

バイオ燃料の持続可能性に関する 調査報告書



2009年3月

NPO 法人バイオマス産業社会ネットワーク

※本調査は三井物産環境基金の助成により実施しました

はじめに

2007年～2008年にかけて、世界中でバイオ燃料ブームが吹き荒れ、現在も続いている。2007年1月、米国のブッシュ大統領（当時）は、一般教書演説で2017年までに350億ガロン（約1.3億kl）のエタノールを導入するという壮大な目標を発表。12月には、2022年に360億ガロンのバイオ燃料利用を義務付ける再生可能エネルギー法が成立した。

一方、欧州理事会は、2007年3月、2020年における輸送用エネルギーの少なくとも10%をバイオ燃料導入目標を掲げ、様々な議論が行なわれたが結局、2008年末、2020年10%の目標のまま成立した。日本は、2005年に閣議決定された京都議定書目標達成計画で、2010年に50万kl（日本の輸送用燃料需要の約0.6%）の導入目標を盛り込んだ。

その他の国々でも、次々にバイオ燃料導入目標を掲げるようになったが、バイオ燃料導入の目標は、主に次の3つが挙げられる。

①農業振興・地域振興、②気候変動（温暖化）対策、③エネルギー安全保障である。

①の農業振興では、1970年代後半より世界の農産物価格は工業製品と比較して低迷し続け、農村地域の衰退が世界的に生じており、農村から都市への人口移動の要因にもなっている。②の気候変動対策では、2007年11月のIPCC第4次報告書の発表、2008年京都議定書第一約束期間の開始、あるいは世界各地で頻発する異常気象、高温化などにより、各国の政策が加速していることが背景にある。③では、2003年のイラク戦争以来、石油価格がじりじりと上がり、2008年8月には、1バレル当たり147ドルという最高値を記録した（その後、石油価格は急落したが、再び上昇しつつある）。石油生産のピークが既に過ぎたか間もなく来るというピークオイル論も議論されるようになり、石油に頼りきってきた輸送用燃料の代替策としてバイオ燃料が急浮上した。中東など一部の地域に依存せざるを得ない石油と比べ、バイオ燃料は、ほとんどすべての国で、さまざまな種類の農産物や廃棄物などのバイオマスから生産することが可能である。

一方で、バイオ燃料の生産・利用による生態系保全、水・土壌・大気汚染、食料価格高騰への影響、土地問題や労働問題などの社会問題など持続可能性に関わる多数の問題が、深刻化している。

NPO 法人バイオマス産業社会ネットワーク、地球・人間環境フォーラム、国際環境 NGO FoE Japan の3団体は、2005年から、いち早くバイオ燃料の持続可能性に関する提言活動を行ってきた。きっかけは、2005年に発表された環境省の「エコ燃料利用推進会議報告書」案において、生産段階において環境社会上の負の影響をもたらす可能性のあるバイオ燃料を一括してエコ燃料と名づけ、利用を促進しようとしていることに問題意識を感じ、バイオ燃料の持続可能性について注意を喚起する活動を始めた。これら3団体は従来から、パーム油開発などにおいて、しばしば熱帯林破壊や土地紛争・労働問題など重大な社会的問題が生じていることを懸念し、活動を行ってきた。

2006年6月に、内閣府、環境省、経済産業省、国土交通省、農林水産省に対し、①国産・地域産のバイオマスの利用を優先すること ②バイオ燃料の輸入に際しては、生産地および加工過程における環境・社会問題のより少ないものを優先すること ③原料調達の際のサプライチェーンの把握と透明性の確保などを柱とするガイドラインを作成すること——を主旨とする「バイオマス燃料の持続可能性に関する要請¹」を提出した。

2007年1月には、(0)輸送用エネルギー需要を削減するための抜本的対策を実施すること ①国内産・地域産のバイオマス資源、また食糧需要と競合しないバイオマス資源を優先的に利用すること ②原料供給源が明確であり、サプライチェーン(供給連鎖)のトレーサビリティ(追跡可能性)が確保されていること ③生産から加工、流通、消費までの全ての段階を通してトータルに、温暖化防止効果が見込めること ④原料生産のため、以下の責任が果たされていること【法令遵守】【環境・社会影響評価】【生態系保全】【社会的合意】【環境管理】を内容とする「持続可能性に配慮した輸送用バイオ燃料利用に関する共同提言²」を発表した。

この共同提言は、メディアや政府の報告書などにも取り上げられ、EUなどの動向とともに日本国内のバイオ燃料利用における議論に一石を投じたと考えられる。

2008年度には、三井物産環境基金の助成をいただき、文献調査やブラジル、インドネシアへの現地調査等など2008年度の1年間に行なった情報収集とそれに基づく政策提言活動を行った。これと平行して、2009年3月にシンポジウム「バイオ燃料と土地利用～持続可能性の視点から～」の開催やバイオ燃料の持続可能性に関する共同提言改訂版の作成・発表など、バイオ燃料の持続可能性への配慮について官庁、企業、研究者、マスメディア、市民らの注意を喚起する活動も行なった。本報告書はこれらの情報をとりまとめたものである。

なお、2008年10月より、経済産業省は、日本版のバイオ燃料持続可能性基準の策定に向けて農林水産省、環境省、内閣府の参加を得て「バイオ燃料持続可能性委員会³」を開催しているが、NPO法人バイオマス産業社会ネットワークの泊みゆきがメンバーの一人として参加し、積極的に議論に加わった。同委員会関係者もシンポジウム「バイオ燃料と土地利用～持続可能性の視点から～」に参加するなど、日本政府・企業の動きとも連動しながら、活動を行っている。

本調査・活動および報告が、今後の日本および世界の持続可能性向上の一助となれば、真に幸いである。

NPO 法人バイオマス産業社会ネットワーク
理事長 泊みゆき

¹ <http://www.npobin.net/Biofuel.htm>

² http://www.foejapan.org/forest/doc/recmndbiofuel_pamph.pdf

³ バイオ燃料持続可能性委員会は、日本版のバイオ燃料持続可能性基準の策定に向けての課題を取りまとめた報告書を2009年4月に公表した。

<http://www.meti.go.jp/press/20090414004/20090414004.html>

バイオ燃料の持続可能性に関する調査および活動について

本事業は三井物産環境基金の助成により、バイオマス産業社会ネットワーク、国際環境 NGO FoE Japan、地球・人間環境フォーラムの3団体により実施した。概要は下記の通りである。

1. 目的 バイオ燃料の持続可能性に関する情報収集・整理および政策提言
2. 期間 2008年4月～2009年3月
3. 実施機関
 - ・バイオマス産業社会ネットワーク
4. 協力機関
 - ・国際環境 NGO FoE Japan
 - ・地球・人間環境フォーラム
 - *現地調査協力：Sawit Watch (インドネシア)
5. 内容
 - ① 既存文献収集・整理： 国連機関、各国政府資料、研究レポート、NGO レポートなどの収集・整理・分析
 - ② 生産国におけるバイオ燃料需要拡大影響調査：ブラジル、インドネシアにおいて実施
 - ③ EU、OECD、国連等におけるバイオ燃料の持続可能性の枠組みをめぐる議論の検証
 - ④ 日本におけるシンポジウムの開催
 - ⑤ バイオ燃料の持続可能性に関する共同提言の策定および普及
6. 体制
 - 泊みゆき (NPO 法人バイオマス産業社会ネットワーク)
 - 齊藤修 (早稲田大学高等研究所)
 - 北林寿信 (農業情報研究所)
 - 坂本有希 (地球・人間環境フォーラム)
 - 満田夏花 (地球・人間環境フォーラム)
 - 中澤健一 (国際環境 NGO FoE Japan)
 - 三柴淳一 (国際環境 NGO FoE Japan)
 - 柳井真結子 (国際環境 NGO FoE Japan)

目次

1.	バイオ燃料の持続性に関する議論の整理：主要な報告書等のレビュー	7
1-1	国連報告書（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）	8
1-2	スイス連邦理工科大学付属素材科学技術研究所（E m p a） 「エネルギー製品ライフサイクルアセスメント」	10
1-3	オランダ 持続可能なバイオマス生産のための基準	15
1-4	OECD議長報告「バイオ燃料：病気より悪い治療法？」	16
1-5	持続可能なバイオ燃料に関する原則案バージョンゼロ（RSB）	17
1-6	FoE International 報告書：「ラテンアメリカにおけるバイオ燃料による破壊」	18
1-7	FAO2008 年食料農業白書	19
1-8	EU 再生可能エネルギー利用促進指令	21
1-9	日本 農林水産省および経済産業省による取り組み	22
2.	バイオ燃料の LCA	25
2-1	方法	25
2-2	作物収量、バイオ燃料転換収率、バイオ燃料純収量	27
2-3	エネルギー収支と温室効果ガス	31
3.	土地利用のポテンシャルとその制約	37
3-1	土地利用への圧力	37
3-2	世界の食糧需要と土地利用	37
3-3	世界の資源需要と土地利用	40
3-4	バイオ燃料生産による土地への圧力	42
3-5	バイオ燃料による新たな土地需要とその制約条件	43
3-6	まとめ	46
4.	バイオ燃料利用による土地利用転換の影響	47
4-1	土地利用変化～直接影響と間接影響	47
4-2	森林減少に与える影響	48
4-3	土地利用転換の影響：自然植生の喪失による炭素排出	49
1)	森林生態系による炭素蓄積	49
2)	森林減少による炭素の放出～過去のトレンド	49
3)	泥炭地の開発と炭素放出	51
4)	バイオ燃料開発と炭素放出	51
4-4	生物多様性	53
5.	国別状況：インドネシア	56
5-1.	インドネシアにおけるバイオ燃料促進政策	56
5-2.	土地利用転換	59
1)	森林減少	59
2)	プランテーション開発	61
5-3	土地利用転換に伴う影響～西カリマンタンにおけるケース・スタディ	62

6.	国別状況：ブラジル	75
6-1.	ブラジルにおけるバイオエタノール生産動向.....	75
6-2.	ブラジルにおけるサトウキビ生産および農地.....	76
1)	現状.....	76
2)	過去のトレンドおよび将来予測.....	78
6-3.	エタノール生産に伴う環境社会影響.....	83
1)	土地利用変化.....	83
2)	生物多様性への影響.....	84
3)	土壌浸食、水質悪化、溪畔林の焼失.....	85
4)	火入れ及び大気汚染.....	85
5)	土地所有の大規模化および土地紛争.....	85
6)	労働.....	86
6-4.	まとめ	87
7.	国別状況：日本	91
7-1	概況	91
7-2	日本におけるエタノール生産における課題	92
1)	原料調達の困難性.....	92
2)	地域振興としてのバイオマス利用.....	93
8.	バイオ燃料の持続可能性に関する共同提言（改定版）の概要と背景	97
9.	まとめ.....	104
	参考資料	104
	参考資料1 FAO 食糧農業白書 各章の要旨	105
	参考資料2 持続可能なバイオ燃料生産のためのグローバルな原則および基準 ：バージョンゼロ	110
	参考資料3 EU 再生可能エネルギー利用促進指令 第17条仮訳.....	124

■執筆者一覧

1. バイオ燃料の持続性に関する議論の整理：主要な報告書等のレビュー
(泊みゆき、北林寿信)
 2. バイオ燃料のLCA (齊藤修)
 3. 土地利用のポテンシャルとその制約 (中澤健一)
 4. バイオ燃料利用による土地利用転換の影響 (満田夏花)
 5. 国別状況：インドネシア (満田夏花)
 6. 国別状況：ブラジル (満田夏花)
 7. 国別状況：日本 (泊みゆき)
- *参考資料翻訳 (北林寿信)

1. バイオ燃料の持続性に関する議論の整理：主要な報告書等のレビュー

本章では、バイオ燃料の持続可能性に関する国際的な議論の整理のため、この数年、国際機関等から公表された報告書の要旨をレビューする。

ここ数年、バイオ燃料の持続可能性をめぐるには、国際機関、NGO から多くの報告書が公開され、国際的な議論に貢献した。主要なものとしては下記のようなものが挙げられる。

発表時期	発行主体	報告書名等	内容
2007年5月	国連エネルギー（UN-Energy）	Sustainable Bioenergy: A Framework for Decision Makers(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)	バイオエネルギーのもつ基本的問題を包括的に取り上げ、戦略立案の前に「バイオエネルギーの経済・環境・社会的影響を注意深く見極める必要がある」とした。
2007年5月	スイス連邦理工学大学付属素材科学技術研究所(Empa)	Ökobilanz von Energieprodukten : Ökologische Bewertung von Biotreibstoffen(エネルギー製品ライフサイクルアセスメント:バイオ燃料の環境影響アセスメント)	バイオ燃料(エタノール、メタノール、ディーゼル、バイオメタン)の生産連鎖全体の環境影響を網羅的に評価。
2007年6月	オランダ	Criteria for Sustainable Biomass production(持続可能なバイオマス生産のための基準)	オランダは早期よりバイオマスの持続可能性基準に取り組んでおり、この基準はそのまとめ。
2007年9月	OECD事務局	BIOFUELS:Is the cure worse than the disease?(バイオ燃料:病気より悪い治療法?)	温室効果ガス削減のために必要な費用が割高でありかつ環境損傷にもつながると、バイオ燃料補助金の廃止を提唱。
2008年3月	バイオ燃料技術革新協議会	バイオ燃料技術革新計画	日本の官公庁・業界・研究機関によってまとめられた。バイオ燃料の開発において配慮すべきポイントを含む。
2008年8月	持続可能なバイオ燃料に関する円卓会議	Version Zero - Principles for sustainable biofuels(持続可能なバイオ燃料に関する原則案バージョンゼロ)	これまで発表されたバイオ燃料の持続可能性に関する原則の中でも、最も網羅的な内容。
2008年9月	F o E(地球の友)インタナショナル	Fuelling destruction in latin america(ラテンアメリカにおけるバイオ燃料による破壊)	中南米諸国におけるバイオ燃料の、特に負の側面に焦点を当てて報告。
2008年10月	国連食糧農業機関(FAO)	The State of food and agriculture 2008(2008年食料農業白書)	バイオ燃料がもたらすリスクと機会を包括的に分析した上で、既存のバイオ燃料政策の緊急の見直しの必要性を強調。

1-1 国連報告書（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）

2007年5月、国連食糧農業機関（FAO）が中心となり、様々なエネルギー分野で活動する国連30機関から構成されるUN-Energyが、「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」と題する国連報告⁴を公表した（末尾に、ほぼ全文の仮訳を添付している）。バイオエネルギーのもつ基本的問題として、貧しい人々へのエネルギー供給能力、農産工業開発と雇用、健康とジェンダー、農業構造、食糧安全保障、政府予算、貿易・対外収支・エネルギー安全保障、生物多様性と自然資源管理、気候変動にもたらす影響を取り上げた。「産業開発の是非や発展速度、追求すべき技術・政策・投資戦略はいかなるものかを決定する前に、バイオエネルギーの経済・環境・社会的影響を注意深く見極めねばならない」と警告した。バイオマス・エネルギーを総合的にとらえ、改良かまどやバイオガスの有効性にも触れて、「輸送またはその他の燃料としてよりも、熱電併給（コージェネ）のためにバイオマスを利用するのが、今後10年における温室効果ガス排出削減のための最善にして、最も安上がりする方法だ」と、バイオマス資源の有効利用についても指摘している。

本報告書の要旨は下記の通り。

- ・ バイオ燃料原料として穀物を利用する場合、一般的には、大量の化石エネルギー投入（肥料など）と価値の高い土地（農地）を必要とし、また単位面積あたりのエネルギー産出量が比較的少ない作物は回避すべきである。持続可能なやり方で生産されるエネルギー作物も、もし一次林にとって代わるならマイナス影響があり得る。この場合、土壌と森林バイオマスから大量の炭素が放出され、バイオ燃料の便益を上回る悪影響が生じる。
- ・ バイオエネルギー生産に関連した温室効果ガス排出を最小限にするために、政策決定者は、自然草地、一次林、その他高度の自然的価値をもつ土地を保護する必要がある。また、政府は持続可能なバイオエネルギー生産と管理の方法の利用を奨励すべきである。バイオエネルギー製品、特にバイオ燃料が畑から燃料タンクまでのすべての行程で環境基準に合致するように保証するための国際認証制度が設置されるべきである。
- ・ 食糧安全保障に関しては、土地・水・その他の資源が食料生産から転換されるため、バイオ燃料生産により食料供給が脅かされる恐れがある。バイオエネルギー原料需要の増加から生じる基本食料の価格上昇で食料へのアクセスが危機に曝され、貧困と食料不安を一層増幅する恐れもある。

⁴ Sustainable Energy: A Framework for Decision Makers、UN、07.5
<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1094e/a1094e00.pdf>

- ・ 他方、バイオ燃料原料市場は農業生産者に新たな、急速に成長する機会を提供する。現代的バイオエネルギーは辺鄙な農村地域での安価なエネルギーの利用を可能にし、農業やその他の部門の生産性向上を支援、食料へのアクセスも改善する可能性がある。また、電気へのアクセスを欠く世界で 16 億の人々、エネルギーを藁、糞、その他の伝統的バイオマスに頼る 24 億の人々のエネルギー需要を満たすことも助けることができる。しかし、政策決定に際しては、食糧安全保障が優先されるべきである。
- ・ バイオ燃料の貿易障壁を取り払うべきである。一部の国はエタノール輸入関税を課しているが、外国でより効率的に生産されるバイオ燃料の輸入を妨げ、同時に国内ではバイオ燃料の化石燃料への混合を義務づけることは、食料生産から取り上げる土地を一層増やすことになる。
- ・ 農業一般への影響に関しては、最善の場合には液体バイオ燃料は生産物に価値を付加することで農民の富を増やすことができるが、最悪の場合には土地集中に結果、世界で最も貧しい農民を土地から追い立て、一層の貧困化を招く。
- ・ 将来のバイオ燃料経済は、大規模・資本集約的ビジネが支配することになるだろう。それと競争する農民協同組合、地方的利用のための小規模生産も一定の役割を持つだろう。「しかし、生産規模にかかわらず、バイオ燃料の生産・加工・利用にかかわる農民が多いほど、彼らの便益の分け前が増えるだろうという一事だけは明白である」。
- ・ 健康に関しては、現代的バイオエネルギーは、途上国における”キッチン・キラー” – 薪炭または伝統的バイオマスで調理することによる煙の吸入、毎年マラリア以上の死をもたらしている – を劇的に減らすだろう。女性は薪採集の重労働から解放され、教育と雇用の機会が増えるだろう。

このように、現代的バイオエネルギーは、貧困軽減、エネルギーへのアクセス、農村開発、農村インフラに関連した多くの便益をもたらす。しかし、「脅かされた土地を保護し、社会的に受忍できる土地利用を確保し、バイオエネルギー開発を全体として持続可能な方向に操縦するための新たな政策が執行されなければ、環境と社会が受ける損害が便益を上回る場合もある」と報告書は指摘する。

農村地域、農民などへの影響については、以下のように記述している。

- ・ 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、販売にあり、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。

- ・ 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、最善の場合には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、最悪の場合には、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、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、一つはっ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。
- ・ 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融合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、伝統的な生き方に影響を与え、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。

本報告書は、バイオ燃料の持続可能性、特に社会的影響について詳述した国際機関による初の本格的な報告書であった。バイオ燃料のポジティブな可能性を論じつつ、小規模農民などへの配慮やバイオ燃料の持続可能性基準の構築・実施など適切な政策が講じられなければ、むしろマイナスの影響が大きくなると警鐘を鳴らした点で、画期的であったと言えよう。

1-2 スイス連邦理工科大学付属素材科学技術研究所（Empa） 「エネルギー製品ライフサイクルアセスメント」

2007 月、スイス緑の党が、新興国におけるバイオ燃料生産が生態的・社会的災厄を引き起こしているとして、バイオ燃料輸入のモラトリアムを主張した。この背景には、スイス連邦理

工大学附属素材科学技術研究所（Empa）の研究⁵がある。この研究報告書「Ökobilanz von Energieprodukten: Ökologische Bewertung von Biotreibstoffen（エネルギー製品ライフサイクルアセスメント：バイオ燃料の環境影響アセスメント）」は、2007年5月に公表された。研究の目的は、スイスで使用されるバイオ燃料（エタノール、メタノール、ディーゼル、バイオメタン）の生産連鎖全体の環境影響を評価することであり、スイス連邦政府の委嘱により行われた。政策決定の基盤としてのバイオ燃料のあり得る環境影響を分析するとともに、（化石）燃料消費税の減免の根拠として利用することのできる様々なバイオ燃料の環境ライフサイクル影響アセスメント（LCA）が行われた。

検討されたそれぞれの燃料は、原理的には環境負荷の少ない方法で生産することができる。しかし、それは原料生産（農作物栽培）と燃料生産（加工）の方法に大きく依存する。影響はより小さいが、インフラ（車の生産と維持、道路の建設と維持）、生産地から消費地までの燃料輸送、最終消費（車での燃焼）からの環境影響もある。

研究はこのような分析視点から、生産国と原料を異にする26種のバイオ燃料（後述）のライフサイクルを通しての温室効果ガス（GHG）排出量と総合的環境影響を評価した。但し、セルロース系エタノールなどの第二世代バイオ燃料は、なお十分なデータがないために評価の対象に含まれない。大部分のデータは2004年時点のもので、得られた数値も「平均値」であり、これは同じ国内の地域や個々の生産単位によっても大きく異なる。バイオ燃料生産拡大がもたらす土地利用への間接影響や社会的コストも考慮外である。（従って、研究結果は、政策の方向性は示唆しても、具体的な政策決定の基礎とするには限界がある。）

環境LCAは、環境影響と法的リミットの差を評価するスイスの生態希少性手法（環境影響ポイント、UBP06）と、人間の健康（温室効果ガス排出＝温暖化効果・夏季のスモッグ形成）・生態系（酸性化・富栄養化・生態毒性・土地利用）・非再生可能資源へのダメージ（枯渇化）を定量するヨーロッパエコインジケータ99（EI99）の二つの異なる方法で行われた。二つの方法は同じ結果をもたらした。ただし、EI99ではUBPには反映されない生態毒性が大きく評価されるために、多量の砒素を含む農薬（ダコネート）が使用されるブラジルのサトウキビエタノールでは大きな違いが出た。その環境影響は、UBPでは米国のトウモロコシエタノールや大豆バイオディーゼル、EUの菜種バイオディーゼルの下回り、マレーシアのパーム油バイオディーゼルと同等だが、EI99ではこれが逆転する。

各バイオ燃料の化石燃料（ガソリン、ディーゼル、天然ガス）と比べてのGHG排出量（CO₂等量kg/km）とその排出源（インフラ、耕作、生産、輸送、利用）別配分は図1-1（原図2）、

⁵ 「エネルギー製品ライフサイクルアセスメント：バイオ燃料の環境影響アセスメント」（スイス連邦素材科学技術研究所 EMPA、2007.5）
<http://www.news-service.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/8514.pdf>
英訳版(2007.9)：<http://www.theoil Drum.com/node/2976>

総環境影響（UBP）とその配分は図1-2（原図3）のとおりである。EI99による同様な図はなく、総環境影響だけは図1-3（原図7）に示されている。総じて、主要な環境影響は、熱帯農業における雨林伐採・焼却（CO₂排出、大気汚染、生物多様性損失）、中緯度地方では作物の低収量、肥料の大量使用、機械耕作からくる。

この研究から、確認できるのは以下の点である。

- ①大部分のバイオ燃料のGHG排出量は化石燃料より少ない。
- ②しかし、大部分のバイオ燃料の総環境影響（環境負荷）は化石燃料より大きい。バイオ廃棄物と草・木材を原料とするもの（図3のグリーンの枠内）以外では、環境的にポジティブな影響は考え難い。
- ③環境影響の大部分は原料生産（農業）からのものである。次いで大きな影響はバイオ燃料加工から生じる。
- ④従って、特に原料生産や燃料加工からの影響を排除することで、環境影響は大きく減らすことができる。

ただし、研究の最終的結論は次の通りである。

「国産バイオエネルギーの能力は今も将来も限定されている。スイスで大規模にエネルギー作物が栽培されれば、国の食糧自給に悪影響を及ぼし、あるいは食料生産の集約化によって環境影響が追加される。従って、エネルギー問題はバイオ燃料だけでは解決できない」

取り上げられたバイオ燃料の種類・原料・生産国は次のとおり。

• **バイオディーゼル**

菜種：スイス、EU。大豆：ブラジル、米国。パーム油：マレーシア。廃油：スイス、フランス

• **エタノール**

草：スイス。ジャガイモ：スイス。テンサイ：スイス。ホエイ：スイス。木材：スイス。ソルガム：中国。ライ麦：EU。トウモロコシ：米国。サトウキビ：ブラジル。

• **メタノール**（いずれもスイス）

木材：スイス。リキッドベッド・メタノール。

• **メタン**（いずれもスイス）

草：バイオ精製所、厩肥、厩肥＋共存基質、最適化厩肥、最適化厩肥＋共存基質、バイオ廃棄物、下水汚泥、木材。

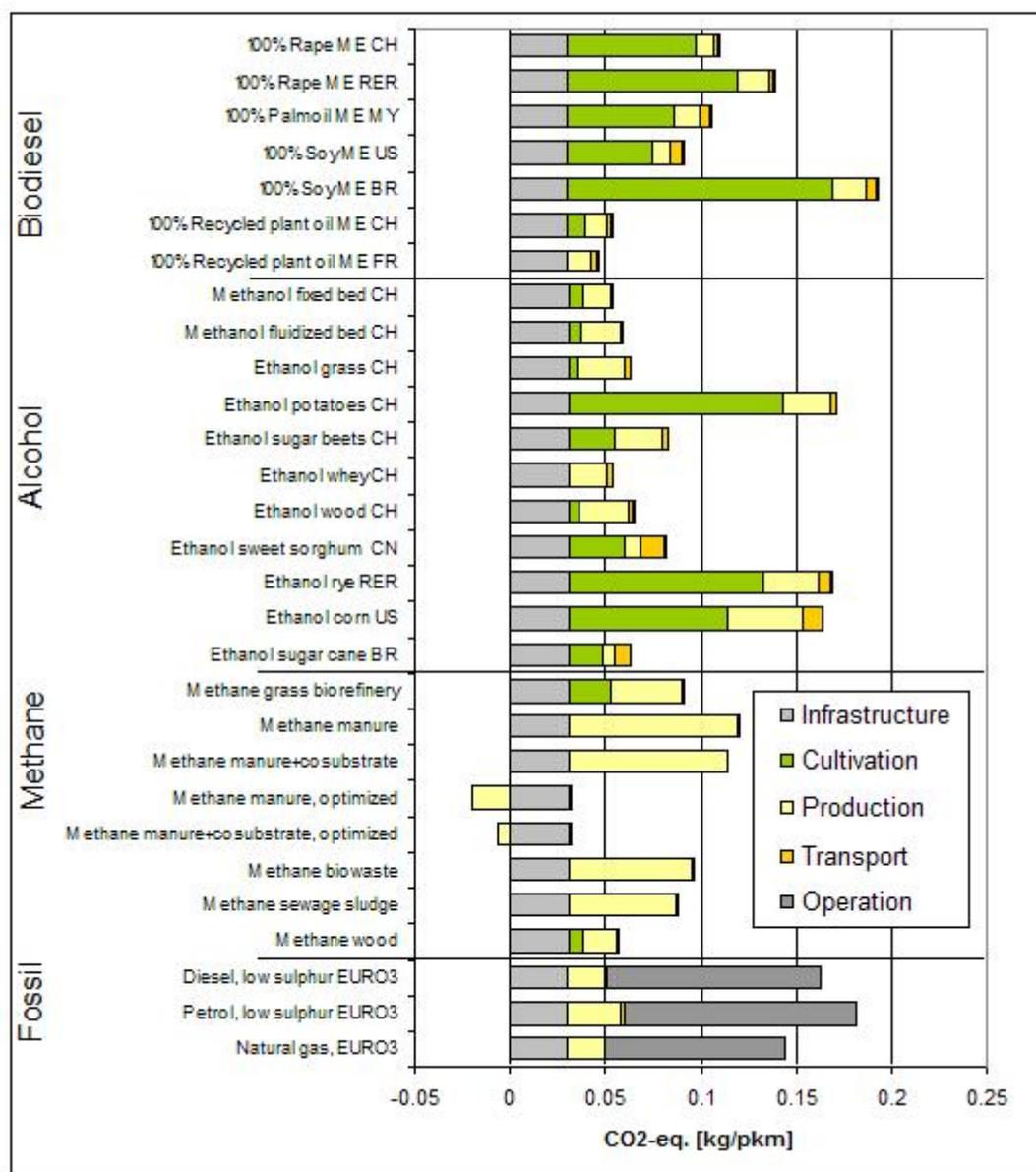


図 1-1 各バイオ燃料の化石燃料(ガソリン、ディーゼル、天然ガス)と比べての GHG 排出量(CO₂ 等量 kg/km) とその排出源(インフラ、耕作、生産、輸送、利用)別配分
(BR=ブラジル、CH=スイス、CN=中国、FR=フランス、MY=マレーシア、RER=EU諸国、US=米国)。

出典：Empa(2007), Ökobilanz von Energieprodukten: Ökologische Bewertung von Biotreibstoffen (エネルギー製品ライフサイクルアセスメント: バイオ燃料の環境影響アセスメント)」より抜粋

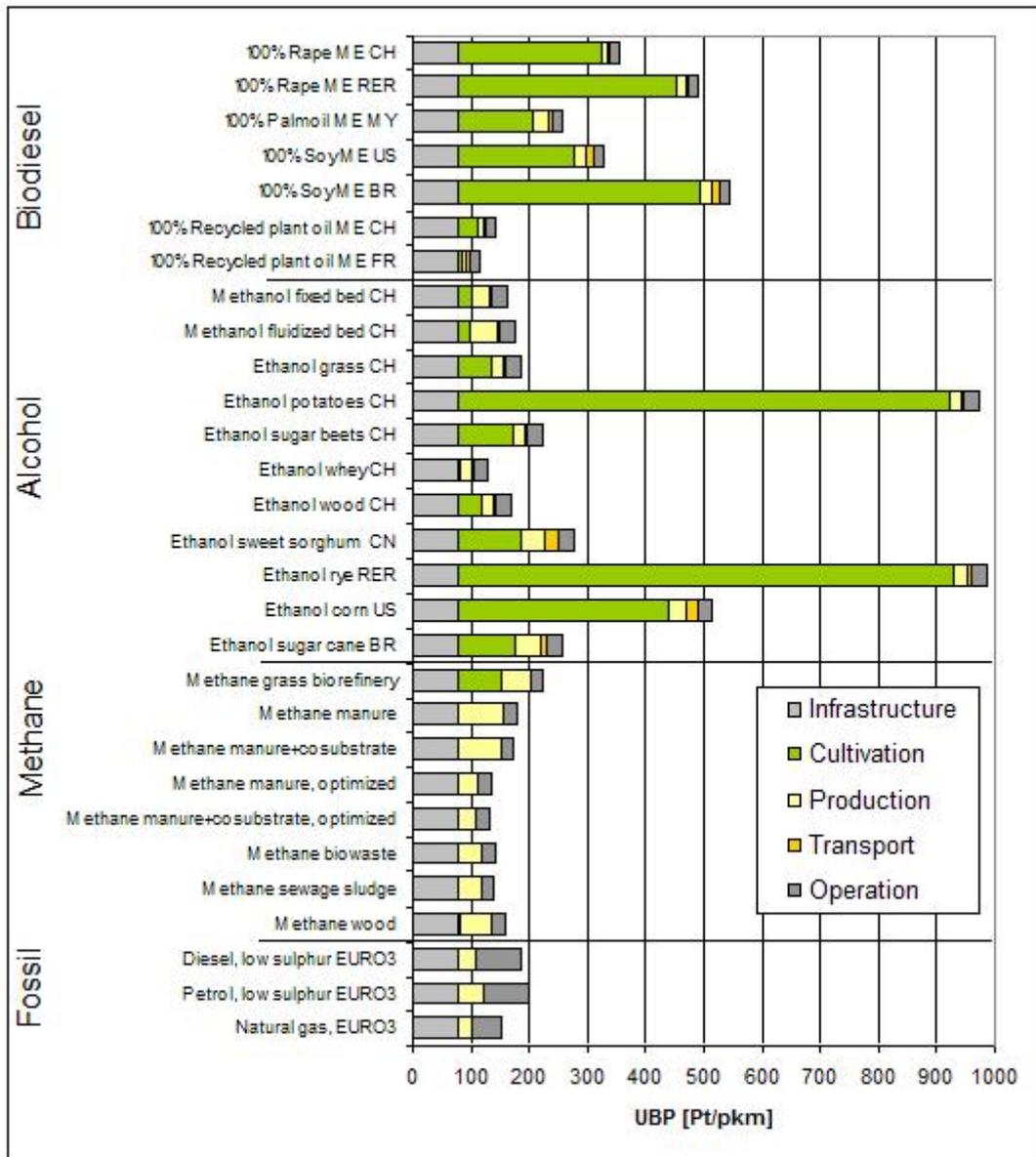


図 1-2 バイオ燃料の総環境影響（UBP）とその配分

出典：Empa(2007), Ökobilanz von Energieprodukten: Ökologische Bewertung von Biotreibstoffen (エネルギー製品ライフサイクルアセスメント: バイオ燃料の環境影響アセスメント)」より抜粋

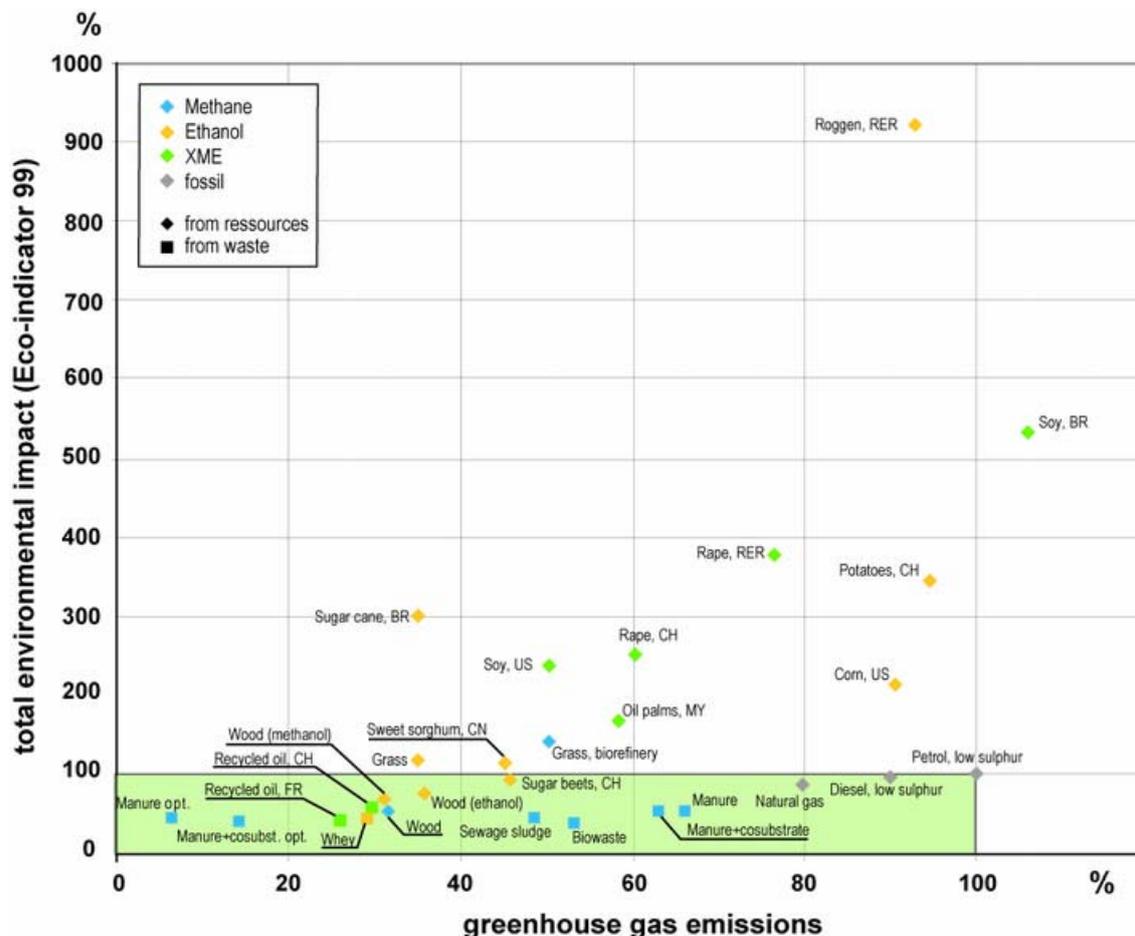


図 1-3 バイオ燃料の総環境影響

出典：Empa(2007), Ökobilanz von Energieprodukten:Ökologische Bewertung von Biotreibstoffen (エネルギー製品ライフサイクルアセスメント：バイオ燃料の環境影響アセスメント)」より抜粋

1-3 オランダ 持続可能なバイオマス生産のための基準

オランダは、比較より早期よりバイオマスの持続可能性基準に取り組んできた。環境相ジャクリーヌ・クレーマー氏を中心として、試験的な「持続可能なバイオマス生産のための基準」が、2007年6月に発表された⁶。この基準の柱は、下記の通り。

- 1) 30%以上の GHG 削減効果があること (2011 年以降は 50%)
- 2) 原料が食糧・地域のエネルギー供給・薬用建築材料利用と競合していない

⁶ 原文：
http://www.globalproblems-globalsolutions-files.org/unf_website/PDF/criteria_sustainable_biomass_prod.pdf

-
- 3) 生物多様性：保護地域・価値のある生態系近辺で原料生産されていないこと
 - 4) 経済的繁栄：生産国や地域経済に悪影響を与えない
 - 5) 福祉：労働者と地元の住民の福祉への悪影響がない：
労働条件、人権、土地所有権と利用の権利
地元住民の社会的状況
社会的影響について報告義務

オランダは国土が低地に位置し、海面上昇が国の存亡に関わるという危機意識から、世界でも気候変動対策に熱心な国である。気候変動対策の一つとして、インドネシアの旧宗主国であったこともあり、東南アジアからのパーム油を原料とするバイオディーゼル利用を早くから行なってきた。そのため、パーム油利用にともなう生態系や社会への悪影響についての認識も比較的早期に生じ、同国の環境団体も指摘していた。

同国がバイオマスの国際的な持続可能性基準づくりに動き出した理由には、上のような状況もあると考えられる。

1-4 OECD議長報告「バイオ燃料：病気より悪い治療法？」

2007年9月、経済開発協力機構（OECD）の「持続可能な発展に関する円卓会議」に向けての議長報告、「*BIOFUELS: Is the cure worse than the disease?* (バイオ燃料: 病気より悪い治療法?)」⁷が提出された。同報告では、温室効果ガス削減のために必要な費用が割高である上、「森林、湿地、草地などの生態系がバイオ燃料作物に取って代えられる強力な誘因がある」から環境損傷にもつながると、バイオ燃料補助金の廃止を求めた。この報告も前述のスイスの研究結果を論拠の一つに据えている。

表 1-1 は、CO₂削減にあたってのバイオ燃料補助金額を明らかにしたものである。この表によると、バイオ燃料によって CO₂ を 1 トン削減するために必要な補助金は、165-4520 米ドルと莫大な額に上る。EU 排出権取引制度の EU-ETS 価格が、15-35 ユーロ程度であることを考えると、省エネルギーやバイオマスの熱・電力利用など他の方法と比べて、バイオ燃料による温暖化対策効果は、著しく悪いと言える。

⁷ http://www.oecd.org/document/51/0,3343,en_39315735_39312980_39398771_1_1_1_1,00.html

表 1-1 CO₂ 1 トン削減するためのバイオ燃料への補助金額

(単位:米ドル/CO₂換算トン)

	エタノール		バイオディーゼル	
	低	高	低	高
米国	NA	545	NQ	NQ
EU	590	4520	340	1300
スイス	340	394	253	768
オーストラリア	244	1679	165	639

出典：OECD(2007).BIOFUELS:Is the cure worse than the disease? Table A より抜粋して作成

また食料供給と直接競合せず、環境影響も比較的小さいということで、大企業・ベンチャー企業や各国政府が開発を競うセルロース系エタノールなどの「次世代バイオ燃料」に関しても、「ニッチなプレーヤー」にとどまり、化石燃料に代替するほどの市場は持ち得ないと見なしている。なぜなら、「大規模生産は広大な土地からのバイオマス調達を意味するため、物流・経済上の克服困難な問題が生じる。また、これまでの原料バイオマス調達コストの分析は生産コストに焦点を当てるだけで、それも地代を無視するか、不当に低く見積もっている」からである。

1-5 持続可能なバイオ燃料に関する原則案バージョンゼロ (RSB)

2008年8月、前述のE m p a 報告書の流れをくむスイス連邦工科大学ローザンヌ校エネルギーセンターを中心とした「持続可能なバイオ燃料に関する円卓会議」は、「持続可能なバイオ燃料に関する原則案バージョンゼロ (Version Zero - Principles for sustainable biofuels)⁸」を提案した(全文の仮訳を末尾に添付)。

表 1-2 持続可能なバイオ燃料に関する原則案バージョンゼロの要旨
(持続可能なバイオ燃料に関する円卓会議)

1.法律遵守	関連する国内法および国際条約の遵守
2.協議・計画およびモニタリング	バイオ燃料事業のすべての関係者が関係する適正・包括的・透明な協議と参加プロセスの下での設計と運営
3.温室効果ガス排出	温室効果ガス排出を化石燃料に比べて大きく減らすことにより気候変動緩和へ貢献
4.人権および労働者の権利	人権または労働権を侵害せずディーセント・ワーク(ILO が定義する「働きがいのある人間らしい仕事」)と労働者の福祉を確保
5.農村・社会開発	地域住民・農村住民・先住民とそれらのコミュニティの社会的・経済的發展に貢献
6.食料安全保障	食料安全保障を損なわない
7.自然保護	生物多様性、生態系、保護価値の高い地域に対する負の影響を回避
8.土壌	土壌の健全性を改善し劣化を最小限にする方法を促進

⁸ 原文：<http://cgse.epfl.ch/page65660.html>

9.水	表流水と地下水の利用を最適化し、既存の公式あるいは慣習的な水権利を侵害しない
10.大気	大気汚染をサプライチェーン全体にわたり最小化
11.経済効率、技術、継続的な改善	最も費用効率の高い方法による生産、技術は生産効率と社会的・環境的パフォーマンスを向上
12.土地に対する権利	土地に対する権利を侵害しない

