総 説

バ イ オ マ ス の 現 状

小 山 実

工業技術院化学技術研究所（茨城県筑波郡谷田部東 1-1）

The Present Situation of Biomass

Makoto KOYAMA

Notional Chemical Laboratory for Industry (1-1, Higashi,
Yatabe-chō, Tsukuba-gun, Ibaragi)

1 はじめに

図-1 は過去約 10 年の間に、石油（原油）及びとうもろこしの国際価格が変化の様子を示したものである。1972 年に、原油の価格は 1 kl 当たり約 12 ドルであり、とうもろこしは 1 t 約 47 ドルであった。当時は、とうもろこし 1 t の方が原油 1 kl より 4 倍ほど高価であった。その後、今年の 1 月までに、とうもろこしの価格は約 3 倍の 139 ドル/t に上っている。しかし原油の方は、

原油：アラビアン・ライトの実勢価格，毎年 1 月の値
とうもろこし：シカゴ相場年平均値，1981 年は 1 月の値

図-1 原油 (1 kl) 及びとうもろこし (1 t) の国際価格の変化

その間に約 17 倍も高騰し、1 kl 当たり約 201 ドルとなった。現在では、とうもろこしの方が石油より安くなったのである。

重量当たりの価格（原油の比重：約 0.91）が、原油より農産物であるとうもろこしの方が安いと言うことは、農林産物が経済的な燃料として使える、そんな状態が現れようとしていることを示唆している。

2 エタノールに関心集中

バイオマス資源の種類は多種多様であり、それらの資源から製造できるバイオマス燃料などの生成物も、いろいろの種類がある（表-2, 3 参照）。それらのうちで、現在最も重視されているものは、ガソリンの代替としてすぐにも使えるエタノールである。

1979 年のいわゆる第 2 次石油危機以後、石油の価格は予想を越える速さで上昇した。これ以上の急速な石油価格の上昇を抑えるためにも、石炭液化などの代替燃料油の開発が急がれている。しかし、石炭液化の商業的な操業の開始は、早くとも 1990 年であると言われている。しかも、そこで生産される液化油は重質油程度であろう。したがって、今のところ、手っ取り早く供給できるガソリン代替燃料は、バイオマス・エタノールと言っても良い。そのために、エタノールに対する関心が急に高くなってきている。

エタノールを自動車の燃料として利用することは、いくつかの利点がある。エタノールはそのまま自動車の燃料として使えるだけでなく、オクタン価を高める作用がある。エタノールを 10% 程度混合したガソリンをアメリカではガソホールと呼んでいるが、添加されたエタノールは直接ガソリンを節約するだけでなく、高オクタン添加物としても働いている。その外に、次に示すような利点がある。①エタノールは、国内で自給できる穀物や砂糖きびを原料とし、既存の技術で生産できるので、外貨を節約することができる。②アメリカのとうもろこしやブラジルの糖みつ及び砂糖きびは、不良品や余剰があり、またそれら農作物の価格安定化に役立つ。③国内資源を利用することで、雇用を増大させる効果がある。

3 ブラジルの国家アルコール計画

時折報道されているように、ブラジルでは 1975 年 11

月以来、国家アルコール計画 (O. Programa Nacional do Alcool, 略称 Pro Alcool) が進行中である²⁾。

ブラジルは他の諸国同様、石油輸入額の急騰に苦しんでいる。この計画は、石油の輸入量を減少させるために、自動車用燃料及び化学工業原料として、エタノールを積極的に利用しようとするものである。そして、同時にこの計画は、世界に先がけて再生可能なバイオマス燃料を、本格的に実用化しようとする実験的な試みでもある。その意味で、Pro Alcool 計画の成行きは世界の注目を集めている。

ブラジルのバイオマス・エタノールの生産量は、この計画が実施される以前でも年間 60 万 kl 台に上っていたが、1977/78 年度以降同計画の効果が現れ始め、生産量が急増している³⁾ (表-1)。1979 年末には、エタノールは年率で 400 万 kl に達する生産量となっている³⁾。ブラ

