

海外農業開発

MONTHLY BULLETIN OVERSEAS AGRICULTURAL DEVELOPMENT NEWS

1980 7, 8

- 農村地域計画のためのバイオマス
- オーストラリア 甘蔗原料のエタノール生産を検討
- フィリピン イピルイピルの炭で発電を計画

社団法人 海外農業開発協会

目

次

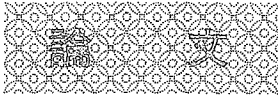
1980-7,8

論 文

農村地域計画のためのバイオマス	1
-----------------------	---

調査研究

インドネシア 太陽熱発電で農漁村の電化へ	48
オーストラリア ヒマワリ油のディーゼル油代替を研究	48
オーストラリア 甘蔗原料のエタノール生産を検討	49
アメリカ 高まるガソール生産の経済性	49
タイ 世銀の技術協力でメタノール生産を推進	50
フィリピン イピルイピルの炭で発電を検討	51
フィリピンの家畜解体場 太陽熱で温水生産	51
フィリピンのアルコガス 9月第2週から一部で販売か	52
非石油系の燃料源として注目される Leucaena	53



農村地域計画のためのバイオマス

Technology on Biomass Conversion for Rural Planning

(社)海外農業開発協会専門委員 鈴木 清

目 次

1. はじめに	1
2. わが国の石油事情	3
3. 農業技術と石油エネルギー	6
4. 世界のバイオマス研究	8
5. わが国のバイオマス技術	15
a) 概 説	15
b) バイオマス・エタノール（アルコール）開発研究	20
c) 石油植物	23
d) バイオマス・メタンガス	24
e) 民間企業での開発現況	29
6. バイオマスの社会・経済学	30
7. 農家のエネルギー自給未来像	41
8. あとがき	42

1 は じ め に

'80年代に先がけてのイラン革命の成立はオイル・フローの大転換を一挙に加速させ、安定供給、原油価格等の高騰や不確実性をますます深刻なものとし、中東政治情勢の解説から石油文明批判、再生可能なエネルギー資源利用まで、幅広く数10冊の新本が本屋の店頭の棚を埋めつくしている。環境保護団体「地球の友」イギリス代表A・B・ロビンスが'76年「エネルギー戦略—行かなかった道」という論文を「フォーリン・アフェアーズ」に発表。その中で「ソフト・エネルギー・パス」を提唱し、国際的大論争を巻き起した。わが国においても日本語版が出版され、にわかにバイオマスの問題が論議の中心を占めるに至った。

ところが、われわれは生活のなかで、どれほどのエネルギーが消費されているか、詳しくは知られていない。一回の風呂を沸かすのにどれほどのガスを要するか。家族が囲むすきやきのナベ料理にガスを幾ら使うかということに注意を払ったことがあるだろうか。A・ロビンスが述べているように、誰が、どんな目的で、どんなエネルギーを、どれだけの量を、どの位の期間使っているかを明らかにし、その上でエネルギー問題を論議することが重要ではなかろうかと思う。

さて、新エネルギーによる石油代替は勿論重要であるが、良質のエネルギーを得ようとすれば、貴重な物質とエネルギーを消費し、廃物、廃熱を新たに生み出し、生態系を破壊する危険を伴うということになる。水と土と植物と共生する動物のトータルな生態系を生かした技術を中心とする石油代替エネルギー開発でなければならない。多分この技術が環境上最も安全であるように考えられる。

農村地域での新エネルギーはバイオマスが労働雇用分散型であり、かつ小資本型であって、その点で最適のようにも考えられる。しかし、小資本型であるだけで十分というものでもなく、いろいろな型式の組合せも必要となる。この開発研究は国際的に最も期待をかけられており、特に途上国において重要な役割を担うものと考えられる。

われわれ農業開発技術者や農村地域計画技術者にとっても、その計画樹立に当って、エネルギー源の代替は開発条件のなかの重要な要素の一つとして真剣に検討すべき事項である。

途上国にとって依然として換金作物の重要性は大きい。例えば、世界の煙草の生産量は年間650万トンのうち約50%近い320万トンが途上国で生産されているが、過去15年間にわたり先進国より途上諸国の急増ぶりは著しく、そのため新しい環境問題を起している。

非産油国では石油価格の高騰などから、煙草の熱処理に際して石油やバーナーが使えなくなり、身近にある自然林の樹木を直接燃料とすることとなる。その結果、急速に環境を破壊しつつあるが、植生のもともと乏しい乾燥地域では特に深刻で、砂漠化へのインパクトとなっている。

これに対して最高の対策はエネルギー源の転換であるが、煙草1Kg当りの乾燥熱処理には石炭1Kgを必要とするとしても、これをバイオマスに求めれば、家畜糞や家庭廃棄物のメタンガス化で容易に代替できよう。国土の保全を前提にした地域内で資源が循環するクローズドシステムを伴った地域農業開発が必要である。このような考えにたって、バイオマス転換技術について順次述べてみたい。

2 わが国の石油事情

石油危機に代表される世界的資源枯渇の問題を討議するのは、資源の専門家だけでなく政治家、財界人は勿論のこと、家庭のなかでも話題となるが、具体的な論議には至らず文明論的段階にとどまっている現状である。

わが国内石油生産は、新潟県、秋田県下で需要量の1%程度を産出するに過ぎず、典型的な化石燃料非生産国である。この天然資源の乏しい国が戦後30年を経ずして世界の先進工業国に発展し、経済大国の一員として世界政治経済に大きな影響力を持つに至った。これは日本人の持つバイタリティーや勤勉さに加えて科学技術の適応能力の優秀さによるものであるが、なんといっても、安い石油を入手できる時期に戦後の復興をなしたこと、国内政治の安定にあったことをあげてみなければならない。

わが国は年間2億4,000万トン以上の石油を消費し、99%を海外からの輸入に依存している。国民1人1年間にドラム缶で11.76本分を輸入している勘定になる。そのうち50%近くを中東に依存し、アラブ産油国を中心とするOPECの動向に一喜一憂する有様である。

わが国の工業が石油原料に頼る度合は極めて大きく、石油の安定供給がわが国の経済の浮沈を決定づける。工業のみならず農業もどっぷり石油につかった生産システムとなり、一度石油の輸入がストップすれば立ち所に混乱し、パニック状態を出現する危険に満ちている。

1973年、国際農産物価格の暴騰を招き、かつ産油国による石油価格の大幅値上げにリンクし、石油ショックが家庭まで及び、トイレットペーパーの買占めに狂弄させられた。今日石油は現代社会の生産と消費のすみずみまで浸透しているので、この値上げは深刻なインフレを引き起した。これは前年の72年の異常気象による農作物の不作が引金となったのである。

第2次、第3次の石油衝激波は経済不況をさらに深刻化し、旱魃は大陸を次々と襲い、値上げを続けたが、幸いにも食糧の生産は安定化の方向に進んだ。赤字経済に悩む各国は現状打開に懸命の苦闘を続けるなかで、わが国は西ドイツと共に輸出ドライブによって経済力の拡大を図り、アメリカなどと経済的対立状態をひき起こした。

わが国の年間石油総需要量は2億4,000万トンであると前に述べたが、その消費構造は固定燃料に59%、輸送燃料に29%、工業原料として12%がそれぞれ使われ産業用の占める比重は大きい。

工業用原料がわれわれの日常使用する耐久消費財の生産に向けられ、輸出商品として大きく貿易収支を支えている。

生活のなかに石油がいかに多く入りこんでいるかを次の表で示してみよう。

表-1 生活のなかの石油（耐久消費財）

(1) 耐久消費財		製造に必要な石油量（ℓ）
蛍光灯，灯具一式		3.0
電気アイロン 一台		2.1
扇 風 器 一台		7.8
電気掃除器 一台		12.8
電気コタツ 一台		8.2
カラーTV 一台		35.2
洗 濯 機 一台		55.5
冷 蔵 庫 一台		94.3
ルームエアコン 一台		146.2
(2) 消 耗 品		
紳士服背広一着（上下）		10.2
紳士用コート一着		7.3
婦人用上衣，ワンピース一着		3.7
婦人用コート 一着		6.6
〃 ブラウス 一着		1.6
紳士用ワイシャツ一着		2.0
肌 着 一着		0.7～1.2
毛 布 一枚		7.0
布 団 綿 一流れ		8.6

出所：朝日新聞

それではわれわれの食生活を支えている食品が，農業生産面で石油製品消費の量を主食，副食の代表をあげて示すと次表-2のとおりである。

表-2 生活のなかの石油消費量（食料品）

農 畜 水 産 物		石油消費量（ℓ）
米	1 Kg	0.26
小 麦	1 Kg	0.17
キウリ（露地）	1 Kg	0.07

農 畜 水 産 物		石油消費量(ℓ)
キウリ(ハウス)	1 Kg	0.46
トマト(露地)	1 Kg	0.11
〃 (ハウス)	1 Kg	0.38
リンゴ	1 Kg	0.11
牛 肉	1 Kg	3.33
豚 肉	1 Kg	1.38
ハマチ(魚)	1 Kg	3.83

上の表は農産物の生産に要する石油量であって、食品として食卓に並ぶには、この数倍の石油がいる。農林水産業に消費する石油は、総需要量の約10%であるが、一次生産に12%、二次加工に33%、輸送その他に25%、家庭の調理に30%が消費される。米と野菜こそ100%以上の自給体制にあるが、食品全体の自給率は65%と世界でも最も低い食糧輸入国である。

通産省の昭和54年度通産白書によれば、国民1人当たり1年間の輸入量は次の表の如く、穀類74.8Kg、魚介類6.73Kg、肉類5.08Kg、果物12.56Kgと莫大な量である。これらの生産にも莫大に石油が消費されていることを忘れてはならない。全世界の面積の1/1,200に過ぎず、人口にしても全世界人類の1/50の日本が全世界の石油消費量の1/20を占めていることは、いかに石油にどっぷりつかった産業のなかにいるかを物語るものである。

表-3 国民1人当たり輸入量

石	油	11.76本(ドラム缶)
鉄	鋼	1.0 トン
木	材	0.40m ³
穀	類	74.8 Kg
魚	介 類	6.73Kg
肉	類	5.08Kg
果	物	12.56Kg
酒	類	836ml

(出所)昭和54年度通商白書 通産省

3 農業技術と石油エネルギー

戦後わが国の農業は、農業生産の増大と農業経営を発展させ、農業人口は昭和35年から昭和50年の間に半減し、耕地面積も約10%減少したが、農業生産は逆に32%増加し、農業労働生産性は2.6倍に上昇した。

しかし、こうした生産性の向上を果したのは農業投資の増大と農業技術の開発普及があいまって力があつた反面、いろいろの問題を発生させた。

特に今日問題となっているのは、水稻の過剰生産から減反を余儀なくされているが、水稻の早期栽培の普及は水稻の増収、作柄の安定に大いに力をかしたが、その反面これと作期を競合する麦類や大豆等の技術の相対的の立ち遅れから生産が減少し、その殆んどを輸入に頼る他ない現状である。

また、化学肥料、農薬等の増投、購入飼料に依存した粗飼料生産を伴わない畜産技術の発展は、堆肥の施与量の減少とあいまって地力の低下、連作障害の問題などを発生させた。わが国の耕地面積当りの化学肥料の施用量は1976年～1977年でN 14.6Kg/10a, P₂O₅ 14.7Kg/10a, K₂O 13.7Kg/10aで西ドイツのN 16.4Kg/10a, P₂O₅ 11.0Kg/10a, K₂O 14.9Kg/10aと並んで、最多投の水準にあるが、今後においても増加する傾向にある。アメリカ及びフランスと比べていづれもNは3倍から1.5倍、P₂O₅は5倍及び1.5倍、K₂Oは5倍及び1.5倍である。このことは堆肥など有機物の施用の急激な減少によって耕地土壌中の腐植含有量が損耗しているため、地力の低下をひき起こしているほか、化学肥料の効力の弱化もあるとみられる。また、化学肥料の多量投与による増収は、農薬の使用を不可欠条件とする。この農薬の大量使用は薬剤耐性菌や抵抗性害虫の発生を引き起すのみならず生態系に変化を与え、逆に病害虫の発生を招くおそれがある。

更に、多額の資本投資を必要とする施設農業技術の導入は、土地や労働生産性を向上させる上で顕著な役割を果たしたが、生産コストの増大を招き収益を圧迫する要因となっている。小規模の水稻経営農家でも田植機やバインダー等を購入、その普及率は極めて高いが、3反農家の固定資本千円当りの純生産額は3町経営農家の半額以下であると農林水産省の統計が示している。

いままで述べてきたように、高度経済成長に伴う労働力の減少と土地資源の制約のなかで、農業投資も増大と農業技術の開発普及等によって、土地および労働生産性の向上を図りつつ生産増大を実現させたが、労働力の減少、化学肥料、農薬の大量投与、施設の整備、農業機械の普及はいづれも化石燃料の多量消費を伴う生産技術で、石油づけの農業生産と言われるのも当

然であろう。

農業での石油、石炭、電力などの商業エネルギーの直接および間接の消費量を試算した山本博信氏の数字によると、昭和50年で、1,113万kℓと莫大な量に及び、昭和35年の305万kℓと比べ4倍近い増加ぶりである。ところが農業生産は1.3倍の増加にとどまっていることからみると、わが国の農業生産はエネルギー多消費型の農業を発展させてきたと断定しても過言ではない。

主要農産物のうちの二、三の作物別石油消費量について既に触れたが、エネルギー消費量をそれぞれ生産量で除したエネルギー係数でみると、昭和35～45年の10年間では9,500 kcal/Kgから25,000 kcal/Kgに上昇している。特に施設農業では昭和35年の2,500 kcal/Kgから昭和45年の10,300 kcal/Kg、昭和50年では更に14,600 kcal/Kgと上昇し、多消費型を示している。こうしたエネルギー多消費の農業生産では、野菜の場合エネルギーコストの占る割合は20%以上となる。

農業機械等の過剰投資とモノカルチャー化、化学肥料、農薬等の多投による各種障害の発生など新しい問題を発生させている上に生産性の向上の効果は小さくなりつつある。

昭和54年6月のOPEC総会で大幅に石油価格が引き上げられ、今日では37ドル(US)／バレルと急上昇した。その結果、石油価格、同石油関連製品の卸売価格も上げ足を速めた。

エネルギー多消費型農業の傾斜を進めているわが国農業にとって石油価格の上昇は直接、間接的に影響は大きい。特に農産物の乾燥、輸送、ビニールハウスの増設などの面で支障が既に現われ、農業における省エネ、石油代替エネルギーの開発など、エネルギー対策が重要な課題となり、本年から農林水産省ではバイオマス計画を発足させた。

このバイオマス計画は、先に発足したグリーンエネルギー計画を補完するもので、生産と変換利用技術の開発を課題として植物による代替燃料、石油植物、農業廃棄物と範囲は広い。

わが国農業生産用エネルギーは、全需要量の約10%とその比重は大きくはないが、食料供給と直接結びつくだけに、その重要性は輸送用燃料の代替以上に緊急な課題として認識されるべきものである。

