バイオマス貿易とバイオ燃料生産の持続可能性

鳥飼行博[*1]・万城目正雄[*2]

目次

はじめに
1　バイオマス貿易の動向
　⑴バイオマスの生産量と貿易量
　⑵バイオ燃料貿易と今後の動向
2　国・地域別のバイオマス貿易のフローと政策的背景
　⑴拡大する米国とブラジルのバイオエタノール貿易
　⑵米国を通じた東南アジア・南米からEUへの貿易
　⑶日本の京都議定書目標達成計画とバイオマス・ニッポン総合戦略
　⑷バイオ燃料基準と環境保護主義
3　バイオ燃料貿易・生産の持続可能性
　⑴価格面での経済性
　⑵環境面での持続可能性
4　政策的含意
注
参考文献

はじめに

バイオマスエネルギーが，カーボンニュートラルな再生可能エネルギーの一つとして注目を集めている。サトウキビ，トウモロコシなどのエネルギー作物から製造されたバイオ燃料（バイオエタノールやバイオディーゼル）が，地球温暖化対策，エネルギーの安全保障，農村振興に貢献するとされ，各国政府は，利用数値目標を策定し，税制・補助金を用いて，導入促進を図っている。その結果，世界のバイオ燃料の最終消費量は，米国，ブラジル，欧州を中心に，2000年から2006年の間に2.5倍増加した。他方，2007年から2008年には投機に伴う原油価格の高騰がエネルギー作物の価格上昇をもたらし，バイオ燃料と食糧との競合が問題視された。また，エネルギー作物増産に伴う森林破壊，バイオ燃料生産のエネルギー収支の問題から，バイオ燃料が環境負荷の低いエネルギーであるとの前提も覆っている[1)]。

提出日2009年８月26日　　受理日2009年９月30日
＊1　教養学部人間環境学科社会環境課程准教授　　＊2　教養学部人間環境学科社会環境課程非常勤講師

このようなバイオ燃料見直しの状況にも拘わらず，日本は，京都議定書目標達成計画において，2010年までに50万キロリットルの輸送用バイオ燃料導入目標を提示した。先進工業国が，国産バイオマス燃料で自給できない以上，各国はバイオ燃料の輸入を増やすことになるが，これがバイオマス貿易興隆させると考えられる。

本稿では，南北バイオマス貿易に焦点を当て，まず，開発途上国がアグリビジネスとして先進工業国へのバイオ燃料を輸出していることを示し，バイオマス貿易の自由化と環境保護を巡る南北の貿易紛争について指摘する。そして，バイオマス貿易が環境悪化に結びつく可能性を，南北の双方の視点から検証してみたい。

1　バイオマス貿易の動向

(1) バイオマスの生産量と貿易量

バイオマスは，①化石燃料の代替燃料（substitutive），②膨大な賦存量（abundant），③カーボンニュートラル（carbon neutral）の特質，を持つために，再生可能エネルギーとして注目されている。そして，そのバイオマスを利用状況から分類すると，「廃棄物系バイオマス」（家畜の排泄物，食品廃棄物など），「未利用バイオマス」（稲わら，麦わら等），「エネルギー作物」（トウモロコシ，サトウキビ，なたね等）に三区分でき，バイオマスが豊富で安価に収集できる開発途上国には，バイオマス輸出拡大の可能性が見て取れる[2)]。

バイオマスの貿易動向を，既存の商品貿易の統計から把握することは困難であるが，IEA Bioenergy Task40： Sustainable International Bio-energy trade に依拠して概観を把握することはできる。熱量ベースで，2002年の世界のエネルギー需要43万3000PJ の11％をバイオマスエネルギー（4万7000PJ）が占めているが，この大半は，開発途上国における薪炭など伝統的なバイオマスエネルギーである。

他方，2006年の世界のエネルギー需要（50万 PJ）に占めるバイオマス貿易は1010PJ と需要の0.002％に過ぎない（表１参照）。2004年の品目別の貿易量をみると，生産量に占める比率は，用材（産業用木材）31.3％，紙・段ボール紙31.4％，パーム油62.2％，木質ペレット25.0％と伝統的な木材，紙・段ボール紙が輸出の中心となっており，バイオ燃料はほとんどない。しかし，2004年から2006年のバイオマス貿易の増加率をみると，伝統的な用材，チップといった間接貿易の量は９％増，エタノール78％増，バイオディーゼル350％増，木質ペレット100％増，パーム油100％増と大幅に貿易量を拡大している[3)]。

ここで，増加しているバイオエタノールの貿易について，国連の UN － COMTRADE データベースを用いて，貿易額を時系列的に整理しておこう。商品貿易の統計は，HS 条約に基づき，国際貿易商品の名称および分類を統一した HS コード（Harmonized Commodity Description and Coding System）によって作成されている。しかし，バイオ燃料貿易は，次の理由から統計上不正確さが伴う。第一に，HS コードには，バイオ燃料であることを判断する指標が存在しない。第二に，トウモロコシなどエネルギー作物の用途は，食糧・飼料か，燃料かが判別できない。そこで，バイオエタノールについては，HS コード（HS2002）2207.10エ

表1　バイオマス貿易（単位：PJ）

	2004	2005	2006
間接貿易	**580**	**640**	**630**
丸太用材	450	490	480
チップ	130	150	150
直接貿易	**230**	**310**	**380**
エタノール	90	160	＞160
バイオディーゼル	＞2	＞9	＞9
薪	40	40	40
木炭	20	20	20
木質ペレット	30	40	60
パーム油	30	40	＞60
合計	**810**	**950**	**＞1010**

出所　Junginger Martin（2009）より作成。

チルアルコール（変性させていないものでアルコール分が80%以上のもの）を見てみると，その輸出額は，2002年の9.1億ドルから2006年36.7億ドルに大幅に増加している。これは欧米のバイオ燃料政策の影響が大きいが，2007年の国別貿易額の割合は，輸出はブラジルが44.9%を占め，輸入は米国26.2%，オランダ12.3%，ドイツ7.8%，オランダ7.2%と先進工業国である。エチルアルコールは，128カ国が輸入しているが，総輸入額の86.3%が OECD 諸国であり，開発途上国から先進工業国へのバイオ燃料輸出の拡大が窺われる。

（2）バイオ燃料貿易と今後の動向

米国の食糧農業政策調査研究所（FAPRI： Food and Agricultural Policy Research Institute）（2008）は，バイオ燃料について，世界と主要国の国内生産・消費量，貿易量，価格を試算している。この試算では，バイオエタノール貿易量は2007年の10億8000万ガロンから2017年には36億1500万ガロンに増加すると予測している。国別では，2007年は，ブラジルと中国が輸出国で，米国，日本，韓国，カナダ，EU など先進工業国が輸入国である。ブラジルは輸出供給能力が高く，2007年の 8 億6600万ガロンから2017年には，35億9100万ガロン（世界貿易額の99%）に拡大するとしている。輸入は，米国が2007年で 4 億700万ガロンと世界貿易額の38%を占め，2017年の輸入量は22億2300万ガロン（世界貿易量の61%）に達すると試算している。

