

22-3 操業費用

操業費用は変動費と固定費より構成され、変動費は設備の稼働率に依って変化する費用であり、固定費は稼働率に依らず一定の費用である。変動費は処理水1立法メートル当たりUSドルで現してある。

固定費は、一般的にメンテナンス費用、保険料、固定資産税、労務費等がこれに含まれる。

22-3-1 Pointe-a-Pierre 製油所

(1) 変動費

変動費の項目の対象となる設備は、加圧浮上装置、脱水機、焼却炉および排水配管システムである。

1) 加圧浮上装置

表22-3 に加圧浮上装置の変動費を示す。

Table 22-3 Variable Operation Cost of the Dissolved Air Flotation Unit for Pointe-a-Pierre Refinery

(Unit: US Dollars/cubic meter of waste water)

Consumption		Unit cost	Cost
Capacity, 250 m ³ /hour			
Elect. power	0.233 kWh/m ³	0.030 /kWh	0.007
Aluminum sulfate, liquid, g/m ³	1,400	0.06 /kg	0.084
Polymer flocculant, grams/m ³	2	3.0 /kg	0.006
Total			0.097

Source: Study team

2) 脱水機

表 22-4 に脱水機の変動費を示す。

Table 22-4 Variable Operation Cost of the Vacuum Filter for Pointe-a-Pierre Refinery

(Unit: US Dollars/cubic meter of waste water)

	Consumption	Unit cost	Cost
Elect. power	0.056 kWh/m ³	0.030	0.002

Source: Study team

3) 焼却炉

表 22-5 に焼却炉の変動費を示す。

Table 22-5 Variable Operation Cost of the Incinerator for Pointe-a-Pierre Refinery

(Unit: US Dollars/kilograms of waste)

	Consumption	Unit cost	Cost
Capacity, Cake	600 kg/hour		
Emulsion	200 kg/hour		
Elect. power	0.027 kWh/m ³	0.030 /kWh	0.0008
Diesel oil	0.07 lit/kg	0.10 /lit	0.007
Total			0.0078
Total per cubic meter of waste water			0.025

Source: Study team

4) 排水配管システム

表22-6に排水配管システムの変動費を示す。

Table 22-6 Variable Operation Cost of the Waste Water Gathering Pipeline System for Pointe-a-Pierre Refinery

(Unit: US Dollars/cubic meter of waste water)

Consumption	Unit cost	Cost
Elect. power,	0.471 kWh/m ³	0.030 /kWh 0.014

Source: Study team

5) 変動費合計

表22-7にPointe-a-Pierre製油所の変動費の合計を示す。

Table 22-7 Total Variable Operation Cost for Pointe-a-Pierre Refinery

(Unit: US Dollars/cubic meter of waste water)

Dissolved air flotation unit	0.097
Vacuum filter	0.002
Incinerator	0.025
Waste water gathering pipeline system	0.014
Total	0.138
Total, thousand U.S. Dollars/year	302

Source: Study team

(2) 固定費

固定費の内、メンテナンス費用、保険料および固定資産税の合計は建設費の5パーセントとして算出した。労務費については、運転要員数に労務単価TT\$4,500/月/人を乗じて算出した。2名ずつの交代制で合計10名により全設備を運転する。

1) C P I

表22-8にPointe-a-Pierre製油所のC P Iの固定費を示す。

Table 22-8 Fixed Operation Cost of CPI for Pointe-a-Pierre Refinery

(Unit: thousand US Dollars per year)

Capacity (m ³ /hour)	Maintenance Insurance Tax	Labor and Salary	Total
250	3.2	N.A.	3.2

Source: Study team

Note: N.A. stands for "Not applicable."

2) 加圧浮上装置

表22-9にガードベースンを含む加圧浮上装置の固定費を示す。

Table 22-9 Fixed Operation Cost of Dissolved Air Flotation Unit for Pointe-a-Pierre Refinery

(Unit: thousand US Dollars per year)

Capacity (m ³ /hour)	Maintenance Insurance Tax	Labor and Salary	Total
250	23.75	N.A.	23.75
Guard basin 200 m ³			

Source: Study team

3) 脱水機

表22-10にPointe-a-Pierre製油所の脱水機の固定費を示す。

Table 22-10 Fixed Operation Cost of Vacuum Filter for Pointe-a-Pierre Refinery

(Unit: thousand US Dollars per year)

Capacity (m ³ /day)	Maintenance Insurance Tax	Labor and Salary	Total
76.8 Scum	12.3	N.A.	12.3

Source: Study team

4) 焼却炉

表 22-11 に Pointe-a-Pierre 製油所の焼却炉の固定費を示す。

Table 22-11 Fixed Operation Cost of the Incinerator for Pointe-a-Pierre Refinery

(Unit: thousand US Dollars per year)

Capacity (kg/hour)	Maintenance Insurance Tax	Labor and Salary	Total
600 Cake 200 Emulsion	34.05	N.A.	34.05

Source: Study team

5) 排水配管システム

表 22-12 に Pointe-a-Pierre 製油所の排水用配管システムの固定費を示す。この固定費にはサーフェスコンデンサーの固定費を含む。

Table 22-12 Fixed Operation Cost of Waste Water Gathering Pipeline System for Pointe-a-Pierre Refinery

(Unit: thousand US Dollars per year)

	Maintenance Insurance Tax	Labor and Salary	Total
	70.10	N.A.	70.10

Source: Study team

6) D C S

表 21-13 に D C S の固定費を示す。

Table 22-13 Fixed Operation Cost of DCS for Pointe-a-Pierre Refinery

(Unit: thousand US Dollars per year)

	Maintenance Insurance Tax	Labor and Salary	Total
	25.50	N.A.	25.50

Source: Study team

7) 固定費合計

表22-14に、Pointe-a-Pierre製油所の設備および改造に関する固定費の合計を示す。

Table 22-14 Total Fixed Operation Cost for Pointe-a-Pierre Refinery

(Unit: thousand US Dollars per year)

	Maintenance Insurance Tax	Labor and Salary	Total
CPI	3.2	N.A.	3.2
DAF unit	23.75	N.A.	23.75
Vacuum filter	12.3	N.A.	12.3
Incinerator	34.05	N.A.	34.05
Gathering system, pumps, surface condenser, pits	70.10	N.A.	70.10
DCS	25.50	N.A.	25.50
Total	169	100	269

Source: Study team

22-3-2 Bernstein タンクファーム

(1) 変動費

変動費の項目の対象となる設備は、加圧浮上装置、活性炭吸着設備、脱水機、焼却炉および排水配管システムである。

1) 加圧浮上装置

表22-15に加圧浮上装置の変動費を示す。

Table 22-15 Variable Operation Cost of the Dissolved Air Flotation Unit for Bernstein Main Storage

(Unit: US Dollars/cubic meter of waste water)

Consumption		Unit cost	Cost
Capacity, 440 m ³ /hour			
Elect. power	0.151 kWh/m ³	0.030 /kWh	0.005
Aluminum sulfate, liquid, g/m ³	3,500	0.06 /kg	0.210
Polymer flocculant, grams/m ³	4	3.0 /kg	0.012
Total			0.227

Source: Study team

2) 活性炭吸着設備

表22-16に活性炭吸着設備の変動費を示す。

Table 22-16 Variable Operation Cost of the Activated Carbon Adsorption Unit for Bernstein Main Storage

(Unit: US Dollars/cubic meter of waste water)

Consumption		Unit cost	Cost
Elect. power, kWh/m ³	0.2708	0.030 /kWh	0.008
Ind. water, m ³ /m ³	0.021	0.084 /m ³	0.002
Comp. air, Nm ³ /m ³	0.006	-	-
Nitrogen, Nm ³ /m ³	0.005	1.28 /m ³	0.006
HCl, 35% liq., kg/m ³	0.001	0.114 /kg	0.0001
NaOH, 25% liq., kg/m ³	0.002	0.285 /kg	0.0006
Activated carbon, kg/m ³	0.042	2.86 /kg	0.120
Diesel fuel, liter/m ³	0.573	0.10 /liter	0.057
Total			0.194

Source: Study team

3) 脱水機

表22-17に脱水機の変動費を示す。

Table 22-17 Variable Operation Cost of the Vacuum Filter for Bernstein Main Storage

(Unit: US Dollars/cubic meter of waste water)

Consumption		Unit cost	Cost
Elect. power,	0.306 kWh/m ³	0.030	0.009

Source: Study team

4) 焼却炉

表22-18に焼却炉の変動費を示す。

Table 22-18 Variable Operation Cost of the Incinerator for Bernstein Main Storage

(Unit: US Dollars/kilograms of waste)

Consumption		Unit cost	Cost
Capacity, Cake	2,300 kg/hour		
Emulsion	500 kg/hour		
Elect. power,	0.026 kWh/m ³	0.030 /kWh	0.0008
Diesel oil	0.048 lit/kg	0.10 /lit	0.0048
Total			0.0056
Total per cubic meter of waste water			0.039

Source: Study team

5) 配管

表22-19に排水用の配管システムの変動費を示す。

Table 22-19 Variable Operation Cost of the Waste Water Gathering Pipeline System for Bernstein Main Storage

(Unit: US Dollars/cubic meter of waste water)

Consumption		Unit cost	Cost
Elect. power,	0.774 kWh/m ³	0.030 /kWh	0.023

Source: Study team

6) 変動費合計

表22-20にBernstein タンクファームの変動費合計を示す。

Table 22-20 Total Variable Operation Cost for Bernstein Main Storage

(Unit: US Dollars/cubic meter of waste water)

Dissolved air flotation unit	0.227
Activated carbon adsorption unit	0.194
Vacuum filter	0.009
Incinerator	0.039
Waste water gathering pipeline system	0.023
Total	0.492
Total, thousand U.S. Dollars/year	1,724

Source: Study team

(2) 固定費

固定費の内、メンテナンス費用、保険料および固定資産税の合計は建設費の5パーセントとして算出した。労務費については、運転要員数に労務単価TT\$4,500/月/人を乗じて算出した。

1) C P I

表22-21にオイルセパレーターの固定費を含むC P Iの固定費を示す。

Table 22-21 Fixed Operation Cost of CPI for Bernstein Main Storage

(Unit: thousand US Dollars per year)

Capacity (m ³ /hour)	Maintenance Insurance Tax	Labor and Salary	Total
400 2,250 m ³ oil separator	21.60	N.A.	21.60

