

ISSUE BRIEF

食料と競合しないバイオ燃料

国立国会図書館 ISSUE BRIEF NUMBER 627 (2008. 12. 25.)

はじめに

I バイオ燃料がもたらす諸問題

- 1 バイオ燃料の問題点
- 2 食料との競合をめぐるバイオ燃料政策の動向

II 食料と競合しない原料の活用

- 1 非食料バイオマスの活用状況
- 2 非食料バイオマスの課題

おわりに

地球温暖化対策としてバイオ燃料が注目される中、食料・飼料の高騰に影響を与えているのではないかと、農地開発に伴い森林破壊等を引き起こしているのではないかとといった問題点が指摘されるようになってきた。

欧米や日本では、バイオ燃料政策の強化を打ち出してきたところであるが、非食料バイオマスの活用に向けた方針転換を迫られている。今後は、廃棄物バイオマスや、木や草などのセルロース系バイオマスを中心とした「第二世代」バイオマスの開発と普及が政策課題となってくる。

しかし、「第二世代」バイオマスには、供給面、コスト面、技術面等の課題が山積しており、今後の研究開発が待たれるところである。

農林環境課

えんどう まさひろ
(遠藤 真弘)

調査と情報

第627号

はじめに

地球温暖化を防止するため、化石燃料に代えてバイオ燃料を導入する取り組みが注目されている。バイオ燃料は二酸化炭素を吸収して成長した植物（バイオマス）に由来するため、京都議定書¹ではバイオ燃料を消費しても二酸化炭素の排出はないものとみなされる。

バイオ燃料のうち、バイオエタノール（ガソリンの代替燃料）とバイオディーゼル（軽油の代替燃料）は、輸送用燃料などとして世界で利用されている²。欧米ではバイオ燃料導入政策を背景にバイオ燃料の需要が急増している。米国では、2005年エネルギー政策法³により輸送用燃料におけるバイオ燃料の年間最低導入量として再生可能燃料基準（Renewable Fuel Standard : RFS）が規定され、2006年に40億ガロン（1500万キロリットル、ガソリン流通量の2.78%に相当）、2012年には75億ガロンの導入を義務付けた。EUは、2003年のバイオ燃料指令⁴により輸送用燃料に対するバイオ燃料の比率を2010年末に5.75%とする目標を掲げた。

近年、これらの政策はさらに強化されている。米国では、2007年エネルギー自立・安全保障法⁵によりRFSが強化・拡充され、2022年のバイオ燃料の導入量を360億ガロンとする目標を掲げている。EUも、輸送用燃料に対するバイオ燃料の比率を2020年までに一律10%とするよう全加盟国に義務付ける指令案⁶を示している。しかし、これらが食料・飼料価格の高騰の一因になっているとして、その導入を疑問視する声が強まっている。

本稿では、バイオ燃料の導入に関連するいくつかの問題点について解説するとともに、バイオ燃料政策を見直す内外の動きを紹介する。また、今後の方向性として、食料と競合しない原料の利用状況等やその活用に向けた課題についてとりまとめる。

I バイオ燃料がもたらす諸問題

1 バイオ燃料の問題点

（1）バイオ燃料導入政策がもたらす諸問題

従来、食料・飼料価格の高騰は、干ばつ、ハリケーン等の自然災害によって起こることが多かった。しかし近年の高騰の背景には、自然災害に加え、原油価格の高騰、途上国の食料需要増や、バイオ燃料導入政策によるバイオ燃料の需要増があることも指摘されている⁷。一方、バイオ燃料の増産は、食料・飼料価格の高騰だけでなく、自然環境への影響や

¹ 気候変動に関する国際連合枠組条約の京都議定書（平成17年条約第1号）。

² バイオエタノールの主な原料は、糖質系のサトウキビ糖蜜やテンサイ（ビート）、デンプン系のトウモロコシ、麦類であり、バイオディーゼルの主な原料は、菜種や大豆からとれる植物油などである。詳細は、「科学技術をめぐる政策課題2007」『調査と情報』563号、2007.2.9, p.8; 遠藤真弘「国産バイオエタノールの普及に向けて—沖縄での取り組みを中心に—」『調査と情報』553号、2006.11.17.などを参照のこと。

³ Energy Policy Act of 2005. P.L.109-58.

⁴ Directive 2003/30/EC of the European Parliament and of the Council of 8 May 2003 on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport.

