

**バイオ燃料 ～ 国際的視点からの考察～**

**長崎大学経済学部教授  
財務総合政策研究所特別研究官**

**成田 康郎**

**2008 年 6 月**

本論文の内容は全て執筆者の個人的見解であり、  
財務省あるいは財務総合政策研究所の公式見解を  
示すものではありません。

# バイオ燃料～国際的視点からの考察～

## 要旨

本論文は、バイオ燃料について、「諸国際機関からみたバイオ燃料」、「貧困削減とバイオ燃料生産」、「日欧における取組みの比較」、及び「アジア各国間の連携の必要性」といった、従来取り上げられることが極めて少ない観点を中心に分析したものである。対象とした国際機関は、OECD、IMF、ESMAP（世界銀行が運営）、及びEUであり、それぞれのペーパーの内容について、私見を加える。

また、インドにおけるジャトロファ生産が有する貧困削減効果の潜在性、EUという超国家的国際機構が主導する欧州に対して有機的な連携に乏しいアジア、アジア各国の有する潜在能力の高さ、アジア開発銀行に対する期待といった点を強調するほか、政府や国際機関における高度な文理間連携の必要性について言及する。

キーワード：バイオエタノール, バイオディーゼル, 第2世代バイオ燃料, ジャトロファ, OECD, IMF, ESMAP, アジア, EU, 貧困削減, 文理連携

JEL Classification : F59, O13, Q42

## 序 章

近年、バイオ燃料に対する注目度が著しく高まっている。単に温室効果ガス削減という観点のみならず、下記のような様々な切り口、及びそれらを複合させた観点が存在することが、その主因といえよう。

- 研究・開発内容が多岐にわたり、またそれらが徐々に進歩していること
- ほとんどの先進国のみならず、途上国での導入も進んでいること
- 国内での生産が小規模ながら各地で進んでいること
- 原油埋蔵量が有限であること
- エネルギー自給という効果が存すること
- 食料との競合から、食料価格上昇の一因とされること
- 原料増産等がかえって環境に負の効果をもたらす可能性があること

様々な原料のうち、いずれを使用することが適当か、という比較研究  
国内における関心が高まるにつれ、専門家向け/一般向けの書籍も増えつつあ  
る。

本稿は、こうした点を踏まえ、バイオ燃料について、これまで取り上げられ  
ることが極めて少なかった観点からのアプローチを中心としつつ、効果や課題  
について考察していくことを主目的とする。具体的な中心テーマは、下記の通  
りである。

諸国際機関からみたバイオ燃料  
貧困削減とバイオ燃料生産  
日本の取組みと欧州の取組みの比較  
アジア各国間の連携の必要性

まず第 1 章においては、バイオ燃料の全体像について、専門用語の解説を含  
めて、概観する。第 2 章では、国際機関からみたバイオ燃料について概観する  
とともに、それらの主要な指摘に対する私見を加える。第 3 章においては、ア  
ジアにおける動向を概観するとともに、貧困削減との関係について論じる。第 4  
章では、欧州（EU/各国）における取組みを概観するとともに、その基本的な  
考え方についての注目点を指摘する。第 5 章では、日本における取組みを概観  
し、今後の課題について考察する。

## 第 1 章 バイオ燃料に関する全体像

バイオ燃料の生産がブラジル、アメリカ、ヨーロッパを中心として幅広く行  
われていること、日本においてもバイオエタノールを含んだガソリンが販売さ  
れていること、バイオ燃料の原料には様々な植物が使用されていること、とい  
った点は、比較的広く認識されている。他方で、バイオ燃料にはバイオエタノ  
ールのほかにバイオディーゼル燃料というもう一つの重要な柱が存すること、  
バイオマスとバイオ燃料が混同されるきらいがあること、バイオ燃料は例外な  
く食料と競合するという誤解がみられること、などから、バイオ燃料に関する  
概念を改めて体系的に整理してみることにする。

### 1. バイオマス

「バイオマス」(biomass) に正確な定義は存在しないが、一般的に、エネル  
ギーや原料として利用可能な生物体資源、の意味で使用される。したがって、  
植物以外に動物も含まれ、また、これらから発生する廃棄物や残渣も含まれる。

バイオマスから生産されるエネルギーとしては、バイオ燃料のほか、気体燃料、電力などがある。

## 2. バイオ燃料

「バイオ燃料」(biofuel)は、バイオマスを原料として生産される燃料の意味であり、輸送燃料用バイオエタノールのほか、バイオディーゼル燃料が代表的である。なお、石油や石炭も生物に由来するものではあるが、その生成時期は大昔であることから、「バイオ燃料」の定義には通常含まれない<sup>1</sup>。

## 3. バイオエタノール

バイオエタノール(bioethanol)は、バイオマスを原料として生産されるエタノールのことである。エタノールには、石油からエチレンを経て生成されるものもあること、またバイオエタノールには燃料用のほかに工業用、飲料用があることが留意点ではあるが、最近の報道で使用される「バイオエタノール」は、輸送燃料用のバイオエタノールを意識した形であることが多いと見受けられる。世界のバイオエタノール生産は2005年に3650万キロリットル程度と推計される。

バイオエタノールは、原料の種類によって以下のように分類される。

### (1) 糖質系

糖質原料の例としては、サトウキビやテンサイがある。なかでも、ブラジルにおけるサトウキビを原料とする生産が代表的である。

サトウキビからエタノールを生産する際に、すべてをエタノールの原料とすることもあつたが、砂糖が高付加価値商品であることもあつて、以下のプロセスが一般的である。

ア サトウキビを圧搾し、搾汁とバガスとする。バガスはいわゆる「しぼりかす」ではあるが、下記のプロセスのエネルギーとしても使用される。

イ 搾汁を結晶化(3回結晶化させることが多い)させることにより、粗糖が生産され、また、非結晶成分として糖蜜が残る。

ウ 糖蜜を原料として、酵母を加えながら発酵・蒸留して、アルコールであるエタノールを製造する。

### (2) デンプン質系

デンプン質原料としては、トウモロコシ、サツマイモ、ジャガイモ、米、麦などがあり、デンプンをいったん糖分に変換するというプロセスを経る。なか

---

<sup>1</sup> したがって、「カーボン・ニュートラル」の概念も適用されない。

でも、アメリカにおける、トウモロコシを原料とするエタノール生産が代表的である。

### (3) セルロース系

セルロース系原料としては、建築廃材、紙、わら、もみなどがある。技術的な観点等から現段階での使用はわずかであるが、セルロース(植物の細胞壁の主成分)は高等植物の30%を占めることから、いわゆる「第2世代バイオ燃料」の代表的なものとして、各国において研究がさかんである。

## 4. バイオディーゼル燃料

「バイオディーゼル燃料」(biodiesel fuel)は、菜種、大豆、パームオイルなどを由来とする植物油(未使用油)、動物脂肪、廃食用油を原料として生産されるディーゼル燃料であり、ディーゼルエンジン車の軽油の代替燃料として使用される。

世界のバイオディーゼル燃料の生産量は2005年に400万キロリットル程度と推計される。とくにヨーロッパにおける生産がさかんであり、その主原料は菜種油である。また、アメリカにおいては大豆油が、またアジアではマレーシア、インドネシア産のパームオイルが主原料である。

技術処理に関して下記の用語がある。

### (1) FAME

「FAME」(Fatty Acid Methyl Ester)は、現在の主流である製法で、高級脂肪酸とグリセリンの油脂である植物油(等)にメタノール及び塩基触媒(例:苛性ソーダ)を加えてエステル交換することにより、脂肪酸メチルエステル(及びグリセリン)を製造する。この脂肪酸メチルエステルを軽油代替燃料として使用する。

### (2) 水素化処理

植物油の元となる高級脂肪酸には、炭素の二重結合を有する不飽和脂肪酸が含まれていることが多く、その場合には酸化安定性に係る課題がある。そのため、不飽和結合を飽和化すべく、水素化の処理を行う技術であり、フィンランド、日本、カナダなどで開発が進んでいる。

## 第2章 国際機関からみたバイオ燃料

## 1 . OECD のペーパー

OECD ( Organization for Economic Co-operation and Development、経済協力開発機構 ) は、1960 年に設立され、先進工業国を中心とする 30 ヶ国が加盟する、経済に関する国際協力機関である。世界経済や加盟国経済の現状分析及び予測をする「エコノミック・アウトルック」や、各国経済の課題を分析する「経済審査」のほか、財政、金融、援助、労働、貿易、環境、エネルギー、教育など、経済に関するあらゆる分野に関して活動しているといっても過言ではないが、クロス・カッティング・イシュー ( 複数の分野にまたがる問題 ) を扱うことが多いのも特徴的である。

バイオ燃料は、まさに多数の経済分野にまたがるテーマであり、OECD が分析する格好の材料であるとも言えよう。2007 年 9 月に、OECD の「持続性のある開発に関する円卓会議」が「バイオ燃料：治療は病気よりも悪いか？ Is the Cure Worse Than the Disease? 」と題するペーパーをとりまとめた。なお、その主張は OECD の公式見解を表すものではないとの注記が付されている。

ペーパーの見解を要約すると以下のとおりであり、その後私見及び要注目点を付すこととしたい<sup>2</sup>。

エネルギー・バイオマスの生産のために土地を次々に転用していくことは、食料価格に影響を与える。

バイオ燃料の生産自体が環境に影響を与え得る。それが市場での価格形成に正しく反映されない限り、森林を始めとした自然生態系がバイオ燃料の原料製造のために無秩序に使用されかねない。

温室効果ガス削減という面でも、現在の技術で、かかる効果がガソリンに比して著しく高い効果を有するバイオ燃料生産は、ブラジルにおけるさとうきび由来のエタノール、スウェーデンやスイスにおけるセルロース生産の副産物としてのエタノール、獣脂や廃油からのバイオディーゼル燃料などに過ぎない。

土壌の酸化、肥料の使用、種の多様性に係る損失、殺虫薬使用による害などの弊害をも加味すれば、トータルでは、石油使用に係る弊害を軽く越えてしまいかねない。

バイオ燃料の市場拡大は、原油価格とバイオ燃料コストの相関関係を深めていき、原油価格の上昇が農産物価格の上昇を招くことにもなる。

---

<sup>2</sup>通し番号は筆者が便宜上付したものであり、原文にはない ( 以下、各ペーパーについて同様 ) 。

原油は、バイオ燃料生産過程にも使用されていることから、原油価格の上昇は、バイオ燃料の生産コストの上昇にもつながる。

こうしたことから、現在の技術では問題を解決できる可能性は低いといえる。いわゆる第 1 世代バイオ燃料の戦略的重要性の高低について、関係する国際機関が再検討するべきである。

第 2 世代バイオ燃料の技術は実験段階にあるに過ぎず、今後 10 年の間に商業的に成立つかどうかは不透明である。いずれにしても、第 1 世代よりも、第 2 世代の研究が優先されるべきである。

輸送燃料の予測される需要の伸びを考慮すると、たとえば 2050 年段階で、原油使用量が、バイオ燃料により現時点の原油使用量を下回ることさえ考えにくく、せいぜい需要圧力を幾分緩和するに過ぎない。

バイオ燃料生産に対して関税などの国境障壁や多額の政府補助金が存在し、そのために世界のバイオ燃料消費の約 10% が貿易によるという程度に過ぎない。これは非効率である。

