

パナマ共和国

石炭火力発電開発計画  
調査報告書

(要約)

1987年3月

国際協力事業団

鉦計資
JR
87-62



パナマ共和国

石炭火力発電開発計画  
調査報告書

(要約)

1987年3月

国際協力事業団

国際協力事業団		
受入 月日	87. 4. 13	618
登録No.	16185	64.3
		MPN

## 序 文

日本国政府は、パナマ共和国政府の要請に基づき、同国パナマ石炭火力発電開発計画のフィジビリティ調査を行うこととし、その実施を国際協力事業団に委託した。

当事業団は、電源開発株式会社 三国雅士氏を団長とする各分野の専門家からなる調査団を編成した。

調査団は、1986年 6月16日から1987年 2月15日までの間、調査工事や弾性波探査の技術指導を含む現地調査を2次にわたり実施し、現地調査で得られた現地の諸情報ならびに収集した資料の検討、解析などの国内作業をおこなった。

本報告書は、これらの成果をとりまとめたものである。本報告書がパナマ共和国における電源開発の推進に役立つとともに、同国の社会的、経済的發展に寄与し、ひいては、同国と我が国の経済交流、友好親善をより一層深めることに貢献できれば幸いである。

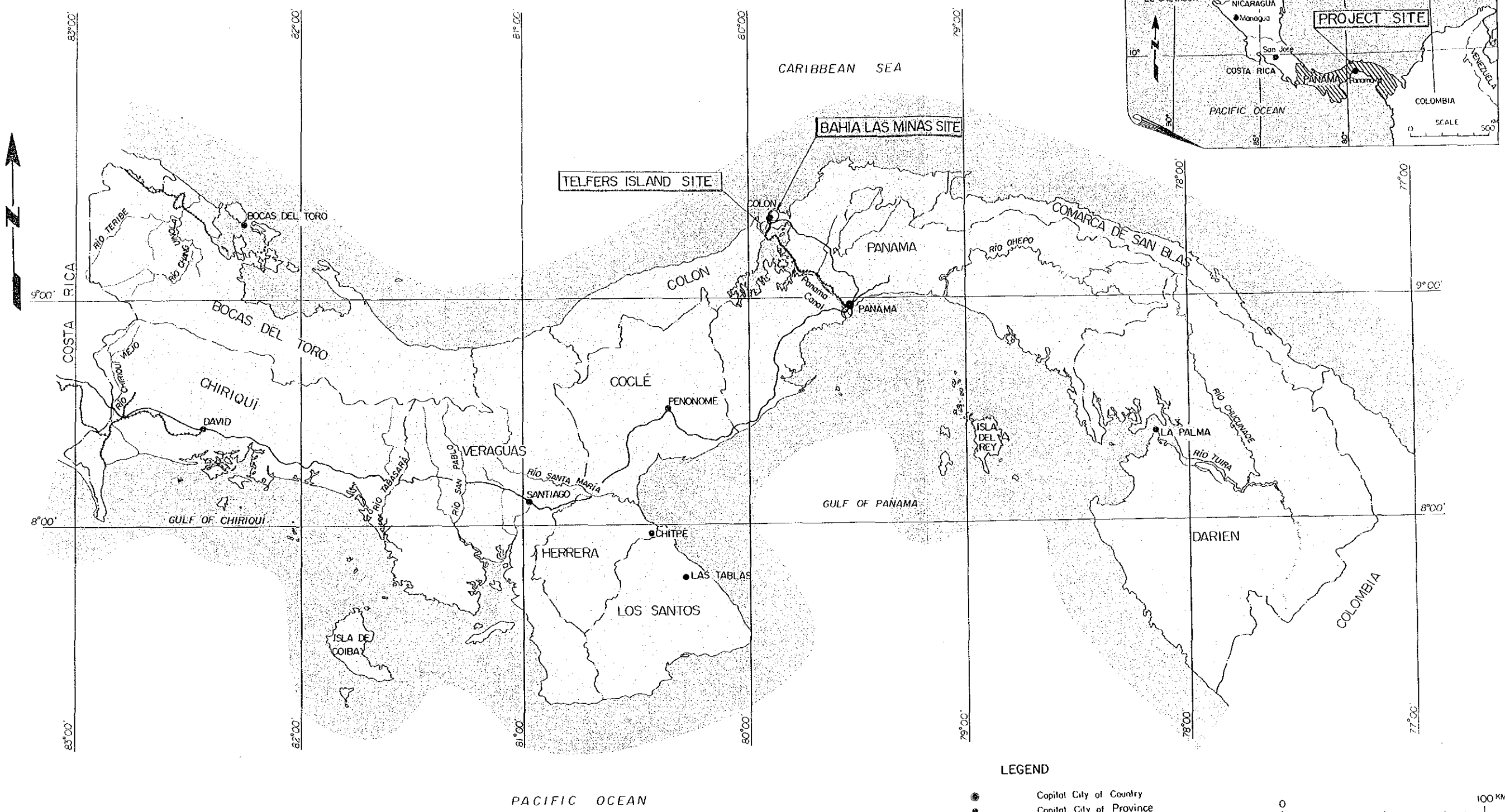
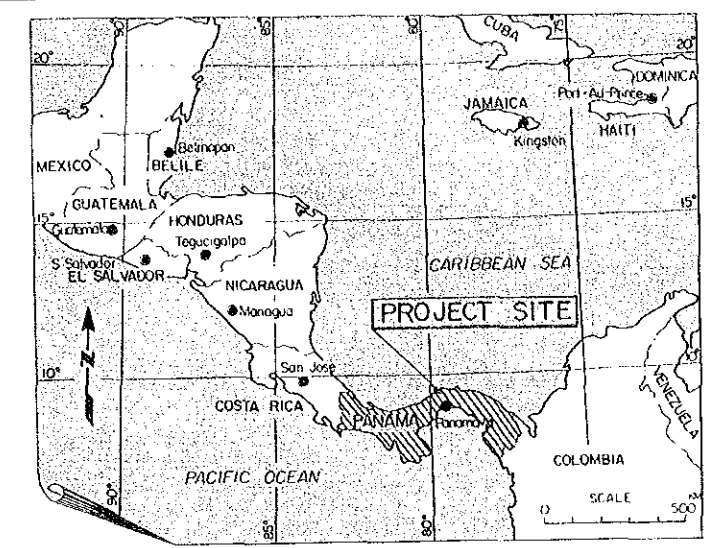
最後に、本調査の任に当たられた団員各位の御努力に敬意を表すとともに、調査に際し多大の御協力をいただいたパナマ共和国政府、水資源電力公社、在パナマ日本国大使館、外務省および通商産業省の関係各位に対し、深く感謝の意を表すものである。

1987年3月

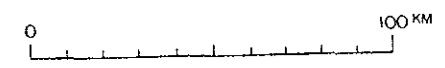
国 際 協 力 事 業 団

総 裁 有 田 圭 輔

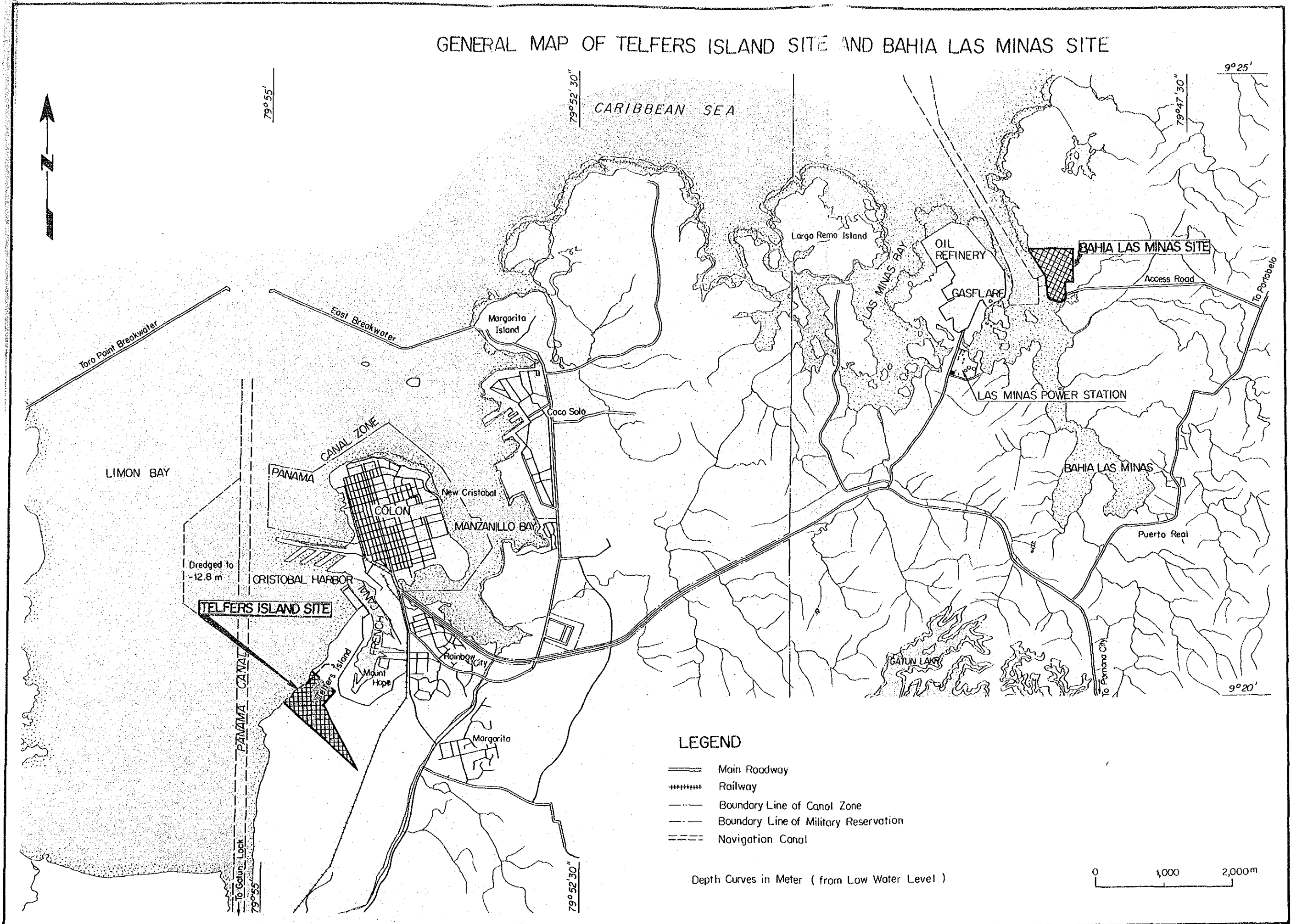
# KEY AND LOCATION MAP



- LEGEND**
- Capitol City of Country
  - Capitol City of Province
  - Boundary Line of Country
  - Boundary Line of Province
  - Highway
  - Railway



# GENERAL MAP OF TELFERS ISLAND SITE AND BAHIA LAS MINAS SITE





TELFERS ISLAND SITE



BAHIA LAS MINAS SITE





## 目 次

1.1	プロジェクトの背景と実施の必要性	1-1
1.2	電力需要予測および計画発電所の所要運転開始時期	1-1
1.2.1	電力需要予測	1-1
1.2.2	既存発電所の常時出力	1-2
1.2.3	電力需給バランスと計画発電所の所要運転開始時期	1-3
1.3	発電所建設地点の選定	1-5
1.3.1	地点選定基準	1-5
1.3.2	比較結果	1-6
1.4	プロジェクトの概要	1-6
1.4.1	発電所出力および発電計画	1-6
1.4.2	石炭調達計画	1-7
1.4.3	地質および地形条件	1-8
1.4.4	構造物の概要	1-9
1.4.5	環境対策上の考慮	1-17
1.4.6	実施工程	1-23
1.4.7	概算工事費	1-24
1.4.8	経済評価	1-25
1.4.9	財務分析	1-26
1.5	勸 告	1-26
1.5.1	発電所建設地点の使用許可取得	1-27
1.5.2	金融機関との折衝に必要な諸資料の準備	1-27
1.5.3	石炭調達に対する指針	1-27
1.5.4	送電線ルート選定に対する指針	1-28
1.5.5	詳細地形測量および地質調査の実施	1-28



# 要 約



## 1.1 プロジェクトの背景と実施の必要性

1980年以降、世界的な経済不況の中にあつてPanama共和国の経済成長は従来よりかなり鈍化したが、1980～1985年の電力需要は年平均5.7%の増大を示している。1986年末現在、既存発電所の電力供給能力（渇水期の常時出力）は約427MWであるが、最大電力需要は約436MWであり、これに供給信頼度を確保するために必要な予備力を考慮すると、約75MWの供給力が不足する。このため、水資源電力公社（IRHE）は、1988年に80MWのコンバインドサイクル発電所を運開させ、1990年にFortunaⅡ期計画を完成させる計画を進めている。この結果、1990年には約92MWの供給余力を生ずるが、1993年には再び供給力が約26.3MW不足することが予想されている。

Panama 経済については、恒常的な国際収支の逆調と巨額な対外公的債務の累積が指摘されているが、このような経済事情の中にあつても着実に増大する電力需要に対処するため、Panama政府およびIRHEは、巨額の資金を要する大規模水力開発計画を繰延べると共に、燃料費の割高な石油火力に代えて石炭火力発電の開発を推進する政策を進めている。

