

2022年度成果報告会

バイオジェット燃料生産技術開発事業/ 微細藻類基盤技術開発/微細藻バイオマスの カスケード利用に基づくバイオジェット燃料 次世代事業モデルの実証研究

鈴木 秀幸

(株)ユーグレナ・(株)デンソー・三菱ケミカル(株)

伊藤忠商事(株)・三菱化工機(株)・中央大学

(国)東京海洋大学・ガジヤマダ大学

2023年2月1日

問い合わせ先
株式会社ユーグレナ
E-mail: h.Suzuki@euglena.jp
TEL: 080-9654-1897

事業概要

1. 期間

開始 : 2020年10月

終了(予定): 2023年3月

2. 最終目標

純バイオジェット燃料の生産およびCO₂吸収を主眼に、培養から藻油抽出に至るまでの各生産工程の技術開発を実施し、生産物である藻油生産の効率向上および残渣飼料の商品価値向上を狙う。

[経済性目標]: 各工程コスト積上げ試算200~250円/L以下

(残渣売却益込100~150円/L)

[環境性目標]: バイオジェット燃料を最終製品としたGHG排出削減率40~50%以上

(対化石燃料)

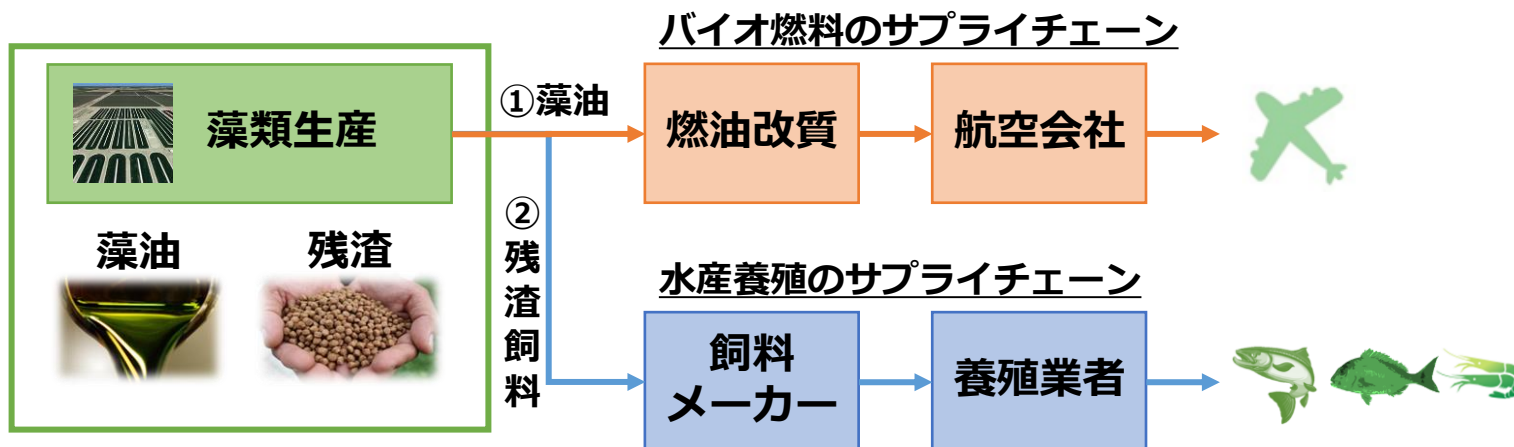
3. 成果・進捗概要

年間生産量を予測するための基礎データ取得と予測式の構築、藻回収コスト低減に資する膜分離技術の開発、発酵~抽出工程における条件最適化による生産効率向上と残渣の飼料品質向上、残渣魚粉代替の実証など、バイオマスカスケード利用事業モデルの事業性評価において有益な成果が得られた。

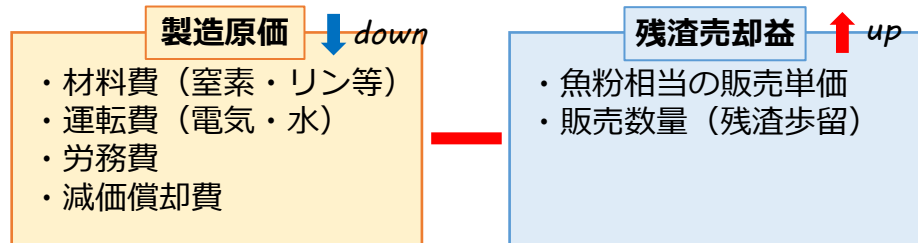
バイオマスのカスケード利用事業モデル

藻油抽出後の残渣を高付加価値化して収益を得ることで、バイオマス全体の製造コストから残渣売却益を控除し、藻油の販売価格を引き下げる

◆ 微細藻類生産プラントから藻油と残渣飼料を併産 (⇒カスケード利用事業)

