

NEDO CR拠点 成果報告会

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

2026年03月03日

発表者：

日本製鉄株式会社 先端技術研究所 環境基盤研究部 吉村航

共同実施：

一般社団法人日本微細藻類技術協会

研究開発内容

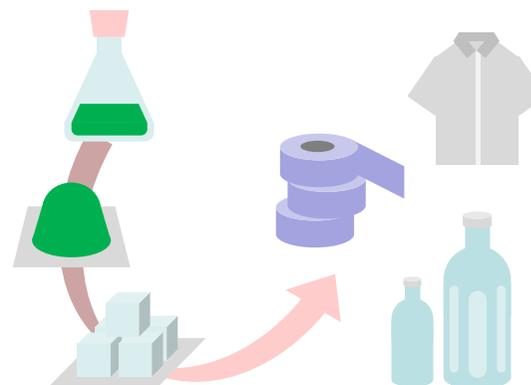
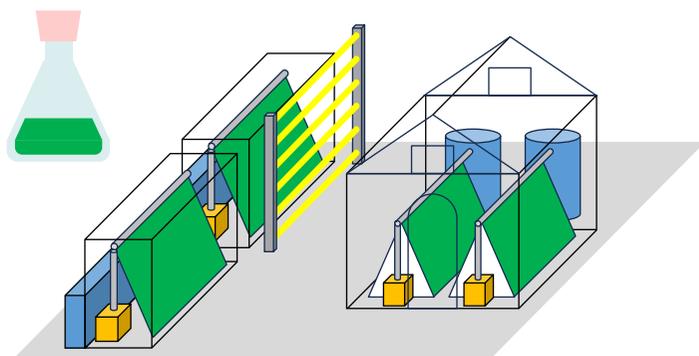
＜概要＞ 微細藻類バイオマスをCR技術として実用化するための技術開発、検証を行う。

＜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

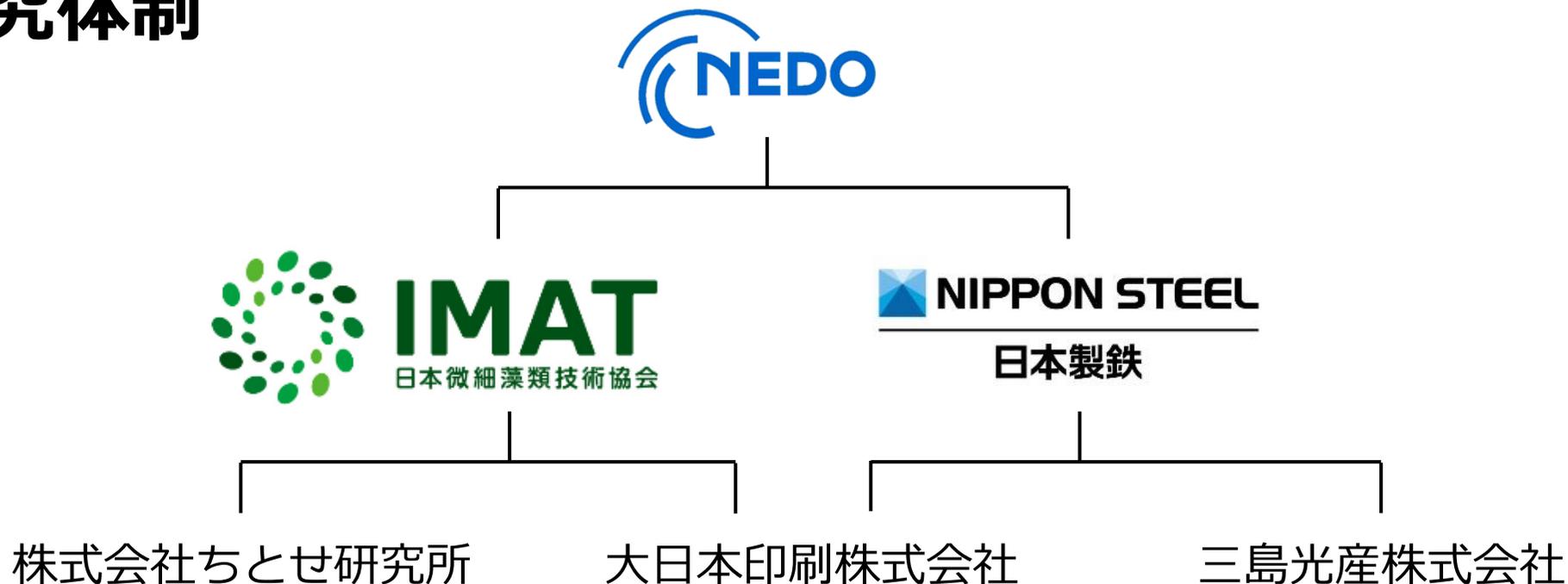
＜実施内容＞

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



日本製鉄

NEDO PJ「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

NEDO PJ「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もちより、
新たな体制で研究を実施中。**



New Energy and Industrial Technology Development Organization

事業内容

＜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

＜事業概要＞

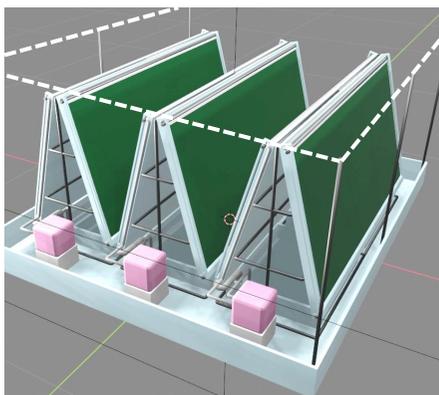
本事業では微細藻類(*Botryococcus braunii*)による新しいカーボンリサイクル技術の実現性の評価を目的とし、バイオマス生産から最終製品製造までの一連のプロセスに必要な技術を開発、検証する。

事業項目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

事業項目② 有価物の検証／微細藻類由来の化成品合成

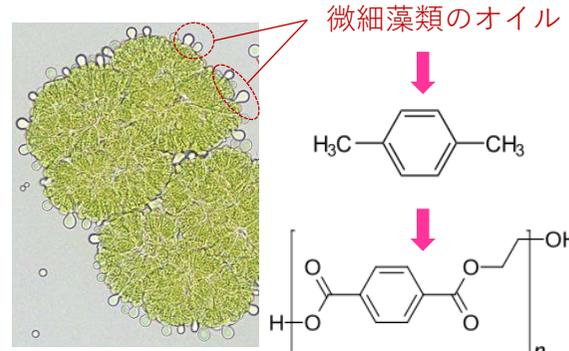
事業項目③ カーボンニュートラルを目指したLCA算出および産業利用での実証シミュレーション

事業項目①



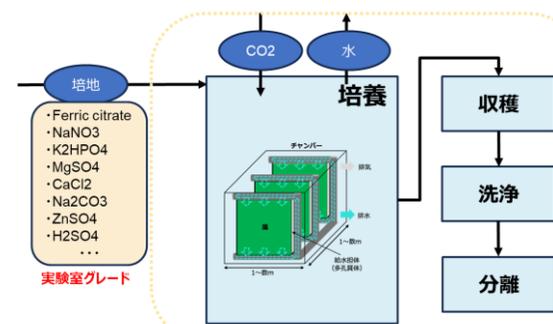
屋外培養を実現する担持体用基材と装置を開発し、屋内培養試験（屋外模倣）で25g/m²/dayを達成

