

「 未来への新エネルギー開発Ⅲ 」

～新規藻類発見によるカーボンニュートラルなエネルギーを求めて～

1. 背景

東日本大震災以前から日本をはじめ世界各地で、エネルギー資源の枯渇が問題となっていた。また、福島原発の事故により安心・安全な再生可能エネルギーが必要であることが実感された。そこで、次世代エネルギーとして、藻類からのバイオ燃料生産が注目を集めていることを知った。日本では、東北大学や慶應義塾大学先端生命科学研究所が有名である。又、私たちの日常生活の中には灯油やガソリンのようにして様々な用途に石油エネルギーが使われている。これらの石油は、外国から99%輸入しているものであり採年数は約40年であると推測されている。そして今、地球温暖化という世界的な問題がある。これは砂漠化を進めるなど、地球規模での水循環に異変をもたらす。以上の問題から新エネルギーが必要であると考え、私たちは広瀬川から得られた新たな藻類を利用してエネルギーとしての利用が可能かを考えた。

さらに既知のオイル抽出法では多くのエネルギーを消費しカーボンニュートラルなエネルギーとは言い難い。固体である藻類そのものをエネルギーとして利用する別な方法を確立することが、藻類からのバイオ燃料生産を大きく前進させることができるのではないかと考えた。

2. 実験目的

私たちは先輩からの研究を引き継ぎ、広瀬川の水を利用してオイル産生藻類の研究をすすめ、育てた藻類からオイルを採取し次世代エネルギーの生産を研究した。そして私たちは、広瀬川から新規藻類を採取し、大量培養、各種光源（LED、有機 EL、蛍光灯、CCFL）の光源による成長速度の検討した。又、それらからオイルをつくり燃焼実験実施し、家庭用エネルギーとしての実用化を検討した。更に新規藻類を固体のままエネルギーとして利用する方法もあわせて検討した。

3. 新規藻類の発見

(1) 目的

広瀬川で新規藻類を求めてスクリーニングを行い新しい藻類を発見する。

(2) 実験方法

広瀬川の水を10か所から採取し、それぞれの広瀬川の水から藻類をスクリーニングした。煮沸やろ過をした広瀬川の水にHIPONeXを0.5%の割合で養分として加え、そこにスクリーニングした藻類を入れた溶液を三角フラスコの中に入れた。

溶液の入った三角フラスコの口の部分からポンプにつなげたチューブと滅菌したガラス棒をつなげたものを入れ、脱脂綿で蓋をする。日当たりの良い窓際に太陽光を当てて培養し、観察した。