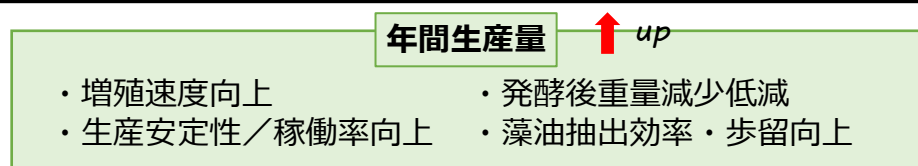


◆ カスケード利用事業モデルにおけるコスト試算の考え方



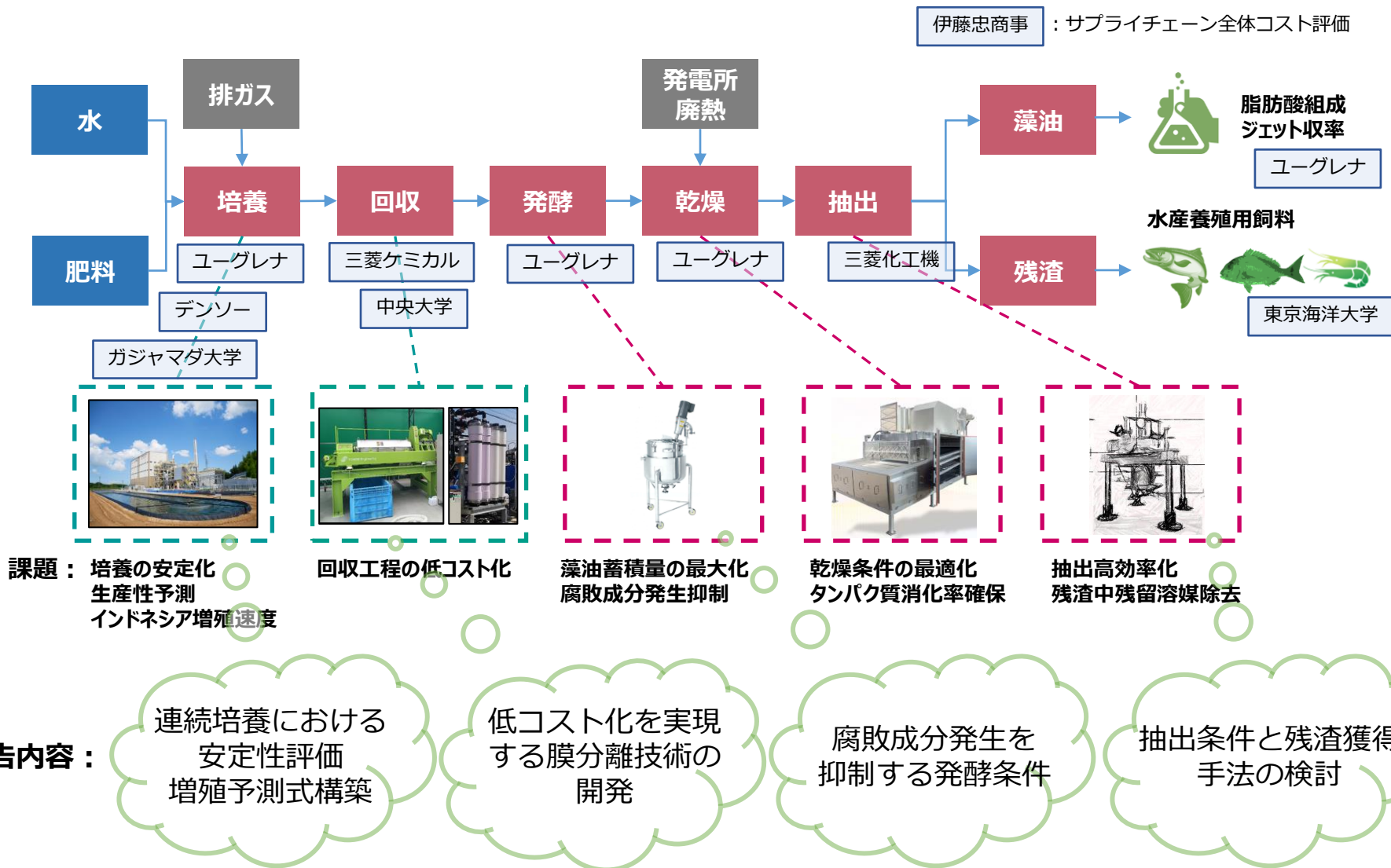
高い生産性に加え
高品質を担保する
生産プロセスが必須

= 藻油の製造コスト



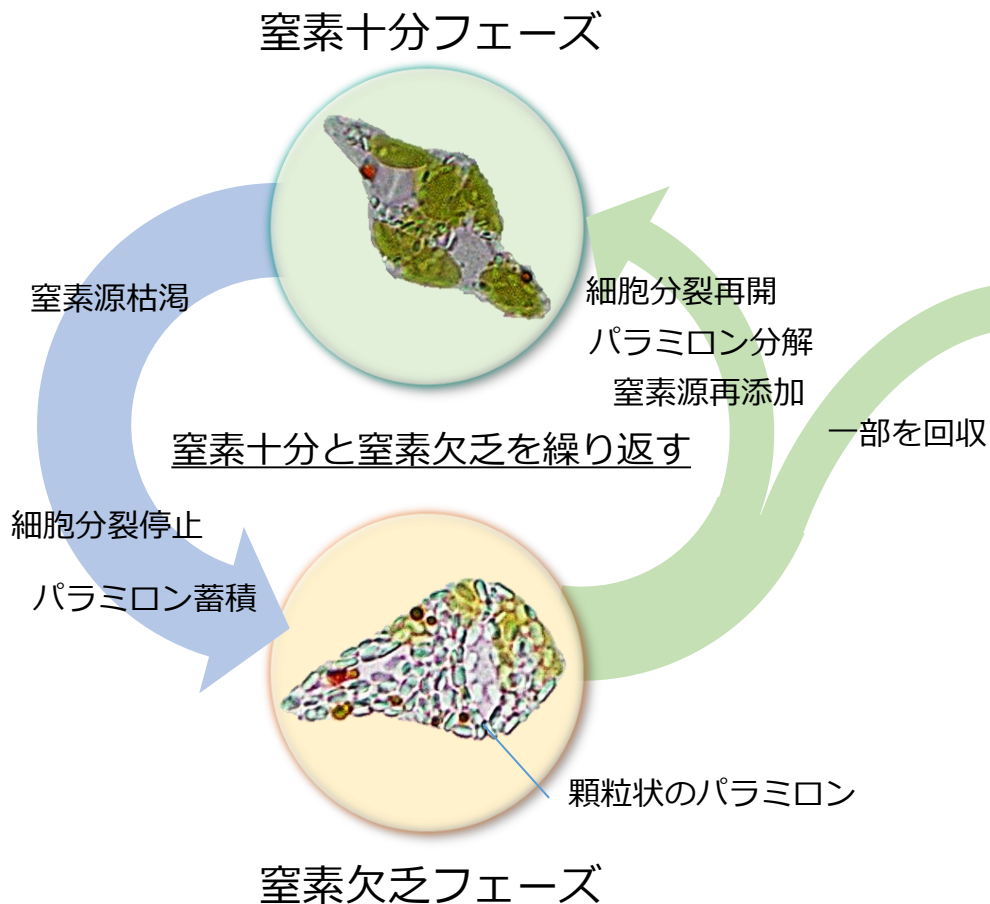
各工程技術課題と本日の報告内容

◆生産工程と主要課題

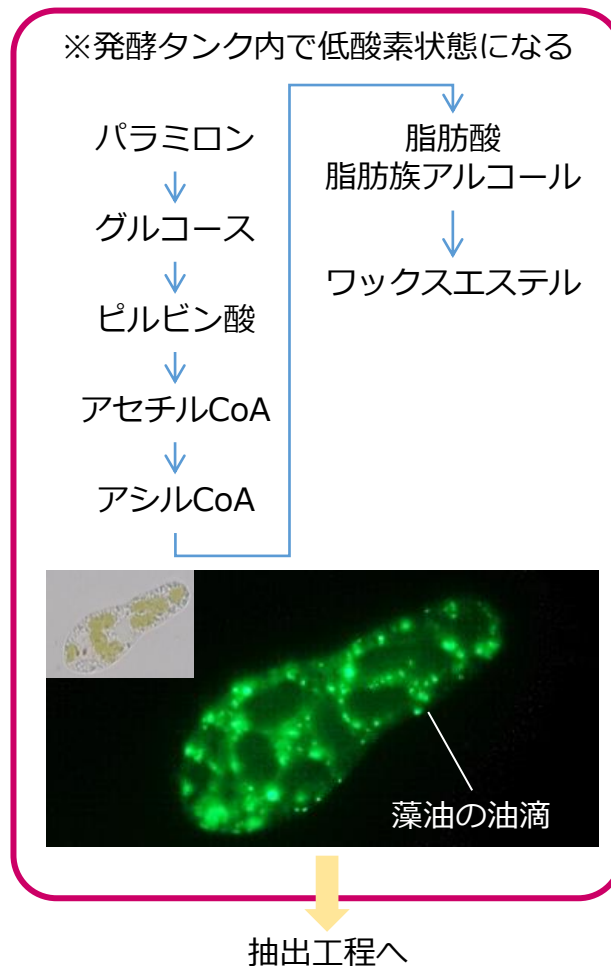


連続培養の考え方と課題

◆半連続窒素欠乏培養



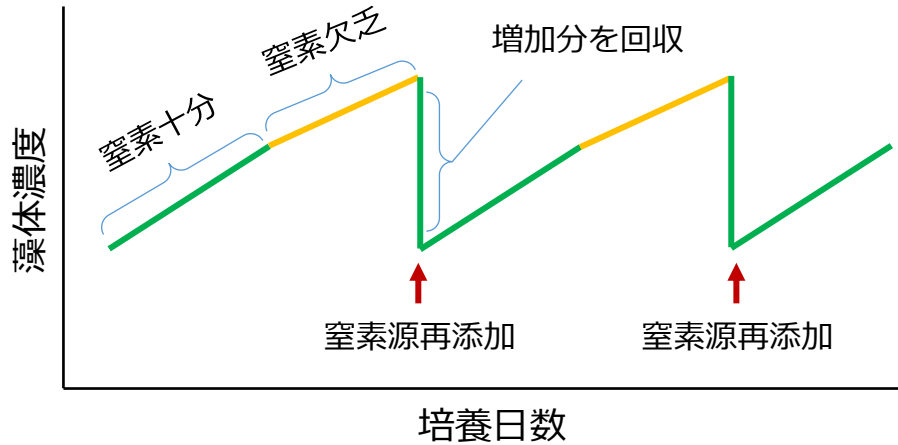
◆嫌気発酵工程（バッチ式）



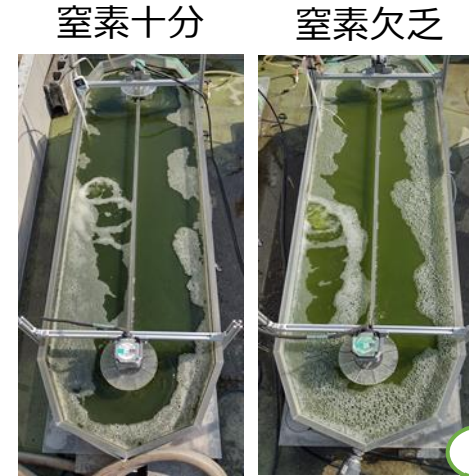
窒素十分フェーズと窒素欠乏フェーズでは増殖速度（バイオマス増加速度）は異なるのか？
窒素欠乏のような細胞ストレスを繰り返すことで増殖速度が低下しないか？

