

バイオマスエネルギーと世界の食糧価格問題

2008 年度 卒業論文

経済学部 4 年 26 組 20403692

大沼あゆみ研究会 6 期生

岩室 佳広

「ナルヨウニナル シンパイスルナ」

一休宗純和尚 遺言状

目次

序章

第一章 バイオマスエネルギーとは P 5

- 1 - 1 エネルギーとしての特徴
- 1 - 2 バイオマスの分類
- 1 - 3 バイオマスの現存量
- 1 - 4 バイオマスの使用(=供給)量

第二章 バイオマスエネルギーの利点と欠点 P14

- 2 - 1 バイオマスエネルギーの利点
- 2 - 2 バイオマスエネルギーの欠点と課題

第三章 バイオマスエネルギーをめぐる世界の動向 P26

- 3 - 1 日本におけるバイオマスエネルギー導入
- 3 - 2 海外諸国におけるバイオマスエネルギー導入
- 3 - 3 バイオマスエネルギー普及促進に警鐘を鳴らす者たち
- 3 - 4 米国とアフリカ、そして先進国と途上国

第四章 分析 P31

- 4 - 1 いま解決すべき問題は何か ~現状把握~
- 4 - 2 いま解決すべき問題は何か ~理想と現実~
- 4 - 3 分析
- 4 - 4 結論と考察

終章

参考文献



< 出典 : ecofriend >

序章

近年、地球温暖化対策の見地から、エネルギー産業において石油代替エネルギーの模索や研究が世界的に進められている。これは、石油資源のほとんどを海外に依存している日本にとっても極めて重要な課題であるといえる。実際、我々の身近においても、原油価格高騰に伴いガソリン価格が上昇するなどエネルギー関連の諸問題が浮上し始めている。このように、地球温暖化対策のみならず今後の石油エネルギー需給を懸念した上でも、新エネルギーに関しては考察すべき必要がある議論といえるだろう。

さて、石油代替エネルギーとしての新エネルギーの中でも、今日特に期待されているのが「バイオマスエネルギー」と呼ばれるものである。クリーンなエネルギーとしての他に様々なメリットを持つとされ、各国・各企業で導入の検討が積極的になされている。

しかし、いささか過熱気味とも思えるバイオマスエネルギーの台頭には、それに伴う弊害もまた存在するのである。ゆえに、バイオマスエネルギーには肯定的な意見ばかりでなく、実際には賛否両論が渦巻いているというのが現実である。たくさんの重要な課題があるが、その中の一つとして「食糧価格の高騰」が挙げられる。

バイオマスエネルギーが持て囃され、台頭していく一方で、人類の胃袋を脅かす危機が迫っていることは由々しき事態である。私はこの食糧安全保障への脅威を鑑み、このような問題が起こるメカニズムや、なぜ改善する必要があるのか、そしてどうすれば改善できるのかを本論文で検証することにした。

この問題に着目した理由は、「食糧」が唯一無二の存在であるが故の危機感である。確かにバイオマスエネルギーは、エネルギー産業にとって救世主となり得る存在であり、今後の技術発展によっては人類にとって欠かせないものになるだろう。しかしそれは開発資金や食糧に余裕のある、経済的に安定している国々からの視点であり、収入の半分以上を食糧に費やさなければ生きることままならない貧困層の人々にとっては、エネルギー産業の発展は二の次なのではないかと考えた。また、最近日本でビールや蕎麦など食品の価格が相次いで上昇したことによって直接的に私の財布に悪影響があったことも、この問題に向き合うことになったきっかけの一つである。

果たして「エネルギー」と「食糧」の間でトレードオフが生じて良いのであろうか。それを本論文で探っていきたい。

第1章 バイオマスエネルギーとは

本論文はバイオマスエネルギーと、それを取り巻く環境、食糧、経済等の問題をテーマとしている。バイオマスエネルギーやバイオ燃料という言葉は最近書籍、TV等によく紹介されているので見慣れているかと思うが、「環境に配慮している」とか「ガソリンとして使える」ことばかりが取り上げられ、実際どのような特徴を持ったエネルギーなのかよく分からないという人も多数いるように思う。かくいう私もその一人であった。バイオマスはそれ自体がかなり細かく分類されており、さらにエネルギー変換技術も多種多様なので、とても本論文ではその全貌を紹介することはできないのであるが、この章ではバイオマスエネルギーの総論として“簡単に”特徴を紹介するので、大まかにでもイメージを掴んでもらいたい。

1-1 エネルギーとしての特徴

バイオマスエネルギーとは、簡単に言ってしまうと、バイオマスを原料とした電力、熱、および液体・固体・気体燃料の「総称」である。ここであえて「総称」としたのは、バイオマスエネルギーは用途やエネルギーの形状によって更に細かく名称が分かれている（例えばバイオ燃料でいえばバイオエタノールやバイオディーゼル燃料など）からであるが、話をややこしくさせないため、本論文では必要時以外はこれらを全てまとめて、広義として「バイオマスエネルギー」と称させていただく。実際には、バイオマスを用いた燃料はバイオ燃料(biofuel)またはエコ燃料(ecofuel)と呼ばれるのが一般的なようである。

さて、そもそもこのバイオマスとはどのような物質なのであろうか。明確な意味を捉え難い厄介な言葉ではあるが、日本においてバイオマスは「再生可能な生物由来の有機性資源であり、化石資源を除いたもの」ⁱと定義づけられている。そして、この定義にバイオマスの大きな特徴と、他のエネルギーに対する優位性が示されている。

それは、バイオマスエネルギーが再生可能エネルギーだということである。石油代替燃料の模索を続けているエネルギー産業にとって、このクリーンなエネルギーは次世代の世界を牽引していく強力な新エネルギーとしての活躍だけでなく、地球温暖化対策のオプシオンにもなり得る、“一挙両得”のスグレモノというわけである。それだけ聞けば非常にうまい話のようにも思えるが、果たしてどうなのであろうか。その是非については主に第二章にて検証する。

ⁱ バイオマス・ニッポン総合戦略による定義。バイオマスの定義は国によって違うこともあり、明確に定義するのが難しいものとされている。

1 - 2 バイオマスの分類

図1はバイオマスの分類を簡単に示したものである。バイオマスは、大きく分けて生産資源系バイオマスと未利用資源系バイオマスに分類される。生産資源系バイオマスは主にエネルギー利用を目的として栽培する植物であり、一方、未利用資源系バイオマスは農林水産業における未利用資源や加工残渣、都市ごみ中のバイオマスなどである。

〈図1〉

分類項目		バイオマス資源例
生産資源系	陸域系	サトウキビ、てんさい、トウモロコシ、ナタネ等
	水域系	海藻類、微生物等
未利用資源系	農産系	稲わら、もみがら、麦わら、バガス*、野菜くず等
	畜産系	家畜糞尿、屠場残渣等
	林産系	林地残材、工場残廃材、建築廃材等
	水産系	水産加工残渣等
	都市廃棄物系	家庭ごみ、下水汚泥等

< 出典：科学技術動向 2001 年 12 月号 >

また、燃料となった後のバイオマスも、「第一世代バイオ燃料」と「第二世代バイオ燃料」とに分類されて論じられることが多い。

現在世界で主流となっている第一世代バイオ燃料は、主に穀物やサトウキビ、大豆、ナタネ油、パーム油のような農作物を原料としている。

対して第二世代バイオ燃料は、文字通り“将来導入されるであろう”次世代のバイオ燃料であり、穀物・油料作物・砂糖作物を原料としない。具体的には、例えばセルロースⁱⁱのような非可食部から製造されるバイオエタノール、植物油を水素化して製造されるパラフィン系ディーゼル油、バイオマスをガス化して炭化水素を合成する BTL 燃料などが挙げられる。

最近では既に第二世代バイオ燃料が着目され、第一世代バイオ燃料よりも優れたエネルギー形態として研究が進められている。これが完全に普及し、実用化することになれば、次章で述べるようないくつかのバイオマスエネルギーの欠点を緩和できるだろうとして、大きく期待されている存在なのである。

ii セルロースは、植物の茎、籾殻、葉、その他、植物の繊維など全てを原料とすることができる。例えばトウモロコシの場合、その実の部分は穀物飼料として供給し、残った部分をバイオエタノールやバイオディーゼルとして利用できるというもの。

1 - 3 バイオマスの現存量

バイオマスは現在地球上にどの程度存在しているのだろうか。バイオマスの特性を知る上で、それは重要な疑問である。

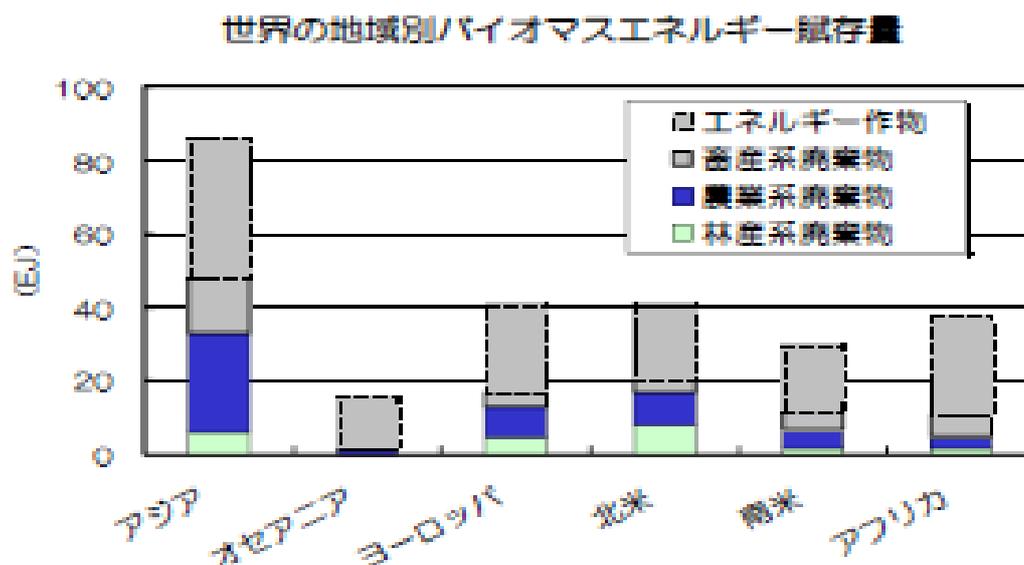
日本エネルギー学会の『バイオマス・ハンドブック』によれば、世界のバイオマス総量は陸上に約 1.8 兆トン、海洋中に約 40 億トンあり、さらに土壌中にも陸上バイオマスに匹敵する量が存在すると考えられている。これをエネルギー換算すると、陸上のバイオマスだけで 33000EJ(エクサジュール)となり、すなわちこれは世界の 1 次エネルギー年間総消費量(=年間総供給量 Total Primary Energy Supply。以後 TPES と表記)である 420EJ の 70 倍以上に相当するエネルギー量である。

また、年間に生産されるバイオマスは陸上で約 1150 億トン、海洋中で約 550 億トンになり、これは世界の TPES の約 10 倍に近い値である。あくまで推定値ではあるものの、現存するバイオマスは世界のエネルギー消費全てを補って余りある膨大なエネルギー量であり、うまく利用さえできれば将来的に人類にとっての基幹エネルギーと成り得る大きな可能性を秘めている存在だということが分かるだろう。

しかし、当然のことであるが、これら地球上にあるバイオマス全てを人間が利用できるわけではない。年々研究が進み、その割合は大きくなってきてはいるものの、未だ全体の内のごく僅かしか利用できないというのが現状である。

図 2 - a は、現在人類が持っている技術で利用可能な範囲の、世界の地域別バイオマスエネルギー賦存量をグラフで示したものであり、図 2 - b はそれを表で示したものである。なお、算定方法については細かくなってしまうので割愛する。

〈図 2 - a〉



< 出典：経済産業省資源エネルギー庁資料(2002) >

〈図 2 - b〉

EJ=エクサジュール (=10¹⁸J)
1EJ=2620万kl (原油換算) (EJ=10¹⁸J)

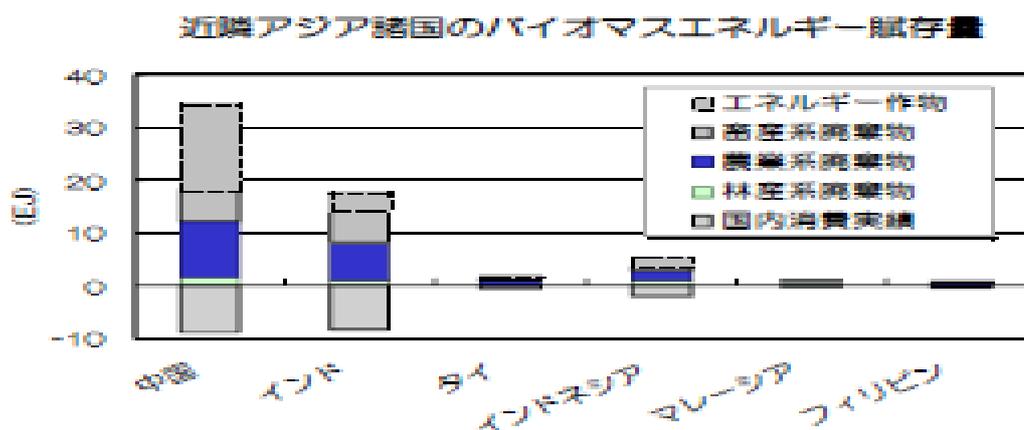
	廃棄物系				エネルギー作物	総計
	林産系	農産系	畜産系	小計		
アジア	5.9	27	15	49	38	87
オセアニア	0.4	1.0	1.1	2.6	14	17
ヨーロッパ	5.0	8.0	3.8	17	24	41
北米	7.7	9.5	3.1	20	21	41
南米	1.9	5.2	5.4	13	18	30
アフリカ	2.0	3.3	5.6	11	27	38
総計	23	55	34	112	142	288

< 出典：経済産業省資源エネルギー庁資料(2002) >

図 2 - b から分かるとおり、世界全体の賦存量は廃棄物系が 112EJ、エネルギー作物系ⁱⁱⁱが 142EJ となっており、合わせてエネルギー賦存量は 254EJ である（図では 288 となっているが、これは間違い）。一方、世界の TPES が年間 420EJ（2000 年）だったので、バイオマスエネルギー賦存量はその約 6 割ということになり、理論上はエネルギー消費のかなりの部分を賄えるということが分かる。

