



**高性能フトバイオリアクタによる
微細藻類の高速生産と第二世代燃料油の製造**
- 微細藻油由来バイオ燃料技術の実用技術紹介 -

We can produce **Algae oil/Feed** **from CO₂/Water**

In anywhere **どこでも** **CO₂と水から**

By everybody **誰でも** **藻油(燃料油)と食品・飼料を**

At anytime **いつでも** **つくれます。**



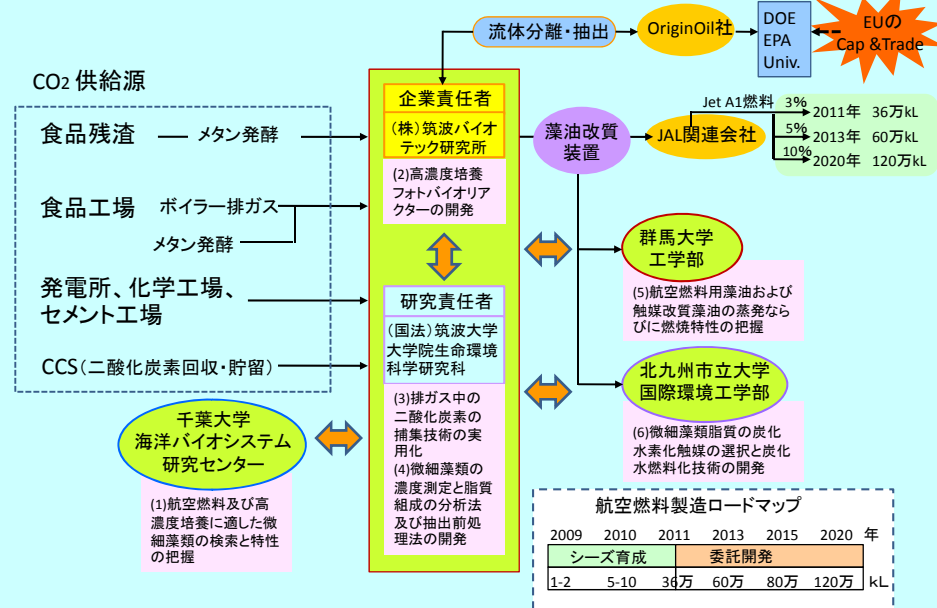
化石燃料からバイオマス燃料へ

Origin Oil 2008.10.1 NDA締結 筑波バイオテック研究所

地域分散型エネルギーと食料供給を可能にする微細藻類

Copyright(C) 2008-2011株式会社筑波バイオテック研究所 All rights reserved.

研究課題: スターリングケラによる濃縮二酸化炭素を用いた藻類培養技術開発と藻油の航空燃料化



CO₂ 供給源

- 食品残渣 → メタン発酵
- 食品工場 → ボイラー排ガス, メタン発酵
- 発電所、化学工場、セメント工場
- CCS(二酸化炭素回収・貯留)

企業責任者
(株)筑波バイオテック研究所
(2)高濃度培養フトバイオリアクターの開発

研究責任者
(国法)筑波大学大学院生命環境科学研究科
(3)排ガス中の二酸化炭素の捕集技術の実用化
(4)微細藻類の濃度測定と脂質組成の分析法及び抽出前処理法の開発

千葉大学 海洋バイオシステム研究センター
(1)航空燃料及び高濃度培養に適した微細藻類の検索と特性の把握

流体分離・抽出 → OriginOil社 → DOE EPA Univ. (EUの Cap & Trade)

