

Figure 4-3-1 コロンボ港開発計画図

4.4 揚油設備の計画

4.4.1 検討対象船舶規模

揚油設備の検討に際し、燃料船の規模を現時では 30,000DWT のタンカーとして、検討することとする。

対象船舶諸元	:	30,000DWT
船長	:	L=185m
型幅	:	B=28.3m
型深	:	D=15.2m
満載喫水	df	: 10.9m

4.4.2 係留方式の選定

燃料船の係留方式は以下の方式が考えられる。

- ・固定式 (棧橋タイプ、ドルフィンタイプ)
- ・一点係留式 (Single Point Mooring)
- ・多点係留式 (Multi Point Mooring)

上記 3 タイプについて比較検討した結果、設置場所が外洋となること、モンスーン時期には海象条件が厳しいこと、コロンボ港沖合で CPC 揚油設備として運用実績の有ることから、本プロジェクトの係留方式は一点係留式を採用することとした。(Table 4-4-1 参照)

4.4.3 一点係留ブイの型式選定

一点係留ブイには CALM(Catenary Anchor Leg Mooring)型と SALM(Single Anchor Leg Mooring)型があり、両者とも多くの実績があるが、下記の理由により本プロジェクトには CALM 型ブイが望ましいと考える。

ブイ設置地点の海底地形が遠浅のために、SALM ブイのベースに比較して、CALM ブイはベース高が低いいため、設置水深が浅くてすみ、その分海底パイプラインの長さが短くなる。

タンカーから海底面のベース間のホースラインの取扱いが CALM ブイの方が容易である。

CPC も CALM タイプを採用しており、同地点での実績がある。

(Table 4-4-2 参照)

4.4.4 揚油地点の選定

一点係留ブイの設置地点の選定するにあたり、一点係留ブイの必要操船水域

ならびに必要な水深は以下の通りである。

(1) 必要操船水域

一点係留ブイの最小必要操船水域は船長(L)の3倍(半径)を必要とする。
(アメリカ船級協会に依る)

$$\text{半径 } 3L=3 \times 185\text{m} \approx 560\text{m}$$

従って、必要操船水域面積は約 985,000m² (直径 1120m の円) となる。

(2) 必要水深

一点係留ブイの最小必要水深(H^m)は対象船舶の満載喫水の 1.25 倍必要となる。

$$H^m = df \times 1.25 = 10.9\text{m} \times 1.25 \approx 14.0\text{m}$$

(3) 設置位置の選定

設置位置選定に際し、Shell Gas Lank Limited も同前面海域に多点係留ブイを設置し、海底パイプラインでLPGを揚げる事を計画している。

Shell Gas Lank Limited の計画概要は以下の通りである。

- ・ LPG 船 : 15,000 DWT
- ・ 船長 : Max 150m
Min 85m
- ・ 必要操船水域 : 直径 400m~450m
(約 159,000m²)
- ・ ブイ設置水深 : -15m
- ・ パイプライン径 : 約 φ 25cm

Shell Gas Lank Limited のパイプラインルートに関しては、Shell Gas Lank Limited が以前コロombo港からの海底パイプラインルート案を検討し、一部工事に着手したが、諸般の事情により工事を中止した経緯がある。この時、沖合約 900m の位置で汀線に沿った岩礁の一部を掘削しており、この位置を変えずにパイプラインルートが計画されている。

このため Shell Gas Lank Limited は EIA レポート提出済のため、パイプラインルートの変更は出来ない事情がある。

従ってCEBの一点係留ブイの位置、海底パイプラインのルートについては、今回実施した深浅測量図を基に、下記の条件を考慮し計画した。

- ・ Shell Gas Lank Limited と CEB の海底パイプライン間の最小離隔距離は、工事上の制約から約 90m~100m とする。
- ・ Shell Gas Lank Limited のブイと CEB の一点係留ブイの離隔距離は 1.5km 以上とする。

この上記条件を基に一点係留ブイの位置、パイプラインルートを検討した結果、一点係留ブイの位置を約 1D(1120m)南側へ移動することとなった。

Shell Gas Lank Limited との協議の結果、Figure 4-4-1 に示す位置、ルートで両者問題がないことが確認された。

一点係留ブイ設置水深 : -16.0m
 設置位置 : 200,250.00N
 95,110.00E
 (スリランカ国ローカル座標)

4.4.5 一点係留ブイの概略構造の検討

一点係留ブイの型式は 4.4.3 で選定した CALM タイプとする。ブイの固定方法は、海底の地質、地形状態より、CPC と同タイプで 6 方向にアンカーを配置し、ブイとアンカーはアンカーチェーンで結ぶ方式とする。

燃料ホースについては、常時海面上に設置しておくフローティングタイプと、常時は海底に沈めておき、揚油時に海面に浮上させる浮沈方式とがあるが、今回の計画では、以下の理由により浮沈方式を採用することとした。

- ・ 小型漁船等の航行の妨げとなり、燃料ホースが損傷を受ける可能性がある。
- ・ 外洋に設置することとなり、特にモンスーン時期の海象条件が厳しい。
- ・ セキュリティーの面から常時は海底に沈めておいた方がよい。
- ・ 日本国内の実績では全て浮沈方式としている。(港湾の施設上の基準・同解説－日本港湾協会)

尚、今回検討した一点係留ブイの概略構造を Figure 4-4-2 に、一点係留ブイのオペレーション方式を Figure 4-4-3 に示す。

4.4.6 一点係留ブイの着標（稼働）可能日数の検討

(1) 一点係留ブイの使用条件の設定

ブイの使用状態は下記の 3 つに分類され、何れの状態下においてもブイの安全性を保持することが必要である。

- ・送油時
係留した輸送船とブイのホースが接続され、燃料が流送されている状態
- ・離標時（非流送時）
燃料の流送は停止され、係留中の輸送船とブイのホースは切離され、何時でも輸送船が離標できる状態
- ・離標時（暴風時）
ブイに輸送船が係留されていない状態

以上の一点係留ブイの使用状態から、下記の使用条件を設定した。

		係留時	
		送油時	離標時
波	有義波高	1.5m	3.0m
	有義波周期	10sec	12sec
風	風速	15m/s	25m/s
潮流	潮流速	0.4m/s	0.4m/s

注) 各使用条件はヒアリング及び海上保安庁の指導基準による。

(2) 稼働可能日数の算定

稼働可能日数の算定に必要な自然条件（波浪条件、風条件、霧条件）は、新コロポ港開発計画調査報告書(Sep-1996 JICA)のデータ等を使用した。

稼働可能日数を上記データを基に検討した結果、年間及びモンスーン月（5月～9月）の稼働可能日数は下記の通りとなった。

年間およびモンスーン月のバース稼働可能日数

		年 間	モンスーン月
対 象 日 数		365 日	30 日
稼働不可 可能日数	波 高	限 界 値	1.5m
		超過出現率	7.3%
	日 数	27 日	
	風 速	限 界 値	15.0m/s
		超過出現率	0.0%
		日 数	0 日
稼 働 可 能 日 数		338 日	25 日

従って、前面海域における一点係留ブイを使用した燃料の荷揚げについては問題ないものとする。

尚、一点係留ブイの稼働可能日数算定の詳細については、APPENDIX 4-4-1 一点係留ブイの着標（稼働）可能日数算定検討書を参照。

Δh	: 摩擦損失液頭(m)
f	: 摩擦損失係数
L	: パイプライン相当距離(m)
D_i	: 配管内径(m)
V	: 流速(m/s)
g	: 重力加速度(9.8m/sec ²)
ΔP	: 損失圧力(kgf/cm ²)
G	: 流体比重量
Re	: レイノルズ数
ν	: 流体動粘度(m ² /sec)

上記式にて検討した結果、配管径は 24B(600mm)とする。

(2) パイプラインの概略構造検討

パイプラインの構造は海底、陸上に分けて検討を行うものとする。

a. 海底パイプライン

(a)検討条件

海底パイプラインの導管は、導管の敷設後の安定性確保及び布設時の重量調節、又は外力による損傷からの保護のため、導管外面はコーラルタールエナメル塗覆装を行い、更にコンクリートコーティングを行うものとする。

尚、検討のための条件は下記の通りとする。

・適用規格

Det Norske Veritas 1981

“RULES FOR SUBMARINE PIPELINE SYSTEMS”

・設計内圧

設計内圧は運転圧力のサージング圧等を考慮するものとする。

$$P_i = 20 \text{ kg/cm}^2$$

・土被り荷重

土被り 2.0m

・温度変化

温度変化幅は±20℃とする。

・外水圧

外水圧は約 15.5m の水深及び波高等を考慮するものとする。

$$P_e = 2.0 \text{ kg/cm}^2$$

・プレストレス

海底面不陸等によるパイプラインのプレストレスを考慮するものとする。

$R=1000 \cdot D_o$ R : パイプラインプレストレス曲率半径

D_o : パイプライン外径

・投・走錨による影響

30,000DWT の船舶による投走錨を考慮するものとする。

(b) 検討断面

上記条件に基づき検討した結果 (パイプラインの構造) を下記に示す。

・導管 (本体)

内径 : 584.6mm

外径 : 610.0mm

板厚 : 12.7mm

材質 : API 5L Gr×52

・塗覆装 (外面)

コータールエナメル (外面) $t=6\text{mm}$

コンクリートコーティング (外面) $t=35\text{mm}$

・外径 : 692mm (パイプ+コーティング)

・導管重量 空中 : 424.3kg/m

水中 : 38.8kg/m

b. 陸上部パイプライン

陸上部のパイプラインの導管は下記の条件で検討を行うものとする。

(a) 検討条件

・適用規格

海底パイプラインと同様とする。

・設計内圧

海底パイプラインと同様とする。

・土荷重

土被りは 1.2m を標準とする。

・車輪荷重

道路横断等があるため、20ton トレーラー 1 台を上載荷重として考慮するものとする。

上記条件に基づき検討した結果、

- ・砂質地質に対する投錨の貫入量 $H_1=0.7\text{m}$
- ・走錨による錨の貫入量 $H_2=1.1\text{m}$

となる。従って投走錨による貫入量は 1.8m となることから、今回の導管の土被りは 2.0m を考慮するものとする。(Figure4-4-4 参照)

(4) 海底パイプラインの敷設方法の検討

海底パイプラインは敷設工程が最も重要であり、適切な敷設工法及び機器を選定し、綿密な計画と管理によって敷設の安全を図る必要がある。

今回のプロジェクトでは以下の敷設工法が考えられる。

- ・海底曳航法
- ・浮遊曳航法
- ・敷設船法

上記 3 工法について比較検討した結果、陸上側にパイプヤードを設けることができること、パイプラインが直線であること、海底パイプラインの延長距離が約 4.6km であること等より、本プロジェクトでの敷設工法は海底曳航法が最適と考える。(Table4-4-3 参照)

尚、コロombo港沖合にある CPC の一点係留ブイからの海底パイプラインは延長約 10km のため、工程、工事等より総合的に検討した結果、専用敷設船にて工事が行われた。

(5) Shore Line ならびに Hamilton Canal の敷設方法の検討

燃料パイプラインの上陸地点の汀線付近は、モンスーン時期以外でも波が打ち寄せている。

汀線付近の浚渫工事を計画する場合、波による砂の埋戻り、浚渫船の汀線部へのアプローチ等を考慮しなければならない。更にこの付近には汀線部に岩盤部が予想されるため、これらを総合的に考える必要がある。

この様な状況の中で汀線部の掘削方法を選定すると、以下の案が考えられる。

- a 案： 開削工法
- b 案： 推進工法 (直線推進工法)
- c 案： 弧状削進工法

(HDD 工法、Horizontal Directional Drilling Method)

上記3工法について比較検討した結果、a案、b案に比べc案は下記の理由により最適な工法と考える。

- ・ 発進・到達立坑が不要で経済的である。
- ・ 長距離の削進が可能である。(最長 $l=1800\text{m}$ 、 $\phi 1000\text{m/m}$)
- ・ 海洋等の汚濁など環境公害がない。
- ・ 短期間に施工できる。
- ・ 汀線付近の工事が不要である。
- ・ Shell Gas Lank Limited もこの工法を採用する計画である。

この工法を採用することにより、汀線から内陸側約 300m の Hamilton Canal の伏越しについての問題も全く影響することなく施工できる。

HDD 工法による施工範囲は沖合水深 5m (沖合約 200m) の位置より汀線から陸側へ 800m 付近までの地点とする (延長約 1000m)。HDD の施工方法は Hamilton Canal の陸側から海側へ向って削進する事とする。

HDD 工事完了後は、削進孔に沖合海底部に仮置した長さ約 1000m のパイプラインを引込み、沖合 200m 地点で台船上ですでに敷設した海底パイプラインと洋上接合し、接合完了後海底部の掘削トレンチ内に沈設し埋戻すことで全て完了する計画とした。(Figure 4-4-5 参照)

尚、今回計画した HDD 工法の概略を Figure 4-4-6 に示す。

(6) 揚油設備及び揚油中の安全対策

揚油設備及び揚油中の安全対策について MPPA (Marine Pollution Prevention Authority) より以下のコメントがあった。

(a) The Pipeline should be of a double casing type and buried two meters under the sea bed from the shore access point to the S.P.B.M.

(b) The minimum contingency equipment should be available as a part of the project itself consisting of the following :

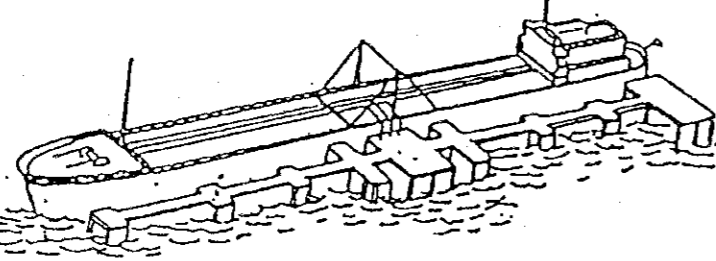
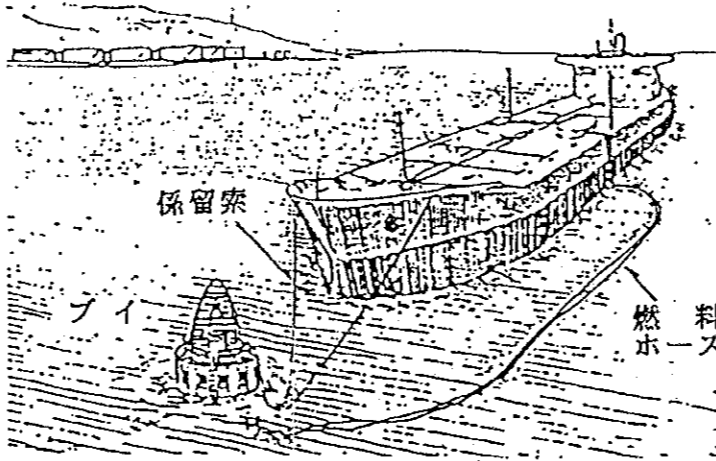
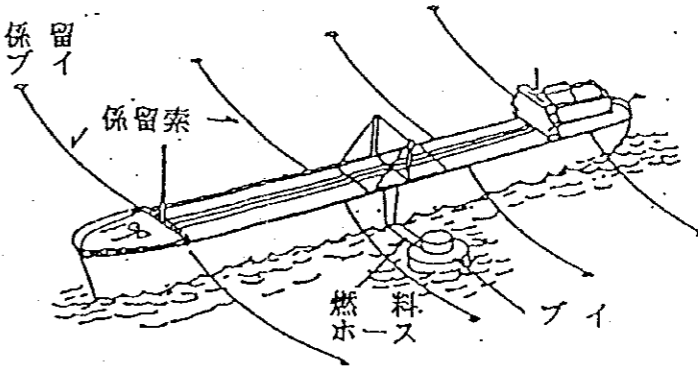
1. A reasonable length of flexible booms to be discussed and agreed to.
2. A quantity of dispersants which will be recommended and quantified by the MPPA.
3. A medium sized surface oil skimmer to be approved by the MPPA in consultation with you.

上記のコメントに対し、今回のプロジェクトは以下の様に考えるものとする。

- 今回の燃料受入海底パイプラインの計画は 4-4-7 で述べた通り、鋼管の板厚が 12.7mm、外面にコンクリートコーティング(35mm)を施し、更に土被り 2.0m で全線埋設する計画である。もし、2重管を計画した場合はコスト、工程面からも不経済となる。従って、日本国内及び海外での海底パイプラインの実績からもこの計画で十分であると考ええる。

- Contingency Equipment については、揚油中の事故等を考えて、当然準備すべき機材と考えられることから、ES-1 の段階で詳細に計画し、打合せ検討の上、決定することとする。

Table 4-4-1 係留方式の比較一覧表

係留方式	固 定 式	一 点 係 留 式	多 点 係 留 式
概略構造			
特 徴	<p>船舶をドルフィンにワイヤー等で固定する構造で係留力は最大であり、荷役限界波高は0.5m程度である。</p> <p>施設設置水深は3案中もっとも浅く、操船水域ももっとも狭い。</p> <p>外洋での実績あり (ただし Hmax=10m 程度まで)</p>	<p>船舶を外力に対し最小の係留力となる方向へ移動をゆるす構造で係留力は最小であり、荷役限界波高は1.5m程度である。</p> <p>施設設置水深は3案中最も深く、操船水域はもっとも広い。</p> <p>外洋での実績あり。</p>	<p>船舶を多くのブイで係留する方法で、係留力は他のタイプの中間にあたり、荷役限界波高は1.0m程度。</p> <p>施設設置水深は比較的深く、操船水域は比較的広い。</p> <p>外洋での実績はない。</p>
当地点への適用性	<p>高波浪条件下では、施設高が高くなる事によって、施設規模が大型化する。</p> <p>荷役限界条件が最も悪く、船体、係留施設の損傷の危険性が高い。</p> <p>水面上に大規模施設が露出し景観上も好ましくなく、他案に比べ不適当である。</p>	<p>高波浪条件では、他案のように一方向に固定係留する方法より本案の如く作用外力の変化に対して追従性に富む方法が適している。</p> <p>したがって、係留力も最も小さく、荷役条件も固定方式に比べかなり厳しい条件下でも可能である。</p> <p>離着船時の操作性は最もすぐれ、船体、施設の損傷の危険性は低い。また景観上はブイのみが氷面上にあるため非常に良い。</p> <p>総合的に最適の案である。</p>	<p>多点のアンカーで固定するため操船性が非常に困難である。</p> <p>海底勾配が急な地点では、沖側のアンカーチェーンと陸側のアンカーチェーンとのバランスに問題があり、一方向に固定しようとする時、調整に手間どる可能性があり高波浪条件下では不利である。</p>

