

15-4 流出油事故対策

重大な石油汚染事故となるのは、油流出が河川および海上に至った場合であるので、本章では、この事故対策に限りて考察する。

15-4-1 陸上施設側の恒久対策

現在、タンクファームや製油所においては、油分回収装置に溜まっている浮上油およびピットに貯められている含油スラッジの油分等が、集中豪雨の際オーバーフローし、河川を経て海域に流入するケースが日常化している。これは、もはや流出油事故であるとの認識にたつて、第一段階で恒久対策を講じるべきである。その方策としては、次のようなものがある。

1. 生産排水系統へ雨水が流入しないようにする。このためには、油分回収装置ピットの隔壁の嵩上げおよび生産排水流路を地上配管または埋設土管にするなどして、両者を完全分離させる必要がある。
2. 含油スラッジピットをしみだし防止コーティング仕様とし、屋根をつける。
3. 油分回収装置の浮上油をレベルコントロールによるポンプアップにて回収する。

第二段階の対策としては、防油堤、防液堤、流出油等防止堤、漏油検知器、排水溝の閉止弁とその開閉表示設備の整備あるいは設置等の対応である。

15-4-2 流出油防除対策

(1) 防除資機材

世界的な趨勢として、各国における法規にて義務付けられている資機材は以下の通りである。

1. オイルフェンス
2. オイルフェンス展張船
3. 油回収船
4. 油処理剤
5. 油吸着材
6. 油ゲル化材

参考として、日本の法規で定めている保有量を示す。

1) オイルフェンス

(a) 石油の貯蔵

取扱い量	10,000～100,000kℓ未満	1,080 m
	100,000～1,000,000kℓ未満	1,620 m
	1,000,000kℓ以上	2,160 m

(b) タンカー

総トン数に応じて（8ランク） 200～3,000 m

(c) 入出荷栈橋

係留最大船舶の船長の1.5倍

2) オイルフェンス展張船

所定の長さのオイルフェンスを1時間以内に展張できる隻数

3) 油回収船

石油の貯蔵・取扱い量が100万kℓ以上の場合に1隻以上

4) 油処理剤 X (kℓ)

5) 油吸着材 Y (t)

6) 油ゲル化材 Z (kℓ)

$$\left. \begin{array}{l} X \text{ (kℓ)} \\ Y \text{ (t)} \\ Z \text{ (kℓ)} \end{array} \right\} \text{ 想定流出油量 } U \text{ (kℓ)} = 20X + 50Y + 15Z$$

想定流出油量を明確に対策の中で位置づけて、その規模に応じて実際に人と機材を所定の時間内に、所定の場所に集めることができるかどうか、訓練を通じて平素から確かめておく必要がある。

(2) 流出油処理

日本の防除資機材は、内海の比較的気象海象条件の良い海域で発生する流出油事故を対象として開発・配備されている。バリア湾は、内海で気象海象条件も穏やかであるので、日本の法規が大いに参考となろう。日本では、海洋環境、特に内海環境保全の見地から、原則として80%を機械的に回収し、20%を油処理剤あるいは吸着材にて処理するという行政機関の方針に基づいている。その標準的な流出油の処理プロセスは、以下の通りである。

1. オイルフェンスによる流出油の包囲
2. 油回収船による流出油の回収（80%回収目標）
3. 油吸着材による回収（10%回収目標）
4. 許容された範囲内で油処理剤による処理（10%回収目標）

一方、気象海象条件の厳しい海域あるいは外洋における流出油処理には、オイルフェンスによる油の包囲・回収プロセスを採用することは出来ず、むしろ油処理剤の散布を主体とし、副次的にオイルフェンスによる流出油の包囲・誘導、油回収船による油回収をしなければならないケースが多いと言われている。

1) オイルフェンスの使用

流出油事故は、気象・海象・地形・流出油種・流出量等その状況は様々であり、その防除措置もそれぞれに対応した方法が採られなければならない。オイルフェンスの使用目的は、

1. 油の拡散を抑えて処理区域を局限化する
2. 拡散した薄膜油を集めて回収しやすいように厚膜化をはかる

であるが、いずれにしても流出初期において迅速に展張する事が基本である。有

効に展張するには、位置・長さ・形・作業方法などを考えることが重要である。一般に、オイルフェンスは、錨によって流出油を堰止める方法が取られるが、波浪や潮流の影響を受けてオイルフェンスの下側を通り抜けて油が流出する場合があります。大量の流出油で油層厚さが大きいほどこの傾向は顕著である。従って、オイルフェンスを二重三重あるいはそれ以上に展張する必要がある。通常、潮流が0.3ノット以上になると流出油はオイルフェンスの下をくぐり抜け始め、0.5ノット以上になれば大抵のオイルフェンスは制御力を失って、切断・流失がしばしば発生する。オイルフェンスに及ぼす外的影響を減殺し効果的に流出油を捕捉する方法として、展張オイルフェンスの両端に抵抗重量物をつけ、オイルフェンスと油と一緒に流しながら回収作業を実施する「流し展張」方法がある。例えば、流出油が潮流によって衝突地点より海域を広範囲に漂流する場合この方法を用いる。

2)油処理材の使用

1967年英国の南西岸で起きたトリー・キャニオン号事故および1971年日本海沿岸において発生したジュリアナ号事故においては、その初期防除措置として大量の油処理剤が使用された。しかし、これらの事故で用いられた油処理剤は、水産生物に対する影響が強く（毒性試験結果）、その二次公害について大きな論議を呼んだ。この結果、油処理剤の性能、対生物毒性は著しく改善されており、現在使用されているものは、水産生物への毒性に対する配慮から、パラフィン系炭化水素溶剤を用い、界面活性剤20%程度を含むものが主流となっている。日本では、内海での油処理剤の使用は漁業関係者の了解を必要としており、迅速性を要求される初期対応においてその防除作業を困難にしている。従って、多くの場合日本では流出油の拡散をオイルフェンスで防止して機械的に回収し、オイルフェンス内の薄膜油あるいは漏出油を処理剤あるいは吸着材で処理する方式を基本としている。このような流出油処理の在り方は日本特有のもので、英国では、海域における海流の速さと気象状況（荒天状況が多い）から、流出油処理の基本方針は、油処理剤による処理が主要手段とされている。油処理剤は流出直後のまだ揮発性油分が十分に蒸発されていない、粘性の低い状態で使用するのがより効果的といわれている。事故初期の段階で、機動性が求められるゆえんである。迅速対応の必要性からその使用においては航空機による油処理剤の空中散布に焦点が絞られ

ており、船艇は補助的な役割を担うこととなっている。日本でヘリコプターによる油処理剤の散布が最初に行われたのは、1971年のジュリアナ号事故の時であったが、この時はまだ油処理剤の空中散布手法は確立されておらず、その後に運用上のガイドラインが作成された。以来、沿岸海域における空中散布はこのガイドラインに基づき行われており、実績も多い。いずれもタンクを使用機種の胴体に、散布缶を脚部に固定したものであり、タンク容量は180～300ℓ、一回の飛行時の実散布時間は1.5～3分間、散布高度は5～15m、散布速度50～60km/時である。

3)油吸着材

油吸着材は、オイルフェンスで包囲した油を先ず油回収装置による回収を行った後、部分的に残っている油を回収することを原則とする。すなわち、油回収装置の補助的役割または、代理として使用される。油吸着材で初期処理をすれば、油の拡散が防止でき、事後の作業を容易にすることが可能となる。流出油が少量であり、油処理剤を使うには油層の厚さがあり、しかも油回収装置を使うには薄く、1～2mm位しかない場合には、最初から油吸着材を使用すべきである。その他、特にこみいった場所、油回収船が進入できない狭い水路などでの使用に効果がある。天候の悪化等により、使用済みの油吸着材の回収が困難になる見通しがあるときは、投入をしない。使用済みの油吸着材は必ず回収することとなっているので、吸着材の使用にあたっては以下の2点に留意する必要がある。

1. 回収用具

場所によっては油吸着材の使用頻度はかなり高くなる。柄の先に鈎のついた大小の手鈎回収用具や、油を吸着した用済みのものを回収する大型のビニール袋や半切缶の整備が大切である。

2. 使用作業船の手当

投入、回収の双方の作業には船が必要となる。投入の場合は小さいボートでも構わないが、回収の場合は、船内に半切缶を備えなければならないので、ある程度の広さを必要とする。

また、回収した使用済みの油吸着材の処分方法を早期に確立する必要がある。吸着材は、費用・効果を考慮し、使用目的に応じて選定される。吸着量は主とし

て油と吸着材との表面張力、吸着材の有効表面積および油の粘性によってきまる。また、油を吸着した後、長時間水につけても油が浸出しないよう親油性の十分なものでなければならない。通常、ポリウレタン、ポリスチレン、ポリプロピレン等の合成ポリマーが吸着材として利用されており、これらは、親油性に優れ、高い吸油能力を示し、再生使用にも耐える。回収油は焼却処分される。また、合成ポリマーは、用済み後、埋立あるいは焼却処分されるが、焼却の方が望ましい。

15-4-3 流出油拡散の予測

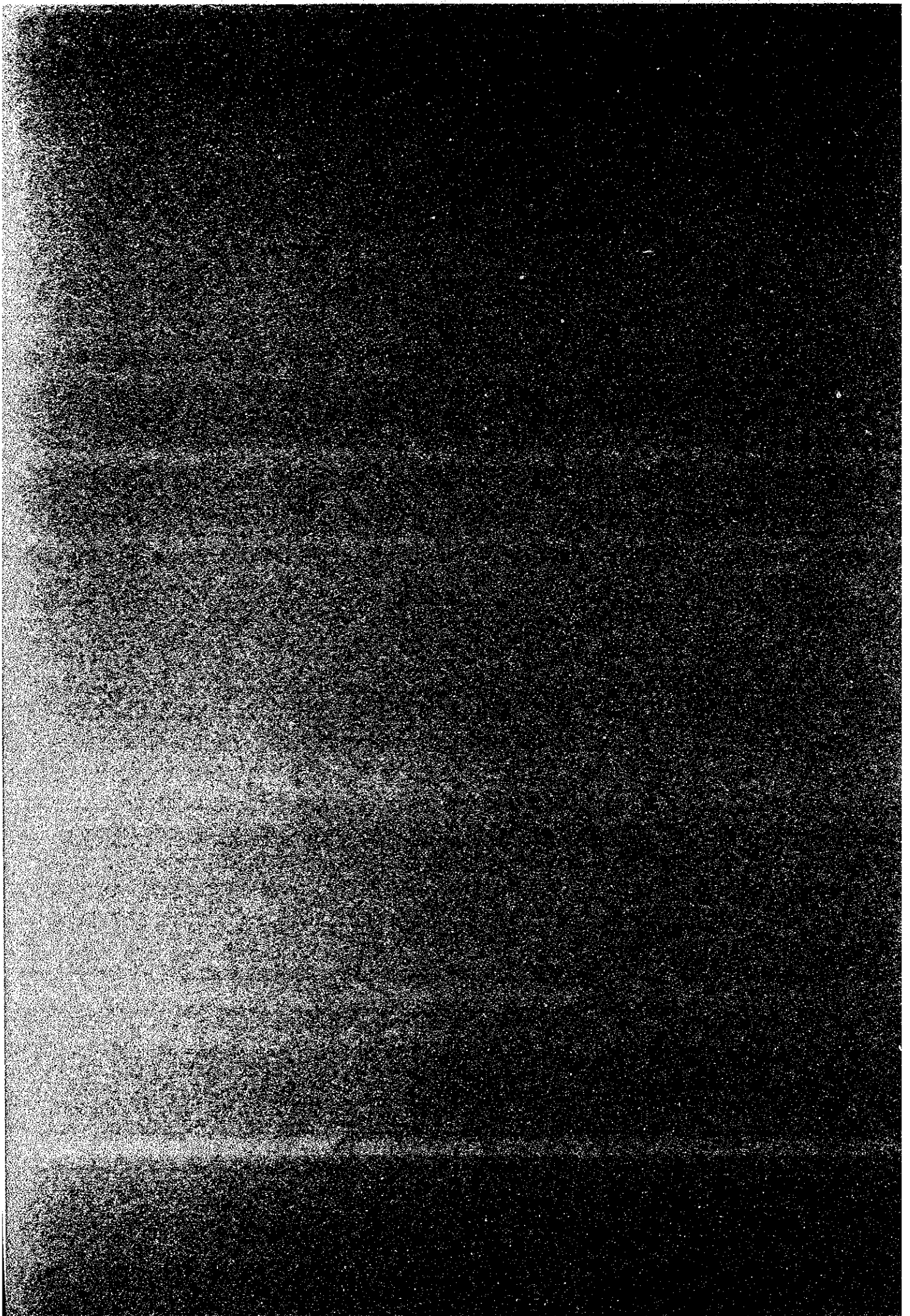
油流出事故が発生した際には、迅速にその状況変化を予測することが大切である。1980年代後半より、流出油の挙動に対する研究および拡散のモデル化の試みがアメリカ合衆国を中心として飛躍的に進展し、実用予測モデルの良いものが開発されてきている。このようなモデルはトリニダッド・トバゴの海域での流出油の拡散を予測するのにも有用である。また、流出油の挙動・拡散に関わる諸因子を予めデータベース化し、予測モデルを事故解析に適した形に加工しておくことが大切である。

15-5 結論

石油汚染事故に備える方策としては、事故が発生しにくいように環境の整備を行うことと、事故対応体制の確立であると考ええる。具体的な対策としては、生産排水・雨水排水系統の完全分離、問題意識の向上と石油汚染事故専門家の養成および関係法令の整備が必要である。事故対応体制の確立としては、ソフトウェア面では①緊急組織、②関係諸マニュアル、③諸訓練、④人員・資機材の配備、⑤油防除・処理・処分の技術ノウハウの蓄積、⑥事故想定による油防除作戦のスタディ等であり、ハードウェア面では①通信網の確立、②防除資機材の適正な保有、③回収油処理・処分設備のバックアップである。重点防御対象としては、準閉鎖系水域であるパリア湾の流出油事故を最優先とすべきである。パリア湾を対象とした場合、流出油の回収は、環境保全の見地から、オイルフェンス・油回収船・油吸着材の組合せによる機械的回収を主体とし、油処理剤は限定使用とすべきで

あろう。バリア湾へ事故等により油が流れ出るポイントを予め想定しておき、流出量を定めて、油防除作戦のスタディをしておく必要がある。この内、大規模事故、例えばタンク・タンカー事故のスタディでは、流出油拡散予測モデルもスタディしておくべきである。大規模流出油事故を前提とする国間の相互協力のネットワーク作りも検討すべきである。

第16章 アップグレードプロジェクト



第16章 アップグレーディングプロジェクト

Trintocは、軽質高価値製品の生産を増加し、国際マーケットのニーズに対応すべく、Pointe-a-Pierre 製油所の分解能力を強化することを中心とするアップグレーディング計画を策定し、IADB（米州開発銀行）の借款を得て実行を開始した。Petrotrinはこの計画を引き継ぎ、1995年末完成を目標に、現在実施中である。この計画の全体内容、その内の環境保全に関する計画およびその効果について以下に述べる。

16-1 アップグレーディング計画の全体内容

アップグレーディング計画は基本的にプロセス装置の新設・増強であり、この一部として、環境保全に関する改善が含まれる。計画の概要を以下にまとめる。

16-1-1 プロセス装置の新設・増強

プロセス装置の新設・増強の内容は以下の通りである。

(1) 軽油水素化処理装置（第2HTU）

現在遊休中の軽油水素化処理装置（第2HTU）の補修およびマイルドハイドロクラッキング化を行い、運転を再開する。また、能力を88から55MBPSDにする。

(2) 硫黄回収装置の新設

183トン/日の能力を有する硫黄回収装置を新設する。また、テールガス処理装置、熔融硫黄移送設備、硫黄固形化設備、貯蔵設備および出荷設備を併せて新設する。

(3) 水素製造装置の新設

第2HTU装置の改修に伴い必要となる水素の供給を主目的に、水素製造装置（能力：30MMSCFD）を新設する。

(4) ビスプレーキング装置の新設

製油所の分解能力を高めるために、32MBPSDのビスプレーキング装置を新設する。

(5) 流動接触分解装置（FCC）の改修

製油所の分解能力を高めるために、既存のFCC装置を26MBPSDから30MBPSDに能力アップする。

(6) 計装の近代化

現有の空気式アナログ計装をDCS（分散型デジタル計装）に取り替える。
また、同時に中央計器室を新設する。

16-1-2 環境保全に関する改善

アップグレーディングプロジェクトと共に計画された環境保全関連の改善内容は、以下の通りである。

(1) 排水処理の改善

- ・雨水をAPIセパレーターから分離する。
- ・既存のAPIセパレーターから油を効率的に回収するためのポンプ設備を設置する。
- ・既存のAPIセパレーターを改善すると共に有効活用を図る。

(2) 揮発性炭化水素対策

蒸気圧1.5psi以上の炭化水素の貯蔵に用いられるタンクにインナーフローティンググループを設置する。

(3) 浮遊煤塵対策

- ・FCC装置の改修の一部として、FCC装置に触媒捕集用の高効率サイクロンを設置する。
- ・廃ガス燃焼用にスモークレスフレアースタックを設置する。

- ・硫酸回収プラントの改修の一部として、硫酸回収装置にミスト除去設備を設置する。

(4) 硫黄酸化物対策

- ・燃料中の硫黄分を低下させる。これは第2 HTU装置の一部として実施される。
- ・硫黄回収装置の設置（プロセス装置の新設・増強計画に含まれる）。

(5) 一酸化炭素対策

- ・FCC装置の改修の一部として、FCC再生塔の運転に完全燃焼技術を導入する。

(6) 悪臭対策

- ・第2 HTU装置の改造の一部として、同装置のサワー水ストリッパー（運休中）を改造し運転を再開する。
- ・アップグレーディング計画に合わせ、常圧蒸留装置、水素化脱硫装置、FCC、ピスプレーカーおよび減圧蒸留装置から発生する全てのサワー水を回収するシステムを設置する。
- ・サワー水ストリッパーの処理水をデソルター注入水としてリサイクルするシステムを設置する。
- ・廃ソーダを収集し処理するシステムを設置する。

