

## 第2編 基本設計レベル調査

## 第1章 緒論

## 第1章 緒論

第1編で述べた如く、カンボジア政府の要請に基づき、日本国政府は本調査の実施を決定し、国際協力事業団（以降「JICA」と略称する）はプノンベン市の発電設備、配電網及び給電指令設備整備に係わる基本設計レベル調査を実施した。

基本設計レベル調査の現地調査は1993年1月11日より1月30日までの20日間に亘って行われた。調査団はマスター・プラン調査によって提言されたプノンベン市の発電設備、配電網及び給電指令設備に計画予定地域の状況、第5発電所の現状、冷却水取水状況、燃料供給状況、配電線線路調査、給電指令設備の現況、EDPの維持管理状況の調査、発電・配電・給電指令システムの問題点を調査すると共に、基本設計を実施するために必要な資料の収集、及びカンボジア側の当該計画の責任省庁である工業省（MOI）及び実施機関であるプノンベン電力公社（EDP）と協議を行った。協議を通じて、当調査団とEDPは基本設計を実施する為の基本構想及び基本設計基準に合意した。

## 第2章 計画の内容

## 第2章 計画の内容

### 2.1 背景

プノンペン市の発電設備、配電網及び給電指令設備の拡張整備が実施されない場合は次の様な問題が発生することになる。

- (a) 既設発電設備の容量不足が更にエスカレートし、電力損失、電圧降下が幾何級数的に増加する。
- (b) 設備の老朽化の進行と相俟って、過負荷による機器の損傷などで、供給の信頼度のみならず、供給能力の著しい低下を招く。
- (c) 不適切な給電指令により系統運営に混乱を來たす。

この結果、経済活動の停滞、それに伴う雇用機会の減少、住民生活の不安定化を増中することになる。

このような事態に対処すべく、援助各国・国際機関は、発電設備、配電設備の復興・拡張計画を推進している。日本政府もカンボディアの要請に基づき同市のマスター・プラン調査を実施し、その中で調査団は、第5発電所への10MWの発電設備、南北系統連系線、市内高圧配電線及び給電指令設備を日本の無償援助対象施設とすべきことを提言した。

### 2.2 計画の構成要素

#### 2.2.1 計画の構成要素の検討

カンボジア政府より無償資金協力として要請のあった計画構成要素および今回の基本計画調査の対象とした計画構成要素は以下に示す通りである。

要請	日本国援助計画
1. 第5発電所の増強 (5MW x 3台)	同施設但し、5 MW×2台
2. 連系配電線の新設 約20km	同施設及び1部市内配電線
3. 給電指令所の整備	同施設

今回の基本設計レベル調査では電力復興マスタープラン調査のなかでも特に緊急度が高く日本の電力復興援助対象として最適である下記計画要素を調査対象とした。

(1) 第5発電所の増強

第1編第7.1項「ブノンベン市の電力需要予測」及び第8.2項「発電設備」で述べた様に、第5発電所には容量10MWの発電設備が必要であり、この発電所はベース負荷用発電所として使用される。台数選定に当っては技術的・経済的検討を行ない、建設費が安く、保守用停止期間が短い5MW×2台を選定した。表II.2.1に台数選定の比較表を示す。

(2) 配電線の新設

第1編第8.3項「配電設備」で述べた様に、南北連系線は存在せず、南・北電力系統は単独運転を強いられている。市内の配電網の中に於ても両系統は未接続の状態である。又、線路容量も小さく、単に接続するだけでは、十分な効果が得られない事も判明している。市内を縦断する丈の敷地的余裕もない事から、市の外周に連系線を施設する事とした。さらに、市の中心部（北部地区、第5発電所近辺）は負荷が集中しているにもかかわらず、配電線路が最も老朽化しており、供給信頼性を失っている。この為、緊急に改善する必要性から新設配電線建設の対象として含めた。

(3) 給電指令所の整備

第1編第8.4項「給電指令設備」で述べた様に、簡単な設備はあるものの十分に機能していない。これは機器性能及び作業手順・方法に問題がある事が明らかになったので、本計画ではこれら諸問題点を改善した機器・システムを導入し、復旧効果の向上を計った。尚、通信手段としては市内公共電話設備が未整備であるので、専用の無線回線を構築する事とした。

選定されたそれぞれの計画要素は以下に述べる通りであり、ブノンベン市内の安定した電力供給を維持すると共に電力供給信頼度の向上、過度な電圧降下ならびに電力損失の防止に適正な対策である。

実施計画構成要素は、以下の通りである。

1. 発電設備

第5発電所、5,000kW×2台

2. 配電設備

南北系統連系線、約19.5km 20kV設計15kV運用

市内配電線及び配電用機器

### 3. 通信・給電指令設備

給電指令用監視装置

無線通信設備

#### 2.2.2 施設の検討

調査団によるMOI及びEDP関係者との協議の結果及び詳細調査、国内解析の結果より計画の必要性、妥当性が下記の通り確認された。

##### (1) 発電設備

###### (a) ディーゼル・エンジン発電機

運転・保守の利便性及び経済性から5,000kW×2台(10MW)を設備する。この設備は主としてベース負荷発電用として機能する事から長時間運転状態となる。従って、エンジンは中速度以下の回転数、即ち、750rpm以下とする。

###### (b) 始動用圧縮空気供給設備

始動方式にはモータ始動方式、圧縮空気始動方式の二通りがあるがその中でも信頼性の高い圧縮空気始動方式とし、単独始動可能な様に圧縮空気タンクを設備する。

###### (c) 燃料供給設備

既設第4発電所と共用する案も考えられたが、備蓄量が不足する事から専用の貯蔵タンク1,000m<sup>3</sup>×2基(日本で一般的な備蓄量30日分)及び輸送設備を建設する。タンカーはトンレサップ川に着くので荷下し用のポンプ設備及び第5発電所までの専用パイプラインを建設する。

###### (d) 潤滑油供給設備

機械の可動部分には潤滑油が必要であり、この供給のために潤滑油ポンプを設置する。

###### (e) 冷却水供給設備

エンジンの冷却方式には各種方式があるが、川からの冷却水の確保が容易な環境からクーリングタワー方式を採用する。第5発電所はトンレサップ川に近いので川にフローティングポンプ場を建設し、専用パイプラインにより発電所敷地内に送水する。発電所内に水処理施設を設け処理水を冷却水として使用する。尚、冷却水補給量は170ト/日と推定される。

(f) 吸気・排気設備

ディーゼル機関の燃焼用空気の吸気のためにフィルター機構を設備し汚れた空気を送らないようにする。エンジン排気は高温ガスで、音も相当高くでることから騒音防止用消音器及び煙道を施設する。

(g) 主要変圧器

発電機端子電圧は6.3kVであるので、変圧器により配電系統電圧の15kVに昇圧する必要がある。容量はIEC規格値より選定し、6,300kVAとした。電圧の変動に対応するため負荷時タップ切換器を導入した。保守点検停止を考慮し、6,300kVAの2バンク構成とした。

(h) 所内変圧器

所内電力用として所内変圧器を設備する。保守点検停止を考慮し、2バンク構成とした。変圧比は6.3kV/400-230Vとする。

(i) 6.3kV配電盤

発電機主回路・変圧器一次側回路には保護・制御用機器が必要である。これらを収納する配電盤を屋内に設備する。防災対策上メタル・クラッド型とする。回路定格電流は1200A、又故障解析の結果遮断容量は31.5kA必要である。

(j) 15kV配電盤

連系統及び市内配電線用口出し部として保護・制御用機器が必要である。系統電圧は15kVであるのでIEC規格の定格電圧17.5kVを機器設計に適用する。回路定格電流は将来の拡張も考慮し、600Aとする。遮断容量は25kAを適用する。防災対策上メタル・クラッド型とする。

(k) 所内低圧配電盤・モータコントロールセンター

所内動力・照明設備等の為に低圧電源配電盤を施設する。又、各種補機用動力の自動化運転の為にモータコントロールセンターを施設する。

(l) 直流電源装置 (バッテリー/チャージャー)

各種保護・制御機器及び非常灯設備等の為に直流電源装置を施設する。電源装置はアルカリバッテリー、充電器及び直流配電盤より構成される。バッテリーの容量は検討の結果100AH 110Vとする。



- (m) 保護・制御装置
- ディーゼル発電機の制御方式は構成が単純で操作が容易な一人制御方式とする。即ち、基本的には手動方式である。日本では500kW以上の設備には各種保護装置を設備する事となっている。又、変圧器・配電線についても安全性から保護装置が必要である。日本の技術基準に従って保護・制御装置を施設するものとする。
- (n) 保守用工具・計測器・予備品
- 発電所の運転・保守を効率的に実施するため、保守用工具・計測器・予備品の供与計画が第1編「マスター・プラン調査」において提言された。今回の計画には、EDP手持ちの破損・劣化が激しい工具・計測器、特殊工具の補強のためにも供与設備の運転・保守に必要な全ての計測器・工具を供与する必要がある。又、予備品については2年分程度の供与を含める。
- (o) 土木・建築工事
- 新規施設に必要な土木・建築工事、計画実施効果の昂揚及びアピール効果を持たせる為、以下の工事が必要である。
- (i) 発電所内敷地の整地及び法面建設工事
  - (ii) 防災土木・建築工事（環境対策を考慮した計画とする。特に、土砂流失・排水対策等）
  - (iii) 各設備の土木工事（油貯蔵タンク基礎、沈殿池、冷却水ポンド等）
  - (iv) 維持管理上必要な工事（構内道路、潤滑油貯蔵所）
  - (v) 発電所付属設備工事（照明、換気空調、飲料水等）
  - (vi) 発電所建屋補修工事（仕上げ、ピット・ダクト等）
  - (vii) 安全・防災工事（各種フェンス、油流失防止、危険表示、避雷針、接地等）
- (2) 配電設備
- (a) 南北系統連系線
- 送電容量は各発電所の定期点検及び事故に対応できる容量として、1回線当たり10,000kWとして2回線にて接続する。支持物は鋼管柱、電線はHAL120sq.mm、ケーブルは20kV架橋ポリエチレン絶縁ポリエチレンシース鋼帯がい装アルミ導体、3芯ケーブル、150sq.mmとする。
- (b) 市内配電線及び配電用機器
- 市内重負荷地域への対策として第5発電所から配電線2フィーダーを新設する。配

電容量は隣接するフィーダーの事故時に対応出来るものとして、1フィーダー5,000kVAとする。配電線のルートは市街地であるので地下ケーブルとする。ケーブルは20kV架橋ポリエチレン絶縁ポリエチレンシース鋼帯がい装アルミ導体、3芯ケーブル、150sq.mmとする。配電線の保護、各フィーダー間の連系のため1部の変電所、変電棟に開閉機器を取付ける。系統電圧は15kVであるのでIEC規格の定格電圧17.5kVを機器設計に適用する。1部市内配電線の連系に伴い4.4kVから15kVに昇圧する必要があり、4.4kV変電棟2箇所の変圧器を取り替える。又、市内の重負荷対策として変電棟1箇所を新設する。各配電用変圧器の容量は既設と同じ250kVAとする。

### (3) 通信・給電指令設備

#### (a) 固定無線設備

給電指令業務を効率よく実施するためには、給電指令所(LDC)と遠方電気所(各発電所)間の通信の確保が必要不可欠なものである。給電指令所と遠方電気所を結ぶ通信用として、無線設備を施設する。既存の公共電話網は老朽化が激しく、電話線も混線しており、信頼性に乏しく使用出来ない。又、電力線搬送電話(PLC)設備も既設配電線路には適用出来ないため無線設備とする。固定局はLDCに1台、各発電所に5台の計6台とする。

#### (b) 移動無線設備

配電線、変電所および配電線事故・故障時の迅速復旧のために移動無線設備が必要である。既存の移動無線設備は市民バンドを使用しているため混信が激しく、使用上問題があるので新規設備を導入する。現在、保守用車両は全数で4台あり、これら全てに移動無線設備を施設する。尚、車両はEDPの既存のものをそのまま使用する。

#### (c) 給電指令用総合監視盤

遠方電気所から送られてくる運転状況・停電状態の情報および運転データを総合監視盤上に表示し、電力設備の効率的運転・維持管理および供給信頼度の向上を図る。既存の監視盤は単に系統図を板上に示したものであり給電指令業務にあまり有効でない。これを改善すべく、又将来の拡張にも対応できる様な設備・設計とする。

#### (d) 電源装置

無線装置・監視盤に必要な電源は直流24V又は12Vとし、充電器と共にアルカリ電池が供給される。

#### (e) 保守用工具・予備品

保守用特殊工具一式と2年分の予備品を供与の対象とする。

## 2.3 計画の概要

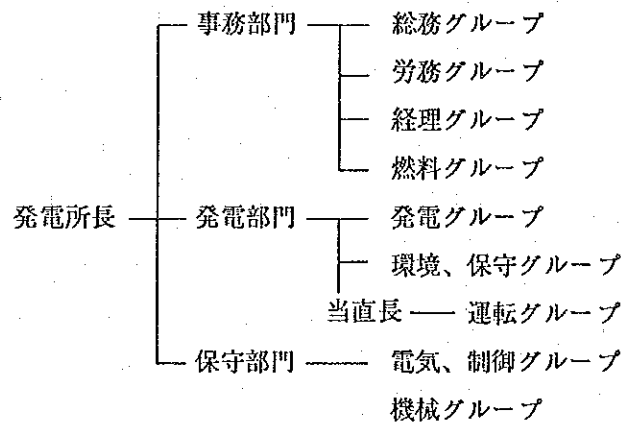
### 2.3.1 実施機関及び運営体制

既に、第1編5.4項「電力事業運営」で説明したように、本計画完了後の施設はEDPが責任をもって運営に当たる。配電線及び給電指令の運営は、現在のEDPの保守・指令要員によって継承される。第5発電所における設備運転・管理体制の組織は以下に述べる通りである。

発電所の設備と運用は、運転年数、発電方式、使用燃料の種類、自動化の範囲、起動停止等の運用条件と地域条件によって異なるが、運営、管理は個々の発電所の実態に適したものでなければならぬ。

発電所の運転、保守を円滑に遂行するため、組織体制を確立し、各自の責任、業務を明確にした上で、弾力的に運営管理を行い、電力の安定供給と業務処理の効率向上を計る。

当ディーゼル発電所については、一発電所として独自の運転、保守体制を編成するが、基本的には下記組織編成を必要とする。



運転グループの編成は、4チームが3交替で8日周期の昼夜連続の運転業務にあたる。その他の職種はすべて通常の勤務体制とする。本計画に必要と考える発電所要員は全体で51名である。詳細組織を表II.2.2に示す

### 2.3.2 計画地の位置及び状況

プノンベン市はカンボジアの中央部のやや南寄りのメコン川とトンレサップ川の合流地点に位置する。対象地域の標高は概略海拔8.5mから12mである。図I.5.1に対象地域であるプノンベン市の地図を示す。

(1) 第5発電所

対象となる第5発電所は市の北側に位置し、第4発電所と第1発電所の間に位置する。トンレサップ川より約600m西方の位置にあり冷却水取水は容易である。発電所地点の標高は概略海拔12.0mである。

(2) 配電線

対象となる配電線線路のうち南北連系線は市街地外周に配置する、市中心街への配電線は市の北部地域を対象地域としている。南北連系線は架空線のため人家密集地を避け民家の少ない郊外を経由する。郊外は田畑や湿地である。市街配電線は建物・樹木が多いので道路下の地中ケーブルとなる。

(3) 給電指令所

給電中央指令所はEDP本社に設置される。既に給電指令用の室も用意されている。給電指令を受ける対象は各発電所（第1から第5発電所）と線路保守用移動車輛（計4台）である。

### 2.3.3 施設・機材の概要

(1) 発電設備

既存の第5発電所敷地に設置する新鋭ディーゼル・エンジン発電設備は以下の通りである。

- (a) ディーゼル・エンジン発電機、5,000kW×2台 750rpm
- (b) 始動用圧縮空気供給設備、圧縮空気タンク付き圧縮機×2台
- (c) 燃料供給設備、貯蔵タンク1,000m<sup>3</sup>×2基
- (d) 潤滑油供給設備
- (e) 冷却水供給設備、フローティング・ポンプ場及び水処理施設
- (f) 吸気・排気設備、フィルター・サイレンサー付き
- (g) 主要変圧器、6,300kVA×2台
- (h) 所内変圧器、630kVA×2台
- (i) 6.3kV配電盤
- (j) 15kV配電盤
- (k) 所内低圧配電盤・モータコントロールセンター
- (l) 直流電源装置（バッテリー/チャージャー）DC110V 100AH
- (m) 保護・制御装置

(n) 保守用工具・計測器・予備品

(o) 土木・建築工事

(2) 配電設備

(a) 各発電所間の新設連系線

既設発電所間の発電電力の融通、発電所の保守定期点検の容易化、事故時対応を図るべく各発電所間を架空線及び地中線にて連系する。

連系線の概要を下記に示す。

(i) No. 5 - No. 1の発電所間	約0.4 km	(地中線 1 回線)
(ii) No. 5 - No. 4の発電所間	約0.2 km	(地中線 1 回線)
(iii) No. 5 - No. 3の発電所間	約8.5 km	(架空線 2 回線)
	約0.5 km	(地中線 2 回線)
(iv) No. 3 - No. 2の発電所間	約11.0 km	(架空線 2 回線)
	約1.4 km	(地中線 2 回線)

(b) 配電線の増強

市内中心部の需要増に対応すべく15kV 2回線の配電線を新設すると共に既設変電所の供給範囲を変更し供給力の増強を図る。

配電線増強計画の概要は下記の通りである。

(i) No.5発電所からNo.8変電所へ15kV地中線 1 回線新設	約2.8 km
(ii) No.5発電所からNo.193変電所へ15kV地中線 1 回線新設	約3.3 km
(iii) No.8変電所からNo.7変電所、No.127変電所間の4.4kVから 15kVへの昇圧	約1.2 km
(iv) No.20変電所地区配電線増強	約0.3 km

(c) 配電用変圧器の取替及び増設

上記に関連して4.4kV一区間の15kVへの昇圧を実施するが、既設4.4kV変電塔内の変圧器を15kV用変圧器に取り替える。市内重負荷対策として変電塔No.20付近に新変電塔を増設する。

配電用変圧器の取替、増設の概要は下記の通りである。

(i) 配電用変圧器の取替	15kV/380 - 220V 250kVA	2 台
(ii) 配電用変圧器の増設	15kV/380 - 220V 250kVA	1 台

(d) 配電用開閉機器

配電線路・施設の故障区間除去及び保守点検のために、対象となる変電所及び発電

所に配電開閉機器を設備する。設備概要は下記の通りである。

(i) 遮断器付きメタル・クラッド配電盤

第1発電所（単母線用）	1面
第2発電所（二単母線用）	2面
第3発電所（単母線用）	4面
第4発電所（単母線用）	1面

(ii) 負荷遮断器付き配電盤

No.8, No.7, No.127, No.20変電所	4面
------------------------------	----

(3) 通信・給電指令設備

電力設備の運転効率の向上及び事故・故障時の迅速復旧の為、下記の通信・給電指令設備を施設する。

(a) 固定無線設備（LDC、各発電所）	6台
(b) 移動無線設備	4台
(c) 給電指令用総合監視装置	1式
(d) 電源装置	1式
(e) 保守用工具・予備品	1式