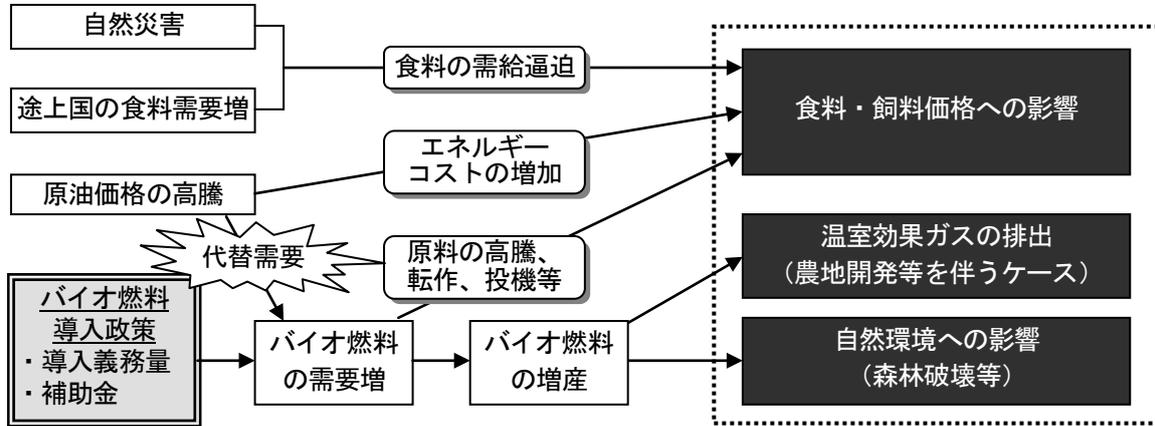
⁵ Energy Independence and Security Act of 2007. P.L.110-140.

⁶ European Commission, *Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources*, 2008.1.23. <http://ec.europa.eu/energy/climate_actions/doc/2008_res_directive_en.pdf>

⁷ 食料・飼料高騰をめぐる諸問題については、樋口 修「穀物価格の高騰と国際食料需給」『調査と情報』617号、2008.6.10.などが詳しい。

温室効果ガスの排出といった問題も引き起こすとされる（図1）。以下では、これらの諸問題について個別に見ていく。

図1 バイオ燃料導入政策がもたらす諸問題



(出典) 筆者作成

(2) 食料・飼料価格への影響

2006年1月から2008年の夏にかけて、小麦、トウモロコシ、大豆の市場価格が最大で3倍前後まで跳ね上がった⁸。これに伴い、これらを原料とした加工食品や、これらを飼料として生産した畜産品などの価格も上昇した。また、トウモロコシなどへの転作が進行したため、それまで栽培されていた各種農作物の収穫量が減少し、バイオ燃料の原料とならない農作物の価格までも上昇させる結果となった⁹。こうした食料・飼料価格の高騰をもたらした原因の一つとして、バイオ燃料の大幅な増産が指摘されている。

欧米では、バイオ燃料の導入義務量を設定し、穀物等の生産農家やバイオ燃料工場に補助金を投入してコストを抑えるなど、バイオ燃料の需要を喚起する施策が講じられている。そこに原油価格の高騰が起きると、ガソリン需要は割安なバイオ燃料へと容易に転換する。原油価格の上昇は、バイオ燃料の需要を拡大させることになり、その原料となる穀物の価格をも上昇させる。

世界銀行の首席エコノミストであるドナルド・ミッチェル氏は、2002年1月から2008年6月にかけての食料価格上昇分の70～75%は、バイオ燃料やその生産に伴う穀物在庫の減少、転作、投機、食料生産国による輸出制限が原因になっているとの分析結果を示し、バイオ燃料の需要増が食料高騰に大きな影響をもたらしていることを指摘した¹⁰。国連食糧農業機関（FAO）も、バイオ燃料の需要増が食料価格の上昇に与える影響を定量的に示すのは困難であるとしつつ、当面、バイオ燃料の需要は農産物価格の上昇圧力であり続けるとの見解を示した¹¹。経済協力開発機構（OECD）は、従来のバイオ燃料導入政策によ

⁸ シカゴ商品市場のデータ< <http://www.cmegroup.com> >による。なお、2008年の夏から12月にかけて、小麦、トウモロコシ、大豆とも下落傾向にあるが2006年1月の水準には戻っていない。

⁹ 例えば、ブラジルでは多くのオレンジ畑がサトウキビ畑に転換され、オレンジジュースの価格が上昇した。

¹⁰ Donald Mitchell, "A Note on Rising Food Prices," *Policy Research Working Paper*, 4682(2008.7), p.17. < http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/IW3P/IB/2008/07/28/000020439_20080728103002/Rendered/PDF/WP4682.pdf >

¹¹ FAO, *The State of Food and Agriculture 2008*, 2008.10, p.53. < <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0100e/i010> >

って、2013～2017年には植物油で19%、トウモロコシで7%、小麦で5%の価格上昇が起こるとの見通しを示し、米国やEUにおける最近のバイオ燃料導入政策の強化を考慮すれば物価はさらに上昇するとした¹²。

途上国では、食料・飼料価格の高騰が農民所得の増大や雇用の拡大をもたらす面もあるが、短期的には、所得の半分以上を食料購入に充てる貧困層への打撃が懸念されている¹³。

(3) 自然環境への影響

バイオ燃料を大幅に増産するには広大な農地が必要となる。国際エネルギー機関 (IEA) は、バイオ燃料やその副産物を生産するために、2004年時点で、世界全体の耕作適地の約1%に相当する1400万ヘクタールの土地が使われたと推定している¹⁴。FAOは、この面積は2015年には約3倍(3.3%)、2030年には約6倍(5.9%)に拡大すると推定し¹⁵、もし今後の耕作地の拡大が1990年代と同じ方法で行われるならば、主に欧州、中南米、東南アジアやアフリカ(サハラ砂漠以南)での森林開発が進行するとみている¹⁶。

