

## ■ 特 集 ■ 植物資源のエネルギー化

# 糖質のアルコール醗酵

## Ethanol Fermentation of Sugars

山 本 武 彦\*

Takehiko Yamamoto

### はじめに

微生物、特に酵母と人類とのつながりは古い。人類は有史以前からアルコール（エタノール）を含む食飲料を嗜んできた。そして紀元前数千年の昔、古代バビロニアおよびエジプトではビールの醸造が行われている。ブドウ酒はもっと古くから製せられていたようである。農耕民族であったわれわれ日本人の祖先も米作と同時に「かみし酒」（かんで造ったと、かびによって、またはかびした酒の2様の解釈がある）を造っていたと云われる。

アルコール類は勿論、エタノールのみについても夥しく多数の用途がある。かつて日本の工業用アルコールは専ら台湾で醗酵法によって製造されていたが、1937年以来当時のいわゆる内地でも製造されるようになった。1965年頃より日本でも工業用エタノールは合成法（日本合成アルコール）によって製造されるようになり、1972年にはすでに合成法によるエタノール（日本エタノール）が醗酵法によるそれを上廻った。それでもエタノールの生産量はせいぜい35万kℓ（メタノールの生産量は100万トン強）でその需要は70%が酒類用、他は工業用、食料加工、衛生関係であった。因みに1975年における日本の酒類の生産量を表1に示すが、少なくとも日本では酒類として飲まれるエタノールが工業用エタノールをはるかに上廻っている。

表1 日本の酒類生産(1975年)

単位 1000kℓ

酒	1,675	果実酒	28
焼酎	190	ウイスキー	300
ビール	3,736	その他	110

戦中日本でも多量のエタノールが揮発油に混合して使用された。大体内燃機関はエタノールを燃料とする前提で研究されたが、ガソリンなど石油起源の燃料が廉価になり、内燃機関の燃料は遂にこれらにおき変えられてしまった。しかし1974年の石油ショックが切掛となってエタノールが内燃機関その他の燃料として注目され出した。そしてブラジルでは1976年来いわゆるGasholとして当初は15%、現在は20%エタノールを混合し、また最近ではエタノール単独使用の自動車が生産されるに至った。オクタン価100のイソオクタンとエタノールの燃料としての比較は表2の通りである。

表2 エタノールとイソオクタンの性質の比較

性 質	エタノール (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH)	イソオクタン (C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> )
オクタン価	106	100
分子 量	46.07	114.224
炭 素, %	52.0	84.0
水 素, %	13.0	16.0
酸 素, %	35.0	0.0
沸 点, °C	78.4	99.2
氷 点, °C	-114	-107.5
比 重	0.789	0.692
気化熱, カロリー/g, 25°C, /気圧	223.6	74.7
燃焼熱, カロリー/g, 25°C		
気 体	7,236	11,639
液 体-気 体	6,540	10,795
理論空燃比, g/g	9.0	15.3
動着火点, °C	364	418

エタノールの生産は1945年までは廃糖蜜、或は穀類などを原料として行っていたが、1946年頃より急速に合成法（硫酸エチル）に変わり、米国では1960年代のエタノールは食飲料以外は全部、合成法（エタノールの大半は圧力1000psi（ポンド/インチ<sup>2</sup>）400°C位でリン酸を触媒としてエチレンに直接水和する方法）によって生産された。しかし石油価格の高騰により、エタノール生産は再度醗酵によって製造されようとしている。

\*大阪市立大学理学部学部長・教授

〒558 大阪市住吉区杉本町3-3-138

ブラジル国、特にサンパウロ州では気候風土に恵まれて甘蔗の栽培が盛んである。甘蔗汁はエタノール醱酵原料として最も手っとりばよい。同国の1976年に於けるエタノール生産は80万kℓ、1979年のそれは約330万kℓ、さらに1985年の生産目標は1070万kℓとされている。