Source: Study team

2) 加圧浮上装置

表22-22に加圧浮上装置の固定費を示す。

Table 22-22 Fixed Operation Cost of Dissolved Air Flotation Unit for Bernstein Main Storage

(Unit: thousand US Dollars per year)

Capacity (m ³ /hour)	Maintenance Insurance Tax	Labor and Salary	Total
440	26.90	N.A.	26.90

Source: Study team

3) 活性炭吸着装置

表 22-23 に活性炭吸着装置の固定費を示す。

Table 22-23 Fixed Operation Cost of Activated Carbon Adsorption Unit for Bernstein Main Storage

(Unit: thousand US Dollars per year)

Capacity (m ³ /hour)	Maintenance Insurance Tax	Labor and Salary	Total
400	597.15	N.A.	597.15

Source: Study team

4) 脱水機

表 22-24 に脱水機の固定費を示す。

Table 22-24 Fixed Operation Cost of Vacuum Filter for Bernstein Main Storage

(Unit: thousand US Dollars per year)

Capacity (m ³ /day)	Maintenance Insurance Tax	Labor and Salary	Total
1,246 Scum	43.35	N.A.	43.35

Source: Study team

5) 焼却炉

表 22-25 に焼却炉の固定費を示す。

Table 22-25 Fixed Operation Cost of the Incinerator for Bernstein Main Storage

(Unit: thousand US Dollars per year)

Capacity (kg/hour)	Maintenance Insurance Tax	Labor and Salary	Total
2,300 Scum 500 Emulsion	79.6	N.A.	79.6

Source: Study team

6) 配管、ポンプ、ピットおよびスロップタンク

表 22-26 に配管、ポンプ、ピットおよびスロップタンクの固定費を示す。

Table 22-26 Fixed Operation Cost of Pipes, Pumps, Pits, and Slop Tank for Bernstein Main Storage

(Unit: thousand US Dollars per year)

	Maintenance Insurance Tax	Labor and Salary	Total
	46.40	N.A.	46.40

Source: Study team

7) 固定費合計

表 22-27 に、Bernstein タンクファームの設備および改造に関する固定費の合計を示す。

Table 22-27 Total Fixed Operation Cost for Bernstein Main Storage

(Unit: thousand US Dollars per year)

	Maintenance Insurance Tax	Labor and Salary	Total
CPI	21.60	N.A.	21.60
DAF unit	26.90	N.A.	26.90
ACA unit	597.15	N.A.	597.15
Vacuum filter	43.35	N.A.	43.35
Incinerator	79.6	N.A.	79.6
Pipes, pumps, pits slop tank	46.40	N.A.	46.40
Total	815	100	915

Source: Study team

22-4 その他の費用

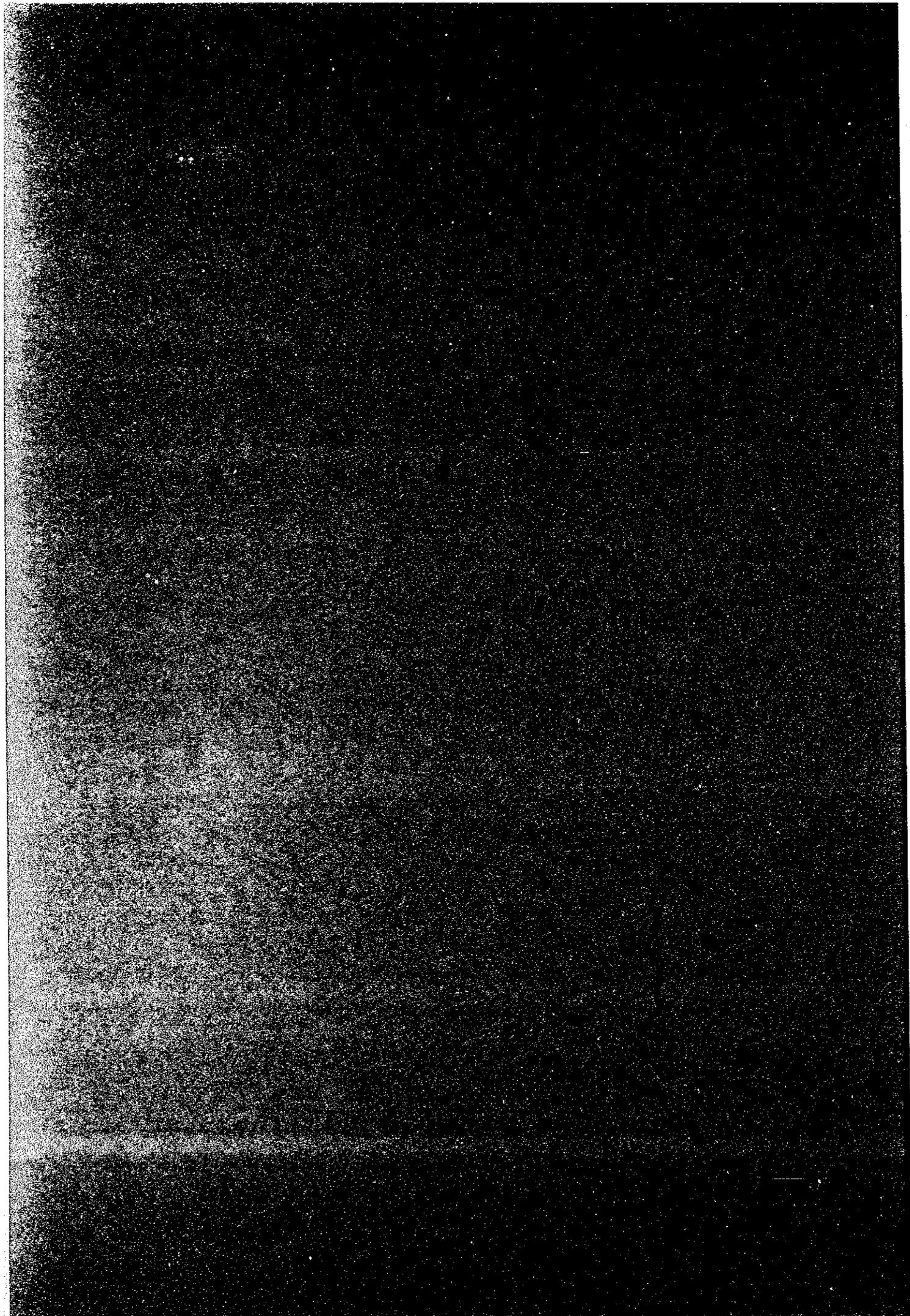
設備および操業を拡張する場合には、通常、予測不能の経費が生じる。これらは、電話回数、事務および管理業務、他部門・部署の労務費、保険料、事務用品の消費の増加等であり、まとめて「オーバーヘッド」と云われているものである。プロセスプラントの拡張の場合では、オーバーヘッドは通常労務費の50パーセン

トとされており、本プロジェクトの経済性評価においてもこのオーバーヘッドを考慮する。

22-5 基本設計および建設業者選定のためのコンサルタントフィー

排水処理設備と廃棄物処理センターのエンジニアリングおよび建設のための契約を締結する前に、トリニダッド・トバゴ国政府は、基本設計、入札図書の作成、入札の実施、落札候補者との交渉および業者決定のために、コンサルタントを雇う必要があると考えられる。コンサルタントフィーは、これらの業務を政府自身でどこまでやるか、あるいは、ランブサム契約かコストプラスフィー契約で実施するかにより、大きく変化する。調査団は、このコンサルタントフィーとして、トリニダッド・トバゴ国政府は最小限の技術関連業務のみ行い、且つランブサム契約で実施するものとして、1994年価格で350,000米ドルと見積もった。但し、この価格には、設計、建設のための監督・管理業務は含まれていない。

第23章 評 価



第23章 評価

本章では、提案した計画により、50ppm の目標値を達成するための経済性の評価を行う。

23-1 前提条件

計画評価のための前提条件としては、カウンターパートと調査団が合意し、かつ第3次現地調査のプログレスレポートにも記されている以下の事項を用いる。

1. プロジェクト年数	20 年
2. Social discount rate	10 %/年
3. 資金源	100% ローン
4. 金利	5.0 %/年
5. 返済	元金の10%/年
6. 建設期間	1 年
7. 操業年数	19 年
8. Shadow price factor	使用しない

23-2 総所要資金

23-2-1 建設費

建設費は第22章に述べた次の数値である。

	単位： 1,000 USドル
Pointe-a-Pierre 製油所	3,377
Bernstein タンクファーム	16,300
建設費合計	19,677

23-2-2 総所要資金の計算

表23-1にPointe-a-Pierre製油所およびBernsteinタンクファームにおける本計画の総所要資金を示す。

Table 23-1 Total Capital Requirements

(Unit: thousand U.S. Dollars)

1. Plant cost

	Plant cost	IDC	Pre-operation cost	Total capital req'ment
Pointe-a-Pierre Refinery	3,377	84	10	3,471
Bernstein Main Storage	16,300	408	10	16,718
Total	19,677	492	20	20,189

Note: 1. IDC stands for interest during construction. IDC's are 0.5 years' interests on the loan for the plant costs plus calculated
 2. Pre-operation costs are assumed to be 10 percent of annual salary and labor.

2. Consultancy fee

	Consultancy fee	IDC	Pre-operation cost	Total capital req'ment
Pointe-a-Pierre Refinery	60	4.5	N.A.	64
Bernstein Main Storage	290	22	N.A.	312
Total	350	26	N.A.	376

1. The consultancy fee is prorated to Pointe-a-Pierre Refinery and Bernstein Main Storage according to the plant costs.
 2. IDC's are 1.5 years' interest.

