

第二世代バイオ燃料の可能性

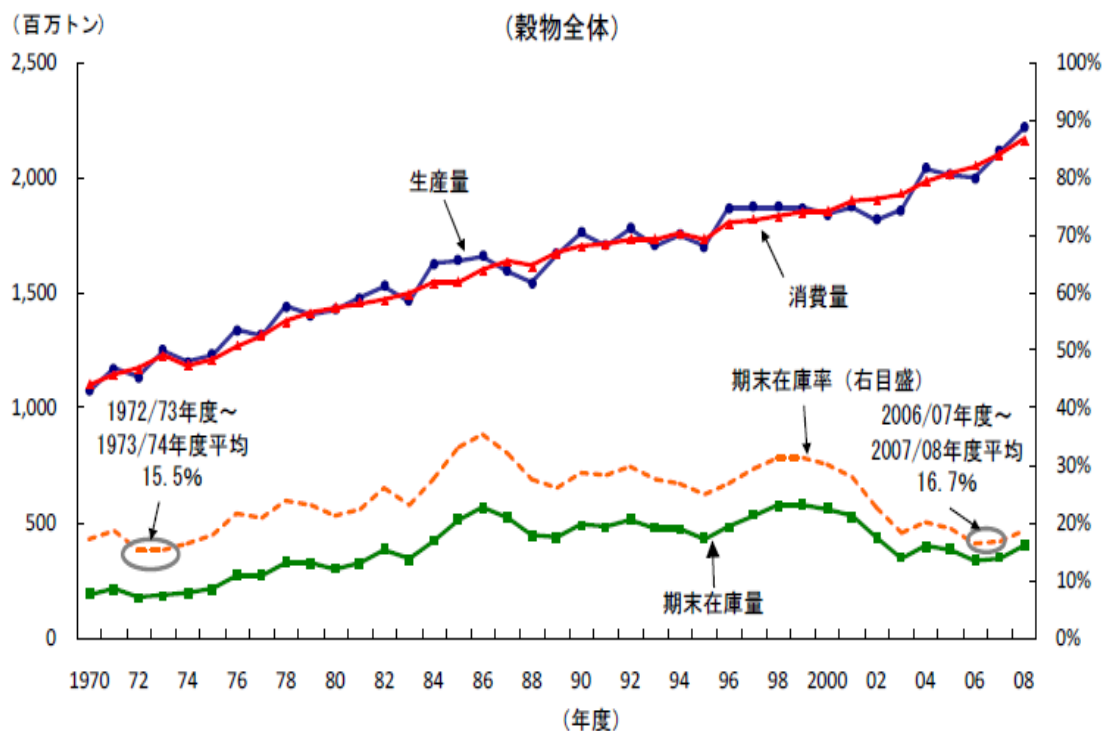
～ 食料問題とエネルギー問題の解決に向けて～

農林水産委員会調査室 やました よしひろ
山下 慶洋

1. はじめに

地球規模の環境問題・温暖化問題に対応するため、国際的にバイオ燃料（バイオマス・エネルギー）を活用する取組が広がっている。バイオマス・エネルギーへの活用といえば、古くは木炭・木くずの燃焼から始まり、最近ではゴミの焼却施設における排熱を利用した地域への温水供給などがその典型であった。しかし、1970年代のオイルショックを契機に、ブラジルがサトウキビを原料としてバイオエタノールの生産を開始した。その後、世界各国でもバイオ燃料生産が広がっている。例えば、米国では乗用車を始めとするガソリン需要に対応するため、主に「バイオエタノール」を、また欧州はトラック等の輸送需要に対応するために主として「バイオディーゼル」をそれぞれ生産している。第1図に示すとおり、1980年代後半から2000年にかけて国際的な穀物の期末在庫率が3割前後で推移し、余剰穀物をバイオ燃料の原料として供給する余裕があったことも、こうした動きの背景にある。

第1図 穀物の生産量、消費量、期末在庫率等の推移



(出所) 農林水産省資料

ただし、こうした最近のバイオ燃料の生産増加は、従来の農産物の仕向け先であった食料供給との競合を招いていると指摘もされている。2007年秋から国際的に食料価格は高騰したが、その原因として、世界的規模での人口増加や途上国での食生活の高度化による畜産物の需要増加、そして異常気象の頻発等が挙げられている。さらに、FAO（国連食糧農業機関）¹や世界銀行などは、バイオ燃料仕向け量の増加も重要な原因の一つであると指摘している³。

食料との競合問題を解決するため、糖質の多い農作物を発酵させてバイオ燃料を製造するという「第一世代バイオ技術」から脱却し、ワラ等の食料と競合しないセルロース系原料を用い、その製造技術も発酵のみならず、新たな酵素を触媒として活用する全く新しい化学技術によってバイオ燃料を製造する「第二世代（次世代）バイオ技術」の早期商業化が必要である。

この「第二世代バイオ」という言葉は、国際会議や国際機関での政策文書等、様々な場面に用いられている。例えば、「世界の食料安全保障に関するG8首脳声明（平成20年7月9日）」には、「7.我々は、食料安全保障及び貧困の問題に取り組むため、幅広い中長期的な措置の必要性、特に、世界の食料生産を促進し、農業への投資を増加させることの重要性を完全に認識する。この目的のため、我々は、（ ）バイオ燃料の持続可能な生産及び使用のための政策が食料安全保障と両立するものであることを確保し、非食用植物や非可食バイオマスから生産される持続可能な第二世代バイオ燃料の開発及び商業化に向けた取組を加速し、この観点から、我々は、バイオ燃料の生産と使用について科学に基づく基準と指標を策定するために、他の関係者と共に取り組み、（以下、略）」とある。

