

米国およびブラジルにおける燃料エタノールの経済と政策

東京経済大学経済学部 教授
手塚 眞

	頁
はじめに	33
1 燃料エタノールの背景	33
1) エネルギー資源としてのバイオマス	
2) バイオマス燃料の利点	
3) 京都議定書とバイオマス燃料	
2 世界の燃料エタノールの生産と貿易	38
1) 世界エタノール生産	
2) エタノール貿易	
3 米国:穀物・エタノールの経済と政策	45
1) エタノールの生産と貿易	
2) エタノールをめぐる政策	
4 ブラジル:サトウキビ・エタノールの経済と政策	61

米国およびブラジルにおける燃料エタノールの経済と政策

手塚 委員

はじめに

近年の原油価格の高騰と地球温暖化問題に対する取り組みの本格化は、再生可能エネルギーに対する関心をひときわ高めることとなった。本稿では特に燃料エタノールに焦点を当て、その注目される背景、国際的な需給動向、そして、米国およびブラジルにおけるエタノールの経済と政策の現状をとりまとめた。

1 燃料エタノールの背景

1) エネルギー資源としてのバイオマス

FAOでは、バイオマス燃料を「木質燃料(woodfuels)」、「農業系燃料(agrofuels)」、「自治体系副産物(municipal byproducts)」に分類している(Forest energy forum No. 6. SPECIAL FEATURES <<http://www.fao.org/docrep/x7874t/x7874t00.HTM>>)。本稿で検討する燃料エタノールは、この分類中の「農業系燃料」の「液体燃料」である。ただし、現在一般に実用化されている燃料エタノール生産では「農業系」の様々なバイオマスが原料として利用されているが、技術的には「木質系」あるいは「自治体系副産物」からも同様にエタノールを作り出すことができ、その実用化のための技術開発が急速に進展している。

葉緑素による光合成は、太陽光エネルギーを利用し、大気中の二酸化炭素と水を結合し有機化合物に変化させ、バイオマスとして固定させる。光合成反応によって最も大量に生産される有機化合物は澱粉、蔗糖(sucrose)、セルロース(これらはすべて広義の「糖類(saccharides)」に含まれる)である。バイオマスをエネルギー資源として利用する主要な方法は、熱化学的変換と生物化学的変換である。熱化学的変換では、直接燃焼による発電や、バイオマスの部分燃焼によるガス化が代表的なものである。一方、生物化学的変換では、アルコール発酵が代表的である。

単糖や少糖のバイオマス原料の場合は酵母を加えるだけで発酵が可能であるが、澱粉質原料の場合には、そのままでは発酵できないため、酵素により糖化し、その後酵母を加えて発酵させる。この発酵によって得られた「もろみ」はアルコール濃度が8%程度であり、蒸留によってアルコール濃度を高め、95%濃度のアルコール(含水アルコール)が製造される。さらに、含水アルコールを脱水剤とともに蒸留するとアルコール濃度99%以上の無水アルコールを得ることができる。原料が木質系(セルロース系)バイオマスの場合、ア

ルコール発酵は技術的により困難になる。工程には新たに酸化加水分解が加わり、その後の糖化、発酵、蒸留・脱水を経てアルコールがつくられる。

技術発展の現段階においてエタノール（エチル・アルコール）製造の一般的な技術は、澱粉質・糖質原料から、発酵によってエタノールを製造するものである（この他に、化石燃料を原料とする合成エタノールがあり、世界の（燃料、飲料、工業用を含む）エタノール生産量の約5%をしめている）。澱粉質・糖質を原料とするエタノール製造技術は、着実に技術革新が進行している（米国の商業的燃料エタノール製造業における技術革新については、Novozymes & BBI International, *Fuel Ethanol: A Technological Evolution*, June, 2005.）。しかしながら澱粉質・糖質原料は原料が量的に限られていたり、また、食料生産とも競合することなどから、新たな研究・技術開発の中心はむしろ、（廃棄物の有効利用という利点もある）木質系（セルロース系）を原料とするエタノール製造技術にあるように見受けられる。現在、オタワのアイオジェン社<<http://www.iogen.ca>>の実証工場（demonstration plant）が商業的利用を目的としてセルロース・エタノールを、年間3～4百万リットル規模で生産している。

2) バイオマス燃料の利点

エタノールを含むバイオマス燃料一般の利点としては以下のような点が上げられている（International Energy Agency, *Biofuels for Transport: An International Perspective*, 2004, pp.171-179.）。

① 現在の自動車ですべて使われている石油を代替することができる。 エタノールは少なくとも10%までならば通常の車両でガソリンに混ぜて使うことができ、特別仕様で対応した車であればさらに高い割合でエタノールを混ぜることができる。バイオディーゼル（植物油とメタノールを触媒の存在下でエステル交換反応を行うことで得ることができる高級脂肪酸のメチルエステル化物の総称。その物理的、化学的性状は軽油と類似している）の場合は、通常のディーゼル・エンジンで軽油と様々に異なる割合で混ぜることができ、100%の代替も可能である。

この石油代替可能性の含意として、輸入石油に依存している国々のエネルギー安全保障の向上、そして、特に途上国における貿易収支上の利点が主張されている。ただし、バイオマス燃料の生産自体に石油あるいはその他の化石燃料が利用されているため、一単位のバイオ燃料が必ずしも一単位の石油を代替しうるわけではない。

② 温室効果ガス（Greenhouse Gas = GHG）の排出を削減することができる。 エタノールもバイオディーゼルも、その生産過程で利用された化石燃料を考慮したとしても

("well-to-wheel" basis)、CO₂などの温室効果ガスの排出削減が期待できる。サトウキビや木質系原料から生産されたエタノールの場合、削減効果は特に大きい。

③ 大気汚染削減効果が期待できる。 エタノールあるいはバイオディーゼルの石油と混ぜると、一酸化炭素、二酸化硫黄、そして浮遊粒子状物質 (particulate matter) の排出が減少する。これはバイオ燃料が一般により多くの酸素を含むため酸素添加剤として機能し、燃料のより完全な燃焼を可能にするためである。

④ 自動車走行性能が向上する。 エタノールはオクタン価が極めて高いが価格が相対的に高かった。このため、オクタン価を高めるための添加剤としては、今までは鉛 (ほとんどの国で現在、使用が禁止されている) やメチル第3ブチルエーテル (Methyl Tertiary Butyl Ether = MTBE) が使用されてきた。しかしながら、鉛に続きMTBEも、その環境への悪影響が懸念されるようになり (特に水質汚染) 多くの国や地域で使用が規制され始めてきている。オクタン価を高めるための添加剤としてエタノールを利用する場合、エタノールを直接ガソリンに混ぜるのではなく、エチル第3ブチルエーテル (Ethyl Tertiary Butyl Ether = ETBE) に転換してから混ぜることも多く行われている。また、バイオディーゼルは軽油に比べて潤滑性 (lubricity) が高い。

⑤ バイオ燃料は農産物に対して新たな市場を拡大し、農業や農村の経済を活性化することが期待できる。

⑥ その他の効果としては、バイオ燃料が木質系の原料や廃棄物から生産される場合には、廃棄物の量とその処理費用を削減し、資源の有効利用を実現することが期待できる。

以上のような利点は、一般論としてはすべてのもつともであるが、実際にそれがどれほどの利益になるかを経済的に数量化することは容易ではない。これに対し、今使用している石油のかわりにバイオ燃料を使用する場合の経済的費用はより明白である。まず、エタノールやバイオディーゼルはガソリンや軽油よりも一般に高価である。また、エタノールを高い割合でガソリンと混ぜる場合には、(その含水率の高さや金属腐食性などから) 車を特別の仕様で改造するための追加的な費用がかかる。また、ガソリンの流通過程においても同様の追加的な投資が必要となる。

さらには、バイオ燃料の利点とされるものに直接的な疑問を投げかける意見も存在する。例えば、石油の代替可能性とエネルギー安全保障上の利益に関しては、バイオマス燃料が生み出すことのできるエネルギーより大きなエネルギーが、バイオマス燃料の生産自体に使われるという議論がある。この議論の代表的な論客は、コーネル大学の Pimentel である。

これに対して、米国農務省の研究では、バイオエネルギー生産のエネルギー効率はポジティブ（すなわち生産されるエネルギーの方が、生産プロセスに使われたエネルギーよりも大きい）である（両派の議論に関してはおびただしい文献が存在するが、最近の農務省の文献としては、Hosein Shapouri, James Duffield, and Andrew McAloon, *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, 2004. 及び Hosein Shapouri, James A. Duffield, and Michael Wang. *The Energy Balance of Corn Ethanol: An Update*. Agricultural Economic Report No. 814, July 2002)。

エタノール利用を拡大した場合のエネルギー安全保障上の問題は、その供給の大きな部分を輸入に頼ることになる日本の場合は特に、安定的な供給に関する懸念であろう。例えば政治的な不安定要因がなかったとしても、エタノール生産は天候等の自然的要因により大きく変動する可能性がある。また、食料生産との競合も懸念材料である。

環境負荷に関する議論としては、ガソリンにエタノールを高濃度で混入した場合、排気ガスの窒素酸化物が増加する可能性や、有害なホルムアルデヒドを排出するという問題が指摘されている。

農業や農村の経済に対する影響に関しても、トウモロコシや大豆の生産者には利益があるが、畜産農家に対してはむしろ不利益であるという意見や、農産物生産の拡大がむしろ農薬や肥料の使用の増大をとおして環境への負荷を高めるといった議論がある。

以上のような論点の多くは、Global Insight 社がまとめた報告書、*Winners and Losers of Ethanol Mandates: Agricultural Producers, U.S. Consumers, U.S. Energy Security, 2005*. に（エタノール生産の拡大に否定的な立場から）簡潔にまとめられており、エタノールの生産・利用の拡大が必ずしもすべての関係者に一律な利益をもたらすものではないことを示している。この報告書が、米国連邦議会におけるエネルギー法案（後述）採決の直前に公表され、その資金援助が American Petroleum Institute により行われていたこと自体（報告書の見解は著者のものであり、決して資金援助者の見解を代弁するものではないと断り書きがあるが）、エタノールをめぐる利害関係に何がしかの示唆を与えるものである。

3) 京都議定書とバイオマス燃料

「京都議定書」は、1990 年を基準年として、2008 年から 2012 年までの期間に温室効果ガス排出量の 5% の削減を規定している（日本は 6%）。削減の対象とされるガスは、二酸化炭素 (CO₂)、メタン (CH₄)、一酸化二窒素 (N₂O)、代替フロン等 3 ガス (HFC、PFC、

