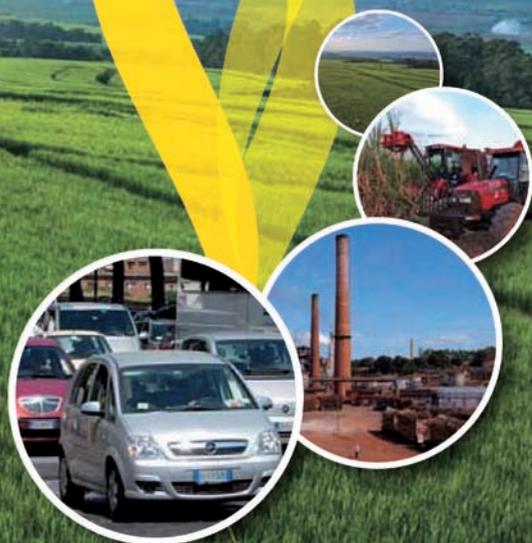


2008

世界食料農業白書

2008年報告



バイオ燃料の見通し、リスク、および機会

編集

国際連合食糧農業機関 (FAO)

翻訳・発行

国際農林業協働協会 (JAICAF)

JAICAF ジェイカフ



2008

THE STATE OF FOOD AND AGRICULTURE

Published by arrangement with the
Food and Agriculture Organization of the United Nations
by
Japan Association for International Collaboration of
Agriculture and Forestry

Produced by the
Electronic Publishing Policy and Support Branch
Communication Division
FAO

Photos on page 3: *All photos are from FAO Mediabase, Giuseppe Bizzarri*

本書の原本は、国際連合食糧農業機関（FAO）によって発行された「The State of Food and Agriculture 2008」であり、日本語版は(社)国際農林業協働協会（JAICAF）が作成した。

本書において使用している名称および資料の表示は、いかなる国、領土、市もしくは地域、またはその関係当局の法的地位に関する、またはその地域もしくは境界の決定に関するFAOのいかなる見解の表明を意味するものではなく、地図においても、企業、製品ブランドについても同様である。本書中で表された著者の見解は、必ずしもFAOの見解と一致するものではない。

ISBN 978-92-5-105980-7

全著作権は保護されている。本書中の資料の教育・その他、非営利目的での複製および配布は、出典の明示を条件に、著作権者からの事前の文書による許可なしでも認められている。本書中の資料の転売その他、商業目的での複製は、著作権者からの事前の文書による許可なくしては禁止されている。それらについての許可申請は下記へ提出すること。

Chief
Electronic Publishing Policy and Support Branch
Information Division
FAO
Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italy
または、e-mailにて下記へ。
copyright@fao.org

FAO 出版物の入手は下記へご連絡下さい：

SALES AND MARKETING GROUP
Communication Division
Food and Agriculture Organization of the United Nations
Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italy
E-mail: publication-sales@fao.org

© FAO 2008 English edition
© JAICAF 2009 Japanese edition

序 文

今年、過去30年のいかなる年よりも、世界の関心が食料と農業に集まっている。さまざまな要因が絡み合っただけでなく、1970年代以降で最も高い水準に食料品価格（実勢）を押し上げ、全世界の貧困人口の食料安全保障に重大な影響を及ぼしている。最も頻繁に指摘される関与要因の1つは、最近の、いくつかの食料作物を含むバイオ燃料生産のための農産物消費量の急速な増加である。食料品価格に対するバイオ燃料のインパクトは、エネルギー安全保障、気候変動緩和、および農業開発に貢献するその潜在的可能性とともに、依然として多くの論争のテーマである。この論争が続けられている間でさえ、世界各国はバイオ燃料に関する政策と投資について重要な選択を迫られている。これらは、2008年6月にFAOで開催された「世界の食料安全保障に関するハイレベル会合：気候変動とバイオエネルギーの諸課題」（High-Level Conference on World Food Security: the Challenges of Climate Change and Bioenergy）に出席した世界181カ国の代表によって特に議論されたトピックスであった。これらの選択の緊急性とその想定される影響の大きさに鑑みて、この会議の出席者たちはバイオ燃料の見直し、リスクおよび機会について慎重な評価が必須であることに合意した。これがFAOの「世界食料農業白書 2008年報告」の焦点である。

本報告は、この先10年間にバイオ燃料によって置き換えられる化石燃料消費量のシェアはごく限られたものにすぎないであろうが、農業と食料安全保障に与えるインパクトは極めて大きいものであらうと指摘している。バイオ燃料の出現は、トウモロコシ、砂糖、油料種子およびヤシ油を含む一部の農産物に対する新しい大きな需要源として、農産物全般およびこれらを生産するために投入される諸資源の価格の上昇に影響を与えている。自分たちで生産するよりもより多くの食料を消費する貧困世帯の大部分にとって、価格の上昇は、特に短期的には、食料安全保障に重大な脅威をも

たらしかねない。しかし、バイオ燃料は、食料品の価格上昇を駆動している多くの要因のほんの1つにすぎず、主要輸出国における天候に関連した生産不足、世界全体の低い穀物在庫量、燃料コストの上昇、および所得向上、人口増加および都市化に伴う需要構造の変化、ならびに金融市場における影響、短期的な政策行動、為替レートの変動、およびその他の要因もまた役割を演じていることを心にとどめておくことが重要である。政策と投資が適切であれば、農産品価格の上昇は農業生産と雇用の増加という反応の引き金を引くことができ、これらは長期的に貧困緩和と食料安全保障の改善に貢献するであろう。

本報告はまた、バイオ燃料の温室効果ガス排出量に対するインパクトは、各種の原料資源作物がどこで、どのように生産されるかによって大きく異なることを明らかにしている。多くの場合、土地利用の変化による排出の増加量は、バイオ燃料による化石燃料の置き換えによって得られる温室効果ガス削減量を相殺あるいはむしろ超えるものと考えられ、水、土壌および生物多様性に対するインパクトもまた懸念される。技術開発と基盤設備の改善による優良農業技術および収量の増加は、これらの有害なインパクトの一部を低減する一助となり得る。長期的には、第2世代バイオ燃料の出現は更なる利益をもたらすであろう。

これらは主要な結論の一部である。これらは政策に対してどのような意味合いを持っているであろうか？ われわれは、食料品価格の急騰とそれが貧困層に突きつけている厳しい諸問題を抱える現在の状況を出発点にしなければならない。開発途上国の貧しい純食料購入世帯にセーフティーネットを提供するとともに、食料品価格の上昇によって最も影響を受けている純食料輸入開発途上国に向けて緊急に直接的な救援と援助の手を差し伸べる必要がある。これは、各国政府と国際社会が共有すべき責任である。農業者に対する価格支援策を妨げ、彼らの増産努力を阻むことによって引き起こされる危機をさらに悪化させ、長期化させる輸出禁止や直接的な価格管理といった政策は回避することが望ましい。

また、バイオ燃料の生産と消費に対する支援、補助金支給および義務賦

課を内容とする現在の政策を再検討することが緊急に求められている。最近のバイオ燃料の成長の大部分は、こういった政策、特に経済協力開発機構（OECD）諸国によって駆動されている。これらの政策の基礎にある気候変動やエネルギー安全保障に対する有益なインパクトに関する多くの仮定は今や疑問視されており、貧しい消費者に対する食料品価格の上昇の予期されなかった結果が認識されつつある。バイオ燃料に対する予算を研究開発、特に自然資源基盤への圧力が少なく、温室効果ガス排出量の削減という点でより望みが持てる第2世代技術に振り向けることは1つの方策であろう。

バイオ燃料は、環境に有害なその他のインパクトを最小化する一方で、温室効果ガス排出量を低減するその積極的な貢献を保証する効果的な行動が取られなければならない。特に、温室効果ガス排出量に対する最も重要なインパクトおよびその他の環境インパクトをもたらす土地利用の変化に対するバイオ燃料の影響について、より確かな理解が必要である。バイオ燃料の持続的生産のための規準は環境の持続性を保証する一助となり得る。しかしながら、これらの規準は慎重に吟味され、世界全体の公共財にのみ適用されることが重要であり、それらは、更なる貿易障壁を作り出すことや、バイオ燃料によってもたらされる機会の利点を生かしたいと望んでいる開発途上国に過酷な制約を課すことを回避するような道筋で設計されなければならない。

長期的に見れば、バイオ燃料に対する需要が農産品価格に上昇圧力をかけ続けるなかで、われわれはこれを農業開発や貧困緩和をもたらす好機としてその果実を収穫できる能力を持たなければならない。そのためには、あまりに多くの開発途上国で、あまりに長い間、農業開発を妨げてきた一部の長期的な制約を克服する必要がある。農産品需要の新しい源として出現したバイオ燃料は、開発援助のレベルを向上するとともに、農業部門と農村地域に向けられる投資の増強機運を高める。特に注意しなければならないことは、農業者に、市場を維持する仕組みを通して、灌漑、肥料および改良された作物品種といった必要な投入財を入手する手段を保証することである。開発途上国がバイオ燃料需要の利益を受ける機会はまた、現

在、開発途上国の生産者の犠牲において OECD 諸国の生産者に利益を与えている農業およびバイオ燃料に対する補助金や貿易障壁を取り除くことによって大きく前進するであろう。

バイオ燃料の将来と、それが農業および食料安全保障に対して果たすであろう役割は依然として不確実である。バイオ燃料が環境改善と農業・農村開発に積極的に貢献するためには、克服すべき多くの懸念と課題が横たわっている。しかし、ちょうど、バイオ燃料を推進する性急な決定は食料安全保障や環境に対して予期しない悪い結果を招くように、バイオ燃料を制限する性急な決定は貧困層に利益をもたらすであろう農業の持続的成長の機会を制限するかもしれない。2008年6月の「世界食料安全保障ハイレベル会合」において採択された宣言で特筆されたように、“バイオ燃料によって提起されている課題と機会には、食料安全保障、エネルギーおよび持続的発展に対する世界のニーズに立脚して対処することが必須である。われわれは、バイオ燃料の生産と利用がこの持続的発展の3本柱に沿った持続的で、世界全体の食料安全保障を達成し、維持する必要性を考慮したものであることを保証するために、深く掘り下げた研究が必要であることを確信している。…われわれは、FAOを含む関連政府間組織に対し、その権能と専門分野において、各国政府、協力団体、民間部門、および市民社会の参画を得て、食料安全保障と持続的発展のニーズという視点に立ったバイオ燃料に関する首尾一貫した、効果的で実り多い国際的会話を育てていくことを要求する。”私は、本報告が、われわれが直面しているこの重要な選択の場面において、情報豊かな会話と政策行動に貢献することを期待する。



ジャック・ディウフ
FAO 事務局長

謝 辞

「*The State of Food and Agriculture 2008*」(世界食料農業白書 2008年報告)は、Keith Wiebeによって率いられたコアチームのメンバー Andre Croppenstedt, Terri Raney, Jakob Skoet および Monika Zurek (以上 FAO 農業開発経済部), Jeff Tschirley (バイオ燃料に関する FAO 部局間ワーキンググループ長) および Merritt Cluff (FAO 貿易市場部) によって執筆された。編集は Terri Raney, Jakob Skoet および Jeff Tschirley が共同して行った。Bernardete Neves からは調査支援を, Liliana Maldonado と Paola di Santo からは事務および業務上のサポートを受けた。

コアチームに加え、次の方々に本報告書のバックグラウンドペーパーおよび分析あるいは草稿を準備いただいた: Astrid Agostini, El Mamoun Amrouk, Jacob Burke, Concepción Calpe, Patricia Carmona Ridondo, Roberto Cuevas García, David Dawe, Olivier Dubois, Jippe Hoogeveen, Lea Jenin, Charlotta Jull, Yianna Lambrou, Irini Maltsoylou, Holger Matthey, Jamie Morgan, Victor Mosoti, Adam Prakash, Andrea Rossi, John Ruane, Gregoire Tallard, James Tefft, Peter Thoenes および Miguel Trossero (以上 FAO), Uwe Fritsche (Oeko-Institute, エコ研究所), Bernd Franke, Guido Reinhardt および Julia Münch (以上ハイデルベルク・エネルギー環境研究所, IFEU), Martin von Lampe (経済協力開発機構, OECD), Ronald Steenblik (世界補助金イニシアティブ, 国際持続的発展研究所 (IISD)), Wyatt Thompson (国際食料政策研究所, IFPRI)。本報告書はまた, OECD・FAO 「*Agricultural Outlook 2008-2017*」 および, AgLink-Cosimo モデルと OECD 事務局とのディスカッションを基に FAO 貿易市場部が作成した政策シナリオに基づいて記述された。これらの貢献に深く感謝申し上げます。

る。

本報告書は、Hafez Ghanem (FAO 経済社会開発局担当事務局次長) の全面的な指導のもとで作成された。また次の報告書外部諮問委員会メンバーから貴重な助言を受けた: Walter Falcon (委員長, スタンフォード大学), Kym Anderson (アデレード大学), Simeon Ehui (世界銀行), Franz Heidhues (ホーエンハイム大学) および Eugenia Muchnik (チリ財団)。

コアチームは、次のバイオ燃料に関する幅広い協議から大きな恩恵を受けた: ドイツ政府が資金提供している BEFS プロジェクトが後援して 2007年 4月16-18日および2008年 2月 5-6日にローマで開かれたバイオエネルギーおよび食料安全保障に関する技術協議会; FAO と農業バイオテクノロジー技術協議に関する国際コンソーシアムが後援して2007年 7月26日にラベロ (Ravello, イタリア) で開かれたバイオエネルギーの経済・政策・科学に関する国際ワークショップ; および、2008年 2月18-20日にローマで行われたバイオエネルギーの政策・市場・貿易および燃料と食料安全保障の世界見通しに関する 2つの専門協議会。バイオ燃料に関する FAO 部局間ワーキンググループの会議が報告の草案を見直し、2008年 3月26日に経済社会開発局の管理チームへ、2008年 3月31日に FAO の全職員へ、そして2008年 5月26日に FAO の上級管理チームへ提出された。

次の方々から、個別あるいは前述の協議の中で、報告に関して貴重な助言や提言、および修正意見をいただいた: Abdolreza Abbassian, Gustavo Anriquez, Boubaker Benbelhassen, Jim Carle, Romina Cavatassi, Albertine Delange, Olivier Dubois, Aziz Elbehri, Barbara Ekwall, Erika Felix, Margarita Flores, Theodor Friedrich, Daniel Gustafson, Maarten Immink, Kaori Izumi, Brahim Kebe, Modeste Kinane, Rainer Krell, Eric Kueneman, Preetmoninder Lidder, Pascal Liu, Attaher Maiga, Michela Morese, Alexander Müller, Jennifer Nyberg, David Palmer, Shivaji Pandey, Wim Polman, Adam Prakash, Andrea Rossi, John Ruane, Mirella Salvatore, Alexander

Sarris, Josef Schmidhuber, Annika Söder, Andrea Sonnino, Pasquale Steduto, Diana Templeman, Nuria Urquía, Jessica Vapnek, Margret Vidar, Andreas Von Brandt, Adrian Whiteman, Alberto Zezza (以上 FAO) ; および Ricardo Abramovay (サンパウロ大学), Dale Andrew (OECD), Melvyn Askew (ハーパー・アダムス専科大学), Mary Bohman, Cheryl Christiansen, Steve Crutchfield および Carol Jones (以上 USDA 経済研究サービス), David Cooper, Markus Lehman (生物多様性条約), Martin Banse (ワハニンゲン大学農業経済研究所 (LEI)), Eduardo Calvo (国際植物保護会議 (IPPC) ワーキンググループ III), Harry de Gorter (コーネル大学), Hartwig de Haen, Daniel de la Torre Ugarte (テネシー大学), Ewout Deurwaarder および Paul Hodson (欧州委員会エネルギー・運輸総局), Asbjørn Eide (ノルウェー人権センター), Francis Eppin (オクラホマ州立大学), Polly Ericksen (オックスフォード大学), Andre Faaij (ユトレヒト大学), Günter Fischer (国際応用システム分析研究所, IIASA), Alessandro Flammini (世界バイオエネルギーパートナーシップ, GBEP), Richard Flavell (Ceres, Inc.), Julie Flood (CABI), Thomas Funke (プレトリア大学), Janet Hall (国連財団), Neeta Hooda (気候変動に関する国際連合枠組条約, UNFCCC), Barbara Huddleston (ストックホルム環境研究所), Tatsuiji Koizumi (農林水産省, 日本), Samai Jai-in (タイ国立金属・材料技術センター), Francis Johnson (ストックホルム環境研究所), David Lee (コーネル大学), Bruce McCarl (テキサス A&M 大学), Enrique Manzanilla (米国環境保護庁), Teresa Malyshev (国際エネルギー機関), Ferdinand Meyer (プレトリア大学), Willi Meyers (ミズーリ大学), José Roberto Moreira (サンパウロ大学), Siwa Msangi および Gerald Nelson (以上 IFPRI), Martina Otto (国連環境計画, UNEP), Joe Outlaw (テキサス A&M 大学), Jyoti Parikh (開発のための総合研究活動, インド), Prabhu Pingali (ビル&メリンダ・ゲイツ財団), Martin Rice (地球システム科学パートナーシップ), C. Ford Runge (ミ

ネソタ大学), Roger Sedjo (リソース・フォー・ザ・フューチャー, 未来のための資源), Seth Shames (エコアグリカルチャー・パートナーズ, 生態農業パートナーズ), Guy Sneyers (一次産品共通基金), Steve Wiggins (ODI), Erik Wijkstrom (WTO), Simonetta Zarrilli (国連貿易開発会議, UNCTAD) および David Zilberman (カリフォルニア大学バークレー校)。

FAO 電子出版部の編集者, 翻訳者, デザイナー, レイアウト技術者および出版専門家の専門的な貢献に深く感謝申し上げます。

略称用語集

EU	European Union	欧州連合
CRB	Commodity Research Bureau コモディティ・リサーチ・ビューロ社	
GBEP	Global Bioenergy Partnership 国際バイオエネルギー・パートナーシップ (注：2005年のG8サミットにおいて、バイオ燃料の持続的発展を図ることを目的として立ち上げることに合意し、設立された枠組み。)*	
GDP	gross domestic product	国内総生産
IRR	internal rate of return (注：正と負のキャッシュフロー額が等しくなる割引率。または収益を初期投資額に等しくなるように現在価値に割引く率。)*	内部収益率
LDC	least-developed country	後発開発途上国
LIFDC	low-income food-deficit country	低所得食料不足国
MFN	most-favoured nation	最恵国
Mtoe	million tonnes of oil equivalent	石油換算100万トン
NPV	net present value	正味現在価値
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development 経済協力開発機構	
TSE	total support estimates	支援推定総額
WTO	World Trade Organization	世界貿易機関

(* 日本語版編集担当)

目 次

序 文	iii
謝 辞	vii
略称用語集	xi

第 I 部

バイオ燃料の見通し，リスク，および機会

第 1 章 序論および主なメッセージ	3
農業とエネルギー	4
液体バイオ燃料の機会とリスク	7
バイオ燃料政策と目的：ミスマッチがあるか？	8
本報告の主要なメッセージ	11
第 2 章 バイオ燃料と農業—技術の概観	15
バイオ燃料のタイプ	15
輸送用液体バイオ燃料	16
バイオ燃料の原料資源	19
バイオ燃料と農業	20
バイオ燃料のライフサイクル：	
エネルギーバランスと温室効果ガスの排出	23
第 2 世代液体バイオ燃料	27
バイオエネルギーの可能性	29
本章の主要なメッセージ	32
第 3 章 液体バイオ燃料の経済的・政策的推進力	38
バイオ燃料市場と政策	38

バイオ燃料政策の基本目標	41
バイオ燃料開発に影響する政策手段	43
バイオ燃料の経済的コスト	48
バイオ燃料の経済的成長性	50
本章の主要なメッセージ	60
第4章 バイオ燃料市場と政策のインパクト	68
最近のバイオ燃料と農産品市場の展開	68
バイオ燃料の展開の長期的見通し	72
バイオ燃料の中期的展望	74
バイオ燃料政策のインパクト	81
本章の主要なメッセージ	85
第5章 バイオ燃料の環境へのインパクト	91
バイオ燃料は気候変動を緩和するか？	91
土地利用の変化と集約化	97
バイオ燃料生産はどのように	
水、土壌および生物多様性に影響するか？	104
バイオ燃料は限界的な土地で生産できるか？	111
環境的に持続的なバイオ燃料生産の保証	112
本章の主要なメッセージ	115
第6章 貧困と食料安全保障に対するインパクト	123
国レベルでの食料安全保障へのインパクト	124
世帯レベルでの食料安全保障へのインパクト—短期的影響	126
農業成長の推進力としてのバイオ燃料作物の生産	134
バイオ燃料作物の開発：公平性と男女間差問題	139
本章の主要なメッセージ	141

第7章 政策課題	149
本報告で扱われた諸問題	149
より良いバイオ燃料政策の枠組み	152
政策行動の分野	157
結 論	163
市民社会の視点	165
農産燃料か食料主権か？	165
バイオ燃料：家族農業の新しい機会	167

第Ⅱ部 世界の食料と農業の概観

世界の食料と農業の概観	171
農産品価格	173
農業生産と在庫	177
貿 易	180
食料援助と食料の緊急需要	184
将来の価格を動かす主要な要因	184
今後の見通し	194
参考文献	199
日本語版参考文献	211
世界食料農業白書（既刊）の特集記事	212

表

第 I 部

第 2 章

表 1	国別バイオ燃料生産量（2007年）	22
表 2	原料資源別および国別バイオ燃料の収量	23
表 3	主要穀物および砂糖作物による エタノール生産可能性の仮定値	32

第 3 章

表 4	G8+5諸国における輸送用燃料の任意および義務的 バイオエネルギー目標	46
表 5	主要国におけるエタノール適用関税	47
表 6	OECD 主要国におけるバイオ燃料に対する 総支援推定額（2006年）	48
表 7	OECD 主要国におけるバイオ燃料 1 リットル当たり 支援額の近似平均値と変異幅	50

第 4 章

表 8	資源および部門別エネルギー需要量：参考シナリオ	73
表 9	バイオ燃料生産に必要な土地	74

第 5 章

表 10	バイオ燃料作物に必要な水量	105
------	---------------	-----

第 6 章

表 11	2007年の食料全体と主要食料品の輸入支払額および 2006年に対する増加率	126
表 12	石油製品と主要穀物の純輸入国および その栄養不足蔓延程度によるランク付け	127
表 13	都市部、農村部および全体の世帯に占める 主食食料純販売世帯の割合	129

図

第 I 部

第 1 章

- 図 1 資源別世界の主要エネルギー総需要 (2005年) …………… 5
- 図 2 資源別および地域別世界の主要エネルギー総需要量
(2005年) …………… 6
- 図 3 輸送用バイオ燃料消費量の推移 …………… 7

第 2 章

- 図 4 バイオ燃料—原料から最終用途まで …………… 16
- 図 5 バイオマスのエネルギー利用 …………… 17
- 図 6 農産原料資源の液体バイオ燃料への変換 …………… 21
- 図 7 数種の燃料タイプ別化石エネルギーバランスの
推定値幅 …………… 25

第 3 章

- 図 8 バイオ燃料供給チェーン各段階での支援 …………… 44
- 図 9 主要国におけるバイオ燃料生産コスト
(2004年と2007年) …………… 52
- 図 10 原油と主な原料資源の損益均衡価格 (2005年) …………… 54
- 図 11 米国におけるトウモロコシと原油の損益均衡価格 …………… 55
- 図 12 補助金の有無別トウモロコシと原油の損益均衡価格 …………… 56
- 図 13 トウモロコシと原油の損益均衡価格および実態価格
(2003～08年) …………… 57
- 図 14 原油とその他のバイオ燃料原料資源の価格の関係 …………… 59

第 4 章

- 図 15 食料品価格の1971年～2007年の推移および
2017年の予測 …………… 69
- 図 16 世界全体のエタノールの生産、貿易および価格、
および2017年の予測 …………… 75

図17	主要エタノール生産国および2017年の予測……………	76
図18	世界全体のバイオディーゼルの生産、貿易および価格、 および2017年の予測……………	78
図19	主要バイオディーゼル生産国および2017年の予測……………	79
図20	エタノールのための貿易を歪曲するバイオ燃料政策を排除し た場合の全体的影響（2013～17年の平均）……………	82
図21	バイオディーゼルのための貿易を歪曲するバイオ燃料政策 を排除した場合の全体的影響（2013～17年の平均）……………	83

第5章

図22	温室効果ガスバランスのライフサイクル分析……………	93
図23	化石燃料と比べた一部のバイオ燃料の 温室効果ガス排出量の削減……………	94
図24	作物栽培用土地を拡大する潜在的可能性……………	98
図25	主なバイオ燃料原料作物の収量増加の潜在的可能性……………	103
図26	灌漑面積拡大の潜在的可能性……………	106

第6章

図27	後発開発途上国の農産品貿易バランス……………	125
図28	主要食料の純購入者と純販売者である貧困層の分析……………	130
図29	農村部と都市部世帯の所得（支出）5段階区分別の 主食食料品価格の10%上昇による平均的福祉の向上 または低下……………	131

第II部

図30	食料とエネルギーの実質および名目価格の長期的推移……………	173
図31	所得に対する農産品価格の関係（1971年—2007年）……………	174
図32	特定のアジア諸国におけるコメの実質価格の変化 （2003年10—12月～2007年10—12月）……………	175
図33	総量および1人当たり農業生産指数……………	177
図34	特定作物の生産量……………	178
図35	特定畜産物の生産量……………	179

図36	総消費量に対する世界全体の在庫量の比率……………	180
図37	世界全体の食料輸入のための支出（1990年－2008年）…	181
図38	特定作物の輸出货量……………	182
図39	特定作物の輸入量……………	182
図40	地域別食料品価格の上昇に対する政策的対応……………	183
図41	外部支援を必要としている危機状態の国々 （2008年5月現在）……………	185
図42	穀物食料援助，1993/2006/07年……………	186
図43	バイオ燃料原料使用量の増加が世界全体の農産品価格に 与える影響（2007年水準の固定使用量との比較）……	187
図44	石油価格の上昇あるいは下落が世界全体の農産品価格に 与える影響（バレル当たり130米ドルで固定した価格と の比較）……………	189
図45	GDPの成長が半減した場合の世界全体の農産品価格への 影響（2007年水準のGDP成長率との比較）……………	190
図46	2007年の収量低下ショックが繰り返して発生した場合の 世界全体の農産品価格への影響……………	191
図47	収量増加年率が高い場合と低い場合の世界全体の農産品 価格に与える影響（収量上昇年1%の場合との比較）	192

Box

第I部

第2章

Box 1 熱源，電力，輸送用バイオマスのその他のタイプ……………34

Box 2 バイオ燃料へのバイオテクノロジーの応用……………36

第3章

Box 3 ブラジルのバイオ燃料政策……………61

Box 4	米国のバイオ燃料政策	63
Box 5	欧州連合（EU）のバイオ燃料政策	66
第4章		
Box 6	バイオ燃料の将来予測における不確実性の主な根源	86
Box 7	バイオ燃料と世界貿易機関（WTO）	87
Box 8	バイオ燃料と特惠貿易措置	89
第5章		
Box 9	世界バイオエネルギーパートナーシップ	117
Box10	バイオ燃料および気候変動に関する国連枠組み協定	119
Box11	ジャトロファ：“奇跡”の作物？	120
第6章		
Box12	農業成長と貧困削減	143
Box13	サヘルの綿花	144
Box14	タンザニア共和国におけるバイオ燃料作物と 土地問題	146

第 I 部

バイオ燃料の見通し， リスク， および機会

- 第 1 章 序論および主なメッセージ
- 第 2 章 バイオ燃料と農業—技術の概観
- 第 3 章 液体バイオ燃料の経済的・政策的推進力
- 第 4 章 バイオ燃料市場と政策のインパクト
- 第 5 章 バイオ燃料の環境へのインパクト
- 第 6 章 貧困と食料安全保障に対するインパクト
- 第 7 章 政策課題





第1章 序論および主なメッセージ

2年前、この「世界食料農業白書 2008年報告」の準備を始めたころ、液体バイオ燃料は地球の気候変動を緩和し、エネルギーの安全保障に貢献し、そして世界中の農業生産者を力づけることができるであろう有力な資源として、大きな期待が寄せられていた。多くの政府は、これらを政策の目標とすることで、農産物を原材料とする液体バイオ燃料の生産と利用を促進する施策の実施を正当化する理由とした。

それ以降、バイオ燃料に対する考え方は大きく変化した。最近の分析では、すでに圧力を受けている農業資源からバイオ燃料を生産することの環境に対する大きなインパクトに関して重大な懸念が表明されている。液体バイオ燃料の推進を目指す諸政策のコスト、およびそれらの予期しない影響について詳細な吟味を求める声が出始めている。食料品価格が急速に上昇して多くの国で抗議の火の手が上がり、世界の最も脆弱な人たちの食料安全保障に関して重大な懸念が持ち上がりつつある。

しかし、バイオ燃料は、最近の物価上昇を駆動している多くの要因の1つにすぎない。バイオ燃料はまた、物価への影響を上回るその他の関連性を持っている。本書はバイオ燃料に関する最近の論争を検証し、それらが持つ意味を探求する。また、本書は、バイオ燃料を支持する立場で実施されている政策およびバイオ燃料と環境、食料安全保障および貧困層の密接な関係に対応するために必要な政策を検証する。

農業とエネルギー

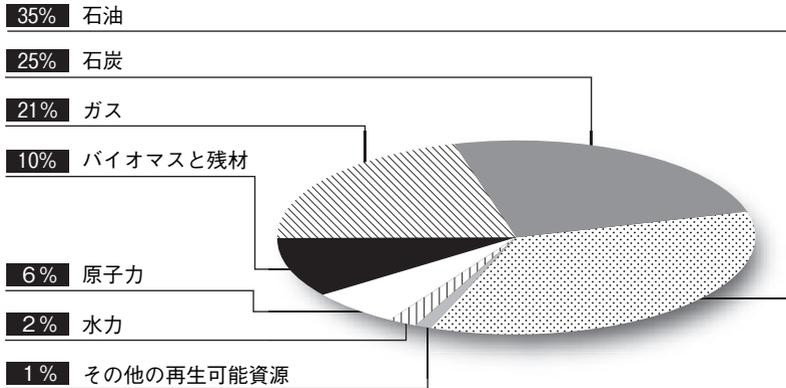
農業とエネルギーは常に緊密に結び付いているが、その関係の性格と強さは時とともに変化してきた。農業は常にエネルギーの源泉であり、同時にエネルギーは現代の農業生産において重要な投入財でもある。19世紀までは、動物が輸送や農機具に用いられた“馬力”のほとんどすべてを提供したが、世界の多くの地域ではいまだにそのままである。農業はこれらの動物を養うための“燃料”を生産する。2世紀前の米国では営農面積のほぼ20%が役畜を飼養するために供された (Sexton *et al.*, 2007)。

20世紀に運輸部門で化石燃料が優勢になるにつれて、農業とエネルギー産出物市場の結び付きは弱くなった。同時に、農業が化石燃料に由来する化学肥料やディーゼル動力の機械類にますます依存するようになって投入サイドの結び付きは強くなった。食料の貯蔵、加工および配送もまた、往々にしてエネルギー集約型活動である。したがって、エネルギーコストの上昇は農業生産コストと食料価格に直接的な強いインパクトを与える。

最近、農産物から生産される輸送用燃料としての液体バイオ燃料が出現し、エネルギーと農産品市場の結び付きがふたたび強くなってきている。液体バイオ燃料は農産品市場に大きな影響を与える可能性を持っているが、それはエネルギー市場全体としては比較的小さいもので、それ以上にはならないであろう。世界の基本エネルギーの年間総需要量は約114億トン（石油換算）で (IEA, 2007)、農林産物や有機廃棄物・残渣を含むバイオマス資源はこの10%を占める (図1)。化石燃料は、断然、世界の基本エネルギーの支配的な資源で、石油、石炭およびガスを合わせて総量の80%以上を供給している。

再生可能なエネルギー資源は基本エネルギー総供給量のほぼ13%で、バイオマスはその主体である。基本エネルギーの資源は地域によって大きく異なっている (図2)。いくつかの開発途上国では、エネルギー総消費量のほとんど90%程度がバイオマスによって供給されている。薪、木炭およ

図1 資源別世界の主要エネルギー総需要（2005年）

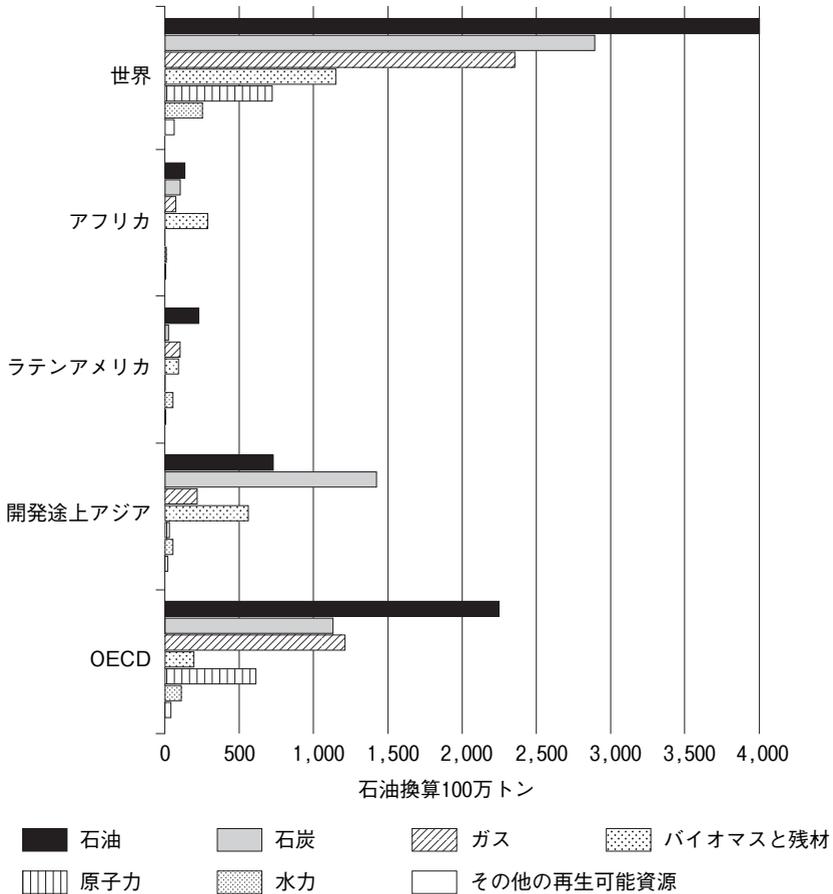


出典：IEA, 2007.

び家畜糞などの固形バイオ燃料がバイオエネルギーの最大部分を占め、バイオ燃料全体の99%に及ぶ。何世紀にもわたって、人間は暖房や調理をバイオマス利用に依存し、アフリカやアジアの開発途上国ではこのようなバイオマスの伝統的な利用に今なお大きく依存している。液体バイオ燃料は、世界全体のエネルギー供給においてごく限られた役割を演じているにすぎず、バイオエネルギー全体のたった1.9%しか占めていない。その重要性は主として輸送部門で認められているが、ここにおいてさえ、1990年の0.4%から増加して、2005年に輸送用燃料総消費量の0.9%を占めたにすぎない。

しかしながら、近年、液体バイオ燃料は量的に、また世界全体の輸送用エネルギー需要の割合において急速に伸びている。図3に説明されているように、その伸びは続くものと予測され、過去の推移とともに、世界エネルギーアウトック 2007年 (*World Energy Outlook 2007*) (IEA, 2007) に報告されているような2015年および2030年に向けた予測が示されている¹。とは言え、輸送用エネルギーや、さらに言えば、世界全体のエネルギーに対する液体バイオ燃料の貢献は限られたものであろう。世界全体の基本エネルギーの需要は圧倒的に化石燃料が支配的であり、またそうあり続けるであろう。現在、石炭、石油およびガスが総需要量の81%を占めて

図2 資源別および地域別世界の主要エネルギー総需要量（2005年）

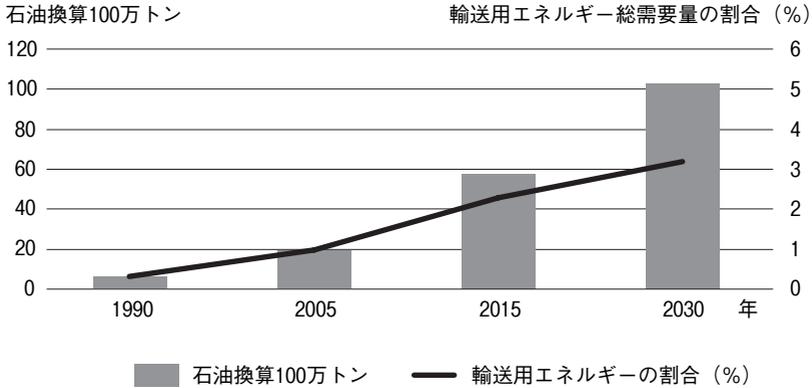


出典：IEA, 2007.

いる。この割合は2030年には82%と予測されているが、その内容としては石炭の割合が増えて、その分石油が減少する。現在、バイオマスと廃棄物

¹ この予測はIEAの“参考シナリオ”と呼ばれるものを参照しており、それは“もし政府が、エネルギー動向の基礎を変えるようなことをこれ以上何もしない場合に、経済成長、人口、エネルギー価格および技術に関して与えられた仮定に基づいてもたらされる結果を示すようにデザインされている。”この予測と基本となっている仮定については第4章で論じられている。

図3 輸送用バイオ燃料消費量の推移



出典：IEA, 2007.

から生産される燃料は世界全体の基本エネルギーの10%を賄っているが、この割合は2030年までには9%へと若干低下するものと予測されている。同じ年まで、液体バイオ燃料は世界全体の輸送用エネルギー消費量の3.0~3.5%という依然として限定的な割合にとどまっているものと予測されている。

液体バイオ燃料の機会とリスク

世界全体のエネルギー供給という意味では、また、固体バイオ燃料の重要性と比べても、液体バイオ燃料の重要性は限られたものにすぎないが、世界の農産品市場、環境および食料安全保障に対するその直接的および著しい影響についてはすでに幅広い論争が始まっている。この農産物の新しい需要源は機会を創出するとともに、食料と農業部門にリスクをもたらす。確かに、バイオ燃料に対する需要は、この数十年にわたって多くの開発途上国の農業成長を押し下げてきた実勢物価の下落傾向を反転するかもしれない。このように、バイオ燃料は、世界の貧困層の75%がその暮らし向きを農業に依存している開発途上国に、広範な農村地域の発展と貧困削減のために農業成長を利用する機会を与えるかもしれない。

農業とエネルギー需要のより強い結び付きは、農産品価格、生産量および国内総生産（GDP）の上昇をもたらすかもしれない。バイオ燃料の開発はまた、農村地域におけるエネルギー入手を助長し、経済成長と食料安全保障の長期的改善をさらに助けることができるかもしれない。同時に、食料品価格が高くなれば、多くの人々が世帯収入の半分以上を食料に費やしている世界の最貧層の食料安全保障を脅かすかもしれないというリスクがある。さらに、バイオ燃料の需要は自然資源基盤に更なる負荷をかけるかもしれない。特に、すでにエネルギー、食料、土地および水の入手手段を欠いている人々に環境や社会的に有害な影響をもたらす可能性がある。

現在の農業技術や変換技術を前提にすれば、支援策や補助金がなければ、すべてではないが多くの国における大部分の液体バイオ燃料の経済的成長は心もとない。しかし、作物収量の向上、栽培面積の拡張および集約化によって、原料生産を著しく拡大し、コストを下げることもできるかもしれない。バイオ燃料の加工における技術革新もまた劇的にコストを下げ、セルロース系原料資源による商業的生産を可能にする第2世代のバイオ燃料を作り出し、それによって農作物との競合や物価への圧力を低減することができるかもしれない。

バイオ燃料政策と目的：ミスマッチがあるか？

バイオ燃料生産における最近の成長の大部分は経済協力開発機構（OECD）諸国で見られ、これらは米国および欧州連合（EU）諸国によって占められている。例外はブラジルで、原料の多くをサトウキビに求め、経済的に競争力のある国としてのバイオ燃料部門を開発した先駆者である。OECD 諸国では、バイオ燃料は生産と消費を支援し、補助金を提供する政策によって推進されてきたが、こういった政策は今では多くの開発途上国で導入されつつある。

OECD 諸国の政策を後押ししている主な要因は、農業を支援し、農村開発を促進したいとする願望と結び付いた、温室効果ガスの排出削減によ

ってエネルギーの安全保障と気候変動の緩和を実現しようとする目標である。確かに、これらの関心は弱まることなく、気候変動と将来のエネルギー安全保障は国際的な政策の順位を昇り続けている。しかしながら、バイオ燃料の役割は今や、適用されるべき適切な政策を含むこれらの関心に対応するなかで詳細に吟味されようとしている。最近の政策といくつかの基本的な仮定の一貫性について疑問が出され、新しい関心が前面に出てきている。

第1に、実施中の政策はコストがかかる。確かに、世界のエネルギー供給におけるバイオ燃料の役割はいまだ相対的に限られたものであることを考えると、優勢になりつつあるバイオ燃料補助金の推定額は高い。EU、米国およびその他3カ国について世界補助金イニシアティブ（Global Subsidies Initiative）が推定したところでは（第3章参照）、2006年のバイオディーゼルとエタノールに対する支援総額はおよそ110～120億米ドルであることが示唆されている（Steenblik, 2007）。リットル当たりの支援額は0.20米ドルと1.00米ドルの間にある。バイオ燃料の生産と支援額が上昇するにつれてコストもエスカレートするにちがいない。補助金は一時的に意図されたものにすぎないと言える一方、そうであるか否かは、バイオ燃料が長期的に経済的な成長を続け得るか否かを大きく左右する。これはさらに、それらが化石燃料であるか、あるいは長期的に再生可能なエネルギーの各種資源であるかの違いはあるが、その他のエネルギー資源のコスト如何にもよるであろう。最近の石油価格の上昇を考えに入れてとしても、現時点では、主要生産国の中でブラジルのサトウキビエタノールだけが補助金なしでもう一方の化石燃料と対抗していけるように思われる。

しかし、直接補助金は最も明白なコストを代表するにすぎず、隠れたコストは、バイオ燃料に対する各種の支援や混合制度といった量的手段に由来する歪曲された資源配分の結果もたらされる。この数十年、多くのOECD諸国における農業の補助金や保護主義は国際レベルで重大な資源の配分ミスを引き起こし、OECD諸国の消費者と開発途上国の双方に重いコストを負担させることになった。このような配分ミスのリスクは永続

し、OECD 諸国の現行のバイオ燃料政策によってさらに悪化している。

コスト全体の考え方に加えて、コストのもう1つの側面は政策目標を達成するうえでのコストの有効性に関するものである。バイオ燃料政策はしばしば多角的な、時には互いに競合する目標を基に意義付けされることから、この明快性の乏しさが目標の達成に失敗したり、極めて高いコストを費やして初めて達成されるような政策となる。高いコストの1例は、バイオ燃料で化石エネルギーを置き換えることによって温室効果ガスの排出を低減しようとするコストである (Doornbosch & Steenblik, 2007)。バイオ燃料の開発によって温室効果ガスの排出を低減しようとする場合、特に、もしバイオ燃料開発がエネルギー保護、輸送政策および他の形の再生可能なエネルギーの開発を包括する幅広い枠組みに統合されていない場合、その費用対効果にはますます多くの問題が生じる。

同様に、バイオ燃料のタイプと作物や地域という意味でのその産出源によって、温室効果ガスの排出削減に貢献するうえでのバイオ燃料の技術的な効率性もまた精査されようとしている。原料生産を拡大するためのバイオ燃料生産の一連のプロセスと起こり得る土地利用の変化を考えに入れると、想定されたバイオ燃料にとって有望な温室効果ガスのバランスシートを大きく変えるかもしれない。実際、最近の研究は、バイオ燃料生産の大規模な拡大は温室効果ガス排出の純増をもたらすかもしれないと示唆している。

そのほか、環境の持続性の問題もまた前面に出てきている。バイオエネルギーは環境に利益をもたらす得るが、その生産はまた環境を損なう有力な原因ともなる。土地や水資源および多様な生物資源といった基盤の上で展開されるバイオ燃料生産拡大のインパクトは注意すべき焦点としてますます重要性を増し、その環境の持続性をいかに保証するかが問題となっている。

バイオ燃料政策は一般に国の枠組みの中でデザインされ、国や国際レベルでの不測の結果についてはほとんど注意が払われていない。開発途上国にとってバイオ燃料開発が持つ意味合いがより詳細に吟味される過程で浮

かび上がってきた1つの関心事は、部分的には農産物や資源に対するバイオ燃料の競合性が強まった結果高騰した食料品価格が、貧困と食料安全保障に及ぼす負のインパクトである。

同時に、バイオ燃料に対する需要の高まりは、開発途上国の農家や農村社会に機会を提供し、農村開発に貢献するかもしれない。しかし、彼らがこれらの機会を有利に活用できるか否かは、それを可能にする環境があるか否かにかかっている。世界全体のレベルでは、高度の支援や保護で特徴付けられる最近の貿易政策は、開発途上国の参入やバイオ燃料生産の効率的な国際的パターンに有利に働いていない。国内レベルでは、農家は適切な政策枠組みと必要な物理的および制度的基盤整備の存在に大きく依存している。

本報告は、特に最近明らかになってきた証拠に照らして、これらの諸問題をより詳細に論じている。

本報告の主要なメッセージ

- 液体バイオ燃料のための農産原料資源に対する需要は、この10年あるいはそれ以上にわたって、農産品市場と世界の農業にとって大きな要因となるかもしれない。バイオ燃料用原料に対する需要は、農産品実勢価格の長期的下落の反転を助け、機会とリスクの両方をもたらすかもしれない。すべての国は、この部門に直接参画しているか否かにかかわらず、農産品市場全体が影響を受けるなかで、液体バイオ燃料開発のインパクトに直面するであろう。
- バイオ燃料用原料資源に対する急激な需要の上昇は食料品価格の高騰をもたらし、都市と農村両地域の貧困な純食料購買層（価額として）に直接的な脅威を与えている。世界の多くの貧困層は彼らの世帯収入の半分以上を食料に費やしており、農村地域においてさえ貧困層の大部分は食料の純購買者である。世界の最貧層と最も脆弱な人々を保護し、彼らが十分な食料を入手できるよう保証するために、セーフティ

ーネットが緊急に必要なである。しかし、セーフティーネットは慎重にその対象を定めるべきで、農業生産者への価格シグナルの伝達を阻んではならない。

- 長期的には、農産品に対する需要の拡大と価格の上昇は農業と農村開発に機会をもたらすかもしれない。しかしながら、市場機会は、性別や民族による差別および政治的な無力さを排除して公平な成長を促すために、現存する社会的および制度的障壁を克服することができず、むしろそれらを悪化させるかもしれない。さらに、物価の上昇だけでは不十分で、生産性や持続性を強化する研究、機能的な制度、基盤整備および有効な政策への投資もまた緊急に必要なである。最も貧困で少ない資源に頼っている多くの人々のニーズに強い焦点を当てることで、基盤の広い農村開発を確かなものにするために必須である。
- バイオ燃料部門を支持する基礎として重要な動機の1つである温室効果ガス排出に対するバイオ燃料のインパクトは、原料資源、地域、農業形態および変換技術によって異なる。多くの場合、実際の影響は好ましくないものである。最大のインパクトは、例えば森林減少といった土地利用の変化に認められるように、バイオ燃料用原料資源に対する増大する需要を満たすために農業用面積が拡大していることである。生物多様性ととも土地や水資源に対して考えられるその他いくつかの負の環境的影響が、土地利用が変化したために広範囲に現れている。政策支援に後押しされて加速されたバイオ燃料生産は、大規模な土地利用の変化やそれに伴う環境への脅威といったリスクを甚だしく増幅している。
- 好ましい成果をあげるために、バイオ燃料生産の温室効果ガスとのバランスやその他の環境へのインパクトを査定するための調和の取れた手法が必要である。持続的生産が準拠すべき規準は、バイオ燃料が環境に残す痕跡の改善に貢献できるが、それは世界全体の公共財に焦点を当て、国際的に合意された基準に従い、不利な競争条件で開発途上国に適用されるべきではない。同一の農産商品を、それがバイオ燃料

生産に向けられるか食用や飼料といった従来の用途に向けられるかによって、異なる扱いをしてはならない。

- 液体バイオ燃料は世界全体のエネルギー需要のごく小さい部分を置き換えるにすぎないと思われ、そのみでわれわれの化石燃料への依存をなくすことはできない。大規模な化石燃料の置き換えを実現するために要する原料の生産に供される土地は広大にすぎるであろう。リグノセルロースの豊富な原料資源を原料にした第2世代バイオ燃料の導入は、可能性を大きく拡大するかもしれないが、予測可能な将来の液体バイオ燃料はなお世界全体の輸送用エネルギーのごく少量を供給できるにすぎず、世界全体の総エネルギーにおいてはさらに小さな部分を占めるにすぎないであろう。
- 現在の農業生産とバイオ燃料加工技術、および最近の農産原料資源と原油の相対的価格を前提にすれば、多くの国における液体バイオ燃料の生産は現時点では補助金なしでは経済的に成り立たない。最も顕著な例外はブラジルのサトウキビを原料にしたエタノールの生産である。競争力は特定のバイオ燃料、原料および生産場所によって大きく異なり、経済的発展性は各国が投入財や原油の市場価格の変化に直面すると変動し、同時に、当該産業それ自体の技術の進歩によって違ってくる。技術革新は農業生産とバイオ燃料加工のコストを下げることができる。研究開発への投資は、再生産が可能で、経済的・環境的に持続的な資源としてのバイオ燃料の将来にとって不可欠である。これは農業分野と変換技術双方に適用される。特に、第2世代技術に関する研究開発はバイオ燃料の将来の役割を著しく大きくするかもしれない。
- 政策介入、特に補助金やバイオ燃料の化石燃料との混合義務といった形での介入は、液体バイオ燃料への強力な動きを駆動している。しかしながら、先進国と開発途上国の双方で実施されている多くの手法は、経済的、社会的および環境的に高いコストを必要とする。農業、バイオ燃料および貿易政策の間の相互作用は、往々にして開発途上国

のバイオ燃料用原料生産者を差別し、開発途上国におけるバイオ燃料加工や輸出部門の出現を妨害する。現行のバイオ燃料政策を見直し、そのコストと結果を注意深く分析評価する必要がある。

- 環境的、経済的および社会的に持続的なバイオ燃料生産は次のような広範な分野での政策行動が必要である：
 - 貧困層と食料不安にある人々を保護すること；
 - 農業・農村開発のために機会を有利に活用すること；
 - 環境の持続性を確保すること；
 - 現行のバイオ燃料政策を見直すこと；
 - 持続可能なバイオ燃料開発を支援する国際的システムを構築すること。

第 2 章 バイオ燃料と農業—技術の概観

薪、木炭および家畜糞を含む伝統的バイオマスは、世界の多くの地域でエネルギーの重要な資源を提供し続けている。バイオエネルギーは、極度の貧困のなかに住み、このエネルギーを主として調理に使っている世界の大部分の人々にとって、支配的なエネルギー源である。今日では、より進歩した効率的な技術が、木材、作物および廃棄物といった材料から、固形、液体およびガス態のバイオ燃料を作り出すことを可能にしている。本章ではバイオ燃料の概観を提供する。それは何か、その潜在的可能性は何か、および、それが農業に対して持つ意味合いは何か？ しかし、主たる焦点は輸送用の液体バイオ燃料に当てられており、その利用が急速に増加してきた結果、それは今や目立つ存在になりつつある。

バイオ燃料のタイプ

バイオ燃料は、バイオマス由来のエネルギーを蓄えているエネルギー担体である²。多様な形のバイオエネルギーを生産するために、広範囲のバイオマス資源を用いることができる。例えば、産業部門から出る食料、繊維および木材などの加工残渣；エネルギー作物、短期輪作作物および農業部門から出る農産廃棄物；および、林業部門から出る残渣はすべて電気、熱および熱電気複合その他の形のバイオエネルギーを生み出すために使うことができる。バイオ燃料は太陽エネルギーが変換されたものであるもので、再生可能なエネルギーとされる。

バイオ燃料はその原料資源とタイプによって分類することができる。バイオ燃料は、林業、農業あるいは漁業の生産物、あるいは都市廃棄物、お

² バイオ燃料に関連する用語については FAO (2004a) を参照。

よび農産業、食品産業および食品サービス業の副産物や廃棄物などに由来する。バイオ燃料は、薪、木炭および木材ペレットなどの固体；エタノール、バイオディーゼルおよび熱分解油などの液体；および、バイオガスなどのガス体である。

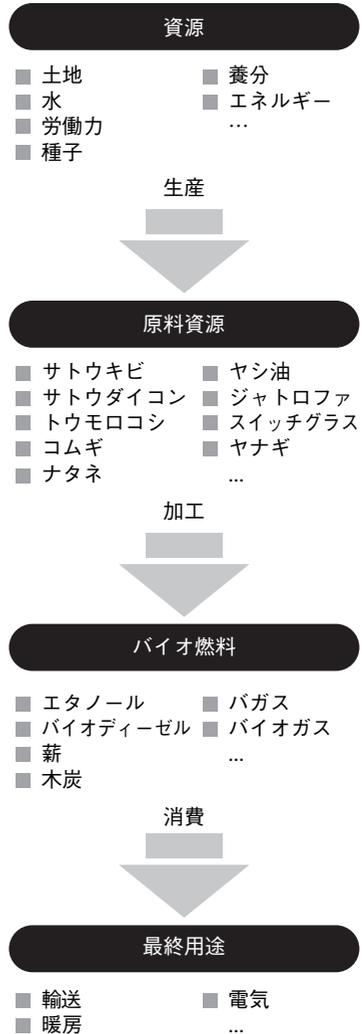
1次バイオ燃料（加工されていない）と2次バイオ燃料（加工された）の間にも基本的な区別がある：

- 1次バイオ燃料：薪、木材チップおよびペレットで、本質的には有機材料が収穫されたままの自然の形で用いられる。このような燃料は、通常は調理用燃料として、あるいは小規模および大規模な産業の暖房や発電用に直接燃やされる。
- 2次バイオ燃料：固体（例：木炭）、液体（例：エタノール、バイオディーゼルおよびバイオオイル）、あるいはガス体（例：バイオガス、合成ガスおよび水素）の形で輸送および高温加工産業を含むより広範な用途に用いられる。

輸送用液体バイオ燃料³

全体の量としては限られてはいるが（図5）、輸送用の液体バイオ燃料

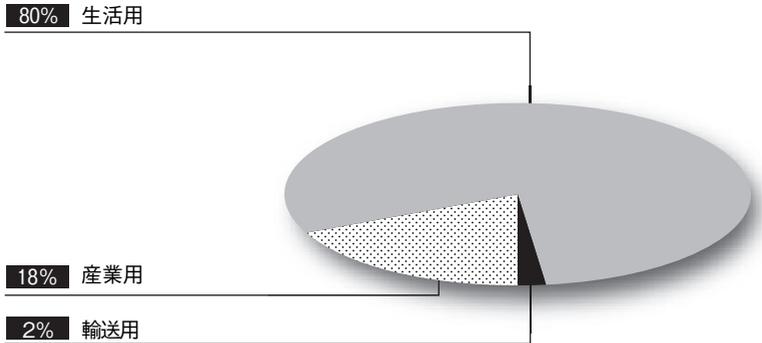
図4 バイオ燃料—原料から最終用途まで



出典：FAO.

³ この節は GBEP (2007, pp.2 ~ 10) と IEA (2004) に基づいている。

図 5 バイオマスのエネルギー利用



出典：IEA, 2007.

