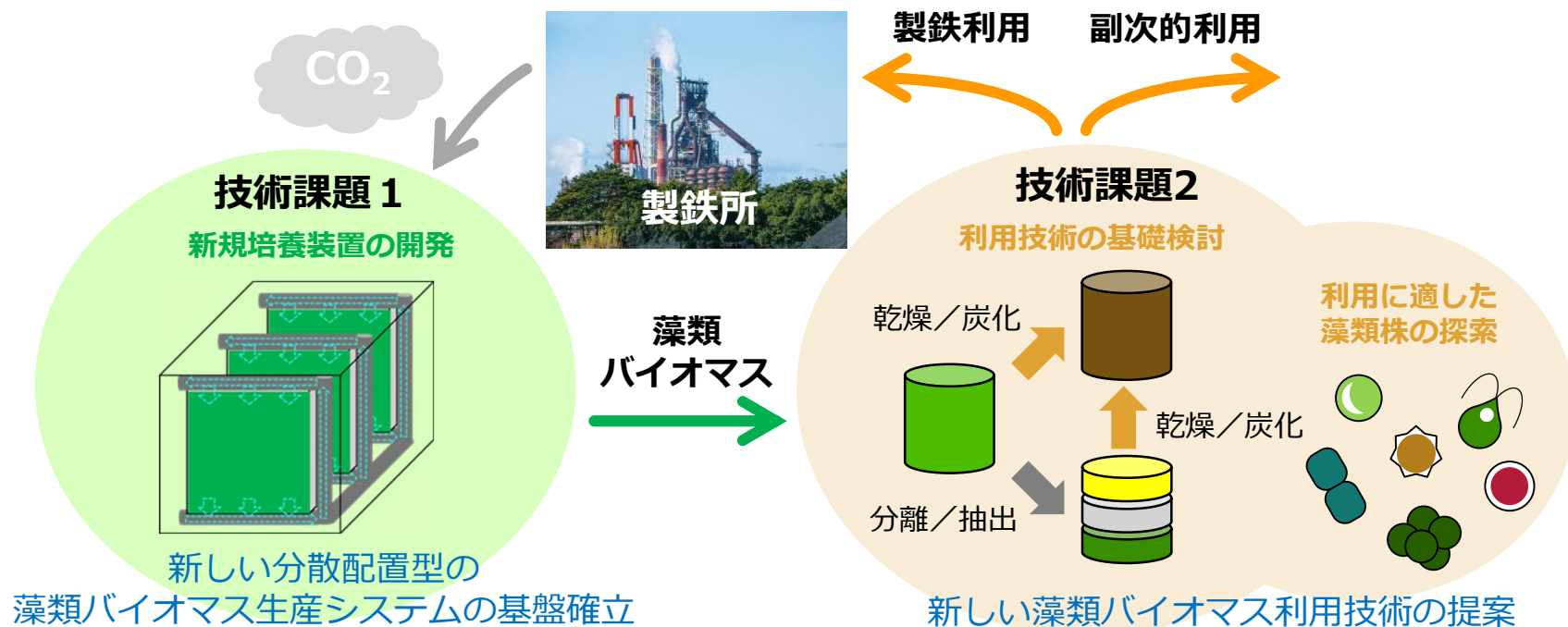
微細藻類を利用することでCO₂からできた様々な物質をバイオマスとして得ることができる。

過去プロジェクトの成果

カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／
CO2有効利用拠点における技術開発／
CO2 の高効率利用が可能な藻類バイオマス生産と利用技術の開発
実施期間：2022～2024年度

研究開発内容

- ＜概 要＞ CR技術としての藻類バイオマスの実用化に向け、生産と利用の両面で研究を行う。
＜事業期間＞ 2022年4月～2025年3月（事業期間終了）
＜委託先＞ 日本製鉄株式会社



＜実施内容＞

本研究では、CO₂集中排出源からのCO₂を活用して藻類バイオマスを効率的に生産するための技術開発と、生産したバイオマスを製鉄プロセスを含む多角的用途に適用するための技術開発を行います。