地下資源がなく、また農産物価格も国際的にかなり高価である本邦で液体燃料としてのエタノールを経済的に生産することは極めて困難であるとは云え、石油価格が現在より高騰すれば必ずしも不可能とは思われない。本稿では本邦事情を考慮しながらエタノール生産について記述してみたい。

## 1. 醱酵原料

我が国のアルコール原料は、戦前及び戦後しばらくはサツマイモを原料としていたが、現在ではアメリカ合衆国における玉蜀黍、ブラジルに於ける甘蔗、ジャマイカやキューバにおける糖蜜、タイ、インドネシアに於けるキャッサバのように豊富で低廉な原料をもたない。

### 1.1 糖質原料(糖蜜類)

サツマイモの生産が減少するにつれ、エタノール醱酵原料は次第に廃糖蜜に代ったが、昭和38年頃より、糖蜜を原料とする国内のエタノール醱酵も次第に減少し、海外より粗製エタノールを輸入する傾向に変わった。しかし今や廃糖蜜は貴重なエタノール醱酵原料でその購入も以前と異り、任意に購入することはできない状態である。因みに糖蜜類の成分を表3に示す。

糖蜜類は水を加えて適当な濃度とすればただちに醱酵もろみ原料となり、糖化など前処理の必要がない。しかし糖蜜中には非醱酵性糖があるため全糖量に対する醱酵率が低く、また醱酵中に泡がたち、また蒸溜に際してスケールが生じ易い欠点を有する。特にエタノール蒸溜廃液の処理が種々の点で容易でなく公害を齎し易い。そのため糖蜜醱酵は国内で行われなくなった。

糖蜜は確かに稀釈するだけで醱酵もろみ原料となるが害菌を防ぐため、甘蔗糖蜜の場合は一旦硫酸酸性に

し、次いで苛性ソーダで微酸性に中和する。窒素源として硫酸を0.4%位に添加する。甜菜糖蜜はアルカリ性であるため微酸性に中和し、一旦煮沸してもろみとする。なお甜菜糖蜜は一般に変性エタノールの生産に用いられる。

ナツメヤシ(date)やパインアップル果汁、また最近日本でも柑橘果汁圧搾槽の洗浄液をエタノール醱酵に利用しようとしているが、地方的に小規模に行われるに過ぎない。

亜硫酸パルプ廃液—パルプ1トン当り平均300kgの糖分及びその他を含む8トンの亜硫酸廃液が生じる。糖はグルコースが50%、マンノース15%、ガラクトース8%、アラビノース27% (組成は使用木材の種類によって異なる) からなっている。米国に於ける亜硫酸パルプ廃液からのエタノール生産は1956年で650万ガロンであったが、その後亜硫酸パルプ廃液はむしろ飼料用酵母生産に利用されている。

### 1.2 澱粉質原料

工業用エタノールは現在専ら合成法によって生産されているのでエタノール生産のための澱粉質原料を現状で論ずることは困難である。むしろ1945~1955年の間のまだ化学合成法によるエタノール生産が全体の1/2~1/3程度であった当時の資料が参考になるとと思われる。

日本では甘藷(生及び切干)が主であった。外国ではこの他に玉蜀黍、馬鈴薯が主なる原料であった。最近ではキャッサバ(ブラジルのマンジョカ)が目ざされている。

澱粉は種類によっては生でもグルコアミラーゼにより直接糖化される。穀類でん粉、キャッサバがそうである。甘藷もそれらの澱粉に比べれば遅いが生で分解される。しかし馬鈴薯澱粉は生ではどのアミラーゼによっても分解されない。勿論加熱糊化すれば分解される。加熱糊化すると5%以上の濃度の澱粉液は流動し難い。そのため糖化に先立ち、加熱糊化と同時に $\alpha$ -アミラーゼでデキストリン化して粘度を下げ可及的にもろみ中の全糖量を高くする方法が採用される。

