

第10回 福岡県地域エネルギー政策研究会

独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)

戦略的次世代バイオマスエネルギー利用技術開発事業 採択研究(受託研究)

好冷性微細藻類を活用したグリーンオイル 一貫生産プロセスの構築

電源開発株式会社
平成26年5月26日

1

微細藻類によるグリーンオイル生産の産業化に向けた課題

論点の整理

- ① すでに微細藻類がCO₂と太陽エネルギーを利用し、燃料、原料へ転換できるオイルを産生できることは周知の事実。つまり、こんな新しい微細藻類でこれだけ作れますといった議論は、学術的には意味があっても産業化にはあまり意味がない。
- ② 実験室レベルでの検討から屋外での検証したデータを反映した議論が必要。この為、微細藻類の活用については現実的でない数値がでるなど過熱気味。
- ③ 微細藻類由来のグリーンオイルに何を求めるか？
 - ・CO₂削減効果
 - ・化石燃料消費削減効果
 - ・持続的な社会への貢献



我々が考える微細藻類由来グリーンオイルの価値

- ① 環境負荷低減に貢献(CO₂削減)
化石燃料・原料からバイオマス由来燃料・原料への転換
- ② サステナビリティに貢献(様々な原料へ、リサイクル化)
太陽エネルギーを直接、間接的に実社会生活へ導入
- ③ 原油消費量の削減(リスクの分散化)
バイオリファイナリー技術を通じた物質生産の多様化

産業化に向けた課題：

- ① 候補株の課題
屋外培養の可否、年間を通じた安定的なグリーンオイル生産
- ② プロセスの課題
環境負荷低減(低エネルギー、低コスト化、CO₂削減効果、等)
- ③ 運用の課題
大規模化へのノウハウ

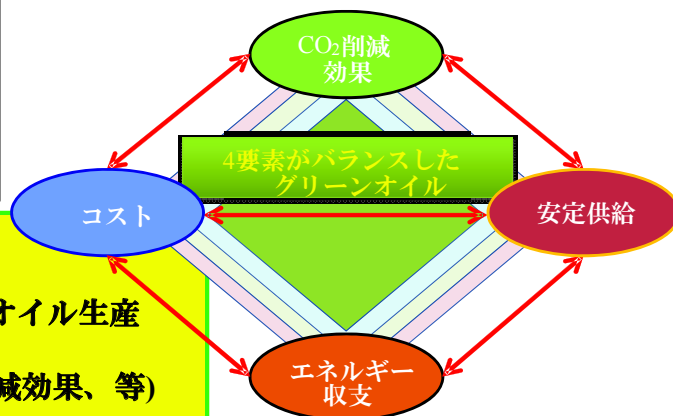


図 グリーンオイル生産技術における4要素の関連性

2

～低エネルギー型グリーンオイル年間一貫生産プロセスの必要性～



現状

個別プロセス開発が中心で、選抜した微細藻類の大量培養から回収・脱水、抽出工程を組合わせたグリーンオイル一貫生産プロセスによる評価が出来ていない。

開発項目① 最適株の獲得

開発項目② 大量培養、回収・脱水、オイル抽出技術の各プロセスの低エネルギー化技術の開発(投入エネルギーのミニマム化)、低コスト化技術の開発。

開発項目③ 低エネルギー化技術を組合わせた低エネルギー型グリーンオイル生産一貫プロセスによる年間を通じたグリーンオイル生産技術の開発

開発項目④ 運用ノウハウを蓄積しながら本開発技術の検証 (CO₂削減効果、エネルギー収支、オイル生産性、運用性などを評価)

本プロジェクトの開発目標

高オイル産生海洋ケイ藻**ソラリス株**(*Fistulifera solaris* JPCC DA0580)、**ルナリス株**(*Mayamaea* sp. JPCC CTDA0820)による低エネルギー型グリーンオイル一貫生産技術開発を実施します。