SF₆) であり、排出量削減は国内排出削減対策、森林吸収量確保、そして、京都メカニズムの利用をとおして行われる。

国際エネルギー機関 (IEA、<<http://www.iea.org/>>) によれば、OECD諸国の石油消費のほぼ6割が運輸部門によるものである。また、他の部門における石油消費が今後抑制される見通しであるのに対し、運輸部門における石油消費は増大し続けることが見込まれている。この点から、OECD諸国は運輸部門のエネルギー効率性の一層の向上に加えて、京都議定書において「CO₂ニュートラル (植物起源の燃料の燃焼に伴って発生する CO₂ は排出量合計に参入されない)」の扱いを受けるバイオマス燃料を、運輸部門における代替燃料として導入する強いインセンティブを持っている。

ただし、日本のように相対的に省エネルギー技術等の普及が進んでいる地域においては、国内の温室効果ガス削減はコストの高いものにならざるを得ない。また、今後予想されるCO₂排出量の増加分のうち、約3分の2は途上国によると見られている。

このため、京都議定書は京都メカニズムと呼ばれる目標達成のための柔軟な仕組みを導入している。京都メカニズムは、排出権取引 (Emissions Trading = ET)、共同実施 (Joint Implementation = JI)、及びクリーン開発メカニズム (Clean Development Mechanism = CDM) を含むものである。とりわけクリーン開発メカニズムは、排出削減義務が課されておらず、しかも技術的・経済的に削減余地の大きい途上国における排出削減事業を、先進国の政府あるいは企業が行った場合、当該事業による削減量を自国あるいは自社の削減量として換算できる制度である。したがって、京都議定書の2005年における発効は、先進諸国における温室効果ガスの削減へ向けての対応を促すと同時に、先進国のエネルギー・環境技術や資金の途上国への移転を促進する可能性がある。

日本の例で言えば、削減目標6%のうち、国内の温室効果ガスの排出抑制対策により0.5%、森林吸収源対策により3.9%、京都メカニズムの活用により1.6%の削減が予定されている。運輸部門のバイオマス燃料に関しては、まず低濃度のエタノール混合ガソリンの普及を目指し、2003年から、販売済み自動車へのエタノール3%混入ガソリンの使用を解禁している(「揮発油等の品質の確保等に関する法律」の2003年の改正、ただし使用は任意である)。さらに、ガソリンへエタノールを10%混合した燃料 (E10) への転換を、2008年度を目処に実施する方針を経済産業省が固めたこと、2005年7月19日に報道されている<<http://www.asahi.com/business/update/0719/044.html>>。

特に日伯間のクリーン開発メカニズムに関連した動向としては、2005年5月のルーラ大統領訪日に際して発表された「経済関係再活性化のための共同プログラム」において「エタ

ノールの利用に関する対話の推進」が言及され、さらに「日本国とブラジル連邦共和国との間のクリーン開発メカニズム（CDM）に関する共同新聞発表」がおこなわれた。この共同新聞発表のなかで、「両国は、バイオマス、省エネルギー、交通、廃棄物管理等の分野においてCDMの可能性あることを確信している」と述べられている。具体的な案件としては、豊田通商によるバイオマスを利用した鉄鋼生産が2002年に、昭和シェル石油による「マルカ埋め立て処分場ガス発電プロジェクト」が2005年にそれぞれ承認され、正式なCDMプロジェクトとなっている。

2 世界の燃料エタノールの生産と貿易

最初に、世界の燃料エタノール需給に関連する統計データについて述べる。世界的なエネルギー統計に関しては、国際エネルギー機関（International Energy Agency = IEA）が包括的な統計を定期的に提供している。同機関によれば（IEA, *Key World Energy Statistics 2005*）、2003年の世界の一次エネルギー総供給10,579 Mtoe（石油換算百万トン）のうち、石油が占める割合は34.4%、石炭は24.4%、天然ガスは21.2%、原子力は6.5%であり、残りが様々な再生可能資源である。換言すれば、世界の一次エネルギー供給の8割は化石燃料に依存していることになる。

再生可能エネルギーの内訳は、水力が2.2%、可燃性再生可能資源及び廃棄物（バイオマス）が10.8%、そして、その他が0.5%である。ただし、可燃性再生可能資源及び廃棄物は多様なエネルギー資源を含み、その中には途上国などで多く使用されている炭薪等もある。したがって、OECD諸国のみに限定して再生可能エネルギーを見ると、一次エネルギー総供給の6.1%にすぎず、内訳は水力が2.0%、可燃性再生可能資源及び廃棄物が3.3%、そして、その他が0.8%である。

エネルギー需給の動向及び見通しに関して言えば、各国政府の現行施策を所与とした場合（レファレンス・シナリオ）、世界のエネルギー需要は2030年までに50%増大すると見込まれる（IEA, *World Energy Outlook 2005*）。その増加分の8割は化石燃料である。このシナリオにおいては、経済的に石油に代替しうる運輸燃料の欠如から石油需要は増大し続ける。ただし、増加率は発電用燃料としての天然ガスが上回る。また、途上国において伝統的なバイオマス燃料が商業的な燃料によって代替されることで、割合を低下させる。その他の、地熱、太陽、風力エネルギー等の再生可能エネルギーは最も早い増加率を示すが、2030年の一次エネルギー総供給の2%を占めるにすぎない。

ただし、現在の高い原油価格が持続し、また、2005年のグレンイーグルズ・サミットで

表明されたようなクリーンエネルギーへの転換政策が着実に実施された場合（代替シナリオ）には、エネルギー需要は 37%の増大になるであろうと I E A は予測している。この場合、2030 年における水力、バイオマスを除く再生可能エネルギーの割合は、レファレンス・シナリオを 30%上回る。また、バイオマス及び原子力も割合を増加させる。

以上のように、I E A は、世界の包括的なエネルギー状況、及びその見通しに関しては詳細な情報を提供するが、本稿で問題とする燃料エタノールに関する情報やデータは不十分である。実際、2004 年の I E A のワークショップ（Energy Statistics Working Group, IEA, Paris: 16-17 November 2004）において、エネルギー安全保障や環境問題等の観点から急速に高まるエタノール等の重要性に鑑み、バイオマス燃料の統計情報を見直すべきであるという提案が行われている。2004 年に I E A が出版した運輸部門におけるバイオエネルギーの包括的な研究、*Biofuels for Transport: An International Perspective* においても、エタノール生産・消費に関する統計データは、主として F.O.Licht 社のデータが利用されている。なお、この点は、米国の Renewable Fuels Association の年報や、日本の経済産業省総合資源エネルギー調査会石油部会燃料政策小委員会の資料やデータに関しても同じである。

したがって、以下では、特に断らない限り、F.O.Licht 社のデータに基づいて世界のエタノール需給を概述する。なお、以下に参照した資料を列挙する。

* *F.O.Licht's World Ethanol and Biofuels Report*, Vol.4, No.6 / 23.11.2005

<<http://www.agra-net.com/content/agra/fo/CurrentIssues/Ethanol/la.htm>>

* *F.O. Licht World Ethanol & Biofuels Report*, Biofuels and the International Development Agenda, July 11, 2005 Vol. 3 No. 21

<www.energyfuturecoalition.org/pubs/Biofuels%20Seminar%20FOLights.pdf>

* *World Fuel Ethanol: Analysis and Outlook*, By Dr. Christoph Berg, April 2004.

<<http://www.distill.com/World-Fuel-Ethanol-A&O-2004.html>>

* *World Fuel Ethanol: Analysis and Outlook, Prepared for METI*, By Dr. Christoph Berg, F.O. Licht (総合資源エネルギー調査会石油分科会石油部会第 10 回燃料政策小委員会(2003 年 8 月 19 日) 配布資料)

<<http://www.meti.go.jp/report/downloadfiles/g30819b40j.pdf>>

* *World Ethanol Production 2001*, By Dr. Christoph Berg, July 31st, 2001

<http://www.distill.com/world_ethanol_production.html>

* *World Ethanol Production and Trade to 2000 and Beyond*, By Dr. Christoph Berg, January 1999.

<<http://www.distill.com/berg/>>

1) 世界エタノール生産

2004年の世界のエタノール生産量は408億リットルであり、最大の生産国はブラジルで151億リットル、第二位は米国の134億リットル、第三位は中国の37億リットルである(表1参照)。すなわち、世界生産量に占めるブラジルのシェアは37%、米国は33%である。ただし、この生産量には燃料用以外の飲料用や工業用の生産量も含まれているため、燃料用に限定すると、2004年の世界のエタノール生産量は約300億リットルになる。

表1 世界のエタノール生産、2004年 (単位:百万リットル)

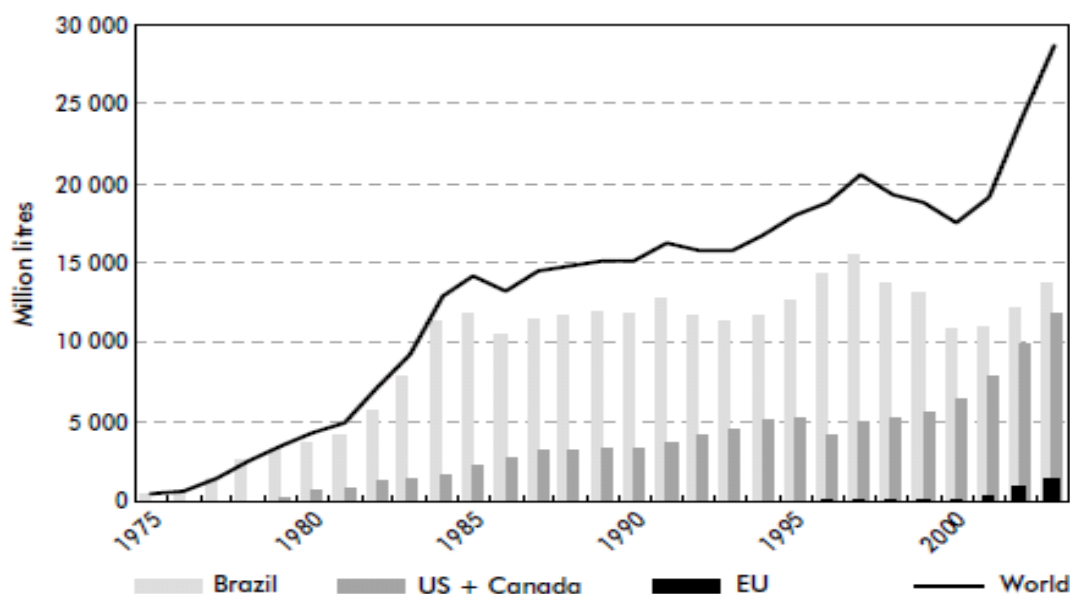
Brazil	15,118	Germany	269	Philippines	83
U.S.	13,398	Ukraine	250	South Korea	83
China	3,654	Canada	231	Guatemala	64
India	1,751	Poland	201	Cuba	61
France	830	Indonesia	167	Ecuador	45
Russia	750	Argentina	159	Mexico	34
South Africa	417	Italy	152	Nicaragua	30
U.K.	402	Australia	125	Mauritius	23
Saudi Arabia	299	Japan	117	Zimbabwe	23
Spain	299	Pakistan	99	Kenya	11
Thailand	280	Sweden	99	Swaziland	11
				Others	1,281
				Total	40,818

