

オイル産生藻類を農作物に

慶應義塾大学先端生命科学研究所 特任助教 仲田 崇志

1. はじめに

慶應義塾大学のキャンパスは主として首都圏におかれています。2001年、山形県鶴岡市に首都圏以外で最初のキャンパス(鶴岡タウンキャンパス)ができました。先端生命科学研究所(IAB)は、この鶴岡タウンキャンパスの中核をなす研究機関で、生命科学のさまざまな先端研究の拠点となっています。この研究所で、筆者は燃料となるオイルを産生する微細藻類の研究プロジェクトに携わっています。

現代文明は化石燃料なくしては維持できませんが、化石燃料の使用に限界と問題があることも事実です。そこで化石燃料にかわる燃料源が模索されており、微細藻類から得られる脂質成分(オイル)もそんな代替燃料の有力候補と見られています¹⁾。

2. なぜ藻類か

化石燃料のおもな問題点としては、採掘可能な化石燃料が限られていることと、化石燃料の消費によって生じる温室効果ガスが深刻な温暖化の原因となり得ることがあげられます。したがって代替燃料には、1) 恒久的に製造可能であることと、2) 温室効果ガスを増加させないこと、の2点が求められます。

この2つの要件を満たす次世代燃料としては、植物が光合成によって二酸化炭素を原料につくり出す有機炭素(バイオマス)が想定されており、トウモロコシやダイズなどの穀物を原料にしたバイオエタノールやバイオディーゼルが一部で実用化されています。しかしながら、穀物を原料としたバイオ燃料には別の問題が指摘されています。穀物は食料としても消費されるため、特に今後の人口増加によって農地が不足してくると、バイオ燃料としての消費と競合してしまうと考えられます。実際に2006年にバイオ燃料生産との競合によってトウモロコシ価格の高騰が起こったことが指摘されています。

そこで食料需要との競合のない代替燃料の原料として注目されているのがオイル産生微細藻類です。

藻類とは、光合成によって酸素を発生する生物のうち、陸上植物以外のものの総称で、中でも肉眼での観察が難しい小型のものを微細藻類とよびます。微細藻類は淡水、海水を含むあらゆる環境に生息し、未発見のものも含めて高い多様性をもつことが知られています。そして一部の微細藻類(オイル産生微細藻類)は貯蔵物質としてオイルを蓄積することから、代替燃料の原材料として有望視されています。

穀物のかわりに微細藻類を利用する場合のおもな利点はいくつか指摘されています。穀物は根のような非光合成器官をもっており、全身で光合成を行うわけではありません。一方で単細胞藻類はそれ自体が全身光合成「器官」といえるため、光や養分が十分にある限り、穀物などに比べて光合成の効率が良いと考えられます。またオイル産生微細藻類はさまざまな環境から知られているため、農地に適さない土地や、海洋での大量培養も可能と考えられ、食料生産との競合を避けられると期待されます。

しかし、現状では実験室内のような制御された環境下での培養研究が中心であり、藻類由来の燃料はコスト面で、化石燃料はおろかほかの代替燃料候補にも劣っています。そこで筆者らは藻類由来オイルの製造コストを下げるために、新たなオイル産生微細藻類の開発と、オイル産生微細藻類の代謝に関する研究を進めています。

3. 新規オイル産生微細藻類株の開発

現在、世界中でさまざまなオイル産生微細藻類を用いた研究が進められています。中でもボトリオコックス(*Botryococcus braunii*)を初めとする淡水産の緑藻類や、*Phaeodactylum*などの海産珪藻類などがおもに研究されています。特にボトリオコックスは体外に脂質を分泌する藻類として、筑波大学を中心に実用化に向けた研究が進められています。また最近ではラビリンチュラ類の *Aurantiochytrium* もオイル産生微細「藻類」として報道されています。しかしこの生物は光合成を行わないため、温室効果