は近年大きく成長しており、大部分農産品や食用産品を原料資源として生産されている。最も代表的なものはエタノールとバイオディーゼルである。

エタノール

大量の砂糖、あるいはでんぷんやセルロースなど砂糖に変換できる成分を含んでいる各種の原料がエタノール生産に用いられる。今日、バイオ燃料市場に出回っているエタノールは砂糖かでんぷんから生産されている。原料として用いられる一般的な甘味作物はサトウキビ、サトウダイコンおよび、これらより少ないがスイートソルガムである。一般的なでんぷん原料にはトウモロコシ、コムギおよびキャッサバが含まれる。直接エタノールへの発酵ができる砂糖を含有するバイオマスを用いることはエタノール生産の最も単純な方法である。最近エタノールを生産しているブラジルその他の熱帯諸国では、サトウキビが最も広く用いられている原料である。OECD 諸国では、エタノールの大部分は穀物のでんぷん質成分から生産されており（サトウダイコンも用いられてはいるが）、それは極めて容易に砂糖に変換できる。しかし、これらのでんぷん質成分は全植物体のごく小さな割合を占めているにすぎない。大部分の植物体はセルロース、ヘミセルロースおよびリグニンからなり、前の 2 つはまず砂糖に変換された

後、アルコールに変換されるが、その工程はでんぷんを用いる工程より難しい。今日では、実質的にセルロース系バイオマスからのエタノールの商業的生産はないが、多くの研究がこの分野において行われている（本報告27～29ページ：第2章の‘第2世代液体バイオ燃料’の節を参照）。

エタノールはガソリンと混合あるいはそのままの形で若干設計変更された火花点火エンジンで燃焼させることができる。エタノール1リットルはガソリン1リットルのエネルギーのおおよそ66%を持っているが、そのオクタン価はガソリンより高く、輸送用燃料としてガソリンと混合された場合、ガソリンの力を向上させる。それはまた、自動車エンジン内での燃料の燃焼を改善し、それによって一酸化炭素の排出を低減し、燃焼しなかった炭化水素や発がん性物質を減らす。しかし、エタノールの燃焼はまた、空气中窒素との反応を高める原因となり、酸化窒素ガスを若干増加させることがある。ガソリンと比べて、エタノールは硫黄を痕跡程度しか含有していない。したがって、エタノールをガソリンと混合することは燃料の硫黄含量の低減を助け、それによって酸性雨の成分や発がん性物質である硫黄酸化物の排出を少なくする。

バイオディーゼル

バイオディーゼルは、エステル交換 (*transesterification*) として知られる化学反応を通して植物油または動物脂肪をアルコールおよび触媒と結合することによって生産される。バイオディーゼル生産に用いられる油はほとんどすべての油料作物から抽出することができ、世界的には、ヨーロッパではナタネが最も一般的な原料で、ブラジルと米国ではダイズが最も一般的である。熱帯および亜熱帯諸国では、バイオディーゼルはヤシ、ココナッツおよびジャトロファ* (*jatropha*) の油から生産される。魚や動物加工の工程から得られる少量の油脂もまたバイオディーゼル生産に用いられる。この生産工程では副産物として粉碎種実殻“ケーキ”（家畜飼料）やグリセリンが得られるのが特徴である。バイオディーゼルの生産には広範囲の油脂類を用いることができることから、生産されたバイオディーゼ

ルは粘性や燃焼性といった物理的性質においてエタノールより幅広い多様性を示す。（*訳注：和名「ナンヨウアブラギリ」、トウダイグサ科の灌木）

バイオディーゼルは従来のディーゼル燃料と混合することができ、あるいは純体で圧縮点火エンジンで燃焼させることができる。バイオディーゼルのエネルギー容量は従来のディーゼルの88～95%であるが、混合することによってディーゼルの潤滑性を向上し、セタン価を上げて、ともに燃費を一般に匹敵できるものにする。バイオディーゼルは酸素含有量が他より高いために燃料の完全燃焼を助け、一酸化炭素や炭化水素など、特定の大気汚染物質の排出を低減する。エタノールと同様、ディーゼルもまた硫黄は無視できる量しか含有していないので、自動車からの二酸化硫黄の排出を減らす。

純植物油

純植物油（straight vegetable oil, SVO）⁴は、ディーゼルエンジンの有力な燃料で、ナタネ、ヒマワリ、ダイズおよびヤシなどの油料作物を含むいろいろな資源から生産することができる。レストランの使用済みクッキングオイルや食肉加工産業から出される動物油脂もまたディーゼル自動車の燃料として用いることができる。

バイオ燃料の原料資源

エネルギー目的のバイオマスは多くの供給源があり、広かつ地理的にさまざまな地域に散在している。今日でさえ、燃料として用いられているバイオマスに由来する大部分のエネルギーは食料、乾草および繊維生産の副産物あるいは随伴産物である。例えば、林産業の主な副産物は薪や木炭の生産に用いられ、黒液（パルプ粉碎の副産物）は、ブラジル、カナダ、フィンランド、スウェーデンおよび米国などの国でバイオ発電の重要な燃

⁴ 純植物油（pure plant oil, PPO）とも称される。

料資源である。相当量の熱と電力が再生産および／あるいはリサイクルされた木質バイオマスから得られ、作物栽培地（わらやワタの茎）や林地（木材チップやペレット）由来のバイオマスから再生産されたエネルギー量が増加している。砂糖やコーヒーの生産国では、バガス*やコーヒーの種子殻が直接燃やされたり、熱エネルギーや蒸気の生産に供されている。（*訳注：サトウキビの搾りかす）

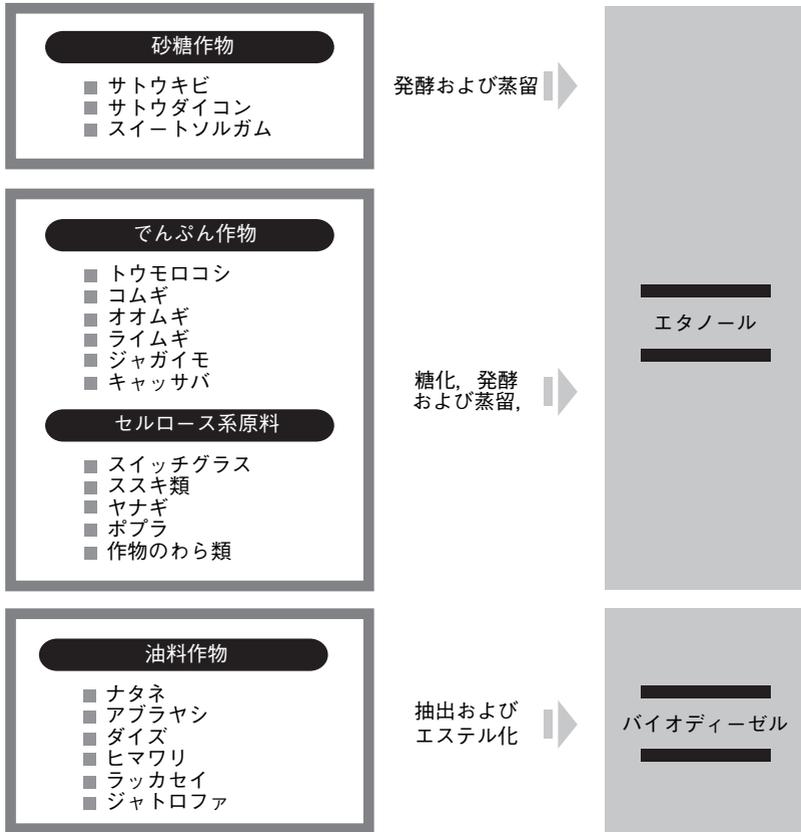
しかし、バイオエネルギーとして近年大きく成長している分野は、農作物を原料資源とした輸送用液体バイオ燃料の生産である。この大半は、糖料作物かでんぷん作物に由来するエタノール、あるいは油料作物に由来するバイオディーゼルである。

図6に示されているように、一連のさまざまな作物が原料としてエタノールおよびバイオディーゼルの生産に用いられる。しかし、世界全体のエタノール生産量の大部分はサトウキビまたはトウモロコシから生産され、ブラジルでは大量のエタノールがサトウキビから、米国ではトウモロコシから生産されている。その他の主な作物としてはキャッサバ、コメ、サトウダイコンおよびコムギがある。バイオディーゼルの最も一般的な原料は、EUではなたね、米国とブラジルではダイズで、熱帯・亜熱帯諸国ではヤシ、ココナッツおよびヒマで、ジャトロファに対する関心も高まっている。

バイオ燃料と農業

この10年間に大部分の先進国といくつかの開発途上国で施行された新しいエネルギー政策や環境政策の結果として、最近、エネルギー市場が拡大と成長を遂げているが、このことによって農業の役割が再形成されつつある。最も顕著なものは、エタノールやバイオディーゼルといった輸送用液体バイオ燃料の生産に用いられる原料の供給者としての役割が増大していることである。現代のバイオエネルギーは農家の生産物に対する新しい需要源である。それはさらに、所得と雇用の創出を約束する。同時に、それ

図 6 農産原料資源の液体バイオ燃料への変換



出典：FAO.

は自然資源，とりわけ土地と水との特に短期的な競合を増幅するが，農作物の収量が増加することによって長期的にはそういった競合は緩和されるであろう。土地との競合は，現在，食料や飼料用に栽培されているある種の作物（例えば，トウモロコシ，アブラヤシおよびダイズ）がバイオ燃料生産に向けられ，あるいは食料生産用の農地がバイオ燃料生産用に転換される場合に特に問題となる。

現在，世界全体の液体バイオ燃料生産の85%はエタノールである（表1）。エタノールの2大生産国はブラジルと米国で，総生産量のほぼ90%

を占め、残りの大部分はカナダ、中国、EU（主としてフランスとドイツ）およびインドが占める。バイオディーゼルの生産はもっぱらEU（総量のほぼ60%）に集中しており、米国もごく少量ではあるが生産している。ブラジルでは、バイオディーゼルの生産はごく最近始まったばかりで、生産量は限られている。その他のバイオディーゼル主要生産国は、中国、インド、インドネシアおよびマレーシアである。

ヘクタール当たりのバイオ燃料生産量という意味では、表2に説明されているように、原料別および国別、および生産システム別ともに、作物の違いによる差が大きい。差異は、作物と国によるヘクタール当たり作物収量の違いおよび作物による変換効率の違いの双方によるものである。これは、増大するバイオ燃料生産に対応するために必要な土地面積は作物と場所によって大きく異なることを意味する。現在のところ、サトウキビとサトウダイコンからのエタノール生産が最も高い収量をあげており、ヘクタール当たりバイオ燃料生産量という意味では、ブラジルにおけるサトウキビによる生産がトップで、インドがあまり離されないでこれに続いている。ヘクタール当たり収量はトウモロコシでやや低いが、例えば、中国と米国の間には著しい差がある。表2に報告されているデータは技術的な収量に関するもののみである。バイオ燃料の生産コストは生産国や原料作物

表1 国別バイオ燃料生産量（2007年）

国／国グループ	エタノール		バイオディーゼル		合計	
	(100万 リットル)	(石油換算 100万トン)	(100万 リットル)	(石油換算 100万トン)	(100万 リットル)	(石油換算 100万トン)
ブラジル	19,000	10.44	227	0.17	19,227	10.60
カナダ	1,000	0.55	97	0.07	1,097	0.62
中国	1,840	1.01	114	0.08	1,954	1.09
インド	400	0.22	45	0.03	445	0.25
インドネシア	0	0.00	409	0.30	409	0.30
マレーシア	0	0.00	330	0.24	330	0.24
米国	26,500	14.55	1,688	1.25	28,188	15.80
欧州連合	2,253	1.24	6,109	4.52	8,361	5.76
その他	1,017	0.56	1,186	0.88	2,203	1.44
世界	52,009	28.57	10,204	7.56	62,213	36.12

注：データは四捨五入されている。

出典：F.O.Licht, 2007。データはOECD-FAO Aglink-Cosimo データベース。

表 2 原料資源別および国別バイオ燃料の収量

作物	世界全体／国別	バイオ燃料	作物収量 (トン／ha)	変換効率 (リットル／ トン)	バイオ燃料収量 (リットル／ ha)
サトウダイコン	世界全体	エタノール	46.0	110	5,060
サトウキビ	世界全体	エタノール	65.0	70	4,550
キャッサバ	世界全体	エタノール	12.0	180	2,070
トウモロコシ	世界全体	エタノール	4.9	400	1,960
コメ	世界全体	エタノール	4.2	430	1,806
コムギ	世界全体	エタノール	2.8	340	952
ソルガム	世界全体	エタノール	1.3	380	494
サトウキビ	ブラジル	エタノール	73.5	74.5	5,476
サトウキビ	インド	エタノール	60.7	74.5	4,522
アブラヤシ	マレーシア	バイオディーゼル	20.6	230	4,736
アブラヤシ	インドネシア	バイオディーゼル	17.8	230	4,092
トウモロコシ	米国	エタノール	9.4	399	3,751
トウモロコシ	中国	エタノール	5.0	399	1,995
キャッサバ	ブラジル	エタノール	13.6	137	1,863
キャッサバ	ナイジェリア	エタノール	10.8	137	1,480
ダイズ	米国	バイオディーゼル	2.7	205	552
ダイズ	ブラジル	バイオディーゼル	2.4	205	491

出典：Rajagopal *et al.*, 2007 (世界全体)；Naylor *et al.*, 2007 (国別)。

の違いによって非常に異なった様相を示すであろう。この点は第 3 章で詳しく論議される。

バイオ燃料のライフサイクル： エネルギーバランスと温室効果ガスの排出

バイオ燃料開発を促進する政策の背後にある 2 つの主な推進力は、エネルギー安全保障への関心と温室効果ガスの排出を削減しようとする願望である。作物が異なるとヘクタール当たりバイオ燃料の収量も異なるのと同様、原料、場所および技術によってエネルギーバランスと温室効果ガスの排出削減にも大きな差が出る。

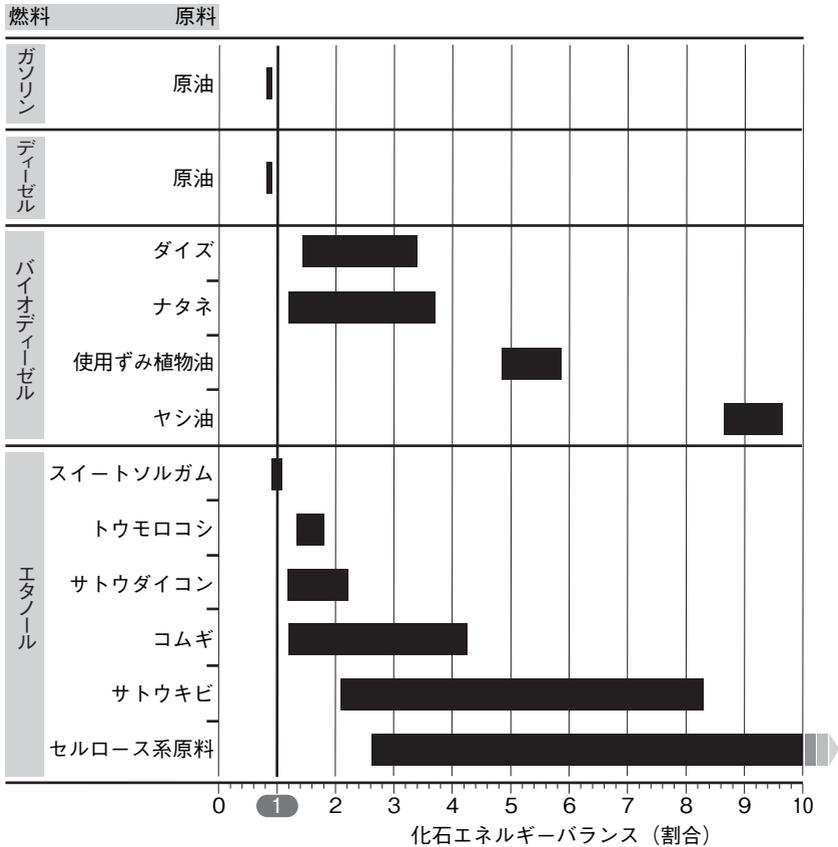
エネルギー供給に対するバイオ燃料の貢献度は、バイオ燃料のエネルギー容量とその生産に要するエネルギーの双方にかかっている。後者には、

原料作物を栽培し、収穫するため、原料をバイオ燃料に加工するため、および原料や生産されたバイオ燃料をその生産と配送のいろいろな場面で輸送するために必要なエネルギーが含まれる。化石エネルギーバランスは、バイオ燃料に含有されるエネルギーの、その生産に要した化石エネルギーに対する相対的割合として表される。化石エネルギーバランスが1.0ということは、1リットルのバイオ燃料を生産するためには、それが含有しているのと同じ量のエネルギーを必要とすることを意味し、言い換えれば、このバイオ燃料はエネルギー供給という点では純増も純減もないということである。化石燃料のエネルギーバランスが2.0ということは、1リットルのバイオ燃料は、それを生産するために要したエネルギーの2倍量のエネルギーを含有していることを意味する。エネルギーバランスを正確に評価するうえでの問題は、解析のための化石エネルギーとバイオ燃料の2つの系の境界を明確に定義することが難しいことから来ている。

図7には、Worldwatch Institute (2006) によって報告された燃料タイプ別の化石エネルギーバランスに関するいくつかの研究の結果が要約されている。この図は、原料の生産性、営農活動および変換技術といった要因次第で、原料と燃料間、時には原料と燃料の組み合わせによって、化石エネルギーバランスの推定値に幅広い差異が生じることを表している。

従来のガソリンやディーゼルの化石エネルギーバランスはおおよそ0.8～0.9であるが、これは、若干のエネルギーは原油を利用可能な燃料に精製したり、それを市場に輸送したりするために消費されるからである。もしバイオ燃料がこれらの数値を超える化石エネルギーバランスを持っておれば、それは化石燃料への依存を減らすことに貢献する。この意味で、すべてのバイオ燃料は、その程度は大きく異なるものの、確実にプラスの貢献をするものと思われる。バイオディーゼルについて推定された化石燃料バランス値は、ナタネとダイズが原料の場合、おおよそ1から4である。ヤシ油の推定バランス値はおおよそ9と高いが、これは、他の油料種子は搾油する前に破碎しなければならず、この追加的な加工工程にエネルギーを要するからである。作物を原料とするエタノールについては、推定バラ

図7 数種の燃料タイプ別化石エネルギーバランスの推定値幅



注：セルロース系バイオ燃料の割合は仮定値。

出典：Worldwatch Institute, 2006.

表10.1；Rajagopal and Zilberman, 2007.

ンス値はトウモロコシの2弱からサトウキビのおおよそ2～8である。ブラジルで生産されるサトウキビ原料からのエタノールの化石エネルギーバランスが優れているのは、原料の生産性によるだけでなく、その加工にサトウキビから出るバイオマス残渣（バガス）を投入エネルギーとして用いていることによるものでもある。セルロース系原料資源についての化石燃料バランス推定値の範囲はさらに広く、この技術の不確かさおよび原料の能力や生産システムの違いを反映している。

同様に、温室効果ガス排出に対するバイオ燃料の純効果も大きく異なるであろう。バイオ燃料はバイオマスから生産されているので、理論的には、バイオ燃料は燃焼しても炭素を大気に戻すにすぎず、バイオ燃料は炭素に関しては中立である。この炭素は、植物が生長する間に大気から固定したもので、何百万年も地球の表層下に貯留されていた炭素を放出する化石燃料とはこの点で異なる。とは言え、温室効果ガス排出に対するバイオ燃料の純効果を評価するには、バイオ燃料のライフサイクルを通じた排出の分析が必要である。すなわち、作物の栽培と収穫、原料のバイオ燃料への加工、原料と精製燃料の輸送、貯蔵と配送およびバイオ燃料の小売販売、さらには自動車への給油および燃焼による炭素の排出のインパクトなど、一連の分析が必要である。このほか、排出を低減するかもしれない副産物の可能性も考慮されるべきであろう。このように、化石エネルギーバランスは、明らかにバイオ燃料の温室効果ガス排出に対する効果のいくつかの決定要素の1つにすぎない。農業生産過程に結び付く重要な要素には肥料の施用、農薬の使用、灌漑技術および土壌処理が含まれる。バイオ燃料生産の拡大に伴う土地利用の変化は重要なインパクトになり得る。例えば、林地がバイオ燃料用の作物を生産するために転換されたり、バイオ燃料の原料資源によって農作物がどこか他の場所へ移されたりする場合には大量の炭素が放出され、それを化石燃料をバイオ燃料で置き換えて達成される排出低減によって元に戻すためには多くの年数がかかる。第5章ではバイオ燃料と温室効果ガス排出の関係をさらに議論し、気候変動に対するバイオ燃料のインパクトはさまざま、必ずしもプラスのインパクトとは限らず、しばしば当初に想定されたほどのプラス効果ではないかもしれないという論拠を検証する。

第2世代液体バイオ燃料⁵

糖料作物とでんぷん作物（エタノール）および油料作物（バイオディーゼル）を原料とする最近の液体バイオ燃料生産は一般に第1世代バイオ燃料と言われる。開発中の第2世代技術はリグノセルロース系バイオマスも利用可能にするであろう。セルロース系バイオマスは、でんぷん、砂糖および油脂より分解されにくい。セルロース系原料自体のコストは現在の第1世代の原料より低いが、バイオマスを液体燃料に変換することの難しさは変換技術をより費用のかかるものになっている。セルロースをエタノールに変換するには2つの段階がある：バイオマスのセルロースやヘミセルロース成分はまず糖類に分解され、エタノールを得るために発酵される。この工程を効率的かつ費用対効果を高める方法に関する開発研究が続けられているが、この最初の段階には技術的な課題が残されている。商業ベースでの伸びが見込めないことで、セルロースを原料とする第2世代バイオ燃料の生産は大きく阻まれている。

セルロース系バイオマスは地球上で最も豊富に存在する生物原料であるので、商業的に成長性のあるセルロースを原料とする第2世代バイオ燃料の開発が成功すれば、バイオ燃料の生産に利用できる原料資源の量と種類を著しく拡大することができるであろう。農業や林産業から出る廃棄産物（茎、枝、葉）、加工工程で出る残渣（種子殻、サトウキビの搾りかす、鋸屑）および都市廃棄物の有機質部分はすべて有力な資源になり得る。しかし、バイオマスは分解して土壌肥沃度や土壌構造の維持に重要な役割を果たしていること、したがって、バイオエネルギーとして利用するためにバイオマスを過度に除去することはマイナスの効果をもたらすかもしれないということを考えておくこともまた肝要である。

⁵ この節は、GBEP (2007)、IEA (2004) および Rutz & Janssen (2007) に基づいている。

提供されるセルロース系のエネルギー作物は、第2世代技術の原料として約束されている。ヤナギ、ハイブリッドポプラおよびユーカリなどの短期輪作用木本作物、あるいはススキ類 (miscanthus)、スイッチグラス (switchgrass) およびリードカナリーグラス (reed canary grass) などの草本種が有力な作物である。これらの作物は、環境持続性という意味で第1世代作物を上回る有利性を持っている。これらは、従来のでんぷん作物や油料種子作物と比べて作物全体が燃料への変換原料として利用できるので、ヘクタール当たりバイオマス生産量が多い。さらに、短期輪作木本作物や長草型草類などの成長の早い数種の多年生作物は、時には土壤浸食その他の制約のために食料作物の生産に適さない、痩せた、劣化した土壤でも生育できる。これらの要因はともに、食料や飼料の生産との土地の競合を減らすであろう。隠れた側面としては、これらの種のいくつかは侵略的、あるいは侵略の可能性があると考えられ、水資源、生物多様性および農業に負のインパクトを与えるかもしれない。

第2世代の原料資源とバイオ燃料は、温室効果ガス排出量を低減するという意味でも利益をもたらすかもしれない。大部分の研究は、将来、多年生作物や木質および農業残渣から生産される進歩した燃料は、石油燃料や第1世代バイオ燃料に比べて、そのライフサイクルの温室効果ガス排出量を劇的に少なくできるかもしれないと予測している。この予測は、ヘクタール当たりエネルギー収量の増加および変換工程に用いられる燃料の選択の違いの双方に基づいている。現在のエタノール生産工程では、加工に用いられるエネルギーはほとんど全世界的に化石燃料によって供給されている。例外はブラジルのサトウキビを原料とするエタノールで、変換のためのエネルギーはほとんどサトウキビのバガスから供給されている。第2世代バイオ燃料については、加工エネルギーは遺棄された植物体（主にリグニン）から供給されるであろう。

セルロース系バイオマスは、液体燃料に変換するために破碎することが難しいものの、取り扱うにはより頑丈なので、その取扱コストの低減化を助け、食料作物に比べて品質を保ちやすい。それはまた、特に糖料作物と

比べると品質低下が少なく、より貯蔵しやすい。一方、セルロース系バイオマスは往々にしてかさばるため、収穫後、加工工場へ配送するために十分発達した輸送基盤設備が必要であろう。

リグノセルロース系原料による商業的に競争できるエタノール生産を可能にするためには、なお大きな技術的課題が克服されなければならない。セルロース系バイオマスから進歩した燃料への変換が、いつ、世界の液体燃料の大きな割合を占めることができるようになるかはいまだ不確かである。最近、多くのパイロットあるいはデモンストレーション工場が世界中で運転中あるいは準備中である。生化学的および熱化学的変換工程の拡大スピードは、世界の石油価格や民間投資の動向とともに、現在進行中のパイロットプロジェクトおよび永続的な研究投資の展開とその成否にかかっている。

要約すれば、リグノセルロース系原料による第2世代バイオ燃料は、農業と食料安全保障に対する意味合いという視点から見れば、まったく違った展望を提供する。現在第1世代技術に用いられている農作物以上に多様な、かつヘクタール当たりのエネルギー収量がより高い原料資源が利用されるようになるかもしれない。その商品市場、土地利用の変化および環境に対する影響も変わるであろうし、これはさらに将来のバイオ燃料生産および変換技術に影響を及ぼすであろう (Box 2)。

バイオエネルギーの可能性

バイオエネルギー生産の可能性とは何か？ バイオエネルギーの技術的および経済的可能性は、全世界的な農業部門に対して強まるショックと負荷、および、世界的な人口と所得の引き続く伸びの結果として食料と農産物に対して高まる需要、という文脈で議論されなければならない。技術にとっては有望なものでも、経済的には有望ではない、あるいは環境の持続性にとっては好ましくないかもしれない。この節ではバイオエネルギーの技術的および経済的可能性についてさらに詳細に論じる。

バイオエネルギーはバイオマスから生み出されるので、世界全体としてのバイオエネルギーの可能性は、最終的に世界全体の光合成によって生産されるエネルギー総量によって制限される。植物は1年に約750億トン（石油換算，3,150 Exajoule）の総エネルギーを集めるが（Kapur, 2004），これは現在の世界全体のエネルギー需要の6～7倍に相当する。しかし，これには収穫できない極めて大量のバイオマスが含まれている。純物理的には，バイオマスは太陽エネルギーを集める方法として相対的には効率が劣り，特にますます効率的になってきている太陽パネルに比べると効率が悪い（FAO, 2006a）。

多くの研究が技術的に世界全体のエネルギー供給に貢献できるバイオマス量を計算している。これらの推定値は，対象とするエネルギーの範囲，仮定および技術の違いによって大幅に異なり，将来の世界全体のエネルギー供給にバイオエネルギーが果たし得る貢献については不確実性が高いことが強調されている。国際エネルギー機関（IEA）によって実施された最近の重要なバイオエネルギーの研究は，現存する研究に基づいて，2050年における供給量を最低10億トン（石油換算）から最高262億トンとして，バイオエネルギー供給の可能性を評価している（IEA, 2006, pp.412-416）。この最高値は技術の進歩は極めて早いであろうとする仮定に基づくものであるが，IEAは，より緩やかな収量の向上に基づくより現実的な評価は60～120億トン（石油換算）程度であろうと示唆している。IEAによれば，おおよそ95億トン（石油換算）という中間推定値を達成するには，世界の農地の約5分の1をバイオマス生産に充てる必要があるとしている。

純技術的な成長の可能性よりさらに重要なことは，技術的に入手可能なバイオエネルギーのどれほどの量が経済的に達成できるのかという問題である。長期的な経済的成長の可能性は，決定的に，化石エネルギーの価格，農産原料資源の開発および将来の技術的革新に関する仮定にかかっている。これらの側面は第3章でさらに詳細に論じられている。

バイオ燃料生産の潜在的可能性を見極めるまた別の道筋は相対的な

土地利用に占める必要割合である。世界エネルギーアウトLOOK 2006年 (*World Energy Outlook 2006*) にある2030年に向けた“参考シナリオ (*Reference Scenario*)”の中で、IEAは、液体バイオ燃料の原料用バイオマスの生産に向けられる世界の耕地が占める割合は2004年の1%から2030年には2.5%に拡大するものと見込んでいる。その“各種政策シナリオ (*Alternative Policy Scenario*)”では2030年のこの割合は3.8%に増えている。両ケースとも、その見通しは、液体バイオ燃料は従来の作物を原料として生産されるであろうという仮定に立っている。第2世代液体バイオ燃料が2030年以前に広く商業化されるならば、輸送用需要における世界全体のバイオ燃料の割合は参考シナリオの3%および各種政策シナリオの5%より、むしろ10%に増加するとIEAは見通している。ヘクタール当たりのエネルギー収量が高くなること、および燃料生産に廃棄バイオマスが利用されることから、土地利用の必要割合は耕地の4.2%へと微増にとどまるであろう。にもかかわらず、これは、たとえ第2世代シナリオのもとであっても、化石燃料由来のガソリンを液体バイオ燃料で大規模に置き換えるという仮説は土地の大規模な転換を必要とすることを示している。地域的なインパクトを含む更なる論議は第4章も参照すること。

化石燃料を置き換えるための現在のバイオ燃料技術の可能性はRajagopal *et al.* (2007) による仮説的な計算によっても説明されている。彼らは、世界全体の平均収量と一般に報告されている変換効率に基づいて、主な穀物や糖類作物から生産される世界全体のエタノール生産量の仮説的推定値を報告している。彼らの推定値の結果は表3に要約されている。示された作物は現在、耕地全体の42%を占めている。作物生産の全量をエタノールに変換したとすると、それはガソリン総消費量の57%に相当する。これらの作物のそれぞれ25%がエタノール生産に変換されたとするより現実的な仮定のもとでは、ガソリン消費量の14%のみがエタノールによって置き換えられるものと思われる。いろいろな仮説的計算は、それらの土地必要割合が大きいことから、バイオ燃料に期待される化石燃料の置き換えはごく限定的なものにすぎないと強調している。とは言え、エネル

表3 主要穀物および砂糖作物によるエタノール生産可能量の仮定値

作物	世界全体の面積	世界全体の生産量	バイオ燃料の収量	エタノール最大量	ガソリン換算量	2003年の世界全体のガソリン使用量に対する供給割合
	(100万ヘクタール)	(100万トン)	(リットル／ha)	(10億リットル)	(10億リットル)	(%)
コムギ	215	602	952	205	137	12
コメ	150	630	1,806	271	182	16
トウモロコシ	145	711	1,960	284	190	17
ソルガム	45	59	494	22	15	1
サトウキビ	20	1,300	4,550	91	61	6
キャッサバ	19	219	2,070	39	26	2
サトウダイコン	5.4	248	5,060	27	18	2
合計	599	940	630	57

注：…は該当値なし。データは四捨五入されている。

¹ 2003年の世界全体のガソリン使用量は1兆1,000億リットル (Kim & Dale, 2004)。

出典：Rajagopal *et al.*, 2007。

ギー供給全体に占めるバイオ燃料の貢献がたとえごく控えめなものであっても、それは農業および農産品市場に強いインパクトを持つであろう。

本章の主要なメッセージ

- バイオエネルギーは世界のエネルギー供給量全体のほぼ10%を占めている。従来の非加工バイオマスがこの大部分を占めるが、商品としてのバイオエネルギーはより重要であると考えられている。
- 輸送用の液体バイオ燃料は最も注目を集めており、生産が急速に拡大している。しかし、量的には、その役割はわずかなもので、世界の輸送用燃料消費量全体の1%およびエネルギー消費量全体の0.2～0.3%を占めているにすぎない。
- 主な液体バイオ燃料はエタノールとバイオディーゼルである。両方とも広い範囲の異なった原料資源から生産することができる。最も重要な生産国は、エタノールについてはブラジルと米国、バイオディーゼルについてはEUである。
- 現在の液体バイオ燃料に関する技術は原料を農産品に依存している。

エタノールは糖類あるいはでんぷん作物から生産され、量的にはブラジルではサトウキビ、米国ではトウモロコシが最も重要である。バイオディーゼルはいろいろな油料作物から生産される。

- バイオ燃料の大規模生産には原料生産のための膨大な土地が必要である。したがって、液体バイオ燃料は輸送用化石燃料のごく限られた部分を置き換えることができるにすぎないと思われる。
- たとえ液体バイオ燃料は世界全体のエネルギー必要量のごく小さな部分を供給できるにすぎないとしても、原料資源の必要量とそれを生産するために要する相対的な土地面積を考えると、それはなお世界全体の農業および農産品市場に大きな影響を及ぼす可能性を持っている。
- 化石燃料の消費を低減する種々のバイオ燃料の貢献度は、その生産に投入される化石エネルギーを考慮に入れると、大きく変異する。バイオ燃料の化石エネルギーバランスは、原料の性質、生産の場所、営農技術および変換工程に用いられるエネルギー源といった要素にかかっている。種類の異なるバイオ燃料はまた、温室効果ガス排出の削減という点でも極めて異なった働きをする。
- 現在開発中の第2世代バイオ燃料は、木材、長草型草類、および林業や農作物の残渣などのリグノセルロース系原料を利用するであろう。これは、バイオ燃料のヘクタール当たり生産の量的可能性を増し、また、バイオ燃料の化石燃料および温室効果ガスバランスを改善するであろう。しかし、そういった技術がいつ商業的規模で導入され、役立つようになるかは分からない。

Box 1 熱源、電力、輸送用バイオマスのその他のタイプ

熱源および電力用のバイオマス

さまざまなバイオマス資源が燃焼によって発電や熱源に用いられる。資源には、農業関連産業からの残渣、圃場に残された収穫物残渣、厩肥、林業および林産業からの木材廃棄物、食料および製紙産業の残渣、市民社会からの固形廃棄物、下水の汚泥、ならびに農業その他有機廃棄物の分解によるバイオガスなど、さまざまな形の廃棄物が含まれる。短期輪環性多年生木本（ユーカリ、ポプラ、ヤナギ）や草本（ススキ類、スイッチグラス）などのエネルギー利用に特化した作物も用いられる。

動力の発生にはいくつかの方法がある。大部分のバイオマス由来の電力は蒸気循環方式によって発電されている。すなわち、バイオマスをボイラーで燃焼して高圧蒸気を発生させ、その蒸気を一連の空力翼に当ててタービンを回し、これに接続された発電機によって電力を作り出す。木材ペレットや固形木材など、圧縮されたバイオマスも燃焼に供することができ、またバイオマスは蒸気と電気を発生させる通常の電力発電所のボイラーで、石炭とともに燃焼することもできる。後者は、現在ある発電設備の多くを大きな変更なしに用いることができるので、従来からの電力生産に再生可能な技術を融合させた最も費用効率の良い方法である。

熱源、電力、輸送用のバイオガス

嫌氣的分解

バイオガスは、酸素欠乏条件下での食料あるいは動物廃棄物のバクテリアによる嫌氣的分解によって作り出すことができる。発生したバイオガスは二酸化炭素とともに多量のメタンを含み、専用の内燃エンジンで発熱や発電に用いることができる。動物廃棄物や厩肥をメタン・バイオガスに変換することによって、環境や衛生に大きな利益をもたらす

ことができる。メタンは、二酸化炭素の22～24倍もの強力な地球温暖化潜在力を持つ温室効果ガスである。メタンを捕捉し、利用することによって、その温室効果ガスとしてのインパクトが回避される。加えて、生物的分解プロセスで発生した熱は厩肥中の病原体を殺し、その最終産物は有用な肥料になる。

ガス化

ガス化プロセスを通して、固形バイオマスを燃料ガスあるいはバイオガスに変換できる。バイオマスのガス化装置は、バイオマスを低酸素・高温度の状態で熱することによって、これを可燃性でエネルギーに富んだ合成ガスあるいは“シンガス” (syngas) に分解する。このガスは、従来のボイラーで燃焼し、あるいは天然ガスの代わりに発電用ガスタービンを回すために使うことができる。ガス化によって作られたバイオガスは、不要な化学物質を除去するためにろ過して、蒸気タービンとガスタービンを結合した効率の良い“結合循環型”発電システムに用いることができる。

輸送用のバイオガス

未処理のバイオガスは、メタン含有率が低く (60～70%)、高濃度の汚染物質を含有しているために、輸送用燃料には適さない。しかし、二酸化炭素、水分および腐食性硫化水素を除去し、メタン含有を高める (95%以上まで) 処理を行うことができる。これを圧縮すると、処理済みバイオガスは圧縮天然ガスに近い性状を持ち、輸送用に適するようになる。

出典：GBEP, 2007による。

Box 2 バイオ燃料へのバイオテクノロジーの応用

現存する多くのバイオテクノロジーは、例えば、より良いバイオマス原料資源の開発やバイオマスのバイオ燃料への変換効率の改善など、バイオエネルギー生産の改善に応用できる。

第1世代バイオ燃料のためのバイオテクノロジー

現在、第1世代バイオ燃料の原料資源として用いられている植物品種は、食料および／または飼料生産に適する農業上の特性によって選ばれたもので、バイオ燃料生産用の原料資源に適する特性によって選ばれたものではない。バイオテクノロジーは、ヘクタール当たりバイオマスの増加、油料含有量の増加（バイオディーゼル作物）あるいは発酵しやすい糖類（エタノール作物）、もしくはバイオ燃料への転換を容易にする加工特性の改善など、バイオ燃料生産により適した品種の選抜のスピードアップを助けることができる。生物体（のゲノム）のすべての遺伝物質について研究するゲノム学の分野は、ますます大きな役割を果たすと思われる。トウモロコシ、ソルガム、ダイズといったいくつかの第1世代原料資源のゲノム配列が明らかにされつつあり、あるいはすでに公表されている。ゲノム学以外に応用できるバイオテクノロジーにはマーカー利用選抜と遺伝子組換えがある。

糖類の発酵は、バイオマスからのエタノール生産の中心となるものである。しかし、最も一般的に工業的発酵に使われている微生物であるイースト（*Saccharomyces cerevisiae*）は、トウモロコシでんぷんのようなでんぷん物質を直接発酵できない。バイオマスは、まずアミラーゼと呼ばれる酵素を用いて、発酵可能な糖類に分解（加水分解）しなければならない。アミラーゼを含む、現在商業的に入手できる多くの酵素は、遺伝子組換え微生物を用いて生産されている。加水分解と発酵の段階を結合できるように、各種アミラーゼそれ自体を生産できる効率的なイーストの遺伝系統を開発する研究が続けられている。

第 2 世代バイオ燃料へのバイオテクノロジーの応用

リグノセルロース系バイオマスは、主としてリグニンと多糖類セルロース（ヘキソース（六炭糖）からなる）およびヘミセルロース（ヘキソースとペントース（五炭糖）の混合物を含む）からなっている。第 1 世代原料資源からのエタノール生産に比べて、リグノセルロース系バイオマスの利用は、多糖類はより安定的であり、ペントースは *S. cerevisiae* によって発酵されにくいのために、一層複雑である。リグノセルロース系バイオマスを変換するためには、多糖類をまず酸または酵素を用いて単糖類へ加水分解、つまり解体しなければならない。こうした問題を克服するために、いくつかのバイオテクノロジーに基づいた方法が用いられているが、これには、ペントース類を発酵できる *S. cerevisiae* 系統の開発、ペントース類を自然条件下で発酵できる別のイースト種の使用、およびセルロースやヘミセルロースを単糖類へ分解できる酵素の遺伝子組換えなどが含まれる。

農業、林業その他の副産物のほかに、第 2 世代バイオ燃料用のリグノセルロースの主な資源は、ある種の多年生草本や森林樹木など“専用のバイオマス原料資源”からもたらされると考えられる。第 2 世代バイオ燃料生産に望ましい特性を持つ植物、例えば、リグニン（液体バイオ燃料に発酵させるこのできない化合物）生産量が少ない植物、それ自体でセルロースおよび／あるいはリグニンを分解する酵素を生産する植物、あるいはセルロースや総バイオマス収量の高い植物を作出する手段として、ゲノム学、遺伝子組換え、その他のバイオテクノロジーが研究されている。

出典：FAO, 2007a および The Royal Society, 2008による。

第3章 液体バイオ燃料の経済的・政策的推進力

農業はエネルギーを供給し、また必要とする。したがって、供給と需要の両市場は常に連結している。その連結の性質と強さは年とともに変化するが、農業およびエネルギー市場は、相対価格の変化に反応して生産と消費を増やし、あるいは減らして、常に互いに調整し合っている。液体燃料の急速な需要の高まりは、今やかつてないほどに農業とエネルギーを強く結び付けている。しかしながら、政策が両者の間の連結を規定する重要な役割を担っている。多くの国は、多様な目標を目指すいろいろな政策手段によって両者の市場に介入している。本章は、農業、エネルギーおよびバイオ燃料の間の基本的な経済的関連性を取り扱う。また、バイオ燃料を推進するために施行されている政策を検証し、それらが農産品市場とエネルギー市場の間の関係に影響を及ぼす道筋について論議する。

バイオ燃料市場と政策

液体バイオ燃料の経済に関する議論は、エネルギーと農業の間で競合的に利用されている資源の分配から始められるべきである。この競合はいくつかの段階で起こる。エネルギー市場では、エタノールやバイオディーゼルといった液体バイオ燃料は石油を基盤とするガソリンやディーゼルと直接競合する。バイオ燃料のガソリンやディーゼルとの義務的混合、補助金および租税支援策といった政策は、バイオ燃料の使用を助長する一方、バイオ燃料混合ガソリンで走る車が限られているといった技術的制約はその使用を妨げる。それらの要素をひとまず脇においたとしても、バイオ燃料と化石燃料はそのエネルギー容量という基盤で競合し、その価格は通常一緒に動く。

農産品市場では、バイオ燃料の加工業者は食品加工業者や商品向けの動

物肥育事業と直接競合する。個々の農家の視点からすれば、将来の購入者が最終的に作物を何に使おうと考えているかは重要なことではない。もし農家が受け取る価格が食品加工業者や動物肥育事業から得られるものより高ければ、彼らはエタノールやバイオディーゼル加工業者に作物を売るであろう。もしバイオ燃料の価格が十分高ければ、農産物は他の用途に競り勝つであろう。エネルギー市場は農産品市場に比べて大きいので、エネルギー需要の小さな変化は農産原料資源の需要にとっては大きな変化を意味することがあり得る。したがって、原油価格はバイオ燃料価格を動かし、次いで農産品価格に影響を及ぼす。

原油価格と農産品価格の間の緊密な結び付きは、バイオ燃料の需要によって調整されるものの、事実上、原油価格によって決定される農産品価格の底値と上限の基礎を固める（FAO, 2006a）。化石燃料の価格が各種用途用バイオ燃料の生産コストに達する、あるいはこれを超えると、エネルギー市場は農産物の需要を創出する。もしエネルギー需要が農産品および農産バイオ燃料の市場に比べて高く、バイオ燃料原料資源がエネルギー市場で競争力が強ければ、これは化石燃料価格によって決定された農産品価格に最低価格（または底値）効果をもたらすであろう。しかし、同時に、農産品価格はエネルギー価格より速く上昇することはできず、それはエネルギー市場の外でそれ自身に価格をつけることになるであろう。このように、エネルギー市場は農産品市場に比べて極めて大きく、そのために農産品価格はエネルギー価格によって左右される傾向にある。

実際、エネルギー価格と農産品価格の間の結び付きは、少なくともバイオ燃料市場が十分開発されるまでは、理論より強くなく、直接的なものでもないであろう。短期的には、例えば、配送の隘路、輸送上の技術的問題および混合システムあるいは原料資源を変換する工場の能力不足など、多くの制約がバイオ燃料部門が化石燃料と農産品の相対的価格の変化に反応する能力を制限する。需要と供給がより柔軟に価格変動のシグナルに反応できれば、エネルギーと農産品市場の価格がより強く結び付くであろう。今日、ブラジルのサトウキビエタノール市場は最も進歩した、エネルギー

市場と最も強く統合した市場である。これに貢献する要素としては、砂糖やエタノールいずれかを生産できる砂糖工場が多数存在すること、エタノールと電気を併行生産できる高効率のエネルギー変換システム、エタノールとガソリンの混合燃料で走ることができるフレックス燃料自動車の普及率が高いこと、およびエタノールの国内配送ネットワークがあること、がある（FAO, 2006a）。

農産原料資源がエネルギー市場で化石燃料と競合する一方で、農作物はまた、生産性のより高い資源という点で他の作物と互いに競合する。例えば、与えられた区画の土地がエタノール用のトウモロコシ栽培に供されるか、あるいはパン用のコムギを生産するために供されるかということである。バイオ燃料の需要がバイオ燃料の原料として供された農産品の価格を競り上げる場合、同じ資源基盤に依存するすべての農産品の価格を競り上げる傾向に向かう。このような理由のために、非食料作物からバイオ燃料を生産することは、必ずしも食料と燃料の間の競合をなくするものではないであろう。もし、食料とバイオ燃料用原料作物両方のために同じ土地とその他の資源が必要であるならば、たとえ原料作物が食料には使えないものであったとしても、これら両者の価格は一緒に動くであろう。

現在の技術を前提にすれば、作物の生産とそれらをエタノールあるいはバイオディーゼルに変換するコストは、それらの開発を促進し、それらの利用に補助金を与えるための積極的な政府の政策なしに、バイオ燃料が多くの場所で化石燃料と商業ベースで競争するには高すぎる。数が増えつつある開発途上国を含む多くの国は次の3つの理由のためにバイオ燃料を促進している：① エネルギー安全保障とエネルギー価格に関する戦略的関心；② 気候変動に関する関心；および、③ 農業支援対策。

新しい部門に対して政策支援を提供する1つの正当な理由は、技術革新とある部門に競争力を付与するための市場開発の当初コストを克服するためである、というものである。これは、補助金に対する“揺籃期産業”論争である。しかし、結局は経済的成長を達成できない部門に対する補助金は持続的なものではなく、全体としてコストを経済に課する一方で、単に

財をあるグループから他のグループへ移すことにすぎないであろう。

補助金はまた、ある部門を開発することの社会的利益が民間の経済的コストより重要な場合にも正当化され得る。例えば、もし、液体バイオ燃料が、炭素排出の低減、より高度なエネルギー安全保障、あるいは農村地域の再活性化といった形での社会的利益を生み出す場合がこのケースであろう。しかしながら、このような政策介入はコストを必要とし、またその結果は常に意図されたものになるとは限らない。これらのコストには、納税者の負担である直接的な予算コストおよび消費者の負担である市場コストがあり、有利な部門への資源の再配分を含む。配分の効果は、ちょうど多くの OECD 諸国の農業支援と保護政策が他の国の生産者や消費者に複雑なインパクトを及ぼすように、国際的広がりを持つ政策を実施している国を越えて広がる。さらに、政策介入は資源を他の社会的および民間投資から転換するので、それはしばしば間接的な機会費用を要する。ある場合には、より直接に設定されたバイオ燃料政策の目標に焦点を当てたその他の政策介入が、より低コストで、より効果的であるかもしれない。

バイオ燃料政策の基本目標

上で述べたように、いくつかの国は液体バイオ燃料の開発を促進する政策を導入している。高価で変わりやすい石油価格、地球規模の気候変動への化石燃料の加担に関する懸念の増幅、および農村地域の経済的再活性化の促進を願う願望は、最も共通的に表明されるこれらの政策の基礎となる理由である (FAO, 2007b)。

エネルギー供給を確かなものにするには多くの国における長い間の関心事である。価格変動と供給崩壊に対する脆弱性を低くすることは、多くの OECD 諸国におけるこの数十年にわたるエネルギー政策の背後にある目標であり、また多くの開発途上国も同様に輸入エネルギー資源への依存性に関して関心を持っている。最近の主として石油の価格上昇は、輸送、暖房および発電用エネルギーの各種資源を特定し、促進するための支援策

を強めている。急速に成長しつつある開発途上国、特に中国とインドの強い需要が将来のエネルギー価格と供給をめぐる関心に追加されつつある。バイオエネルギーはエネルギーの供給源を多様化し、また少数の輸出国への依存度を軽減する1つの手段と考えられている。液体バイオ燃料は、現在の輸送技術と政策に根本的な変化がなければ、圧倒的に石油に依存している輸送部門への主な各種供給源を代表する。

バイオエネルギー政策を動かしている2番目の重要な要因は人間によって引き起こされた気候変動への関心で、これは気温上昇の証拠と人間の関与にかつてない強い関心が持たれるにつれて高まりつつある。今や温室効果ガス排出を削減するために活動する必要性に異論を唱える人はほとんどいないし、多くの国が気候変動を緩和する努力の重要な要素としてバイオエネルギーに結集している。バイオエネルギーは、石油由来の燃料に比べて、電気、暖房および輸送において温室効果ガス排出削減に大きな可能性を提供すると考えられているが、排出に対する実際の正味のインパクトは、土地利用の変化や原料のタイプ、および関連する農業技術、変換技術および最終用途といった要因次第で著しく異なる。実際、最近の分析は、バイオ燃料生産の大規模な拡大は温室効果ガス排出量の純増をもたらすかもしれないと示唆している。

気候変動についての関心はバイオエネルギー開発を促進する最も強力な誘因であるが、その他の環境についての関心も、都市部の大気汚染の低減を望むだけににとどまらず、大きな役割を演じている。最新の技術や液体バイオ燃料を用いてバイオマスをエンジン内で燃焼すれば、化石燃料を用いるより規制されている大気汚染物質の排出を減らすであろう。また、生物的分解が可能な都市の固形廃棄物の一部などの残渣や廃棄物からエネルギーを生み出すことは、それらの処分方法としては環境に優しい方法と言える。液体バイオ燃料の生産と温室効果ガス排出を含む環境への利用が持つ意味は第5章でさらに論議される。

農業部門と農業所得を支援することは、いくつかの開発途上国におけるバイオ燃料政策の背後にある、最も重要ではないとしても、重要な原動力

となる要素である。農業部門が手厚い補助金を受けている国々におけるバイオエネルギー原料資源の供給者としての役割を通じた農業の再活性化は、農産物の過剰供給と全世界的な市場機会の衰退という双子の問題の解決策として広く検証されている。所得支援と補助金を減らす一方で農業所得を押し上げる可能性は政策策定者にかなりアピールしている（この戦略の前半部分は達成することが難しいが）。いくつかの OECD 諸国、特にヨーロッパと北アメリカの国々は、長い間、農業を支援するバイオ燃料の可能性に抱かれていたが、その一方で、ますます数が増えつつある開発途上国もまた、エネルギー安全保障とともに、農村開発を彼らのバイオ燃料政策の目標として主張している（FAO, 2007b）。

バイオ燃料開発に影響する政策手段

バイオ燃料開発は、ビジネスや投資のための全体的な“力を与える環境”に影響するより幅広い政策とともに、農業、エネルギー、輸送、環境および貿易を含む複数の部門における幅広い国の政策に影響される。バイオエネルギー、とりわけ液体バイオ燃料に適用される政策はバイオ燃料生産の収益性に大きな影響を与える。政策手段とその適用方法がさまざまなので、有用な政策を識別し、特定のケースにおけるそのインパクトを定量化することは難しい。しかし、それらは一般的に（時には極めて顕著に）バイオ燃料を支援し、その生産、貿易および利用の財政的魅力に影響することを目的とする補助金へと形を変える。

補助金はこの部門にいろいろな段階で影響する。世界補助金イニシアティブ（Steenblik, 2007）から改編された図8は、直接的あるいは間接的政策手段がこの部門に支援を提供できるバイオ燃料供給チェーンにおけるいろいろなポイントを示している。これらの要素のあるものは互いに関連しており、政策を1つのカテゴリーあるいは他のカテゴリーに指定することは実際にはやや人為的なきらいがある。異なる段階に適用される異なる政策手段と関連支援のタイプの違いは極めて異なった市場インパクトを持つ

図8 バイオ燃料供給チェーン各段階での支援



出典：Steenblik, 2007から改編。

であろう。一般に、生産と消費の水準に直接結び付く政策と支援は最も顕著な市場歪曲効果を持つと考えられているが、研究と開発への支援は歪曲性が最も少ないと考えられる。

農業政策

液体バイオ燃料時代に先行する農業および林業の政策はバイオエネルギー産業に強い影響を与えてきた。確かに、農業補助金と価格支持メカニズムは第1世代バイオ燃料の原料資源の生産レベルと価格、および原料資源の生産システムと方法の両方に直接影響している。大半のOECD諸国は

農業政策と農業保護に関するいくつかの規律は導入しているが、農業における補助金支給と保護政策を適用しており、世界貿易機関（WTO）の枠組みの中での国際貿易交渉はそれらを排除することに成功していない。こういった政策はバイオ燃料の原料資源生産を支援するもので、農業貿易や国際レベルでの農業生産の地理的パターンにとって大きな意味合いを持っている。

混合義務

量的目標は、最も近代的なバイオエネルギー産業、特に、ますます混合義務が課せられるようになっていく輸送用の液体バイオ燃料産業の発展と成長における主要な推進力である。表4には、G8+5諸国⁵における液体バイオ燃料に対する現行の任意のおよび義務的混合要件が要約されている。ただし、この分野における政策は急速に発展していることに注目すべきである。

補助金と支援策

配送と利用に対する支援は、バイオ燃料の利用を促進している国々の大部分にとって政策の重要な構成要素である。いくつかの国はバイオ燃料の貯蔵、輸送および利用のための社会基盤投資に補助金を支給し、あるいは投資を義務付けているが、その大部分はエタノールに向けられており、エタノールは、通常、装置への大きな投資を必要とする。このような支援策はしばしば十分な配送基盤設備や販売拠点が実現するまではエタノール使用量の増加とそのための市場の拡大は起きないであろうとする考えによって正当化されている。従来の自動車より、エタノールのガソリンとの混合割合の高い燃料を利用できるように設計されたフレックス燃料（混合燃

⁵ G8+5グループはG8諸国（カナダ、フランス、ドイツ、イタリア、日本、ロシア連邦、英国および米国）と主要な新興5カ国（ブラジル、中国、インド、メキシコおよび南アフリカ）からなっている。

表4 G8+5諸国における輸送用燃料の任意および義務的バイオエネルギー目標

国/国グループ	目 標 ¹
ブラジル	無水エタノール20～25%とガソリンの義務的混合；2008年までにディーゼルにバイオディーゼルの最低3%，2010年末までに5%（B5）混合
カナダ	2010年までにガソリンの再生可能燃料含有量を5%，2012年までにディーゼル燃料の再生可能燃料含有量を2%
中国	2020年までに輸送用エネルギー需要の15%をバイオ燃料で賄う
フランス	2008年までに5.75%，2010年までに7%，2015年までに10%（V），2020年までに10%（M＝欧州連合目標）
ドイツ	2010年までに6.75%，2015年までに8%に上げ，2020年までに10%（M＝欧州連合目標）
インド	エタノールについては5～10%，バイオディーゼルについては20%とする混合義務提案
イタリア	2010年までに5.75%（M），2020年までに10%（M＝欧州連合目標）
日本	2010年までに，原油に変換して50万キロリットル（V）
メキシコ	目標を考慮中
ロシア連邦	目標なし
南アフリカ	2006年までに8%以上（M）（10%目標を考慮中）
英国	2010年までにバイオ燃料5%（M），2020年までに10%（M＝欧州連合目標）
米国	2008年までに90億ガロン，2022年までに360億ガロンに増加（M），このうちの210億ガロンはより進歩したバイオ燃料による（このうちの160億ガロンはセルロース系バイオ燃料）
欧州連合	2020年までに，10%（M，2008年1月に欧州連合委員会によって提案）

¹M＝義務的，V＝任意。

出典：GBEP, 2007, 米国農務省（USDA, 2008a）の情報および再生可能燃料協会（RFA, 2008），およびEU委員会とRicardo Abramovay教授（サンパウロ大学，ブラジル）からの記述通信によって更新。

料）自動車もまた，例えば，登録料や道路税を軽減することによって，多くの政府によって促進されている。OECD諸国で生産されたガソリン駆動自動車は，エタノール混合割合が10%まで，一部のものは20%までの混合燃料で走ることができ，フレックス燃料自動車はエタノールを85%まで混合した燃料を利用することができる。

関税

バイオ燃料の関税は，国内の農業やバイオ燃料産業を保護するために広く用いられ，バイオ燃料の国内価格を支持し，国内生産に支援策を提供する。ブラジルを例外として，主要なバイオ燃料生産国は際立った最恵国（most-favoured nation, MFN）関税を適用している（表5）。しかし，最恵国関税率や関税割当量にはいくつかの例外が存在する。概して，バイオ

表5 主要国におけるエタノール適用関税

国/国グループ	MFN 関税 各国通貨あるいは 従価レート	0.50米ドル/リットル の関税課税前単位額		例外/備考
		従価換算 (%)	特定レ ート換算 (米ドル/ リットル)	
オーストラリア	5% + 0.38143オーストラリアド ル/リットル	51	0.34	米国, ニューージーランド
ブラジル	0%	0	0.00	2006年3月の30%から
カナダ	0.0492カナダドル/リットル	9	0.047	FTA 加盟国
スイス	35スイスフラン/100キログラ ム	46	0.232	欧州連合, GSP
米国	2.5% + 0.54米ドル/ガロン	28	0.138	FTA 加盟国, CBI 加盟国
欧州連合	0.192ユーロ/リットル	52	0.26	EFTA, GSP

注：エタノールは貿易目的のために HS 2207.10として分類されている未変性エチルアルコール。

示されている関税は2007年1月1日時点のレート。

MFN = 最恵国, FTA = 自由貿易連合, EFTA = 欧州自由貿易連合, GSP = 開発途上国からの工業製品に対する特惠関税, CBI = カリブ海援助構想。

出典：Steenblik, 2007.

