

## 第11回

## 「バイオ燃料の功罪」

徳田 廣

## プロフィール

## 略歴：

東京大学農学部教授を定年退官後、1990年から1994年までJANUSに顧問として在籍

## 専門：

海洋の油汚染、海洋生態学、藻類学

## 著書：

- ・ 海藻資源養殖学（緑書房）
- ・ 海藻検索図鑑（北隆館）
- ・ 図鑑海藻の生態と藻礁（緑書房）

北極の氷が著しく減少し、南極の氷棚が崩落し、氷と雪に被われたグリーンランドでも氷が海に崩落するなど、地球温暖化の影響が切実に実感できるまでに進行している。地球は今や、切羽詰まった状況となっている。

大気中の温室効果ガス（その主因は、化石燃料の燃焼により発生する二酸化炭素）の増加にあり、大気中に放出される二酸化炭素の増加を阻止する方策を講じることが、現在待った無しの急務である。

二酸化炭素の増加を阻止する為の色々なアイデアや研究が発表され始めた。まず、登場したのが、バイオ燃料というアイデアである。大気中の二酸化炭素を取り入れて光合成することで育つ植物を素材に、主として自動車用燃料を生産する方法である。

大気中から吸収される二酸化炭素量と大気中に排出される二酸化炭素量が同量であることを、カーボンニュートラル（Carbon Neutral）と言うが、カーボンニュートラルなエネルギー源として、バイオ燃料に熱い視線が集まり、その需要は高まる一方なのである。

素材の植物が生育時に大気中から吸収した二酸化炭素量と自動車が大気中へ排気する二酸化炭素量が、多少なりともプラス・マイナスで相殺されるというアイデアは、一見、発想としては良いようだが、問題点も指摘されている。

バイオ燃料には、バイオエタノールとバイオディーゼルの二種類がある（もう一種類、バイオメタノールがあるが、強い毒性があるため、殆ど実用化が進んでいない）。

前者は炭水化物に富んだ植物素材（主にトウモロコシ、サトウキビなど）を原料に生産される。この為、これらの穀物価格が食物市場で異常に高騰し、食用穀物の奪い合いで抗争が起きており、南アフリカ共和国農相は、バイオエタノールの生産にはトウモロコシを一切使用せず、食糧として確保することを表明している<sup>1)</sup>。

バイオエタノールは、前述の植物素材を酵素処理によってアルコール発酵させて得る。だが、エタノールそのままでは車の部品を腐食する恐れがあるので、ガ

ソリン車には使えない。それ故、エタノールをエチル・ターシャリー・ブチル・エーテル (ETB) という物質に変えて、それをガソリンに数%添加して使用する。ETBのガソリンへの添加率は、国により様々である。エタノールをガソリンに3%添加したものをE3と言い、10%添加したものをE10と略称する。Eは、エタノール (Ethanol) の略である。

後者のバイオディーゼルの代替燃料として、ディーゼルエンジンを装備した車両や船舶などに使われる。その原材料は、パーム油 (パーム椰子油)、菜種油、ひまわり油、大豆油、コーン油などの植物性油脂で、実際には食用油や使用済みの廃食用油などが充てられている。

バイオディーゼルは、原料である上記の植物性油脂を加水分解し、メタノールと触媒 (アルカリ) によってエステル化して、グリセリンを分離除去することに依り、動粘度を1/2程度に下げたディーゼルエンジン用液体燃料である。

バイオディーゼル 100%のバイオディーゼル燃料油をB100と呼び、軽油にバイオディーゼルの20%添加したバイオディーゼル燃料油をB20と呼んでいる。バイオエタノールの場合と同様に、従来の化石燃料に添加したバイオディーゼルの量の分だけ、エンジンから排気される二酸化炭素量が軽減する。

世界の多くの国々にバイオ燃料が普及するようになれば、当然バイオ燃料の原料となる植物が足りなくなろう。原料植物増産のために、森林や藪を切り開いて畑にする必要が生じる。そうなると、森林や藪の植物は失われ、それらが吸収していた大気中の二酸化炭素が最早吸収されなくなるだけでなく、地中に残った根が腐食して二酸化炭素を放出する。結局、期待する程には、バイオ燃料の生産は大気中の二酸化炭素量を減少しないであろう (米ミネソタ州ミネアポリス市自然保護局所属 Josef Fargione 氏) 2)。

ダイズ栽培のためにブラジルの降雨林が1万km<sup>2</sup>伐採された場合には、年間700トンもの二酸化炭素が

放出され、栽培されたダイズから生産されたバイオディーゼルを使用し続けたところで、その後約300年間に渡って大気中の二酸化炭素は減少しない計算になるようだ 3)。

また、インドネシアで、熱帯降雨林を切り開いて、パーム椰子を栽培し、その実からバイオディーゼルの生産しても、その後400年間も大気中の二酸化炭素は減少しないと言う 3)。

また、別の研究がある。プリンストン大学の Searchinger Timothy 教授らは、米国でバイオ燃料のためにトウモロコシ生産を行なうならば、牛の餌料用のトウモロコシ生産農家にまで増産の機運が連鎖反応を生じて、その結果として農地不足から、ブラジルで見られたように、原野の開発や森林伐採という事態を招き、自然の植物の現存量が著しく減少して、植物による二酸化炭素吸収量が減退する。また、作物に与えた窒素肥料の一部は、土壌細菌によって酸化窒素ガスに変化してしまい、大気中に放出されて、温室効果を生じると言う。

