No. 22

ブラジル連邦共和国
カラジャス地域
総合開発計画調査

第1次 プログレス レポート

第3巻　農林産品(第2部)

昭和58年12月

国際協力事業団

[redacted]

83-20

ブラジル連邦共和国
カラジャス地域
総合開発計画調査

第1次 プログレス レポート

第3巻　農林産品（第2部）

昭和58年 12月

国際協力事業団

総　目　次

第１巻　要約と結論

第２巻　農林産品（第１部）
〔1〕　油糧種子
〔1－1〕　調査対象品目の概要
〔1－2〕　調査対象油糧種子各論
〔1－2－1〕　オイルパーム
〔1－2－2〕　コプラ・やし油およびパーム核（油）、ババス核（油）
〔1－2－3〕　大　豆
〔1－2－4〕　その他の油糧作物
〔1－2－4－1〕　落花生
〔1－2－4－2〕　ひまわり
〔1－2－4－3〕　綿　実
〔1－2－4－4〕　コーン油
〔1－2－4－5〕　ひまし
〔1－3〕　予測モデルの構造と予測結果
〔1〕－Appendix 1　油糧種子と油脂の海上輸送
〔1〕－Appendix 2　Recent World Supply and Demand of Oilseeds
〔2〕　飼　料
〔2－1〕　とうもろこし
〔2－2〕　大豆ミール
〔2－3〕　キャッサバ・ペレット

第３巻　農林産品（第２部）
〔3〕　エチルアルコール
〔4〕　工芸作物
〔4－1〕　天然ゴム
〔4－2〕　その他の工芸作物
〔4－2－1〕　コショウ
〔4－2－2〕　ガラナ・ブラジルナッツ

〔5〕 綿　花

〔6〕 林 産 物

〔7〕 牛　肉

〔8〕 熱帯果実

〔8－1〕 バナナ

〔8－2〕 その他の熱帯果実

〔8－2－1〕 メロン

〔8－2－2〕 パパイヤ

〔8－2－3〕 カシューナッツ

〔8－2－4〕 パイナップルジュース

〔8－2－5〕 パッションフルーツ・ジュース

〔8〕－Appendix Export of Fruits from Israel, Morocco, Mexico and South Africa

第4巻 鉱工産品

〔1〕 ボーキサイト・アルミナ・アルミニウム

〔2〕 ニッケル・フェロニッケル

〔3〕 コバルト

〔4〕 マンガン鉱石・フェロマンガン

〔5〕 銅・銅精鉱

〔6〕 錫

〔7〕 銑鉄・鋼半製品

Annex

〔A〕 マンガン団塊

第3巻　農林産品（第2部）

目　　次

〔3〕　エチルアルコール …… 〔3〕－　1～〔3〕－　122
〔4〕　工芸作物 …… 〔4〕－　1～〔4〕－　179
〔4－1〕　天然ゴム …… 〔4〕－　1～〔4〕－　118
〔4－2〕　その他の工芸作物 …… 〔4〕－　119～〔4〕－　179
〔4－2－1〕　コショウ …… 〔4〕－　119～〔4〕－　159
〔4－2－2〕　ガラナ・ブラジルナッツ …… 〔4〕－　160～〔4〕－　179
〔5〕　綿　花 …… 〔5〕－　1～〔5〕－　78
〔6〕　林 産 物 …… 〔6〕－　1～〔6〕－　153
〔7〕　牛　肉 …… 〔7〕－　1～〔7〕－　78
〔8〕　熱帯果実 …… 〔8〕－　1～〔8〕－　156
〔8－1〕　バナナ …… 〔8〕－　1～〔8〕－　61
〔8－2〕　その他の熱帯果実 …… 〔8〕－　62～〔8〕－　151
〔8－2－1〕　メロン …… 〔8〕－　63～〔8〕－　82
〔8－2－2〕　パパイヤ …… 〔8〕－　83～〔8〕－　94
〔8－2－3〕　カシューナッツ …… 〔8〕－　95～〔8〕－　115
〔8－2－4〕　パイナップルジュース …… 〔8〕－　116～〔8〕－　144
〔8－2－5〕　パッションフルーツ・ジュース …… 〔8〕－　145～〔8〕－　151
〔8〕－Appendix　Export of Fruits from Israel, Morocco, Mexico and South Africa …… 〔8〕－　152～〔8〕－　156

〔3〕 エチルアルコール

〔3〕 エチルアルコール

目　　次

A. 概　　要 …… 〔3〕－ 1
　I. エチルアルコール生産の歴史的背景 …… 〔3〕－ 1
　II. エチルアルコールの物性 …… 〔3〕－ 1
　III. エチルアルコールの用途 …… 〔3〕－ 3

B. 生　　産 …… 〔3〕－ 4
　I. 製品規格 …… 〔3〕－ 4
　　1. 製品純度 …… 〔3〕－ 4
　　2. その他規格項目 …… 〔3〕－ 4
　II. 原　　料 …… 〔3〕－ 4
　　1. 原料生産量と地域分布 …… 〔3〕－ 4
　　1. 1 糖質原料 …… 〔3〕－ 5
　　1. 1. 1 糖蜜 …… 〔3〕－ 5
　　1. 1. 2 さとうきび …… 〔3〕－ 6
　　1. 2 澱粉質原料 …… 〔3〕－ 6
　　1. 2. 1 とうもろこし …… 〔3〕－ 6
　　1. 2. 2 ばれいしょ …… 〔3〕－ 6
　　1. 2. 3 キャッサバ …… 〔3〕－ 6
　　1. 2. 4 さつまいも …… 〔3〕－ 6
　　1. 3 繊維素原料 …… 〔3〕－ 6
　　1. 4 合成法原料 …… 〔3〕－ 17
　　2. 原料価格 …… 〔3〕－ 17
　　2. 1 発酵法原料 …… 〔3〕－ 17
　　2. 2 合成法原料 …… 〔3〕－ 20
　III. 生産技術 …… 〔3〕－ 20
　　1. 主な製造プロセス …… 〔3〕－ 20
　　1. 1 発酵法－原料・糖蜜 …… 〔3〕－ 20
　　1. 2 発酵法－原料・さとうきび …… 〔3〕－ 23
　　1. 3 発酵法－原料・キャッサバ／さつまいも …… 〔3〕－ 23

1. 4 発酵法－原料・エチレン …… 〔3〕－ 23
2. エネルギー収支 …… 〔3〕－ 27
3. 技術革新 …… 〔3〕－ 28
3. 1 原料栽培 …… 〔3〕－ 28
3. 2 エチルアルコール製造技術 …… 〔3〕－ 28
3. 2. 1 繊維素原料の生物糖化エチルアルコール生産技術 …… 〔3〕－ 29
3. 2. 2 澱粉質原料の糖化工程 …… 〔3〕－ 29
3. 2. 3 繊維素原料の糖化工程 …… 〔3〕－ 29
3. 2. 4 発酵工程 …… 〔3〕－ 29
3. 2. 5 蒸溜工程 …… 〔3〕－ 30
4. プラント設備費 …… 〔3〕－ 30
IV. 生産コスト …… 〔3〕－ 31
1. 生産コスト試算の前提 …… 〔3〕－ 31
1. 1 検討対象 …… 〔3〕－ 31
1. 2 プラント能力 …… 〔3〕－ 31
1. 3 製品純度 …… 〔3〕－ 31
1. 4 稼動日数 …… 〔3〕－ 32
1. 5 年生産量 …… 〔3〕－ 32
1. 6 原料費 …… 〔3〕－ 32
1. 7 用役費、助剤費 …… 〔3〕－ 32
1. 8 労務費 …… 〔3〕－ 32
1. 9 保全費 …… 〔3〕－ 33
1. 10 税金・保険 …… 〔3〕－ 33
1. 11 償却費 …… 〔3〕－ 33
1. 12 利益 …… 〔3〕－ 33
1. 13 管理費 …… 〔3〕－ 33
2. 生産コスト試算結果 …… 〔3〕－ 33
V. 生産政策 …… 〔3〕－ 34
1. ブラジル …… 〔3〕－ 34
1. 1 工業および農業プロジェクトへの低利融資 …… 〔3〕－ 34
2. アメリカ …… 〔3〕－ 36
3. フィリピン …… 〔3〕－ 36
VI. 生産量の推移 …… 〔3〕－ 36
VII. 燃料用エチルアルコール生産計画 …… 〔3〕－ 37

1. ブラジル …… 〔3〕－ 37
2. アメリカ …… 〔3〕－ 40
3. フィリピン …… 〔3〕－ 40
4. アジア各国 …… 〔3〕－ 41
4. 1 タイ …… 〔3〕－ 41
4. 2 インドネシア …… 〔3〕－ 41
5. ヨーロッパ各国 …… 〔3〕－ 41

C. 消　費 …… 〔3〕－ 43
I. 用　途 …… 〔3〕－ 43
1. 変性 …… 〔3〕－ 43
1. 1 変性剤の具備すべき性質 …… 〔3〕－ 43
1. 2 変性剤 …… 〔3〕－ 43
1. 2. 1 一般変性 …… 〔3〕－ 43
1. 2. 2 選択変性 …… 〔3〕－ 44
1. 2. 3 特別変性 …… 〔3〕－ 44
1. 2. 4 特例変性 …… 〔3〕－ 44
2. 工業用 …… 〔3〕－ 44
2. 1 化学工業用 …… 〔3〕－ 44
2. 2 飲食料品用 …… 〔3〕－ 45
2. 3 衛生・薬品用 …… 〔3〕－ 45
2. 4 化学工業基礎原料用 …… 〔3〕－ 45
2. 4. 1 化学工業基礎原料用としての実施例 …… 〔3〕－ 45
2. 4. 2 エチレンの生産コスト比較 …… 〔3〕－ 47
3. 燃料用 …… 〔3〕－ 50
3. 1 ガソリン代替 …… 〔3〕－ 51
3. 1. 1 基礎物性 …… 〔3〕－ 52
3. 1. 2 人体や環境面への影響 …… 〔3〕－ 53
3. 1. 3 現用システムとの適合性 …… 〔3〕－ 53
3. 1. 4 経済・産業・社会制度面への影響 …… 〔3〕－ 53
3. 2 灯油、軽油、重油代替 …… 〔3〕－ 53
3. 2. 1 エチルアルコール混合灯油の基礎物性 …… 〔3〕－ 54
3. 2. 2 アルコールと軽油またはA重油との混合 …… 〔3〕－ 54
II. 販売政策 …… 〔3〕－ 54

1. ブラジル …… 〔3〕－ 55
2. アメリカ …… 〔3〕－ 55
3. フィリピン …… 〔3〕－ 55
III. 消費量 …… 〔3〕－ 56
1. 消費量の推移 …… 〔3〕－ 56
2. 用途別消費量の推移 …… 〔3〕－ 56
3. 消費に影響を与える要因 …… 〔3〕－ 57
3. 1 工業用の中で化学工業用、飲食料品用、衛生・薬品用 …… 〔3〕－ 57
3. 2 化学工業基礎原料用 …… 〔3〕－ 58
3. 3 燃料用 …… 〔3〕－ 58

D. 国際貿易 …… 〔3〕－ 59

E. 需給見通し …… 〔3〕－ 62
I. 需給見通しに影響を与える要因 …… 〔3〕－ 62
1. 原料市場動向 …… 〔3〕－ 62
1. 1 発酵法 …… 〔3〕－ 62
1. 1. 1 原料の量的な見通し …… 〔3〕－ 62
1. 1. 2 原料価格の見通し …… 〔3〕－ 68
1. 2 合成法 …… 〔3〕－ 71
1. 2. 1 原料の量的な見通し …… 〔3〕－ 71
1. 2. 2 原料価格の見通し …… 〔3〕－ 71
2. 生産技術動向 …… 〔3〕－ 72
2. 1 発酵法 …… 〔3〕－ 72
2. 1. 1 糖蜜 …… 〔3〕－ 72
2. 1. 2 さとうきび …… 〔3〕－ 73
2. 1. 3 キャッサバ …… 〔3〕－ 76
2. 2 合成法 …… 〔3〕－ 77
2. 2. 1 原料、用役量節減による生産コスト低減 …… 〔3〕－ 77
2. 2. 2 建設費削減による生産コスト低減 …… 〔3〕－ 78
2. 2. 3 生産規模拡大による生産コスト低減 …… 〔3〕－ 78
3. 生産コスト動向 …… 〔3〕－ 78
3. 1 ケース設定 …… 〔3〕－ 80

3．2　原料市場動向および生産技術動向の
エチルアルコール生産コストへの反映 …… 〔3〕－ 80
3．3　各ケース別2000年の生産コスト試算 …… 〔3〕－ 81
3．4　試算結果 …… 〔3〕－ 90
4．消費市場動向 …… 〔3〕－ 91
4．1　工業用のうち化学工業用、飲食料品用、
衛生薬品用としての用途 …… 〔3〕－ 91
4．2　工業用のうち化学工業基礎原料用としての
用途 …… 〔3〕－ 91
4．3　燃料用としての用途 …… 〔3〕－ 93
II．需給見通し …… 〔3〕－ 95
1．短期的展望 …… 〔3〕－ 95
1．1　工業用一般用途（化学工業用・飲食料品用
・衛生薬品用） …… 〔3〕－ 95
1．1．1　需要 …… 〔3〕－ 95
1．1．2　供給 …… 〔3〕－ 96
1．2　化学工業基礎原料用 …… 〔3〕－ 97
1．3　燃料用 …… 〔3〕－ 97
2．長期的展望 …… 〔3〕－ 97
2．1　工業用一般用途 …… 〔3〕－ 97
2．1．1　需要 …… 〔3〕－ 97
2．1．2　供給 …… 〔3〕－ 98
2．2　化学工業基礎原料用 …… 〔3〕－ 98
2．3　燃料用 …… 〔3〕－ 98
III．ブラジル産品の輸出可能性の検討 …… 〔3〕－ 99
1．一般工業用 …… 〔3〕－ 99
2．化学工業基礎原料用 …… 〔3〕－ 99
3．燃料用 …… 〔3〕－ 100

〔3〕エチルアルコール

A．概　　要

I．エチルアルコール生産の歴史的背景

エチルアルコールには致酔性、溶解性、反応性、殺菌性、燃焼性等の広範かつ有用な性質があり、その性質を利用して古くから酒類、医薬用、工業用、燃料用として使用されてきた。また、各国自作のいろいろな農産物から比較的容易に生産できるため、世界各国で、幅広く生産され、最近の国連統計に記載されているものでも43カ国を数える。

このようにエチルアルコールは極めてポピュラーな物質ではあるものの、飲料（酒類）に供されることから国家財源の対象として、また、使い易い国産可能な液体燃料となるために国家エネルギー源確保の観点から、多くの国で政策的に取り扱われてきている。

そもそもエチルアルコールの生産は、農産物または、その副産物である糖質および澱粉質の原料を用いる発酵法で始まり、特に1920年頃から1940年にかけ国防上あるいは農業振興の必要から世界各国で工業用並びに燃料用として大増産され、その生産は大いに発展した。

しかしながら、1945年以降国際的に石油の供給が容易となり、かつ石油価格も安価であった間は、燃料用としてのエチルアルコールはほとんど顧りみられなかった。

一方、工業用については1930年から1948年にかけ、石油（エチレン）を原料とする合成法が工業的にも確立され、主として先進工業国において生産が始められたが、各国各々の原料事情や農業政策などから、発酵法と併存した状態で今日に至っている。

このような状況の中で1973年石油危機が起り、発酵法によるエチルアルコール生産が再び脚光を浴び、工業用・燃料用として注目を集めることとなった。

一方エチルアルコールの生産技術についても、最近のエネルギー危機に遭遇するたびに脚光を浴び、燃料用エチルアルコールや工業用エチルアルコールとして増産され、それに伴って生産技術は着実に進歩しており、さらに技術開発も盛んに行われている。

II．エチルアルコールの物性

エチルアルコールの主な物理的、化学的性状をメチルアルコール、ガソリン、軽油、灯油と対比してTable A－1に示す。数値はAPI（American Petroleum Institute）から引用した。

Table A-1 Main Physical/Chemical Properties of Alcohol and Hydrocarbon Fuels

Property	Ethyl Alcohol	Methyl Alcohol	Gasoline	Diesel	Fuel Oil
Formula	CH_3CH_2OH	CH_3OH	C_4 to C_{12} Hydrocarbons	C_{14} to C_{19} Hydrocarbons	C_{20+} Hydrocarbons
Molecular weight	46.1	32.0	100-105 avg.	240 avg.	-
Composition (weight %)					
Carbon	52.2	12.5	85-88	85-88	85-87
Hydrocarbon	13.1	12.5	12-15	12-15	10-11
Oxygen	34.7	50.0	Neg.	Neg.	Neg.
Specific gravity	0.79	0.79	0.72-0.78	0.83-0.88	0.88-0.98
Boiling temperature, °C	78	65	27-225	240-360	360+
Flash point, °C	13	-	-43	38	66
Autoignition temperature, °C	423	878 F	257	-	-
Flammability limits (volume %)					
Lower	4.3	-	1.4	-	-
Higher	19.0	-	7.6	-	-
Octane Number (Research)	106-111	106-115	79-98	-	N.A.
(Motor)	89-100	82-92	71-90	-	N.A.
Cetane Number	0-5	N.A.	5-10	45-55	N.A.
Solubility in water	Infinite	Infinite	0	0	0

Note : N.A. - Not Applicable
Source: American Petroleum Institute (API)

なお、詳細な物理的、化学的、薬理的性質についてはAppendix Table　1に示すとおりである。

III．エチルアルコールの用途

エチルアルコールは前節の「物性」のとおり広範かつ有用な性質をそなえており、その用途は幅広いものである。用途の詳細については、C章I節で記述するので、ここでは用途の歴史的展開について簡単にふれておきたい。

人類が文字を使って記録を残すようになった時点で既に人々は、酒を造ることを知っていたといわれる。したがってエチルアルコールは、まず酒として飲用に供されていたが、この酒から蒸溜酒を得られるようになってから、医薬用として珍重されるようになった。さらに蒸溜技術が進み、ほとんど純粋なエチルアルコールとして得られるようになってから、燃料用、溶剤用（香料の精製など）としても用いられるようになったといわれている。この間、飲食料品用、衛生薬品用の用途も広がりさらに化学工業の勃興に伴い、その溶剤、助剤、原料として使われるようになった。1910年前後、すでに欧米の主要国では、工業用に20千～100千klのエチルアルコールが使われていた。

第一次大戦後1920年以降、燃料用、工業用の需要は拡大し、さらに1950年から1960年代前半にかけては、エチルアルコールを主原料としたエチルアルコール化学工業がブラジル、インドを中心に発展し、エチレン、ポリエチレン、エチルベンゼンなどが工業的に生産された。

しかしながらこれと並行する形で1940年代よりアメリカで、石油化学ベースによる合成化学製品の製造が開始され、1948年には、エチレンの直接水和による合成エチルアルコールの生産が開始されて、1960年代後半には、発酵法エチルアルコールを主原料とするエチルアルコール化学工業は、国際競争力を失っていった。

一方燃料用分野でも、1945年以降石油が安価かつ、安定して供給されるようになり、ほとんど用いられなくなった。

このような状況の中で、1973年に始まった石油の供給危機、たび重なる価格上昇は各国のエネルギー政策の見直しをせまるものであり、発酵法エチルアルコールは、再生可能なバイオマスを原料とすることから、エネルギー源としてはもちろん、化学原料への利用についても近年特に注目されるに至った。

以上のとおり用途としては大別して飲用、工業用、燃料用に分けられるが、本調査の主旨から飲用分野は除外して、工業用と燃料用の分野に限って調査を実施した。

B．生　　産

I．製品規格

1．製品純度

エチルアルコールの規格の中で製品純度については工業用と燃料用でほぼ共通しており、

含水エチルアルコール　94－95 vol%

無水エチルアルコール　99.4－99.6 vol%

の2グレードがある。ただし無水グレードについては生産していない国もある。

2．その他規格項目

工業用としての先進国の規格はその他の規格項目として比重、蒸発残分、遊離酸（酢酸として）含有量、メチルアルコール含有量、フーゼル油含有量などが定められている。

参考のため主要先進国の工業用エチルアルコール規格を Appendix Table 2として添付する。

一方燃料用規格はまだ製品純度・有機酸含量以外の規格項目が、定まっていないのが実情である。

通常燃料用エチルアルコールは、コスト低減を最優先する考え方で生産されているので、燃料用エチルアルコールを化粧品などの工業用として使用するには、一般的に若干の再精製が必要である。

II．原　　料

1．原料生産量と地域分布

エチルアルコールの製造プロセスは、発酵法と合成法があり原料も大きく異なる。

発酵法は発酵性の糖類を発酵作用によりエチルアルコールとする製造法であり、澱粉質および繊維質の場合は糖化後発酵されるので、発酵法の原料は次のように分けられる。

- 糖質原料　糖蜜、さとうきび等
- 澱粉質原料　穀類、ばれいしょ、さつまいも等
- 繊維素原料　木材等

合成法は石油化学プラントからのエチレンと水を化学反応により合成する方法である。

- 合成法原料　エチレン（石油または天然ガス）

工業用エチルアルコールの原料としては以上に述べた原料が広く用いられているが、燃料用エチルアルコールの生産は当然のことながら発酵法に限られ、その原料は、主としてブラジルでは糖蜜、さとうきび、キャッサバが、アメリカではとうもろこしが使用されている。

以下、主要原料の生産量と地域分布について概説する。

1. 1 糖質原料

1. 1. 1 糖 蜜

さとうきび、または甜菜を原料として砂糖を製造する場合に副生物として得られる。糖分は50～60%含有し、価格も比較的安いことからいろいろな用途に使用されているが、エチルアルコール原料としても工業用、燃料用両面に用いられている。

糖蜜の生産量と地域分布を Table B－1 に示す。

Table B-1 Molasses Production of the World

(1,000 MT)

July-June	1976/1977	1977/1978	1978/1979	1979/1980
EC	(3,565)	(3,276)	(3,033)	(2,995)
Western Europe	5,077	4,638	4,380	4,174
Eastern Europe	4,371	5,227	5,226	4,557
North & Central America	6,743	6,971	7,153	6,393
South America	5,452	7,106	7,195	7,390
Africa	2,087	2,099	2,102	2,197
Asia	6,698	6,931	6,676	5,332
Oceania	728	746	683	750
World Total	31,156	33,718	33,415	30,803

Note : 1) Refined molasses included.
2) Figures for EC given in ( ) are part of total for Western Europe.

