

NEDO CR拠点 成果報告会

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

2025年1月28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

共同研究者：

京都大学 大学院人間・環境学研究科 宮下英明

株式会社ちとせ研究所 青木慎一、稲田敬

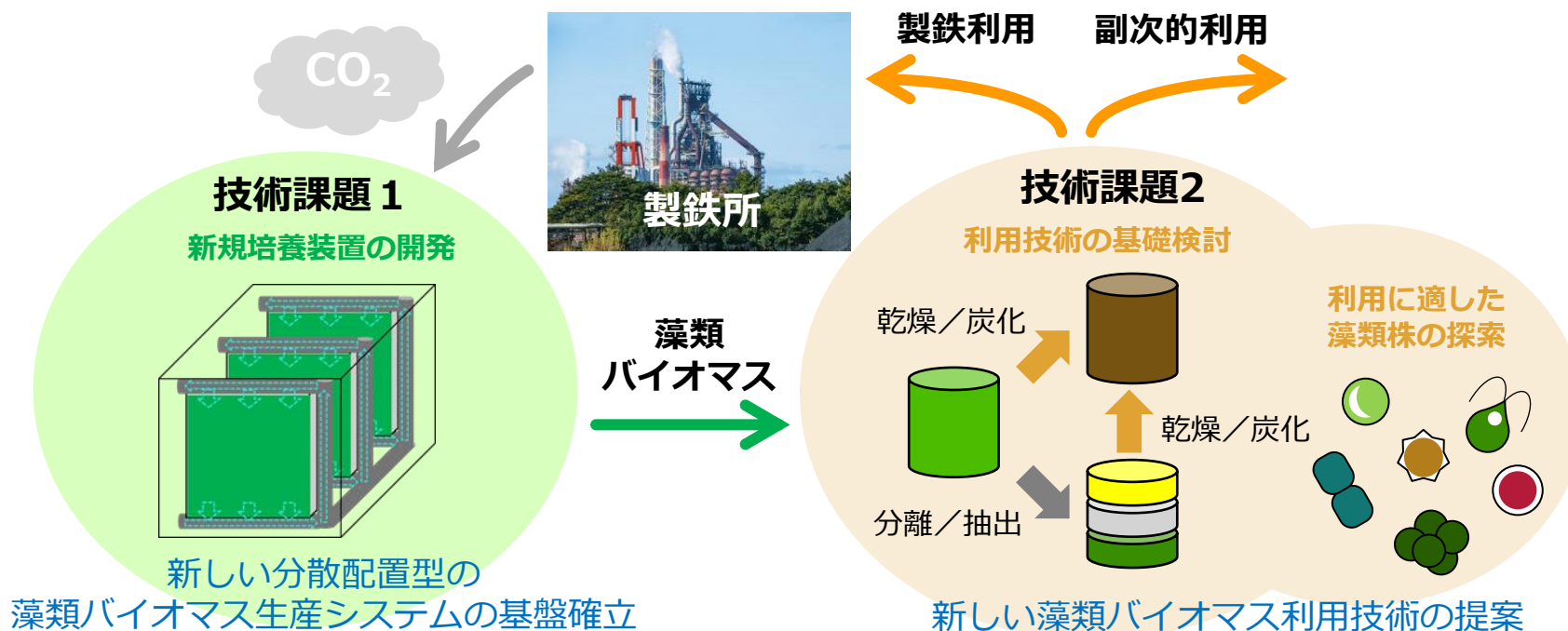
日本製鉄株式会社 先端技術研究所 環境基盤研究部 豊島由衣



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
- <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。

