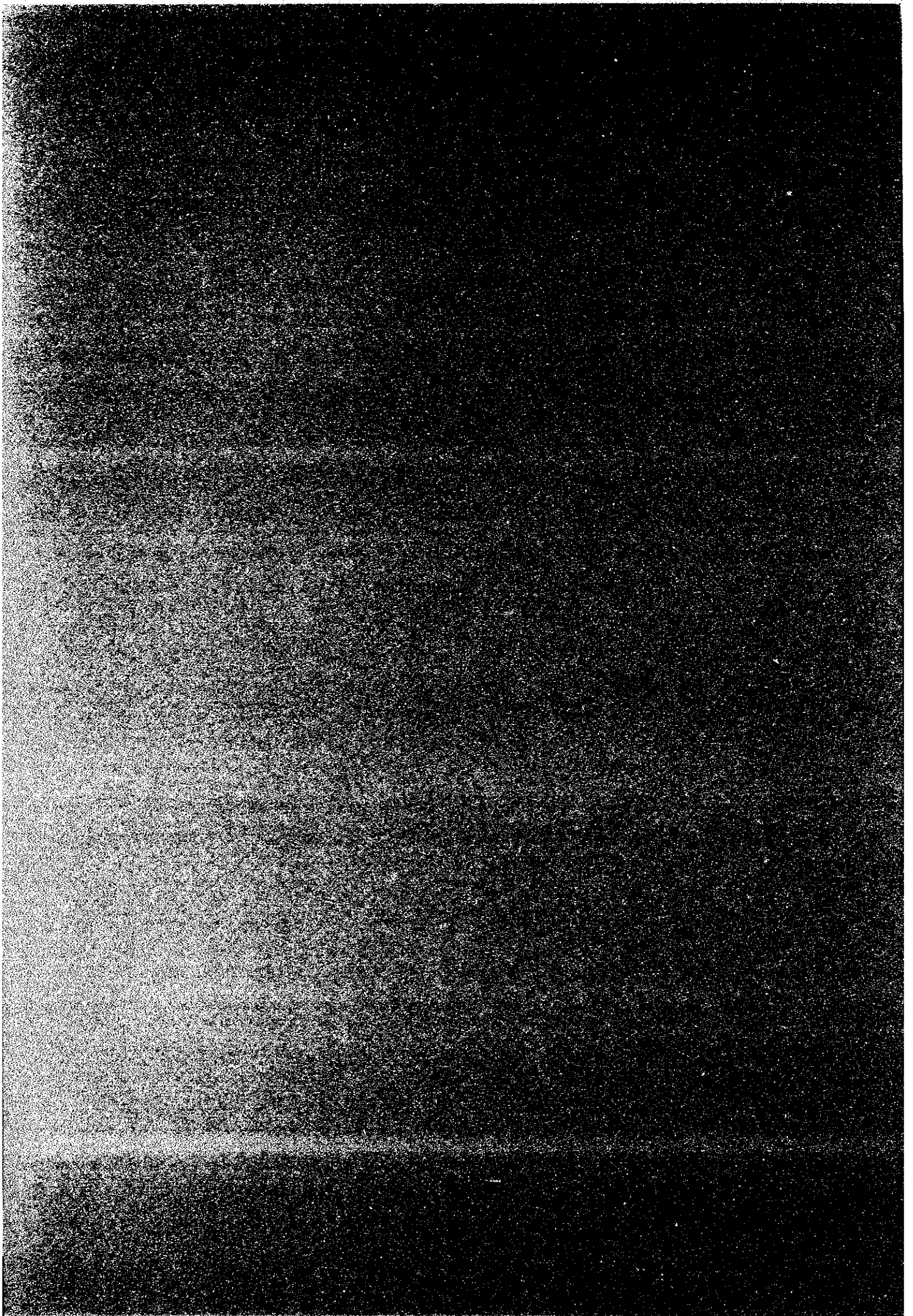


## 第7章 石油汚染の概況



## 第7章 石油汚染の概況

### 7-1 概況

一般に、石油汚染は、水質汚濁、大気汚染および土壌汚染に大別される。トリニダッド・トバゴにおいては、水質汚濁が最も深刻である。地域的には、石油生産が行われているトリニダッド島南西部の河川の汚染が深刻である。同地区の河川には水面に黒色の油が浮上している他、兩岸に原油の付着が見られる。水質汚濁の原因はタンクファーム・製油所等から排出される含油排水である。特に、水蒸気圧入により生産される原油の水切りを行っているタンクファームからは、強固な原油エマルジョンを含んだ薄茶色の排水が大量に排出されており、このエマルジョンが同国の石油汚染を深刻化させている。原油生産地帯を流れる河川にはダム・キャッチ等が設けられているが、これらの施設は浮上油の回収を目的とするものであり、水と油が均一に混ざり合った原油エマルジョンの回収には役だっていない。調査対象地域における油分の測定結果を表7-1に、また、河川の汚染状況を図7-1に示す。

Table 7-1 Oil Pollution of Rivers in the Study Area

(Unit: mg/liter)

Location	Oil & Grease (ASTM D-4281)
(1) Techier River Catch	81
(2) Guapo Main River (Intersection of Southern Main Road)	83
(3) Outlet of Pollution Pit, McKenzie Oil Field	108
(4) Outlet of TB33 Catch	204
(5) Outlet of F20 Catch	18,676
(6) Downstream of Vance River Catch	148
(7) Silver Stream River Outlet of Bernstein Main Storage Pit	401
(8) Outlet of Cocoa Catch	117
(9) Outlet of Molai Catch	58
(10) Outlet of John River Catch	18
(11) Downstream of Arrowhead Dam	129

Source: Study Team



**Upstream of Guapo River at TB-33 Oil Catch**



**Stream near Point Ligoure Tank Farm**

**Figure 7-1 Oil Polluted River in Study Area**

上記の原油生産地帯を流れる大部分の河川はパリア湾に流入し、海域の汚染を引き起こしている。パリア湾南部の海水は、海岸から数百メートルにわたり、河川水と同様に薄茶色を呈している。パリア湾は準閉鎖水域であることもあり、同地区は中近東の産油地帯と比較して石油汚染が進んでいる。最も汚染が深刻な海域はPoint Fortinの沖合いであり、油分が 500ppmを超えている海域があると報告されている。

大気汚染に関しては、同国の主要な燃料が天然ガスであることから、特に大きな問題とはなっていない。大気汚染に関する最大の問題点は Pointe-a-Pierre製油所から放出されているSO<sub>x</sub>である。しかし、この問題についてはPetrotrinが現在進行中の Upgrading Projectにて対策を計画しており、近々、問題が解決する予定である。

土壌汚染に関する問題点は、油泥・スラッジ・スカム等の廃棄物を焼却等の処分を行わずに陸上にピットを掘り投棄している点にある。現在は、タンクファーム・製油所等の敷地内にピットを掘るスペースがあることもあり、大きな問題とはなっていない。しかし、これらの廃棄物に含まれる油分が雨水により公共河川に流出していることは間違いない。また、地下水の汚染等の二次的な問題を引き起こす恐れがある。一方、局地的な汚染であるが、パイプラインからの原油の漏洩も指摘されている。

## 7-2 調査対象地域における石油汚染の特徴

以下に対象地域における石油汚染の特徴をまとめる。

### 7-2-1 生産関連施設

原油生産に起因する最大の汚染源はギャザリングステーションである。各油井より生産される原油および水はギャザリングステーションに集められる。ギャザリングステーションでは原則的に原油の水切りを行わないことになっている。し

かし、小規模のギャザリングステーションの一部では、1,000ppmを超える油分を含んだ水が公共河川に放流されることもある。

ギャザリングステーションに次いで環境に対し影響を与えているのは油井からの漏油である。生産井から漏洩した流体（原油と水の混合物）は、小さな素堀のピットに入れられ、表面に浮上した油の回収が行われている。しかし、雨期を中心に、かなりの量の油が公共河川に流出している。個々の油井から漏洩する油の量は少ないが、調査対象地域全体での漏出量は相当大量になると推定されている。

上記以外の汚染源としては、油井とギャザリングステーションを結ぶ2インチのフローラインからの漏油がある。ただし、この地域の原油は腐食性が殆どないため、漏油事故は少ない。

#### 7-2-2 タンクファーム

タンクファームでは、ギャザリングステーションから送られた原油の油水分離が行われている。タンクファームからの排水の最大の問題は、多量の油分を含んだ、サーマル原油（水蒸気圧入により生産される原油）の分離水である。この分離水は強固な水中油滴型のエマルジョンを多量に含み、油分濃度は10,000ppmを超えることもある。サーマル原油の分離水は素堀りピットおよびAPIセパレーターにて処理後、公共河川に放流されている。しかし、両装置は浮上油の回収には有効であるが、エマルジョンの回収には全く無効であり、数1,000ppmの油分を含んだ排水が公共河川に放流されている。サーマル原油の分離水は油分濃度が高いのみならず量も多いため、サーマル原油の分離水の環境負荷は極めて大きい。サーマル原油を多量に処理している代表的なタンクファームは Bernstein および Los Bajos である。

一次原油はサーマル原油と同様の方法にて、水切り・排水処理が行われている。しかし、一次原油の分離水は、エマルジョンの程度が低いことから、油分濃度は数100ppmである。また、量も少ない。

### 7-2-3 トランクライン

トランクラインとはタンクファームから製油所まで原油を輸送するために敷設されたパイプラインのことである。トランクラインは地中埋設部分が90%を占めるため、詳細な調査を実施する事はできなかったが、漏油等の問題は確認されなかった。

### 7-2-4 Pointe-a-Pierre製油所

同製油所では4系統のAPIセパレーターを中心にガードベースン、オイルブーム、オイルキャッチ等で油分の流出を防いでいるが、十分に機能しているとは言い難い。APIセパレーター排水の油分濃度は、数10~数1,000ppmと変動が大きい。変動が大きい理由は、雨水とプロセス排水の分離がなされていないために、APIセパレーターの負荷が大きく変動するためである。特に、設計流量をはるかに超える雨水が流入する豪雨時には、APIセパレーターは全く機能していない。最終的なガードとして、製油所の排水が流入するGuaracara川に設置されているオイルブームには黒い油が多量に貯まっている。

### 7-2-5 消費段階

石油汚染に関し、消費段階にて問題となっているのは排潤滑油である。現在、トリニダッド・トバゴでは、年間約100,000バレルの潤滑油が消費されている。潤滑油の交換はほとんど自動車整備工場にて行われ、交換の際に発生する排潤滑油の大部分は側溝に流され、排水・雨水と共に公共河川を経て海に流入している。

## 7-3 石油汚染におけるエマルジョンの役割

トリニダッド・トバゴにおける石油汚染の最大の問題は、水蒸気圧入の際に発生する水中油滴型のエマルジョンが、分離されないままに、環境中に放出されていることである。調査対象地域におけるエマルジョンの発生量を以下に推定する。

調査対象地域におけるサーマル原油の生産量は約10,000パーレル/日、同伴水の量は100,000パーレル/日程度である。タンクファームにおける処理前の分離水の油分濃度は、最大値で10,000ppm程度であるため、排出される油分量は最大1,000パーレル/日となる。一方、調査対象地域における一次原油の生産量は約20,000パーレル/日、同伴水の量は40,000パーレル/日程度である。未処理の分離水の油分濃度を200ppmとすると、排出される油分量は8パーレル/日となる。

以上の計算結果によれば、排水処理前装置に送られる油分の99%以上がサーマル原油の生産に起因する事となる。分離水中の油分量はタンクファームにおける水切り作業により大きく変動する。また、測定された油分を正確にエマルジョン、溶解油および浮上油に分けることは困難である。しかし、サーマル原油の生産に伴い多量のエマルジョンが発生している事に間違いない。また、このエマルジョンは極めて安定であり、粒径が10ミクロン以下であるので、150ミクロン程度以上の油滴の分離を目的とするAPIセパレーターによる分離・除去は不可能である。以上より、水蒸気圧入により発生する水中油滴型のエマルジョンがトリニダード・トバゴにおける石油汚染の最大の原因であることは明かである。

#### 7-4 公共水域への油分の流出状況

本調査では、主要河川の油分濃度および河川水の量に基づき、調査対象地域における公共水域への油分排出量を推定した。なお、この推定は限られた時間と情報に基づき行われたものであり、推定値はあくまでも参考値である。

##### 7-4-1 主要河川の油分濃度

本調査では、対象地域の主要河川として、Vance、Guapo、Pt. Ligoure、Silver Stream、Rio NegroおよびGuaracara川を選定した。油分の測定は1993年11月から1994年2月にかけて8回行い、その平均値を代表値とした。なお、Guaracara川に関しては排水量の多いNo. 2およびNo. 4 APIセパレーターの出口下流の濃度を用いた。測定結果を表7-2にまとめる。



**Table 7-2 Oil Contents in Major Rivers**

(Unit: ppm)

	2/11	16/11	26/11	14/12	24/12	11/1	25/1	17/2
Vance River	23	37	31	78	38	94	31	26
Guapo River	52	59	946	177	114	58	113	38
Pt. Ligoure	648	64	845	546	518	556	693	457
Silver Stream	149	117	37	86	159	191	142	99
Rio Negro	122	116	29	70	268	203	160	280
Guaracara River								
No. 2 API Outlet	1,015	603	--	230	234	519	49	186
No. 4 API Outlet	267	91	145	376	58	1,000	157	60

Source: Study Team

**7-4-2 流量の推定**

本調査では、流域面積、平均降雨量および流出係数に基づき、各河川の平均流量を算出した。なお、Point Logoureについては、タンクファームのブリード水のみが流出するものとした。また、Pointe-a-Pierre製油所に隣接するGuaracara川については、放流水の大部分を占めるNo. 2およびNo. 4 APIセパレーターの排水量のみを計算の対象とした。

**7-4-3 油分の流出量の推定**

平均油分濃度に平均流量を乗ずることにより、各河川に放流されている油分量を算出し、その結果を表7-3にまとめる。同表に示す様に、公共河川に排出されている油の量は284バレル/日であり、年間では約10万バレルとなった。

**Table 7-3 Calculated Oil Discharge**

(Unit: barrels/day)

	Av. Flow Rate	Av. Oil Content (ppm)	Oil Discharge
Vance River	67,400	45	3.0
Guapo River	370,600	200	74.1
Pt. Ligoure	17,000	540	9.2
Silver Stream	242,400	122	29.1
Rio Negro	195,100	156	30.4
Guaracara River			
No. 2 API Outlet	73,900	405	29.9
No. 4 API Outlet	403,200	269	108.5
Total	1,369,600	--	284.2

Source: Study Team

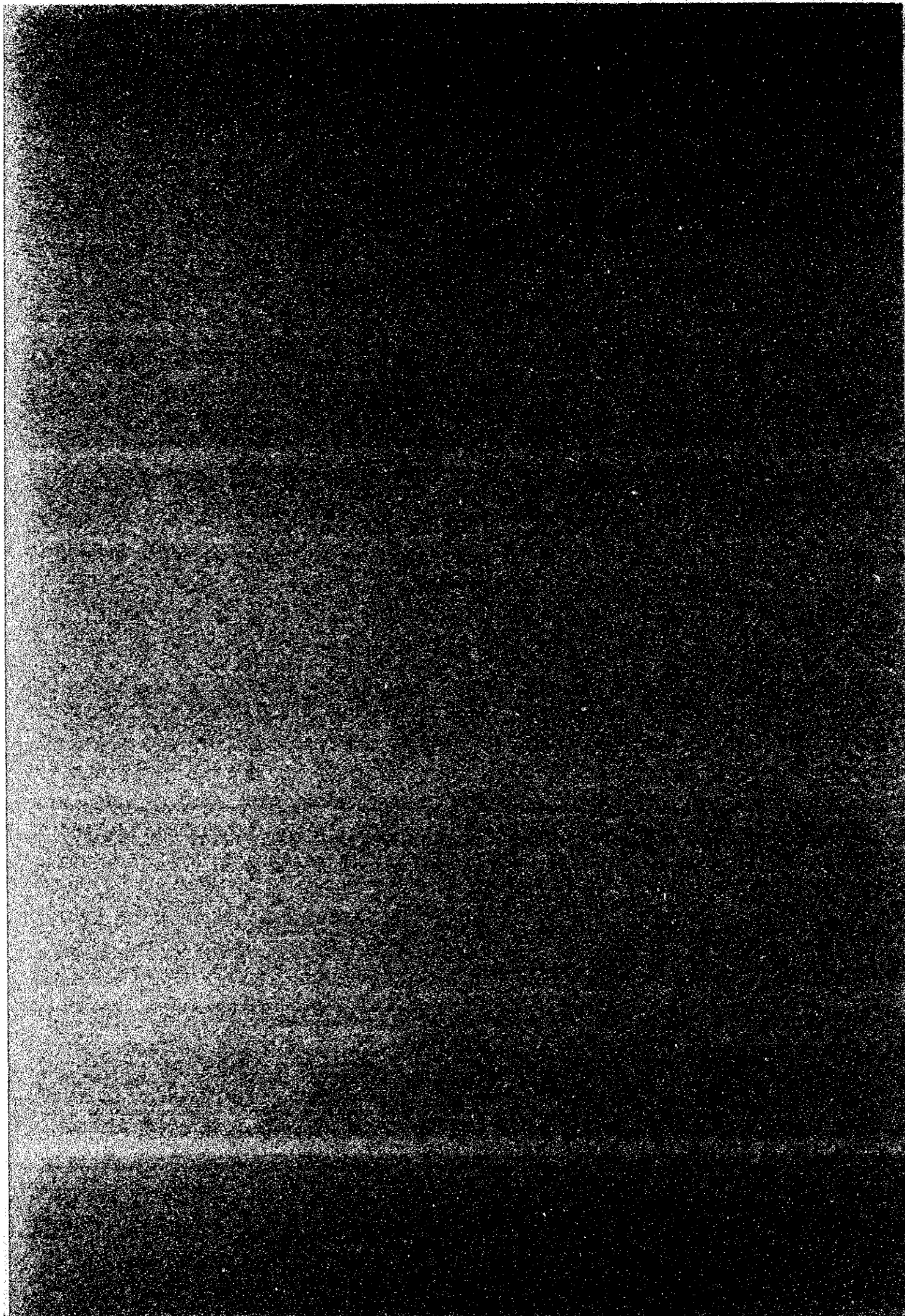
#### 7-4-4 油の流出量の検討

本調査では、代表的な河川の油分濃度に流量を乗ずることにより、油の総排出量を算出した。しかし、各施設からの油の流出量は運転状況により大きく変動する。また、河川の油分濃度は、河川水量、測定点、サンプリング方法等により大きく変動する。従って、正確に各河川の油分濃度を測定するためには長期間にわたり、十分な数の測定点を定め、定期的な計測を行う必要がある。一方、調査団が油の排出量の推定に用いた油分濃度推定は、限られたサンプリングおよび分析に基づくものである。従って、表7-3に示した油の排出量は、必ずしも現状を正確に反映しているとは限らない。

計算結果からは、油の総流出量の約50%が製油所に起因することになる。しかし、調査団は以下の理由から、製油所をはるかに上回る油分がタンクファームより流出していると判断している。

- ・原油エマルジョンはAPIセパレーター等では分離が困難であり、エマルジョンがトリニダッド・トバゴにおける石油汚染の最大の原因となっている。
- ・サーマル原油の水切りを行っているタンクファームからは、10,000ppmにも及ぶ高濃度のエマルジョンを含む水が大量に発生している。
- ・製油所には規格（水分2%以下）に合致する原油が送られるので、製油所から排出されるエマルジョンの量は少ない。

## 第 8 章 気候状況の石油汚染への影響



## 第8章 気候状況の石油汚染への影響

### 8-1 トリニダッド島の地形と気候

トリニダッド島は4,828km<sup>2</sup>の面積を有し、概ね長方形をしている。地勢上同島は北部、中部および南部の3つの山地に大別される。北部で一番標高の高いところは941m、中部は303m、南部は304mとなっている。

同島は、水文・気象的要素から、図8-3に示す様に9つの水文的地域に区分される。島の気候は熱帯性で、乾期（1月～5月）と雨期（6月～12月）という性質のはっきりする2つの季節がある。年平均気温は26℃である。降雨は地域や季節によって大きく変化する。年間降雨量の等雨量線を図8-1に示す。その他の気象パラメーターとして、風速、湿度、日照時間、蒸発量の月平均値を図8-2に示す。

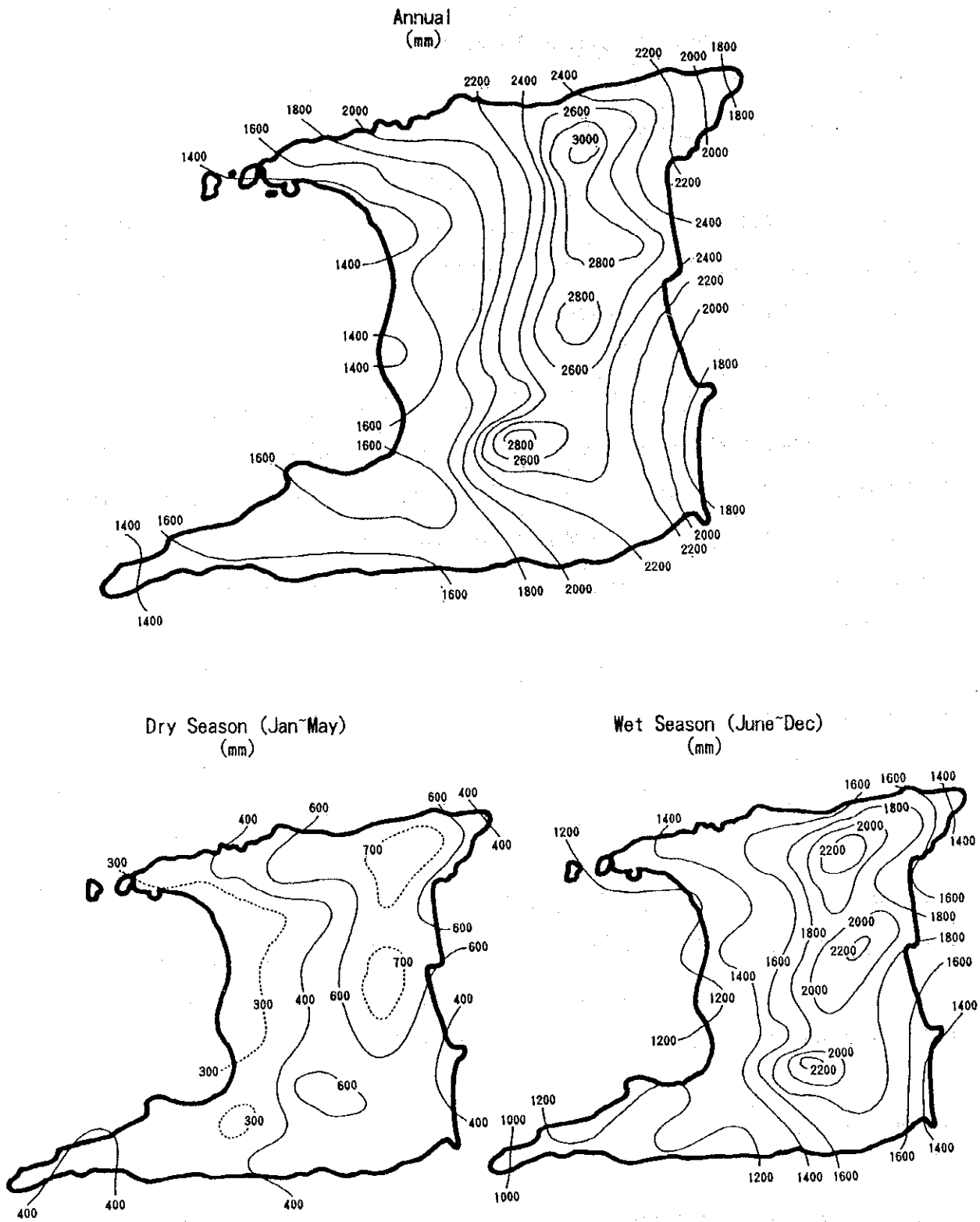
### 8-2 調査対象地域

#### 8-2-1 概況

調査対象地域はトリニダッド島の南部に位置しており、長さ約72kmで、複雑な地形を有している。大小多くの河川があり、この地域の水文的環境を特長づける3つの大きな湿地帯がある。乾期には、小さな河川にはほとんど水が流れていないが、雨期には非常に効果的な排水網としての役割を果たしている。