資料: F.O. Licht (ただし、Renewable Fuels Association の *Ethanol Industry Outlook 2005* に引用されたデータを 1 gallon = 3.79 litres で換算した)

燃料用に限定したエタノール生産の動向は、図1に示すように、第一次オイルショック以降急速に増加した生産量が、1980年代なかばから1990年代にかけて比較のおだやかな増加に転じた後、2000年からは再び急激な増加を示すようになっている。また、この増加の背景には、米国の生産量の1980年代からの一貫した増大傾向と、2000年以降の急増があり、現在のブラジルの生産量は1990年代のピークを下回るものであることがわかる。なお、それぞれの国における生産動向の背景等については、以下の章で政策動向などとの関連で再び触れる。

図1 燃料エタノール生産、世界及び地域別、1975～2003年

(単位:百万リットル)

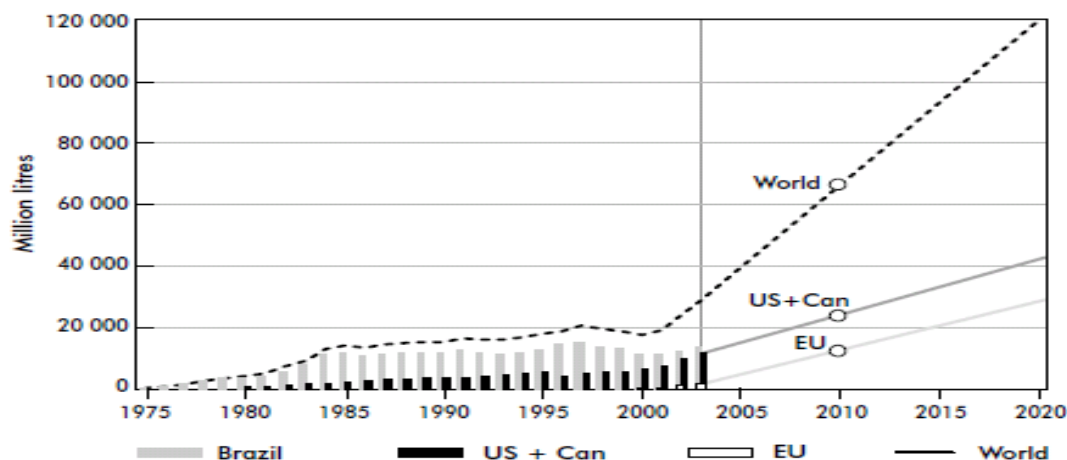


資料: International Energy Agency, *Biofuels for Transport: An International Perspective*, 2004, p.28.

より引用。ただし、原データは、F.O. Licht, 2003, "World Ethanol and Fuels Report", 26 October and supplementary data provided by F.O. Licht.

今後の生産量の増加の見込みに関して言えば、F.O. Licht社は2004年時点の見込みとして、2010年における燃料用エタノールの世界生産量を600億リットルと見ているようである。これに対し、前述したIAEの2004年の研究では、現在の増加傾向が継続した場合、2020年の生産量は400億リットルに達するが、各国における近年の政策の急展開（京都議定書の発効やEUのバイオ燃料計画の進捗、さらにはその後の米国における2005年エネルギー政策法の成立）を考慮に入れると、2010年には生産量が600億リットル強、2020年には1200億リットルに達する可能性があるとしている（図2）。これはエネルギーベースで見ると、2020年の自動車ガソリンの6%に相当する量である。

図2 燃料エタノール生産、IEAによる 2020 年予測 単位:百万リットル



資料 : International Energy Agency, *Biofuels for Transport: An International Perspective*, p. 167.

2) エタノール貿易

従来、エタノールは生産された国内で消費される割合が高く、一般に国際的な貿易がおこなわれるような「商品 (commodity)」ではなかったこともあり、貿易に関するデータは極めて断片的で不明確なものである。

F.O. Licht によれば (*World Ethanol Production and Trade to 2000 and Beyond*)、1990年代後半にエタノール (飲料用、工業用、燃料用のすべてを含む) 貿易量は増大したが、その要因は、旧ソ連の崩壊後の同地域における輸入増大、ブラジルにおけるアルコールから砂糖生産への転換に伴うアルコール輸入の急増、日本及び韓国の輸入増大であった。エタノールの世界貿易量は 1994 年の 35 億リットルから、1995 年には 40 億リットルに達したと見られる。しかし、その後貿易量は減少し、2000 年の貿易量は 35 億リットルを超えなかったと見込まれている。

貿易の地域的なフローに関して言うと、米州は世界エタノール輸出の 5 割弱をしめ、最大の輸出地域であった。1996 年に 16.5 億リットル、1997 年に 12.7 億リットルの輸出をおこなった。この中で米国が最大の輸出国であり、1997 年に 9.3 億リットルを輸出し、主要な輸出先はオランダとグルジアであった。どちらの国の場合も、最終的な輸出先はロシアであったと考えられる。米国は穀物アルコールの生産者として、ロシア・東欧で強い競争力を持っていた。米国エタノールの他の主要な輸出先はブラジルと日本であった。

ブラジルは大量の輸入を行うと同時に、輸出も行った。1997 年は前年を下回ったものの約 1.8 億リットルの輸出量であった。同時に、ブラジルでは輸入量が急減し、1995 年には 15 億リットルあった輸入が、1998 年には 0.2 億リットルまで減少している。ブラジルエタ

ノールの最大の輸出先は日本（0.69 億リットル）とアルゼンチン（0.34 億リットル）であった。

多くのカリブ海諸国は、カリブ海盆地イニシアチブ（Caribbean Basin Initiative）の規定の下で、米国にエタノールを輸出した。コスタリカ、エルサルバドル、ジャマイカから米国へ輸出されたエタノールの多くは、EUから極めて低価格で輸入された余剰ワインを無水化したものであった。これらの輸出は1995年には2億リットルであったが、1997年には0.9億リットルに減少している。

第二位の輸出地域は世界エタノール輸出の約四分の一をしめる欧州であった。1994年は10億リットル、1997年は9.8億リットルの輸出であった。フランスは1997年に3.25億リットル、英国は1.8億リットル、イタリアは0.7億リットルの輸出をおこなった。カリブ海諸国への輸出を除くと、欧州の輸出の大半は地域内への輸出である。東欧諸国のエタノール貿易はかなりの量になると思われるが、明確なデータはない。EU及び米国から東欧へ輸出されたエタノールは1997年には3.6億リットルになったと思われる。

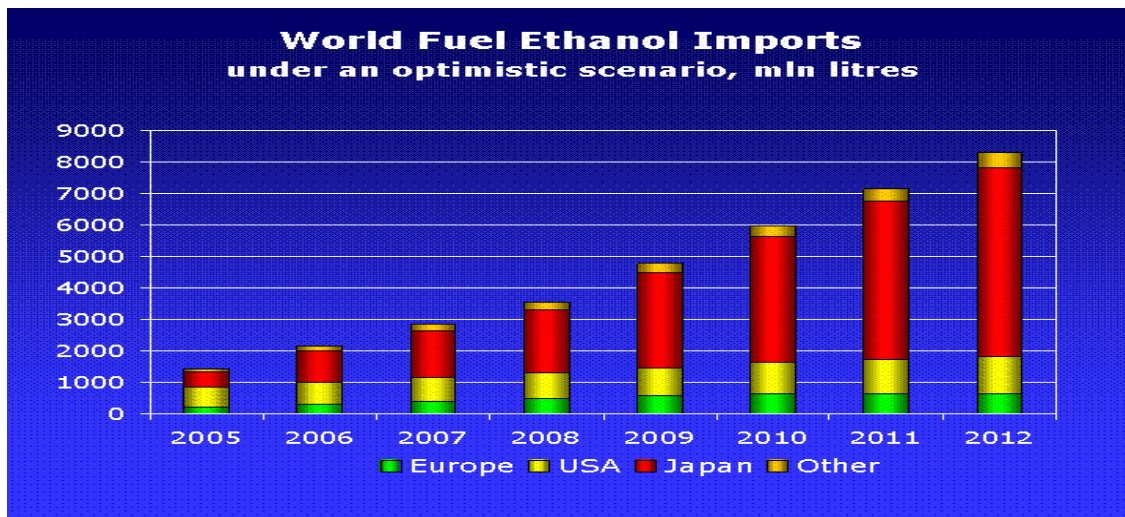
第三の地域は太平洋沿岸諸国及び南アジア地域である。この地域においては日本と韓国が主要な輸入国であり、サウジアラビア、中国、そしてタイが主要な輸出国である。この地域の輸出国の輸出量は世界の総輸出量の2割弱をしめた。

リヒト社では、各国の輸入統計を分析し、以上のような1990年代のエタノール貿易の推計をおこなった。同社によれば、多くの国でエタノールは専売制の影響下にあり、それらの国の輸出データは不透明である。なお、この時期にエタノールを自動車燃料として一般に使っていたのはブラジルと米国のみであるから、その他の地域におけるエタノールの需要は飲料用と工業用に限定されると見てよい。

2000年代に入ると、エタノールの生産と貿易は急速に活況を呈し始める。活況の最大の要因は、燃料用エタノールの生産と貿易における新展開であった。貿易に限定して言えば、1990年代にはほぼ35億リットルであったエタノールの世界市場規模に、現在はさらにその三分の一（10億リットル強）の燃料用エタノールの市場が新たに付け加わっている。そして、様々な政策動向を考慮すると、この燃料用エタノール市場は今後のさらなる拡大が予想される。F.O. Lichtによる「楽観的な見通し」では、この新市場は2010年には60億リットル規模になり、従来の市場と合わせれば、エタノールの世界貿易市場規模は100億リットルに達することになる。そして、この新たなエタノールの世界市場において主要な輸入国となると想定されているのは、欧州、米国、そして日本である。ただし、欧州と米国が比較的緩やかに輸入量を増加させるのに対し、国内供給力を欠く日本は急激に輸入量