アブラヤシの実からとれるパーム油の二大産地であるインドネシアとマレーシアではパーム油生産量が増加を続けている¹⁷。マレーシアでは、1985～2000年に伐採された森林の87%がアブラヤシの栽培に充てられたという¹⁸。また、インドネシアでは、既存のアブラヤシ農園面積の4～5.5倍に相当する2000万ヘクタールが、今後のアブラヤシの栽培用地として既に割り当てられているという¹⁹。パーム油は、古くから食用油、石鹸などに利用されてきたが、近年はバイオディーゼルの原料としても注目されており、インドネシア政府は収穫量の40%をバイオ燃料に割り当てる方針である²⁰。

ブラジルのアマゾン地域では、穀物や飼料向けの大豆畑を拡大するための熱帯雨林の破壊が問題となっているが、最近は大豆の用途としてバイオディーゼルも注目されるようになった²¹。また、アマゾン地域にエタノール工場が建設されているとの報道²²もあり、バイオエタノール向けのサトウキビ生産によっても熱帯雨林が破壊されるおそれが出てきた²³。

ほかにも、原料作物の栽培やバイオ燃料工場の増加による自然環境への影響がいくつか指摘されている。例えば、農業・工業用水の使用増加による水資源の枯渇や、化学肥料や工場排水に含まれる汚濁物質による水質汚濁といった水環境への影響が懸念される²⁴。作物の種類や栽培方法によっては、土壌流出や土壌中の栄養分枯渇が起こる可能性もある²⁵。

0e.pdf >

¹² OECD, *Biofuel Support Policies—An Economic Assessment*, Paris: OECD Publications, 2008, p.111.

¹³ FAO, *op.cit.*(11), pp.72-86; *ibid.*, pp.104-105.

¹⁴ IEA, *World Energy Outlook 2006*, Paris: OECD/IEA, 2006, p.413.

¹⁵ FAO, *op.cit.*(11), pp.43-44.

¹⁶ *ibid.*, p.61.

¹⁷ 社団法人日本植物油協会ウェブサイト。<http://www.oil.or.jp/seisan/seisan02_01.html>

¹⁸ ヘザー・オーガスティン「パーム油増産で熱帯雨林が消失」『日経エコロジー』99号,2007.9, pp.146-147.

¹⁹ 満田夏花「マレーシア・インドネシア:アブラヤシ農園の面積拡大のインパクト」『農業と経済』74巻3号,2008.4, p.71.

²⁰ ヘザー・オーガスティン 前掲論文, p.146.

²¹ 加藤信夫「ブラジル 世界のバイオ燃料生産基地化の背景と耕境拡大の弊害」『農業と経済』74巻3号,2008.4, pp.62-63.

²² 「バイオ燃料王国 サトウキビ畑アマゾン脅かす」『朝日新聞』2007.11.11.

²³ ただし、ブラジル政府や地元州政府は反論している。前掲注(22)によれば、ブラジルのステファネス農相はアマゾン地域の90%をサトウキビ栽培禁止地域にすると話した。また、ブラジルのアクレ州政府は「牧草地を畑に転換するので、新たに熱帯雨林を切り開く必要はない」との見解を示した。

²⁴ FAO, *op.cit.*(11), pp.63-65.

²⁵ *ibid.*, pp.65-66.

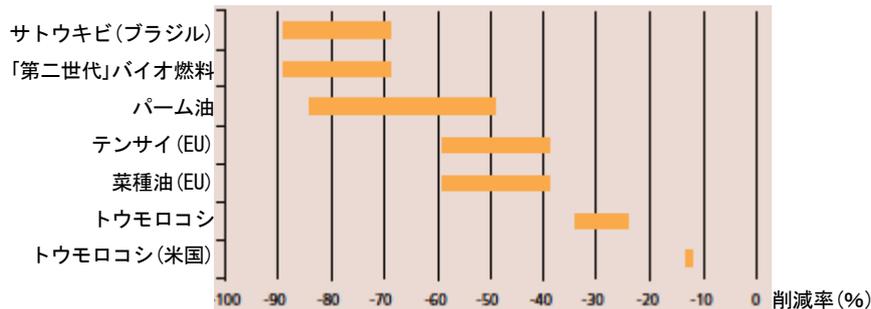
(4) 温室効果ガスの排出

前述したようにバイオ燃料は、その消費による二酸化炭素の排出はゼロとみなされるが、実際には、原料作物の栽培、原料や製品の輸送、バイオ燃料工場での加工など消費以外の様々な段階で化石燃料が消費されている。地球温暖化防止のためにバイオ燃料を導入するのであれば、原料の調達からバイオ燃料の消費に至るまでの全体として排出される温室効果ガスの合計量に着目する必要がある。OECDは、全体としてみた場合の化石燃料消費量や温室効果ガス排出量が最も少ないバイオ燃料を選択するよう勧告している²⁶。

こうした観点に立った場合のバイオ燃料による温室効果ガスの削減効果は、原料作物の種類によって大きく異なる上、同じ作物でも地域やエネルギー使用方法等によって幅がある。サトウキビや、後述する「第二世代」バイオ燃料は、温室効果ガスを70～90%程度削減することができるが、トウモロコシ(特に米国で生産した場合)の削減率は低い(図2)。