#### 8-2-2 降雨

南部に影響を与える水文的地域は、区分3、4、5、6、7、8である。調査対象地域における降雨パターンを把握する為に、調査対象地域とその周辺にある7つの観測所からデータを収集し、分析した。月別平均降雨量をグラフ化したものを図8-3に示す。



**Figure 8-1 Isohyetals of Rainfall**

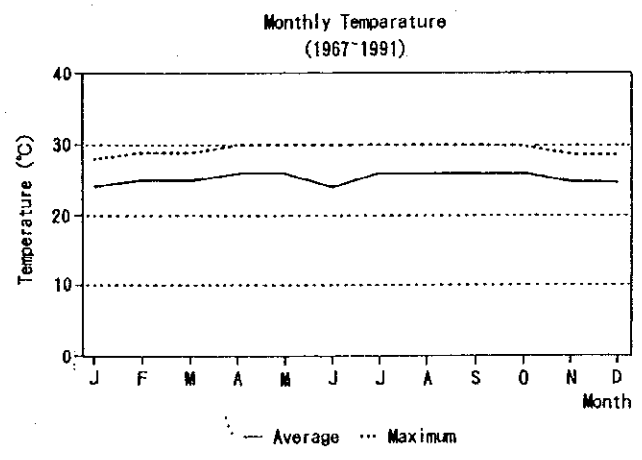
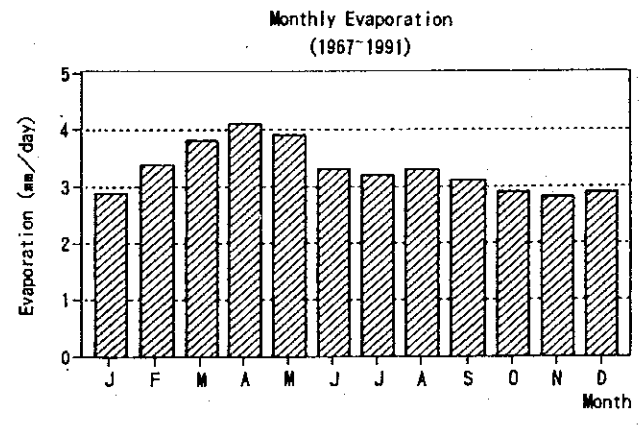
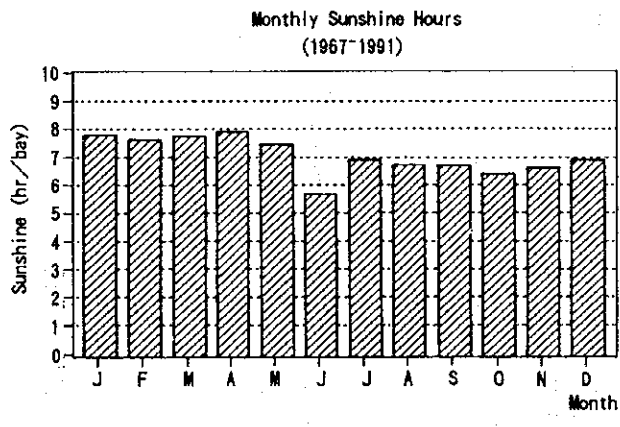
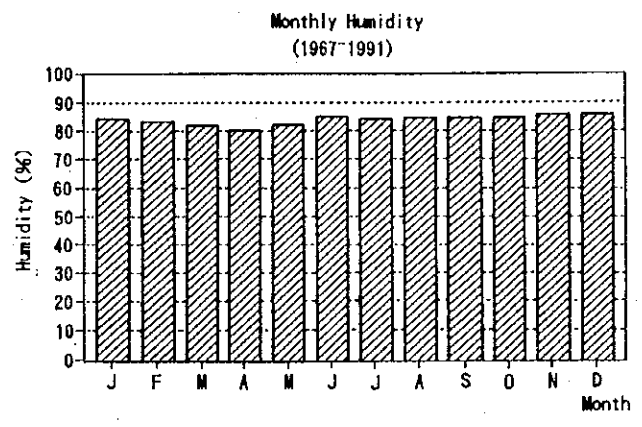
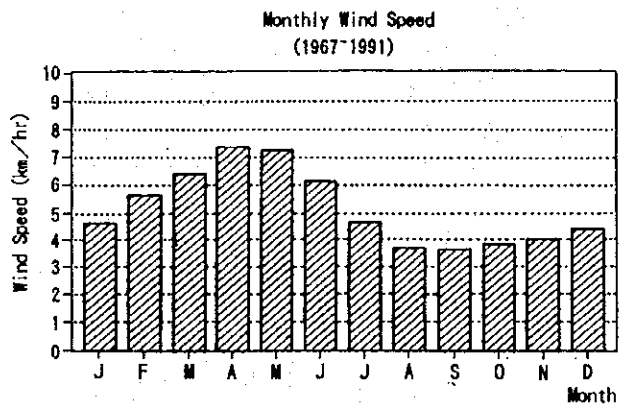


Figure 8-2 Monthly Average of Climatological Data

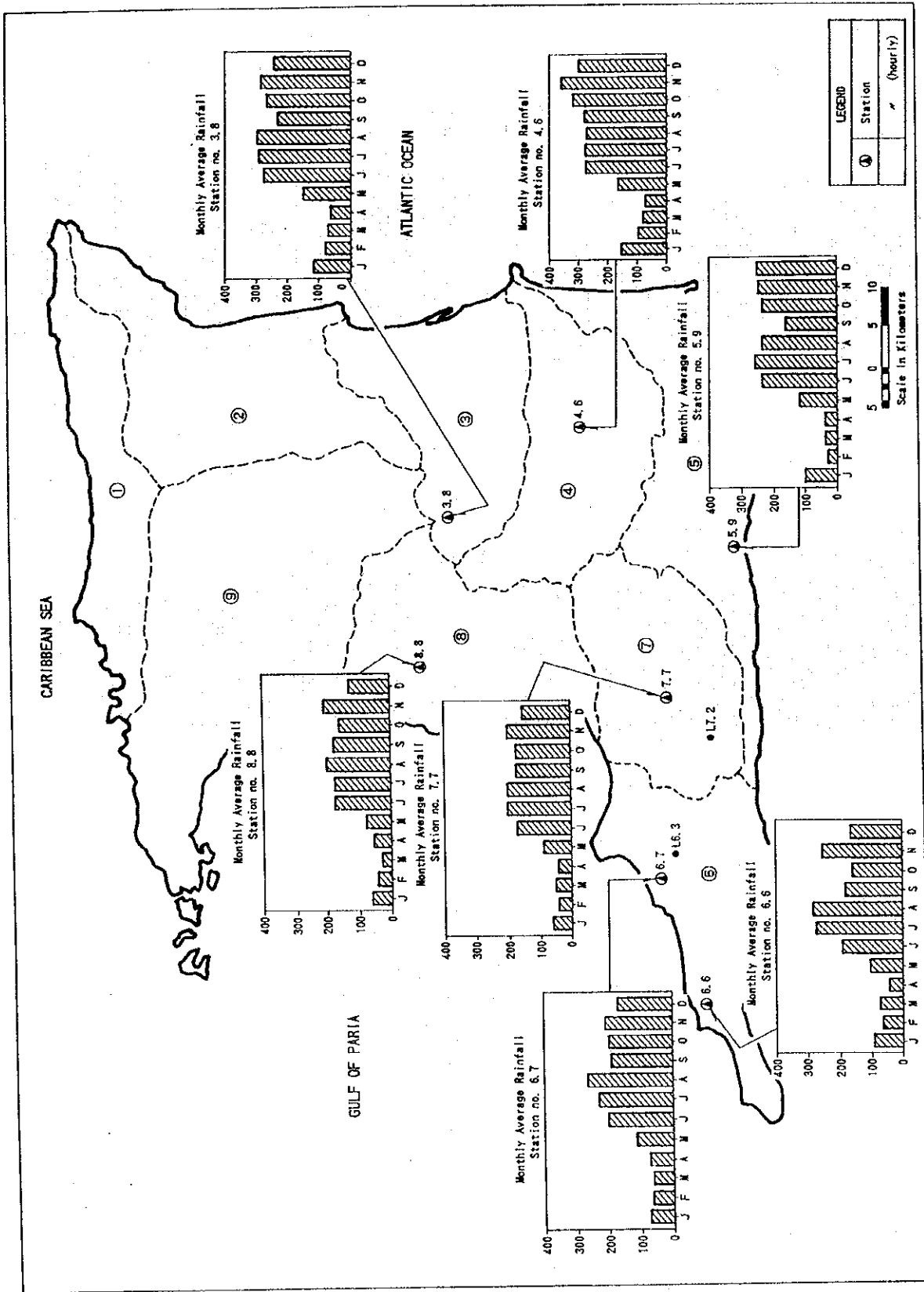


Figure 8-3 Monthly Average of Rainfall in the Study Area



### 8 - 2 - 3 河川網

対象地域における河川網としては、多数の支線と共に、Guapo、Vance、Silver stream、Molai、Cunapo、Timital、Coora 川がある。これらの川は河床勾配が急なので、短期間のうちに多量の洪水を流下させることができる。すべての河川は最終的にパリア湾に注いでいる。事前調査時に調印された議事録（1993年2月9日）にて取り決められた調査地点を図8-4に示す。

### 8 - 3 水文／気象と石油汚染

#### 8 - 3 - 1 石油設備からの排水

石油（原油）は、生産時に随伴する水と共に、ギャザリングステーションあるいはタンクファームに送られている。タンクファームでは、十分静置を行い、油水分離を行っている。分離された水は、タンク下部のブリード弁を通して排出される。水切りの行われた原油は、Pointe-a-Pierre製油所に運ばれ、精製されている。排水に含まれる原油は、アーザンピット、スキマーピット、APIセパレーター等、一連の分離施設にて除去されている。水の表面に浮く原油は分離後、タンクまたはピットに送られる。上記の処理が行われた分離水は、河川へ放流されている。しかし、放流水の大部分は透明度が低く、黒、または茶色をしている。

他の章にて述べる様に、排水は高濃度の原油エマルジョンを含み、単に水面に浮く原油に比べ、環境に対する影響がはるかに大きいことが調査団により明らかとなった。排水に含まれる原油エマルジョンは、下流のオイルキャッチ、ダム、防材によって取り除かれることなく、パリア湾に流入している。本調査の一つの目的は、オイルキャッチ、ダム等の油回収施設と水文・気候パラメータとの関係を究明することであるが、同施設は水と均一に混ざりあっている原油エマルジョンの回収に対しては殆ど機能していない。

Pointe-a-Pierre 製油所では精製工程、タンクの排水およびスラッジの廃棄等

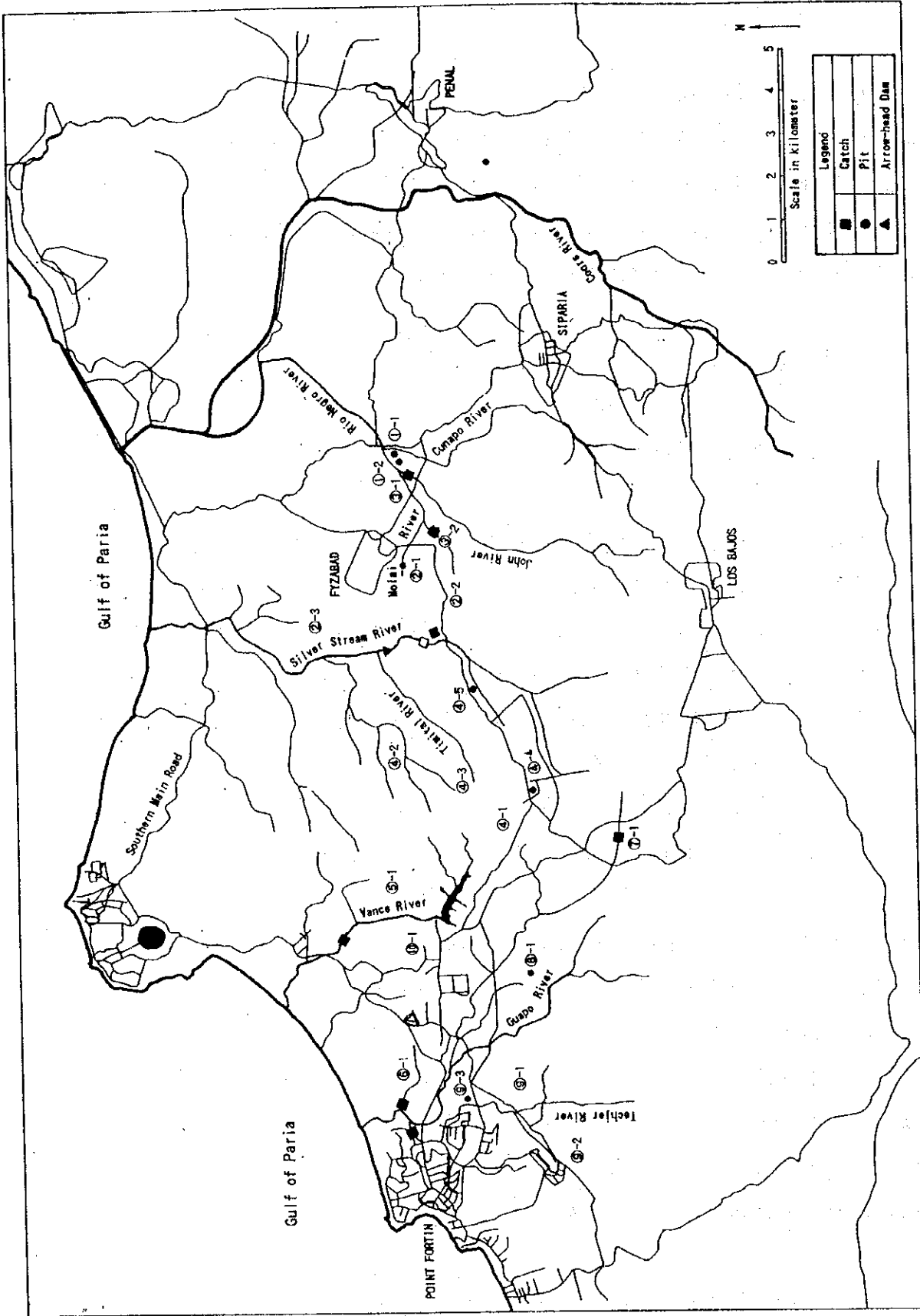


Figure 8-4 River Network in the Study Area

から油分を含んだ水が排出される。製油の段階にもよるが、油分を含んだ水はオイルセイバー、オイルキャッチ、APIセパレーター、ガードベイスンを経た後、Guaracara川を通して、最終的にパリア湾に放流されている。No.1のGauging地区では、Guaracara川を経由せず、排水が直接パリア湾に放流されている。

### 8-3-2 降雨の影響

上記の施設の全ては、上流の生産施設からの排水の浮上油をせき止め、回収する事により、浮上油による下流の石油汚染を防止することを目的に設置されている。既に述べた様にこれらの施設は大量の水と均一に混合している原油エマルジョンに対しては全く機能していない。豪雨時には、これらの施設は本来の目的についても機能しない。大雨による大量の出水と急な河川勾配の相乗効果により洪水はオイルキャッチ、ダムを越流し、その結果として石油だめに溜まっていた石油が流亡する。また、渦状になった流れはせき止め壁に溜まっていた石油をその下をくぐらせて、下流の汚染要因となる。

製油所においても同じように、激しい雨が分離施設に被害を及ぼす。通常、オイルセイバー、セパレーターは、排水系統への雨水の流入を想定した設計とはなっていない。従い、激しい降雨により多くの水がこれらの施設を通ると、集積されていた全ての石油は流亡し、汚染を引き起こす。

降雨は、パイプラインからの漏出、ジョイント、油井、ポンプ等による油汚染を拡散する。調査団は、第1次現地調査時に、調査対象地域内の多くの場所で、石油の漏洩が周囲の植生に被害を与えている実例を多く観察した。降雨は漏出した石油を運び、汚染地域を更に広げている。

### 8-4 現地調査と主な結果

調査地域における排水処理施設の水文的問題点を明らかにするために、二度にわたる現地調査を実施した。両調査において、関連機関を通じて、必要な資料や

情報を収集し、第2次国内調査にて分析を行った。また、現地調査時には、河川横断測量、処理施設の規模、河川流速等を調査すると共に、石油の生産・精製に携わる専門家から聞き取り調査を行った。初回の現地調査は雨期に行われたにもかかわらず、異例に降雨量が少なかった為、大きな洪水を観察することができなかった。しかし、二、三の地点においては、洪水による影響の傾向を把握することができた。乾期に実施された第2次現地調査時には、広範囲における現地踏査およびデータ収集を行った。また、雨期と乾期の比較を行った。

大部分のオイルキャッチは20年以上前に建設されている。施設の維持管理がよく行われていないため、土砂やスラッジがダムに堆積し、防止板の面積および容量が減少している。F 20 (Guapo川の汚染原因)、TRINMAR第二キャッチ (Ponit Ligoure 海岸の汚染原因) のように著しく低い所に作られたものもある。施設容量の低下、そして設置場所の低さが、これらのオイルキャッチを普通の雨量にも対応できないようにしている。

製油所のAPIセパレーターは、同様の原因により、正常に機能しなくなっている。特に、第3APIセパレーターとオイルストックサンプは、大きな洪水問題を抱えている。また、第1および第2APIセパレーターも同種の洪水問題を抱えている。第3APIセパレーターは、広大な地域より排水が流入するため、流入水量が設計値を大きく超えることが多い。オイルストックサンプは低い場所に設置されており、雨水の流入を顧慮した設計となっていない。第1、第2、第3APIセパレーターは、雨水を分離するバイパスが機能していない。もしバイパスが正常に作動すれば、第1および第2APIセパレーターの負荷が多少軽減されるが、第3APIセパレーターは流入水量が非常に多いので、あまり大きな変化はない。

## 8-5 問題点へのアプローチ

### 8-5-1 確率計算と雨の決定

7ヶ所の観測所によりデータを集めたが、観測所間の距離、降雨パターンの違いを考慮し、その中から6.7、7.7および8.8という三ヶ所の観測所の雨量を統計解析に用いた。これらの観測所における日最大降雨量の確率分布を表8-1に示す。なお、以降の検討は、下表の結果の内、1/5確立降雨の数値を用いた。

**Table 8-1 Probability of Daily Maximum Rainfall**

(Unit: Millimeters)

Return Period Years	Station No. 6.7	Station No. 7.7	Station No 8.8
5	86.0	84.0	96.0
10	95.0	94.0	110.0
20	103.0	103.0	122.0
30	107.0	108.0	129.0
40	110.0	112.0	134.0
50	113.0	114.0	138.0
100	120.0	122.0	149.0

(Source: Study team)

#### 8-5-2 流域の測定

オイルキャッチとダムにおける最大流入量を把握するために、それぞれの施設への流域面積を1/25,000の地形図により図測した。Pointe-a-Pierre製油所におけるAPIセパレーターについては、1/5,000の地形図を用いた。

#### 8-5-3 ピーク流量の計算と施設容量確認

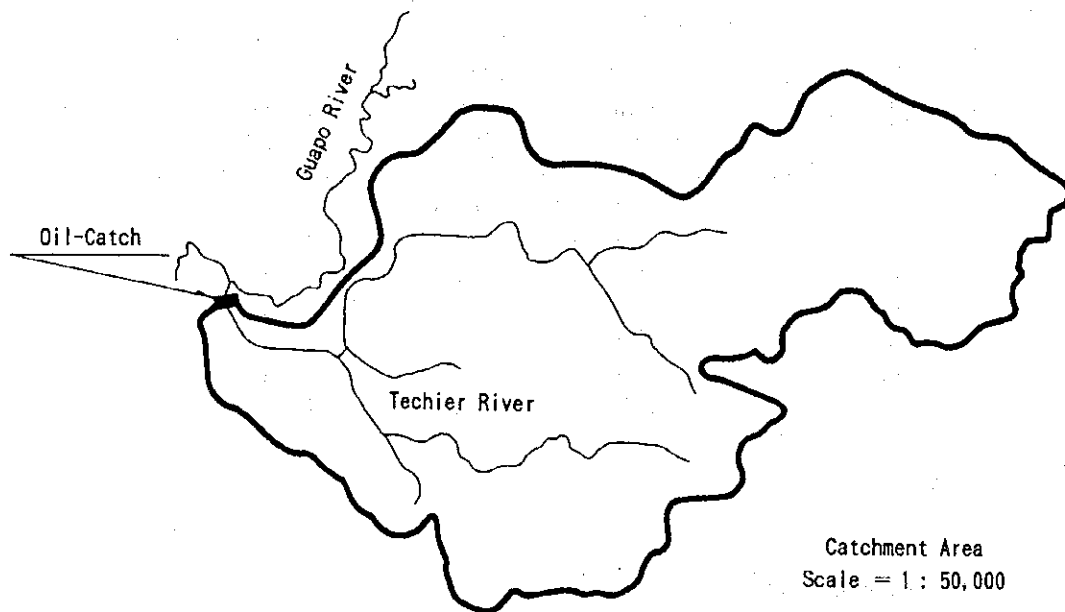
計算は下記に示す関係式によって行った（式の詳細は計算例を参照のこと）。

$$\begin{aligned}
 Q &= 1/3.6 \times f \times r \times A \\
 &= 0.2778 \times f \times r \times A
 \end{aligned}$$

## 8-6 計算と結果

### 8-6-1 オイルキャッチ

#### (1) Techier川キャッチ



#### 1) ピーク流量の計算

概況	流域面積	= 10.68 km <sup>2</sup>
	長さ(最上流まで)	= 5.35 km
	標高差	= 0.037 km
	勾配	= 0.007
	降雨量	= 86mm (観測所 6.7)

計算式 : ピーク流量  $Q_p = 0.2778 \times f \times r \times A$  (m<sup>3</sup>/秒)

ここで	f	= 流出係数
	A	= 流域面積 (km <sup>2</sup> )
	0.2778	= 換算係数
	r	= 雨量強度 (mm/時)
		= $R_{24} \div 24 \times (24 / T_c)^{0.7}$
ここで	R <sub>24</sub>	= 日雨量
	T <sub>c</sub>	= 到達時間 = L ÷ W (時間)

ここで L = 距離 (km)  
W = 洪水到達速度  
=  $72 \times (H \div L)^{0.6}$  (km/時)  
H = 標高差 (km)  
72 = 換算係数

計算 : W =  $72 \times (H \div L)^{0.6}$   
=  $72 \times (0.037 \div 5.35)^{0.6}$   
= 3.64 km/時  
Tc =  $L \div W = 5.35 \div 3.64 = 1.47$  時間  
r =  $R^{24} \div 24 \times (24 \div Tc)^{0.7}$   
=  $86 \div 24 \times (24 \div 1.47)^{0.7}$   
= 25.0 mm/時

以上より、ピーク流量 Qp =  $0.2778 \times f \times r \times A$   
=  $0.2778 \times 0.35 \times 25.0 \times 10.68$   
= 25.96 m<sup>3</sup>/秒 (2.43 m<sup>3</sup>/秒/km<sup>2</sup>)

## 2) 能力のチェック

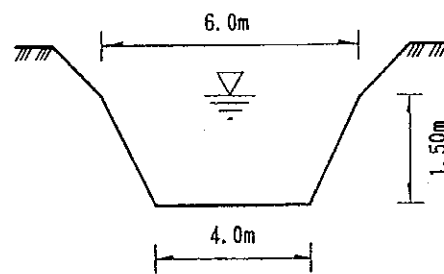
能力のチェックはマニング式と連続方程式で行った。

$$V = 1 \div n \times R^{2/3} \times S^{1/2} \quad (\text{マニング式})$$

$$Q = A \times V \quad (\text{連続方程式})$$

パラメーターの詳細は以下のとおりである。

断面積 (A) = 7.50 m<sup>2</sup>  
準辺 (P) = 7.60 m  
径深 (R) = A/P = 0.987 m  
流速 (V) = 2.697 m/s  
勾配 (S) = 1/150  
粗度係数 (n) = 0.03  
最大能力 (Qmax) = 20.23 m<sup>3</sup>/秒