を増加させると見られている（図3）。

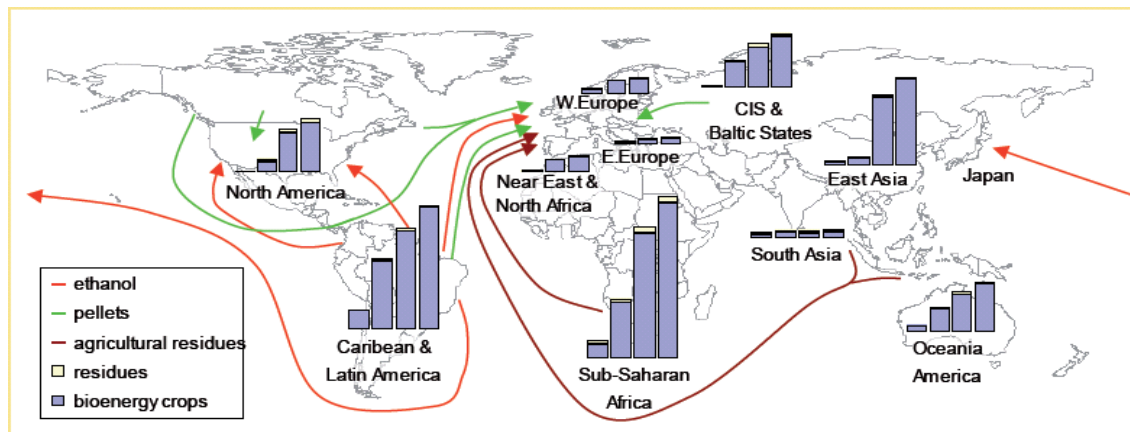
図3 世界燃料エタノール輸入量予測、「楽観的な見通し」 単位:百万リットル



資料 : *World Fuel Ethanol: Analysis and Outlook*, By Dr. Christoph Berg, April 2004.

なお、参考までに I E A の Task 40 作業部会による、世界各地域の理論的なバイオエネルギー生産潜在力と、バイオエネルギー貿易の関連を以下に示す（図4）。

図4 地域別理論的バイオマス潜在力および現行貿易経路事例、欧州域内貿易を除く



資料 : IEA Bioenergy Task 40, *Sustainable International Bio Energy Trade: securing supply and demand*, 2005.

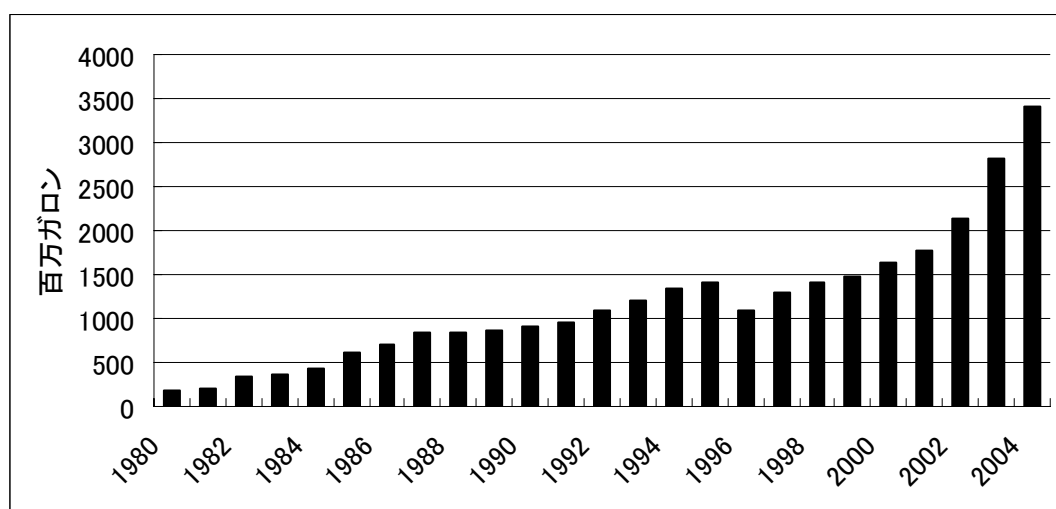
3 米国:穀物・エタノールの経済と政策

1) エタノールの生産と貿易

(生産)

米国のエタノール生産は近年急激な増加を示している。2004年の生産量 34 億ガロンは2000年の 16.3 億ガロンの 2 倍強であるし、1990年の 9 億ガロンの 4 倍弱である（図 5、なお、1 米国ガロンは 3.7853 リットル）。

図5 米国エタノール生産量、1980-2004 年（単位:百万ガロン）



資料 : U.S. Energy Information Administration 及び Renewable Fuels Association。2004 年は見込み。

2004 年には全米で 81 のエタノール生産施設が稼動しており、新たに 12 が建設中、あるいは増設中であった。これらの生産施設の年間生産能力は稼動中のものだけで 36.4 億ガロンであり、1990 年の生産能力 11.11 億ガロンの 3 倍強になっている。

生産能力の地域別分布を見ると、アイオワが一位で 12.6 億ガロン、イリノイが二位で 8.2 億ガロン、ミネソタが三位で 5.2 億ガロン、ネブラスカが四位で 5.2 億ガロン、サウスダコタが五位で 4.6 億ガロンであった。この上位 5 州で、全米生産能力の 8 割強をしめており、エタノール生産がコーンベルトから北部大平原諸州に集中していることがわかる。

表2 米国燃料エタノール生産能力、2005年1月 単位:年間百万ガロン

企業名	所在地	原料	稼動中	建設中
Abengoa Bioenergy Corp.	York, NE	Corn/milo	55	
	Colwich, KS		25	
	Portales, NM		15	15
ACE Ethanol, LLC	Stanley, WI	Corn	30	
Adkins Energy, LLC*	Lena, IL	Corn	40	
AGP*	Hastings, NE	Corn	52	
Agra Resources Coop. d.b.a. EXOL*	Albert Lea, MN	Corn	40	
Agri-Energy, LLC*	Luverne, MN	Corn	21	
Alchem Ltd. LLLP	Grafton, ND	Corn	10.5	
Al-Corn Clean Fuel*	Claremont, MN	Corn	30	
Amaizing Energy, LLC**	Denison, IA	Corn		40
Archer Daniels Midland	Decatur, IL	Corn	1070	
	Cedar Rapids, IA	Corn		
	Clinton, IA	Corn		
	Columbus, NE	Corn		
	Marshall, MN	Corn		
	Peoria, IL	Corn		
	Wallhalla, ND	Corn/barley		
	Pekin, IL	Corn	100	
	Aurora, NE	Corn	40	
	Monroe, WI	Corn	48	
Badger State Ethanol, LLC*	West Burlington, IA	Corn	40	
Big River Resources, LLC*	Scotland, SD	Corn	9	
Broin Enterprises, Inc.	Atwater, MN	Corn		40
Bushmills Ethanol, Inc.**	Blair, NE	Corn	85	
Cargill, Inc	Eddyville, IA	Corn	35	
	Goldfield, IA	Corn		50
Central Iowa Renewable Energy, LLC**	Little Falls, MN	Corn	20.5	
Central MN Ethanol Coop*	Plover, WI	Seed corn	4	
Central Wisconsin Alcohol	Hastings, NE	Corn	62	
Chief Ethanol	Benson, MN	Corn	45	
Chippewa Valley Ethanol Co.*	Hopkinsville, KY	Corn	23	
Commonwealth Agri-Energy, LLC*	Winnebago, MN	Corn	44	
Corn Plus, LLP*	Wentworth, SD	Corn	50	
Dakota Ethanol, LLC*				

DENCO, LLC*	Morris, MN	Corn	21.5	
East Kansas Agri-Energy, LLC*+	Garnett, KS	Corn		35
ESE Alcohol Inc.	Leoti, KS	Seed corn	1.5	
Ethanol2000, LLP*	Bingham Lake, MN	Corn	30	
Glacial Lakes Energy, LLC*	Watertown, SD	Corn	50	
Golden Cheese Company of California*	Corona, CA	Cheese whey	5	
Golden Grain Energy, LLC*	Mason City, IA	Corn	40	
Golden Triangle Energy, LLC*	Craig, MO	Corn	20	
Grain Processing Corp.	Muscatine, IA	Corn	20	
Granite Falls Energy, LLC+	Granite Falls, MN	Corn		45
Great Plains Ethanol, LLC*	Chancellor, SD	Corn	50	
Hawkeye Renewables, LLC	Iowa Falls, IA	Corn	45	
Heartland Corn Products*	Winthrop, MN	Corn	36	
Heartland Grain Fuels, LP*	Aberdeen, SD	Corn	8	
	Huron, SD	Corn	14	
Husker Ag, LLC*	Plainview, NE	Corn	24	
Iowa Ethanol, LLC*	Hanlontown, IA	Corn	55	
Illinois River Energy, LLC+	Rochelle, IL	Corn		50
James Valley Ethanol, LLC	Groton, SD	Corn	50	
KAAPA Ethanol, LLC*	Minden, NE	Corn	40	
Land O' Lakes*	Melrose, MN	Cheese whey	2.6	
Lincolnland Agri-Energy, LLC*	Palestine, IL	Corn	40	
Lincolnway Energy, LLC*+	Nevada, IA	Corn		50
Liquid Resources of Ohio+	Medina, OH	Waste beverage		4
Little Sioux Corn Processors, LP*	Marcus, IA	Corn	49	
Merrick/Coors	Golden, CO	Waste beer	1.5	
Michigan Ethanol, LLC	Caro, MI	Corn	50	
MGP Ingredients, Inc.	Pekin, IL	Corn/wheat starch	78	
	Atchison, KS			
Mid-Missouri Energy, Inc.*+	Malta Bend, MO	Corn		40
Midwest Grain Processors*	Lakota, IA	Corn	50	45
Midwest Renewable Energy, LLC	Sutherland, NE	Corn	15	
Miller Brewing Co.	Olympia, WA	Brewery waste	0.7	
Minnesota Energy*	Buffalo Lake, MN	Corn	18	
New Energy Corp.	South Bend, IN	Corn	102	
Northeast Missouri Grain, LLC*	Macon, MO	Corn	40	