この原則案は、これまで発表されたバイオ燃料の持続可能性に関する原則の中でも最も網羅的な内容であり、その後の国際的議論にも大きな影響を与えている。

1-6 FoE International 報告書：「ラテンアメリカにおけるバイオ燃料による破壊」

国際的環境 NGO、FoE（地球の友）インターナショナルは、2008年9月、中南米諸国におけるアグロ燃料（農産物を原料とするバイオ燃料を意味する）とその影響に関する新たな調査報告、「Fuelling destruction in latin america（ラテンアメリカにおけるバイオ燃料による破壊）」⁹を発表した。この報告は、調査したすべての国において国内需要を満たし、さらにヨーロッパや米国への輸出需要を満たすためにアグロ燃料の生産が急増しており、原料作物栽培のための土地の増大が森林破壊や野生動物の破壊、土地紛争の増加、農村住民の追い払い、貧しい労働条件、環境汚染につながっていることを明らかにしている。

同報告が指摘する主要な問題は次のとおりである。

- ・ ほとんどすべてのアグロ燃料の開発が、化学農薬・肥料・大量の水に高度に依存する広大な土地でのモノカルチャーにつながっている。これらのプランテーションは、他の農業活動をしばしば雨林やサバンナのような環境的な重要な地域に追い込み、森林破壊を拡大し、生物多様性を脅かしている。
- ・ 労働条件は非常に劣悪で、現代の奴隷制と言ってもよいほどである。一部の国では児童労働も常態となっている。土地投機が地価を吊り上げ、アグロ燃料生産が地方住民の食料生産に取って代わりつつある。
例えばアルゼンチンでは今後3年でバイオディーゼル生産を400万トンに増やす。そのためには、現在の大豆栽培面積の60%に相当する新たな大豆畑が必要になる。この20年の大豆の拡大で食料自給農業や放牧に当てられる土地が25%、飼料作物用地は50%も減った。
- ・ プランテーションのために農村コミュニティが立ち退かされ、すべての国で土地所有権をめぐる紛争が増加している。大部分の開発は透明性、民主主義を欠く文化のなかで起きて

⁹ http://www.foeurope.org/agrofuels/fuellingdestruction/FOEI_FuellingDestruction_mr_FINAL.pdf

おり、土地利用計画もなければ、暴力が使用され、あるいは準軍事組織がかかわることもある。

- ・ 企業と政治家の癒着で、税制、土地所有権、インフラなどに関するアグリビジネスに大変魅力的な政策が導入された。汚職・腐敗がはびこり、土地所有者や生産者の違法活動が見逃されている。
- ・ 利益を得ているのは商品、農業資材の販売増加や、土地投機で利益を上げる大規模生産者、取引業者、投資家だけである。すべての国で多国籍企業の参入が増えている。

FoE インターナショナルによるこの報告書は、欧州議会委員会における再生可能エネルギー利用促進指令案の投票直前に出されたものであり、バイオ燃料の負の影響について強く警告する内容となっている。

1-7 FAO2008 年食料農業白書

2008 年 10 月、国連食糧農業機関（FAO）は、「The State of food and agriculture 2008（2008 年食料農業白書）」¹⁰を公表したが、その大半をバイオ燃料についての記述にあてた。

同白書はバイオ燃料がもたらすリスクと機会を包括的に分析した上で、バイオ燃料の生産と消費は食料安全保障や環境への影響の理解を進める暇もないほどの猛スピードで拡大していると、既存のバイオ燃料政策の緊急の見直しの必要性を強調している。以下は、同白書の要旨である。

- ① 液体バイオ燃料の原料農産物に対する需要は、今後 10 年、さらにそれ以後も、農産物市場と世界農業の重要な要因になる。

バイオ燃料原料需要は、農産商品実質価格の長期にわたる低落傾向を覆すのを助け、機会とリスクを創り出す。すべての農産物市場が影響を受けるから、すべての国が、部門に直接参加するかどうかを問わず、液体バイオ燃料の影響に直面する。

- ② バイオ燃料原料需要の増大は食料品価格を引き上げ、都市と農村の貧しい食料純購入者の食料安定確保を直接脅かす。

世界の貧困者の多くは家計所得の半分以上を食料に支出しており、農村地域においてさえ、貧困者の大多数は食料の純購入者である。世界の最貧困・最弱者を保護し、適切な食料へのアクセスを保証するセーフティーネットが緊急に必要である。しかし、セーフティーネットの標的は慎重に決められねばならず、農業生産者への価格シグナルの伝達をプロ

¹⁰ <http://www.fao.org/docrep/011/i0100e/i0100e00.htm>

ックしてはならない。

- ③ より長期的には、農産商品の需要増大と価格上昇は農業・農村開発の機会を提供する。

ただし、市場機会は、ジェンダー（社会的性差）、民族性、政治的無力などの要因による公平な成長に対する制度的障壁を取り除くものではなく、事態をもっと悪化させる可能性もある。さらに、高い商品価格だけでは不十分である。生産性への投資、持続可能性強化の研究、能力を与える制度、インフラ、健全な政策が緊急に必要である。

- ④ バイオ燃料の GHG 排出への影響—バイオ燃料部門助成の基本的動機の一つ—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。他のいくつかのあり得る環境悪影響—土地・水資源と生物多様性に対する—も、大部分は土地利用の変化から生じる。政策的支援により加速されるバイオ燃料生産は、大規模な土地利用変化のリスクと関連する環境に対する脅威を強力に高める。

- ⑤ 望ましい成果を挙げるためには、バイオ燃料生産の GHG バランスとその他の環境影響をアセスするための調和の取れたアプローチが必要である。

持続可能な生産基準がバイオ燃料の環境フットプリントの改善に寄与するが、これは地球的公共財に焦点を当て、国際的に合意された規格に基づくものでなくてはならず、途上国の競争を不利にするものであってはならない。同じ農産商品が、用途—バイオ燃料生産用、伝統的な食料・飼料用など—によって異なる扱いを受けてはならない。

- ⑥ 液体バイオ燃料は世界エネルギー供給の小さな部分に置き換わるだけで、それだけでは化石燃料依存を排除することはできない。

大規模な化石燃料代替を可能にするためには、原料生産のために必要な土地が大きすぎる。リグノセルロース原料に基づく第二世代バイオ燃料の導入は能力を大きく拡大できるが、予見できる将来、液体バイオ燃料は総輸送エネルギーの僅かな部分を供給するだけで、総エネルギーにおけるシェアは減少さえする可能性がある。

- ⑦ 既存の農業生産とバイオ燃料加工技術、そして原料商品と原油の最近の相対価格を前提とするかぎり、多くの国の液体バイオ燃料生産は、補助金なしでは経済的に存続できない。

最も重要な例外はブラジルのサトウキビエタノール。競争力はバイオ燃料の種類、原料、産地によって異なり、経済的持続可能性は、各国が投入財や石油の市場価格の変動に直面するから、また産業自身の技術進歩を通して変動する。

- ⑧ 政策的介入、特に補助金や化石燃料との混合義務の形での介入が液体バイオ燃料へのラッシュを牽引した。

しかし、先進国・途上国により実施されている多くの措置の経済的・社会的・環境的コストは高い。農業政策・バイオ燃料政策・貿易政策の間の相互作用は、途上国のバイオ燃料原料生産者に不利に働くことが多く、途上国のバイオ燃料加工・輸出部門の勃興の障害となっている。現在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アセスする必要がある。

- ⑨ 環境的、経済的、社会的に持続可能なバイオ燃料生産のためには、次の広範な領域における政策行動が必要である。

- ・ 貧困者と食料不安を抱える者の保護
- ・ 農業・農村開発の機会の利用
- ・ 環境的持続可能性の確保
- ・ 既存のバイオ燃料政策の見直し
- ・ 持続可能なバイオ燃料の開発を支持する国際システムの作出

この年次報告は、バイオ燃料の果実は政策次第であり、短期的に食糧安全保障上の大きなリスクがあり、貧しく食料不安に直面している人々の保護、農業および農村開発への投資、環境の持続可能性の確保が必要であり、現在のバイオ燃料政策の見直しと国際的な政策の調整の推進が不可欠であると結論付けている。2007年5月に発表された国連報告書から一段と、バイオ燃料のリスクについて警告する内容となっている。

1-8 EU 再生可能エネルギー利用促進指令

2008年12月、EUの再生可能エネルギー利用促進指令が採択された。

温室効果ガス排出に関しては、化石燃料に比べて35%以上削減という欧州委員会原案に2017年以降は50%以上（2017年以降新たに生産されるものについては60%）という追加がなされた。

その他、高度な生物多様性価値を持つ土地、高度の炭素ストックを持つ土地、泥炭地から得

られた原料を使って生産されたものではないとの条件もつけられた。土地利用転換については、2008年より対象となる。欧州委員会案ではなかった土壌・水・大気の持続可能性や社会的持続可能性への配慮が加わったが、これらに関する基準は制定されず、欧州委員会に今後の研究と報告を義務付けられた（本報告書末尾に、バイオ燃料の持続可能性について定めた第17条の仮訳を添付した）。

同指令には、2008年欧州議会産業委員会が採択した修正提案にあった、第一世代バイオ燃料の2020年利用目標を6%に切り下げ、残りは第二世代バイオ燃料、電気、あるいは水素に由来するものでなければならないとする内容は盛り込まれず、2020年の利用目標を10%にするという数字はそのままとなった。ECの農業・農村開発総局（DG AGRI）は2007年7月、10%という目標が欧州の農業市場に与える影響を分析したレポート¹¹を公表し、この目標はEU域内で生産されるバイオ燃料等ではまかなえず、20%は輸入になるとしている。EUのこの過大な目標設定が世界におけるバイオ燃料ブームの大きな動力源となっている。

実際に東南アジアで生産されたパーム油を原料とするバイオディーゼル利用の拡大などが、様々な問題を引き起こしているという批判が巻き起こり、いち早くバイオ燃料の持続可能性基準の必要が認識された。

1-9 日本 農林水産省および経済産業省による取り組み

2008年3月、日本の経済産業省と農林水産省が連携し、石油業界や自動車業界など国内大手16社及び大学等・独立行政法人の研究機関からなるバイオ燃料技術革新協議会は、「バイオ燃料技術革新計画」を策定した¹²。この中で、バイオ燃料の開発において配慮すべき点として、以下の10項目をあげた。

- ① CO₂排出削減効果
- ② エネルギー生産（化石燃料エネルギー収支）
- ③ 経済的機能（経済性）
- ④ 安定供給
- ⑤ 資源の有効利用
- ⑥ 自然環境との共生
- ⑦ 食料との競合
- ⑧ 既存産業構造との競合
- ⑨ 地域社会での受容性

¹¹ The impact of a minimum 10% obligation for biofuel use in the EU-27 in 2020 on agricultural markets
http://ec.europa.eu/agriculture/analysis/markets/biofuel/impact042007/text_en.pdf

¹² <http://www.enecho.meti.go.jp/policy/fuel/080404/hontai.pdf>

⑩ 文化の尊重

日本の官公庁から出されたバイオ燃料の持続可能性に配慮すべきポイントを挙げたものとして、注目される。

2008年、バイオ燃料の持続可能性への懸念は国際的にも高まり¹³、7月に洞爺湖で開かれたG8洞爺湖サミットでは、気候変動問題と並んで食糧問題も重要なテーマとなり、バイオ燃料の持続可能性の必要性についても議論された。

同G8サミット首脳宣言において、「国際バイオエネルギー・パートナーシップ（GBEP）の作業を支持するとともに、バイオ燃料の生産と使用について科学に基づく基準と指標を策定するために、GBEPが他の利害関係者と共に、取り組むことを呼びかける」と盛り込まれた¹⁴。GBEPは、2005年のグレンイーグルスサミットで、途上国でのバイオエネルギー促進を目的として創設された組織である。2009年のイタリアでのG8サミットに向けて、GBEPでは、バイオ燃料の持続可能性の基準や指標についての検討が行なわれている。

日本国内においてもこうした状況に対応するため、農林水産省は、「国際バイオ燃料基準検討会議」を組織し、2008年11月、「バイオ燃料の持続可能性に関する国際的基準・指標の策定に向けた我が国の考え方 とりまとめ概要」を公表した¹⁵。

このとりまとめでは、バイオ燃料の持続可能性基準策定に向けた基本的考え方として、

- ・ バイオ燃料を含むバイオマスの利活用は、温室効果ガスの排出抑制による地球温暖化防止や、資源の有効利用による循環型社会の形成、エネルギー供給源の多様化を通じたエネルギー安全保障の向上に資するほか、地域の活性化や雇用にもつながるもの。また、耕作放棄地の活用等を通じて、食料安全保障にも資する等、農林水産業の新たな領域を開拓するもの。基準の策定に当たっては、このようなバイオマスの利活用の意義を踏まえたものとする必要。
- ・ また、近年、バイオ燃料の生産拡大が食料価格の高騰や森林破壊の要因の一つとなっているとの指摘もあることから、このような懸念を払拭するという観点も必要。
- ・ 特に、バイオ燃料生産が地域経済や農林水産業の振興に与える影響にかんがみ、国産エタノールと輸入エタノールの共存を図っていくという観点が重要。
- ・ 水質や土壌への影響等、通常の農業生産による影響と、バイオ燃料原料生産に伴う影響とを切り分けることが困難であることを踏まえる必要。

¹³ バイオマス産業社会ネットワーク、地球・人間環境フォーラム、FoE Japanの3団体は、2008年5月、「G8環境大臣会合に向けた国際市民フォーラム バイオ燃料・森林減少防止は気候変動対策となるか？」を開催し、「洞爺湖サミットにおいてバイオ燃料の持続可能性基準づくりの枠組みについて議論すべき」等を内容とする大会宣言を発表した。

http://www.gef.or.jp/activity/forest/G8forum_report.html

¹⁴ http://www.mofa.go.jp/Mofaj/Gaiko/summit/toyako08/doc/doc080714_ka.html

¹⁵ http://www.maff.go.jp/j/press/kanbo/kanky0/081105_1.html

を挙げ、基準策定に当たっての留意点として、温室効果ガス、土壌肥沃度/土壌生産力、土地利用変化/炭素ストック/森林減少、水資源の質/量、生物多様性及び生態系保全、貿易政策の直接/間接の影響、食料安全保障、経済/農村振興の各項目について記述している。

また経済産業省は、2008年10月より農林水産省、環境省、内閣府の参加を得て、日本版のバイオ燃料持続可能性基準の策定に向けた「バイオ燃料持続可能性委員会」を開催し、2009年4月に課題を取りまとめた報告書を2009年4月に公表した¹⁶。報告書では、「我が国における持続可能性基準の適用可能性」として、以下の項目を挙げている。

- 1) GHG削減効果
- 2) 土地利用（土地利用転換によるGHG排出、食料生産との競合、生態系保全との競合）
- 3) 食料競合
- 4) 供給安定性
- 5) その他の基準
 生物多様性、土地利用権、労働者権利等

経済産業省は2009年～2010年にかけて、日本版バイオ燃料持続可能性基準策定を行なう予定である。

（泊 みゆき／バイオマス産業社会ネットワーク、北林寿信／農業情報研究所）

¹⁶ <http://www.meti.go.jp/press/20090414004/20090414004.html>

2. バイオ燃料の LCA

本章では、バイオ燃料（バイオエタノールとバイオディーゼル）の原料生産、収集運搬、液体燃料への加工、製品輸送までの一連のライフサイクルを通じたエネルギーと温室効果ガスの収支について、既存研究で報告されている研究成果を比較分析する。このようなバイオ燃料に関するライフサイクル・アセスメント（LCA）については既に数多くの研究成果が報告されており、同じ原料からバイオ燃料を生産する場合でもその前提条件や原単位、評価範囲（バウンダリ）の設定の違いによって結果が異なることが知られている。また、地域特性を考慮すれば同じ原料でも結果が異なるのはある意味当然であることから、LCA の結果は特定の値に収斂するというよりは、ある幅で理解しておくことが望ましい。このような視点から、本章では既存研究結果を集め、原料種毎に報告されている数値を整理することで、この幅を示すを試みる。

2-1 方法

LCA では、対象とする機能単位を揃えて比較を行うことが原則となる。例えば、バイオエタノールの場合、ガソリン代替として利用されることから、ガソリンの単位量あたりの温室効果ガス排出量やエネルギー収支が比較対象として設定されることになる（図 2-1）。これまで報告されているバイオ燃料の LCA 研究の多くは、バイオ燃料の原料作物を農場で生産する際の資材、農業機械への燃料、農薬、化学肥料等の投入は考慮しているが、燃料作物の栽培のために森林が伐採された場合の炭素蓄積量の減少や泥炭地の破壊による大気中への炭素排出など、土地利用転換の影響（図 2-1 の網掛け部分）までは考慮されていない。土地利用転換まで考慮した研究成果としては、2008 年 2 月に Science 誌に 2 つの論文が掲載され（Searchinger et al., 2008; Fargione et al., 2008）、国際的に大きな反響を呼んだ。

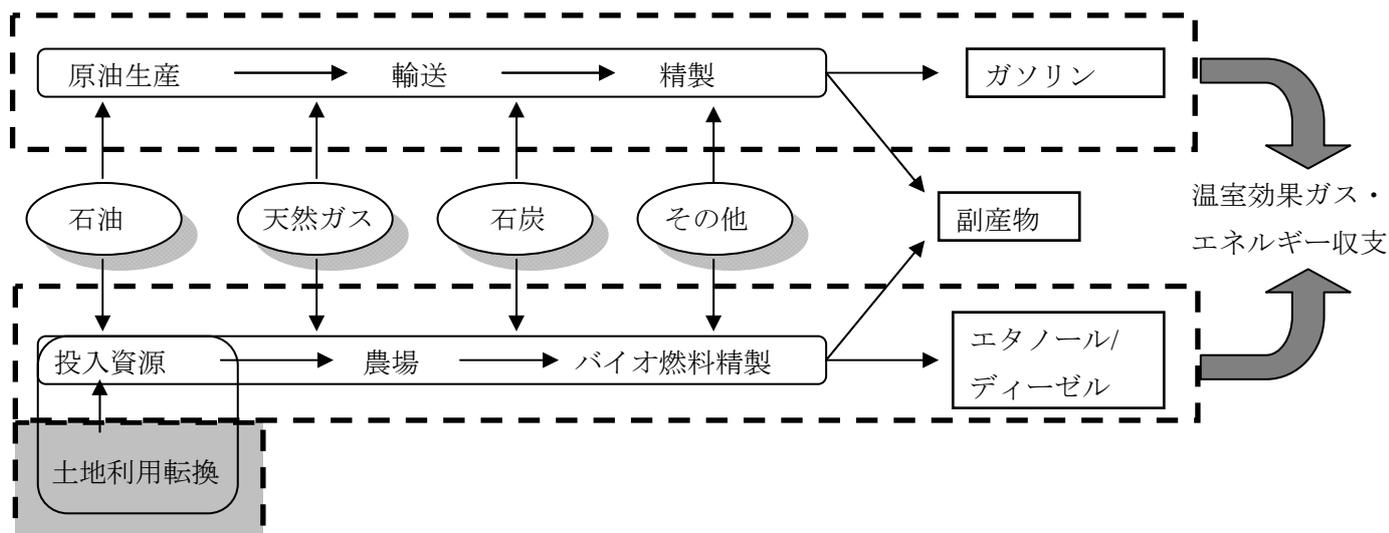


図 2-1 バイオ燃料の LCA の基本的な枠組み（Farrell et al.(2007)を改変）

1) ネットでのエネルギー収支 (Net Energy Value)

バイオ燃料の LCA でのエネルギー収支については、Net Energy Value(NEV)と Net Energy Ratio(NER)があるので注意が必要である。NEV がアウトプットエネルギーからインプットエネルギーを差し引いた値(output-input)であるのに対し、NER はインプットに対するアウトプットの比 (output/input) である。Farrell et al.(2007) は、バイオエタノールのエネルギー収支の評価にあたり、以下のように定式化している。

$$NEV(MJ/L_{Fuel}) = Output\ Energy\ (MJ_{Fuel}/L_{Fuel}) - Input\ Energy\ (MJ_{Input} / L_{Fuel}) \quad (1)$$

$$Output\ Energy\ (MJ/L_{fuel}) = Fuel\ Energy\ (MJ / L_{fuel}) + Coproduct\ Energy\ (MJ / L_{fuel}) \quad (2)$$

$$Input\ Energy\ (MJ_{Input} / L_{Fuel}) = (Agricultural\ Energy\ (MJ_{input} / ha) / Net\ Yield\ (L_{fuel} / ha)) \\ + Biorefinery\ Energy(MJ_{input} / L_{fuel}) \quad (3)$$

$$Agricultural\ Energy\ (MJ / ha) = \Sigma(Embodied\ Energy_i\ (MJ/kg) \times Application\ Rate_i\ (kg/ha)) \\ + \Sigma(Transport\ Energy_i\ (MJ/kg) \times Application\ Rate_i\ (kg/ha)) \\ + Farm\ Direct\ Energy\ (MJ/ha) + Farm\ Labor\ Energy\ (MJ/ha) \\ + Farm\ Labor\ Transport\ Energy\ (MJ/ha) + Farm\ Machinery\ Energy\ (MJ/ha) \\ + Inputs\ Packaging\ Energy\ (MJ/ha) \quad (4)$$

$$Farm\ Inputs = N\ fertilizer, P\ fertilizer, K\ fertilizer, Lime, Herbicides, Insecticides, Seed \quad (5)$$

$$Net\ Yield\ (L/ha) = Crop\ Yield\ (kg/ha) \times Ethanol\ Production\ Yield\ (L/kg) \quad (6)$$

$$Biorefinery\ Energy\ (MJ_{input} / F_{fuel}) = Feedstock\ Transport\ Energy\ (MJ/L) + Electricity\ Inputs\ (MJ/L) \\ + Coal\ Inputs\ (MJ/L) + Natural\ Gas\ Inputs\ (MJ/L) + Diesel\ Inputs\ (MJ/L) \\ + Biomass\ Energy\ Inputs\ (MJ/L) + Process\ Water\ Inputs\ (MJ/L) \\ + Effluent\ Water\ Energy\ (MJ/L) + Embodied\ Energy\ (MJ/L) \quad (7)$$

これは NEV を求めるための一連の式だが、使われる燃料種の単位発熱量あたりの温室効果ガス (GHGs) 排出原単位を用いることで、ライフサイクル (ネット) での温室効果ガス収支についても求めることができる。

2) バイオ燃料純収量(Net Yield)

バイオ燃料純収量(Net Yield)は、(6)式のとおり、作物収量(Crop Yield (kg/ha))とエタノール転換収率 (Ethanol Production Yield (L/kg)) の積で求められる。バイオ燃料の原料となりうる作物等の収量については、生態系の炭素循環や生物生産量に関する研究の一環として古くから世界規模でデータの蓄積がある。また、まだ数はさほど多くはないが、エタノール転換収率についても燃料作物種類ごとの値が報告されている。そこで、LCA 結果のレビューに先立ち、燃料作物種ごとの収量と燃料転換収率について、これまでに報告されているデータの整理を試みた。次節にその結果をまとめた。

2-2 作物収量、バイオ燃料転換収率、バイオ燃料純収量

作物収量、バイオ燃料転換収率、バイオ燃料純収量について、これまでに報告されている主な文献データを整理して、表 2-1 にまとめた。

1) 作物収量

1haあたりの作物収量(乾燥重量 dry-t)は、トウモロコシ 3.3~27.2t/ha、ソルガム 1.3~28.8t/ha、サトウキビ 49.5~80t/ha、甜菜 46.0~78.5t/ha、キャッサバ 10.8~13.6t/ha、木材 2~30t/ha、竹 1.2~20t/ha、草本類 3.7~60.0t/ha、稲 4.2~6.4t/ha、稲からともみ殻 9.9t/ha、油ヤシ(オイルパーム) 17.8~20.6t/ha、大豆 2.3~2.7t/ha であった。文献によって乾燥重量かどうか明記されていない場合もあることから、各収量の大きい方の値には乾燥重量でない値が含まれている可能性がある。作物としては、サトウキビ、ソルガム、甜菜などの収量が比較的大きい値を示した。

2) 燃料転換収率

燃料転換収率については、作物収量と比べると集めることができたデータ数が少なかった。また、同じ収率を用いている例が多かった。トウモロコシ 0.26~0.40、ソルガム 0.38~1.2、サトウキビ 0.070~0.085、甜菜 0.10~0.11、キャッサバ 0.137~0.180、小麦 0.34、サツマイモ 0.133、木材 0.25、稲・玄米 0.43、稲わら・もみ殻 (0.22~0.25)、リグノセルロース 0.342、建築解体材 0.208、油ヤシ 0.23~0.25、大豆 0.174~0.205、菜種 0.567 であった。原料によって収率は異なるが、サトウキビを除いて全体としては概ね 0.2~0.4 の範囲に分布している。

3) バイオ燃料純収量

燃料作物の単位面積あたりのバイオ燃料の純収量(ネット収量)は、トウモロコシ 2,000~4,300 リットル(L)/ha、トウモロコシの葉や茎、穂の部分で 1,100~3,900L/ha、ソルガム 500~6,500L/ha、サトウキビ 4,500~6,800L/ha、甜菜 5,000~8,100L/ha、キャッサバ 1,500~2,100L/ha、小麦 1,000L/ha、サツマイモ 8,000L/ha、木材 500L/ha、竹 300L/ha、スイッチグラス等の草本類 3,100~7,600L/ha、稲・稲わら・もみ殻 1,800~3,600L/ha、油ヤシ 4,100~4,700L/ha、大豆 490~550L/ha、菜種 0.67~1.7t/ha、ひまわり 0.48t/ha であった。すなわち、純収量で見るとソルガム、サトウキビ、甜菜、油ヤシが相対的には高い値を示した。

表 2-1 作物収量、燃料転換率、バイオ燃料純収量データのまとめ

原料	面積当たり年間収量(Crop yield)		燃料転換率(Ethanol Production Yield)		バイオ燃料純収量(Net Yield)		栽培適地その他備考	
	(t/ha)	出典	燃料/収量(kg/gk)(L/kg)	出典	(t/ha) (L/ha)	出典		出典
トウモロコシ	3.3t/ha(Indonesia)	8	0.26	8	0.86t/ha(Indonesia)	8		
	23.8(岩手)~27.2dry-t/da(大)	1						
	10.8t/ha(California)	10	0.3975		4293L/ha	10		
	7.60~8.16t/ha	12	0.372~0.402	12	2827-3280L/ha	12		
	9.4t/ha(米国)	19	0.399	19	3463-3998L/ha	18		
	5.0t/ha(China)	19	0.399	19	3751L/ha	19		
	4.9t/ha(Global)	19	0.400	19	1955L/ha	19		
トウモロコシの茎や葉(Corn stover)					1100-2200L/ha	6	Biomass-based fuel	6
トウモロコシの穂(Corn ears)					3100-3900L/ha	6	エタノール	6
ソルガム	~15dry-t/ha	1						
	28.8dry-t/ha(長野)	1						
	一期作収率81.t/ha	3						
	二期作収率61.9t/ha	3						
	42.5t/ha(10.2dry-t/ha)	16						
	28.8t/ha	5			5300-6500L/ha	6	エタノール	6
	5.0t/ha(台湾)	9	1.2	9	6000L/ha	9		
5.4t/ha(Clifornia)	10	0.398		2151L/ha	10			
1.3t/ha(Global)	19	0.380	19	494/ha	19			
サトウキビ	~30dry-t/ha	1						
	56.5t/ha(Thailand)	8	0.08	8	4.52t/ha(Thailand)	8		
	49.5dry-t/ha(沖縄本島)	1						
	56.3t/ha(日本)	2						
	60.0t/ha(台湾)	9	0.083	9	5000L/ha	9		
	69~80t/ha(Brazil)	12	0.080~0.085	12	5520-6800L/ha	12		
	73.5t/ha(Brazil)	19	0.075	19	5476L/ha	19		
	60.7t/ha(India)	19	0.075	19	4522L/ha	19		
	68.7(t/ha)	18						
	65.0(t/ha)(Global)	19	0.070	19	4550L/ha	19		
甜菜(Sugar beets)	78.5t/ha(California)	10	0.104		8138L/ha	10		
	46.0t/ha(Global)	19	0.110	19	5060L/ha	19		
キャッサバ	12.0t/ha(Global)	19	0.180	19	2070L/ha	19		
	13.6t/ha(Brazil)	19	0.137		1863L/ha	19		
	10.8t/ha(Nigeria)	19	0.137		1480L/ha	19		
小麦	2.8t/ha(Global)	19	0.340	19	952L/ha	19		
サツマイモ	60t/ha(台湾)	9	0.133	9	8000L/ha	9		
木材	ヤナギ類	20t-dry/ha	4					
		19.0~20.5t/ha(北海道)	5					
	アカシア	18t-dry/ha	4					
	カンバ類	14t-dry/ha	4					
	シラカンバ	7.4~10.8t/ha(亜寒帯・北海道)	5					
	ゴジ	13t-dry/ha	4					
	ハイブリッドポプラ	10~15dry-t/ha	1					
	ポプラ	15~22t/ha(温帯・米国)	5					
	ユーカリ	20dry-t/ha	1					
		10~30t/ha(熱帯・亜熱帯)	5					
	温帯落葉林	12t/ha	7					
	コナラ							
	クヌギ							
	人工林(スギ)	4~7dry-t/ha	2					
	人工林(スギヒノキ)	9-10t/ha	2					人工林の間伐材としての収量
スギ	4~7t/ha(北海道)	5						
Short rotation coppice	10t/ha	13						
Hard wood	2.0t/ha(台湾)	9	0.25		500L/ha	9		
竹	12.5t/ha	1					前提条件:平均5000本/ha, 12.5dry-kg/本, 伐採周期5年	
	20t/ha	14						
	1.2t/ha(台湾)	9	0.25		300L/ha	9		
ササ類	8dry-t/ha	4						
草本類	ギニアグラス	24.3dry-t/ha(熊本)	1					
		17.5dry-t/ha(富山)	1					
	スーダングラス	14.8dry-t/ha(広島)	1					
	スイッチグラス	~9dry-t/ha	1					
		16.0t/ha(温帯・米国)	5			3100-7600L/ha	6	Biomass-based fuel
	ミスカンタス	~10dry-t/ha	1					
	ジャイアントミスカンタス	60.0t/ha(温帯)	5					
	Miscanthus(elephant grass)					7300L/ha	6	Biomass-based fuel
パヒアグラス(宮崎)	19dry-t/ha	1						
トールフェスク(熊本)	15dry-t/ha	1						
プレーリー草原	3.7t/ha	18						
稲(Rice)	8.0t/ha(6.4dry-t/ha)	16						
	4.2t/ha(Global)	19	0.430	19	1806L/ha	19		
玄米	8.25t/ha(7.0dry-t/ha)	15	0.434	15	3580L/ha	15		
稲わらともみ殻(玄米由来)	14.2t/ha(9.9dry-t/ha)	15	0.220(稲わら)~0.250(もみ殻)	15	3124-3550L/ha	15		
第2世代バイオ燃料(リグノセルロース系バイオエタノール)	2.88t/ha(バイオマス)	11	0.342	11	985L/ha	11		
建築解体材(濃硫酸法の実証試験)			0.208	17			1トンの建築解体材から208kgのエタノール	
オイルパーム(Oil palm)	20.6t/ha(Malaysia)	19	0.23	19	4736L/ha	19	バイオディーゼル	
	17.8t/ha(Indonesia)	19	0.23	19	4092L/ha	19	バイオディーゼル	
					3.294t/ha	18	バイオディーゼル	
	19.1t/ha(Malaysia)	20	0.251	20	4.8t/ha	20	バイオディーゼル	
大豆(Soybean)					3.74t/ha	21	バイオディーゼル	
	2.7t/ha(USA)	19	0.205	19	552L/ha	19	バイオディーゼル	
	2.4t/ha(Brazil)	19	0.205	19	491L/ha	19	バイオディーゼル	
	2.3t/ha(Brazil)	20	0.174	20	0.4t/ha	20	バイオディーゼル	
菜種(Rape seed)					0.38t/ha	21	バイオディーゼル	
	3.0t/ha	20	0.567	20	1.7t/ha	20	バイオディーゼル	
					0.67t/ha	21	バイオディーゼル	
ひまわり(Sunflower)					0.48t/ha	21	バイオディーゼル	

表 2-1 で用いた文献（文献番号が表中の出典の番号に対応）

- 1)日本エネルギー学会(2002)バイオマスハンドブック，オーム社.
- 2)植田充美，近藤昭彦(2005)エコバイオエネルギーの最前線，シーエムシー出版.
- 3)島崎洋一・長坂克彦・恩田匠・小澤雅之（2008）未利用農産物系バイオマスからのエタノール製造に関する分析，第24回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集, pp.435-436.
- 4) 加用・花木・荒巻・石井（2007）栽培系バイオマス由来のバイオエタノール活用による二酸化炭素削減ポテンシャルの推計，第35回環境システム研究論文発表会講演集，pp.19-26.
- 5)前田征児（2007）エネルギー資源作物とバイオ燃料変換技術の研究開発動向，Science & Technology Trends June 2007
- 6)Biofueling the Future, Nature, Vol.444, December 2006
- 7)鳥取大学広葉樹研究刊行会編（1998）広葉樹の育成と利用，海青社。（もとは Whittaker や吉良）
- 8)川島博之・新藤純子・堀雅文（2007）東南アジアにおける余剰水田を利用したエネルギー作物生産，環境科学会誌,20(4),pp.279-286
- 9)En-Jang Sun, Present Plans of Biomass Energy Development and Utilization in Taiwan
- 10)Williams, R.B., Jenkins, B.M., and Gildart, M.C., (2007) California Biofuel Goals and Production Potential. 15th European Biomass Conference & Exhibition, 7-11 May, 2007, Berlin, Germany.
- 11)石油産業活性化センター（2008）第2世代バイオ燃料製造技術の研究開発に関する報告書
- 12)Marcelo E. Dias De Oliveira, Burton E. Vaughan, Edward J. Rykiel Jr. (2005) Ethanol as Fuel: Energy, Carbon, Dioxide Balances, and Ecological Footprint, BioScience, 55, 7, pp.593-602.
- 13)Renton Righelato and Dominick V. Spracklen (2007) Carbon Mitigation by Biofuels or by Saving and Restoring Forests?, Science, 317, 902.
- 14)井鷲裕司（1987）竹林の生産力，林業試験場関西支場研究情報, No.5
- 15)佐賀清崇・横山伸也・芋生憲司（2008）稲作からのバイオエタノール生産システムのエネルギー収支分析，Journal of Japan Society of Energy and Resources, 29,1, pp.30-35.
- 16)再生可能燃料利用推進会議（2004）バイオエタノール混合ガソリン等の利用拡大について（第一次報告）.
- 17)種田大介（2006）濃硫酸法バイオエタノール製造プロセス，Cellulose Commun. 13: 49-52.
- 18)Fargione, J. et al.(2008) Land Clearing and the Biofuel Carbon Debt, SCIENCE, Vo.319, pp.1235-1238.
- 19) FAO (2008) The State of Food and Agriculture 2008.
- 20) Mattoson, B., Cederberg, C., Blix, L. (2000) Agricultural land use in life cycle assessment (LCA): case studies of three vegetable oil crops, Journal of Cleaner Production, 8, pp.283-292.
- 21) Sumathi, S., Chai, S.P., Mohamed, A.R. (2008) Utilization of oil palm as a source of renewable energy in Malaysia, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 12, pp.2404-2421.

作物収量とバイオエタノールの純収量との関係を見てみると、サトウキビが作物収量と燃料収量の双方が高い水準にあることを示す研究成果が多くあることが確認できた（図 2-2）。

また、作物収量とバイオエタノール転換収率との関係を見ると、作物収量の高い原料ほどエタノール転換収率が低く、逆に作物収量が低い原料ほど収率が高くなるという、反比例の関係が示唆された（図 2-3）。この関係が一般的な関係として定式化できるかどうかについては、さらにサンプル数を増やして検討する必要がある。ただし、この反比例の関係から大きく外れる原料は、燃料作物として実用化するのは困難と判断するなど、おおよその目安となる可能性がある。

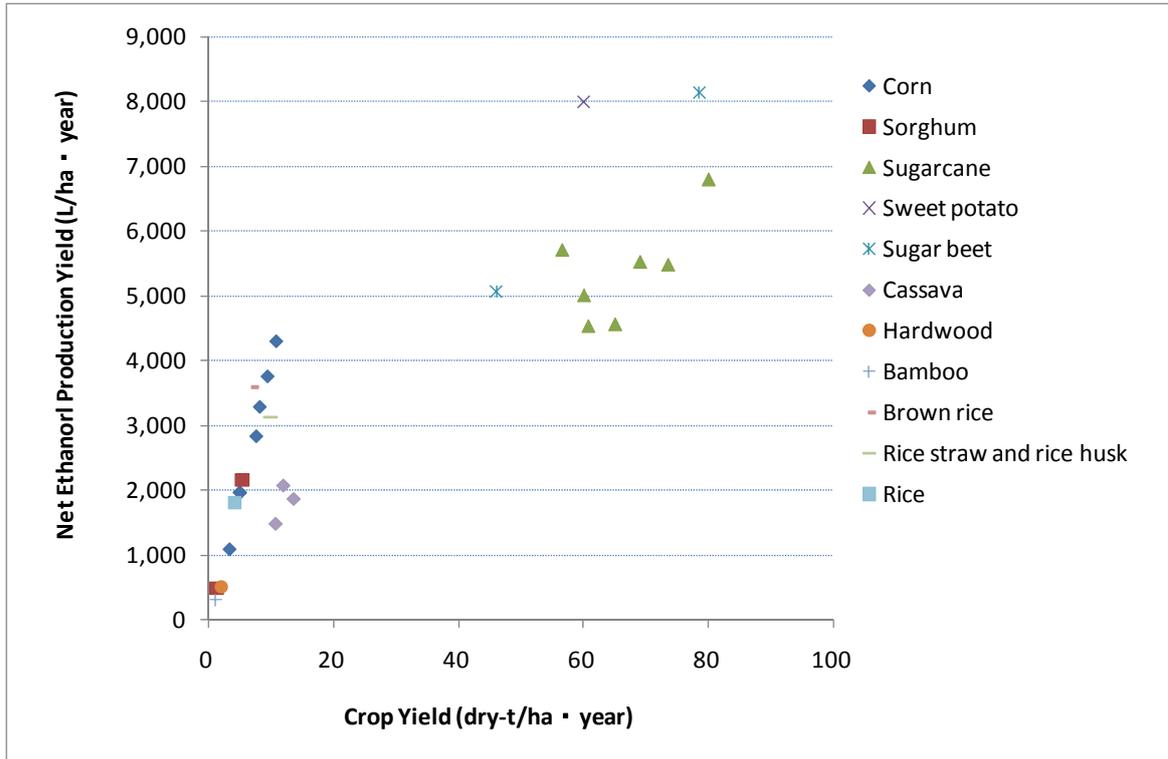


図 2-2 作物収量（横軸）とバイオエタノールの純収量（縦軸）との関係

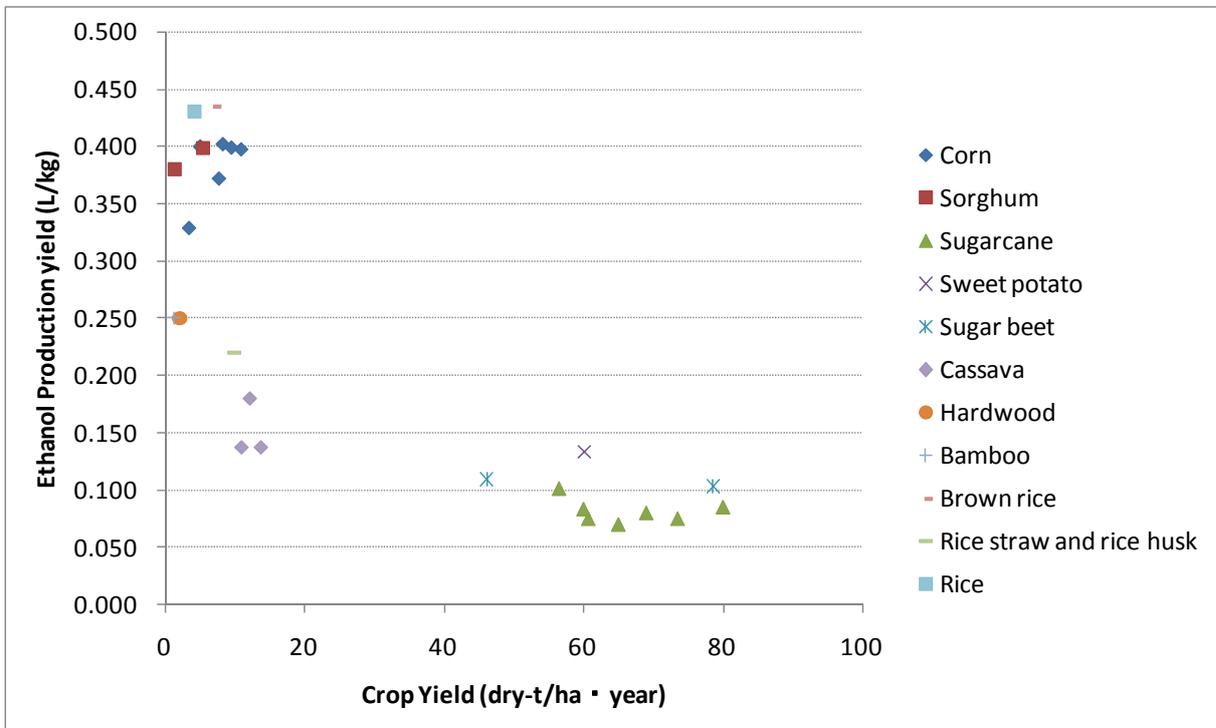


図 2-3 作物収量（横軸）と燃料転換収率（縦軸）との関係

2-3 エネルギー収支と温室効果ガス

1978年から2007年までのバイオエタノールのエネルギー純収支（NEV）の推移を見ると、1990年代初頭までは純収支はマイナスであったこと、それ以降は純収支をプラス（アウトプットエネルギーがインプットを上回る）とする研究の数の方が多いこと、さらに数は少ないが2000年以降の研究でも純収支がマイナスとする報告がみられることがわかる（図2-4）。ただし、純収支がマイナスと報告しているのは1990年代からほぼ同じ研究者グループ（Pimentel & Patzek）であり、研究者の立場や考え方が影響していると推察される。