Source: The third estimate by Licht

1．1．2　さとうきび

さとうきびは従来砂糖の原料として用いられてきたが、エチルアルコールが燃料用に大量に使用されるようになってから、エチルアルコールの直接原料として注目されてきた。ブラジルでは既に燃料用エチルアルコールの主原料となっている。

さとうきびの生産量と地域分布をTable　B－2に示す。

糖質原料としてはこのほか果汁、さとうもろこし（Sweet　Sorghum）がある。

1．2　澱粉質原料

澱粉質原料としては、澱粉含有量が高いものであれば一応原料となり得るが、収穫性、生産性、経済性等の制約から、エチルアルコール原料としては限られたものになる。代表的なものとして、とうもろこし、ばれいしょなどが使用され、ブラジルでは燃料用としてキャッサバが若干使用されている。

1．2．1　とうもろこし

アメリカで、燃料用エチルアルコール原料として大量に使用されているのはよく知られている。

とうもろこしの生産量と地域分布をTable　B－3に示す。

1．2．2　ばれいしょ

ばれいしょは現在世界各地で広く栽培され、特にヨーロッパ北部ではもっとも重要な根菜でありエチルアルコール原料としても広く使用されている。ばれいしょの生産量と地域分布をTable　B－4に示す。

1．2．3　キャッサバ

キャッサバは主として澱粉の原料として使用されているが、最近エチルアルコール原料としても注目を集めている。キャッサバの生産量と地域分布をTable　B－5に示す。

1．2．4　さつまいも

主として中国と日本でアルコール原料の一部として使用されてきたが、日本では近年は少量使用されているにすぎない。生産量と地域分布をTable　B－6に示す。

1．3　繊維素原料

繊維質は毎年地球上に300億t生産されると推定されており、再生可能資源として最大である。現在酸糖化によるエチルアルコール生産は一部の国で利用されているが、生物的糖化法によるエチルアルコール生産技術は、前処理工程糖化発酵工程の効率化を図る研究が熱心に行われている段階である。

Table B-2 Sugar Cane Production of the World

	AREA HARV			1000 HA	YIELD			KG/HA	PRODUCTION			1000 MT
	1969-71	1979	1980	1981	1969-71	1979	1980	1981	1969-71	1979	1980	1981
WORLD	10747	13584	13249	13819	52833	55547	54328	56102	567817	754536	719800	775285
AFRICA	698	864	887	930	67394	70744	64568	69582	47036	61095	57293	64687
ANGOLA	15	15F	15F	15F	51602	28000	20000	27333	776	420F	300F	410F
CAMEROON	11	20F	22F	17F	20394	36000	35909	34118	224	720F	790F	580F
CAPE VERDE	1	1F	1F	1F	18378	15000	15000	15000	11	15F	15F	15F
CHAD		3F	3F	3F	55918	86000	88000	66667	22	215F	220F	220F
CONGO	20	5F	7F	8F	33899	24600	29000	28125	672	123F	203F	225F
EGYPT	77	104	105*	109F	92300	84203	84060	83575	7096	8791	8791*	9076F
ETHIOPIA	7	9	8F	9F	148197	165412	160976	150000	1092	1406	1320F	1380F
GABON	1	3	3	3F	22928	53884	51339	51852	13	94*	134*	140F
GHANA	6	9*	9*	9F	28712	21111	21333	21111	179	190*	192*	190F
GUINEA		3F	3F	3F		81481	81481	81481		220F	220F	220F
GUIN BISSAU		2F	2F	2F	56250	13333	12500	12500	5	20F	25F	25F
IVORY COAST		10	21	26		80317	75551	76453		770F	1550F	2000F
KENYA	26	34*	40*	41*	62878	108492	112767	112683	1645	3678F	4517F	4620F
LIBERIA	5	10F	10F	10F	10000	14737	15000	15500	45	140F	150F	155F
MADAGASCAR	21	35	34	34F	55791	41049	41047	41176	1153	1432	1388	1400F
MALAWI	4	11F	15F	17F	74967	100000	100000	100000	295	1100F	1480F	1700F
MALI	1	3*	3F	3F	56738	77077	78571	77586	56	213*	220F	225F
MAURITIUS	80	80	79	80F	67552	79178	57674	68750	5400	6313	4564	5500F
MOROCCO		4	4	4F		73729	93277	74419		293	375	320F
MOZAMBIQUE	52	50F	50F	55F	53716	44000	40000	35455	2767	2200F	2000F	1950F
NIGER	1	4	4F	4F	27432	53414	52778	50000	38	189	190F	190F
NIGERIA	12	16R	16F	18F	46306	52581	54375	55556	556	815F	870F	1000F
REUNION	40	36R	34F	36F	50659	66800	66176	65556	2026	2405	2250F	2360*
RWANDA		1R	1F	1F	20608	51667	49231	47143	5	31F	32F	33F
SENEGAL		4	5*	6F		84445	103140	100000		367*	473*	600F
SEYCHELLES												
SOMALIA	3	3	7	3F	126738	87067	63561	58571	436	261	420	410F
SOUTH AFRICA	188	222*	215*	217F	77495	82833	65182	77086	14561	18412	14014	16720*
SUDAN	13	26	26F	30F	65458	66341	58594	80000	825	1700F	1500F	2400F
SWAZILAND	14	22	26	30F	110367	104014	107722	108333	1548	2280	2782	3250F
TANZANIA	39	42F	42F	42F	29598	30476	31881	30643	1141	1280F	1339F	1287F
UGANDA	31	30R	29F	30F	54055	17667	18966	18333	1667	530F	550F	550F
UPPER VOLTA		4F	4R	4F		90000	87500	87500		360F	350F	350F
ZAIRE	11	14F	14F	15F	58997	49265	43662	44426	619	670F	620F	658F
ZAMBIA	3	10	10	12F	102160	88752	91972	83333	303	888	920	1000
ZIMBABWE	18	25	25	30*	104338	109209	103121	119206	1861	2555	2528	3529*
N C AMERICA	2698	2920	2983	3036	57088	61236	56788	56535	154022	178785	163440	171625
ANTIGUA	2				31033				59			
BAHAMAS	7	7R	7F	8F	32857	30833	30270	29737	230	222F	224F	226F
BARBADOS	20	16	16	16*	66121	66247	76071	54430	1325	1052	1208	860F
BELIZE	12	25	25	25	51685	40053	41012	38804	622	989	1013	970
COSTA RICA	36	45*	49*	51*	55891	58521	51686	49448	2008	2615	2516	2522
CUBA	1273	1313	1361	1400F	47493	58890	45843	47857	60467	77311	62374	67000F
DOMINICA					21615	20000	20000	20000	4	4F	4F	4F
DOMINICAN RP	147	178*	180*	185*	60990	57823	50309	62703	8986	10304	9056	11600*
EL SALVADOR	31	37	34	28	53224	86816	64794	68501	1662	3214	2207	1916
GRENADA					39290	33330	33750	37785	14	14	14F	9
GUADELOUPE	28	21	21	23F	63982	55380	47509	36457	1785	1163	1007*	839*
GUATEMALA	38	74*	79*	83*	71713	69153	68811	68811	2692	5100F	5409*	5680*
HAITI	75	75P	80F	80F	36186	38667	37500	37500	2702	2900F	3000F	3000F
HONDURAS	49	75F	85F	90F	27821	34667	33176	33333	1368	2600F	2820F	3000F
JAMAICA	58	47*	49*	45*	70655	63082	58000	55124	4098	2965	2816	2453*
MARTINIQUE	8	5	5	5	65352	57933	52083	48636	499	291	250	243
MEXICO	518	538	546	545	64261	64288	66869	65076	33271	34587	36480	35461
NICARAGUA	32	42	32*	37*	58143	65029	76838	76072	1866	2699	2431*	2800*
PANAMA	18	44	48	48F	68609	59408	49868	53250	1242	2624	2386	2556F
PUERTO RICO	68	39	34	32F	72373	53897	59350	59375	4952	2076	2028	1900F
ST KITTS ETC	4	4	3F	3F	70291	100392	101515	96875	285	384	335*	310*
SAINT LUCIA												
ST VINCENT												
TRINIDAD TOB	35	39*	34*	28*	70854	40858	41184	42857	2481	1600*	1400*	1200F
USA	238	297	297	305	89769	81173	82497	88802	21404	24069	24460	27076
US VIRGIN IS												
SOUTH AMERIC	2477	3530	3616	3831	51735	58028	59704	57230	128123	204853	215912	219249
ARGENTINA	290	306	314	323	51195	46204	54760	47201	10213	14120	17200	15260
BOLIVIA	36	67	66	65*	37293	46349	46978	50039	1327	3120	3080	3259*
BRAZIL	1708	2537	2605	2803	45926	54750	56069	54888	78460	138899	146065	153858
COLOMBIA	241	282	290F	300F	54799	87599	90000	86333	13167	24700F	26100F	25900F
ECUADOR	84	103	108	108F	77689	64019	61389	61574	6500	6599	6615	6650F
FR GUIANA					50056	32000	34000	34500	5	6	7F	7F
GUYANA	50	57*	57*	58F	81563	73684	66316	68966	4081	4200*	3780*	4000F
PARAGUAY	35	35	37	41*	35137	36940	37511	37805	1215	1297	1373	1550*
PERU	56	54	49	40*	141926	130507	113928	104680	7915	7034	5598	4160
SURINAME	3	2	2	3F	77632	80343	82121	64000	213	164	146	160F
URUGUAY	4	10	9	10*	38960	31355	49903	44500	145	323	448	445*
VENEZUELA	62	77*	80*	80*	79025	57143	68750	50000	4883	4400	5500	4000*
ASIA	4599	5935	5402	5633	47389	47886	47295	51548	217931	284297	255463	290357
AFGHANISTAN	3	4F	4F	4F	22000	16763	16250	16250	55	64	65F	65F
BANGLADESH	165	155	151	149	45847	44787	44155	44355	7551	6937	6676	6599
BURMA	43	50	42F	43F	33907	36346	35474	35835	1458	1812	1472	1523F
CHINA	474	622	652F	700F	41306	49720	49019	47143	19581	30944	31978	33000F
INDIA	2632	3088	2610	2648	48899	49114	49358	56844	128689	151655	128833	150522
INDONESIA	69	166	170	177*	148941	96355	100500	99208	10322	15995F	17085F	17560F
IRAN	4	18*	14F	14F	125745	83333	100000	100000	556	1500*	1400F	1400F
IRAQ	2	5F	6F	6F	39197	46667	47273	47273	78	210F	260F	260F

Table B-2 (cont'd.)

	AREA HARV			1000 HA	YIELD			KG/HA	PRODUCTION			1000 MT
	1969-71	1979	1980	1981	1969-71	1979	1980	1981	1969-71	1979	1980	1981
JAPAN	39	35	34	31	62313	65653	61982	66216	2407	2311	2095	2450
KAMPUCHEA DM	6	2F	3F	3F	70833	52273	46429	48462	397	115F	130F	126F
LAO	1	1F	1	1	7756	8182	8534	27369	8	9F	9	30
LEBANON					21750	22000				1F		
MALAYSIA	4	20	18	19*	30623	46269	33889	44737	122	930F	610F	850F
NEPAL	14	20F	21F	21F	17185	18497	18750	17868	237	370	384	379
OMAN					30303	27027	25641	24390	1	1F	1F	1F
PAKISTAN	599	753	719	825	39799	36313	38271	39238	23836	27326	27498	32359
PHILIPPINES	384	424*	425	420F	42421	47209	46738	48690	16271	20007F	19846F	20450F
SINGAPORE					11702	6000	6233	6333	1	2	2	2F
SRI LANKA	4	7F	5F	5F	42433	50000	50000	52132	168	325F	265F	276F
SYRIA					53947	45000	50000		1			
THAILAND	144	480*	416*	480*	40683	42115	29952	38750	5856	20244	12460	18600*
VIET NAM	12	84	110	80F	27799	40828	39854	48750	333	3446	4388	3900F
YEMEN AR	2	2F	2F	2F	2941	2941	2941	2941	5	5F	5F	5F
EUROPE	7	6	6	6	72132	63910	66250	64000	486	374	371	384
PORTUGAL	1	1	1F	1F	38058	18906	26923	26154	49	24	35F	34F
SPAIN	5	5	4	5*	80198	76616	78140	74468	437	350	336	350*
OCEANIA	269	329	355	384	75065	76570	76907	75437	20220	25222	27326	28983
AUSTRALIA	222	267	288	310*	79185	79159	83141	81161	17607	21151	23948	25160
FIJI	47	62	67	74F	55554	65452	50149	51486	2603	4058	3360	3810F
FR POLYNESIA					74227	80645	81250	81819	2	3F	3F	3F
PAPUA N GUIN					60714	60606	60000	61176	9	10F	10F	10F
SAMOA					14000	15000	15000	15000				
DEV.PED M E	694	827	839	875	81356	80186	77346	82064	56465	66317	64889	71790
N AMERICA	238	297	297	305	89769	81173	82497	88802	21404	24069	24460	27076
W EUROPE	7	6	6	6	72132	63910	66250	64000	486	374	371	384
OCEANIA	222	267	288	310	79185	79159	83141	81161	17607	21151	23948	25160
OTH DEV.PED	227	257	249	254	74906	80485	64747	75502	16968	20723	16109	19170
DEV.PING M E	9562	12048	11645	12162	51355	54260	53106	54800	491042	653714	618416	666470
AFRICA	421	511	542	574	58387	62961	60846	63535	24555	32193	32988	36491
LAT AMERICA	4936	6153	6303	6562	52824	58435	56305	55442	260740	359568	354892	363798
NEAR EAST	100	158	155	164	86041	77622	77352	80610	8616	12271	12022	13207
FAR EAST	4058	5163	4577	4788	43936	43573	43003	52038	194318	245611	215141	249150
OTH DV.PING	47	62	67	74	55577	65446	50188	51522	2613	4071	3373	3823
CENTR PLANNO	492	709	765	783	41314	48669	47691	47312	20310	34505	36495	37026
ASIAN CPE	492	709	765	783	41314	48669	47691	47312	20310	34505	36495	37026
DEV.PED ALL	694	827	839	875	81356	80186	77346	82064	56465	66317	64889	71790
DEV.PING ALL	10053	12757	12410	12944	50864	53950	52772	54347	511352	688219	654911	703496

* Unofficial figures

F: Estimates by FAO

Source: FAO, Production Yearbook, 1981

Table B-3 Corn Production of the World

	AREA HARV			1000 HA	YIELD			KG/HA	PRODUCTION			1000 MT
	1969-71	1979	1980	1981	1969-71	1979	1980	1981	1969-71	1979	1980	1981
WORLD	114485	125796	128764	134024	2472	3326	3060	3370	283031	418357	394056	451704
AFRICA	18549	20019	21373	22583	1170	1203	1271	1455	21710	24074	27173	32860
ALGERIA	6	1	2	1F	953	1117	966	1000	6	1	1	1F
ANGOLA	540	600*	600*	600F	864	500	533	417	467	300F	320F	250*
BENIN	359	424	427*	427F	559	724	817	817	201	307	349*	349F
BOTSWANA	34	21	47	50*	309	107	249	300	11	2	12	15*
BURUNDI	112	125F	130F	130*	1371	1120	1000	1077	120	140F	130*	140*
CAMEROON	309	545	540F	540F	1151	748	907	926	355	408	490F	500F
CAPE VERDE	4	10F	15F	10F	431	100	467	300	2	1	7*	3*
CENT AFR REP	62	103	108	100F	711	328	379	400	44	34	41	40F
CHAD	6	10F	10F	10F	1943	1500	1400	1500	12	15F	14F	15F
COMOROS	3	5	5F	5F	1061	1000	1000	1000	4	5	5F	5F
CONGO	8	26	26F	27F	667	654	423	556	5	17	11*	15F
EGYPT	634	791	800	714*	3741	3714	4038	3782	2370	2938	3231	2700*
ETHIOPIA	849	1001*	1106*	1100F	1071	1066	1034	1000	909	1067*	1144*	1100F
GABON	3	5F	6F	6F	1319	1481	1500	1667	4	8F	9F	10F
GAMBIA	7	10F	12*	12*	566	1000	1000	1075	4	10	12*	13*
GHANA	387	358	340*	350F	1078	1061	1147	1200	417	380	390*	420*
GUINEA	59	41	50F	55F	1153	1150	1140	1145	68	47	57F	63F
GUIN BISSAU	3	5F	5F	5F	628	800	400	800	2	4F	2F	4F
IVORY COAST	333	584	600	615F	773	471	467	488	257	275	280	300F
KENYA	1383	1400F	1120	1200	1489	1286	1579	1875	2060	1800	1768	2250
LESOTHO	143	112	110	110*	651	1112	957	1182	93	125	106	130*
LIBYA	1	1	1	1F	1234	1054	950	949	1	1	1	1F
MADAGASCAR	121	116	128	126*	1004	1004	994	1000	122	116	127	126*
MALAWI	1039	1000F	1100F	1100*	1025	1200	1000	1455	1066	1200*	1100F	1600*
MALI	78	90F	90F	90F	866	944	367	889	67	85	33*	80F
MAURITANIA	7	9F	9F	10F	580	556	571	600	4	5F	5F	6F
MAURITIUS				1F	1984	2502	2245	2500		1	1	2F
MOROCCO	474	416	411	360*	801	750	809	250	380	312	333	90*
MOZAMBIQUE	363	620	600F	550F	1003	483	417	364	364	300F	250F	200F
NAMIBIA	63	110F	110F	100F	368	318	364	300	23	35F	40F	30F
NIGER	3	12	12F	12F	600	779	750	750	2	9	9F	9F
NIGERIA	1398	1665F	1710F	1746F	869	901	906	905	1215	1500F	1550F	1580F
REUNION	3	3F	3F	3F	3564	5400	5385	5000	9	14F	14F	15F
RWANDA	50	78	77F	80F	1084	1072	1039	1063	54	83	80F	85F
SAO TOME PRN					1526	1535	1523	1556		1F	1F	1F
SENEGAL	52	68	70*	49*	814	684	760	1122	42	46	53*	55*
SIERRA LEONE	10	13F	13F	13F	984	923	962	1077	10	12*	13*	14F
SOMALIA	139	106F	114F	150F	793	984	974	800	110	104	111	120F
SOUTH AFRICA	5290	5000F	6000F	7000F	1265	1648	1798	2093	6691	8240	10790	14650
SUDAN	39	60F	61F	65F	780	750	738	769	31	45*	45F	50F
SWAZILAND	89	55F	71	65*	846	1000	1360	1462	75	55*	97	95*
TANZANIA	1005	1300F	1300F	1300F	813	692	577	577	817	900F	750*	750*
TOGO	144	115F	120F	120F	1109	1383	1283	1143	160	159	154	137
UGANDA	343	500F	258	260	1221	906	1109	1315	419	453	286	342
UPPER VOLTA	92	98	100F	100F	659	1066	983	1000	60	104	98	100F
ZAIRE	595	706F	710F	715F	713	721	727	727	424	509*	516*	520F
ZAMBIA	992	900F	1100F	1150F	792	778	727	870	786	700F	800F	1000F
ZIMBABWE	914	890	1146	1350	1495	1500	1343	2133	1366	1200	1539	2880
N C AMERICA	33570	37536	39441	41424	4062	5787	4798	5599	136352	217230	189227	231937
ANTIGUA					2296	2000	2045	2083				
BAHAMAS	1	1F	1	1F	985	1063	1141	1138	1	1F	1	1F
BARBADOS	1	1F	1F	1F	2391	2614	2500	2500	2	2F	2F	2F
BELIZE	9	11	11	11	1437	1437	1690	1686	13	15	19	19
CANADA	490	893	958	1058	5078	5583	5671	5874	2487	4983	5434	6214
COSTA RICA	50	50*	50*	47	1123	1458	1492	1876	56	73	75	88
CUBA	100	76F	77F	77F	853	1250	1234	1234	85	95F	95F	95F
DOMINICA					1235	1419	1438	1438				
DOMINICAN RP	27	19*	24*	24*	1712	2012	2042	2083	46	38	49	50*
EL SALVADOR	203	276	292	259*	1670	1896	1806	1882	340	523	527	487*
GRENADA		1	1F		856	908	1100	916		1	1F	
GUADELOUPE					1778	1200	1200	1200	1			
GUATEMALA	671	622*	664*	680	1118	1512	1568	1547	751	941	1041*	1052
HAITI	231	234	245*	250F	1058	784	714	720	245	183	175F	180F
HONDURAS	283	341	340*	340*	1198	1037	992	994	339	354	337*	338*
JAMAICA	4	4F	3F	4F	1270	1741	1327	1795	4	6	4	7*
MEXICO	7412	5502	6955	8150	1218	1477	1780	1812	9025	8124	12383	14766
MONTSERRAT					1000	1000	1000	1000				
NICARAGUA	260	140*	197*	250*	912	1196	1164	1000	238	168*	229*	250*
PANAMA	77	66	66*	70*	859	959	955	971	66	63	63*	68*
PUERTO RICO	2				1043	920	920	920	2			
SAINT LUCIA					828	700	700	727				
ST VINCENT					3207	3333	3313	3235		1F	1F	1F
TRINIDAD TOB	1	1F	1F	1F	4153	4167	4167	4167	2	5*	5*	5F
USA	23749	29300	29555	30200	5164	6883	5711	6898	122649	201655	168787	208314
SOUTH AMERIC	16525	16690	16383	17361	1553	1741	1857	2212	25668	29056	30430	38406
ARGENTINA	3880	2800	2490	3500	2247	3107	2570	3851	8717	8700	6400	13500
BOLIVIA	223	278	293	190*	1306	1360	1306	1316	291	379	383	250*
BRAZIL	10021	11319	11438	11491	1365	1441	1781	1836	13683	16306	20374	21098
CHILE	70	130	116	126	3111	3752	3487	4128	217	489	405	518
COLOMBIA	684	616	614	629	1251	1414	1323	1399	856	870	813	880
ECUADOR	312	219	226	225*	767	996	1070	1094	239	218	242	246*
FR GUIANA					4420	4000	4000	4000		1	1F	1F
GUYANA	1	2F	3F	3F	1632	1158	1200	1000	2	2	3F	3F
PARAGUAY	162	353	377	400F	1245	1560	1553	1500	201	550	585	600F
PERU	373	361	258	316	1621	1721	1717	1986	605	621	443	628*
SURINAME					1906	1671	1585	1611				
URUGUAY	194	94	132	146	832	758	904	1338	161	71	119	196

Table B-3 (cont'd.)