窒素十分と窒素欠乏のバイオマス増加速度比較

◆半連続窒素欠乏培養の実験方法

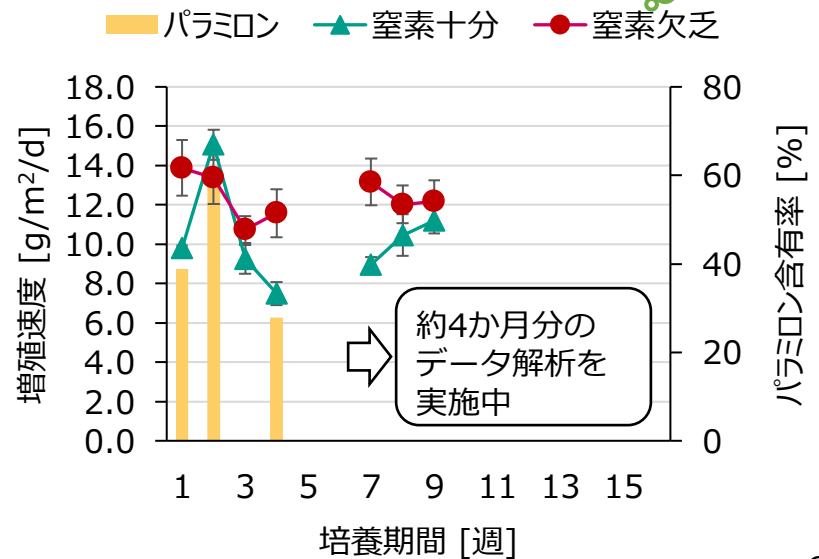
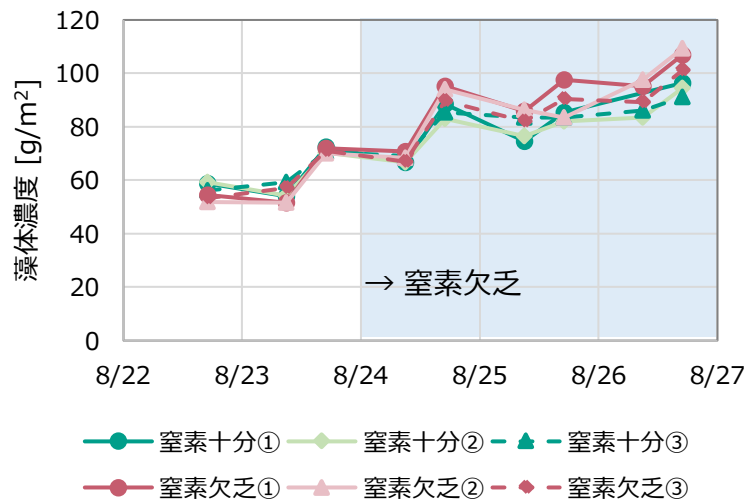


◆培養槽の様子



窒素欠乏条件の方がバイオマス増加速度が高い

◆試験結果の一例



ユーグレナの増殖・パラミロン生産予測式の構築

予測式に用いる項目

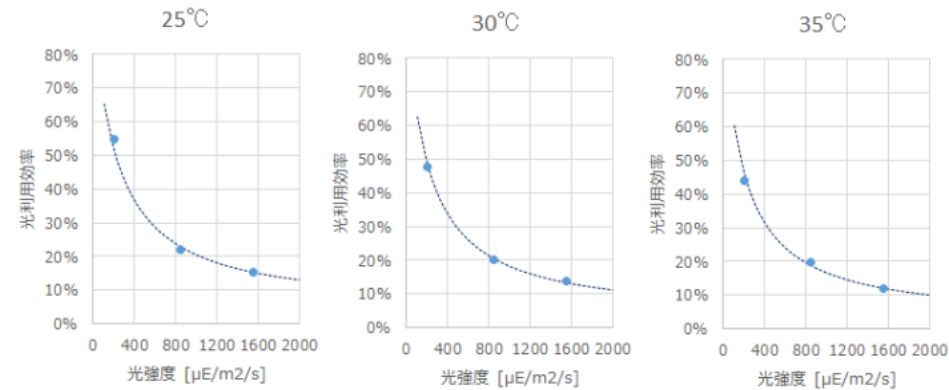
INPUT

- 環境情報 (Ir, T)
- 培地添加 N濃度 (N)
- 培養初期藻濃度 (C₀)

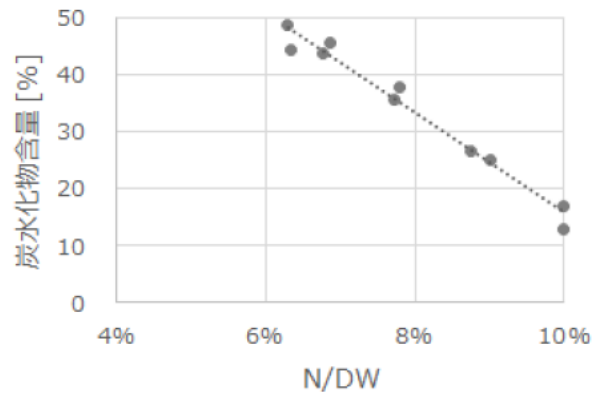
用いる計算式

光利用効率	f (Ir, T, N/DW, S, L)	光強度	Ir
呼吸損失	f (N/DW)	水温	T
細胞中炭素含量	f (N/DW)	藻体乾重量	DW
パラミロン含量	f (N/DW)	N欠開始点	S
		N欠限界点	L