ブラジルのほか、南米や東南アジアなどでのエタノール生産は、欧米における生産よりも効率的でありうることが多く、したがって、エタノールに関する貿易自由化が効率的である。WTO 交渉の場でも、バイオ燃料の貿易障壁除去が取上げられるべきである。

バイオ燃料の使用について最低限度を設定する政府も多いが、原料、生産方法、環境面への影響などによって区分することなく一律に設定することは不適切である。今後、新規に目標設定することは控え、むしろ段階的に廃止していくべきである。

発展途上国では、バイオ燃料の生産が、他のバイオエネルギー開発と比して最適といえるとは限らない。したがって、そうした点を確認するための途上国支援がなされるべきである。

こうした見解に対する私見及び要注目点は以下の通りである。

(土地転用が食料価格に影響を与えること) について：当該指摘は正しいといえる。だからこそ、第 2 世代技術の開発は急務である。また、既にインドなどで非食用植物であるジャトロファ由来のバイオディーゼル燃料生産が実験されていることが注目される。

(環境面での諸々の弊害が原油に係る弊害を越えること) について：そのようなケースは現実にはあり得る。他方で、原油生産に係る環境面での弊害が現状から不変であるとは必ずしも言えない。とくに、埋蔵原油が減少すれば、新規発見や掘削・生産に関する経済コストはもちろんのこと、環境面でのコストも大幅に上昇する可能性がある。

(原油価格と農産物価格が、バイオ燃料を通じて相関関係をもつこと)について：そのような可能性はある。もっとも、バイオ燃料の需要がガソリン等の需要に対してどの程度高いか、により相関関係の度合いも異なりうる点について十分な留意が必要である。

(原油価格の上昇がバイオ燃料の生産コストを高めること)について：その点は確かにある。だからこそ、生産過程における原油使用を最低限とする努力が肝要である。これについては既に研究・開発が進んでいるケースもあり、たとえばさとうきびからエタノールを生産する場合に、製糖段階のみならずアルコール製造プロセスに要するエネルギーを、バガス由来の燃料発電によりまかなうことが可能なケースもある<sup>3</sup>。

(第1世代バイオ燃料の戦略的重要性について、国際機関が再検討すること)について：重要な指摘である。なお、第1世代といえども日進月歩の技術的進歩があることから、短いタームにて再分析を重ねていくことも必要であろう。

(第1世代よりも第2世代の研究を重視すべきこと)について：正しい指摘である。もっとも、第1世代の技術進歩や新規の実験をおろそかにすべきではないことも同時に指摘されるべきである。

(バイオ燃料が、長期的な原油需要減少につながらないこと)について：そのような可能性は少なくないことは事実であろう。もっとも、多かれ少なかれ原油需要圧力の緩和につながることになれば、エネルギー、環境の両面において、そのこと自体がプラス要因になるという視点も有益であると思われる。

、(バイオ燃料に関する国境障壁や政府補助金の非効率性、及び貿易自由化)について：これについては、後述するESMAPレポートにおいても詳しく論じられており、そちらの場に譲ることとしたい。

(バイオ燃料使用の最低限設定を廃止すること)について：多様な原料、生産方法等を勘案して個別に設けることが理論的には最も正しいと思われる。しかしながら、現実には、すべての要素を数値化することが前提となることから、技術的にも相当困難な作業になることが考えられる。また、目標設定はできるだけ簡潔な方が関係者にとっても受容れやすい面もあろう。いずれにしても、現在のような設定の仕方を一律に廃止していくべきことが必ずしも適切とは言えないのではないか。ケース・バイ・ケースでみて、とくに発展途上国で不適切な例があるとすれば、国際機関などがアドバイスすることも有益であると考えられる。

---

<sup>3</sup> たとえば、九州沖縄農業研究センターが開発した高バイオマス量さとうきびの場合には、繊維分が多いため、大量にバガスを発生させることが可能となっている。

(発展途上国にとって最適の選択か否かの個別検討に関する支援)について：全面的に賛成したい。世界銀行、米州開発銀行やアジア開発銀行等の地域開発金融機関などが、基準をある程度統一させながら、支援していくことが必要である。

全体を通じて、当該 OECD レポートは、バイオ燃料、とくに第 1 世代について批判的なトーンや表現が目立つと指摘できよう。報道の中には、これをもって OECD がバイオ燃料自体に対して消極的態度を示した<sup>4</sup>、とする向きもあった。これについては、バイオ燃料が世界的に一大ブームのように扱われていた当時の状況に対して警鐘を鳴らす、すなわち過度な期待を戒めることに主眼があると捉えることが、より適切な見方であると思われる。実際、ブラジルなどでの現段階での生産なり、第 2 世代の有する潜在性なりが正面から否定されているわけではない。

## 2. IMF のペーパー

IMF (国際通貨基金) は 1945 年に設立された国際機関であり、国際通貨協力の促進、国際収支上困難に陥る国への支援等を目的とする。

2007 年 10 月に発表された World Economic Outlook (世界経済見通し) は、全 60 ページのうち 3 分の 1 にあたる約 20 ページにわたり、気候変動を中心とした環境問題を扱っている。うち 4 ページ分がバイオ燃料関連であり、以下にその要点を記す。

バイオ燃料の合理性については、政策担当者や専門家の間で大きな意見の相違がある。意見の相違は、ネットでの便益を算出するのが難しいことに起因する面がある。

生産費用やネットでの温室効果ガス削減の効果は、場所、労働、原料価格、生産規模、インフラなどの要因によって大きく異なってくる。また、生産技術の進歩により、以前の見積りがタイムリーではなくなってしまう場合もある。

上記のような限界はあるものの、費用及び環境面での便益について、原料・地域ごとの比較を試みる。

ブラジルにおける、さとうきび由来のバイオエタノールについては、以下の点が指摘できる。

ア 唯一、ガソリンよりも生産費用が低い。

---

<sup>4</sup> 既述の通り、そもそも当該ペーパーは OECD の正式見解を示すものではない。

イ 温室効果ガス削減についても、ガソリンに比して91%の削減効果がある。

マレーシアにおけるパーム・オイル由来のバイオディーゼルは、2006年における原料（パームオイル）価格の上昇のあおりを受けて、ガソリン<sup>5</sup>よりも生産価格が上となった。もっとも、他の種類のバイオディーゼル燃料よりはるかに低い費用である。

環境面では、すべてのバイオ燃料において、ガソリンよりも効果が認められる。もっとも、とうもろこし由来のバイオエタノール及び小麦由来のバイオエタノールについては、相対的に便益は少ない。

以上のほかにも、たとえば以下のような間接的な費用があり、仮に第1世代バイオ燃料の生産が今後一段と強化されていくとしたら、これは急激に上昇していくこともありうる。

ア 食料価格の上昇

イ 土地及び水資源に対する圧力

「LMC International」(2006)の試算によれば、2015年までに燃料の5%をバイオ燃料でまかなおうとするならば、農業用の土地は15%分新たに必要である。

ウ インフラ整備、車両整備に係る費用

他方で、間接効果も潜在的にかなり大きなものがある。たとえば以下のとおりである。

ア エネルギー源の多様化、及び、それに伴う、原油価格変動にさらされるリスクの軽減

イ 雇用創出による農村部開発

ウ 有害排出物の削減

エ 京都議定書関連の取引に係る便益

以上を総合して勘案すると、いくつかの種類のバイオ燃料は経済面、環境面で便益があるといえよう。

ネットでの便益を実現できるかどうか、またそれがどのように配分されるか、については、政策面に帰する面が大きい。

2012年までのシミュレーションとして、以下のケースを想定してみる。なお、これはあくまでも仮に、の話であり、政治的には実現性は薄いものである。

ア 政策面での対象は、アメリカ及びEC。

イ バイオ燃料に係る減税措置を廃止する。

---

<sup>5</sup> バイオディーゼル燃料の場合には、本来はガソリンではなく軽油と比較すべきであるが、バイオ燃料全体の相互比較という目的を優先したものである。

ウ バイオ燃料に係る関税を廃止する。

上記シミュレーションのもとでは、以下の結果が考えられる。

ア 比較的高価な原料を使用するアメリカ及びEUにおけるバイオ燃料生産は、利益を産むことができなくなり、廃業するようになる。

イ バイオ・エタノールの生産は、ブラジル及びその他のラテン・アメリカ諸国におけるものが大宗を占めるようになる。

ウ バイオディーゼル燃料の生産は、アジア諸国におけるものが大宗を占めるようになる。なお、インドにおける生産はジャトロファ由来のものが想定される。

エ さとうきび、及びパーム・オイルの需要が増加することにより、これらの価格が上昇する。(それぞれ、15%、20%)

オ とうもろこし、小麦、菜種油などの需要が減少することにより、これらの価格は10%ほど低下する。

上記のシミュレーションの国別の結果のうち、まず輸出面では、貿易全体における輸出のネット増加分をみることにする。具体的な結果は以下のとおりである。

ア 増加するのは、ブラジル、タイ、インドネシア、マレーシア、コロンビアなど。これらのなかでは、マレーシアとインドネシアの増加がとくに大きい。中米諸国も概して増加する。

イ 減少が目立つのは、パーム・オイルをネットで輸入しているインド及びアフリカ諸国である。

ウ アメリカ、EUは減少するが、0.01%分以下という微小な数値である。

エ 中国も微減となる。

シミュレーションの国別の結果のうち、生産については、世界生産に占めるシェアのネット増加分をみることにする。具体的な結果は、以下のとおりである。

ア ブラジル及びインドは、10%分以上増加する。

イ 10%未満の増加となるのは、タイ、インドネシア、マレーシア、コロンビア、中米諸国、アフリカ諸国である。

ウ 中国は微減となる。

エ EU及びアメリカは、20%分以上減少する。

シミュレーションの結果、総じて、生産費用の世界平均は減少し、また温室効果ガスは削減される。また、アメリカ及びEUの財政支出はわずかに減少する。

バイオ燃料に係るネットでの効果を高めるために、下記のような政策を実

施するのの一案である。

ア バイオ燃料の貿易を自由化し、同時に、すべての燃料に対して炭素税を課す。

イ 新技術に移行するまでの過渡的な固定費用との絡みという位置付けにて、期限付きの数値目標は正当化される。

ウ 研究・開発を促進する。公共財という性格にかんがみ、有望なものに対して政府が資金拠出することには正当性がある。

なお、今回の世界経済見通しは、最近の食料価格の上昇についても簡単な分析を行っているので、以下に紹介する。

2007年1～8月の間に、大豆、食用油、小麦をはじめとして、食料全体で価格が10.5%上昇した。とうもろこしは、生産が15%増加したことを受けて価格は8.5%低下したが、それでも2006年同期と比べれば50%高い水準である。砂糖の価格は、ブラジルにおける供給が増加したこと、及びさとうきび由来のバイオエタノールの輸出機会がまだ十分ではないことから、低下している。

総じて、食料価格の上昇は、下記の要因が複合的に作用しているとみられる。

ア バイオ燃料生産の需要が高いこと。たとえば、2007年におけるとうもろこし消費増加分のうち60%は、アメリカにおける、とうもろこし由来のバイオエタノール生産の増加に帰着する<sup>6</sup>。

イ 新興市場における需要の伸び。たとえば、大豆や肉の消費の増加分のうち35～40%は、中国における需要増加<sup>7</sup>に帰着する。もっとも、こうした新興国の需要増加は1990年代に始まったことであるので、最近の食料価格上昇の最大要因とまではいえない。