図2-5はバイオ燃料のライフサイクルでの温室効果ガス削減効果をまとめたものである。これによると、同じトウモロコシ原料からのバイオエタノール生産であっても、生産過程でどの燃料を用いるかで温室効果ガス削減効果が大きく異なることが読み取れる。例えば、石炭を用いた場合には削減効果はほとんどなく、逆にわずかだが温室効果ガスの排出増になり、現状の削減効果は20%程度、天然ガスを使って燃料転換を図った場合には30%弱の削減効果が期待できる。またこの図では、原料生産段階での燃料投入が少ないとされるセルロース系の原料の場合には、最大で90%弱の削減効果があるとされている。

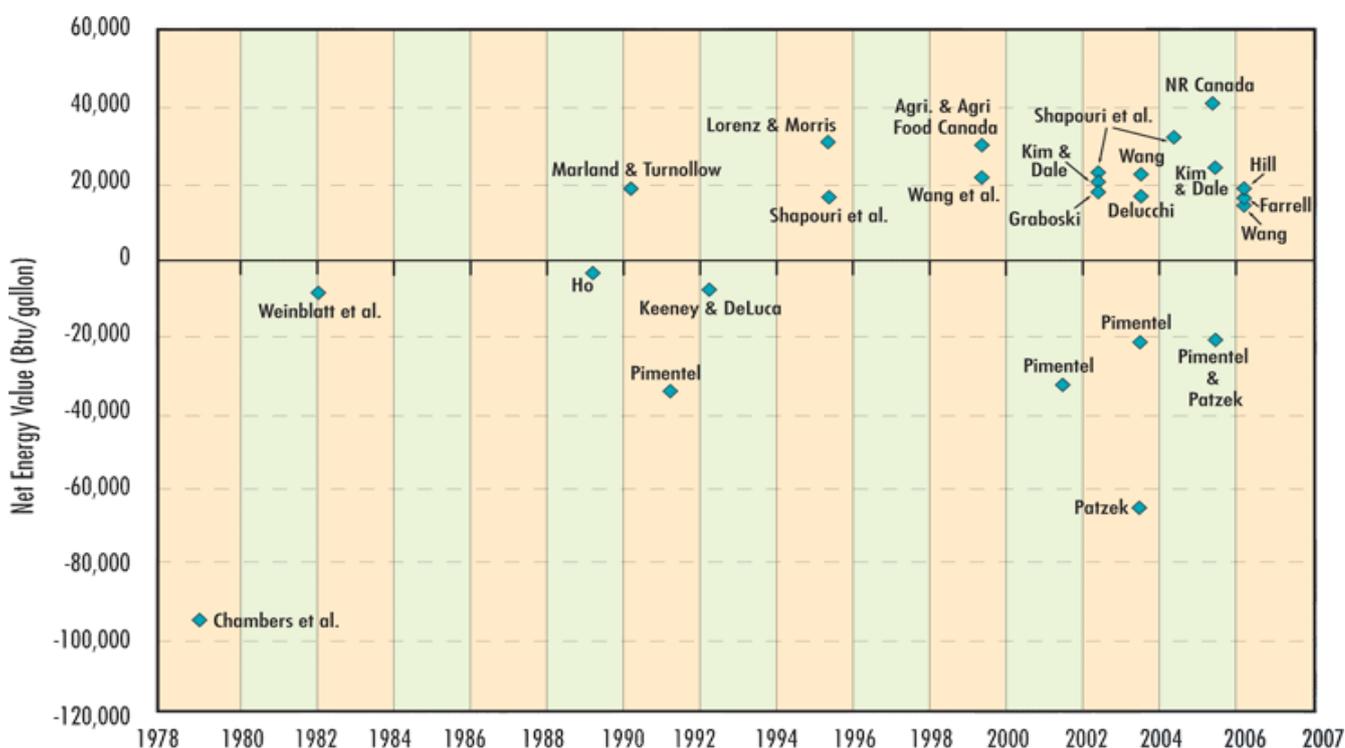


図2-4 トウモロコシ原料からのバイオエタノールのエネルギー純収支(NEV)の研究結果の変遷

(注) この場合のNEVは、1ガロンのエタノールが含有するエネルギー(BTU)から1ガロンのエタノールを生産する際に投入したエネルギー(BTL)を差し引いた値。図中の英文は、人物及び研究機関名。

(出典) Alternative Fuels and Advanced Vehicles Data Center: Lifecycle Energy Balance (2008) <http://www.transportation.anl.gov/pdfs/TA/345.pdf>

Replacement of a gallon of a gasoline with equivalent EtOH

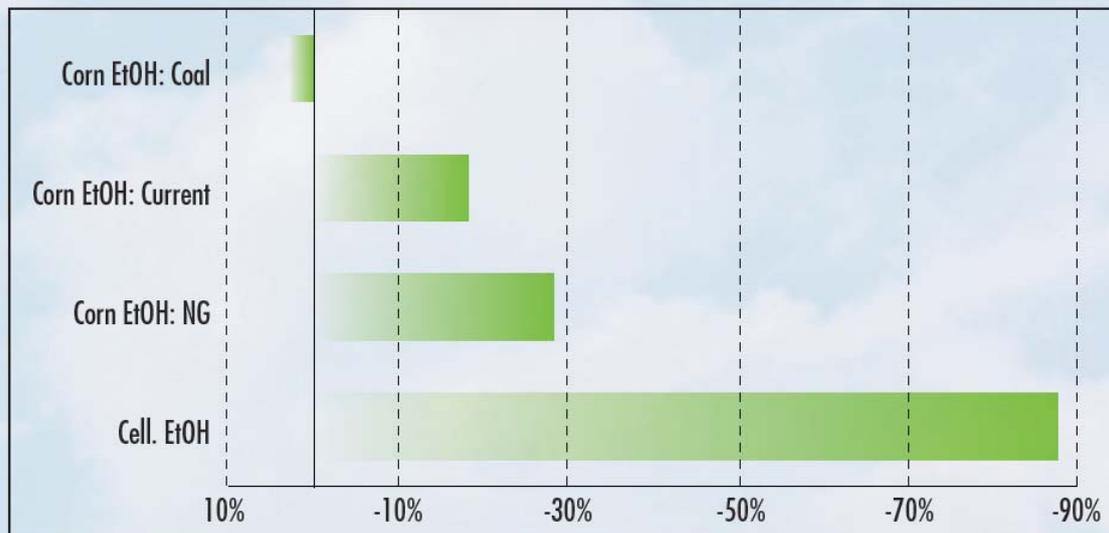


Figure 3: Ethanol generally produces fewer greenhouse gas (GHG) emissions.

図 2-5 バイオエタノールの温室効果ガスの削減効果

(出典) <http://www.transportation.anl.gov/pdfs/TA/345.pdf>

これまで公表されている主なエネルギー純収支と温室効果ガスに関する LCA 結果を発表年代順に整理し、ガソリンとディーゼルの値と一緒に示した (表 2-2)。

表 2-2 バイオ燃料に関するライフサイクルでの温室効果ガス、エネルギー収支の主な研究結果

		Year	Net GHG emissions(g-CO ₂ /MJ)		Net Energy Value (MJ/L)		Notes	Source
			Original values	Commensurate values	Original values	Commensurate values		
Reference	Gasoline		94	94	-0.24	-0.24		1)
			92					5)
	Diesel		82.3					2)
Corn Ethanol	Marland&Turhollow	1991			2.8			3)
	Lorenz&Morris	1995			6.8			3)
	Wang	2001	71	74	6.9	6.1		1)
	Graboski	2002	99	107	3.9	3.1		1)
	Shapouri et al.	2002			4			3)
	Patzek	2004	121	104	-5	-1.6		1)
	Shapouri et al.	2004	61	80	8.9	8		1)
	Pimentel et al.	2005	116	97	-6.1	-3.7		1)
	de Oliveira et al.	2005	98	82	1.9	4.8		1)
	Kim&Dale	2005			6.6			3)
	Farrell et al.	2006	87	87	4.5	4.5		1)
	Hill et al.	2006	84.9		4.3			2)
	Fargione et al.	2008	78.3					4)
Serchinger et al.	2008	74.0					5)	
トヨタ&みずほ総研	2008	81.4				最大ケース	6)	
トヨタ&みずほ総研	2008	54.0				最小ケース	6)	
Sugarcane Ethanol	Fargione et al.	2008	17.9					4)
	トヨタ&みずほ総研	2008	14.5				平均ケース	6)
	トヨタ&みずほ総研	2008	14.8				最良ケース	6)
Soybean biodiesel	Hill et al.	2006	49		27.8			2)
Palm Biodiesel	Fargione et al.	2008	37.0					4)
	トヨタ&みずほ総研	2008	13.4					6)
Cellulosic	Tyson et al.	1993			24.6		various	3)
	Lynd&Wang	2004			21		poplar	3)
	Sheehan et al.	2004			19.7		corn stover	3)
	Pimental&Patzek	2005			-10.4		swich grass	3)
	Farrell et al.	2006	11	11	23	23		1)
	Serchinger et al.	2008	27				swich grass	5)
	トヨタ&みずほ総研	2008	25.18				米国(セルロース系)	6)
	トヨタ&みずほ総研	2008	50.32				米国(セルロース系)	6)
	トヨタ&みずほ総研	2008	20.26				間伐材(日本)-最大ケース	6)
	トヨタ&みずほ総研	2008	7.92				間伐材(日本)-最小ケース	6)

- 1) Farrell et al. (2006) Ethanol Can Contribute to Energy and Environmental Goals, SCIENCE, Vol.311, pp.506-508.
- 2) Hill et al. (2006) Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels, PNAS, vol.103, no.30, pp. 11206-11210.
- 3) Hammerschlag (2006) Ethanol's Energy Return on Investment: A Survey of the Literature 1990-Present, Environmental Science and Technology, 50(6), pp.1744-1750.
- 4) Fargione, J. et al.(2008) Land Clearing and the Biofuel Carbon Debt, SCIENCE, Vo.319, pp.1235-1238.
- 5) Searchinger, T. et al. (2008) Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change, SCIENCE, Vo.319, pp.1238-1240.
- 6) トヨタ自動車・みずほ情報総研 (2008) 輸送用燃料の Well-to-Wheel 評価—バイオ燃料を中心とした輸送用燃料製造(Well-to-Tank)における温室効果ガス排出量に関する研究報告書

表 2-2 の Commensurate values とは、Farrell et al. (2006)が彼ら以前の各 LCA 研究の境界条件を検証し、可能な限り境界条件を揃えた場合の補正值である。トウモロコシを原料とするバイオエタノールの場合、ネットでの温室効果ガス排出は 2005 年頃までガソリンとほぼ同じかそれを若干上回るとされていたが、2006 年以降の研究ではガソリンより 20%程度低い値が報告されている。エネルギー純収支については、傾向としては図 2-4 と同じで、純収支がマイナス（負）という研究もあるが、最近の研究の多くは正の値を示している。サトウキビ原料からのエタノールの場合、温室効果ガス排出量はガソリンの 5 分の 1 (20%) と小さく、トウモロコシからのエタノールと比較すると単位量あたりの温室効果ガス削減効果がかなり大きいという結果が示されている。これはサトウキビの場合、副産物であるバガスをエタノール精製プラントの稼働エネルギー源として利用できることが少なからず効いている。

バイオディーゼルについては、大豆を原料とした場合、温室効果ガス排出はガソリンの約半分、油ヤシを原料とした場合には、大豆よりさらに排出が少ないとされている（表 3-2）。ただしこの場合、油ヤシ植林による泥炭破壊による温室効果ガス排出増はカウントされていない。

さらに第二世代バイオ燃料として研究開発が精力的に進められているセルロース系原料からのバイオエタノールだが、表 2-2 に示したのは基本的にバイオマス由来の CO₂ やエネルギーは含んでいない。あくまでもセルロース系原料をバイオエタノールに転換する段階と輸送段階での化石燃料の消費が中心である。こうした設定で計算された結果を見てみると、セルロース系原料からのエタノールの温室効果ガス排出量はガソリンの半分から 5 分の 1 程度と低い値を示している。

図 2-6 は、表 2-2 の中から同じ原料作物について温室効果ガス収支とエネルギー純収支の両方が報告されている研究結果を散布図にプロットしたものである。図中の薄い網掛けの範囲に分布するバイオ燃料は、ガソリンよりも温室効果ガス排出およびエネルギーの純収支という点で、削減効果を期待しうることを意味する。

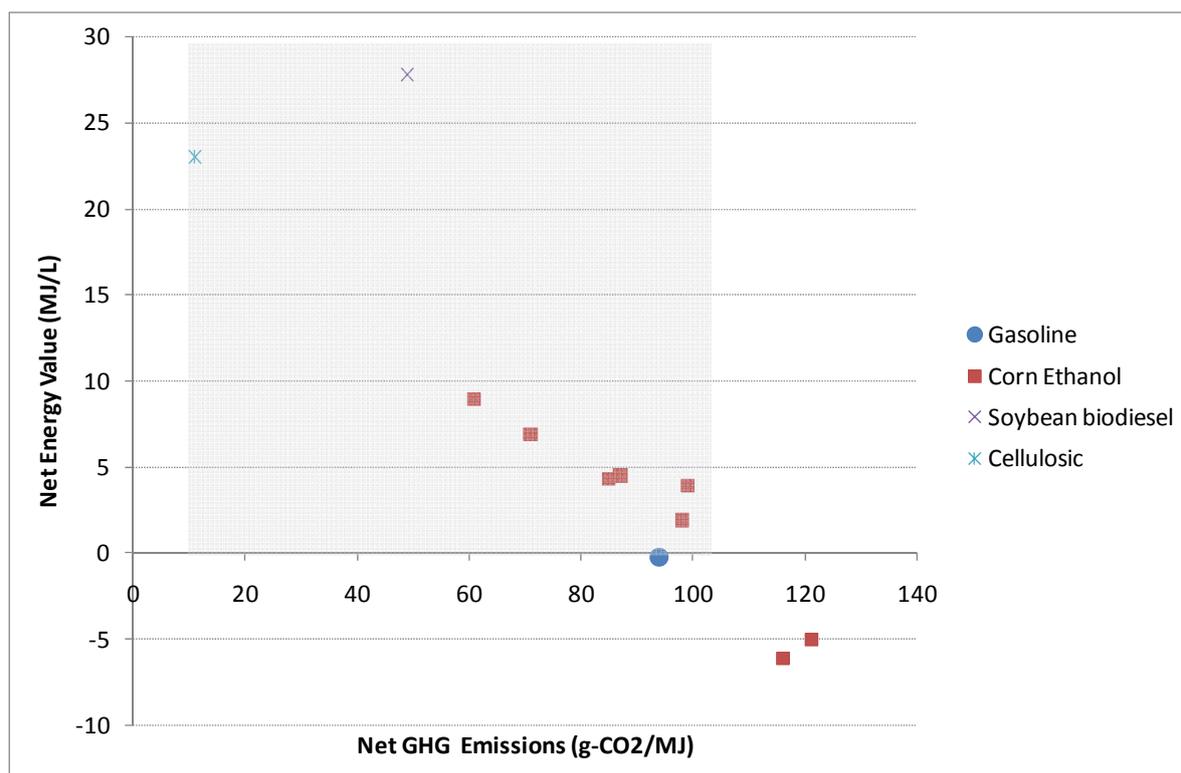


図 2-6 温室効果ガス収支（横軸）とエネルギー純収支（縦軸）との関係

2-4 まとめ

本章では、バイオ燃料（バイオエタノールとバイオディーゼル）の原料生産、収集運搬、液体燃料への加工、製品輸送までの一連のライフサイクルを通じたエネルギーと温室効果ガスの収支について、既存研究で報告されている研究成果を整理・比較した。同時に、作物収量、バイオ燃料転換収率、バイオ燃料純収量について、これまでに報告されている主な文献データをまとめ、燃料作物の収量や燃料転換特性、相対的な位置づけを示した。

ここで整理したデータを用いることで、エネルギー収支と温室効果ガス排出の LCA を作物種類に応じて概算することが可能である。もちろん、あくまでもラフな概算のためのデータベースであり、環境影響の詳細を明らかにする場合には、作物生産から燃料転換、輸送まで具体的な実態データを収集して、積み上げ計算をする必要がある。本章のデータは、詳細な積み上げ計算による LCA の結果が相対的にどのレベルにあるのかを知るのにも役立つ。ただし、セルロース系原料のバイオエタノール生産のように、バイオ燃料については技術開発が世界的に精力的に行われていることから、ここで示した数値もすぐに古いデータとして使い物にならなくなるかもしれない。継続的に情報を収集して、常に最新の技術動向を踏まえた LCA 評価ができるよう、本章の内容を見直していくことが望ましい。

(齊藤 修)

引用文献

- Alternative Fuels and Advanced Vehicles Data Center: Lifecycle Energy Balance (2008) URL: (2009年3月15日現在) <http://www.transportation.anl.gov/pdfs/TA/345.pdf>
- FAO (2008) The State of Food and Agriculture 2008.
- Fargione, J., Hill, J., Tilman, D., Polasky, S., Hawthorne, P. (2008) Land Clearing and the Biofuel Carbon Debt, *SCIENCE*, 319: 1235-1238.
- Farrell, A.E., Plevin, R.J., Turner, B.T., Jones, A.D., O'Hare, M., Kammen, D.M. (2006) Ethanol Can Contribute to Energy and Environmental Goals, *SCIENCE*, 311: 506-508.
- Hammerschlag (2006) Ethanol's Energy Return on Investment: A Survey of the Literature 1990-Present, *Environmental Science and Technology*, 50: 1744-1750.
- Hill, J., Nelson, E., Tilman, D., Polasky, S. and Tiffany, D. (2006) Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels, *PNAS*, 103: 11206-11210.
- 井鷲裕司 (1987) 竹林の生産力, 林業試験場関西支場研究情報, No.5
- 川島博之・新藤純子・堀雅文 (2007) 東南アジアにおける余剰水田を利用したエネルギー作物生産, 環境科学会誌, 20: 279-286.
- 加用・花木・荒巻・石井 (2007) 栽培系バイオマス由来のバイオエタノール活用による二酸化炭素削減ポテンシャルの推計, 第35回環境システム研究論文発表会講演集, 19-26.
- Nature (2006) Biofuelling the Future, *NATURE*, 444: 669.
- 日本エネルギー学会(2002)バイオマスハンドブック, オーム社.
- 前田征児 (2007) エネルギー資源作物とバイオ燃料変換技術の研究開発動向, *Science & Technology Trends* June 2007
- Marcelo E., Dias De Oliveira, Burton, E., Vaughan, Edward, J. Rykiel Jr. (2005) Ethanol as Fuel: Energy, Carbon, Dioxide Balances, and Ecological Footprint, *BioScience*, 55: 593-602.
- Mattoson, B., Cederberg, C., Blix, L. (2000) Agricultural land use in life cycle assessment (LCA): case studies of three vegetable oil crops, *Journal of Cleaner Production*, 8: 283-292.
- Righelato, R. and Spracklen, D.V. (2007) Carbon Mitigation by Biofuels or by Saving and Restoring Forests?, *SCIENCE*, 317: 902.
- 佐賀清崇・横山伸也・芋生憲司 (2008) 稲作からのバイオエタノール生産システムのエネルギー収支分析, *Journal of Japan Society of Energy and Resources*, 29(1): 30-35.
- 再生可能燃料利用推進会議 (2004) バイオエタノール混合ガソリン等の利用拡大について (第一次報告).
- 石油産業活性化センター (2008) 第2世代バイオ燃料製造技術の研究開発に関する報告書.
- Sumathi, S., Chai, S.P., Mohamed, A.R. (2008) Utilization of oil palm as a source of renewable energy in Malaysia, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12: 2404-2421.
- Searchinger, T., Heimlich, R., Houghton, R.A., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa, J., Tokgoz, S., Hayes, D., Yu, Tun-Hsiang (2008) Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change, *SCIENCE*, 319: 1238-1240.
- 島崎洋一・長坂克彦・恩田匠・小澤雅之 (2008) 未利用農産物系バイオマスからのエタノール製造に関する分析, 第24回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集, pp.435-436.
- Sun, En-Jang, Present Plans of Biomass Energy Development and Utilization in Taiwan.
- 種田大介 (2006) 濃硫酸法バイオエタノール製造プロセス. *Cellulose Commun.* 13: 49-52.
- 鳥取大学広葉樹研究刊行会編 (1998) 広葉樹の育成と利用, 海青社.
- トヨタ自動車・みずほ情報総研 (2008) 輸送用燃料の Well-to-Wheel 評価—バイオ燃料を中心とした輸送用燃料製造(Well-to-Tank)における温室効果ガス排出量に関する研究報告書
- 植田充美, 近藤昭彦(2005)エコバイオエネルギーの最前線, シーエムシー出版.
- Williams, R.B., Jenkins, B.M., and Gildart, M.C., (2007) California Biofuel Goals and Production Potential. 15th European Biomass Conference & Exhibition, 7-11 May, 2007, Berlin, Germany.

3. 土地利用のポテンシャルとその制約

本章では、食糧生産、木材や紙パルプなどの既存の土地利用の状況を踏まえ、バイオ燃料生産における土地利用への圧力を概観する。

3-1 土地利用への圧力

世界の人口は発展途上国の人口増加によって全体的に増加傾向にある（図 3-1）。また、現在は世界経済が調整局面にあるが、将来・長期的には新興国を中心にさらなる経済成長が予想される。

この人口増加と経済成長は、食糧、エネルギー、環境問題などを引き起こすが、これら諸問題はいずれも土地利用の問題に密接に関係する。食糧需要の増大が農地の拡大を促しているが、気候変動や生態系の悪化は土地の生産性に負の影響を及ぼすと予想される。また、エネルギー需要の増大が石油代替燃料としてのバイオ燃料への期待が高まっているが、その生産のために土地利用に圧力が加わっている。土地利用という視点からアプローチすると様々な問題を包括的に眺める事ができる。



図 3-1 世界人口の推移

出典：国連人口部「World Population Prospects: The 2004 Revision」(2005年)、
同「The World at Six Billion」(1999)、他

3-2 世界の食糧需要と土地利用

世界の食糧需要は、人口増加に加えて経済発展に伴う食生活の変化により一人当たりカロリー摂取も増加、今後も増加基調が続くと見られる。カロリーベースの食糧需要量は 2000 年に比べ、2030 年に 45%、2050 年には 65%増加すると予測される（表 3-1）。

表 3-1 世界の人口とカロリー消費量の予測

	2000 年	2030 年	2050 年
発展途上国	47.6 億人 2654 kcal/人日	67.1 2960	75.1 3070
先進国	9.1 億人 3446 kcal/人日	10.0 3520	10.1 3540
経済移行国	4.1 億人 2900 kcal/人日	3.8 3150	3.4 3270
総カロリー消費量 (対 2000 年比)	100	145	165

出典：The Rights and Resources Initiative & IIASA、2007

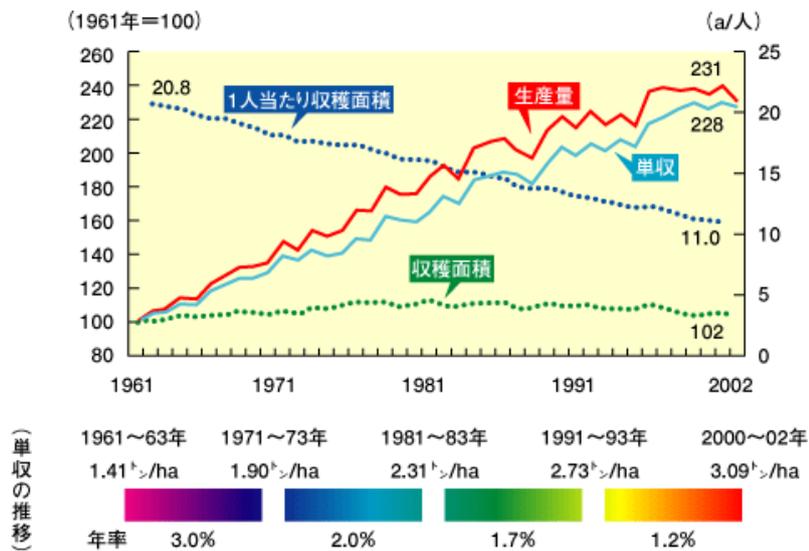


図 3-2 世界の穀物生産の推移

出典：大規模食糧備蓄基地構想推進協議会 www.shokubi.jp/

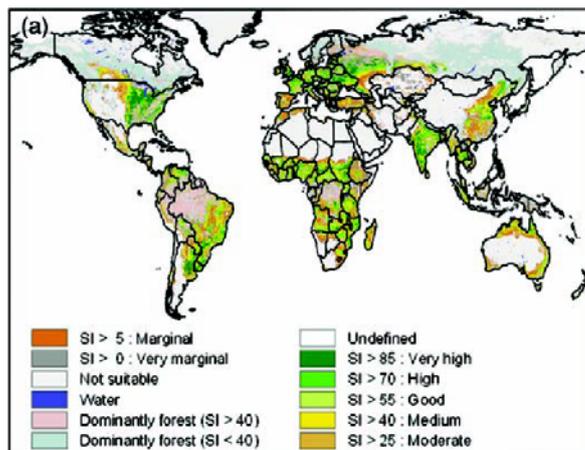


図 3-3. 耕作可能な土地の分布

出典：IPCC 第4次報告第2 作業部会報告書

一方、世界の穀物生産はこれまで、化学肥料の投入や灌漑施設の導入に伴い拡大を続けてきた。しかし近年は、単収の伸び率が鈍化してきているとともに、収穫面積も4半世紀の間に1割減少（1977-78年725百万haから2002-03年の646百万ha）している（図3-2）。2000年以降、2007年までに生産量が上回ったのは一度しかなく、消費量の増加に対して生産量の拡大が追いつかない状況が続いている。今後も増大を続ける食糧需要を満たすことができるであろうか。

現在、世界の土地面積129億ha（南極、グリーンランドを除く）のうち11.9%、15億ha（休耕地3億ha含む）が農地として利用されている。森林が32.2%で、26.5%が草地である。FAOの試算によれば、休耕地に加え、森林等の農地転換で最大11億haまで拡大可能であり、世界の食料需要は十分に満たせるという¹⁷。

しかしこれはあくまで世界全体でのマクロな試算である。現在でも一人当たりの農地は0.2haしかなく、人口密集地のとりわけ低所得者への食糧の公平な分配とアクセスが実現されておらず、貧困や飢餓の問題を招いている。将来的に世界の食糧需給のバランスを確保するには、実際には様々な制約条件がある。

- 1) 経済性：休耕地での生産拡大が期待される一方、耕作が放棄された理由には、経済性（生産コストや輸送コスト）が見合わないことや、砂漠化等の進展もあり、休耕地の活用には多大な投資負担が伴うと考えられる。
- 2) 残存森林の開発：新規に農地とすることができる土地は、降水量が十分にあり植物の生産性が高い土地である。そのような条件で未開拓の土地は森林が中心となるが、温暖化防止や生物多様性保全の観点から、残された森林の開発はますます困難となるであろう。
- 3) 農業技術：過去数十年にわたる単収の拡大は、主に農業技術（化学肥料、農薬、農業機械、品種改良、灌漑など）の普及によりもたらされてきた。とりわけ化学肥料はその最大の要因であった。しかし、環境負荷の増大（水質汚染や生物多様性への影響など）や健康への影響から、これまでのように化学肥料の投入増大で大幅な単収増加を得ることは期待できない¹⁸であろう。また、化学肥料の生産には、天然ガスやリン鉱石、カリ鉱石などの原料資源と、多量のエネルギーが必要となる。世界の石油・天然ガスの生産は2020~2030年頃にピークを迎えるとの予測もあり、これらの資源需給と市場価格の変動を鑑みれば、食糧増産を化学肥料の投入増大に依存し続けることは大きなリスクとなる。途上国での農業技術の普及による増産も期待される一方、低所得層への経済的負担を強いることにもなり、容易に実現できるものではない。
- 4) 安定した水資源の確保：灌漑による地下水や河川水の枯渇が各地で深刻化している。また気候変動により各地で渇水や洪水が頻発、氷河の後退や積雪の減少により河川流量が減少する恐れもある。2009年も年初から、豪州や中国での旱魃被害により小麦の生産に影響が懸念されている。
- 5) 食糧へのアクセスと公平な分配：今後、世界の穀物需要においては主に新興国における需要の増加により、2015年までは年率1.4%の増加、2030年までは1.2%の増加が見込まれ

¹⁷ 川島博之、世界の食料生産とバイオマスエネルギー-2050年の展望、日本貿易会 月報、2008年9月号 No.662、pp97-100

¹⁸ FAO, *World agriculture: towards 2015/2030*, 2002

る¹⁹。需要の増加は食糧価格に影響し、富裕層が過度に食糧を消費する一方、貧困層は基本的な食糧でさえ手に入れない可能性がある。2007年後半から2008年中盤にかけて世界を襲った食糧価格との高騰は、とりわけ後発途上国や都市部の貧困層を直撃し、各地で暴動が発生する事態となったのは記憶に新しい。

3-3 世界の資源需要と土地利用

木材や紙パルプなどの林産物資源も土地利用負荷を増大することにつながる。

現在、世界の木材消費は年間約160億m³である。1985年から2005年までに、紙パルプ需要は年率約1.7%の増加、木材用が0.6%の増加であるが、近年新興国の需要増加によりその増加率が加速している。今後木材消費は2020年に185億m³、2030年には200億m³へ増加すると予測される²⁰。



図 3-4 国民一人当たりの紙・板紙消費量（2005年）

出典：日本製紙連合会ウェブサイト

貿易量で見ても、2004年の世界の木材の輸出高は1990年の約2倍にも増加している²¹。近年は新興国での消費量も急増しているが、一人当たりの紙の消費量で比較すると、日本やアメリカなど先進国の一人当たり紙の消費量は世界平均の5～6倍にも達している。各国の一人当たり木材消費量は、経済の発展度合いに応じて増加してきた。今後も世界の木材需要は、人口の増加に加え経済の成長も相まって長期的にはさらに増加傾向で推移すると考えられる。

この消費量の増加は残存する森林への直接的な開発圧力となるとともに、森林を産業用植林

¹⁹ FAO, *World agriculture: towards 2015/2030*, 2002

²⁰ Sten Nilsson, *The Boomerang—When Will the Global Forest Sector Reallocate from the South to the North?*, The Rights and Resources Initiative & IIASA, 2007

²¹ FAO, *State of the World's Forests 2007*, Part II Selected issues in the forest sector

地へと転換する動きも促すこととなる。しかし、木材生産のための大面積の早生樹単一種植林は、生物多様性の喪失に伴う生態系の混乱、施肥・農薬使用の投入、土壌の流出と流域河川の水質汚染、水源涵養機能の劣化、などの問題を生じるリスクがある²²。

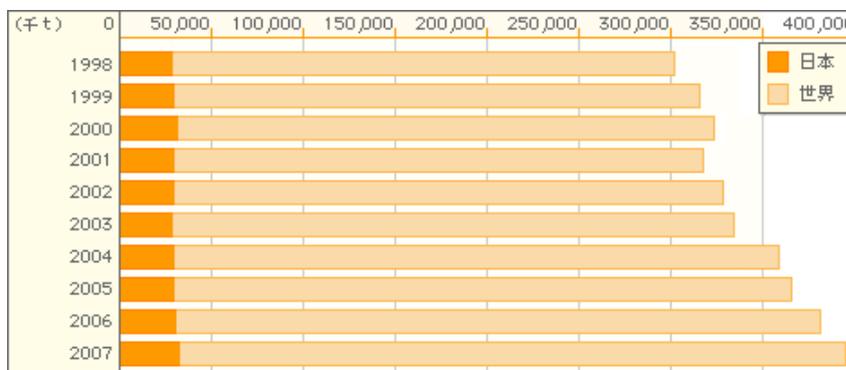


図 3-5. 世界と日本の紙・板紙生産量推移

出典 : http://www.kamipa.co.jp/data/kaigai_01.html

なお、ここでは林産物資源のみを取り上げたが、鉱物資源やエネルギー資源などの需要の増加も、地下資源の採掘、周辺インフラの開発、廃物や残渣の処理用地、など広大な土地を必要とすることから、土地利用への負荷増大に密接に関係している。また、有毒物質が漏洩した際には、地下水や河川水の水質汚染にともない、広大な面積の土地が長期にわたって利用できない事態にもなることに留意するべきだろう。

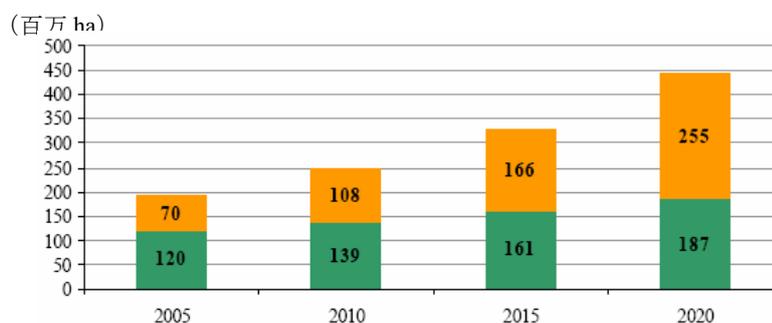


図 3-6 植林地面積の予測

出典 : STCP (2007) estimates.

²² CIFOR, *Fast-wood forestry: myths and realities*,

3-4 バイオ燃料生産による土地への圧力

燃料用木材や畜糞などをつかった古典的なバイオマスエネルギーの利用は昔から行われていたが、近年、新しい輸送用液体燃料としてバイオ燃料（ガソリン代替のバイオエタノールや軽油代替のバイオディーゼル）の生産・需要が急激に拡大している。世界のバイオエタノール生産の8割近くが、アメリカとブラジルの2大生産国で占められているが、2001年～2007年の7年間にそれぞれ3.2倍、1.8倍に増加している。アメリカではトウモロコシ、ブラジルではサトウキビがエタノール原料として主に使用されているが、特にアメリカのトウモロコシは、世界の生産量の4割、貿易量の7割近くを占めており、食糧や飼料用として世界各地に輸出されているため、バイオエタノール需要の増大に伴う国際的なトウモロコシ市場価格への影響が懸念されている。

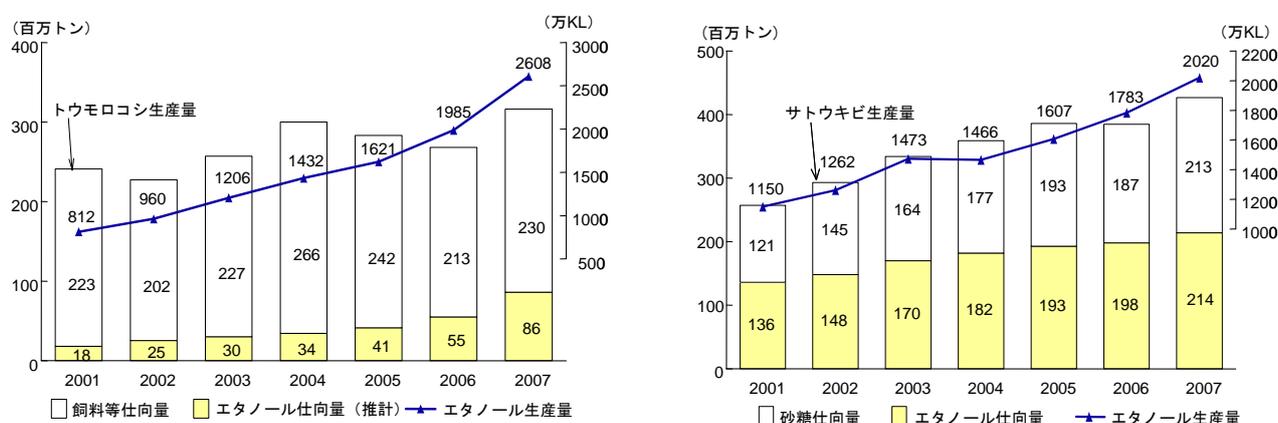


図 3-7 ブラジル、アメリカにおけるバイオエタノールの生産量の動向

出典：農林水産省

IEA はバイオ燃料の消費に関する2つのシナリオで将来予測を行った²³。一つは現在のバイオ燃料に対する政策が維持される場合の予測であるリファレンスシナリオ、もう一つはバイオ燃料を促進する政策、例えば消費者への補助金、自動車産業への援助などが行われた場合の予測である代替政策シナリオである。リファレンスシナリオでは2005年の20Mtoe(100万トン原油換算)から2015年には54Mtoe、2030年には92Mtoeに推移すると予測(年率6.3%増)。一方、代替政策シナリオでは2015年の73Mtoe、2030年の147Mtoeとより急激な伸びが予測(年率8.3%増)されている。現在、世界の輸送用燃料需要に占めるバイオ燃料のシェアはわずか1%であるが、リファレンスシナリオでは4%、代替政策シナリオでは7%に増加すると予測されている。

その増加に伴う土地利用の変化にも注意を払う必要がある。現在、バイオ燃料の生産に充てられる土地面積は1400万haで現在の世界の利用可能な耕地の約1%に相当するが、リファレンスシナリオでは2%へ、代替政策シナリオでは3.5%へと上昇すると予測される。2030年に

²³ IEA, *World Energy Outlook 2006*

必要となる耕地の面積は、レファレンスシナリオでは 3500 万 ha でフランスとスペインの耕作面積を足したものより大きく、代替政策シナリオでは 5300 万 ha で OECD 太平洋地域の全ての国の耕地面積よりも大きい。この土地利用に対する圧力は他の農作物の価格に大きな影響が及ぶ可能性がある。

特に世界最大の輸送用燃料消費国でありかつ最大のエタノール生産国であるアメリカでは、2004 年の時点での輸送燃料消費におけるバイオ燃料の割合は 1.6% しかない状況だが、この割合を将来的に 10% に増加させようとするれば、利用可能な耕地面積の 30% がバイオ燃料生産のために必要となる²⁴。アメリカのトウモロコシがバイオ燃料に振り向けられれば、食糧・飼料用として輸出に向けられる分が減ることになる。それにより、他国で穀物生産のために追加的な耕作地が必要となるが、新たな土地の開墾に伴う温室効果ガスの排出は、バイオ燃料の利用で削減されたわずかな削減効果をはるかに上回る量になるとの報告もされている²⁵。

このように、バイオ燃料は世界のエネルギー市場において少しのシェアしか占めないのにも関わらず世界の農業や農業市場に多大な影響を与える可能性がある。それは輸送用燃料の需要量が非常に大きく、その一部をバイオ燃料に代替するだけでも生産に莫大な耕地面積を必要とするからである。バイオ燃料需要の増大に伴い、土地や農作物の価格が上昇すれば、途上国、特に貧困層の食糧へのアクセスが一層困難になる可能性がある²⁶。

このような課題が山積する状況で、バイオ燃料の拡大が本当に必要なのか、それに伴う農作物の価格の上昇、貧困層の食糧問題にどう対応していくのか十分な検討が必要であろう。

3-5 バイオ燃料による新たな土地需要とその制約条件

世界人口の増加と途上国の経済成長に鑑みれば、世界の食糧や資源に対する需要は今後さらに増加していくと予想される。これにバイオ燃料のための原料生産という新たに広大な土地を必要とするセクターが加わることで、将来的に利用可能な土地に対する需給は急速に逼迫していく恐れがある。これにより、特に森林減少の拡大、気候変動による影響、地域社会と土地の権利は、深刻な安全保障上の問題を生じていくリスクも高まる。

(1) 森林減少の拡大

利用可能な土地への需要増大は、生産力が高く、経済的コストの低い土地、すなわち残された森林への開発圧力を高めることとなる。

現在、世界の森林は毎年 1300 万 ha の速度で消失しており、植林や自然増による増加分 570 万 ha を加えても、差し引き年 730 万 ha の純減少となっている。森林減少の著しい上位 10 カ国はいずれも南米、東南アジア、アフリカの熱帯林諸国である²⁷。

森林減少が止まらない理由は、資源・農地・インフラといった土地利用需要の増大による直接的森林開発と、それら開発に伴う腐敗の蔓延で土地利用ガバナンスが崩壊、地域住民の間に

²⁴ OECD, *Agricultural market impacts of future growth in the production of biofuels*, 2006

²⁵ Timothy Searchinger et al, *Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land Use Change*, Science express, 2008.