澱粉質ではないが“きく芋”を原料とすることも試

表3 廃糖蜜の成分

糖蜜の起源	全糖分, %	全窒素, %	灰分, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %
砂糖黍	45~60	0.45~0.75	8~11	0.0033~0.0070
甜菜	47~57	1.4~1.6	5~10	0.006
精製糖	45~60	0.2~0.4	3~5	

みられた。きく芋は米国でも当時大いに注目された。雑草とみなされるきく芋は平均1 ha当りの収量25トン(全糖質平均17%)にも達し、しかもきく芋は貯蔵に耐え、また分裂酵母 *Schizosaccharomyces pombe* は直接蒸煮したきく芋のイヌリンを加水分解し同時に高収率でエタノール醱酵を行うからである。簡単に荒地に栽培でき、収量もよく、しかも飼料ともあまり競合しないので日本でも将来エタノール醱酵原料植物として極めて有望であると思われる。

### 1.3 セルローズ質原料

毎年地球上に生産されるセルローズ質は300億トンにも達すると推定される。再生産される資源としてまさに最大のものである。セルローズはグルコースの $\beta$ -1,4結合よりなる連鎖が高度の晶質構造をとっているため、その分解は澱粉のように容易でない。分解には予め機械的に微粉砕するか、或はアルカリ溶液に浸漬して晶質構造を破壊するなどの前処理が必要である。最近セルローズを分解する酵素が種々の微生物に見出され、中には70°Cで最大活性を示すものもあり、實際化の可能性がかなり生じて来た<sup>1) 2)</sup>。

京大木研越島ら<sup>3)</sup>は微粉末にすると木質部セルローズの80%は日本で現在市販されているセルラーゼ剤によりグリコースに糖化される事実を見出しており、また大阪府大・村尾らは種々の植物、特に稲わらや柑橘搾搾を極めてよく糖化する微生物酵素を見出している<sup>4)</sup>。

すでに米国では玉蜀黍茎を原料として、その1トンより23ガロンのエタノールを、1ガロン当り1ドル80セントのコストで生産することに成功している。<sup>5)</sup>

酸分解法によって糖化し、エタノール原料化することもかなり経済性があるとみなされる。1929年Scholler<sup>6)</sup>によって提案された方法は幾多改善され、現在では分解に用いる稀硫酸(0.5%)を本分解及び予備分

解に環流使用し、またリグニンを分離して燃料として使用する。本分解は250 psig, 300°F, 1.25時間行い、分解によって生じるメタノール、フルフラールは分溜し、得られる糖液は石灰で中和後エタノール醱酵に付される。乾量100 kg材木当り24ℓのエタノールを生産する。<sup>7)</sup> 残存ペントースは回収利用する。

## 2. エタノール醱酵

### 2.1 糖の種類とエタノール醱酵

糖の種類によって醱酵速度は異なる。また酵母の種類によっても醱酵速度は一様ではない。*Saccharomyces cerevisiae*を用いる場合の醱酵速度はグルコース濃度5%前後で最大となり(1%のときの10%増)、それ以上12%までは大差なく20%になると5%のときの80%程度になる。酒醸造の場合のように麹菌酵素で糖化しながらエタノール醱酵、すなわち並行複醱酵に於ても、仕込当初特に初添、留添後の還元糖は8%前後にも達するが、醱酵速度に影響をきたすことはない。なおグルコースには $\alpha$ 、 $\beta$ -型2種のアノマーが存在するが常に $\alpha$ -型が $\beta$ -型より速やかに醱酵される。

果糖はブドウ糖より醱酵速度は少し遅い。しかし蔗糖は大体ブドウ糖と同速度で醱酵される。マルトースはブドウ糖より醱酵され難いが、酵母がマルトースに馴致されればグルコースと略同速度で醱酵する。マンノースは果糖よりも劣り、ガラクトースは最も醱酵され難い。しかしガラクトース異性化酵素を有する酵母はホエー(乳糖濃度4~5%)を用いてのエタノール醱酵に於て使われた。表4に種々酵母の醱酵力と糖資化性を示す。

