

参考資料 4 持続可能なバイオマスエネルギー：政策決定者のための枠組み

国連エネルギー

UNITED NATIONS
Sustainable Bioenergy:
A Framework for Decision Makers
UN-Energy

目次

序文 1

第1節 本報告の目的

第2節 世界のエネルギーの文脈におけるバイオエネルギー

第3節 持続可能性にかかわる基本的問題点

問題点1 貧しい人々にエネルギーサービスを提供する近代的バイオエネルギーの能力

問題点2 アグロインダストリー開発と雇用創出への影響

問題点3 近代的バイオエネルギーの健康とジェンダーへの影響

問題点4 農業構造への影響

問題点5 食糧安全保障への影響

問題点6 政府予算への影響

問題点7 貿易、外貨収支、エネルギー安全保障への影響

問題点8 生物多様性および自然資源管理への影響

問題点9 気候変動への影響

第4節 見通し

第5節 出典および参考文献

序文

「国連エネルギー」は、「ミレニアム開発目標を達成するためのエネルギー課題」に焦点を当てた最初の報告で、利用可能エネルギーサービス¹が世界の貧困層のエネルギー需要を満たしていないと指摘した。24億人がエネルギーを伝統的なバイオマスに頼っている、16億人が電気を使えないなどである。エネルギーサービスへの一層集中的なアプローチなしでは、貧しい人々に対する基本的約束を果たすことができない。

同時に、人類のエネルギー消費が環境、特に世界と地域の気候に与える影響に対する懸念も世界中で高まっている。最適のエネルギーミックスがいかなるものであれ、諸国がエネルギー源への接近（アクセス）において厳しい選択に直面していることは明らかである。

このようなときであるから、近年、バイオエネルギーへの世界的な関心が急速に高まっているのは驚くに当たらない。それは、政府と公衆の支持のお陰で、ごく一部の革新的な人々の関心の対象から、経済を変革する巨大なビジネスとなった。本質的には太陽と水に基づく光合成によってつくられ、新たな雇用と開発機会をもたらす国産エネルギーほど魅力的なものがほかに

¹訳注：上記報告では、「エネルギーサービス」とは、「エネルギー供給を利用することにより生産される便益」とされている。具体的には、照明、暖房、調理、動力、機械力、輸送、電気通信などが含まれるという。

あるだろうか？

しかし、人間や生態系と同様、バイオ燃料、特に液体バイオ燃料は一筋縄ではいかない。バイオ燃料は食用作物を追い出し、食料価格を引き上げ、食糧安全保障を悪化させることにならないだろうか？ バイオ燃料は環境に対する好影響よりも予期しない悪影響をもたらさないだろうか？ 生産の全過程を考慮するとき、バイオ燃料は気候変動に悪影響を及ぼす恐れがないのだろうか？ バイオ燃料投資の増加は貿易パターンにどう影響するのだろうか？ 持続可能なバイオエネルギーへのアプローチとはどのようなものなのか？ これらの疑問に取り組む必要がある。

「持続可能なバイオエネルギー：政策決定者のための枠組み」と題するこの最新報告で、国連エネルギーは、バイオエネルギーに関する現在の議論の交通整理を試みる。それは、人々のエネルギー需要の充足と地方・地球環境の保護を両立させるために一層の注意、分析、評価を必要とする諸問題に取り組む。これが国レベルの開発と地球的問題のマネジメントの助けとなるように願う。

国連エネルギーは、エネルギー問題解決に取り組むすべての国連機関の協力の枠組みで、持続可能な開発に関する世界首脳会議(WSSD) (2002年、南アフリカ共和国ヨハネスブルグ) から生まれた。それは、首脳会議の成果と行動計画に基づき、分析を知らせ、対話を促し、最終的には政府・エネルギー関係者・多国間機関による行動を促進させる謙虚で集团的なアプローチに、国連システムの最高レベルのエネルギーマネージャーを糾合するものである。政府間の政策対話に取って代わるものではなく、また民間部門や市民社会の物的・知的・人的資源と競うこともできない。

しかしながら、我々は、ミレミアムサミット、WSSD および 2005 年世界サミットの多角的枠組みに根ざし、変化に影響を与えるために国連システムの集団としての強みを生かしたいと思う。

この報告は国連食糧農業機関 (FAO) が発起者となり、証拠資料の作成においてワールドウォッチ研究所から多大の支援を得た。国連-エネルギーの多くのメンバーが積極的に参加した。我々はすべてのメンバー、特に FAO のクスタボ・ベスト国連エネルギー副議長に感謝の意を表明する。これはまさしく共同の産物である。我々は、本報告が読者にインスピレーションをもたらすことを望む。

マッツ・カールソン

国連エネルギー議長

2007年4月

第1節 本報告の目的

持続可能なバイオエネルギーに関するこの報告は、エネルギー分野にかかわるすべての国連機関・プログラム・組織を含む国連エネルギー構成員が共同で起草したもので、彼らの洞察と専門知識を反映する。その目的は、経済的で、持続可能で、公平なバイオ燃料開発の確保に必要な戦略と政策にかかわる国際的な議論に貢献することである。

国連エネルギーは、「将来世代の必要を満たすための能力を損なうことなく現在の必要を満たす開発」という国連持続可能開発委員会 (CSD) が採用した「持続可能な開発」の定義を使用

する。

この報告は、小規模、大規模な急速なバイオエネルギーの開発が引き起こす社会・経済・生態系の持続可能性にかかわる基本問題に対する注意を促す。それは、バイオエネルギー部門における新たな政策の採択、あるいは新たな投資の開始を考える政策決定者のための枠組みを提供する目的で、生産から利用までのバイオエネルギー価値連鎖全体を研究対象に含める。それは、規範的措置を提供するというよりも、国および国際レベルで優先的に注意を払うべき分野を明らかにしようとするものである。

報告はすべてのバイオエネルギーシステムを扱うが、特に液体バイオ燃料、バイオガスおよび熱電供給のための固体バイオマスなどの近代的バイオエネルギーに焦点を当てる。非効率な直接燃焼の形でのバイオエネルギーの伝統的な利用は、多くの貧しい農村地域に広がっているが、この報告の中心的対象ではない。液体バイオ燃料への関心が急速に高まっていることから、これについては他の形の近代的バイオエネルギーよりも一層詳しく議論する。

報告の第2節は、地球規模のエネルギーの文脈のなかでのバイオエネルギーの役割を論ずる。第3節は、バイオエネルギー開発が直面する持続可能性にかかわる以下の9つの基本的問題点を政策決定者が考慮するための枠組みを提供する。

1. 近代的バイオエネルギーが貧しい人々にエネルギーサービスを提供する能力
2. アグロインダストリー開発と雇用創出への影響
3. 保健およびジェンダーへの影響
4. 農業構造への影響
5. 食糧安全保障への影響
6. 政府予算への影響
7. 貿易、外貨収支、エネルギー安全保障への影響
8. 生物多様性と自然資源管理への影響
9. 気候変動への影響

第4節は、バイオマスエネルギーに関する国レベルおよび国際的レベルの議論が継続されるべきであると結論するとともに、行動のための簡潔な枠組みを提供する。第5節は、出典と参考文献のリストである。

第2節 世界のエネルギーの文脈におけるバイオエネルギー

バイオエネルギーは有機物またはバイオマスから生産されるエネルギーとして定義され、最近、世界のエネルギー経済の最もダイナミックで急速に変化するセクターの一つとなった。過去数年間におけるバイオエネルギーの生産と利用の加速的増加は、世界中の政策決定者や投資家の関心を引きつけている。

熱、電力および輸送燃料を生産する近代的バイオエネルギー技術²は急速に進歩しており、最近の関心の多くは液体バイオ燃料、特にエタノールとバイオディーゼルに集中している。現在の液体バイオ燃料産業は米国とブラジルが支配しているが、他の多くの政府も、将来のエネルギーポートフォリオにおけるバイオ燃料の役割を前向きに考えている。

² 近代的バイオエネルギーとは、直接燃やされるか、密度を高められ・乾燥された固形燃料に加工された、あるいはその発展レベルに応じて第一世代、第二世代と呼ばれる技術を使う液体または気体燃料に転換されたバイオマスのことである。

「石油からのゆっくりした離脱が始まった。今後 15～20 年のうちに、世界のエネルギー需要の 25%をバイオ燃料が供給することになるかもしれない。」—FAO 持続可能な開発部部長補アレキサンダー・ミューラー。

世界のバイオ燃料生産は過去 5 年で倍増した。次の 4 年でさらに倍増しそうである。近年新たにバイオ燃料促進政策を制定した国としては、アルゼンチン、オーストラリア、カナダ、中国、コロンビア、エクアドル、インド、インドネシア、マラウイ、マレーシア、メキシコ、モザンビーク、フィリピン、セネガル、南アフリカ共和国、タイ、ザンビアなどがある。

「(バイオエネルギー) は、環境に優しく、炭素中立的な方法で世界エネルギー供給を増やし、急増するエネルギー需要を満たし、さらにエネルギー価格の抑制にも貢献する可能性を持つ。また、ブラジルのような発展途上国が国民に収入と雇用を与えることができるような方法で、それを実現する機会も提供する。」—ポール・ウォルフオウィッツ世界銀行 (前) 総裁。

石油依存経済は、過去 30 年の間に、1970 年代半ば、1980 年代初頭、最近の期間 (2004–07) の 3 回、劇的な石油価格上昇の影響を受けた。今や、多くの貧しい国々が、乏しい外貨の大きな部分を石油輸入に費やしている。それによって流出する外貨が最近の対外債務救済措置で増えた外貨の 5 倍に達する国さえある。不安定で予測不能な石油価格は、世界中の経済計画策定を難しくしてきた。市場アナリストは、この状況が永続する予測している。石油生産は、インドネシア、メキシコ、ノルウェー、英国、米国など多くの主要産油国でピークをすぎた。国際石油機関 (IEA) は、石油価格は 2030 年まで 48–62 米ドルで続くだろうと予想している¹。価格水準に加え、2004 年に始まった価格変動の激化が貧しい国々に一層の損害を与えている。

アフリカの現在の石油危機は、「多年にわたる貧困撲滅と経済開発促進の努力を台なしにする可能性さえあるカタストロフィだ」—セネガル大統領アブドゥラエ・ワッド

最近の石油価格上昇は、世界の多くの貧しい国々に破滅的影響を及ぼしている。一部の国は、保健衛生にかかる費用の 6 倍を燃料に費やしている。貧困削減のための資金の二倍の資金を燃料に費やしている国もある。エネルギー・アナリストが予想不能な石油市場を予測する時代、化石燃料依存は、多くの発展途上国にとって大きなリスクとなってきた。このような国においては、燃料税収の農村経済への注入が大きなマクロ経済的効果を上げる可能性がある。

多くの国で石油生産が減少に向かうなか、バイオ燃料利用の増加は石油市場の均衡と石油価格の大幅な引き下げに貢献できよう。近代的エネルギーの 50%から 100%を不安定化する石油市場からを得る国々にとって、供給源多角化の論拠は強力だ。これらの国々の多くは、サトウキビやオイルパームのような比較的 low コストのバイオ燃料作物が育つ熱帯地域に位置している。こうした状況下、アフリカで強健なバイオ燃料産業を開発することを一部の目的として 2006 年にセネガルが創設した汎アフリカ非石油生産国連合に、12 のアフリカの国々が加わった。こうした努力を支えるアイデアは、石油のために海外に流出している資金の一部を、経済を強化し・雇用を生み出す地域の農業部門と製造業部門に振り向けるというものである。

近代的なバイオエネルギーは、電力にアクセスできない世界中の 16 億人のニーズ、わらや畜糞、その他の伝統的なバイオ燃料に頼る 24 億人のニーズをも満たすことに貢献する。地方的に生産されたバイオエネルギーは、時には化石燃料より低いコストで、地域の農業、工業、家庭が利用するエネルギーを供給できよう。

近代的バイオエネルギーの急速な開発が広範な機会を提供することは明らかだが、多くのトレードオフ (代償) とリスクも伴う。経済・環境・社会に対する負の影響 (インパクト) に関連

した経験は限られており、このような影響のタイプは地方的条件や、バイオエネルギー開発支援の政策的枠組みによって大きく左右される。農村インフラ、信用、土地の利用可能性も含めた農業政策は、経済的利益の規模と分配を決定する。国際的なレベルでは、富裕国の農業補助金削減努力と農産物貿易自由化の努力が、第一世代液体バイオ燃料³注²の開発に避けがたく結びつく。

新しいバイオエネルギー産業の発展は、世界の貧しい地域の人々にクリーンなエネルギーを提供する一方、収入と雇用も生み出すことができる。しかし、第一世代液体バイオ燃料生産の急速な拡大は、農産物価格を上昇させ、特に収入の大きな部分を食料に費やしている貧しい人々に、否定的な経済的・社会的影響を与える可能性もある。多くの国々においては、現在の農業市場の構造は、ごく一部の者が利益の大部分をせしめるようにできている。所有権分配が平等を欠けば、エネルギー商品についても同じことが起きるだろう。たった二つの企業、カーギルとアーチャー・ダニエルズ・ミッドランドが世界穀物貿易の半分以上を支配しているという現実がある。

従って、産業の開発速度、追求すべき技術・政策・投資戦略を決定する前に、バイオエネルギー開発の経済・環境・社会的インパクトが慎重に検証されなければならない。食料と林産物に対する需要が急増しているとき、液体バイオ燃料生産の急速な成長は、世界の土地・水に対する大きな需要をつくりだす。液体バイオ燃料の増加は、世界の二つの主要原料農産物トウモロコシとサトウキビの価格を既に上昇させ始めた。パーム油需要の急増は、東南アジアの大企業を、新たなプランテーションのための熱帯林伐採に駆り立てるだろう。

バイオエネルギーの温室効果ガス（GHG）排出削減能力は、バイオエネルギーのタイプによって大きく異なる。新たなエネルギー作物をつくるために森林が切り開かれるところでは、GHG 排出は化石燃料よりも増える可能性さえある。脅威にさらされた土地を保護し、社会的に受け入れられる土地利用を確保し、バイオエネルギー開発を持続的な方向に向ける新たな政策が実施されなければ、環境的・社会的損害が利益を上回る場合もあるだろう。

現在開発中の新たな作物・農業方法・転換技術が、液体バイオ燃料の大規模生産に関連する社会的・環境的・経済的コストを低減し、環境面、経済面の利益を増加させるかもしれない。バイオエネルギー分野には、前例のない研究開発の大波が官民両方から押し寄せている。商業化のタイミングは不確実だが、バイオエネルギー産業を開発し始めた国は、投資を引き付け、そこから生じる技術移転の利益を享受することになるだろう。

バイオエネルギーへの関心が今後加速的に高まることに応じ、新産業の開発を評価し、導くことが決定者に求められるだろう。彼らは、貧しい者にとっての利益が損失を上回るように、農業、林業、経済の慢性的構造問題の解決に取り組む必要がある。ブラジル、EU（欧州連合）、米国は、近代的バイオエネルギーの発展には政府規制と税制による刺激が不可欠であることを、すでに立証している。これらの政策とその他の政策の構造が新産業の進路を定めることになるだろう。

第3節 持続可能性にかかわる基本的問題点

バイオマスエネルギーは世界中で利用されている。ある場合には真に持続的であり、他方では

³ 第一世代”燃料とは、慣用の技術を使って砂糖・澱粉・植物油・動物油脂から作られるバイオ燃料を指す。“第二世代”燃料とは、先進的技術過程を使って、リグノセルロースバイオマス原料から作られるバイオ燃料を指す。

著しく破壊的である。現在のバイオマスエネルギーには、生産・利用システムによって社会的、経済的、環境的影響が大きく異なる。以下の8つのセクションでは、バイオマスエネルギーの持続可能性に関する基本的問題を論じ、どんなバイオエネルギーを選ぶべきかを定める決定者にとっての決定的問題を提起する。