表-1 ブラジルのエタノール生産量

年 度	生 産 量* (1,000 kl)
1971/72	613
72/73	681
73/74	666
74/75	623
75/76	556
76/77	512
77/78	1,473
78/79	2,491
79/80	3,390

* 無水、含水エタノールの合計

ジルのガソリン使用量は年間約 1,500 万 kl であるから、エタノールはガソリンの 2 割程度を節約できるところまで生産が増えているわけである。また計画初期には、エタノールはガソリンに 20% 混合して利用する方法が目標として掲げられていたが、昨年はエタノールだけを使う自動車の販売が開始され、年内に 25 万台が売れたと報じられている⁴⁾。

今のところ、ブラジルの Pro Alcool 計画は、種々の問題もあるようだが、一応順調に進展していると言って良いだろう。このブラジルの成功は多くの国に強い影響を与えているようである。

4 アメリカその他の国のアルコール計画

エタノールの生産を積極的に進めているもう一つの国はアメリカである。アメリカでは、今のところ不良または余剰とうもろこしが主なエタノールの原料である⁵⁾。したがって、アメリカのガソホールは、とうもろこし産地である中部のコーンベルト地帯 (アイオワ、ネブラスカ、イリノイなど) を中心に普及している。連邦政府が立てた 1981 年度のエタノール生産目標は 5 億ガロン (約 190 万 kl) である⁶⁾。また 80 年代中期の目標は 20 億ガ

ロンと報じられている。アメリカのエネルギー庁によると、長期的なエタノールの生産は、未利用地などに砂糖もろこしを栽培すれば、最大限 4,700 万 kl/年 (2000 年予定) が可能である。また、セルロースがアルコール原料として利用できるようになれば、約 2 億 kl (2000 年) の生産が可能であると、試算されている⁷⁾。

ニュージーランドは、現在エタノールの生産を行っていないが、大きな可能性を秘めている。同国のエネルギー研究委員会は、2000 年までには自動車燃料の全量をフォダービート (てん菜の一種) などを原料とするエタノールによって供給することが可能であると報告している⁸⁾。そのためには、同国の全農地 (約 83 万 ha) に相当する新たな土地を必要とするが、輸出用農産物の生産用地及び牧草地約 1,300 万 ha があると伝えられている。

その他、オーストラリア、フランス、オーストリア、フィリピン、タイ、インドネシア、スーダン、南アフリカ、ケニア、ドミニカ、ガイアナ、ジャマイカなどが、具体的なエタノール生産計画を持つかまたは検討している。

5 バイオマスとは何か

アメリカでは、石油の輸入依存率が増え続けたため、1971年には石油危機が叫ばれ、ニクソン大統領のエネルギー教書が発表された。それに呼応して、代替燃料の検討が開始された。その中で、生物関係の燃料資源を総称する言葉として、バイオマス (Biomass) が当てられたようである⁹⁾。したがって、バイオマスはエネルギー資源としての生物体 (植物体がほとんど) を意味している、と考えて良いだろう。また、バイオマス資源から製造されるエタノールやメタンは、生物燃料 (biofuel) などと呼ばれている。

バイオマスは、元来は生態学の専門用語であり、生物体量または生体量と訳されている¹⁰⁾。その意味は、一定空間内に存在する全生物体量である。これが上記のように、エネルギー分野の用語として用いられるようになったのである。現在我々が新聞などで目にするバイオマスは、上記のようにアメリカで用いられた、エネルギー用語としてのものである。

バイオマスは、エネルギー資源としての生物体を意味する用語であることは、今述べた通りであるが、同時に、バイオマス・エネルギーの分野全体を示す場合にも用いられる。バイオマス分野全体の内容は、アメリカ政府がバイオマスを取り上げて以来、豊富になり体系化されてきた¹¹⁾。バイオマス資源の生産及びその変換・利用技術について、全面的・系統的に検討を行ってきたためである。そのために、バイオマスの分野はバイオマス・エネルギーに関する技術の体系と言って良い状態に成長