また、地域別賦存量ではアジアが最大であり、次いで北米となっている。参考までに、図 3 - a 及び図 3 - b に、近隣アジア諸国についてのデータも載せておく。

〈図 3 - a〉



< 出典：経済産業省資源エネルギー庁資料(2002) >

ⁱⁱⁱ エネルギー作物系とは、エネルギー作物のプランテーションについての試算結果の値である。これは土地にある程度の余力があり、その土地をエネルギー作物用途に転用した場合に初めて産出が可能となるエネルギーのこと。よって実在の資源量とは異なる点に注意。

〈図 3 - b〉

(EJ = 10¹⁸J)

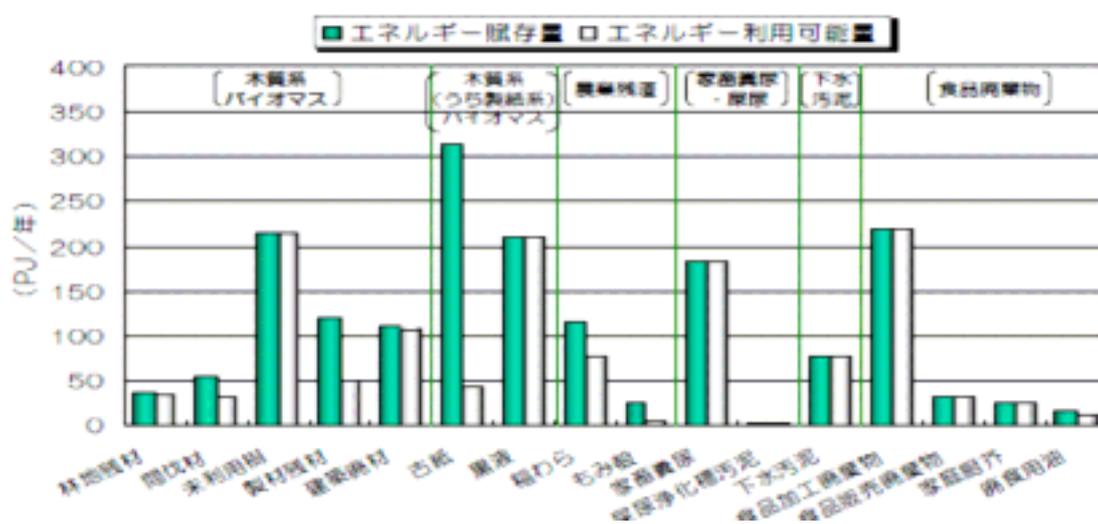
	農産物系				エネルギー作物	総計	国内消費実績
	林産系	農産系	畜産系	小計			
中国	1.7	10	62	18	16	35	8.8
インド	1.1	7.0	6.3	14	3.5	18	8.2
タイ	0.1	1.0	0.3	1.5	0.7	2.2	0.6
インドネシア	1.0	1.8	0.8	3.6	1.9	5.5	1.9
マレーシア	0.4	0.5	0.1	1.0	0.1	1.1	0.1
フィリピン	0.1	0.5	0.2	0.9	0.3	1.2	0.4

< 出典：経済産業省資源エネルギー庁資料(2002) >

図 3 - a、図 3 - b をみると、アジアの中では中国、インドが賦存量の大多数を占めていることが分かる。そして、近隣アジア諸国で現在未利用のバイオマスを合計すると、日本の TPES (約 23EJ / 年) を上回るポテンシャルが存在する。

では日本のエネルギー賦存量はどうなっているのだろうか。図 4 を見てほしい。

〈図 4〉



< 出典：経済産業省資源エネルギー庁資料(2002) >

図 4 は日本のエネルギー賦存量^{iv}の内約を示したものである。グラフによれば、バイオマスエネルギーの賦存量、エネルギー利用可能量は合計それぞれ 1757PJ(1.757EJ) / 年、1327PJ(1.327EJ) / 年であり、日本の TPES (約 23EJ / 年) のおよそ 7.6%、5.8%にそれ

iv ここでいう賦存量とは資源の総発生量を対象としたものであり、利用可能量とは賦存量のうち、マテリアル利用量等を除外したものである。

それ相当する値となっている。近隣アジア諸国と比べるとやや心細いものの、日本もある程度の物理的な賦存量を有していることが分かる。

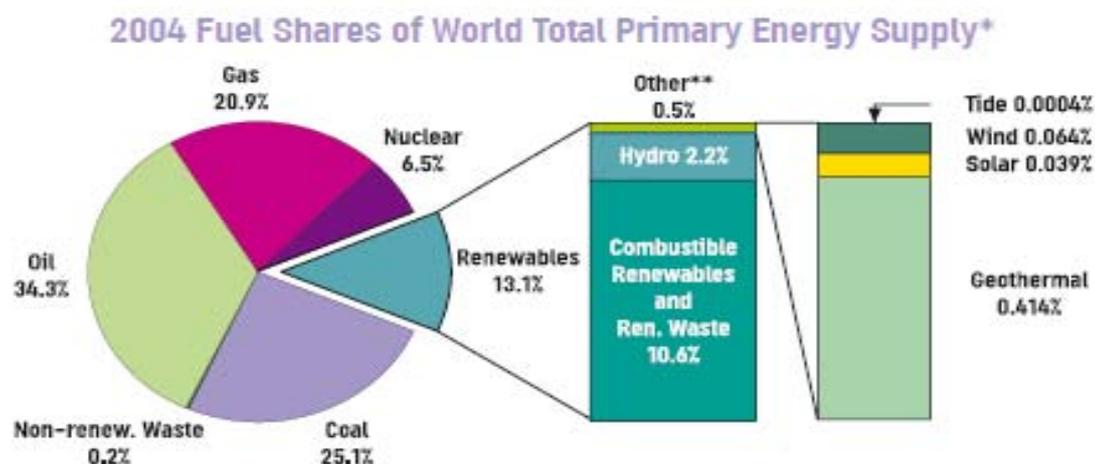
以上のデータから、繰り返しになるが、今の技術では利用できない状態にあるバイオマスが世界中に無尽蔵に現存していることだけでなく、現在利用可能なバイオマス全てをエネルギーに回した場合ですら、膨大な量のエネルギーになるということが分かる^v。特にアジアにおいては、現在バイオマスエネルギー資源作物の生産が活発なインドネシアやマレーシアよりも、遥かに中国やインドのポテンシャルの方が高く、バイオマスエネルギーの未来を占う上でも今後それがどう活用されていくか注目すべきである。

さて、賦存量については今見てきたとおりだが、それでは現在、その中でどれくらいのバイオマスエネルギーが実際に利用されており、それが TPES に占める割合はどの程度なのかを次節で見えていくことにする。

1 - 4 バイオマスエネルギーの使用(=供給)量

図6は、IEA(International Energy Agency)による統計で、2004年における世界の1次エネルギー供給内約を示したものである。

《図6》



* TPES is calculated using the IEA conventions (physical energy content methodology). It includes international marine bunkers and excludes electricity/heat trade. The figures include both commercial and non-commercial energy.

** Geothermal, solar, wind, tide/wave/ocean.

Totals in graph might not add up due to rounding.

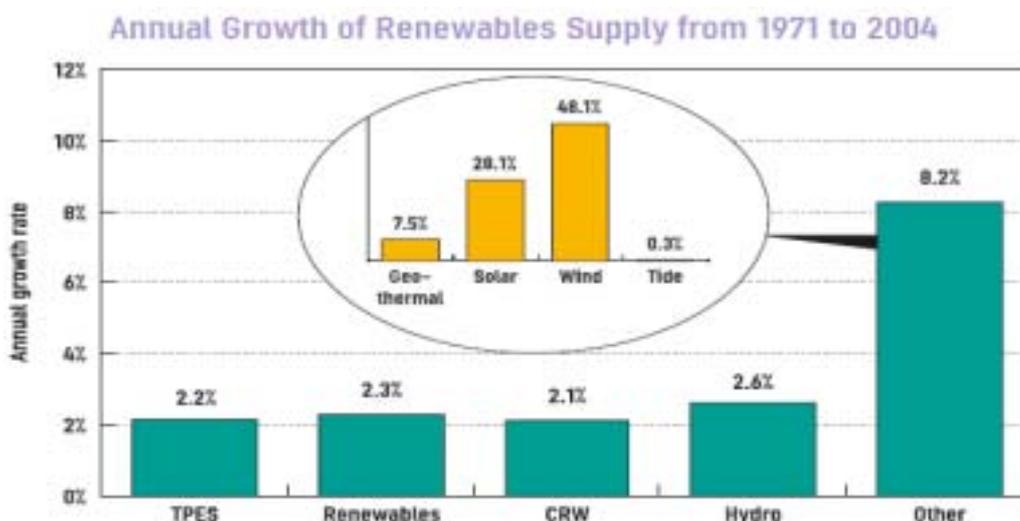
< 出典 : Renewables in Global Energy Supply, An IEA Fact Sheet, 2006 >

^v 今回、世界のエネルギー賦存量は 254EJ / 年と紹介したが、実際この値は算定方法によってバラツキが生じる。よって正確な数値は出しにくいのであるが、概ね 300 ~ 400EJ と推計している研究事例が多いようである。算定方法の差異は、例えば木質系バイオマスの場合、どれくらいの含水率を仮定するのかなどの試算の前提によるもの。

ちなみに、この年の1次エネルギー総供給量 TPES は約 463EJ である。そして TPES に占める再生可能エネルギーの割合は 13.1% となっている。また、そのうち 10.6% が CRW(Combustible Renewables and Waste)^{vi} となっており、バイオマスエネルギー供給は再生可能エネルギーの大部分(約 80%)を占めているということが分かる。

図 2 - b で見たように、理論上ではバイオマスエネルギー賦存量は TPES の 6 割程度賄える量ということなので、この 10.6% という数字は“まだまだ”という印象が強く、そのポテンシャルを活かしきれていないといえるだろう^{vii}。しかしこれだけのバイオマスエネルギーブームなので、直感的にはその割合が年々大きくなっているという感がある。だとしたら、そのバイオマスエネルギー供給の可変はどれだけの割合で推移しているのだろうか。ここで図 7 を見てほしい。

〈図 7〉



< 出典 : Renewables in Global Energy Supply, An IEA Fact Sheet, 2006 >

図 7 のグラフから、1971 年から 2004 年の間に、CRW 供給量は平均して年間約 2.1% の割合で増加していることが分かる。これは、TPES の年間増加率約 2.2% とほぼ等しい値である。また、再生可能エネルギーの供給量は約 2.3% であり、僅かではあるが TPES を上回っている。地熱、太陽エネルギー、風力などの新エネルギーである Other に至ってはこれらを遥かに上回る 8.2% の増加率を示しており、CRW や他の再生可能エネルギーと合わせ

^{vi} CRW とは、可燃性の再生可能エネルギー及び廃棄物と定義されている。これは、ごく一部の廃棄物(生物分解不可能な部分)を除くと大部分(約 97%)が生物由来の物質であり、バイオマスエネルギーの消費量にほぼ等しいと考えて差し支えない。

^{vii} もちろんではあるが、私はこの 10.6% という割合が地球環境や市場にとってベストでないとは言っていない。むしろこれ以上バイオマスエネルギー利用を増やすと環境が悪化する恐れすらあり、それに関しては検証の余地があるといえる。

で考えてみても、TPES に占める再生可能エネルギーの割合は今後さらに伸びていきそうだとはいえるだろう。また、ブームというだけあってバイオマスエネルギー利用も着実に増加していることが確認できる。

ただし、あくまでこれは増加率の平均値の話なので、もともとの供給水準が低いことなどを考えると、今後のエネルギー需要や世界の動向次第では逆にシェアが低下することも当然考えられ、このデータだけでは再生可能エネルギーの未来を楽観視できないことに留意する必要がある。

では、この節の最後に地域別の TPES と、その中での再生可能エネルギーが占める割合のデータを見て、世界とバイオマスエネルギーとの関係の現状を探っていく。

図 8 は経済協力開発機構 OECD (Organization for Economic Cooperation and Development)加盟国と非加盟国の TPES と、その量に占める再生可能エネルギーの割合、および再生可能エネルギーの中での主要燃料内約を示したものである。非加盟国については地域別に区分されており、便宜上アジアと中国は分けて考えている。

〈図 8〉

Key Regional Renewables Indicators for 2004

	TPES*	Of which Renewables	Share of Renewables in TPES	Share of the main fuel categories in total renewables		
				Hydro	Geothermal, Solar, Wind, etc.	Combustible Renewables and Waste
	Mtoe	Mtoe	%	%	%	%
Africa	586	287	49.0	2.6	0.4	97.1
Latin America	486	140	28.9	36.1	1.4	62.4
Asia**	1,289	411	31.8	4.0	3.6	92.4
China***	1,627	251	15.4	12.1	0	87.9
Non-OECD Europe	104	11	10.6	43.2	2.5	54.3
Former USSR	979	30	3.0	71.4	1.2	27.3
Middle East	480	3	0.7	43.4	24.4	32.2
OECD	5,508	315	5.7	34.6	12.0	53.4
World	11,059	1,404	13.1	16.7	4.0	79.4

* Total Primary Energy supply calculated using the physical energy content methodology.