2.3.4 維持・管理計画

当計画が実施され、新発電所の運転、配電設備及び通信・給電指令設備を問題なく運用するためには事前に設備の維持・管理体制を整備し、運転開始に備える必要がある。EDPにより事前に準備すべき事項は下記の通りである。

(1) 運転・保守マニュアルの整備

既存発電所、配電線及び給電指令所において運転・保守マニュアルの整備状況は管理部門・発電所によりかなり異なるが、共通の問題として指摘できることはマニュアルがほとんど無いということである。建設が開始され、調達された機器についてのマニュアルが提供されることになるが、これらのマニュアルを適切に保管し、必要なときに運転・保守要員がすぐに参照できるように整備すると共に、発電所の技術者が容易に理解できるクメール語に翻訳する。この作業は機器のマニュアルの入手直後から開始する必要がある。

更に日常的に機器・材料・施設に接する運転要員用には、現地語による図表（フローチャート等）を使用した解かりやすい運転・保守マニュアルを作成する。また関係する機器構造についても現地語による図表を使用した概要説明書を作成し、運転・保守要員の理解を促す。

## (2) 発電所要員の確保

配電設備・給電指令設備要員については現行要員により運転・保守される事になっているが線路の拡張に伴って不足要員の増強が必要と考える。本計画の実施により必要と考える要員増は10名である。一方、第5発電所要員に関しては1部第4発電所から、残りはEDPの他部門からの転属により組織することになっているが、同発電所の運転開始前に要員の確保及び組織の確立を図る必要がある。

## (3) 事前訓練

新しい発電所の運転・保守方式を発電所要員が事前に熟知し、問題なく運転が開始されその後も持続的に運転をできるように、事前の訓練を行う。事前訓練は作成された英語によるマニュアルを使用して、業者が機器据付期間に下記項目について現地で行なうことになる。

- (a) 発電所構成の理解
- (b) 単線結線図／各種補機系統の構成図の理解
- (c) 機器配置・配列の理解
- (d) 運転方法
- (e) 保守方法
- (f) 安全管理方法
- (g) 記録／報告書作成方法

## (4) スペア・パーツの管理体制

機器の調達に伴い必要とするスペア・パーツも供給されることになるが、電力設備を円滑に維持するため事前にスペア・パーツの保管と数量の管理体制を確立しておく必要がある。特に、ディーゼル発電所においてはスペア・パーツの確保は運転上必須である。運転開始後通常必要と考えられるディーゼル発電所用スペア・パーツを表II.2.3に示す。尚、運転開始後2年分については供与の対象として含めてあるが、EDPは3年目以降のスペア・パーツを手当する必要がある。

## (5) 燃料と潤滑油の供給確保

新しい発電所が問題無く運転を開始するためには、使用する燃料と潤滑油が運転開始に先立って調達されていなければならない。発電所の効率的な運転を統括するためには、燃料と潤滑油の必要且つ十分な量を計画的に確保しなければならない。このために事前に燃料と潤滑油の消費量を推計し、建設スケジュールに合わせ供給の申請を関係部署に行う。第5発電所の日本援助設備運転に必要な燃料・潤滑油消費量の推計は表II.2.4に示す。

#### (6) 保守予算の確保

新規発電所の運転・保守には燃料、潤滑油、スペア・パーツ、人件費、事務経費等の費用が必要である。配電・給電指令設備においてもスペア・パーツ、人件費、事務経費等必要である。この費用を毎年予算計上し、遅滞なく確保していく必要がある。本計画において、運転・保守に必要な概算予算の推計を表II.2.5に示す。

#### 2.4 技術協力の必要性

過去に外国援助によって、ブノンペン市の発電設備整備分野の技術指導が実施されている。しかし、形式も古く運転方式も日本とは違う設備に対してのものである。日本援助の設備を安全かつ効率よく運転・保守するには再度の実施トレーニングが必要であるが、前述の事前訓練実地後、日本への研修員受入れ、日本の専門家派遣等の技術協力の必要性がある。



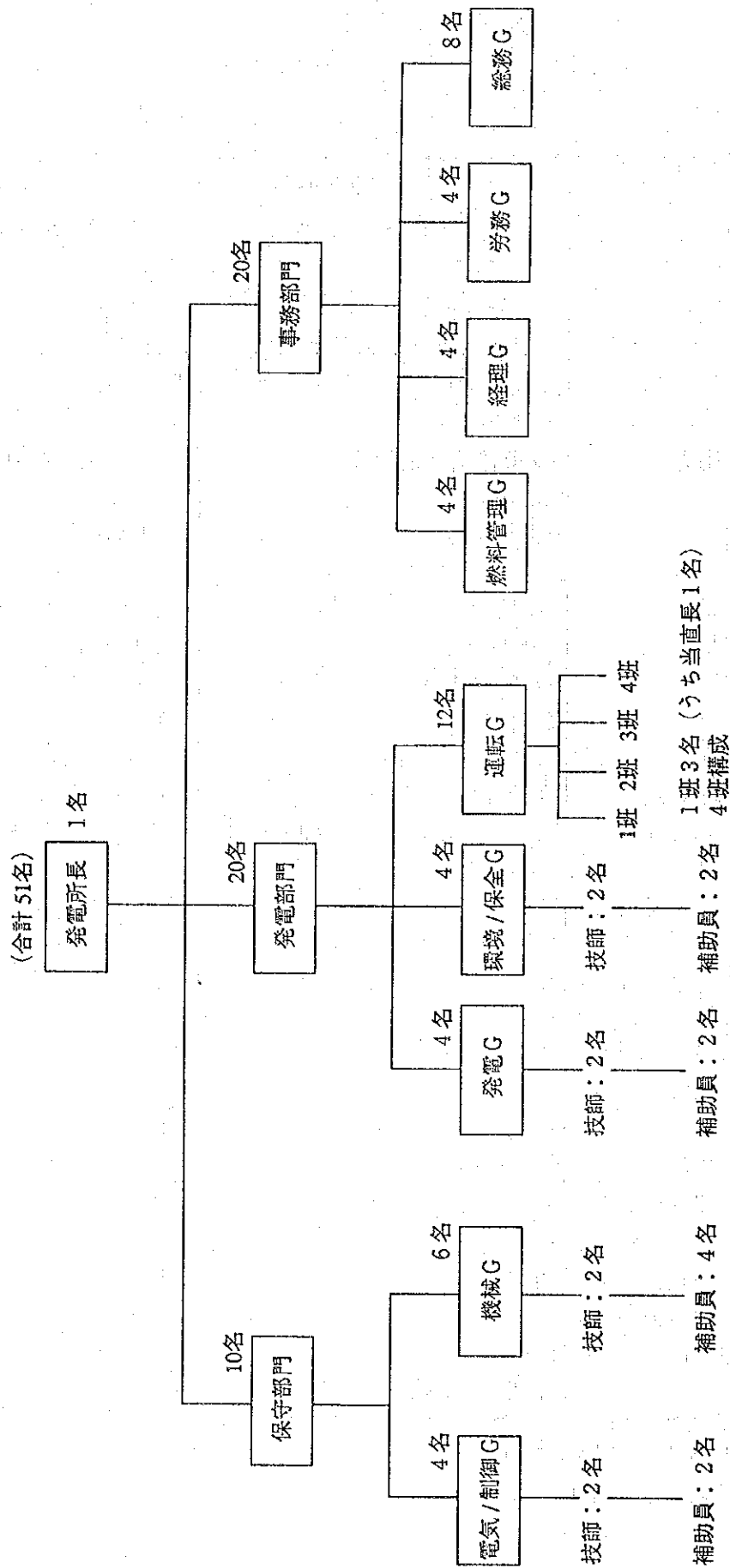
表 II.2.1 単機容量と台数の比較

項目 NO	項目	ケース1 (10.2MW) 3,400KW×3台	ケース1 (10MW) 5,000KW×2台
1	エンジン型式	4-サイクル、トランクピストン形、水冷、直接燃料噴射式空気冷却器付ディーゼルエンジン	4-サイクル、トランクピストン形、水冷、直接燃料噴射式空気冷却器付ディーゼルエンジン
2	エンジン出力	4,250馬力/台以上	7,090馬力/台以上
3	回転数	750 rpm	750 rpm
4	冷却方式	強制水冷式	強制水冷式
5	始動方式	圧縮空気始動方式	圧縮空気始動方式
6	発電機方式	自己通風方式、防滴解放型	自己通風方式、防滴解放型
7	発電機容量	3,750 kVA	6,250 kVA
8	発電機電圧	6.6又は11 kV	6.6又は11 kV
9	極数	8極	8極
10	励磁機形式	ブラシレス方式	ブラシレス方式
11	励磁機冷却方式	自己通風方式	自己通風方式
12	概略寸法 (mm)	9,500L×4,000W×3,900H	12,500L×4,000W×4,000H
13	重量 (エンジン+発電機)	55トン/台	80トン/台
14	燃料消費率 (注1)	150g/馬力・時間	150g/馬力・時間
15	潤滑油消費率 (注1)	2g/馬力・時間	2g/馬力・時間
16	定期点検保守期間	8日/台/回	10日/台/回
17	製作納期 (FOB迄)	10ヶ月/3台	9ヶ月/2台
18	総建設費比較	120~125%/3台	100%/2台
19	機器費比較	120~120%/3台	100%/2台
20	既存発電機基礎	使用可能	使用可能
21	保守・管理費比較	120%	100%
22	系統運転の容易性	容易	容易
23	並列運転の容易性	通常	通常
24	負荷運転時の燃料消費の経済性	経済的	経済的
25	燃料	軽油、A重油、(C重油) (注2)	軽油、A重油、C重油

(注1) 一般的日本製品の参考値

(注2) C重油対応困難な場合あり。

表-II.2.2 第5発電所維持・管理要員



- (注) 1. G：グループの略  
 2. 運転グループの勤務編成は、4チームが3交替で8日周期の昼夜連続運転業務にあたる。  
 その他のグループ、職種はすべて通常の勤務体制とする。

表-II.2.3 第5発電所に必要とするスペア・パーツ

スペアパーツは通常コントラクターの推奨によるが、下記のパーツは発電所が正常な運転を維持する上で最低限必要と考える部品である。

(1) 消耗品	5,000kW用	シリンダー・カバー 吸気バルブ 排気バルブ 燃料インジェクション・バルブ ピストン クランク・ピン・ベアリング 燃料インジェクション・ポンプ エアー・クーラー
(2) 付属機器用標準パーツ	5,000kW用	1式

表-II.2.4 燃料・潤滑油消費量（1台当たり）と貯蔵タンクの備蓄量（1ヶ月分を目安として）

計算条件： ディーゼル発電機の定格出力 5,000 kW/unit

利用率 68%（定検15日、補修中間点検15日、平均負荷率75%）

燃料油 JIS K 2204の2号相当 熱量10,200kcal/kg、比重0.86kg/liter

### 1. 燃料 (Fuel oil) 消費量

$$0.205\text{kg/kWh} \times (1/0.86) \times 5,000\text{kW} = 1.19 \text{ kl./h} = 28.6 \text{ kl./D}$$

$$\text{年間消費量} \quad 1.19 \text{ kl./h} \times 8,760\text{h} \times 68\% = 7,089 \text{ kl./yr./set}$$

$$\text{TANK容量} \quad 28.6 \text{ kl./D} \times 30 \text{ D} = 858 \text{ kl.}$$

$$\text{tankの推奨容量} \quad 1,000 \text{ kl./unit}$$

$$\text{発電所年間燃料必要量} = 7,089(\text{kl./yr./set}) \times 2 \text{ sets} = 14,178 (\text{kl./yr.})$$

Say 14,200 (kl./yr.)

### 2. 潤滑油消費量

$$0.0015\text{kg/kWh} \times (1/0.90) \times 5,000\text{kW} = 8.33 \text{ liter/h} = 200 \text{ liter/D}$$

$$\text{年間消費量} \quad 8.33 \text{ liter/h} \times 8,760\text{h} \times 68\% = 49,620 \text{ liter/yr.}$$

$$\text{TANK容量} \quad 200 \text{ l./D} \times 30 \text{ D} = 6 \text{ kl.}$$

$$\text{発電所年間潤滑油必要量} = 49,620 (\text{l./yr./set}) \times 2 \text{ sets} = 99,240 (\text{l./yr.})$$

Say 99,300 (l./yrs.)

### 第5発電所

$$\text{年間燃料必要量:} \quad 14,200 (\text{kl./yr.})$$

$$\text{年間潤滑油必要量:} \quad 99,300 (\text{l./yr.})$$

表-II.2.5 維持・管理に必要な年間概算予算

1. 第5発電所

(1) 燃料・潤滑油費

$$\text{燃料} = 14,200 \text{ (kl)} \times \frac{275.84}{0.86} \text{ (US$/l)} = \text{US\$3,916,928} \approx \text{US\$3,917,000}$$

$$\text{潤滑油} = 99,300 \text{ (lr)} \times 1.25 \text{ (US$/lr)} = \text{US\$124,125} \approx \text{US\$124,000}$$

$$\text{合計} \quad \text{US\$4,041,000}$$

(2) 人件費

年間推定人件費：月給平均 45US\$ /人 /月として、

$$45\$/\text{月} \times 51 = 27,540\$/\text{年} \quad \text{合計} \quad \text{約 US\$27,550}$$

(3) スペアパーツ

1年分保守用スペアパーツは連続運転するとして、運転開始後10年間に亘っては5,000kWのエンジン・発電機セット1台につき年間約4,000万円分のパーツが必要である。

5,000kWの2台分としては約8,000万円必要である。(約 US\$645,000)

$$\text{第5発電所 合計} \quad \text{約 US\$4,714,000}$$

2. 配電線

(1) 材料費 (主として碍子、ケーブル端末)

$$\text{ポスト碍子} \quad 1,200 \text{ (pcs)} \times 0.1 \times 100 \text{ (US$/pc.)} = \text{US\$12,000}$$

$$\text{耐張碍子} \quad 1,200 \text{ (pcs)} \times 0.1 \times 20 \text{ (US$/pc.)} = \text{US\$2,400}$$

$$\text{ケーブル端末} \quad 2 \text{ 組 (3 相分)} \times 2,000 \text{ (US$/set)} = \text{US\$4,000}$$

$$\text{小計} \quad \text{US\$18,400}$$

(2) 人件費 (増加要員のみ)

$$45 \text{ (US$ /人 /月)} \times 10 \text{ 名} \times 12 \text{ 月} = \text{US\$5,400}$$

$$\text{配電線合計} \quad \text{US\$23,800}$$

年間概算予算計

$$\text{US\$4,737,800}$$

### 第3章 基本設計

## 第3章 基本設計

### 3.1 設計方針

本計画の設計に当たっては、EDPの技術能力に適応し、運転・保守の容易さを考慮して、既設施設に準じた設計基準及び機器を採用し、高い安全性と信頼性を確保し、さらに将来のシステムの拡張に対応できる融通性のあるシステム構築を基本方針とする。即ち、

- － 電力供給信頼度の確保・向上
- － 電力設備維持・管理のための安全性の確保
- － 既設に準じた維持・管理のための設計
- － 将来への拡張性

#### 3.1.1 自然条件

当該施設の設計に当たり、配慮すべき自然条件は、気温、風速、湿度、雷、降雨などである。調査期間中に入手した1981年から1991年までの11年間のデータから、最悪条件を確認し、EDPの現行設計条件と比較して、当該計画の設計条件を決定する。

#### 3.1.2 特殊条件

##### (1) 道路工事

電気施設の工事・建設については、EDPの慣行に従って行われる。カンボディアでは電力設備の工事に伴って掘削された公共の道路、歩道等の修復については、その修復にかかる費用は全て施工業者が負担するよう定められている。工事施工業者は、工事開始に先立ち工事区間の図面の提出及び交通規制区間と時間を申請しEDPを通じて道路局の道路掘削許可を得る必要がある。

##### (2) 周波数選定

カンボディアにおいて無線設備を使用する場合には、使用する周波数を選定し、通信・運輸省に申請を行い、認可を得る様定められている。業者は、製造開始に先立ち無線周波数の選定を行い、EDPを通じて許可を得る必要がある。

### 3.1.3 現地調達

本計画において使用される主要資機材については現地で調達できるものはなく、全て日本調達となる。ただし、工事に使用される骨材、煉瓦、木材は現地調達となる。

### 3.1.4 運転・保守体制

(1) 第2発電所及び第4発電所の運転・保守状況及び配電設備の維持・管理状況より見て、EDPの現在の維持・管理能力は充分でない。本計画、特に第5発電所への新規技術者の導入には訓練・指導が必要である。

(2) EDPの第5発電所、配電線及び給電指令所に所属する予定の運転・保守主任の技術指導を施工期間中に日本業者により実施する計画とする。その主なる内容は次の通りである。

#### (a) 第5発電所

発電所の運転・保守要員の技術主任を対象に施工期間中に分解・組立ての技術指導を行ない、さらに試験時や試運転時に立会わせ、実務を通して技術の移転をはかる。運転担当要員には試験時や営業運転開始前のならし運転時に実務を通して技術の移転を計る。

#### (b) 配電線

EDPは自らの工事班を編成し、施工業者と協同作業を行う計画を有している。この案はEDP作業員の技術力向上と工事完成後の配電線の適正な運転・保守に役立つものと期待される。施工業者はEDPの工事班に工事実施期間を通じて技術移転を図ることになる。尚、配電線保守に必要な工具及び2年分のスペア・パーツ供給を計画に含めてある。

#### (c) 給電指令所

施工業者は据付期間中に通信設備の運用・保守についてEDPへ技術指導を行い給電指令の基礎的知識の移転をはかり、将来の拡張されたシステムにも対応できるような技術の向上をはかる。

(3) 現在、プノンベン地区の発電所、配電設備、給電指令設備の維持管理の中核を構成している技術職員のほとんどは、過去に他国援助で実施した整備計画で教育・訓練を受けた経験を持っており、本計画を通じて、さらに技術の向上を図ると共に最新の効率のよい迅速な



維持・管理技術の導入を図る計画である。

## 3.2 設計条件

### 3.2.1 気象条件

#### (1) 気温、湿度

プノンベン市の過去の気象記録（農業気象部）によると、同地区の絶対最高、最低気温は、各々40.5℃及び13.3℃である。しかしながら、経済設計上プノンベン市の過去の発電設備整備計画と同じ以下の条件を本計画にも適用する。

最低平均外気温度	13℃
最高平均外気温度	40℃
平均外気温度	27℃

最大相対湿度は94%が記録されている。従って、本計画においてはこの数値を適用する事とした。添付表II.3.1に過去11年間の気温記録、湿度記録、降雨量記録を示す。