△

◎

△

Table 4-4-2 一点係留ブイの比較一覧表

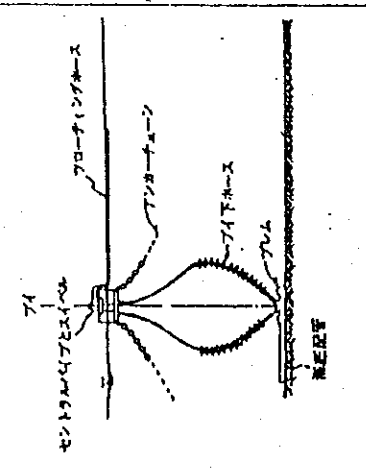
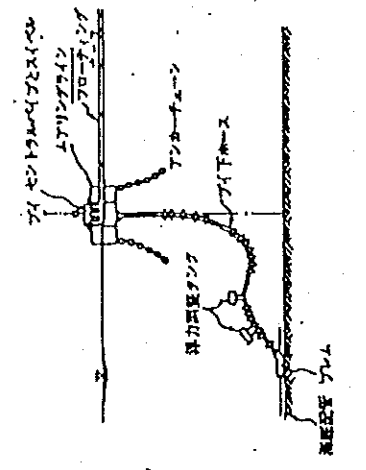
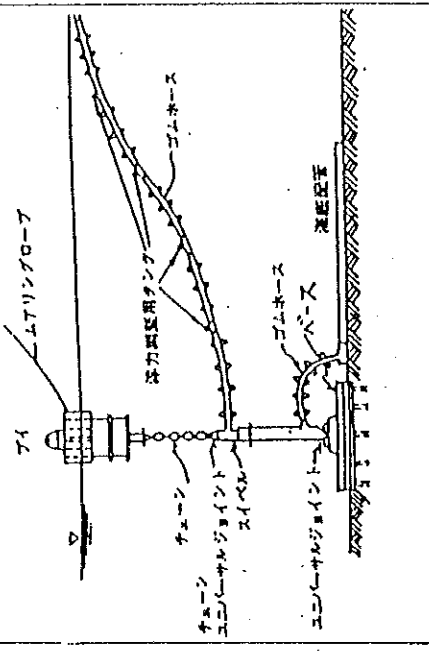
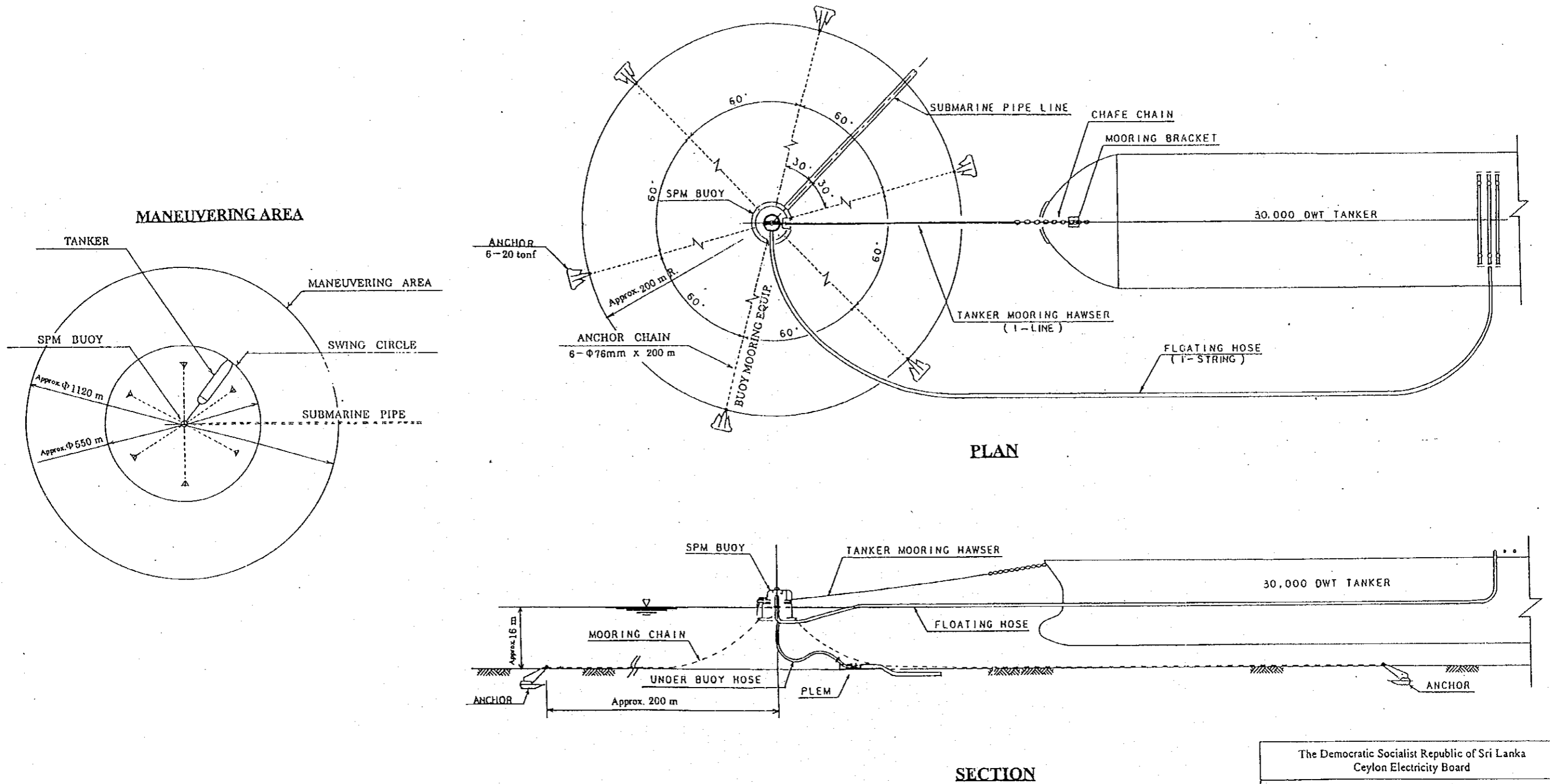
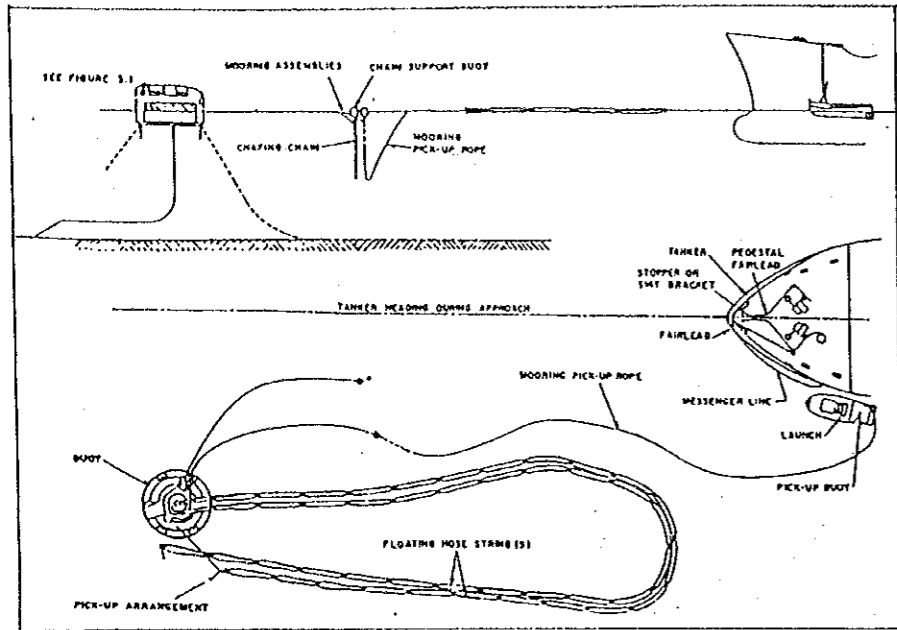
構造様式 比較項目	TYPE-1		TYPE-2
	CALM (イモドコ)	CALM (シエル)	SALM
構造様式	 <p>ブイ セントラルパイプとスィベル アンカーチェーン ブイ下ホース フロート 海底圧</p>	 <p>ブイ セントラルパイプとスィベル アンカーチェーン ブイ下ホース 弾力調整タンク 海底圧 プラム</p>	 <p>ブイ チェーン スィベル 弾力調整タンク ブイ下ホース チェーン 海底圧</p>
特徴	<p>円形状のブイ本体を数本のアンカーチェーンにより海底に固定した係留設備で、アンカーチェーンは、カタナリー曲線を描く。ブイ本体にはセントラルパイプ、スィベル、およびムアリングラインが設置されており、ブイ下のホースが海底パイプラインと接続されている。</p> <p>古い歴史をもち実績も多く外洋および大水深での実績もある。</p> <p>柔構造のため耐震性は最も優れている。</p>	<p>円形状のブイ本体を1本のアンカーチェーンにより海底に固定した係留設備である。</p> <p>ブイはタンカー係留機構のみで送油機構のフルード・スィベルは海中部に設置されている。</p> <p>ライザーシャフトを取り付けることで大水深にも適用性の高い構造とできる。</p> <p>最も歴史の浅いものであるが外洋および大水深での実績は多い。</p>	<p>円形状のブイ本体を1本のアンカーチェーンにより海底に固定した係留設備である。</p> <p>ブイはタンカー係留機構のみで送油機構のフルード・スィベルは海中部に設置されている。</p> <p>ライザーシャフトを取り付けることで大水深にも適用性の高い構造とできる。</p> <p>最も歴史の浅いものであるが外洋および大水深での実績は多い。</p>

Figure 4-4-2 一点係留ブイ概略図

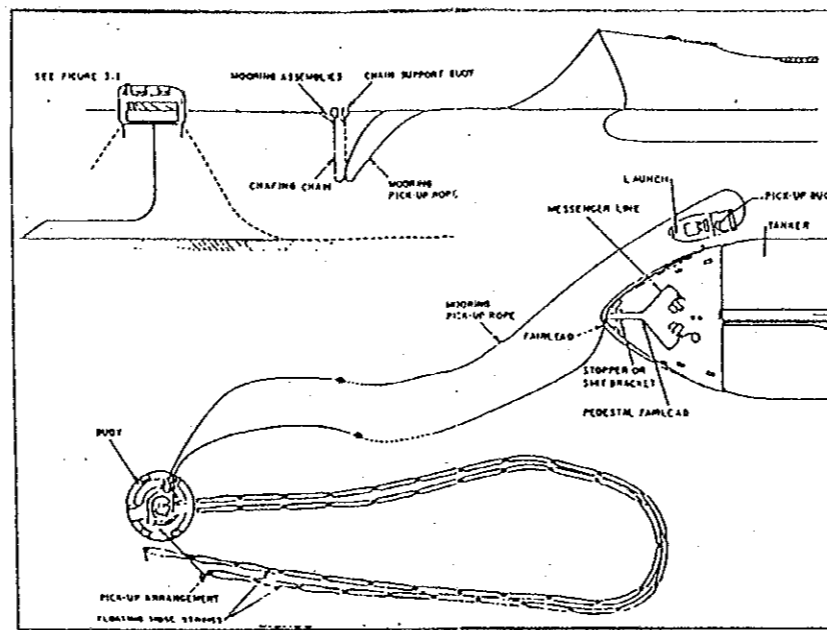


The Democratic Socialist Republic of Sri Lanka Ceylon Electricity Board			
The Feasibility Study on Combined Cycle Power Development Project at Kerawalapitiya Title: Planning Drawing For Single Point Mooring Buoy			
JICA Study Team			
DWG NO.	Scale :	Unit :	Date :
Approved by :	Revised by :	Checked by :	Drawn by :

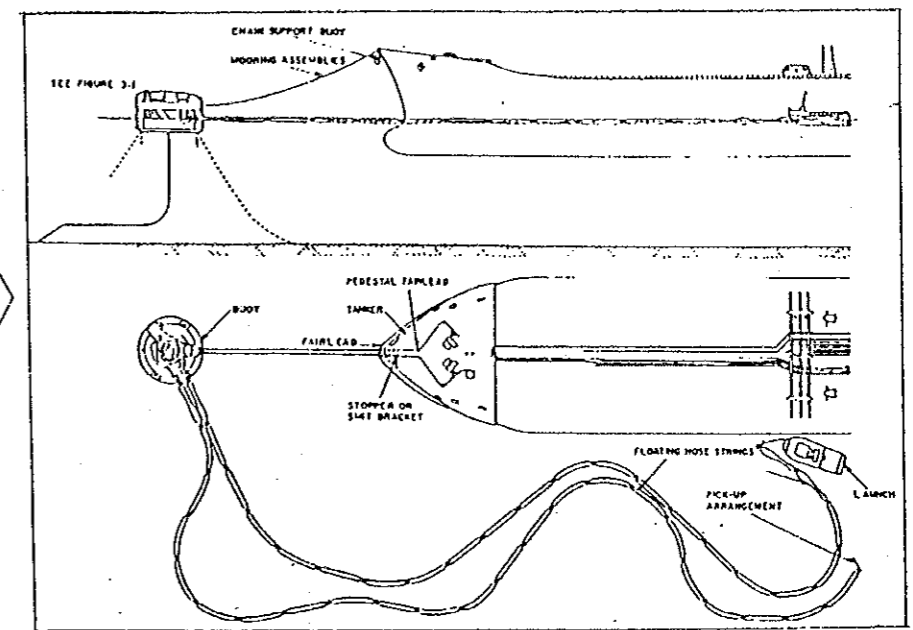
Figure 4-4-3 燃料揚油方法概略図



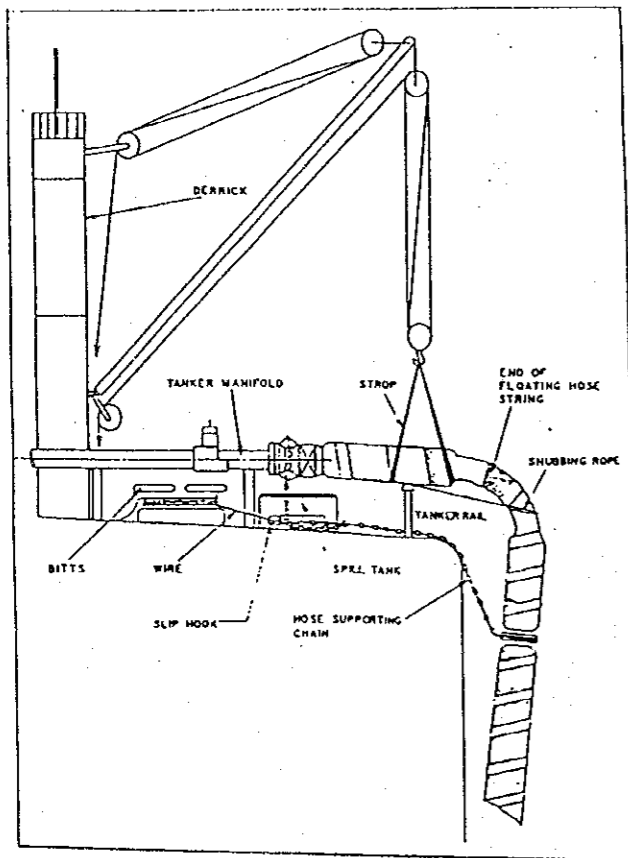
PREPARATION FOR BERTHING



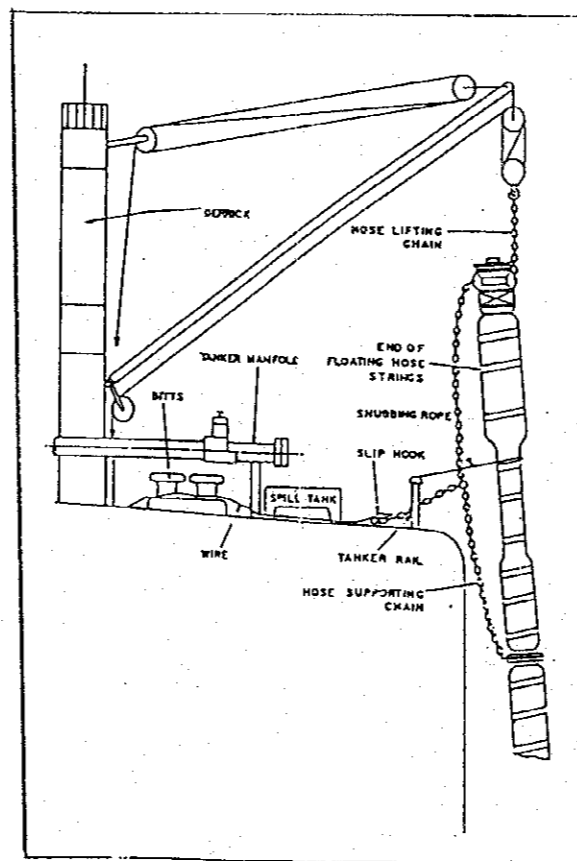
MOORING



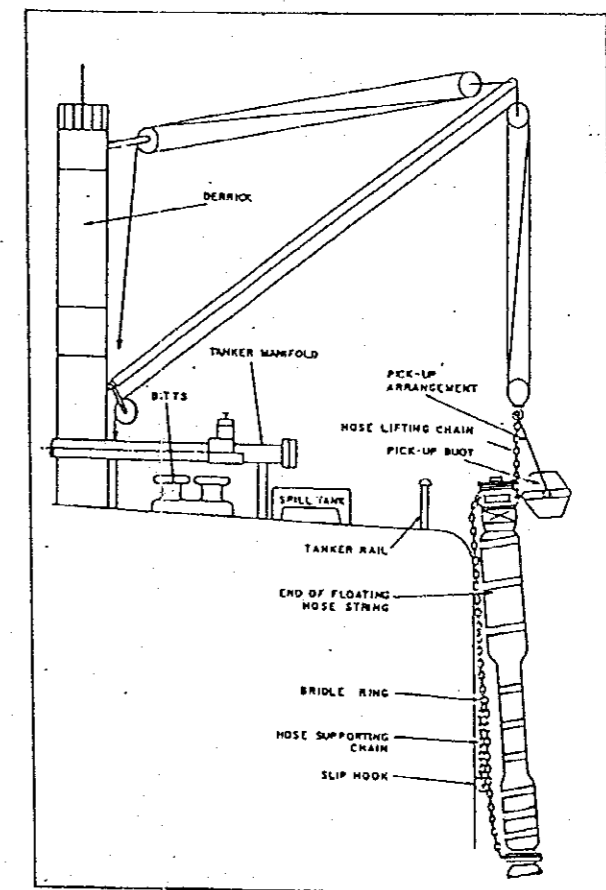
PREPARATION FOR HOSE CONNECTION



HOSE CONNECTION



FACILATE HOSE CONNECTION



HOSE LIETING

Figure 4-4-4 燃料受入パイプライン概略図 (海底部)

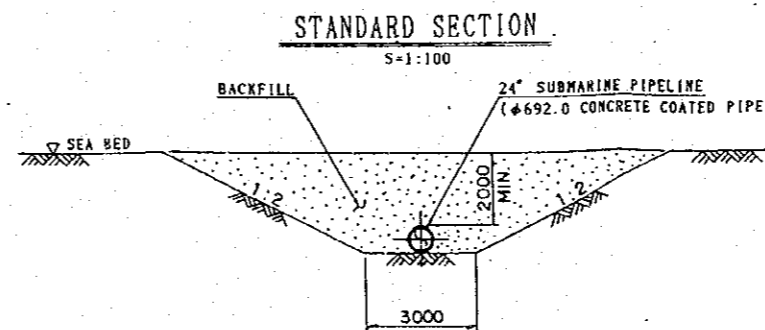
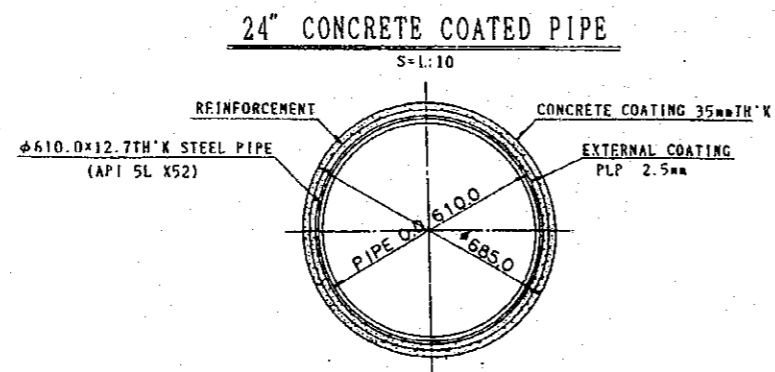
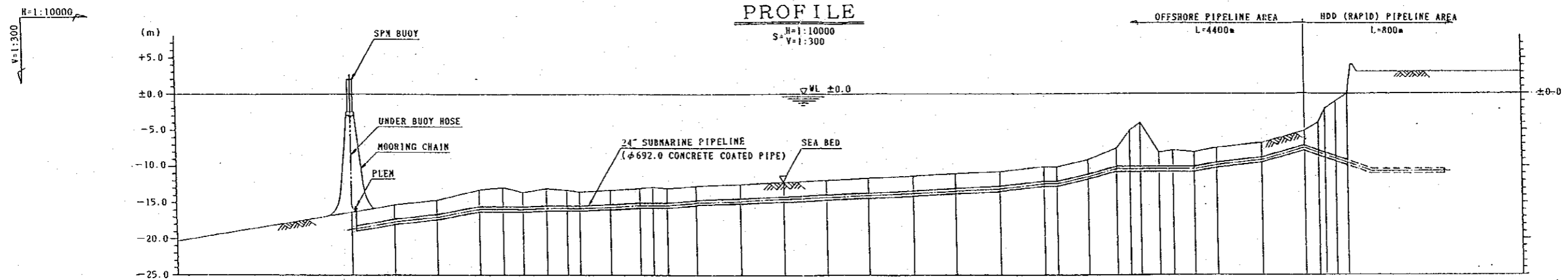
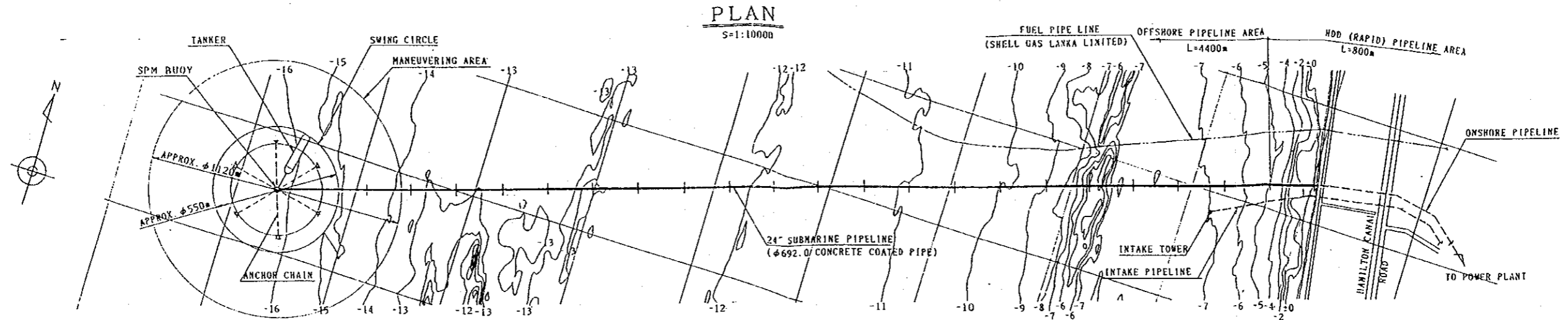


Figure 4-4-5 燃料受入パイプライン概略図 (陸上部/HDD 部)