River Cross Section

キャッチ バッフルの能力 :

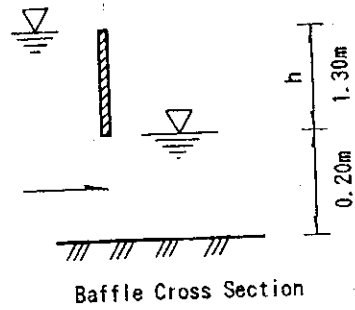
$$Q_{max} = c \times a \times (2 \times g \times h)^{1/2}$$

$$= 0.60 \times 0.20 \times 5.80 \times (2 \times 9.8 \times 1.3)^{1/2}$$

$$= 0.696 \times 5.05$$

$$= 3.50 \text{ cum/s}$$

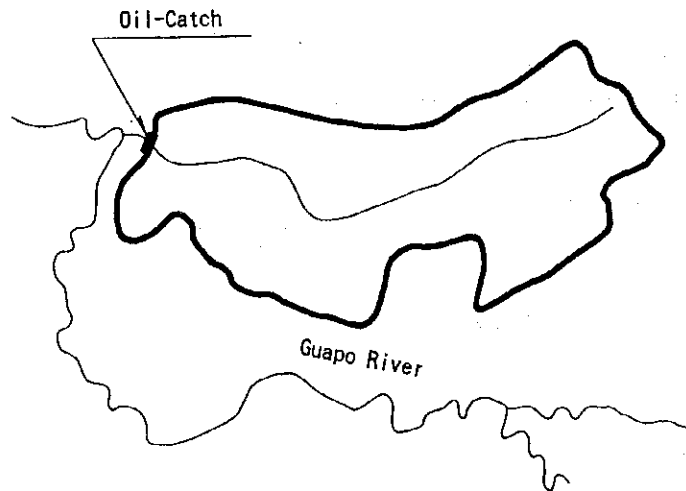
- 注： c = 流量係数  
 a = バッフルの面積 (m<sup>2</sup>)  
 g = 重力加速 (m/s<sup>2</sup>)  
 h = 水位差 (m)  
 H = 越流水深 (m)  
 b = 堰巾 (m)



### 3) 結論

計算結果によりピーク流量は 25.96 m<sup>3</sup>/秒、一方、河川断面とキャッチ バッフルの能力は、それぞれ 20.23 m<sup>3</sup>/秒と 3.50 m<sup>3</sup>/秒である。従って、ピーク流量に対して河川断面あるいはキャッチは能力がない。

### (2) F20 キャッチ



Catchment Area  
 Scale = 1 : 25,000

### 1) ピーク流量の計算：

概況：	流域面積	=	1.01 km <sup>2</sup>
	長さ（最上流まで）	=	1.88 km
	標高差	=	0.015 km
	勾配	=	0.008
	降雨量	=	86mm（観測所 6.7）



計 算 :

$$\begin{aligned} W &= 72 \times (H \div L)^{0.6} \\ &= 72 \times (0.015 \div 1.88)^{0.6} \\ &= 3.98 \text{ km/時} \end{aligned}$$

$$T_c = L \div W = 1.88 \div 3.98 = 0.47 \text{ 時間}$$

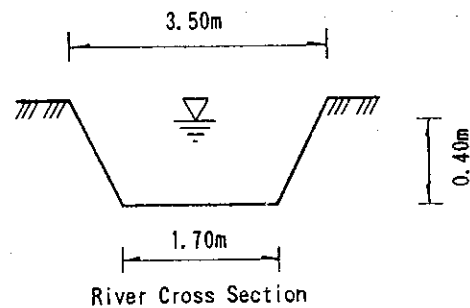
$$\begin{aligned} r &= R \cdot 24 \div 24 \times (24 \div T_c)^{0.7} \\ &= 86 \div 24 \times (24 \div 0.47)^{0.7} \\ &= 56.0 \text{ mm/時} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{以上より、ピーク流量 } Q_p &= 0.2778 \times f \times r \times A \\ &= 0.2778 \times 0.35 \times 56.0 \times 1.01 \\ &= 5.50 \text{ m}^3/\text{秒} \quad (5.44 \text{ m}^3/\text{秒}/\text{km}^2) \end{aligned}$$

## 2) 能力チェック :

河川断面積 :

$$\begin{aligned} A &= 1.04 \text{ m}^2 \\ P &= 3.57 \text{ m} \\ R &= 0.283 \text{ m} \\ V &= 0.129 \text{ m/秒} \\ S &= 1/125 \\ n &= 0.03 \end{aligned}$$

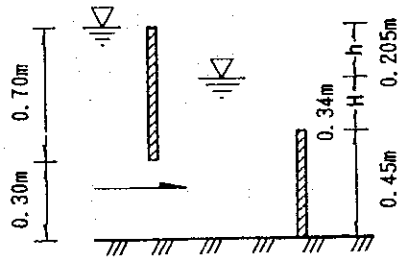


$$\text{最大能力 } (Q_{\max}) = 20.23 \text{ m}^3/\text{秒}$$

キャッチ バッフルの能力 :

2つの式を用いて最大能力 ( $Q_{\max}$ ) の計算を行った。一方は最大水位差 ( $h$ )、他方はその  $h$  での越流水深  $H$ 。繰り返し計算にて、この2つの  $Q_{\max}$  が同じか一番近い数字を最大能力として用いた。

$$\begin{aligned} Q_{\max} (\text{バッフル}) &= c \times a \times (2 \times g \times h)^{1/2} \quad (\text{水中オリフィスの式}) \\ &= 0.60 \times 0.30 \times 2.5 \times (2 \times 9.8 \times 0.205)^{1/2} \\ &= 0.902 \text{ m}^3/\text{秒} \end{aligned}$$



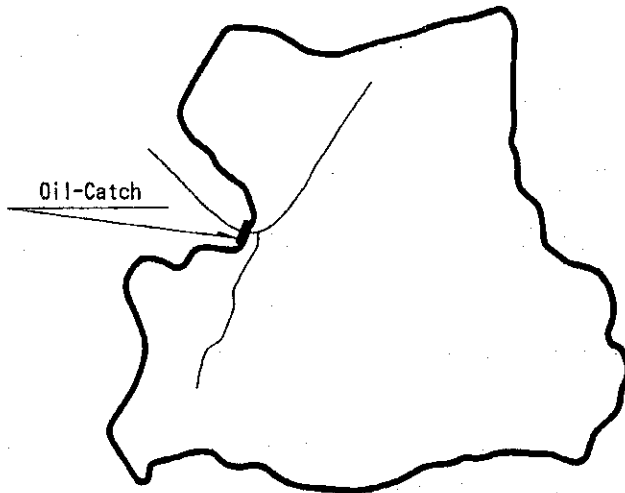
Baffle Cross Section

$$\begin{aligned}
 Q_{\max} \text{ (堰)} &= \frac{2}{3} \times c \times b \times (2 \times g)^{1/2} \times H^{1.5} \text{ (直角堰の式)} \\
 &= 0.67 \times 0.60 \times 2.5 \times (2 \times 9.8)^{1/2} \times 0.345^{1.5} \\
 &= 0.902 \text{ m}^3/\text{秒}
 \end{aligned}$$

### 3) 結論

計算結果によりピーク流量は5.50 m<sup>3</sup>/秒、一方、河川断面とキャッチババップルの能力は、それぞれ0.134 m<sup>3</sup>/秒、0.902 m<sup>3</sup>/秒となった。従って、ピーク流量に対して河川断面あるいはキャッチの能力がない。

### (3) TB-33 キャッチ :



Catchment Area  
Scale = 1 : 50,000

1) ピーク流量の計算:

概況: 流域面積 = 7.90 km<sup>2</sup>  
 長さ(最上流まで) = 2.78 km  
 標高差 = 0.014 km  
 勾配 = 0.005  
 降雨量 = 84mm (観測所 7.7)

計算:  $W = 72 \times (H \div L)^{0.6}$   
 $= 72 \times (0.014 \div 2.78)^{0.6}$   
 $= 3.01 \text{ km/時}$

$T_c = L \div W = 2.78 \div 3.01 = 0.92 \text{ 時間}$

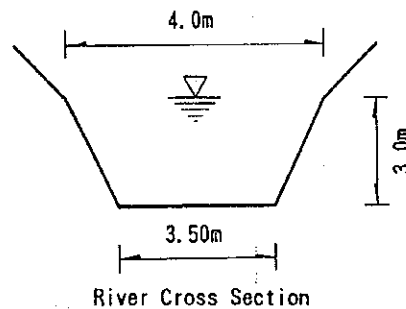
$r = R_{24} \div 24 \times (24 \div T_c)^{0.7}$   
 $= 84 \div 24 \times (24 \div 0.92)^{0.7}$   
 $= 34.0 \text{ mm/時}$

従って、ピーク流量  $Q_p = 0.2778 \times f \times r \times A$   
 $= 0.2778 \times 0.35 \times 34.0 \times 7.90$   
 $= 26.38 \text{ m}^3/\text{秒} \text{ (} 3.34 \text{ m}^3/\text{秒}/\text{km}^2 \text{)}$

2) 能力チェック

河川断面積:

$A = 11.25 \text{ m}^2$   
 $P = 9.52 \text{ m}$   
 $R = 1.18 \text{ m}$   
 $V = 2.635 \text{ m/秒}$   
 $S = 1/200$   
 $n = 0.03$

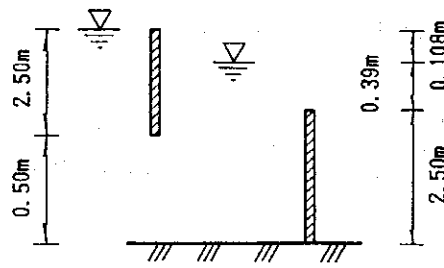


最大能力 ( $Q_{max}$ ) = 29.64 m<sup>3</sup>/秒

キャッチ バッフルの能力:

$Q_{max} \text{ (バッフル)} = c \times a \times (2 \times g \times h)^{1/2}$   
 $= 0.60 \times 0.50 \times 3.5 \times (2 \times 9.8 \times 0.108)^{1/2}$

$$= 1.528 \text{ m}^3/\text{秒}$$



Baffle Cross Section

$$\begin{aligned} Q_{\max} (\text{堰}) &= \frac{2}{3} \times c \times b \times (2 \times g)^{1/2} \times H^{1.5} \\ &= 0.67 \times 0.60 \times 3.5 \times (2 \times 9.8)^{1/2} \times 0.392^{1.5} \\ &= 1.529 \text{ m}^3/\text{秒} \end{aligned}$$

3本のパイプの能力:

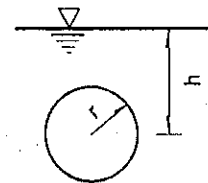
$$\begin{aligned} Q &= c \times \pi \times r^2 \times (2 \times g \times h)^{1/2} \times 3 \\ &= 0.59 \times 3.14 \times (0.15)^2 \times (2 \times 9.8 \times 0.242)^{1/2} \times 3 \\ &= 0.279 \end{aligned}$$

キャッチ出口のパイプの能力:

$$\begin{aligned} Q &= c \times \pi \times r^2 \times (2 \times g \times h)^{1/2} \\ &= 0.59 \times 3.14 \times (0.13)^2 \times (2 \times 9.8 \times 1.43)^{1/2} \\ &= 0.167 \end{aligned}$$

従って、キャッチの能力は以下のとおりとなる。

$$Q_{\text{total}} = 1.529 + 0.279 + 0.167 = 1.972$$

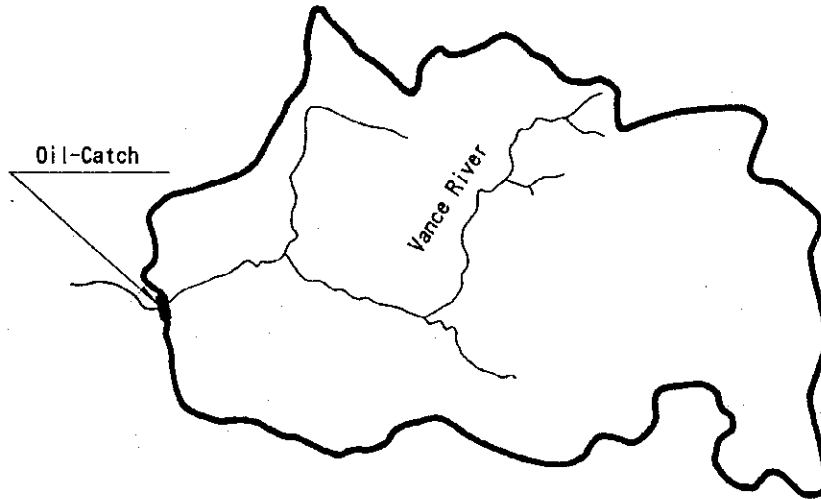


Pipe Cross Section

### 3) 結論

計算結果によると、河川断面の能力は29.64 m<sup>3</sup>/秒であり、ピーク流量の26.38 m<sup>3</sup>/秒を上回る。しかし、キャッチの能力は1.972 m<sup>3</sup>/秒しかない。従って、河川の能力有ってもキャッチは必要な能力がない。

(4) Vance 川 キャッチ



Catchment Area  
Scale = 1 : 50,000

1) ピーク流量の計算

概況：流域面積 = 9.72 km<sup>2</sup>  
 長さ(最上流まで) = 6.25 km  
 標高差 = 0.025 km  
 勾配 = 0.004  
 降雨量 = 86mm (観測所 6.7)

計算：

$$W = 72 \times (H \div L)^{0.6}$$

$$= 72 \times (0.025 \div 6.25)^{0.6}$$

$$= 2.62 \text{ km/時}$$

$$T_c = L \div W = 6.25 \div 2.62 = 2.39 \text{ 時間}$$

$$r = R \div 24 \times (24 \div T_c)^{0.7}$$

$$= 86 \div 24 \times (24 \div 2.39)^{0.7}$$

$$= 18.0 \text{ mm/時}$$

従って、ピーク流量 Q<sub>p</sub>

$$= 0.2778 \times f \times r \times A$$

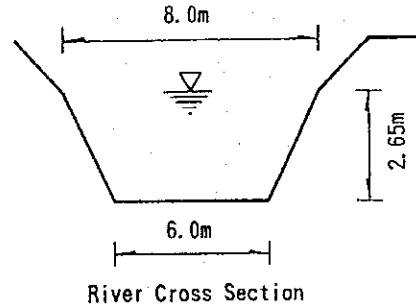
$$= 0.2778 \times 0.35 \times 18.0 \times 9.72$$

$$= 17.0 \text{ m}^3/\text{秒} \text{ (} 1.74 \text{ m}^3/\text{秒}/\text{km}^2 \text{)}$$

1) 能力チェック

河川断面積：

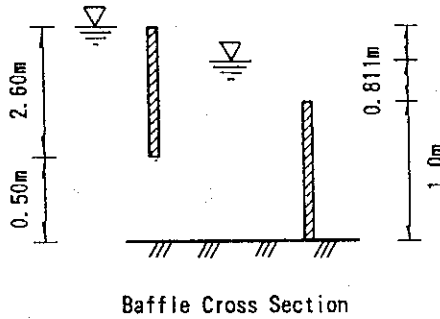
$$\begin{aligned}
 A &= 18.55 \text{ m}^2 \\
 P &= 11.67 \text{ m} \\
 R &= 1.59 \text{ m} \\
 V &= 2.873 \text{ m/秒} \\
 S &= 1/250 \\
 n &= 0.03
 \end{aligned}$$



最大能力 (Q<sub>max</sub>) = 53.29 m<sup>3</sup>/秒

キャッチ バッフルの能力：

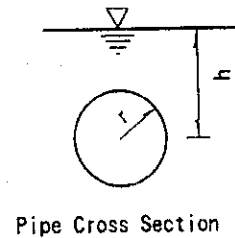
$$\begin{aligned}
 Q_{\text{max}} (\text{バッフル}) &= c \times a \times (2 \times g \times h)^{1/2} \\
 &= 0.60 \times 0.50 \times 6.0 \times (2 \times 9.8 \times 0.539)^{1/2} \\
 &= 5.851 \text{ m}^3/\text{秒}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 Q_{\text{max}} (\text{堰}) &= \frac{2}{3} \times c \times b \times (2 \times g)^{1/2} \times H^{1.5} \\
 &= 0.67 \times 0.60 \times 3.5 \times (2 \times 9.8)^{1/2} \times 0.392^{1.5} \\
 &= 1.529 \text{ m}^3/\text{秒}
 \end{aligned}$$

キャッチ出口のパイプの能力：

$$\begin{aligned}
 Q &= c \times \pi \times r^2 \times (2 \times g \times h)^{1/2} \\
 &= 0.59 \times 3.14 \times (0.08)^2 \times (2 \times 9.8 \times 1.63)^{1/2} \\
 &= 0.067 \text{ m}^3/\text{秒}
 \end{aligned}$$



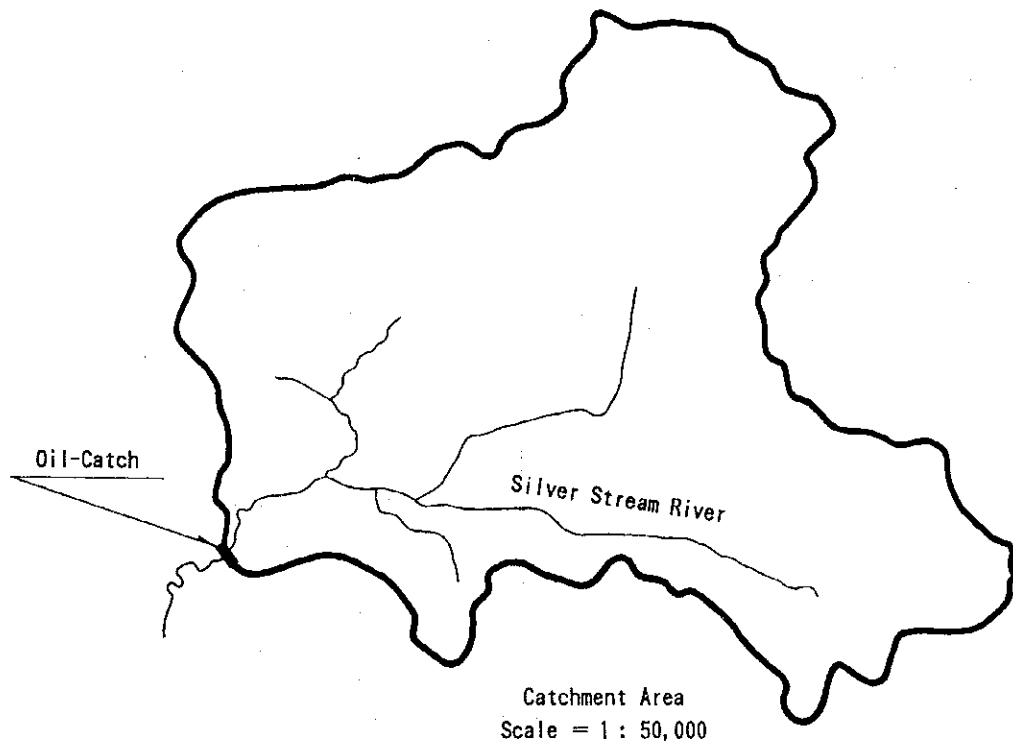
従って、キャッチの能力は以下のとおりとなる。

$$Q_{\text{total}} = 5.581 + 0.067 = 5.648 \text{ m}^3/\text{秒}$$

### 3) 結論

計算結果によると、河川断面の能力は $53.29 \text{ m}^3/\text{秒}$ であり、ピーク流量の $17.00 \text{ m}^3/\text{秒}$ を上回る。しかし、キャッチの能力は $5.648 \text{ m}^3/\text{秒}$ しかない。従って、河川の能力は有っても、キャッチは必要な能力がない。

### (5) Cocoa キャッチ:



### 1) ピーク流量の計算

概況 :	流域面積	=	14.34	km <sup>2</sup>
	長さ (最上流まで)	=	4.25	km
	標高差	=	0.021	km
	勾配	=	0.005	
	降雨量	=	86mm	(観測所 6.7)

計 算 :

$$\begin{aligned} W &= 72 \times (H \div L)^{0.6} \\ &= 72 \times (0.021 \div 4.25)^{0.6} \\ &= 2.98 \text{ km/時} \end{aligned}$$

$$T_c = L \div W = 4.25 \div 2.98 = 1.43 \text{ 時間}$$

$$\begin{aligned} r &= R^{24} \div 24 \times (24 \div T_c)^{0.7} \\ &= 86 \div 24 \times (24 \div 1.43)^{0.7} \\ &= 26.0 \text{ mm/時} \end{aligned}$$

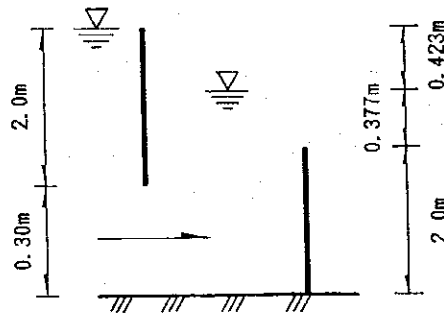
従って、ピーク流量  $Q_p$

$$\begin{aligned} &= 0.2778 \times f \times r \times A \\ &= 0.2778 \times 0.35 \times 26.0 \times 14.34 \\ &= 36.25 \text{ m}^3/\text{秒} \quad (2.53 \text{ m}^3/\text{秒}/\text{km}^2) \end{aligned}$$

## 2) 能力チェック

キャッチ バッフルの能力:

$$\begin{aligned} Q_{\max} (\text{バッフル}) &= c \times a \times (2 \times g \times h)^{1/2} \\ &= 0.60 \times 0.30 \times 33.0 \times (2 \times 9.8 \times 0.377)^{1/2} \\ &= 16.147 \text{ m}^3/\text{秒} \end{aligned}$$



Baffle Cross Section

$$\begin{aligned} Q_{\max} (\text{堰}) &= 2/3 \times c \times b \times (2 \times g)^{1/2} \times H^{1.5} \\ &= 0.67 \times 0.60 \times 33.0 \times (2 \times 9.8)^{1/2} \times 0.423^{1.5} \\ &= 16.158 \text{ m}^3/\text{秒} \end{aligned}$$

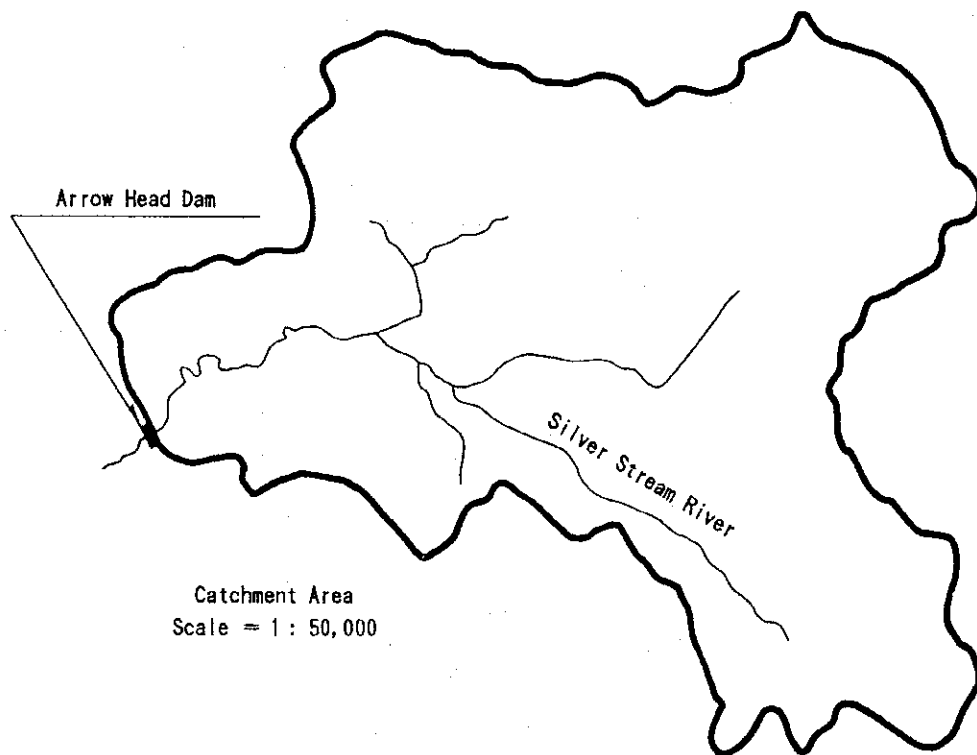
## 3) 結論

計算結果によるとピーク流量の36.25 m<sup>3</sup>/秒に対してキャッチの能力は16.159



m<sup>3</sup>/秒しかない。従って、キャッチの能力が不足している。

### (6) Arrow head dam



#### 1) ピーク流量の計算

概況：流域面積 = 15.94 km<sup>2</sup>  
長さ（最上流まで） = 6.25 km  
標高差 = 0.031 km  
勾配 = 0.005  
降雨量 = 86mm（観測所 6.7）