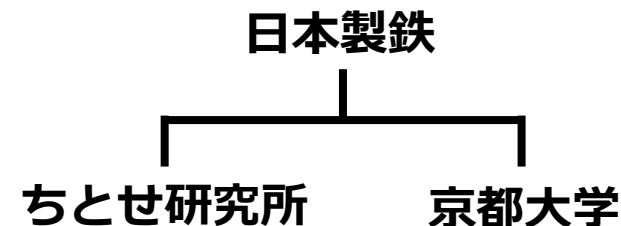
技術課題① 固相表面培養の原理に基づく高効率の藻類バイオマス生産システムの開発

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

研究体制と研究課題

再委託先・共同実施先と課題を分担し、
3年間の研究期間で段階的に研究を進めている。

研究体制図



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

生産

1-1. 固相表面培養装置の開発と運転 日本製鉄

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 日本製鉄／ちとせ研究所

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

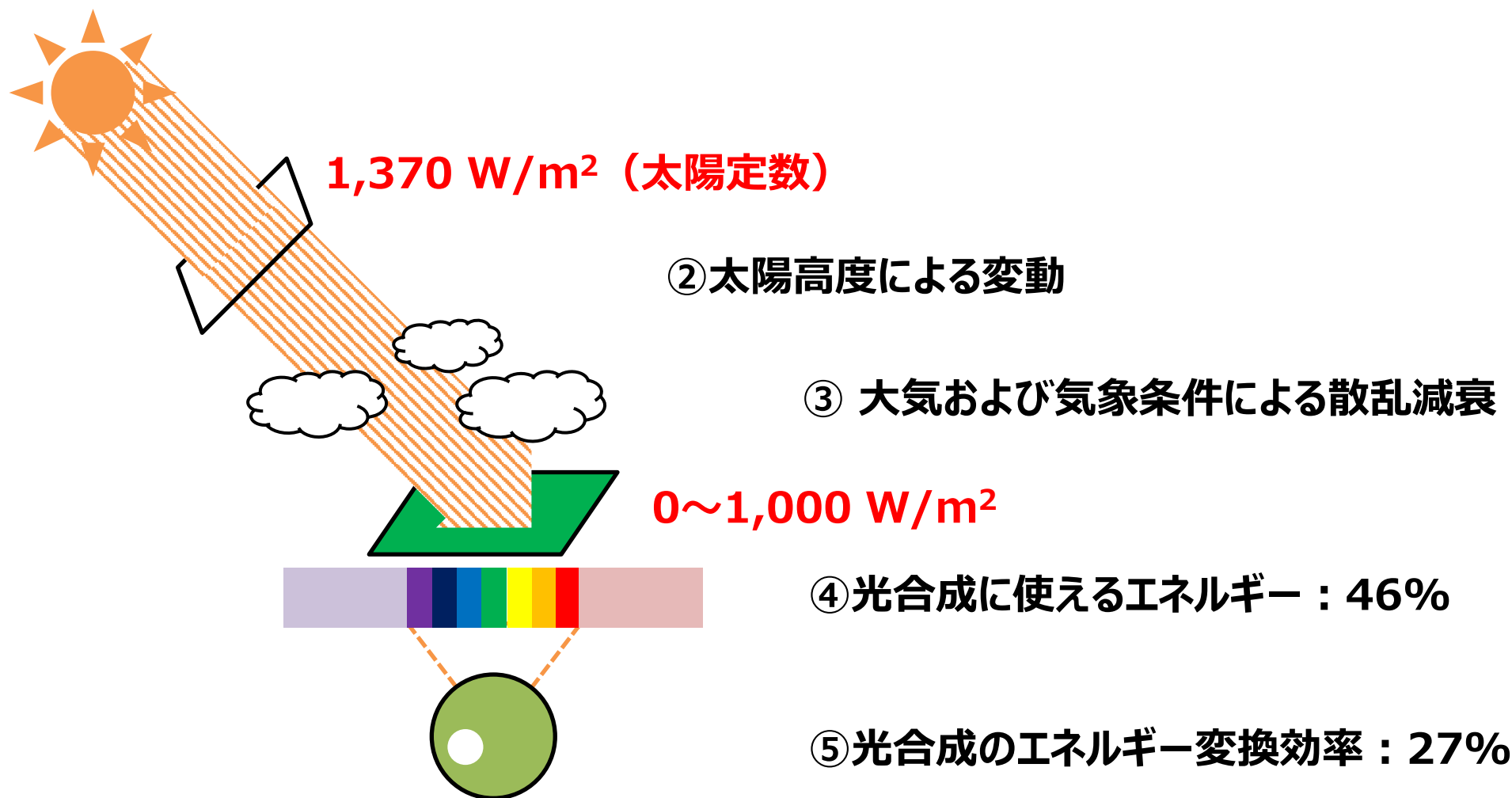
利用

2-1. 藻類バイオマスの物性評価による適用性検討 日本製鉄／ちとせ研究所