### 2.2 微生物の種類とエタノール醱酵

大多数の酵母菌は模範的エタノール醱酵を行う。すなわち大略  $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$  に従ってエタノール醱酵を行う。

表4 種々の酵母の種々糖の資化性と醱酵性

酵 母	発 酵 能					資 化 能				
	glucose	galactose	sucrose	maltose	lactose	glucose	galactose	sucrose	maltose	lactose
<i>Debaromyces vini</i>	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-
<i>Candida lipolytica</i>	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Candida pulcherrima</i>	+	±	-	-	-	+	±	+	+	-
<i>Cryptococcus laurentii</i>	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
<i>Hansenula anomala</i>	+	±	±	+	-	+	±	+	+	-
<i>Kloeckera africana</i>	+	-	-	-	-	+	-	±	+	-
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-
<i>Torulopsis ernobii</i>	+	-	-	-	-	+	-	+	+	-
<i>Torulopsis sphaerica</i>	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+

- : 反応なし, + : 反応あり, ± : 弱反応.

醱酵は分子状酸素を使用しない糖代謝によるエネルギー獲得法で、さらに厳密に言えばそのエネルギー獲得代謝の最終段階で基質炭素化合物は還元された状態の化合物となって留り、またそれを生じるため酸化還元仲介したNADは、最終段階で酸化型(NAD<sup>+</sup>)となって回収されるエネルギー代謝を言う。したがってエタノール生成によるエネルギー獲得の代謝は必ずしも嫌気的条件下だけで起るとは限らない。図-1に酵母による典型的なエタノール生成(Embden-Meyerhof-Parnas系), *Pseudomonas*属細菌, 野性酵母 *Candida utilis*によるエタノール生成(Warburg-Dickens-Horecker系)と *Pseudomonas*の1種 *Zymomonas mobilis*によるエタノール生成代謝過程(Entner-Doudoroff系)の概要を示す。

*Zymomonas mobilis*は酵母に比較して同一菌体量で3倍の醱酵速度を有し、またグルコース濃度30%でもエタノールを生成する特徴を有する<sup>8)</sup>。ただし微生物の生産する物質によって同菌は死滅するため、いわゆる麹菌により糖化し乍ら醱酵を行うエタノール醱酵

法には適しない。しかし果汁や予め酵素を用いて製したグルコースを用いてのエタノール醱酵には酵母に勝る利点がある。酵母のエタノール耐性は高温(28°C以上)になる程、またエタノール濃度が大(14%以上)になる程急速に低下する。省エネルギーのため高濃度醱酵が望ましい。このような観点からも *Zymomonas*は十分検討されるべきと考えられる。

さきにも述べたが *Schizosaccharomyces pombe*は加熱したきく芋のイヌリンを直接糖化醱酵することを述べた。*Schizosaccharomyces*属酵母は低分子デキストリンも醱酵するのでいも類原料のエタノール醱酵に使用された。今後醱酵を速やかに行うための研究も当然行われると思われる。エタノール醱酵の速度も温度が高い程大となるので高温(30°C以上)でエタノール醱酵を行う *Pichia*属酵母も研究対象になるであろう。