計算：  $W = 72 \times (H \div L)^{0.6}$   
 $= 72 \times (0.031 \div 6.25)^{0.6}$   
 $= 2.98 \text{ km/時}$

$$T_c = L \div W = 6.25 \div 2.98 = 2.10 \text{ 時間}$$

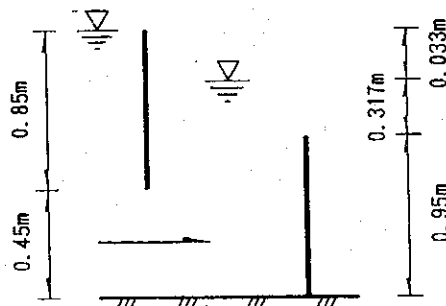
ダムの雨量強度をCocoaキャッチと同じ26.0mm/時とすると、

$$\begin{aligned}
 \text{ピーク流量 } Q_p &= 0.2778 \times f \times r \times A \\
 &= 0.2778 \times 0.35 \times 26.0 \times 15.94 \\
 &= 40.3 \text{ m}^3/\text{秒} \text{ (} 2.53 \text{ m}^3/\text{秒}/\text{km}^2 \text{)}
 \end{aligned}$$

## 2) 能力チェック

ダム バッフルえ D の能力 :

$$\begin{aligned}
 Q_{\max} \text{ (バッフル)} &= c \times a \times (2 \times g \times h)^{1/2} \\
 &= 0.60 \times 0.45 \times 160.0 \times (2 \times 9.8 \times 0.033)^{1/2} \\
 &= 34.743 \text{ m}^3/\text{秒}
 \end{aligned}$$



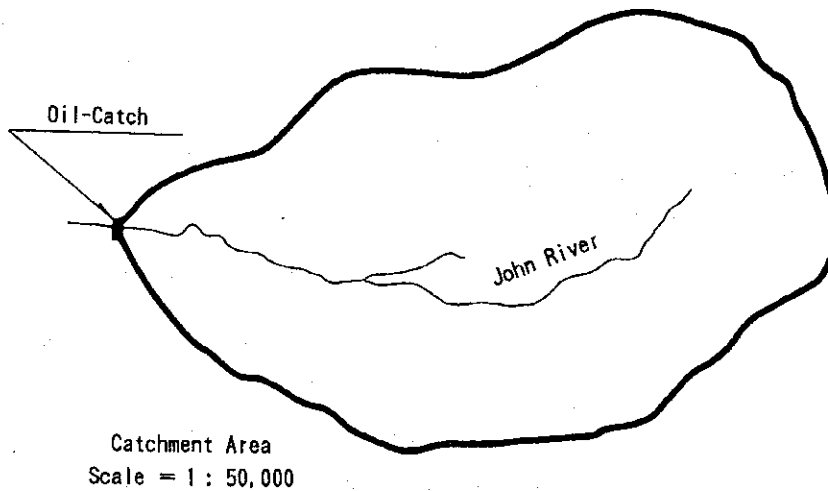
Baffle Cross Section

$$\begin{aligned}
 Q_{\max} \text{ (堰)} &= \frac{2}{3} \times c \times b \times (2 \times g)^{1/2} \times H^{1.5} \\
 &= 0.67 \times 0.60 \times 110.0 \times (2 \times 9.8)^{1/2} \times 0.317^{1.5} \\
 &= 34.741 \text{ m}^3/\text{秒}
 \end{aligned}$$

## 3) 結論

計算結果によるとピーク流量の40.30 m<sup>3</sup>/秒に対してダム・バッフルの能力は34.741 m<sup>3</sup>/秒しかない。従って、ダム・バッフルの能力が不足している。

(7) John 川 キャッチ



1) ピーク流量の計算

概況 : 流域面積 = 9.59 km<sup>2</sup>  
長さ (最上流まで) = 8.0 km  
標高差 = 0.056 km  
勾配 = 0.007  
降雨量 = 86mm (観測所 6.7)

計算 :

$$W = 72 \times (H \div L)^{0.6}$$
$$= 72 \times (0.056 \div 8.0)^{0.6}$$
$$= 3.67 \text{ km/時}$$

$$T_c = L \div W = 8.0 \div 3.67 = 2.18 \text{ 時間}$$

$$r = R_{24} \div 24 \times (24 \div T_c)^{0.7}$$
$$= 86 \div 24 \times (24 \div 2.18)^{0.7}$$
$$= 19.0 \text{ mm/時}$$

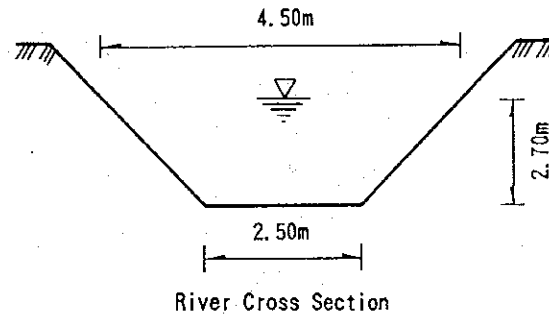
従って、ピーク流量  $Q_p$

$$= 0.2778 \times f \times r \times A$$
$$= 0.2778 \times 0.35 \times 19.0 \times 9.59$$
$$= 17.72 \text{ m}^3/\text{秒} \text{ (} 2.22 \text{ m}^3/\text{秒}/\text{km}^2 \text{)}$$

2) 能力チェック

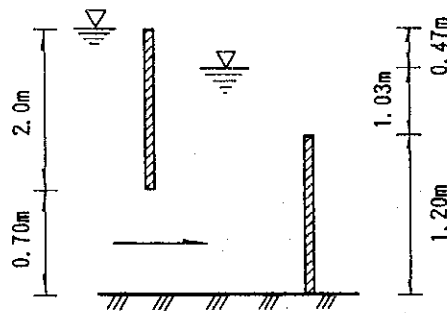
河川断面積：

$$\begin{aligned} A &= 9.45 \text{ m}^2 \\ P &= 8.26 \text{ m} \\ R &= 1.14 \text{ m} \\ V &= 2.978 \text{ m/秒} \\ S &= 1/150 \\ n &= 0.03 \end{aligned}$$



キャッチ バッフルの能力：

$$\begin{aligned} Q_{\max} \text{ (バッフル)} &= c \times a \times (2 \times g \times h)^{1/2} \\ &= 0.60 \times 0.70 \times 8.0 \times (2 \times 9.8 \times 0.47)^{1/2} \\ &= 10.209 \text{ m}^3/\text{秒} \end{aligned}$$



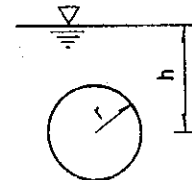
$$\begin{aligned} Q_{\max} \text{ (堰)} &= 2/3 \times c \times b \times (2 \times g)^{1/2} \times H^{1.5} \\ &= 0.67 \times 0.60 \times 5.5 \times (2 \times 9.8)^{1/2} \times 1.029^{1.5} \\ &= 10.217 \text{ m}^3/\text{秒} \end{aligned}$$

キャッチ出口のパイプの能力：

$$\begin{aligned} Q &= c \times \pi \times r^2 \times (2 \times g \times h)^{1/2} \\ &= 0.59 \times 3.14 \times (0.05)^2 \times (2 \times 9.8 \times 1.75)^{1/2} \\ &= 0.027 \end{aligned}$$

従って、キャッチの能力は以下のとおりとなる。

$$Q_{\text{total}} = 10.209 + 0.027 = 10.236 \text{ m}^3/\text{秒}$$



### 3) 結論

計算結果によるとピーク流量、河川断面の能力およびキャッチの能力は、それぞれ、 $17.72 \text{ m}^3/\text{秒}$ 、 $28.143 \text{ m}^3/\text{秒}$ 、 $10.236 \text{ m}^3/\text{秒}$ である。従って、河川の能力はあるが、キャッチの能力は不足している。

#### (8) TRINMAR secondary キャッチ

地形図がなかったので、現地での踏査結果とインタビューに基づき、計算を行った。

#### 1) ピーク流量の計算

概況：	流域面積	=	0.3	$\text{km}^2$
	長さ	=	1.5	km
	標高差	=	0.002	km
	勾配	=	0.0013	
	降雨量	=	86mm	(観測所 6.7)

$$\begin{aligned} \text{計算：} \quad W &= 72 \times (H \div L)^{0.6} \\ &= 72 \times (0.002 \div 1.5)^{0.6} \\ &= 1.36 \text{ km/時} \end{aligned}$$

$$T_c = L \div W = 1.5 \div 1.36 = 1.10 \text{ 時間}$$

$$\begin{aligned} r &= R_{24} \div 24 \times (24 \div T_c)^{0.7} \\ &= 86 \div 24 \times (24 \div 1.10)^{0.7} \\ &= 31.0 \text{ mm/時} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{従って、ピーク流量 } Q_p &= 0.2778 \times f \times r \times A \\ &= 0.2778 \times 0.50 \times 31.0 \times 0.30 \\ &= 1.29 \text{ m}^3/\text{秒} \quad (4.30 \text{ m}^3/\text{秒}/\text{km}^2) \end{aligned}$$

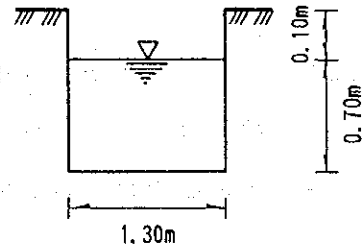
#### 2) 能力チェック

水路断面積：

$$A = 0.91 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 P &= 2.70 \text{ m} \\
 R &= 0.337 \text{ m} \\
 V &= 0.132 \text{ m} / \text{秒} \\
 S &= 1 / 750 \\
 n &= 0.03
 \end{aligned}$$

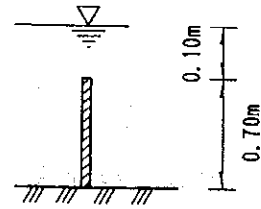
$$Q_{\max} = 0.12 \text{ m}^3 / \text{秒}$$



Channel Cross Section

堰の上での流量

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{2}{3} \times c \times b \times (2 \times g)^{1/2} \times H^{1.5} \\
 &= 0.67 \times 0.60 \times 1.30 \times (2 \times 9.8)^{1/2} \times 0.10^{1.5} \\
 &= 0.075 \text{ m}^3 / \text{秒}
 \end{aligned}$$



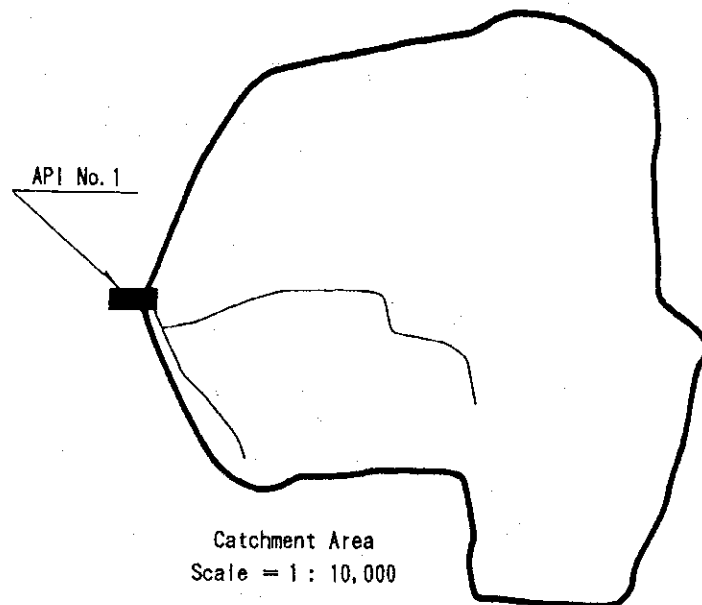
Weir Cross Section

### 3) 結論

計算結果によるとピーク流量、1.29 m<sup>3</sup>/秒に対して、水路断面の能力は 0.12 m<sup>3</sup>/秒である。従って、水路の能力が不足している。キャッチの前に堰があるので水位が上がり易い。堰の最大流量が0.075 m<sup>3</sup>/秒であるので、越流水深が0.10 mを超えると洪水になる。

8-6-2 APIセバレーター

(1) No.1 APIセバレーター



1) ピーク流量の計算

概況 :	流域面積	=	0.43 km <sup>2</sup>
	長さ	=	0.77 km
	標高差	=	0.0008km
	勾配	=	0.001
	降雨量	=	96mm (観測所 8.8)

計算 :

$$W = 72 \times (H \div L)^{0.6}$$

$$= 72 \times (0.0008 \div 0.77)^{0.6}$$

$$= 1.17 \text{ km/時}$$

$$T_c = L \div W = 0.77 \div 1.17 = 0.66 \text{ 時間}$$

$$r = R \div 24 \times (24 \div T_c)^{0.7}$$

$$= 96 \div 24 \times (24 \div 0.66)^{0.7}$$

$$= 50.0 \text{ mm/時}$$

従って、ピーク流量  $Q_p$

$$= 0.2778 \times f \times r \times A$$

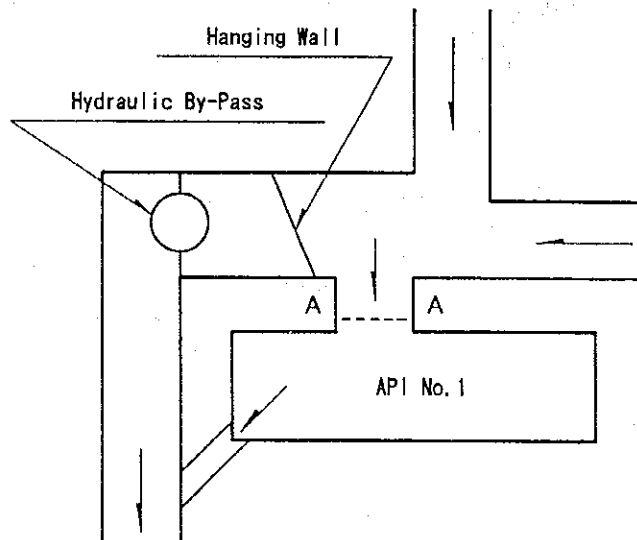
$$= 0.2778 \times 0.70 \times 50.0 \times 0.43$$

$$= 4.20 \text{ m}^3/\text{秒} \quad (9.80 \text{ m}^3/\text{秒}/\text{km}^2)$$

## 2) 能力チェック

条件：

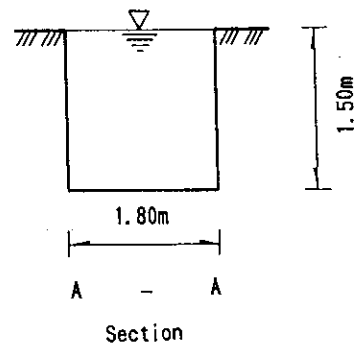
製油所での調査によればバイパス用の水路が故障で、全流量が流入水路を通してセパレーターに流入している。セパレーターの略図と流入水路の断面を以下に示す。



水路断面積の能力：

$$\begin{aligned} A &= 2.70 \text{ m}^2 \\ P &= 4.80 \text{ m} \\ R &= 0.563 \text{ m} \\ V &= 2.0412 \text{ m}/\text{秒} \\ S &= 1/500 \\ n &= 0.015 \end{aligned}$$

$$\text{最大能力 (Q max)} = 5.511 \text{ m}^3/\text{秒}$$

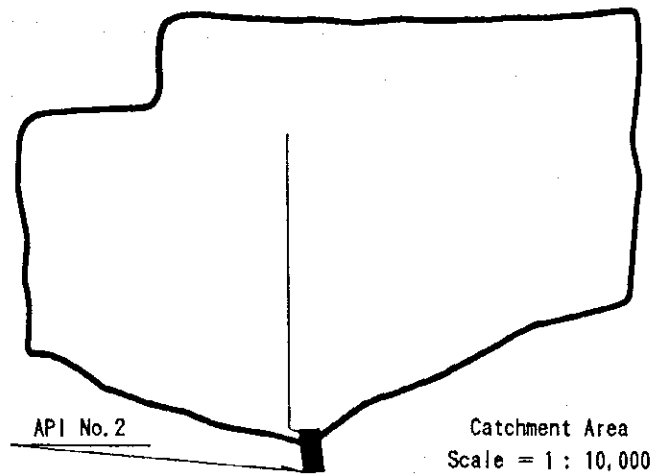


## 3) 結論

計算結果によるとピーク流量の4.20 m<sup>3</sup>/秒に対して、水路断面の能力は 5.511 m<sup>3</sup>/秒である。従って、水路の能力は十分である。



(2) No. 2 APIセバレーター



1) ピーク流量の計算

概況 :	流域面積	=	0.37 km <sup>2</sup>
	長さ	=	0.72 km
	標高差	=	0.00082 km
	勾配	=	0.0011
	降雨量	=	96 mm (観測所 8.8)

計算 :

$$W = 72 \times (H \div L)^{0.6}$$
$$= 72 \times (0.00082 \div 0.77)^{0.6}$$
$$= 1.23 \text{ km/時}$$

$$T_c = L \div W = 0.77 \div 1.23 = 0.59 \text{ 時間}$$

$$r = R_{24} \div 24 \times (24 \div T_c)^{0.7}$$
$$= 96 \div 24 \times (24 \div 0.59)^{0.7}$$
$$= 54.0 \text{ mm/時}$$

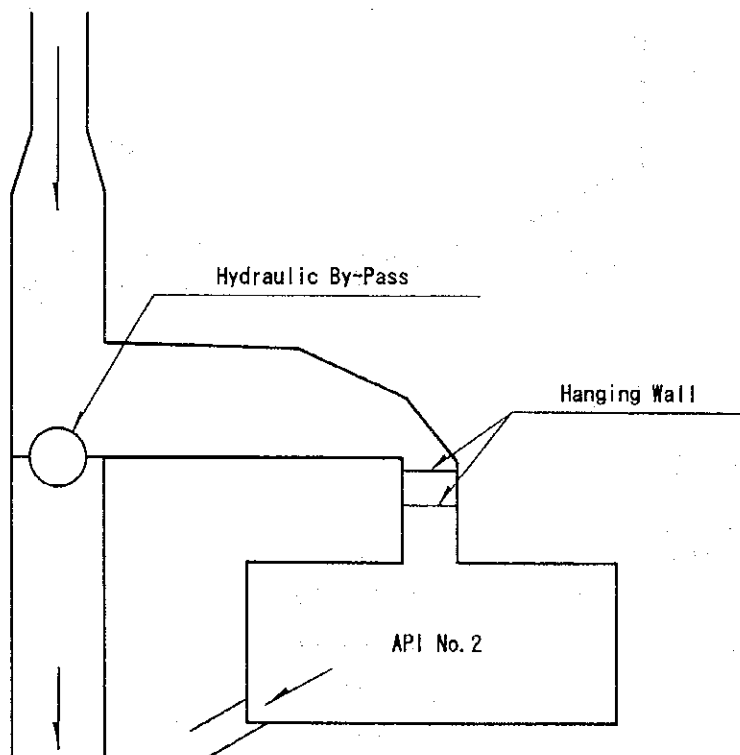
従って、ピーク流量  $Q_p$

$$= 0.2778 \times f \times r \times A$$
$$= 0.2778 \times 0.70 \times 54.0 \times 0.37$$
$$= 3.89 \text{ m}^3/\text{秒} \text{ (10.51 m}^3/\text{秒/km}^2)$$

## 2) 能力チェック

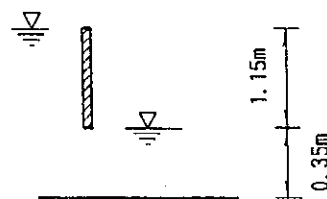
条件：

製油所での調査によればバイパス用の水路が故障で、全流量が流入水路を通してセパレーターに流入している。セパレーターの略図と流入水路の断面を以下に示す。



キャッチバッフルの能力：

$$\begin{aligned}
 Q_{\max}(\text{バッフル}) &= c \times a \times (2 \times g \times h)^{1/2} \\
 &= 0.60 \times 0.51 \times (2 \times 9.8 \times 1.15)^{1/2} \\
 &= 1.45 \text{ m}^3/\text{秒}
 \end{aligned}$$

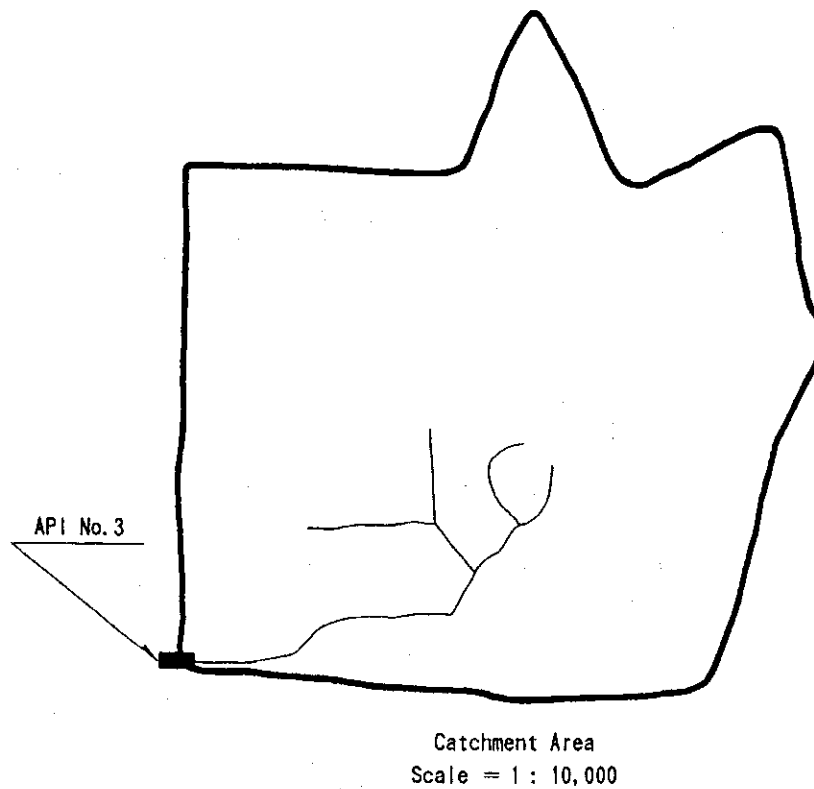


Baffle Cross Section

## 3) 結論

計算結果によるとピーク流量の3.89 m<sup>3</sup>/秒に対して、水路断面の能力は1.45 m<sup>3</sup>/秒である。従って、水路の能力が不足している。

(3) No. 3 APIセバレーター



1) ピーク流量の計算

概況：流域面積 = 0.72 km<sup>2</sup>  
長さ = 1.01 km  
標高差 = 0.002 km  
勾配 = 0.002  
降雨量 = 96mm (観測所 8.8)

計算：  
$$W = 72 \times (H \div L)^{0.6}$$
$$= 72 \times (0.002 \div 1.01)^{0.6}$$
$$= 1.72 \text{ km/時}$$

$$T_c = L \div W = 1.01 \div 1.72 = 0.59 \text{ 時間}$$

$$r = R \div 24 \times (24 \div T_c)^{0.7}$$
$$= 96 \div 24 \times (24 \div 0.59)^{0.7}$$
$$= 54.0 \text{ mm/時}$$