また、FAOの「世界食料農業白書」（平成20年10月7日）では、「現在開発中の次世代バイオ燃料はまだ商業ベースにはのっていない。これは原材料に木材、草丈の長い草本や森林・作物残さを使うもので、化石燃料とバイオ燃料の温室効果ガスとのバランスを向上し得る。」とされ、またジャック・ディウフFAO事務局長も、バイオ燃料に関する支出を、より多く研究開発、特に第二世代技術の研究開発に充てるというケースが見受けられ、これはうまく計画され実行されれば、化石資源に対する負荷が少なくなり、温室効果ガス排出の削減に寄与できる方法である、旨の発言をしている。

しかし、こうした文書において、「第二世代バイオ」とは何かについて明示的には示されていないようである。そこで、特に「第二世代バイオ」について概観しておくことにより、今後のバイオ燃料と食料を巡る議論を整理する際の一助にしたいと考える⁴。

2. バイオ燃料とは

(1) バイオ燃料の種類

バイオ燃料の原料となるのが「バイオマス」である。これは再生可能な生物由来の有機性資源のことであり、具体的には、農作物や木材資源、これに由来する様々な廃棄物などを指し、石油等の化石資源を除いたものである。

バイオマスは有機物であるため燃焼すると二酸化炭素を排出する。しかし、そも

そもバイオマスに含まれる炭素は、そのバイオマスの成長過程における光合成により大気中から吸収した二酸化炭素に由来するため、バイオマスを燃やしても全体として大気中の二酸化炭素量を増加させることはない。これが「カーボン・ニュートラル」という考え方で、バイオマスの利用に積極的に取り組む根拠ともなっている。

バイオ燃料の代表的なものが、バイオエタノールとバイオディーゼル（BDF）である。

（２）バイオエタノールとバイオディーゼルの生産の現状とエネルギー収支

バイオエタノール

主な原料は糖質とでんぷん質である。ブラジルではサトウキビ、米国ではトウモロコシ、EUでは小麦やてん菜、中国ではトウモロコシや小麦から、それぞれ生産している。世界におけるバイオエタノール生産量の８割は、米国とブラジル両国が占める。

バイオディーゼル

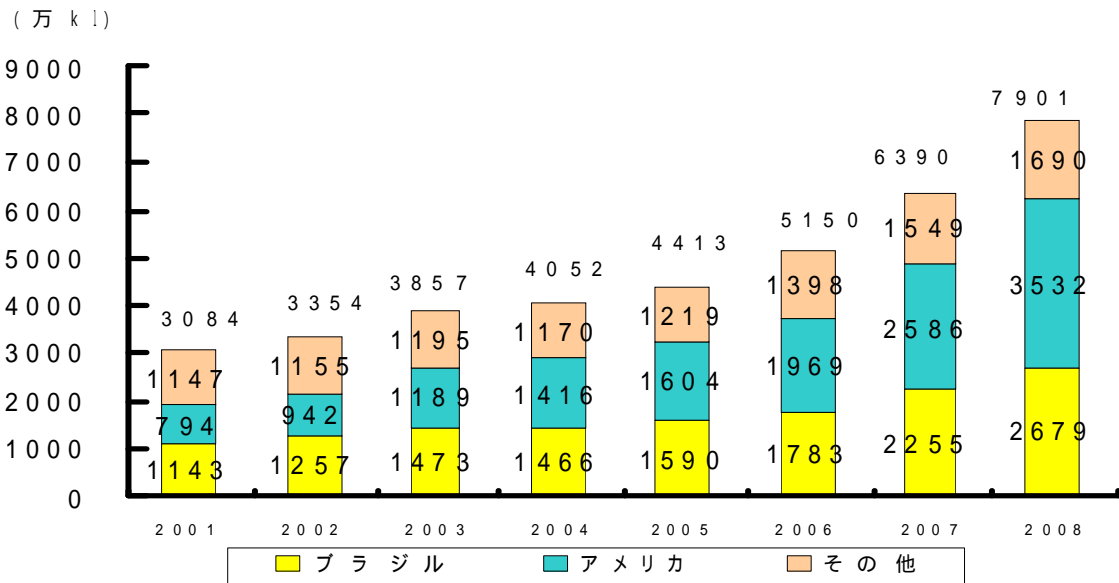
主な原料は菜種、大豆などの植物油であるが、米国や我が国では廃食用油も利用される。最大の生産国であるドイツを含む欧州において生産量が多い。主な国等の平成19年における生産量を見ると、EUが最大で649.2万kl、次いで米国が170.3万kl、ブラジル39.9万klであり、我が国は約1万klとなっている。