事業項目②



微細藻類の産生物からの抽出・有価物合成プロセスの評価・検証

事業項目③



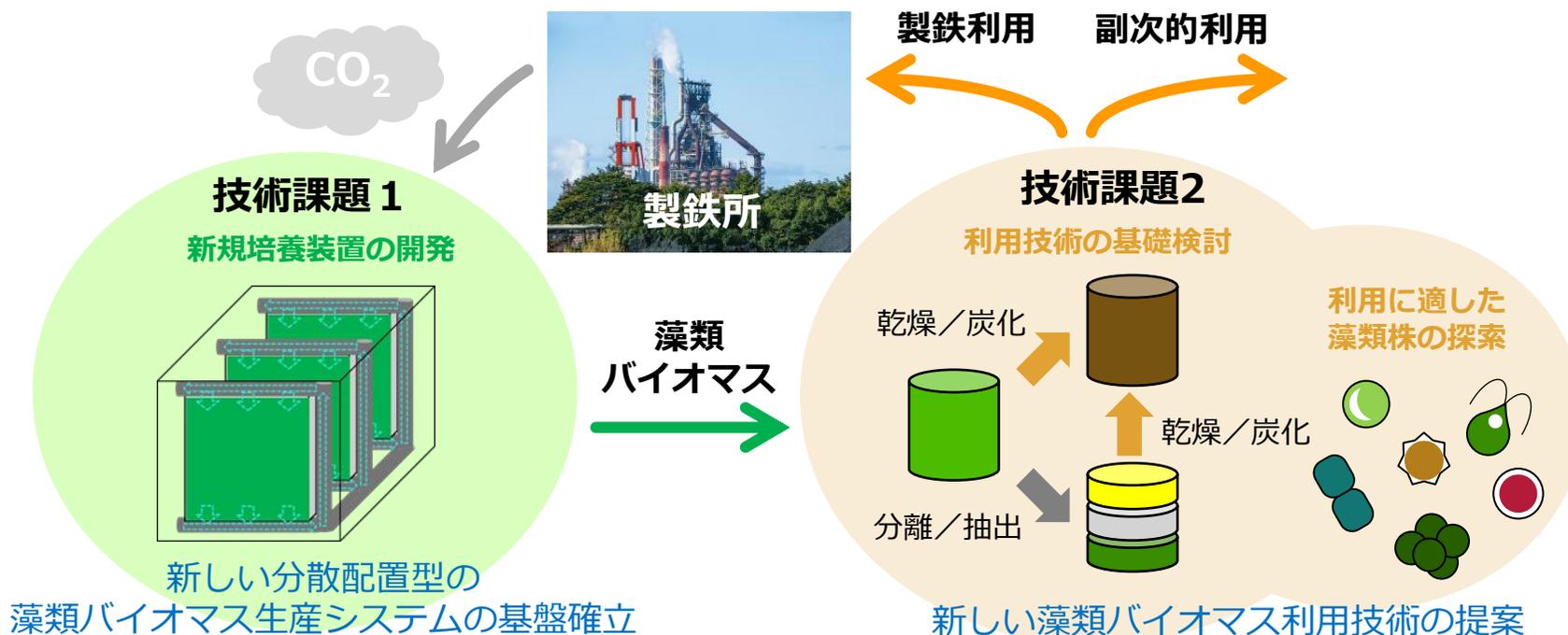
LCA評価（感度分析含む）を実施し、規模拡大時のカーボンネガティブ達成の確度を検証



New Energy and Industrial Technology Development Organization

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

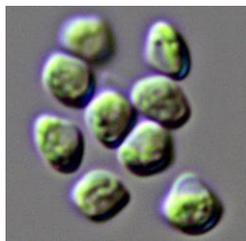
技術課題② 藻類バイオマスの製鉄を含む多角的利用に向けた技術開発

藻類によるバイオマス生産とは

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

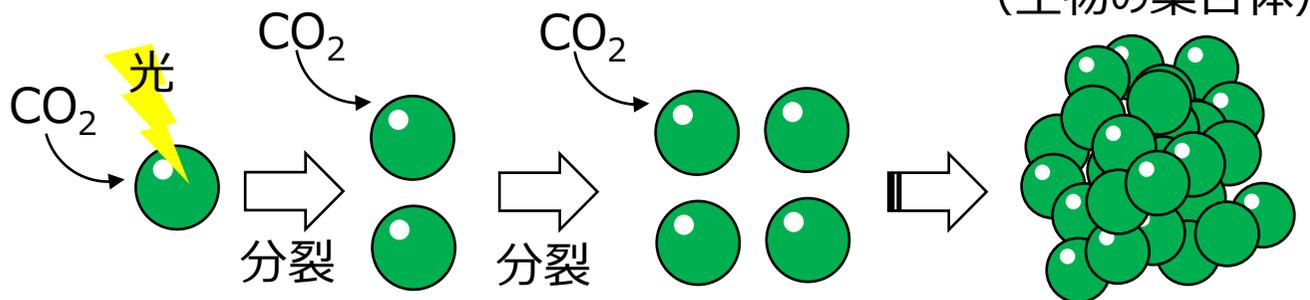
- ・微小な光合成生物
サイズは数～数十μm
- ・非常に多様な種が存在
Ex. クロレラ、ユーグレナ
- ・様々な環境に適応



Parachlorella kimitsuensis

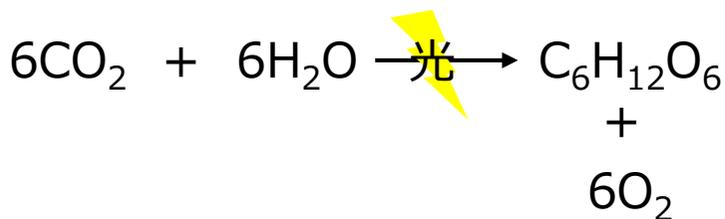
微細藻類によるバイオマス生産

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作れる。
Ex. 脂肪酸、糖



混合物のため単離・精製が難しい。

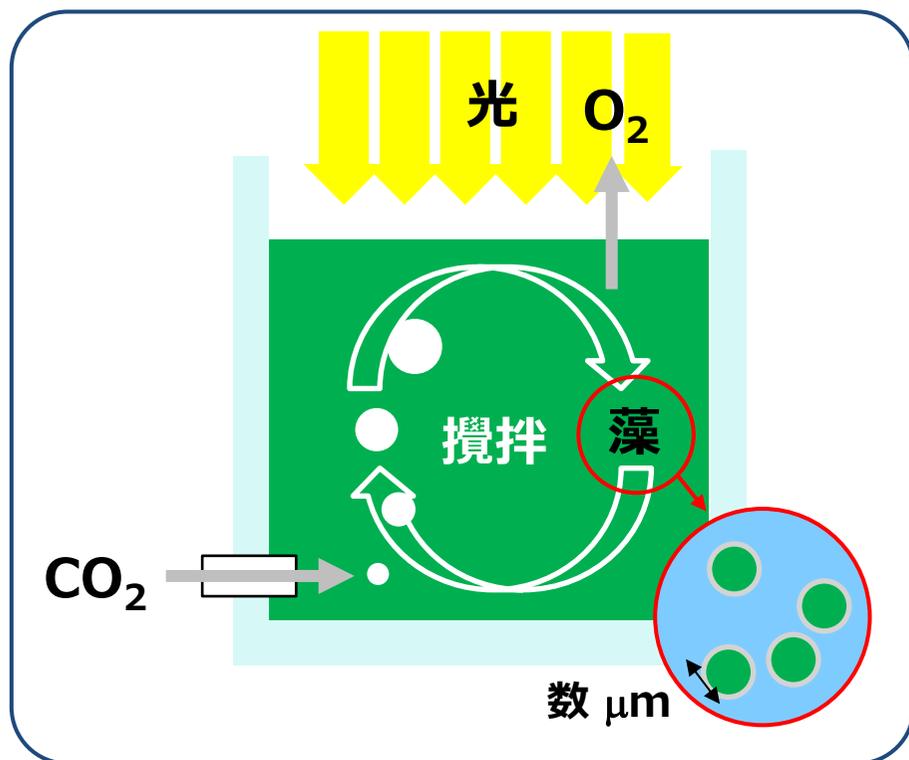
微細藻類を利用することでCO₂からできた様々な物質をバイオマスとして得ることができる。