- ① ソラリス、ルナリス株による、年間を通じて安定的にグリーンオイル生産について検証します。
- ② 藻体生産性、グリーンオイル生産性、投入エネルギーなど実際に得られたデータによるエネルギー収支やCO₂削減効果などのLCAを実施し、本技術の有効性を検証します。
- ③ 将来のグリーンオイル生産設備規模拡大に向け、運用ノウハウを取得します。

これまでのJ-POWERにおける微細藻類研究の概要

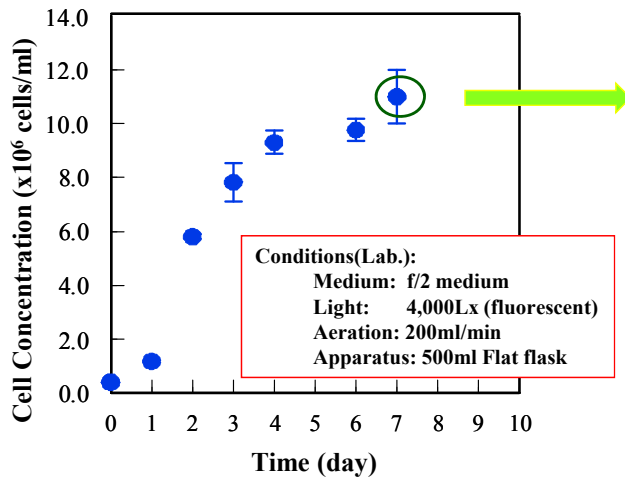
CREST受託研究(H21年度~H25年度)

概要

国立大学法人東京農工大学を研究代表者として、J-POWER、ヤマハ発動機株式会社、産総研の4者で、(独)科学技術振興機構のCREST(研究領域：二酸化炭素排出抑制に資する革新的技術の創出)公募に“海洋微細藻類の高層化培養によるバイオディーゼル生産”の件名で応募した結果、採択を受け進めてきた。

研究内容・成果

当社により環境から獲得した*Fistulifera solaris* JPCC DA0580株を活用し、様々な培養装置を用いた屋外大量培養技術、季節毎の藻体生産性、オイル生産性評価、得られたエネルギー収支などの評価を実施。その結果冬季以外の3季節において、安定的に屋外培養できることと、様々な培養装置でオイルを生産することができる微細藻類であることが確認された。

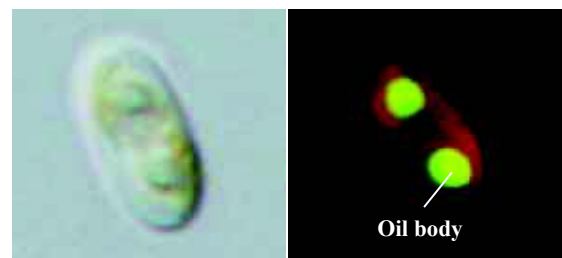
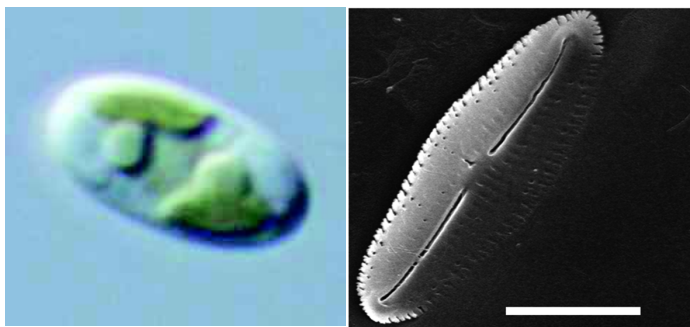