第1表 代表的なバイオ燃料の概要

名称	概要	主な特徴
バイオエタノール	サトウキビやトウモロコシなど農作物や木材・古紙等のセルロース系バイオマスといった植物由来の多糖から作られる液体アルコール（ C_2H_5OH ）	<ul style="list-style-type: none"> ガソリン代替利用又はガソリンとの任意の濃度での混合利用が可能 混合ガソリンについては、エタノールの混合率によってE3（3%混合）、E10（10%混合）と表記 イソブチレンとの合成により生産されるETBE（Ethyl Tert-Butyl Ether）はオクタン価向上剤としてガソリン添加利用が可能
バイオディーゼル（BDF）	廃食用油等の植物性油脂等をメチルエステル化して得られる液体燃料で、主な成分は脂肪酸メチルエステル	<ul style="list-style-type: none"> 軽油代替利用又は軽油との任意の濃度での混合利用が可能 混合軽油については、BDFの混合率によってB5（5%混合）、B20（20%混合）と表記
バイオマス液化燃料（BTL）	バイオマスの熱分解ガスをFT（Fischer Tropsch）法により合成して得られる液体燃料	<ul style="list-style-type: none"> 軽油代替利用又は軽油との任意の濃度での混合利用が可能 軽油と比べて高セタン価・低硫黄・低アロマな燃料
エコ軽油	植物性油脂等を水素化精製して得られる炭化水素油	<ul style="list-style-type: none"> 軽油代替利用又は軽油との任意の濃度での混合利用が可能 軽油と比べて高セタン価・低硫黄・低アロマな燃料

（出所）エコ燃料利用推進会議 「輸送用エコ燃料の普及拡大について」（平成18年5月）

第2図 世界のバイオエタノールの生産量の推移



資料: エタノール生産量 F.O.Licht s, World Ethanol & Biofuels Report
 さとうきび生産量 USDA, Gain Report (2007年は推計)
 とうもろこし生産量 USDA, "PS&D" (2007年は推計)

(出所) 農林水産省資料

なお、インドやタイ、マレーシア、インドネシア、フィリピン等においても、バイオエタノールはトウモロコシやサトウキビ、キャッサバから、また、バイオディーゼルはパーム油(アブラヤシ)、ジャトロファ、ココナッツなどを原料として、生産が行われている。

トウモロコシ、キャッサバ、サトウキビ、パーム油(アブラヤシ)、ジャトロファ、ココナッツのエネルギー収支⁵⁾は第2表のとおりであり、バイオエタノールではサトウキビが、バイオディーゼルではパーム油がそれぞれエネルギー効率の高い原料となっている。

第2表 原料別のエネルギー収支(NEV)の比較

原料	国	NEV (百万J/リットル)	出典
トウモロコシ	米国	5.89	(Shapouri et al. 2002)
トウモロコシ	米国	-6.17	(Pimentel 2003)
キャッサバ	中国	15.14	(Hu et al. 2004)
キャッサバ	タイ	22.38	(Nguyen et al. 2007)
サトウキビ	ブラジル	41.34	(Macedo et al. 2004)
パーム油	マレーシア	37.45	(Zutphen 2007)
ジャトロファ	タイ	3.82	(Prueksakorn and Gheewala 2006)
ジャトロファ	インド	5.26	(Tobin 2005)
ココナッツ	フィリピン	31.72	(Tan et al. 2004)

(出所) 財団法人 地球環境問題戦略研究機関(IGES) 「アジア太平洋の未来戦略」

(3) バイオエタノールとバイオディーゼルの利用方法

バイオエタノールは自動車等のガソリンエンジン向けのガソリン代替燃料として、バイオディーゼルはバスやトラック等のディーゼルエンジン向けの軽油代替燃料として、それぞれ利用されている。

バイオエタノールを使用する際は、ガソリンに直接混合する方法（E3、E10等）と、石油の精製過程から得られる化学物質（イソブテン）とバイオエタノールを化学的に反応させて添加剤（ETBE、エチル・ターシャリー・ブチル・エーテルの略。）を作りガソリンに混合する方法、の2つの方式がある。バイオエタノールの大半はガソリンとの直接混合方式で利用され、米国の一部やブラジルでは混合割合が義務化されている。ETBE方式は主にEUでの利用が多い。

3. バイオ燃料生産に関する主な国の状況

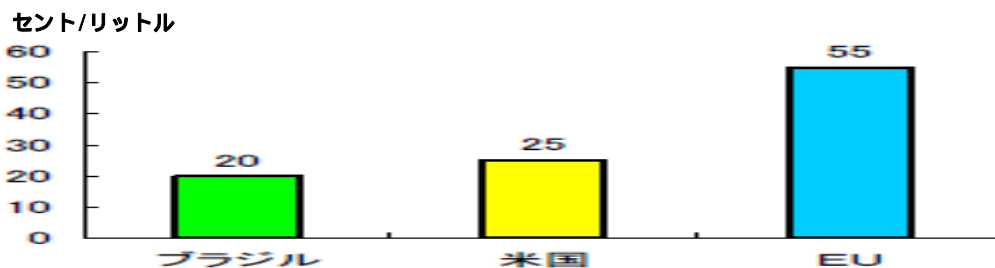
(1) ブラジル

ブラジルでは、早い段階から世界最大の生産量を誇るサトウキビからバイオエタノールの生産に取り組み、商業ベースでの活用が進んでいる。1973年の第1次オイルショックで石油価格が高騰したことを受け、エネルギー自給と農業支援を目的としたバイオエタノールの生産・利用促進策である「プロアルコール政策」が1975年に開始され、本格的な生産が始まった。バイオディーゼルについてもその生産振興を図るため、2004年にバイオディーゼル生産・利用国家計画（PNPB）が策定されている。

2007年にはガソリンへのエタノール混合率を25%以上とし、ブラジルの燃料供給の約半分弱はエタノールとなっている。第2表のとおり、ブラジルにおいて、サトウキビから作るバイオエタノールのエネルギー収支は高く、また、生産コスト面においても、米国やEUと比較して安価に生産されているのが特徴である（第3図参照）。