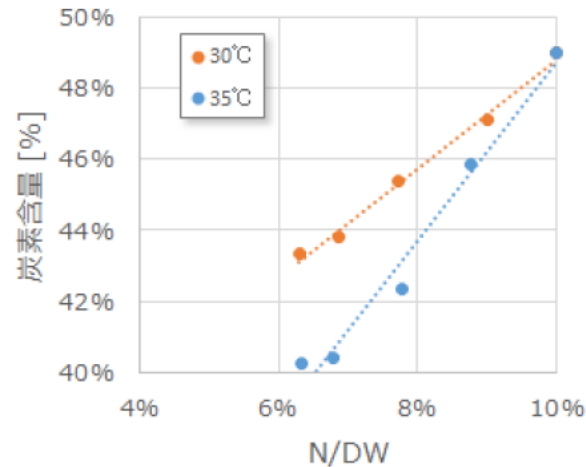
■ 各水温における光強度と光利用効率の関係



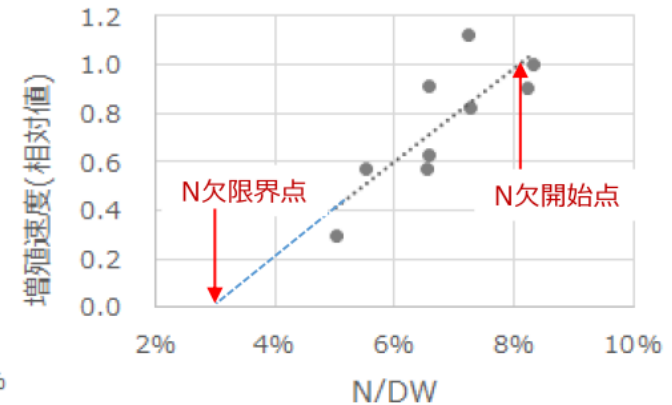
■ N/DWとパラミロン含量



■ N/DWと細胞中炭素含量



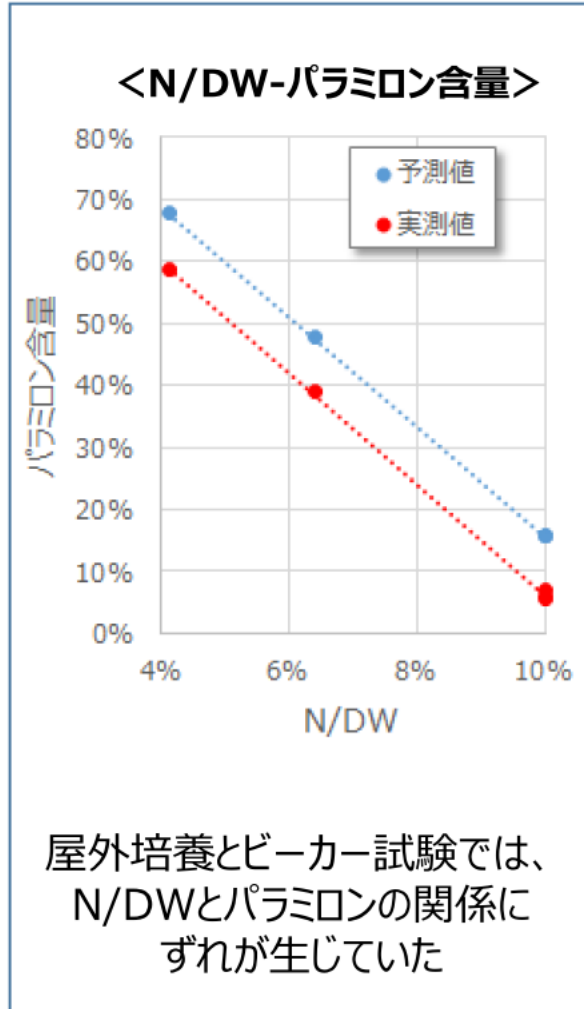
■ N/DWと増殖速度



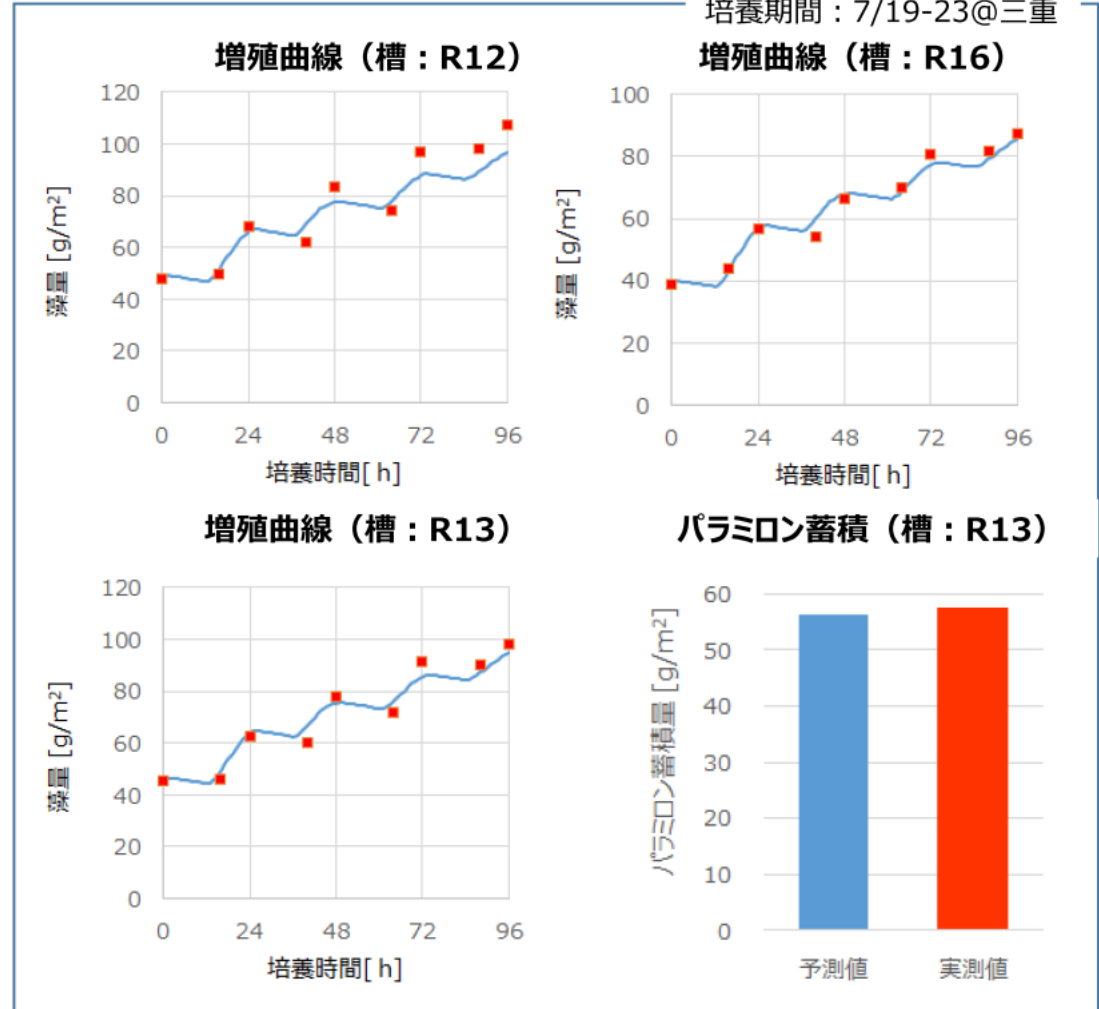
ビーカー試験データから導出した各関係式より増殖とパラミロン生産予測式を設計

ユーグレナの増殖・パラミロン生産予測式の構築