(7) 騒音対策

- ・FCCのプロワー用タービンの油圧速度制御装置を改善するか、または運転員保護のための騒音防止用小屋を設置する。

(8) 土壌汚染対策

- ・土地改良設備を設置する。

16-2 排水処理設備のアップグレーディング

排水処理設備のアップグレーディングを決定するに当たっての基本方針は以下

のとおりである。

1. ポイント・ア・ピエレ製油所の環境保全に関する最大の問題は排水の取扱いとその処理である。将来予想される排水中の油分の規制50ppmを念頭において、さしあたり必要な事項を実施する。
2. 実施すべき項目はIDBA借款を用いて製油所のアップグレーディング計画に合わせて実施するものであり、これを第1フェーズと位置づける。第1フェーズにおいては、現状約1,500ppmである製油所排水中の油分を100~200ppmにする事を期待する。
3. 排水油分を50ppm以下に下げするためには、2次処理設備の設置が必要である。しかし、2次処理設備の設置は現在のアップグレーディング計画には含まれておらず、Petrotrinが別途実施する。
4. 第1フェーズの実施効果を評価し、その結果を、更に必要となる改善内容の決定と、2次処理設備の設計に反映させる。

以上の考えに基づき第1フェーズにて実施される改善内容を以下にまとめる。

16-2-1 シンプソンキャッチの改善

(1) メンテナンスに関するもの

- ・高潮位および大雨時における表層油の流出を防止するためのバップルを設置する。
- ・既存の空気駆動往復動ポンプを改善し、新設オイルストックAPIセパレータのスロップタンクと接続する。

(2) 改善に関する内容

- ・油止めブームおよびタイマー制御機能を備えた自動調整フローティング型オイルスキマーをシンプソンキャッチに設置する。
- ・同スキマーから油を回収するためのポンプ、モーター、ホースを設置する。
- ・回収された油を受け入れるためのスロップタンク(31m³×2基)および回収用

配管を設置する。

- ・ スロップタンク排水をオイルキャッチに戻すための配管を設置する。
- ・ 回収油をオイルストックの新APIスロップシステムに移送するためのポンプ、配管を設置する。
- ・ スキマーポンプの制御のために必要な電気・計装設備の設置する。

16-2-2 第3および第5ポンプ室の改善

(1) 第3ポンプ室

- ・ ポンプのスタートアップ時のブリードをオイルピットに接続するための配管を設置する。
- ・ ポンプ基礎周りのドレンをオイルピットに接続する。
- ・ ポンプのグランドリークをドレンヘッダーに接続する。

(2) 第5ポンプ室

- ・ 既存のスロップオイルピットを改修する。
- ・ スロップオイルピットにポンプ・モーターを設置する。また、新オイルストックサンプのAPIセパレーターまで配管を行う。

16-2-3 オイルストックメインサンプにAPIセパレータ設置

- ・ 西および北エリアにある、以下の43基のタンクにクローズド型排水設備を設置する。

軽油	: 7基
灯油	: 5基
ガソリン製品	: 13基
ガソリン基材	: 10基
燃料油	: 1基
ワイルドナフサ	: 5基
スロップ	: 2基
合計	: 43基

- ・既存メインサンプに流入する雨水をバイパスするチャンネルを設置し、必要部分の断面積を増加する。
- ・APIセパレーターの新設に伴い、既存オイルストックメインサンプを撤去する。
- ・第3 / 第5 ポンプ室のオイルピットおよび西 / 北エリアのタンククローズド排水システムの排水量に見合う容量のAPIセパレータを新設する。また、セパレータをシンブソンキャッチと接続し、必要な水路および回収油のタンクを設置する。新APIの仕様は以下のとおりである。

容量 : 147.6 m³
 チャンネル数 : 3
 寸法 : 幅3.2m × 深さ1.7m × 長さ23.6m

- ・回収油をスロップタンクへ移送するための液面制御自動起動ポンプ / モーターを設置する。また、必要な計装および電気工事を実施する。
- ・回収油受け入れの為のスロップタンク (75 m³ × 2 基) を設置する。
- ・上記のスロップタンクを既存のスロップシステムと接続する。

16-2-4 ポイント"J" オイルキャッチ

- ・サンプのスロップ油を、新オイルストックAPIの回収油タンクに直接移送するための液面制御自動起動ポンプおよびモーターを設置する。

16-2-5 東地区ガードベース

- ・ブームおよび自動タイマー制御機能を備えたフローティングタイプの浮上型回転ドラム式オイルスキマーをガードベースに設置する。
- ・回収油用にスロップタンク (31 m³ × 2 基) を設置する。
- ・回収油移送用の液面制御自動起動ポンプおよびモーターを回収油ピットに設置し、スロップタンクへの配管を行う。

16-2-6 第3 API セパレーター

(1) メンテナンスに関する内容

- ・既存の往復動回収油ポンプの信頼性向上のための改装を行い、スペアerpンプとする。

(2) 改善に関する内容

- ・油回収用にモーター駆動液面制御自動起動ポンプを設置する。
- ・回収油を第4 API セパレーターに移送するための配管を設置する。

16-2-7 第2 API セパレーター

- ・雨水をバイパスさせるための水路を必要な程度までサイズアップする。
- ・回収油を受け入れるためのスロップタンク (31m³×2基) を設置する。
- ・油回収ポンプに液面制御自動起動計装を設置する。
- ・スロップ油を No. 31タンク (南エリアスロップタンク) に移送するための配管を設置する。

16-2-8 第2 API セパレーターガードベースン

- ・ブームとタイマー制御機能を備えた自動調整型フローティングタイプオイルスキマーを設置する。
- ・同スキマーから油を回収するためのポンプ、モーター、ホースを設置する。
- ・回収された油を第2 API セパレーターのスロップタンクに移送するための配管を設置する。
- ・回収油ポンプに液面制御自動起動計装を設置する。
- ・既存スチーム駆動往復動ポンプをスペアerpンプとするための改装を実施する。

16-2-9 第1 API セパレーター

- ・北地区のプロセス装置から排出される排水からのカセイソーダを分離する。あるいは発生源にて中和を行う（更なる検討が必要）。
- ・回収油を受け入れるためのスロップタンク（31m³×2基）を設置する。
- ・油回収ポンプを設置する。
- ・油回収ポンプに液面制御自動起動計装を設置する。
- ・スロップ油を No. 31タンク（南エリアスロップタンク）に移送する配管を設置する。

16-2-10 第1 API セパレーター 出口水路

- ・水路上の油を捕集するためのブームを設置する。
- ・フローティング型のタイマーを備えたオイルスキマーおよび必要な計装を設置する。
- ・回収油を受け入れるためのスロップタンクを設置する。

16-2-11 第4 API セパレーター

- ・既存のスチーム駆動往復動ポンプを改修し、スペアポンプとする。
- ・油回収ポンプに液面制御自動起動計装を設置する。

16-3 排水処理に及ばず改善の効果

排水処理に関する以上の改善は、基本方針にもあるように、現状の1,000 ppmを越える製油所排水中の油分を150 ppm程度に下げることが目的に実施されるものである。これを実施した後、必要なメンテナンスが伴えば、期待通り油分100~200 ppmを達成できる可能性がある。

しかし、調査団のターゲットは製油所排水中油分50 ppmである。この目標を達成

するためには、第11章で述べた様に、加圧浮上を中心とする排水2次処理設備の新設が不可欠である。

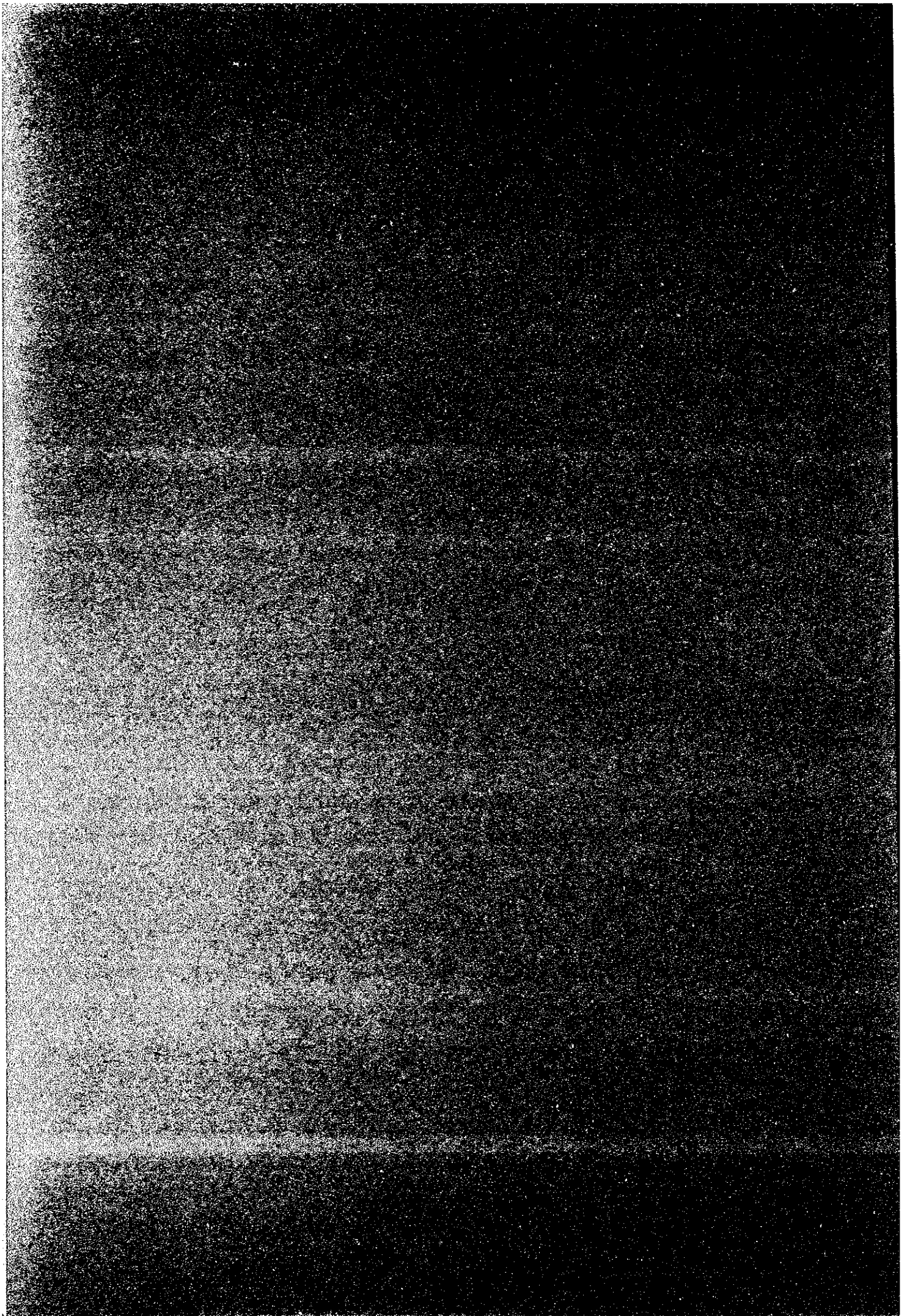
製油所に新設される排水処理設備は、第19章の実験結果により、バッファータンク（ケミカルズ用および非ケミカルズ用）、API、CPI、凝集加圧浮上およびガードベースンとなると考えられる。これ等の設備の性能を設計通りに発揮させるための最大の要点は、それぞれの設備を設計流量以内で、かつ、流量変動を出来るだけ与えずに運転することであり、そのために最も必要なことは雨水の完全分離である。アップグレーディング計画には、ある程度の雨水の分離工事が含まれている。しかし、対象地域は主として西エリアのタンクヤードであり、製油所全体の雨水を含油排水から分離するものではない。

製油所の全ての総合排水の油分を50ppm以下に制御する為には、第11章で述べた様に、含油排水とケミカル排水をまず分離し、かつ、これらを別に設ける地上配管で雨水から完全に独立させ、流量を制御しながら新規に設ける排水2次処理設備で処理する以外に有り得ないと考えられる。この場合、今回の改造を含む既存の排水処理設備は全て雨水専用転用される。

排水中の油分を50ppm以下にするための設備を完成させるためには、年月が必要である。また、資金の手当も必要である。この間、製油所から、現状の1,000ppmを越える油分を排出し続けることは、この国にとっても、また、国際的にもゆゆしき問題である。従って、150ppmを目標に、さしあたり実施される排水設備のアップグレーディングは大きな意味を持つ。

第1フェーズにて改修あるいは新設される設備は、最終的な姿として、全て雨水専用となる。しかし、クリーン排水といえども異常時のためのガードを必ず設ける必要があり、将来とも有効に活用されるものである。

第17章 メンテナンス



第17章 メンテナンス

17-1 調査対象

本章では、水質保全に関する石油汚染対策の観点から、保全管理（メンテナンス）について考察する。組織とその役割、設備管理システムおよびメンテナンスの基準等については、対象とする石油セクターの保全部門全般について記述する。一方、個々の設備については、厳しい石油汚染を引き起こす可能性のある設備についてのみ考察する。検討対象となる設備は、以下の通りである。

1. 油井地上設備（クリスマスツリー等）
2. パイプライン（トランクライン、フローライン）
3. 原油タンク、ウォッシュタンク、フィスカリゼーションタンク
4. 入出荷設備
5. 海底パイプライン
6. 排水処理設備
7. その他

トリニダッド・トバゴの石油産業は今世紀初頭から存在している。即ち、原油の商業生産は1907年から開始され、製油所はPoint Fortinが1912年、Pointe-a-Pierre が1916年に建設されている。また、TEXACOが1956～1985年の間、Pointe-a-Pierre 製油所を運営していた実績を考慮すると、Petrotrin のメンテナンス技術レベルは相当高いと思われる。しかし、石油汚染防止に関係する諸設備（特にAPIセパレーター等）に限って見れば、そのメンテナンスは性能維持、清掃、詰まり排除、汚れ除去、どれを取っても不十分であるとの印象を得た。このことは設備の改造・更新もさることながら、従業員の石油汚染防止に関する啓蒙も大切な要素であることを示唆している。Petrotrinは工夫して実状にあったメンテナンスを行っているが、本章で対象とした設備については、ブレイクダウン・メンテナンス（BM）に近いように見受けられる。設備の古さから見て計画的な取り替えの時期にきている。

17-2 諸設備の概要

17-2-1 生産油井、タンクファームおよび原油移送設備

今回対象としたオイルフィールドは4つの河川の流域に関連する油田で、稼働中の生産油井は1,200本以上、休止油井や圧入油井を加えると4,000本以上と推定される。また、タンクファームは7箇所が対象となっている。いずれも一次原油およびサーマル原油を扱っている。生産原油は、Brighton油田を除き、硫化水素を含まず、pHはほぼ中性である。粘性は高い。性状面からみて対象地域の原油の腐食性は殆どない。調査対象地域においては、水蒸気圧入による原油の2次回収が広く行われている。炭酸ガス圧入も一部で行われている。海水圧入は行われていない。

各設備をつなぐパイプラインのサイズ(インチ)は以下の通りである(アンダーラインを付したものは、メジャー配管を指す)。なお、本報告書では、生産油井からギャザリングステーションを経てタンクファームに至るパイプラインをフローライン(Flow Line)、タンクファームとポイント・ア・ピエレ製油所を結ぶパイプラインをトランクライン(Trunk Line)と総称する。

・生産油井～ギャザリングステーション	<u>2</u>	3
・ギャザリングステーション～タンクファーム	4	<u>6</u> 8
・タンクファーム～Pointe-a-Pierre 製油所	<u>8</u>	10 12 16

フローラインは道路の脇に地上から20～30cmの架台上に布設されているが、管の撓みで地面に接触または半埋設状態になっているところもある。道路と交差するところは地下埋設となっている。防食塗装は錆止め塗装2回、仕上げ塗装2回(銀色またはエナメル)、膜厚6～8 mil(150～200ミクロン)である。腐食対策は塗装のみである。3インチ以下のサイズではパイプの継ぎ(カップリング、ベンド等)はスクリュウ・タイプとなっている。フローラインは布設後相当の年数が経過しており、また、防食塗装膜が既に消失している配管が多数見られたこと等から、全般的にかなり老朽化が進んでいると判断される。調査団が1993年9月に第

1次現地調査を実施した際、道路脇のフローラインでパイプから漏油して小さい池が出来ているところ、漏れた後にピッチがこびりついているところ等が数カ所あった。Petrotrin 発行の Oil Pollution Report にも、フローラインの漏油事故はかなりの頻度で報告されている。フローラインは事後保全（BM）で対処されているが、迅速に漏油事故の発見・補修をするために、巡回チェックが定期的に行われている。

クリスマスツリーのスタッフィングボックスより原油が漏れている事例もある。回転機器については、毎日一回、見回り・点検が行われている。

タンクファームにある原油タンク、ウォッシュタンクおよびフィスカルタンクは、製油所にある同種タンクと同様に、予備保全（PM）の対象設備となっており、以下に示す定期整備が行われている。従って、タンクファームのタンクは、メンテナンス上、大きな問題はない。

- ・クリーニングおよび点検のために、年一回ウォッシュタンクの開放をする。
- ・フィスカリゼーションタンクはスラッジが3フィート（約90cm）溜まった時点で、開放して清掃・点検を行う。

タンクファームの排水処理設備としてはAPIセパレーターとオープンピット（ドッグレグ）が併用されている。また、小規模のタンクファームではオープンピットのみとなっている。以上の設備は浮上油の回収のみに機能しており、排水の含油濃度の改善には寄与していない。特に、1～10ミクロンの微細・強固な原油エマルジョンの分離・除去には全く寄与していない。浮上油の回収のみの機能維持を考えると、スラッジの堆積や詰まりを取り除くクリーニングをもっと頻繁に行うべきである。また、プロセス排水と雨水との分離が為されておらず、大雨が降るとフラッシングするなどオーバーロードとなっている。この結果、浮上油が系外へ流失し、石油汚染をもたらしている。

