

# 微細藻類の産業化に向けた取り組みと IMAT基盤技術研究所の紹介



2022年10月13日  
BioJapan2022 NEDOブース内プレゼンテーション

IMATのご紹介

微生物のポテンシャルと産物

標準化の意義について

◆設 立 : 2020年5月14日

◆事 務 所 : 神奈川県川崎市高津区坂戸3-2-1かながわサイエンスパーク東棟B02

◆研 究 所 : 広島県豊田郡大崎上島町中野6208-1

◆設立目的 : 微細藻類の産業利用と関連技術発展の推進

◆社 員 : 4名 (従業員: 22名, 駐在14名)

代表理事

芋生 憲司



東京大学  
大学院農学生命科学研究科  
教授

理事

伊藤 潔



三井化学分析センター  
代表取締役社長

理事

大間知 孝博



ENEOSホールディングス株式会社  
未来事業推進部 副部長

監事

中川 智



バイオインダストリー協会  
事業連携推進部長

◆会 員 : 10社



※アルファベット順で表示

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
- CO<sub>2</sub>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

IMATは、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構からの委託業務を受託しています

## <事業名> 微細藻類由来バイオジェット燃料生産の産業化とCO<sub>2</sub>利用効率向上に資する拠点整備・技術開発

- <内 容>
- ① 複数のアプローチによる技術検証が可能な微細藻類研究拠点の整備
  - ② 微細藻類の生産における各種工程の手法・条件の標準化

<期 間> 2020年8月～2025年3月（予定）

### 1 研究拠点の設備

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。

- ◆特徴①  
光・水温制御により世界各地の気候を再現可能な3種の培養設備を導入



- ◆特徴②  
乾燥、成分抽出・分析など、藻類生産に関する一連の工程の技術検証が可能



### 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、それらを用いて標準参照値の取得を行います。

- ◆培養
  - 環境条件（光、水、栄養等）
  - 設備稼働条件（水深、曝気量、流速等）
  - 標準（推奨）手法
- ◆乾燥、抽出
  - 装置稼働条件（温度、時間、溶媒等）
  - 標準（推奨）手法
- ◆分析
  - 必要（推奨）分析項目
  - 装置稼働条件
  - 標準（推奨）手法
- ◆成果の表記
  - 生産性の表記法
  - 製品に含まれる藻類の割合表記