2-2. 製鉄利用に適した藻類の探索 日本製鉄／京都大学

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。



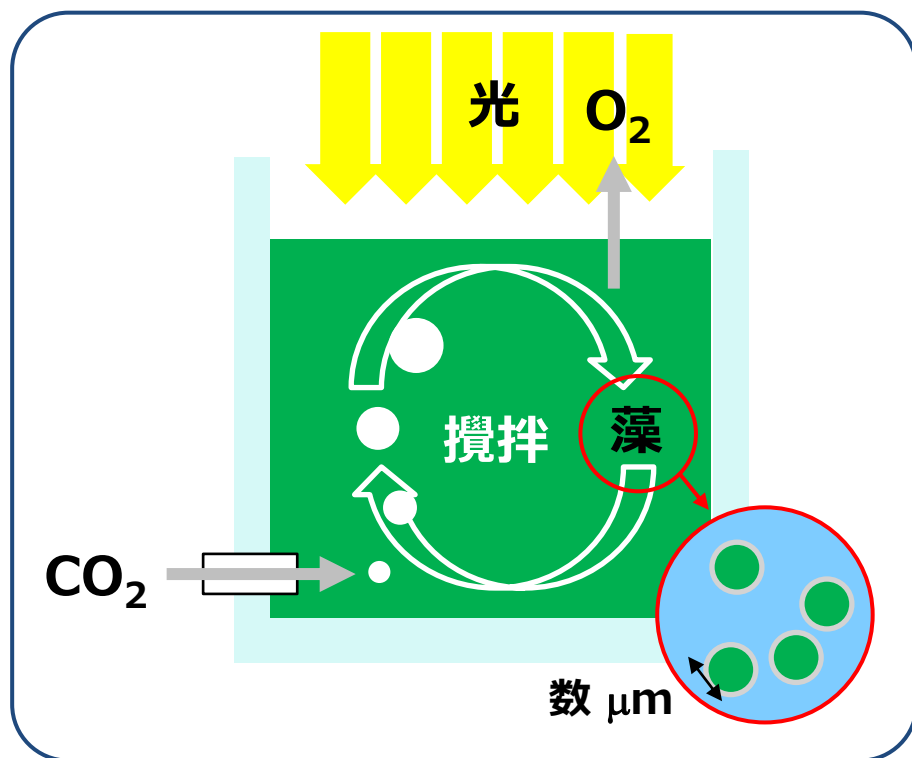
限られた太陽光をいかに効率よく光合成に利用できるかが鍵

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

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】

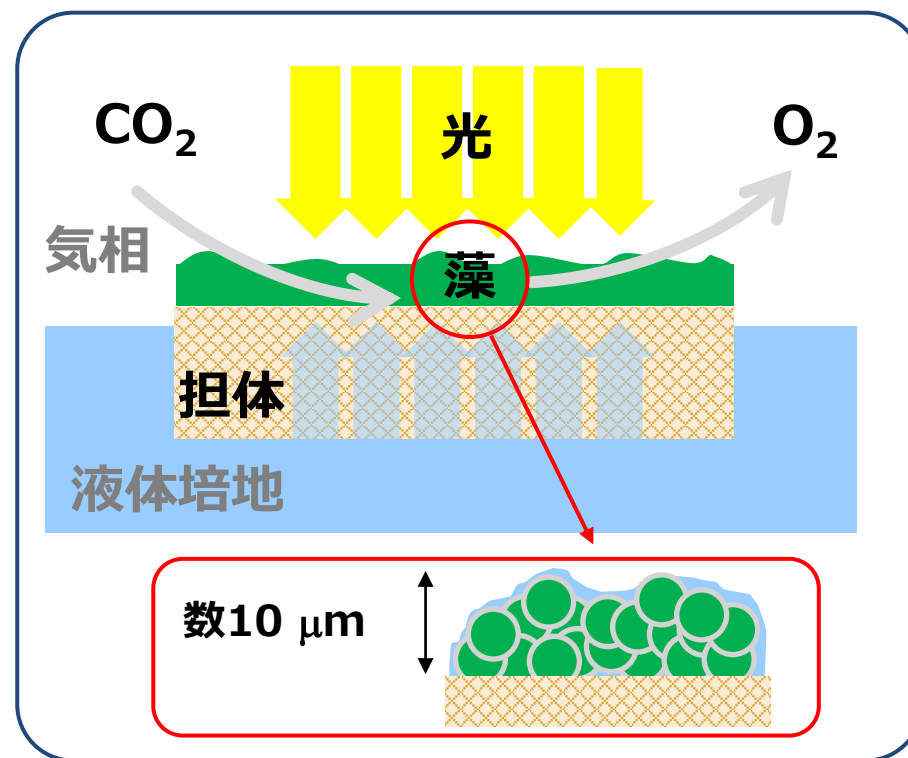
液体中に懸濁した微細藻類を攪拌して培養する方法。
最も一般的な培養方法。



- 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。

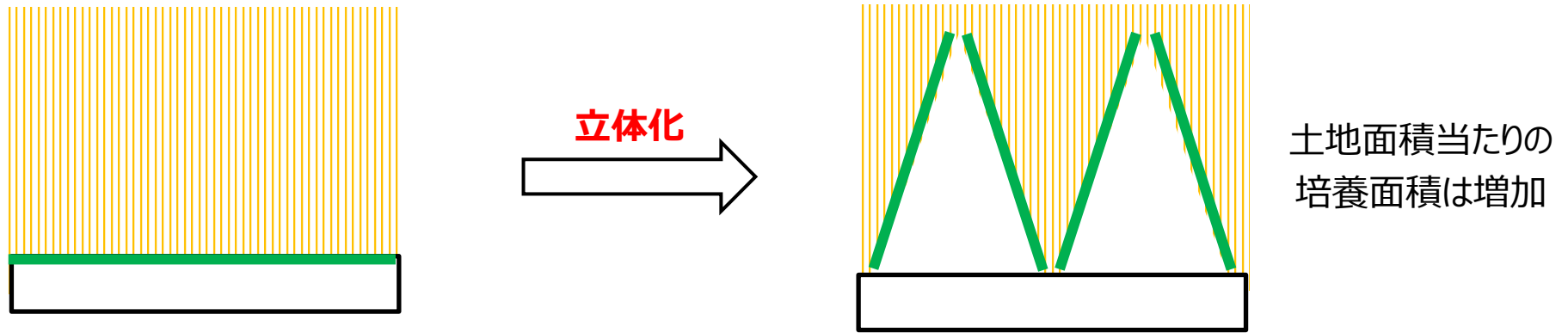