している。すなわち、バイオマスという名称は、そのような体系化されたバイオマスの分野全体を指す場合にも用いられると考えて良いだろう。

6 バイオマス資源の種類

バイオマス資源は多種多様であるが、現在対象として取り上げられているものを表-2に示す。表の左欄は、農業や林業と同じように、栽培によって生産するバイオ

表-2 バイオマス資源の種類

栽培によって生産されるバイオマス（エネルギー作物）	収集によって供給されるバイオマス（残さ・廃棄物バイオマス）
樹 木 農作物 穀物、いも類、砂糖きび、 など 牧草類 水 草 海藻・藻類 石油植物	林業残さ 農業残さ 農林産物工業残さ 畜産業残さ 都市ごみ 下水、廃水

マス資源の対象である。バイオマス資源の栽培を燃料栽培（fuel plantation）などと、またその対象作物をエネルギー作物（energy crop）と呼んでいる。

表の右欄は、農・林業やその生産物工業から生ずる残さ並びに廃棄物類である。これらは残さ・廃棄物バイオマスと呼ぶことにする。

7 変換方法によるバイオマスの分類

バイオマス資源は、その種類によって利用の方法も異なっている。変換利用の方法とそれに対応するバイオマス資源を組にすると、5種類のグループができる（表-3）。

表-3 変換・利用法によるバイオマス資源の分類

バイオマス資源	変換利用技術	生成物・利用法
1 水分の少ないバイオマス 木、木くず、わら類、 都市ごみ、草、家畜残 さ	直接燃焼 熱分解	水蒸気、電力、暖房、 燃料ガス、燃料油、メ タノール、合成原料ガ ス
2 糖質バイオマス 砂糖きび、糖みつ、 てん菜、含糖廃液、 穀物、いも、 木、わら、故紙、	発酵 加水分解	エタノール、 ブタノール、 アセトン、 フルフラール、 酵母
3 水分の多い及び汚れたバ イオマス 藻類、水草、農業残さ、 畜産残さ、都市ごみ、 廃水	嫌気性消化 （メタン発酵）	メタン、二酸化炭素
4 石油植物、油脂	抽出など	炭化水素類、油脂、
5 水	光生物分解	水素

分類の1は、要するにまき（薪）や炭の類である。固形燃料として直接利用するか、熱分解を行って燃料用のガス、油または化学原料、メタノールなどを製造することができる。

分類の2は、発酵工業の原料となる糖を供給できる原料のグループである。この対象は、直接しよ糖が得られる砂糖きびなど、デンプンが得られる穀物、いも、またセルロースが得られる木や農作物残さなどの3種類に分けられる。現在、セルロース類は商業規模では利用されていない。糖からは、酵母発酵によってエタノールが生産できるほか、アセトン、ブタノールなどの製造についても研究されている。

分類の3は、メタン発酵（嫌気性消化）が対象となるグループである。メタンはバイオガス（biogas）とも呼ばれている。すべての天然有機体はメタン発酵の原料として利用できるが、通常は他の分類で利用しにくいバイオマス資源が対象となる場合が多い。

分類の4は、炭化水素類を蓄積または分泌する植物及びその生産物である。いわゆる石油植物が有名である。ここには油脂を含めても良いだろう。

分類の5は、生物の光合成作用を利用する水素の製造及び触媒を利用し、有機物から水素を製造する方法が含まれる。

8 競合できるバイオマス燃料の価格

代替燃料が実用化されるためには経済性が大きな壁になっている。ソーラーエネルギー、石炭液化、オイルシェールなどいずれも同様である。一方、バイオマスは最も速効的であると評されている。事実、3で述べたように、ブラジルの例がそれを示している。やや具体的に、最近のバイオマス燃料の経済性を調べてみることにする。

まず、化石燃料の国際的な価格を基準として単位量のエネルギーの価格を算出し、化石燃料と競合できるバイオマスの価格を算出してみる。わが国が輸入している化石燃料は大体国際価格と考えられるので、化石燃料の価格としてはその値を用いる。また、バイオマス・エタノールはガソリンと、メタンは天然ガスと、木などの固形バイオマスは石炭と、それぞれ同一エネルギー量を等価格であると仮定して計算し、結果を表-4に示した。