なお、サトウキビの単位面積当たり収穫量（単収）は現在の栽培技術体系ではほぼ限界に近く、さらなる増産を図るためには作付面積を拡大する必要に迫られているが、ブラジル政府によれば、牧草地を含めた広大な耕作可能面積が同国には存在するため、今後とも生産拡大は可能であるとしている⁶。

第3図 バイオエタノールの生産コストの国際比較



(出所) 小泉達治 「世界のバイオエタノール政策の展開と課題
～米国・ブラジルを中心に～」食・農・環フォーラム第80回学習会
(農林水産政策研究所 平成19年8月7日)

(2) 米国

1970年代後半からエネルギーや環境、余剰農作物の対応策の一環として、トウモロコシを原料としたバイオエタノールを生産し、ガソリンへの混合を実施してきた。

当初、スモッグが問題化し、その対応策として1977年の「大気浄化法」改正⁷により、排気ガス中の一酸化炭素が減少するバイオエタノールやMTBE（メチル・ターシャリー・ブチル・エーテルの略、ガソリンへの添加剤の一種。）等の活用が進められた。そして、より安価なMTBE等の需要が拡大したが、このMTBEが地下水汚染問題を引き起こしたため、多くの州はMTBEの使用を禁止した。このため、1992年に「エネルギー政策法」⁸の制定等によって、特にバイオエタノールの生産促進の機運が高まっていった。

米国のバイオエタノール生産量は、2005年にブラジルを抜き世界で最大となった。2005年の「エネルギー政策法」⁹では、2006年に40億ガロン（0.16億万kl）、2012年に75億ガロン（0.29億万kl）とする「再生可能燃料水準」（RFS、バイオ燃料の最低使用義務を指す。）の導入を義務付けた。また、2007年12月に成立した「エネルギー法」¹⁰では、この「再生可能燃料水準」を引き上げ、2022年の生産量を360億ガロン（1.4億万kl）とする目標を掲げた。そのうちの6割に当たる210億ガロン（0.84億万kl）をトウモロコシ以外を原料とする次世代バイオ燃料で賄うとした上で、セルロース系原料を使用するものについては、160億ガロン（0.62億万kl）にすると規定されている。

(3) EU

EUはバイオディーゼルの生産量で世界一を誇る。1973年のオイルショックを契機として、ドイツが化石燃料の代替に菜種油やひまわり油から生産したバイオディーゼルの、ディーゼルオイルに混入して使用するのが始まりである。一方、バイオエタノールは、1990年代初めにフランスが生産を開始し、各国で広まりつつある。原料には小麦やライ麦、てんさいなどが使用されている。

2003年には、温暖化対策や石油依存度の低減等を目的とした「自動車用バイオ燃料等導入促進に係るEU指令」¹¹において、加盟国にバイオ燃料の導入目標の設定を義務付け、2010年の目標としてEU全体で輸送用燃料全体に占める同燃料の割合を5.75%にするとしている。さらに2007年に、欧州理事会は2020年にはその割合を10%以上にするを義務付け、2008年には2020年の10%以上のうち、少なくとも4%分を「第二世代」にすることとした¹²。

しかし、最近、EU内では、国際的な食料価格の高騰もあり、また、バイオ燃料生産の持続可能性それ自体に関する疑問を呈する向きもある等、バイオ燃料政策の今後の在り方について議論が高まっている¹³。

第3表 諸外国におけるバイオエタノール導入への取組

	ブラジル	米 国	ドイツ	フランス	日 本
導入方法	直接混合	直接混合	E T B E	E T B E	直接混合、E T B E
バイオエタノール生産量(2007)	2,255万kl	2,601万kl	70万kl	115万kl	30kl
原材料	サトウキビ	トウモロコシ	ライ麦、小麦	てんさい、小麦	サトウキビ糖みつ、建設発生木材など
混合率	20～25%で義務化(現在は25%)。需給状況に応じ変更 *E100も導入	10%(ミネソタ、ハワイ、モンタナ、ミズーリ、ワシントン)の5州で義務化) *ミズーリ州、ワシントン州は2008年より施行 *E85も一部で導入	エタノール分で上限約5% *E85も一部導入		上限3% (揮発油等の品質の確保等に関する法律)
税制等優遇措置	約15円/Lの減免	<ul style="list-style-type: none"> 51セント/ガロン(約16円/L)の連邦ガソリン税控除(2010年末まで) 小規模バイオエタノール生産者に対する10セント/ガロン(約3円/L)の所得税控除 E85ガソリン給油施設の設置費用について30%の所得税控除(最大3万ドル) 商品金融公社(CCC)における指定とうもろこしを原料とするバイオ燃料を生産する事業者に対する12.1セント/ガロン(約4円/L)の補助 	2007年より優遇措置廃止(E85は2015年まで継続) 休耕地における資源作物の生産に対して、45t/ha(約630円/10a)を補助(上限:200万ha)(2003年EU共通農業政策) (注)2007年は上限200万haを超過したため単価は約7割に削減された。	約45円/Lの減免(2008年から減税幅を縮減)	バイオエタノール混合ガソリンに係るバイオエタノール分のガソリン税を軽減(53.8円/Lの免税)(3%の混合ガソリンであれば1.6円の軽減) 揮発油等の品質の確保等に関する法律の一部改正法による揮発油特定加工業者の登録制度及び品質確認義務の導入時期に合わせて実施。
関税率 (非変性アルコールHS220710.)	20%	54セント/ガロン(約17円/L)(CBI諸国(カナダ諸国)を除く)(2008年末まで)	0.192t/ha/L(約31円/L)		16.9%(平成20年度)
備考	特になし	<ul style="list-style-type: none"> 2007年米国EISA法 2022年に360億ガロン(約1億4000万kl)のバイオ燃料導入を目標(うち160億ガロン(約6000万kl)をセルロース系原料から生産) 	<ul style="list-style-type: none"> 2003年EU自動車用バイオ燃料導入指令:輸送用燃料全体に占めるバイオ燃料の割合を2005年2%、2010年に5.75%とする。 *(フランス) EU指令を上回る目標を設定(2010年7%)。 2006年11月に「バイオエタノールE85憲章」を策定し、2007年よりE85の販売を開始。 2007年欧州理事会:輸送用燃料全体に占めるバイオ燃料の割合を2020年時点で10%以上にすることを義務化を承認(改定案を2008年3月に提出)。 	<ul style="list-style-type: none"> 国産バイオ燃料生産量 2011年 5万kl 2030年頃600万kl(農林水産省試算) 	

