

微細藻類バイオ燃料の生産条件と液滴燃焼特性に関する研究

日大生産工(院) ○董 方一

日大生産工 山崎 博司 小森谷 友絵 今村 宰 高橋 栄一 秋濱 一弘

1. まえがき

近年、石油などの化石燃料の消費に伴う二酸化炭素の増加による地球温暖化や燃料枯渇が大きな社会問題となっている。その代替エネルギーの一つとして、環境に優しいかつ非枯渇のバイオマス燃料が注目されている。

Nannochloropsis oceanica は、藻類の一種であり、光合成により、TAG と呼ばれる油成分を細胞内に貯蓄する。グリセロール 1 分子との脂肪酸 3 分子のエステル結合による軽油相当のトリアシルグリセロールを合成することが分かっており、軽油の代替物質としてバイオマス燃料生産に適しているとされている¹⁾。

一方で、炭化水素を産出・貯蓄する条件下においては増殖速度が遅くなってしまう課題があり、効率よく産生するには、微細藻類が常に一定な増殖速度を維持し、効率的な培養システムを検討するのが必要です。

以上のことを踏まえて、本研究では繁殖速度を維持もしくは向上しながらも、炭化水素産生を高効率化する条件を見出すことを目的とするとともに、液滴燃焼実験を実施して、燃焼速度定数の算定を行った。

2. 実験方法および測定方法

2.1 濁度測定

濁度法とは、希薄溶液中で粒径がほぼ一定という仮定のもとで（1）式に示すように懸濁物質と入射光強度比が一致するという性質を利用して細胞濃度の指標として濁度を分光光度計で測定する方法である。また濁度は透過光と対数関係にあり、細胞濃度と比例関係にあるので、次のような式に表すことができる²⁾。

$$E = \log \frac{I_0}{I} = KC \quad (1)$$

I_0 = 入射光強度 I = 透過光強度

C = 細胞濃度 (g/L) $\times K$ = 比例定数である。

2.2 藻類の濁度維持実験

培養実験装置は遮光ボックス、光源の蛍光灯ランプ、人工海水注入駆動モーター、培養液抽出モーター、濁度センサー、Arduino 駆動板、5V リレーモジュールおよびパーソナルコンピュータから構成される。

培養実験は外部光を遮蔽した遮光ボックスの中で行った。実験対象とする培養液を蛍光灯ランプと培養容器の距離は 20 cm とした。培養過程中には濁度センサーの監視データによって、濁度を一定に保つために人工海水を培養容器に注入し、培養液は保存容器に抽出した。培養液からの燃料成分抽出は純水を用いた遠心分離し凍結乾燥したサンプルからメタノール-クロロホルム混合液-食塩水溶液を作成し混合液を遠心分離し得られたクロロホルム相を減圧蒸留し、三フッ化ホウ素-メタノール法でメチルエステル化し、燃焼実験に供した。

3. 実験結果および考察

3.1 微細藻類培養濁度維持実験

図 1 に微細藻類培養実験における時間と濁度の関係を示す。濁度は培養時間の経過とともに増加する。初期は下に凸で上昇を示し、増殖速度（濁度増加の傾き）は増加しているが、培養開始 4 日目に以降では増加割合は減少に転ずる。その要因として濁度増加による光エネルギーは減衰することにより藻類の増殖を妨げたものと考えられる。その影響を把握することを目的として、傾きが最大値を示す濁度 0.7Abs で一定となるように濁度を制御して実験を行った。図 1 には併せて濁度制御を行った濁度変化の結果が示されている。濁度制御は濁度 0.7Abs から高濁度培養液を新規培養液と置き換えながら培養を継続する方法で制御する手法を採用した。その結果、その単位時間で培養液での平均産生量は約 2 倍が確保でき、相対的乾燥藻類の重量も倍程度の産出が期待できることが明らかとなった。

Study on Production and Combustion Characteristics of Microalgae biofuels

Houichi TOU, Hiroshi YAMASAKI, Tomoe KOMORIYA, Osamu IMAMURA,
Eiichi TAKAHASHI and Kazuhiro AKIHAMA