	AREA HARV 1000 HA				YIELD KG/HA				PRODUCTION 1000 MT			
	1969-71	1979	1980	1981	1969-71	1979	1980	1981	1969-71	1979	1980	1981
VENEZUELA	606	519	436	335*	1152	1634	1519	1451	698	848	662	486*
ASIA	30656	36653	36926	37510	1644	2250	2308	2308	50413	82460	85243	86570
AFGHANISTAN	453	460*	460F	470F	1560	1652	1733	1698	707	760	797	798*
BANGLADESH	3	2	2	2F	870	727	715	700	3	1	1	1F
BHUTAN	9	11F	11F	11F	1108	1110	1111	1109	9	12F	12F	12F
BURMA	112	83	80	80F	619	1219	1250	1250	69	102	100	100F
CHINA	15965	20167	20035*	20537F	2028	2981	3050	2999	32376	60149	61105	61601F
EAST TIMOR	16				918				15			
INDIA	5794	5721	5983	5800F	1051	979	1137	1207	6087	5603	6804	7000F
INDONESIA	2667	2594	2771	2735	965	1390	1448	1459	2575	3606	4012	3991
IRAN	25	42*	42F	42F	1400	1357	1429	1190	35	57*	60F	50F
IRAQ	6	35F	35F	35F	1495	2857	2571	2571	9	100F	90F	90F
ISRAEL	1	3	3	3F	4806	4038	4893	5000	5	11	14	15F
JAPAN	12	2	2	1*	2674	2591	1989	3000	33	5	4	3*
JORDAN	1				290	4041	7650	1000				
KAMPUCHEA DM	94	75	99	95	1332	933	1010	1032	125	70F	100F	98F
KOREA DPR	302	370F	380F	380F	4950	5270	5789	5789	1493	1950F	2200F	2200F
KOREA REP	44	32	35	33	1450	4587	4362	4383	63	149	154	145
KUWAIT						3000	3000	3000				
LAO	15	28	28	31	1711	1123	1000	1062	26	32	28	33
LEBANON	1	2F	2F	2F	904	1333	1333	1333	1	2*	2*	2*
MALAYSIA	8	7	7	7	1942	1143	1143	1143	15	8	8	8
MALDIVES					4500	3333	3667	3667				
NEPAL	439	450F	450F	450F	1812	1231	1651	1600	796	554	743	720F
PAKISTAN	640	701	745	727	1088	1248	1271	1381	697	875	947	1004
PHILIPPINES	2356	3327	3281	3319	813	952	950	957	1915	3167	3117	3176
SAUDI ARABIA	1	3F	3F	3F	5070	1600	1600	1600	4	4F	4F	4F
SRI LANKA	19	19	19	23F	775	1139	1166	1087	15	22	23	25F
SYRIA	6	18	22	36	1403	1835	2093	2512	8	34	47	89
THAILAND	771	1509	1562	1716*	2567	2187	2017	2156	1979	3300	3150	3700*
TURKEY	646	585	583	580*	1637	2308	2127	1897	1058	1350	1240	1100
VIET NAM	239	371	246	350F	1136	1281	1701	1543	272	475	418	540F
YEMEN AR	8	31*	31*	34*	1975	1548	1548	1441	16	48*	48*	49*
YEMEN DEM	2	6F	10F	10F	2528	2419	1500	1500	5	15F	15F	15F
EUROPE	11478	12154	11586	11520	3366	4674	4507	4655	38635	56808	52214	53627
ALBANIA	111	85F	85F	85F	1988	2941	2941	2941	220	250*	250F	250F
AUSTRIA	122	188	193	189	5547	7170	6700	7270	677	1347	1293	1374
BELGIUM-LUX	2	6	6	4*	5510	6130	6270	6250	11	37	39*	25*
BULGARIA	623	666	585	571	3913	4840	3859	4337	2436	3223	2256	2477
CZECHOSLOVAK	127	190	159	190F	4021	5008	4685	4211	511	949	745	800*
FRANCE	1436	1995	1757	1570	5148	5220	5326	5796	7394	10413	9356	9100
GERMAN DR	3	1	1	1*	2631	4693	4490	2000	9	6	4	2F
GERMANY FR	99	115	119	129	5052	6423	5653	6455	500	741	672	832
GREECE	162	123	170	159	3073	5804	6812	7862	498	711	1158	1250
HUNGARY	1272	1367	1253	1350F	3570	5411	5324	4915	4542	7396	6673	6500*
ITALY	986	937	937	991	4664	6617	6936	7318	4601	6197	6493	7250
NETHERLANDS	1	1	1		4630	3333	3922	4500	5	2*	2*	2F
POLAND	5	46	16	20	2449	3990	3544	3965	12	181	58	79
PORTUGAL	432	394	394	388	1385	1284	1355	1075	599	506	534	417
ROMANIA	3170	3311	3288	3150*	2320	3752	3392	3556	7354	12425	11153	11200F
SPAIN	526	460	448	430	3432	4793	4931	5302	1804	2205	2208	2151
SWITZERLAND	10	18	14	17	6168	7542	6472	6882	61	134	91	117*
UK	1	1*	1F	1F	4666	895	785	1000	2	1	1	1F
YUGOSLAVIA	2391	2251	2161F	2275F	3095	4480	4312	4308	7399	10084	9317	9800*
OCEANIA	89	77	78	82	2911	4619	4032	3724	260	356	316	304
AUSTRALIA	77	50	54	56	2387	3380	2791	2122	184	169	151	118
FIJI	2	2F	2F	2F	2438	2000	2000	2000	4	4F	4*	4F
GUAM					1130	1500	1500	1500				
NEWCALEDONIA			1	1F	2222	3046	2925	3000	1	1	2	2F
NEW ZEALAND	9	22	19	21*	7753	8031	8028	8429	70	179	156	177*
PACIFIC IS					1125	1171	1195	1195				
PAPUA N GUIN		1F	1F	1F	889	2000	2000	2000		2F	2F	2F
VANUATU	1	1F	1F	1F	509	500	520	520		1F	1F	1F
USSR	3617	2667	2977	3545	2761	3139	3176	2257	9993	8373	9454	8000F
DEV.PED M E	35796	41757	42790	44491	4349	5930	5057	5885	155672	247620	216410	261810
N AMERICA	24238	30192	30513	31257	5163	6854	5710	6863	125137	206638	174221	214528
W EUROPE	6168	6488	6200	6153	3818	4991	5012	5253	23552	32378	31079	32319
OCEANIA	86	72	73	77	2951	4814	4185	3851	255	348	307	295
OTH DEV.PED	5303	5005	6005	7004	1269	1650	1800	2394	6728	8256	10807	14668
DEV.PING M E	53162	54723	56850	59259	1279	1376	1464	1622	68016	75291	83230	96148
AFRICA	12586	14167	14511	14803	1003	907	903	1044	12618	12850	13107	15459
LAT AMERICA	25857	24034	25311	27527	1426	1650	1795	2028	36883	39648	45436	55816
NEAR EAST	1824	2034	2050	1991	2328	2633	2723	2486	4246	5354	5580	4948
FAR EAST	12892	14484	14974	14934	1106	1203	1275	1334	14263	17430	19099	19916
OTH DV.PING	3	5	5	5	1790	1612	1710	1737	6	8	8	9
CENTR PLANND	25527	29316	29124	30274	2325	3256	3242	3097	59343	95447	94416	93746
ASIAN CPE	16600	20983	20763	21342	2164	2945	3074	3017	34267	62644	63823	64439
E EUR+USSR	8927	8333	8364	8912	2906	3936	3658	3289	25076	32803	30592	29307
DEV.PED ALL	54723	56090	58154	53403	4041	5598	4829	5451	180749	280423	247003	291117
DEV.PING ALL	69761	75706	77610	80621	1466	1822	1895	1992	102294	137934	147053	160586

* Unofficial figures

F: Estimates by FAO

Source: FAO, Production Yearbook, 1981

Table B-4 Potato Production of the World

	AREA HARV			1000 HA	YIELD			KG/HA	PRODUCTION			1000 MT
	1969-71	1979	1980	1981	1969-71	1979	1980	1981	1969-71	1979	1980	1981
WORLD	20014	18515	17978	17861	13855	15571	12800	14387	277286	288294	230122	256978
AFRICA	367	568	582	585	7976	8591	8870	8764	2931	4881	5161	5127
ALGERIA	43	77	76	80F	5906	6493	7770	7771	253	501	591	618F
ANGOLA	5	6F	6F	6F	6296	7273	7273	7273	34	40F	40F	40F
BURUNDI	14	11	12F	12F	5435	1774	1833	1833	77	19	22F	22F
CAMEROON	20	25F	25F	25F	2672	968	2000	2400	54	24	50F	60F
CAPE VERDE					10250	16667	16667	16667	1	2F	2F	2F
CENT AFR REP					1968	2000	2048	2091				
CHAD	3	3F	3F	3F	4747	5200	5200	5200	12	13F	13F	13F
CONGO					7083	4815	5667	6000	2	1F	2*	2F
EGYPT	30	60	70*	63*	16570	17061	17279	17886	496	1019	1214*	1120*
ETHIOPIA	30	38F	39F	39F	5303	6184	6182	6154	161	235F	238F	240F
IVORY COAST		1F	1F	2F		10000	10714	11111		10F	15F	20F
KENYA	29	48F	48F	48F	7145	7500	7292	7604	206	360F	350F	365F
LIBYA	2	16F	17F	17F	6450	5647	6050	6053	15	90	103	103F
MADAGASCAR	16	30	29	40F	6428	6070	5462	6441	106	183	159	258*
MALAWI	25	30F	32F	34F	3387	3667	3594	3493	85	110F	115F	117F
MAURITANIA					20670	16000	16000	16000	2	4F	4F	4F
MAURITIUS		1	1	1F	15027	15539	16564	16216	7	8	12	12F
MOROCCO	28	40*	38*	28*	10119	14200	14300	14000	283	568*	543*	396*
MOZAMBIQUE	6	5	6F	6F	6917	10853	10909	10333	40	57	60F	62F
NIGER						15000	13333	13333				
NIGERIA	2	3F	3F	3F	12514	14000	14000	14000	25	35F	35F	35F
REUNION					11121	20000	19048	19048	1	4F	4F	4F
RWANDA	19	31F	32F	33F	7153	6859	6891	6921	134	213F	221F	228F
SENEGAL	1	1F	1F	1F	6543	5854	5714	5581	4	5F	5F	5F
SOUTH AFRICA	44	50F	50F	50F	13374	13920	13720	14000	583	696	686	700F
SUDAN	1	1F	1F	1F	17446	19231	19231	19231	25	25F	25F	25F
SWAZILAND	2	3F	3F	3F	2960	2000	2000	2000	5	6F	6F	6F
TANZANIA	13	25F	25F	25F	3873	5600	5600	5600	50	140F	140F	140F
TUNISIA	9	10	11	11F	7654	12500	11215	11367	69	125	120	124F
UGANDA	17	45F	45F	47F	8800	7333	7333	7447	147	330F	330F	350F
ZAIRE	5	6F	6*	6F	5377	4921	4921	4906	29	31F	31*	31F
ZAMBIA					8823	8667	9000	9000	3	3F	3F	3F
ZIMBABWE	2	2F	2F	2F	11167	10000	10000	10000	22	22*	23F	23F
N C AMERICA	762	717	675	705	22954	26996	25918	26851	17482	19354	17501	18938
BERMUDA					15565	13446	6397	6410	1	1		1F
CANADA	121	113	107	108	19113	24400	23417	23624	2312	2760	2509	2555
COSTA RICA	3	3F	3F	3	9557	10299	10024	9333	27	27	27	28
CUBA	9	11	13	13F	9359	18301	18828	18850	83	201	239	239F
DOMINICA					4764	5548	5500	5688	1	1F	1F	1F
DOMINICAN RP	2	1F	1F	2F	12703	10886	11385	12857	23	11	15	27*
EL SALVADOR					7367	14140	19954	19677	3	4	6	6F
GUADELOUPE					7000							
GUATEMALA	7	14F	8*	9F	4209	3614	4750	4353	28	51	38*	37F
HAITI		1F	1F	1F	15217	15000	15000	15000	7	9F	9F	9F
HONDURAS	1	1F	1F	1F	6808	5412	5618	5667	4	5F	5F	5F
JAMAICA	1	1F	1F	1F	9826	9443	9131	8889	10	11	7	12F
MEXICO	46	56	71*	67	10631	12932	12500	12945	489	727	892*	868
MONTSERRAT					2500	2500	2529	2553				
NICARAGUA					4000	4250	4250	4250	1	2F	2F	2F
PANAMA	1	2*	2*	2F	10057	6667	8000	8667	9	10*	12*	13F
ST KITTS ETC					7133	8667	8333	8333				
USA	571	514	467	498	25386	30220	29405	30368	14483	15535	13737	15135
SOUTH AMERIC	1037	980	906	947	8392	9829	9940	11116	8706	9633	9001	10531
ARGENTINA	190	110	105	117	11617	15470	14874	19255	2212	1694	1568	2247
BOLIVIA	95	130	131	150F	6968	5616	6009	6333	660	730	787	950*
BRAZIL	214	204	181	171	7260	10554	10745	11175	1557	2154	1948	1911
CHILE	76	81	89	90	9312	9570	10175	11202	707	770	903	1007
COLOMBIA	84	148	142	160	10407	13284	12160	13169	871	1966	1727	2100
ECUADOR	47	27	30	31*	11818	9463	10639	11271	560	255	323	349*
PARAGUAY	1	1	1	1F	5451	8828	8900	9000	6	9	9	9F
PERU	293	242	194	189	6413	7005	7106	8596	1877	1695	1380	1627*
URUGUAY	22	21	13	20*	6040	6493	8662	6500	135	135	110	130*
VENEZUELA	15	17	19	19*	8258	13366	13000	10528	121	225	247	200*
ASIA	2603	3308	3150	3227	10241	11619	11674	11755	26657	38441	36778	37929
AFGHANISTAN	16	21F	21F	21F	10510	12619	12619	12769	172	265	265F	272F
BAHRAIN						25000	25000	25000				
BANGLADESH	85	97	96	102	9863	9406	9506	9781	842	909	917	999
BHUTAN	1	2F	2F	2F	6604	6667	6667	6750	8	13*	13F	14F
BURMA	9	11	12	14	4576	4851	4703	4702	40	54	57F	65F
CHINA	1336F	1556F	1504F	1505F	9254	9986	9996	9996	12362F	15536F	15036F	15039F
CYPRUS	10	8*	9*	9*	18641	23256	23043	24888	183	190*	208*	216*
EAST TIMOR					9519				1			
GAZA STRIP						15000	16667	16667		5	5F	5F
INDIA	501	807	685	732	8950	12555	12152	13113	4482	10133	8327	9599
INDONESIA	16	22	23F	25F	6111	9456	9395	9368	99	204	219F	234F
IRAN	46	81F	81F	81F	9072	8494	8519	8702	417	668F	690F	705F
IRAQ	1	7F	7F	7F	14256	15000	15000	14568	16	105F	105F	108F
ISRAEL	5	6	5	6	25869	35533	36170	35455	131	211	175	195
JAPAN	164	125	123	126*	21258	27031	27723	25896	3490	3381	3421	3250*
JORDAN			1	1F	5717	14877	17293	17297	1	7	13	13F
KOREA DPR	90	120F	125F	130F	10627	12500	12400	12308	960	1500F	1550F	1600F
KOREA REP	54	34	37	41	11100	10577	11931	13512	598	356	446	554
KUWAIT						15000	15000	15000				
LAO	3	4F	4F	4F	6667	7750	7907	7955	17	31F	34F	35F
LEBANON	9	7F	7	7F	10694	16471	20714	20431	96	112*	145	147F

Table B-4 (cont'd.)

	AREA HARV 1000 HA				YIELD KG/HA				PRODUCTION 1000 MT			
	1969-71	1979	1980	1981	1969-71	1979	1980	1981	1969-71	1979	1980	1981
MONGOLIA	3	7	7	8F	6056	9918	5270	7143	18	72	39	55F
NEPAL	49	50F	51F	49F	5425	5576	5459	5616	265	279	278	275
PAKISTAN	19	38	43	38	10955	10408	10430	10353	213	392	449	396
PHILIPPINES	3	4	4	4F	7006	7234	8911	7500	22	29	37	30F
QATAR					9000	10000	10000	10000				
SAUDI ARABIA					8527	11750	11750	11750	1	5F	5F	5F
SRI LANKA	3	4	5	5F	9545	9244	11268	11111	30	38	51	50F
SYRIA	5	14	19	18	11402	16406	15503	15232	62	235	292	272
THAILAND	1	1F	1F	1F	7650	11404	11404	11290	9	7F	7F	7F
TURKEY	160	169	183	180*	12377	16982	16393	16111	1984	2870	3000	2900
U A EMIRATES						74864	15031	14286		3	1	1F
VIET NAM	7	103	82	100F	15449	6673	10485	7500	103	684	862	750F
YEMEN AR	5	11*	11*	12*	7242	11981	12018	12000	35	127*	131*	138*
YEMEN DEM					4752	4044	4000	4000	1	1F	1F	1F
EUROPE	7172	5928	5684	5500	17665	20911	16453	20232	126701	123963	93513	111270
ALBANIA	19	18F	18F	18F	5747	7697	7667	7735	109	137F	138F	140F
AUSTRIA	109	58	53	50	25506	25732	24043	26386	2787	1494	1264	1310
BELGIUM-LUX	46	38	39	43*	35363	38848	36924	33176	1631	1460	1450	1426*
BULGARIA	30	39	35	36	12781	10876	8598	11145	378	424	301	407
CZECHOSLOVAK	331	213	195	195F	14683	17508	13804	17930	4864	3725	2695	3500
DENMARK	34	32	34	31	24788	26618	25034	24595	845	854	842	910
FAEROE IS					14611	13684	13684	13684	1	1F	1F	1F
FINLAND	56	43	41	37	16171	15767	18000	12949	906	674	736	478
FRANCE	376	275	230	215	22783	25955	28773	30140	8569	7148	6618	6480
GERMAN DR	643	549	513	513F	16225	22293	17959	20464	10432	12243	9214	10500*
GERMANY FR	580	325	307	277	27250	31419	25928	29000	15804	10205	7970	8045
GREECE	55	63	65	53	12727	15365	15846	18097	700	968	1030	953
HUNGARY	169	105	93	100F	11097	14427	14998	16000	1874	1512	1392	1600F
ICELAND	1	1F	1F	1F	8060	7611	15341	9884	7	6	15	9F
IRELAND	55	41	40	34*	26581	28138	27827	32353	1450	1141	1125*	1100*
ITALY	277	169	161	145	13133	17875	18600	19728	3632	3020	2994	2863
LIECHTENSTEN	1	1F	1F	1F	18466	18772	18793	18644	9	11F	11F	11F
MALTA	3	2	2F	2F	7553	9164	9167	9250	20	22	22F	22F
NETHERLANDS	153	186	172	165	35169	33772	36413	39071	5367	6277	6267	6445
NORWAY	32	20	21	22*	24919	20390	24976	24091	807	406	527*	530*
POLAND	2707	2441	2344	2258	16630	20311	11260	18869	45013	49572	26391	42600
PORTUGAL	117	117	118*	115F	10446	9473	9788	8139	1222	1110	1155	936
ROMANIA	310	294	286	286F	8627	15536	14435	15712	2671	4562	4135	4500F
SPAIN	389	355	356	337	12811	15879	16139	16531	4985	5637	5737	5571
SWEDEN	52	42	41	43	23511	30738	26604	29939	1221	1264	1084	1278
SWITZERLAND	31	24	25	25	32951	36300	34601	42602	1016	871	853	1048
UK	270	204	206	192	27223	31867	34476	31862	7359	6485	7109	6108
YUGOSLAVIA	328	296	287	300*	9198	9203	8502	8333	3020	2724	2440	2500*
OCEANIA	52	43	45	43	20392	24707	25252	27319	1069	1066	1143	1182
AUSTRALIA	43	35	37	35	18384	22937	23387	25842	782	795	857	896
FIJI					5569	5926	5926	5926	1	2F	2F	2F
FR POLYNESIA					10000	10000	10000	9714	1	4F	4F	3F
NEWCALEDONIA					7683	4143	8571	8571	1	1	3	3F
NEW ZEALAND	9	8	8	8F	30022	35235	36402	36526	284	264*	278*	278F
PAPUA N GUIN					6600	4167	4167	4167				
USSR	8019	6970	6936	6854	11689	13050	9663	10505	93739	90956	67023	72000
DEV.PED M E	3921	3121	2996	2922	21278	24172	23667	24306	83425	75431	70913	71032
N AMERICA	692	627	574	607	24289	29170	28288	29166	16796	18296	16247	17690
W EUROPE	2964	2270	2200	2093	20699	22812	22391	22949	61360	51788	49250	48023
OCEANIA	52	42	44	42	20498	25126	25628	27763	1066	1059	1135	1174
OTH DEV.PED	213	181	178	181	19754	23689	24023	22901	4204	4289	4282	4145
DEV.PING M E	2430	2981	2843	2936	8782	10716	10705	11328	21337	31940	30433	33255
AFRICA	290	441	443	434	6245	6916	7068	7002	1813	3051	3133	3180
LAT AMERICA	1108	1070	1006	1046	8480	9994	10189	11260	9392	10691	10255	11779
NEAR EAST	287	396	428	418	12211	14498	14489	14441	3502	5746	6203	6031
FAR EAST	745	1072	964	1017	8898	11604	11239	12055	6626	12444	10834	12257
OTH DV.PING		1	1	1	8413	7084	8159	8066	4	7	9	9
CENTR PLANNO	13663	12413	12139	12003	12627	14575	10608	12721	172523	180924	128775	152691
ASIAN CPE	1436	1786	1719	1742	9362	9564	10174	10013	13443	17792	17487	17444
E EUR+USSR	12227	10628	10420	10261	13010	15349	10680	13181	159080	163131	111288	135247
DEV.PED ALL	16148	13748	13417	13193	15018	17352	13580	15647	242506	238552	182202	206279
DEV.PING ALL	3866	4766	4562	4678	8997	10434	10505	10838	34780	49732	47920	50699

