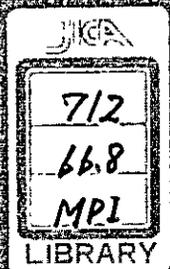


No. 121

ヴェネズエラ共和国  
オリノコヘビーオイル軽質化計画  
事前調査報告書

1978年11月

国際協力事業団





ヴェネズエラ共和国  
オリノコヘビーオイル軽質化計画  
事前調査報告書

JICA LIBRARY



1035501[4]

1978年11月

国際協力事業団

鉦 計 工
C R (2)
78 -- 45

国際協力事業団	
受入 月日 '85. 3. 11	712
登録No. 11056	66.8
	MPI

# 目 次

I 調査の目的 .....	1
II 調査団の編成及び日程 .....	1
III 調査結果 .....	2
1. 経 緯 .....	2
2. 重質油改質技術 .....	3
3. 鉱山エネルギー省との会談結果 .....	7
4. ヴェネズエラの石油産業 .....	12
(1) 石油生産の歴史 .....	12
(2) 石 油 政 策 .....	12
(3) 石油ガスの埋蔵量 .....	15
(4) 原油の性状 .....	16
(5) 石油ガスの採鉱活動 .....	17
(6) 石油ガスの生産・輸出 .....	18
(7) 石 油 収 入 .....	22
5. オリノコヘビーオイルの開発 .....	24
(1) 概 要 .....	24
(2) ベルト地帯の範囲 .....	24
(3) 開 発 の 歴 史 .....	25
(4) 原油埋蔵量 .....	26
(5) 地 質 .....	26
(6) 原油の性状 .....	26
(7) 原油の生産方法 .....	30
(8) 石油の生産 .....	31
6. ヴェネズエラの石油精製産業 .....	32
(1) 石油精製産業の歴史 .....	32
(2) ヴェネズエラの製油所 .....	32
7. INTEVEPの概要 .....	33



## I. 調査の目的

かねてヴェネズエラ政府から、わが国民間企業3グループが提案しているオリノコ重質油の軽質化技術の評価を日本政府に要請してきた。

日本政府としては、取りあえず各グループの技術的な特徴を明らかにした技術比較を行ったりうえて、その説明を行うとともにヴェネズエラ政府の意向、背景を確認し、日本としてどんな技術協力が可能であるかを探ることを目的としてこの調査団を派遣した。

## II. 調査団の編成及び日程

### 1 調査団の編成

団 長 国際協力事業団鉱工業計画調査部  
          鉱工業計画課長 佐 伯 嘉 彦  
団 員 通商産業省資源エネルギー庁石油部  
          開発課課長補佐 徳 永 忠 昭  
      " 通商産業省工業技術院公害資源研究所  
          第二部 工学博士 請 川 幸 治

### 2 日 程

8月26日(土)	東京発 — ロスアンジェルス着
" 27日(日)	ロスアンジェルス発 — カラカス着
" 28日(月)	エルナンデス鉱山エネルギー大臣表敬(大使, 参事官, 光川書記官 同行) 鉱山エネルギー省レイエス次官と第一回会談
" 29日(火)	オリノコ・オイルベルト(San Tomé MENEVEN, モリシャルー LAGOVEN)視察(大使, 参事官, 光川書記官同行)
" 30日(水)	INTEVEP訪問(光川書記官同行)
" 31日(木)	鉱山エネルギー省次官と第二回会談 日本側軽質化技術の説明及びヴェ側要望聴取
9月 1日(金)	現地日本の石油関係者と懇談
" 2日(土)	日本大使館打合せ (佐伯団長)カラカス — チリへ向う。
" 3日(日)	カラカス発 — ニューヨーク着
" 4日(月)	ニューヨーク発
" 5日(火)	東京着

### Ⅲ. 調査結果

#### 1 経 緯

- (1) 一番最初に話があったのは、1973年9月外務省が派遣したカリビアン・アンデスミッション（団長三井物産後藤副社長一当時）がヴェネズエラを訪問した際でオリノコ重質油の精製技術について日本の協力を得たい旨の要請がなされた。
- (2) その後1976年10月の第二回JAVEC（日本ヴェネズエラ委員会）が東京で開かれた際、エルナンデス石油大臣とロドリゲス企画大臣が来日、日本に協力要請がなされた。
- (3) 1978年2月外務省が派遣したカリビアン・アンデスミッション（団長桜田武、国際協力事業団（井上副総裁）、通産省、外務省からも参加）がヴェネズエラを訪問し、第三回JAVECを開催した際に、日本政府の技術協力要請が出された。日本側は正式要請が出されれば検討する旨答えた。
- (4) この間、日本では、次の三つのグループがヴェネズエラ政府に独自の技術を使った精製プロセスを提案しているが、ヴェネズエラ側が実験プラントを建設して行い研究に対する協力という程度の認識が強かった。
  - ㉠ 三井物産－呉羽化学－昭和石油グループ三社は、1974年6月にスタートした。

同グループのプロセスは呉羽化学のユリカプロセスと呼ばれるスチームによる熱分解法を主体とし、ピッチを副生する点に特徴がある。1976年に原油サンプルをベネズエラから得て呉羽化学で分析している。
  - ㉡ 伊藤忠－東亜グループ  
プロセスとしては、エクソンが特許を有しているフレキシコークキングと呼ばれる熱分解法を採用しており、コークスガスを副生する。

同グループも1977年にモリシャル・ヘビーを入手、分析している。
  - ㉢ 日商岩井－丸善石油－宇部興産  
プロセスとしては、丸善石油のM-DSプロセスと呼ばれる溶剤抽出法を採用しており、副生物としてアスファルトを生ずる。

このグループも、1974年にボスカン（マラカイボの近く）原油でベンチテストを行い、さらにその後オリノコのパオ原油でも分析している。

以上の3グループの提案は、第三回JAVECの際ヴェネズエラ側に説明する予定にしていたが、そのアレンジがなされずに終わった。しかしながら、各グループは、それ以前にも、ヴェネズエラ側と話し合っており、その後も、個別にはヴェネズエラ側にアプローチしている。
- (5) 第三回JAVECでの日本側の発言を受けて、ヴェネズエラ政府は、JICAの技術協力要請を行った。（1978年4月）

要請の内容は、各グループの提案につき、ヴェネズエラ側は、自らその優劣を判定し難いので、JICAに中立的な立場からF/Sをやってもらい、各々の技術のプラス面マイナス面を明らかにしてもらいたいというものである。
- (6) 日本政府としては、本件はそれぞれのグループにノウハウが所属する技術の評価の問題で

あり、客観的かつ正確に評価し得るコンサルタントの選定は困難であり、日本政府としての関与は極力控えたい旨ヴェネズエラ政府に伝えたが、ヴェネズエラ政府は、再度強く日本政府の協力を要請してきた。

- (7) そこで、日本政府としては、三グループの比較をプロセスの技術的な面に限定して比較を行い、これを説明するとともにヴェネズエラ政府の考えを明らかにし、今後のわが国の技術協力の可能性を検討するため、調査団を派遣することとした。

このため、技術的な検討を工業技術院公害資源研究所に依頼した。同研究所では、第二部 諸川博士を中心に各グループから提出されたデータ・説明をもとに技術比較を行った。

## 2. 重質油改質技術

以下は、ヴェネズエラ側に諸川氏が説明した内容である。

### (1) 改質技術の概略

重質油の up-grading 技術としては大別すると水素化分解法 ( Hydrocracking )、熱分解法 ( Thermalcracking ) 及び前処理技術としての溶剤脱瀝 ( Solvent Deasphalting ) がある。

- ㊠ 水素分解法は液収率が極めて高く、副製品が殆んど生成しないという利点がある。しかし、オリノコ原油のように重金属を多量に含む原油の場合には触媒寿命が短かく現時点では工業化が困難である。残油処理のための水素化分解法として使われている代表的なものとして、H-oil ( 現 LO-Fining ) RCD-Unibon があるが、オリノコ原油を原料とする場合には、金属許容量の大きい経済的な触媒の開発が必要であり、現時点でこれらのプロセスを、オリノコ原油に適用することは難しいと思われる。

- ㊡ 熱分解法は技術的には問題が少なく、建設コストも比較的安いという利点がある反面、コークスやピッチを副生するのでこれらを有効に利用することが重要であり、これらの用途がないときには、経済的に成り立ちにくいと考えられる。

熱分解法の代表的なものとしては、ディレード・コーキング ( Delayed coking )、フルード・コーキング ( Fluid coking )、フレキシ・コーキング ( Flexi coking ) があり、今回呉羽化学から提案されているユリカ ( Eureka ) プロセスも熱分解法である。

- ① ディレード・コーキングはフルード・コーキングに比して液収率が低く、ガス及びコークスの収率が高くなる。また、オリノコ原油のように Sulfur content の高い原油を処理した場合には副生するコークスが電極用コークスとして利用できなくなると思われる。従ってディレード・コーキングよりフルード・コーキングの方がオリノコ原油に適していると考えられる。

- ② フレキシ・コーキングはフルード・コーキングと基本的に同じプロセスであるが、副生するコークスをガス化する点で異なる。つまり、ボイラー用燃料としてコークスを使うか、低カロリーガスを使うかという比較になる。低カロリーガス燃料として使う場合には、遠距離輸送は経済的に不利である。精油所内の自家燃料として用いるのが最適である。また、refinery と油井が近い場合には油井におけるボイラー用燃料としても使える

可能性がある。しかし、低カロリーガスは大量に発生するのでその利用方法を十分検討する必要がある。

コークスを燃料として使う場合には、現在の技術では、コークスに含まれるバナジウムの量に問題があり、オリノコ原油をFluid cokingして副生するコークス中には多量のバナジウムが含まれているため、ボイラーの高温腐蝕が問題となる。従って、コークスの燃焼方法を十分検討しなければならない。

- ③ ユリカ (Eureka) プロセスは呉羽化学により開発された技術であり、減圧残油を熱分解して、分解油と、芳香族性の高いピッチを製造するプロセスである。このピッチはコークスバインダーとして低品位炭に約4%添加し、製鉄用コークスを製造できる。しかし、重金属の含有率が高い場合には若干問題があり、オリノコ原油をユリカプロセスで処理できるピッチが製鉄用コークスバインダーとして利用できるか否かを検討する必要がある。更に大きな問題点は、オリノコ原油からは約27%のピッチが生成するが、このピッチの供給量に見合うだけの需要があるかという点である。10万BPSDのユリカプロセスを建設した場合、年産159万tのピッチが製造される。この量は、単純配合法で計算すると、粗鋼9540万t/yの処理量に匹敵する。

従って、ピッチの大部分は油井のボイラー用燃料として用いる方が得策と思われる。ピッチをボイラー用燃料とする場合には、フルード・コーキングのコークスと同様、燃焼方法に関する検討が必要である。

#### ㉔ 溶剤脱瀝

溶剤脱瀝 (Solvent Deasphalting) 法は、重質油中のアスファルトを除去する一種のSolvent Extractionであり、重質油のup-gradingの前処理技術として今後重要な位置を占めると考えられる。しかし、従来の脱瀝法では、多量の溶剤 (Solvent) を必要としたため脱瀝塔 (Deasphalting Tower) や溶剤回収システムに莫大な費用がかかっていた。今回提案されている丸善石油のM-D Sプロセスは、常圧残油を原料とすることにより低溶剤比でアスファルトを分離する技術である。生成する脱瀝油 (Deasphalted Oil) は水素化脱硫又は水素化分解により低硫黄燃料油又はクリーン合成原油となる。また、脱瀝油は水素化脱硫されたあと、流動接触分解装置 (FCC) 又は (HOC) により大部分をガソリンに変換することもできる。