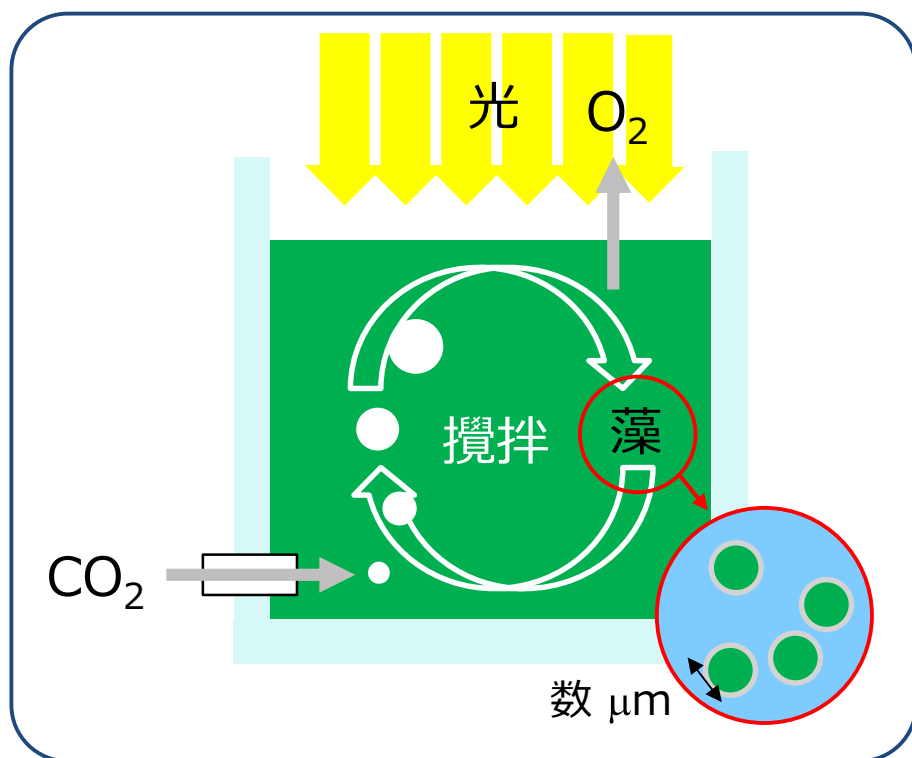
技術課題① 固相表面培養の原理に基づく高効率の藻類バイオマス生産システムの開発

技術課題② 藻類バイオマスの製鉄を含む多角的利用に向けた技術開発

高効率なバイオマス生産を可能にする方法として、固相表面培養に着目した。

【液体培養】

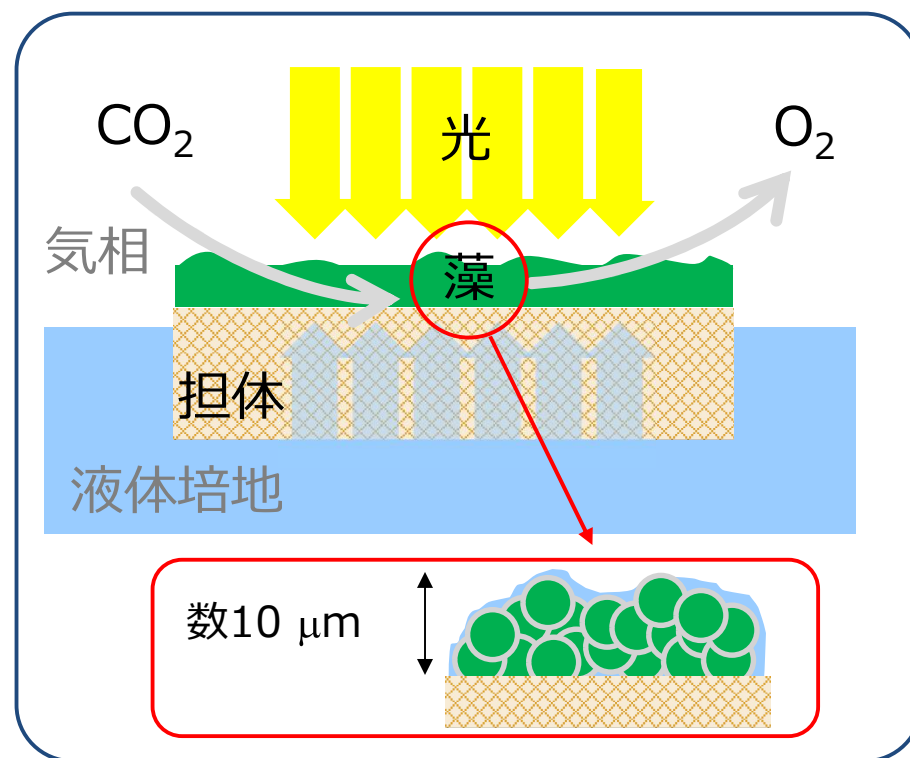
液体中に懸濁した微細藻類を攪拌して培養する方法。
最も一般的な培養方法。



- ・ほとんどの微細藻類に適用できる培養法。
- ・技術的な蓄積があり、系として安定している。

【固相表面培養（担持体培養）】

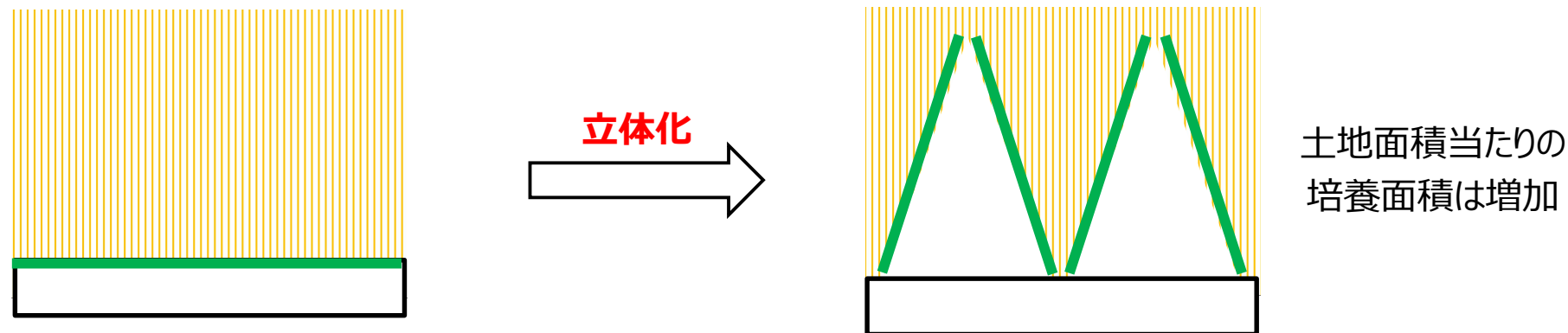
担体上に担持した藻類を気相中で培養する方法。
藻が気相と液相の両方に接する点に特徴がある。