** Asia excludes China.

*** China includes People's Republic of China and Hong Kong, China.

< 出典 : Renewables in Global Energy Supply, An IEA Fact Sheet, 2006 >

順番に見ていくと、OECD 加盟の先進 30 か国で世界の 1 次エネルギーの約半分もの使用をしていることが分かる。一方 TPES に対する再生可能エネルギーまたは CRW^{viii}の割合を見てみると、OECD 非加盟であるアフリカ、アジア、中南米の値が高く、逆に OECD 加盟国の値は小さい。特にアフリカに至っては TPES の約半分以上を再生可能エネルギー、その中でも CRW が占めており、再生可能エネルギーや CRW 利用における OECD 加盟国とのアンバランスさが目立つ。

その理由としては、アフリカなどに存在する一部の途上国においては非商用バイオマスエネルギーが主要なエネルギー源といえ、日常生活に欠かせないものとして利用されているからであろう。IEA は、このように植物や家畜糞などの非商用バイオマスに頼る生活をしている人々は世界で約 24 億人を数えるだろうと推定している。

このような伝統的燃料の利用は、一見化石エネルギーに依存せず、環境負荷が少ない地球に優しいエネルギー消費形態に思えるが、実際はそうでもないようである。人口が過密な地域では排煙による大気汚染やバイオマスの枯渇が問題となり、再生能力を超えた採取による環境破壊が深刻になっているという事例も少なくない。東京大学大学院農学生命科学研究科助教授の芋生憲司氏は、「バイオマスエネルギーの利用にあたっては、先進国における有効利用を促進するとともに、途上国でのかまどやストーブなど小規模な燃焼装置において、熱効率の向上と排煙の清浄化をもたらす技術を普及させる必要がある。」と指摘している。つまり、もしもバイオマスエネルギーを“キレイに”普及させたいのなら、先進国でいかに政治や経済がうまく介入できるか、そしてバイオマスエネルギー生産における技術革新をどれだけ進められるか、の 2 点に懸かっているということである。

よって、バイオマスエネルギー、はたまた世界のエネルギー事情の命運を握るのは先進国の動向次第であることは言うまでもない。自身は有効利用することを考えず“カネ儲け”のためだけにバイオマスエネルギー生産を煽りに煽って、一方でコストも安価で使い易い化石エネルギーなどを好き放題利用しているようでは、バイオマスエネルギーにとっても地球にとっても暗い未来が待っているだろう。

では、このことを踏まえた上で、バイオマスエネルギーはどのようにして環境や経済にとって有効に普及させていけば良いのだろうか。また普及しないとすれば何が原因で、またその改善のためにはどうすれば良いのか。そもそも「有効に」と一口に言っても、そうやってバイオマスエネルギーを普及させること自体が果たして環境や経済にとって好影響なのか悪影響なのか。ここまでバイオマスエネルギーの一部に触れてきただけでも、様々な疑問が浮かんでくる。これらの疑問を解消するには、まずバイオマスエネルギーの利点（とされている部分）と欠点（とされている部分）を知る必要があるようだ。次章ではそれについて掘り下げて見ていく。

^{viii} CRW は、昔から自給的に使われている非商用バイオマス燃料と、商業的に取引されているバイオマス燃料の双方を含む。世界全体で、非商用バイオマスと商用バイオマスの割合は約 2 : 1 とされている。

第2章 バイオマスエネルギーの利点と欠点

この章ではバイオマスエネルギーが評価されている点と、逆に批判されている点を一つずつ見ていく。この先人類はバイオマスエネルギー利用を促進すべきか否か、また普及させるならば、その際に取り除くべき障害となるものは何か、等を識者の見解や私の意見も交えながら探っていく。

それから注意してもらいたいのが、「利点」、「欠点」と簡単に二分してしまっているが、主体、視点によってそれは当然コロコロ変わるものだということである。各主体には各意思があり、それぞれにとって最適な行動をとるからであり、場合によっては「関係がないので利点とも欠点ともいえない」や、「やや利点といえるが、それも時と場合による」などの評価も存在するだろう。今回そういったものはできるだけ除き、世界環境、世界経済を主体と捉えた上での一般的な評価を紹介する。

2 - 1 バイオマスエネルギーの利点

バイオマスエネルギーが評価されている部分であるが、それは1 - 1で述べた、新エネルギーとして期待できること（特に石油代替エネルギーとしての期待）と、さらに地球温暖化対策にも貢献し得る“一挙両得”という二つの面を中心にみていく。

まず、カーボンニュートラル^{ix}による二酸化炭素排出量の抑制という観点からの地球温暖化対策としての役目は、バイオマスエネルギーが注目を浴びている根拠の一つである。

しかし、こと温室効果ガス排出抑制という目的に関しては、他のクリーンな再生可能エネルギーでも十分に果たすことが可能ではないのだろうか。実際に太陽エネルギーや風力エネルギーなど、他にも開発・導入が進められているものはたくさんある。では、なぜ今バイオマスエネルギーが特別視されているのか。それは、他の再生可能エネルギーと比較したとき、バイオマスエネルギーの方が優れているといえる点が存在するからである。

それは「貯蔵力」や「輸送力」、そしてエネルギー生産における「安定性」である。これらは同時に、他の再生可能エネルギーが抱える大きな問題点ともいえるだろう。

「安定性」とは、エネルギーをどれだけ安定生産・安定供給できるかということである。例えば太陽光発電や風力発電は季節、気候、気温、立地、時間帯などによってエネルギー生産量が大きく変動する可能性を持っていることは明らかである。このような生産効率の悪さから、既存の化石エネルギーなどよりも生産コストがかさんでしまうため導入し難い

ix カーボンニュートラル(炭素中立)・・・有機性資源からエネルギーを生成した場合、二酸化炭素が発生するが、それは当の有機性資源が大気中から吸収した二酸化炭素によるものである。よって、エネルギー全体として大気中の二酸化炭素量は増加しておらず、炭素循環量に対して中立である、とされる概念のこと。

といった問題点が指摘されている。この点については着々と技術開発が進み改善されてきてはいるものの、主要エネルギーとしては未だ使いにくいというのが現状である。それに対しバイオマスエネルギーは、原料の質などによって多少左右されるものの、比較的安定したエネルギー供給を可能としている。

また、「貯蔵力」や「輸送力」をバイオマスエネルギーが強みとしている理由は、それが化学エネルギーの形態を取るからである。太陽光発電や風力発電の出力エネルギーは電気エネルギーと熱エネルギーであるが、これらは貯蔵力に欠けており、すなわち長時間の輸送にも向いていない。広島大学大学院工学研究科助教授の松村幸彦氏は、「熱は高温で貯蔵する必要があるため、長時間貯蔵が困難である。また、熱媒などを用いて輸送を行う場合にも熱損失が起きるため長距離の輸送を行うことができない。一方、電力の場合、貯蔵のためには蓄電池が必要であるが、未だに高価であって容易には利用できないだろう。」と述べている。さらに同氏は「熱や電気のエネルギーに対して、バイオマスは最初から有機物という化学エネルギーの形を取っており、さらに化学反応などによって使い易い燃料の形にすることが容易である。そのまま粉砕して固めることによってペレットやブリケットといった固形燃料に変換でき、また、化学反応を介して液体の燃料にすることも容易である。このように、輸送用燃料としての再生可能エネルギーは化学エネルギー以外の形態では向いておらず、バイオマスが最も適していると考えられている。」と述べている。

では「貯蔵力」や「輸送力」に長けていると、いったい何が利点なのであろうか。それは、石油代替エネルギーとして利用し易いことである。今日、原油の枯渇やガソリン価格高騰を背景に石油代替エネルギーの模索が続けられている中、これは重要な利点であるといえる。これが、他の再生可能エネルギーに比べてバイオマスエネルギーが脚光を浴びている大きな理由であり、時代のニーズを反映しているといえるだろう。

加えて、バイオマスエネルギーの利点は以上挙げた以外にも「汎用性」や「簡易性」といった面でも発揮されている。

ここでいう「汎用性」とは、図1で見たように色々なものからのエネルギー抽出が可能であることや、化学エネルギーの特性を生かして色々なエネルギー形状に変化することができるなどといった柔軟性や応用力を持っているという点である。

また「簡易性」とは、家畜糞などの非商用バイオマスに代表されるように、特別な加工をしないままエネルギーとしての利用が可能という点である。しかも廃棄物など、本来ならば不必要で処分すべきものもエネルギー転換(バズ グッズ)できるので逆有償となり、環境的にも経済的にもその価値は十分に高いといえる。そして当然これらの特徴は他のエネルギーから一線を画したものであり、エネルギー利用の際にバイオマスエネルギーを選択する大きな理由にもなるだろう。

さて、ここまでのところで、バイオマスエネルギーは「石油代替エネルギーとしての役割を担い、エネルギー安全保障に貢献すること」と、「カーボンニュートラルに裏付けされたクリーンなエネルギーとしての強みを活かし、温室効果ガスの削減に貢献すること」と

いう2つの利点があり、その双方に関して他の化石エネルギーや再生可能エネルギー、新エネルギーなどに対し優位性を持っているということが分かった。

そしてさらにもう一つ、利点としてよく論じられていることがある。それは、バイオマスエネルギー原料作物の急速な生産を背景として大量雇用が実現し、途上国や失業者が多い国々において貧困が軽減されたという点である。

このことについてはどう捉えるべきだろうか。確かにこれはメリットと捉えることもできるかもしれないが、それは一面的な見方をした場合のみであろう。この節の冒頭で述べたように、ある主体にとって利点であるからといって一直線に進むのは愚かなことであり、それが危険な事態に発展する可能性も孕んでいるのである。それはこの「労働と貧困」のような問題だけではなく、先に述べたバイオマスエネルギーの「利点として評価されている部分」に関しても、一方で弊害を引き起こす可能性を秘めている。森羅万象の善し悪しは常に表裏一体であり、紙一重なのである。次節ではバイオマスエネルギーの欠点や、急速な普及に伴う弊害について見ていく。

2 - 2 バイオマスエネルギーの欠点と課題

前節ではバイオマスエネルギーの利点にスポットを当ててきた。しかし一方で欠点も多く指摘されており、それゆえにバイオマスエネルギーには賛否両論の声が上がっている。この節ではその欠点のうち代表的と思われる4点について分けて紹介する。

【経済性】

まず一つは「経済性」の問題である。バイオマスエネルギーの生産技術はまだまだ発展途上といえ、他の化石燃料エネルギーなどの主要エネルギーを利用するよりもトータルのコスト（イニシャルコスト、ランニングコスト共に）がかさんでしまう。同等のエネルギーを生み出す際にコストが割高のままでは、バイオマスエネルギーは今後のエネルギー需要に対応することができないだろう。

例えば日本におけるガソリン価格と比較したとき、現在のところバイオマスエネルギー生産コストの方がガソリンのそれよりも幾分高く、さらに日本の税制上ガソリンと同じ扱いを受けるため、販売価格が高くなってしまふ。よって2007年4月からの試験販売では、ガソリンとの差額分を経済産業省、石油連盟が負担しているという。また、藻類からバイオディーゼル燃料を生産しているグリーンフューエル社のマークス・ゲイ氏は、「石油から精製したディーゼル燃料より安くできないと事業として成り立ちません。たとえ1セントでも割高になってはダメなのです。」と語っている。

従来から、バイオマスエネルギーの利用に関しては、この経済性（特にバイオマス原料の収集・輸送コストなど、ライフサイクルで考えたとき）が問題とされてきた。しかし正直なところ、石油ショックのような例外を除けば、政策的措置を講ずることなくバイオマスエネルギーのコストが化石エネルギーのそれより下回るとは、当面の間は考えにくい。

よって、多くの国々が化石エネルギーに依存している中で、それを脱却するためにバイオマスエネルギーを切り札として利用しようとするのであれば、このコストの問題は回避不能であるといえよう。

また、バイオマスエネルギーの経済性に関してはこのコストの問題だけでなく、エネルギー収支^xにおいても課題を抱えている。それはつまり、1リットルの燃料を生産するために2リットルの燃料を投入しているようでは意味をなさないという理屈である。特にトウモロコシ由来のバイオエタノールの場合、エネルギー収支は赤字になるか僅かにプラスになる程度だという話なので、生産者はこの点に注意しなくてはならない。

【普及】

欠点として挙げられる二つ目は、上述のコスト問題に関連して、「普及」させていくことの難しさである。

その大きな原因は、やはりコストが割高であることが大きい。いくら環境に良い等のメリットがあったとしても、コストがかさむようでは他のエネルギーからの転換を躊躇するのも仕方がない。

とはいえ、現在、各国各企業が世界規模でバイオマスエネルギーを普及させようとそれぞれ利用目標を設定し、政策策定、技術開発、インフラ整備に取り組んでおり、急速に普及が進んでいるとあって差し支えないだろう。いま普及が進んでいる国々では、生産奨励政策や消費奨励政策のような税制面や補助金での優遇措置、企業のバイオマスエネルギー事業への積極投資など政策的・経済的な支援が基盤となっているのであり、このことからやはりコスト面での課題を改善することが普及への重要な一歩であると考えられる。逆に言えば、普及さえ進めば規模の経済による高効率化、低コスト化が進み、それがまた更に普及を促進させるといった好循環が生まれることも考えられる。

では、明らかにコスト面での採算を取れないことが分かっているエネルギーに対し、なぜ優遇措置を施し、また投資に励むのだろうか。IEAの「2006年世界エネルギー見通し」によれば、高効率として知られるブラジルのサトウキビ由来エタノールですらやっとな既存のガソリンと競争できる価格であって、米国のトウモロコシ由来エタノールやEUのナタネ由来バイオディーゼル燃料などは全く話にならないレベルだという。それでも競うように普及を進めるのは、地球温暖化の脅威を背景に過度に煽られた「バイオマスエネルギーブーム」の妄信に始まり、有事に備えたエネルギー自給力の向上や新たな農業市場の開拓による経済刺激などを旗印としたものであり、さらにそれらを“名目”とした単なる国家レベルでのカネ儲けや、この流れをビジネスチャンスと捉えた企業等々各主体それぞれの思惑があるのだろう。このようなバイオマスエネルギーをめぐる世界の動向については次章でもう少し詳しく紹介する。

さて、バイオマスエネルギー普及を進めるに際し、各主体それぞれに異なる目的がある

x 燃料の生産に必要な化石燃料(投入量)と生産されるバイオ燃料(生産量)の比。

のは一向に構わないのであるが、それが外部不経済となってしまうては本末転倒であり、由々しき事態である。それなので、各主体は今一度バイオマスエネルギーについての視野を広げ、自分たちのやろうとしていることが果たして世界の環境や経済にとってどのような影響を及ぼすのか、慎重に検討を行う必要があるだろう。だがそれでも、繰り返しになるが各主体にとってメリット・デメリットが異なるので、完全な「パレート効率」¹⁾、「win win situation」の実現には程遠そうな印象である。現に、近年の急速な普及に伴い、あらゆるところで“ひずみ”が生じている。次はそれらを「環境破壊」としてまとめて紹介する。

【環境破壊】

欠点の三つ目は、バイオマスエネルギー利用を促進することがそのまま環境被害をもたらす恐れがあることである。環境に優しいエネルギーとして持て囃されているバイオマスエネルギーだけに意外にも思うが、こういった問題を指摘している研究者は多い。

例えば、ノーベル化学賞を受賞した大気化学者の Paul Jozef Crutzen 氏を中心とする研究グループは、2007 年に亜酸化窒素^{xi}による環境被害の可能性について発表した。同氏は穀物から生成されたバイオ燃料を分析し、その結果、穀物から生成されたバイオ燃料は他の燃料に比べて約 2 倍の N₂O を排出することを発見した。よってバイオ燃料はカーボンニュートラルとは言い切れず、バイオ燃料利用を促進することが却って地球温暖化を助長する可能性がある、と論じている。