本石炭火力発電所開発計画は、1990年代前半における電力系統の要請（電力および電力量）に応える上において各種代案中最も経済的な計画であり、財務的効果も極めて高い。従つて、本計画実施のため、早急に必要な準備にとりかかる必要があると考えられる。

## 1.2 電力需要予測および計画発電所の所要運転開始時期

### 1.2.1 電力需要予測

1970～1984年の15年間におけるPanamaの実質GDPと電力需要との相関を求めた結果、重相関係数0.94という回帰式  $Y = a x^2 + b x + c$  が得られた。

上記の回帰式に、今後のGDP成長予測、送配電損失率及び系統負荷率をインプットして、送電端の電力需要を求めることとした。なお、JICA調査団の需要予測は高成長予測、中間予測、低成長予測の3通りについて行われたが、このうち本スタディのベースとして用いたのは中間予測（GDP年平均成長率：1985～1987年は4%、1987～1995年は3.0%）であり、結果は下表に示す通りである。IRHEは毎年電力

需要予測の見直しを行っているが、上記の予測結果は I R H E が 1986 年 4 月に行った予測結果とほぼ等しい。また、この中間予測による 1980～1995 年の年平均需要増加率は 5.9% であり、冒頭に示した 1980～1985 年の年平均増加率 5.7% を僅かに上回る結果となる。

Table 1.2.1 電力需要予測

項 目	1990	1991	1992	1993	1994	1995
<u>J I C A 調査団の需要予測</u>						
送電端需要電力量 (GWh)	3,111	3,299	3,460	3,718	3,905	4,152
尖頭負荷 (MW) (A)	539	571	598	642	676	718
<u>I R H E の需要予測</u>						
送電端需要電力量 (GWh)	3,159	3,346	3,542	3,752	3,973	4,208
尖頭負荷 (MW) (B)	549	581	615	651	690	731
(A) / (B)	0.983	0.982	0.972	0.986	0.980	0.982

### 1.2.2 既存発電所の常時出力

1986 年末現在、Fortuna, Bayano, Los Valles, La Estrella, Yeguada および Chiriqui 等の既存水力発電所の設備出力は合計 506.0MW であるが、常時出力 (firm capacity) は 209.2MW にすぎない。しかしながら、1990 年には、ダム高を 40m 高上げする Fortuna II 期計画の完成が予定されているので、同計画が完成すると水力の合計常時出力は 465.2MW に増大する見込である。一方、1986 年末現在の火力発電所の可能出力 (effective capacity) は、Bahia Las Minas 2 号機 37.5MW がリハビリテーションのため運転休止しているため 217.6MW であるが、1988 年には Bahia Las Minas の 1 号機 22.0MW にガスタービンを組合わせた 80.0MW のコンバインド・サイクル発電所の完成が予定されていること、および 1989 年には Bahia Las Minas 2 号機、3 号機、4 号機のリハビリテーションが全て完了するので、1989 年には火力発電所の合計可能出力は 313.1MW に増大する。しかしながら、この中には燃料費の割高なディーゼル発電所 66.1MW が含まれている。Fortuna II 期計画の完成に伴って電力系統の供給力に可成り

のゆとりが生ずるので、これらのディーゼル発電所は待機予備力に回すものと計画する。従って、1990年以降の既存火力発電所の可能出力は 247.0MWとなり、水力の常時出力 465.2MWと合わせた系統全体の常時出力は 712.2MWとなる。

### 1.2.3 電力需給バランスと計画発電所の所要運転開始時期

発電計画を立案する場合、定期点検や事故による出力低下を補うに足るだけの予備力を考慮しなければならない。IRHEは、内部規定により電力系統の信頼度基準として、loss-of-load probability (LOLP)<sup>(注)</sup>が年間2日以上、従って $2/365 = 0.00548$ 以上であってはならないとしている。そして、LOLPとパーセント予備力の関係について、電算機による計算やシミュレーションを行った結果、IRHEの電力系統では、年間2日以下のLOLPに止めるためには、15%の予備力が必要であると1986年4月付の「電力系統増強基本計画書」に報告されている。

上記の信頼度基準に対して、小規模電力系統の場合に、一般に広く用いられている予備力決定の一つの方式として、最大および2番目に大きい単機出力の合計値を採用する方式がある。従って、本studyでは、予備力の基準として、次の2通りの値のうち何れか大きい値を採用することとする。

- 尖頭負荷の15%
- 火力機の最大および2番目に大きい単機出力の合計

---

(注) LOLPとは、可能発電能力が年間の全ての日または時間毎の負荷を賄うのに不十分であるのが年間に何日間または何時間あるかを示す比率をいう。

---



以上信頼度基準を適用した場合、本石炭火力発電所が運転開始しないと、下記に示すように1993年に供給力に不足を生ずる。

1993年のバランス (MW)	
年間尖頭負荷	642.0
予備力(石炭火力投入前)	96.3 (ピークの15%)
所要出力 (A)	738.3
既存発電所常時出力 (B)	712.2
差 引 (B) - (A)	26.1

また、Panamaでは月別の気温変動がきわめて小さいため、年間尖頭負荷の発生する月を特定することができない。従って、1993年の供給力不足を解消するためには1992年の後半に、本プロジェクトの石炭火力発電所の1号機を運転開始する必要がある。

なお、需給バランスの点だけで見ると、2号機の運転開始を1号機より1年以上遅らせることも考えられるが、1、2号機の運開のタイム・ラグはできるだけ短いのが経済的である。また、熱効率がよく燃料価格の安い石炭火力2号機をできるだけ早く運開させれば、その分だけ燃料費の高いガスタービンや Bahia Las Minasの重油火力の稼働をセーブでき経済的である。従って、本プロジェクトの石炭火力発電所は次のようなスケジュールで運転開始することが望ましい。

1号機 (設備出力 75MW、有効出力 70.5 MW) : 1992年10月運転開始

2号機 (設備出力 75MW、有効出力 70.5 MW) : 1993年1月運転開始

上記のスケジュールで石炭火力発電所が運転開始した場合、1992年以降の所要予備力は最大2基の出力相当分となり、需給バランスは次表の通りとなる。

Table 1.2.3 電力需給バランス

(MW)

項 目	1990	1991	1992	1993	1994	1995
尖頭負荷	539.0	571.0	598.0	642.0	676.0	718.0
予備力	80.9	85.7	110.5	110.5	110.5	110.5
所要供給力 (A)	619.9	656.7	708.5	752.5	786.5	828.5
既存発電所常時出力:						
水 力	465.2	465.2	465.2	465.2	465.2	465.2
火 力	247.0	247.0	247.0	247.0	247.0	247.0
合 計 (B)	712.2	712.2	712.2	712.2	712.2	712.2
バランス (B) - (A) = (C)	+92.3	+55.5	+ 3.7	-40.3	-74.3	-116.3
本計画発電所出力 (D)	-	-	70.5	141.0	141.0	141.0
バランス (D) + (C)	+92.3	+55.5	+74.2	+110.7	+66.7	+24.7

(注) 計画発電所の所内消費率は6% (kWロス) である。従って、設備出力 150.0MW × 0.94 = 141.0 MW (送電端出力)

### 1.3 発電所建設地点の選定

#### 1.3.1 地点選定基準

計画発電所の建設候補地点としてIRHEより提示されていたのはTelfers island 地点およびBahia Las Minas 地点の2ヶ地点である。JICA調査団は、両地点の踏査を実施すると共に、港湾局、Cristobal 港のPierNo.16およびPierNo.9、Coco Solo 港、Bahia Las Minas 発電所、Colon No.4およびNo.5変電所、Mount HopeおよびSabalaníの2浄水所、Panama精油所、Villa Alondra 近傍の公共事業省の採石所等を訪れ、必要な資料、情報を収集した。

両地点を比較し、適地を選定するために調査団が考慮した基準は次の通りである。

- a) 地盤が良好で、敷地造成が容易であること。
- b) 敷地が貯炭および将来の機器増設のために十分な広さを持っており、且つ灰捨場を発電所に近接して設けることができること。
- c) 発電所地点への接近が容易であること。
- d) 冷却用水が良質であり、且つ温排水の再循環を避けることができること。

- e) 石炭の輸送や積卸しが容易であること。
- f) 重量機器の積卸しに問題がなく、且つ積卸し地点から発電所地点までの輸送距離が短いこと。
- g) 充分量の原水が発電所地点の近くから得られること。
- h) 工事用動力が既存配電網から容易に供給できること。
- i) 採石場から発電所地点へのロック材料の搬入が容易であること。
- j) 発電所建設の工期がより短くて済むこと。
- k) 発電所建設費がより安く済むこと。
- ℓ) 需要中心地Panama市までの送電距離がより短くて済むこと。

### 1.3.2 比較結果

以上の選定基準のうち、ℓ) 項の送電距離については、Telfers island地点が約72 kmであるのに対しBahia Las Minas 地点は55kmなので、後者の方が有利であるが、それ以外 a) ~ k) 項までは全てについてTelfers island地点の方が好条件である。また、1.4.5 項で述べるように、Telfers islandに石炭火力発電所を建設した場合、Panama運河の航行に支障を与えたり、排煙による空気汚染が周辺的环境に悪影響を与えたりするような惧れは考えられない。

従って、以上の比較結果から、計画発電所の建設地点は、“Panama運河委員会”(PCC) および関係当局の承認を得て、Telfers island地点に定めることが適当であると判断される。

## 1.4 プロジェクトの概要

### 1.4.1 発電所出力および発電計画

発電所の単機出力は、電力系統との調和が許す限り、できるだけ大きい方が経済的である。計画発電所が全機稼動する1993年の尖頭負荷は 642.0MWであり、機器脱落時の系統周波数の低下を1.5 Hz以内に止めるための許容最大単機出力は約75MWである。一方、火力発電所の場合は、機器の定検停止のため複数の機器配置が原則であり、また、当該発電所建設後少なくとも3~4年間は系統の電力需給バランスを安定できることがのぞましい。1.2.3 項の需給バランスに示されるように、1992/93年に 150.0 MWの発電所を建設すれば、1996年前半まで約3.5年間、電力系統の電力需給バランスの安定を確保することができる。従って、本石炭火力発電所の設備出力は、設備出力

75MW×2基、計 150.0MWとする。

また、本石炭火力発電所は、他の重油火力やコンバインド・サイクル、ガスタービン発電所等と較べてkWh 当りの燃料費が最も安いため、ベース・ロード運転が計画され、1993～1995年に想定される電力系統の負荷持続曲線と既存発電所群の供給力から見て、次のような運転が計画される。

年間発電量	900GWh	(設備利用率68.5%)
所内ロス	7.1%	(KWhロス)
送電端電力量	836.1GWh	

#### 1.4.2 石炭調達計画

- a) Panamaでは国内炭の生産は行われていない。また、既存資料から判断する限り高品質の石炭とは言い難く、本プロジェクトで設計されるボイラーで専焼させることは困難と思われる。従って本プロジェクトでは国内炭の使用は考えない。
- b) 石炭の調達に当たっては、長期契約とスポット契約との適当なバランス、供給源の分散化を考慮する事により長期間安定した経済的な供給を計る事が肝要である。
- c) Panama近隣の石炭輸出国としてはColombiaおよび米国の2ヶ国があるのでこの2ヶ国から石炭を調達すべきと考える。ColombiaはPanamaの隣国であり、同国北部のCerrejón炭鉱は確定埋蔵量 26 億t、1985年の生産量は 230万tであった。同炭鉱は、生産規模を1986年は 619万t、1987年 900万t、1988年 1200 万t、1989年以降 1500 万tに拡大する計画を進めている。また、同国では、これ以外の炭鉱開発も進められている。米国については、Gulf地区が地理的にPanamaに近い。Colombia炭と米国炭を比較すると米国炭はFOB価格、海上運賃共に割高になるものと考えられる。従って米国炭の調達はスポットベースを主として炭価が安い時を見ながら買う方式とすることが現実的であろう。
- d) 初めて発電用の燃料炭を調達するためには、石炭の国際取引に関する知識、石炭の海上輸送および取扱に関する知識を事前に修得しておく必要がある。

### 1.4.3 地質および地形条件

#### (1) 地形

Telfers island は現在 P C C の管理下にあり浚渫残土の土捨場並びにゴミ処理場として使用されている。

計画地点は、一部林がある他はほとんど全面に背の高い草が生い茂った草地となっている。

地形的には、ほぼ平坦であり、計画発電所用地部分で標高約 2.5m から約 5.5m である。

計画地点の西側は海に面しており、沖合約 500m のところに、ほぼ海岸線と並行して Panama 運河のための浚渫を行った境界がある。この境界までは陸側から約 1/90 ~ 1/100 の勾配でゆるやかな海底面が続き、境界付近で、この浚渫のために約 1/10 ~ 1/15 の勾配で急激に -12m まで深くなっている。それより沖側は水深 -12m から -14m とほぼ一定しており、この水域は現在、小型船舶の碇泊水域 (anchorage area) として使用されている。

また、計画地点の東側には French Canal と称される入江が形成されており、水深は放水口計画位置付近で -1.5 m 程度で No.16 棧橋付近では -13m 程度まで深くなっている。

#### (2) 地質

計画地域の位置する Canal Zone では、Gatun 湖の北東側に玄武岩及び安山岩質の火成岩からなる先第三紀の基盤岩が広く分布している。Gatun 湖から太平洋岸にかけては、第三紀中新世の玄武岩及び安山岩を主体とする火成岩が主に分布している。Gatun 湖よりカリブ海側に向かっては、上部漸新世の Camito 層、中部中新世の Gatun 層、上部中新世あるいは下部更新世の Toro Limestone および Chagres Sandstone などの堆積岩類が緩い傾斜をなして分布している。