トランクリーンは、その90%が埋設配管である。埋設部は外面アスファルトコ

ーティングと電気防食が施されている。トランクラインの漏れチェックは、定期巡回（二人／週一回）により、地表面に出てくるにじみの検査により行われている。また、流量計測は、タンクファーム側はタンク検尺で、製油所側は流量計で行っている。トランクラインの異常発見システムとして、GIS（Geographical Information System）管理を行っている。なお、トランクラインの運転圧力は最大 390psig（安全弁設定値）となっている。フローラインおよびトランクラインのパイプ材質は、API 5L-A、Bとなっている。AあるいはBの選択は耐圧および腐食率を考慮して行われている。フローライン・トランクラインの腐食は、ほぼその95%が外面の大気側（土壌側）に発生する。腐食形態は孔食（Pitting corrosion）であり、被覆コーティングに欠陥のある箇所あるいは迷走電流が流れる箇所に発生する。パイプラインのピッチング型の腐食ヶ所の補修には、主としてAPI規格のセミスリーブ（半月形）またはフルスリーブのパッチ当てが採用されている。また、油が入ったままの状態での火気使用の工事をする、ホットタッピング工法も行われている。

17-2-2 Pointe-a-Pierre 製油所

オンサイトの石油製品生産設備は、石油メジャー流の伝統のあるメンテナンスが行われており、設備の履歴データ管理も行われている。具体例を以下に述べる。

原油タンクおよびスロップタンクでは、底板と側板の最低部一枚分の高さ（8フィート）の内側にはエポキシコーティングが施されている。また、底板の外側には、陰極防食（Cathodic Protection）がなされている。タンクの保安検査は、社内基準（IRP-T-01）に基づき、タイプ別・油種別に期間を定めて行われている。タンクの保安検査の概要を表17-1にまとめる。

タンクの肉厚測定は、屋根、側板については5年毎、底板はタンク開放のフルインスペクション時に行われている。フルインスペクション時には、底板の磁気探傷も行われている。

Table 17-1 Intervals of Inspections of Tanks at P-a-P refinery

Tank Type-Product	Visual	Ultrasonic Internal	Full (Level Survey)	Foundation
Fixed Roof or Open Top tanks				
(1) Lube oil, Fuel oil, Gas oil, Diesel, Air foam, Soda	1 year	8 years	15 years	-
(2) Slops (internally coated)	1 year	2 years	5 years	-
(3) Slops (not internally coated)	1 year	1 year	2 years	-
(4) Crude, light prod., fresh wat.	1 year	5 year	10 years	-
Floating Roof Tanks				
(5) All products	1 year	3 years	10 years (including measurement of pontoon bottom)	5 years

輸入原油の配管（30インチ）は海底配管であり、新しいものと古いものがある。新しいものは陰極防食が施されている。TEXACO時代の古いものについては最近陰極防食を始めたが、漏れが多く、その都度ダイバーによる水中溶接補修を行っている。重要度の高い配管についてはインテリジェントピグによる検査を実施している。古い配管は曲がりきつく、ピグが通らないが、新しい配管は検査を考慮した設計となっており、インテリジェントピグによる検査が実施可能である。製油所内地上配管については3年毎に超音波による肉厚検査が実施されている。腐食性の高い配管については、さらに、シャットダウンの前にX線検査などを加味して肉厚の確認が行われている。コロージョンインヒビターによる腐食管理はプロセスセクションが担当しており、銘柄の選定および場所を定めて実施している。しかし基本的考え方は材料選択にある。

製油所の予防保全（Preventive maintenance）については、全般的な、確立されたプログラムは無いが、個々の設備または機器ベースで見れば、以下のものが予防保全の対象となっている。

- ・石油精製設備の主要機器である加熱炉、塔槽、熱交換器、ポンプ、コンプレッサー、タービン等
- ・電気機器として受配電設備、パワースイッチ、メインケーブル等
- ・スチームタービン、パワープラント
- ・タンク
- ・主要回転機械の振動解析

製油所の排水処理設備は、機能面から大きく分けて、次の二種類の系統がある。

1. A P Iセパレーター → ガードベースン → 河川 → オイルキャッチ → オイルブーム → Peria 湾（石油製品生産設備ヤードおよび一部のタンクヤード）
2. オイルサンプ → オイルキャッチ → Peria 湾（タンクヤード）

製油所ではA P Iセパレーターを4基保有している。製油所の原油受け入れ規格は水分2%以内であり、上流のタンクファームにおいて頑固な原油エマルジョンを濃厚に含有する排水は既に排出されている。製油所のA P Iセパレーターは配置・構造上、雨水が流入してきており、大雨時にオーバーフローした際浮上油を同伴流出する等、性能維持の大きな障害になっている。また、オイルスラッジがところどころ野積みされており、これが大雨時には環境汚染の問題をおこしている。排水経路はこれらの油により汚染され、ガードベースン、オイルキャッチおよびオイルブーム共に、油の流出防止には役立っていない。これが目に見える石油汚染の典型的な事例の一つである。

17-3 現行のメンテナンス・システム

17-3-1 組織およびそれぞれの役割

Petrotrin のメンテナンス分野の組織の特徴は、エンジニアリング部門とメンテナンス部門が、それぞれ独立してその組織と役割を分担していることにある。メンテナンスの組織図を図17-1に示す。

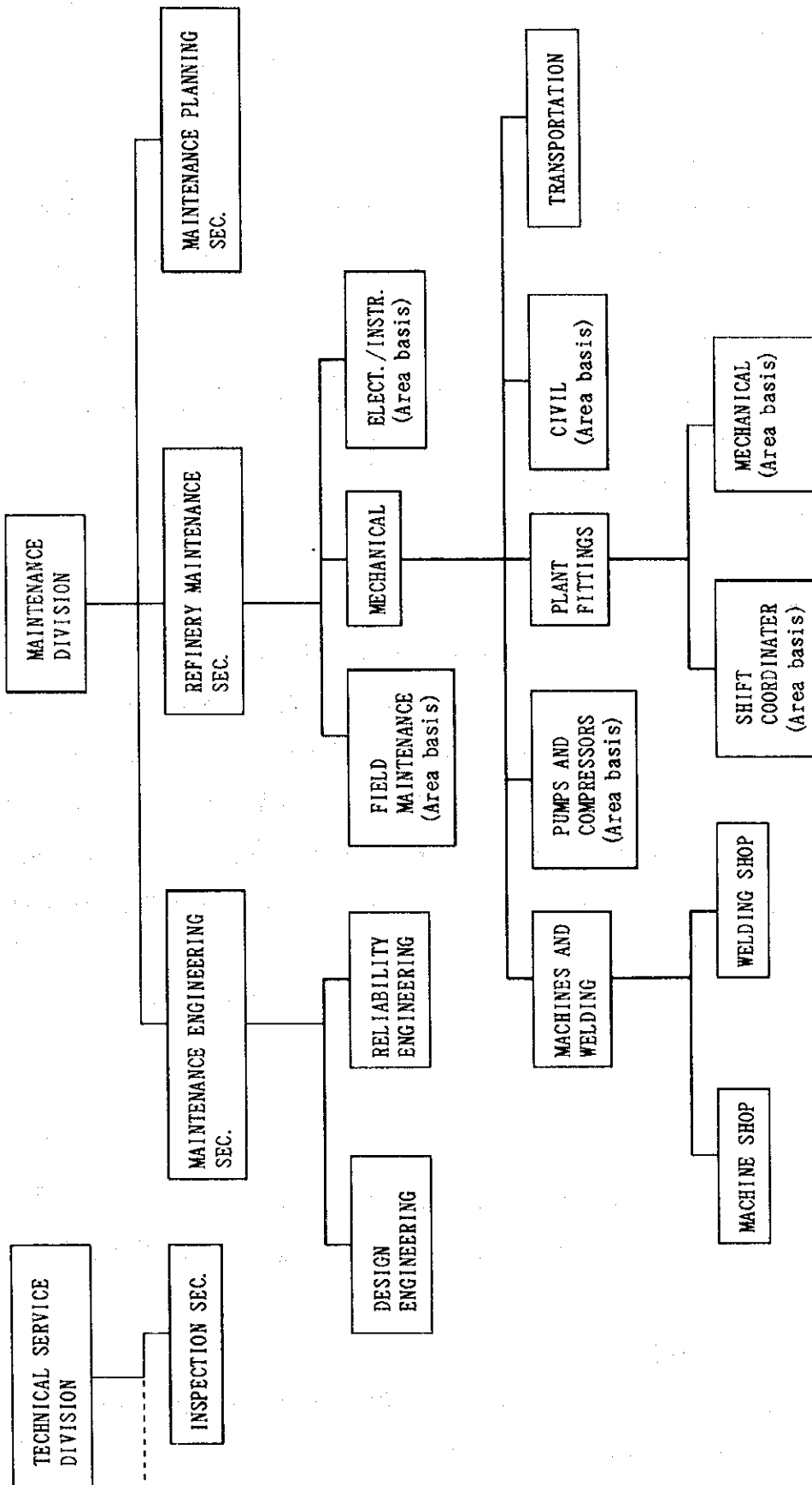


Figure 17-1 Organization concerning Maintenance of Petrotrin

(1) エンジニアリング部門

1) 検査セクション

テクニカルサービス部門（新プロジェクトおよび既設装置の両方を対象としている）に所属しており、メンテナンス部門から独立している。担当は以下のとおりである。

- ・タンク、パイプライン、塔槽、熱交換器、加熱炉等の静機器の検査
- ・基準の管理、検査記録の蓄積、履歴を解析
- ・静機器のメンテナンスの勧告
- ・予防保全活動を推進している。

2) 信頼性エンジニアリングセクション

メンテナンス部門に所属し、回転機械（LNG駆動エンジンコンプレッサー等の大型機械を含む）、電気機器、計装、潤滑油管理等の検査および維持補修を担当している。回転機械および電気モーターについては、故障の原因解析、維持補修に対する勧告をおこなっている。電気機器および計装については、故障の原因解析、性能記録の蓄積、履歴を解析し、メンテナンスを勧告している。潤滑油管理については、潤滑油の分析、取替インターバルの設定、適正潤滑油の選定および勧告、潤滑油管理に関するメンテナンスセクションおよび運転セクションに対する教育訓練も行っている。また、担当機器の基準の管理を行っており、予防保全活動を推進している。

3) デザインエンジニアリングセクション

メンテナンスおよび装置建設の両方を担当しており、エリアエンジニア、機械エンジニアおよびドラフトマンから成っている。装置建設の仕事の比重が大きい。

(2) メンテナンス部門

この部門は、フィールドメンテナンス、製油所メンテナンスおよびメンテナンスプランニングの三つのセクションから成っている。

1) フィールドメンテナンス

生産油井、タンクファームおよび原油移送設備などのフィールドのメンテナンスを担当している。メンテナンスエンジニアはフィールドの各拠点に配置され、メンテナンス上の問題を把握し、製油所メンテナンスの機械、電気／計装の各セクションと協調してその対策に当たっている。また、メンテナンスの年間活動スケジュールの立案・管理、メンテナンス上の問題解決の判断を行っている。なお、本部門はテストおよび検査機能を有するが、補修のための実働隊を持っておらず、以下に述べる機械、電気／計装セクションが補修作業を行っている。

2) 製油所メンテナンス

機械(土木を含む)、電気／計装の各セクションから成っている。機械セクションは、さらに、機械および溶接、ポンプおよびコンプレッサー、プラントフィティング、土木、輸送サービスの5つの専門機能に分けられている。機械および溶接機能は機械工場と溶接工場を有している。ポンプおよびコンプレッサーならびにプラントフィティング機能は、製油所内の主だった拠点にエリア専門職を常駐させている。製油所メンテナンス部門はシフト体制をしいている。各直4名でシフトコーディネーター、機械、電気、検査の各エンジニアで構成されている。

3) メンテナンスプランニング

年間活動プラン、スケジュール、契約管理および予算／コスト管理を担当している。

17-3-2 基準、規約および法規

Petrotrin は、APIコードを準拠すると共に、社内基準であるGEMS、TECS (Trintoc Engineering and Construction Specification) およびIRPを制定・使用している。地方法規としてはボイラー、ベッセルおよび計装について規制する労働省関係のものがある。しかし、タンクおよびパイプライン等を規制する法規はない。建設関係の基準としては、TECSを通常、使用している。パイピングの設計関係については、TEXACOの基準であるGEMSを使用している。

タンクおよびパイプラインの検査については、IRP(Inspection Recommended Practice)をガイドラインとして用いている。

17-3-3 予防保全

静機器については検査セクションが担当し、回転機器および電気機器・計装については信頼性エンジニアリングセクションが担当している。予防保全は次の機器グループについて行われている。

- ・プロセスユニットの静機器である加熱炉、塔槽、熱交換器等
- ・ポンプ、コンプレッサーおよびタービン等の回転機械
- ・電気機器および計装機器
- ・タンク
- ・メジャートランクリンおよび入出荷海底パイプライン

他の機器は事後保全（ブレイクダウンメンテナンス）となっており、石油汚染事故を起こす可能性のあるほとんどのパイプラインおよびバルブ等もこの仲間に入る。タンク、メジャートランクリンおよび入出荷海底パイプラインの予防保全実施例については、前に記述した通りである。予防保全が実施されている機器については、検査データ、保全履歴等が把握されており、過去のデータに基づき予防保全が実施されている。

17-3-4 腐食管理

腐食管理は検査セクションが担当しており、製油所およびフィールドの二つのグループに分かれている。生産原油の腐食性については、硫化水素または硫黄分が殆ど無くpHが中性に近いこと、さらに二次回収の中心が水蒸気圧入であることから、殆ど腐食性はない。運転条件からみても、本調査の対象となっている設備は常温、低圧（最大390 psig）と穏やかである。但し、炭酸ガス圧入により生産されている原油には腐食性がある。フローラインの腐食について、プライマリイ油井とサーマル油井を比較した場合、有意差は無い。従って、大気側、土壌側お

よび海水側の外面腐食が重要である。腐食形態は殆ど孔食であり、腐食の経年変化をコロージョン・クーポンでチェックしている。

17-3-5 油漏れ監視システム

フィールド、製油所、海上いずれにおいても、オペレーターが定期的にパトロールを行い、目視検査を行っている。問題が出ればメンテナンス・セクションに連絡し、処置されている。機器による監視システムは実施されていない。トランクリンの埋設配管部分の検査は地表面にあらわれる油の滲みの検査により行われている。またGIS管理も行われている。Petrotrin 作成の漏油事故の報告書は、かなり正確な内容となっており、定期パトロールが頻繁に行われていることを示している。

17-4 改善計画

17-4-1 排水処理設備のメンテナンスについて

この国の石油汚染防止のステイタスはまだ低いものとの印象は拭い難く、排水処理設備のメンテナンスは設備の性能維持のための基本条件さえも満たされていないように見受けられた。性能維持のための最低条件である以下の事項は遵守すべきである。

- ・沈泥、オイルスラッジの堆積や詰まりによる性能劣化を防止するため、運転状況を調査の上、定期クリーニングを行う。また、バッフルや堰のスケールを十分にクリーニングする（年間スケジュールにインプット）。
- ・オーバーロードにならないように、運転条件を明らかにし、使用条件を遵守する（運転マニュアルの整備）。
- ・排水処理設備に滞留している浮上油や浮遊ゴミを常時除去する。
- ・日常保全（清掃、点検、小整備）を励行する。
- ・正しい運転操作とヒューマンエラーの防止に努める。

- ・異常早期発見および再発防止に努める。

以上は全て当然のことであり、オペレーターの石油汚染防止啓蒙教育が重要である。しかし、最も基本的で重要な点は、プロセス、構造上の問題であるプロセス排水と雨水の完全分離である。これが為されない限り、排水処理設備も所期の性能を発揮できないし、石油汚染の根本は解決されないであろう。豪雨時に短時間に大量に発生する雨水は、石油汚染防止（水質保全）上、最大の関心事であるし、また隘路ともなっている。豪雨がくれば洪水状態になる状況を良く理解し、設備の計画を立てるべきである。排水処理設備は、現在事後保全の取扱いとなっているがこれで十分であると考え。但し、突発事故によるシャットダウンを配慮し、クッションタンク等のバックアップ体制が必要である。なお、ストラクチャーメンバーで腐食により減肉した箇所（歩廊のエキスバンドメタル等）があるので、日常保全などできめ細かく防食塗装を行ってゆくべきである。

17-4-2 バイブラインの防食管理について

以下に、フローラインおよびトランクリンの腐食と防食方法について考察する。内部流体は原油であり、この国の原油は先に述べたように硫化水素を含まずさしたる腐食はないが、原油に伴われる水分による腐食は配慮すべきであろう。油配管では流れによって水分が移動してしまうので、直管部分ではあまり問題がないが、水分が滞留する大径管底部ドレンノズル部および行き止まり個所には腐食がおこる。外面腐食については、地面に接触したところならびに埋設部分共に土壌による腐食が問題となる。土壌による腐食は、土壌の比抵抗、pH、通気性、異質な土質の境界部の有無、コンクリート貫通部でのスリーブ絶縁の有無などにより様々であり、いずれにせよ腐食の形態は孔食である。一般に、土壌中の腐食に関しては全面腐食の腐食率は小さく、局部的に侵食される孔食の腐食率は大きい。土中における裸鋼材の腐食率の事例を表17-2に示す。

局部的に孔食を受けて開口すれば管の寿命がそこで決まる。同表は、全面腐食の腐食率Aと比べて孔食の最大腐食率Bが数倍から数十倍であることを示してお

Table 17-2 Corrosion Rate of Bare Steel. Materials in Soil in USA

Sort of Soil	Resistivity [ohm · cm]	Ventilation	pH	General corrosion rate		Max pitting rate	B/A
				A [mm/Y]	B [mm/Y]		
Cecil loamy clay	17,800	good	4.8	0.016	0.62	39	
Hangerstown loam	5,210	good	5.8	0.019	0.26	13.7	
Susquehanna clay	6,920	fair	4.5	0.028	0.16	5.7	
Chino silty loam	148	good	8.0	0.029	0.20	6.9	
Mohave loam	292	fair	8.0	0.085	1.75	21.0	
Acadia clay	190	not good	6.2	0.031	0.13	4.2	
Docus clay	62	fair	7.5	0.070	0.24	3.4	
Lake Charles clay	406	not good	7.1	0.114	0.75	6.6	
Merced silty clay	278	fair	9.4	0.163	0.66	4.1	
Carlisle black peat	1,660	bad	5.6	0.045	0.18	4.0	
Rifle peat	218	not good	2.6	0.072	0.25	3.5	
Tidal marsh	84	bad	6.9	0.086	0.23	2.7	
Black peat	712	not good	4.8	0.057	0.25	4.4	
Shekey clay	943	not good	6.8	0.100	0.36	3.6	
Cinders	455	bad	7.6	0.37	1.75	4.7	