同博士らは、トウモロコシからバイオエタノールを生産しても、大気中の二酸化炭素量を減少させる事はできない。それどころか、バイオエタノールを生産することで、逆に大気中に放出される二酸化炭素の量は現在使用されているガソリンの2倍量のガソリンを消費したのと等しくなるのではと述べて、将来を見通す視点が欠落した土地利用の変更は危険であると警告している 4)。

上記の研究について、カリフォルニア大学バークレイ校の Alex Farrell 教授は、バイオ燃料を巡る話題で、土地利用の変更の影響に言及した研究は初めてであると評価している。

以上に述べたように、陸上植物をバイオ燃料の原料にした場合には、二酸化炭素削減に実質的な効果が無い場合がある。

さらに、水の問題もある。バイオ燃料用農作物を育

てる畑地を潤す水が必要となり、食用農作物の生育にとって必要な水を横取りすることになってしまう。すでに、この問題が起きる以前から、食用農作物の生育に必要な水すら不足しているのが世界の実状なのだ。現在、水不足は農業を制限する因子、すなわち、足かせとなっている大問題である。

では、他にバイオ燃料を生産する為のアイデアはないものであろうか。以下に、そのアイデアを三つ紹介する。

### 【シロアリ由来の酵素を使って廃材を徹底的に分解させるアイデア】

日本では、かつて、製紙業が盛んな静岡県富士宮市の製紙工場の排水処理施設が不完全であったことが原因で、工場排水に混じって未消化の木材チップが大量に流出し、風光明媚な田子の浦を埋めつくした事故があった。このような事態を引き起こす事があるくらい、木材には難分解物質が含まれているのだが、もし木材をより徹底的に分解する事によってバイオ燃料を取れるなら、廃材の有効活用になるというアイデアだ。

米国カリフォルニア州パサディナ市にある州立技術研究所の Lared Leadbetter 博士は、廃材などからのバイオ燃料生産を目指して、木材を好んで食べるシロアリの消化酵素を研究している。木材には、セルロース・リグニン・キシランという3種類の難分解物質が含まれている<sup>5)</sup>が、L. Leadbetter 博士はコスタリカ産のオオバナシロアリを研究対象として、オオバナシロアリの後腸と呼ばれる消化器に在る共生細菌の酵素を分析している<sup>6)</sup>。

シロアリは、上記のような難分解物質をも、共生細菌の助けを借りて完全に消化する。L. Leadbetter 博士はここに着眼して、165 匹のシロアリの後腸から、難分解物質のセルロース・リグニン・キシランを分解する共生細菌を特定した。しかし、性質の異なる細菌たちをどのように連携させて、木材分解のために働かせるかに苦慮しているようで、廃材からのバイオ燃料の生産に成功したという朗報は未だ聞こえてこない。

### 【麦ワラや雑草などを利用するアイデア】

バイオ燃料のアイデアは、急速に世界に広がったが、実行に移してみると、様々なマイナス面のあることが顕在化したのである。バイオ燃料の需要の急増が、世界的に食糧価格上昇を招いたことを省みて、出光興産と三菱商事は、ホンダなどが開発した「麦藁や雑草などを使った、食用植物を原料としないバイオ燃料」の量産のための工場建設に乗り出す計画を明らかにしている<sup>7)</sup>。

### 【藻類を利用するアイデア】

米国カリフォルニア大学サンディエゴ校スクリプス海洋研究所の Greg Mitchell 教授は、第二世代のバイオ燃料と称して、藻類の利用を提唱している<sup>8)</sup>。

藻類には淡水藻と海産藻類があるが、同教授は淡水藻の利用を想定しているようである。同教授の実験によると、実験池で藻類の細胞は一日で2倍に増殖し、水面に形成される細胞の集合体(scum)は50%が脂肪で、残りは澱粉から成り、エタノール生産にもディーゼル油生産にも適していると述べている。

石油会社や電力会社では、バイオ燃料の原料としての藻類(海藻を含む)に関心を高めている。従来は保健用サプリメントの原料として比較的小規模に行われていた藻類の養殖に着目して、バイオ燃料用にもっと大規模に養殖する機運が生じている。Shell 社は、バイオ燃料製造用の試験工場を目下ハワイに建設中である<sup>9)</sup>。

筆者は、海藻からバイオ燃料を生産するのであれば、本ホームページの第10回で述べたアルギン酸の原料として現在用いられている褐藻が最適ではないかと考えている。海藻の再生能力は非常に旺盛であり、従ってアルギン酸の資源として十分な量があるので、海藻をバイオ燃料に使っても、従来から市場が必要としてきたアルギン酸の量に不足を生じないであろう。更に、現場での採集設備と陸上への輸送手段も既に整っている。

2008年07月

## 参考文献

- 1)日本経済新聞、平成 20 年 4 月 26 日朝刊
- 2)New Scientist, 2008 年 2 月 16 日号, 19p.
- 3)Science, DOI:10.1126/science.1152747
- 4)Science, DOI:10.1126/science.1151861
- 5)Nature, DOI:10.1038/nature.06269
- 6)New Scientist, 2007 年 11 月 24 日号, 20p.
- 7)日本経済新聞、平成 20 年 6 月 20 日朝刊
- 8)New Scientist, 2008 年 2 月 2 日号, 12p.