表によると、熱量 10^6 kcal 当たりの化石燃料の価格は、液体燃料であるガソリンが約 35 ドル、気体燃料である天然ガスが約 20 ドル、そして固体燃料である石炭（一般炭）が約 7 ドル（CIF：着港渡し価格）である。それらの比率は約 5：3：1 である。バイオマス燃料も、単位熱量当たりの価格は、エタノール、メタン、木がそれぞれ 5：3：1 程度で流通できるものと考えられる。すなわち、化石燃料と競合できるバイオマス燃料の価格

表-4 化石燃料価格に見合うバイオマス燃料価格の計算値*1

(1 ドル : 220 円)

化 石 燃 料 の 価 格	100 万 kcal の価格	バ イ オ マ ス 燃 料 の 価 格	
原油 (9,400 kcal/l) 輸入 (CIF) 価格*2 (1980 年 10 月) 34.37 ドル/Bbl 216 ドル/kl 47,600 円/kl	23.0 ドル 5,060 円	エタノール (5,614 kcal/l) 129 ドル/kl 28,400 円/kl	
ガソリン (8,600 kcal/l) 業者間転売価格*3 (1980 年 11 月) 税ぬき 66,000 円/kl 300 ドル/kl 税込み 120,000 円/kl 545 ドル/kl	7,670 円 34.9 ドル 14,000 円 63.4 ドル	エタノール 43,000 円/kl 196 ドル/kl 78,600 円/kl 356 ドル/kl	メタノール (4,296 kcal/l) 33,000 円/kl 150 ドル/kl 60,100 円/kl 272 ドル/kl
天然ガス (13,300 kcal/kg) 輸入 (CIF) 価格*4 264 ドル/t 58,100 円/t	19.8 ドル 4,370 円	メタン (9500 kcal/m³) 188ドル/1,000 m³ (m³ : 714 g) 41,500 円/1,000 m³	
石炭 (7,000 kcal/kg) 一般炭輸入価格*5 FOB 30~40 ドル/t 6,600~8,800 円/t CIF 45~55 ドル/t 9,900~12,100 円/t	4.29~5.71 ドル 6.43~7.86 ドル	まき (4,000 kcal/kg・乾重量) 17~23 ドル/(乾) t 3,740~5,060 円/(乾) t 26~31 ドル/(乾) t 57,200~6,820 円/(乾) t	

*1 それぞれ対応する化石燃料及びバイオマス燃料の同一エネルギー量を同一価格として計算した。

*2 化工日報, 昭和55年11月20日, CIF: 着港渡し価格

*3 日本経済, 昭和55年12月15日,

*4 日本経済, 昭和55年5月13日,

*5 日本経済, 昭和55年2月22日,

は、エタノールは 1l 当たり 43 円 (税を含まない値, 196 ドル, 1 kl), メタンは 1m³ 当たり 42 円 (188ドル/1,000 m³), そして木は 1 kg 当たり 6.8円 (31ドル/乾燥 t) である。なお, 1 ドルを 220 円で計算した。

この計算値を見て感ずることは, 1973 年と 1979 年に急上昇したとは言え, 化石燃料の価格が, 他の代替燃料より安いと言うことである。

9 バイオマス資源の供給コスト

バイオマス資源は種類も多く, 状況も様々なために価格は一定していない。しかし, バイオマス資源の中心をなしているエネルギー作物の価格は, 農・林産物の価格そのものと考えて良いだろう。ただし, エネルギー作物として, 現在より高収獲量が得られる栽培が普遍化すれば, 農作物より安価なバイオマス資源が得られるだろう。

残さ・廃棄物バイオマスの供給価格は, 現在の用途及び収集コストによって左右される。そして, いずれのバイオマス資源も, その価格は国あるいは地域差が非常に大きい。

バイオマス資源の供給コストの調査はアメリカで良く行われているので, アメリカの例を紹介しよう。表-5

は, アメリカにおける種々のバイオマス資源の, 代表的な例についての試算値である¹²⁾。表の前半はセルロース類, 後半は穀物及び糖である。セルロース類は 表-4 の固形バイオマスに相当するが, 乾重量で 1 t 当たり 30 ドル以下で得られる種類は, 固形都市ごみ, 製材くず, 林