り、フローラインおよびトランクラインの防食対策は孔食対策であることが明らかである。その他、埋設配管で注意すべき事例としては、通気・排水性不良のところ、異なった土質が接するところ、コンクリート貫通部、および迷走電流があるところ等には局部腐食が生じる。Petrotrin の埋設配管は外面防食法として、電気防食、さらに効果をあげるためアスファルトコーティングを併用している。地上配管は防食塗装を施している。

Petrotrin のフローラインおよびトランクラインは既に相当の年月が経っており、今後は配管の寿命を延ばす方策と、老朽配管の計画的更新が必要である。重要度の高いパイプライン（トランクラインおよびフローラインの一部）は肉圧測定を定期的に行い、寿命のきたものは計画的に取替えて行くべきである。しかし、フローラインの大部分の配管については、コスト面を配慮して配管の延命策を行うのが適当である。そこで、敷設されている配管を現場において施工できる内面ライニング工法を推奨する。外面の孔食対策に内面ライニングを推奨する理由は、敷設されている配管を現場施工する場合、内面にする方が容易であるからである。また、孔食があっても強度面にはほとんど影響しないという論拠に沿って、強度メンバーとして鋼管を、シールメンバーとしてライニングをすることにより複合管として使い、配管の寿命をのばすことができる。さらに、対象配管の運転圧力も比較的低下であることも幸いしている。対象とするライニングは、樹脂ライニングとセメントモルタルライニングである。ライニングは、樹脂では平均1,000ミクロン以上のFRPライニングを、セメントでは5mm以上を前提にする。

(1) 樹脂ライニング

樹脂の種類としてはエポキシが良く知られているが、ポリエステル樹脂も使用され、特に、今回推奨するビニルエステル樹脂は耐熱、耐酸、耐アルカリ、耐摩耗性など、エポキシよりも優れたオールマイティ樹脂との評価が高い。ライニングに用いられている樹脂の代表例を表17-3に示す。

Table 17-3 General Properties of Typical Resins Used as Lining

Properties	Kind of resin	Ortho-phthalic type	Iso phthalic type	Bisphenolic type	Vinyl ester type	Epoxy-type amine cured	Neoprene rubber	Teflon	Stainless steel
Elongation (%)		2.0	2.0	2.0	3~5.0	10.0 or below	300 or below	100	-
Physical properties									
(Flexibility)									
Heat distortion temperature (°C) (heat resistance)		95	115	125	110	100	40 or less	300	200 or more
Resistance to inorganic acid		△	○	○	◎	△	△	◎	◎
Caustic resistance		××	×~△	○	◎	◎	△~○	◎	◎
Resistance to organic acid		××	△~×	○	◎	×	×~△	◎	○
Resistance to solvents		×	△~×	△	○	○	×	◎	◎
Linear expansion coefficient 10 ⁻⁵ /°C					2.2*	4.0			1.6
Rate of shrinkage from mould dimensions %					0.1~0.2*	1.4			

* When filler such as glass flakes, etc. is added.
 (Note) ◎ : Good; ○ : Fair; △ : Acceptable; × : Unacceptable; ×× : Prohibited

さらに腐食環境の遮断を目的にして、ガラスフレークを混入させると効果が高い。フレークは厚さ2～3ミクロン、大きさ150ミクロン程度のものであり樹脂中に25～35%配合することにより、1,000ミクロン膜厚中100枚程度が平行に配置される。これによって透過物質の経路を長くとることができ、下地面への到達時間を長くすることができる。以上のバリアー効果に加え、膨張係数や硬化収縮率の低減により密着性の向上やクラック、剝離の防止に役立つ。ライニング時のピンホールを皆無にするためには、十分なライニング厚さおよび塗り回数が要求される。

平均膜厚に対するピンホールの発生を調べた結果、平均膜厚は450ミクロン以上、安全をみると1,000ミクロン以上が望ましい。既設配管は溶接部やフランジ部なども同時にライニングでき、効果的かつ経済的である。

(2) セメントモルタルライニング

モルタルライニング管の防食メカニズムは、セメントのアルカリ性によって鋼面をpH12～13に維持し、不動態化することによる。つまり、セメントから溶け出したアルカリ分によってアルカリ漬けにされているわけである。この防食メカニズムから、ライニング層にピンホールがあっても防食性能は低下しないが、鋼面との隙間には限界がある。許容隙間は1.6～2.5mm迄で、それ以上では錆びるという実験結果が報告されている。ライニング厚さは5mm以上が一般的である。密着性は鋼面との接着よりも、むしろ製作時の化学反応による体積膨張の焼きバメ状態を作り出すアーチ作用である。それ故に脱落しにくく、かなり偏平にしてもヘアクラックは入るが外れにくい。モルタルの性能向上をはかるため、各種ポリマーを混入してポリマーモルタルとすることもできる。既設配管に曲がりも含めて一度にライニングできる工法が開発され実用化されている。工法は樹脂ライニングと全く同じで、特殊ピグ（砲弾型、カップ型、球型およびその組み合わせ）によるピグライニング工法が適当である。

(3) ピグライニング工法

ピグライニング工法は、始めにライニングの前処理として、ピグケレン、サンドブラストケレン、薬品洗浄等の内、何れかの方法によって配管内面の下地処理

を行い、各々のライニングに要求される処理程度にまで仕上げる。次に、それぞれ特徴のあるライニング用ピグを使用して、樹脂／セメントモルタルを管内面にライニングする。一般に、2個のピグの間に樹脂／セメントモルタルをサンドイッチにし、空気圧によってピグを管内走行させることでライニングを行う。この工法の利点は、立ち上がり管や曲がり管も含めて一度にライニングできるほか、比較的大口径（2～30インチ）かつ長距離管（数百m以上）になるほど施工単価が低減され、コスト面で有利となることである。一方、枝管やサイズが異なる接続部があるときは、分割して別系統として施工することになる。このライニングの最も大きな特徴は、樹脂板／セメントモルタル板とも呼べるほどの厚さ（平均1mm／4mm）を持った層を作ることである。膜ではなく板として機能することにより種々の長所を持つことになる。第1には、ラフな素地調整に耐えられることである。通常の塗装の場合は、膜厚がせいぜい数百ミクロン程度のために、良質な素地調整をしないと、剝離や膨れ等の膜破壊が起こる。パイプラインの素地調整は必ずしも満足なものにならないので、素地の状態になんら影響されない強度をライニング層に持たせることが肝要である。第2には、一度に厚く塗膜形成できることから、塗り重ね回数を少なくできることである。樹脂／セメントモルタルライニング共に3回の塗り重ねで、所定の厚さまで達することができる。第3には、板状であることから、膜のように剝離して流失するようなことは起こらない。仮に、配管の内壁からライニング層が分離することがあっても、パイプとしてその形状を維持することで、防食機能は維持できる。

1. ライニング仕様 樹脂／セメントモルタル

(1) 材料

プライマー：エポキシウレタン／セメントモルタルまたはポリマーモルタル

本 剤：ガラスフレーク入りビニルエステル樹脂／セメントモルタルまたはポリマーモルタル

(2) ライニング厚さ

プライマー：25ミクロン／1mm

本 剤：1000ミクロン／4mm

層 成：3回／3回（プライマー1回と本剤2回）

2. クリーニング方法

水および空気を動力として、クリーニングピグにより行う。

3. 施工手順：図17-2による。

4. 枝管やノズル部の改造：図17-3(1)～(3)による。

5. 作業モデル図：図17-4(1)～(7)による。

6. ライニング施工範囲

サイズは2～30インチまで、長さは長い方が経済的であるから、通常は500m以上で施工する。

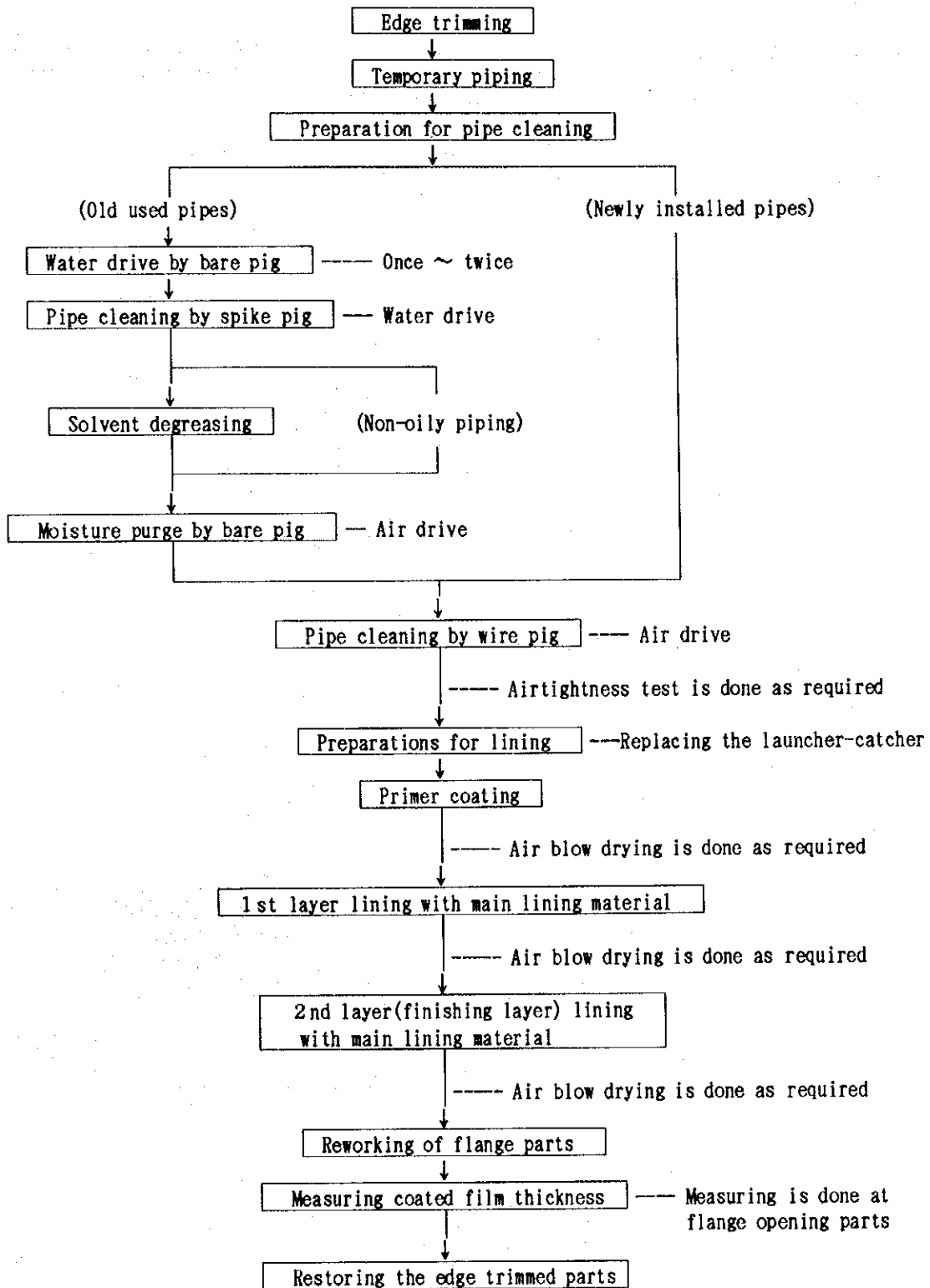


Figure 17-2 Lining Procedure

Modification of branch pipe:

- (1) Edge trimming is done at both ends of the pipes to be lined, and a launcher and a catcher part are attached. (Temporary piping should be provided when needed)
- (2) A flange is attached to the branching portion, then removed and special core is inserted therein.