* Unofficial figures

F: Estimates by FAO

Source: FAO, Production Yearbook, 1981

Table B-5 Cassava production of the World

	AREA HARV			1000 HA	YIELD			KG/HA	PRODUCTION			1000 MT
	1969-71	1979	1980	1981	1969-71	1979	1980	1981	1969-71	1979	1980	1981
WORLD	10889	13680	13777	14054	8860	8601	8674	9055	96695	117651	119506	127261
AFRICA	5294	7179	7334	7433	6617	6266	6346	6433	38339	44979	46539	47818
ANGOLA	121	130F	130F	130F	13196	13846	14231	14615	1597	1800F	1850F	1900F
BENIN	88	113	125F	125F	6084	6492	7768	7800	533	735	971*	975F
BURUNDI	80	77F	77F	77F	10542	14935	15584	15584	843	1150F	1200F	1200F
CAMEROON	161	230F	233F	236F	3965	4348	4292	4283	637	1000*	1000F	1011F
CAPE VERDE					11301	24000	24000	24000	2	6F	6F	6F
CENT AFR REP	262	320F	327F	334F	2930	3031	2999	3061	767	970F	980F	1021F
CHAD	44	50F	50F	51F	3162	3600	3700	3723	140	180F	185F	188F
COMOROS	23	28F	28F	29F	3088	3080	3071	3084	70	85F	86F	88F
CONGO	99	80F	80F	80F	4660	6575	6500	6625	461	526F	520*	530F
EQ GUINEA	16	22F	22F	23F	2745	2364	2353	2310	43	52F	53F	54F
GABON	44	40F	41F	42F	3504	2625	2439	2381	155	105F	100F	100F
GAMBIA	2	2F	2F	2F	3820	3500	3500	3500	8	7F	7F	7F
GHANA	207	219	230F	230F	7419	8032	7826	8043	1533	1759	1800F	1850F
GUINEA	70	68	78F	85F	6848	6998	7051	7059	482	475	550F	600F
IVORY COAST	166	212	219	220F	3300	3443	3425	3545	546	730F	750F	780F
KENYA	64	80F	81F	81F	7969	7875	7888	7901	510	630F	635F	640F
LIBERIA	79	82F	85F	87F	3356	3659	3529	3621	264	300*	300F	315F
MADAGASCAR	188	267	278	297*	6514	5885	6096	5873	1227	1570	1692	1745*
MALAWI	15	13F	15F	15F	5921	6154	6000	6000	90	80F	90F	90F
MALI	5	7F	7F	7F	7213	8523	8585	8646	36	55F	56F	56F
MAURITIUS					16467	20222	17200	16667				
MOZAMBIQUE	450	602	600F	600F	5669	4485	4667	4750	2549	2700F	2800F	2850F
NIGER	25	28	28F	28F	7155	8005	8036	7923	182	224	225F	225F
NIGERIA	894	1150F	1200F	1200F	10592	9130	9167	9167	9473	10500F	11000F	11000F
REUNION					8333	10000	10000	10000	3	4F	4F	4F
RWANDA	29	43F	44F	45F	11358	10490	10754	11007	333	450F	472F	494F
SAO TOME PRN					10515	11111	11111	11111	2	3F	3F	3F
SENEGAL	36	8	8F	7F	4365	3166	3500	3571	159	25	28F	25F
SEYCHELLES					6062	5000	5000	5000				
SIERRA LEONE	16	18F	22F	22F	4676	4722	4318	4318	75	85F	95F	95F
SOMALIA	2	3F	3F	3F	10573	11071	11034	11000	25	31F	32F	33F
SUDAN	39	50	45	45F	3402	2541	2689	2687	133	127	122	122F
TANZANIA	695	930F	940F	950F	4854	4892	4894	4895	3373	4550F	4600F	4650F
TOGO	31	28F	28F	28F	17926	15821	16071	16786	562	443	450F	470F
UGANDA	277	400F	410F	420F	3825	3375	3415	3381	1058	1350F	1400F	1420F
UPPER VOLTA	5	6F	6F	6F	6000	6774	6774	6774	30	42F	42F	42F
ZAIRE	1493	1800F	1818*	1853F	6851	6667	6711	7017	10232	12000*	12200*	13000F
ZAMBIA	52	55F	55F	57F	3094	3182	3182	3123	159	175F	175F	178F
ZIMBABWE	15	18F	19F	18F	3033	3000	3243	2778	46	54*	60F	50F
N C AMERICA	125	147	148	157	6284	5995	5855	6091	783	880	865	954
ANTIGUA					3625	2353	2353	2353				
BARBADOS					26355	25000	25128	25000	1	1F	1F	1F
CAYMAN IS					3600	4500	4500	4500				
COSTA RICA	3	2F	3F	3F	3782	6600	6696	6667	12	15	18	18F
CUBA	33	46F	47F	48F	6566	6957	6915	6899	217	320*	325*	328F
DOMINICA					9958	10000	10000	10000	1	1F	1F	1F
DOMINICAN RP	12	11F	11F	18F	11490	10845	10462	10000	173	119	115	180*
EL SALVADOR	1	2	2	2	9102	11829	11843	11840	12	20	20	25
GRENADA					4969	5367	4571	4000				
GUADELOUPE					11250	8000	9000	9000	5	1	1	1F
GUATEMALA	2	3F	3F	3F	3000	2600	2567	2567	6	8F	8F	8
HAITI	51	63	63F	63F	4020	4038	3968	4048	205	254	250F	255F
HONDURAS	4	3	2	2F	6984	2871	3281	3273	28	9	7	7F
JAMAICA	2	2F	2F	2F	8241	10892	9326	10833	16	24	20	26F
MARTINIQUE					14057	2700	5000	5000	3		1	1
MEXICO	2	2	2	2F	20000	13390	9961	10000	43	33	20	22F
NICARAGUA	4	6F	7F	7F	4111	4000	4000	4077	17	24F	26F	27F
PANAMA	4	5F	5F	5F	8547	8473	8333	8212	32	40	40F	43F
PUERTO RICO	1				3474	8228	8252	7678	4	4	3	3F
SAINT LUCIA					4000	3462	3500	3500	1	1F	1F	1F
ST VINCENT					13516	12000	12000	12000	3	3F	3F	3F
TRINIDAD TOB					8966	12500	12500	12500	3	5*	5F	5F
SOUTH AMERIC	2483	2591	2489	2577	13873	11613	11663	11905	34444	30089	29034	30677
ARGENTINA	26	21	23	23F	11555	8551	9639	10000	296	183	222	230F
BOLIVIA	18	16	18	19F	12671	12737	12150	12432	223	201	219	230F
BRAZIL	2042	2111	2006	2093	14655	11825	11669	11968	29922	24962	23411	25050
COLOMBIA	185	222	208	207	7476	8619	10353	10386	1380	1909	2150	2150
ECUADOR	35	20	25	26*	10753	9115	9109	9100	382	183	229	236*
FR GUIANA	1	1	1F	1F	7564	10000	10000	9877	5	8	8F	8F
PARAGUAY	100	126	136	135F	14365	14936	14967	14815	1442	1888	2031	2000F
PERU	37	35	35*	36*	12716	11487	11429	11389	477	403	400*	410*
SURINAME					6846	6995	6597	7073	2	3	3F	3F
VENEZUELA	39	38	37	37F	8080	9117	9663	9730	317	350	361	360F
ASIA	2470	3743	3786	3866	9289	11083	11316	12307	22943	41484	42843	47584
BRUNEI					7107	8571	7778	7838	2	3	3F	3F
BURMA	1	3	3	5	10378	9146	8997	9283	10	23	28F	48
CHINA	161F	215F	243F	251F	12062	12693	13107	13061	1938F	2726F	3185F	3276F
EAST TIMOR	7				2816				20			
INDIA	352	362	352	346	14176	16736	16611	16803	4993	6050	5845	5817
INDONESIA	1424	1434	1414	1412	7512	9587	9571	9718	10695	13751	13532	13726
KAMPUCHEA DM	2	22F	25*	25F	10244	6500	6000	5800	24	143F	150F	145F
LAO	1	4F	5F	5F	13636	15000	15111	15217	15	60F	68F	70F
MALAYSIA	30	40F	35F	35F	9096	10000	10000	10286	271	400F	350F	360F
PHILIPPINES	82	192	204	200F	5297	11692	11145	11500	436	2249	2276	2300F
SINGAPORE					10744	10370	10000	10000	4	1F	1F	1F

Table B-5 (cont'd.)

	AREA HARV			1000 HA	YIELD			KG/HA	PRODUCTION			1000 MT
	1969-71	1979	1980	1981	1969-71	1979	1980	1981	1969-71	1979	1980	1981
SRI LANKA	65	54	51	62F	5355	9974	9788	8703	376	535	499	537F
THAILAND	211	950F	1015*	1050*	15205	12737	13414	17048	3208	12100F	13615F	17900*
VIET NAM	133	468	439	475F	7153	7367	7496	7158	950	3444	3290	3400F
OCEANIA	17	20	20	21	10972	10894	11035	11124	187	219	225	229
AMER SAMOA					26800	14167	13462	12857				
COOK ISLANDS					27445	32258	32258	32258	4	4F	4F	4F
FIJI	7	8F	8F	8F	12305	12000	12000	12141	85	93F	94F	95F
FR POLYNESIA					17877	18611	18630	18356	6	7F	7F	7F
NEWCALEDONIA					22699	26000	28000	30000	4	3F	3F	3F
NIUE					5200	3846	3846	3846				
PACIFIC IS	1	1F	1F	1F	9032	9000	9300	9600	6	9F	9F	10F
PAPUA N GUIN	7	9F	9F	9F	10188	10698	10682	10667	72	92F	94F	96F
SAMOA					18750	10667	10667	10667				
TONGA	2	2F	2F	2F	5742	5238	6413	6667	10	11F	13F	14F
DEV.PING N E	10593	12975	13070	13303	8853	8581	8636	9054	93784	111339	112881	120441
AFRICA	5755	7129	7288	7388	6639	6292	6369	6456	38206	44852	46417	47696
LAT AMERICA	2607	2738	2637	2733	13510	11312	11338	11572	35227	30970	29900	31631
NEAR EAST	39	50	45	45	3402	2541	2689	2687	133	127	122	122
FAR EAST	2174	3039	3079	3116	9213	11574	11762	13083	20031	35172	36218	40763
OTH DV.PING	17	20	20	21	10972	10894	11035	11124	187	219	225	229
CENTR PLANND	296	704	707	751	9844	8964	9372	9085	2912	6313	6625	6821
ASIAN CPE	296	704	707	751	9844	8964	9372	9085	2912	6313	6625	6821
DEV.PING ALL	10889	13680	13777	14054	8880	8631	8674	9055	96695	117651	119506	127261

* Unofficial figures

F: Estimates by FAO

Source: FAO, Production Yearbook, 1981

Table B-6 Sweet Potato Production of the World

	AREA HARV			1000 HA	YIELD			KG/HA	PRODUCTION			1000 MT
	1969-71	1979	1980	1981	1969-71	1979	1980	1981	1969-71	1979	1980	1981
WORLD	12268	12202	12026	11771	11596	12153	12061	12384	142149	148293	145045	145765
AFRICA	677	775	785	794	5917	6444	6455	6487	4004	4993	5065	5151
ANGOLA	18	19F	19F	19F	8339	9474	9474	9474	147	180F	180F	180F
BENIN	17	4	4F	4F	3878	3390	3500	3500	66	14	14F	14F
BURUNDI	101	92F	93F	93F	8231	9457	9892	9982	831	870F	920F	928F
CAMEROON	42	38F	38F	39F	3212	3421	3421	3512	134	130*	130F	135F
CAPE VERDE	1	1F	1F	1F	1864	5000	5000	5000	3	5F	5F	5F
CHAD	5	6F	6F	7F	5135	5645	5625	5615	25	35F	36F	37F
COMOROS	1	2F	2F	2F	10159	8222	8389	8158	11	15F	15F	16F
CONGO	4	4F	4F	4F	6000	6099	6098	6220	24	25F	25F	26F
EGYPT	4	4	3*	3F	21309	23662	21726	21471	87	104	73*	73F
EQ GUINEA	7	11F	11F	12F	3727	3000	3009	2957	27	33F	34F	34F
GABON	2	1F	1F	1F	1500	1200	1300	1400	3	1F	1F	1F
GUINEA	10	10	10F	10F	8200	7500	7400	7500	82	73	74F	75F
IVORY COAST	11	16F	16F	16F	1927	1806	1875	1875	21	28F	30F	30F
KENYA	30	38F	38F	39F	7753	8947	8684	8846	230	340F	330F	345F
LIBERIA	1	2F	2F	2F	10002	10200	10267	10333	12	15F	15F	16F
MADAGASCAR	59	78	80F	80F	5864	5242	5125	5125	348	407	410F	410F
MALI	3	4F	4F	4F	12625	11707	11667	11629	35	48F	49F	50F
MAURITANIA	3	5F	5F	6F	629	400	377	357	2	2F	2F	2F
MAURITIUS					12567	13125	17000	10000				
MOZAMBIQUE	8	9F	9F	9F	4813	5294	5294	5294	40	45F	45F	45F
NIGER	1	5	5F	5F	6729	5932	5957	6064	9	28	28F	29F
NIGERIA	15	18F	19F	19F	9087	12778	12973	12973	139	230F	240F	240F
REUNION					18000	21923	22692	23462	5	6F	6F	6F
RWANDA	65	111F	116F	120F	5788	7874	7838	7805	379	874F	906F	938F
SENEGAL	3	1	2F	2F	4186	4736	4667	4688	11	7	7F	8F
SIERRA LEONE	7	5*	6F	6F	2856	2037	2105	2083	20	11*	12F	13F
SOMALIA					10000	10000	10000	10000	3	3F	3F	4F
SOUTH AFRICA	13	13F	13F	13F	2900	3545	3538	3692	39	46	46	48F
SUDAN	1	2F	2F	2F	26496	24118	24706	24000	21	41F	42F	46F
SWAZILAND	2	2F	2F	2F	4013	5882	5882	5882	8	10F	10F	10F
TANZANIA	39	53F	54F	53F	6053	6226	6206	6226	234	330F	332F	330F
TOGO	1	2F	2F	2F	2500	3000	3500	3500	3	6F	7F	7F
UGANDA	133	139F	139F	140F	5200	4820	4820	4857	693	670F	670F	680F
UPPER VOLTA	12	15F	15F	15F	2611	2800	2933	2933	31	42F	44F	44F
ZAIRE	53	63F	63*	64F	4977	4762	4810	4821	264	300F	303*	309F
ZAMBIA	2	3F	3F	3F	7041	7143	7143	7143	17	20F	20F	20F
N C AMERICA	200	208	204	211	6930	6528	6061	6369	1387	1356	1237	1347
ANTIGUA					4032	4000	4000	4000				
BAHAMAS					3247	3951	4024	4146				
BARBADOS	1		1F	1F	9620	6857	8278	8000	6	2	4	4F
BERMUDA					5538	6739	6600	6600				
CAYMAN IS					5000	5500	5500	5500				
CUBA	63	80F	80F	80F	3803	3950	4063	4070	238	316*	325*	327F
DOMINICA					10000	10000	10000	10000	1	1F	1F	1F
DOMINICAN RP	10	8	10F	13F	8850	7806	6810	6800	87	59	68	85*
EL SALVADOR					5058	5000	5000	5000				
GRENADA					5441	5456	4000	2669	1			
GUADELOUPE	1	1	1	1F	10000	9400	10700	10200	6	5	5	5F
HAITI	53	63	63F	64F	5283	4235	4127	4219	280	265	260F	270F
HONDURAS					2632	3548	3750	3750	1	1F	1F	1F
JAMAICA	2	2F	2F	2F	7903	11757	11662	12500	16	21	21	25F
MARTINIQUE	1	1F	1F	1	9995	9920	11000	10000	6	5	6F	5
MEXICO	14	4	2	2F	9843	13811	14313	14130	142	58	33	33F
MONTSERRAT					2333	2500	2500	2500				
PUERTO RICO	3	2F	2	2F	3496	4255	4358	4362	10	9	9	10
ST KITTS ETC					2886	5000	5000	5000				
SAINT LUCIA					2368	5385	5370	5357	1	1F	1F	2F
ST VINCENT	1	1F	1F	1F	3560	2044	2063	2133	4	1	2	2F
TRINIDAD TOB					3366	10370	10345	10345	2	3*	3F	3F
USA	51	46	41	44	11538	13121	12012	12944	586	606	497	573
SOUTH AMERIC	271	175	174	166	11117	8517	8365	8468	3008	1488	1455	1404
ARGENTINA	44	34	34	24	10410	9527	8988	10107	457	322	302	247
BOLIVIA	2	3	3	3F	7471	4888	5362	5000	12	14	15	15F
BRAZIL	183	92	90F	90F	11775	8948	8989	8889	2155	819	800F	800F
CHILE	1	1*	1*	1F	14000	7000	7000	7000	14	7*	7*	7F
ECUADOR	3	1	1	1F	3574	5004	4398	4615	10	4	3	3F
FR GUIANA					6570	5667	6000	5806	1	2	2F	2F
PARAGUAY	10	14	14	15F	10710	7541	7785	7667	110	106	112	115F
PERU	13	14	15*	15F	12502	10639	10000	9941	167	149	150*	151F
SURINAME					4679	5444	5238	5000				
URUGUAY	13	15*	15*	15*	5975	4000	4000	4000	78	60*	60*	60*
VENEZUELA	2	1F	1F	1F	2495	3573	3525	3583	4	4	4F	4F
ASIA	11012	10919	10738	10472	12088	12797	12716	13093	133113	139726	136543	137108
BAHRAIN					20000	10000	6667	6667				
BANGLADESH	72	73	72	73F	11557	10905	10936	10890	830	795	791	795F
BRUNEI					6490	14286	8571	8219		1	1F	1F
BURMA	3	4F	4F	4F	4951	4103	4154	4100	15	16F	16F	16F
CHINA	9636F	9474F	9262F	9050F	12507	13508	13526	13887	120511F	127975F	125280F	125680F
EAST TIMOR	3				5933				15			
HONG KONG					10510	24353	27867	24000	4			
INDIA	225	220	207	207F	10052	7381	6518	7246	2260	1623	1349	1500F
INDONESIA	361	287	287	276	6131	7649	7655	7530	2215	2194	2193	2079
ISRAEL					20455	40000	40000	40000		1F	1F	1F
JAPAN	134	64	65	65F	19356	21283	20324	20324	2590	1360	1317	1317F
KAMPUCHEA DM	2	2F	2F	2F	8731	7368	8333	7778	21	14F	15F	14F

Table B-6 (cont'd.)