このうち発電所計画地点付近の地質は第三紀中部中新世の Gatun 層を基盤岩としている。本層は計画地点付近では主に泥岩から構成されている。

この Gatun 層を覆ってシルト、粘土、砂からなる沖積層およびサンゴ礁からなる現世の堆積物が海岸沿いに分布している。

また、計画地点一帯には、これらの在来地盤上に Panama 運河の浚渫土が相当量捨土してある。

今回、主要構造物の計画位置付近を選んで陸上7本、海上3本のボーリングを行い、それに伴い標準貫入試験といくつかの室内試験も行った。

また、陸上部では計画地点全域にわたって弾性波探査を行った。

これらの地質調査の結果に基づき以下のことが言える。

本計画地点の地盤構成は、大局的に見て、軟弱な堆積層部とその下部のそれほど深くはないところに存在する Gatun層と呼ばれる基盤層の2層からなり、杭支持構造物とした場合は、その鉛直支持層は Gatun層（棧橋部ではサンゴ碎片層）とすることで問題ない。

しかしながら、貯炭場のような石炭をある程度の高さで積上げるような構造の場合、全体を杭基礎とすることは、その対象の広さから明らかに不経済であり、現状地盤のままでは沈下、地すべり等が生じる恐れがある。本スタディでは、その対策工法として、施工期間に余裕のない地下ベルトコンベア用暗渠周辺はサンドコンパクション工法を、また他の貯炭部分はサンドドレーン工法を施工するものと計画したが、実施設計の段階では更に詳細な地質調査を行い、最終的な対策工法を確立する必要がある。

#### 1.4.4 構造物の概要 ( Fig 1.2 参照 )

##### (1) 発電所のレイアウト

##### a) 発電所地点の位置

発電所地点の位置は北緯  $9^{\circ} 20' 10''$ 、西経  $79^{\circ} 54' 35''$  に位置し、Panama運河のカリブ海側への出入口であり Limon湾に面した Telfers islandである。発電所地点の北側はCristobal 港に面しており、北東に Colon市がある。Colon市の中心から発電所地点までは約3 kmの距離である。

##### b) サイトの面積

150MW( 75MW ×2 基 )の石炭火力発電所を、Orilla株式会社の船舶解体場に隣接してTelfers island地点に建設するために必要な面積は約 620,000m<sup>2</sup>であり、その主たるものは、発電所の建屋区域として81,000m<sup>2</sup>、貯炭場として26,000m<sup>2</sup>、灰捨場として 230,000m<sup>2</sup>、そして緑地帯その他 283,000m<sup>2</sup>から成る(将来3, 4号増設分として約58,000m<sup>2</sup>を含む)。

##### c) 石炭荷揚げ用棧橋と貯炭場

石炭荷揚げ用棧橋は発電所地点から約 500m離れた Cristobal港の浚渫境界線にそって建設される。棧橋の前面海域の水深は-12m~13mあるので、Colombiaおよび米国東部炭を積んだ10,000D.W.T.級の石炭運搬船が容易に着岸出来る。石炭は連続アンローダーによりベルトコンベアを経て運搬され、貯炭容量63,600tの貯炭場へ送られ貯炭される。尚、10,000D.W.T.級の石炭船の操船海域はPanama運河の運行に支障ない様配慮した。

d) 冷却水の取水と放水

復水器用冷却水(8 m<sup>3</sup>/sec.)はCristobal港側に建設する取水口から取水し、取水ポンプにより復水器へ送られ、温排水は、French Canal側の放水口へ放水される。コンピュータによる温排水の拡散シミュレーションにより温排水の取水口側への廻り込みがないことが確認されている。

e) 機械、電気設備と建屋

ボイラ、タービン、発電機等の主機は、鉄骨構造からなる本館におさめられるがボイラは経済性の面から屋外型を採用する。鉄筋コンクリート製の煙突は高さ95mもあり、排煙の拡散に寄与する。その他管理棟、石炭輸送制御棟、開閉所、水タンク、油タンク、工作所、倉庫、駐車場等が配置される。

f) 灰輸送と灰捨場

ボイラボトムのクリンカーアッシュはチェーンコンベアからベルトコンベアへ移され灰捨場へ捨てられる。シンダーアッシュおよびフライアッシュ共アッシュホップに一時貯蔵され、その後加湿されながらベルトコンベアにより灰捨場へ捨てられる。灰捨場の容量はI R H Eが基準としている発電所の耐用年数25年間分とした。

g) 送電線

石炭火力発電所で年間900GWh発生する電力は、新設する230kV、2回線の送電線で約72km離れた新設のPanama II変電所へ送られ需要地へ配電される。

(2) 土木工事

a) 復水器冷却用水設備

取水口は、取水海域がLimon湾内にあり波浪の影響が少ないこと、また放流先をFrench Canal内としている為に温排水の再循環の可能性が無いことから取・放

水方式は、表層取水・表層放流とした。

・取水口の構造は、発電所のレイアウト、スペースおよび経済性から取水口・スクリーン室およびポンプ室を一体とした。その規模は、幅10.00m、高さ9.00m～11.20m、延長24.00mの鉄筋コンクリート構造とした。

・冷却水管は、内径1.20m×2条の地下埋設管とし、沈下を防止する為に杭支持の鉄筋コンクリート造支台上に設置することとした。

・放水路は、放水槽から放水路暗渠を経て放水口に至る水路からなる鉄筋コンクリート構造物とした。

放水槽の規模は、幅6.40m、高さ8.40m、延長13.40m、放水路暗渠は、内幅2.00m、内高2.00m、延長約120m×2連、放水口は、幅6.40m～12.40m、高さ6.00m、延長18.60mとした。

#### b) 石炭荷揚げ用棧橋

棧橋は、10,000D.W.T.級の石炭船および1,000D.W.T.級の石油タンカーの接舷が可能であること、また、石炭荷揚げ用のアンローダーの設置および走行が可能なスペースを持ち、かつ、その荷重を支持できることが必要である。

この条件を満足する構造として、鋼管杭(φ900mm)により支持された棧橋構造とした。その規模は長さ150m、幅17m、水深9mの本体と、係船用の綱取りドルフィン2基である。

#### c) 貯炭場

・貯炭場は長さ160m、幅160mのスペースを持った野積式であり、貯炭容量は約1.5ヶ月分、63,600tである。

・貯炭場から発電所本館へ石炭を運搬する払出しコンベアは鉄筋コンクリート製の地下暗渠内に設置される。

・貯炭場地点の地質条件は調査の結果、軟弱であり、貯炭時に地盤がすべり崩壊する可能性がある為に、サンドパイル等による地盤改良を必要とする。

#### d) 灰捨場

・灰捨場は、環境対策及び経済性からも有利な陸上部に計画した。灰捨場の面積は約23万㎡で、その周囲には灰の流出を防止する為の高さ1.50m、天端幅4.50m程度の築堤を行うこととした。

・灰捨容量は、約25年分128万㎡である。



### (3) 建築設備

#### a) 発電所本館

発電所本館は機器区域、制御区域、バンカーより構成され、建築面積は合計で3,020 m<sup>2</sup>である。

機器区域にはタービン発電機、補機類が設置され、タービン発電機のある3階には点検整備用の天井走行クレーンが設置される。

制御区域には中央制御室、リレー室、運転員控室が機能性と運転員の快適さを考慮してレイアウトされている。

バンカー区域には石炭バンカー、ミル等の給炭設備が設置される。

構造は主架構を鉄骨造とし、基礎は鉄筋コンクリート造でコンクリート杭によって強固な地盤に支持されている。

屋根、外壁の仕上はスレート板を採用する。

建築設備としては、換気空調設備、給排水、衛生設備、照明設備等がある。

#### b) 管理事務所およびその他の建物

管理事務所は機器の運転員を除く管理職員50名を対象としている。

1階には化学分析室、食堂、休憩室等、2階には事務室、会議室、所長室等が設置される。

構造は鉄筋コンクリート造2階建、基礎はコンクリート杭による。

その他の建物としては修理工場、倉庫、揚運炭制御室、危険物倉庫、水処理室、揚炭詰所、自動車車庫、守衛所がある。

#### c) 煙突

煙突の高さは排出されるばい煙の拡散が充分に行われる様95mとした。この時の地上に達する硫黄化合物の最大濃度はPanamaと地域環境が良く似ている日本の沖縄地区の規制値以下となる。

構造は鉄筋コンクリートの外筒、鋼製の内筒よりなり、内筒には腐食防止の為の耐酸耐水性セメントコーティングを行う。

(4) 機械および電気設備

機械および電気設備の主要諸元は次のとおりである。

I t e m s	D e s c r i p t i o n
(1) Boiler system	
a) Boiler	
Type	Single drum, natural circulation, outdoor type
Evaporation (MCR)	240 t/h
Steam pressure	105 kg/cm <sup>2</sup> g
Steam temperature (SH/RH)	541/541 °C
b) Coal pulverizer	
Type	Vertical, balls and race type
Capacity	16 t/h x 3 sets
(2) Coal handling facilities	
a) Coal storage capacity	1.5 month for 2 units 63,600t (AR)
b) Coal consumption	55.8 t/h (AD) for 2 units 318,100 t (AD) for 2 units
c) Coal unloader	250 t/h x 2 sets
d) Coal stacker	Stationary type with tripper
e) Coal belt conveyor	600 t/h - 250 t/h
(3) Ash handling facilities	
a) Bottom ash	Chain conveyor draw out and belt conveyor carrying system
b) Fly ash	Pneumatic vacuum conveyor collection and belt conveyor carrying system
(4) Turbine facilities	
a) Turbine	
Type	Tandem compound, impulse type two-cylinder, single flow, exhaust reheat condensing turbine type
Rated output	75 MW (as generated power)

I t e m s	D e s c r i p t i o n
Main steam pressure (MSV inlet)	102 kg/cm <sup>2</sup> g
Main steam temperature (MSV/RSV)	538/538 °C
Exhaust vacuum	700 mmHg
Rotating speed	3,600 rpm
b) Condenser	
Type	Double pass, divided water box type, surface condenser
Kind of cooling water	Seawater
Quantity of cooling water	4 m <sup>3</sup> /sec.
Temperature of cooling water (inlet/outlet)	29/36 °C
(5) Generator	
Type	Horizontal shaft, 3 phase, totalling enclosed, hydrogen cooled type
Rating	
Capacity	75,000 kW, 88,250 MVA
Voltage	13,800 V
Current	3,692 A
Power factor	0.85
Short circuit ratio	* 0.58 (minimum)
Frequency	60 Hz
(6) Main transformer	
Type	Outdoor, 3 phase, oil circulating air cooled type
Rating	
Capacity	85,600 kVA
Voltage	13.8/230 kV

I t e m s	D e s c r i p t i o n
(7) Control and instrumentation system	
a) Major control	Automatic boiler control (ABC) Automatic load regulator (ALR) Turbine governing system Generator automatic synchronizer Unit interlock system
b) System control	Automatic burner control Turbine automatic start-up control
c) Computer	Digital type computer
d) Supervisory television purpose	Drum level monitoring Finance monitoring Stack monitoring
(8) Environmental protection facilities	
a) Electrostatic precipitator type	
Type	Outdoor, dry, horizontal gas flow type
Gas flow	282 x 10 <sup>3</sup> Nm <sup>3</sup> /h (dry)
Dust concentration (EP outlet)	0.1 g/Nm <sup>3</sup> or less
Dust removal efficiency	99.25% or more
b) Waste water treating facilities	
Type	
Power plant area	Sedimentation, filtration and neutralization type
Coal storage yard	Gravity sedimentation type
Ash disposal area	Gravity sedimentation type

## (5) 送変電設備

### a) 接続変電所の検討

本プロジェクトで発生する電力を受電する負荷側の変電所としては、(i) Panama II 変電所、(ii) Bahia Las Minas 発電所の開閉所、(iii) Panama 変電所が考えられるが、経済性、信頼度、I R H E の系統増強計画との整合性などの観点から Panama II 変電所が最適であるという結論に達した。

Panama の電力系統は、Chiriqui 電源地帯からの電力を 230kV 送電線で Panama 変電所に統合し、その後 Panama 変電所をキーステーションとして 115kV で周辺の各変電所に給電するという構成となっている。

しかしながら、230kV 送電線は雨期の一時期において電撃によるトリップが頻繁に発生しており、電力の安定供給上問題がある。このため、I R H E は、将来 Changuinola 発電所系統の完成に伴い、400 ~ 500kV の新系統を計画している。

I R H E はこの超高圧送電線に接続する Panama 市近傍の変電所として、拡張スペース、Panama 変電所に集中している電力汐流の分散、信頼度の向上などの点から Panama II 変電所の建設を計画している。本プロジェクトで発生する電力の受電変電所として Panama 変電所を考えたばあい、現在 Panama 市で消費している電力のほぼ 100% が Panama 変電所を通過している現状を改善できないばかりか、さらに電力の集中が進み供給信頼度が低下する。また Bahia Las Minas 発電所の開閉所に接続した場合、Bahia Las Minas 発電所から Panama 変電所までの既存送電線が過負荷になる。さらに、Bahia Las Minas 発電所の開閉所に接続したとしても、本プロジェクトで発生する電力のほとんどは、Panama 変電所に送電されることになり、やはり供給信頼度は低下する。以上の事から信頼度、I R H E の系統増強計画との整合性で最も有利な Panama II 変電所を受電変電所とした。