### 3. エタノール醱酵の方法と問題点について

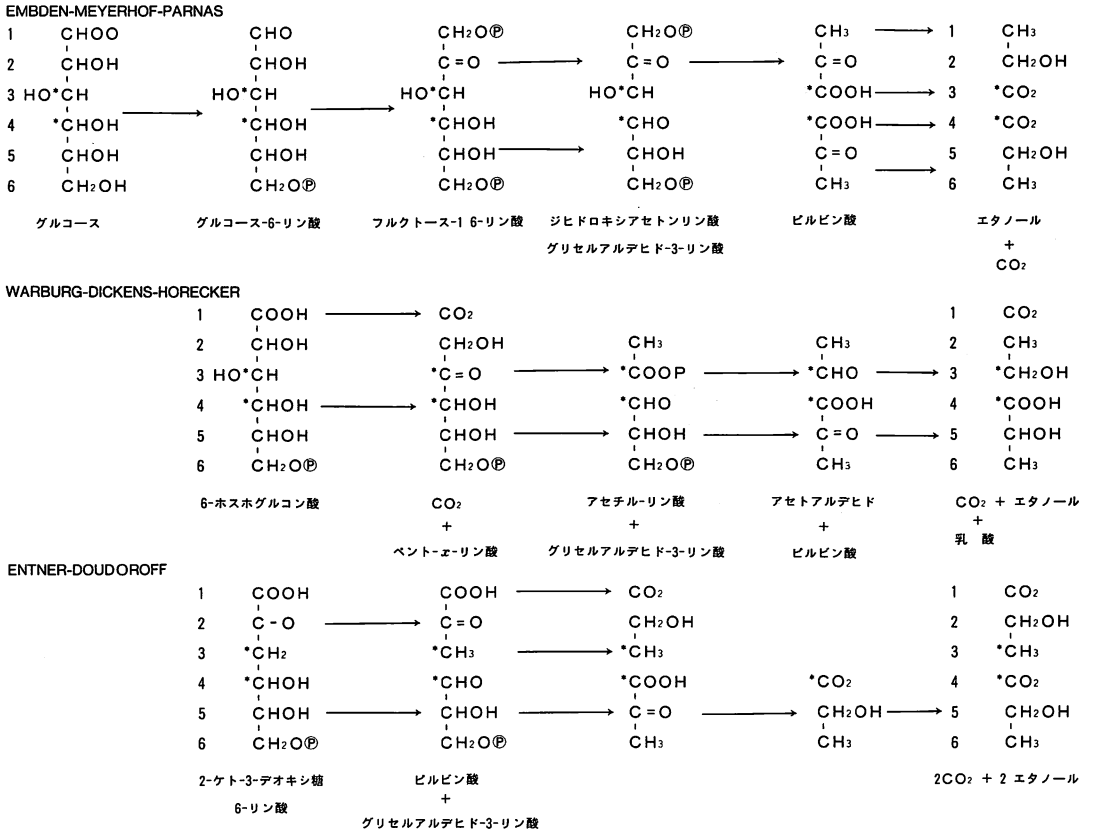


図-1 種々醱酵型式によるエタノールの生成

### 3.1 エタノール醱酵の方法

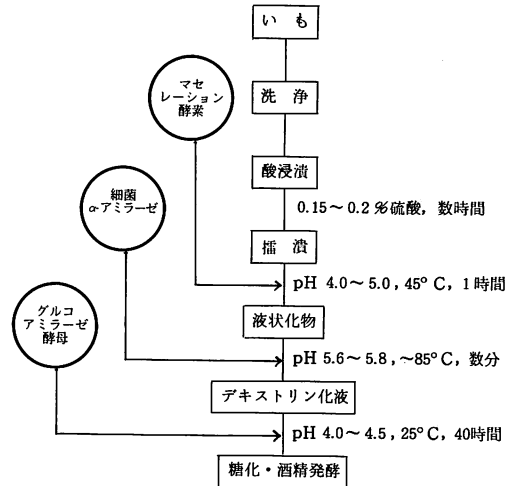
最近エタノール醱酵を種々の意味で省エネルギー化しながら行うための研究が行われている。高濃度エタノール醱酵、連続醱酵、乃至酵母を回収して醱酵へ反覆利用する方法、さらには高速度醱酵、また固定化酵母による醱酵の研究が行われて来た。それらの学術的意義は勿論あるが、それらの研究の実際的应用には当然種々の評価がなされねばならない。