高オイル産生海洋微細藻類ソラリス株

海洋ケイ藻ソラリス株

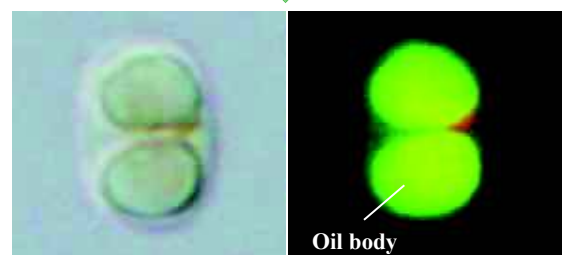
(Fistulifera solaris JPCC DA0580)

(奄美大島由来)



Stained with Bodipy505/515

7日間の培養(実験室)

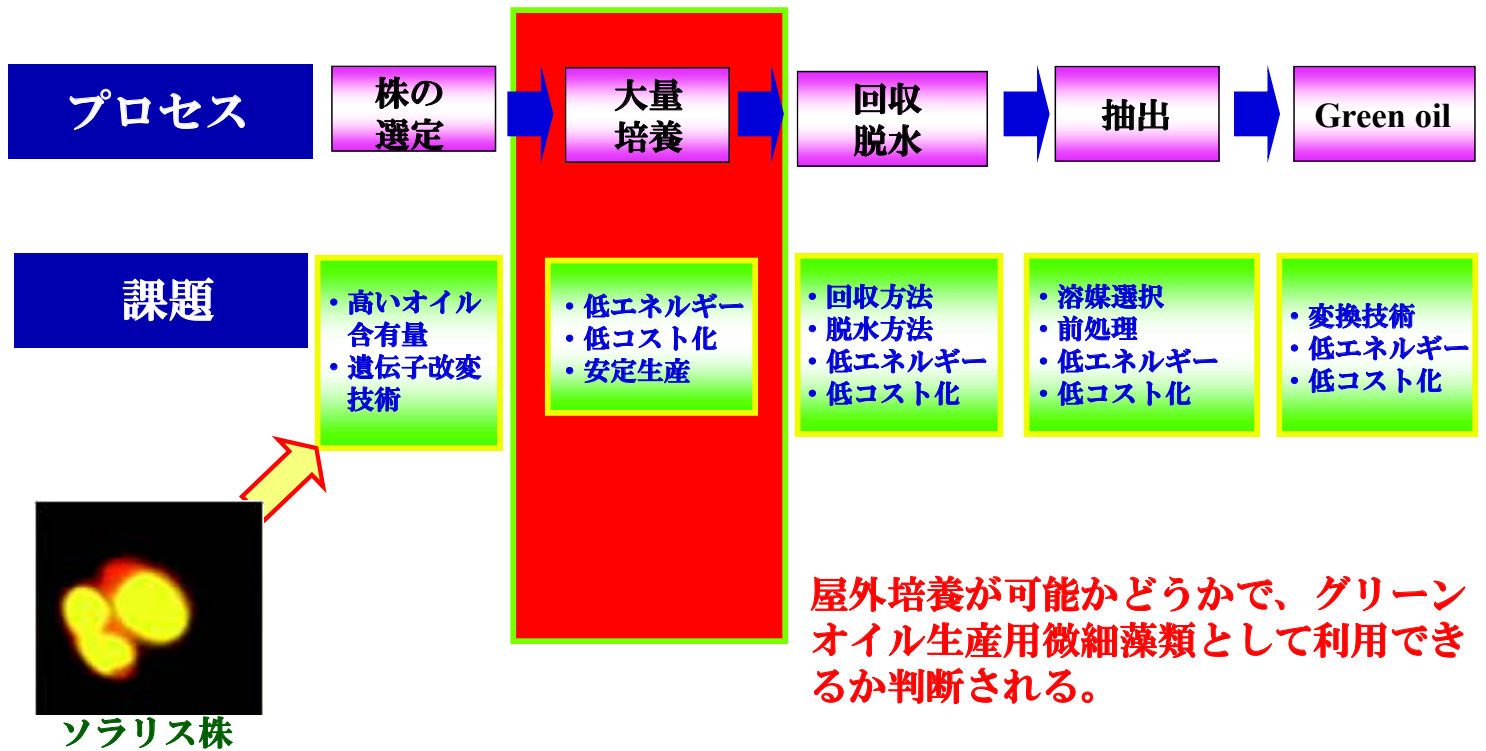


オイル含有量: up to 65%

- 高い中性脂質(TAG)蓄積能
- 速い生育
- 7 - 10 μm
- 構成脂肪酸組成
C16:0 (38%), C16:1 (52%) & C20:5 (6.6%)