Northern Lights Ethanol, LLC*	Big Stone City, SD	Corn	50	
Northstar Ethanol, LLC+	Lake Crystal, MN	Corn		50
Otter Creek Ethanol, LLC*	Ashton, IA	Corn	55	
Panhandle Energies of Dumas, LP+	Dumas, TX	Corn/Grain Sorghum		30
Parallel Products	Louisville, KY	Beverage waste	5.4	
	R. Cucamonga, CA			
Permeate Refining	Hopkinton, IA	Sugars & starches	1.5	
Pine Lake Corn Processors, LLC*+	Steamboat Rock, IA	Corn		20
Platte Valley Fuel Ethanol, LLC	Central City, NE	Corn	40	
Pro-Corn, LLC*	Preston, MN	Corn	40	
Quad-County Corn Processors*	Galva, IA	Corn	23	
Reeve Agri-Energy	Garden City, KS	Corn/Grain Sorghum	12	
Siouxland Energy & Livestock Coop*	Sioux Center, IA	Corn	22	
Sioux River Ethanol, LLC*	Hudson, SD	Corn	55	
Tall Corn Ethanol, LLC*	Coon Rapids, IA	Corn	49	
Tate & Lyle	Loudon, TN	Corn	67	
Trenton Agri Products, LLC	Trenton, NE	Corn	30	
Tri-State Ethanol Co., LLC*	Rosholt, SD	Corn	18	
United WI Grain Producers, LLC*+	Friesland, WI	Corn		40
U.S. Energy Partners, LLC	Russell, KS	Grain Sorghum/wheat starch	40	
Utica Energy, LLC	Oshkosh, WI	Corn	48	
VeraSun Energy Corporation	Aurora, SD	Corn	102	
VeraSun Fort Dodge, LLC+	Fort Dodge, IA	Corn		110
Voyager Ethanol, LLC*+	Emmetsburg, IA	Corn		50
Western Plains Energy, LLC*	Campus, KS	Corn	30	
Western Wisconsin Renewable Energy, LLC*+	Boyceville, WI	Corn		40
Wyoming Ethanol	Torrington, WY	Corn	5	
合計稼働中生産能力			3,643.7	
合計建設中増設中生産能力				754
合計生産能力			4,397.7	

資料：R F Aの2005年度年報、*Homegrown for the Homeland*より引用。なお、データはR F Aのウェブサイト< <http://www.ethanolrfa.org/>>で随時更新されており、2005年12月22日時点では、合計稼働中生産能力4286.4、合計建設中生産能力1796であった。

注： *は協同組合、+は建設中

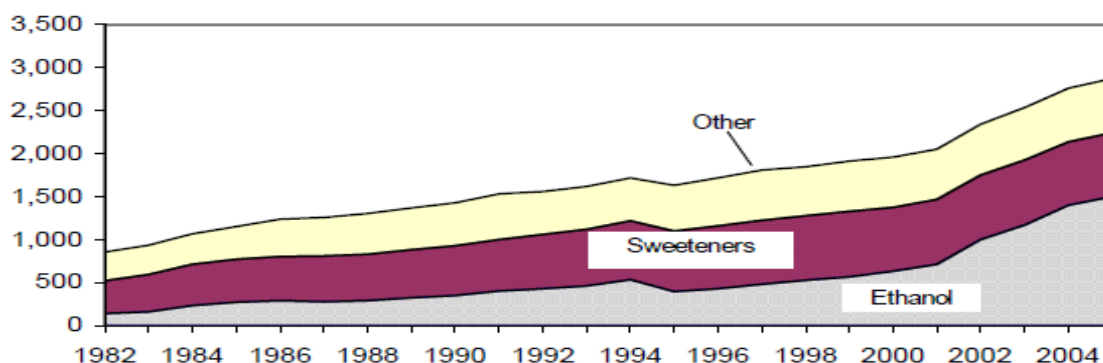
企業別の生産能力の分布を見ると、第一位はADM (Archer Daniels Midland) の10.7億ガロンであり、Aventine Renewable Energy の1.4億ガロンや Cargill の1.2億ガロンの二位以下を大きく引き離している。現在のADMの生産能力の米国エタノール産業全体にしめる割合は、29%である。ただし、この割合は急激に低下してきており、1990年時点のADMの生産能力シェアは55%であったから、その後米国のエタノール市場に多くの新規参入があったことがわかる (Informa Economics, Inc, *The Structure and Outlook for the US Biofuels Industry*, October 2005, p.3.)。

また、この点に関しては、2005年エネルギー政策法(後述)がFederal Trade Commission に対してエタノール産業の市場集中度の分析を要求しており、FTCは議会に毎年報告することが義務付けられている。最初の報告書 (*Report on Ethanol Market Concentration*) は2005年12月1日に公表されており、この中で米国エタノール産業は、HHI (Herfindahl-Hirschman Index) 指標及び定性的な分析に基づき、「はなはだしくは集中していない」と結論されている。

エタノール生産の原料に関して言えば、表2からも明らかなように、主としてトウモロコシが用いられているが、それ以外のマイロやグレインソルガム等の穀物、乳清 (Cheese whey)、そして、醸造廃棄物等も用いられている。業界のおおよその見積もりとしては、原料の9割がトウモロコシ、5%がそれ以外の穀物、5%がその他の原料である。

トウモロコシに限定してみると、現在では、米国のトウモロコシの総供給量の6割弱が飼料等として消費され、2割弱が輸出用、そして、残りの25%強がいわゆるFSI (Feed, Seed, and Industrial) 用途にあてられている。内訳を示せば、2004/05販売年度の27.6億ブッシェルのトウモロコシFSI用途のうち、7.4億ブッシェルが甘味用途、15.3億ブッシェルがエタノール (燃料14億、飲料1.3億)、そして、4.9億ブッシェルがその他である。FSI用途は1970年代にはトウモロコシ総供給量の約1割を占めるに過ぎなかったが、その後急増し、中でもエタノール用途が最も急速な増大を示した (図6)。

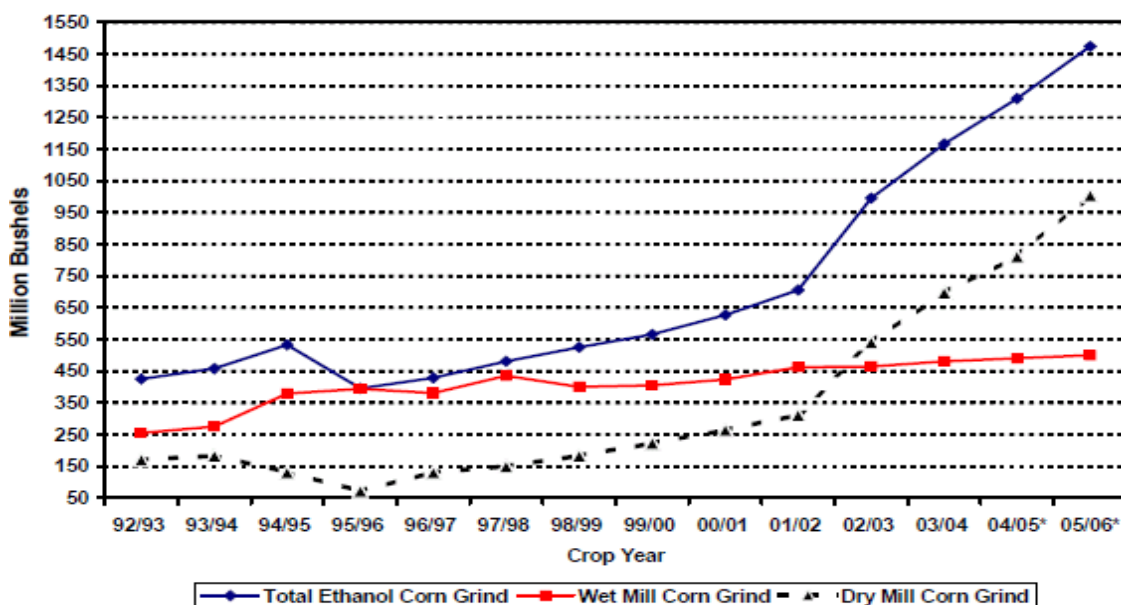
図6 トウモロコシのFSI用途内訳、1982-2004年(単位:百万ブッシェル)



資料 : Economic Research Service, USDA, *Feed Outlook*, FDS-05d, May 16, 2005, p.6.

現在の米国のエタノール生産の方式としては、湿式 (wet milling) と乾式 (dry milling) がある。湿式で使用するトウモロコシは 2002 年まで乾式で使用するトウモロコシを上回っていた。これは米国の初期のエタノール生産において、業界最大手のADMが大規模な湿式生産方式を採用してきたためである。しかしながら、近年エタノール生産に参入する企業はほぼ例外なく、設備投資がより少なくて済む乾式エタノール生産方式を採用しているため、現在では湿式の倍以上のトウモロコシが乾式で原料として使われている (図7)。

図7 エタノール原料トウモロコシ、生産方式別 (単位:百万ブッシェル)



資料 : Informa Economics, Inc, *The Structure and Outlook for the US Biofuels Industry*, October 2005, p.9.

湿式のエタノール生産方式においては、穀物原料の成分のほとんどが分別して回収され

る。まず、穀粒が亜硫酸液に浸漬され、浸漬終了後に粗粉碎機で胚芽が分離される。胚芽は同一施設で搾油されるか、または搾油施設に売却される。その後、外皮と胚乳部が軽度粗砕され、外皮を除去された残余の澱粉と蛋白の混合液が「ミルスターチ」である。さらに、この混合液から澱粉が分離される。澱粉は乾燥されて（トウモロコシの場合は）コーンスターチとして、酵素を加えられ糖化の過程を経てH F C Sとして、あるいはまた、アルコール発酵の過程を経てエタノールとして販売される。

したがって、湿式生産方式は、主要な製品がエタノールであるとは必ずしもいえない。湿式を採用する企業は、Corn Refiners Association <<http://www.corn.org/>>を組織しており、現在のメンバーは、Archer Daniels Midland, Cargill, Corn Products International, National Starch and Chemical Company, Penford Products Co., Roquette America, Tate & Lyle Ingredients Americas の7社である。うちエタノールを生産しているのはADM, Cargill, Tate & Lyle の3社のみであり、生産量で見ても、甘味料の254億ポンドに対し、澱粉は73億ポンド、エタノールは13億ポンドにすぎない（Corn Refiners Association Annual Report 2005 <<http://www.corn.org/CRAR2005.PDF>>）。

乾式のエタノール生産方式においては、最初に穀粒が穀粉に粉碎される。穀粉は水と混合される（「mash」と呼ばれる）。これに酵素を加え、さらにPHを調整し酵母の栄養分とするためにアンモニアが加えられる。高温で滅菌された後、酵母が加えられ発酵が始まり、糖分がエタノールと二酸化炭素に変化する。40から50時間の発酵の後、蒸留器でエタノールはその他の残余物である「stillage」から分離され、濃縮され、無水化される。