### 3.2 醱酵法によるエタノール生産の問題点

表2に示すようにエタノールの燃焼熱は1kg当り約7200キロカロリー、1ℓ当りにすれば約5,600キロカロリーであるが、従来の方法では澱粉質原料からの醱酵ではエタノール1ℓ当り3,300~4,500キロカロリーを要した。澱粉質を原料とするエタノール生産では消費総エネルギー中、原料の蒸煮に25~30%、生じたエタノールの蒸溜回収に約50%を要する。これではエネルギーバランス上、燃料としてのエタノールの生産の意味が甚だしい。エタノールが石油由来のガソリン或は軽油に対比できる燃料となるためには結局生産コスト面で石油乃至石炭由来の液体燃料に対等になるか或は勝らなければならない。

九州大学上田誠之助教授<sup>9)</sup>は黒黴菌の一種 *Aspergillus awamori* var. *Kawachi* の澱粉分解酵素について長年に亘り研究し、それには二種の糖化アミラーゼ(グルコアミラーゼ)があり、その中の一種は生澱粉にも直接作用して糖化する活性が強力であることを認め、同菌を麹として播砕した生甘藷に作用させ、同時に酵母で醱酵させる甘藷(キャッサバ)の無蒸煮エタノール醱酵法を発表した。

著者らは同じく黒かびの一種 *Aspergillus niger* が植物組織の溶解(マセレーション)力が極めて強力であることを知り、その酵素を解析して酵素ペクチンエンドポリガラクトナーゼがいも類、特に播砕馬鈴薯を極めて容易に液状化することを認め、これを利用して図-2の工程でいも類を原料として酵素法による無蒸煮エタノール醱酵が可能であることを明らかにした。甘藷、キャッサバを原料とするときは遅いがそれらの生澱粉はグルコアミラーゼで糖化できるので、デキストリン化工程を省略することができる。馬鈴薯澱粉はグルコアミラーゼで糖化できないので予め細菌 $\alpha$ -アミラーゼ存在で80°C~85°Cに加熱してデキストリン化しなければならない。馬鈴薯について同図のマセレーション酵素を利用する利点は、馬鈴薯の澱粉含有量は約18%で甘藷(28%)、キャッサバ(24%)に比べて低い



(馬鈴薯原料の場合にのみ細菌 $\alpha$ -アミラーゼによるデキストリン化が必要)

図-2 醱酵法によるいも類の無蒸煮エタノール醱酵

ので、予めいもをマセレーション酵素で液状化し、その上清を去り、沈降部割をデキストリン化すれば高濃度仕込みが可能になる。著者らは図-2の方法で醱酵を行いデキストリン化を行った場合は44~60時間で14~16%(v/v)、デキストリン化を行わない甘藷の場合に120時間で12.5%(v/v)のエタノールを得た。

醱酵によるエタノールの工業生産では、もろみ中のエタノール濃度は稀薄な場合は6%、濃い方で9~10%に過ぎない。ブラジルに於けるエタノール醱酵用甘藷汁(洗浄液を含む)の糖濃度は大略19%で、したがって得られるエタノールも平均9%である。澱粉質原料を無蒸煮で仕込み、しかも高濃度(15%以上)エタノール醱酵が可能ならば先に述べたエタノール生産のための必要エネルギーは大巾に減少する。もし蒸溜などによらずにエタノールを分離することができるならばエネルギーコストはさらに軽減できることは言うまでもない。

エタノールを蒸溜によらずに分別しようとの試みは最近かなり活発に行われている<sup>11)</sup>。東京大学物性研田村正平化学分析室長は4~5%エタノール溶液を多孔性テフロン膜を用いて濾過すればエタノールのみが通過する画期的事実を発見した<sup>12)</sup>。理在のところで分離に供するエタノール濃度が4~5%の場合最適で、エタノールがそれ以上の濃度になると思わしくないようであるが、連続醱酵を行い乍らたえず濾過することができるはずである。この発見により醱酵によるエタノールもいよいよ燃料として石油由来のものと競合できる可能性が生じたと思われる。