問題点1. 貧しい人々にエネルギーサービスを提供する近代的バイオエネルギーの能力

はじめに

現代において、エネルギー利用の著しい増大なしに持続的に貧困を軽減した国はない。所得水準が高く、人間開発度が高い国ほどエネルギー消費が多いという傾向もある。世界の最も貧しい家庭にとって特に重要なのは、調理、熱、明かり、コミュニケーション、水汲み、食料加工のための基本的エネルギーサービスである。これら基本的エネルギー利用の伝統的なバイオエネルギーから近代的な燃料や電力への移行は、最も重要で長期にわたって続く挑戦であろう。

国と国際的な努力は、何十年もの間、この問題に焦点を当ててきた。そこから多くの教訓と解決に向けた希望が生まれた。一例がLPGガスの導入である。技術・金融支援に後押しされる際には、これは木材需要、重労働、煙に関連した問題を軽減する優れた方法を提供する。これは長期的な持続可能性問題は解決するものではないが、将来における一層持続可能で、再生可能な資源への移行のための環境を整える。調理器や温水器のようなソーラーシステムがある程度成功を収めてきたし、補助金に支えられて貧しい農村社会に導入されつづけるだろう。近代的バイオエネルギーは、LPG、ソーラーシステム、小水力や風力などと並び、貧しい人々のエネルギーサービス欠如の問題の解決策の一つとなる。

近代的なバイオエネルギーシステムの位置づけは複雑だ。多様な選択肢があり、また様々な社会的・環境的・経済的持続可能性の目標の間でトレードオフであるからである。改良かまどは、多くの国々でバイオマス需要を減らすのに役立つだろう。効率向上、コスト削減、普及の取り組みが続けられている。生物発酵（バイオガス）システムは、必要な原料、水、知識が集まる際には、最善の解決策となりうる。小規模バイオマスガス化、トリフィケーション、木炭化のような他のシステムは開発中か実証試験中で、いくつかの国では傑出した例となっている。植物油やバイオディーゼルのような液体バイオ燃料は、比較的小規模な電力生産、特に村や地域社会の中小規模の配電網に好機を提供する。既存のディーゼルエンジンをこれらのバイオ燃料を利用できるように改良することには巨大な意義がある。残された大きな課題は、近代的バイオエネルギーシステムの利用拡大のためのコストやその他の障害を打ち破ることである。これらのシステムの変換効率のレベルは、固形バイオ燃料やバイオガスの燃焼に基づく発電施設や発電機に遠く及ばない。

地方的文脈の中で取り組む必要のある問題

A 資源の利用可能性と利用の競合

どのようなエネルギー源でも鍵となる問題は、物理的利用可能性とアクセス（需要と供給の主な場所とコストに対する購買力）である。貧しい農村地域では、バイオエネルギーが、家畜の飼料、敷き藁、肥料、建築資材など、バイオマス資源の現在の用途と競合することが重大問題になる。農村住民は、これらの用途を最優先するだろう。これらの用途に使える代替資源がないからである。従って、既存の資源を利用するバイオエネルギーに関する行動に取り掛かる前に、非常に詳細で、農村住民が参加する資源評価がなされねばならない。

B：経済的アクセス、信頼性、アクセスの可能性

貧しい農村社会にとっては、経済的に利用できることが最も重要である。多くの場合、これら住民の近代的エネルギーサービス購入を妨げ、彼らを薪や自分の土地からの残材、あるいは公有地や入会地で取得されるか、インフォーマルに取引される他の非商業的燃料に頼らせるのは、彼らの経済レベルの低さである。調理用バイオエネルギーの場合、バイオガスや小規模ガス化装置のようなレンジその他の機器の普及の障害となるのは、そのコストと効率である。多くの地域では、現在の燃料コストは未だにゼロだからである。

薪や農業残滓の商業的取引が増えつつあり、最貧層は最小限の必要を満たすことも次第に困難になっている。液体バイオ燃料は、ときに原料コストが燃料コストの 75-90%になるところもあるが、全体的生産コストが代替エネルギー源と競争できるならば、地方的利用可能性と供給に対する信頼性が高い地域にとっての興味深い選択肢となる。(原料費の割合は生産規模やバイオ燃料のタイプに依存する。小規模生産なほど高く、またメチルエステルバイオディーゼルよりもアルコール・ベースのエタノールの方が高い傾向がある)。輸送コストが高いために化石燃料価格が高い辺鄙な農村地域や離島では、バイオエネルギーシステムが最も経済的な選択肢となるかもしれない。

バイオガス、ガス化装置、植物油・動物し尿からのバイオガス・農林業副産物などで動く発電機などが、貧しい人々に対する最も経済的で信頼できるエネルギーサービスを提供できる地域もあるだろう。多くの場合、信頼性、地域でのメンテナンス、モニタリング能力、これらの資源を利用するために必要な技術へのアクセス可能性が重大な障害となる。

マリの村におけるヤトロファバイオエネルギー促進

1999 年以来、マリフォルケセンターニェタ (MFC Nyetaa) と呼ばれるマリ国内 NGO が、ヤトロファを地域のバイオエネルギー源として促進する活動を行った。MFC Nyetaa は、デンマークの再生可能エネルギーフォルケセンターの代理組織で、UNEP、UNDP およびグローバル・ヴィレッジ・エネルギー・パートナーシップ (GVEP) などのグローバル・ヴィレッジ・エネルギー・パートナー (GVEP) を含むグローバルな連携者の支援を受けている。

この NGO がヤトロファに関心を持つのは、主に次の二つの観察による。第一に、この植物がもろく、乾燥したマリの環境でも充分育ち、耕作適地とは言えない土地でも栽培でき、侵食地の回復を助け、クリーンエネルギーを効率的に生産し、二酸化炭素排出を減らし、地域の生態系の再生も助けることである。第二に、マリは近代的エネルギーを化石燃料輸入に著しく依存している。ヤトロファは、持続可能な代替エネルギーを提供し、僻村に活気に満ちて力強い地域経済を構築し、種子と副産物の販売を通して付加価値と雇用・収入の創出する大きな潜在力を持つ。

そのプロジェクトは、プランテーション、生垣としての利用、石鹼製造、輸送用代替ディーゼルとしての利用、農村地域電化のための発電など、ヤトロファの生産と利用のいくつかの面に焦点を当てている。

Tiecourabougou の村では、ヤトロファの周囲に建設された「エネルギーサービスセンター」の構想を発進させた。20ha ほどのプランテーションが、粉をひいたりバッテリーに充電する電力の生産のための燃料として使われるヤトロファ油を生産するための種子を育てている。半径 20km 以内の村々も、これらのサービスを楽しんでいる。

パートナーとの協力により、MFC Nyetaa は、マリ南部の Garalo の村で、15 年に及ぶ大規模なヤトロファ燃料による農村電化プロジェクトに乗り出した。このプロジェクトは、300kW の発電設備に油を供給する 1000ha のプランテーションを立ち上げることになる。この施設は 1 万人以上の住民に電力とその他の近代的エネルギーサービスを供給し、できれ

ば地域経済を変革することも目指している。

実施問題

A：資金

農村人口の最貧層に焦点を当てるとき、資金調達には独特の意味を帯びる。この場合の主要目標は、彼らの極貧からの脱出を可能にする手段（最低限の水準のエネルギーサービスも含む）を提供することに置かれるべきである。「開発資金供給」は、水を汲み上げるポンプやその他の装置を動かすための電気や液体燃料の購入料補助金を与える補助金のように、多くの国で実施されたきたやり方である。この方法の基本的問題は、補助の水準、タイムスケール、条件である。

エネルギー源やサービスに対する補助金は、透明で、経済開発と関連づけられるべきであるという考え方が一般的に受け入れられている。補助金は、開発を「伴い」、うまくいったときには、最終的に不要になるべきである。今までのところ、国内で生産された液体バイオ燃料の消費は、常に政府の支援に依存してきた。しかし、小規模農民が大中規模のバイオ燃料用作物の生産に組み込まれるとすれば、彼らに対する追加措置が必要になるだろう。この場合、分散型生産、生産されたエネルギーの地方的利用、および協同組合の組織化などを支援することができる。

開発資金供給手段には様々なものがある。価格支持、消費者を対象とする最終利用設備購入のための銀行ローン、生産者を対象とする生産施設への投資助成、減税等である。

多くの途上国では、小規模のバイオエネルギー事業は、確立したエネルギー技術に比べてリスクが高いと評価され、伝統的な金融機関からの融資獲得で苦戦している。これらのプロジェクトは、現在アクセスを欠く人々に近代的エネルギーサービスを提供するために決定的に重要であるが、栽培、油抽出、燃料への転換、流通、最終消費のすべての段階で支援する効果的なマイクロクレジット、あるいはその他の代替信用メカニズムを必要とするだろう。しかし、強力なバイオエネルギー市場を欠く現在、これらのメカニズムも高いリスクを認めることになる。この問題には、立ち上げ段階における政策的、技術的支援を通して取り組む必要があるだろう。

市場経済移行国における GHG 排出削減のための官－民公投資基金

1991 年以来、エネルギー効率 21 プロジェクト (EE21) は、地域レベルのエネルギー部門の持続可能な開発を実現するために働いてきた。その主な目標は、エネルギー効率を高め、燃料の貧しさを減らし、国連欧州経済委員会 (UNECE) と国連気候変動枠組条約の下での国際環境条約の義務を果たすように東南欧 (SEE)、東欧、コーカサス、中央アジア諸国 (EECCA) を支援することである。EE21 は、エネルギー効率と再生可能エネルギー投資のための地域官民専門家の技能開発に焦点を当てる

プロジェクトの新たな段階では、選別された EECCA 諸国におけるエネルギー効率と再生可能エネルギーへの投資に資金を供給するための官民パートナーシップ基金を提供することになる。その目標は、費用効率的投資が世界の GHG 排出を削減するためのセルフ融資方法を提供できるように、SEE と EECCA におけるエネルギー効率市場を形成することである。このプロジェクトは、参加国が、バイオエネルギー投資を含むエネルギー効率・再生可能エネルギー投資に対する金融的・技術的・政策的障害に取り組むことを助ける別の資金供給計画とイニシアティブを補完する。

大規模のエタノールやペレット生産のようにバイオエネルギー開発がかなりの投資を必要とする場合には、適切な資金供給メカニズムが重要になる。新しい技術に投資するビジネス、企業、地域社会は、融資、リスク保証、マイクロクレジットや共同投資プラットフォームのような革新的なメカニズムを必要とする。

民間銀行（実際のローンや信用を物理的に提供）や公的銀行（リスクをヘッジし、保証する）が果たすべき様々な役割もある。海外直接投資の場合には輸出信用機関や多国籍銀行が保証を提供できる。国内投資の場合には、国内を活動範囲とする銀行がより大きな役割を果たすだろう。

インドにおける小規模バイオエネルギーの生産と利用への資金供給ⁱⁱ

バイオ燃料作物生産への資金供給の経験は、インドでは非常に限られている。技術的制約は別として、融資機関は、生産性が安定しないことから、油料種子供給のリスクと投資の回収を恐れている。土地生産性と油の収量生産が、小規模農業者にマイクロクレジットを提供する銀行家の重要関心事となっている。従って、収量を増やし、生産の不安定性を減らす技術的選択肢を検討する研究開発が必要である。

収穫失敗のリスクあるという受け止め方があるとなれば、融資者は作物保険、最良の品種や農法を通しての強力な技術的保証、市場の保証（大規模購入者との契約栽培）などのリスク軽減手段を必要としていることになる。

問題点 2 アグロインダストリー開発と雇用創出への影響

はじめに

伝統的なバイオエネルギーの供給は労働集約的だから、発展途上国におけるフォーマル、インフォーマルな重要な雇用源となっている。近代的バイオエネルギーの供給も、特に化石燃料や他の再生可能資源からのエネルギー生産と比較するときには労働集約的になり得る。バイオエネルギーは、工業国でも途上国でも同様に、大小のアグロインダストリー（農業関連産業）開発の原動力となり、新産業を産み出している。

地方的文脈の中で取り組む必要のある問題

A 開発されるべきアグロインダストリーのタイプ：短期的および長期的な視点から

アグロインダストリーに関しては、「未加工」バイオエネルギー源と「加工」バイオエネルギー源の区別が重要だ。例えば、製糖工場で産み出され、熱と電気を生産するために使うことのできるバガス(サトウキビ搾汁かす)と、エタノール燃料となる加工された砂糖の区別である。バイオマスは、固体、液体、気体の形態で（熱、機械動力、電気および輸送燃料用）産業用に使用でき、単独あるいは統合エネルギーシステムで燃やされる。

一般的な統合利用には、石炭とのバイオマスの混焼、熱や発電のための天然ガス、ディーゼルとバイオガス、バイオ燃料の混焼、輸送用燃料へのバイオ燃料の混合が含まれる。中短期的には、バイオエネルギー利用は、原料コストと供給の安定性、競合するエネルギー源のコストと利用可能性、そして政府の政策決定によって大きく左右される。エタノール、バイオディーゼルの生産やバイオマス燃焼のような確立された技術が支配的になるだろうが、近代的バイオガス利

用のような新進の技術もマーケットシェアを得ることになるだろう。原料の前処理やバイオ燃料の後処理で新たな小規模産業が勃興することも期待できる。バイオエネルギー機器のメンテナンス、原料やバイオ燃料の物流のような支援産業も、バイオエネルギー市場の発展と平行して成長するだろう。

長期的には、バイオエネルギーの経済性は改善されるだろう。農業生産性とアグロインダストリーの効率が改善され、炭素市場の成熟と拡大に応じて農業政策とエネルギー政策による支援が強化され、新たな炭素隔離法が開発されるからである。同時に技術進歩がコストを減少させ、セルロースエタノール、バイオベースの合成ディーゼル燃料のような先進的バイオ燃料や多様な副産物を含む多種の新製品の出現を促進する。「第二世代」バイオ燃料とも呼ばれる先進的バイオ燃料は、先進的技術過程を利用して非食用植物物質（リグノセルロースバイオマス）から製造される燃料である。

セルロース由来バイオマスを液体輸送燃料に変える二つの基本的方法がある。(1)作物残渣、多年草、その他のセルロース物質をエタノールに転換する酵素発酵の利用 (2)木質バイオマスを合成バイオディーゼルに転換するガス化とフィッシュヤートロブシュ合成 (FT ディーゼルまたは BtL と呼ばれる) の利用。カナダにリグノセルロースエタノール、ドイツに BtL の実証プラントがある。現在、商業的生産実験工場も建設中である。どちらの方法も、非食用作物を利用し、食料と燃料の競合を減らし、植物物質全体を利用可能なエネルギーに転換し、現在の植物油またはでんぷんをベースとする第一世代バイオ燃料より効率はるかに高まる。これらの技術は、2015 年以前に商業的利用できるようになると予想されている。

先進的なバイオ燃料を作る別の方法も研究されている。水分の多いバイオマスを利用する HTU（水熱改質）ディーゼル、バイオガスやガス化木材からのバイオメタンなどである。池や光合成反応槽で育てられる藻からのバイオ燃料生産も研究されている。第二世代バイオ燃料が石油ベースの燃料に競争できるようになれば、またその時には—この 10-15 年のうちにそうなると見る者もいる—、液体バイオ燃料は、低コストでの二酸化炭素削減を実現する一方、その他の環境的、社会的便益ももたらすだろう。

B バイオエネルギー・アグロインダストリー連鎖の規模

バイオエネルギー施設の適切な規模は、原料の種類、市場との距離、プロジェクトと企業の目標（地域的エネルギー供給、輸出向け生産）、バイオエネルギーのタイプ、融資へのアクセスなどの多様な要因によって決定される。

増加するバイオガス開発モデルⁱⁱⁱ

この 13 年の間に、オランダ・ネパールバイオガス支援プログラムは、ネパールに 12 万以上のバイオガスプラントを設置した。それにより、ネパールの家庭の約 3% が、照明や調理用燃料の供給や室内空気汚染の低下の恩恵を受けている、このプログラムは、バイオエネルギー利用の規模をいかにして拡大するかを示す傑出した例である。さらに、バイオガスプラントのおよそ 71% がトイレにつながっていることから、人間の健康リスクが低下、衛生状態が大きく改善された。