### 3 排ガス利用・分析

大崎クールジェンから供給されるCO<sub>2</sub>を用いて微細藻類の培養試験を実施し、産業化に必要な各種分析を実施します。



- ◆要点
  - 排ガス由来のCO<sub>2</sub>の利用
  - 標準手法・条件の利用
  - 微細藻類の生産における技術経済分析、環境影響分析の実施

### 4 モデルケース作成

取得したデータと他のNEDOプロジェクトにおいて得られた実証データを比較・分析し、産業化に必要な知見を取得、提案する。



産業化に有用な情報の整理

モデルケースの作成・提案

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

# 拠点概要

## ◆拠点予定地について

事業活動は、中国電力大崎発電所構内にて実施しております。



長島 (広島県) 航空写真

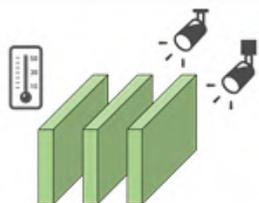


大崎クールジェン株式会社



## 各種工程に対して複数のアプローチによる技術検証を可能とする研究拠点を整備

### 培養



- パネル型PBR
  - チューブ型PBR
  - レースウェイポンド
- ※光・水温制御が可能

### 収穫・濃縮



- 遠心分離機
- 濾過分離機
- 化学凝集設備 等

### 乾燥



- 噴霧乾燥機
- 凍結乾燥機
- 風熱乾燥機
- 天日乾燥設備 等

### 抽出



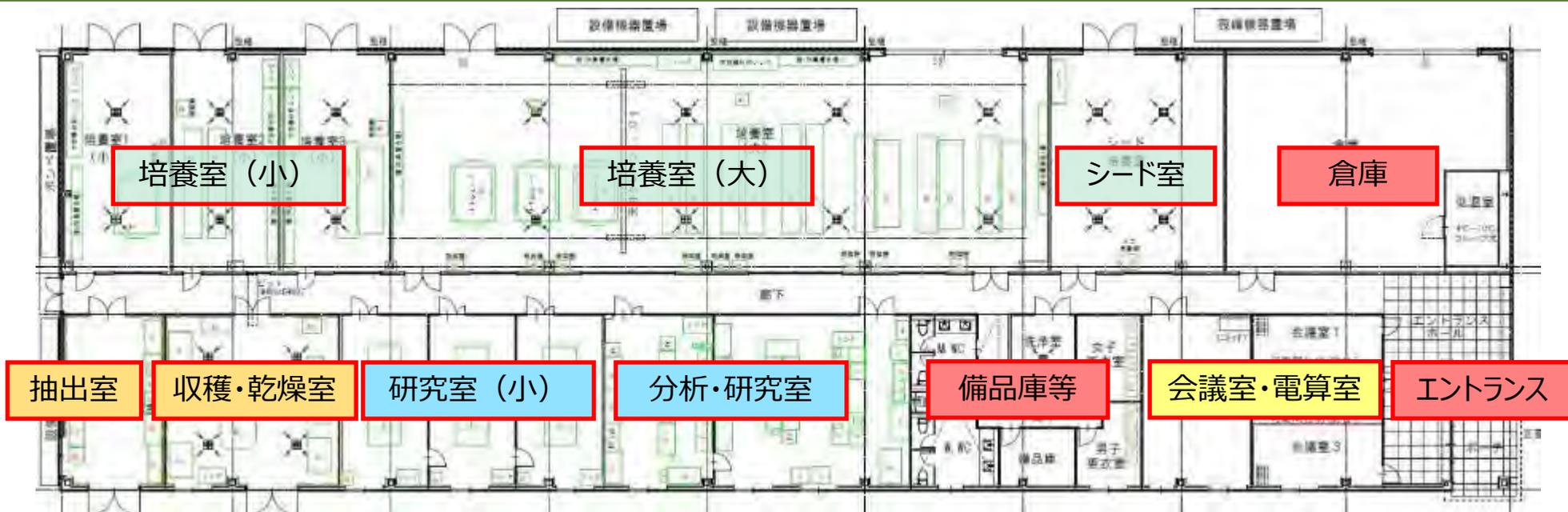
- 溶媒抽出装置
- 超臨界流体抽出機 等

### 分析



- 培地成分
- バイオマス成分
- 脂質成分
- 等の分析装置

# 研究拠点レイアウト



## ➤ 培養室

3種類の培養システム（右図）を屋内に設置。水温、光照射角、光強度、明暗周期等を制御し一拠点で様々な培養環境を再現可能に。



## ➤ 研究室

各種培養試験で得られたバイオマス中成分の組成分析、抽出物サンプルの分析、評価等に必要な研究設備、機器類を整備。

## ➤ 収穫・乾燥・抽出室

微細藻類培養後の工程（収穫・乾燥等）に必要な設備を導入。バイオジェット燃料および副産物の精製に適したものを導入。

## ➤ 会議室

## ➤ その他設備

# 培養室、シード培養室

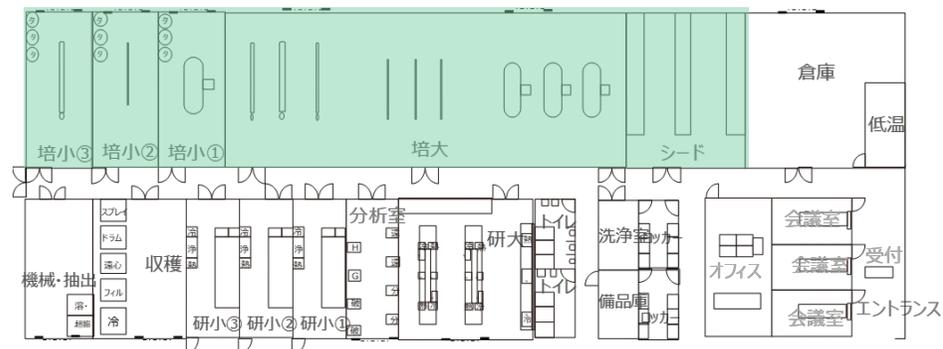
大培養室全景



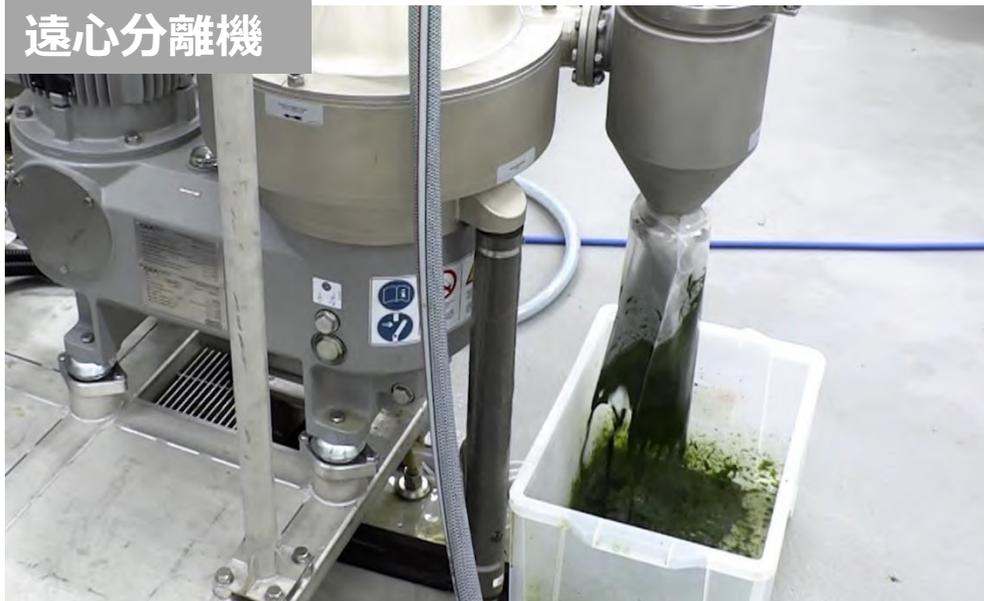
シード培養室



- 400-1000Lスケールの培養装置が12基配備
- 全ての水槽にて水温制御および光強度制御可能な設計
- 小培養室ではカードキーによるセキュリティを付け、秘密情報の含まれる培養試験も可能
- 遺伝子組み換え体の培養が対応可能