1：固相表面培養の原理に基づく藻類バイオマス生産システムの開発

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】

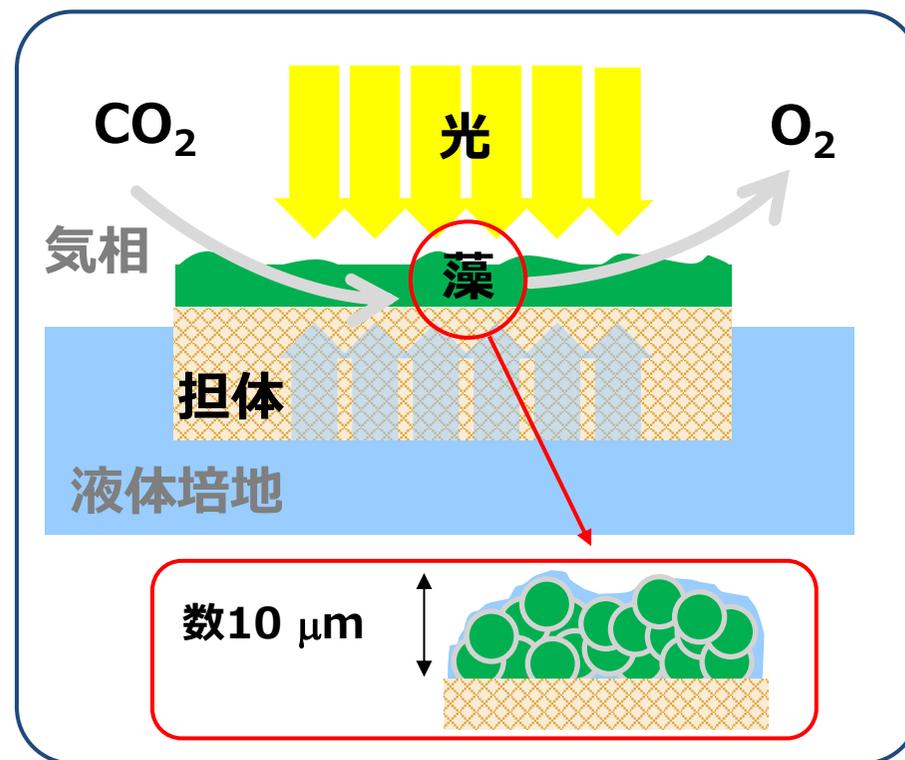
液体中に懸濁した微細藻類を攪拌して培養する方法。
最も一般的な培養方法。



- 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。

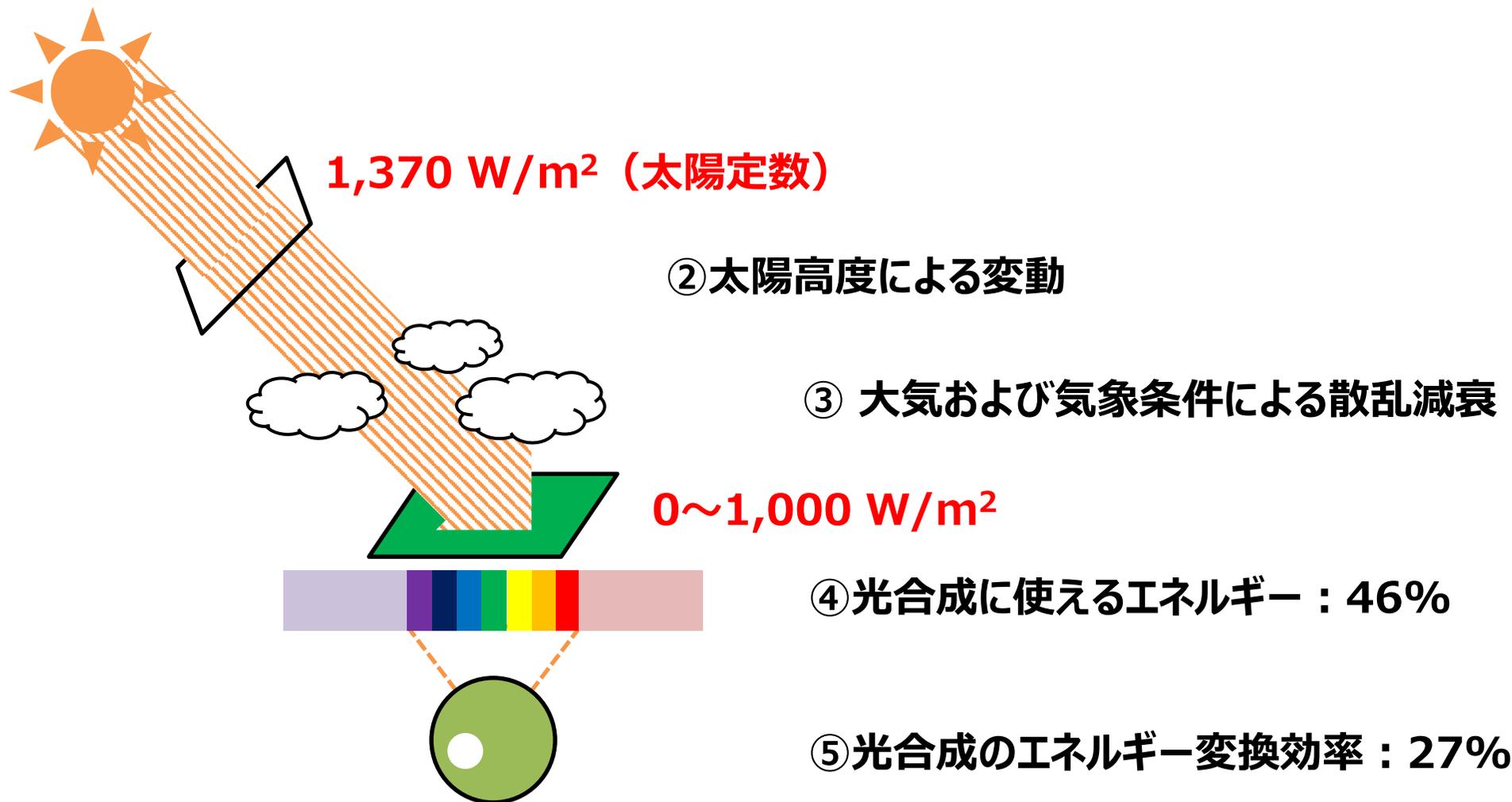


- ガス交換が速く、**CO₂**による**増殖促進効果**が高い。
- 太陽光**を効率よく利用できる。

固相表面培養では高いバイオマス生産性を達成できる可能性

太陽光のエネルギーとバイオマス生産

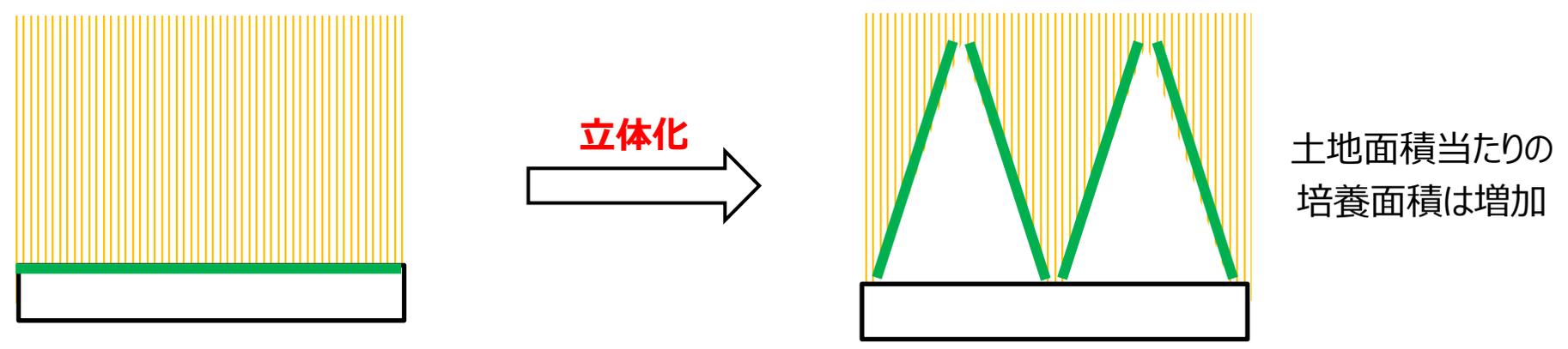
土地面積あたりで利用可能な太陽光のエネルギーには限りがある。