このプログラムは、京都議定書のクリーン開発メカニズムの下で承認された。12 万のバイオガスプラントのそれぞれが、年に 4.6 トンの二酸化炭素に相当する資産価値を持つ。

2003 年以来、このネパールの経験に基づくベトナム畜産部門のバイオガス・プログラムの

実施により、オランダーベトナム協力が築かれた。このプログラムは、20の州の10万人以上が受益する25,000のバイオガスプラントを建設した。この協力は、商業的に持続可能な国内バイオガス部門の確立を目指し、品質保証と最終消費者・プラント建設チーム・技術者の訓練に重点を置く。

ベトナムの家庭は、料理にバイオガスを使い、バイオガス液体残留物を肥料や魚餌として使用する。室内空気汚染や悪臭の削減、トイレ・衛生設備・畜舎の改善で健康の改善に役立っている。加えてバイオガスの利用は、家事と薪収集の負担から女性と子供を解放し、森林破壊も減少させている。

C 大企業対中小企業

バイオエネルギー生産が大きなチャンスをもたらすことに疑いはない。問題は、誰のために、どのような条件においてかである。チャンスは原料の生産、出荷、加工、流通、販売のなかにある。また、これら新産業のその他の多くの側面のなかにある。多くの独立企業家と小規模農民がバイオエネルギーに希望を抱き、その開発に時間と資源を投じている。

途上国、先進国の多くの大企業がバイオ燃料市場を研究、投資を増やしている。中小企業(SMEs)も、特に第1世代バイオ燃料と農村におけるこれらの市場の開拓で大きな役割を果たすだろう。規模の経済やアグロインダストリー連鎖の垂直統合で大企業が優位に立つが、効率的な中小企業のクラスターも、このような段階で参加することができる。川下の段階では、中小企業より大きな企業への「統合」が魅力的になるだろう。これは、小規模生産者が激化する競争に直面している市場で、すでに起きている。

D 雇用のタイプ、質、配分

バイオエネルギー産業の成功は、科学、エンジニアリング、ビジネスに関連した高度熟練雇用、中間的技術スタッフ、工場の低熟練雇用、不熟練農業労働者など、巨大な雇用を生み出す。大多数のバイオエネルギー雇用は農業、輸送、加工で生じるから、これらの仕事のほとんどは、不完全就業が共通の問題である農村で生まれるだろう。これら施設の建設と操業は追加的な農村経済活動を生み出す。大部分のバイオマス作物は重く、かさばり、収集・転換施設は原料生産地近くに立地する必要があるからである。

しかし、大規模機械化農業が労働者を移住させ、劣悪な労働条件が大規模農業プランテーションに結びついている場合がある。バイオエネルギーのためのバイオマス生産への移行は、これらの問題への取り組みを必要にする。

E インフラの考慮

バイオエネルギーのためのインフラがどれほど必要になるかは、エネルギーの形態、原料産地と転換場所の配置、目標とする最終消費形態によって異なる。植物物質がすでに畑や森林から輸送されている所では、既存の道路で事足りるだろう。しかし、新しい道路が新たに建設されねばならない地域もあるだろう。第二世代原料物質(リグノセルロース原料)は、分散した圧縮施設やチップ化施設も必要であろうが、水路や鉄道による遠距離輸送で集中加工工場に運ぶことができる。

製品流通に関しては、伝統的なバイオ燃料(第一世代バイオディーゼルやエタノールのような)、次世代合成ディーゼルとセルロースエタノールは、直接、化石燃料ディーゼルやガソリンに混

合することができる。従って、少なくとも混合率が低い場合には、大きな追加インフラ需要は生まれない。今の天然ガス配管網に混入できる改良バイオガスやバイオマス由来 SNG（リグノセルロース原料のガス化からの天然ガス代替）も同様である。ガス状バイオ燃料は、ガス洗浄、二酸化炭素除去、圧縮のための加工工場を必要とする。

E100 および B100（つまり純粋なエタノールとバイオディーゼル）、圧縮バイオ天然ガス(CNG)、バイオ SNG による地域専用自動車走行では、ガソリンスタンドのポンプに追加投資が必要になるろう。スウェーデンとスイスでの経験では、これらの費用は比較的小さい。

森林バイオマスに依存する暖房や産業のエネルギーシステムの場合には、原料は、収集された伐採残滓をチップ化する路傍、林業残滓を利用する製材所、埋め立て場に運ぶための使用済み木材収集所から得られる^{iv}。

F 他産業の振興

バイオマスルギーは他の産業にも影響を与える。新エネルギー源、改良エネルギー源へのアクセスは、中小企業にも大企業にも劇的な利益をもたらす。ただし、もし巨額の先行投資費用が必要とされるなら、中小企業は大企業よりも燃料転換が難しい。

他の再生可能エネルギー源（水力、太陽、風力など）とは対照的に、バイオエネルギーは、どんなエネルギーサービス—電気、熱（調理や乾燥のための）、機械動力の様々な形態、び蒸気生産など—にも転換できる。また、風力や太陽エネルギーに見られるような短期的供給変動とも無縁である。加えて、近代的バイオエネルギーは、廃棄物を幅広い生産的利用に転換でき、副産物産業を強化し、関連雇用を創出する。

バックアップや補充エネルギー源としてのバイオマスエネルギーの利用は、企業が停電や燃料供給途絶による損失を減らすのに貢献する。フィンランドおよびスウェーデンでは、化学パルプ工場のほとんどの加工エネルギーは、回収されたパルプ廃液に由来するし、製材所や木材産業は、樹皮とおがくずの利用でエネルギーを自給している。両国とも、これらの産業からの余剰木材が、パルプ工場、地域暖房プラント、さらにはサービス産業や家庭にも燃料を提供している（おがくずからの木質ペレットの利用）^v。エネルギーを自給し、電力の販売さえしている優れた例は、オーストラリア、ブラジル、キューバ、グアテマラ、インド、モーリシャスなど砂糖産業で見られる^{vi}。これらの産業は、サトウキビ生産とその加工の残滓がエネルギー源として利用されていない 80 のサトウキビ栽培途上国の模範となる^{vii}。

実施問題

A 小規模でローカルなプラントをなぜ奨励するのか

一般的には、大規模で、垂直的に統合された事業が物流においても、規模の経済においても有利である。しかし、多くの途上国の産業は中小企業で構成されている。いくつかの独立中小バイオマス生産者が共同して大きな施設や市場に供給する協同組合的組織の多数の成功例がある。バイオエネルギーの開発利益は、より多くの人々がより多くの付加価値連鎖を制するとき、劇的に高められる。

B 雇用創出を奨励すべきかどうか、どう奨励すべきか

雇用創出の優先順位が高い所では、労働集約的バイオエネルギー原料、エタノールよりもバイオディーゼル、地域社会でのバイオエネルギー利用の奨励に重点が置かれよう。すべてのバイ

オ燃料原料のうち、最も雇用創出につながるのが、途上国における油料種子作物である一とくに収穫を手で行なうとき一。さらに、油は、ときには直接利用が可能であるし、植物油のバイオディーゼルへの転換プロセスは比較的単純だから、これは小規模でもできる。そうは言っても、小規模で労働集約的な生産は、しばしば生産効率と経済競争力の間のトレードオフを引き起こす。決定者は、実現可能な雇用創出能力と、雇用を創出し、維持する費用を比較考量することが重要である。

一般的傾向としては、バイオエネルギー部門で一人の雇用を創出するために必要な投資コストは、工業、石油化学、水力部門よりも低いという研究がある。農業に基礎を置くバイオエネルギー事業は、非農業よりも多くの雇用と稼ぎを生む傾向がある。

C 新たな燃料、技術の試験と能力

特にバイオ燃料市場開発の初期段階では、品質管理が決定的に重要である。オーストラリア、コロンビア、コスタリカの経験は、少しばかりの消費者のひどい思いが大きな挫折につながることを示している^{viii}。

このような挫折を避けるには、燃料の品質を保証する制度的能力の開発や、燃料及び変換システム（ストーブ、ボイラー、エンジン）の国際的基準が必要になる。固体および液体バイオ燃料の基準は、欧州連合の各国レベルで開発されてきた（木質チップ、ペレットおよびバイオディーゼル）。中国などいくつかの他の国でも開発中である。バイオ燃料市場での中小企業の活動にとって、その製品が品質基準を満たしているかどうかのチェックは決定的に重要である。これは、能力開発や高価で手が出ない試験システムを必要とする。

D 流通チャンネルを創り出すべきかどうか、またどう創り出すか

バイオエネルギー生産と流通を集中的なものにするか、分散したものにするかは、地方、地域の文脈のなかで考量する必要がある。地産地消の場合は、燃料の十分な品質を実現や信頼できる変換システムの利用が決定的に重要であるとはいえ、流通問題は少ない。流通が大きな関心事になるところでは、全国的、国際的な流通のための計画が必要になる。ある地域では、現在のインフラストラクチャーの改良か、新旧両方の流通インフラの配置が最も費用効率的であろう。流通チャンネルの創出は重大な課題である。木質バイオエネルギー開発を奨励する相当な試みにもかかわらず市場が決して発展しなかった英国の失敗を避けるためには、インフラと統合的アプローチを必要とする。制度の開発も必要である。標準化され、強制できる電力会社との電力購入協定の欠如、特に小さな途上国での資金不足は、世界中のサトウキビバガス熱電供給の実施が遭遇している大きな障害である^{ix}。

E 国際的投資を奨励すべきかどうか、またどう奨励すべきか

民間部門は、すでに世界中で、バイオエネルギーの生産と流通に多大な資本を投じており、政府の強力な奨励策で拍車をかけられた。収益がはっきりしない場合には、国際金融機関が投資資金を提供する重要な役割を果たすだろう。例えば、海外直接投資を引きつけるメカニズムや市場インセンティブを欠く途上国では、国際的金融機関は高いリスクのローンの保証を助ける役割を果たすであろう。エタノールやその他のバイオ燃料の生産は利益本位で生まれたのだから、投資プロジェクトやプログラムは、官民投資家の戦略的提携に基礎を置くことができる。民間部門は、投資対象（農業、蒸留能力、アグロインダストリー・システム）のすべてをカバーするわけではないが、大量の資金を動員でき、必要な管理能力も提供する。代わりに、政府は、民間活動を可能にする環境を確立し、社会的・環境的に責任ある実施過程を確保するために必要な政策と規制の枠組みを制定し、新たな農村インフラ投資を引き受け、農業生産システ

ムにおける民間部門のスケールアップを支えるために必要な新たな農村インフラ投資や農村の能力開発の費用負担を引き受ける。

このようなパートナーシップを成功させるためには、国際金融機関の積極的な参加が必要になる。エネルギー、農業、地方インフラのための既存の開発協力予算と開発・雇用創出プログラムが、統合された「アグロエネルギーおよび農村開発プログラム」を引き受けるために動員できよう。短期的には、それは、代表的な国でのパイロットプロジェクトや実証プロジェクトを支援するために不可欠だろう。

次のスケールアップ段階では、国際金融機関は、大規模な民間部門投資を支援する柔軟な「気候変動」基金手段（地球環境基金（GEF）、炭素基金、二国間環境プログラム等）の動員で大きな役割を果たすだろう。それらは、新たな農村インフラや能力開発への公共投資や（国際金融公社、投資会社等を通じての）民間部門への金融支援の費用負担を引き受ける伝統的な譲与資金供給手段も使うことができよう。

ブラジルにおけるバイオ燃料開発に融資するための二国間協力の利用^x

バイオ燃料開発に融資する二国間協力の利用の実際的で革新的な例の一つは、関連するGHG 排出削減を評価のためにドイツとブラジル間で開発された費用再編メカニズムである。2003年ドイツは、GHG 排出削減を助ける10万台のエタノール車生産に融資するため、ブラジル自動車工業会（ANFAVEA）に10年以上にわたり1億レアル（3、250万米ドル）を提供することに同意した。ドイツ政府はまた、エタノール燃料車両の一台の使用ごとに、1000レアル（325米ドル）を供与することにより、この削減を達成するブラジルの努力を支援する。引き換えに、ドイツ政府は排出削減証書を受け取る。

問題点3 近代的バイオエネルギーの健康とジェンダーへの影響

はじめに

世界中のほとんどの家庭で、家事をきりもりしているのは女性である。世界で最も貧しい家庭は輸送用エネルギーよりも、（調理のための熱や食品加工電力のような）基本的なエネルギーサービスにより多く頼っている^{x i}。バイオエネルギー（木や他のバイオマスの直接燃料など）の伝統的な利用が男性よりも女性の健康に厳しく影響するために、性集団としての女性の力を削ぐことになる。

近代的バイオエネルギーの家庭利用は、ジェンダー（性差）・健康問題を劇的に改善する。室内での伝統的バイオマスによる調理から発生する煙は「台所の殺し屋（キッチン・キラ）」と呼ばれ、途上国における疾病と死亡の主因の一つをなしている。

伝統的バイオエネルギーの家庭での利用は、途上国世界のの人々、特に女性を貧困と病気のサイクルの中に閉じ込める。対照的に、もっと効率的な技術と近代的エネルギー源へのアクセスは、エネルギーの取得と利用に関連した健康・安全性問題を減らし、人々の貧困からの脱出を助け、女性や少女の生活を一層生産的で、楽しいものにすることができる。

地方的文脈の中で取り組む必要のある問題

A 室内空気汚染を減らし、幼児死亡率を下げ、寿命を引き上げる能力

伝統的バイオマスに依存する貧しい家庭の悲惨な現状は、(1)伝統的なバイオマスのより効率的で持続可能な利用の促進、(2)近代的な調理燃料と技術への転換を可能にすること、によって劇的に改善することができる。

戦略は、地域の状況によって変わる。一般的に、近代的な代替手段への置き換えが（まだ）実行不能なところ、伝統的燃料への依存が続く可能性が高いところでは、伝統的バイオエネルギーの利用が改善され、持続可能なものにされなければならない。新たな燃料が利用者の必要を満たさねばならず、調理のためのバイオエネルギーとその他の目的のバイオエネルギー（液体バイオ燃料の場合の輸送部門での利用のような）の競合が起きないかどうかを分析せねばならない。

近代的バイオマス由来の調理用燃料を含むクリーンなエネルギー源は有害な室内空気汚染の劇的に削減することができ、子どもの肺炎や大人、特に女性の慢性的肺疾患などの呼吸器病の削減につながる。バイオマス由来の調理用燃料は、このようなエネルギー改良のための一つの選択肢を提供する。これらの燃料とそれに関連する技術が、有害な排出を最小限にし、その使用が安全であるように設計されることが重要である。安全な貯蔵や火災・爆発の危険に対する注意が必要だ。

バイオマス原料の生産に関連した健康リスクは、農薬への暴露および危険な機械の操作など、現代農業のリスクと似たようなものだ。分散した小規模プラントによる液体または気体バイオ燃料の生産では、メタノールやメタンといった危険物または爆発物が加工されるために、労働安全についての特別な注意を払う必要がある。大規模生産の一層広範な健康リスクについては、論点7、8を参照されたい。これらのリスクには、遺伝子組み換え生物(GMO)、排ガスのリスクが含まれる。

B 伝統的燃料の収集と調理に関連した時間、労力、怪我を削減する能力

典型的には、遠距離を歩き、重荷を負い、危険な地域で燃料を集める女性と少女たちへの影響は、近代的バイオエネルギーへの物理的・経済的アクセスが提供されるならば、すべて削減される。家に近い安全地帯から遠く離れた場所で燃料を集める女性や少女は、最悪の場合、襲撃とレイプのターゲットになる。近代的バイオ燃料は女性を薪集めから解放するが、女性が（バイオガスのような）燃料を作るためのバイオマスを生産するなら、追加の仕事も生まれる。