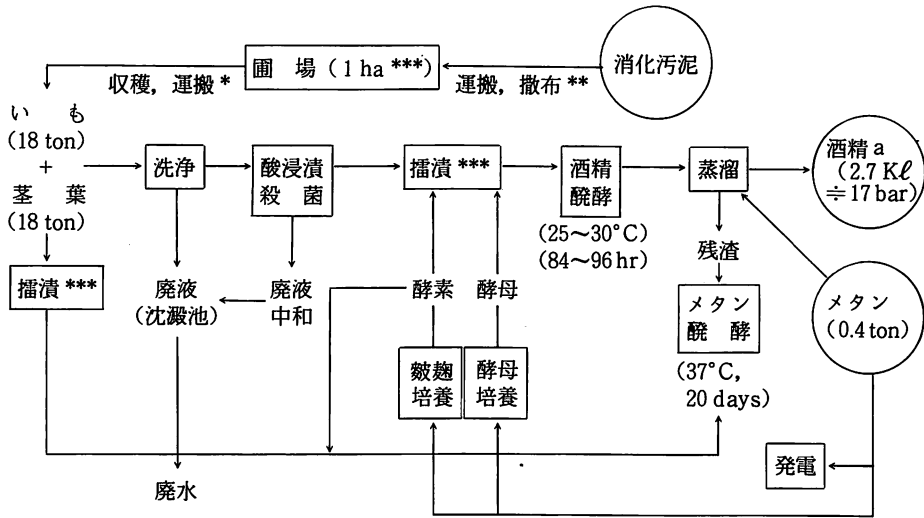


図-3 甘藷を原料とする外部エネルギー無供給酒精醱酵  
(酵素による溶解糖化, メタン醱酵による元素循環とエネルギー回収)

\* 120 ha 圃場, 年3回作付, 毎日仕込  
耕耘, 運搬仕事への酒精使用量: \* 40ℓ/0.7 Km, \*\* 30ℓ/0.7 Km, \*\*\* 120ℓ  
a 95% 酒精, 無水物換算

表 5 甘藷原料酒精醱酵の1 ha 当収支要因

原 料		給 排 水	
いも (酒精)	茎葉 (メタン)	洗浄水	殺菌用水
18 ton	18 ton (0.4 ton,	36 ton	18 ton
(2.7 Kl ≐ 17 bar)	10 Kcal × 0.4 × 10 <sup>6</sup> )		中和剤
			石灰
			(0.2% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) 25 Kg
			(H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 36 Kg)
添 加 資 材		労 力	
酵 素 生 産 用	そ の 他	栽 培	醱 酵
90 + 10 Kg	グルコアミラーゼ		
ペクチン	(購 入)	耕 耘	仕 込 作 業
セルロース	酒精醱酵	施 肥	醱 酵 管 理
ヘミセルロース	促進用無機塩	作 付	酵 素 生 産
		収 穫	酵 母 培 養
			蒸 溜
			熱 管 理
			給 排 水
			発 電 等
			機 器 操 作

著者は農産物を原料とする加(化)工工業は小規模地方分散型であるべきと思う。特に粗製品生産の場合にはそうあるべきと考えられる。これは単に付加価値を高くしたものを運搬する方がより経済的であるのみならず, 同工業に附随して産せられる種々の農産廃物をメタン醱酵に付して, 炭素を可及的に熱エネルギー源であるメタンとして回収できるからである。しかもメタン醱酵残液は肥料として使用できる。

沖縄県, 特に西表島やフィリッピン, タイ, インドネシアなど東南アジア諸国では条件により甘藷は年3

回栽培が可能であると言われる。甘藷も連作害を生じ易い。特にいも収穫後茎葉を圃場に放置するときは病虫害の発生を招く。しかし茎葉を悉くメタン醱酵に付すれば, メタンの回収と同時に病虫害発生を予防でき, しかもそのメタン醱酵に, いもを原料としたエタノール醱酵の蒸溜残渣も利用するならばいもが圃場土壌から獲得した窒素, リン酸, カリ, その他無機物はすべてメタン醱酵残渣に回収され, これを肥料とすれば以後無肥料で甘藷が栽培でき, したがって甘藷が太陽光線エネルギーと大気中の二酸化炭素から合成した炭水