表-5 アメリカにおけるバイオマス資源の供給コストの代表例 (ドル/t, 1977 年ドル)

バイオマス種類	資源価格*1	輸送費*2	工場納入価格	水分含有率 (%)	乾重量当たり工場納入価格
固形都市ごみ	~10	—	~10	50	~10
製材くず	2.4	3	5.4	50	10.8
林業残さ(東部)	10	3	13	50	26
(西部)	25.5	3	28.5	50	57
エネルギー植林(南, 南東部)	~25	3	~28	50	~56
(太平洋地域)	25~35	3	28~38	50	56~76
(北東部)	35	3	38	50	76
とうもろこし穂軸	18	4.5	22.5	56	40
小麦わら	16	4.5	20.5	85	24
とうもろこし	76	1.5	77.5	89	87.9
小麦	92.5	1.5	94	89	105.6
もろこしきび	70	1.5	71.5	89	80.3
砂糖きび	20	4.5	24.5	30	81
砂糖もろこし	10.5	4.5	15	30	50

*1 収集費を含む, *2 40マイル

業残さの一部、エネルギー林業の一部及び小麦わらである。この表には無いが、農産物工業の残さ類も低価格で供給できるものが多い。

収集費がほとんどかからない都市ごみ、製材くず、農産物工業の残さ類は、30ドル/乾燥tよりかなり低いコストで供給できるので、これらは経済的には、すぐにも実用が可能である。例えば、アメリカでは、木くずをペレット化した Woodex（商品名）が1t 42～44ドルで販売されている¹³⁾。この場合、原料となる木くずは1t 15ドル程度で入手している。この Woodex を日本に輸入すると、10⁴kcal 当たり 42.2円であって、石炭より安いと言われている。この Woodex の技術は、わが国にも導入されている。

セルロース類はバイオマス資源の主力である、エネルギー林業の生産物や農・林業残さ類は、バイオマス資源としては、現在のところ経済的に実用化がぎりぎりか、かなり高めとなっている。したがって、これらは何らかの特殊性が無いと実用化されないであろう。穀物や砂糖きびは、良質のエタノール原料であるから、セルロース類よりは高い価格であっても実用性がある。

10 バイオマス燃料の供給価格

表-6 は、将来実現の可能性の高い種々のバイオマス燃料の製造コストについて、アメリカの Stanford Research Institute (SRI) が行った見積り結果である¹⁴⁾。このアメリカの例によると、木を原料とする燃料油、メタノール、合成天然ガス (SNG)、及び畜産残さを原料とするメタン (IBTU：中熱量ガス、SNG) は、いずれも化石燃料と競合できるレベルにある。一方、小麦わら、砂糖きび、ケルプ（海藻の一種）や藻類を原料とする各燃料は、現在の技術では競合できない。

表-7 は、主としてアメリカにおいて、種々の原料からエタノール及びメタノールを製造する場合の販売価格を見積もった例である¹⁵⁾。エタノールとガソリンは単位熱量当たりの価格が等しいと仮定した場合、表-4 のようにエタノールは1l が約 43 円である。表-7 のエタノールの販売可能な価格はいずれも 43 円より高い。すなわち、バイオマス・エタノールは、今のところガソリ

表-7 バイオマス・アルコール製造費の例
(1978年ドル, 1ドル=240)