燃料を集め、他の家庭内の雑用をするために通学をやめるときには、女性は読み書きの能力や経済的機会を諦めることになり、生涯にわたる傷を負うことになる。近代的燃料を利用できる女性達は、調理の負担が軽減され、教育的・社会的・経済的機会を追求する時間的余裕ができる。彼女達は、より広いネットワークに加わり、ラジオ、テレビ、その他の通信技術へのアクセスの拡大を通して修養と社会参加の機会を追求するチャンスも手にすることになる。

高いレベルの健康、読み書き能力、フォーマルな雇用を享受する女性たちほど、出産する子供の数が減る傾向がある。彼女らは自分の人生について決定し、自尊心と自身の生活について決定する能力の向上が、妊娠を延ばし、避ける意志と能力を生み出す。

C. 輸送燃料における含酸素化合物使用に由来する公衆衛生上のリスクを最小限にする能力

空中の鉛は、特に子供には、深刻な公衆衛生のリスクを生み出す。ガソリンへのテトラエチル鉛添加の段階的廃止は、有鉛ガソリンがまだ普通であるごく一部の国を除けば、ほとんどの地域で鉛粒子への暴露を減らしてきた。高濃度の鉛への暴露は神経への悪影響を引起し、高血圧、心臓疾患、学習障害、知能不足などにもつながる。有鉛ガソリンの段階的廃止の健康便益は、

経済的その他の費用をはるかに上回る。

代替含酸素添加剤で、発癌性物質の可能性もあるメチル・ターシャリイ・ブチル・エーテル (MTBE) は、漏出し、地下水に入りこむことで公衆衛生を脅かす恐れがある。加えて、ガソリン中の芳香族化合物の濃度の上昇は、ベンゼン暴露からのリスクを高める恐れがある。

純粋なエタノールの燃焼は重大な公衆衛生リスクは引き起こさないが、代替ガソリン含酸素添加剤としてのエタノールの利用は、ガソリンにブレンドされたエタノール燃料は、発癌性が疑われるアセトアルデヒドを多量に排出するから、公衆衛生上の不利益をもたらす恐れがある。

今までのところ、すべてのガソリン混合物は何らかの健康上の欠点を持つように見え、様々な混合物のメリットが科学的・政治的論争的になっている^{x ii}。

実施問題

多くの地域で、一層クリーンで効率的なストーブと近代的バイオ燃料の生産能力と流通網の開発が必要になる。女性達は、近代的バイオマス資源と技術を学び、獲得することを可能にする信用、炭素基金、情報、その他の資源へのアクセスも必要とする。これは再生可能エネルギー市場に大きな影響を及ぼす一方、エネルギー利用の健康や環境への影響を減らすこともできる。

金融、改良製品・技術へのアクセスに加え、人的資本の開発が死活的に重要になる。一般への普及には、特定の集団をターゲットとする教育と啓蒙が必要となる。健康とジェンダー（社会的性差の問題）にかかわる他の実施上の問題は、論点 1 で述べたことと類似している。

フィリピンのストーブ・バイオ燃料協同組合：革新的な官民パートナーシップ^{x iii}

灯油と同様、多種の植物油（ヤトロファ・落花生・ヒマワリ油、廃食油など）も燃やせる新しい調理用コンロが、フィリピンで開発され、普及しつつある。このコンロは、操作が簡単で、購買力を増し・生産費を低く抑えために、ほとんどが地方で製造されている。これは、ホーエンハイム大学（ドイツ）、ボッシュアンドジューメンス家庭用機器グループ、欧州自然遺産基金（ドイツ）、ドイツ経済協力開発省（BMZ）、レイテ州立大学（フィリピン）の革新的な官民パートナーシップの成果である。

100 以上のフィリピンの家庭と小規模な食堂が、約 38 米ドルで販売されるこのコンロを試してきた。パートナーシップは、生産コストが低下していくから、価格はもっと下がると予想している。このコンロは爆発などの危険がなく、排ガスは高品質の灯油ストーブの 10 分の 1 と少ない。調理時間を薪コンロよりも 3~4 割短く、女性と子供の室内空気汚染暴露を大幅に減らし、他の生産活動のための時間を生み出している。

このパートナーシップは、400 のフィリピン家庭が関係する地域ココナツオイル生産組合にも立ち上げ資金を提供した。25~40m² よりも小さなココナツ畑が週に 2 リットルの油を供給できる。これは、平均的な家族（5.2 人）のこんろで燃やすに十分な量だ。ココナツ絞りが飼料としての利用で、この協同組合の収入は 20% 増え、なんとか灯油より安い価格でココナツオイルを供給している（1 リットル 0.55 米ドル対 0.69 米ドル、ただし、少なくともこの違いの一部は灯油の税率が高いことからくる）。

問題点 4：農業構造への影響

はじめに

近代的バイオエネルギーは、農村の農民・林業者・労働者の新たな雇用・所得機会とエネルギーサービスへのアクセスを約束する。エネルギーアクセスの強化は、農業の生産性と収益性の改善のためにも重要である。エネルギーは、加工、梱包、輸送といった収穫後付加価値化活動にも必要である。

しかし、農民への利益が保証されているわけではなく、他の者のコストも増えるかもしれない。第一に、バイオエネルギー作物栽培のための土地需要が食料作物のための土地利用と競合、食料価格を上昇させる結果となるかもしれない。第二に、大規模な加工、特に流通から大きな規模の経済が得られるから、大規模生産者に味方する。液体バイオ燃料は、土地なし農民や食料純購入者である農村・都市の貧困層には特に有害になりうる。これは液体バイオ燃料開発に関連した最大の脅威の一つであり、決定者の熟慮が必要である。

液体バイオ燃料は、最善の場合、製品に付加価値を与えることで農民を豊かにすることができる。しかし、最悪の場合、世界の最も貧しい農民を土地から追い出し、貧困化を助長する所有権の集中をもたらす。将来のバイオ燃料経済では、大規模な資本集約的ビジネス、(政策的支援で保護されて) 大企業と競争する農民協同組合、液体バイオ燃料が小規模に生産され、地方的に使用される形態が混在することになりそうだ。しかし、生産規模と関係なく、一つはつきりしていることは、バイオ燃料の生産・加工・利用にかかわる農民が多ければ多いほど、彼らの利益の分け前も大きくなるということである。

第二世代液体バイオ燃料の生産施設は、はるかに多くの農業バイオマスの市場を創出し、一層高い価値の副産物の創出を約束する。しかし、それは、一層資本集約的で、複雑な生産施設の開発を必要とし、大企業を一層有利にする。すでに、多大な投資が、今後何十年かの中に新たな「バイオ経済」が登場するだろうと告げている。それは、一層の大企業が農村経済に参入、原料生産者に支払われる価格を統制することで農民を押し潰し、残った価値連鎖を支配する可能性を告げている。そうなれば、利益は大量の原料を生産する者ではなく、このバイオマスを燃料や製品に変える独占的技術をもつ者がせしめることになるだろう。従って、現実の、あるいはあり得る障壁と不効率を確認し、克服するために、バイオエネルギー連鎖全体の分析をする必要がある。

木質ペレットや木質チップなど、森林由来のバイオマスエネルギーは、中小企業に新しい機会を創り出すことができる。一般に、林産物と多年生植物は、バイオエネルギーの将来に重要な役割を果たすだろう。

地方的文脈の中で取り組む必要のある問題

A どんな作物が最も有望か？

液体バイオ燃料原料が多様であることは、有利でもあれば不利でもある。それは、一つは僅かな種類の作物のモノカルチャーと比較して、供給の安定性を高め、バイオマス生産システムの弾力性と生態学的利益を増加させる。他方、多様な物理的・化学的特徴をもつ多種類の原料は、取り扱いと加工に関する難題を生み出す。それは、最終製品の様々な特徴にも結果する⁴。

液体バイオ燃料の利用法、土壌のタイプ、農業システムの違いに応じてどの作物が最適かを決

⁴ これは、国際的に承認された燃料仕様および認証／表示システムの必要性を際立たせる。

めるためには、なお多くの研究が必要である。原料選択に際して考慮すべき基本的要素には、次のようなものがある。すなわち、経済的存続可能性、バイオ燃料利用形態に対する適性、単位面積あたり収量、必要な投入、数量増加の可能性、作物の用途の広さ、干ばつや病害虫に対する抵抗性、用途の競合、価格の変動性、機会費用などである。(様々な原料タイプ比較は表1を参照のこと)

表1: バイオ燃料原料の予備的アセスメント

作物種類	作物の要求			
	土壌要件	水要求	養分要求	気候条件
穀物	土壌攪乱が少ない。収量が安定。毎年の藁の除去で腐食が減少する。	-	中間	温和
麻	水分供給が多く、厚い土壌。PH バランスは 6-7。	栽培季全体を通して適度の水分	中位 殺虫剤不要	多様な環境条件、ただし温暖が好まれる
ヤトロファ	多くを求めず。耕起(耕耘)は不要。	灌漑、天水いずれも可。	痩せ地、アルカリ土壌にも適応。肥料の利用で収量上昇。	熱帯、亜熱帯気候。乾燥、半乾燥気候も。
トウモロコシ	通気と排水が良い。	効率的。	高い肥沃度。その維持(窒素肥料)	温帯から熱帯
ススキ	水分供給が多く、腐植が多い褐色土。PH 5.5-7.5 が最適	主要成長季には決定的に重要	低	温暖気候。寒冷にかなりの耐性
オイルパーム	排水良。PH は 4-7。平坦で厚い。	年間均分 1800~5000mm の降水	低	気温 25-30°C の熱帯、亜熱帯。
ポプラ	厚く、湿気がある土。土性(粒径組成)は中位。高い冠水耐性。	高。灌漑が必要なことも。	高。	極地から温帯。
ジャガイモ	厚く、排水性良好。砕けやすく、通気性良く多孔性。PH5-6。	高。灌漑が必要。	多くの肥料が必要。	18-20°C が最適
菜種	柔らかく、厚いローム質で、土性は中位。排水性良。	年間降水量最低 600mm。	小麦に類似	高温に敏感。15-20°C がベスト
米	透過層と排水性の良さが必要。	非常に高。冠水地で育つ。	比較的多肥。非常に集約的なシステム。	熱帯地域での安定した気温。30°C あたりが最適
ソルガム	土性は軽から中。通気性・排水性良。	干ばつに強い。	多量の窒素。	高収量品種には 25°C 以上が最適。
大豆	有機物を多く含む水分の多い沖積土壌。	高。	Ph6-6.5 が最適。	熱帯、亜熱帯、温帯。
テンサイ	土性は中からやや重。排水性良。塩分耐性。	中。生育期に 550~750mm。	適度な窒素が初期の最大限の成長を確実にする。多くの肥料が必要。	温帯。
サトウキビ	特別なタイプの土壌は必要がないが、利用可能な水分を 15% 以上含む通気性の良い土壌。	高。生育期全体に均分。	多量の窒素と燐が必要。多量の糖回収のためには、成熟期の土壌中窒素は低レベルにする必要。	熱帯もしくは亜熱帯
ヒマワリ	多様な土壌で天水で育つ。	気候と生育期間に応じて 600~1000mm	中。	灌漑された乾燥気候 天水の温帯気候。
スイッチグラス	草地平原から乾燥地、湿地まで。	干ばつ耐性で非常に高い水効率。	低。	暖かい季節の植物。
小麦	土性は中。	高。	高。	温帯、冬に降水のある亜熱帯、赤道付近熱帯、1500m 以上の高地、雨期が長く冬季作物の育つ赤道から離れた熱帯。
柳	砂質、粘土、沈泥ローム。	相当量の水が必要。	多量の養分を吸収。	冬は低温耐えるが、晩春と初秋の霜は芽を損傷。

出典: ダイムラー・クライスラー、WWF、バーデンヴェルテンベルク農業省、UNEP

B 様々な作物の構造影響

大規模生産に適した原料もあれば、小規模な利用に適した原料もある。例えば、非食用油料種子のヤトロファは、今のところ手作業で収穫されなければならない、労働集約的作物であり、不完全就業の多い地域に適している（収穫機械の開発研究が行なわれてはいるが）。多くの例では、バイオマスはエネルギー密度が比較的 low、またかさばるために、未処理原料が費用効率的に輸送できる距離は限られている。燃料エタノール生産のために使われるサトウキビは、典型的には広大なプランテーションで栽培されるが、加工工場の規模は、収穫後 48 時間以内に加工する必要があるために制限されている。

同種作物であっても、そのなかの変種によって農業構造は劇的に異なる。例えば、アフリカで基礎食料作物として普及している穀粒ソルガムは地域のエタノール原料に向いていると思われるが、農学研究では、スウィートソルガムの方がエタノール生産に適していることが示されている。スウィートソルガムは、他の作物には不適な条件下でも生長が速く（1年に数度の収穫が可能）、水もサトウキビほど必要とせず、集団化された小規模土地保有者の耕作に適している。加えて、スウィートソルガムのなかには、サトウキビに匹敵する質を持つ品種もある（茎からの糖が抽出でき、発酵させられる一方、サトウキビからのバガスのように、繊維残渣がボイラー燃料として利用することもできる）^{xiv}。

C 歴史的な土地保有権、生産連鎖の所有権、信用の利用可能性

社会の最貧層は、典型的には公式土地所有権を持たず、別の土地保有取り決め（例えば、政府所有地での資源利用や共同体所有組織への参加）に頼る。農業とエネルギー産業の出現によって解放された世界市場の力は、新しく安定した所得の流れにつながることもあろうが、貧しい人々や先住民の疎外を増し、明確な土地所有権のない小農民を彼らの土地から追い立てるなら、伝統的な暮らしに影響を与え、彼らの生計を破壊する可能性もある。このシナリオは、土地所有法を含む強力な法制が設けられ、適切に執行されれば、回避することができる。

農村開発の利益を実現し、またバイオエネルギーに関連した経済的乗数効果をフルに引き出すためには、生産連鎖の価値付加部分の所有権も決定的に重要である。バイオマス生産者が価値付加部分（例えば、加工段階）にかかわるところでは、利益は多岐にわたる。第一に、生産者は農産品価格下落のリスクを避けられる。低価格は農業所得を損ねるが、バイオ燃料／バイオエネルギー生産からの利益に与ることができるからである。第二に、加工施設の農民所有は工場への原料供給のリスクを減らす。高品質の原料供給の確保は農民の利益にもなるからである。価値付加活動の利益の農民の分け前が増えると、農村コミュニティにおける経済的相乗効果も劇的に高まる。

金融サービスへのアクセスの欠如は、しばしば貧困地域の開発の深刻な障害となる（論点 1 実施問題 A を参照）

実施問題

A 公共政策は小規模バイオエネルギー生産を奨励すべきか？

バイオマスエネルギーの生産規模や所有構造には、様々なものがあり得る。これらには、地域利用のための小規模地域生産、地域で利用するが余剰があれば販売もする小規模生産、中央転換施設で加工される原料の小農生産、加工・流通の集中所有を伴う中小規模生産者からの原料購入、生産連鎖全体の集中所有が含まれるが、これらに限られるわけではない。

バイオエネルギー市場の不確実性に影響を与える政策は、バイオエネルギー生産の規模に深く関係する。小規模農民は、特に彼らが限界地に住み、万が一失敗したときの他の選択肢をほとんど持たない場合には、よほど高い価格が予想できないかぎり、今の生産物をバイオエネルギー生産に切り替えようとはしない。小農民と比べれば、大規模農業生産者やその他の事業者は、もっとバイオエネルギー市場に参入する傾向がある。

小規模バイオエネルギー生産を奨励すべきかどうかの決定に際して参考になるのは、小規模バイオエネルギー産業は公共投資に対して高い社会的報酬をもたらすということである。資源のプール、集団的所有の助長、公正な価格の確保により、小規模生産でも十分な供給量と所得が実現できる。ブラジル、フランス、ドイツ、モーリシャス、米国の経験は、小規模で地方的に所有されるバイオ燃料生産施設が、地域の所得を引き上げ、社会福祉支出を減らす傾向があることを示している。