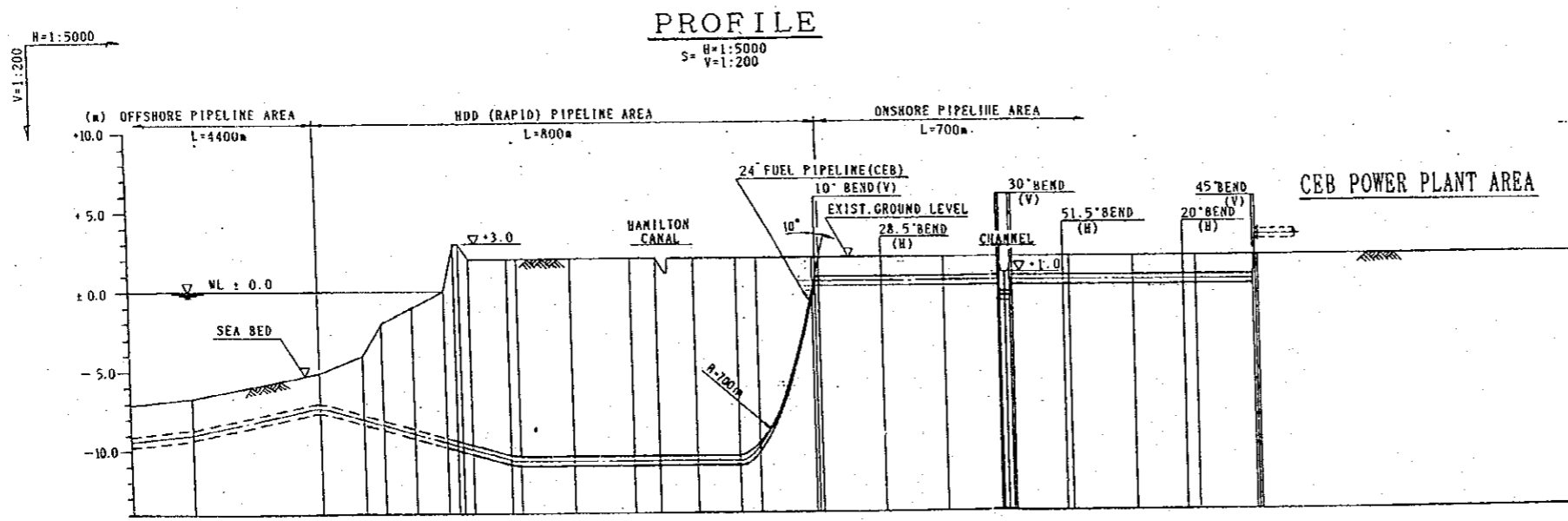
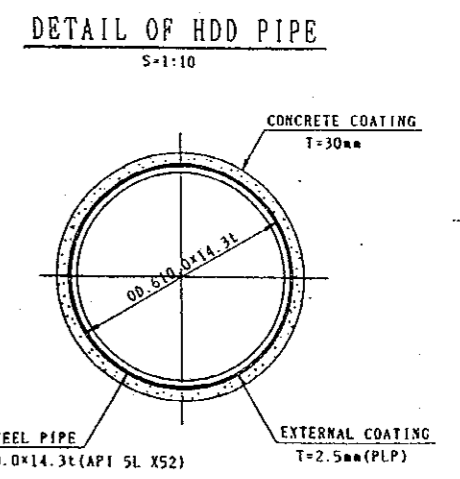
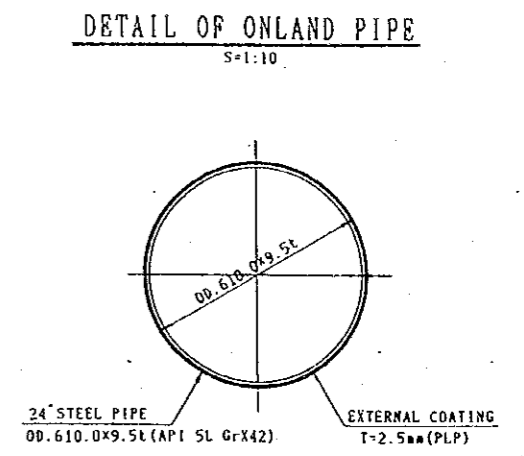
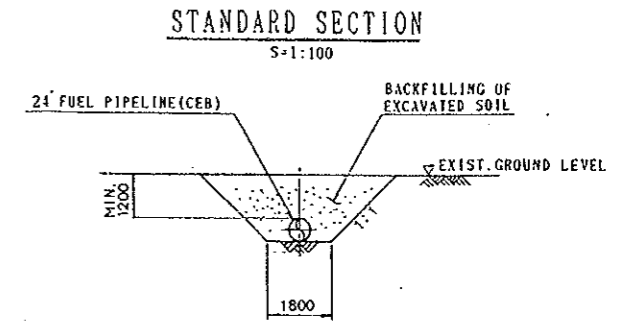
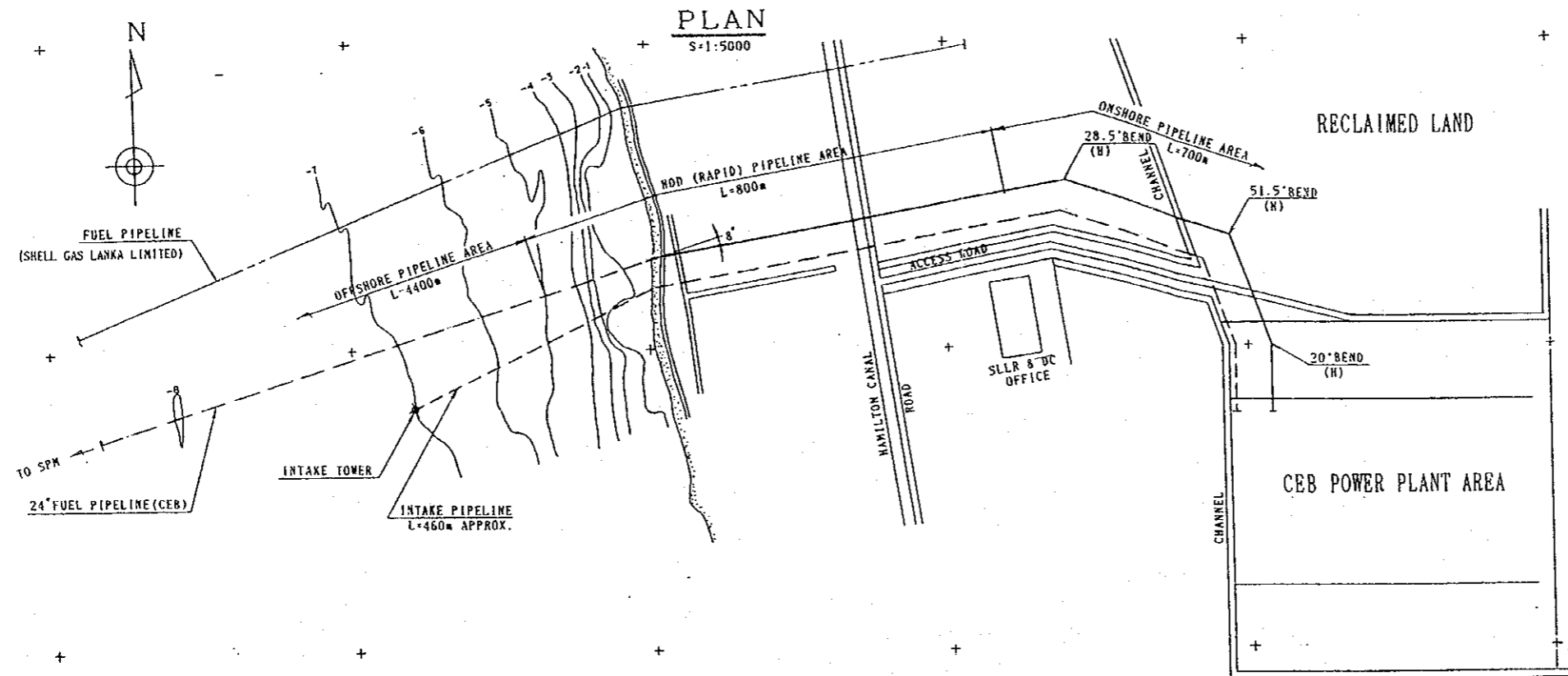


Table 4-4-3 海底パイプライン敷設工法比較一覧表

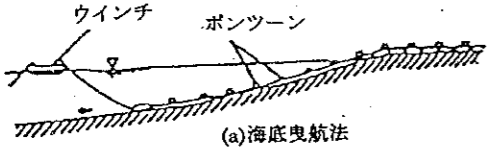
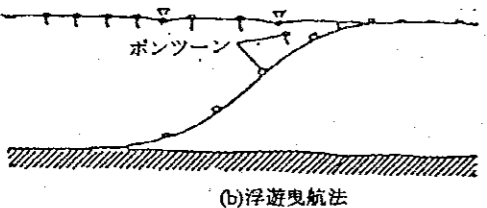
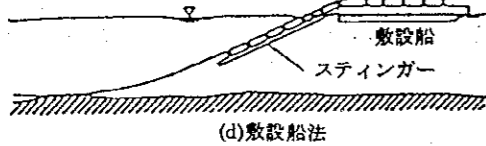
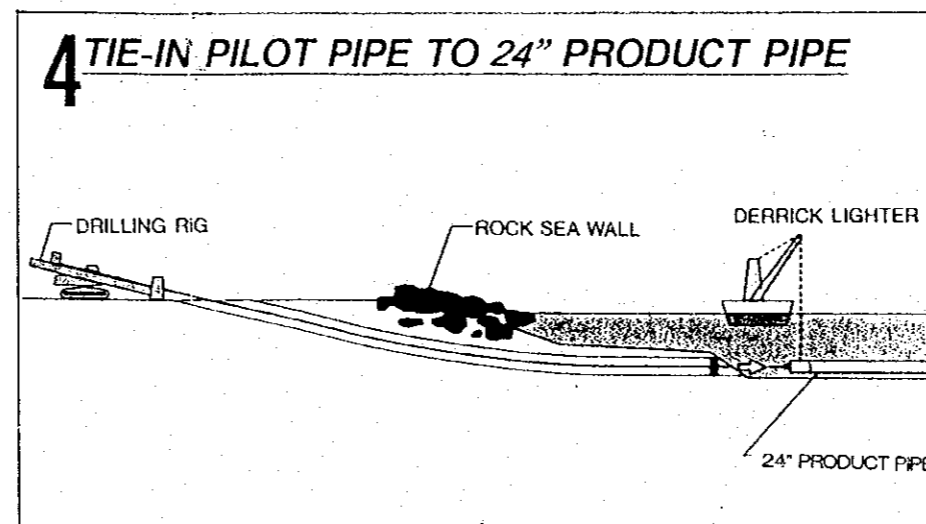
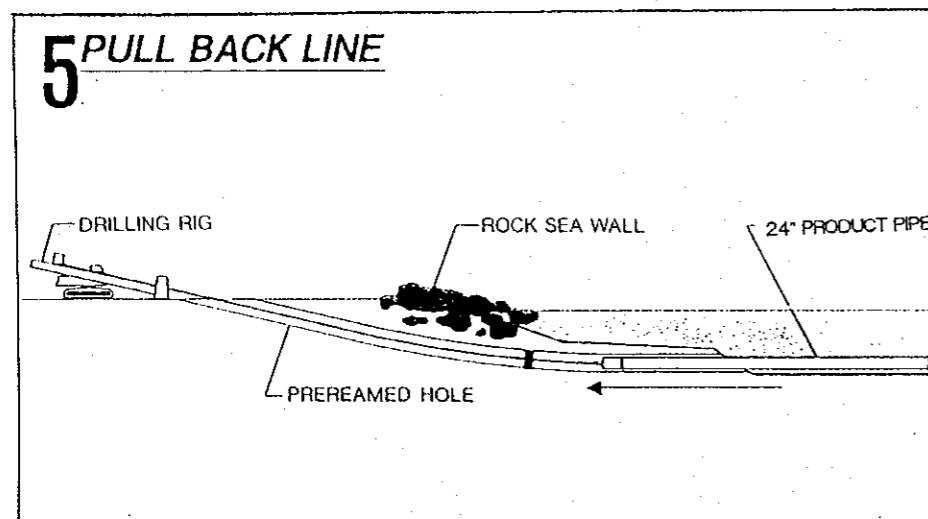
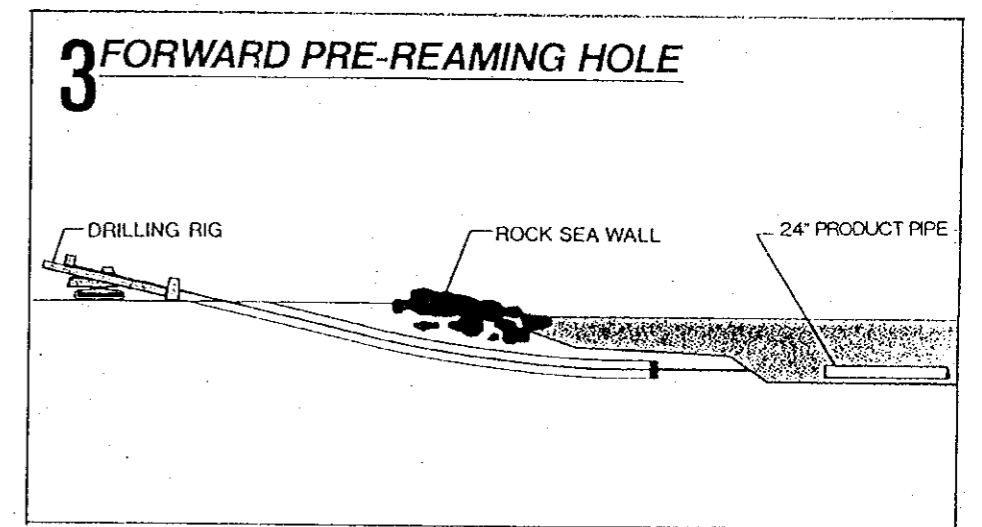
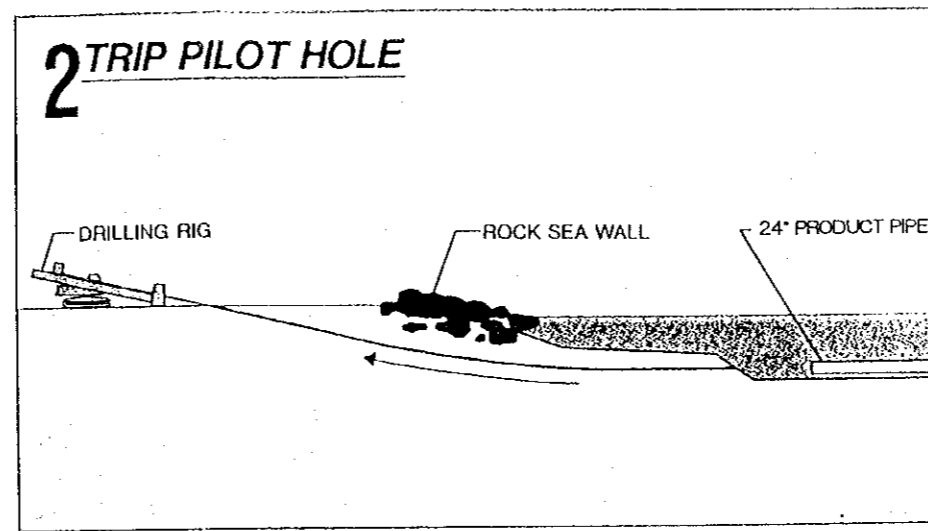
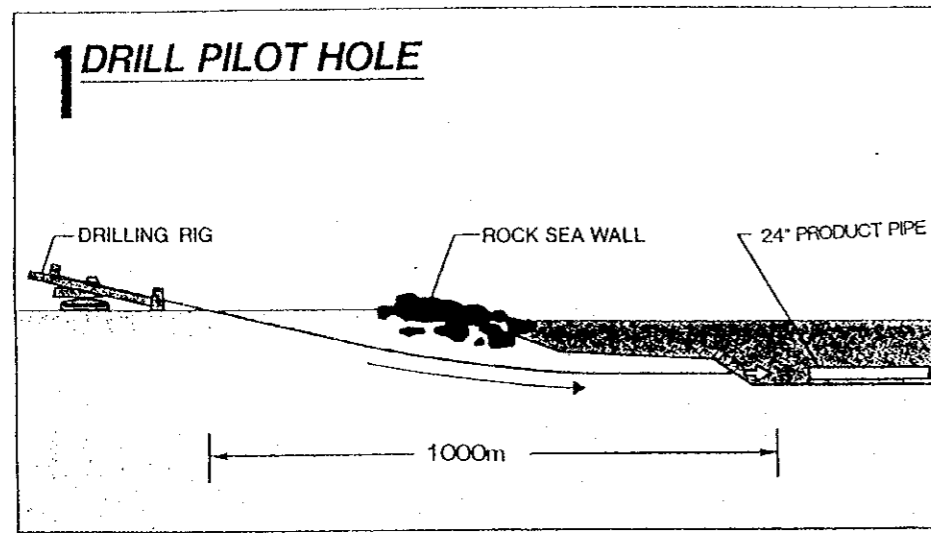
工法	概略図	特徴	本プロジェクトへの適用性
海底曳航法	 <p>(a)海底曳航法</p>	<p>1. 作業方法 陸上にパイプヤードを作り、パイプヤード上で製作された長管を沖合の曳船用バージ（海上固定）のウインチによって海底を曳航して敷設する工法</p> <p>1. 適用範囲 管径 $\phi 1,000$ 程度、延長 5,000m まで</p> <ul style="list-style-type: none"> ・パイプヤード、海底条件が許すところではかなりの大型工事にも可能。海象条件の悪いところでも可（風波、潮流）。 ・複雑な管路や大規模の工事には不適當。 	<p>敷設距離は長いが、海底地形を考慮してもタグボート等での曳航で十分対応ができ、他の案に比べ小規模な船団で施工ができる。</p> <p>また、陸上組立てヤードでの組立て作業のため、海象の影響がなく、総合的に最適の案と考える。</p> <div style="text-align: right; border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin-left: auto;">◎</div>
浮遊曳航法	 <p>(b)浮遊曳航法</p>	<p>1. 作業方法 陸上又は海上で製作した長管を浮かした状態で敷設する位置まで曳航し接合台船上で海底管を浮上させ洋上溶接し沈設する。</p> <p>2. 適用範囲 管径 $\phi 1,000$ 程度、延長の制限なし</p> <ul style="list-style-type: none"> ・小規模の作業に対しても経済性がある。 ・複雑な管路も可能 ・穏やかな海象条件の期待できるところには適す。 	<p>組立て、敷設作業とも波浪の影響を極端に受け船団が大がかりとなる。</p> <p>また、敷設水深が比較的深いため、パイプの降下時に無理な応力が生じるため、クレーン船等の補助船が必要となり、外洋での実施には不適當である。</p> <div style="text-align: right; border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin-left: auto;">×</div>
敷設船法	 <p>(d)敷設船法</p>	<p>1. 作業方法 作業船の上で海底管と単管を溶接接合し、その都度作業船を移動させながら沈設していく方法。</p> <p>2. 適用範囲 管径 $\phi 1,500$ 程度、延長の制限なし</p> <ul style="list-style-type: none"> ・比較的長大な海底管に適す。(7~8km 以上) ・複雑な管路には不適。 	<p>船上での組立て作業のため海象に影響されるが、海象の急変には対応できる。</p> <p>しかし、敷設距離が 4.6km で専用の敷設船が必要となり、本計画ではメリットが少ない。</p> <div style="text-align: right; border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin-left: auto;">○</div>

Figure 4-4-6 HDD 工法概略図

(パイプライン弧状削進工法)



APPENDIX 4-4-1

一点係留ブイの着標（稼働）可能日数算定検討書

②風条件

コロンボ港の風の観測データ（統計期間；1979年～1984年のうちの3年間）による。

表-2 風速出現頻度表

風速階級	春季 3～4月	夏季 5～9月	秋季 10～11月	冬季 12～2月	通年
0～4kt (0m/s～)	32.9 (32.9)	7.4 (7.4)	23.7 (23.7)	24.5 (24.5)	18.6 (18.6)
5～9kt (2.7m/s～)	45.4 (78.3)	44.1 (51.5)	46.0 (69.7)	39.1 (63.6)	43.4 (62.0)
10～14kt (5.4m/s～)	21.0 (99.3)	40.8 (92.3)	27.0 (96.7)	27.3 (90.9)	31.8 (93.8)
15～19kt (8.1m/s～)	0.8 (100.1)	5.8 (98.1)	3.0 (99.7)	8.4 (99.3)	5.2 (99.0)
20kt～ (10.8m/s～)	0.0 (100.1)	1.8 (99.9)	0.2 (99.9)	0.7 (100.0)	1.0 (100.0)

注) 単位：%

上段は風速階級ごとの出現頻度

下段は累積出現頻度

③霧条件

当該地点においては霧に関する観測記録等のデータは入手できなかった。しかし、ヒアリングによれば当該海域においては霧の発生はほとんどなく、霧によって海上工事等の作業が中止になったとはない。