### b) 変電所設備

変電所のブス構成は、2 回線あたり 3 台のしゃ断器を置いた供給信頼度の高い 1 ½ しゃ断方式とした。送電線の保護方式として電力線搬送方向比較リレーを採用した。また変電機器のコントロール等は電力線搬送を用い Panama 変電所に隣接する中央給電指令所からリモートコントロールできるものとした。

c) 送電々圧

送電々圧については、115kV、230kVが考えられるが、供給信頼度、経済性の比較およびIRHEの系統増強計画との整合性から230kVを採用した。

d) その他

電線、回線数、碍子、ルートについては、IRHEの標準を参考とし、送電距離72km、ACAR 750MCM、2回線、250mm 標準懸垂碍子14個連とした。

ルート図をFig. 1.3に示す。

#### 1.4.5 環境対策上の考慮

本プロジェクト計画に当たって、環境対策上、最も考慮しなければならない点は、

- 石炭火力発電所がPanama運河の運行に悪影響を与えない事
- 石炭火力発電所が周辺地域の環境に悪影響を与えない事

である。

JICA調査団は、上記の基本的な考えを基に、発電所の計画を行った。

具体的には、Fig. 1.1に示す通り発電所のレイアウト上、石炭荷揚げ用栈橋をPanama運河から遠くに配置し、また、冷却水をFrench Canalに放水する等の対策で、Panama運河の運行に支障のない様配慮した。

現在、Panamaには周辺環境保全に関する法規制が制定されていない。また、世界各国の規制値も国各々によって異なり、各国共通のInternational Standardはない。

そこでJICA調査団は、IRHEと協議の結果、U.S.A., Japan, West Germany, France, Sweden等の排出規制値(National Emission standard)、環境規制値(Ambient air quality standard)を参考に世界的に通用する規準として日本の排出規準値を採用する事とした。

これらの設計値をTable 1.4.5 (I)に示す。この設計値を用いて、周辺インパクトの予測評価を行った結果、排煙の最大着地濃度地点でも世界、特にU.S.A.およびJapanの環境規準を大きく下廻る。また、最大着地濃度発生地点は、発電所より6.4kmでありCristohol 港およびColon市の外側となるため、周辺の環境に対して悪影響はないと想定される。

周辺への環境インパクト予測の結果

	環境へのインパクト (各ユニット)	環境規準 (Ambient air quality standard)	
		U. S. A.	Japan
S o x	0.009 ppm (D)	0.14 ppm (D)	0.04 ppm (D)
N o x	0.004 ppm (D)	0.05 ppm (A)	0.04~0.06 ppm (D)
D u s t	0.001 mg/Nm <sup>3</sup> (D)	0.26 mg/m <sup>3</sup> (D)	0.1 mg/m <sup>3</sup> (D)

注 (D) 日平均値

(A) 年平均値

尚、環境対策設備の概要をTable 1.4.5 (2)に示す。

環境影響のモニタリング

発電所運転に伴う周辺環境への予測は、前述の通りである。しかしながら、直接発電所運転にたずさわらない周辺住民および関係官庁から見れば、これら予測値に対する実証が望まれるであろう。

上記の事から、IRHEは、これら関係者に対する理解と信頼を得るために、発電所運転開始前と後の周辺環境のモニタリングを行い、その変化、影響度を調査する事が望ましい。

望ましいモニタリングの項目、周期、場所をTable 1.4.5 (3)に示す。又、モニタリングの開始は、発電所運転開始前、後の比較を行う必要から1号機運転開始の18ヶ月前 (Initial firingの約1年前) から行う事が望ましい。

モニタリング項目の内、大気汚染測定は、予測着地濃度、風向、および人口密度を考慮してFig-1.7に示す地点とし、又、測定は1台の自動車に全項目のモニタリング装置を搭載した、移動測定局を作成し、1週間毎4ヶ地点を交互に測定する方法が経済的である。

尚、全てのモニタリング地点は、自動車の排ガス影響を受けない所で、かつ、測定値の変化を見る事から、固定した場所を選ぶべきである。

Table 1.4.5 (1) Environment Protection Design Values

(1) Air Pollution Countermeasures

(a) SO<sub>x</sub>

Control method: Ground level concentration control  
Maximum ground level concentration = 0.015 ppm  
(It is called K-value control method in Japan.)

Therefore, the value corresponds to  $K = 9.0$   
( $C_{max} = K \times 1.72 \times 10^{-3}$ )

(b) NO<sub>x</sub>

Control method: Emission concentration control (at top of stack)  
Maximum concentration = 300 ppm

(c) Dust

Control method: Emission concentration control (at top of stack)  
Maximum concentration = 0.1 g/Nm<sup>3</sup>

(2) Water Pollution Countermeasures

Control method: Emission concentration control (at outlet)

(a) Maximum waste water concentration

SS (Suspended Solids)	= 200 mg/t
COD (Chemical Oxygen Demand)	= 160 mg/t
Normal Hexane Extract (oil)	= 5 mg/t
PH (Hydrogen Ion concentration)	= 5 - 9

(b) Heated effluent for cooling water

Maximum temperature rise = 7°C

(3) Noise Countermeasures

Control method: Impact level control (at the boundary)  
Maximum impact level: Day time = 65 dB (A)  
Night time = 60 dB (A)

(4) Vibration Countermeasures

Control method: Impact level control (at the boundary)  
Maximum impact level: Day time = 65 dB  
Night time = 65 dB



Table 1.4.5 (2) Main Features of Environment Countermeasure Equipment

(1) Air Pollution Countermeasure

(a) For SO<sub>x</sub>

- Coal blending system to average sulfur content
- High and fast gas speed stack: 95 m and 30 m/s to reduce ground level concentration

\* A desulphurization system is not needed.

(b) For NO<sub>x</sub>

- Two stage combustion systems
- Flue gas mixing system
- Low NO<sub>x</sub> burner  
Boiler outlet NO<sub>x</sub> concentration: less than 300 ppm
- High and fast gas speed stack: same as SO<sub>x</sub>

\* A denitrification system is not needed.

(c) For Dust

- Electro-static precipitator (low temperature gas type 140°C)  
Outlet gas concentration : less than 0.1 g/Nm<sup>3</sup>  
Dust collecting efficiency: more than 99.25%
- High and fast gas speed stack: Same as SO<sub>x</sub>

\* A bag-filter is not needed.

(2) Water Pollution Countermeasure

(a) For Waste Water

- SS : Sedimentation and filtration equipment  
Outlet SS concentration: less than 200 mg/lt
- Oil: Oil separator equipment  
Outlet oil concentration: less than 5 mg/lt
- PH : PH-Neutralization equipment  
Outlet PH value: 5 - 9

\* A COD-Removal system is not needed.

(b) For Heated Cooling Water Effluent

- Large cooling area condenser
  - Maximum temperature : 7°C
  - Cooling water quantity: 4.0 m<sup>3</sup>/s for each unit
- Outlet of cooling water will be located at French Canal to diffuse well.

(3) Noise Countermeasure

- Main equipment will be installed in powerhouse located far from boundary to reduce noise level.
- Low noise equipment will be used.  
Impact noise level at boundary will be:
  - Day time (Coal unloader operation) : less than 65 db (A)
  - Night time (Coal unloader stop) : less than 60 db (A)

(4) Vibration Countermeasure

- Main equipment will be installed far from boundary.  
Impact vibration level at boundary: less than 65 db (all the time)

(5) Miscellaneous

- Water sprays will be installed at coal storage yard and coal unloader to restrain dust emission.
- Outdoor belt conveyer will be covered.
- Dry ash will be wetted by water spray and disposed ash will be covered with soil to restrain dust emission.

Table 1.4.5 (3) モニタリング項目

区 分	項 目	場 所	周 期	備 考
大 気	S o x N o x D u s t 風 向 風 速 気 温	別図の4地点	各地点各々 1回/月 各地点毎 1週間連続 記録	移動測定局によ る
水 質	P. H S S 水 温	取水口 放水口 French Canal (中 央) 灰捨場排水	1回/月	手分析
騒 音	—	発電所敷地境界 10地点	1回/月 昼間および (夜間 )	手分析
振 動		同 上	1回/年	同 上
排 ガ ス	S o x N o x D u s t ガ ス 温 度	煙 突 又 は 煙 道	連続記録	発電所にて 常時監視

#### 1.4.6 実施工程

IRHEの技術関係人員が極めて限られているため、本発電所の建設は、設計および施工を含めた一括請負のフル・ターンキー・ベースで行われるものと計画した。プロジェクト実施の所要期間は、本フィージビリティ報告書が提出されてから、IRHEが行う資金源へのアプローチ、DEPATを通じてのPanama運河委員会（PCC）への用地取得のアプローチ、融資協定、信用状開設、用地使用許可、コンサルタントの選定、コントラクターの選定のための手続き、工事施行、試験運転開始を経て最終支払まで5年9ヶ月の期間が必要と思われる。Fig. 1.4 に示すように、全体工程を左右する主要 events は次の通りである。

F/S Report 提出	1987年3月
詳細設計開始	1988年4月
見積提出	1989年7月
土木工事開始	1990年3月
本館工事開始	1990年9月
ドラム揚	1991年7月
受電	1992年2月
火入れ	1992年5月
#1 Unit 運転開始	1992年10月
#2 Unit 運転開始	1993年1月

#### 1.4.7 概算工事費

本プロジェクトの工事費は、機器については、日本国内で最近完成した石炭火力発電所の機器価格や最近日本から輸出された電気、機械設備の輸出価格を、また、土木工事についてはPanama国内の工事単価を参考とし、且つ主要各国通貨に対するUS\$為替レートの過去2年間における変動率を勘案し、国際価格として見積られた。この見積り結果と、これに基づいて算定された発電原価は Table 1.4.7の通りである。

Table 1.4.7 概算工事費及び発電原価 (百万B/.)

		発 電 所	送 配 電 設 備	合 計
1986 価格	外貨	109.20	8.69	117.89
	内貨	38.08	6.03	44.11
	計	147.28	14.72	162.00
物価上昇見込総価格	外貨	139.36	11.55	150.91
	内貨	82.40	11.57	93.97
	計	221.76	23.12	244.88
発 電 単 価		4.92 c/kwh	—	5.19 c/kwh

(注) 通貨交換率: 1US\$ = 1Balboas (1B/.)

1986年価格は建中利子、輸入税を含まず。

物価上昇見込価格は、物価上昇、建中利子および輸入税を含む。

工事費積算は、下記の条件によった。

- a) 予備費は直接工事費の5%
- b) 管理費は直接工事費の1.5%
- c) エンジニアリングフィーは、直接工事費の2.5%
- d) エスカレーションは、1986年を基準に、内貨分3.5%/年、外貨分2.0%/年
- e) 建中利子は内貨分8%/年、外貨分10%/年
- f) 輸入税は輸入する機器価格の35%

又、発電単価の試算は次の条件によった。

- a) 年間利用率68.5%
- b) 減価償却は、発電設備25年、送変電設備35年
- c) 支払金利は建中利子と同一利率で、返済期間は運転開始後、内貨分10年、外貨

分25年

d) 運転保守、管理費は、各々建設工事費の発電設備 4.5%、送変電設備 2.3%

e) 石炭価格は、42\$ / t (C.I.F)

f) 石炭に対する輸入税は含まない。

#### 1.4.8 経済評価

発電設備の経済評価は、燃料価格がプロジェクトにおよぼす影響を見るため、US\$ 18.50/barrelの予想原油価格をベースとして成立している1987年1月現在の燃料価格体制(石炭価格はUS\$ 42.0/ton)を前提とした場合の評価(基本study)と、将来、原油価格が1984~85年の価格水準、すなわちUS\$ 29.10 /barrelとなった場合に想定される燃料価格体制(石炭価格はUS\$ 48.40 /ton)のもとにおける評価(感度分析)の2通りの評価を行った。また、経済評価の際に用いられる金利または割引率について I R H E は12%という数字を用いているので、この率を本経済評価に適用した。この結果、得られた結論は次の通りである。

a) 本石炭火力発電所と同じ送電端電力供給能力を有する重油火力、コンバインド・サイクルおよびガスタービン発電所と、金利12%のもとに電力供給費用の比較を行うと、基本studyの場合には設備利用率65.6%以上、感度分析の場合には設備利用率約32.4%以上ならば、下記に示すように、本石炭火力発電所が最も経済的である。

		損益分岐点の設備利用率	
		基本study	感度分析
石炭火力	対 重油火力	65.6%	26.5%
石炭火力	対 コンバインド・サイクル	62.9%	27.8%
石炭火力	対 ガスタービン	62.5%	32.4%

b) 本石炭火力発電所は発電端電力量900GWh(設備利用率68.5%)、送電端電力量836.1GWhの運転が期待される。これと同じ送電端電力量を他の代替火力発電所が供給する場合に、本石炭火力発電所の総費用の現在価値換算額と代替火力発電所の総費用の現在価値換算額が等しくなるような等価割引率(経済的内部収益率)を求めると、下記に示すように、基本studyの場合には12.60 ~ 13.40%、感度分析の場合には29.10 ~ 39.30%となり、Panamaにおいてプロジェクト評価の基準とされて