ウ 天候不順や病害など。たとえば、オーストラリアにおける厳しい干ばつにより、小麦の大輸出国である同国の生産(2006年)は60%減少した。

以上のIMFによる記述に関する私見及び要注目点は、以下のとおりである。

、 (バイオ燃料の生産の合理性に関する意見の相違) について：冷静かつ妥当な指摘である。そして、とくに第1世代のものの分析についての意見の

<sup>6</sup>米農務省によると、2005/06年に、アメリカのとうもろこし生産のうちバイオエタノール生産に回されたのは14%であったが、2010/11年には30%に上昇すると予測される。

<sup>7</sup>中国では食生活の変化によりパンの消費が増加しているが、大豆はパンの原料としても使用される。

相違は簡単には解消されないと思われることから、第2世代への移行の重要性がなおさら強調されるべきであろう。

、（個々のバイオ燃料の費用及び効果）について：バイオディーゼル燃料の効果について、本文中で強調することが望ましかったと思われる。とくに、温室効果ガスの削減については、さとうきび由来のバイオエタノール、さらにはセルロース系の第2世代バイオエタノールよりも高い効果が想定されるケースもありうる。たしかに生産費用面では化石燃料よりもやや高いが、それは今後相対的に変動する余地が大きい。それに対して、温室効果ガスの削減効果はそのような面は比較的少ないと思われる点に注目すべきであろう。

（政策面の変更によるシミュレーション）について：理論的には重要であるが、政治的に困難であることを特記している。これはOECDのペーパーとは異なる点である。

、（国別のシミュレーション結果）について：生産シェアのネット増加分、及び貿易シェアのネット増加分、という2つの観点からシミュレーション値を導いていることは、基本的に妥当である。ただし、この両者はトータルで見ることが強調されるべきである。たとえば、インドは生産面では大幅に増加するも、貿易面では最も低下する国となっているが、肝要なのは、インドにおける消費自体が大幅に伸びることが示唆されている点であると思われる。なぜなら、インドでは輸送部門における軽油への依存が高く、また温室効果ガスの排出も大幅に増加中であるからである。つまり、生産が大幅に伸び、それが消費に回されること自体が非常に有意義なこととなる。

なお、マレーシア、及びインドネシアが生産、貿易の両面で伸びるという結果が出ているが、環境面等に十分配慮しつつパームオイル増産のための農地等が十分に確保できるか<sup>8</sup>、が大きな鍵を握るという点に留意する必要がある。

（政策面での提言）について：留保付きながら数値目標を正当化している点だが、OECDのペーパーと異なる点である。

（食料価格の上昇）について：個別の内容については妥当であるが、将来的なインプリケーションについての更なる分析が期待されるところである。具体的には、以下の2点が最重要ポイントであると考えられる。

第一に、新興国の需要増が1990年以来継続しているとすれば、最近の価格上昇の主因ではないというのは事実であろうが、今後も継続していく可能性の有無/程度を如何にとらえるべきか。例えば、新興国の食生活が今後も変化を続けるのか、人口増加や経済成長との相関度はどの程度あるのか、BRICSなどに続く新興国の成長は同種の効果をもたらすのか、といった点である。

---

<sup>8</sup> 無論、この点は他の原料の場合でも該当する。

第二に、天候不順などは、イレギュラー要因という位置付けにとどめておくことができるのか。天候不順自体が地球温暖化によってもたらされる側面が強調され始めているなか、今後の蓋然性は高まっているとはいえないか。また、干ばつなど、大規模な天候不順の影響は、著しく、かつ急激という側面があるのではないか。

### 3 . ESMAP のペーパー

ESMAP ( Energy Sector Management Assistance Program ) は、1983 年に設置され、各国の支援のもとに世界銀行により運営されている。目的は、途上国においてエネルギーが、環境に対して適切な形で貧困削減や経済発展に果たしていく役割を促進していくことである。

ESMAP は、これまでにバイオ燃料に関して 2 つの重要なペーパーを作成している。一つは「液体バイオ燃料の貿易政策に関する考察、Considering Trade Policies for Liquid Biofuels」(2007 年 4 月) であり、もう一つは「発展途上国における輸送用バイオ燃料の将来性、Potential for Biofuels for Transport in Developing Countries」(2005 年 10 月) である。以下、それぞれのレポートの要点を記す。ただし、両ペーパーには内容的に重複する箇所もあり、その場合には前者において記すこととする。

#### A 「液体バイオ燃料の貿易政策に関する考察」

世界で生産・販売されるバイオ燃料のうち 10 分の 1 のみが輸出入されており、輸出の半分はブラジル産である。

各国による直接・間接の政策によりエタノールやバイオディーゼル燃料の価格は歪められている。これは、他の、やはり価格が歪められている商品市場とリンクを有している。

原料費がバイオ燃料生産費用の大半を占める。したがって、農業政策が農産物の生産と貿易に影響を与え、結果的にバイオ燃料に対しても大きな影響を及ぼす。

米国ではとうもろこしや大豆、EU ではてんさいや菜種が、政府補助の恩恵を多大に受けている。世界的に見ると砂糖市場への影響が大きく、自由市場における価格を 40 % 程度押下げていると見込まれる。仮に砂糖に関する自由化が実施されると、エタノールに対しては大きな負の影響をもたらされることとなる。

バイオ燃料使用に係る最低限度の設定や、バイオ燃料に係る燃料税の減免は、本質的に貿易を歪めることにはならない。EU ではエタノールに係る減税は

リットルあたり0.84米ドル相当、アメリカでは国家レベルではリットルあたり0.135ドルで、さらに州税が加算される州が多数にのぼる。バイオディーゼル燃料については、EUではリットルあたり0.60米ドル相当、アメリカではリットルあたり0.26ドルである。

燃料税の減免措置は、環境要因によって正当化されることはあり得る。もっとも、実際の温室効果ガス削減効果などを勘案した場合よりも高く設定されていることも少なくない。

燃料税の減免措置自体は、WTOの「内国民待遇」に沿うべく、国内産品と輸入品に同等に講じられる。しかしながら、エタノールの場合には、関税が高い。EUではリットルあたり0.102～0.192ユーロ、アメリカではリットルあたり0.1427ドルなどとなっている。バイオディーゼルの場合には、一部の国を除いて関税は低い。エタノールは農産品、バイオディーゼル燃料は工業品という分類があることが、このような相違が生じている要因として挙げられる。

研究・開発に対して政府が資金を拠出することには正当性がある。ただし、農業補助金などに比して少ないのが現状である。

バイオ燃料の貿易が大幅に増加するためには、生産自体が著しく増加しなければならないが、これは食品価格の上昇をもたらす。開発途上国の貧農はネットでみれば食料を購入している場合も多いため、そうした貧農に対しては負の影響を及ぼすことになる。

仮にアメリカのエタノール関税が撤廃されたならば、世界のエタノール価格は24%上昇する。粗糖は1.8%上昇し、とうもろこしは1.5%下落する。米国内ではエタノール価格は14%下落し、輸入は3倍増となる。ブラジルのエタノール輸出は64%上昇する（Elobeid and Tokgoz 2006）。

一般に、バイオ燃料の自由化は、農産品価格の上昇をもたらす、結果的に開発途上国の貧農の多くは利益を享受する。しかしながら、開発途上国のなかには、ネットでみて農産品の輸入国もあり、したがって負の影響をもたらされる。しかも、開発途上国が輸出する農産品よりも、輸入する農産品の方が価格上昇は急激となりやすい。

国境障壁を除去する一方で国内補助金などを残存させる場合には、当該補助金が増加されることを通じて、価格の歪みがむしろ悪化することも懸念される。

理想論としては、WTO・ドーハ・ラウンド交渉の一環としてバイオ燃料貿易の自由化がとりあげられるべきであり、各国の国内補助政策の有効性にも一石が投げられることが期待される。

## B 「発展途上国における輸送用バイオ燃料の将来性」

本ペーパーは、輸送用のバイオ燃料を国内で生産することに関するフィージビリティ評価の支援に係る要望が途上国から高まる一途であることに応えることを目的とするものである。

途上国が認識する、バイオ燃料生産から得る利点としては、主として以下のものが挙げられる。

原油をネットで輸入している途上国にとっては、エネルギー源の多様化とともに、国際原油価格の上下変動リスクにさらされることが少なくなる。内陸国にとっては、原油価格の他に高価な輸送費が上乗せされることも考慮に値する。

農業が発展し、原料及びバイオ燃料の生産・輸送・販売に係る雇用が増加する。

車両からの有害物質の排出が削減される。バイオ燃料は、硫黄分を含まず、一酸化炭素などの排出も抑制される<sup>9</sup>。発展途上国の場合には車両が老化していることも多く、そのような場合には効果が増すこととなる。

温室効果ガスの削減効果については、途上国は京都議定書のもとでは削減義務を負ってはいないため考慮要素としての優先度は高くはない。しかしながら、排出権取引が盛んになれば、この面でも恩恵を受けることが可能となるであろう。

他方で、発展途上国が有する懸念としては、たとえば以下のものが挙げられる。

政府補助の必要性と、その財政面への影響

ガソリン税が減収する場合の財政面への影響

原料の生産、バイオ燃料の生産の双方に係る環境面への損害。たとえば水質汚濁、大気汚染、土壌劣化など。

ブラジルでのさとうきび生産は自然条件に特に恵まれていることに留意する必要がある。たとえば、中部から南部にかけての一大生産地域では、豊富な降雨がある。

バイオ燃料が商業的に成立つのであれば、政府の関与は、同等の競争条件の確保、消費者保護、環境・安全などの基準の遵守、投資環境の整備などの分野に限定されることとなる。

一国がバイオ燃料生産を考慮するならば、適切な経済分析を行ったうえで、生産の開始時期、場所、方法を決定することが重要である。

バイオ燃料生産に関連する経済要素は場所や状況によって左右されるため、

---

<sup>9</sup> 米国政府のレポートによると、たとえば、20%の割合でバイオディーゼル燃料が混合されたディーゼル燃料の場合、一酸化炭素の排出は11%軽減される。

国によって結果が異なってくる。

主な考慮要素は以下の通りである。

#### 原料生産

- ・費用： 投入要素の機会費用、研究・開発、環境への影響
- ・便益： 土壌浸食の低下

#### 原料の輸送

- ・費用： 投入要素の機会費用、車両及び道路の維持・修理、環境に対する影響

#### バイオ燃料生産

- ・費用： 工場建設費用、投入要素の機会費用、維持・修理、研究・開発、環境に対する影響
- ・便益： 副生産品の販売

#### 市場への輸送

- ・費用： 投入要素の機会費用、車両及び道路の維持・修理、大気への排出、燃料の洩れ

#### 販売

- ・費用： 投入要素の機会費用、貯蔵、販売箇所の改装、車両の改装、燃料の洩れ
- ・効果： 排出の低下による健康の改善  
国家レベル、及び世界レベルでの影響
- ・費用： 食料価格の上昇
- ・効果： 技術面での波及効果、温室効果ガスの削減、エネルギーの多様化によるリスク減