したがって、本検討では、霧の発生は考慮しないこととした。

(3) 港湾計画条件

①入港隻数

燃料運搬船の入港隻数は次のとおりである。

$$\begin{aligned} \text{入港隻数} &= \text{年間燃料使用量} / \text{船舶積載量} \\ &= 634,500\text{kl/year} / 30,000\text{kl/隻} \\ &= 22 \text{ 隻/year} \end{aligned}$$

$$\text{月平均入港隻数} = 22 \text{ 隻/year} / 12 \text{ ヶ月} = 2 \text{ 隻/月}$$

②荷役作業時間

一点係留ブイバースの荷役作業時間は表-3のとおりである。

これより、1隻当たりの標準バース占有日数は、夜間の入出港待ち等の余裕を考慮して2日とした。

表-3 一点係留ブイバースの荷役作業時間

作業内容	作業時間
・パイロット乗船	(1.5hr)
・本船の誘導	2.0～ 2.5hr
・荷役準備	1.0～ 1.5hr
・荷役稼働	12.0hr
・荷役終了作業	1.0～ 2.5hr
・離棧	1.5～ 2.5hr
・作業船帰還	(1.5hr)
合 計	38.5～24.0hr →2日 (余裕を考慮)

注) 時間はヒアリングによる

ただし、()内は他地点の実績に基づく推定値

③バース稼働限界条件

一点係留ブイバースの稼働限界条件、すなわち使用条件は表-4のとおりである。

表-4 一点係留ブイバースの使用条件

		係 留 時	
		送 油 時	離 標 時
波	有義波高	1.5m	3.0m
	有義波周期	10sec	12sec
風	風 速	15m/s	25m/s
潮流	潮 流 速	0.4m/s	0.4m/s

注) 各使用条件はヒアリング及び海上保安庁の指導基準による

2. 必要バース数の算定

(1) 必要バース数の算定方法

$$\text{必要バース数} = \frac{1 \text{ 隻当りの標準バース占有時間} \times \text{入港隻数}}{\text{バース稼働可能時間} \times \text{目標バース稼働率}}$$

(2) バース稼働可能日数の算定

気象・海象によるバースの稼働不可能状態は、前述のバースの使用条件より、波、風、潮流の3状態を考慮する必要がある。このうち潮流については、バース設置位置が比較的浅海域で顕著な潮流が発生しないと考えられることから、ここでは波と風についてのみ考慮することとした。

なお、これら2つの気象・海象状態は複合して起きるが、それらの関係は不明確であることから、本検討ではそれぞれを独立事象として取り扱うこととした。

また、波に対する使用限界は有義波高と有義波周期が規定されているが、当該地点の有義波周期は異常時波浪でも $T1/3 = 7 \sim 9 \text{ sec}$ で使用限界条件を満たすことから、ここでは波高のみを対象とした。

表-5に年間およびモンスーン月(5~9月)のバース稼働可能日数を示す。

表-5 年間およびモンスーン月のバース稼働可能日数

			年間	モンスーン月
対象日数			365日	30日
稼働不可能日数	波高	限界値	1.5m	1.5m
		超過出現率	7.3%	14.1%
		日数	27日	5日
	風速	限界値	15.0m/s	15.0m/s
		超過出現率	0.0%	0.0%
		日数	0日	0日
稼働可能日数			338日	25日

(3) 必要バース数の算定

以上の条件に従って、当該地点の必要バース数を算定した。

ここで、目標バース稼働率は、外洋シーバースの使用実績に基づく値として50~60%と想定した。

表-6に必要バース数の算定結果を示す。これによれば当該地点の燃料受入バースは、年内、モンスーン月ともに1バースで良いと判断された。

表-6 必要バース数の算定

	入港隻数	標準バース 占有日数	バース稼働 可能日数	目標バース 稼働率	必要 バース数	バース 稼働率
年 間	22 隻	2 日/隻	338 日	60%	1 (0.22)	13%
				50%	1 (0.26)	
モンスーン月	2 隻	2 日/隻	25 日	60%	1 (0.27)	16%
				50%	1 (0.32)	



4.5 燃料輸入

4.5.1 燃料輸入スキーム

スリ・ランカ国において、燃料輸入は同国の法に基づき、CPC(Ceylon Petroleum Corporation)が独占して実施している。

従って、CEB が必要とする燃料は、全面的に CPC から供給されている現状にある。

本プロジェクト用燃料調達について、CEB は CPC から供給を受けるか、他の組織からの供給を受けるとしており、CEB 自身が調達することはないとしている。

従って、燃料輸入スキームについては、CEB 自身がスリ・ランカ国内の事情を考慮して、CPC からの供給を受けるか、燃料輸入のための新たな組織を設けるかを判断して、燃料調達がプロジェクト遂行に支障を来さない様にしなければならない。

4.5.2 燃料マーケットの状態

シンガポールにおいて、燃料マーケットの状態を調査した結果は以下の通りである。

- (1) 本プロジェクトの年間燃料消費量は、発電所容量 150MW、750MW でそれぞれ 200×10^3 、 $1,000 \times 10^3$ トンである。

この量は、前者がある商社 1 社の数日の取扱い量に、後者は 1 ヶ月以内の取扱い量に相当し、量的な面で何ら心配は要らない。

- (2) シンガポールの石油基準価格は、次の様に設定されている。

シンガポールの石油基準価格 = 中東石油基準価格 + 中東～シンガポール間輸送費
本プロジェクトの場合、シンガポールから輸入するよりも中東から輸入した方が輸送費が安いので安価である。

- (3) ディーゼルオイルの硫黄分は、0.5% が最も流通している。

- (4) ディーゼルオイルの硫黄分の価格に対する影響は、次の通りである。

硫黄分 : 0.05%	+0.50~+0.80	ドル/バレル
0.25%	+0.30~+0.45	
0.5%	基準	
1.0%	-0.20~-0.30	

硫黄分 0.5% のディーゼルオイルの価格は約 24 ドル/バレルであるので、硫黄分 0.25% のものを購入すると、1.3~1.9% の価格上昇となる。

- (5) ディーゼルオイルの価格は、インドネシア、中国の買いによって大きく影響される。

4.6 本プロジェクトへの LNG の適用

4.6.1 LNG 受入れ基地

LNG 受入れ基地の概略フローを Figure 4-6-1 に示す。その主要構成設備は以下の通りである。

- ・ LNG アンローディングアーム
- ・ LNG 貯蔵タンク
- ・ LNG ポンプ
- ・ LNG 気化器
- ・ ボイルオフガス圧縮機
- ・ リターンガスブローア

LNG アンローディングアーム、LNG 貯蔵タンク、LNG 気化器、ボイルオフガス圧縮機、LNG ポンプの構造を、Figure 4-6-2～8 に示す。

4.6.2 本プロジェクトへの LNG の適用

本プロジェクトへ LNG を適用する場合、以下に示す問題がある。

これらの問題は、何れも極めて解決の難しいものであるので、本プロジェクトでの LNG 受入れは、難しいと言わざるを得ない。

(1) 巨大な LNG 受入れ栈橋

LNG は、燃料油の受入れと同様に、本プロジェクトサイト西側海面から受入れることになる。この海域は遠浅のため、タンカーが停泊できる位置は海岸から、4.6km 沖合いとなる。

LNG の配管は、保冷材がしっかり巻かれており、保冷機能維持のため保冷材への水分の侵入を防がなければならないので、LNG の受入れ配管を海底に敷設することはできない。

従って、LNG の受入れ配管は、4.6km の巨大な栈橋を設けて設置することになる。このような長い栈橋が監督官庁から許可されるかどうかの問題である。

(2) 荷揚げ可能日数

LNG の荷揚げは、Figure 4-6-2 に示す様なアンローディングアームを設けた栈橋で行う。この様な固定栈橋での荷揚げは、我が国の規準で波高 0.5m、風速 15.0m/s 以下の時と制限されている。

この条件を満足する日数を、西南モンスーン時期の 5 月～9 月の期間で「新コロソ港開発計画調査報告書」のデータから拾うと 3 日/月となり、実質的にこの期間は、荷揚げ不可能と言うことになる。

(3) 巨額な建設費用

本プロジェクトの最終容量 750MW と、サブガスカンダ発電所の全ガスタービンへもガスを供給できる容量を持つ LNG 受入れ基地とした場合、その建設費は、概略 480×10^6 ドルとなり、750MW コンバインドサイクル発電設備の建設費に匹敵するものとなろう。

4-6-3

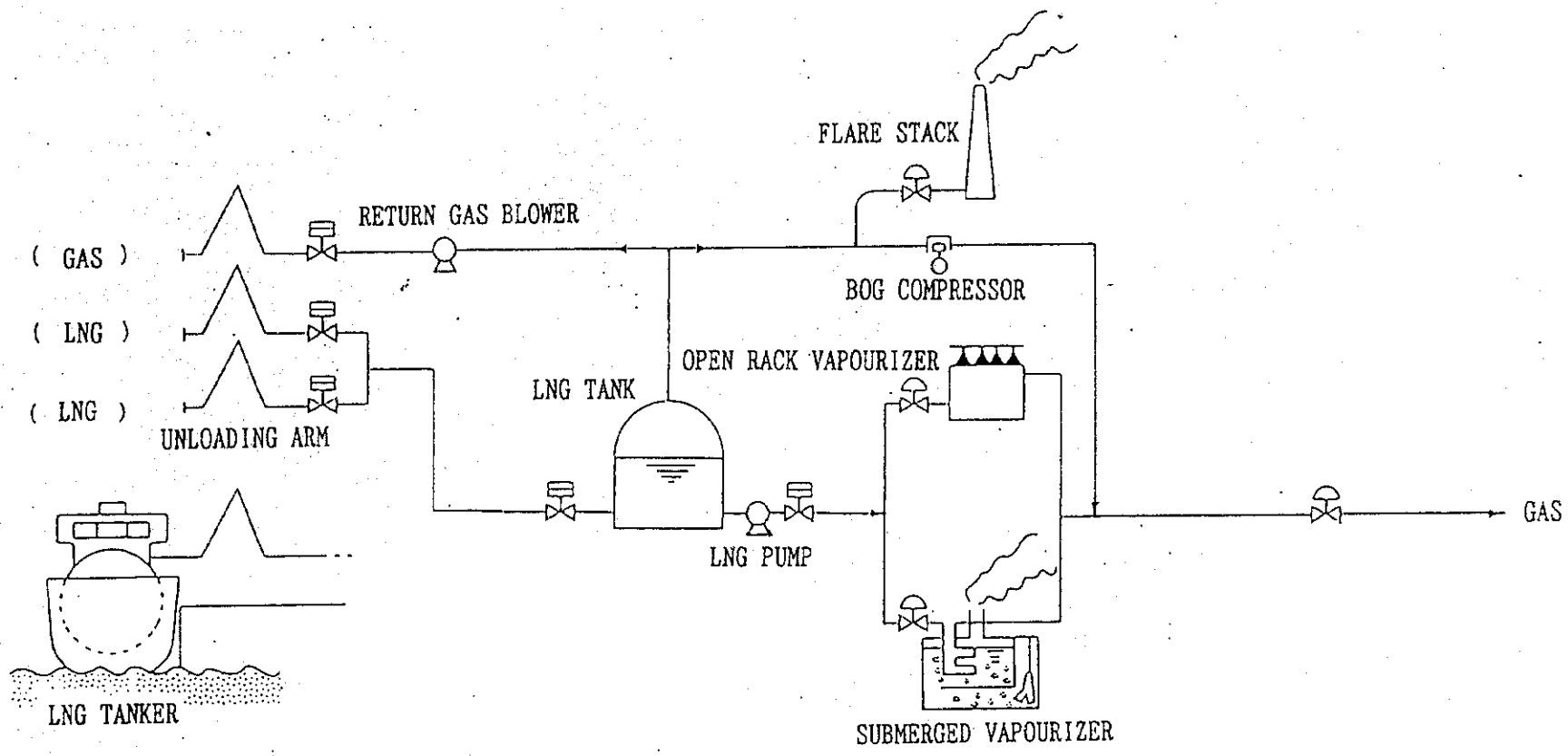
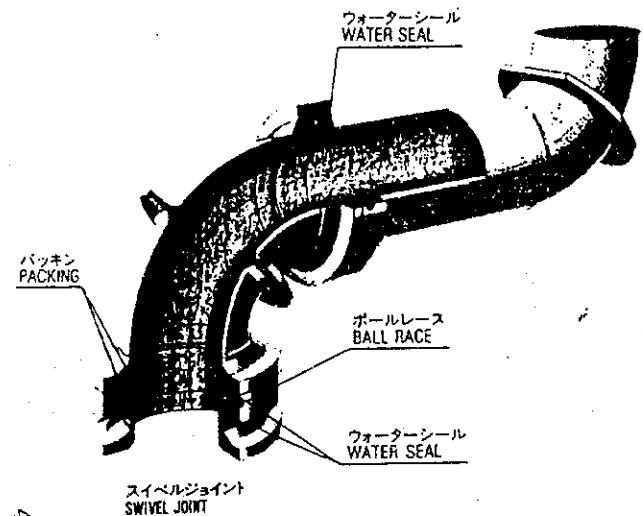
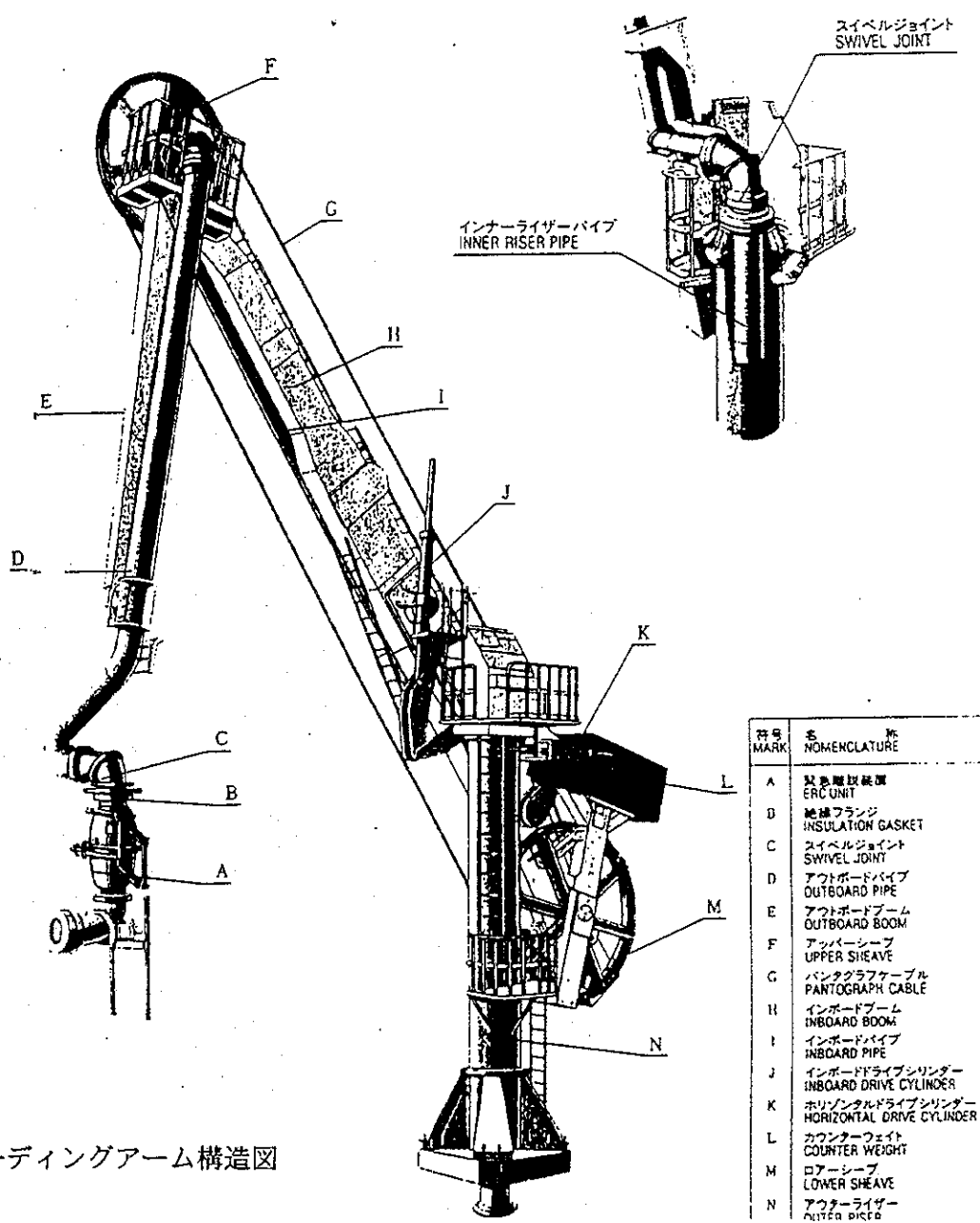
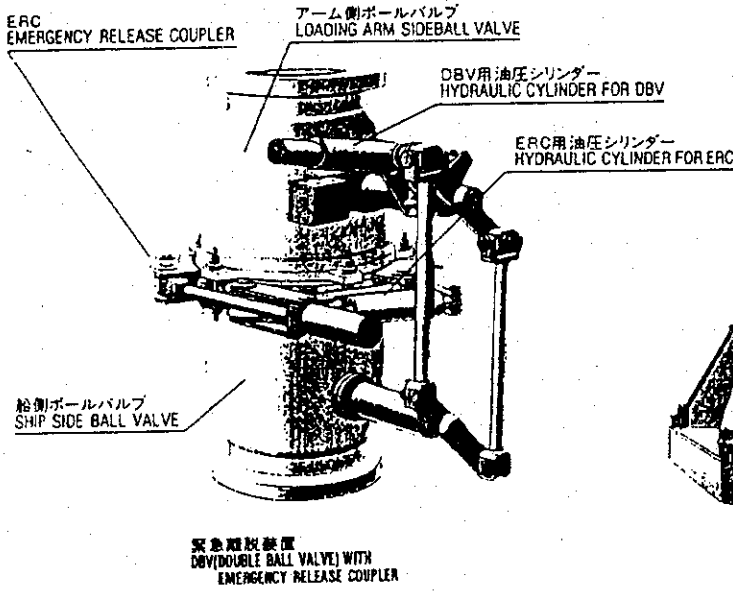


Figure 4-6-1 LNG 受入れ基地概略フロー図



4-6-4



符号 MARK	名 NOMENCLATURE
A	緊急離脱装置 ERC UNIT
B	絶縁フランジ INSULATION GASKET
C	スイベルジョイント SWIVEL JOINT
D	アウトボードパイプ OUTBOARD PIPE
E	アウトボードブーム OUTBOARD BOOM
F	アッパーシーブ UPPER SHEAVE
G	パンタグラフケーブル PANTOGRAPH CABLE
H	インボードブーム INBOARD BOOM
I	インボードパイプ INBOARD PIPE
J	インボードドライブシリンダー INBOARD DRIVE CYLINDER
K	水平ドライブシリンダー HORIZONTAL DRIVE CYLINDER
L	カウンターウェイト COUNTER WEIGHT
M	ローシーブ LOWER SHEAVE
N	アウトライザー OUTER RISER