- ・ガス交換が速く、CO₂による増殖促進効果が高い。
- ・太陽光を効率よく利用できる。

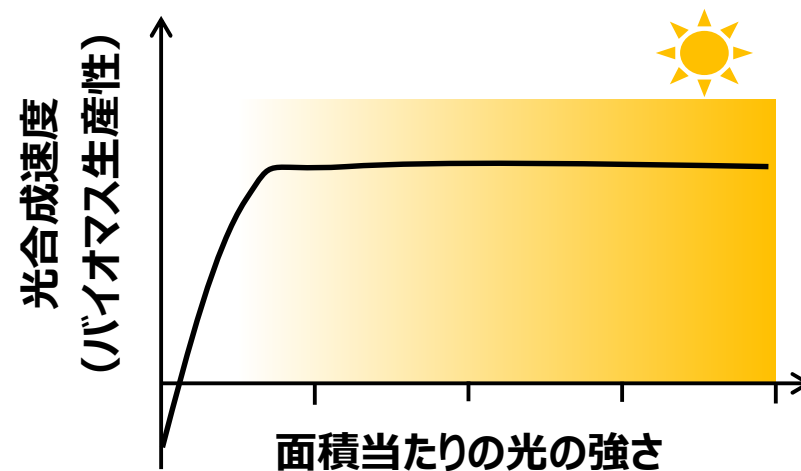
担持体培養は高いバイオマス生産性を実現する技術として期待できる

固相表面培養では土地面積当たりの培養面積を増やすことができる。



培養面積を増やすことで、無駄になっていた太陽光を効率よく利用することができる。

- 太陽光は非常に強い光である。
- ある程度以上の光の強さがあれば、光合成速度は変化しない。
- 培養面積を増やすことで、より光を効率よく使うことができる。



バイオマス生産性を高めるには、「培養の立体化」つまり培養装置が必要。

培養を立体化するというコンセプトに基づいて培養装置を設計・製作した。

コンセプト

①光：培養面の立体化

大面積で太陽光を受光し、光合成に適切な光の強さに調整



担持体に角度をつけることが必要

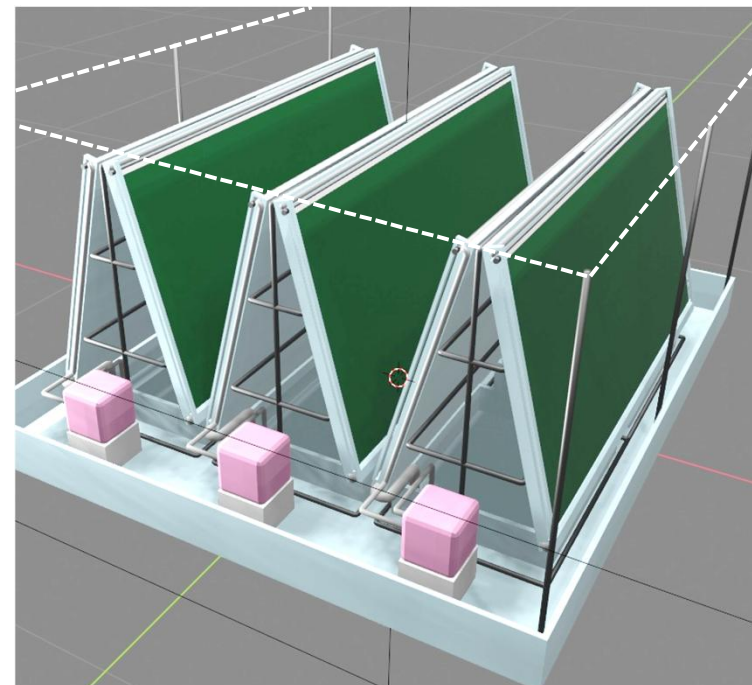
②水：液体培地の循環

担持体から流出した液体培地を上部に再供給する必要

③CO₂：装置の気密化

装置全体をビニールハウスで覆い、内部のCO₂濃度を高める

培養装置のイメージ図



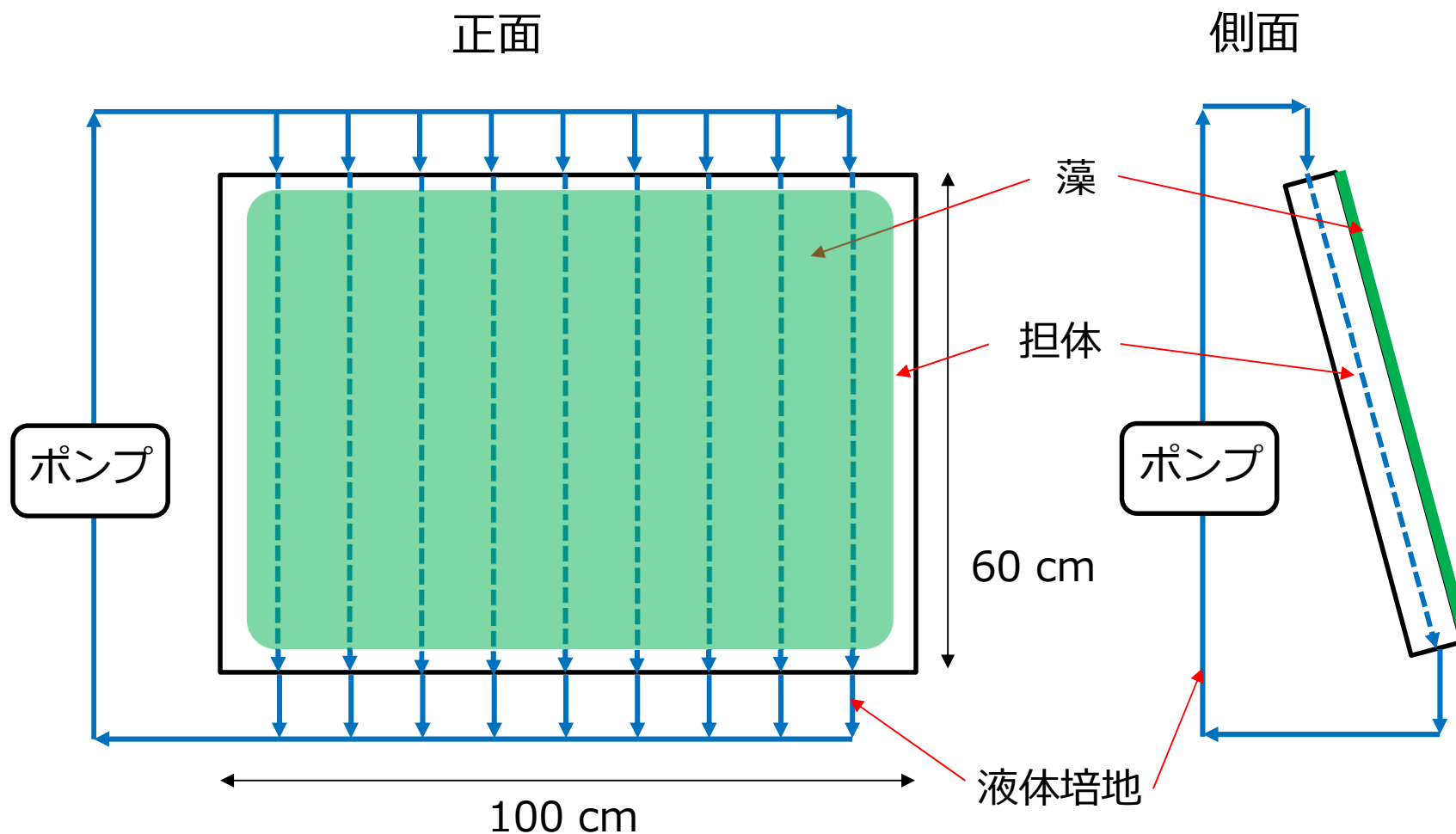
NEDOプロ目標

- ・設置面積あたり25 g/m²/dのバイオマス生産性の達成
- ・大型化可能な培養装置の仕様確立

設置面積が1m²規模の培養装置を実際に製作し、培養実験を実施中。

担体の表面で藻類を培養し、担体内部に液体培地を循環させる仕組みを採用した。

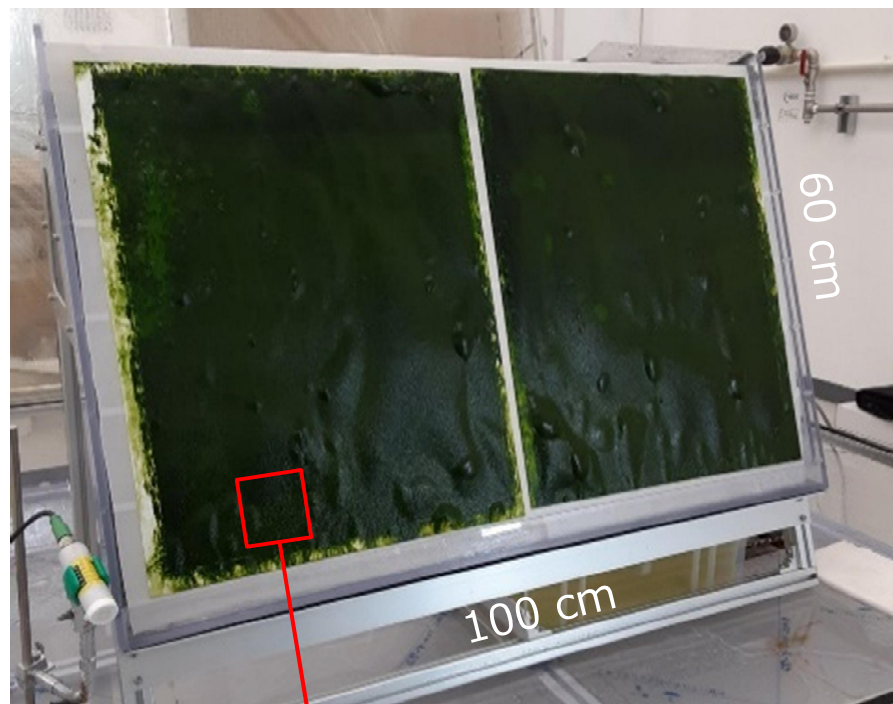
【培養装置の模式図】



液体培地の循環を工夫することで、安定的な藻類の培養が可能になった。