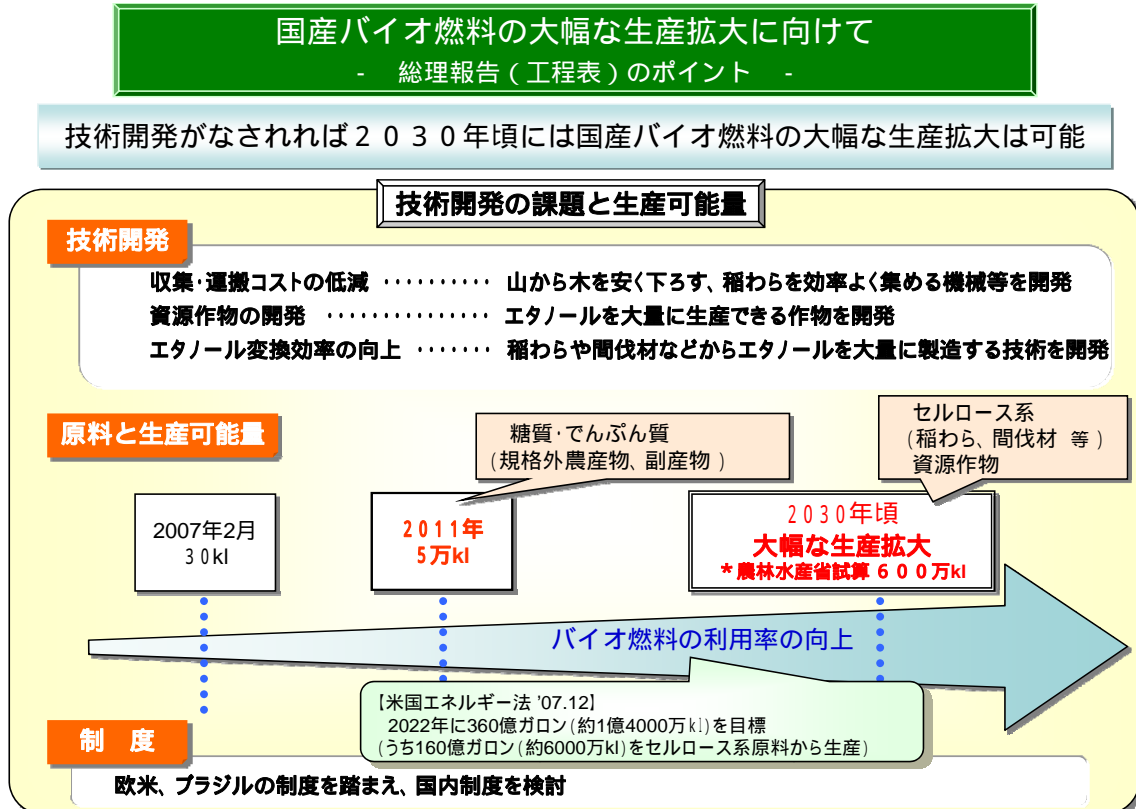
(出所) 農林水産省資料より作成

(4) 日本

「バイオマス・ニッポン総合戦略」(平成14年閣議決定、18年改定)に基づき、バイオマスの利活用に取り組んでいるが、現在の国産バイオ燃料の生産量(平成20年3月時点の推計)は、バイオエタノール約90kl、バイオディーゼル約1万klと極めて小規模な生産にとどまっている。バイオエタノール、バイオディーゼルともに未だ実証実験段階(バイオエタノールは北海道2か所及び新潟県1か所で平成21年に実証試験プラントが稼働開始、計3.1万kl/年。平成20年度からのソフトセルロース利活用技術確立事業は全国3か所、平成19年度からのバイオディーゼル実証事業は全国13か所でそれぞれ実施など)である。

平成18年11月に、安倍総理(当時)は、国産バイオ燃料の生産拡大に向けた指示を行い、関係7府省から成る「バイオマス・ニッポン総合戦略推進会議」が設置された。そして平成19年2月に「国産バイオ燃料の大幅な生産拡大に向けて - 総理報告(工程表) - 」が取りまとめられ、2030年頃までに農林水産省の試算で600万kl(国内におけるガソリンの年間消費量の約1割に相当)の生産を図る目標が立てられた。この工程表においては、第二世代バイオ技術である、稲わらや木材等からエタノールを大量生産できる技術を確立できるならば、2030年頃までに草本系で180万kl~200万kl、木質系で200万kl~220万klの生産は可能としている。