いる12%よりも高い。

#### 木石炭火力の経済的内部収益率

	基本study	感度分析
石炭火力 対 重油火力	12.60%	39.30%
石炭火力 対 コンバインド・サイクル	13.25%	34.30%
石炭火力 対 ガスタービン	13.40%	29.10%

以上により、木石炭火力発電所は経済的に極めて有利な計画であると判断される。

#### 1.4.9 財務分析

本プロジェクトは、建設費の調達条件を、外貨建て工事費については金利10%、内貨建て工事費については金利8%（返済期間は運転開始後それぞれ25年および10年）という現在の金融市場の実勢から見てや、厳しい条件を仮定してみても、その財務的効果は以下に示すように極めて高いものとなると考えられる。

- a). 収益率（稼働固定資産に対する営業利益の率）は、運転当初10年間で平均13.1%、耐用年数25年全期間平均で20.5%となる。
- b) 純利益率（稼働固定資産に対する純利益の率）は、運転当初10年間で平均3.3%、25年全期間平均で11.1%となる。
- c) 年毎の収支バランスは運転初年度から全期間黒字となり、運転前の建中利子を含めた累計でも、赤字は運転後3年目までで、4年目からは黒字に転ずる。

また、本プロジェクトから得られる総売電収益の現価換算額が、プロジェクトの着手段階から耐用年数終期に至るまでに生ずる総費用の現価換算額と等しくなるような割引率（財務的内部収益率）は13.5%という高い値になる。

従って、本プロジェクトは財務的にもフィージブルな計画であると判断される。

#### 1.5 勸告

1.4.6項に述べたように、計画発電所の1号機を1992年10月、2号機を1993年1月に運転開始するためには、1988年に実施設計を始めなければならない。この所定工期を確保するため、下記に示す外交面、資金面、技術面の手続または事前準備を可及的速やかに開始する必要がある。

### 1.5.1 発電所建設地点の使用許可取得

Telfers islandは“Panama運河委員会”の管轄下であり、また、石炭輸送船が接舷する棧橋の前面海域は小型船舶の指定停泊区域に含まれている。従って、プロジェクト実施の第1条件として、先ず最初に同委員会から発電所建設地点の使用許可を得ると共に、石炭輸送船接舷に必要な棧橋前面海域を小型船舶の指定停泊区域から外さなければならない。このため、Panama政府の所管官庁である対外関係省、条約事項実施局(DEPAT)を通じて、早急に所要手続をとることが必要である。

### 1.5.2 金融機関との折衝に必要な諸資料の準備

IRHEの現在の財務状況、本プロジェクトを含めた今後の具体的プロジェクトの実施計画およびこれに伴う将来の財務見通し等、本プロジェクトのための融資折衝に必要な諸資料を準備し、早急に金融機関と予備折衝を始める必要がある。

### 1.5.3 石炭調達に対する指針

Panama石炭火力発電所に使用する石炭の量は1)年間約30万トンで、輸入炭量としては小規模に属するため、石炭の調達は困難ではないと思われる。2)最近では重油の低価格安定に伴い、輸入炭市況は弱含みであり、需要家に有利に展開している模様である。

以上の状況を考慮し、石炭の調達に先立って、事前に下記について十分な知識を得ておく必要がある。

- a) 石炭の国際取引に関する知識
  - 産炭国の鉱山、内陸輸送、積出港の状況
  - 石炭売買契約
  - 石炭の需給状況および価格
- b) 石炭の海上輸送に関する知識
- c) 石炭の受入、および貯炭管理に関する知識

これ等の知識の習得のためには石炭、海運市場、産炭国の調査及び経験豊富な石炭輸入国に於ける技術者の研修あるいは専門家の招致等が考えられるので、これ等について検討するべきである。



#### 1.5.4 送電線ルートに対する指針

送電線路の建設は、調査、支持物の建設および架線工事に区分される。一般に、調査費用の総工事費に対する割合は数%程度であるが、調査結果により送電線の良否が決定づけられるほど重要なものであるから、詳細設計の段階では、本F/Sで選定したルートを含め多くの比較ルートを検討する必要がある。

また、地図上だけでルートの決定をしかねる点が多いので、地上の調査およびヘリコプタによる空中からの調査などの現地調査を行う必要がある。さらに以上の現地調査により、基本ルートが決定されたあとには、測量および必要なボーリング調査を行い、各鉄塔の建設地点を定めるとともに、実施に必要な図面の作成及び各種工事数量の決定を行う必要がある。

#### 1.5.5 詳細地形測量および地質調査の実施

1.5.1項の用地取得が確定になった時点で将来実施される詳細設計に供するため Fig. 1.5 に示す範囲についてTopographic SurveyおよびFrench Canalの放水口地点のSoundingを実施すること。また、詳細な地質調査を行い、構造基礎、特に1.4.3(2)項で述べた貯炭場基礎について適切な工法を確定する必要がある。

## APPENDIX

Fig. 1.1 Power Plant Layout

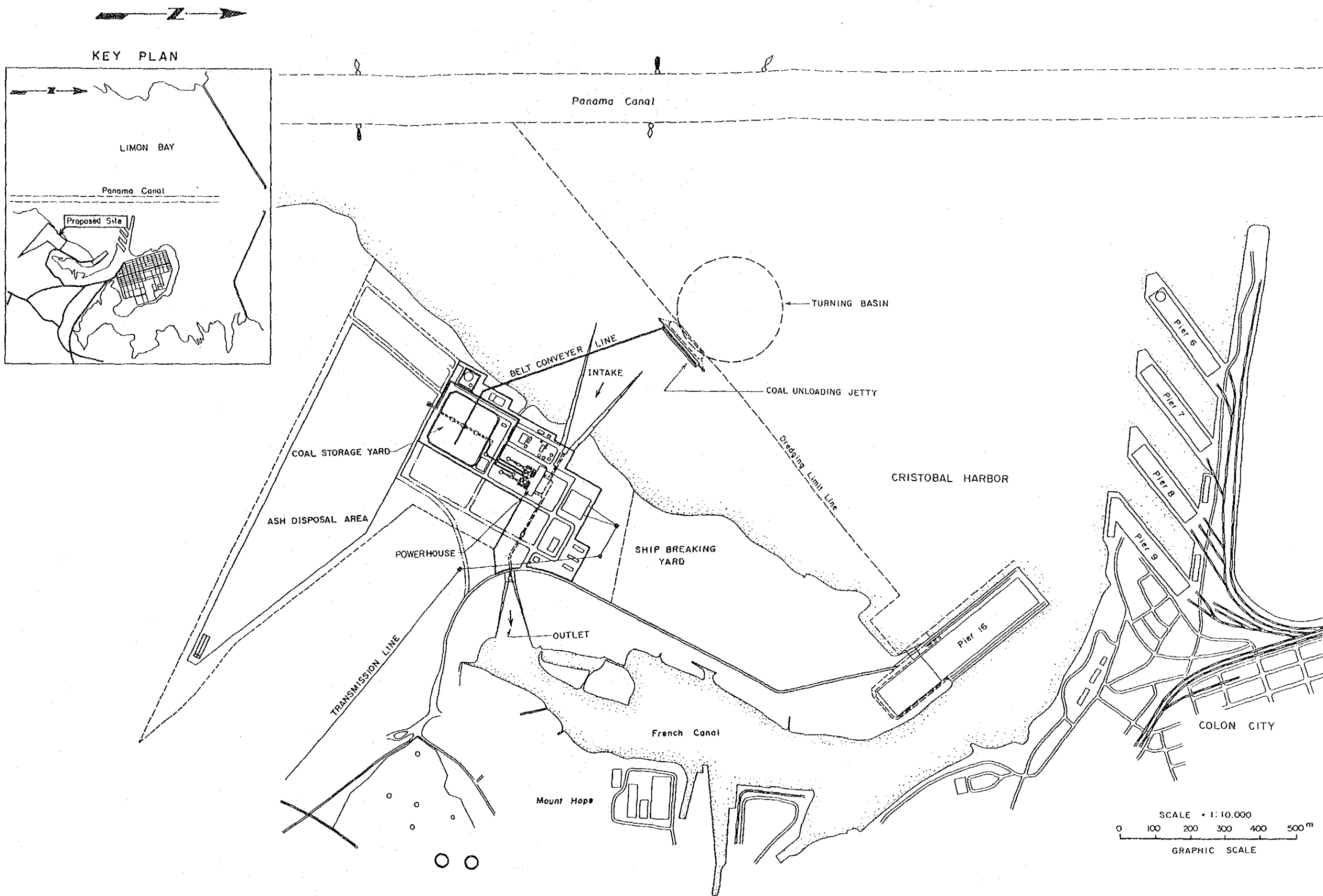
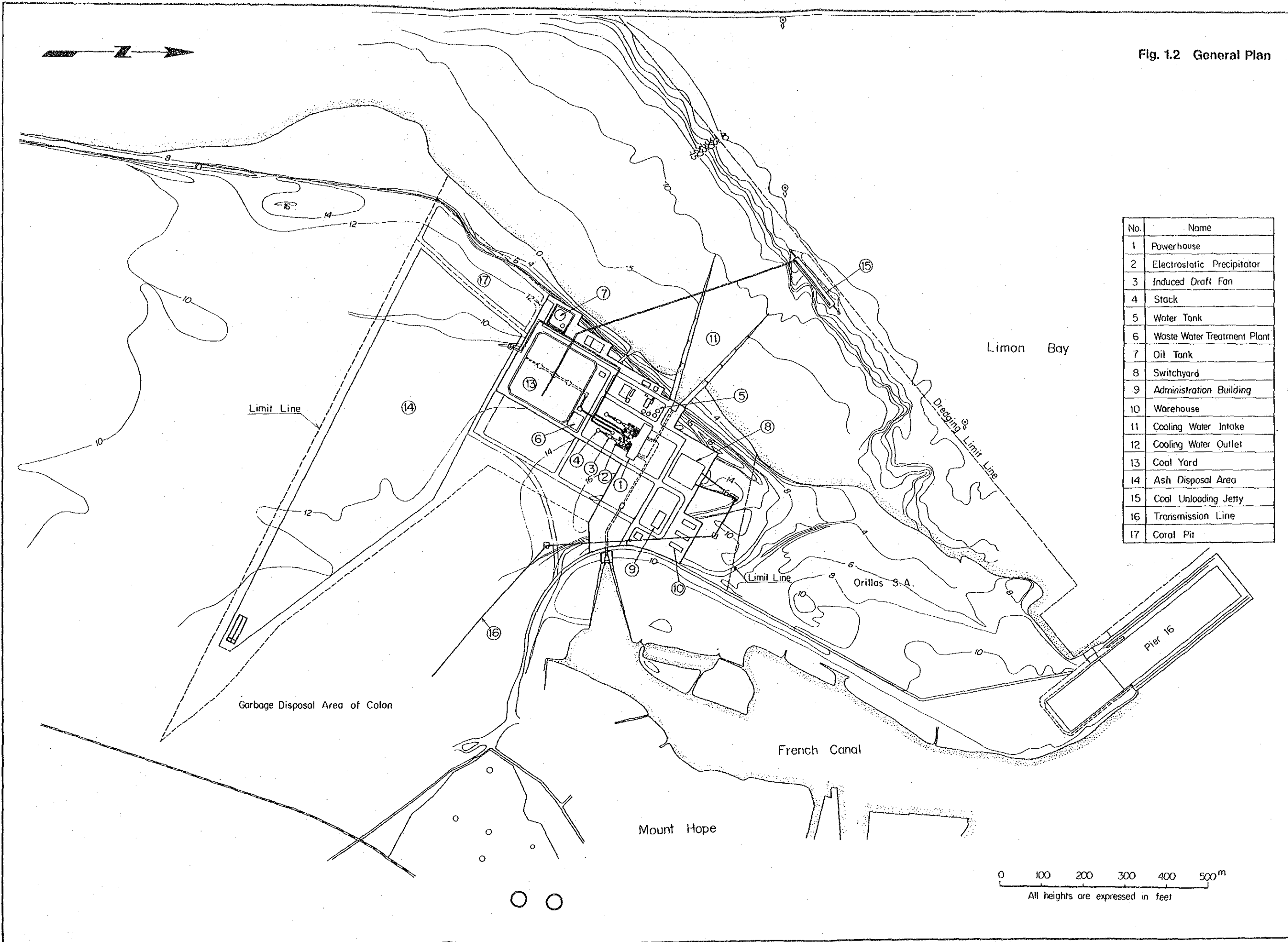


Fig. 1.2 General Plan



No.	Name
1	Powerhouse
2	Electrostatic Precipitator
3	Induced Draft Fan
4	Stack
5	Water Tank
6	Waste Water Treatment Plant
7	Oil Tank
8	Switchyard
9	Administration Building
10	Warehouse
11	Cooling Water Intake
12	Cooling Water Outlet
13	Coal Yard
14	Ash Disposal Area
15	Coal Unloading Jetty
16	Transmission Line
17	Coral Pit