限られた太陽光をいかに効率よく光合成に利用できるかが鍵

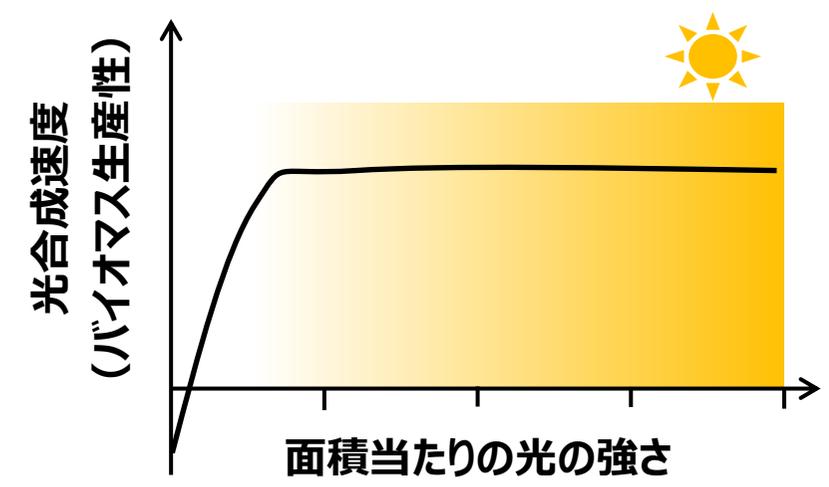
1 : 固相表面培養の原理に基づく藻類バイオマス生産システムの開発

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。

A：固相表面培養の原理に基づく藻類バイオマス生産システムの開発

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

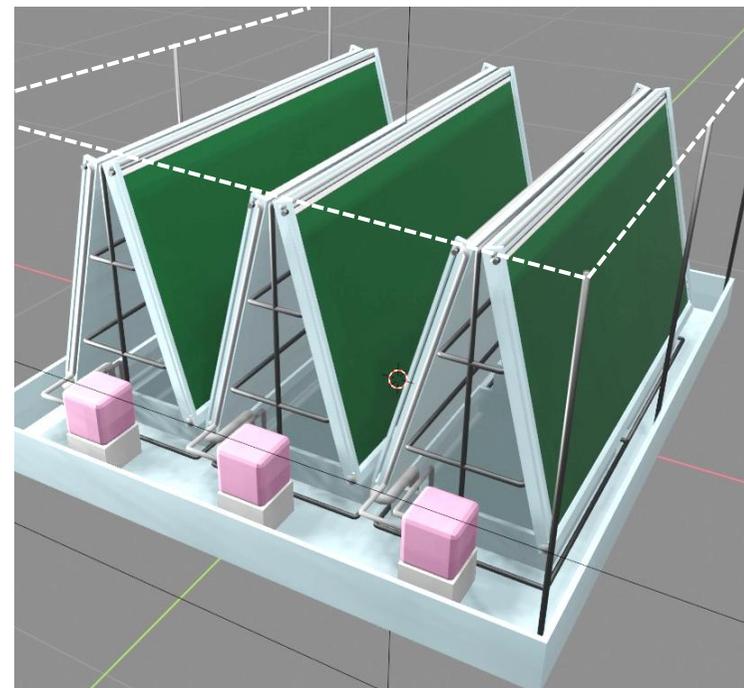
②水：液体培地の循環

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

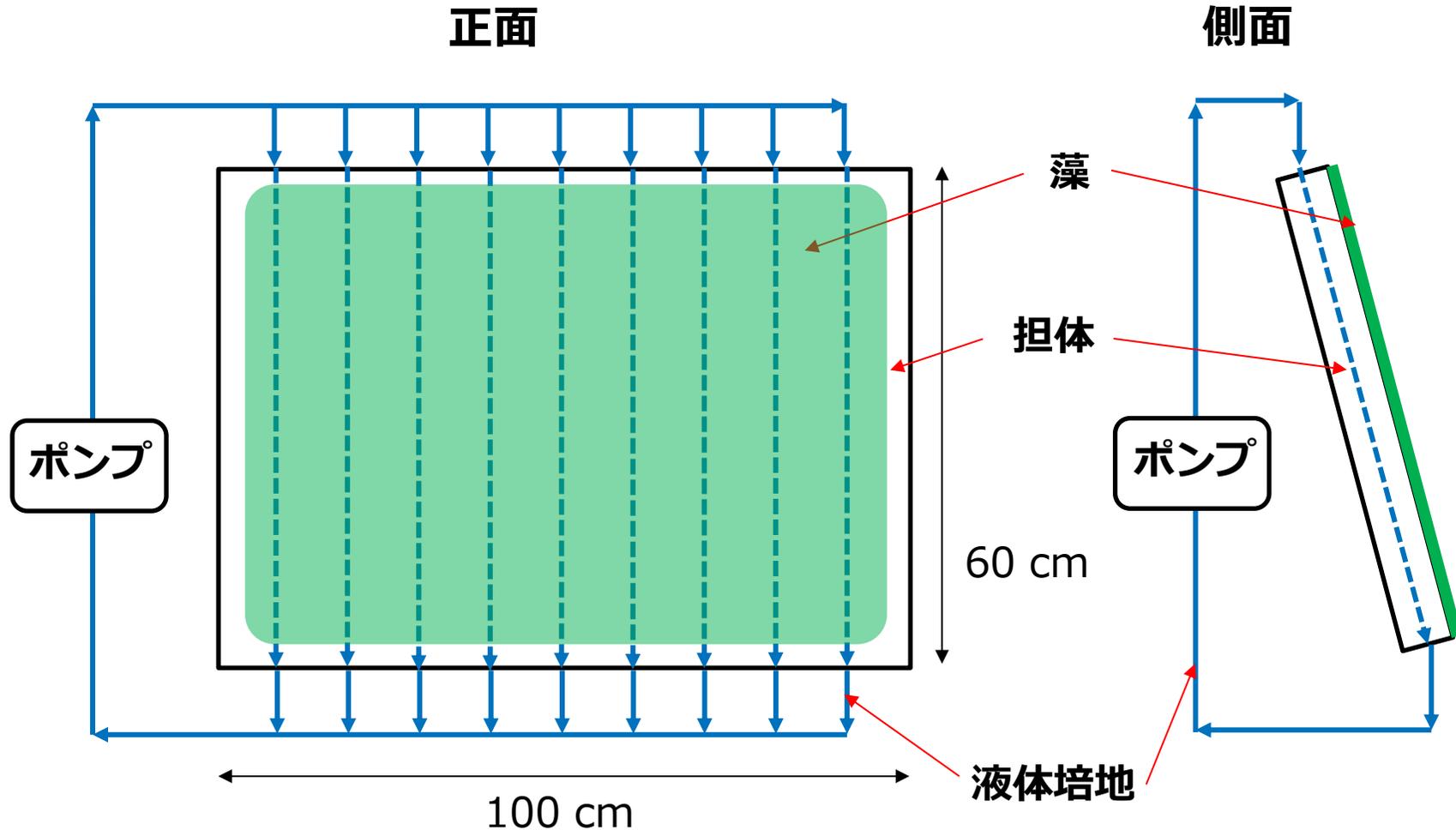
- ・設置面積あたり25 g/m²/dのバイオマス生産性の達成
- ・大型化可能な培養装置の仕様確立