ただし、上記の削減率には農地開発による土地利用変化の影響が考慮されていないことに留意する必要がある。森林等を農地に転換する際には、植物や土壌が焼却されるほか微生物による有機物の分解も進むため、二酸化炭素等が大量に放出される。仮に熱帯雨林、泥炭地²⁷、サバンナ、草地を農地に転換した場合、植物や土壌から放出される二酸化炭素の量は、その農地から得られたバイオ燃料がもたらす年間二酸化炭素削減量の17倍以上にのぼると試算されている²⁸。

図2 化石燃料と比較した場合のバイオ燃料による温室効果ガス削減率



(出典) FAO, *The State of Food and Agriculture 2008*, 2008.10, p.57 <<http://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0100e/i0100e.pdf>> の図 23 から筆者が作成。

2 食料との競合をめぐるバイオ燃料政策の動向

(1) EU

EUは、域内の穀物生産のうちバイオ燃料に使われる量は1%未満にすぎず、食料価格への影響はほとんどないとする見解を示している²⁹。しかし、EU域内では穀物由来のバイオエタノールよりも植物油を原料とするバイオディーゼルの利用が多く(世界の植物油の

²⁶ OECD, *op.cit.*(12), p.11.

²⁷ Hooijer A. et al., "PEAT-CO2, Assessment of CO₂ emissions from drained peatlands in SE Asia," *Delft Hydraulics report*, Q3943(2006), p.1. <<http://www.wetlands.org/LinkClick.aspx?fileticket=NYQUDJl5zt8%3d&tabid=56>> によれば、東南アジアの泥炭層には世界の化石燃料消費量の6年分以上に相当する炭素が蓄積されているという。

²⁸ Fargione, J. et al., "Land Clearing and the Biofuel Carbon Debt," *Scienceexpress*, 2008.2.7.

²⁹ European Commission, *Tackling the challenge of rising food prices: Directions for EU action*, 2008.5.20, p.4. <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0321:FIN: EN:PDF>>

5%を消費)、食料高騰への影響は否定できないといった指摘もなされている³⁰。英国の再生可能燃料庁は、バイオ燃料には温室効果ガスの排出や食料価格の高騰を引き起こす懸念があるため、その導入を遅らせて効果を見極めるべきであるとの提言をとりまとめた³¹。

こうした中、欧州議会の産業・研究・エネルギー委員会は、食料安全保障、生物多様性、再生可能な電力や水素の利用、セルロース系バイオマスや藻類からのバイオガスやバイオ燃料の利用に着目すべきであるとの認識を示した³²。また、輸送用燃料に占めるバイオ燃料の比率を2020年までに一律10%とする従来の方針を支持しつつ、そのうち少なくとも4%を「第二世代」バイオ燃料等とすることを求める提案を採択した³³。「第二世代」のバイオ燃料とは、廃棄物、セルロース系バイオマス³⁴、養殖した藻類など食料と競合しない原料から生産したバイオ燃料のことである。この結果、穀物などを原料とする「第一世代」の導入目標は事実上6%に引き下げられた。

(2) 米国

米国政府は、食料高騰への影響については軽微であるとの主張を続けている。2008年6月にローマで開催された国連食料サミットでは、シェーファー農務長官が食料価格の上昇のうちエタノールの影響は3%以下にすぎないと述べた³⁵。ただし、上述した2007年エネルギー自立・安全保障法は、2022年のバイオ燃料導入目標360億ガロンのうち210億ガロンについてはトウモロコシを原料としないことを定めており、将来的にはセルロース系バイオマス等の利用を増やす方針である。

しかし、米国内にもバイオ燃料導入政策の見直しを求める動きが広がっている。例えば、テキサス州知事は、飼料の高騰が畜産業界に打撃を与えているとしてRFSの緩和を要請した³⁶。米国の食品製造業協会（Grocery Manufacturers Association : GMA）など数十の団体が参加し、反バイオ燃料を訴えるキャンペーン「FOOD before FUEL」は、2007年には米国産トウモロコシの4分の1がバイオエタノールに回されたが、2012年にはその比率が4割にも達することが見込まれるとした上で、こうした大幅な用途転換が食料や飼料向けの穀物供給量を減らし、食料高騰をもたらすと警告している³⁷。これに対し、米国の再生可能燃料協会（Renewable Fuels Association : RFA）は、トウモロコシの収穫量は増勢にあり、それに占める飼料等向けの比率が下がっても実数は減っていないことから、バイオ燃料は食料高騰の原因ではないと反論している³⁸。

³⁰ 「絡まる高騰 世界覆う、パーム油 誤算」『朝日新聞』2008.7.2.

³¹ Renewable Fuels Agency, *The Gallagher Review of the indirect effects of biofuels production*, 2008.7. < http://www.dft.gov.uk/rfa/db/documents/Report_of_the_Gallagher_review.pdf >

³² European Parliament(Press release), *More sustainable energy in road transport targets*, 2008.9.11. < http://www.europarl.europa.eu/news/expert/infopress_page/064-36659-254-09-37-911-20080909IPR36658-10-09-2008-2008-false/default_en.htm >

³³ *ibid.*

³⁴ 麦わら、稲わら、木材等のセルロースを多く含むバイオマスをいう。

³⁵ Julian Borger, “US attacked at food summit over biofuels,” *Guardian*, 2008.6.4.