#### (2) 風速

プノンベン市の測候所で観測された最大風速は、20.0m/sであるが、本計画に適用する最大風速を25m/sと仮定した。この風速はメコン委員会が適用している風速（25m/s）で既存設備に対して今迄のところ何ら問題が発生していない。表II.3.2に最大風速記録を示す。

#### (3) 降雨強度

過去12年間のプノンベン市における日降雨量データから、最大日雨量の確率雨量を求めた。図II.3.1に結果を示す。降雨強度は、概して雨期の1日当たりの降雨時間が通常数時間であることから、日降雨量の50%と仮定した。従って、1/10確率における降雨強度は、 $100\text{mm} \times 0.5 = 50 \text{ mm/hr}$ となる。

#### (4) 落雷

プノンベン市で観測された落雷のデータを表II.3.3に示す。雨期にはプノンベン近郊やプノンベン市内での落雷の記録があり、発電所には避雷針を設置する。

### 3.2.2 水質条件

ディーゼル・エンジンの冷却水は、トンレサップ川から取水することになるが、トンレサップ川から採取したサンプルの水質試験の結果、以下のことが明らかとなった。

#### (1) 水質

水質分析結果を表II.3.4に示す。pH値はほぼ中性で、外見的には土壌の微粒子の懸濁により色度、濁度とも比較的高い値となっている。しかしながら、水質としては、窒素、リン成分とも微量で、人為的な汚染を示す物質も無く、比較的良好なものと考えられる。エンジンの冷却水としては、腐食性の少ない水質であると言える。しかし、雨期には土壌による微粒子の含有量が増加する可能性もあるため、水質の変化が予想される。

#### (2) 微生物

微生物検鏡試験結果を表II.3.5に示す。浮遊物の組成は、かん菌類のコロニーに、珪砂等の多量の微粒子が吸着しているものである。微生物の組成は、上流部に湖沼（トンレサップ湖）が存在しているため、プランクトン性の珪藻類、藍藻類となっているが、栄養塩類やBODがかなり低い値となっているので、微生物の増殖を推進させる要素はない。しかし、配管内で、これらが沈着してスライム化し、水の流れを阻害したり、内部が嫌気化して孔食をもたらす懸念はある。鉄バクテリアによる障害は現状では考えられない。

#### (3) 利用に際しての対策

トンレサップ川の水をディーゼル・エンジンの冷却水として利用する際、以下のことに注意する必要がある。

- (a) 上流の湖沼の水環境を把握し、人為的な汚染状態を定期的にチェックすること。特に微生物の種類、量の確認は重要である。
- (b) 浮遊物、土壌等の混入物は除去すること。
- (c) 殺菌剤、殺藻剤の添加装置を設置すること。

### 3.2.3 土質条件

第5発電所付近の土質状態を把握する目的で、現地調査を実施した。図II.3.2に調査位置平面図を示す。調査は、テストピット、及びハンドオーガー・ボーリングによるものである。図II.3.3(1)及び(2)に土質断面図を示す。調査の結果、以下のことが明らかとなった。

- (a) 第4、第5発電所はいずれも池を埋立てて造成されている。埋立て地盤の層厚は、およそ

2～4mである。

- (b) 埋立て地盤は、表層約1mはガレキを非常に多く混入した粘性土で、下層はれき混じり粘性土で埋立られており、非常に固くしまっている。
- (c) 埋立て地盤の下は原地盤で、固結粘土層である。
- (d) 埋立て地盤、原地盤とも標準貫入試験におけるN値で、少なくとも10以上は見込める。

### 3.3 設計基準

#### 3.3.1 概要

##### (1) 適用規格

機器・材料の設計にはJIS、JEC、JEM、IEC、JCS、BS及びその他国際規格を適用する。

##### (2) 機器の絶縁強度 (BIL)

既存設備のBILを考慮の上、機器設計用の絶縁強度を以下の通りとする：

- (a) 20 kV システム : 125 kV (連系線に適用)
- (b) 15 kV システム : 95 kV
- (c) 6 kV システム : 60 kV

#### 3.3.2 発電設備

本発電所に設置される発電設備の設計、製作及び工場検査、試験等については下記設計基準、規定によるものとする。

##### (1) 設備容量

発電機の単機定格出力は5,000kWで2台設備する。

##### (2) 使用燃料油種

軽油 (JIS規格K2204の2号に相当) を使用燃料とする。

##### (3) 適用基準、規格

日本工業規格 (JIS)、日本電気学会規格調査会 (JEC)、日本電機工業会 (JEM)、国際電気標準化委員会 (IEC)、国際標準化機構 (ISO)、その他国際規格、メーカー規格等を適用基準及び規格とする。

(4) 使用言語と表示単位

図面、図書、資料等においては、英語を使用し、単位の表示はメートル法を用いる。

(5) 回転速度周波数の変動率

±4%以内（静動状態において）

(6) 電圧の変動率

±5%以内

(7) 発電機端子電圧

6,300V

### 3.3.3 配電設備

(1) 設計風圧

前記設計風速をもとに算出した下記の風圧を構造物の受風面積に適用する。

- (a) 電線及びワイヤー : 36 kg/m<sup>2</sup>
- (b) 円筒形構造物（電柱等） : 45 kg/m<sup>2</sup>
- (c) 碍子及び取付金具 : 36 kg/m<sup>2</sup>

(2) 弛度計算の条件

架空線の弛度は以下の仮定の下に計算する。

- (a) 電流による温度上昇を含めた電線最高温度は75℃とする。即ち、想定最高外気温度40℃に対し35℃の温度上昇を見込む。
- (b) 記録上の最低温度に於て最大風速の風が発生することは非常にまれであるが、設計上13℃を想定最大風速時の電線温度とする。
- (c) EDS（常時張力）は27℃、無風で計算する。
- (d) 電線の安全率は、電線の破断抗張力に対し、13℃、最大風速下に於いては2.5以上、EDSに対しては4.0以上とする。
- (e) 支持物高さを決定するための電線の最大弛度は電線の最高温度、無風時の弛度とする。

(3) 安全率

- (a) 最大荷重時の構造物、円柱、その他支持物の限界強度に対し ..... 2.5
- (b) 電線の最大使用張力はその電線の破断抗張力に対し ..... 2.5
- (c) 最大荷重時の碍子セットは、その破壊強度に対し ..... 2.5

- (d) 支持物の基礎は、同時にかかる構造物の最大荷重の、  
地盤の圧縮強度及び引き上げ強度に対し ..... 2.5

(4) 許容最小間隔

電線の最小絶縁間隔を下記の通りとする。

(a) 配電線の地上高

	15 kV (20 kV)	低圧
道路横断	7.5 m	6.0 m
道路沿い	7.0 m	6.0 m
その他	7.0 m	5.0 m

- (b) 20 kV 絶縁電線と低圧絶縁電線の間隔 ..... 0.6 m  
(c) 20 kV 絶縁電線の相間隔 ..... 0.5 m  
(d) 20 kV 絶縁電線の上下間隔 ..... 0.6 m  
(e) 低圧絶縁電線の相間隔 ..... 0.2 m  
(f) 20 kV 裸電線と低圧裸電線の間隔 ..... 1.0 m  
(g) 20 kV 裸電線と低圧絶縁電線の間隔 ..... 0.8 m  
(h) 20 kV 裸電線の相間隔 ..... 0.8 m  
(i) 20 kV 裸電線の上下間隔 ..... 1.0 m  
(j) 低圧裸電線の相間隔 ..... 0.3 m

### 3.3.4 通信及び給電指令設備

(1) 通信設備

(a) 周波数帯：400MHz帯

既存の設備の周波数帯は144MHzであるので混信を避ける為別の周波数帯に設定する。400MHz帯は回線数も多く取れ、さらに将来の拡張性も容易であるためこの周波数帯にて設計する。

(b) チャンネル数

給電指令センターに1台、各発電所に5台、移動無線として4台の端末があるので最低8チャンネルを装備する。

(c) 通信モード

通信モードは運用の容易な複信方式とする。

(d) 機能

将来のデータ通信への拡張性を考慮し、簡易交換機能をもたせる。

### 3.3.5 土木・建築工事

#### (1) 一般事項

- |          |               |
|----------|---------------|
| (a) 地震力  | 考慮しない         |
| (b) 最大風速 | 構造物に対して25 m/s |

#### (2) 発電機基礎

- |                 |                                    |
|-----------------|------------------------------------|
| (a) 地盤の極限支持力    | 30 tf/m <sup>2</sup>               |
| (b) 基礎の安全率      | 3.0 以上                             |
| (c) 基礎のコンクリート強度 | 210 kgf/cm <sup>2</sup> 以上 (28日強度) |

#### (3) 敷地造成面の整備

- |            |                           |
|------------|---------------------------|
| (a) 盛土法面勾配 | 1:2.0                     |
| (b) 降雨強度   | 50 mm/hr (確率1/10の日雨量の50%) |

### 3.4 基本設計

本計画で実施される発電設備、配電設備及び通信・給電指令設備の拡張・整備実施計画を下記に示す。又、本計画において実施される電力系統構成図を図II.3.4に示す。

#### 3.4.1 既設設備の活用

通常、ディーゼル発電所を設置する場合には、発電出力に見合う個々の設備内容を検討した上で、本館建屋及び屋内外の設備の設置設計を行っている。

本プロジェクトの発電設備を施設する予定の第5発電所は、旧ソ連の援助により建設された施設である。この発電所は工事途中で中断されたために、建物、施設の建設、機器設備の据え付け及び構内整地等全般的には未完成の状態にある。これら既設の建物と機械設備は、劣化や欠損等が生じ僅かな部分を除けば、その多くは使用に耐えられないものである。

本計画設計においては、既設の設備と施設のうち、使用不可のものをすべて撤去した上で、新たに機械電気設備の据え付けと発電所の建設を行うことが前提となる。さらに、首都プノンペンに対する電力の安定供給を配慮し、設計においては、計画地に隣接する第1と第4発電所との連携並びに配電系統の連結も併せて行うこととする。

既設の建物は、門扉、窓、サッシュ、建具と金物等の取り替え及び内部、外部の塗装や屋根の補修等を施すことによって使用可能である。一方、設置された機器設備は、殆ど据え付け途中の

未完成品であると同時に、経年劣化と欠損が生じて、僅かに16トンの天井クレーンを除いて、他のすべては使用不可能である（表II.3.6参照）。尚、本計画にて実施する配電設備及び給電指令設備は全て新規設備である為、既設の流用は考慮されない。図II.3.5に第5発電所の全体配置図を示す。

### 3.4.2 発電設備

#### (1) 全体構成・配置

##### (a) 母線構成

既存設備の母線構成は第2発電所を除いて、単母線方式である。単母線方式は構成が単純で運用が容易であるので本計画に於いても単母線方式を採用する。図II.3.6に本計画の単線結線図を示す。

##### (b) 結線方式

既設は全て低圧同期方式であるので、本計画においても低圧同期方式とする。

##### (c) 接地方式

###### (i) 変圧器中性点

既存配電系統の中性点接地方式に合わせてあるので非接地方式を採用する。

###### (ii) 発電機中性点

既存発電機の中性点は非接地又は抵抗接地方式のいずれかを使用している。過度な故障電流を発電機に流さないという点では非接地方式がよいが、系統の安定度や保護方式の点からは有効接地方式がよい。本計画においては、同規模の容量（6,000kW×3台）を持つ第2発電所を参考にし、高抵抗接地方式を採用する。

##### (d) 所内回路構成

発電所において所内補機の運転は必須のものである。従って、所内変圧器回路を2重化し、運転・保守の容易性を持たせる。

##### (e) 機器配置・配列所内回路構成

第5発電所は5台の発電設備用として建設されている。本計画の2台の発電設備は、将来の同発電所の拡張を考慮し、建屋の機器搬入口から遠い位置から設置することとする。図II.3.7に機器配置図を示す。

(f) 制御方式

既設発電所は全て手動制御方式である。本計画においても簡易な一人制御方式を採用する。

発電設備の基本設計諸元は、下記の通りである。

(2) ディーゼル機関

- (a) 型式 : V-タイプ、4-サイクル、水冷、単動機関、直接燃料噴射式  
エアクーラ付中速ディーゼル・エンジン
- (b) 単機容量 : 定格出力5,000kW
- (c) 設置台数 : 2台
- (d) エンジン出力 : 7,050 PS 以上
- (e) 回転数 : 750 rpm 以下
- (f) 過負荷出力 : 110% 1 時間
- (g) 燃料系統 : 貯蔵タンク付自動給油方式、1,000kl貯蔵タンク新設  
(図II.3.8参照)
- (h) 潤滑油系統 : マニュアル給油方式、5kl.サンプ・タンクまたはドラム缶設置  
(図II.3.9参照)
- (i) 冷却方式 : クーリング・タワーによる2次冷却  
トンレサップ川にフローティング・ポンプ場を建設し、冷却用  
原水を取水する。冷却用原水は沈砂池等に貯められ水処理後使  
用される。(図II.3.10及び図II.3.11参照)
- (j) 始動方式 : 圧縮空気始動方式 (図II.3.12参照)
- (k) 吸気・排気方式 : フィルター及びサイレンサー方式 (図II.3.13参照)
- (l) 燃料油種 : ディーゼル・オイル
- (m) ガバナー方式 : 電気式ガバナー

(3) 発電機

- (a) 型式 : 横置回転界磁空気冷却式三相交流同期発電機
- (b) 電気方式 : 3相3線方式
- (c) 単機容量 : 6,250 kVA
- (d) 台数 : 2台
- (e) 発電機電圧 : 6,300V
- (f) 周波数 : 50 Hz
- (g) 極数 : 8極以上
- (h) 力率 : 0.8



- (i) 励磁機型式 : ブラシレス方式
- (j) 励磁機冷却方式 : 自己通風空気冷却方式

ディーゼル・エンジン、発電機及び付属機器設備は、下記条件において連続運転を行う。

- (1) 大気温度 : 最低13℃、最高40.5℃
- (2) エンジンルーム温度 : 設計値45℃
- (3) 冷却水温度 : 27℃～32℃
- (4) 高度 : 海拔100m以下
- (5) 設置場所 : 屋内

(4) 主変圧器

- (a) 型式 : 3相、負荷時タップ切換装置付屋外型油入変圧器
- (b) 変圧比 : 6.3 kV / 15 kV
- (c) 定格容量 : 6,300 kVA
- (d) 冷却方式 : ONAN
- (e) 台数 : 2台

(5) 15 kV 開閉機器

- (a) 型式 : 屋内用メタル・クラッドスイッチギア
- (b) 定格電圧 : 17.5 kV
- (c) 遮断器 : 真空タイプ
- (d) 回線数 : 引き出し6回線

(6) 6.6 kV 開閉機器

- (a) 型式 : 屋内用メタル・クラッドスイッチギア
- (b) 定格電圧 : 7.2 kV
- (c) 遮断器 : 真空タイプ (発電機回路用)  
電力ヒューズ (所内回路用)

(7) 低圧開閉機器

- (a) 型式 : 屋内用メタル・クラッドスイッチギア
- (b) 定格電圧 : 600 V
- (c) 遮断器 : 気中タイプ (主回路用)

(8) 直流電源装置

- (a) 方式 : アルカリバッテリー及び充電器

- (b) 定格電圧 : 直流 (DC) 110 V
- (c) バッテリー容量 : 100 AH

(9) 所内変圧器

- (a) 型式 : 3相、無電圧タップ切替付き屋外型油入変圧器
- (b) 変圧比 : 6.3 kV / 400-230 V
- (c) 定格容量 : 630 kVA
- (d) 冷却方式 : ONAN
- (e) 台数 : 2台

(10) 保護制御装置

- (a) 制御方式 : 一人制御方式
- (b) 保護方式 : 各種継電器による自動遮断・表示・警報
- (c) 装置 : 静止形

3.4.3 配電設備

本計画に於いて実施される配電設備及びルート図を図II.3.14に示す。配電設備の諸元は下記の通りである。

(1) 架空配電設備

(a) 架空線支持物

架空線の支持物は鋼管柱とし、全長は13.7mとする。鋼管柱の頂部には架空地線を取付けるものとする。又、角度柱と引き止め柱は打ち込みアンカーを持つ鋼より線の支線にて補強する。20kV配電線の装柱図を図II.3.15、II.3.16、II.3.17に示す。

支持物高さは下記の条件にて決定した。

電線最低地上高さ	.....	7.0 m
電線の弛度	.....	1.67 m (径間50 m)
電線の下腕金取付位置から最上部までの距離	.....	2.7 m
電線地上高の裕度	.....	0.03 m
電柱の根入れ	.....	2.30 m
合計	.....	13.70 m

(b) がいし

15kV配電線にはピンがいしと耐張がいしを使用し、バインド線は裸軟アルミ線を使

用する。がいし装置図を図II.3.18に示す。

(c) 電線

ブノンベン地区に従来使用されていた鋼心アルミ撚線 (ACSR) にかえて硬アルミ (HAI) 電線を使用する。ACSR電線をHAI電線に変電することによって、電線重量が軽減されるので、支持物のコスト減となる。

第1編マスター・プランにて述べた如く、ブノンベン市の可能発電出力は、1995年末迄に85,000kWに達する予定である。この出力は同市の2000年迄の電力需要に見合うものである。ブノンベン電力系統の既設及び計画中の発電機の単機最大容量は6,000kWである。系統の規模及びディーゼル発電機容量から考えて将来とも最大単機容量を6,000kWと想定するのは妥当である。

発電設備の定期点検による運転停止、又は発電設備の事故によって南北連系線に期待される隔通電力の目標は最低6,000kWである。従って、連系線の送電容量としては、将来の系統拡張、異常時の電力融通を考慮して10,000kWとする。

更に連系線自身の事故を想定して1回線当り10,000kWの容量を持つ設備を2回線設置する。

従って、電線の最大電流は下記により計算される。

$$\text{電流 } I = 10,000 / (1.732 \times 20 \times 0.85) = 340 \text{ (A)}$$

各電線サイズの許容電流の比較

$$\text{HAI } 95 \text{ sq.mm} \text{ ----- } 320\text{A} < 340\text{A}$$

$$\text{HAI } 120 \text{ sq.mm (DIN規格)} \text{ ----- } 400\text{A} > 340\text{A}$$

上記の計算結果により連系線の電線サイズをHAI 120sq.mmとする。

(d) 地線

架空配電線の雷害事故対策として架空地線を電力線の上に設置する。架空地線のサイズは鋼撚線45 sq.mmを使用する。

(e) 腕金

架空配電線路は2回線対象垂直配列とし2.0mの腕金を使用する。腕金は通しボルトにて支持物に取付ける。

(f) 避雷器

避雷器の定格は21.0kV、5kAとし、架空配電線路の末端、及び地中ケーブルと架空線路の接続箇所を設置する。

(g) 接地装置

配電用変圧器、避雷器、機器ケース及びその他保安上必要な箇所は接地する。接地極は打ち込み式の銅被覆鋼棒を使用する。

(2) 地中配電設備

地中配電線路に使用するケーブルは、20kV架橋ポリエチレン絶縁鋼帯がい装銅導体、3芯ケーブル、150sq.mmとする。ケーブルの端末は、差し込み式モールドストレスコーン型で処理され、直線接続部分は地中箱で保護される。地中線布設図を図II.3.19に示す。