屋外培養との差異の補正



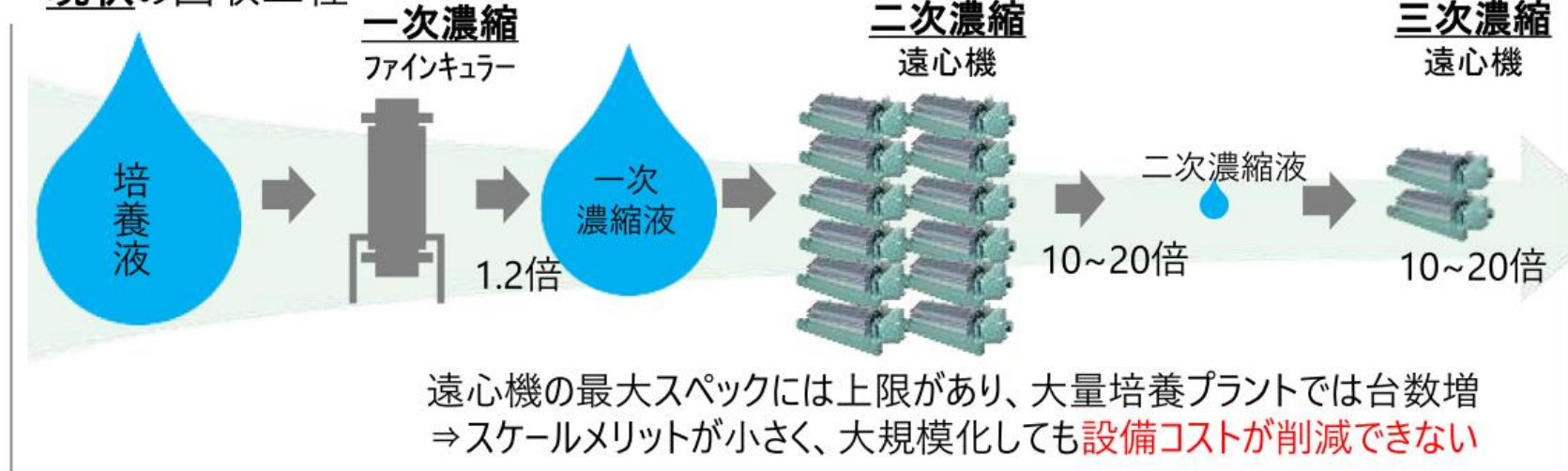
増殖とパラミロン蓄積の予測と実測



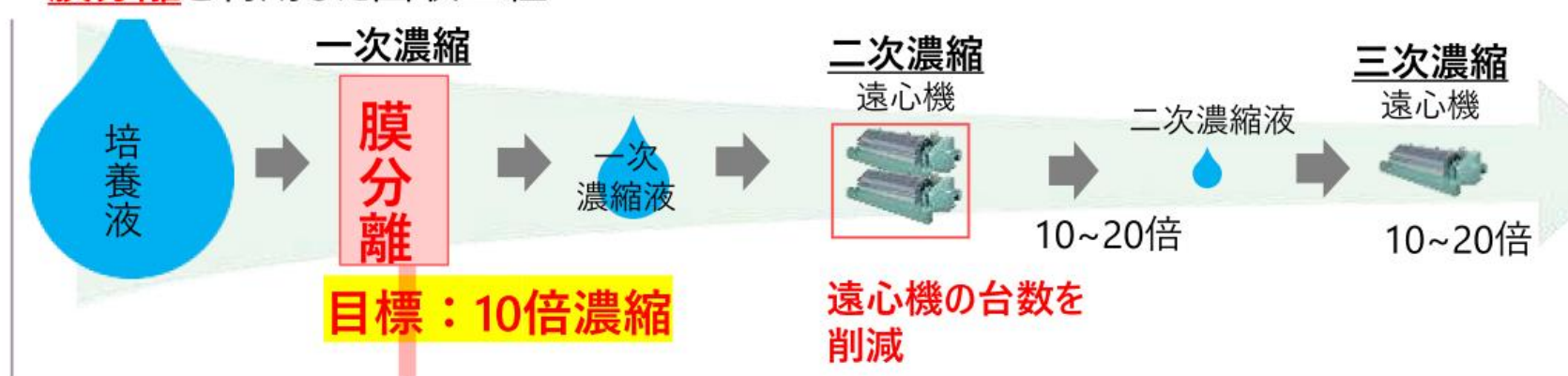
窒素欠乏下の屋外培養における高精度な増殖速度とパラミロン蓄積予測式を構築できた

回収工程の課題

< 現状の回収工程 >



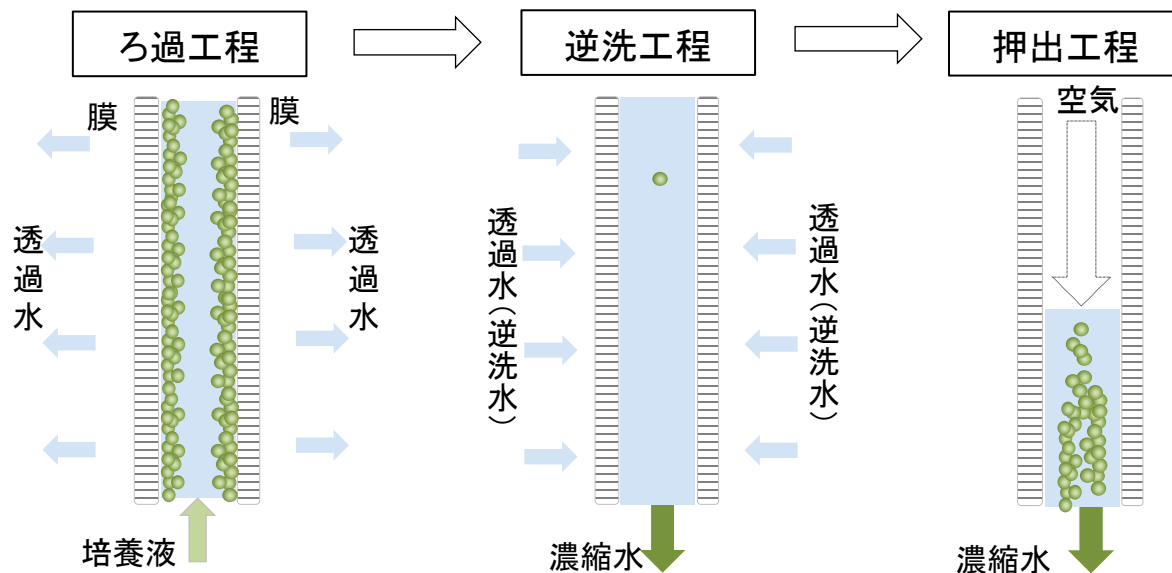
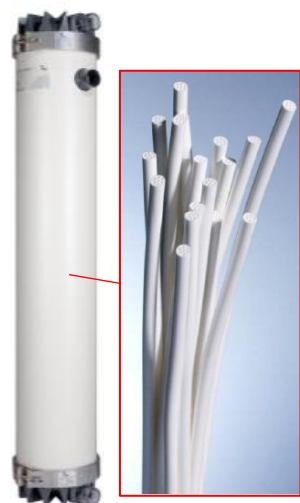
< 膜分離を利用した回収工程 >