#### 原油調達

- ・費用： 購買費用、ターミナルにおける環境損害

#### 原油の輸送

- ・費用： 投入要素の機会費用、車両・道路の維持・修理、パイプラインの運営、大気への影響、原油の漏れ

#### 原油の販売

- ・費用： 投入要素の機会費用、貯蔵、原油の漏れ

経済分析は、各費用及び便益が時間の経過とともに変化することを考慮する必要がある。とくに、将来の原油価格、技術進歩の速度、生産費用の低下、輸送燃料の将来の需要、GDPなどのマクロ経済状況などが重要な例として挙げられる。

長期的視点から、バイオ燃料の生産が商業的に成り立つか否かを判断するためには、たとえば下記が重要な考慮要素となる。

気候条件はさとうきび生産に向いているか否か。たとえば、降雨量が十分か、灌漑設備が十分か、水資源の管理システムが十分に機能するか、土壌の肥沃度は十分か。

道路や通信面のインフラは良好か否か。バイオ燃料生産には規模の経済が働くため、輸送面でも十分な量を確保する必要がある。また、天候状況や市場状況をタイムリーに知るために、通信も整備されている必要がある。

農業研究は良好な状態にあるか否か、あるいは、将来強化される見込みはあるか。

農民は十分な初等教育を受けているか否か。これらは、新規の技術・市場・金融等に係る機会を享受するために必要である。

信用市場が機能しているか否か。土壌の改善、種の選択、害虫・病気対策などの技術指導から現実に便益を享受するためには、信用に対するアクセスが確保される必要がある。

産業を適切に管理できるような管理者が存在するか否か。

さとうきび生産の国別費用をみると、最も安価なブラジルでトンあたり145米ドル相当、次いでオーストラリア（同185ドル）、タイ（同195ドル）である。約4分の1の国でトンあたり200～250米ドル相当であり、残りの約4分の3の国では同400米ドル相当以上に跳ね上がる。

費用面から判断して、ほとんどの発展途上国において、バイオ燃料生産を開始し、維持していくためには、直接・間接の補助金が必要であることが見込まれる。そして、補助金というものは、いったん導入されると、完全に廃止することは困難なのが現実である。

バイオ燃料生産に係る政府の関与が正当化される場合として、例えば下記が考えられる。

農村部の開発： バイオ燃料のプログラムは、農村部のインフラ開発や人的資本開発という、より幅の広い概念にて構築される必要がある。

エネルギーの多様化： 原油以外に、代替可能で、信用できる安価な燃料供給源が存在することは重要である。

短期的には、さとうきびからのエタノール生産が、商業的に最も有望である。

中期的には、バイオ燃料生産費用は低下し、さとうきび以外の原料による可能性も高まる。したがって、さとうきび生産に適さない国もバイオ燃料生産を開始できる可能性は高まる。とくに、多量の降雨を必要としないジャトロファのような植物からのバイオディーゼル燃料生産は注目の的である。

長期的には、セルロースからのエタノール生産が、最も有望な選択肢の一つである。原料確保の容易さ、低いコスト、温室効果ガスのサイクル面での多

大な効果などからして、適性が非常に高い。なお、その時点での原油価格次第では、バイオ燃料の比較優位の程度も変わる可能性がある。

とにもかくにも、健全な経済分析こそが、重要な第1歩である。もっとも、かかる分析が、バイオ燃料を国内生産するべきか否かの最終決定をもたらすものではない。データ不足や諸々の前提条件の変化などがありうることがその理由である。

以上2件のESMAPペーパーに関する私見及び要注目点は、以下のとおりである。

#### Aのペーパー関連

(研究・開発に対する政府の資金拠出について): その重要性は言うまでもない。さらに、諸々の企業ないし業界が効果的な共同研究を行うことを政府が主導ないし調整することにも大きな意義があると考ええる。バイオ燃料については、関連する業態が類を見ないほど多様であり、したがって利害の相違は必ずしも少なくないからである。

(バイオ燃料の貿易増加が貧農に負の影響を及ぼすこと) について: これは重要な点であり、また看過されやすい点である。国家レベルで利益がもたらされても、むしろ被害の方が大きい地域がどれくらい予測されるか、またそのような地域が地理的に偏りすぎていないか、といった点は慎重に考慮されるべきである。

(農産品の輸入国に対する影響) について: これも重要な点である。現実にもどのような地域の、どのような国々が該当しうるか、また、単位あたりの価格上昇がもたらす被害程度の相違といった点についての基本的なデータ分析が有効であろう。

(WTO交渉の一環としてバイオ燃料貿易の自由化をとりあげること) について: これが現実にとりあげられるならば、有効度は高いと期待される。他方、WTOのドーハ・ラウンド交渉の実態をみると、進展度合いは遅いのが現状である。GATT時代の交渉期間と比較しても、その遅延度は目立つ<sup>10</sup>。その背景は、つきつめて言えば、各国間の利害対立要因が著しく増加していることであり、大きな焦点の一つである農業交渉においても、関税のほか、農業補助金も大きな対立点である。そのようななかでバイオ燃料を新たな交渉要素として含めることが全体の交渉をさらに遅延させないことが期待できるか否か、が現実面での大きな判断材料であろう。エタノールが農産品として扱われる一方でバ

---

<sup>10</sup> 東京ラウンドは1973年～1979年まで、またウルグアイ・ラウンドは1986年～1994年までであり、ドーハ・ラウンドの開始は2001年であった。

イオディーゼル燃料が工業製品として扱われることから、この点が交渉を過度に複雑化させることがないか、も大きなポイントと言えよう。

総じて、バイオ燃料に関する政府の政策は、理論的な面と現実面とが大きく乖離しやすい面があることは否定できないであろう。だからこそ、学者の側から、理論面を重視する視点を繰返し表していくことは非常に重要であるとも指摘できる。

#### Bのペーパー関連

(途上国が認識する、バイオ燃料生産から得る利点)について：

内陸国のケースを特記している点は重要である。さらに、広大な国の場合、国レベルでは原油が純輸出であっても、内陸部などでは原油輸送に多大な費用がかかるケースも十分に想定でき、その場合にも同様に、バイオ燃料を生産する利益が生じうると考えられる。

次に、車両からの有害物質の排出についての記述も重要である。さらにいえば、発展途上国の首都など主要都市においては、路上生活者も多く、さらにそのうちで陸橋や高架下など空気の滞留しやすい土地に住み着く者も少なくない<sup>11</sup>。したがって、有害物質排出の削減がもたらす効果は相当に大きいと考えられる。

温室効果ガスの削減効果について途上国の優先度が低いことについては、排出権取引を持ち出すまでもなく、是正されるべきである。そのためには、国際機関が先頭にたって、更なる啓蒙に努めることも必要である。

(発展途上国が有する懸念)について：環境面への損害の例として水質汚濁、大気汚染、土壌劣化などが挙げられているが、このほかにも、たとえば生態系への影響についての懸念が共有されるべきである。とくに、ジャトロファのように、人工的に大規模に植生されることが初めての場合にはこの点が重要である。仮にジャトロファの実用化がインドで成功したとしても、生態系は国によって多種多様であり、したがってインドの成功例が他国でもまったく同様に応用できるわけでは必ずしもないことに留意する必要がある。

～ (バイオ燃料生産に関連する経済要素の考慮)について：ほぼ不足なく必要な要素が列挙されていると言えよう。もっとも、途上国の立場にたてば、あまりに考慮要素が多すぎるとの印象も受けよう。また、費用や便益を算出するためのデータ不足のほか、どのようにして諸材料から費用や便益を算出すべきか、も発展途上国にとっては大きなハードルと感じられるはずである。これらについては、国際機関が必要な支援を行っていくことが一つの方策であるが、

---

<sup>11</sup> 気温の高い国では、日陰で暑さを緩和できること、スコールの影響を少なくできること、が主因と考えられる。

それと平行して、いくつかの国をサンプルにとって、モデル・ケース<sup>12</sup>を試算してみることが、各発展途上国にとっての現実的な目安になると思われる。

（経済分析が、各費用及び便益が時間の経過とともに変化することを考慮する必要があること）について：これは言うまでもなく正しい指摘である。もっとも、国際機関が支援する形での分析は、人的側面、資金的側面の両面において、頻度が自ら制約されることになる。したがって、ある国（「A国」とする）の分析が終了してから暫くして、A国の改訂分析を行うか、それとも新規に別の国（「B国」とする）の分析を行うか、は容易には決せられない場面も想定できる。そうした事態を回避するためにも、A国に対する最初の支援において、できるだけ分析ノウハウ自体をもA国に吸収してもらうことが有意義である。そのためには、A国のオーナーシップが肝要である。

（長期的視点から、バイオ燃料の生産が商業的に成立つか否かの判断要素）について：

気候条件の重要性は言うまでもない。さらにいえば、気候条件自体が時間の経過とともに変化することが強調されるべきであろう。とくに、近年世界各地に見られる異常気象に鑑み、この点は非常に重要である。

道路・通信面インフラ、農業研究、農民に対する初等教育、信用市場、管理者の存在などが重要な要素であることは当然である。もっとも、これらは農業セクターに対する支援案件に共通する要素であり、バイオ燃料についてのみ特記できるものではない。

信用市場については、マイクロ・ファイナンス<sup>13</sup>が鍵を握ることが多いと想定される。そして、一般にマイクロ・ファイナンスは預金の受入れと融資を2大業務とするものであるが、その他に保険を取扱うこともある。バイオ燃料の生産開始は、場合によっては大きなリスクを伴う<sup>14</sup>ことから、マイクロ・ファイナンスにおいて保険の対象とすることができれば有効であろう<sup>15</sup>。

（短期的には、さとうきびからのエタノール生産が商業的に最も可能性を有する、とする点）について：その指摘自体は正確であろう。もっとも、既に本ペーパーが作成されてから2年以上が経過していることもあり、現時点では他

---

<sup>12</sup> ブラジルのような成功例に限らず、自然条件、国家規模、発展度合い、貧困度合いなどにおいてパラリエティーに富んだ選択がなされるべきである。

<sup>13</sup> マイクロ・ファイナンスとは、主として貧農を対象とする金融に特化したものであり、2006年のノーベル平和賞を受賞したバングラディッシュのグラミン銀行が典型例であるとされる。

<sup>14</sup> ある原料からのバイオ燃料生産が、時間の経過とともに比較優位を失った場合には、当該原料を生産している農民は予想外の甚大な被害を被ることもありうる。非食料を原料とする場合には、とくに当該リスクが高いと指摘できよう。

<sup>15</sup> 無論、マイクロ・ファイナンス機関以外の機関による保険で対象とできるケースも想定できよう。

の選択肢が短期的にも相当程度有効である可能性も少なくない。これについては、技術面での進歩や実証実験の成果によるもののほか、原油価格が100ドルを突破する事態も生じてきていることも、大きな考慮要因として指摘できよう。

(中期的には、さとうきび以外の原料による可能性も高まること)について：ジャトロファが特記されているが、この点は、当ペーパーの他の箇所でも再三指摘しているとおり非常に重要であり、インドなどでの実証実験の成果が期待される場所である。

(長期的には、セルロースからのエタノール生産が、最も有望な選択肢の一つであること)について：まさに的確な指摘である。そのためにも、企業や業界の枠を越えた共同研究、さらには国の枠を越えた共同研究が極めて重要である。

(健全な経済分析が重要な第1歩である。もっとも、最終決定をもたらすものではないとする点)について：前提条件の変化などにより、最終決定とすべきではないとの指摘は非常に重要である。そして、発展途上国の立場にたてば、仮にどのような要因がどのように変化したならば、異なる結論が導かれるか、という数種類のシミュレーションが提示されるならば、非常に有益であると思われる。