ケーブルサイズの検討

(a) 連系線用ケーブル

連系線の電流は前項(1)架空配電設備(c)電線にて検討された様に340Aと計算されているのでこれに対応できるケーブルサイズとする。

3 C 150 sq.mm XLPE ..... 350A > 340A

(b) 市内配電用ケーブル

1 フィーダーの配電容量を隣接するフィーダーへの事故時の対応を考慮して5,000kVAとする。5,000kVAの配電電流は200Aであるが、建設後の保守及び保守用資材の多様化をさけるため連系線用ケーブルサイズと同じ3 C、150sq.mmXLPEとする。

(c) No.4とNo.5発電所間の連絡ケーブル

No.5発電所は5,000kW 2台で最悪の場合でも10,000kWの融通とし前記(a)(b)同様建設後の保守を考慮して、3 C、150sq.mmXLPEとする。

(d) No.1とNo.5発電所間の連絡ケーブル

No.1発電所の15kV 3相発電機の出力は既設3,120kWと増設計画の1,800kWと15kV/4.4kVの降圧変圧器の2,500kW合わせて約7,500kWである、従って前記同様3 C、150sq.mmXLPEとする。

(3) 配電用変圧器

配電用変圧器は、屋外用油入3相型とし、定格は15kV/380-220Vの250kVAの1種類とする。配電用変圧器は変電所内に設置される。

#### (4) 配電開閉機器

配電用ファイダー回路の新設盤は自立屋内、又は自立屋外閉鎖（メタル・クラッド）型とする。各所に設置される盤構成を下記に示す。

- (i) 第1発電所 : 屋外メタル・クラッド、15kV 遮断器付
- (ii) 第2発電所 : 屋外メタル・クラッド、15kV 遮断器付
- (iii) 第3発電所 : 屋外メタル・クラッド、15kV 遮断器付
- (iv) 第4発電所 : 屋内メタル・クラッド、15kV 遮断器付
- (v) 第8変電所 : 屋内メタル・クラッド、15kV 断路器付
- (vi) 第7変電所 : 屋内メタル・クラッド、15kV 断路器・電力ヒューズ付
- (vii) 第127変電棟 : 屋内メタル・クラッド、15kV 遮断器付及び断路器・電力ヒューズ付
- (viii) 第20変電棟 : 屋内メタル・クラッド、15kV 負荷開閉器付
- (ix) 新変電棟 : 屋外メタル・クラッド、15kV 断路器・電力ヒューズ付

回路構成図及び結線図を図II.3.20に示す。

#### 3.4.4 通信・給電指令設備

通信・給電指令設備のシステム構成図を図II.3.21に示す。通信・給電指令設備の諸元は、以下の通りである。

##### (1) 固定無線設備（LDC、各発電所）

- (a) 周波数帯 : 335 - 470 MHz
- (b) 回線容量 : 8チャンネル以上
- (c) 変調方式 : PM
- (d) RF出力 : 50 W
- (e) 受信方式 : シンセサイザー方式
- (f) 雑音レベル : 6.5 db 以下
- (g) 入力インピーダンス : 約 50 ohms unbalanced
- (h) 受信感度 : 0.5  $\mu$  V 以下 (12 db SINAD)

##### (2) 移動無線設備（車載）

- (a) 周波数帯 : 335 - 470 MHz
- (b) 回線容量 : 8チャンネル以上
- (c) 変調方式 : PM

- (d) RF出力 : 5 W
- (3) アンテナ
  - (a) 周波数帯 : 400 MHz 帯
  - (b) 型式/利得 : コリニア形/14 dBi (LDC、各発電所)
  - (c) インピーダンス : 50 ohms 平均
- (4) 給電指令用総合監視盤 (図II.3.22参照)
  - (a) 構造 : 自立メタル・エンクローズ・キュービクル形
  - (b) 表示型式 : 手動ランプ表示及び数値表示 (MW表示、小数点以下一桁)
  - (c) 電圧色別表示 : 15 kV (白色)、6 kV (黄色)、4 kV (青色)
- (5) 電源装置
  - (a) 型式 : 簡易バッテリー/チャージャー体形 (LDC、各発電所)
  - (b) 電圧 : DC 24 又は 12 V
  - (c) 容量 : 5 時間以上使用可とする

### 3.4.5 土木・建築工事

#### (1) 土木工事

土木工事は次の工種に分けられる。

- (a) 敷地造成工事
- (b) 雨水排水工事
- (c) 舗装工事
- (d) 発電機関連屋外設備工事

それぞれの工種に関し、以下の考え方で設計した。

#### (a) 敷地造成工事

No. 5 発電所敷地は、池を埋め立てて造成されている。現状では、発電所建屋付近の造成工事は完成しているものも、建屋周辺、及び法面が未完成の状態で、雨水による侵食が甚しい。このため、土工事の一部と法面保護工事を実施する必要がある。図 II.3.23に敷地造成図、図 II.3.24に切土、盛土箇所、及び法面の位置を示す。土工量は以下の通りである。

切土量 : 1,000 m<sup>3</sup>  
 盛土量 : 3,300 m<sup>3</sup>  
 差 : 2,300 m<sup>3</sup>

また、法面は、周囲が池に囲まれているため、雨期には法面中位まで水位上昇する。水の侵食から法面を守るため、法面保護工の必要がある。今回最も確実な工法として場所打ちコンクリート張り工（コンクリート 厚さ150mm、D6鉄筋200mm メッシュ）を採用する。図II.3.25に法面保護及び舗装構造図を示す。

また、安全のため敷地周囲にフェンスを、構内道路入口には門扉を設ける。

(b) 雨水排水工事

側溝断面の検討を行うにあたり、造成面を図II.3.26に示す3つのゾーンに分けた。各ゾーンの表面は舗装、芝張、建物の3種類に分けられる。それぞれの流出係数を標準的に以下の値とする。

工種	流出係数
舗装	0.85
芝張	0.2
建物	0.9

また、各ゾーンの集水面積は以下のようなものである。

ゾーン	舗装	芝張	建物	合計
1	0	3,000	0	3,000
2	1,800	4,900	900	7,600
3	1,200	6,400	1,800	9,400
合計	3,000	14,300	2,700	20,000 m <sup>2</sup>

各ゾーンの総括流出係数は、各工種の面積により荷重平均して以下のように設定した。

ゾーン	総括流出係数
1	0.20
2	0.44
3	0.42

最大計画雨水流出量は、以下に示す式を用いて計算した。

$$Q = \frac{1}{360} C \cdot I \cdot A$$

ここに、

Q : 最大計画雨水流出量 (m<sup>3</sup>/秒)

C : 流出係数

I : 降雨強度 (mm/時)

A : 集水面積 (ha)

ゾーン	流出係数	降雨強度 (mm/hr)	排水面積 (ha)	合計 (m <sup>3</sup> /s)
1	0.20	50	0.30	0.008
2	0.44	50	0.76	0.046
3	0.42	50	0.94	0.055

上記の流出量に対して、以下の式を用いて流量を計算した。

$$Q = v \cdot A$$

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \text{ (マンニング式)}$$

ここに、

Q : 流量 (m<sup>3</sup>/S)

v : 平均流速 (m/S)

A : 通水断面積 (m<sup>2</sup>)

n : 粗度係数 (=0.015)



R：径深（m）

I：水路底勾配

U300×300の溝側を用い、勾配を5%とすると、

$$v = \frac{1}{0.015} \cdot 0.1^{2/3} \cdot 0.005^{1/2} = 1.02 \text{ m/s}$$
$$Q = 1.02 \cdot 0.09 = 0.092 \text{ m}^3/\text{s}$$

従って、上記の計画最大流出量を十分に流せる。よって、敷地周囲の側溝にはU300×300mmを用いる。

また、場外の法先の側溝は、法面の雨水排水及び、場内からの排水を池に導くのが目的であり、900×300mmの台形側溝とした。

### (c) 舗装工事

構内道路、ストアレージ・ヤード、歩道に対して舗装工事を実施する。舗装厚は、「アスファルト舗装要綱」、「セメントコンクリート舗装要綱」（社）日本道路協会を参考にして決定した。

#### (i) 構内道路

発電機器の保守作業や将来の機器増設時など、発電所内に大型車両が通行することが予想される。しかしながら、発電所敷地が盛土であるため、雨期には地表面が泥濘化し、トラフィカビリティが相当低下するものと考えられる。従って、舗装道路が必要である。

舗装は、地下埋設物（冷却水、燃料等のパイプ類、地下ケーブル等）が通るため、将来の保守作業を考慮してアスファルト舗装とする。道路幅は6mを基本とするが、発電所建屋入口前は、大型車両の乗り入れを考慮して、幅10mとする。盛土地盤は、調査時点（1月）では乾燥しており、非常に硬い状態であったが雨期には含水量が増加し、軟弱化することが予想される。このため、路床の設計CBRを4程度と仮定した。従って、舗装構造は、下記のとおりである。

加熱アスファルト混合物	5 cm
上層路盤 (礫)	15 cm
下層路盤 (砂礫)	15 cm
<hr/>	
合計厚さ	35 cm

(ii) ストアレージャード

配電資材や、重量物の保管場所として、ストアレージャードを設ける。舗装はコンクリート舗装とする。路床の設計CBRを4とし、舗装構造は以下の通りとした。

コンクリート版	15 cm
路盤	25 cm
<hr/>	
合計厚さ	40 cm

(iii) 歩道

制御室、オイルタンク、沈殿槽、冷却水塔周辺にブロック舗装の歩道を設ける。

(d) 発電機器関連屋外設備工事

主要な屋外設備は、トランス、燃料備蓄タンク、吸排気塔、冷却塔等である。トランス、燃料備蓄タンク吸排気塔等の重量構造物は、単位面積当たりの荷重が大きくなるため、基礎地盤上にリーコンクリートを打設し、その上に基礎を構築する。その他の軽量構造物は、盛土上の直接基礎とする。発電所屋外基礎・構造図を図II.3.27(1)及び(2)に示す。

(i) トランス

型 式：6,300KVA 及び 630KVA

上載荷重：19 ton 及び 2.5 ton

数 量：各1基

基礎形式：コンクリートスラブ

(ii) 燃料備蓄タンク

型 式：直径14m、高さ6.5m、容量1,000m<sup>3</sup>

上載荷重：2,000 ton

数 量：2基

基礎形式：直接基礎

(iii) 燃料バッファタンク、サービスタンク

型式：容量 5 m<sup>3</sup>

上載荷重：9 ton

数量：1基

基礎形式：直接基礎

(iv) 防油堤

型式：コンクリート壁、高さ1.5m

上載荷重：0

数量：延長162m

基礎形式：直接基礎

(v) 吸排気塔

型式：フィルター及びサイレンサー付

上載荷重：11 ton

数量：2基

基礎形式：直接基礎

(vi) 冷却塔下部水槽

型式：コンクリート構造

上載荷重：5 ton

数量：1基

基礎形式：直接基礎

(vii) 沈殿層

型式：コンクリート構造

上載荷重：0

数量：1基

基礎形式：直接基礎

(viii) 薬注スキッド

型式：コンクリート構造

上載荷重：5 ton

数 量：4基  
基礎形式：直接基礎

(ix) 水道用タンク

型 式：コンクリート構造  
上載荷重：0  
数 量：1基  
基礎形式：直接基礎

(2) 建築工事

発電所建屋は、基本的に現状のまま使用することとし、発電機及び補機等の基礎、照明、空調、壁面の仕上げを実施する。また、新設の建屋としては、換気室がある。

(a) 発電機基礎

既設の発電機基礎は、コンクリートブロックの直接基礎形式となっており、発電機による上載荷重を60tonとすると、地盤にかかる荷重は、

$$p = (60 + 11 \times 4 \times 2.5 \times 2.3) / (11 \times 4) \\ = 7.1 \text{ tf/m}^2$$

であり、地盤の許容支持力10tf/m<sup>2</sup>内である。従って現在の基礎はそのまま使用できる。ただし、旧ソ連製のディーゼル発電機用基礎にアンカーボルト位置があわせてあるので、基礎上部を修正する必要がある。修正方法は、まず基礎上部を既存アンカーボルトも含めてカットし、新規ディーゼル発電機用にコンクリートを打設する。図II.3.28にディーゼル発電機基礎修正方法を示す。

(b) 補機ブロック基礎

発電機に隣接して、補機ブロック、スラッジ処理ユニット、コントロールユニットを新設する。このため、これらの基礎が必要となる。発電所屋内基礎図を図II.3.29に示す。

(c) ディーゼル・エンジン及び発電機器撤去、搬入に伴う壁面工事

現設備の撤去時には、建屋壁面を取り壊し、新設備搬入後復旧する。工事量は、エンジン・発電機1基当たり、幅6m×高さ6m=36m<sup>2</sup>である。

(d) 内装、外装仕上げ工事

内装、外装の、塗装工事を実施する。

(e) 照明設備

各エリアにおける照明設備は添付表II.3.7に示す通りである。

(f) 空調

各エリアにおける発生熱量及び、必要空調容量は以下の通りである。なお、外気温は、40.5℃とした。

(i) HV Switchgear Room

設定温度	35℃	
機器発熱量		約 6,000 kcal/hr
その他（照明発熱、構造体負荷等）	$220\text{m}^2 \times 200\text{kcal} =$	$44,000\text{ kcal/hr}$
		合計 50,000 kcal/hr
必要空調機器	18,500 kcal/hr × 3台 (package type)	

(ii) Control Room

設定温度	25℃	
機器発熱量		約 3,000 kcal/hr
その他（照明発熱、構造体負荷等）	$140\text{m}^2 \times 200\text{kcal} =$	$28,000\text{ kcal/hr}$
		合計 31,000 kcal/hr
必要空調機器	18,500 kcal/hr × 2台 (package type)	

(iii) Office

設定温度	25℃	
その他（照明発熱、構造体負荷等）	$60\text{m}^2 \times 200\text{kcal} =$	$12,000\text{ kcal/hr}$
必要空調機器	4,000 kcal/hr × 2台 (window type)	

(g) 防災設備

防災対策として、危険箇所避難路表示、消火設備等を設置する。

(h) 換気室

エンジン・発電機空冷設備のための、換気室が必要である。鉄骨スレート平屋（ $37.5\text{m}^2$ ）

### 3.5 施工計画

#### 3.5.1 施工方針

本計画のカンボディア側の実施機関はプノンベン電力公社（EDP）が担当する事になっている。現在のところEDPは詳細な施工方針は立てていない。今後、詳細設計業務が開始された時点で施工方針を計画する予定である。現状においては、下記の施工方針を提言する。

##### (1) 発電設備に関する留意事項

発電設備の建設に於いて重要な要素は管理業務である。管理業務は主として3要素から構成される。品質管理（製品）、人材管理・育成（人材）及び予算管理である。品質管理は製品の製作過程と据付工程上にて行われ、人材管理・育成は主として現地据付工程の中で行われる。予算管理は出来高支払を管理する事から工程管理が主体となる。

上記の事項を考慮し発電設備の施工計画を立てる方針とする。

##### (2) 配電設備に関する留意事項

配電設備の建設に於いても上記(1)と同様の方針とする。特に、地中電線路布設に於いて、ケーブルの特性による最適な工法を採用し、その線路の信頼性を高めなければならない。更に、開閉所の盤新設作業の於いて、停電時間の短縮と安全性を考慮した工法により施工しなければならない。その上、配電線の日常の保守業務はEDP独自の電工により実施されているため有力な施工業者が育成されていないカンボディアの現状より、現地業者の工事では施工上或いは施工後に問題があると考えられる。又、EDPの技術職員の主業務は配電設備の維持・管理であり、現在の要員では本計画のような大規模な工事を限られた期間に実施することは困難な状況にある。

従って、工期も限られているので、資機材調達のみならず施工も工事になれた日本の業者によって行うこととする。しかしながら、技術移転の見地より、全ての工事は日本人技術者の指導のもとに現地人によって行い、一部の特殊作業は直接日本人技術者が行うことになる。

##### (3) 通信・給電指令設備に関する留意事項

通信・給電指令設備の建設も上記(1)と同様の方針とする。但し、将来のデータ通信等の拡張性を考慮し、通信回線の品質向上はもとより人材育成の点に重点を置いた方針とする。日本の業者によって工事・訓練・教育が行われるものとする。

#### (4) コンサルタント業務

上記(1)、(2)及び(3)で各設備建設の方針を述べたが、EDPは当該計画をスケジュール通りに実施する十分な能力がなく、計画、設計と施工管理を行うための十分な技術者も保有していない。これらの作業は日本側コンサルタントが行う必要がある。本計画実施のため提供される日本側コンサルタント及び業者の作業内容とカンボディア側の実施項目の主なるものは次の通りである。

##### (a) 日本側コンサルタントの業務

###### (i) 国内作業

発電所、開閉所、地中線、架空配電線及び通信・給電指令所の詳細設計  
資機材購入及び工事用入札書類の作成  
入札作業及び入札審査作業  
製作図面の承認作業及び図面に対するコメント作成  
船積前工場検査立ち会い  
検査証明書の発行  
JICAへの説明、報告業務

###### (ii) 現場作業

発電所の土木・建築詳細図等の補助的工事用図面の作成  
通信・給電指令所用電波試験の立ち会い及び調整  
ルートマップ、支持物装柱図等の補助的工事用図面の作成  
建設工事予定表の検討、調整  
建設工事の施工管理  
安全の監理  
工事用図面及び施工要領の審査及び承認  
技術の移転  
受け入れ試験実施計画書の承認作業  
受け入れ試験立ち会い  
建設工事に関する月報の作成  
出来高、支払証明の発行  
工事完成記録の作成

##### (b) 日本側業者の業務

業者はコンサルタント作成の仕様書に従って、機器・資材の設計、製作、塗装、工場検査、梱包、現地までの輸送、計画施設の工事を行なう。尚、工事実施に必要な許

可の取得、停電作業の支援及びカウンターパート提供の作業等はEDPと協議結果に基づき、カンボディア側が行なう。

また、公共の道路の掘削及び修復については、第3.4.5節で説明したようにEDPによる掘削許可取得のために、業者の事前計画書の提出が必要となる。

(c) カンボディア側実施項目

無償資金協力が実施された場合のカンボディア側負担事項は以下の通りである。

(参照：Appendix「Minutes of Discussion」)