それではここで“Biomass”とはなにか、それを説明しよう。すなわち太陽エネルギーによって生産された有機物が再び無機物に分解される過程に存在するすべての有機物を重量で表わしたものであるが、本来「生物量」という生態学用語で、化石資源はこれに含まないのが常識である。そのなかで一番多量に存在するのは植物によるPhytomassで、栽培作物および生物起源有機系廃棄物もこれに含まれる。

The Random House Dictionary of the English Languageによれば次の通り定義されている。ここに引用すると, " That part of a given habit consisting of living matter, expressed either as the weight of organism per unit area or as the volume of habit " とあり, Biomass は多目的にかつカスケード的に利用する体系を考えることが重要で, 食糧, 飼料その他工業用原材料との競合を避けることに注意を払うことが大切である。例えば, バイオマス転換植物のモノカルチャー的栽培によって, 地域の食糧, 飼料の生産を圧迫してはならないなどである。バイオマスはあくまで廃棄物の利用というところに最大の価値がある。

ところがエネルギーの需要は恒常的であるが, バイオマスの生産には季節的な変動があり, また物資還元も農耕地には施肥期の限度がある。

更にバイオマスはエネルギー当りの重量も容積も化石燃料と比べ大きく, 輸送, 運搬に不利となる。従って各圃場で生産した粗溜アルコールを集めて無水アルコールに精製するなどのシステムが必要で, 運搬, 精製のため, 生産エネルギーが超過することは避けなければならない。

またエネルギーを利用すると生物体を構成する物資が残渣, 灰として残る。これを肥料, あるいは土地改良剤として生産の場に還元することをしないと持続性が欠けることとなる。

従ってバイオマス利用は石油, 石炭のストック型でなく, フロー型資源の利用開発方法といえよう。

4 世界のバイオマス研究

バイオマス・エネルギーといえばブラジルのガスホール自動車といわれるほど有名であるが, 中国, タイ, アメリカ, イギリス, スウェーデン, カナダ, ECで研究開発が進められ, 既に実用化段階にあるものもある。

アメリカではガソリンにアルコールを混入したガスホールの販売は1978年に開始され, 既に30州以上で販売されているが, バイオマス研究は1975年から開始され, わが国の開発に大きく水をあけている。

1978年のScience誌に発表された「アルコール生産のエネルギー収支」によれば, 産出係数が非常に大きく, 生産技術, 農業生産両面での自信の程がうかがえる。

表-4 アルコール生産のエネルギー収支(米国)

バイオ マス	バイオ マス 年産量 (t/ha ・年)	エ タ ノ ール 年生産 量(l/ ha・年)	エネルギー収支(10 ³ kcal/ha・年)						産出／投入
			産 出			投 入			
			エ タ ノ ール	残	計	農 業	転 換	計	
砂糖	54.0	3,564	18,747	17,500	36,297	4,138	10,814	14,952	2.4
キャ ッサ バ	14.5	2,523	13,271	—	13,271	2,573	8,883	11,456	1.2
シュ ーガ ー ソル ガム	52.5	3,465	18,226	37,110	37,336	8,021	10,513	18,534	2.0

出典 Energy Balance for Ethyl Alcohol Production Crops
(Science Vol.201,1978)

1978年8月30日,アメリカの地方紙The Ann Arbor News にバーバラ・ウトレイ記者の取材記事があるので,それを再録し,アメリカの現状を紹介することとする。(この翻訳は筆者が,「用水と営農」日本イリゲーションクラブ発行,1979年7月号,通巻第77号に発表したものである)。

“ 将来の自動車はアルコールで走る。 ”

『アルコールを混入した燃料で自動車を走行できると信ずる人は少ない。もちろんアルコールといっても車の燃料としてであって,酒を呑みながら運転するということではない。

農業機械の技術者は食糧生産に不適当なヤセ地で石油植物農場を開拓し,そこで生産されるアルコールが供給を満たせば,ガソリンに代って自家用車の燃料として使用されると発表している。

数多くのアルコール生産植物が辺地で十分育生される。例えば菊芋(Jerusalem Artichock)は,カナダに最も適したアルコール原料作物の1つであり地味の劣った土地でも生育し,病虫害に強く,かつ耐乾性がある。

ユーホルビヤ(Euphorbia トウダイグサ科)の数品種,たとえばMilkwood(Trucalii)とかGuayuleなど砂漠の灌木はアメリカの不毛の土地ですら生育が可能である。ブラジルでは自動車燃料を植物からアルコールに転換する国家アルコール計画(PROALCOOL)にもとずき砂糖キビ,マンジョカ(キャッサバ)からアルコール精製を始めている。ブラジルでは1980年初頭にはガソリン混入アルコールの自給を達成し,10年間で石油の輸入軽減を実現しようとしている。このアイデアは決して新しいものではない。

ヘンリー・フォードは50年も前に、「われわれは果物、草、野菜、はては道傍の雑草、ヌルデ (Sumac) からさえもアルコールを得ることができよう」と言明していた。第二次大戦中、ウィスキーメーカーのJ. E. シーグラム (Joseph E. Seagram and Sons) は、メイズから燃料用アルコールを蒸留する実験施設を開発した。

自動車を駆動させる燃料アルコールの開発とは何かとの記者の質問に対してカナダ政府農業食糧省農業機械技師マット・キリック氏は「燃料アルコールは地方経済の促進ポテンシャルを持っている。辺地に商品価値の高い作物を生産させ、農場の労働雇用を増進し、経済力をひき上げる効果がある」と答えている。

アメリカの農業技術者セント・ジュセフ氏は「自動車用アルコール燃料の利点について非常にオクタン価が高いことをも含めて、ノッキングを起すことなく高圧エンジンに使用でき、ディーゼル・エンジンは既に高圧縮比の設計を完了しているので、取替えは容易である。」と語った。さらに「モーター燃料として、アルコールはガソリンと同量ですむと認められるし、オンタリオの馬鈴薯平均収量はエーカー当り206英ガロン (23.4トン/1ha) である。」とも言った。

カナダでは砂糖大根 (Beet), 馬鈴薯, 菊芋の三作物が燃料アルコールの原料として最も有望で、メイズ、小麦からも勿論生産しうる。

小麦はアルコール化するほど増産を望めないが、余剰農産物や病害小麦、不良品を転用することはできそうである。キリック氏はポータブル蒸留器を提唱し、農家の圃場にこれを持ち込めばアルコールを蒸留した残渣を飼料にできるし、輸送の手が省けると指摘している。このシステムであれば廃棄物の処理が解消できるという利点がある。

精製コストは飲料アルコールと比べ、絶対的に安くつく。これは味覚の問題がなく、安い鋼材の蒸留器で造って十分であると答えている。(註、一基\$45のものが市販されているとのことである。)

現在、飲料アルコールと異り、燃料アルコールの製造については政府の規制外にあり、燃料アルコールの生産は単純で、丁度カエデのジュースを造るようなものである。

ノーベル化学賞を受けたカリフォルニア大学バークレーキャンパスのM. カルビン教授は、農業技術者に燃料植物農場開発計画についてのアイデアを次のように提唱している。

「われわれはある種の植物、例えばゴムの木のように太陽エネルギーを直接炭化水素として貯える植物があることを知っている。われわれはユーフォルビア科の一、二の品種について、(もっともゴムより分子比重の低いものばかりであるが) 実験を行っている。植物自身がつく

った炭化水素を精製するため、この炭化水素をクラッキング（水素添加分解）し低分子の炭化水素とすれば、燃料や有機合成化学原料のエチレン、プロピレン等が得られる。その技術をわれわれは知っているので、この開発研究は実用化できる。」と博士は語った。この計画は石油のなる木のプランテーション（Gasoline Tree Plantation）と呼び、M. カルビン教授は300エーカーの試験圃場を建設し、将来3,000エーカーまで拡張することを考えている。

「マレーシアのゴム園のようにエーカー当りの収量の増産を年々図るよう注意深く育生し、栽培技術の改良も同時に行い、燃料農場への適用技術の開発を進めているので、不毛の土地に炭化水素を生産する植物を育生することができるよう。われわれは今日生産性の高い農耕地を燃料農場として使用するほど食糧生産に余裕を持ち合せてはいない。海草もカリフォルニア海岸でジャイアント・ケーブを生育させるとか、森林でグルコースを採取した後の廃棄物セルローズを炭化物とし、砂糖にすることも考えている。

博士はブラジルについても言及し、搾出した砂糖キビのジュースをエタノールにすることについて「既にブラジルではアルコール燃料を使用した自動車走っており、自動車工業界では内燃機関と熱交換器の改造にとりかかり、燃料効率をそこなわないようにアルコールを燃料に使用することが出来るようになった。これを行っているのが、アメリカ人の技術者達だ。」と強調した。また彼らの考えは大気汚染の減少という観点からの発想ではない。もともと、ブラジルは石油資源の乏しい国で輸入の負担にあえいでいる。

政府は燃料農業計画に対し、1980年初頭までに1,600万USドルを投入し、300基以上の蒸留施設を建設する予定で、近い将来高い輸入石油は、無限の代替燃料としてのアルコールと競合することになる。

ブラジルのこの計画は、砂糖キビ、マンジョカ等、肥沃でない土地に生命力の強い植物を原料とすることに期待している。ブラジル中央部乾燥地帯の土地100万エーカーに生育できる理想的植物が原料作物として選ばれている。

これらの作物は澱粉質に富んでいるので、以前は石油代替のアルコールを生産することよりも澱粉から砂糖に転換することを求めていた。

研究が進み今日では試作プラントがクルプロ市に建設され、マンジョカから99.6%の無水エタノールが日産6万ℓ精製されている。アメリカ農業技術調査団がブラジルの計画を調査した結果、「もし、PROALCOOLおよび他の国内エネルギー資源の開発に成功すれば、石油の輸入は不必要なものとなろう」と語り、「PROALCOOLはブラジルを先進工業国の

最前線に押し上げるだろう。」さらに、「エタノールによるガソリンへの完全な代替および80%混入エタノール・ディーゼル油の開発も可能である」とつけ加えている。

自動車用アルコール燃料の他のメリットとして、純粋エタノールは不愉快な臭いもなく、貯蔵も容易である。高温アルコールの燃焼はクールで内燃機関に使用しても、特殊清浄器なしで窒素酸が排気ガスに含まれないし、アルコールはエンジン内に炭素あるいは煤を残すこともない。そしてどんな場合でも黒煙を排出しない。つまり、クリーンな燃焼は、バルブの過熱や潤滑油の燃焼の可能性を少なくする。カルビン教授は、「大量生産システムの確立が必要であり、そのための実務的システム、すなわち、播種、かんがい、施肥等の技術的投入が最も重要である。」と非常に重要な示唆を与えている。』

イギリスではEnergy Technology Support Unitが中心となって有機廃棄物、エネルギー植物等をバイオマス資源とした研究開発を1977年より開始し、バイオマス開発目標としてゴミ、荷、木屑から固型燃料の調整、廃棄物、高BOD排出液を原料としたメタン発酵に重点を置いている。

スウェーデンではエンジン改良、木材をバイオマス資源としたメタノール生産、流通技術に関する開発研究のためEnergy Forestry Projectを中心に進めている。

1978年に発表されたレポートには再生可能なエネルギーを基盤としたエネルギー・システムの特性を検討し、これらエネルギー・システムを指向するため可能な政策指針について詳細に報告している。このレポートは“Solar Sweden”とタイトルがつけられ、“スウェーデンにおける代替エネルギー研究”と副題がつけられている。このレポートによって、バイオマスについての紹介をすることとする。

Solar Swedenでは、新エネルギー媒体としてメタノール(CH_3OH) (メチルアルコール)を選んでいる。主に輸送用石油燃料の代替の必要性からで、既存の輸送体系に徐々に導入できる利点がある。バイオマスの他ビート、天然ガス、石炭などからも生産できるし、原料の輸入も可能である。水素エネルギーは全く新規の技術開発が必要でガスと同様、国内におけるガス管网の大規模な敷設に巨額の社会資本の投入が必要となり、工業立地上事業面に強い制約になるとする考えから、先づメタノールを採用した。

バイオマス資源としては、エネルギー・プランテーションによって沼沢地500万ha中250万haおよび森林の5%、約20万haで、ポプラ、柳、ハンノキ等落葉樹、カバの樹等を植林し、木質エネルギーを生産する計画である。また海洋水生植物栽培の開発も行っている。

しかし、広大な地域にバイオマス原料を生育するために起る諸問題、すなわち、そ害、菌類、害虫害それに多投施肥による窒素の地下水汚染防止の研究も併行して行っており、菌類の繁殖や昆虫被害に対しては農学生態学的アプローチで解決できると考えており、地下水の窒素による汚染は空中窒素の固定する樹種、例えば *Alnus* (アルダー・ドッグウッド) の植林で防止できるとしている。ネズミの問題は生産性と防除策に予断ができないものがあり、研究を進めているところである。

現在 290 万 ha がプランテーションとして計画されているが、1990～2003年の間に、年間 10 万 ha、2004～2013年の間に年間 15 万 ha のプランテーションを導入し、伐採は 2 年後としている。

カナダでも森林木材、農作物残渣物、都市固型廃棄物からメタノール化しようとする計画が 1978 年から 5 年計画で進行中である。

ニュージーランドでは飼料用ビートのアルコール化に重点を置いている。

ECでは太陽エネルギーに関する欧州共同体第一次 4 年計画が 1975 年からスタートし、現在第二次計画に移行している。バイオマス原料としては、樺、木材、藻、農業廃棄物で、木材は直接燃料として、木材およびセルロース系物資はメタノール、藻および畜産廃棄物はメタンにそれぞれ転換する研究、開発を加盟国がそれぞれ分担して推進している。

湖水中の栄養塩のうち窒素が 0.15 ppm、リンが 0.02 ppm 含まれていても利水上は困らないが、藻や水草の大発生が起きると、その方が利水上困る。全世界の発生量は年間 4 億トンともいわれ、被害額は 130 億ドルに及ぶほどだ。

アメリカ航空宇宙局 (NASA) の技術研究所でホテイアオイの開発が実用化されている。この水草は生育条件がよければ 1 ha の水面で 1 日当り 17.8 トン (生重量)、年間で 1 ha 当り、212 トン (乾燥重) と多く、メタンガスの原料として有望視されている。

以上は先進諸国のバイオマス開発の現況であるが、他方途上国においてもバイオマスの技術が高水準の国もある。インドの牛糞と下肥によるバイオガスの利用は農村地域で実用化されており、その普及率は急速に伸びつつある。中国では、一足先に実用化されて、今日 1,000 万基のバイオガス発生施設が完成し、1985 年には 2,500 万基に増設される見通しである。家庭用 10 m³ のバイオガス発生装置は年間 1 トン分の石炭の発熱量に相当し、重油とバイオガスの混合燃焼で、重油消費の 70～80% も減少したと伝えられる。