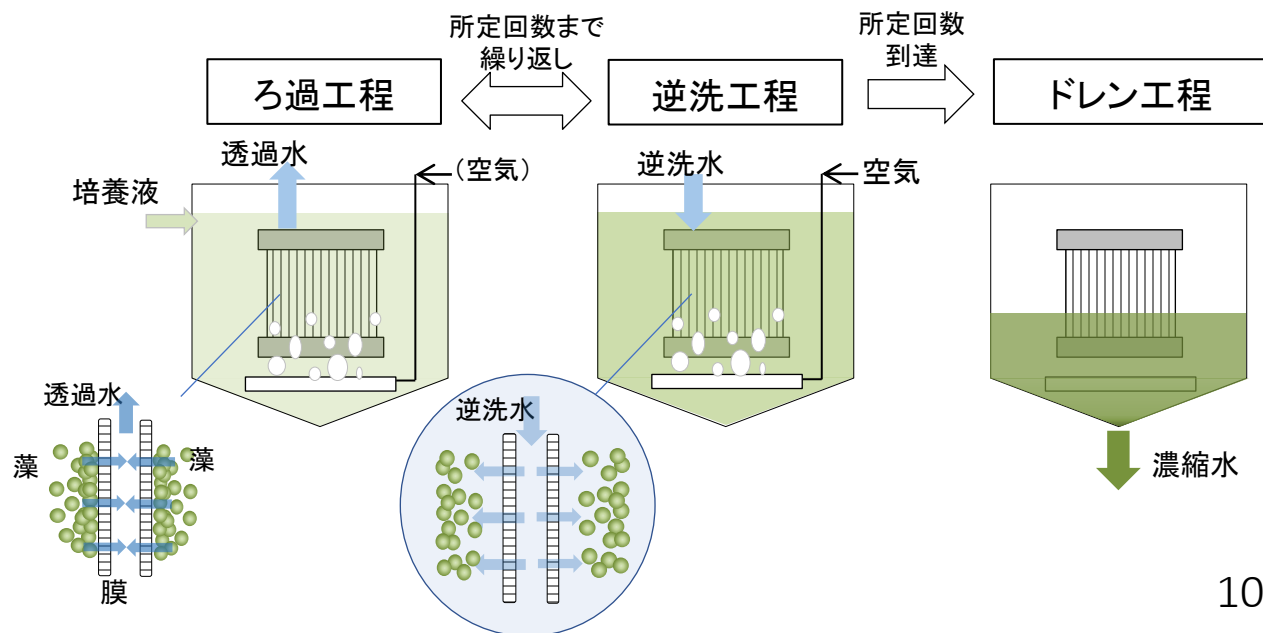
濃縮倍率の高い膜分離技術を開発し遠心機の設置台数を削減する

開発に取り組んだ膜分離技術

加圧膜

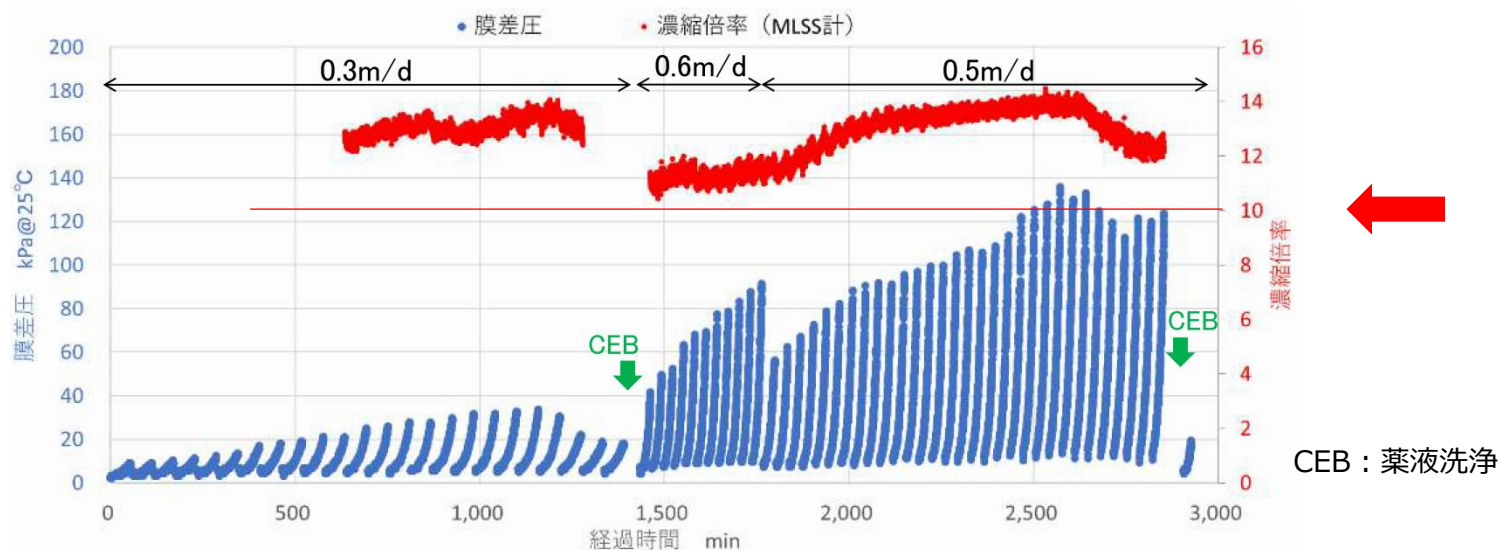


浸漬膜

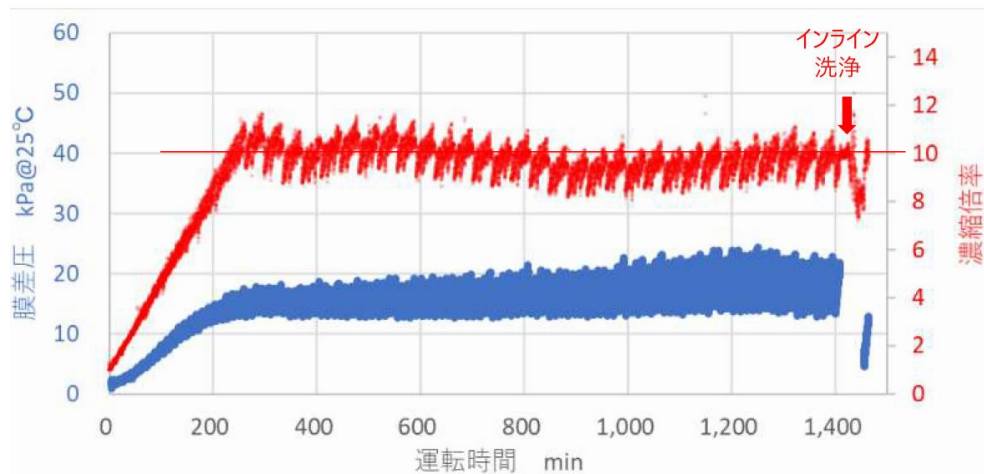


膜分離技術の実証試験結果

◆ 加圧膜装置における連続運転試験



◆ 浸漬膜装置における連続運転試験 (平均ろ過流速0.5 m/d)