Figure 4-6-2 LNG アンローディングアーム構造図

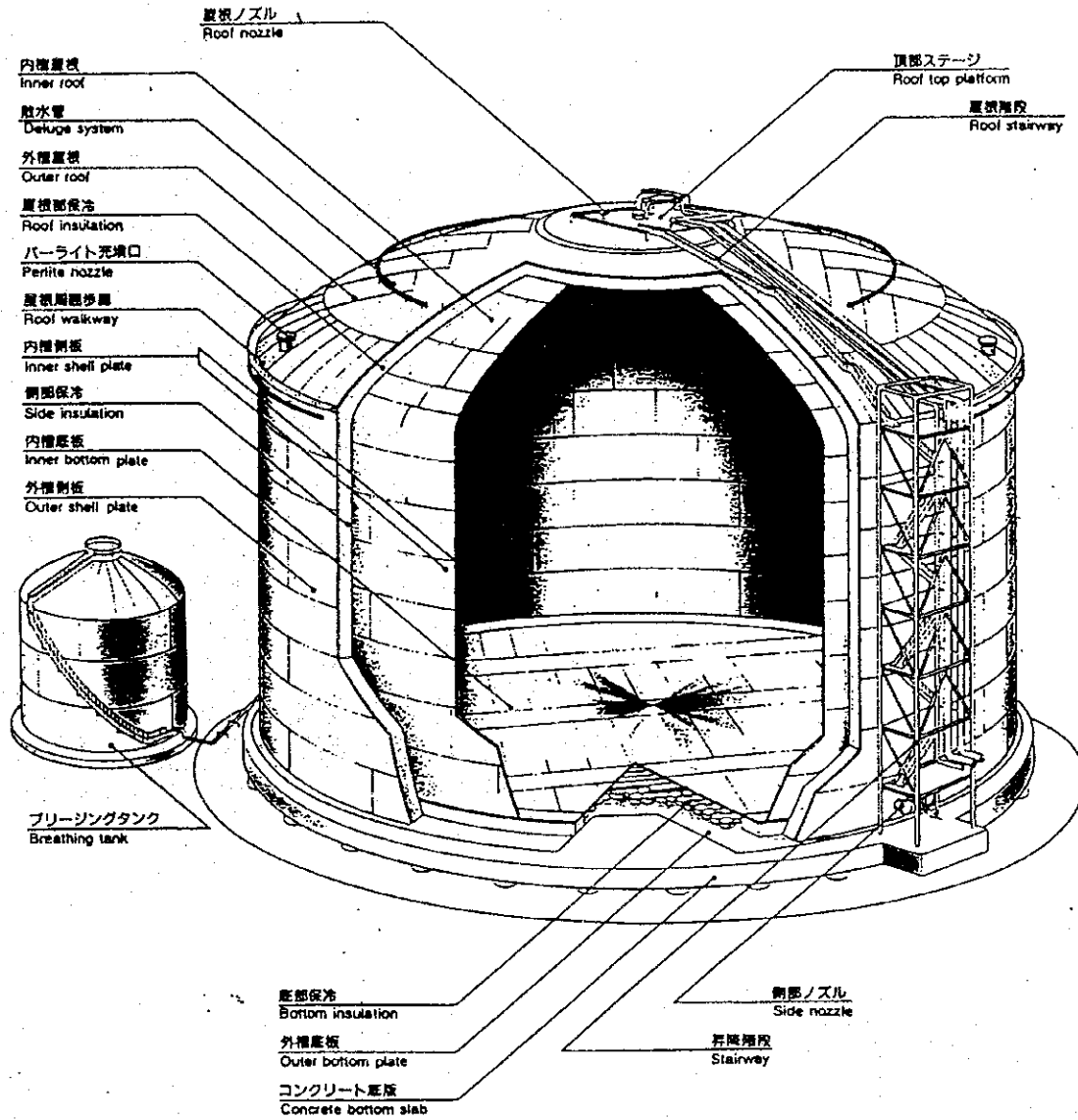
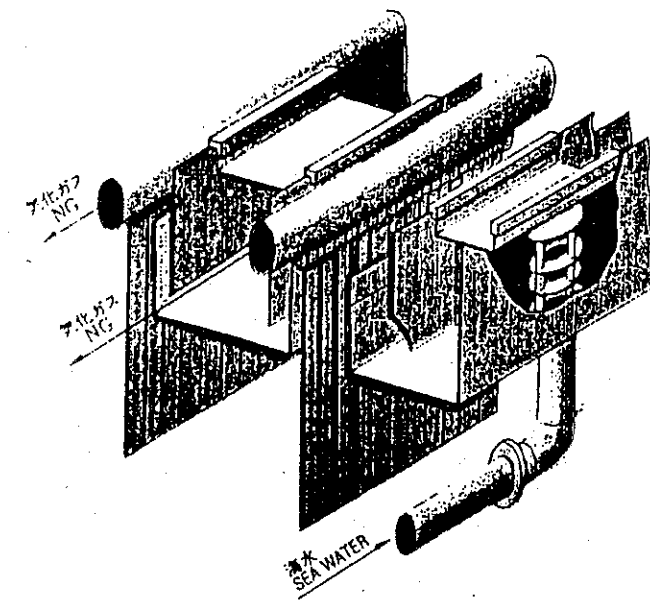
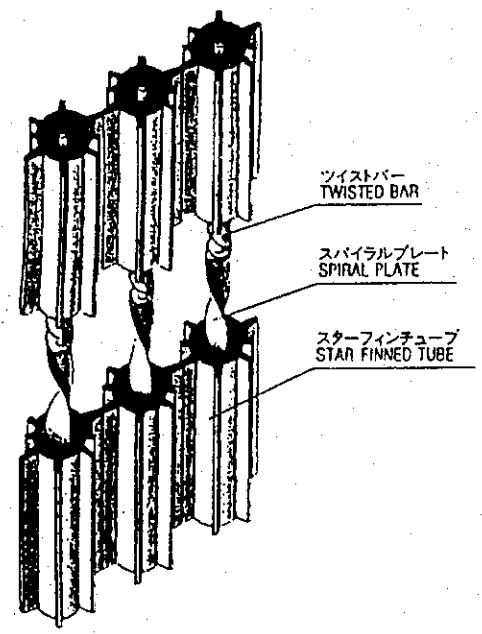


Figure 4-6-3 LNG 貯蔵タンク構造図



トラフ海水分配図
SEA WATER DISTRIBUTION AT TROUGH

4-6-6



伝熱管詳細
HEAT TRANSFER TUBE

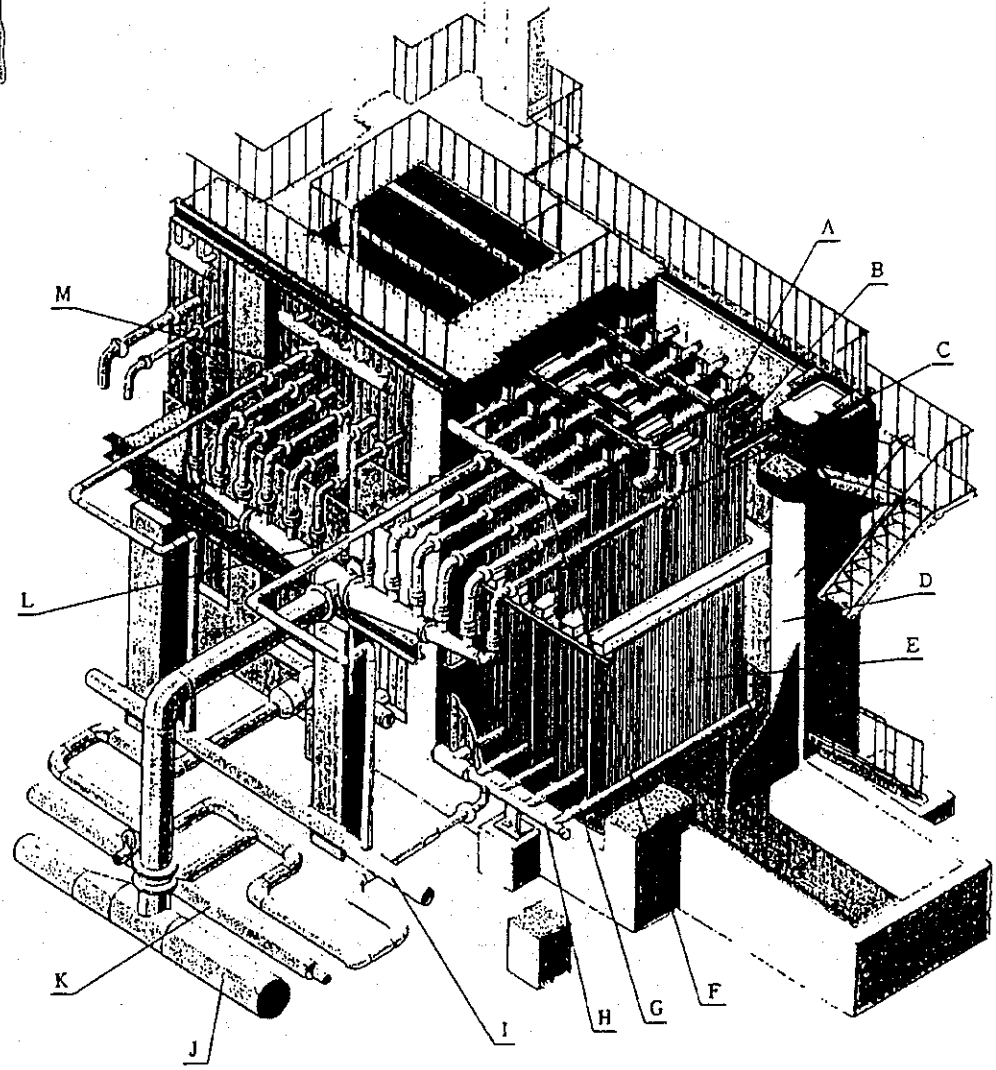


Figure 4-6-4 オープンラック式 LNG 気化器構造図

符号 MARK	名 称 NOMENCLATURE
A	NG 出口ヘッダ NG OUTLET HEADER
B	トラフ TROUGH
C	海水配水管 SEAWATER DISTRIBUTION PIPE
D	コンクリート建屋 CONCRETE BUILDING
E	パネル PANEL
F	NG 出口マニホールド NG OUTLET MANIFOLD
G	LNG 入口ヘッダ LNG INLET HEADER
H	LNG 入口マニホールド LNG INLET MANIFOLD
I	NG 出口配管 NG OUTLET PIPE
J	海水配管 SEA WATER PIPE
K	LNG 入口配管 LNG INLET PIPE
L	海水入口配管 SEAWATER INLET PIPE
M	風防壁 PLASTIC WIND SHIELD WALL

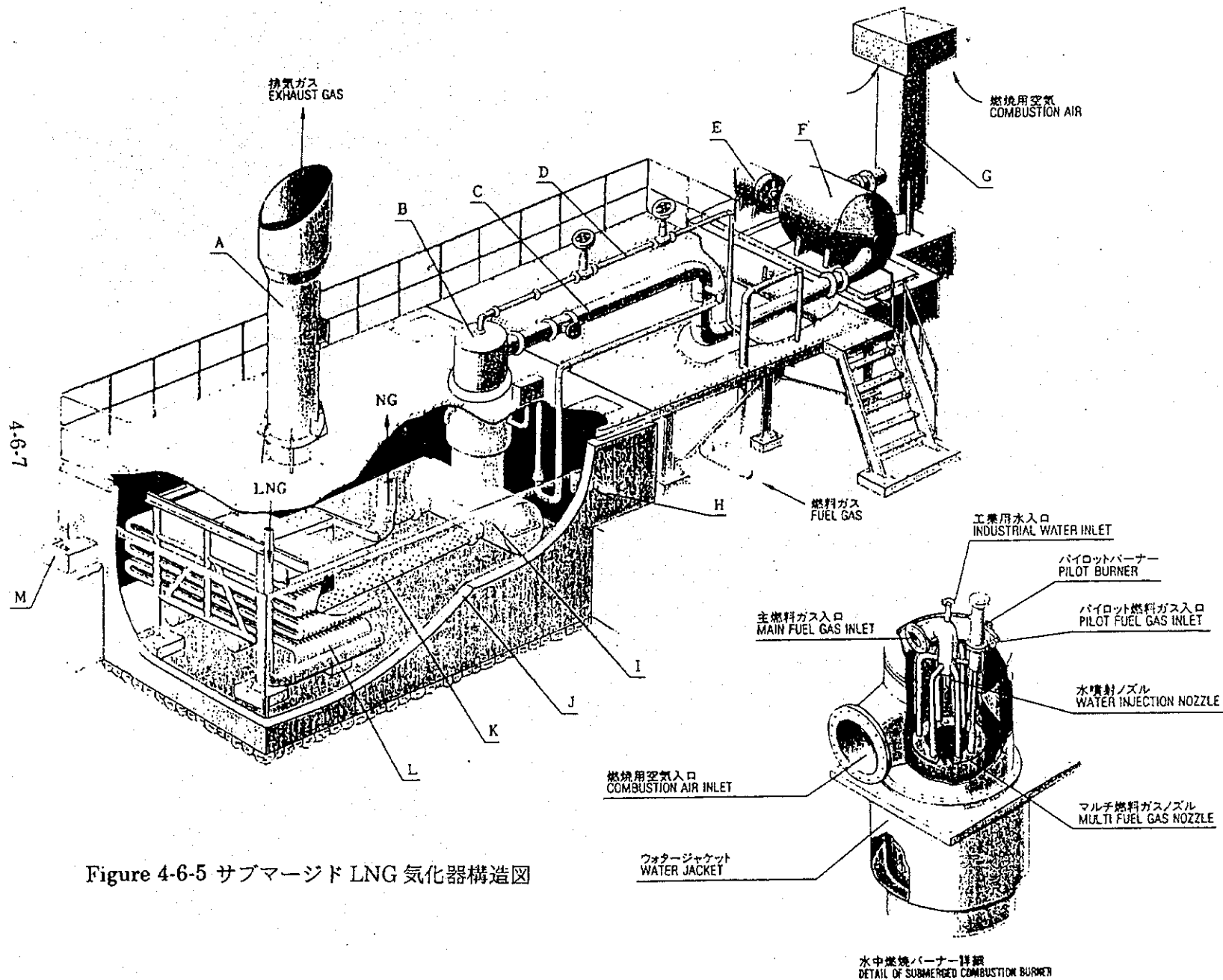


Figure 4-6-5 サブマージド LNG 気化器構造図

符号 MARK	名 称 NOMENCLATURE
A	スタック STACK
B	バーナー BURNER
C	燃焼用空気配管 COMBUSTION AIR PIPE
D	燃料配管 FUEL PIPE
E	モーター MOTOR
F	ブロー BLOWER
G	サイレンサ SILENCER
H	工業用水配管 INDUSTRIAL WATER PIPE
I	ダウンコマ DOWN COMER
J	コンクリートバス CONCRETE BATH
K	スパージパイプ SPARGE PIPES
L	熱交換器 HEAT EXCHANGER
M	排水溝 DRAINAGE

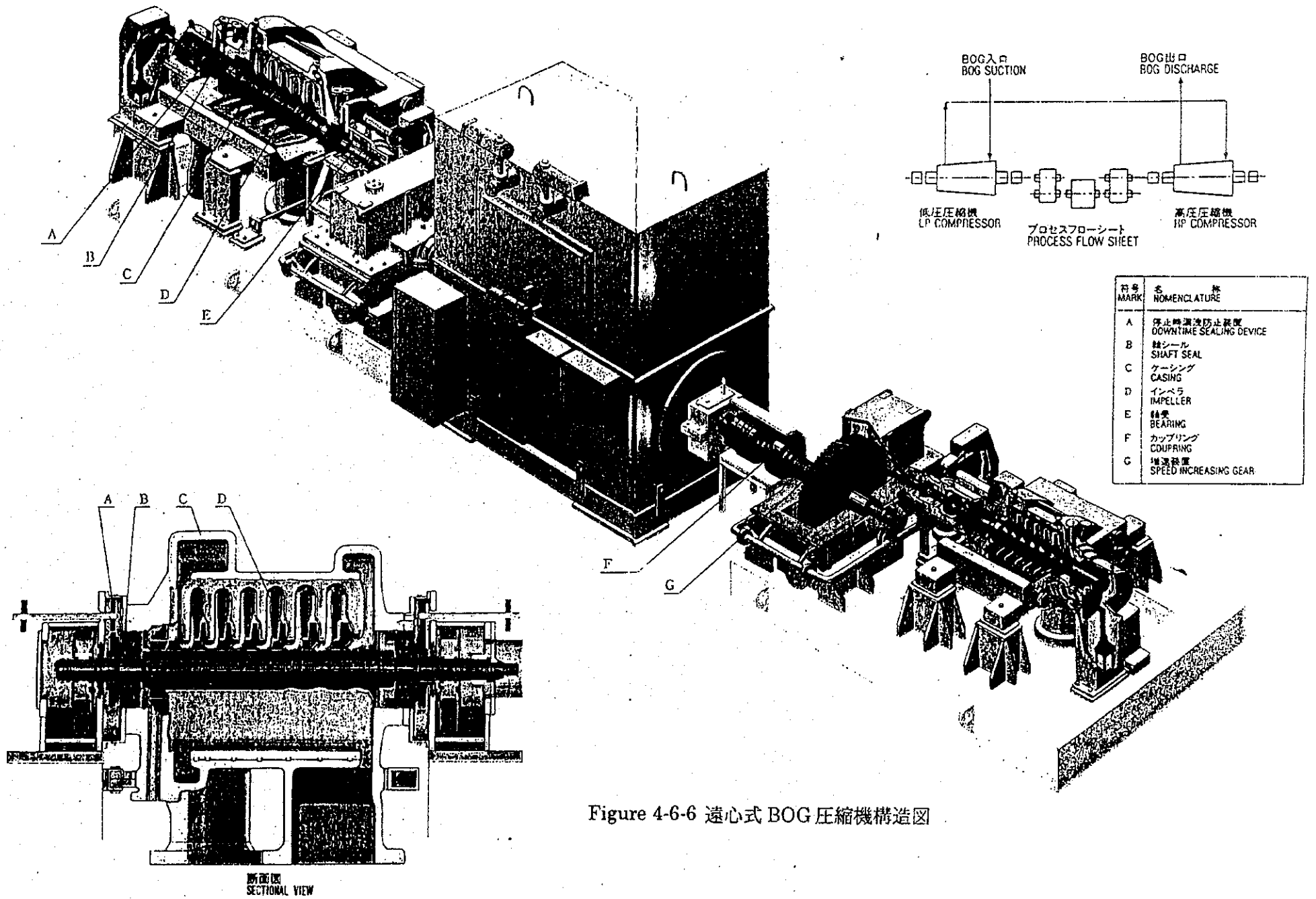


Figure 4-6-6 遠心式 BOG 圧縮機構造図

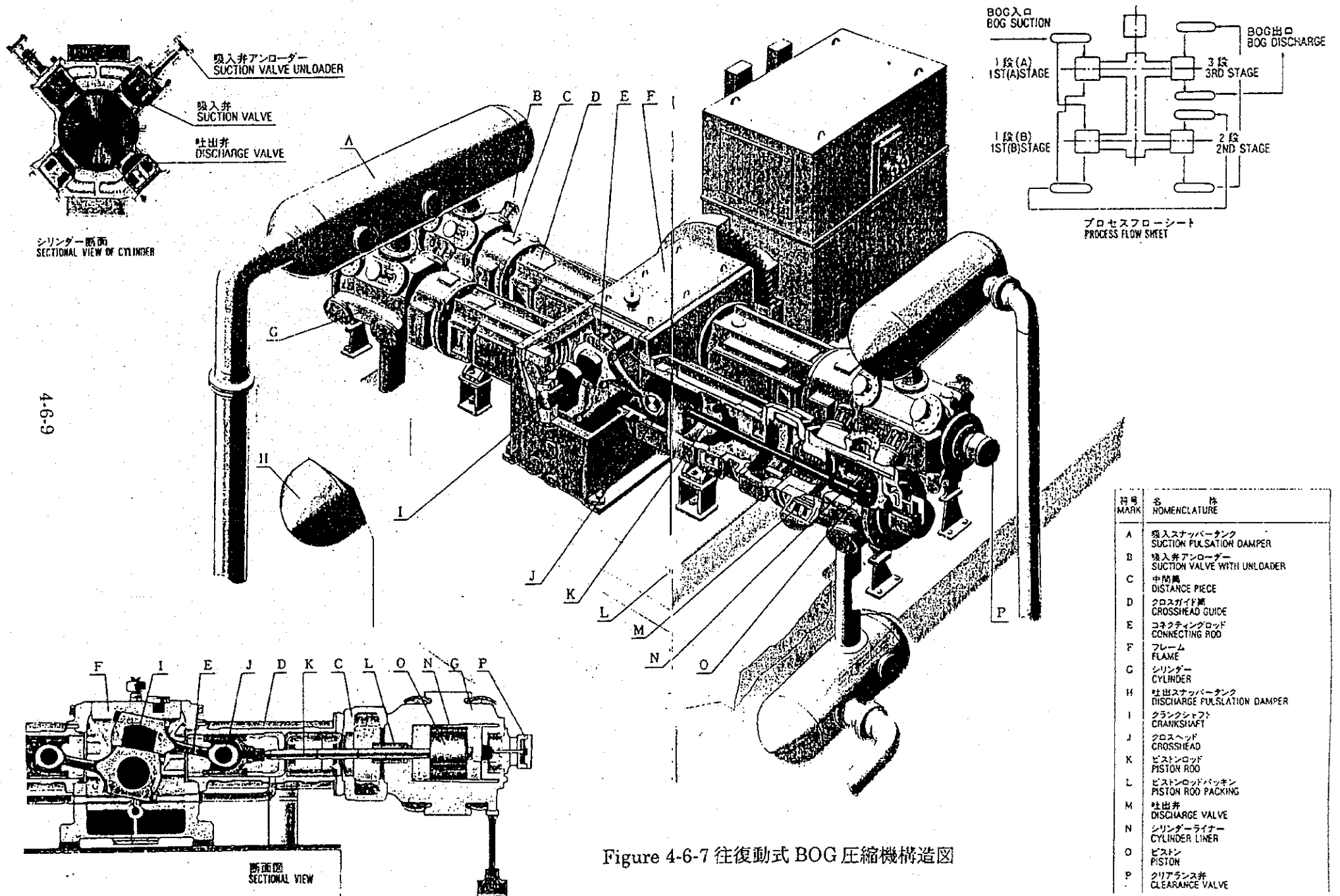
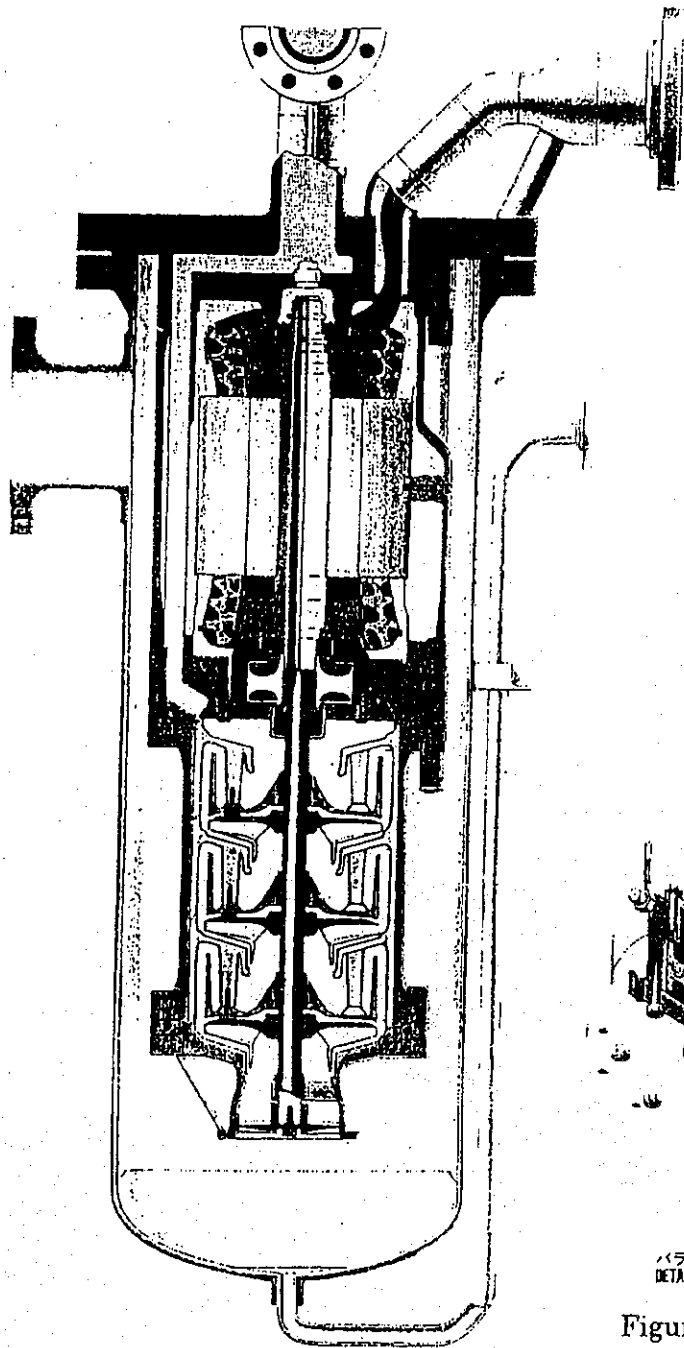
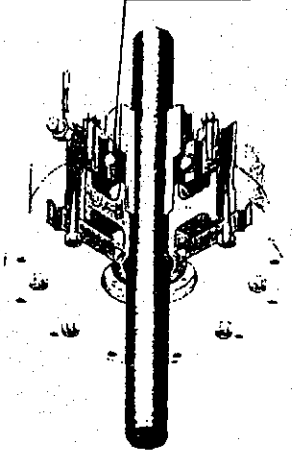