この他バングラデシュ、バルバドス、カメルーン、エクアドル、グアテマラ、ガーナ、ジャ

マイカ，韓国，モーリシアス，ネパール，ニカラグア，パキスタン，ルワンダ，タンザニア，ザンビア，台湾等でバイオガスを生産する開発を進めている。

国連環境計画（UNEP）の援助でスリランカ，セネガル，メキシコに夫々30～35万ドルのバイオガスの副産物である有機肥料のほかに1日当り100～150kWの発電を計画中で，3つのCERは本年中に稼動する予定である。

アジア太平洋地域経済社会委員会（ESCAP）第13回会議で，コロンボ宣言を採択したが，その優先項目にバイオマス総合システム（IBS）を最有効の手段として期待している。総合システムの目的は，肥料やエネルギーを効果的に生産すること，酸素を添加した池で藻や魚を養増殖させて蛋白を生産すること，下水その他の廃棄物を衛生的に処理し，環境浄化のための対応をするなどである。このIBSに向け，フィリピン大学農学部で基礎的研究が着手された。マニラ郊外のマヤ農場にはアジア最大のバイオガス設備が既に稼動しており，15,000頭の豚をベースに48カ所にバッチ・プラントを設置し，そこで発生したバイオガスをレストラン，食肉処理場，スープ・缶詰工場の熱源として利用しているほか，発電，場水機をメタンガスで運転し，農業用水と電力を供給，従業員宿舎，管理雇用住宅に家庭用電力の供給をもしている。

国連関係および国際機構等は次の通りの業務を推進しつつある。

国連機関

アジア太平洋地域経済社会委員会（ESCAP）

マニラ，ニューデリー，バンコク，スバにある事業所を通じてバイオエネルギー技術とバイオガス総合システムのプロジェクトに携わる。

食糧農業機関（FAO）

農業廃棄物の利用技術をまとめ，世界中の研究機関の目標を作成。アフガニスタン，中国，ネパール，パプアニューギニア，インドネシアにおけるバイオガス生産を含め有機物再利用のための事業所をもち，見学旅行を主催し，現地プロジェクトを担当する。

国連開発計画（UNDP）

レソト，フィリピン，タンザニアで国家プロジェクトに携わる。

国連環境計画（UNEP）

農村エネルギー計画，光合成，村落プロジェクトを含め全般的な環境管理

国連教育科学文化機関（UNESCO）

訓練コースを通じて基本的かつ応用的な微生物学的研究を促進する。

国連児童基金 (UNICEF)

村落や農村のバイオガスシステムによって子供に基本的サービスを与える。

国連工業開発機関 (UNIDO)

総合的開発のために既存の技術を動員するのを支援、情報を提供する。

国連調査訓練研修所 (UNITAR)

専門的訓練を提供

国連大学 (UNU)

農村開発のために有機廃棄物の生物学的転換を設定し、農産物収穫の向上と天然資源の管理を図る。

世界保健機関 (WHO)

衛生や堆肥生産の技術について専門的な技術公報を発行する。

その他の機関

国民科学会議 (CSC)

農村開発と代替エネルギー計画

インター・アメリカン銀行 (IDB)

農業廃棄物や家畜廃物を使得の燃料生産に関する中央アメリカを対象とした中間技術計画

国際開発研究センター (IDRC)

バイオガス技術の社会経済的評価を含めて研究プロジェクトを支援する。

5 わが国のバイオマス技術

a) 概 説

わが国のバイオマス開発研究は、欧米に比べ立遅れの状況にあることは事実であるが、一部の技術は既に戦時中に開発されたものもある。わが国のアルコール発酵法の技術は極めて発達しており、バイオマス・アルコールの先発国ブラジルの技術指導に協力しているほどである。

そこで、先づアルコール発酵法について、わが国のアルコール製造の現況に触れ、次いで、バイオマス開発研究の現況を、エタノール、石油植物、メタンガスに分けて、それぞれ述べることにする。

b) アルコール製造の現況

従来、飲料用エタノールは製糖工場から出る廃糖蜜を原料として容易にかつ安価に生産され

てきた。一方、工業用エタノールも石油化学工場で容易に大量生産されてきた。

現在、日本で生産されるアルコールは醸酵法によるものは国営工場または指定工場で、合成法によるものは民間工場で生産されている。

合成アルコールの原料はエチレンで、これはコークス、炉ガス、石炭ガス、石油のクラッキングガスから分離精製されるが、今日では大半が石油から生産される。ところが安価に入手できた化石燃料の高騰に次ぐ高騰で、石油の場合1972年当時の輸入原油の平均価格が1バーレル当たり、2.51ドルであったのが、今日では40ドル近い。その高騰の倍率は16倍に達し、醸酵法による生産に切りかえざるをえなくなった。廃糖蜜は砂糖製造の副産物であり、世界的に砂糖の消費が減少傾向にある現状では、廃糖蜜の供給に制限を受けそうである。

アルコールの原料別生産割合をみると、全生産量の55%が合成法で、45%が醸酵法である。年々合成法の生産が減り、醸酵法による生産が増えつつある。海外からの粗留アルコール輸入が重要な役割を果たしつつあることが表-5でも判る。

表-5 アルコール原料別生産割合

年	単 位	廃 糖 蜜	粗 溜 アルコール	甘 諸	果 汁	エチレン 合 成	計
1976	kℓ	16,059	40,188	129	242	72,648	129,266
	%	12.4	31.1	8.1	0.2	56.2	100
1977	kℓ	22,423	38,007	149	481	77,000	138,060
	%	16.2	27.5	0.1	0.4	55.8	100
1978	kℓ	21,622	44,723	182	309	74,000	140,836
	%	15.4	31.8	0.1	0.2	52.5	100
平 均	%	14.7	30.1	0.1	0.3	54.8	100
		45.2					

Note:「醸酵と工業」中「工業情報」より東農大浅利喬泰助教授の作成

出 所:食の科学№53 イモ類特集中「イモ類のアルコール化」

醸酵は微生物を利用してその生産物を利用するが、その主なる醸酵法はアルコール醸酵、有機酸醸酵、抗生物質の生産などである。

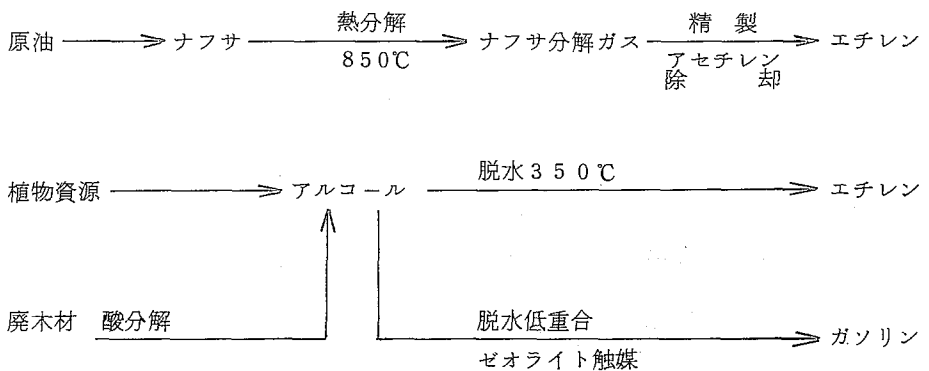
アルコール醸酵は酒類の生産に主に用いられる方法であるが工業用アルコールの生産にはアミロ法が用いられるのが一般的である。

メタン醱酵はアルコール醱酵ではないが、石油と同じ炭化水素を生産するものでありエネルギー源として注目すべき醱酵法の1つでもあろう。

醱酵法について次の通り概略を述べ、その収量についても附記しておいた。

参考までにわが国の生産アルコール類は醱酵、合成法ともで次の通りである。すなわち、1979年12月現在のエタノール生産量は14万800kℓであり、メタノールは95,162トンである。

図-1 燃料油転換フローチャート



Fermentation (発酵法)

A. Alcohol fermentation

1. Ethanol fermentation

Amylo method (Rhiz. javanieus, Rhiz. delmar. M. rouxii)
Enzyme method

100 kg glucose 56 - 60ℓ

100 kg sucrose 58 - 64ℓ

100 kg starch 60 - 67ℓ

2. Acetone-butanol fermentation

Butanol-isopropanol fermentation

Clostridium butyricum, *Cl. acetobutyricum*, *Cl. amerieonus*
Substrate: starch, sucrose, glucose

Yield: acetone butanol 30 - 35% (starch)
 28 - 33% (sucrose)
 isopropanol butanol 33.4 - 33.8% (glucose)
 30.7 - 33.8% (sucrose)

3. Butanol fermentation

Aerobacter aerogenes

Yield: 30 - 40% (glucose, pentose)

4. Methane fermentation

B. Organic acid fermentation

1. Citric acid fermentation

Asp. niger, *Asp. awamori*, *Asp. saito*

Yield: 50 - 70% (glucose, sucrose, maltose)

2. Gluconic acid fermentation

Asp. fumarius, *Asp. niger*, *P. chrysogenum*, *Asp. oryzae*

Yield: 70 - 90% (*Asp. niger*)

86 - 89% (*P. chrysogenum*)

3. Itaconic acid fermentation

Asp. itaconic, *Asp. terreus*.

Yield: 25% (glucose), 7% (sucrose)

4. Fumaric acid fermentation

Rh. nigricans

Yield: 50%

5. Lactic acid fermentation

Rh. chinensis, *Rh. oryzae*, *Rh. japonicus*

Yield: 62 - 67% (*Rh. oryzae*)

30 - 40% (*Rh. japonicus*)

6. Acetic acid fermentation

Acetobactor aceti, *A. kylicum* *A. vanous*

7. Propionic acid fermentation

8. Amino acid fermentation

C. Antibiotics, Vitamins

D. Polysaccharide formation

b) バイオマス・エタノール（アルコール）開発研究

前項で述べたアルコール生産は、ガスホール用燃料アルコール用に生産したものはない。バイオマス利用の開発は、アメリカに比べてわが国は明らかに立遅れている。これは食糧の海外依存度が高く、生産基盤が零細であるからでもある。減反で遊休中の水田 35 万 ha の利用も考えられるが、コスト高への警戒心が根強く積極性に欠ける。

科学技術庁、通産省の胆入りで、バイオマス研究プロジェクトがようやく本格的にスタートし、軌道にのることであろう。

本年から通産省の 7 カ年計画バイオマス資源利用技術研究が、民間企業に委託されて推進されることになっている。これは放射線を照射すると古紙、稲わら、木くずその他セルロースが機械粉碎しやすくなり、その後の化学処理にセルラーゼを作り出すトリコデルマ菌を埋め込んだ菌体固定化層に送りこみ、連続的にブドウ糖を造り出すという実用化試験が成功すれば分解効率があがり、生産コストを低減できると期待されている。

また、通産省と熊本、山口、愛媛各県農協と共同でミカンのジュースを搾ったカスを、さらに搾り直し糖蜜に加え、これを醗酵させて、蒸留し、アルコールを作る研究が進んで過剰生産に泣くミカン農家の熱い期待を集めている。

農畜産廃棄物からアルコールを作ることも検討されている。これもセルローズ醗酵によるアルコール化で農林水産省のバイオマス計画でも研究されているが、この方法は戦前にほとんど開発された技術で、ゴミのなかのセルローズをアルコール化するという発想が見直されている。

通産省の資源エネルギー庁と農林水産省農林水産技術会議でも、バイオマス開発の 1 つの柱として、甘藷の利用を研究中である。その内容は、農林水産省と鹿児島、宮崎、熊本の各県、通産省共同で甘藷 100 万トンを増産し、16 万 6,000 kℓ のアルコールを通産省アルコール事業部のアルコール工場の 3 工場でガスホール用アルコールを生産する構想で目下検討中である。甘藷澱粉は醗酵法によるブドウ糖製造のさい、液化酵素（アルファミラーゼ）により、他の澱粉より液化しやすい特性を活かそうとする考えであるが、原料生産のコスト面で障害があり、海外での生産の方がコストを引き下げられると主張する声が高い。

わが国が東南アジア諸国との技術・経済協力によってバイオマスエネルギーを生産するとなれば、甘藷のほか表-6 の資源が期待されるとして、各種学会、研究機関で研究が行われている。次表中ナツメヤシは乾燥地域の植物であるが、食生活の西欧化に伴いデーツの市場がせばめられつつある今日、デーツ生産地域の経済更正面からも期待される。

表-6 増産が期待されるバイオマス

資源的価値		開発適地	特性
砂糖キビ	糖, グルコース, フラクトース, セルロース, ヘミセルロース	熱帯, 亜熱帯地方 特に灌漑可能なら 生産性大	バイオマスとして, ウェットで60~200 t/ha, 砂糖として7~20 t/ha生産可能, バガスの主成分はセルロース
ナツメヤシ	液状糖, セルロース	熱帯の乾燥地帯, 灌漑は多少の塩分 は可	年間1~2 t/ha程度といわれている。
サゴヤシ	澱粉, セルロース	熱帯の湿地帯に繁 茂	年間12~14 t/haにおよぶとい われている。
キャッサバ	澱粉	熱帯園で生産	収穫は1年中可能, 年間5~40 t/ haに達する。
トウモロコシ	澱粉, 葉はセルロ ースなど	熱帯, 亜熱帯から 温帯にかけて栽培 可能	大量の澱粉を生産, 葉と の主成分は セルロース 2.5~3.5 t/ha
稲	澱粉, わらはセルロ ース	熱帯, 亜熱帯, 温 帯で栽培可能	熱帯より湿帯での生産性大, 2~6 t /haに達する。ワらはセルロースを 大量に含有
竹	セルロース, ヘミセ ルロース, リグニン	熱帯, 亜熱帯, 温 帯で生育	セルロース, ヘミセルロースおよびリ グニンを主成分とする, 灰分中シリカ 多し
木材	セルロース, ヘミセ ルロース, リグニン	熱帯から寒帯まで 生育, 林地肥培植 林で生産性向上	セルロース, ヘミセルロースおよびリ グニンを主成分とする。

出所: エネルギー '79年9月号

日本のバイオマス潜在エネルギー量は年間 4×10^{16} kcal と推定される。このエネルギー総量は水力の百倍もあるが, エネルギー水準としては低く, 供給に季節性があり, 更にエネルギー収支上問題がある。

アルコール生産について、甘藷、米、小麦の産出／投入比は宇田川武俊氏（農業技術研究所）の試算（“農業生産とエネルギー”，1978）によると、甘藷0.43，米0.38，小麦0.51とそれぞれ低い。前述のアメリカの試算の表-4と比べてみよう。

甘藷2.4，キャッサベ1.2，シュガーソルガム2.4といづれも産出がプラス側で、醸酵技術の進んでいる日本においても農業生産段階でのギャップが著しく大きく、不利な栽培条件が目立つ。