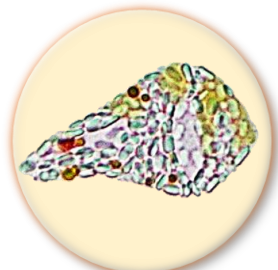


加圧膜・浸漬膜いずれにおいても目標である10倍濃縮を達成、回収コスト低減に寄与すると期待

発酵工程における課題

◆嫌気発酵による藻油と腐敗成分等の増加

窒素欠乏



パラミロン：高い
藻油：低い



嫌気発酵



パラミロン：低い
藻油：高い

藻油の含有量が増加する一方で、飼料品質を低下させる腐敗成分等も増加する

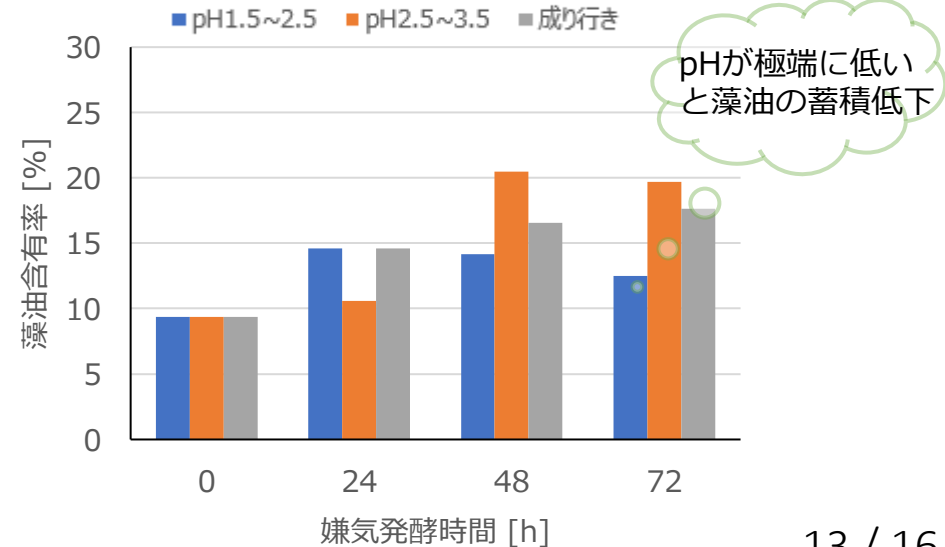
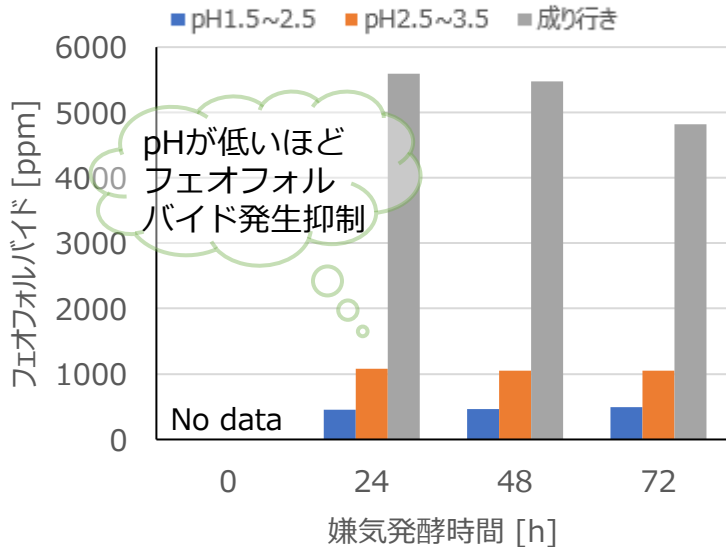
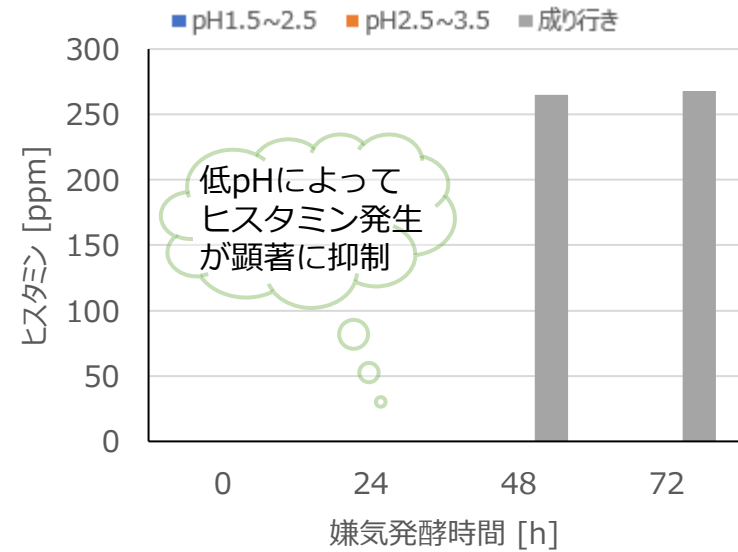
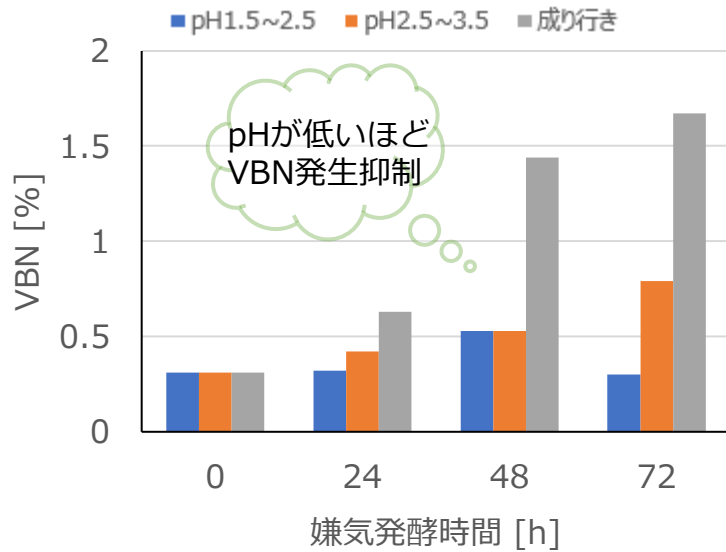
高い飼料品質を保持しつつ脂質含有率や発酵後のバイオマス残存率（歩留）を高める条件が未確定

◆本研究で着目する腐敗成分等

項目	忌避される要因
揮発性塩基性窒素 (VBN)	菌の増殖や酵素作用によって生成されるアンモニアやトリメチルアミンなどのアルカリ性窒素化合物。独特な不快臭を放つ場合もある。魚粉の鮮度を評価する主な指標のひとつ。
ヒスタミン	ヒスタミンは微生物の増加によりアミノ酸の一種であるヒスチジンより生成される。ヒスタミン含有量の高い魚粉は養魚の成長率・飼料効率の低下を招く。
フェオフォルバイド	クロロフィルの分解産物で、光過敏症皮膚炎などを引き起こすとされる。飼料原料としての基準値は無いものの、クロロフィルを多く含む微細藻類においては着目すべき成分。