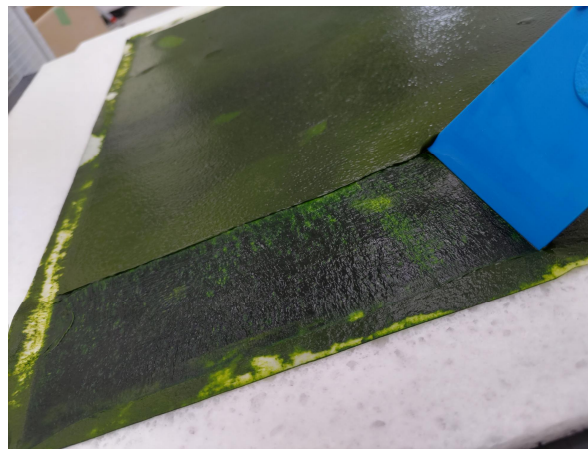
培養装置におけるバイオマス生産性を定量的に評価する培養実験を実施。

担持体培養装置での培養の様子



最大約11 g/m²/dの
表面積あたりバイオマス生産性

バイオマスをヘラで回収



回収したバイオマス



乾燥したバイオマス



一定の規模（培養面積0.5～1 m²）で安定的かつ高効率で
培養が可能な担持体培養装置を開発した。

固相表面培養では、攪拌による光の均一化ができないため、装置構造が重要になる。

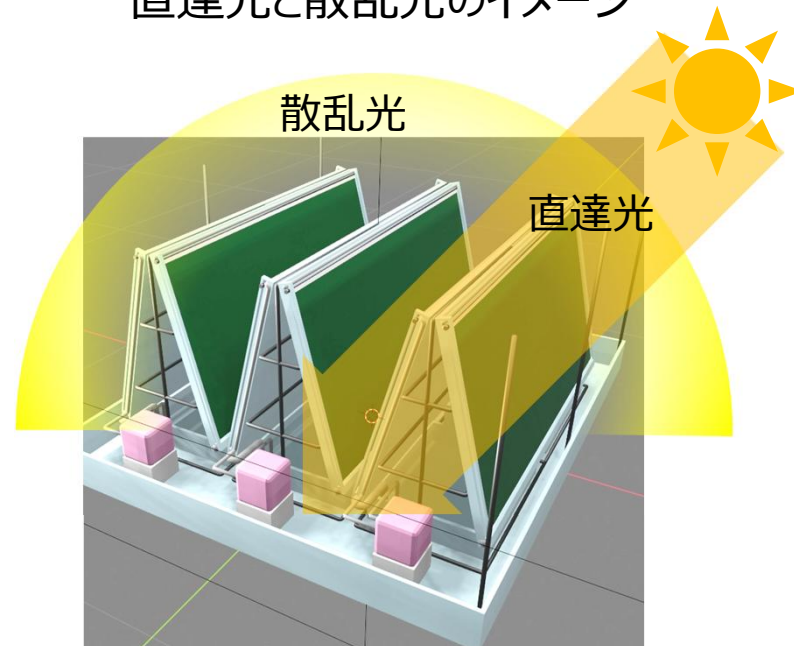
屋外の光環境（太陽光）は

- ・2種類の光（直達光・散乱光）がある。
- ・季節や時刻により光の強さや方向が変化する。
- ・気象条件により光の強さが変化する。

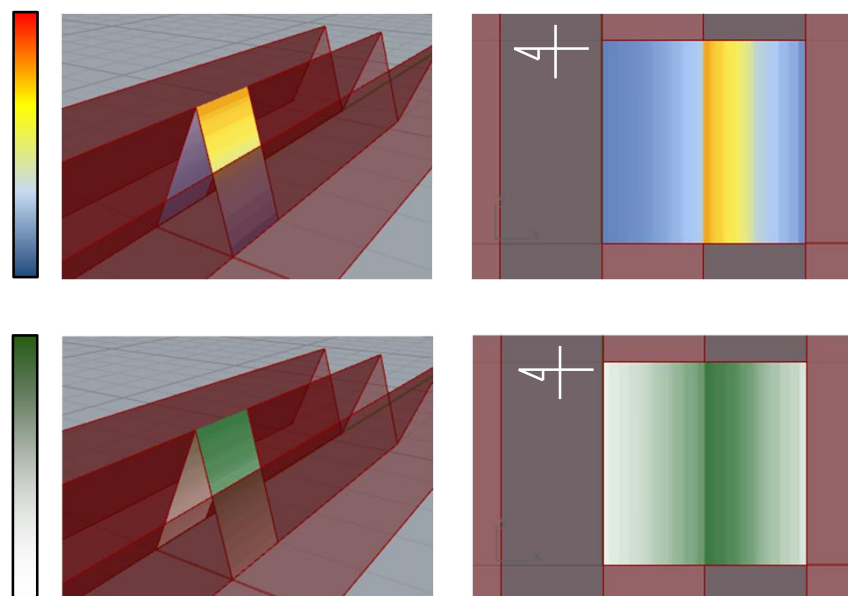
などの特性があり、室内でこれを再現することは難しい。

そこで、3D CADソフトを用いて、表面積あたりのバイオマス生産性の実験値と、日射量の実測値から、培養装置の培養面上におけるバイオマス生産性を試算することができるシミュレーションを開発。

直達光と散乱光のイメージ



シミュレーション
の計算結果



異なる装置構造における
バイオマス生産性を定量的に
評価できるようになった。

本プロジェクトの進捗

カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発/
CO2有効利用拠点における技術開発/
研究拠点におけるCO2有効利用技術開発・実証事業/
カーボンリサイクルに資する微細藻類の担持体培養技術とバイオマスの製品化の研究開発
実施期間：2025年度～

研究開発項目 1：産業利用に向けたバイオマス生産システムの最小ロットでの検証

1. 担持体培養における基材開発