	AREA HARV			1000 HA	YIELD			KG/HA	PRODUCTION			1000 MT
	1969-71	1979	1980	1981	1969-71	1979	1980	1981	1969-71	1979	1980	1981
KOREA DPR	21	27F	28F	29F	13226	13704	13393	13172	273	370F	375F	382F
KOREA REP	125	61	55	50	16489	22651	20049	22160	2053	1387	1103	1108
LAO	2	3F	3F	3F	8333	9615	9655	9667	15	25F	28F	29F
MALAYSIA	7	4F	4F	4F	4567	9474	9474	9610	30	36F	36F	37F
MALDIVES					6000	2500	2500	2500				
PAKISTAN	16	18F	18F	19F	8660	8901	8859	8865	141	162F	163F	164F
PHILIPPINES	134	238	236	235F	5069	4706	4444	4681	680	1120	1040	1100F
SINGAPORE					9380	12632	12632	12632	4	1F	1F	1F
SRI LANKA	17	16	14	13F	3937	9100	8904	8169	65	149	127	136F
THAILAND	32	36F	38F	39F	8660	9254	8995	8992	280	335F	340F	348F
VIET NAM	223	392	443	400F	4977	5522	5324	6000	1108	2162	2358	2400F
EUROPE	14	12	12	13	9807	10810	11234	10379	140	135	138	136
GREECE					12915	18095	18095	18095	2	4F	4F	4F
ITALY	2	1	1	1F	17870	20398	21502	21502	27	21	23	23F
PORTUGAL	9	9F	9F	9F	7782	7635	7941	7765	69	65	68F	66F
SPAIN	4	3	3	3F	11229	16526	17480	13030	42	46	44	43F
OCEANIA	95	113	114	115	5168	5256	5344	5392	489	595	608	620
AMER SAMOA					4500	5000	5250	5500				
AUSTRALIA					5719	10152	11772	11818	1	3	4	4F
COOK ISLANDS					19231	23333	23333	23333	2	1F	1F	1F
FIJI	1	1F	1F	1F	9776	10000	10000	10118	7	8F	8F	9F
FR POLYNESIA					4377	5433	5500	5333	1	2F	2F	2F
GUAM					3667	5882	6131	6000				
NEWCALEDONIA	1	1F	1F	1F	4250	4452	4459	4533	3	3F	3F	3F
NEW ZEALAND		1	2	2F	16453	8996	10667	10667	7	8	16	16F
NIUE					16333	25000	25000	25000				
PACIFIC IS			1F	1F	7237	7143	7200	7255	3	4F	4F	4F
PAPUA N GUIN	82	98F	98F	99F	4237	4449	4490	4545	346	436F	440F	450F
SOLOMON IS	5	5F	5F	5F	9518	9804	9804	9804	46	50F	50F	50F
TONGA	5	6F	6F	7F	13797	12391	12422	12369	73	79F	80F	80F
DEV.PED M E	213	137	133	137	15798	15776	15144	15291	3364	2160	2018	2094
N AMERICA	51	46	41	44	11538	13121	12012	12944	586	606	497	573
W EUROPE	14	12	12	13	9807	10810	11234	10379	140	135	138	136
OCEANIA	1	1	2	2	12618	8937	10863	11038	9	11	20	20
OTH DEV.PED	147	77	78	78	17865	18290	17525	17551	2629	1407	1364	1366
DEV.PENG M E	2174	2170	2158	2153	7157	7195	6950	7057	16863	15613	14999	15195
AFRICA	658	756	767	776	5859	6355	6397	6426	3858	4802	4904	4985
LAT AMERICA	420	336	337	333	9070	6655	6520	6541	3809	2238	2194	2178
NEAR EAST	5	6	5	5	22145	23785	22718	22368	107	145	115	119
FAR EAST	997	960	938	926	8637	8170	7673	7899	8609	7844	7197	7314
OTH DV.PENG	94	112	112	113	5113	5215	5254	5301	480	584	588	600
CENTR PLANND	9881	9895	9735	9481	12338	13191	13151	13551	121914	130521	128028	128476
ASIAN CPE	9881	9895	9735	9481	12338	13191	13151	13551	121914	130521	128028	128476
DEV.PED ALL	213	137	133	137	15798	15776	15144	15291	3364	2160	2018	2094
DEV.PENG ALL	12055	12065	11893	11634	11512	12112	12026	12349	138777	146134	143027	143671

* Unofficial figures

F: Estimates by FAO

Source: FAO, Production Yearbook, 1981

1. 4　合成法原料

合成法の原料としては、天然ガス、ナフサ、石油随伴ガス等から生産されるエチレンが使用される。エチレンは石油化学工業の基礎原料であり、エチレンからはエチルアルコールのほか、種々の石油化学製品が製造される。

エチレンの生産量と地域分布をTable　B－7に示す。

Table B-7　Ethylene Production

(million MT)

	1960	1965	1970	1973	1974	1975	1976	1980	1985
EC	(0.68)	1.87	5.63	9.04	9.75	7.27	9.45		
Scandinavia	0.01	0.05	0.16	0.35	0.42	0.37	0.44	(12.0)	(15.3)
Other European OECD Member Countries	-	-	0.15	0.25	0.30	0.32	0.38		
USA	2.47	4.34	8.39	10.13	10.84	9.30	9.99		
Canada	-	0.27	0.41	0.49	0.43	0.43	0.51	(13.5)	(18.0)
Japan	0.08	0.78	3.10	4.17	4.18	3.55	3.87	(4.7)	(6.1)
Other OECD Member Countries	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subtotal	(3.3)	(7.3)	17.85	24.45	25.93	21.24	24.64	(30.2)	(39.4)
Others	-	-	-	-	-	(1.4)	-	(6.0)	(9.0)
Total	-	-	-	-	-	(22.6)	-	(36.2)	(48.4)

Note:　1) From the report by the Petrochemical Subcommittee of the Industrial Committee of OECD.
　　2) ( ):　estimates

2. 原料価格

2. 1　発酵法原料

前述のごとく一般的に使用される発酵法の原料としては、

・ 糖質原料　糖蜜、さとうきび

・ 澱粉質原料　とうもろこし、ばれいしょ、キャッサバ、さつまいも

が主なものであるが、これら原料のエチルアルコール工場における入手価格については、ほとんど公にされておらずしかも地域、年度により大幅な変動がある。

ちなみに1982年度にEconomic and Social Commission for Asia and the Pacificが行った糖蜜、さとうきび、キャッサバの価格についての調査によればTable B－8のとおりであり原料の価格は世界各地でかなり差がみられる。

Table B-8 Cost of Potential Ethyl Alcohol Feedstocks (1982)

(US$/MT)

	Molasses	Sugar Cane	Cassava
Australia	65	24	34 (est.)
India	7	17	27
Indonesia	120		27
Philippines	6,490	19	40
Sri Lanka	100 (est.)	30	
Thailand	76	31	33
Brazil		12	

これらの原料は、いずれもエチルアルコール原料となる以外に、広い用途を持つ農作物または、その副産物であるため国別はもちろんのこと、同一国内でもエチルアルコール工場の立地条件により、

・ 原料入手形態（自営農場か否か）

・ 他用途向価格との競合

・ 農業の生産性

・ 集荷形態

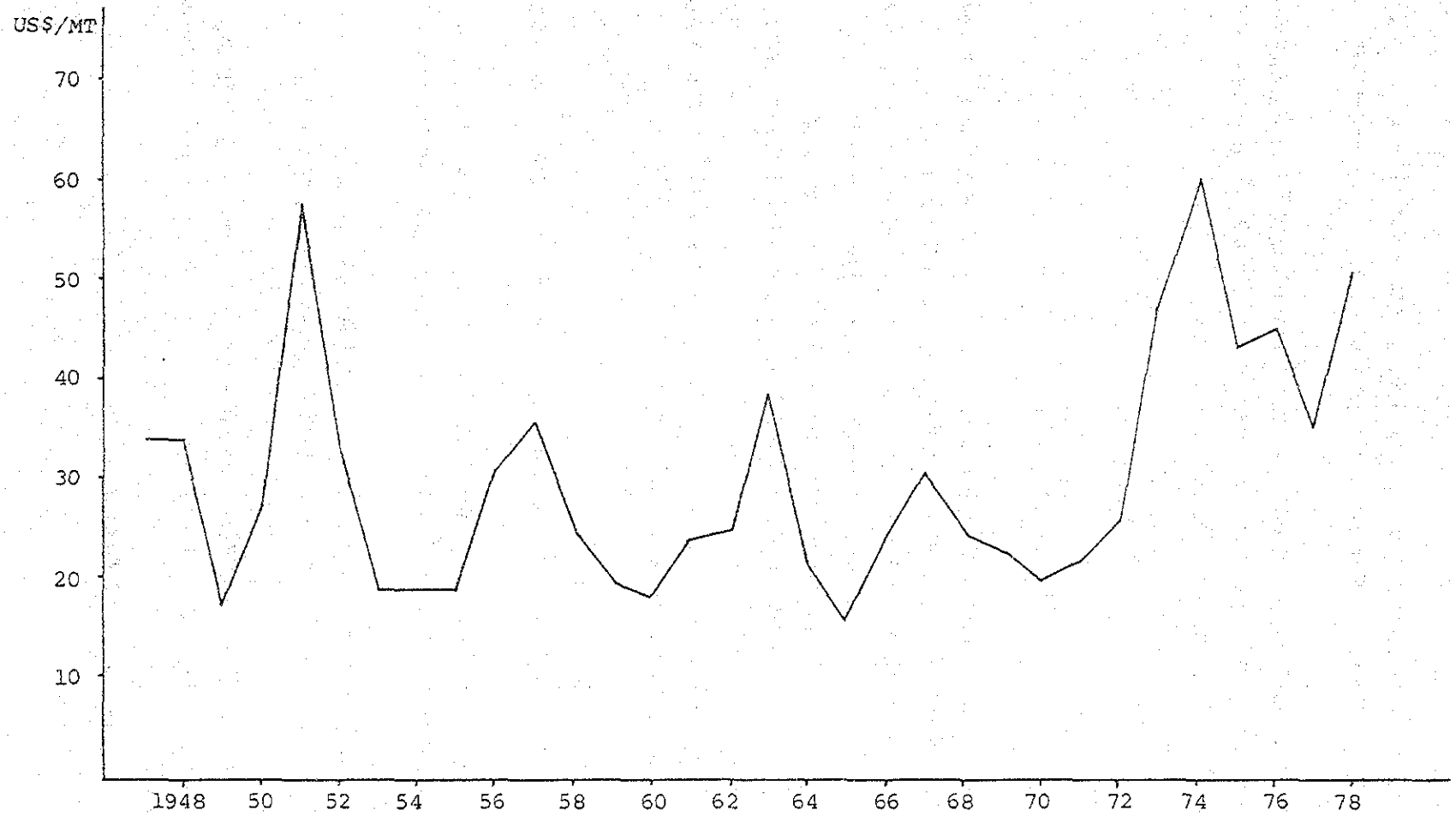
・ 国の政策

などが異なり、原料入手価格に大きな差が生ずるものと思われる。

したがって具体的な工場立地計画策定にあたっては、その立地場所においてこれらの原料の入手安定性、入手価格につき詳細な調査が必要である。

なお、糖質原料として最も一般的に使用されている糖蜜の1948－1978年の価格推移はFig. B－1のとおりであり、極めて大きく変動している。

Fig. B-1 Sugar Cane Molasses Prices



Source: 1947-1969 ; New Orleans Market
1970-1978 ; Cuba-Azucar-Mincex Estimates

2．2　合成法原料

合成法の原料はエチレンであるが、エチレンは石油化学工業の基礎原料であり、日本、ヨーロッパでは主として原油の一溜分であるナフサから製造され、アメリカでは天然ガスから製造されるものが多い。

Fig. B－2に1973－1980年の価格推移を示す。図からエチレン価格は石油価格高騰の影響を強く受けているが、天然ガスを原料とする割合の多いアメリカのエチレン価格は、日本、ヨーロッパのそれに比べてかなり安価なものとなっている。

III．生産技術

1．主な製造プロセス

エチルアルコールの製造法は発酵法と合成法に分けられる。そして発酵法はその原料の違いにより、プロセスが異なる。また発酵法による製造法では、生産されるエチルアルコールの用途により工業用と燃料用とに分かれ、若干の違いがある。すなわち各々の製品規格は前述のとおり、エチルアルコール純度はほぼ同じであるが、燃料用については、純度・有機酸含量以外の項目は、規格化が進んでおらず、また製造コストを極力低減することを目的に、そのプロセスは蒸溜工程を簡略する方法が一般的である。しかしながら、他の工程は、工業用、燃料用とも同様のプロセスを採用している。

以下に主なプロセスを概説するが、本節では一般的なプロセスを説明し、特に新規技術についてはIII節3項の技術革新の項で述べることとしたい。

1．1　発酵法－原料・糖蜜

原料の糖蜜は全糖分として50－60%程度含まれているので前処理段階として温水で希釈される。

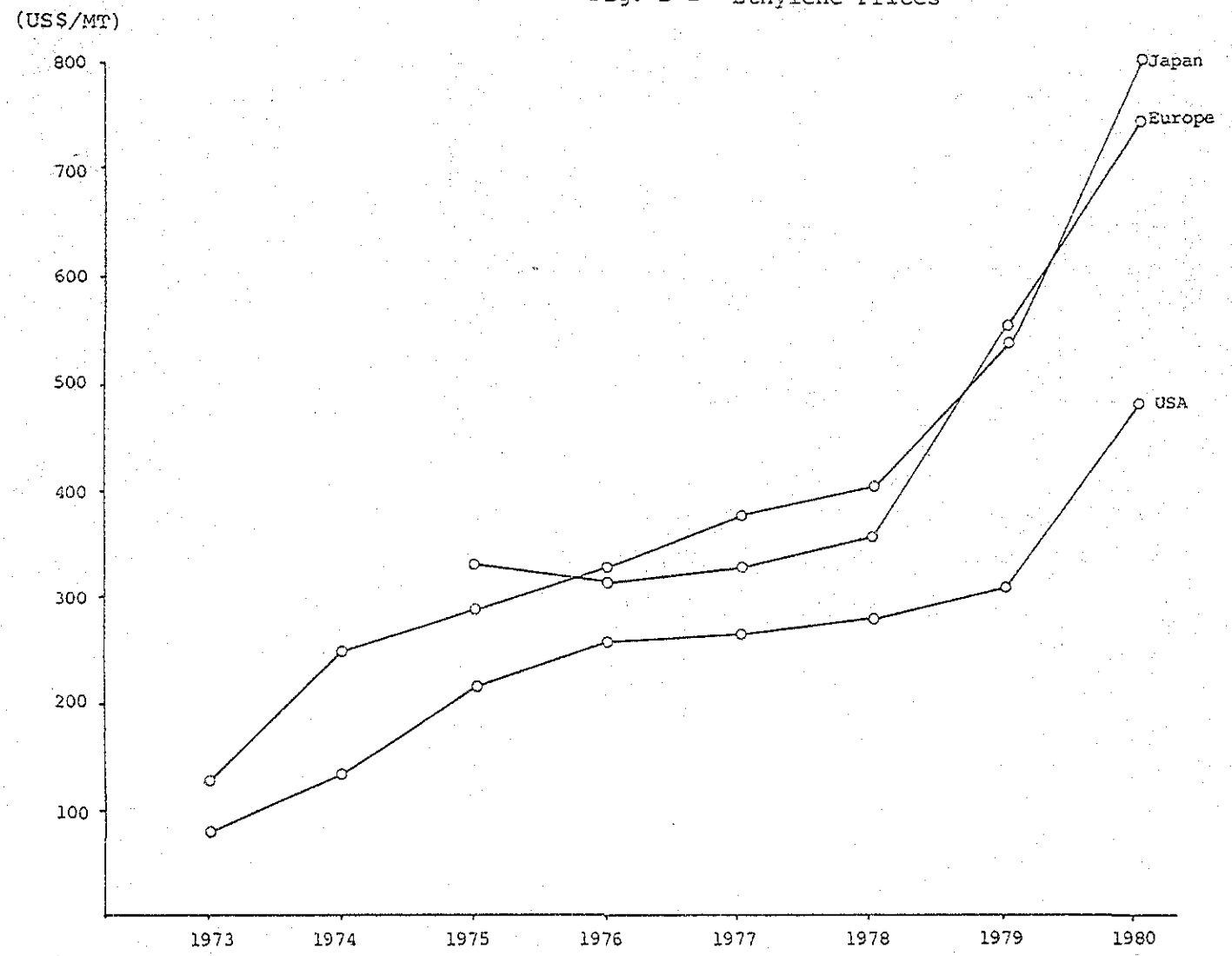
一方酵母の育成用として糖蜜は温水で希釈され、さらに殺菌されて殺菌もろみとなり、これに酵母の栄養剤である硫安などの助成料を加え、これに酵母を添加し約33℃程度で酒母として育成される。

原料の糖蜜に育成された酵母を加え発酵を行う。この発酵原料をもろみといい、全糖分は23%程度に希釈されている。発酵温度を31－33℃程度に4日間保ち、熟成するとこの間酵母の働きで12.5%程度のエチルアルコールが生成される。これを熟成もろみという。

この熟成もろみを蒸溜工程により精製して95%含水エチルアルコールを得る。99.5%の無水エチルアルコールを得るにはさらに脱水剤としてベンゼン、シクロヘキサンなどを用いて脱水蒸溜する。

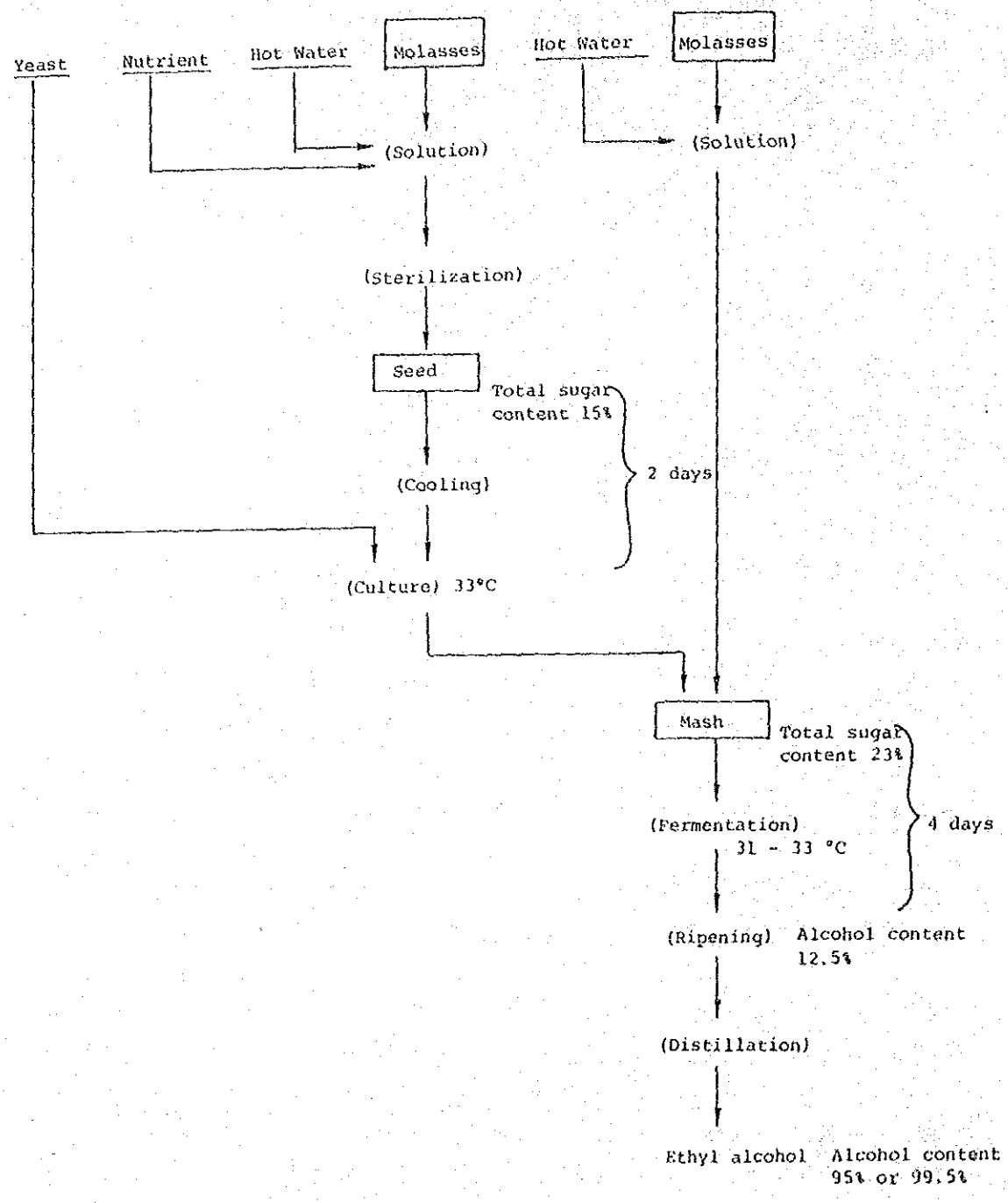
プロセスフローはFig. B－3を参照願いたい。

Fig. B-2 Ethylene Prices



Source: Japan; Chemistry & Economy, Aug. 1980, Aug. 1981
Europe; Europe Chemical News
USA; Chemical Marcketing Reporter

Fig. B-3 Ethyl Alcohol Production Process Using Molasses as Raw Material



Source: Alcohol Handbook

1．2　発酵法－原料・さとうきび

原料のさとうきびは圧搾されジュースとなり清澄工程で石灰乳を加え加熱すると清澄糖液とスラッジ（マッド）に分離される。

この処理された清澄糖液に助成料と酸によって無菌化処理された酵母液が加えられ、温度34－37℃で15－18時間発酵させる。得られたエチルアルコール濃度約8.5 vol%の発酵もろみはイーストセパレーターへ送られ酵母が回収され、酸処理後、次回発酵の酒母として利用される。

酵母と分離されたもろみは、蒸溜により精製して95%の含水エチルアルコールを得る。無水エチルアルコール（99.5%）の製造はさらにベンゼン、シクロヘキサン等を用いて脱水蒸溜を行う。

プロセスフローはFig. B－4を参照願いたい。

1．3　発酵法－原料・キャッサバ／さつまいも

原料は洗浄され粉砕される。粉砕された原料は、スラリー状となって蒸煮機へ移送される。

蒸煮機へ送られたスラリーは液化酵素を添加された上、蒸気により加圧蒸煮される。その後冷却され一部は酒母槽に送られ、55℃で糖化酵素を添加の上さらに冷却し33℃で酵母を添加し24時間培養し酒母とする。

残部は発酵槽へ移送後、液化・糖化酵素を加え糖化する。糖化後33℃へ冷却しこれに酒母を加え発酵させる。エチルアルコール分8.5 vol%の熟成もろみはスクリーンフィルターを通し粕を分離する。