バイオディーゼルについては，2007年の EU の輸入量は，世界の41%相当の1億1900万ガロンで，今後のディーゼル車の普及とバイオ燃料促進政策によって，2017年の輸入量は 4 億2900万ガロン，世界の輸入量の71%に相当すると試算している。日本は，2007年の輸入量が6700万ガロンで，ディーゼル車の抑制から，2017年は6300万ガロンと低迷するとされる。他方，輸出国は，アルゼンチン，ブラジル，インドネシア，マレーシアなど開発途上国が中心となる。

以上から，バイオマス貿易は，次のような特徴が見て取れる。

①世界最大のバイオエタノール生産国であるブラジルから米国，日本へのエタノールの輸出

②東南アジア，南米から米国を経由した欧州へのバイオディーゼルの輸出

③マレーシアからオランダ，英国へのヤシ油の輸出
④カナダ，東欧，ブラジルからスウェーデン，ベルギー，オランダ，英国への木質ペレットの輸出

2　国・地域別のバイオマス貿易のフローと政策的背景

(1) 拡大する米国とブラジルのバイオエタノール貿易

米国ではブッシュ政権下において，エネルギー自給と中東依存脱却を意図して，2005年にエネルギー政策法が制定され，バイオエタノール使用を義務付ける再生可能燃料基準が設けられた。その後，2007年の大統領の年頭一般教書演説において，Twenty in Ten と称し，今後10年間でガソリン消費量を20%削減することを目指すとした。2007年12月にはエネルギー・独立安全保障法が制定され，国家燃費基準の改善（2020年までに40%改善），再生可能燃料基準の拡大（2008年90億ガロンから2022年までに360億ガロンに増加）が盛り込まれた。

2006年以降，米国では食糧と競合しないエネルギー作物でエタノールを製造する政策を明確にしている。2006年１月に提唱した「先端エネルギー・イニシアティブ」の中では，セルロース系原料のバイオエタノール製造技術開発を推進するため，研究開発予算を１億5000万ドルに大幅に増やすと表明した。そして，セルロース系原料のエタノール導入目標が，2022年までの再生可能燃料基準360億ガロンの約半分に相当する160億ガロンとなった。2008年農業法案では，セルロース系エタノールへの消費税控除措置（１ガロン当たり１ドル１セント）を新設する一方で，エタノールのガソリンへの混合を促進するために導入した消費税控除措置を2009年１月から１ガロン当たり６セント減額して45セントとすることが盛り込まれた。

米国では，2005年のエネルギー政策法を制定した翌年からバイオエタノールの輸入量が急増し，2005年の１億3460万ガロンから2006年には６億5330万ガロンに約４倍増となった（表２参照）。しかし，米国のバイオエタノール生産が拡大しても，消費の増加に生産が追いつかない状況が見込まれている。そして，穀物・食糧価格への影響や飼料価格高騰で打撃を受ける畜産・食品業界からの批判を踏まえると，セルロース系エタノールの開発を進めざるをえない。

このように，再生可能燃料基準の目標は，今後のセルロース系エタノールの技術開発に依存することとなるが，米国の財政赤字拡大のなかで，バイオ燃料増産に多額の補助金や開発資金を投入し続けるのは困難な状況になっている。つまり，米国がバイオ燃料の消費を拡大しようとすれば，バイオ燃料の輸入は拡大することになる。実際，2008年12月，米国エネルギー情報局は，セルロース系エタノールの生産が進まない以上，バイオエタノールの輸入増加によって2030年の360億ガロンの目標を達成するしかないと述べている。

米国のバイオエタノールの主な輸入先は，ブラジルで，輸入額に占めるブラジルの比率は，2006年66.4%，2007年44.3%と高く，それに，コスタリカ，エルサルバドル，ジャマイカ，トリダードトバコといった中南米諸国が続いている。また，2007年から中国からのバイオエタノール輸入が開始された（表３参照）。

元来，米国は中南米諸国とのエネルギー協力を深めてきた経緯がある。ブッシュ前大統領は，

表2　米国のバイオエタノール需要（単位：百万ガロン）

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
国内生産	2,130	2,800	3,400	3,904	4,855	6,486	9,237
輸入	45.5	60.9	159.9	134.6	653.3	429.9	556
輸出	n/a	n/a	n/a	7.99	n/a	n/a	n/a
在庫変化	−91	39	−31	−17.98	108.1		
需要	2,085	2,900	3,530	4,049	5,377	6,847	9,637

注）2007年，2008年の生産量，輸入量の統計は，年別・月別統計の合計値。
出所）Renewable Fuels Association（http://www.ethanolrfa.org/industry/statistics/）より作成

表3　米国の国別バイオエタノール輸入（単位：百万ガロン）

	2002	2003	2004	2005	2006	2007
ブラジル	0	0	90.3	31.2	433.7	188.8
コスタリカ	12.0	14.7	25.4	33.4	35.9	39.3
エルサルバドル	4.5	6.9	5.7	23.7	38.5	73.3
ジャマイカ	29.0	39.3	36.6	36.3	66.8	75.2
トリニダードトバコ	0	0	0	10.0	24.8	42.7
カナダ						5.4
中国						4.5
合計	**45.5**	**60.9**	**159.9**	**134.6**	**653.3**	**429.2**

出所）Renewable Fuels Association（http://www.ethanolrfa.org/industry/statistics/）より作成

2007年3月の南米諸国歴訪の際，ブラジルのルラ大統領と会談し，エタノールの国際基準の設定，中米・カリブ地域等におけるエタノール生産技術普及に係る覚書（MOU）を取り交わした。

この覚書には，第一に，ブラジルとのバイオ燃料研究開発の促進，第二に，米国とブラジルが協力して，他の国に対して，サトウキビ生産とエタノール精製の技術協力を行うこと，第三にバイオ燃料国際基準の策定が盛り込まれていた。

米国とブラジルのバイオ燃料貿易については，米国が1ガロン54セントの追加関税（燃料用には，エタノール2.5%，変性アルコール1.9%の従価税に追加される）を課しているため，この関税率を巡る問題が今後の争点になる。自由貿易協定を締結したブラジル以外の国中南米諸国との間の関税は，回避することができる。そこで，オバマ大統領は米州エネルギー・パートナーシップを提唱したが，ブラジルは，関税引き下げを要求した。