M-D Sプロセスで副生するアスファルトの量はオリノコ原油に対して約30%である。このアスファルトはテキサコの部分酸化法により還元ガス (Reducing Gas) 又はメタノールを製造できる。

Reducing Gas, 及びメタノールの需要がそれ程大きくない場合には、アスファルトは油井のボイラー燃料として利用することが望ましいが、フレキシコーキングやユリカプロセスの場合と同様燃焼方法に関する検討が必要である。

以上、オリノコ原油を改質するには、熱分解法又はSolvent Deasphaltingが現時点で有効であるが、副産物の利用方法については若干の検討の余地がある。

#### (ロ) 三プロセスの比較

次に、フレキシコーキング、M-D Sプロセス、ユリカプロセスについて比較してみたい。

#### a. 製品得率

3つのプロセスの比較で使用した原料油はすべてオリノコ原油ではあるが、産地（Field）が異っている点をあらかじめ断っておく。

フレキシコーキングではMorichal原油が用いられ、M-D SプロセスではPAO-IXが用いられ、ユリカプロセスではSp.Gr. 1.018のオリノコ原油が用いられた。

従って本文中の表からもわかるように、フレキシコーキングでのSyn Crudeの得率が極端に大きくなっている。もし、フレキシコーキングとユリカプロセスが同じ原油を使用した場合には、Syn Crudeの得率はかなり近くなると考えられる。

3つのプロセスの代表的なSyn.Crude Yieldを次の表に示した。Gross Product Yieldはフレキシコーキングの場合86.7%、M-D Sプロセスの場合は73.9%、Eurekaプロセスの場合は77.7%である。フレキシコーキングの値が大きいのは、前に述べたように原料油が他の二つより軽質なためである。Net Product Yieldは夫々84.4%、73.5%、72.1%。ユリカプロセスではコーティリティに消費される燃料油に分解油の一部を用いている。

#### b. エネルギーの効率

エネルギーの効率は夫々94%、85%、92%である。M-D Sプロセスのエネルギー効率が低いのは、アスファルトの部分酸化で大量のユーティリティを消費するためである。なお、水素化精製に必要な水素は、フレキシコーキングとユリカプロセスではナフサのスチーム・リホーミングにより製造した。M-D Sプロセスの場合には、アスファルトのPartial Oxidationにより製造した。

このように、Yield of Product Oilは代表的な運転条件下ではフレキシコーキングとユリカプロセスで大きく、M-D Sプロセスではやや低いと考えられる。しかし、By-Productをどのように利用するかによって、Net Yield of Product Oilが変わってくるので断定することはできない。

#### c. 実用化の現状

最後にコマーシャル・プラントを建設するための技術的な面について述べると、フレキシコーカーは21,300 BPSDのコマーシャル・プラントが稼働している。また、ユリカプロセスも18,300 BPSDのコマーシャル・プラントが現在稼働している。この2つに関しては現在日本にあるものと同じ組合せを考えた場合には、原料油の性状の違いから生じる若干の検討を必要とするだけであると思われる。しかし、副生物を日本と異なる方法で利用する場合には、副生物の利用方法について検討する必要がある。

一方、M-D Sプロセスは現在24 BPSDのパイロットプラントが1基ある。M-D Sプロセスのスケール・アップに際しては、次の3つの問題点が考えられます。1つはDe-asphalting Towerの下層部において、脱瀝油とアスファルトの分離がうまくいくか。2つ目は、Deasphalting Tower内壁にアスファルトが付着してトラブルの原因にならないか？3つ目は、Deasphalting Towerの形状は相似形でよいのか。

これらの実証はもう一段大きいパイロット・プラントによるテストが必要であると思われる。

各プロセスの比較

	フレキシコーキング	M-D Sプロセス	ユリカプロセス
主 反 応	流動熱分解	溶 剤 抽 出	スチームによる熱分解
加 熱 方 式	ガス化炉における 発生熱	熱交からの回収熱	加熱炉及び高温スチーム
熱 媒 体	ファインコーク (数+μ)	—	—
反 応 温 度	600-650℃	100-150℃	400-450℃
反 応 圧 力		35 Kg/cm <sup>2</sup>	≒常圧
反 応 方 式	連続式	連続式	セミバッチ式
商業プラントの有無	1基, (東亜石油・川崎)	無	1基, (ユリカ工業・袖浦)
プラント規模	21,300BPSD	24BPSD(パイロット)	18,300BPSD
VPSの必要性	(有)	無	有
基本特許権所有者	ER & E	丸善石油	呉羽化学
本調査に用いられた 原料油	Morichal	PAO-IX	(オリノコ原油)
Sp.gr.(15/4℃)	0.981	1.013	1.018
S(w%)	3.05	3.97	3.94
Syn, Crude 収率	(APS-VPS-フレキシ コーク+HDS)	(Mild-SDA-HC)	(VPS-ユリカプロセス+HDS)
Gross (v%)	86.7	73.9	77.7
Net (v%)	84.4	73.5	72.1
S (w%)	0.1	0.026	0.1
エネルギー効率(%)	94 (APS-VPS- フレキシコーク)	93 (Mild-SDA-HDS) 85 (Mild-SDA-ガス化) 85 (Mild-SDA-HC)	95 (VPS-ユリカプロセス) 92 (VPS-ユリカプロセス+HDS)
副 製 品	コーク・ガス	アスファルト	ピッチ
副製品の用途	自家燃料	Reducing Gas or Me- thanol 製造原料	製鉄用コークスバインダー

### 3 鉱山エネルギー省との会談結果

第一回 8月28日(月)

第二回 8月31日(木)

会議出席者

ヴェネズエラ側

Dr. Arévalo G. Reyes アレバロ G レジェス	Director General Sectorial de Hidrocarburos 炭水化物総括局次官
Dr. José Cirigliano ホセ シリグリアノ	Director de Hidrocarburos 炭水化物局長
Dr. Manuel Alayeto マヌエル アラジエト	Jefe de la División de Producción y Fiscalización 石油生産計画課長
Dr. Juan Jones Parra ホアン ホネス パリャ	Asesor de la Faja Petrolífera del Orinoco オリノコ石油地域担当補佐官
Dr. José Manuel Tineo ホセ マヌエル ティネオ	Director de la Oficina de Economía Petrolera 石油経済局長
Dr. Nelson Reyes Sántana ネルソン レジェス サンタナ	Jefe de la División Técnica de Refinación 精製技術課長
Dr. Jesús Fornerino ヘスス フォルネリノ	Inspector Técnico de Maturin マツリン技術検査官
Dr. Alfredo Essis アルフレッド エシイス	Asesor de la Faja Petrolífera del Orinoco オリノコ石油地域担当補佐官

日 本 側

調査団員及び日本大使館光川書記官並びに山口専門家

第一日午前中は日本大使館角田参事官同席

今回の訪問では鉱山エネルギー省とのみ話し合った。ベトロベンとの会合も申し入れていたが実現しなかった。

鉱山エネルギー省レイエス次官と二度会談したが、第一回と第二回でニュアンスは変わっている。第二回の会談要旨が結論である。

#### (1) 第一回会談

(レイエス次官)

日本の民間企業がいくつかの提案を行っているが、どれが best process でマーケットで viable な技術かを明らかにして欲しい。

ヴェネズエラ側が提供するサンプル・オイルをパイロットプラントでテストしてもらったデータをもとに検討してもらわなければならない。

(佐 伯)

それぞれの技術は民間に属しており、日本政府がその正しい評価を行うことは難しい。

パイロット・プラントでのテストは一部プロセスについては小規模なパイロットプラン

トがあるので可能であるが、全てのプロセスについて行うことはできない。

(レイエス次官)

日本政府が involve されたくない気持は分かるが、例えば色々ある技術(現在提案されている三プロセス以外の技術も含めて)を個別の会社名を出さずに評価し、プライオリティをつけてもらうようなことはできないか。

パテント問題については、日本と共同で交渉すればよい。(日本グループが提案しているプロセスのパテントの一部は、第三国企業が所有している。)F/Sとは別だ。

我々としては、F/Sのあとファイナンスとマーケティングも日本に期待している。

ヴェネズエラは現在2,200千バレル/日の石油を生産しているがこのうち、国内の石油の消費量は300千バレル/日である。ガソリンの需要が多く、日本では12%のところ、ヴェネズエラでは石油消費の45%がガソリンである。しかも、その需要は年9%の割合で伸びている。(現在ガソリンの値段は極めて安く12~3円であるが、近く大巾に値上げすることが見込まれている。)第一にこの石油需要を満たす必要がある。第二に石油の埋蔵量も減少しつつある。

ほり大な埋蔵量、オリノコ・オイル・ベルトの開発はヴェネズエラ国民の貴重な財産である。ヴェネズエラ政府としては、その開発に大きな期待をかけているが、急激に大規模な生産を行う考えはない。1984~6年の間に160~170千バレル/日程度の生産レベルにもってゆきたいと考えている。(現在も7~80千バレル/日程度生産している。)

オリノコのオイルは重質であるが、その他の油田でも重質化してきており、重質油の軽質化が重要な課題になっている。是非日本に協力してもらいたい。

## (2) 第二回会談

### (イ) 三プロセスの技術的比較について

まず、調査団請川博士から、公害資源研究所が比較した三グループのプロセスの特徴を説明した。(前出2)

この説明に対し、次のような質疑があった。

Q: 高バナジウム燃料によるボイラーへの影響はどうか。

A: 日本では、イラニアン・ヘビー・オイルでのバナジウムアタックの経験があるので日本のボイラー・メーカーは、この解決方法を十分知っていると思う。

Q: ボイラー用燃料として石炭とフルード・コークではどちらが有利か。

A: 燃料の pricing によると思うが、フルード・コークは揮発分が少ないので、燃焼性に問題があるので、燃焼方法の検討が必要であろう。

Q: ユリカプロセスは、18,300バレル/日のプラントしかないが、これ以上の規模でのスケール・アップは可能か。

A: 18,300バレル/日規模は、反応塔が6基で構成されているので基数を増やすだけで問題ない。

### (ロ) F/Sの実施について

ヴェネズエラ側の構想(レイエス次官)

- a. 1985年頃に生産する予定の約160千バレル/日のうち、100～120千バレル/日のオリノコ原油を処理し、軽質化するプラントを建設したい。
- b. 原油の生産方式は蒸気圧入方式が適当と考えているが、このために大量の蒸気（原油エネルギーの約30%）が必要となる。上記(a)のプラントで生産される副生物を燃料として蒸気を生産したい。  
副生物はコスト0とみて良い。
- c. 従って、軽質化プラントは、オン・サイトを考えている。  
第一号は、Morichalの近くになるよう。  
その次には、Selo Negroが考えられる。
- d. F/Sの前提とすべき原油のサンプルは提供する。
- e. 技術的説明は大変参考になったが、経済的な評価がなければ判断はできない。
- f. 部内にフルード・コーキングが一番良いのではないかとの意見もあるので、検討すべきプロセスとしてフルード・コーキングを是非加えて欲しい。
- g. F/Sは、1年から1年半位はかけてよい。
- h. F/Sの後、日本にファイナンスとマーケティングの協力をお願いしたい。
- i. 本件の意思決定は、鉱山エネルギー省が行い、ベトロベンに指示することとなるが、もちろんその過程でベトロベンとも十分討議する。  
実際のプラントの建設は、Morichal地域ではLagovenが実施することとなるよう。