湿式及び乾式それぞれのエタノール生産方式においては副産物が無視し得ない価値を持ち、しかも両方式でその副産物は異なっている。以下では、エタノール生産の主流となりつつある乾式の主要な副産物についてのみ簡単に触れる。

乾式では澱粉の大部分はエタノールに転換されて回収されるが、残余部分は一括して「蒸留器穀物（distillers grains = DG）」と呼ばれ、飼料として利用される。通常、DGは乾燥されて「乾燥DG（DDG）」、あるいは可溶成分とともに乾燥され「可溶成分添加DDG（Dried Distiller's Grain with Solubles = DDGS）」として販売されるが、可溶成分が濃縮され、あるいは乾燥されて販売される場合もある。

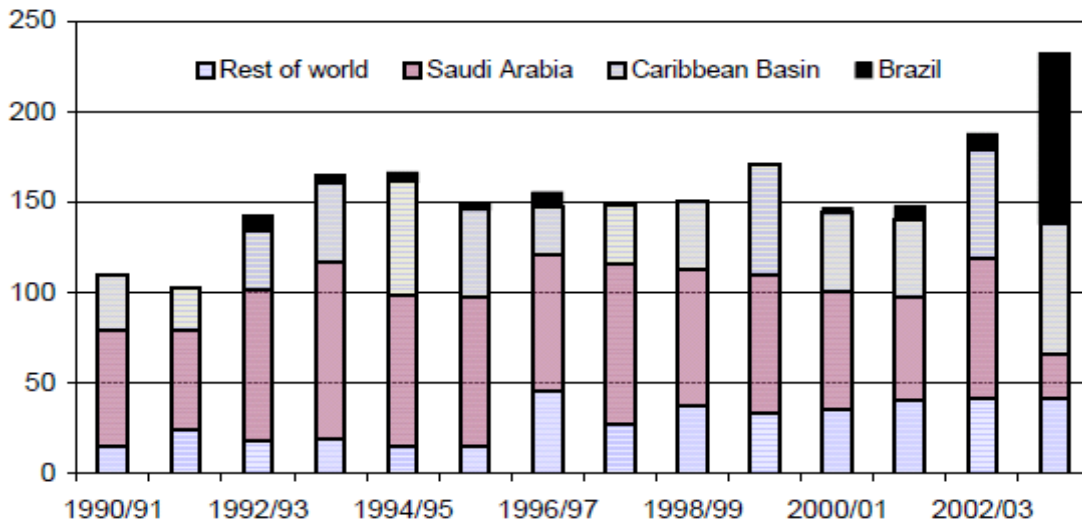
乾式方式によるエタノール生産の急増と歩調をあわせてDGの生産も急増しており、エタノール生産の収益性を確保するためには、DGの適切な流通と市場の確立が急務となっている。現在ではDDGSの8割以上が酪農及び肉牛部門の反芻家畜によって消費されており、養豚あるいは養鶏部門における消費は限られている。

(貿易)

米国におけるエタノール生産は急速に拡大しているものの、中長期的には消費の増加率は生産のそれを上回ることが予想されている。したがって、以下では、米国におけるエタノール輸入の現状とその見通しについて触れる。

過去ほぼ 10 年間の米国のエタノール輸入は比較的安定しており、年間約 1.5 億ガロンであった。主要な輸入先はサウジアラビアとカリブ海諸国であり、ブラジルからの輸入はわずかであった（この点に関しては後で再び触れる）。ただし、サウジアラビアからの輸入は燃料用のバイオエタノールではなく、工業用の合成エタノールであると考えられる（図 8）。

図8 米国エタノール輸入（単位：百万ガロン）



資料：原データは Bureau of the Census, USDC。 Economic Research Service, USDA, *Feed Situation and Outlook Yearbook*, FDS-2005, April, 2005, p.26. より引用。

以下では、燃料エタノールに限定した輸入量を把握するために、RFAのウェブサイト<[http:// www.ethanolrfa.org/industry/statistics/index.html](http://www.ethanolrfa.org/industry/statistics/index.html)>の輸入統計を表3にまとめておく。

表3 2002-2004年の米国の燃料エタノール輸入量と輸入先別内訳(単位：百万ガロン)

	ブラジル	コスタリカ	エルサルバドル	ジャマイカ	合計
2002	0	12	4.5	29	45.5
2003	0	14.7	6.9	39.3	60.9
2004	90.3	25.4	5.7	36.6	159.9

資料：RFA

以上から明らかなように、2004年の燃料エタノール輸入量は1.6億ガロンであり、同年の米国燃料エタノール生産量34億ガロンの約5%である。主要な輸入先は伝統的なカリブ海諸国に加え、2004年にはブラジルからの直接輸入が0.9億ガロンあった。

米国の、カリブ海諸国からのエタノール輸入は、本稿第2章「世界の燃料エタノールの生産と消費」の第2節「世界エタノール貿易」で簡単に触れたように、カリブ海盆地イニシアチブ（以下、CBI）の下でおこなわれている。

カリブ海地域における政治的・経済的安定をもたらすために1983年に創始されたCBI

は、その手段の一つとして当該地域から米国への輸入品の多くの関税を免除した。燃料エタノールも、その原料の少なくとも 50%が当該国で生産されたものであれば、米国に無税で無制限に輸入できた。また、当該国の国産原料の割合が 50%に満たない場合でも、関税割当の下で、米国市場の 7%までは、(たとえ原料がすべて域外のものであったとしても) C B I 諸国から無税で輸入できた (エタノールの米国への輸入にかかわる関税制度等の詳細については、United States International Trade Commission, *The Economic Effects of Significant U.S. Import Restraints, Fourth Update 2004*, USTIC Publication 3701, June 2004, pp.46-51.)。

この制度の下で、いくつかのカリブ海諸国は欧州の余剰ワインやブラジルの含水エタノールを原料として無水エタノールを生産し、米国に無税で輸出してきた。現在このようなエタノールの無水化施設が存在するのは、ジャマイカ、コスタリカ、そしてエルサルバドルである。ただし、前掲の輸入統計からも明らかなように、現在の C B I 諸国からのエタノール輸入は、米国国内市場の 7%という上限をはるかに下回る水準である。

米国エタノール関係者がカリブ海諸国からのエタノール輸入に強い懸念を持つことになった直接のきっかけは、2004 年の春から夏にかけて、Cargill と石油会社の Chevron Texaco がエルサルバドルとパナマに新たなエタノール無水化工場を建設する計画であるという報道であった。工場はそれぞれ年間 6,000 万ガロンと 5,000 万～1 億ガロンを処理する能力があるとされ、いずれの工場も原料はブラジル産の含水エタノールが予定されていた。この問題は 2005 年の議会においても争点として大きく取り上げられた。例えば、グラスリー上院議員は、トリニダートに建設が予定されているアルコール無水化工場に対する米国輸出入銀行の融資保証を阻止しようとして戦った (<http://finance.senate.gov/press/Gpress/2005/prg071905.pdf>)。

いずれにしろ、近年の C B I 諸国からのエタノール輸入を制限しているものは、米国国内市場の 7%の上限といった制度的要因ではなく、C B I 諸国における生産・処理能力の限界にあるといえる (上記三ヶ国のエタノール処理能力は年間 9,000 万ガロンであると見られている。California Energy Commission, *Ethanol Supply Outlook for California*, October 2003, p.16.)。さらに、米国のエタノールの国内市場規模は急速に拡大しており、C B I 諸国が無税で米国に輸出することを認められるエタノールの量も増加するのであるから、C B I 諸国への投資の誘引は今後も存在し続けるであろう。

なお、2004 年におけるブラジルからの輸入の背景については、以下の「エタノールをめぐる政策動向」の (エタノール輸入と C A F T A) であらためて触れる。

2) エタノールをめぐる政策

(連邦税制)

米国では自動車ガソリンに対して州及び連邦政府の各種税金が課せられている。一ガロンあたりで最も税金が高いのは(2002年7月時点)ハワイの53.5セント、最も安いのはアラスカの26.4セントである(http://www.energy.ca.gov/gasoline/statistics/gas_taxes_by_state_2002.html、全米平均は42セント)。

このうち連邦政府のガソリン税は、1997年10月1日以降、18.4セントである。現在、ガソリン税からの税収は、一般会計の歳入とはなっておらず、幹線道路信託基金(Highway Trust Fund)の歳入となっている。

連邦政府によるエタノール生産のための支援は、主として、このガソリン税の減免によるものであった。1978年に連邦議会はエタノールを10%混合したガソリンの連邦ガソリン税を免除する法律を制定した。当時の連邦政府のガソリン税は一ガロン当たり4セントであった。この免税のエタノールに対する実質的な補助は、エタノール1ガロン当たり40セントであったことになる(4セント÷0.10)。

その後しばしば、連邦のガソリン税は引き上げられるが、エタノール混合ガソリンに対する連邦ガソリン税の減免は、1987年から1990年までは6セントであり、1994年以降は5.4セントであった。

2004年米国雇用創出法は、従来のエタノール混合ガソリンに対する連邦税の減免方式に修正を加えた。新たな免除方式は「容量エタノール物品税控除(Volumetric Ethanol Excise Tax Credit = VEET)」と呼ばれるもので、優遇措置の対象を拡大すると同時に、この優遇により幹線道路信託基金(HTF)の歳入を減少させないようにすることを目的とするものであった。すなわち、以前は混合ガソリンの税の減免分だけ、基金はうべかりし税収を得ることができなかったわけであるが、VEETの下でHTFは減免以前の税収をえると同時に、エタノール燃料を使うすべての有資格納税者は税金の還付を申告できることになった。言い換えれば、2004年米国雇用創出法により、エタノール優遇税制の財源は、HTF信託基金から一般会計に移された。

同法では、控除額はエタノール1ガロンあたり51セントであり、対象はすべての混合率の混合ガソリンである(すなわち、エタノール10%混合ガソリン・E10であれば、1ガロンあたりで5.1セントの、E85ならば43.35セントの控除が得られる)。また、同法では、控除対象を拡大して、バイオディーゼルも控除を受けることができるようになっている。

エタノールを含む「代替燃料」全般にかかわる税制上の優遇は、上記以外にも、小規模

生産者に対して、代替燃料を使用する車両に関して、また、代替燃料の貯蔵や給油に関して、等々がおこなわれている（米国エネルギー省、代替燃料データセンターが詳細を提供している<http://www.eere.energy.gov/afdc/progs/view_ind_mtx.cgi?in/TAX/US/0>）。

連邦ガソリン税以外にも、州政府の税制やその他の施策もエタノールの需給には大きな影響を与える。ただし、本稿では、以下のウェブサイトを紹介するにとどめる。

Alternative Fuels Data Center (AFDC): state and federal laws and incentives

<http://www.eere.energy.gov/afdc/laws/incen_laws.html>

Database of State Incentives for Renewable Energy (DSIRE)