第4図 国産バイオ燃料の大幅な生産拡大に向けて - 総理報告(工程表)ポイント -



総理報告は、関係7府省(内閣府、総務省、文部科学省、農林水産省、経済産業省、国土交通省、環境省)により取りまとめ

(出所) 農林水産省資料

なお、バイオマス燃料の生産促進に向けて、平成20年5月に「農林漁業有機物資源のバイオ燃料の原材料としての利用の促進に関する法律（平成20年法律第45号）」が成立した。また、第171回国会の平成21年6月5日には、バイオマスの活用の推進に関して基本理念等を定め、バイオマスの活用の推進に関する施策を総合的かつ計画的に推進する「バイオマス活用推進基本法（平成21年法律第52号）」も成立している。同基本法では、バイオマスの利活用は「エネルギー資源の乏しい我が国におけるエネルギーの供給源の多様化が図られるよう」（第9条）行うことを基本理念の一つとしている。

4．バイオ燃料の利用に当たっての課題

バイオ燃料の利用は、地球温暖化の防止やエネルギー自給率の向上（我が国のエネルギー自給率は6.6%（原子力を国産と見た場合は16.3%）と非常に低い。）に つながり、また、原料を生産する農家の所得向上を通じて農業・農村の振興が図られることなどが期待される。

しかし、バイオ燃料の製造や収集、輸送などの過程で、石油などの化石燃料によるエネルギー投入が必要となり、結果的にバイオ燃料による温室効果ガス排出抑制効果は少ないのではないかと懸念、あるいはバイオエタノールの利用方式の一つであるETBE方式は大気や水、土壌を汚染するのではないかと、また、直接混合方式は元来エタノールが水分との親和性が高く、一定比率の水分が混入すると燃料品質に影響を与えるという問題等が指摘されている。

さらに、バイオ燃料における最大の問題は原料である農産物が食料と競合することである。バイオ燃料向けと食料向けの競合が加速化し、食料用の仕向け量が減少すると、国際農産物価格が上昇するだけでなく、開発途上国等の食料輸入国において、食料不足が発生することも考えられるなど、各国の食料安全保障に多大な影響を及ぼすという問題である。

なお、参議院農林水産委員会では、先述の昨年5月の「農林漁業有機物資源のバイオ燃料の原材料としての利用の促進に関する法律案に対する附帯決議」や、同年6月の「国際的な食料の需給ひっ迫及び価格高騰問題への我が国の対応に関する決議」において、バイオ燃料の生産に関しては食料生産との適切なバランスに配慮した取組が各国で行われるべき旨を決議している¹⁴。

5．第二世代バイオ燃料の原料と生産技術

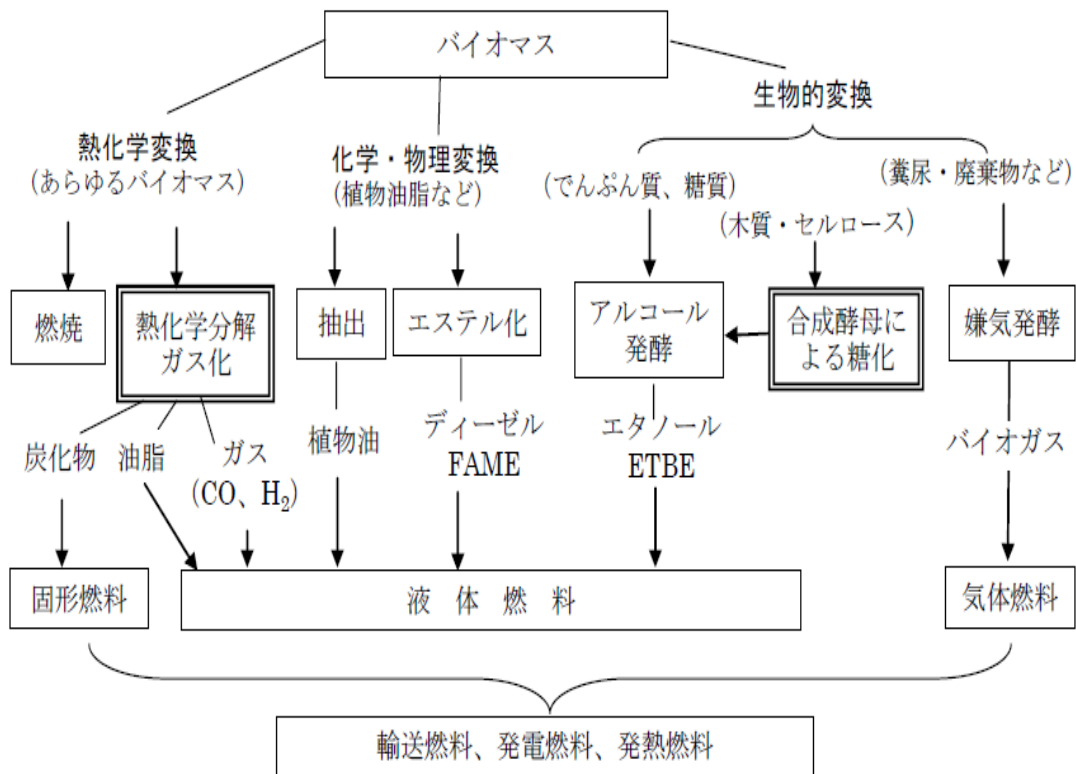
（1）原料

第二世代バイオ燃料の原料は、糖質等の多い農産物でなくても、木材、ワラ等のセルロースを含むものであれば利用可能であるため、その対象は広範囲にわたる。これらは、現行の第一世代バイオ燃料の原料である糖質・でんぷん質よりも大量に存在していることから、原油等の化石燃料の輸入国にとっては一部置き換えも期待できるなど、資源エネルギー安全保障の観点からも有望である。