- (i) バンキング・アレンジメント
- (ii) カンボディアへの輸入許可の取得及びそのための費用の負担
- (iii) 工事に従事する日本人のサービス及び携帯工具等に対する免税
- (iv) 計画地域への立ち入り権の確保
- (v) 建設に必要な関連部局の許可の取得
- (vi) 無線設備用周波数使用許可
- (vii) トンレサップ川よりの取水許可
- (viii) 地域住民とのトラブル解決
- (ix) 建設計画に見合った停電の公報及び実施
- (x) 建設ルート上以外の既設配電線の撤去
- (xi) 供与資機材の保管場所の確保
- (xii) その他無償資金協力で供与できない項目

### 3.5.2 建設上の留意点

本計画の施工に当たっては下記の点に留意する必要がある。

- (1) 発電所建設には重量物運搬を伴うので荷上げ／荷下ろし作業及び上下作業には輻輳しない様特別な配慮をする。
- (2) 発電所建設中には一部回路の充電したまま機器試験等を行なうので充電範囲等明確にする必要がある。
- (3) 耕作地は軟弱地盤であるので、新設配電線は極力既設道路沿いのルートの利用或いは道路上に建設する。
- (4) 配電線の系統連系、開閉所設備の新設工事のための停電は、夜間には復帰しなければならないので、停電工事計画、停電公報には特別な配慮が必要である。
- (5) 地中線工事の施工には、道路局より道路使用許可の事前取得が必要である。又、路面修復は道路局の基準に従って実施されるので、そのための特殊設計が必要である。
- (6) 配電線工事に伴う支障木の伐採については関係機関の許可が必要であり、事前に調査、許



可申請が必要となる。

### 3.5.3 施工監理計画

EDPでは外国の援助で実施される計画に対し、特別のプロジェクトチームを編成して対応している。本計画についても実施作業に入る前に新規「プロジェクトチーム」が組織される予定である。同プロジェクトチームは、コンサルタントの補助、助言のもとに計画の完了まで実施設計、建設工事の監理に当たる他、第3.5.1節で説明した「カンボディア側実施項目」の実質的な実施者あるいは工業省／プノンペン市への調整役となる。

### 3.5.4 資機材調達計画

本計画の建設資材は発電設備及びその補機、開閉所、地中線及び架空配電線設備の新設用の資材及び土木、建築資機材であり、殆どは日本から調達される。但し、価格の点で不利な骨材、木材及び煉瓦等はカンボディアで調達するものとする。本計画において使用される建設資材については、現地で調達可能なものもあるが、煉瓦、骨材、木材以外はすべて輸入品であり、高価である。例えば、普通ポルトランドセメントは、現地で1ト当たり90～120US\$（日本国内の単価は12,000円）、異形鉄筋は現地で1トン当たり450～500US\$（日本国内では60,000円）である。このように、建設資材の現地での価格は日本の価格と同等かやや高い。また、品質の不均一、納期等の不確実性等の問題がある。第3国調達も考えられるが、同様の問題の存在が考えられ、現状では、日本から調達するのが最も確実な方法である。従って、第3国品の調達は考慮しない。主要な材料機器を表II.3.8に示す。

### 3.5.5 輸送計画

調達された資機材は、下記経路でプノンペンに輸送される。

日本 — 海上輸送 — カンボディア（コンボンソム） — 陸上輸送（国道4号線）あるいは鉄道輸送 — プノンペン

経済的見地から、出来るだけコンテナ梱包として輸送するものとする。

重量物輸送 : 鉄道輸送 Max. 40ト

(ディーゼル・エンジン、発電機、変圧器等)

上記以外の輸送輸送 : トラック輸送 Max. 30ト

カンボディア側の税関手続きはカンボディアの陸上げ港となるコンボンソム港にて行なわれる。

### 3.5.6 実施工程

本計画は二期にわたって実施されるが、各期の施設内容は次の通りである。

#### 第一期 (1) 発電設備

- (a) ディーゼル・エンジン発電機、5,000kW×1台
- (b) 上記用補機（燃料、潤滑油、冷却水、エンジン始動・排気系統）
- (c) 変圧器、6,300kVA×1台
- (d) 6.3kV配電盤（発電機盤）
- (e) 15kV配電盤、4面
  - 市街用 : 2面
  - No.1発電所用 : 1面
  - No.4発電所用 : 1面
- (f) 所内用変圧器、630kVA×1台
- (g) 所内低圧配電盤・モータコントロールセンター
- (h) 直流電源装置（バッテリー/チャージャー）1台
- (i) 制御・保護装置盤

#### (2) 配電設備

- (a) 市街配電線、2回線 7.6km
- (b) 発電所連系線、No.1及びNo.4発電所
- (c) 変電所用変圧器、250kVA×1台
- (d) 配電用開閉器盤、遮断器付2面（No.1/No.4発電所）単母線用
- (e) 配電用開閉器盤、負荷開閉器付3面（SS No.8, No.193, No.20）

#### (3) 土木・建築工事

- (a) 土木工事（敷地造成、構内道路、雨水排水側溝、発電機関連屋外設備）
- (b) 建築工事（発電機、補機基礎補修、内装外装、照明、空調等）

#### 第二期 (1) 発電設備

- (a) ディーゼル・エンジン発電機、5,000kW×1台
- (b) 変圧器、6,300kVA×1台
- (c) 6.3kV配電盤（発電機盤）
- (d) 15kV配電盤、2面

南北連系用 : 2面

- (e) 所内用変圧器、630kVA×1台
  - (f) モータコントロールセンター
  - (g) 制御・保護装置盤
- (2) 通信・給電指令設備
- (a) 固定無線機6台(センター1台、各発電所5台)
  - (b) 移動無線機4台
  - (c) 給電指令用総合監視盤
  - (d) 電源装置
- (3) 配電設備
- (a) 南北連系線、22.0km
  - (b) 配電用開閉器盤、遮断器付4面(No.3発電所)単母線用
  - (c) 配電用開閉器盤、遮断器付2面(No.2発電所)二重母線用
  - (d) 配電用開閉器盤、負荷開閉器付2面(No.7, No.127)単母線用
  - (e) 変電所用変圧器、250kVA×2台

### 3.5.7 概算事業費

本計画を日本の無償資金協力により実施する場合必要となる事業費総額は、約41億円と見積られる。内訳及び積算案件は下記の通りである。

(単位：百万円)

事業費区分	第1期	第2期	合計
(1) 建設費	48	205	691
ア. 直接工事費	230	56	286
イ. 現場経費/その他	256	149	405
(2) 機材費	1,547	1,496	3,038
ア. 発電設備	1,373	833	2,206
イ. 給電指令設備	0	146	146
ウ. 配電	174	512	686
(3) 設計・監理費	192	179	371
合計	2,225	1,875	4,100

積算条件

- (1) 積算時点 平成5年3月
- (2) 為替換算レート 1 US\$ = 124.06円
- (3) 施工期間 2期に亘る工事とし、各期に要する詳細設計、機材調達、工事の期間は表II.3.9「事業実施工程表」に示したとおりである。
- (4) その他 本計画は、日本国政府の無償資金協力にて実施されるものとする。

表一II.3.1 Temperature, Humidity and Rainfall in Phnom Penh  
 気温、湿度及び降雨量記録

Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Average	Record Period
Temperature (°C)	Max.	36.3	36.7	39.0	40.5	39.7	38.4	36.6	36.0	35.1	34.4	34.8	36.8	53 years
	Min.	13.3	15.2	16.5	17.9	20.6	21.2	20.1	21.5	21.6	20.8	14.4	18.3	53 years
	Average	25.8	27.4	28.9	29.7	28.8	28.6	27.6	27.5	27.1	27.0	25.3	27.5	39 years
Humidity (%)	69.5	67.9	65.9	69.9	77.3	76.8	80.2	80.2	83.9	84.6	79.0	73.5	75.7	37 years
Rainfall (mm)	Days	0.6	1.0	1.1	7.3	15.0	17.9	20.2	20.5	21.3	11.7	1.5	11.7	12 years
	Q'ty	5.6	6.1	21.6	63.2	135.7	125.8	142.0	150.3	246.1	234.9	124.2	31.5	107.3

表一 II.3.2 Maximum Wind Velocity & Direction in Phnom Penh (Dept. of Meteorology, MOA)

最大風速記錄

單位：km/秒

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.	Max.
1981	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	10.0	12.0	18.0	10.0	8.0	12.0	8.0	9.8	18.0
	N	SE,SSE	S,SE	S,SE	S,SE,SSW	SW	W	W	W	WNW	S	N		
1982	8.0	6.0	8.0	6.0	6.0	8.0	12.0	12.0	12.0	12.0	16.0	12.0	9.8	16.0
	NNE	S	E	N	S	W	W	WNW	W	SSW	E	N		
1983	12.0	12.0	8.0	12.0	16.0	12.0	16.0	16.0	14.0	16.0	12.0	8.0	12.8	16.0
	N	S	E	S	S	W	SSE	NW	E	NE	E	NE		
1984	8.0	6.0	12.0	14.0	10.0	12.0	12.0	12.0	10.0	12.0	8.0	8.0	10.3	14.0
	NE	W	S	S	W	W	S	W	NW	E	NE	N		
1985	8.0	16.0	12.0	16.0	12.0	18.0	20.0	12.0	14.0	8.0	12.0	6.0	12.8	20.0
	NE	SE	S	W	S,W	W	W	W	NW	N	NNW	N		
1986	8.0	6.0	10.0	8.0	14.0	12.0	10.0	8.0	10.0	8.0	8.0	6.0	9.0	14.0
	N	E	SE	E	S	W	NW	W	SW	N	NNE	N		
1987	6.0	6.0	8.0	16.0	16.0	14.0	16.0	12.0	6.0	6.0	8.0	6.0	10.0	16.0
	N	N	S	S	E	SW	W	NW	N	SE	S	N		
1988	6.0	6.0	6.0	10.0	8.0	16.0	16.0	12.0	12.0	12.0	10.0	8.0	10.2	16.0
	N	SE	E	SE	S	SE	W	SW	SW	W	N	NNE		
1989	6.0	6.0	14.0	12.0	18.0	16.0	15.0	16.0	14.0	12.0	9.0	10.0	12.3	18.0
	N	S	E	N	W	W	SSW	W	SW	S	NE	N		
1990	4.0	7.0	8.0	10.0	12.0	10.0	14.0	7.0	6.0	12.0	6.0	6.0	8.5	14.0
	SW	E	NE	S	S	S	W	WSW	WSW,SW	E	NW,N,NNW	NNE		
1991	4.0	6.0	6.0	8.0	10.0	10.0	8.0	8.0	8.0	14.0	6.0	6.0	7.8	14.0
	NNE,ENE	NNE,S	SE,S	NNE	SE	W	W	W	W,WSW	NW	N	N		
Ave.	3.7	4.0	4.8	5.7	6.2	6.6	7.2	6.3	5.5	5.7	5.1	4.0	10.3	
Max.	12.0	16.0	14.0	16.0	18.0	18.0	20.0	18.0	14.0	16.0	16.0	12.0		20.0

表-II.3.3 Number of Thunder in Phnom Penh (Dept. of Meteorology, MOA)

雷日数記録

単位：日

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
1981	N	-	-	4	2	1	2	-	-	-	-	-	9
	F	-	-	8	25	12	22	19	25	8	13	-	132
1982	N	-	-	2	-	1	2	-	-	2	3	-	10
	F	-	4	13	13	10	2	-	8	16	13	-	79
1983	N	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
	F	-	-	-	10	12	14	12	12	10	10	-	80
1984	N	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
	F	2	11	11	17	8	11	4	9	20	1	-	94
1985	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	F	-	3	15	13	6	12	7	23	18	14	-	111
1986	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	F	-	2	5	18	15	16	11	16	21	1	4	109
1987	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	F	-	-	4	14	11	14	18	12	16	15	-	104
1988	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
	F	1	1	12	9	11	12	14	17	7	-	-	84
1989	N	-	-	2	8	4	3	5	9	3	4	-	38
	F	-	5	2	8	9	12	5	14	8	2	-	65
1990	N	-	1	1	2	3	1	3	8	-	1	-	20
	F	-	1	4	9	4	13	6	4	4	3	-	48
1991	N	-	-	-	1	1	1	1	5	11	-	-	20
	F	-	1	4	13	13	11	9	12	3	-	-	66

(註) N: 測候所付近の記録  
F: 測候所から離れた地点の記録

表-II.3.4 水質試験結果

項目	単位	結果	項目	単位	結果
pH値		7.7	鉄	mg/l	0.75
色度	度	45	マンガン	mg/l	0.06
濁度	度	25	カルシウム	mg/l	8.0
M-7/カド度	mg/l	31.1	マグネシウム	mg/l	2.7
塩素イオン	mg/l	3.2	全硬度	mg/l	31.0
硫酸イオン	mg/l	1.1	シリカ	mg/l	5.7
硝酸性窒素	mg/l	0.07	銅	mg/l	ND (0.01未満)
亜硝酸性窒素	mg/l	0.04	鉛	mg/l	ND (0.01未満)
アンモニア性窒素	mg/l	0.28	亜鉛	mg/l	0.01
全窒素	mg/l	0.66	カドミウム	mg/l	ND (0.005未満)
りん酸性りん	mg/l	ND (0.01未満)	総水銀	mg/l	ND (0.0005未満)
全りん	mg/l	0.06	六価クロム	mg/l	ND (0.02未満)
過マンガン酸カリウム消費量	mg/l	16.1	ひ素	mg/l	ND (0.005未満)
COD	mg/l	6.2	ふっ素	mg/l	0.38
BOD	mg/l	1.8	全シアン	mg/l	ND (0.01未満)



表-II.3.5

## 微生物檢鏡試驗結果

種類	種類	結果
細菌類	短桿菌類 (Bacillus)	++++
藍藻類	Aphanocapsa sp.	+++
	Aphanothece stagnina	++
	Chroococcus sp.	++
	Anabaena sp.	+
	Phormidium sp.	+
珪藻類	Melosira granulata	++
	Melosira italica	+
	Melosira varians	+
	Cyclotella kuetzingiana	+
	Cyclotella stelligera	+
	Coscinodiscus sp.	+
	Cocconeis placentula	+
	Navicula radiosa	+
綠藻類	Scenedesmus opoliensis	+
鞭毛虫類	Bodo sp.	++
	Oikomonas sp.	++
根足虫類	Diffugia sp.	+

表—II.3.6 Utilization of the Existing Facilities

Item	Utilization	Remarks
1. Diesel Engines	N. U.	Uncompleted
2. Generators	N. U.	Uncompleted
3. Auxiliary Equipment for Engine	N. U.	Uncompleted and damaged by corrosion
4. Auxiliary Equipment for Generators	N. U.	Uncompleted and deterioration of insulation level
5. Control and Protection Equipment	N. U.	Not yet provided
6. Miscellaneous Materials such as cables, etc.	N. U.	Uncompleted, disordered and mostly damaged
7. Overhead Traveling Crane (16 tons)	O. K.	
8. Fuel Storage Tank	N. U.	Uncompleted and damaged by corrosion
9. Cooling Water Pond	N. U.	Not yet constructed.
10. Piping System for Diesel Engines	N. U.	Uncompleted and damaged by corrosion
11. Switchboards	N. U.	Not yet provided
12. Power House, Control Room, Operation Building, etc.	O. K.	Structures are useful. Additional works are required. (finishing, doors, windows, lighting, air conditioners, grounding wires, etc.)
13. Foundations	O. K.	Additional work is required. (finishing, anchor holes, etc.)
14. Main Transformers	N. U.	Deterioration of insulation level of coil
15. Security System	N. U.	Not yet constructed fences, guard house, etc.

(Note) N. U. : Not possible to use  
O. K. : Possible to use

表-II.3.7 照明設備

エリア名	設計照度 (LUX)	使用灯具
1 D/G Room	100	400W mercury lamp
2 H. V Room	150	40W fluorescent lamp
3 Ware House	300	40W fluorescent lamp
4 Staff Room	300	40W fluorescent lamp
5 Lavatory	150	20W fluorescent lamp
6 Corridor	150	20W fluorescent lamp
7 Control Room	500	40W fluorescent lamp
8 Working Room	500	40W fluorescent lamp
9 Office	500	40W fluorescent lamp
10 Access Road	10	400W mercury lamp
11 Cooling Tower	10	400W mercury lamp
12 Tank	10	400W mercury lamp
非常灯 (2 ~ 9)	15	20W fluorescent lamp
非常灯 (1)	5	30W portable lamp
誘導灯		20W fluorescent lamp

表-II.3.8(A) 主要資機材 (第1期計画) (1/2)

	名 称	数 量	単 位
A)	発電設備		
1)	ディーゼル・エンジン 7,090 PS	1	台
2)	始動用圧縮空気供給設備	1	式
3)	燃料供給設備		
	燃料貯油槽 1,000 kl	1	式
	燃料バッファタンク	1	台
	燃料油清浄機ユニット	1	式
	燃料油コシ器	1	式
4)	潤滑油設備		
	潤滑油タンク	1	台
	潤滑油冷却器	1	式
	潤滑油コシ器	1	式
	潤滑油清浄機ユニット	1	式
	スラジコレクティングタンク	1	台
5)	冷却水設備		
	処理水タンク	1	台
	河川水処理装置	1	式
	市水処理装置	1	式
	冷却塔	1	台
6)	吸気・排気設備		
	排気ダクト	1	式
	吸気ダクト	1	式
	エアフィルター	1	台
	吸気消音機	1	台
	排気消音機	1	式
7)	スラジ処理装置	1	式
8)	交流発電機 5,000kW	1	台
9)	励磁装置盤	2	台
10)	自動同期盤	1	台
11)	発電機用制御盤	2	式
12)	発電機遮断器盤 (6.3kV)	2	台
13)	フィーダ制御盤	1	式

表-II.3.8(A) 主要資機材 (第1期計画) (2/2)

名 称	数量	単位
14) 昇圧変圧器 15/6.3kV 6,300kVA	1	台
15) 所内変圧器 6.3kV/400-230V 630kVA	1	台
16) 所内変圧器用開閉器盤 (6.3kV)	2	台
17) 変圧器2次遮断器盤 (6.3kV)	2	台
18) 低圧閉鎖配電盤 (400/230V)	2	台
19) モータコントロールセンター	1	式
20) 直流電源装置 (バッテリー/チャージャー) DC110V	1	式
21) 保守用工具・計測器・予備品	1	式
B) 配電設備		
1) 20kV 電力ケーブル 3C-150 sq.mm	7.60	km
2) 柱上変圧器 15kV/380-220V 250kVA	1	台
3) フィーダーキュービクル (15kV)	9	台
4) 計測器	1	式

表-II.3.8(B) 主要資機材 (第2期計画) (1/2)