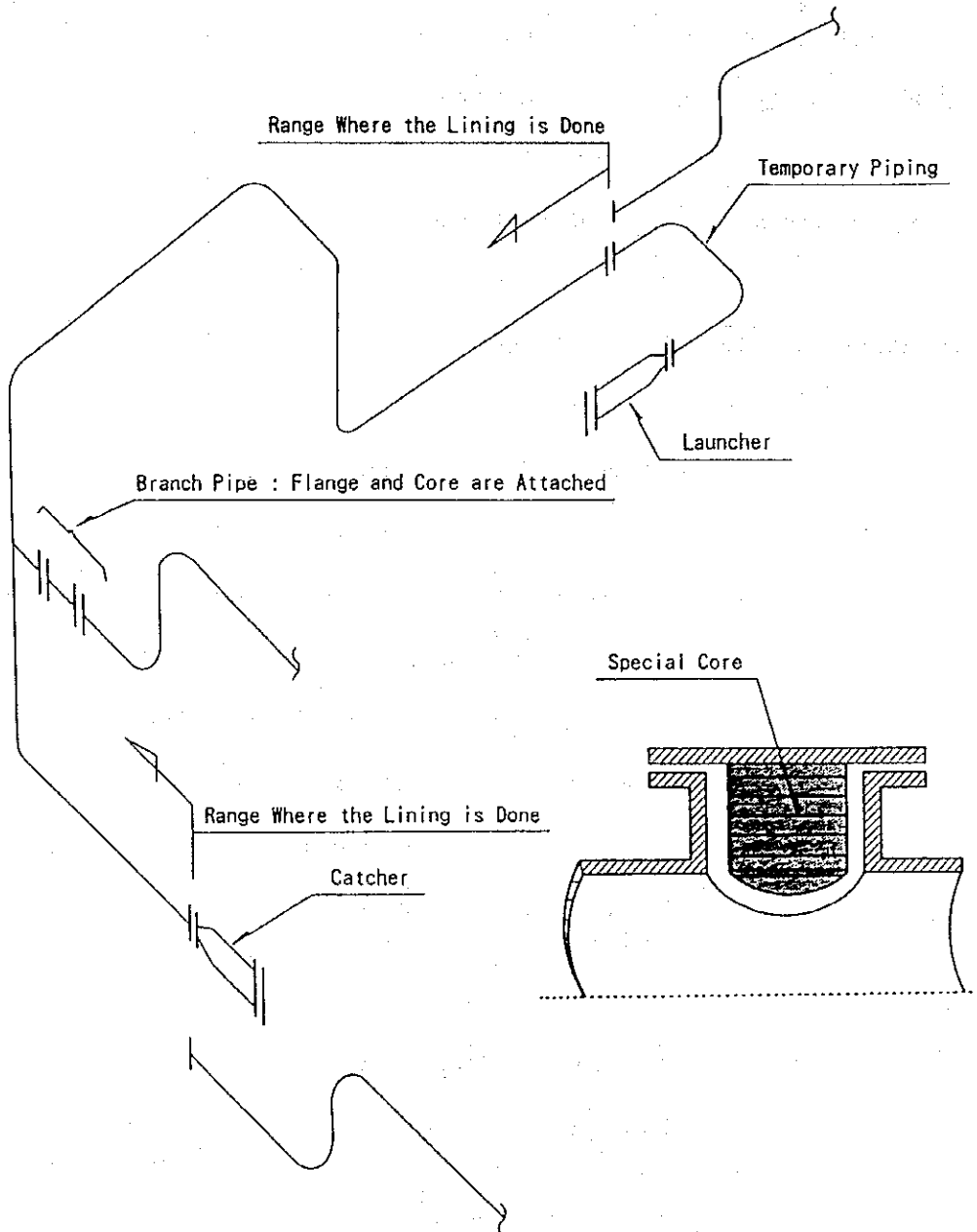


Figure 17-3 (1) Modification for Branch Pipe

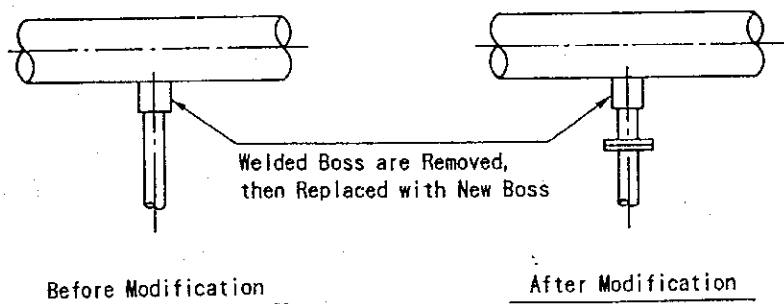


Figure 17-3 (2) Modification of Small Diameter Nozzles

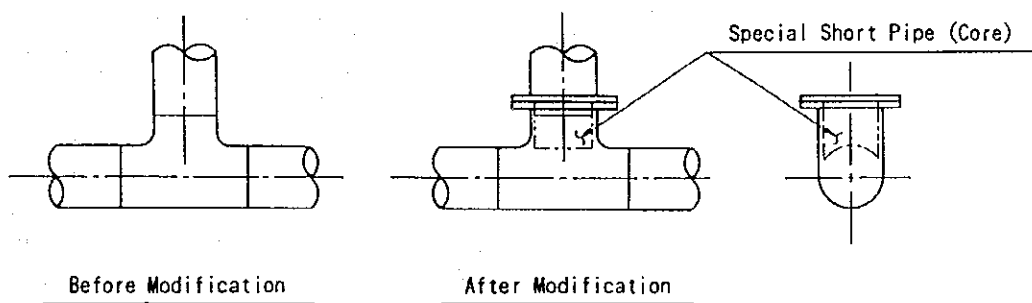


Figure 17-3 (3) Protective Measure for Branch Pipe

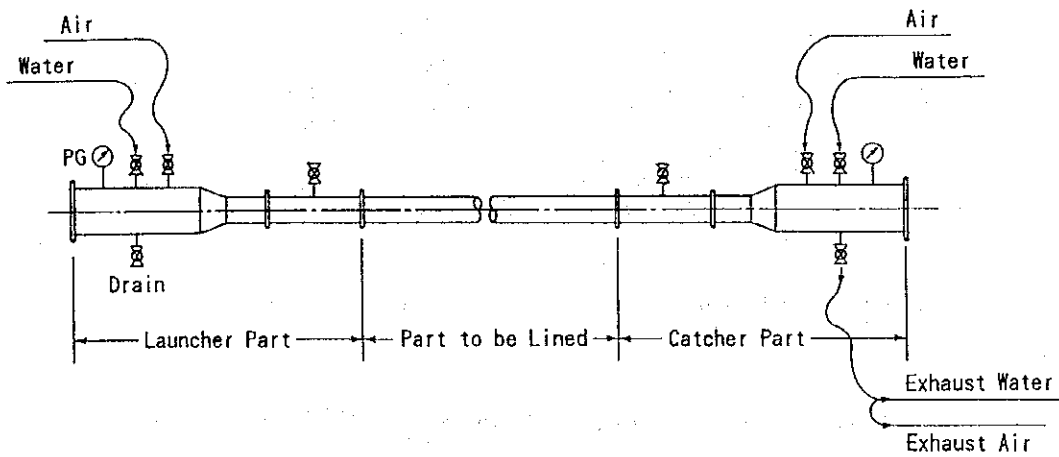


Figure 17-4 (1) Basic Scheme for Cleaning

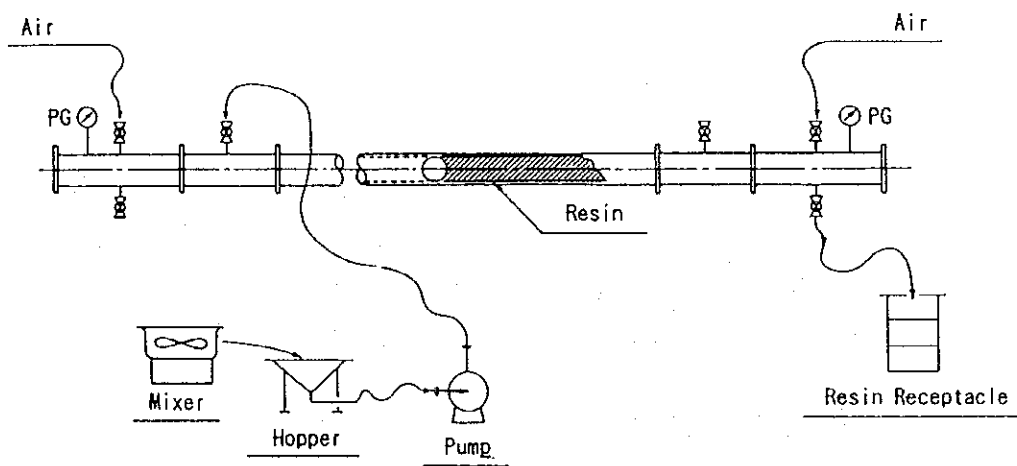


Figure 17-4 (2) Basic Scheme for Lining

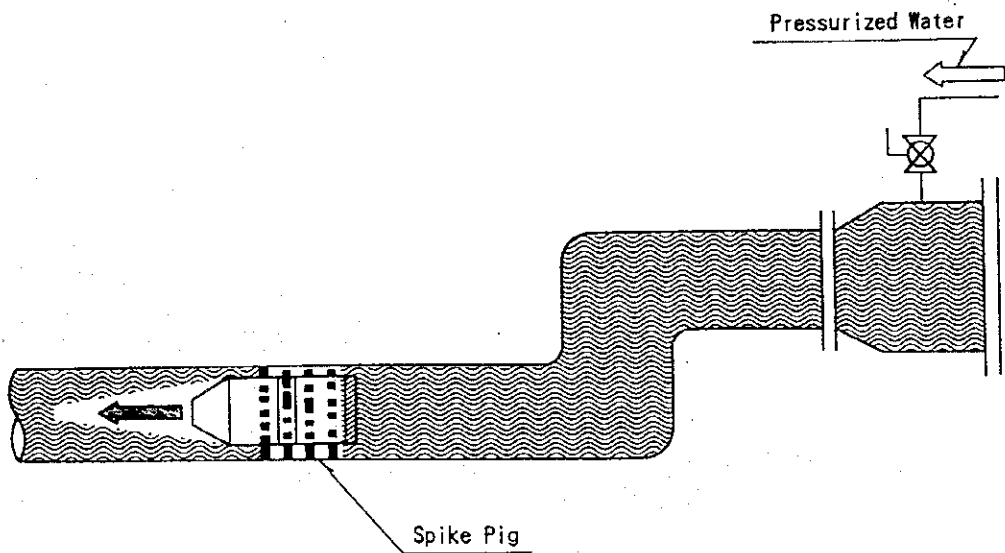


Figure 17-4 (3) Washing with Spike Pig and Water

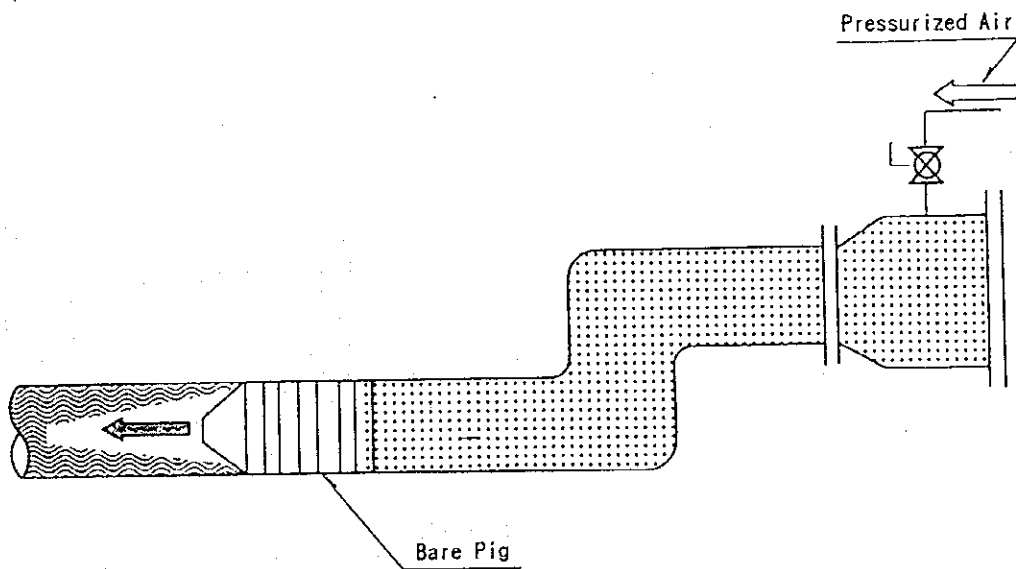


Figure 17-4 (4) Internal Drying of Pipe

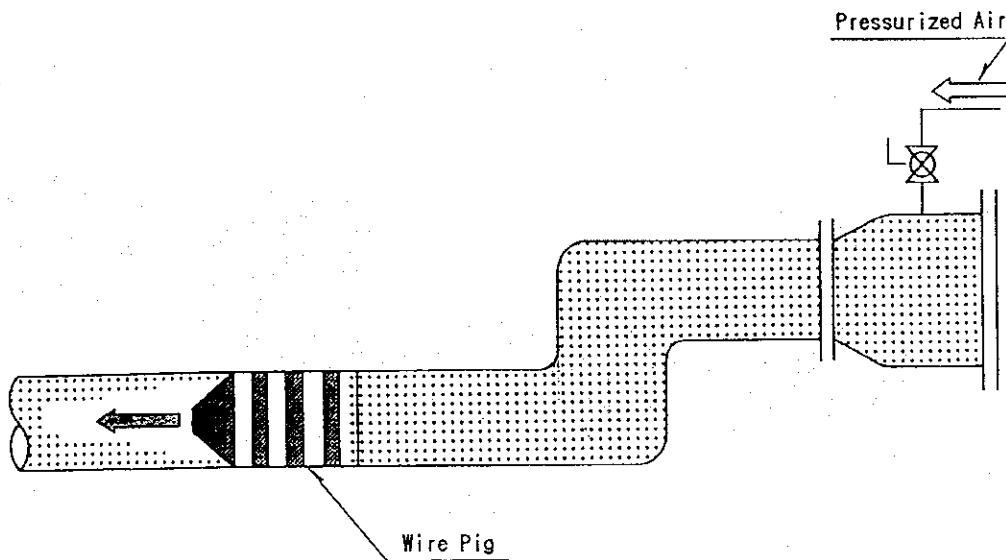


Figure 17-4 (5) Surface Preparation by Wire Pig

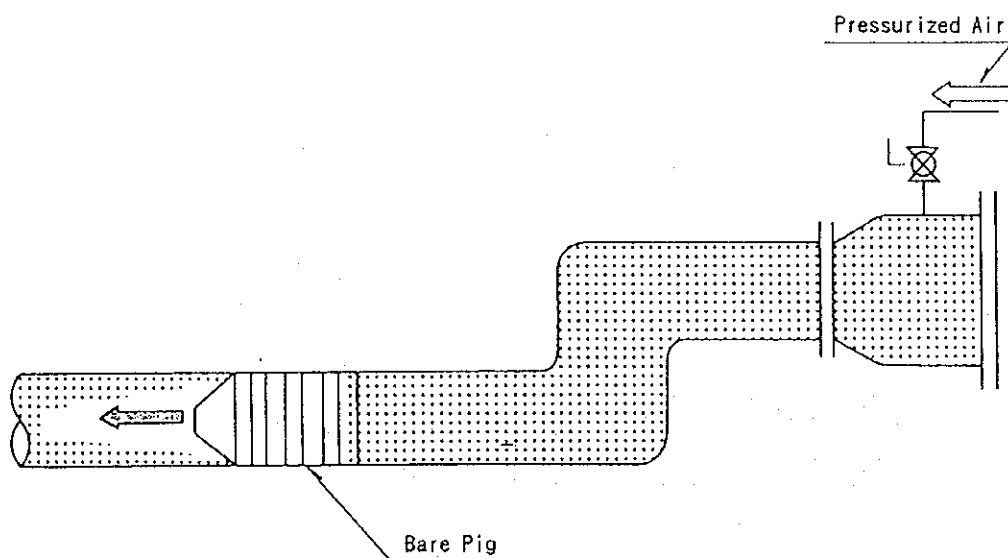


Figure 17-4 (6) Cleaning by Bare Pig

Lining procedure:

- (1) Remove pig launcher and catcher
- (2) Pig coating with primer
- (3) Pig coating with resin

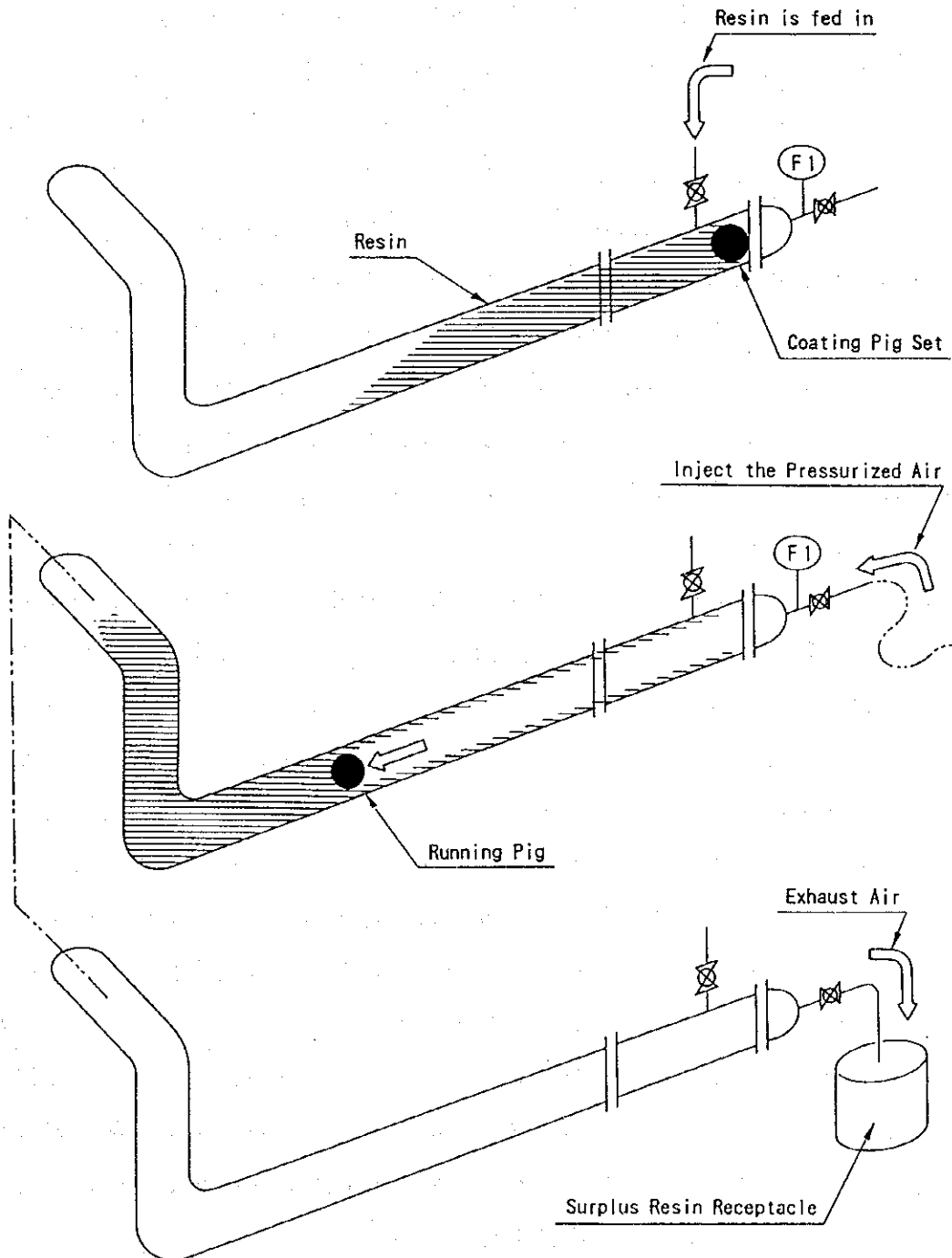


Figure 17-4 (7) Lining with Coating Pig

17-4-3 貯蔵タンクのメンテナンスについて

タンクは大量の石油を貯蔵しており、漏洩事故が発生したとき対応を誤ると深刻な石油汚染をもたらす。一般には防油堤でガードされているが、それでも漏れ出した油が周辺海域に至り厄介な海上石油汚染の原因となった事例がたくさんある。日本に例をとれば、1974年内海にある石油コンビナートで発生した重油海上流失事故が有名である。それ以来、官民が一体となって防災技術の進歩・蓄積、防災体制の整備ならびに関係法令の制定・改正に努力してきた。その結果、タンクの保全・検査技術も大きな進歩をとげている。タンクの破損・漏洩は、アニュラー板／底板の部分と浮屋根の部分に発生するケースが最も多い。底板に発生するトラブルとしては、基礎の不等沈下等による変形、歪みの発生と、底板の溶接時の残留応力や腐食等によるもので、タンクの保全上最も重要である。基礎の不等沈下は基礎工法の良否にかかっているが、経年変化も重要であり、不等沈下が大きい場合はその修正を行う必要がある。底板の腐食には、外面（下面）と内面（上面）との両面に発生するケースがある。外面腐食は主として基礎地盤中の水分中の腐食性物質によるものである。内面の腐食防止には油中の泥水分、塩分の管理が重要となる。近年では内面の防食コーティング施工が一般化し、その効果が確認されつつある。浮屋根に発生するトラブルとしては、タンクの真円度の変化、変形（基礎の不等沈下等による）によって屋根の上下動に無理な応力がかかったり、また屋根を不必要に頻繁に着地させたり、デッキサポートの調節が不備であったりする場合である。現在、日本では関連法規により1,000kℓ以上のタンクについて5～10年のインターバルで定期保安検査（開放検査）を義務づけており、開放時の検査データも統計面で整ってきている。（日本のタンクは建設後20～30年が主流となっている。）統計によると、アニュラー板／底板の腐食損傷と溶接線の欠陥が圧倒的に多く、開放検査基数に対する補修タンク基数の割合は80％を超えている。日本で得られたこれらの知見からタンク漏油事故防止の観点にたって、取りあえず以下の重点施策を推奨する。

1. アニュラー板または底板の張り出し端部の雨水侵入防止対策
2. 定期開放検査の励行とアニュラー板／底板の腐食損傷、割れおよび溶接欠

陥の検査

3. ドレンノズルのサイフォン式変更およびドレンピットの埋め戻し
4. ヒーティングコイル設置部の底板の腐食損傷詳細検査
5. 不等沈下の径年変化測定

(1) 雨水侵入防止対策について

アニュラー板／底板は、雨水の侵入によって裏面腐食を起こす。特に、側板直下近辺のアニュラー板／底板部分は高い曲げ応力が発生するので、腐食の発生防止は保安全管理上の重要事項となっている。そこで、アニュラー板／底板の張り出し端部に伸縮追従・弾性のある材料（アスファルト関連、ゴム関連、樹脂等）を用いて、雨水侵入防止対策を行う。張り出し端部は、液圧・温度により伸縮を繰り返しており、又タンク開放を行うと一般に収縮し、大きなタンクでは10mm程度にもなるといわれている。従って、材料および施工方法の選定にあたっては伸縮に対応する弾力性があること、劣化・硬化によるひび割れがでないことなどが要求される。施工の一例を図17-5に示す。

(2) 定期開放検査と重点検査すべき場所・項目

定期開放検査の周期については、日本では消防法で規定されている。

開放周期： 1,000 kℓ 以上 10,000 kℓ 未満	10 年
10,000 kℓ 以上	5 年（10 年：保安検査）

検査内容：底板の肉厚、溶接線の状況等

開放検査の義務付けによりタンク底板の管理や基礎の不等沈下の修正などは大幅に改善された。一方、ペトロリンの内部スタンダード（#IRP-T-01）では表17-1に示したようになっている。タンク開放周期は、日本ではタンク容量別で分けているのにたいして、ペトロリンは内容物別とタンク型式別となっている。いずれが適しているか一概に言えないが、タンク容量1,000kℓ以上については周期を10年以内にすべきである。重点的に検査すべき箇所は、過去の検査データを参考にすべきであるが、以下が重要である。