カーボンニュートラルに関してさらに付け加えると、バイオマスエネルギーが「カーボンニュートラルであるが故に環境への被害が小さい」という主張は、前提から既に危ういものといっても過言ではない。その理由としては、生産プラントの建設や、生産、輸送の各段階(ライフサイクル)でどれほどのエネルギーが消費され、温室効果ガスが排出されるかについてはなお研究途上にあり、実際に大量生産を始めてみなければ分からないからである。というよりも、少なくとも輸送に関しては完全な地産地消でもない限り排出がゼロであるとは考えられないので、バイオマスエネルギーをクリーンエネルギーとして主張することは厳しいだろう。それどころか、例えば天然草地がトウモロコシや大豆の畑に変えられ、化学肥料や農薬を施され、燃料の精製に石油や天然ガスが使用されれば、最悪の場合、気候への影響は化石エネルギーより大きくなってしまふことすら考えられるのである。

以上述べたことは主に「気候への影響」についてであるが、バイオマスエネルギーの生産・消費は、他にも「農業」や「労働」¹⁾、「貧困」¹⁾、「森林」¹⁾、「生物多様性」¹⁾、「水」¹⁾、「土壌」など様々な環境問題に対する深刻なリスクを抱えている。

これらに関して農業情報研究所の北林寿信氏は「現在のバイオマスエネルギー生産の拡大は、それに伴う農地の拡大による水需要の増加や貴重な生物群棲地の破壊によってだけ

xi 窒素酸化物の一種。化学式 N₂O。二酸化炭素の約 310 倍の温室効果ガスであり、京都議定書でも排出規制がかけられた。

でなく、農業自体が一層のモノカルチャー化することで環境圧力を増す。それが生物多様性喪失や土壌浸食を促進し、農業の持続可能性を奪い、水汚染も引き起こす。また、トウモロコシの大増産が始まっている米国ではトウモロコシと大豆の輪作体系が崩れ、トウモロコシの連作が始まってしまった。これはマメ科植物が持つ空中固定窒素能力がもはや利用できないことを意味するから、窒素肥料が大量に投入されることになり、増えた窒素の水系流出で富栄養化が進んでしまう。イリノイ大学の試算では、輪作から連作への移行で、窒素の河川への流出量は 30% 増える。」と指摘している。

「労働問題」に関しては、ブラジルにおいて顕著な事例がある。サン・マルチーニョなど一部を除いたブラジルの大半の地域では、サトウキビは人間の手によって収穫されているという。現在、ブラジルは世界最大のサトウキビの生産国で、世界の 3 分の 1 を生産しているが、政府はサンパウロ州を中心として東京都の 14 倍という広さの畑を新たに作り、100 万人の雇用を生み出す計画を進めている。これにより賃金は 3 倍になるといい、貧困地帯からの人口が大移動している。ある労働者は「今までは何の夢も持つことができなかったが、今は将来を考えることができるようになった。」と語っている。

利点のところでも述べたように、これを失業者に対する「雇用の創出」と言ってしまうば聞かえは良いのであるが、実態はそううまくいっていないようである。現場では、適切な衛生設備も持たない劣悪な労働環境で、過酷な仕事に従事し、毎年過労で亡くなる労働者が多数出ているという。ブラジルの労働者を管轄する国立保健安全問題研究機関である「フンダセントロ」のチェアマン Remigio Todeschini 氏は、「ブラジルの砂糖・エタノール産業の労働条件は“救いがないほどに酷い”ものであり、この部門の労働条件は、ブラジルに存在する労働条件の中で最悪だ」と述べている。

そんな折、2007 年 7 月には連邦警察と労働省検査官により、ブラジルで操業中のサトウキビ・プランテーションから 1000 人以上の奴隷労働者が解放された。彼らはアマゾンのサトウキビ畑で 1 日 13 時間以上労働^{xii}させられるなど、非人道的な状況で働いていたという。

現在、ブラジルのサトウキビを原料とするエタノールが化石燃料との競争力を持っている理由は生産性が高いからだけではなく、原料生産コストを最小限に引き下げる“借金奴隷制^{xiii}”労働があるから、と言う者もいる。このように、ブラジルにおける一見煌びやかなバイオエタノールブームも、一方で深い闇を生み出している。この一件はそんな暗黒面(冰山の一角に過ぎないだろう)を暴き出したものといえるだろう。

xii 80 年代には 1 人 1 日あたり 6 トンだったが、今では 12 トンから 15 トン刈り取らなければならない労働者もいる。このノルマが達成できなければ解雇され、その名が様々な工場に通知され、次の収穫期の仕事にありつけない。これが 1 日 13 時間労働の正体である。ちなみに、1 日 12 トンの刈り取りを達成するには、1 秒に 1 ナタをふるうペースが必要。

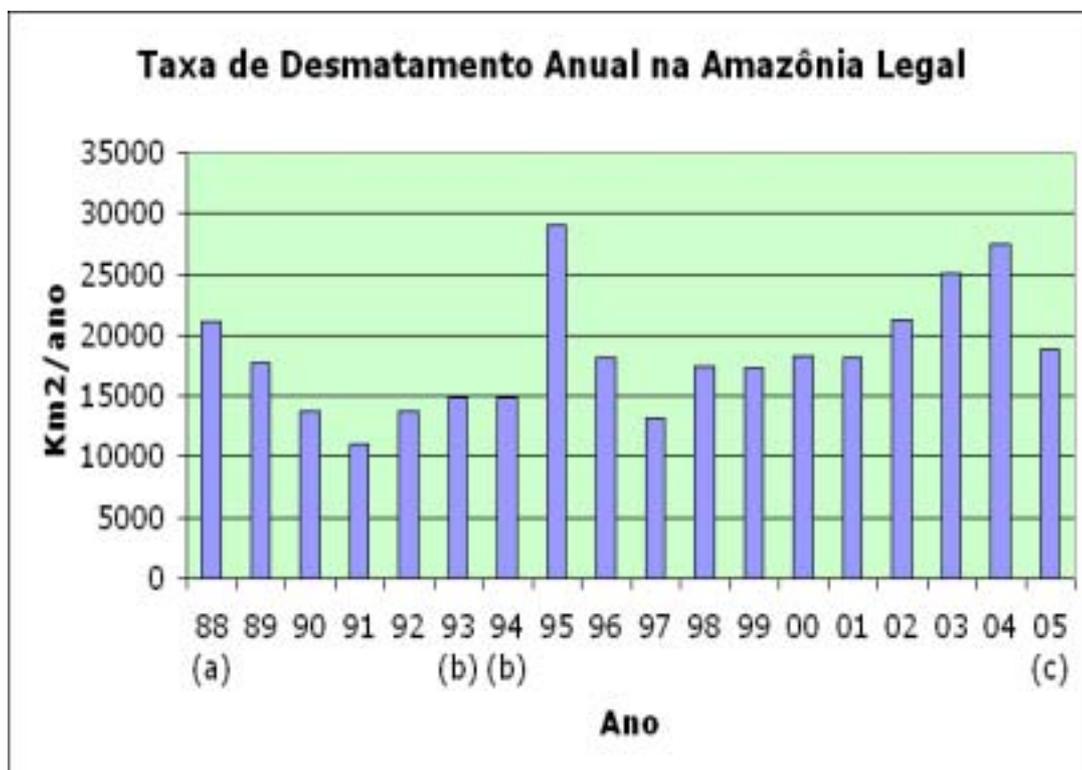
xiii 貧しい労働者が辺鄙な農村地域で働くためには、法外な値段の食料や道具などをプランテーション所有者から買わなければならない、それによって多額の借金を抱え、労働賃金は殆どその借金返済に充てられるという奴隷のような働かされ方のこと。

次に、環境破壊の項目として最後に「森林伐採」を取り上げ、みていくことにする。こちらもかなり深刻な状況になっているようである。大規模な森林伐採が行われている代表的な地域は、バイオマスエネルギー大産出国であるブラジル、インドネシア、マレーシアなどである。

インドネシア、マレーシアにおける森林伐採の主要原因は、バイオディーゼルの原料となるパーム油のためのアブラヤシ畑開発とされている。アブラヤシ畑の開発、運営も、上述したブラジルのサトウキビ・プランテーションと同様、地域住民との土地を巡る紛争、畑で働く労働者の人権侵害（児童労働や農薬汚染等）といった森林伐採以外の問題も引き起こしている。

図9に示したのはブラジル・アマゾン地域の森林消失面積である。

〈図9〉



< 出典：Monitoring the Amazon Forest / INPE / ブラジル国立宇宙研究所 >

このグラフによると、95年のような例外年はともかく、徐々にではあるが年間森林消失面積は大きくなってきている^{xiv}。近年ブラジルにおいてバイオマスエネルギーの生産が活発

^{xiv} もちろん、この原因が全てバイオマスエネルギー原料生産というわけではない。バイオマスエネルギー原料生産を原因とする森林消失は、このうち年間約4000キロ平方メートル（石川県より少し狭いぐらいの面積）とされている。

化してきたことを考えれば、バイオマスエネルギー生産が森林破壊を押し上げていることが想像できると同時に、その深刻さが分かっただけだと思う。このままのペースを維持した場合、数十年後にアマゾンの熱帯雨林は完全に消滅してしまうと考えられている。

熱帯雨林が消失することには多数のデメリットがあるが、中でも皮肉なのは、温室効果ガス削減への寄与のためにバイオマスエネルギーを生産することが、結果的に森林伐採へとつながり、かえって温室効果ガス発生を助長させてしまうということであろう。

2007年5月、熱帯雨林科学者団体GCPは「熱帯雨林破壊は、自動車や工場を上回り、エネルギー部門に次ぐ第2の温室効果ガス排出源となった。温暖化を防ごうとするならば、バイオ燃料、二酸化炭素ガスの分離と地中閉じ込め、次世代発電所など新技術への先進国の大量投資は、熱帯雨林破壊の防止にこそ振り向けられねばならない。」とする報告書を発表した。その推定によると、輸送・工業、航空輸送が温室効果ガス総排出量のそれぞれ14%、3%を排出するのに対し、森林の伐採と焼き払いは25%を排出するらしい。

それでは、この深刻な森林伐採問題はなぜブラジルにおいて発生するのだろうか。その理由としては、未開拓地を含む広大な土地^{xv}を持っておりバイオマスエネルギー原料作物の生産能力が高いことからバイオマスエネルギー生産が集中し、それが加速的に拡大していることだと考えられる。

2007年5月の農水省の発表によれば、ブラジルの2007～2008年のサトウキビ収穫量は前年比11.2%増であり、栽培面積も約7%増えて662万ヘクタールとなる見通しである。さらに2006年8月のブラジル鉱山動力省エネルギー研究公社発表資料では、ブラジルのエタノール生産量は2005年の1600万klから2015年には3690万klまで増加するとの予測を立てている。そしてブラジル国内のバイオエタノール生産工場については現在338カ所を数えており、今後2年間で新たに57カ所が稼働予定である。

これら急展開の背景には、バイオエタノールの需要が世界的に急増していることを受けた政策による後押しや、フレックス車^{xvi}の売り上げ急増に見られる国内需要の増大といった要因が考えられる。さらにはサトウキビ由来バイオエタノールのエネルギー収支の効率性も、ブラジルにおける生産の人気に拍車をかけている秘密なのかもしれない^{xvii}。

xv ブラジルの国土面積は日本の23倍、可耕地面積は日本の10倍以上であり、しかも農耕地利用されている面積はその2割にも満たないと言われている。それに加え、熱帯雨林の開発による耕地拡大という一応の余力も残されている。

xvi 燃料がアルコールでもガソリンでも走行が可能な車。2003年にフォルクスワーゲンがブラジル初のフレックス燃料車として売り出したことから人気を集め、2007年現在ではブラジル国内で販売される車の85%近くがフレックス車であると言われている。

xvii トウモロコシのエネルギー収支が1:1.3程度なのに対し、なんとサトウキビのエネルギー収支は1:8とされており、米国のトウモロコシ由来バイオエタノールと比べてケタ違いに効率が良く、脚光を浴びている(ちなみに大豆由来のバイオディーゼル燃料は1:2.5)。

ガソリンの代替燃料としてバイオエタノールが既に普及^{xviii}しているブラジルは、米国に次ぐ世界第2位^{xix}のエタノール生産国。その一方で輸出量は世界一^{xx}となっており、国際市場で売買されるバイオエタノールの約7割がブラジル産である。ブラジルの輸出量を押し上げている要因として、外国企業の積極投資が起因していると考えられる。多くの国の企業は土地資源の制約によって増大するバイオマスエネルギー需要を国内生産では満たせないという理由であり、特に温室効果ガスの削減を義務付けられた日本など先進国の企業(三井物産や伊藤忠商事など)は、輸入に積極的になるのも当然である。ゆえに、土地に余裕のあるブラジルでの輸出基地建設投資に走ったといえる。

そしてこのようなバイオエタノールの生産量増加と国内需要の伸びはブラジルだけでなく、米国においても同様の現象が見られている。

以上、バイオマスエネルギーがもたらす「環境破壊」について論じてきた。見て分かるとおり色々な面で悪影響が出ているにもかかわらず、政策や需要増に後押しされたバイオマスエネルギーブームの過熱ぶりは止まることを知らない。よって、今さらバイオマスエネルギー推進論者に注意を喚起したところでもはや歯止めが効かなくところまで来ているといってもよく、何か抑制効果のある政策などを施す必要があるといえるだろう。

【食糧価格】

バイオマスエネルギーが批判を浴びている最も大きな理由といってもよく、本論文の核でありキーワードとなるのが、この「食糧価格上昇問題」である。バイオマスエネルギー原料作物生産による他の作物生産への圧迫、すなわちトウモロコシなどの価格上昇による農業のモノカルチャー化がもたらすのは、何も環境破壊だけではない。原料となる作物の価格上昇は、そのまま食糧価格上昇をも引き起こす。こうしてバイオマスをめぐる議論は、エネルギーや環境問題から、ついには食糧安全保障問題にまで飛躍してしまうのである。しかもその煽りを受けるのは、少しばかり食品価格が上がったところで大きなダメージを受けない裕福な人々ではなく、明日食べる物にも困っているような生活が窮迫している人々だという見方が強い。

xviii ブラジル国内においてエタノールが普及している理由として、1970年代に第一次オイルショックで大打撃を受けたとき、エタノール奨励へのエネルギー転換政策に踏み切ったことがひとつ挙げられる。エタノール工場に多額の補助金の提供や、エタノール100%の燃料で走る国産車に優遇税制を敷くなどがそれである。

xix 2005年データで1位の米国が1621万kl、ブラジルは1607万klとなっている。2国合わせて世界全体の約7割を生産しており、他国を大きく引き離している。

xx 2005年データで1位のブラジルは240万kl、次いで米国、ヨーロッパがともに30万klとなっており、こちらはブラジルの独走状態といえる。また、ブラジルのエタノール輸出量は2004年には2001年の7.5倍にも拡大した。その輸出先は2005年上半期データで、第1位はインドで27%。第2位が日本で13%となっている。