²⁶ Lorenzo Cotula, Nat Dyer & Sonja Vermeulen, *Fuelling exclusion? The biofuels boom and poor people's access to land*, IIED & FAO, 2008

²⁷ FAO, *Forest Resources Assessment 2005*

貧困格差も拡大し、社会が不安定化するため、森林管理行政が機能不全に陥るためである。現在、ブラジルでは大豆、インドネシアではオイルパームといった輸出用作物生産のための産業用農園開発が森林減少の重要な促進要因となっているが、これら作物はこれまで食用としての需要が中心であった。今後これら作物が、バイオ燃料用途にも追加的に使われていくことになれば、森林減少を止めることはますます困難になっていくであろう。

経済的価値の低い森林よりも作物生産可能な農地に転換するのは悪いことではない、との見方も少なくないであろう。しかし森林は、気温調節、降水、大気浄化、水の貯留・浄化・安定的供給、洪水防止、土壌の保持、形成、栄養素蓄積、土砂災害防止、食糧提供、木質資源の提供、炭素の吸収・蓄積など、人類の生存に必要不可欠な基礎的基盤を提供しており、経済的価値に換算できるものではない。森林の提供するこれら機能の障害は安全保障上の問題に繋がる。実際、歴史上の文明の興亡を振り返れば、数多くの文明が森林の喪失に伴う生産力（扶養力）の低下で衰退するという事実が繰り返されてきた。また最近の科学的研究からも、森林喪失による膨大な温室効果ガスの排出も指摘されている²⁸。

（２）気候変動による影響

地球温暖化とそれに伴う気候変動は、世界各地の利用可能な土地の生産性に深刻な影響を及ぼすと予想されている。IPCC²⁹によると、低緯度地域、特に乾季のある熱帯地域では、地域の気温がわずかに上昇（1～2℃）するだけでも、作物生産性が減少し、これにより飢饉のリスクが増加すると予測される。中緯度から高緯度の地域では、地域平均気温が1～3℃まで上昇する間は、作物によっては生産性がわずかに増加するものもあるが、それ以上の気温上昇では、作物の生産性が減少する地域があると予測される。

世界的には、地域平均気温が1～3℃の幅で上昇すると、食糧生産ポテンシャルが増加すると予測されるが、それ以上に上昇すると減少に転じると予測される。

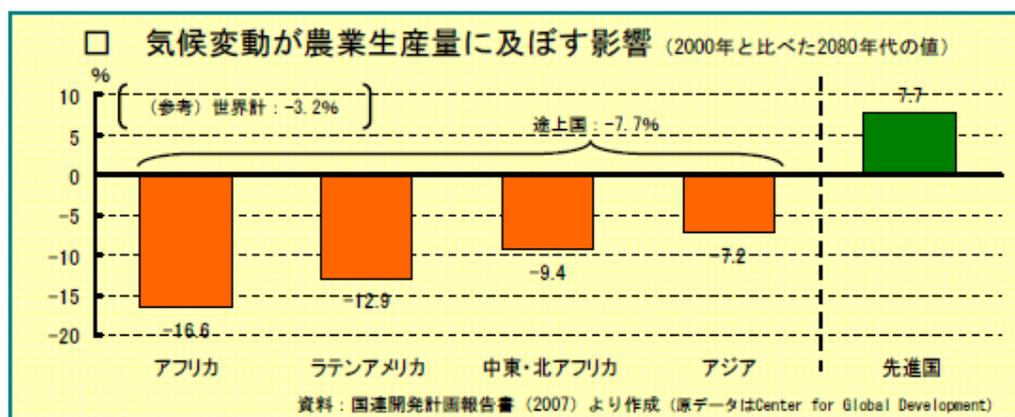


図 3-8 気候変動が農業生産量に及ぼす影響（2000年と比べた2080年代の値）

出典：農林水産省, 2008/12

²⁸ Nicholas Stern, *The Stern Review on the Economics of Climate Change*, UK Treasury, 2006

²⁹ IPCC, 第4次報告第2作業部会報告書、2007年4月

UNDP³⁰は、干ばつや気温上昇、降雨不順による農業システムの崩壊で、2080年の世界の農業生産は2000年よりも3.3%減少、特に途上国では大幅な生産低下に見舞われると予測している。これにより2080年までに更に6億人が栄養不足となる可能性を指摘。また、地表流の変化や氷河の後退により、生態系や人間の居住域に影響を及ぼし、2080年までに18億人が深刻な水不足に陥ると指摘している。さらに、3～4℃の気温上昇により生じる海面上昇は、3.3億人もの移住を強いると指摘。沿岸部や低地での土地利用にも深刻な影響が予想される。

このように深刻な気候変動の影響が予測される中で、土地の生産性が悪化する可能性とともに、利用可能な土地の面積が物理的に減少することも予想される。限られた利用可能な土地をどのように使用するかという問いに対して、輸送用バイオ燃料の生産が食糧の確保に影響することがあってはならないであろう。

(3) 地域社会と土地の権利

食糧生産のための農地の拡大、林産物生産のための植林地の拡大、バイオ燃料生産のためのプランテーションの拡大が続いていくと見られるが、一方で利用可能な土地には物理的限界があり、今後気候変動等によりその限界が低下する可能性も考えれば、際限のない土地需要の拡大は、土地をめぐる対立や紛争を生じるリスクが高まることとなる。

これまでも、途上国での農園開発や植林地開発に伴い、開発対象地の周辺で地域住民との土地の権利をめぐる無数の争いが生じてきた。途上国に流入した膨大な開発投資により腐敗が蔓延、土地利用ガバナンスの弱体化と、土地・森林行政の機能不全を招いてきた。事業者に対して伐採権や開発権が優先的かつ不透明に配分されるとともに、慣習的に利用してきた地域住民は、食糧や生活物資を得ていた森林を奪われたり、居住地から追い出される事態は今でも各地で生じている（図3-9）。



図 3-9 左・伐採会社に抗議する地元の先住民（マレーシア・サラワク州）
右・林産会社により植林事業地から強制的に排除される住民（インドネシア・リアウ州）

³⁰ UNDP, *Human Development Report 2007/2008: Fighting climate change: Human solidarity in a divided world*, 2007

土地の開発は、土地の所有者や、事業への投資者、生産される資源の消費者、それを加工・流通・貿易する者、そこで雇用される者など、一部の者に受益をもたらす一方、もともと低所得であった多くの地元住民を森林から切り離すことで貧困状態を生じたり、劣悪な労働を強いられたり、流域の汚染や、洪水や土砂災害の増加などにより、社会的費用の増加ももたらすことにもなる。これら事業で発生する受益と費用負担を公平かつ効率的に分配することは実際には非常に困難である。

このように、土地の権利が十分に保障されていないためにもたらされる格差の拡大は、社会的な不安定を増幅し、犯罪や紛争のリスクを増加せしめる安全保障上の問題である。

2007年9月、国連総会で「先住民族の権利に関する国際連合宣言」が採択された。土地の開発を伴う際には、この先住民族の権利宣言を遵守することは、その便益を享受する者の責任である。同宣言の第25条は、先住民族が、所有・占有・使用してきた土地、領土、水域、沿岸海域、その他の資源と民族の精神的つながりを維持、強化する権利を謳っている。先住民族個々の所有権が明確ではないから、国有地として編入し、その森林の伐採権を国家が企業に提供するという従来の開発事業のパターンが原則として否定されている。また、第28条では、先住民族の土地、領土、資源が、「自由で事前の情報に基づいた同意（FPIC）」なく没収、収奪、占有、使用され、損害が与えられた場合の現状復帰、補償の義務と条件が定められており、この義務は開発プロジェクトにおける事業体にも課せられる。

3-6 まとめ

世界の土地需要は、人口増加と経済成長に伴う食糧・資源・エネルギー生産のために、今後ますます増大していくと予想される。これまでの先進国を中心とした需要だけでも、既に地球の生態的需要容量を超えてしまっていることが指摘されている³¹。実際に、気候変動や生物多様性の悪化が人類の生存環境を脅かす国際的な問題となっている。また、資源や土地の利用に関して、地域住民への不十分な権利保障と、市場価格の長期的な上昇は、後発途上国や低所得者層の公平なアクセスを一層困難なものとし、格差の拡大と貧困の悪化が懸念される。不公正な土地利用・食糧配分は社会的に深刻な問題を引き起こす安全保障上の問題である。

生態的にも社会的にも土地利用への圧力を緩和させる努力が急務である。限られた土地の利用は、生存に不可欠な食糧と安全な水資源の確保を最優先とする必要がある。輸送用燃料は食糧や水に比べて遥かに優先度が低いことは言うまでもないであろう。バイオ燃料の生産拡大により土地需要を増大させ、食糧や水の公平な分配とアクセスに支障をきたしてはならない。バイオ燃料による僅かな温室効果ガス削減に投資するより、気候変動により悪化すると予想される食糧や水の分配とアクセスの問題に備えるべきである。

(中澤健一／国際環境 NGO FoE Japan)

³¹ WWF, *Living Planet Report 2006*

4. バイオ燃料利用による土地利用転換の影響

バイオマス・エネルギーの利用は薪炭材や家畜の糞、動物由来の油などの形態で、もともと古くから利用されてきたものである。現在でも、とりわけ途上国においては、主要なエネルギーの地位を占めている。

こうした在来型であり小規模分散型のバイオマス・エネルギーと異なり、近年注目が集まっている液体バイオ燃料は、商業ベースで大量供給・消費可能、一義的には国際市場で取り扱いされるといって石油と同様の期待されているため、原料作物についても主として単一作物の大面積大量栽培を伴う。契約農家からの買い付けを行なうとしても、多くの場合は、大規模資本の介在なしには困難であろう。大規模資本による大面積開発——これは、今まで国際市場向けの農産物の大量栽培や植林事業が、地元コミュニティとの伝統的な自然資源利用との競合を引き起こしてきたのと同様の構造となりがちであることに留意が必要である。

たとえば、アブラヤシ農園の拡大が続くインドネシアやマレーシアにおいてもこのような構造が見られるケースがある（「5. インドネシア」参照）。

本章においては、バイオ燃料利用による土地利用転換を通じた影響について概観する。

4-1 土地利用変化～直接影響と間接影響

農産物の生産拡大には、①単位あたりの収穫量の増大、②農地面積の拡大——のいずれかまたは双方が必要である。たとえばブラジルの過去のサトウキビ生産のこの50年の趨勢をみると、下記のように農地面積拡大の寄与率が高い（FAOSTAT）。このような過去の傾向は、農業生産拡大は、農地面積の拡大と農業技術の革新による単収の増加と併せて実現されたものであることを示している。

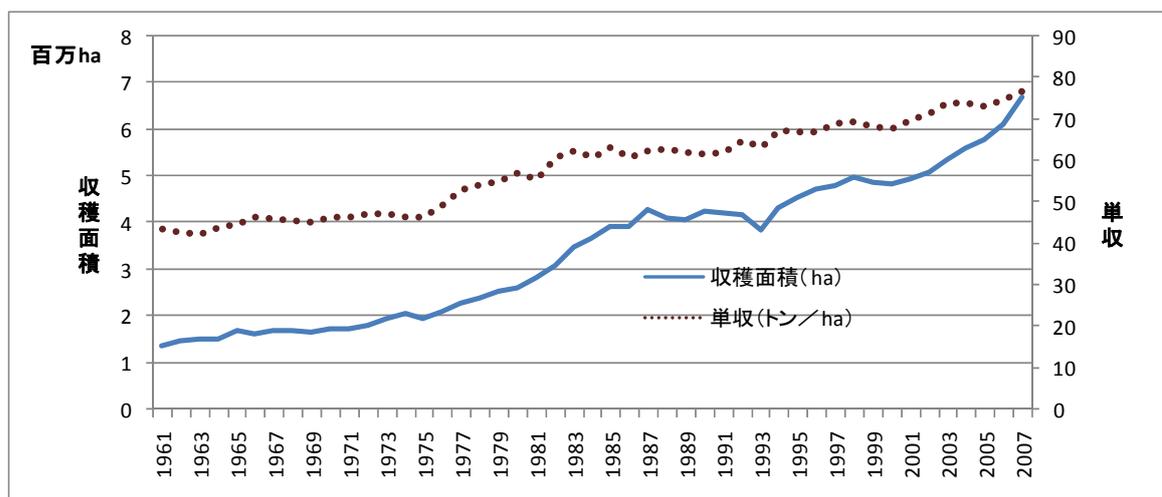


図 4-1 ブラジルにおけるサトウキビの収穫面積と単収の推移

出典 FAOSTAT2008 をもとに作成

FAO によれば、ここ数年のバイオ燃料需要の伸びは、過去の農産品に対する需要の伸びを

はるかに上回っている。バイオ燃料生産のために利用されている土地は 2004 年時点で、約 1,400 万 ha であり、世界の耕作地の 1%を占めるに過ぎないが、2030 年には 3,450~5,850 万 ha に増加すると予測されている (FAO 2008)。

バイオ燃料需要は、各国政府の導入目標や誘導策によって生み出される部分が多い。EU は 2020 年までに輸送用エネルギーの 10%を再生可能エネルギーにするという目標値を掲げており、アメリカは 2022 年に 360 億ガロンという目標値を設定している。

各国の政策誘導により、広大な耕地がバイオ燃料生産に割り当てられる可能性がある。OECD によれば、各国が輸送燃料におけるバイオ燃料の割合を 10%にするのに必要とされる土地の耕地面積に比した割合は、EU では 72%、アメリカでは 30%、世界では 9~37%と高い値を示している (OECD 2006)。

直接的な土地利用変化に加え、評価や証明は難しいものの間接的な土地利用変化も注目されている。これは、バイオ燃料用作物の生産により、従来生産されていた作物等が他の土地で生産されることに伴う土地利用転換を指す。たとえば、アメリカにおける大豆からトウモロコシへの転作が生じることにより、大豆の価格高騰を通じて世界各地 (例えばブラジル) において大豆農地が拡大するといった指摘、あるいはブラジルのセラードにおけるサトウキビ農地の拡大が、大豆農地や牧場といったその他の土地利用をアマゾン地域に押し出しているというような指摘がある。

4-2 森林減少に与える影響

農地開発が森林減少に与える影響は大きい。現在のところバイオ燃料のみに要因を特定した研究は少ないため、ここでは過去の農業生産物の需要拡大に伴う農地拡大が森林に影響を与え続けた傾向を概観する。

森林減少・劣化の要因は、商業伐採、農地転換、その他の土地転換、森林火災、非伝統的な焼き畑、インフラ開発、入植、違法伐採などの直接的な要因に加え、開発による森林へのアクセスの増加、森林の経済的な価値の低下、伝統的な森林利用形態の変化、政策変化、食糧・エネルギー・資源需要の増加、貧困・外部資本の流入などによる地元経済の貨幣経済化、人口増加などの間接的要因や背景要因が存在し、これらが複合的に相互に関係しあっている。

これら全体のインパクトとして、森林の劣化および減少が生じているものと考えられる。

WRI(2000)は、アジア地域のフロンティア林 (人間の手が入っていない天然林) が最初に人間の脅威を受ける要因として、木材生産 50%、農地用皆伐 20%、採鉱、道路および他のインフラ建設 10%、過剰な林産物採取 9%、その他 24%としている。アジア地域のフロンティア林への脅威は、木材生産と農地用皆伐が実に 7 割を占めているという報告がされている。また、Helmut J. Geist et al.(2002)によれば、熱帯雨林における森林減少の直接の要因は、ある一つの要因によるものよりも複数の要因が組み合わさって減少しており、そのなかで最も一般的な要因の組み合わせが、農業用地拡大・木材伐採・インフラの拡大であると分析している。

農地転換は熱帯林の減少要因の中で最も大きい要因の一つであり、とりわけ、ラテンアメリカ、アジア地域において、それが顕著である (FAO, 2001, *Global Forest Resources Assessment 2000*)。

4-3 土地利用転換の影響：自然植生の喪失による炭素排出

1) 森林生態系による炭素蓄積

森林生態系は、植物体が大気中の二酸化炭素（CO₂）を吸収して固定することにより、樹木や草木、落葉、有機堆積物、土壌有機物などのバイオマスに炭素が蓄積される。平均すれば、森林生態系に貯留されている炭素の約半分が土壌中の炭素である。これは森林タイプごとにばらつきがあり、亜寒帯林の生態系の炭素量の 80～90%は土壌有機物の形で貯留されるのに対して、熱帯林においては、植生と土壌とでは炭素はほぼ均等に貯留している（FAO, *The State of the World's Forests 2001*）。

FAO の *Global Forest Resources Assessment 2005* が国別報告書を集計した数値によれば、森林植生の炭素貯留量は 283Gt であり、これに加え枯死木が 38Gt、合計 321Gt が森林の地上部分の炭素貯蔵量となる。また、枯葉および地下 30cm までの土壌に蓄えられている炭素は 317Gt である。よって、これらを含めた 2005 年の森林生態系の炭素貯留量は 638Gt である。

2) 森林減少による炭素の放出～過去のトレンド

FAO によれば、1990～2005 年にかけて、アフリカ、アジア、南米においては、森林に貯留された炭素は減少している。炭素貯留が顕著に減少した 42 カ国のうち、17 カ国が単位面積あたりの炭素貯留量も減少している。たとえば森林面積が最も減少しているブラジルとインドネシアのうち、インドネシアにおいては、単位あたりの貯留量も減少していると報告している（FAO, 2006）。

FAO(2006), *Global Forest Resources Assessment 2005* から導き出される森林バイオマスの年間炭素貯留減少は、1.06Gt である（これには、土壌および落葉落枝分の炭素ストックはカウントされていない。土壌および落葉落枝分の炭素ストックが森林バイオマスと同じ割合で減少すると仮定すれば、森林生態系の年間炭素貯留量の減少は約 2.1Gt となる）。

一方、FAO, *The State of the World's Forests 2001* では、1980 年代の土地利用変化に起因する炭素純排出量は年に 2～2.4Gt と推定されており、これは人為的総排出量の 23～27%に相当する。この大部分が熱帯林の減少であるとしている。また、下記図にも表れているように、1980 年以降の土地利用変化による炭素の排出量は、熱帯アジアが、量、伸びともに大きく、同地域において、大規模な土地利用変化が進んでいることを示している。

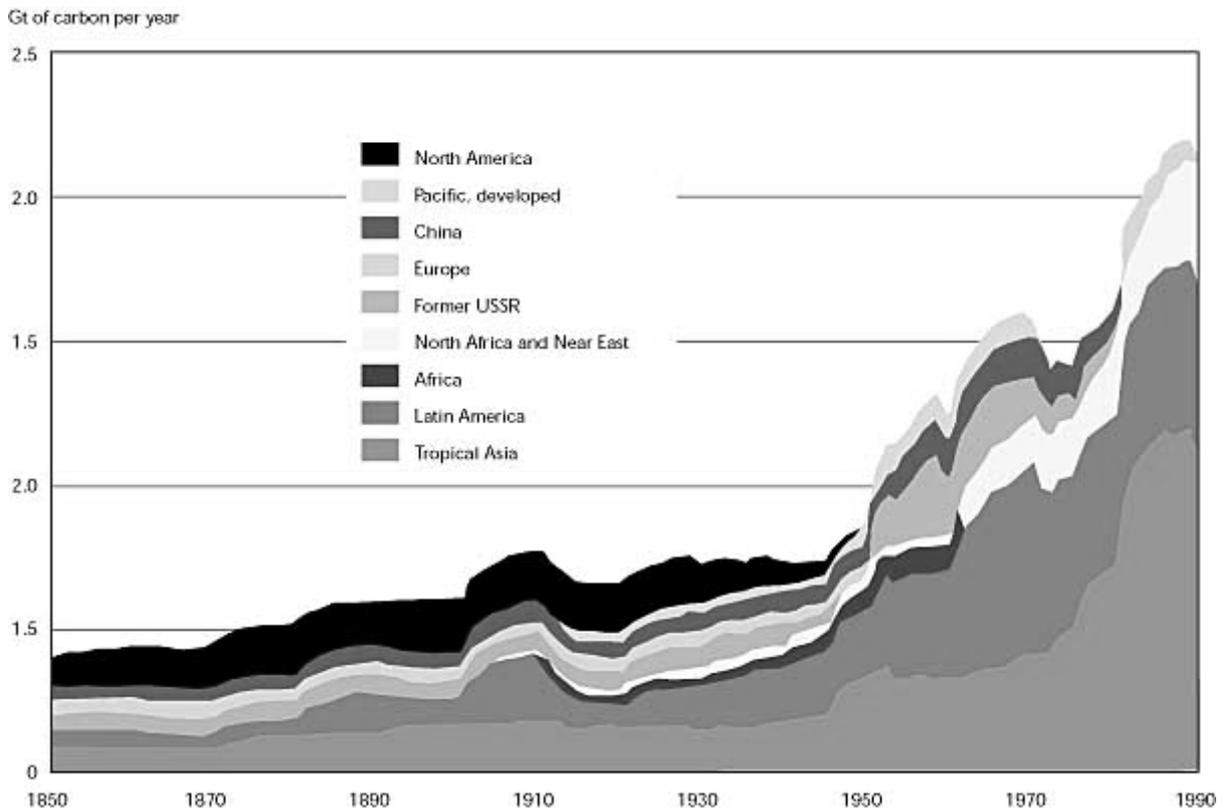


図 4-2 土地利用の変化による炭素排出量
出典：FAO, 2001, *The State of the World's Forests 2001*

2006年10月に公表された「気候変動と経済に関するスターン・レビュー」では、Houghton(2003)³²の推計を用いて、森林減少が気候変動に与える影響について、以下の通り記述している。

人為的な土地利用の変化は、大気圏に放出されたり、生態系に固定されたりするCO₂排出の間の地域的なバランスにも変化をもたらし、土地蓄積における炭素の集積や喪失を引き起こす。これらのフローを正確に計測することは非常に難しいが³³、森林減少が土地利用変化による排出の最も大きな排出源の1つであり、2000年における約2.2GtC（8GtCO₂/年強）の排出に寄与している。森林減少は以下のような過程で排出を誘引する：

- ・ 樹木や植物の中に蓄積される炭素は、直接的な燃焼や、より緩やかな有機物としての腐朽によって、二酸化炭素として大気中に放出される。1850年から1990年の間に、

³² R.A.Houghton(2003), *Revised estimates of the annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use and land management 1850–2000*

³³ 全ての推計によれば土地利用からの排出は甚大であるが、研究によってその排出規模は異なる。WRIの推計（Houghton、Hackler2002を使用）は、IPCC第3次評価報告書の推計値の中間もしくはそれより高くなっている。手法としての推計範囲と不確実性についてのより詳しい議論については、Houghton（2003）参照。

生存している植物は 400GtCO₂ の純損失（1850 年の植物相蓄積の 20%に相当）と推計されており、この損失のうち、20%は林産物（木材など）や倒木の中に固定されたままだが、80%は大気圏に放出されている。

- ・ 植物の伐採や、その結果生じる土地利用の変化は土壌も攪乱し、土壌中に蓄積していた炭素の一部が大気へ放出してしまう原因となっている。森林減少は次の土地利用状態によっては最大 40%の土壌炭素を消失することにつながる（畑地、牧草地、草地への転換は最も多く炭素を奪う）。1850～1990 年の間で、土壌からの純放出量は約 130GtCO₂ であった。

同レポートによれば、土地利用変化からの排出は、排出の大部分が熱帯（発展途上）国で起こっているという点で、その他の部門とは異なる。2000 年には、55%の排出が熱帯アジアから、30%が熱帯アメリカ、20%が熱帯アフリカからといわれている。一方、アメリカ合衆国、ヨーロッパ、中国は新規植林、再植林プログラムにより、2000 年は純吸収国となっている。

3) 泥炭地の開発と炭素放出

泥炭地とは、枯死し不完全な分解状態にある植物体が、そのまま浸水した条件下で堆積して形成された土壌である。泥炭地は生物多様性や水の調整・浄化能力といった上でも重要であるが、近年、泥炭地に大量の炭素が蓄積されていることが認識され始めた。

泥炭地が植林地やアブラヤシ農園などに転換される時、まず、伐採・造成を行なうため、湿地の水が排水路を通じて排水される。伐採された木材はその排水路から搬出される。排水および直射日光の照射で泥炭の乾燥・分解が始まり、このときに温室効果ガスが放出される。さらに、泥炭地の乾燥により野火、大規模な森林火災につながり、大量の二酸化炭素を放出する。

ウェットランド・インターナショナルのレポートによれば³⁴、東南アジアの泥炭層には現在、世界の化石燃料の利用量 100 年分に相当する炭素が蓄積されている。

泥炭地は東南アジアの土地の 12%を占める。泥炭地の伐採・造成・火災により、年間約 20 億トンもの二酸化炭素が発生しているという。これは化石燃料の燃焼由来の二酸化炭素の発生量の 8%に相当する。二酸化炭素の放出は主としてインドネシアから生じているが、マレーシアも無縁ではない。SarVision のデータによればサラワクにおいて 1999 年から 2006 年 6 月までに伐採された森林面積の 50%が泥炭湿地林であり、フィールド調査および衛星画像の簡易解析によれば、その大部分がアブラヤシ農園の開発によるものであるとされている (Hooijer, A. et al, 2006)。

4) バイオ燃料開発と炭素放出

「2. バイオ燃料の LCA」に記載されているとおり、バイオ燃料のライフサイクルからの炭素放出を考えたとき、概ね下記のプロセスを考慮に入れる必要がある。

³⁴ Hooijer, A., Silvius, M., Wosten, H. and Page, S., PEAT-CO2: Assessment of CO2 emissions from drained peatlands in SE Asia., *Delft Hydraulics report*, Q3943, 2006

-
- i) 土地利用転換
 - ii) 原料作物生産：土地、肥料、農薬、農業機械、燃料
 - iii) 輸送
 - iv) 加工：エネルギー、化学薬品、酵素
 - v) 副産物
 - vi) 交通における利用

ii)-vi)における評価は比較的確実性が高く、作物や加工過程、生産されるバイオ燃料の種類によって差異はあるものの、多くの研究において化石燃料の90%から10%程度の二酸化炭素排出削減効果があるという結果が出されている（FAO, 2008）。

一方、大量の炭素を放出する可能性があるものの、不確実性が高く、定量評価が進んでこなかったのが、土地利用転換からの炭素放出である。とはいうものの、ここ数年、バイオ燃料の持続可能性をめぐる議論の高まりとともに、いくつかの注目すべき研究成果が発表されている。

このうち、典型的な土地利用転換における炭素排出量と生産されるバイオ燃料による炭素回収年に着目した、Fargione et al.(2008)の概要を紹介する。

同研究では、土地利用転換および国、生産されるバイオ燃料の組み合わせとして下記の9パターンを試算している。

- ①熱帯林→アブラヤシ（インドネシア、マレーシア）→パーム油由来ディーゼル
- ②泥炭地林→アブラヤシ（インドネシア、マレーシア）→パーム油由来ディーゼル
- ③熱帯林→大豆（ブラジル）→大豆油由来ディーゼル
- ④林地セラード→サトウキビ（ブラジル）→エタノール
- ⑤草地セラード→大豆（ブラジル）→大豆油由来ディーゼル
- ⑥中央草地→トウモロコシ（アメリカ）→エタノール
- ⑦耕作放棄地→トウモロコシ（アメリカ）→エタノール
- ⑧耕作放棄地→草地（アメリカ）→草本由来のエタノール
- ⑨荒地→草地（アメリカ）→草本由来のエタノール

研究では、単位面積あたりの転換前の土地形態（例えば森林）と転換後の土地形態（例えばアブラヤシ農園）の炭素ストックの差を算出し、そのうち木材利用などの形で一定期間内炭素ストックを貯留しうる分を差し引いたものを「炭素負債（Carbon debt）」として計上している。その上で、化石燃料をバイオ燃料に代替することによって毎年削減できる炭素の量により、この炭素負債を割り返した年数を産出している。

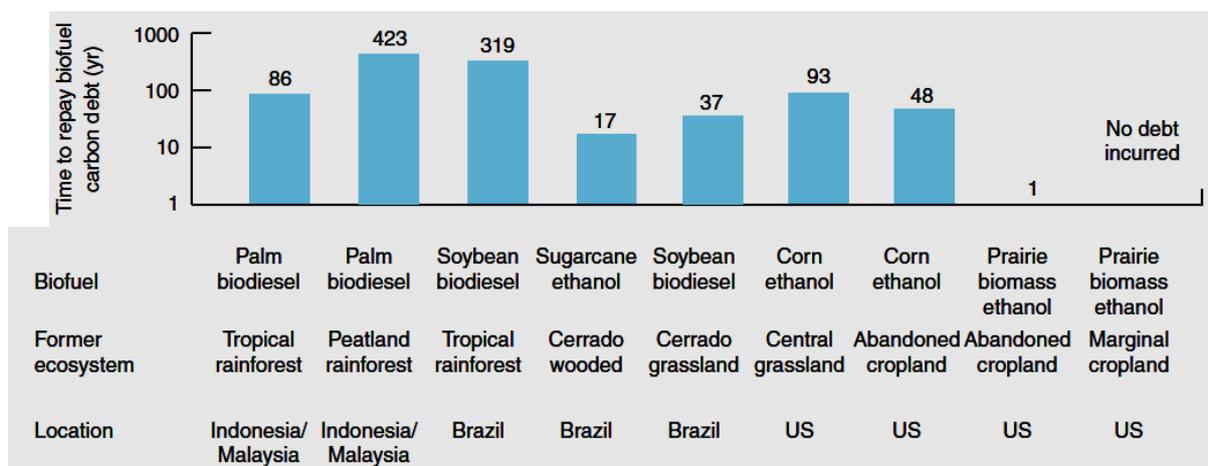


図 4-3 土地転換に伴う温室効果ガス排出を何年かければ相殺できるか？

出典 Fargione, J., J. Hill, D. Tilman, S. Polasky, and P. Hawthorne. 2008. *Land clearing and the biofuel carbon debt*. *Science*: 319(5867): 1235 - 1238.より抜粋

図 4-3 はこの結果を示したものである。回収年は、インドネシア・マレーシアの泥炭林がアブラヤシ農園に転換された場合は 400 年以上、ブラジルの熱帯林が大豆農園に転換された場合は 300 年以上、インドネシア・マレーシアの熱帯林がアブラヤシ農園に転換された場合は 86 年、木の生えたセラードがサトウキビ農園に転換された場合は 17 年、アメリカの中央部草地をトウモロコシに転換した場合は 93 年という結果となっている。

4-4 生物多様性

大面積の単一作物の栽培では、森林や草原、湿地などの自然生息地の消失や分断といった形で生物多様性に影響をもたらす。農産物を運び出すための道路開発が、さらなる影響をもたらす場合もある。

生物多様性は、①バイオーム、生態系などの多様性、②種・個体群の多様性、③遺伝子の多様性など各レベルにおける多様性が考えられる。生物多様性は、現在かつてないスピードで失われつつある。その要因としては、生息域の消滅と細分化、乱獲、外来種、汚染、気候変動等、およびこれらの累積的効果が考えられる。最大の要因は、生息域の消失や劣化、分断、分割、細分化であるとされている。

近年行われた、生物多様性の状況の包括的かつ国際的な評価であるミレニアム・エコシステム評価においては、「生息域の改変」「気候変動」「外来侵入種」「過度の資源利用」「汚染」が、過去 50～100 年間それぞれのバイオーム（北方林、温帯林、熱帯林、温帯草原、その他）に与えた影響の強さおよび影響力の現在の傾向を評価している。それによれば、前世紀において、「生息域の改変」は生物多様性の減少にもっとも強い影響を与えた要因である（中でも熱帯林、温帯草原、陸水域など）。また今世紀の傾向としても「生息域の改変」が生物多様性に与える影響は増加傾向である（中でも北方林、熱帯林、温帯草原、熱帯草原・サバンナ、陸水域など）。

絶滅の危機にある脊椎動物の 67%には、なんらかの形で生息地の変化が関係しており、無脊椎動物や植物の場合にも大きな脅威になるとされている (Ried et al., 1989)。

バイオ燃料増産により、自然生態系からの土地利用転換が進んだ場合、生物多様性に与える潜在的な影響としては下記が挙げられる。

- ・ 自然生態系がモノカルチャー型の農地に転換するため、生態系の多様性が低下する
- ・ 植生の転換により植物種の消滅または大幅な減少が生じる
- ・ 生息地の消滅・分断により、そこに依存する動物種をはじめとした生物種が減少する
- ・ 従来の生態系が消失することにより、外来種の侵入が容易となり、在来種が脅かされる

農業の効率化・集約化により生産量を増大させ、バイオ燃料用に振り向けた場合においても、農薬の使用増大や土壌浸食・水質汚染を通じて、周辺の生態系の劣化をもたらすことがある。

生物多様性条約文書 (UNEP/CBD/COP/9/26) は、菜種の需要増加がすでに保全指定地域に圧力を与え始めていること、パーム油の需要増加が東南アジアで森林減少の拡大を引き起こしていることなどを指摘し、バイオ燃料促進が生物多様性価値の高い自然の圧力となっていることを警告している。各地で培われてきた農産物の品種の多様性を損なう可能性があることも指摘されている。

いずれにしてもバイオ燃料の消費拡大に伴う生物多様性への影響については、まだ十分な研究がされていないのが実情である。

4-5 地元社会に与える影響

バイオ燃料の消費拡大は、土地利用転換を通じた地元社会に大きな影響を与える。これは俯瞰的に論じることは難しいものの、もっとも大きな影響の一つである。

土地需要の拡大による開発対象地の周辺における地域住民との対立については、「3. 土地利用のポテンシャルとその制約」の中で論じられているのでご参照されたい (p.45 「(3) 地域社会と土地の権利」)。

東南アジアにおけるプランテーション開発の地元社会に与える影響については、「5. 国別状況：インドネシア」でケース・スタディとして取り上げた (p.62 参照)。このケース・スタディでは、プランテーション開発が雇用創出など正の影響をもたらす可能性がある反面、コミュニティ林や農地の消失により、コミュニティの経済や生活基盤が弱体化すること、また伝統・文化の喪失が生じることが指摘されている。また、すでに土地が不足する傾向にある中、広大なプランテーション事業を受け入れる余地がない場合もある。さらに、たとえ住民がこうしたリスクを認識し、事業に反対していたとしても、開発が進行していくようなケースがあることに留意が必要である。

ブラジルにおけるサトウキビ生産の社会的な影響については、いくつかの文献をもとに、p.86 以降に概観している。土地所有の大規模化および土地紛争などが生じていることが報告さ

れている。

これらのケース・スタディからもうかがえるように、土地利用に関する問題は、バイオ燃料のみで生じているわけではなく、従来から、農地開発や牧場開発、木材・紙パルプ開発などにおいて生じし続けてきた問題である。バイオ燃料の需要拡大は、まったく新しい問題を生み出すわけではなく、現在まで生じてきた問題に関してさらなる促進要因となってくることということができるだろう。

(満田夏花／地球・人間環境フォーラム)

引用文献

FAO. 2001. *Global Forest Resources Assessment 2000*

FAO. 2006. *Global Forest Resources Assessment 2005*

FAO. 2008. *The State of Food and Agriculture 2008*

Hooijer, A., Silvius, M., Wosten, H. and Page, S. 2006. “*PEAT-CO₂: Assessment of CO₂ emissions from drained peatlands in SE Asia.*” Delft Hydraulics report Q3943(2006)

OECD. 2006. *Agricultural Market Impacts of Future Growth in the Production of Biofuels*

Ried Walter V. and Miller Kenton R., 1989, *Keeping Options Alive: The Scientific Basis for Conserving Biodiversity*, World Resources Institute

Millennium Ecosystem Assessment 編『国連ミレニアム・エコシステム評価 生態系のサービスと人類の将来』オーム社、2007年3月

5. 国別状況：インドネシア

インドネシアは、以前は石油輸出国であったが、原油生産の減少と国内消費量の増加により、2004年に石油純輸入国となっている。このため、インドネシアでは石油代替エネルギーの導入政策が進められている。

代替エネルギーのひとつとしてバイオ燃料にも期待がかけられている。

国家エネルギー政策（National Energy Policy – Presidential Decree No.5 Year 2006）では、2025年には、一次エネルギー供給の中でバイオ燃料の占める割合を5%にするという数値目標が設定されている。

バイオ燃料の原料としては、バイオディーゼルの原料としては、パーム油、ヤトロファなどが、バイオエタノールの原料としては、キャッサバ、サトウキビ、ソルガムなどが有望視されている。

バイオ燃料の促進のための「青写真」においては、2015年までの目標値としてアブラヤシ、ヤトロファ、サトウキビ、キャッサバからの燃料生産を約3,400万トンとし、そのために1,000万ha強の土地を開発するとしている。

インドネシアにおいては、年間数百万ha規模の森林減少が生じており、プランテーション開発などの土地利用転換はその要因の一つになっている。とりわけアブラヤシ農園開発は、現在、成長を続けている食用・工業用途の需要圧力により急速に進み、森林減少や土地争いを引き起こしている。

本章においては、インドネシアにおけるバイオ燃料促進政策を概観し、中でも重要な原料として位置づけられているパーム油の増産による環境社会影響を考察することを目的に、西カリマンタンにおけるプランテーション開発のケース・スタディを記載する。

5-1. インドネシアにおけるバイオ燃料促進政策

インドネシアの原油生産は2005年には3億4,200万バレルであり、2000年時点からは33%の減少となっている。一方、国内の石油消費量は2005年には3億5,400万バレルであり、2000年の2億9,300万バレルから増加している。これは最終エネルギー消費の62%を占め、交通部門での消費が30%、産業部門が44%、家庭部門が16%となっている（Pengkajian Energi Universitas Indonesia, 2006）。

インドネシアは2004年に石油の純輸入国に転じている。このままの傾向が続けば、国内消費をまかなうため輸入量は増加し続けることが予測されている。

一方、再生可能エネルギーとしては、地熱、水力、太陽光、風力、バイオマスなどが挙げられ、産業部門においては2004-2005年時点でエネルギー消費の4.65%を占めている。

上記のような状況により、インドネシア政府は、石油への依存を減らし、代替エネルギーの開発促進を重点政策としている。

2006年、国家エネルギー政策（National Energy Policy – Presidential Decree No.5 Year 2006）を策定し、その中で2025年までに再生可能エネルギーを17%、うちバイオ燃料を5%にするという目標を掲げている。

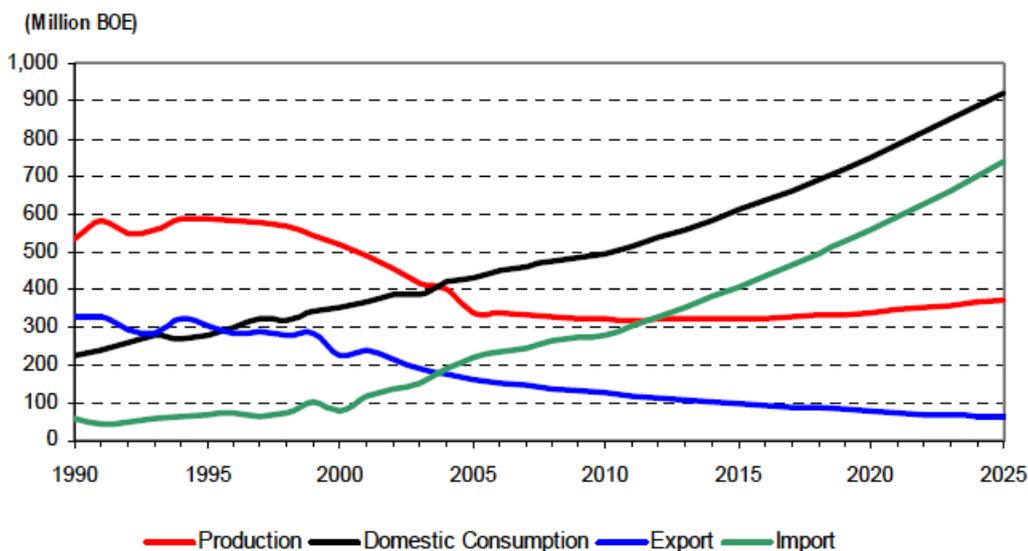


図 5-1 インドネシアにおける原油バランス（過去のトレンドおよび予測）

出典 Pengkajian Energi Universitas Indonesia, 2006 より抜粋

表 5-1 インドネシアにおける一次エネルギー構成（現状および目標）

(%)

	現在	対策なし(BAS)	最適化目標
天然ガス	28.57	20.6	30
石炭	15.34	34.6	33
石油	51.66	41.7	20
地熱	1.32	1.1	5
水力	3.11	2	
バイオ燃料			5
バイオマス、原子力、水力、太陽光、風力発電			5
石炭液化			2
合計	100	100	100

National Energy Policy – Presidential Decree No.5 Year 2006

インドネシア政府は、2006 年、バイオ燃料の利用促進に関する大統領指令 No.1 (President Instruction of No.1, 2006 on 25 Januray 2006) を発令し、この中でバイオ燃料開発を促進させるための政策と分担、省庁横断型の国家チームを規定している。さらに、大統領令 No.10 (Presidential Decree No.10 Year 2006) において、国家チームの使命と役割を規定しているが、その一つはバイオ燃料開発の青写真とロードマップの策定である。この青写真とロードマップでは、中期的（2006-2010）には貧困と失業問題への対処、長期的（2010-2025）には国家のエネルギー・ミックスの中でバイオ燃料の調達と利用を促進していくという目標を設定し、その手段として、①エネルギー自給村（ESSV）の設置、②各地域における潜在的バイオ燃料の開発、③特別バイオ燃料ゾーンの設置（インフラ整備、デモンストレーションのためのプラント

など)を打ち出している(図5-2)。

表5-2 バイオ燃料の使用促進ロードマップ

	2007-2010	2011-2015	2016-2025
バイオディーゼル	ディーゼル消費の10% または241万kL	ディーゼル消費の15% または452万kL	ディーゼル消費の20% または1,022kL
バイオエタノール	ガソリン消費の5%ま たは148万kL	ガソリン消費の10%ま たは278万kL	ガソリン消費の15%ま たは628万kL
バイオマス由来の灯 油	100万kL	180万kL	407万kL
バイオ燃料による発 電	40万kL	74万kL	169万kL
バイオ燃料消費	エネルギー構成の2% 529万kL	エネルギー構成の3% 984万kL	エネルギー構成の5% 2,226万kL

出典：The National Team for Biofuel Development for Accerating Poverty Alleviation and Job Creation, December 2006, *Blue Print 2006-2025*

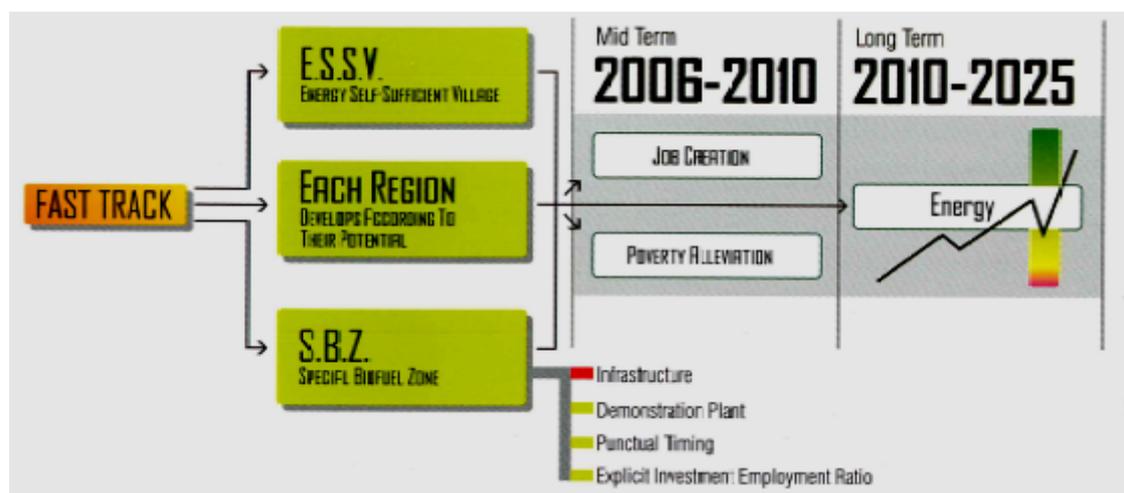


図5-2 バイオ燃料開発の中長期目標と道筋

出典：The National Team for Biofuel Development for Accerating Poverty Alleviation and Job Creation, December 2006, *Blue Print 2006-2025*