（調査団の対応）

- a. グェネズエラ側の意向を日本政府に伝える。
- b. どんな形のF/Sができるか。（個々のプロセスに関する技術は、民間にあるので、基本的にJICAができる限界がある。従ってJICAが特定のコンサルタントに頼んで実施できるか、各グループにそれぞれF/Sを実施させて比較するか、検討する必要があると説明）及びどの程度の深さの内容のものができるか（全ての技術をパイロット・プラントでテストするとすると金がかかるので実施困難である。従ってプレF/S程度の内容にとどまるかもしれないと説明）  
の二点について検討のうえ回答する。
- c. ファイナンスとマーケティングの問題は、JICAの権限外である。JICAのスタディを仮に行うとした場合この問題を切り離さざるを得ない。ファイナンスとマーケティングがパッケージで前提となるなら、実施できない。
- d. スタディを実施する場合には、グェネズエラ側からサイトの状況、必要な蒸気量その他の情報及び希望する製品の構成、原油の価格、その他の前提条件を提示してもらう必要がある。  
これに対しレイエス次官は次のとおり答えた。
  - ファイナンスとマーケティングの問題は切り離してよい。
  - F/Sは、グェネズエラ側としては、できるだけファイナルな詳細なものとなることを期待している。
  - 必要な情報や前提条件は提供する。

(3) 本件の意義

調査団としては、オリノコ重質油の改質プラントプロジェクトに対するF/S調査協力は、次のような観点から極めて意義があるとの印象を受けた。

(a) ヴェネズエラは、中南米最大の産油国であり、OPECの重要なメンバー国の一つである。

(b) ヴェネズエラとわが国の貿易関係は、1977年の貿易額で、日本の輸出9.2億ドルに対し、日本の輸入は0.5億ドルという著しいインバランス状態にある。しかも、日本からのこの輸出額は、1977年にブラジルの8.4億ドルを抜き、(第三位はメキシコの4.5億ドル)中南米一であり、ヴェネズエラは日本の重要な貿易相手国である。

参考 1977年の日本の輸出額

世界全体 805億ドル

インドネシア 18億ドル      タイ 13.6億ドル

フィリピン 11億ドル      マレーシア 8.6億ドル

(c) オリノコのオイルベルトは、カナダのタール・サンドに並ぶ世界最大の埋蔵量を有し、控えめな見積りでも7000億バレル(同じ見積りでカナダが9200億バレル、その他はけた違いに少い。)であり、世界の石油の確認埋蔵量に匹敵する。(但し、可採量はかなりこれを下回る。)

タールサンドは21世紀に重要なエネルギー源になることが期待されており、我が国としても長期的視点に立ってその開発に協力しておくことが望ましい。

(d) 特に、今後の石油は中国原油を始め重質化の方向にあり、重質油の改質の分野での技術開発がますます重要になる。オリノコの重質油の改質プラントの建設は、かかる技術分野における実用レベルでのパイロット・プロジェクトであり、本件を日本が手がけることは極めて大きな意義を有する。

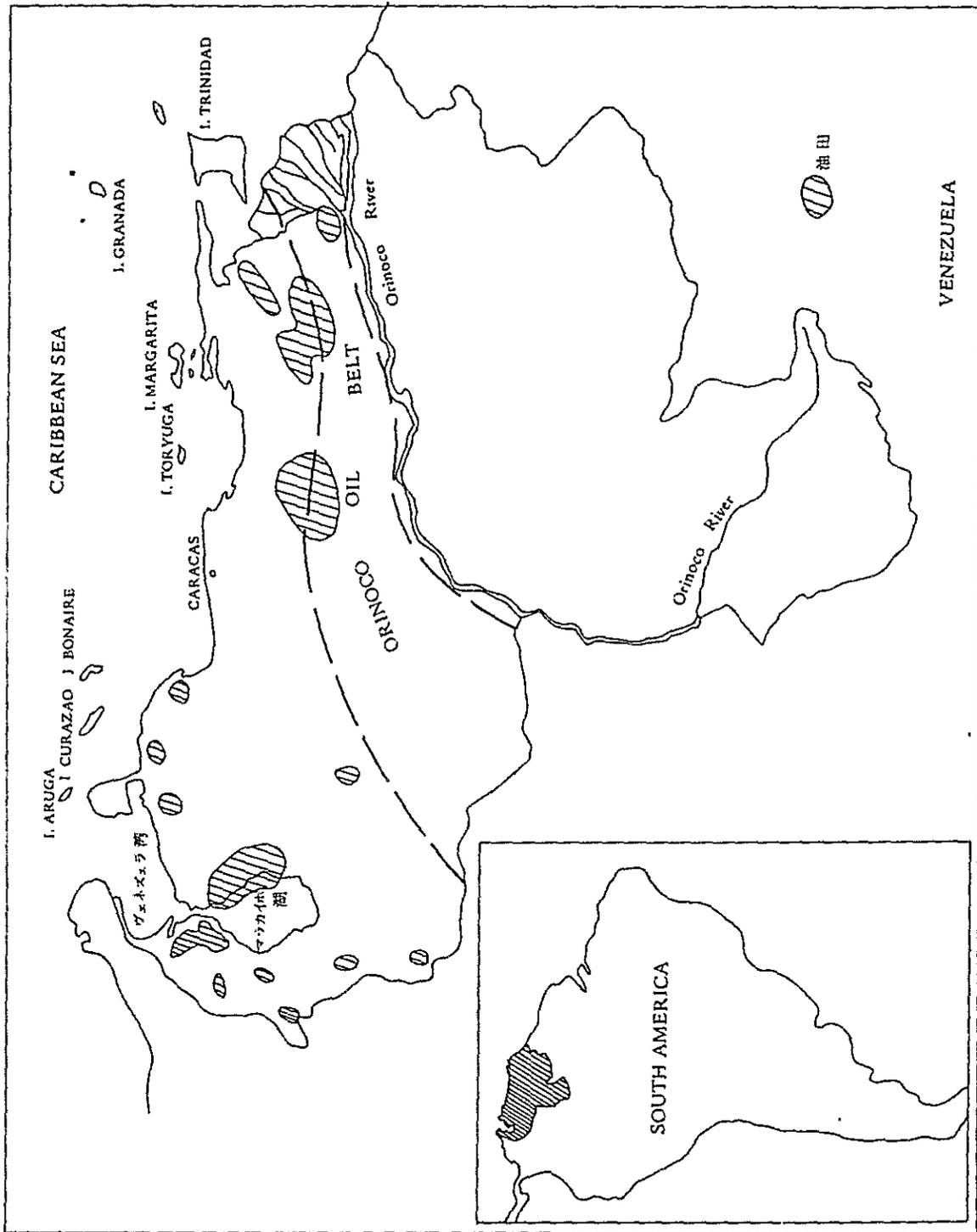
(e) 現状においては、民間の三グループが商業的な売り込みの形でバラバラに提案しているが、ヴェネズエラ政府としては、日本として一本の協力を期待している。

上記(a)~(d)のような点も考慮する時、日本側がまとまった形で取り組む必要がある。

(f) F/S調査の実施は、特定のコンサルタントが単独では困難であるが、各プロセスの基本的なデータや数値を各グループの責任で出す形で取りまとめるのであれば、不可能ではない。

各グループがかかる方向で合意し、協力するならば、F/Sの深さの程度の問題は別として、ヴェネズエラ側が判断するのに役立つ程度のスタディは可能と思われる。

第 1 図 ヲエネズエラ産油地帯



#### 4. ベネズエラの石油産業

##### (1) 石油生産の歴史

ヴェネズエラにおいて石油の存在が知られたのはコロンブスのアメリカ大陸発見以前にさかのぼる。

当国発見後間もない1539年に1バーレルの石油が薬用としてスペインに積み出されたが、おそらくこれが世界で最初の石油輸出であろうと云われている。

19世紀の末から20世紀初めにかけて、マラカイボ湖周辺及び東部地帯、オリノコデルタ河口等のアスファルト堆積湖での採掘が行われた。

1914年、最初の商業油田が、Royal Dutch Shellによってマラカイボ湖東岸Mene Grande 地区で発見された。この発見に刺激されて米国の石油会社Standard of New Jersey, Gulf Oil が相ついで、マラカイボ堆積盆地地区に進出した。

その後東部のMonagas, Anzoategui 及びGuarico州と南西部Barinas州でも相ついで新油田が発見されたが、1922年マラカイボ湖東岸でLos Borrosos 井が大量の石油を噴出し、これが、Bolivar Coastal油田群として世界有数の大油田に成長した。

石油の相つぐ発見により、1925年には、石油の輸出額が農産物輸出を追い越すこととなり今日に到っている。

##### (2) 石油政策

1920年第1次石油法により地面税の増額、国の利権保有分の増加、免税輸入品目の減少等を実施し、その後数次にわたり同法が強化された。

1943年、石油関係法規を統合し炭化水素法が制定された。

1948年には、所得税法が制定され、いわゆる利益折半方式(50-50方式)が実行され、これが、その後各国で指標された。

1959年、政府は、新規利権を与えない政策をとることとし、翌1960年、石油公社(CVP)を設立し、将来の国有化への第一歩を踏み出すとともに、同年OPECの結成に積極的に参画した。

1967年、政府は、炭化水素法を改正し、作業請負契約方式を導入し政府が、石油開発会社より、有利な条件がとれることにした。

1971年、石油返還法を施行し、

- 1) 1983~84年の利権切れに伴う石油関連施設の無償返還
- 2) 外資系石油会社に対する所得税の増額
- 3) 政府による石油価格の決定
- 4) 天然ガス価格の国有化