Matsunaga et al., *Biotechnol. Lett.* (2009)
Matsumoto et al., *Appl. Biochem. Biotechnol.* (2010)

実験室の培養から屋外大量培養の検証



候補株が保有すべき能力とソラリス株の能力比較

内容(関連するプロセス)

ソラリス株

- | | |
|-----------------|----------------------------|
| 1. 速い生育(培養) | クロレラ株並み(μ_{max} :1.8) |
| 2. 高いオイル含有量(抽出) | ~65wt%(最大) |
| 3. 高い光合成活性(培養) | バイオマス変換効率は1%以上 |
| 4. 強光、温度耐性(培養) | 強光、高水温耐性保有 |
| 5. 塩濃度適用性(培養) | 淡水、海水の両方で培養可 |
| 6. せん断応力耐性(培養) | 円形の細胞形状(物理的強度保有) |
| 7. 付着性無し(培養) | 付着性無し(洗浄が容易) |
| 8. 酸素耐性(培養) | ? |
| 9. 重く、大きい細胞(回収) | 自己凝集能、自然沈降 |
| 10. 細胞壁が弱い(抽出) | 容易に破碎 |
| 11. オイル組成(精製) | シンプル(C16の脂肪酸が90%以上) |
| 12. 雑菌汚染耐性(培養) | 屋外培養可能 |

ソラリス株は、殆どの項目をクリアーしている。

～培養工程の低エネルギー化を達成～

1kg藻体生産に必要な電力量(kWh/kg)

過去の先行研究データ(CREST)を平均化

レースウェイ型培養装置



74.4 ± 28.2 kWh

カラム型培養装置



223.2 ± 38.0 kWh

パネル型培養装置



750.0 ± 36.0 kWh

低出力浮遊式攪拌円形培養装置
(10,000Lクラス)



1kg藻体生産に必要な
電力量(kWh/kg)

~5.0

これまでと比べ、約14~150倍程度の低エネルギー化を達成。

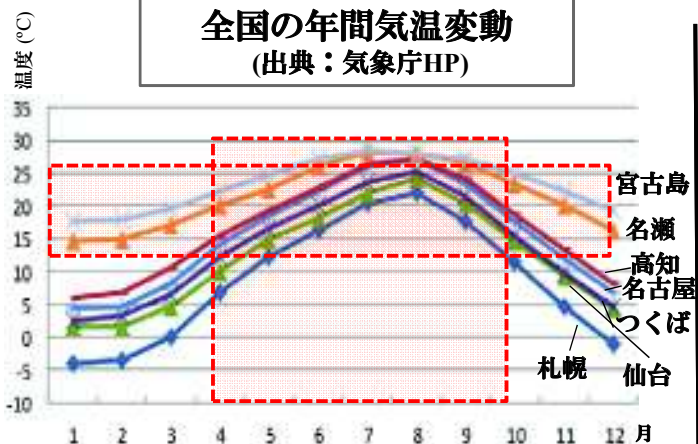
年間を通じた微細藻類の屋外培養

培養に影響を与える主な外部環境因子

培養温度

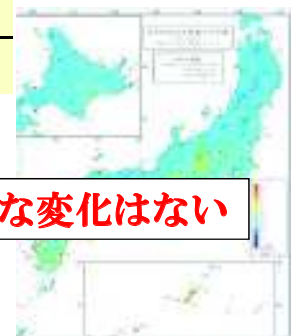
日射量

全国の年間気温変動
(出典：気象庁HP)