ディーゼルにはより低い関税率が適用される傾向がある。

租税支援策

関税は国内の生産を刺激し、国内の生産業者を保護しがちであるが、税控除はバイオ燃料の需要を刺激するための手段を代表する。租税支援策あるいは課徴金は最も広く用いられる手段で、バイオ燃料対他のエネルギー源の競争とそれらの商業的成長に劇的に影響を及ぼすことがある。米国は、1970年代の石油価格ショックの後、1978年エネルギー税法を制定し、バイオ燃料の税控除を実施する OECD 諸国で最初の国となった。この法律はアルコール混合燃料に対する国内消費税控除を実現した。2004年に、この税控除は生産者に対する所得税信用保証に置き換えられた。その他の国はそれ以降、いろいろな形の国内消費税控除を実施している。

研究と開発

大半のバイオ燃料生産国は、作物栽培から燃焼に至る一連のバイオ燃料生産工程のいろいろな段階で研究開発を実施し、あるいはこれに資金を与

えている。バイオエネルギーの研究開発は一般に、変換効率の改善、持続的な原料の選定、および費用対効果の高い燃料変換方法の進歩などの技術開発を目的としている。先進国における現在の資金供給パターンは、第2世代バイオ燃料、特にセルロース系原料由来のエタノールと、石油由来のディーゼルに替わるバイオマス由来の各種燃料に向けられる公共の研究開発資金供給の割合が増加しつつあることを示唆している。

バイオ燃料の経済的成本

世界補助金イニシアティブ (Steenblik, 2007) は、OECD 諸国からいくつかの国を選んでバイオ燃料部門に対する補助金の推定額を算出し、表6に示している。これらの推定値は、調査対象国におけるバイオ燃料支援の交付規模についておおよその様子を伝えている。しかし、それらはたぶん投資支援総額を低く見積もりがちで、それに関する情報を手に入れることは難しい。この推定値はいろいろな政策の市場歪曲インパクトの可能性を考慮していない。

総支援推定額 (total support estimates, TSE) は、とりわけ消費促進法

表6 OECD 主要国におけるバイオ燃料に対する総支援推定額 (2006年)

OECD 国	エタノール		バイオディーゼル		液体バイオ燃料全体	
	TSE ⁰ (10億米ドル)	支援割合 ¹ (%)	TSE ⁰ (10億米ドル)	支援割合 ¹ (%)	TSE ⁰ (10億米ドル)	支援割合 ¹ (%)
米国 ²	5.8	93	0.53	89	6.33	93
欧州連合 ³	1.6	98	3.1	90	4.7	93
カナダ ⁴	0.15	70	0.013	55	0.163	69
オーストラリア ⁵	0.043	60	0.032	75	0.075	66
スイス	0.001	94	0.009	94	0.01	94
全体	7.6	93	3.7	90	11.3	92

⁰ TSE = 総支援推定額。(訳者挿入)

¹ 生産あるいは消費の増加に従って変動する支援の割合。市場価格支持、生産支払いあるいは税金延払い、燃料消費税延払い、および各種投入財に対する補助金を含む。

² 報告された数値幅の低境界値。

³ 欧州連合加盟25カ国全体(2006年)。

⁴ 暫定推定値。

⁵ データは2006年1月1日に始まる年度の数値。

出典: Steenblik, 2007; Koplow, 2007; Quirke, Steenblik & Warner, 2008.

令、税金控除、輸入障壁、投資補助金、および公共研究投資部門への一般的支援を含む、バイオ燃料産業に対するすべての政府支援の総額を算出している。これは農業についてOECDによって算出された推定額と類似している。このように、これらには生産水準に直接結び付き、生産物には直接結び付かない歪曲性の少ない支援と考えられる方法が含まれている。それには農業の原料生産への支援は含まれず、それは農業に関する総支援推定額とは別に算出されている。

表6はバイオ燃料の補助金はOECD諸国ではすでに納税者や消費者にとって相対的に費用のかかるものになっていることを示しており、米国の加工業者と原料栽培農家は年60億米ドルを少し上回る額に相当する支援を受け、EU諸国では年ほぼ50億米ドルを受け取っている。この表はまた、生産水準によって異なる総支援推定額のシェアの推定値を提供している。これは、生産の増加に伴って総額がどのように変化するかを指標を提供しており、これはEUと米国に存在する消費目標によって意味付けられている。EUのエタノール補助金はほぼ完全に生産量に従って変動し、そのために、義務付けられた生産の増加に沿って増加するであろう。この表はまた、OECDのバイオ燃料補助金は、設定された消費の増加に伴ってかなり大きくなるであろうことを示唆している。

これらのバイオ燃料補助金の相対的な重要性に関する展望を提供するために、表7はそれらをリットル当たりとして示している。エタノール補助金はリットル当たり約0.30米ドルから1.00米ドルまでの間にあり、バイオディーゼル補助金の幅はやや広い。この表は、いくつかの国の支援総支出額は比較的控えめなものであるが、それらはリットル当たりになれば相当なものであることを明らかにしている。再度言えば、ある補助金は予算が限られ、特に州や郡レベルでは窮屈であるが、支援の変動部分は生産の伸びに伴って支出が増加すると思われる範囲を示している。

表7 OECD 主要国におけるバイオ燃料1リットル当たり支援額の
近似平均値と変異幅

OECD 国	エタノール		バイオディーゼルの	
	平均	変異値	平均	変異値
	(米ドル/リットル) ¹	(米ドル/リットル) ¹	(米ドル/リットル) ¹	(米ドル/リットル) ¹
米国 ²	0.28	連邦：0.15 州：0.00-0.26	0.55	連邦：0.26 州：0.00-0.50
欧州連合 ³	1.00	0.00-0.90	0.70	0.00-0.50
カナダ ⁴	0.40	連邦：0.10 州：0.00-0.20	0.20	連邦：0.20 州：0.00-0.14
オーストラリア ⁵	0.36	0.32	0.35	0.32
スイス ⁶	0.60	0.60	1.00	0.60-2.00

注：¹（米国とオーストラリアを除く）数値は0.10米ドルに最も近い値に四捨五入されている。

² 報告された数値幅の低境界値。

³ 加盟各国によって提供された支援。

⁴ 暫定推定値。2008年4月1日に導入された支援策を含む。連邦と大部分の州支援額は予算限度値。

⁵ データは2006年7月1日に始まる年度の数値。支払額は予算限度値ではない。

⁶ バイオディーゼルの数値幅は資源と原料タイプによって異なる。一部の支払いは固定リットル数に限られる。
出典：Steenblik, 2007, p.39.

バイオ燃料の経済的成長性

これまでに議論されたバイオ燃料政策は世界全体の農業経済を形作っているが、その方法は、その政策を実施している国々および残りの国々にとって予期しない結果をもたらすかもしれない。すべての国々は、バイオ燃料を生産しているか否かにかかわらず影響される。いろいろな国で実施されている義務、補助金および支援策は、農産品の重要な新しい需要源を創出している。その過程で、農業とエネルギー部門の間の歴史的な結び付きは強まりつつあり、性格が変化しつつある。バイオ燃料政策は、農家の生産と所得、物価と食料入手、土地と他の資源への見返り、農村部の雇用およびエネルギー市場に重要な意味合いを持っている。

もし彼あるいは彼女がバイオ燃料の原料作物を栽培することで稼げる正味の収入が他の作物あるいは別用途に作物を栽培するよりも多ければ、農業者たちはバイオ燃料用の原料を生産するであろう。バイオ燃料作物の栽培を決心するプロセスは他の作物の場合と同じである。農業者は期待される正味の収入とリスクの可能性を基に何を生産するべきかを選択し、ま

た、公表されているモデル、経験、伝統、あるいはこの3つを結び付けて選択する。その損得計算は、支配的な市場や農業情勢によって、農場から農場へ、季節から季節へと異なるであろう。

支配的な政策や市場の状況の範囲内で、農業者が受け取るバイオ燃料作物の価格は、主にその作物のエネルギー潜在性、変換コスト、輸送コストおよび副産物の価値によって決まる。第2章で論じたように、作物の物理的なエネルギー潜在性はそれぞれ異なり、それはヘクタール当たりバイオマス原料の収量と原料がバイオ燃料に変換される効率の関数である。収量は、品種、農業技術、土壌の質および天候によって、それぞれの作物で異なる。

第1世代エタノール用原料資源の世界全体の平均収量は、スイートソルガムのヘクタール当たり1.3トンからサトウキビの65トンまでさまざまである（表2、23ページ）。同様に、変換効率はサトウキビ1トン当たりエタノール70リットルからコメ1トン当たり430リットルまで幅がある。土地集約度（トン／ヘクタール）としてはサトウダイコンとサトウキビが最も生産性の高い第1世代作物である。しかし、生産コストが作物と地域によって大きく異なるので、経済的効率も大きく異なるであろう。

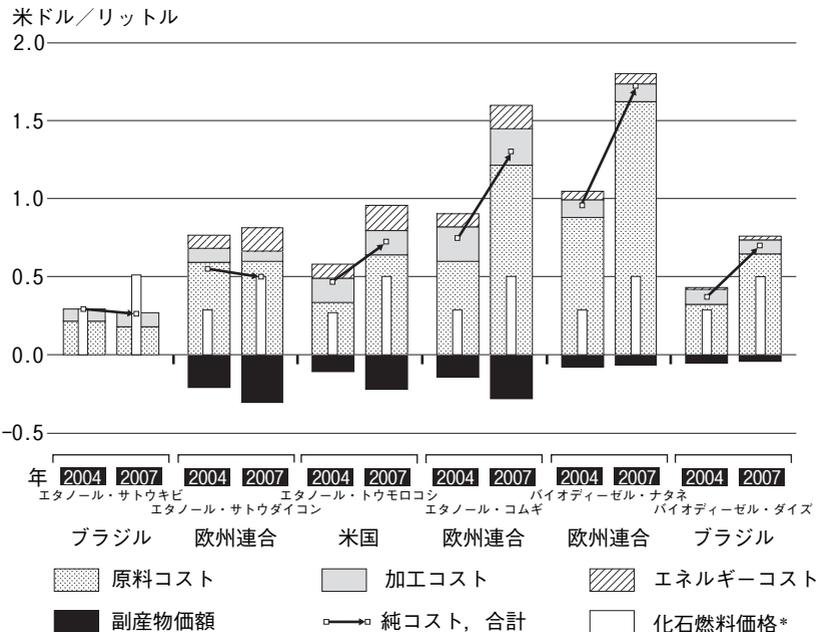
予算作成モデルはバイオ燃料加工企業の財政実績を評価するために利用できる。Tiffany & Eidman (2003) は、トウモロコシ価格、エタノール価格、副産物の価格、天然ガスの価格および他の投資と比較した利率を基に、乾燥圧搾エタノール工場の実績を計算した。このモデルによって、エタノール工場はこの10年間に純収益の大きな変動を経験したこと、および、純収益はトウモロコシ、エタノールおよび天然ガスの価格の変化に極めて敏感であることが見出された。このように、これらの価格変動は、エタノール収量の変動とともに、エタノール工場の純収益に著しい影響を及ぼすであろう。

Yu & Tao (2008) は、キャッサバ、コムギおよびトウモロコシなど異なる原料資源に基づいて、中国の異なる地域における3つのエタノールプロジェクトのシミュレーションを行った。彼らは原料と石油価格の変動性

を考慮に入れ、期待される正味現在価格（NPV）と一連の価格条件のもとでの3プロジェクトの投資に対する内部収益率（IRR）を算出した。彼らは、キャッサバプロジェクトがプラスの正味現在価格と、ほとんどのシナリオのもとで12%を超える内部収益率を示し、その結果、収益性が悪くなる可能性が25%あるものの、経済的競争力を持っていることを見出した。トウモロコシとコムギのプロジェクトは正味現在価格が極めて低いかマイナスで、補助金なしでは経済的な成長性はないであろう。コムギとトウモロコシのプロジェクトの実績が相対的に劣るのは、主に高い原料コストによるもので、これは生産コスト全体の75%を超える。

図9に示されているように、OECD-FAO（2008）は、いくつかの国において各種の原料資源についてバイオ燃料の平均生産コストを推定した。コストは原料資源、加工およびエネルギーのコストに分解された。副産物

図9 主要国におけるバイオ燃料生産コスト（2004年と2007年）



* 国内市場におけるガソリンまたはディーゼルの純価格。

出典：OECD-FAO, 2008.

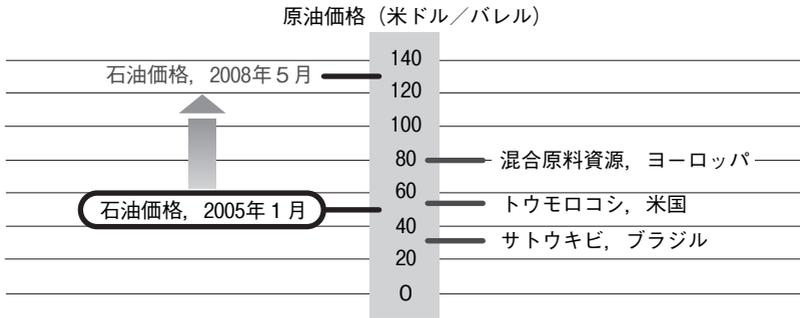
の価値は差し引かれ、正味のコストが四角いマークで図に示されている。それぞれの燃料について、最も近い同等の化石燃料（ガソリンあるいはディーゼル）の市場価格が幅の狭い白ヌキのバーで示されている。

総コストが際立って低いのはブラジルのサトウキビエタノールである。データが報告されたすべてのケースで、農産原料がコスト全体の最大の割合を占めている。ブラジルにおけるエタノール生産のエネルギーコストは、サトウキビ加工の主な副産物であるバガスが燃料として燃やされるため、無視できる。対照的に、ヨーロッパと米国の加工業者は燃料に支払うのが特徴で、エタノールとバイオディーゼルの生産工程から出る副産物は通常家畜飼料として売る。

副産物の価値を差し引いた後のリットル当たり正味の生産コストもまたブラジルのサトウキビエタノールで最低で、これは、一貫して化石燃料変換値以下に価格が付けられる唯一の燃料である。ダイズからのブラジル産バイオディーゼルとトウモロコシからの米国産エタノールの純生産コストは次に低いが、両ケースともに、コストは化石燃料の市場価格を超える。ヨーロッパのバイオディーゼル生産コストはブラジル産エタノールの生産コストの2倍以上で、原料と加工のコストがより高いことを反映している。トウモロコシ、コムギ、ナタネおよびダイズの原料としてのコストは2004年から2007年の間に急激に上昇し、将来の収益性はそれらがいかに石油価格との関連で伸び続けるかにかかっている。

FAOの2006年の調査は、2006年以前の平均原料価格を基に、各種原料からのエタノールと営農生産システムが化石燃料と競争できるであろうポイントを計算した（FAO, 2006a）（図10）。その結果、経済的な競争条件を基礎としたバイオ燃料供給の各種システムの能力には幅広い相違があり、OECDのそれらと一致していることが明らかにされ、そこではブラジル産サトウキビは、他の原料資源や生産国よりかなり低い原油価格でも競争できることが認められた。2006年以前のトウモロコシ価格を基にすれば、米国産トウモロコシエタノールは原油価格がバレル当たりおおよそ58米ドルで競争できることが認められたが、この損益分岐点は原料価格が変

図10 原油と主な原料資源の損益均衡価格（2005年）

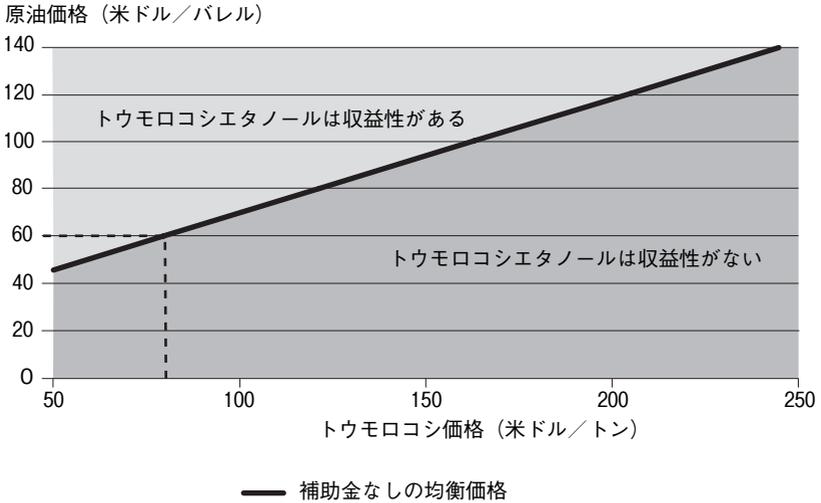


出典：FAO, 2006a のデータによる。

わるにつれて変わるであろうということに注意することが重要である。実際、この分析が実施されて以降のトウモロコシ価格の急激な上昇（部分的にはバイオ燃料の需要にもよる）と砂糖価格の下落は、米国産トウモロコシエタノールに勝るブラジル産サトウキビエタノールの競争力がその差を拡大したことを示唆している。

Tyner & Taheripour (2007) は、物価の動的性質を考慮に入れて、税金控除や支援策なしに、米国における現存技術でのトウモロコシ原料エタノール価格と原油価格のいろいろな組合せについて、損益分岐点を計算した（図11）。彼らの単一原料の分析は、そのシステムの経済的成長性にとって原料と原油の相対価格が重要であることを明らかにしている。例えば、原油価格がバレル当たり60米ドルで、エタノール加工業者はトウモロコシにトン当たり79.52米ドルまで支払うことができ、収益性も保たれる。同様に、原油価格がバレル当たり100.00米ドルでは、加工業者はトウモロコシにトン当たり162.98米ドルまで支払うことができる。太い直線は、米国におけるエタノール用トウモロコシについていろいろなパリティ価格あるいは損益分岐点をトレースしている。上記に記された価格組み合わせとパリティ価格ラインの左側ではトウモロコシエタノールは収益性があり、より低い原油価格あるいはより高いトウモロコシ価格（下段の組み合わせと直線の右側）ではトウモロコシエタノールは収益性がない。

図11 米国におけるトウモロコシと原油の損益均衡価格

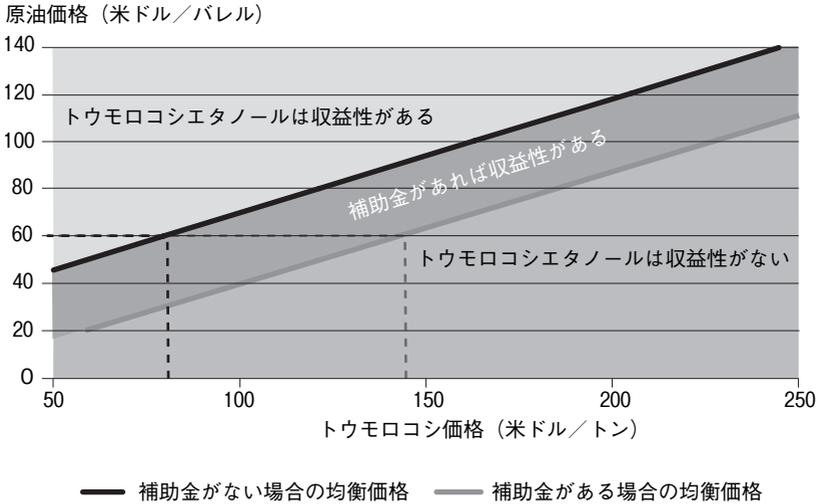


出典：Tyner & Taheripour, 2007による。

同様の分析が他の原料資源や生産国について実施できるかもしれない。その結果は、特定の設定条件のもとでの原料生産やバイオ燃料変換の技術的効率性によって異なるであろう。低コスト生産者のパリティ価格ラインはより低いポイントで縦軸と交わるであろう。パリティ価格ラインの傾斜は、生産者が価格変動に対応して原料生産とバイオ燃料加工を拡大できるか否かによるであろう。ある国のパリティ価格ラインはまた、技術の進歩、基盤設備の改善、あるいは制度の改革に対応して時間の経過とともに変わるであろう。

Tyner & Taheripour (2007) はまた、経済的成長性に対する政策介入の影響を考慮に入れた。彼らは、米国の更新可能な燃料基準、税金控除および関税障壁（米国のバイオ燃料政策に関しては Box 4参照）は、エタノール生産に供されるトウモロコシに対するブッシェル当たり約1.60米ドル（トン当たり63.00米ドル）の連結補助金に相当すると推定した。図12は、エタノールのエネルギー容量に基づき、また現存する補助金の額を加味しながら、いろいろな原油価格でのトウモロコシの損益分岐価格を示し

図12 補助金の有無別トウモロコシと原油の損益均衡価格

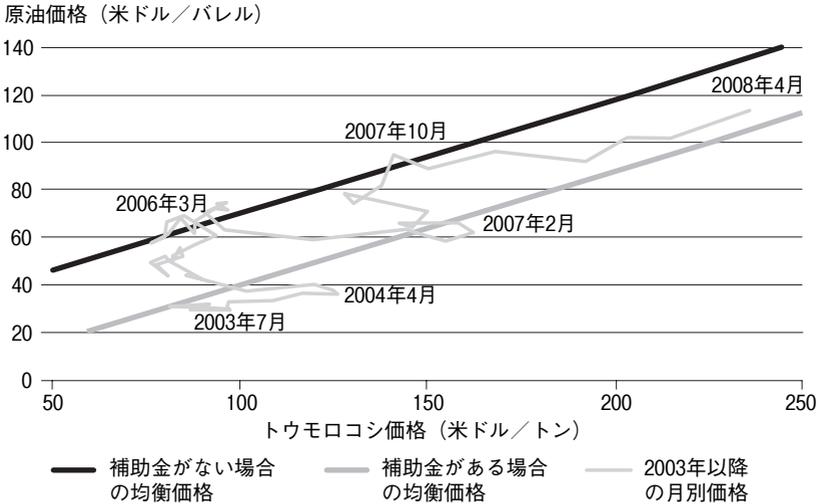


出典：Tyner & Taheripour, 2007による。

ている。下の太線は米国のエタノールに対する指定価格と補助金の額を考慮に入れている。この線は上の太線より下でその右側にあつて、与えられた原油価格に対する補助金を示しており、エタノール加工業者はトウモロコシに対してより高い価格を支払うことができ、なお収益を確保できる。指定価格と補助金の額が上がるとトウモロコシの損益分岐価格は、与えられたどのような原油*価格水準に対しても、トン当たり約63.00米ドルの割合で上がる。上に示したように、原油価格がバレル当たり60米ドルでは、トウモロコシの市場価格がトン当たり79.52米ドル以下にとどまっている限り、トウモロコシエタノールはエネルギーベースでは競争力があるであろう。さらに、補助金があると加工業者はトウモロコシに対してトン当たり142.51米ドルまで支払っても、なお収益性を保つことができるようになる。（*訳注：原文では‘petroleum’となっているが、表12に沿って‘原油’とした。）

図13は、Tyner & Taheripour のパリティ価格の上限で2003年6月から2008年4月にかけて追跡された月ごとのトウモロコシ価格と原油価格を重

図13 トウモロコシと原油の損益均衡価格および実態価格（2003～08年）



出典：Tyner & Taheripour, 2007から改編。

原油価格：ブレント原油, シカゴ貿易委員会 (米ドル/バレル)。トウモロコシ価格：US Yellow No. 2, シカゴ貿易委員会 (米ドル/トン)。価格は商品調査局ウェブサイト (<http://www.crbtrader.com/crbindex/>) からダウンロード (2008年6月10日)。

ね合わせている。データの各点は、トウモロコシ/原油の相対価格はおおむね上の太い線の右側に分布していることを示しており、これは、トウモロコシ価格がエネルギーベースでエタノールの損益分岐点より高いこと、および、米国のトウモロコシエタノールは補助金なしでは化石燃料と競争できないことを示唆している。この価格は特に2本の線の間で重なり合い、補助金は、常にではないがしばしば、トウモロコシエタノールに競争力を与えている。

この期間を通してデータを見ると、階段状の関係が認められ、そのなかで原油価格は、エタノール生産が拡大するにつれてトウモロコシ価格を吊り上げている。2004年半ば以前、原油価格がかなり低かったので、トウモロコシはエタノール原料資源として当時の補助金をもってしても競争力はなかった。原油価格は2004年半ばに上昇し始め、その時点ではトウモロコシ価格はまだかなり低かった。2005年初期までに原油価格はバレル当たり60米ドルを超え、トウモロコシは補助金なしでもほぼ競争できるようにな

った。2005年の米国エネルギー政策法（The United States Energy Policy Act）は、2006年に40億ガロンから始まり2012年には75億ガロンに引き上げる再生可能燃料基準（Renewable Fuel Standard）を策定した。エタノール工場の建設ラッシュが続き、エタノール原料資源としてのトウモロコシ需要が急速に拡大した。原油価格はバレル当たり60米ドル付近に保たれる一方、その他の市場要因もあったが、部分的にはエタノール需要に反応して、2006年を通じてトウモロコシ価格は着実に上昇した。この期間に、補助金があったにもかかわらず、エタノール原料としてのトウモロコシの競争力は急速に低下し、多くのエタノール作物は損失を計上し始めた。原油価格は2007年半ばにふたたび急激に上昇し始め、2008年半ばまでにバレル当たり135米ドルに達した。これによってトウモロコシは、補助金含みではあったが、2007年⁷以後、ふたたび競争力を得た。バイオ燃料政策それ自体、農産品の価格に影響を及ぼし、バイオ燃料生産の原料資源としての農産品の競争力を部分的に決定付ける。バイオ燃料市場を形作る政策の役割については第4章でさらに論議を深める。

この分析は、現在の技術のもとで、米国のトウモロコシエタノールは、トウモロコシが原料としてふたたび競争力を失うポイントまで価格が競り上げられるより前には、市場ではほとんど成長できないか、ごく短期間しか成長できないことを示唆している。現在の補助金と貿易障壁はこの不利な状況の一部を相殺するが、競争力を保証することはない。

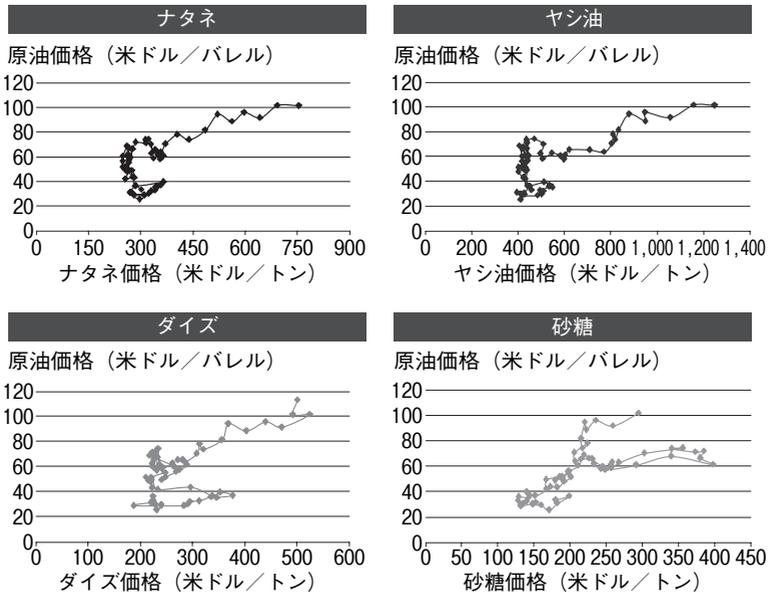
この分析はまた原油価格と農産原料資源価格の間の緊密な結び付きを説明している。そのパターンは、エネルギー市場は農産品市場と比べて大きいので、原油価格は農産品価格を動かすであろうというこの章の始めで強調された主張と一致することを明らかにしている。それはさらに2つの部

⁷ 米国でエタノール需要をさらに刺激したのは、2004年1月から発効したカリフォルニアでのメチル第3ブチルエーテル（MBTE）の使用禁止である。MBTEはガソリン添加剤で、エンジンの燃焼率向上に用いられるが、水質に対する悪影響が疑われ、エタノールで置き換えることができる。

門における価格の間の関係を形作るうえで政府支援政策によって演じられる役割を強調している。

他のバイオ燃料原料資源や他の国についての同様の損益分岐点分析は行われていないが、原油価格と農産品価格の対応関係調査は、ほとんどの原料資源が類似したパターンを持っていることを示唆している。図14は、原油*とナタネ、ヤシ油、ダイズおよび砂糖との月ごとの価格対応を示している。砂糖を例外として、それらはトウモロコシの場合と同様の原油**価格との一般的なパターンを示している。対照的に、砂糖価格は近年下降気味で、エタノール原料としてのサトウキビの収益性を強める方向に働いている。(訳注：原文では* 'petroleum'，** 'oil' となっているが、図14に沿って '原油' とした。)

図14 原油とその他のバイオ燃料原料資源の価格の関係



* 2003年以降の月別価格。

出典：原油価格：プレント原油、シカゴ貿易委員会(米ドル/バレル)、商品調査局ウェブサイト (<http://www.crbtrader.com/crbindex/>) からダウンロード (2008年6月10日)。商品価格はFAO国際商品価格データベースから取得。

本章の主要なメッセージ

- バイオエタノールやバイオディーゼルといった液体バイオ燃料は石油由来のガソリンやディーゼルと直接競合する。エネルギー市場は農産品市場に比べて大きいので、エネルギー価格はバイオ燃料やその農産原料資源の価格を動かす傾向があるであろう。
- バイオ燃料原料資源はまた、生産資源についてその他の農作物と競合する。したがって、エネルギー価格は、同じ資源基盤に依存するすべての農産品の価格に影響を与える傾向があるであろう。同じ理由で、非食料作物からバイオ燃料を生産することは、かならずしも食料と燃料の競合を取り除くわけではないであろう。
- 現在の技術によれば、バイオ燃料の競争力は農産原料資源と化石燃料の相対価格によるであろう。この関係は作物、国、場所およびバイオ燃料生産に使われる技術によって異なるであろう。
- 大規模なバイオ燃料生産諸国の中で生産コストが最も低いブラジルにおけるサトウキビから生産されるエタノールは重要な例外ではあるが、バイオ燃料は、現在の高い原油価格でも、補助金なしでいつも化石燃料と競合するわけではない。しかし、競争力は原料やエネルギーの価格変化および技術の展開に沿って変化し得る。競争力はまた、直接、政策によって影響を受ける。
- OECD 諸国におけるバイオ燃料の開発は幅広い政策手段によって促進され、支援されており、ますます多くの開発途上諸国もまたバイオ燃料を促進する政策を導入し始めている。一般的な政策手段には、バイオ燃料の石油由来の燃料との義務的混合、生産と配送に対する補助金、および租税支援策がある。バイオ燃料に対する関税障壁もまた国内生産を保護するために広く用いられている。これらの諸政策はバイオ燃料生産の収益性に決定的な影響を及ぼし、多くの場合、それなしでは商業的な成長性はないであろう。

- この部門に対する政府支援の背後にある主要な推進力は、農産物に対する需要の高まりを通して農業部門を支援する願いとともに、気候変動やエネルギー安全保障に対する関心である。気候変動とエネルギー安全保障の目標に到達しようとするバイオ燃料政策は、国内の農業者を支援するうえでは効果的に見えるが、その効果についてはますます精査されようとしている。
- 大半の場合、これらの政策はコストがかかり、すでに国および世界的なレベルで甚だしく歪曲され、著しく保護されている農産品市場に新しい歪曲を導入しようとしている。これは、バイオ燃料やバイオ燃料用原料資源に対する効率的な国際的生産パターンを応援しようとするものではない。

Box 3 ブラジルのバイオ燃料政策

ブラジルで消費される総エネルギーの約45%は再生可能な資源に由来し、水力発電（14.5%）とバイオマス（30.1%）が併用されている。2006年の国内の再生可能エネルギー供給のうち32.2%がサトウキビ利用によるもので、国内エネルギー供給全体の14.5%を占めている（GBEP, 2007）。

ブラジルは、バイオエネルギー分野における国内での統制的活動の先駆者であり、バイオ燃料分野、特に輸送用燃料としてのエタノール利用に関して豊富な経験と専門的知見を蓄積している。ブラジルにおけるガソリン添加物としてのエタノール利用の経験は1920年代にまでさかのぼるが、サトウキビから生産された燃料が正式にガソリンに混合され始めたのは1931年である。1975年、第1次石油危機の後、政府は国家エタノール計画（National Ethanol Programme (ProAlcool)）を発足し、砂糖・エタノール産業の大規模な開発への条件を整えた。この計画の目的はエネルギー輸入の低減とエネルギー自立の促進であった。主な目標は、ガソリンと無水エタノールの混合物を市場に導入することと、含水エタノ

ールのみを燃料とする車の開発に支援策を提供することであった。第2次石油ショックに次いで、1979年には、新しいプランテーションと完全にエタノールのみを燃料とする量販車種の開発を促進するためのより野心的で包括的な計画が実施された。一連の税および金融支援策が導入された。この計画は大きな反響を呼び、エタノールのみで走る車の数とともにエタノール生産も急激に増大した。

石油の高価格は長期的にはエタノールをガソリンと競争できるようにすると考えられたので、この計画によって提供された補助金は一時的なものとされた。ところが、1986年に石油の国際価格が下落し、補助金の廃止は難しくなった。加えて、砂糖価格が上昇してエタノール不足を招き、1989年にはいくつかの主要消費地で深刻なエタノール不足が起こったことからこの計画への信頼性が損なわれた。

1989年から2000年の期間は、ブラジルの燃料供給システム全体に影響を与えた幅広い規制緩和の一部として、この計画に対する一連の政府経済支援策が廃止されたことが特徴的であった。1990年には、60年にわたってブラジルの砂糖・エタノール産業を統御してきた砂糖・エタノール公社 (Sugar and Ethanol Institute) が消滅し、この産業の生産、流通および販売活動の企画と実施は逐次民間部門へと移管された。補助金がなくなるとともに、燃料としての含水エタノールの使用は激減した。しかし、1993年、小売ガソリンスタンドで流通するすべてのガソリンに無水エタノールを22%加えなければならないとする混合義務規制の導入により、無水エタノールのガソリンへの混合が急激に増加した。この混合規制は現在も実施中であり、砂糖・エタノール関係各省間委員会 (Inter-Ministerial Board for Sugar and Ethanol) が20%から25%の幅で必要な混合比率を定めている。

ブラジルのエタノールに関する直近の動きは、2000年のエタノール燃料の再活性化で始まり、2002年のこの産業の価格自由化によって代表される。エタノール輸出は、世界市場における石油価格の高騰の結果、さらに増加した。砂糖・エタノール産業の動きは、市場機構、特に国際市場にさらに強く依存し始めた。この産業は大きな投資を行って、生産を拡大し、技術を近代化している。近年の国内市場の展開における重要な

要因は、ガソリンとエタノールの混合燃料で走ることができる、フレックス燃料車とも呼ばれる、アルコールとガソリンの2種燃料車あるいは二元燃料車に対する自動車産業の投資である。

これとは対照的に、ブラジルにおけるバイオディーゼルの生産は、まだ揺籃期産業であり、バイオディーゼル政策はさらに近年のものである。2005年のバイオディーゼル法は、2008年までに2%、2013年までに5%の最低混合規制を達成することとしている。社会的連帯と地域開発への関心を反映して、ブラジル北部および北東部の小規模な家族農場におけるバイオディーゼル用原料の生産について税による誘因システムが制定された。この特別措置“社会燃料契約”(Selo Combustivel Social)のもとで、貧困地域の小規模家族農場から原料資源を買い上げたバイオディーゼル生産者は、連邦所得税の減額とブラジル開発銀行からの融資を受けることができる。

ブラジルにおける現在のバイオエネルギー政策は、関係各省チームによって作成された連邦政府の農業エネルギー政策指針(Agroenergy Policy Guidelines)によって指導されている。連邦政府の全体政策と連携して、農業・家畜・食料供給省が国のバイオエネルギーのニーズに対応する計画を作成している。2006年～2011年ブラジル農業エネルギー計画の目標は、ブラジル農産物の競争力を保証し、社会的連帯、地域開発および環境の持続性など特定の公共政策を支援することである。

出典：GBEP, 2007 および Buarque de Hollanda & Poole, 2001による。

Box 4 米国のバイオ燃料政策

現在、米国におけるバイオ燃料生産ではトウモロコシからのエタノール生産が圧倒的に多く、その生産水準は2007年に300億リットルに達し、次いでダイズからのバイオディーゼルが20億リットルに達している。米国はまた、次世代バイオ燃料技術の開発と実施に向けて多くの

資源を振り向けている。

バイオエネルギー振興のため、現在、一連の政策が実施されており、これには2005年エネルギー政策法（Energy Policy Act of 2005）、2007年米国エネルギー自給・安全保障法（Energy Independence and Security Act of 2007）、2002年農業法（2002 Farm Bill）および2000年バイオマス研究・開発法（Biomass Research and Development Act of 2000）が含まれる。このうちのいくつかは輸送用液体バイオ燃料にも関わっている。

バイオ燃料に対する金融支援策は、1970年代の石油価格危機を受けて制定された1978年エネルギー税法によって、カーター政権時代に始められた。同法は、アルコール燃料の混合物について、当時1ガロン当たり4セントであったガソリン税を、全額、物品税から免除するものであった。さらに最近では、2004年の米国雇用創出法によってエタノール重量物品税控除（Volumetric Ethanol Excise Tax Credit, VEETC）が導入され、混合業者と小売業者に対しエタノールガロン当たり51セントの税額控除が実施された。VEETCは2005年エネルギー政策法によって2010年まで延長されるとともに、バイオディーゼルにも適用が拡大された。農業原料資源を使用するバイオディーゼル生産者はガロン当たり1.00米ドルを、他方、廃油からのバイオディーゼルの生産者はガロン当たり50セントの税額控除を受ける資格がある。いくつかの州でもいろいろな形の物品税控除が設けられている。VEETCは、原産国を問わず、バイオ燃料に適用されるが、輸入エタノールに対してはガロン当たり54セントおよび2.5%の従価関税が課税される。

2005年エネルギー政策法は、再生可能燃料について量的目標を導入した。実際には、同法によって設けられた再生可能燃料基準（Renewable Fuels Standard, RFS）は、米国で販売されるすべての自動車用ガソリンは、2012年までに75億ガロン（1ガロン=3.785リットル）の再生可能燃料含有量を達成しなければならず、2012年以降は、含有量が2012年水準を維持されることと規定している。いくつかの州は、さらに州独自の燃料基準を施行し、あるいは施行を計画している。

この2005年エネルギー政策法はまた、バイオマス計画への資金供与

を継続しており、(i) セルロース系原料資源から生産されるバイオ燃料がガソリンやディーゼルとコスト競争ができるようにするためのバイオテクノロジーその他の先端技術の利用促進、(ii) 製造設備での化石燃料の使用を減らすためのバイオ生産物の生産拡大、および(iii) 輸送用液体燃料、高価値化学品、電力および熱源の生産にセルロース系原料資源を利用する総合バイオ精製設備の商業的実用性の実物展示のために5億米ドル以上を供与している。

2007年エネルギー自立・安全保障法はさらに野心的な量的目標を掲げており、2008年の再生可能燃料を90億ガロンと規定し、2022年までにこれを360億ガロンまで段階的に増やすとしている。後者の量のうち、210億ガロンは先進型バイオ燃料（うち160億ガロンはセルロース系バイオ燃料、残り50億ガロンは不特定先進型バイオ燃料）によらなければならない、としている。

助成金については、2007年米国エネルギー自給・安全保障法は、ライフサイクル温室ガス排出を、現在の燃料に比べて少なくとも80%低減する先進型バイオ燃料生産に対して、2008-2015会計年度について毎年5億米ドルの支出を認めている。同法はまた、エタノール-85*の充填設備の設置に対して、2億米ドルの助成プログラムを予定している。

(*訳注：E85とも呼ばれ、エタノール85%、ガソリン15%の混合燃料)

2002年農業法は、バイオ精製施設の開発の促進、原料資源生産者への支援策の提供、および、バイオ燃料の生産と利用の利益を増進している農家、地方政府および市民社会への教育プログラムの実施など、いくつかの条項を含んでいた。2008年5月に議会によって採択された2007年農業法（2007 Farm Bill）は、トウモロコシを原料とするエタノールへの税額控除を51セントから45セントに減らす一方、セルロースを原料とするエタノールに対してガロン当たり1.01米ドルの税額控除を導入した。

出典：GBEP, 2007ならびに USDA, 2008a および RFA, 2008の情報による。

Box 5 欧州連合 (EU) のバイオ燃料政策

過去10年間に、欧州連合 (EU) におけるバイオ燃料の生産と利用は著しく増加した。2007年には90億リットルのバイオ燃料が生産されたが、その大部分 (60億リットル) はバイオディーゼルであった。この部門は極めて急速な成長をしており、ドイツがEU全体のバイオディーゼル生産の半分以上を占めている。主な原料はナタネ (約80%) で、残りの大部分はヒマワリ油とダイズ油である。EU産業のエタノール生産への投資は鈍化してきており、2007年のエタノール生産は約30億リットルであった。エタノールの主な原料資源はサトウダイコンと穀物である。

EUのバイオ燃料の法制度は3つの主な指令からなる。第1の柱は、EUにおけるバイオ燃料市場の振興に関する指令2003/30/ECである。より安価な化石燃料との競合のなかでバイオ燃料の利用を奨励するため、この指令は、バイオ燃料消費の自発的“参考目標”を2005年までに2% (エネルギー容量ベース)、2010年12月31日までに5.75%と設定している。これらの目標達成のための戦略の選択は加盟国にゆだねられているものの、加盟国は、この指令の参考目標率に沿って、バイオ燃料の消費割合について国別指示目標を設定することを義務付けられている。

第2の柱は指令2003/96/ECで、バイオ燃料に対する税法上の支援措置の設定を認めている。課税は、欧州共同体の行動には含まれておらず、各加盟国が化石燃料およびバイオ燃料への課税水準を決めることができる。しかし、こうした免税措置は環境への国の援助とみなされ、したがって、加盟国によるその施行にあたっては、競争による不適切なひずみを避けるため、欧州委員会の認可を必要とする。

EUのバイオ燃料に対する第3の柱は、指令2003/17/ECによって修正された指令98/70/ECで指示されている燃料の環境に対する影響の特定に関わっている。この指令は、環境上の理由で、エタノール混合の限度を5%に設定している。欧州委員会は、エタノール混合率を10%

にすることを含む修正を提案している。

バイオエネルギーへの支援はまた、共通農業政策の一部として、特に2003年の改革に続いて導入された。この改革は、農家への支払いと彼らが生産する特定の作物とのつながりを断つことによって、バイオ燃料によって提供される新しい市場機会を農家が利用できるようにした。ヘクタール当たり45ユーロの特別援助が、非留保土地（伝統的食用作物面積）に作付けたエネルギー作物に供与される。加えて、農家は留保土地に食料作物を栽培することはできないが、この土地をバイオ燃料を含む非食料作物に用いることができ、ヘクタール当たりの補償支払いを受け取る資格を得る。

バイオエネルギーへの支援はまた新しいEU農村開発政策によってもたらされ、バイオマス生産を始めるための助成および資本費用など再生可能エネルギーへの支援措置が含まれている。

2007年3月、欧州理事会は、欧州委員会の伝達文書“欧州のためのエネルギー政策” (*An energy policy for Europe*) に基づいて、EU全体の運送用のガソリンとディーゼル総消費量のうちバイオ燃料の割合を2020年までに10%とする義務的最低目標とともに、EU全体の総エネルギー消費量のうち再生可能エネルギーの割合を2020年までに20%とする拘束的目標を承認した。前者の目標は、生産が持続的であること、第2世代バイオ燃料が商業的に提供されること、および燃料の品質に関するEU指令が適切な混合水準を可能にするように修正されること、を条件にしている (Council of the European Union, 2007)。バイオ燃料に関するこれらの目標および持続性規準をともに含む再生可能エネルギー指令の提案が、2008年1月23日、欧州委員会によって理事会および欧州議会に提出された。

出典：GBEP, 2007および欧州委員会のウェブサイトからの情報による。

第4章 バイオ燃料市場と政策のインパクト

第3章で論議したように、液体バイオ燃料の展開は、時には、想定外の経路で世界全体の農業に影響を及ぼしている経済的・政策的要因の組み合わせによって駆動されている。本章では、バイオ燃料市場、バイオ燃料生産と農業生産および価格に対する政策のインパクトに焦点を当てる。また、最近の農産品市場の全世界的な傾向を調査し、それらの液体バイオ燃料需要の拡大との結び付きを検証する。そのうえで、バイオ燃料生産の中期の展望および農産品の生産や価格との関連を検証し、各種政策の潜在的な影響およびこの部門がどのように展開していくかに関する石油価格シナリオを分析する。最後に、現在実施中のバイオ燃料政策のコストとその市場へのインパクトについて論及する。

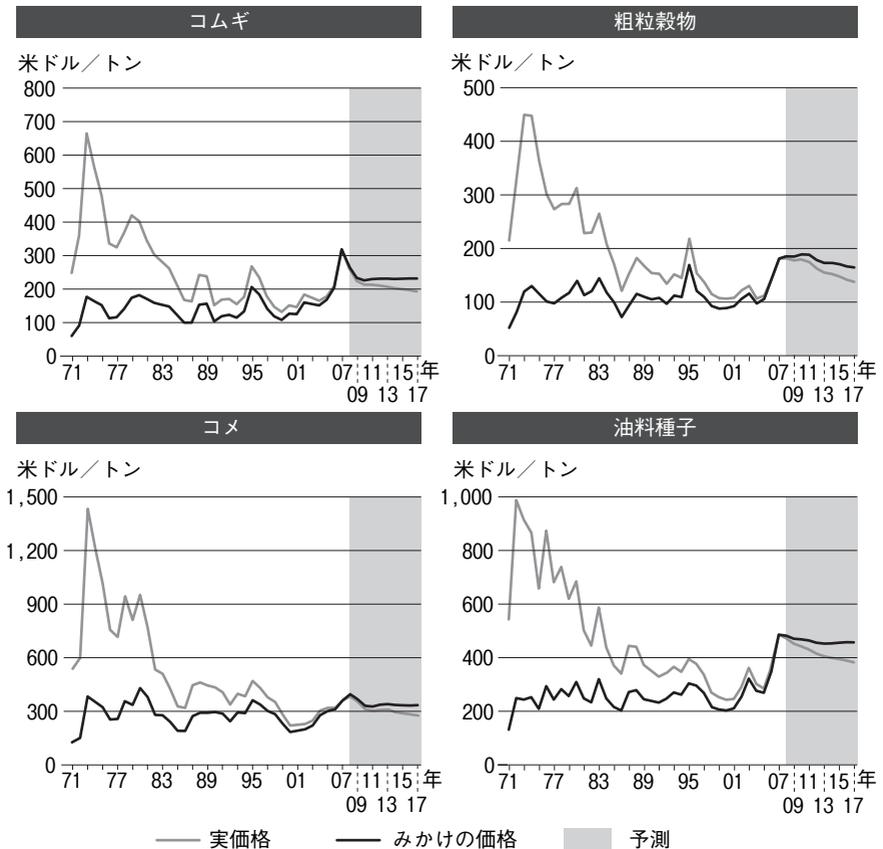
最近のバイオ燃料と農産品市場の展開⁸

エタノールやバイオディーゼルの生産と利用に対する政策支援および石油価格の急速な上昇は、石油由来の燃料に代わるものとしてバイオ燃料をさらに魅力あるものにした。世界全体のエタノール生産は2000年と2007年の間に3倍になって620億リットルに達し（F.O. Licht, 2008, データはOECD-FAO AgLink-Cosimo データベースによる）、バイオディーゼルの生産は同じ期間に10倍以上に増加して100億リットル以上になった。エタノール生産の成長ではブラジルと米国が支配的で、EUはバイオディーゼル生産の成長の源である。さらに、その他多くの国々もバイオ燃料の生産量を増やしている。

⁸ 最近の農産品市場の展開に関する更なる情報はFAO（2008a）およびFood Outlook（「世界の食料需給見通し」）最新版を参照。

農産品価格は過去3年の間に、特にバイオ燃料に対する需要を含む互いに強め合う要因の組み合わせに駆動されて、急激に上昇した。名目食料品価格のFAO指数は2002年以降2倍になり、実質価格の指数もまた急速に上昇した。40年に及ぶ顕著な低下あるいは平坦傾向の後、実質食料品価格は、2008年初頭までに2002年水準より64%上昇した。この高騰は、同じ期間に平均97%以上上昇した植物油価格によって導かれ、穀物（87%）、乳製品（58%）およびコメ（46%）がこれに次いだ（図15）。砂糖と肉製品の価格もまた上昇したが、その程度は上記ほどではなかった。

図15 食料品価格の1971年～2007年の推移および2007年の予測



出典：OECD-FAO, 2008.

高価格現象は、低価格現象と同じように、個々の農産品市場に比較的普通に起こり、確かにいくつかの農産品価格は、高収穫量が予測された勢いによって2008年中期までに退潮し始めた（FAO, 2008b）。しかし、現在の農産品市場の状況を識別するものは、特定の少数品目だけでなく、上で注目したように、ほとんどすべての主要な食料および飼料商品の世界的価格の急激な上昇、および OECD-FAO 農業見通し 2008—2017年（*OECD-FAO Agricultural Outlook 2008-2017*）（OECD-FAO, 2008）で予測されたように、短期的ショックの影響が消え去った後、これらの価格が高止まりする可能性である。多くの要因がこの現象に関与しているが、その相対的な程度を定量化することは難しい。

可能性のある要因リストの上位にあるのは、多くの新興国における経済と人口の急速な成長の結果としての、異なる農産品市場（例えば、穀物、油料種子および畜産物）間の結び付きの強化である。農産品市場間の結び付きおよび、農産物の生産コストと需要の両方に影響を与える化石燃料とバイオ燃料の結び付きの強化もまた目立つ。金融市場とのより緊密な結び付きと多くの通貨に対する米国ドルの為替相場下落もまた重要な役割を演じる（FAO, 2008a）。

価格ブームはまた、特に穀物や油料種子分野で、過去よりもかなり高い価格流動性を伴っており、これらの市場における不確実性がより高いことを強調している。さらに、現在の状況は、他の市場との関係とともに、個別農産品の市場間関係の性格の変化を反映して供給が逼迫した結果、価格流動性が長引いた過去の様相とは異なっている。

価格高騰の重要な引き金は、2005年に始まり2006年まで続いた主要輸出国における穀物生産の落ち込みで、それぞれ年4%および7%低下した。オーストラリアとカナダの収量は全体ではほぼ5分の1低下し、他の多くの国の傾向と同じか下回った。1990年代中期以降の穀物在庫水準の漸減は、市場に大きな影響を及ぼすその他の供給サイドの要因である。1995年に見られたこの前の高価格現象以降、確かに需要の成長が供給を追い越し、世界全体の在庫水準は年平均3.4%低下した。最近の低在庫水準での生産の

落ち込みが急激な価格高騰の舞台設定を助けた。

最近の石油価格の上昇はまた農産品の生産コストを上げ、例えば、ある種の肥料の米ドル価格は2008年の最初の2ヵ月間に2007年の同時期に比べて160%以上上がった。確かにエネルギー価格の上昇は急速かつ急勾配で、Reuters-CRB (Commodity Research Bureau) のエネルギー価格指数は2003年以降3倍以上になった。2006年2月に始まる1年間に運賃料率が倍になり、食料を輸入国に向けて輸送するコストも影響を受けた。

石油価格の上昇はまた、バイオ燃料生産の原料資源としての農産物に対する需要の急増に貢献した。推定9,300万トンのコムギと粗粒穀物が2007年にエタノール生産に使われたが、これは2005年の水準の2倍に当たる(OECD-FAO, 2008)。これは、この期間のコムギと粗粒穀物消費の成長全体の半分以上を占めたが、他の要因も含めて、これらの価格上昇のたぶん半分弱に当たる。この成長の大部分は米国のみによるもので、エタノール用トウモロコシ消費量は2007年に8,100万トンに達し、現在の穀物年次の間にさらに30%増加するものと予測されている(FAO, 2008b)。

これら最近の価格の傾向は明らかに低所得消費者の関心の源であるが、これらは長期的な展望に立って考える必要がある。図15は、実質物価は近年急速に上昇したものの、なお1970年代および1980年代初期に到達したレベルを大きく下回っていることを確認している。実際、粗粒穀物の価格はいまだに1990年代中期に到達したピークより低い。これは貧しい消費者に投げかけられた苦痛を減じるものではなく、現在の危機は前例がなかったわけではなく、農産品市場は反復する性質を持っていることを政策対応は考えに入れておくべきであることを示唆している。現在の高価格の根底にある要因のいくつかは長続きしない性質のものであり、条件がより正常な状況に戻り、世界中の農業者が価格支援策に反応するようになると緩和されるであろう。その他の要因は長期的なものであり、より構造的な性質を持ち、したがって価格に上向きの圧力をかけ続けるかもしれない。長期的な見通しは、粗粒穀物と油料種子の価格はこれまでの10年間支配的であったレベル以上にとどまりそうであるが、農産品価格は現在のレベルから下

がり、この後数年間に長期的な下降傾向に戻るであろうと示唆している。(農産品価格の決定要因と将来の傾向の可能性についてのさらに詳細な議論は本報告の第Ⅱ部を参照)

しかし、農産品価格が現在の高いレベルから下降した場合でも、バイオ燃料の需要はエネルギー市場と農産品市場の間の緊密な結び付きを作り上げる方向に働くので、バイオ燃料に対する需要は将来もずっと価格への影響を持ち続けるものと思われる。農産品生産過程の投入材として従来からの肥料や機械への依存が続いている現状では、農産品価格に対するエネルギー価格の影響は新しい現象ではない。バイオ燃料生産に供される農産品が多くなると、この価格関係が強化される。バイオ燃料の生産、消費、貿易および価格の将来の推移は、エネルギー市場の将来の展開に決定的に、そして原油価格の展開により明確に依存するであろう。

バイオ燃料の展開の長期的見通し

国際エネルギー機関 (IEA, 2007) は輸送用液体バイオ燃料の役割が大きく拡大すると見通している。しかし、エネルギー利用全体と輸送用エネルギー利用全体として見ると、それは相対的に限られたものであろう。輸送用燃料は、現在、エネルギー消費全体の26%を占め、その94%は石油によって供給され、バイオ燃料は0.9%にすぎない。第2章で手短に触れたように、世界エネルギーアウトルック2007年 (*World Energy Outlook 2007*) の参考シナリオで、IEAはこのシェアは2015年には2.3%、2030年には3.2%に増えると見通している (表8)。これは輸送部門で使われるバイオ燃料総量が2005年の1,900万トン (石油換算) から2015年には5,700万トン、2030年には1億200万トンへ増加するとする見通しに対応している。この参考シナリオは、“もし、その基礎にあるエネルギーの趨勢を変えるためにこれ以上政府によって何もなされず、経済成長、人口、エネルギー価格および技術に関する仮定に立った場合の、その結果を示すためにデザインされている。それには、2007年中期までにすでに適用されている

表8 資源および部門別エネルギー需要量：参考シナリオ

	エネルギー需要量 (石油換算100万トン)						割合 (%)		
	年: 1980	1990	2000	2005	2015	2030	2005	2015	2030
資源別主要 エネルギー総供給量	7,228	8,755	10,023	11,429	14,361	17,721	100	100	100
石炭	1,786	2,216	2,292	2,892	3,988	4,994	25	28	28
石油	3,106	3,216	3,647	4,000	4,720	5,585	35	33	32
ガス	1,237	1,676	2,089	2,354	3,044	3,948	21	21	22
原子力	186	525	675	714	804	854	6	6	5
水力	147	184	226	251	327	416	2	2	2
バイオマスおよび残材	753	903	1,041	1,149	1,334	1,615	10	9	9
その他の再生可能資源	12	35	53	61	145	308	1	1	2
部門別エネルギー 総消費量	...	6,184	...	7,737	9,657	11,861	100	100	100
生活、サービス、農業	...	2,516	...	2,892	3,423	4,122	37	35	35
工業	...	2,197	...	2,834	3,765	4,576	37	39	39
輸送	...	1,471	...	2,011	2,469	3,163	26	26	27
石油	...	1,378	...	1,895	2,296	2,919	94	93	92
バイオ燃料	...	6	...	19	57	102	1	2	3
その他の燃料	...	87	...	96	117	142	5	5	4

注：…=データなし。データは四捨五入されている。

出典：IEA, 2007.