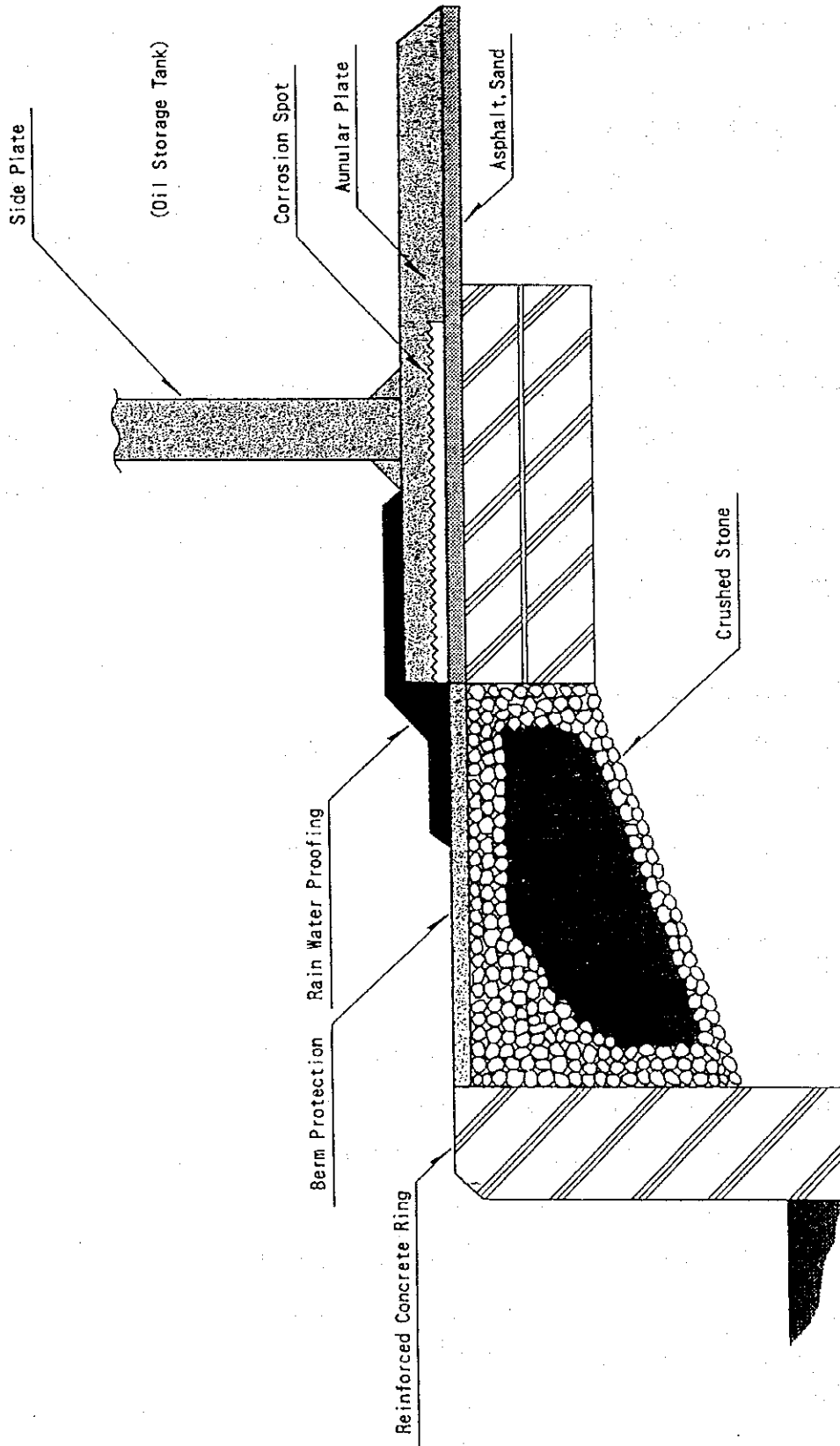


Figure 17-5 Water Proofing at the Annular Portion of Tank Bottom

- ・底隅角部溶接T継手の溶接欠陥および割れ
- ・アニューラー板／底板の溶接継手で三重点および3枚重ねの箇所の溶接欠陥および割れ
- ・アニューラー板／底板の張り出し端部およびその近辺の裏面腐食による損傷
- ・不等沈下が起こっている所の溶接線割れ
- ・タンクノズル取付部

その理由としては、3枚重ね継手部において、開放検査の時に検出した溶接欠陥をグラインダで除去する作業中に貫通したケースが少なからずある。また、アニューラー板の全数取替の理由には、雨水侵入により側板直下の裏面が腐食されたケース、側板直下の地盤沈下のケースが多い。

(3) ドレンノズルのサイフォン式変更およびドレンピットの埋め戻し

ドレンノズルはタンク底の泥水分を排水するためのもので、サイフォン式とエルボ式がある。エルボ式のものタンクの底板の部分に取り付けるので排水には便利だが、構造上底板の強度を弱くする恐れがあり、現在ではサイフォン式が主流である。ペトロトリンのタンクは古い年代に建設されたものが多く見うけられる。ドレンピットのあるエルボ式を使用しているタンクについては、開放検査のチャンスをとらえてサイフォン式に取替え、不等沈下を起こすドレンピットは埋め戻すべきである。

(4) ヒーティングコイル設置底板の腐食損傷詳細検査

ヒーティングコイルが設置されている底板は、内面がいかに程度が良くても、底板の切取り等により、裏面腐食を観察すべきである。その理由は以下のとおりである。

- ・大きく減肉したり、孔食により貫通しているものがよくある。
- ・基礎の環境が乾燥と湿潤の繰返し状態になっていると、裏面腐食が促進される。

(5) 不等沈下の経年変化測定

Petrotrin のタンク基礎は、盛り土基礎が多い。盛り土基礎は、圧密の状況によっては不等沈下が生じることがあり、不等沈下データの蓄積が必要である。タンクが不等沈下した場合の本体への影響としては次のことが考えられる。

- ・ 浮き屋根の摺動やシールなどタンクの機能上の問題
- ・ 本体の内部応力の増大
- ・ 腐食環境がより悪くなること

この内、漏油事故につながる恐れのあるのは、内部応力の増大と腐食環境の悪化である。特に、側板とアニュラー板／底板の隅角部が問題となり、局部的に大きな不等沈下を生じたときは応力集中により溶接継ぎ手部に割れや変形が生じる。また、不等沈下による応力集中は腐食環境下で応力腐食割れを発生させる。不等沈下の特徴や原因、沈下予測や沈下対策の検討に当たっては、沈下の経年変化を示すデータが必要である。一般に、側板下部の円周上の鉛直変位を等間隔に8点ないし24点の測定が行われる。開放時にはアニュラー板／底板部分についても測定する必要がある。

(6) タンクの開放検査の日数等

タンク開放検査の工期は、日本の実績では、5万kl以上の原油タンクの開放検査の日数は平均で190日と、長期間を要している。その中で最も日数を要するのは当然ながら検査・補修工事であり、腐食の状況により異なるので、工期をコントロールすることは困難である。各段階の検査工事を並行して行うことや、資材の事前発注、機動力の導入などで期間短縮を図ることができる。前処理工程の清掃にはCOW (Crude Oil Washing) が有効で、この工法で工期半減が可能となる。開放検査に要する日数は、160日 (清掃; 45日、検査; 20日、申請; 10日、補修; 55日、塗装・後修理; 30日) 程度まで短縮できる可能性があり、各段階で工夫すればかなり短くなる。

(7) COW 工法について

原油タンクは、量的に大きい含油スラッジおよび強固なエマルジョンを含むス

ロップオイルの発生源になっており、これらの処理方法は、油分の回収、排水管理および産業廃棄物管理の重要なテーマである。この工法は、原油（共油）を洗浄油として使用し、これを洗浄ジェット・マシンで吹きつけ、含油スラッジを混合させることにより油分を溶解・回収するとともに、スラッジ量を減らして清掃工程の短縮を計っている。この工法はで気中洗浄で行うので、静電気による爆発引火を防止するために、タンク内部へ窒素を供給し、タンク内酸素濃度を5%以下に維持する必要がある。タンク内酸素濃度管理は、自動測定器（酸素モニター6点セット）を使用し、洗浄完了まで常時監視が行われている。この工法によるスラッジ量の減量については、3,500Kℓ（洗浄前の推定スラッジ堆積量）が51.1トン（最終搬出スラッジ量）になった事例がある。なお、搬出スラッジの含油量は30%以下が目標となっている。日本ではこの原油気中洗浄工法が圧倒的に用いられている。気中洗浄そのものは、たかだか約120時間（5昼夜）程度であり、全体清掃工程のごく一部にすぎない。参考までに、この工法の工事手順を次に示す。

1. 機材搬入
2. スラッジ検尺
3. 仮設配管工事
4. 配管リークテスト
5. 残油移送
6. 窒素張込みおよび補給
7. 気中洗浄
8. マンホール開放およびガスフリー
9. 天井・側板等スクレープ
10. ワックス溶解油移送
11. スラッジおよび錆袋詰め
12. 底板・側板等ブラッシング
13. サポートステーミング
14. 水ジェット洗浄仕上げ
15. ポンツーン清掃チューブシール取外し
16. オイルピット清掃
17. 機材集結
18. 工事完了

全体清掃工程は、機材搬入～工事完了まで約45日である。①の袋詰めは人手作業であるが、機械化により工期短縮可能である。

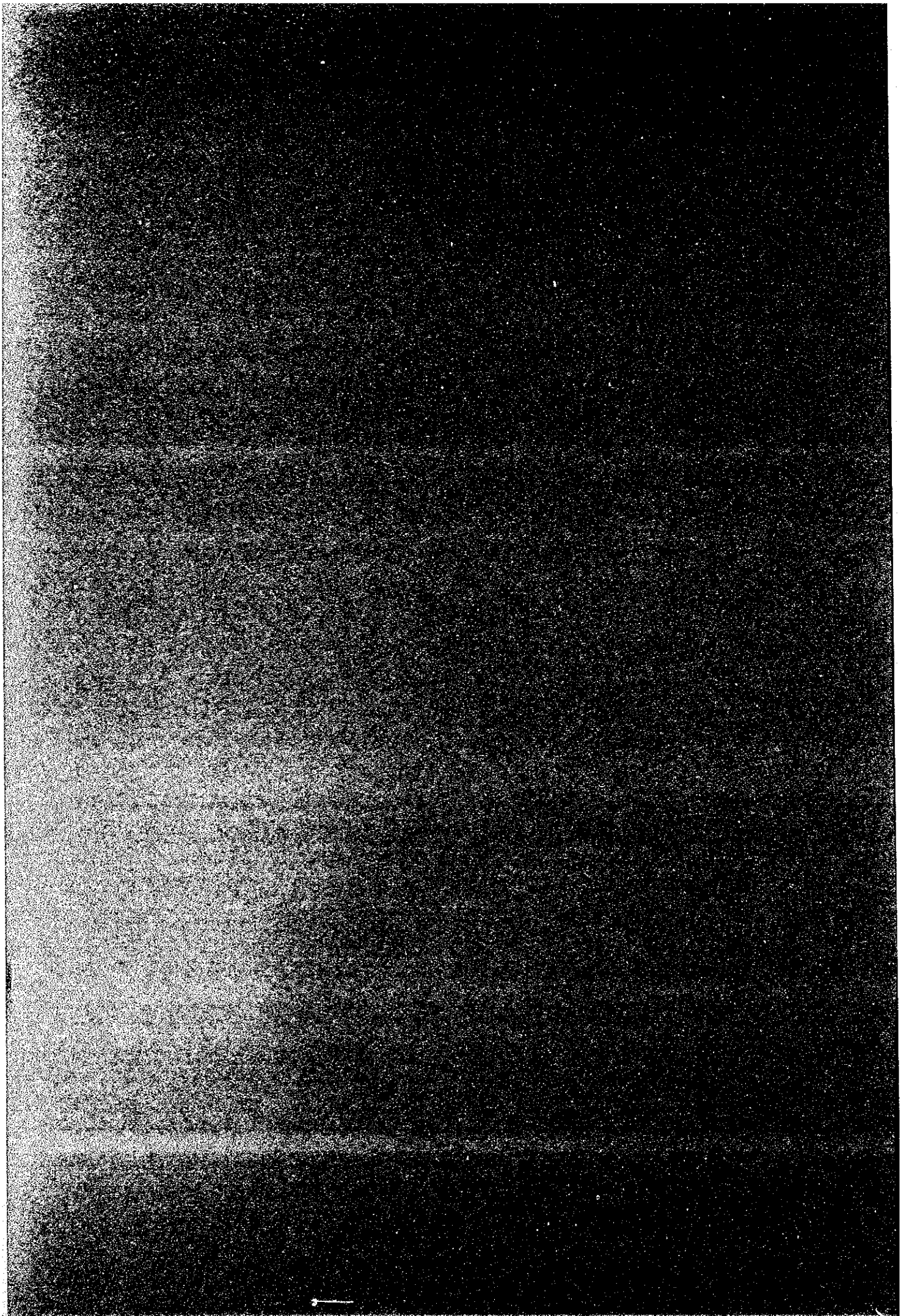
(8) コーティング上からのタンク板厚の測定

タンクの底板の保護のために最近ではコーティングが普及してきたので、コーティング塗膜上からの検査のニーズが高まって来ており、技術開発により超音波肉厚測定が出来るようになった。日本では消防法に基づく官庁検査の際、測定機の性能の確認を行い、型式試験確認済み証が発行された機器については、その測定データはオーソライズされている。

17-5 結論

厳しい石油汚染事故の発生源となりうる対象設備は、環境保全の観点から検査保全を重要視すべきである。Petrotrin ではパイプラインとタンクが重要である。パイプラインについては、全般的に老朽化が進んでおり、漏油事故も度々おこっている。このまま事後保全を続けると漏れが頻発し収拾がとれない事態になることも考えられる。重点投資をおこない、計画的にその延命策と取替えをおこなうべきである。タンクについては、定期的に開放保安検査を実施し、特にアニユレー板／底板の腐食損傷、割れおよび溶接欠陥の検査と不等沈下の経年変化測定を重視する必要がある。タンクからの大量漏油事故のほとんどはこれらに絡んで発生している。また、運転・保全に従事する人達への石油汚染防止に関するメンテナンス分野の啓蒙教育を今後ともに継続して行ってゆくべきである。

第18章 石油汚染および汚染対策の問題点



第18章 石油汚染および汚染対策の問題点

トリニダード・トバゴにおける各部門の石油汚染の状況、問題点、解決のための課題等については、4章から17章に述べた通りである。本調査報告書をまとめるに当たっては、実現が可能と判断される複数の対策案を総合的に検討し、石油汚染対策を適切に実施するための具体策を提示する必要がある。本章では、各章に示した問題点・課題を再度検討すると共に、結論および結論を得るに至った根拠を明示する。

カウンターパートおよび調査団は、これらの問題点・課題について第3次現地調査時に協議を行い、これら問題点・課題および対策案について、両者共に共通の認識を持つことが出来た。このような両者の共通認識に基づき、概念設計およびコスト積算のためのプロジェクトスキームの決定を行った。

これらの問題点・課題は、①概論、②生産井およびタンクファーム、③ダムおよびキャッチ、④Pointe-a-Pierre 製油所、⑤廃棄物、土壌汚染および素掘りピット、⑥その他の6つに分類される。各項目に関する具体的な検討内容を以下に示す。

1. 概論

- (1) 目標油分濃度の定義
- (2) 目標油分濃度の環境への影響

2. 生産井およびタンクファーム

- (1) 原油生産に伴う水の処理
- (2) 凝集剤添加による加圧浮上法
- (3) 加圧浮上処理水の処理
- (4) 生産井からの石油漏洩
- (5) 生産井、ギャザリングステーションにおける水の処理
- (6) 含油排水と雨水の分離
- (7) 石油の二次回収に関する検討

3. ダムおよびキャッチ

- (1) 気象・水文に関する調査結果
- (2) ダムおよびキャッチが石油汚染防止に果たす役割

(3) ダムおよびキャッチに浮かぶ油およびゴミに関する問題点

4. Pointe-a-Pierre製油所

- (1) 既存の油水分離装置の能力と効果
- (2) 水処理設備に関する改善提案
- (3) 実施中のアップグレーディングプロジェクト

5. 廃棄物、土壌汚染および素掘りピット

- (1) 土壌の再生
- (2) 含油廃棄物の種類と量
- (3) 廃棄物処理センター構想
- (4) 廃棄物削減のための手法
- (5) スロップ油および濃厚な油中水滴型エマルジョンの処理
- (6) 焼却処分

6. その他

- (1) 偶発事故対策
- (2) メンテナンス
- (3) 法律および行政上の対策
- (4) 人材育成
- (5) モニタリング
- (6) プロジェクトの便益／費用分析

18-1 概論

18-1-1 目標油分濃度の定義

第3章に述べた様に、本調査における油分濃度の目標値は、MOE EI および国際協力事業団の事前調査団の両代表者が調印した議事録に基づくものである。また、MOE EI が石油会社に対し、ドラフトガイドラインとして示したものである。具体的には、製油所および陸上の石油関連設備からの排水中の油分が月間平均値50 ppm、日量最高値75 ppmを超えない事である。従って、調査団はフレオン抽出法 (ASTM D-4821) による油分測定値が50 ppmを超えない事を目標とした。本調査の実施に当たっては、ASTM法よりも操作が簡便なn-ヘキサン抽出法あるいは四塩化炭素抽出法を頻繁に用いた。これらの方法による測定結果については、換算値を用いて、フレオン法による測定値への換算を行った。

石油関連施設から排出され河川、海あるいは公共施設に流入する排水は上記の目標値を満たす必要がある。排水を海水あるいは河川水にて希釈し、目標値を達成しようと試みる事は全く意味がない。