この熟成もろみを蒸溜工程により精製して95%の含水エチルアルコールを得る。

無水エチルアルコールは含水エチルアルコールをさらに脱水剤により脱水蒸溜して得られる。

プロセスフローはFig. B－5を参照願いたい。

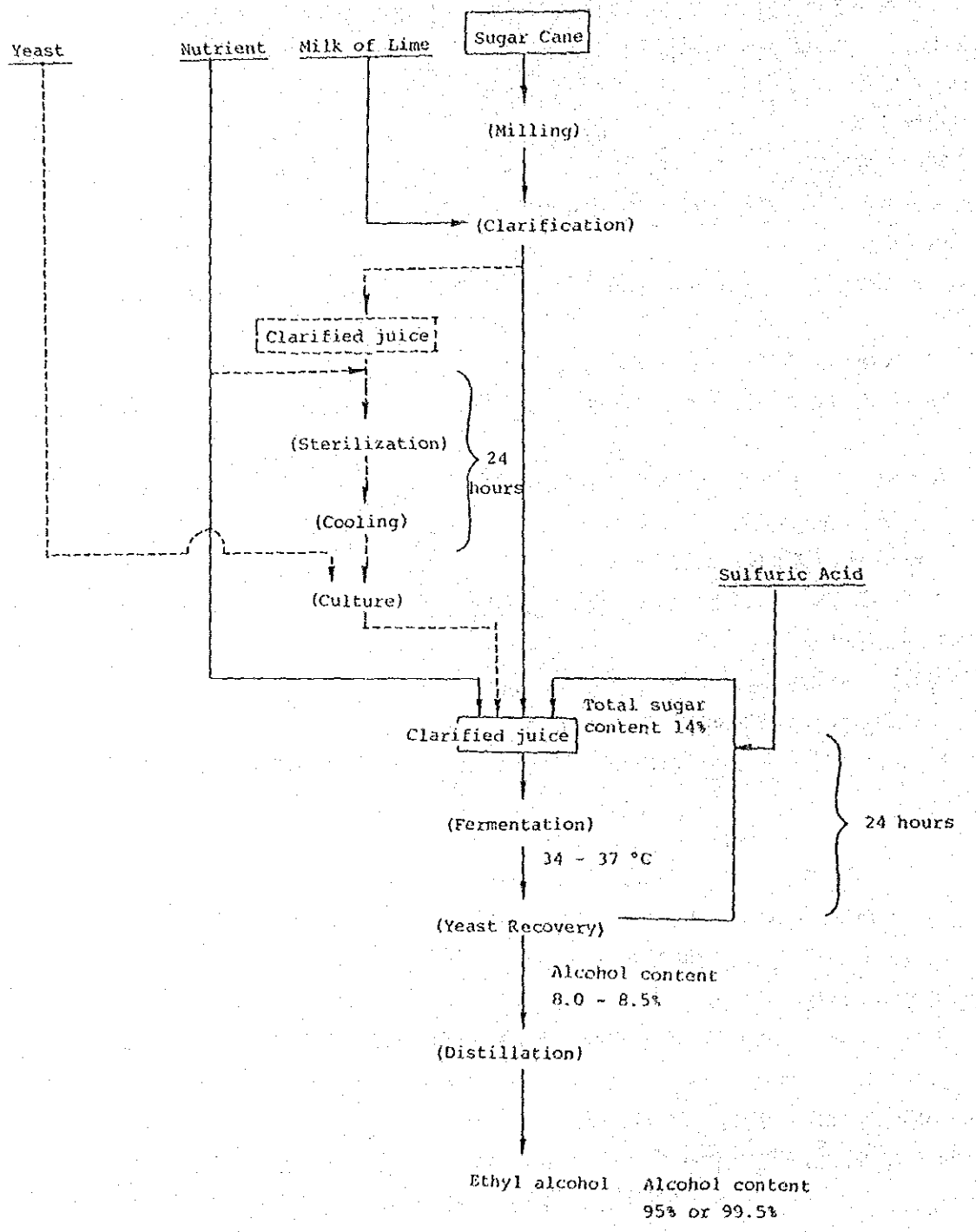
1．4　合成法－原料・エチレン

原料のエチレンは圧縮機で70 kg／cm²Gに圧縮され、加熱されて反応塔に送られる。反応塔では水が付加されるが、その反応にはリン酸触媒を用いる。反応生成物はガス分離され未反応エチレンは、反応塔の前段に送られ循環使用される。

反応工程からの粗エチルアルコールは20－25 wt%であり、この粗エチルアルコールは分留塔へ送られて分留された後、還元塔へ送られる。

還元塔で高圧水素を用い、ニッケル触媒により粗エチルアルコール中のアルデヒドを還元し、エチルアルコールとした後、精製塔に供給し塔頂から95%の製品エチルアルコールを得る。

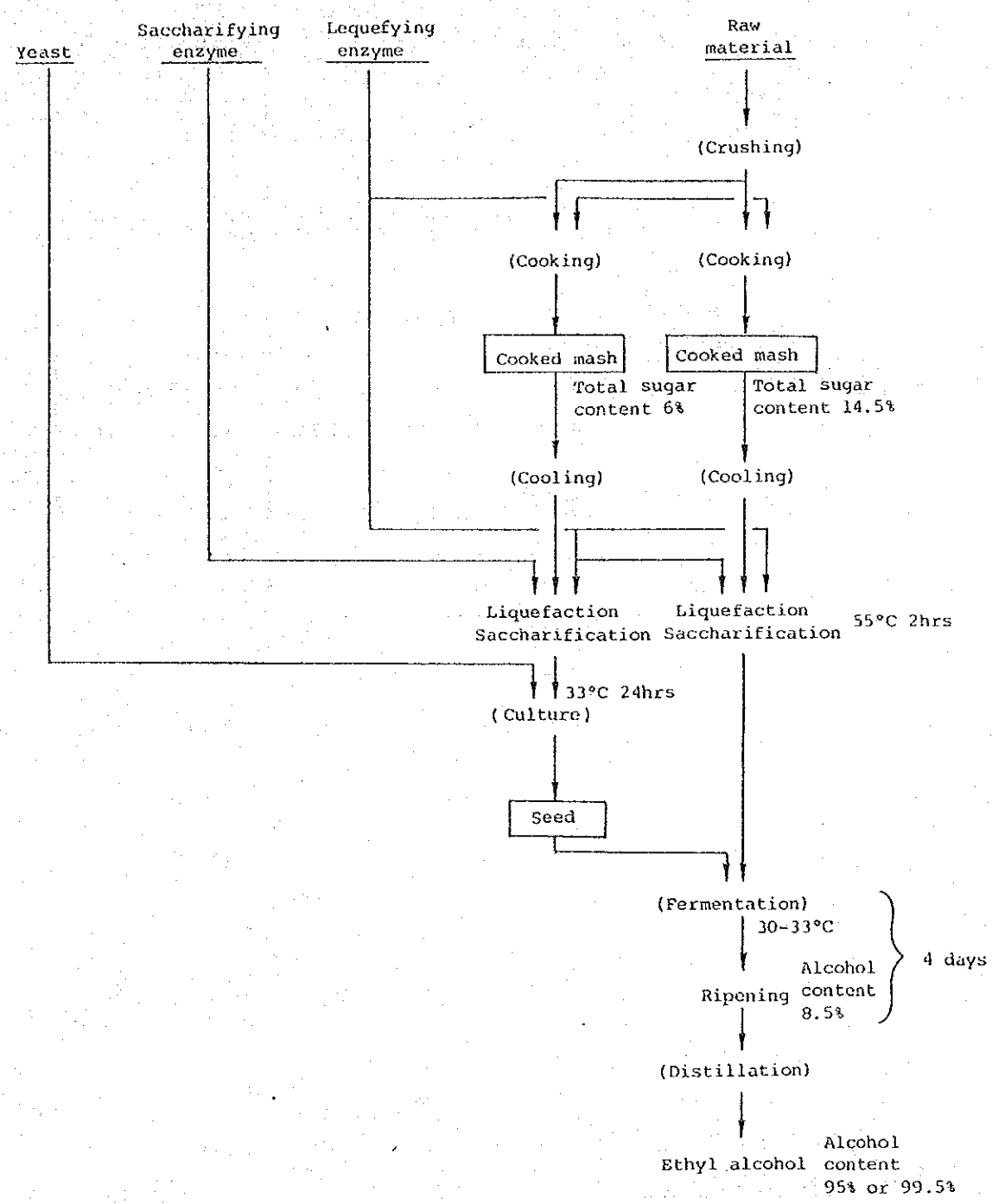
Fig. B-4 Ethyl Alcohol Production Process Using Sugar Cane as Raw Material



Source: Prepared by the Study Team

Fig. B-5 Ethyl Alcohol Production Process Using Starchy as Raw Material (Raw Sweet Potato and Cassava)

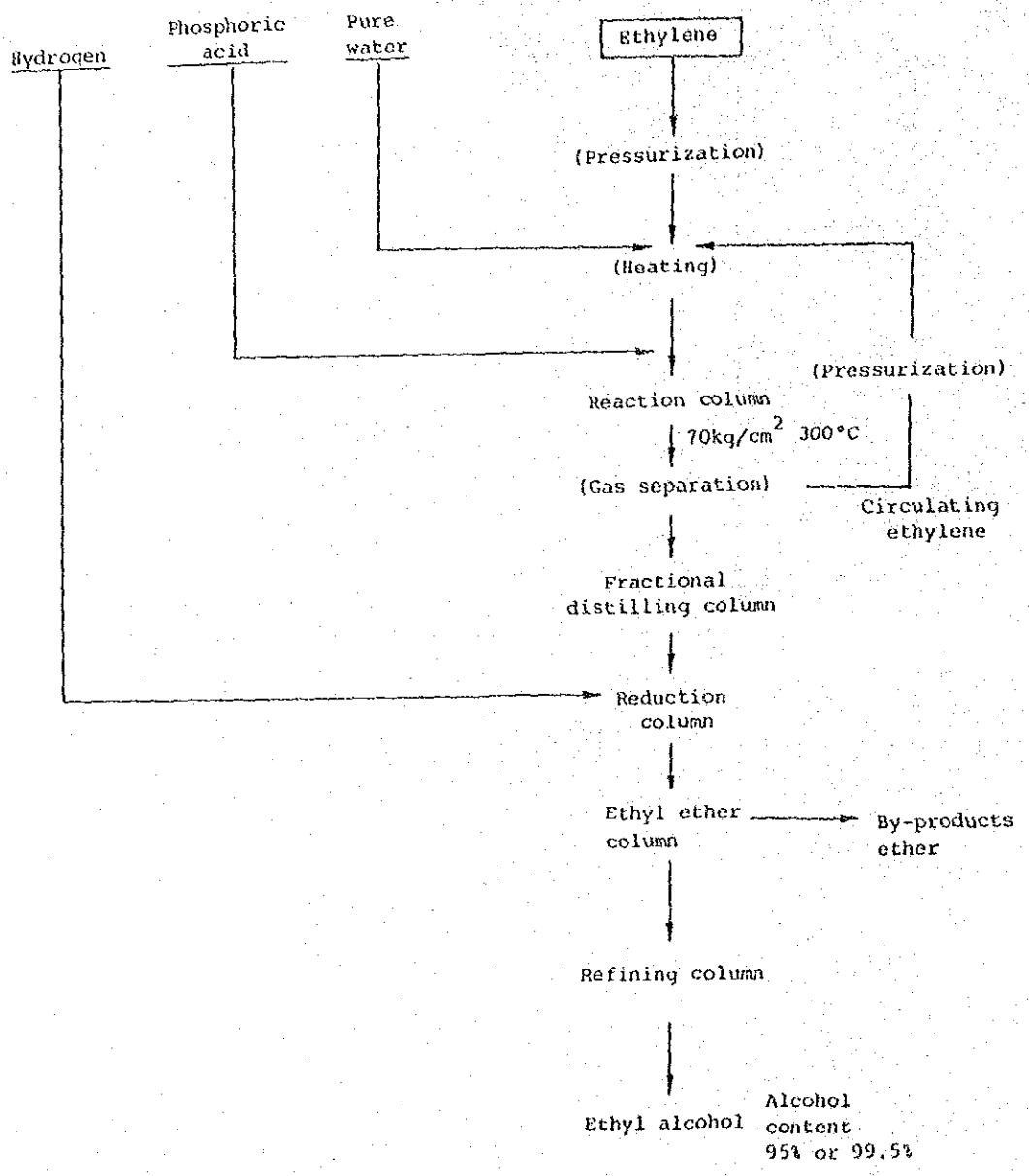
- Enzyme saccharification method -



Source: Alcohol Handbook

Fig. B-6 Ethyl Alcohol Production Process Using Ethylene as Raw Material

- Direct hydration method -



Source: Alcohol Handbook

99.5%の無水エチルアルコールを製造する場合には、発酵法と同様に脱水剤としてベンゼン、シクロヘキサン等を用いて脱水蒸溜する。

2. エネルギー収支

エチルアルコールが燃料用として使用され始めてから、インプットのエネルギーに対するアウトプットのエネルギー収支（エネルギー収支）が注目されている。すなわちエネルギー収支とは、エチルアルコール原料を栽培し、エチルアルコールを製造するまでに用いた投入エネルギーと、製品エチルアルコールが持つそれ自身のエネルギーの比をいい、通常は評価指標としてNER（Net Energy Ratio）なるインデックスで示される。

$$\text{NER} = \frac{\left(\begin{array}{l}\text{1ℓのエチルアルコールを製}\\\text{造するのに投入された熱量}\end{array}\right) - \left(\begin{array}{l}\text{1ℓのエチルアルコールを製造}\\\text{する際に副生産された熱量}\end{array}\right)}{\text{1ℓのエチルアルコールの低位発熱量}}$$

エネルギー収支については各原料につきBattele, da Silva（Brazil）等多く報告されているが、計算の基礎となる前提条件すなわち農業生産、生産技術などが異なるため、計算結果は一様でない。

以下に試算例として調査チームが実施したさとうきびとキャッサバの比較をTable B−9に示す。

NERは、NER>1ではエネルギー収支上損失となり、NERが0に近づくほどエネルギー取得があることを示している。

Table B-9 Energy Balance

(kcal/ℓ)

		Sugar Cane	Cassava
Input	Farm Production	(280)	(415)
	Alcohol Production Process	(15)*	(5,880)
	Total	295	6,295
Output	Alcohol	5,045	5,045
	NER	0.06	1.25

* In the case of sugar cane, input energy for alcohol production process is low as the bagasse derived from the stems is usable as fuel.

Table B−9でキャッサバのNERが1.25と1以上であるのは、エチルアルコール製造工程で燃料として木材など外部から熱源を供給する必要があるためである。

NER>1では扱い易い液体燃料への質的変換メリットしかないので、特にエネルギー消費の多いエチルアルコール製造工程における省エネルギープロセスの開発研究が盛んに行われている。

また原料生産工程においても多量施肥、機械化農業、遠距離集荷等が行われる場合は、エネルギー収支を悪化させるので、具体的な計画段階では、立地に合わせた詳細な検討が必要である。

3. 技術革新

エチルアルコール生産面での技術革新として期待される分野は、原料の栽培とエチルアルコール製造技術に大別される。

3. 1 原料栽培

現在エチルアルコール原料として使用されている原料作物の中で、さとうきびは砂糖の原料として、とうもろこしは飼料として大規模栽培の歴史がある。またさつまいもについては、日本では過去、戦前戦中にエチルアルコール原料としての栽培の歴史がある。

一方キャッサバについては、エチルアルコール原料として注目されたのが近年であり、栽培技術について今後技術革新の余地が残されている。

主な栽培技術上の開発項目としては、

- 生産収量の高い品種の改良
- 施肥改善による収量の増大
- 病虫害の予防

等があり現在キャッサバとさつまいもの平均収穫量は世銀レポートによれば、各々12 t／ha、15 t／haであるが、上記栽培技術の向上により収穫量の増大が期待される。

3. 2 エチルアルコール製造技術

前述のとおり、エチルアルコール製造技術は発酵法と合成法がある。

合成法で期待される技術革新としては、天然ガスからの直接エチルアルコール生産技術、エチレンからのエチルアルコール生産における新触媒の開発、新しいエチルアルコール分離技術がある。

天然ガスからの直接エチルアルコール生産技術は現在研究開発段階で、これからの技術であり、エチレンからのエチルアルコール生産における触媒の開発は現在研究もあまり行われていないため可能性は少ないと考えられる。新しいエチルアルコール分離技術については、発酵法と共通する技術であるので発酵法にまとめて述べることとする。

発酵法の製造技術について技術革新が期待される分野としては、エチルアルコール変換エネルギーの削減と生産コスト削減のための技術が主なものであり、以下に原料・工程別に日本で実施している技術開発の一部につき述べる。

3. 2. 1 繊維素原料の生物糖化エチルアルコール生産技術

繊維素原料は発酵工程の前に糖化する必要があり、糖化され易くするために物理的・化学的前処理法が考えられるが、日本では電子線照射、粉砕、爆砕、オゾン処理、アルカリ処理等の各々の組合せが実用化を目指して研究されている。

3. 2. 2 澱粉質原料の糖化工程

(1) 無蒸煮糖化法

澱粉質原料の場合、製造に要する蒸気の約30%が蒸煮に必要なエネルギーとして消費されるため、これを無蒸煮で糖化できれば省エネルギーとなる。生さつまいもを原料としたとき80℃における糖化は工業レベルで成功しているが、現状では酵素の使用量が蒸煮法に比較して若干多く、この点についてなお技術開発の余地はあるが、実現可能な省エネルギー法として実用化の段階に至っている。

(2) 固定化酵素による連続糖化

とうもろこし澱粉を果糖とする異性化糖の製造においては、固定化酵素による連続糖化が工業化されているが、生さつまいもを原料とするエチルアルコール製造においては、現在酵素を蒸煮もろみに投入して糖化を行っている。したがって酵素を固定化することにより、連続使用することは可能であるが、原料により繊維物質の詰まりがあり、この点を解決することにより実用化が期待される。

3. 2. 3 繊維素原料の糖化工程

繊維素系の糖化もろみは糖度が低いため、限外ろ過膜と逆浸透膜の組合わせにより糖度をあげる技術、固定化により酵素の回収を図る技術、および糖化力価の高い酵素の開発等、実用化のための技術開発が行われている。

3. 2. 4 発酵工程

(1) 固定化酵母法

酵母を固定化することにより、発酵工程の連続化が可能であり、発酵槽容積効率も高まることから発酵槽の設備費削減が期待されるほか、オートメ化による省力化が期待できる。

日本では担体としてアルギン酸カルシウムゲルを用いる方法と、光硬化性樹脂膜を用いる方法が研究され、各々パイロットで長期間にわたる運転実績がある。

(2) 減圧発酵

通常の発酵では生成するエチルアルコールにより酵母の活性が阻害されるため、生成するエチルアルコールを減圧にして除きながら発酵を行う。これにより発酵槽容積効率が高まり、さらに高濃度仕込が可能となるため蒸溜工程における省エネルギー等の利点があることから、パイロットでの技術開発が行われている。

3. 2. 5 蒸溜工程

(1) 加圧蒸溜

一塔を加圧し、その塔より発生する蒸気温度を高め他塔の熱源として利用する技術であり、省エネルギーが可能となる。

本技術は日本ではパイロット段階にあり近い将来実用化に移行する段階にある。

(2) 膜利用

従来の蒸溜によるエチルアルコール分離法と異なり、膜によりエチルアルコール濃縮を図る技術であり、現状では研究段階にあり、実用化までには相当の期間を要する。

4. プラント設備費

プラント設備費に関しては、本来立地を特定した上概念設計を行い見積徴取、積算して算出すべきであるが本調査の目的、主旨からそれまでの積算は行わず、世銀のレポートを初め、種々報告されている文献値等を参考として、一部は調査チームが推定し本調査の検討資料とした。

採用した数値は Table B−10 の通りである。

Table B-10 Plant Investment Cost by Raw Material

(US$ million)

Fermentation Process	Molasses	Fuel	9.8
		Industrial	11.0
	Sugar Cane	Fuel	14.3
	Cassava	Fuel	11.5
Synthesis Process	Ethylene	Industrial	17.8

Notes: 1) Plant capacity of 120 kl per day.
2) 1982 as a base year.
3) Finished product will be anhydrous grade.