		原料 単価 円/ kg	工場 規模 万kl/ 年	工場 固定 費 億円	アルコール価格 構成 (円/l)				販売価 格 (15 %利) 円/l
					原料	直接 費	固定 費	副産品 控除	
エタノール									
商業 レ ベ ル	ミロ	22	19	139	56	18	7	-27	65
	とうもろこし	22	19	139	56	17	7	-25	67
	小麦	28	19	140	80	19	7	-34	83
	砂糖きび チーズ乳しょう (漿)	15.6 0.7	9 1	24 220	76 27	22 56	11 20		131 79
開 発 段 階	砂糖もろこし		19	141	63	14	11	-14	89
	とうもろこし穂 軸	6	9	160	32	51	20	-39	84
	小麦わら	6	9	111	71	48	16	-23	135
	水中バイオマス	18	6		71	32	11		130
	キャッサバ ^{a)}	6.9	10		36.6	20.6	3.6		69.9
	さつまいも ^{a)} フオダービー ^{b)}	3.3 9.2	10 3		17.5 20.8	20.6 20.2	3.6 5.8		48 53.6
メタノール									
商 レ ベ ル	アスファルト	1.7	246	1,772	4.4	5.1	6.3		24.1
	かっ炭	5.9	198	1,298	6.3	3.8	4.4		20.3
開 発 段 階	都市ごみ	2.9	12	200	11.4	20.9	19.7		53.9
	木	6.8	22	222	10.1	8.9	9.5		41.2

a) 東南アジアの例

b) ニュージーランドの例, 他はアメリカ

表-6 バイオマス燃料製造コストの見積り額*1—アメリカの例 (1977年ドル, 1985年における値)

原 料	変換方法	生成物	製 造 コ ス ト*2		装置生産規模*2 (日産)	投 資 額*2 (100 万ドル)
			(ドル/10 ⁶ kcal)	内原料費		
木	触媒油化	燃料油	21.3	7.5	526.8 Bbl	145
木	熱分解-合成	メタノール	39.2~30.8	6.9	10~60 万 gal	58~268
木	熱 分 解	S N G	31.6~25.4	6.3	6.4~38.2×10 ⁶ scf	50~238
木	燃 焼	スチーム	13.3~11.9	5.2	23.9~143.4 万 lb/h	17.4~94.1
木	燃 焼	電力	73.9~64.9	18.7	600~3,600 MW・h	30.7~133
畜産廃棄物	メタン発酵	IBTU	35.5~15.8	4.0	0.226~5.65×10 ⁶ scf	1.83~23.9
畜産廃棄物	メタン発酵	S N G	57.3~23.6	4.1	0.204~5.10×10 ⁶ scf	2.4~29.3
小麦わら	メタン発酵	IBTU	52.8	19.8	2.5×10 ⁶ Btu	1.26
小麦わら	酵素糖化-発酵	エタノール	208.7	35.7	75,800 gal	1.26
砂糖きび	発 酵	エタノール	106.9	64.6	75,800 gal	70.2
ケルプ(海藻)	メタン発酵	S N G	88.9~82.1	71.0	5.6~33.6×10 ⁶ scf	30.1~115.7
藻 類	酸糖化-発酵	エタノール	106	59.1	75,800 gal	55.9

*1 基準値, 原料価格などの変動による影響がある

*2 数値の幅は生産規模に対応する

SNG: 合成天然ガス IBTU: 中熱量ガス scf: 立方フィート (標準状態)

ンより高価であり、経済的にはガソリンと競合できないはずである。

しかし、とうもろこしを原料とするエタノールを、ガソリンに 10% 混合したガソホールが、アメリカで流通しているのは何故だろうか。それは、連邦政府がガソホール 1 ガロン (3.785 l) 当たり 4 セント、したがってエタノール 1 l 当たり約 10.6 セント、の減税を行っているほか、各州政府もさらに減税を上乗せしているためである¹⁶⁾。アメリカ政府がこのような政策を取っている理由は、石油の輸入を減らす効果をねらっただけでなく、農業対策にも大きな比重がある。

メタノールはどうかと言うと、ガソリンと等価のメタノールは 1 l 約 33 円 (表-4) であるが、バイオマスから製造されるメタノールはそれより高いようである。

11 ブラジルのエタノール価格

ブラジルにおけるエタノールの製造価格は次のように報じられている。生産価格は 1 バレル (約 189 l) 当たり約 40~45 ドル (252~283 ドル/kl) 程度である。この値は表-7 のアメリカの例より幾分低いが、しかし表-4 のガソリンよりも高いようである。一方、市販価格は、インフレが激しくガソリンやエタノールの公定価格がひん繁に改訂されるので、正確な値をつかみにくい。1980 年 10 月時点では表-8 の値になっているようである。