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

（エタノールと連邦諸規制）

米国におけるエタノール生産は、上述したような税制上の優遇ばかりではなく、環境、大気汚染規制、燃料等にかかわるさまざまな連邦規制とのかかわりの中で発展してきた。以下ではその概略を述べる。

近年におけるエタノール混合ガソリンの使用を促進してきた1つの要因は、大気汚染規制とのかかわりであった。1990年の大気清浄法の改正は、大気汚染が著しい地域における含酸素基材のガソリンへの添加を義務付けた。オゾン基準の達成されていない地域においては重量で2%の含酸素基材を添加した「改質ガソリン（Reformulated Gasoline = RFG）」の使用が、一酸化炭素基準が達成されていない地域においては重量で2.7%の含酸素基材を添加したガソリン（Oxygenated Gasoline あるいはOxyfuel）の使用が規定された。後者は冬季のみの計画である。なお、同法で使用が義務付けられていない場合でも、RFGが使用されている地域がある。

RFAによれば（*Industry Outlook 2005*, p.4）、2004年における全米ガソリン使用量35.7億ガロンのうち、RFGは19.5億ガロン、Oxyfuelは2.9億ガロンであり、両者で全使用量の6割強をしめている。

RFGなどの含酸素基材として最も広く使われたのはエタノールよりも安価なメチル第3ブチルエーテル（Methyl Tertiary Butyl Ether = MTBE）であったが、MTBEによる水質汚染や発がん性の疑惑などがもたれるに従い、米国においてはその使用禁止が議論されるようになった。カリフォルニア州では2002年末までにMTBEを禁止する決定がなされたが、デイビス知事はガソリン小売価格の急騰の恐れを理由にその禁止の延期をおこなった。MTBE禁止に伴い、それに代替するエタノールの十分な供給を、カリフォルニアが確保することは困難であると考えられたからである（ほとんどのエタノール供給を中

西部に依存することになり、その輸送費等もかさむことになる)。知事は環境保護庁 (EPA) に対して、カリフォルニアを含酸素基材添加の義務から免除するように申し入れたが、この申し入れは拒否された。

含酸素基材の添加義務に関しては、同等の排出物規制が燃料やエンジン性能の向上等によってすでに可能となっているなどの理由から、添加義務の廃止を支持する議論が次第に強まっており、環境団体の中にもこの主張を支持するものがあつた。

いずれにしろ、その後、多くの州においてMTBEの使用は禁止されることになった。RFAによれば、2005年1月時点でMTBEの使用を禁止していた州は、カリフォルニアを含む14州であり、さらにいくつかの州が禁止を予定していた。

連邦レベルでもMTBEや含酸素基材の添加義務に関して激しい議論があつた。1992年エネルギー政策法にとってかわる新たな包括的エネルギー法案の審議は第107議会(2001-2002年)および第108議会(2003-2004年)においても行われていたが、審議は難航し、いずれの議会においても最終的な法律の成立を見るには至らなかつた。

この間の一連の議論において、エタノール産業関係者や農業関係者の多くは、エタノール需要が増大するものとしてMTBEの使用禁止と含酸素基材添加義務の維持(すなわちRFG計画の継続)を支持していた。これに対し、ガソリン価格の高騰を懸念する勢力やRFGの廃止を求めるガソリン業界との妥協案として、また、RFGのエタノール需要の増大をもたらす可能性の限界に対する認識から、新たな提案として「再生可能燃料基準(Renewable Fuel Standard = RFS)」案が登場した(同案の登場した政治的背景は、“I Want an RFS,” *Ethanol Today*, March 2003, pp.8-10, and p.30.に詳しい)。

RFSは、一定期間にわたり、米国で販売されるガソリンが含有する再生可能燃料を一定のスケジュールで毎年増大させてゆくことを要求するものである。同時に、含酸素基材添加義務を停止し、再生可能燃料控除(基準以上の混合再生可能燃料に対して与えられる)を設けることで、ガソリン業界に対しても大きな柔軟性を与えるものになっていた。

2005年8月8日にブッシュ大統領が署名し成立した2005年エネルギー政策法(Energy Policy Act of 2005)は、このRFS案を含むものであつた。同法において、2006年には40億ガロンの再生可能燃料の使用が要求され、その後毎年漸増し、2012年には75億ガロンの使用が要求される(表4)。この増加スケジュールは従来のRFS案よりもさらに野心的なものになっている(第108議会において成立をみなかつた両院協議会案では、2012年の再生可能燃料使用量が50億ガロンであつた。また、第109議会の下院通過法案・H.R. 6・に

においても 2012 年の使用量は 50 億ガロンであったが、別の法案「H.R. 1608/S. 650」では 80 億ガロンであった)。

表4 再生可能燃料基準 (単位:10 億ガロン)

2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
4	4.7	5.4	6.1	6.8	7.4	7.5

また、ガソリン業界に対する柔軟性措置としては、R F Gが同法制定日から 270 日後に廃止されることになった(カリフォルニアは直ちに廃止した)。さらに、12 ヶ月有効なR F Sクレジット(基準以上に混合された再生可能燃料に対して認められる)が創設され、精製業者が最も効率のよい時と場所で再生可能燃料を使用することを可能にしている。さらにM T B Eの使用に関しては、結局禁止されるには至らず、業者の独自判断にゆだねられることになった。

環境保護の観点からは、R F G廃止と引き換えに、今までのR F Gが達成した大気浄化水準を後退させないような大気質達成基準の強化が盛り込まれている。

(農務省の再生可能燃料生産インセンティブ計画)

農務省のバイオエネルギー計画(CCC85)は、バイオエネルギーの生産拡大およびバイオエネルギーの新たな生産能力の支援を目的として、適格な農産物の購入の増大を奨励するために、エタノール生産者に支払いを行うものである。この計画は 2002 年農業法(P.L. 107-171)のセクション 9010 によって授權されている。支払いは、2003 から 2006 会計年度の間各会計年度に 1.5 億ドルを限度として、C C C 回転基金からおこなわれる。支払いは前会計年度のエタノール生産実績からの増加分に基づき、各生産者への支払いは全支払い額の 5% (すなわち 750 万ドル) を超えない。支払いは、さらに、比較的小規模の生産者の参加を促すように、年間 6500 万ガロン以下の生産に対してより高い支払い単価が設定されている。また、バイオディーゼル生産者に対しても類似の支払いが行われている。

支払いの実績に関して言えば、2001 会計年度には 2000 会計年度からの生産増加分である 1.476 億ガロンに対して支払いが行われた。内訳は、1.413 億ガロンのエタノールに 3,270 万ドル、630 万ガロンのバイオディーゼルに 790 万ドルであった。

2002 会計年度には 2.193 億ガロンのエタノール生産増加分に対し 6,610 万ドルが支払われ、890 万ガロンのバイオディーゼル生産増加分に対し 1,260 万ドルが支払われた。

<http://www.fsa.usda.gov/daco/bio_daco.htm>。

(エタノール輸入とC A F T A)

米国においてエタノールは、前述したように、エタノール混合ガソリンが連邦政府のガソリン税の減免をうけることにより、実質的な補助が与えられているといえる。しかながら、この「補助」は、エタノールが米国産であるか否かにかかわらず与えられる。そして、もしも、最終的には米国納税者がうべかりし税収を放棄することにより負担されているこの「補助」の受給対象を国産エタノールに限定しようとするれば、この「補助」を相殺するような輸入制限が必要になる。

特別の協定等によるものを除き、米国における輸入燃料エタノールに対する関税は2.5%の従価税である（関税番号は HTS 2207.10.60。これ以外に、燃料エタノールには HTS 2207.20.00 があり、従価税率は1.9%）。ただし、この従価税に加え、1リットルあたり14.27セント（1ガロンあたり54セント）の追加税が（特別の協定等によるものを除き）課せられている。この追加税の水準は連邦ガソリン税の減免を相殺するものとなっている（USTIC, *The Economic Effects of Significant U.S. Import Restraints, Fourth Update* 2004, pp.47-49.）。

通常、前述したC B I（カリブ海盆イニシアティブ）における特別協定とガロンあたり54セントの追加税によって、米国への燃料エタノール輸入は実質的にC B I諸国からのものに限定されていた。理論上は、C B I以外の特別協定の下でエタノールを米国へ無税輸出できる国もあるが（たとえば、イスラエルやペルー）、現実的な可能性は大きくはない。

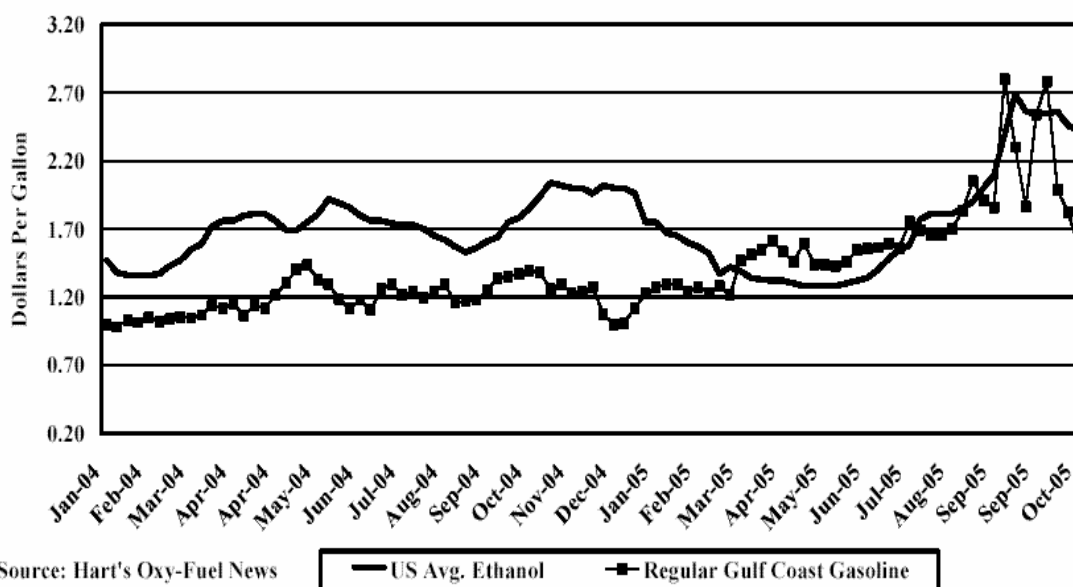
2004年におけるブラジルからの燃料エタノールの直接的な（C B I諸国を経由しない）米国への輸入は、従価税と追加税を支払って行われたものであった。米国側の貿易統計によれば、ブラジル産燃料エタノールの平均F O B（ブラジル出港時）価格はガロンあたり0.87ドルであり、平均C I F（米国到着時）価格は1.01ドルであった。したがって平均輸送費（保険料等込み）は0.14ドルであったことになる。2002年の米国エネルギー省の調査によれば、中西部から東海岸までのエタノールの平均輸送費はガロンあたり0.098ドル、西海岸までは0.105ドルであったので、ブラジルからの輸送費はそれを上回っていたことになる（Joel Severinghaus, *Why We Import Brazilian Ethanol*, July 14, 2005. アイオワ・ファーム・ビューローの「貿易問題コラム」