³⁶ テキサス州知事の要請内容については、*Letter to EPA Administrator Johnson from Governor Perry*, 2008.4.25. < <http://www.epa.gov/otaq/renewablefuels/rfs-texas-letter.pdf> > を参照。しかし、環境保護庁はこの要請を却下した。EPA(News Releases), *EPA Keeps Biofuels Levels in Place after Considering Texas' Request*, 2008.8.7. < <http://yosemite.epa.gov/opa/admpress.nsf/6424ac1caa800aab85257359003f5337/871e4716874340fe8525749e005b43be!OpenDocument> > を参照。

³⁷ FOOD before FUEL, *Food Price Facts*. < <http://www.foodbeforefuel.org/facts> >

³⁸ RFA, *Ethanol and the US Corn Crop*, 2008.9.11. < http://www.ethanolrfa.org/objects/documents/1898/corn_use_facts.pdf >; RFA, *Will the Plunge in Grain Prices Mean Lower Food Prices at the Supermarket?*,

(3) 日本

我が国では、「京都議定書目標達成計画」³⁹⁾において、2010年度までに原油換算 50 万キロリットル（輸入を含む。）のバイオ燃料を導入する目標が示されている。平成 19 年 2 月には、関係府省からなるバイオマス・ニッポン総合戦略推進会議が「国産バイオ燃料の大幅な生産拡大」と題する報告書を発表し、「国産バイオ燃料の大幅な生産拡大を図るためには、食料や飼料等の既存用途に利用されている部分ではなく、水田にすき込まれている稲わらや製材工場等残材、林地残材、公園・河川敷等から発生する未利用バイオマスの活用や耕作放棄地等を活用した資源作物の生産に向けた取組を進めることが重要である⁴⁰⁾」という認識のもと、今後の技術開発の可能性等を踏まえた工程表を示した（表 1）。あわせて、2030 年ごろには原油換算 360 万キロリットル（このうち、稲わら、麦わら、木材等のセルロース系バイオマスを原料とするものが 3 分の 2 を占める）のバイオ燃料が国内で生産可能であるとする農林水産省の試算結果を示した⁴¹⁾。

また、農林水産省と経済産業省は、産官学からなるバイオ燃料技術革新協議会を設置し、平成 20 年 3 月に「バイオ燃料技術革新計画」をとりまとめた。同計画は、セルロース系バイオマスからバイオ燃料を効率的に生産するための 2 つの政策シナリオを提示し、それぞれ生産コストとしてリットル当たり 100 円と 40 円を想定した（表 2）。2015 年までに、輸入バイオエタノールとのコスト競争力がある 40 円/リットルを実現するには、山手線内の 2～6 倍に相当する栽培面積が必要になることを示した⁴²⁾。

表 1 国産バイオ燃料の生産拡大に向けた工程表

| | |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 現時点で利用可能な作物等 | ・原料を安価に調達できる規格外農産物やさとうきび糖みつ等農産物の副産物 ・廃棄物処理費用を徴収しつつ原料として調達できる建設発生木材 等 |
| 今後 5 年間で技術開発する作物等 | ・稲わら等の草本類 (生産コスト) ・製材工場等残材 等 100 円/リットル程度 |
| 今後 10 年間で技術開発する作物等 | ・原料の収集・運搬コストが必要となる林地残材 (生産コスト) ・資源作物（ゲノム情報を利用した多収品種） 100 円/リットル程度 |

（出典）バイオマス・ニッポン総合戦略推進会議「国産バイオ燃料の大幅な生産拡大」2007.2, p.9. < http://www.maff.go.jp/j/biomass/b_energy/pdf/kakudai01.pdf > から筆者が作成。

表 2 「バイオ燃料技術革新計画」が示す 2 つの政策シナリオ

| 政策シナリオ | バイオマス・ニッポンケース | 技術革新ケース |
|--------|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 生産コスト | 100 円/リットル | 40 円/リットル |
| 生産規模 | 1.5 万キロリットル/年（国内） | 10～20 万キロリットル/年（国内外） |
| 原料 | （未利用資源） 稲わら、麦わら、スギ等の造林樹種、古紙等 | （目的生産バイオマス） 多収量草本植物（エリアンサス、ミスカンサス、ソルガム、サトウキビ、スキ、ネピアグラスなど）、早生広葉樹（ヤナギ、ポプラ、ユーカリなど） |

（出典）バイオ燃料技術革新協議会「バイオ燃料技術革新計画 概要」2008.3, pp.14,24. < <http://www.enecho.meti.go.jp/policy/fuel/080404/gaiyou.pdf> > から筆者が作成。

2008.10.15. < http://www.ethanolrfa.org/objects/documents/1945/will_the_plunge_in_grain_prices_mean_lower_food_prices_at_the_supermarket.pdf >

³⁹⁾ 平成 17 年 4 月 28 日閣議決定。その後、平成 20 年 3 月 28 日に全面的に改定された。

⁴⁰⁾ バイオマス・ニッポン総合戦略推進会議「国産バイオ燃料の大幅な生産拡大」2007.2, p.9. < http://www.maff.go.jp/j/biomass/b_energy/pdf/kakudai01.pdf >

⁴¹⁾ 同上 別紙 pp.1-2.