したがって，米国におけるバイオ燃料の国内需給ギャップ，気候変動問題への対応と再生可能エネルギー導入の拡大，食糧以外のエネルギー作物からのエタノール開発の技術と予算，エネルギー安全保障の問題（中東依存脱却），バイオ燃料支援の財政負担（OECD試算では2007年のバイオ燃料財政支出は35億ドル）を考慮すると，ブラジル，ジャマイカ，エルサルバドルなどの中南米諸国とのバイオ貿易が拡大すると予測できる[4)]。

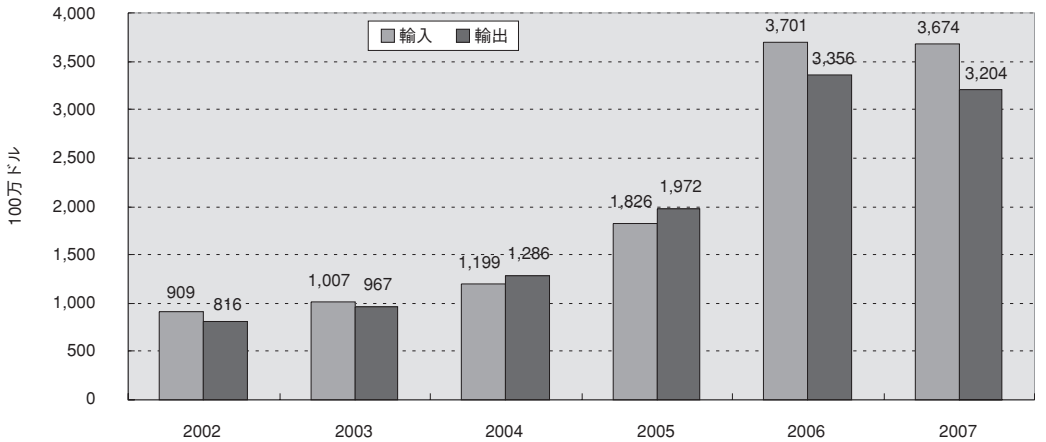

図1 世界のエタノール貿易額の推移

出所）UNCOMTRADE（http://comtrade.un.org/db/）より作成

（2）米国を通じた東南アジア・南米から EU への貿易

米国は，ブラジルに次ぐバイオエタノール生産国であるが，バイオディーゼルの生産は少ない。それにも拘わらず米国からの輸出が拡大している理由は，東南アジアや中南米で生産されたバイオディーゼルが米国を経由して EU に輸出されているためである。

HS コードを用いているため，バイオディーゼルに特定した統計ではないが，貿易額は輸入が対前年比で，2007年は2.5倍，2008年は3.2倍，輸出が対前年比で，2007年は1.3倍，2008年は2.4倍に増加している。地域別では，EU27向けの輸出が2008年は62%を占め，輸入元は東南アジア34%，南米53%であった（図２，図３参照）。

この背景には，米国のバイオ燃料関連税制が影響している。米国は，2004年10月に発行した2004年雇用創出法の第6426条で，2006年末までの間，バイオディーゼル混合油に含まれる植物由来のバイオディーゼルについて，１ガロン当たり1ドルの税控除を受けられることとした。財務省内国税歳入局は2005年８月の通達第2005-62号においてバイオディーゼル混合油の定義を「石油系ディーゼルを最低0.1容量%含むもの」とし，2005年８月に発効したエネルギー政策法第1344条で，税控除の期限を2008年末にまで延期した。

このようなバイオ燃料促進政策の結果，アジアや南米で生産されたバイオディーゼルを輸送するタンカーが米国に立ち寄り，0.1%の石油系ディーゼルを注入（スプラッシュ）し，税控除を受けたうえで，バイオディーゼル混合油 B99として，EU に向けて出航（ダッシュ）する。つまり，スプラッシュ・アンド・ダッシュによって，開発途上国で生産された安価なバイオディーゼルが，米国で税控除を受け，EU に流入したのである[5)]。

こうした措置に対して，2008年４月29日に欧州バイオディーゼル委員会（EBB： European Biodiesel Board）は欧州委員会に申し立てを行い，これを受けて，EU は，2008年６月13日に，アンチ補助金とアンチダンピングの調査を行うとした。結果は2009年３月13日までに暫定調査結果を作成し，その結果を EU 加盟国に対して提示し，措置の妥当性が認められた場合，補

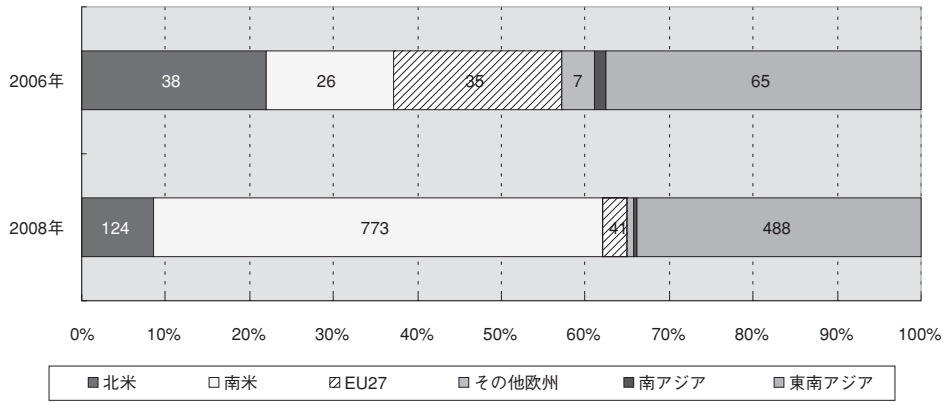

図 2　米国のバイオディーゼル地域別輸入額

注）数値は100万ドル。
出所）Foreign Agricuitural Service FAS online
（http://www.fas.usda.gov/fassearch.asp）より作成

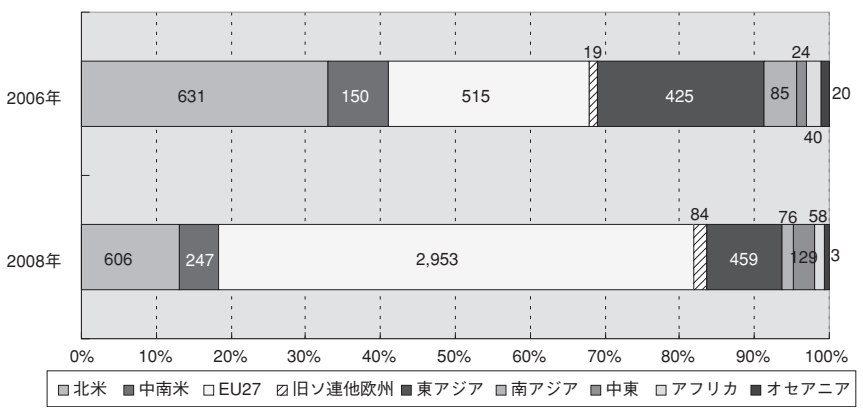

図 3　米国のバイオディーゼル地域別輸出額

注）数値は100万ドル。
出所）Foreign Agricuitural Service FAS online
（http://www.fas.usda.gov/fassearch.asp）より作成