3. Total cost

	Plant cost	IDC	Pre-operation cost	Total capital req'ment
Pointe-a-Pierre Refinery	3,437	88	10	3,535
Bernstein Main Storage	16,590	430	10	17,030
Total	20,027	518	20	20,565

23-3 運転資金

運転開始前に、建設費の1パーセントに相当するスペアパーツおよび消耗品の内、ディーゼル油を除いたその年間消費量の25パーセント相当量を購入するものとする。表23-2に運転資金の計算結果を示す。

Table 23-2 Working Capital

(Unit: thousand U.S. Dollars)

Pointe-a-Pierre Refinery	
Spareparts	35
Consumables	
Aluminum sulfate	46
Polymer flocculant	3
<hr/>	
Total	94
<hr/>	
Bernstein Main Storage	
Spareparts	170
Consumables	
Aluminum sulfate	198
Polymer flocculant	11
Nitrogen	5
HCl	Negligible
NaOH	1
Activated carbon	105
<hr/>	
Total	490
<hr/>	
Total	584

23-4 経済コスト

23-4-1 初期経済コスト

第22章ではプラントコストについて述べた。また、上記では総所要資金および運転資金の計算結果を示した。これらは財務コストではあるが経済コストではなく、投資計画においてはこの二つは厳密に区別される。通常、最初に財務コストを計算し、その後で、他に転化出来るコスト項目を財務コストから減じて経済コストを計算する。コストは物的あるいは人的な資材量を金額でもって示したものである。他に転化出来るコストとは、投資計画において、支払われはするが、実

際には消費されないコスト、すなわち、同一国内において、一つの投資計画から他の部門へと移るコストのことである。本調査においては、石油部門から他の政府部門へ移る税金および関税がこれに当たる。

表22-1および表22-2に示した設備費は、約15パーセントの税金と15パーセントの付加価値税（VAT）を含んでいる。従って、設備費の経済コストは、設備費の財務コストから、税金およびVAT相当額の30パーセントを減ずることにより、即ち財務コストを1.30で除することにより得られる。同様に、土木工事費および据付費は、15パーセントのVATを含むことにより、その財務コストからVATを減ずること、即ち1.15で除すことにより経済コストが得られる。コンサルタントフィーにかんしては、経済コストと財務コストは等しい。運転資金に関しては、運転が輸入品により行われることにより、前述の運転資金を同様に1.30で除すことで経済コストが得られる。

表23-3に初期経済コストをまとめる。

Table 23-3 Economic Costs of the Program

(Unit: thousand U.S. Dollars)

Installed cost	
Pointe-a-Pierre Refinery	2,723
Bernstein Main Storage	12,807

Total	15,530

Consultancy fee	
Pointe-a-Pierre Refinery	60
Bernstein Main Storage	290

Total	350

IDC	
Plant cost	
Pointe-a-Pierre Refinery	68
Bernstein Main Storage	320

Total	388

Consultancy fee	
Pointe-a-Pierre Refinery	4
Bernstein Main Storage	22

Total	26

Pre-operation cost	
Pointe-a-Pierre Refinery	10
Bernstein Main Storage	10

Total	20

Working capital	
Pointe-a-Pierre Refinery	72
Bernstein Main Storage	377

Total	449

Source: Study team

23-4-2 経済操業費

経済操業費は、他に転化出来るコストを財務操業費から減じることにより得られる。表23-4に経済操業費をまとめる。

Table 23-4 Economic Operation Costs

(Unit: thousand U.S. Dollars per year)

Pointe-a-Pierre Refinery	
Variable operation cost	263
Fixed operation cost	230

Total operation cost	493

Bernstein Main Storage	
Variable operation cost	1,499
Fixed operation cost	727

Total operation cost	2,226

Total	
Variable operation cost	1,762
Total fixed cost	957

Total	2,719

Source: Study team

- Note:
1. Economic variable operation costs are obtained by dividing the financial variable operation costs by 1.15.
 2. Economic fixed operation costs are obtained by dividing the financial MIT cost by 1.3 plus financial labor and salary cost.

23-5 経済的負担額

表23-5、表23-6および表23-7にPointe-a-Pierre製油所、Bernsteinタンクファームおよびこれらを併せた場合の経済的負担の計算を示した。また、表23-8、23-9、23-10には、同様の計算を、米国および英国のいわゆるメジャーと言われている石油会社が採用している国際的な方法によって行った結果を示す。

23-1の前提条件にて本計画を実施した場合、その建設と操業に対して、政府が負担すべき年間額は、Pointe-a-Pierre製油所、Bernsteinタンクファームおよびそれらを併せたものに対して、それぞれ818,000米ドル、3,567,000米ドルおよび4,385,000米ドルである。また、これらの生産量をそれぞれ日量で60,000、30,000および60,000バレルとした場合、そのバレル当たりの処理費は、表23-5、23-6および23-7から、それぞれ、0.04米ドル、0.33米ドルおよび0.20米ドルである。一方、同量の実産量の場合、表23-8、23-9および23-10から、1バレル当たりの処理費はそれぞれ、0.04米ドル、0.35米ドル、0.22米ドルとなる。

上記の計算結果は、両者共ほぼ等しい結果を示している。表23-5、23-6および23-7の方法は、金利、返済、変動費および固定費に対して、10パーセントの割引率で現在価値がゼロとなる様なキャッシュフローを得るための計算であるのに対し、表23-8、23-9および23-10の計算は、国際的な石油工業界において一般的に採用されている方法である。本計画の評価には、表23-8、23-9および23-10で得られた結果を用いることとする。

23-6 経済的負担額の評価

石油汚染の深刻さおよびこれを50ppm以下にすることを緊急性を考慮すると、Pointe-a-Pierre製油所の処理量にて、年間負担額4,769,000米ドル、或いはバレル当たりの処理費0.22米ドルは、以下の理由により妥当であると考えられる。

Table 23-5 Economic Cost of Waste Water Treatment, Pointe-a-Pierre Refinery

		Pollution Prevention and Control within the Petroleum Sector in the Republic of Trinidad and Tobago																					
		Unit: 1,000 US Dollars																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Economic Analysis, Pointe-a-Pierre Refinery																							
Year		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Plant Cost	2,723																						
Pre-operation Cost	10																						
Interest during Const.	68																						
Consultancy Fee	60																						
Interest on Cons. Fee	2																						
	3																						
Repayment Statement																							
Outstanding Debt	2,866	2,579	2,293	2,006	1,719	1,433	1,146	860	573	287	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Repayment	0	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287
Interest Payment	0	143	129	115	100	86	72	57	43	29	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Working Capital	72																						
Operation Cost																							
Variable Cost		263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263
Fixed Cost		230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230
Overhead		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Compensation		818	818	818	818	818	818	818	818	818	818	818	818	818	818	818	818	818	818	818	818	818	818
Cash Flow		-155	-141	-126	-112	-98	-83	-69	-55	-40	-26	275	275	275	275	275	275	275	275	275	275	275	347
NPV at 10 percent	-1																						
Throughput, BPSD	60,000																						
Cost, US\$/Bbl	0.04																						

Table 23-7 Economic Cost of Waste Water Treatment, Combined

Pollution Prevention and Control within the Petroleum Sector in the Republic of Trinidad and Tobago

Economic Analysis, Pointe-a-Pierre Refinery

Unit: 1,000 US Dollars

Year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Plant Cost		15,530																			
Pre-operation Cost		20																			
Interest during Const.		388																			
Consultancy Fee	350																				
Interest on Cons. Fee	9	18																			
Repayment Statement																					
Outstanding Debt		16,315	14,683	13,052	11,420	9,789	8,157	6,526	4,894	3,263	1,631	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Repayment		0	1,631	1,631	1,631	1,631	1,631	1,631	1,631	1,631	1,631	1,631	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Interest Payment		0	816	734	653	571	489	408	326	245	163	82	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Working Capital																					449
Operation Cost																					
Variable Cost		1,762	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762
Fixed Cost		957	957	957	957	957	957	957	957	957	957	957	957	957	957	957	957	957	957	957	957
Overhead		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Compensation		4,385	4,385	4,385	4,385	4,385	4,385	4,385	4,385	4,385	4,385	4,385	4,385	4,385	4,385	4,385	4,385	4,385	4,385	4,385	4,385
Cash Flow		-881	-800	-718	-637	-555	-473	-392	-310	-229	-147	1,566	1,566	1,566	1,566	1,566	1,566	1,566	1,566	1,566	2,015
NPV at 10 percent	3																				
Throughput, BPSD		60,000																			
Cost, US\$/Bbl		0.20																			

Table 23-8 Economic Cost of Waste Water Treatment, Pointe-a-Pierre Refinery, Alternative Method

		Unit: 1,000 US Dollars																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Pollution Prevention and Control within the Petroleum Sector in the Republic of Trinidad and Tobago																						
Economic Analysis, Pointe-a-Pierre Refinery																						
Year		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Plant Cost	2,723																					
Pre-operation Cost	10																					
Interest during Const.	68																					
Consultancy Fee	60																					
Interest on Cons. Fee	2	3																				
Repayment Statement																						
Outstanding Debt	2,804	2,524	2,243	1,963	1,682	1,402	1,122	841	561	280	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Repayment	0	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
Interest Payment	0	140	126	112	98	84	70	56	42	28	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Working Capital	72																					
Operation Cost																						
Variable Cost		263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263
Fixed Cost		230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230
Overhead		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Compensation		885	885	885	885	885	885	885	885	885	885	885	885	885	885	885	885	885	885	885	885	885
Cash Flow		-60	-2,805	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342
NPV at 10 percent	1																					
Throughput, BPSD																						
Cost, US\$/Bbl																						

Table 23-9 Economic Cost of Waste Water Treatment, Bernsetin Main Storage, Alternative Method

Pollution Prevention and Control within the Petroleum Sector in the Republic of Trinidad and Tobago		Unit: 1,000 US Dollars																				
Economic Analysis, Bernsetin Main Storage, Base Case		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Year																						
Plant Cost	12,807																					
Pre-operation Cost	10																					
Interest during Const.	320																					
Consultancy Fee	290																					
Interest on Cons. Fee	7																					
Repayment Statement																						
Outstanding Debt	13,152	11,837	10,522	9,206	7,891	6,576	5,261	3,946	2,630	1,315	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Repayment	0	1,315	1,315	1,315	1,315	1,315	1,315	1,315	1,315	1,315	1,315	1,315	1,315	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Interest Payment	0	658	592	526	460	395	329	263	197	132	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Working Capital	377																					
Operation Cost																						
Variable Cost		1,499	1,499	1,499	1,499	1,499	1,499	1,499	1,499	1,499	1,499	1,499	1,499	1,499	1,499	1,499	1,499	1,499	1,499	1,499	1,499	1,499
Fixed Cost		727	727	727	727	727	727	727	727	727	727	727	727	727	727	727	727	727	727	727	727	727
Overhead		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Compensation		3,884	3,884	3,884	3,884	3,884	3,884	3,884	3,884	3,884	3,884	3,884	3,884	3,884	3,884	3,884	3,884	3,884	3,884	3,884	3,884	3,884
Cash Flow	-290	-13,194	1,608	1,608	1,608	1,608	1,608	1,608	1,608	1,608	1,608	1,608	1,608	1,608	1,608	1,608	1,608	1,608	1,608	1,608	1,608	1,608
NPV at 10 percent	0																					
Throughput, BPSD	30,000																					
Cost, US\$/Bbl	0.35																					