⁴²⁾ バイオ燃料技術革新協議会「バイオ燃料技術革新計画」2008.3, pp.15-16. < <http://www.enecho.meti.go.jp/policy/fuel/080404/hontai.pdf> >

II 食料と競合しない原料の活用

1 非食料バイオマスの活用状況

(1) 廃食用油

我が国では廃食用油からバイオディーゼルを製造し、ディーゼル車の燃料として利用する取り組みが各地の地域活動として普及している。欧州では、菜種油などのバージンオイルを原料としたバイオディーゼルが中心であるのに対し、我が国で生産されるバイオディーゼルのほとんどが廃食用油を原料としている⁴³点は特徴的といえる⁴⁴。

我が国における廃食用油の発生量は、年間約45万トン(平成18年)と推計されている⁴⁵。外食産業や食品工業で発生する約35万トンについては、ほとんどが飼肥料、石けん、ボイラー燃料などに利用されており、輸送用バイオ燃料としてのポテンシャルはあまり大きくない⁴⁶。一般家庭で発生する約10万トンについては回収が進んでおらず9割以上が廃棄される⁴⁷。我が国のバイオディーゼル生産量は年間約6千キロリットルにとどまっており、生産コストはリットル当たり124円である⁴⁸。

(2) 廃木材、稲わら等のセルロース系バイオマス

セルロース系バイオマスからエタノールを製造する取り組みはまだ本格化していない。我が国では平成17年にバイオエタノール・ジャパン・関西(大阪府)が操業を始め、4万トンの廃木材(建設廃材)から年間1400キロリットルのバイオエタノールを生産し、平成20年から年産4千キロリットルに増産する計画である⁴⁹。しかし、エタノールのガソリンへの混合方式が異なる石油業界の協力が得られず、販売できるスタンドが限られることや、廃木材を分解する工程での技術的問題(後述)もあり、稼働率は上がっていない⁵⁰。

北海道、秋田県、兵庫県では、農林水産省の補助により平成20年度中に稲わらや麦わら等を原料としたバイオエタノール製造の実証事業が始まる予定である⁵¹。また、稲わらや雑草を原料として、世界最大規模(年産20~50万キロリットル)のエタノール工場を海外に建設し、2011(平成23)年にも稼働させるという日本企業の計画が報じられた⁵²。米国企業にも、2011年以降に廃木材やトウモロコシの茎を原料とした大規模なエタノール

⁴³ 全国バイオディーゼル燃料利用推進協議会「バイオディーゼル燃料取組実態調査の概要(平成19年度実績)」p.4. <http://www.jora.jp/bdf/pdf/jittai_tyousa_h20.pdf>

⁴⁴ 休耕田などで菜の花を栽培して得た菜種油をバイオ燃料として利用する「菜の花プロジェクト」が国内各地で実施されているが、この例でも菜種油をいったん食用油として利用した後に発生する廃食用油からバイオ燃料を製造している。

⁴⁵ 全国油脂事業協同組合連合会資料, p.2. <<http://www.zenyuren.or.jp/genjo.pdf>>

⁴⁶ 環境省「エタノール以外のバイオ燃料の状況について」(第7回エコ燃料利用推進会議配布資料) 2008.10.2, p.2. <http://www.env.go.jp/earth/ondanka/conf_ecofuel/07/mat02.pdf>

⁴⁷ 前掲注(45)

⁴⁸ 前掲注(43), p.5.

⁴⁹ 石堂徹生「建設廃材からバイオエタノールを製造する 2007年1月稼働 2年後に年産4000kℓ」『地球環境』37巻11号, 2006.10, p.36.

⁵⁰ 「E3普及計画 苦戦 スタンド増えず」『日経産業新聞』2008.1.10.

⁵¹ 農林水産省プレスリリース「ソフトセルロース利活用技術確立事業の事業実施地区決定について」2008.7.1. <<http://www.maff.go.jp/j/press/nousin/sousei/080701.html>>; 2008.11.14. <<http://www.maff.go.jp/j/press/nousin/sousei/081114.html>>

⁵² 「出光・三菱商 非食料バイオ燃料量産」『日本経済新聞』2008.6.20.