# 収穫・乾燥室



## 乾燥後写真

凍結乾燥



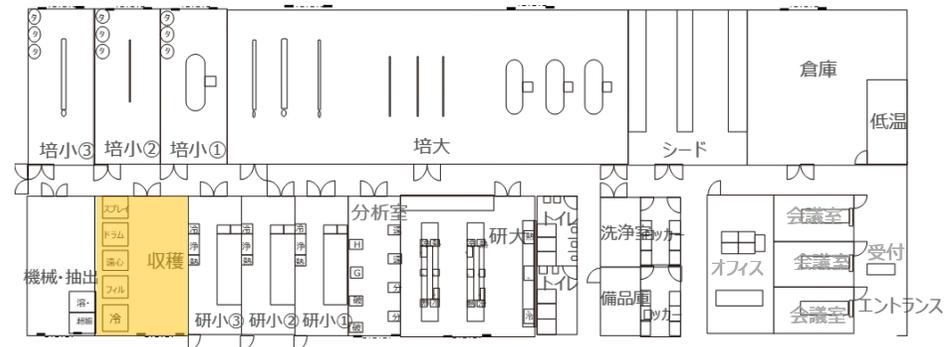
風熱乾燥



噴霧乾燥



- ・培養液を直接輸送可能 (輸送パイプ完備)
  - ・以下の設備を検証可能
- 収穫設備： 遠心分離機、濾過分離機、化学凝集  
 乾燥設備： 凍結乾燥機、スプレイドライヤー、熱乾燥機、  
 天日乾燥 (ビニールハウス)



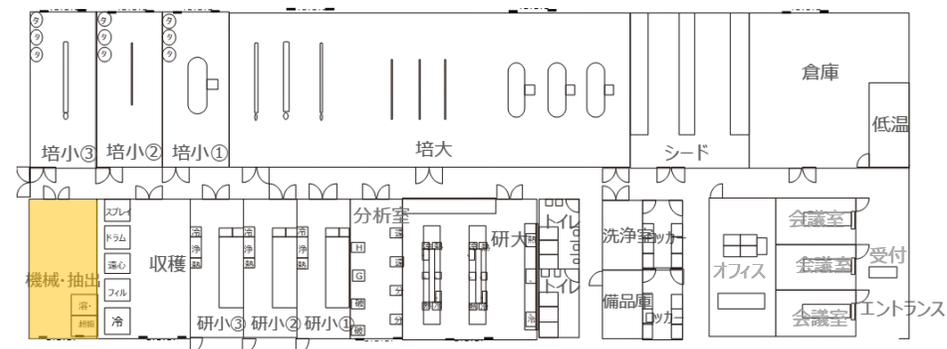
遠心分離機



抽出検討



- 乾燥後バイオマスの抽出検討を行う設備
- ソックスレー抽出、超臨界CO<sub>2</sub>、水熱液化等、複数種の技術を検討可能
- 前処理工程の検証も可能（ビーズ破碎、ミル破碎等）