従って、ピーク流量  $Q_p$

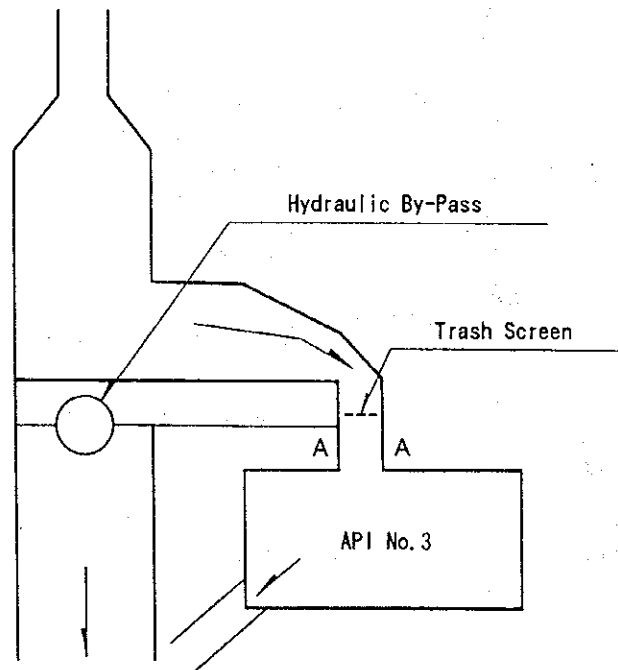
$$= 0.2778 \times f \times r \times A$$
$$= 0.2778 \times 0.70 \times 54.0 \times 0.72$$

$$= 7.56 \text{ m}^3/\text{秒} \quad (10.50 \text{ m}^3/\text{秒}/\text{km}^2)$$

## 2) 能力チェック

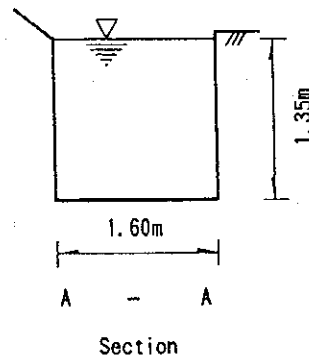
条件：

No. 3 APIセパレーターにおいても、バイパス用の水路が故障で、全流量が流入水路を通してセパレーターに流入している。セパレーターの略図と流入水路の断面を以下に示す。



水路断面積の能力：

$$\begin{aligned} A &= 2.16 \text{ m}^2 \\ P &= 4.55 \text{ m} \\ R &= 0.474 \text{ m} \\ V &= 1.82 \text{ m}/\text{秒} \\ S &= 1/500 \text{ (推定値)} \\ n &= 0.015 \end{aligned}$$

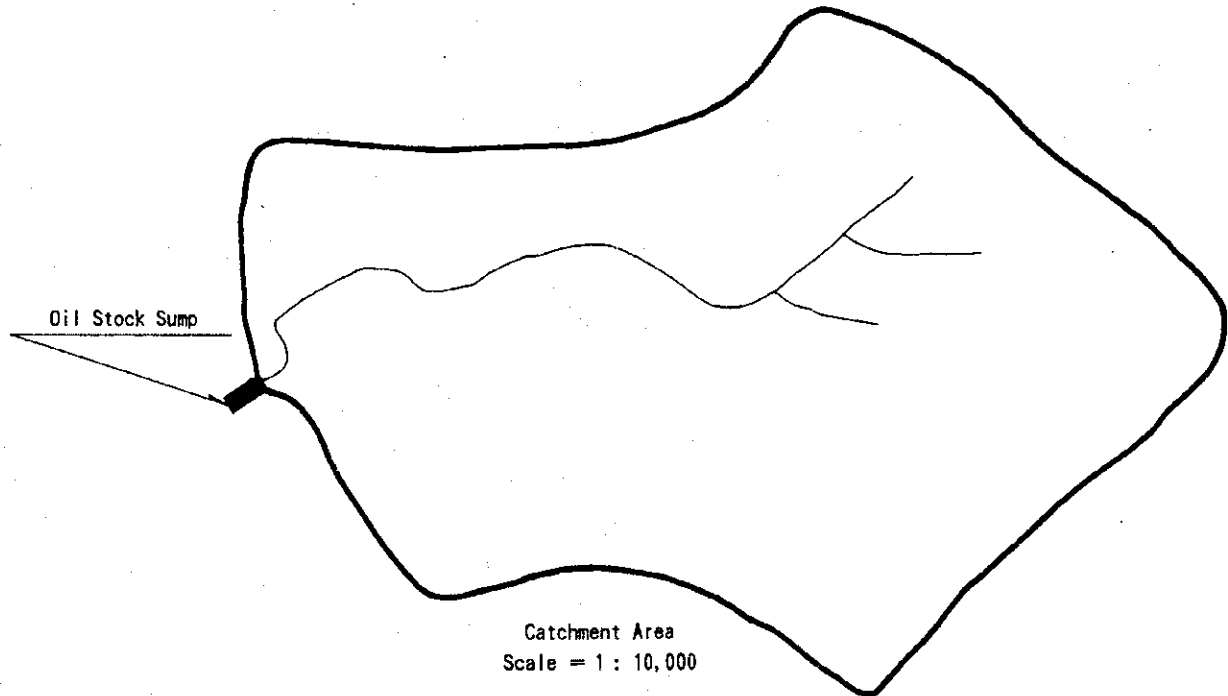


$$Q_{\text{max}} \text{ (バップル)} = 3.931 \text{ m}^3/\text{秒}$$

### 3) 結論

計算結果によるとピーク流量の7.56 m<sup>3</sup>/秒に対して、水路断面の能力は 3.931 m<sup>3</sup>/秒である。従って、水路の能力が不足している。

#### 8-6-3 オイルストックサンプ



#### (1) ピーク流量の計算

概況：	流域面積	=	0.86 km <sup>2</sup>
	長さ	=	1.42 km
	標高差	=	0.006 km
	勾配	=	0.0042
	降雨量	=	96mm (観測所 8.8)

計算：	$W$	=	$72 \times (H \div L)^{0.6}$
		=	$72 \times (0.006 \div 1.42)^{0.6}$
		=	2.71 km/時

$$T_c = L \div W = 1.42 \div 2.71 = 0.52 \text{ 時間}$$

$$r = R \div 24 \times (24 \div T_c)^{0.7}$$
$$= 96 \div 24 \times (24 \div 0.52)^{0.7}$$

$$= 58.0 \text{ mm/時}$$

従って、ピーク流量  $Q_p$

$$= 0.2778 \times f \times r \times A$$

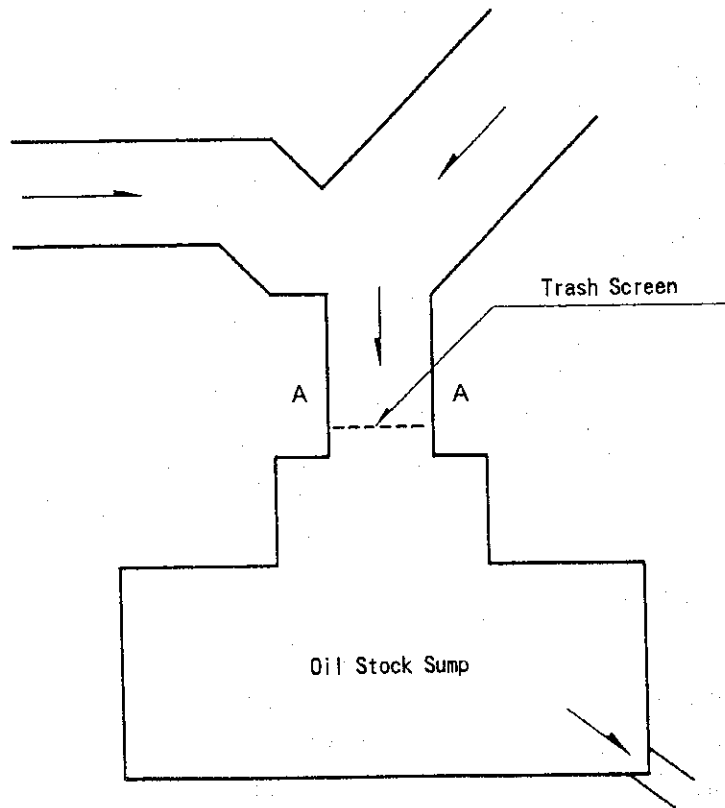
$$= 0.2778 \times 0.70 \times 58.0 \times 0.86$$

$$= 9.78 \text{ m}^3/\text{秒} \text{ (} 11.40 \text{ m}^3/\text{秒}/\text{km}^2\text{)}$$

## (2) 能力チェック

条件：

オイルストックサンプの略図と流入水路の断面を以下に示す。



水路断面の能力：

$$A = 2.80 \text{ m}^2$$

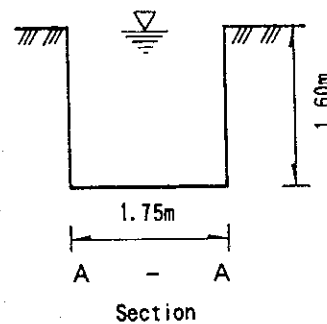
$$P = 4.95 \text{ m}$$

$$R = 0.566 \text{ m}$$

$$V = 2.05 \text{ m/秒}$$

$$S = 1/500$$

$$n = 0.015$$



$$\text{最大能力 ( } Q_{\max} \text{ )} = 5.74 \text{ m}^3/\text{秒}$$

### (3) 結論

計算結果によるとピーク流量の9.78 m<sup>3</sup>/秒に対して、水路断面の能力は5.74 m<sup>3</sup>/秒である。従って、水路の能力が不足している。

### 8-7 結論と提案

以上の計算結果を表8-2にまとめる。

Table 8-2 Results of the Calculations

Oil-catches				
Item	Peak runoff m <sup>3</sup> /s	Capacity m <sup>3</sup> /s		Remarks
		River	Baffle	
Techier	25.96	20.23	3.50	Neither river cross sections nor baffle sections are capable of carrying peak runoff volumes.
F20	5.50	0.134	0.902	Same as above
TB33	26.38	29.64	1.972	River cross section is capable of carrying the peak runoff volume but the baffle is not.
Vance	17.0	53.29	5.648	Same as above
Cocoa	36.25	--	16.159	The baffle does not have enough capacity to carry peak runoff volume.
Arrow-head	40.30	--	34.74	Same as above
John	17.72	28.143	10.236	River cross section is capable of carrying the peak runoff volume but the baffle is not.
TRINMAR	1.29	0.12	0.075	Channel does not have enough capacity for peak runoff volume.
		(Flow over weir)		

API Separators			
Item	Peak runoff m <sup>3</sup> /s	Inlet channel Cap. m <sup>3</sup> /s	Remarks
No. 1	4.20	5.511	The separator has enough capacity to carry the peak runoff volume.
No. 2	3.89	1.45	The separator is not capable of carrying the peak runoff volume.
No. 3	7.56	3.931	Same as above
Oil Stock Sump			
Oil stock sump	9.78	5.74	Same as above

#### 8-7-1 オイルキャッチに対する提案

表8-2に示した解析結果によると、ピーク流量に対して、全てのキャッチ・ダムが能力が不足している。また、ほとんどの河川断面あるいはパップルの流下能力も不足している。従って、キャッチに浮遊している油は、豪雨時には下流に流出する。キャッチ・ダムは、豪雨時には、本来の目的である浮上油の流出防止に役だっていないが、調査団はキャッチ・ダムの見直し・改修は不要であると考ええる。むしろ、石油汚染対策の策定に当たっては、雨水の処理施設への流入による負荷変動を吸収する設計を行うのではなく、含油排水と雨水を適切な方法で分離し、気象条件あるいは天候の影響を受けない設計を行うことが望ましい。従って、調査団は、根本対策とはならない、キャッチおよびダムによる油回収を止めることを推奨する。

最も重要なことは、公共水域に流出した油をせき止めるキャッチやダムの容量を検討する前に、公共水域への油の流出を止める必要がある。第2に、浮上油の捕獲を目的に設計されているキャッチやダムは、原油生産時に生成する原油エマルジョンには全く効果が無い。エマルジョンは、トリニダッド・トバゴにおける調査対象地域で最も深刻な石油汚染源であり、石油生産設備から公共水域に放流され、キャッチやダムを通り抜けて海へ流入している。



第20章にて調査団が推薦する本マスタープランのプロジェクトスキームは、浮上油の公共水域への流入を防ぐと共に、排水中の油分を、浮上油・エマルジョン・溶解油の合計で、50ppm以下にすることが可能な対策となっている。この対策を実施した後は、通常の操業が行われる限りにおいては、キャッチやダムには浮上油は存在しない。キャッチやダムに浮上油が認められるのは、緊急時等、特別の場合のみである。緊急時に対応する要員と機器を用意し、緊急時には、流失した油を早急に回収すべきである。

#### 8-7-2 Pointe-a-Pierre 製油所のAPIセパレーターに対する提案

No.1 APIセパレーターのみは、ピーク流量を上回る能力を有している。従って、バイパスが平常に機能すれば、負荷はもっと少なくなる。

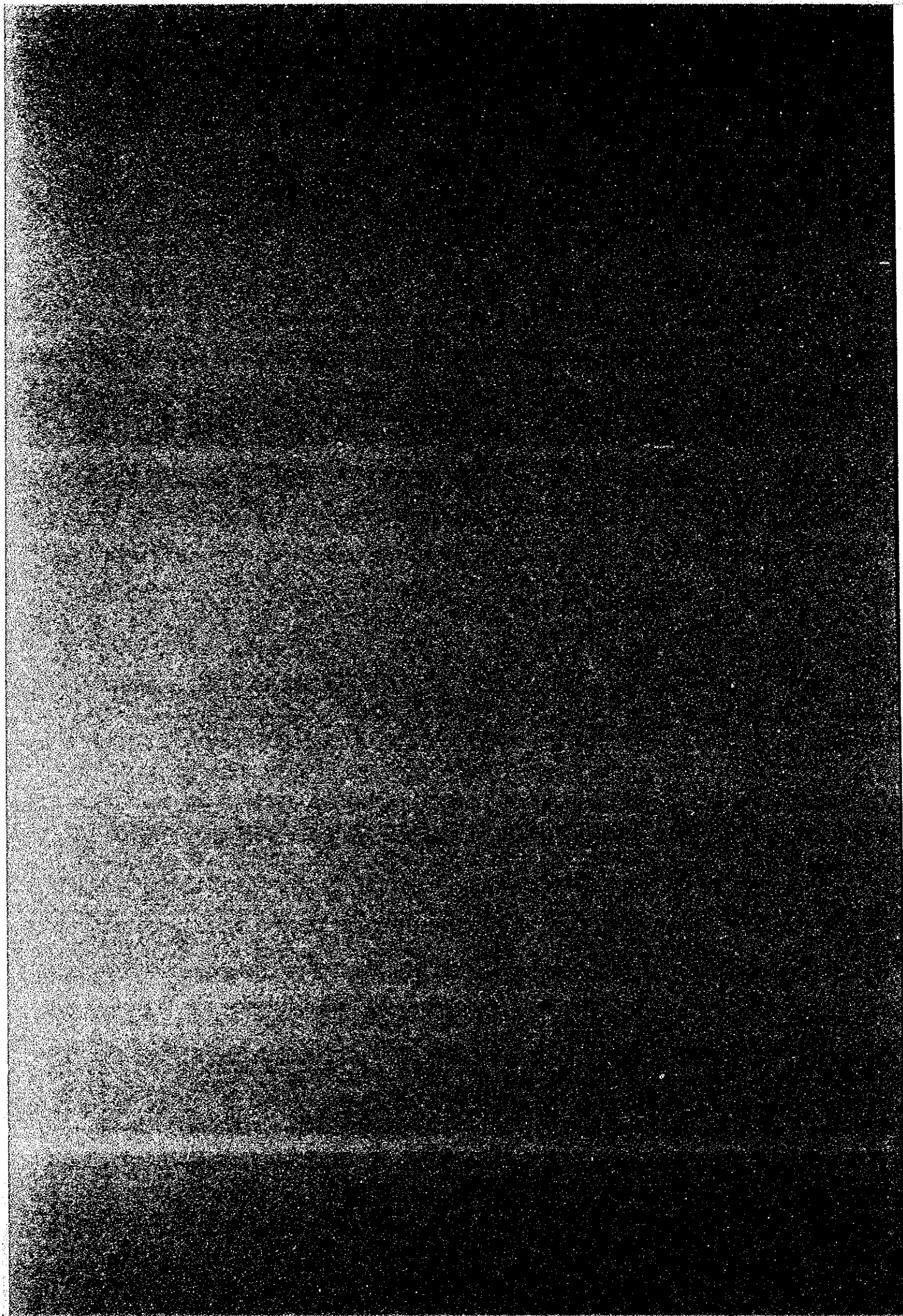
No.2 APIセパレーターの場合、バイパスが十分に機能すれば、負荷が大幅に減少する。豪雨時にはオーバーフローが発生する。従って、オーバーフローを防止するためには、流入水の一部を他へ送り、適切な断面を持つバイパスの設置が必要である。

No.3 APIセパレーターの流入水路の能力はピーク流量の50%しかない。水路断面積の拡大と適当なバイパスにより問題が解決される、しかし、ピーク流量を考慮すると、雨水と含油排水の分離が、根本的な解決策として、最適な選択である。

オイルストックサンプについては、ピーク流量が大きいこと以外に、サンプの位置が低いことも大きな問題である。大きな断面の流入水路を設置しても位置を高くしないかぎり問題の完全な解決にはならない。従って、水面の位置を上げることおよび水路断面の拡大を提案する。



## 第9章 生産関連施設における汚染防止



## 第9章 生産関連施設における汚染防止

### 9-1 現状の分析

#### 9-1-1 原油の生産

トリニダード・トバゴにおける原油の確認埋蔵量は約5億バレルである。現在の原油生産量は平均144,000バレル/日である。この内、24%が陸上油田、残りの76%が海上油田より生産されているが、過去5年間にわたって減少傾向にある。水蒸気圧入による重質油の二次回収は、一次回収で生産される原油の生産減を補うために重要な役割を果たしている。水蒸気圧入により生産される原油をサーマル原油と呼ぶが、これは現在トリニダード・トバゴ全体の原油生産の7%を占めている。水攻法および炭酸ガス圧入による二次回収も原油生産にある程度貢献している。

近年における水蒸気圧入によるサーマル原油の増加は、結果的に油田からの産出水の顕著な増加を招くこととなった。現在、陸上油田から産出する水の量は約50,000バレル/日であり、その90%が内陸の水路に放流され、結果的には海に流出している。

本計画調査の対象は、トリニダード島の南部堆積盆地の西部地区の油田地帯である。具体的には、Brighton、Vessignyより始まりGuapo、Point Fortin Central、Cruse、Parrylands、Polo Seco、Central Los Bajos、Coora、Quarryを經由してForest Reserve、Bernstein、およびFyzabadに至る油田地帯である。これらの油田は比較的早く、1920年から1940年にかけて発見された。1993年迄は、旧Trintocおよび旧Trintopec社が、この地域における主な操業会社であった。現在は、両社の合併により設立されたPetrotrin社が操業を行っている。Petrotrin社は現在30,000バレル/日の原油をこれらの油田より生産している。

この地域における生産井の数は約2,100本であり、生産井一本あたりの原油生

産量は10～15バレル／日程度である。多少自噴井があるが、ほとんどの生産井では通常のサッカークラッドポンプによる生産が行われて。また、この地区の特徴として、水蒸気圧入が盛んに行われていることが挙げられる。水蒸気圧入が盛んに行われている理由は以下のとおりである。

- ・油田の油層流体の性状が水蒸気圧入による二次回収に適している。
- ・水蒸気発生用燃料として、油田からのガスが使用可能である。

原油の二次、または三次回収の方法として、例えばForest Reserve、Oropuche油田等では、ガスリフト法や炭酸ガス圧入法による原油の回収が行われているが、規模は非常に小さい。海水を使用した水攻法もかつて行われたことがあるが、現在は中止されている。

生産井からの原油と産出水はギャザリングステーション(タンクバッテリーとも呼称される)に集められた後、その地区にあるタンクファームに送られている。タンクファームに送られた原油は、水分を分離された後、Pointe-a-Pierre製油所にパイプラインで送られ精製されている。

この地域には海洋油田も存在する。Point Ligure北へ20～50km離れた海洋にはSoldad油田があり、TRINMAR社が操業を行っている。現在の原油生産量は31,000バレル／日程度である。海洋油田にて生産される原油は、24のオフショアプラットフォームより海底パイプラインにてPoint Ligureタンクファームに送られ、水を分離された後、パイプラインでPointe-a-Pierre製油所に送られている。

近年、Point Ligure、Point Fortin、Guapo等の西部地域にて生産された原油は全てBernsteinタンクファームの中継送油タンクを経由することになった。加えて、FyzabadからもBernsteinに送油され始めたため、Bernsteinタンクファームが西部地域における中心的なタンクファームになりつつある。この地域ではガスも生産され、水蒸気圧入用のボイラー燃料、ガスリフト用のガスあるいは製油所の自家燃料に有効利用されている。従って、この地域には、ガスを輸送するための加圧用コンプレッサーステーションが数カ所に設置されている。

## 9-1-2 油田の特徴

調査対象地域における油田の油層トップ深度は 300～11,000フィートと、かなりのバラツキがある。油層は砂岩よりなり、層厚は 50～250フィートと変化している。自噴井は総生産井の10%程度であり、大部分の生産井は通常のサッカーロードポンプによる採油井である。生産井一本あたりの平均原油生産量は約15バレル/日で、この地域における概略の合計生産量は、EOR（水蒸気圧入）による生産が10,000バレル/日、一次回収による生産が20,000バレル/日となっている。油田毎の内訳は表9-1に示す通りである。

Table 9-1 Crude Oil Production - Onshore

(Unit: Barrels per day)

	primary	thermal
EAST		
Penal	620	
Barrackpore	1,900	
Cathill	460	
Guayaguayare	1,310	
WEST		
Forest Reserve	2,500	920
Palo Seco(TTOC)	1,370	
Brighton	620	
Parryland	920	
Point Fortin C	3,200	
Apex/Quarry	400	1,020
C Los Bajos	300	1,590
Coora	100	
Erin	220	
Fyzabad	1,640	370
Guapo	750	1,470
McKenzie	250	
Moruga	160	
Palo Seco	3,250	2,800

Source: Petrotrin, Operating Division, Weekly Operations, Jan. 31, 1994

この地域において産出される原油はAPI比重15程度の重質油である。Petrotrin社は回収用のリグも含め20基程度の陸上用リグを所有し油井の地下部分の維持管理および改修作業を常時行っている。この地区の油田地帯において使

用されている鋼管類は以下のとおりである。

- ・チュービングサイズ 2  $\frac{3}{8}$  インチ、2  $\frac{7}{8}$  インチ
- ・グレード H-40、J-55、N-80
- ・(ラインパイプ) A P I 5 L、  
A、B、X 42、X 46、X 52、X 56 (シームレス)

### 9-1-3 油田の操業

この地区の油田の管理および操業は、一部の例外を除き、Petrotrin 社の生産操業部門が行っている。この部門は油井よりの生産、貯油施設のメンテナンス、送油関係の責任部署であるが、油層工学的な分野あるいは新規油田開発関連の仕事は行っていない。油井より生産される原油はすべてギャザリングステーションを経由して近くのタンクファームに集められ Bernstein (西部地区) あるいはバラックポア (東部地区) を経由して最終的に Pointe-a-Pierre 製油所に送られている。一箇所のギャザリングステーションには、時には10~60本の生産井、通常は15~20本の生産井の原油が集められている。水蒸気圧入を行っている地域では、この数が多くなる傾向にある。油井からの採油はサッカーロードポンプによる通常生産であり、間欠的な生産は行われていない。ただし、地域によっては、坑底圧を回復させるために長期休止させている井戸もある。坑井の坑口装置のスタッフィングボックス部より原油が漏洩している井戸がしばしば見受けられるが、これは後述する様に、サッカーロードポンプの機械的なアンバランスに起因するものと考えられる。