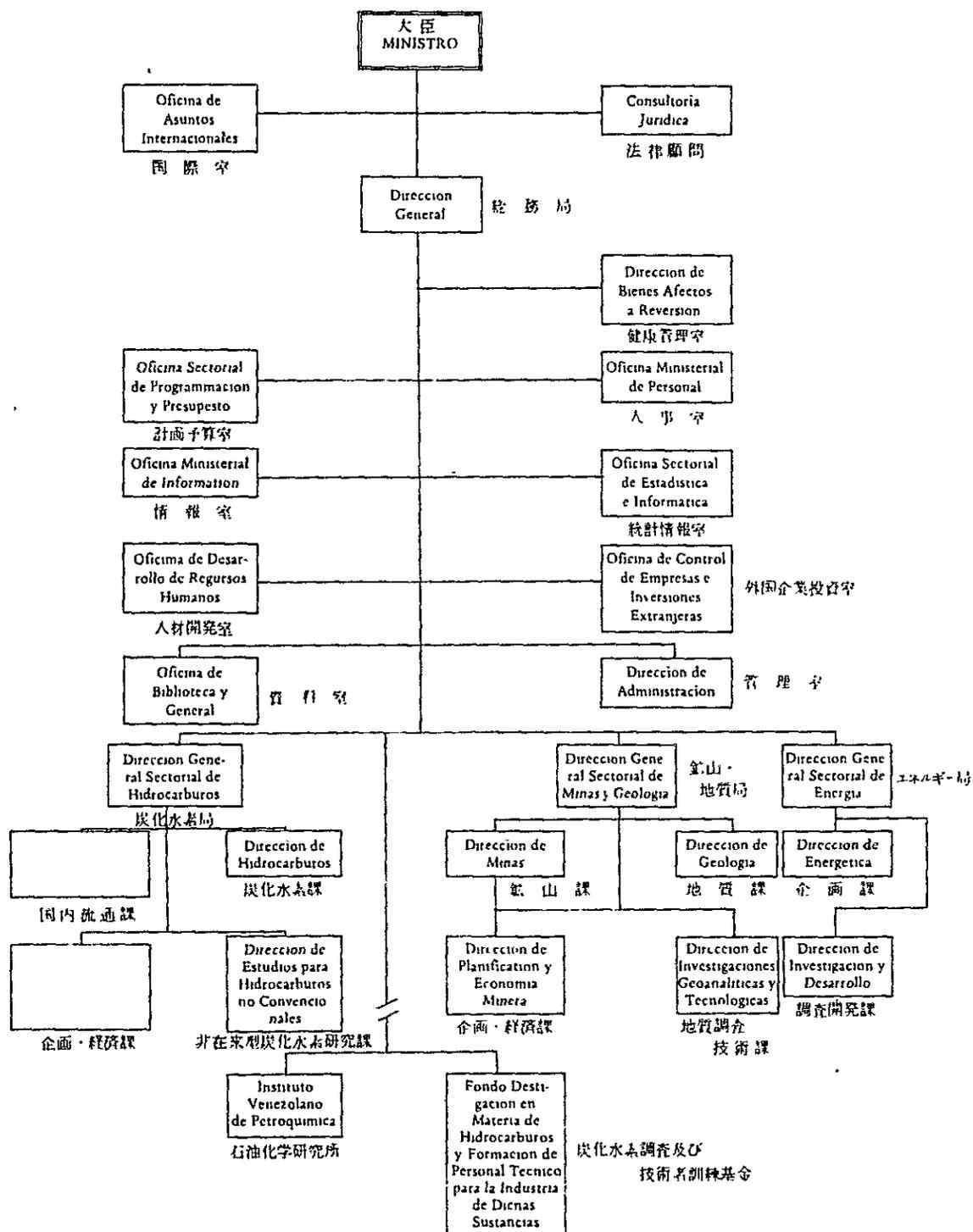
を発表した。

1974年、ベレス大統領は石油の国有化を宣言した。外資系石油会社の利権は1983年までとされていたが、返還の時期が繰り上げられることとし、これに基づき、1975年国有化法が制定され、75年末をもって国有化ならびに外国石油会社の石油利権の消滅が実施された。

第1表 エネルギー鉱山省組織図

エネルギー鉱山省

組織図



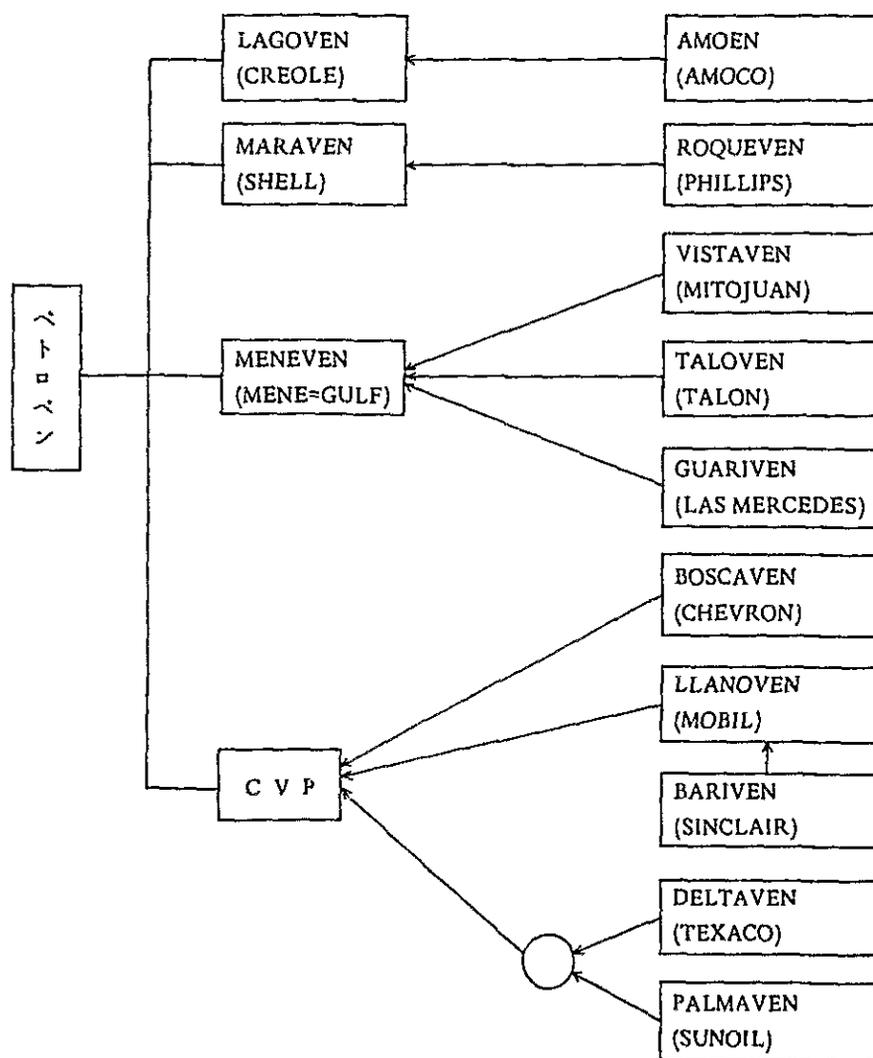
国有化された石油産業を監督し、計画調整を行なうため、ペトロベン (Petroleos de Venezuela) が創設された。ペトロベンは、国営の公社で、資本金 25 億ボリバル (6 億ドル) でスタートしたが、76 年末からは、107 億ボリバル (24 億ドル) とされた。

ペトロベン傘下の企業は当初 14 であったが、これを順次統合することとしており、近く、Lago ven, Maraven, Meneven, CVP-Llanoven の 4 社に集約されることとなっている。(第 2 図参照)

一方ペトロベンには、研究開発機関として INTEVEP (ヴェネズエラ石油技術研究所) が 76 年 1 月に設立された。

現在 300 人の職員 (うち半分は研究者) をかかえており、78 年末には 440 人に増員される予定である。

第 2 図 OPERATORS の整理総会



ヴェネズエラのエネルギー鉱山省の組織図を第1表に示した。

(3) 石油・ガスの埋蔵量

ヴェネズエラの石油埋蔵量はオリノコ・重質油を別にすれば1977年末現在28.6億kl(180億バレル)であるが、これを原油の比重で分ければAPI25以上が51%、25未満が49%となっている。石油埋蔵量の推移を第2表に示した。

石油埋蔵量はこの3年間減少を続けており、毎年3千万kl(約2億バレル)ずつ減少している。

1977年における石油埋蔵量2.861百万kl、生産量129.9百万klより、可採年数を計算すると約22年となる。

ペトロベンとしては、2次回収作業により可採埋蔵量を120億バレル増加させる他大陸棚開発により100~400億バレルの埋蔵量増加をはかり、さらにはオリノコ・オイルベルトの開発により、当国の原油可採埋蔵量を飛躍的に増大させたい意向である。

ペトロベン組織の発言によれば次のとおりである。

	百万バレル	R/P
(A) 原油埋蔵量(1976年末)	18,266	21.7年
(B) 二次回収	12,000	14.3年
(C) 大陸棚開発	10,000	11.9年
(D) オリノコ・ベルト開発	7,000	8.3.4年
計	110,266	131.3年

一方、ガスの埋蔵量は、11,900億m<sup>3</sup>とされている。

第2表 石油埋蔵量の推移(コンデンセートを含む)

(百万kl)

年	A 25° API 以上	25° API 以下	計
1965	1,283	1,459	2,742
1966	1,476	1,206	2,682
1967	1,362	1,176	2,538
1968	1,295	1,196	2,491
1969	1,241	1,130	2,371
1970	1,163	1,069	2,232
1971	1,145	1,043	2,188
1972	1,158	1,055	2,213
1973	1,163	1,033	2,196
1974	1,564	1,388	2,952
1975	1,550	1,375	2,925
1976	1,506	1,392	2,898
1977*	1,478	1,383	2,861

(4) 原油の性状

第3表にヴェネズエラの油田別の原油の性状を示した。

ヴェネズエラの原油は一般に西に行くに従って軽質になる傾向があり、ナフテン系である。とくに重質なものは硫黄分、V、N、の含有量が多い、API 30前後の比較的軽質な原油の硫黄分は中東原油ほど多くない。減圧留分中には低流動点の潤滑油留分を含み、減圧残油は良質のアスファルトを含んでいる。

第4表にAPI比重別の生産量及び埋蔵量を示した。

第3表 ヴェネズエラ原油分析一覧表

産油地帯	産油層名	API 比重	硫黄分 Wt %	窒素 (Wt%)	金属含有量 (ppm)		ナフテン系 (初留-200°C)			軽油 (200~200°C)		
					V	Ni	対原油 Vol %	芳香族 Vol %	ナフテン Vol %	対原油 Vol %	芳香族 Vol %	ナフテン Vol %
					Amana	Eocene	31.9	0.69	-	29	8	24.5
Anaco	-	41.5	0.15	-	-	-	36.0	28	38	22.3	-	-
Bachaquero	Miocene	14.7	2.62	0.370	413	39	-	-	-	-	-	-
Bachaquero	Miocene	15.1	2.68	0.340	413	39	5.0	9	54	17.4	24	59
Boscan	Eocene-Oligocene	11.3	5.54	0.604	937	119	3.6	10	88	14.3	18	58
Cabimas	Miocene	22.1	1.71	0.223	-	-	13.9	11	34	20.4	28	39
Ceuta	Zulia	31.1	1.36	-	-	-	25.9	2.8	9.0	25.9	-	-
Chimire	Miocene and Oligocene	28.4	1.07	0.156	56	13	22.7	14	45	26.7	24	39
Dacion	-	24.2	1.29	0.226	133	29	15.8	12	39	24.9	24	43
Guara	Miocene and Oligocene	18.2	2.06	0.369	-	-	11.2	21	28	21.1	27	40
Guara	Miocene and Oligocene	22.3	1.85	0.313	-	-	17.8	16	27	22.4	25	39
La Ceibita	-	39.2	0.41	0.055	-	-	43.5	17	20	25.8	32	32
Lagomedia	-	33.5	1.16	-	-	-	18.5	14	29	36.4	-	-
Lagunillas	Miocene	18.2	2.12	0.292	229	30	10.2	8	59	17.3	24	50
Lina	Tertiary	23.1	1.47	0.203	55	12	13.2	16	29	21.9	25	46
Leona	Oligocene	25.1	1.38	-	-	-	25.0	5.1	8.2	10.5	-	-
Lot 17	-	36.72	0.93	-	-	-	31.6	16.0	35.8	15.6	-	-
Mara	Cretaceous	28.9	2.19	0.160	206	15	20.7	12	17	21.1	20	20
Mara	Cretaceous	32.3	0.13	0.016	-	-	16.9	36	24	25.0	45	18
Mata	Oficina	21.3	1.59	0.272	130	25	14.3	15	32	21.9	26	48
Mata	Oficina	31.5	0.60	0.204	21	5	24.3	20	24	29.6	30	39
Merey	Oficina	13.2	2.52	0.429	290	64	1.9	16	0	19.9	25	58
Mesa	-	30.0	1.02	-	-	-	26.7	22	41	20.7	-	-
Monagas	Morichal	12.2	2.0	-	-	-	2	2.3	88.8	13.5	-	-
Oficina	Miocene and Oligocene	30.4	0.80	-	54	8	28.3	14	26	24.2	24	31
Oficina	Miocene and Oligocene	36.4	0.48	-	54	8	35.7	17	28	29.0	27	28
Oficina	Miocene and Oligocene	33.4	0.59	-	54	8	31.6	16	29	28.5	27	32
Oficina	Miocene and Oligocene	38.2	0.31	-	54	8	35.4	20	26	33.1	23	28
Oficina	Miocene and Oligocene	30.2	0.77	-	54	8	25.2	15	31	26.8	27	32
Pilon	Miocene and Oligocene	13.9	2.11	0.360	181	72	1.9	12	67	21.9	23	66
Quirquire	Pliocene	15.9	1.33	0.225	102	18	2.8	2	98	27.8	21	74
San Joaquin	Miocene and Oligocene	42.1	0.14	-	-	-	42.3	14	32	26.3	29	19
Santa Rosa	-	37.8	0.09	0.006	-	-	34.0	20	48	40.1	34	21
Silvestre	Eocene	26.1	1.17	0.261	205	63	21.8	8	37	24.1	27	29
Sinco	-	23.5	1.38	0.284	-	-	16.8	8	39	20.7	25	33
Tia Juana	Miocene	27.0	1.49	0.206	-	-	16.7	11	38	20.3	24	32
Tia Juana	Miocene	18.6	2.07	0.289	216	24	6.5	12	49	19.9	26	44
Tia Juana	Miocene	26.8	1.54	0.194	303	27	19.2	14	24	20.6	23	35
Zapatos	-	28.9	0.48	0.075	4	-	17.6	30	18	24.9	31	33