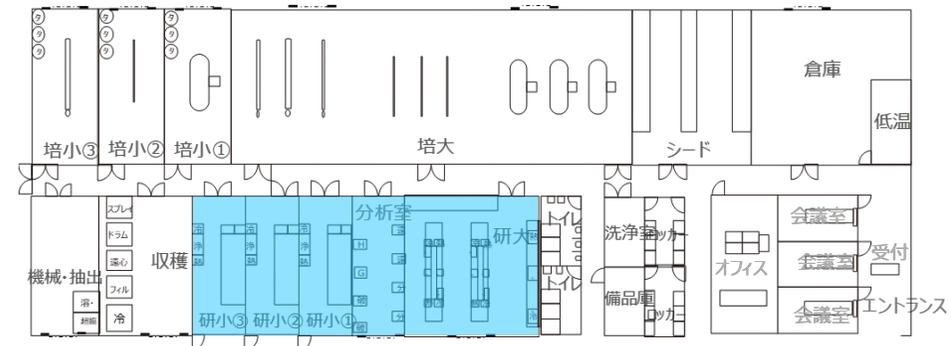
共同実験室



バイオマス分析室



- 微細藻類の成分分析やを目的とした装置が揃っている
- 培地分析やコンタミネーション解析の実施も可能
- 遺伝子組み換え実験にも対応を予定



# 関連設備について

## ◇CR実証拠点について

拠点には環境部が出資されている別のCR事業も準備を始めております。

**実証研究エリア**

**A**



研究テーマ①  
CO<sub>2</sub>有効利用コンクリートの研究開発

**B**



研究テーマ②  
カーボンリサイクルを志向した  
化成品選択合成技術の研究開発

**C**



研究テーマ③  
Gas-to-Lipids  
バイオプロセスの開発

CO<sub>2</sub>を固定化する対象を、建物の構造物などに使用される鉄筋コンクリート製品や現場打設コンクリート構造物へ広げる技術の開発

ペットボトルなどの原料となるパラキシレンをCO<sub>2</sub>から効率良く製造可能とするための触媒およびプロセスの開発

CO<sub>2</sub>から酢酸を製造し、高付加価値脂質や化学品原料を合成する二段階発酵プロセスによるバイオリファイナー技術を開発

**藻類研究エリア**

**D**



研究テーマ④  
微細藻類由来 SAF の製造に係る CO<sub>2</sub>利用効率の向上に資する研究拠点の整備及び技術の開発

**E**



研究棟

**F**

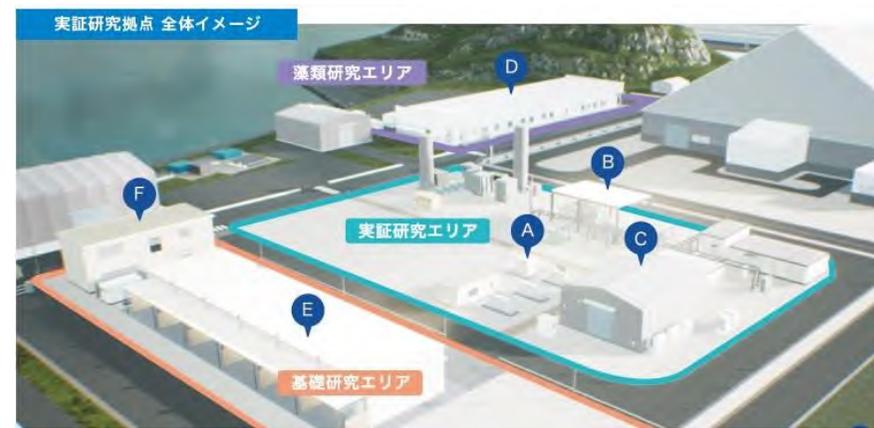


共用棟

微細藻類の基盤技術向上のために技術検証が可能な拠点整備を行い、微細藻類由来バイオジェット燃料生産の産業化につなげる

複数の企業や大学などが基礎研究・先導研究を効率良く、かつ、安全に行うことができるなど利便性に優れた6つの研究室で構成

事業者が利用できる会議室、分析室などを整備。本拠点の見学者を対象としたコンテンツの掲示も行う



IMATのご紹介

微生物のポテンシャルと産物

標準化の意義について

# 微細藻類について

■ 微細藻類とは、光合成を行う非常に小さな生物のことです。

※藻類とは・・・ 酸素発生型光合成を行う生物のうち、主に地上に生息するコケ植物、シダ植物、種子植物を除いたものの総称である（一般的には陸上植物以外を指す言葉となっている。）



紅藻類(テングサ)

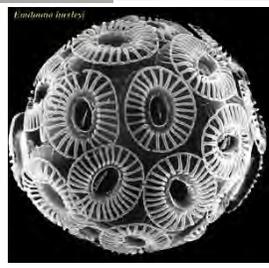
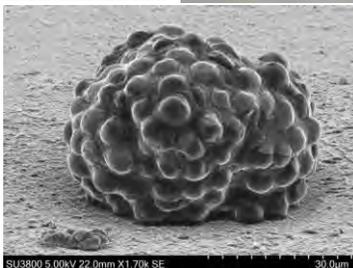
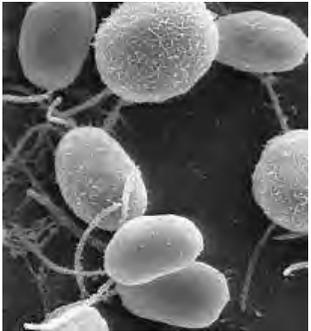
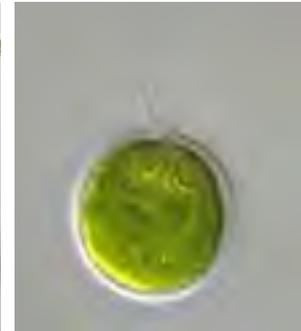
褐色藻類(コンブ)



緑藻類(ワカメ)

車軸藻類(シャジクモ)

[www.biological-j.net/blog/2007/1...310.html](http://www.biological-j.net/blog/2007/1...310.html)



[http://www.shigen.nig.ac.jp/algae\\_tree/Chlorophyta.html](http://www.shigen.nig.ac.jp/algae_tree/Chlorophyta.html)  
[kahaku.go.jp/research/db/botany/microalgae/microalgal\\_kids/](http://kahaku.go.jp/research/db/botany/microalgae/microalgal_kids/)