ガスの削減に直接貢献するものではありません。なお、ほとんどの研究者はラビリンチュラ類を菌類または原生生物として扱っています。

筆者らは栄養飢餓によって脂質を蓄積する淡水微細藻類を中心に研究を進めています。材料としてはおもに“*Pseudochoricystis*”やコナミドリムシ(*Chlamydomonas reinhardtii*)を用いており、特に後者はゲノム情報や遺伝子操作技術が確立されていることから、将来的な品種改良の母体として注目しています。

また微細藻類の生物多様性は極めて高いことから、自然界にはこれまで注目されてこなかったオイル産生微細藻類がまだまだ存在していると考えられます。そこで筆者らは野外より多数の株を新たに単離・培養し、オイル産生微細藻類の選抜を進めています。選抜した藻類については増殖速度や脂質の蓄積量、組成などを比較し、既存の株より有望な株や、特定の培養方法に適した株などを検討する予定です。

現在、50-100株程度のオイル産生微細藻類を選抜中で、中には培養株の知られていなかった種や新規の候補、そしてあまり注目されてこなかった種なども含まれています(図1)。またこれまで北米産のものしかなかったコナミドリムシの新規日本産株も報告しています²⁾。数年以内にこれらの藻類から実用化に適した株を見いだしたいと思っています。

4. 微細藻類の代謝研究

藻類由来の燃料のコストを下げるためには優れた藻類株を利用するだけでなく、最適な方法で培養する必要もあります。また天然由来の藻類株では限界もあるため、遺伝子組み換えによって藻類自体を品種改良することも期待されます。

培養方法や藻類の遺伝子を効率よく改良するため

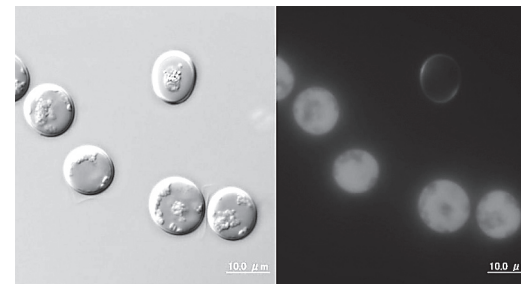


図1 オイル産生緑藻類の新規株 右写真では脂質をナイルレッドで蛍光染色している。

には、何よりも藻類自体の生理学的なしくみをよく理解しなければなりません。そこで筆者は同僚の伊藤卓朗博士らとともに、メタボローム解析技術を用いた研究を進めています。メタボローム(metabolome)とは、生体内(または組織内や細胞内)の全代謝物質を意味しており、ゲノム(全遺伝子)やプロテオーム(全タンパク質)の解析が生命現象の制御系の解析であるのに対して、メタボローム解析では生命現象そのものの解析を行っているといえます。

解析には代謝物質に応じた種類の質量分析計を用いる必要があるため、先端生命科学研究所では種類・台数共に世界トップクラスの解析装置がそろえられています。筆者らは“*Pseudochoricystis*”やコナミドリムシなどにおいて脂質産生時のメタボロームを調べており、栄養飢餓のとき、これらの藻類が使い道のなくなった細胞内の有機物から炭素を取り出して脂質合成にまわしている様子が明らかになりつつあります。

5. 藻類農業への道のり

藻類由来のオイルはすでに実用化が間近にせまっております。近い将来に私たちの生活にも浸透してくることが期待されます。しかし現状では化石燃料をすべて代替することは難しく、またコスト面でも補助金抜きで化石燃料と渡り合うことは難しいと見られています。ここで参考にしたいのが農作物です。

農作物の多くは長年の品種改良によって(少なくとも実験室で育てるよりも)手間をかけず、低コストで生産出来るようになりました。もし藻類もほかの農作物と同じように野外で「栽培」出来るようになれば、休耕田などを用いて低コストでの量産も可能になるかもしれません。有用藻類株を確立し、藻類の生理を理解した上で培養法と藻類の改良が進めば、「オイル農業」を現実のものにすることも不可能ごととはいえません。

参考文献

- 1) 渡邊信 編(2010). 新しいエネルギー:藻類バイオマス, みみずく舎.
- 2) Nakada et al. (2010). Recharacterization of *Chlamydomonas reinhardtii* and its relatives with new isolates from Japan. *J. Plant Res.*, 123, 67-78.