政府の政策や法令が取り入れられている…” (IEA, 2007, p.57)。

バイオ燃料の生産と消費の拡大は採用される政策次第でより強まらばあろう。“各国が現在策定中および採用、実施すると思われる政策や法令を取り込んでいる” IEAの各種の政策シナリオのもとでは (IEA, 2007, p.66), そのシェアは2015年には3.3%, 2030年には5.9%に拡大すると見込まれており、これは総量が2015年には7,800万トン (石油換算), 2030年には1億6,400万トンへと増加するとする見通しに対応している。

最近のおよび予測されるバイオ燃料原料生産の増加は、現在の農業生産に照らすと相当大きなものである。生産の増加はバイオ燃料原料資源の生産に供する面積を拡大することによって達成できる。それには、既存の栽培地における他の作物の生産から転換するか、草地や林地など、ずっと作物生産に供されていなかった土地を転換することのいずれかがある。そのほか、すでに生産されているバイオ燃料原料資源の収量を向上することによって生産を増加できる。

IEA は、長期的バイオ燃料生産シナリオを達成するためには、バイオ燃料原料資源に供されている作物栽培地のシェアは、参考シナリオに従えば2004年の1%から2030年までに2.5%に、各種政策シナリオに従えば3.8%に、また、第2世代技術が利用できるようになるシナリオに従えば4.2%に増加すると見込んでいる（表9）（IEA, 2006, pp.414-416）。これらいろいろのシナリオに従えば、バイオ燃料生産に直接用いられる土地はEUの作物栽培地では11.6%と15.7%の範囲まで増加し、米国とカナダでは5.4%と10.2%の範囲まで増加するであろうが、他の地域では3.4%以下にとどまるであろう（ブラジルなど個々の国ではこれを上回るかもしれないが）。面積拡大と集約化が持つ環境に対する意味合いについては第5章でさらに議論される。

バイオ燃料の中期的展望⁹

OECD-FAO 農業見通し 2008—2017年(*OECD-FAO Agricultural Outlook 2008-2017*) は、エタノールとバイオディーゼルの将来の供給、需要、貿

表9 バイオ燃料生産に必要な土地

国グループ	2004年		2030年					
			参考シナリオ		代替政策シナリオ		第2世代バイオ燃料の場合	
	100万ヘクタール	耕地に対する割合 (%)	100万ヘクタール	耕地に対する割合 (%)	100万ヘクタール	耕地に対する割合 (%)	100万ヘクタール	耕地に対する割合 (%)
アフリカ・近東	—	—	0.8	0.3	0.9	0.3	1.1	0.4
開発途上アジア	—	—	5.0	1.2	10.2	2.5	11.8	2.8
欧州連合	2.6	1.2	12.6	11.6	15.7	14.5	17.1	15.7
ラテンアメリカ	2.7	0.9	3.5	2.4	4.3	2.9	5.0	3.4
OECD 太平洋地域	—	—	0.3	0.7	1.0	2.1	1.0	2.0
移行経済国	—	—	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1
米国・カナダ	8.4	1.9	12.0	5.4	20.4	9.2	22.6	10.2
世界	13.8	1.0	34.5	2.5	52.8	3.8	58.5	4.2

注：— = 無視できる値。

出典：FAO, 2008a；IEA, 2006.

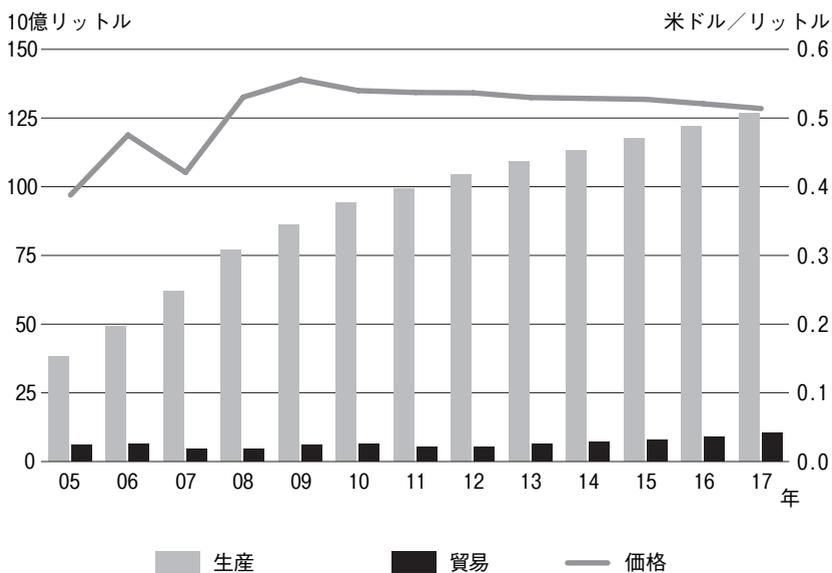
⁹ 本節における分析は OECD-FAO (2008) による。この資料の使用許諾に感謝する。

易および価格の見通しの全容を収録しており、本節ではそれを要約する。この見通しは58の国と地域および20の農産品の連結モデルに基づいている。このモデルは17カ国のエタノールとバイオディーゼルの市場を対象にしている。これはエネルギーと農産物市場の総合的分析を可能にし、各種の政策シナリオの分析を助ける。基本予測は2008年初頭時点で施行されていた政府の政策を反映し、人口、経済成長、為替レートおよび世界全体の石油価格といった外部要因に関する一貫した仮定に基づいている。

エタノールの展望

図16は世界全体のエタノール生産、貿易および価格についての OECD/FAO の見通しを示している。生産は2017年までに倍以上になり、2007年の620億リットルに比べて1,270億リットルに達する。この両データは燃料以外の用途に生産されたエタノールを含んでいるのに対して、表1（22ページ）で報告されている520億リットルはバイオ燃料エタノールのみ含ん

図16 世界全体のエタノールの生産、貿易および価格、および2017年の予測

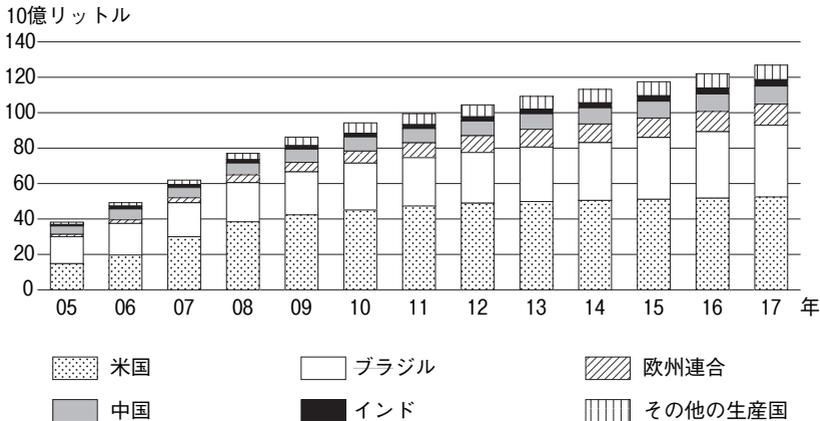


出典：OECD-FAO, 2008.

でいる。この見通しによると、世界全体のエタノール価格は予測期間の早い年次に上昇し、その後、生産能力が拡大するにつれて100リットル当たりほぼ51米ドルのレベルまで戻るであろう。OECD 諸国における輸送用燃料の義務的混合が増加する結果、エタノールの国際貿易はほとんど110億リットルにまで伸びるものと予測され、その大部分はブラジルによって供給される。しかし、貿易されるエタノールは総生産量のほんの小さなシェアを占め続けるであろう。

図17に示されているように、ブラジルと米国はエタノールの最大生産国としての地位を2017年までずっと保つてであろうが、他の多くの国が急速に生産を拡大しつつある。米国では、エタノール生産は予測期間に倍増し、2017年までに520億リットル程度に達するものと考えられ、これは世界全体の生産量の42%に相当する。全体の消費は生産より速く増加すると予測され、純輸入量は2017年までに国内エタノール消費量の約9%に増加すると考えられている。ブラジルにおけるエタノール生産もまた急速に成長し続け、2017年までに320億リットルに達すると考えられている。ブラジルは、この後もエタノール生産の最も安い原料資源であり続けるサトウキビを用いることによって強い競争力を持ち続け、2017年までにエタノール輸

図17 主要エタノール生産国および2017年の予測



出典：OECD-FAO, 2008のデータに基づく。

出量をほぼ3倍増して88億リットルに達するものと予測されている。その年までに、世界全体のエタノール輸出量の85%はブラジルによって供給されるものと予測されている。

EUではエタノール総生産量は2017年までに120億リットルに達すると見込まれている。これは150億リットルと見込まれている消費量よりまだかなり低く、エタノールの純輸入量はおおよそ30億リットルに達するものと考えられる。EUの生産量ではごく一部分しか対応することができない混合義務の強化がEUのエタノール輸入の背後にある主な駆動力である。

その他数カ国におけるエタノール生産は、中国、インド、タイおよびアフリカの数カ国に引っ張られて、急速に伸びるものと見込まれている。中国は2017年までに消費量が2倍以上になると見込まれ、これは国内生産量を超えるであろう。インドとタイについては生産の強い成長が予測されている。インド政府はサトウキビを原料とするエタノール産業の発展を支援しており、生産量を2017年までに36億リットルに増加するとしている。消費量は32億リットルに達すると見通している。タイでは、生産量は2017年までに18億リットルに達するものと予測され、消費量は15億リットルに達すると見込まれている。生産と消費の伸びは輸入石油への依存を減らそうとする政府の目標によって下支えされている。このようにして、ガソリンタイプの燃料消費量におけるエタノールのエネルギーシェアは2008年から2017年の間に2%から12%に増えると考えられている。

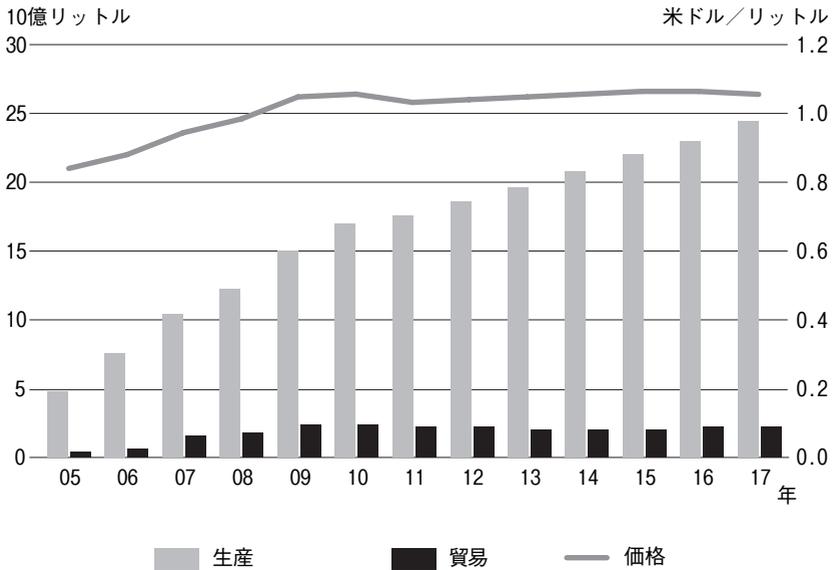
アフリカの多くの国がエタノール生産を開発するための投資を始めている。バイオ燃料・バイオエネルギー部門を発展させることは、農村開発と高価な輸入エネルギーへの依存の低減を促進する機会と捉えられている。いくつかの後発開発途上国の輸出機会“武器・弾薬（25品目）以外の全ての産品への無税・無枠措置”（Everything But Arms initiative）によって相当程度強化され得るであろうし、それは、これらの国が高い特惠関税措置の有利性を取り込んで、免税エタノールをEUに輸出できるようにするであろう。

バイオディーゼルの展望

世界全体のバイオディーゼルの生産は、実質的には低いレベルではあるが、エタノールより若干高い率で成長し、2017年までに240億リットル程度に達すると見込まれている（図18）。EUで支配的であるが、数カ国における義務と関税の譲許はバイオディーゼル生産の成長を駆動している。世界のバイオディーゼル価格は、大部分の予測期間について、化石ディーゼルの生産コストを大きく上回る100リットル当たり104～106米ドルの間にとどまるものと考えられている。バイオディーゼルの総貿易量は予測期間の早い年次に伸びるが、その後はほとんど変化しないものと予測される。貿易量の大部分はEUを主な仕向け国とするインドネシアとマレーシアからの輸出によるものと見込まれる。

生産はEUが支配的で、米国がこれに次ぎ、著しい伸びがブラジル、インドネシアおよびマレーシアでも見込まれる（図19）。EUのバイオディ

図18 世界全体のバイオディーゼルの生産、貿易および価格、および2017年の予測

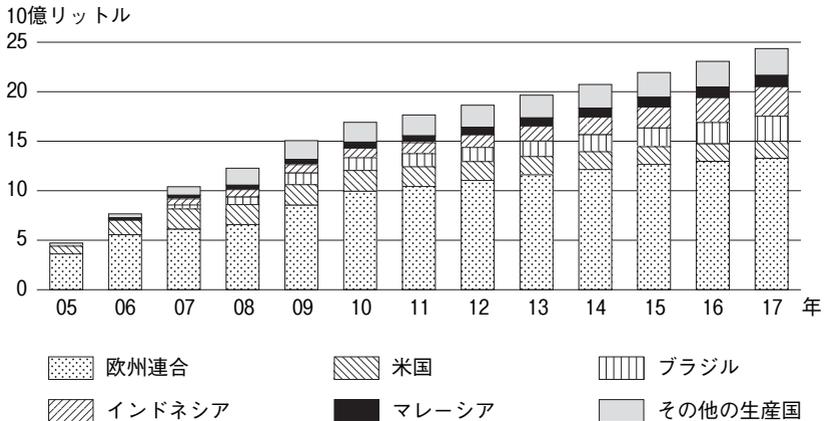


出典：OECD-FAO, 2008.

ーゼル消費量は数カ国における混合義務によって押し上げられている。バイオディーゼルの生産コストは化石ディーゼルの純コストを大幅に上回るレベルにとどまるものの（図 9，52 ページ），減税と混合義務が国内消費と生産を刺激する助けになっている。EU のバイオディーゼル消費量は相対的に減少すると予測されているが，それでもなお 2017 年の世界全体のバイオディーゼル消費量の半分以上を占めるであろう。この強い需要は国内生産と輸入の増加の両方によって賄われるであろう。生産限界収益は，極めて厳しかった 2007 年に比べるとかなり改善されると見込まれるものの，窮屈な状況が続くであろう。

米国におけるバイオディーゼルの消費量は 2005 年と 2006 年の両年に 3 倍になったが，化石ディーゼルに比べてバイオディーゼルは価格が高いままなので，予測期間を通して大きくは変わらないであろうと考えられている。ブラジルのバイオディーゼル生産は 2006 年に始まったが，バイオディーゼル価格の上昇と，その結果，生産限界収益が好転することに反応して，短期間に急速に拡大すると予測されている。しかし，長期的には，生産拡大は緩やかになり，国内需要を賄う程度に限られ，2017 年までに 26 億リットル程度に伸びるものと予測されている。

図 19 主要バイオディーゼル生産国および 2017 年の予測



出典：OECD-FAO, 2008 のデータに基づく。

インドネシアはバイオディーゼル市場での重要な参画者として台頭してくるものと期待されている。インドネシア政府は2005年に化石燃料への価格補助金を減らし、その後それを排除した。それによってバイオ燃料産業は経済的に成長することができた。バイオディーゼルの商業的規模の生産は2006年に始まり、2007年までに年約6億リットルを生産するまでに拡大した。国内のヤシ油生産に刺激されてバイオディーゼル産業は競争力で優位に立ち、これはインドネシアを世界第2位の生産国に向けて駆り立て、年生産量は着実に増加して2017年までに30億リットルに達するであろう。政府によって設定された消費目標に基づいて、国内需要は生産と併行して発展するものと期待されている。

マレーシアは世界第2位のヤシ油の生産国で、これはまたこの国を世界のバイオディーゼル市場で重要な役割を演じるトップの座に置いている。商業的なバイオディーゼル生産は2006年に始まり、2007年までに年約3億6,000万リットルを生産するまでに成長した。着実に拡大するヤシ油の国内生産は、来る10年間にバイオ燃料産業が急速に成長する基盤を提供するであろう。生産は年約10%の割合で伸びると見込まれ、2017年までに11億リットルに達するであろう。消費義務がないので、国内消費が大きく増えることは期待できない。この産業は輸出志向が支配的で、EU市場を目標にしている。

アフリカのいくつかの国々とインドではまた、限界地域でのジャトロファ (*Jatropha curcas*) からのバイオディーゼル生産を刺激するために若干の投資が行われている。バイオディーゼル価格が高いこと、および、農村経済を發展させ、貧弱な基盤設備で内陸部へ輸送するにはコストがかさむ輸入石油への依存を減らすという主張がこれらの投資の背後にある。この作物の商業的生産の経験が限られているので、ジャトロファを原料とする生産の見通しを立てることは極めて難しい。この見通しでは、エチオピア、インド、モザンビークおよびタンザニアについて暫定的な推定値が得られているが、それは、これら各国における総生産量は6万トンと9万5,000トンの間であることを示唆している。アフリカ諸国については、バ

イオディーゼル生産量の全量がジャトロファの種子から得られるものと想定されている。

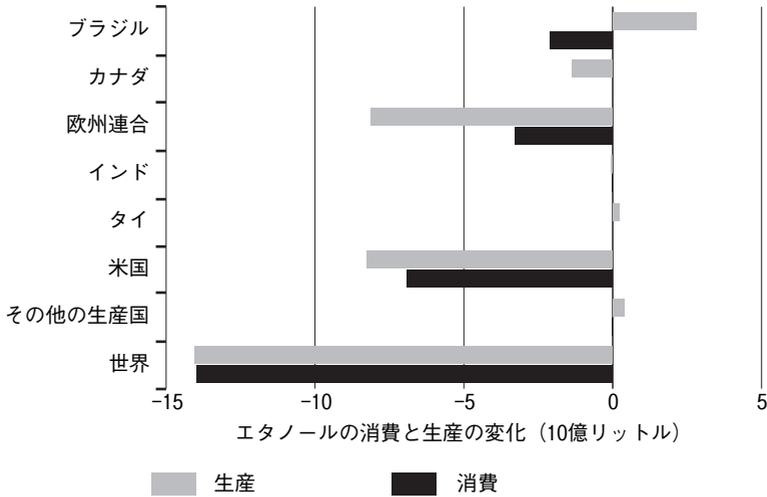
バイオ燃料政策のインパクト

OECD-FAO・AgLink-Cosimo 共同モデリングフレームワークがバイオ燃料のための各種の政策シナリオを分析するために使われた (FAO, 2008c)。第3章で議論したように、各国はバイオ燃料の生産と消費を支援するために一連の政策手段を用いている。ここで報告された政策シナリオは、義務的混合と利用要件を保持する一方で、国内補助（税金譲許、税金控除およびバイオ燃料生産に対する直接支援）の排除と OECD および非 OECD 諸国における貿易制限の影響についてシミュレートしている。

このシナリオは、貿易制限や貿易を歪曲する国内補助金は排除されたものの、環境的手法といった非貿易歪曲政策は存続が許されている農業でしばしば実施されている“完全自由化”シナリオを幅広く模倣している。いくつかのシナリオは明確な働きをするであろうが、その結果は精密なシナリオとモデル仕様の詳細に大きくかかっていることが強調されなければならない。このように、それらは現存する補助金や貿易障壁を排除する効果を精密に予報するものではなく、幅広く示唆するものとして受け取られるべきである。2007年米国エネルギー自給・安全保障法 (The 2007 United States Energy Independence and Security Act) と提案された新 EU バイオエネルギー指令 (EU Bioenergy Directive) はこのシナリオでは考慮されていない。

図20は OECD およびその他の国々におけるすべての貿易を歪曲するバイオ燃料政策を排除した結果生じるであろうエタノールの生産と消費に対するすべてのインパクトを要約している。関税と補助金の排除は世界全体のエタノールの生産と消費の低下につながり、その程度は約10～15%になるであろう。最大の低下はリットル当たりとしてのエタノール支援手段が極めて高い EU で起こり (第3章)、次いで最大のエタノール生産国で

図20 エタノールのための貿易を歪曲するバイオ燃料政策を排除した場合の全体的影響 (2013～17年の平均)



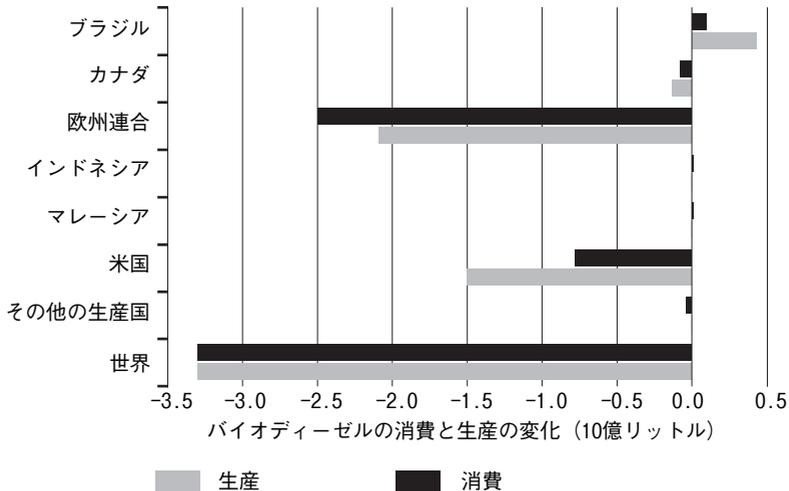
出典：FAO, 2008c.

ある米国で起こるであろう。両国における消費もまた減少するが、義務的使用目標は施行されたままなので、その程度は量的には少ないであろう。現在の保護されている市場における輸入は著しく増加する一方、ブラジルその他の開発途上供給国の生産と輸出は増加するであろう。

図21は同じシナリオでのバイオディーゼルについての結果を要約している。世界全体のレベルで、貿易障壁と貿易を歪曲する国内保護を排除した場合のインパクトは、パーセンテージとしてはエタノールの場合よりやや大きいと思われ、生産と消費の落ち込みはおおよそ15～20%であろう。大部分の国は、現在この産業が石油由来ディーゼルとの競争力を保つために補助金に大きく依存しているので、大幅な低下に見舞われるであろう。

現在の貿易を歪曲するバイオ燃料政策の排除はエタノールとバイオディーゼルの価格および農産品の価格と生産に関わってくるであろう。手厚い補助金を実施しているいくつかの国における生産が消費より減少し、それによって輸出需要が高まるために、世界全体のエタノール価格は約10%上昇するであろう。対照的に、EUの消費の落ち込みが輸入需要の低下につ

図21 バイオディーゼルのための貿易を歪曲するバイオ燃料政策を排除した場合の全体的影響（2013～17年の平均）



出典：FAO, 2008c.

ながることから、世界全体のバイオディーゼル価格は若干下落するであろう。農産原料価格もまたバイオ燃料補助金の排除によって影響を受けるであろう。植物油とトウモロコシの価格は約5%下落し、砂糖価格は基本シナリオに比べて若干上昇するであろう。粗粒穀物とコムギの生産に専用されている世界全体の作物栽培面積は若干ではあるが約1%減少し、一方、サトウキビ面積は約1%増加するであろう。

歴史的に、バイオマスとバイオ燃料は生産量の大部分が国内消費に向けられるために、その貿易の流れは小さい。しかし来るべき時代には、バイオ燃料と原料資源の国際貿易は全世界の増え続ける需要を満たすために急速に拡大するかもしれない。バイオ燃料製品の貿易を自由化あるいは締め付ける政策は将来の生産と消費のパターンに強いインパクトを与え、したがって国際貿易のルールはバイオ燃料が国際的に発展していくうえで決定的な重要性を担っている (Box 7)。

第3章で議論したように、多くの国がバイオ燃料の輸入に関税を課しているが、EUと米国は最大の市場を持っていることから最も重要である。

バイオ燃料はいくつかの WTO 協定によって統治されており、さらに、EU と米国はともにその他の各種協定のもとで広範囲のパートナー国に特惠市場権を提供している (Box 8)。

分析の意味合い

FAO-OECD 分析と第 3 章で論議された世界補助金イニシアティブによる補助金の推定額は、直接および間接のコストとともに、OECD 諸国におけるバイオ燃料支援政策のインパクトを強調している。直接コストは補助金で表され、これは納税者あるいは消費者のいずれかによって拠出される。間接コストは、バイオ燃料に対する選択的な支援と義務的数量目標の結果である歪曲された資源配分に由来する。多くの OECD 諸国における農業補助金と保護は国際レベルでの資源の誤った配分をもたらし、そのコストは、開発途上国の農業生産者とともに、自分たちの国民の負担となる。農産物貿易政策と、それらが持つ貧困緩和と食料安全保障との関連性は *The State of Food and Agriculture* の 2005 年版*で論議されている (FAO, 2005)。(*訳注：日本語版「世界食料農業白書 2005 年報告」, 既刊)

現在のバイオ燃料に対する支援政策は農業政策分野における過去の誤りを繰り返すおそれがある。国際レベルでの経済的に効率的なバイオ燃料部門の将来の発展は、バイオ燃料生産の地理的に効率的な態様を奨励する貿易ルールとともに、適切な非歪曲的な国家政策の確立にかかっている。

コストがかかることに加えて、現在のバイオ燃料政策は急速な成長を過剰に促進する規模に応じて、特にすでに負荷のかかっている自然資源に基盤を置くバイオ燃料生産の予期しない結果を招くかもしれない。これらの政策誘導型の急速なバイオ燃料開発のいくつかの結果はこの後の 2 つの章でさらに議論される。第 5 章ではバイオ燃料の環境インパクトが、第 6 章では社会経済的および食料安全保障に対するインパクトが論じられる。

本章の主要なメッセージ

- 液体バイオ燃料の伸び続ける需要は、最近の農産品価格の急激な上昇の底流にあるいくつかの要因のほんの1つでしかない。これらの価格上昇にバイオ燃料の需要拡大が果たした正確な寄与を定量化することは難しい。しかし、バイオ燃料の需要は今後かなり長い間農産品価格に上向きの圧力をかけ続けるであろう。
- バイオ燃料の需要と供給は急速に増加すると思われるが、輸送用燃料供給全体における液体バイオ燃料シェアは限定的なものにとどまるであろう。しかし、主として化石燃料価格、バイオ燃料政策および技術開発に関する不確実性のために、この見通しは極めて不確実なものである。
- ブラジル、EU および米国液体バイオ燃料の最大の生産国であり続けるものと思われるが、生産はまた多くの開発途上国で拡大することが見込まれる。
- バイオ燃料政策はバイオ燃料の国際市場、貿易および価格、および農産品に大きな意味合いを持っている。現在のバイオ燃料の生産、消費および貿易は、世界全体の展望とともに、現行の政策、特に、国内の生産者を保護しながらバイオ燃料の生産と消費を促進しているEUと米国で実施されている政策に強く影響される。
- OECD 諸国のバイオ燃料政策は彼ら自身の納税者や消費者に大きなコストを課し、意図しなかった結果を招いている。
- バイオ燃料に対する貿易政策は開発途上国のバイオ燃料原料資源の生産者を差別し、開発途上国におけるバイオ燃料の加工および輸出部門の台頭を阻害する。
- 現在の多くのバイオ燃料政策はバイオ燃料および農産品の市場を歪曲し、全世界的な産業の場所と発展に影響を与えているので、生産は経済的あるいは環境的に最も適した場所で行われなくてもいい。

- バイオ燃料のための国際的政策の規律は、農業部門に存在する全世界的政策の失敗を繰り返さないために必要である。

Box 6 バイオ燃料の将来予測における不確実性の 主な根源

本節で示す予測は、世界のバイオ燃料の生産、貿易および価格について想定される将来の方向について、いくつかの徴候を与えている。しかし、この予測は多くの不確実性を前提にしていることを強調しておくことが重要である。この予測で最も重要なことは、(i) 今後10年間、基礎的農産品がエタノールとバイオディーゼルの原料資源の大部分を代表する；および(ii) 現在、他の原料資源によるバイオ燃料の生産と流通を制限している技術的・経済的制約はこれからも厳しいままである、と仮定していることである。特に、セルロースから生産される第2世代エタノールやバイオマスに由来するディーゼル燃料は、予測期間中には意味のある規模で経済的に成り立つまでにはならないであろう、と仮定している。

しかしながら、多くの国は現存する制約を克服するための研究を進めており、その成功の展望はまだ不確実ではあるが、第2世代バイオ燃料のための最初の商業的生産工場がこれからの10年の間に稼動するのは不可能ではない。このことは、特にこれらの燃料用原料資源が作物残渣あるいは食料生産に不適な土地で育てられるエネルギー作物からもたらされる程度によって、バイオ燃料生産と農産品市場との関係を大きく変えるであろう。

その他の不確実性は、化石燃料市場と農業の将来の動きに関係している。原料価格はバイオ燃料の総生産コストの大きな割合を占め、この部門の経済的発展性に大きなインパクトを与える。砂糖価格は2008年以降上昇する一方で、粗粒穀物と植物油の価格は、短期的には低下するにしても、過去に比べて(米ドル表示で)比較的高い水準を保つと予測される。したがって、大部分のバイオ燃料にとって生産コストは予測期間を

とおして大きな制約になるものと考えられる。基本予測は、予測全期間をとおして、石油価格は2008年のバレル当たり90米ドルから2017年までにバレル当たり104米ドルへと緩やかに上昇すると仮定している。これらの価格の仮定は予測における不確実性の主要な源である。例えば、以前のOECD-FAOの基本予測では、原油価格は2007-2016年の予測期間中50～55米ドルの範囲にとどまると仮定していたが、実際の原油価格は2008年5月にバレル当たり129米ドルを超えた(OECD-FAO, 2007)。

最後に、第3章で論議したように、大部分の国では、バイオ燃料生産は公的支援政策と国境保護に大きく依存していることを想起しなければならない。バイオ燃料の生産と利用を支援することによってもたらされる、潜在的可能性のある、または実際の利益に関する議論は今なお続いている。支持施策は急速に広がっており、その将来の道筋を予測することは不可能である。この予測のなかで考慮されていない近年の政策変化は、2007年12月に法律となった新しい米国エネルギー法(United States Energy Act)および2008年5月に議会で承認された2007年農業法(2007 Farm Bill)である(Box 4: 63～65ページ参照)。

Box 7 バイオ燃料と世界貿易機関(WTO)

現在のところ、世界貿易機関(WTO)はバイオ燃料に特定した貿易制度を持っていない。したがって、バイオ燃料の国際貿易は、すべての物財の貿易を包含している関税と貿易に関する一般協定(GATT 1994)の諸規則のもとで扱われ、またその他の農業に関する協定(Agreement on Agriculture, AoA)、貿易の技術的障害に関する協定(Agreement on Technical Barriers to Trade, TBT)、衛生植物検疫措置の適用に関する協定(Agreement on the Application of Sanitary and Phytosanitary Measures, SPS)、補助金および相殺措置に関する協定(Agreement on Subsidies and Countervailing Measures)など、

関連のある WTO 諸協定が関わっている。農産物は、農業に関する協定が逸脱条項を含まない限り、GATT および WTO の一般規定の対象となる。

貿易に関連する主要な問題は、バイオ燃料生産物の農業財、工業財あるいは環境財としての関税目的での分類、生産を増大するための補助金の役割、および、種々の国内措置と WTO 基準との間の整合性の程度である。

農業に関する協定 (AoA) は、魚介類および魚介類生産物を除き、皮革、絹糸、羊毛、綿花、亜麻および変性でんぷんなど多くの特定生産物を加えた国際統一商品分類 (Harmonized System^{*}) の第1部から第24部までの生産物をカバーしている。AoA の規律は、市場アクセス、国内補助および輸出補助の3つの柱に基づいている。AoA の主な特徴の1つは、加盟国が補助金及び相殺措置に関する協定から逸脱して補助金を支払うことを容認していることである。(*訳注: Harmonized Commodity Description and Coding System)

国際統一商品分類は、特定の WTO 協定のもとで、生産物がどのように特徴付けされるかに影響を与える。例えば、エタノールは農産物とみなされ、したがって WTO の AoA 付属書1の対象となる。一方、バイオディーゼルは工業産物とみなされ、AoA の諸規定の対象とならない。ドーハ開発アジェンダ (Doha Development Agenda) の31-3項は、“環境財とサービスの関税および非関税障壁の低減、もしくは適正な場合の廃止”に関する協議に乗り出した。いくつかの WTO 加盟国は、エタノールとバイオディーゼルを含む再生可能エネルギー生産物は“環境財”として分類されるべきで、したがって、“環境財およびサービス”にまとめて協議の対象とすることを示唆している。

出典: FAO, 2007b および GBEP, 2007による。

Box 8 バイオ燃料と特惠貿易措置

開発途上国にとって、国際市場に向けたバイオエネルギー生産に伴う課題は特に深刻である。先進国における生産増強に特化した措置、あるいは市場参入を制限するために設けられた保護措置によって、貿易機会が減少するかもしれない。先進国市場のバイオ燃料に対する傾斜関税は開発途上国からの未加工糖蜜や粗製油脂のような原料資源の輸出を制約しかかぬず、一方で、付加価値を高めるバイオ燃料への実際の変換は往々にして他の国で行われている。

EU や米国では、バイオエネルギーに対する世界全体の需要増によって一部の開発途上国が利益を得る新しい機会を与える多くの特惠貿易措置や協定が導入されている。開発途上国に対する EU の特惠貿易は EU の一般特惠システム (Generalized System of Preferences, GSP) に含まれている。さらに、武器・弾薬 (25 品目) 以外の全ての産品への無税・無枠措置 (Everything But Arms (EBA) initiative) およびコトヌー協定 (Cotonou Agreement) はバイオエネルギー部門に関連する条項を含んでいる。変性アルコールと未変性アルコールについては、現行の GSP のもとで、2008 年 12 月 31 日までを有効期限として、EU 向けの無税アクセスが認められている。GSP はまた、持続的開発の原則および優良統治を順守しているエタノール生産者と輸出業者への支援プログラムを持っている。EBA は、後発開発途上国のエタノール輸出に無税、割当制限なしの参入機会を与えており、他方、コトヌー協定はアフリカ、カリブ海、太平洋諸国からの特定の輸入品目に対して無税措置をとっている。欧州・地中海連合協定 (Euro-Mediterranean Association Agreement) も、近東・北アフリカの特定国からのバイオ燃料に対する特惠貿易条項を含んでいる。米国においては、原料資源の原産国によって特定の量的・質的制限はあるが、カリブ海地域開発計画 (Caribbean Basin Initiative) のもとで、カリブ海諸国からエタノールを無税で輸入することができる。エタノールの無税輸入条項はまた、米国・中米自由貿易協定 (US-Central America Free Trade

Agreement) の交渉にも提案されている。

しかし、このような特惠措置は受益国に機会を提供する一方で、こうした特惠措置によって利益を受けない開発途上国を不利にするなど、貿易の流れを変える問題も生じている。

出典：FAO, 2007b による。

第 5 章 バイオ燃料の環境へのインパクト

バイオ燃料の生産量はエネルギー需要全体から見れば少ないものであるが、現在の農業生産の水準との関係で見れば重要なものである。その引き続く成長の環境および社会に対する重要な意味合いを認識しなければならない。例えば、温室効果ガス排出の低減はバイオ燃料生産を支援するいくつかの政策の明確な目標の 1 つである。土地、水および生物多様性に対する予期されない負のインパクトは、農業生産一般については副次的影響とされるが、バイオ燃料に関しては特別な関心事である。そういったインパクトの程度は、バイオ燃料用原料資源がどのように生産され、加工されるか、その生産の規模および、特にそれらがどのように土地利用の変化、集約化および国際貿易に影響するかにかかっている。本章ではバイオ燃料の環境との関わりを検証し、社会的な関わりについては次の章で考察する。

バイオ燃料は気候変動を緩和するか？¹⁰

最近まで、多くの政策策定者は、バイオマスから生み出されるバイオ燃料で化石燃料を置き換えることは地球温暖化を進める温室効果ガスの発生を低いレベルにとどめることで、気候変動に著しいプラスの効果を持つであろうと考えていた。バイオエネルギー作物はそれらが成長する過程で大気から二酸化炭素を直接除去し、それを作物バイオマスと土壌中に蓄えることによって、温室効果ガスの排出を低減あるいは相殺できる。バイオ燃料に加えて、これら多くの作物は家畜の飼料としてのたんばく質などの副産物を生み出し、それによって、他の手段で飼料を生産するために使われたであろうエネルギーを節減する。

¹⁰ この節における分析は部分的に FAO (2008d) による。

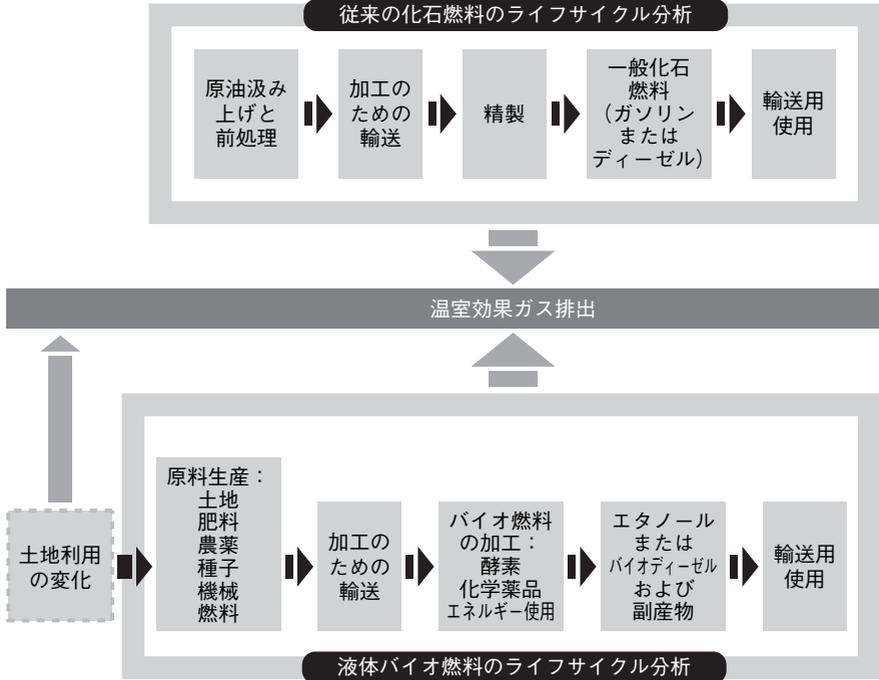
しかし、これらの潜在的可能性を持った恩恵にもかかわらず、科学的研究は、バイオ燃料の種類が異なると、ガソリンに比べて温室効果ガスバランスにも幅広い違いがあることを明らかにしている。原料生産と燃料加工に用いる技術によっては、ある種の作物栽培は化石燃料が排出するよりも多い温室効果ガスを作り出すことさえあり得る。例えば、温室効果ガスとしては二酸化炭素よりほぼ300倍も大きい地球温暖化潜在能力のある亜酸化窒素が窒素肥料から放出される。さらに、バイオエネルギー作物やバイオ燃料の生産のその他の段階、すなわち、作物栽培に使われる肥料、農業および燃料の生産から化学的加工、輸送および配送の間、そして最終用途に至る段階で温室効果ガスが排出される。

温室効果ガスはまた、バイオ燃料の生産増加によって引き起こされた直接あるいは間接的な土地利用の変化によって排出され、例えば、森林や草地に貯留されていた炭素が作物生産への土地の転換に際して土壌から放出され得る。例えば、エタノール用に生産されるトウモロコシはヘクタール当たり年約1.8トンの二酸化炭素の温室効果ガスを蓄え、第2世代作物として有望なスイッチグラスは同様に8.6トンを蓄えるが、これらの作物を生産するために草地を転換するとヘクタール当たり300トン、林地を転換すると600～1,000トンの二酸化炭素を放出することがある (Fargione *et al.*, 2008 ; The Royal Society, 2008 ; Searchinger, 2008)。

ライフサイクル分析は温室効果ガスバランスを算定するために用いられる分析手段である。温室効果ガスバランスは、バイオ燃料の生産段階から使用に至る温室効果ガス全排出量と、対応する化石燃料の同等のエネルギー量の生産から使用に至る過程で排出される温室効果ガス全量を比較した結果として得られる。この十分に確立された、しかし複雑な方法は温室効果ガス排出量を推定する量的連鎖の個々の成分を体系的に分析する (図22)。

温室効果ガスバランスを推定する出発点は、特定のバイオ燃料システムについての十分定義された境界線区分で、それは適切な“従来型”参照システム—たいていの場合にはガソリン—と比較される。いくつかのバイオ燃

図22 温室効果ガスバランスのライフサイクル分析



出典：FAO.

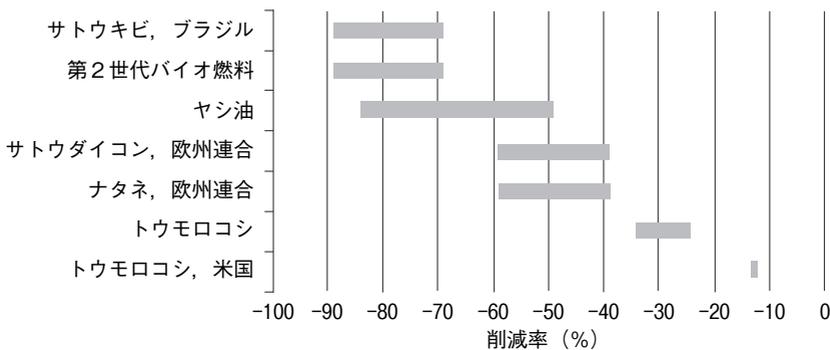
料原料資源もまた、圧縮ケーキあるいは家畜飼料といった副産物を生み出す。これらは“回避された”温室効果ガス排出と考えられ、類似した単独の産物との比較あるいは分配（例えば、エネルギー容量あるいは市場価格）によって査定される。温室効果ガスバランスは、原料の生産方法、変換技術および利用によって、作物や場所ごとに大きく異なる。窒素肥料などの投入材および、原料資源をバイオ燃料に変換するために用いられる電力の発電タイプ（例えば、石炭によるかオイルによるか、あるいは原子力によるか）は温室効果ガス排出量のレベルに大きな変異をもたらし、また地域によっても異なる。

今日まで、大部分のバイオ燃料のライフサイクル分析はEUと米国の穀物と油料種子、ブラジルのサトウキビエタノールについて行われてきた。

限られた数の研究が植物油を取り上げ、ヤシ油、キャッサバおよびジャトロファからのバイオディーゼル、およびバイオガスからのバイオメタンを扱っている研究の数も少ない。バイオ燃料、原料資源および生産と変換の技術に幅広い違いがあれば、排出削減という意味の成果—正にそれが狙いである—にも同様の幅広い違いが考えられる。大部分の研究は、もし最も効率的なシステムが用いられ、土地利用の変化に由来する炭素放出を除外すれば、現在の原料資源からの第1世代バイオ燃料の生産は化石燃料に対して20～60%の幅で排出削減になることを見出している。図23は、土地利用の変化の影響を除外して、一連の作物と場所について温室効果ガス排出量の削減の推定幅を示している。サトウキビからのエタノール生産に長い経験を持つブラジルはより大幅な削減を示している。化石ディーゼルと比較して、また土地利用の変化に関連する炭素放出を除外すれば、第2世代バイオ燃料は、商業レベルではまだ目立たないが、70～90%の幅で削減して排出量を削減する。

最近のいくつかの研究は、その結果の中で最も注目された違いは、副産物のために選択された分配手法、亜酸化窒素排出量の仮定、および土地利用に関連する炭素放出の変化に由来することを見出している。現在、多くの異なった方法がライフサイクル分析を行うために用いられているが、上記で注目したように、それらのいくつかは土地利用の変化の複雑な事項を

図23 化石燃料と比べた一部のバイオ燃料の温室効果ガス排出量の削減



注：土地利用変化の影響を除く。

出典：IEA, 2006, および FAO, 2008d.

考慮していない。測定された助変数および査定に用いられたデータの質は設定された基準と整合する必要がある。温室効果ガスバランスを評価するために調和された方法を開発する努力が、特に世界バイオエネルギーパートナーシップ (Global Bioenergy Partnership) の内部で進められている。バイオエネルギー作物のより幅広い環境的および社会的インパクトを評価するうえで、その結果は幅広い一連の生産システムについて透明で、一貫していることを保証するために、調和化について類似した必要性がある。

温室効果ガスバランスの評価では、得られる結果が完全で正確であるために、土地利用の変化によって放出される排出量に関するデータが不可欠である。そのような排出はバイオ燃料生産サイクルの初期に発生し、もしそれがかなり大量であると、その後の生産と使用の段階で得られる排出貯留によってそれが補償されるまでには多くの年数を必要とするであろう。土地利用の変化が分析に取り入れられる場合、いくつかのバイオ燃料の原料資源と生産システムからの温室効果ガス排出は化石燃料よりむしろ高くなるであろう。Fargione *et al.* (2008) は、ブラジル、インドネシア、マレーシアあるいは米国においてエタノールとバイオディーゼルを生産するために雨林、泥炭地、サバンナあるいは草地を転換すると、化石燃料と置き換わることによってバイオ燃料が毎年節減する二酸化炭素の少なくとも17倍が排出されると推定した。彼らは、米国でトウモロコシエタノール生産に戻された土壤保全留保計画 (Conservation Reserve Program) の土地の場合、この“炭素負債” (carbon debt) を返済するには48年かかるであろうとし、もしアマゾンの雨林がダイズバイオディーゼル生産に転換された場合は返済に300年以上、またインドネシアあるいはマレーシアで熱帯泥炭雨林がヤシ油バイオディーゼル生産に転換された場合は返済に400年以上かかると考えている。

Righelato & Spracklen (2007) は、現存する耕作地にいろいろなエタノールおよびバイオディーゼル原料資源 (例えば、エタノールにはサトウキビ、トウモロコシ、コムギおよびサトウダイコン、ディーゼルにはナタネと木質バイオマス) を栽培することによって排出を回避できる炭素量を

推定した。彼らは、それぞれの場合に、耕作地を森林に転換することによって30年以上にわたってより多くの炭素が固定されるであろうと結論した。彼らは、もしバイオ燃料支援政策が地球温暖化の緩和を目的にするのであれば、燃料効率の向上と森林の保護と保全がより効果的な選択肢であろうと主張している。

現在議論されている温室効果ガス排出量を削減するための選択肢の中で、バイオ燃料は1つの重要な案ではあるが、燃料効率と保護を改善する多くの場合に、森林再生あるいは農業技術の変更、あるいは他の形の再生可能な燃料を使うことがより費用対効果が高いであろう。例えば、米国では、自動車の燃料効率をガロン当たり平均1マイル向上することで、現在米国でトウモロコシから生産されているエタノール総量と同程度の温室効果ガス排出削減効果が得られるであろう (Tollefson, 2008)。Doornbosch & Steenblik (2007) は、米国ではバイオ燃料 (トウモロコシエタノール) を介して温室効果ガス排出量を削減するには、二酸化炭素1トン当たり補助金として500米ドル以上のコストがかかること、およびEU (サトウダイコンとトウモロコシのエタノール) では4,520米ドルという高いコストがかかるが、これは二酸化炭素換算相殺の市場価格よりかなり高いと推定した。Enkvist, Naucler & Rosander (2007) は、新しいビルディングのより良い絶縁あるいは暖房や空調システムの効率向上など、エネルギー消費を削減するための比較的直接的な手段は二酸化炭素削減コストをトン当たり40ユーロ以下にできると報告している。

持続的なバイオ燃料開発の科学的小および政策的な側面はともに急速に発展しつつある (ほとんど週単位で)。土地利用の変化を含む関連問題の包括的な理解および温室効果ガスバランスの適切な評価は、バイオエネルギー作物は気候保全活動に持続的でプラスのインパクトを持っていることを保証するために必須である。土地利用の変化に関連する諸要因は複雑であるため、ほとんどのバイオエネルギーライフサイクル分析から省略されているが、それらは依然として政府が国家エネルギー政策を編成する際に考慮する必要のある情報の一部として欠くことのできないものである。

温室効果ガス排出に対する原料生産のインパクトに加え、バイオ燃料の加工と配送もまた別の環境インパクトを持っている。炭化水素部門におけるように、バイオ燃料原料資源の加工は、工業生産過程で放出される一酸化炭素、微粒子、亜酸化窒素、硫酸塩および揮発性有機化合物が地域的な大気の質に影響を与える（Dufey, 2006）。しかし、バイオ燃料はまた、薪や木炭といった伝統的なバイオマスを置き換える程度によって、特に室内の空気汚染に起因する女性や子どもたちの呼吸器疾病や死亡を減らし、人々の健康を劇的に改善する潜在的可能性を持っている。

ある場合には、国家规定は、輸入業者に、農耕地の持続的耕作、自然生息地の保護およびバイオ燃料の最低限の二酸化炭素節減を保証することを課している。いくつかの国および地域の機関（例えば、米国とEU）は、バイオ燃料の純温室効果ガスバランスはガソリンのバランスより35～40%少ない範囲にあると示唆している。これらの問題の注意深い分析はすべての利害関係者、特にバイオエネルギー作物あるいは燃料の輸出国にとって、投資と生産する決心およびそれらの生産物の市場性の基礎として重要である。

土地利用の変化と集約化

前節では、土地利用の変化がバイオ燃料生産の温室効果ガスバランスに及ぼす影響に焦点を当てた。バイオ燃料生産の拡大が温室効果ガス排出に及ぼす潜在的な効果を評価する際には、生産の増加が土地生産性の向上あるいは耕作面積の拡大によって充足され得る範囲について明確に理解することが必要である。耕作面積の拡大の場合は土地の区分もまた重要である。農業生産技術もまた温室効果ガスバランスの決定に関与する。両要素はまた、土壌、水および生物多様性に関連するその他の環境インパクトをも決定するであろう。

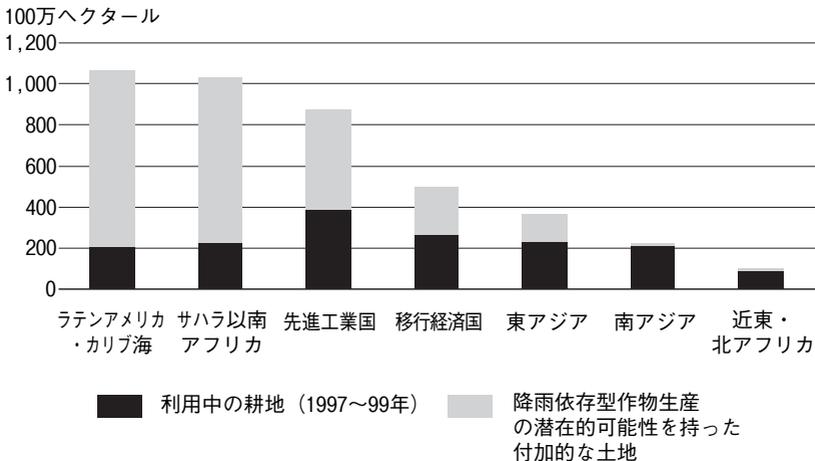
過去50年間における世界全体の農産物生産の増加（ほぼ80%）の大部分は収量増によるもので、残りは作付面積の拡大と栽培頻度の増加による

(FAO, 2003 ; Hazell & Wood, 2008)。過去数年間のバイオ燃料需要の成長率は農産品需要と作物収量のこれまでの成長率をはるかに超えている。これは土地利用の変化—および付随する環境インパクト—は、第1および第2両世代技術に関してより重要な問題であることを示唆している。短期的には、この需要は主としてバイオ燃料作物に供する土地面積を増やすことで満たされるであろうし、中・長期的には、バイオ燃料作物の品種改良、農業技術の変革および新しい技術（セルロース変換など）が支配的になるであろう。すでに耕作されている土地の急激な利用変更および草地や林地など、現在は作物生産に供されていない土地の転換を最小限にするためには、顕著な収量増加と技術の進歩がバイオ燃料原料資源の持続的生産に必須であろう。

面積の拡大

世界の総土地表面積135億ヘクタールのうち、約83億ヘクタールは現在草地または林地で16億ヘクタールは耕作地である（Fischer, 2008）。図24で示されているように、その他20億ヘクタールは潜在的に降雨依存型作物

図24 作物栽培用土地を拡大する潜在的可能性



出典：FAO, 2003.