2. 屋内外の培養システムの設計・構築
3. 屋外環境を模倣した屋内培養システムでの検証（屋内培養試験）
4. 産業利用を見据えた屋外培養システムでの検証（屋外培養試験）

バイオマス生産技術

研究開発項目 2：有価物の検証／微細藻類由来の化成品合成

1. 生産バイオマス（微細藻類）からの高分子材料の合成
2. 微細藻類由来の高分子材料を用いた化成品製造

バイオマス利用技術

研究開発項目 3：カーボンニュートラルを目指したLCA算出および産業利用での実証シミュレーション

1. 屋外培養設備におけるLCA算出および社会実装課題の導出

LCA・経済性評価

各研究開発項目の内容と現在出ている成果についての一部を紹介する

担持体培養をより実用的な培養とするため、担持体素材の探索を実施した。

これまでの研究で担持体として用いてきたPVAスポンジ、ガラス繊維ろ紙に代わる実用的な素材を選定、開発する。まず、既存の素材から代替となる素材を探索する。また、それらの知見を基に担持体培養に適した独自の担持体基材を開発したい。

共通して求められる性質

- ・ 廉価である
- ・ 耐久性に優れている
- ・ 微細藻類の増殖に優れている

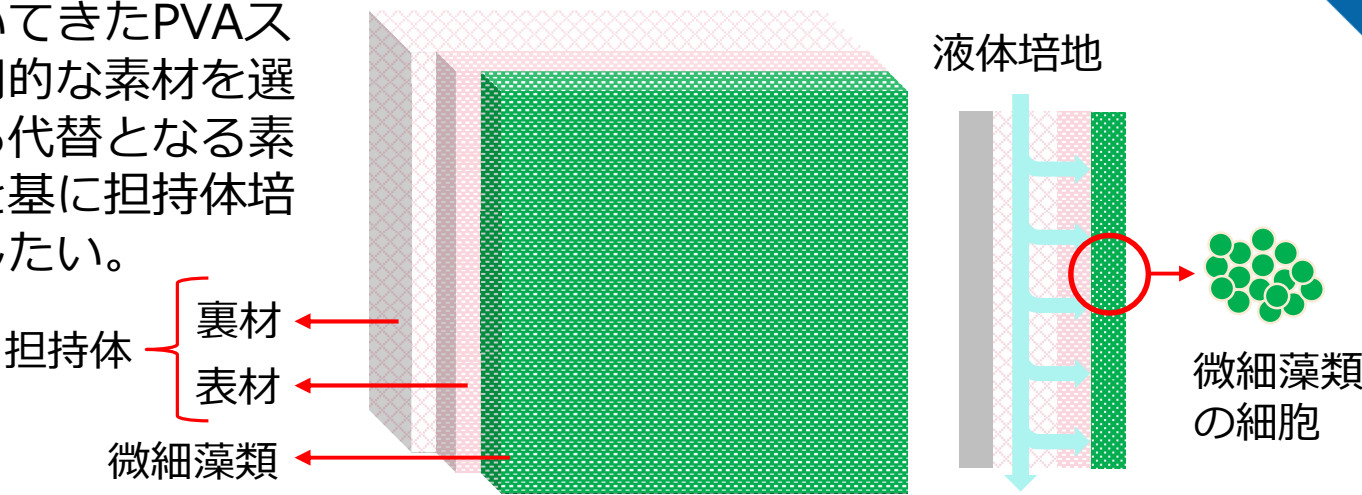


図. 担持体の役割

		機能	現状の素材
担持体	表材	微細藻類を表面に保持する。液体培地は透過するが、微細藻類の細胞は透過しない。	ガラス繊維ろ紙
	裏材	液体培地を内部に保持、液体培地が内部を流動できる。	PVAスポンジ (ポリビニルアルコール)

【2025年度目標】

1. ラボスケールでの培養において既存の担持体基材と同等以上のバイオマス生産性（表面積当たり8 g/m²/d）を達成可能な基材を市販材料から選定する。
2. 既存の担持基材での実験から、独自に開発する担持体基材の開発方針を決定する。