藻類のうち3種類の増殖が速いものを確保した。

(3) 結果と考察

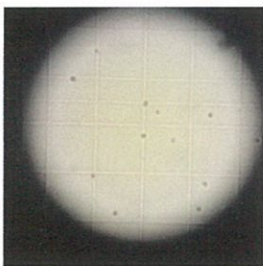


写真 2-1 新規藻類 No.1

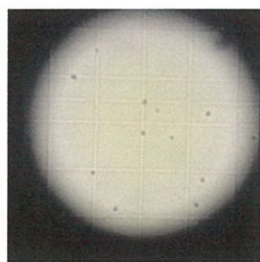


写真 2-2 新規藻類 NO.2

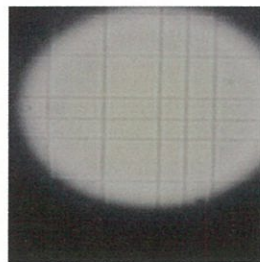


写真 2-3 新規藻類 No.3

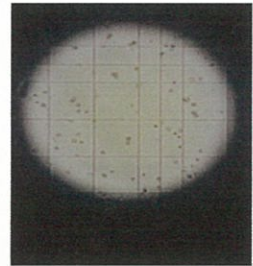


写真 2-4 新規藻類 No.4

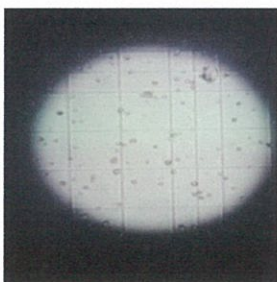


写真 2-5 新規藻類 No.5

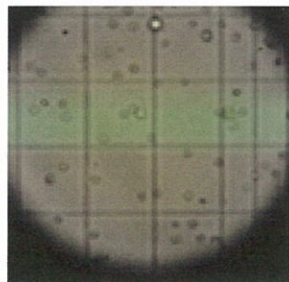


写真 2-6 新規藻類 No.6

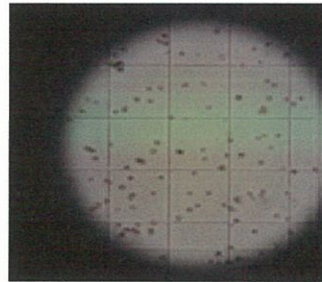


写真 2-7 新規藻類 No.7

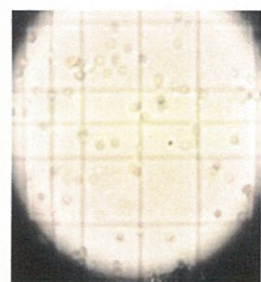


写真 2-8 新規藻類 No.8

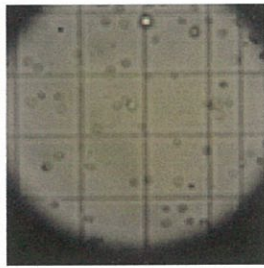


写真 2-9 新規藻類 No.9

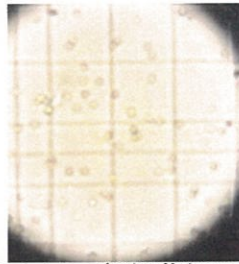


写真 2-10 新規藻類 No.10

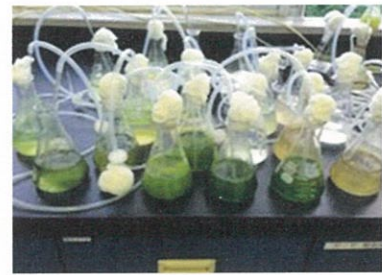
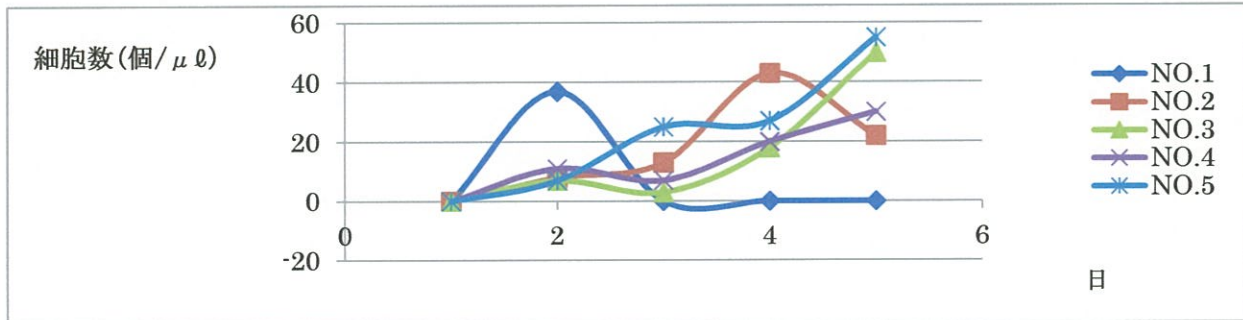
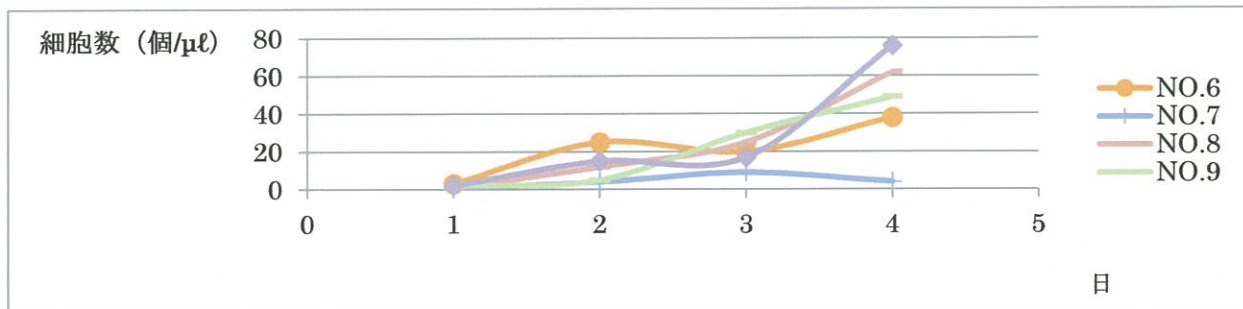