第4表 比重別原油生産量及び埋蔵量

API比重	生産量	埋蔵量
～ 22°	24%	79億バレル(43%)
22°～30°	37%	55億バレル(30%)
30°～	39%	50億バレル(27%)

(5) 石油・ガスの探鉱活動

当国の石油開発の重点は

- ① 既存陸上地域の深部(白亜紀)開発(中軽質油の開発)
- ② 大陸棚開発  
(とくに、①オリノコ河デルタ大陸棚②Trieste湾③Vela湾)
- ③ オリノコ・オイルベルト開発

とされている。

1975年以前の5年間、当国における探鉱活動は低調であり、年間33本程度の試掘が行われるにすぎなかった。1976年に石油産業の国有化が行われ、ペトロベンが設立されたが、この年に、ペトロベン傘下の14企業は、44本の試掘及び物理探査5,600kmを実施した。この時点での石油関係技術者はわずか150名に過ぎず最後の利権が付与された1959年の800名に比ぶべきもなかった。

1977年には東部及びマラカイボ湖地区で22本の成功を見、約1億バレルの埋蔵量を増加した。これらはいずれも白亜紀層からの出油である。

東部	15本	1.120万バレル
マラカイボ湖	7本	9.150万バレル
計	22本	10.270万バレル

1978年には、7月までに、マラカイボ湖周辺で深度4800～5400mの白亜紀層に15本の試掘が行われ、うち1本は6600mという南アメリカ最深の井戸が掘削されたが、うち4本がマラカイボ湖で3500万バレルの石油を発見した。

一方大陸棚石油開発は1978年に開始され、現在Lagoven, Maraven, Meneven, CVPの4社は物理探鉱船を11保有している。

大陸棚の探鉱計画は

第1段階	オリノコデルタ	Vela湾
	Trieste湾	(1億9千万ドル投資)

第 2 段階 Margarita 島, Paria 湾北部  
 第 3 段階 その他

となっており、大陸棚の独占開発権は C V P に与えられている。

当国は 1976 年には 19 リグを使用し、274 本の掘削を行ったが 77 年には 28 リグを使用し 439 本の掘削を行った。78 年には 800 本の掘削を行うこととしており、うち約 70 本は試掘である。

以上のように、既存陸上地域 of 深部開発、大陸棚開発ともかなりの新規探鉱開発が計画され実施に移されているが、結果的には、全体として埋蔵量の減少に比べ新規埋蔵量追加量が小さい。(77 年には生産 8 億バレルに対し、新規発見 3 億バレル、78 年上半年は生産 4.6 億バレルに対し新規発見 3300 万バレル) 新規発見の減少は、新規鉱区開設及び既存鉱区の二次回収の承認について政府の明確な政策決定が遅れていることによると言われている。

一方新規埋蔵量発見の遅れに伴い、オリノコ・オイルベルトの開発を急ぐべきだとの意見も政府部内で起っている。

ベトロベンの投資計画は第 5 表のとおりである。

第 5 表 ベトロベンの投資計画

(単位: 100 万ドル)

部門別	1976年(実績)	1977年(実績)	1978年(予定)
探 鉱	69.0	115.0	196.2
生 産	195.5	322.0	605.4
精 製	6.9	41.4	194.8
販 売	4.6	17.25	47.4
タンカー	—	—	63.0
調査・研究	5.75	3.22	5.7
その他	16.1	32.89	14.4
合 計	297.85	531.76	1126.9
検討中のプロジェクト			353.3
1978年合計			1480.2

(出所 Oil Gas Journal '78. 6. 5)

(6) 石油・ガスの生産・輸出

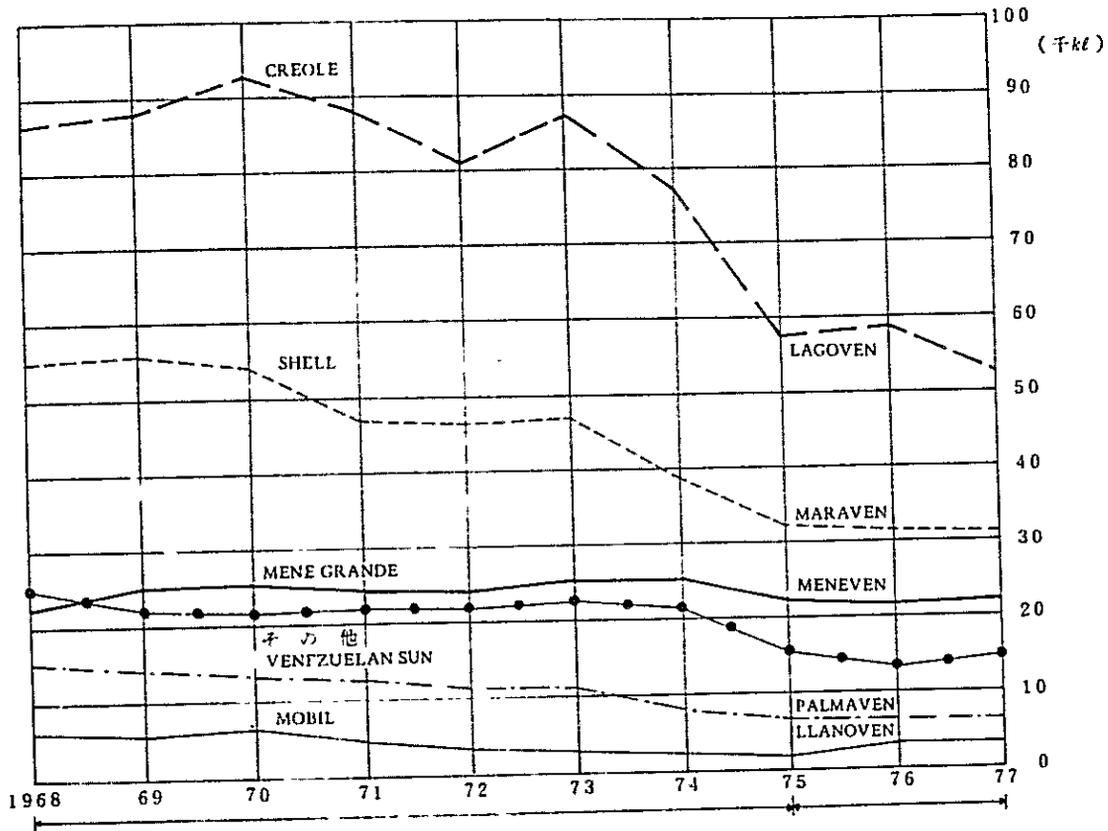
ヴェネズエラの生産能力は 260 万バレル/日であるが、1977 年の生産は 220 万バレル/日であり、78 年 1~6 月は 200 万バレル/日に落ち込んでいる。

地域的にはマラカイボ湖周辺地域の生産が全体の80%、東部が20%を占めている。

第3図に企業別原油生産量の推移を示した。

第6表に当国の主要油田の概要を示した。

第3図 企業別原油生産量 (1968~1977)



(1977 エネルギー鉱山省年次報告)

第 6 表 主要油田の概要

油田名, 発見年	井戸数	1977年生産 (百万バレル)	累積生産量 (百万バレル)	地層, 深度	API比重
• Bachaquero, 1930 . . . . .	1,867	148	5,266	Tertiary, 3,444	21.3
• Cabimas, 1917 . . . . .	544	30	1,365	LaRosa, 2,200	23.8
Centro, 1959 . . . . .	106	44	501	Tertiary, 12,568	36.5
• Lagunillas, 1926 . . . . .	2,744	194	9,178	Tertiary, 3,000	23.9
Lama, 1957 . . . . .	195	68	2,062	Tertiary, 8,320	32.6
Lamar, 1968 . . . . .	82	45	835	Tertiary, 13,003	34.1
Tia Juana, 1928 . . . . .	1,672	82	3,152	Tertiary, 3,000	20.0

• 印は海洋油田

当国の生産井の数は次のとおりである。

	生産井	くみ上げ	自噴
1976年末	10870	9876	1994
1977年末	10202	8111	2091
	(△1668)	(△1765)	(+97)

生産量は76年230万バレル/日, 77年220万バレル/日であるので, 生産井1坑当りの生産量は1976年が193バレル/日, 77年が219バレル/日である。

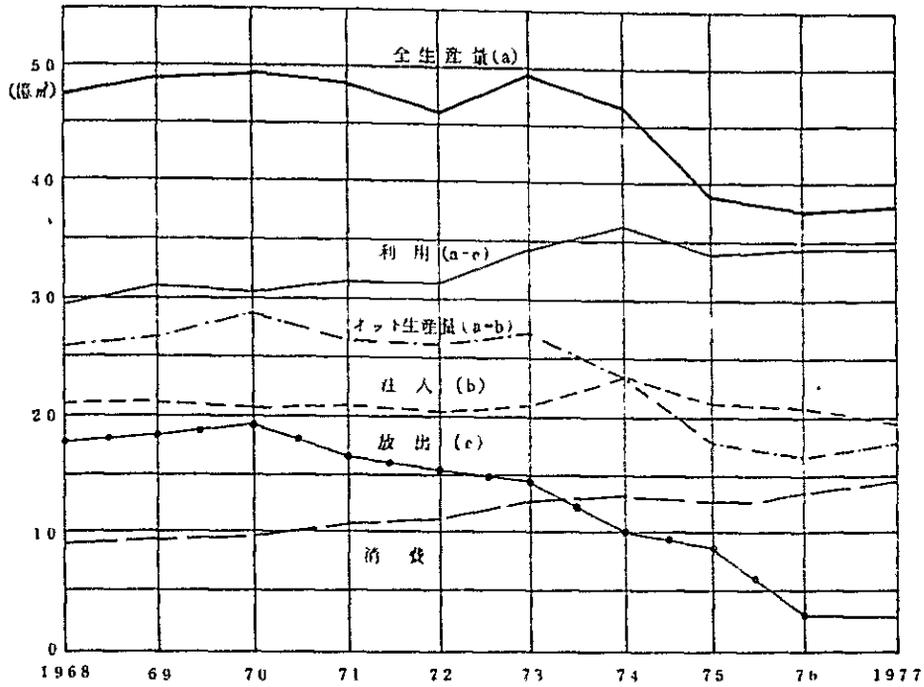
一方, 重質油の蒸気圧入は以前から各所で実施されているが, とくに, 77年6月, マラベン(旧シェル)は, 3560万ドルの予算によりマラカイボ湖のTia Juana油田でM-6蒸気圧入プロジェクトを開始した。これは150井に12800トン/日の蒸気を圧入するもので, 20年間において, 120億バレルの回収が行えるものと期待されている。