18-1-2 目標油分濃度の環境への影響

生体系への影響を考慮すると、50ppmの油分濃度は依然として相当な高濃度であるが、油分50ppmの排水の環境への影響は調査の対象外とする。

18-2 生産井およびタンクファーム

18-2-1 原油生産に伴伴する水の処理

原油生産に伴伴する水には非常に安定な水中油滴型のエマルジョンが含まれている。調査団は、第1次現地調査時には、上記の原油同伴水に関し正しい情報を得る事ができなかった。排水は普通の泥水のような外観を示し、タンクファームからの排水は泥水であるとの説明を受けた。第1次国内作業にて、上記の排水を顕微鏡にて観察した結果、エマルジョンの存在が明らかとなった。

エマルジョンの処理が本調査における最重要課題である。水中に分散している油滴の直径は1以下～10ミクロンの範囲にある。水中に微細な油滴が均質に分散したエマルジョンは非常に安定で強固である。油汚染対策を検討するに当たって最も重要な事は以下の事実を認識する事である。

- ・この種のエマルジョンがタンクファームより環境に排出されている。
- ・このエマルジョンは、いかに時間をかけようとも、比重差により油と水に分離する事はない。

また、分離水に含まれる有機酸とアルカリ金属イオンがエマルジョンを安定化させる働きをしているものと推定される。

18-2-2 凝集剤添加による加圧浮上法

重力分離装置およびエマルジョンブレイカーのみでは、この種のエマルジョンに対しては有効でない事を確認した後、調査団は、エマルジョンを破壊し油水分離を効率的に行う事ができる唯一の方法は凝集剤添加による加圧浮上法であると判断した。調査団は、第1次国内調査、第2次現地調査および第2次国内調査期間中に、BernsteinタンクファームおよびPointe-a-Pierre製油所の排水を用いて、加圧浮上法の有効性を確認した。

トリニダッド・トバゴでは、官民の協力でエマルジョンブレイカーによる問題解決のための調査を実施中である。しかし現段階では、エマルジョンブレイカーによる対策を重視すべきとの意見は出されていない。また、近い将来、非常に効果的な薬品が発見される可能性もある。しかし、調査団が行った実験の結果、薬品処理は有効でない事が明らかとなった。また、当該分野の専門家は皆、凝集剤添加による加圧浮上法を推奨している。調査団は、加圧浮上法以外では効率的に目標を達成できないと考える。

一方、生体系への影響が不明であるので、調査団は薬品の使用は好ましくないと考えている。安全とされていた薬品に毒性がある事もある。

18-2-3 加圧浮上処理水の処理

加圧浮上処理水には油として同定される溶解物質が50ppm以上含まれる事が明らかとなった。質量分析装置による解析の結果、処理水に含まれる物質は有機酸のアルカリ金属塩であると推定される。有機酸のアルカリ塩は、油の水への溶解度を増す働きをする、一種の石鹼である。有機酸は、自身が標準試験法により油分として同定されるのみならず、油の水への溶解度を増加させるので、測定される油分量を増加させる。

調査団は、生物処理および活性炭吸着の2つの方法を検討した。Bernsteinタンクファームより得られたサンプル水を用いた実験の結果、生物処理法は有効で

ない事が判明した。一方、活性炭処理法は上記の排水の処理に対して非常に有効であった。調査団は、以上の実験結果から、原油生産に伴う水の処理に対する現実的な処理法は凝集剤を用いた加圧浮上法と活性炭吸着法の組み合わせのみであると判断する。この方法により、排水中の油分を目標である50ppm以下に下げることが可能である。

調査団は、排水処理の基本構想、排水処理システムを設置する場所、装置の配置および概念設計の基本条件につき、カウンターパートと合意を得ることが出来た。

18-2-4 生産井からの石油漏洩

調査団が現状を調査した限りでは、各施設よりの原油漏洩は Petrotrin のメンテナンス技術の問題ではない。Petrotrin および生産に従事しているスタッフのメンテナンス技術は決して低レベルではない。彼らは有能なメンテナンスチームを持ち、設備を最高の状態に維持するためのノウハウを持っている。

メンテナンスコストを無視して、設備を最高の状態に維持する必要はない。大きな事故が起こらない様に、また、漏洩事故が起こっても対処可能な様に、適切な維持・管理を行っておく事が重要である。漏出した油を回収し、流出を防ぐ事も非常に重要である。漏油が時々起こっている現在の状況下では、1~2台のバキュームカーによる巡回を行い、環境を汚染する前に漏油の回収を行う必要がある。

18-2-5 生産井、ギャザリングステーションにおける水の処理

石油の生産時に随伴する水は、外見上はまったく泥水としか認識できない。この水には浮上油は見られないが、安定なエマルジョンとして多量の油を含んでいるので、この種の水を環境に排出する事は許容されるべきではない。全ての排水を Bernstein のタンクファームへ送り、環境に放流する前に、凝集剤を添加した加圧浮上法および活性炭吸着法による処理を行うべきである。

18-2-6 含油排水と雨水の分離

排水処理設備の負荷を小さくするために、雨水が含油排水処理設備に流入しないようにする必要がある。

18-2-7 石油の二次回収に関する検討

トリニダッド・トバゴでは、一部の地域で、水蒸気圧入による原油生産を積極的に進めている。その結果、石油に同伴する水の量が増大している。この同伴水は強固なエマルジョンを含み、このエマルジョンは処理コストの低いスキミング法では分離できない。従って、排水処理の経済性の観点から、水蒸気圧入による原油の生産を再検討する必要がある。経済性の観点からは、1バレルの原油を得るのに何バレルの水が同伴するのかが重要である。生産性の低い油井の順番に生産を止め、原油生産を10%減らす事により、同伴水の量を40~50%減少させる事が可能である。水蒸気圧入により原油生産を増加させる方針を、排水処理の経済的負担の観点から、再度検討する必要がある。本調査では、排水処理コストの観点から、水蒸気圧入による原油生産を再検討する。検討の結果は、「第22章 評価」に示す通りである。

18-3 ダムおよびキャッチ

18-3-1 気象・水文にかんする調査結果

本調査の一環として行われた気象・水文調査の結果、調査対象の全てのダム・キャッチは洪水時に流入する雨水に対処できるだけの能力がない事が判明した。

18-3-2 ダムおよびキャッチが石油汚染防止に果たす役割

トリニダッド・トバゴでは、雨期に非常に多量の雨が断続的に降るので、雨水が水処理設備に流入する場合には流量が急激に増加する。従って、雨水による増

量分まで処理する場合には、設備が非常に大きくなるので、改造に多額の費用が必要となる。

以上の状況下では、調査団は、気象条件の変化を吸収するのではなく、影響を受けないシステムを導入すべきであると考えます。この方針は、本調査において一貫したものとなっている。調査団の行う概念設計および提言は、この方針に沿って、雨水を含油排水処理設備から分離し、処理水の量を最少化する計画となっている。

石油汚染の最大の元凶は水に浮かんだ目に見える油ではなく、水中油滴型のエマルジョンである事も、ダムおよびキャッチの容量アップを提言しない理由のひとつである。このエマルジョンは水中に均質に分散しているので、浮上油をせき止めるダムや堰は全く無効である。従って、原油の同伴水の性格上、ダムやキャッチの拡張は全く無意味である。

18-3-3 ダムおよびキャッチに浮かぶ油およびゴミに関する問題点

ダムやキャッチの堰に貯まっている油やゴミは環境に対する大きな問題ではない。堰の下を水と共に自由に流れるエマルジョンに比較すると浮上油の問題は小さいが、浮上油・ゴミ等の目に見える汚染源を放置する訳にはいかない。これらの汚染が発見された場合には、速やかに緊急処理班を現場に急行させ、回収を行うべきである。また、油を流出あるいはゴミを投棄した部署を特定し、同様の問題を起こさないように警告を行うべきである。公共水域に油やゴミが浮いたままになっているのは極めて異常な状況であると考え、習慣を作るべきである。

18-4 Pointe-a-Pierre製油所

18-4-1 既存の油水分離装置の能力と効果

既存の4基のAPIセパレーターおよびガードベースンの処理水量は、油分を含まない水、即ち、雨水と冷却水の流入により、設計流量を大きく超えている。4基のAPIセパレーターの排水中の油分は50ppmを大きく超え、1,000ppmを超える事も多い。調査団は、製油所に関しても、現状の流量に対応可能な容量に能力を増強する旨の提案は行わない。以下に説明する様に、雨水と含油排水は個別に処理すべきである。

18-4-2 水処理設備に関する改善提案

(1) 雨水と含油排水の分離

排水処理設備の改善提案を行うにあたり、この雨水と含油排水の分離は極めて大きな課題である。既存のセパレーターを現在の排水量に合わせて拡張するのではなく、雨水を含油排水と分離すべきである。

(2) 排水処理

調査団は、含油排水を個別に処理するシステムを新規に建設する事を提案する。既存の排水処理設備は、油分を含まない水の処理用に転用される事になる。調査団が提案する排水処理システムでは、プラントおよびタンク地域の全ての含油排水を集め、地上配管で、適切な場所に新設される排水処理施設に送る事になる。排水処理システムは、凝集剤を用いる加圧浮上装置および付帯設備から成る。重力分離装置の組み合わせでは排水中の油分含量を目標値である50ppm以下とする事は不可能で、調査団が提案するシステムが目標値を満足する唯一の方法で、費用も安価である事を認識する必要がある。

Bernsteinタンクファームと同様に、調査団は製油所に関しても、概念設計のための含油排水の配管ルート、排水処理設備の位置・レイアウト等の基本条件につ

きカウンターパートと協議を行い、共通の認識を得ることが出来た。

18-4-3 実施中のアップグレーディングプロジェクト

IADBの融資を受けて実施中のアップグレーディングプロジェクトの一環として、雨水と含油排水の分離が進められている。Petrotrinは排水中の油分を150ppm以下に下げる計画を進めており、上記のプロジェクトは、その一部を担っている。調査団が提案するシステムが導入されると既存のシステムは雨水用に転用されるので、現在実施中の改修計画が無意味になるとの危惧が持たれる恐れがある。

しかし、調査団が提案する改修には、資金調達を含め、長い時間が必要となる。また、トリニダード・トバゴが1,000 ppmを超える油分を含む排水を流し続ける事は同国のみならず近隣諸国にとっても重大な問題である。従って、150ppmを目標として実施中のアップグレーディングプロジェクトは不十分ではあるが、以上の状況を勘案すると、暫定的な対策としては実施する価値がある。

調査団の提案が実現した後は、アップグレーディングプロジェクトを含む全ての排水処理設備は、雨水処理用に転用される。油分を含まない排水であっても、予期しない状況に対応するために、処理設備が必要である。この意味で、アップグレーディングプロジェクトにより設置される設備は、将来も有効に利用される。

18-5 廃棄物、土壌汚染および素掘りピット

18-5-1 土壌の再生

調査団は、現在行われている含油廃棄物のピットへの投棄を止めるべきであると考え、油が排出されている河川の土手、ピットの土、パイプライン等からの漏油により汚染された土地等、油により汚染された土壌の再生を行うべきか否かは、ケースにより異なる。何れのケースにおいても、処理法、処理コスト、二次汚染の可能性および緊急度、自然の生物分解の可能性を考慮する必要がある。調

査団は代表的な化学処理および生物処理の実験を行い、土壌の条件の違いにより効果に差はあるが、これら処理が有効である事を確認した。第14章に、土壌再生試験および調査団の土壌処理に関する概念に関する情報をまとめた。

18-5-2 含油廃棄物の種類と量

調査団とカウンターパートは、本件に関する検討を、第3次現地調査時に行い、加圧浮上装置から発生するスカム量および焼却すべき中間層エマルジョンの量について合意した。この数値は、Pointe-a-Pierre製油所およびBernsteinタンクファームに設置するよう提案した廃棄物処理センターの設計に直接関係するものである。調査団とカウンターパートの両者間において、Petrotrin は、排白土、硫酸スラッジ、潤滑油製造超重質エキストラクト、廃触媒等の含油廃棄物を排出しないことを確認した。

18-5-3 廃棄物処理センター構想

調査団は、Pointe-a-Pierre製油所およびBernsteinタンクファームに廃棄物処理センターを設置する事を提案する。本構想に関し、調査団とカウンターパートは合意を得ることが出来た。

18-5-4 廃棄物削減のための手法

含油廃棄物の発生量を削減する事ができれば、廃棄物処理センターの規模を小さくする事ができる。「18-2-7 石油の二次回収に関する検討」で述べた効率の悪い油井の生産を停止した場合等における、排水処理設備および廃棄物処理センターの規模の縮小の可能性を検討すべきである。これに関し、調査団とカウンターパートは協議し、効率の悪い油井の生産を停止した場合の費用便益についてケーススタディを行うことで合意した。

一方、セメントプラントで含油スカムを原料として、また中間層エマルジョンを

燃料として使用する事も可能であろう。トリニダド・トバゴには、Trinidad Cement Limited(TCL) という日産2千トンの能力を有する第一級のセメント工場がある。調査団は、第3次現地調査時に本件に関しTCLと討議を行い、この結果、TCLは、スカムを原料として、また、中間層エマルジョンを燃料として使用することの可能性について検討することを約した。スカムと中間層エマルジョンが本目的に使用可能との結論をTCLが得るならば、廃棄物処理センターで処理すべき含油廃棄物の量は大きく減少することになる。これに関する、結論は、本レポート提出時までには間に合わないと考えられるため、概念設計では、スカムおよび中間層エマルジョンは全量焼却することで設計を行う。

18-5-5 スロップ油および濃厚な油中水滴型エマルジョンの処理

原油生産に伴い発生する水中水滴型エマルジョンについては既に説明を行った。油井、タンクファームおよび Pointe-a-Pierre製油所では別の型のエマルジョンが問題となっている。これは油中水滴型のエマルジョンで、水分あるいは油分を30~70%含んでいる。このエマルジョンは粘度が高く、泥の様な外観を示し、スロップ、中間エマルジョン、中間層エマルジョンあるいはラグと呼ばれている。このエマルジョンは、API等のセパレーター、ガードベースンの表面、ダム・キャッチ等の表面、素堀ピットの水面、タンクの油と水の界面にて生成する。このエマルジョンはPoint LigoureタンクファームあるいはPointe-a-Pierre製油所の排水口近くの海域にも見られる。このエマルジョンは非常に強固であり、熱・エマルジョンブレイカー等の処理では、油と水に完全に分離する事は困難である。

Pointe-a-Pierre 製油所では、このエマルジョンをタンク内で加熱し、分離された油分の多い部分を蒸留し水分を除去している。しかし、タンク内には濃厚なエマルジョンが分離されずに残っている。

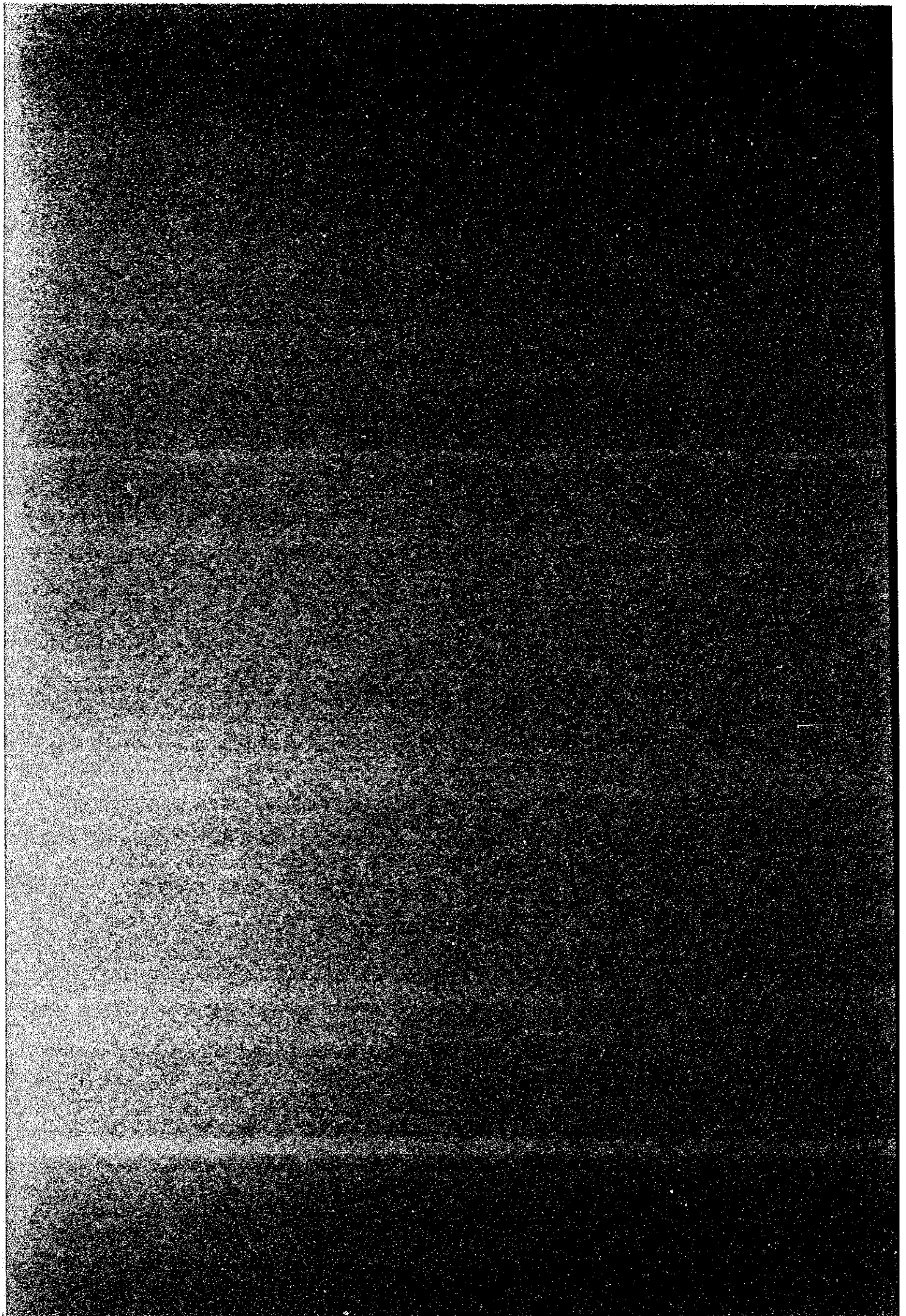
調査団は、加熱あるいは化学品処理で油の回収および水分の分離を行いエマルジョンの量を適当なレベルまで下げる努力を行う必要はあるが、最終的には焼却処理を行わざるを得ないと考える。従って、提案する廃棄物処理センターには焼