助金に対する相殺関税，アンチダンピング税が課せられることとなった。この結果，EU は米国から輸入されるバイオディーゼルに対して，暫定的（2009年３月13日から４ヶ月間）にアンチダンピング税と補助金相殺関税を適用することとなった。欧州委員会によると，補助金相殺関税は１トン当たり211.20ユーロから237.00ユーロ，アンチダンピング税は23.60ユーロから208.20ユーロの間に設定される。また，確定関税については，暫定期間中に適用の可否を検討し，最終的な加盟国に対して勧告することとなる。

（3）日本の京都議定書目標達成計画とバイオマス・ニッポン総合戦略

日本については，2002年12月27日に閣議決定されたバイオマス・ニッポン総合戦略において，

①地球温暖化防止，②循環型社会の形成，③農林漁業・農山漁村の活性化，④競争力ある戦略的産業の育成等の観点から，2010年までに廃棄物系バイオマス全体の80%，未利用バイオマス全体の25%を利活用するという目標とバイオマスの利活用推進に係る具体的な取組みや行動計画が示された。そして，バイオマスエネルギーは，「電気事業者による新エネルギー等の利用の促進に関する特別措置法（2002年法律第62号）」において，風力，水力などに加え，新エネルギーの一つとして位置づけられた。

2005年４月28日には，京都議定書目標達成計画が閣議決定され，そのなかで，一応の目安として，2010年に輸送用燃料における50万キロリットル（輸送用燃料全体約8600万キロリットルの約0.6%に相当）を含む，308万キロリットル（2006年は68万キロリットル）をバイオマス利活用するとした。2006年３月には「バイオマス・ニッポン総合戦略」の見直しが行なわれ，国産バイオマス由来燃料の利用促進，未利用バイオマス活用等によるバイオマスタウン構築の加速が盛り込まれた。

安部首相（当時）は2006年９月の所信表明演説と2007年１月の第166回通常国会の施政方針演説のなかで，京都議定書目標達成計画の着実な推進と自動車燃料としてバイオエタノールを利用する方針を明確にした。2006年５月には，環境省に設置されたエコ燃料利用推進会議が，「輸送用エコ燃料の普及拡大について」を取りまとめた。ここでは，輸送用バイオマス燃料導入量の目安として，2010年に原油換算で50万キロリットルのうち，国産バイオエタノールは約３万キロリットルとして，不足分は輸入で対応すること，国産バイオエタノールの長期的供給可能量として，63万～123万キロリットルとすることを示した。

2006年７月に策定された経済成長戦略大綱（財政・経済一体改革会議決定）では，「バイオマスエネルギーの導入加速化」および「運輸エネルギーの次世代化」の実現に向けた行程表が示された。そのうえで，バイオ燃料の利用率を高めるため，バイオマス・ニッポン総合戦略推進会議において，「国産バイオ燃料の大幅な生産拡大」が取りまとめられた。その中で，2007年12月時点における国内の廃棄物系バイオマスの賦存量は２億9800万トン，利用率72%，未利用バイオマスの賦存量は1740万トン，利用率22%に達し，未利用部分のエネルギーは原油換算で1400万キロリットル，エネルギー作物では原油換算で620万キロリットルの潜在的なエネルギーがあると試算し，国産バイオ燃料の大幅な生産拡大の可能性は十分にあるという分析が示された。そして，当面（2010年頃）の目標として，50万キロリットル（原油換算３万キロリットル）との数値目標が示され，中長期的（2030年頃まで）の目標としては，600万キロリットル（原油換算360万キロリットル）に国産バイオ燃料の大幅な生産拡大を図ることとされた。しかしながら，農林水産省の試算には，稲わらの収集・運搬，エタノールを大量に生産できる作物の開発，稲わらや木材からエタノールを大量に生産する技術を開発・活用し，他の燃料や国際価格において競争力を有することが前提とされている。つまり，日本の京都議定書目標達成計画とバイオマス・ニッポン総合戦略が目標とするバイオ燃料の導入量を達成するためには，2006年の「輸送用エコ燃料の普及拡大について」が言及するとおり，外国からの輸入に一定程度依存せざるをえない。実際に，OECD-ITF（2008）の報告によれば，日本のバイオエタノールに対する関税は，27.2%から20.3%に引き下げられている。また，クリーン開発メカニズム

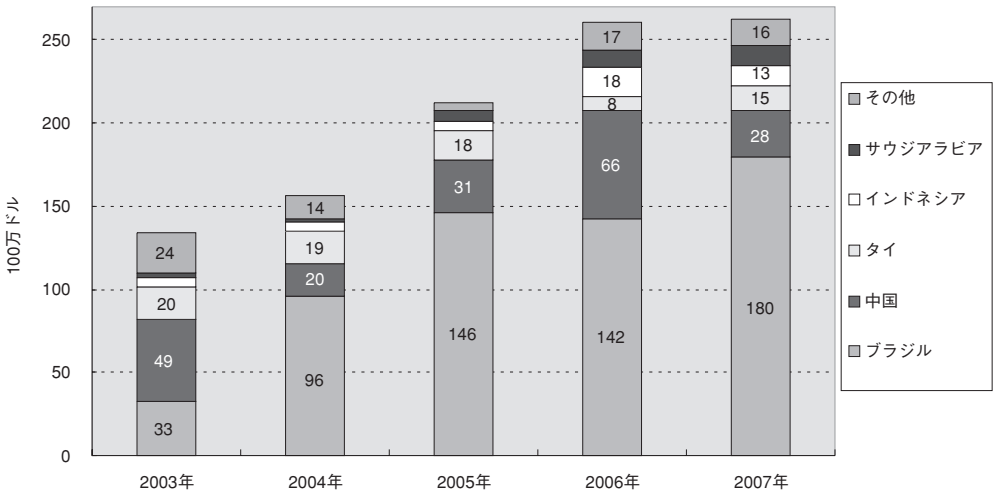

図 4　日本のエタノール輸入額の推移

注）HS2002　コード220710（エチルアルコールで変性させていないものでアルコール分が80%以上のものに限る）の数値を集計。ブラジル，中国，タイ，インドネシア，サウジアラビアは，2003－2007年の合計輸入額が大きかった上位５カ国。