## 9-2 二次回収による原油の生産

### 9-2-1 水蒸気圧入の概要

調査対象地域にて生産される原油の比重は概略0.95程度の重質原油であり、イオウ分を0.5%含む低硫黄原油である。原油の粘度は105~3,000センチポアズの幅を持つが、通常は300~500程度である。地下の油層トップ深度は300~11,000



フィートと変化しているが、水蒸気圧入による圧入蒸気は平均的には地下深度1,000～1,500フィートの砂岩層に連続的に圧入されていると考えられる。この砂岩層の浸透率は10～850ミリダシーである。

この地域においては、東部の陸上油田地帯と異なり、水蒸気圧入による二次回収が盛んに行われている。水蒸気圧入は1970～1980年にかけて開始され、現在に至るまで連続的に圧入が行われている油田が多い。一部には、間欠的に蒸気圧入が行われている油田もある。水蒸気圧入の概要を以下に示す。

・ 圧入量 (水換算)	200～500 バレル/日
・ 圧入形式	パターンインジェクション
・ 取水源	水井戸
・ ボイラー燃料	随伴ガス
・ 地域のガス生産量	40～50 MMSCFD

水蒸気圧入の結果、水中油滴型のエマルジョンを含む大量の水がサーマル原油と共に産出され、環境問題を引き起こしている。この地域には地下の比較的浅い層に巨大な水層が存在しボイラー水源として利用されている。平均地下深度 400フィートの水井戸から取水された水は、静置タンクで静置後、蒸気発生基地に送られ、必要な処理を受けた後、ボイラーに給水されている。この地域には、同種の蒸気発生基地が数カ所存在する。本調査の対象地域にて、水蒸気圧入を行っている油田の原油生産量、水産出量、水蒸気の圧入量を表9-2に示す。

Table 9-2 Steam Injection Activity

(Unit: Barrels per day)

	PRODUCTION		INJECTION STEAM
	OIL	WATER	
Forest Reserve(Project III)	920	8,000	
Palo Seco	2,800	17,000	11,700
Guapo	1,500	6,600	11,000
Central Los Bajos	1,600	5,800	8,500
Apex/Quarry	1,000	4,600	4,500
Fyzabad	300	2,500	2,000
Total	8,120	44,500	

Source: Petrotrin, Steamflood Characteristics to 1993 December

Forest Reserve地区にて実施されているプロジェクト-3は、この地域における最も典型的な水蒸気圧入プロジェクトである。表9-3に同プロジェクトに関する基本的な油層パラメーターを示す。

Table 9-3 Reservoir Characteristics of Project III

Properties of reservoir rock	
Porosity, %	33
Permeability, md	200
Connate Water Saturation, %	30
Sand Grain Density, Lbs/ft <sup>3</sup>	165.0
Sand Grain Specific Heat, BTU/lb-F	0.17
Rock Compressibility, vol/vol/psi	3 x 10 <sup>-6</sup>
Properties of reservoir fluid	
Bottom Hole Pressure, psi	523
Bottom Hole Temperature, degree F	100
Gas Oil Ratio, SCF/bbl	85
Formation Volume Factor, bbl/bbl	1.03
Water Compressibility /psi	3.2 x 10 <sup>-6</sup>
Oil Compressibility /psi	7.7 x 10 <sup>-6</sup>

Source: Petrotrin, Heavy Oil Project - Forest Reserve

プロジェクト-3は水蒸気圧入プロジェクトであり、Forest Reserve地区のMiddle油田にて進行中である。同プロジェクトは原始埋蔵量の60~70%を回収するという想定の下に、25年間で合計1,300万バレルの原油を生産する予定であり、現在迄に14本の生産井が掘削された。原油生産がピークとなる2001年の生産量は670バレル/日と予想されている。水蒸気圧入のピークは圧入開始から7年後で、この時の水蒸気圧入量は3,000バレル/日となっている。このプロジェクトの実施に伴い、サーマルの油井より生産される水を処理するための施設がBernsteinタンクファームに設置されることになっている。水蒸気圧入用の圧入蒸気温度は650F、圧力は600psiであり、蒸気を送るパイプラインは概略以下の通りである。

(水蒸気圧入用のパイプライン)

- ・ サイズ                      3インチ、4インチ
- ・ 継ぎ手                      溶接フランジ継ぎ手
- ・ 伸び代                      考慮して設計
- ・ 材 質                      スケジュール80、通常の炭素鋼

### 9-2-2 新規のプロジェクト

現在進行中の水蒸気圧入プロジェクトに加えて、以下の2件の新規圧入プロジェクトが着工された。

- ・ Cruse-Eの拡張プロジェクト
- ・ Forest Reserveの拡張プロジェクト

上記のプロジェクトは地下深度1,000~1,500フィートの砂岩から成る油層に、逆5点パターンインジェクション法により、水蒸気を圧入しようとするものである。この計画が軌道に乗ると、Bernstein タンクファームにて受け入れる水の量は現在の12,000バレル/日から35,000バレル/日へ大幅に増加するものと予想される。また将来的には、Los Bajosクファームからの原油をBernsteinタンクファーム経由で送油することになっており、Bernstein タンクファームで扱う流体の量が飛躍的に増えることになる。

なお、新規の原油探掘に関しては、主としてPoint Fortin Central油田において掘削活動が行われており、深度 5,000フィートの試掘井が最近掘削された。

### 9-2-3 新プロジェクトの環境への影響

前述のように、Bernstein タンクファームに入る水の量は、現在の12,000バレル/日から将来は35,000バレル/日となる予定である。Silver Stream 川の流域の環境汚染を最小限に食い止めるためには、益々増加する当タンクファームからの汚染排水（水中油滴型のエマルジョン）が公共の河川に流入する前に、適切な処理を行う必要がある。Petrotrin社もこの件について検討を行っているが、当計画調査団もこの問題解決のための提言を行うこととする。

#### 9-2-4 その他の原油二次回収法

今回の調査の範囲外の東部陸上油田地帯においては以下に示す原油の二次回収が行われているが、西部地区と異なり水蒸気圧入は行われていない。

- |                     |            |
|---------------------|------------|
| ・ 清水による水攻法          | Trinity油田  |
| ・ 1,500ppmの塩水による水攻法 | Catshill油田 |
| ・ 海水による水攻法          | Geleota油田  |

随伴ガスを用い、既存のガスグリッドシステムを利用してガスリフトによる原油の回収を行っている油田もある。また非常に小規模ではあるものの、炭酸ガス圧入が行われている油田もある。炭酸ガス圧入の場合には、腐食の問題が発生しているようである。

#### 9-3 原油生産に起因する汚染源

##### 9-3-1 ギャザリングステーション

ポンプ採油井より生産される原油および水はギャザリングステーション（別名タンクバッテリー）に集められる。中規模クラス以上のギャザリングステーションにおいては、環境に与える影響を考慮して、原則的に水切りは行われていない。しかし、小規模のギャザリングステーションの一部では、原油混じりの水が公共河川に放流されることもある。従って、「ギャザリングステーション」が第一の汚染源である。排水中の油分は概略1,000ppm以上、塩分濃度は2,500~35,000ppm程度である。

##### 9-3-2 坑井

この地区における総計 2,100本に及ぶポンプ採油井の中には、坑井装置のシール部分から漏れる流体による汚染が随所に見受けられる。機械的な原因はポンピングシステムのパッキンの劣化に起因するダイナミックバランスの悪化と考えら

れる。しかし、もっと重要な原因は、油田システム全体の保守管理が的確に行われていないことに起因していると考えられる。

各々の独立した生産井より漏洩した原油はすぐそばにある小さな素堀のピットに入れられ、時々現場作業員により、表面に浮上した油の回収が行われることになっている。定期的な回収作業にも関わらず、特に5～12月の雨期期間については、かなりの量の油が公共河川に流出している。個々の油井から漏洩する油はそれほど大量ではないが、この地域全体での合計量は相当大量になると推測される。環境に対する第二の汚染源は「生産井からの原油の漏洩」である。

### 9-3-3 フローライン

第三の汚染源は、坑井と集油プラットフォームを結ぶ2インチの「フローラインからの原油漏洩」である。この地域における原油は腐食性がほとんどないため、前記の汚染源に比較すると軽微であるが、適切な維持補修作業および土壌の修復を行う必要がある。

### 9-3-4 河川におけるオイルキャッチ

公共河川に流入した油を、せき止め回収するために、河川の所々にオイルキャッチが設置されている(TB-33、ココアキャッチ、アローヘッドダム、ジョンリバーダム等)。これらのオイルキャッチは、上流および下流共に、黒油で相当汚染されているところが多い。また、サーマル原油の生産に伴う茶色の水中油滴型のエマルジョンが、分離されることなくそのまま通過しているようなところもある。

## 9-4 この地域における汚染状況の視察結果

### 9-4-1 汚染の程度

今回の現地調査中に、調査団は数多くの石油汚染地域を訪れ、汚染の程度を詳細に調査した。本報告書では、図9-1に示す様に、調査対象地域における代表的な汚染箇所を18箇所選定し、汚染状況、推定される汚染源および対策を以下にまとめる。なお、比較の便宜上、汚染の程度を以下に示す3段階に分類した。

- ・ランクA：わずかに汚染されているが、緊急に対策または措置を講ずる必要はない。
- ・ランクB：汚染されており何らかの対策を要するが、それほど深刻ではない。
- ・ランクC：汚染が非常に深刻であり、速やかに措置を講じる必要がある。

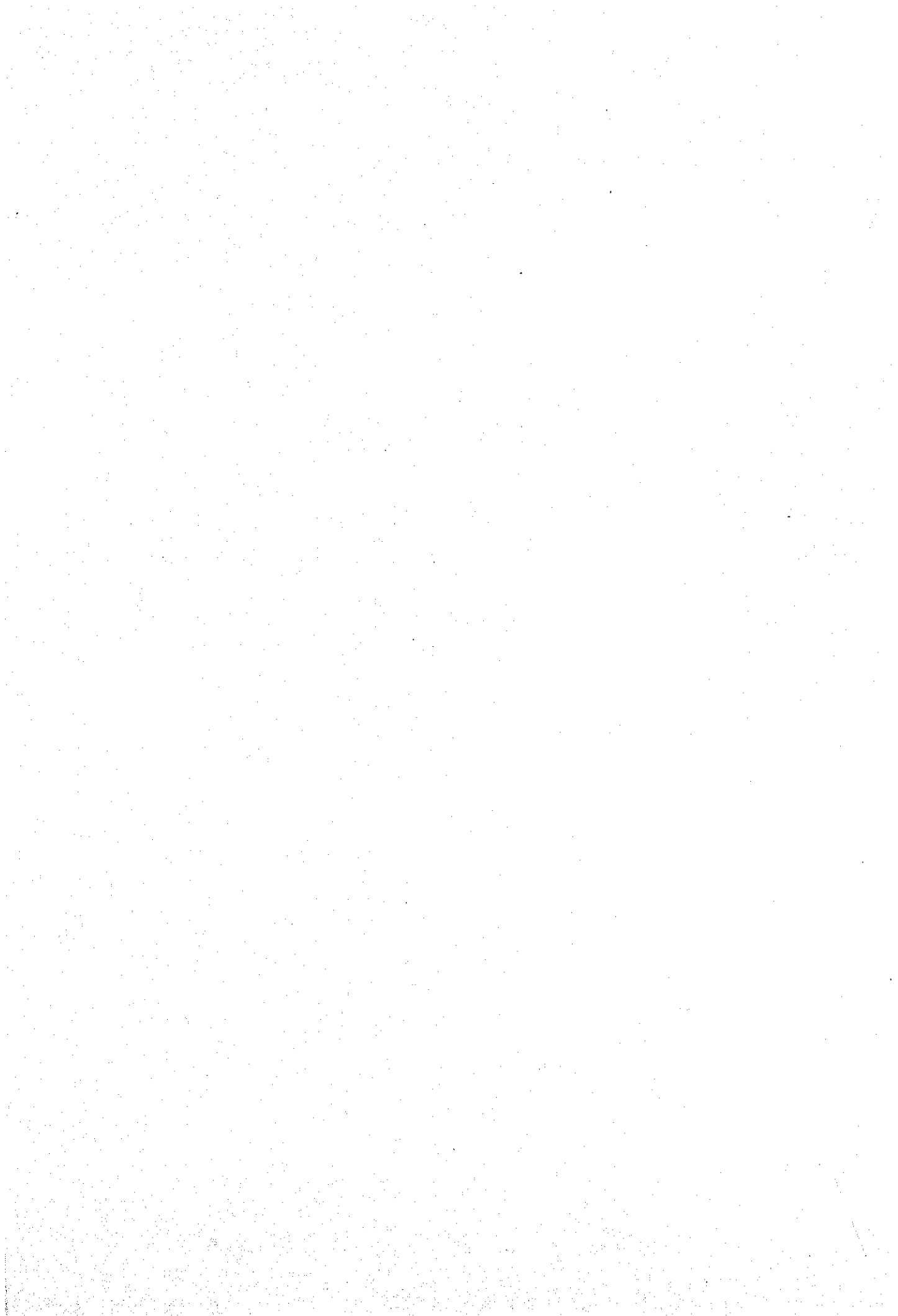
#### (1) サイトNo. 1：ランクA

場 所：Oropuche川（対象地区で最大の河川）の河口。

外 見：河川水の色が茶色で透明度が悪い。河口周辺の海はシルトまたは油分で薄茶色をしている。表面に浮遊している油膜は見受けられない。この地域における油分は500ppm程度と言われている。タールまたは黒油の堆積は無い。

汚染源：Pyzabad 油田。油田中の各油井の坑井装置から漏洩した油およびギャザリングステーションまたはタンクファームで切られた水がJohn川、Molai川、Gunapo川を經由して薄められながらこの地点に到達している。

対 策：特になし



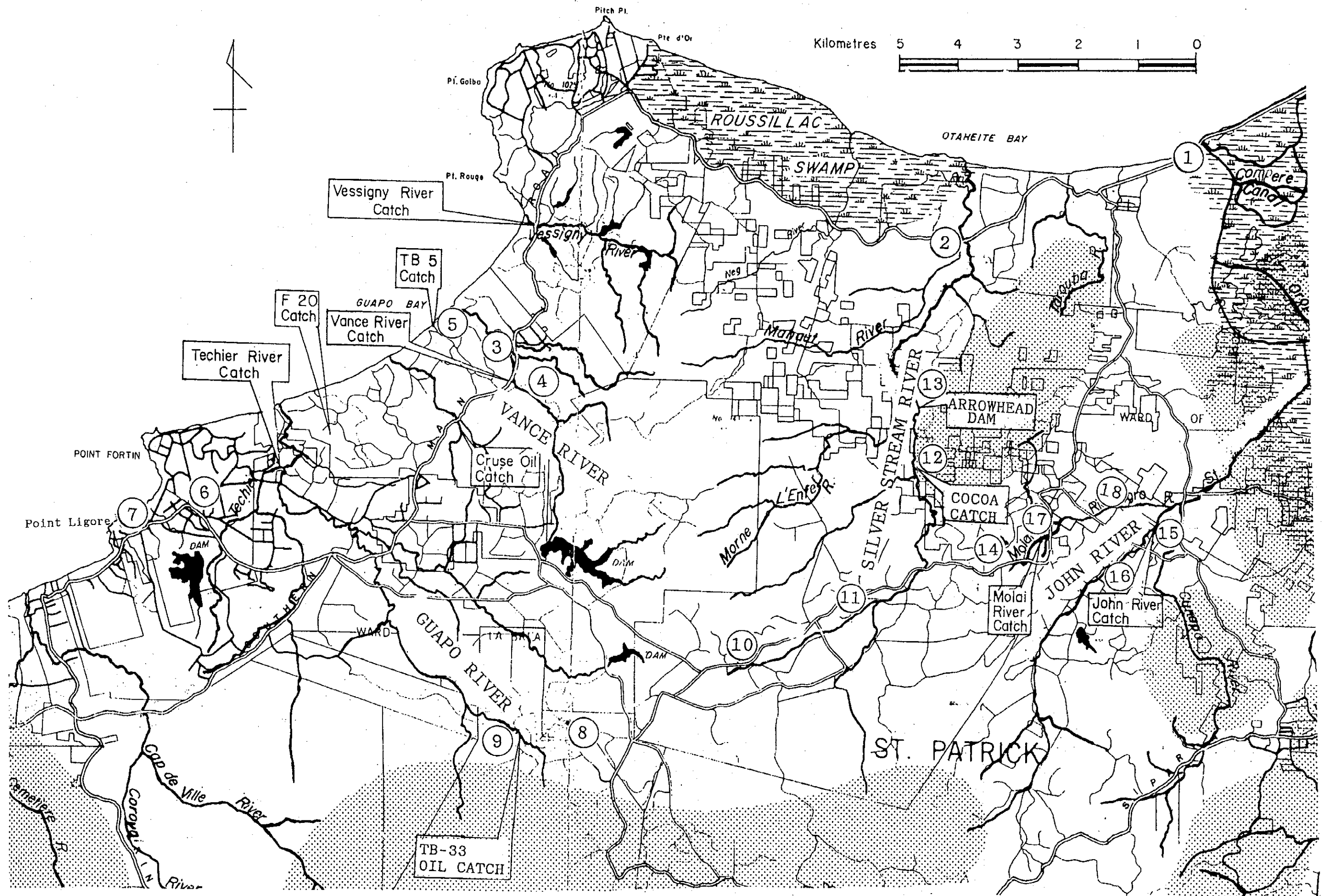
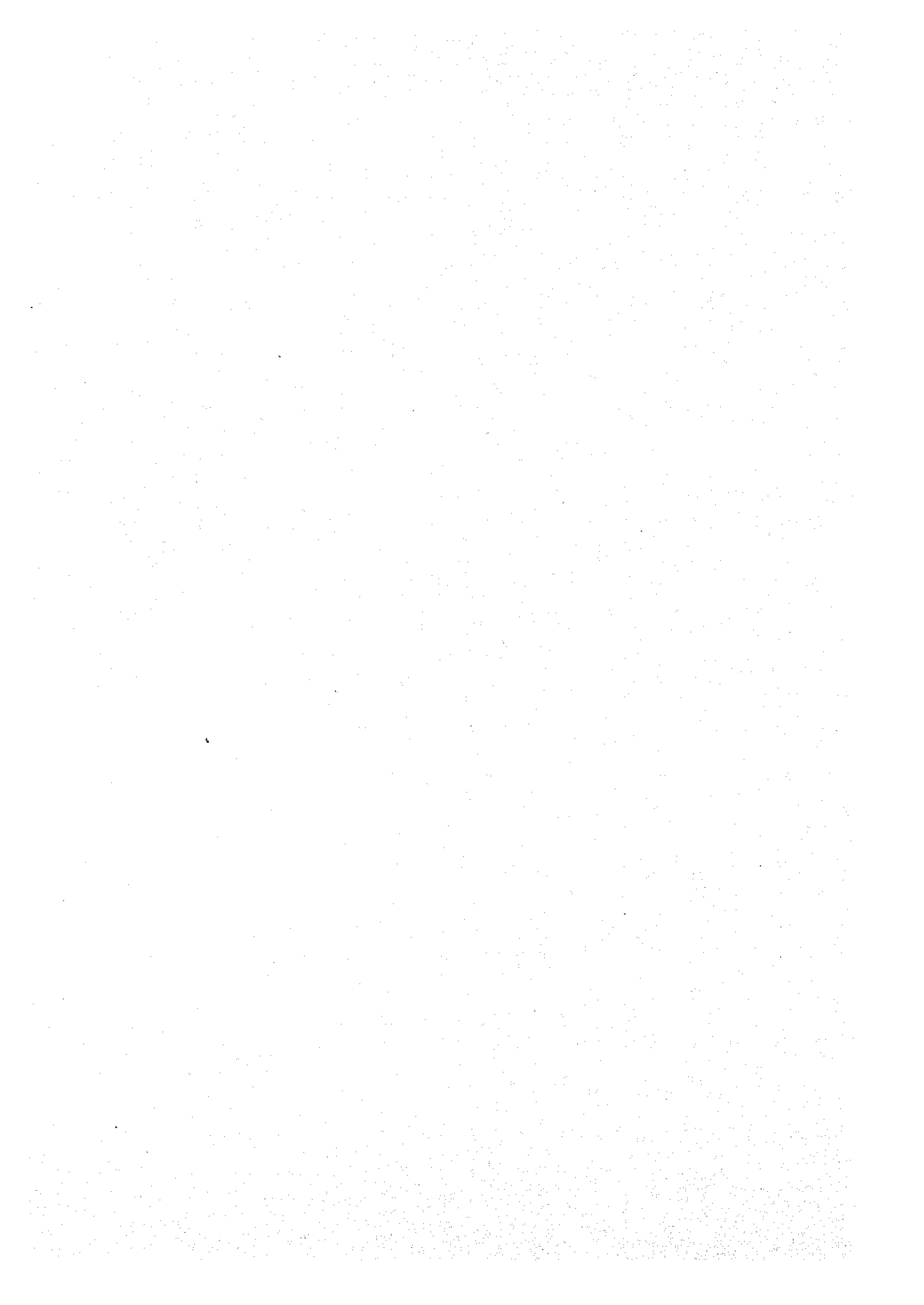


Figure 9-1 Representative Sites in the Study Area









(2) サイト No. 2 : ランク A

場 所 : Silver Stream 川、比較的海の近く、川幅 3 メートル。

外 見 : 泥水のような茶色で透明度は悪いが、水面に浮遊している油膜、黒油の付着は認められなかった。

汚染源 : Forest Reserve 油田およびこれに関連する施設。

対 策 : 特になし。

(3) サイト No. 3 : ランク A

場 所 : Vance 川、海に近いところ、川幅は 2 メートル程度。

外 見 : 黒油の残留が見られる。これは川の両岸に自生している草に付着しているものが多い。これらの黒油堆積物は、雨期における河川の水増加時に上流の油田地帯より流れてきたものと推定される。また、油膜の浮遊も観察された。なお、この付近では、コンクリートで川底が固められている。

汚染源 : Parrylands および Guapo 油田

対 策 : 黒色堆積物の除去が必要

(4) サイト No. 4 : ランク B

場 所 : Vance オイルキャッチ (サイト No. 3 の上流)

外 見 : 比較的透明度は良好であるが、水の色は薄茶色である。オイルキャッチの上流側には油膜の浮遊が観察された。

汚染源 : Parrylands および Guapo 油田

対 策 : オイルキャッチのコンクリートピットの表面浮上油の回収を頻繁に行う必要がある。

(5) サイト No. 5 : ランク C

場 所 : TB-5 タンクファームの排水を溜めている素堀りのピット。海岸線に 100 メートルの至近距離に位置している。

外 見 : 黒油が浮遊している。このピットには相当問題がある。実質的に、浮上油の回収がほとんど行われておらず、ただ単に原油タンクと海岸線の間素堀りの池を掘り、一時的にタンク排水を溜めているに過ぎない。雨期になり周辺が増水状態になると、ピットに浮上している黒油分は直ちに洗い流され、オイルキャッチを通過して海岸線を直接汚染することになると考えられる。

汚染源 : TB-5 原油タンクから切られた分離水

対 策 : 浮遊油分の回収を頻繁に行うことは勿論であるが、これだけでは十分ではなく、タンク排水システムと雨水排水システムとを完全に分離する必要がある。

(6) サイトNo. 6 : ランク C

場 所 : Point Fortin タンクファーム、素堀の排水ピット

外 見 : 黒油が相当量浮遊している。油分回収用のポンプおよびオイルフェンスがあるが、ピットから相当量の回収油が流れ出し、環境汚染の原因となっている。特に、ここでは、排水を河川放流ではなく土壌放出しているため、森林の土壌汚染を引き起こしている。