藻油改質装置 → JAL関連会社

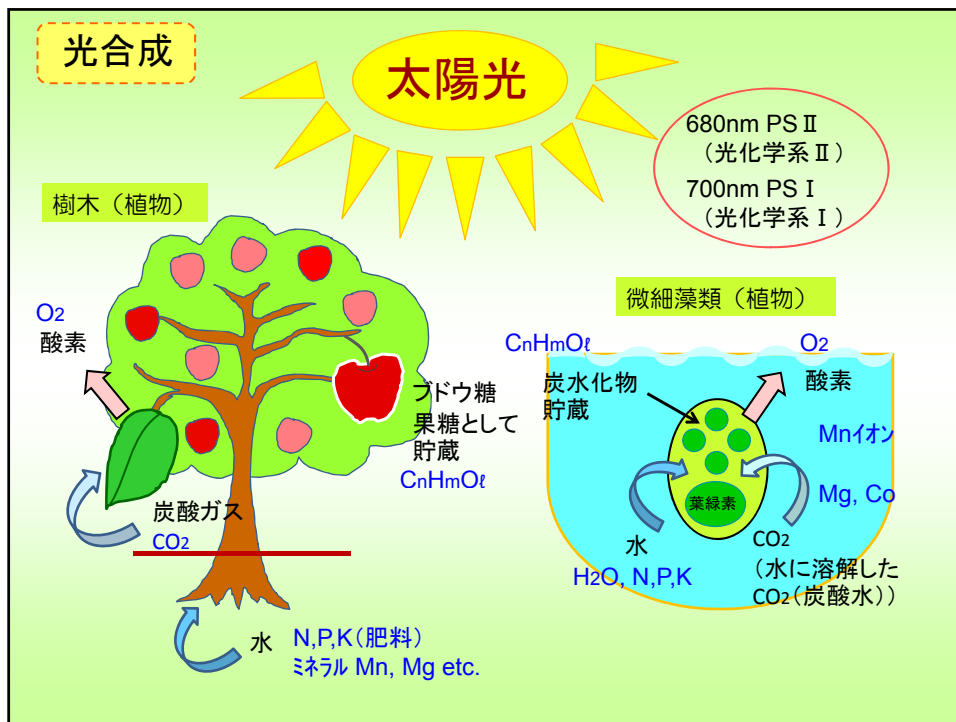
群馬大学 工学部
(5)航空燃料用藻油および触媒改質藻油の蒸発ならびに燃焼特性の把握

北九州市立大学 国際環境工学部
(6)微細藻類脂質の炭化水素化触媒の選択と炭化水素燃料化技術の開発

航空燃料製造ロードマップ

2009	2010	2011	2013	2015	2020	年
シーズ育成		委託開発				
1-2	5-10	34万	60万	80万	120万	kL

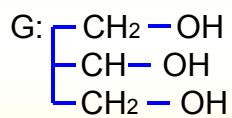
JST研究コンソーシアムの開発課題と相互関係



藻類から燃料を取り出す

1) 植物油脂(脂肪酸(R) + グリセリン(G)) : C_nH_mO_ℓ

R: C_nH_m + COOH



C_nH_m n=1~ メタン → 重質油
m=4~ 飽和又は不飽和脂肪酸/炭化水素

3. 独立栄養培養

(従来の藻類培養技術開発はほとんどこの方法)

- 1) R+G 又はRを取り出すが、有機物残渣に含まれるN,P,K,Caのミネラルを再利用できない。
- 2) N,P,K,Caなどの肥料や、Mn,Mg,Coなどのミネラルを常に供給する必要がある。
- 3) 炭素源としてCO₂を供給: 大気中のCO₂濃度は低く、微細藻類の成長速度を上げにくい。燃焼ガスの濃縮にコストがかかる。
- 4) 全体に原料コストが高くなる。

米国ニューメキシコ州 サファイアエナジー社
レースウェイ開放型藻類培養槽



4. 新規な培養方法(当研究所グループ:特許申請済み)

- 1) 培養原理: 有機体の炭素源、肥料成分、ミネラルを再利用する
 - (1) 原料:

未利用バイオマス(木質系バイオマス、竹、ワラなどのソフトバイオマス)を加水分解した糖(C_nH_mO_l)を炭素源として分解液中に含まれる肥料(N,P,K,Ca)やミネラル(Mn,Mg,Coなど)を同時に供給
 - (2) 従属栄養/独立栄養共存型培養(世界初):

培養液に酸素を与え、糖質が微細藻類に利用(呼吸)される時に排出するCO₂と、当社が開発した植物用LED光を照射することで独立栄養で増殖させ、藻類の培養速度を格段に高めることができる

2) 従属栄養/独立栄養共存型培養法の特徴

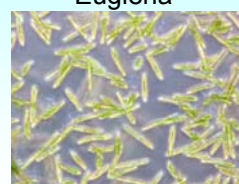
- (1) 肥料となるN,P,K,Caが再利用される
- (2) 与えた糖質は酵母が利用できない糖まで利用して藻類が増殖し、さらに、この時に発生するCO₂を、開発したLEDを光源として藻類が通常の光合成反応で利用する
- (3) 糖以外の炭水化物としてグリセリンなどの炭水化物も藻類が増殖に利用
- (4) この培養方法は雑菌の侵入に弱いので、ろ過滅菌、加熱滅菌の技術が不可欠
- (5) 滅菌技術は欠かせないが、そのことで製造原価が高くないよう装置価格の引下げの努力と、PBR(フォトバイリアクター)の構成を工夫している
- (6) 1回のPBRの加熱滅菌で半年から1年間の連続培養が可能であり、製造コスト高にならない