社会福祉支出の減少と新たな仕事・ビジネスで稼いだ金が地域内で回ることによる経済的乗数効果により、政府は小規模生産への投資から高い報酬を得る傾向がある。大規模生産者に比べ、小農民や労働者は、一般に信用や価格助成が得られる住居の近くで必需品や贅沢品を購入することが多く、地方の税収も増える。他方、小規模生産の社会的利益は、生産効率における犠牲を伴う。従って、小規模生産は、大規模生産よりもより高い政府補助金を必要とするだろう。その結果、決定者は、乏しい政府財源の配分をめぐる重大なトレードオフに直面することになる。

B 協同組合、農業普及サービス、能力開発の役割

地方の利益は、転換施設の原料需要に応じるために小規模生産者を組織化することで高められる。バイオエネルギー産業を大企業が支配する地域では、農民協同組合が独立生産者と大企業をつなぐ有益な役割を果たす。

モーリシャスでは、直接的政策介入と革新的な収益共有メカニズムの成果として、大規模な熱電供給施設からの利益の分け前が低所得農民に流れている^{xv}。エタノールの二大生産国であるブラジルおよび米国でも、産業は大企業によって支配されているが、農民協同組合も役割を果たし、小規模農民に利益をもたらしている。

農業普及サービスは、最善の農業方法の普及、農民同志の学習の助長で重要な役割を果たす。国際的な能力開発（キャパシティビルディング）活動は、普及サービスの前提となるノウハウの蓄積を助け、一層持続可能な小規模バイオエネルギー生産を助長することができる。

国際的な能力開発は、バイオエネルギー作物生産に独特の専門知識が数カ国に集中している産業の初期段階では、特に重要な役割を果たす。これは、ハイテクでもローテクでも同様だ。アフリカのバイオ燃料開発で最先端を行くマラウイでは、蒸留廃液からバイオガスの利用に焦点を当てた技術移転プログラムが、訓練と能力開発の努力が足りずに失敗した。ケニアでは、燃料エタノール分野への進出が、大規模施設のコスト超過、戦略的な計画・決定過程の欠如、エタノール生産経済の理解の欠如によって失敗に帰した。こうした経験は、よい統治（グッドガバナンス）、管理の訓練、透明性、説明責任などの幅広い制度的目標と整合する国際的な能力開発活動の必要性を証明している。

この文脈で、国連エネルギーとユネスコは、再生可能エネルギーに関する能力開発のための情報収集・普及活動を展開している。類似の脈絡で、FAO も、バイオエネルギーを通して農村アグロインダストリーの競争力強化を目指す管理モデルを開発し、農林業普及員を訓練するための再生可能エネルギーマニュアルを作成した。FAO は、バイオマスエネルギー協力の枠組

みとしての国際バイオエネルギープラットフォーム (IBEP) を立ち上げた。それは、決定のための情報とデータ、バイオエネルギーの能力と持続可能性を評価する方法に関する途上国支援に焦点を当てている。FAO は、国際バイオエネルギーパートナーシップ (GBEP) も主催する。多様な利害関係者間の協力、バイオエネルギー貿易、バイオ燃料の持続可能性の推進活動を行っている。

二国間あるいは三国間の技術協力も重要な役割も果たしている。ブラジルと、カメルーン、ガーナ、ギニアビサウ、マリ、メキシコの間での南々協力 (バイオディーゼル生産)、ブラジル、インド、フランス、英国をハイチ、マラウイ、モザンビーク、ナイジェリア、セネガル、南アフリカとつなぐ南南北北パートナーシップ (主にエタノール) などがある^{xvi}。

農産物・バイオマス廃棄物からバイオ燃料を生産する小規模企業の支援

国連環境計画の農村エネルギー企業開発計画 (REED) は、アフリカ 5 カ国とブラジル、中国の「クリーンエネルギー」企業に、企業開発サービスと起業資金を提供している。2000 年以来、44 の企業に資金を供給した。今では、これら企業が毎年基金に資金を返還するまでになり、これが新たな企業に再投資されている。これらの資金供給の見返りは、それと同額の一多くの場合、それを超える一経済開発、環境改善、貧しいコミュニティのための近代的エネルギーサービスへのアクセスの改善という非金銭的見返りである。これらの見返りの数量化は困難だが、8 つの企業に関する暫定評価が 2004 年に行なわれた。

この研究対象の一つが、タンザニア・バイオマス・エネルギー・テクノロジー社 (BETL) である。この会社は、タンガセメント社 (TCCL) の燃料として、農産物その他のバイオマス廃棄物の調達と供給を調整する。これは、TCCL が 1 年間に使う 4 万 4000 トンの重油の最大で 15% に置き換わる。これが TCCL の支出と GHG 排出を減らし、BETL にも、最大 1200 トンのトン当たり 40-50 ドルでの引渡しによる 43% の粗利益マージンを生み出す。

バイオマスの収集・輸送からの収入は、BETL の活動の最も重要な社会的インパクトとなってきた。TCCL に供給されるバイオマス 1 トンごとに、地方の輸送サービス業者に所得が生まれる。会社レベルでは、今職業訓練中の新職員 1 人を雇った。都市地域の女性は、1 日に 40 袋の木炭残滓を集め、月 60 ドルを稼ぐ。これはタンザニアの最低賃金より 25% 多い。BETL の事業の環境へのプラスの影響には、廃棄物処理メカニズムから生じる地方の利益、GHG 排出削減のグローバルな利益が含まれる。

問題点 5 食糧安全保障への影響

バイオエネルギーの開発と拡大は、さまざまな経路で食糧安全保障に影響する。現在の「食べ物か、家畜飼料か、燃料か」という論争は単純すぎ、一定の場所と時の食糧安全保障を決定する要因の複雑性を反映していない。食糧安全保障への短中期的な主要な影響の大部分は、ほとんどが食料作物に依存している現世代の輸送用バイオ燃料から来る。この節の目的は、液体バイオ燃料と食糧安全保障の基本的関係の最初の分析を導くことのできる広い枠組みを提供することである。

液体バイオ燃料生産の拡大は、利用可能性、アクセス、安定性、利用という 4 つの主要な次元を通して、家庭レベル、国レベル、グローバルなレベルにおける食糧安全保障に影響を与える。これらの影響は、状況によってプラスでもマイナスでもある。例えば、国または家庭がエネルギーサービスと食料品の純購入者であるか、純販売者であるかによって、バイオ燃料の影響がプラスにもなれば、マイナスにもなる。

液体バイオ燃料と食糧安全保障の4つの次元

適切な食料供給の**利用可能性**は、土地、水、その他の生産資源が食料生産から転換される程度に応じて、バイオ燃料生産に脅かされる。バイオ燃料生産が食料用商品価格を吊り上げるなら、低所得の純食料購入者の食料への**アクセス**を危機に陥れる。他方、バイオ燃料原料市場は、農業生産者に新たな機会を提供し、農業所得を増やすことに貢献する。近代的バイオエネルギーは、遠隔地域に安価なエネルギーサービスをもたらし、農業その他の部門の生産性の改善を支えることで、食料の利用可能性とアクセスにプラスの影響を与える。

安定性とは食糧安全保障の時間的次元であり、石油価格の変動が農業部門に直接、強く伝わるために、これもバイオ燃料成長の影響を受ける。**利用**とは、健康、清浄な水や医療サービスへのアクセスなどの栄養問題に関連した、人々の食料に含まれる栄養分吸収能力のことである。バイオ燃料原料生産による水利用が家庭の利用と競合し、家庭の利用可能性が減れば、影響を受ける人々の健康と食糧安全保障が脅かされる。他方、近代的バイオエネルギーがもっとひどい汚染をもたらすエネルギー源に置き換わるか、エネルギーサービスの利用可能性を拡大すれば、これは調理を安く、清潔にし、食料利用にプラスの影響を与える。

バイオ燃料原料需要の増大が食料作物や食用作物生産用地の原料生産への流用につながれば、世界食料価格が上昇する。バイオ燃料生産拡大の世界商品価格と食糧安全保障への影響を定量する分析が進行中だ。これは、燃料のタイプ、国の政策、場所（都市、農村）、農業システム、食糧安全保障の文脈で大きく変わる。

バイオ燃料と食糧安全保障の関係の分析では、金銭資本の低投入、自然と人的資本の多用、狭い自然資源基盤、土地と労働への低報酬、少ない兼業機会、従って低い機会費用などの貧困と関連した土地利用の特徴が考慮されねばならない。包括的な分析と政策を欠けば、バイオ燃料生産は一等地を目指すことになる。

農産商品価格は、現代農業が肥料や機械（従って、最終的には化石エネルギー）に大きく依存しているために、長い間、エネルギー価格の影響を受けてきた。商品価格上昇は、生産者には利益をもたらすが、これは食料価格上昇を意味し、消費者には不利益となる。

取り組む必要がある問題

A 誰が飢えるのか？

バイオエネルギーの食糧安全保障への影響は、途上国、後発途上国、低所得食糧不足国（LIFDC）の間で異なる。後の二つのグループは、基礎食糧を輸入に大きく依存し、熱帯一次産品の輸出に頼っているから、食糧安全保障において最も弱体である⁵。途上国の飢餓は農村地域に集中する傾向があるから、農業・農村開発に特別の注意を払わなければ、食糧安全保障の改善はほとんど不可能である。

世界の穀物供給のおよそ30%は家畜の飼料として利用されているから、バイオ燃料開発の影響は、食事のパターンの変化とも関係してくる。今後30年間の食糧需要の増加の30%は食事

⁵ 訳注：これらの諸国の農地では自給的食料生産をほとんど行わず、コーヒー、カカオ、綿花などの商品作物をモノカルチャー（単一栽培）的に栽培し、輸出によって得た外貨により穀物などを輸入している。商品作物市場価格は乱高下することがあり、価格が下がると、基礎的な食糧の輸入が困難となる。2007年－08年にかけての食糧危機発生の背景には、こうした脆弱なシステムの存在がある。

の変化から来ると予想される。高カロリーの肉や乳製品を買える人が増えるからである。肉や乳製品の生産には、飼料用作物を栽培するための土地や水など、大量の資源投入を必要とする。そのために、肉や乳製品の需要の増大は、バイオ燃料と食糧安全保障の両方を満足させる供給の利用可能性を減らし、二つの目的の間の緊張を高める。

B 食糧の利用可能性への影響

液体バイオ燃料生産は、土地と他の生産資源を食料作物からバイオ燃料原料作物に振り向けるから、食料の利用可能性を脅かす。現在バイオ燃料原料として利用されている作物の多くは優良農地と大量の肥料、農薬、水を必要とする。

現在の液体バイオ燃料生産の規模と状態では、食料生産とバイオ燃料生産の競合は避けられないが、近代的バイオエネルギーが地方の食料生産を増加させることもあり得る。バイオ燃料生産用のマメ科窒素固定作物が穀物と輪作されれば、全体的な生産性が上がり得る。競合の程度は、作物収量、第二世代バイオ燃料技術の開発速度など、多種の要因にかかっている。リグノセルロースを原料とする第二世代技術が商業的に存立できるようになれば、土地や資源の競合の影響は減る。しかし、スイッチグラスや穀物を栽培するために、放牧地やサバンナなどの「未開拓地」に開墾の手が入るリスクが残る。

工業国の食料過剰生産は長年のわたり農産商品価格を低迷させ、農村地域経済低迷の主要な原因をなしてきた。バイオ燃料は工業国の余剰作物を吸収するから、商品価格を上昇させ、貧困国農民の所得を増やし、工業国における農業補助金を求める政治的圧力を減らす可能性もある。しかしまた、バイオ燃料作物需要増大による価格上昇が農民の増産を誘い、長期的には食料価格上昇を抑制する可能性もある。

C 食料へのアクセスに対する影響

食料品価格は、食料へのアクセスの最も重要な決定要因の一つをなす。前に述べたように、また砂糖、トウモロコシ、菜種、パーム油、大豆などの主要バイオ燃料原料作物ですでに起きているように、バイオ燃料生産の拡大は、世界食料価格を短中期的には上昇させると予想される。商品価格上昇による生産者の所得増大は、消費者へのマイナス影響で相殺される恐れがある。

バイオ燃料の生産拡大が石油価格とバイオ燃料原料価格と連動している可能性も明らかになっている。バイオ燃料生産の拡大は、食料価格と石油の価格の連動により、食料の短期的価格変動を一層大きなものにする。この短期的変動は、即座の適応能力を欠く貧困層の食糧安全保障を、長期的変動以上に脅かす。適切な貿易政策は、国内需給の変動を国際貿易で緩和することによりバイオ燃料生産と食料生産の間の緊張を和らげ、価格安定を助ける可能性がある。

実施問題

A 食糧安全保障とバイオエネルギーの分析の枠組みの開発

バイオエネルギーの生産と利用の拡大の食糧安全保障への長期的影響を完全に理解するためには、一層の研究と分析が必要である。

バイオエネルギーの食糧安全保障への影響は、特に関係する技術と国の特徴によって変わる。食料作物由来の液体バイオ燃料は、リグノセルロースや廃棄物に基づく近代的バイオエネルギーよりも、食糧安全保障に様々な影響を及ぼす。

国に特殊な影響の理解を容易にするために、国の類型に基づく分析の骨組みが開発されるべきである。上に議論した食糧安全保障の4つの次元は、この分析枠組みの出発点を提供する。

B 農業生産性と持続可能性の強化

生産性、水の保全、土壌肥沃度の改善は、全体的な農業産出高を持続可能な方法で高めることにより、食料、飼料、燃料の間の緊張を和らげることができる。ヤトロファのような非食用バイオ燃料作物を乾燥・半乾燥・劣化・限界地に植えることは、現在の食料生産と直接には競合せず、このような土壌の回復も助ける⁶。耕起を最小限にし、土壌有機物の蓄積を高める保全農業⁷のような農法も、土壌肥沃度と水利用効率を高める。エネルギー作物を食料作物との輪作に加えれば、生産性と病害虫抵抗性が高まる一方、生産者の所得機会も多角化できる。

C 液体バイオ燃料にかかわる諸政策の相互作用の理解

液体バイオ燃料の開発には、エネルギー、環境、農業、貿易の最低4つの政策分野がかかわる。同様に、国、地域、世界のレベルの政策が関係し、予期されない相互作用を持つ。政策立案者は、これらの様々な政策領域とレベルの相互作用を理解し、食糧安全保障の優先を確保する必要がある。

農業市場とエネルギー市場は著しく歪められており、それが改革の影響の理解を難しくしている。既存の農業補助金は明らかに商品価格を抑え、液体バイオ燃料の石油燃料との競争力を高めているが、税制優遇で優位に立つ石油製品と競争するためには、バイオ燃料への直接補助も必要になる。このような補助金がバイオ燃料産業の勃興を可能にするために短期的に正当化されるかどうか、厳格な費用・便益分析で評価されるべきである。いかなる場合にも、国が必要な原料の競争力ある生産者でなく、またバイオ燃料を効率的に生産するために必要な能力と規模の経済を達成できないならば、補助金は無駄になる。

ヤトロファ―“ミラクル”な作物？

ヤトロファ(*Jatropha curcas*)はエネルギー作物として知れわたっている。この植物は干ばつに耐え、限界地でもよく育ち、年に300ミリから1000ミリの降水しか必要とせず、定着が容易で、侵食地の修復を助けることができ、成長が速い。これらの特徴は、樹木の被覆や土壌肥沃度の減少を恐れ、食料作物との競合を最小にするエネルギー作物を求めている多くの途上国を引き付ける。同時に、この小木は、仁の重さの30%の油―既に石鹼、蠟燭、化粧品に使われており、カスターオイルと似た医薬品特性を持ち、調理や発電にも有用な油―を含む種子を2年から5年で産出する。

北部ラテン／中央アメリカの原生種には、ニカラグア、メキシコ(毒性が無いか、少ない種子として区別される)、カーボベルデの3品種がある。第三の品種はカーボベルデに定着、アフリカとアジアの諸地域に広がった。カーボベルデでは、油抽出、石鹼製造用途でポルトガルに輸出するために大規模に栽培された。ピークの1910年には、ヤトロファの輸出は5,600トンに達した。