### 第3章 アジアにおける取組み

アジアにおけるバイオ燃料の生産・利用について概観する前に、アジアにおける原油事情、及び温室効果ガス排出事情を概観することとする。

#### 1. アジアにおける原油事情

原油の地域別消費量を見ると、アジア(オーストラリアを含む、以下特記しない限り同様)は1985年から2005年にかけて129%の大幅増となり、対世界比3割と、北米に迫る勢いとなっている。

他方生産量では、アジアは2005年には対世界比9.9%と、10%を割る状態となっている。また、確認埋蔵量では、アジアは1985年から2005年にかけて390億バレルから402億バレルと、ほぼ横ばいとなっている。これは、中南米が23.5%増、欧州・ロシア・中央アジアが72.4%増、アフリカが58.8%増と、それぞれ大幅に伸びているのとは対照的である。

アジアの産油国というと、インドネシア、マレーシア、ブルネイ・ダルサラ

ームがすぐに頭に浮かぶ。しかし現実には、これらのうち生産が最大のインドネシアでも2005年の世界計比で1.4%に過ぎず、しかも1995年の158万バレル/日から114万バレル/日と、大幅に減少している。ブルネイは原油収入による裕福な国という印象が強いが、生産量自体は2005年で21万バレル/日と世界計比で0.25%に過ぎない。多くの天然資源で大国と称されるオーストラリアも原油では位置づけが低く、生産の世界計比は0.68%にとどまっている。

## 2. アジアにおける温室効果ガス排出事情

CDIAC（アメリカ二酸化炭素情報分析センター）等によると、二酸化炭素排出の上位10ヶ国のうち、中国、インド、日本、韓国の4ヶ国がアジアの国々である。しかも、中国、インドという経済成長が著しい2国が各2位、4位と、上位に名を連ねている。

こうしたことから、アジアにおけるバイオ燃料生産の必要性は高いといえる。他方、バイオ燃料の主原料であるサトウキビやパームオイルの生産上位国には、第1,2表のとおりアジアの国々が名を連ねている。しかしながら、アジアにおけるバイオ燃料生産は南北アメリカやヨーロッパと比して低い水準にとどまっている。

第1表 世界のサトウキビ生産上位国（2005年）（単位：百万トン、%）

	国名	生産量	
1	ブラジル	420百万トン	32.5%
2	インド	232	18.0
3	中国	89	6.9
4	タイ	50	3.8
5	パキスタン	47	3.7
6	メキシコ	45	3.5
7	コロンビア	40	3.1
8	オーストラリア	37	2.9
9	フィリピン	31	2.4
10	インドネシア	29	2.3

（出典）「Data Book of The World 2007」（二宮書店）より作成

第2表 世界のパームオイル生産上位国(2005年)(単位:万トン、%)

	国名	生産量	
1	マレーシア	1513万トン	45.9%
2	インドネシア	1280	38.8
3	ナイジェリア	92	2.8
4	タイ	67	2.0
5	コロンビア	66	2.0
6	パプアニューギニア	35	1.1
7	コートジボワール	29	0.9
8	エクアドル	29	0.9
9	中国	23	0.7
10	コスタリカ	20	0.6

(出典)第1表に同じ

### 3. アジア各国におけるバイオ燃料

#### (1) 中国

中国は、2006年施行の再生可能エネルギー法により、2020年までにエネルギーの16%をクリーン・エネルギーによることを目標としている。

バイオエタノールについては、既に吉林省、河南省、山東省など9つの省においてE10が使用されている。生産については、世界第3位であり、アジアでは首位である。2005年における燃料用エタノールの生産量は約100万トンで、200を越える生産施設の中心となるのが、4つの国有工場である。原料としてはトウモロコシが主流であるが、北部を中心としたこうりゃん、南部を中心としたサトウキビ、キャッサバ等を本格的な原料とすることも検討されている。とくにキャッサバについては、400万トンのエタノール生産の潜在性を有するとの指摘もある。

バイオディーゼル燃料については、小規模工場を中心として、主として廃食用油を原料として生産されている。しかし、中国におけるディーゼル使用の多さから、今後伸びることが予想され、2010年には生産は100万トンに達するとの予測もある。ただし、そのためには原料の確保が急務であり、ジャトロファなど悪環境に強い作物の栽培が開始されている。

研究・開発については、国家主導で、大学附属機関を中心として、原料の多様化、セルロース系エタノール等について行われている。

## (2) インド

インドの燃料需給については、以下の点が指摘される。

エネルギーの7割超を輸入に依存する。

2050年には全世界のエネルギー需要の3分の1を占めるとの予測がある。

エネルギー消費の34%は石油である。

石油消費の90%は輸送部門(2005年)である。

新車市場は現在年間百万台程度であるが、2010年までには倍増し、2015年には350万台に達すると予測がある。

こうしたことから、インドではバイオ燃料の導入が重要課題と認識されている。

インドのバイオ燃料については、さとうきびからのエタノールと、ジャトロファからのバイオディーゼル燃料が中心となる。

### エタノール

政府の当初計画では、2003年1月に9の州及び4の連邦直轄地においてE5を義務化する予定であったが、さとうきびの不作を主因として、断念された。

その後2005年後半にはサトウキビ生産が回復し、それを受けて、2006年10月には、全ての石油会社について、E5が義務化された。

インドは、アジアでは中国に次ぐエタノール生産国であり、2005年には17億リットルの生産、うち2億リットルが燃料エタノールであった。生産の中心はマハーラーシュトラ州(デカン高原西部)及びウッタルプラデシュ州(ヒンドスタン平原)であり、その他タミルナドゥ州(南東部)アンドラプラデシュ州(デカン高原東部)、カルナータカ州(デカン高原西部)、グジャラート州(西部沿岸部)などである。

インドは、さとうきびの生産では世界第2位であるが、砂糖消費に相当部分で使用されており、エタノール向けは糖蜜からのものが主流となっていることなどから、バイオエタノール生産はブラジルの6分の1の水準にとどまっている。

将来的にも、サトウキビ生産が大幅に上昇する見込みは低いとされている。たとえば、政府の第10次5カ年計画(2002~2007)においても、耕地は60万ヘクタール分の増加しか見込まれていない。さとうきび生産は水の使用が重要であるところ、インドは全体的に農業用水確保が不十分であること

がその主因として指摘される。

#### バイオディーゼル燃料

ジャトロファを使用するメリットとしては、非食用であること以外にも、以下の諸点が指摘されている。

貧弱な土壌、乾燥した気候でも生育する。降雨量は年間200ミリで足りる。

植樹から3年以内で果実収穫が可能である。実際、18ヶ月での果実化が報告されている。

他の植物よりも油含有率が高い(30~40%)。

育つ高さが10~12フィートであり、収穫が容易で費用的にも効率的である。

家畜が食べないので、周囲を囲う必要が無い。

多年性である。

最適の収穫のために要する化学肥料が非常に少ない。

種子の長期保存が可能である。そのための手間も少なくすむ。

ジャトロファはインド国内に元々ある程度自生していたが、上記のような長所に着目して積極的な育成が行われている。具体的には、第3表のとおり、インド各地でジャトロファのモデル育成が展開されている。

第3表 インド各州におけるジャトロファのモデル育成（単位：ヘクタール）

	育成面積	国内における位置
マハーラーシュトラ	1 3 1 0	デカン高原西部
グジャラート	1 1 4 0	西部沿岸部
タミルナドゥ	9 6 0	南東部
マディヤプラデシュ	8 4 5	中部
ラージャスターン	7 1 5	西部
デリー	6 6 5	中北部
チャッティスガル	6 5 0	中東部
ウッタルカンド	6 5 0	北部
ウッタルプラデシュ	6 3 3	ヒンドスタン平原
ハリアナ	5 2 0	北部
ミゾラム	3 0 0	東部
アンドラプラデシュ	2 6 0	デカン高原東部
ナガランド	2 4 0	東部
ジャールカンド	2 0 0	東部
マニプル	2 0 0	東部
メガラヤ	2 0 0	東部
カルナータカ	1 2 0	デカン高原西部
ビハール	1 1 0	ヒンドスタン平原
ウェストベンガル	1 0 0	東部
ケーララ	5 0	西南部
ゴア	1 0	西部
総計	9 8 7 8	

（出典）”Biofuel Scenario in India” R.S.Kureel より作成

植樹はさらに大規模で計画されており、既にインド政府は、3900万ヘクタール分の育成可能地域を確認している。

また、インドでは、ジャトロファ以外の植物からのバイオディーゼル燃料製造も試験的に実施されている。たとえば、カランジャやニームについては、第4表のとおりである。

第4表 インドにおけるカランジャ及びニームの植樹（単位：ヘクタール）

	カランジャ	ニーム
ジャールカンド	350	100
グジャラート	100	100
チャッティスガル	150	
マディヤプラデシュ	50	50
ウッタルプラデシュ	80	
ウェストベンガル		50
ハリアナ	10	15
ゴア	10	
カルナータカ		4
総計	750	369

（出典）第3表に同じ

インドにおける研究・開発は相当部分がジャトロファに集中しており、関係省庁、大学のほか、ダイムラー・クライスラー社やブリティッシュ・ペトロリアムが協力を行っている。それらのなかには、第3表、第4表に登場しないオリッサ州（東部）におけるプロジェクトも含まれている。

近年、インドはBRICsの一角に数えられるほど、経済が急速に伸びているが、農業部門は遅れているのが現状である。アジア開発銀行の”Asian Development Outlook 2007”によると、農業部門は労働人口の60%を占める一方で、GDPにおける比率は18.5%にとどまる。近年の伸び率も、第2次産業、第3次産業がそれぞれ7%から11%程度を示しているのとは対照的に、過去6年間で平均3%程度にとどまっている。低い伸び率の原因は多様であるが、最大の要因として考えられるのが、灌漑に係る投資資金の不足であると指摘されている。

また、世界銀行によると、インドの高所得の州は、ラテン諸国のうちの豊かな国々と同程度に貧困を削減してことに成功しているが、低所得の州は依然として大きな貧困問題を抱えている。世界銀行が指摘する、とくに貧しい州は、アルファベット順に、アッサム、ビハール、チャッティスガル、ジャールカンド、マディヤプラディシュ、オリッサ、ラージャスターン、ウッタルプラディシュの諸州である。

ここでジャトロファ等の植付け面積上位の州と、「とくに貧しい州」との対応関係をみてみると、下記の第5表を得る。

第5表 インドにおける「とくに貧しい州」におけるジャトロファ等の植付け  
(単位：位、ヘクタール)

州名	ジャトロファ植付け面積	ジャトロファ植付けの州別順位	カランジャ及びニームの植付け面積	カランジャ及びニームの植付けの州別順位
アッサム				
ビハール				
チャッティスガル	650	7	150	3
ジャールカンド			450	1
マディヤプラディシュ	845	4	100	4
オリッサ				
ラージャースターン	715	5		
ウッタルプラディシュ	633	9	80	5

このように、貧しい州におけるジャトロファ等の植付けが目立つ結果となっている。また、ジャトロファは、降雨が少ない土地にも容易に生育することから、灌漑資金不足というインド農業の弱点から影響を受ける度合いも少ないと考えられる。