<<http://www.iowafarmbureau.com/programs/commodity/information/pdf/Trade%20Matters%20column%20050714%20Brazilian%20ethanol.pdf>>）。

ブラジル産燃料エタノールのC I F価格1.01ドルに、従価関税と追加税（ガロンあたり0.57ドル）が加われば、ブラジルから輸入したエタノールの平均価格は1.58ドルになる。

これに対し、1990年から2003年の平均的な米国エタノール価格はガロンあたり1.3ドルを上回することは稀であったのに、2004年にはガソリン価格の上昇を反映し、年平均価格は1.73ドルまで上昇した。2005年の前半にエタノール価格は下落するが、夏以降、再び急騰に転じている(図9)。いずれにしろ、現在のガソリン価格水準が継続する限り、ブラジル産エタノールの米国輸入は経済的に十分可能であるといえる。

図9 米国のエタノール及び通常ガソリン価格 (単位:ガロン当りドル)



資料 : Informa Economics, Inc, *The Structure and Outlook for the US Biofuels Industry*, October 2005, p.14.

ブッシュ政権にとって戦略的に優先度の高いCAFTA法案は、6月29日に上院を通過した後、7月28日、217票対215票の僅差ながら下院で可決された。僅差の投票結果からもわかるように、CAFTAの議会通過は困難を極め、ブッシュ政権はあらゆる手段を動員して議会工作に当たったといわれている。CAFTAに対する強硬な反対派の一部が砂糖団体を中心とした一部の農業勢力であったこと(エタノール関係者もCAFTAに懸念を表明していた)と、同時期に議会審議の山場を迎えていた前述のエネルギー法案が農業にきわめて有利な条項を含んでいたことの間には、何らかの関係があったように思われる。

ただし、エタノールに関する限り、CAFTAは米国エタノール生産者の利益に何らかの新たな脅威をもたらすものとはいえない。エタノールに関してCAFTAがカリブ海諸国に対して認める米国市場へのアクセスは、基本的に従来CBIによって認められてきたものと同一である。すなわち、原料の少なくとも50%が当該国で生産されたものであれば、米国に無税で無制限に輸入できる。また、当該国の国産原料の割合が50%に満たない場合

は関税割当の下で、米国市場の7%までは無税で輸入できる。

ただし、C A F T Aの下では、コスタリカとエルサルバドルに関して、従来と同一のC B I 枠（すなわち米国市場の7%）内部での、国別の特定のシェアが定められた。すなわち、エルサルバドルについては最初の年が520万ガロンであり、その後C B I 枠の10%に達するまで毎年130万ガロン割当が追加される。コスタリカに関しては毎年3100万ガロンの割当である。C A F T Aによる国別シェアの設定は、将来的な対米エタノール輸出の拡大には制限的に働くかもしれない。

4 ブラジル:サトウキビ・エタノールの経済と政策

ブラジルの砂糖・エタノールの経済と政策に関しては、すでに平成16年度の本検討会報告書において清水委員が的確な報告をおこなっている。また、農畜産振興機構の現地調査に基づくブラジルの砂糖・エタノールに関する報告書が公表されている（加藤信夫、竹中憲一、「ブラジルにおける砂糖およびエタノールの生産・流通事情について（1）、（2）」『砂糖類情報』2005年9月、および10月）。したがって、本稿が付け加えることのできるものはわずかしかないが、昨年度以降の動向を、特に米伯関係に重点をおいてまとめてみたい。

まず、ブラジルのサトウキビ生産、砂糖生産及び輸出、エタノール生産及び輸出の統計を、上記文献に基づき、まとめておく。

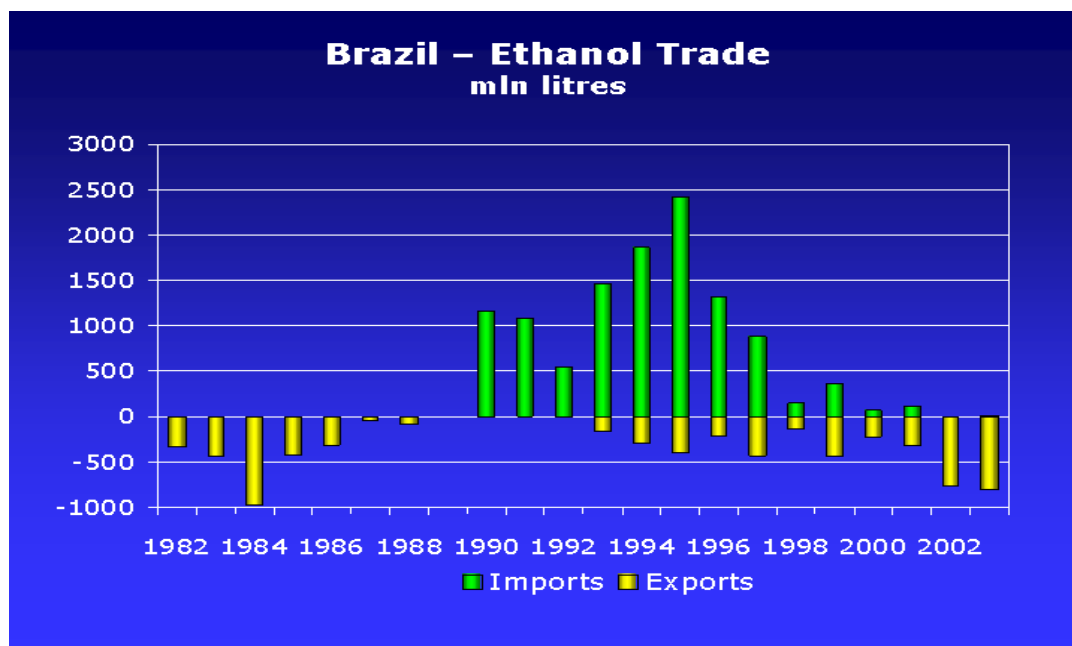
表5 サトウキビ、砂糖、及びエタノールの生産と輸出

	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	03/04	04/05
サトウキビ生産(百万トン)	314.9	307	257.6	293.1	320.7	356.4	383.9
砂糖生産(百万トン)	17.9	19.4	16.2	19.2	22.6	24.9	26.2
砂糖輸出(百万トン)	9.2	11.9	7	11.7	14.2	14.4	17
エタノール生産(億リットル)	139	130	106	115	126	148	153
エタノール輸出(億リットル)			2.3	3.5	7.6	7.6	24

資料：農畜産振興機構、原データはUNICA及びLMC

大規模な旱魃の影響をうけた00/01年度を除けば、近年のブラジルのサトウキビ・砂糖・エタノールは順調に生産を拡大しているといえる。また、特に目立つ出来事としては、04/05年度におけるエタノール輸出の急増がある。より長期的な視点からブラジルのエタノール貿易を捉えると、以下の図10に見られるように、1980年代には有力なエタノール輸出国であったブラジルが、1990年代には極めて多量の純輸入国となり、それが2000年に入ると再び主要な輸出国となった変化がわかる。

図 10 ブラジルのエタノール貿易、1982-2003年 (単位：百万リットル)



資料：F.O. Licht, *World Fuel Ethanol: Analysis and Outlook*, April 2004.

また、2004年のブラジルのエタノール輸出の輸出先国は、以下の表6に見られるように、インドが第一位で4.74億リットル、第二位が米国で4.24億リットルであった。ただし、前述したようにジャマイカ及びコスタリカへの輸出は実質的に米国への間接輸出であるから、ブラジルのエタノールの最大の輸出先は米国ということになる。

表6 ブラジルのエタノール輸出先国別内訳、2004年 (単位：百万リットル)

インド	474
米国	424
韓国	239
日本	208
スウェーデン	197
オランダ	155
ジャマイカ	133
ナイジェリア	106
コスタリカ	106
その他	360
合計	2403

資料：Jim Jordan and Associates (ただし、Renewable Fuels Association の *Ethanol Industry Outlook 2005* に引用されたデータを 1 gallon = 3.79 litres で換算した)

今後の砂糖およびエタノールの生産と貿易の見通しに関して、ブラジル砂糖・エタノール製造者団体（UNICA）は、2010年までに現在のサトウキビ生産量を1.8億トン、国内向け砂糖生産を700万トン、輸出向け砂糖を550万トン、国内向けエタノールを70億リットル、輸出向けエタノールを50億リットル、それぞれ増産する意向である（前述の農畜産振興機構の報告書による）。この強気の見通しが現実のものになるか否かは多くの要因の今後の展開に依存すると思われるが、最後に、そのうちの幾つかに触れておく。

現在のブラジルのサトウキビ・砂糖・エタノール複合経済の好況を需要面から支えている主要な要因の1つは、いうまでもなく原油価格の高騰である。したがって、今後の原油価格の動向は、ブラジルのサトウキビ・砂糖・エタノール複合経済の成長のスピードに大きな影響を与えるであろう。ただし、ブラジル産エタノールの主要な輸出市場になりつつある米国に関して言えば、「再生可能エネルギー基準」の成立によって、エタノール需要の将来的な拡大のスケジュールはほぼ確定的なものになった（2012年に75億ガロン、すなわち約285億リットル）。問題はこの拡大する米国エタノール市場に、輸入エタノールがどれだけのシェアを確立し得るかである。

政治的な言説から判断する限り、米国エタノール産業は自らの生産能力を急激に拡大することで、この市場を支配し続ける意向であることは明らかである。ただし、2004年以降のようなガソリン価格の高水準が継続すれば、経済的な現実には、ブラジル産エタノールが米国市場により大きなシェアを占めることを可能にさせるであろう。

西半球からさらに視野を広げれば、極めて大きな潜在的市場としての日本が存在する。報道されているように、もしも日本においてエタノール10%混合ガソリンが流通するようになれば、リヒト社の「楽観的な見通し」にあるように、日本にやがては60億リットル規模の燃料エタノール市場が出現し、しかも、その大半が輸入エタノールで占められる可能性が高い。