第4表 バイオ燃料生産の展望

	燃料タイプ	原料農産物	生産工程	生産可能性
第一世代(現行)技術	バイオエタノール およびETBE	テンサイ、小麦など	通常発酵、糖化	2015年において消費量の10%
	バイオディーゼル	菜種、ヒマワリなど	エステル化	
第二世代技術：目標	エタノール 合成燃料 バイオディーゼル 水素	リグノセルロース (木質、多年生草本、 ワラなど農業残渣等)	リグノセルロース発酵 ガス化 水素への改質	2015～2030年において、さらに10～20%

第5図 バイオマスの加工と利用



二重枠で囲まれた部分が「第二世代技術」と呼ばれるもの
 FAME: Fatty Acid Methyl Ester の略で、ディーゼル燃料

(出所) 第4表、第5図ともに、和光大学経済経営学部教授小林弘明「EUのバイオマス政策 - 現在から未来に向けたEUのバイオマス戦略とその先進事例」

(2) 生産技術

そもそも、バイオ燃料における第二世代の生産技術の定義については、IEA(国際エネルギー機関)(2004)、ACS(アメリカ化学会)(2005)等によれば、おおむね次のとおりである。

リグノセルロース系資源(植物の茎葉などの主成分で、セルロース、ヘミセルロース及びリグニンから構成されている。木材、牧草、もみ殻など多くの植

物資源がリグノセルロースを含んでいる。これらを総称するとき、セルロース系資源ということがある。)を原料とするバイオエタノール。

リグノセルロース系資源を含むあらゆるバイオマスから一酸化炭素(CO)、水素(H₂)を発生させて合成ガスを生成し、そのガスからFT合成法¹⁵などにより、液体燃料(FT合成油、メタノール、DME¹⁶)を製造する技術などを指すとしている(第4表及び第5図参照)。

なお、セルロース系バイオマスを原料とする第二世代バイオ燃料の大規模生産については、米国やカナダ、ドイツ、中国、ブラジル、そして我が国でも研究が進められているが、まだ実験段階にある。

6. 第二世代バイオ燃料の商業的利用への様々な課題

一般的に第二世代バイオ燃料は、化石燃料の代替となることで温室効果ガスの排出が抑制されることは当然であり、また、その原料が非可食部分であるため、直接的に食料との競合を回避できることが最大の利点とされているが、以下の課題が指摘されている。

第二世代バイオ燃料向けの非食用農作物を生産するため、新たな耕地を開墾せずに食用向け農作物の耕地を転用する場合には、結果的に食料との競合を生じさせることになる。

農作物全体を畑から回収することで土壌に還元される葉茎等の有機物が減り、土壌の劣化と浸食の影響を受けやすくなり、耕地の生産性が低下することから、化学肥料の使用を増やさざるを得なくなる。

さらに問題なのは、現在、第二世代バイオ燃料の実証実験が進められているが、商業ベースの利用に向けては革新的な研究成果が必要とされる段階にある¹⁷。

こうした課題をクリアしてもなお、第二世代バイオ燃料の利用のためには、大規模生産施設の小型化や、原料の効率的収集と輸送コストの低減等、まだまだ大きな壁が立ちだかっている。

なお、国連貿易開発会議(UNCTAD)の報告書¹⁸によれば、第二世代バイオ燃料の商業的採算ライン到達までの期間が20~30年程度かかるとして、それまでに第一世代バイオ燃料への大規模なインフラ投資が行われた場合には、第二世代バイオ燃料が競争力を持ち得るかどうかがという疑問が呈されてもいる。

7. おわりに

そもそも、国際的な食料問題というのは、今後、地球上の耕地や農業用水の確保といった食料の生産資源に関する制約が大きくなっていることから、地球規模での食料供給が危ぶまれることに端を発している。限られた生産資源を有効利用しつつ、いかにして地球上の全ての人間に必要な食料を供給し続けるかという世界の安全保障ともいべき重要な課題に直面している。国連では、将来的に世界の人口は2005年の65億人から2050年の91億人へと1.5倍に激増すると推計している。途上国の食生活の変化によって、家畜飼料向け穀物

の需要も増加すると見込まれ、このままバイオ燃料仕向けの穀物を増加させていくことは、世界の食料需給に悪影響を及ぼす懸念がある。

また、化石燃料や天然ガス等の地球規模での埋蔵量にも限りがあるといわれており、こうした燃料に取って代わる新たなエネルギーの安定供給も中長期的な課題である。なお、農作物を生産するには化学肥料の生産や農業用機械の使用、農産物の輸送等においてエネルギーが不可欠である。化石燃料等を利用できなくても食料生産に影響はないという生産要素の代替性を強調する論調¹⁹もあるが、非常時のような極限状態でもない限り、生産効率や生産量の観点から、これまでの農作業の機械化や現代の農業技術の成果を放棄し、人と牛馬に頼るような農作物生産に回帰できるかは慎重な検討が必要であろう。エネルギー安全保障と食料安全保障は共に確保すべきものである。