表-7 アルコール生産のエネルギー収支

バイオ マス	バイオ マス 生産量 t/ha	エ　タ ノール 生産量 ℓ/ha	エネルギー収支 (10 ³ kcal/ha・年)							産／ 出 投　入
			産　　出			投　　入				
			エ　タ ノール	残　渣	計	農　業	転　換	計		
甘　藷	29.0	5,090	24,430	6,170	30,600	36,820	34,690	71,510	0.43	
米	52.5	2,500	12,000	15,200	27,200	54,510	17,080	71,590	0.38	
小　麦	27.5	1,030	4,940	9,170	14,110	20,790	7,060	27,850	0.51	

出所：太陽熱からバイオマスまでP4．ハイライフ出版部 1980

バイオマスアルコールは全世界的に車輛用燃料として代替ガソリンの主位にある。そもそもアルコールはガソリン等に比べて、カロリーが低く、消費量が多くなると指摘されるが、最近の開発結果で、圧縮すれば、カロリーはガソリンを逆に上廻ることが判り、ディーゼル・エンジンの高圧縮比の設計も既に自動車工業界において完成をみている。

車輛燃料用アルコールに向くという以外のメリットとしては、純粋アルコール（エタノール）は不愉快な臭いがなく、貯蔵も容易であること、高温アルコールの燃焼はクールで内燃機関に使用しても特殊清浄器なしで、窒素酸が排気に含まれない。従ってアルコールはエンジン内に炭素あるいは煤を残すことがないし、クールな燃焼は、バルブの過熱や潤滑油の燃焼の可能性も少ない。

精製コストは飲料用アルコールと比べ、味覚の必要がなく、質より量的な面を重視できる。これはBiomassの特性でもある。しかし、欠点がない訳けではない。現在のエンジンはアルコールに腐蝕されやすいので、他の耐触性メッキの必要がある。

また、アルコール・エンジンはアイデハイド（アルコールの酸化でできる無色有臭の液体）を排出するが、その化学物質で、目の刺激、喉、皮に影響があり、不快感がないわけではな

いし、この排気が植物にも被害を与えることもある。この点での研究は今後にまつほかない。

表-8 アルコール類の諸性質

物質名	分子式	分子量	密度	融点 (°C)	沸点 (°C)	分子 固点降	屈折率 (°C)	誘電率 (°C)	双極子 モメント
メチールアルコール	CH ₃ OH	32.04	0.7928	-96	64.7	0.88	1.32863 (20)	32.6 (25)	1.69
エチールアルコール	C ₂ H ₅ OH	46.07	0.7893	-114.5	78.3	1.20	1.36232 (20)	24.30 (25)	1.69 (気)

出所：理化学辞典 1980

c) 石油植物

石油植物とは、成分中に多くの炭化水素を含む種類の総称で、その植物中に多くの炭化水素をなんらかの方法で抽出すれば化石燃料に近い油が採取できる。

ユーホルビア属 (*Euphorbia* L.) のアオサongo (*Euphorbia tirucalli* L.), ホルトソウ (*Euphorbia lathyris* L.) およびユーカリノキ属 (*Eucalyptus* L. Her 等が最近脚光を浴びている石油植物である。

これらの樹種は一般に乾燥地域に生育する植物であるが、世界中に広く分布している。

わが国では、ユーカリが和歌山県日高地方での活着成長が良好で、造林後3年で1ha 当り 15.1m³ (50石) の蓄積となっている。

ユーカリの枝葉に含まれる揮発性成分は、原料を水蒸気蒸留によって抽出することができるが、高沸点の炭化水素成分は溶剤抽出など高度の方法によらなければならないという厄介さがある。

ユーカリ油はオクタン価が高いという特徴があり、次表の如くメタノールやエタノールと比べカロリーが大きい。

表-9 カロリー比較

バイオマス燃料	Kal/kg	Kal/l	BTU/Lb	仕用重量15/40
メタノール	4,700	3,713	8,460	0.79
エタノール	6,400	5,056	11,520	0.79
ユーカリ油C ₁₀ H ₁₈ O	9,500	8,662	17,100	0.9166

ユーカリ油等の炭化水素分の成分、セルロースからアルコールを製造できるので、総合的利用が研究されている。青サングについてはM. カルビン博士の提案で多くを語る必要もないが、乾燥地域の植物でわが国での栽培には可能性は少ないが、乾燥地域では有望なエネルギー源植物である。

年間産油量推定で7~20 Kl/haの炭化水素物質は半流動体または固体に近い性状であるので液体燃料にはさらに精製をする必要がある。

d) バイオマス・メタンガス

わが国の畜産は輸入濃厚飼料の集中的経営から家畜糞尿公害が激増して、住民からの激しい地域斗争の標となっている。今日、日本で排出される糞尿は年間 5.6×10^7 トン（昭和52年）で、この糞尿をメタンガス化し、 1.1×10^9 立方メートル、石油換算で1,100万Klを燃料として利用しようとするれば最も実用化の速い段階にあるといわれる。

メタン化の方法は大正時代からアイデアが豊富で、特許申請が出願されたものを集めれば大集大成できると言われるほどであるが、就中鶏糞からのメタンの実用化段階で失敗することがほとんどであったのが普及が遅れた原因である。また鶏糞の肥料としての価値も高いが、膀胱のない鶏の糞は固液分離が困難で乾燥にも困難が伴う。ところが発酵鶏糞の利用が成功し、メタン化が可能となるに及んで大型化施設の設計が実現するようになった。

生鶏糞に同量のオガクズを混入し発酵菌を添加し好気性発酵させることを発酵鶏糞と言うが、これを水で希釈し投入すると30日でメタンガスが発生し、それ以降は台所の残渣、農場廃棄物だけでメタン発酵が続く。発酵鶏糞の生成物は第一次好気発酵と第二次発酵で完全にコンポスト化される。

(財) 電力中央研究所生物環境技術研究所での実験では、発酵鶏糞を原料にして自然温度条件のもとで室内に放置し900日を過ぎても発酵が続いている由で、そのデータでは鶏糞の純量1kgの重量比5のオガクズと混ぜ900日間に8.5~12ℓの範囲内でメタンガスが得られた。発酵の最大となる温度条件には37℃と54℃の二つがあり、それぞれ活動するメタン菌はそれぞれ別のもので54℃の時の方がガスの発生や倍と多く、従って投入物も倍のスビードで処理できる。

急激に多量の投入物を入れると組成が大幅に変化すると温度に影響する。もし20℃以下となると発酵は停止する。そのため冬期の発酵には発酵熱を利用して冬期の発酵温度37℃を維持できる「改良型メタン発生装置」が開発された。その他の方法として太陽集熱器による温水循環法が前出中央研究所の上原毅氏の手で実験されている。アルコール工場などの廃水は80

℃ぐらいで放水されるからバイオマス・アルコール施設に併設すると極めて有利で、54℃の高条件の発酵が可能となる。

メタン発酵前に酸生成過程で、すなわち、澱粉、糖類、蛋白、脂肪など高分子炭水化物を有機酸または低位脂肪酸に分解される。この時間は約3日で有機酸からメタンが生成される過程を方程式で表わすと次の通りである。

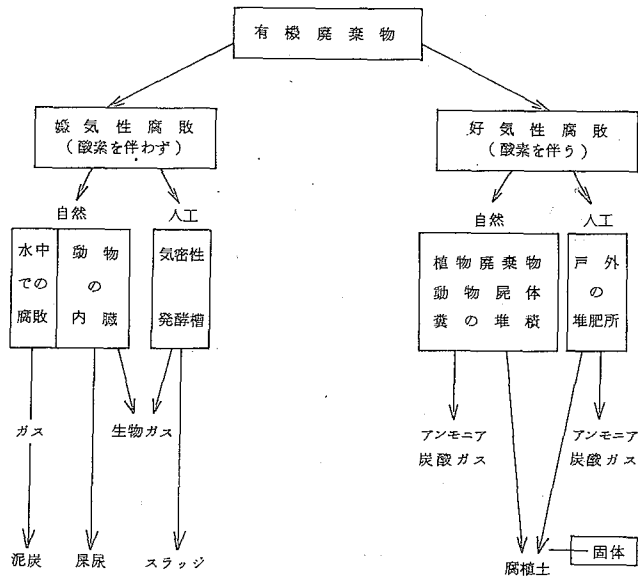
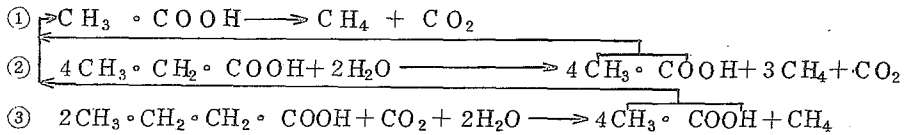


図-2 有機物の腐敗の最終生産物

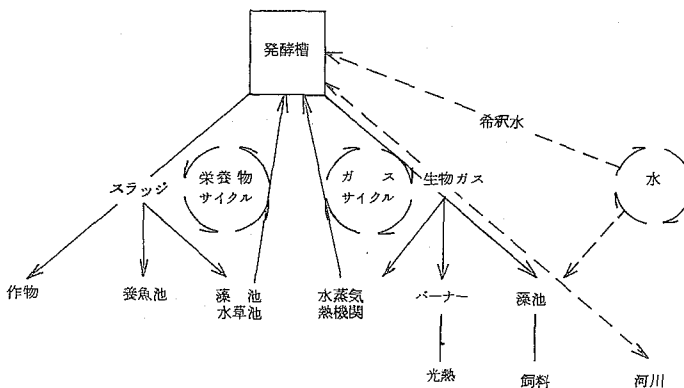


図-3 発酵槽の運転によるクローズド・システム

原料を発酵槽に入れるとき流動性と発酵を促進するため希釈する。畜種別にそれぞれ希釈水の量は異なるが、有機酸を7%以下にすることである。希釈水の廃液水の処理が問題である。定常運転時の廃液の50%を希釈水として再利用するが、後半部は地域内でのリサイクリングもしくは浄化排除が望ましい。土壌浄化法が最も適すると考えるが、この最適技術はわが国農業土木技術が生んだ独創的なものである。

畜種によってガス発生状況が異なる。すなわち豚の糞はカロリーが余り残っていないが、メタンの発生は順調である。逆に最も高カロリーの鶏糞はメタン化が容易でない。畜糞のガス発生量は糞のカロリーに正比例し、一般に次の通りの量であるが、発酵温度その他の条件で差がでていることは前に述べた。

鶏 糞	乾燥糞 1 kg から	300 ℓ
豚 糞	” ”	400 ℓ
牛 糞	” ”	100 ℓ
生 糞 1 kg から		40～50 ℓ

鶏糞1万羽（豚は約400頭）の発生ガスについて電力中央研究所の上原毅氏の試算によると、成鶏1日1羽当たり125g、メタン発生量8ℓとして、1万羽で8万ℓ（80m³）である。純メタンガスのカロリーは9,500Kcal/m³であるが、家畜糞からのメタンガスには約30%の炭酸ガスが含まれるから、6,650Kcal/m³となる。鶏糞からのメタンガスℓ当りのカロリーは2,000Kcalに過ぎないが、2,000Kcalの炭酸ガスの他に3,000Kcal（全分の40%相当）は残渣の有機肥料分として保有され、有機質に含まれる窒素分の70%がアンモニアとなり速効性肥料として土壌に還元される。化学反応でみると有機酸の50%はメタン、残りの50%は炭酸ガスで、そのうち炭酸塩が60%出、40%分が残留する。

最近では鶏糞とオガクズの混合を鶏糞と污泥の混合に代える試みも現れて、より容易に発酵が可能となりつつある。

尿糞尿は窒素、リンの含有量は多いが、農産廃棄物は極めて少いので、台所廃棄物等が多くなるとスラッジの肥料効果が低下するので、混入投入の配合に配慮がいるのは当然である。

メタンガスの発生は生物学的転換によるが、繊維質その他の化学的処理のされていない有機廃棄物に微生物が作用してメタンガスと污泥ができる。高分子炭水化物は基本的にはメタンを発生させない酸をつくるバクテリアによって酵素を放出して原料を液化し、複雑な物質を分子量の小さい有機酸である酪酸、プロピオン酸、乳酸、およびアルコールなどの非メタン系物質に変化し、酢酸生成バクテリアによる第二次段階で酢酸、水素、C₁化合物など直接メタンに

変えられる物質に転換される。次に中性または弱アルカリ (PH 7.5~8.5) の酸素のない環境のもとで増殖する嫌気性のメタン生成菌によって CH_4 と CO_2 になる。発酵で生成されるメタンの70%は酢酸に由来する。これらの種類の細菌群が極めて円滑な共生関係にあるのはアセトゲン菌とメタン生成菌で、二種の相互依存性を持つ共生体で、アセトゲン菌は酢酸と $\text{H}_2 \cdot \text{CO}_2$ を発生させる。メタン生成菌は直ちに水素をとりこむからアセトゲン菌が自分が生成した水素に抑制され、自己阻害作用を取り除くのである。

嫌気性発酵は細菌へ供給される原料がある量の炭素と窒素を含む時に最初によく進行する。

窒素と炭素の含有比をC/N比というが、C/N=15の場合最初によく進行するといわれ、他の条件でも好ましい場合は C/N=30の時の発酵で最高速度で進行する。原料中の炭素が多過ぎると窒素が使い尽くされ炭素が残り発酵は低下する。また窒素が多過ぎると発酵は停止し、残った窒素はアンモニアガスとして発散するので、汚泥の肥料効率が低下する。

図-4 メタン発酵施設模式図

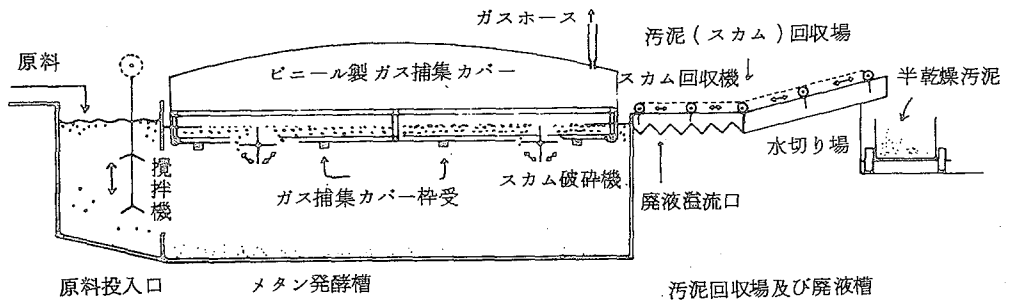


表-10 窒素量とC/N比

廃棄物種類	総窒素量	C/N比
動物性		
尿	16.0	0.8
血液	12.0	3.5
骨粉		3.5
動物性タンパクかす		4.1※
魚粉		5.1※
し尿		
糞便	6.0	6.0-10.0
人尿	18.0	
鶏	6.3	15.0
羊	3.8	
豚	3.8	
馬	2.3	25.0※
牛	1.7	11.0※
スラッジ		
下水汚泥	5.0	6.0
新しい汚水		11.0※
植物粉末		
大豆		5.0
ピーナッツの皮		36.0※
植物性廃棄物		
非豆科野菜	2.5-4.0	11.0-19.0
麦わら	0.5	15.0
おがくず	0.1	200.0-500.0