また、「青写真」においては、2010年までの目標として、350万人の直接雇用、525万haの農地開発、1,000のエネルギー自給村、12の特別バイオ燃料ゾーンの設置を掲げている。2015年までの目標値は、直接雇用725万人、燃料生産農地開発1,025万haとしている(表5-3)。

表 5-3 バイオ燃料開発目標（2010 年および 2015 年）

	単位	オイルパーム		ヤトロファ			
		2010	2015	2010	2015		
直接雇用	人	750,000	2,000,000	500,000	1,000,000		
燃料生産	トン	6,000,000	16,000,000	2,250,000	4,250,000		
土地	Ha	1,500,000	4,000,000	1,500,000	3,000,000		
投資	million IDR	55,000,000	146,666,667	6,772,727	13,545,455		
	単位	サトウキビ		キャッサバ		合計	
		2010	2015	2010	2015	2010	2015
直接雇用	人	1,500,000	3,500,000	750,000	750,000	3,500,000	7,250,000
燃料生産	トン	3,750,000	8,750,000	4,615,385	5,100,000	16,615,385	34,350,000*
土地	Ha	750,000	1,750,000	1,500,000	1,500,000	5,250,000	10,250,000
投資	million IDR	55,000,000	128,333,333	48,519,231	53,062,500	165,291,958	341,607,955

*合計値と食い違いがあるが、出典に倣った。

出典：The National Team for Biofuel Development for Accelerating Poverty Alleviation and Job Creation, December 2006, *Blue Print 2006-2025*

5-2. 土地利用転換

本節では、インドネシアにおいて現時点でもっとも有力であるバイオ燃料原料であるパーム油に焦点を当て、アブラヤシ農園開発と土地利用転換の現状および将来予測について概観する。

1) 森林減少

インドネシアの森林面積は、FRA2005 のデータによると、国土の約 49%にあたる 8,850 万 ha である(FAO, 2005)。一方、インドネシア林業省の統計によると、約 1 億 3,357 万 ha が森林とされている。

森林でない場所も林地として登録されている、または森林地とされていないが実際には森林である場所があるなど、現在インドネシア林業省が公表している森林地が、実際の森林被覆を十分反映していない。すなわち、インドネシアにおける法律上・統計上の「森林地」は、実際の森林被覆とは異なる点に、注意が必要である。

インドネシアの森林地の内訳を表 5-4 に記す。

表 5-4 インドネシアの森林区分、および面積

(単位:ha)

森林機能	2005 年	2007 年
自然保護地域	20,080,928 (16.3%)	20,142,049.47 (15.1%)
保安林 (<i>Hutan Lindung</i>)	31,782,576 (25.7%)	31,604,032.02 (23.6%)
制限生産林 (<i>Hutan Produksi Terbatas</i>)	21,717,309 (17.6%)	22,502,724 (16.8%)
通常生産林 (<i>Hutan Produksi Tetap</i>)	35,813,616 (29.0%)	36,649,918 (27.4%)
転換生産林 (<i>Hutan Produksi Yang Dapat Dikonversi</i>)	14,057,816 (11.4%)	22,795,961 (17.1%)
合計	123,459,514 (100%)	133,694,685 (100%)

注: 自然保護地域は、*Kawasan Suaka Alam* (厳正自然保護区等)、*Kawasan Pelestarian Alam* (国立公園等)の陸域の合計値。2007 年は *Taman Buru* (狩猟公園)を含む。また、2005 年には森林区分に *Fungsi Khusus* として 7,268.00ha がある。

インドネシア林業省(2006). *Statistik Kehutanan Indonesia 2005 (Forestry Statistics of Indonesia)*, インドネシア林業省(2008). *Statistik Kehutanan Indonesia 2007 (Forestry Statistics of Indonesia)*

出典: (社) 全国木材組合連合会違法伐採総合対策推進協議会 (2009)「平成 20 年度違法伐採総合対策事業 合法性・持続可能性証明木材供給事例調査」

インドネシアでは、1999 年に新森林法 (UU No.41) が制定された。この中で、森林地を、中央政府により恒久的な森林地域として指定された特定の地域とし (第 1 条 3 項)、インドネシアのすべての森林は国により管理されており、その管理権は中央政府に委譲されているとしている。管理内容は、森林、森林地域、林産物に関連する全ての案件の規定および処理や、特定地域を森林地域へ、または森林地域を非森林地域へ制定すること、さらに人間と森林との間の法的関連付けや林業に関する法的行為の統制、制定を行うことである (第 4 条) (違法伐採総合対策推進協議会, 2007)。

また、森林地はその機能ごとに保全林 (野生生物や生息地保全のための割り当て)、保護林 (植生被覆や水源などの環境機能の保護)、生産林 (永久的なまたは制限のある木材の生産) に区分される。また、転換林は他の用途への転換できる森林を指す。

FWI/GFW(2002)によれば、1950~2000 年までの 50 年間に、全森林面積は 1 億 6,200 万 ha から 9,800 万 ha の 40%減少し、2000~2004 年の間に、森林減少は拡大し、年間 280 万 ha にもなった。

インドネシアの森林減少は、複雑に組み合わさった複数の要因によって引き起こされる。各種関連文献をもとに分類すると、①木材生産のための過剰な天然林伐採、②アブラヤシ等の大規模プランテーションのための土地利用転換、③インフラ開発、④森林火災や焼畑、そして⑤違法伐採・違法行為があげられる (地球・人間環境フォーラム, 2008)。

2) プランテーション開発

①過去の状況

プランテーション開発は、この30年で森林減少の主な要因の一つとなってきた。

Casson(2000)によれば、1982～1999年にかけて410万haの森林が農業用地に転換され、Tjondronegoro(2003)は1994～2000年にかけて、大規模アブラヤシ農園のために転換された森林面積は384万haに及んだとしている。

大規模プランテーション開発は、一般に転換可能な生産林（転換林、HPK）を皆伐して行われる。これは対象となる土地の獲得手順が比較的簡単なためと、森林伐採による木材が収入となるからである。

さまざまな統計は、ここ数十年の間、アブラヤシ農園の造成が急激に進んできていることを示している。1975年に20万ha弱であったプランテーション面積は、2006年には600万haを超えている。FAOSTATによれば、2005年収穫可能なアブラヤシ農園の面積は360万haに達している。Colchester et al.(2007)は、林業省統計等を利用し、すでに2,300万haの林地が非林地として機能転換され、そのほとんどがアブラヤシ農園用に割り当てられているとしている。

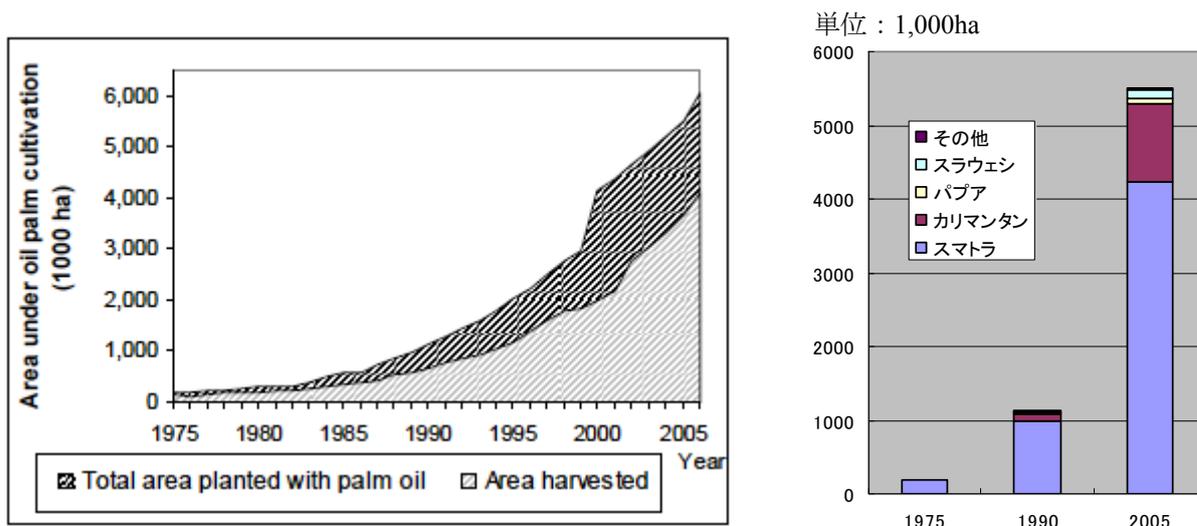


図 5-3 アブラヤシ農園面積の推移

出典 左：Wicke et. al. (2008)がインドネシア農業省及びFAO データをもとに作成したものを引用。右：Wicke et. al. (2008)をもとに作成。

アブラヤシ農園の拡大は、主としてスマトラで進行してきたが、1990年代の終わりごろからカリマンタンにおいても開発が進んだ。2020年までに、西カリマンタンにおいて約500万ha、パプアにおいて約300万ha、リアウにおいて約300万haの農園開発計画となっている (Colchester et al., 2007)

5-3 土地利用転換に伴う影響～西カリマンタンにおけるケース・スタディ³⁵

本節では、西カリマンタン Kapuas Hulu 県における農園開発の諸影響、とりわけ地元コミュニティに与える影響に関するケース・スタディを記載する。調査の概要は下記の通り。

- ・ 期間：2008年11月2日～10日
- ・ 調査実施者：国際環境 NGO FoE Japan、バイオマス産業社会ネットワーク、地球・人間環境フォーラム
- ・ コーディネーター：Sawit Watch、Walhi 西カリマンタン支部 Nurhidayat 氏
- ・ 訪問場所：Kapuas Hulu District
- ・ 調査手法：フィールド訪問、ヒアリング

調査では下記の企業によるプランテーション開発を対象とした。

企業	事業実施場所	開発の状況
PT. Kartika Prima Cipta シナルマス・グループ	Kapuas Hulu 県 Suhaid 郡	アブラヤシ：苗木・苗畑、伐採・土地造成、植栽
PT. Buana Tunas Sejahtera シナルマス・グループ	Kapuas Hulu 県 Badau 郡	苗畑、伐採・土地造成
PT. Sawit Kapuas Kencana MEDCO グループ	Kapuas Hulu 県 Badau 郡	住民協議

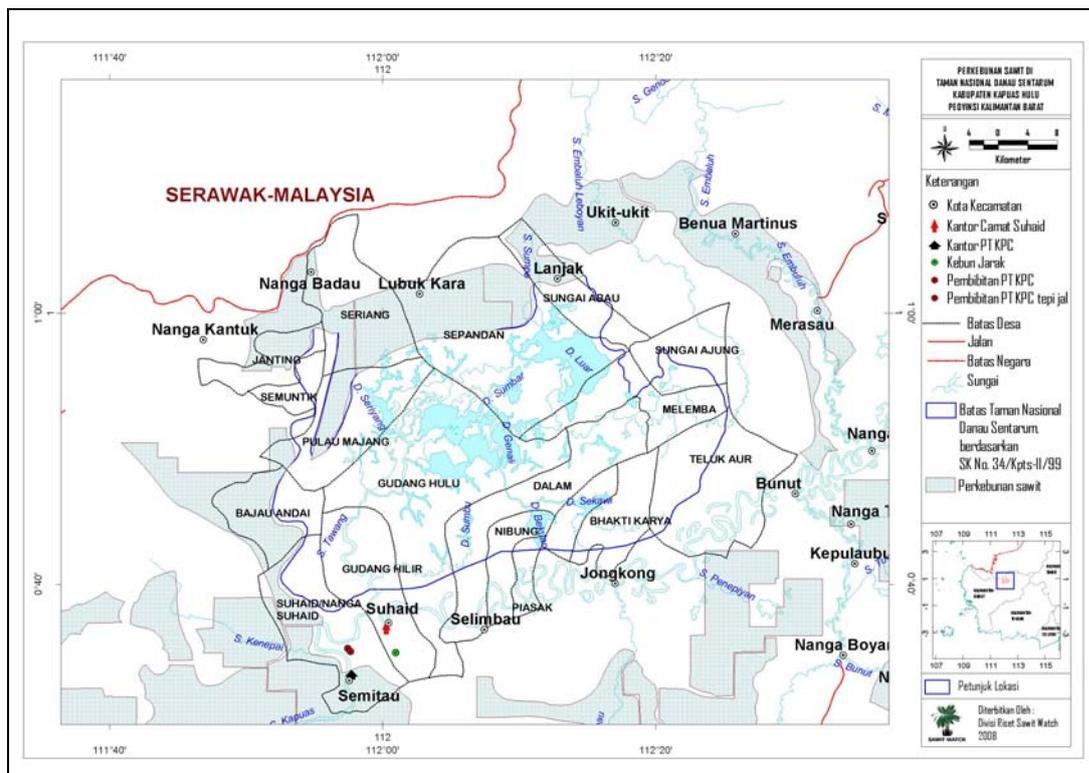


図 5-4 ケース・スタディ対象地域概要

³⁵ 2008年11月に行ったフィールド調査で得られた情報および文献、Sawit Watch(2009), *An update of biofuel development impacts in Indonesia*、柳井真結子氏フィールド・メモなどを参照し、執筆した。

ARAHAN RENCANA UMUM TATA RUANG UNTUK PERKEBUNAN SAWIT DANAU SENTARUM DAN SEKITARNYA

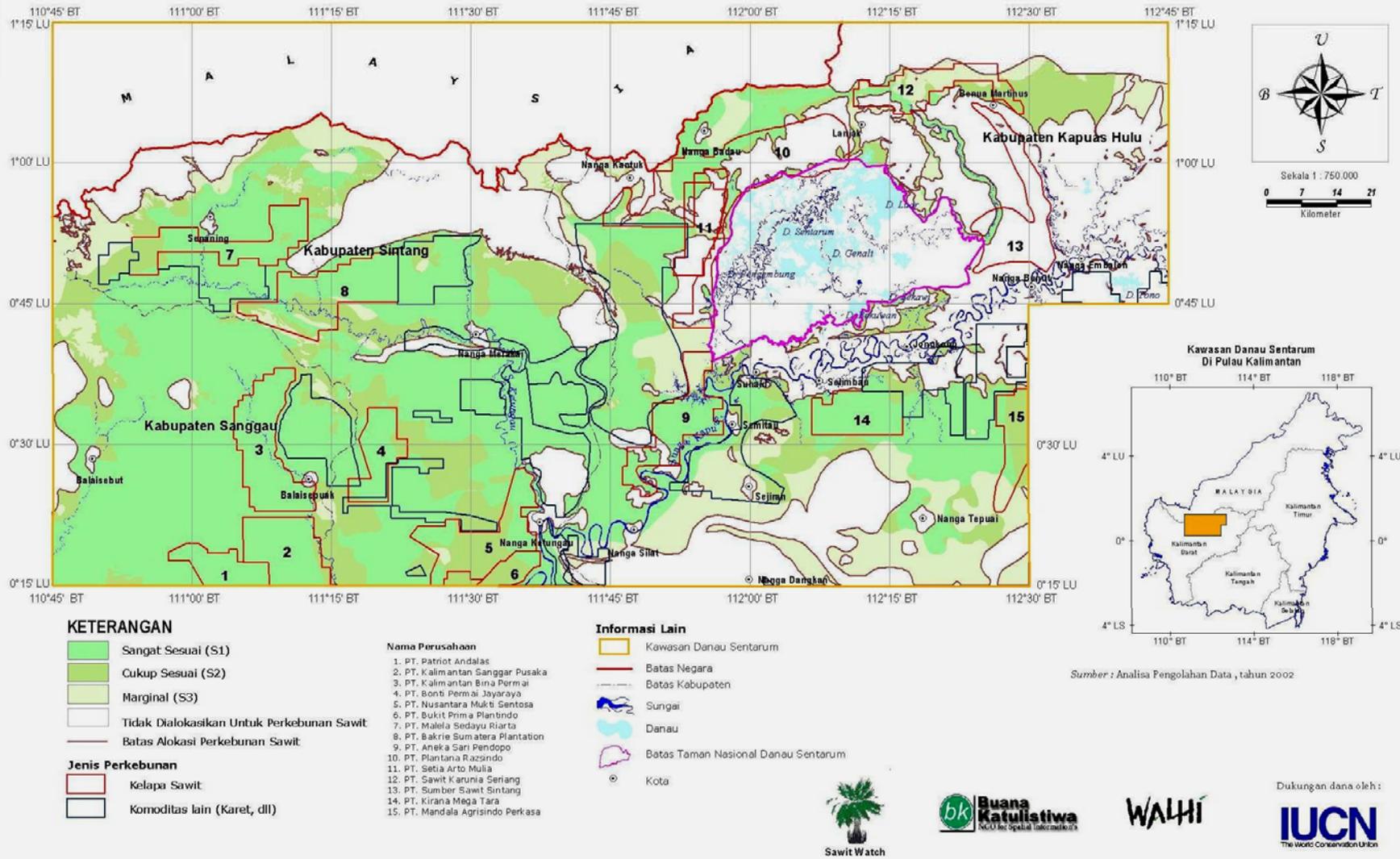


图 5-5 调查地周边におけるアブラヤシ・プランテーション事業地

1) PT Kartika Prima Cipta(KPC 社、シナルマス・グループ)の Suhaid 郡におけるアブラヤシ農園事業

Suhaid 郡の概要³⁶

行政区； Kapuas Hulu 県 (District/ Kabupaten) Suhaid 郡 (Sub-district/ Kecamatan)

人口：約 9,000 人、面積：520.5km²、

世帯数：2,000 世帯

土地利用：稲作地、牧草地、住宅地、ゴムなど稲作以外の作物用地

民族：過半数が Malay 民族³⁷であるが、Iban、Kantuk、Seberuang、TamamBaloh などの民族も居住する。

宗教：65%がムスリム（ムスリムに改宗した Dayak は Malay と呼ばれる）

主な収入源：漁業、稲作、作物、ゴム（組合を通じて売る）

稲作手法：乾季にドライシステムで苗を植える。

7月に焼畑、同月に田植え、2月に収穫、その後ゴムの木の植林

プランテーションの概要

実施企業：PT Kartika Prima Cipta(以下 KPC 社)、Sinar Mas Agriresources and Trading (SMART)の子会社

計画：18,000ha

現在の進捗：50ha の苗畑、1,400ha を伐採・整地済み

*買収済みの土地は Young forest/Hutan Muda（慣習的な区分：耕作跡地に再生した森）と Big Forest/Hutan Labat（慣習的な区分：原生林）

コンサルテーションの状況：Kampong、Kecamatan のリーダーが合意

i) 経緯

KPC 社は 2006 年 8 月に、Selimbau、Suhaid、Semitau の 3 つの郡において開発土地割り当て許可 (Land Allocation No.525/994/BANG-I-A) を取得し、2007 年から当該地域の Sentarum 湖周辺においてフィールド調査を実施した。2007 年 1 月には、KPC はプランテーション操業許可 (IUP No.525/61/Disperhut/Bun-A) を取得した。

本事業に対しては、地元住民の一部から強い反対の声が上がっている。Suhaid 郡全域から様々な村から構成される 20 人の代表者が地方政府に住民の反対署名を提出した。

反対運動派の住民は、反対の理由として、下記を挙げている。

- ・造成により、森林が切り開かれること
- ・河川の水質汚染が懸念されること（現に生じているという指摘もある）
- ・事業の通知が一方的であり、最初の住民協議があった後すぐに工事が始まったこと
- ・環境アセスメント (AMDAL) が実施されなかったこと

³⁶ Desa リーダー（村長）からの聴き取りによる。

³⁷ 西カリマンタンは 2 大民族から構成 (Malay と Dayak (先住民))

反対派住民によれば、本事業は県当局により誘致され、県から郡リーダーを經由し村長へとトップダウンで通知されたのにもかかわらず、住民からの合意を得たとして事業許可証が発行された。反対側住民グループは、州政府に本事業への反対の意を表明するレターを送付した。また、抗議行動を行い、企業側の協議プロセスなどに対しても参加を拒否している。

ii) 事業の環境・社会影響（負の影響）

本事業の環境社会影響に関して、住民ヒアリング³⁸、KPC 社現地事務所からのヒアリング、およびフィールド訪問から得られた事項をもとにし下記にまとめる。

環境影響評価

住民によれば、本事業においては、AMDAL（環境影響評価）が実施されていない。

KPC 社現地事務所は、本事業では企業独自の環境影響評価は実施しておらず、政府が有している土地利用区分のマップを利用していると説明している。

コミュニティ林の減少

住民によれば、事業により、コミュニティに帰属する「young forest」（Hutan Muta/耕作跡地に再生した二次林を指す慣習的区分）および「big forest」（Hutan Labat/原生林を指す慣習的区分）が開発された。これらの森林は個人所有の土地ではないが、住民が使用权を有するコミュニティ林である。事業が開始される前 12,000ha あったコミュニティ林は、事業後 6,000-7,000ha に減少した。必然的に森林から採取していた林産物がとれなくなった。

KPC 社担当者は、①本事業に参加することに合意し、使用权を提供した住民の土地を開発している、②政府の作成したプランテーション開発可能な地域の中には、コミュニティの共有地や河川も含まれており、政府は非耕作地という前提だけで選定している、③耕作地か否かについては、目視により判断している——と説明している。共有地の使用权の取得方法については確認ができなかった。

泥炭林の消失・泥炭地の分解

事業地では泥炭地が観察され、伐採・排水・造成により泥炭林の生態系の消失および泥炭層の分解の影響が生じるものと考えられる（次頁写真）。

³⁸ ヒアリング対象は、アロワナ養殖業者、漁業およびゴムプランテーションを営む男性、アロワナ養殖および商店を営む男性の 3 名。いずれも 30 代～40 代。反対派住民。



Suhaid のパーム・プランテーション事業地の泥炭地
(撮影：筆者)

KPC 社側担当者は、①事業地は法律で指定されている保護区ではない、②政府側の地域区分およびマッピングに際しては、土地利用状況および環境社会影響に関する調査がなされていない可能性がある——と説明している。

水質汚濁

造成に伴う土壌浸食、河川の懸濁物質の増加および農薬散布³⁹による水質汚濁の影響が懸念されている⁴⁰。

プランテーションが造成されてから、現実には生じている具体的な影響としてどのような現象が生じているかを住民にたずねたところ、下記のような回答があった。これらは概ね水質に関するものであると考えられる。

- ・ 特に雨が降ると汚染水が流れてくるので、漁業用のケージ（川の中での一時的な活魚の保管用）を使えなくなった。
- ・ 魚がいなくなった。Bututu などの高級魚が獲れなくなった。
- ・ 乾季は、通常漁師全体で Rp.400～500 million 獲れていたが、現在はネットを使ってもあまり獲れなくなった。特に、Bututu、Tabun、ブンギラン等のきれいな水でしか生きられない魚用の伝統的な生けすが使えなくなった。
- ・ 森がなくなったので、蜂蜜が採れなくなった。
- ・ 川の色が変わった。

KPC 社現地事務所は、開発および環境管理に関しては、農業省のプランテーション開発の規則にしたがっているが、特に独自の規則は設定していないと説明している。

³⁹ Sawit Watch によれば、事業では除草のため、Ikan Paus (Rlimek Kimita Nusantara 社) を用いている。

⁴⁰ 住民は、法律上の規定では「プランテーションは河川から 500m 離れなければならない」とされているのに反し、20m しか離れていない場所があると指摘している。

住民側の懸念

将来生じる可能性のある影響への懸念に関して住民に尋ねたところ、下記のような回答を得た。

- ・ 水質汚染により、漁業への影響が続く。
- ・ 耕作地・材木資源の喪失が収入を減少させる⁴¹。
- ・ 飲料水が汚染される。
- ・ 事業地は保護区のバッファゾーンで実施されているため、湖に汚染が及ぶ。
- ・ 従来の漁業や農業、林業ができなくなった住民が保護区に侵入して影響を与える。

労働環境および労働者への配慮

プランテーション労働者への聴き取りでは、以下のような意見がきかれた。

- ・ 現段階では雇用契約はない。
- ・ 労働時間、休憩時間、通勤に関しては特段の問題はない。
- ・ 雇用された最初の段階で、作業説明、ルール（農薬取り扱い含む）等の説明を受けた。
- ・ 必要物資としては、除草スプレーのみ貸出している。マスク、手袋等は各自用意。
- ・ 仕事はきついが慣れた。生活費に足りないので給料を上げてほしい（現在の給料は、Rp.26,000/日）。
- ・ アブラヤシ農園で働く前には、農業をしていた。企業が自分たちを必要としている間はここで働けるだろう。しかし、企業にとって自分たちが必要でなければ、雇用はなくなるだろう。

なお、事業地では、除草剤散布の際に、マスク、手袋をしていない労働者もみられ、必ずしも農薬の安全な取り扱いに関する指示が徹底していない可能性がうかがえた（次頁写真）。

KPC 現地事務所への聞き取りによれば、労働条件に関して、持続可能なパーム油に関する円卓会議（RSPO）の基準は遵守しているとのことであった。

⁴¹一方で、村長、プランテーション労働者、KPC 事務所職員への聴き取りでは、事業はとりわけ新規雇用に関しては、正の影響をもたらすことが指摘された。



除草剤の散布（写真上、上右、右）
撮影：泊みゆき（バイオマス産業社会
ネットワーク）



iii) 事業の効果及び地元への利益還元

事業の効果及び地元への利益還元に関して、KPC 現地事務所のコミュニティ・コーディネーター担当者からのヒアリングをもとに下記にまとめる。

本事業は、バイオディーゼルの世界ニーズに対応するために、プランテーション拡大のための投資家の誘致を目的に作られた。投資家の関心に答えるためにも、地元との共生は KPC 社として重点的に取り組んでいる。

プランテーションの運営として、KPC は利益の 20%を地元へ還元するプログラムを実施している。これは土地を提供した地元コミュニティの人々に組合を結成してもらい、プランテーション事業に参加させるというもの。利潤の 80%は企業が得て、20%は地元コミュニティへ還元される。企業は土地を買収するのではなく、土地の 30 年間の使用権を得て、それ以降は改めて交渉を行うことになる。コミュニティにはプランテーション管理は難しいため、プランテーションの経営は企業側が行なう。

組合に入れる条件としては、①村にもともとすんでいる住民であること、②現在も村に住んでいること、③土地利用権を提供すること——である。

現在は、Suhaid 郡から 400 人がこのプログラムに参加し、参加希望者のウェイティング・リストができている状態である。組合は 2 つ作られ、将来的に 9 組合作る予定である。

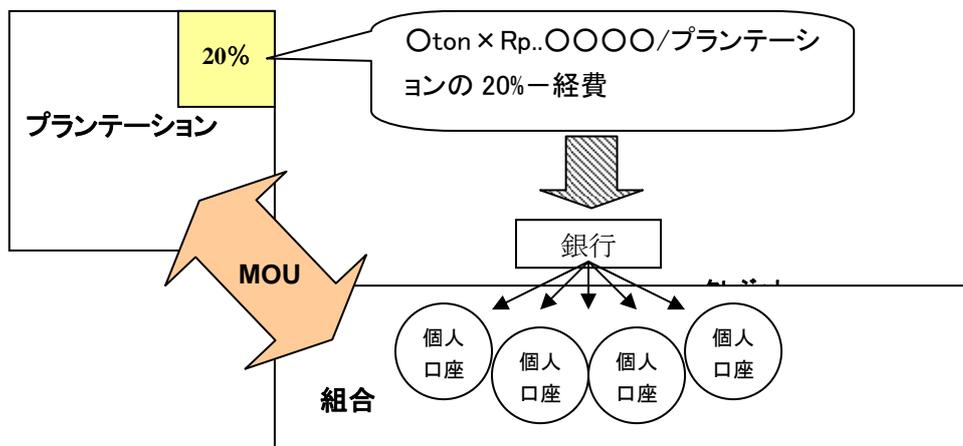


図 5-6 利益の 20%を地元に戻元するプログラム

出典：KPS 社現地事務所説明により、柳井真結子氏（FoE Japan）作成

2) PT Buana Tunas Sejahtera (BTS 社、シナルマス・グループ) の Badau 郡における事業および PT Sawit Kapuas Kencana (SKK 社、MEDCO グループ) の Puring Kencana 郡における事業

a) PT Buana Tunas Sejahtera (BTS 社、シナルマス・グループ Sinar Mas Agriresources and Trading (SMART)の子会社)

事業地の概要

行政区； Kapuas Hulu 県 (District/ Kabupaten) Badau 郡 (Sub-district/ Kecamatan)

9 村、21 村落

人口：約 5,316 人

地域の特徴：Lake Sentarum National Park の近隣

土地利用：農地、森林（原生林、二次林）、ゴム林、居住地など

民族：Kantuk、Iban、Seberuang、TamamBaloh など

宗教：カトリック 他

農耕のスタイル：移動式焼畑耕作⁴²

主な収穫物：米（自家消費）、キャッサバ、ゴム、野菜、コーン、コショウ

収入源：野菜、コショウ、ゴム、マレーシアへの出稼ぎ

プランテーションの概要

実施企業：BTS 社

計画：16,000ha、期間 25-30 年

現在の進捗：コンサルテーション実施済み。苗床：1ha、整地済み面積：不明

⁴² Janting 村では 1 世帯約 5ha/年を毎年移動し、6 年位のサイクルで元の場所に戻るとのことであった。

b) PT Sawit Kapuas Kencana (SKK 社、MEDCO グループ)

事業地の概要

行政区； Kapuas Hulu 県 (District/ Kabupaten) , Puring Kencana 郡 (Sub-district/ Kecamatan)

5 村、15 村落

人口：約 2,300 人

地域の特徴：Lake Sentarum National Park の近隣

土地利用：農地、森林（原生林、二次林）、ゴム林、居住地など

民族：Kantuk、Iban、Seberuang、TamamBaloh など

宗教：プロテスタント 他

主な収穫物：米（自家消費）、キャッサバ、ゴム、野菜、果物、コーン、コショウ

収入源：野菜、コショウ、ゴム、果物、マレーシアへの出稼ぎ

プランテーションの概要

実施企業：SKK 社

計画：割り当て面積は 22,000ha。土地利用権の期間は 25-30 年。

現在の進捗：コンサルテーション実施済み。土地取得、造成は未実施

i) 経緯

BTS 社

BTS 社は、2007 年、県から開発許可 (Location Permit No.250 year 2007) を取得し、その後 3 回の住民協議を行っている⁴³。

BTS 社現地事務所によれば、住民の半数は事業に合意しているとのことであった。

一方、本事業に反対の意を表明している Janting 村と事業に賛成した Sumuntik 村との間で事業地の帰属をめぐる争いが発生している。Janting 村によれば、Janting 村に帰属する 130ha について、企業側がすでに伐採、整地している。

BTS 社が事業を開始する前、周辺ではすでいくつかのプランテーションの開発計画があった⁴⁴。1992 年には、ロカン・グループ (PT. Rokan Permai Timber) が事業を開始したが、1995 年、倒産により労働者への給与未払いのまま撤退した。1997 年には、PT. Plantana Razindo が入ってきたが、プランテーション開発の名のもとに違法伐採を行ない、撤退した。

SKK 社

SKK 社による事業は、初期の段階にあり、現在、住民協議が開始されたところである。

2007 年に、Empanang および Puring Kencana 郡における事業許可 (No.525/1063/BAPEDA/PE-A, 30 August 2007) を Kapuas Hulu 県から取得している。

2008 年 11 月に Puring Kencana の事業地において周辺 17 のロングハウスに対する協議

⁴³ Patih (慣習的なコミュニティ区分の呼称) のリーダー、Dusun (村の下位の行政区分の呼称) リーダー、住民が参加している。企業から毎回 3~5 名、District のリーダー、軍隊のリーダーが参加。

⁴⁴ Janting 村における聞き取りによる。

が実施されたが、すべてのロングハウスが事業に反対した⁴⁵。

ii) 事業の環境社会影響

①森林・共有林・農地の減少

本事業に反対している Janting 村、Puring Kencana 村がともにあげたのが、事業地を取得されることにより、共有林や周辺の森林、農地が失われる⁴⁶。

下記はそれぞれの聞き取りの要旨である。

Janting 村

- ・ 村は農業に依存しており（販売および自家消費）、農地がなければ耕作ができなくなる。
- ・ 子孫に引き継ぐべき森が失われてしまう。
- ・ ロカン・グループや PT. Plantana Razindo など過去プランテーションの話が来るたびに、少しずつ村の土地や森が失われた、貴重な樹木が伐採されていった。
- ・ すでに 130ha が伐採されてしまっている。ここは Janting 村に帰属する土地であるはずなのに、企業側は事業に賛成している Sumuntik 村の土地であるとして伐採してしまった。

Puring Kencana 村

- ・ 農園は大面積を必要とし、自分たちが使っている土地と共有はできない。農園を受け入れるには土地が足りない。
- ・ そもそも、Puring Kencana 村の 17 程度のロングハウスは、それぞれロングハウスのまわりの土地を使っており、境界線がある。今でも境界線をめぐって争いがあるため、プランテーションを受け入れる余地はない。
- ・ 野菜のための土地、焼畑のための土地、陸稲のための土地、ゴム林、共有林を手放すわけにはいかない。
- ・ 農園から収入を得られるが、企業側の力が強く、給与は低い。そのためやっていけなくなったときに、この地を去るしかなくなってしまふ。
- ・ 土地は、コミュニティに帰属し、土地に根付いた伝統や文化を守っていかなければならない。たとえばここには、「Tembawai」という特殊な土地を保護する文化がある。これには村人の祖先が住んでいた村跡や保護すべき森林などが含まれる。

②土地争い

事業に反対している Janting 村と事業に賛成した Sumuntik 村との間で事業地の帰属をめぐる争いが発生している。Janting 村への聞き取りによる土地争いの経緯と内容は下記のとおりである。

- ・ 1989 年に地方自治化した際にももとの一つの村が Sumuntik 村と Janting 村に分かれた。

⁴⁵ Puring Kencana 村ロングハウスのリーダーへの聞き取りによる。

⁴⁶ 企業が土地利用権を取得・行使すれば、25-30 年後、事業が終了しても土地はコミュニティに戻ってこない。

-
- ・ 2007年6月に企業が入ってきてから両村の間で土地争いが始まった。それまでは争いはなかった。
 - ・ 過去入ってきた Rokan や Razindo 社は二つの村と協定を結んだが、Sirnamas は、Sumuntik 村としか協定を結ばなかった。
 - ・ Sumuntik 村の Dusun⁴⁷のリーダーが開発に賛成したので、住民は従っている。
 - ・ Janting 村の 130ha が、すでにプランテーション用に伐採・整地されている。
 - ・ 企業と Sumuntik 村の契約により、Janting 村を含むプランテーション地が Sumuntik 村に帰属することになる。これは見過ごせないため、反対している。
 - ・ 村としてとった措置は下記のとおり。
 - 2008年2月28日 開発を拒否する旨のレターを県に送付
 - 2008年6月13日 予定地が Janting 村の土地であることを主張するレターを送付
 - 2008年7月2日 開発反対に関する MOU を締結（4村）

③その他の反対の理由

- ・ パーム油産業は国際価格の変動により左右される。農地やコミュニティ林を提供し、村の命運をかけるにはリスクが高い。
- ・ プランテーションでの雇用が提示されているが、低賃金である（BTS 社の場合、Rp.22,000/日）。
- ・ 伝統的なコミュニティや各世帯に利益が配分されない。

3) まとめ

以上の 3 つのプランテーション事業において概観した開発計画上の問題点および環境社会影響は下記のようにまとめることができる。

①開発計画上の問題点

- ・ 政府が決定する土地利用計画において、実際の調査がされておらず、プランテーションとして割り当てられた地域にはコミュニティ共有地や保護すべき森林、泥炭地などが含まれている。
- ・ 事業実施の際に、環境影響評価（AMDAL）手続きがなされていない場合がある。
- ・ 開発許可の発行においても、対象地における調査や住民協議がなされていない。
- ・ 開発許可発行後に住民協議が行われる。許可発行後であるため、仮に住民が強く反対したとしても、企業側にとって撤退することがコストにつながる。したがって、無理にでも住民の賛成を勝ち取る傾向にある。
- ・ 多くの住民が反対していたり、村落単位での反対があるのにも関わらず、事業が進行する場合がある。

⁴⁷ 村の下位の行政区分。

②環境社会影響

- ・ 3 事業に共通したもっとも大きい影響は、土地利用の転換に伴う、もともとの森林、コミュニティ林、農地の減少である。
- ・ KPC 社の Suhaid 郡における事業では、これに加え、水質の悪化が生じているという指摘があり、加えて泥炭地の破壊が生じている。
- ・ 社会的な影響としては、上記の森林、コミュニティ林や農地の消失により、コミュニティの経済・生活基盤が弱体化することがあげられる。一方で、20%還元プログラムや雇用創出により、事業がコミュニティに利益をもたらす。反面、プランテーション事業に村が依存することによるリスク（国際価格の下落や企業の倒産・撤退）も存在する。
- ・ コミュニティの土地がなくなることによる、伝統・文化の喪失が生じる。
- ・ BTS 社の Badau 郡における事業では、事業により、隣接する二つの村において土地争いが生じた。KPC 社の Suhaid 郡においては、同一村落の中において事業への賛成・反対により、村落が二分されてしまうことが指摘された。
- ・ Puring Kencana 村での聞き取り結果に顕著に表れたとおり、すでに土地は不足する傾向にあり、広大な面積を必要とするプランテーション事業を受け入れる余地がない場合がある。
- ・ BTS 社事業、SKK 社事業においては、以上のような点を村やロングハウスのリーダーが懸念し、事業に強い反対の意を示しているのにも関わらず、開発が進んでいるのが現状である。

(満田夏花／地球・人間環境フォーラム)

引用文献

BBN, The National Team for Biofuel Development for Accelerating Poverty Alleviation and Job Creation, Blue Print 2006-2025

Casson, A., 2000, *The Hesitant Boom: Indonesia's Oil Palm Sub-sector in on Era of Economic Crisis and Political Change*; Occasional Paper No. 29, Center for International Forestry Research

Casson, Anne (August 2003), *Oil Palm, Soybeans & Critical Habitat Loss – A Review prepared for the WWF Forest Conversion Initiative*

Forest Watch Indonesia(FWI) / Global Forest Watch(GFW). 2002. *The State of the Forest: Indonesia*, Bogor/Washington.