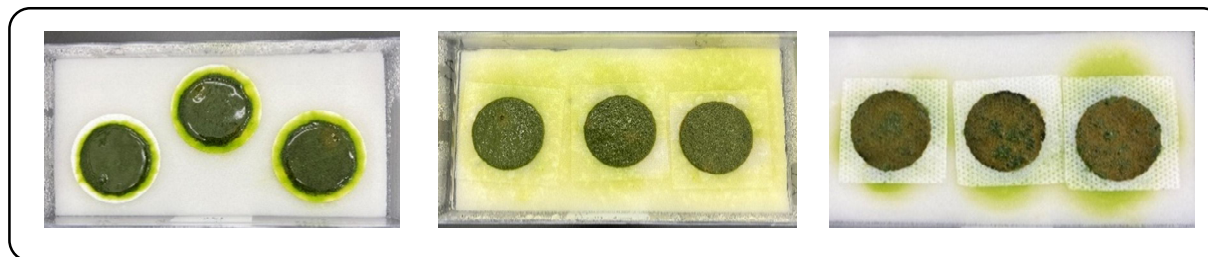
【2026年度目標】

3. 前年度に選定した既存の担持体基材を屋内培養装置に搭載し、既存の担持体基材と同等以上のバイオマス生産性（表面積当たり8 g/m²/d）を達成する。
4. 前年度に決定した要求仕様にて担持シートを試作し、小規模培養試験によりバイオマス生産性（表面積当たり8 g/m²/d）を達成する。

●2025年度進捗

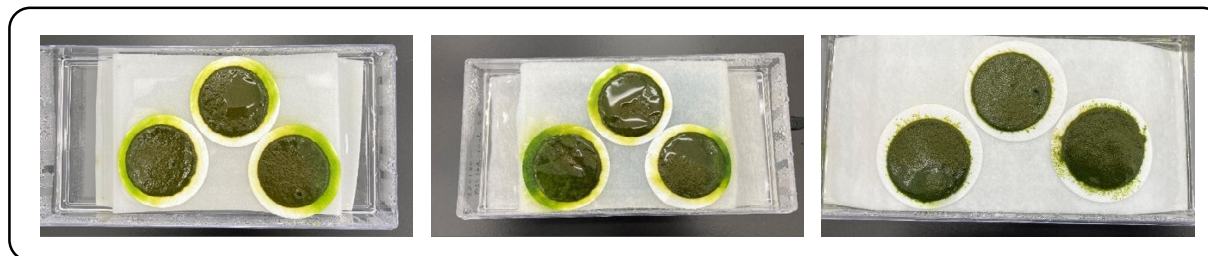
表材、裏材ともにガラス繊維ろ紙、PVAスポンジの代替となりうる素材を選定し、表面積当たり8 g/m²/dのバイオマス生産性を確認。分析結果を基に、基材の開発を進める。

表材の
比較培養試験



保水性のある
シート状の素材を検討

裏材の
比較培養試験



種々の不織布を
中心に検討

研究開発項目1-2：屋内外の培養システムの設計・構築

【2025年度目標】

固相表面培養の原理に基づいたパイロットスケールの屋内培養装置（3-5 m²規模）を設計し、実際に装置を製作する。

【2026年度目標】

固相表面培養の原理に基づいたパイロットスケールの屋外培養装置（3-10 m²規模）を設計し、実際に装置を製作する。

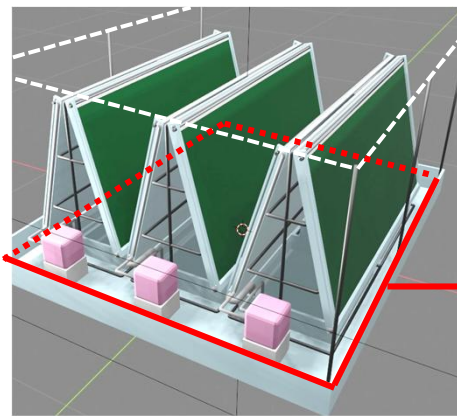
研究開発項目1-3：屋外環境を模倣した屋内培養システムでの検証

【2025年度目標】

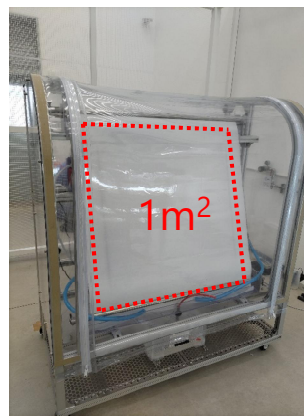
既設の培養システムを用いて、目標であるバイオマス生産性の実現可能性検証を行う。その結果を基に2025年度末に導入される3平米培養システムを用いて試運転を行う。

【2026年度目標】

2025年度に導入した担持体培養システムによるバイオマス生産性25 g/m² /dを達成する。



土地面積あたり
25 g/m² /d



×3ユニット

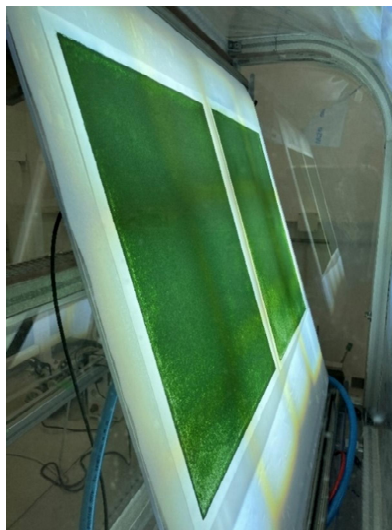
屋内培養装置は、理想的な条件での最大のバイオマス生産性を評価するため単純な1面構造とした。
照射する光の条件を制御することで、
種々の光条件におけるバイオマス生産性を検証することが可能。

開発した担持体培養装置を用いて、ボツリオコッカスの培養を検証した。

屋内担持体培養装置



培養開始時（0日目）



培養終了時（7日目）



担持体(裏材)	培養日数 [d]	初期担持量 [g/sheet]	培養後重量 [g/sheet]	バイオマス生産性 [g/m ² /d]
PVAスポンジEB(D)	7	11.48	26.00	7.91
			24.85	7.28

【培養条件】

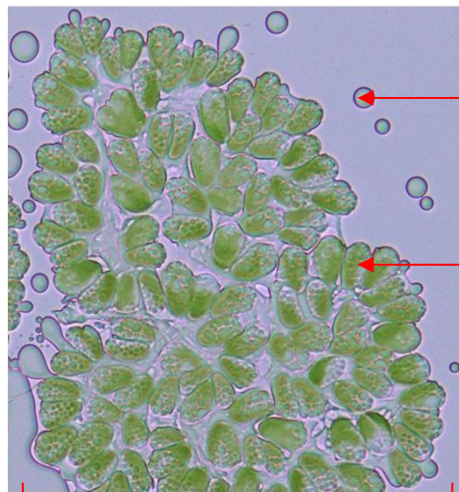
- ・明暗周期：12L/12D
- ・室温：25℃
- ・培地：Chu13培地
- ・CO₂濃度：2%
- ・光合成光量子束密度：～400 μmol/m²/s