国連食糧農業機関 FAO (Food and Agriculture Organization) と OECD は、今後バイオマスエネルギーへの依存が世界的に高まるにつれ、2016 年までの間にエネルギー生産に必要な穀物や砂糖、食用油の需要が急増し食糧の国際価格を引き上げるおそれがあるとして、2007 年に『OECD・FAO 農業アウトルック 2007-2016』という報告書を出した。それによると、最近問題となっている食糧価格の高騰は、小麦生産地での干ばつやストックの減少といった一時的な要因によるものが大きいのであるが、今後 10 年間、代替エネルギー生産のために原料作物の需要が増大^{xxi}することによって、それは長期的に見た場合に食糧価格を高め維持する構造を作ってしまうという。また、穀物は家畜の飼料でもあるので、その価格引き上げを通じて畜産製品の価格も上昇してしまう、としている。そしてこの報告書は、生活必需品の価格高騰が、特に、食糧輸入国、都市の貧困層にとって大きな問題になると指摘している。

また FAO の「Crop Prospects and Food Situation」(2007)や農水省の「世界の穀物の需給動向」(2007)などの報告書によれば、2007 年の世界穀物生産は 2006 年に比べて 4.8% 増加し、過去最高の 20 億 9500 万トンに達する^{xxii}と見込まれるが、消費量も 21 億トンまで増加するため総供給量は需要に追いつかず、期末在庫率は 15.2% でこの 20 年間の最低レベルになりそうだと予測している。

このようにしてトウモロコシなど穀物の国際価格が上昇していく「構造」が出来上がってしまいつつあるわけだが、大豆やナタネ、小麦なども高値を維持している。2007 年 OECD 発表の「農業観測」によれば、大豆やナタネなどの油糧作物は 2006 年に 1 トンあたり 289 ドルという空前の高値を記録し、それが 10 年後には 299 ドルとなり高値のまま推移が続くと予測している。小麦はシカゴ商品取引所の相場で 2007 年 8 月末に 1 ブッシェル^{xxiii}あたり 7.5 ドルを超えて過去最高を記録し、9 月には 8 ドルを上回ったという。これらの価格高騰も世界の食糧価格を押し上げている大きな要因である。

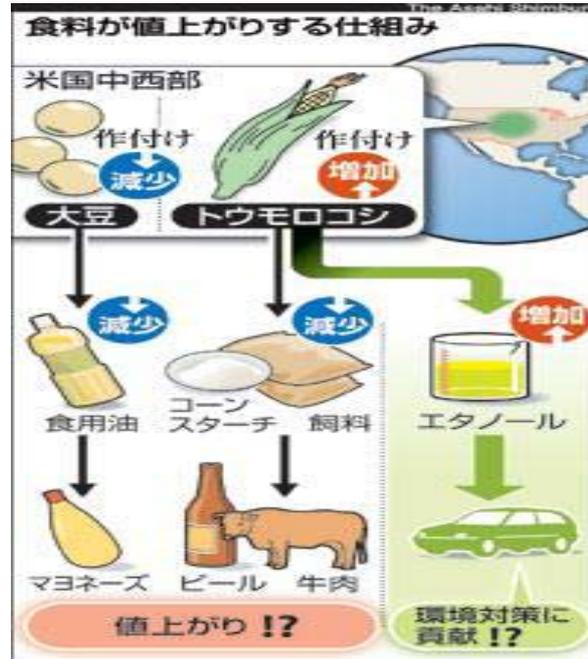
図 10 は穀物価格高騰による食品の値上がりという仕組みを図で表したものである。図 11 のグラフはシカゴ先物取引所におけるエタノールとトウモロコシの価格推移を表したものであり、近年トウモロコシがエタノール生産に利用され、その価格が高騰傾向にあるということが分かる。

xxi 報告書では、2006 年から 2016 年にかけて、アメリカではトウモロコシを原料とするエタノールの生産量が「倍増」し、欧州でもナタネの利用量が「1000 万トンから 2100 万トンに増える」と推計している。

xxii 最大の生産増加が予想されるのは粗粒穀物(トウモロコシなど)で、前年より 7.1% 増え、10 億 5100 万トンになると見込まれる。粗粒穀物全体の利用は 2.3% の増加が予想されるが、大部分はトウモロコシを原料とするエタノールを生産するための需要の急増のためで、それは 2007 / 08 年の粗粒穀物の工業利用を 9 % 押し上げる。

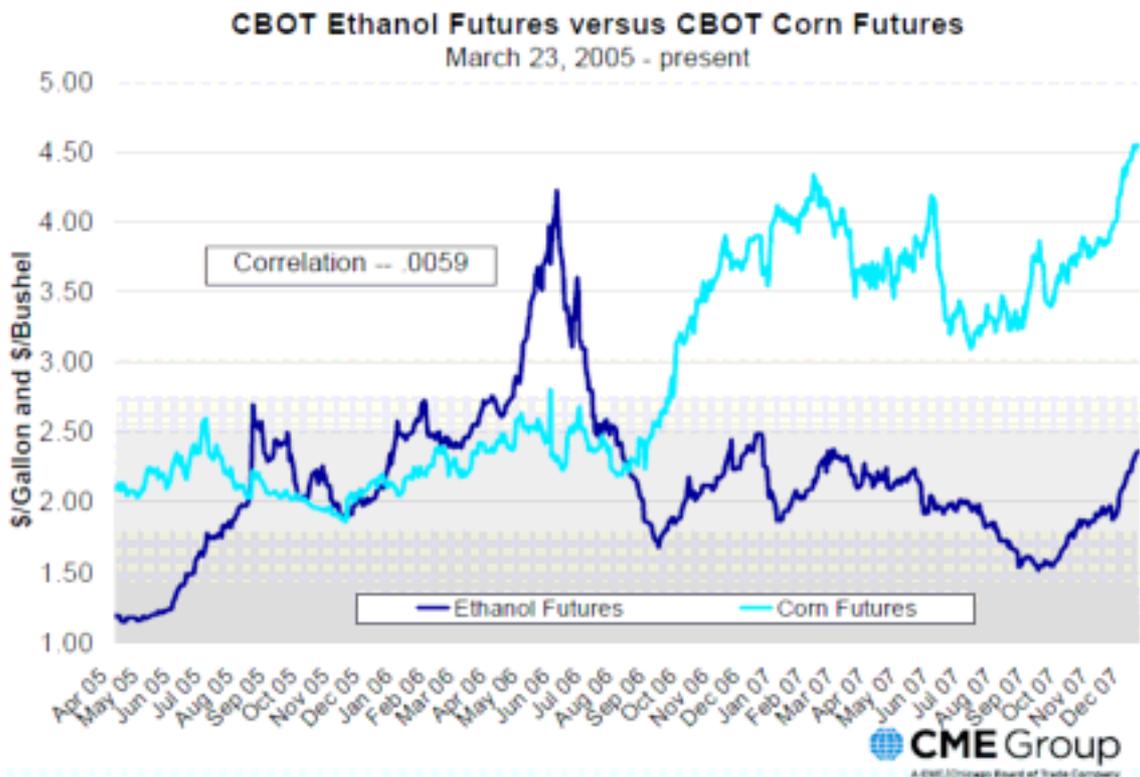
xxiii 1 ブッシェル = 約 27kg。

《図10》



< 出典 : Hatena::Fotolife >

《図11》



< 出典 : CBOT 「Key Charts & Data updated through December 2007」 >

穀物価格高騰による飼料や食用油の価格高騰は、それらを原料とするマヨネーズや牛肉、ビールなど、普段から我々の食卓でよく見られる食品の価格も上昇させる。現に、日本においても徐々に食品の価格高騰が顕在化してきた。日本のように食料や家畜飼料を輸入に大きく依存している国では特に影響が出やすいといえる。

マヨネーズ最大手キューピーがマヨネーズを17年ぶりに約10%値上げするのは、大豆やナタネの値上がりによる食用油の価格高騰を背景としている。主に米国でバイオエタノールに使うトウモロコシの作付けを増やし大豆畑を減らしているため、大豆を原料とした食用油価格が世界的に上昇し、原料の7割が食用油というマヨネーズを直撃したのである。

小岩井乳業など大手飲料メーカーは、オレンジジュースの小売希望価格を1割ほど引き上げた。ジュース用オレンジ大供給国のブラジルでサトウキビ畑の面積が増えて、オレンジ畑が縮小したのが原因である。

キリンビールは2008年2月からビール類の出荷価格を値上げすると発表した。値上げは麦芽やアルミなど原材料価格の上昇が理由である。同社によると最近の輸入麦芽の価格は前年に比べ2倍以上に高騰しており、缶の材料であるアルミ地金や包装資材の段ボール古紙の価格も上昇しているとして、2008年の原材料価格は2006年に比べ15%以上も高くなるという。店頭での値上げ幅は6~10円程度であり、酒税の増税分上乗せを除けばビール類の値上げは1990年3月以来となる。アサヒビール、サッポロビールといった他メーカーも値上げ検討を表明しており、近く追随するとみられる。

以上挙げたものはほんの一例であり、今後も日本、世界において食糧価格はじわじわと上昇していくと思われる。その結果、2008年にはLIFDCs^{xxiv}の穀物輸入経費は25%も上昇するとFAOは見込んでいる。この事実はとても重く、そのような国々にとっての“食糧値上がり”と、我々にとってのそれは意味合いが違うのである。すなわち貧困層約20億人の多くは収入の半分以上を食料に費やしていると言われており、食糧が値上がりすることは死活問題で、多数の餓死者を出してしまう危険がある。それも、エネルギー産業発展の結果として、である。ここに「エネルギーと食糧のトレードオフ」が生じ、世界（特に先進国）はバイオマスエネルギー原料作物をどちらにどれくらい使うか、という判断を迫られることになる。

現在バイオマスエネルギーが利用・研究されているのは主にガソリンなどの石油代替エネルギーとしてであるとは先に述べたとおりである。それは車を走らせるためであり、つまりクルマが食糧（=ガソリン）としてバイオマスエネルギーを利用することにより、人間の食糧を奪っているのだといえる。

このところは本論文のキモとなる部分なので、第4章にて後述する。その前に、各国がどのようにバイオマスエネルギーを捉え、どのような政策を打ち出しているかなどについて次章で軽く触れていく。

xxiv The list of low-income food-deficit countries(低所得食料不足国)のこと。

第3章 バイオマスエネルギーをめぐる世界の動向

2 - 2の「普及」のところでも述べたように、各国各企業にはそれぞれ思惑があり、バイオマスエネルギー推進策を打ち出している。他方、バイオマスエネルギーの課題とされている部分を懸念し、その流れに懐疑的な団体もあるようだ。

3 - 1 日本におけるバイオマスエネルギー導入

まずは日本においてバイオマスエネルギー普及に向けた整備がどのように進められているのかを見ていく。

政策レベルでは2002年12月に策定された「バイオマス・ニッポン総合戦略」が記憶に新しい。これはバイオマスタウン^{xxv}に代表されるような、地域の実情に即した循環システムの構築を図ると同時に技術開発の促進、国際的視点の考慮、国民的理解の醸成、地球温暖化対策等にも包括的に対応し、国を挙げて長期的な循環型社会(バイオマス・ニッポン)を目指そうとする総合戦略である。その内容の詳細説明は割愛させていただくが、概要は以下に挙げるようなものとなっている。

- 1) 2030年を見据えた「バイオマス・ニッポン」へのエネルギー導入シナリオの提示
- 2) バイオマス輸送用燃料の利用促進
- 3) 未利用バイオマス活用などによるバイオマスタウン構築の加速化
- 4) バイオマス利活用技術の開発
- 5) アジア諸国等海外との連携

この戦略は2006年3月に見直され、現在の形となっている。バイオマスエネルギーをめぐる世界の動向は日々変化しており、それに合わせて適宜調整しなければ対応できないからである。よって今後もこのバイオマス・ニッポン総合戦略は「2030年における導入システム確立と普及」を目標としながらマイナーチェンジしていく可能性がある。

一方、政府のみならず自治体や企業レベルでもバイオマスエネルギー導入に勤しんでいる。

- アサヒビールは沖縄県伊江島において関係省庁や九州沖縄農業研究センターと連携しながら“秘密のサトウキビ”を研究している。従来種の2倍の収量を得られる「高バイオマス量サトウキビ」からエタノールを製造する目的である。
- リサイクルワンは廃棄物の将来動向、排出企業のニーズ、処理企業の処理実態等を把握した上で最適なバイオマスエネルギー活用方法の提案を行うコンサルティング

^{xxv} バイオマスタウンとは、バイオマスの発生から利用まで最適なプロセスで結ぶ総合的な利活用システムが構築された地域、またはこれから行われることが見込まれる地域をいう。

業務を実施している。

- 大阪府堺市のバイオエタノールジャパン・関西の工場では建築廃材、木くずなどの木質系バイオマスからエタノールを製造。このプラントではセルロース系「第二世代バイオ燃料」の製造を目指している。
- 山形県新庄市と玉川大学はソルガム（こうりゃん）から、りゅうせきは沖縄県宮古島でサトウキビからバイオエタノールを製造。
- 新日鐵エンジニアリングは北九州市などと連携して食品廃棄物エタノール化リサイクルシステム実験事業を開始。同事業は、食品廃棄物に糖化、発酵、蒸留などの処理を施すことでバイオエタノール化するというもの。
- 1998年に滋賀県愛東町(現東近江市)が始めた「菜の花プロジェクト^{xxvi}」は今や全国各地に広がり、「菜の花プロジェクトネットワーク」を形成するまでになり、「地域自立の資源循環サイクル」の形を模索する好例となった。
- 徳島県の山間部にある人口2000人の上勝町では、町の温泉施設に木質バイオマス・ボイラーを導入した。地域の残材などを利用するため破砕機を購入し、町民が間伐材を持ち込むと温泉施設の入場券と交換する一種の地域通貨の試みも行っている。