Friends of the Earth, LifeMosaic and Sawit Watch. 2008. *Losing Ground- The human rights impacts of oil palmlantation expansion in Indonesia*

Indonesia, National Energy Policy – Presidential Decree No.5 Year 2006

Pengkajian Energi Universitas Indonesia, 2006, *Indonesia Energy Outlook & Statistics 2006*

Sawit Watch. 2009. *An update of biofule development impacts in Indonesia*

Wicke,B., Sikkema, R., Dornburg, V., Juginger, M. and Faaij, A. 2008. *Drivers of Land use change and*

the Role of Palm Oil Production in Indonesia and Malaysia

Marcus Colchester, Norman Jiwan, Andiko, Martua Sirait, Asep Yunan Fidaus, A. Surambo, Herbert Pane. 2006. *Promised Land: Palm Oil and Land Acquisition in Indonesia – Implication for Local Communities and Indigenous Peoples*, Sawit Watch, Forest Peoples Programme

違法伐採総合対策推進協議会.2007.『インドネシアにおける合法性証明の実態調査報告書』

違法伐採総合対策推進協議会.2009.『インドネシア・マレーシアにおける海外現地調査』

地球・人間環境フォーラム.2008.「平成 19 年度 違法伐採による環境影響調査業務報告書」
(環境省請負事業)

6. 国別状況：ブラジル

本章においては、日本にとってバイオエタノール輸入先として最も重要な国であるブラジルにおけるエタノール生産動向につき概観し、ブラジルにおけるバイオエタノール生産、とりわけサトウキビ農地拡大に伴う環境社会影響を概観する。

6-1. ブラジルにおけるバイオエタノール生産動向

ブラジルは世界第一位のサトウキビ生産国であり、世界最大のエタノール輸出国である。バイオエタノール生産については、アメリカについて第2位の地位を占める。

ブラジルでは、ガソリンへのエタノール混合が義務づけられている（基本混合率は22%）。また、100%エタノール（含水エタノール）が自動車用燃料として利用されている（環境省エコ燃料利用推進会議）。

ブラジルのバイオエタノールの自動車燃料への利用は、20世紀初頭にまでさかのぼる。1975年には自動車用エタノール燃料の促進をはかるために、プロアルコール（PROALCOOL）政策が策定され、生産者・消費者価格調整、エタノール販売保障、新工場建設や備蓄への低利融資、エタノール車の開発など、包括的な自動車燃料用エタノールの生産、利用、促進のための政策が進められた。これにより、ブラジルにおいてはエタノール車（100%エタノールを使用）の普及が進み、現在、ブラジルの自動車普及台数の約2,000万台のうち、2割弱の380万台がエタノール専用自動車であるとともに、新車販売の大半がFFV（Flexible Fuel Vehicle、含水エタノールとエタノール混合ガソリン（E22）を任意の比率で混合して利用可能）車である（大聖 2008）。

世界のエタノール生産量は、2005年で年間約3,134万kLとなっている。生産量は2000年頃から年々増加しており、過去5年間で2倍以上となっている（環境省エコ燃料利用推進会議 2008）。国別で見ると、米国（50%）、ブラジル（38.3%）、EU（4.4%）、中国（3.7%）の順となっており、米国とブラジルがほぼ9割を占めている。2004年頃まではブラジルが一位であったが、米国のエタノール生産量は政策誘導のために急速に拡大し、現在はブラジルを抜いて世界一の生産国となっている。

エタノール生産量は、プロアルコール（PROALCOOL）導入後の1970年代後半～1980年代前半において飛躍的に増加し、1980年代後半からは1,000万kLを超える規模となっている。ここ数年でさらに生産量は増加し、2006年には約1,800万kLとなった。内訳としては、2003年のFFV車の販売開始により、FFV車で利用可能な含水エタノールの生産量が大幅に増加している（環境省エコ燃料推進会議）。

また、近年エタノールの輸出量が増加しており、輸出先としてはインドが輸出量の2割を占めており、次いで米国、韓国、日本の順となっている。

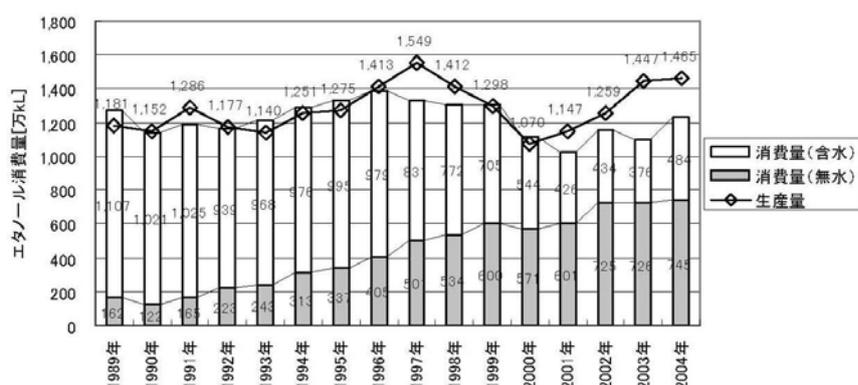


図 6-1 ブラジルにおけるエタノール生産量及び消費量の推移（1989～2004 年）

出典 環境省エコ燃料利用推進会議

6-2. ブラジルにおけるサトウキビ生産および農地

1) 現状

ブラジルは世界第一位のサトウキビ生産国である。生産量は 2006 年には 4.6 億トンとなっている。生産量は 1961 年に約 0.6 億トンであったものが、2007 年には 5.1 億トンとなり、約 8.5 倍に増加している（FAOSTAT2008）。サトウキビのうち、エタノール向けに利用される量は 50%弱である（OECD/FAO 2007）

ブラジルにおける耕作可能地（農地・耕作地含む）は 1 億 7,230 万 ha であり、国土の約 12%を占めている。そのうちの半分は牧草地であり、約 22%が農地である。

2007 年におけるサトウキビ栽培面積は 780 万 ha であり、農地・牧草地を含む耕作可能地⁴⁸の 2.2%を占める。うち、エタノール生産向けと考えられるサトウキビ栽培面積は 340 万 ha である（表 6-1）。

表 6-1 ブラジルにおける農地面積の割合（2007 年）

	面積 (100 万 ha)	農地に占 める割合	耕作可能地に占め る割合	国土面積に占める割 合
農地	76.7	100.0%	21.7%	9.0%
大豆	20.6	26.9%	5.8%	2.4%
トウモロコシ	14.0	18.3%	4.0%	1.6%
サトウキビ	7.8	10.2%	2.2%	0.9%
ーうちエタノール用	3.4	4.4%	1.0%	0.4%
オレンジ	0.9	1.2%	0.3%	0.1%
その他農地	33.4	43.5%	9.4%	3.9%
牧草地	172.3		48.7%	20.2%
その他の耕作可能地	105		29.7%	12.3%
全耕作可能地	354		100.0%	41.6%
ブラジルの国土面積	851			100.0%

出典：IBGE、UNICA、ICONE をもとに作成

⁴⁸ 農地、牧草地、耕作可能地含む。

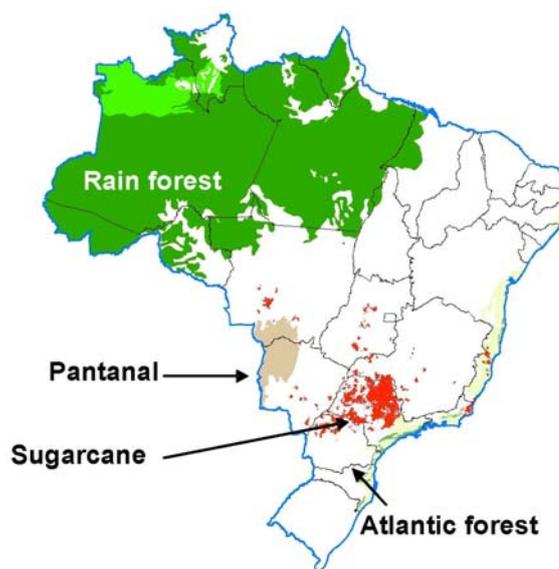
ブラジルのサトウキビ生産は、その多くが、中・南部および北東部の大西洋側で行われていたが、近年、北東部から中・南部への移動と集中が生じている。なかでもサンパウロ州における生産高・生産面積が大きく、面積にしてブラジル全土の 50%以上を占めている (Martinelli, Luiz A. et al.2008)。2008 年において、南・中央部のサトウキビ農地面積は 716 万 ha にのぼる (ICONE,2008)。

サンパウロにおいては、サトウキビ農地は、主として牧草地から転用されたものであるとされている。

アマゾンの熱帯林が広がる北部においては、サトウキビ農地面積は 21,000ha にとどまる。北部におけるサトウキビ農地の拡大に関しては、ブラジルにおいて使用されているサトウキビの品種が、乾期に糖度を高める特性を有しているが、北部には十分に糖度を高めるだけの乾期がないことによると言われている。また、アマゾンおよびパンタナル地域において、サトウキビ農地の拡大を制限する法律の策定も影響していると考えられている (Martinelli, Luiz A. et al.2008)。

中・西部のゴイアス州においては、1999/2000 年から 2003/2004 年にかけてサトウキビ農地が 81%増加しており、主要な農地拡大の潜在地域となっている。マトグロッセ・ド・スル州、ミナス・ジェライス州の南東部においても、新たな農地拡大が生じている (Rondrigues et al. 2006)。

2008 年ブラジル農業省データによれば、ブラジルには 370 の砂糖・エタノール工場が登録されており、60 の工場が建設予定とされている。サトウキビ農地の分布傾向と同様に、砂糖・エタノール工場は、北東部 (78 工場)、南・中央部 (298 工場) の二地域に集中している。ブラジルでは、砂糖とエタノールを同一の工場生産していることも多い。南・中央部の砂糖・エタノール工場 298 のうち、砂糖のみが 6、エタノール工場が 100、エタノールと砂糖工場が 192 を占めている (Ministry of Mines and Energy , Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply, 2008)。



Fontes: IBGE (Vegetação) e CTC (Cana)

図 6-2 ブラジルにおけるサトウキビ農地

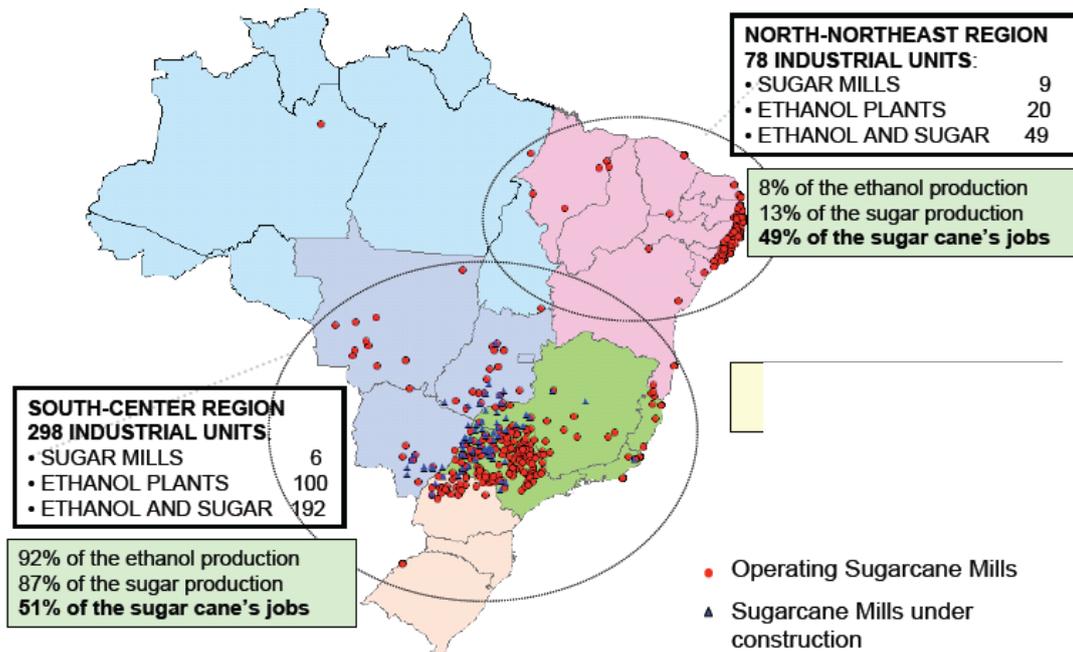


図 6-3 ブラジルにおける砂糖・エタノール工場の分布

出典：Ministry of Mines and Energy, Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply

2) 過去のトレンドおよび将来予測

1961年から2007年にかけて、サトウキビ生産量は8.6倍に増加している。これは、面積の拡大および単収の増大の双方によってもたらされているが、面積拡大の寄与の方が大きい。サトウキビの収穫面積は137万haから670万haに拡大し、約5倍の伸びを示しているのに対して、1haあたりの単収は43トンから76トンの増加であり、約1.7倍の伸びである（FAOSTAT2008）。単収は、1960年代後半から80年代にかけて高い伸びをしめしているが、これは農業技術の向上および品種改良によってもたらされたものである。

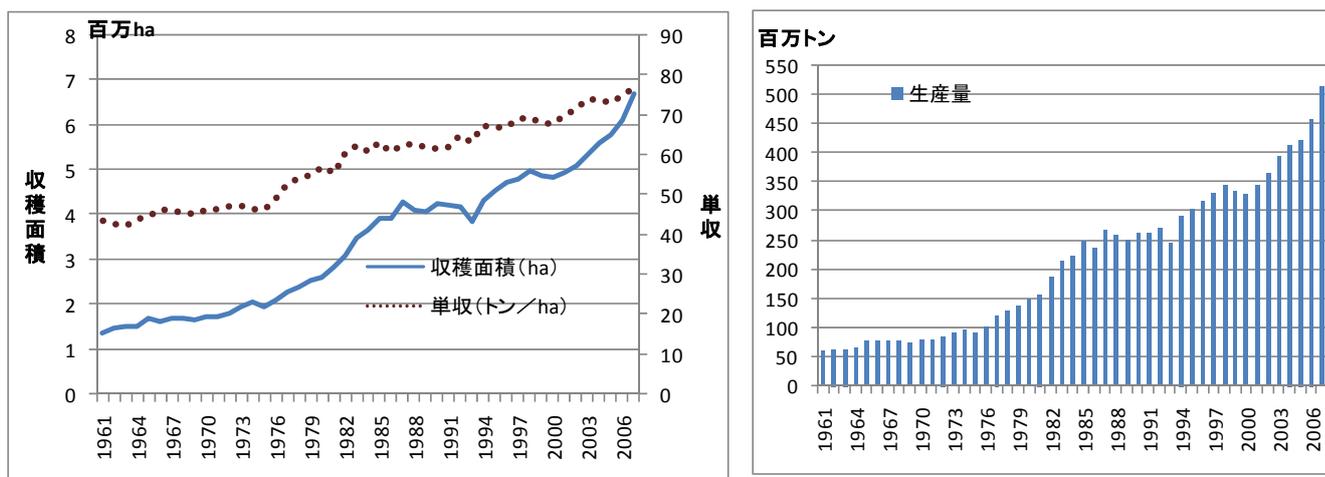


図 6-4 サトウキビ農地面積（百万 ha）および単収（トン/ha）の増加と生産量の推移

出典：FAOSTAT2008 をもとに作成

サトウキビの最大の産地であるサンパウロ州では、サトウキビ農地の拡大が顕著である。過去 15 年にわたっての農地拡大は、とりわけサンパウロ州の西部においては、牧場からの転用が大きいとされている。また、他の農作物からの転用も考えられる。

OECD-FAO (2007) は、ブラジルにおけるエタノール生産は、今後も増加を続け、2016 年には 2006 年の生産量の約 2.5 倍の規模の 4,400 万 kL に達すると予測している。サトウキビからエタノールへの生産効率の上昇により、エタノールに利用されるサトウキビの増加率はエタノールの増加率より小さい。それでも 2016 年のエタノール向けにサトウキビの生産量は 2006 年の生産量の 2.2 倍に達し、全サトウキビの生産量の 60% を占めるものと予測される（現在は 50% 以下）。

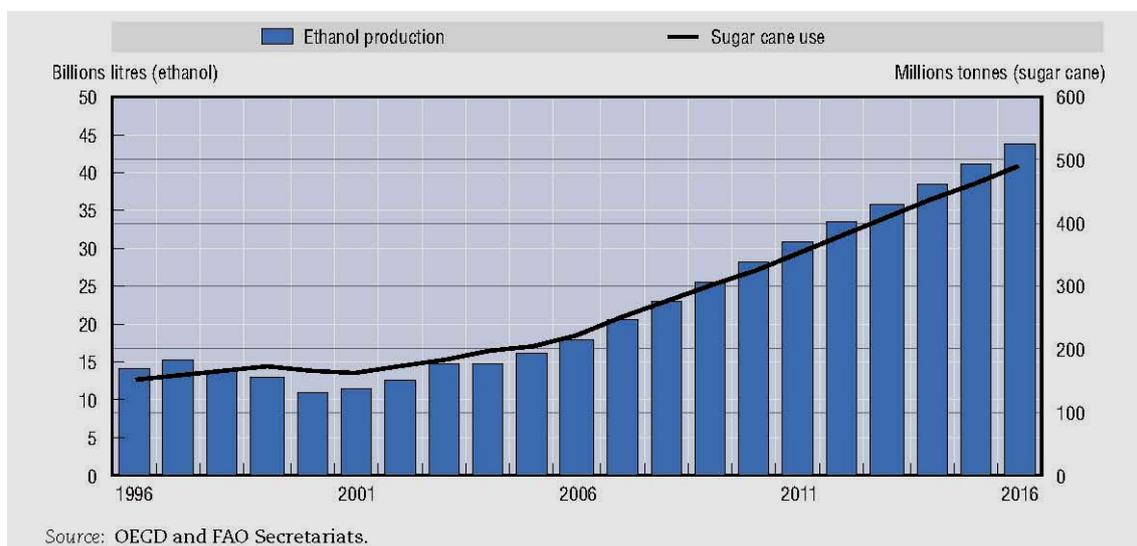


図 6-5 ブラジルにおけるエタノール生産量およびエタノール向けサトウキビの生産量予測

出典：OECD/FAO (2007). OECD-FAO Agricultural Outlook 2007-2016

この OECD-FAO の予測を用いて、単収が 1960 年-2007 年と同じ率で増加すると仮定して計算した場合（81 トン/ha）、2016 年には新たに必要とされるサトウキビ農地は約 330 万 ha となる。

なお、ブラジル政府の国家農業エネルギー計画は、2030 年までにサトウキビ・エタノールをブラジルのエネルギー供給の 18% に割り当てる計画であり、これは 1,400 万 ha の農地が必要であるとしている。

ブラジルにおける大豆生産と農地拡大の自然生態系への影響

ブラジルにおけるバイオ燃料生産拡大の影響を検討する際に、大豆生産の動向は重要な要因となる。近年の大豆農地の拡大は、アマゾンの森林地域やセラードの自然生態系に対しては、サトウキビ生産拡大よりはるかに大きな影響をもたらしてきたと考えられる。

1) 生産動向と農地面積の拡大

大豆は搾油用のほか、食品用と飼料用（主に養鶏用）と幅広い用途がある。大豆の生産国及び2007/2008年の生産量（2008年2月発表需給見通し）は、①アメリカ（70,358千トン）、②ブラジル（60,500千トン）、③アルゼンチン（47,000千トン）、以下中国、インドと続く。ブラジルの2006/07の生産量は58,376.4千トン。世界最大の生産国アメリカに続くブラジル、アルゼンチンでは生産量が着実に増加しており、近年の世界の大豆生産はアメリカ中心から、アメリカとブラジル・アルゼンチンの二極構造に変化しつつある。

世界的な大豆需要の拡大とともに、ブラジルの大豆生産量も増加を続けている。FAOSTATによれば、ブラジルの大豆生産量は、1997年の約2,640万トンから2007年には5,820万トンに2.2倍の伸びを示している。なお、同時期のアメリカの大豆生産量は7,000万トンから8,000万トンの間を横ばいに増減している状況である。

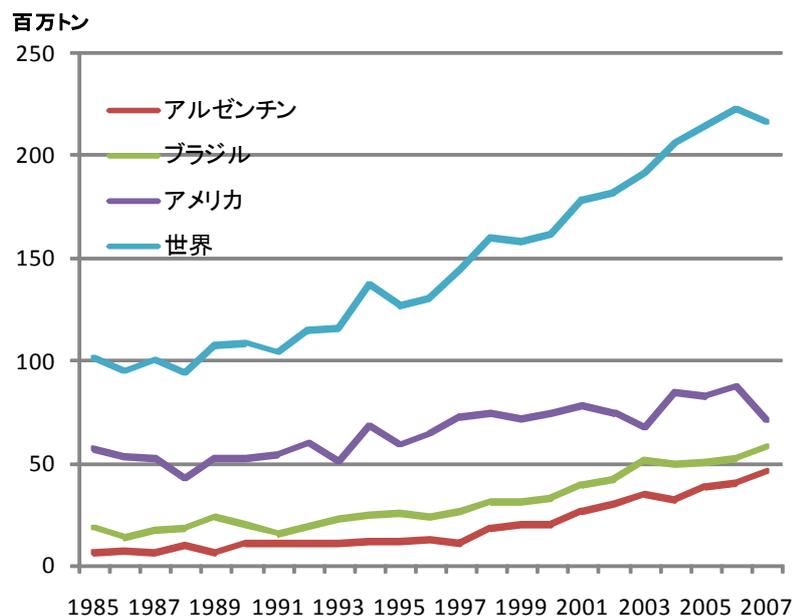


図 6-6 大豆生産量の推移（アメリカ、ブラジル、アルゼンチン、世界計）

出典：FAOSTAT（2008）より作成

大豆の生産量の増加に伴い、農地面積も急速に拡大している。図 6-7 にブラジルの大豆およびサトウキビの収穫農地面積を示す。前述のようにサトウキビの農地面積の増加も甚だしいものがあるが、大豆農地面積はサトウキビをはるかに上回る率で増加していることがわかる。

薄井（2008）は、ブラジルにおける大豆生産急増の要因として、下記を挙げている。

- ・作付面積の大幅な増大を可能にしたブラジル・セラード地帯などの開発地や、大豆畑へ転換された広大な放牧地の存在など
 - ・ブラジル農牧開発研究公社 EMBRAPA が、セラード地帯など亜熱帯地帯に適した大豆品種を 1970 年代後半までに開発したこと。
 - ・肥料の投入増や遺伝子組換え品種の積極的な導入によって単収が大幅に増えたこと。
- これらに加え、大豆産業への投資、インフラの整備、国内の家畜飼料向けの需要増加、アメリカに比して土地、生産コストが安いことなども要因として挙げられる。

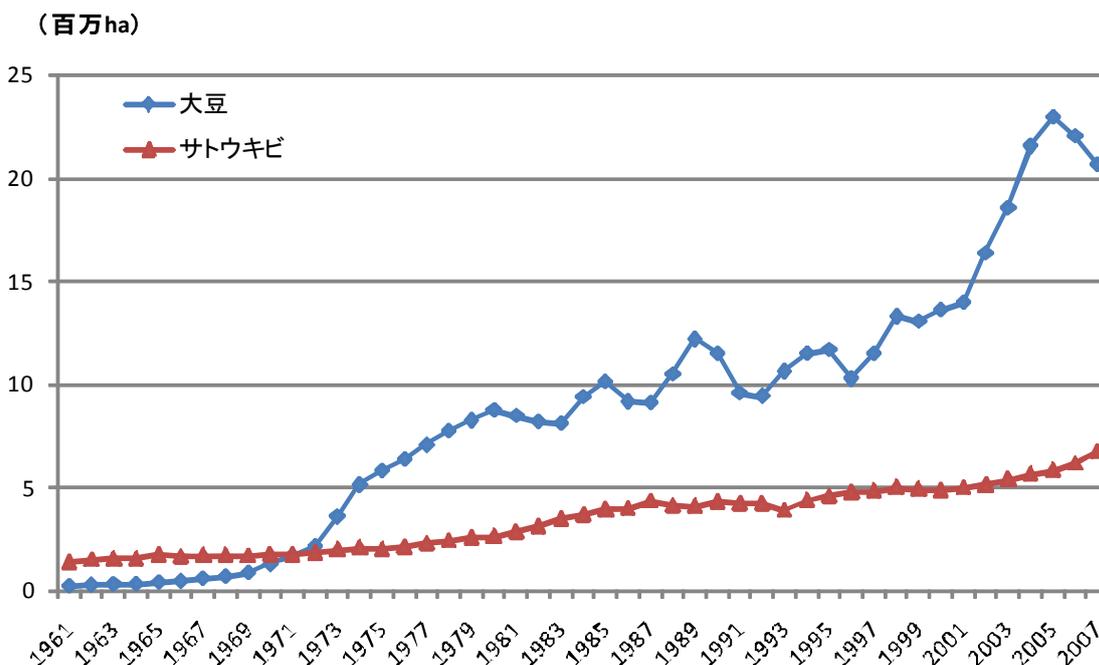


図 6-7 ブラジルにおける大豆およびサトウキビの収穫面積の推移
出典：FAOSTAT (2008) より作成

2) アマゾン熱帯林の破壊との関係



アマゾンに広がる大豆農地
サンタレン郊外 (筆者撮影)

大豆の農地拡大とアマゾンの熱帯林の破壊の関係については多くの指摘がされてきた。2004 年には、アマゾンの年間森林減少面積は 2 万 6130km² に達したが、ブラジル環境省はこの原因として木材伐採の増加のほかに、大豆畑のための開拓、不法私道の建設などを挙げている。とりわけ、アマゾン地域の大豆農業の 90% を占めるマトグロッソ州は、2001 年以來の森林減少率が最も高い。Morton, et al., (2006) は、地図、フィールド調査、衛星画像を組み合わせ、マトグロッソ州の森林減少と土地利用転換に関する研究

を行った。その結果、牧草地が森林伐採後の主要な土地利用ではあるが、一方で、伐採後の農地利用は、今後ますます重要な森林減少の要因となりうるとした。同研究の中では、マトグロッソ州における森林伐採の速度が大豆価格と相関関係があることが指摘された。

国際環境 NGO グリーンピースは 2006 年 4 月、「ファーストフードや巨大アグリビジネスがアマゾンの破壊を加速している」とする報告書を発表した(Greenpeace International, 2006)。グリーンピースによれば、マトグロッソ州では、大豆栽培地域の規模が 1996 年の倍になり、この拡大がアマゾンの農業開発に拍車をかけている。同州はブラジル国内最大の森林減少地域であり、2003～04 年のアマゾン全体の減少量の半分近くを占めている。州政府環境局によれば、同州の森林減少の 3 分の 2 が違法であり、その大半で農業用地のための土地開発が行われている。

国際世論の高まりの結果、2006 年 7 月、ブラジル産大豆の取引業者大手数社はアマゾンの新規の森林伐採地域で栽培される大豆の取引を 2 年間停止すること（モラトリアム）で合意した。この結果、2006 年 8 月から 2007 年 8 月にかけてアマゾン地域での森林伐採をしての大豆農地の拡大はほぼ歯止めがかけられている。(Raffensperger, 2008)。

3) セラード生態系との関係

このように大豆農地拡大は、国際的にはアマゾン破壊との関係からクローズアップされる傾向にあったが、セラード地域においては、より甚だしい農地拡大が生じている。

1980 年代までは、大豆農園は、ブラジルの南・南東部 Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina などに集中していたが、その後、マトグロッソ・ド・スル、マトグロッソ、ゴイアスといった中・西部の諸州において、急速な農地拡大が生じた。

Casson(2003)は、マトグロッソ、ゴイアス、マトグロッソ・ド・スル、トカンティンスといった州において、大豆農園がセラードの生態系から転換されていることを指摘している。

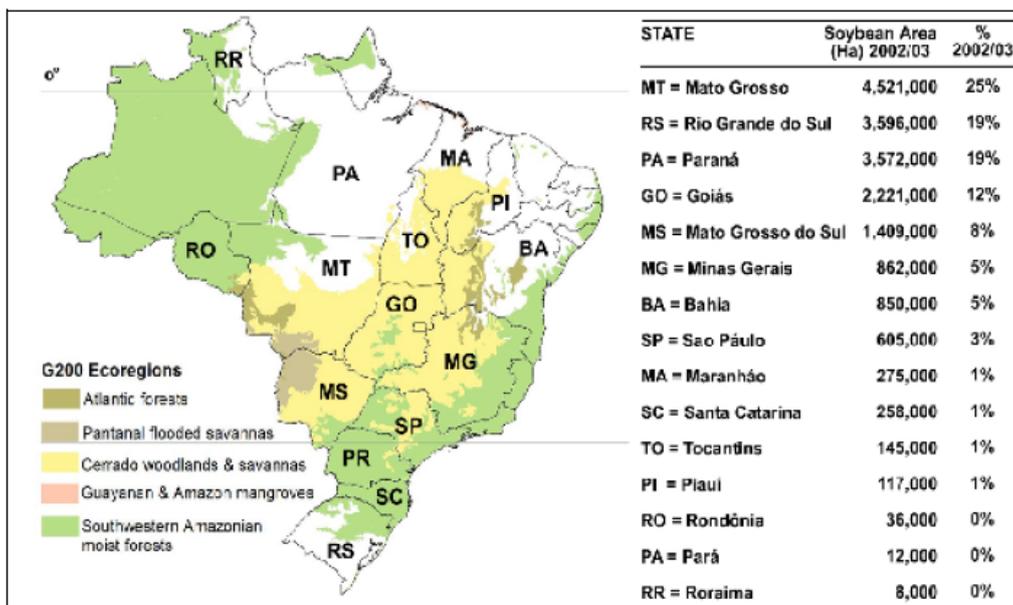


図 6-8 大豆農園とグローバル 200 エコリージョン

出典：Casson, Anne. 2003. Oil Palm, Soybeans & Critical Habitat Loss -A Review Prepared for the WWF Forest Conversion Initiative

Morton(2006)によれば、マトグロッソ州における 2001 年～2004 年にかけてのセラードから大豆を含む農地への転換は、5,770km²であり、牧草地から農地への転換 (5,930km²) と同様の規模である。なお、森林からの農地転換は 4,670～5,463km²である。

6-3. エタノール生産に伴う環境社会影響

1) 土地利用変化

現在までのところ、アマゾンにおいてはサトウキビ栽培が与える影響はごく小さく（面積は北部において 21,000ha にとどまる）、牧場開発や大豆農園の影響の方がはるかに大きい。アマゾンの気候も、現在ブラジルにおいて使用されている品種のサトウキビの糖度を高めるのには適していないこと、厳しいアマゾン保護政策も、アマゾンにおけるサトウキビ農地拡大の制約とされている。

一方、中・西部は、現在は大豆の生産量の半分が集中しているが、サトウキビに適した気候であり、今後の情勢によっては中・西部の大豆農地がサトウキビ農地に置き換わるという状況が生じる可能性もある（Martinelli, Luiz A. et al. 2008）。

ここ数年、サトウキビ農地が増加している州としてはサンパウロ州、ミナス・ジェイライス州、パラナ州、マトグロッソ・ド・スル州、ゴイアス州、バイーア州、マトグロッソ州、マラニオン州があげられる。これらの諸州にはセラードが分布しており、農地開発は、今後セラードの自然生態系に影響をおよぼす可能性がある（p.87「セラード開発」参照）。

表 6-2 南・中部における州別の農地面積および牧草地の増減（2002 年～2006 年）

（単位：1,000ha）

州名	サトウキビ	その他の作物	牧草地
サンパウロ(SP)	622	-224	-882
ミナス・ジェイライス(MG)	153	389	-625
パラナ(PR)	74	850	-1
マトグロッソ・ド・スル(MS)	41	1	-985
ゴイアス(GO)	34	576	-2,041
バイーア(BA)	26	492	143
マトグロッソ(MT)	25	1,634	-1,437
マラニオン(MA)	16	298	-463
パラナ(PA)	3	115	2,502
ピアウイ(PI)	3	206	-112
ロンドニア(RO)	1	124	-363
トカンティンス(TO)	1	0	-595
アクレ(AC)	1	13	109
南・中部合計	949	3226	-5,971

出典：ICONE(2008)

PAM/IBGE, Agricultural Census/IBGE and PPM/IBGE より ICONE 作成

一方、サトウキビ農地面積が拡大している州のうち、サンパウロ州、ミナス・ジェイラス州、マトグロッソ・ド・スル州、ゴイアス州、マトグロッソ州などでは、同時期に大幅な牧草地の減少も生じている。

ICONE (2008) は、これらの地域のサトウキビ農地の多くは牧草地から転換したものであると主張している。

一方、マトグロッソ州における 2001 年～2004 年の土地利用転換を研究した Morton (2006) では、同州における農地拡大は、セラードからの転換が 5,770km²、牧草地からのものが 5,930km²、森林からのものが 4,670km²～5,463km² であるという結果を示しており、この研究を見る限り、牧草地からの転換と同様の規模での自然生態系からの転換が生じている。

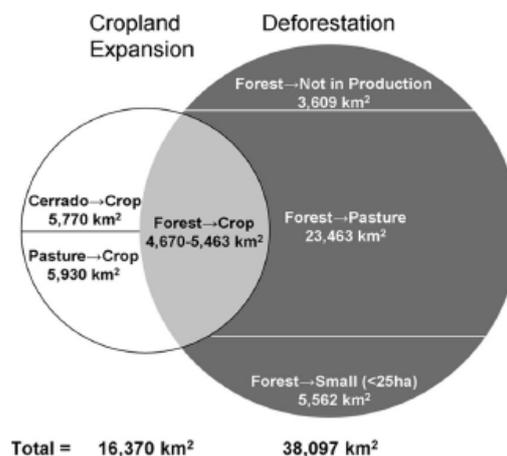


図 6-9 マトグロッソ州における農地拡大と森林減少 (2001-2004)

出典：Morton(2006)

サンパウロ州の北東部の土地利用の推移に関する Quantoroli による研究では、1988 年から 2003 年までの間に、サトウキビ農地は、1,085,700ha (研究対象地の 21%) から 2,293,500ha (44%) に増加しているが、そのうちの 474,800ha は牧場から、59,600ha は他の作物から、157,700ha は果物から転用されたとしている (Rodrigues, et al. 2006)。

なお、ブラジルにおいては、法定保留地域として、保全すべき面積比率が森林法に定められている。概ね、法定アマゾン地域においては、アマゾン森林 80% およびセラード 35%、その他の地域においては 20% を保全しなければならないとされている。

一方で、アマゾンやセラードは広大であること、行政当局のスタッフ不足、土地の履歴を管理するシステムがないことなどから、これらの法定保留地域に関する規制が十分効果を発揮するには課題が多い。

2) 生物多様性への影響

バイオ燃料需要の高まりが生物多様性に与える最も大きな影響は、自然植生の農地転換によるものである。前述のように、サトウキビ農地の拡大がアマゾンに影響する可能性は小さいが、セラード地域においては、今後開発圧力が増加していくことが考えられる。牧草地や既存農地からの転換の場合は、生物多様性に与える影響はあまりないが、自然植生が農地に転換された場合は、影響が生じる。また、農地造成に伴い、自然植生が失われた結果、外来種の侵入が容

易になるという影響も生じる。

もう一つ考慮しなくてはならないことは、遺伝子組み換えサトウキビが導入されたときの影響である。遺伝子組み換えサトウキビについては、現在、EMBRAPA が国際企業との協力のもとに研究開発中である。遺伝子組み換えサトウキビ導入の際の生物多様性に与える影響については、現段階では十分な研究・評価がなされていない状況である。

3) 土壌浸食、水質悪化、溪畔林の焼失

サトウキビ畑農地は土壌が露出する面積が広いとため、自然植生が存在する土地に比べ、土壌浸食が引き起こされる可能性が高い。また、土壌の圧縮は、サトウキビ畑における開墾及び収穫作業の際の農業用重機の激しい往来による。圧縮により、孔隙率や密度など土壌の物理的特性が破壊されることが指摘されている。

河川沿いの森林が消失することにより、水質が悪化し、生物多様性が減少するなどの影響が生じることが懸念される。ブラジルの法律によれば、河川の植生は兩岸の規定範囲内の地域が保護されることになっているが、サンパウロ州の7つの主要な農業分水域において残っている河川域の森林はわずか 25%で、残りはすべてサトウキビ畑や牧草地に転換されている (Martinelli, Luiz A. et al. 2008)。

4) 火入れ及び大気汚染

ブラジルのサトウキビ栽培において、火入れは刈り取りを容易にするために習慣的に行われている。サンパウロ州では 2006 年に 250 万ヘクタール (同州の栽培面積の 70%) で火入れが行われたと推計される。聞き取りによれば、火入れは手刈りには必要な行為であるため、火入れ禁止に向けてサトウキビ農地経営者は刈り取りの際の機械化への転換を検討しているとのことであったが、一方で、ある程度以上の斜面になると機械化は困難であるとのことである。サトウキビの焼畑は、土壌の温度を上げ、土壌の水分量及びかさ密度を減少させ、土壌圧縮を引き起こし、地表水の流出を増加させる。また、火入れに伴う大気汚染により、周辺の住民に呼吸系の疾患が生じる懸念がある。

これらの問題を受け、火入れには規制がかかる見込みである。サンパウロ州は、今後段階的に火入れを禁止する法律を制定したが (Law 11241/2002)、きわめて緩やかであるため、火入れが全面的に禁止されるのは 2030 年である。

5) 土地所有の大規模化および土地紛争

サトウキビ農地の 6 割はサトウキビ・エタノール工場によって所有されている。その他は農業従事者または土地を借りて耕作をおこなう農民である。また全体のサトウキビ生産高の 27%を所有農地面積 150ha 以下の小規模な農業者 6 万人が供給しているが、彼らのほとんどが土地を工場に貸与しており、実際には生産を行っていない者も多い (FoEI 2008)。

ブラジルは世界でも最も土地所有の集中が進んでいる国であるが、サトウキビや大豆などの需要急増が、国内・国外の投資を呼び込み、地方農村部の土地マーケットを加熱させることが

指摘されている。すでに、海外資本が、西バイーア、マトグロッソ・ド・スル、マトグロッソ、トカンティンス、マラニョン、パラ、サンパウロなどの諸州で広大な土地を買収している。また、マトグロッソ・ド・スルにおいては、土地をめぐる係争および土地取得に対する抗議行動が増加する傾向にある（FoEI 2008）。

このような土地所有の集中と紛争は、サトウキビ産業のみに生じているわけではなく、牧場や大豆産業などにおいて今まで生じ続けてきたことである。サトウキビ需要の高まりと農地割り当ての増大により、こうした傾向がさらに強まるものと考えられる。

6) 労働

1993年には、Pernambuco州（ブラジル北東部）のサトウキビの手刈り労働者の25%は7歳から17歳までの子供であり、このうちの42.4%は給与が支払われておらず、89.7%は法的に登録されていなかった。近年この分野における監視が厳しくなり、ブラジル政府が最も深刻な児童労働を禁止するILO勧告を批准したこともあって、この10年で児童労働はかなり減少した（Rodrigues, et al. 2006）。

一方で、危険労働や強制労働に関する指摘や報道もある。手刈り労働や火入れの際の事故や過労による事故などの報告に加え、強制労働に関する報道がある。2006年には、サンパウロのバルルで、労働省の調査にで430人の手刈り労働者が危険な状況で労働に従事していることが判明したほか、2007年には、労働省が3,000人の労働者が強制労働に近い状況下にあるとしたことが報道されている（FoE International 2008）。

このような労働問題の背景には、サトウキビ産業部門の労働力において、ブラジルの他の地域からの移民労働者が多いということにある。2005年時点でサンパウロ州のサトウキビ労働者の約4割はサンパウロ州居住者ではないといわれている。雇用は、ときに正規な労働登録なしに行われ、ときにこのような不法な雇用を仲介する者によって行われており、このようにして雇用された労働者は組合などの労働者保護のネットワークへのアクセスができない状況となっている（Rodrigues, et al. 2006）。

BOX セラード開発

1) セラードとは

セラード（Cerrado）はブラジル中央部に広がり、面積は約2億haで、ブラジル国土の23%を占め、約14州にまたがる。アマゾン・バイオーム、カーティンガバイオーム等とともにブラジルに存在する7つのバイオーム（生物群集）の一つであり、サバンナ、季節落葉林、サバンナ-季節林に大別される。

セラードは、狭義には、この地域の灌木林の植生を示す言葉であるが、バイオームとしてとらえられる広域のセラード地域は灌木林や草原のみならず、自然草地、湿地帯、水辺林、乾燥林などの植生のモザイクによって構成される。

近年、その豊富な生物多様性と固有種が多い特異な生態系に関心が高まるとともに、ブラジルの3大水系（アマゾン、パラナ、サンフランシスコ水系）の水源地帯であることも重要視されている。

2) セラードの生態系と生物多様性

セラードは、一般に草原の中に低木の灌木林が散在する景観が代表的であるが、草原から灌木疎林、河畔林まで、セラードン、セラード、カンポ・セラード、カンポ・スージョ、カンポ・リンポと呼称される多様な植生が組み合わさって形成されていることが特徴である。セラードの生物多様性の豊富さはこのような多様な植生の組み合わせによる（福代2009）。

セラードは、国際環境 NGO コンサベーション・インターナショナル (CI) が「地球規模での生物多様性が高いにも関わらず、破壊の危機に瀕している地域」として指定する世界 34 の生物多様性ホットスポットのひとつであり、WWF のエコ・リージョン・グローバル 200 の指定地域でもある。その一部は UNESCO の世界自然遺産生物圏保存地域にも選定されている。約 16 万種以上の動植物が生息し、固有種の割合も非常に高いと考えられている。

3) セラードの農業開発

セラードは「閉ざされた土地」を意味し、1960 年代までセラードは乾燥した不毛の地と考えられ、ほとんど手の付けられていない場所であった。しかし、70 年代に入り、トウモロコシや大豆などさまざまな植物や農業技術が導入され、本格的に農業開発が始まった。1975 年には「セラード農牧研究所」(CPAC) が設立され、生産拡大に向けた試験研究が本格化し、セラードはブラジルのアグリビジネスの重要地域となった。1980 年代になると、コメや大豆などの穀類を中心として栽培面積は拡大し、生産量は飛躍的に増加した。

その一方で、急速な農業開発に伴い、生態系の消失や断片化、土壌環境への悪影響などの問題が顕在化した。自然植生は当初あったものが 1985 年には 73%、2004 年には 43%までに減少した。

セラードの植生は、現在では、毎年 220 万～300 万 ha が失われていると推測されている。一方、法的に保護されているのは全体の 2.2%に過ぎない (Klink,2005)。

広大なセラードを一律に保護することは現実的ではない。水源や代表的な植生、希少な動植物の生息に欠かせない地域を保護地域として特定し、生態系の回廊（コリドー）によって結ぶ、厳正保全とバッファゾーン、持続的利用地域といった、ゾーニングを行なうといった保全戦略が求められる。

6-4. まとめ

ブラジルは長いエタノール利用の歴史があり、エタノール生産・流通・販売に当たっての社会的なインフラは確立されている。エネルギー効率は各国と比較しても非常に高く、安定した生産体制が整備されているといったよい。

エタノール生産の際の環境社会影響としては、①土地利用転換に伴う生態系に与える影響、②その他生物多様性に与える影響（遺伝子組み換えサトウキビの導入、外来種など）、③火入れに伴う大気汚染、④土地所有の大規模化および土地紛争、⑤労働問題、——が指摘されており、いずれもサトウキビ生産という最も上流側に関連する課題である。本報告書では、このう

ち土地利用転換に伴う問題に着目した。

ブラジルの耕作可能地とされている土地のうち、サトウキビ農地が占める割合は数%にすぎず、ブラジル政府が旺盛な潜在的生産能力を強調する根拠となっている。エタノール生産は今後も増加を続け、それとともに、サトウキビ農地も拡大することが予想される。ブラジル政府の国家農業エネルギー計画では、2030年までに1,400万haの農地が必要としている。

農地拡大は、ここ数年ミナス・ジェイラス州、パラナ州、マトグロッソ・ド・スル州、ゴイアス州、バイーア州、マトグロッソ州、マラニョン州などにおいて増加している。これらの拡大は牧草地からの転換であるという主張があるが、一定面積はセラードからの転換であるという研究もある。いずれにせよ、サトウキビ農地拡大により、今後セラード生態系に影響を与える可能性がある。一方、サトウキビ農地の拡大がアマゾン森林地帯に与える直接影響は、現段階では小さい。ブラジル森林法は、法定保留地域として生態系の一定割合の保全を定めているが、行政当局のキャパシティや土地履歴管理システムの限界などから、十分な効果を発揮するには課題が多い。

セラード生態系の保護地域、バッファゾーン、持続的利用地域等のゾーニングを進め、監視能力を高めることが行政的課題となってきている。

(満田 夏花／地球・人間環境フォーラム)



写真 セラードの多様な植生と農地開発

引用文献

- 薄井寛 (2008) 「穀物・大豆等の大規模な需給変化と今後の課題 第6回：南米農業国の躍進と米国との競合(その2)～ブラジル・アルゼンチン大豆生産費と為替変動を考える～」環境省エコ燃料利用推進会議資料(下記より参照可能)
http://www.env.go.jp/earth/ondanka/conf_ecofuel/index.html
- 環境省エコ燃料利用推進会議(2004)「輸送用エコ燃料の普及拡大について」
- 国際協力事業団(2000年12月)「日伯セラード農業開発協力事業(PRODECER)環境モニタリング報告書」
- 国際協力事業団(2003年1月)「ブラジル セラード生態コリドー保全計画 事前評価・実施協議調査報告書」
- 大聖泰弘/三井物産(2008)「バイオエタノール最前線 改訂版」
- 清水純一(2008)「ブラジルにおけるバイオエタノールの生産動向」ラテンアメリカ時報 No.1381(社)ラテンアメリカ協会発行
- 西島章次(2008)「ブラジルのバイオエタノールに関する覚書」
- 福代孝良(2009年1月)「ブラジル・バイオ燃料の持続性の課題～セラード地域と持続可能な土地利用に向けたゾーニング」(地球・人間環境フォーラム『グローバルネット』218号)
- Casson, Anne. 2003. *Oil Palm, Soybeans & Critical Habitat Loss -A Review Prepared for the WWF Forest Conversion Initiative*
- Dias de Moraes, Márcia Azanha Ferraz. 2008. Sugar Cane Sector in Brazil: labor indicators and migration
- Friends of the Earth International. 2008. Fuelling Destruction in Latin America – the Real Price of the Drive for Agrofueles
- Flaskerud, George. 2003. *Brazil's Soybean Production and Impact*. North Dakota State University Fargo, North Dakota 58105
- Greenpeace International, 2006, *Eating Up the Amazon*
- ICONE(Institute for International Trade Negotiations) (2008), Prospects of the Sugarcane Expansion in Brazil: Impacts on Land Use Allocation and Changes
- Klink, Carlosa. Machado, Ricardo B. June 2005. *Conservation of the Brazilian Cerrado*, Conservation Biology. Volume 19, No. 3, pp707-713
- Martinelli, Luiz A. and Filoso, Solange (2008) *Expansion of Sugarcane Ethanol Production in Brazil: Environmental and Social Challenges*, Ecological Applications, 18(4), 2008, pp. 885–898 by the Ecological Society of America
- Ministry of Mines and Energy (2007), *The Brazilian Experience with Biofuels*
- Morton, Douglas C. DeFries, Ruth S., Shimabukuro, Yosio E., Anderson, Liana O., Egidio Arai, Fernando del Bon Espirito-Santo, Freitas, Ramon, and Morisette, Jeff. 2006. Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. Proceedings of the National Academy of Scientists of the United States of America
- OECD/FAO (2007). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2007-2016*
- Raffensperger, Lisa. 2008. *Soy Moratorium Working to Protect Amazon*. EarthTrends, World Resource Institute
- Rodrigues, Délcio and Ortiz, Lúcia. 2006. *Sustainability of ethanol from Brazil in the context of demanded biofuels imports by The Netherlands*