- ガス交換が速く、**CO₂による増殖促進効果**が高い。
- 太陽光を効率よく利用できる。**

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

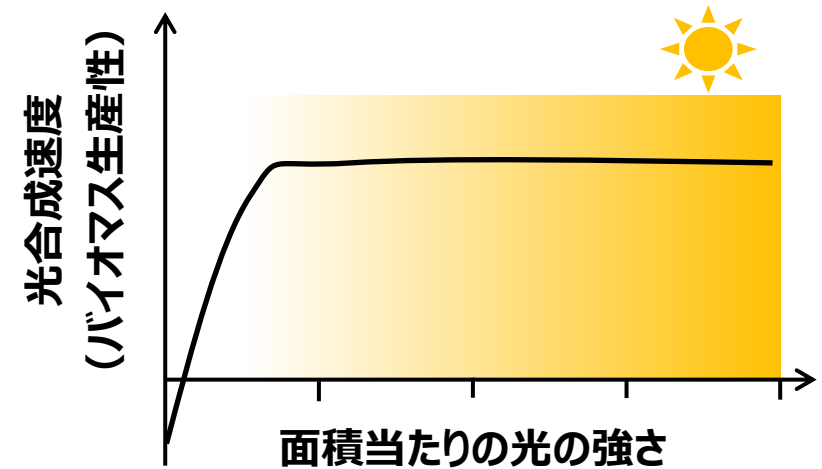
1 : 固相表面培養の原理に基づく藻類バイオマス生産システムの開発

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

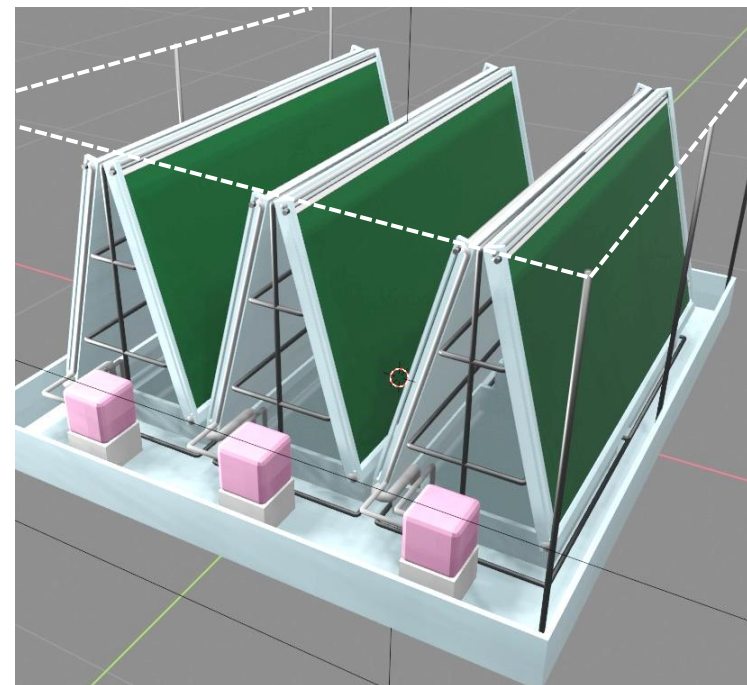
②水：液体培地の循環

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



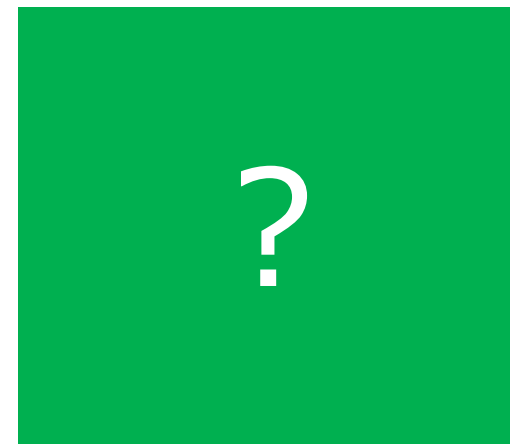
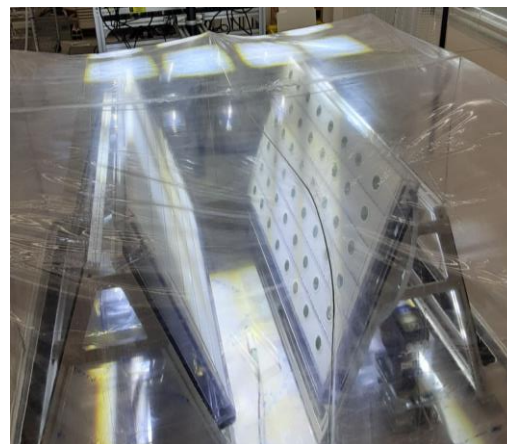
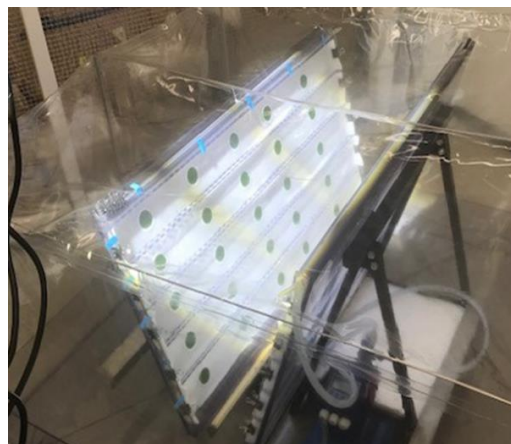
NEDOプロ目標