却炉が設置されることになろう。

18-5-6 焼却処分

含油廃棄物は焼却処分を行うべきであると提言を行った背景には、いかなる含油廃棄物も埋立処理を行うべきでは無い、と云う基本認識がある。調査団はこの方針が正当であり、それ故石油汚染の防止と保全にはこの方法が適用されるべきであると信じている。

第19章 排水処理に関する実験



第19章 排水処理に関する実験

19-1 トリニダッド・トバゴにおける石油施設排水の特徴

本調査の主たる目的は、調査対象地域における石油関連施設から排出される排水中の油分濃度を、目標値である50ppm以下に下げることのための基本計画を策定することである。

第1次現地調査においていくつかのタンクファームを調査した結果、それぞれのAPIセパレーター排水が、大量の懸濁物でコーヒー状の色に濁っており、強烈な油臭を発生している事が明らかになった。また、第1次国内調査にて、この懸濁物により濁っている液体の正体が原油エマルジョンであることが判明した。トリニダッド・トバゴ側が保存している定期測定データによれば、最終排水中の油分は、各所において数100～数1,000ppmであった。

調査対象地域における陸上油田の数は2,000を越しており、原油の生産量は約30,000バレル/日であるが、この内の約3分の1は水蒸気圧入による二次回収によって得られたものであり、これをサーマル原油と称している。水蒸気圧入の結果大量の水がサーマル原油に同伴して採取されるが、この水は原油と絡み合っ

て極めて安定な水中油滴型エマルジョンを形成している。

このエマルジョン水は、主にタンクファームに於いて、原油中の水分を除去する過程でタンク底部より排出され、重力式油水分離装置を経た後公共水域に排出される。このエマルジョンは、比重がほとんど1で、油滴が水中に均一に懸濁しているために、APIセパレーター、ガードベースン等の重力式油水分離装置では分離する事が出来無い。この様な強固な水中油滴型のエマルジョン排水は日本では経験がなく、第1次現地調査時においては、これを50ppm以下に処理することは容易では無いことが予想された。

19-2 実験が必要となった理由

日本の水質汚濁防止法の規定によれば排水中の油分の規定は5 ppmであるが、同時に法律は、地方公共団体が、大型の工場・事業所に対し、地域の実態に応じて、より厳格な上乘せ基準を適用できることとなっている。日本の大型石油精製工場は臨海工業地帯に設置されているものが殆どであり、製油所排水中油分（n-ヘキサン抽出物）は地方行政により1~2 ppmに規定されている場合が多く、実態として0.4~0.7 ppmで排出されているケースが多い。上記排水中の油分の規定およびCOD/BODの規制に対処するため、日本の大型石油精製工場は排水処理設備としてAPIセパレーター、CPI（またはPPI）、凝集沈澱、加圧浮上、生物処理、ガードベースンおよび焼却設備を持つのが通常である。

調査団のターゲットは油分50 ppmであり、かつCOD/BODの目標は、現状では無い事から、日本の状況および運転データから考えて、トリニダッド・トバゴに提案する排水処理設備としては、凝集加圧浮上設備に重力分離設備を加えたものが中心となることが予想された。

前記トリニダッド・トバゴの排水に対して、加圧浮上および各種の処理がどのように有効であるかを確かめるため、第1次現地調査時に持ち帰った、Bernsteinタンクファームの原油貯蔵タンクの排水を用いて、コスモ石油千葉製油所の試験室において一連の実験を行った。

第2次現地調査時には、トリニダッド・トバゴに適用される実際の排水処理設備のシステム構成を決め、その概念設計を行うために必要なデータを得るために、必要量の実際の排水を用いて現地で一連の実験を行う必要があると考えた。日本で行った実験は、その予備的なものである。

19-3 日本で行った実験

19-3-1 実験の目的と項目

日本で実施した実験の主な目的と項目は以下の通りである。

(1) 相関曲線の作成

現地で行うジャーテスト、加圧浮上実験等においては多数のサンプルの油分を短期間で分析する必要が生ずるので、機動性の高い赤外線分析計を有効に活用する必要がある。また、赤外線分析計で得られたデータを、排水管理のために用いられている公式測定法の数値に換算するための相関曲線が必要となる。トリニダード・トバゴにおける公式測定法は、ASTM D-4281（フレオン抽出重量法）であるが、この方法は日本では適用されていない。従い、この予備実験においては赤外法と、日本における公式法であるノルマルヘキサン抽出重量法との間の相関を得た。赤外法とフレオン抽出法との相関は現地実験にて作成することとした。

(2) ジャーテスト

現地実験で用いる凝集剤の選定に関して予備的な知見を得るために、トリニダード・トバゴより持ち帰ったBernstein タンクファームのサーマル貯蔵タンクの排水をジャーテストおよび加圧浮上試験を行った。無機凝集剤としてPAC（ポリ塩化アルミニウム）、有機凝集剤として数種類のポリマーをテストした。有機凝集剤は、無機凝集剤によって作られた細かいフロックを大きく集合させる為のものであり、これにより、加圧浮上において、加圧水中の溶解空気を大気圧に解放することにより生ずる細かい気泡をフロックに容易に付着させ、浮上し易くするためのものである。

(3) 加圧浮上テスト

上記のサンプル水を用い、加圧浮上試験器により、ジャーテストにて選定された凝集剤の効果と、加圧浮上による油分の除去効果の確認を行った。

(4) デソルター中間エマルジョンに関するテスト

塩酸、食塩、熱、ナフサ、灯油等の添加により、物理的に中間層エマルジョンを破壊することが出来るか否かを調査した。

(5) 排水のエマルジョン前処理試験

加圧浮上の前処理として、塩酸、食塩、熱、ナフサ、灯油等を添加することにより、物理的に排水中のエマルジョンを破壊し、加圧浮上の負荷を下げる事が出来るかどうかを調査した。

19-3-2 試験の結果

上記試験の結果は概略以下のとおりである。

(1) 赤外線計とn-ヘキサン法との相関

1) 試験結果

Bernstein サーマル貯蔵タンク排水（油分濃度：n-ヘキサン法で17,000ppm）を純水で希釈し、10 ~ 17,000ppmまでの各濃度のサンプル水を調製した。各サンプルを2つに分け、片方を四塩化炭素（CTC）抽出-赤外吸収法、他方をn-ヘキサン法で分析し、図19-1、図19-2で示す相関線を得た。

2) 評価

- ・ 赤外線計の繰り返し性は良好であった。
- ・ 赤外線計の測定値はノルマルヘキサン法に比べ、1,500ppm以上で、より高い値を示し、これ以下でより低い値を示した。
- ・ 高濃度で赤外法が高い値を示す現象は、油分を抽出した四塩化炭素の黄色い着色に原因する赤外線吸収によるものと考えられる。
- ・ 1,500ppm以下の、トリニダッド・トバゴで常用される測定範囲で、赤外線計が低い値を示す理由は明かではないが、100ppm以下の測定範囲で使用するよう設計されている日本製の赤外分析計を極端な高濃度で使用することによることに起因するものと推定される。

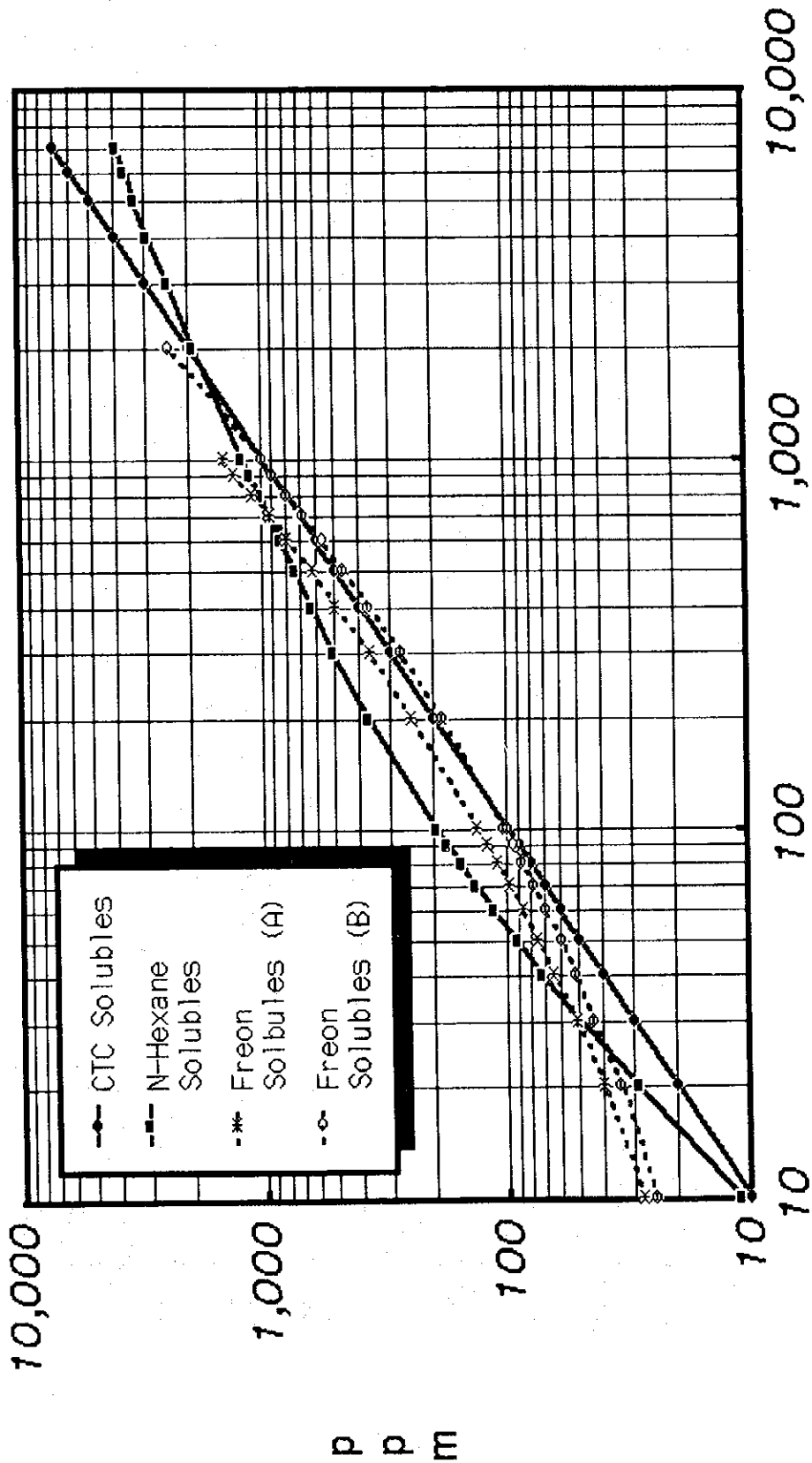


Figure 19-1 Oil Content, CTC Solubles

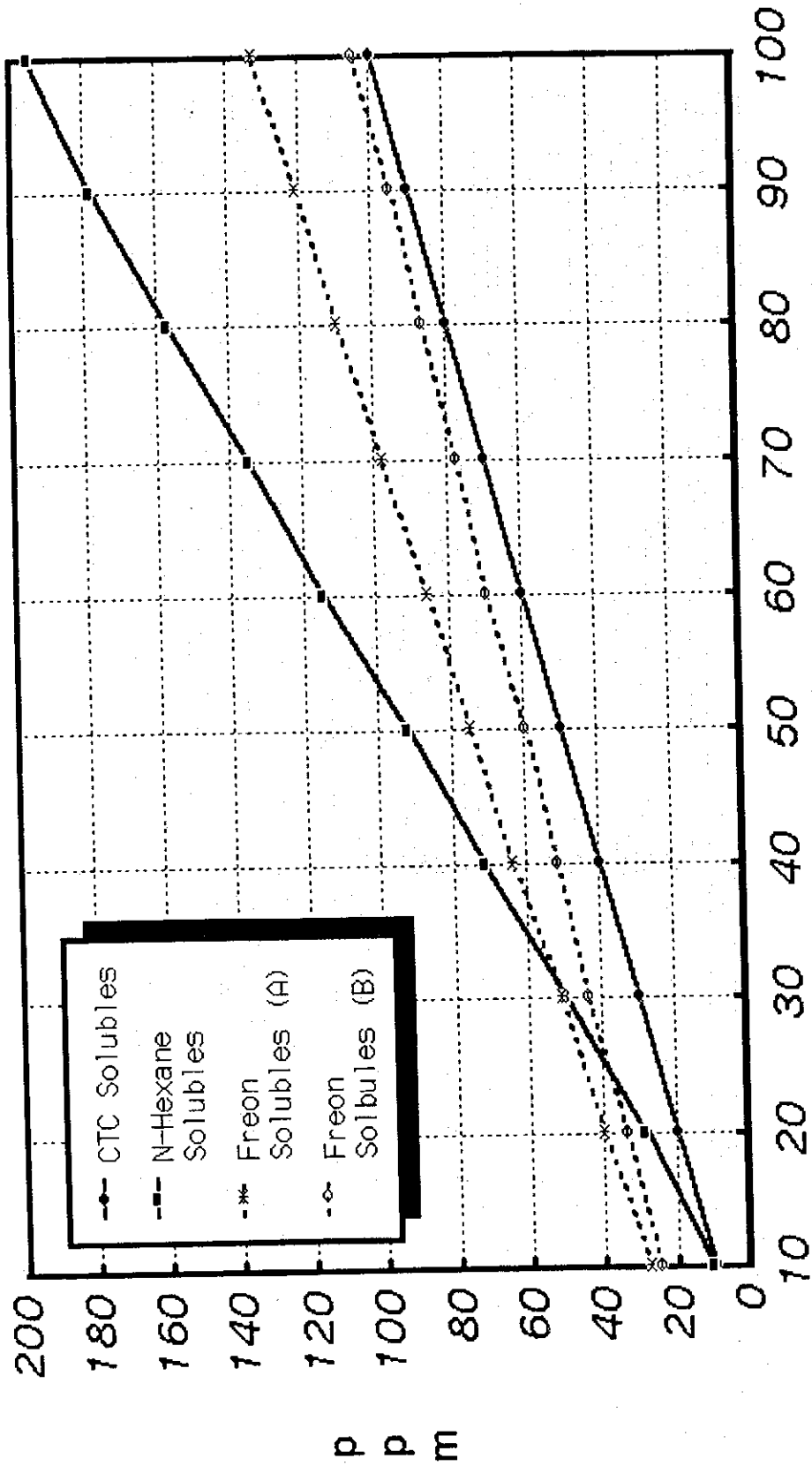


Figure 19-2 Oil Content, CTC Solubles

- ・トリニダッド・トバゴで行う実際の測定に当たっては、同国の公式測定法との相関曲線を用いるべきである。従って、ASTM 4281 フレオン法とこの赤外線法との相関データの採取を、トリニダッド・トバゴで行う全ての実験に先立ち、第1優先で実施する必要がある。
- ・この赤外線計は100 ppm以下のサンプルの分析を行うように作られている。実験の結果、この測定器を使用するに当たっての重要な点は、サンプルの希釈であることが判明したため、赤外線計のメーカーと、高濃度サンプルの希釈方法について協議を行った。得られた希釈方法を現地での実験に採用した。
- ・日本およびトリニダッドトバゴでの公式測定法であるノルマルヘキサン抽出法、フレオン抽出法はいずれも測定に長時間を要する。これに比べ、赤外線計は機動性に富み、短時間で測定できる。現地で行う加圧浮上実験は本質的に試行錯誤実験であり、短期間に多くの油分測定を行う必要があり、赤外線計による油分分析は現地実験の成功のための大きい要因である。

(2) ジャーテスト

希釈したBernstein サーマル貯蔵タンクの排水を用いて一連のジャーテストを実施した。その結果は以下のとおりである。

- ・PAC (塩基性塩化アルミニウム) はこの排水に対して有効に働き、良好なフロックを作る。
- ・このサンプル水に対してはアニオン系ポリマー (栗田工業PA-378) が適している。

(3) 加圧浮上試験

Bernstein サーマル貯蔵タンクの排水を用いて一連の加圧浮上試験を実施した。結果を表19-1にまとめる。油分 1,000 ppm以下のサンプルについては、加圧浮上処理により、処理水油分 50 ppm以下が達成された。処理前の油分が1,000 ppmを越すものについては処理水 50 ppm以下を達成する事が出来ず、何らかの方法でこの処理水油分を下げることを検討する必要がある。処理水を濾紙でろ過することは、油分を下げるために有効であった。加圧浮上の下流に適切なタイプのフィルターを設置することが有効であると判断されたため、アンスラサイトと砂濾過からなる濾過装置を現地に持参してテストすることとした。

Table 19-1 Results of Air-Flotation

Sample oil content (mg/l)	PAC (mg/l)	Polymer (mg/l)	Pressurized Water (%)	Oil in treated water (mg/l)
273	40	1	15	28
273	40	1	30	14
935	120	1	30	33
1670	140	1	30	102
1670	140	1	30	57*

Note: * After filtration

(4) デソルターエマルジョン試験

物理的手法によるエマルジョン破壊の可能性を試験するため、コスモ石油千葉製油所の常圧蒸留装置デソルターの中間層エマルジョンをサンプルとし、各種試験を行った。結果は以下の通りである。

1) 塩酸の添加

エマルジョンのpH値を下げることにより、エマルジョンの分解が観察されたが、効果は明かではない。

2) 食塩の添加

効果は明かではない。

3) 昇温

エマルジョンを50, 70, 83°Cまで加熱。効果は明かではない。

4) ヘビーナフサおよび灯油による抽出

エマルジョンはヘビーナフサおよび灯油に均一に抽出されたため、APIセパレーターで回収される重質エマルジョン油を原油に回収する可能性が期待された。

(5) 排水中エマルジョンの前処理試験

加圧浮上の前処理としてエマルジョン濃度を下げるための方法を見いだすことを目的に、バーンステイン排水を対象にいくつかの試験を行った。また、この試験は、希釈したデソルター中間層エマルジョンについても実施した。結果は以下