生産に適していると考えられるが、この図は十分に注意して取り扱われるべきである。森林、湿地あるいは他の用途の多くの土地は、炭素固定、水のろ過および生物多様性保護を含む有益な環境便益を提供している。したがって、これらの地域での作物生産の拡大は環境に有害である。

林地、保護地および食料や家畜に対する需要増を満たすために必要な土地を除外したうえで、潜在的に作物生産の拡大に供し得る土地の推定面積は2億5,000万から8億ヘクタール間にあり、その大部分は熱帯ラテンアメリカとアフリカにある (Fischer, 2008)。

この土地の一部は直接バイオ燃料原料の生産に供し得るが、現存する耕作地でのバイオ燃料生産の増加はまた、他の場所での非バイオ燃料作物の生産拡大の引き金を引くことになるかもしれない。例えば、米国中央部におけるエタノール用トウモロコシ生産の増加は、現存する耕地で栽培されていたダイズを追い出し、その分、別の場所でのダイズ生産を増加させ、草地や林地の耕地への転換を増加させた。このようなわけで、バイオ燃料生産の拡大による直接および間接の土地利用の変化について、環境に与えるインパクトの潜在的可能性を十分理解することが求められている。

2004年に、世界中で推定1,400万ヘクタールがバイオ燃料とその副産物を生産するために供されており、これは世界全体の作物栽培地の約1%に当たる (IEA, 2006, p.413)¹¹。現在、サトウキビはブラジルで560万ヘクタール栽培され、その収穫物の54% (約300万ヘクタール分) がエタノール生産に使われている (Naylor *et al.*, 2007)。米国の農家は2004年に3,000万ヘクタールのトウモロコシを収穫し、その11% (約330万ヘクタール分) はエタノールに使われた (Searchinger *et al.*, 2008)。2007年に、米国でトウモロコシが作付けされた面積は19%増加した (Naylor *et al.*, 2007; Westcott, 2007, p.8も参照)。米国のダイズ面積が15%減少した一方、ブラ

¹¹ 大部分の第1世代バイオ燃料原料資源 (例えば、トウモロコシ、サトウキビ、ナタネおよびアブラヤシ) は作物栽培段階では最終用途を識別することはできないので、バイオ燃料の原料面積はバイオ燃料生産データから推定されている。

ジルのダイズ面積は6～7%増加して4,300万ヘクタールに達した（FAO, 2007c）。

第4章で注目したように、IEAは、バイオ燃料およびその副産物の生産に供される土地は、実行される政策次第で、世界全体としてこのあと数十年の間に3～4倍増加し、ヨーロッパと北アメリカではさらに急速に増加すると見通している。OECD-FAO（2008）の見通しは、この土地は今後10年間に世界全体で穀物向けに転換される土地からもたらされるであろうと示唆している。このほかに必要な土地は、EUおよび米国の土壤保全保留計画の土地を別にして、オーストラリア、カナダおよび米国の非穀物栽培地から供給され、現在は耕作されていない新しい土地、特にラテンアメリカの土地に見出されるであろう。過去に必ずしも有益に耕作されていなかった土地のある部分は物価が上昇すれば収益性が高まるであろうし、経済的に有望な土地はバイオ燃料とその原料資源の需要の増大に伴って変化することが期待されるであろう（Nelson & Robertson, 2008）。例えば、以前のソビエト連邦が解体した後のカザフスタン、ロシア連邦およびウクライナなどの国では作物生産（主に穀物）から2,300万ヘクタールがバイオ燃料生産関連に転換されたが、その推定1,300万ヘクタールは、もし、穀物価格と利益幅が高く維持され、荷扱い、貯蔵および輸送の基盤整備に必要な投資が行われれば、大きな環境コストを払うことなしに元の生産に戻れるであろう（FAO, 2008e）。

ブラジルのサトウキビ面積は今後10年間にほぼ倍増して1,000万ヘクタールに達するものと考えられ、また、ブラジルのダイズ面積の拡大に伴って家畜の牧草やその他の作物が置き換えられ、間接的に非耕作地に対する圧力を強めることになるであろう（Naylor *et al.*, 2007）。中国は、緑化のための穀物プログラム（Grain-for-Green programme）に供されている土地の“原料作物生産への転換を防止している”が、これはカンボジアやラオスなど、その他の国の資源に対する圧力を増大させるであろう（Naylor *et al.*, 2007）。

バイオ燃料によって引き起こされた間接的な土地利用変化の潜在的な意

義が Searchinger *et al.* (2008) による最近の分析で説明されている。彼らは、米国でエタノール生産に供されているトウモロコシ面積は、政策と市場条件次第で2016年までに1,280万ヘクタールあるいはそれ以上に増加すると見通している。それに伴ってダイズ、コムギその他の作物の栽培面積が減少し、価格が上がり、他の国での生産の増加を引き起こす。これによって、ブラジルにおける耕地280万ヘクタール（大部分はダイズ）および中国とインドにおける耕地220万ヘクタール（大部分はトウモロコシとコムギ）の拡大を含む世界全体で1,080万ヘクタールの土地が耕地に加えられると推定されている。もし、予測される耕地の拡大が1990年代に見られたパターンに従えば、それは主としてヨーロッパ、ラテンアメリカ、東南アジアおよびサハラ以南アフリカの林地およびその他の地域の草地からもたらされるであろう。このシナリオに批判的なのは、少なくとも短期的には価格上昇は収量増を加速しないであろうとする仮説である。

他の研究もまた、バイオ燃料政策の結果として発生する潜在的な土地利用の間接的変化を強調している (Birur, Hertel & Tyner, 2007)。EUと米国で現在のバイオ燃料の戦略と目標を満たすことは、商品輸出の減少と輸入需要の増大をもたらす一方、バイオ燃料に仕向けられる国内の原料生産の比率を著しく高めるであろう。その影響で、2010年までにカナダと米国で粗粒穀物に供されている土地面積は11～12%、ブラジル、カナダおよびEUでナタネに供されている面積は12～21%拡大するであろう。穀物、ナタネおよびサトウキビに対する需要が増大する結果、ブラジルの土地価格は2倍になると推定され、EUと米国のバイオ燃料戦略は、アマゾンの雨林など、世界の他の地域の生態系に大きな圧力をかけるであろうと示唆している。Banse *et al.* (2008) もまた、カナダ、EU、日本、南アフリカおよび米国におけるバイオ燃料の義務的混合政策の実施によって、とりわけアフリカやラテンアメリカにおける他作物への農地転用が顕著に増加すると考えている。

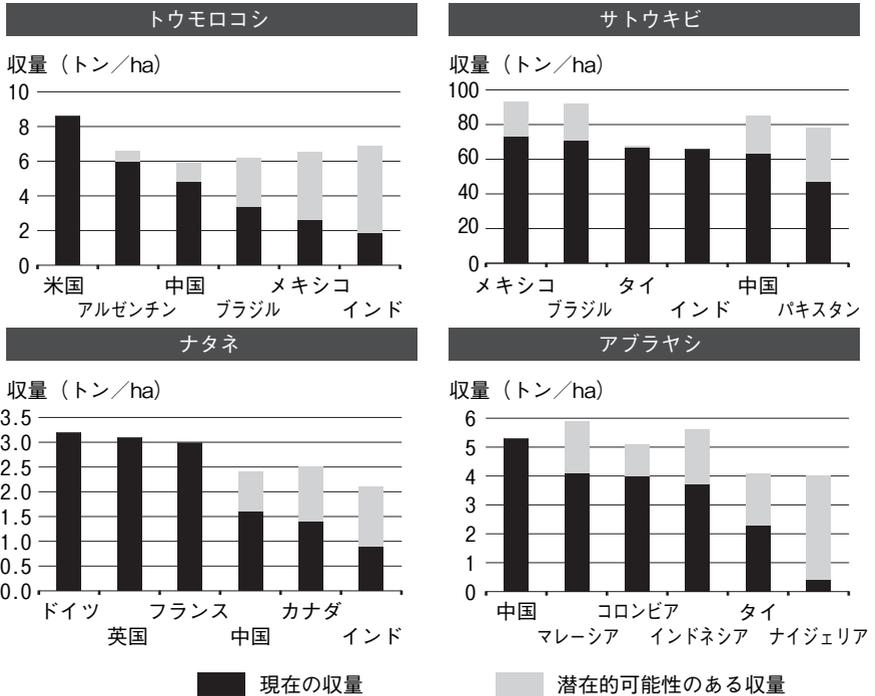
集約化

バイオ燃料原料生産のための面積拡大は、今後数年間、バイオ燃料に対する需要の増加を満たすうえで重要な役割を演じるに違いないが、特に、もし生産量を長期間持続させるのであれば、農業技術と管理作業の改善による土地利用の集約化がこの面積拡大の選択肢を補わなければならないであろう。作物収量の増加は、歴史的にサハラ以南アフリカやラテンアメリカより人口稠密なアジアで顕著で、トウモロコシよりコメとコムギで著しい。遺伝材料、投入材および水の利用、および農業技術の改良に対する大規模な公的および民間投資はこれらの収量増を達成するうえで重要な役割を演じる (Hazell & Wood, 2008 ; Cassman *et al.*, 2005)。

全世界的レベルおよび大半の地域における作物収量の著しい増加にもかかわらず、サハラ以南アフリカでは収量は低迷している。図25によって示されているように、現実の収量はいまだに大部分の地域でその潜在的能力を下回っており、現存の耕作地にはまだ生産を増やす大きな余地が残されていることを示唆している。Evenson & Gollin (2003) は、特にアフリカで、新しい高収量作物品種の採用が極めて遅れていることを報告している。アフリカはまた、総合的な肥培と病害虫管理、灌漑と保全型耕耘など、その他の増収技術の利活用に残れをとっている。

バイオ燃料に対する需要の増加が直接および間接に土地利用の変化を引き起こすのとまったく同様に、それはまた、社会基盤、技術、および情報、知識および市場の利用を改善するために適切な投資が行われるならば、バイオ燃料原料資源の生産には直接、その他の作物の生産には間接的に、ともに収量に変化をもたらす引き金を引くことが考えられる。多くの分析的研究が、バイオ燃料の需要増加によって予想される土地利用の変化を評価し始めているが、収量が、直接あるいは間接に、どのように、またどれほど速やかに影響されるかという、予測の基盤とすべき点に関する過去の証拠がほとんど得られていない。ある例では、ブラジルのエタノール専門家は、たとえサトウキビの遺伝的改良がなくても、単に生産過程における管理を改善することで、20%台の収量増加は今後10年間に達成される

図25 主なバイオ燃料原料作物の収量増加の潜在的可能性



注：いくつかの国では、灌漑、多毛作、投入材使用および種々の応用生産技術によって現在の収量が潜在的な可能性収量を超えている。

出典：FAO.

であろうと信じている (Squizzato, 2008)。

現在、液体バイオ燃料生産に原料資源として用いられているいくつかの作物は、経済的に収量を伸ばすためには、良質の農地と肥料、農薬および水といった重要な投入財を必要とする。エネルギー作物の生産と食料や飼料作物の生産の間の資源競合の程度は、とりわけ作物収量、家畜飼料の効率性およびバイオ燃料変換技術の進歩いかんによるであろう。リグノセルロース系原料に基づく第2世代技術については、これらのより新しい技術を用いて実現することのできる高収量によってこの競合を減じることができるであろう。

バイオ燃料生産はどのように水、土壌および生物多様性に影響するか？

バイオ燃料原料資源のための農業生産システムと現存および新しい耕地の転換は、それらの温室効果ガス排出のインパクト以上に環境に対するインパクトを持っているであろう。これらのインパクトの性質と大きさは、生産規模、原料のタイプ、耕作および土地管理技術、場所および下流の加工ルートなどの要因にかかっている。大部分の問題は、水の枯渇や汚染、土壌劣化、養分欠乏および、野生および農業の生物多様性の喪失といったすでに農業生産に伴って発生している問題と類似したものであるが、特にバイオ燃料生産の集約化に伴うインパクトに関する現時点における証拠はなお限られている。

水資源に対するインパクト

土地よりも水の欠乏が、多くの意味でバイオ燃料の原料生産にとって重要な制限要因であることは明白であろう。世界の淡水汲み上げ量の約70%は農業目的に使用されている（Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture, 2007）。農業用水資源は、多くの国で国内あるいは他産業の水利用の増加との競合の結果、ますます乏しくなっている。そのうえ、いくつかの重要な生産地域（近東、北アフリカおよび南アジアを含む）で想定される降雨の減少や流亡といった気候変動のインパクトは、すでに乏しい資源に更なる圧力をかけるであろう。

バイオ燃料は現在、世界中の作物によって蒸発散される全水量のうち約100km³（または1%）、および灌漑に使われる全水量のうち約44km³（または2%）を消費して生産されている（de Fraiture, Giordano & Yongsong, 2007）。サトウキビ、アブラヤシおよびトウモロコシといった現在バイオ燃料生産に使われている作物の多くは、商業的収量レベルでは水要求度が比較的高く（表10）、したがって、灌漑されない限り、降水量の多い熱帯地域に最も適している。（バイオ燃料原料資源の降雨依存型生

表10 バイオ燃料作物に必要な水量

作物	年当たり 収量 (リットル /ha)	エネルギー 収量 (GJ/ha)	蒸発散換算 量 (リットル/ 燃料1ℓ)	作物の潜在的蒸発散可 能量 (mm/ha)	降雨依存型 作物の蒸発 散量 (mm/ha)	灌漑作物の必要水量 (mm/ha) ¹	(リットル/ 燃料1ℓ)
サトウキビ	6,000	120	2,000	1,400	1,000	800	1,333
トウモロコシ	3,500	70	1,357	550	400	300	857
アブラヤシ	5,500	193	2,364	1,500	1,300	0	0
ナタネ	1,200	42	3,333	500	400	0	0

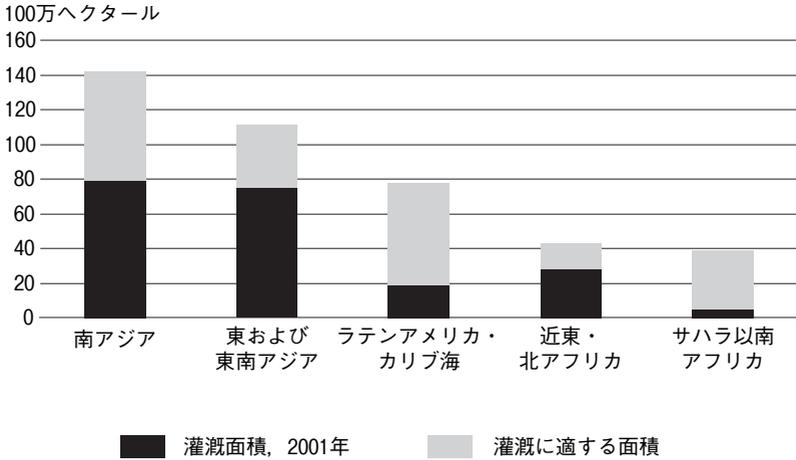
¹ 灌漑効率50%と仮定。

出典：FAO。

産はブラジルで著しく、サトウキビ生産の76%は降雨依存条件下で行われており、米国ではトウモロコシ生産の70%が降雨に依存している。) 限界地域や劣化した土地の半乾燥地帯にも生育できるジャトロファやポンガミア* (pongamia) などの多年生植物でさえ、暑く乾燥する夏には多少の灌漑が必要である。さらに、原料資源をバイオ燃料に加工する際には、主として植物や種子の洗浄および蒸発冷却に大量の水を使う。しかし、地域の水資源バランスに最大のインパクトを与えていると考えられるのは、これらの重要なバイオ燃料原料資源の灌漑生産である。南部および東部アフリカの多くの灌漑砂糖生産地域およびブラジル北東部では、それらに沿った河川流域ですでに水文学的限界に近い状況で栽培が行われている。アワシユ (Awash), リンポポ (Limpopo), マプト (Maputo), ナイル (Nile) およびサンフランシスコ (São Francisco) 各河川の流域がこのケースに当たる。(*訳注：和名「クロヨナ」、マメ科の常緑油料高木)

灌漑面積の拡大は、水資源および土地という点ではある地域では潜在的可能性が高いように思えるが、現存あるいは新しい灌漑土地において灌漑条件下でバイオ燃料生産を実際に増加する余地は、配水を保証するのに必要な基盤整備および商業的生産システムに適合しないかもしれない土地保有システムによって限定される。同様に、生産拡大は貯水(経済的に最も適した地点はすでに占められている)と土地取得に要する余分なコストによって制約されるであろう。図26は近東・北アフリカ地域における成長の潜在的可能性はその限界に達しつつあることを示している。南アジアと東

図26 灌漑面積拡大の潜在的可能性



出典：FAO.

および東南アジアの水資源はなお豊富であるが、これ以上の灌漑農業に供し得る土地は極めて少ない。ラテンアメリカとサハラ以南アフリカについては拡大の可能性はほとんど限られている。しかし、後者の地域では、現在低レベルの灌漑用水使用量はごく緩やかに増加するものと考えられている。

より多くのバイオ燃料作物を栽培することは、水の量とともに水の質にも影響を与えるであろう。例えば、牧草地や林地をトウモロコシ畑に転換すると、土壌浸食、沈泥および過剰養分（窒素とリン酸）の地表水への流出、および施肥量の増加による地下水への浸透などの問題を悪化させるであろう。ミシシッピ川水系の過剰窒素は、メキシコ湾の酸素欠乏“死のゾーン”の重要な原因であり、そこでは多くの海洋生物が生存できない。Runge & Senauer (2007) は、米国ではトウモロコシダイズの輪作がエタノール生産のためのトウモロコシ連作によって置き換えられ、窒素肥料の施用と流亡が大きく増加してこれらの問題を悪化させていると主張している。

バイオディーゼルとエタノールの生産は生物的に汚染された排水を出

し、もし処理されないまま放流されると、表層水塊の富栄養化を増進するであろう。しかし、現行の廃水処理技術は有機汚染物や残渣を効果的に処理できる。発酵システムは、排水の生物学的酸素要求量を90%低減できるので、水は加工用に再利用でき、メタンは処理システムで捕捉されて発電に使える。バイオ燃料のライフサイクル中の配送と貯蔵段階に関しては、エタノールやバイオディーゼルは生物的に分解されるので、遺漏や流出による土壌や水に対する負のインパクトは化石燃料に比べて低い。ブラジルではエタノール用のサトウキビは主として降雨依存条件下で栽培されているが、水は制約要因ではなく、肥料や農業用化学薬品の使用に伴う水質汚染、土壌流亡、サトウキビの洗浄とエタノール生産過程の他の段階が重要な関心事である (Moreira, 2007)。大部分の压榨廃水 (ビナッセ, vinasse) はサトウキビプランテーションの灌漑水や肥料として用いられているので、水需要と富栄養化リスクの両方を低減している。

農薬その他の薬品は水系に洗い流され、水質に悪影響を及ぼす。トウモロコシ、ダイズその他のバイオ燃料原料資源は必要とする肥料や農薬が大きく異なる。主要な原料資源であるトウモロコシは肥料と農薬ともにヘクタール当たり施用割合は最も高い。単位当たりエネルギー生産量で見ると、ダイズその他の低投入・富多様性草原バイオマス (prairie biomass) は、トウモロコシが必要とする窒素、リン酸および農薬のごく少量しか必要としないと推定され、したがって水質に与えるインパクトは小さい (Hill *et al.*, 2006; Tilman, Hill & Lehman, 2006)。

土壌資源に対するインパクト

土地利用の変化と現存耕地での農業生産の集約化はともに土壌に対して顕著な悪いインパクトを与えることが考えられるが、これらのインパクトは、他のいろいろな作物に対すると同様に、栽培管理技術によって極めて大きく左右される。不適切な栽培技術は土壌有機物を減少させ、常態的な土壌被覆層を失って土壌浸食を増加する。植物残渣を除去することで土壌養分含有量を減少させ、土壌炭素を失うことで温室効果ガスの排出を増加

する。

一方、保全型耕耘、輪作およびその他の管理技術の改善は、正常な条件下では悪いインパクトを減少させ、バイオ燃料原料生産の増加とともに、環境の質を改善しさえする。1年生作物に代えて、ヤシ、短期輪作雑木、サトウキビあるいはスイッチグラスなどの多年生作物を栽培することで土壌被覆層や有機炭素レベルを増加し、土壌の質を改善することができる。不耕起と肥料や農薬の投入量低減を組み合わせることによって生物多様性にプラスのインパクトを与えることができる。

異なる原料資源は、それらの土壌へのインパクト、養分要求および必要な土地整備の程度という点でさまざまである。IEA (2006, p.393) はサトウキビの土壌に対するインパクトは一般にナタネ、トウモロコシその他の穀物より少ないことに注目している。土壌の質は砂糖の圧搾かすや蒸留かすの養分をリサイクル利用することで保たれているが、より多くのバガスをエタノール生産のエネルギー投入材として利用するようになれば、養分のリサイクル利用は減少する。集約的な生産システムは、養分をリサイクルし、土壌肥沃度を維持するために残渣の再利用を必要とし、例えば、草類やトウモロコシによって残される作物残渣のうち25～33%だけが持続的に収穫できるにすぎない (Doornbosch & Steenblik, 2007, p.15, Wilhelm *et al.*, 2007の引用)。農産物残渣の市場が創設され、もしその市場が適切に運営されなければ、エネルギー需要の増加によって残渣がバイオ燃料生産に振り向けられ、土壌の質、特に土壌有機物に対する悪影響の可能性を増大するであろう (Fresco, 2007)。

Hill, *et al.* (2006) は、米国におけるバイオディーゼル用ダイズの生産では、生産されたエネルギー単位当たりの肥料と農薬の使用量がトウモロコシの必要量より少ないことを見出した。同時に、彼らは、両原料資源とも、スイッチグラス、木本植物や草原のイネ科草類と広葉草本類のさまざまな混合原料など、いわゆる第2世代原料資源より多い投入材とより良い土地条件を必要とすることを強調している (Tilman, Hill & Lehman, 2006も参照)。ユーカリ、ポプラ、ヤナギあるいは草類など、多年生のリグノ

セルロース系作物は、あまり集約的でない管理とより少ない化石エネルギー投入量ですみ、低質の土地でも育ち、かつ土壤の炭素と質もまた長期にわたって増進する傾向を持っている (IEA, 2006)。

生物多様性に対するインパクト

バイオ燃料生産は、劣化した土地を再生するなどプラスの側面で野生および農業の生物多様性に好ましい効果を及ぼすが、その多くのインパクトは好ましいものではなく、例えば、自然の景観がエネルギー作物プランテーションに転換され、泥炭地が排水されたりする (CBD, 2008)。一般に、野生の生物多様性は、作物生産に供される面積が拡大され、生息地が失われることによって脅威を受け、農業の生物多様性は大規模な単作の場合に脆弱で、それは幅の狭い遺伝材料に基盤を置き、伝統的な品種の利用を狭めることにもつながり得る。

生物多様性喪失の最初の道筋は、作物生産のための、例えば林地や草地からの土地の転換による生息地の喪失である。CBD (2008) が注目しているように、現在の多くのバイオ燃料作物は熱帯地域によく適している。これは、自然生態系を原料プランテーション (例えば、アブラヤシ) に転換してバイオ燃料を生産する潜在的可能性のある国々における経済支援を増加させ、これらの地域における野生の生物多様性の喪失を招いている。アブラヤシプランテーションは、たとえ痩せた土壤でもそれほど多くの肥料や農薬を必要としないが、その拡大は雨林の喪失につながる。バイオ燃料の原料生産のための土地転換による自然生息地の喪失がいくつかの国で報告されているが (Curran *et al.*, 2004 ; Soyka, Palmer & Engel, 2007), そのデータと分析はその規模を評価する必要があり、その結果がなお欠落している。Nelson & Robertson (2008) は、ブラジルにおけるバイオ燃料需要の高まりに起因する物価上昇がどのように土地利用の変化および集約化を引き起こしたかを検証し、高価格によって駆動された農業の拡大は鳥の種の多様性に富む地域を危険に陥らせたことを見出した。

第2の重要な道筋は、作物栽培地の集約化によって引き起こされた、作

物の遺伝的単調化という形での農業生物多様性の喪失である。大部分のバイオ燃料原料プランテーションは単一の種に基盤を置いている。サトウキビなど、原料資源として利用される草本類における低水準の遺伝的多様性についてもまた関心が寄せられており (The Royal Society, 2008), これらの作物の新しい害虫や病気に対する感受性を高めている。逆に、ジャトロファなどの作物については逆が真で、極めて高い遺伝的多様性を持っている作物はまったく改良されていないために、商業的価値を損なう幅広い遺伝的特徴を根底に持っている (IFAD/FAO/UNF, 2008)。

第2世代原料資源については、推奨されているいくつかの種は侵略性種と分類され、それらをどのように管理し、予期しない結果をどのように回避するかという新しい関心を引き起こしている。さらに、それらの変換に必要な酵素の多くは、その効率を高めるために遺伝的に組み換えられており、閉鎖的生産プロセスの中で慎重に管理される必要がある (CFC, 2007)。

生態系機能を回復し、生物多様性を豊かにするために、新しい多年生種の混合植生を導入した劣化したあるいは限界的な地域において、生物多様性に対する好ましい効果が認められている (CBD, 2008)。劣化した土壌および耕作が放棄された土地での試験区から得られた実験データは (Tilman, Hill & Lehman, 2006), 低投入・富多様性の地場草地多年生植物の混合植生は、野生動物の生息地、水のろ過および炭素固定を含む一連の生態系便益を提供するとともに、より高い純エネルギー収量 (燃烧で放出されるエネルギーとして測定された) を生み出し、温室効果ガス排出をより大きく削減し、トウモロコシエタノールやダイズバイオディーゼルの生産より農薬汚染を低減すること、および、この働きは種の数が増えるほど高められることを示している。この研究の筆者たちはまた、スイッチグラスは肥沃な土壌で、とりわけ肥料や農薬が施用された場合に極めて生産性が高いが、痩せた土壌では、その成果はさまざまな地場多年生植物の成果に匹敵するものではないことを見出した。

バイオ燃料は限界的な土地で生産できるか？

限界的あるいは劣化した土地の特徴は、往々にして水が欠乏して植物の成長と土壤養分を制約し、土壤肥沃度が低く、気温が高いことである。これらの地域に共通する問題には植物相の劣化、土壤の浸食と風食、富塩化、土壤の緻密化と被殻化、および土壤養分の枯渇がある。場所によっては汚染、酸性化、アルカリ化および滞水化も発生する。

食料作物は生育できないような環境条件にも耐え得るバイオ燃料作物は、現在はほとんど経済的利益のない土地を生産に利用する機会を提供するかもしれない。キャッサバ、ヒマ、スイートソルガム、ジャトロファおよびポンガミアなどの作物は、ユーカリのように乾燥条件に耐えられる有望な木本作物である。同時に、女性によって営まれる多くの農業活動を含め、限界的な土地は農村部の貧困層に自給的便益を提供するのが常であることに注目する必要がある。貧困層が、限界的な土地にバイオ燃料生産を導入することによって利益を受けるか損害をこうむるかは、彼らの土地に対する権利の態様と保証に大きくかかっている。

限界的な土地にはバイオ燃料の生産に供し得るかなりの面積が存在し、それによって食料作物との紛争を減らし、貧しい農業者に新しい収入源を提供することができるという主張を聞くことは珍しいことではない。そのような土地は生産性が低く、リスクも高いが、それらをバイオエネルギープランテーションに活用することは、劣化した植物相の再生、炭素隔離および地方の環境便益といった2次的な利益を生み出すかもしれない。しかし、多くの国では、これらの土地のバイオ燃料の持続的生産への適合性に関する報告は乏しい。

限界的な土地で何らかの作物を低レベルの水と養分投入量で育てることは低収量をもたらすであろう。耐乾性のジャトロファやスイートソルガムも例外ではない。商業的に受け入れ可能な収量水準を生産するためには、植物や木にある限度以上のストレスが加えられてはいけなし、実際、中

庸なレベルの投入量が増えられることによってそれらは利益を生み出す。このように、改良された作物は長期的に潜在的能力を発揮するが、経済的に有意な収量を保証するためには適切な養分、水および管理がなお必要であり、限界的な土地に育てられている強健な作物でも養分や水といった資源における食料作物とのある程度の競合が起こり得ることを意味している。

多数の研究が、優良な農地から得られるより高い経済的収量の価値は普通、いかなる付加的なコストをも超えることを確認している。したがって、バイオ燃料に対する持続的な需要は、より高い報酬を実現できる優良な土地への圧力を強める公算が強い (Azar & Larson, 2000)。

環境的に持続的なバイオ燃料生産の保証

優れた技術

優れた技術は、農場でのバイオ燃料原料の生産、収穫および加工の持続性の各次元に対応するために、活用可能な知見を適用することを目的としている。この目的は、温室効果ガスの排出量を推定するため、および特定のバイオ燃料が化石燃料より気候変動に優しいかどうかを判定するために用いられるライフサイクル分析とともに、土地、土壌、水および生物多様性などの自然資源の管理問題に適用される。実際的な意味で、土壌、水および作物の保護、エネルギーと水の管理、養分と農業用化学製品の管理、生物多様性と景観の保全、収穫、加工および配送はすべて、バイオ燃料の持続的発展に取り組むために優れた技術が必要とされる分野に数えられている。

保全農業は、最少の土壌攪拌、永続的な土壌の有機質被覆および多様化された輪作を採用することで、農家や農村地域の人々が持続的および収益的農業を実現するために始める1つの技術である。炭素貯留およびエネルギー消費を削減する技術に焦点が当てられている現状に照らして、これはとりわけ適切なものである。この手法はまた、労働力が乏しく、土壌の水

分と肥沃度を保持する必要のある状況にも応えることが証明されている。機械的な土壌耕耘のような干渉は最小限に減らされ、鉱物あるいは有機物由来の農業用化学製品や肥料といった投入材は最適のレベルで生物学的プロセスを壊さない量が使用される。保全農業は、さまざまな農業生態区分と営農システムを通して効果的であることが示されている。

優れた営農活動は、優れた森林施業と相まって、森林縁辺で進む可能性のある持続的な集約化に伴う環境コストを大幅に低減できるであろう。農業－林業－牧草－家畜の総合基盤に立脚した手法は、バイオエネルギー作物がその混合体系の一部を構成する場合にも考え得る。

基準、持続性規準および順守

バイオエネルギー開発の多数かつ多様な環境インパクトは、農業のその他の形のインパクトと実質的に変わるところはないが、それらはどのように正しく評価され、圃場活動にどのように反映することができるかという問題が残されている。現存する環境インパクト評価技術と戦略的環境評価は生物物理的要因の分析に優れた出発点を提供する。また、過去60年間の農業開発によってもたらされた豊富な技術の知識も存在する。バイオエネルギーに視点を置いた新しい寄稿には、バイオエネルギーと食料安全保障の分析枠組みおよびバイオエネルギーインパクトの分析枠組み（FAO、近刊‘a’および‘b’）；土壌の酸性化、過剰施肥、生物多様性の喪失、大気汚染および農薬の毒性を含む集合的環境インパクトに関する研究（Zah *et al.*, 2007）；および、森林伐採の限度、食料生産との競合、生物多様性に対する悪いインパクト、土壌浸食および養分溶脱を含む社会的・環境的持続性の審査規準に関する研究（Faaij, 2007）がある。

バイオ燃料部門はさまざまな関心を持った幅広い利害関係者によって特徴づけられている。このことは、この部門の急速な発展と結び付いて、持続的なバイオエネルギーの発展を確かなものにするために多くの構想が提起されている。基本的な考え方、規準および必要条件が、成果を評価し、この部門の発展を指導するための順守機構とともに、多くの民間

および公的グループの中で考えられている。温室効果ガス技術および持続性に関する世界バイオエネルギーパートナーシップ (Global Bioenergy Patnership) の作業部隊, 持続的バイオ燃料に関するラウンドテーブル, その他多くの公的, 民間および非営利活動などが数えられる。このような多様な取り組みは, いろいろな手法を調和させる仕組み, 特に将来のバイオ燃料生産を刺激する機能を持った政策要求と目標に照らした仕組みが必要である。

現在のところ, 大部分の規準は先進工業国で開発されており, バイオ燃料が生産され, 配送され, そしてそれらが国際市場で貿易される前に環境的に持続性のある方法で利用されることを保証する目的を持っている。例えば, ヨーロッパ委員会はすでに WTO の規則と矛盾しないと考えられる規準を提案している (E. Deurwaarder, 私信; European Commission, 2008)。しかし, 今日まで試行されたものはなく, 特に補助金のような政府支援スキームに関連した規準, あるいは国際貿易協定のもとで特惠取扱に指定された場合などについて試行されたものはない (Doornbosch & Steenblik, 2007; UNCTAD, 2008)。

用語“基準”は, 定義された規準に対応するパラメーターを測定するための厳格なシステムを意味し, これを順守できないとその国は産品を輸出できなくなる。そのような国際的に合意されたシステムはすでに食品安全性, 化学製品および人の健康に関する一連の事項について存在している。バイオ燃料部門はそういったシステムを確立するために十分発展しているか? そういったシステムがなければ, この部門のリスクは人の健康や環境に重大かつ回復不能の脅威を与えるほど大きなものか? バイオ燃料は他の農産品よりさらに厳しく取り扱われるべきか?

一方では, バイオ燃料の大部分の環境インパクトが農業生産の増加によるインパクトと一般的に区別できなければ, 同じ基準が全面的に適用されるべきであると主張されるかもしれない。さらに, 土地利用の変更を制限することは, 開発途上国が農産品の需要増加によって利益を受ける機会を締め出すかもしれない。他方, 農業生産者と政策策定者はこれまでの誤り

を学び、過去に農地転換や生産集約化に伴ってもたらされたような環境への負のインパクトを回避するべきであるという強い主張もある。

このディレンマの解決には、もし農業生産性の伸びと環境持続性を結び付けた目標を達成しようとするのであれば、各国間の慎重な会話と折衝が必要であろう。出発点は、バイオ燃料の持続的生産のための最善の技術を確立することによって見出されるかもしれない、それはまた非バイオ燃料作物のための営農技術の変革を助けることができるであろう。やがては、そしてそれを必要とする国々についての能力養成の努力と結び付いて、より厳しい基準と認証システムが確立されるであろう。

探求すべき1つの選択肢は、バイオ燃料生産と結び付けた環境便益に対する支払いかもしれない。環境便益に対する支払いについては「世界食料農業白書2007年報告」* (the 2007 edition of *The State of Food and Agriculture*) で詳細に論議された。この方式は、環境的により持続的な生産方法を用いて特定の環境便益を提供することに対して農業者に補償するものである。支払いは、国際レベルで合意された基準および認証システムの順守と結び付けられるであろう。その実施には課題も多く、複雑ではあるが、環境便益に対する支払い方式は、バイオ燃料が持続的な方法で生産されることを保証する更なる手段となり得るであろう。(*訳注：日本語版として既刊)

本章の主要なメッセージ

- バイオ燃料は温室効果ガス排出を緩和する一連の代替策の単なる1成分にすぎない。政策目的によっては、形の異なる再生可能なエネルギー、エネルギーの効率と保全の向上および森林伐採や土地劣化に伴うガス排出量の削減など、その他の選択肢は費用対効果がより高いかもしれない。
- バイオ燃料の生産の増加が温室効果ガスの排出、土地、水および生物多様性に及ぼすインパクトは、国、バイオ燃料、原料資源および生産

方法によって大きく異なるが、バイオ燃料のライフサイクル分析、温室効果ガスバランスおよび持続性規準の調和が図られた手法が特にかつ緊急に必要である。

- 温室効果ガスバランスはすべての原料資源についてプラスではない。気候変動対応を目的にするのであれば、投資は、最低の環境および社会コストで最高のプラスの温室効果ガスバランスを生み出す作物に向けられるべきである。
- 環境インパクトはバイオ燃料原料生産および加工のすべての段階で発生し得るが、土地利用の変化と集約化の過程での発生が著しい傾向にある。今後10年間に、政策に駆動されたバイオ燃料需要の急速な成長が非農地の作物生産への転換を加速しそうである。これは、バイオ燃料の原料生産には直接的に、現存する耕作地から置き換えられたその他の作物には間接的に発生するであろう。
- 収量増と投入材の注意深い使用は、食料とエネルギー作物の両方からの土地利用圧力を軽減する必須の要素であろう。これらに関する研究、技術への投資、制度と社会基盤の強化が必要であろう。
- 環境インパクトは原料資源、生産方法、および場所で大きく異なり、土地利用の変化がどのように行われるかに大きくかかっている。多年生原料資源（アブラヤシ、ジャトロファあるいは多年生草類など）による1年生作物の置き換えは土壌炭素バランスを向上できるが、どのような種類にせよ、熱帯雨林を作物生産に転換することはバイオ燃料によって1年間に節減される可能量をはるかに超える量の温室効果ガスを排出させることになる。
- 技術的および制度的要因によって制限される水資源の利用可能量は、そうでなければそれらの生産に相対的な優位性を持っている国々におけるバイオ燃料の原料生産量を制約するであろう。
- 基準や認証を指向する統制的手法は、バイオ燃料生産における幅広い公平な参画を保証するための最初あるいは最善の選択肢ではないかもしれない。最善の技術と能力開発に沿ったシステムは短期的なより良

い結果をもたらし、状況の変化に適応するために必要な柔軟性を提供するであろう。環境便益に対する支払いもまた、持続的生産方式の順守を促すための手段の代表となり得るであろう。

- バイオ燃料原料資源とその他の食料および農作物は同様に扱われるべきである。バイオ燃料原料生産をめぐる環境への関心は、一般的な農業生産の増加によるインパクトに対するものと同じであり、したがって持続性を保証する手段はすべての作物に一貫して適用されるべきである。
- 保全農業といった優れた農業技術は、ちょうど一般的な集約的農業生産についてと同様に、炭素の残存やバイオ燃料生産の悪い環境インパクトを低減することができる。草類や樹木のような多年生の原料作物はバイオ燃料の生産システムを多様化し、限界的な、あるいは劣化した土地の改良を助ける。
- 政府の国内政策は、バイオ燃料開発の国際的な動きの情報を十分反映したものでなければならない。現存する仕組みを通じた頻繁な国際的会話は現実的で達成可能なバイオ燃料の要求と目標の設定を助けることができる。

Box 9 世界バイオエネルギーパートナーシップ

世界バイオエネルギーパートナーシップ (Global Bioenergy Partnership, GBEP) は、2006年5月、持続的開発に関する国連委員会 (United Nations Commission on Sustainable Development) の第14回会合において発足したもので、2005年グレンイーグルス行動計画 (2005 Gleneagles Plan of Action) における G8+5 諸国¹による約束を履行するために設立された国際イニシアティブである。このイニシアティブは、(i) バイオエネルギーに関する全世界的なハイレベルでの政策対話の促進、(ii) 国別あるいは地域別のバイオエネルギーの政策立案と市場

開発の支援, (iii) バイオマスの効率的・持続的な利用の奨励, (iv) バイオエネルギー分野のプロジェクト活動の開発, (v) 情報, 技能および技術の2国間および多国間交流の促進, および (vi) バイオエネルギー供給チェーンが持つ特有の障害への取り組みによるバイオエネルギーのエネルギー市場への統合の円滑化, を目的としている。

このパートナーシップは, イタリアが議長国を務め, FAO はパートナーであるとともに, GBEP 事務局を引き受けている。GBEP は, 特に以下の機関・組織と協力している: FAO の国際バイオエネルギー・プラットフォーム (International Bioenergy Platform), 国際バイオ燃料フォーラム (International Biofuels Forum), 水素経済のための国際的パートナーシップ (International Partnership for the Hydrogen Economy), 地中海新エネルギー計画 (Mediterranean Renewable Energy Programme), メタン市場パートナーシップ (Methane to Markets Partnership), 21世紀のための再生可能エネルギー政策ネットワーク (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century), 再生可能エネルギー・エネルギー効率化パートナーシップ (Renewable Energy and Energy Efficiency Partnership), 国連貿易開発会議 (UNCTAD) の生物燃料イニシアティブ (BioFuels Initiative) およびバイオエネルギー実施協定 (Bioenergy Implementing Agreements), 国際エネルギー機関 (International Energy Agency) の関連事業。さらに, このパートナーシップは, ライフサイクル分析方法の調整およびこの目的のための方法論の枠組みを開発する作業グループを編成している。これらすべてのイニシアティブは, 各国がバイオエネルギーのための規制枠組みを構築するにあたって, 開発途上国と先進国とともに支援するための重要な道筋を提供している。

¹ G8+5 グループは, G8国 (カナダ, フランス, ドイツ, イタリア, 日本, ロシア, 英国, 米国) と主要新興5カ国 (ブラジル, 中国, インド, メキシコ, 南アフリカ) からなる。

Box 10 バイオ燃料および気候変動に関する 国連枠組み協定

バイオエネルギーに特別に対応する国際協定はないが、気候変動に関する国際連合枠組条約（United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC）が、“関連ある社会的、経済的および環境に関する政策および行動において、必要性が認められる限り、気候変動を考慮し、適切な方策をとり、……気候変動を緩和し、あるいはそれに適応するために各国によって進められる事業や手法が、その経済、公衆衛生および環境の質に与えるマイナスの影響を最小限にとどめる見地から、適切な方策をとる（UNFCCC, 1992, 第4条）”のために、加盟国を指導している。京都議定書は、2012年に失効するが、再生可能エネルギーのための各種技術などクリーンテクノロジーを促進するために、現代に適用できる確固とした枠組みを提供している。

クリーン開発メカニズム（Clean Development Mechanism, CDM）は、京都議定書に含まれる弾力的メカニズムの1つとして、付属書1に含まれない締結国が持続的開発を達成し、協定の最終目的に貢献すること、ならびに付属書1に含まれる締結国が量的排出限度および排出削減の約束を順守することを支援するために設計された。2005年のCDM発足以来、エネルギー産業プロジェクトは、バイオエネルギーのためのプロジェクトを含め、CDMに登録されたすべてのプロジェクト形態のなかで圧倒的に多い。バイオエネルギーの分野では、エネルギー発生にバイオマスを使うプロジェクトでいくつかの方法が利用可能であるが、バイオ燃料については承認された方法の数は限られている。廃棄油脂に基づくバイオ燃料生産方法はすでに利用可能であるが、栽培されたバイオマスからのバイオ燃料生産の方法は開発中である。

出典：FAO, UNFCCC 事務局からの寄稿による。

Box 11 ジャトロファ：“奇跡”の作物？

エネルギー作物として、*Jatropha curcas* (L.) (ジャトロファまたはナンヨウアブラギリ) は、新聞などで多くの見出しを飾っている。この植物は耐乾性で、限界地でも良く生育し、必要とする雨量は年間300mmから1,000mmにすぎず、容易に定着し、浸食された土地の再生を助け、しかも成長が早い。こうした特性が、樹木被覆面積と土壌肥沃度の喪失に悩み、食料作物との競合を最小限にできるエネルギー作物を求めている多くの開発途上国の関心を集めている。同時に、この背丈の低い灌木は2年から5年で種実重の30%もの油を含む種子を生産し、その油はすでにせっけん、ろうそくおよび化粧品などに用いられ、ヒマシ油に近い医薬特性を持っているが、その他、料理や発電にも有用である。

ラテンアメリカ／中央アメリカ北部が原産であるジャトロファには、ニカラグア、メキシコ(弱毒性あるいは無毒性で区別される)およびカーボベルデの3つの品種がある。これらの品種のうち第3の品種はカーボベルデに定着し、そこからアフリカやアジアの一部へ広がった。カーボベルデでは、搾油とせっけん製造用にポルトガルへ輸出するため、大規模に栽培されている。ジャトロファの輸出は、最盛期の1910年には5,600トン以上に達した(Heller, 1996)。

ジャトロファが持っている多くの有用な特性は、大規模な油および／あるいはバイオディーゼル生産や小規模の農村開発に関する多くのプロジェクトに生かされている。国際的および国内の投資家は、バレーズ、ブラジル、中国、エジプト、エチオピア、ガンビア、ホンジュラス、インド、インドネシア、モザンビーク、ミャンマー、フィリピン、セネガルおよびタンザニアにおいて、ジャトロファを栽培するための大規模な面積を確保しようとして押し寄せている。このうち最も大規模なベンチャー事業は、インド政府による2003年～2007年の間にジャトロファを40万ヘクタール栽培する“国家ミッション”である(Gonsalves, 2006)。2011年～2012年までに約1,000万ヘクタールの未開

拓地にジャトロファを栽培し、このジャトロファから生産されるバイオディーゼルで総ディーゼル消費量の20%を代替し、年間500万人の雇用を創出することを目標としている (Gonsalves, 2006; Francis, Edinger & Becker, 2005)。Euler & Gorriz (2004) が報告しているように、インド政府によってジャトロファに配分された当初の40万ヘクタールのうち、実際には多分ごく一部しか耕作されていないようで、当初目標は野心的すぎたようである。

この植物はアフリカでも、よく町や村で所有地を区切る生垣として、広く生育している。マリでは、何千キロにも及ぶジャトロファの生垣を見ることができ、それは、菜園を家畜から守り、風や水による被害や浸食を減らす助けになっている。その種子は以前からせっけんの製造や医薬目的に利用され、またジャトロファ油は、現在、ある NGO によって、多機能施設、搾油機と結合された低速ディーゼルエンジン、発電機、小型充電装置および粉碎機の動力源として奨励されている (UNDP, 2004)。ジャトロファ油を小規模農村電化プロジェクトの動力源として奨励するパイロットプロジェクトがタンザニアその他のアフリカ諸国において実施中である。

このように多くの国で多大な投資が行われ、多くのプロジェクトが着手されているにもかかわらず、ジャトロファの作物学的な信頼できる科学的データの入手できない。収量と、土壌、気候、作物管理および作物遺伝材料など、投資の決断の基となる諸因子との関係に関する情報の記録は乏しい。はっきりしているのは、土壌の肥沃度や水の利用可能量などの関連するパラメーターと結び付けることができないほどに大きな収量の変動幅である (Jongschaap *et al.*, 2007)。1991年から1999年に実施されたニカラグアの“テンパテ・プロジェクト” (Proyecto Tempate*) といった1990年代のジャトロファプランテーションの経験は、失敗に終わった (Euler & Gorriz, 2004)。(* 訳注: Tempate = ジャトロファ)

実際、この植物についての多くの肯定的な主張は、十分なプロジェクトの経験に基づいたものではないように思われる。Jongschaap *et al.* (2007) は、ジャトロファ栽培は、控えめな規模では、土壌・水の保

全、土壌の再生と浸食防止を助け、生垣、燃料材、緑肥、照明用燃料、せっけんの地場生産、殺虫剤および医薬用に利用できる、と述べている。しかし、彼らは、少ない養分要求（土壌肥沃度）、少ない水利用、少ない労働投入、食料生産との競合がない、および病虫害耐性といった特性と結び付いて高い油収量が得られるとする主張は科学的な裏付けがない、と結論づけている。最も重大な欠陥は、改良された品種と種子が入手できないことである。ジャトロファは、いまだに、信頼できる生産力を持つ作物として馴化されていない。

非現実的な期待に基づいたジャトロファ・ブームは、金融上の損失をもたらすだけでなく、地域社会間の信頼をも損なうとの危惧—多くのアフリカ諸国で繰り返し起きている凶式—は、十分根拠があると思われる。持続的なジャトロファプランテーションとは、生産と販売から不確実性を取り除くことを意味する。好適な生殖質とさまざまな条件下での収量に関する一層の研究が必要であり、また、この作物の持続的な発展を促進する市場の確立が必要である。

第 6 章 貧困と食料安全保障に対するインパクト

最貧の世帯にとって、食料は彼らの支出の重要な部分を占め、食料品価格は彼らの食料安全保障に直接影響を及ぼす。共通的に受け入れられている定義のように、食料不安は、人々が正常な発育と成長、および活動的で健康な生活に十分な量の安全で栄養のある食料を手に入れる保証がない場合に存在する。すでに、主食食料品価格の最近の高騰は多くの国でデモ行進や暴動を引き起こしている。FAO は世界中でおおよそ 8 億 5,000 万の人たちが栄養不足状態にあると推定している (FAO, 2006b)。バイオ燃料市場の潜在的規模、長期的な価格の展開に関連する不確実性、および極めて多数の貧困層を考えれば、バイオ燃料生産が貧困層の食料安全保障にどのようなインパクトを与えるかという問題は政治議題の高順位に位置付けられるべきものであろう。

本章は、バイオ燃料の展開が貧困層と食料安全保障にもたらす意味合いについて掘り下げる。特に、食料安全保障の議論においては次の 4 側面について考察を進める。

- 食料の入手可能性は国内生産、輸入能力、食料在庫の存在および食料援助によって決まる。
- 食料の入手手段は貧困の水準、世帯の購買力、価格および輸送と市場の基盤整備ならびに食料分配システムの存在に依存する。
- 供給と入手手段の安定性は天候、価格変動、人為的災害およびさまざまな政治的および経済的要因によって影響されるであろう。
- 安全で、健康的な食料の利用は保管と提供、食料の安全性と品質、きれいな水の入手、健康および衛生に依存する。

バイオ燃料の需要の拡大は最近の物価上昇の根底にある多くの要因の 1 つにすぎないが (第 4 章, 68 ページ参照), バイオ燃料生産の急速な成長は、主としてその食料品価格や所得に対するインパクトを通じて国お

よび世帯レベルでの食料安全保障に影響する。4つの側面という意味では、食料品価格の上昇が世帯レベルとともに国レベルでの食料の入手可能性と入手手段に及ぼすインパクトに議論の焦点を絞る。両レベルで、最初の焦点は、長期的インパクトの議論に進む前に、先ず短期的インパクトに当てる。中・長期的には、農産品価格の上昇は供給反応および開発途上国における成長の原動力としての農業の役割の強化と再活性化に活力を与える¹²。

国レベルでの食料安全保障へのインパクト

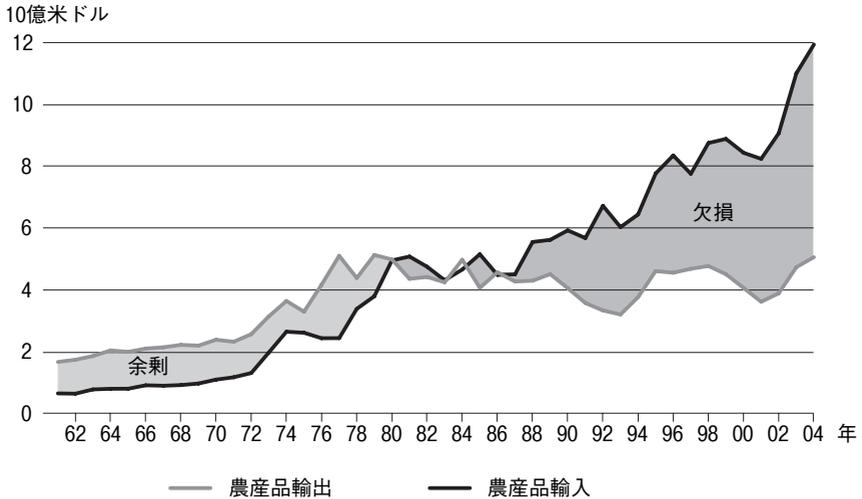
第3章では、バイオ燃料の需要の伸びに起因するエネルギーと農産品価格の間の結び付きの強化について論議し、第4章では、農産品価格に対するその意味合いについて考察した。価格の上昇によって個々の国々がどのように影響されるかは、彼らが農産品の純輸入国、純輸出国のいずれであるかによる。一部の国は高価格で利益を受けるであろうが、過去20年間、農産品貿易赤字の拡大を経験してきた後発開発途上国¹³（図27）にとっては最悪の結果になるであろう。

農産品価格の上昇は輸入コストを押し上げ、食料品輸入支払額は記録的な高さに達している。FAOの最新の分析によると、2007年の輸入食料品に対する世界全体の支出は前年の記録より約29%増加した（FAO, 2008a）（表11）。この増加の大部分は、バイオ燃料生産と強く関連してい

¹² 農産品価格の急上昇の動態は「世界農産物市場の現状 2008」*（The State of Agricultural Commodity Markets 2008, FAO, (2008c)）で極めて詳細に扱われており、高騰する食料品価格の貧困層に与えるインパクトは「世界の食料不安の現状 2008年報告」*（The State of Food Insecurity in the World 2008, FAO, (2008d)）の主題である。（*訳注：日本語版として近刊予定）

¹³ 後発開発途上国は次のような区分に基づいている：(a) 低所得規準（1人当たり国民総所得の平均推定値が750米ドル以下）；(b) 人的資源弱体規準；および (c) 経済的脆弱性規準。さらに詳細な説明と後発開発途上国のリストはUN-OHRLS (2008) を参照。

図27 後発開発途上国の農産品貿易バランス



出典：FAO.

る農産品グループである穀物と植物油の輸入価格の上昇によるものである。飼料原料の価格がさらに高くなって食肉や酪農製品の価格を引き上げ、これらの製品の輸入支払いが増加している。新しく引き上げられた国際貨物運送料もすべての農産品の輸入価額に影響し、食料品輸入の支払いに対処しようとしている国々をさらに圧迫している。バイオ燃料に対する需要の伸びは最近の農産品価格の急激な上昇のごく一部に影響しているにすぎないが、それにもかかわらず、この表はこの価格の上昇が、とりわけ低所得食料不足諸国（LIFDCs）に大きなインパクトを与えていることを示している。

食料の高価格は燃料価格の上昇に伴うもので、それはさらに、とりわけ低所得エネルギー純輸入諸国のマクロ経済の安定性と全体的な成長に脅威を与える。表12は、慢性的飢餓が高水準であること（栄養不足人口が30%以上）、石油製品の輸入依存度が高いこと（大半の国で100%）および、多くの場合、国内消費のための主要穀物（コメ、コムギおよびトウモロコシ）の輸入依存度が高いことの組み合わせによって特に脆弱と考えられる

表11 2007年の食料全体と主要食料品の輸入支払額および2006年に対する増加率

食料品	世界		開発途上国		後発開発途上国 ¹		低所得食料不足国 ²	
	2007年 (100万 米ドル)	対2006年 増加率 (%)	2007年 (100万 米ドル)	対2006年 増加率 (%)	2007年 (100万 米ドル)	対2006年 増加率 (%)	2007年 (100万 米ドル)	対2006年 増加率 (%)
穀物	268,300	44	100,441	35	8,031	32	41,709	33
植物油	114,077	61	55,658	60	3,188	64	38,330	67
食肉	89,712	14	20,119	18	1,079	24	8,241	31
乳製品	86,393	90	25,691	89	1,516	84	9,586	89
砂糖	22,993	-30	11,904	-14	1,320	-25	4,782	-37
食料全体	812,743	29	253,626	33	17,699	28	119,207	35

¹ 後発開発途上国（脚注13参照）。

² 低所得食料不足国。FAOは低所得食料不足国は次の3つの基準に基づいて分類している：①1人当たり所得；②食料の純輸入状況；および③“位置付けの永続性”。③の基準によって、その国が①所得基準あるいは②食料不足基準にあてはまらなくなっても（訳注：基準を超えていても）、その位置付けの変化が3年間連続して立証されるまで、低所得食料不足国のリストから退場することが延期される。この基準の詳細および低所得食料不足国のリストは（<http://www.fao.org/countryprofiles/lifdc.asp>）を参照。 出典：FAO, 2008a.

22カ国をリストアップしている。ボツワナ、コモロ、エリトリア、ハイチ、リベリアおよびニジェールといった国々はこれらのリスク3要因すべてのレベルが高く、特に脆弱である。

世帯レベルでの食料安全保障へのインパクト—短期的影響¹⁴

食料の入手可能性

世帯レベルでは、食料安全保障の決定的な要因は食料の入手可能性である。食料の入手可能性は、人々が必要とする十分な食料を生産あるいは購入する能力を意味する。食料品の価格と世帯の所得は食料安全保障に対するバイオ燃料開発のインパクト評価を助ける2つの重要な指標である。世帯あるいは個人の所得が上がれば上がるほど、より多くの（そしてより良い品質の）食料を買うことができる。食料品価格が世帯の食料安全保障に

¹⁴ 食料品価格の上昇が食料安全保障に与えるインパクトについての包括的評価はFAO（2008a）にある。

表12 石油製品と主要穀物の純輸入国および
その栄養不足蔓延程度によるランク付け

国	石油輸入 (消費率, %)	主要穀物輸入 (国内生産率, %)	栄養不足蔓延程度 (人口比, %)
エリトリア	100	88	75
ブルンジ	100	12	66
コモロ	100	80	60
タジキスタン	99	43	56
シエラレオネ	100	53	51
リベリア	100	62	50
ジンバブエ	100	2	47
エチオピア	100	22	46
ハイチ	100	72	46
ザンビア	100	4	46
中央アフリカ	100	25	44
モザンビーク	100	20	44
タンザニア	100	14	44
ギニアビサウ	100	55	39
マダガスカル	100	14	38
マラウイ	100	7	35
カンボジア	100	5	33
北朝鮮	98	45	33
ルワンダ	100	29	33
ボツワナ	100	76	32
ニジェール	100	82	32
ケニア	100	20	31

出典：FAO, 2008a.