出所）国連 COMTRADE（http://comtrade.un.org/db/）より作成

（CDM）を通じて日本からブラジルにバイオ燃料生産に係る民間投資が流入している。この結果，エタノール貿易額は，2005年以降，２億ドルを上回るようになった。国別ではブラジルからの輸入が６～７割を占めるほか，中国からの輸入も増加する傾向を示している（図４参照）。

さらに，農林水産省国際バイオ燃料基準検討会議は，「バイオ燃料の持続可能性に関する国際的基準の検討に向けた我が国の考え方について」のなかで，「開発途上国においては，農地の開墾等が必要な場合もあることから，土地利用変化，炭素ストック，森林減少については，開発途上国に一定の配慮をしつつ，バイオ燃料生産のための土地利用変化や森林減少について歯止めをかけるような基準・指標とすべきである」と指摘した。そして，日本は開発途上国からのバイオ燃料生産の環境影響を配慮するとして，その輸入を前向きに捉える姿勢をみせている。

つまり，日本政府は，バイオマス開発が，従来の食糧・木材供給だけでなく，開発途上国における農業の新たな可能性を示すものと期待し，地域活性化をもたらす新たなアグリビジネスのチャンスとして認識しているのである。しかし，バイオ燃料普及のためには，当面，輸入に依存せざるをえず，開発途上国におけるバイオ燃料生産の環境影響を重視せずに，関税引き下げ，輸入拡大を行おうとしている。

（4）バイオ燃料基準と環境保護主義

マレーシアは，2006年３月に「国家バイオ燃料政策」を公表し，パーム油を原料としたバイオディーゼルの輸送用燃料と産業用燃料へのＢ５の導入を目標とし，生産技術の開発，輸出

向けプラントの整備を促進し，輸出を2006年の３億1800万トンから2007年の４億8500万トンに153%増加させた。2007年の主な輸出国はオランダ41%，米国28%となっている。同様に，インドネシアでは，2005年の「国家エネルギーマネジメント計画」において，パーム油を原料としたバイオディーゼルの利用量を2025年に470万キロリットルとする目標を掲げて増産を図り，輸出を拡大している。また，インドや中国においてはジェトロファ（セルロース系エネルギー作物）を使用したバイオディーゼルの増産を開始し，パーム油について，EU では，マレーシア，インドネシアなどから360万トンの輸入を見込んでいる。

このように開発途上国では，バイオ燃料生産を，新たなアグリビジネスとして，先進工業国への輸出を拡大させているが，バイオ燃料やその原料となるエネルギー作物を増産するために，熱帯林を農地に転換し，泥炭層を燃焼させるなど土地改変が拡大し，それが二酸化炭素の排出増加，生物多様性の喪失など，環境悪化を引き起こしていることが指摘されている。

EU は，2020年における輸送用エネルギーの10%をバイオ燃料とする指令を維持したまま，食糧の安全保障，環境影響評価に配慮することを決めたが，2007年の国連の報告書を受けて，再生可能エネルギー利用促進指令によって，高い生物多様性価値が認められる土地，炭素を多量に蓄積している土地（泥炭地・湿地）など，土地利用に関するバイオ燃料の持続可能性基準の原案を公開した。

このバイオ燃料の持続可能性基準は，バイオマスの生産工程にまで踏み込んだもので，開発途上国にとって，先進工業国による環境保護を理由とした貿易制限として受け取られ，バイオマスの南北貿易が，貿易自由化と環境保護を巡る新たな紛争を引き起こすとも考えられる。実際，2008年に EU が策定したバイオ燃料基準に対して，アルゼンチン，ブラジル，コロンビア，マラウィ，モザンビーク，シエラレオーネ，インドネシア，マレーシアが土地利用などの基準が不公正な貿易障壁であると批判し，WTO への提訴も辞さないとする文書に調印した[6]。

3　バイオ燃料貿易・生産の持続可能性

（1）価格面での経済性

トウモロコシなどエネルギー作物を原料にしたバイオ燃料の生産が，食糧価格を高騰させ，アフリカなどでの食糧危機の一因になったとして，次世代バイオ燃料のセルロース系の非食糧を原料としたバイオ燃料の導入が注目されている。しかし，2008年版 FAO 食糧農業白書のなかでも，インドの非食糧のエネルギー作物のジェトロファについて大量生産に伴う土地利用の変化と環境影響が懸念されている。先進工業国から開発途上国に向けたバイオ燃料貿易の規模を拡大しようとする状況で，土地が安価で労働が豊富な開発途上国が，バイオ燃料を新たなアグリビジネスとして，輸出を拡大しようとする思惑が，環境悪化をもたらしているというのである。

先進工業国がバイオ燃料を普及促進するためには，輸入に依存するしかないが，これは，先進工業国におけるバイオ燃料生産費の問題が背景にある。第一に，バイオ燃料の純生産費がガソリン純価格より安い国は，ブラジルのトウモロコシを原料としたエタノールのみで，米国の

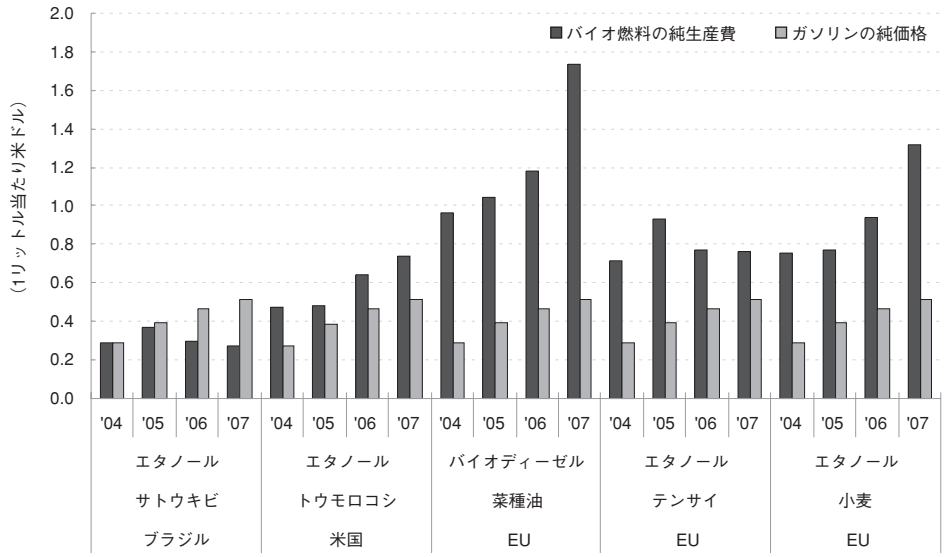

図5　バイオ燃料生産費とガソリン価格の比較

出所：OECD-FAO（2008）*Agricultural Outlook* 2008-2017より作成

エタノール（トウモロコシ原料）は2007年で1.4倍，EUのバイオディーゼル（菜種原料）は同年で3.4倍と高価で，ガソリン純価格よりもバイオ燃料純生産費の方が高い。バイオ燃料生産の拡大によって，バイオ燃料生産費が低下しているのは，ブラジルのサトウキビ原料のエタノールのみである。したがって，欧米では，バイオ燃料生産費とガソリン価格の差額以上に税・補助金を投入することによって，バイオ燃料が市場性を持つようになった。つまり，政策的支援がなくなれば，バイオ燃料は普及しないといえる。