ガスの生産は1976年35億立方フィート/日であった。

このうち92%は国内で使用されており, うち66.7%(24億立方フィート/日)は油田へ再注入されている。

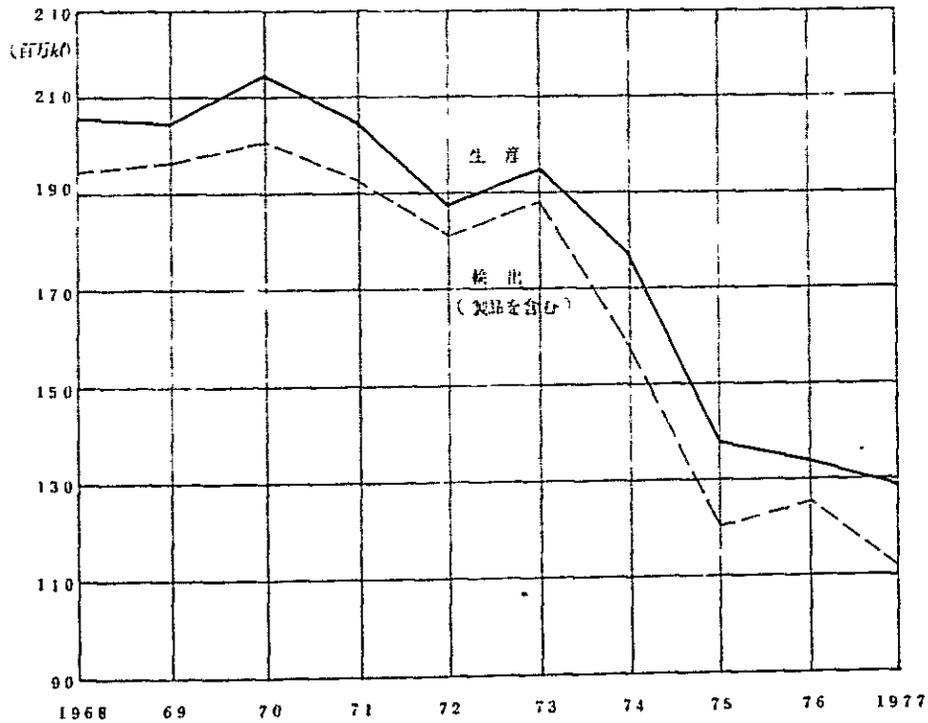
第4図にガスの生産及び利用状況を示した。

第4図 ガス生産及び利用(1968-1977)



原油輸出の推移について、第5図に示した。  
また、仕向国別輸出について第7表に示した。

第5図 原油生産及び輸出の推移(1968-1977)



第 7 表 国別輸出品

単位：パーレル

国	1976			1977		
	原油	製品	計	原油	製品	計
米国	82,329,700	170,101,221	252,430,921	110,196,706	153,983,471	264,180,177
アルバ(オランダ領)	101,889,972	23,022,823	124,912,795	96,939,110	10,320,761	107,259,871
カナダ	95,905,080	6,874,255	102,779,335	82,636,313	10,070,334	92,706,247
キュラサオ(オランダ領)	69,810,547	1,380,767	71,191,314	50,644,968	7,067,847	57,712,815
プエルトリコ	34,382,448	11,636,029	46,018,477	32,131,422	14,365,542	46,496,964
ジャマイカ	9,055,344	1,686,454	10,741,798	6,371,332	1,728,171	8,099,503
ドミニカ	9,374,444	397,980	9,772,424	8,654,138	545,188	9,199,326
パナマ	5,170,773	2,926,846	8,097,619	5,241,800	2,687,011	7,928,811
ブラジル	5,274,633	2,480,422	7,755,055	5,937,506	3,562,280	9,499,786
船舶用	-	7,534,413	7,534,413	-	7,839,459	7,839,459
EC	36,658,077	27,288,850	63,946,927	24,213,918	13,864,881	38,078,799
その他	51,676,705	30,940,955	82,617,660	62,448,525	25,452,757	87,941,282
計	501,527,723	286,271,015	787,798,738	485,455,738	251,487,702	736,943,440

(7) 石油収入

当国の1977年の原油・石油製品の輸出額は93.8億ドルに上り、総輸出額の94.4%を占めた。

また、政府の石油収入(ロイヤリティ及び所得税等)は、268億ポリパール(63億ドル)に上った。

その内訳は第8表のとおりである。

第8表 政府の石油収入

単位：百万ポリパール(百万ドル)

	1976年	1977年
	所得税	21,969(5,133)
(石油生産)	21,230(4,960)	18,206(4,254)
(技術援助)	739(173)	795(186)
ロイヤリティ	7,427(1,735)	7,776(1,817)
その他	33(8)	56(13)
計	29,429(6,876)	26,827(6,268)

なお、1976年のPetrovenの総売上高は約92億ドル、パーレル当りの平均販売価格は10.51ドルであり、所得税及び操業費を引いた利益は総額約9億ドル、パーレル当りで1.02ドルであった。

1976年のPetrovenの損益を第9表に示した。

第9表 ペトロベンの損益

	バーレル当り (ドル/バーレル)	総 額 (100万ドル)
売 上 高		
輸 出	1 1. 1 5	8. 7 8 1 2
国 内	4 5 8	3 9 3 2
合 計	1 0 5 1	9. 1 7 4. 4
所 得 税	△ 5 7 2	△ 4, 9 9 5 2
操 業 費	△ 3 7 7	△ 3, 2 9 4. 3
純 利 益	1. 0 2	8 8 4. 9

## 5. オリノコ・ヘビーオイルの開発

### (1) 概要

オリノコ・ヘビーオイルは、オリノコ川北側流域の長さ600 Km、幅53 Kmにわたって地下1,000～1,200 m深度に賦存する比重API 8～18の重質油である。その原始埋蔵量は7,000億バレル(3兆バレルとの推定もある)に上り、1カ所の石油埋蔵量としては世界最大のものである。

この地域に巨大なタール質層が賦存していることは1935年頃から知られており、当地に進出したメジャーの手により、数多くの油田が発見されたが、超重質油であり、経済的価値が少ないとして、放置され、現状においてもごく一部10万～15万バレル/日が生産されているに過ぎない。

オリノコ・ヘビーオイルはタール状の超重質油であるため生産も容易でなく、軽質化が必要であり、また4～5%の高硫黄分及び数百ppmの高メタル(Ni, V)を含むためその処理も容易ではない。

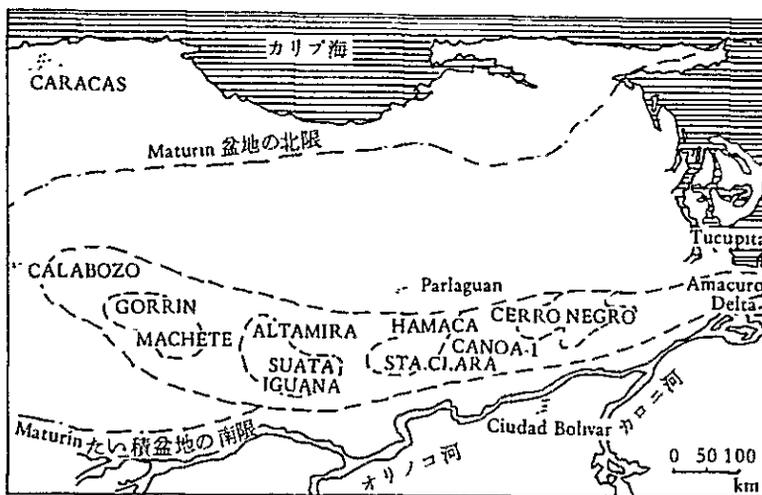
ヴェネズエラ政府は、1976年頃までは、オリノコ・ヘビーオイルの開発は、将来の石油不足時代のために留保しておこうという考え方であった。しかし77年に入ってから、オイルベルトの開発に積極的に取り組むとの方針に変更した。この背景としては、マラカイボ湖を中心とする既存の石油資源の急速な減耗があげられる。最近、新規開発による追加埋蔵量は、減耗埋蔵量を大幅に下まわっており、政府としても、新規開発を積極的に行おうとしているが、新規油田の開発には莫大な費用がかかること、大陸棚開発には、隣接国との境界線確定問題があること等の困難性がかかえており、すでに採り大な埋蔵量が確認されているオリノコ・オイルベルトの開発に積極的に取り組むことになったものである。また一方ではヘビーオイルの開発には技術的に未解決な問題も大きく、1985年～90年に予想される世界の石油需給のタイト化に備えるためには、今から積極的な開発を進めることが必要であるとの判断によるものである。

オリノコ・オイルベルトの開発のため、エネルギー鉱山省の中に、オリノコ開発局が設置されているが、実際の開発はベトロベンに委ねられており、ベトロベン傘下の各オペレータ企業が操業を受持っている。

オリノコ・オイルベルトの開発技術について、ヴェネズエラ政府は最近外国からの技術協力が必要との考えをとっており、生産分野については、仏、独、加、米との協力を進めているが、生産された重質油の改質(Up-Grading)については日本の協力を期待している。

### (2) ベルト地帯の範囲

ヴェネズエラ最大の河川オリノコ川の北部に位置し、河口デルタ地帯からMonagas州, Anzoatigui州, Guarico州の南部にわたる東西600 Km、南北幅平均53 Kmの地域であり、面積は約2.3万km<sup>2</sup>に及ぶ。



第6図 オリノコ・オイルベルト位置図

### (3) 開発の経緯

本地域で探鉱活動が開始されたのは1930年代であり、1935年から49年の間に45本の掘削が行われた。

1937年にShellがUracoa油田、StandardがPilon油田、GulfがMercy油田を発見、1940年にはTexasがLos Carritos油田を発見し、第2次大戦後1953年にはCreole社がJobo油田、1955年にはGulfがMelones油田、1957年には同じくMiga油田を発見し、ついで1958年にはPhillipsがMorichal油田、CreoleがEl Saltó油田をそれぞれ発見している。しかしあまりにも重質なため、経済的価値が少ないとして放置し、メジャーはあえて積極的に開発しなかった。