← 大型藻類 →

← 微細藻類 (目に見えない) →

# なぜ、微細藻類なのか？

## 物質を作れるのは光合成だけ

### 光合成



様々な物質を  
生産可能

### 太陽光発電



電気のみ

### 風力発電



電気のみ

## 用途の多様性



バイオジェット燃料



飼料



バイオプラスチック



色素



医薬品



工業用油脂

## 高生産性

オイル収量 (キロリットル/ha/年)



Thomas F. Riesing (2006) 「Cultivating Algae for Liquid Fuel Production」

## 土地を選ばない

### 土地利用可能面積

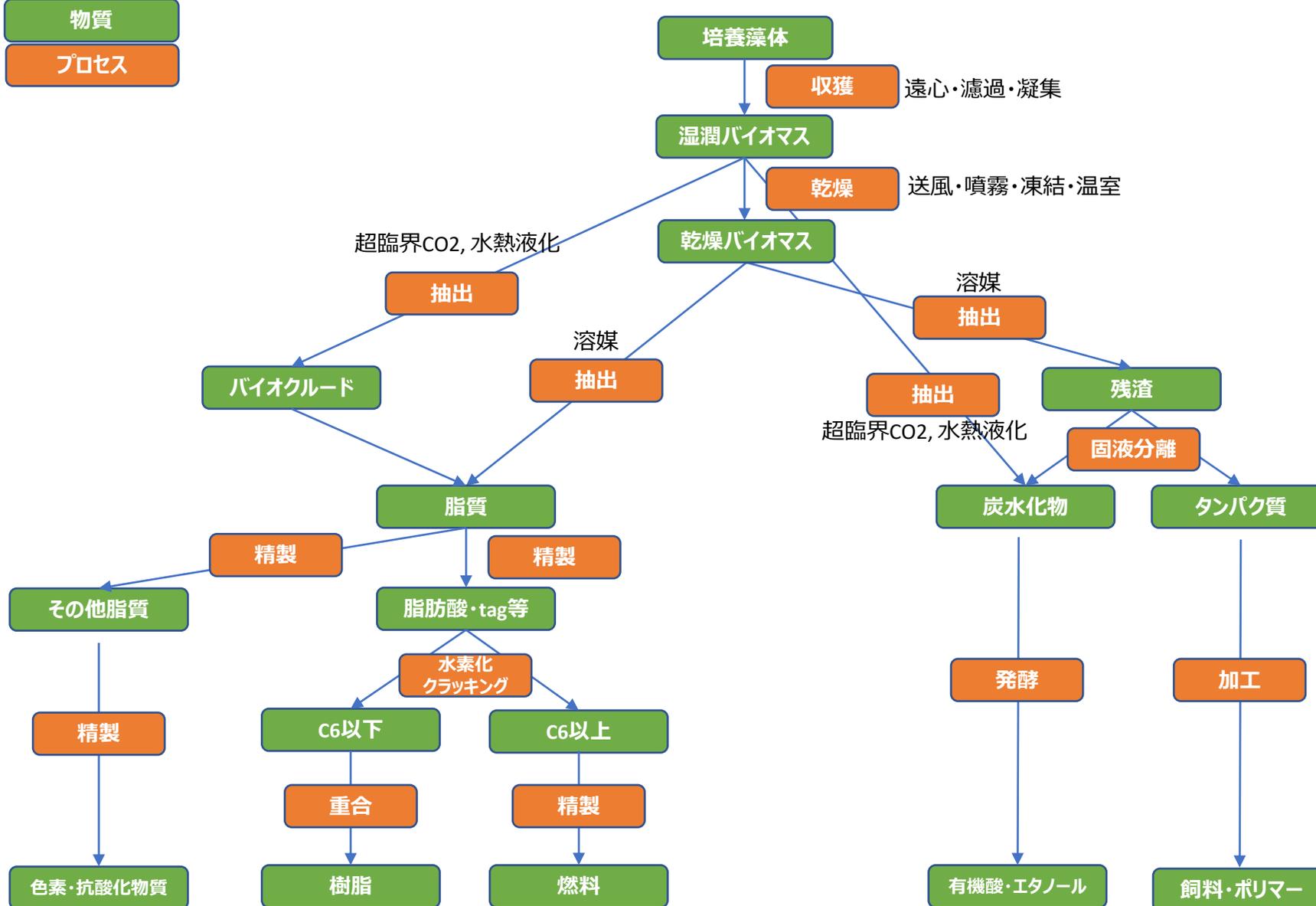


**耕作適応地を  
必要としない。**

Hannah Ritchie and Max Roser (2019)  
"Land Use" from our world in data

# 微細藻類で製造できる物質とフローの概略

物質  
プロセス



バイオマス

混合物

主成分

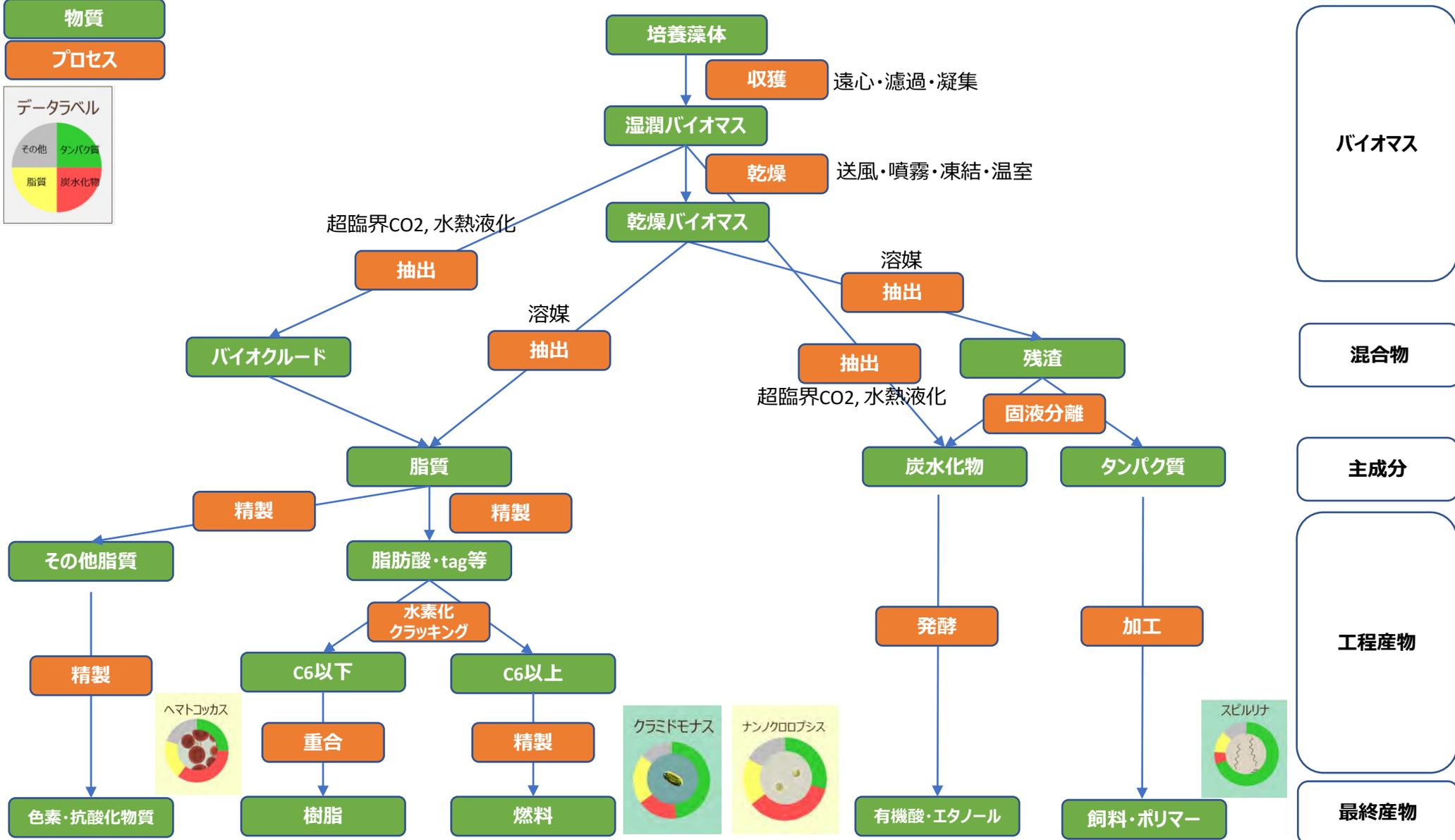
工程産物

最終産物

# 微細藻類で製造できる物質とフローの概略

物質

プロセス



バイオマス

混合物

主成分

工程産物

最終産物



IMATのご紹介

微生物のポテンシャルと産物

標準化の意義について

産業は、均質な製品を製造し、比較できるような環境 (=産業標準) が無いと成立すら困難。  
微細藻類の事業には、そこが一番欠けていると我々は考えています。

## 業界

## 製造方法の環境

## 比較するため環境

## その他 (持続可能性)

### プラスチック

原料樹脂の安全性基準、  
成形加工手法等、  
業界外の対応を含めて活  
発な活動を展開



国際調和が取れた手法  
が目的の用途毎に設定  
されている



- バイオマス度に応じた製  
品群の認証システム  
- 循環利用のためのLCA



### 微細藻類

無し

参照すべき規格が  
提案されはじめたばかり