主張されているヤトロファの多くの長は、油やバイオディーゼルの大規模生産や小規模な農

⁶ とはいえ、大量のバイオ燃料原料が限界地で生産されることはありそうもない*。このような土地の一部は、すでに家畜放牧のために使われており、食料生産と競合する。

* 訳注：2008年FAO食料農業白書は、ヤトロファについて次頁のような囲み記事を掲載している。

⁷ 保全農業とは、最小の土壌攪乱(耕耘)、土壌被覆の増大、適切な輪作などによって土壌を健全に保ち、あるいは健全な土壌の再建を目指す農法。30年前に導入されたこの農法は、現在では世界の1億²の土地で実行されている。南米の大規模農場、アフリカの小規模農民の圃場、温帯アジアの生産システムを含む多様な状況において大きな利益を生み出しているとされる。

村開発の計画を生み出した。国際的投資家、国内投資家が、ベリーズ、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、タンザニアでのヤトロファ大規模栽培に突進している。最大規模のベンチャーは、2003－2007年の間に40万^{ヘクタール}にヤトロファを栽培するインド政府の“ナショナル・ミッション”である。目標は、2001－2012年までに、1,000万^{ヘクタール}の荒蕪地で栽培され、年間を通じて500万の雇用を生み出すヤトロファから生産されるバイオディーゼルで、国のディーゼル消費の20%を置き換えることである。[中略]

この植物は、アフリカでも、しばしば町や村の土地を分ける垣根として、広く育っている。マリでは数千キロメートルの垣根を見ることができる。それは、家畜から庭を護り、風と水による侵食を減らすのに役立つ。種子は既に石鹼製造や医療目的で利用されており、ヤトロファ油は、低速ディーゼルエンジン、発電機、充電器、製粉機などの動力源として、非政府組織により奨励されている。タンザニアやその他のアフリカ諸国では、小規模農村電化プロジェクトのエネルギー源としてヤトロファ油を奨励するパイロットプロジェクトが進行中である。

多くの国で行われている相当な投資とプロジェクトにもかかわらず、ヤトロファの農学に関する信頼できる科学的データは利用できない。投資の決定が依拠する土壌、気候、作物管理、作物遺伝物質などの変数と収量の関係を立証する文書記録は乏しい。示される収量の大きな差は、土壌肥沃度や水の利用可能性などのパラメーターと関係づけることができない。1991年から1999年まで行われたニカラグアでの実験のような90年代の実験は失敗に終わった。実際、ヤトロファに関する多くのポジティブな主張は、成熟したプロジェクトの経験に基づいていないように見える。Jongschaap et al. (2007)は、中小規模のヤトロファ栽培は土壌－水の保全、土壌改良、侵食抑制に役立ち、生垣、薪、緑肥、照明燃料、地方的石鹼生産、殺虫剤、医薬などに利用できると論じている。しかし、彼らは、養分要求(土壌肥沃度)・水利用・労働投入が少なく油の収量が高い、食料生産との競合はない、病害虫に強いといった主張は科学的証拠による裏づけがないと結論した。最も決定的な欠陥は改良品種と利用可能な種子の欠如である。ヤトロファは、未だ信頼できるパフォーマンスを備えた作物として実証されていない。非現実的な期待に基づくヤトロファへの突進は金銭上の損害につながるだけでなく、地方コミュニティの信頼を損なうという恐れには、十分な根拠があるように見える。持続可能なヤトロファ栽培は、生産と販売の不確実性を取り除くことを意味する。適する生殖質と様々な条件の下での収量に関する一層の研究が必要であり、作物の持続可能な開発を促進するためには市場も確立されねばならない。

環境政策としてのエタノールやバイオディーゼルのブレンド強制(混合義務化)は、これら製品の輸入を制限する貿易政策とつじつまが合わないこともある。これら二つの政策が組み合わさると、もっと効率的に生産されるこれら製品の外国からの輸入を妨げることで、ブレンド要求を満たすために必要になる以上の食料生産用地の転換が起きる可能性がある。同様の理由で、特恵的市場アクセスに依存する輸出機会を当て込んだ投資、輸入国における大量の消費補助金も、慎重に評価されねばならない。

雇用や小農民に所得を供給するための小規模で労働集約的バイオ燃料生産への投資や政策的支援の例がある。例えば、ブラジルは最近、小規模な農村協同組合に焦点を当て、特に貧困削減に目的を絞った「社会バイオディーゼル」プログラムを導入した。ブラジル政府は、社会経済的条件の改善を目指し、労働者家族に油料種子の新市場を提供している。その成果の評価は残された課題である。

問題点6：政府予算への影響

はじめに

近代的バイオエネルギーは、(ある状況での熱と電気のためのバイオマス廃棄物のような) 現在商業的に競争できるものから、多額の政府補助金を必要とするものまで、すべてを含む。今までのところ、液体バイオ燃料には、例外なく多額の政府補助金が与えられてきた⁸。この目的のために最も一般的に用いられる方法は、燃料税と賦課金の減額である。これは、しばしば消費の義務付け、生産補助金、そして特にエタノールの場合は貿易制限と組み合わせられる。

輸入制限は、貿易を歪め、効率的な生産者の国際市場での販売を阻むが、財政的には安上がりで、各国政府により自由に使われている。消費義務付けは、液体バイオ燃料の生産コストが一般的には高いために租税奨励措置と対使われるとはいえ、それ自体では政府の財政に影響がない。直接補助金とあらゆる形の租税奨励措置は予算に影響を与えるから、バイオ燃料プログラムを考える政府は慎重に評価すべきである。

取り組む必要がある問題

A 液体バイオ燃料減税

燃料課税は、一般的には多様な目的を果たそうとする。エタノールとバイオディーゼルが代替する輸送燃料の場合、これらの目標には、一般（非輸送）支出のための政府歳入増加、輸送部門への、またその内部での資源の効率的配分、道路整備・維持の資金調達、渋滞の緩和、道路輸送の環境外部性の削減、所得再配分が含まれる。

環境目的の課税の場合には、各燃料の環境特性に従って燃料消費税の差別化を行うことができよう。しかし、渋滞や道路損傷は燃料の種類と無関係だから、一部の国が行っているように、この目的の課税をエタノールについて免除するというのは不適切だ。

石油製品への課税は、多くの低所得国政府の決定的に重要な財源を提供している。燃料税徴収は、所得税など他の課税形態に比べて簡単だからだ。豊かな家庭ほどガソリンへの支出割合が多いから、ガソリン税は累進的となる。エタノールは、大部分はガソリン代替で使われるから、ガソリンにブレンドされるエタノールについての大幅減税は、主として富裕層をターゲットとするこの税からの政府収入を減らすことになる。

多くの途上国では、公共輸送などに広く使われ、政府が安く維持しようと努めているディーゼルへの税率は、ガソリンへの税率に比べて低い。もともと低い税率をさらに引き下げるのは難しいから、減税措置だけでバイオディーゼルの消費を促進するのは難しい。

B 補助金と免税の規模

米国のエタノール補助金の詳細な研究は、2006年のこれらの補助金が、燃料税減免額の約半分に相当する50億ドルにのぼると算定した。補助は市場価格の40パーセント以上になる(Koplow 2006)。ブラジルも大幅な減税を行なっている。2005年6月、国の含水エタノール消費の半分以上を消費するサンパウロ州における純粋エタノールとガソリン/エタノールブレンド燃料の税額の差は、エタノール1リットルあたり0.3ドルになっている(Kojima および Johanson 2005)。

これらの補助金は、液体バイオ燃料への切り替えによるGHG排出削減の利益を大きく上回る。

⁸ ここに言う補助金はWTOの定義に従うもので、生産者への直接支払いだけでなく、税金や政府歳入を減らすその他の負担金の減免も含む。

C どんなときに財政的支援が適切であり得るか

燃料税は、都市の大気汚染に貢献する排ガスからの外部性を削減するにはあまり効率的に働かない。地域の汚染物質排出と環境外部性は、燃料選択だけでなく、車両技術、メンテナンス、ドライビングのパターン、排出の場所と時間によっても異なるからである。

一酸化炭素（CO）や炭化水素（HC）など、地域の大気汚染に大きな関係のある排出物は、輸送燃料のエタノール含有量を増やすことでも削減される（表2参照のこと）。

表2 CO および HC 排出におけるエタノール増加の影響

汚染物質	ガソリンへのエタノール混合割合			
	0%	12%	18%	22%
CO	200-450	150	120	100
HC	140	110	105	100

しかし、燃料税は CO₂ 排出と関連した外部性を削減するためには有効である。これらの排出が燃料消費に直接関連しているからである。効率的な課税のために、外部費用のある燃料への税率は、その消費を社会的最適に減らすように引き上げるべきである。「よりクリーンな」燃料の補助は非効率的である。それぞれの燃料のライフサイクル CO₂ 排出特性に基づく炭素税が適切である。

国内バイオ燃料市場を維持するために過去に提供された、また現在提供されている補助金の規模は非常に大きいから、政府は、福祉最大化の目的が脅かされないように、バイオ燃料を補助するために取りおかれた予算の再配分を検討すべきである。一般に、政府奨励措置は、開発を効率的に促進するようにデザインすることが重要である。これは、選択された技術が政策的・社会的目標（農村開発など）を達成する費用効率的な方法であると結論できるとき、何よりも特定のエネルギー技術を促進することを意味する。あらゆる状況において、当該技術を推進する社会的便益が、補助金に関連した社会的費用を上回るべきである。これは、限定された政府財源が、清浄な水や基本的ヘルスケアから初等教育にいたる基本的ニーズと競合する低所得国においては、特に重要である。

実施問題

特定の近代的バイオエネルギー源が商業的に存続可能なら、政府の本来の役割は、有効な執行を伴う透明で安定的な規制の枠組みを確立することである。バイオエネルギー源がまだ商業的に存続できず、政府の支援が求められるならば、政府は、補助されるバイオエネルギーの社会的費用と便益や、バイオエネルギープログラムにいつ、どこで、どのように乗り出すべきかを評価する経済分析を通して、関連するトレードオフを慎重に考慮するべきである。経済分析は、計画されるエネルギープログラム、あるいは既存のエネルギープログラムの効率性とその社会的純便益をを最大化するための有効なツールをなす。

バイオエネルギーの経済は、場所と状況により異なり、各国が異なる結果を生み出す。補助されるインプットや資源の代替利用が適切に反映されるためには、支払われる価格よりも、土地、水、労働などの機会費用が使用されるべきである。補助金の大部分を誰が受け取るのかを調査することも重要だ。補助金が大規模アグリビジネスに行くのか、それとも小農民が受け取るのか、それによって福祉効果は違ってくる。これらの基準の他のエネルギー部門への適用は、異なった技術と原料の間の一層平等な競争の場をつくる際に役立つ。

液体燃料に対する異なる税率の適用は、偽表示、不純品、違法販売などの不正商慣行の横行に対処するための行政上・規制上の難題を生み出す。バイオ燃料への課税は、特に燃料が多数の生産者によって小規模に生産されるならば、税を徴収する場所が増えるから、これも行政上の難題となる。これらの難題を理解し、他の国の経験から学び、最初から税務署を巻き込むことが重要である。

問題点 7. 貿易、外貨収支、エネルギー安全保障への影響

はじめに

エネルギーと農業の貿易は、収支の大幅な不均衡で特徴づけられる。エネルギーの場合、比較的少数の国が輸出を支配する一方で、ほとんどの国が消費する燃料の大部分を輸入している。エネルギー部門全体や電力基盤・料金に対する長年の直接、間接の補助金が現在のエネルギーシステムに貢献してきた。世界の農業も、多くは農業に重く依存する貧しい国に有害な法外な貿易歪曲で特徴づけられる。

バイオ燃料市場の初期の発展がこれらの既存の貿易歪曲によって形づくられるのは避けがたい。事実、バイオ燃料も直接補助金と貿易保護を受けており、それがエネルギー市場と農業市場に影響を与えている。バイオ燃料政策開発の難題の一つは、混沌とし、しばしば人為的に操作される市場を有効にナビゲートすることである。将来は、バイオ燃料の大規模な発展が農産商品価格を引き上げ、食料純輸出貧困国の所得を増加させる一方、工業国においては農業補助金を求める政治的圧力を減少させることになりそうである。しかし、これは、工業国における補助金予算増加と、世界中の貧しい消費者にとっての食料品価格上昇という二重のコストを払うことになるだろう。

取り組む必要がある問題

A 外貨収支への影響

世界の最貧 50 カ国のうち、38 カ国は石油の純輸入国で、25 カ国は必要とする石油のすべてを輸入している。最近の石油価格上昇は、世界の貧困国の多くに甚大な影響を及ぼした。ある国は、保健に支払う金の 6 倍をも燃料に払っている。他の国は、貧困削減のための支出の 2 倍を燃料に払う。ある国では、債務救済で得た外貨の 5 倍になっている。エネルギー・アナリストが予測不能な石油市場の時代を予言する現在、化石燃料依存は、多くの発展途上経済国にとっての重大なリスクとなってきた。

世界燃料供給の多角化は、世界石油市場に有益な影響を与え得る。いくつかの推定によれば、バイオ燃料生産の増大は、特に第二世代技術が利用可能になり、同時に一層効率的な輸送への投資が輸送需要の増加を抑えるときには、今後数十年の液体燃料需要の増加の大部分、恐らくはすべてを賄うことができる。既に多くの国で石油生産が減少に向かっているとき、バイオ燃料利用の増大は石油市場に均衡をもたらし、石油価格の大幅引き下げに貢献することができる⁹。

⁹ 訳注：この報告の 1 年半後に発表された 2008 年 FAO 食料農業白書は、この間の新たな研究を踏まえ、「液体バイオ燃料の輸送エネルギーへの寄与、ましてやエネルギー利用全体への寄与は、限定的にとどまる。世界の一次エネルギー需要は圧倒的に化石燃料に支配されており、また将来もそうであろう。石炭、石油、ガスが全体の 81% を占め、2030 年のこのシェアも、石油を犠牲にした石炭の伸びで 82% になると予想される。バイオマスと廃棄物は世界の一次エネルギー需要の 10%

多角化された燃料ポートフォリオは国レベルの利益ももたらす。分析が示すところでは、電力市場の場合には、多角化は、将来の価格リスクを緩和するために、追加エネルギー源の価格がその支配的競争者の価格を大きく上回る場合にさえ、大きな価値を持つ。バイオ燃料の場合には、初期のバイオ燃料価格は、はるかに大きな世界石油市場の動向に引きずられて上下するから、この便益は減るだろう。

米国とヨーロッパは、これらの補助金を輸入関税と組み合わせることで、補助金が他国の農民よりも国内農民に利益を与えるように保証した。これは、バイオ燃料貿易は大きく制限されるが、石油貿易は事実上野放しという奇妙な皮肉につながった。大部分の専門家は、バイオ燃料への国際市場開放が投資を加速し、生産コストが低い場所での生産を確保することになるという点で一致している。中でも中米やサブサハラ・アフリカの貧困国が利益を受けることになりそうだ。言うまでもないことだが、この大きく加速された投資と生産は、取り返しのつかない持続可能性へのインパクトを回避するために、国レベル、国際的レベルで詳細にアセスされるべきである。

B 農業貿易政策への影響

農産商品は多くの貧しい国の支配的な輸出収入源である。しかし、工業国の農業補助金やその他の保護主義的政策が国際価格を引き下げ、最富裕国市場へのアクセスを制限するから、これらの輸出収入が制限されている。エネルギー市場と異なり、大部分の農産商品価格は、実質で20年前の価格を下回る。北米自由貿易協定のような貿易協定が途上国に新たな貿易機会を提供はしたが、貧困国に安い穀物が洪水のごとく流入することにもなった。他方、工業国の価格支持や補助金を減らす努力は、大部分が失敗に帰している。