表-8 ブラジルの自動車用燃料の価格

1980 年 10 月

燃 料 の 種 類	価 格
ガソリン	45 Cr\$/l
ガソホール (エタノール 20%)	45 Cr\$/l
ガソホール用無水エタノール	27 Cr\$/l
自動車燃料用エタノール	24.7 Cr\$/l

1981 年 3 月 12 日, 1 ドル約 73 Cr\$

ブラジルの場合も、エタノールの製造コストはガソリンの製造コストより高いようであるが、前述のように年産 400 万 kl ものエタノールが使われている。その理由は、ブラジル政府が高額の課税によって、ガソリンの市販価格をその生産価格の 2 倍程度に引き上げているためである¹⁷⁾。そのために、エタノールの生産者に対しては生産意欲を持続させられる買い取り価格を、また自動車燃料の購入者にはガソリンより安いエタノールまたはガソホール価格を設定することが可能になっている。

現在のところ、バイオマス・エタノールの製造価格はどこの国もガソリンの製造価格を上まわっているようである。しかし、多くの国は、ガソリンの販売価格を高く決める政策を取っているため、ガソリンの市販価格はエタノールの製造価格より高い場合が多い。このような事情があるならば、アルコール計画は経済的にも成り立っていけるわけである。

国の経済から見ると、アルコール計画には次のような利点もある。農業国の場合、農産物を輸出して得た外貨を使って石油を輸入するよりも、輸出にまわす農産物からエタノールを製造して石油の輸入を減らす方が、より有利であると言われている。さらに、2 で述べたような利点も加算される。したがって、多くの農業国は、アルコール燃料の開発を現実的で魅力のある計画と受け取っているようである。

このように、アルコール燃料の実用化が可能になってきたことは、2 つの重要な意味を持っている。一つは、燃料として農産物が大量に消費されれば、世界的にみて食糧の不足及び高騰を引き起こす原因となる可能性が強いこと。もう一つは、農・林業国では、バイオマス・エネルギーを活用することによって、エネルギーを自給できる可能性が極めて現実性を帯びてきたことである。

表-9 人口比で国土の広い国^{*1}

国 名	国 土 (100 万 ha)	人口 ^{*2} (万人)	国土/人口 (ha/1人)	国 名	国 土 (100 万 ha)	人口 (万人)	国土/人口 (ha/1人)
オーストラリア	768.7	1,333	57.7	チ リ	75.7	1,008	7.5
カナダ	997.6	2,248	44.4	フィンランド	33.7	469	7.2
ボリビア	109.9	547	20.1	タンザニア	94.5	1,476	6.4
アルジェリア	238.2	1,628	14.6	スウェーデン	45.0	816	5.5
スーダン	250.6	1,732	14.5	南アフリカ	122.1	2,494	4.9
アルゼンチン	276.7	2,505	11.0	コロンビア	113.9	2,395	4.8
ザイール	234.5	2,422	9.7	オートジボアール	27.4	590	4.6
ニュージーランド	28.7	303	9.5	ケニア	58.3	1,290	4.5
ソ連	2,240.2	25,200	8.9	アメリカ	936.3	21,191	4.4
ペルー	128.5	1,538	8.4	エクアドル	28.4	695	4.1
ノルウェー	32.4	398	8.1	メキシコ	197.3	5,814	3.4
ブラジル	851.2	10,424	8.2	マレーシア	33.0	1,165	2.8
カメルーン	47.5	628	7.6	ビルマ	67.7	3,031	2.2

*1 砂漠地域は除外した

*2 1974 年

12 必要な広い土地

5 で述べたように、バイオマス資源は大きく分けて、残さ・廃棄物及びエネルギー作物とである。現実にバイオマス資源を供給する場合、都市ごみや農・林産物工業残さなどを除いては、農・林業国のように人口比で国土の広い国でないと、それに大きな期待をかけることはむずかしい。逆に人口比で国土の広い国にとっては、バイオマス・エネルギーは大いに期待が持てる。そのような国を拾い出してみると 表-9 のように、中南米、アフリカ、太平洋、北米及び東南アジアの一部など多くの国が含まれている。