- ASTMで規定されているのは  
燃料としての品質のみ  
- CORSIA持続可能性基準  
はあるが、環境負荷に対して  
のみ

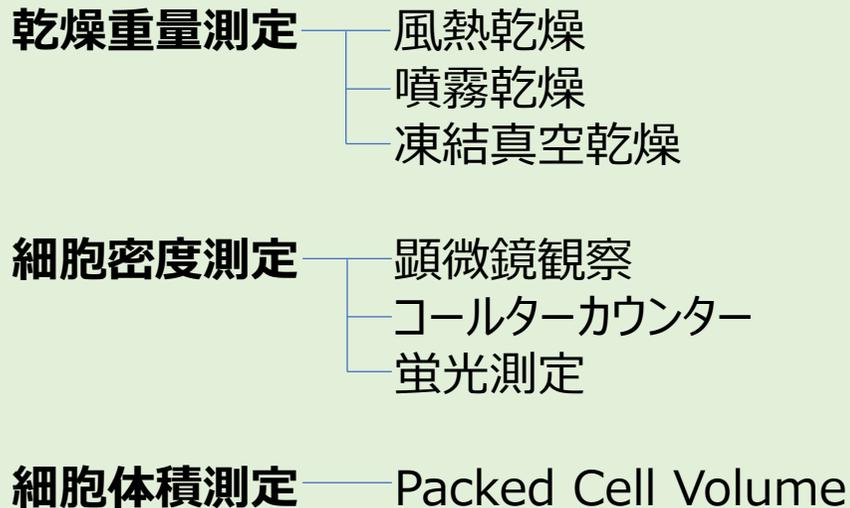


# なぜ、標準化が必要なのか？ -生産量測定の手法の例

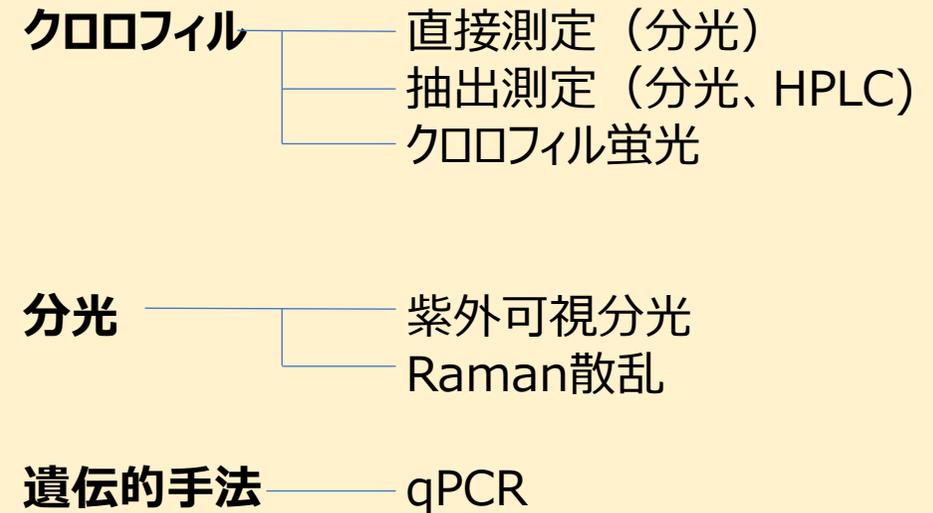
- 現在までに様々な生産量測定手法が開発されているが、測定原理が異なるため条件によっては結果がバラつく。正確な評価を行うためには、目的に合った堅牢な手法を取る必要がある。

## 生産量測定手法

### 直接法



### 間接法



(参考文献)

- Wood. et al. (2005) "Measuring Growth Rates in Microalgal Cultures"
- K. Yamaguchi et al. (2016) "Evaluation of Indirect Measuring Methods for Microalgae Biomass at the Growth Stages"
- ABO (2017) "Industrial Algae Measurements"

# なぜ、標準化が必要なのか？ -生産量測定の手法の例

## 事例① Ho et al. (2014)

The dry cell weight (DCW) of the microalgal biomass was obtained by filtering 50 mL aliquots of culture through a cellulose acetate membrane filter (0.45  $\mu\text{m}$  pore size, 47 mm diameter) (EMD Millipore, Darmstadt, Germany). **Each loaded filter was freeze-dried until the weight was invariant.** The dry weight of the blank filter was subtracted from that of the loaded filter to obtain the microalgal DCW.

## 事例③ Hempel et al. (2012)

Aliquots of 10 mL algal suspension were centrifuged at 4,050 $\times$ g for 10 min, **washed with distilled water to remove the salt, dried at 105 $^{\circ}$ C for 24 h** to a constant weight, cooled in a desiccator and weighed. The growth curves were determined from parallel cultures starting from the same inocula and were calculated from average algal biomass as function of time.

## 事例② Kong et al. (2009)

The total dry biomass was determined as follows: Whatman glass (2.5 cm) filters were dried in 80  $^{\circ}$ C oven for 4 h and weighed to four decimal places on an analytical balance. Twenty milliliters of algal culture was filtered until the filters were dry using a Millipore filtration apparatus. The filters were then washed with 10 ml of 0.65 M **ammonium solution to remove excess salts** and **dried at 80  $^{\circ}$ C for 4 h** and weighed to one ten-thousandth of a gram.