及ぼす正確な影響は複雑である。食料品価格の上昇は、食料品の純販売者である恵まれた農村世帯にとっては価格上昇の結果所得が増加し、利益を得る状況にある一方、都市部や農村地域の純食料購入世帯には悪い影響を及ぼすものと考えられる。

世界価格の上昇は必ずしも世帯の食料安全保障に影響するとは限らず、そのインパクトは国際価格が国内市場に伝わる程度による。多くの通貨（例えば、ユーロやCFA [Communauté financière africaine, アフリカ金融共同体] フラン）に対する米ドルの価値の下落、および、国内の大幅な価格ショックを回避するために設計された政府の政策は、国内市場への国際市場価格の伝達を低減する傾向がある¹⁵。Sharma (2002) は1990年代のアジア8カ国の研究で、価格の伝達はトウモロコシで最も強く、コムギ

がこれに次ぎ、アジアの貧困層の大部分の主食であるコメが一番弱かったことを見出した。伝達の程度はいつも長期にわたるほどより強い。

アジアの多くの国々ではコメは食料安全保障にとって特別の、あるいは敏感な農産品で、FAO (2008f) は、価格の伝達は、国際市場における価格上昇から国内経済を隔離するために用いられる何らかの方策次第で、国によって大きく異なることを見出した。例えば、インドとフィリピンは国際貿易の制限とともに政府の在庫、調達および分配を活用している。バングラデシュは国内価格を安定するためにコメに関税を適用し、ベトナムは一連の輸出制限を用いている。その一方で、中国やタイといった国々は大部分の世界価格の変動が国内市場へ伝わることを容認している。トウモロコシはアジアでは飼料用穀物で、価格介入の対象としては小さい。FAO (2004b) は、価格伝達は一般にアジア諸国におけるよりアフリカ諸国で弱いことを見出した。国内価格政策は価格の安定化を助けるが、必ず財政資源を必要とする。長期的には、そういった政策はまた高価格に対する効果的な供給反応を阻害あるいは減速するであろう。

食料品の純購入者と純販売者へのインパクト

ほとんどすべての都市居住者は純食料消費者である一方、すべての農村居住者が純食料生産者ではない。多くの小規模自作農業者や農業労働者は、彼らの家族のための食料を生産するのに十分な土地を所有していないので、食料の純購入者である。Barrett (近刊) に編集されている多くのサハラ以南アフリカ諸国から得られたこれまでの証拠によると、農業者や農村世帯の大部分が純食料販売者であったケースは皆無であった(調査基準の定義によるが)。

表13に示されているように、FAO (2008a) によって整理された過去の

¹⁵ FAO (2008a) による最近の研究は国レベルのインパクトは、それぞれの国はそれぞれ異なった為替レートの変動を経験し、異なった商品市場政策を採っているので、ケースバイケースの分析が必要であることを確認している。

証拠はこのパターンを確認し、都市と農村の世帯それぞれにおける主食食料品の純販売世帯の割合を一連の国について示している。たった 2 つの例で純販売世帯の割合が 50% を超えた。

大多数の貧困層にとって農業と主食食料の生産が重要な職業である農村地域でさえ、貧困層の大部分は食料品の購入者であり (図 28)、したがって貿易主食食料品の価格の上昇によって損失をこうむるか、あるいは少なくとも利益を得ることはない。純販売者でもある貧困な小規模自作農業者の割合は決して 37% を超えることはなく、7 カ国中 4 カ国は 13% かそれ以下である。純購入者である貧困者の割合は、カンボジアの 45.7% からボリビアの 87% 以上の範囲にあり、7 カ国中 5 カ国についてはその割合は 50% 以上である。

食料品価格の上昇の貧困層へのインパクト

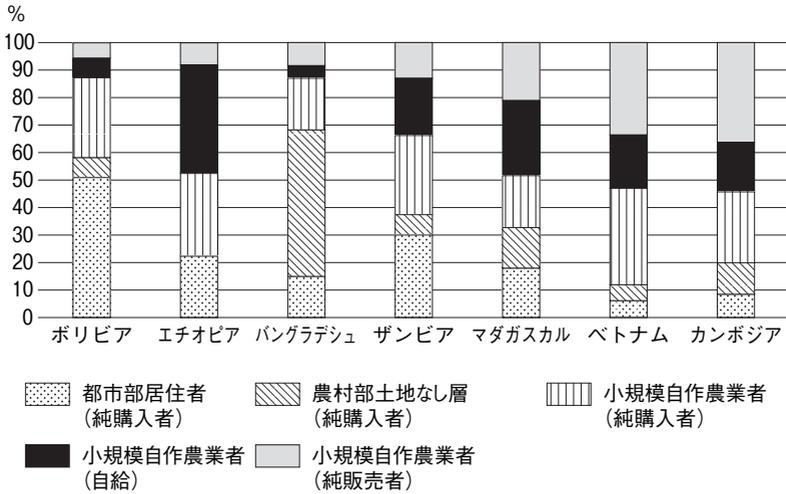
最も貧困な世帯については、特徴的に食料は彼らの支出全体の半分、あるいは往々にしてそれ以上を占める。次いで、食料品価格の上昇は福利と

表 13 都市部、農村部および全体の世帯に占める主食食料純販売世帯の割合

国, 年	世帯割合		
	都市部 (%)	農村部 (%)	全体 (%)
バングラデシュ, 2000年	3.3	18.9	15.7
ボリビア, 2002年	1.2	24.6	10.0
カンボジア, 1999年	15.1	43.8	39.6
エチオピア, 2000年	6.3	27.3	23.1
ガーナ, 1998年	13.8	43.5	32.6
グアテマラ, 2000年	3.5	15.2	10.1
マダガスカル, 2001年	14.4	59.2	50.8
マラウイ, 2004年	7.8	12.4	11.8
パキスタン, 2001年	2.8	27.5	20.3
ペルー, 2003年	2.9	15.5	6.7
ベトナム, 1998年	7.1	50.6	40.1
ザンビア, 1998年	2.8	29.6	19.1
最大	15.1	59.2	50.8
最小	1.2	12.4	6.7
非加重平均	6.8	30.7	23.3

出典：FAO, 2008a.

図28 主要食料の純購入者と純販売者である貧困層の分析¹



¹ 国際的に貿易されている主食食料（コメ、コムギ、トウモロコシ、マメ類）を購入または販売している貧困層人口の比率。

出典：World Bank, 2007.

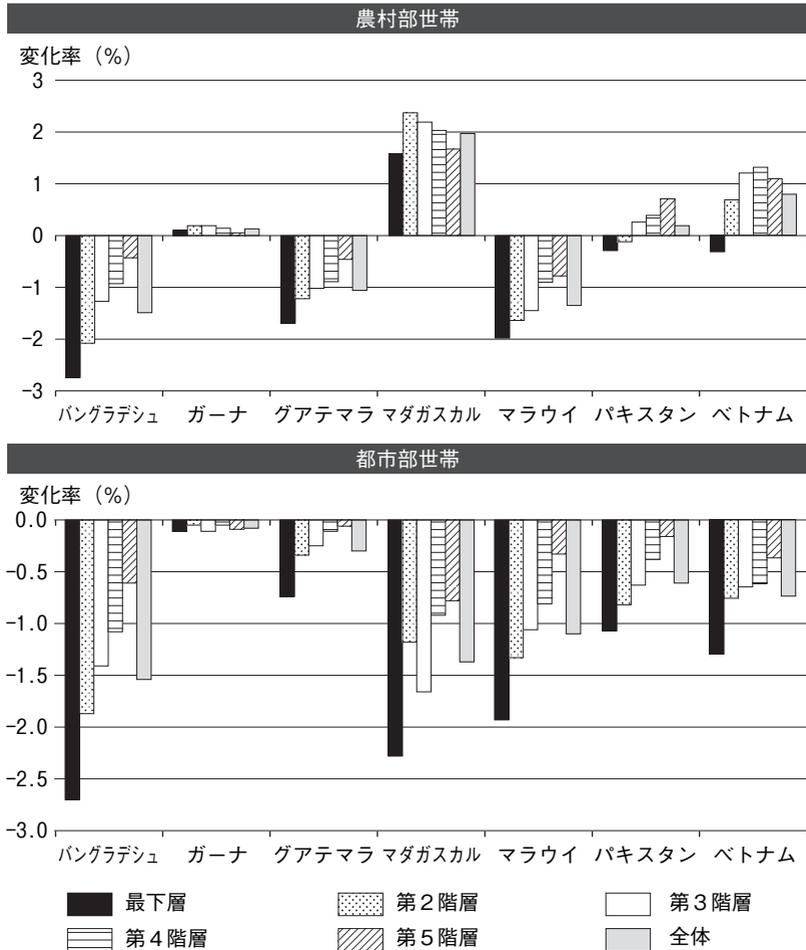
栄養に顕著な影響を与える。例として、Block *et al.* (2004) は1990年代後期にインドネシアでコメの価格が上昇した際に、貧しい家族の母親たちは子どもたちに少しでも良い食事を与えるために自分たちのカロリー摂取量を減らすという反応を示したが、そのために母体の衰弱を招く結果となったことを見出した。さらに、より出費のかさむコメを買う余力を残すためにより栄養的な食料の購入は減少した。この事態は、幼若年の子どもたちの（およびその母親たちの）血液ヘモグロビンがはっきり分かるほどのレベル低下を来し、発育障害の可能性が増大した。

純食料販売者であり、かつ高価格から利益を得るであろう農業者は、おしなべてより広い土地を所有する農業者になるであろうし、狭い土地しか持っていない農業者より裕福になるであろう。さらに、売るためのより多い余剰生産のある農業者は、売るための余剰がごく少ない農業者より、高価格からより多くの利益を受けるであろう。いずれの場合でも、より貧困な農業者は食料品価格の上昇によって大きな利益を得る見込みはなく、逆

の影響を受ける可能性が極めて高い。

表13にあげられた国々のうち7カ国について、主要な主食食料品価格が10%上昇した場合に都市部と農村部の世帯に与える福利に関わる短期的なインパクトの推定値が図29に示されている。これらの推定値は生産と消費を決める世帯の反応を考慮しておらず、したがって想定されるインパクト

図29 農村部と都市部世帯の所得（支出）5段階区分別の主食食料品価格の10%上昇による平均的福祉の向上または低下



出典：FAO, 2008a.

の上限を代表している。しかしながら、ごく短期的には、作物生産を調整する能力は限られており、また消費の点では最貧層の農業者たちは最低限の各種可能性しか持っていないと考えられる。

図29は、5段階区分の最も貧しい消費階層は都市部と農村部の両方とも最悪の影響を受け、福利の最大の低下あるいは最小の向上のいずれかを経験していることを示している。例えばパキスタンやベトナムのような農村部世帯の福利が平均して向上した一部の国においてさえ、農村部の5段階の最貧層は主食食料品の価格上昇の結果、いまだに福利の悪化に直面している。驚くことではないが、すべての都市部世帯の福利はすべての国で低下すると思われるが、その程度は異なり、最貧層は最悪の低下を経験している。

主食食料品価格の上昇が福利に与えるインパクトについてのFAOの分析もまた、大部分の都市部、農村部および国全体のサンプルで女性が家長の世帯では男性が家長の世帯より大体において悪化の程度はかなり高く、より甚だしい福利の低下あるいはごくわずかの向上のいずれかであることを示唆している。女性家長世帯においてさえ発生したこの強烈な結果は、すべての貧困層、あるいは各国の大部分の貧困層について体系的に過剰表示されているわけではない。説明要因の1つは、他の要因は同じとして、女性家長世帯では収入のより多くの割合を食料に費やす傾向があることである。さらに、農村部という意味で言えば、一般に女性の土地所有機会は少なく、収入を得ることができる農業活動への参画も少ないために、食料品価格上昇の利益配分を受けることができない (FAO, 2008a)。

食料品価格の上昇は、農村部貧困層の購買力に負のインパクトを与える傾向がある一方、最貧層にとっては最も重要な収入源である農業労働力に対する需要の高まりの結果として、このグループに利益を与える潜在的可能性も持っている。実際に、貧しく、土地を持っていない家族は特徴的に、彼らの収入を不均衡なまでに熟練を要しない賃金労働に依存している (World Bank, 2007)。農産品価格の上昇は、農村地域における非熟練労働力に対する需要を刺激することによって、農村部の賃金の長期的な上昇を

導くことができ、それによって、自家雇用農業者とともに、賃金労働世帯に利益をもたらす。Ravallion (1990) は、賃金決定のダイナミック経済モデルと1950年代から1970年代のデータを用いて、バングラデシュの平均的な土地なし貧困世帯はコメ価格の上昇によって短期的には損失をこうむるが（消費支出の上昇のために）、長期的には若干の利益を受ける（5年後あるいはそれ以後に）と結論した。確かに、長期的には、賃金が調整されて、世帯所得の増加（非熟練賃金労働が主体）はコメに向けられる世帯支出の増加を十分超えるほどに大きくなる。しかし、この研究は、米作農業が経済の大きな部分を占め、そのために労働市場により大きなインパクトを持っていたころに編集された古いデータを用いている。Rashid(2002) はバングラデシュのコメ価格は1970年代中期以後農業賃金に対する顕著な効果を持たなくなったことを見出した。もし農業がその経済の大きな部分を占め、他のアジア諸国の大部分よりもコメが農業部門で幅広く支配的であるバングラデシュでコメ価格の上昇がもはや農村賃金の上昇を誘起しなくなれば、穀物価格の上昇がより多様化した一連の雇用機会を持つ経済における農村労働力市場に顕著な刺激を与えるとは思えない。

食料品価格の上昇はまた、農業者の所得上昇が、その多くは地場生産されるようなその他の物資や便益に対する需要を創出するために、第2段階の乗数効果を持つようになるであろう。しかし、もしこの追加的な所得が単に農村部の土地なし層や都市部の貧困層から移し替えられたもので占められるのであれば、これらの新しい乗数効果は貧困層の所得の減少で生み出された負の乗数効果で帳消しされ、これらの貧困層は、彼らの食料支出が増加するにつれて非食料物資に費やすお金が少なくなっていくであろう。正味の乗数効果は、所得分配の変化と、相対価格の新しい状況における勝者と敗者の異なる消費パターンによって変わるであろう。

結局のところ、世界全体のレベルでは、食料安全保障に対する食料品価格の上昇の直接的な効果は否定的なものようである。例えば、Senauer & Sur (2001) は、基本シナリオに比べて2025年に食料品価格が20%上昇すると、世界の栄養不足人口は4億4,000万人増加する（サハラ以南ア

フリカ居住人口のうち1億9,500万人および南アジアと東アジア居住人口のうち1億5,800万人)と推定した。国際食料政策研究所(International Food Policy Research Institute, IFPRI)は、各国の実際の拡大計画に基づいてバイオ燃料が拡大すると、トウモロコシ、ナタネ、キャッサバおよびコムギの価格はそれぞれ26、18、11および8%上昇し、それに伴って平均してカロリー摂取量が2~5%低下するとともに子どもの栄養失調が4%増加するであろうと推定した(Msangi, 2008)。しかしながら、これらは世界全体の姿であり、実際には国ごとおよび国内の地域によって違ってくるであろう。

バイオ燃料は、食料安全保障の活用次元に影響を与えるであろうが、他の次元に対するよりはやや直接的ではないであろう。例えば、あるバイオ燃料生産システムは、原料生産とバイオ燃料への変換の両段階で極めて大量の水を必要とするが、この水需要は世帯が使う水の入手を難しくし、健康状態に脅威を与え、そのことによって影響を受ける人々の食料安全保障が脅威にさらされる。他方、もし、バイオ燃料がより汚染のひどいエネルギー源と置き換わり、あるいは農村部の貧困層に対するエネルギー便益の供給が拡大されれば、食事の準備がより安く、きれいにできるようになり、健康状態と食料の利用に積極的な意味合いを持つてくる。

農業成長の推進力としてのバイオ燃料作物の生産

成長の駆動力としてのバイオ燃料と農業

これまでの議論および公共の論争の多くは、食料価格の上昇が食料安全保障に及ぼす直接的な悪影響に焦点が当てられてきた。しかし、中・長期的には、純販売者である小規模自作農家からだけでなく、余裕のある人たちや価格誘因に反応することができる純購入者からの積極的な供給反応があるかもしれない。農産品の重要な新しい需要源としてのバイオ燃料の出現は、開発途上国における農業の再活性化を助け、経済成長、貧困削減および食料安全保障に積極的な意味合いを持っている(Box 12)。

世界の多くの最貧国は、農業生態学的な意味で、液体バイオ燃料生産のためのバイオマスの重要な生産者となる、あるいは一般的に農産品価格の上昇に反応するちょうどよい位置にある。しかし彼らは、過去に農業主導の成長機会の恩恵を受け取ることから彼らを阻んできたのと同じ多くの制約に直面し続けている。バイオ燃料によって提供された新しい機会の恩恵をバイオ燃料原料の生産者として直接、あるいは価格が上昇した農産品の生産者として間接的に受け取る彼らの能力は、これらの古くからの（および若干の新しい）制約にどのように対応するかにかかっている。バイオ燃料生産の拡大は、それが世界のどこで起ころうと、農産品価格の上昇に寄与し、各国はバイオ燃料の原料資源を生産してもしなくても影響を受けるであろう。同時に、エネルギー価格の上昇は購入肥料に対する投入コストの上昇を招く。農業生産性の向上は、長期的な食料品価格の上昇と耕作面積の拡大に対する過剰な圧力、および付随する環境に対する負の影響（温室効果ガス排出の増加を含む）を阻止する基礎であろう。過去には、ヨーロッパや米国で農業現場の革新が生産性向上の推進を助けたが、近代的農業技術に関する研究を実施するためにかなりの資源を必要としたことは、公的な基金に支えられた研究が不可欠であることを意味している。普及活動や基盤設備の改善によって技術を浸透させる政府の支援もまた必須である。バイオ燃料は、開発途上国の農業生産性を向上するための投資を大きく増やそうとする企てに力を与える。

バイオ燃料、商業化および農業部門の成長

少なくとも農業者の思惑でバイオ燃料用に栽培される作物はその他の販売用の作物と何ら変わるところはなく、開発途上世界の多くの地域を特徴付けている半自給、低投入および低生産性の営農システムから農業を変換する手段になり得る。経験は、小規模自作農家による換金作物の開発は、食料作物の生産あるいは、一般的には、食料安全保障を犠牲にしてもたらされるべきものではないことを示している（Box 13）。ただし、これはこれまでにいくつかの例で起こっている（Binswanger & von Braun,

1991； von Braun, 1994)。

サハラ以南アフリカ諸国に関するいくつかの研究は、商業化政策は農村部で一般的な信用取引市場の失敗を克服する助けになり得ると結論している (von Braun & Kennedy, 1994； Govereh & Jayne, 2003)。さらに、ある地域に換金作物を導入することは、配送、小売、市場基盤および人的資本に対する民間投資を刺激するであろう。そして、これはまた最終的には食料作物生産その他の農業活動に利益をもたらす。農業者が信用保証や投入材をタイムリーに入手にでき、普及サービスや機械装備を利用できれば、彼らは所得を増やすだけでなく、彼らの土地における食料生産を強化することができる。逆に、劣悪な農業生態条件、投入財と基盤支援の不足、および小規模自作農家の換金作物政策の貧弱な組織は失敗に帰するであろう (Strasberg *et al.*, 1999)。

雇用に対する効果という意味では、もしバイオ燃料の原料生産が他の農業活動を置き換えたりせず、また置き換えられた活動があまり労働集約的なものでなければ、正味の仕事が創出される見込みが大きい。その国の土地や労働力の豊かさ、原料として使われる作物の種類およびそれまで栽培されていた作物の種類によってその成果は異なるであろう。単一の国の内部においてさえ、また個々それぞれの作物についてさえ、労働の集約性は大きく異なる。例えば、ブラジルのサトウキビ生産では、北東部では中南部で使用される労働力の3倍の労働力を使用する (Kojima & Johnson, 2005)。

von Braun & Kennedy (1994) による研究は、販売作物の貧困世帯に対する雇用効果は概して顕著であることを見出した。ブラジルでは、2001年にバイオ燃料部門は約100万の仕事を提供した (Moreira, 2006)。これらの仕事は農村部におけるもので、ほとんど熟練を要しないものであった。これ以外に、産業その他の部門で約30万の雇用が間接的に創出されたものと推定された。

バイオ燃料作物生産への小規模自作農業者の参画促進

小規模土地所有者である農業者をバイオ燃料の原料生産に包含することは、公平性の点でも、雇用の点でもともに重要である。バイオ燃料はプランテーションで生産される方が好ましいか、あるいは小規模農業者によって生産される方が好ましいか？ Hayami (2002) は、小規模自作農家はプランテーションを凌ぐある種の有利さを持っており、プランテーションでは不可欠の監督や監視に関わる諸問題を回避でき、より柔軟性があることを指摘している。確かに、多くのプランテーション作物は世界のある所では小規模農家によっても成功裏に育てられている。例えば、タイでは小規模農業者が員数的および生産においては概して優勢であるが、オーストラリア、フランスおよび米国の大～中規模の砂糖農園と比べて、彼らは効率性という意味で有望である (Larson & Borrell, 2001)。1990年代まで、タイはインドネシアやフィリピンより多くのゴムやパイナップルを輸出していたが、この2カ国ではこれらの作物は圧倒的にプランテーションで生産されていた。

しかし、加工や販売がより複雑になり、集中化されるようになってくると、プランテーションは、他のプロセスとともに生産を垂直的に統合する必要性に対する解答の代表となり、これはヤシ油、チャ、バナナおよびサイザルなどの場合に見られる。その他の例は大規模な投資を必要とする場合で、この場合はプランテーションタイプの営農が有利である。もし、投資者が灌漑、道路および荷役埠頭などの支援基盤を建築しなければならない場合、このコストを相殺するために必要な経営の規模はより大きなものであろう。したがって、人口密度が低いか希薄な地域ではバイオ燃料作物生産はプランテーション規模での開発がより有望である。これは、なぜフィリピンではサトウキビがルソンの古い入植地域の小規模自作農業者によって生産され、プランテーションはより最近入植が行われたネグロス地域に多いのかということの1つの重要な理由である (Hayami, Quisumbing & Adriano, 1990)。

小規模自作農家の生産性と収益性は、機能しない産品市場、金融市場の

利用可能性の欠如、成果の乏しい生産者組織および重大な投入材市場の失敗、特にサハラ以南アフリカにおける種子と肥料についての失敗、などによってしばしば妨げられる。政府の政策は小規模自作農業者の営農を促進することができる。政策介入の主要な分野は以下のようなものである：

- 基盤設備、灌漑施設、普及および研究といった公共財への投資；
- 農村金融への革新的対処を後援すること；
- 市場情報システムの創設；
- 大きな農場に比べて小さな農場が不利にならないようにするための農村部の生産物市場と投入材市場の改善；
- 契約手続きの強化。

集団的な活動を育てる生産者の組織はまた取り扱いコストを減らし、小規模自作農家の競争力を高めるために市場の力をつけることを助けることができる（World Bank, 2007）。

緑の革命の経験は、能力のある小規模農家の生産性と生産物供給はどのように研究、灌漑および投入材供給の公共投資に向けられ得るかを示している。

少なくともバイオ燃料作物の生産が収益の弾みになった早い年次には、必要な資本を注入する意図のあった投資家はある程度の供給保障を求めていたようである。これを実現する1つの方法は、その作物の生産基盤となるプランテーションを構築することである。しかし、契約農業（“外部生産者組織”とも称される）の形で小規模農家を参画させることは、主食食料の生産を保護し、親貧困的成長を保証しつつ、必要な市場を構築するたぶん最も明確な方法である。契約農業は信用保証の権利、投入材のタイムリーな供給、知識の伝達、普及サービスの提供および既存市場の利用を意味する。契約者の側から見れば、このタイプの設定は利害関係者に受け入れられやすく、土地の制約を克服しやすくする。

多くの国で、契約農業は、農村部の営農世帯や地域社会が、ある程度の独立性を保ちながら利益を共有することができるようにする手段として政府によって奨励されている（FAO, 2001）。契約農業あるいは外部生産者

組織は、もし、それらが確立された技術および能力付与政策や合法的な環境に基づいておれば、成功する可能性がより高い。こういった仕組みを運営していくうえで、契約農家による契約不履行が大きな問題であろう。弱い法制体系、弱い保険サービスおよび随伴する高い取扱コストは会社にかんがりのリスクを負わせる (Coulter *et al.*, 1999)。

バイオ燃料作物を生産している小規模自作農家を支援する革新的解決策が提起され続けている (FAO, 2008g)。ブラジルでは、バイオディーゼル生産者が原料資源を国内のより貧しい地域の小規模世帯農家から購入するよう奨励するために、政府は社会燃料スタンププログラムを創設した。この企画に参加している会社は連邦税の部分的あるいは全額の免除という恩恵を受ける。2007年末までに、おおよそ40万人の小規模農業者がこのプログラムに参加し、主としてヤシ油、ダイズおよび／あるいはトウゴマ種子を精製会社に売っている。

バイオ燃料作物の開発：公平性と男女間差問題

各種バイオ燃料の開発に伴う重要なリスクは所得配分の悪化と女性の立場の低下に関連するものである。バイオ燃料作物栽培の開発が所得配分に及ぼす影響は当初の条件と政府の政策によるであろう。不平等に対する換金作物のインパクトに関する共通認識はより大きな不平等に偏っているように思われる (Maxwell & Fernando, 1989)。しかし、緑の革命の証拠は、その選択は最初に想定されたより不釣り合いの発生が少ないものであったことを示唆している。さらに、上で述べたように、政府は小規模農業を積極的に支援することができる。不平等に対するインパクトはその作物と採用される技術にかかっており、規模に左右されない技術は利益の平等な配分に役立つ。その他の重要な要因は：確かな土地所有権あるいは借地権を伴う土地の配分；農業者による投入材や生産品の市場および信用保証の利用可能性の程度；および政策という見地からの生産活動現場の水準、である。

バイオ燃料生産の拡大は、多くの場合、より重大な土地の競合を招くであろう。借地権が弱い小規模自作農業者、女性農業者および／あるいは牧畜業者にとっては、これは撤退を意味することになるかもしれない。世帯や地域社会の家計を危うくする事態に対抗するために強力な政策や法制構造が必要である（Box 14）。一部の国や地域では、バイオ燃料作物栽培の拡大は商業的な不動産市場の出現につながるであろう。同時に、土地の賃貸料は上昇するものと思われ、貧しい農業者は買ったり借りたりすることで土地を確保することが難しくなるであろう。もし彼らの土地の権利が政府によって保証されなければ、特に地場社会は脆弱になるであろう。

Bouis & Haddad (1994) は、フィリピンのブキッドノン (Bukidnon) 郡南部でのサトウキビの導入は土地保有条件を悪化させ、多くの世帯が土地を手に入れる手段を失ったことを見出した。労働力需要の純増を伴わない大規模な砂糖工場の設立によって所得の不平等も悪化した。他方、砂糖生産に参加することができた小規模自作農業者は豊かになった。

FAO (2008h) は、バイオ燃料作物の拡大による受益という意味で、女性農業者は男性農業者に比べて明らかに不利であろうと示唆している。先ず第1に、土地、水、信用保証およびその他の投入財の入手に関して、男性と女性の間にはしばしば著しい不平等がある。特にサハラ以南アフリカで見られるように、女性は往々にして多くの農作業を担っているが、彼女たちはほとんど土地を所有していないのが明白な実態である (UNICEF, 2007)。カメルーンでは女性は農業労働力の4分の3を提供しているが、土地の10分の1以下しか所有していない。ブラジルでは女性たちは11%の土地を所有し、ペルーでは13%よりやや多い土地を所有している。土地に対する権利の不平等は男性と女性の活動の場を不均等にし、女性や女性家長世帯がバイオ燃料作物生産からの受益をさらに難しくしている (FAO, 2008h)。

バイオ燃料作物を生産するために限界的な土地の開発に力点を置くこともまた、女性農業者に厳しく作用するであろう。例えば、インドではこれらの限界土地、あるいは“荒地”と呼ばれる土地はしばしば共有財産資

源として分類され、貧困層にとっては極めて重要な土地である。インドの事例は、共有財産資源の収集と利用は大部分女性と子どもの仕事であるが、これは、西アフリカでもよく見られる分業である（Back & Nesmith, 2000）。しかし、これらの資源の管理運営に女性はめったに参加させてもらえない。

Braun & Kennedy (1994) の研究の中で、彼らが分析したいずれのケースでも、“より商業化された作物の栽培に当たって、たとえそれが代表的な‘女性の作物’の栽培を奨励する場合でも、女性は計画の決定者や実働者として重要な役割を担うことはなかった。”としている。Dey (1981) はまた、ガンビアにおけるコメ開発プロジェクトのレビューの中で、公平性、栄養に富む生産物および活動全般という意味でより良い成果をあげるための商業化計画を設計する際の農業における女性の役割に関する関連情報の重要性を強調した。

これまでの議論で提起されたように、バイオ燃料生産の拡大は、プランテーションにおける労働条件、小規模自作農業者が直面する制約および女性農業者の不利な立場など、公平性および男女間差別に関連する一連の諸問題を前面に持ち出す。大部分がその国の現存する多くの制度的および政治的な現実由来するこれらの諸問題は重要かつ基本的なものであり、特定の意味合いを保持しつつ、バイオ燃料の展開の見通しと併行して対応されるべきである。これに関連して、バイオ燃料生産の展開はこれら諸問題に注意を集中するために建設的に進められ、かつ建設的に活用されるべきである。

本章の主要なメッセージ

- 最近の農産品価格の急激な上昇には多くの要因が寄与しており、その1つは液体バイオ燃料の需要の伸びである。バイオ燃料は今後も農産品価格に上向きの圧力をかけ続けるであろうが、これは開発途上国における食料安全保障と貧困の水準に関わりを持つであろう。

- 国レベルでは、農産品価格の上昇は純食料輸入開発途上国には否定的な結果をもたらすであろう。特に低所得食料不足国にとって、輸入価格の上昇は彼らの食料品輸入支払いの厳しい制約となり得る。
- 短期的には、農産品価格の上昇は世帯の食料安全保障に広範な負の影響を与えるであろう。特に危機に瀕するのは都市部の貧しい消費者や農村地域の貧しい純食料購入者たちで、後者はまた農村部の貧困層の大部分でもある。貧困層や脆弱な人々が食料を入手できるように保証する適切なセーフティーネットの確立が強く求められている。
- 長期的には、バイオ燃料の需要の伸びと、その結果としての農産品価格の上昇は、開発途上国における農業の成長と農村開発の推進に機会を与えることができる。それらは貧困削減を進める原動力として農業に焦点を当てる機会を強化する。農業の生産性を高めるために強力な政府の関与を必要とし、そのためには民間投資が不可欠である。支援は、とりわけ貧しい小規模生産者が彼らの生産を拡大し、市場を利用できるようにすることに焦点を当てるべきである。
- バイオ燃料原料資源の生産は、開発途上国の農業者に所得を生み出す機会を提供するであろう。経験は、市場のための換金作物の生産は必ずしも食料作物の犠牲においてもたらされるものではないこと、および、食料安全保障の改善に貢献するであろうことを示している。
- バイオ燃料作物生産への小規模自作農家の参画を促進するには政府の積極的な政策と支援が必要である。重要な分野は、公共財（基盤設備、研究、普及、その他）への投資、農村金融、市場情報、市場制度および法制度システムである。
- 多くの場合、開発途上国におけるバイオ燃料原料生産を拡大することに興味を持つ民間投資家たちは原料の確実な供給を保証するためにプランテーションの設立を目指すであろう。一方、契約農業はバイオ燃料作物生産への小規模自作農家の参加を保証する手段を提供するであろうが、その成否は能力付与政策や合法的環境にかかっている。
- バイオ燃料原料生産の展開は、プランテーションにおける労働条件、

土地の入手可能性、小規模自作農業者が直面する制約および女性の不利な立場などの諸問題に関わる公平性および男女間差に関連するリスクを生じさせるかもしれない。一般に、これらのリスクは各国の現存する制度的・政治的現実起因するもので、バイオ燃料に関連する展開の如何にかかわらず注意する必要がある。

- 政府は、“生産的利用”の必要条件を判断し、“遊休土地”の構成要素の合法的定義を定めるための明確な規準を確立する必要がある。脆弱な地域社会を保護することを目的とする土地保有政策の効果的な適用は他に劣らず重要である。

Box 12 農業成長と貧困削減

農業は、その規模と他の経済部門とのつながり—これは、今日でもなお多くの開発途上国において強固かつ重要である—ゆえに、これまでずっと、農業経済学者によって開発の初期段階における成長の原動力であると考えられている（例えば、Johnston & Mellor, 1961；Hazell & Haggblade, 1993を参照）。インドに関する Ahluwalia (1978) の業績に始まって、多くの研究が農業成長の貧困へのインパクトを数量化しようと試みてきた。Ravallion & Datt (1996)；Datt & Ravallion (1998) による独創的な研究は、農業成長によって刺激された農村の成長は、貧困を削減するばかりでなく、製造業やサービス業など他の部門の成長に比べて、貧困の削減により強い効果があることを示した。さらに、農村の発展は、都市地域における貧困の削減にも著しいインパクトを与えた。

複数国を対象とする横断的な数量経済学的証拠によれば、農業によって生み出されたGDPの成長は、他部門によって生み出された成長に比べ、部門の規模を調整しても、貧困削減に少なくとも2倍の効果があることが示されている（World Bank, 2007）。農業が貧困削減に最も貢献する部門であることを認めていない研究においてさえも、1次部門の成長は貧困層の生活水準に対してなお相当程度のインパクトがあることを

認めており、それは経済におけるその役割によって示唆されるよりかなり大きい。(Timmer, 2002; Bravo-Ortega & Lederman, 2005)。

しかし、農業成長が貧困削減に貢献する程度は、ある国における不平等の程度に (Timmer, 2002)、また経済および雇用に占める農業のシェアに左右される。農業成長の大部分は、長期的には、技術変化に起因する (Timmer, 1988)。緑の革命に関する膨大な文献は、生産性を向上する技術革新の貧困削減への大きなインパクトを示している。農業におけるこのような革新は、農家だけでなく、農場労働者やその他の農村における物財やサービスの供給者に対しても農村所得への機会を生み出し、また消費者物価を下げることによって、何百万人もの人々を貧困から救い出してきている (FAO, 2004c)。中国とインドについての研究は、費用効果を考えると、農業研究は政府支出による貧困削減の手段として最も効果的であることを示している (Fan, Zhang & Zhang, 2000; Fan, 2002)。次いで、ウガンダについての研究も同様の結果を示している (Fan, Zhang & Rao, 2004)。

FAOによる農業の役割に関する研究は、農業成長が貧困を緩和できる4つの主要経路を概説している (FAO, 2004d; FAO, 2007d) : (i) 直接的な所得の増加; (ii) 食料価格の下落; (iii) 雇用の拡大; および (iv) 実質賃金の増加。このうち第1の経路については、土地の分配が重要であり、より平等な土地の分配は、農業成長による利益のより平等な配分をもたらす (Lopez, 2007)。同様に、賃金および雇用の経路は、都市と農村の労働市場がより良く統合されていれば、一層効果的である (Anríquez & López, 2007)。

Box 13 サヘル綿花

過去50年間以上、特に過去20年間、綿花はサヘル諸国の主要な輸出品となっている。ワタは、EUや米国ではプランテーション作物であるが、サヘル地域ではほとんどすべて小規模農家によって栽培されている。さらに、この成功は、既存の穀物生産を犠牲にしてなされたも

のではない。綿花生産は、所得の向上、生活の改善、および教育や保健など社会サービスのより良い整備に貢献している。

マリは、サヘル地域はもちろん、サハラ以南アフリカ全体における最大の綿花生産国である。2006年には、おおよそ20万戸のマリの小規模農家が国際市場で販売するための綿花を生産した。過去45年間に、綿花生産は毎年8%以上の割合で増加し、マリの農村地域世帯の25%以上に、世帯当たり平均200米ドルの所得をもたらしている。

マリの綿作農家は、伝統的に、ワタを粗粒穀物、特にトウモロコシおよびソルガムと輪作している。換金作物は食料作物の生産および世帯の食料安全保障に負の影響を与えるかもしれないという一般的な危惧に反して、綿花生産は、実際には、マリにおける粗粒穀物生産を増大させた。綿花地帯の外で生産される粗粒穀物とは異なり、綿作農家で栽培される粗粒穀物は、肥料がより入手しやすいこと、および、この地域の綿花に基盤を置く投入財・金融システムによって調達、融資されるワタ用肥料の残留効果から余得を受けている。穀物圃場はまた、綿花から得た所得に対して融資される畜力牽引機具の使用が可能になることによって、改良された農法の利便も得ている。畜力牽引機具を使用する農家は、一部装備した、または手作業の農家に比べて、綿花と粗粒穀物ともにより高い収量を得ている (Dioné, 1989; Raymond & Fok, 1995; Kébé, Diakite & Diawara, 1998)。さらに、装備の良い綿作農家は、適期の植え付け、頻繁な耕耘および定期的な除草などを含む、トウモロコシ生産に要求される管理により良く応えることができる (Boughton & de Frahan, 1994)。これらの綿花生産者はより多くの量の穀物を市場で販売する傾向がある。一般的に、畜力牽引を用いる農家は、主として1人当たりのより多くの生産のおかげで、穀物販売の過半を占めている。

歴史的に、綿花と穀物両方を生産する綿作農家の成功の重要な要因は、マリ織物原料開発会社 (Compagnie Malienne de Développement des Textiles, CMDT) によって提供された普及支援である。また、CMDTによる地域の支線道路の建設と維持は、棉実の集荷と運搬を容易にした。さらに、販売コストの低減と区域内の市場統合を助けるこ

とによって、食料作物の販売にも利益をもたらした。マリにおける綿花の経験は、もしバイオ燃料を農業発展の原動力にする場合には、農業投資が重要であることを強く示している。

綿花はまた、農業を基盤とする製品の生産と輸出に対する OECD 諸国による補助金および輸入関税のインパクトの例証でもある。Anderson & Valenzuela (2007) は、現在綿花市場に影響を与えている歪曲が取り除かれると、世界全体の経済的厚生を1年当たり2億8,300万米ドル増やし、綿花価格を約13%上昇させると推定している。さらに、西アフリカの綿花農家の所得は40%増加するであろう。

出典：Tefft (近刊予定) による。

Box 14 タンザニア共和国におけるバイオ燃料作物と 土地問題

タンザニア政府は、エタノールとバイオディーゼルの生産に向けたタンザニアへの投資を考えるように投資家を督励する一方で、多くの不確定要因と制約に取り組んでいる。第1のそして最大の問題は、利用可能な土地の供給と食料安全保障の相互に関連する問題である。バイオエネルギー作物（主として、サトウキビ、アブラヤシ、ジャトロファ）のために一度に必要とされる土地面積は5～10万ヘクタールの規模である。このような大規模な計画が植栽された圃場を実現されるまでには、かなりの時間差があるとはしても一現在実施されている動きは5,000～2万5,000ヘクタールの範囲である一、食料安全保障に対する短期的・長期的意味合いは、当然の、あるいは緊急の問題として検討されている。

タンザニアの多くの世帯にとって、その食料安全保障は土地の利用可能性に左右される。必要とされる土地の広さは、彼らの土地から世帯を移転させる以外に満たすことができないとする懸念がある。農業

に適した土地はほとんど村落に属しているので、余分の土地はないと一部の人は主張する。一方では、耕作可能な土地のごく一部しか実際には作物生産に利用されていないという主張もある。大量の土地が刑務所や兵営など政府機関の管理下にあり、また村落の土地は農業集団によって実際に利用されている一方、大量の未利用地がタンザニア投資センター（Tanzania Investment Center）およびタンザニア砂糖公社（Sugar Board of Tanzania）によって利用可能のまま残されている。しかし、投資家たちは現存する諸施設に近い土地や港湾に十分近い土地を求め、現在適切な基盤設備の便益を受けていない広大な地域には関心を寄せていない。長期的にも、貧弱な基盤設備、弱体化普及組織、ほとんどないに等しい信用供与および低収量などがこの国の農業部門の構造変革を阻み続ける障害となるであろう。

タンザニアでは、土地の入手は複雑である。すべての土地は、村有地か国有地のいずれかに分類される。これから投資しようとする者は、村、郡、地域そして省レベルでの同意を得なければならないので、村有地の賃借の手続きは複雑で時間がかかる。必要とする土地の規模によっては、大統領の同意さえも要求されることある。こうした過程が終わった後、村有地は、タンザニア投資センターが保持する土地担保証書が付けられた国有地に再分類され、そのうえで、その土地は99年間を限度に投資家に貸し出される。この過程には農家世帯への補償支払いが含まれており、完了するまでに2年もかかることがある。国有地を借りる手続きはずっと短い。影響を受ける人々の福利を擁護する一方で、投資家たちの立場にも立った環境を作り出すために、適当な土地を分配し、その食料安全保障への意味合いを評価し、さらに、関連する省、機関および投資者の間の情報の流れを調整するより効果的な仕組みが必要とされている。

土地問題は、ある面で、バイオエネルギー政策および政府と投資家の意思決定の支援に必要な法的枠組みが欠如していることを如実に示している。実際に、投資家と政府職員はともに、バイオエネルギー政策の欠如がこの部門の発展が直面する唯一最大の問題であると述べている。

出典：著者が、以下の機関の職員との討論に基づいて、あるいは得た情報による：農業・食料・協同組合省、エネルギー省、タンザニア投資センター、タンザニア砂糖公社、国連工業開発機関（UNIDO）、国連開発計画（UNDP）、国連児童基金（UNICEF）。

次の機関の代表者との討論に基づいて、あるいは得た情報による：InfEnergy, Sun Biofuels, 英国石油（British Petroleum, BP）、Diligent Energy Systems, SEKAB, ドイツ技術協力公社（Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH, GTZ）、タンザニア伝統エネルギー開発環境機構（Tanzania Traditional Energy Development and Environment Organization, TaTEDO）。

ダルサラーム大学微生物学科（Microbiology Unit at the University of Dar es Salaam）の研究者との討論に基づいて、あるいは得た情報による。

第7章 政策課題

輸送用の液体バイオ燃料は、これまで、農村地域開発の促進を助ける一方で、気候変動の緩和やエネルギー安全保障に対する貢献の可能性に関する多くの論争のテーマとして取り上げられてきた。しかし、バイオ燃料に関する当初の仮定のいくつかがより詳細に検証されるにつれて、バイオ燃料はまた、その経済的、環境的および社会的インパクトに関する重要な一連の問題を提起するものであることがますます明らかになってきた。バイオ燃料は、環境的および社会的な見通しでは、機会とリスクの両方をもたらす。リスクを制御し、最小化する一方で、社会的に発展し、機会を開発する環境的持続性のあるバイオ燃料生産は、決定的にこの部門に対して実施される政策によるであろう。

これまでの各章で、バイオ燃料の実際および潜在的な役割、および経済的、環境的、貧困および食料の安全保障の見通しにおけるバイオ燃料の展開に関わる主な課題や問題について検証してきた。バイオ燃料をめぐる最も重要な一連の問題が扱われ、今日までに入手できた知見に基づいて答を出す試みがなされた。本章は、この部門のために適切な政策を設計するうえでバイオ燃料が持つ意味合いはどのようなものであるかを紐解いてみる。

本報告で扱われた諸問題

本報告で扱われた主要な問題と与えられた回答は下記のように要約することができる。

バイオ燃料は食料安全保障に脅威を与えるか？

都市と農村両地域の主食食料の純購入者にとって、部分的にはバイオ燃

料需要が増加した結果上昇した食料品価格は彼らの食料安全保障に直接的な脅威を与える。たとえ、バイオ燃料は最近の食料品価格の急激な上昇のいくつかの根源の1つにすぎないとしても、バイオ燃料生産の拡大は、今後かなり長期にわたって食料品価格に上向きの圧力をかけ続けるに違いない。食料品価格の高騰が貧困層に与える直接的なインパクトは、食料の入手を助けるように適切に設計され、目標を定めたセーフティーネットによって緩和され得る。同時に、価格の上昇が農業者を潤すように仕向けることが重要で、それによって彼らの供給反応の引き金を引くことができる。価格の高騰から消費者を守る努力の中で2008年に多くの国で実施された価格統制や輸出規制は、市場の調整機能を妨害し、明らかに短期的救済にはなったものの、実際には食料安全保障の危機を長引かせ、根深いものにしたようである。もし、市場が機能でき、価格シグナルが生産者に効果的に伝達されれば、価格の上昇は生産増加と雇用拡大の誘因を提供するであろうし、それは長期にわたって食料の安全保障に関する懸念を緩和するであろう。

バイオ燃料は農業開発の促進を助け得るか？

農産品価格の上昇は世界の貧しい消費者の食料安全保障に直接的な脅威を与えるが、長期的には農業開発の機会を提供する。この機会は、農業部門が価格誘因に反応する能力を持っており、また、とりわけ貧しい農業者が供給反応に参画できる場合あるいは地域においてのみ現実のものにすることができる。バイオ燃料に対する需要の拡大は、数十年にわたって公共および民間の農業および多くの開発途上国の農村地域への投資意欲をそいできた農産品の実勢価格の長期的低落を反転させるかもしれない。これらの国々は、これらの機会を彼らの農業部門を再活性化するために活用することができるかもしれないが、農業一般に関しては、これらのことを実行する彼らの能力は、とりわけ基盤施設への投資、制度および技術にかかっているであろう。特に小規模自作農家や女性および少数民族などの疎外されたグループの生産資源の入手手段を増進することは、農業が成長と貧困

削減の原動力として働くことができる可能性を大幅に高めるであろう。これらの機会はまた、補助金と、開発途上諸国の生産者たちの犠牲においてOECD諸国の生産者たちに利益をもたらしている貿易障壁を排除することによって拡大されるであろう。

バイオ燃料は温室効果ガスの排出量削減を助け得るか？

一部のバイオ燃料は、ある条件のもとで、温室効果ガス排出量の低減を助ける。しかし、実際には、バイオ燃料生産拡大の全世界的な影響は、その原料資源がどこで、どのように生産されるかに決定的にかかっている。原料生産が増加した結果としての土地利用の変化は重要な決定要因である。多くの地域については、土地利用の変化による直接・間接いずれかの排出量は、バイオ燃料を輸送用に用いることで得られる節減量を上回るかあるいは少なくとも相殺されるものと思われる。さらに、たとえバイオ燃料が温室効果ガス排出量の削減に効果的である場合でも、その他の選択肢と比較して、これがその目的を達成するための方法として費用対効果が最も高いものではないかもしれない。優れた農業技術と収量の増加は、土地利用の変化によってもたらされる温室効果ガス排出の負の影響の一部を緩和することを助け、ヘクタール当たり収量の増加を導く技術開発と基盤装備の改善はより好ましい成果の達成に貢献する。特に第2世代技術はバイオ燃料生産の温室効果ガスバランスを著しく改善するであろう。

バイオ燃料は土地、水および生物多様性に脅威を与えるか？

いかなる形の農業であろうと、バイオ燃料の生産拡大は、生物多様性ととも、土地や水資源に脅威を与えるであろうし、想定される負の影響を最小にするために適切な政策手段が必要である。バイオ燃料生産のインパクトは原料資源の種類や場所によって異なり、また、栽培方式や、新しい土地がバイオ燃料原料資源を生産するために転換されたのか、またはその他の作物がバイオ燃料によって置き換えられたのかによって決まる。農産品に対する需要の拡大は自然資源基盤に対する圧力を悪化させ、特に、も

しその需要が面積拡大によって賄われる場合、圧力はさらに悪化する。一方、限界のあるいは劣化した土地の多年生原料資源を利用すれば持続的なバイオ燃料生産が約束されるかもしれないが、そのような選択肢の経済的成長性は少なくとも短期的には制約を受けるであろう。

バイオ燃料はエネルギー安全保障を助けるか？

農作物に基盤を置く液体バイオ燃料は、世界全体の輸送用燃料の供給にごく限られた貢献しか期待できず、エネルギー供給全体にはさらに小さい貢献しか期待できない。農業市場はエネルギー市場に比べて小さいために、バイオ燃料生産の拡大はたちまち農産原料資源の価格を競り上げ、バイオ燃料の石油由来燃料に対する競争力を失わせる。しかし、原料資源を競争的条件のもとで生産できる広大な自然資源基盤を持ち、効率的に加工できる国々は、経済的に成長性のあるバイオ燃料部門を開発することができるであろう。エネルギー市場の予期しない変化もまた、バイオ燃料の経済的成長性を変化させるかもしれない。セルロース系原料資源に基盤を置く第2世代バイオ燃料の開発を含む技術革新は、バイオ燃料がエネルギー安全保障に重要な貢献をするかもしれない国々の能力と範囲を拡大するであろう。しかし、いつ第2世代技術が商業的に成長し得るかは明らかではない。そうなれば、第1世代燃料と第2世代燃料は共存し続けるものと思われ、少なくとも10年間は大量のバイオ燃料が砂糖、でんぷんおよび油料作物から生産される第1世代燃料によって供給されるであろう。

より良いバイオ燃料政策の枠組み

輸送用の液体バイオ燃料は、その生産と利用に対する支援策と保護を提供する一連の政策によって、特に一部の OECD 諸国によって活発に奨励されている。そういった政策は、大部分国および国内の政策議題によって駆動されている。強力な推進力は、農業者と農村社会を支援したいとする願望である。これらはまた、ますます取り組むべき課題となっているエネ

ルギーの安全保障と気候変動の緩和に対するバイオ燃料の積極的な貢献に関するいくつかの仮定に基づいている。特に市場および食料安全保障へのインパクトという点で、予期されなかった影響がしばしば見落とされている。現在明らかになりつつあるバイオ燃料が持つ意味合いのより確かな理解に基づいた、バイオ燃料に対するより一貫性のある一連の政策と手法が必要であるという認識がますます高まっている。

諸政策はバイオ燃料によってもたらされる潜在的可能性に富む機会の全容を掌握することに目的を定めるべきであり、同時に、それもまたバイオ燃料がもたらす議論の余地のないリスクに慎重に対処していかなければならない。これらの政策は他の関連分野の政策と一貫したものでなければならず、それらが効果的であるためには、明確で強固な政策理念に基づいたものでなければならない。しかし、不幸にして、これらの政策はまたかなり不確実な条件のもとで編成されなければならないのも事実である。

不確実性、機会およびリスク

バイオ燃料に関する政策の策定に当たっては、いまだに世界全体のエネルギー供給における液体バイオ燃料の潜在的可能性と将来の役割を取り巻いている高度の不確実性を考慮に入れなければならない。この不確実性は、最近のいろいろな研究によってもたらされた中・長期的なバイオエネルギー供給の潜在的可能性の推定値の少なからぬばらつきによって裏付けられている。しかし、これらの研究は、概して、液体バイオ燃料が大規模に化石燃料に置き換わるために必要な土地面積は広すぎるであろうと示唆している。バイオ燃料の拡大は、化石燃料をあてにする傾向が低下しつつある世界に向けた長期的な動きの一部として捉えられるべきであり、その場合に、バイオ燃料はいくつかの再生可能なエネルギー資源の1つとなり得る。しかし、たとえ世界全体のエネルギー供給に対するバイオ燃料の貢献が小さいものにとどまるとしても、それはなお農業と食料安全保障に対するインパクトは相当なものであることを意味するであろう。

不確実性に寄与している要因の第1は化石燃料価格の将来の趨勢で、そ

これは液体バイオ燃料の経済的成長性を決定付けるであろう。中・長期的には、バイオ燃料分野における技術開発はその収益性の決定の基礎となる方程式を改変するかもしれない。そういった開発は原料生産技術（例えば、農業的な開発）および変換技術の分野におけるものであろう。リグノセルロース系原料資源を基盤とする第2世代バイオ燃料への動きは、バイオ燃料の開発とその潜在的可能性の拡大の展望とその特徴を大きく変えるかもしれない。世界全体および各国のエネルギー政策および気候変動の緩和を目指す政策の全体的な展開が持っていると同様に、再生可能なエネルギーのその他の領域およびエネルギー保全分野における技術および政策の展開もまたインパクトを持っているであろう。

バイオ燃料は経済的および社会的、および環境および自然資源の見通しの両面で機会をもたらすものと考えられている。しかし、これらの次元もまた、多くの不確実性に取り囲まれており、その本当の大きさは明らかではない。社会・経済的な機会は農産物に対する需要の増加によってもたらされ、それは農村の所得を押し上げ、農村開発を刺激するであろう。環境および自然資源の見通しによれば、バイオ燃料は、適切な条件のもとで、温室効果ガス排出量の削減に貢献するであろうと期待されている。その他の期待される恩恵には、規制対象である大気汚染物質の燃焼式エンジンからの排出削減およびバイオマス原料資源が劣化した土地の再生に貢献する潜在的可能性が含まれている。

今やより大きな注目がバイオ燃料の開発に付随するリスクに向けられている。本報告書でも示されているように、これらのリスクは社会・経済的なものと環境に関わるものの両方がある。社会・経済的なリスクは大部分、農産品の需要が増大した結果上昇した食料品価格の貧しく脆弱な食料純購入者に対する否定的な意味合いを伴っている。土地や水などの資源に対する競争の激化もまた、とりわけ往々にして最も脆弱な女性を含む土地保有が保証されていない貧しい力のない農村居住者に脅威をも与える。環境的な展望から見れば、温室効果ガス排出の低減は化石燃料を置き換えるバイオ燃料の約束された成果からは程遠いものであることが明らかになり

つつある。このインパクトは、作物がどのように育てられるか、および変換はどのように行われるかといった、バイオ燃料がどのように生産されるかによって決まるが、さらに、それらはどのように市場に持ち込まれるかにもかかっている。世界全体としてのインパクトは、もし大規模な追加的土地が農作物栽培に振り向けられるならば、より否定的なものになる。

政策の一貫性

バイオ燃料の展開は、往々にして個々に実施される政策の間の明確な連携と一貫性がないままに、農業、エネルギー、輸送、環境および貿易など、いくつかの異なった政策の領域によって形作られる。バイオ燃料の役割がこれらの政策領域のそれぞれと関連して考えられる場合にのみ、それらがさまざまな政策目的に到達するなかで適切な役割を果たすことが保証され得る。

例えば、バイオ燃料は最近、もともと食用であったものと同じ多くの農産品に依存している。その原料資源は土地その他の生産資源について従来の農業と競合している。したがって、食料と農業の政策はバイオ燃料政策策定の中心事項である。同時に、バイオ燃料は再生可能なエネルギーの考え得る多くの源の1つにすぎず、この分野では技術革新が急速に動きつつある。したがって、バイオ燃料政策はエネルギー政策の幅広い領域の中で考えられなければならない。同様に、バイオ燃料は温室効果ガス排出量を削減するための選択肢の1つを構成しているにすぎず、これに代わるその他の緩和戦略と対比して評価されるべきである。輸送政策分野における選択も液体バイオ燃料の需要に決定的な影響を及ぼす。最後に、貿易政策は環境的に是認できるバイオ燃料を支援あるいは邪魔をする。もし、貿易障壁がバイオ燃料の生産と貿易の最も効率的で、最も許容可能な地理的パターンを阻害する場合には、バイオ燃料の環境的な目的を危うくするかもしれない。

政策の基本方針

バイオ燃料に向けた効果的な政策手法の指針となる5つの基本方針が提案されている。

- バイオ燃料政策は貧困層や食料不安層を保護するものでなければならない。優先順位は、食料輸入国、特に後発開発途上国の中の食料輸入国、および、農村と都市地域の貧しく脆弱な純食料購入者に対して食料品価格の上昇がもたらした問題に与えられるべきである。バイオ燃料の発展によってもたらされた食料安全保障や農村経済を改善する潜在的可能性を持った機会は利用されるべきである。
- 政策は、経済的および技術的効率性を向上すること、および、開発途上国が将来の市場機会に参画できることを保証することの両方によって成長力を付与するものであるべきである。したがって、政策は研究と開発を促進するべきであり、それによって、原料生産とバイオ燃料変換プロセスの環境的許容性ととも、効率性の向上を促進するべきである。同様に、それは、開発途上国においてバイオ燃料の需要に対する幅広い基盤を持ち、貧しい農業者に恩恵を享受する可能性をもたらし供給反応を支援することができる環境を創出するべきである。
- バイオ燃料政策は環境的に是認できるものであるべきである。それは、バイオ燃料が温室効果ガス排出量の削減に力強い積極的な貢献をし、土地や水の資源を枯渇や環境破壊から守り、そして、汚染物質の新しい過剰な負荷を阻止することを保証するために努力するべきである。
- それは視野を外に向け、市場志向であるべきで、それによって現存するバイオ燃料や農産物の市場歪曲を減らし、新しい歪曲を持ち込まないようにするべきである。それはまた、国境を越えて広がるかもしれない予期しない影響を考えに入れたものでなければならない。
- 政策は、国際的な組織的活動が、農業開発や貧困と飢餓の削減とともに、環境の持続性の目標を支援することを保証するための適切な国際的調整を伴って策定されるべきである。

政策行動の分野

この後の節は、バイオ燃料部門の環境的・社会的に持続的な発展を保証するために取り組まれるべき主要な政策問題のいくつかについて検討する。提起された問題のいくつかはバイオ燃料に特定されるものである。その他は、持続的農業開発や食料安全保障一般に関連したよく知られている問題であるが、バイオ燃料が農産品需要の新しい源として浮かび上がってきたことによって、それはますます重要性が増してきている。