写真 2-11 培養している様子



グラフ 2-1 新規藻類 No.1~No.5 の成長速度



グラフ 2-2 新規藻類 No.6~No.10 の成長速度

私達が採取した藻類は光学顕微鏡で観察を行った結果、その形状より *Chlorella* 属及び *Senedesumus* 属に分類される可能性があるのではないかと推測した。

グラフ 2-1 及び 2-2 は得られたもののうち形状が球形に近い藻類の成長速度を表したものである。No.1~No.10 の数字は採取した順番を示している。

上記のうち、培養速度が速い3種類の藻類にそれぞれ KENKO-101、KENKO-102、KENKO-103 と名付けた。これらは、1週間でかなりの増殖を示したために短期間に人口石油を大量に生産するのに有利である可能性があると考えた。私たちは、水耕栽培にならって光源を用いて、成長速度の検討を行おうと考えた。

4. 各種光源による新規藻類の生長比較

(1) 目的

私たちがスクリーニングで得た藻類の生育条件に、最も適した光源を発見・検討する。

(2) 実験方法

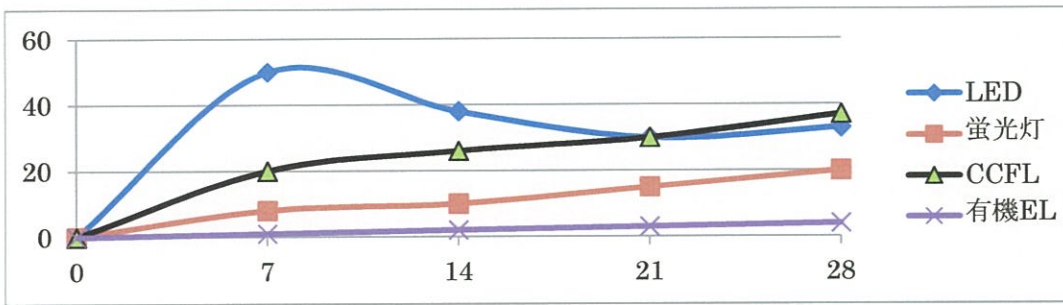
スクリーニングで得た藻類を、クリーンベンチで三角フラスコ（培地として煮沸、ろ過した広瀬川の水）に移植した。次に溶液の入った三角フラスコの口の部分からポンプにつなげたチューブと滅菌したガラス棒をつなげたものをいれて脱脂綿で蓋をし、四段の自作した棚に蛍光灯・LED・CCFL・有機ELを取り付けた後、各種光源の下、24時間光を当て続け培養させて血球濃度で測定した。

(3) 結果と考察

	LED (白昼色)	CCFL	有機 EL	蛍光灯
消費電力 (W)	10W	14W	13W	18W

ルーメン (l m)	820 l m	850 l m	134 l m	1450 l m
カンデラ (c d / m ²)	65 c d / m ²	68 c d / m ²	11 c d / m ²	115 c d / m ²