1966年ヴェネズエラ鉱山石油省の地質学者GalavisとOVPのValardaは地理学的な観点からこのベルト地帯をオリノコオイルベルトと名付けた。

1967年4月、メキシコの第7回世界石油会議において、CVPはMaturin 盆地のター

ルベルト炭化水素資源及びGuanaritoにおける試掘計画を発表した。

1970年鉱山石油省はオリノコベルト地帯にはタールとして類別できないAPI15以上の原油が含まれている事実からOrinoco Oil Beltと改名した。

オリノコ・オイルベルトの開発が積極的に検討され始めたのは、当国の石油産業が国有化されて以降である。

#### (4) 原始埋蔵量

オリノコベルトで重質油の賦存する層の厚みは200～1,000mであるが、南部では薄く地に行くほど厚くなっている。油層の厚さは30m以上ある。

原始埋蔵量はCVPが過去におけるメジャー系各社のデータを解析して、7,000億パーレルと発表しているが、Oil & Gas Journal誌('78.4.24)は約1兆パーレルと発表しており、また、International Petroleum Encyclopedia 78年版によれば3兆パーレルの推定もされている。

原始埋蔵量を7,000億パーレルとし仮に可採率を10%とすると、可採埋蔵量は700億パーレルとなるが、これは世界最大の可採埋蔵量を持つサウディアラビアの1,400億パーレルの半分に相当するほう大な量である。

#### (5) 地 質

1) オリノコ河北部に位置するヴェネズエラ東部堆積盆地は、古生代から現世にわたる層序を含んでおり、とくに、白亜紀層と第三紀層の発達が顕著である。

第7図にオリノコオイルベルトの各地域における層序を示した。

2) このうち、経済的に最も重要な地層は第三紀のOficina層であり、オイルサンド層厚は平均60m、最大180mまで確認されている。オリノコベルト北部のGreater Oficina地域では、この地層からの生産能力は50万パーレル/日に達する。

その他経済的に重要な地層としては、Merecure層、La Pascua層、Chaguaramas層、Freites層、El Tigre層がある。

オリノコ・オイルベルトの原油埋蔵量の中で最も大きいのは第三紀の中新世の地層に賦存しているが、最近の調査では、古生代のHato Viejo層が注目されている。

原油の根源について現在考えられているのは次の点である。

① 中新世の原油は北部で形成

② 古生代の原油は古生代下部で形成

③ 中新世、古生代各々に賦存された原油は各々の年代に形成

しかし、次の点については十分な説明がなされていない。

① 原油が重質である理由

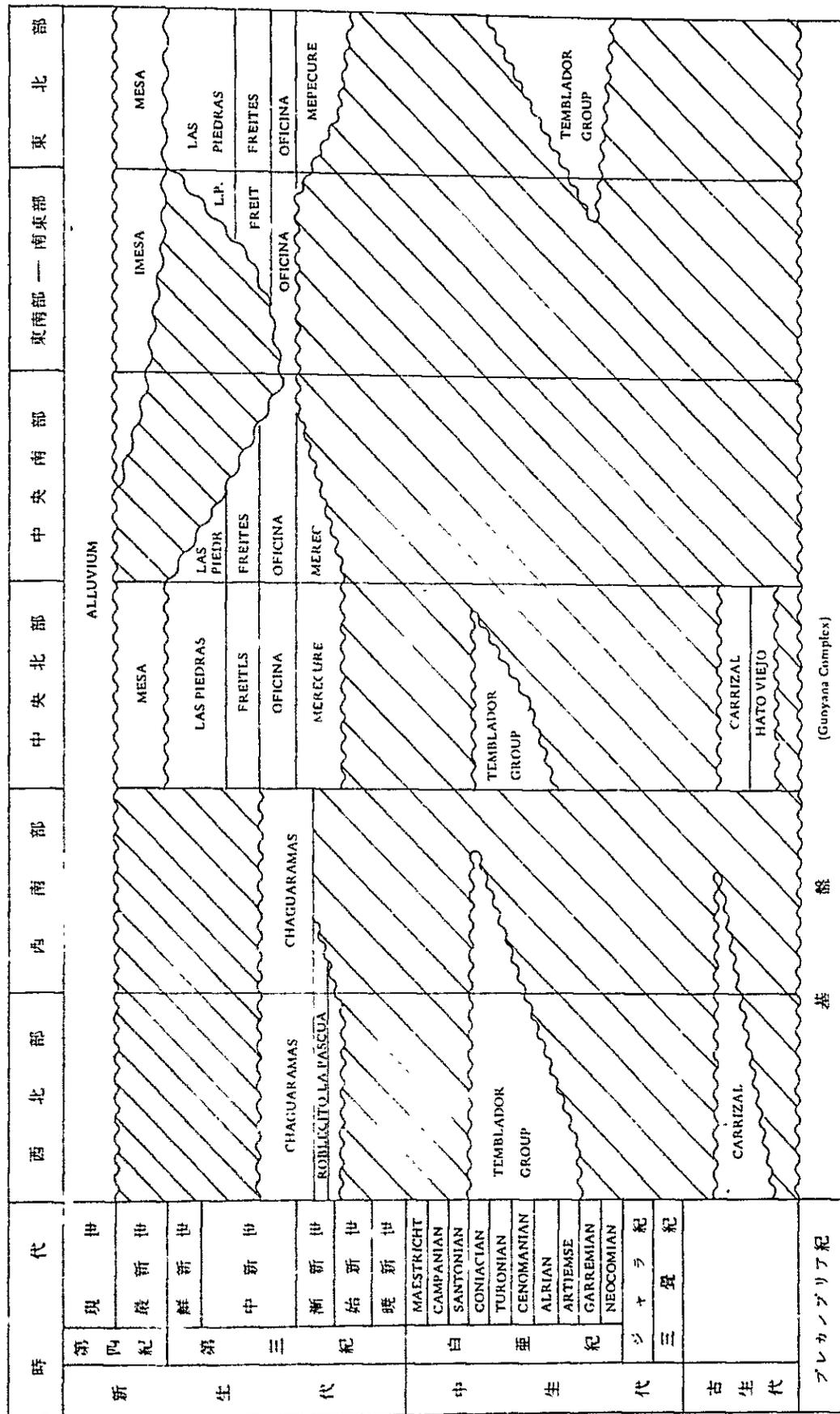
② 元来重質であったのか、酸化されたのか、軽質分が飛んだのか、バクテリアの働きによるのか

③ 形成された場所から賦存場所への移転のメカニズム

#### (6) 原油の性状

オリノコ・ベルトの原油は、きわめて重質であり(API比重8～18)、我々が視察した

第7図 オリノコ・オイルベルトの層序比較図



サントメとモリチャルで採取された原油は、コールタールのイメージであった。オリノコの原油は、その重質性に加えて硫黄分（2～5%）、重金属分（Ni, V等数百ppm）が多く、その処理はきわめて困難な問題をかかえている。オイルベルトの代表的な油田である Morichal 油田の原油性状を第11表に、また各留分の性状を第12表に示した。

第11表 Morichal 油田の原油性状

試験番号	1*	2*
	Morichal 油田 Group II	
比重 (API, 60°F)	8.2	8.0
比重 (15/4°C)	1.0129	1.0141
粘度 (@ 50°C, cSt)	16.500	26.730
(98.9°C, cSt)	3.53	
流動点 (°C)	2.1	27.5
残留炭素, コンラドソン (wt%)	13.1	12.8
泥水分	4.8	25.0
元素分析 (wt%)		
C	84.74	84.4
H	10.39	10.3
S	3.84	4.3
N	0.59	0.6
灰分	0.22	0.36
C/H	8.16	8.16
蒸留性状		
初留 (°C)	138	146
5%	264	310
10%	289	350
20%	306	420
30%	319	
40%	327	
50%	331	
金属含有量 (ppm)		
V	464	492
Ni	85	105
Zn	3.9	3.5
Cu	2.4	0.9
Fe	1.1	16.5
Pb	0.2	2.6

注： \*1 CVPの試験結果, \*2 アシア石油協研究所調査

第12表 Morichal 油田オリノコ重質油各留分の性状例

留 分	I	II	III	IV	V
10 mmHg 留出温度 (°C)	35~135	135~181	181~238	238~254	254<
760mmHg 留出温度 (°C)	146~275	275~330	330~400	400~420	420<
得 率 (vol%)	2.0	5.0	10.0	3.0	8.0
比 重 (15/4°C)		0.8998	0.9397	0.9622	
UOP-K		11.2	11.2	11.2	
コンラドソン残留炭素 (wt%)					2.02
流動点 (°C)		-35	-35		
引火点 (°C)					310
硫黄分 (wt%)	1.74	2.18	3.14	3.49	4.51
粘 度 cSt @ 30°C	1.666	7.621	39.28	197.1	
cSt @ 50°C		4.279	15.11	51.97	
cSt @ 37.8°C			25.60	10.87	
cSt @ 98.9°C			37.20	7.607	
粘度指数			-35	-23	
窒素分 (wt%)	0.003	0.015	0.070	0.149	0.796
針入度 (25°C)					43
伸 度 (15°C)					150<
軟化点 (°C)					525
V (ppm)					690
Ni (ppm)					120
Fe (ppm)					23
Cu (ppm)					1
Pb (ppm)					1
Zn (ppm)					6

また、PAO原油の性状を第13表に示した。

第13表 PAO原油

比 重	S A P I
硫 黄 分	3.8%
残留炭素, コンラドソン	1.59%
ヴァナジウム	385 ppm
ニ ッ ケ ル	77 ppm
粘度 (100°F)	45.000 ssu

## (7) 原油の生産方法

オリノコ・ベルトの原油はAPI比重が $8 \sim 18$ ときわめて重質で、粘度が高く、自噴するエネルギーを持たないだけでなく、流動性が極めて乏しいため、特殊な採油法が採用されている。カナダのオイルサンドは、地下100mより浅いところに賦存するものもあり、これについては、露天掘りの方法が採用されているが、オリノコの重質油はいずれも深部に賦存されており、露天掘りは適用できない。オリノコ重質油の生産方法として過去に各種の方法が検討されて来たが、とくに次のような方法について試験が行われた。

- ① 単純ポンプアップ
- ② 希釈油混合法
- ③ Steam Injection法
- ④ Steam Drive法
- ⑤ 地層内燃焼法
- ⑥ CO<sub>2</sub> Injection法

### ① 単純ポンプアップ法

重質油の回収率はAPI14程度の比較的軽質のもので10%前後であるが、比重が大きくなるほど回収率は低下し、API8程度では3%程度に低下する。オリノコ重質油の比重と回収率の関係を第10表に示した。

### ② 希釈油混合法

油井内へ軽質原油又は軽油を圧入し、油層中の重質油と混合して粘度を低下させてポンプアップする方法である。

### ③ スチーム・インジェクション法

高圧スチームを一定期間油井内に注入し、重質油を加熱し粘度を低下させたあとポンプアップする方法である。

### ④ スチームドライブ法

高圧スチームを圧入井から注入し、重質油の流動性をよくした上で、別の生産井でポンプアップする方法である。

### ⑤ 地層内燃焼法

希釈法では回収率が低い油層の回収率向上のため試験されている方法である。乾燥空気を1～3日間地層内に圧入し、油層内の炭化水素を一部気化させ、自然発火させる。この燃焼熱で地層内温度が上昇し、蒸気圧が上がり、粘度が低下し、産油井からポンプアップする方法である。

### ⑥ CO<sub>2</sub> 圧入法

高圧炭酸ガスを油層内に圧入し、油層内の圧力を上昇させ、産油井からポンプアップする方法である。

これらの方法の中で、現在オリノコ重質油の生産に良好な成績をあげているのはSteam Injection法とSteam Drive法であり、これについてはかなりの経験が得られている。ま