さらに，2004年から2007年にかけてのガソリン価格高騰期には，エネルギー作物の価格も高騰し，バイオ燃料生産費も同様に大幅に上昇した。米国では2004年から2007年にかけてガソリン価格は1.8倍，バイオ燃料生産費（トウモロコシ原料）は1.5倍，EUでは各々1.7倍，1.8倍（菜種原料）に上昇している（図5参照）。したがって，バイオ燃料の普及促進政策の結果，原油の中東依存脱却・エネルギー源の多様化・エネルギー安全保障には貢献できたとしても，ガソリンの方が安価であること，バイオ燃料を増産しても生産費が低下しないこと，エネルギー作物の価格水準を踏まえると，ガソリンの代替燃料としてのバイオ燃料の経済的有効性には疑問が残る。

（2）環境面での持続可能性

バイオ燃料政策を推進するに当たって考えなければならないことは，低炭素社会の形成が求められるなか，バイオ燃料がアグリビジネスとして発展し，貿易を通じてグローバルに取引されることが，気候変動問題への対応につながるのかという基本的な問題を検討することであろう。

バイオ燃料の環境面での持続可能性については，2008年の洞爺湖サミット以降，先進工業国によるバイオ燃料の環境基準の策定が進められている。しかし，開発途上国には，バイオ燃料の生産工程にまで踏み込んだ環境基準の策定に反発する動きもみられ，環境基準が，輸入国の国内産業（農業，バイオ産業）保護のための環境保護を名目にした非関税障壁となるとして，その基準のあり方を巡って論争が拡大している。

南北バイオ貿易紛争の具体例として，2008年の EU 再生可能エネルギー利用促進指令がある。この指令は，原案の段階から EU のバイオ燃料基準が，環境保護的措置として開発途上国が反発した。EU は2020年に輸送用燃料の10%をバイオ燃料とする目標を達成するため，バイオ燃料は輸入に依存せざるを得ないという状況も踏まえて，その17条でバイオ燃料の持続性基準が規定された。そして，2008年 1 月以降に生産されるという時期を明記したうえで，バイオ燃料の土地利用（泥炭地，草地，自然保護地，高度な生物多様性を有する土地，森林地区）に言及した。また，温室効果ガス削減についても，2017年以降，バイオ燃料の使用に伴う温室効果ガスは化石燃料に比して50%以上削減（2017年以後に新たに生産するものは60%）という規定を設けた。[7)]

バイオ燃料の環境基準は，バイオ燃料を生産する際の直接的土地利用の変化の温室効果ガス排出への影響に加え，今後は貿易なくしてバイオ燃料政策が持続しないことを踏まえると，国境を越えて数千キロ移動するという収集・運搬に係るマイレージの議論を加える必要がある。つまり，貿易のマイレージを加えたバイオ燃料のライフサイクルアセスメントによって，エネルギー収支の議論をすることが重要となろう。米国農務省の Shapouri *et al.*（2004）では，2001年のデータを使って，1 ガロンのエタノールの生産に 4 万5802Btu （Btu = 1 ポンドの水の温度を華氏度で 1 度上げるのに必要な熱量のエネルギー，253cal 相当）が必要であるが，生成エタノールが生み出すエネルギーは 3 万528Btu であり，エネルギー収支は 1 万5274Btu に相当するとした（表 4 参照）。トウモロコシ由来のバイオエタノールのエネルギー算出・投入の比率，すなわちエネルギー収支比率は40%になると結論している。そして，この 5 年間でエネルギー効率がほぼ 2 倍に高まっているのは，技術革新のためであり，バイオエタノール生産を奨励する米国のバイオ燃料開発政策の正当性を主張したのである。

他方，米国農務省の研究結果とは逆に，米国コーネル大学は，エタノールの製造によってエネルギー損失が生じることを主張している。Pimentel and Patzek （2005） は，1 ガロン相当のエタノールを生み出すためにトウモロコシ生産に，化学肥料 1 万5333Btu，化石燃料6733Btu など合計 3 万7890Btu のエネルギー投入が必要である。そして，トウモロコシからエタノールを生成するために熱，電力など 5 万6411Btu のエネルギー投入も必要であるが，エタノール以外の生成に要するエネルギー6685Btu を控除すると，トウモロコシ由来のエタノール生産に要した総エネルギー投入は 9 万2482Btu と試算できる。エタノール 1 ガロンのエネルギー産出は 7 万6330Btu であるから，エネルギー収支は差し引き 1 万6152Btu のマイナスとなると結論した（表 4 参照）。

バイオエタノール生産のエネルギー収支がマイナスであれば，生産に大量の化石燃料を必要とするため，米国の石油や天然ガスの輸入増大には貢献しても，エネルギー安全保障・農業・

表 4　バイオ燃料生産に伴うエネルギー収支の比較

	Shapouri *et al.*（2004）		Pimentel and Patzek（2005）	
	Btu/gal	構成比（%）	Btu/gal	構成比（%）
トウモロコシ生産	18,713	100.00%	37,890	100.00%
化学肥料生産	10177	54.4%	15333	40.5%
化石燃料・電力	6,474	34.6%	6,733	17.8%
農薬生産	1,106	5.9%	4,202	11.1%
農業機械	-	0.0%	4,753	12.5%
灌漑	-	0.0%	1,494	3.9%
エネルギー控除	−26,251		−6,685	
エタノール生産	49,733		56,441	
総エネルギー投入	45,802		92,482	
エネルギー産出	76,330		76,330	
エネルギー収支	30,528	40%	-16,152	-21%

（注1）Btu = 1 ポンドの水の温度を華氏度で 1 度上げるのに必要な熱量のエネルギーで253cal 相当
（注2）トウモロコシ由来のエタノール生産に伴って，エタノール以外の生産物にもエネルギー投入がなされている。そこで，エネルギー控除は，これを差し引いているのでマイナスとなる。
（注3）エネルギー収支の構成比は，エタノールの余剰エネルギー比率。
出所）MathPro（2005）table 2 より作成。