表 4-1 使用した光源



自作した四段の棚

表 4-2 各種光源による細胞数

表 4-2 を見たときに LED をあてたものが短期間で一番成長した。そのため、今度は LED の色を変えて行おうと考えた。

5. LED の色による新規藻類の成長比較

(1) 目的

藻類の生育に適した色を発見・検討する。

(2) 実験方法

私たちがスクリーニングで得た藻類をクリーンベンチで三角フラスコ（培地として煮沸、ろ過した広瀬川の水）に移植した。次に溶液の入った三角フラスコの口の部分からポンプにつなげたチューブと滅菌したガラス棒をつなげたものをいれて脱脂綿で蓋をし、四段の自作した棚のなかで青・緑・黄・赤の色の LED の下、24 時間、光を当て続けて培養させて血球濃度計で藻類の数を測定した。

(3) 結果と考察

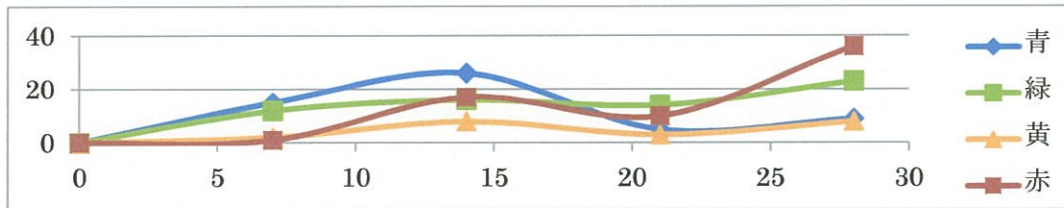


表 LED の色による細胞数

青の波長が一番早く増殖させるということが表から確認され、赤の波長も最終的によく育ち、黄色があまり育たなかった。これを用いて今度は大量生産とオイルの抽出を行おうと考えた。

6. 新規藻類からのエネルギー抽出 (液体)

(1) 目的

スクリーニングして得た藻類の大量培養を行い、これら新規藻類からの人口石油の生産効率の向上を目的とした。

(2) 実験方法

広瀬川の水を 40 l のプラスチックケースにいれ、自分たちで採取した KENKO-101、KENKO-102、KENKO-103 を 4 ml いれ、前章と同様にポンプから空気を送り、日光に当たるように置き、藻類の数を血中濃度計で測定する。培養した新規藻類 KENKO-101、KENKO-102、KENKO-103 に沈降剤としてポリ硫酸第二鉄を加え沈殿させ、上澄み液を捨てた後に遠心分離機をかけて水分をある程度とった後、新規藻類を冷凍させ、細胞壁を破壊する。解凍した藻類に塩酸 5% とメタノール 95% を入れ、エステル交換反応をおこさせ還流操作を行った。次に、蒸留操作を行いメタノール・水・人口石油の三種類に成分を分離させ、ゼオライトを用いて脱水処理を 24 時間行った。そしてゼオライトを取り除きろ過してオイルの生成の確認を行った。又、燃焼実験も行った。

(3) 結果と考察



写真 大量培養



図 エステル交換反応 ※R はエタノール



写真 6-1 燃焼実験

また、右は実際に燃焼させているものであるため藻類からエネルギーを取り出すことができた。これより、この人口石油がどのようなものかを検討してみようと考えた。

7 新規藻類からのエネルギー抽出（固体）

(1) 目的

液体では抽出するまでにエネルギーをととても消費するため、新規藻類を取り出したものをそのまま乾燥させてエネルギーの消費を削減した燃料を作ることを目的とした。

(2) 実験方法

広瀬川の水を40ℓのプラスチックケースにいれ、自分たちで採取した新規藻類 KENKO-101、KENKO-102、KENKO-103 を4ml いれ、前章と同様にポンプから空気を送り、日光に当たるように置き、培養した新規藻類 KENKO-101、KENKO-102、KENKO-103 に沈降剤としてポリ硫酸第二鉄を加え沈殿させ、上澄み液を捨てた後に遠心分離機をかけて水分をある程度とって乾燥させてすり鉢で粉末にした後燃焼を行った。