名称	数量	単位
A) 発電設備		
1) ディーゼル・エンジン 7,090 PS	1	台
2) 始動用圧縮空気供給設備	1	式
3) 燃料供給設備		
燃料貯油槽 1,000 kl	1	式
燃料油清浄機ユニット	1	式
燃料油コシ器	1	式
4) 潤滑油設備		
潤滑油タンク	1	台
潤滑油冷却器	1	式
潤滑油コシ器	1	式
潤滑油清浄機ユニット	1	式
5) 冷却水設備		
冷却塔	1	台
6) 吸気・排気設備		
排気ダクト	1	式
吸気ダクト	1	式
エアフィルター	1	台
吸気消音機	1	台
排気消音機	1	式
7) 交流発電機 5,000kW	1	台
8) 昇圧変圧器 15/6.3kV 6,300kVA	1	台
9) 所内変圧器 6.3kV/400-230V 630kVA	1	台
10) 保守用工具・計測器・予備品	1	式
B) 通信・給電指令所		
1) 固定無線機 (センター用)	1	式
2) 給電指令用総合監視盤	1	式
3) 固定無線機 (発電所用)	5	式
4) 移動無線機	4	式
5) 保守用工具	1	式

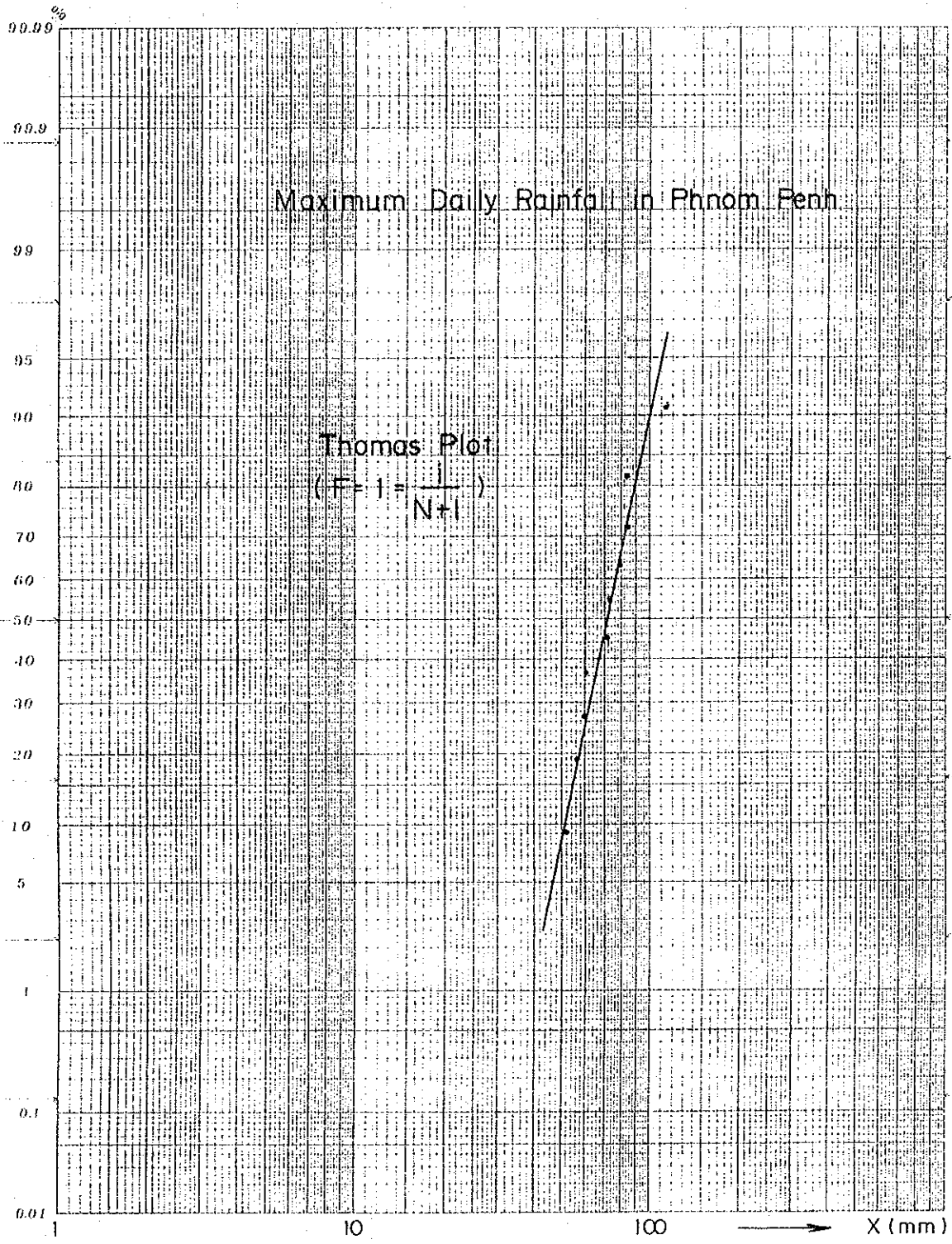
表-II.3.8(B) 主要資機材 (第2期計画) (2/2)

名 称	数量	単位
C) 配電設備		
1) 20kV配電線支持物		
2CCT 直線柱	307	組
2CCT 軽角度柱	27	組
2CCT 重角度柱	38	組
2CCT 引留柱	6	組
2) 電線 HAL 120 sq.mm	113.1	km
3) 20kV配電線支持物		
1CCT 直線柱	19	組
1CCT 軽角度柱	1	組
1CCT 引留柱	4	組
4) 電線 HAL 120 sq.mm	3.78	km
5) 20kV 電力ケーブル 3C-150 sq.mm	1.45	km
6) 柱上変圧器 15kV/380-220V 250kVA	2	台
7) フィーダーキュービクル (15kV)	10	台
8) 保守用工具	1	式

表 - II.3.9 事業実施工程表

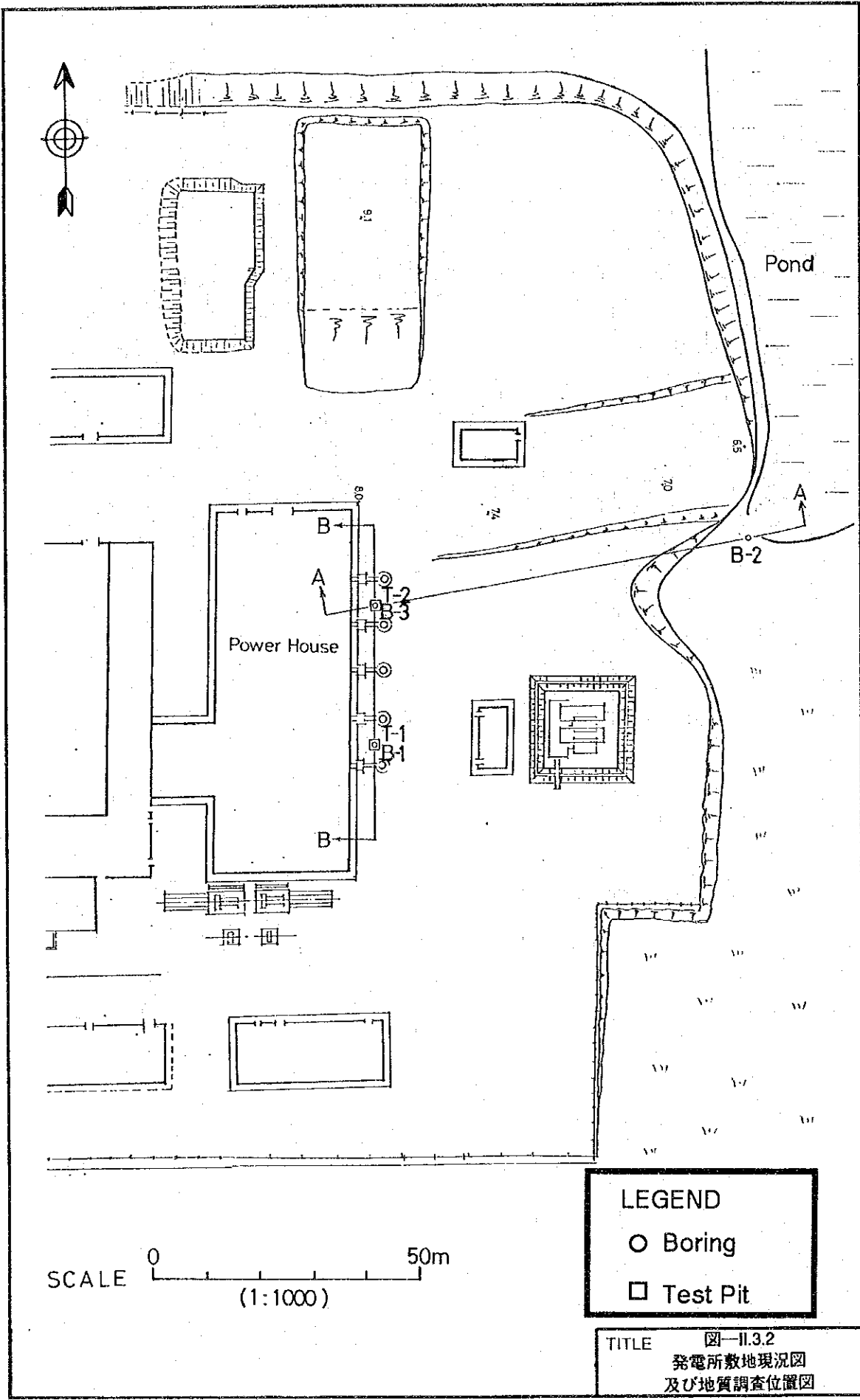
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
第一期工事	E/N	▲											
	1. 発電設備												
	- 測量・調査	■											
	- 設計		▨	▨	▨	▨	▨	▨					
	- 製作			▨	▨	▨	▨	▨	▨				
	- 輸送						▨	▨	▨				
	- 土木・建築工事			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	- 据付工事・試験								■	■	■	■	■
	2. 配電設備												
	- 測量・調査	■											
	- 設計		▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨				
	- 製作			▨	▨	▨	▨	▨	▨				
	- 輸送						▨	▨	▨				
	- 土木工事					■	■	■	■	■	■	■	■
- 据付工事・試験								■	■	■	■	■	
第二期工事	E/N	▲											
	1. 発電設備												
	- 測量・調査	■											
	- 設計		▨	▨	▨	▨	▨	▨					
	- 製作			▨	▨	▨	▨	▨	▨				
	- 輸送						▨	▨	▨				
	- 土木・建築工事					■	■	■	■	■	■	■	■
	- 据付工事・試験								■	■	■	■	■
	2. 通信・給電指令設備												
	- 測量・調査		■										
	- 設計		▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨				
	- 製作			▨	▨	▨	▨	▨	▨				
	- 輸送						▨	▨	▨				
	- 据付工事・試験								■	■	■	■	■
3. 配電設備													
- 測量・調査		■											
- 設計		▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨					
- 製作			▨	▨	▨	▨	▨	▨					
- 輸送						▨	▨	▨					
- 土木工事					■	■	■	■	■	■	■	■	
- 据付工事・試験								■	■	■	■	■	