- ・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

段階的に改良を進めながら、培養実験を実施している。

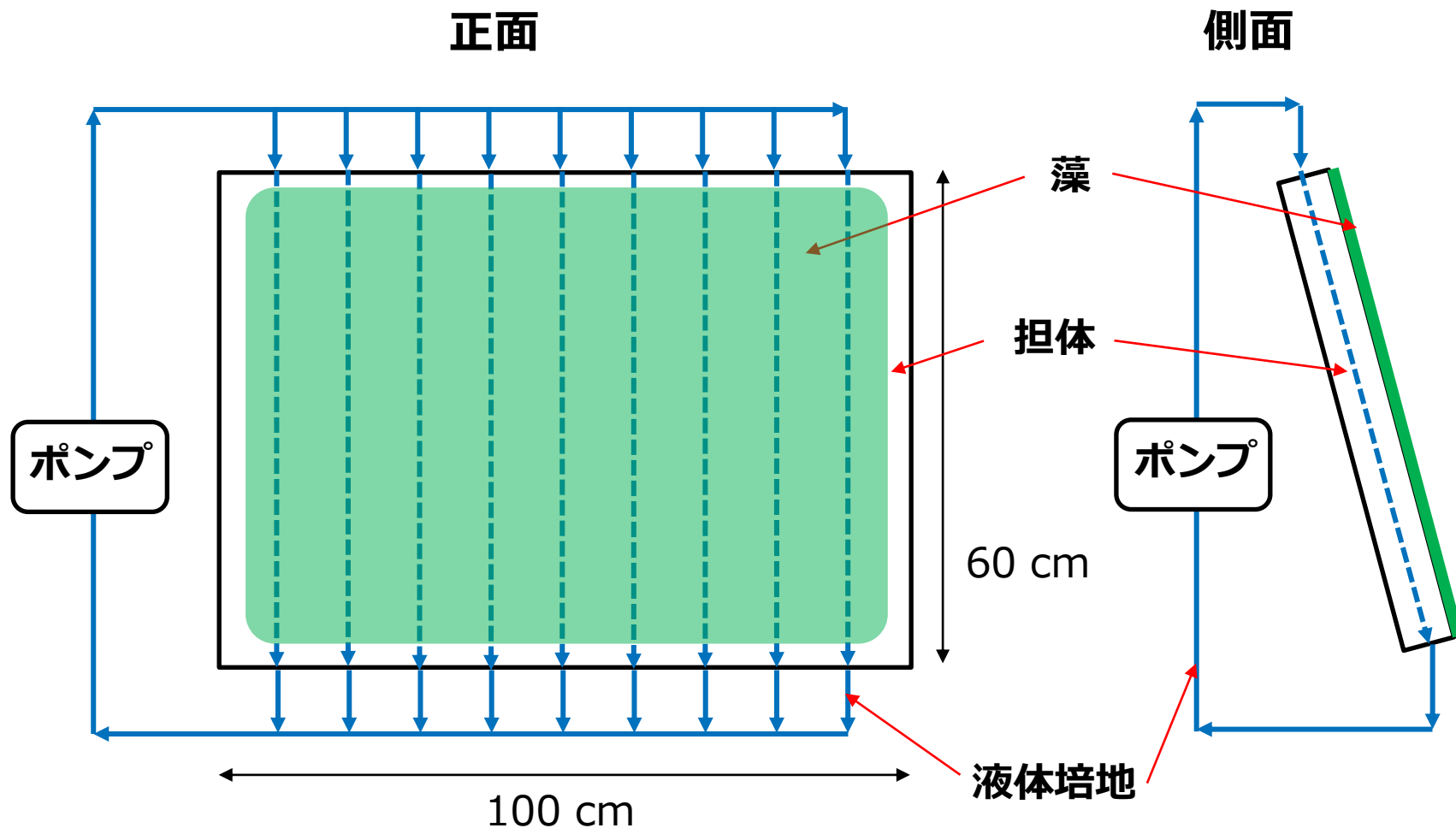


	培養装置ver.1	培養装置ver.2	培養装置ver.3
設置面積	1.0 m ²	1.0 m ²	
培養面積(最大)	3.0 m ²	2.4 m ²	
前装置からの 主な変更点	<ul style="list-style-type: none">・担持体の配置を変更・培地循環を改良	<ul style="list-style-type: none">・給水の仕組みを改良・配管の取り回しを向上・気密性を改良	<ul style="list-style-type: none">・バイオマスの回収機構を搭載

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】



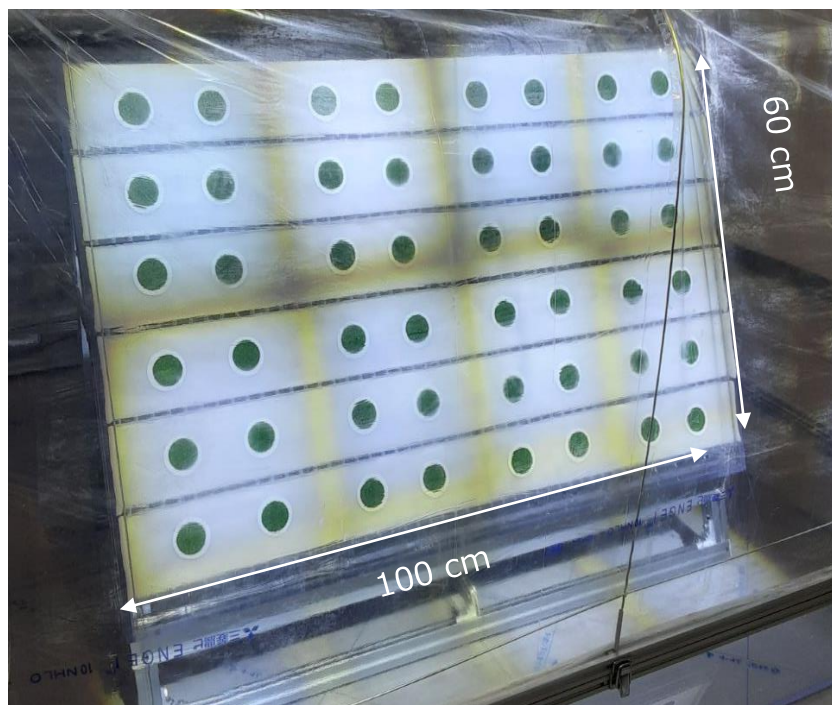
液体培地の循環を工夫することで、安定的な藻類の培養が可能になった。

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。

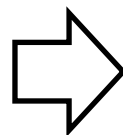
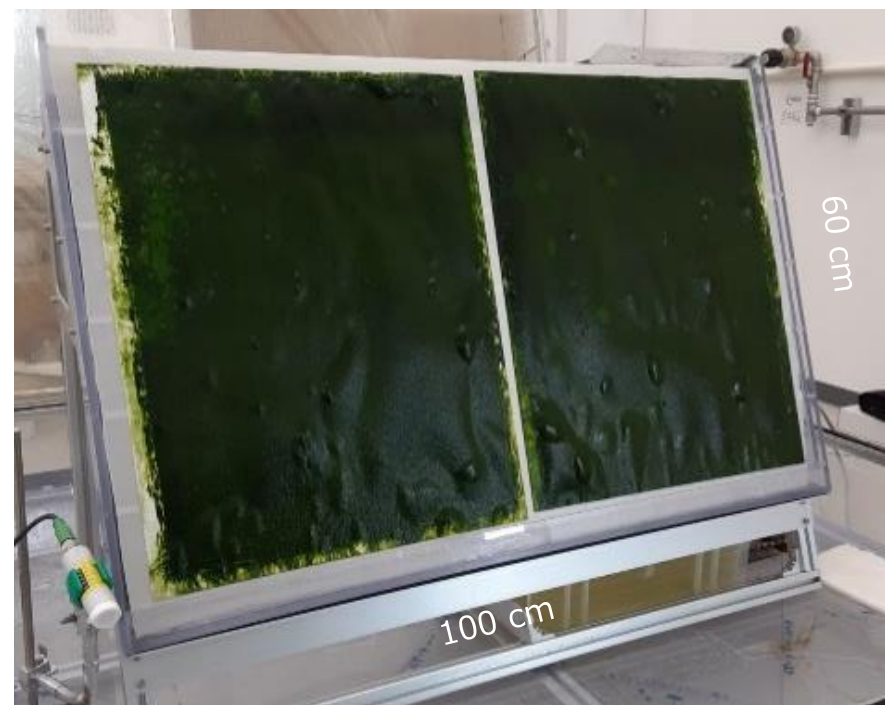
スポット培養