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。

A：固相表面培養の原理に基づく藻類バイオマス生産システムの開発

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】



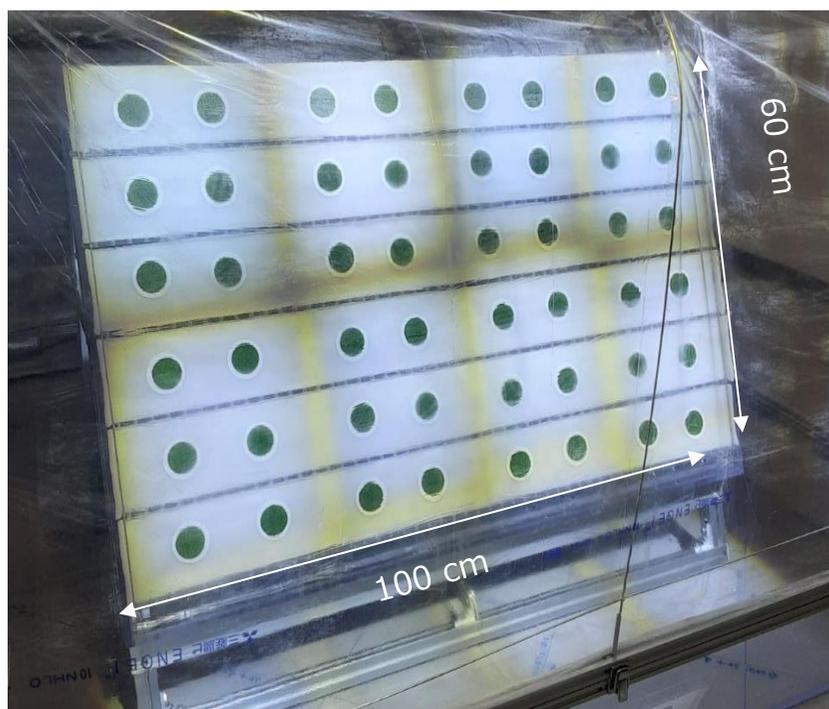
液体培地の循環を工夫することで、安定的な藻類の培養が可能になった。

A：固相表面培養の原理に基づく藻類バイオマス生産システムの開発

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。

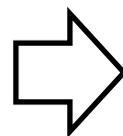
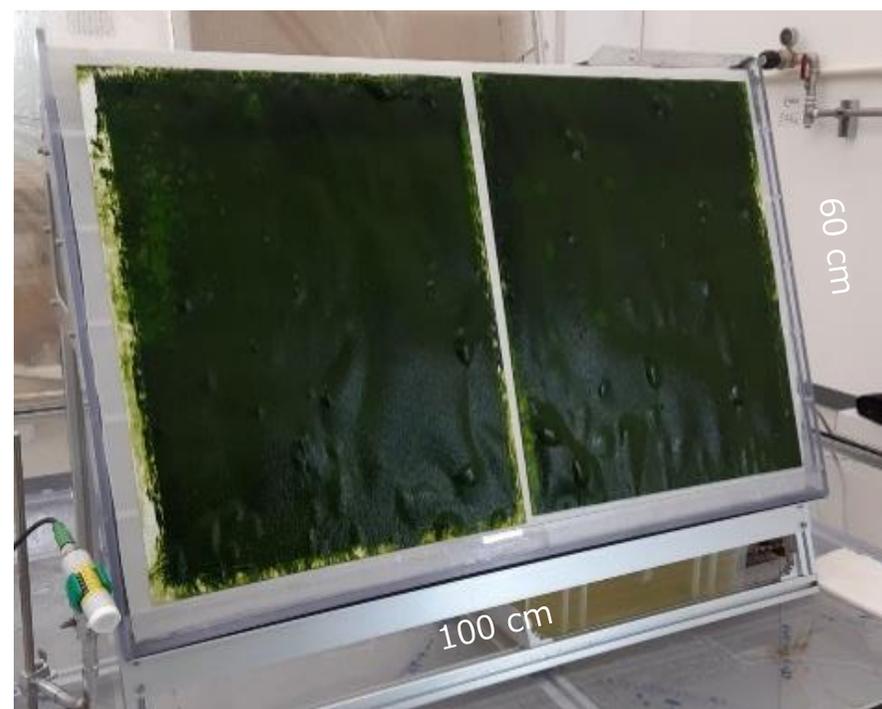
スポット培養

円形ろ紙を用いて担体の一部で培養



全面培養

大判角型ろ紙を用いて担体の全面で培養



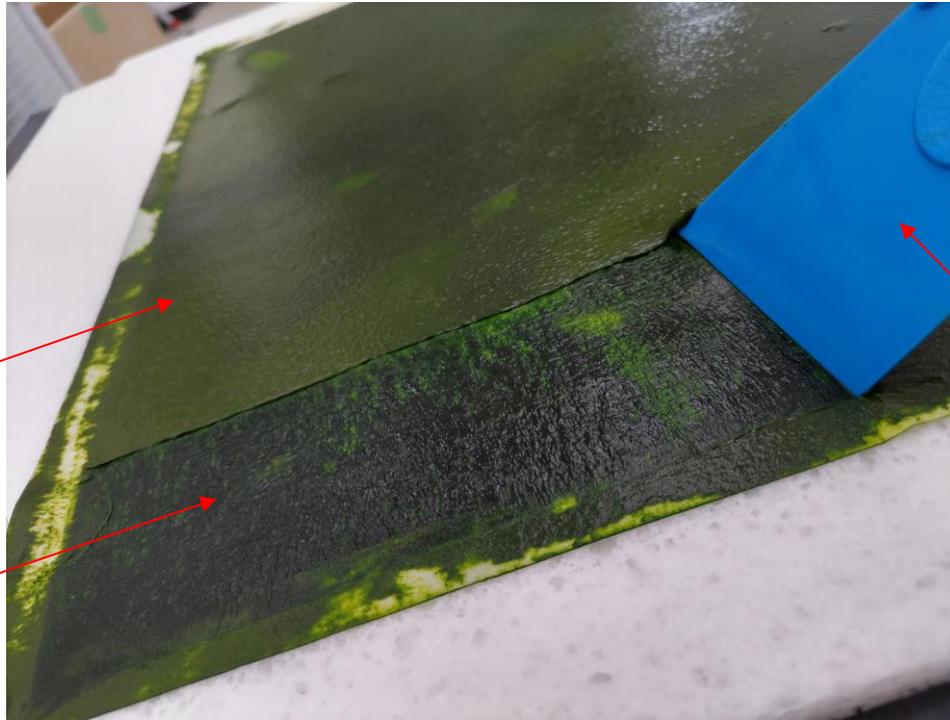
全面培養においても、スポット培養と同等の表面積当たりのバイオマス生産性を得ることができた。