TITLE

圖-11.3.1  
 最大日雨量

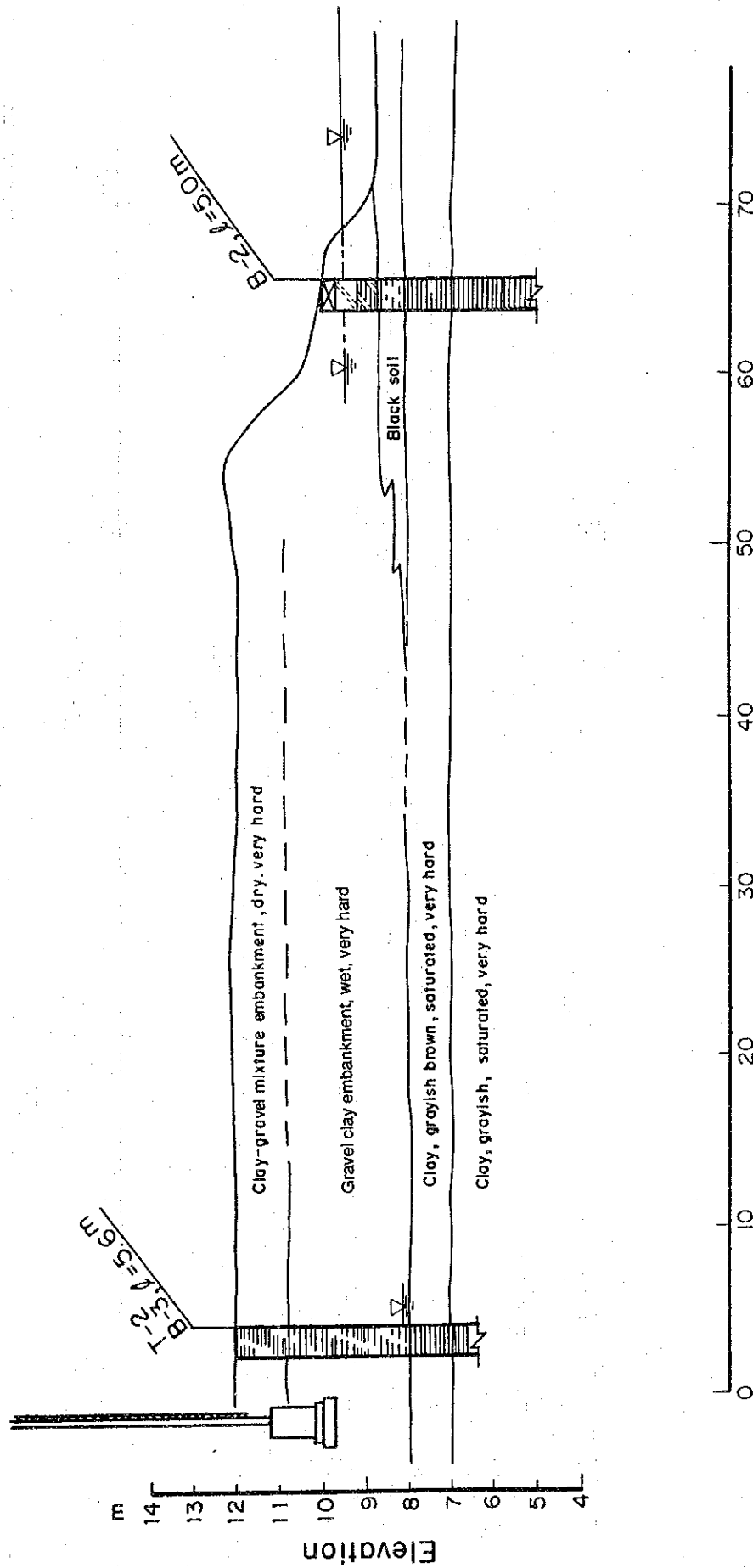


LEGEND

○ Boring

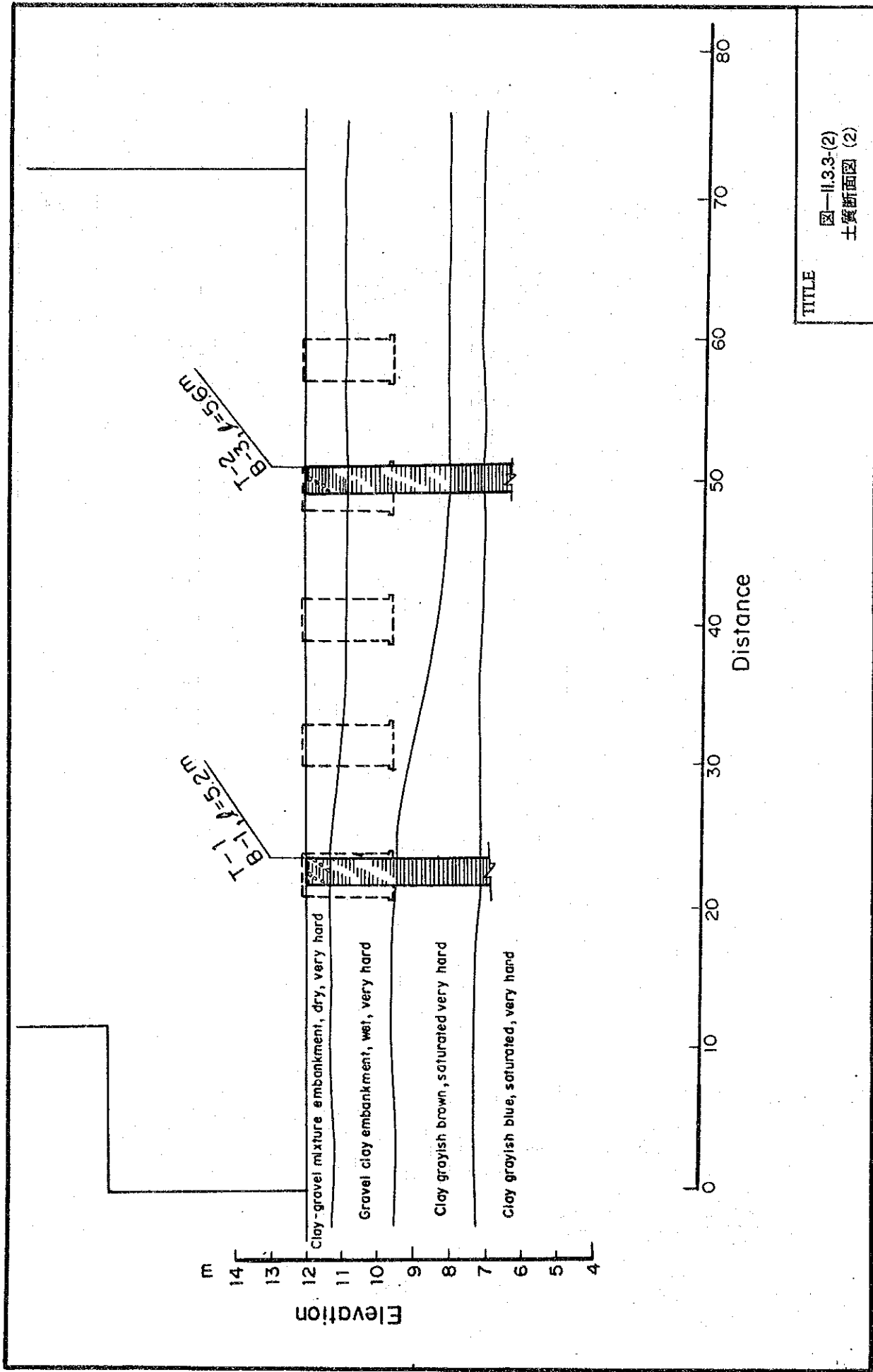
□ Test Pit

TITLE 図-11.3.2  
 発電所敷地現況図  
 及び地質調査位置図



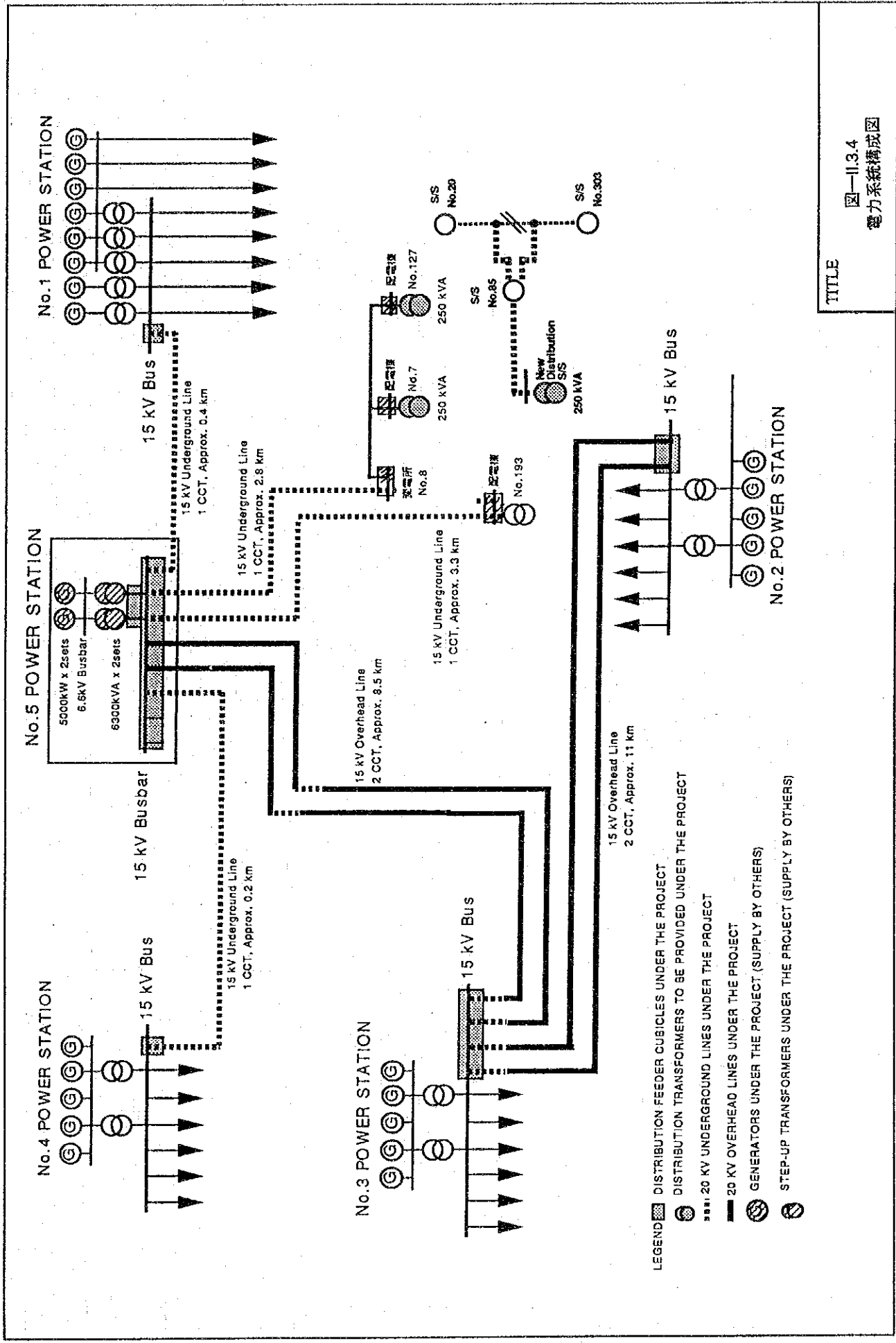
TITLE

圖-11.3.3-(1)  
土質断面圖 (1)



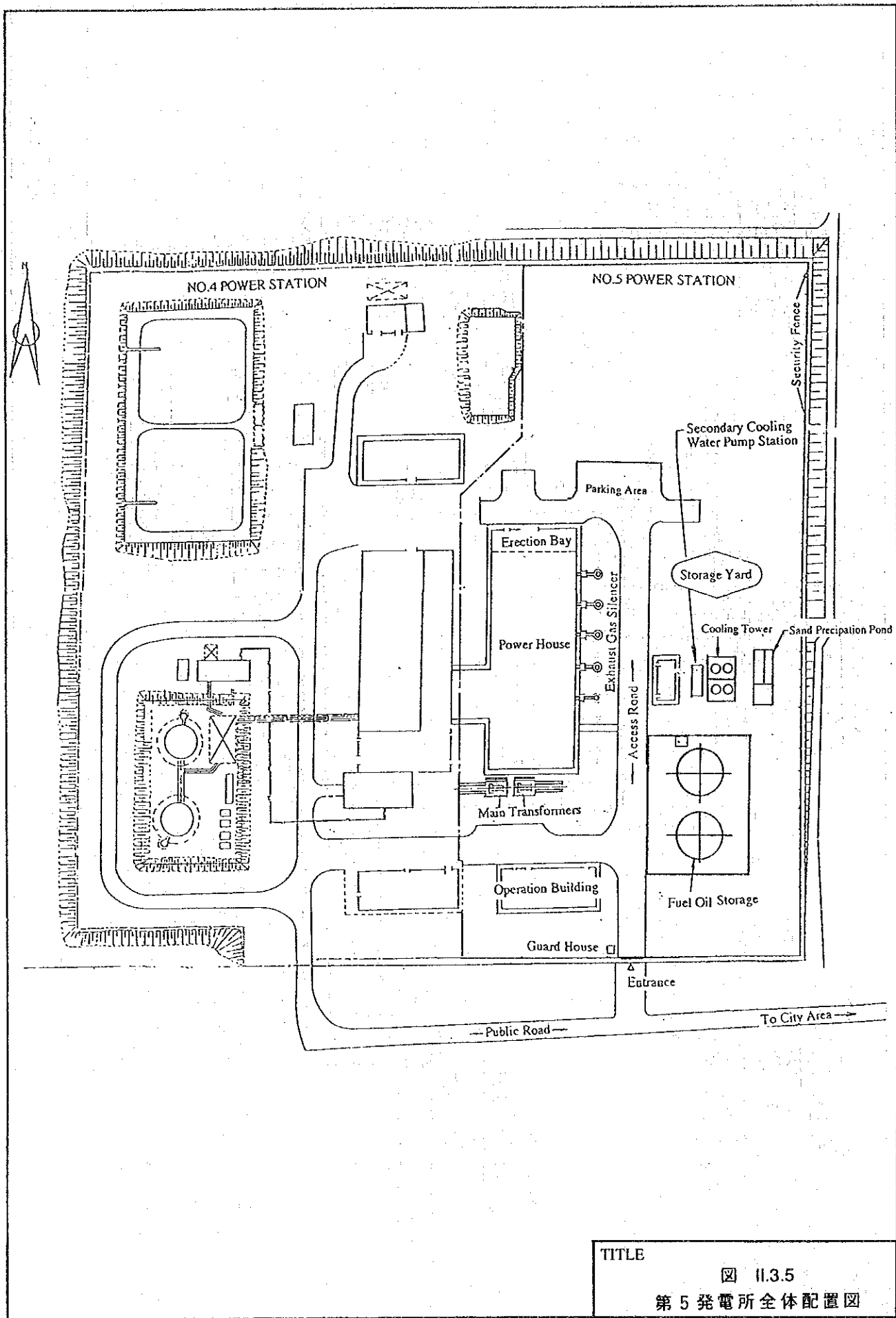
TITLE

圖—II.3.3-(2)  
土質断面圖 (2)