Table 23-10 Economic Cost of Waste Water Treatment, Combined, Alternative Method

Pollution Prevention and Control within the Petroleum Sector in the Republic of Trinidad and Tobago

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Economic Analysis, Pointe-a-Pierre Refinery																						
Year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Plant Cost		15,530																				
Pre-operation Cost		20																				
Interest during Const.		388																				
Consultancy Fee	350																					
Interest on Cons. Fee	9	18																				
Repayment Statement																						
Outstanding Debt	15,956	14,361	12,765	11,169	9,574	7,978	6,382	4,787	3,191	1,596	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Repayment	0	1,596	1,596	1,596	1,596	1,596	1,596	1,596	1,596	1,596	1,596	1,596	1,596	1,596	1,596	1,596	1,596	1,596	1,596	1,596	1,596	1,596
Interest Payment	0	798	718	638	558	479	399	319	239	160	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Working Capital																						
																						-449
Operation Cost																						
Variable Cost	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762	1,762
Fixed Cost	957	957	957	957	957	957	957	957	957	957	957	957	957	957	957	957	957	957	957	957	957	957
Overhead	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Compensation	4,769	4,769	4,769	4,769	4,769	4,769	4,769	4,769	4,769	4,769	4,769	4,769	4,769	4,769	4,769	4,769	4,769	4,769	4,769	4,769	4,769	4,769
Cash Flow	-350	-15,999	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	2,399
NPV at 10 percent																						
Throughput, BPSD																						
Cost, US\$/Bbl																						

1
60,000
0.22

23-6-1 経済的負担額の意味

排水処理費用として、年間当たり経済的負担額4,769,000米ドルは、トリニダッド・トバゴの種々の経済指標の中で、次のように位置付けられる。

GDPの0.13パーセント； GDPは約 $20,000 \times 10^6$ TTドル。

GDPに対する石油部門の寄与率の0.54パーセント； GDPに対する石油部門の寄与率は約25パーセント。

国家歳入の0.45パーセント； 国家歳入は約 $6,000 \times 10^6$ TTドル。

年間一人当たり4.00米ドル； トリニダッド・トバゴの人口は124万人。1人当たりのGDP3,043米ドルの0.13パーセントに相当。

輸出収入の0.38パーセント； 輸出収入は約 $7,000 \times 10^6$ TTドル。

原油および石油製品輸出収入の0.58パーセント； 原油および石油製品輸出による収入は、全輸出収入額の約65パーセント。

現在の石油汚染の深刻さを考慮するならば、50ppmの目標値の達成なくしては陸上油田の存続は有り得ない。問題は、何とかしてでもこの負担額を受け入れるか、或いは陸上油田の生産を停止するかである。1バーレル当たり0.22米ドルの僅かな負担額で、陸上油田の生産停止と云う事態は避けられる。排水処理設備費用の資金としては、原油および石油製品の輸出収入が最も適していると考えられる。汚染防止およびその管理のために、石油部門が割く輸出収入の0.58パーセントと云う数値は、さほど大きな数字ではなく、この僅かな費用増加により世界石油市場におけるトリニダッド・トバゴの競争力が損なわれる心配はない。

23-6-2 経済コストと原油の経済価値

Bernstein タンクファームの原油の経済価値を計算し、1バーレル当たり0.22米ドルの経済的処理費用と比較してみる。Bernstein タンクファームの設備は古く、減価償却は終了しているため、原油の経済的費用の大部分は、生産に使用される蒸気であると考えられる。蒸気発生にのみ水が使用されたとした場合、1トン当たり、あるいは6.3バーレル当たりの原油に2トンの蒸気が消費される。

(日量30,000バレルの原油生産に対し、400 トン/Hrの蒸気を消費) 2トンの蒸気発生には、原油1バレル相当の熱量が消費される。言い替えると、原油6.3バレルを生産するために、1バレルの原油が消費されることになる。実際には、余剰の同伴ガスが蒸気発生のため用いられるが、同伴ガスもその発熱量に応じた、言い替えると、原油1バレルに相当する固有の経済的価値を有するものである。原油の経済価格を、同質のベネズエラ原油の一般に公表されている1バレル当たり12米ドルとすると、1バレルの原油生産のための蒸気の経済価格は1.90米ドルとなる。原油生産のために必要な電力費、人件費、メンテナンス費等は、蒸気の経済的費用に比べて安く、これらの全てを合わせても、陸上油田の場合、1バレル当たり高々2米ドル程度と考えられる。従って、Bernstein タンクファームへ送油されてくる原油は、1バレル当たり約4米ドルの経済コストを要し、12米ドルの経済価値を持つと考えられる。即ち、これらの原油は、1バレル当たりの生産に対して、8米ドルの経済的価値を生み出している、と言える。これらを考慮すれば、石油部門が1バレル当たり0.35米ドルの経済的負担額の増加に耐えられないことはない、と考えられる。

23-6-3 石油製品の消費者価格への影響

石油製品の小売り価格を高くして、経済的負担額を国内の消費者へ転化させるのは良い方法とは言えない。汚染の防止および管理の費用に関しては、当該の工業がそれに係わる費用を商品に含ませてエンドユーザーに転化するのが普通である。しかしながら、トリニダッド・トバゴにおいては、原油生産量の約十分の一にあたる年間約5百万バレルの原油が国内消費されているのみで、大部分の原油および石油製品は輸出されていると云う特殊事情がある。もしも、排水処理の経済的負担費である4,769,000米ドルを国内消費者に転化すれば、全ての石油製品に対して1リットル当たり平均0.033TTドル付加されることとなる。この数字は、現在の1リットル当たり約0.4ないし0.5TTドルの平均小売価格に付加するには大きすぎると考えられる。

23-6-4 他の国での例

1979年に開催された第10回世界石油会議は、排水の規制値を更に厳しくすべきと云う石油工業会の趨勢を示していると考えられる。最も信頼出来る情報源の一つであるアメリカ石油協会は、更に厳しい規制が予想される排水処理基準に適合するための排水処理コストとして、1985年基準価格にて、1パーレル当たり年間に0.29ないし0.39米ドルと見積り、世界石油会議に提出している。

1994年基準価格で1パーレル当たり0.22米ドルと云う本計画の処理費用は、上記の数値と十分に比較し得るものである。

23-7 社会経済的便益

本計画の実施によりもたらされる社会経済的便益は極めて多岐に亘るが、定量化され得ない性質のものである。以下に予想される便益を記す。

23-7-1 農業および漁業への便益

現在、調査対象の油田地帯の農業は、時折灌漑水が油汚染されて被害を受けている。本計画の実現により、河川水中の、油滴水中型のエマルジョンは除去される。

Paria 湾への油の流入はほとんど無くなり、トリニダッド・トバゴで最も汚染されている本湾の生態系は飛躍的に向上すると予想される。また、これにより、Paria 湾が健全な漁場として甦ることにもなる。これらを完全に機能させるためには、本計画に加え、本計画と同様の設備をPoint Fortinのタンクファームおよび製油所、Point Ligoure のタンクファームに設置することおよびTB33の上流設備の適切な管理が必要である。

上述の対策が適切且つ忠実に実行されるならば、関連河川およびParia 湾の水

は清澄となり、浮上油、懸濁油滴は完全に除去される。従って、油汚染のため生存出来なかった魚や水生生物が復帰すると考えられる。しかしながら、関連河川およびParia 湾が健全な漁場であると明言したことにに関して、一つの問題が未解決のまま残る。処理水中に最高50ppm 存在する溶解物質の水生生物への影響が未知のままである。これに関する長期的な影響は特に重要であり、これらの物質が生物体内に蓄積されるのか、あるいは分解消滅するのか、に関して長期に亘る監視が必要であろう。この問題に関しては解答が出ないまま残るものの、本計画により、現在のひどい水環境が飛躍的に改善されることは疑いない。

23-7-2 健康被害の低減

現在生じている石油汚染に関して、人間の健康被害と云う観点からの評価は行われていない。大規模な石油の漏洩事故の際には、事故現場に近づく人間は、石油蒸気の吸引により急性中毒に見舞われる。本調査の対象となっている石油汚染地域では、石油あるいは石油誘導体の臭気が周辺に充満しており、このことは、この地域で働いている人間、または周辺住民がかなりの濃度の石油蒸気に曝されていることを示している。本計画の実行および次章で挙げる勧告を実施するならば、API およびその他のタイプのオイルセパレーターの浮上油の流出は大幅に低減され、この結果、大気中への石油蒸気の放出は低減される。これにより、労働現場での健康に関する労働条件は確実に向上する。

石油を直接扱わない人に関しても、その被害は石油汚染された海産物を摂取することによってもたらされる。石油は様々な化合物の複合体であり、多環芳香族の様な発癌性を有する物質が含まれていることが知られている。現在、石油は水中油滴型のエマルジョンとなって川や海へ放流され、その後希釈される。しかしながら、魚や水生生物は、石油成分を濃縮、蓄積することがある。一般の食物では、焼いたり煮たりした調理後も、発癌性物質としてよく知られているbenzopyrene が最大10ppm 含まれている。油汚染された海産物では、このbenzopyrene が1,000ppm も含まれている。従って、油汚染された海域で捕れた海産物を摂取することは、危険な行為と言わなければならない。本計画の実施により、この様な健

康被害に関するリスクが低減される。

23-7-3 石油部門への好ましい状況

トリニダッド・トバゴ国は石油部門の拡大を図っている。また、石油に大きく依存している同国の経済を多様化したいと考えているものの、短期間で養成可能な産業を見出せないのが実状である。石油部門の円滑な発達を阻止しているのは深刻な石油汚染である。本計画の実現により、汚染された環境は改善され、石油部門の発展にとって好ましい状況になると予想される。山、谷、川、海岸の自然の景観が甦り、このことに因って、石油産業の拡大を抑制している力が緩和されることになる。