(3) 結果と考察



写真 7-1 粉末藻類



写真 7-2 燃焼実験

固体単独では引火しにくいので助燃剤として少量のエタノールを加えての燃焼だったが、エタノールが燃焼後も燃焼し続け、完全に炭になるまで燃焼したことが確認された。

8. 藻類エネルギーの比較

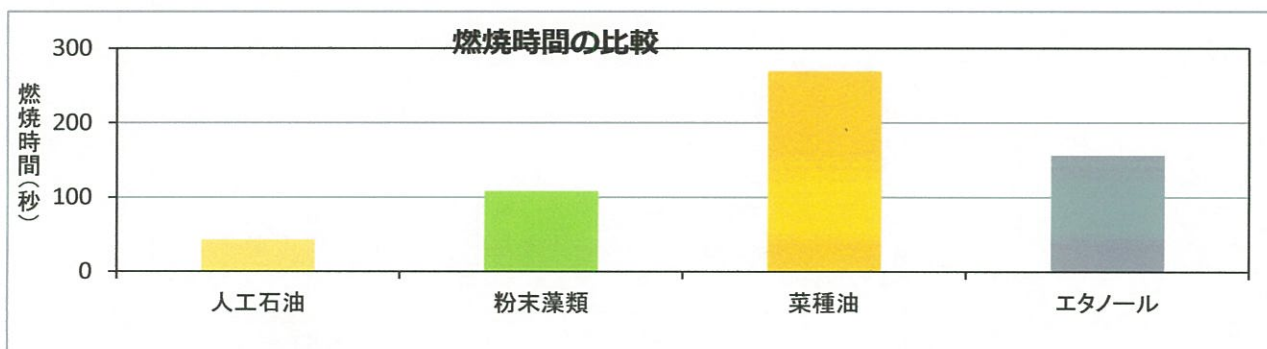
(1) 目的

私たちの採取した藻類からエネルギーを取り出し、エネルギー量を比較・検討する。

(2) 実験方法

人工石油・粉末藻類・菜種油・エタノールそれぞれ1mLに、エタノール1mLを混合した。4種類の混合燃料を0.25gの綿につけ、燃焼時間を測定した。

(4) 結果と考察



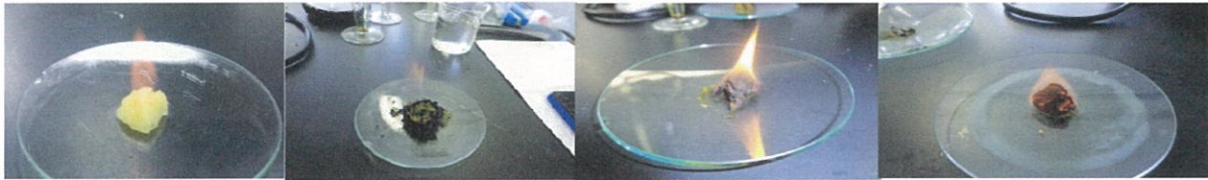


写真 7-1 人工石油を燃やしている様子 写真 7-2 粉末藻類を燃やしている様子 写真 7-3 菜種油を燃やしている様子 写真 7-4 エタノールを燃やしている様子

新規藻類から合成した人工石油よりも、新規藻類を乾燥させ粉碎した後にエタノールを加えた粉末藻類のほうが長く燃焼した。粉末藻類が人工石油よりも燃焼時間が長くなった理由を考察した。以下に人工石油及び粉末藻類の外壁の主成分であるセルロースの構造式を示した。図 7-1 は右側がメタノールとのエステル化前の人工石油であり、これが左側のグリセリンと脱水反応してトリグリセリドの構造になる。粉末藻類はこのトリグリセリドとセルロース及び複雑な構造であるリグニン等から構成されていると考えられ、人工石油は明らかにこれよりも炭素数が少なく、燃焼しやすいが、燃焼時間は逆に粉末藻類の方が長くなると考えた。これは、粉末藻類が燃料として長時間燃焼させることが必要な用途に向いていることを示していると考えた。