経済・環境の上で利益にならない。そして，30億ドルのバイオマス生産に対する米国政府の補助金は，水・大気・土壌の環境汚染を招くだけであり，補助金は農家ではなく，エタノール生産企業のためのものということになる。

エネルギー収支の試算方法は，米国農務省の Shapouri *et al.*（2004）では 9 州のデータを利用していたが，Pimentel and Patzek（2005）は全米50州のトウモロコシ生産のデータを用いており，農産物の生産（除草剤と化学肥料の生産，農耕機械の稼動，灌漑，粉砕，農産物の輸送），発酵，蒸留といった要素が加味されている。その結果，1 ヘクタール当たりのトウモロコシ生産とトウモロコシから生産されるエタノール双方の経費およびエネルギー投入を試算し，バイオ液体燃料の有効性が否定されたのである。

このように，バイオマス燃料生産に伴うエネルギー収支については，専門家の間でも，意見が分かれている。その理由は，バイオ燃料の生産工程で投入するエネルギーの計算方法によって結果が左右されるからである。しかし，エネルギー収支がプラスとなるとする研究についても，マイレージ，すなわちバイオ燃料を数千キロ輸送する際に投入するエネルギーを加味していない。

現段階では，バイオマス貿易拡大の環境悪化を抑制するためのバイオ燃料の環境基準策定に関心が集まっており，外交・通商交渉が展開されている。つまり，新たな貿易と環境を巡る問題として，エネルギー作物の生産に伴なう環境悪化，バイオ燃料との混合率などを含むバイオ燃料基準の策定，各国のバイオ燃料に対する補助金・関税率が，WTO のラウンドあるいは二国間・多国間の自由貿易協定交渉における争点になりつつある。しかし，エネルギー収支，マイレージを考慮すると，バイオ燃料生産が環境を悪化させる可能性が高く，この持続可能性がより大きな問題といえる。

4 政策的含意

先端技術を用いてバイオマスを資源エネルギーとして活用するとして，世界が競うようにしてバイオ燃料の普及促進政策を導入してきた。しかしながら，2008年秋以降，不況の深刻化から，先進工業国におけるバイオ燃料政策に多額の財政支出（減税，補助金交付）を継続できるかは不透明であり，先進工業国が再生可能エネルギーの普及を進めるためには，バイオ燃料を開発途上国から輸入するしかない状況にある。

バイオ燃料の貿易拡大は，開発途上国にとっては新たなアグリビジネスチャンスとなる一方で，先進工業国にとっては，自国の産業保護と開発途上国の環境保護が求められる。そこで，先進工業国が発展途上国にバイオ燃料の環境基準設定を求めれば，開発途上国にとって，非関税障壁として，貿易紛争の契機になる可能性がある。

バイオマス貿易が拡大したことで，貿易の環境基準を策定する必要性が高まったが，これはバイオ燃料の生産工程にかかわるエネルギー収支，エネルギー作物の生産に伴う土地改変が議論されるべきことを示している。しかし，バイオマス貿易を論じる場合，南北の間でバイオ燃料が移動するという点だけが注目されてしまい，開発途上国におけるエネルギー作物の生産とバイオマス燃料生産という工程は，先進工業国の視野から離れてしまっている。

エネルギー作物の生産には，肥料・農薬，農業機械などの投入，灌漑整備，作物運搬，バイオ燃料への加工が必要であるが，この工程で投入されるエネルギーが，バイオ燃料から得られるエネルギーを上回る可能性が十分に残っている。つまり，エネルギー収支が，マイナスとなり，バイオ燃料の生産･使用は，「地球にやさしい」ことにならないという指摘である[8)]。しかし，バイオマスが開発途上国で生産されることで，それを輸入した先進工業国は，バイオ燃料の普及，エネルギー代替の促進に関心を集中している。生産工程の問題，LCA（ライフサイクルアセスメント）は，開発途上国の側にあるために，先進工業国では，需要側だけが問題になっているのである。

バイオマス貿易の場合，バイオ燃料の生産が開発途上国で行われるために，先進工業国では，その最終消費段階だけ，あるいは燃料の輸入だけに注目している。そこで，輸入バイオ燃料は，バイオマスエネルギーのもつカーボンニュートラルな性質を満たす再生可能エネルギーとして位置づけられるが，外国における生産工程が捨象され，暗黙のうちに，エネルギー収支の問題が考慮されなくなる。換言すれば，バイオマス貿易の興隆が，自由貿易と環境保全を軸とした法律問題あるいは環境基準の問題となり，バイオ燃料生産のエネルギー収支の問題を等閑視する傾向を生み出した。

バイオ燃料生産には，エネルギー作物の増産に伴う土地改変だけではなく，作物生産・運搬に伴うエネルギー投入（マイレージ），作物を燃料に転換するためのエネルギー投入が必要である。輸入バイオ燃料を消費する場合，このエネルギー投入は外国でなされたものであり，輸入国のエネルギー投入ではない。そのため，バイオ燃料輸入国では，化石燃料を代替することによって，京都議定書における温室効果ガス排出削減につながる反面，バイオ燃料生産国では，

エネルギー収支がマイナスになる場合，温室効果ガス排出増加を引き起こしてしまう。

バイオマス貿易の興隆は，バイオ燃料を生産から消費への，供給から需要への問題へと変化させ，先進工業国では，バイオ燃料のエネルギー収支がマイナスになる可能性を論じる機会が失われつつある。再生可能エネルギーとして，バイオマスを位置づけるためには，バイオマス貿易だけではなく，バイオ燃料の生産工程という供給面，特に開発途上国におけるバイオ燃料のエネルギー収支を重視すべきであると考えられる。

注

1）本稿では，バイオ液体燃料を総称してバイオ燃料（biofuel）という。なお，国際エネルギー機関（IEA）では，運輸部門に利用するバイオ液体燃料をバイオ燃料と定義している。

2）バイオマスエネルギーの分類や主要国の政策については，鳥飼行博・万城目正雄（2009）参照。オバマ政権においても，ブラジルとのバイオエタノール貿易拡大路線は発展するとみられる。オバマ大統領とルラ大統領は 2009 年 1 月 26 日の電話会談において，オバマ大統領は米国がバイオ燃料に関してブラジルとの協力を前進させると述べたという（2009 年 1 月 26 日ロイター）。

3）IEA Bioenergy Task40：Sustainable International Bio-energy trade の研究成果は，Junginger Martin *et al.*（2008）参照

4）バイオ燃料に関する米国の対ブラジル外交については，内田充（2007），米国国務省ホームページ（2007 年 3 月 22 日 U.S-Brazil Biofuels Pact Has Broad Significance），Council on Hemispheric Affairs（2009 年 2 月 11 日 The Future of U.S.-Brazil Energy Relations: An Opportunity for Change, or More of the Same ？）ホームページ参照。

