話 題

日本の水産分野におけるバイオ燃料研究の動向

内田基晴

鮎水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所

Recent topics in studies on biofuel production
from aquatic biomass in Japan

MOTOHARU UCHIDA

*National Research Institute of Fisheries and
Environment of Seto Inland Sea, Fisheries Research
Agency Hatsukaichi, Hiroshima 739-0452, Japan*

地球温暖化への懸念、原油高騰などの社会情勢を受け、カーボンニュートラルで再生可能なバイオ燃料生産に関わる研究への関心が急速に高まっている。水産分野においても最近、バイオ燃料に関連する話題が度々、新聞の紙面を賑わしている。しかし、わが国の水産研究の現状を見回すとき、必ずしも話題の頻度に釣り合った質の研究がなされている訳ではない。本稿では、わが国の水産分野におけるバイオ燃料研究の現状と動向について概説する。

1. バイオ燃料研究高揚の背景

京都議定書の発効（2005年2月）によって、我が国は第一約束期間（2008年～2012年）に、CO₂換算で基準年（1990年）比で6%の温室効果ガスの削減が義務づけられた。しかし、2005年の速報で基準年比+8.1%になる見込みとされ、削減目標の達成は極めて困難な状況となっている。削減目標を達成できない場合は、第二約束期間でペナルティとして大きな経済的負担を求められることが懸念されている。このような中、温室効果ガスの削減手段として、バイオ燃料の利用が注目されるようになってきた。2006年1月にはブッシュ大統領が一般教書演説でバイオエタノール製造技術の開発推進を謳い、これが契機となって、世界中でバイオ燃料生産への取り組みに拍車がかかった。我が国でも「バイマス・ニッポン総合戦略」（2002年閣議決定、2006年改定）が策定され、2007年度、2008年度と各省庁でバイオマス資源を原料とした燃料生産への取り組みに関連する予算を大きく拡大してきている。そうした中、2007年4月独立法人バイオ燃料研究推進協議会が設立され、省庁横断的に一丸となって研究を推進する体制がとられた。これには、理化学研究所（文部科学省所管）、農業環境技術研究所他（農林水産省所管）、産業技術総合研究所他（経済産業省所管）、国立環境研究所（環境省所管）、土木研究所他（国土交通省所管）等々が参画しており、縦

割り行政の枠を超えてこれ程大掛かりな研究体制がとられたことは注目に値する。バイオ燃料の研究が、我が国として取り組むべき重要なテーマの一つであるという認識の下、政府によるイニシアチブが強力にとられた結果といえる。バイオ燃料には、エタノール、ディーゼルオイル、メタンガス、水素ガスなど色々あるが、とりわけ現行のガソリンエンジンにそのまま適用でき、自動車産業を支援すると期待されるエタノールの生産に特に関心が集まった。バイオエタノール生産の手段として、サトウキビやトウモロコシに代表される貯蔵糖系（デンプン系）バイオマスをエタノールに変換する技術（第一世代生産技術）がまず挙げられるが、これらの作物資源を保有しない日本では、より難しいとされるセルロース系やリグノセルロース系バイオマスをエタノールに変換する技術（第二世代生産技術）の開発に注目が集まった。農林水産省や経済産業省等が所管する研究所では、稲ワラや木質バイオマスからのエタノール生産に関する研究が実証レベルで行われている。

2. 水産分野のバイオ燃料研究の動向

バイオ燃料生産に向けた検討を始めると、サトウキビを有するブラジルやトウモロコシを有する米国に比べ、我が国はバイオ燃料生産に振り向けるべきバイオマス資源に乏しいという問題に最初に直面する。これは、我が国の国土が狭いことに起因している。そこで、世界で6番目という広い経済水域に着目して、そこから得られる海洋バイオマスを利用したバイオ燃料生産に関心がもたれた。特に財団法人水産振興会が2007年3月に出した報告書「水産バイオマス経済水域総合利活用事業可能性の検討」¹⁾（通称「オーシャン・サンライズ計画」）と、ほぼ同じ時期に三菱総研（香取）によって起案された「アプロボセイドン計画」（MRI: www.mri.co.jp/PLAN/2005/20050224_stu01.pdf）の2つが出されたことで一気に海藻バイオマスからエタノールを生産するアイデアに関心が集まった。前者の報告書では、海洋の糖質資源の中で最大と考えられるアルギン酸をターゲットとして、これを遺伝子組み換え微生物でエタノール変換する技術の開発を核とした企画提案がなされており、また具体的な数値を引用しながらコスト試算もされており、今後の議論を進める上でたたき台となりうる充実した内容となっている。また、後者の企画書は、水産の現場の研究者ではなかなかできない大局的目線からの提案となっており、大規模なオールジャパンの産官学連携体制をとって海洋で大量の海藻を栽培・収穫し、エタノール変換するという壮大な内容となっている。しかし、現実的な