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



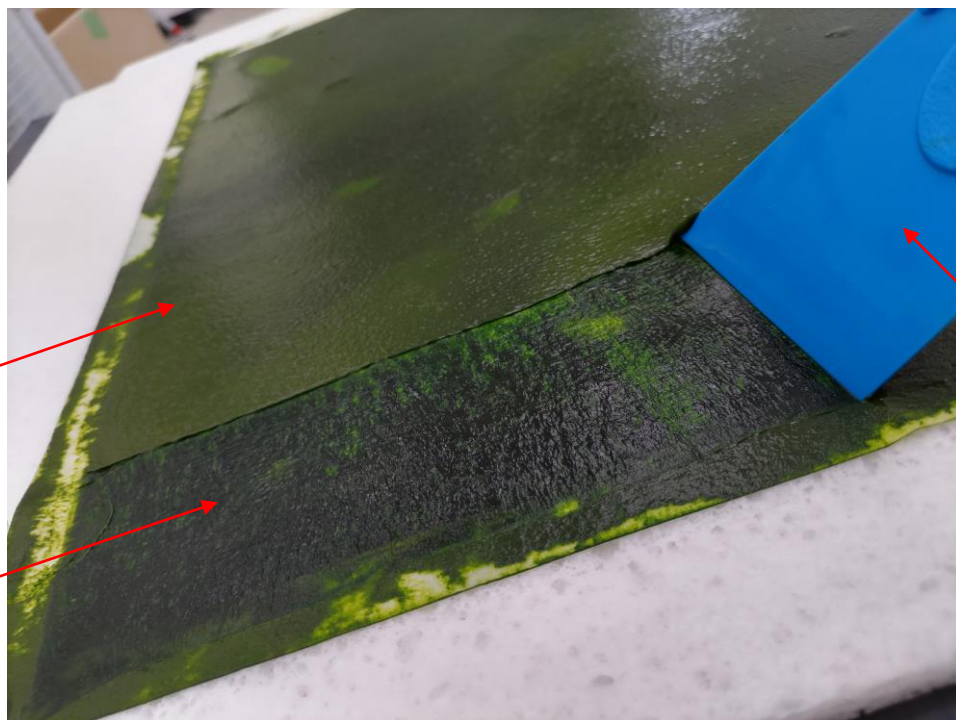
全面培養においても、スポット培養と同等の表面積当たりのバイオマス生産性を得ることができた。