IV. 生産コスト

生産コストに関する稼動プラントの具体的な数値については、性格上発表された例はない。生産コストに関してはその立地での原料価格、プラント設備費、人件費等により各々異なるため、詳細検討のためには立地を定め、設備費も見積りを取り具体的に算定すべきであるが、本調査では各原料による生産コストの傾向を把握するため、次に述べる一般的、平均的な前提を置き生産コスト試算を行った。

1. 生産コスト試算の前提

1. 1 検討対象

原料は発酵法で糖蜜、さとうきび、キャッサバとし、合成法はエチレンとした。

用途は現在の実情から糖蜜については工業用と燃料用に分け、さとうきびとキャッサバは燃料用のみとし、合成法のエチレンは工業用のみとした。

なおさとうきびについては、原料価格の安い国の例としてブラジルのケースを設定した。また全ケースともエチルアルコール製造設備は新設設備を前提とした。

	原　　料	用　途
ケースA	糖　蜜	燃料用
ケースB	糖　蜜	工業用
ケースC	さとうきび	燃料用
ケースD	さとうきび（ブラジル）	燃料用
ケースE	キャッサバ	燃料用
ケースF	エチレン	工業用

1. 2 プラント能力

もっとも一般的な 120 kl／日とした。

1. 3 製品純度

工業用、燃料用とも無水グレードの 99.5 vol%とし、不純物含量については工業用は先進国で一般的に用いられている規格、燃料用は製品純度のみとし、不純物については規定しないものとした。

1．4　稼動日数

発酵法原料の農作物については、世界各地の気候により異なるが、本調査では収穫期は300日／年が期待できるとし、プラントの稼動日数は300日／年とした。

合成法については日本の例として、330日／年とした。

1．5　年生産量

年生産量は1日当りのプラント能力×稼動日数で表わされるので、

発酵法　年産　36,000 kl／年

合成法　年産　39,600 kl／年

とした。

1．6　原料費

各原料のトン当り単価は、原料価格で述べたとおり、

発酵法原料　1982年の世界各地の平均単価

合成法原料　1980年の日本、ヨーロッパ、アメリカの平均単価

とした。

以上を前提とすると

糖蜜	＄74／t
さとうきび	＄22／t
さとうきび（ブラジル）	＄12／t
キャッサバ	＄32／t
エチレン	＄680／t

である。

各原料のエチルアルコール1kl製造に要する原単位は『化学工学』45巻第5号から引用したが、キャッサバについては調査チームが算定した。

1．7　用役費、助剤費

各原料の用役費、助剤費を算定するための単価、量については『化学工学』45巻第5号から引用した。

1．8　労務費

労務費の単価および必要人数については調査チームが東南アジアで検討した結果を参考として、単価は＄2,000／年／人とし、必要人数は、燃料用生産プラントの場合60人、工業用生産プラントの場合80人とした。

1．9　保全費

化学プラントで一般的に用いられるプラント設備費×3%が毎年発生するものとした。プラント設備費は前述のIII節4項プラント設備費の数値を採用した。

1．10　税金・保険

化学プラントで一般的に用いられるプラント設備費×2%とした。

1．11　償却費

残存簿価を10%とし、償却期間を12年とした。したがって償却費はプラント設備費×0.9×1／12とした。

1．12　利益

プラント設備費×0.1とした。

1．13　管理費

プラントの管理に必要な費用として労務費×80%を見込んだ。

2．生産コスト試算結果

1項で述べた前提により生産コストを試算した結果をTable　B－11に示し、またケースD（ブラジルにおける生産コスト）をTable　B－12に示す。なお、他のケースの詳細についてはAppendix Table　3に添付した。

本生産コスト試算結果は、本節冒頭に述べたごとく、一般的、平均的な前提をもとに試算したものであり、具体的な立地計画においては、各前提項目ごとに対比の上、修正比較する必要がある。特に表からも明らかなとおり生産コストに占める原料費の割合が非常に大きく、立地場所における原料の安定入手価格が極めて重要な意味を持つこととなる。

また公害処理設備面で、例えば廃水処理設備はラグーンを前提としたが、公害規制の厳しい日本等の場合では、当然設備費は増え、生産コストは高くなる。

ともあれ本前提条件下では一般的傾向として、次のことを本表より読取ることができる。

- 発酵法と合成法を比較すると発酵法が生産コスト面で優位である。
- 発酵法の原料である糖蜜、さとうきび、キャッサバの間でのコストに、大きな差は認められない。
- 各ケースとも原料費の全体生産コストに占める割合が、約50%を示しており生産コスト面で原料費が大きく影響することがわかる。

Table B-11 Production Cost Estimate by Raw Materials

(US$/kl)

Method		Variable Costs: Material Cost	Variable Costs: Utility Cost, etc.	Fixed Cost	Production Cost
Fermentation Process	Molasses - Fuel	259 (63)	73	77	402
	Molasses - Industrial	259 (62)	76	80	412
	Sugar cane - Fuel	330 (77)	4	95	429
	Sugar cane - (Brazil) - Fuel	184 (66)	4	95	279
	Cassava - Fuel	208 (48)	141	80	427
Systhesis Process	Ethylene - Industrial	326 (63)	85	107	518

Note: Figures in ( ) indicate the percentage share of raw material cost in the production cost.

V. 生産政策

エチルアルコールの生産に関する政策は、近年特に燃料用につき各国で考え方あるいは実行策として発表されている。

既に実行段階にあるブラジル、アメリカ、フィリピン各国の生産に対する優遇策を述べる。

1. ブラジル

国家アルコール計画推進のための優遇策について1983年3月に聴取した結果は次のとおりである。

1.1 工業および農業プロジェクトへの低利融資

a. 工業プロジェクト

(a) 融資の限度額

70－90%

(b) 金利

ブラジル中・南部　インフレ率×0.8+5%

ブラジル東北部　インフレ率×0.6+5%

Table B-12 Production Cost Estimate for Ethyl Alcohol by a Newly Installed Plant in Brazil

Ethyl Alcohol Production Cost

Plant capacity:	120 kl/day
Product purity:	99.5 vol %
Raw Material:	Sugar cane
End-use:	Fuel

	Production Cost Item	Unit Price	Quantity	US$/kl
Variable Costs	Raw material cost	$12/MT	15 MT/kl	180
	Utilities costs			
	Power	-	-	0
	Fuel	-	-	0
	Water	¢20/MT	10 MT/kl	2
	Chemical cost			2
	Subtotal			184
Fixed Costs	Labor cost	$2,000/y/man x 60 men	=	$120,000/y
	Maintenance cost	$14,300,000 x 0.03	=	$429,000/y
	Taxes and insurance	$14,300,000 x 0.02	=	$286,000/y
	Depreciation charges	$14,300,000 x 0.9 x 1/12	=	$1,073,000/y
	Profit	$14,300,000 x 0.1	=	$1,430,000/y
	Management cost	Labor cost x 0.8	=	$96,000/y
	Subtotal			95
	Total production cost			279

(c)　返済期間

12年返済（4年据置）

b.　農業プロジェクト

(a)　融資の限度額

50－100%

(b)　金利

ブラジル中・南部　インフレ率×0.7　+5%

ブラジル東北部　　インフレ率×0.55 +5%

(c)　返済期間

12年返済（4年据置）

c.　エチルアルコール生産への補助

生産者に対しては買上げ価格を保証する。

2. アメリカ

アメリカのDOE（連邦エネルギー省）が1978年7月に発表した「アルコール燃料政策検討計画」および1979年6月の「アルコール燃料利用政策」によれば、生産に関する政策は次のとおりである。

- 連邦農務省が、エチルアルコール生産パイロット工場に対するローン保障を行う。
- DOEはエチルアルコール生産工場に対し条件付き融資保障を行う。
- エチルアルコール生産工場を新設する場合「エネルギー税法」による20%の投資税が免除される。

3. フィリピン

フィリピンのPNAC（Philippine National Alcohol Commission）が1982年に発表した改定されたAlcogas Programによればフィリピンの生産に関する政策は次のとおりである。

- エチルアルコール工場の機械設備の償却期間の短縮を特別に認める。
- エチルアルコール工場で使用する輸入機器は輸入税が免除される。

VI. 生産量の推移

エチルアルコールの世界全体の生産量について、特定の1年間に関する報告例は数例みられるものの、経年変化の生産量は国連統計のみである。

ただし国連統計は次の問題点を有するため一部の生産量の数値については調査チームが補正を行った。

- フランスの生産量が過少に報告されているため、フランスの生産量については、日本の通商産業省の調査した生産量を用いた。
- 各年度に未調査の生産量があるので、この生産量はもっとも近い年度の生産量と同一と仮定した。ただし1977年から1980年のブラジルの生産量は、ブラジルの国家アルコール委員会（Comissão Nacional do Álcool）から聴取した生産量を用いた。
- 一部の国の生産量は酒類原料用に使用された量も含まれていると考えられるが、この量が不明であるので、この補正は行わなかった。
- 国連統計で、工業用と燃料用の区別はあきらかにされていないが、ブラジルの燃料用としての生産量は、砂糖アルコール院（Instituto do Açúcar e do Álcool）からの生産量を採用し、全体の内数としてグラフに示した。なお1983年現在で燃料用を生産している国は、ブラジル、アメリカ、フィリピンであるがグラフで示されている1980年までに燃料を生産していた国は、ブラジルのみである。

生産量推移をFig. B－7とTable B－13に示す。

1965年から1980年までの生産量の平均伸び率を最小二乗法で計算すると、

- 工業用　0.9%／年
- 燃料用（ブラジル）16.5%／年

である。

VII. 燃料用エチルアルコール生産計画

最近注目されている燃料用エチルアルコールについては、多くの国が生産計画または今後の開発方向を発表している。主要国の状況は次のとおりである。

1. ブラジル

ブラジルの国家アルコール計画（プロアルコール）は、1975年に策定され実施に移された。プロアルコールの生産計画では、

1980年	4,000千kl
1981年	4,900千kl
1982年	6,000千kl
1983年	7,300千kl
1984年	8,900千kl
1985年	10,700千kl

のエチルアルコール生産が計画されている。

Fig. B-7 Changes in Ethyl Alcohol Production
(including fuel ethyl alcohol)

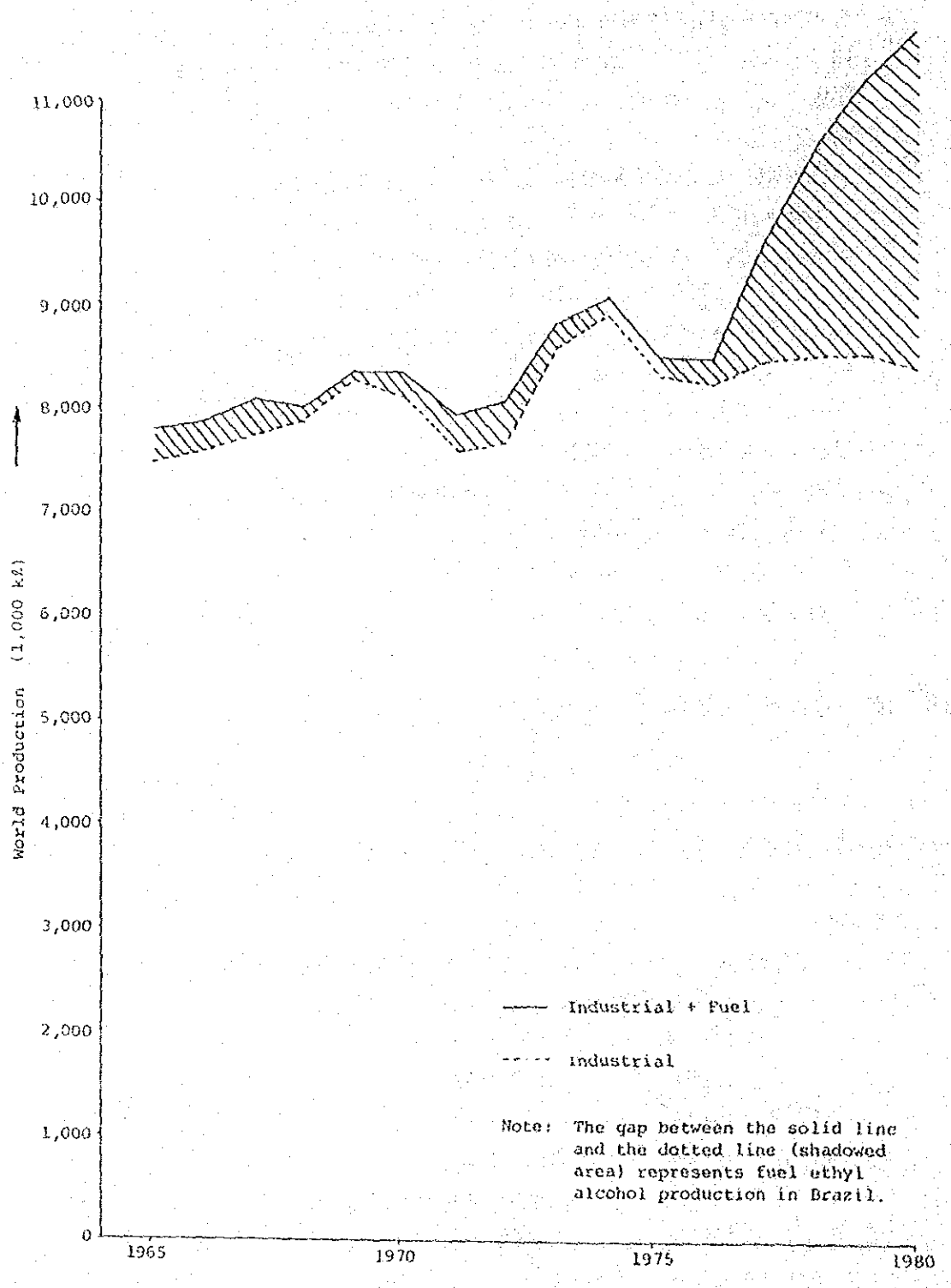


Table B-13 Changes in Production of Ethyl Alcohol
(including Brazil's fuel ethyl alcohol)

(1,000 kl)

	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Developed Countries																
USA	2,632	2,602	2,571	2,590	2,818	2,619	2,158	2,154	2,573	2,451	2,199	1,891	1,886	(1,886)	(1,886)	(1,886)
[USA's fuel use]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	[76]	[246]
Canada	19	20	25	29	30	28	40	47	27	26	23	23	24	(24)	(24)	(24)
France	(301)	(301)	(301)	(301)	(301)	(301)	(301)	(301)	301	270	214	241	297	(297)	(297)	(297)
Germany, FR	(195)	(195)	(195)	(195)	195	222	219	192	214	243	183	215	212	182	182	218
Italy	136	113	117	157	169	176	185	149	179	238	235	(235)	(235)	(235)	(235)	(235)
UK	177	155	143	145	165	175	167	156	186	295	198	249	272	297	280	(280)
5 EC Countries	(137)	137	131	153	164	164	170	173	192	206	196	209	216	203	(203)	(203)
Northern Europe	149	148	152	145	137	124	135	135	130	128	118	101	101	(101)	109	99
Other European Countries	122	158	123	147	194	102	75	164	135	162	170	(170)	(170)	(170)	310	328
Japan	193	197	230	228	199	207	229	229	240	237	208	222	222	228	218	211
Developing Countries																
Mexico	73	56	33	(33)	51	53	60	54	55	58	59	53	76	79	92	91
Other CA Countries	245	202	249	235	206	(206)	(206)	(206)	(206)	(206)	(206)	(206)	(206)	(206)	(206)	(206)
Brazil	572	691	684	461	450	625	625	684	653	615	580	642	(1,530)	(2,491)	(3,070)	(3,440)
[Brazil's fuel use]	[283]	[282]	[347]	[112]	[62]	[229]	[344]	[376]	[247]	[147]	[176]	[244]	[1,172]	[2,050]	[2,593]	[3,009]
Colombia	9	15	12	13	14	21	(21)	17	19	35	(35)	(35)	(35)	(35)	13	(13)
Other SA Countries	4	5	4	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)
Philippines	24	32	32	32	36	33	(33)	39	47	(47)	(47)	(47)	(47)	(47)	(47)	(47)
Korea, Rep. of	26	31	46	44	47	47	60	61	73	87	114	122	132	129	126	130
Middle East	1	1	2	(2)	(2)	(2)	3	3	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)
Africa	26	26	26	29	36	37	38	37	38	(38)	(38)	(38)	(38)	(38)	(38)	(38)
Planned Economy Countries																
USSR	2,360	2,430	2,626	2,670	2,732	2,796	2,731	2,740	2,935	3,143	3,128	3,168	3,255	(3,255)	3,118	3,056
China	30	18	21	24	20	18	(18)	(18)	(18)	(18)	(18)	(18)	(18)	(18)	(18)	(18)
Poland	208	189	198	206	189	190	185	181	249	250	227	262	330	324	327	270
Others	154	150	163	151	163	170	265	273	288	243	262	284	260	259	(259)	259
Total for industrial & fuel ethyl alcohol	7,793	7,872	8,084	7,994	8,322	8,320	7,928	8,017	8,765	9,003	8,465	8,438	9,569	10,511	11,141	11,602
Total for industrial ethyl alcohol*	7,510	7,590	7,737	7,882	8,260	8,091	7,584	7,641	8,518	8,856	8,289	8,194	8,397	8,461	8,472	8,347

* Total for industrial ethyl alcohol excludes fuel ethyl alcohol produced by Brazil and the U.S.
( ): Study Team estimates
CA: Central America; SA: South America

Source: United Nations, Statistical Yearbook

1981年まで計画はほぼ予定どおり進行していたが、1982年11月の時点で商工省アルコール委員会（CENAL、Comissão Nacional do Álcool）から聴取した結果によれば、1985年の生産見直しは、8,300千klとされ、計画は若干遅れ気味であるといえよう。

2. アメリカ

アメリカのアルコール計画は、1978年7月にDOE（連邦エネルギー省）が「アルコール燃料政策検討計画」を発表し、引続き1979年6月には「アルコール燃料利用政策（The Report of the Alcohol Fuels Policy Review）」が同じDOEによって発表され、本格的な燃料用エチルアルコール生産への政策が推進されることになった。

DOEの「アルコール燃料利用政策」によれば、燃料用のエチルアルコール生産計画は、

1979年	0.8億ガロン	304千kl
1980年	1.0億ガロン	379千kl
1982年	3億ガロン	1,136千kl
1985年	5－6億ガロン	1,893－2,271千kl

と飛躍的に増大することとなっている。

SRIの調査によれば1981年の生産実績は265千klであり、計画は若干遅れ気味で進捗している。

3. フィリピン

1980年2月に大統領の命令によって、フィリピンアルコガス委員会（PNAC、Philippine National Alcohol Commission）が設立された。

アルコガスは、エネルギー省の毎年発行する5カ年エネルギー計画または10カ年エネルギー計画の中で、非在来型エネルギーとして位置付けられ、1980年の5カ年エネルギー計画では最も重点を置くべき開発項目として華々しくスタートした。2年後の1982年の5カ年エネルギー計画では、アルコガスは生産量が約1／50に縮小されている。

1980年と1982年発表の5カ年エネルギー計画を対比するとTable B－14のとおりである。

計画が大幅に縮小された理由については、1983年1月にエネルギー省から聴取した結果によると、

- 現在原油の需給関係が、計画発表当時と変化している。
- アルコガスに対する政府の補助金（約¢18／ℓ，9.2 pesos ＝ $1）が財政上問題となっている。

とのことである。

Table B-14 Philippine Ethyl Alcohol Production Program

(1,000 barrels of oil equivalent)

	1980 Program	1982 Program
1981	96	--
1982	576	35
1983	1,408	47
1984	1,964	47
1985	2,415	47
1986	--	47
1987	--	47

Source: Philippine Five-Year Energy Program

4. アジア各国

4. 1 タイ

タイ政府は、1979年3月に関係省庁からなるパワーアルコール委員会（PAC）を発足させた。

タイ政府は、現在飼料用として栽培され、輸出しているキャッサバに対し将来のエネルギー用としてエチルアルコール生産技術開発の意欲を持っており、1980年からタイ国科学技術研究所において我が国との研究開発協力事業として、キャッサバ等の植物を利用したエチルアルコール製造技術などに関する開発が行われている。

4. 2 インドネシア

インドネシア政府は技術開発応用庁が中心となってエチルアルコール生産と地方への人口分散化を結ぶ政策を強力に推進する方向を打出している。

インドネシアの国家アルコール委員会は、1980年6月に発足したが、エチルアルコールの具体的な生産計画は、まだ発表されていない。

エチルアルコール生産に関して技術開発および教育を行うため、スマトラ島の南部にインドネシアの技術で、5,000 kl／年のパイロットプラントと、日本の技術協力による8 kl／日のパイロットプラントが、1983年中に相次いで操業に入る予定である。

5. ヨーロッパ各国

ヨーロッパ各国は、各国の保有する資源により、エチルアルコールまたはメチルアルコールを燃料用として利用すべく計画途上にある。

特にフランスはカルビュロール（Caburol）計画を1981年1月に発表し、1990年を目標にガソリン消費量の25－50%をこのカルビュロールによって賄うとしている。

このほかドイツ連邦共和国、スウェーデン、イタリア等がガソリンまたは軽油にエチルアルコールまたはメチルアルコールを混入し、自動車の走行テストなどを実施している。

C．消　　費

Ⅰ．用　途

エチルアルコールの用途は、工業用と燃料用に大別される。工業用としては、現在どのような分野に使用されているかを説明し、燃料用としては、使用される分野での適応性について説明する。

工業用と燃料用の用途を説明する前に、まずエチルアルコールの特殊要因である変性について述べたい。

1．変　性

エチルアルコールは、工業用および燃料用として使用されると同時に酒精飲料にもなるという特殊な性質を有している。

この酒精飲料に対する酒税は、各国の重要な財源となっているため、工業用として使用する場合は酒精飲料として流用されないよう不可飲処置を講ずる。

これを変性と称し、変性に用いる物質を変性剤と称する。

1．1　変性剤の具備すべき性質

一般的に変性剤の具備すべき性質としては、

- エチルアルコールと混和し易く、しかもその存在が工業上の用途に何等支障を及ぼさないこと。
- 飲用欲を妨げるに充分な嫌悪すべき臭味をエチルアルコールに付与できること。
- 濾過、蒸溜、その他簡単な処理操作によっては容易にエチルアルコールと分離し得ないこと。
- 極微量の混在も容易に、かつ確実に検出されること。
- 価格がなるべく安く、かつ入手し易いこと。

とされている。

1．2　変性剤

具体的な変性剤の例として、日本の場合を説明する。

1．2．1　一般変性

一般変性とは一般的に用いられる変性標準で、主な変性剤としてメチルアルコール、ベンゼン、トルエン、香料などが用いられる。

1．2．2　選択変性

アセチレン系誘導体、エーテル、エステル類等の製造に際し、工業用エチルアルコールを使用する場合、一般変性に用いられる以外の変性剤の使用も認めた変性標準であり、工業用エチルエーテル、灯油、ホルマリン、酢酸エチルなどが用いられる。

1．2．3　特別変性

エーテル、エステル類の一部については、特別な変性剤を使用するよう、義務付けられており、ベンゼン、メチルエチルケトンなどが用いられる。

1．2．4　特例変性

1．2．1から1．2．3に定められた変性標準を使用できない場合には、その理由を付した「特例変性申請書」を提出し、通商産業大臣の承認を得る必要がある。承認が得られた方法を特例変性という。