以上、日本国内における動きについて見たが、もちろん上に挙げた以外にもたくさんの取り組みが行われている。その中には着実に結果を出しているものもあれば、無謀ともいえるプランでほとんど結果が出ていないものもある。

バイオマスエネルギーの普及を“本気で”目指すならば、それを「白昼夢」として終わらせないためにも、ただ闇雲に目標を掲げるのではなく、環境への影響やコスト面での持続可能性について十分な検討を重ね、実現可能性から探る必要がある。そして実行に移した際は関係者各々が自らの欲望、理想を優先するのではなく、一様に足並を揃えていかななくてはならないだろう。いわば「急がば回れ」であり、理想だけを先走りさせては前章で述べたような“ひずみ”として、負の影響がますます顕在化していくことになる。

3 - 2 海外諸国におけるバイオマスエネルギー導入

次は海外諸国の動向に目を向けてみる。こちらもこぞってバイオマスエネルギー普及促進策に取り組んでいる。図12の表はそれを一覽にまとめたものである。少し見づらいかもしれないが、各国の動きがひと目で確認できると思うので目を通していただきたい。

xxvi ナタネ油を有効利用する仕組みをうまく作り出したプロジェクトであり、転作田に菜の花を植え、ナタネを収穫し、搾油してナタネ油にする。その油そのものだけでなく搾油時に出た油かすや廃食油もせっけんやバイオマスエネルギーとしてリサイクルする。「愛・地球博」の開会式で“地域と地球を救う”未来プロジェクトとして紹介されたのは記憶に新しい。

《図12》

地域	国	混合率	原料	導入目標/義務	率値対応	普及支援措置
北米	米国	・10% ・85%	トウモロコシ	ガソリンに含まれるバイオ燃料を2006年に40億ガロン(約1,500万KL、ガソリン流通量の2.78%に相当)、2012年に75億ガロン(約2,800万KL)とする再生可能燃料基準を義務化(2005年エネルギー政策法)	・ガソリン率は全てE10対応率 ・0～85%までの任意の濃度で利用できるフレキシブル燃料自動車(FFV)も普及しつつある	・混合ガソリンに対する税額控除措置 ・小規模エタノール製造事業に対する補助金及び融資事業
	カナダ	・5～10% ・85%	トウモロコシ 小麦 大麦	2010年時点でガソリンへのエタノール3.5%混合目標(ガソリン消費量の35%のE10化、エタノール拡大プログラム(2003年開始)における目標)	・ガソリン率は全てE10対応率 ・フレキシブル燃料自動車普及	・混合ガソリンへの課税の一部免除措置 ・エタノール製造施設への投資プログラム
中南米	ブラジル	・20～25% ・100%	サトウキビ	ガソリンへのエタノール20～25%混合を義務づけ	・ガソリン率は全てE25対応率 ・エタノール専用車とフレキシブル燃料自動車普及	・専用車・フレキシブル車に対する通称工業税・地方税の軽減措置
	コロンビア	・10%	サトウキビ	燃料エタノール法(2001年成立)に基づき、2005年から人口50万人以上の都市でエタノール10%混合を義務化	—	・エタノールについては燃料税を免除
欧州	EU	—	—	輸送用燃料におけるバイオ燃料の比率の目標を2005年末時点で2%、2010年末時点で5.75%(EUバイオ燃料指令(2003年発令))	—	・エネルギー作物(エタノール原料作物)栽培に対する補助
	スウェーデン	・5% ・85%	小麦	2005年末時点で3%バイオ燃料導入(EU指令に基づく目標)	・フレキシブル燃料自動車普及	・混合ガソリンへの課税軽減措置 ・原料作物栽培に対する補助
	スペイン	・3～4% ・6～7% (共にETBE)	小麦 大麦	2005年末時点で2%バイオ燃料導入(EU指令に基づく目標)	—	・混合ガソリンへの課税軽減措置 ・ETBE製造事業者に対する免税措置 ・原料作物栽培に対する補助
	フランス	・6～7% (ETBE)	テンサイ 小麦	2005年末時点で3%バイオ燃料導入(EU指令に基づく目標)	—	・混合ガソリンへの課税軽減措置 ・原料作物栽培に対する補助
欧州 (続き)	ドイツ	・低率 (エタノール又はETBE)	ライ麦 小麦	2005年末時点で2%バイオ燃料導入(EU指令に基づく目標)	—	・混合ガソリンへの課税軽減措置 ・原料作物栽培に対する補助
	英国	・5%	トウモロコシ	2005年末時点で0.2%バイオ燃料導入(EU指令に基づく目標) EU指令を受けて、2008年から段階的に販売量の一定割合の導入を義務化(2010年には5%)する制度を検討中	—	・混合ガソリンへの課税軽減措置 ・原料作物栽培に対する補助
アジア	インド	・5%	サトウキビ	2003年からE5普及の全国展開開始、最終目標はE10の全国普及	—	・混合ガソリンに対する課税軽減措置
	中国	・10%	トウモロコシ 小麦	4省において2005年末までにガソリンをE10化(車両用エタノールガソリン拡大試験計画(2004年策定)における目標)	—	・エタノール生産事業者に対する消費税免除措置 ・原料作物に対する補助 ・エタノールに対する関税割の還付措置
	タイ	・10%	キャッサバ サトウキビ	2011年までに全ガソリンのE10化が目標	—	・エタノールへの物品税免除 ・E10生産に対する補助 ・エタノール産業新規参入者への法人税免除
	フィリピン	・5%	サトウキビ	2010年時点でガソリンをE10化(国家エタノール燃料プログラム(2005年開始)における目標)	・1995年以降の市販車はE10対応率	—
オセアニア	オーストラリア	・10%	サトウキビ	2010年までに35万KLのバイオ燃料導入(連邦政府の目標)	・ガソリン率は全てE10対応率	・エタノール生産に対する補助

< 出典：エコ燃料利用推進会議「輸送用エコ燃料の普及拡大について」 >

3 - 3 バイオマスエネルギー普及促進に警鐘を鳴らす者たち

図12から分かるように、時代は紛れもなく「バイオマスエネルギーブーム」の最中である。しかし一方で、その過熱ぶりが弊害を引き起こしていることは先に述べたとおりである。そのような事態を鑑み、ブームに警鐘を鳴らしている団体や有識者は多い。

国連は 2007 年に、バイオマスエネルギー産業は多くの可能性を秘めているが代償とリスクも併存しているとして、経済・環境・社会的影響を注意深く見極めねばならないという警告を発した。

また、(財)地球・人間環境フォーラムと国際 NGO の FoE JAPAN は 2006 年に、バイオマスエネルギーの急激な大量輸入を行うことは温暖化防止対策に逆行し、生態系の破壊や土地問題や労働問題など「持続可能性」を脅かす恐れがあるとして、環境省や農水省など関連省庁に対し、以下のような主旨の共同要請を行った。

国産・地域産のバイオマスの利用を優先すること

バイオ燃料の輸入に際しては、生産地および加工過程における環境・社会問題のより少ないものを優先すること

原料調達の際のサプライチェーンの把握と透明性の確保などを柱とするガイドラインを作成すること

その他にもバイオマスエネルギーブームに対して眉をひそめる国際 NGO や環境団体は数多く、今後、彼らのような抑制論者と推進論者との間で活発な議論が行われることがバイオマスエネルギーの諸問題を改善するにあたって重要なことであろう。

3 - 4 米国とアフリカ、そして先進国と途上国

「バイオマスエネルギーをめぐる世界の動向」と銘打った章の最後に、賛否両論の矢面に立たされているバイオマスエネルギーがここまでのブームとなった背景には米国による後押しが大きいということを一押しさえておいていただきたい。

米国では 2005 年にブッシュ大統領が「米国の輸入原油依存度を軽減する糸口となり、米国の経済成長、環境改善、国家安全保障に役立つ」と礼賛したエネルギー政策法が策定された。これによって輸入原油依存度が高い国は一斉に自国でのバイオマスエネルギー利用システムの構築に向けて走り出し、さらにその新エネルギーは温室効果ガス排出抑制にも寄与するという話が広まったことも相まって、“夢のエネルギー”ブームに火をつけたといえる。これが何度も述べている“一挙両得”の正体であるが、実際に一挙両得なのか否かについてはケースバイケースかつ研究途上なため、まだハッキリと言及できる者はいないと思われる。しかし米国にとって最も重要なのはそこではなく、自国が儲かる“カネの成る木”としてバイオマスエネルギーが普及することなのではないか、という批判が強まっている。トウモロコシの一大生産国でありバイオエタノール生産量も世界一を誇る米国ゆえに、なるほど確かにバイオマスエネルギーブームを作り出すことによって赤字国家としての汚名を返上できるのかもしれない。

しかし、これは米国に限ったことではないが、エネルギー安全保障を謳い、次世代を担う新エネルギーとしてバイオマスエネルギーを普及させることよりも、本来ならば自国の消費エネルギー削減から取り組むべきではないのだろうか。もちろん、自身が抱える問題を全て解決できればバイオマスエネルギーは心強い存在であり、積極的に利用すべきであ

ろう。しかし現状では問題があまりにも多く、それを知りつつも普及を促進させるのはカネ儲けなどの目的による先進国のエゴであり、さらに消費エネルギー削減という“煩わしさ”の隠れ蓑として利用されているように思えてしまう。

いずれにしろ、こうして米国、ブラジルなどの生産国はバイオマスエネルギー原料作物生産を拡大し輸出に励み、また世界各国は自国の利用目標を掲げて輸入に励むといった、輸出入が共に刺激し合う相乗効果によって急速に普及が進む土台ができあがる。そしてこれはアフリカを中心とした LDCs^{xxvii}にとっても例外ではない。多くの途上国は先進国の輸入需要増大に刺激され、積極的な生産拡大や外国企業からの投資を受けている。

例えばセネガルは、貧困問題や経済にとっての有効打になるとしてバイオディーゼル生産に向けての動きを活発化させており、自国のみならずアフリカ大陸をバイオ燃料の一大生産地にしようと鼻息を荒くしているという。

しかし、明日食べる物にも窮迫し、収入の半分を食糧に費やしているような国々にとって、果たして作物をエネルギーに回している余裕はあるのだろうか。いくら国内需要、海外需要共に膨れ上がっているからといっても、まずは飢餓による死者をゼロにすることが先決であり、エネルギー問題は二の次なのではないだろうか（もちろんエネルギーも生活必需品に相違ないが、食物をエネルギーに変換することが問題なのである）。実際、アフリカにおけるバイオマスエネルギー生産拡大は飢餓や貧困などに更なるダメージを与え、より一層危機的状況を生む可能性があるとしている機関も数多い。

西アフリカ経済通貨同盟 UEMOA (West African Economic and Monetary Union) は、バイオ燃料は従来の原油に取って代わることはできず、単に石油を補完するにとどまるとの見解を示し、バイオマスエネルギーでは大量生産として必要な生産量に達するのは不可能なので、現在のアフリカのエネルギー問題にとって解決策ではないとの警告を発している。FAO も、バイオマスエネルギーの生産拡大により、アフリカが既に直面している食糧不足に拍車をかける事態に陥りかねないとして、警鐘を鳴らしている。

このような状況を鑑み、いささか極端な表現ではあるが、「クルマのメシ」よりも「人間のメシ」を優先すべきだと私は考える。つまり食糧が足りていないと感じる人間が一人でも地球上にいる以上、食糧を他の財に変換すべきではないと思うし、ましてや先進国の人間が使用するクルマなどという、ある意味では贅沢財のために使われて良い筈がない。

これは単に倫理問題の見地からの意見でもあるが、食糧の性質にも依っている。つまりバイオマスエネルギーは化石エネルギーや他の再生可能エネルギーに代替可能である一方で、食糧に代替できる財はないということである。

この点を踏まえつつ、次章ではトウモロコシなどの原料作物をバイオマスエネルギー生産に回したときの食糧価格上昇を分析・検証し、私のとる立場を明確にしていく。

xxvii Least Developed Countries(後発開発途上国)のこと。国連のリストによると 50 カ国が指定されている。

第4章 分析

この章では、これまで見てきた諸問題や世界の現状を踏まえて、持続可能社会形成のために今やるべきことは何なのか、ということを検証する。

4 - 1 いま解決すべき問題は何か ~現状把握~

単刀直入に言って、食糧価格高騰問題により懸念される飢餓を、バイオマスエネルギー生産を抑えることによって未然に防ぐことである。

ここで、本論文においてここまでみてきたことを整理する。

- ◆ バイオマスエネルギーの生産方法や活用手段は、理論上では多岐にわたっている
- ◆ 世界の消費エネルギーを補って余りあるバイオマス賦存量の存在
- ◆ 実際にバイオマスエネルギーの使用量は増加傾向にある
- ◆ 貯蔵力や輸送力に裏打ちされた石油代替エネルギーとしての使い易さ
- ◆ 再生可能エネルギーやカーボンニュートラルといった特徴による持続可能性

これらバイオマスエネルギーの優位性を証明するデータにより、バイオマスエネルギーは質・量共にそのポテンシャルを大きく期待でき、今後さらに需給が増大し普及が加速していくだろうということを見込めると思う。

しかし同時に、欠点も抱えている。

- ◆ 環境への様々な悪影響（農業、労働、貧困、森林、生物多様性、水、土壌など）
- ◆ 食糧価格上昇

要するにここで述べたいのは、バイオマスエネルギーの普及はそれイコール環境破壊や食糧価格上昇の普及ということである。そしてそれを知ってか知らずか各国各企業がこぞってバイオマスエネルギー利用目標を掲げ、普及させようと躍起になっていることは前章でみたとおりである。いくら夢のエネルギーとはいっても、未だ発展途上で問題が多いものを半ば強引に生産、利用することはいかなものか。バイオマスエネルギー生産拡大が地球の持続可能性の“閾値”に達してしまう前に、何らかの抑制をする必要があると私は考える。

本論文においては特に食糧価格の上昇を懸念しているのであるが、私がそこに着眼点を置いた理由は前章の最後にも述べたとおり、第一に倫理的価値観によるものである。エネルギーという「生活を便利にするための必需品」が、そもそも人の生命の根本を脅かすも

のであってはならない^{xxviii}。

第二に、食糧は代替不可能ということである。化石資源エネルギーや他の再生可能エネルギーという代替エネルギーがあるバイオマスエネルギーと違い、食糧に替えられるものは存在しない。よってプライオリティーのレベルが違うと思われる。それなので、図 13 の「食糧 vs 燃料」というキャッチコピーにあるようなトレードオフは、本来ならばあってはならないものなのである。