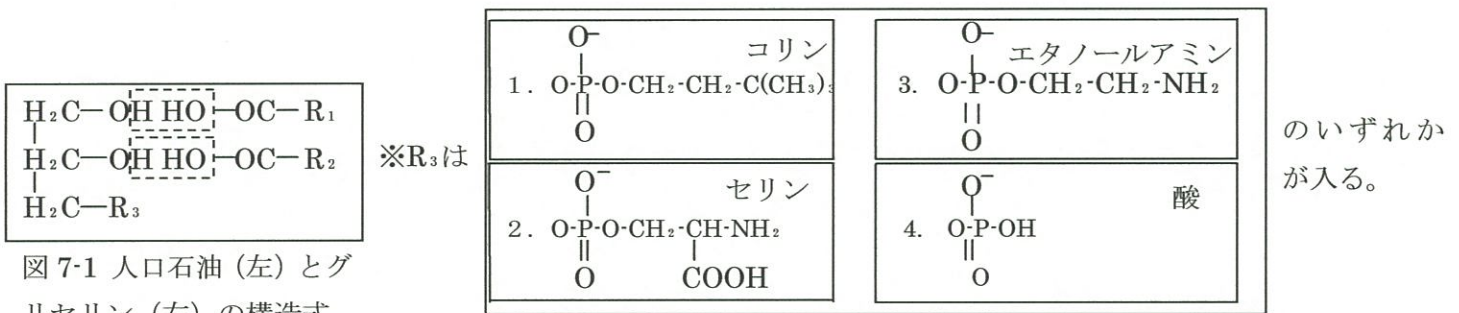


図 7-1 人工石油 (左) とグリセリン (右) の構造式

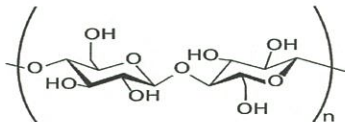


図 7-2 セルロースの構造式

8. まとめと結果

(1) まとめ

私たちはこれまでの研究で広瀬川から水を採取し、スクリーニングを行って藻類の獲得を行いそのあとに成長記録を取り、これからオイル産出の大きな期待が持てる三つの藻類に KENKO-101、KENKO-102、KENKO-103 という名前を付けて詳しい研究を行った。又、培養について光源というものに注目して何が良かったのかということを検討した結果、青と赤が良好ということが分かった。ほかにも今回の論文には掲載しなかったが HYPONeX という栄養液を煮沸した広瀬川の水に入れて濃度の変化による成長速度の比較を検討した結果、多ければ成長速度がよくなるというデータが得られた。最終的にこれまでの成果を用いて大量培養を行い、実際にオイルを抽出させてオイルが燃えることを確認して人工石油 (抽出したオイル)、粉末藻類、菜種油、エタノールの燃焼について比較実験を行った。その結果、新規藻類による人工石油は良好な燃焼を示すと共に、同じく新規藻類の粉末藻類はより長時間の燃焼を維持できる事が分かり、新たな燃料としての可能性が示された。

(2) 今後の目標

以上の事から、仙台における広瀬川の水を利用したオイル産生藻類による人工石油の生産の可能性は十分あるのではないかと考えた。具体的な用途としては、液体である利点を踏まえ、震災時にも使用可能な自動車用燃料や家庭用燃料などが想定できる。ただし液体燃料を作る際にエネルギーが膨大にかかるのであまりのエネルギーの使わない粉末藻類にも着目しサプリメントや燃料などとしても使用できると考えている。

これらが仙台において大量生産され、宮城の創造的復興に役立つことを願っている。また、世界中で震災やエネルギー不足、地球温暖化が叫ばれている今日、この新エネルギーの生産が世界中で行われ、これらの問題解決につながることも願っている。今回の成果および課題をふまえ地元仙台はもとより、世界中で培養可能なオイル産生藻類の更なる可能性を見つけていきたい。