2．工業用

エチルアルコールの工業用の用途は、各国で溶剤などの化学工業用、防腐剤等の飲食料品用、殺菌用アルコールなど衛生・薬品用および一部の国ではエチレン、アセトアルデヒド等を製造する化学工業基礎原料用等広く用いられているが、国によって用途分類が異なるため、各国共通の用途分類にしたがい説明することは難しい。また国により用途にも若干差異があるため、化学工業用、飲食料品用、衛生・薬品用については日本の用途例を紹介し、化学工業基礎原料用については、日本では本用途には用いていないため、使用している国の例を説明するとともに、エチレンを製造する場合にエチルアルコールから製造する方法と、一般に行われているナフサ、天然ガスを熱分解して製造する方法(石油化学法)の生産コストを試算し、対比を試みた。

工業用の各用途に対する発酵法と合成法の使用区分については、各国で若干差があるものの、一般的には人体に摂取される用途、すなわち飲料・食品防腐などの食品添加、食酢、香料、医薬の一部には発酵法のエチルアルコールを使用するよう制限が加えられている。また一部の国では、発酵法エチルアルコールの原料農産物を生産する農家保護のための農業政策から化粧品等人体に触れる用途にも、合成法エチルアルコールの使用を制限している例もある。

2．1　化学工業用

化学工業用としては主として溶剤として使われている。エチルアルコールはアセトン、ベンゼン等、他の溶剤と比べると人体に対しての毒性が低いため、石鹸、台所用、家庭衣類用洗剤、化粧品、エアゾール製品など人体に接する溶剤の分野ではほとんど独占的に使用されている。

溶剤としての用途のほかは、繊維加工用、高級塗料としてのアクリル酸エチル、エチルマロン酸エチル、ケイ酸エチル、フタル酸エチル、シアン酢酸エチル等のエチルエステル、その他農薬・医薬・染料中間体の製造に用いられている。

2．2　飲食料品用

酒類、食酢の原材料として用いられるほか、しょうゆ、つけもの、アイスクリーム類、生菓子などの防腐剤として用いられている。

2．3　衛生・薬品用

ビタミン類、外用薬、抗菌性製剤、アミノ酸製剤等の製造工程で用いられるほか、局方エチルアルコールとして消毒薬等に用いる。

2．4　化学工業基礎原料用

エチルアルコールの用途として、2．1で述べた溶剤等の化学工業用とは異なり、エチルアルコールを基礎原料とする一連のエチルアルコール誘導化学品を製造する分野があり、本調査では2．1との混同を避けるため、この分野を化学工業基礎原料用と称した。

この分野は主にブラジル、インドで展開しており、これは両国が石油輸入国であり、農産物を豊富に産出するためである。

エチルアルコール、誘導体を製造するタイプとして、通常次の3つのタイプに分けられる。

- エチルアルコールからのエチレンおよびエチレン誘導体の製造
- エチルアルコールからのアセトアルデヒドおよびアセトアルデヒド誘導体の製造
- エチルアルコールからの直接誘導体の製造

各々のブロックフローをFig．C－1からFig．C－3に示す。

2．4．1　化学工業基礎原料用としての実施例

(1)　ブラジル

ブラジルはこの分野では世界をリードしており、1980年のUNIDO資料によると、エチルアルコールを原料として、エチレン、アセトアルデヒド、オクチルアルコール、ブチルアルコール、ブタジエン、ブチルエーテル、エチレングリコール、ジエチレングリコール等を生産している。

生産能力等の詳細はAppendix Table 4を参照願いたい。

(2)　インド

1980年のUNIDO資料によると、酢酸、無水酢酸、酢酸ブチル、酢酸エチル、モノクロル酢酸、ペンタエリスリトール、DDT、スチレン、ポリエチレン、アセ

Fig. C-1 Production of Etylene and Its Derivatives from Ethyl Alcohol

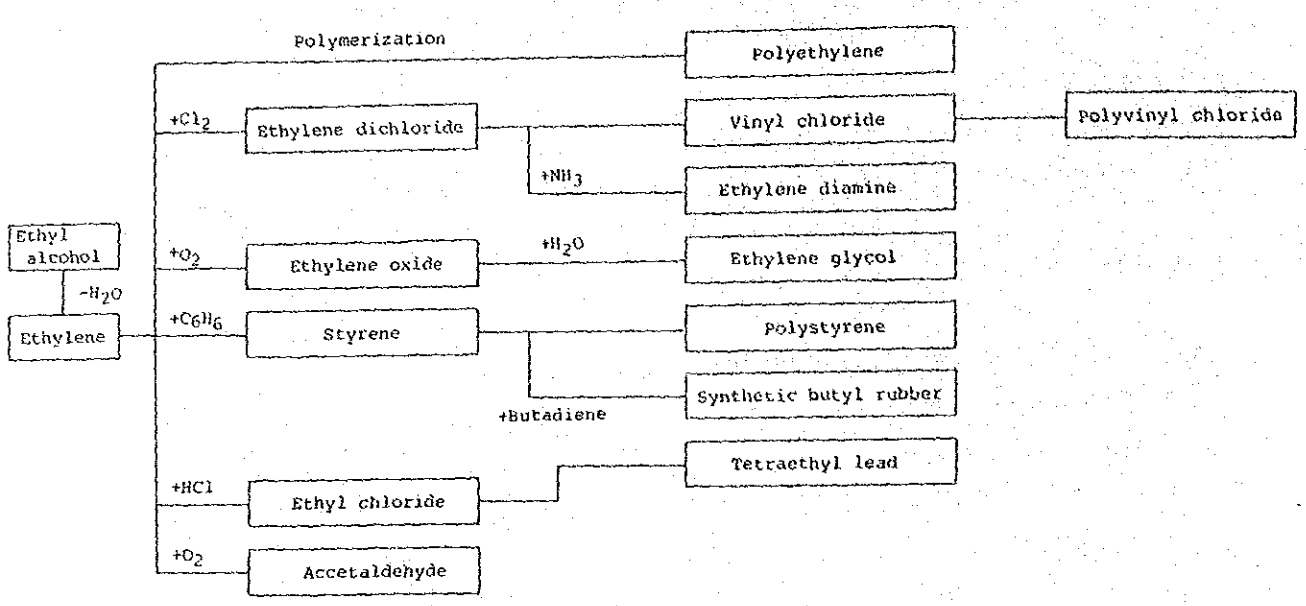


Fig. C-2 Production of Acetaldehyde and Its Derivatives from Ethyl Alcohol

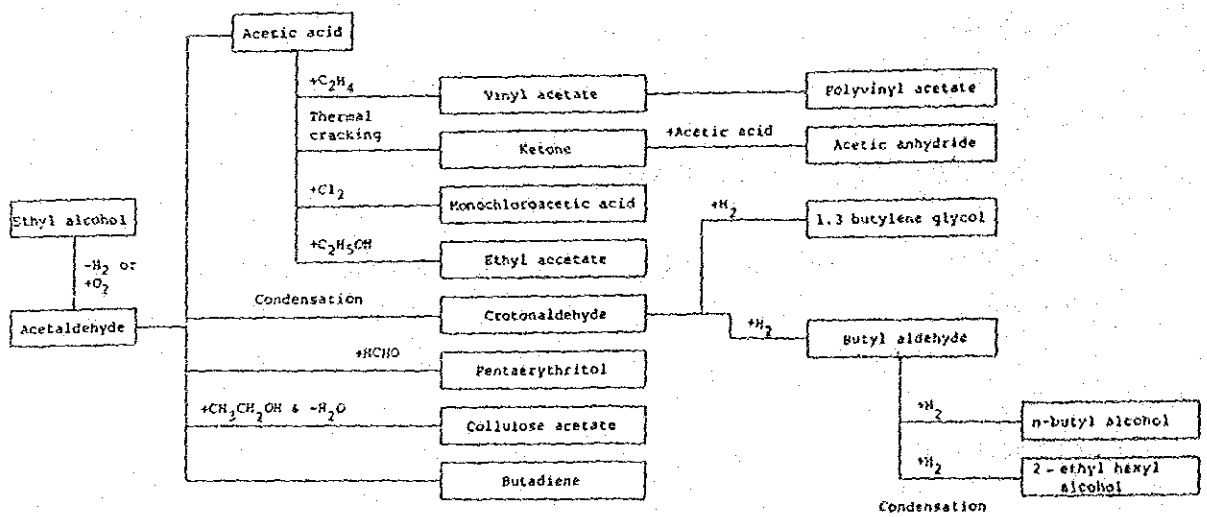
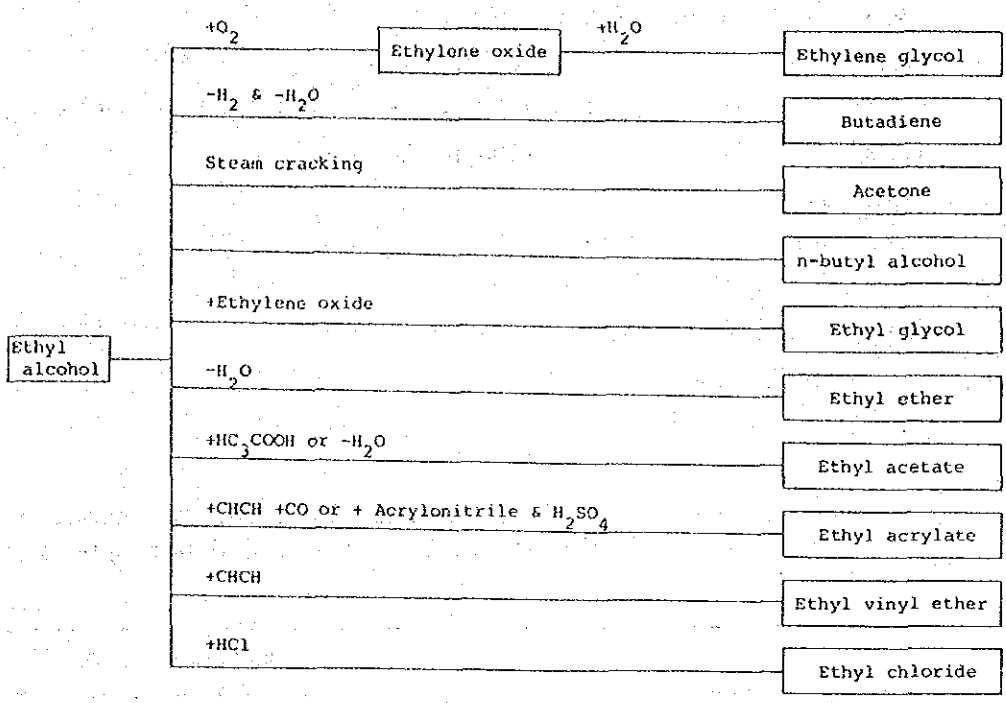


Fig. C-3 Production of Derivatives Directly from Ethyl Alcohol



トン、ブチルアルコール、ブタジエン等を生産している。

生産能力等の詳細は Appendix Table 5 を参照願いたい。

(3) ペルー

ペルーにおいてもエチレン、ポリ塩化ビニルを生産している。

2. 4. 2 エチレンの生産コスト比較

エチレンは前述のとおり、エチルアルコールからも生産されるが、通常は石油の一溜分であるナフサ、または天然ガスから生産される。

エチレンはいわゆる石油化学工業の基礎原料であり、大量に消費されているため、もしエチルアルコールからのエチレン生産が、石油化学法に対しコスト競争力があれば、エチルアルコールの工業用の用途として巨大な市場が望めることとなる。

エチレン製造をエチルアルコールを原料とした場合と石油化学法の比較を以下に行う。手法としてエチルアルコールを原料とした場合の生産コストを試算し、それを原料価格の項で述べた石油化学法のエチレン市場価格と対比する。

(1) 生産コスト試算の前提

a. プラント能力・プロセス

60,000 t／年・等温反応固定床式プロセスとした。

b. 製品純度

エチレンの規格として、ポリマーグレードとケミカルグレードがあるが、規格の厳しいポリマーグレード（99.95 mol%）とした。

c. 稼動日数

330 日とした。

d. プラント設備費

調査チームが推定し、800 万ドルとした。

e. 原料・用役消費量

Table C−1 のとおりとした。

Table C-1 Raw Material and Utilities Consumption (Isothermal reaction fixed bed type process)

	Polymer Grade
Raw Material 100% Ethyl alcohol per ton of Ethylene (MT)	1.75
Utilities Consumption (per ton of ethylene)	
Steam (MT)	1.08
Power (kWh)	235
Cooling Water (m^3)	180
Fuel (kcal)	0.360×10^6
Catalyst (kg)	0.03 ~ 0.1

Source: Collection of Development and Technology Data on Fuel and Chemical Raw Materials by Biomass

f. 原料価格

発酵法のエチルアルコールコスト平均値である＄416／kl とブラジルの生産コスト＄279／kl の 2 ケース計算した。

g. 運転員人数

40 名とした。

h. その他

エチルアルコールの生産コスト試算で用いた前提を用いた。

(2) 生産コスト試算結果

試算結果をTable C−2に示す。計算結果詳細についてはAppendix Table 6を参照願いたい。

Table C-2 Average Cost of Ethylene Produced from Ethyl Alcohol

(US$/MT)

		World Average	Brazil
Variable costs	Raw material costs	910	611
	Utilities and chemicals costs	81	81
Fixed costs		32	32
Total		1,023	724

(3) コスト対比

エチルアルコールから製造されるエチレン生産コストは前述した世界平均とブラジルの試算結果を用い、また石油化学法によるエチレン生産コストは明らかにされていないため、市場価格を参考として用いた。

Table C−3からエチルアルコールからのエチレンの世界平均の生産コストは、日本、ヨーロッパ、アメリカの市場価格よりも高いことがわかる。

Table C-3 Cost Comparison

(US$/MT)

Calculation of Cost of Ethylene from Ethyl Alcohol		Cost of Ethylene from Petrochemical Process (Market Price)	
World Average	1,023	Japan	800
Brazil	724	Europe	750
		USA	490

ただしエチレン原料であるエチルアルコールの生産コストの安い国であるブラジルを例として計算すると、石油化学法でエチレンの原料が天然ガスであるアメリカ等より生産コストは高いが、エチレンの原料がナフサである日本、ヨーロッパの石油化学法並みの生産コストには既に達していることがわかる。

エチルアルコールからのエチレン製造は次の利点を有する。

- 発酵法の原料は、糖蜜、さとうきび等、再生可能な植物資源であること。
- 製品はエチレンのみで、石油化学法のごとき副産物がないので、プロセス構成が簡単で、プラントの運転や技術習得が容易であり、設備投資額も小規模でよい。
- 石油代替による外貨節約と農業の発展につながる。

上記利点を有するうえ、コスト的にも今後原油価格が上昇した場合には、石油化学法に対し有利となるので、エチルアルコールの原料である糖蜜、さとうきび等の価格が安い国において、エチルアルコールからのエチレン製造は、極めて注目すべき技術と考えられる。

しかしエチルアルコールからのエチレン製造はエチレンからのダウンストリームの製品利用を含めた当該国の産業政策等総合的に検討していく必要がある。

3. 燃料用

燃料用としての用途は、石油高騰を背景として近年新しく興った用途であり、現在ガソリンに混入またはエチルアルコール単体でブラジル、アメリカなどで大量に消費されている。

燃料としてガソリンに混入して用いる場合の利点、欠点は一般に次のようにいわれている。

利　　点

- 混合するエチルアルコールが再生可能な資源から、エコロジー的、環境的にも好ましい。
- 原料を過剰農産物に求めれば、農産物の市場拡大と安定化に役立つ。
- 非枯渇資源であるから石油の節約につながる。
- 燃料のオクタン価を上げる(10%エチルアルコール混入で2～3ポイント向上しアルキル鉛の段階的規制を実施中のアメリカでは、オクタン価向上剤としてのエチルアルコールが見直されている)。
- 混合気温度を下げ、充填効率が上がる（混合体積の増加)。
- 燃焼温度を下げ、NO_xが減少する（ガソリンより排気公害が少ない)。
- 20%程度までガソリンに無水エチルアルコールを添加しても、エンジン運転上はとんど支障がなく、既存のエンジンを使用できる。

欠　　点

- 混合燃料の含水量が5−6%になるとガソリンが相分離を起し易く、混合燃料として使用できなくなる。
- ガソリンは沸点が20−200℃の多種の成分からなっているが、エチルアルコールは単一成分で沸点は78.3℃の低沸点である。このため混合燃料はガソリンに比べ、ベーパーロックやパーコレーションが発生しやすい（燃料供給系の対策が必要）。
- エチルアルコールは気化潜熱が高いため、飽和蒸気が希薄すぎて寒冷地の始動が難しい（予熱器を設けるか、スタート用補助燃料が必要）。
- 発熱量がガソリンに比べ60%と小さいので燃料タンク容量を大きくする必要がある。また吸収性によりタンクの発錆をみる。
- 排ガス中に刺激臭のあるアセトアルデヒドが含まれる。
- ガソリンに比べ、価格がなお割高である。

燃料用としては、以上述べたガソリンに混入または単体として自動車燃料として用いられるほか、軽油に混入して内燃機関に利用する用途や、ボイラー燃料としての用途も各国で検討されている。

以下に各分野におけるエチルアルコールの既存燃料と比較した適応性について、日本において通商産業省資源エネルギー庁が実施した委託調査の中間報告を紹介したい。

ただし、この調査は日本の石油事情、環境規制、気象条件下で行われたものであり、これらの条件の異なる他の国には必ずしも適用されるものではない。

3．1　ガソリン代替

調査対象としては、ガソリン中にエチルアルコールまたはメチルアルコールを混合するアルコール混合ガソリンとしており、調査の視点は次のとおりである。以下の記述でアルコールとした場合はメチルアルコール、エチルアルコールの両方をいう。

- ガソリンにアルコールを混入した場合の液体燃料としての基礎物性の変化。
- アルコール混合ガソリンを大規模に利用するにあたっての人体や環境面への影響
- 現用システムとの適合性
  混合物の持つ物性による貯蔵、流通段階での品質の劣化、材料への影響、自動車の走行性への影響等
- 経済、産業、社会制度面への影響
  現在調査は中間報告の段階であるが概要は次のとおりである。

3. 1. 1 基礎物性

(1) オクタン価と発熱量

ガソリンにアルコールを混合することによりオクタン価は向上する。

a. 向上効果は改質系ガソリンに対する方が分解系ガソリンより効果が大である。

b. 混合割合とオクタン価の上昇はほぼ直線関係にある。

c. オクタン価に関しては、メチルアルコールとエチルアルコールの間には大きな差はない。

d. アルコールの混合割合の大きい範囲では、モーター法オクタン価の向上に比較して、リサーチ法オクタン価の向上効果が大きい。

発熱量に関しては、アルコールの発熱量がガソリンに比較して低く、アルコールの混合量に比例して低下していく。

(2) 揮発性の増大

ガソリンにアルコールを混入することにより、共沸現象によって蒸気圧が高くなり、蒸溜曲線の前・中間溜分の沸点が低下し、気液比が増大する。エチルアルコールよりメチルアルコールの方が揮発性は増大する。

対策としてガソリンの高い沸点留分を増大させるなど検討したが、充分な効果を示すには至っていない。

(3) 品質安全性

オレフィン含有量の少ない改質系のガソリンに、アルコールを混合した場合特に変化は認められないが、オレフィン系の多い分解系のガソリンにアルコールを混合した場合、貯蔵中に混合物の中に蒸発残渣を作る可能性があり、また酸化安定度試験でも安定期間の短縮が認められた。

(4) 相溶性、水分離と相溶剤

アルコールとガソリンは常温域では良く溶け合うが、少量の水の混入により相が分離する。

この相分離をおこす水分量（相分離限界水分量）はアルコールの種別、混合量、温度等により異なるが一般的にエチルアルコールの混合比が10%以上であれば、相分離限界水分量は0℃で約0.5%以上であり、エチルアルコールの水分量を少なくしたり、流通・利用段階での水分混入対策を充分に講ずることにより、相分離を防止することも可能と考えられる。一方メチルアルコールは、混合比10%で相分離限界水分量は0℃で0.1%前後であり、極めて低い水分量で相分離を起こすため、充分な対策が必要である。

アルコール混合ガソリンの相溶性を高め、水分混入による相分離を抑制する相溶剤の効果では高級アルコール類がすぐれた効果を示す。

3．1．2　人体や環境面への影響

人体に対する影響として労働安全衛生面から、ラットを用い急性・亜急性・変異原性試験を実施したが、ガソリン単体とまったく差は認められない。

また環境面では、微生物による分解性、魚類体内への摂取とその蓄積性、水系生物相への影響など試験を行ったが、ガソリン単体との差は認められていない。

3．1．3　現用システムとの適合性

(1)　流通機材への影響

現用の流通機材の中には、アルコール混合ガソリンに対し適していないものもあるが、技術的手段で充分に対応できるものと考えられ基本的には問題がない。

(2)　実車走行への影響

特に問題のない走行状況を示したが、日本の環境規制、気象条件では一部に走行上のフィーリングの悪さが認められている。また燃料性状に相分離などの変化を起こした場合には、走行への影響が出ている。

(3)　自動車機能への影響

現在市場に販売されている自動車を無調整、無改造でアルコール混合ガソリンを用いて試験した結果、日本の排出ガス規制を必ずしも満足できない車両があること、低温始動性の悪化、常温・高温運転性が損われる車両があること、燃料系統部品、材料などに不具合が発生し、信頼性、安定性の損われる可能性のあることが判明した。これらの結果から技術的対応の可能性を検討した。

3．1．4　経済・産業・社会制度面への影響

アルコール混合ガソリンの利用における技術的な検討を基本として、社会・経済に与える影響をモデル的に実施した。

3．2　灯油、軽油、重油代替

アルコールをガソリンのみならず、石油製品の中間溜分すなわち灯油、軽油、重油等と混合利用することは、世界的には注目されているが、その検討はまだ緒についたばかりであり、技術的な蓄積はアルコール混合ガソリンほど多くない。

日本における調査では、アルコールと中間溜分の混合に関する基礎的な諸物性の把握を主眼としており、概要は次のとおりである。