23-7-4 事業の活性化と新技術の導入

加圧浮上装置および活性炭吸着設備の導入により、他産業も同様の設備を採用することの弾みになると考えられる。組立工事、土木工事、据付け工事のかなりの部分が現地業者により行われる。この事により、現地業者は仕事を得ることが出来ると共に、関連技術の技術移転が行われる。現地における投資額は、少なくとも見積もっても、1994年基準価格で4百万米ドルである。

23-7-5 環境保護に対する公共意識

本計画の実施は、トリニダッド・トバゴ政府にとって、初めての本格的な環境保護に関する試みである。このことは、公衆の環境保護の重要性に対する意識を高め、特に、若い世代の人達への教育的効果が極めて大きいものと予想される。

23-7-6 生物種の保護

オサガメ (Leatherback turtle) が消滅の危機に瀕していることが象徴的に示している様に、現在トリニダッド・トバゴでは多くの生物種が石油汚染により消

滅の危機に瀕している。本計画の実施により、これらの生物種が救われ、トリニダッド・トバゴの生物種の多様性の保護に役立つこととなる。生物種の多様性の保護は、この問題に関して世界的な関心の高い現在、単に地域的な問題に留まらず、世界的に意義のあることである。

23-8 便益と費用

費用は定量的に示されるのに対し、本調査の便益は定性的にのみ示され得るものである。従って、便益と費用の比較は単純には行えない。最初に銘記すべきは、現在の石油汚染状況が、いかなる基準に照らし合わせても、かなり悪いものであると云うことである。すなわち、石油生産設備から排出される排水は、油分を数千ppmも含む水中油滴型のエマルジョンであり、河川水や海水と均一に混じり合い、水域の表面から底部に至るまで影響を及ぼすと云うことである。陸上油田工業が生き延びることが出来るかどうかは、石油部門の拡張と云うことではなく、この様な、水中油滴型エマルジョンを50ppmまで低減し得るかどうか懸かっているのである。陸上油田の生産停止か、本計画の実施か、の二つの内どちらかを選択する場合、前者の選択では、原油および石油製品の輸出収入の僅か0.58パーセント相当額、あるいは、Bernstein タンクファームの生産額の約3パーセントに相当する、年間4,769,000米ドルを節約するのみであり、この選択が合理的でないことは明かである。

23-9 代替案の検討

23-9-1 バロメトリックコンデンサーとサーフェスコンデンサー

第3次現地調査期間中に、調査団は、減圧蒸留装置のバロメトリックコンデンサーから排出される含油排水量を減らすために、このバロメトリックコンデンサーをサーフェスコンデンサーに交換することを提案した。これに対し、Petrotrin は、その交換費用を考慮して、含油排水と非含油排水が分離された場合には、No. 4 APIがこのバロメトリックコンデンサーからの排水を処理するのに十分

なキャパシティーを有するとして、バロメトリックコンデンサーはこのまま残すことを主張した。一方、プロジェクトスキームではバロメトリックコンデンサーを交換することがベースケースとして合意されているため、バロメトリックコンデンサーを交換しない場合をCase-1として感度分析を行う。

バロメトリックコンデンサーの排水は、凝縮油を多量に含むため、CPIおよびDAFによる処理が必要である。このために必要な設備容量の増加は、毎時262トンと予想される。

表23-11に両者を比較した結果を、表23-12にCase-1の計算を示す。Case-1では、バロメトリックコンデンサーをサーフェスコンデンサーに交換しないことにより、設備費は減額するものの、CPI/DAFの増設によりこの減額分の一部は相殺される。

表23-12は、年間費用が885から1,251米ドルへ、あるいは、パーレル当たりの処理費が0.04から0.06米ドルへ増加したことを示している。

この処理費の増加は、CPI/DAFの増設に原因がある。バロメトリックコンデンサーの排水中の油は、従来からの重力式分離機であるAPIセパレーターとガードベースンによって、目標値の50ppmまで分離可能ではある。しかしながら、排水処理の本来の思想は、まず汚染水そのものの量を低減させる、と云うことを思い起こすべきである。バロメトリックコンデンサーをこのまま残すと、排水量は2倍あるいはそれ以上となるため、バロメトリックコンデンサーの排水量は極めて重要である。更に、Pointe-a-Pierre製油所における費用は、総費用の僅か17パーセントを占めるにすぎないことを考慮するならば、設備全体の影響を無視して、僅かな費用の低減を図ることは意味の無いことであると云える。

Table 23-11 Cost Comparison with/without Barometric Condensers Replacement

(Unit: thousand U.S. Dollars)

	Base Case	Case 1
Economic plant cost	2,723	2,723
Barometric condensers		-612
DAF		+348
CPI		+54
Pipe (assumed at 10 percent of the total)		-30
Pump (assumed at 10 percent of the total)		-18
Total	2,723	2,525
Pre-operation cost	20	20
Working capital	72	144 ¹⁾
Variable operation cost	263	526 ¹⁾
Fixed operation cost	230	330 ²⁾
Overhead	50	70 ³⁾

Source: Study team

- Note:
- 1) Working capital and variable operation cost are doubled.
 - 2) MIT is reduced by the ratio of plant cost and labor and salary is doubled.
 - 3) Overhead is increased by 40 percent because of the additional CPI/DAF train.

Table 23-12 Economic Cost of Waste Water Treatment, Pointe-a-Pierre Refinery, Alternative Method, Case-1

Pollution Prevention and Control within the Petroleum Sector in the Republic of Trinidad and Tobago

		Unit: 1,000 US Dollars																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Economic Analysis, Pointe-a-Pierre Refinery																						
Year		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Plant Cost	2,525																					
Pre-operation Cost	10																					
Interest during Const.	63																					
Consultancy Fee	60																					
Interest on Cons. Fee	2	3																				
Repayment Statement																						
Outstanding Debt	2,601	2,341	2,081	1,821	1,561	1,301	1,040	780	520	260	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Repayment	0	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260
Interest Payment	0	130	117	104	91	78	65	52	39	26	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Working Capital	144																					-144
Operation Cost																						
Variable Cost		526	526	526	526	526	526	526	526	526	526	526	526	526	526	526	526	526	526	526	526	526
Fixed Cost		330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330
Overhead		70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Compensation		1,251	1,251	1,251	1,251	1,251	1,251	1,251	1,251	1,251	1,251	1,251	1,251	1,251	1,251	1,251	1,251	1,251	1,251	1,251	1,251	1,251
Cash Flow	-60	-2,679	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	469
NPV at 10 percent	-2																					
Throughput, BPSD	60,000																					
Cost, US\$/Bbl	0.06																					

23-9-2 低効率油井の影響

既に述べた様に、排水処理を行う場合の最も重要な点は、汚染水量の低減である。このことはBernstein タンクファームの場合にも当てはまることである。設計排水量は、原油1トンあるいは6.3 バレル当たり、平均2トン生じる。原油は数多くの油井から生産されるが、油井毎に生じる水の量は異なる。図23-1は、Bernstein タンクファームとLos Bajos タンクファームへ送られてくる、全ての主たる油井の、実際の水/油の生産量のデーターを合わせて計算した、水/油の生産量のパターンを示している。

図23-1は、ほとんど全ての油井を含む、原油生産に対する水の生産比率が最低の油井から、この比率が最高の比率の油井までのデーターを累積したものであり、原油生産量に対する水の生産量の関係を示している。本表より、水の生産の4分の3は、グラフのカーブの右端の7分の1の原油生産量の箇所で生産されていることが分かる。本表の計算は、1種類のデーターに拠って行っているため、無論実際の年間の生産パターンと正確には一致するものではない。しかしながら、本報告書には記載していないが、同様の方法によって計算した他の油田の数字--Fyzabad サーマル、Fyzabad プライマリー、Forest Reserveサーマル、Forest Reserve その他、Gran Ravine、North Palo Secoサーマル、Central Los Bajos サーマル、Apex/Quarry ノンサーマル、Coora ノンサーマル、Quarryノンサーマル、Erinノンサーマル--は全て同様のパターンを示している。