A：固相表面培養の原理に基づく藻類バイオマス生産システムの開発

バイオマスはろ紙上から簡単にヘラで回収することができる。

担体からのバイオマス回収の様子

①担体からヘラで回収する様子



藻培養面

掻き取り部

ヘラ

②回収した直後のバイオマス



③回収したバイオマス



今後はバイオマスの回収を自動的に行うための手法の開発が求められる。

1：固相表面培養の原理に基づく藻類バイオマス生産システムの開発

1-2: バイオマス生産におけるシミュレーションとエネルギー評価

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。

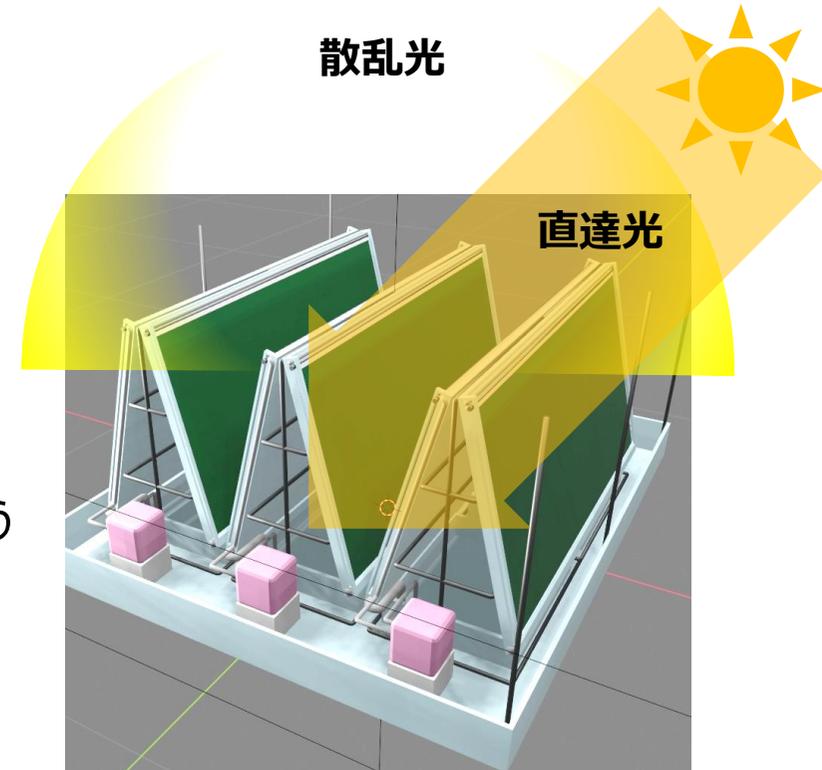
しかし、屋外の光環境は

- ・ 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。

一方で、様々な形状の装置を実際に製作し、培養実験を行うことも非常に労力がかかる。

直達光と散乱光のイメージ



培養装置の最適な構造と、その理論的なバイオマス生産性をシミュレーションから議論できないか。

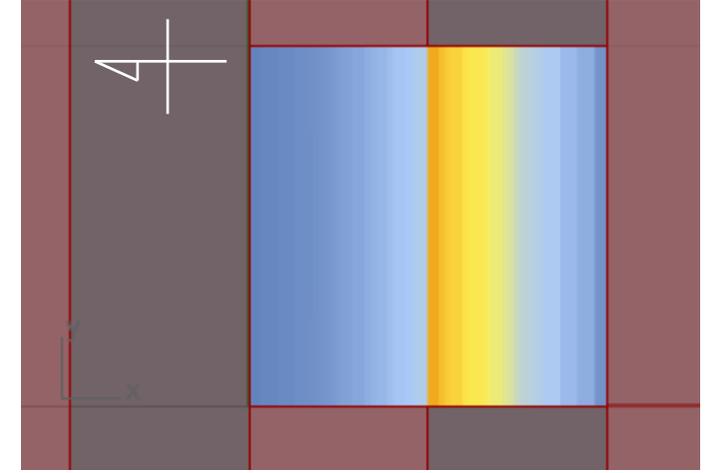
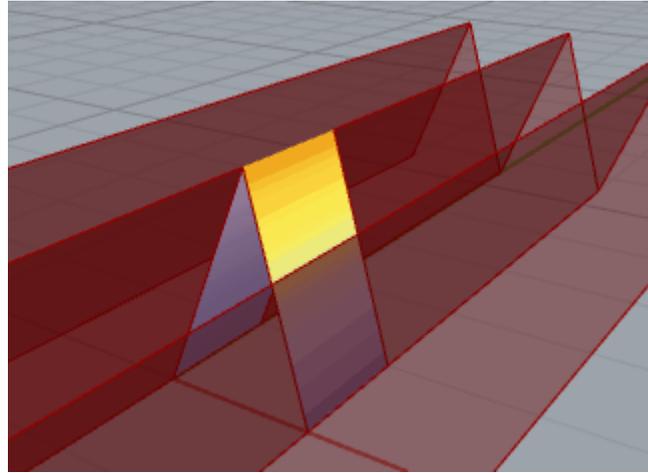
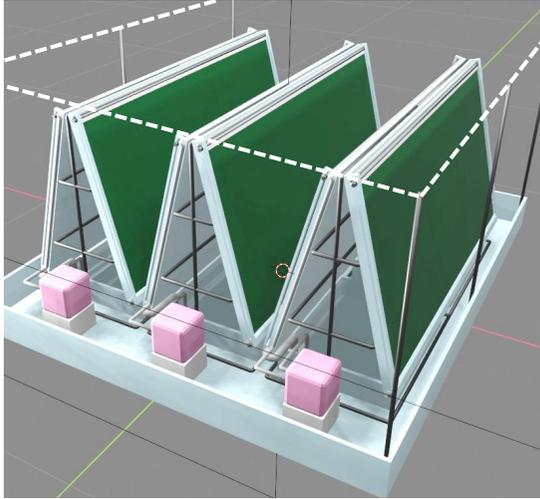
⇒実際の光環境を用いた3Dモデルシミュレーションを実施

1：固相表面培養の原理に基づく藻類バイオマス生産システムの開発

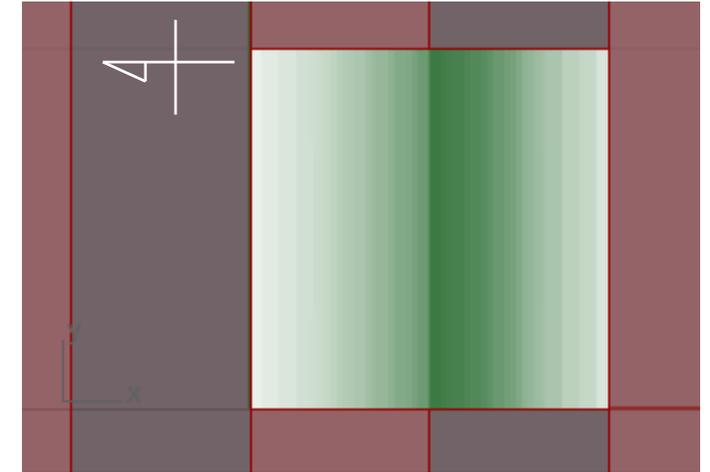
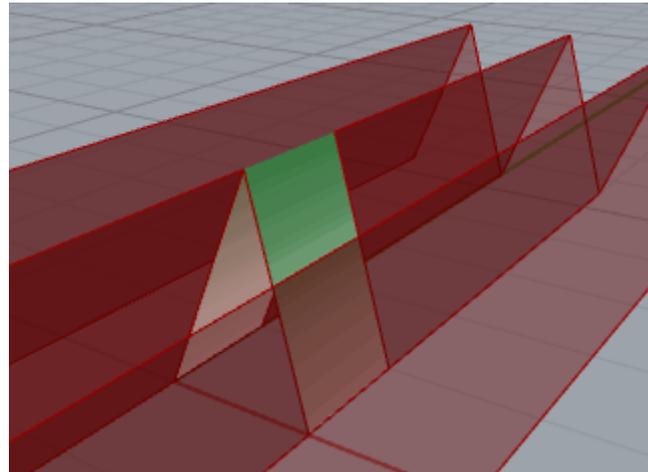
1-2:バイオマス生産におけるシミュレーションとエネルギー評価