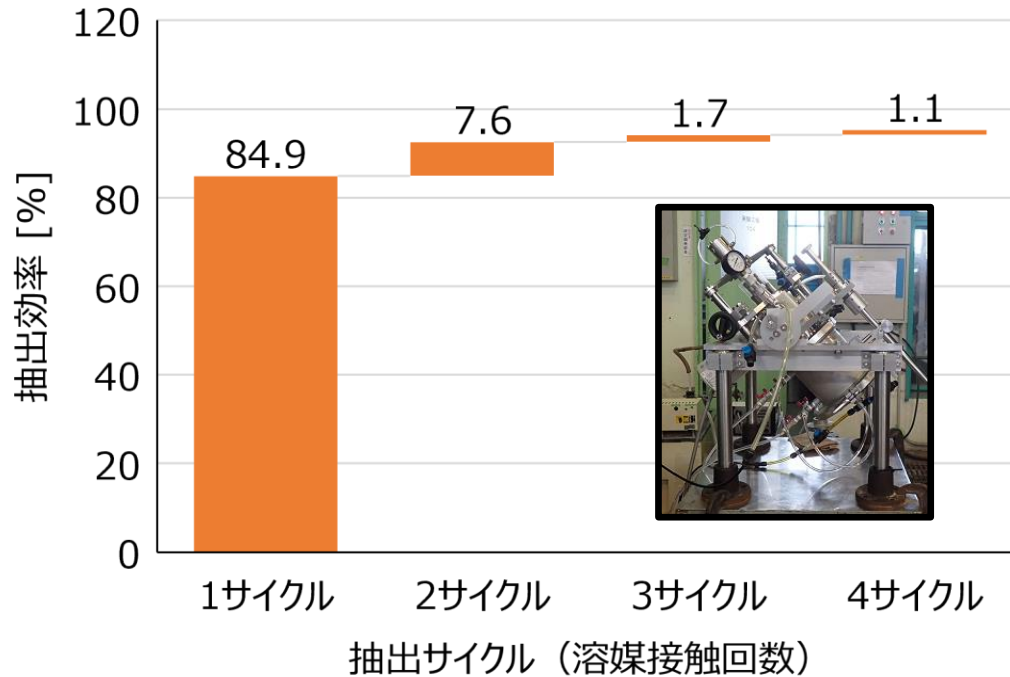
発酵条件最適化による油脂高含有化と飼料品質改善

◆ pHとVBN、ヒスタミン、フェオフォルバイド、藻油の増加量の関係

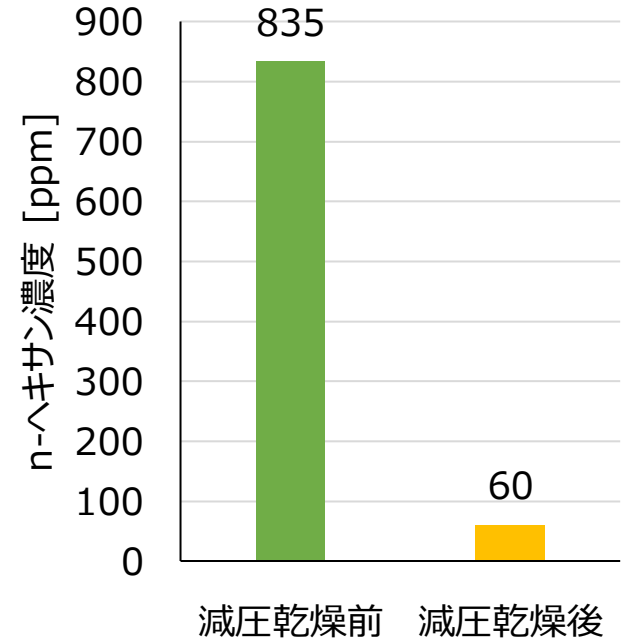


藻油抽出条件最適化と残渣飼料利用に向けた検討

◆藻油抽出高効率化の検討



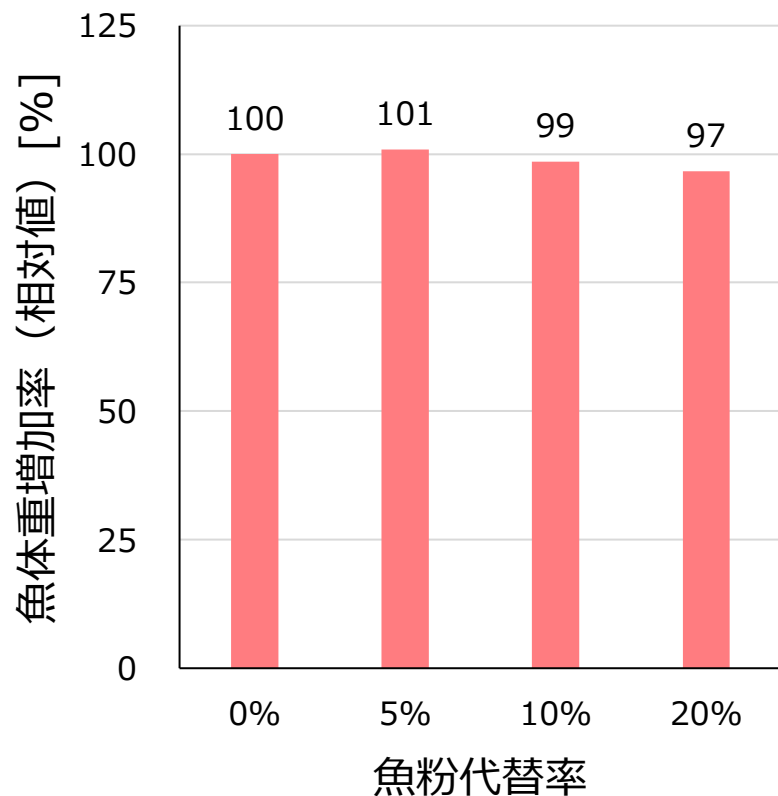
◆残渣中ヘキサン除去の検討



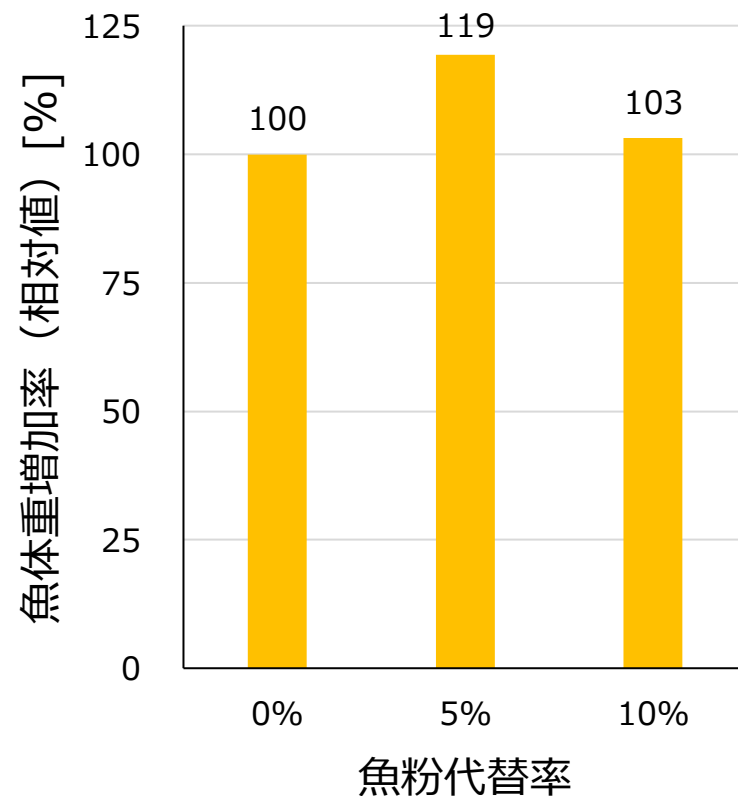
抽出反応時間、温度、溶媒／乾燥粉末混合比率などの条件を最適化し、わずか**2階の抽出サイクル**で**90%以上の藻油を抽出**することが可能となった。また、残渣を減圧乾燥することにより、**残留ヘキサン濃度を300 ppm以下に減少**させることができ、飼料利用に向け大きく前進した。

藻油抽出残渣を用いた水産養殖試験

◆マダイ稚魚給餌試験（ラボ水槽）



◆マダイ1歳魚給餌試験（海面養殖用生け簀）



国内養殖市場の主要養魚であるマダイ稚魚の給餌試験の結果、**魚粉の20%を残渣で代替しても97%の成長性**を示した。1歳魚を用いた海面養殖用生け簀でも再現性が確認され、残渣の魚粉代替原料としての有用性が示された。

成果サマリー

膜分離技術の開発目標（10倍濃縮）を達成し、コスト低減に期待

製造原価 ↓ down

- ・材料費（窒素・リン等）
- ・運転費（電気・水）
- ・労務費
- ・減価償却費

残渣売却益 ↑ up

- ・魚粉相当の販売単価
- ・販売数量（残渣歩留）

マダイを対象とした給餌試験により残渣が魚粉代替原料として有用であることを示した

= 藻油の製造コスト

年間生産量 ↑ up

- ・増殖速度向上
- ・生産安定性／稼働率向上
- ・発酵後重量減少低減
- ・藻油抽出効率・歩留向上

半連続窒素欠乏培養のバイオマス増加速度が想定より高く生産性向上が見込める成果が得られた

低pH嫌気発酵により飼料品質を担保しつつ藻油の高含有化を達成する条件を見出した

年間生産量向上、回収コスト低減、残渣売却益向上に繋がる成果が得られ、藻油製造の全体コスト低減が期待される。最終報告では本成果を反映させた事業性評価を提出する予定。