5. 種の選定

1) 食料・飼料用: ユーグレナを選定

- (1) 必須アミノ酸が豊富
- (2) リジン、スレオニンが豊富(次のスライド)

Euglena



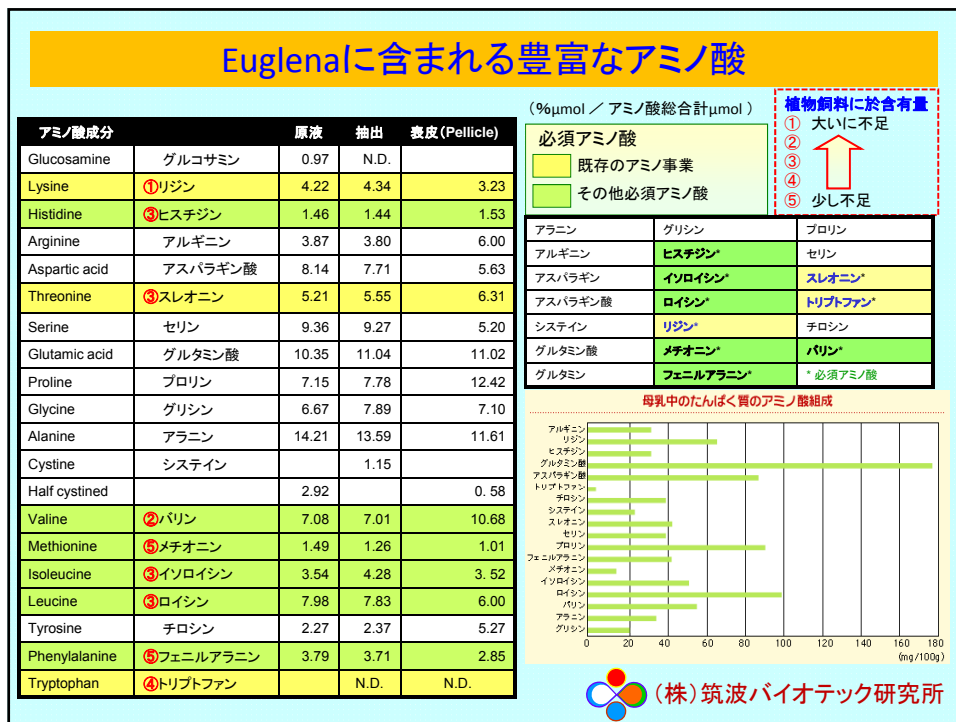
2) 燃料用: New Strain X(特許生物寄託登録済み)

- (1) 脂質含有率が非常に大きい: 70~80%
- (2) 従属栄養下での成長速度は極めて早く、1.75kg/m³/dを達成
- (3) 細胞が柔らかいので、物理的・機械的な方法で抽出可能



New Strain X





6. 低コストのポイント

- 1) ユーグレナ、New Strain X:
 - 従属栄養/独立栄養共存型PBRに適している
 - 大量培養 → 低コスト化培養
- 2) New Strain Xの原料:
 - 肥料成分やミネラルを再利用できる
- 3) 抽出の容易さ:
 - 提携会社のOriginOil社の流体破碎抽出法で
 - 油脂分離が容易である
- 4) 抽出後の細胞膜:
 - 当面メタン発酵による生化学的分解で再利用する

LED照射 培養タンク

オイル

破碎藻類片

水層

流体破碎抽出装置
(OriginOil社資料より)

7. 航空機燃料の要件 (米国規格として2011年3月公表)

1) 航空機燃料Bio-SPK(Synthetic Paraffinic Kerosene)の求めるもの (ASTM D 7566)

A 炭化水素油:	99.5%以上
B パラフィン系炭化水素油:	70%~85% Cycloparafins 15%以下
C オレフィン系炭化水素:	5%以下
D 芳香族系炭化水素:	0.5%以下
E 酸度:	0.10mgKOH/g 以下
F 硫黄化合物:	3ppm以下
G 比重量:	775~840kg/m ³ (at 15°C)
H 動粘性係数:	8.0mm ² /s 以下 (at 20°C)
I 引火点:	38°C 以上
J 蒸留温度:	205°C~300°C
K 熱量:	42.8 MJ/kg

2) バイオマス由来の理想的な航空機燃料の炭素数は

C₈~C₁₆

3) Drop-in Fuel であること (エンジン等の改良なし)

4) 参考; 航空機燃料とBDF(FAME)との比較:

化石燃料、植物油のFAME 及び炭化水素化航空機燃料の比較

燃料油	石油系炭化水素燃料 (ULSD*)	BDF (FAME)	航空機燃料用炭化水素燃料油
酸素含有率, %	0	11	0
比重	0.84	0.88	0.78
硫黄含有率 ppm	<10	<1	<1
熱量, MJ/kg	43	38	44
曇り点温度, °C	-5	-5 to +15	-10 to +20
蒸留温度, °C	200-350	340-355	265-320
セタン価	40	50-65	70-90
酸化安定性	良好	許容	良好

* ULSD: Ultra Low Sulfur Diesel

出典: Tom Kaines et al(2007) Green Diesel: A Second Generation Biofuel, International Journal of Chemical Reactor Engineering

8. ユーグレナ (Euglena) 及び New Strain X の燃料特性

藻油のBDF (FAME) 燃料及び航空機燃料化への問題点は
微細藻類の油脂の多くはFFA (遊離脂肪酸) の割合が大きい

A. ユーグレナ: ほぼ100%

B. New Strain X: 72%

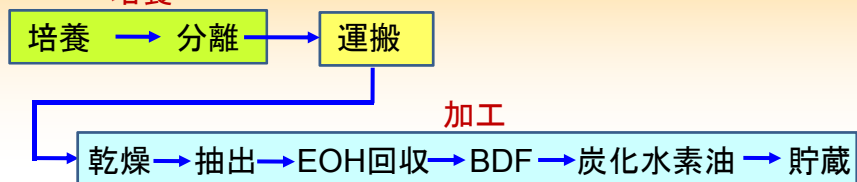
FFA (遊離脂肪酸) は燃料の酸度へ影響する

9. 工程分析とコスト

1) 標準工程

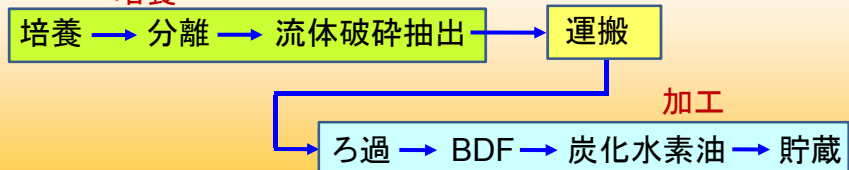
(1) ユーグレナ

培養



(2) New Strain X

培養



2) 製造コスト

(円/kg-乾物) (1kg/m³/d規準)

工程	培養	分離	運搬	小計	乾燥	抽出	EOH ^{**} 回収	BDF化	炭化水 素化	貯蔵	小計	合計
ヨーグレ	63.8	17.6	7.5	88.9	13.7	1.5	0.3	2.8	5.5	0.6	24.4	113.3
New Strain X	33.4	3.0	5.0	41.4	—*	0.4	0.2	2.8	9.2	0.1	12.7	54.1***

* 物理的抽出のため乾燥省略

** New Strain X の時はろ過

*** 含油率70%、航空燃料の歩留まりは85%、BDFの歩留まりは90%

New Strain Xの歩留まり、転換率を考慮して
燃料製造コストは

航空機燃料:90.8円/L

BDF :66.5円/L

New Strain Xの生産性は1~2年間に2kg乾物/m³/dへ近づけることが
可能であるので、上記よりさらに安価になり、価格競争力が高くなる

3) 微細藻類ポトリオコッカス(*Botryococcus*)との製造コスト比較

藻類の種類	New Strain X (閉鎖系培養槽)	ポトリオコッカス(<i>Botryococcus</i>)	
		開放系培養槽	閉鎖系培養槽
航空機燃料	90.8円/L	—— *	—— *
BDF	66.5円/L	150円/L**	800円/L**

* 炭素数が大きいので航空機燃料に適さない

** 出典: 日経エネルギー、World Energy Atlas, 2011.Spring, p 112



4) 航空機燃料及びBDFの供給可能性

(1) 航空機燃料: 2020年までに1,200万kLの10%代替では、
約2,500ha程度の面積が必要

(2) BDF : 休耕地・不耕作地40万haのうち、
10万haを活用すると**5,670万kL/年**の生産

5) 経済効果

- ・CO₂ ----- 25%削減
- ・雇用創出 ----- 42万人
- ・GDP ----- +1~2%

(東北地方の雇用の創出に貢献できる)

養緑衡球

*Nurturing Green is
the Key to a
Sustainable Earth*



株式会社 筑波バイオテック研究所

Thank you for your attention!



株式会社 筑波バイオテック研究所