工場を稼働させる計画があるとされる⁵³。セルロース系バイオマスの本格的な普及は 2011 年以降になるものと思われる。

(3) 多収穫米

我が国ではサトウキビやトウモロコシの栽培適地は限られるが水田は多い。コメに含まれるデンプンを糖化・発酵すればエタノールを得ることができる。コメの生産調整面積のうち約 71 万ヘクタールが農地利用可能であり、そのうち約 12 万ヘクタールはすぐにでも稲作を再開できるとされる⁵⁴。こうした土地でバイオエタノール向けとして多収穫米を栽培すれば、主食としてのコメに影響を与えずにバイオエタノールを効率的に生産でき、しかも生態系保全や水資源・水循環の確保にも役立つという⁵⁵。コメだけでなくセルロース系バイオマスである稲わらやもみ殻もバイオエタノールの原料として利用した場合、71 万ヘクタールの農地から 190 万キロリットルのバイオエタノールを得ることができる⁵⁶。

北海道や新潟県では農林水産省の支援による実証事業が始まっている。バイオエタノールの生産コストをリットル当たり 100 円程度に抑えるには、原料玄米の単価をキログラム当たり 20 円（食用玄米の生産コストの 10 分の 1 以下）まで下げる必要がある⁵⁷。新潟県での試験栽培では、栽培コストが 50～54 円（固定費を除く直接生産費及び労働費）まで低下した⁵⁸が、さらなるコスト削減が必要である。

政府は、「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」⁵⁹（いわゆる「農林漁業バイオ燃料法」。平成 20 年法律第 45 号）に基づき、多収穫米等からのバイオ燃料生産に対する支援をさらに拡大する意向である。

(4) その他の非食料バイオマス

既に実用段階にあるものとしては、実に油分が含まれておりバイオディーゼルの原料となるジャトロファ⁶⁰（ナンヨウアブラギリ）が期待されている。中米が原生とされ、熱帯・亜熱帯地域に生育する耐乾性⁶¹の植物である⁶²。毒性があるため食用にならない、どんな土壌でも育つ、樹高が低く実の収穫が容易である、収穫は年に 3～4 回可能である、といった特徴がある⁶³。面積あたりの油の収量はアブラヤシより少ないが大豆よりは多いとされる⁶⁴。現在、栽培条件に適しかつ労働賃金の安いアフリカ、東南アジアやインド等で欧州

⁵³ 同上

⁵⁴ 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」2006.5, p.2・110. <http://www.env.go.jp/earth/ondanka/conf_ecofuel/rep1805/full.pdf>

⁵⁵ 両角和夫「米からエタノール 高い潜在力、実施の議論を」『日本農業新聞』2007.4.17.

⁵⁶ 前掲注(54)

⁵⁷ 小池一平「イネを原料としたバイオエタノールによる地域エネルギー循環モデルづくり構想」『Techno innovation』17 巻 2 号, 2007, p.26.

⁵⁸ 同上 p.25.

⁵⁹ 同法では、政府が生産製造連携事業計画（農林漁業者等とバイオ燃料製造事業者が共同で策定した事業計画）を認定する。認定を受けた事業者は、資金や税制に係る各種支援措置を受けることができる。

⁶⁰ 「ヤトロファ」と表記されることもある。

⁶¹ 年間降水量が 200mm 以上あれば生育可能である。

⁶² 飯山賢治「バイオディーゼルの製造—ジャトロファ等非食用油を中心に—」『国際農林業協力』30 巻 3 号, 2007, pp.5-6.

⁶³ 飯山 前掲論文, p.7; 野口良造「タイにおけるバイオ燃料としてのヤトロファ利用」『農業情報研究』16 巻 4 号, 2008, p.15.

⁶⁴ 飯山 前掲論文, p.8(表 2).

などの資本によって栽培され、いくつかの日本企業も東南アジアなどでジャトロファを栽培し油として輸入する計画を進めている。我が国でも八丈島、長崎県などで栽培しようとする動きがみられる⁶⁵が、賃金が高いことや冬期に成長しない等の問題が指摘されている⁶⁶。

また、藻類からバイオエタノールを生産する構想がある。我が国の排他的経済水域のうち100キロメートル四方でホンダワラなどの海藻を大量に養殖しこれを回収して発酵させれば、年間2千万キロリットルのバイオ燃料を製造できるという⁶⁷。このほか、光合成により二酸化炭素から油を作り出す緑藻⁶⁸についての試験研究が進められている⁶⁹。

さらに、米国などではスイッチグラスという野生の草が、トウモロコシに代わる「第二世代」バイオマスとして有望視されている⁷⁰。

2 非食料バイオマスの課題

(1) 食料との競合

非食料バイオマスは食料との競合はないとされているが、土地をめぐる奪い合いの構図でとらえるならば、非食料バイオマスを栽培する場合であっても食料との競合が起こりうる⁷¹。バイオ燃料の原料を得るため、大豆畑をトウモロコシ畑へ、オレンジ畑をサトウキビ畑へと転作が進むと、大豆やオレンジの供給が減り価格が上昇する。非食料バイオマスの栽培が拡大し、他の食料作物の耕作地を侵食することになれば、同じことが起こると考えられる。

(2) 供給面の課題

バイオ燃料の生産を大幅に拡大する場合、原料の安定供給が問題となる。食料との競合を避けるためセルロース系を含む非食料バイオマスの導入は必須であるが、非食料バイオマスを使用する場合でも、別の用途と奪い合いになるなど供給不足が生じる可能性はある。

廃木材等の場合、製紙工場などがボイラーで直接燃焼させるための燃料として大量に調達しており、調達量がさらに増えれば供給不足となる懸念が生じる⁷²。廃食用油については、飼料用の添加剤としての需要が増加しそれに伴って取引価格も上昇したため、回収業者等が廃食用油をバイオディーゼルへ回すことに二の足を踏んでいるともいわれる⁷³。市町村などが一般家庭から廃油を回収しバイオディーゼルの製造すれば、こうした問題は起こりにくいが、現状での回収率が非常に低いことは前述したとおりである。

(3) コスト面の課題

コスト面では、近年の原油価格高騰でバイオディーゼルの割安感が出たケース⁷⁴もみら

⁶⁵ 「広がる国産ジャトロファ栽培の環」『環境新聞』2008.5.14.