培養装置でも、小規模培養と同程度のバイオマス生産性を確認。

培養条件・培養方法の最適化によって、
更なるバイオマス生産性の向上を目指す。

ボツリオコッカス(*Botryococcus braunii*)

- ・緑藻類に属する群体性の藻類で、湖沼などに普遍的に存在する。
- ・細胞外に炭化水素を多量に蓄積する。
- ・クロレラなどの他の藻類と比較して、増殖は一般的に遅いとされている。



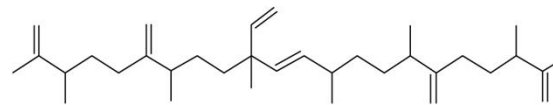
炭化水素を
含む油滴

B. braunii
の細胞

B. brauniiのコロニー

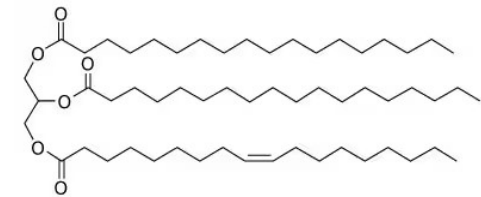
B. brauniiの顕微鏡写真

ボトリオコッセン（炭化水素）



ボツリオコッカスを含む多くの藻類が
エネルギー貯蔵物質として利用

トリアシルグリセロール（中性脂質）



ボツリオコッカスを含む多くの藻類が
エネルギー貯蔵物質として利用

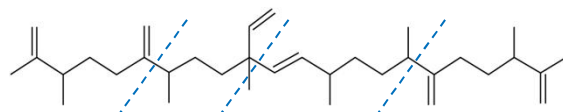
多くの微細藻類はエネルギー貯蔵物質として脂質を細胞内に蓄積する性質がある。
一方、ボツリオコッカスは炭化水素を、細胞外に蓄積する点が大きく異なる。

ボツリオコッカスはそのユニークな特性から、油糧藻類として期待されているが、
培養が難しく、増殖が遅いことが実用化への課題となっている

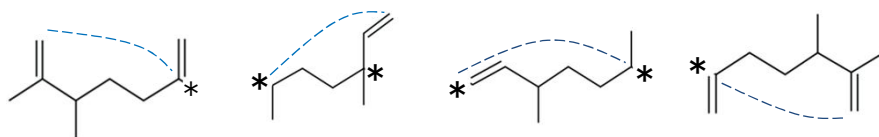
炭化水素(ボツリオコッセン)から複数の過程を経ることで、PET樹脂原料を得ることができる。

ボツリオコッセンからのPET製造フロー

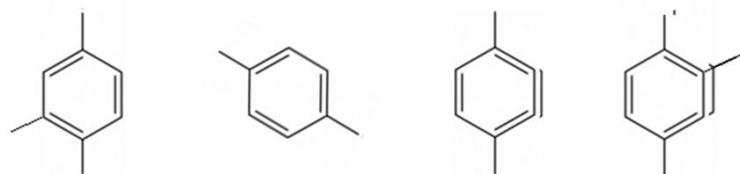
ボツリオコッセン



クラッキング



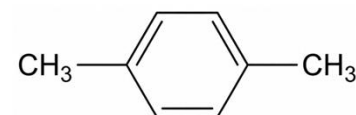
環化



p-キシレン

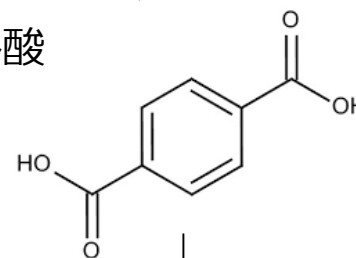
※p-キシレン以外の
産物は 燃料等に活用

p-キシレン

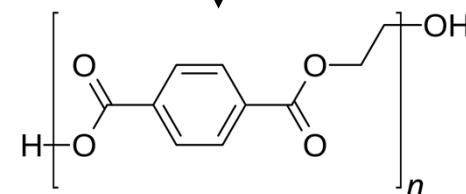
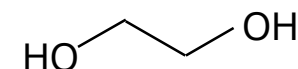


酸化

テレフタル酸



エチレングリコール



ポリエチレンテレフタレート(PET)

炭化水素(ボツリオコッセン)から複数の過程を経ることで、PET樹脂原料を得ることができる。

研究開発項目2-1：生産バイオマス（微細藻類）からの高分子材料の合成

【2025年度目標】

乾燥重量にて50 kg以上のボツリオコッカス由来バイオマスを収穫し、PET樹脂を製造するための最適なプロセスフローを設計する。

【2026年度目標】

乾燥重量にて総計100 kg以上のボツリオコッカス由来バイオマスを収穫し、研究開発項目②-2にて実施される化成品合成のためのPET樹脂を1 kg以上確保する。

研究開発項目2-2：微細藻類由来の高分子材料を用いた化成品製造

【2025年度目標】

1. 高分子材料加工の観点から化成品への要件定義を行う。要件定義では、化学的指標、工業的指標の両観点から検証する。また、要件定義を踏まえた化成品製造に必要な試作準備を行う