Figure 4-6-7 往復動式 BOG 圧縮機構造図

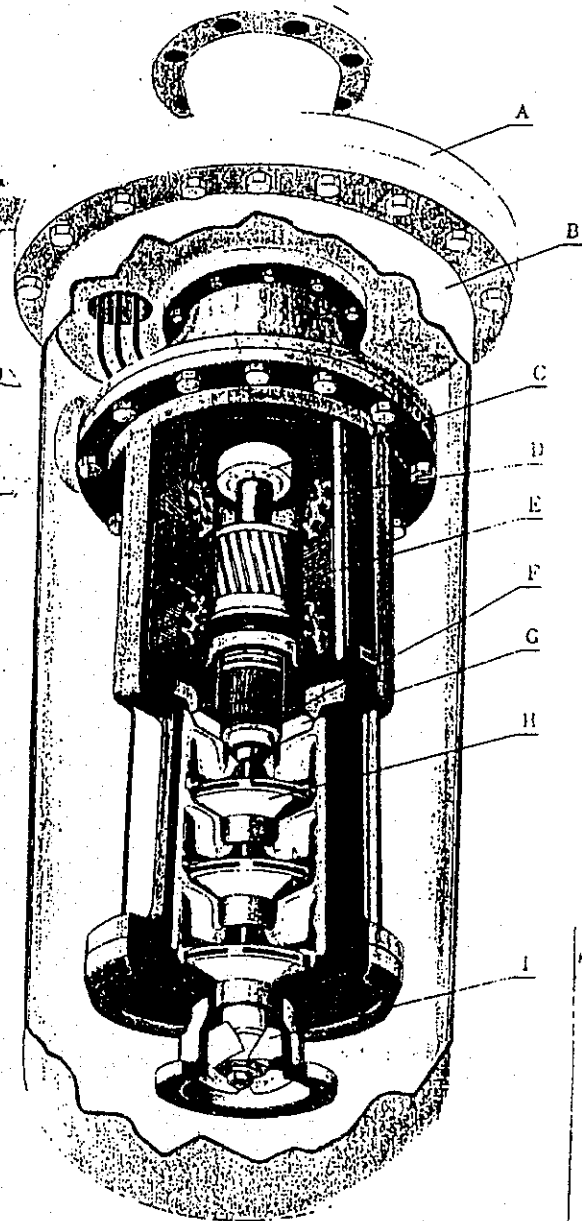
4-6-10



ボールベアリング
BALL BEARING



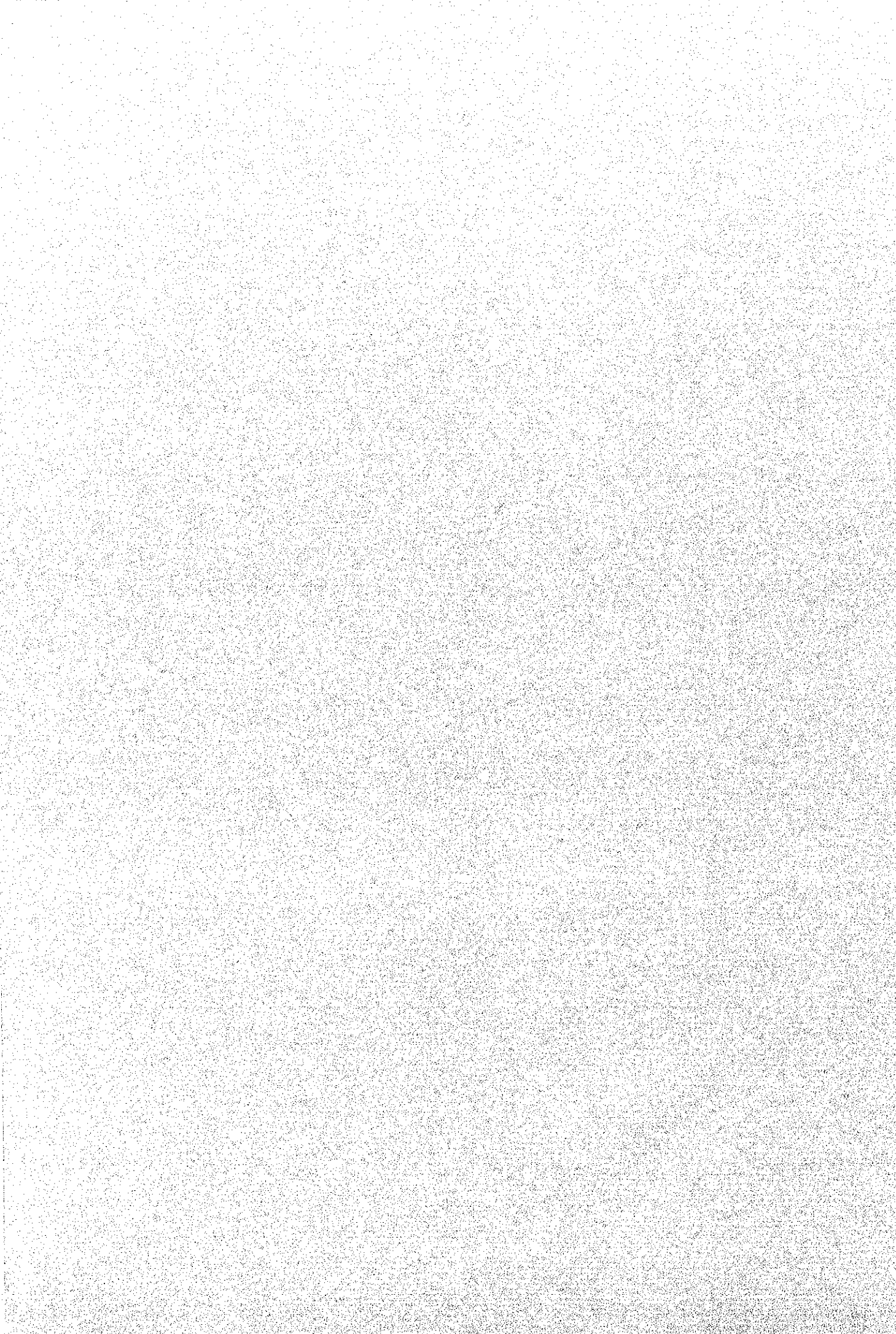
バランスドラム詳細
DETAIL OF BALANCE DRUM



符号 MARK	名 称 NOMENCLATURE
A	ヘッドプレート HEAD PLATE
B	サクションポット SUCTION POT
C	上球ベアリング UPPER BALL BEARING
D	モーターシャフト MOTOR SHAFT
E	ステーター STATOR
F	下球ベアリング LOWER BALL BEARING
G	バランスドラム BALANCE DRUM
H	インペラ IMPELLER
I	インデューサー

Figure 4-6-8 LNG ポンプ構造図

第 5 章 土木設備計画



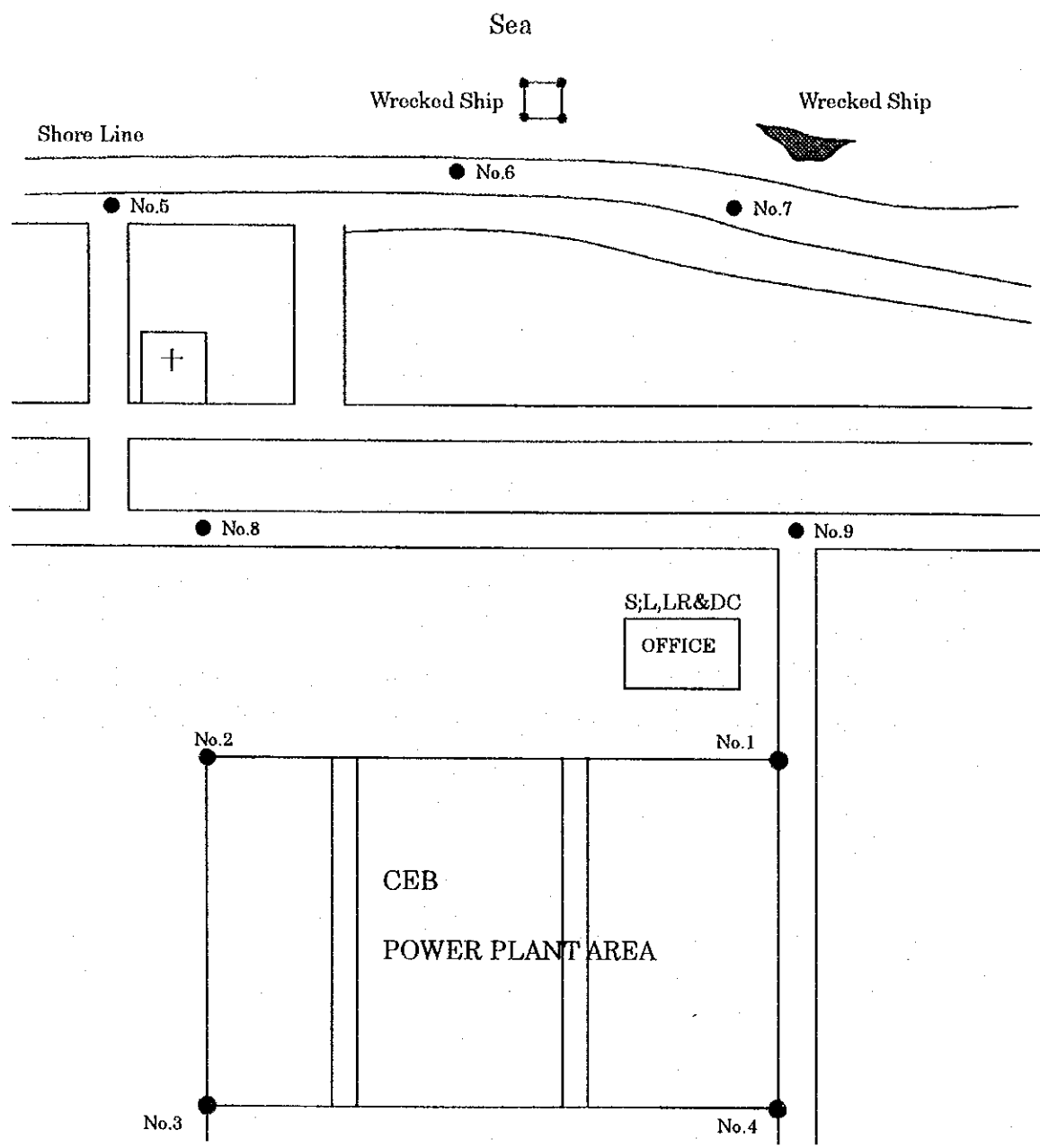
第5章 土木設備計画

5.1 現地踏査結果

ケラワラピティヤ C/C 発電所予定地点は広大な Muthurajawela 湿地と Negombo ラグーンで構成される地域のうち、約 160ha が工業、住宅用の土地として Sri Lanka Land Reclamation and Development Corporation によって埋立造成され、その土地の南端に位置している。埋立の方法は沖合約 10km の付近の海砂を浚渫し、排砂管により埋立が行われた。

CEB の発電所予定地点の敷地面積は約 28.0ha で予定地点内に 2 本の排水路（開渠）が存在する。発電所予定地点の西端から海岸線までは約 900m で、海岸から約 300m 付近に幅約 20m の Hamilton Canal が南北に通っている。この海岸から Hamilton Canal の間は住居が点在しており、Hamilton Canal から発電所西端までは住居、工場等が存在する。

現地踏査を行い、発電所境界ならびに Hamilton Canal、海岸線等における主要ポイントを携帯型 Global Positioning System (GPS) を用いて測定した座標を Figure 5-1-1 ならびにサイト周辺の状況を Figure 5-1-2 に示す。



《COORDINATES》

No.	N	E
No.1	7° 00' 85"	79° 52' 36"
No.2	7° 00' 52"	79° 52' 37"
No.3	7° 00' 51"	79° 52' 63"
No.4	7° 00' 81"	79° 52' 63"
No.5	7° 00' 44"	79° 51' 99"
No.6	7° 00' 65"	79° 51' 92"
No.7	7° 00' 83"	79° 51' 87"
No.8	7° 00' 55"	79° 52' 09"
No.9	7° 00' 87"	79° 52' 04"

Figure 5-1-1 発電所付近現地調査図
(13-DEC-1997)

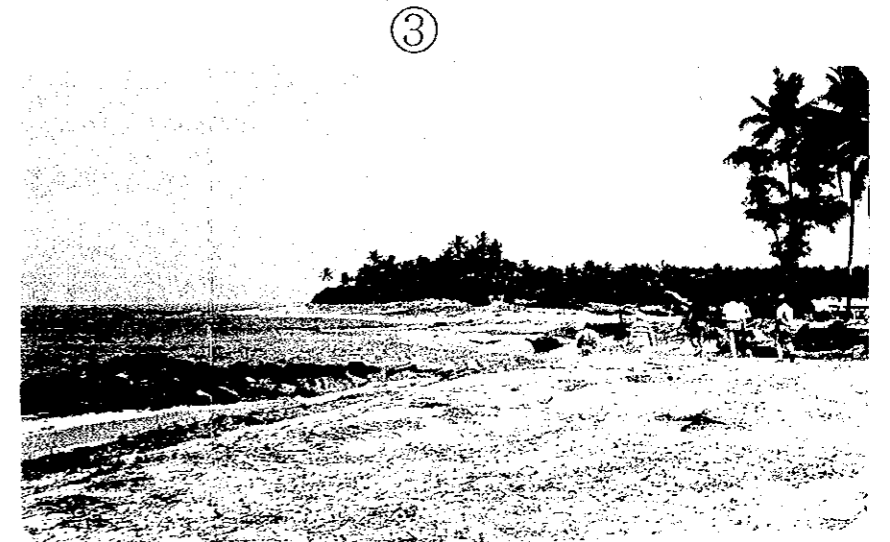
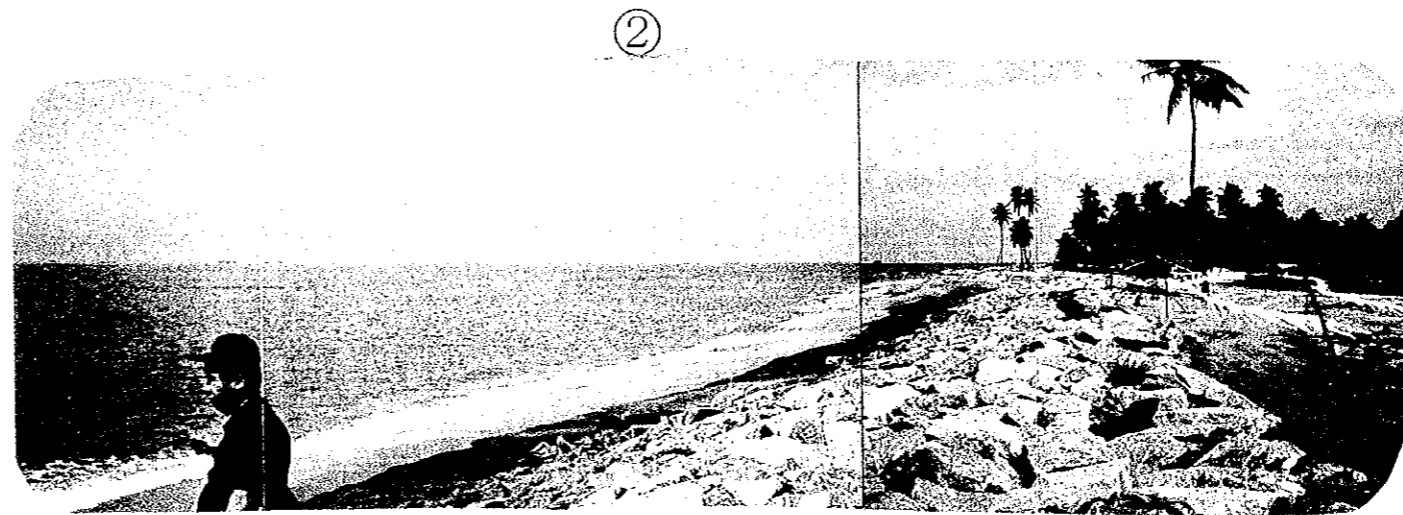
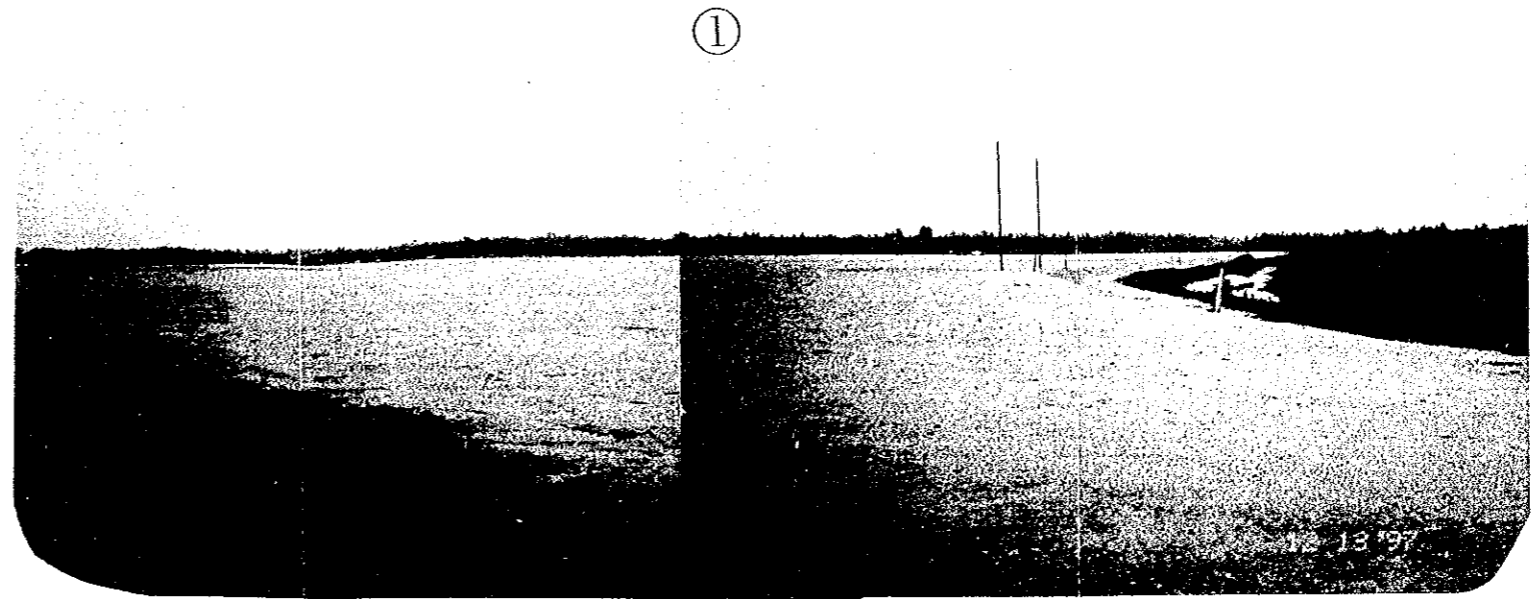
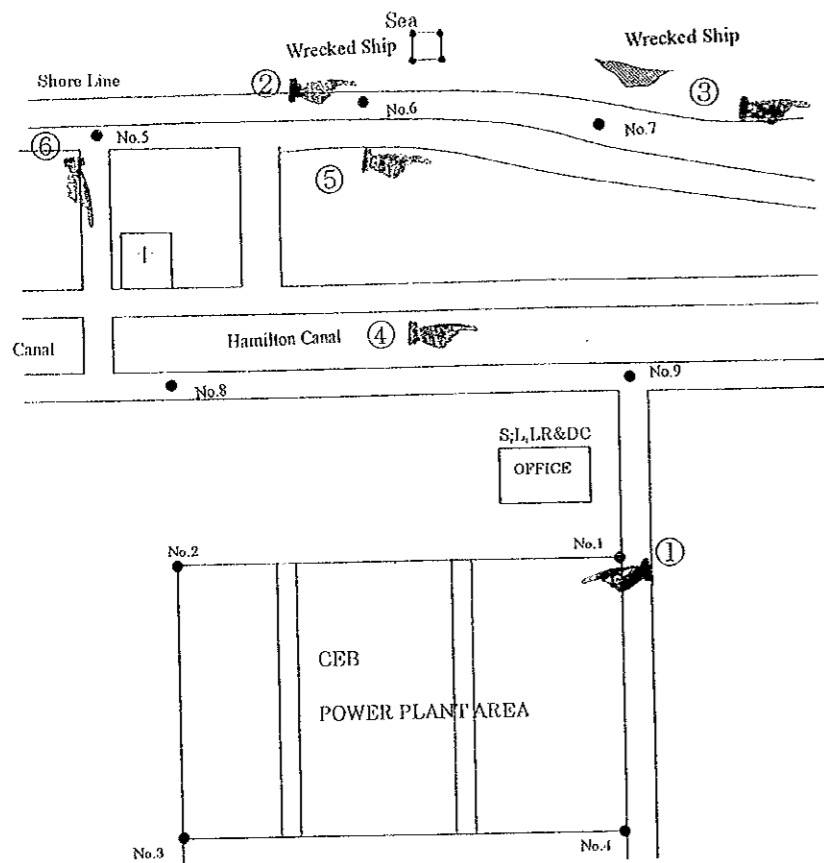