実験結果から、屋外の光環境でのバイオマス生産性を試算するシミュレーションを構築。

①日射量のシミュレーション結果



②バイオマス生産性のシミュレーション結果



培養装置を単純化したモデル構造を想定し、日射量の実測値から培養面上の日射量とバイオマス生産性を試算。

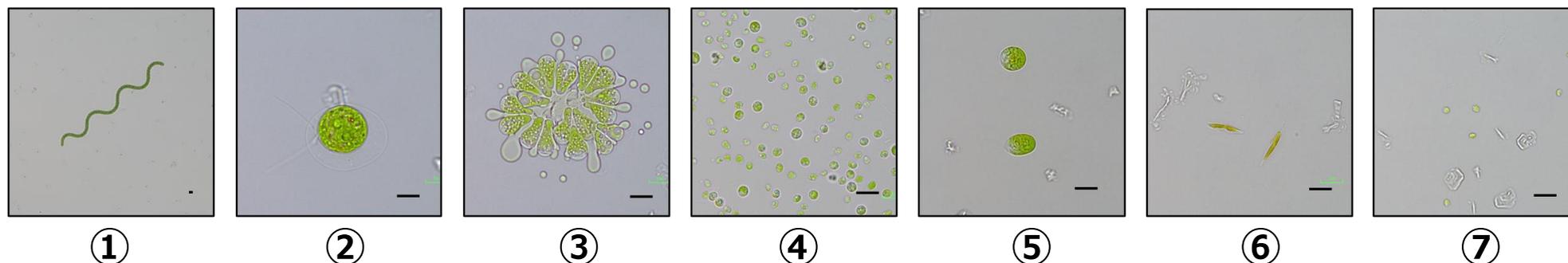
異なる装置構造におけるバイオマス生産性をより定量的に評価できるようになった。

多様な分類群に属する微細藻類株のバイオマス生産性を比較した。

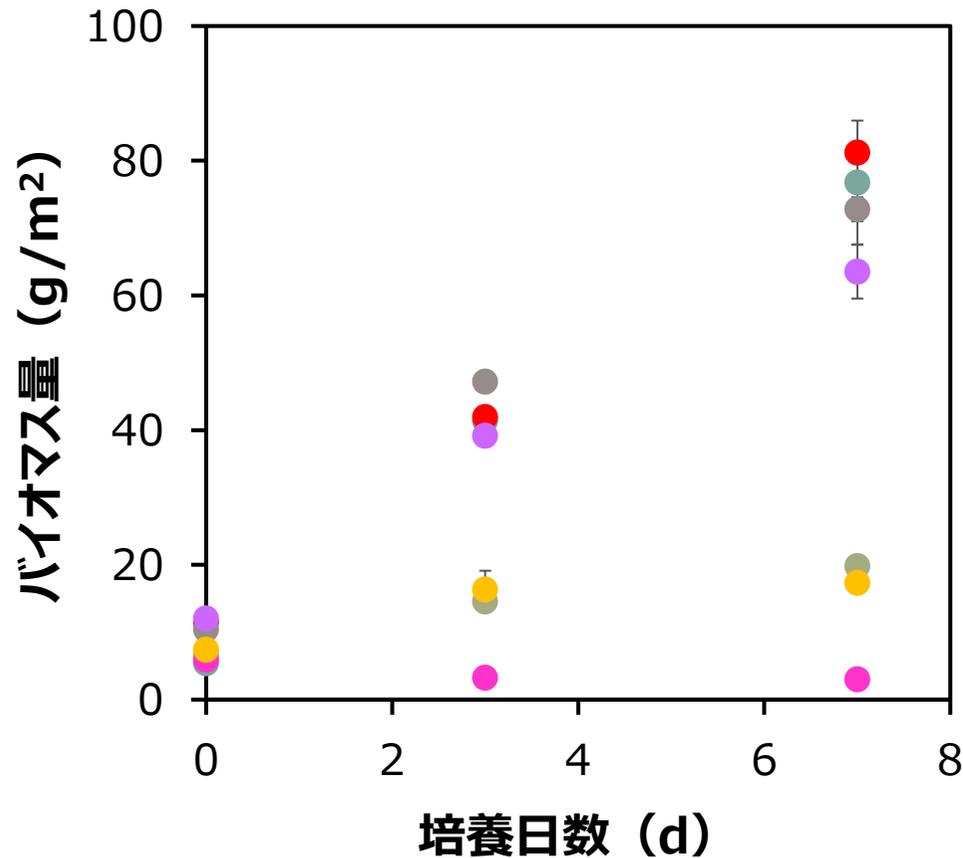
【実験に使用した微細藻類株】①-⑦の微細藻類株は国立環境研究所より購入した株

株番号	微細藻類株	分類	特徴	塩濃度	培地
①	<i>Arthrospira platensis</i>	シアバクテリア	タンパク質含有量が多い。	淡水	SOT
②	<i>Haematococcus lacustris</i>	緑藻	アスタキサンチンを蓄積する。	淡水	AF-6
③	<i>Botryococcus braunii</i>	緑藻	炭化水素を産生する。	淡水	AF-6
④	<i>Chlorella vulgaris</i>	緑藻	デンプンを産生する。	淡水	AF-6
⑤	<i>Dunaliella salina</i>	緑藻	カロテノイドを蓄積する。	海水	マリンアート
⑥	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	珪藻	EPAを蓄積する。	海水	マリンアート
⑦	<i>Nannochloropsis oceanica</i>	真正眼点藻	脂質・EPAを蓄積する。	海水	マリンアート

スケールバー: 10 μm



【結果】



バイオマス生産性 (g/m²/d)

	微細藻類株	0-3日
●	① <i>Arthrospira platensis</i>	11.99
●	② <i>Haematococcus lacustris</i>	10.13
●	③ <i>Botryococcus braunii</i>	2.60
●	④ <i>Chlorella vulgaris</i>	12.25
●	⑤ <i>Dunaliella salina</i>	データなし
●	⑥ <i>Phaeodactylum tricornutum</i>	2.98
●	⑦ <i>Nannochloropsis oceanica</i>	9.04

⑤ *Dunaliella salina*を除く6株で増殖が見られた。
 トレボウクシア藻綱に属する④ *Chlorella vulgaris*で最も増殖が速かった。