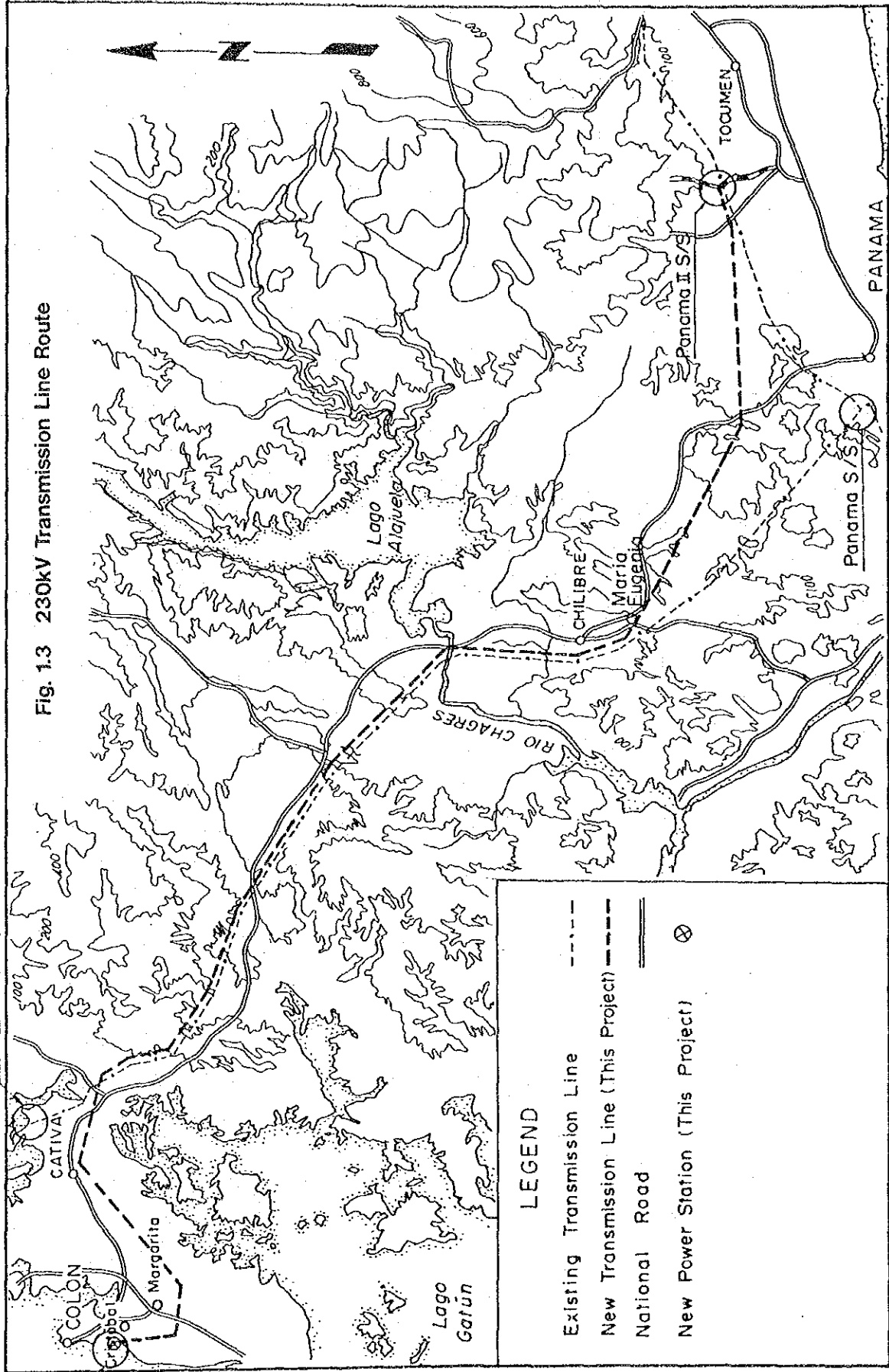


Fig. 13 230kV Transmission Line Route

Bahia Las Minas P/S

Telfers  
Island Site

LEGEND

- Existing Transmission Line
- New Transmission Line (This Project)
- National Road
- New Power Station (This Project)

Fig. 1.4 Implementation Schedule of Coal-Fired Power Plant

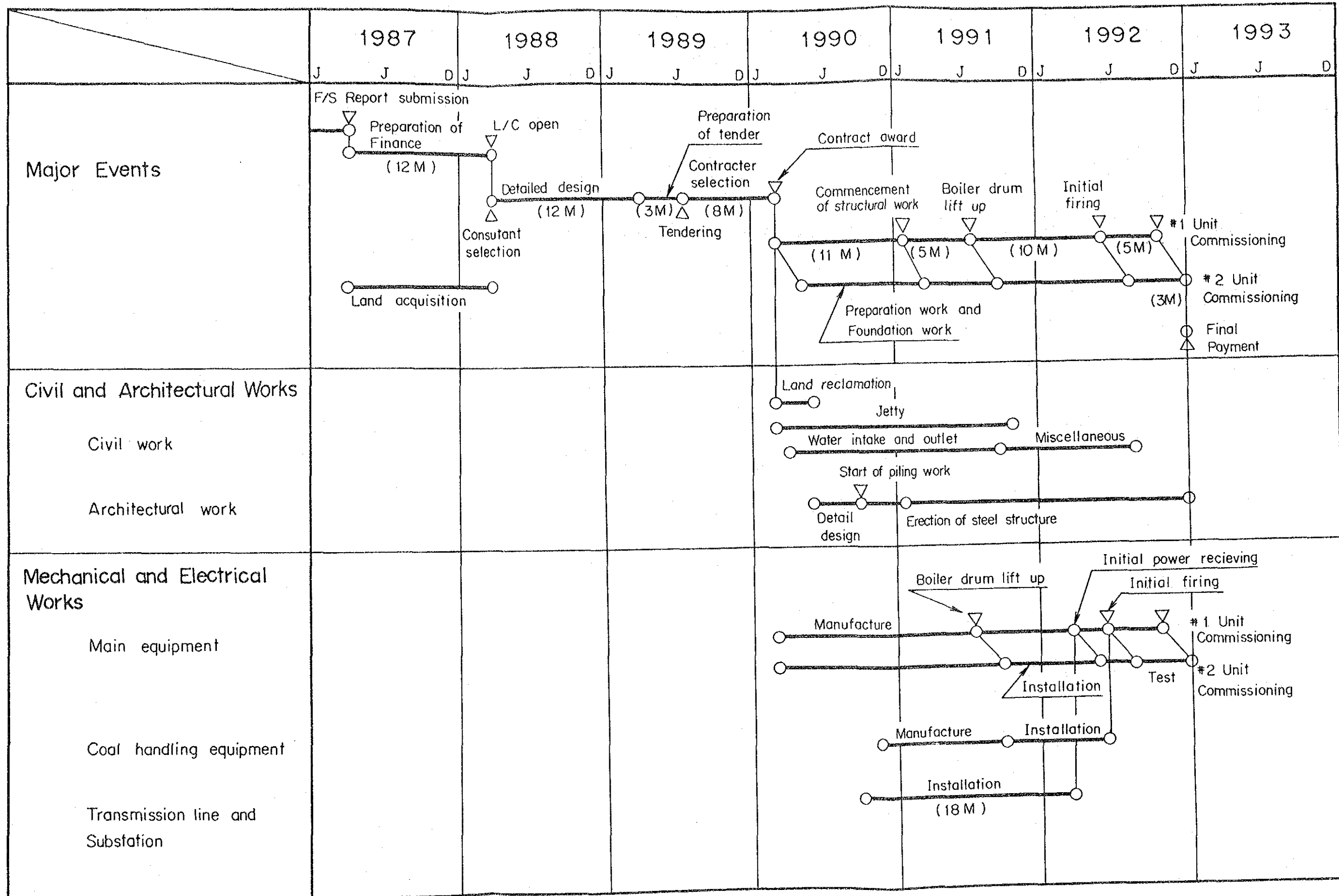
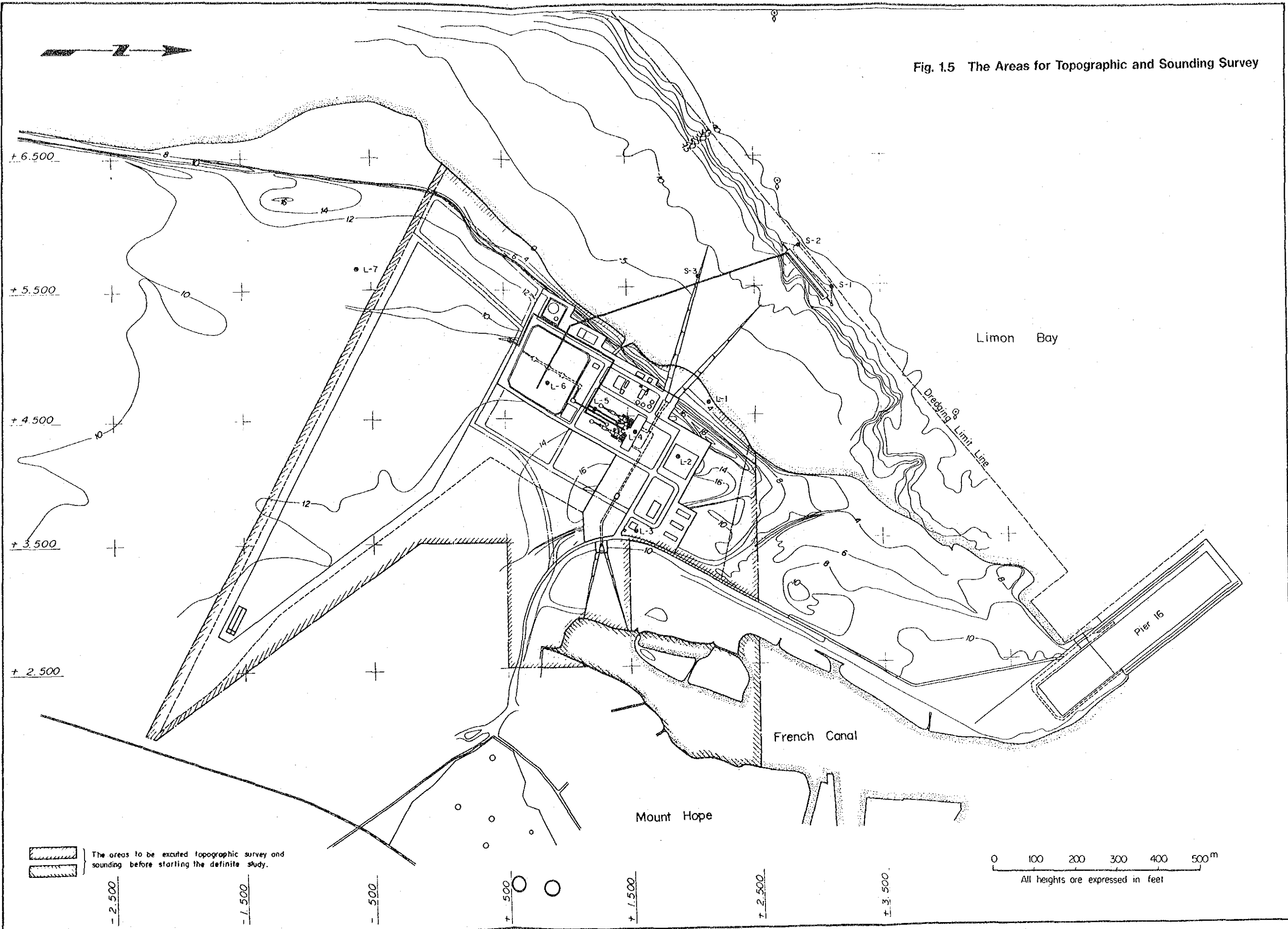


Fig. 1.5 The Areas for Topographic and Sounding Survey



The areas to be executed topographic survey and sounding before starting the definite study.