以上より生じる問題点としては、汚染水を大幅に低減し、排水処理費用を軽減するために、低効率の油井、即ち水の産出比率の高い油井を停止すべきか否かと云うことである。

本問題のために、以下の仮定の下、感度分析を行った。

1. Bernstein タンクファームの排水処理設備の、排水単位容積当たりの処理費は、設備容量の0.8 乗に比例する。

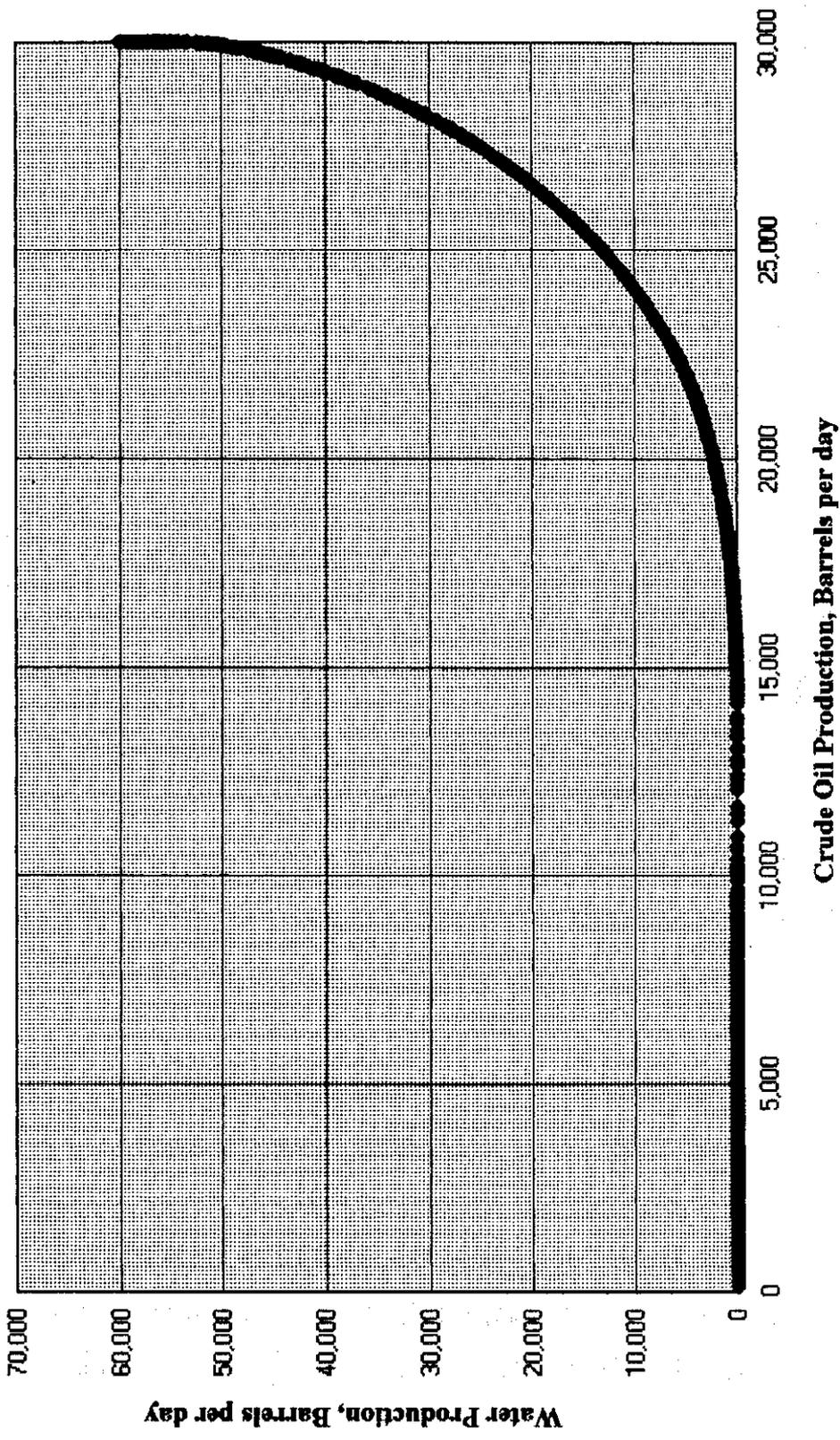


Figure 23-1 Water Production versus Crude Oil Production, Bernstein Main Storage

2. 原油 1 バレルは12.0米ドルの経済価値である。
3. 原油に同伴する水は注入蒸気に由来する。
4. 水 1 バレルは、原油0.08バレルに相当する燃料、あるいは0.96米ドルを消費する。

表23-13は、Bernstein タンクファームの原油生産量が日量で25,000、27,500および30,000バレルとした場合に生じる経済価値を比較したものである。これら3つの場合について、処理排水量は、それぞれ日量で13,000、24,000および60,000バレルである。

Table 23-13 Case Study of Economic Value Generation for Waste Water Treating Capacity at Bernstein Main Storage

(Unit: thousand U.S. Dollars per day)

	Crude oil throughput, barrels per day		
	25,000	27,500	30,000
Crude oil production, bpd	25,000	27,500	30,000
Waste water generation, bpd	13,000	24,000	60,000
Ratio	0.217	0.400	1.000
Ratio raised to 0.8 power	0.295	0.480	1.000
Economic value generation	300	330	360
Increment	0.000	30.000	30.000
Economic value consumption			
Waste water treating system	3.139	5.108	10.641*
Steam	12.480	23.040	57.600
Total	15.619	28.148	68.241
Increment	0.000	12.529	40.093
Net economic value	284	302	292

Note: * Treating cost at Bernstein Main Storage

Source: Study team

原油生産量が日量27,500バレルから30,000バレルへ増加した場合、発生する実際の経済価値は減少することに留意する必要がある。これは、この場合、蒸気の経済コストの増加分が、発生する経済価値の増加分よりも大きいことに因るものである。27,500バレルから30,000バレルの差の2,500バレルの原油は、大量の蒸気を必要とする低効率油井から産出される。これより、排水処理設備の

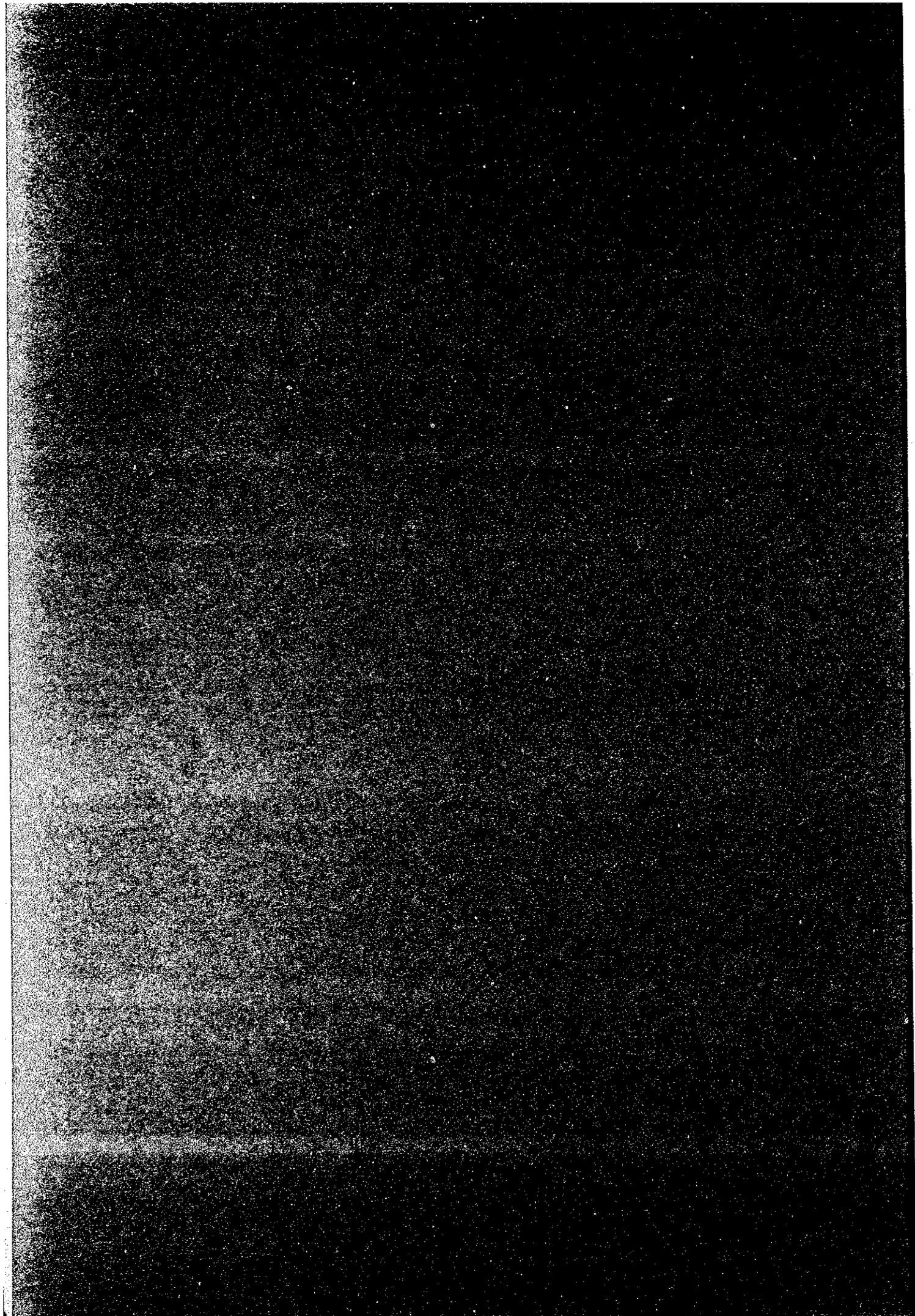
経済コストの増加分は限界値であることが分かる。これらの3ケースでは、発生する実際の経済的価値は、ほとんど同じではあるが、低効率の油井の生産を停止するケースについては、汚染水量を低減することにより、環境中へ放出される汚染物質量が減少し、排水処理設備の規模を小さくすることが出来、初期の資金を低減出来る等の多くの利点があるため、検討に値すると考えられる。

現在、蒸気の発生は同伴ガスを燃焼させて得ているが、これ以外の方法で、蒸気発生を経済コストを考慮しなくて良い方法があるならば、蒸気消費量および排水発生量にこれほど注意を向ける必要はない。しかしながら、同伴ガスはより適した使用方法があるものであり、またその熱量に応じた経済価値を有しているものである。この点を考慮して、低効率油井の運転停止を検討してみる必要がある。

23-10 油田の寿命

以上の検討は、全て、調査対象地域において20年間は原油を産出し続けると云うことを前提としている。調査団は、調査地域における油田の貯蔵量に関する調査は実施してはいないが、これに関しては、本調査地域における原油生産は将来的にも有望であり、探査と試掘を行った結果、本地域にて未開発の油田が発見され、今後数十年間に亘り生産可能である、との情報を、トリニダッド・トバゴ側より得ている。

第24章 結論および勧告



第24章 結論および勧告

24-1 結論

トリニダッド・トバゴ国政府は、石油に依存している同国の経済を、他産業を育成することにより、多様化したい考えである。しかしながら、短期間において収入を得られる産業としては、石油産業以外は見当たらないものの、深刻な石油汚染が石油産業のこれ以上の発展を阻んでいる。政府はこの深刻な石油汚染に対して多大の関心を払っており、環境政策の第一歩として、最近環境庁 (Environmental Management Agency: EMA) を設立している。現在のところ、石油設備からの排水中の油分濃度に関しては法的な規制値は無く、EMA が近々環境基準および規制を設ける予定である。唯一の基準値として、エネルギー・エネルギー産業省が定めている、製油所および陸上石油生産設備からの排水中の油分は、月間平均値で50ppm、日量最高値で75ppm を越えない、と云うガイドライン案があるのみであり、今回の調査では、このガイドライン案が目標値となった。

本調査対象地域、トリニダッド島南西部の油田地帯における石油汚染は深刻な状況を呈しており、速やかな改善策が必要となっている。大気、水、土壌汚染の内、水質汚染が最も進んでいる。油は、石油施設の排水と共に放流され、河川や海を汚染しており、この地域の河川や海では水中の油分濃度が時には数千ppm に達することすらある。この結果この地域の河川に設けられたダムやキャッチには油が堆積している。

上記の様な油汚染は、二つのタイプのエマルジョンに因って引き起こされている。一つは、原油の生産時に同伴する水であり、水中油滴型エマルジョンを形成している。このタイプのエマルジョンは、水中に1ミクロン以下から最大約10ミクロンの径の油滴が均一に分散しているものであり、極めて安定であるため、調査対象地域に設置してある重力式の油水分離機では水と油に分離することは出来ない。油分濃度も高く、1万ppmにも達する。また、この水は、通常のシルトを含んだ河川水の様な茶褐色を呈しており、肉眼では油を含んでいる様には見えな