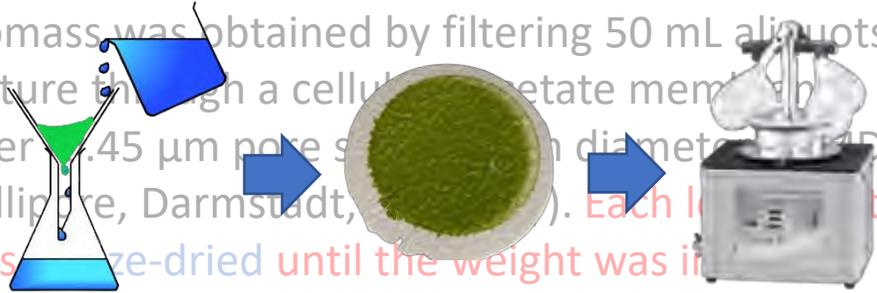
## 事例④ Maurizio et al. (2014)

The culture was centrifuged (1500  $\times$  g, 5 min) in sterile 15 mL Falcon tubes (Becton Dickinson). The pellet was then gently washed with **2 mL of sterilised MilliQ** water to remove culture medium salts. Cells were again pelleted at 1500  $\times$  g for 5 min, and the supernatant discarded. Tubes were **dried overnight in a vacuum centrifuge** until the weight remained at a constant minimum.

# なぜ、標準化が必要なのか？ -生産量測定の手法の例

## 事例① Ho et al. (2014)

The dry cell weight (DCW) of the microalgal biomass was obtained by filtering 50 mL aliquots of culture through a cellulose acetate membrane filter (0.45 μm pore size, diameter of 47 Millipore, Darmstadt, Germany). Each filter was freeze-dried until the weight was in



培養液を濾過

洗浄なし

凍結乾燥  
O/N

## 事例② Kong et al. (2009)

The total dry biomass was determined as follows: Whatman glass (2.5 cm) filters were dried in 80 °C oven for 4 hrs and weighed to four decimal places on an analytical balance (0.1 milligram resolution). Culture was filtered under vacuum using a Millipore filtration apparatus. The filters were then



培養液を濾過

洗浄  
(アンモニウム溶液)

風熱乾燥  
80°C 4 hrs

## 事例③ Hempel et al. (2012)

Aliquots of 10 mL algal suspension were centrifuged at 4,050×g for 10 min, washed with distilled water to remove the salt, dried for constant weight, cooled, and weighed. The growth curves were determined from parallel cultures starting from the same



培養液を  
遠心分離

洗浄  
(蒸留水)

風熱乾燥  
105°C 24 hrs

## 事例④ Maurizio et al. (2014)

The culture was centrifuged (1500 x g, 5 min) in sterile 15 mL Falcon tubes (Becton Dickinson). The pellets were gently washed with 2 mL sterile MilliQ water to remove the culture medium. Tubes were again pelleted at 1500 x g for 5 min, and the supernatant discarded. Tubes were



培養液を  
遠心分離

洗浄  
(MilliQ水)

真空遠心  
O/N

# なぜ、標準化が必要なのか？ -生産量測定の手法の例

## 事例① Ho et al. (2014)

## 事例② Kong et al. (2009)

乾燥重量測定一つをとっても、手法は統一されておらず、  
それぞれを比較することが困難

培養液を濾過

洗浄なし

凍結乾燥  
O/N

培養液を  
濾過

洗浄  
(アンモニウム溶液)

風熱乾燥  
80°C 4 hrs

## 事例③ Hempel et al. (2012)

## 事例④ Maurizio et al. (2014)

今後の微細藻類産業構築のため、  
標準化は重要な課題である

培養液を  
遠心分離

洗浄  
(蒸留水)

風熱乾燥  
105°C 24 hrs

培養液を  
遠心分離

洗浄  
(MilliQ水)

真空遠心  
O/N

## IMATは、微細藻類産業の創出を目指して一般会員を広く募集しています。

- 1) 自社での藻類産業育成に取り組みたいが、初期投資を抑制したい。  
⇒ IMATでは、お客様専用のラボを備えており、そちらにご入居頂き、IMATが保有している培養槽や分析機器をお使いいただくことで、初期投資を抑えることができます。
  
- 2) 自社での藻類産業育成に興味があるが、研究者の育成から取り組む必要がある。  
⇒ IMATに研究者を出向させて、IMATでの標準化研究に携わらせることで、藻類の培養技術や有価物の分離・精製技術、各種分析技術を習得させることができます。
  
- 3) 藻類産業で活用できそうな自社技術（装置等）を有しており、産業化レベルでの可能性につき、評価を行いたい。  
⇒ IMATとの共同／委託研究契約を締結して頂くことで、IMATにて大規模培養した培養液や藻体を使った試験を実施することができます。



**ご清聴ありがとうございました。**

IMAT HP <https://imat.or.jp/>  
質問事項等は下記でも受け付けております。  
info-al@imat.or.jp