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



②回収した直後のバイオマス



ヘラ

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。

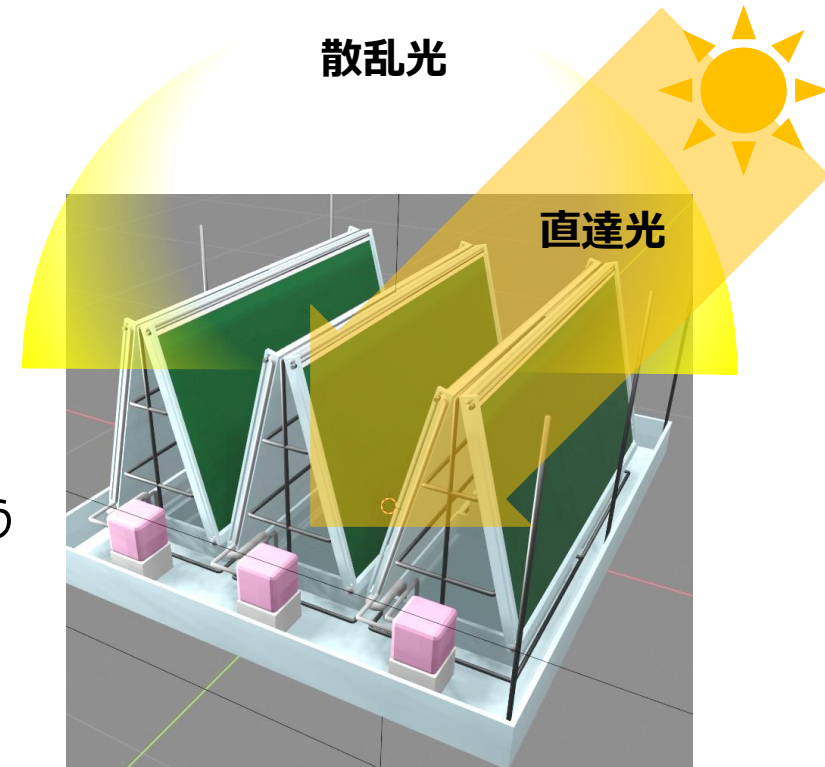
しかし、屋外の光環境は

- ・ 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。

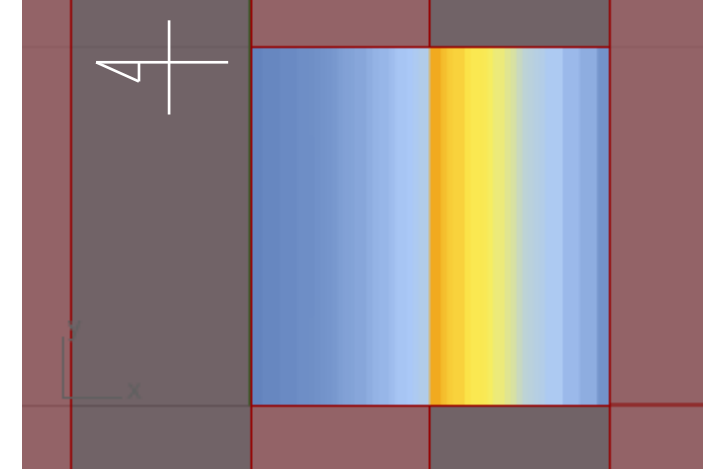
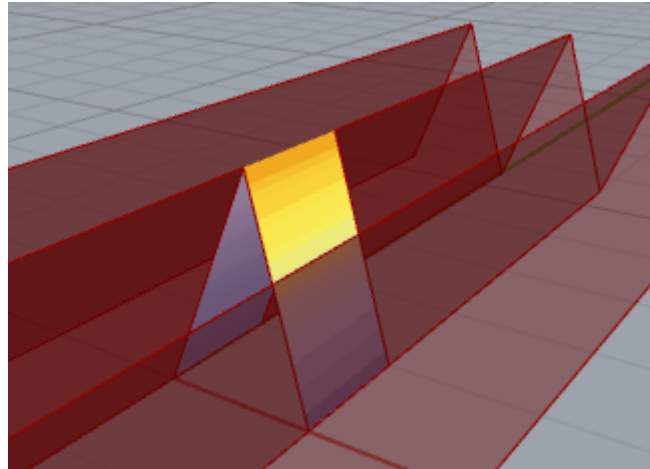
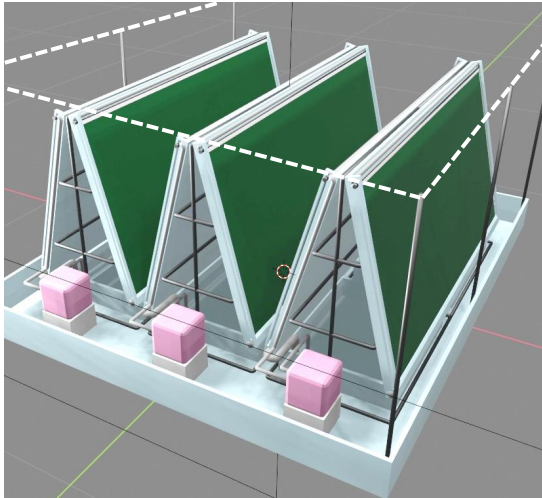
⇒実際の光環境を用いた3Dモデルシミュレーションを実施

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

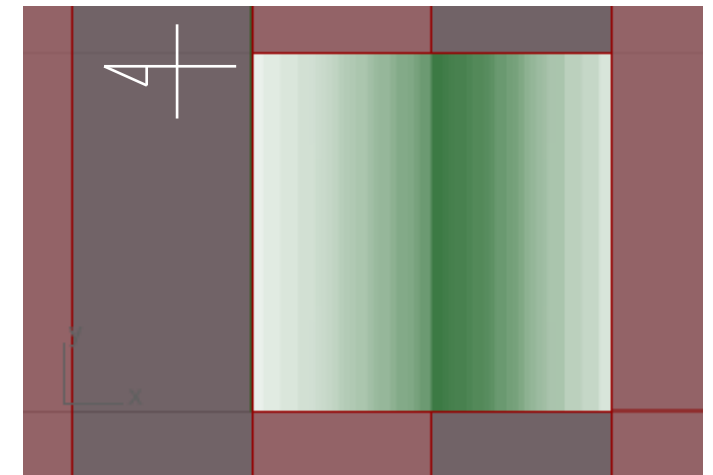
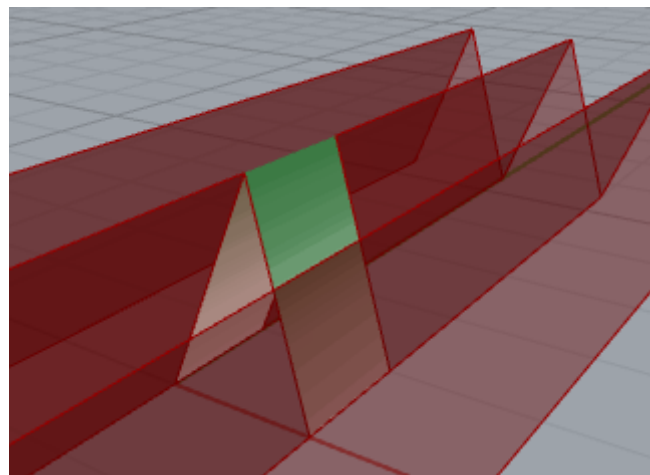
1-2: バイオマス生産におけるシミュレーションとエネルギー評価