一部のエコノミストは、バイオ燃料生産者が農業補助金による原料価格引き下げの利益を得ていると論じている。これは原料次第の話で、特に砂糖に当てはまる。トウモロコシのような他の原料の価格は大きな影響を受けていない。貿易障壁が取り除かれれば一部農産商品価格が上昇するというのは真実だが、この影響は生産者がこれに応じて増産に走れば中和される。

エタノール需要の急速な増大は、既に砂糖とトウモロコシの価格に影響を与えている。これは、米国、ブラジルだけではなく、世界中の農業者に大きな報償をもたらした。どちらも、国際的に広く貿易されているからだ。トウモロコシ先物相場の20年来の高騰は、アフリカやラテンアメリカの一部の国では心配事でもある。トウモロコシが貧困層の基礎食料をなしているからである。

農産商品価格の世界石油市場の変転との結びつきは明らかに大きなリスクである。しかし、これは主要食料作物に依存しないバイオ燃料産業が開発されるまでの過渡期にはつきものである。トウモロコシや砂糖の価格上昇は、草、木、廃棄物をエタノールに転換する第二代セルロース技術やバイオマスを様々な合成燃料に転換する技術の開発の大きな刺激要因でもある。

実施問題

バイオ燃料産業の開発には政府介入が必要であり、これが政策決定者に多様な選択の機会を与

を占めているが、2030年には9%へと、わずかながら減ると予想される。同じ年、輸送エネルギー消費中の液体バイオ燃料のシェアは、なお3.0-3.5%にとどまると予想される」としている。

える。確かなことは、バイオ燃料政策は、真空の中ではなく、より広範なエネルギー政策と農業政策の文脈の中で考えられねばならないということである。

A バイオ燃料補助金

補助金はバイオ燃料産業開発の初期には必要だが、多くの国の石油産業で起きたような長期の補助金とならないように、その使用は注意深く調整され、時間の経過とともに減らされねばならない。

B ブレンドの義務付け

大気質目標を達成するために化石燃料に一定量のエタノールやバイオディーゼルをブレンドすることを義務付けることによって市場開発が加速されよう。しかしこれは、コストを納税者から消費者にシフトさせることになる場合がある。ブラジルやドイツで起きたように、納税者補助金は減らされるが、義務的な最低混合量は容易に増やされる。特にディーゼルの場合、消費者へのコストのシフトは、福祉を大きく後退させる可能性がある。

政策変更は慎重に実行されねばならない。1990年代に、ブラジルが補助金からブレンド義務化に移行し、石油価格が下落したとき、競争できる価格でエタノールを供給するために必要な補助金の規模は払いきれない大きさになった。政府が補助金を払えなくなると、エタノール生産の減少とともにその価格が上昇、エタノールだけで走る車の値段は暴落、オーナーは大損害を蒙った。この歴史的な大失敗がブラジルを現在のフレックス車への熱狂に駆り立てた。ドイツでは、バイオディーゼル優遇税制の後退が燃料価格を吊り上げ、燃料需要を減少させた。

C 能力開発

バイオ燃料開発の経済的便益を実現し、そのリスクを最小限に減らすことができるかどうかは、これを国レベルで支持する人的能力とインフラの能力の開発にかかっている。強い農業は強いバイオ燃料産業の前提だが、バイオエネルギー部門は、その特性を考慮に入れる努力から利益を受けることができる。既にいくつかの国際的イニシアティブが、このような便益の実現を追求している。

●国際バイオエネルギーパートナーシップ (IBEP) は、持続可能な開発、エネルギー安全保障、貧困軽減、気候変動緩和の支援により、持続可能で、公正で、アクセス可能なバイオエネルギー源とサービスの確保を追求している。

●グローバル・エネルギーパートナーシップ (GBEP) は、特に途上国に焦点を当てて、バイオエネルギー促進、環境に優しい燃料の生産・販売・利用の奨励のためのグローバルな政治フォーラムを促進する任務を持つ。

●UNCTAD (国連貿易開発会議) のバイオ燃料イニシアティブは、多くの機関で既に進行中のバイオ燃料プログラムのハブを提供するために構想された。それは、健全な経済・貿易政策の分析、能力開発活動、コンセンサス構築ツール、個々の途上国のバイオ燃料市場参入能力のアクセスへのアクセスを提供することを目指している。

●グローバルビレッジ・エネルギーパートナーシップ (GVEP) は、途上国がエネルギー行動計画を立ち上げるのを支援し、関連研究や需要分析を助けてきた。それは、途上国のエネルギー中小企業に対する財政支援、能力開発、技術支援の提供も始めた。

問題点 8 生物多様性と自然資源管理への影響

はじめに

バイオマスをエネルギー用に使う最大の利点の一つは、化石燃料に関連した GHG 排出量を大きく減らす可能性である（問題点 9 を参照）¹⁰。しかし、最大のリスクの一つは、原料の生産と収穫のために利用される土地（例えば処女地や高度の保全価値を持つ土地）に対するインパクトと、それに関連した生息地、生物多様性、水・大気・土壌の質への影響である。加えて、バイオエネルギー生産に関連した土壌の炭素含有量や森林・泥炭地の炭素ストックの変化が、GHG に関する利点の一部かすべて帳消しにしてしまう恐れもある。

他方、バイオエネルギー生産は、例えば農業方法が（作物の油や澱粉や砂糖の含有量ではなく）エネルギー収量を最大にし、植物品種を多様化し、化学物質の投入を減らすように調整されれば、慣行の工業化された農業よりも環境負荷を減らす可能性も有する。輸送、発電、熱電併給（CHP）におけるバイオエネルギー利用は、これら分野における化石燃料市場の環境悪影響を減らすだろう。家庭が近代的バイオエネルギーにアクセスできる場所では、伝統的バイオエネルギーの段階的廃止により、木材燃焼やその他の活動に関連した自然資源の減耗を防ぐことができる。バイオガスの利用は、環境中に流れ出し、生物多様性や自然資源に影響を与える有機廃棄物による汚染を回避するだろう。

「バイオエネルギーは、気候変動、エネルギー安全保障、農村地域の開発など、いくつかの難問に取り組む並外れた機会を提供する。しかし、その中のあるものは取り返しのつかない結果をもたらす新たな環境・社会問題を生み出す。これを避けるために、投資は慎重に計画し、管理する必要がある。バイオエネルギーの持続可能性を確保するための措置には、作物の地方の条件へのマッチング、適正な農業慣行、エネルギーに事欠く者に近代的エネルギーサービスを提供する地方市場の開発が含まれる」—UNEP（国連環境計画）事務局長 アヒム・シュタイナー。

取り組む必要がある問題

A 原料選択、土地利用、土壌保全

栽培される作物、それが置き換わる作物の種類、耕作と収穫の方法によって、バイオエネルギーは、土地利用、土壌、水、生物多様性に好影響も与えれば、悪影響も与える。植栽される地域に適したエネルギー専用作物—多年生樹木や草—は、化学物質投入を最小限にでき、原料生産に関連した汚染や水需要を減らし、野鳥その他の野生動物の生息地を提供する。多年生樹木や短伐期林木も、1年生農作物よりも土壌の炭素含有量を増やすことができる。

将来は、農業と林業の残滓や廃棄物に頼る第二世代技術が、バイオ燃料生産に要する土地を大きく減らすことができよう。同時に、このような残滓が土壌や生態系の健康維持に必要であり、ある程度の量は地面に残さなくてはならないを認めることが重要だ。伐採残滓は森林の重要な

¹⁰ 訳注：この報告の後に起きたバイオ燃料評価の最大の変化はこの点にかかわる。2008年FAO食料農業白書は、この点について、「バイオ燃料のGHG排出への影響・・・は、原料、生産地、農業方法、転換技術によって異なる。多くの場合、ネットの影響はバイオ燃料に不利である。最大の影響は、バイオ燃料原料需要の増大に応えるために農地が増大するために起きる土地利用の変化—例えば森林破壊を通しての—から生じる」と総括している。

栄養源であり、土壌を雨、風、太陽から保護し、侵食のリスクを減らす。農業残滓も農地において同様な役割を果たす^{xviii}。土壌の劣化や収量減少を避けるためにはどれほどの残滓を残さねばならないのか、一層の研究が必要である。

選ばれる原料とそれが入れ替わる植物が何であるかによって、適正な農業方法が周辺環境に影響を与えることなく、あるいは好影響さえもたらしながら、生産性を上げることができる。バイオ炭¹¹、間作、輪作、二毛作、保全耕耘は、土壌浸食を減らし、土壌を改善し、水消費を減らし、作物を病害虫に強くし—それによって化学肥料や農薬の必要性も減らす。保全農業技術は侵食を止めることで環境影響を最小化し、覆すことさえできるが、これらの利益も、大部分は残滓による土壌の覆いがあるからこそ得られることに注意することが重要である。

保全農業は、土壌浸食を止めるだけでなく、新たな土壌有機物の形で炭素を捕らえることで、気候変動の抑制にも貢献する。しかし、この有機物のほとんどがバイオエネルギーに転換されれば、土壌の炭素隔離能力が減少してしまう。特に農業残滓を含む原料を丸ごと利用できる第二世代燃料となると、収穫物の一定部分を土地に残せと農民を説得するのは難しい。

多年生作物を緩衝帯や野生動物の回廊として利用することは、化学物質の流出を減らす、野鳥やその他の野生動物に生息地を提供するなどの環境便益をもたらす。ヤトロファのような一定の植物は、劣化地の条件を改善することで、砂漠化を覆うことができる^{xviii}。しかし、さらに持続可能なエネルギー作物も、自然の森林や草原に代わることはできない^{xix}。

B 草地、熱帯林 その他の生物多様性に富む生態系への影響

森林破壊、生物多様性喪失、土腐侵食、養分流出など、バイオエネルギーの土地利用に関連した問題は、最も厄介で、最大の注目に値する。インド、スリランカ、タイでは、都市貧民の薪採集で、道路脇、町、都市の森林は丸裸になり、スーダンでは半径 400 km²の森林が刈り払われた^{xx}。作物がエネルギー目的で栽培される場所では、大規模モノカルチャーは重大な生物多様性損失、土腐侵食、養分流出につながるだろう。草地の縮小に関連した遊牧の生活様式の喪失、これらの土地に依存する家畜や野生動物の食料（餌）生産の喪失は、重大な経済的・社会的インパクトを持つだろう。

C 水質と水の利用可能性への影響

FAO は、2030 年まで、灌漑農業に影響を与えるような水危機は世界レベルでは起きないと予想している。このときまで、灌漑用水のための取水は 1998 年と比べて大きく増加することはない。しかし、地方レベル、特に近東と北アフリカでは、既に厳しい水不足が起きている。農業は、現在、利用可能な淡水の 70%（発展途上世界では 85%）を、主に食料と非食料原料のために使っている。天水農業は全耕作地の 83%で行われ、世界食料供給の 60%を供給している（灌漑農業の収量は天水農業の収量の 2 倍以上になると示唆する研究があるにもかかわらず）。世界の灌漑地の 4 分の 3 は、世界の農地全体の 20%を持ち、すべての作物生産の 40%を供給する途上国にある。

水の利用と水質をめぐる既存の問題の多くは、水のもっと効率的な利用や、肥料としてのリサイクルや、[汚泥の嫌気性消化による]バイオガス化によって取り組むことができる。このような変化には時間がかかるが、FAO の予測では、今後 30 年で、途上国の有効灌漑面積は 34%増えるが、そのために必要な水は 14%増えるだけである。これは、水要求が多い作物のシェア

¹¹ バイオ炭またはブラックカーボンとは、一般的には、バイオマスの不完全燃焼を通して生み出される炭から派生する。

が減り、灌漑水利用の平均的効率の引き上げが実現できるためである^{xxiii}。こうすることで、食料や原材料の生産に必要な水の利用可能性の問題は解決できるかもしれない。しかし、これはバイオエネルギー用の水利用を考慮に入れていない^{xxiv}。実際には、水の利用可能性と利用の問題が農業バイオエネルギー生産を制約することになるだろう。

水の物理的利用可能性と水に対する法的権利・アクセスは、バイオマス耕作にとっても、バイオエネルギーへの加工（転換）にとっても、死活的に重要な問題になる。水の利用可能性は、原料の選択、転換施設の立地、その他のバイオエネルギービジネスの決定に影響を与える。逆に、これらの変動要因が、水の利用可能性と、それに関連した人間の安全保障に影響を与える。

D 大気質への影響

バイオエネルギー原料生産に関連した大気質問題は比較的小さな問題で、農業機械を運転するための石油ディーゼルをバイオディーゼルに切り替えるとか、野焼きその他の汚染行為を制限、あるいは規制するとかの措置を通して軽減することができる。

暖房や調理のための伝統的なバイオマスの燃焼に関連した大気質と健康の問題は、問題点 1 で論じたように、よく知られており、世界中の多くの努力の焦点となっている。

輸送におけるエタノールとバイオディーゼルの利用による大気汚染は化石燃料より少なく、これがバイオ燃料への転換の一つの動機となっている。バイオガスも、もっと地方的に限定されているとはいえ、大気質改善に貢献する（例えば、廃棄物処理場・居住地域近くの人間や動物の廃棄物からの悪臭を減らす）。地球規模の大気質と気候にとっての便益は問題点 9 で論議する。

E 第二世代技術の影響

化石エネルギー源と比較したバイオエネルギーの環境上の利点は、時間の経過とともに増えていきそうだ。新たな一層効率的な原料源と転換技術が開発され、作物収量が増えるからである。資源集約度が低い原料に依存する第二世代技術の迅速な商業化により、できるだけ早くこの未来に到達することが重要だ。第二世代技術に基づくバイオパワーも、化石エネルギー源に比べて、ますます有利になりそうだ。

実施問題

A 土地利用管理の有効性

大きな困難はあるものの、大規模なバイオマス生産、特にバイオ燃料原料に関連したリスクの多くを軽減するためのモデルは存在する。例えば、生物多様性をめぐる問題に取り組むために、ブラジルのサンパウロ州は、サトウキビ生産者が総作付地の 20%を自然保護区として取り置くことを義務付けている^{xxv}。油を産出する 300 種以上の樹木があるインドでは、多種バイオディーゼルプログラムが植物の遺伝的多様性の確保を助けるだろう^{xxvi}。東南アジアの少なくとも一部のパーム油産業は、生物多様性を強化するための野生動物サンクチュアリや緑の回廊を促進してきた^{xxvii}。これらの努力は、オイルパームプランテーションの環境影響をめぐる懸念に対応して、2004 年に形成された持続可能なパーム油に関する円卓会議（RSPO）により、国際レベルでも支持されている。

それにもかかわらず、土地、野生動物、水、大気、土壌へのバイオエネルギーの影響を最小にするためには、地方、国、地域のレベルでの環境政策と規制が必要である一特に途上国では。

しかし、環境的持続可能性と経済的存続可能性の間にトレードオフがあると受け止められており、また現実にもそのようなトレードオフがあるならば、このような規制の考案と執行は困難な課題となる。

B 一層の研究の必要性

どんな作物と管理方法が影響を最小にし、利益を最大にするかを定めるためには、一層の研究が必要である。原料生産の影響に関する今までの研究の大部分は、特定の種や文脈に関するもので、様々な、より広範な状況の下でどのような慣行が最も有効で、野生動物や周辺生態系への害が最も少ないかの理解はあまりない。それに加え、自然農薬・肥料の利用のポテンシャル、ヤトロファのような油産出樹木の大規模植栽のあり得る影響、投入を減らしながら作物収量を増やす可能性、作物地・林地からの残滓除去の影響、乾燥地域に適した多年生原料の選択肢などに関する一層の研究も必要である。遺伝子組み換え（GM）作物の便益が費用を上回るかどうかの決定の改善も、決定的に重要である。前に述べたように、第二世代転換技術の一層の研究も急を要する。実行されるいかなる研究も、野心的で国際的に支援された技術移転計画を通して、すべての国が利用できるようにすべきである。