⁶⁶ 「日本に根付く？バイオ燃料」『読売新聞』2008.8.1；「冬期対応のジャトロファ開発へ」『環境新聞』2008.1.30.

⁶⁷ 能登谷正浩「海藻のバイオ燃料用資源への利用」『配管技術』50巻6号, 2008.5, p.27.

⁶⁸ ボトリオコッカス、シュードコリスチスなどが知られている。

⁶⁹ 「藻類から『石油』を作る(上)穀物を上回る生産効率」『日経産業新聞』2008.5.13；「藻から『バイオ軽油』量産計画」『朝日新聞』2008.7.9.

⁷⁰ 「変わる世界 バイオ燃料を求めて(3)スイッチグラス」『日刊工業新聞』2006.8.2.

⁷¹ 「石油依存の生活見直しを NPO バイオマス産業社会ネットワーク 泊みゆき理事長」『読売新聞』2008.7.3.

⁷² 「年300万tの廃木材を飲み込む」『日経エコロジー』77号, 2005.11, p.37.

⁷³ 「廃食用油のバイオ燃料化 収集・改質業者は二の足」『日経産業新聞』2007.10.23.

⁷⁴ 例えば、「廃食用油 バイオ燃料化続々 原油高、コスト効果顕著」『日本経済新聞(東京)』2008.8.15.

れるようである。ただし、「供給面の課題」でふれたように、バイオマスの需要が増加して供給不足となれば、原料バイオマスの調達コスト増加につながると考えられる。

バイオマス以外の原料がコスト要因となることもありうる。廃食用油からバイオディーゼルを製造するにはメタノールが必要となる。ところが、メタノールはLPガスなど化石燃料からつくられるため、原油高騰に伴いメタノール価格が上昇すればコスト増となる⁷⁵。

建設現場等から廃木材を回収する、農地から稲わらや麦わらを回収する、一般家庭から廃食用油を回収するといった、少量のバイオマスを多くの発生場所から回収する場合などでは、回収コストが膨大になりやすいといった問題もある。

（４）技術面の課題

セルロース系バイオマスからバイオエタノールを製造する際は、セルロースを糖に分解する工程が必要となるが、この分解工程は難易度が高く、生産性を高めコストを抑制するには分解酵素等に関する研究開発をさらに進める必要がある⁷⁶。

また、廃棄物バイオマスを使用する場合には、品質が安定しないことがしばしば問題となる。例えば、廃木材に含まれるセルロースを分解する工程では、廃木材に含まれる水分の比率が安定しないために分解がスムーズに進まず生産効率が低下する問題が発生している⁷⁷。

おわりに

食料との競合をめぐる国際的な取り組みとして、「国際バイオエネルギーパートナーシップ」(Global Bioenergy Partnership : GBEP)がある。途上国などに費用効率性の高いバイオマスやバイオ燃料を幅広く普及させるため、2005年のG8 グレンイーグルスサミットで設立に合意し翌年発足したもので⁷⁸、事務局はFAOに置かれた。

2008年7月のG8 北海道洞爺湖サミットでは、持続可能なバイオ燃料の生産・使用に向け、GBEPを中心に科学的知見に基づいた基準や指標を設けることが合意され⁷⁹、2009年春の取りまとめに向けた検討が進められている⁸⁰。我が国では、農林水産省が国際バイオ燃料基準検討会議を設置し、GBEPへの提案内容を取りまとめたところである⁸¹。

バイオ燃料は、サトウキビとトウモロコシを中心とする「第一世代」から、食料と競合しない「第二世代」への大きな転換点にさしかかっている。

⁷⁵ 「廃食用油の軽油代替利用 年間 5000kl 利用と推計」『環境新聞』2007.10.3.

⁷⁶ 山根小雪「食料使わず廃木材から製造 技術は完成間近、コストが壁」『日経エコロジー』103号, 2008.1, pp.48-49.

⁷⁷ 「非食料バイオ燃料 効率生産へ セルロースの分解に課題」『日経産業新聞』2008.7.16.

⁷⁸ GBEP, *About the Partnership*. < <http://www.globalbioenergy.org/aboutgbep/en/> >

⁷⁹ 「G8 北海道洞爺湖サミット首脳宣言」2008.7.8. < http://www.g8summit.go.jp/doc/doc080714_ka.html >

⁸⁰ GBEP, *Programme of Work*. < <http://www.globalbioenergy.org/programmeofwork/en/> >

⁸¹ 国際バイオ燃料基準検討会議「バイオ燃料の持続可能性に関する国際的基準・指標の策定に向けた我が国の考え方 とりまとめ概要」2008.11.5. < http://www.maff.go.jp/j/press/kanbo/kankyo/pdf/081105_1-01.pdf >