したがって、仮にジャトロファの実証実験が成功裏に進めば、インド農業の活性化、ひいてはインドの貧困削減にとって大きなモデル・ケースとなる可能性を有していると指摘できよう。とくに、例えばラージャースターン州のように、首都と海岸部を結ぶ要地にありながら、降雨が少ないことが大きな要因となって貧しい州から容易に脱却できていない州にとっては、ジャトロファによる貧困削減効果は著しく高くなることも期待される。

### (3) タイ

タイは、2011年までに10%を代替エネルギーとすることを目標としている。

エタノールについては、E10を試験的に導入中であり、さらにE85の導入を視野に入れている。2005年の燃料用エタノール生産は6000万リットルであり、主原料はサトウキビとキャッサバである。将来的には、タイはエタノールの主要輸出国となる潜在性を有するとの指摘もある。

バイオディーゼル燃料については、年単位で15万トンのパーム・オイルの生産余剰があるものの、1日あたり35万リットルの生産にとどまっている。

研究・開発については、石油会社や大学などを中心として行われている。また、外国企業による支援も多く、ジャトロファに関する研究などが行われている。

#### (4) マレーシア

マレーシアは、第9次計画(2006~2010)において、太陽エネルギーや風力エネルギーなどに加えて、バイオ燃料についてとくに強調し、パームオイルを原料とするバイオディーゼル燃料のリーダーとなることを目標として掲げている。

パームオイルの生産において、マレーシアは世界首位(2005年に45.9%)であり、これを背景として、2008年には300万トンのバイオディーゼル燃料生産に達するとの見方がある。なお、パーム・オイルの生産自体については、新規のプランテーションを行える余力が少なくなっているとの指摘がある。

研究・開発については、車に対する適合性等について進められている。

#### (5) インドネシア

インドネシアは、バイオ燃料等の比率を現在の0.2%から、2025年に20%にまで引き上げることを目標としている。

エタノールについては、2005年に1億7000万リットルが生産されたが、そのうち輸送用はわずかであった。サトウキビについては純輸入国であり、キャッサバが原料として注目されている。

バイオディーゼル燃料については、B10の販売が開始されており、世界第2位の生産量のパームオイルを中心として2010年には14億リットル分の生産能力に達するとの予測もある。もっとも、食料との競合や環境保護の観点もあり、ジャトロファなどの代替原料も検討されており、既に東部において367万ヘクタール分の土地がジャトロファ生育に適しているとの報告もある。

研究・開発については、エタノール、バイオディーゼル燃料の両面において公的部門を中心に行われている。

現時点ではインフラや投資が決定的に不足しているものの、インドネシアが将来的にバイオ燃料大国になる潜在性があるとの指摘もある。

#### (6) フィリピン

フィリピンは、2013年までに再生可能エネルギーを2002年の2倍とすることを目標としている。

エタノールについては、E10を導入しているものの、外国からの輸入に相当量を依存しており、サトウキビ原料を中心とした国内生産は現段階では多くはない。

バイオディーゼル燃料については、ココナツ油が主原料であり、公用車に対して1%をブレンドした燃料を使用することが義務づけられている。工場の生産能力は年間1億1000万リットル分に達している。

研究・開発については、ジャトロファ由来の可能性などに関して進められている。

フィリピンは、バイオ燃料、とくにバイオディーゼル燃料において世界の主要国となる潜在性を有しているとの指摘もある。

#### (7) オーストラリア

オーストラリアは、エネルギー需要が2020年までに5割増加する、また、2000年から2020年にかけての原油消費増加分の90%を輸送部門が占める、といった予測があることもあり、2010年までに3億5000万リットルのバイオ燃料を生産することを目標としており、2年前倒しで2008年にも達成される可能性があるとの見通しもある。

2005年の燃料用エタノールの生産は6000万リットルであり、2006年10月段階でE10が400カ所のガソリンスタンドで販売されている。原料としては、これまでは小麦などが主流であったが、さとうきびが増えてきている。

バイオディーゼル燃料については、商業的にはまだ小規模であるが、地方政府や研究所向けにはB5超の供給も始まっている。原料は主として廃食用油や獣脂である。

研究・開発は地方政府、政府系研究所、大学などで行われており、藻類や木質系を含む原料開発、エタノール生産に係る触媒の改良などが対象となっている。

オーストラリアは大農業国であるため、バイオ燃料増産のための原料確保には問題が少ないが、農産物としての輸出との競合をいかに捉えるか、が今後の鍵となるとの見方もある。

#### (8) 日本

日本のバイオ燃料に関する施策については後述することとし、ここでは現状を簡単にまとめることとする。

日本は運輸部門の石油依存度を2030年に向けて80%程度とすることを目標としている。

エタノールについては、2007年4月から、輸入ETBE（エチル・ターシャリー・ブチル・エーテル：バイオエタノールにイソブテンを配合したもの）の試験販売が開始されている。国内のバイオエタノール生産の実証実験は、6カ所、すなわち北海道（規格外小麦等）、山形県（こうりゃん）、大阪府（建築廃材）、岡山県（製材所端材）、沖縄県2カ所（さとうきび）で開始されている。生産量は、2005年に30キロリットル程度であった。

バイオディーゼル燃料については、生産量は2005年に4000～5000キロリットル程度と推計される。原料としては、廃食用油が主流である。また、輸入食用油を水素化処理した炭化水素油の実証実験も開始されている。

研究・開発は、セルロース系バイオマス、新種さとうきび開発、上記の水素化処理技術などを含めた幅広い対象について、さかんに行われている。

## 第4章 ヨーロッパにおける取り組み

### 1. EU

EU（European Union、欧州連合）は、ヨーロッパの27ヶ国が加盟する地域国際機関であり、EU自体は1993年に設立されたが、前身は1952年創設の欧州石炭鉄鋼共同体にまでさかのぼる。国境を越えた地域の創設を目指して、とくに経済面においてEU全体としての統一的政策を打ち出すことが多いが、バイオ燃料もその一つとして挙げられる。すなわち、EUの温室効果ガス排出の21%は輸送セクターによるものであり、その削減に取り組むべく、バイオ燃料生産が各国で行われているが、EUとしても、まず2006年2月8日に「バイオ燃料についてのEU戦略」というペーパーをとりまとめた<sup>16</sup>。以下、その要点を記す。

戦略の3つの目的は、以下のとおりである。

ア EU及び途上国におけるバイオ燃料生産を促進する。

イ 原料生産の最適化、第2世代バイオ燃料の研究、非技術障壁の除去などによって価格競争力を高め、バイオ燃料の大量使用に備える。

<sup>16</sup> ペーパーの作成主体はEU委員会、EUの行政的機能を有する機関である。

ウ 発展途上国による原料及びバイオ燃料生産の機会を開拓し、その持続的な生産を支援するためのEUの役割を明らかにする。

第1世代のバイオ燃料については、以下のとおりである。

ア バイオ燃料により化石燃料を代替することは、京都議定書達成に直接効果がある。また、EUは石油は輸出しているものの、ディーゼルは輸入しているため、ディーゼル代替物はとくに重要である。

イ しかしながら、既存の最新技術を使用しても、EU内で生産されるバイオ燃料が化石燃料と競争するのは困難である。分岐点は、バイオディーゼル燃料の場合で原油1バレルあたり60ユーロ、バイオエタノールの場合で同90ユーロである。

ウ 第2世代バイオ燃料の生産が本格化するまでの間、欧州委員会としては、第1世代バイオ燃料市場を奨励することをコミットする。

第2世代のバイオ燃料については、以下のとおりである。

ア 木質セルロース系のバイオ燃料技術は既に相当進んでいて、スウェーデン、スペイン、デンマークの3カ国で試験工場が設立されている。バイオマス液体化に係るその他の技術の試験工場は、ドイツ及びスウェーデンで稼働に入っている。

イ CARS 2.1 ハイレベル・グループ<sup>17</sup>によれば、第2世代バイオ燃料はとくに有望であるため、大いに支援されるべきである。

ウ 価格競争力のあるバイオ燃料の大量生産に備えるため、研究・開発を継続すべきであり、そのために「欧州バイオ燃料技術プラットフォーム」が重要な役割を果たすことができる。

エ 経済合理性のあるプロジェクトや技術を開発・発展させるべく、欧州投資銀行による支援が考えられる。

オ 試験プロジェクトを実用規模に格上げすることを適時に支援するために、第2世代バイオ燃料の開発はEUレベルにおいてモニターする。

発展途上国におけるバイオ燃料生産は諸々の便益を当該国にもたらす。その一方で、森林保護、水の確保、食料使用との競合などの懸念が存在する。EUは、こうした懸念に対して適切に対処しつつバイオ燃料の便益を享受するために発展途上国を支援していく。

バイオ燃料の生産及び使用を促進するための方策は、7つの政策基軸に分類される。具体的には、需要の刺激、環境面での便益の確保、生産・流通の発展、原料供給の拡大、貿易機会の拡大、発展途上国に対する支援、研究・開発の支援、である。

バイオ燃料需要の刺激については、以下のとおり。

---

<sup>17</sup> EUの自動車産業の競争力について検討するグループ。

- ア 目標値の改定の可能性
- イ 公的部門の車両等での使用
- ウ 義務化設定のうえで、第2世代バイオ燃料を優遇  
環境面での便益の確保については、以下のとおり。
- ア インセンティブ設定のうえで、温室効果削減効果が各バイオ燃料間で異なることを勘案することを検討
- イ 原料の生産に係る適切な環境基準の設定（生態系、水質、土壌なども考慮）  
生産、流通の発展については、以下のとおり。
- ア 加盟国に対し、国別の戦略やその運用プログラムを策定する際に、バイオ燃料の潜在性を確保することを奨励
- イ バイオ燃料を含む再生可能エネルギーを重視した農村開発政策
- ウ 関連業界に対して、バイオ燃料の導入に係る障壁について、技術的な正当性を説明するよう要請。さらに、その他の関係者の意見を聴取。
- エ バイオ・エタノール以外のエタノール、食料、森林、石油の各市場に対する影響の可能性を考慮。  
原料供給の拡大については、以下のとおり。
- ア バイオ燃料需要がEU及び発展途上国の食料供給・価格等に対して及ぼす影響をモニター
- イ 農民や森林所有者に対して、エネルギー作物の特性、潜在的な森林ベース・エネルギーの活用等を周知するキャンペーン
- ウ 廃油等の廃棄物の再利用に係る規範  
貿易機会の拡大については、以下のとおり<sup>18</sup>。
- ア バイオ燃料の関税コードを単独化することのメリット・デメリットの評価
- イ バイオ燃料需要の増加にかんがみ、EU内生産と輸入機会拡大の両者の適切な発展を志向。  
発展途上国に対する支援については、以下のとおり。
- ア バイオ燃料開発に係る発展途上国の手段が、当該国の開発政策やセクター別政策と整合性を有することを確保
- イ 次の2つを開発するうえでEUがいかなる支援を行いうるか、研究
  - A 一国内の官民すべての関係者が関与する「国家バイオ燃料プラットフォーム」
  - B 地域市場を発展させるべく地域機関により策定される「地域バイオ燃料計

<sup>18</sup> バイオエタノール市場に影響を及ぼしうるものとして、EUの立場からは、ドーハ・ラウンドのほか、EU・メルコスール間の自由貿易協定交渉がある。