Figure 5-1-2 現地状況図

5.2 現地調査工事

土木設備の計画に関わる現地調査工事を、地形測量、地質調査、海象調査について実施した。

5.2.1 調査工事の実施

調査工事は、スコープ オブ ワークで以下に定められた通り JICA ならびに CEB でそれぞれ実施した。

調査項目	実施期間	JICAコントラクター名
地形測量	CEB	SURVEY DEPARTMENT
地質調査	CEB	CECB
海象調査	JICA	LHI

5.2.2 調査結果

(1) 地形測量

a. 測量範囲

地形測量の範囲は発電所予定地点（CEB 用地）と燃料受入パイプライン並びに取放水路ルート沿いに行った。測量面積は以下の通りである。

発電所予定地点を含む埋立地内	0.67 km ²
埋立地～Hamilton Canal	0.22 km ²
Hamilton Canal～海岸線	0.16 km ²
合計	1.05 km ²

(Figure 5-2-1 参照)

b. 基準点設置

地形測量時に新たに基準点（ベンチマーク）を 8 点設置した。

設置した基準点は以下の通りである。

設置場所	B.M. No.	標高	座標	
			E	N
発電所予定地点 (4点)	B.M.1	EL+2.124	100,496,031	200,970,207
	B.M.2	EL+1.960	100,959,515	200,968,557
	B.M.3	EL+2.315	100,961,073	201,510,276
	B.M.4	EL+1.969	100,478,587	201,552,800
Hamilton Canal 沿い (2点)	B.M.5	EL+0.702	99,894,161	201,549,516
	B.M.6	EL+0.669	99,864,864	201,691,725
海岸沿い (2点)	B.M.7	EL+0.961	99,574,673	201,633,007
	B.M.8	EL+1.315	99,541,928	201,702,508

c. 測量結果

CEB の発電所予定地点の面積は約 28.0ha で、標高は平均 EL+2.0m 付近である。発電所予定地点から Hamilton Canal までは約 550m の距離で、ほとんど湿地帯となっており、この湿地帯の中に住居が点在している。

このため、Hamilton Canal 沿いの道から各住居に通じている小道以外は湿地帯となっているため立入ることができない。

又、Hamilton Canal から海岸線までは約 350m の距離で、海岸線に沿った道沿いに住居が点在しており、それ以外は湿地帯となっており、この中に立入ることができない。

従って、発電所用地は広大な湿地帯を埋立て造成したことから、それ以外の周辺部は基本的には全て湿地帯で埋立をしなければ立入る事ができない。

尚、既設道路沿いに点在する住居は 50cm~1.0m 程度の埋立をしたうえで住居が建てられている。

(2) 地質調査

地質調査は CEB 発電所予定地と燃料受入並びに取放水路ルート of 地質をマクロ的に把握する目的で実施した。

地質調査は発電所予定地点内を 5 箇所（このうち 1 本は連続サンプリング用）発電所予定地点から海岸線までの間を 4 箇所実施した。（Figure 5-2-2 参照）

地質調査の概要は以下の通りである。

ボーリング位置	ボーリング No.	標高(m)	ボーリング深さ(m)
発電所予定地内	No.1a	EL+1.869	29.98
	※No.1b	EL+1.832	40.50
	No.2	EL+2.114	17.90
	No.3	EL+2.174	25.07
	No.4	EL+2.317	20.22
埋立地内	No.6	EL+1.976	30.31
埋立地~Hamilton Canal	No.8	EL+1.610	23.45
Hamilton Canal 沿い	No.5	EL+0.593	40.06
海岸線沿い	No.7	EL+0.767	31.50

※連続サンプリング

尚、地質調査の詳細については 7-4-3 を参照。

(3) 海象調査

海象調査は発電所予定地点の前面海域について、下記の項目を実施した。

- ・ 深浅測量
- ・ 水温/塩分濃度測定
- ・ 流向、流速測定

a. 深淺測量

(a) 深淺測量範囲並びに調査期間

深淺測量範囲は、燃料受入設備、取放水設備の計画を行う目的から発電所予定地点前面海域を 18.4km² (海岸線 4.6km、沖合 4.0km) の範囲にわたり実施した。(Figure 5-2-3 参照)

- ・測定機器 : 音響測定器
- ・測線間隔 : 100m
- ・等高線間隔 : 0.5m
- ・縮尺 : 1:2000

測定期間は、1998年1月9日～12日の間に測量船で深淺測量を行い、1998年5月2日～8日の間は海岸線沿いに補足測定を行い、完了した。

(b) 深淺測量結果

汀線沿いは岩礁が点在しており、汀線沿いから沖合約 900m 付近にやはり岩礁が存在する (幅約 100m、高さ約 3m)。汀線から沖合約 900m までの海底勾配は、燃料受入れパイプライン及び取放水設備ルート付近で約 1/140 程度の緩い勾配となっている。更に沖合 900m 付近の岩礁から沖合に向かっては、約 1/375 程度の非常に緩い勾配である。

又、等高線が海岸線に沿って規則的に深くなっていることから波向きもほぼ海岸線に直角に入射していると考えられる。

b. 水温/塩分濃度測定

(a) 水温/塩分濃度測定位置ならびに測定期間

水温、塩分濃度測定は、発電所予定地点前面海域の取水口予定地点付近の水深-10mの地点で、上層、中層、下層の3点について、定点観測(1点)を行った。(Figure 5-2-3 参照)

- ・測定機器 : EC300
(Electrical Conductivity Sensor)
- ・測定深度 : 上層 -1m
中層 -5m
下層 -8m
- ・測定位置 : 201324N
98259E

測定期間についてはモンスーンシーズンをさけた1998年の1～2月(第1回測定)並びにモンスーンシーズンの6月(第2回測定)の2回に分けて測定を行った。尚、第1回目測定時に上層部に一部欠損があったため、

1998年の4月~5月に追加測定を行った。

(b) 測定結果

水温結果は第1回測定で平均 31°C、第2回測定で平均 29.5°Cである。鉛直方向については水深 10m 付近での温度差はほとんど変化はなかった。

又、塩分濃度測定は第1回目で平均 32.0、第2回目測定でもほぼ同じ値である。鉛直方向については表層と中層、下層との差はほとんど変化はなかった。

c. 流向、流速測定

(a) 流向、流速測定位置並びに測定期間

流向、流速測定は発電所予定地点前面海域の取水口予定地点付近の水深 -8m の地点で海面から -2m の位置で定点観測 (1点) を行った。(Figure 5-2-3 参照)

- ・ 測定機器 : S-4 Current Meter
- ・ 測定深度 : -2m
- ・ 測定位置 : 201324N
98259E

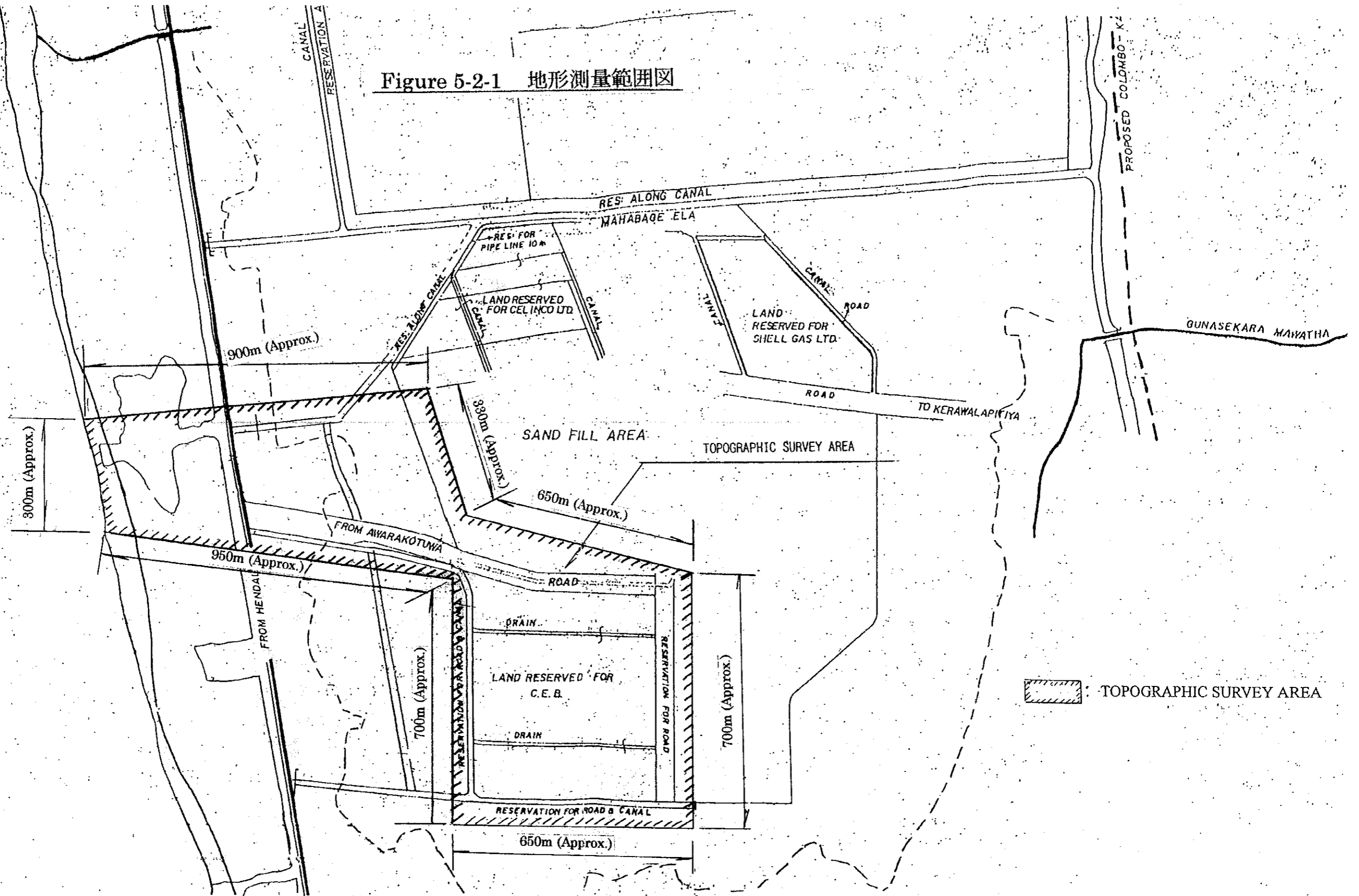
測定期間は測定機器がセットしやすい (モンスーンシーズンを避けた) 1998年1月~2月に観測を行った。

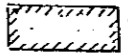
(b) 測定結果

流向については南北方向に流れが卓越しており、海岸線に沿った南北方向の沿岸流が顕著に現れている。

流速については最大 25cm/s が観測されているが平均 6cm/s 程度の流速である。

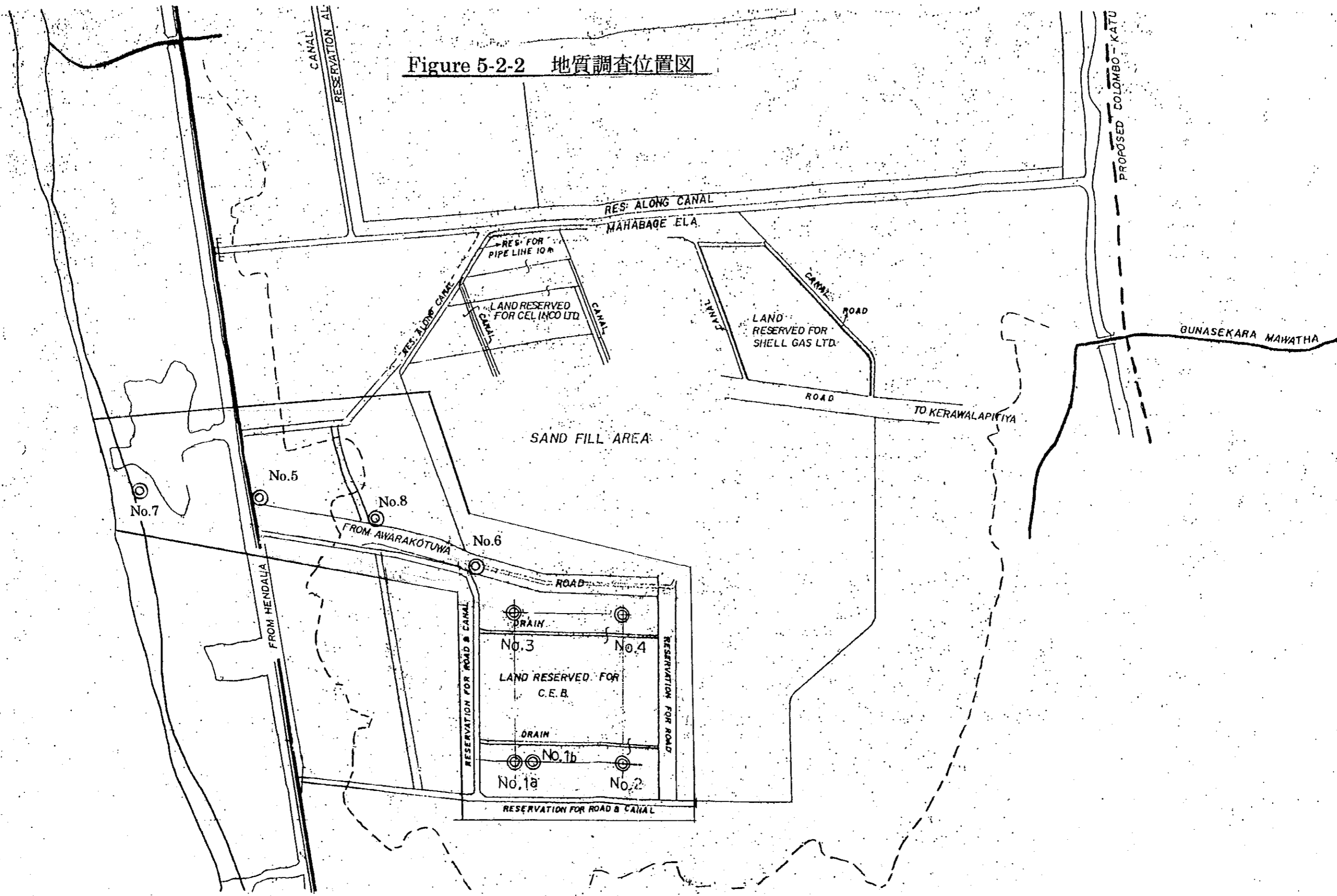
Figure 5-2-1 地形測量範圍圖



 : TOPOGRAPHIC SURVEY AREA

SCALE :- 1:10 000 (Approx.)