0 100 200 300 400 500<sup>m</sup>  
All heights are expressed in feet

-2.500  
-1.500  
-500  
+500  
+1.500  
+2.500  
+3.500



Fig. 1.6 Detailed Plant Layout

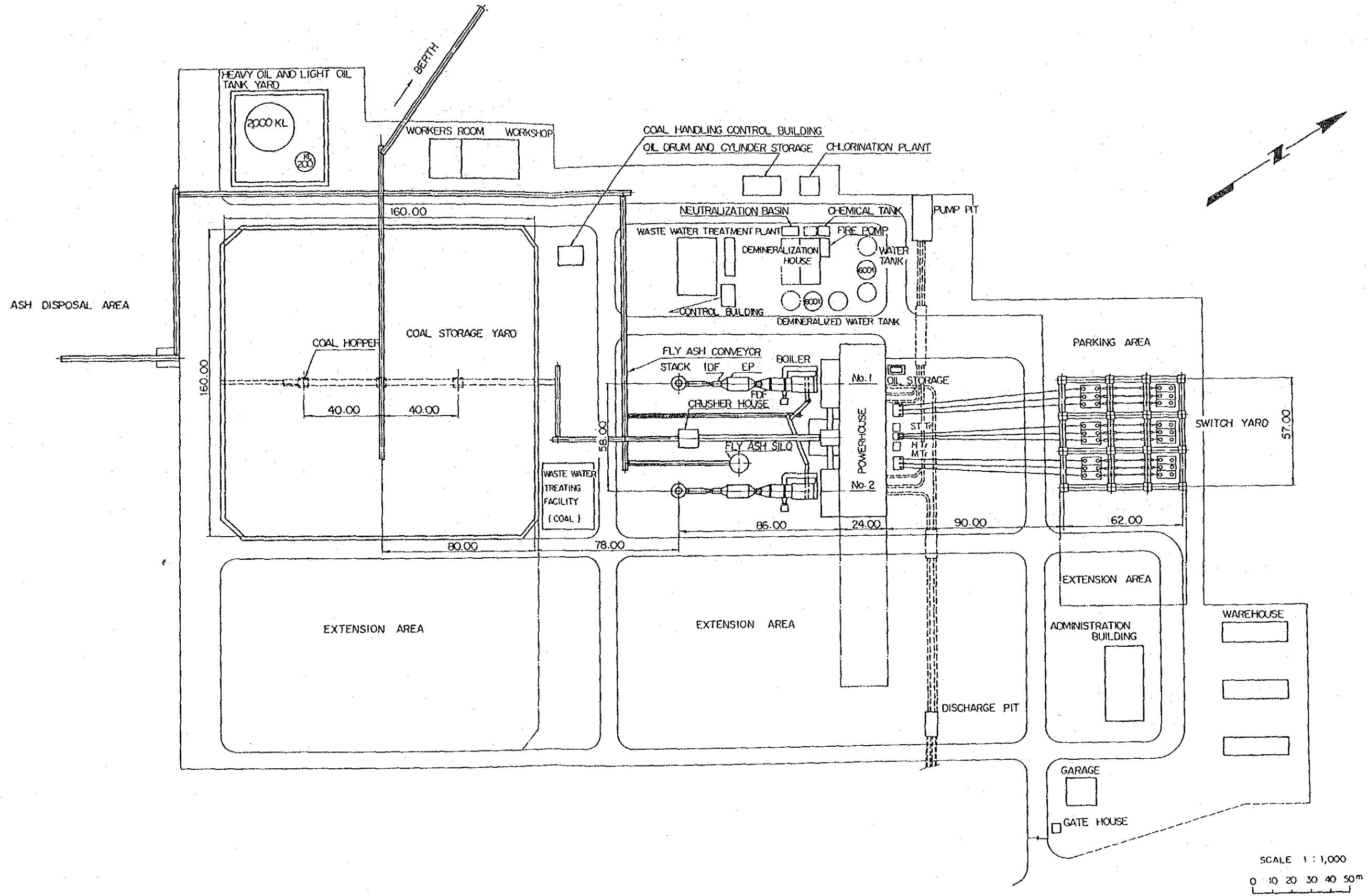
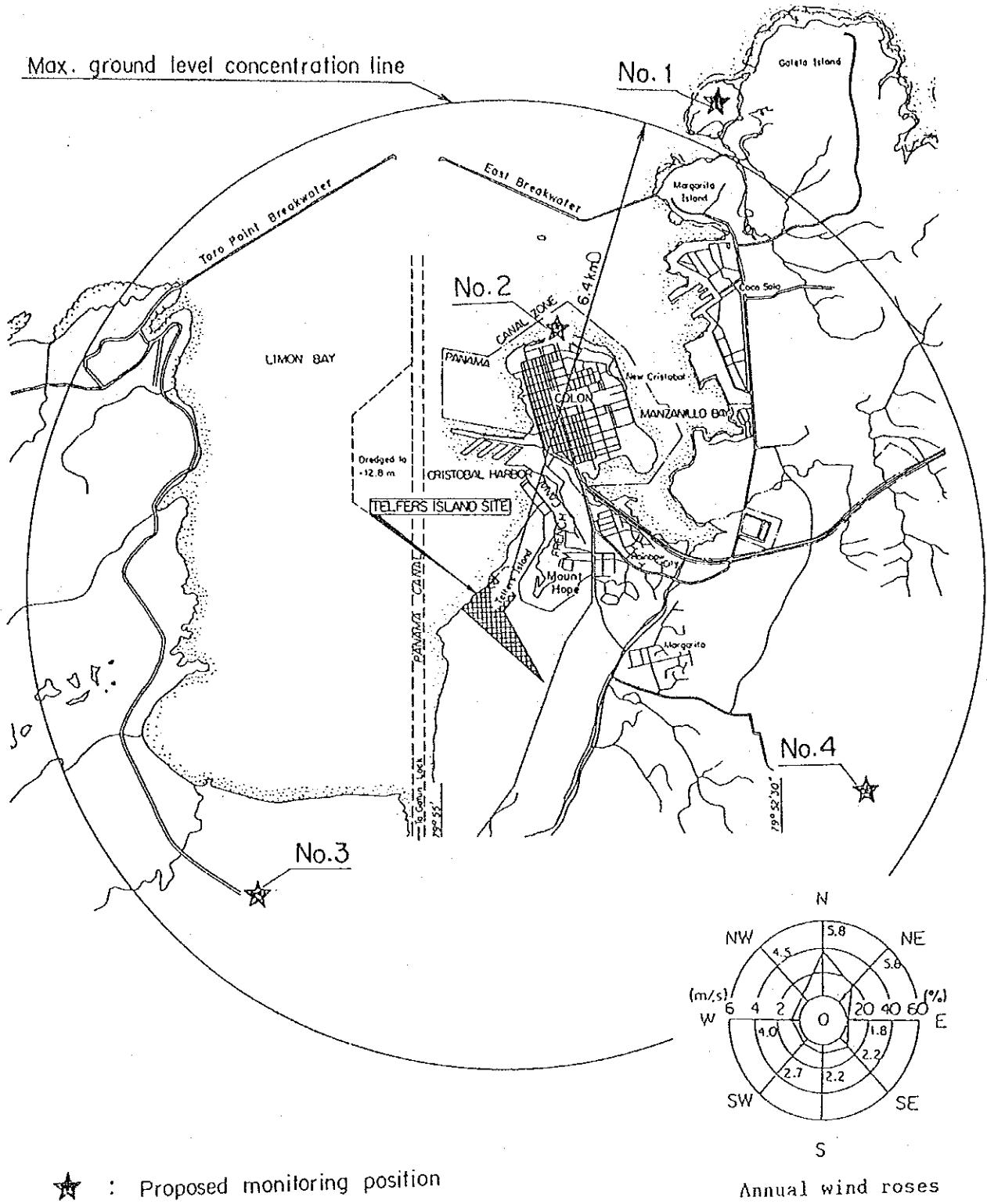




Fig. 1.7 Monitoring Position for Air Pollution





發電所設備概要

I. CIVIL STRUCTURE

Items	Description
(1) Land Reclamation	
a) Site area	Total 620 x10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> Power station 81 x10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> Coal yard 26 x10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> Ash disposal area 230 x10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> Others 283 x10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>
b) Site formation level	Power station +4.0 m Coal yard +4.0 m
(2) Port Facilities	
10,000 D.W.T. coal unloading jetty	
a) Type	Steel piped pier
b) Dimension	Length 150 m Width 17 m Depth 9 m
Mooring dolphin	
a) Type	Steel piped pier
b) Number	2
(3) Condenser Cooling Water Facilities	
Intake & pump pit	
a) Type	Reinforced concrete structure
b) Dimension	Width 10.0 m Height 9.0 - 11.2 m Length 24.0 m
Intake Pipe line	
a) Type	Embedded steel pipe
b) Dimension	Inner Diameter 1.20 m Length-mean 130 m x 2 lines

Items	Description
Outlet pipe line a) Type b) Dimension	Embedded steel pipe Inner Diameter 1.20 m Length-mean 166 m x 2 lines
Discharge pit a) Type b) Dimension	Reinforced concrete structure Width 6.40 m Height 8.40 m Length 13.40 m
Discharge channel a) Type b) Dimension	Reinforced concrete structure Inner width 2.00 m Inner height 2.00 m Length 120.0 m x 2 lines
Outlet a) Type b) Dimension	Reinforced concrete structure Width 6.40 - 12.40 m Height 6.00 m Length 18.60 m
(4) Coal Storage Yard	
Coal storage yard a) Dimension	160 m x 160 m
Coal draw-out culvert a) Type	Reinforced concrete structure
(5) Ash Disposal Area	
a) Area b) Capacity	230 x 10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> 1,280 x 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> 25 years

## 2. ARCHITECTURAL WORKS

Item	Description
(1) Powerhouse	
(a) Structure	
Foundation	Precast reinforced concrete piles
Frame	Reinforced concrete footing
Exterior wall	Steel structure
Roof	Corrugated asbestos cement sheet
(b) Size	
Ground floor area	3,020 m <sup>2</sup>
Building volume	67,700 m <sup>3</sup>
Height	Turbine room           24 m
	Bunker room           29 m
(c) Appurtenant facilities	Air conditioning and ventilation system
	Plumbing and sanitary system
	Extinguishment facilities
	Fire alarm apparatus
	Lighting system
(2) Foundation of Equipment	
(a) Foundation of Boiler	Precast reinforced concrete pile
	Reinforced concrete footing
(b) Foundation of Transformer	Precast reinforced concrete pile
	Reinforced concrete footing
(c) Foundation of Electrostatic Precipitator	Precast reinforced concrete pile
	Reinforced concrete footing
(d) Foundation of Induced Draft Fan	Precast reinforced concrete pile
	Reinforced concrete footing
(3) Administration Building	
(a) Structure	
Foundation	Precast reinforced concrete pile
	Reinforced concrete footing
Frame	Reinforced concrete construction

Item	Description
(b) Size	
Total area	1,510 m <sup>2</sup>
(c) Rooms Accommodated	
1st floor	Chemical laboratory, Dining room, Rest room
2nd floor	Air conditioner room, Storage Office, Conference room, Plant manager room, Locker room, Library
(d) Appurtenant facilities	Air conditioning and ventilation system  Plumbing and sanitary system Extinguishment facilities Fire alarm apparatus Lighting system
(4) Other Buildings	
(a) Workshop	Reinforced concrete construction 1 floor 800 m <sup>2</sup>
(b) Warehouse	" 1 floor 1,000 m <sup>2</sup>
(c) Coal Handling Control Building	" 2 floors 270 m <sup>2</sup>
(d) Demineralization House	" 1 floor 250 m <sup>2</sup>
(e) Oil Drum and Cylinder Storage	" 1 floor 200 m <sup>2</sup>
(f) Worker's Room	Reinforced concrete construction 1 floor 300 m <sup>2</sup>
(g) Garage	" 1 floor 150 m <sup>2</sup>
(h) Guardhouse	" 1 floor 50 m <sup>2</sup>
(5) Stack	
(a) Foundation	Precast reinforced concrete pile
(b) Outer Tube	Reinforced concrete construction  Diameter Top 5 m Bottom 8 m Height 94 m



Item	Description
(c) Inner Flue  Diameter Height Lining	Steel structure  2 m 95 m Acid resistant cementitious coating

### 3. MECHANICAL EQUIPMENT

Items	Description
(1) Boiler system	
a) Boiler	
Type	Single drum, natural circulation, outdoor type
Evaporation	
Maximum continuous rating (MCR)	240 t/h
Economical continuous rating (ECR)	228 t/h
Steam pressure	105 kg/cm <sup>2</sup> g
Steam temperature (SH/RH)	541/541°C
Number	1 set / 1 boiler
b) Economizer	
Type	Horizontal multi-loop type
Number	1 set
c) Air preheater	
Type	Rotally regenerative type
Number	1 set
d) Steam air preheater	
Type	Cu-fined steel pipe type
Number	1 set
e) Soot blower	
Type	Steam blowing type with electric motor drive
Number	
Boiler long retractable	8 sets
short retractable	6 sets
Air preheater Swing	1 set
(2) Draft system	
a) Induced draft fan	
Type	Centrifugal type
Capacity	8,300 m <sup>3</sup> /min.
Number	1 set



Items	Description
d) Coal yard draw-out hopper Number	3 sets
e) Coal yard draw-out conveyor (BC-4) Capacity Number	250 t/h 1 set / 2 units
f) Powerhouse supply conveyor (BC-5, 6) Capacity Number	250 t/h 2 sets / 2 units
g) Coal bunker supply conveyor (BC-7A, 7B) Capacity Number	250 t/h 1 set
h) Coal bunker  Type Capacity Number	Steel plate type 300 m <sup>3</sup> 3 sets
i) Heavy oil tank  Type Capacity Number	Steel plate, cone roof type 2,000 kl 1 set / 2 units
j) Diesel oil tank  Type Capacity Number	Steel plate, cone roof type 200 kl 1 set / 2 units
(5) Fuel firing system	
a) Coal feeder  Type Capacity Number	Gravimetric type 16 t/h 3 sets
b) Coal pulverizer  Type Capacity Number	Vertical, balls and race type 16 t/h 3 sets

Items	Description
c) Primary air fan  Type Number	Centrifugal type 2 sets
d) Sealing air fan  Type Number	Turbo-blower type 2 sets
e) Coal burner  Type  Capacity Number	Circular burner type (with flame detector) 5.0 t/h 9 sets
f) Heavy oil pump  Type Capacity Number	Rotally screw type 10.6 t/h 2 sets / 2 units
g) Heavy oil heater  Type Capacity Number	Horizontal u-tube type 21.0 t/h 1 set / 2 units
h) Heavy oil burner  Type Capacity Number	Steam atomizing type 2.4 t/h 9 sets
i) Diesel oil pump  Type Capacity Number	Screw type 10 t/h 2 sets / 2 units
j) Diesel oil light-up burner  Type  Number	Electric oil lighter type (with flame detector) 9 sets
k) Diesel oil start-up burner  Type Number	Air atomizing type 2 sets

Items	Description
(6) Ash handling system	
a) Chain conveyor  Capacity Number	1.5 t/h 1 set
b) Crinker crusher  Capacity Number	2 t/h 1 set
c) Boiler bottom seal water pump  Capacity Number	20 t/h 2 sets / 2 units
d) Bottom ash carrying conveyor-1  Capacity Number	2 t/h 1 set
e) Bottom ash carrying conveyor-2  Capacity Number	5 t/h 1 set / 2 units
f) Fly ash silo  Type  Capacity Number	Steel plate type (with cyclone separator, bag filter and fluidizer 100 t 1 set / 2 units
g) Vacuum blower  Type Number	Rotally blower type 2 sets / 2 units
h) Dustless unloader  Capacity Number	10 t/h 1 set / 2 units
i) Fluidizer blower  Type Number	Rotally blower type 2 sets / 2 units