い。この水中油滴型のエマルジョンの水が石油生産設備より排出され、水と均質に混じり合い、水の表層から底部までの全体を汚染しながら、調査地域の河川から Paria 湾へと到っている。従って、肉眼では直接油汚染は観察されなくても、このタイプのエマルジョンによる油汚染は深刻であると言わなければならない。

もう一つのタイプのエマルジョンは、重油の様に粘着性が有り、高粘度の油中水滴型のエマルジョンである。このタイプのエマルジョンも非常に安定で、容易に水と油には分離しない。一般的には、セパレーターの水面に浮かんでおり、掬い捕ってタンクへ戻す。また、タンクやセパレーターに堆積後環境中へ排出され、河川、海、土壌を汚染する。このタイプのエマルジョンによる汚染は、前者のタイプのエマルジョンと異なり、汚染の状態が肉眼にて観察可能である。

油による土壌汚染は、石油設備からの油の漏洩が有る場所および含油廃棄物を溜めているアーサンピットの近くで見られる。

水中油滴型エマルジョン、油中水滴型エマルジョンおよび土壌の、上記3つの汚染問題に対して技術的な解決策を提案することが、本調査の主題である。調査団が実施した、本問題に関する包括的な実験等に基づき、本報告書はこれらの3つの問題の解決案として以下を提案する。即ち、水中油滴型エマルジョンの処理には加圧浮上法および活性炭吸着法を、油中水滴型エマルジョンの処理には焼却法を、土壌汚染の処理に関しては、アーサンピットへの投棄を中止し、Petrotrin が試みている生物処理法を採用する、ことである。

調査団は、Pointe-a-Pierre 製油所およびBernstein タンクファームに排水処理設備を設置することを提案する。これらの建設費は、1994年のトリニダッド・トバゴ価格を基準として、それぞれ3,377,000 米ドルおよび16,300,000米ドルと見積もられる。また、年間操業費は、4,769,000 米ドル、あるいは原油1パーレル当たり0.22米ドルである。本報告書は、この費用を妥当であると判断する。

本調査の主要な結論を以下述べる。

1. 汚染の状況

調査地域における石油汚染は極めて深刻である。その中でも、水中油滴型のエマルジョンおよび油中水滴型のエマルジョンに因って引き起こされる水質汚染は最も深刻である。河川および海の油分濃度は非常に高く、時として目標値の50ppmをはるかに越える数千ppmに達することもある。

2. 政府の政策

政府は現在の汚染の状況を極めて深刻なものであると認識しており、またこのことが、同国の社会・経済的発達を阻止する要因であると見なしている。このため、速やかな改善策の実施が望まれている。環境に関する具体的な政策の一步として、環境問題に関する全権を有する環境庁（EMA）を設立した。

3. ダムおよびキャッチ

トリニダッド・トバゴの気候は、1月から5月までの乾期と、6月から12月までの雨期に分けられる。雨期には時折豪雨が降り、これにより増大した河川水がダムやキャッチを溢流し、そこに堆積している油やその他の堆積物を洗い流し、下流を汚染する。調査団は、これらのダムおよびキャッチに関して、水文学的な調査を行い、これらのダムおよびキャッチは全て、豪雨時には溢流が起きるとの結論を得た。これに関し、調査団は、雨量変動を吸収するのではなく、雨量の変動に影響されない排水処理設備の設置を提言し、このためダムおよびキャッチに関しては、雨量の増加時に備えての設備の拡張は必要ないと結論した。

4. 原油生産時の同伴水、水中油滴型エマルジョン

調査団は、顕微鏡を用いて、原油生産時の同伴水の綿密な観察を行い、これが水中油滴型のエマルジョンであることを明らかにした。この同伴水が、一般的なシルトを含む河川水のような茶色を呈しているのは、水中に懸濁し

ている微小な球状の油に因るものであり、また、シルトの様な微小な無機物質は実質的には含まれていないことが明かとなった。更に、いくつかの試料に関しては、コールターカウンターを用いて粒度測定を行い、このエマルジョンの粒径の中位径が約2.5 ミクロンであることを見出した。

水中の油滴は非常に小さく、エマルジョンは極めて安定である。このため、現在調査地域に唯一設置されている、APIセパレーター、CPI、ガードベースンと云った重力式の油水分離装置では、このエマルジョンを油と水に分離する事は出来ない。このエマルジョンを、経済的且つ実用的に水と油に分離するために、pH、温度の影響、エマルジョン破壊剤、ケロシンによる油滴の抽出、電解質液の添加等、種々のテストを行った。この内のいくつかについては、実験室の条件で幾分効果が観察されたものもあったが、実際の現場で実用に耐え得るものは見出せなかった。

最後に、明礬および高分子凝集剤を凝集剤として用いて、加圧浮上法(DAF)のテストを行い、この方法が実際の排水処理に適用可能であることを見出した。本法を用いると、処理後には、水中に油滴の残存が観察されない極めて清澄な処理水が得られる。DAF法による処理は、まず明礬によりフロックが形成され、その後高分子凝集剤により凝集が起こる。油滴はフロックに捕捉されて水の表面へと浮かび上がるが、この際、加圧水から発生した微細な気泡がこの浮上を助ける。油を含むフロックは、プロジェクトスキームに示した通り、スキミング、脱水後、焼却処理される。

5. DAF処理後の水

Bernstein タンクファームの試料のいくつかについては、加圧浮上処理後も50ppmの油分濃度を越えるものが見出された。この場合50ppmの定義が重要となってくる。正確には、50ppmと云うのは、トリニダッド・トバゴで正式に採用されている、フレオン抽出法によるASTM D-4281法にて分析を行い、試料水1リットル中の「Oil and Grease」として認められた50mgの物質の意味である。この方法では、フレオンには油、あるいは純粋な炭

化水素だけではなく、その他の様々な有機化合物も溶解する。原油中由来の純粋な炭化水素のみを対象として処理を行うのであれば、目標の50ppm以下とするためには、DAFのみで十分だが、今対象としている水はこの様な水ではない。原油中に、カルボキシル基を有する芳香族あるいはナフテン族等の物質が存在する場合、これらの物質は、容易に水に溶解し、ASTM D-4281 法の分析法により油と測定されることになる。このことは、原油に同伴する水に関して、実際に起こり得ることである。ガスクロマトグラフ質量分析機（GC/MS）を用いた分析により、これらの物質がナフテン酸であることが示された。生物処理法および活性炭吸着法の、これらの物質を除去できると予想された2種類の処理法のテストを実施した結果、活性炭吸着法が極めて効果のあることが示され、生物処理法は効果の無いことが示された。この結果を基として、原油生産時の同伴水の処理方法として、DAFの後流に活性炭吸着設備を設置することを提言した。

6. プロジェクトスキーム

Pointe-a-Pierre 製油所およびBernstein タンクファームについて、次のプロジェクトスキームを提案する。

	Bernstein Main Storage	Pointe-a- Pierre Refinery
Design conditions for DAF and ACA Units		
Flow rate, cubic meters per hour:	440/400	250
Oil content of water, mg/liter		
Inlet	1,000	400
DAF outlet, maximum		50
ACA outlet, maximum	50	
Waste treatment center, with incinerator		
Scums, tons per hour	32.0	2.0
Emulsion, barrels per day	75	33
Water/oil ratio of emulsion	35/65	35/65
Schedule, year		
Preparation	1	1
Construction	1	1

Los Bajos タンクファームからBernstein タンクファームまでの排水の移送に関しては、Los Bajos タンクファーム内にポンプおよび電気設備を設

置すると共に、8インチのパイプを12Km道路沿いに敷設する。

7. 概念設計およびコストの見積

プロジェクトスキームに基づき、物質収支計算、プロセスの修正および設置計画、プロセス仕様の決定、機器仕様の決定および配置計画を行った。これらに関しては、メインの報告書の第21章「概念設計」に詳述した通りである。また、1994年のトリニダッド・トバゴ価格を基準として、米ドルにて表示した、設備の建設費および操業費を求めた。設備建設費は、Pointe-a-Pierre 製油所で3,377,000米ドル、Bernstein タンクファームで16,300,000米ドルである。

	Bernstein Main Storage	Pointe-a- Pierre Refinery
Installed plant cost, U.S. thousand Dollars	16,300	3,377
Operation cost, U.S. thousand Dollars/year		
Variable operation cost	1,724	302
Fixed operation cost	915	269
Total operation cost	2,639	571

8. 評価

建設期間を2年間、操業期間を19年として、21年間のキャッシュフローを計算した。計算は、年間の割引率を10パーセントとして、排水処理設備を運転・維持するための年間の負担費用を求めた。計算結果は、4,769,000米ドル、または、バレル当たり0.22米ドル、となった。この負担費用は、種々の経済指標に対して次のような意味を持つ。

GDPの0.13パーセント； GDPは約 $20,000 \times 10^6$ TTドル。

GDPに対する石油部門の寄与率の0.54パーセント； GDPに対する石油部門の寄与率は約25パーセント。

国家歳入の0.45パーセント； 国家歳入は約 $6,000 \times 10^6$ TTドル。

年間一人当たり4.00米ドル； トリニダッド・トバゴの人口は124万人。
1人当たりのGDP3,043米ドルの0.13パーセントに相当。

輸出収入の0.38パーセント； 輸出収入は約 $7,000 \times 10^6$ TTドル。

原油および石油製品輸出収入の0.58パーセント； 原油および石油製品輸

出による収入は、全輸出収入額の約65パーセント

現在の石油汚染の深刻さを考慮するならば、50ppmの目標値の達成なくしては陸上油田の存続は有り得ない。問題は、何とかしてでもこの負担額を受け入れるか、或いは陸上油田の生産を停止するかである。1バレル当たり0.22米ドルの僅かな負担額で、陸上油田の生産停止と云う事態は避けられる。排水処理設備費用の資金としては、原油および石油製品の輸出収入が最も適していると考えられる。汚染防止およびその管理のために、石油部門が割く輸出収入の0.58パーセントと云う数値は、さほど大きな数字ではなく、この僅かな費用増加により世界石油市場におけるトリニダード・トバゴの競争力が損なわれる心配はない。