(注) 窒素は総乾燥重量、炭素は総乾燥重量か、ノンリグニン炭素(乾燥重量※)

出所: 手作りエネルギー, C. H. ストレナー編 渡辺茂盛訳 講談社 560より

●) 民間企業での開発現況

わが国政府のシャンサイン計画（通産省）およびグリーンエネルギー計画（農水省）並びにバイオマス計画（農水省）に先行して、民間企業での開発が盛んに行われつつあるが、主なるバイオマスからのエネルギー生産計画は次の通りである。

表-11 民間企業のプラント開発例

方 法	内 容	開 発 状 況
「高温メタン発酵法」による植物やふん尿のエネルギー用メタンガスへの変換	高温、高速発酵法が完成すれば効率のよいエネルギー生産方式として使用できる	住友重機エンベロニック開発、都市ガス、発電用燃エネルギーおよび自動車用燃料として利用可能
「エタノール発酵法」による燃料エタノールの生産	甘蔗、マンジョカ等の澱粉質をエチルアルコールに転換	国際マンジョカ開発株式会社（三井系）がブラジルにて計画中、40ヶ所の抽出工場を建設、年間400万KClの生産を予定
「熱分解」による人工石油生産	日立製作所で実験プラント完成	日立製作所が開発
「直接燃焼」による発電	ゴミ系バイオマスによる発電として一部実用化	三菱重工が開発

なお三菱油化エンジニアリング（株）は甘蔗からポリエチレンを生産するブルラン発酵の技術システムの確立に動き出すなど、関連企業の開発、企業化競争は一段と進展する見通しである。

なお青サング、ユーカリ等油性植物から直接炭化水素を抽出するとするM、カービン博士の提唱する研究が積水化成工業で進められており、科学技術庁よりの研究補助金を受け、理科学研究所と共同研究を実施中である。この研究ではha 当り4~20Kℓの石油分をうるといわれているが、これは炭化水素物質で半流動体または固体に近い性状で液体燃料にはさらに精

製を要する。

石油植物としてはこの他ユーカリからユーカリ油(シネオール($C_{10}H_{18}O$))が採れる。これは従来着香料としてバンヤキャンデーに用いられていたが、オクタン価が高く車輻燃料として有望である。試算によればユーカリ苗を $40 \times 60cm$ 間隔に密植し、1ha当り約46,000本を密植すれば年間2Kℓの精油と3.7Kℓの炭化水素分をえ、という。この研究は三重大学及び北大で行われている。

水生植物からのバイオマス転換も通産省で技術開発が発足なることになっており、これは海草類のコンブからメタノールを生産し、都市ガスに利用しようとするので、瀬戸内海と敦賀湾で実験が開始されることになっている。

都市ゴミからアルコールを生産し自動車燃料とする研究は通産省の主導で進められている。これはバイオマス技術の一つであるセルローズ消化技術について通産省が320億円の補助を民間企業に投じ、育成しようとするもので、民間のバイタリティーが一つの新しいエネルギー産業を結成していくという日本の特色が、ここにも現われている。

月島機械では、精製パルププラント部分を担当しているが、都市ゴミからパルプを採取することが経済性が低いことから、そこで採取したパルプを利用してセルローズを発酵させ、アルコール生産するプラントの建設を考え、フィージビリティ・スタディーを開始した。回収されたアルコールがガスホールに使用するほかエタノールからエチレンを製造し、化学工業原料とする計画を持ち、大阪大学と産学協同で都市ゴミ対策に取り組んでいる。

6 バイオマスの社会・経済学

バイオマス利用のエネルギー・システムは直ちに建設できるが、コストの予測は現在の段階では極めて困難である。生産量が倍増すれば一定の比率でコストが低減するはずである。

この場合、コストは時系列的に曲線を描く。しかし主力システムの補助システムの両方とも極度に資本集中的なものとすると経済性は悪化するだろう。しかしメタンガスの場合は、経済的実用性がある。

日本エネルギー経済研究所のアルコール製造構想では、インドネシアの農園で甘藷を栽培しアルコール化することを検討しているが、アルコール1Kℓ当りの製造原価は258ドル(¥56,760)と算盤をはじいている。しかしながら、インドネシア側の計算では\$317/Kℓ(¥69,740)としている。すなわち原料価格\$126(¥27,720)、施設費\$55(¥12,100)運転コスト\$107(¥22,540)、利益率10%(¥6,974)と見積つ

ている。現在の甘藷の1kg当りの価格は12.5ルピーであり、1収穫1ha 当り20トンで年3作であるので60トンであるから\$1,200 (¥264,000) 相当となる。60トンの甘藷で10KℓのアルコールがえられるとBPPT計画ではこのように試算している。

他の原料については日本エネルギー経済研究所の試算でキャッサバからのアルコール1Kℓのコストを\$322 (¥70,840), 砂糖キビからでは\$339 (¥74,580) と見なしている。

最近、サゴ椰子澱粉が話題となっているが、Batu Pahat の澱粉工場では乾燥澱粉1ピルク(約60kg)当り\$30 (¥6,600) で取引されている。澱粉1トンから600ℓのエタノールが製造できるので、甘藷の場合と概ね同じような価格で製造できよう。しかしながらサゴ椰子のha 当りの収穫量は資料不足のため推定が困難である。表-12aは(社)国際農林業協力協会の好意で提供を受けたものであるが、これを参考までに掲載する。

日本でアルコールを生産すると、甘藷1トンの価格が32,000円(U.S.\$145.5)であるから、アルコール原料代だけで1リッター当り192円と極めて高いものとなるので甘藷の単位収量を倍以上に上げかつ農耕大団地での栽培が必要となる。

表-12a 砂糖キビからのエタノールの生産費(ℓ当りマレーシア・セント)

農場開発建設費	1.76	運搬費	0.96
耕作費	0.17	償却費	6.32
肥料および農薬費	0.24	利純	1.53
かんがい費	0.58	維持費	0.24
収穫費	0.13	管理費	0.13
整理費	0.17	燃料費(石炭等)	3.53
農業生産費計	3.05	精製費計	12.71
計 M\$15.76 ÷ ¥157			

第2回国際サゴ・シンポジウムでのF. H. C. Kelly 教授(元オーストラリア甘藷研究所)の講演における説明のなかで発表されたもの。

バイオマス転換は太陽熱、風力、潮力、地熱等のソフト技術のなかで最も期待される地域的雇用分散型のもので、農村地域にふさわしいものとして、世界の先進国からも、途上国で

も広く支持されている。「ソフト・エネルギー・パス」の著者 Amory B. Lovins が The Energy Controversy P. 37 の “米国の消費者に 1 日石油 1 バレル換算の供給量を実現するために必要なおおよその投資 (1976 年のドル価格)” の表 (ERDA の Brackman 作成) で \$10,000 ~ \$25,000 と試算しているが、彼らも必ずしも小資本投資で実現するとはみていない。この金額には輸送、配送、販売のコストも含まれているらしいが、それにしては低くない投資である。従ってバイオマス利用の基本原則として次の項目を十分考慮すべきである。

- (1) 多目的利用、総合的利用をはかること。
- (2) 生態系の純生産分だけを利用し、ゆとりある使い方をすること。
- (3) 多側面を考慮に入れた使い方、とくにバイオマスの物質の生産の場への還元をはかること。
- (4) 地域の特性を生かした適正規模を考える。バイオマスの長距離大量輸送は不利であることを考慮に入れること。
- (5) 低、中温熱源としての利用からはじめ、太陽熱、風力、水力など他の自然エネルギーとの組み合わせを考えること。

エタノールの製造コストは原料、作物収量におよぼす気象や立地条件、副産物の市場価値、蒸留工場の規模、使用燃料の種類、アルコール生産に対する政府の助成その他の要素によって決まることになる。

表-12b はアメリカガソール技術評価事務局によって編集されたデータから作製されたもので参考となろう。

表-12b 種々の作物源からのエタノール推定コスト

原 料	原料コスト (U.S \$)	エタノールの純※ 原料コスト (\$/gallon)	エタノールコスト (\$/gallon)
トウモロコシ	2.44 / ブロシエル	0.57	1.00
小 麦	3.56 / "	0.91	1.34
モロコシ	2.23 / "	0.49	0.92
砂糖モロコシ	15.0 / トン	0.79	1.36
砂糖キビ	17.03 / トン	1.26	1.83

(注) ※ 副産物を評価

出所 : 食糧か燃料か, Lester Brawn, 国際農業技術情報 № 18

FAO 協会 1980

次に比較を容易にするためと栽培計画に便なるようにℓ当りのアルコール生産に必要な面積を示すと次の通りである。

表-13 アルコール1Kℓの製造に必要な各種原料の量と必要栽培面積

原 料	無水アルコールKℓ当り単位	ha 当収量	栽培面積
馬鈴しょ(生)	1 1.7 t	1 4.5 t/ha	0.8 ha
馬鈴しょ(乾)	3.4		
甘 藷(生)	8.9	2 0.0 8.4	0.4 5 1.0 6
甘 藷(乾)	3.0	—	
トウモロコシ	2.8	3.0	0.9 3
甘 し ょ	3.6	5 5.0	0.2 3
廃 密 糖	3.7		
キャッサバ (タピオカ)	1.4	9.1	0.7 9
サゴヤシ(乾)	1.7	7.0	0.

出所： 山田正一「酒類工業」，FAO：Production yearbook，Vol 32，
1978より作成

以上コストについて触れてみたが、とても現段階で経済評価ができる状態ではない。エネルギーコストについて、所詮エネルギーコストの構成比率は平均7%程度だからという説もある。家庭用光熱費においても同様である。従って、一般的にエネルギーコストについて低減という問題は重要視されていないというのである。しかしながら、われわれ開発技術者にとって経済分析は無視できない問題であり、今後の研究を見守る他ない。最少限度次のような比率は必要であろう。すなわち、現在のエネルギーコストと比べ余り高くないことである。もし高くともエネルギー源の多様化と社会的負担を軽減する効果の発見を努めることである。

次にバイオガス（メタンガス）の場合を考えてみよう。前述5-(d)の（財）電力中央研究所上原氏の家畜糞によるメタンガス発生装置のコスト計算によると、設備償却を生産コストは表-14の通りである。

表-14 メタンガス生産費（例 牛糞11頭分，ガス日量11m³，73.150Kcal）

費用項目	内 容	日当たり	1,000Kcal 当りコスト
1. 発酵槽建精費	槽の規模巾2m×長さ6m×深さ2m 60万円 耐用年数 30年	54.8円	
2. パイプハウス建設費	30m ² 6万円（含スムカ破碎装置）	16.4	
3. ビニール張替	60m ² ×1m ² 200円=1,200円	32.9	618.5÷
4. ポンプ類	水中ポンプ，熱交換装置等20万円 耐用年数 5年	109.6	73.15Kcal ÷8.46円
5. ガス送り出し装置	加圧タンク，ガスホルダー，エアポンプ等 10万円 耐用年数 5年	54.8	
6. 電気代	2Kwh/日 @ 25円	50.0	
7. 原料投入費	25kg×11頭=275kg/頭	300.0	
合 計		618.5	

出所：（財）電力中央研究所生物環境技術研究所上原毅氏研究論文より；

牛糞のメタンガス1,000Kcal 当りの生産費は8円46銭で、灯油の1,000Kcal 当りの価格9.72円（灯油1ℓ当り77.8円）と比べて安く、フィージブルである。

途上国の場合、インドのエネルギー使用傾向が多く途上国を代表すると思われるので、カーディ村落産業協議会によるガスプラントの経済分析表を表-15に示す。

表-15 原価対利益 3m³ガスプラント経済分析表

a) 建設費	(US)\$	338.30
ガス容器そフレーム		9.3.50
パイプおよびコンロ		34.7
工事費		210.10
b) 年間経費	(US)\$	54.70
投資利息(9%)		30.40
ガス容器とフレームの償却(10%)		9.30
パイプとコンロ償却(5%)		2.20
構造部分の償却(3%)		6.30
塗装経費(年1回)		6.70
c) 年間収益	(US)\$	114.30
29m ³ (1,000ft ³)当り\$1.5をかけて		
3m ³ /日のガス生産	\$	50.30
トン当り \$4.0をかけ16トンのスラッジで、		
7トンの堆肥を生産する。	\$	64.0

出所: UNESCO "農村社会における有機廃棄物の生物学的転換"

Edgar J. Dasilva 1980

われわれは、すべての生命現象についての機械論的説明を無意識のうちに受入れてしまう傾向をいまだに持っている。環境が資源の枯渇と汚染によって深刻な危機を迎えていることを現実問題として認識できないのは生体系がいかに複雑で微妙なバランスの上になりたっているかに気付いていないからである。

人間の身体の細胞と同じようにミクロシステムとして土壌システム、すなわち細菌、菌類、原生動物、植物の根毛からなるミクロコスモスがある。これがエネルギーや物質を交換する動的なシステムである。例えば、一本の樹の根毛は数十億と言われる。事実一株の小麦の根毛は合計すると70kmにも達する。また、ある樹種の根は9mの深さまで貫入する。こういうことすら余り知られてないのだ。

この生態系のシステムを破壊しないよう細心の注意を払い、これを活用することが最も自然の型だと言えよう。バイオマスの転換は再生可能なエネルギー源で、また肥料も提供できる。さらに廃棄物の再利用、農村開発、公衆衛生、公害防止、環境保護や中間技術などの面からも興味のあるシステムであるが、このシステムを工業的側面からのみのアプローチでは生態系の攪乱をひき起すおそれなしとしない。

全世界の家畜95億頭のうち約38%がいわゆる途上国に集中しているし、砂糖キビの廃棄物の72% バナナ、柑橘類、キャッサバ、コーヒーの廃棄物の95%が集中的に排水されている。今日、これを活用しエネルギー源として利用しようと途上国においても開発にのり出しているのは当然のことであるし、そうあるべきであろう。

農村社会では分散的な方法で投資効果がえられるので、バイオマスは環境と調和した自助社会を創設するには最適であろう。しかしながらメタンガスの燃料化は住民の伝統的感情や信仰からの抵抗があることも事実で、意志決定に際しての無謀な計画は絶対避けるべきである。

従って、ポテンシャルとしては、正にバラ色であるが、社会的側面にいろいろと困難が横たわっている。

基本的なエネルギー供給源としての石油は代替が必要となるのは時間の問題であろうが現代の石油代替エネルギーの生産はいずれも割高であり、また石油価格が不安定で輸入も必ずしも安定供給を保証しえない状況にある。各種の再生可能なエネルギー源に要するコストは、むしろ相当差がでてくる公算が強く、コスト面だけで石油代替エネルギーシステムを考えるとプランテーションが主流となろうが、各種の複合方式を取り込み間接経費の軽減を図るべきである。土地利用、レクリエーション、環境保全、それに経済的利害衝突が起きることは当然予期しなければならないだろう。

メタンガス発生装置からは副産物として分解後の残渣や細菌の死骸がでてくる、これらは肥料としても土壤改良剤としても有功であることは前にも述べた。

濃縮された廃水の場合を考えてみよう。まずホテイアオイが生育する浅い池に廃水を流し込む、成長して水中の汚染物を吸収すると一部は繁殖用に残して他を除去する。これを定期的に繰り返し連続的に浄化する。