C 自主的または義務的な認証のポテンシャル

エネルギーのための世界のバイオマス利用は増加するから、規格、規制、効率的な供給と転換技術の開発と早期の導入がなければ、環境影響も増えることになりそうだ。バイオエネルギーが可能なかぎり持続可能な方法で生産されるように保証するためには、国際規格と認証／保証システムが不可欠である。木材など一部のバイオエネルギー源については既存の認証システムが適切な出発点と枠組み基準になり得る。バイオ燃料認証規格・モダリティの設計と承認を前進させる FAO、UNEP、UNIDO、UNCTAD の努力も進行中である。特に重要なのは、バイオエネルギーと食料安全保障との関連の理解を進め、バイオエネルギーオプションの量的評価を助けるために、FAO が国連エネルギー、学界、産業、NGO との緊密な協力の下で開発を進めている基準である。将来の認証・表示計画に特に関係するのは、大規模バイオエネルギープロジェクトの小規模農民、雇用、公平性、ジェンダーへの影響である。

問題点 9 気候変動への影響

はじめに

バイオエネルギー開発の主要な動因の一つは、主に化石燃料燃焼、土地利用の変化、農業が引き起こす気候変動への関心である。エネルギー生産のためのバイオマス利用は、GHG 排出を大きく減らす可能性を持つ。輸送燃料生産からの排出も含む輸送部門からの GHG 排出量は、世界のエネルギー関連 GHG 排出量の 4 分の 1 を占める^{x xviii}。最近何十年かの CO₂ 排出に限れば、工業国における化石燃料燃焼から 75–85%、森林破壊その他の土地利用の変化から 15–25%が排出されている。

様々なバイオエネルギーに関連した GHG 収支を評価するためには、ライフサイクル全体を通じての排出を考慮することが不可欠である。ライフサイクルの GHG 排出（窒素酸化物の排出も含む）と、バイオマス生産・利用に関連したその他の温暖化ガス排出に関する知識の欠落部分を埋めるための理解の改善が必要である。

A GHG の純排出量に影響を与える要因

バイオエネルギーのライフサイクル GHG 排出は、土地利用の変化、原料、農業方法、精製ま

たは転換過程、最終利用法によって大きく変わる。例えば、大草原地帯の草地がトウモロコシや大豆の畑に転換され、化学肥料と化学農薬を施され、石炭や天然ガス精製されれば、この過程を通して生産されるバイオ燃料は、ライフサイクル全体では、化石燃料以上の気候影響を与える。多年生作物が1年生作物に取って代わり、石炭電力に代わるバイオマスエネルギーで加工されれば、化石燃料に比した GHG 排出は大きく減る。

一般に、慣用の肥料のように化石エネルギーの多投や優良農地を必要とし、単位面積当たりのエネルギー収量が比較的少ない作物は避けるべきである。非再生可能バイオマス資源の収穫を減らすことも重要である。しかし、“持続可能な”エネルギー作物を植え、収穫することも、それが一次林に取って代わるとすれば、いかなるバイオ燃料の便益も打ち消す土壌や森林バイオマスからの大量の炭素の放出につながる^{x x ix}。

B GHG 削減のポテンシャル

バイオエネルギーの生産と利用に関連したネットのライフサイクル GHG 排出に関する研究は発展途上にあり、状況の多様性のために、推定結果には大きな幅がある。特に土地利用の変化、肥料施用の影響、副産物利用に関する仮定によって、結果は大きく左右される。

輸送用バイオ燃料については、大部分の研究は、ライフサイクルを通してのすべての化石燃料投入を計算に入れても、現在の原料から作られるバイオ燃料の生産と利用は、石油燃料に比べて多少なりとも GHG 排出を減らすことを示している^{x x x}。ただし、これは、何世紀にもわたって炭素を貯えてきた森林、セラード（ブラジルの熱帯サバンナ地帯）、泥炭地の開墾がないと仮定しての話である¹²。

発電の場合には、石炭に代えてのバイオマスの燃焼は、輸送燃料のためのバイオマス利用よりも GHG 排出をさらに大きく減らすことができる。さらに、熱と電力を生産するためのバイオガスを発生させるために埋め立て場に行くはずであったバイオ廃棄物を利用すれば、最終的には分解して、CO₂ の 21 倍の温暖化効果を持つメタンを放出することになる有機廃棄物を減らすことができる。

将来は、例えばプラスチック生産など、バイオマスを様々な用途で利用し、エネルギー用廃棄物をリサイクルすること（バイオマスの“カスケード利用”）が、バイオマス資源の CO₂ 排出削減能力を最大限にするだろう。諸研究は、このやり方は、エネルギーだけのために利用されるバイオマスに比べ、はるかに大きな気候便益をもたらすと結論している^{x x xi}。

C トレードオフ：コストと限りのある資源

現在の研究は、輸送用燃料やその他の利用よりも、熱電併給（CHP）のためのバイオマス利用が、今後 10 年における最善の、そして最も安価な GHG 排出削減方法であると結論している^{x x ii}。GHG 排出を減らす最大のポテンシャルは、石油燃料よりも石炭の代替から来る。多く

¹² 訳注：この報告以後に現れた研究は、これらの土地の転換とは直接には無関係の、例えば米国のトウモロコシエタノールの拡大も、トウモロコシ価格の世界的上昇を通じて穀物その他の作物の生産拡大を誘導、間接的には森林、セラード、泥炭地の開墾につながり得ることを明らかにした。この影響の定量は難題となっているが、例えば米国環境保護庁（EPA）は、2007 年米国エネルギー独立・安全保障法が定めたバイオ燃料の持続可能性基準を満たすかどうかの判定において、このような間接影響も考慮する姿勢を崩していない。この場合、スイッチグラスなどを原料とする次世代セルロース系バイオ燃料でさえ、GHG 排出基準（GHG 排出を化石燃料よりも 60%以上減らさねばならない）を満たせない恐れがある。

の国の分析は、バイオ燃料が他の措置に比べて高価な GHG 削減手段であることを示している^{xxxiii}。ブラジルのサトウキビエタノールだけはこの例外である^{xxxiv}。

同時に、バイオ燃料の利用で回避される CO₂ は、これら燃料への移行から生じる社会の便益のほんの一部にすぎない。熱電併給においては、石炭に代わる多くの再生可能なオプションが存在するけれども、バイオ燃料には液体輸送燃料のオプションしかない。輸送部門内部においてさえ、公共輸送促進、自転車の利用、車の燃費改善、都市計画と土地利用の改変など、一層費用効率的な GHG 排出削減方法がある^{xxxv}。

実施問題

バイオエネルギー生産に関連した GHG 排出を最小限にするためには、政策立案者は、未開草地、一次林、自然価値が高いその他の土地を護り、持続可能なバイオマス原料生産・管理方法の使用を奨励する必要がある。このような政策は、エネルギーのためのバイオマス生産を超えて、一般の農業・林業生産に拡張されるべきである。

バイオエネルギー製品、特にバイオ燃料のライフサイクル全体の GHG 排出の検証を含む国際認証スキームを開発する必要がある。現在、一部の国では、アセスメントが上流での排出の考慮を怠っているために、バイオ燃料は“カーボンニュートラル”と考えられている。広く受け入れられる認証スキームの開発と実施は困難な課題だが、だからといって政府、産業、その他の当事者が努力をやめてはならない。

A 生産効率の改善

エネルギー効率の改善は不可欠である。可能なかぎり、特に先進工業国では、バイオマスは、エネルギー生産のための化石燃料の追加というよりも、代替として利用されるべきである。石油の代わりにバイオ燃料を使うことは、単に予想される世界エネルギー需要の増加を埋め合わせるために燃料を生産し、燃やすよりも、地球の気候に一層大きな便益をもたらすことができる。近代的エネルギー源へのアクセスを欠くところでは、近代的バイオエネルギーの提供は化石燃料へのアクセスより好ましく、(エネルギー効率の改善と相俟って) 将来の GHG 排出増加を減らすことができる。

B セルロースエタノールの生産とその他の先進技術

液体バイオ燃料の場合、GHG 排出と関連費用は、第二世代原料・燃料の開発によって最大限に削減される可能性がある。どちらも、大規模な生産と排出削減のポテンシャルを持つからである。特にリグノセルロース原料を燃料に転換する先進技術は、輸送関連 GHG 排出を減少させる大きなポテンシャルを持つ。石油価格の高止まりを仮定し、生産コストを引き下げる飛躍的進歩が起これば、CO₂ 削減コストの大幅引き下げが可能になる一方、他の環境・社会便益も提供する。

C 炭素回収・貯留能力

バイオエネルギーの生産と利用は、炭素回収・隔離の大きなポテンシャルを提供する。例えば、バイオ燃料転換過程の副産物である[土壌改良資材としての一訳者]バイオ炭は、土壌への炭素貯留を助ける一方、土壌からの窒素酸化物やメタンの排出を減らし、価値ある肥料も提供する。保全農業も、有機物の形で土壌中に大量の炭素を隔離するポテンシャルを提供する。しかし、この農法はバイオエネルギー生産とは衝突する恐れがある。バイオエネルギー生産は、大量の有機物のエネルギーへの転換を必要とするからである^{xxxviii}。問題点 8 を参照)

第4節 将来の見通し

省略

第5節：出典および参考文献

1. International Energy Agency、 World Energy Outlook 2006 (Paris:2006) .
2. A. Kumar and J.p. Painuly. Based on discussions with stakeholders during work on the approach paper、 “Catalyzing Financing Market for Biofuel Oils in South India、 ”2005.
3. World Health Organization. Fuel for Life: Household Energy and Health (Geneva: 2006) ; SNV、 “Biogas Program Nominated for the Energy Globe Award、 ”12 December 2006; SNV、 “Minister Veerman Visits Biogas Farmers in Vietnam、 ”29 October 2006.
4. K. Ericsson et al.、 “Bioenergy Policy and Market Development in Finland and Sweden、 ” Energy Policy、 Vol. 32 (2004) .
5. Ibid.
6. S. Kartha et al. Advancing Bioenergy for Sustainable Development Guidelines for Policy makers and Investors、 Volumes I、 II、 and III (Washington、 DC: World Bank Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP)、 April 2005)、 p. 160; Biomass Users Network、 An Overview of Sugarcane Cogeneration in Six Central American Countries (San Jose、 Costa Rica: BUN Regional Office for Central America、 1997).
7. S. Kartha and E.D. Larson、 Bioenergy Primer、 Modernized Biomass Energy for Sustainable Development (New York: UN Development Programme、 2000)、 p. 26.
8. F.O. Licht、 World Ethanol & Biofuels Report、 14 February 2003; V. Thomas and A. Kwong、 “Ethanol as a Lead Replacement: Phasing Out Leaded Gasoline in Africa、 ” a Journal of Energy Policy、 vol. 29 (2001).
9. Kartha and Larson、 op. cit. note 7、 p. 160.
10. F.O. Licht、 World Ethanol & Biofuels Report、 14 February 2003.
11. UN-Enera. The Energy Challenge for Achieving the Millennium Development Goals (New York:2005) .
- Xii E. Burnes et al.、 “Economic and Policy Implications of Public Support for Ethanol Production in California's San Joaquin Valley、 ” Energy Policy、 vol. 33 (2005).
- Xiii Bosch and Siemens Home Appliances Group、 “Bosch and Siemens Home Appliances Group Presents an Ecological Plant Oil stove for Developing and Emerging Countries、 ” press release (Munich:4 October 2006); Bosch and Siemens Home Appliances Group、 “Protos: The Plant Oil Stove”(Munich:2006); E. Uherek、 “A Plant Oil stove for Developing Countries、 ” Global Change Magazine for Schools、 10 September 2006; V. Labro、 “stove Fueled by ‘Tuba-tuba’ Launched in Leyte、 ” Philippine Daily Inquirer、 14 April 2006.
- xiv J. Woods、 “The Potential for Energy Production Using Sweet Sorghum in Southern Africa、 ” Energy for Sustainable Development、 March 2001、 pp. 31-38.
- XV S. Karekezi et al.、 “Traditional Biomass Energy: Improving Its Use and Moving to Modern Energy Use、 ” Thematic Background Paper for the Conference Renewable Energies、 Bonn、 Germany、 2004.
- xvi J. Sacerdote and D. Merii、 “Forum Social vai mostrar impactos sociais do biodiesel para a Africa、 ” in Brazil、 Ag January 2007; “Biodiesel no Haiti” Estado de Minas、 2 January 2007; Biopact、 “Brazil and UK to develop ethanol project in Africa、 ” 6 September 2006; Biopact、 “France signs biofuel cooperation pact with Brazil、 Caribbean

and Africa, "11 June 2006; "Brazilian Blueprint for Nigerian Biofuels Sector," African Review of Business and Technology, July 2006; "Government of Malawi announces increased cooperation with India and Brazil to develop biofuel industry in search for oil independence," Daily Times Malawi, 25 October 2006.

xvii Kirsten Wiegmann and Uwe R. Fritsche, with Berien Elbersen, Environmentally Compatible Biomass Potential in Agriculture (Darmstadt: Oko-Institut, 2006).

Xviii Mali-Folkecenter, "Thejatroppha Plant as a Tool for Combating Desertification, Poverty Alleviation, and Provision of Clean Energy Services to Local Women" (Bamako, Mali: May 2004).

Xix WorldWatch Institute, Biofuels for Transport: Global Potential and Implications for Energy and Agriculture (London, UK: Earthscan, 2007).

XX India, Thailand, and Sri Lanka from Emily Matthews et al. The Pilot Analysis of Global Ecosystems: Forest Ecosystems. (Washington, DC: World Resources Institute (WRI), 2000); Khartoum from Business in Africa, "Energy in Africa: Is There Energy for AII?" 4 November 2005, p.1.

xxi See for example: Markus Ouirin et al., "CO2 Mitigation through Biofuels in the Transport Sector: status and Perspectives, Main Report"(Heidelberg: Institute for Energy and Environmental Research, August 2004) and J. Calzoni et al., "Bioenergy for Europe: Which Ones Fit Best? A Comparative Analysis for the Community," funded by the European Commission in the framework of the FAIR Programme (Heidelberg: Institute for Energy and Environmental Research, November 2000).

xxii Water and irrigation data from UN Food and Agriculture Organization (FAO). Crops and Drops: Making The Best Use of Water for Agriculture (Rome:2002)

xxiii Ibid.

xxiv Theodor Friedrich, Crop and Grassland Service (AGPC), UN Food and Agriculture Organization (FAO), reviewer comments, 13 January 2007.

XXV WorldWatch Institute, op. cit. note xix.

xxvi Ibid.

xxvii Ibid.

xxviii Kevin A. Baumert, Timothy Herzog, and Jonathan Pershina. Navigating the Numbers: GHG Data and Climate Policy (Washington, DC:WRI, 2005); Intergovernmental Panel on Climate Change, Working Group III, IPCC Third Assessment Report, Climate Change 2001: Mitigation (Cambridge:Cambridge University Press, 2001).

xxix WorldWatch Institute, op. cit. note xix.

XXX M.A. Elsayed, R. Matthews, and N.D. Mortimer, "Carbon and Energy Balances for a Range of Biofuels Options," prepared for UK Department of Trade and Industry Sustainable Energy Programmes (London: March 2003); WorldWatch Institute, op. cit. note xix.

xxxii v. Dornburg and A.P.C. Faaij, "Cost and CO₂-Emission Reduction of Biomass Cascading: Methodological Aspects and Case study of SRF PopIai," Climatic Change, August 2005.

xxxiii WorldWatch Institute, op. cit. note xix.

Xxxiii Ibid; L. Fulton et al. Biofuels for Transport: An International Perspective (Paris: International Energy Agency, 2004).

xxxiv M. Kojima and T. Johnson, Potential for Biofuels for Transport in Developing Countries (Washington, DC:World Bank ESMAP, October 2005).

XXXV WorldWatch Institute, op. cit. note xix.

xxxvi Ibid.

xxxvii Ibid.

xxxviii Friedrich, *op. cit.* note xxiv.

xxxix UNCTAD Division on International Trade and Commodities (DITC), Trade, Environment and Development Branch (TED), *The Emerging Bi (Regulatory, Trade and Development Implications* (New York and Geneva: 2006) .