排水処理の経済コストと調査地域の原油の経済価値を比較した。この結果、排水処理の経済コストおよび原油生産に要する費用を差し引いた後でも、1バレル当たりの原油は、尚8米ドルの経済価値を有することが明らかとなった。これにより、排水処理費用は妥当であると言える。

トリニダード・トバゴの石油の国内消費量は、その輸出量に比べると非常に少ない。このため、排水処理のために負担すべき費用を全て国内の消費者へ転化することは正当ではない。もしも4,769,000米ドルと云う経済的負担額を国内の消費者へ転化したとすると、全ての石油製品平均1リットル当たり、0.033TTドル付加されることとなる。これは、石油製品の小売価格が現在1リットル当たり平均0.4ないし0.5TTドルであることからすると、大きすぎる額である。

本計画の実施は、価格転化出来ない様々な社会経済的便益をもたらす。農業、漁業への損害が低減すると共に、石油汚染に由来する健康被害も低減し、石油部門の拡張と発展を支持する状況も生じてくるであろう。また、本計画の実施は、同国内における事業機会を拡張すると共に、新技術の導入が行われる。以上のことは、公共の、環境保護に対する意識を向上させ、

また、トリニダッド・トバゴにおける生物種の多様性の保護の一助ともなるう。

本計画では、汚染水を低減させるために、Pointe-a-Pierre 製油所の減圧蒸留装置のパロメトリックコンデンサーをサーフェスコンデンサーに取り替えることを要求している。CPIおよびDAFを増設し、これによりパロメトリックコンデンサーの排水を処理すると仮定して、パロメトリックコンデンサーの使用を続けた場合について感度分析を行った。計算結果は、パロメトリックコンデンサーの交換を行わなかった場合には、1バレル当たりの処理費用が、交換を行った場合の0.04米ドルから0.06米ドルへ増加することとなった。

いくつかの低効率の油井では、原油を1バレル生産するために、不釣り合いなほど多量の水を産出している。Bernstein タンクファームへ直接、あるいはLos Bajos タンクファームを経由して原油を送油している全ての陸上油田の、原油と水の生産量に関する一連のデータを、水/原油の生産量比の順に並び替えて計算を行い、原油と水の生産量の関係を調べた。これによると、生産される水の78パーセントは、17パーセントの原油を生産している低効率の油井から生産されている、また、同様に、60パーセントの水は、8.3パーセントの原油を生産するための油井から生産されていることが示された。現在の原油を全量生産する場合、8.3パーセント生産を減量した場合および17パーセント生産を減量した場合の3つの場合について、それぞれから生じる実質の経済価値を比較した。この計算に拠ると、原油生産が全量の場合と17パーセント減量した場合とでは、原油生産量の差による経済的価値の増加は、原油生産のための費用および排水処理のための費用の増加によって相殺されてしまい、実質的な経済的価値の増加は無い結果となった。油井の運転を停止することによって得られる様々な利益、即ち、環境中へ放出される汚染物質の低減、排水処理設備の規模の低減、必要初期資金の軽減等を考慮すれば、最も低効率の油井の運転を停止する事を検討してみるのも価値のあることと考えられる。

9. 運転とメンテナンス

調査地域における石油設備の運転およびメンテナンスの状況は概ね良い。従って、Petrotrin の技術レベルは高いと言える。しかしながら、現在行われている運転およびメンテナンスに関しては、恐らく、必要な資金や人手不足の問題、あるいは、それらが慣例として実施されていると云うこともあろうが、さらに改善すべき点はある。以下は、これらに関し、汚染防止と云う観点より見た場合の重要な点について記す。

(1) 非含油排水の排水処理設備への流入

ほとんどの石油設備において、含油排水系統と非含油排水系統が分離されていない。雨期にはしばしば大量の雨水が排水処理設備に流入し、処理設備の能力を越える処理量を処理するため、その処理効率を著しく下げている。

(2) 適切な排水処理設備の欠如

Pointe-a-Pierre 製油所、タンクファーム、ギャザリングステーションのいずれも、排水の種類に応じた適切な排水処理設備を有していない。

(3) アーサンピットの使用

含油廃棄物の貯留のためにアーサンピットが使用されているが、これが土壌および地下水の汚染の原因となっている。

(4) セパレーター表面への油およびエマルジョンの蓄積

A P I セパレーター、ガードベースン、ダムおよびキャッチの表面に油および油中水滴型のエマルジョンが蓄積しているが、これらは収集する必要がある。

(5) 過去の油漏れの残留

過去に起こした油漏れがそのまま放置されており、これが周囲への汚染を引き起こしている。

(6) 事後保全（ブレイクダウン・メンテナンス）

偶発的な汚染事故を防止するために予防保全（プリベンティブ・メンテナンス）を実施すべき機器に対し、いまだに事後保全を行っている。

(7) 老朽設備

配管やパイプラインの例に見られるように、いくつかの設備については老朽化しその性能が劣化している。油の流出を未然に防止するために、検査・点検を頻繁に行う必要がある。

10. 法制および行政的対策

トリニダード・トバゴには、行政が汚染を管理するための適当な法律上の体制が無い。このため、排出基準はすでに設定されているものの、汚染状況の監視は適切には行われていない。

24-2 勧告

本報告書では、二つの事項についての勧告をおこなう。即ち、50ppm の目標値を達成するために何をなすべきか、と云う勧告と、適切な操業の実施のための勧告、の二つである。以下にこれら二つの勧告を分けて記載する。

24-2-1 50ppm の目標値を達成するための勧告

第20章「プロジェクトスキーム」に示し、第21章「概念設計」にて詳述した計画を、出来るだけ速やかに実施する必要がある。提案した計画を実施するに当たっては、以下の事柄を更に提案する。

1. 有利な資金調達

トリニダード・トバゴが、本プロジェクトのための資金調達を必要とするならば、条件の有利な資金調達を探すべきである。国際的な融資機関や、OECD加盟国の二国間融資制度からの有利な条件での融資の可能性を検

討してみるべきである。

2. ランプサム契約とコストプラスフィー契約

本計画をトリニダッド・トバゴで実施するに当たっては、十分な能力と信頼性を有し、性能保証を行う一つの業者の下、一つのランプサム契約にて実施するのが好ましいと考えられる。この方法では、全計画を前もって明確な展望の下で理解する事が出来、また、事業主は一定の金額の元に計画の遂行が保証される。事業主は、全計画の遂行のために、一つの業者に全面的な責任を負わずことが出来、多くの機材供給業者と直接交渉する必要はない。ランプサム契約では、同一の条件の基で公開競争入札を行うことが可能であり、また、入札の評価もコストプラスフィーの場合に比べて容易である。

3. Bernstein タンクファームの上流からの水の流出

本計画実施のための前提条件は、Bernstein タンクファームの上流側では、いかなる設備、あるいは運転に際しても、一滴の水も河川、環境中に流出させてはならない、と云うことである。この事が忠実に守られなければ、排水処理設備は全体としてその効果を減ずることになる。この観点から、Bernstein タンクファームの上流側で設備の運転に従事する人間への教育、訓練が適切に行われることが不可欠である。

4. 低効率の油井の影響に関する検討

計画実施のための準備を行うと同時に、第23章の8-2に記した、低効率の油井の影響に関する検討を、この目的のために、6カ月程度に亘って周期的に収集したデータを用いて、更に詳しく行うべきである。適切なEORと適正な水量の設定のためには、この検討が不可欠である。この検討は、低効率の油井の運転を停止した場合に生じる雇用問題等の、あらゆる関連事項を考慮して行うべきであり、従って、これを実施する機関としては、政府が最も適している。検討により得られた結果を基に、汚染防止の費用と便益が見直されるべきである。便益は費用と対比させることにより、一

層改善されるであろう。

5. 油中水滴型エマルジョンおよびスカムの投棄

Trinidad Cement Limited (TCL) が、D A F からのスカムを原料として使用し、スロップ油および油中水滴型エマルジョンをキルンで燃焼させることが可能との結論を得るならば、これは廃棄物の有効利用になる。この場合、スカム、油中水滴型エマルジョンは TCL へ供給され、現在提案している廃棄物処理センターの規模は小さくなる。

6. 溶解物質の影響

排水処理設備の処理後の排水中には、最大 50ppm の水溶性の炭化水素誘導体が含まれていることに注意しておく必要がある。これらの物質の水生生物に対する影響は明確にされていない。従って、政府および Petrotrin は、これらの物質の水生生物体内への蓄積およびその影響を、長期間に亘り監視すべきである。

24-2-2 適切な操業実施のための勧告

1. 設備のメンテナンス

第 17 章「メンテナンス」に記した種々の提案は、Petrotrin の予算の許す範囲で実施することを勧める。

2. アーサンピットの使用

含油廃棄物を貯留するための、アーサンピットの使用は中止すべきである。含油廃棄物は提案した廃棄物処理センターで焼却処理を行う。

3. セパレーター表面への油およびエマルジョンの蓄積

A P I セパレーター、ガードベースン、ダムおよびキャッチの表面に油および油中水滴型のエマルジョンが蓄積しているが、これらは回収する必要がある。ダムやキャッチに油が発見される場合は非常事態と考えられ、こ

の場合には、緊急処理班を現場に急行させ、回収を行うべきである。この場合、油の発生源を特定し、再びこの様な事故が起こらない様な、適切な対策を直ちにとるべきである。

4. 過去の油漏れの残留

過去に油漏れを起こし、そのまま放置されている油は回収の必要がある。汚染された土壌は、Petrotrin が計画している生物処理法により浄化を行うか、焼却処理を行うかすべきである。

5. 事後保全（ブレイクダウン・メンテナンス）

タンクやパイプラインの様な、大きな偶発的な汚染事故の原因となる可能性のある設備に関しては、例外無く全て予防保全（プリベンティブ・メンテナンス）を行うべきである。

6. 老朽設備

配管やパイプラインの例に見られるように、いくつかの設備については老朽化しその性能が劣化している。油の流出を未然に防止するために、検査・点検を頻繁に行う必要がある。

7. 環境管理のための人材の育成

環境管理を向上させるために必要な人材を育成すべきである。このような人材は、技術分野はもちろん行政的な分野にも必要である。トリニダード・トバゴ国はふさわしい人間を選出し、その能力を伸ばすためにあらゆる機会を活用すべきである。

8. 環境監視

EMA、エネルギー・エネルギー産業省とPetrotrin は、石油汚染を監視しまたそれらのデータを蓄積するために、共同で監視計画を促進すべきである。

JICA