化物をエタノール、メタン（一部は二酸化炭素として散逸）として獲得し、甘藷中の無機成分と大部分の窒素を循環利用することになる。机上で計画した工程図と所要消耗資材を図-3、表5に示す。読者からの意見を伺えれば幸甚である。

## おわりに

幾度か述べたように燃料用エタノールは低廉でなければならない。とは云ってもこれを外国に依存するには限度がある。温帯に位置し、雨量にも恵まれている日本の植物生産力は世界の平均よりかなり高い。種々の角度から農業を検討し、国内でも或る程度原料を生産し、最少300～400万klの燃料用エタノールの醗酵による製造を実現せねばならないと思われる。

## 文 献

- 1) Y. H. Lee, L. T. Fan, Properties and mode of Action of Cellulase, *Advances in Biochemical Engineering* 17, p.101～130 (1980)
- 2) Y. H. Lee, L. T. Fan, L. S. Fan, Kinetics of Hydrolysis of insoluble Cellulose by Cellulase, *ibid.*, 17, 131～168 (1980)
- 3) 東順一, 越島哲夫, セルラーゼ系酵素による木材の加水分解・文部省科学研究費補助金“生物エネルギーの利用と開発”昭和55年成果報告 p.74～80
- 4) 村尾沢夫, 難分解多糖の酵素分解, 同上昭和55年度成果報告 p.33～35
- 5) J. D. Keenan, Review of Biomass to Fuels, *Process Biochem*, May 1979, p.9～15
- 6) H. Scholler, *Chem. Z.*, 60, 293 (1936) The Production of Industrial Alcohol, *Industrial Microbiology* by S. C. Prescott. C. G. Dunn, McGraw-Hill Book Co. 1940, p.40～66
- 7) N. P. Cheremisinoff, P. N. Cheremisinoff, F. Ellerbusch, “Biomass” Application, Technology and Production, Marcel Dekker, Inc., 1980, p.168～172
- 8) R. L. Rogers, K. J. Phil, M. E. Tribe, High Productivity Ethanol Fermentations With *Zymomonas mobilis*, *Process Biochem*, Aug/Sept. 1980, p.7～11
- 9) 上田誠之助, Raw Starch Digestion by Mold Glucoamylase and Debranching Enzymes, *Mechanisms of Saccharide: Polymerization and Depolymerization* by J. John Marshall, Academic Press, 1980, p.55～70
- 10) 山本武彦 酵素剤を利用する“いも”類の無蒸煮酒精酵素 アルコール燃料研究会ニュース (日本エネルギー経済研究所) 資料21, p.6～10 (1981)
- 11) Critical fluid aim for a broad industrial role, *Chemical week*, July 9, 1980
- 12) 田村正平 酵素法エタノール製造におけるエネルギー収支の改善 ろ過膜によるエタノールの水からの分離, アルコール燃料研究会ニュース (日本エネルギー経済研究所), 資料22, p.11～15 (1981)

## 新刊図書

## 「創造的技術立国をめざして」

通産省工業技術院編

(内容) 資源・エネルギーに乏しい我が国が、その制約を克服し、活力とゆとりある社会の実現を図るためには、頭脳資源を最大限に活用し、従来の欧米技術への依存から脱却し創造的な技術開発を進めていく必要がある。

本書は、先般公表された産業構造審議会の「80年代の通商産業政策のあり方に関する答申」起算の過程で、省内に設置された80年代通商産業政策研究会技術開発分科会において収集、検討の用に供した資料をとりまとめたもの。

- (目次) 第1章 80年代における技術の可能性  
 第2章 80年代において技術に期待される課題と対応の方向  
 第3章 80年代における技術政策の新展開

(体裁) A5判 141頁 定価 1200円

(発行) 財通商産業調査会

(取扱) 官報販売所