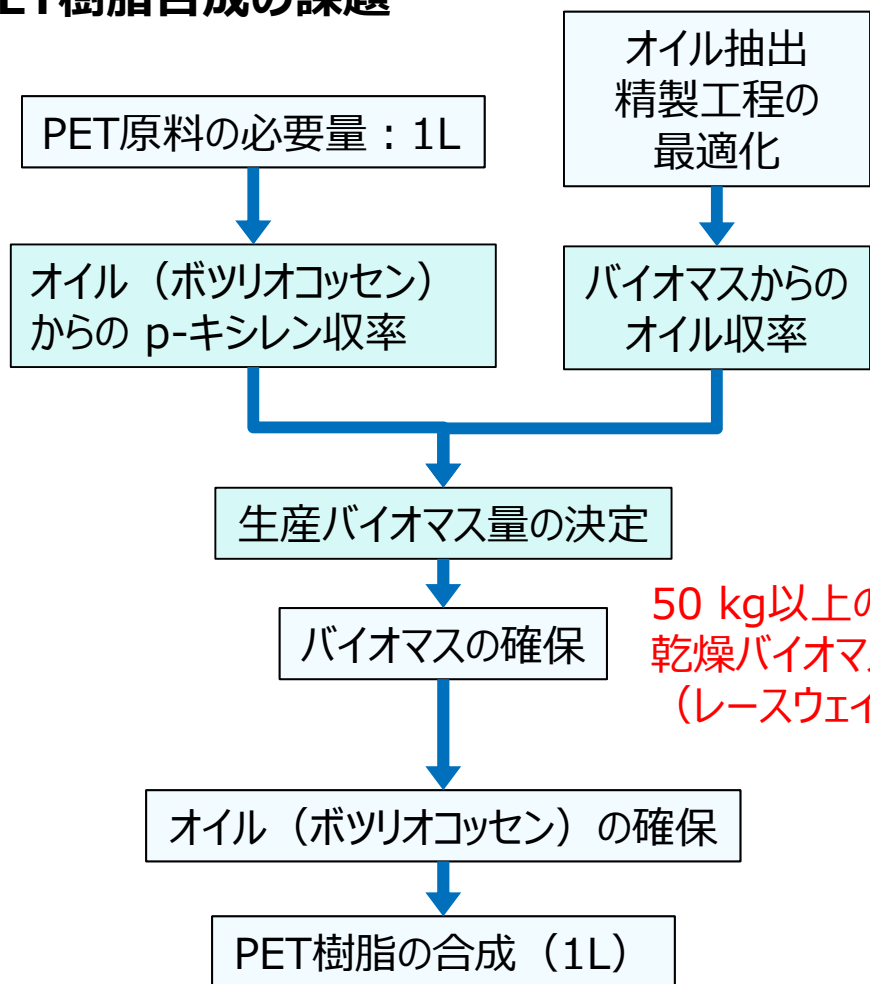
【2026年度目標】

2. 「研究開発項目②-1」で合成されたPET樹脂の物性評価・分析を行い、適用可能な製品群および加工方法を選定する。また、ラボスケールにてその妥当性を検証する。

3. 目標2. の検証においてラボスケールで作製した加工品の性能評価を行い、産業応用に適する性能の有無を確認する。その結果に応じて前工程へフィードバックを行い、必要性能を達成するための条件を決定する。

PET製造の技術検証にはバイオマス量の確保と、抽出工程の最適化が必要。

PET樹脂合成の課題



50 kg以上の
乾燥バイオマスを確保済み
(レースウェイポンドでの液体培養)

乾燥藻体



抽出残渣



ヘキサン抽出

ヘキサン抽出物



精製



抽出オイル

乾燥藻体重量の約 4 割の
オイルが抽出可能

今後は、抽出オイルからのPET原料合成、PET樹脂合成条件の検討を進める。

現在、計画目標の達成と3年目の実施を目指して、鋭意研究開発を進めている。

日本製鉄

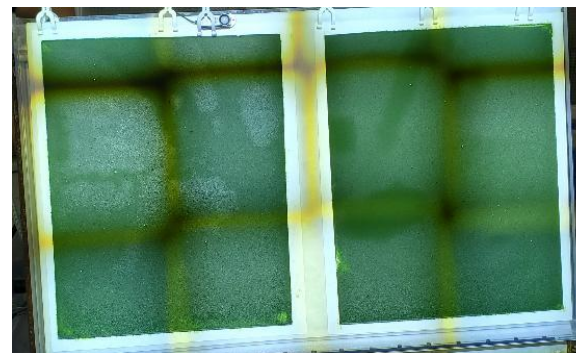
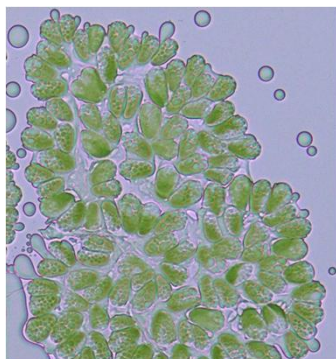
IMAT

実施項目	2025年度				2026年度				2027年度（参考）			
	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
研究開発項目1-1 : 大日本印刷 担持体培養における基材開発	担持シートの選定 (市販品)		担持シートでの実験 開発要件の整理		市販担持シートでの屋内3平米培養 新規担持シートの試作				試作担持シートの製造適性 培養での効率向上・量産安定性確認			
研究開発項目1-2 : 三島光産 屋内外の培養システムの設計・構築	屋内培養装置 設計		屋内培養装置 構築		屋外培養装置 設計		屋外培養装置 構築		培養・収穫までのバイオマス生産 プロセス構築			
研究開発項目1-3 : 屋外環境を模倣した屋内培養システムでのバイオマス生産性	目標のバイオマス生産性 実現可能検証		屋内装置 試運転		導入した屋内担持培養システム 25 g m ⁻² d ⁻¹ を達成				日本の夏季・冬季を再現し 通年でのバイオマス生産性を試算			
研究開発項目1-4 : 産業利用を見据えた屋外培養システムでの検証			装置導入まで実施なし					屋外装置 試運転	日本の夏季・冬季を再現し 通年でのバイオマス生産性を試算			
研究開発項目2-1 : ちとせ研究所 生産バイオマス（微細藻類）からの高分子材料合成	液体培養による バイオマス50kgの確保		抽出条件 検討		液体培養による追加バイオマス確保 高分子材料の合成（1kg以上）				研究開発項目2-2における 不足分の高分子材料を確保			
研究開発項目2-2 : ちとせ研究所 大日本印刷 微細藻類由来の高分子材料を用いた化成品合成	高分子材料加工の観点から化成品 への要件を定義および試作準備				高分子材料の物性評価・分析／妥当性検証		加工品 性能評価		生産機を用いて安定的に性能を満た す化成品製造可能の検証			
研究開発項目3-1 : 屋外培養設備におけるLCA算出および社会実装課題の導出	LCAの論文調査 (国内外)		培地～藻類分離 までのインベントリ分析		培養工程での電力測定および 培地調達・収穫方法環境影響評価				マテリアルフローによる社会実装評価 カーボンネガティブ達成の確度評価			

本プロジェクトを通じて微細藻類バイオマスの基盤技術を確立するとともに、プロジェクト終了後の技術の実用化・社会実装に向けた検討を進めていく。



株式会社ちとせ研究所 大日本印刷株式会社 三島光産株式会社



ご清聴ありがとうございました。