このように、地球規模で「食料」と「エネルギー」の双方を十分に確保するために各国の英知が求められる中で、商業的な利用が可能になる「第二世代バイオ技術」が確立されれば、その意味合いは非常に大きいものとなる。地球温暖化防止とエネルギー問題の有力な解決策の一つとなり得るものでもある。その上で、我が国が最初に商業的に実現可能なレベルの技術を開発できたなら、天然資源に恵まれない我が国にとってこの上ない朗報であり、また、それは、世界に対しても大きな貢献を果たすことにもつながるであろう。

しかし、商業的ベースの「第二世代バイオ技術」の開発は、容易に達成できるものではなく、極めて大きな壁として立ちはだかっている。そのことは、技術者、研究者等には十二分に認識されている。この点について、農林水産政策研究所の小泉達治氏は「第二世代バイオ燃料は技術開発水準よりも政策の方が先行している。」²⁰と指摘しているが、これは次世代バイオ燃料の現状を端的に言い表している。

なお、第二世代バイオ燃料の技術開発関係も含めた平成 21 年度バイオ燃料関係予算は 1,000 億円近く措置され²¹、国を始め、民間研究機関等でも開発競争が行われており、画期的な成果がもたらされることを期待したい。

【参考文献】

「特集 バイオ燃料ブームのゆくえ わたくしたちはどう向き合うのか」『農業と経済』vol.74 No.3 (平成 21.4)

小泉達治「世界のバイオエタノール政策の展開と課題～米国・ブラジルを中心に～」食・農・環フォーラム第80回学習会(農林水産政策研究所)(平成19年8月7日)

「アジア太平洋の未来戦略 気候政策と持続可能な開発の融合を目指して IGES 白書」(財団法人 地球環境戦略研究機関(IGES))

“ National Biofuels Action Plan ” *Biomass Research and Development Initiative, USA* ,September 2008

¹ *The State of food and Agriculture*,FAO,2008

- ² Donald Mitchell, "A Note on Rising Food Prices" *The World Bank Development Prospects Group*, July 2008
- ³ 一方、バイオ燃料製造大国である米国は、食料価格高騰との原因としてバイオ燃料仕向け量の増加による影響は3%以下に過ぎないとしている（平成20年6月6日のFAOサミットにおける米国農務長官の発言）。
- ⁴ なお、バイオ活用の原型段階を「第一世代」といい、糖質発酵を「第二世代」、今後期待されるセルロース系の活用を「第三世代」とする論文（独立行政法人科学技術振興機構「第三世代バイオマス技術の日米欧研究開発比較」）もあるが、本稿では、既の実現している技術を「第一世代バイオ」、商業的に未実現の技術を「第二世代バイオ」あるいは単に「次世代バイオ」と呼ぶこととする。
- ⁵ 1リットルのバイオ燃料を生産するために消費したエネルギーについて必要な補正を加えた後、バイオ燃料に含まれる正味エネルギー量を表したもの。
- ⁶ 小泉達治「世界のバイオエタノール政策の展開と課題～米国・ブラジルを中心に～」食・農・環フォーラム第80回学習会（農林水産政策研究所 平成19年8月7日）
- ⁷ Clean Air Act Amendments of 1977
- ⁸ Energy Policy Act of 1992
- ⁹ Energy Policy Act of 2005
- ¹⁰ Energy Independence and Security Act of 2007
- ¹¹ The EU Biofuels Directive on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport (2003/30/EC)
- ¹² Press release, *EUROPEAN PARLIAMENT*, 20080909
- ¹³ 米国農務省 2008年12月3日、レポートE48140
- ¹⁴ 第169回国会参議院農林水産委員会会議録第11号32頁（平20.5.20）
第169回国会参議院農林水産委員会会議録第14号26頁（平20.6.10）
- ¹⁵ Fischer(フィッシャー)と Tropsch(トロプシュ)が開発した炭化水素合成法。所定の比率の一酸化炭素と水素の混合ガスを原料とし、鉄、ルテニウム、コバルト等の金属触媒を用いて主にナフサ及び灯・軽油を製造する方法。FT 反応によって、合成ガス中の水素と一酸化炭素から直鎖の炭化水素混合物が生成され、これは合成液体燃料として使われる。 $CO + 2H_2 \rightarrow [CH_2] + H_2O$
- ¹⁶ Dimethyl ether(ジメチルエーテル)、メタノールを酸性触媒で脱水して得る無色の気体。麻醉性がある。性質がLPG(液化プロパン-ガス)の主成分であるプロパンなどに似ているため、運搬・貯蔵技術などに流用可能。スプレー用噴射剤や冷却材として使用されるほか、輸送用や発電用燃料としての利用も期待されている。
- ¹⁷ "National Biofuels Action Plan" *Biomass Research and Development Initiative, USA*, September 2008
- ¹⁸ "Report of the ad hoc expert group meeting on biofuels: Trade and development implications of present and emerging technologies." *UNCTAD*, 2007
- ¹⁹ 21世紀政策研究所「真の食料安全保障を確立するための農政改革」報告書P.10では「農業機械を動かすのに必要な石油の輸入ができなくなれば農業生産が行われなくなるので食料安全保障の主張には意味がないという主張が時々行われるが、これは『生産要素間の代替性』を考慮していない議論である。」としている。
- ²⁰ 小泉達治「世界のバイオエタノール政策の展開と課題～米国・ブラジルを中心に～」食・農・環フォーラム第80回学習会（農林水産政策研究所）（平成19年8月7日）
- ²¹ 平成21年度バイオマス関係予算（約2,037億円の内数）のうち、バイオ燃料関係予算は約983億円の内数となっている。