

## エネルギー利用に適した藻類について

国立環境研究所 生物・生態系環境研究センター室長 中嶋信義氏

### 国立環境研究所とは

つくば市にあり環境問題に関する全てを取り上げて取り組んでいる。ここでは微生物の系統的保存事業を行っていて720種類、3,000株の保存をしている。大学には無料で民間には有料で提供する事業をやっている。このような施設は世界でも数ヶ所あるがトップクラスの規模を誇る。

### 藻類の種類

藻類は大きく分けると海藻のように多数の細胞からなる大型藻類と、ボトリオコッカスのように数百個以下の細胞からなる微細藻類がある。微細藻類にはオイルを体内に蓄積するものが多く見つかっており、第1次オイルショック後の1970年代から1990年代にかけてオイルの生産を目的とした研究がなされた。

### 微細藻類のオイル生産効率

オイル生産効率は陸上植物よりも10~700倍高いという結果が得られている。例えばトウモロコシはヘクタール当りの生産が0.2ton/ha/年に対して微細藻類は47~140ton/ha/年というデータがある。このデータが独り歩きしているので疑問を抱きボトリオコッカスで計算してみると1kg/m<sup>3</sup>が毎月生産できると考えれば50ton/ha/年の生産が可能であることが分かった。国土の狭い日本でもこれだけの生産性が見込めるならば耕作放棄地を利用して石油消費量約2億トン余の14%を作ることが可能になる。

### 微細藻類のオイルを生産する種類

微細藻類の中でオイル生産性が乾燥重量の30%を越えるような有用株が見ついている。ボトリオコッカス、ナンノクロロボシス、ネオクロリス、ファエロダクティラム、ドナリエラ、オーランチオキトリウム、クロレラ、シュードコリスティスの9種類である。世界中で新しい生産藻類の探索が精力的に進められているので有用株は更に増えることが予想される。

### オイルの化学構造

微細藻類の生産するオイルの化学構造は2つに分類される。ほとんどの有用株はトリグリセリド(TG)を生産するが、ボトリオコッカスとオーランチオキトリウムはトリテルペン(TT)を生産する株が見ついている。TGを利用するには脂肪酸エステルを加水分解し、グリセロールの除去工程が必要になる。TTはそのままでも化学工業の原料やディーゼル燃料として利用できる。しかしボトリオコッカスとオーランチオキトリウムは屋外での大量培養にはまだ成功していない。

### 微細藻類の利用

現在管理された環境の中で屋外培養に成功しているのは、サプリメント原料であるクロレラからのミネラル(売値1.7万円/kg)、ヘマトコッカスからのアスタキサンチン

(825 万円/kg)、スピルリナ・ドナリエラからのβ—カロチン (2,800 万円/kg) など単価の高価なものが作れる藻である。これらは健康食品として付加価値の高い物であり培養にコストがかかっても採算は取れている。しかし藻類から取り出す油を燃料として利用するためには100円/kgレベル以下を目指す必要があり大量生産ができてLCAが成り立つことが条件である。

#### ボトリオコッカス

顕微鏡でみると葡萄の房を付けたような形をしていて光合成で二酸化炭素を固定して細胞外に炭化水素を分泌する微細藻であり、3種類（A、B、L）の系統が見つまっている。その中でB系統の炭化水素が有望でガソリンやディーゼル油として利用できそうである。

藻類のエネルギー開発全体の課題は、

- ・PHは至適中性であるため他の藻類も繁殖し易く、大量培養を難しくしている
- ・生育（増殖）すると細胞同士の自己遮蔽により光制限となる。光が充分得られないため野外培養の制約条件になる
- ・オイルの純度が低いため精製にエネルギーとコストがかかる

等の条件で全工程の評価LCAが不十分であることである。エネルギーと炭酸ガスの収支は良いのだが収益性が悪いため生産に結びついていない。

ボトリオコッカスは分裂速度が非常に遅いため（3～4日）、培養液にコンタミがあると培養初期に他の藻類との競争に負け生育できない。分裂速度の速い藻は油を作らない。この対策として他の藻類の増殖を抑えるため農業分野で行われている環境に与える影響の少ない除草剤を使い、その除草剤に抵抗性のある株を分離し使用する方法をトライ中である。

#### オーランチオキトリウム

つくば大学の渡辺信教授グループが発見した品種で、マングローブや海水と淡水が混じるような所を好む。葉緑体を持たず光合成で油を作るのではない。有機物を吸収して炭化水素（オイル）を高効率で生成・蓄積する株である。生産性が高いので生産原価を大幅に下げることが期待できる。与える有機物は生活排水中のものや生ごみなど汚泥処理と油生産の両方が可能で、現在東北の被災地などで積極的に導入が検討されている。

#### 日本の藻の研究開発状況

日本には藻の食文化があるように米国よりはるか先を進んでいて、マラソンの折り返し点に達している。クロレラ、ケイ藻、ボトリオコッカスなど自分の得意とする藻類で実験、開発、生産の全工程をやろうとしている。米国はここ数年間大きな国家予算を注ぎ込んでバスで追いかけてきている。米国はその開発に遺伝子組み換え技術を前面に押し出しているので安全性の観点から問題を抱えながらの挑戦である。