《図 13》



< 出典 : Japan: Stippy >

第三に、現に食糧価格上昇という負の効果が顕在化しているという事実があることである。長期的に見て懸念される問題は多数あるが、現在進行形で世界各地において食品価格が上がっていることを考えたとき、対策が急務であり、まさに「いま解決すべき問題」なのではないだろうか。要するに、バイオマスエネルギーがエネルギーとして安全・安心な使用に値するレベルにまで開発が進んでから、普及させることを考えるべき、という理屈である。

また、バイオマスエネルギーを抑制すべき理由として、先進国によるエネルギーの無駄使いも挙げられる。特にクルマなど身の回りで消費エネルギーを減らすことを心掛けつつ、着実に新エネルギーを普及させていくべきなのであって、エネルギー危機を煽ってバイオマスエネルギーに頼るという必要性は、現時点ではあまり見えてこない。これは単なるカネ儲けだけではなく「省エネ」を先送りにするという先進国の恣意的なブーム作りにさえ感じる。イギリスの環境保護団体 World Land Trust の Renton Righelato 氏とリーズ大学の環境研究者 Dominick Spracklen 氏はバイオマスエネルギー生産による森林伐採の環境被害について研究しており、その結果として彼らも「人々は地球を救っている気分であるが、そうではない。我々が関心を持つべき本当の問題は、燃料の消費を減らし、燃料の効率を高めることだ。バイオ燃料は実際、化石燃料の利用を減らすという真の問題をごまか

xxviii 自動車燃料の食欲は凄まじく、エタノールで 25 ガロンの SUV ガスタンクを満たすのに必要であるトウモロコシは、人間 1 人の 1 年分の食糧に匹敵すると言われている。

す手段として使われている」と、バイオマスエネルギーの在り方について苦言を呈している。

4 - 2 いま解決すべき問題は何か ~理想と現実~

では、バイオマスエネルギーや世界にとって、一体どんな状態が望ましいのであろうか。もちろんバイオマスエネルギーが普及することそれ自体は歓迎すべきことなので、理想像として考えられるのは滞りなく普及が進み、主力エネルギーとなりつつもほとんど(あるいは全く)弊害を及ぼさないことだといえる。

それを実現するために、まず誰もが思い浮かべるのは「革新的技術開発」の必要性であり、具体的には第一章で述べた「第二世代バイオ燃料」の活躍である。これはセルロースなど非食用バイオマスを原料とするため食糧価格に影響を与えないとされ、技術開発が急ピッチで進められている。原料として現在主流である食用バイオマスの利用^{xxix}をゼロにして、こちらに完全代替させることができれば食糧価格を上げることなくバイオマスエネルギーを使用できるので、食糧価格対策としてはかなり期待できる存在である。

理想像としてもう一つ考えられるのは、食糧需要を完全に満たした上でなお食糧が余るならば、その在庫分をエネルギーに回すということである。バイオマスエネルギー原料作物用に新たに作付面積を増やすことなどせずに、現状の食糧供給量でこれが可能ならば当然食糧価格は上げることはいくらでも予測できるわけであるが、現実的にそう簡単にはいかない。p23 で述べたように、穀物の総供給量は総需要量に追いつかないというデータがあるからである。

いま二つの理想像を提示したが、いずれも現状と乖離していることは明らかである。現実を踏まえた上で最も有効な手段は、やはりバイオマスエネルギー生産を抑制する他ないと思われる。これが有効というのは、何度も述べているように「短期的」に考えて今やるべきことという意味である。そしてそれは現在技術開発や研究が進められていることから、長期的に見ていずれは「第二世代バイオ燃料」の台頭などによって問題が解消する可能性があるという前提を根拠としている。よって今普及を進めることよりも、そういった「理想像」が実現するまで食糧価格上昇やその他の被害を抑えるべきなのである。

4 - 3 分析

現実を直視した上でバイオマスエネルギー抑制を目指すために、食糧価格が上昇するメカニズムを見てみる。

そこでまず原料としての「トウモロコシ」と、トウモロコシを原料とする「エタノール」、「食糧」という2財の結合生産を考え、トウモロコシ生産者がトウモロコシを自分にとってそれぞれ最適な配分で2財の生産(出荷)にまわす場合の利潤関数、生産関数を求める。

xxix 米国農務省は2006年にトウモロコシを2000万トン使用する市場を作り上げ、このうち1400万トンは燃料のために使用されると報告している。

記号は以下のように設定する。

トウモロコシから生産されるバイオエタノール量： x_e

トウモロコシから生産される食糧の量： x_f

原料トウモロコシ： q

バイオエタノール価格： p_e

食糧価格： p_f

トウモロコシ価格： p_c

この生産者の生産集合は

$$Y = \{(x_e, x_f, q) \mid x_e \geq 0, x_f \geq 0, q \geq 0, x_e + x_f \leq (-q)^{\frac{1}{2}}\}$$

で示されると仮定する。

このとき、原料投入量は生産者にとってマイナスなので0より小さく設定してある。

また、 $p_f < p_e$ とも仮定するが、これはトウモロコシが優先的にエタノール生産に回されていることを考えると、かなり現実的であるといえるだろう。

さて、生産者が利潤を最大化させるとき、投入された原料は余りが出ないように全て使用されるので、生産集合 Y から、

$$x_e + x_f = (-q)^{\frac{1}{2}}, \quad \therefore q = -(x_e + x_f)^2 \quad \dots$$

が成立する。よって企業の利潤関数 $\pi = \Pi(p_e, p_f)$ は、

$$\pi = p_e x_e + p_f x_f + p_c q = p_e x_e + p_f x_f - p_c (x_e + x_f)^2$$

である。

利潤を最大化させるための生産量は、それぞれを微分してゼロとおくので、

$$\frac{\partial \pi}{\partial x_e} = p_e - 2p_c(x_e + x_f) = 0 \quad \dots$$

と、

$$\frac{\partial \pi}{\partial x_f} = p_f - 2p_c(x_e + x_f) = 0 \quad \dots$$

となる。

、 についてそれぞれ解くと、

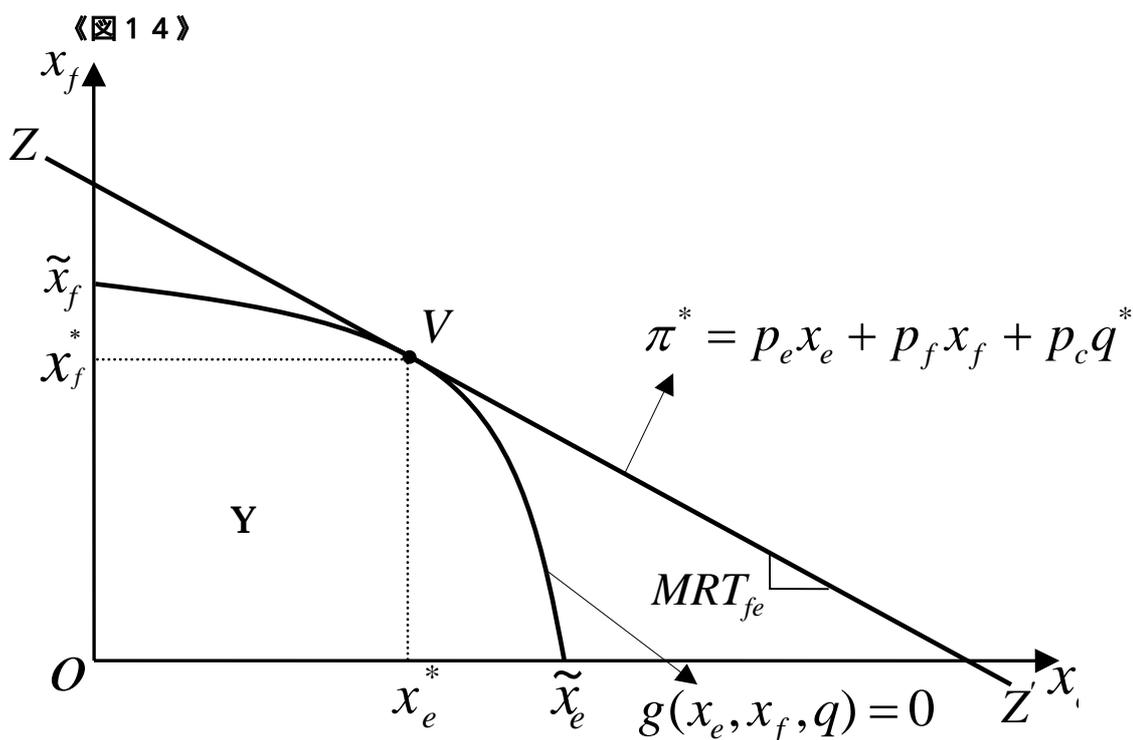
$$\left\{ \begin{array}{l} x_e^* = \frac{p_e}{2p_c} - x_f \quad \dots \\ x_f^* = \frac{p_f}{2p_c} - x_e \quad \dots \end{array} \right.$$

となり、生産者にとっての2財の最適生産量が分かる。

ここから、トウモロコシ価格の上昇や食糧生産量の増加によってエタノール生産量は減少し、同様にトウモロコシ価格の上昇やエタノール生産量の増加によって食糧生産量が減少するという、それぞれの関連性が確認できる。

よって、現実では $p_f < p_e$ が成り立つと仮定できるため、トウモロコシがエタノール生産に回されることによって食糧供給量が減少してしまうのである。

いま求めた最適な生産量 x_e^*, x_f^* は、図 14 において V 点で示される。



ちなみに、このときの原料投入量は より、

$$q^* = -(x_e^* + x_f^*)^2 = -\left(\frac{p_e + p_f}{2p_c} - x_f - x_e\right)^2$$

である。

図 14 において生産集合 Y は曲線 $\tilde{x}_f V \tilde{x}_e$ と点 O との領域によって示される。

また、曲線 $\tilde{x}_f V \tilde{x}_e$ は生産物変形曲線であり、一定量の生産要素トウモロコシ q から生産可能なエタノールと食糧の組み合わせを表したものである。

この曲線の関数は、陰関数 $g(x_e, x_f, q) = 0$ となり、 \tilde{x}_e ではエタノールのみが $O \tilde{x}_e$ の分だけ生産されるということを示している。

このとき、生産物変形曲線の傾きに -1 をかけた $-x_f / x_e$ は、エタノール生産を 1 単位増加することによって減らさなければならない食糧の量を表し、限界変形率 MRT と呼ばれるものである。

一方、直線 ZZ' は利潤直線で $\pi = p_e x_e + p_f x_f + p_c q$ と表され、傾きは $-p_e / p_f$ である。この直線は利潤 π が大きくなればなるほど右上にシフトする。

よって、生産集合の中で利潤を最大にする財の組み合わせは、利潤直線と生産集合の接点である V 点で示される。すなわち、 V 点においては

$$MRT_{fe} = \frac{p_e}{p_f}$$

が成り立つといえる。これは、食糧価格が上昇したら食糧生産量が増加し、一方でエタノール生産量が減少するということを意味しており、またその逆も然りである。そしてこれは上の、 から分かる 2 財の関係とまったく同じであることを確認してほしい。

さて、いま見てきたのは生産者が最適な行動(自らの効用を上げるために、トウモロコシを食糧のみならずエタノールにも回すこと)をとった場合における 2 財の関係である。

次に、その行動によって現実世界において食糧価格が上昇するメカニズムを検証する。

図 15 は、少々乱暴なモデルではあるが、そのメカニズムを表したグラフである。

横軸に原料(トウモロコシ)投入量 q 、縦軸に原料価格 P をとっている。また、エタノール価格と食糧価格の価格変動は双方共に原料価格の変動に比例するので、このモデルにおいて縦軸は、エタノール価格とも食糧価格とも捉えられるということに注意してもらい

たい。

直線 D_f は「食糧」の需要曲線であり、直線 D_e は「エタノール」の需要曲線を表している。また、今回の仮定では

【食糧の需要価格弾力性 $\mathcal{E}_f < \text{エタノールの需要価格弾力性 } \mathcal{E}_e$ 】

としているが、これは前章でも述べたように、食糧は代替不可能な財であるのに対してエタノール(エネルギー)は代替可能な財ということを踏まえると、食糧の需要価格弾力性は極めて小さいと考えられるのでかなり現実的な仮定といえる。

さらに、このモデルでは2本の需要曲線が T 点で交わり、そこで食糧からエタノールへの生産の転換が行われているが、この状況設定も仮定の一つである。よって現実の需要曲線の傾きや高さがこのモデルと全くの別物であることも有り得る。しかし、実際にトウモロコシがエタノール生産と食糧生産の両方に回されているという事実があるのは p 33 で述べた通りなので、この需要曲線の設定も妥当といえるのではないだろうか。