・年平均全天日射量 (MJ/m²・day)

札幌	東京	那覇
11.5	12.5	14.0



各地域での日射量に大きな変化はない

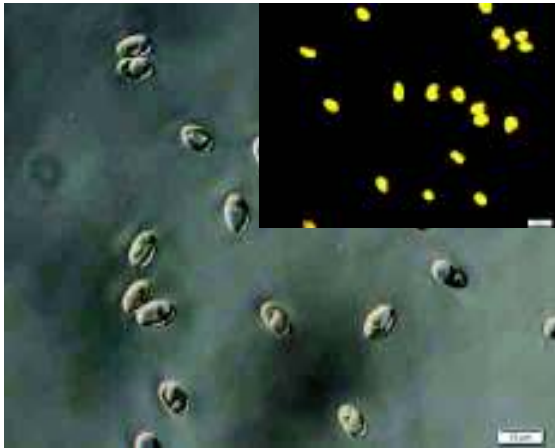
年間を通じたグリーンオイル生産には、
→低温環境下でも培養可能な、高オイル産生微細藻類が必要

新たに取得したルナリス株の能力比較



ルナリス株

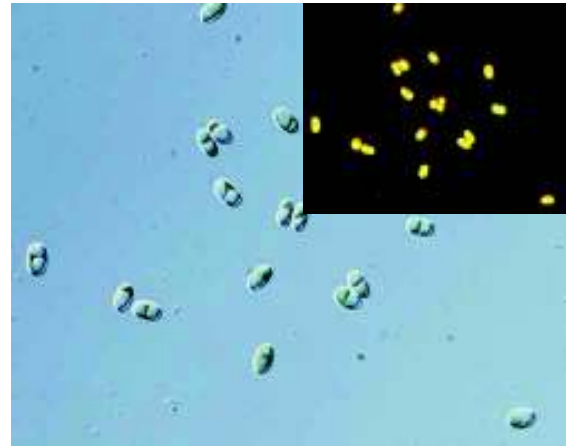
Mayamaea sp. JPCC CTDA0820



サイズ: ~10 μ m
 オイル含有量: up to 60wt% (実験室)
 生育: 10 days (0.5g/L: 10 $^{\circ}$ C)
 適用温度範囲: 4~25 $^{\circ}$ C
 オイル: 中性脂質
 主となる脂肪酸: C16:1, C16, EPA