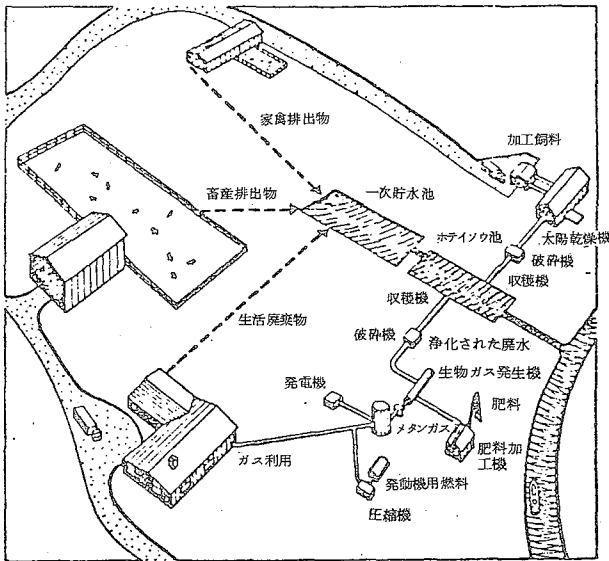
1 ha 当りのホテイアオイから年間4トンの窒素と1トンのリンが抽出できる。この収穫したホテイアオイが水銀や有害金属を含んでいると堆肥にできないので、メタンガスを発酵しようとする技術がアメリカのNASAで開発されているが、この技術の実験では、ホテイアオイの1 ha 1日あたりの生産量は0.9~1.8トンで、これを全部ガス化すると

220~440 m^3 となる。1kg当りのホテイアオイから374ℓの混合ガスが生産され、この混合ガスの発熱量は21,000BTU. であるので十分実用化できるといわれている。

ホテイアオイのシステム全体としては、環境システムとなっていることが重要で、地域社会に不可欠の資源を生み出すシステムである。この浄化法で処理した水質は1980年アメリカ政府EPAの水質基準に合格したほどである。

この方法と後述の土壌浄化法を組合せればなお一層効果的である。

図5 ホテイソウシステム (NASA)



●ホテイソウ・バイオマスの生産

夏 期 17.8t/ha/日(生量)
年間通産212 t/ha/年(乾量)

●バイオマスの成分

タンパク質 17~22%
せ ん い 15~18%
灰 分 16~20%

●バイオマスからのガス生成量

1 kg (乾量) → バイオガス 374ℓ

●バイオマス生産

0.9~1.8 t/日

メタン 220~440 m^3 (7~14 $\times 10^6$ BTU)

残渣 (窒素、磷酸肥料)

バイオマス原料植物のプランテーションを実施しようとする場合、土地利用上、食糧生産との競合、森林の場合、木材やパルプ産業用の原材料の生産と競合する問題が避けられない。エネルギー原材料は途上国の開発に不可欠なものであり、エネルギープランテーションは生育する成長速度の早い植物に集中する、そうなれば林産業分野とエネルギー分野との競合が激化する。大規模なレクリエーション施設はエネルギー生産のための土地利用には障害となる算もある。またテルペン等揮発性成分を多く含む石油植物のユーカリ等は山火事の発生も起りやすく保安上の問題もある。

安易に社会問題が解決すると期待するには危険が多いし、また雇用が増大しても作業上の安全衛生問題も潜存しているのである。先に述べた廃水処理についてももう少し考えよう。

バイオマス転換でアルコールあるいはメタンガスを採取製造し、スラッジは肥料として土地に還元するから環境保全に適するが、排水する廃水の後処理が重要である。アルコール工場の温排水は熱源として利用できるが、スラッジ脱水やそれ以前の使用水の廃水、雑排水やメタンガス発生に用いる稀釈液の廃液処理が問題となる。こうした面での処理も生態系を利用することが肝要である。

活性汚泥法の最近代技術でもってしても脱窒の効果は余り期待できないので農村では、放流を前提とする場合、下水道と同等またはそれ以上、さらに窒素についての配慮が必要である。

最近建設省で地下ダム計画に、地域振興整備公団では広島学園都市の山林散布実験に、北上川ダム統管では豚舎污水处理実験に、また建設省土木研究所や各大学で実験結果が発表され、農林水産省では農村集落排水事業に採択され、注目されているリサイクル方式の土壤浄化法が開発されている。

この土壤浄化法は、農村整備事業の一環として農村の集落を単位とする生活排水の一括処理の手段として考慮されているもので、次の如く利点がある。

- (1) 土壤浄化法の基本的要素を完備している。
- (2) 処理対象が生活排水、畜舎排水、尿尿を含んでおり、農村集落の排水と共通する性質をもっている。
- (3) 使用、管理に当って安全衛生の配慮がなされている。
- (4) 建設費が他の方式と比べ低廉であること。

以下、事業費算出資料を紹介して参考に供することとする。

これはホテイアオイ利用浄化池とともに検討すべき環境管理システムの一要素である。

ところで、土壤浄化法とは「土壤生態系がもつ独特の機能を污水处理のシステムの中に意識的に適用した工法」と一応の定義づけられる。

この方法はシステムの中のいずれかの部分で汚水を土壤に触れさせそれがもつ独得の浄化作用によって従来の方法では達成できないような浄化を果そうとするものである。

この方法には二通りのものが工夫されているが、その一つは現在用いられている沈澱槽、調整槽、曝気槽などの浄化施設の内部の水面に当る位置にロストルを設けそこに礫を、さらにその上に通気性のある熟畑土壌をのせ汚水の水面をそれに触れさせる方法である。(図-6参照)

その二は沈澱槽や腐敗タンクなどから出た汚水のうわ水を埋設管によって地中の比較的浅い

部分に導びき降下浸透を遮断して汚水が自然に生物浄化の盛んな部分を通して流れるように仕向けたいわゆる「毛管浸潤トレンチ」図-7である。

簡単に説明すれば汚水を地表下の比較的浅い位置に溢れさせ、溢流水を下方にでなく毛管力に手伝わせて地表方向に誘導し、その間にそこに多数棲息する土壤微生物や植物の根毛の力を借りて浄化するもので、それが図-6, 7の方法である。従来のタテ穴浸透式の土壌処理などと大きく違う点は、一つには泥水が在来法では穴の底で始まる水の流動方向が垂直下方か、もしくは斜め下方であったのに対して、ここでは土壌の比較的浅い位置から始まり、しかも流動の方向が下方でなく上方に仕向けてあること。もう一つは、その流動がタテ穴の底で見られるような飽和浸透（土壌間隙に満水して流れるもの）でなく、不飽和流動（土壌間隙が水で充满することなく、一部は空気が占めている状態で流れるもの）であること、の二点である。

この土壌浄化法は、新見正氏（土壌浄化研究会）の考案されたもので、土壌のもつ浄化機能を汚水処理のシステムの中に意識的に適用した点で世界的にも類のない独創的なもので、正に中間技術の好例である。農村地域の汚水処理は勿論途上国にも適した技術といえ、バイオマス産業に不可欠の廃水処理方法で、そのシステムに組み込むことが望まれる。なお長距離トレンチの堀削には筆者の考案したV型トレンチャーを採用すれば短時間で施工可能となろう。（海外農業開発1650：東南アの水利整備と団場水管理参考）。

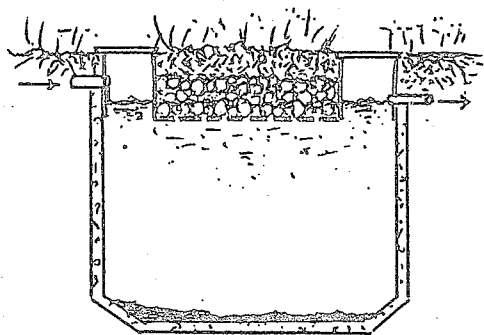
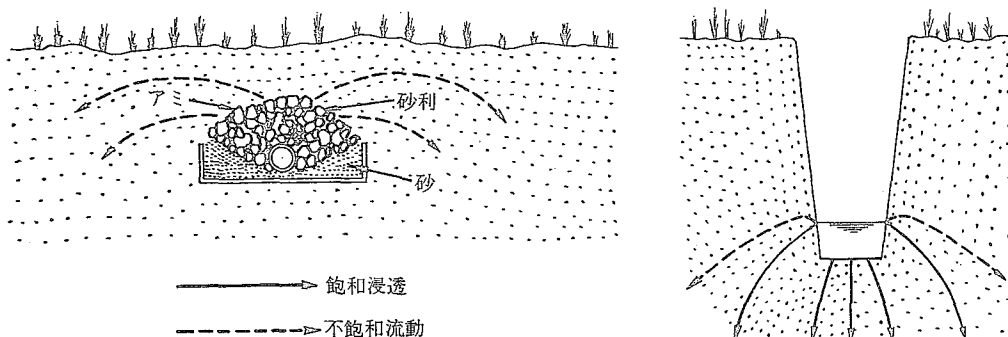


図-6

図 - 7



7 農家のエネルギー自給未来像

少し大胆な試算を行ってみた。あるインドネシアの農家は典型的な農業経営で、水田0.5ha，畑1.2ha，山林1haで，家族は4人である。家は多少高い丘陵の中腹にあり，裏にはかんがい水路が通っている。畑地は傾斜地で，今まで余り換金作物の作付けはかんばしくなかった。

戸主のAさんは，エネルギーの自給を考えて次のような計画をたて技術者のBさんに相談した。

Bさんは，いろいろとAさんの希望条件を聞き次のように試算をした。

先づ，Aさんの毎月の家庭用電気の消費量を確認，これをメタンガスで賄うことを考え，メタンガス発生装置を設置することとした。人糞をメタンガス化すれば，もっともっとガスが得られるが，Aさんが人糞ガスで飯を炊くのは嫌だと反対するので，家畜糞と農産廃棄物で賄うことになった。

傾斜地の畑には甘藷を植え，今，買手の多い燃料作物としてこれを原料にアルコールの生産を部落の人達数十戸で共同経営することを考えて概算してみた。

甘藷の価格はkg当りRp12,500で売っても年3作で60 tons 収穫できるから，Rp750,000の粗収入になる。耕うん，植付け，肥料，農薬その他の費用を差し引いても，

$$Rp750,000 - Rp562,500 = Rp187,500 \text{ (US\$300)}$$

U.S.\$300の収益がえられるわけだ。

30戸でそれぞれ甘藷を栽培し，共同アルコール工場を経営すれば，それによってまた収益も増すはずだと考えた。

30戸で2,000 ton の甘藷を原料とすると，生産容量を年間200klのアルコール工場でもいいはずだ。

図 16

農村内での利用可能エネルギー	見積り内訳
水 力 9,908 Kwh/年	落差 8 フィート, 流量 100 フィート ³ /分 のかんがい水路を利用。 $1.89 \times 0.001 \times 8 \times 100 = 1.5 \text{ Hp}$ $1.5 \text{ Hp} \times 0.754 \text{ Kwh} \times 8,760 \text{ hr/yr}$ $= 9,908 \text{ Kwh/yr}$
エタノール 6,780/年	甘藷からアルコール化の場合 6.7 Kl/ha とする。蒸溜効率 60% とする。 $6.7 \text{ Kl} \times 5,056 \text{ Kcal} = 33,880 \times 10^3$ $= 11,300 \text{ Kwh} \times 0.6 = 6,780 \text{ Kwh}$
薪 (木質系雑木, 廃材) 1,700/年	1 ha 当り年間 1 トンと仮定する。 $3,500 \text{ Kcal} \times 1,000 \text{ kg} = 3.5 \text{ MKcal/ha}$ として, 1,700 Kwh となる
メタンガス 6,036/年	牛 1 頭 1 日 8 ポンド, 豚 3 頭 1 日 3.9 ポンド 食物ごみ年 2,000 ポンド 年間計 6,345 ポンド 1 ポンド当り 5 フィート ³ のメタンガス発生 があるとする。
(年間合計 24,422 Kwh)	$6,345 \text{ ポンド} \times 5 = 31,725 \text{ フィート}^3$ このエネルギー量は 7,545 Kwh 20% を分解槽の保温に用いると 6,036 Kwh が利用可能となる。

原料の甘藷を \$ 1,260 / 60 ton を工場渡しで受入れるとし, 工場は \$ 11,000 で建設, 運転コストは \$ 21,400 (¥ 4,700,000) と算盤をはじいた。総工費は \$ 63,400 である。そうすれば 1 kl 当り \$ 317 すなわち 1 l 当り \$ 0.32 (¥ 70) となる。

アルコール蒸溜工場の燃料は取りあえず山林の薪を使うが, 水利組合の許可をえて, かんがい水路にミニハイドロプラントを建設し, この電力で工場用を賄うことにするが, 水路の通水が断水する時期があるので, 薪はやはり必要であろうとも考えた。

原油の値上げがあり, バレル当り \$ 46 となれば日本も喜んでこのアルコールを買ってくれるだろうと胸はずませている。

メタンガス発生装置のスラッジを水田や畑地に還元すれば肥料となるし, 土壌改良もできる。家畜の飼料はアルコールを発酵した後の残渣を当てればよい。何から何までよいことづくめで

あった。BさんはAさんに向かって、そうよいことばかりではない。残渣物を家畜に食べさせるのもよいが、牛以外の家畜にこればかり食べさせるわけにはいかないし、余り畑を酷使すると土壌浸食やら老朽化するので注意しないと駄目にするおそれなしとしないと寝ることを忘れなかった。

もしAさんがアルコール蒸溜の温廃水を家庭に引き、台所の湯とかシャワーに使えば、家庭のなかで温泉につかるようなもので、今までのようにマンデーのため汚れた小川へ行かなくてもよいし、第一衛生的だと言った。そして養魚池に入れてもよいと加えた。

Bさんは、Aさんの喜びと夢見る姿に相談にのった甲斐があったと満足した。

しかし、ガス発生槽やアルコール工場から出る廃水や雨水をうまく処理しないと、環境を破壊してしまうのではないかと考えると気が重かった。この廃水処理は一人だけがやっても部落全体がその気にならないと、どうにもならないのだ。費用の負担も馬鹿にならない。役所へ行って相談して善後策を考えてみよう、心にきめてAさんの家から帰宅を急ぐのであった。

アルコール工場およびメタン発生槽から放出される廃棄物をも再利用することを考えるのは重要なことである。加圧、加熱下で亜硫酸ガスにより有機性汚泥を加水分解する方法で家畜飼料を生産することができる。加水分解後、蒸発により消化可能な有機物を濃縮するし、これをペレット状とし飼料となるがアメリカでは $\phi 4.41 \sim 11.0 / \text{Kg}$ で販売されているのだ。

廃水再利用技術は地域全体と統合された施設の利用度が増加することによって益々発展してゆく。有機性汚泥を前処理すれば火力発電用補助燃料ともなるし、下水処理水も冷却用の補助水として使用もできるのである。