7. 国別状況：日本

7-1 概況

日本では従来、液体バイオ燃料は、廃食油を原料とするバイオディーゼルが地域の NPO や事業者により、小規模で生産されるに留まっていた。石油業界のバイオ燃料に対する拒絶感は非常に強く、環境省が 2004 年に、2012 年に国産エタノールによって E3 を普及を目指すとしたロードマップ（行程表）を発表したが、業界は全く受け入れなかった。

しかし、2005 年 4 月に閣議決定された「京都議定書目標達成計画」⁴⁹に、2010 年に 50 万 kl のバイオ燃料導入目標が盛り込まれ、2006 年 3 月に改定されたバイオマス・ニッポン総合戦略にも引き継がれた。

ただし、2005 年 5 月に公表された環境省のエコ燃料利用推進会議報告書によると、導入目標量 50 万 kl の 9 割以上は輸入になると予測されている⁵⁰。また、2006 年 5 月に発表された「新・国家エネルギー戦略」においても、2030 年までに輸送部門の石油依存度を 80%程度に引き下げる目標が盛り込まれた⁵¹。

2006 年 11 月、安倍晋三首相（当時）は、日本のガソリン年間消費量の 1 割に当たる 600 万 kl を国産バイオ燃料に転換する目標の工程表作成を松岡利勝農水相に指示し、2007 年 2 月、工程表が発表された。しかしこの目標は過大であり、実現性は薄いと識者は見ている⁵²。

一方、経済産業省より温暖化対策の一環としてバイオ燃料導入の要請を受けた石油連盟は、2010 年に 36 万 kl（石油換算 21 万 kl）のバイオエタノールの導入方針を決定。2007 年 4 月より、首都圏の 50 店舗でエタノールを石油の副産物であるイソブテンと合成した ETBE（エタル・ターシャリー・ブチル・エーテル）を配合したバイオガソリンを一般向けに販売開始し、2008 年度には 100 店舗に拡大している。

2007 年 1 月、石油精製・元売 9 社で構成されるバイオマス燃料供給有限責任事業組合（JBSL）が設立され、バイオ ETBE の原料に使用するバイオエタノールの安定確保に向け、年間約 20 万 kl を購入する長期契約が 2008 年 10 月に締結された。JBSL の後藤一郎事務局長によれば、「調達にあたっては、食糧との競合、CO2 削減、生態系 保全、労働条件などのサステナビリティに配慮している」とのことである⁵³。

2008 年 8 月、大阪府 5 カ所、兵庫県 1 カ所のガソリンスタンドで、E3（バイオエタノール 3% 混合ガソリン）の一般販売が始まった。販売価格はレギュラーガソリンと同程度である。大阪府堺市のバイオエタノール・ジャパン・関西が廃材から製造したエタノールを中国精油（岡山

⁴⁹ <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/ondanka/kakugi/080328keikaku.pdf>

⁵⁰ http://www.env.go.jp/earth/ondanka/conf_ecofuel/rep1805/index.html

⁵¹ <http://www.meti.go.jp/press/20060531004/20060531004.html>

⁵² 例えば、エネルギージャーナル社『バイオマス読本 2008～2009 p140～141』

⁵³ 2009 年 1 月に実施したヒアリングによる

市) でガソリンと混合し、供給している。

一方、国産エタノールの製造は、各地で行なわれているが、2006年の生産量は30kl、2007年も90kl程度と言われている。2007年1月、大阪の堺市にバイオエタノール・ジャパン関西(株)の廃材を原料とするエタノールプラントが稼働を始めたが、事業主体の環境省・大阪府に石油業界が協力的でなく、2008年8月に直接混合したE3ガソリンの一般販売までには紆余曲折があった。

2008年10月、国産バイオ燃料の生産拡大を推進する法律上の仕組みとして農林漁業バイオ燃料法が施行された⁵⁴。また、揮発油等品質確保法が改正され、バイオ燃料を混入する事業者の登録、出荷・消費時の品質確認が義務付けられた⁵⁵。改正揮発油税法も成立し、これにより、混合されるエタノールについてガソリン税が免税されることとなった⁵⁶。

7-2 日本におけるエタノール生産における課題

1) 原料調達の高難性

国産エタノール生産の最大の課題は、エタノールに適した原料がほとんど見当たらないことである。

エネルギー作物栽培については、日本は食糧自給率も低く、農産品の競争力も低く、そもそも不向きである。休耕地は38万haにのぼるが、その多くは条件の悪い場所に点在しており、大規模生産に向かない。コメからのエタノール製造では、生産に必要な投入エネルギーが大きく、十分なGHG排出効果を上げることが難しい。休耕地での米生産は、小麦粉の代替となる米粉用途、あるいは家畜向け飼料米用途の製造の方が、エタノールよりも買い取り価格が高いため、助成金が少なくてもすみ、食糧安全保障にも直接、貢献する。

米国のエタノール増産政策の影響で、トウモロコシ価格が高騰し、日本の畜産農家は大きな打撃を被った。その影響で飼料米や藁の価格も上昇し、35円～50円/kg程度で取引された。一方、エタノール原料の場合は、免税されても20から25円/kg程度の買取価格となると言われている。余剰作物なども、飼料用に回す方が経済的にも有利である。

藁の場合、大量に収集するシステム構築上の困難が予想される。藁はかさばるため割に合わなくなる輸送距離が短く、数万、数十万haのまとまった農地に同一資源作物を作付けできる米国やブラジルとは全く状況が異なる日本で、事業化は相当困難と見られる。木質についても、逆有償の廃材は近年、各地で建設されたバイオマス熱利用・発電用途ですでに逼迫状況にある。山には膨大な量の間伐材、林地残材があるが、回収ルートの構築が課題であり、林業振興そのものと連動した取り組みが必要である。

⁵⁴ <http://www.maff.go.jp/j/kanbo/bio/nenryoho/index.html>

⁵⁵ http://www.hkd.meti.go.jp/hokno/kihatsuyu_info/index.htm

⁵⁶ <http://www.mof.go.jp/jouhou/syuzei/kaisetsu20/pdf/P600-P612.pdf>

表 7-1 国産エタノール製造 原料別課題

原 料	課 題
余剰作物	量が少ない。飼料用途の方が有利
エネルギー作物	エネルギー収支、コスト、飼料用途の方が有利
廃材	既にひっ迫。熱・電力利用の方が有利。BTL 等との比較
森林バイオマス	供給体制未整備。コスト高。熱利用等の方が有利
藁・草	大量収集困難、飼料用等の方が有利
食品廃棄物	バイオガス等他の利用法と比較
※共通課題	技術的課題、流通体制、他の利用法と比較して経済性・温暖化対策効果等に優位性があるか

エタノールは、ガソリンに添加できるという利点はあるが、セルロース系バイオマスの利用法としては、熱などに比べ変換効率が悪い。同じバイオマスをエタノールに変換した場合と、発電に使い、電気自動車の動力とした場合では、3倍以上効率が異なるという試算もある⁵⁷。

20、30 年先の輸送手段をどうするかを考えるなら、バイオマスなど自然エネルギー由来の電力による電気自動車や、BTL などとも比較しながら推進していくことが賢明であろう。

2) 地域振興としてのバイオマス利用

地域振興としてバイオマス利用を考えた場合、燃料利用は、最も価値の低い利用法である。

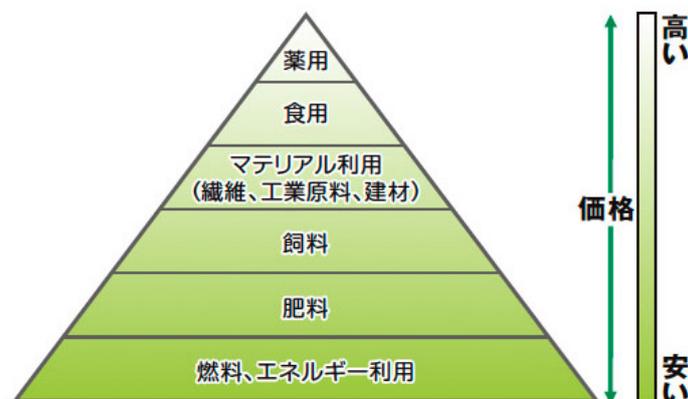


図 7-1 バイオマスの有効利用

上の図は、バイオマス関連の文献で最初に出てくるものだが、バイオマスのより価値の高い利用法としては、薬用、化粧品、機能的食品、アートなど特殊な利用、続いて食用、次に繊維、工業原料、建材などのマテリアル利用、そして飼料、肥料と続き、最後がエネルギー利用である。

⁵⁷ バイオマス白書 2008 コラム 現実的バイオマス導入戦略—都市部と中山間地域における資源有効活用について

http://www.npobin.net/hakusho/2008/topix_01.html#column03

雇用など地域振興を目的とするなら、事業化が困難なエタノール製造よりも、食品加工やマテリアル利用などの付加価値化、あるいはグリーンツーリズムなど観光との組み合わせの方が、はるかに容易であり、実際の成功例も生まれている。エネルギー利用としても、熱利用や電力利用の方が技術的な蓄積があり、成立しやすい。

日本国内の限られたバイオマスは、エタノールのように変換効率が悪く、事業化も困難な利用形態ではなく、地域の事情に応じて、マテリアル利用・飼料・肥料・熱・電力利用などの中から適切な形態を選択すべきであろう。

(泊 みゆき／バイオマス産業社会ネットワーク)

ヤトロファ(ナンヨウアブラギリ)

ヤトロファ (*Jatropha curcas*) は、トウダイグサ科の中南米原産の落葉低木であり、食糧と競合しないエネルギー作物として大きな注目を浴びている。ヤトロファは荒廃地でもよく育ち、定着が容易で、侵食地の修復を助けることができ、成長が速く、低コストで生産可能と言われているが、後述するようにそれに対する反論もある。仁の重さの 30%の油を含む種子を半年から 5 年で産出する。面積当たりのオイルの生産性は 0.2~4kl/ha と、アブラヤシ (7.2kl/ha) には劣るが、大豆 (0.5kl/ha) や菜種 (1.4kl/ha) より高い。これらの特徴は、荒地化や食料作物と競合しないエネルギー作物を求める多くの途上国にとって非常に魅力的である。



ヤトロファ(インドネシア、西カリマンタン)

ヤトロファは、アフリカでも垣根として広く使われ、家畜から庭や畑を護り、風水侵食を減らしている。種子は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、NGO により推進されている。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。

バイオ燃料ブームもあって、世界各地でヤトロファの大規模生産や小規模な農村開発の計画が進行中である。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を促進している。

インド政府は、2003－2007年の間に40万haのヤトロファを栽培している。さらに、2012年までに1,000万haの荒廃地で栽培し、ディーゼル消費の2割をヤトロファ油製バイオディーゼルでまかない、500万人の雇用を生み出す目標を立てている。また中国の国家林業局も、4000万haのヤトロファやトリハゼノキなどバイオディーゼル向け原料生産を行なう「能源林」開発計画を作成している。

BPが出資するベンチャー企業、D1オイルは、インド、アフリカ、東南アジアで直接経営、契約栽培等あわせて2006年の3.7万haから2008年に19.2万haへと急速に拡大している。英国のGEM社は、2007年10月までに1.3万haを開発し、マダガスカルの18の共同体と45万haにおけるヤトロファ栽培で合意した。

しかし、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、食料生産との競合しない、病害虫に強いといった点には科学的証拠がないと論じる専門家もいる¹⁾。ヤトロファは、特に初期においては水と肥料を必要とし、荒廃地に苗木を植えたが枯れたという複数の事例がある。さらに、数万ha以上の大規模栽培に成功した事例はまだ見当たらない。ヤトロファには、インドネシア産系統、インド産系統、グアテマラ産系統、スリナム産系統、ガーナ産系統等、多数の品種があり、それぞれ生産性、必要とする水量、適する土壌、栽培方法などが異なる。改良品種と利用可能な種子に未だ欠けており、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。

2008年前半、原油価格の高騰で有利な状況であったにも関わらず、D1オイルとGEMのAIM（ロンドン証券取引所の新興市場）の株価は、下落を続けた。特に、D1オイルは、契約栽培が円滑に進んでおらず、また、開発計画や生産性の想定が非現実であるとの批判もある²⁾。

生産性予測のばらつきが大きいこと、発癌プロモーターであるホルボールエステルを特異的に含有しており、栽培や搾油に関わる労働者への影響についてマニュアルを整備する必要があること、ヤトロファが大規模に栽培された場合の生態系への影響が未知数であることなど、広大な面積に栽培を開始する前に、解決すべき問題は多い。農民の生活向上や地域社会のエネルギー自給に役立つためには、一層の研究が必要であり、市場の確立も重要である。

毒性があり食用にできないことは、生産者にとって現金収入源として制約要因となる。また、食糧との競合は、土地と水の競合でもあり、作物そのものが食用でなくても、生産性がより高いという理由で穀物など食糧となる作物が育つ土地でヤトロファが栽培されるなら、食糧との競合になりうる。輸出用作物として栽培される場合、これまでの商品作物で繰り返

されてきた問題（農民が取引上不利な立場におかれ、国際市場に翻弄され、価格が下がると食糧にも欠ける状態になる）がまた生じる可能性が高い。実際、アフリカではそうした状況が生じつつある。また、ヤトロファ栽培をめぐる土地紛争も発生している模様である³⁾。

バイオディーゼルはディーゼルの価格と競合し、付加価値化に限度がある。乾燥地でも育つ作物は他にもあり、食用などより付加価値化が可能な他の作物との比較検討が必要であろう。

現在のところ、世界的にブラジルのサトウキビ・エタノールを除けば、政府支援なしに市場競争力を持つバイオ燃料はほとんど存在していない。これらの点を勘案すれば、現時点でヤトロファの大規模栽培に着手することは、ビジネスとしても地域振興策としてもリスクが高いと見られる。

（泊 みゆき／バイオマス産業社会ネットワーク）

1) 2008年FAO食糧農業白書

2) 合田真（日本植物燃料株）バイオマス産業社会ネットワーク第79回研究会資料 2008年7月

3) 1)と同じ

<参考資料>

アフリカ生物多様性ネットワーク「アフリカのバイオ燃料」 2007年7月

原文 http://www.gaiafoundation.org/documents/AgrofuelAfrica_Jul2007.pdf

日本語仮訳 <http://www.arsvi.com/0i/2agrofuel.htm>

「講演会 砂漠化防止のための植林」資料（主催：日本沙漠学会乾燥地農学分科会）2008年11月
バイオマス白書2009 コラム ヤトロファの可能性と課題

http://www.npobin.net/hakusho/2009/topix_02.html

8. バイオ燃料の持続可能性に関する共同提言（改訂版）の概要と背景

8.1 共同提言改訂版の策定

国際環境 NGO FoE Japan、地球・人間環境フォーラムおよび NPO 法人バイオマス産業社会ネットワーク（BIN）の環境 3 団体は、2009 年 3 月 5 日、「バイオ燃料の持続可能性に関する共同提言（改訂版）」を作成し、早稲田大学で開催された国際シンポジウム「バイオ燃料と土地利用～持続可能性の視点から～」の場で公表した。

本共同提案は、サトウキビ、トウモロコシ、パーム油、大豆等から生産されるバイオ燃料の需要拡大に対応するため、熱帯林や泥炭地、サバンナなどの自然生態系における農地開発が進み、蓄積されていた温室効果ガスが放出されることがあること、また、自然生態系・生物多様性の劣化や土地争いなど深刻な環境的・社会的影響が生じる恐れがあることから、関連企業や行政に対して、輸送用エネルギーの削減の抜本対策を実施するとともに、森林や泥炭地などの自然生態系の転換の回避、原料生産における環境・社会影響評価の実施などを呼びかけるもの。ここ数年のバイオ燃料の持続可能性に関するさまざまな議論や研究を踏まえ、日本の NGO/NPO としての基本的な考え方を示した（囲み）。

バイオ燃料の持続可能性に関する共同提言の骨子

0. エネルギー需要を削減するための抜本的対策を実施すること。地域に存在するバイオマス資源あるいは土地利用に当たっては、食料生産、マテリアル利用などの他用途との比較や外部経済を考慮した上で、総合的な観点から検討すること。バイオ燃料導入のための補助金に関しては、上記の観点から慎重な見直しを加えること
1. バイオ燃料原料の生産に当たり、森林や泥炭地などの自然生態系の転換を伴っていないこと
2. 食料生産のための資源（農地、土地生産力、水を含む）を圧迫しないこと
3. 原料供給源が明確であり、サプライチェーン（供給連鎖）のトレーサビリティ（追跡可能性）が確保されていること
4. 農地開発に伴う土地利用転換、生産から加工、流通、消費までの全ての段階を通してトータルに、十分な温暖化防止効果が見込めること
5. 原料生産のため、以下の責任が果たされていること
 - 5-1 【法令遵守】：地域住民や生産・加工従事者の人権及び労働条件、生産・加工における環境影響に関し、当該国の国内法及び国際的な基準を遵守すること
 - 5-2 【環境・社会影響評価】：開発に当たり、環境・社会影響評価及びその公開が適切に実施されていること
 - 5-3 【社会的合意】：開発に当たっては、地域住民の権利を尊重し、十分に情報を提供した上での自由意思に基づく事前の合意を取得していること。利害関係者との紛争が生じていないこと

5-4 【環境管理】：排水管理、メタンなどの温室効果ガスの発生抑制、危険農薬の不使用、農薬の削減・統合的管理を行うこと。生産・製造過程において遺伝子組み換え生物が環境に放出されないこと

(2009年3月5日)

本提言に対しては、22の環境関連団体、15個人からの賛同を得ることができた。

なお、提言の対象としている「バイオ燃料」はバイオマス由来のエタノールやディーゼル等の液体燃料を指す。すなわち、石油の代替として自動車用燃料に期待されている燃料であり、必然的に国際市場においてまとまった量を取り引きされる。原料作物生産の現場では、単一作物の大面积栽培が促進されるという典型的なモノカルチャーになりがちである。これは、世界各地で伝統的に利用されてきたバイオマス資源とは性格が異なるものであり、多様な農作物を小規模に栽培する伝統的な農業とも異なることに注意が必要である。

提言の全文および解説、トピックスは下記ウェブサイトからダウンロードすることができる。

http://www.gef.or.jp/activity/economy/sustainable/biofuel_teigen2009.html

8.2 提言策定までの経緯

1) バイオ燃料はエコ燃料？

2006年、またバイオマス・ニッポン総合戦略が策定された年であり、日本ではバイオマス元年とも言われた年であった。2006年の初頭には、バイオ燃料はまだマスメディアに頻繁に登場するほどではなく、どちらかという環境にやさしい未来志向の燃料としてときどき紹介される程度であった。

2005年12月、環境省は京都議定書目標を達成するため、バイオ燃料を「エコ燃料」と位置づけ、その導入の在り方を検討するために、「エコ燃料利用推進会議」を立ち上げた。

一方、これ以前から、バイオマス産業社会ネットワーク、FoE Japan、地球・人間環境フォーラムは、それぞれの立場からバイオ燃料が生産過程によってはいちがいに「環境にやさしい」とは言えないこと、場合によっては大きな環境社会影響をもたらすことに危機感を強めていた。たとえば、地球・人間環境フォーラムでは、インドネシア、マレーシアにおけるパーム油の生産現場であるアブラヤシ・プランテーションに関する調査を行っていたが、その調査結果は、過去多くの環境NGOが警鐘を鳴らし続けたとおり、アブラヤシ・プランテーションの急速な拡大は熱帯林の破壊から土地争いまでさまざまな環境社会影響を引き起こしていることを指し示していた。

なお、加工食品に広く使われているパーム油は、グローバル経済に支えられた私たちの高度に「工業化」した食生活の象徴ともいえるものであり、パーム油産業を非難することは、インドネシア・マレーシアの政府や産業界から、先進国の身勝手と受け取られかねない側面も有していた。そこで、バイオ燃料が台頭する以前の段階において私たちが発信したメッセージとしては、煎じつめれば、「生産現場を確認しよう」「大事に使おう」の2点である。より正確に言えば、①アブラヤシの生産現場における環境社会影響の確認、②熱帯林の破壊や人権問題を引き起こしているようなパーム油の回避（そのためのRSPOの認証制度の活用）、③需要抑制——ということに力点を置いていた。



熱帯林が伐採され、アブラヤシが植栽されている状況（マレーシア・サラワク）

写真提供：国際環境 NGO FoE Japan



一面のアブラヤシ・プランテーション（マレーシア・サバ）

写真提供：国際環境 NGO FoE Japan

2) 各省庁への提言

バイオ燃料が日本において「エコ燃料」として論じられ始めた当初の段階においては、まだまだ私たちもバイオ燃料をどのように考えればよいのか、確固としたポジションは決めかねていた。しかし、需要が急増すればさまざまな負の影響をもたらす可能性のバイオ燃料をいちがいに「エコ燃料」と呼ぶことは明らかにおかしい。また行政が政策として利用促進をするならば、環境影響評価を行い、最低限、熱帯林を破壊しているようなバイオ燃料は避けるべきであ

る——という問題意識に基づき、以下の提言を環境省をはじめ、経済産業省、農林水産省、国土交通省、内閣府に持ち込むとともにプレス・リリースを発表した。

関係各省への提言（要旨）

2006年6月5日

バイオ燃料の持続可能性確保に関する要請 ～特に輸入バイオ燃料に関するガイドライン策定など～

1. 「エコ燃料」という名称は、持続可能なバイオマス燃料についてのみ使用すること。
2. 持続可能なバイオマス燃料利用推進のため、以下のような対策を積極的に推進すること。
 - ①バイオマス燃料の利用においては、経済性などを勘案しつつ、できるだけ地域産、国産を優先すること。
 - ②バイオマス燃料の輸入に際しては、生産地および加工過程における環境・社会問題のより少ないものを優先することとし、原料調達の際のサプライチェーンの把握と透明性の確保などを柱とするガイドラインを作成すること。また、学識経験者、企業、市民団体等からなる協議会を設け、当該ガイドラインの作成・実施のため、継続的に実効性のある対策に取り組むこと。
 - ③持続的なバイオマス資源利用を促進する国際的な取組みを、同じ目的を持つセクターと協力し、世界のバイオマス資源利用をより持続可能なものとなるよう、日本が積極的に支援していくこと。

このような提言活動環境省のエコ燃料推進会議の報告書に、「エコ燃料」の負の側面への配慮について記載されたことは一つの成果であった。

3) 共同提言（2007年版）およびフォローアップ

2006年の夏頃から後半にかけて、バイオ燃料に関する注目は高まり、報道も増えていった。このときは、日本国内では、バイオ燃料の負の側面はあまり認識されておらず、地球温暖化を救う特効薬か救世主のような扱いが主流だったように思う。

バイオ燃料に関するLCAもなされていたが、私たちが最も懸念している森林から農地への土地利用転換については何一つ考慮されていなかった。また、単一作物の大面積栽培が大資本によって促進されるというモノカルチャーの影響については、思案の外といったところだったと思う。

一方、さすがに欧米のNGOや行政は敏感であり、バイオ燃料の環境社会影響に関するいくつかの注目すべきレポートもちらほらと出始めていた。

バイオ燃料を推進しようという一辺倒の日本行政・産業界に対して、市民社会として共通の問題提起を行う必要がある——そう考えた私たちは、2006年の後半から、他の森林問題で活動しているNGOや気候系のNGOにも呼びかけ、バイオ燃料の持続可能性に関する共同提言

を起案した。この策定作業は翌年まで持ち越し、2007年の2月に、国際シンポジウム「アジアに迫る温暖化と低炭素エネルギー開発」の席上、この共同提言を公表した。これが「持続可能性に配慮した輸送用バイオ燃料利用に関する共同提言」（2007年1月版）である。



（左）公開研究会「輸送用バイオ燃料利用の持続可能性と社会的責任—ブラジル報告を中心に」（2007年5月15日）の会場風景 （右）「持続可能性に配慮した輸送用バイオ燃料利用に関する共同提言」（2007年1月版）

4) 効果はあったか？

2007年2月の国際シンポジウム開催に引き続き、同年5月には公開研究会「輸送用バイオ燃料利用の持続可能性と社会的責任—ブラジル報告を中心に」、2008年5月には「G8環境大臣会合に向けた国際市民フォーラム バイオ燃料・森林減少防止は気候変動対策となるか？～先進国の役割と責任」を開催し、「共同提言」の考え方の説明や議論を行い、その背景となっているバイオ燃料をめぐる環境社会影響の事例を紹介した。

いずれのシンポジウムにおいても、とりわけ企業の関心は高く、石油・エネルギー・商社といったバイオ燃料に関係があると思われる企業から一般の企業まで、多くの方々のご参加を頂いた。さらに行政関係者や学識経験者、とりわけCSR関係でのオピニオン・リーダーとしての役割を果たしている方々に問題点を示せたことは大きく、日本の環境関係者の間で、バイオ燃料に関する持続可能性への配慮に関する関心のある程度共有できたものと考えている。

もちろんこれは私たちが行った提言活動のみではなく、食糧・石油価格の高騰（当時）や世界各地における民衆の抗議行動、またメディアの影響が大きかった。

国際的に巻き起こった食とバイオ燃料をめぐる議論や、各国における研究機関やNGOによる研究および政策提言の蓄積により、2008年の洞爺湖サミットの際に、サミット宣言にバイオ燃料の持続可能性に関する文言が盛り込まれ、GBEPにおける一連の検討を促したと考えている。

（満田夏花／地球・人間環境フォーラム）

9. まとめ

本報告書を踏まえ、バイオ燃料の持続可能性を議論する際に必要な視点を下記のようにまとめた。

1) バイオ燃料の持続可能な供給量には限界があり、現在の化石燃料需要の一部に留まるだろう。

原料となるバイオマスの生産において、土地や水など食料生産との競合、生態系・生物多様性保全との競合、原料となるバイオマスの食料・マテリアル利用・飼料・肥料（土壌還元）・電力・熱利用など他用途との競合がありうる。

食料と直接競合しないセルロース系バイオマスも、土地の有限性などから持続可能な供給量には限界があり、より高い利用効率をあげることができる熱・電力利用との比較検討を行なうべきであろう。これは特に、国産バイオマスの利用を考える場合に重要である。

2) 持続可能性に配慮しないバイオ燃料利用は、持続可能な社会への大きな脅威となりうる。

持続可能性に配慮しないバイオ燃料利用は、熱帯林や自然草地などの生態系への脅威となり、気候変動（温暖化）をむしろ促進し、農薬や大気汚染などによる環境負荷を増大させ、土地利用をめぐる問題や労働問題などの社会的問題などを引き起こす可能性があり、持続可能な社会への大きな脅威となりうる。

3) バイオマス資源利用を地域振興の手段とするなら、食料やマテリアル利用などより付加価値が高い利用の方が事業化がたやすい。税金や開発資金を地域振興策としての投入する場合の有効性を、食料などバイオマスの他の利用を含めた他の産業と比較検討することが必要であろう。

4) バイオ燃料の新規市場の規模は、大きい可能性がある。持続可能性への配慮がないと、生産地などで社会的・環境的な問題が起こりうる。

1) で挙げたように、持続可能なバイオ燃料は、（特に現在の）エネルギー需要量のごく一部に留まるであろうが、その一方で、現在2%程度となっている世界の輸送用エネルギー需要に占めるバイオ燃料のシェアが数%に増加すれば、その市場規模は数兆円と推測され、新規市場としての規模は大きい。産業界がこの新規市場に関心を持つのはある意味当然のことである。この点からも、バイオ燃料の持続可能性基準の構築や普及が重要である。

5) 日本の温暖化対策として、液体バイオ燃料利用は基本的に不適ではないか

世界的な傾向については、第1章で紹介した OECD のレポートにも数値が掲載されているが、バイオ燃料の温暖化ガス削減費用は、他の対策と比較して高価である。

世界で最も安価なブラジルのエタノールも、日本に輸入して利用すると、CO₂ 1 トンを削減する費用は、約4万円程度と試算されている。

また、地域振興や社会開発としての費用対効果にも疑問があり、費用対効果を他の利用と比

較して行なうべきであろう。

6) バイオ燃料の持続可能性配慮を、他の一次産品生産・貿易にも広げるべきである。

バイオ燃料に関わる持続可能性の問題は、木材、熱帯性換金作物（コーヒー、カカオ、綿花など）、鉱物資源などにおいても同様に生じている問題である。

バイオ燃料持続可能性基準構築を契機として、他の一次産品生産・貿易においても、同様の持続可能性基準を構築・普及することができれば、持続可能な社会構築への大きな一歩となりえよう。

(泊みゆき／バイオマス産業社会ネットワーク理事長)

参考資料

バイオ燃料の持続可能性に関して注目される報告書および文書の和訳を参考資料として以下に掲載する。

- 参考資料 1 FAO 食糧農業白書 2008 (各章の要旨)
- 参考資料 2 持続可能なバイオ燃料生産のためのグローバルな原則および基準：
バージョンゼロ 日本語仮訳
- 参考資料 3 EU 再生可能エネルギー利用促進指令 第 17 条仮訳
- 参考資料 4 国連報告書 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 日本語仮訳

(翻訳：北林寿信／農業情報研究所)

参考資料 1 FAO 食糧農業白書 各章の要旨

FAO、2008、The State of Food and Agriculture 2008

第1章 バイオ燃料と農業—技術的概観

①バイオエネルギーは世界の総エネルギー供給の約 10%を提供し、その大部分は伝統的な非加工バイオマスである。しかし、商業的バイオエネルギーが重要性を増しつつある。

②輸送用液体バイオ燃料が最大の注目を集めており、生産が急速に拡大している。しかし、量的にはマージナルで、輸送用燃料総消費の 1%、エネルギー消費全体の 0.2-0.3%を占めるだけである。

③主要な液体バイオ燃料はエタノールとバイオディーゼル。両方とも広範な種類の原料から生産できる。最も重要な生産国は、エタノールではブラジルと米国、バイオディーゼルでは EU である。

④現在の液体バイオ燃料技術は、原料を農産商品に頼っている。エタノールは砂糖及び澱粉作物に頼る。量的に最も多い原料はブラジルではサトウキビ、米国ではトウモロコシ。バイオディーゼルは広範な油料作物から生産されている。

⑤バイオ燃料の大規模生産は原料生産のための広大な土地を必要とする。従って、液体バイオ燃料が輸送用燃料に取って替えられる程度は非常に限られている。

⑥液体バイオ燃料の供給は世界のエネルギー需要の小部分を満たすにすぎないが、原料の量とその生産に必要な土地の面積が大きいことから、世界の農業と農産物市場に大きな影響を及ぼす可能性を秘めている。

⑦各種バイオ燃料が化石燃料消費削減に貢献する程度は、生産に投入される化石エネルギーを考慮するときには大きな差がある。バイオ燃料の化石エネルギー収支⁵⁸は、原料の特徴、生産場所、農業方法、転換過程で使用されるエネルギー源などの要因により左右される。温室効果ガス排出削減への貢献度も、バイオ燃料の種類で大きく変わる。

⑧現在開発途上の第二世代バイオ燃料は、木材、草、林業・作物残滓などのリグノセルロース原料を利用することになる。これは単位土地面積当たりのバイオ燃料生産の量的能力を増やし、バイオ燃料の化石エネルギー収支と温室効果ガス収支を改善することもできるだろう。ただし、このような技術がいつ商業規模の生産に入るかは分かっていない。

第2章 液体バイオ燃料の経済的・政策的牽引者

①バイオエタノールとバイオディーゼルは、石油ベースのガソリンやディーゼルと直接競合す

⁵⁸ 本報告では大豆・菜種・パーム油などを原料とするディーゼル、トウモロコシ・テンサイ・小麦・サトウキビ・セルロース由来のエタノールのすべての化石エネルギー収支をプラスとする Worldwatch Institute のデータが掲載されているが (p.17)、コーネル大学の David Pimentel 等による最新の研究では、トウモロコシエタノール (米国)、スイッチグラスエタノール (米国)、大豆ディーゼル (米国)、菜種ディーゼル (北米) のエネルギー収支はそれぞれ 46%、50%、63%、58% と、計算されたバイオ燃料すべてで大幅なマイナスとなっている。

<http://www.mdpi.org/energies/papers/en1020041.pdf>

る。エネルギー市場は農産物市場に比べて大きいから、エネルギー価格がバイオ燃料と農産原料の価格を牽引する傾向がある。

②バイオ燃料原料も他の生産資源用農作物と競合する。従って、エネルギー価格は、同じ資源に頼るすべての農産商品の価格に影響を及ぼす傾向がある。同じ理由で、非食料作物からのバイオ燃料生産も、必ずしも食料と燃料の競合を排除できない。

③技術が与えられていれば、バイオ燃料の競争力は農産原料と化石燃料の相対価格に依存する。この関係は、作物、国、場所、バイオ燃料生産に使われる技術によって異なる。

④ブラジルのサトウキビから生産されるエタノールを例外として、バイオ燃料は、一般的には現在の高い原油価格でも補助金なしでは化石燃料と競争できない⁵⁹。しかし、原料とエネルギーの価格の変化や技術の発展に応じて、競争力は変化する可能性がある。競争力は政策によっても直接影響を受ける。

⑤OECD 諸国のバイオ燃料開発は、多様な政策手段を通して政府により促進され、支援されてきた。バイオ燃料促進政策を導入する途上国も増えている。共通する政策手段には、バイオ燃料と石油ベース燃料との混合義務化、生産と流通への補助金、優遇税制が含まれる。これらの政策は、多くの場合は商業的には存続不能であったバイオ燃料生産の収益性に決定的な影響を与えた。

⑥政府支援の主要な動機は、気候変動、エネルギー安全保障への懸念と、農産物需要を増やすことを通じての農業部門支援の希望であった。国内農民支援には有効に見えるが、これらの政策が気候変動とエネルギー安全保障にかかわる目標の達成のためにどれほど有効かは不確かになってきた。

⑦大部分の場合、政策費用は高く、国内・国際レベルで既に大きく歪曲され・保護された農産物市場に新たな歪曲を持ちこむ傾向があった。これは、バイオ燃料とバイオ燃料原料の効率的な国際生産パターンの形成も阻害する傾向がある。

第3章 バイオ燃料市場と政策の影響

①液体バイオ燃料需要の増大は、最近の農産商品価格急騰のいくつかの要因の一つにすぎない。バイオ燃料需要増大のこれら価格上昇への寄与度は定量が難しい。しかしながらバイオ燃料需要は、来るべき相当の期間、農産物価格の上昇圧力であり続ける。

②バイオ燃料の需要と供給は引き続き増加すると予測されるが、輸送燃料全体中の液体バイオ燃料のシェアは限定されたままにとどまる。ただし、これらの予測は、主に化石燃料価格、バイオ燃料政策、技術開発の不確実性のために、高度な不確実さを伴う。

③将来もブラジル、米国、EU が液体バイオ燃料の最大生産国・地域にとどまると予想されるが、多くの途上国における生産も増えると予想される。

④バイオ燃料政策はバイオ燃料と農産商品の国際市場・貿易・価格に重大な影響を与える。バイオ燃料の生産・消費・貿易の現在のトレンドや世界見通しは、特にバイオ燃料の生産と消費

⁵⁹ 米国のトウモロコシエタノールについては、本報告の p.38 に掲げられた図とともに、次も参照されたい。

<http://www.juno.dti.ne.jp/~tkitaba/earth/energy/document/us-corn-ethanol-economic-viability.htm>

を促進する一方で国内生産者を保護する EU と米国で実施されている政策の強い影響を受けている。

⑤OECD 諸国のバイオ燃料政策は納税者と消費者に多大なコストを課し、意図しない結果を生み出している。

⑥バイオ燃料に関する貿易政策は途上国のバイオ燃料原料生産者を差別し、また途上国におけるバイオ燃料加工・輸出部門の勃興を妨げている。

⑦現在の多くのバイオ燃料政策はバイオ燃料と農産物の市場を歪めており、世界の産業立地と発展に対し、経済的・環境的に最も適する場所での生産を妨げるような影響を与えている。

⑧農業部門に存在する類の世界政策の失敗を繰り返さないように、バイオ燃料に関する国際政策規律が必要である。

第5章 バイオ燃料の環境影響

①バイオ燃料は、温室効果ガス（GHG）排出を減らすための多くの代替手段の中の一つにすぎない。別の形の再生可能エネルギー、エネルギー効率の引き上げ、森林破壊や土地劣化の抑制など、他のオプションの方がコスト効率的であることもあり得る。

②バイオ燃料生産増大の GHG 排出、土地、水、生物多様性への影響は国、バイオ燃料、原料、生産方法により大きく異なるとはいえ、ライフサイクル分析、GHG 収支、持続可能性基準へのアプローチの調和が必要である。

③GHG 収支はすべての原料についてプラスというわけではない。気候変動目的では、投資は最小の環境・社会コストで最大の GHG 収支が得られる作物に向けられるべきである。

④環境影響は原料生産と加工のすべての段階で生じるが、土地利用変化に関連した過程と農業集約化の影響が支配的になる。来るべき 10 年、政策が牽引するバイオ燃料需要の増大は、非農用地の作物生産への転換を加速する可能性が高い。これは、原料生産について直接的に、既存作物用地から移動する他の作物について間接的に生じる。

⑤収量の向上と生産資材の注意深い利用が食料作物・燃料作物の土地利用への圧力を減らす基本的要素となる。そのための研究、技術・制度強化・インフラへの投資が必要である。

⑥環境影響は原料、生産方法、場所によって大きく異なり、土地利用変化がいかに管理されるかに決定的に依存する。多年生作物（オイルパーム、ヤトロファ、永年草本など）は土壌炭素収支を改善することができるが、いかなる種類の作物であれ、熱帯林の作物生産への転換は、バイオ燃料の年間削減能力をはるかに超える GHG を放出する。

⑦技術的・制度的要因で制限される水資源の利用可能性が、生産における比較優位を持つ国におけるバイオ燃料原料生産を制限することになる。

⑧規格と認証による規制は、バイオ燃料生産への広範で公平な参加を確保するための第一の、またはベストの選択ではない。最善の慣行と能力建設を組み込むシステムがベターな短期的結果を生み出し、変化する周辺状況に適応するために必要な柔軟性を提供する。環境サービスに対する支払いも、持続可能な生産方法の遵守を奨励する手段となり得る。

⑨バイオ燃料原料、他の食料品、農作物は同等の扱いを受けるべきである。バイオ燃料原料生産をめぐる環境上の懸念は、農業生産一般の増加の影響と同じである。従って、持続可能性確保の手段はすべての作物に一貫して適用されるべきである。

⑩保全農業⁶⁰などの適正農業慣行は、粗放的農業生産一般において可能なのとまったく同様に、バイオ燃料生産の炭素フットプリントと環境影響を減らすことができる。草本、木本などの永年原料作物は生産システムを多様化でき、限界地または劣化地の改良を助けることができる。

⑪政府国内政策は、バイオ燃料開発の国際的結果をもっと知らされるようにならねばならない。既存のメカニズムを通じての国際的対話が、現実的で達成可能なバイオ燃料利用義務と目標を定めるための助けとなり得る。

第6章 貧困と食糧安全保障への影響

①農産商品価格の最近の急騰は、液体バイオ燃料需要の増加も含む多くの要因がもたらしたものである。バイオ燃料は今後も商品価格上昇圧力であり続け、途上国の食糧安全保障と貧困レベルに影響を及ぼす。

②国レベルでは、商品価格上昇は食料純輸入途上国に否定的影響を与える。特に低所得食料不足国では、輸入価格上昇が食料輸入費用を厳しく圧迫することになる。

③短期的には、農産商品価格上昇は家計の食糧安全保障に広範な否定的影響を与える。特に都市の貧しい消費者と、農村地域の貧しい純食料購入者—農村貧困層の大多数—がリスクに曝される。

④長期的には、バイオ燃料需要の増大と、その結果としての農産商品価格の上昇は、途上国農業の成長と農村開発を促進する機会を提供できる。農業を成長のエンジンにして貧困軽減を図る動きが強まるだろう。しかし、これには、公的投資が不可欠な農業生産性強化の強力な政府約束が必要だ。支援は、特に生産を拡大し・市場にアクセスできるように貧しい小規模生産者の能力を強化することに焦点を当てねばならない。

⑤バイオ燃料原料生産は途上国農民の所得機会を提供することができよう。経験が示すところでは、市場向け換金作物の生産は必ずしも食料作物を犠牲にすることにはならないし、食糧安全保障の改善に貢献する。

⑥小規模農民のバイオ燃料作物生産への参加を促すためには、積極的な政府の政策と支援が必要である。公共財（インフラ、研究等）投資、農村金融、市場情報、市場制度、法制度が決定的に重要な分野をなす。

⑦多くの場合、途上国でのバイオ燃料原料生産開発に関心を持つ民間投資家は、安定供給を確保するためのプランテーションの設立を目指す。しかしながら、契約農業がバイオ燃料作物生産への小規模農家の参加を確保する手段を提供しよう。しかし、その成功は能力建設政策と法的環境にかかっている。