ソラリス株

Fistulifera solaris JPCC DA0580



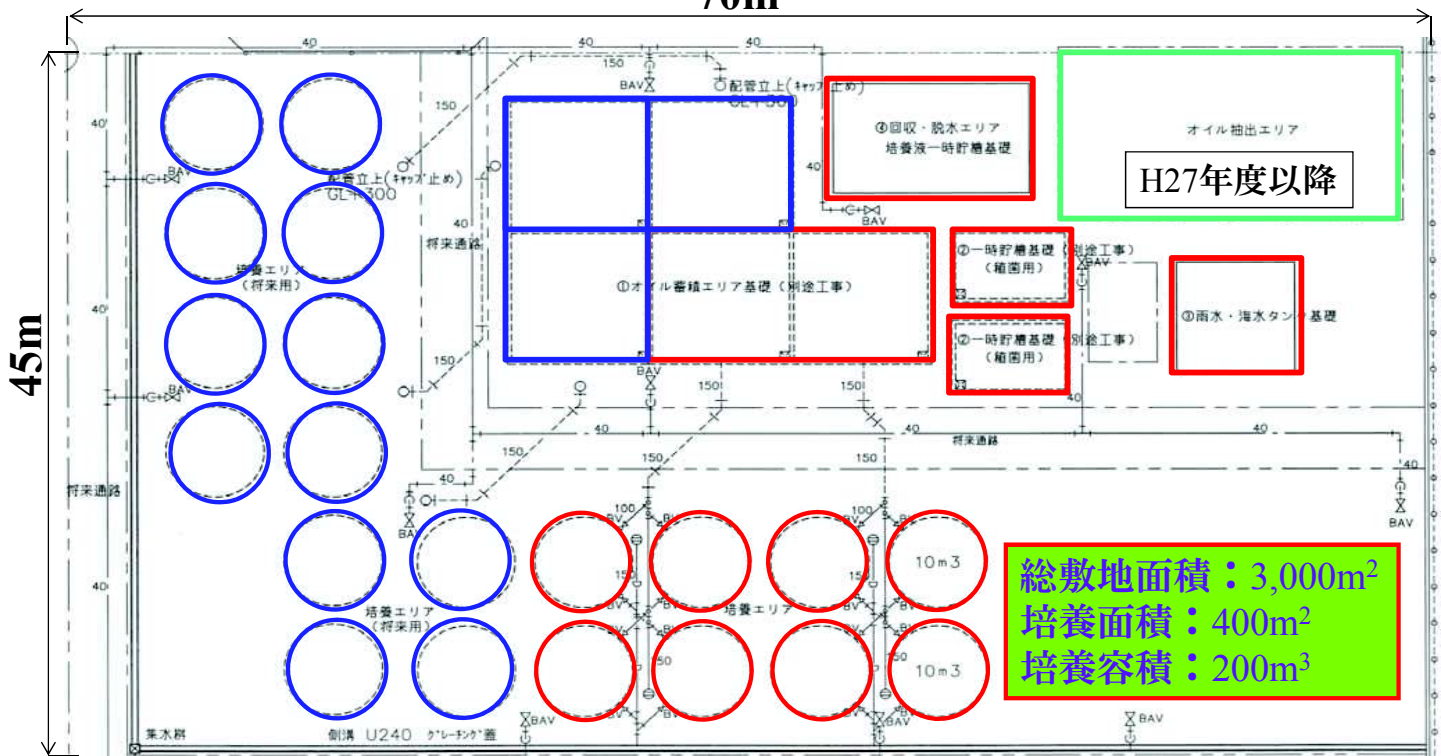
サイズ: ~10 μ m
 オイル含有量: up to 65wt% (実験室)
 生育: 7 days (0.5g/L: 25 $^{\circ}$ C)
 適用温度範囲: 15~45 $^{\circ}$ C
 オイル: 中性脂質
 主となる脂肪酸: C16:1, C16, EPA