Items	Description
j) Fly ash carrying conveyor  Capacity Number	15 t/h 5 sets / 2 units
(7) Turbine system	
a) Turbine	
Type	Tandem compound, impulse type, two-cylinder, single flow, exhaust reheat condensing turbine type
Rated output (at generator end)	75 MW
Steam pressure	102 kg/cm <sup>2</sup> g
Steam temperature	
At main stop valve inlet	538°C
At reheat stop valve inlet	538°C
Number of extraction	5 stages
Exhaust vacuum	700 mmHg
Rotating speed	3,600 rpm
b) Governor	
Type	Mechanical hydraulic type
Number	1 set
c) Protective device	
Number	1 set
d) Hydraulic control system	
Number	1 set
e) Lubricating oil system	
Auxiliary oil pump	
Type	Vertical centrifugal type
Number	1 set
Emergency oil pump	
Number	1 set
Main oil tank	
Number	1 set
Oil cooler	
Number	1 set

Items	Description
Vapour extractor Number	1 set
Oil purifier Number	1 set
Oil storage tank Number	1 set / 2 units
f) Turning gear device  Number	1 set
g) Grand sealing system  Grand steam seal regulator Number  Grand steam condenser Number	1 set  1 set
(8) Condenser cooling water system	
a) Bar screen  Number	1 set
b) Chlorine injection equipment  Number	1 set / 2 units
c) Rotary screen  Number	1 set
d) Screen washing pump  Number	1 set / 2 units
e) Mesh screen  Number	1 set
f) Intake crane  Type Capacity Number	Gantry type 15 t 1 set / 2 units



Items	Description
<p>(9) Condensate system</p> <p>a) Condenser Type</p> <p>Cooling seawater inlet temperature (Design)</p> <p>Cooling seawater quantity</p> <p>Cooling seawater discharge temperature (Design)</p> <p>Material of condenser tubes</p> <p>Number</p> <p>b) Condenser cooling water pump</p> <p>Type</p> <p>Capacity</p> <p>Number</p> <p>c) Main air ejector</p> <p>Type</p> <p>Number</p> <p>d) Condensate pump</p> <p>Type</p> <p>Capacity</p> <p>Number</p>	<p>Double pass, divided water box type, surface condenser 29°C</p> <p>14,200 m<sup>3</sup>/h</p> <p>36°C</p> <p>Aluminum brass</p> <p>1 set</p> <p>Vertical diagonal flow type</p> <p>4 m<sup>3</sup>/s</p> <p>1 set</p> <p>Single-stage steam jet type</p> <p>1 set</p> <p>Vertical type</p> <p>100 t/h</p> <p>2 sets</p>
<p>(10) Boiler feed water</p> <p>a) Low pressure feed water heater</p> <p>Type</p> <p>Number</p> <p>b) Deaerator</p> <p>Type</p> <p>Number</p> <p>c) Boiler feed water pump</p> <p>Type</p>	<p>U-tube type</p> <p>2 sets</p> <p>Horizontal, tray type</p> <p>1 set</p> <p>Motor driven, horizontal shaft, barrel, multi-stage turbine pump</p>

Items	Description
Capacity Number	120 t/h 2 sets
d) High pressure feed water heater	
Type Number	U-tube type 2 sets
e) Make-up water pump	
Type Number	Centrifugal type 1 set
(11) Miscellaneous facilities	
a) Raw water tank	
Capacity Number	600 m <sup>3</sup> 2 sets / 2 units
b) Raw water pump	
Number	2 sets / 2 units
c) Drinking water head tank	
Capacity Number	5 t 1 set
d) Miscellaneous water head tank	
Number	1 set / 2 units
e) Auxiliary cooling water cooler	
Type Inner of tube Outer of tube	Seawater Demineralized water
Capacity Number	600 t/h 2 sets / 2 units
f) Cooling water pump	
Type Capacity Number	Vertical, volute type 600 t/h 2 sets / 2 units

Items	Description
g) Demineralization plant  Type Number	2 bed 3 tower type 1 set / 2 units
h) Demineralized water tank  Type Capacity Number	Cone roof type 600 m <sup>3</sup> 2 sets / 2 units
i) Neutralization tank  Type Capacity Number	Concrete type 150 m <sup>3</sup> 1 set / 2 units
j) Boiler chemical injection equipment  Kind of chemicals Number	Phosphate, ammonia, hydrazine
k) Fire protection equipment  Air foam type fire extinguishing equipment water type fire extinguisher Fire extinguishing pump	1 set  1 set  1 set / 2 units
l) Powerhouse crane  Type Capacity Number	Overhead travelling crane 40/15 t 1 set / 2 units
m) House service boiler  Type Steam condition Capacity Fuel Number	Package type 10 kg/cm <sup>2</sup> g 10 t/h Diesel oil 1 set / 2 units

Items	Description
(12) Environmental protection facilities *)	
a) Electrostatic precipitator	
Type	Dry type electrostatic precipitator
Number	2 units
Treated flue gas capacity	282 x 10 <sup>3</sup> Nm <sup>3</sup> /h
Inlet temperature	140°C
Outlet dust concentration	0.1 g/Nm <sup>3</sup> or less
Dust removal efficiency	99.25% or more
Number of section	4 sections/unit
b) Waste water treatment	
Type	Sedimentation, filter, neutralization method
Number	1 unit
Treatment capacity	210 m <sup>3</sup> /day
Outlet water quality	PH 5 - 9
	Suspended solid (SS)
	200 mg/l or less
	Oil 5 mg/l or less
c) Coal yard water treatment	
Type	Gravity sedimentation method
Number	1 unit
Treatment capacity	140 m <sup>3</sup> /day
d) Waste water treatment for ash deposit area	
Type	Gravity sedimentation method
Number	1 unit
Treatment capacity	800 m <sup>3</sup> /day
<p>*) For the environmental protection measurement for coal fired thermal power station, and only the installation of each environmental equipment (i.e. ESP, sound proofing wall, etc.), but also the consideration of the basic design and layout of power station's major equipment including boiler, turbine and so on must be taking into account upon the economical reason.</p> <p>Following table (supplement table) shows the measurement list of environmental protection measurement of this power station divided into each item.</p>	

#### 4. ELECTRIC FACILITIES

Items	Description
<p>(1) Generator</p> <p>a) Type</p> <p>b) Rating</p> <p>Generator output Voltage Current Power factor Short circuit ratio</p> <p>c) Exciter</p> <p>d) Number</p>	<p>Indoor type, horizontal shaft, 3 phase, totally enclosed, hydrogen-cooled turbine generator</p> <p>75,000 kW, 88,250 MVA 13,800 V 3,692 A 85% 0.58 (Minimum)</p> <p>Thyristor direct excite type with AVR</p> <p>2 units</p>
<p>(2) Main transformer</p> <p>a) Type</p> <p>b) Rating</p> <p>Capacity Voltage</p> <p>c) Connection method</p> <p>d) Number</p>	<p>Outdoor type, 3 phase, oil circulating, air-cooled transformer</p> <p>85,600 kVA 13.8/230 kV</p> <p>Y-<math>\Delta</math> connection, neutral point direct earthing</p> <p>2 units</p>
<p>(3) House transformer</p> <p>a) Type</p> <p>b) Rating</p> <p>Capacity Voltage</p> <p>c) Connection method</p>	<p>Outdoor type, 3 phase, oil circulating self-cooled transformer</p> <p>7,500 kVA 13.8/4.16 kV</p> <p><math>\Delta</math>-<math>\Delta</math> connection</p>

Items	Description
d) Number	2 units
(4) Starting transformer	
a) Type	Outdoor type, 3 phase, oil circulating air-cooled transformer
b) Rating	
Capacity	7,500 kVA
Voltage	230/4.16 kV
c) Connection method	Y- connection, neutral point direct earthing
d) Number	1 unit
(5) Switchyard	
a) Method	Outdoor double bus bar method
b) Circuit breaker	
Type	Porcelain-clad type, air or vacuum type circuit breaker
Rating	242 KV, 1,200 A 31.5 kV (Interrupting current)
Number	6 units
c) Disconnecting switch	
Type	Porcelain-clad type single or double breaking switch
Rating	242 kVA, 1,200 A
Number	14 units
d) Others	<ul style="list-style-type: none"> <li>° Steel structure</li> <li>° Bus bar</li> <li>° Instrument transformer</li> <li>° Instrument current transformer</li> <li>° Arrester</li> <li>° Compressor</li> </ul>
(6) 4 kV house switchgear	
a) Cubicle type	Indoor, single bus, enclosed type power board

Items	Description
b) Circuit breaker Type Rating	Vacuum type circuit breaker 4.76 kV 1,200 A 20 kA (Interrupting current)
c) Number of group	4 groups
(7) 210 V Power center	
a) Cubicle type	Indoor, single bus, enclosed type power board
b) Circuit breaker Type Rating	Air blast circuit breaker 600 V 1,200 A 20 kA (Interrupting current)
c) Number of group	3 groups
(8) 210 V Control center	
a) Cubicle type	Indoor, single bus, enclosed type power board
b) Circuit breaker Type Rating	Magnetic-blast breaker 600 V
c) Number of group	11 groups
(9) Power center transformer	
a) Type	Indoor, 3 phase, dry type
b) Rating Capacity Voltage	1,500 kVA 4,160/208 V
c) Connection method	$\Delta$ - $\Delta$ connection
d) Number	3 units
(10) Emergency power source	
a) Type	Diesel-engine generator
b) Rating	

Items	Description
Output Voltage Current Power factor	250 kW, 315 kVA 208 V 875 A 80%
c) Fuel	Light oil
d) Number	1 unit
(11) Control and instrumentation	
a) Boiler, Turbine, Generator control board	
Type	Enclosed, selfstanding bench type board
Kind of automatic control	<ul style="list-style-type: none"> <li>° Automatic start up and shut down control equipment</li> <li>° Automatic boiler control equipment (ABC)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Boiler master control</li> <li>- Fuel flow control</li> <li>- Combustion air flow control</li> <li>- Furnace pressure control</li> </ul> </li> <li>° Feed water control equipment (FWC)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Drum water level control</li> <li>- Deairator water level control</li> </ul> </li> <li>° Steam temperature control               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Superheater steam temperature control</li> <li>- Reheater steam temperature control</li> </ul> </li> <li>° Automatic load regulator</li> <li>° Turbine automatic starting speed control</li> <li>° Generator automatic synchronizer</li> <li>° Other local control systems</li> <li>° Operation supervisory and alarm annunciator systems</li> </ul>



Items	Description
Number	2 sets
b) Electronic computer Type Memory method Number	Digital type computer Magnetic disk method 2 sets
c) Auxiliary operation board Type Number	Enclosed, selfstanding type 2 sets
d) Auxiliary relay board Type Number	Enclosed, self standing type 2 sets
e) Coal unloading and handling control board Type Number	Enclosed, self standing bench type 1 set
f) Ash treatment control board Number	Enclosed, self standing bench type 1 set
g) Water treatment control board Type Number	Enclosed, selfstanding type 1 set
h) Generator hydrozen hermetically-sealed system control board Type Number	Enclosed, selfstanding type 1 set
i) Supervisory television Type Purpose, Number	Industrial color television for drum level        2 sets for furnace            2 sets for stack                1 set

Items	Description
(12) Miscellaneous equipment a) DC power source b) Compressor for control air c) House lighting system d) Paging system e) Private telephone system f) Private telecommunication system for coal vessel	

5. TRANSMISSION LINE AND SUBSTATION FACILITIES

Item	Description
<p>(1) Transmission Facilities</p> <p>Section Length Voltage Electrical system Conductor Overhead ground-wire Insulator</p> <p>Supporting structure</p>	<p>Telfers island - Panama II S/S 72 km 230 kV 3 phase 3 line, 60 Hz ACAR 750 MCM 7 x No.8 AWG, 2 line 250 mm standard disc type suspension insulator 14-unit strings 2 circuits, vertical arrangement angle steel tower</p>
<p>(2) Substation Facilities</p> <p>a) Circuit breaker</p> <p>Type Rate Quantity</p> <p>b) Disconnecting switch</p> <p>Type Rate Quantity</p> <p>c) Protection equipment for transmission line</p> <p>230 kV transmission line protection equipment</p> <p>Power line carrier directional comparison system with single phase reclosing</p> <p>d) Other facilities</p> <p>Potential device Current transformer Lighting arrester</p>	<p>Gas circuit breaker 242 kV, 1600 A, 31.5 kA 9</p> <p>Insulator type, horizontal one or two breaking disconnecting switch 242 kV, 1200 A 24</p> <p>2 circuits</p>

Item	Description			
(3) Telecommunication Facilities				
	Specification	Central Dispatching Office	Panama II S/S	Telfers island
Power line carrier equipment	4ch Type, 20W	2 sets	3 sets	1 set
Power line carrier relay equipment	Earth return coupling system		2 sets	2 sets
Power line carrier equipment	4 ch par 1			
Dispatching and maintenance telephone circuit	1 ch			
TM circuit of CDT system	1 ch			
Data circuit	2 ch			







JICA