部分に眼を向けると、水分含量が高く、エタノールになりにくい糖質を主成分として含む海藻バイオマスは、一般に陸上のセルロース・リグノセルロース系バイオマスよりも、さらにエタノール変換することが難しい、あるいはエタノール変換の際に多くのエネルギー投入を必要とすると考えられる。従って、後者がこれまでに一定の研究投資をしてきているにもかかわらず依然として採算ベースに乗らない現実を踏まえるとき、研究の蓄積が全くない前者が短期間の研究開発で実用化レベルにまで達する可能性は極めて小さいと言わざるを得ない。しかし、水産バイオマスをエタノール変換する分野の研究は、これまで全く検討されていないため、実用化の可否を論ずるための科学的根拠となるべきデータさえも乏しいというのが現実であり、可能性の見極めのためにもデータ収集は必要という考えもある。このように「海藻バイオマスからのエタノール生産」というテーマは、勝算の見えにくい段階ではあるが、「海洋バイオマスからのエネルギー生産」というように枠を拡げて考えると大きな可能性を秘めており、その手始めとしての「海藻からのエタノール生産」と考えると、重要な意味をもっている。

3. 海藻からバイオエタノールを作る研究の動向

前述のように2つの報告・企画書が出されたことが契機となり、水産庁では、バイオマス利用関係の事業予算の中で、2007年度から海藻バイオマスからのエネルギー生産を目的とする課題を採択し、さらに2008年度からは5年間の計画でエタノール生産の課題への予算を拡充して「水産バイオマスの資源化技術開発事業」の中の一項目として検討が行われている（年額予算6千万円規模、ただしエネルギー以外の利用課題も含める）。本事業の概要を紹介すると、海藻からのエタノールの生産コストや生産可能性を見積もるために必要となる海藻成分（特に糖質の種類と含量が重要）や海藻に含まれる種々の糖質からのエタノール発酵収率等の基礎データの調査が行われている（水産総合研究センター）。さらに、酵母（東京海洋大学）や海洋細菌（北海道大学）を利用したエタノール生産技術の開発の検討も行われており、最終的に海藻からのエタノール生産の実用性を見極めようというものである。ここでの一つの重要な問題点は、巨大なバイオマス量から注目される褐藻類の主成分糖質であるアルギン酸が、ブドウ糖やデンプンと異なり、エタノールに変換し難いということがある。一方、単位藻体重量当たりのエタノール生産収率が最も高いアオサ等の緑藻類は、浅海域に生育するためバイオマス量として必ずしも充分でないということがある。この他にも県試験場でホンダワラやアオサを対象に海藻の生産工程に関わる研究が行われていたり、一部の民間企業でエ

タノール生産のための基礎検討が行われていたりすると考えられるが、現時点では限定的な質量に止まっている。一方、2008年に韓国の研究者から紅藻類からエタノールを大量に生産できるとする注目すべき報告があった。紅藻類には寒天を代表とするガラクトンが大量に含まれていて、これを加水分解してガラクトースにし、酵母で発酵させることで比較的高い収量でエタノールが得られることが報告された。今後は、原料紅藻の量的確保が大きな鍵となると考えられ、2008年から大規模な予算がつけられ、インドネシアで施肥を行っての大規模な海藻養殖が計画されている。²⁾