低水温下でも良好に生育し、ソラリス株と同等の能力を有するルナリス株を獲得した。

グリーンオイル一貫生産プロセス設備全体図



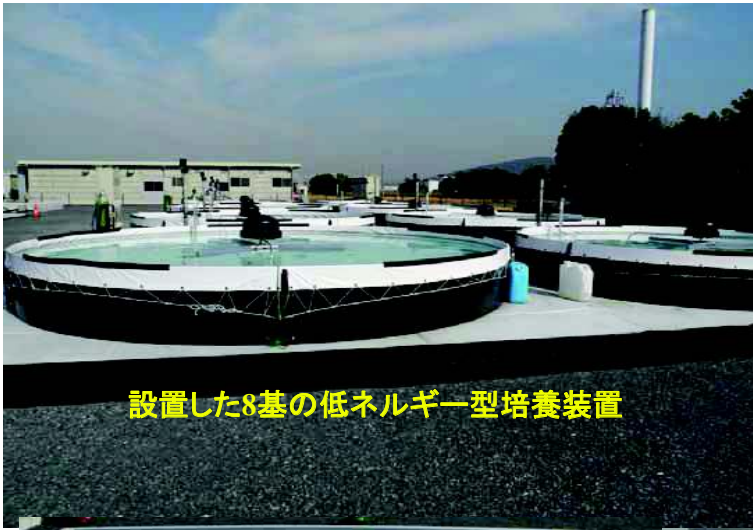
70m



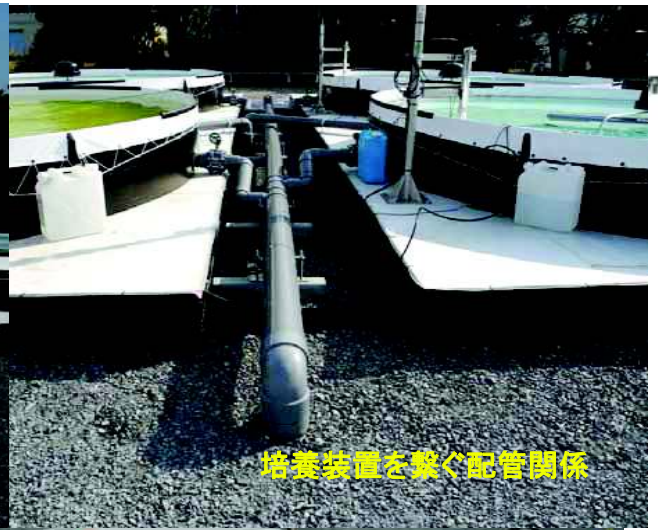
総敷地面積: 3,000m²
 培養面積: 400m²
 培養容積: 200m³

藻体生産量: 2,000kg/年
 グリーンオイル生産量: 1,000L/年

赤線: H25年度設置
 青線: H26年度設置予定(7月末)



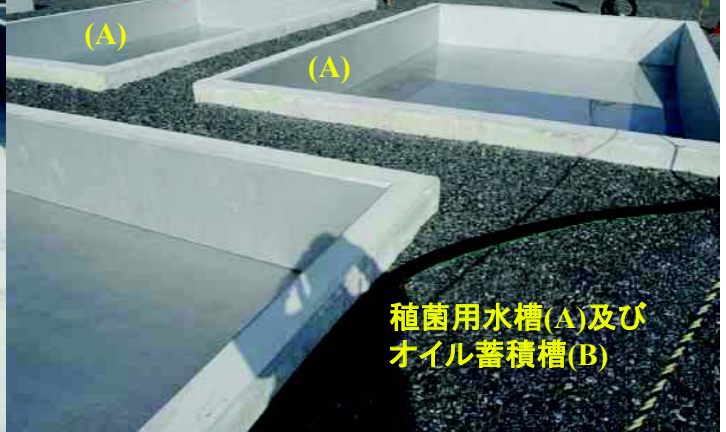
設置した8基の低エネルギー型培養装置



培養装置を繋ぐ配管関係



(B)



(A)