あ と が き

インドネシアからの研修生を受け入れた(社)海外農業開発協会から、バイオマスについて講義をするよう依頼があり、急ごしらえのテキストを作り、その責めをようやく果たした。このテキストを会誌に掲載したいと同協会の小林事務局長から依頼をうけ、いささか考え込んだ。元来筆者は農業土木の技術者であって、発酵についての専門知識に乏しいので、バイオマス転換技術を世に紹介することは一沫の負い目を感じたが、海外の2、3のプロジェクトが地域開発計画や都市計画関連計画のなかで、バイオマス計画を策定したこと、更に昨年、(社)国際建設技術協会主催の東南アジア下水汚泥処理技術フォーラムの議長を勤めたことなどから地域計画農村計画等の開発計画技術者としての観点から、テキストを書き直し、このペーパーを取りまとめた。勿論書き足りないところ、また不十分な点が多いと思うが今後補正していきたいので御指摘頂ければ幸である。

(参 考)

事業費算出資料

〔農村地域における広域排水処理システム調査報告書（農林水産省構造
改善局（財）農村開発企画委員会）昭和55年3月〕より

1. 内訳項目

処理施設、管路施設、ポンプ施設、その他（管理道路及びその他付帯工事）とし、工費算出資料の表示金額は直接工事費を示している。本工事費は、直接工事費に一般管理費等を加え、事業費は、本工事費に測量試験費、用地買収補償費、工事雑費を加えたものとする。

項 目	事 業 費
① 処理施設	
② 管路施設	
③ ポンプ施設	
④ そ の 他：管理道路 その他付帯	
合 計	

事業費（概算）＝直接工事費×1.4

尚、費用は概算であり、現地の特殊地形、土質、その他特殊な条件は考慮されていない。

2. 工費算出資料（概算）

1) 処理施設

処理施設は土壌式接触ばき法による費用（直接工事費）を示す。

図-8は当方式による事例をプロットしたもので、これによる一般式によって任意規模の費用を求めるものとし、表-17にその金額を示す。

表-17 処理施設費と戸数(人口)との関係式

$Y = 62.816 X^{0.632}$ (15人~500人)

Y:処理施設費(万円) X:人口(人)

(但し、関係式系数は過去の事例より算出)

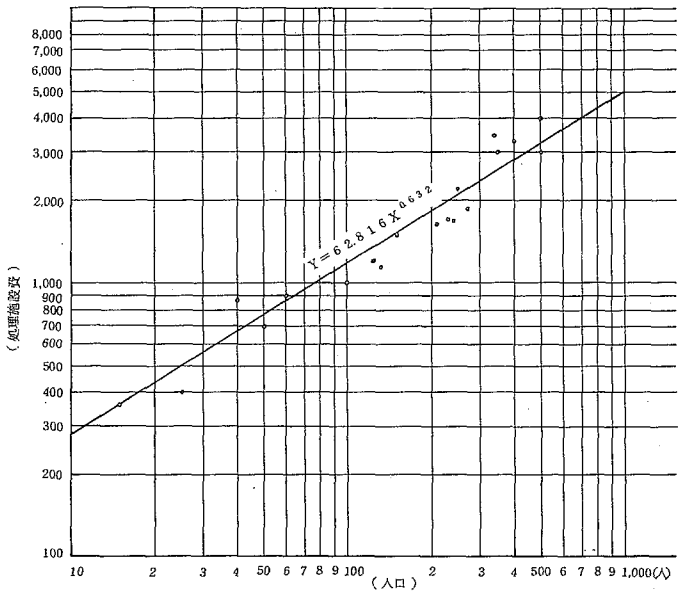
(4.5人/戸の場合)

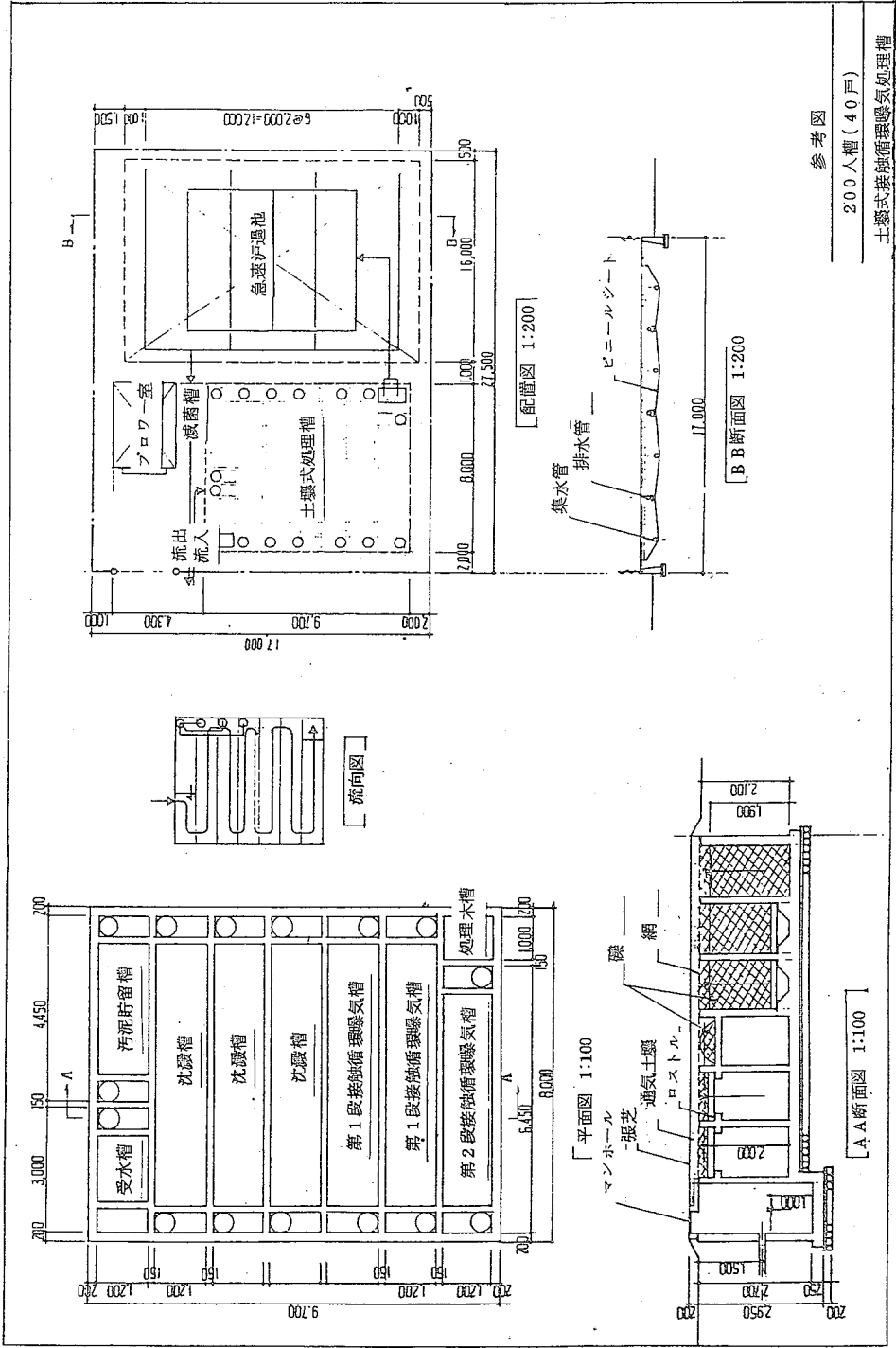
戸数	人口	処理施設費	戸数	人口	処理施設費	戸数	人口	処理施設費
3戸	14人	333円	40戸	180人	1,673円	120戸	540人	3,349円
5	23	456	50	225	1,926	150	675	3,856
10	45	696	60	270	2,161	200	900	4,625
15	68	904	70	315	2,382		1,000	4,943
20	90	1,079	80	360	2,592		1,200	5,548
25	113	1,246	90	405	2,792		1,500	6,388
30	135	1,395	100	450	2,985		2,000	7,662

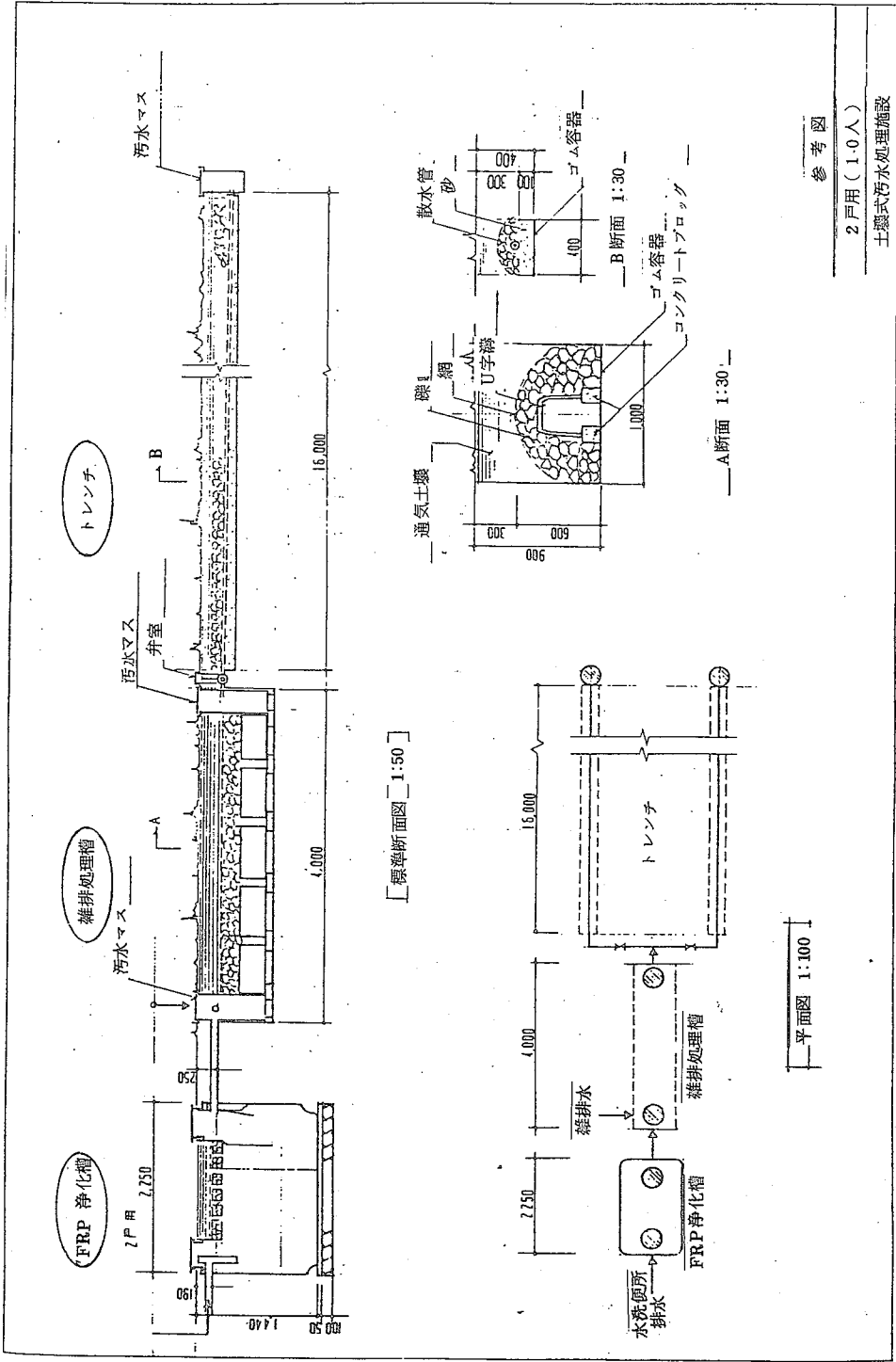
(但し上記表は、1戸当りの世帯構成人員を4.5人として算出)

2戸10人以下の戸別処理費用は、高い処理水質を要求する場合は高額になるとされているので戸当り200万円と見込む。ただし、宅地内浸透処理の試算では1戸60万円、2戸90万円で十分である。

図-8

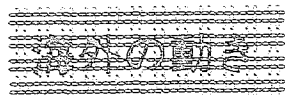






参考並びに引用文献

- イモ類のアルコール化 浅利喬泰 食の科学 ⅴ53 1980
- キクイモ 千葉弘見 食の科学 ⅴ53 1980
- エネルギー危機と農業, 日本農業の動き ⅴ52 農政ジャーナリストの会編 Feb.1980
- 資源戦争 唯是康彦編著 家の光協会 1980
- 太陽からバイオマスまで, 代替エネルギー開発 ハイライフ出版部 1980
- 土と水と文明, 農業の展望 C.スタントン・ヒックス, 岩城英夫訳 紀伊国屋書店 1977
- 食糧供給'80年代の課題 山本博信編著 大成出版社 1980
- 熱帯農業-サゴヤシ-熱帯農業 Vol.23-ⅴ3 佐藤孝 日本熱帯農業学会 Oct.1979
- バイオマス開発情報: バイオマスの理論と戦略①②③ 川井一之
研究ジャーナル Vol.3-ⅴ6.7.8. FARDA 1980
- 農業における石油代替エネルギー利用の可能性, 農業と経済 竹田策三 農民協会 1979
-ユーカリ油を中心に-
- テクノロジー, アセスメント(テキスト) (財)日本産業技術振興協会編 Mar.1980
- 乾燥地域の水利と開発戦略 鈴木清 日本イリゲーションクラブ 1978
- 将来の自動車はアルコールで走る。用水と営農 ⅴ77 鈴木清訳 同上 1979
- 熱帯乾燥地の農産物と将来の農業 日本技術士会報 ⅴ130 鈴木清 日本技術士会 1980
- サゴヤシ-その開発の可能性- (社)国際農林業協力協会編 Dec.1979
- 汚水の土壌浄化法研究-総論- 新見正, 有水彊 浄化研究会 1977
- 土壌浄化法, 農業土木学会会誌 八幡敏雄 (社)日本農業土木学会 1980
- 農村地域における広域排水処理システム調査報告書 (財)農村開発企画委員会 1980
- The Indonesia Times 24. April 1980



インドネシア 太陽熱発電で農漁村の電化へ

インドネシアで太陽熱発電による農漁村の電化計画が進展している。

同計画は、西ドイツの無償協力を得て実施されるもので、すでに79年よりジャカルタ西部のピコンでは5.5KWの発電施設が建設に入っている。またジャカルタ北西部のシチュイスでは80年末に10KWの施設建設が始まり、これが完成すれば太陽熱発電施設としては世界有数の規模になる。

発電電力は、ピコンでは周辺農家に供給され、シチュイスでは漁民へ供給されるほか、あわせ建設される海水淡水化施設と製氷施設に用いられる。

オーストラリア ヒマワリ油のディーゼル油代替を研究

このほどオーストラリアでヒマワリ油を使ったディーゼルエンジンの運転試験が行われ、エンジンの改造なしに燃料として利用できることが実証された。

試験の実施機関はクイーンズランドのDarling Downs Institute of Advanced Education (DDIAE)。試験の詳細は不明だが、同じ出力を得るのにヒマワリ粗油を用いた場合、ディーゼル油に比べ約5%燃料消費量が多く、排気からかすかに魚のこげたような臭いが発生したという。