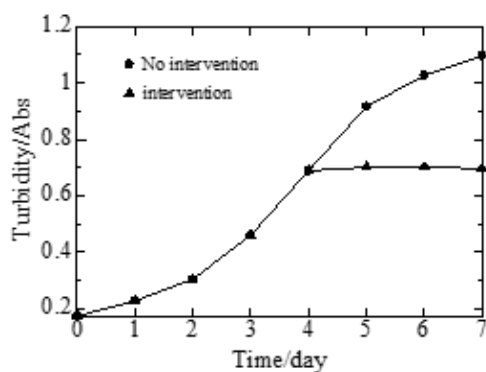


図1 増殖曲線に対する濁度制御の効果

3.4 液滴燃焼実験

微細藻類から抽出された液滴は赤褐色であり、常温では高粘性油である。燃料成分を用い、燃焼過程をハイスピードカメラで撮影した。通常重力下、室温、大気圧、静止空气中で懸垂液滴燃焼実験を行った。懸垂線は直径 0.15 mm であり、点火には小ブタン炎を用いた。点火後後輝炎を伴い、小液滴が噴出するパフリング現象も観察された。その後液滴が大きく揺れながら縮小していく。なお実験液滴は範囲では、ミクロ爆発、分裂と言われる母液滴の崩壊をとともなう現象は観察されなかった。

図2は液滴燃焼の解析過程であり、*Opencv*を用いての液滴直径の経時変化を計測した。供試燃料液滴の燃焼速度定数の測定結果を図3、4に示す。図3はパフリング発生が少ない場合の液滴直径の減少過程であり、一部の乱れは小液滴の離脱による揺動に起因したものである。直線的には減少しておらず多成分で構成された燃料であることが推察できる。図4はパフリング発生が多い液滴の結果であり、初期に急激な液滴直径の減少が見られ、低沸点成分の離脱によるものと推察される。



図2 液滴燃焼過程の液滴直径解析

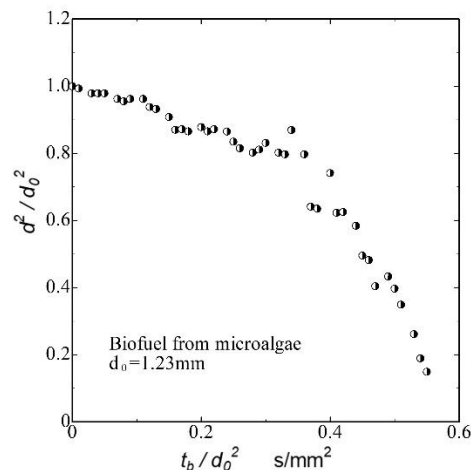


図3 微細藻類由来バイオ燃料の燃焼速度定数

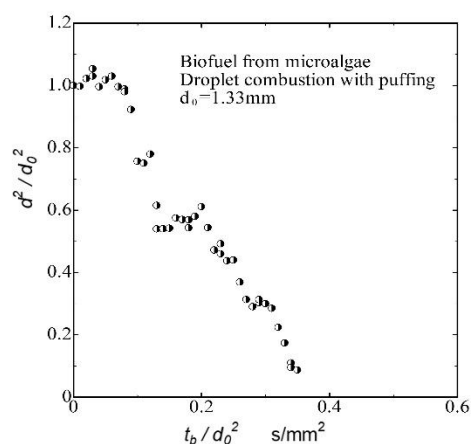


図4 パフリング発生時の燃焼速度定数

4. まとめ

微細藻類 *N. oceanica* の培養における単位時間で培養液の産出量を定量的に計測し、高増殖速度となる濁度条件を保持することにより、藻類の産出が増加できることを示した。特定の濁度で干渉介入する場合、乾燥藻類の産出量が増加できることを明らかにした。

併せて、培養実験で得た微細藻類から炭化水素を抽出し、液滴燃焼実験を行った。輝炎を伴う火炎を確認したが、一部にパフリング現象もされた。

参考文献

- 1) R.H. Wijffels, M.J. Barbosa, An outlook on microalgal biofuels Science, 329 (80), pp. 796-799 (2010)
- 2) 小西・堀内, 細胞の増殖を捉える, 続・生物工学基礎講座, p149-151(2015)
- 3) 山口, 奥村, 三木, 生長段階での微細藻類バイオマス量の間接的測定法の評価, BUNSEKI KAGAKU Vol. 65, No. 10, pp. 559-562 (2016)