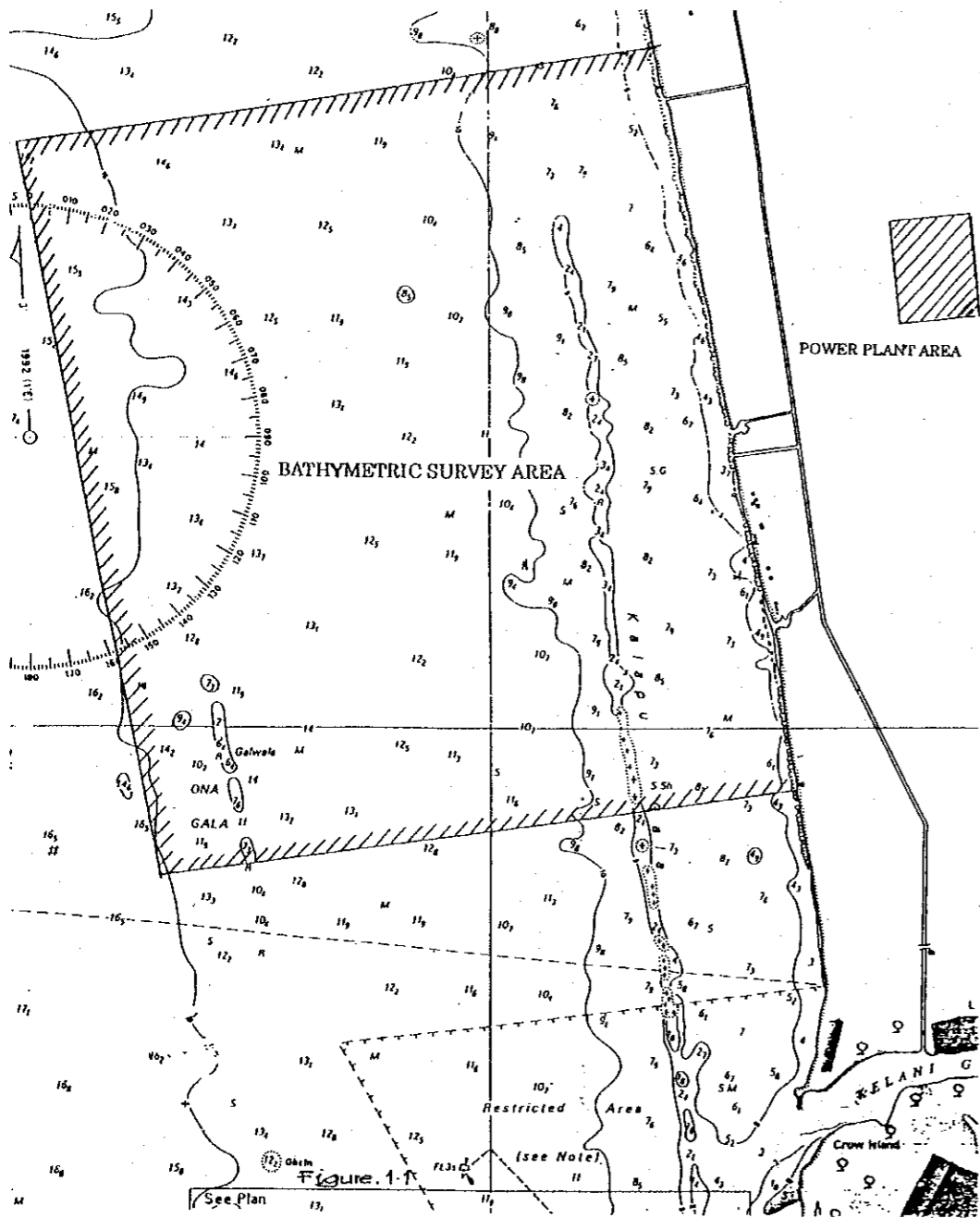
Figure 5-2-2 地質調査位置図



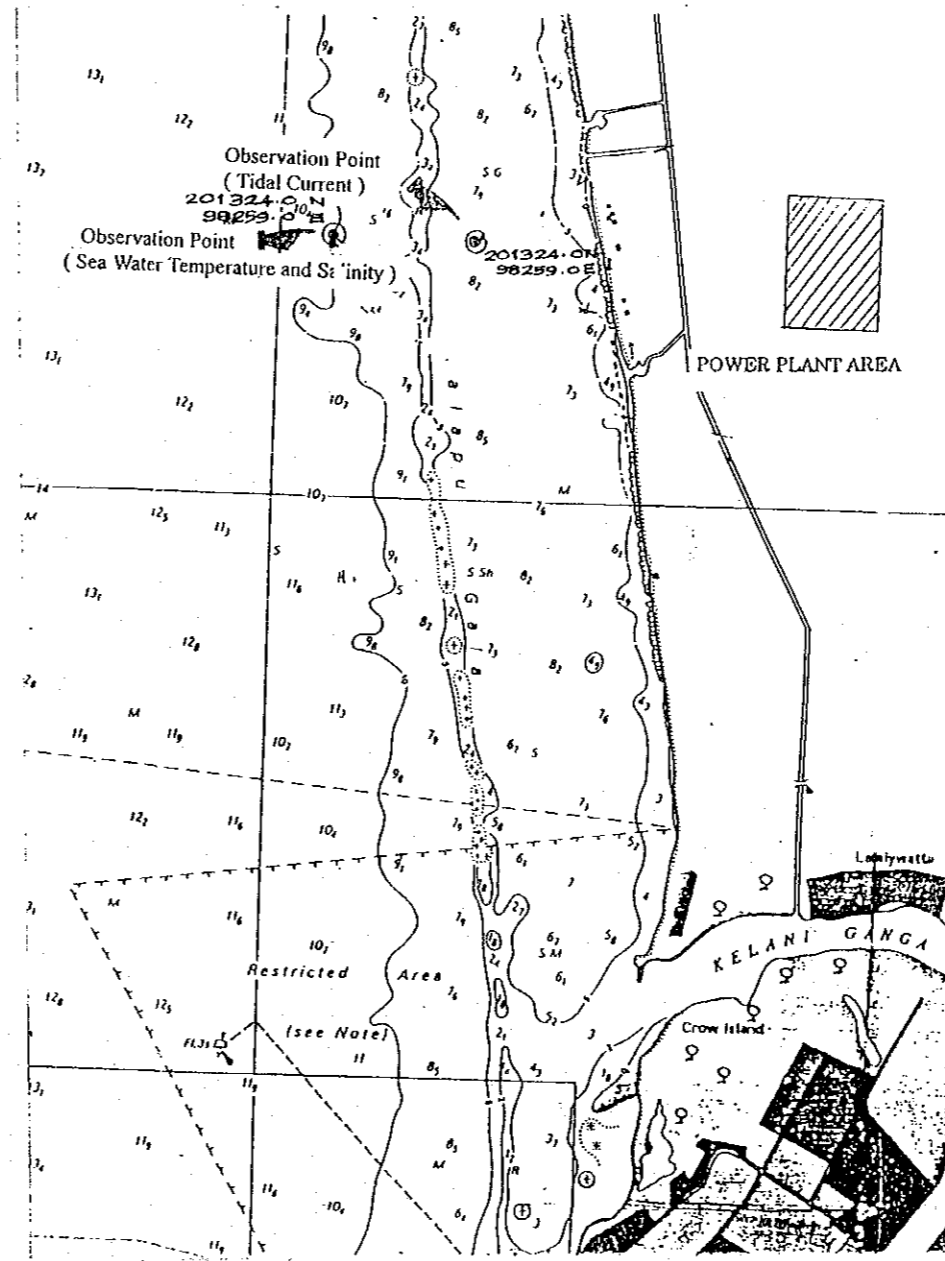
SCALE :- 1:10 000 (Approx.)

Figure 5-2-3 海象調査範囲図

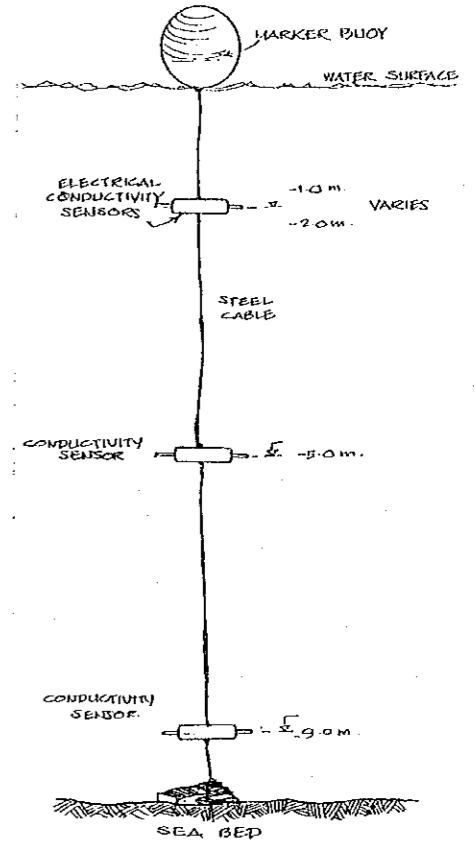
BATHYMETRIC SURVEY AREA MAP



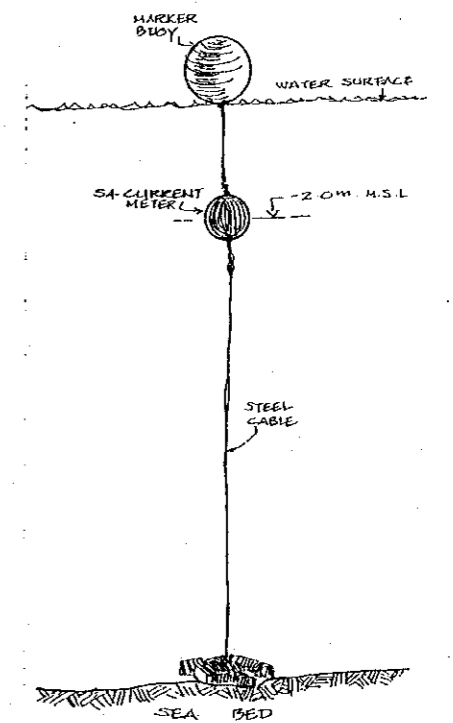
SEAWATER TEMPERATURE, SALINITY & CURRENT OBSERVATION POINTS MAP

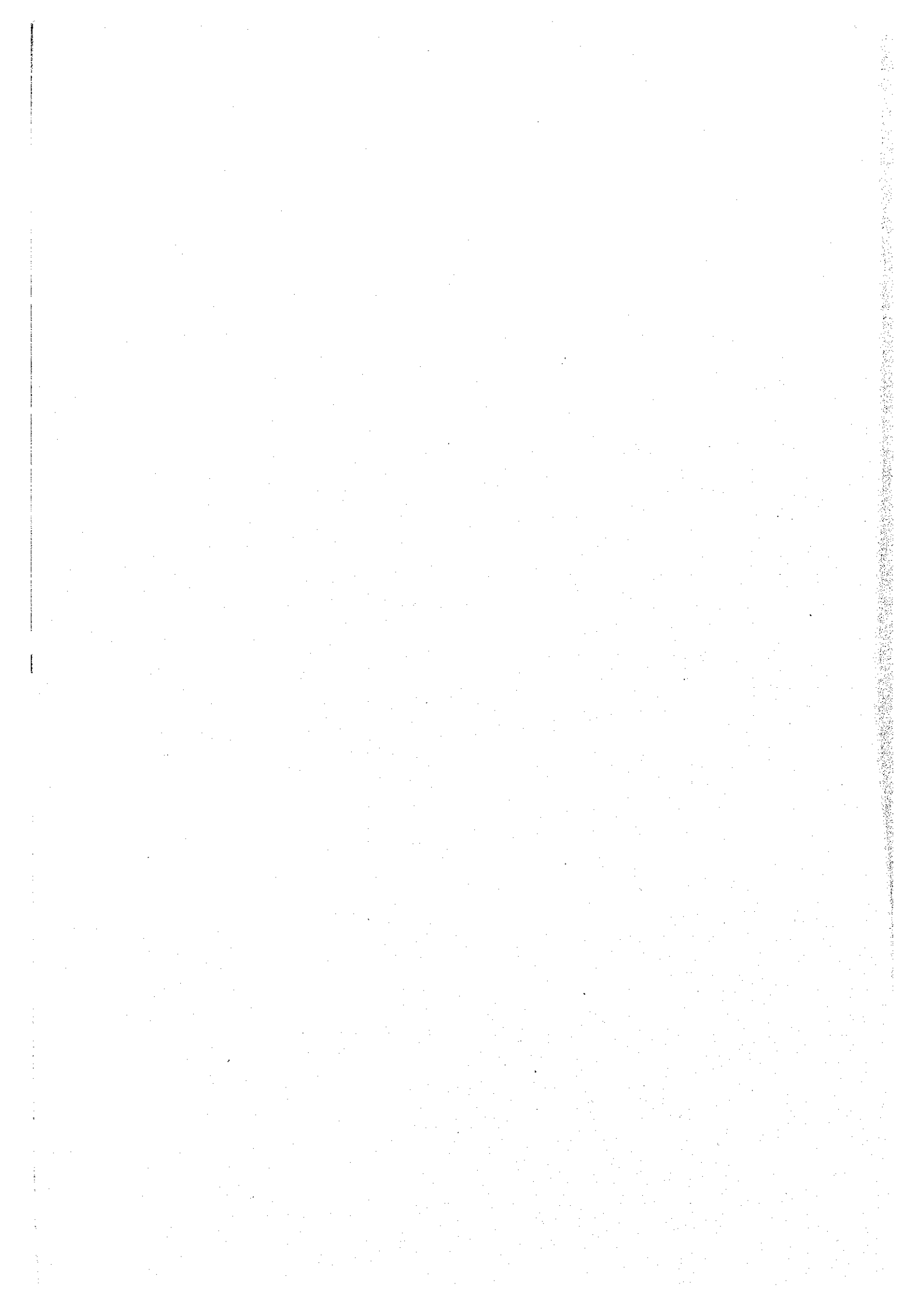


DEPLOYMENT METHOD OF CONDUCTIVITY SENSORS



DEPLOYMENT METHOD OF S4 CURRENT METER





5.3 取・放水設備計画

取・放水設備を計画する場合、海水を冷却水とした直接冷却方式と、淡水を冷却水とした間接冷却方式とがあるが、本計画では海水を冷却水とした直接冷却方式を以下の通り検討することとする。

5.3.1 取・放水地点の概要

発電所予定地点から海岸線までの間は 5.1 現地踏査結果で述べた通り、Hamilton Canal、道路、住居、工場等が点在している。又、この付近の前面海域の海底勾配は約 1/140 の遠浅海岸であり、汀線から 900m 付近に汀線に沿って岩礁が存在する。

この海岸付近を管轄している Cost Conservation Development (CCD) のヒアリング結果では、コロombo港の北にあるケラニ川から北に 30km 範囲の海岸線では 70% が浸食傾向にある、特にケラニ川から北側 2~3km の海岸線は浸食が激しかったが、海岸を被覆石等で補強した結果、現在では浸食が止まっている。又、サイト前面付近の海岸線は浸食がそれほど激しくないとの情報であり、この付近一帯の海岸線維持に非常に気を配っているとの事である。従って、海浜変形を起す様な構造物等の設置は好ましくないとの指導である。

5.3.2 取放水方式の選定

取放水方式の選定に当り、現地状況ならびに CCD 等のヒアリング結果を整理して下記に示す。

- ・発電所予定地点から海岸線まで直線で約 900m 近くあり、この間、住居、工場、道路、Hamilton Canal が点在する。
- ・発電所予定地点前面の海底勾配は約 1/140 でゆるやかな勾配である。
- ・発電所予定地点前面の海岸線は浸食海岸でないものの、CCD が汀線付近に構造物を作ることを非常にきらっている。
- ・この付近の海岸は漂砂が多い為、漁港が漂砂により埋没した事例がある。

以上の事項を総合的に判断すると、取水方式は汀線付近に循環水ポンプ室等を設置せず、清浄で安定した海水が取水でき、なおかつ自然海岸に一切影響を与えない、沖合 -7m からの深層取水方式が最適と考える。(Figure5-3-1 参照)

放流方式は汀線付近からの表層放流方式と沖合での深層放流方式が考えられるが、沖合からの深層放流方式は水深が 5m 以上必要となること、工事費が表層放流方式に比べて高い割には温排水の拡散範囲が低減しないこと等より、経済的に有利な表層放流方式が最適と考える。なお、放流流速は漁船等の船舶に影響を与えないよう汀線で $V=1.0\text{m/sec}$ 程度とする。(Figure5-3-2 参照)

尚、取放水設備に関しては、経済面から 1,2 号機別々とせず 300MW (150MW×2Unit) 対応の共通取放水方式を計画するものとする。

5.3.3 取放水口位置ならびに取放水路のルート選定

(1) 取放水路のルート選定 (陸上部分)

現地踏査の結果 Hamilton Canal から海岸線まで及び発電所予定地点西側から Hamilton Canal までは住居、教会、工場等有るため、この地域をはずれた北西側の用地が取放水ルートとして最適であると考ええる。

取放水路の用地の幅を検討した結果メンテナンス道路、燃料受入パイプラインを含め約 50m 程度が必要となる。(Figure 5-3-3 参照)

この用地幅を考慮し、北西側からのルートを選定のうえ調査した結果、このルート上にも住居が点在し、住居をはずれた場所は全て湿地帯である。このため湿地帯に点在する約 20 件程度の住居 (非登録の仮設住居) 移転が必要となる。

又、Shell Gas Lank Limited の燃料受入パイプラインがこの付近に計画されているが、現地調査の結果 Shell Gas Lank Limited のパイプライン計画位置と現在最適と考えるルートからは 170m 以上隔れるため問題はない。

(Figure 5-3-4 参照)

(2) 取水口 (取水塔) の設定位置の選定

取水口 (取水塔) の設置位置は下記の条件を基に選定した。

- ・ 設置水深は -7.0m 付近とする。
- ・ 汀線より約 900m の位置に在る岩礁の内側とする。
- ・ 設置位置周辺の海底地形がフラットである。
- ・ 燃料受入パイプラインより約 100m 隔した南側とする。

この結果取水塔設置位置は汀線から約 460m 離れた位置を選定した。

尚、温排水の再循環に関しては放水口からの距離が約 460m となること、もし放水口からの 1°C 上昇した温排水が到達したとしても取水深度が平均 -5.3m であることから、温排水に依る再循環は生じないものとする。

海底取水管ルートに関しては取水塔から陸側に向けた直線のルートとし、陸上に設ける取水路ピットに接合する計画とする。

以上の事項を考慮の上、計画した取水塔位置及び海底取水管ルートを Figure 5-3-5 に示す。

5.3.4 取水構造の検討

(1) 取水塔

取水塔はベロシティキャップ式の鉛直取水タイプで取水流速は 20cm/sec とし、円周水平方向からスクリーンを通して取水する方式とする。

取水塔構造は取水塔上面に設けたベロシティキャップにより、表層の漂流物や懸濁した海水の流入を防ぎ、底面導流板により底層の浮遊懸濁水の流入を防ぐ型式とした。

尚、取水塔は重量が軽く、安定性、施工性ならびにメンテナンスも容易で多くの実績を有する鋼製タイプとする。(Figure 5-3-6 参照)

(2) 海底取水管

海底取水管の据付けが海中作業となるため重量が軽く、施工性ならびに多くの実績を有する鋼管タイプとする。

鋼管の接続方法は海中作業となるため、多くの実績ならびに信頼性のある、メカニカルジョイント方式とする。

又、メンテナンス用に約 100m 毎に点検用マンホールを設け、ダイバーに依る点検が出来るようにした。

尚、取水管の土被りは、漁船等による投走錨を考慮して約 1.0m の土被りとする。(Figure 5-3-6 参照)

(3) 陸上部取水路

陸上部の取水路については海底取水管と同様の鋼管タイプとコンクリート製ボックスカルバートタイプの 2 案が考えられる。

陸上の施工であること、ならびに経済的にも有利であること等を考慮し、今回のプロジェクトでは鉄筋コンクリート製のボックスカルバートタイプを採用することとする。

又、ボックスカルバートの構造断面は水理上、構造上から最も有利となる正方形とする。

尚、海底取水管と鉄筋コンクリートのボックスカルバートの接続については、汀線から陸上側に約 50m 入った地点で、接合ピットを設け、このピットで海底取水管との接合を行うこととする。(Figure 5-3-7 参照)

(4) Hamilton Canal の横断方法

取水路の Hamilton Canal の横断については、水理上の面から Hamilton Canal の下を伏越す方式となる。

この Hamilton Canal を伏越す方法としては以下の 2 案が考えられる。

A案…… 開削方式

Hamilton Canal を漁船等の通行を防げないよう切廻しを行い、鋼矢板で締切り、開削方式で鉄筋コンクリート製のカルバートを作り、作業終了後、Hamilton Canal を以前の状態に戻す。

尚、並行している道路については交通に支承のない様覆工板を設置、交通を遮断しない方法とする。

B案…… 推進方式

Hamilton Canal ならびに並行している道路に一切影響を与えず、道路横に発進立杭を設け、鋼管を油圧ジャッキにて、押していく推進工法。

上記2案を検討した結果、Hamilton Canal は漁船の交通量が比較的多いこと、並行している道路もバス等が運行しており、交通量が多い等を考慮し、工期、経済面でも有利なB案（推進方式）を採用することとした。

推進工法の選定については推進管の管径が取放水路の通水断面より取水路でφ2.6m 放水路でφ2.4m 程度となる。

このため、φ2.0m 以上の推進工法には以下の3工法が考えられる。

- ・ブラインド推進工法
- ・泥土圧推進工法
- ・泥水推進工法

上記3案を比較検討した結果、軟弱な粘性土地盤にも有利で、推進機器のコストが最も安いブラインド推進工法で計画することとした。(Figure 5-3-8 参照)

5.3.5 放水路、放水口構造の検討

(1) 放水路

放水路は取水路と同様鉄筋コンクリート製のボックスカルバートとする。(Figure 5-3-9 参照)

又、Hamilton Canal ならびに並行している道路の横断方法についても取水路と同様の推進工法で横断する方式とした。

(2) 放水口

放水口は鉄筋コンクリート構造とし、放水路と放水口の接続部には施工面ならびにメンテナンスを考慮して、角落としを設けるものとする。

放水口先端は放水流ならびに波による洗掘を考慮し、カットオフとして鋼矢板

を打設する。

放水口前面も放水流ならびに波による洗掘を考慮し、被覆石を放水口前面に布設することとする。

尚、放水口の両脇についても波による洗掘防止のため、被覆石で補強を行うものとする。(Figure 5-3-10 参照)

5.3.6 取放水路の概略水理検討

(1) 取水路の概略水理検討

取水口と発電所構内循環水ポンプ室までは約 1670m の延長となる。このため、発電所構内の循環水ポンプ室における水位低下量をどの程度に抑えるかが問題となる。

今回のような内陸型の発電所計画の場合、水位低下量を大きくすればポンプ設備費、運転経費が高くなり、水位低下量を小さくすれば取水路断面が大きくなり、取水設備の工事費等が高くなる。従って、今回の計画では過去の実績に基づき計画水位低下量を -2.0m 程度に抑えることとする。

循環水ポンプ室での水位低下量を -2.0m にした場合の海底取水管、取水路の断面は 1, 2 号機運転時の計画取水量 $Q=7.2\text{m}^3/\text{sec}$ (1 号機 $3.6\text{m}^3/\text{s}$ 、2 号機 $3.6\text{m}^3/\text{s}$) を考慮し、概略水理計算を行った結果以下の断面とした。

海底取水管	: 内径 $\phi 2.4\text{m}$	$V=2.5\text{m/s}$
取水路	: 内径 $2.7\text{m}\times 2.7\text{m}$	$V=1.0\text{m/s}$

尚、取水路は経済面、水理面から自由水面を持たない全断面通水とし、水路内頂部計画高は取水位より、-10cm 程度下げた高さとする。(Figure 5-3-11 参照)

(2) 放水路の概略水理検討

放水路の延長は発電所復水器冷却用の循環水管吐出口から放水口まで約 1300m となる。このため、放水口放水位が HWL 時 (EL+0.970m) の時でも発電所構内の放水路内の放水位が発電所敷地計画高 (EL+2.2m) 程度に抑える必要がある。

従って以上の事項を考慮し、概略水理検討を行った結果、以下の断面とした。

放水路	: 内径 $2.5\text{m}\times 2.5\text{m}$	$V=1.15\text{m/s}$
-----	--------------------------------------	--------------------

尚、放水路も取水路と同様自由水面を持たない全断面通水とし、水路内頂部計画高は放水位より -10cm 程度下げた高さとする。(Figure 5-3-12 参照)

5.3.7 メンテナンス橋

海岸線から発電所構内までの取放水路の維持管理のために Hamilton Canal に新たに橋が必要となる。

発電所予定地点付近には Hamilton Canal を横断している橋が1橋あるが、重車輛が頻繁に通行できる強度は保有していない。

このため取放水路並びに燃料受入パイプライン工事中は Hamilton Canal に仮設栈橋を設置し、既設の橋は使用しない計画とした。

工事終了後は工事用の仮設栈橋を撤去するため、取放水設備のメンテナンスのためにトレーラー、クレーン車等が Hamilton Canal を横断する必要がある。このため新たに CEB 専用の横断橋（幅 6m、長さ 20m）を設ける計画とした。

尚、この橋は CEB 専用橋として計画するが、付近住民等も供用できるものと考ええる。(Figure 5-3-13 参照)