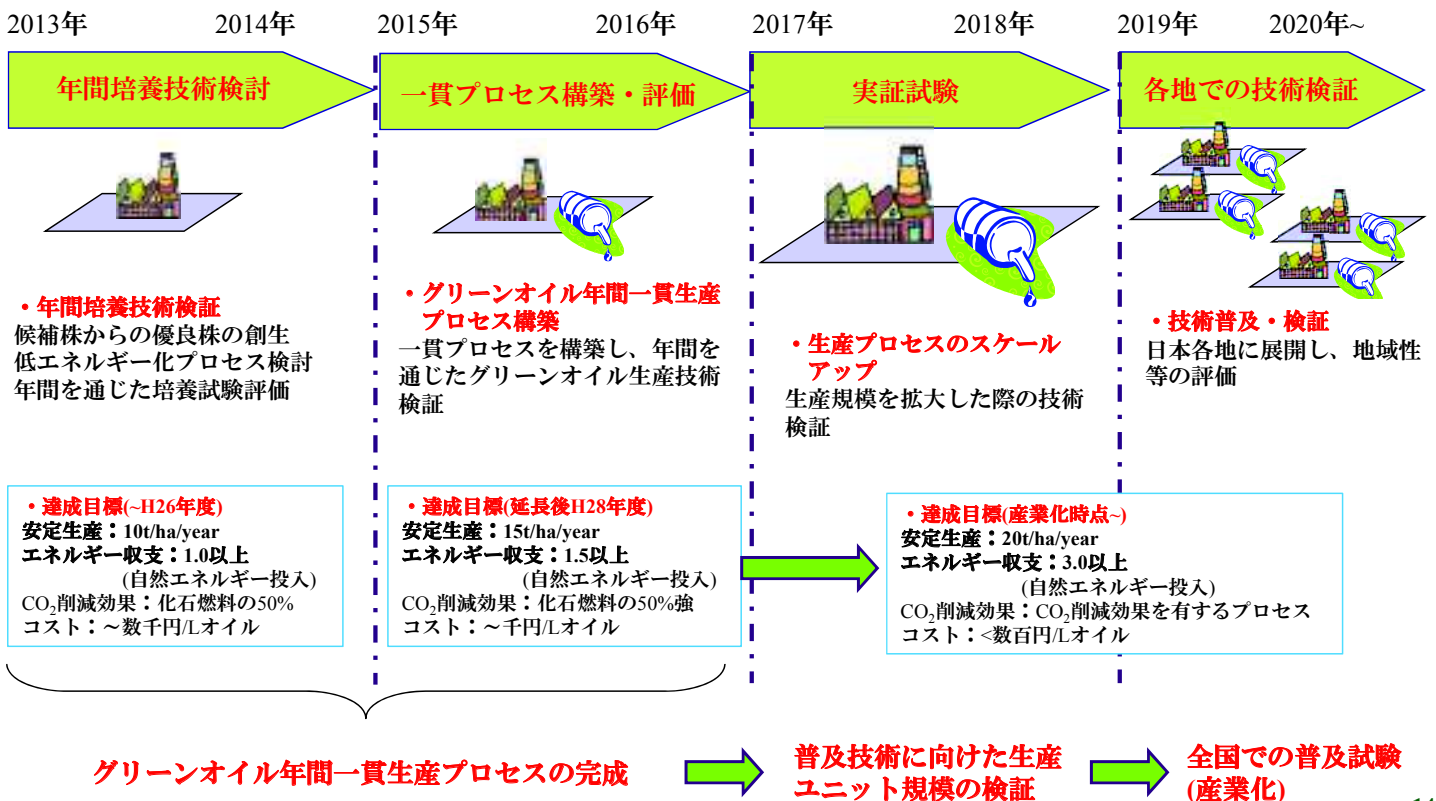
(A)

植菌用水槽(A)及び
オイル蓄積槽(B)

今回設置したグリーンオイル一貫生産プロセス



達成目標ロードマップイメージ



微細藻類の限界(エネルギー生産)



化石燃料との違い


- ① “エネルギーの質”が異なる。
 - ・化石燃料→高エネルギー密度、集約的に存在。
 - ・生産時のエネルギー投入が少ない。
- ② 微細藻類は“エネルギーと投入しながらバイオマスを生産”する。 → **農業と同じ**
- ③ バイオ燃料は、太陽エネルギーを濃縮(高エントロピー側から低エントロピー側へ)するため、化石燃料と同じエネルギーを生み出すには、**広い面積、長い時間**を必要とする。

現在の経済活動を支える化石燃料を代替するという“言葉”の実現性はない！

藻体生育・生産量の限界(希薄な太陽エネルギーを濃縮することの限界)。

しかし、小規模で限定された供給エリアにおける地産地消エネルギー源や保存できる緊急電源用燃料などに対して、**一定量賄うことが出来れば** エネルギー供給の多様化策として微細藻類の活用が見込める。

15



ご清聴ありがとうございました。

本研究はNEDOからの研究費を活用して進めているものである。