画」

ウ ケース毎の調査を通じて、環境面でのリスクを軽減し、効果的な規制の枠組みを策定することを支援

研究・開発の支援<sup>19</sup>については、以下のとおり。

ア バイオ燃料の開発及びバイオ燃料産業の競争力強化のための支援を継続  
イ 産業界主導のEUバイオ燃料技術プラットフォーム<sup>20</sup>の発展を奨励

さらに、2006年3月14日には、「EUにおけるバイオ燃料」と題するドラフト・レポートも策定された。策定主体はバイオ燃料研究助言評議会で、内容的に上記ペーパーと重複するところもあるが、「2030年以降に向けてのビジョン」との副題が示すとおり中長期的な指針に比較的強い力点が置かれているほか、技術面での記述も多いことも特徴である。以下、このペーパーの要点を記す<sup>21</sup>。

EUはバイオ燃料生産に関しては相当に大きな潜在性を有する。現在は燃料総量の2%未満であるが、今後これを伸ばす必要がある。2030年には25%目標があり、EUの農業用地の4～13%がバイオ燃料向けに必要なとなると見込まれる。

バイオ燃料の生産は、EU経済にとって大きな機会となる。化石燃料の1%分がバイオ燃料に代替されるごとに、農村部において4万5千人から7万5千人分の新規雇用が創出されるとみられる。

2000年から2030年にかけてのエネルギー関連の予測は以下のとおり。

ア EU25<sup>22</sup>の経済成長率は平均2.4%と予測されるが、エネルギーの伸びは1%未満。

イ エネルギーの輸入依存度は2000年の47.1%から2030年には67.5%に上昇。

ウ 貨物輸送は、EU15では平均2.1%の伸び、新規加盟国では2.3%の伸び。

エ 燃料使用の増加予測の最大要因はトラック向けであり、2010年以降には、乗用車や二輪車向けの燃料需要を上回ることが予想される。

バイオ燃料産業の発展に関しては、以下の3つの並行的な道のりがある。

<sup>19</sup> EUは、研究・開発を通じて、2010年以降、平均コストが約30%低下することを見込んでいる。

<sup>20</sup> 関連業界は、農業、林業、食料、バイオ燃料、石油、自動車、研究所など。

<sup>21</sup> 便宜上、通し番号を使用する。

<sup>22</sup> EU加盟国数は、この時点では25カ国であり、その後ブルガリアとルーマニアが2007年1月に加盟した。そのうち15カ国が2004年以前に加盟済みであった。

- ア 小麦、野菜油などの食料タイプの原料を使用する。
- イ 現在の農業・林業等の残渣・廃棄物から製造する。2010年から2020年にかけて開発される。
- ウ エネルギー作物<sup>23</sup>を使用する。2020年以降の本格的使用に向けて、研究はすぐに開始される必要がある。

EUのバイオマスは、2030年には、道路輸送用燃料の27%~48%をカバーする技術的潜在性を有する。コスト的には、20~30%の削減が可能と見られる。そして、需要の50%ずつをEUの国内生産と輸入でまかなうとして、2030年に25%目標というのは現実的である。

技術面でのロード・マップは以下のとおりである。

- ア 短期(2010年まで)
  - 既存の技術の改善
  - 第2世代バイオ燃料の研究・開発。実証試験工場の稼働開始。
- イ 中期(2010~2020)
  - 第2世代バイオ燃料生産の効果的な稼働。
  - 木質セルロース系バイオ燃料技術改善等のための研究・開発の継続
  - エネルギー作物というオプションの開発
- ウ 長期(2020年以降)
  - 第2世代バイオ燃料の大規模生産
  - 技術面以外での主な検討要素、考慮要素としては以下のものがある。
- ア 価格競争性、価格効率性。これは、バイオ燃料生産に限定することなく、新規車両に係る投資など諸関連費用を含む。
- イ 持続性。とくに、気候や労働コストを勘案したうえで、世界規模にて原料生産及びバイオ燃料生産の地理的最適化が必要である。
- ウ 立法、規制、基準。加盟国間での調和を図る必要があり、EUレベルでの長期的な立法が肝要である。具体的な内容としては、税制面の優遇、バイオ燃料使用の義務化、排出基準、バイオ燃料の品質基準などがある。さらに、森林、農業その他のセクターからのバイオ残渣が「廃物」でなく「燃料のための潜在的な原料」と認識されることが重要である。
- エ EU内生産と貿易。バランス・アプローチをとり、メルコスールなどとのバイの交渉と、ドーハ・ラウンドなどでのマルチの交渉を適切に行っていく。
- オ 情報伝達及び協調。とくに、農業等関係者の廃物潜在性やエネルギー作物に係る周知度を高めることが重要であり、また関係企業間の「欧州バイオ燃料技術プラットフォーム」が協調のうえでは枢要となりうる。

---

<sup>23</sup> バイオ燃料に使用する目的で栽培されるバイオマスのこと。

2030年に向けての提言は、以下のとおりである。

- ア バイオ燃料の種類や生産プロセスには多くの種類があり、競争と安定性の観点からすれば、一種類に限定しないことが重要である。
- イ 既存のバイオ燃料については、原料、製造、関連データ収集などの点で改善が必要である。
- ウ 第2世代バイオ燃料については、新たな転換技術が必要である。とくに、バイオエタノール生産では木質セルロースを含む幅広い原料からの手法が開拓される必要がある。
- エ バイオ精製技術を開発する。
- オ 原料生産については、土地ごとの気候、環境、社会経済条件に適合した持続的な土地政策が必要である。
- カ エネルギー作物は、原料の増産と安定供給に寄与する。
- キ バイオ燃料供給を十分に確保する必要性からすれば、EU内生産に限定することは不可能であり、望ましくもない。EU委員会としては、生産・輸入双方を奨励するバランス・アプローチをとるべきである。また、欧州のバイオ燃料技術を輸出することが有意義である。
- ク バイオ燃料に係る基準を、すべての関係者との協議のうえで策定する必要がある。
- ケ 研究機関、農業、林業、製造業などの関係業界・関係者の協調が肝要であり、そのためには協同での革新プログラム、実験施設の共用などが重要である。
- コ 欧州バイオ燃料技術プラットフォームの創設が必要である。その際、以下のような点に留意すべきである。
  - 道路輸送用燃料のみならず、水上輸送、空輸の燃料も対象に含めるべきである。
  - 既存のバイオ燃料をさらに開発すると同時に、第2世代バイオ燃料への転換を強力に推進する必要がある。
  - 既存のプラットフォーム（道路輸送関連、森林セクター関連、持続的な化学など）との綿密な関係を構築する必要がある。
  - バイオ燃料支援に係る諸々の政策を調和していくうえで有効な分析ベースを供与することが可能となる。

以上、EUが策定した2つの重要なペーパー「バイオ燃料についてのEU戦略」、「EUにおけるバイオ燃料～2030年以降に向けてのビジョン」に関してとくに注目すべき点は、以下のとおりである。

まず、貿易政策への言及について、域内生産と輸入のバランスが必要との総

論的な認識は明確に示されているものの、より具体的な内容が待たれるところである。

次に、発展途上国に対する支援については、積極的な姿勢を明確に打ち出している。その方法論についても、当該国のみならず「地域」という単位で見据えていることが特徴的である。

また、いわゆるアウェアネスの重要性が随所に示唆されている。たとえば、バイオ残渣の認識やエネルギー作物について、農業等の関係者に周知をはかるとしている。そして、農村部における新規雇用機会として、1%分ごとに4万5000~7万5000という具体的数値を示していることは、アウェアネスの観点からしても有効な方策と捉えるべきであると思われる。

今後の展望については、エネルギー需要を始めとして、資源、交通、農業など多くの分野に関する様々な前提条件としての数字を盛り込んでいることが特徴的である。また、関係者の横断的な協力が欠かせないところ、「欧州バイオ燃料技術プラットフォーム」の創設、という象徴的事象を提案していることも注目される。

なお、エネルギー作物の開発については、大きな効用が期待できることは確実である半面、科学面、非科学面の双方から、問題点の有無を慎重にモニターすべき場面が想定される。

## 2. 主要各国

### (1) フランス

フランスのエネルギー政策は以下の通りである。

1973年から2005年にかけて、全エネルギーに占める石油の比率は67%から33%にまで低下した。再生可能エネルギーの比率は約5%である。

石油の輸入先の多様化が進んでおり、中東への依存比率は1973年に71%であったのが2005年には27%にまで低下している。北海油田は26%、アフリカが11%である。

バイオ燃料については、2008年までに燃料消費の5.75%をバイオ燃料とすることを目標としている。これはEU指令の内容を2年間先取りするものである。そのために、たとえば2008年までに燃料エタノール生産を80万トンにまで高めることを目標としている。

エタノールについては、てんさい、小麦などを原料として生産され、1億2000万リットルのエタノールが21万9000トン分のETBEに転換され

ている。

バイオディーゼル燃料については、2004年の植物油メチルエステル生産は348000トンで、原料は菜種とひまわりが主体である。菜種はドイツへの輸出も多いため、ひまわり生産を増加させる方向にある。

研究開発については、セルロース由来のエタノール関連などが盛んに行われている。

## (2) ドイツ

ドイツのエネルギー政策は以下の通りである。

全エネルギー消費に占める再生可能エネルギーの割合を、2010年までに4.2%、2020年までに最低10%、世紀半ばには概ね50%とする。

燃料消費については、再生可能エネルギー比率を2010年までに6.75%とする。

運輸部門の最終エネルギー消費に占めるバイオ燃料の割合は現在3.6%に達している。

エタノール生産の開始は2004年と、比較的新しい。

他方、バイオディーゼル燃料については、EU内最大の生産量となっており、2004年には企業数20、生産量は110万トンであった。主たる原料は菜種である。

研究開発については、自動車業界も含めて、第2世代バイオ燃料などに関して積極的に行われている。

## (3) イギリス

イギリスのエネルギー政策は以下のとおりである。

エネルギー消費を1980年と2005年で比較すると、ガスが21.9%から39.9%へと著しく増加した。石油は37.3%から33.0%へと減っているが、他の主要欧州国に比べると減少割合は低い。最も減少したのは石炭(35.8%→17.1%)であった。2005年の再生可能エネルギー等は1.7%である。

政府は、2008年までに自動車燃料の2.5%を再生可能エネルギーによることとしている。(2006年の実績である0.25%の10倍に相当する。)さらに2009年には3.75%、2010年には5%と、段階的に引き上げられる。

輸送部門におけるバイオ燃料の需要は増加中であり、2004年から2005年にかけては17%上昇した。

エタノールについては、ブラジルから年間1億4000万リットルを輸入しているが、小麦に輸出余力があることなどから、今後国内生産が増加していくと予想されている。

バイオディーゼル燃料については、菜種、パームオイル（輸入）、廃油などを原料として生産されている。

研究・開発については、非食用植物などのほか、自動車メーカーなどを中心としてバイオブタノールの研究も行われている。

また、ブラジルと協力して、サブ・サハラのアフリカ諸国において、エタノール生産向けのさとうきび生産を促進することとしている。

#### （４）フィンランド

フィンランドのエネルギー政策は以下の通りである。

エネルギー消費を2015年までに5%削減する。

再生可能エネルギー消費を2015年までに15%増加させ、2025年までには最低40%増加させる。

再生可能エネルギーの比率は既に2003年に23%であるが、上記により2025年には33%となる。

上記の通りフィンランドでは再生エネルギーが積極的に利用されているが、その大宗は産業及び暖房関係向けであり、運輸向けは比較的少ない。

エタノールについては、主としてブラジルから輸入するさとうきびを原料として年間1億1千万リットル程度を生産している。

バイオディーゼル燃料については、現状では、獣脂などを原料とした生産が数例がある。

他方で、研究開発は盛んであり、とくに地場石油会社によるバイオディーゼル燃料生産に係る水素化処理技術の開発が注目されている。

#### （５）スウェーデン

スウェーデンのエネルギー政策は以下の通りである。

全エネルギーに占める石油の割合は、1970年の70%から、現在は30%にまで低下している。この間再生可能エネルギーは28%にまで増加した。

運輸部門に限れば、94%を石油に依存している。自動車については97%が石油、3%がバイオ燃料である。

販売されるガソリンのうち85%がE5であり、さらにE85も増加しつつある。国内の燃料エタノール生産は7100万リットル(2005年)で、1億8900万リットルは輸入、うち80%がブラジルから、次いでイタリアからとなっている。