トレボウクシア藻を含む広義の緑藻に属する株を用いて同様の培養試験を行った。

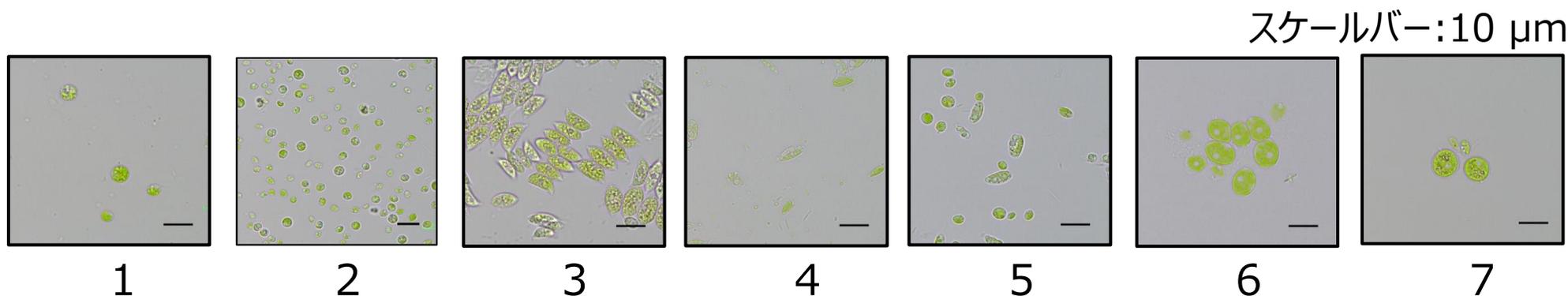
トレボウクシア藻を含む広義の緑藻に属する微細藻類株のバイオマス生産性を比較した。

【実験に使用した微細藻類株】

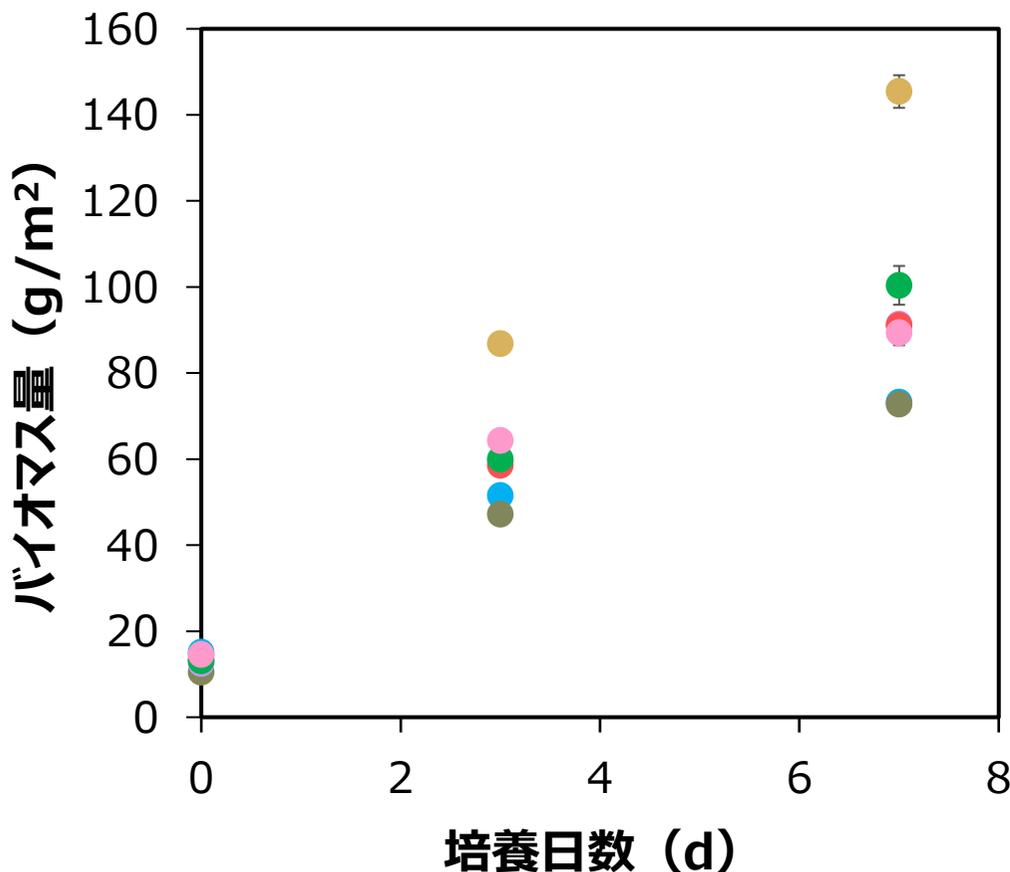
株番号	微細藻類株	塩濃度	培地
1	<i>Parachlorella kimitsuensis</i> (君津藻)	海水・淡水	AF-6
2	<i>Chlorella vulgaris</i>	淡水	AF-6
3	<i>Scendesmus obliquus</i> LB1-1	淡水	AF-6
4	<i>Coccomyxa simplex</i> KJ	淡水	AF-6
5	<i>Coccomyxa</i> sp. Akita-14	淡水	AF-6
6	<i>Parachlorella</i> sp. M7-18	淡水	AF-6
7	<i>Chlorococcum</i> sp. Beppu-5	淡水	AF-6

当社保有株
海水培地における増殖
速度は12-17 g/m²/d

京都大学 宮下英明
教授より提供いただいた
保菌株の中で
液体培養での生育が
速い株を選定



【結果】



バイオマス生産性 (g/m²/d)

	微細藻類株	0-3日
●	1. <i>Parachlorella kimitsuensis</i>	12.14
●	2. <i>Chlorella vulgaris</i>	12.25
●	3. <i>Scenedesmus obliquus</i> LB1-1	16.57
●	4. <i>Coccomyxa simplex</i> KJ	15.67
●	5. <i>Coccomyxa</i> sp. Akita-14	15.05
●	6. <i>Parachlorella</i> sp. M7-18	15.63
●	7. <i>Chlorococcum</i> sp. Beppu-5	★ 24.15

全ての株で増殖が見られた。

バイオマス生産性は*Chlorococcum* sp. Beppu-5を除く6株で12-17 g/m²/dであり、*Chlorococcum* sp. Beppu-5では24.15 g/m²/dであった。

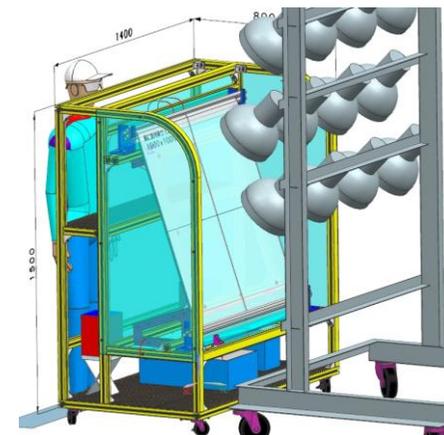
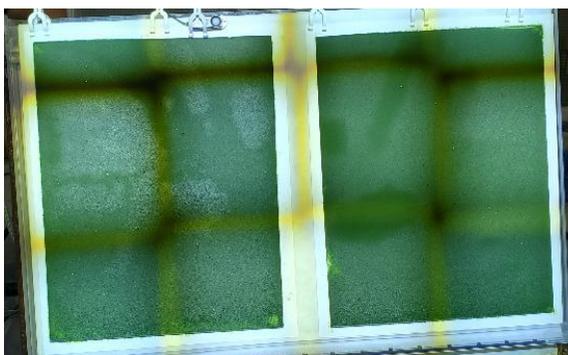
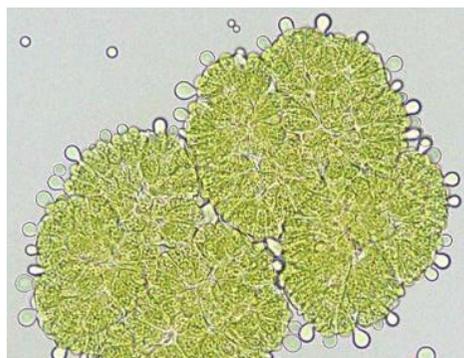
微細藻類株によっては、表面積当たり15 g/m²/dを超えるようなバイオマス生産性も可能



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



プロジェクト参加企業と活発に連携しながら研究を進めている。