4. バイオエタノール以外の燃料研究の動向

歴史的には、1970年代後半に米国で海藻（ジャイアントケルプ）からのメタン発酵の研究が最初で大規模に実施されたが、コストの問題から実用化に至っていない。³⁾しかし、海藻は、含水量やCN比からしてメタン発酵し易い特性があり、今後、競合エネルギーの価格環境の変化次第では、ローカルエネルギーとして採用される可能性は残っている。近年、東京ガスではNEDOと共同でアオサを対象としたメタン発酵の試験を実証規模で行っている（NEDO: www.nedo.go.jp/nedata/17fy/06/d/0006d002-05.html）。一方、ヨーロッパでは、既にひまわり等の植物油（トリグリセライド）をメチルエステル化して得たバイオディーゼル燃料（BDF）を軽油に混合して利用することが普及している。水産分野でもこの延長にある技術として微細藻からBDFを得ることを目的とした研究が、国際的に広く行われている。例えば、米国では石油最大手エクソンモービル社や化学最大手ダウ・ケミカル社がこの分野の研究への参入を宣言している。国内でも筑波大学、東京大学、RITE財団等で脂質含量が乾物換算で50%前後と高いボトリオコッカス（重油相当炭化水素を生産）、慶応大学でシュードコリスティス（軽油相当単価水素を生産）、また四国大学でイカダモを対象としてBDFを得る研究が行われている。

5. 国内の水産バイオ燃料研究に関わる問題点

我が国の水産分野におけるバイオ燃料研究の推進にあたって大きな問題点として、縦割り行政の中で、この分野の研究を何処の省庁が所管する研究機関が中心となって推進するのが明確でなく、結果として何処も正面から取り組んでいないということがある。水産バイオマス資源の生産という観点からは、水産庁所管の舩水産総合研究センター（FRA）、エネルギー生産という観点からは、経済産業省所管の舩産業技術総合研究センター（AIST）あたりがリーダー候補であるが、FRAの方では少なくとも現時点では、漁業者の直接的利益につな

らない等の理由から、看板を掲げての研究推進に消極的である。FRA がバイオエネルギー分野への取り組みに消極的な背景には、30 年以上に渡り FRA 内の資源利用（ポストハーベスト、生化学）分野の研究部門を大幅に縮小してきた体質が一因としてあり、「もの造り」や「産業利用」を志向する研究分野の研究室や研究員が十分に確保されていないということがある。一方、AIST の方でも、木質バイオマスを対象とした分野を中心に研究を展開しており、水圏分野では、研究員一名程度を充ててフィージビリティを行っている段階と見受けられる。国内ではどこの独法系研究機関も水産バイオ燃料のテーマに組織的に取り組んでいないという現状認識を持っておくべきであろう。別の問題として、バイオ燃料の研究は、生態系保全や食料生産のテーマと相反する研究と捉えられて、水産分野の研究者から敬遠されているということがある。生態系への影響については、稲作のように食料のための作物栽培を行った場合にも同様に起こりうるものであり、バイオ燃料だけが悪者ではないということを認識して冷静に議論すべきであろう。食料生産との競合については、例えばこれから、バイオ燃料のための資源作物を新たに大量生産するということであれば、燃料にしか利用できない作物よりは、食料（飼料）にも燃料にも利用できる作物の方が有利という考え方も

あり、問答無用で可食バイオマスを燃料利用することはけしからんという議論をすべきではなかろう。

本稿を執筆している 2009 年 8 月の段階でガソリン価格は、落ち着きを見せているため、バイオ燃料研究の必要性は、ブームとして過ぎ去ったかのような取り扱いをされ始めている。しかし、近い将来ガソリン価格が再度高騰し、バイオ燃料生産の議論が再燃することは、容易に予想される。現在のバイオ燃料の研究は 30 年前のオイルショックのときの議論が完全に冷め切った後、CO₂削減枠の問題に直面してから泥縄式に再開しているものである。エネルギーの問題は、食料の問題と同様に国家安全保障の観点からも重要であり、長期的な視点を持って、研究を基礎から積み上げていくことが可能となるよう政策的なバックアップが必要であろう。

文 献

- 1) 財団法人東京水産振興会, 平成18年度水産バイオマス経済水域総合利活用事業可能性の検討報告書, 2007; 177.
- 2) Kim GS, Bioethanol from red algae. Abstract of the 2nd International Bioenergy Forum, Seoul, 2008; 24-45.
- 3) Aquaculture Associates, Energy from marine biomass. Program Review, Report No. GRI Contract No. 5081-310-0458. 1982.