5）スプラッシュ・アンド・ダッシュについては，Carriquiry, Miguel and Babcock, Bruce A.（2008），米国の関係法令については，平成 20 年 2 月 7 日付け PEC 海外石油情報（ミニレポート）「PISAP ミニレポート 2007-026，JAS 情報」2009 年 1 月 pp.15-18 参照。問題は，価格が安価なため，「EU のバイオディーゼル製造会社が仕入れる原料よりも低価格で B99 が販売されることもあった」点である（ロイター 2009 年 12 月 3 日）。価格が安価な理由は，マレーシアやアルゼンチンなどで製造されたバイオディーゼルがこの税控除を受けていることが影響している。アルゼンチンが 2007 年に約 30 万トンのバイオディーゼルを輸出し，そのうち 75％は米国向けだが，しばしば再輸出され，25％が直接 EU に輸出されたという（ロイター 2008 年 1 月 24 日）。

6）アジアでのバイオ燃料に対する取組については，環境省「輸送用エコ燃料の普及拡大について」，環境省「輸送用エコ燃料に係る海外の取組み状況について」参照。EU のバイオ燃料基準に対する開発途上国の対応については 2008 年 11 月 6 日ロイター参照。EurActive.com は Biofuels, Trade and Sustainability （2009 年 3 月 11 日）のなかで，EU のバイオ燃料の持続可能性基準は Green Imperialism（緑の帝国主義）であるとみなしている。

7）EU の再生可能エネルギー促進指令（2008 年 12 月 17 日）は，http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do ? pubRef = -//EP//TEXT + TA + P6-TA-2008-0609 + 0 + DOC + XML + V0//EN & language = EN # BKMD-1 参照。

8）バイオ燃料のエネルギー収支については，鳥飼行博（2007）pp.282-291，鳥飼行博・万城目正雄（2008）参照。

参考文献

内田充（2007）「食料政策に波紋を投じたブラジル・米国のエタノール外交」『季刊国際貿易と投資』Summer 2007/No.68 pp.93-102

鳥飼行博（2007）『地域コミュニティの環境経済学－開発途上国の草の根民活論と持続可能な開発』多賀出版

鳥飼行博･万城目正雄（2009）「バイオマスエネルギーの新利用形態の将来性」『経済政策ジャーナル』第 6 巻第 2 号

鳥飼行博・万城目正雄（2008）「バイオマス開発の持続可能性――バイオ燃料のエネルギー収支からみた政策的含意」『東海大学紀要 教養学部』第 39 輯

Carriquiry, Miguel and Babcock, Bruce A.（2008）"Splash and Dashing Biodiesel", *Iowa Agricultural Review,* Fall 2008

Food and Agricultural Policy Research Institute（2008）*FAPRI 2008 Agricultural Outlook*

Junginger Martin（2009）"State of biomass trade and barriers to overcome", Eurobionet Ⅲ workshop, Brussels, 12 March 2009

Junginger Martin, *et al*.（2008）"Developments in International Bioenergy Trade", *Biomass and Bioenegy*, 32, 2008

Kaditi Eleni A.（2008）"Bio-energy policies in a global context" *Journal of Cleaner Production* xxx, pp.1-5

MathPro（2005）"*The Net Energy Value of Corn Ethanol: Is it positive or negative?*" MathPro Inc. Maryland

OECD（2008）*Biofuel Support Policies An Economic Assessment*

OECD-FAO（2008）*Agricultural Outlook 2008-2017*

OECD-ITF（2008）*Biofuels:Linking Support to Performance*

Pimentel, David and Patzek, Tad W.（2005） "Ethanol Production Using Corn, Switchgrass, and Wood; Biodiesel Production Using Soybean and Sunflower", *Natural Resources Research*, Volume 14, Number 1

Shapouri, Hosein *et al*.（2004）"The 2001 Net Energy Balance of Corn-Ethanol", *Proceedings of the Conference on Agriculture as a Producer and Consumer of Energy*, Arlington, VA., June 24-25

USDA（2008）*Malaysia Bio-Fuels Annual 2008*, USDA Foreign Agricultural Service Gain Report

Abstract

The Energy Trade of Biofuel： Biomass Energy is Harmless to the Environment and have to Expand the Trade ？

Torikai Yukihiro and Manjome Masao

According to the IEA and OECD, the contribution of renewable energy including solid biomass energy to world energy supply in 2005 was over 1146 million of oil equivalent or just 10% of energy supply at that time while biofuels are interesting alternative energy resource for oil or coal.

Consumption of renewable energy in Japan has less than 1 % of the total consumption and the United States has about 6%, although consumes approximately 25% of global energy supply.

Biofuel is any fuel that is derived from recently living organisms or their metabolic byproducts, such as and manure from animals or biomass. Biofuels are products that can be processed into liquid fuels mainly for transportation. Bioethanol and biodiesel are two of the most common forms of biofuels in the world. Bioethanol is produced from energy crops such as corn, sugarcane, beet, sorghum and wheat. A new generation of 'lignocellulosic' bioethanol also includes products made by short rotation coppices and energy grasses. Biodiesel is made from seeds including soy, palm oil and coconut oil.

It is a renewable energy source and has the carbon neutrality when it burns, unlike other natural resources such as petroleum, coal, and natural gas, because biomass is a form of stored solar energy during it's growing. The solar energy is captured through the process of photosynthesis in increasing biomass. Hence the advantage of biofuel over most other energy is that it is biodegradable, and relatively harmless to the global environment if spilled.

Both nort and south of many governments have begun introducing policies to increase the proportion of biofuels within their energy portfolio. Worldwide production of biofuels is expected to quadruple in the next years, accounting for about 10 per cent of global motor fuel.

International trade in biofuels is expanding very rapidly, although only a small proportion of biofuel production currently enters international markets in developing countries. Many countries do not have the domestic capacity to supply their internal markets and other countries are expanding their biofuels production to fill the gap.

However developed countries do not have enough biomass to supply for internal economy and agricultural products such as sugar cane, corn, soybeans and palm oil are not able to be used as a biofuel. In developing countries biodegradable outputs from agriculture, forestry and households can be used; examples include straw, fire woods, rice husks, sewage, biodegradable waste, and food leftovers without adding energy. In the other hand, developed countries they are converted to biofuel or biogas imported from the developing countries.

Today much research is being done about the use of micro algae as an energy source, with

applications for biodiesel, ethanol, methanol, methane from biomass. And threefold increase in the price of corne or other crop has made it financially impossible for some refineries to continue producing biodiesel.