世界各国の中で、日本は国土面積 (0.3ha/人) に関しては最も条件の悪い国の一つである。日本では農家が平均して 1 ha 程度の土地しか保有していない。1 ha から 1 t 当たり 30 ドルのバイオマスが 20 t 生産できたとしても、その売上高は 600 ドル (約 13 万円) に過ぎず、問題にならない。したがって、わが国が機械化された大規模なバイオマス栽培を行えるのは、今のところ海洋だけである。そして、比較的潜在量が多い木や農業残さなどの利用及び、海外のバイオマス資源の活用技術面で協力することが重要であろう。

13 終わりに

わが国のバイオマスに関する政府の施策は、調査と研究開発が開始されたところである。通産省では「バイオマス資源の生産・利用技術の開発」が昭和 55 年度から開始されている。この内容は、セルロース資源の糖資源化及びエタノールの発酵・分離技術改良が中心になっている。研究は主に民間企業が行っている。また、農林省では「バイオマス変換計画 (呼称)」が昭和 55 年度から開始されている。

バイオマスからは化学原料を供給することもできるが、この問題は経済、技術の両面で開発の段階である。エタノールは脱水によって容易にエチレンになるので、化学原料としても有望な側面を持っている。しかし、現時点では、経済的に石油化学製品に対して競合できない。しかしブラジルでは、エタノールを原料とする酢酸及びアセトアルデヒドは競合できるレベルにあり、現在

工業的に生産されている¹⁹⁾。リグニンなどの成分からも、化学工業原料を供給することは重要課題となっているが、開発段階である。また、糖類はバイオマス資源の最も重要な中間原料であり、将来糖類が現在より相対的に安くかつ大量に供給される可能性がある。したがって、糖類を出発物質とする化学工業が発展する可能性がある。

最近、植物油脂をバイオマス燃料、すなわちディーゼル燃料とする利用研究が、ブラジルや南アフリカで進められている²⁰⁾。

(昭和 56 年 3 月 18 日受理)

文 献

- 1) 東洋経済, No. 4255 (11月7日), 41 (1980)
- 2) 大谷昭治郎, 発酵と工業, **36**, 15 (1978)
- 3) 朝日, 1月28日 (1980); 日本経済, 8月1日 (1980)
- 4) 日経産業, 2月24日 (1981)
- 5) 米国エネルギー省, “米国におけるアルコール燃料開発利用政策”, 日本貿易振興会機械部 (1979)
- 6) 浦尾秀雄, '81 バイオマスと新エネルギー開発会議, 1-3, 2月24~27日 (1981)
- 7) 5) の p. 65
- 8) W.B. Earl, W.A.N. Brown, Alcohol Fuels Technology Third International Symp., 2, Asilomar, California May 28~31 (1979)
- 9) 日本海洋開発産業協会, “海藻によるエネルギー回収システム研究開発調査報告書”, p. 15 (1979)
- 10) “生物学辞典第2版”, 岩波 (1977) p. 653
- 11) U.S. DOE, Fuels from Biomass Program, DOE/ET-0022/1 (1978)
- 12) 5) の p. 67~70
- 13) 古沢平二, '81 バイオマスと新エネルギー開発会議, 2月24~27日, 4-2 (1981)
- 14) Fred A. Schooley *et al.*, The Second Annual Symp. on Fuels from Biomass, 25, Troy, New York, June 20~22 (1978)
- 15) 5) の p. 89
- 16) 5) の p. 8
- 17) 大谷昭二郎, 発酵と工業, **38**, 2 (1980)
- 18) 伊藤 洋, バイオマス・バイオエナジー研究会, 日本エネルギー協会, 9月16日 (1980)
- 19) 松本勝男, 横井 歩, 横田胤英, 中野堅次, 石油と石油化学, **24**, 42 (1980)
- 20) 日刊工業, 11月7日 (1980), J.J. Bruwer *et al.*, VI International Symp. on Alcohol Fuels Technology, 397, Guarujá-SP-Brasil Oct. 5~8 (1980)