バイオディーゼル燃料は菜種などを原料として生産されている。

研究・開発については政府が主導する形となっており、森林資源からのエタノール生産などについての研究が行われている。

## 第5章 日本の方針

これまでアジアやヨーロッパなどを中心にバイオ燃料に関する動きをみてきたが、日本については、環境省、経済産業省、農林水産省などが中心となって、以下のような方針を打ち出してきた。

まず2002年12月に「バイオマス・ニッポン総合戦略」が初めてまとめられ、さらに2006年3月には、その改訂版が閣議決定された。その主な柱は、輸送用燃料の導入など大幅なバイオマス・エネルギー導入が必要としたこと、国が導入スケジュールを示し、利用に必要な環境を整備していくとしたこと、特に国産バイオマス輸送用燃料の利用を促進するとしたこと、アジア諸国が進めようとしているバイオマスエネルギー導入の取組みに関与していくこと、である。2005年4月に閣議決定された「京都議定書目標達成計画」では、輸送用燃料におけるバイオマス由来燃料の利用目標を原油換算で50万キロリットルとした。

次いで2006年5月に経済産業省が「新・国家エネルギー戦略」をまとめた。その3大目標は、国民に信頼されるエネルギー安全保障の確立、エネルギー問題と環境問題の一体的解決による持続可能な成長基盤の確立、アジア・世界のエネルギー問題克服への積極的貢献であり、運輸エネルギーについては、石油依存度を2030年までに80%程度とすることを目指すとした。バイオマス由来燃料関連では、供給インフラの整備、自動車等のインフラ面の整備、供給促進と経済性の向上、中長期的な日本への供給源となることも視野に入れてのアジア諸国との協力推進などを打ち出している。

さらに2007年2月には、バイオマス・ニッポン総合戦略推進会議が「国産バイオ燃料の大幅な生産拡大」をとりまとめた。これは、技術面、制度面な

どの課題を挙げたうえで、当面の目標（2010年頃まで）及び中長期的な目標（2030年頃まで）を掲げ、そのための工程表を示した。

なお、その後2007年4月に、（政府ではなく）主要民間会社がプロジェクト・メンバーとなり産業競争力懇談会がとりまとめた報告書として、「バイオ燃料プロジェクトについて」があり、2015年にエタノールをリットルあたり40円以下のコストで100万キロリットル生産できる技術を開発することを目標として、開発モデルや技術開発ロードマップの例示、横断的な研究開発組織の提言などを行っている。

2007年11月には、農林水産省と経済産業省が、主要産学を中心メンバーとする「バイオ燃料技術革新協議会」を立上げ、セルロース系バイオマスからバイオ燃料等を効率的に生産するための「バイオ燃料技術革新計画」の策定作業が開始された。2008年3月には同計画が固められ、エタノールに関しては、リットルあたり100円の製造コストを念頭とする「バイオマス・ニッポンケース」、及び同40円を念頭とする「技術革新ケース」として、具体的なモデルケースや技術マップ、ロードマップが示された。

以上のペーパーについて、とくにEUのペーパーと比較した場合の注目すべき点を記す。

バイオ燃料の効果、潜在性、課題など内容面での基本認識については、EUと日本では概ね同様である箇所が相当に多い。生産面でのロード・マップについては、EUが2010年と2020年を区切りとしているのに対して、日本は2010年と2030年を区切りとしているものの工程表では2020年を含めて5年刻みとなっている。

生産能力の潜在性については、EU、日本ともに具体的数値をもとに論じている。他方で、雇用に及ぼす効果については、EUのペーパーには記載が見られる。

最大の相違は個々のペーパーの対象範囲であり、EUでは「バイオ燃料」という分野での単独ペーパーとなっているのに対して、日本では「バイオマス」という広めの設定でのペーパー、及び「国産」に限定した「バイオ燃料」のペーパーという構造になっている。無論、バイオ燃料以外のバイオマスや、国産バイオ燃料の重要性は強調されるべきであるが、他方で「日本のバイオ燃料戦略」を過不足なく記したペーパーが存在すれば、国民への周知のみならず、アジア各国を含めた諸外国からの理解という面でも効果がより高いと思われる。

セルロース系を中心とする、今後本格的な開発が見込まれる新技術につい

ては、EUが「第2世代バイオ燃料」という用語を使用しているのに対して、日本ではこれを使用していない。国際機関のペーパーでも「第1世代、第2世代」という用語が一般的となりつつある点、及び、当該「新技術」の成否がバイオ燃料発展の大きな鍵を握ることを十分にプレイアップすることが重要である点に留意することが有効と思われる。

関係者を含めた国民の Awareness の向上という観点からは、印象的な用語の使用<sup>24</sup>は肝要である。日本のペーパーにも「バイオマス・ニッポン」、「バイオマスタウン」といった効果的な語が見られるが、バイオ燃料に限定してみると、より印象的な語を使用できる余地があると思われる。

## 第6章 結 論

様々な視点及びペーパーをもとに論を進めてきたが、筆者がとくに強調したい点を提唱することにより、結論にかえることとしたい。

### 1. アジア全体での取組みの必要性

日本の国産バイオ燃料の潜在性は政府資料でも強調されている。亜熱帯地域から冷帯地域まで幅広い農作物を有することに加えて、森林資源や海洋資源の潜在性にも注目が高まりつつあり、さらに原料生産、燃料製造過程の両面において、世界有数の技術開発分野が存在する。

一方、アジア各国を見ると、既に多種多様な原料をもとに生産が開始されており、インフラ、技術面、環境面への十分な配慮といった課題を克服すれば世界有数の生産国となる潜在性を指摘される国も少なくない。

このように、現状では欧州や南北アメリカよりも数値面ではるかに低いものの、アジア全体の潜在性は相当に高い。しかしながら、そのような潜在性を将来的に現実のものとするためには、各国間の協力体制や、望ましい範囲での分業体制は不可欠であると思われる。

国家間の協力体制・分業体制<sup>25</sup>が最も進んでいる地域は欧州である。とくに以下の点に注目すべきである。

EUという強固な国際機関が存在し、バイオ燃料という明瞭な範囲にて詳細なペーパーをとりまとめており、しかも今後の鍵を握る第2世代バイオ燃料の開発をEUレベルでモニターすることを明言している。

<sup>24</sup> たとえば、EUのペーパーは、「欧州バイオ燃料技術プラットフォーム」という語を繰返し使用している。

<sup>25</sup> 一般に、分業体制には、意図したうえでのものと、結果的なものとが存在する。

各国が得意とする原料生産や製品製造の分野が相当程度に明瞭である。

各国の研究開発技術が高く、しかもフランス、スウェーデン等のセルロース系/森林資源、フィンランドの水素化処理、イギリスのバイオブタノール等、各国が得意とする、あるいは注力する研究・開発分野が相当程度に明瞭である。

これらの点をアジアにおいて考察してみる。

まず については、超国家的国際機構と称される程度に強固な国際機関がアジアに創設されることは、少なくとも近い将来は想定しがたい。もっとも、アジア全域をほぼカバーする国際機関としてアジア開発銀行があり、また「東アジア共同体構想」の検討が今後進んでいくことから、中心、ないしは中心に近い存在となりうる国際機関が皆無というわけではない。

次に は、程度の差こそあれ、現状のアジアでも観察できる。

については、日本がほとんど全ての研究・開発を行っており、その水準も高い一方で、他のアジア各国の研究・開発は分野も限定される、といった状況にある。

こうしたことから、限られた土地、資金、人材を有効に活用していくうえでも、アジア地域の生産、研究・開発の協力体制・分業体制の整備が望まれ、その際、可能な範囲において、国際機関が主要な役割を果たすことが期待される。なお、当該国際機関や日本が中心となって、アジア各国の研究体制や人材に係る技術支援/指導を行うことが、研究・開発の本格的な協力体制を築くに先立って有益であると思われる。

## 2．貧困削減の視点の重要性

途上国における貧困削減が急務であることは論ずるまでもないが、バイオ燃料の生産が途上国の貧困削減に効果的なケースは今後相当数になることが期待できると思われる。その主たる理由・背景は以下のとおりである。

インドのジャトロファのように、荒地にも強い作物が商品化されることが実現されれば、貧困地域の主力産業に発展する可能性もある。

途上国がいわゆる「持続的な経済成長」をとげるためには、貧困削減と環境面改善が不可欠であり、また環境改善は貧困削減自体の重要要素でもある。

貧困削減のためには、ODAなどの公的資金以外に、先進国をはじめとした民間資金の流入の果たす役割は極めて大きい。バイオ燃料関連では、既に先進国の企業のみならず途上国企業による積極的な投資の例も存在する。

### 3．学問間の連携の必要性

バイオ燃料は、関連する学問分野が極めて多いことが特徴である。既述の産業競争力懇談会報告書は、研究・開発に係る具体的な分野として、分子生物学、バイオインフォマティクス、機械工学、化学工学、プロセス工学、環境学、水環境学、社会科学（生物多様性など）、LCA（ライフサイクル・アセスメント）を挙げているが、研究・開発以外に広げれば、経済学（開発経済学を含む）、国際関係、政治学、地理学なども含まれてくる。つまりは、文系の学問と理系の学問のいずれにおいても多岐にわたることとなる。文系の学問間の連携、理系の学問間の連携はいずれも例が多く、成功するケースも少なくないが、バイオ燃料に関する総合的な戦略策定のうえでは、各国政府レベルにおいても、また国際機関レベルにおいても、文理間の高度な連携が必要不可欠であると思われる。

### 4．アジア開発銀行に対する期待

アジア開発銀行は、1966年に設立された国際機関であり、アジア太平洋地域の貧困削減のための支援を行うことを目的とする。既に本章の1．において言及したところであるが、2．の関連では、まさに同行は貧困削減のための専門機関であり、さらに3．の関連でも、文理それぞれのスタッフを多数有しており、文理連携の経験も豊富である。以上の諸点から直ちにアジア開発銀行がアジアのバイオ燃料に係る主導的役割を果たすべきとすることには論拠が不足するが、一つの有力な選択肢であると考えられ、同行、及びその付属機関であるアジア開発銀行研究所による今後の成果が期待される。

（主要参考文献）本文中に明記したものを除く。

“A Blueprint for Green Energy in the Americas” Garten Rothkopf 2007

“Biofuel Scenario in India” R.S.Kureel 2007

「天然資源とアジアの地域協力」成田康郎 「経営と経済」第260号（平成19年6月）