貧困層と食料不安層を保護する

これまでも強調されてきたように、バイオ燃料政策は農産品価格の最近の上昇の背景にある唯一の理由ではない。にもかかわらず、バイオ燃料に対する需要の増大は確かに農産品や食料品の価格に対する上向きの圧力に寄与してきたし、たとえ現在の高価格の根底にあるその他の要因のいくつかが勢いを失くした場合でも、それは今後もある期間続くかもしれない。その影響の規模は不確かであり、それはこの部門の展開のペースおよび先進国と開発途上国の両方で実施されているバイオ燃料開発に関連する政策によるであろう。しかし、純食料輸入開発途上国（特に後発開発途上国）および貧しい純食料購入世帯に対する食料安全保障に逆行する影響に対処する必要があることは明白で、その状況は広範な厳しい食料安全保障への脅威による現在の緊急事態を超えるものでさえある。

前に進む重要なステップは、各国が、現在広く適用されている義務やバイオ燃料の生産と消費を支援する補助金の場合のような、バイオ燃料原料資源の需要を奨励し、促進して食料供給を損なう政策の実施や採用を差し控えることであろう。

栄養が不足し、購買力の低い、貧しく、脆弱な純食料購入者を保護するためにセーフティーネットが必要である。急激に上昇しつつある食料品価格に対する緊急の対策という意味で、最も脆弱な人々を守るための食料の

直接配布や現金支給、および学校給食のような栄養プログラムが必要になるであろう。輸入および普遍化された補助金もまた必要かもしれない。短・中期的には、社会保護プログラムが確立、あるいは拡大および強化されなければならない。適切に編成され、対象を見定めた社会保護システムは、より広範な活動に比べて実質的により少ないコストで、それを最も必要としている人々への直接支援を提供する能力を持っており、それはこれらの人たちの生活をより扶養力のあるものにする。

中・長期的には、食料品価格上昇のインパクトは農業部門の供給反応によって緩和されるであろう。そういった反応には、価格が農家の庭先まで効果的に伝達される必要がある。効果的な価格伝達は、政策と、効果的な市場を支援する適切な制度的および物理的な社会基盤が存在するか否かの両方にかかっている。価格を制御する、あるいは貿易の流れを分裂させるような政策介入は、見かけ上は即効的な救済にはなるものの、それは生産者に対する価格支持策を妨げるので、長期的には非生産的であろう。貯蔵や輸送の基盤設備への投資もまた市場を効果的に機能させるために不可欠である。

機会の利点を農業と農村の開発へ取り込む

バイオ燃料に対する需要の増勢によって引き起こされた農産物の価格上昇は、貧困層や純食料購入者の食料安全保障に直接脅威を与える一方、農業と農村の開発、所得と雇用の創出に長期的な機会を与えることができる。それは、民間の投資と生産に誘因を与えることによって農業を再浮上させる努力の重要な構成要因になり得る。しかし、価格上昇だけで幅広い農業開発は進まない。それを補完するには、開発途上国における生産性向上に向けた投資が不可欠であろう。生産性の向上には、金融保証やリスク管理手段とともに、研究、普及、および、農業および一般的な基盤整備といった長い間無視されてきた分野への相当規模の持続的な投資が必要で、これらはすべて価格誘因の向上を補完するにちがいない。

移り変わる市場のシグナルに反応する力が最も弱い貧困な農村の生産者

が、彼らの生産と市場出荷を拡大できるように特別な努力を傾注する必要がある。農業研究は、ますます限界的な地域での営農を強いられている多くの貧しい生産者のニーズに応えるものでなければならない。普及を含む農業サービスおよび金融サービスに対する彼らの利用能力を向上すること、ならびに彼らがこれらのサービスの有利性を生かせる能力を強化することもまた重要である。彼らの土地や水などの自然資源の利用を保証すること、および環境便益に対する支払計画を含む非農業所得源への彼らの参入を育てることは正に基本である。土地政策の問題は重要であり、脆弱で不利な社会集団の土地の権利が尊重される保証が特に必要である。かつてなく変動の大きい不安定な気候条件にさらされている彼らの家計の強化を助け、天候その他のリスクを回避するための、新しい形の保険を含む、新しい手法による利益の享受を可能にする貧しい農村世帯への支援が必要である。

環境持続性を保証する

更なるバイオ燃料生産の拡大は気候変動の緩和に積極的な貢献をすることが保証されなければならない。この目的のために、温室効果ガスの排出に対する最も顕著な影響の源泉である土地利用の変化に対するバイオ燃料の影響についてのより良い理解が極めて重要である。その他の環境に有害なインパクトについても評価し、最小限にしなければならない。手法の一貫性を保証するためにバイオ燃料のライフサイクル分析、温室効果ガスバランスおよび持続的生産規準のための調和的な手法を開発するべきである。

バイオ燃料に対する支援はバイオ燃料生産の人為的に急速な成長をもたらした。補助金およびバイオ燃料の生産と消費の義務を排除することは、技術の改良と収量の増加が効果をあげるのに時間を与え、バイオ燃料原料作物の栽培面積の拡大に対する圧力を和らげるので、バイオ燃料の拡大率は低下し、環境の持続性が向上される。生産性向上への投資とともに、研究と開発は、バイオ燃料生産の拡大による自然資源基盤に対する圧迫の軽

減を助けるであろう。確かに、原料生産およびバイオ燃料への変換両段階での技術の改良は、バイオ燃料生産の長期的な持続性を保証するために決定的に重要である。

持続性の規準と相対的な認証は、生産規模の拡大による土地利用変化の影響に直接対応することはできないが、環境持続性の保証を助ける。しかし、基準は慎重に評価されなくてはならず、それらは世界全体の公共財にのみ適用され、更なる貿易障壁の発生と開発途上国の開発能力に対する不当な制約の賦課を回避するように設計されるべきである。バイオ燃料の原料資源と農産物一般を区分して処置する可能性を探り、解明するべきである。この2つをそれぞれ異なって処理する本質的な正当性も実際に適用できる差異もない。

どのようなタイプの農業生産であっても、優良農業技術の奨励は、気候変動その他の環境インパクトといった意味でのバイオ燃料の生産拡大に伴う否定的な影響を低減する実際的な手法になるであろう。原料生産者による持続的生産による環境便益に対する支払いもまた、持続的生産を奨励するための持続性規準とともに使うことができる手段である。まず、優良技術の奨励を、それを最も必要としている国々のための能力構築と結び付けることができるかもしれない。やがて、より厳格な基準と認証システムを導入できるようになるであろう。

現存するバイオ燃料政策を検証する

OECD 諸国はとりわけバイオ燃料部門にかなりの水準の支援を提供しており、これなしには、現在の技術および商品としての原料資源と原油の最近の相対価格のもとで、彼らのバイオ燃料生産の大半は経済的に成長していくとは思えない。農業所得への支援は別として、政策の主要な目的は気候変動の緩和とエネルギーの安全保障である。適用された諸政策は液体バイオ燃料の生産と消費に対する義務と相当額の補助金に焦点が当てられている。関税などの貿易保護手段は能力のある開発途上国のバイオ燃料生産者の市場利用を制限し、生産と資源配分の効率的な国際パターンを悪化

させている。数十年にわたってOECD諸国の農業政策を特徴付け、これらの政策の市場歪曲効果を悪化させているそういった支援や保護が、すでに極めて高い水準の農業部門への補助金と保護に付加されている。バイオ燃料とそれが持つ意味合いに関して生み出されつつある知見に照らして、これらのバイオ燃料政策を検証することが緊急に必要である。そのような検証は、これらの政策が目的に到達する有効性とそのためのコストの評価に基づいて行われなければならない。本報告で議論された証拠は、実施された諸政策はエネルギー安全保障や気候変動の緩和を達成するには効果的ではなかったことを示唆している。確かに、エネルギー安全保障という意味では、バイオ燃料が世界全体のエネルギー供給に貢献できるのはごく小さな部分にすぎないであろう。温室効果ガス排出についても、推定された緩和効果ははっきりせず、特に大規模な土地利用の変化が起こった所ではバイオ燃料生産の急速な拡大は排出を減らすよりもむしろ増やしたかも知れないと思われる。実施された政策はOECD諸国にとってはコストのかかるものであったし、そのコストは生産水準が拡大するにつれてエスカレートするであろう。現在の知見に基づけば、混合義務、生産と消費への補助金、およびバイオ燃料のための貿易障壁といった現行諸政策のいくつかを維持するためにはその論拠は弱いように思える。バイオ燃料のための支出は、生産と消費に関連する補助金に向けるよりも、農業一般およびバイオ燃料については特別に、経済的・技術的効率性および持続性の両面での向上を目指す研究と開発に振り向けるほうがより良いであろう。とりわけ第2世代バイオ燃料に向けた動きは、将来有望な動きとして受け止められている。

政治・経済的な意見もまた、バイオ燃料に対する補助金に反対する声が多い。たとえ補助金が正当化され（例えば、揺籃期の産業には必要であるとする主張に沿って）、また、一時的な意図しか持っていないとしても、経験（例えば、初期の農業政策）は、補助金はいったん定着するとそれを排除することは至難であることを示している。

政策の一貫性もまた重要な問題である。バイオ燃料は多くの再生可能な

資源の中の単なる1つの資源にすぎず、また、一連のさまざまな温室効果ガス緩和戦略のごく一端を担っているにすぎない。エネルギー安全保障に関連しては、再生可能なエネルギーのいろいろな資源とその供給者に、国および国際的なレベルで等しい条件を保証すること、および、他の資源を差し置いたバイオ燃料の奨励を排除することが重要である。温室効果ガス削減の場合、炭素税や交易許可は炭素に価格とコストを賦課し、それによって最も効率的な炭素削減反応を刺激するメカニズムを構成し、それにはエネルギー保全、バイオ燃料およびその他の技術が含まれる。

バイオ燃料の生産と消費に関連する現在の義務や補助金を廃止することは、他の恩恵をもたらし、あるいはバイオ燃料の否定的な意味合いの一部を最小化するであろう。補助金と義務は、その否定的な影響の一部を悪化させつつ、バイオ燃料生産の人為的に急速な成長をもたらした。この政策に誘導された急速な成長は食料品価格に上向きの強い圧力をかけ、最近の急速な上昇をもたらしている（たぶん最も重要なものではないが）要因の1つである。それはまた、土地利用の変化の影響によって自然資源基盤に対する負荷を激しくしている。上記で強調されたように、この部門の展開がより緩やかなものになれば、技術が開発・伝達されて、需要の大きな部分が面積の拡大よりは持続的な収量増加によって満たされるようになり、食料品価格に対する上昇圧力が和らぎ、自然資源に対する負荷が減るであろう。

持続的バイオ燃料開発を支援する国際的システムを強化する

農業とバイオ燃料に関する国際貿易のルールおよび国の貿易政策は、諸資源の効率的かつ公平な国際配分に貢献するように策定されなければならない。現在の補助金、義務および貿易障壁の組み合わせはこの目的にそぐわない。バイオ燃料貿易政策は、貿易障壁を排除することによって、開発途上国の農業生産者とバイオ燃料加工業者の機会を、彼らの相対的な有利性に沿って確かなものにしていかななければならない。これは、国際レベルでのバイオ燃料生産のより効率的なパターンに貢献するであろう。

持続性の規準を議論し合い、開発途上供給国に対する不必要な障壁を生み出すことなく、彼らが意図した環境目的を達成することを保証する合意ができる適切な国際的討論の場が必要である。持続性規準と関連する認証体制が一方的に導入されていないこと、および、貿易に対する付加的な障壁となっていないことを保証することもまた重要である。持続性規準が確立されている範囲で、国際社会は開発途上国の能力構築に手助けする義務がある。

国際的なドナー社会も同様に、食料品価格の上昇によってもたらされた食料安全保障に対する直接的な脅威に対応するなかで、最も脆弱で否定的な影響を受けている国々あるいは人々のグループを助け、保護するために必要な手段に向けて諸資源を提供することによって、開発途上国を支援する明らかな責任を持っている。

国際的なドナー諸国もまた、バイオ燃料の開発によってもたらされた機会を認識し、農業開発に向けた彼らの支援を倍増させなければならない。バイオ燃料に随伴する多くの機会と課題は、農業の拡大と集約化に伴ってすでに経験したものと同じである。しかし、バイオ燃料の拡大とその結果もたらされた農産品価格の上昇は、農業投資に対する報酬を増やし、とりわけ農業部門を目指して強化された開発支援の計画を力づける。

結 論

バイオ燃料の生産と消費は、エネルギー安全保障、温室効果ガス排出量の低減および農業開発を目指す諸政策に大幅に支援されて、過去数年間に劇的に増加した。この急速な成長は、その食料安全保障や環境に対する強いインパクトに関するわれわれの理解を多くの点ではるかに超えるものであった。発生しつつあるインパクトに対するわれわれの認識が深まるに従って、バイオ燃料諸政策を確固とした基盤に位置付ける必要性が高まっている。われわれが直面する課題は、バイオ燃料によって与えられた機会がより広く共有されることを保証すると同時に、バイオ燃料によってもたら

されるリスクを低減することである。貧困層や食料不安な人々を保護し、環境の持続性を保証しつつ幅広い基盤に基づく農村および農業の開発を促進するために、国際的な視点で現存するバイオ燃料諸政策を検証することが緊急に必要である。

市民社会の視点

農産燃料か食料主権か？

食料主権のための国際計画委員会

(International Planning Committee for Food Sovereignty (IPC))

www.foodsovereignty.org

現今の、トウモロコシ、ダイズ、アブラヤシ、サトウキビ、ナタネなどの作物栽培と産業的加工に基盤を置くエネルギー生産への投資の大きなうねりは、気候の危機もエネルギーの危機も解決しないであろう。それは、社会と環境に悲惨な結果をもたらすであろう。それは、すでに現今の食料危機の背景にある原因の1つになっている。それは、小規模な農業者による食料生産と世界の全人口に与えられた食料主権に新しい、極めて重大な脅威を生み出している。

農産燃料は、気候変動との闘いを助けることが求められている。現実には、逆である。農産燃料を生産するための新しい、粗放な単一作物プランテーションは、森林伐採、湿原の排水、および集落共有地の解体によって温室効果ガスを増加させている。産業社会で人や物財を輸送するために必要な燃料は増加し続けており、世界にはそのすべてを生産する十分な土地はない。農産燃料への期待は、われわれはかつての伸び率でエネルギーを消費し続けることができるという幻想を生み出している。気候変動の脅威に対する唯一の答は、世界中でエネルギーの使用量を減らすことであり、また国際貿易をふたたび地場市場に向きを変えさせることである。

気候変動に立ち向かうために、われわれは燃料エネルギーを生産するための農産燃料プランテーションを必要としない。それに代わって、われわ

これは産業的な食料システムを上下逆転する必要がある。われわれは、エネルギー消費を減らし、浪費をなくす政策や戦略を必要としている。そういった政策や戦略はすでに存在しており、その目的のためにずっと闘ってきている。農業と食料生産において、それらは、生産物を国際市場ではなく地場市場に向けようとしている。それらは、人々を追い出すのではなく、その土地にとどめる戦略を採用しようとしている。それらは、生物多様性を農業に取り戻すことを支持する持続的な手法を支援しようとしている。それらは、地場知識を活用し、拡大して、農業生産システムを多様化しようとしている。そして、それらは、地域社会を農村開発の運転席に戻そうとしている。あるいは、一言で言えば、それは、食料主権に向けた断固たる動きを意味する！

われわれは要求する：

- 会社によって駆動される単一作物に基盤を置く農産燃料生産の中止。第1歩として、産業的な農産燃料の生産、貿易および消費の5年間の国際的モラトリアムがただちに宣言されなければならない。
- 農産燃料ブームが社会および環境に賦課するコスト、および原材料の加工と貿易において多国籍企業によってもたらされる利益の徹底的な評価。
- 食料の小規模生産と地場消費モデルの開発と促進、および燃料大量消費主義*の拒絶。
- エネルギー使用を最少にし、仕事を生み出し、文化的および生物的な多様性を尊重する能力、および地球温暖化に対する積極的な効果（肥沃な土壌はCO₂を吸収する最良の方法である）を備えた、小農を基盤とする持続的な食料生産と分配モデルに対する政府と制度による明確な支援。
- 農業政策を、食料主権と本格的な農業改革に基づいて、持続的な農村社会と生計に向けさせる新たな方向付け。

(*訳注：IPC に内容確認)

バイオ燃料：家族農業の新しい機会

国際農業生産者連盟

(International Federation of Agricultural Producers (IFAP))

www.ifap.org

食料や飼料の生産は、国際農業生産者連盟（IFAP）の農業者たちにとって、依然として最も重要なものである。一方で、バイオ燃料は新しい市場機会をもたらし、リスクの分散化を助け、そして農村開発を促進する。バイオ燃料は、輸送部門から出される温室効果ガスの排出量を引き下げ、気候変動の緩和を助けるために現時点で採用し得る最善の選択肢である。現在、オイル価格は記録的なレベルにあるが、バイオ燃料はまた燃料の安全保障を支援する。

最近、食料品価格が高騰していることに関連して、バイオ燃料が非難されている。食料品価格の上昇の背景には、天候不良による供給不足および大きな需要を生み出す食習慣の変化を含む多くの要因がある。世界中でバイオ燃料を生産するために引き渡された農地は極めてわずかなもので、ブラジルで1%、ヨーロッパで1%、米国で4%にすぎず、したがって、バイオ燃料生産は食料品価格上昇の微々たる要因でしかない。

長い間低所得に苦しんできた農業社会のために、バイオ燃料に関する誤解を取り除くことが重要である。バイオ燃料は、その生産が持続性基準に沿ったものである限り、農村経済を押し上げ、貧困を減らすための良い機会となる。家族農業者による持続的なバイオ燃料生産は食料生産に脅威を与えるものではない。それは、収益性と農村社会を再活性化する機会である。

バイオ燃料の発展は、積極的な公共政策の枠組み、バイオ燃料の使用に対する義務的目標、および、この産業が成熟するまでの化石燃料に比べてバイオ燃料に有利な財政支援策にかかっている。バイオ燃料が国内の資源

によって生産される場合には、その国で雇用と利益を生み出すので、公共の関心を引く。政府はまた、小規模なバイオ燃料生産者向けの所得減税、バイオエネルギー工場への融資、交付金と釣り合った参画農業者の増加、および新しい技術を採用するためのビジネスリスクの緩和などの投資支援策を提供すべきである。研究と開発に対する支援、特に小規模技術のための支援、および土着の植物が持っているエネルギーの生産能力を向上することが決定的に重要である。

バイオ燃料は奇跡的な解決策ではないが、農業者に重要な所得機会を提供する。農業者が利益を受けるためには、生産者の所得向上を目指す真の機会を識別するために、経済的、環境的および社会的な利益とコストの長期的かつ慎重な評価が必要である。合理的な土地利用政策の策定、適切な作物と栽培地域の選択、および農業者の権利の保護を含む、潜在的可能性のある環境的および経済的利益を獲得するために、さまざまな利害関係者とともに開発されたしっかりした戦略が必要である。農業者組織は、そのメンバーがこの新しい機会によって利益を受け、補足的な所得を生み出すことができるような正しい支援メカニズムの創出を押し進める必要がある。

さらに、ある種の作物についての食料利用と燃料利用の競合を回避するために、また、世界中のバイオ燃料生産の展開に関する正しいシグナルを得るために、研究と開発が必要である。同時に、価値連鎖の所有権を発展させるなかで、農業者を支援する情報伝達と能力構築プログラムによって、バイオ燃料に関する知識の格差をなくすことが極めて重要である。

第Ⅱ部

世界の食料と 農業の概観



第Ⅱ部 世界の食料と農業の概観

世界の食料と農業は深刻な課題に直面している。食料品価格の急激な上昇は2008年に多くの国で暴動を引き起こし、少なくとも40カ国以上の政府が食料品の価格統制や輸出制限といった緊急措置を発動した（FAO, 2008a）。一方、食料援助の数量は、緊急援助を必要とする国の数が増えているにもかかわらず、過去40年間で最低の水準に低下した（WFP, 2008）。農産品価格の上昇は農業生産者に対して生産拡大と所得向上の機会をもたらしているが、多くの国における現作物年度の状況に関する早期評価は懸念の原因を提起している（USDA, 2008b）。これらは、2008年6月にローマで開かれた「世界の食料安全保障に関するハイレベル会合：気候変動とバイオエネルギーの諸課題」で討議された諸問題の一部でもあった。

最近の物価上昇の原因となっている要因の中には、石油価格の上昇による生産費の高騰、主要輸出国における天候条件に起因する生産低下、およびバイオ燃料原料資源を含む強力な需要の増加などがある。これらの要因は、世界全体の穀物在庫の歴史的な低水準が市場価格を押し上げているという背景のもとで発生した。輸出規制などの消費者を高物価から守るために実施された緊急措置の一部が世界市場をさらに不安定にした（FAO, 2008a）。

農産品価格は需給の変化に応じて常に上昇と下落を繰り返してきたが、世界農業は今や、より急速な需要増大過程に向かう構造変化を経験しつつあるように思われる。多くの国々、特にアジアの国々では、より急速な経済成長の時期に入っており、その結果食肉や酪農産品、植物油を含む高級食品への強力な需要が生まれつつある（FAO, 2007d；Pinagli, 2007）。より力強い所得の上昇によってもたらされる需要の拡大は確かに歓迎すべきニュースではあるが、高価格はすべての消費者、特に最貧困層

に課題を押し付けるものである。

液体バイオ燃料は、この報告書の第I部で広範囲に論じたように、農産物に対する2番目に大きい需要の新しい源泉になっている。バイオ燃料の需要が最近の食料および農産品価格の傾向に影響した程度は論議を要するところであり、その推計値は3% (USDA, 2008b) から30% (IFPRI, 2008)、あるいはそれ以上に及んでいる。第I部で報告されている分析によれば、今後10年間に予測されるバイオ燃料需要の増加は、2017年にもバイオ燃料が2007年の水準に保たれていると仮定した場合に想定される一般的な農産品価格の水準を12～15%押し上げられる (OECD-FAO, 2008)。

最近の高価格をもたらした供給上の要因のいくつかは、少数の地域における作物生育条件が不良であったことなどによる一時的な性格のものである。よい天候に恵まれれば生産は増加し、価格はより正常な水準に戻ることができる。農業者たちも、価格上昇に対して栽培面積の拡大や増収技術の利用を強化するなどして反応することができる。所得の上昇に伴う需要の伸びやバイオ燃料生産の拡大など、その他の要因が価格に対して上向きの圧力をかけ続けるであろう。

何十年間も物価が低迷したために、多くの開発途上国の政府は農業生産性を意識した投資を怠り、石油価格の上昇が農業生産コストの長期的な変化を示唆していることから、農業者が生産を集約するにはよりコストがかかるようになってきている。さらに、世界全体の気候変動によって極端な天候がより深刻になり、より頻繁に発生すると予想されている。これらの長期的な諸要因は世界全体の食料・農業システムに深刻な課題を提起している。

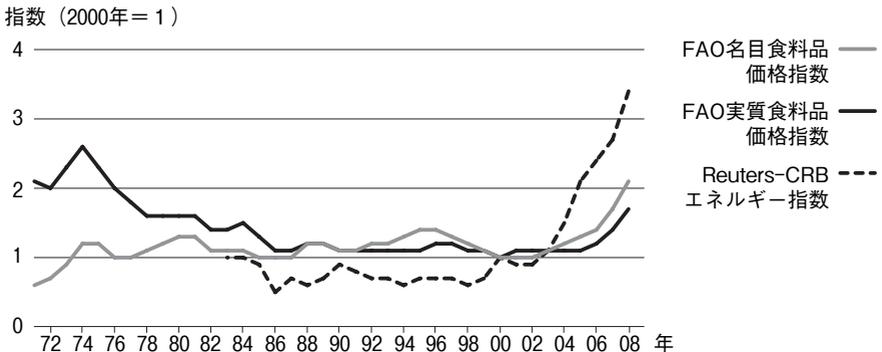
この食料と農業の現状に関する概観は、現在の農業の状況の根底にある原因を明らかにし、将来の農産物市場の展開を予想するという見地から、現状を簡潔に要約している。それはまた、世界農業が直面している不確実性の主な原因のいくつかを分析し、最近の農産品価格の高騰を支えている主な要因に関するさまざまな仮定の考えられる意味合いを描き出す一連の

シナリオを提示している。2008年のハイレベル会合で提起された主要な諸問題の一部に関する情報を提供するために、バイオ燃料生産、石油価格、所得向上、作物収量および貿易政策のさまざまな展開に対応するシナリオが提示されている。

農産品価格

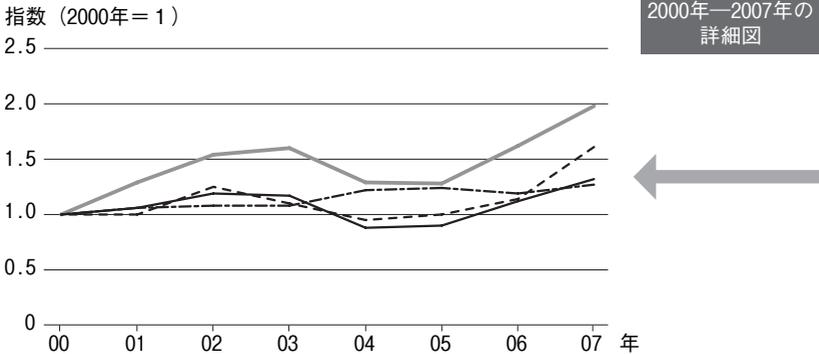
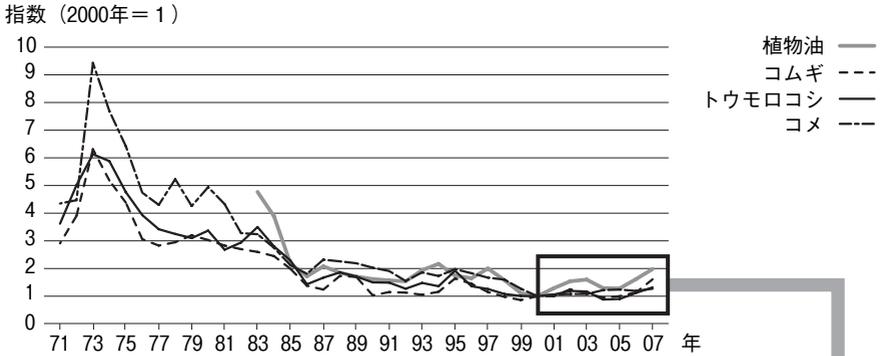
FAOの名目食料品価格指数は2002年から2008年までの間に2倍になった(図30)。エネルギー価格は、原油に先導されて、早くも1999年に上がり始め、2002年以降3倍になった。名目価格の上昇が消費者にどれほど影響したかを評価するためには、他の農産品価格や購買力の変化との関係を検討する必要がある。図30には工業製品貿易価格指数でデフレートした食料品価格も示してある。この実質食料品価格指数は、40年間に及ぶ低下傾向の後、2002年に上昇し始め、2006年と2007年に急上昇した。2008年半ばまでに、実質食料品価格は2002年水準を64%上回る水準に達した。このデータシリーズが始められるようになって以来、実質食料品価格がこれほど大幅に上昇した他の時期は、第1次国際石油危機が発生した1970年代初期だけである。

図30 食料とエネルギーの実質および名目価格の長期的推移



出典：FAO.

図31 所得に対する農産品価格の関係（1971年-2007年）



出典：価格と生産は OECD-FAO, 2008；現行米ドルによる GDP は IMF, 2008.

農産品の購買力は価格とともに所得の問題でもある。図31は4つの主要農産品、植物油、コムギ、トウモロコシおよびコメについて、世界の1人当たり国内総生産（GDP）指数でデフレートした価格指数を示している。この図は、これらの農産品は、1970年代半ば以降最近まで、平均購買力という意味で概してより入手しやすくなっていることを示している。

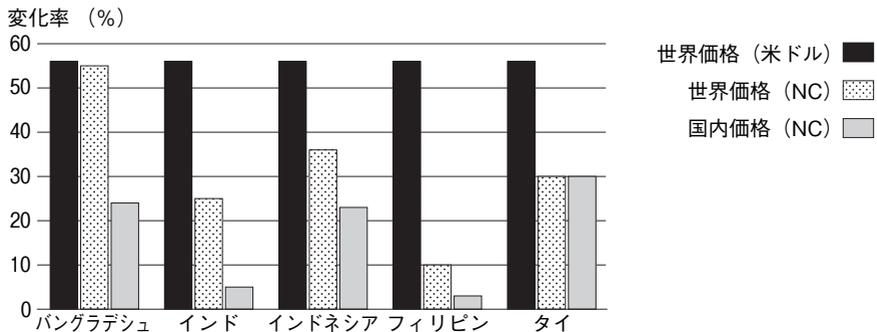
図31の下のグラフは、最近の変化をより見やすくするために、2000年以降だけの同じ指数のグラフを取り出したものである。植物油価格は2000年以降の平均所得に比べて2倍の速さで上昇し、その他の農産品価格も所得に対して持続的に上昇し、コムギは61%、トウモロコシは32%、コメは29

%に及んでいる。これら3つの作物については、その上昇の大部分は2005年以降に生じたものである。これらの急速な上昇は購買力の大幅な低下を招いた。もちろん、平均の数値は、国間および国ごとの大きな違いを隠している。1人当たりGDPの成長が世界の平均より立ち遅れている国々では、購買力の低下はより大きいであろう。同様に、各国の内部では、食生活の大部分を基本的な食料品に依存している低所得消費者が最も激しく影響されているであろう。

世界価格の変化は、必ずしも現地の消費者価格に直接置き換えられるわけではない。価格伝達の程度は、為替レート、貿易の開放度、市場の効率および政府の価格安定政策など、いくつかの要因に影響される。この点を説明するために、図32はアジアの5ヵ国について2003年末から2007年末までのコメ価格の推移を示している。この期間に、米ドルに換算した世界価格は56%上昇し、これはすべての国で同じであった。各国通貨で表示した国境価格もすべての国で上昇しているが、米ドルと各国通貨との間の実質交換レートの変化に応じて上昇率は異なっている。バングラデシュを除き、すべての国の通貨はドルに対して強く評価されるようになっており、国際価格上昇の影響は一部相殺されている。

図32に示された国内価格の変化は現地市場で観察された価格に基づいて

図32 特定のアジア諸国におけるコメの実質価格の変化
(2003年10-12月～2007年10-12月)



注：NC = 各国通貨。

出典：FAO, 2008a.

おり、輸入商品への関税の適用その他、国際価格変動の影響を緩和するための市場介入を反映している。この世界価格の変化に対する現地価格の変化の比率は価格伝達の程度を示している。このデータは、価格伝達の程度がインドとフィリピンのおよそ10%かそれ以下からバングラデシュ、インドネシアおよびタイの40%以上まで、大きく異なることを示している。この期間、いくつかの国は国際価格から国内市場を隔離するための政策を採った。例えば、インドとフィリピンは政府による貯蔵、調達および配給と国際貿易への規制の措置を採り、バングラデシュは国内価格を安定させるためにコメに対する可変関税を採用した。

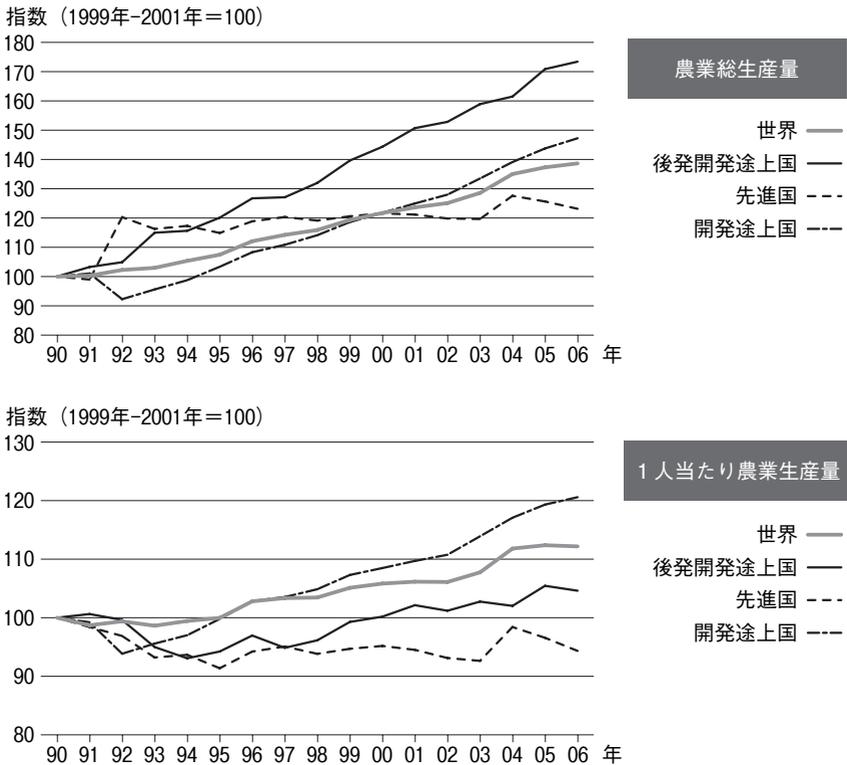
価格伝達の程度が低いからといって、消費者が価格上昇に影響されなかったことを意味すると考えるべきではない。バングラデシュ、インドおよびパキスタンでは価格は25～30%上昇した。そのうえ、世界価格は2008年の第1四半期にさらに高騰し、2007年12月から2008年3月の間にほとんど倍になり、多くの国内市場での価格の大幅な上昇につながった。バングラデシュでは、卸売価格は2008年第1四半期に38%上昇した。インドとフィリピンの価格もこの期間に大幅に上昇した。価格上昇に対する政策的対応は以下で述べ、また図40で説明されている。

この報告書の第I部は、食料品価格の上昇の食料安全保障に対する影響に関する広範な分析を含んでいる。最も貧しい世帯では、食料は総支出のうち、全体的には半分、しばしばそれ以上を占めている。したがって、食料品価格の上昇は福利や栄養に重大な影響を与える。第I部の図29に示したように、主食価格の10%の上昇は、多くの国で最も貧しい5分位階層の福利を最大3%低下させる。これらの推計は、生産および消費に関する決定における世帯の反応を含んでいない。しかし、ごく短期的に見れば、作物生産を調節できる範囲は限られており、消費面では最貧困層は極めて限られた代用品の可能性しか持っていないと考えられる。

農業生産と在庫

以上に述べたように、最近の物価高騰を駆動していることが確認された要因の1つは、主要な農産品輸出地域における天候に起因する生産の低下であった。包括的なデータが入手できる最新年次である1990年から2006年までの農業総生産指数は、世界全体あるいはほとんどの国グループで生産量の増加を示しているが、先進国ではこの期間の大部分で例外的に生産量は横ばいである（図33）。1人当たりでは、生産量は世界全体として2004

図33 総量および1人当たり農業生産指数



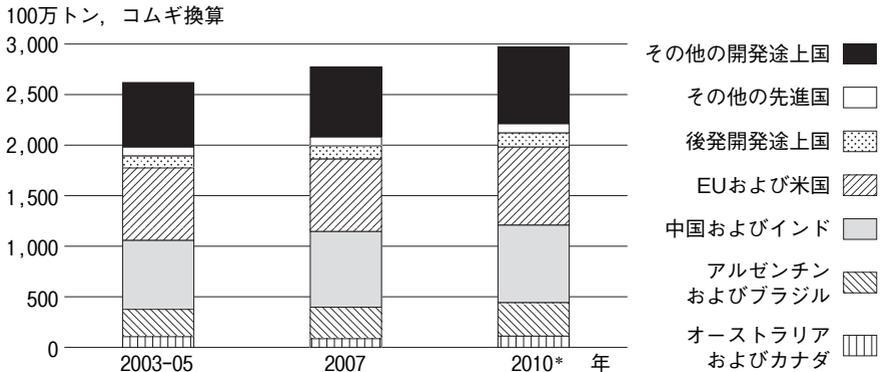
出典：FAO, 2008i.

年以後横ばいとなり、後発開発途上国では、10年近い緩やかな上昇の後、2006年になって低下した。

コムギ、コメ、粗粒穀物、ナタネ、ダイズ、ヒマワリ種子、ヤシ油および砂糖を対象とした OECD-FAO の主要貿易農産物に関する農業アウトLOOKで、2010年に向けたより最新のデータと予測が入手できる (OECD-FAO, 2008)。

世界レベルでは、これらの製品の総生産量 (コムギ換算) は、2003-05年平均に対して2007年にはほぼ6%増加した (図34)¹。しかし、主要穀物輸出国であるオーストラリアとカナダ2カ国における20%に及ぶ生産低下が輸出供給の逼迫をもたらした。アルゼンチンやブラジルとともに、これらの国はこれらの作物の世界生産量の15%しか占めていないが、世界輸出品の35～40%を占めている。これらの国における供給の攪乱は輸出供給量と国際農産品価格に不均衡な影響を及ぼすことがある。

図34 特定作物の生産量



注：特定作物にはコムギ、コメ、粗粒穀物、ナタネ、ダイズ、ヒマワリ種子、ヤシ油および砂糖が含まれる。

* 2010年のデータは予測値。

出典：OECD-FAO, 2008.

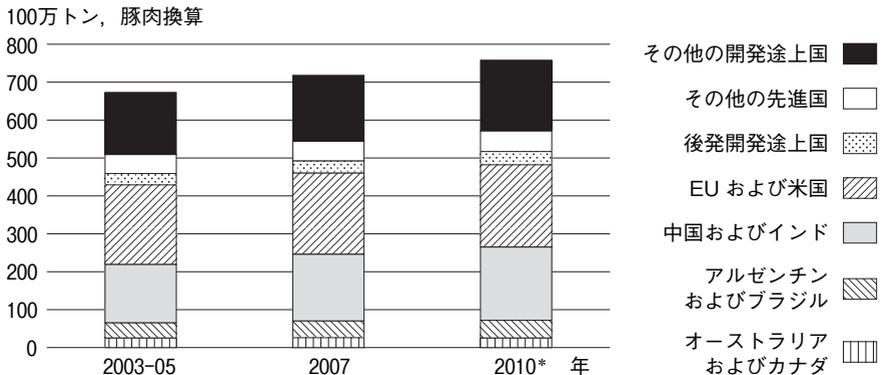
¹ 作物および畜産物生産量は、比較のため共通単位に換算してある。作物は2000-02年の相対価格に基づいてコムギに換算してあり、畜産物も同様の相対価格で共通単位に換算してある。

2010年を見通すと、これらの作物の世界生産量は2007年に比べて7%上昇すると予測される。この成果は、天候と、生産拡大余力のある国々における生産者への価格シグナルの効果的伝達にかかっている。政府が意図的に価格伝達を鈍らせたところでは、生産者は生産を拡大するための必要な誘因を受け取らないであろう。逆に、肥料その他の購入投入材のコストが石油価格とともに急速に上昇したところでは、農業者は、強力な価格シグナルを受け取ったとしても、生産を拡大することはできないであろう。

広く取引されている食肉類、すなわち牛肉、豚肉、家禽肉、羊肉、および牛乳の世界生産量は2003-05年から2007年に貿易対象作物の生産量とほぼ同じペースで増大している（図35）。開発途上諸国における生産量の10%の成長は、OECD諸国の生産の2%の成長を超えるものである。多くの開発途上国では10%を大きく超える成長が想定される。これとは対照的に、EUの食肉生産は停滞し、EUの酪農生産は低下する。

2007年から2010年までの3年間に、これらの傾向は、飼料コストの上昇の影響が残るにもかかわらず、全体として継続すると予測される。いくつかの主要地域の生産拡大率は若干鈍化すると予想されるが、開発途上国では依然強含みであろう。

図35 特定畜産物の生産量



注：特定畜産物には牛肉、豚肉、家禽肉、羊肉および牛乳が含まれる。
* 2010年のデータは予測値。

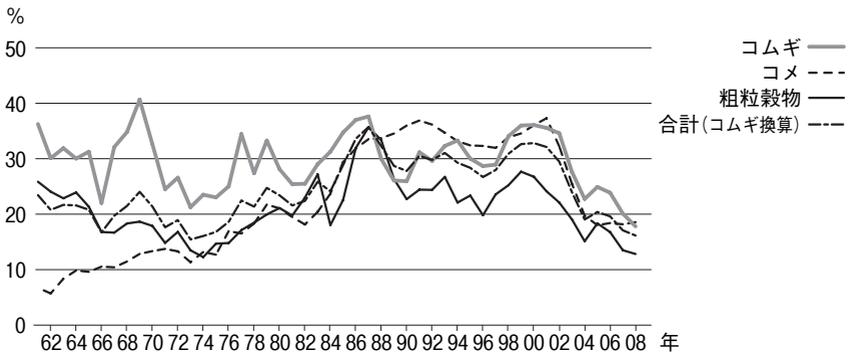
出典：OECD-FAO, 2008.

在庫は農産品市場への衝撃を相殺する潜在的能力を持っている。在庫は価格が高い時期には速やかに取り崩され、価格が低い時期には積み増され、それによってそれぞれの時期の価格と消費を均衡化する機会を提供する。世界全体の穀物在庫（コムギ，コメおよび粗粒穀物）は，取り崩し需要に比較して，1980年代半ば以降，そして2000年以降はさらに急速に，着実な低下を示してきた（図36）。これらの穀物の総消費量に対する在庫の比率は16%で，10年前の水準の半分である。これは，過去45年間を通じて最も低い水準である。在庫水準が極めて低いことが，市場をショックに対して弱いものにし，その結果価格の不安定性と全般的な市場の不確実性を生み出している。

貿易

世界全体の食料輸入支出（金額）は2008年には1兆350億米ドルと予測され，2007年に記録されたこれまでのピークをさらに26%上回っている（図37）。FAOの食料輸入金額見通しは，この年の残余期間について極めて不確実な国際価格と海上運賃の動向によって左右されるため，この図はまだ暫定的なものである。世界の食料輸入金額の増加予想の大多数は，コ

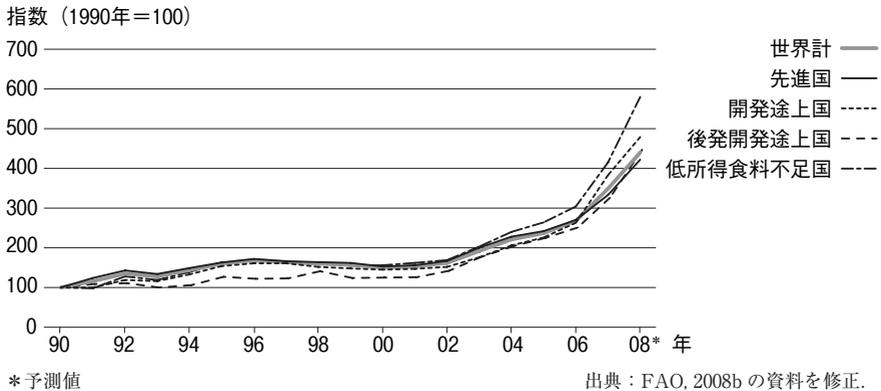
図36 総消費量に対する世界全体の在庫量の比率



注：コムギ換算は OECD-FAO, 2008の2000-02年
相対価格による。

出典：在庫量と利用量のデータは USDA
Foreign Agricultural Service, 2008による

図37 世界全体の食料輸入のための支出（1990年-2008年）



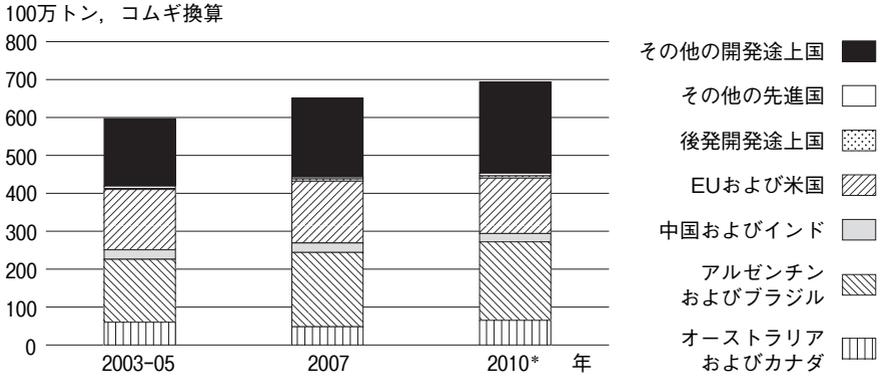
メ（77%）、コムギ（60%）および植物油（60%）の支出増加によるものである。畜産物の輸入金額はこれより増加が少ないと予想されるが、これは貿易の抑制とともに世界全体の価格上昇が控えめであったためである。国際農産品価格の上昇が大部分の価格上昇の原因であるが、海上運賃コストが多く航路でほぼ倍増したことも寄与している。

経済区分グループの間では、経済的に最も脆弱な国々が食料輸入コストについて最高の重荷を背負わされており、後発開発途上国および低所得食料不足国の食料輸入総支出は、2007年からそれぞれ37%と40%の増加が見込まれており、しかも前年にもほぼ同様の増加を経験している。これらの脆弱な国グループの食料輸入金額が持続的に増加する結果、現在の予測では、2008年末までにその年間食料輸入総額は2000年の4倍にもなるとされている。これは先進国グループ全体で支配的な傾向とまったく対照的であり、先進国では輸入コストの増加ははるかに少ない。

特定農産品の輸入と輸出

主要作物の輸出量は2003-05年から2007年までに9%（コムギ換算で550億トン）増加し、2010年まで同じく急速に増加を続けると予測される（図38）。貿易パターンを主な貿易産品について生産と比較すると、異なった

図38 特定作物の輸出量



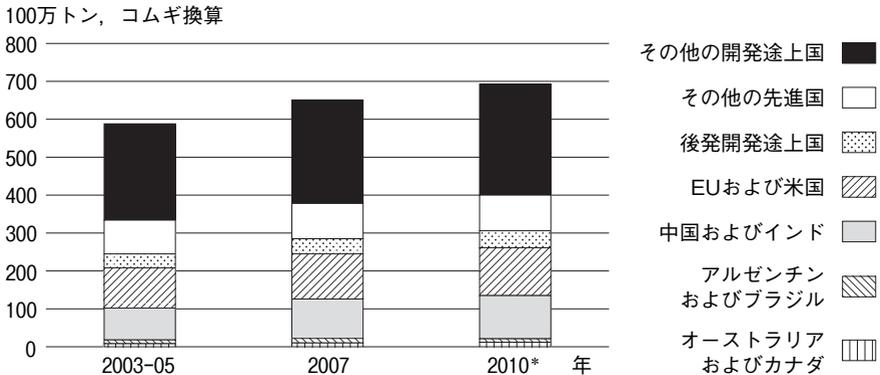
注：特定作物にはコムギ，コメ，粗粒穀物，ナタネ，ダイズ，ヒマワリ種子，ヤシ油および砂糖が含まれる。

* 2010年のデータは予測値。

出典：OECD-FAO, 2008.

国それぞれで輸入と輸出が果たしている役割が明らかになる。主要輸出国における供給の攪乱は、たとえそれが世界全体の生産に与える影響が小さくても、輸出供給と国際農産品市場に対しては重要な意味を持つてくる。逆に、貿易が国内市場で小さなシェアしか占めていない場合は、ある国の需要あるいは供給のわずかな変化でも貿易の流れに比較的大きな影響を与

図39 特定作物の輸入量



注：特定作物にはコムギ，コメ，粗粒穀物，ナタネ，ダイズ，ヒマワリ種子，ヤシ油および砂糖が含まれる。

* 2010年のデータは予測値。

出典：OECD-FAO, 2008.

えることがある。

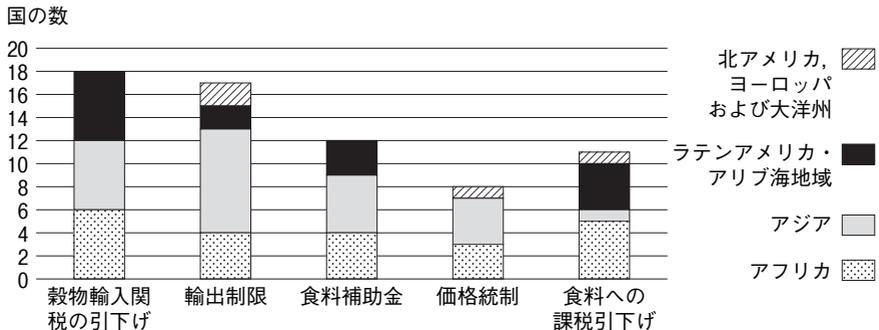
これらの主要作物の輸入は、輸出ほどには集中していない（図39）。中国とEUだけがそれぞれ世界輸入の10%以上を占めている。力強い所得上昇を反映して、世界価格の上昇にもかかわらず、過去3年間に多くの国で輸入数量は増加した。この展開は価格に更なる押上げ圧力を与えた。上で述べたように、自国通貨が米ドルに対して相対的に強くなった一部の国は、米ドル換算価格の上昇にもかかわらず、輸入を維持することができた。

貿易・消費政策

多くの国は、自国の貿易政策と消費政策を、国際価格の上昇に対応して調整した。図40は、2008年5月現在で食料品価格の上昇に対応した政策を採用した国の数を示している。対象とした国のほとんどは、消費者に対する価格上昇の影響を緩和する見地から、貿易や消費の政策を変更している。

最もよく用いられているのは貿易政策であり、18カ国が穀物の輸入関税を引き下げ、17カ国が輸出制限を課している。後者のうち、14カ国は輸出の数量制限あるいは全面禁止を打ち出している。消費政策には、食料品税の引き下げ（11カ国）と消費補助金の交付（12カ国）が含まれてい

図40 地域別食料品価格の上昇に対する政策的対応



出典：FAO, 2008a.

る。加えて8カ国は、価格統制を発動している。これらの措置のうち、輸出禁止と価格統制は市場に対して最も攪乱的であり、生産者に対する増産への誘因を打ち消すものと考えられる。

食料援助と食料の緊急需要

脆弱性の1つの尺度は、外部からの食料援助を必要とする国の数である。図41に示したように、2008年5月現在、食料の生産/供給総量の例外的な不足、食料入手手段の広範な欠如、および深刻な局地的な食料不安などによって合計36カ国が危機状態にあり、外部からの援助を必要としている。これらのうち21カ国はアフリカ、10カ国はアジアと近東、4カ国はラテンアメリカ、1カ国はヨーロッパの国々である。

食料品価格とエネルギー価格の上昇は、食料援助と食料緊急事態に大きな意味を持っている。現在、食料輸入金額と食料援助予算は、単価の上昇と輸送コストの高騰によってぎりぎりの状態になっている。例えば、2005/06と2006/07作物年度の間に食料援助数量は18%（コムギ換算）減少したが、世界価格で見た金額はわずか3%しか低下していない（図42）。1993/94年度以降、数量は3分の2低下しているが、金額は半分の低下であり、この差は価格の上昇で説明できる。2007/08年度の食料援助数量は1970年代始め以来最低の水準に達しており、これは食料援助の船積み特徴付けている食料援助数量と世界価格の間の逆相関関係を反映している。

将来の価格を動かす主要な要因

これまでの節は、世界農業の最近の傾向と農産品価格の急激な上昇の根底にある要因を中心に述べてきた。農産品市場は将来も厳しい状態が続くと見込まれ、価格は向こう10年間は過去10年間よりも高水準にとどまると予想される（OECD-FAO, 2008）。将来の農産品市場の動向は、依然として上記で検証した諸要因やその他多くの要因がどのように展開するかにか

図41 外部支援を必要としている危機状態の国々 (2008年5月現在)

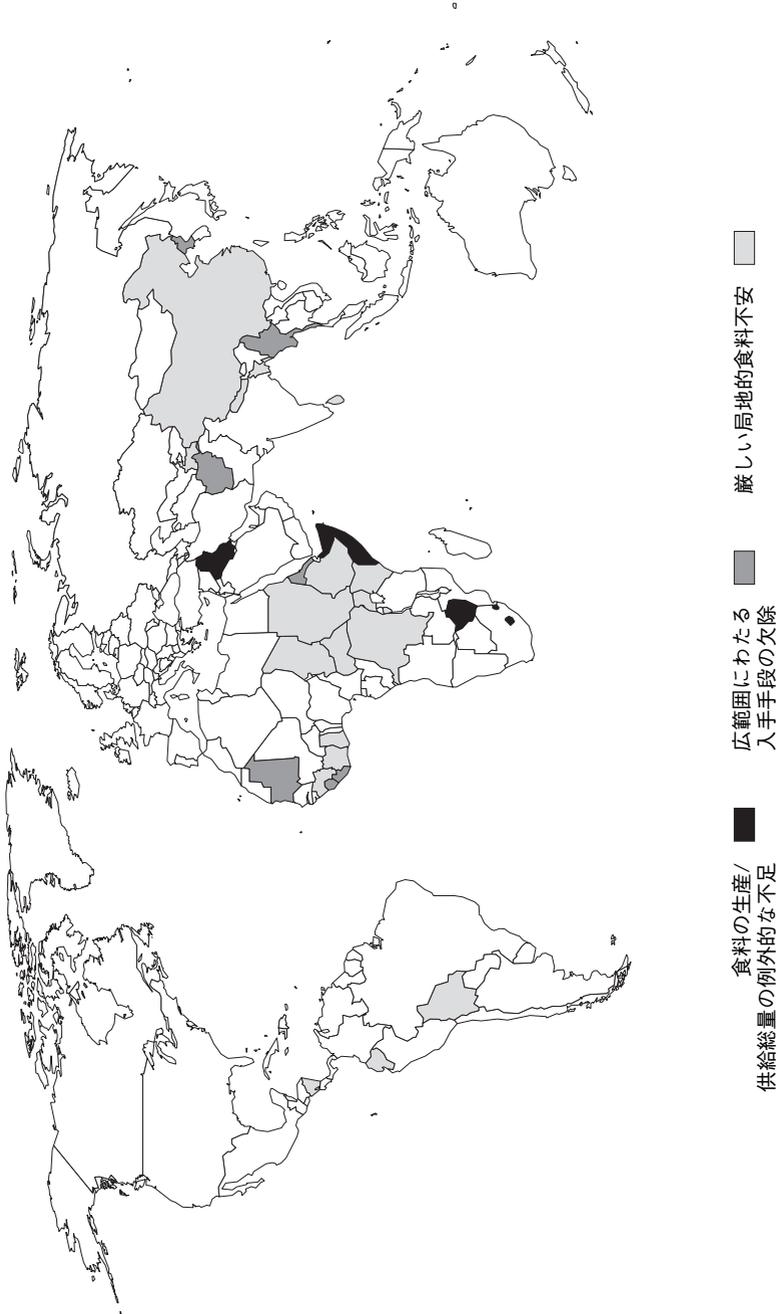
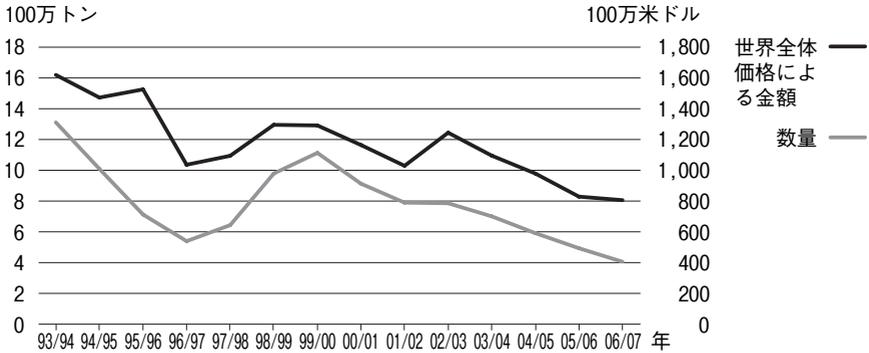


図42 穀物食料援助, 1993/2006/07年



注：穀物食料援助の数量は単純な合計で、コムギ換算されていない。
金額は各穀物の数量に世界価格を乗じた値に基づいている。

出典：FAO, 2008 (WFP のデータに基づく)。

かっている。2008年6月のローマにおけるハイレベル会合で討議された主要な要因の中には、バイオ燃料生産、エネルギー価格、経済成長、作物収量および貿易政策が含まれていた。これらの要因のいくつかは、政策立案者が影響を与え得るものであるが、そうでないものもあり、誰もそれを確実に予測することはできない。したがって、想定される数値の幅が持つ潜在的影響の量的評価が市場の結果の範囲を測る助けとなる。

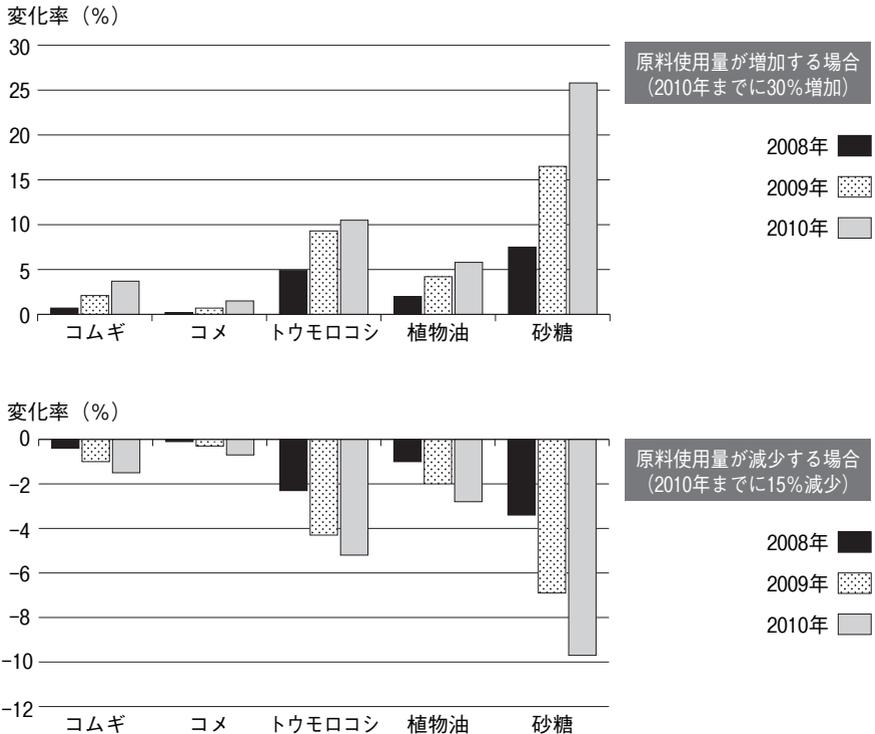
このために、FAOとOECDの両事務局の共同作業で開発されたAgLink-Cosimoモデルを用いて一連のシナリオが評価された。このシミュレーションは、上記に列挙した諸要因の仮定的な変動が主要な農産品の世界価格に対して中期的に及ぼす影響を基本シナリオと比較して推計した結果を示している。それらは、一定の年次について、基本シナリオのもとでのその年の価格に対する農産品価格の変化を示している。それらは予測を行うためのものではなく、農産品市場に影響する諸要因の変動の影響を示すためのものである。選択されたシナリオは定型化され、それぞれのケースにおける重要な影響が省略されている。モデル構築の枠組みと前提とした仮定に関する更なる情報（これらの特定のシナリオ個々についてではなく）はOECD-FAO（2008）で見ることができる。

バイオ燃料生産

将来についての大きな不確実性はバイオ燃料の原料資源としての農産物に対する需要の動向に関連している。これらは、バイオ燃料の生産と消費を支援する政策の動向、石油価格の動向および技術とその実用化の展開によって影響されるであろう。バイオ燃料原料への需要が2007年の水準にとどまるとする基本シナリオに比べて、2つの別のシナリオが分析されている。

- 粗粒穀物、砂糖、植物油へのバイオ燃料用需要が2010年までに30%増大する（これは10年間で倍増する傾向にあることを意味する）。

図43 バイオ燃料原料使用量の増減が世界全体の農産品価格に与える影響
(2007年水準の固定使用量との比較)



出典：FAO, 2008c.