た、Maraven社(元Shell)は、現在マラカイボ東岸の重質油でSteam Injection法による大規模プロジェクト(M-6プロジェクト)を実施しており、この成果がオリノコ重油の生産にも生かされることとなる。

第10表 オリノコヘビーオイルの比重と回収率

石油会社名	油田名	回収率(%)	比重(°API)
Creole (Standard Oil N.J.)	Pilón	9.7	14.1
	Jobo	8.8	11.1
	El Salto	4.0	11.2
Mene Grande (Gulf)	Melones	3.0	12.3
	Miga	6.0	12.5
	Merey	10.4	14.9
Phillips	Morichal Grupo I	9.0	12.6
	Morichal Grupo II	3.3	8.7
Amoco	Jobo Grupo I	9.5	13.8
	Jobo Grupo II	1.9	9.0

オリノコ地区でのテストの結果をもとに、エオルギー鉱山省では現在Morichal南部のCerro Negro地区でSteam Injectionのパイロットプロジェクトを実施している。本プロジェクトは10億ドルの予算で1980年代末には12.5万バレル/日の商業プラントを建設する計画である。また1990年までには50万バレル/日が可能との意見もある。

オリノコ・オイルの回収率は平均すれば10%前後であるが、中には40%以上の高い回収率を示すものもある。Steam Injection法及びSteam Drive法のOil-Steam Ratioは高いもので25~30バレル/蒸気トン、低いものでは1.5~6バレル/トン程度である原油生産コストは平均的には4ドル/バレル前後である。またSteam Injection及びSteam Drive法の投資額は、増量原油1バレル/日あたり約1万ドルである。原油回収方法としては、一般に高粘度の油田に対してはSteam Injection及びSteam Drive法、低粘度の油田についてはガス圧入法を用いており、油層内燃焼法は良好な成果が得られていない。重質油生産のためのエネルギー消費率は平均すれば約30%である。

#### (8) 石油の生産

オリノコ・オイルベルトで操業している企業のうち代表的なものは次のとおりである。

##### (a) Meneven (旧Gulf)

Menevenの鉱区はオイルベルト地帯の北方にあり、鉱区全体の産油量は約26万バレル/日であり、ヴェネズエラ東部では最大である。原油は北部へ行くほど軽油であり、最も軽質なものは60°API(コンデンセート)である。南部はオイルベルト北部に位置し、ここで生産されている原油(Miga, Melones)はブレンドし、混合原油として、カリブ海に面したPuerto La Cruzまでパイプライン輸送している。当社の本拠地はベルト北限のSan Tomeにある。

Meneven社の説明によれば同社の生産状況は次のとおりである。

油 田 数	28 油田
生 産 方 法	①ポリマーを使用した水圧入 ②ガ ス 圧 入 ③蒸 気 圧 入
Oil-Steam Ratio	3.2～61.1 (平均18.3) (油バレル/原油トン)
回 収 率	2.5～12.8%
原油のブレンド	10～14 APIの原油と、19～24 API の原油とをブレンドして17 APIにして出荷

(b) Roqueven (元 Phillips)

ベルト北限 Morichal 油田において商業生産を行っている(生産能力2.8万バレル/日) 同社は、数多くの採油法を手がけておりポンプ採油、希釈油混合、スチーム・インジェクション、油層内燃焼、スチームドライブなどが試みられた。同社で生産された原油はオリノコ河の Puerto Ordaz まで約90 Kmの間パイプライン輸送を行っている。

エネルギー鉱山省の説明によればオリノコオイルベルトの現在の生産量は9～10万バレル/日で、API比重17前後の重質油と、24前後の中質油を混合して17前後とし、米国に輸出している。

ヴェネズエラ政府の計画は、1985～6年に Morichal 及び Cerro Negro 地区で16～17万バレル/日の重質油を生産する計画である。

## 6. ヴェネズエラの石油精製産業

### (1) 石油精製産業の歴史

ヴェネズエラにおいて石油が産業としての形をとったのは、1880年に Rubio の近くに国立 Tachira 石油会社が製油所を設立したときに始まる。この製油所は15B/Dの常圧蒸留装置を持っているだけの極めて小規模なもので、原油から灯油をとり残りは廃棄していた。灯油は近隣の町で消費されていた。この頃の石油産業は地域毎に独立して発展し相互に関連を持っていなかった。

第2世代の石油産業は、国内全域を市場として製油所が建設された1917～1941年に当り、10ヶ所に製油所が建設され発展したがそのうち現在まで残っているのは San Lorenz (35,000 BPD) と Caripito (70,000 BPD) だけである。

1920年代、政府は石油会社の利潤に対して2.5%の税金をかけていたが、製油所の建設を促進するために1928年この税制を廃止し石油産業の育成を図った。その結果、1976年には石油会社9社で155万BPDの精製能力を持つまでに至った。

### (2) ヴェネズエラの製油所

ヴェネズエラにおける製油所は原油を蒸留してナフサ、灯油、軽油を採るだけの所が多く、常圧蒸留装置及び減圧蒸留装置が主な設備である。そのため製品中に占める白油率が低く残油の割合が大きい特徴がある。

ヴェネズエラの製油所の設備としては下記のものが主なものである。

常圧蒸留装置	1,560	MB/D
減圧蒸留装置	491	MB/D
接触分解装置	585	MB/D
接触改質装置	13	MB/D
水添装置	18	MB/D
水素化脱硫装置(灯油)	104	MB/D
間接脱硫装置	220	MB/D
硫黄回収装置	1,710	MT/D
アルキレーション装置	7.4	MB/D
潤滑油製造装置	65	MB/D
パラフィン製造装置	50	MT/D
ビスブレーカー	116	MB/D
水素製造装置	3493	MM <sup>3</sup> /D

ヴェネズエラには現在12の製油所があるがAmuay, Cardon 以外は蒸留装置が主体の製油所でありその規模も比較的小さい。主な9つの製油所の設備を別表に挙げる。

## 7. INTEVEP ( Institute Tecnológico Venezolano del Petróleo ) の概要

### (1) 設立 1976年1月1日

1973年8月29日に施行された法律により INTEVEPの設立が義務付けられた。

### (2) 設立趣旨

石油及び石油化学産業各社に対する技術援助のために設立され

(イ) 石油及び石油化学の分野における科学的、技術的開発

(ロ) 国内及び国外の技術情報の提供

(ハ) 石油及び石油化学の分野において各社に対する技術指導

を使命とする。

更にこの目的を遂行するために INTEVEPとヴェ石油各社の人事交流を行う。

### (3) 研究内容

(イ) 新しい油層の発見に関する技術開発

・現存の油田地域における深層油層の発見

・オリノコベルトにおける新油層の発見

(ロ) 原油生産方法に関する技術開発

・より深層の油層から原油を採取するためのプロセスの開発

(ハ) 精製技術に関する技術開発

・重質油の脱硫、脱メタルを同時に行えるプロセスの開発

・原油精製に必要な燃料、潤滑油、溶剤の開発

(ニ) 石油化学

・石油化学原料の製造法に関する技術開発、特にオリノコ原油からコチレン、プロピレン、

ヴェネズエラの製所の設備（1974年現在）

装置及設備	Amuay	Caripito	Cardon	San Lorenzo	Bajo Grande	Pto. La Cruz	El Pato	Morón	El Chaure
常圧蒸留装置	631	64	125	26	58	156	104	23	40
減圧蒸留装置	358	-	88	-	12	-	-	13	-
ピストンレーカー	-	-	94	-	-	14	-	-	-
接触分解装置	-	-	28	-	-	15	6.5	1.4	-
脱硫装置	233	-	71	-	-	-	-	14	-
アルキレーション装置	-	-	4.0	-	-	2.3	-	-	-
潤滑油製造装置	1.4	-	4.8	-	-	-	-	-	-
硫黄回収装置	1,600	-	110	-	-	-	-	-	-
ナフサ分留装置	118	-	-	-	-	-	6.9	-	-
水素製造装置	-	-	575	-	-	-	-	99	-
脱ろり装置	-	-	5.8	-	-	-	-	-	-
タンク	46	2.9	22	1.7	10	8.5	4.5	0.8	2.4
トラック（タンカー数）	4(8)	2(2)	4(12)	1(3)	1(2)	5(5)	1(2)	0	1(1)

B T X を製造する方法の開発

(4) 建設計画

第1段階(1976～1980年)

Los Teques に中央センター，地方3ヶ所にサービスセンターを建設する。

- (イ) 原油の生産に関するモデル研究，小規模実験，パイロットテストを行う
- (ロ) 脱硫，脱メタル，分解プロセスの研究
- (ハ) 潤滑油及びその添加剤の評価及び製造方法に関する研究を行う
- (ニ) 専門家グループを現地に派遣して石油各社を技術的に援助する

第2段階(1981～1985年)

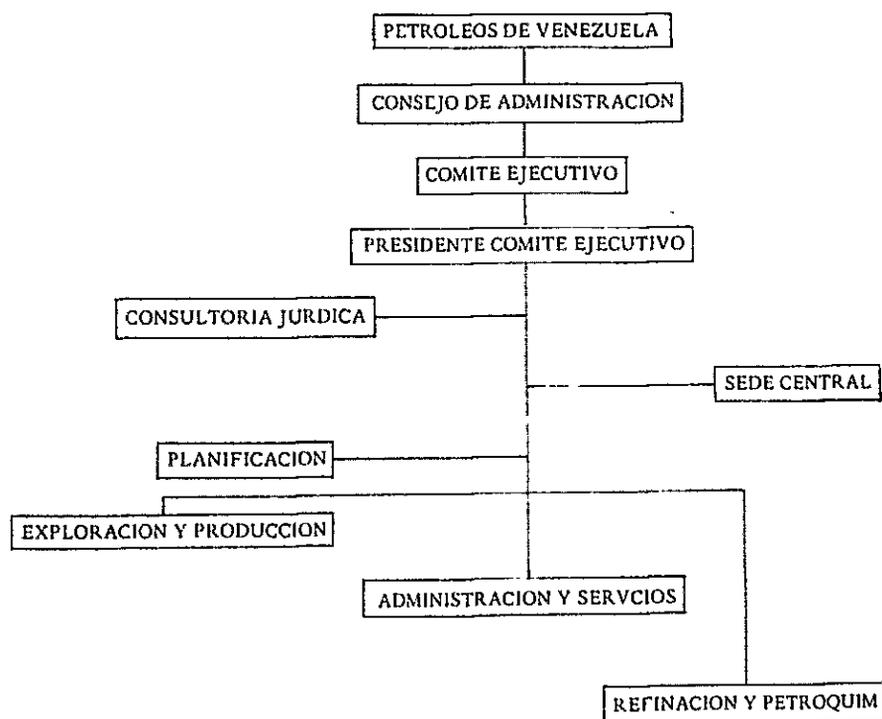
中央センターを完成させる。

- (イ) 石油及び石油化学に関する応用開発を行う
- (ロ) 石油及び石油製品の輸送システムに関する研究を行う
- (ハ) 石油各社の非ルーチン・ワークの技術援助を行う
- (ニ) 専門家の育成を行う

(5) INTEVEP の機構

従業員：1978年12月末迄に209人のプロフェッショナル(技術者)，テクニカル(技能者)91人，事務職148人，合計448の陣容とする予定

役員：PETROVEN より任命される







JICA