⑧バイオ燃料原料生産の開発は、プランテーションの労働条件、土地へのアクセス、小規模農

⁶⁰可能なかぎり土地攪乱（耕耘）を減らし、土壌被覆を増大させ、適切な輪作を組み込んだ土壌管理システムに基づく土壌保全型農業。

参照：<http://www.juno.dti.ne.jp/~tkitaba/agrifood/agriculture/news/08072501.htm>

民が直面する拘束、女性の不利な地位などの公平とジェンダーに関連したリスクをもたらす恐れがある。一般的には、これらのリスクは国々における既存の制度的・政治的現実に由来するもので、バイオ燃料開発と無関係な注意を要請する。

⑨政府は、“遊休”地の“生産的利用”の要件と、“遊休”地の法的定義を決定するための明確な基準を確立する必要がある。脆弱なコミュニティの保護を目指す土地保有政策の有効な適用も、それに劣らず重要である。

参考資料 2

持続可能なバイオ燃料生産のためのグローバルな原則および基準：バージョンゼロ

Roundtable on Sustainable Biofuels
An initiative of the EPFL Energy Center
Ensuring that biofuels deliver on their promise of sustainability
Global principles and criteria for sustainable biofuels production
Version Zero

原文 URL http://www.bioenergywiki.net/images/f/f2/Version_zero.pdf

前文

2007年6月、持続可能なバイオ燃料に関する円卓会議（RSB）運営委員会は、持続可能なバイオ燃料の要件をめぐる世界の利害関係者の論議の基礎（たたき台）として、持続可能なバイオ燃料生産のための原則草案を発表した。当委員会は、関心のある利害関係者が作業グループに加わり、ここに述べられた原則を達成するための基準を提案し、また原則草案自体の改善案も提案するようになり、いざなった。

この1年、関係者は作業グループと専門家グループのおよそ50回に及ぶテレビ電話会議、ブラジル・中国・南アフリカ・インドでの4回の会合（合計200人が参加）、バイオ燃料ウィキやEPFLにある事務局への直接の電子メールや電話を通してのオンラインで、この基準を議論してきた。

そこから生まれた規格—実施のための指針の基本要素を加えた原則と基準—の草案は以下のページに示されている。関心がありながら意見を述べていない利害関係者も残っているであろうが、RSB運営委員会は、関心ある当事者が、世界的に適用できる持続可能なバイオ燃料の規格の初めてにしてはまずまずの草案、あるいは“ゼロバージョン”と考える程度には十分に多様な利害関係者の意見が集められたと感じている。この意見収集の過程を通して、RSBは、国際社会環境表示連盟(ISEAL)の規格設定に関する適正実施規範に従い、かつ多くの多様な国とサプライチェーンのすべての段階からの多様な利害関係者が参加する**衡平で、開放的で、透明な規格設定過程**に献身してきた。

規格は、大方は、森林管理協議会（FSC）、オランダのクレイマー委員会、英国の低炭素車パートナーシップ、持続可能なパーム油に関する円卓会議（RSPO）、ILOの“ディーセント・ワーク”実現目標、持続可能な農業ネットワーク、ベター・シュガーケーン・イニシアティブ、その他の持続可能な農業イニシアティブによってすでに実施されている作業の成果に基づいて立案された。RSBは、今後も他の持続可能性標準化作業の成果を取り入れ、受け入れ、生じ得るペーパーワーク負担をできるかぎり調和させ、軽減することを約束する。

この規格は原則、すなわち持続可能な生産の一般的な原則と、基準、すなわちこれらの原則を達成するために満たすべき条件を含む。我々は、農場・生産者・企業が特定の基準を満たしているかどうかに関する評価を可能にする指標はまだ開発していない。しかし、作業グループの議論の多くが指標と実施のための指針の開発をスタートさせた。紙幅が限られているこの概要文書では、目指す方向の理解に不可欠と思われる指針の少数の要素を示すだけで、これらの指針の詳細を述べることはできない。基本的用語の定義、関係者が確認した適正慣行、各基準に責任を負う主体（農場、工場など）の正確な範囲や責任の程度についても同様である。これ

らについては、次のウェブサイトに掲載されているバックグラウンドドキュメントを参照されたい。

<http://EnergyCenter.epfl.ch/Biofuels>

全般的に、できるかぎり実用的であることを目指し、各基準の遵守責任を影響が最も大きそうなサプライチェーンの段階に絞った。

最後に、規格は世界で消費することのできるバイオ燃料の量、あるいはバイオ燃料が全体として持続可能かどうかを定量する試みではない。バイオ燃料は、ライフスタイルと利用効率の重大な変化なしには、我々の輸送燃料消費のすべてに取って代わることはできない。我々は、これらの規格が、世界のすべてのエネルギーニーズにかかわる新しく、持続可能な消費パターンと合わせて使われることを望む。

次のステップ

運営委員会はこの規格草案のバージョンゼロに関する世界の関係者の意見収集過程を更に6ヵ月延長することを提案する。生産者、労働者、農業者、金融機関、NGO、政府、取引業者がこの過程に参加する十分な機会を与えるためである。

RSBは、2009年2月の間中、関係者による一連のワークショップを世界中で主催または共催する。関係者がそれぞれの連合者から意見を収集し、グループ討議を組織し、この間にRSB事務局（電子メール：rsb@epfl.ch または電話：+41 21 693 0079）に対し、どんな提案でも送るよう奨励する。事務局が受け取った提案や関係者のワークショップから生まれる提案のすべてが事務局により総合され、運営委員会が起草し、09年4月に発表される規格「バージョン1」の基礎をなす。

RSBは、企業や農業者が第三者と協力して自身のサプライチェーンにおける規格草案を実地試験することができるように一般的な試験計画案や手順の開発も行う。これらの予備試験や実地試験から学んだ教訓は実施ワーキンググループが共有し、このグループがこれらの教訓に基づいて規格を修正するための勧告を行う。

意見収集過程はこの6ヵ月で終わるものではない。科学とバイオ燃料の進歩の理解、バイオ燃料の持続可能性の理解は更新されねばならず、ビジネスが計画することができるように、規格は定期的に、予告された間隔で調整されねばならないからである。同様に、指標と定義に関するすべても、恐らく国レベルでの解釈も含め、運営委員会が未だ決めていない過程を通して、それぞれの作業グループが開発する必要がある。

最後に、適正農業慣行（GAP）の継続的改良やあり得る採択はRSBにおける多くの関係者の目標ではあるが、小規模生産者が一部の基準を守るのが難しいということは認められている。規格の実施に関する今後数ヵ月にわたる論議の際に、規格の一部野心的な要素をビジネスの現場の現実と調和させる必要がある。同様に、激しく変動する農産物価格に左右される新しく・拡大するセクターをなすバイオ燃料プロジェクトは多大な投資を必要とし、これが持続可能性を確保するための対策への大きな初期投資の能力を制約することになるかもしれない。RSB規格の遵守のために必要な投資は原料や生産国の発展のレベルに依存しており、特に生産者が公的支援を受けられないところや、資本が希少で高価なところでは大きくなる恐れがある。そのため、RSBのアプローチは、漸進的で調和の取れた規格遵守の改善を優遇する。

経済的持続可能性に関する注意事項

バイオ燃料が持続可能であるためには、環境的に健全で、社会的に公正で、経済的に持続可能であるという最も重要な三つの条件を満たさねばならない。バイオ燃料プロジェクトの経済的持続可能性の諸側面の一部は生産単位[工場、農場等—訳者]のレベルで評価することができるが、他の側面は国のマクロ経済政策に依存する。世界のバイオ燃料生産の平等な競争条件を確保するためには、世界食料・バイオ燃料市場を攪乱する貿易障壁や貿易歪曲的補助金などの国内利用・貿易・マクロ経済政策にも、適切な当局が取り組まねばならない。持続可能な方法で生産されるなら、バイオ燃料は、生産において比較優位を持つ開発途上国が、場合によってはそれを必要とする国に輸出もする機会を創出することができる。

直接的 VS 間接的影響についての注意事項

規格開発のこの最初の一年で、バイオ燃料生産の持続可能性をめぐる多くの懸念には農業者、取引業者、加工業者の直接的な行動で取り組むことが可能であることが明確になった。しかし、農場外、食料・飼料・燃料・繊維市場の間のマクロ経済相互作用からも大きな影響が生じる可能性がある。現在生産的な土地のバイオ燃料原料生産用地への転換が、大量の炭素を貯留している他の土地、“保護価値の高い”土地における食料、飼料、薪、その他の市場に向けた生産活動を誘発するならば、温室効果ガスに関する原則3や保護価値の高い区域に関する原則7の遵守が危うくなる。バイオ燃料の需要増加が原料価格の高騰を招いたり、所得の大部分を食料に支出している人々の食料確保を一層難しくしたりすれば、食糧安全保障に関する原則6の遵守も生産者の手に余る恐れがある。

これらの潜在的影響についての認識は今まさに発展途上にあり、その影響の大きさや、何をすれば影響が軽減されるかについてのコンセンサスはほとんどない。最近の農産商品価格上昇は、大部分は食料・飼料需要の増加、国際食糧市場における投機、極端な天候事象に伴う偶発的な不作といったバイオ燃料生産と関係のない要因に寄っている。石油価格高騰やそれに関連した肥料コストの上昇も、農産商品価格に影響を及ぼす。森林破壊と生物多様性の損失は、最近のバイオ燃料需要の急拡大以前から、すでに持続不能なレベルに達していた。ある地域や国における土地利用の変化を他の地域や国におけるバイオ燃料生産と直接関連づけるのは難しい。それでも、間接的な悪影響の可能性は高く、持続可能なバイオ燃料の支持者は、予防原則に従い、自らの善意が予期しない結果を生まないように保証すべきである。

あいにく、今までのところ、バイオ燃料生産に起因する土地利用変化の量や食料価格上昇をどのように定量するかについての科学的コンセンサスは存在しない。2008年4月にイタリアのベラジオで一同に会したバイオ燃料専門家グループが到達した「持続可能なバイオ燃料コンセンサス」⁽¹⁾で述べられているように、間接的影響の問題に取り組むためには、以下のことが必要になる。

- バイオ燃料と土地利用変化の関係を確認し、定量化するための継続的な世界的研究、
- 土地利用変化の否定的影響がないバイオ燃料を促進するメカニズム
- これらの否定的影響を軽減するが、生産者の業務コストを過度に上げないメカニズム；
- 弱者が、食料やエネルギー価格の上昇やその他のあり得る否定的な経済的副作用により、さらに不利益を被らないように保証する国家レベルでの社会的保護措置。

下記の基準は、農業者と生産者がこれらの予期されない結果の一部を防止することができる直接的行動に取り組むことを目指している。しかし、運営委員会は、ある国の政策が遠く離れた国々における土地利用、土地の保全、バイオ燃料推進、食糧安全保障にまで影響を与えるとすれば、これらのリスクを最小限にとどめるための多くの努力は[農業者と生産者だけでなく—訳者]各国政府が引き受けねばならないと考える。RSBは諸政府、国際機関、政府間機関、

関係者と共同、来年中をかけてこれらの影響の性質に対する理解を深め、それをいかにして測定し、軽減するかに関するコンセンサスを作り上げる。

- (1)<http://EnergyCenter.epfl.ch/Biofuels>

持続可能なバイオ燃に関する円卓会議 持続可能なバイオ燃料の規格
世界の関係者のフィードバックのための『バージョンゼロ』

適法性

1 バイオ燃料生産は、各国が持つ適用可能な国内法に従うべきである。また当該国が締約国をなすバイオ燃料の生産に関係するすべての国際条約に従うように努力すべきである。

基本指針：従うべき法律と条約には、大気質、水資源、土壌保全、保全地域、生物多様性、労働条件、農業慣行、土地に対する諸権利に関する法律と条約が含まれる。例えば国際労働機関 (ILO)、生物多様性条約 (CBD)、国連気候変動枠組条約 (UNFCCC)、世界人権宣言などである。この規格は国内法を越えることができるが、国内法と矛盾するか、それに違背することはできない。

協議、計画、モニタリング

2 バイオ燃料プロジェクトは、すべての関係者が関係する、適正で、包括的で、透明な、協議と参加のプロセスの下で設計され、運営されるべきである。

基本指針：『バイオ燃料プロジェクト』には農場とバイオ燃料を生産する工場に関係する。この原則の目的は、開放的で透明な関係者の協議と受容の過程を通して争闘を和らげることにある。協議のスケールは、プロジェクトとあり得る紛争のスケール、範囲、段階に見合うものとする。RSB は、基本的基準に基づく協議の程度の決定を助けるための方法書確定手続きを開発する。多くの農業者が同じ地域で同じ活動に従事している場合には、彼らがなすべきことを一つの農民組織が一括代行する柔軟性があってしかるべきである。

2.a 新規の大規模なプロジェクトについては、権利と義務を確立し、すべてのパートナーと利害関係のあるコミュニティに持続可能性をもたらす長期計画の実施を確保するための協議の過程を通じて、プロジェクトの全過程をカバーする環境・社会影響評価、戦略、影響緩和計画 (ESIA) が立ち上げられるべきである。ESIA は、この規格で概要が示される社会・環境・経済にかかわる原則の全てをカバーすべきである。

基本指針：ESIA は以下のことを包含すべきである。保護価値の高い区域・生物多様性回廊・緩衝地帯・生態系サービスの認定、土壌の健全性の評価、あり得る大気・水・土壌汚源の確認、水の利用可能性に対してあり得る影響の評価、影響評価のベースラインとなる社会的指標の評価、重要な関係者すべてについての経済的フィージビリティ研究、雇用創出と生計の損失を含むポジティブおよびネガティブなあり得る社会的影響の確認、水および土地に対する既存のあらゆる権利の確定。

ESIA を実行できない小規模生産者または協同組合については、支援または ESIA の修正、あるいはその両方を必要とする。

「大規模な生産者」および「直接的に関連する関係者」は指標で定義される。

2.b 既存のプロジェクトについては、この規格で概要が示される環境及び社会的影響の定期的なモニタリングが必要である。

2.c 協議とモニタリングの範囲、期間、参加、程度は、合理的で、プロジェクトの規模、影響度、段階、関係する利害に見合ったものであるべきである。

基本指針：この原則は、関係者の対立が激しくなる恐れの高い地域における大規模プロジェクトのあり得る否定的影響を軽減することに焦点を当てるべきである。

2.d 関係者の約束は能動的、拘束的、参加的で、地方民、先住民、部族民、その他の関係者が意味ある約束をすることを可能にするものであるべきである。

2.e 関係者の協議は、「十分な情報に基づく事前の自発的同意（Free Prior Informed Consent）」を通してコンセンサスに達するために最善の努力を尽くすべきである。こうしたコンセンサス探求の結果は、すべての関係者に全般的利益をもたらすものでなければならず、この規格の他の原則に反するものであってはならない。

基本指針：「十分な情報に基づく事前の自発的同意」と「コンセンサス」は慎重に定義されるべきである。コンセンサス探求とは最善の解決策を見出すことであり、プロジェクトの全過程にわたって生じ得るあらゆる問題を取り除くことである。コンセンサスは、一グループまたは個人によって決定が妨げられるのを防ぐために、関係者の中から選ばれたグループから求めることができる。

2.f この原則に関連するプロセスは、開放的で透明であるべきで、意見の提示と意思決定のために必要なすべての情報は、関係者が困難なく利用できるようにすべきである。

基本指針：関係者協議の適正な慣行が開発される。小規模農民は遵守のための支援を必要とする。

温室効果ガス排出

3 バイオ燃料は、温室効果ガス（GHG）の排出を化石燃料に比べて大きく減らすことにより、気候変動の緩和に貢献するべきである。

基本指針：この原則の目的は、法規に書き込むことができ、諸規格において実施できるような方法で、様々なバイオ燃料の GHG にかかわる便益を比較する受容可能な標準的方法を確立することである。したがって、この方法が満たすべき最も重要な条件は、主観的な仮定または操作に影響されないということである。

化石燃料リファレンスはグローバルもので、IEA の化石燃料ミックス予測に基づくべきである。

3.a 生産者と加工業者は、時を通じてバイオ燃料生産からの GHG 排出を削減すべきである。

基本指針：RSB は、例えば化石燃料に比べての削減率に基づくパフォーマンス等級を導入することにより、削減率がより大きいバイオ燃料を促進する誘導メカニズムを研究する。

3.b GHG 排出は、土地から燃料タンクまでの境界域を持つライフサイクル評価の一貫したアプローチで評価される。

基本指針：この範囲は、燃料に埋め込まれる炭素を含むが、車両技術は除外する。土壌と植物質に隔離された炭素と、土地利用の直接的・間接的変化からの炭素排出は、認められた方法が利用可能なときにはいつでも、3d と 3e に従ってカウントされるべきである。比較を容易にするために追加要素が分離できる限り、この要素がいかなるものであれ、この範囲を越える（例えば車両技術など）ライフサイクル評価ツールが認められるべきである。

3.c バイオ燃料生産チェーンの主要な段階での測定値またはデフォルト値（既定値）が提供されるべきである。

基本指針：RSB は、条件にかなうデフォルト値と測定値の質の基準を開発し、この基準に従う小規模事業者を支援するために、他の機関と協力して異なる地域における典型的なサプライチェーンについてのデフォルト値を開発する。

3.d 直接の土地利用変化からの GHG 排出は、IPCC の Tier 1 の方法と排出係数を用いて推定する。IPCC デフォルト値に優るパフォーマンスは、モデルまたは実地実験を通して証明することができる。

3.e 間接的土地利用変化からの GHG 排出、すなわちバイオ燃料生産のマクロ経済的影響を通して生じる GHG 排出は最小限にされるべきである。この排出を決定するための広く認められた方法は存在しない。これらの間接的な影響を最小限にするために取られる実際的措施には以下のものが含まれる。

○原料としての廃棄物と残渣、限界地・劣化地・以前に伐採された土地、収量の改善、効率的な作物の最大限の利用。

○有害な土地利用変化を防ぐための国際的協力、

○貯蔵された炭素の排出をもたらず土地の転換を誘導しそうな土地または作物の回避。

基本指針：残渣および廃棄物の利用は、土壌に関する原則 8 に抵触してはならない。優先される土地（限界地、劣化地、低利用地など）を確認する注意深い定義と指針が必要である。RSB は、枢要な国際および国内機関や専門家と協力し、この規格の遵守の評価に組み込みのためにバイオ燃料生産の間接影響を測定し、生産者に指針を与えるための方法を提供しようと試みる。

3.f 優先される GHG ライフサイクル評価の方法は以下のとおりである。

○単位は、GJ 当たりの CO₂ 等量 (kg) [kgCO₂equ/GJ]

○カバーされる温室効果ガスには CO₂、N₂O、CH₄ が含まれる。IPCC による最近 100 年の地球温暖化係数とその持続時間が利用されるべきである。

基本指針：誤りのリスクや結果の変動があるために、RSB は置換、エネルギー量による配分、市場価値による配分がどのように利用されるべきかに関する指針を開発する。廃棄物（IPCC により経済価値をもたないものと定義されている）は、歴史的な排出配分をゼロとされる。『廃棄物』の定義は IPCC の定義を越えて拡大することができる。

人権および労働者の権利

4. バイオ燃料生産は人権または労働権を侵害してはならず、ディーセント・ワークと労働者の福祉を確保すべきである

基本指針：ILO の中核的労働条約や国連人権宣言のような基本的国際条約がこの原則の基礎をなす。被雇用者、契約労働者、小規模契約農業者、契約農業者の被雇用者は、すべてが以下に記す権利を与えられるべきである。ILO が定義するような「ディーセントワーク」がこの原則の希求する目標である。

4.a 労働者は、結社の自由、組織化の権利、団体交渉権を享受する。

基本指針：法律が団体交渉または労働組合組織化を妨げる国では、労働者が法律違反に問われることなくプロジェクトのオーナーまたはパートナーと契約できるように保証する特別措置が、プロジェクト実施計画の枠内で開発されねばならない。

4.b 奴隷労働または強制労働が起きてはならない。

4.c 児童労働が起きてはならない。ただし、家族農場で、労働が子供の通学を妨げない場合は例外とする。

4.d 労働者は、雇用においても機会においても、賃金、労働条件、社会的給付に関して、いかなる種類の差別も受けてはならない。

4.e 労働者の賃金と労働条件は、適用可能なすべての法律と国際条約、すべての関連団体協約を尊重すべきである。また、それらは、最低限、当該国における同一の性格の労働について定着している条件、あるいは同類の雇用者が提供する条件を基準に決定されるべきである。

4.f 労働者とコミュニティの職業安全条件および保健条件は国際的に認められた基準に従うべきである。

基本指針：RSBは、最終的に完成された指針で適用可能な基準に言及する。

農村・社会開発

5. バイオ燃料生産は、地方住民・農村住民・先住民とそれらのコミュニティの社会的・経済的發展に貢献しなければならない。

5.a 2aの下で実施されるESIAと2bの下で必要とされるモニタリングは、既存の社会的・経済的条件のベースライン社会評価と、価値連鎖の全局面を通して持続可能性、地方経済発展、パートナー間の公平、社会と農村の工場を確保するビジネスプランに帰結すべきである。

基本指針：小規模生産者については、支援またはこの基準の要件の緩和が必要であろう。大規模生産者と加工業者は、この基準の適切な適用を確保するために、地方の政府および非政府機関と協力すべきである。プロジェクトとそれが位置する地域の規模と広がりに対応して、ベースラインと目標に対して設定された社会的・経済的指標における改善が測定されるべきである。地方へのインパクトをアセスするツールとしてはILOのディーセントワーク・アジェンダが推奨される。プロジェクトは以下の最善慣行を目指すべきである。すなわち、所有権、地方の雇用と生活の機会、安定的な地方コミュニティを確保するためのオフシーズンの労働機会、コミュニティの地方的経済条件の改善が見られる場合には作物の多角化、職業訓練、付加価値産品、地方コミュニティと小規模契約農家のための信用制度（例えば、買い手と金融機関のどちらか、または両方が支援するマイクロクレジットスキームを通しての）、エネルギー安全保障のための地方コミュニティへのバイオ燃料またはバイオエネルギーの供給。地方のかかわりと管理を奨励し、最大限にする協同組合のような適切な制度的枠組みが開発されるべきである。

5.b 影響を受け、利害関係がある女性・若年者・先住民コミュニティと弱者を利する特別措置が設計され、適用可能なところでは実施されるべきである。

基本指針：大規模生産者と加工業者は、プロジェクトの規模に対応したこの基準の適切な適

用を確保するために、地方政府および非政府機関と協力する。

食糧安全保障

6. バイオ燃料生産は、食糧安全保障を損なってはならない。

6.a バイオ燃料生産は、原料としては廃棄物と植物残渣、原料生産用地としては限界地・劣化地・低利用地の利用を最優先することにより、また既存食料供給を維持する収量の改善によって、食糧安全保障へのネガティブな影響を最小限にとどめるべきである。

基本指針：廃棄物、残渣、限界地、劣化地、低利用地の明確な定義が必要である。ESIA はこれらの土地が生計維持のために使われていないこと、あるいはバイオ燃料用途の利益が生計のいかなる損失にも勝ることを保証すべきである。これらの定義のすべては時間限定的である。利用されていない土地は、気候変動や人口と富の増加で生産に入るかもしれない。これらの基準と定義は定期的に見直されねばならない。

RSB は、これらの優先的バイオ燃料源の利用を刺激する様々な手段を検討する。

6.b 新規大規模プロジェクトを実施するバイオ燃料生産者は、地域の食糧安全保障の状況进行评估し、食糧不安の兆しがあれば、基礎食料作物を別の作物に置き替えるべきではない。

基本指針：RSB は、食糧不安を評価するツールを開発するために他の関係者と協力する。地域食糧安全保障への影響を緩和するために、バイオ燃料プロジェクトは、例えば、作物からの最大限の食料価値取得、残りもののエネルギーストックとしての利用、経済的手段を通しての影響の減殺、食料作物と燃料作物の間作などを利用することができる。

自然保護

7 バイオ燃料生産は、生物多様性、生態系、保護価値の高い（HCV）地域に対する否定的影響を回避すべきである。

基本指針：保護価値の高い地域、原生生態系、生態的回廊、官民生物保護地域は、保護価値が無傷で残される限りでのみ開発することでき、いかなる場合にも用途転換はできない。これらの用語の定義と適切な時間的限定は RSB が開発する。

7.a 保護価値の高い地域、原生生態系、生態的回廊、官民の生物保護地域が確認され、保護されるべきである。

基本指針：保護価値の高い地域の確認と地図作成は、非バイオ燃料セクターにかかわるより広範なプロセスの一環として、政府、政府間組織、自然保護団体が引き受けるべきである。このような地図作成が行われるところでは、生産者はその結果を尊重する。そのような地図が存在しないところでは、大規模生産者は HCV ツールキット、[IBAT](http://proteus.unep-wcmc.org/ibat.aspx)（統合生物多様性評価ツール；<http://proteus.unep-wcmc.org/ibat.aspx>）などの既存の認められたツールキットを使用すべきである。環境影響評価と土地管理計画、またはそのどちらかを実行することができない生産者または協同組合は支援を必要とする。地方在来作物の利用が優先されるべきである。生産サイトでは、絶滅危惧種や法的保護種の狩猟、漁獲、罠による捕獲、毒物による捕殺は禁止される。

7.b 生態系の機能とサービスが保全されるべきである。

基本指針：生態系の機能は、例えば森林管理協議会（FSC）基準 6.3 など、他のシステムに

記述されている。生態系のサービスはミレニアム・エコシステム・アセスメント (<http://www.millenniumassessment.org/en/index.aspx>) で記述されているような、人々が生態系から得ている供給^{訳注 1)}・調節^{訳注 2)}・文化的サービス^{訳注 3)}・支援的サービス^{訳注 4)}である。生産地域に直接関係する特別の生態系の機能とサービスは地域的に定められる。

訳注 1) 食料、繊維、燃料、遺伝資源、生化学物質・自然薬品、鑑賞・装飾資源、淡水などの供給。

訳注 2) 大気質、気候、水、浸食、水の浄化と廃棄物の処理、病気、害虫、自然災害などの調節。

訳注 3) 文化的多様性、精神的・宗教的価値、知の体系、教育的価値、インスピレーション、社会的関係、土地勘、文化遺産価値、レクリエーションやエコツーリズムなど。

訳注 4) 上記の人間に対する直接的サービスを支える（間接的）サービス：土壌の形成、光合成、一次生産、養分循環、水循環など。

7.c 緩衝地帯が保護されるか、設定されるべきである。

7.d 生態系回廊が保護されるか、回復されるべきである。

土壌

8. バイオ燃料生産は、土壌の健全性を改善し、劣化を最小限にする慣行を促進すべきである。

8.a 土壌有機物質含有量は地域の条件下で最適のレベルに維持されるか、引き上げられるべきである。

基本指針：有機物質の最適レベルは、地域の気候、地質、生態学的条件を考慮し、地域の専門家、コミュニティ、生産者の協議を通して定められるべきである。生産者の能力に応じ・理にかなったタイムスケジュールに基づく現実的な目標が設定されるべきである。フォローアップのための指標は認められた適正慣行の実施に焦点を当てるべきである。リグノセルロース原料を含む農業残渣の利用は、土壌有機物（例えば堆肥やマルチ）の維持のための他の本質的機能を犠牲にしてはならない。

8.b 土壌の物理的・化学的・生物学的健全性が地域の条件下で最適のレベルに維持されるか、増強されねばならない。

基本指針：土壌侵食は、流域規模での土壌の物理的健全性を強化するために、植栽または生産の設計と持続可能な慣行（可能などころでは、多年生作物の利用、不耕起、植物による土地の被覆、樹木の垣根等）の利用を通して最小化されなければならない。WHO のクラス Ia および Ib の農薬は禁止される。農薬の施用に関する健康へのリスクは、4.f でカバーされる。

8.c 処理施設からの廃棄物と副産物は、土壌の健全性が損なわれないように管理されるべきである。

水

9 バイオ燃料生産は、汚染やこれらの資源の枯渇を最小にすることを含め、表流水と地下水の利用を最適化すべきであり、また既存の正式または慣習的な水利権を侵害してはならない。

9.a 2a で概略を示した ESIA は、プロジェクトが生じる流域内の水の利用可能性に対してあり得るプロジェクトの影響のために、既存の正式および慣習的水利権を確認すべきである。

9.b バイオ燃料生産は、生産の規模と影響力にふさわしい水管理計画を含むべきである。

9.c バイオ燃料生産は、表流水または地下水の資源を枯渇させてはならない。

基本指針: バイオ燃料生産のための水の利用が地方コミュニティの毎日の基本的な水要求を犠牲にしてはならない。水不足地域に水集約型バイオ燃料作物とバイオ燃料生産システムが持ち込まれてはならない。地域の条件に適する作物を通じ、最も効率的な水利用が求められるべきである。

9.d 表流水と地下水の水質は、地域の条件の下でそれらの最適なレベルを維持されるか、改善されるべきである。

基本指針: 表流水と地下水の流去と特に化学物質による汚染を避けるために、適切な予防措置が取られなければならない。廃水は適切に管理されなければならない。

大気

10. バイオ燃料の生産と加工からの大気汚染は、サプライチェーン全体にわたって最小にされるべきである。

10.a 農業用化学物質、バイオ燃料加工施設、機械装置からの大気汚染は最小にされるべきである。

基本指針: 地面または空中での農薬の使用は FAO の行動規準に従わなければならない。

10.b バイオ燃料生産においては、野焼きは回避されるべきである。

基本指針: 葉、茎、その他の農産物残渣の野焼きは、最終的には廃止することを目指し、最小にされねばならない。ASEAN の指針やその他の適切な政策に記されているような特殊な状況では、または労働者の健康と安全性が危険にさらされる場合には、限定的な野焼きの慣行が生じうる。

経済効率、技術、継続的な改善

11. バイオ燃料は、最も費用効率の高い方法で生産されるべきである。技術の使用は、バイオ燃料価値連鎖のすべての段階において、生産効率と社会的・環境的パフォーマンスを向上させなければならない。

11.a バイオ燃料プロジェクトは、経済的存続可能性実現の約束を反映する事業計画を実施するべきである。

基本指針: バイオ燃料プロジェクトは、競争・貿易歪曲的な公的支援（例えば関税や生産補助金）なしに経済的に存続可能であることを求めるべきである。

11.b バイオ燃料プロジェクトは、エネルギー収支、土地単位面積当たりの生産性、資材の使用における継続的改善を約束すべきである。

11.c バイオ燃料価値連鎖における技術の利用に関する情報は、知的財産権に関する国内法または国際協定によって制限されない限り、完全に利用できなければならない。

基本指針：人々または環境に危害をもたらすかもしれない技術に焦点を当てるべきである。

11.d バイオ燃料価値連鎖で使用される技術の選択は、環境と人々の損害のリスクを最小にし、また環境的・社会的パフォーマンス（のどちらか、または両方）を継続的に改善すべきである。

11.e 遺伝子組み換えの使用：バイオ燃料生産のための植物、微生物、藻は、地方の条件の下での通常の慣行や物質に比べ、生産性を改善し、環境的、社会的パフォーマンスを維持するか、改善しなければならない。適切なモニタリングと遺伝子移動を防ぐための措置が取られなければならない。

11.f バイオ燃料加工に使用される微生物は閉鎖システムでのみ使用されなければならない。

土地に対する権利

12 バイオ燃料生産は、土地に対する権利を侵害してはならない。

12.a 基準 2a で記した ESIA の下で、バイオ燃料プロジェクトのために指定された土地の土地利用権は明確に定義され、確立されるべきであり、正式な権利あれ、慣習的権利であれ、証明可能な権利をもつ地方コミュニティにより合法的に異議を申し立てられてはならない。

基本指針：「土地使用」の用語は、商業用であれ、工業用であれ、農業用であれ、慣習的利用であれ、余暇利用であれ、通行権であれ、あらゆる土地使用も意味する。所有権と土地使用を確立する方法は、公示、地方指導者とのコミュニケーション、地方的に定着したデータ収集方法を含むべきである。法的権利証書がないからといって、地方コミュニティがバイオ燃料プロジェクトから排除されてはならない。

12.b 地方住民は、合意されたいかなる土地の取得や権利放棄も、公正に、公平に補償されねばならない。このようなケースでは、十分な情報に基づく事前の自発的同意が常に適用される。

基本指針：投資家または当局による土地利用の変更や調整の強制は許されない。補償は、現存の土地利用や生計の必要に基づき、コミュニティまたは世帯にとっての土地の価値でなされるべきである。

12.c 所有権の主張と使用权をめぐる紛争を解決するための適切なメカニズムが ESIA の一環として開発されるべきである。

参考資料3 EU再生可能エネルギー利用促進指令 第17条仮訳

DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the promotion of the use of energy from renewable sources amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC

(下線は欧州委員会原案がなく、追加された部分。言い回しに変化がある場合は、[]内に原案の文言を記した。)

第17条

バイオ燃料⁶¹及びその他のバイオリキッド⁶²の持続可能性基準

1. 原料が欧州共同体の領土の内部で生産されるか、外部で生産されるかを問わず、バイオ燃料及びその他のバイオリキッドは、以下の第2項から第5項に述べられる持続可能性基準を満たす場合にのみ、(a)、(b)、(c)に掲げられた目的のためにカウントされる。

(a)本指令の国家目標に関する要件遵守の評価、

(b)再生可能エネルギー義務遵守の評価、

(c)バイオ燃料及びその他のバイオリキッドの消費に向けた財政的助成対象への指定。

但し、廃棄物及び農業・水産養殖・漁業・林業残滓以外の残滓から生産されるバイオ燃料とバイオリキッドは、(a)、(b)、(c)に掲げられた目的のためにカウントされるためには第2項に述べられた基準を満たすだけでよい。

2. (a)、(b)、(c)に掲げられた目的のためにカウントされるバイオ燃料及びその他のバイオリキッドの利用による温室効果ガス (GHG) 削減率は35%以上でなければならない。

2017年からは、本条第1項に述べられた目的のためにカウントされるバイオ燃料及びその他のバイオリキッドの利用によるGHG削減率は50%以上でなければならない。2017年以後は、2017以後に生産が始まる施設で生産されるバイオ燃料及びその他のバイオリキッドの利用によるGHG削減率は60%以上でなければならない。

(以下技術的記述省略)

2008年1月に操業していた施設で生産されるバイオ燃料及びその他のバイオリキッドの場合には、第一パラグラフは2013年4月1日から適用される。

3. 本条第1項に述べられた目的のためにカウントされるバイオ燃料及びその他のバイオリキッドは、[認定された]高度な生物多様性価値を持つ土地、すなわち以後にその土地がなおこのステータスを有するか否かは問わず、2008年1月に次のステータスの一つを有した土地から得られた原料を使って生産されるものであってはならない。

a)原生林とその他の樹木繁茂地 (primary forest and other wooded land) [重大な人間活動により攪乱されていない森林]、すなわちはっきりと目に見える人間活動の徴候がなく、生態過程が大きく攪乱されていない土着種の森林とその他の樹木繁茂地[重大な人間活動の存在が知られていないか、最後の重大な人間の介入が、土着種の構成や過程の回復が可能であったほど昔に行われた森林]。

b) (i) 法律または権限ある機関により指定された自然保護区域、または(b)指定された自然保護区域。

(ii) (技術的記述について一部省略) 国際協定により認定された、または国際機関または国際自然保護連盟により作成されたリストに含まれる希少な、または絶滅の恐れのある、または絶滅が危惧される生態系または種 (rare, threatened or endangered ecosystems or species) の保護区域。これは、原料生産がこれらの自然保護目的に抵触しなかったという証

⁶¹ 訳注：バイオマスから生産される輸送用液体・気体燃料

⁶² 訳注：バイオマスから生産される電気・暖房・冷房を含むエネルギー目的の液体燃料

拠が示されないかぎりにおいて適用される。

c)(i)高度に生物多様性に富む自然草地、すなわち人間の介入がなく草地にとどまっております、自然の種の構成と生態的特徴及び過程を維持している草地、または

(ii)高度に生物多様性に富む自然でない草地、すなわち人間の介入のない草地であることをやめ、種が豊かで退化していない草地[高度に生物多様性に富む草地、すなわち種が豊かで、施肥されず、退化していない草地]。これは、原料収穫が草地のステータスの維持に必要であるという証拠が示されないかぎりにおいて適用される。

どの草地が(c)によりカバーされるかを決定するための基準と地理的範囲は欧州委員会が決定する。(技術的記述について一部省略)

4. 第1項に述べられた目的のためにカウントされるバイオ燃料及びその他のバイオリキッドは、高度の炭素ストックを持つ土地、すなわち 2008 年 1 月に次のステータスの一つを有し、もはやこのステータスを持たない土地から得られた原料を使って作られたものであってはならない。

a)湿地、すなわち永久的に、または 1 年のうちの長い期間、水に覆われた、または水で飽和した土地[原生湿地を含む永久的に、または 1 年のうちの長い期間、水に覆われた、または水で飽和した土地]。

b)一続きの森林地域、すなわち樹高 5m 以上の樹木を持ち、30%以上が樹冠で覆われているか、樹木が自然にこの閾値に達し得る 1 畝以上にわたって広がる土地。

c)樹高 5m 以上の樹木を持ち、10-30%が樹冠で覆われているか、樹木が自然にこの閾値に達し得る 1 畝以上の土地。これは、転換前後の区域の炭素ストックが・・・第 2 項に述べられた条件を満たすという信頼できる証拠が示されないかぎりにおいて適用される。

この項の諸条項は、原料が得られたときに土地が 2008 年 1 月と同じステータスを持つならば適用されない。

5. 第1項に述べられた目的のためにカウントされるバイオ燃料及びその他のバイオリキッドは、2008 年 1 月に泥炭地であった土地から得られた原料を使って作られたものであってはならない。これは、この原料の栽培と収穫が以前に排水されなかった土壌の排水にかかわらないことが証明されないかぎりにおいて適用される。

6. 欧州共同体内で生産され、第1項に述べられた目的のためにカウントされるバイオ燃料及びその他のバイオリキッドの生産に利用される農産原料は、共通農業政策の下での直接助成スキームのための共通ルール(技術的記述について一部省略)を策定する 2003 年 9 月 29 日の理事会規則(EC) No 1782/2003 の要件と基準に従って得られるものでなければならない。

7. 欧州委員会は、欧州共同体内で消費されるバイオ燃料またはバイオ燃料原料の重要な原産地である第三国及び加盟国の両方について、本条第 2 項から第 5 項までで述べられた、また土壌・水・大気保護のための持続可能性基準を尊重するために取られた措置に関して、2 年ごとに欧州議会と理事会に報告する。最初の報告は 2012 年に提出される。

欧州委員会は、バイオ燃料需要増大の共同体及び第三国における社会的持続可能性に対する影響、及び特に途上国に住む人々に入手可能な価格での食料品の利用可能性とより広範な開発問題に対する EU バイオ燃料政策の影響に関して、2 年ごとに欧州議会と理事会に報告する。報告は土地利用権の尊重に取り組む。報告は、欧州共同体内で消費されるバイオ燃料原料の重要な原産地である第三国及び加盟国の両方について、国が次の国際労働機関(ILO)条約の各々を批准し、実施したかどうかを述べねばならない。

強制労働に関する条約

結社の自由と団結権保護に関する条約

団結権及び集団交渉権の原則の適用に関する条約

男女労働者の同一労働同一報酬条約

強制労働廃止条約

雇用と職業における差別待遇条約

最低雇用年齢条約

最悪形態児童労働の禁止と即時廃止措置に関する条約

これらの報告は、欧州共同体内で消費されるバイオ燃料原料の重要な原産地である第三国及び加盟国の両方について、国が次の条約、協定を批准、実施したかどうか述べねばならない。

生物安全性に関するカルタヘナ議定書

絶滅が危惧される野生動植物種の国際貿易に関する条約

最初の報告は 2012 年に提出される。欧州委員会は、必要であれば、特にバイオ燃料生産が食料価格に重大な影響を与える証拠が示されるとき、是正措置を提案する。

8. 本条を遵守し、他の持続可能性の根拠に基づいて得られたバイオ燃料とその他のバイオリキッドを第 1 項で述べられた目的でカウントすることを拒否してはならない。

9. 欧州委員会は、遅くとも 2009 年 12 月 31 日までに、バイオ燃料とその他のバイオリキッド以外のバイオマスエネルギー利用の持続可能性スキームの要件に関する報告を出す。報告は、必要ならば、バイオマスの他のエネルギー利用のための持続可能性スキームに関する欧州議会及び理事会への提案を伴う。この報告と提案は、革新過程の新たな発展を考慮、最善の利用可能な科学的証拠に基づかねばならない。この目的でなされた分析が、森林バイオマスに関連して、アネックス V の [GHG] 計算方法またはバイオ燃料とその他のバイオリキッドに適用される炭素ストックに関連した持続可能性基準への修正の導入が適切であると証明すれば、欧州委員会は、必要ならば、同時にこれに関する提案を導入する。

付：間接的土地利用変化の影響の扱い

なお、論議の焦点の一つであった間接的土地利用変化（例えば米国のトウモロコシのバイオ燃料原料としての利用増大による食料品価格上昇が引き起こす世界での食料作物栽培用地の増大）の GHG 排出への影響に関しては、この基準は言及せず、GHG 計算方法に関する第 9 条の第 6 項で、次のように欧州委員会に報告を義務づけた。

第 9 条の 6

欧州委員会は、2010 年 12 月 31 日までに、間接的土地利用変化の GHG 排出への影響を見直し、この影響を最小限にする方法に取り組む報告を欧州議会と理事会に提出せねばならない。この報告は最善の利用可能な科学的証拠に基づき、間接的土地利用変化が引き起こす炭素ストックの変化からの排出に関する具体的方法を含み、本指令、特に第 17 条第 2 項の遵守を確保する。

「バイオ燃料の持続可能性に関する調査報告書」

2009年3月

NPO 法人バイオマス産業社会ネットワーク

〒277-0945 千葉県柏市しいの木台 3-15-12

Tel:047-389-1552 Fax:047-389-1552

E-mail:mail@npobin.net

<http://www.npobin.net>

協力団体：

国際環境 NGO FoE Japan

〒171-0014 東京都豊島区池袋 3-30-8 みらい館大明 1F

Tel:03-6907-7217 Fax:03-6907-7219

<http://www.foejapan.org/>

地球・人間環境フォーラム

〒113-0033 東京都文京区本郷 3-43-16 成田ビル 3F

Tel:03-3813-9735 Fax:03-3813-9737

<http://www.gef.or.jp/>