- これらの農産物へのバイオ燃料用需要が2010年までに15%減少する（これは10年間で半減する傾向にあることを意味する）。

コムギ、コメ、トウモロコシ、植物油および砂糖の世界価格に対する影響について、バイオ燃料原料資源が2007年水準にとどまるとする基本シナリオに対する変化率が図43に示されている。バイオ燃料原料用としての利用量が2010年までに15%減少するとするケースでは、世界のトウモロコシ価格は5%、植物油価格は3%および砂糖価格は10%、それぞれ基本シナリオより低くなるであろう。これとは対照的に、バイオ燃料原料利用量が2010年までに30%増加するケースでは、砂糖の場合で26%、トウモロコシで11%および植物油で6%、それぞれ高い価格となるであろう。いずれのケースでも、コムギとコメについては他の農産品と同様の方向でわずかな影響が見られるだけであろう。

石油価格

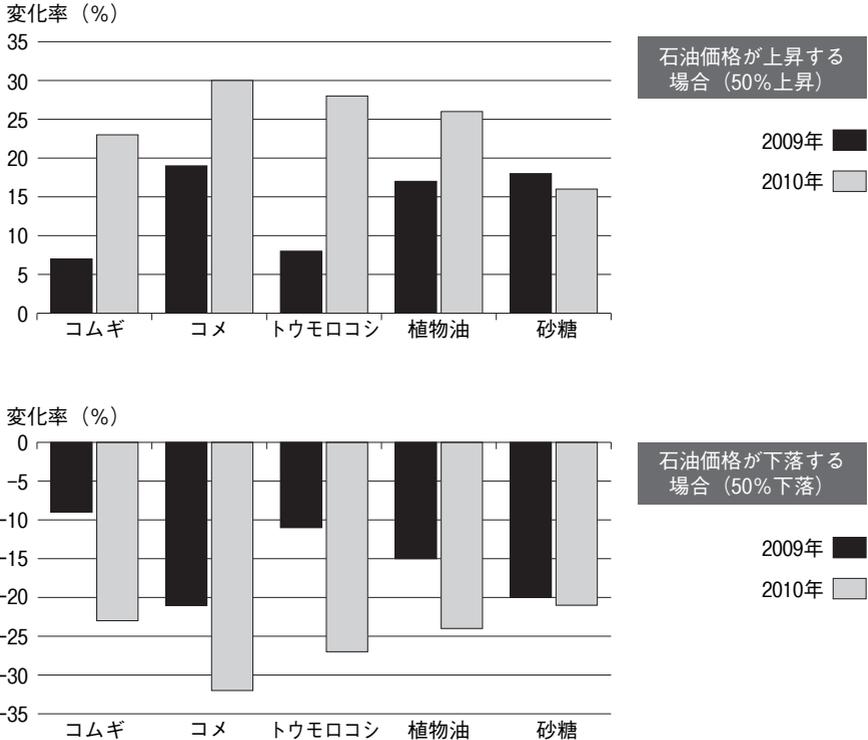
石油価格はバイオ燃料の原料資源に対する需要に影響する1つの要因である。しかし、石油価格とエネルギー価格全体は、その燃料価格と農業用化学製品価格への影響を通じて、農業生産コストの決定変数でもある。農産品の生産と消費の間の輸送や加工といった各段階もエネルギー価格に影響されるが、ここでは考慮していない。

農産品市場における石油価格の影響は、石油価格がバレル当たり130米ドル、すなわち2008年の想定平均水準にとどまるとする基本シナリオに対して、より高い価格とより低い価格の影響を推定することによって評価されている。2つのケースは、次のように考えられている。

- 石油価格は2009年と2010年にバレル当たり195米ドルまで上昇する（これは基本シナリオの水準である130米ドルを50%上回る）。
- 石油価格は2009年と2010年にバレル当たり65米ドルに下落する（これは基本シナリオの水準を50%下回る）。

農産品生産コストとバイオ燃料原料需要への影響はともに考慮されている。

図44 石油価格の上昇あるいは下落が世界全体の農産品価格に与える影響
(バレル当たり130米ドルで固定した価格との比較)



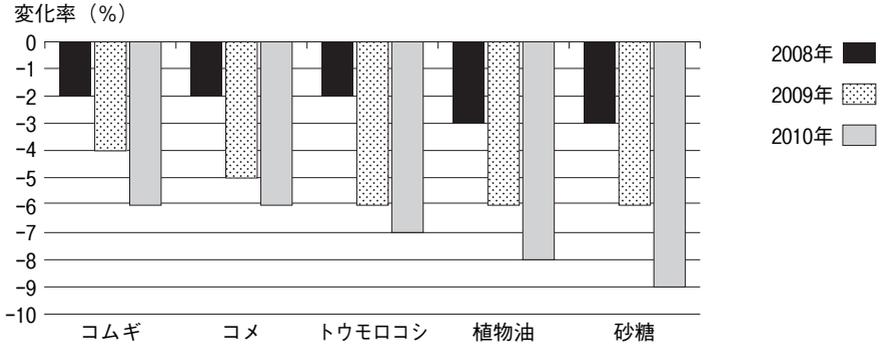
出典：FAO, 2008c.

主要農産品の価格に関するシミュレーションの結果は図44に示されている。石油価格の半減は、農産品価格の大幅な低下をもたらし、その幅は農産品によって、2010年には21%から32%に及ぶ。逆に、石油価格の倍増は16%から30%の農産品価格の上昇をもたらす。

所得の向上

開発途上世界のいくつかの地域における所得と購買力の上昇に伴う力強い需要拡大は、最近の価格上昇の一部を説明する主要な要因となっている。このような展開とマクロ経済環境は、農産品市場の大きな不確実性の

図45 GDP の成長が半減した場合の世界全体の農産品価格への影響
(2007年水準の GDP 成長率との比較)



出典：FAO, 2008c.

根源である。

図45は、2007年に各国が経験した率で成長が続いた場合に比べて、2008年、2009年および2010年にGDPの成長が半減した場合の農産品価格への影響を示したものである。為替レートとインフレーション率は一定としている。GDP成長鈍化の農産品価格に対する当初の効果は控えめなものであろうが、3年目までの価格の低下は6～9%に及ぶであろう。畜産物需要は主食に比べて所得に対してより敏感で、畜産物市場（グラフには示されていない）ははるかに大きな価格の影響を経験するであろう。

収量ショックと収量の傾向

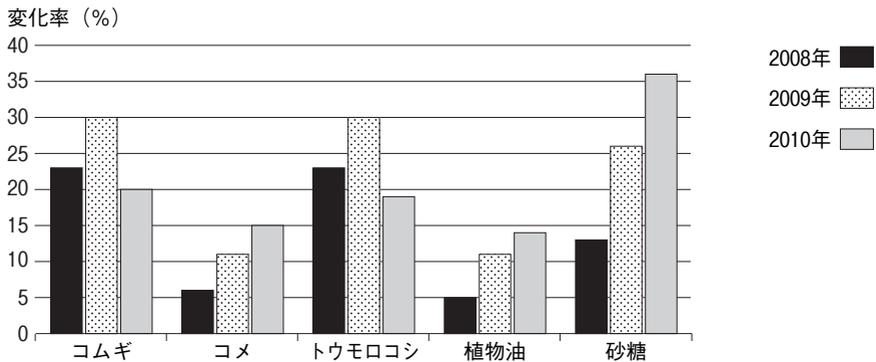
天候不良による収量と供給に対するショックは、最近の農産品価格の上昇の一部を説明するものであるが、このようなショックは今後さらに頻発するであろう。現在、世界全体の穀物在庫が極めて低い水準にあることを前提とすれば、更なる収量ショックが持つ意味はより大きいものである。

図46は、2007年の収量ショックが2008年、2009年および2010年に繰り返された場合の影響を説明している。もし、世界全体のコムギ、コメ、トウモロコシ、植物油および砂糖の収量が2007年の不作と同程度にまで低下し

たならば、基本見通しに含まれている生産量の期待される回復は実現しないであろう。取り崩せる在庫が少ないので、価格への影響は大きいであろう。コムギとトウモロコシの年間平均価格は、基本見通しに比べて、2008年には20～25%上昇するであろう。その他の農産品価格も高くなるが、これらの農産品については、2007年の不作がやや小幅であったことを反映して、上昇の幅はより小さいであろう。2009年に不作が繰り返されると、在庫水準がますます厳しくなっていることを反映して、価格は基本見通しに比べていっそう高くなるであろう。2020年にさらに不作になると、基本見通しに対して価格はさらに高くなるが、コムギとトウモロコシについては2008年と2009年ほどではないであろう。それは、生産者が高価格に反応して作付面積を拡大し、収量低下の一部を相殺するからである。

否定的な収量ショックが全世界規模で反復して起こることは考えられず、そのようなシナリオは不適切な悲観的結論をもたらすことになる。大豊作という形の積極的な収量ショックもあり得る。ほとんどの主要生産地域で栽培作物が豊作になれば、市場の逼迫は一時和らぎ、在庫の再構築を始める余裕さえ生まれるであろう。このような状況では価格は急速に下落するかもしれない。

図46 2007年の収量低下ショックが繰り返して発生した場合の世界全体の農産品価格への影響

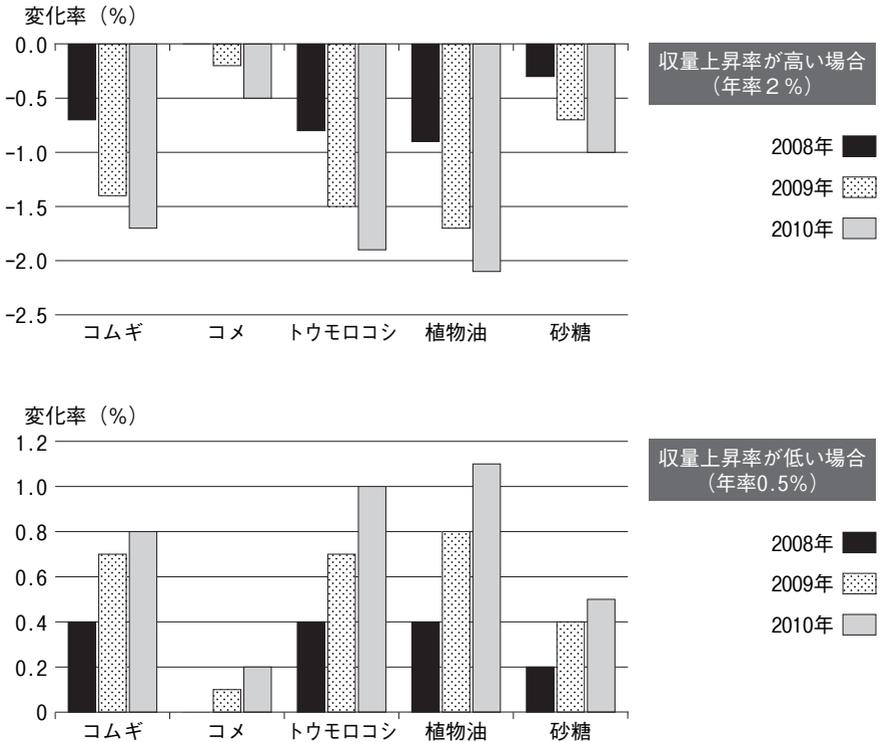


出典：FAO, 2008c.

一時的な収量ショックとは別に、収量の成長傾向は農産品市場の長期的展開と関連があり、大きな新しい需要の出現といった構造的シフトへの世界農業の調整能力を決定する。時間の経過に伴う収量の伸びの大きさは、長期的な不確実性の重要な要因をなしている。2つの対立する議論が行われている。

- 収量の伸びは制約され、一部地域では気候変動のためにむしろマイナスになり、世界全体の収量が低下する可能性さえある。さらに、天候関連の収量ショックはより一般的になるであろう。
- 作物の高価格が続けば、新技術への投資が増大し、より多くの生産者

図47 収量増加年率が高い場合と低い場合の世界全体の農産品価格に与える影響（収量上昇年1%の場合との比較）



出典：FAO, 2008c.

が自らの収量を向上することに利益を見出し、おそらく開発途上国でも大幅に収量が伸びるので、収量の伸びは加速される。

収量の伸びに関する異なった仮定のインパクトが図47に示されており、年間上昇率1%という基本シナリオに対して、年間の収量増が倍になった場合と半分になった場合の影響を示している。もしすべての地域ですべての農産品について2008年以降収量が2%上昇すれば、コムギ、トウモロコシおよび植物油の価格は2010年には約2%低下するであろう。他方、もし収量が年率0.5%の上昇にとどまれば、価格は上昇し、ここでもまたコムギ、トウモロコシおよび植物油で最も顕著であろう。長期的に見れば、収量の伸びに関する異なった仮定は大きなインパクトをもたらす。トウモロコシの場合でみれば、高いほうの収量の伸びが10年間続いた後では世界全体の価格は5%低下し、低いほうの収量の伸びが10年間続いた後では価格は2.5%上昇するであろう。

貿易政策の反応

政策立案者は、食料価格の上昇に関する人々の懸念に対応しなければならないという圧力のもとに置かれている。対応策には国内価格に影響を与えるための貿易上の措置が含まれる。これまでに述べたように、いくつかの場合には、輸入国は関税を引き下げ、輸出国は輸出に課税したり輸出数量を制限したりした。いずれの場合にも、それは国内価格を低める効果を持つが、世界全体の価格をさらに押し上げる圧力となる。より低い国内価格は、国内生産者の増産への誘因を萎縮させ、その結果彼らの供給反応を妨げることになり、高価格の状況を長引かせる。

輸出制限のインパクトは、全体で2007年の世界全体のコム輸出の38%を占めているエジプト、インド、パキスタンおよびベトナムを対象にした仮説的シナリオで説明されている。もしこれらの国が2008年のコム輸出を半減する政策を採ったとすれば、この年の世界全体の価格は20%上昇するものと推定される。輸出障壁がない状況と比べれば、国内のコム価格は、輸出が国内生産の20～25%に及ぶエジプトとベトナムでは40%低下し、パ

キスタンの場合は生産に対する輸出のシェアがより大きいので国内価格の低下はより大幅となるであろう。2008年の低い国内価格は2009年の生産を大きく押し下げるであろう。

今後の見通し

農産品価格は常に不安定であるが、最近の世界全体の農産品価格の急激な上昇によって、世界全体、地域および各国レベルでの食料と農業の現状にかつてない注目が集まった。これらの価格上昇は供給と需要の両面にわたる短期と長期の要因によって生じたものであり、それらの要因の一部は今後も持続するであろう。今後について見れば、バイオ燃料は、農産品とそれを生産するために使われる資源に対する需要増大の重要な源であり続けるものと予想され、また、開発途上諸国の所得と消費水準の上昇も続き、それが広がることが期待される。供給面では、短期的な収量ショックと長期的な気候変動両者の発生は依然として不確定であり、在庫水準が低いことを前提とすれば、価格の不安定性は続くことが示唆されている。

価格水準の上昇と不安定を招く根源が何であれ、また要因の大きさがどうであろうと、4つの基本的な措置が国際社会によって支持されており、それは、ごく最近、2008年6月にローマで採択された世界食料安全保障に関するハイレベル会合の宣言“気候変動とバイオエネルギーの諸課題”の中で明確にされている。

第1に、直接の危機には、最も弱い立場の国々と人々のために適切なセーフティーネットを提供することで対処しなければならない。食料品価格の急騰による2007/08年度の食料援助積み出し量の減少は、食料援助が緊急援助の基本的な構成部分であることをただちに想起させるものであるが、それは永続的な食料安全保障戦略の土台を構成し得るものではない。食料援助の増加は緊急に必要なが、それだけでは十分ではない。その他のセーフティーネットには、価格上昇によって購買力が低下したとみられる低所得消費者への直接的な所得支持や食料バウチャー（引換券）が

含まれる。多くの国が消費者を世界価格から隔離するために価格統制を導入したが、このような措置は、それを必要としていない多くの人々を利することになるので、コストがかさみ、非効率である。さらにこのような措置は、生産者の増産への誘因を損ない、食料システムの弾力性を弱めるので、長期的には反生産的である。

第2に、農業部門が価格上昇によって生じた機会の利点を活用できるようにするための農業向けの投資が緊急に必要である。今後、所得の上昇とバイオ燃料生産に起因する需要の急速な拡大に対処するために、世界全体の農業生産量は大幅に増加されなければならない。この成長は持続的で、かつ、すでに脆弱になっている多くの農業生態系の諸条件を考慮に入れたものでなければならない。このような介入は、市場を基盤とする投入材供給システムの台頭を促し、同時に、食料システムの弾力性を強化するような道筋で計画されなければならない。高価格に伴うリスクを少なくし、その機会をより広く共有するために、開発途上国の零細農家のニーズと、持続的な生産方式の奨励に特に注意を払わなければならない。

第3に、ハイレベル会合で合意されたように、世界の食料安全保障、エネルギーおよび持続的開発が必要であるとする見地から、バイオ燃料によって提起された課題と機会に対処することが基本的に重要である。バイオ燃料の生産と利用が経済的、環境的および社会的に持続的であり、また世界全体の食料安全保障を達成し、維持していくことの必要性を考慮に入れたものであることを保証するために、さらに掘り下げた研究とバイオ燃料の技術、規範および規制に関する経験の交流、およびバイオ燃料に関する固有の、効果的な、そして結果重視の国際的対話が必要である。

最後に、国際社会は国際貿易システムの信頼性と弾力性を強化するために緊急に行動する必要がある。国際貿易は、各国が市場を通じて現地の生産不足に対処できるようにする市場安定の重要な原動力となる。しかし、国内消費者を保護するための輸出禁止といった短期的措置は市場をさらに不安定にし、食料安全保障を輸入に依存している国々を損なうことになる。より安定的で透明な貿易ルールは、食料システムの弾力性を支え、永

続的な食料安全保障を促進することができる。これらの措置を実現することによってのみ、われわれはより生産的で、より弾力的で、引き続く不確実性と増大する需要という課題に対処できる農業部門を展望することができる。

- 参考文献
- 日本語版参考文献
- 世界農業食料白書(既刊)
の特集記事

参考文献

- Ahluwalia, M.S. 1978. Rural poverty and agricultural performance in India. *Journal of Development Studies*, 14(3): 298 – 323.
- Anderson, K. & Valenzuela, E. 2007. The World Trade Organization's Doha Cotton Initiative: a tale of two issues. *The World Economy*, 30(8): 1281 – 1304.
- Anríquez, G. & López, R. 2007. Agricultural growth and poverty in an archetypical middle income country: Chile 1987 – 2003. *Agricultural Economics*, 36: 191 – 202.
- Azar, C. & Larson, E.D. 2000. Bioenergy and land-use competition in Northeast Brazil. *Energy for Sustainable Development*, IV(3): 64 – 71.
- Banse, M., van Meijl, H., Tabeau, A. & Woltjer, G. 2008. *The impact of biofuel policies on global agricultural production, trade and land use*. Background paper for the FAO Expert Meeting on Bioenergy Policy, Markets and Trade and Food Security, 18 – 20 February 2008. Rome, FAO.
- Barrett, C. 2008. Smallholder market participation: concepts and evidence from eastern and southern Africa. *Food Policy*, 33(4): 299 – 317.
- Beck, T. & Nesmith, C. 2000. Building on poor people's capacities: the case of common property resources in India and West Africa. *World Development*, 29(1): 119 – 133.
- Binswanger, H.P. & von Braun, J. 1991. Technological change and commercialization in agriculture: the effect on the poor. *The World Bank Research Observer*, 6(1): 57 – 80.
- Birur, D.K., Hertel, T.W. & Tyner, W.E. 2007. *The biofuels boom: implications for world food markets*. Paper prepared for the OECD/Netherlands Food Economy Conference 2007, 18 – 19 October 2007. The Hague.
- Block, S., Kiess, L., Webb, P., Kosen, S., Moench-Pfanner, R., Bloem, M.W. & Timmer, C.P. 2004. Macro shocks and micro outcomes: child nutrition during Indonesia's crisis. *Economics and Human Biology*, 2(1): 21 – 44.
- Boughton, D. & de Frahan, B.H. 1994. *Agricultural research impact assessment: the case of maize technology adoption in Southern Mali*. International Development Working Paper No. 41. East Lansing, MI, USA, Michigan State University.

- Bouis, H. & Haddad, L.J. 1994. The nutrition effects of sugarcane cropping in a southern Philippine province. In J. von Braun & E. Kennedy, eds. *Agricultural commercialization, economic development, and nutrition*. Baltimore, MD, USA, The Johns Hopkins University Press.
- Bravo-Ortega, C. & Lederman, D. 2005. *Agriculture and national welfare around the world: causality and heterogeneity since 1960*. World Bank Policy Research Working Paper No. 3499. Washington, DC, World Bank.
- Buarque de Hollanda, J. & Poole, A.D. 2001. *Sugar cane as an energy source in Brazil*. Rio de Janeiro, Brazil, Instituto Nacional de Eficiência Energética.
- Cassman, K.G., Wood, S., Choo, P.S., Cooper, H.D., Devendra, C., Dixon, J., Gaskell, J., Kahn, S., Lal, R., Lipper, L., Pretty, J., Primavera, J., Ramankutty, N., Viglizzo, E. & Wiebe, K. 2005. Cultivated systems. In *Ecosystems and human well-being: current state and trends*, pp. 745–794. Millennium Ecosystem Assessment Series Vol. 1, edited by R. Hassan, R. Scholes & N. Ash. Washington, DC, Island Press.
- CBD (Convention on Biological Diversity). 2008. *The potential impact of biofuels on biodiversity*. Note by the Executive Secretary for the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity, 19–30 May 2008, Bonn, Germany (draft, 7 February 2008).
- CFC (Common Fund for Commodities). 2007. *Biofuels: strategic choices for commodity dependent countries*. Commodities Issues Series. Amsterdam.
- Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. 2007. *Water for food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture*. London, Earthscan and Colombo, International Water Management Institute.
- Coulter, J., Goodland, A., Tallontire, A. & Stringfellow, R. 1999. *Marrying farmer cooperation and contract farming for service provision in a liberalising sub-Saharan Africa*. Natural Resources Perspective No. 48. London, Overseas Development Institute.
- Council of the European Union. 2007. Presidency Conclusions of the European Council (8/9 March 2007). Doc 7224/1/07 REV 1. Brussels.
- Curran, L.M., Trigg, S.N., McDonald, A.K., Astiani, D., Hardiono, Y.M., Siregar, P., Caniago, I. & Kasischke, C. 2004. Lowland forest loss in protected areas of

- Indonesian Borneo. *Science*, 303(5660): 1000 – 1003.
- Datt, G. & Ravallion, M. 1998. Why have some Indian states done better than others at reducing rural poverty? *Economica*, 65(257): 17 – 38.
- de Fraiture, C., Giordano, M. & Yongsong, L. 2007. *Biofuels and implications for agricultural water use: blue impacts of green energy*. Paper presented at the International Conference on Linkages between Energy and Water Management for Agriculture in Developing Countries, ICRISAT Campus, Hyderabad, India, 29 – 30 January 2007. Colombo, International Water Management Institute.
- Dey, J. 1981. Gambian women: unequal partners in rice development projects? *Journal of Development Studies*, 19(3): 109 – 122.
- Dioné, J. 1989. *Informing food security policy in Mali: interactions between technology, institutions and market reforms*. East Lansing, MI, USA, Michigan State University. Ph.D. dissertation.
- Doornbosch, R. & Steenblik, R. 2007. *Biofuels: is the cure worse than the disease?* Document No. SG/SD/RT(2007)3 prepared for the Round Table on Sustainable Development, 11 – 12 September 2007. Paris, Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Dufey, A. 2006. *Biofuels production, trade and sustainable development: emerging issues*. Sustainable Markets Discussion Paper No. 2. London, International Institute for Environment and Development.
- Enkvist, P.-A., Naucler, T. & Rosander, J. 2007. A cost curve for greenhouse gas reductions. *The McKinsey Quarterly*, February.
- Euler, H. & Gorriz, D. 2004. *Case study on Jatropha curcas*. Study commissioned by the Global Facilitation Unit for Underutilized Species (GFU) and the Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ).
- Evenson, R.E. & Gollin, D. 2003. Assessing the impact of the green revolution 1960 – 2000. *Science*, 300(5620): 758 – 762.
- Faaij, A. 2007. *Framing biomass potentials: what are sustainable potentials for bioenergy?* Paper presented at the First FAO Technical Consultation on Bioenergy and Food Security, 16 – 18 April 2007, Rome.
- Fan, S. 2002. *Agricultural research and urban poverty in India*. Environment and Production Technology Division Discussion Paper No. 94. Washington, DC,

- International Food Policy Research Institute.
- Fan, S., Zhang, L. & Zhang, X. 2000. *Growth and poverty in rural China: the role of public investments*. Environment and Production Technology Division Discussion Paper No. 66. Washington, DC, International Food Policy Research Institute.
- Fan, S., Zhang, X. & Rao, N. 2004. *Public expenditure, growth, and poverty reduction in rural Uganda*. Development Strategy and Governance Division Discussion Paper No. 4. Washington, DC, International Food Policy Research Institute.
- FAO. 2001. *Contract farming, partnerships for growth: a guide*, by C. Eaton & A.W. Shepherd. FAO Agricultural Services Bulletin No. 145. Rome.
- FAO. 2003. *World agriculture: towards 2015/2030. An FAO perspective*, edited by J. Bruinsma. Rome, FAO and London, Earthscan.
- FAO. 2004a. *UBET – Unified Bioenergy Terminology*. Rome.
- FAO. 2004b. *Price transmission in selected agricultural markets*, by P. Conforti. Commodity and Trade Policy Research Working Paper No. 7. Rome.
- FAO. 2004c. *The State of Food and Agriculture 2003–04: agricultural biotechnology: meeting the needs of the poor?* FAO Agriculture Series No. 35. Rome.
- FAO. 2004d. *Socio-economic analysis and policy implications of the roles of agriculture in developing countries*. Research Programme Summary Report 2004. Roles of Agriculture Project. Rome.
- FAO. 2005. *The State of Food and Agriculture 2005: agricultural trade and poverty: can trade work for the poor?* FAO Agriculture Series No. 36. Rome.
- FAO. 2006a. *Impact of an increased biomass use on agricultural markets, prices and food security: a longer-term perspective*, by J. Schmidhuber. Rome (available at www.fao.org/es/ESD/pastgstudies.html).
- FAO. 2006b. *The State of Food Insecurity in the World 2006*. Rome.
- FAO. 2006c. *The State of Food and Agriculture 2006: food aid for food security?* FAO Agriculture Series No. 37. Rome.
- FAO. 2007a. The Role of Agricultural Biotechnologies for Production of Bioenergy in Developing Countries. Seminar, 12 October 2007, Rome, Italy. Organized by the FAO Working Group on Biotechnology and the FAO Working Group on Bioenergy. Rome (seminar papers available at www.fao.org/biotech/seminaroct2007.htm).
- FAO. 2007b. *Recent trends in the law and policy of bioenergy production, promotion*

- and use*. FAO Legislative Study No. 95. Rome.
- FAO, 2007c. *Rural development and poverty reduction: is agriculture still the key?* by G. Anríquez & K. Stamoulis. ESA Working Paper No. 07 – 02. Rome
- FAO, 2007d. *The State of Food and Agriculture 2007: paying farmers for environmental services*. FAO Agriculture Series No. 38. Rome.
- FAO, 2008a. *Soaring food prices: facts, perspectives, impacts and actions required*. Document HLC/08/INF/1 prepared for the High-Level Conference on World Food Security: The Challenges of Climate Change and Bioenergy, 3 – 5 June 2008, Rome.
- FAO, 2008b. *Food Outlook*. June 2008. Rome.
- FAO, 2008c. *Ongoing biofuel policy scenario analysis based on the joint OECD-FAO AgLink-Cosimo model*, by M. Cluff, E. Amrouk, and M. von Lampe. Unpublished. Rome.
- FAO, 2008d. *Biofuels: back to the future?* by U.R. Fritsche, SOFA 2008 background paper. Unpublished. Rome.
- FAO, 2008e. *Grain production and export potential in CIS countries*. Paper prepared for the European Bank for Reconstruction and Development/FAO Conference: Fighting Food Inflation Through Sustainable Investment, 10 March 2008, London.
- FAO, 2008f. *Have recent increases in international cereal prices been transmitted to domestic economies? The experience in seven large Asian countries*, by D. Dawe. ESA Working Paper 08 – 03. Rome.
- FAO, 2008g. *How good enough biofuel governance can help rural livelihoods: making sure that biofuel development works for small farmers and communities*, by O. Dubois. SOFA 2008 background paper. Unpublished. Rome.
- FAO, 2008h. *Gender and equity issues in liquid biofuels production: minimizing the risks to maximize the opportunities*, by A. Rossi and Y. Lambrou. Rome.
- FAO, 2008i. FAOSTAT statistical database. Rome (available at <http://faostat.fao.org>).
- FAO, Forthcoming(a). *A framework for bioenergy environmental impact analysis*. Rome.
- FAO, Forthcoming(b). *Modelling the bioenergy and food security nexus: an analytical framework*, by D. Dawe, E. Felix, I. Maltsoğlu & M. Salvatore. Environment and Natural Resource Management Working Paper Series. Rome.
- FAO, Forthcoming(c). *The State of Agricultural Commodity Markets 2008*. Rome.

- FAO. Forthcoming(d). *The State of Food Insecurity in the World 2008*. Rome.
- Fargione, J., Hill, J., Tilman, D., Polasky, S. & Hawthorne, P. 2008. Land clearing and the biofuel carbon debt. *Scienceexpress*, 7 February.
- Fischer, G. 2008. *Implications for land use change*. Paper presented at the Expert Meeting on Global Perspectives on Fuel and Food Security, 18 – 20 February 2008. Rome, FAO.
- F.O. Licht (Licht Interactive Data). 2007. Database of world commodity statistics (available by subscription at www.agra-net.com/portal/home.jsp?pageTitle=showad&pubId=ag083).
- Francis, G., Edinger, R. & Becker, K. 2005. A concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production, and socio-economic development in degraded areas in India: need, potential and perspectives of jatropha plantations. *Natural Resources Forum*, 29: 12 – 24.
- Fresco, L.O. (with D. Dijk and W. de Ridder). 2007. *Biomass, food & sustainability: is there a dilemma?* Utrecht, Netherlands, Rabobank.
- GBEP (Global Bioenergy Partnership). 2007. *A review of the current state of bioenergy development in G8+5 countries*. Rome, GBEP Secretariat, FAO.
- Gonsalves, J.B. 2006. *An assessment of the biofuels industry in India*. UNCTAD/DITC/TED/2006/6. Geneva, Switzerland, United Nations Conference on Trade and Development.
- Govere, J. & Jayne, T.S. 2003. Cash cropping and food productivity: synergies or trade-offs? *Agricultural Economics*, 28: 39 – 50.
- Hayami, Y. 2002. Family farms and plantations in tropical development. *Asian Development Review*, 19(2): 67 – 89.
- Hayami, Y., Quisumbing, M.A. & Adriano L.S. 1990. *Toward an alternative land reform paradigm: a Philippine perspective*. Quezon City, Philippines, Ateneo de Manila University Press.
- Hazell, P. & Haggblade, S. 1993. Farm-nonfarm growth linkages and the welfare of the poor. In M. Lipton & J. van der Gaad, eds. *Including the poor*. Proceedings of a symposium organized by the World Bank and the International Food Policy Research Institute. World Bank Regional and Sectoral Study. Washington, DC, World Bank.

- Hazell, P. & Wood, S. 2008. Drivers of change in global agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 363(1491): 495 – 515.
- Heller, J. 1996. *Physic nut*. *Jatropha curcas* L. *Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops*. I. Gatersleben, Germany, Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research/Rome, International Plant Genetic Resources Institute.
- Hill, J., Nelson, E., Tilman, D., Polasky, S. & Tiffany, D. 2006. Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(30): 11206 – 11210.
- IEA (International Energy Agency). 2004. *Biofuels for transport: an international perspective*. Paris, OECD/IEA.
- IEA. 2006. *World Energy Outlook 2006*. Paris.
- IEA. 2007. *World Energy Outlook 2007*. Paris.
- IFAD/FAO/UNF. 2008. International consultation on pro-poor *Jatropha* development (consultation papers available at www.ifad.org/events/jatropha).
- IFPRI (International Food Policy Research Institute). 2008. *Biofuels and grain prices: impacts and policy responses*. Mark W. Rosegrant. Testimony for the US Senate Committee on Homeland Security and Governmental Affairs. 7 May 2008. Washington, DC.
- IMF (International Monetary Fund). 2008. *World Economic Outlook*, April.
- Johnston, B.F. & Mellor, J. 1961. The role of agriculture in economic development. *American Economic Review*, 51(4): 566 – 593.
- Jongschaap, R.E.E., Corré, W.J., Bindraban, P.S. & Brandenburg, W.A. 2007. *Claims and facts on Jatropha curcas L.: global Jatropha curcas evaluation, breeding and propagation programme*. Report 158. Wageningen, Netherlands, Plant Research International.
- Kapur, J.C. 2004. Available energy resources and environmental imperatives. *World Affairs*, Issue No. V10 N1.
- Kébé, D., Diakite, L. & Diawara, H. 1998. *Impact de la dévaluation du FCFA sur la productivité, la rentabilité et les performances de la filière coton (cas du Mali)*. Bamako, PRISAS/INSAH-ECOFIL/IER.
- Kim, S. & Dale, B. 2004. Global potential bioethanol production from wasted crops

- and crop residues. *Biomass Bioenergy*, 26940: 361 – 375.
- Kojima, M. & Johnson, T. 2005. *Potential for biofuels for transport in developing countries*. Joint UNDP/World Bank Energy Sector Management Assistance Programme. Washington, DC, International Bank for Reconstruction and Development/World Bank.
- Koplow, D. 2007. *Biofuels – at what cost? Government support for ethanol and biodiesel in the United States: 2007 update*. Geneva, Switzerland, Global Subsidies Initiative, International Institute for Sustainable Development.
- Larson, D. & Borrell, B. 2001. Sugar policy and reform. In T. Akiyama, J. Baffes, D. Larson & P. Varangis, eds. *Commodity market reforms: lessons of two decades*. Washington, DC, World Bank.
- López, R. 2007. Agricultural growth and poverty reduction. In F. Bresciani & A. Valdés, eds. *Beyond food production: the role of agriculture in poverty reduction*. Cheltenham, UK, Edward Elgar Publishing.
- Maxwell, S. & Fernando, A. 1989. Cash crops in developing countries: the issues, the facts, the policies. *World Development*, 17(11): 1677 – 1708.
- Moreira, J.R. 2006. Bioenergy and agriculture, promises and challenges: Brazil's experience with bioenergy. *Vision 2020*, Focus 14, Brief 8 of 12. Washington, DC, International Food Policy Research Institute.
- Moreira, J.R. 2007. *Water use and impacts due ethanol production in Brazil*. Paper presented at the International Conference on Linkages between Energy and Water Management for Agriculture in Developing Countries, ICRISAT Campus, Hyderabad, India, 29 – 30 January 2007. São Paulo, Brazil, National Reference Center on Biomass, Institute of Electrotechnology and Energy, University of São Paulo.
- Msangi, S. 2008. *Biofuels, food prices and food security*. Presentation at the Expert Meeting on Global Fuel and Food Security, FAO, Rome, 18 – 20 February 2008 (available at www.fao.org/fileadmin/user_upload/foodclimate/presentations/EM56/Msangi.pdf).
- Naylor, R., Liska, A.J., Burke, M.B., Falcon, W.P., Gaskell, J.C., Rozelle, S.D. & Cassman, K.G. 2007. The ripple effect: biofuels, food security, and the environment. *Environment*, 49(9): 31 – 43.
- Nelson, G.C. & Robertson, R.D. 2008. *Green gold or green wash: environmental*

- consequences of biofuels in the developing world*. Paper presented at the Allied Social Sciences Association Meeting, New Orleans, USA, 4 January 2008.
- OECD – FAO (Organisation for Economic Co-operation and Development – Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2007. *OECD – FAO Agricultural Outlook 2007–2016*. Paris.
- OECD – FAO. 2008. *OECD – FAO Agricultural Outlook 2008–2017*. Paris.
- Pingali, P. 2007. Westernization of Asian diets and the transformation of food systems: implications for research and policy. *Food Policy*, 32(3): 281–298.
- Quirke, D., Steenblik, R. & Warner, B. 2008. *Biofuels – at what cost? Government support for ethanol and biodiesel in Australia*. Geneva, Switzerland, Global Subsidies Initiative, International Institute for Sustainable Development.
- Rajagopal, D. & Zilberman, D. 2007. *Review of environmental, economic and policy aspects of biofuels*. World Bank Policy Research Working Paper No. 4341. Washington, DC, World Bank.
- Rajagopal, D., Sexton, S.E., Roland-Host, D. & Zilberman, D. 2007. Challenge of biofuel: filling the tank without emptying the stomach? *Environmental Research Letters*, 2, 30 November.
- Rashid, S. 2002. *Dynamics of agricultural wage and rice price in Bangladesh: a re-examination*. Markets and Structural Studies Division Discussion Paper No. 44. Washington, DC, International Food Policy Research Institute.
- Ravallion, M. 1990. Rural welfare effects of food price changes under induced wage responses: theory and evidence for Bangladesh. *Oxford Economic Papers*, 42(3): 574–585.
- Ravallion, M. & Datt, G. 1996. How important to India's poor is the sector composition of economic growth. *World Bank Economic Review*, 10(1): 1–25.
- Raymond, G. & Fok, M. 1994. Relations entre coton et vivrier en Afrique de l'Ouest et du Centre. Le coton affame les populations? Une fausse affirmation. *Economies et Sociétés – ISMEA. Série Développement Agroalimentaire*, 29(3–4): 221–234.
- RFA (Renewable Fuels Association). 2008. Renewable Fuels Standard. Web site (available at www.ethanolrfa.org/resource/standard/)
- Righelato, R. & Spracklen, D.V. 2007. Carbon mitigation by biofuels or by saving and restoring forests? *Science*, 317: 902.

- Runge, C.F. & Senauer, B. 2007. How biofuels could starve the poor. *Foreign Affairs*, 86(3): 41 – 53.
- Rutz, D. & Janssen, R. 2007. *Biofuel technology handbook*. Munich, Germany, WIP Renewable Energies.
- Searchinger, T. 2008. *The impacts of biofuels on greenhouse gases: how land use change alters the equation*. Policy Brief. Washington, DC, The German Marshall Fund of the United States.
- Searchinger, T., Heimlich, R., Houghton, R.A., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa, J., Tokgoz, S., Hayes, D. & Yu, T. 2008. Use of U.S. croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land use change. *Scienceexpress*, 7 February.
- Senauer, B. & Sur, M. 2001. Ending global hunger in the 21st century: projections of the number of food insecure people. *Review of Agricultural Economics*, 23(1): 68 – 81.
- Sexton, S., Rajagopal, D., Zilberman, D. & Roland-Holst, D. 2007. The intersections of energy and agriculture: implications of rising demand for biofuels and the search for the next generation. *ARE Update*, 10(5): 4 – 7.
- Sharma, R. 2002. *The transmission of world price signals: concepts, issues and some evidence from Asian cereal markets*. Paper presented at the OECD Global Forum on Agriculture, May 2002, Rome.
- Soyka, T., Palmer, C. & Engel, S. 2007. *The impacts of tropical biofuel production on land-use: the case of Indonesia*. Paper prepared for Tropentag 2007 Conference on International Agricultural Research and Development, 9 – 11 October 2007, University of Kassel, Witzenhausen and University of Göttingen, Germany.
- Squizato, R. 2008. New approaches could increase biofuel output. *Bioenergy Business*, 2(2): 17 March.
- Steenblik, R. 2007. *Biofuels – at what cost? Government support for ethanol and biodiesel in selected OECD countries*. Geneva, Switzerland, Global Subsidies Initiative, International Institute for Sustainable Development.
- Strasberg, P.J., Jayne, T.S., Yamano, T., Nyoro, J., Karanja, D. & Strauss, J. 1999. *Effects of agricultural commercialization on food crop input use and productivity in Kenya*. MSU International Development Working Paper No. 71. East Lansing, MI,

- USA, Michigan State University.
- Tefft, J. Forthcoming. White gold: cotton in francophone West Africa. In S. Haggblade & P. Hazell, eds. *Successes in African agriculture: lessons for the future*. Washington, DC, International Food Policy Research Institute.
- The Royal Society. 2008. *Sustainable biofuels: prospects and challenges*. Policy document 01/08, January 2008. London.
- Tiffany, D.G. & Eidman, V.R. 2003. *Factors associated with success of fuel ethanol producers*. Staff Paper Series P03–07. St. Paul, MN, USA, Department of Applied Economics, College of Agricultural, Food, and Environmental Sciences, University of Minnesota.
- Tilman, D., Hill, J. & Lehman, C. 2006. Carbon-negative biofuels from low-input high-diversity grassland biomass. *Science*, 314(5805): 1598–1600.
- Timmer, C.P. 1988. The agricultural transformation. In H. Chenery & T.N. Srinivasan, eds. *Handbook of development economics*, Vol. I. Amsterdam, Elsevier Science Publishers.
- Timmer, C.P. 2002. Agriculture and economic development. In B.L. Gardner & G.C. Rausser, eds. *Handbook of agricultural economics*, Vol. 2A. Amsterdam, North-Holland.
- Tollefson, J. 2008. Not your father's biofuels. *Nature*, 451(21): 880–883.
- Tyner, W.E. & Taheripour, F. 2007. *Biofuels, energy security, and global warming policy interactions*. Paper presented at the National Agricultural Biotechnology Council Conference, 22–24 May 2007, South Dakota State University, Brookings, SD, USA.
- UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development). 2008. *Making certification work for sustainable development: the case of biofuels*. New York and Geneva, United Nations.
- UNDP (United Nations Development Programme). 2004. *Reducing rural poverty through increased access to energy services: a review of the Multifunctional Platform Project in Mali*. Bamako.
- UNICEF (United Nations Children's Fund). 2007. *The State of the World's Children 2007: women and children – the double dividend of gender equality*. New York, USA.

- USDA (United States Department of Agriculture). 2008a. *Agricultural Baseline Projections: U.S. Crops, 2008–2017*. Web site (available at www.ers.usda.gov/Briefing/Baseline/crops.htm).
- USDA. 2008b. *World Agricultural Supply and Demand Estimates: WASDE-459*. Released 10 June. Washington, DC.
- USDA Foreign Agricultural Service. 2008. Production, supply and distribution online. Online database (available at www.fas.usda.gov/psdonline/psdhome.aspx).
- von Braun, J. 1994. Production, employment, and income effects of commercialization of agriculture. In J. von Braun & E. Kennedy, eds. *Agricultural commercialization, economic development, and nutrition*. Baltimore, MD, USA, The Johns Hopkins University Press.
- von Braun, J. & Kennedy, E. eds. 1994. *Agricultural commercialization, economic development, and nutrition*. Baltimore, MD, USA, The Johns Hopkins University Press.
- Wilhelm, W.W., Johnson, J., Karlen, D. & Lightle, D. 2007. Corn stover to sustain organic carbon further constrains biomass supply. *Agronomy Journal*, 99: 1665–1667.
- Westcott, P. 2007. *Ethanol expansion in the United States: how will the agricultural sector adjust?* FDS-07D-01. Washington, DC, Economic Research Service, United States Department of Agriculture.
- World Bank. 2007. *World Development Report 2008*. Washington, DC.
- WFP (World Food Programme). 2008. INTERFAIS. Online database (available at www.wfp.org/interfais/index2.htm).
- Worldwatch Institute. 2006. *Biofuels for transportation: global potential and implications for sustainable agriculture and energy in the 21st century*. Washington, DC.
- Yu, S. & Tao, J. 2008. Life cycle simulation-based economic and risk assessment of biomass-based fuel ethanol (BFE) projects in different feedstock planting areas. *Energy*, 33(2008): 375–384.
- Zah, R., Böni, H., Gauch, M., Hischier, R., Lehmann, M. & Wäger, P. 2007. *Ökobilanz von Energieprodukten: Ökologische Bewertung von Biotreibstoffen*. St Gallen, Switzerland, Empa.

日本語版参考文献

(独) 国際農林水産業研究センター

独立行政法人 国際農林水産業研究センター (林 慶一編) (2009) アフリカ農業開発におけるジャトロファの生産利用に関する研究動向調査 (未刊行資料), 80pp.

(社) 農林水産技術情報協会

遠藤 貴士・澤山 繁樹 (2009) 森林資源のバイオエタノール変換技術, 農林水産技術研究ジャーナル, 32 (9) : 15-20.

金子 哲・我有 満 (2009) 担子菌とソルガムを用いた連結バイオプロセスによるエタノール変換技術開発, 農林水産技術研究ジャーナル, 32 (9) : 35-40.

北本 宏子・堀田 光生 (2009) 日本古来の発酵技術でバイオエタノール生産, 農林水産技術研究ジャーナル, 32 (9) : 30-34.

徳安 健 (2009) 草本系原料からのバイオエタノール製造研究, 農林水産技術研究ジャーナル, 32 (9) : 25-29.

森 隆 (2009) オイルパーム伐採古木トランク (幹) からのエタノール生産技術, 農林水産技術研究ジャーナル, 32 (9) : 21-24.

森田 茂紀 (2009) イネのバイオエタノール化と日本の農業—「イネイネ・日本」プロジェクト, 農林水産技術研究ジャーナル, 32 (9) : 10-14.

横山 伸也 (2009) バイオマスからのエタノール生産の展望, 農林水産技術研究ジャーナル, 32 (9) : 5-9.

(社) 国際農林業協働協会

飯山 賢治 (2007) 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 (3) : 2-10.

今村 卓 (2007) 途上国における穀物生産の現状評価, バイオエネルギーの利用拡大がもたらす影響, 国際農林業協力, 30 (3) : 11-24.

木下 雅夫 (2009) バイオ燃料の需給と欧米・中南米の動向, 海外農業情報調査分析事業 アフリカ・ロシア・東欧・中南米等地域事業実施報告書 平成20年度, pp. 211-242.

茅野 信行 (2009) バイオ燃料政策をめぐる主要国の動向, 海外農業情報調査分析事業 アフリカ・ロシア・東欧・中南米等地域事業実施報告書 平成20年度, pp. 243-292.

吉田 貴紘・藤間 剛 (2007) 森林・林業とバイオ燃料—インドネシアの事例を中心に, 国際農林業協力, 30 (3) : 25-31.

(日本語版編集担当)

世界食料農業白書（既刊）の特集記事

（1992年までは世界農業白書，1993～95年は世界食糧農業白書）

1957年以降，この白書の各号は，各年の世界食料農業情勢の概観のほか長期的に興味深い問題について1編以上の特集記事を掲載してきた。これまでの特集記事の主題は次のとおりである。

- 1957年 食糧消費のすう勢に影響を与える諸要因
農業に影響を与えた制度的要因の戦後における変化
- 1958年 サハラ以南アフリカにおける食糧事情
林産業の成長と世界の森林に対するその影響
- 1959年 経済発展段階の異なった各国における農業所得と生活水準
戦後の経験に照らしてみた低開発国の農業発展の一般的諸問題
- 1960年 農業開発計画
- 1961年 土地改革および制度の変化
アフリカ，アジアおよびラテン・アメリカにおける農業普及，教育および試験研究
- 1962年 低開発経済の克服と林産物工業の役割
後進国の畜産業
- 1963年 農業における生産性の増大に影響を及ぼす基本的要因
化学肥料の施用は農業開発の尖兵である
- 1964年 蛋白栄養—その必要性と展望
合成化学製品およびそれが農産物貿易に及ぼす影響
- 1966年 農業と工業化
世界食糧経済における米
- 1967年 開発途上国の農民に対する刺激要因と抑制要因
漁業資源の管理
- 1968年 技術改善による開発途上国の農業生産性の上昇

貯蔵の改善とその世界食糧供給への寄与

- 1969年 農業マーケティング改善計画：最近の経験に基づく若干の教訓
林業開発を促進するための制度の近代化
- 1970年 国連の第2次開発10年の初頭における農業
- 1971年 水の汚染とそれが水産生物資源並びに漁業に及ぼす影響¹⁾
- 1972年 開発のための教育と訓練
開発途上国における農業研究の推進
- 1973年 開発途上国における農業雇用開発²⁾
- 1974年 人口、食糧供給及び農業開発³⁾
- 1975年 第2次国連開発10年の期央検討及び評価
- 1976年 エネルギーと農業
- 1977年 食糧農業の天然資源と人的環境情勢
- 1978年 開発途上国地域における問題と戦略
- 1979年 林業と農村開発
- 1980年 国家管轄権の新時代における海洋漁業
- 1981年 開発途上国における農村の貧困の緩和方策
- 1982年 畜産－世界の展望
- 1983年 農業開発における婦人
- 1984年 都市化、農業及び食糧システム
- 1985年 農業生産のエネルギー使用
食糧、農業における環境対策のすう勢
農産物流通と農業開発
- 1986年 農業開発の財源
- 1987－88年 開発途上国における農業科学・技術の優先順位の変化
- 1989年 持続可能な開発と天然資源管理
- 1990年 構造調整と農業
- 1991年 農業政策と争点^{△)}
- 1992年 海面漁業と国連海洋法^{△)}
- 1993年 水政策と農業^{△)}

- 1994年 世界の森林・林業政策と課題[△]
- 1995年 農産物貿易：新時代を迎えて⁴⁾
- 1996年 食料安全保障：若干のマクロ経済的側面
- 1997年 農産加工業と経済発展
- 1998年 開発途上国における農村の農外所得[△]
- 1999年 (FAO原本非刊行のため欠版)
- 2000年 世界の食料と農業；過去50年の教訓
- 2001年 国境を越えて移動する植物病害虫及び動物疾病（越境病害虫等）
の経済的影響
- 2002年 地球サミット10年後の農業と地球規模の公共財
- 2003-04年 農業バイオテクノロジー：貧困者の必要を満たすことができるか？
- 2005年 農産物貿易と貧困：貿易は貧困者を助けうるか？
- 2006年 食料援助は食料安全保障に役立っているか？
- 2007年 環境便益に対する農家への支払い

(注) △) 日本語版は別冊として発行。

1) 「世界の農林水産」(FAO協会)1972年6, 7月号に翻訳掲載。

2) 「世界の農林水産」1974年4月号に翻訳掲載。

3) 「世界食糧会議の全貌」(FAO協会, 1975年)第2編世界食糧情勢の評価と
ほとんど同内容につき省略。

4) 「世界の農林水産」1996年11, 12月号, 1997年1, 2月号に翻訳掲載。

※上記はいずれもFAO寄託図書館にて閲覧可能。

日本語版編集後記

本白書は、FAOが毎年発行している世界の食料・農業に関する報告書「The State of Food and Agriculture」の2008年版を翻訳し、日本語版として刊行するものである。

翻訳は稲垣春郎，新藤政治，米田浩史の各氏に，また全体の監修は稲垣氏にご尽力いただいた。ここに記して厚く御礼申し上げる。

なお、昨年版まで掲載・添付されていた第3章（統計表）およびCD-ROMのデータは、<http://faostat.fao.org/default.aspx>（FAOSTATのウェブサイト・英語ほか）でご覧いただけます。どうぞご利用ください。

（日本語版編集担当）

世界食料農業白書 2008年報告

平成21年11月30日発行

翻訳 稲垣春郎・新藤政治・米田浩史

監修 稲垣春郎

翻訳・発行 社団法人 国際農林業協働協会
〒107-0052 東京都港区赤坂8-10-39
赤坂KSAビル

TEL : 03-5772-7880

FAX : 03-5772-7680

印刷・製本 株式会社 創造社

世界食料農業白書

2008

「世界食料農業白書 2008年報告」は、最近の農産物を原料資源とするバイオ燃料生産の急速な成長をもたらす影響について論究している。液体バイオ燃料ブームは、主として、気候変動の緩和、エネルギー安全保障、および農業開発に対するその積極的な貢献を期待する先進国の政策によって誘発されている。バイオ燃料生産のための農産品需要の増大が農産品市場に及ぼす重大な影響と、世界中の何百万という多くの人たちの食料安全保障に対する有害なインパクトに関する懸念が高まりつつある。同時に、バイオ燃料の環境に及ぼすインパクトもまたより厳しく監視されるようになってきている。一方、バイオ燃料はまた、もし、適切な政策と投資が適切に実施されるならば、農業や農村の開発に好機をもたらしてくれる。本報告は、論争の現状をレビューし、これらの重要な問題に関する有力な証拠を検証している。本報告はまた、バイオ燃料に伴うリスクを低減するためには、政策と農業投資を改革するための一致協力した努力とともに、この好機をより広く共有することが必須であることを指摘している。