さて、図 15 から何が分かるのかを見ていく。

《図15》

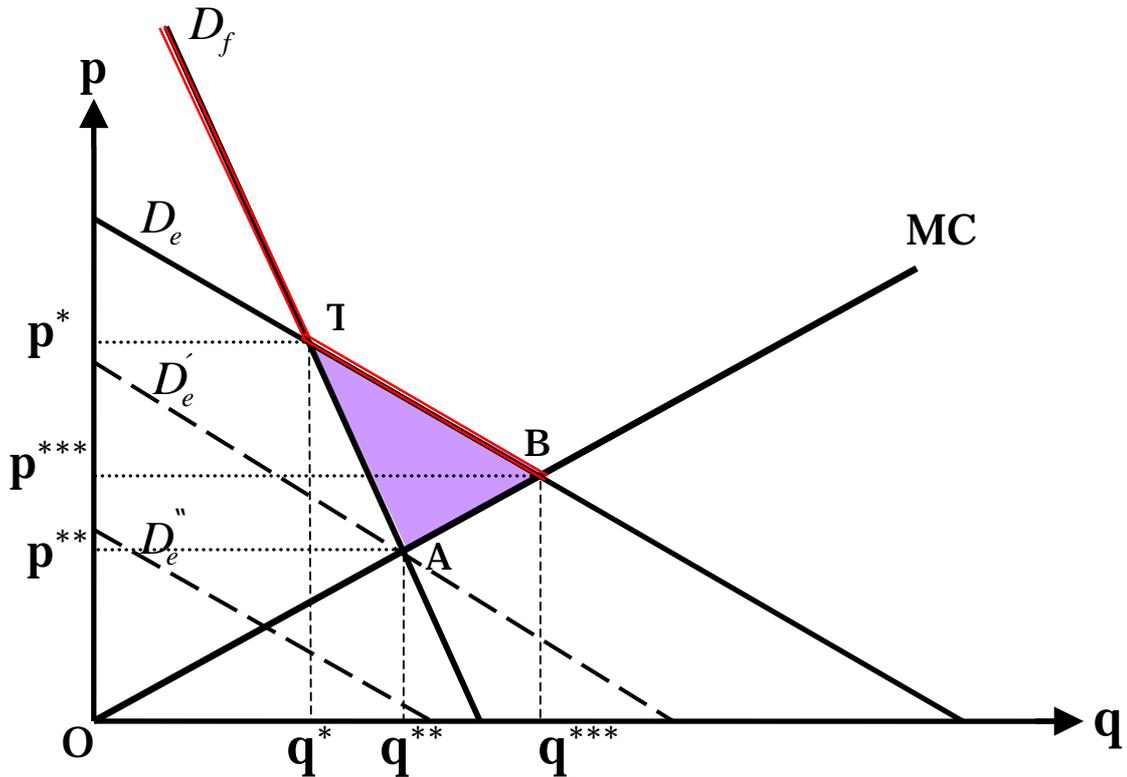


図14におけるV点というのは、図15においてはB点に相当するものと思われる。

最適な生産を行う(利潤を最大化させる)生産者は、まず q^* までのトウモロコシを食糧に回し、さらに q^* から q^{***} までのトウモロコシをエタノールに回す。よって、需要曲線はグラフの赤線のような形に途中で折れ曲がり、B点で需給が均衡する。このとき、生産者の余剰は台形 $Oq^{***}BH$ から、費用である三角形 $Oq^{***}B$ を引いた三角形 OBH となり、生産者余剰と社会的総余剰はそれぞれ最大となる。

しかしこの場合、T点において食糧からエタノールへトウモロコシ供給が転換されるため、トウモロコシをエタノールに回さず、その全てを食糧に回しA点で需給均衡する場合の価格 p^{**} と比べて、 p^* まで食糧価格が上昇してしまっている。それと同時に、もちろんではあるが食糧生産量も q^{**} から q^* まで減少してしまう。

これが、生産者の最適な行動による食糧価格上昇のメカニズムである。では、どうすれば食糧価格上昇と食糧供給量減少を抑制できるのだろうか。それは、からも明らかのように、単純にエタノール生産を抑えれば抑えるほど可能となるわけである。もし、エタノール生産を全く行わない場合は、 q^{**} までのトウモロコシが滞りなく全て食糧に回されるので、価格は p^{**} のままとなり、上昇はゼロであるといえる。

しかし仮にその状態を目指した場合には、生産者は三角形 **ABT** の面積分まるまる損失を被ることになるので、現実的には実現が難しい。

そこで、この食糧価格上昇を抑制するためには、この社会的余剰三角形 **ABT** の損失を誰かが負担せねばならない。あるいは課税や規制などによってエタノールの需要曲線 D_e を D'_e ないし D''_e のような位置にまでシフトさせ、トウモロコシを q^{**} まで食糧に回しエタノールには全く回さないという行動を生産者が自発的に取るように仕向ければよい。

ではこの食糧価格上昇は、比較的裕福でありトウモロコシをエタノール生産に回す“余剰”がある米国などの「先進国(つまりエタノールに対する効用が高い国々)」と、比較的貧しいために食糧に対する効用が高くエタノールに対する効用が低い「発展途上国」という「2者」を考えたとき、それぞれの効用にどのような影響を与えるのだろうか。

そこに厳密な線引きを行うのは些か難しいのであるが、エネルギー需要が比較的高く、主にバイオマスエネルギー普及促進に励んでいる国々を「先進国」として想定する。またそれによって食糧価格が上昇し、人々の生活が窮迫してしまう LIFDCs のような国々を「途上国」として、エタノールと食糧の市場における個人をざっくり2分してしまう。

そうすると、それぞれの効用関数は、

先進国の効用関数：
$$u_N(x_e, x_f) = x_e^a x_f^b \quad \text{このとき} \quad 1 < b < a$$

発展途上国の効用関数：
$$u_S(x_e, x_f) = x_e^c x_f^d \quad \text{このとき} \quad 1 < c < d$$

上式のように仮定できる。これは単純に、2者(先進国と途上国)が2財(エタノールと食糧)から得られる効用の「差」を表したものであり、現実妥当性の高い仮定といえる。

図 16 はそれをグラフとして図示したものであるが、当然、無差別曲線の具体的な傾きや高さは表現できないので、あくまで仮定として置いてある。

《図16》

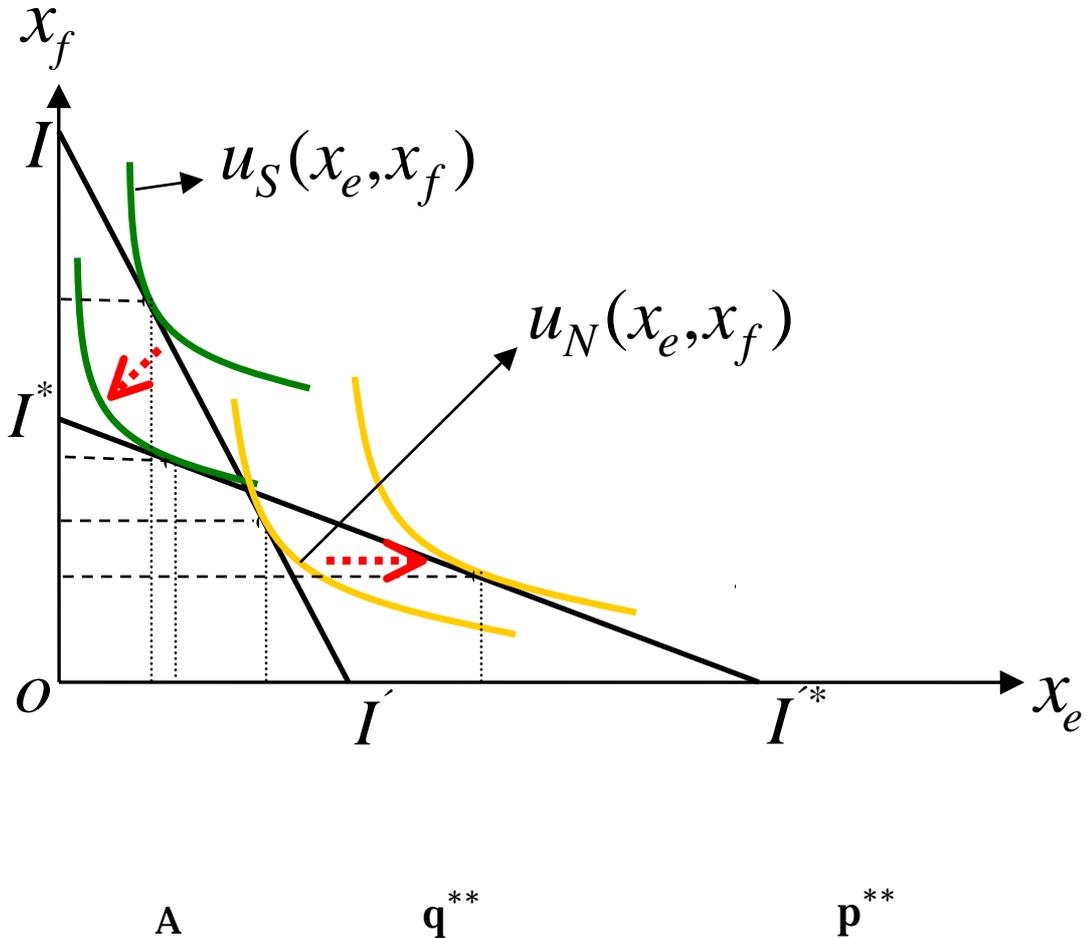


図 15 における 点(トウモロコシを まで食糧に回し、食糧価格が より上昇しない状態)のときに予算制約線 II' は、トウモロコシをエタノールにも回すことによる 2 財の価格比変動(均衡が B 点にある状態)によって傾きが変化し、 $I^*I'^*$ となる。

すると、先進国の効用は大きくなり、発展途上国の効用は小さくなることがグラフから読み取れる。ここから、食糧生産の分のトウモロコシをエタノール生産に回すことは食糧価格上昇へとつながり、それによって低所得の人々に対して食糧危機を招くということが分かる。

ちなみに、現実的には予算制約線は 2 者において高さが違うものと思われるが、ここでは「傾き」に関して議論しているので便宜上、予算線を同一として考えた。

4 - 4 結論と考察

前節で見たように、トウモロコシなどの原料作物をバイオマスエネルギー生産のために消費するのは食糧価格を高騰させることにつながり、それによって生活が窮地に立たされる人々が増えてしまう。

よって、短期的に考えていま解決すべきことはこの問題であり、バイオマスエネルギー生産を抑制すべきなのである。それは、「人間の命がエネルギーに奪われてはならない」という倫理的観点からの考察でもあるが、長期的に見た場合の第二世代バイオ燃料普及への期待から「それまでは無理に第一世代バイオ燃料利用を促進しなくても良いのではないか」という考えも込めている。

しかし、バイオマスエネルギー生産を抑制することは時代の流れに逆行しており、各主体が常に効用を最大化させる市場原理を前提としたとき、現実的にはほぼ不可能であるといえる。それに、社会的総余剰も減少してしまう。

ただし、ここでいう社会的総余剰減少とはあくまで理論的な話であって、ここに「倫理的価値観」を加味すると、一概に余剰が減少してしまうとは言えなくなる。私は食糧価格を上げずに貧困層を救うことの便益を高く評価しているので、むしろバイオマスエネルギー生産抑制は社会的総余剰を増加させることとなり、それが“社会的最適”であると私は考える。

それなので、生産抑制を目的とするならば、「経済と法」を駆使して意図的に市場を操作する必要がある(規制や補助金など)。そうすることで生産量抑制が可能となり、第二世代バイオ燃料が普及するまでの飢餓による死者を減らし、長期的に考えた場合の持続可能社会により近づくことができるだろう。

終章

質・量共に未だ計り知れないポテンシャルを秘めているバイオマスエネルギーであるが、

そのバイオマスエネルギーが普及することによって徐々に顕在化する“ひずみ”と、一方で開けてくるエネルギー産業の明るい未来。本論文ではその「陰」と「陽」にフォーカスし、この先世界の環境、経済、そして食糧問題はどのように変遷していくのかを見てきた。

諸処のデータから察するに、このまま何も対策を講ずることなく、各主体が自己利益を追求していけば、食糧価格高騰や環境破壊が一層進行するといっていだらう。しかし、バイオマスエネルギー普及促進論者が一面的な見方をしていると指摘したことと同様に、否定論者も一面的であると言うべきかもしれない。なぜなら、環境的、経済的なデメリットは確かに存在するとしても、それは一時的なものか、或いは原因がバイオマスエネルギーであるとすり替えているだけということも考えられるからである。例えば食糧価格高騰や森林破壊についても、数ある原因の中のひとつがバイオマスエネルギーであるというだけであり、原因としてのダメージの深刻性は計りかねる。否定論者がそのような自分にとって有利なデータをつなぎ合わせ、さもバイオマスエネルギーが全ての元凶と言わんばかりの主張を展開している、という批判も存在するようである。また、食料価格が上がるのが必ずしも悪いわけではなく、市場原理によりいずれは需給が収束し、長期的に見れば価格上昇も打ち止めとなり、いずれは元通りになる可能性もある。

しかし現在、現実に食糧価格上昇により苦しむ人々が存在するわけであり、そこを問題として、私がバイオマスエネルギー生産に歯止めをかけるべきという立場を取ることはすでに述べたとおりである。

最後にひとつ確信を持って言えるのは、実際どちらが正しいのかということよりも、人類が最も否定してはならないことは「バイオマスエネルギーの未来」であろう。技術革新さえ進めば機関エネルギーとなり得る可能性は十分あるだけに、実現可能性はともかくとして今は夢を追い続けるほかないのである。もちろんエネルギーに関して言えば、それと同時に太陽光エネルギーや原子力などの可能性も模索していく必要はあるだろう。

世界各国の政府や民間企業といったマクロレベルから、各地域各個人というミクロレベルまで世界全体が同じ方向へ足並みを揃えることによって、「環境」と「経済」、その双方にとっての“持続可能社会”が実現される日が来ることを切に願っている。

参考文献・参考 URL

『バイオマスエネルギー 生物系資源・廃棄物の有効利用』 本田淳裕 省エネルギーセン

ター(1986)

『図解 よくわかる バイオエネルギー』 井熊均 日刊工業新聞社(2001)

『バイオマス産業社会 生物資源利用の基礎知識』 原後雄太、泊みゆき 築地書館(2002)

『演習ミクロ経済学』 武隈慎一 新世社(2005)

『ミクロ経済学』 西村和雄 東洋経済新報社(1990)

『エネルギーレビュー』 エネルギーレビューセンター

『バイオマスハンドブック』(社)日本エネルギー学会編 オーム社(2002)

『バイオ燃料 畑でつくるエネルギー』 天笠啓祐 コモンズ(2007)

『フード・セキュリティー だれが世界を養うのか』 レスター・ブラウン、福岡克也監
訳 ワールドウォッチジャパン(2005)

『世界 10』 岩波書店(2007)

環境省 <http://www.env.go.jp/>

農林水産省 <http://www.maff.go.jp/>

経済産業省 <http://www.meti.go.jp/>

農業情報研究所

<http://www.juno.dti.ne.jp/~tkitaba/earth/energy/news/07051001.htm>

国際環境 NGO FoE Japan

http://www.foejapan.org/forest/doc/doc_recmandbiofuel.pdf

菜の花プロジェクトネットワーク <http://www.nanohana.gr.jp/index.php>

NPO 法人バイオマス産業社会ネットワーク(BIN) <http://www.npobin.net/>

Chicago Board of Trade (CBOT) <http://www.cbot.com/>

Environment News Service World News <http://www.ens-newswire.com/>

FAO <http://www.fao.org/>

IEA <http://www.iea.org/>

IGES <http://www.iges.or.jp/jp/index.html>

IPS Japan news <http://www.news.janjan.jp/keyword/ips.php>

United Nations <http://www.un.org/>

WAPIC <http://www.juno.dti.ne.jp/~tkitaba/index.html>

WIRED VISION Environment <http://wiredvision.jp/news/environment/>