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



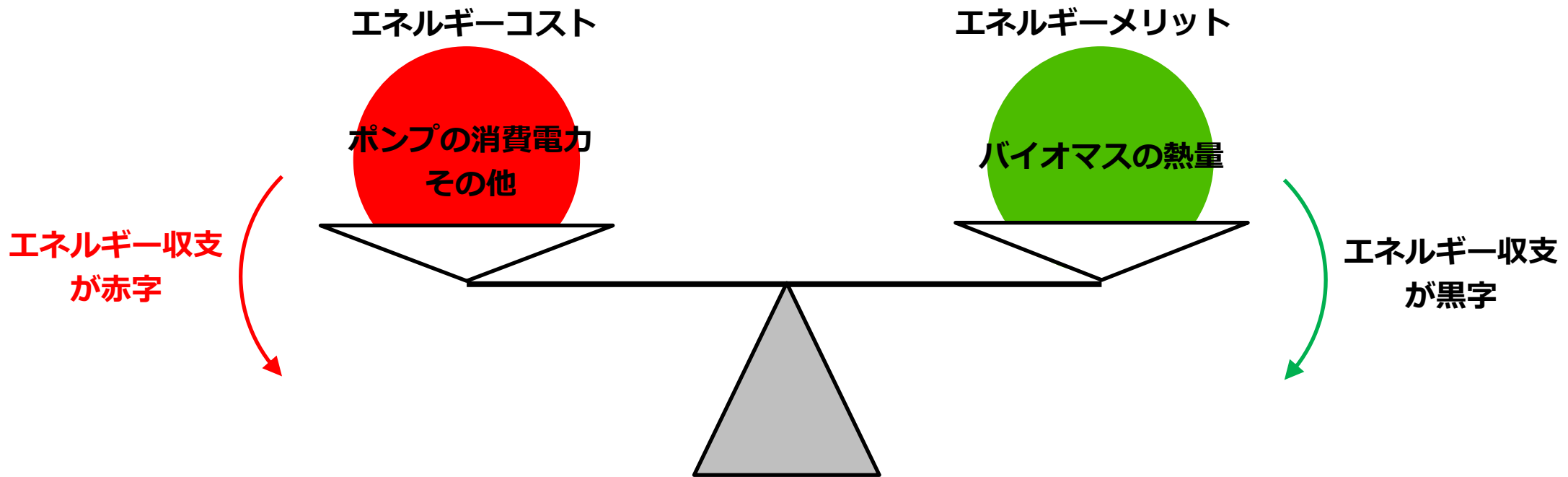
培養装置を単純化したモデル構造を想定し、日射量の実測値から培養面上の日射量とバイオマス生産性を試算。

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。

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

CN技術として成立するためには、プロセス全体のCO₂収支を評価する必要がある。その前段階として、本プロジェクトでは、評価がより容易なバイオマス生産におけるエネルギー収支を評価する。



特に本培養装置において最も消費エネルギーが高いと考えられる揚水ポンプの消費電力に焦点を絞って議論する。

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

【ポンプにかかるエネルギーコスト】

ポンプ吐出量：100 [ml/panel/min]としたとき、
 1パネルあたり日間必要動力：1.06 [kJ/panel/d]
 1m²あたりに日間消費動力：4.23 [kJ/m²/d]

ポンプの効率を50%とすると、

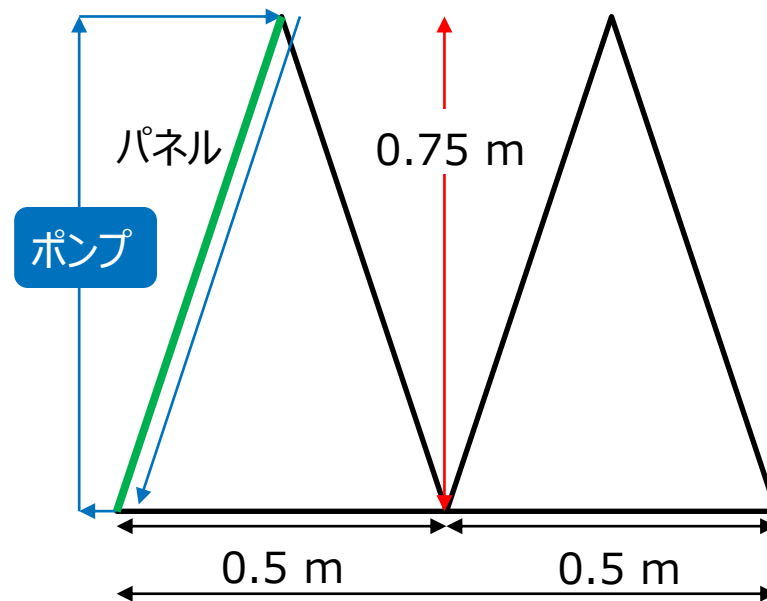
1m²あたりの日間消費電力：8.46[kJ/m²/d] <

【得られるバイオマス中のエネルギー】

バイオマスの高位発熱量：22,000 [J/g]
 設置面積あたりのバイオマス生産性：10 [g/m²/d]

面積当たりのエネルギー生産性：220[kJ/m²/d]

培養装置の模式図



ただし、
 培養にかかるエネルギーコストは
 他にも多く存在

- ・CO₂の吹込み(ガス交換)
- ・培地の作製
- ・バイオマスの回収 etc.

ただし、
 バイオマスを利用するためには、
 追加のエネルギーコストが必要

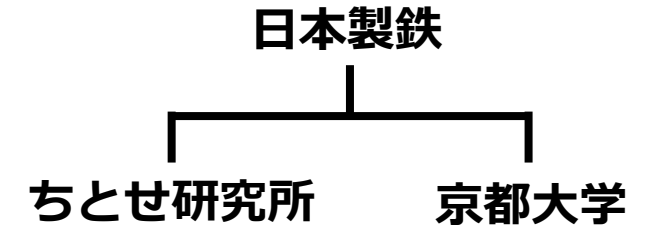
- ・バイオマスの脱水、乾燥
- ・バイオマスの改質 etc.

エネルギー収支の黒字化は達成の見込みだが省エネルギー化は必要。

まとめと今後の展開

再委託先・共同実施先と課題を分担し、
3年間の研究期間で段階的に研究を進めている。

研究体制図



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

生産

1-1.固相表面培養装置の開発と運転 日本製鉄

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 日本製鉄／ちとせ研究所

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

利用

2-1.藻類バイオマスの物性評価による適用性検討 日本製鉄／ちとせ研究所

2-2.製鉄利用に適した藻類の探索 日本製鉄／京都大学

研究は順調に進捗しており、事業終了に向けてデータを取りまとめ中。