DDIAEでは試験結果に意を強くしており、今後、燃費効率、出力向上、エンジンの磨耗、腐食などの研究に取り組む方針。現在の価格水準(リットル当りヒマワリ油50～60オーストラリア・セント、ディーゼル油約30セント)では実用が難しいため、特に燃費効率向上面での研究が要請されている。

オーストラリア 甘蔗原料のエタノール生産を検討

オーストラリアより伝えられるところによると同国の大手製糖会社 C S R Ltd. は、甘蔗を原料とするエタノール生産事業の企業化調査を甘蔗の主産地クイーンズランド州と西オーストラリア州オールド川流域で実施している。

同社はこれまでにガソリン代替物として甘蔗をはじめビート、キャッサバ、穀物などからのエタノール生産の研究に取り組んできた。78年8月シドニー開催の国際エネルギー会議では総額20億オーストラリア・ドルのメタノール生産計画を発表し注目を集めた。同計画概要は、同国の全消費ガソリンに10%混入できるよう年間10万リットルのメタノール生産能力をもつ工場を全国20カ所に建設するもの。78年時点では、メタノール、ガソリン混合燃料は輸入原油から生産するガソリンに比べ倍の価格になるが、石油不足の深刻化が予想される80年代後半には、採算点に達するとしていた。

また、同社の子会社 New Zealand Sugar 社もニュージーランドでビートからエタノール生産の企業化調査を行なっている。

アメリカ 高まるガソホル生産の経済性

アメリカ農務省筋は、同国での Gasohol 生産はガソリン価格が上昇したことで経済的に価値を認められる段階にきているとの見解を示した。

Gasohol はガソリンにメイズやビートから生産するエタノールを90:10の割合で混合した自動車燃料。メイズ原料のアルコールは、現在の価格から算出すると効率の良い工場ではガロン(3.7リットル)当り約1.26ドルで生産でき、Gasohol はガロン当り約95~98セントでの卸売りが可能になることからガソリンと競合できる。80年7月時点の同国本土のガソリン小売価格

(ガロン当りの平均値)はレギュラーで1.28ドル、ハイオクで1.33ドルだった。現在、Gasohol はガロン当り最高14セントまで販売税などの免税措置がとられている。

なお、同国の Gasohol 用メタノール生産目標は、81年5億ガロン、82年9億ガロン。1ブッシェル(25.4 Kg)のメイズから2.5ガロンのメタノール生産が可能とされ、ソ連のアフガニスタン介入への報復措置としてメイズ、小麦輸出中止などで現在、10億ブッシェルのメイズ在庫をもつという。

タイ 世銀の技術協力でメタノール生産計画を推進

タイ政府が取り組んでいる農産物を原料とするエタノール生産計画に対し世銀が技術協力することが明らかになった。

同計画は、総額5億バーツを投じ年間5万klのエタノール工場を建設するので、工場は甘蔗原料で150日、キャッサバ原料で100日と年のうち合計250日操業を予定している。これにより甘蔗42万8,600トンより3万トン、キャッサバ13万3,300トンより2万トンのメタノールを生産、自動車燃料としてガソリンに混合して使用する。

タイ政府はメタノール生産を進展させるため「農産物を原料とするアルコール生産委員会」をすでに設置しており、同計画は実施案第1号である。委員会では目下、工場適地の検討段階にあり、ランパン、チョンブリ、スパンブリ、ウトラディットの4カ所が候補地にあげている。また、計画事業の運営は順調生産に入るまでの期間、関心企業と合併で行なう意向と伝えられる。

世銀の技術協力は、同計画を所管する工業省が行なう工場の設計や基礎作業への支援で9月実施の予定。世銀は資金協力をも検討しているようで、7月中旬、調査団が訪タイした。

フィリピン イピルイピルの炭で発電を検討

フィリピンで豆科の速成樹イピルイピル (*Leucaena*) の木炭を用いた発電施設建設計画 (*Dendro - Eco Bliss Project*) が検討されている。実現化すると同国では最初の木炭発電になる。

同計画概要は、北部ルソン・パンガシナン州イログ・マティノの1,500ha以上の土地でイピルイピルを植樹し、生産材から木炭を製造して発電熱源とする。発電規模は3,000kW、計画経費は3,000万ペソ。フィリピン政府は世銀からの資金調達を見込んでおり、82年の完成を目途にしている。実施機関は、国家電化庁と現地電力消費組合 *Pangasinan Electric Cooperative* (*Panelco*) が木炭材料購入、木炭製造、発電を担当し、居住・環境省がイピルイピル栽植者の入植でリンクする。

イピルイピルの植樹は居住・環境省の新社会住宅建設計画 (*Bagong Lipunan Sites and Services*) 下で建設する150戸の住宅入居者が行なう。生産材の販売収入見込みは1戸当り1万8,000～2万5,000ペソ。

発電電力は実施機関である *Panelco* と *Central Pangasinan Electric Cooperative* へ供給される予定。なお、*Panelco* は現在、国家電力公社 (*NPC*) より1,700kWの電力供給を受けている。

フィリピンの家畜解体場 太陽熱で温水生産

このほどフィリピンの畜産総合会社 *Vitarich Corp.* は家畜の解体に用いる温水供給のため太陽熱温水パネルを完成した。産業用としては同国初のものに関心を集めている。

同社は79年11月、中部ルソンのブラカン州マリラオにある家畜解体施設

に試験的規模の温水パネルを設置、成績が良かったことから今回の本格的導入（80パネル）に踏みこんだもの。同社では、同施設で使用する燃料の70%は温水パネルにより削減できると期待している。

フィリピンのアルコガス

9月第2週から一部で販売か

フィリピン国家石油公社（PNOC）は9月第2週からメタノールを混合したガソリン（アルコガス）をネグロス島バコロド市で販売する予定。

これは同島ネグロス・オキシデンタル州のVictorias Milling Co.のもつマナブラ工場で生産されるメタノールを用いるもので同国では初の販売になる。同工場の生産メタノールは純度95%で、自動車燃料としてガソリンに混合するには水分が多すぎるため、PNOCはVictoria 社に施設改善のため750万ペソの融資などの支援を行ない純度を99.5%に高める努力をしている。

予定期日までに施設改善やアルコールの混合施設建設などが間に合わないとする向きもあるが、いずれにしろ近々にアルコガスがバコロドに出回るものとみられる。

Victorias 社はフィリピンでも最大規模といわれる製糖会社でマナブラ工場は日産3万リットルの規模をもつ。PNOCはVictoria 社から2カ年で1,800万リットルの買付契約を結んでおり、当面、このアルコールをレギュラーとハイオクのガソリンに混入したものをバコロド市でガソリンと同価格で売り出す。

非石油系の燃料源として注目される *Leucaena*

中米原産の豆科常緑樹 *Leucaena* が非石油系の燃料源として注目されている。これは16世紀以降、スペイン人が中米から他のスペイン統治領に持ち出したといわれ、今日までは、多くの熱帯、亜熱帯地域に自生している。日本では沖縄、小笠原に野生しており、ギンコウカン、ギンネムと呼ばれている。

Leucaena は属名で10種が認められているが植栽対象となるのは *Leucaena Leucosephala*。変種は100以上あり、大きく次の3つに分類される。

Hawaiian Type 高さ5mに達する灌木。他のタイプに比べ、木材、葉の生産性は低い。周年開花・結実し、落下種子が次々と発芽するので、傾斜地の土壌侵食防止、裸地の緑化に役立つ。戦災山野緑化に用いられたこともあり、薪、木炭原料、特用作物等の日陰樹として使われている。

Salvador Type (Guatemala Type) 20mに達する高木。葉、種子莢、種子はHawaiian Typeに比べ大きく、幹は太く(30cmに肥大)樹冠部以外には枝の着生がない。木材生産量はHawaiian Typeの倍。Hawaiian Giants と呼ばれる栽培品種は、用材、木製品、産業用燃料としての用途がある。

Peru Type 高さ15mに達し枝の着生がある。木材生産性は低いが、葉の生産量は多い。

Leucaena 属が産業用の樹種としてその特性が注目されたのは第2次世界大戦後で、Hawaiian Type以外の研究はまた歴史が浅い。主な植物学的特性としては、

・生長が速い — ハワイでの試験ではHawaiian Giants の樹高は、生育期間6カ月で4m、2年で9m、6年で17mに達している。

・やせ地、傾斜地でも生育する。

- ・根粒着生により窒素を固定する。
- ・切り株から再生する。
- ・葉に蛋白質を含む。

などの諸点が指摘され、今日では、燃料(薪、炭)、木材、日陰樹としての利用の他にパルプ資源、家畜飼料としての価値が認められている。

燃料価値

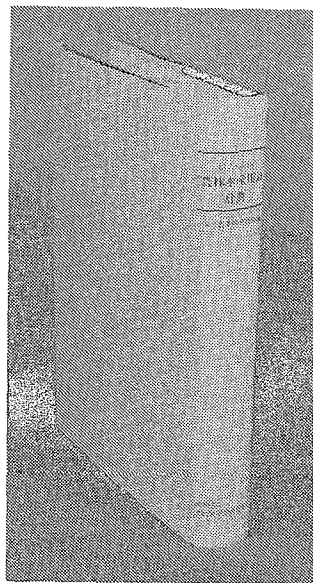
1950年にインドネシアで行なわれた研究報告によると *Leucaena* (Hawaiian Type) の燃焼熱量はKg当り、乾木で3,895 Kcalで、針葉樹(乾木で2,700 Kcal)よりも高い。また、同じ研究報告によると木炭にすると7,250 kcalで、重油(10,000 Kcal)より劣るが石炭(火力発電用で6,000~6,500 Kcal)より優れている。フィリピンでの試験(オープン・ドライの木材1Kg当りの熱量比較)では、Hawaiian Type 4,640~4,675 Kcal、Salvador Type 4,170~4,475 Kcalとの結果が報告されている。

産業用熱源としての実用例は、マラウイで製糖工場の蒸気生産燃料としての乾木利用が伝えられている。また、フィリピンでは、民間企業の発電施設での補助燃料や製鉄に用する木炭生産材料として大規模植林が数カ所で行なわれている。

また最近、木材中のセルロースを発酵分解してのアルコール生産や、木材から木ガスを生産し内燃機関の燃料に活用するなどの研究も実施されている。フィリピンでの研究によると、理論的に1トンの木材から240ℓのアルコール生産が期待できるとされる。

セルロースよりのアルコール生産には技術的に未開発な部分も多く実用化は先のこととなるがアルコールへの転換率は、甘蔗(トン当り約65ℓ)、キャッサバ(同約140ℓ)よりも高い。

和英 農林水産用語辞典
英和



☆ A5版 602頁

☆ 海外農業開発財団編

☆ 定価 5,000円

☆ 販売元 (社) 海外農業
開発協会

TEL 03(478)
3508(代)

海外農業開発 第62号 1980. 8. 15

発行人 社団法人 海外農業開発協会 岩田喜雄 編集人 小林一彦

〒107 東京都港区赤坂8-10-32 アジア会館

TEL (03)478-3508

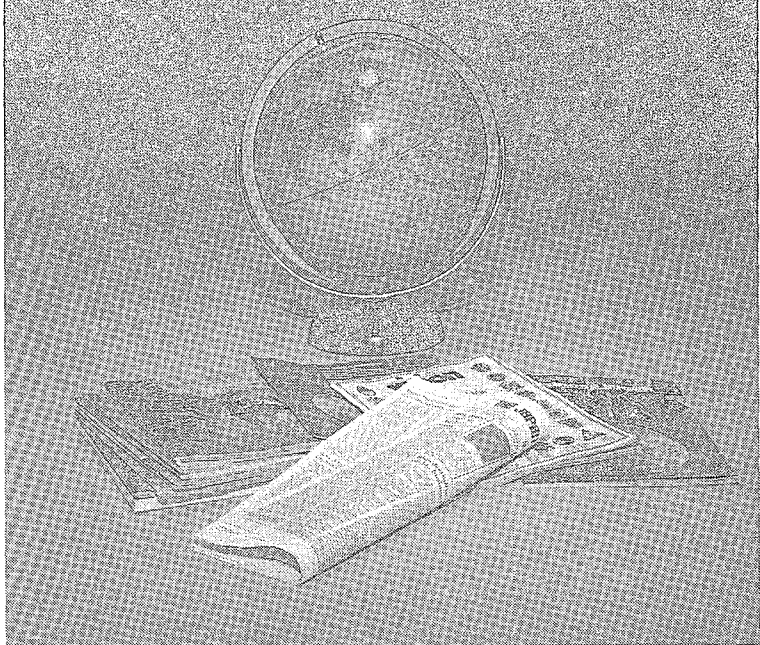
定価 500円

年間購読料6,000円 送料共

(海外船便郵送の場合は6,500円)

印刷所 日本軽印刷工業(株) (833)6971

世界の人々とともに考え、語り合っています——
明日のこと。世界のこと。



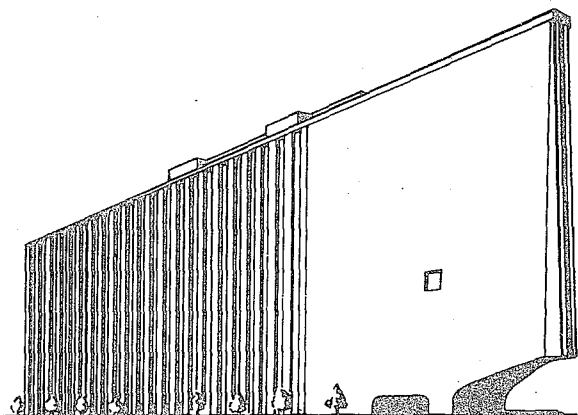
いま世界は、ひとつの転換期を迎えていると思います。経済の動きだけでなく、政治も文化も、一人一人の生活や意識も大きく変わりつつあるのではないのでしょうか……。

こんな時こそ、より多くの人々とともに語り合い、協力しあってより確かな明日への道を探す——伊藤忠商事では国内はもとより、海外においても、一人一人が相互の理解と信頼を深めるように努めています。

 伊藤忠商事

豊かな明日を考える興銀

最新の情報をもとにして、産業の発展、資源開発、公害のない都市づくりなど、より豊かな明日への実現に努力してゆきたいと考えています。



リツキー ワリコー

日本興業銀行

【本店】東京都千代田区丸の内1-3-3 ☎03(214)1111

【支店】札幌・仙台・福島・東京・新宿・渋谷・横浜・静岡・名古屋・新潟・富山・京都・大阪・梅田・神戸・広島・高松・福岡

海外農業開発 第 62 号

第 3 種郵便物認可 昭和55年 8 月15日発行

MONTHLY BULLETIN OVERSEAS AGRICULTURAL DEVELOPMENT NEWS