汚染源 : 原油タンクからの分離水。

対 策 : ① 浮上油の回収を頻繁に行う。

② 適切な排水処理施設を建設する必要がある。

③ 既に汚染された土壌の改善措置を講じる。

④ スラッジの廃棄に関する基準を作成し、スラッジを除去する必要がある。

(7) サイトNo. 7 : ランク C

場 所 : TRINMAR社のPoint Ligore タンクファームから海岸線に至る約1 kmの小川

外 見 : 水そのものは、それ程深刻に汚染されているようには見えないが、小川の両岸に沿って、黒色のタール状の物質が大量に付着している。タンクファームには新鋭の排水処理施設があるが、相当量の黒油が公共の河川に流れ出たことは明かである。間欠的に黒油が排出されている理由を第10章に記述した。雨水と排水の分離は必ずしも十分ではないと思われる。また、小川の中流にあるオイルキャッチにも大量の黒油が浮遊しており、河口近辺においては付着油に加えて大量の油膜も観察された。これらの流出油が付近の海岸地帯の直接の汚染源となっていることは間違いない。

汚染源 : タンクファームより放出されるタール状の黒油

対 策 : ① 小川の両岸に付着している黒油の完全除去。

② 黒油がタンクファームの水処理装置を通過して系外へ流出する原因を解明の上、しかるべき漏洩防止策をたてる。さらに、漏洩に関する監視態勢を強化し、迅速な対応ができるようにする必要がある。

(8) サイトNo. 8 : ランク C

場 所 : Central Los Bajos タンクファームのAPIセパレーターのピットから排出される水

外 見 : 主たる問題点は茶色をした水中油滴型の強固なエマルジョンである。この水は水蒸気圧入により原油と共に産出され、既存のAPIセパレーターでは、この強固なエマルジョンを分離することが困難である。詳細は第10章にて述べる。

汚染源 : サーマル原油用のウォッシュタンクから排出される水

対 策：強固なエマルジョンの処理が可能な排水処理施設を設計・設置する必要がある。

(9) サイト No. 9：ランク C

場 所：TB-33、オイルキャッチ

外 見：重質油が浮遊しており、小川の両岸は黒油で相当汚染されている。この地域における油田の集油ステーションは、油分を相当含むタンク排水を環境に放出している可能性が高い。しかし、水そのものは比較的透明でサーマル原油に伴う茶色エマルジョンのような色をしていない。

汚染源：Palo SecoおよびLos Bajos油田の油井および集油ステーションから排出される油混じりの分離水。

対 策：油混じり水の排出およびスラッジ等の投棄をやめる必要がある。

(10) サイト No. 10：ランク A

場 所：Forest Reserve油田のMainタンクファームの油分回収ピットから出る排水

外 見：素掘りのピットの表面には多少油分が浮遊しているが、排水自体は他のタンクファームに比べると良好である。

汚染源：原油タンクの分離排水

対 策：ピットに雨水の流入があればこれを防止する必要がある。

(11) サイト No. 11：ランク C

場 所：Forest Reserve 油田地帯にあるBernsteinタンクファームのAPIセパレーター出口

外 見：並列に設置してある二基のAPIセパレーターから出る排水は、サーマル原油に伴うエマルジョン化した産出水特有の、茶色の色相を呈している。この色は、前出 Los Bajosタンクファームにおいて排出される水とほぼ同じである。詳細は第10にて述べる。

汚染源：ウォッシュタンクより排出される水

対 策：新規に適切な水処理施設を設計・設置する必要がある。

(12) サイト No. 12：ランク B

場 所：Silver Stream川のCocoaキャッチ（Forest Reserve油田のMainタンクファームおよびBernstein タンクファームの下流に位置する油分回収用のダム）

外 見：堰の近辺には、かなりの量の重質油および油まみれのごみが浮かんでいる。また油膜も観察される。

汚染源：Forest Reserve油田のMainおよびBernsteinタンクファームからは、通常の操業時には、黒油が大量に排出されることはほとんどない。

ここに浮遊している油は雨期に洪水等で、ギャザリングステーションあるいは生産井からの原油が流れ出たものであろう。

対 策：定期的な清掃作業およびメンテナンスを、適切な方法でかつ頻度をあげて行う必要がある。

(13) サイト No. 13：ランク B

場 所：Silver Stream川、Arrowheadダム、上記Cocoaキャッチの下流

外 見：黒油で汚染されたごみが、所々に浮かんでいるものの、水面に油膜は観察されなかった。

汚染源：Cocoaキャッチと同じ。

対 策：定期的な清掃作業を頻繁に行う必要がある。

(14) サイト No. 14：ランク B

場 所：FyzabadタンクファームのAPIセパレーターのピット

外 見：APIセパレーター排水の表面には油膜が観察される。排水そのものはサーマル原油生産に伴う茶色のエマルジョンではあるが、Los Bajosタンクファームの排水よりは色が薄い。また、このタンクファームの近辺にタンクスラッジの投棄ピットがあり、雨期には雨水が流入して油分が流出する可能性がある。

汚染源：ウォッシュタンクからの排水および原油タンクより切られた水。

対 策：頻繁に油分の回収を行い、油分の流出を防ぐ。

(15) サイト No. 15：ランク C

場 所：John川のオイルキャッチ

外 見：水そのものはサーマル原油に伴う茶色のエマルジョン排水によく似た色をしている。その表面には黒油が浮かんで流れている。この黒油は生産井から漏れ出た原油、あるいはギャザリングステーション排水中の油分と考えられる。

汚染源：Fyzabad油田の生産井およびギャザリングステーション。

対 策：ギャザリングステーションからサーマル排水を系外に放出しないよう管理基準を厳しくする。

(16) サイト No. 16：ランク C

場 所：John川オイルキャッチの500メートル上流

外 見：茶色の強固なエマルジョン水の表面を黒油が浮上して流れている。

汚染源：サイト No. 15と同じ。

対 策：サイト No. 15と同じ。

(17) サイト No. 17: ランク B

場 所: Molai のドッグレッグ型オイルキャッチ

外 見: 水の色は褐色で、両岸の草には乾いた黒油が付着している。ドッグレッグパイプは正常に機能しているようであるが、ピットの下流側にも相当量の黒油があることから、増水時等にピットを越えて流れ出たものと推測される。

汚染源: Fyzabad 油田のギャザリングステーションおよび生産井

対 策: 油分の流出を防止する。また、既に汚染された所は清掃作業を行う。

(18) サイト No. 18: ランク B

場 所: Molai 川、ドッグレッグピットから 1 キロメートル下流側

外 見: 水面に油膜が確認された。乾燥した残留黒油が岸の草に付着している。

汚染源: サイト No. 17 と同じ。

対 策: サイト No. 17 と同じ。

### 9 - 5 汚染防止に関する主要な論点

1992年6月に、旧Trintoc社の環境関連部門から環境汚染の関する報告書が提出され、その中で環境保護のための対策を早急に決定するよう提言が行われた。その後、提言に基づいて、原油の開発・生産に関連する施設から出る排水の水質をモニタリングすることが決定された。それ以降、温度、pH、溶存および浮遊固形分、硫酸イオン、溶存酸素、塩素イオン、油分、CODの計測が定期的に行われている。このモニタリングの目的は、現在稼働している汚染防止関連施設が有効に機能しているか、また汚染防止にはどのような問題点があるかを明らかにすることにある。測定データは会社の操業上必要な環境調査計画の作成に利用されることになった。

モニタリングは、排水放流の関連施設を対象に1992年に開始され、1995年末まで継続されることになっており、その後計画の見直しが行われる予定である。モニタリングにより、環境に放出される特定物質の量に関する基準を設定する基礎データが得られ、結果的には汚染防止施設の設計に必要なデータも得られる。また、汚染防止対策の有効性を記録として残すことにもなる。



## 9-5-1 環境モニタリング計画

今回の計画調査にて石油汚染防止策を考える際、原油と共に産出される水をいかに適切に処理して系外に排出するかが、非常に重要である。油田より産出される水の量は年々増加する。従って、環境に排出される排水の水質をモニタリングする事は有効な対策をたてる上からも意義がある。以上の理由から、Petrotrin社は関連する陸上油田周辺の水質の計測を開始したわけであり、基礎データの収集・蓄積が、排水および廃棄物の処分法を具体的に決定する際に必要である。水質モニターの目的を整理すると以下のとおりである。

- ・原油の開発および生産活動に伴ない排出される水に含まれる物質の種類と濃度を明らかにする。
- ・汚染源を特定するためのデータを入手する。
- ・将来、河川の水質基準を設定するためのデータベースを構築する。

1992年より現在に至るまで、具体的には以下の地点でサンプルを採取し、水質計測を継続的に行っている。

- ・東部地区油田：Guayaguayare、Catshill、Trinity、Barrackpore、PenalおよびOropuche
- ・西部地区油田：Forest Reserve Main、Forest Reserve Bernstein、Arrowhedaダム、Brighton、VessignyおよびPoint Fortin Central

これらの陸上油田から産出される水は全て地表水として捨てられており、結果的には公共の河川に流入している。また、水質測定のためのサンプルは異なる3地点より採取しており、その3地点の決定方法は以下の通りである。

- No. 1 排水流出口
- No. 2 排水流出口より100メートル上流
- No. 3 排水流出口より100～200メートル下流

一例として、BernsteinのNo. 3地点における1992年9月から1993年8月までの水質測定データを表9-4に示す。また、上記の排水モニタリングと並行して、原油生産等の操業関連施設からの汚染を最小限に押さえるための手順書を現在作

成中である。この手順書には、流出油の回収、汚染防止施設のメンテナンスおよび現在稼働中のAPIピット等の操業管理の基準、さらに慢性的な汚染への対策が盛り込まれることになっている。

Table 9-4 Monitoring Results

	pH	Temp.	DO	TDS	TSS	O&G	Cl	S
1992								
Sept.	8.0	30.2	1.4	360	-	20	213	0.6
Oct.	7.6	32.6	0.7	3,150	-	861	1,420	0.6
Nov.	7.2	28.6	0.6	2,592	-	146	994	0.5
Dec.	8.0	28.6	0.5	4,100	8,900	198	2,201	1.4
1993								
Jan.	8.5	-	0.8	5,380	88	73	2,130	5.4
Feb.	7.6	31.2	0.5	5,820	214	198	1,775	1.4
Mar.	7.8	30.6	0.2	2,950	268	2	2,272	3.7
Apr.	7.4	28.3	0.5	2,476	65	274	1,539	1.6
May	8.0	33.0	0.3	3,880	1,444	492	1,952	5.4
June	8.1	32.6	<0.1	5,100	331	531	2,307	3.4
July	7.9	29.3	0.3	2,700	99	942	1,242	3.6
Aug.	7.9	30.2	0.5	4,320	107	358	1,775	2.6
Max.	8.5	33.0	1.4	5820	8900	942	2307	5.4
Min.	7.2	28.3	<0.1	360	65	2	213	0.5

Source: Ministry of Energy and Energy Industries

Note: pH: Measure of acidity with 7 being neutral  
 Temp: Temperature in Centigrade  
 DO: Dissolved Oxygen in ppm  
 TDS: Total Dissolved Solids in ppm  
 TSS: Total Suspended Solids in ppm  
 O&G: Oil and grease in milligrams per liter  
 Cl: Chlorine ions in ppm  
 S: Sulfur ions in ppm

#### 9-5-2 慢性的な環境汚染への対策

Petrotrin社の環境部門は慢性的に汚染されている地域の特定、また汚染原因を明らかにし対策をたてるために、関連施設の運転条件の変更を含め検討を行っている。検討結果は作業員の訓練教育にも反映される予定である。既に長期間慢性的に汚染されている地域に関しては、汚染物質排出基準に基づく汚染除去作業を行うこととなっている。

## 9 - 6 結論

原油生産施設および油田操業に関連する石油汚染の主な問題点は、以下の通りである。

- (1) 重質油が公共領域に漏れ出ている。汚染の原因は油井から漏油とギャザリングステーションあるいはタンクファームからの排水中の油分に大別される。
- (2) タンクファームの一次回収の原油タンクより、油分が十分に除去されていない相当量の水が排出されている。
- (3) ウォッシュタンクより、水中油滴型のエマルジョンを多量に含んだ大量の水が排出されている。既存の重力分離型のピットでは、このエマルジョンの分離は不可能であり、大量の油分エマルジョンの形で系外に放出されている。

上記(1)の問題に関しては、費用が必要であるが、対策は比較的簡単である。漏洩防止のために必要最小限の生産施設の改善を行うこと、日々の点検・管理・保守作業、さらに、既に漏洩した油の回収作業を定期的に行うことにより、かなり汚染を防止する事ができる。

しかし、(2)および(3)に関しては、問題が混み入っており、解決は困難でかつ多額の費用が必要である。油分の濃度は排水の出口が最も高く、下流に行くにつれて河川水および海水により希釈される。河口および海岸一帯では、エマルジョンは相当薄められているが、破壊されずに浮遊していると推定される。今後は、サーマル原油の生産比率の増加に伴い、エマルジョン排水が飛躍的に増加することになると推定されるので、エマルジョン排水の処理が重要な問題となってくる。従来型の重力沈降型のピット、ダム、あるいは薬品添加等は単独では有効でない場合が多く、これらの組み合わせ、もしくは新規に開発された技術を用いて対処する必要がある。排水処理対策については他の章で詳述する。

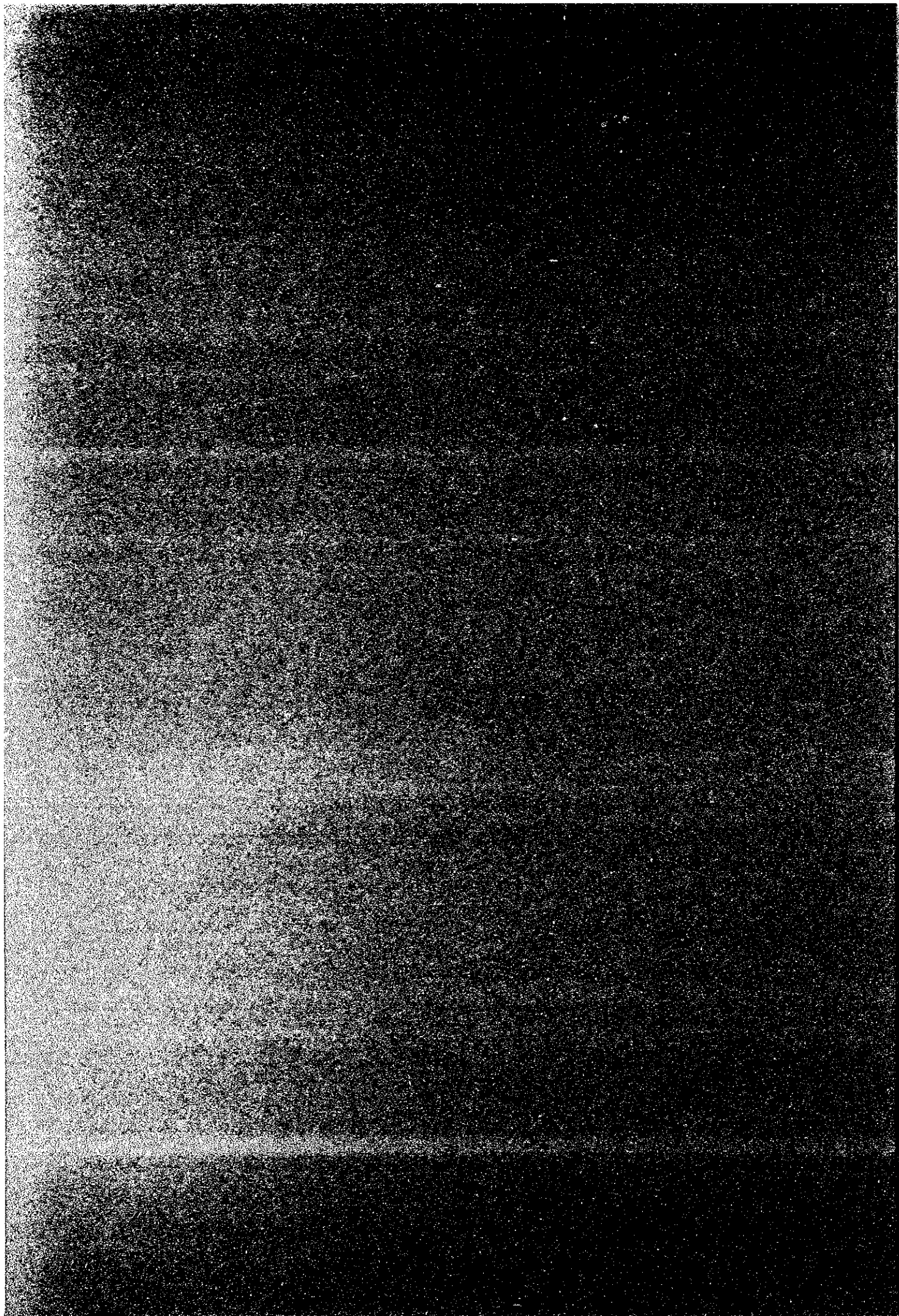
## 9-7 問題解決のための別の手法

油分を含む排水を地下に圧入するのも一つの方法である。しかし、このためには圧入が地層に与える影響、あるいは人々の生活に与える影響等に関する詳細な検討が必要である。従って、本調査では、別個に詳細な調査・検討を行う必要がある、含油排水の地下圧入は対象外とする。

水蒸気圧入を行っている生産井の中で、極端に経済性の悪化した井戸については操業を停止するというのも一つの方法である。これにより生産される水の量が減少し、結果的に排水処理施設の負荷軽減につながる。現在のところ、水蒸気圧入による生産井からの水と原油の比率は10対1程度である。この比率が極端に上昇し、生産および水処理にかかる費用からみて採算割れになる場合には、こういった油井からの生産を継続する意義はないと考えられる。



## 第10章 原油タンクファームおよびパイプライン



## 第10章 原油タンクファームおよびパイプライン

トリニダッド・トバゴにて生産される原油は、随伴水と共に、ギャザリングステーションを経てタンクファームに送られ、タンクファームにて油水分離が行われている。分離された水は、処理後、河川に放流されている。水分を分離された原油は、計量タンクで計量後、Pointe-a-Pierre 製油所に輸送されている。トリニダッド島西部地区の油田地帯には、図10-3に示す様に、数カ所のタンクファームがある。本調査では、代表的なタンクファームである、Bernstein、LosBajos、Point Fortinおよび Point Ligoreのタンクファームについて検討を行った。

### 10-1 Bernsteinタンクファーム

#### 10-1-1 タンク配置および操業状況

BernsteinタンクファームはForest Reserve 地区の油田地帯に位置し、Main、MiddleおよびBernstein 油田から産出される原油を受け入れている。また、最近になって、Fyzabad 原油（一次原油、サーマル原油共に）の受け入れを開始した。現在、原油の受け入れ量は 5,500バレル/日であり、同時に12,000バレル/日の産出水を受け入れている。また、原油の輸送中継基地として、西部地区にある数カ所のタンクファームからPointe-a-Pierre 製油所にパイプライン輸送される原油をタンクに受け入れ、再び昇圧し送油する中継基地の役割も果たしている。

Table 10-1 Tank Configuration - Bernstein

(Unit: barrels)

In-Transit Tanks	No. 13 (78,000),	No. 14 (78,000),	No. 15 (78,000)
Fis. Tanks	No. 11 (18,500),	No. 12 (61,000),	No. 7 (20,000)
Thermal Wash Tank	No. 16 (5,000)		
Primary Wash Tank	No. 5 (5,000),	No. 17 (5,000)	

Source: Petrotrin



同タンクファームでは、ウォッシュタンク No. 5 および 17 に一次原油を、ウォッシュタンク No. 16 にサーマル原油を受け入れている。また、Fyzabad 原油はウォッシュタンク No. 5 にて処理されている。ウォッシュタンクにて水分を分離された原油は計量タンクに送られ、計量される。タンクファームにある試験室にて水分測定を行い、規格である水分 2% 以下を満たす原油は、中継送油タンクに移送される。Bernstein の中継送油タンクは、以下に示す 3 本のパイプラインにて、西部地区の他のタンクファームより原油を受け入れている。

1. 8 インチライン (Vessigny、Brighton、Guapo より)
2. 10 インチライン (TRINMAR; Point Fortin より)
3. 8 インチライン (Main より)

他のタンクファームからの原油の受け入れは必ずしも連続ではなく、一日数時間、送油が停止することもある。Bernstein 中継送油タンクに移送された原油は、ポンプにて昇圧され、Pointe-a-Pierre 製油所に送られている。

各種タンクの底板下側は腐食防止用にコールタール塗装が施されている。ウォッシュタンクの底板検査は年一回、また、計量タンクについては、底にたまったスラッジのレベルが上昇する毎に、検査が行われている。

#### 10-1-2 排水処理

Bernstein タンクファームにて排出される茶色の排水 (ウォッシュタンク No. 16 よりの排水) の問題点は、サーマル原油回収のための水蒸気圧入により油層において形成される、非常に分離が困難な水中油滴型の強固なエマルジョンの処理にある。一方、一次原油のウォッシュタンク (No. 5、No. 17) の排水はサーマル排水に比較すると、量も少なくエマルジョンの程度も軽い。また、計量タンクは一日 2~3 時間の水切り作業がおこなわれ、この作業はタンク排水の色が変わって油分が観察されると打ち切られる。この排水は API セパレーターにて処理されている。

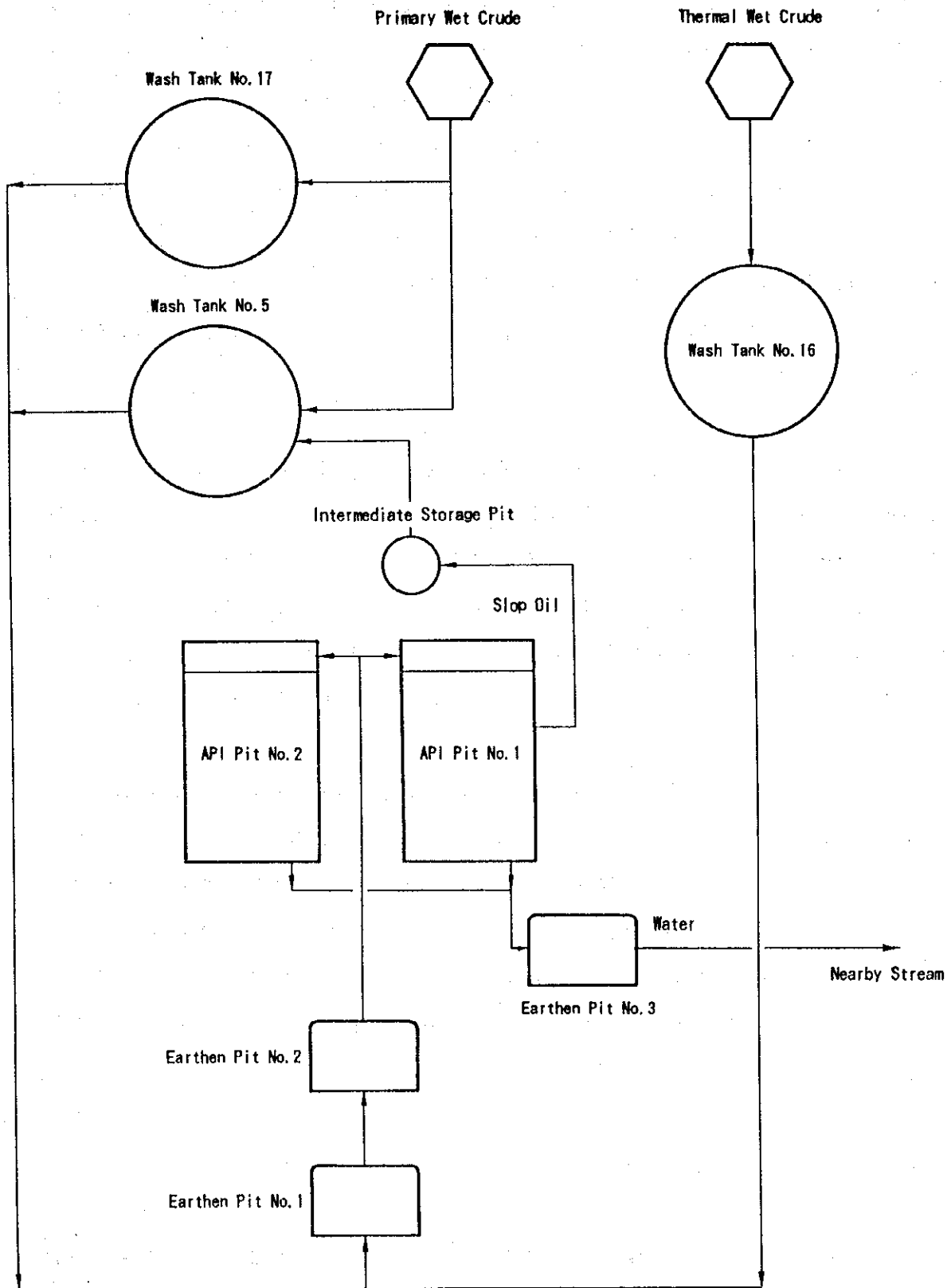


Figure 10-1 Water Treating Facilities - Bernstein

図10-1に示す様に、ウォッシュタンクから排出される分離水は、一次原油・サーマル原油共に、素掘りピットにて砂を沈降させた後、APIセパレーターで処理されている。APIセパレーターは比重差を利用して水と油を分離する装置である。このタンクファームには並列する2系列のAPIセパレーターがあり、油分の分離を行っている。当タンクファームにおいては年々同伴水の量が増加する傾向にあり、排出水中に含まれる油分も多少の変動はあるものの、同様に増加する傾向にある。処理水の増加に伴いAPIセパレーターに砂が堆積すると、油水分離性能が劣化する。また、油水分離性能を維持するためには、清掃作業費が増加することになる。

APIセパレーターからの排水は、再度、最後の素掘りピットに送られ、油分および固形分の除去後、河川に放流されている。APIセパレーターの浮上油は回収されコンクリート製のスロップ溜めにて静置後、レシプロポンプにて一次原油のウォッシュタンク（No. 5およびNo. 17）に戻されている。スラッジの種類は一次原油排水については砂であり、サーマル原油排水については粘土である。APIセパレーターの底にたまったスラッジは年に一回除去されている。

Bernstein タンクファームに送られる水の量は、新規の水蒸気圧入プロジェクト（Cruse-EおよびForest Reserve拡張）の開始により、現在の12,000バレル/日から30,000バレル/日程度に増加すると推定されている。また、近い将来、Los Bajosタンクファームの原油を全てBernsteinの中継送油タンクに送る計画がある。さらに、長期的には、Petrotrin が、西部地区にて生産される原油を全てBernstein に集める計画を持っているので、環境汚染防止を図るためには、適切な水処理施設を設置する必要がある。

### 10-1-3 汚染防止

APIセパレーターの排水は水中油滴型のエマルジョンであり、このエマルジョンが環境汚染の直接の原因となっていることは明らかである。この種の油汚染を防止するためには、以下の対策が有効と考えられるが、これらの対策を個々に

適用するのみでは、適用条件や目的にそぐわない場合があり、問題解決にはならない。排水中の油分を50ppm以下に低下させるためには、最適の施設あるいは対応策を選定・検討し、当タンクファームに設置することが必要である。本報告書にて提案した、加圧浮上法および活性炭吸着法の組み合わせによる処理が、唯一の現実的な解決法であると考えられる。

1. 沈殿している砂の適切な除去による、APIセパレーターの油水分離性能の維持
2. 水中油滴型エマルジョンに対する適切なエマルジョンブレイカーの選定および使用
3. エアーフローテーションユニットあるいはガスフローテーションユニットの設置
4. 活性炭の使用
5. 膜またはフィルターの利用
6. ハイドロサイクロンの設置
7. 排水の地層への圧入

## 10-2 Los Bajosタンクファーム

### 10-2-1 タンク配置および操業状況

Los Bajosタンクファームは Palo Seco油田地帯に位置し、近隣の油田、即ち、Palo Seco、Erin、Mc Kenzie、Central Los Bajos、Coora、Quarry油田より原油を受け入れている。受け入れ量は原油15,000バレル/日、同伴水は約17,000バレル/日である。現在のタンク容量および用途を表10-2にまとめる。

各油田からの同伴水を伴った原油の油水分離は、ウォッシュタンク（No. 2）にて行われている。水分を分離された原油はNo. 4タンクを經由して計量タンクに送られている。ウォッシュタンクの入口側はポンプにより加圧状態であるが、出口側は大気解放状態となっている。また、ウォッシュタンク内の原油と水との境界はタンク底より16~18フィート上部となっている。以前は、Los Bajosの原油はFyzabad タンクファームを經由して、Pointe-a-Pierre製油所に送られていたが、

現在Bernsteinの中継送油タンクを経由して送られている。

**Table 10-2 Tank Configuration - Los Bajos**

(Unit: Barrels)

Tank No.	Capacity	Uses
1	66,000	Fiscalization (out of service)
9	63,000	Fiscalization
3	36,000	Royalty storage fiscalization
5	12,000	ibid
7	12,000	ibid
8	12,000	ibid
2	36,000	Wash Tank, (sludge type; sand)
4	8,000	Receiving
10	37,000	Water tank for workover
6	13,700	ibid

Source: Petrotrin

#### 10-2-2 排水処理

ウォッシュタンクで分離された水はタンク内のドッグレッグパイプを通して小規模のコンクリート製のピットに送られ、浮上油が回収がされている。回収された油分は再びウォッシュタンクに戻され、排水は系外へ放出される。このタンクファームの排水はBernstein タンクファームの排水と極めてよく似ており、水中油滴型の茶色のエマルジョンを多量に含んでいる。このエマルジョンが環境汚染の直接的な原因となっていることもBernsteinと同様である。

現在使用中の小規模のコンクリート製ピットは、元来、一次原油の生産に伴う水のみを想定して設計されているため、水蒸気圧入開始後の排水の大流量化に十分対応できる能力を持っていない。強固なエマルジョンはピットを通過後、数十分で直接小川に流入するため、このタンクファームにおいても、周辺的环境汚染防止のため、新規に水処理施設を建設する必要がある。なお、排水の塩分濃度はスチームの凝縮水により希釈され、2,000~5,000ppm程度に低下している。

#### 10-2-3 排水の有効利用

このタンクファームではタンク2基（No. 3およびNo. 6）をエマルジョン排水の一時的な貯蔵タンクとして使用している。このエマルジョン排水はローリーで井戸元に運搬され坑井改修用の流体として有効に利用されている。排水再利用を行うことにより、放出排水の量が少なくなり、結果的には環境汚染の低減に寄与している。

### 10-3 Point Fortinタンクファーム

#### 10-3-1 タンク配置および操業状況

Point FortinタンクファームはPoint Fortin Central油田の西部に位置し、Parrylands、CruseおよびPoint Fortin Central油田の集油ステーションから原油を受け入れている。タンクの利用区分を表10-3にまとめる。

Table 10-3 Tank Configuration - Point Fortin

(Unit: Barrels)

Tank	Capacity	Present status
Wash Tank		Not available
No. 1 Tank	4,000	Under repair
No. 2 Tank	11,000	Fiscalization
No. 3 Tank	11,000	Fiscalization
No. 4 Tank	11,000	Deteriorated

Source: Petrotrin

同タンクファームにおける通油量は4,500バレル/日、同伴水の量は3,500バレル/日である。受け入れ原油に占めるサーマル原油の割合が少ないため、前出のBernsteinおよびLos Bajosの排水と比較して、かなり性質の異なる排水となっている。排水の色は茶色ではなく、薄い黒色である。このタンクファームの問題点は排水中に残存する油分、もしくは排水と共に系外に排出される黒油状の油中水滴型エマルジョンである。なお、このタンクファームでは、エマルジョンブレーカーが使用されている。

計量タンクより放出される排水は、コンクリート製のピットにて油分を回収した後、再度、素堀のドッグレッグピットにて油分を回収することになっている。しかし、コンクリートピットから浮上油を回収するための専用ポンプがなく、他のポンプを空き時間に時々油分回収用に転用しているため、浮上油の回収が常時行われている訳ではない。このため、ピットの浮上油は容易にピットを通過して、素堀ピットへ流入することになる。これを避けるためには、回収専用のポンプを設置しコンクリートピットの油分回収の頻度を上げる必要がある。現在、かなりの量の浮上油が未回収のまま、コンクリートピットから下流の素堀りピットに流入している。また、素堀りピットにおいても、油分回収が充分に行われておらず、相当量の油分が周辺に流出している。当タンクファームにおいても環境汚染防止対策として新規に排水処理装置を設置する必要がある。

コンクリートピットに入る前にエマルジョンブレイカーが注入されている。一方、素堀りピットの近くに、一時的なスラッジ専用のピットが掘られているが、特に雨期において、このスラッジピットが油分流出の一因となっている。スラッジ処理については別に処理基準を決め、環境への油分流出を防止する必要がある。

#### 10-4 Point Ligoreタンクファーム (TRINMAR社)

##### 10-4-1 タンク配置および操業状況

ソルダード海洋油田およびPoint Ligoreタンクファームの操業会社は TRINMAR社である。同社の株主構成は Petrotrinが66.6%、テキサコが33.3%となっている。タンクの利用区分を表10-4にまとめる。

バリア湾上のソルダード油田よりPoint Ligoreタンクファームに送られる流体の総量は48,000バレル/日であり、その内31,000バレル/日が原油である。Point Ligoreタンクファームへは、16インチ海底パイプラインで連続的に原油が送油されている。この原油のAPI比重は21でアスファルテン分を多く含む重質原油である。エマルジョンブレイカーが、海底から陸上へのパイプラインの立ち

上がり部において注入されている。

残存ガスは、ウォッシュタンク No. 10に入る前に、ガスブーツにて分離され大気放出されている。このガスが誤ってウォッシュタンクに入ると、油水の境界部分にある中間エマルジョン層が不安定になり、油水分離トラブルの原因となる。水を分離された原油は、ウォッシュタンクの上部より静置タンクに送られ、静置後、Bernsteinタンクファームを経由して、Pointe-a-Pierre製油所に送油され処理されている。

**Table 10-4 Tank Configuration and Process Equipment - Point Ligoure**

(Unit: Barrels)

Tank	Capacity	Present status
No. 10 Tank	50,000	Wash tank
No. 6 Tank	5,000	Settling
No. 7 Tank	5,000	Settling
No. 8 Tank	5,000	Settling
No. 4 Tank	15,000	Slop
No. 3 Tank	10,000	Heated oil fiscalization
No. 2 Tank	2,000	Heated oil fiscalization

Process Equipment:  
 Heater Treater of slop oil  
 API Separators Nos. 1, 2, 3, 4  
 CPI Separator  
 Gas Flotation Unit

Source: TRINMAR

#### 10-4-2 原油の性状

海洋で生産されるソルダード原油は、主としてガスリフトによる生産井からの原油である。この海洋油田では水蒸気圧入は行われておらず、また原油性状も本計画調査で対象とした他の陸上油田の原油とは異なる。従って、Bernstein または Los Bajos で見られるような水蒸気圧入に伴う茶色の強固な水中油滴型エマルジョンは発生していない。しかし、このタンクファームには特有の別のエマルジョン問題がある。ウォッシュタンク No. 10からは、約16,000バレル/日の水



が排出されている。また、1,000バレル/日という大量の「ラグ」がウォッシュタンクの油水境界層から抜き出されている。ラグとは、TRINMAR社の用語で、べたついた黒油状の油中水滴型エマルジョンを意味する。

### 10-4-3 排水処理

図10-2に排水処理施設の系統図を示す。ウォッシュタンクNo. 10から出る16,000バレル/日の排水は既存のAPIセパレーターをバイパスして、新設のCPIセパレーターおよびガスフローテーションユニットにて油分を分離され、8インチラインを通じて付近の小川に排出されている。なお、ガスフローテーションユニットの出口における排水中の油分量は設計上48ppmとなっている。

このタンクファームにはAPIセパレーターが直列に4箇所ある。ウォッシュタンクNo. 10より排出される1,000バレル/日の黒色のラグは、APIセパレーターに送られている。このAPIセパレーターの浮上油は連続的に回収され、スロップオイルタンクNo. 4に集められている。このスロップオイルは更にヒータートリーターにて油と水に分離されている。分離された水はNo. 4 APIセパレーターおよび素堀りピットを経由して付近の小川に直接放流されている。APIセパレーターには、この他に、静置タンクNo. 6、7および8からの排水が送られている。なお、このタンクファームにおける雨水排水は、プロセス排水システムと完全に分離されている。

Point Ligoreタンクファームでは、ラグ以外に、スラッジの取扱いに問題がある。原油中のアスファルテン分が多いため、ウォッシュタンクの底に、他のタンクファームに比較して速い速度でスラッジが集積する。No. 10ウォッシュタンクの底に集積したスラッジは定期的にAPIセパレーターに落とされ、油分を回収後、水分は素堀りピットを経由して付近の小川に放流されている。APIセパレーターの底にたまったスラッジは定期的に抜き取られて、タンクファーム外に運び出され処理されている。

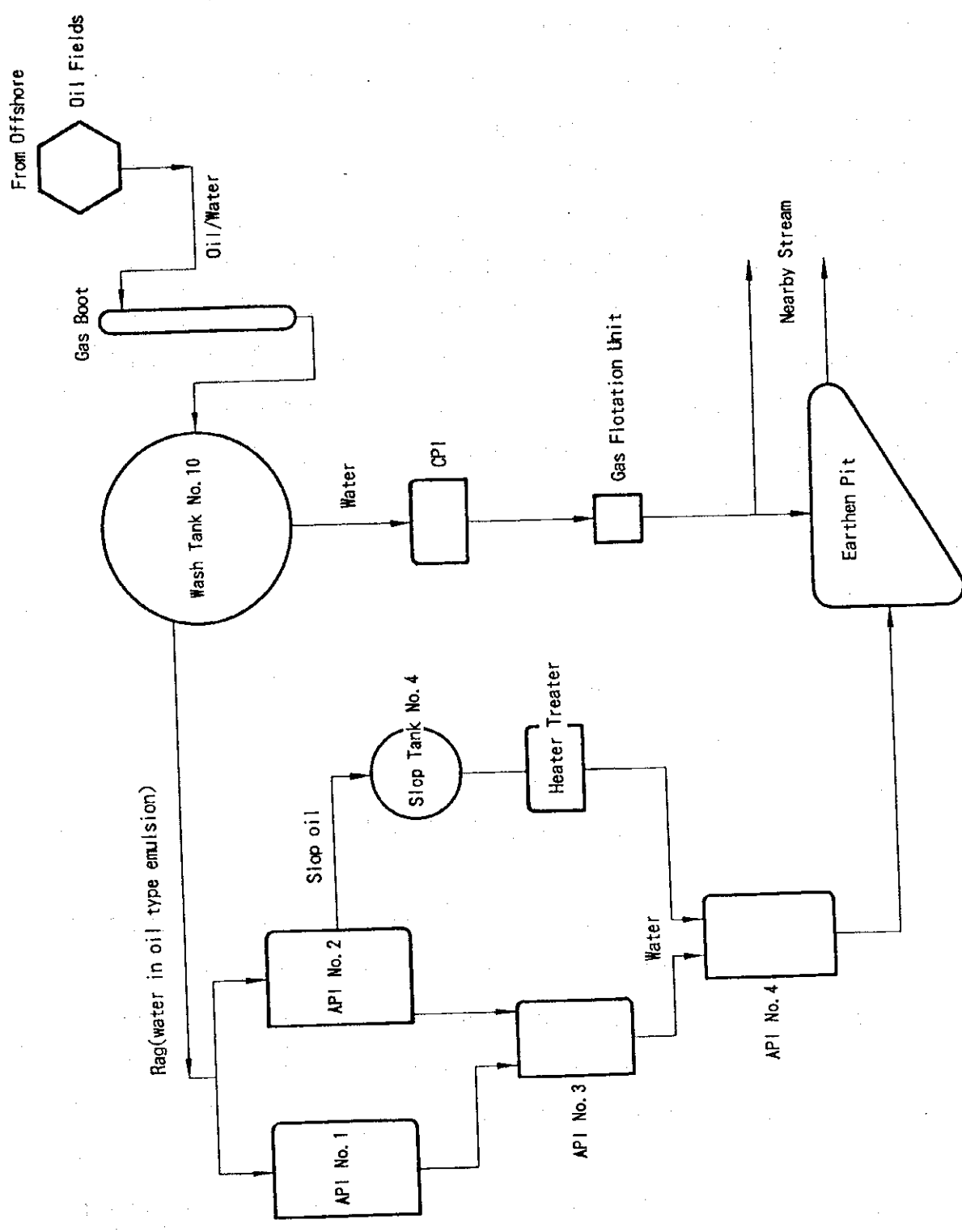


Figure 10-2 Water Treating Facilities - Point Ligoure

#### 10-4-4 環境汚染防止対策

当タンクファームから排出される排水中には、水中油滴型のエマルジョンも多少は含まれるものの、環境汚染の最大の原因は、タンクファームから流れ出し小川に沿ってバリア湾までの約1 kmにわたって浮遊あるいは両岸に付着している黒い油状の物質である。粘着性を有するこの物質は、APIピットより流出したラグ（油中水滴型のエマルジョン）であると考えられる。現有のAPIシステムでは、このエマルジョンを破壊するためのエマルジョンブレイカーも使用されており、通常の運転時には、ラグが継続的に系外に放出されることは無い。しかし、なんらかの要因で、ウォッシュタンクの運転状況が変化すると、油水の境界部分にあるラグの絶対量が増えて、既存のAPIセパレーターで大量のラグを処理しきれなくなり、結果的にラグが系外に放出されると推定されている。何れにせよ、環境汚染防止のためには、このラグを水処理システムの中に閉じこめて系外に出さないようにする必要がある。

#### 10-5 送油トランクリン

##### 10-5-1 トランクリンの現状

トランクリンとは、生産された原油を、各々のタンクファームの計量タンクからPointe-a-Pierre 製油所まで陸上輸送するために敷設されたパイプラインをさす。本調査の対象となる地域のトランクリンのサイズは、8、10および12インチが中心となっている。また、対象地域の油田では3、4、6、8、10、12および16インチのパイプが使用されている。3インチのパイプはネジ継ぎ手、他はシームレス配管の溶接継ぎ手となっている。なお、電気抵抗溶接パイプは使用されていない。パイプの材質については、API規格5LグレードA、B、X-42、46、52、56、60、65、70および80が使用されている。

トランクリンの最大操作圧力は390psiであり、適用される規格はAPI規格である。これらのトランクリンは、敷設後、既に25~50年が経過している。ま

た、原油用のトランクリンに加えて、炭酸ガスおよび海水用のラインがあるが、海水用のラインは現在使用されていない。全てのパイプラインは Petrotrin社のエンジニアリング部門の直接管理下にあり、同部門が日々の維持、管理、および補修作業を行っている。

トランクリンの総延長距離の90%は埋設されており、埋設部分には防食用にアスファルトによる外面コーティングが施されている。西部地区のタンクファームに集められた原油は、Bernsteinタンクファームを経由し、Pointe-a-Pierre製油所に送られている。図10-3に西部地区におけるトランクリンを経由する原油輸送の系統図を示す。

#### 10-5-2 腐食対策

調査対象地区にて生産される原油は硫化水素を含まないため、パイプラインの内部腐食は全体の腐食件数の5%程度に過ぎず、残り95%は外部腐食である。腐食対策として地上部分に関しては犠牲陽極法が、地中部分については外部電源方式による防食が施されている。また腐食防止剤も使用されている。外部腐食は、塗装の剝離に起因するピitting腐食がほとんどであり、補修措置として半スリーブ、または全スリーブを溶接する方法が一般的にとられている。パイプラインに流体を通しながら作業を行うホットタップ法も用いられている。トランクリンの塗装方法は以下の通りである。

1. 防錆塗装、二層
2. 銀色またはエナメル塗装、二層
3. 地中部分のアスファルト被覆、6/1,000または8/1,000インチの層厚

トランクリンの検査は週に一回行われ、1~2名の作業員が対象パイプラインに沿ってパトロールを行い、目視により漏れやにじみだしのチェックを行っている。

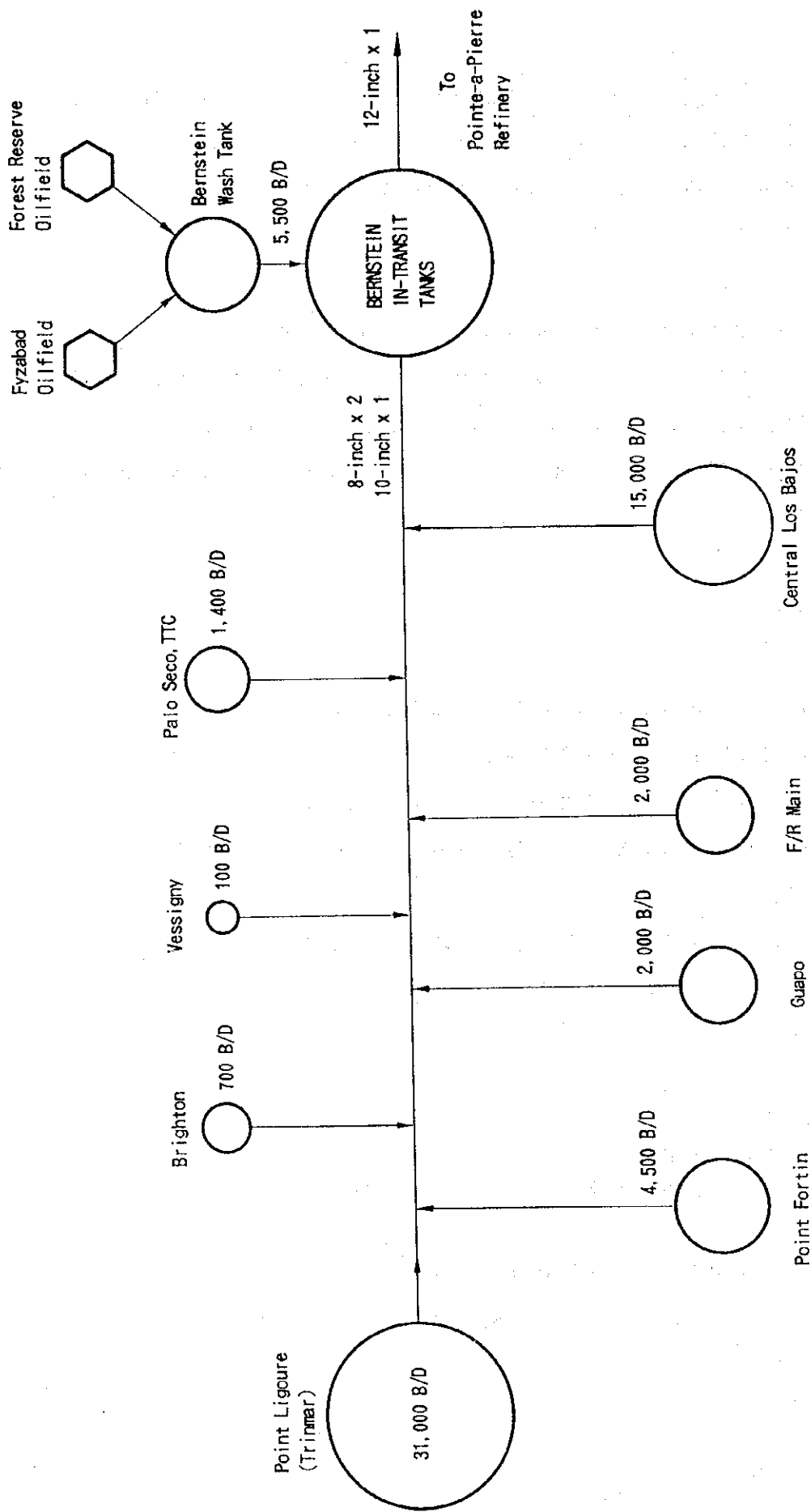


Figure 10-3 Schematic Diagram - Tank Farms and Trunkline

### 10-5-3 汚染防止

調査団はトランクラインの現地調査を行ったが、埋設部分が90%を占めるため、全体の詳細については把握できなかった。しかし、トランクラインに関しては現在に至るまで特に大きな破損事故がないため、順調に運転を継続していると考えられる。

一方、油田地帯を縦横に走っている3および4インチのパイプラインについては、第9章で述べた様に、かなりの箇所でパイプラインの漏洩に起因する油汚染が発生している。これらの漏洩箇所については、パイプラインの修理作業および汚染された土壌の修復作業を早急に行う必要がある。