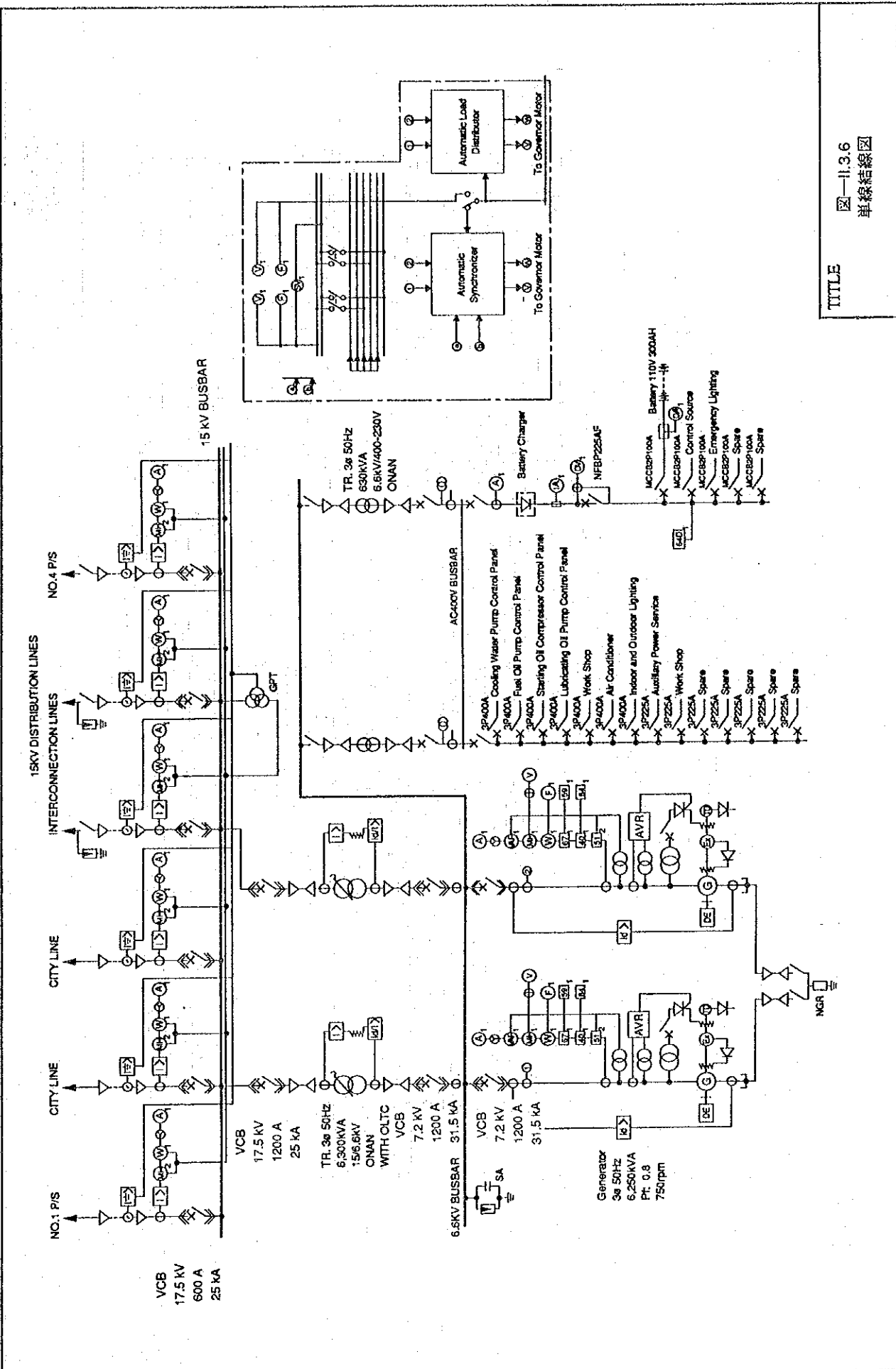


TITLE

図—II.3.4  
電力系統構成図

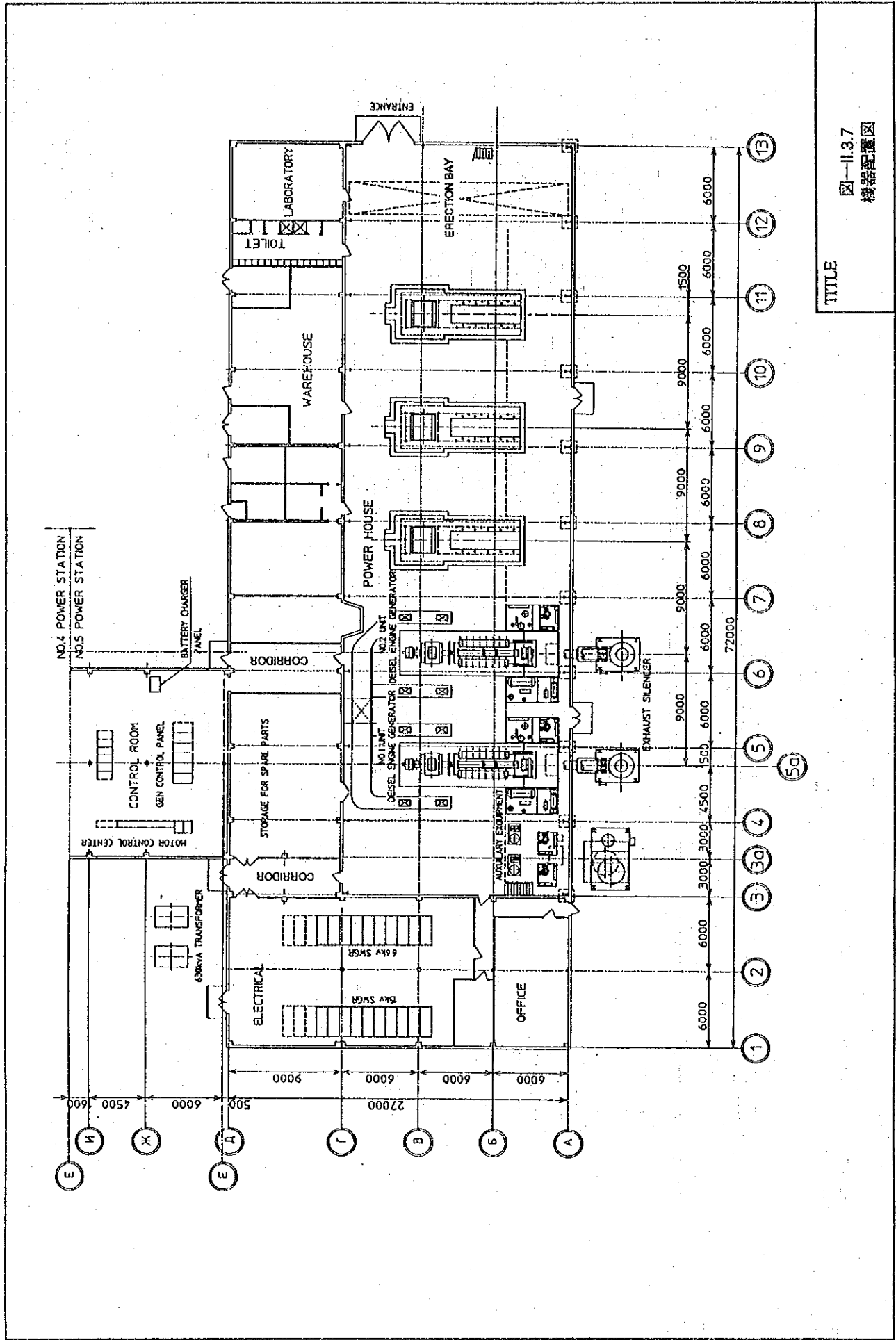


TITLE  
 図 11.3.5  
 第 5 発電所全体配置図



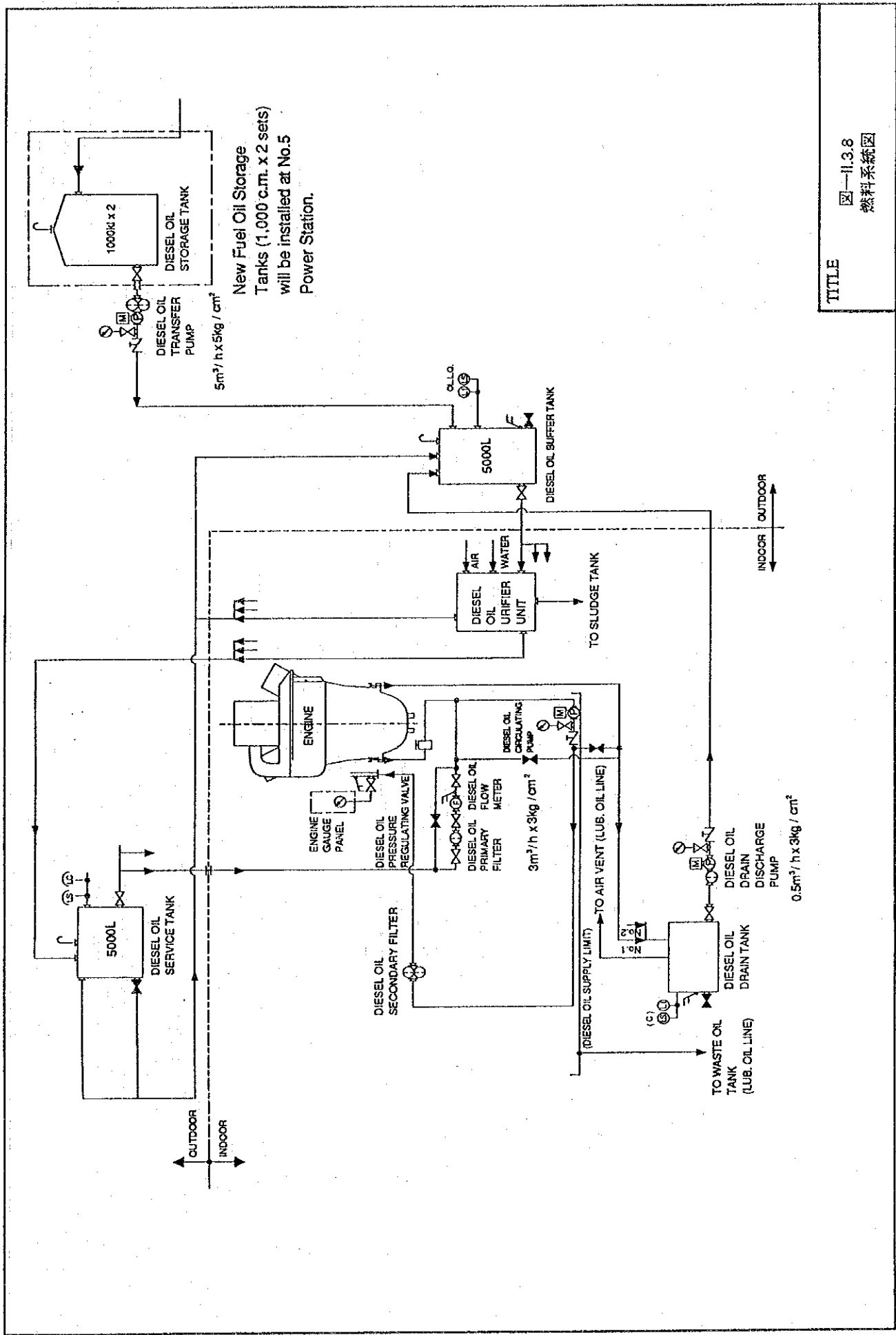
圖一11.3.6  
單線結線圖

TITLE



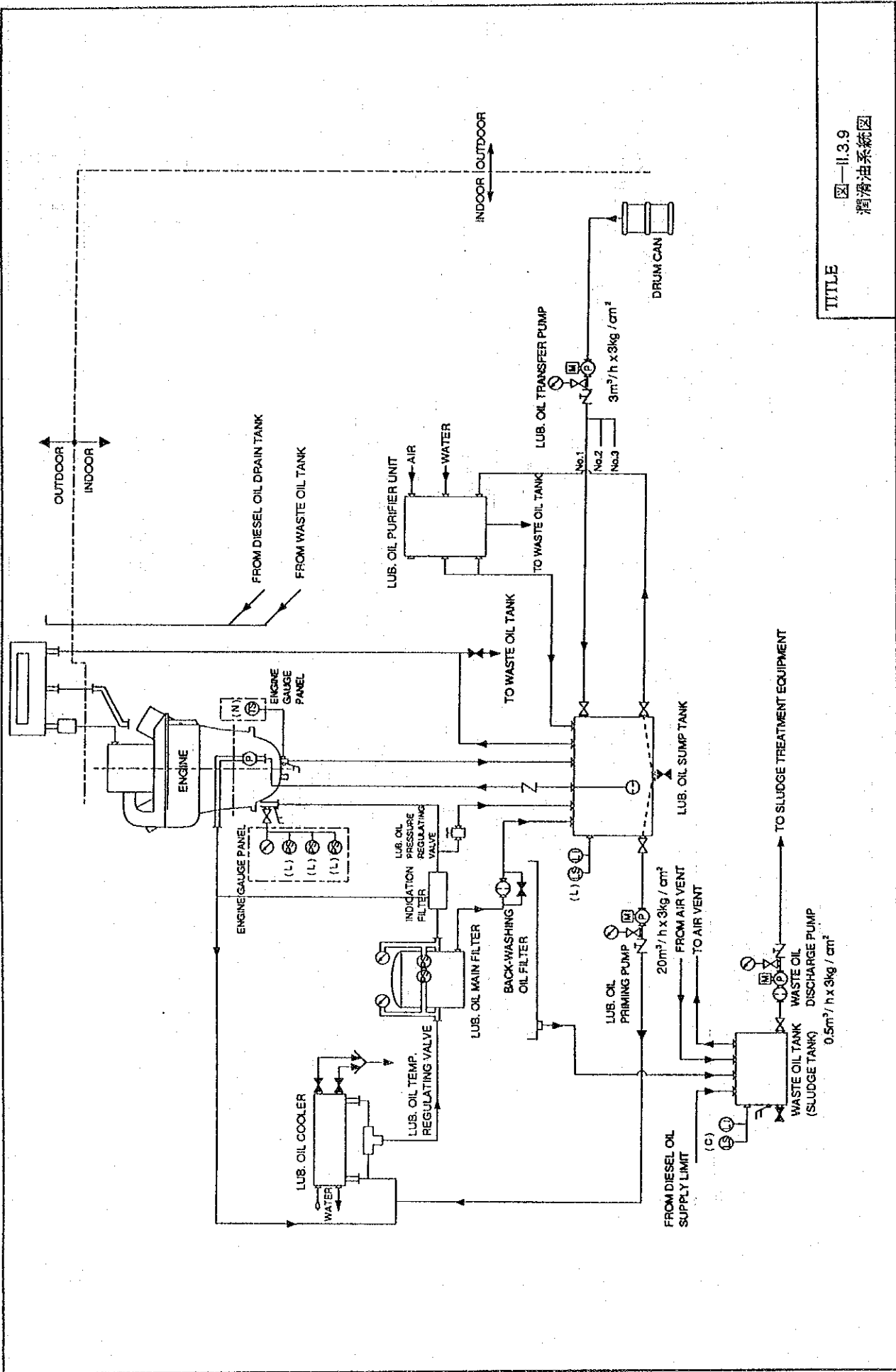
TITLE  
 图一11.3.7  
 機器配置图



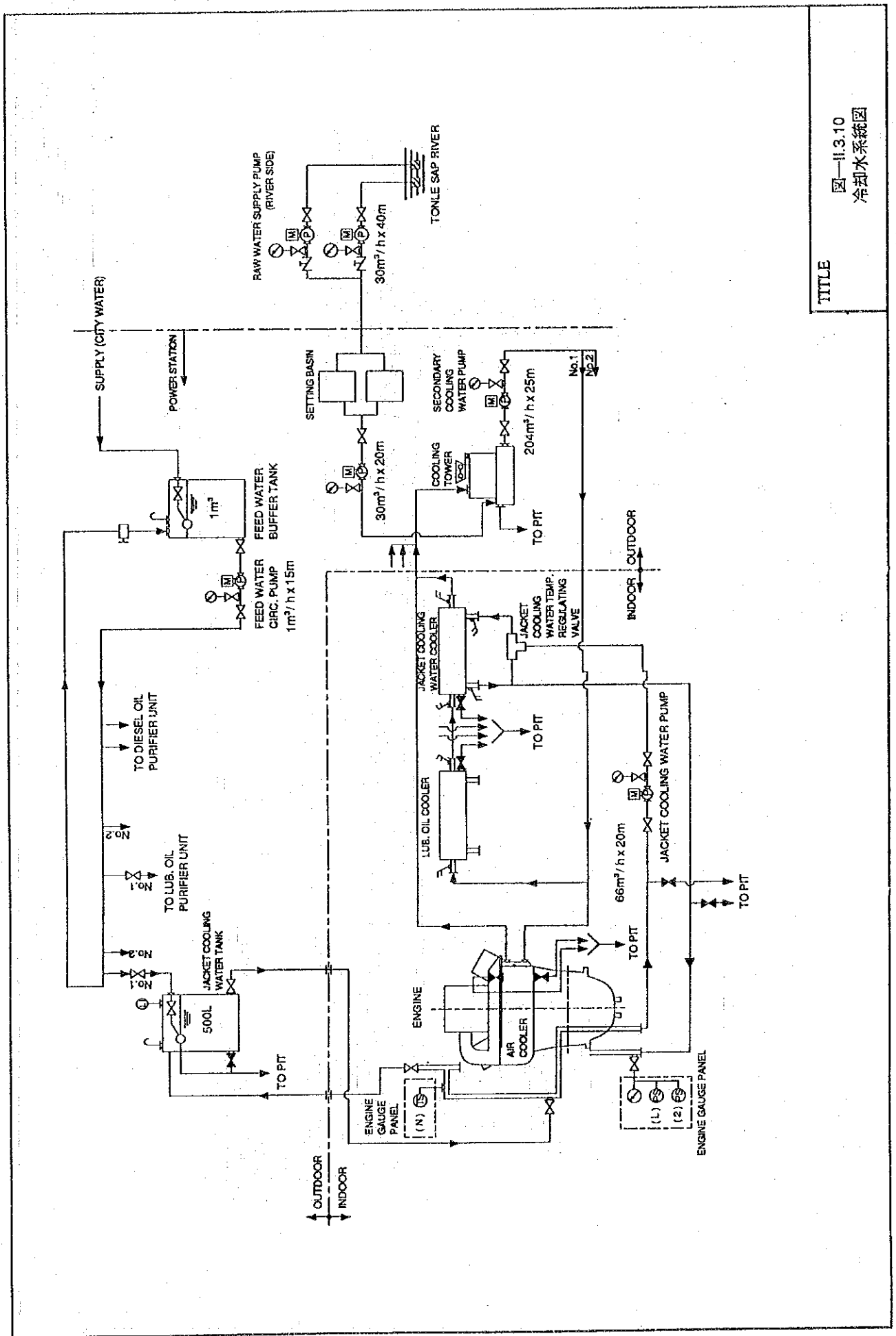


**New Fuel Oil Storage**  
 Tanks (1,000 c.m. x 2 sets)  
 will be installed at No.5  
 Power Station.

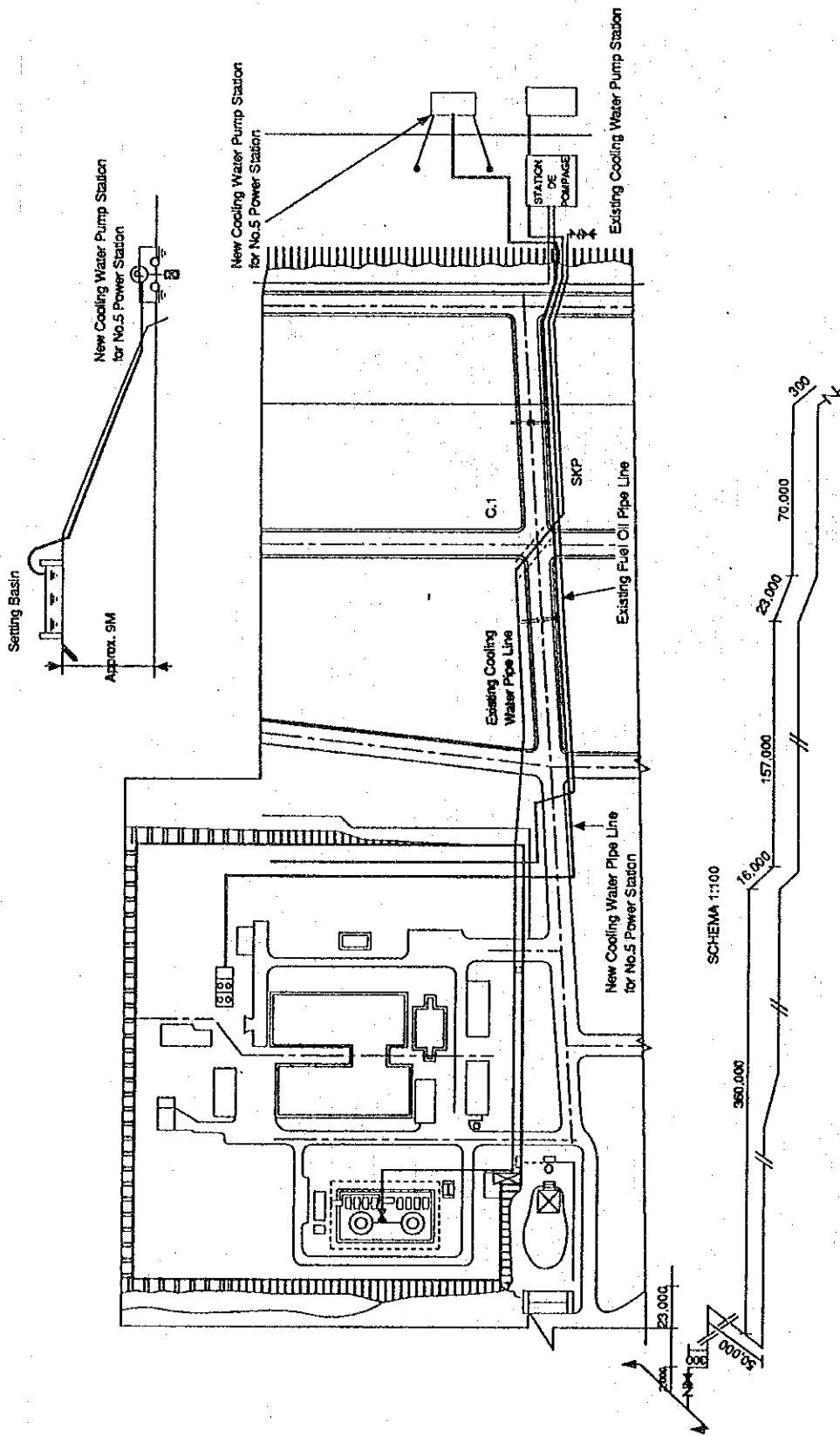
TITLE  
 図一1.3.8  
 燃料系統図



図—II.3.9  
潤滑油系統図  
TITLE



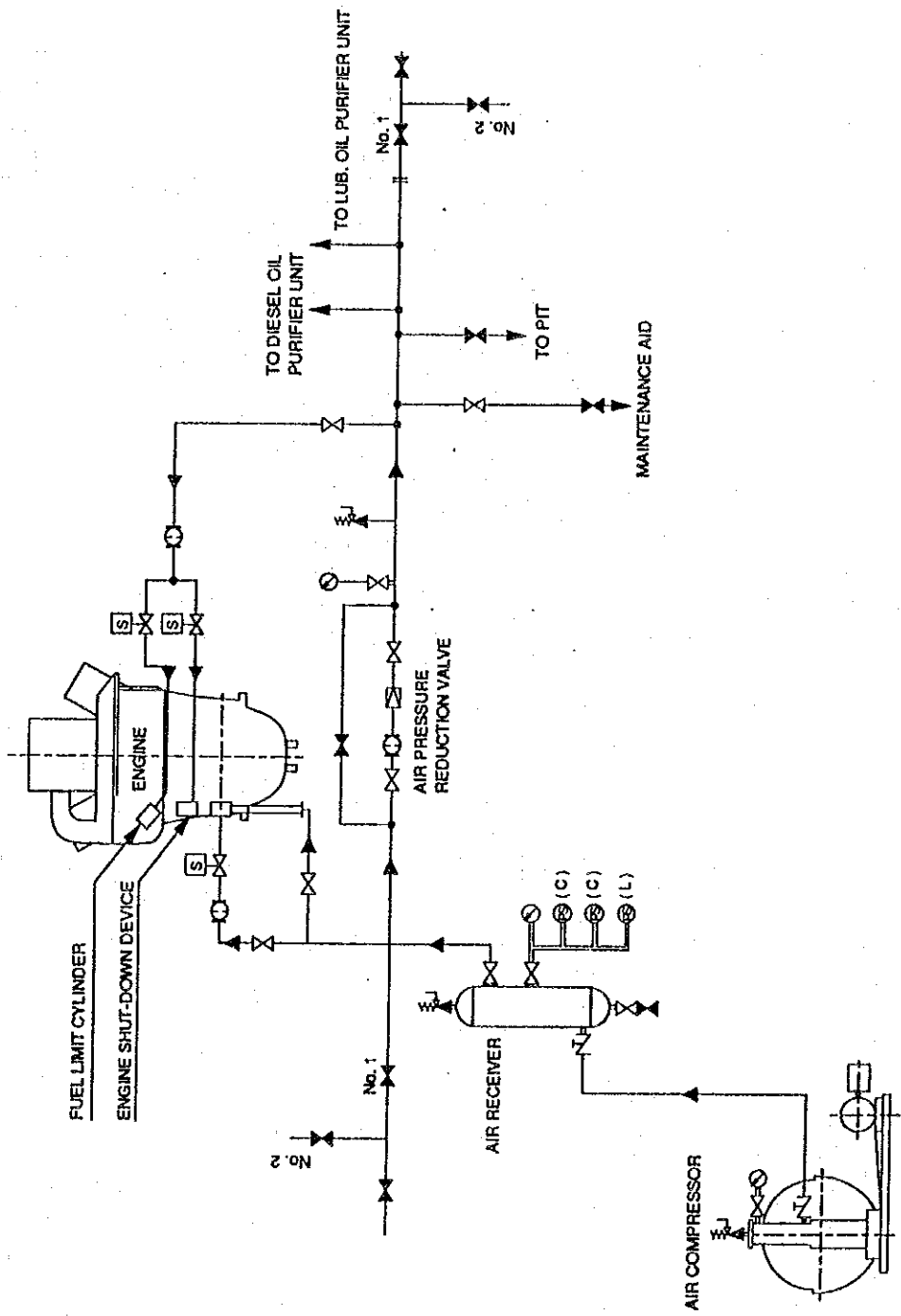
圖—II-3.10  
 冷却水系統圖  
 TITLE



TITLE

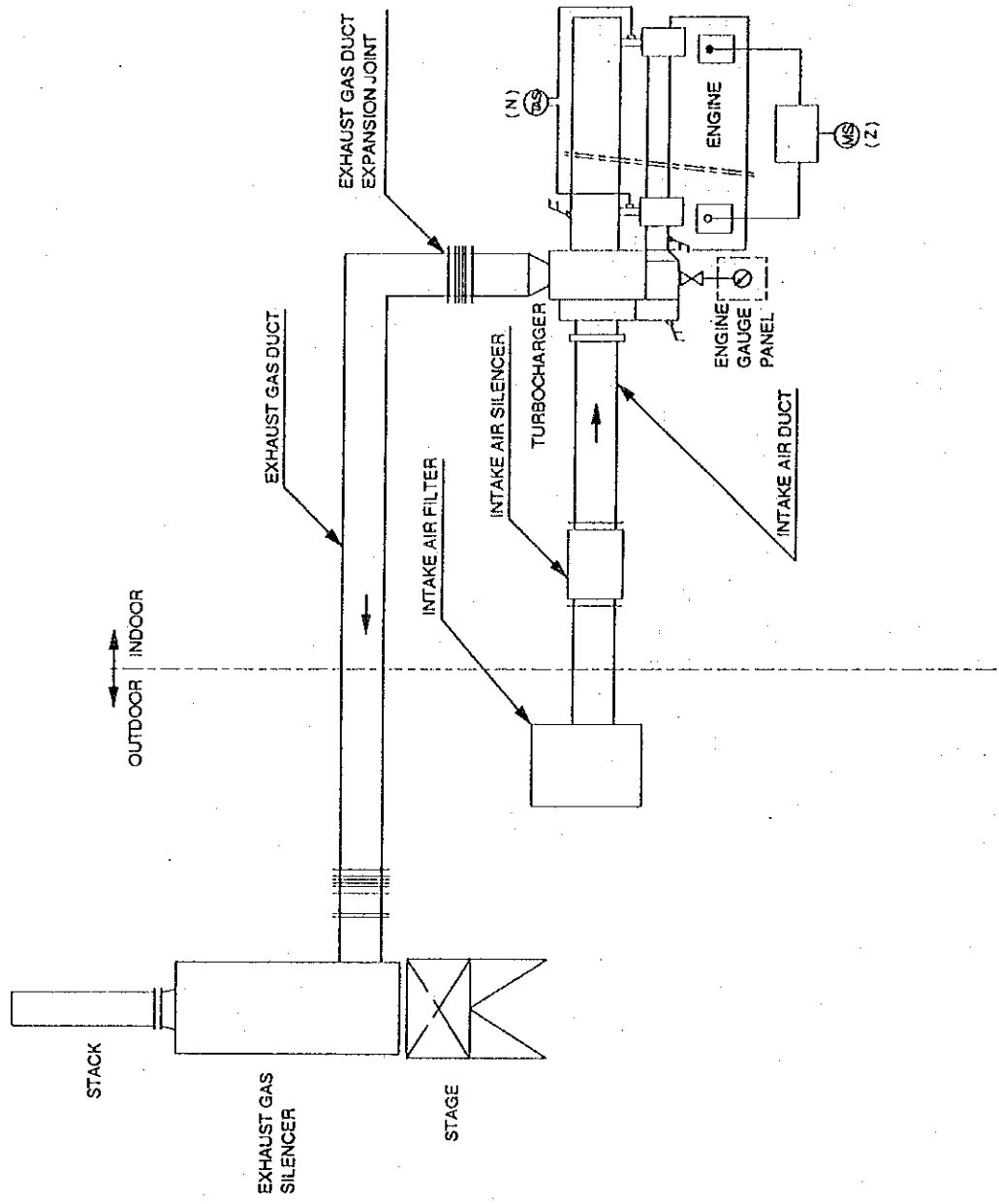
図-11.3.11

ポンプ場・パイプライン配置図



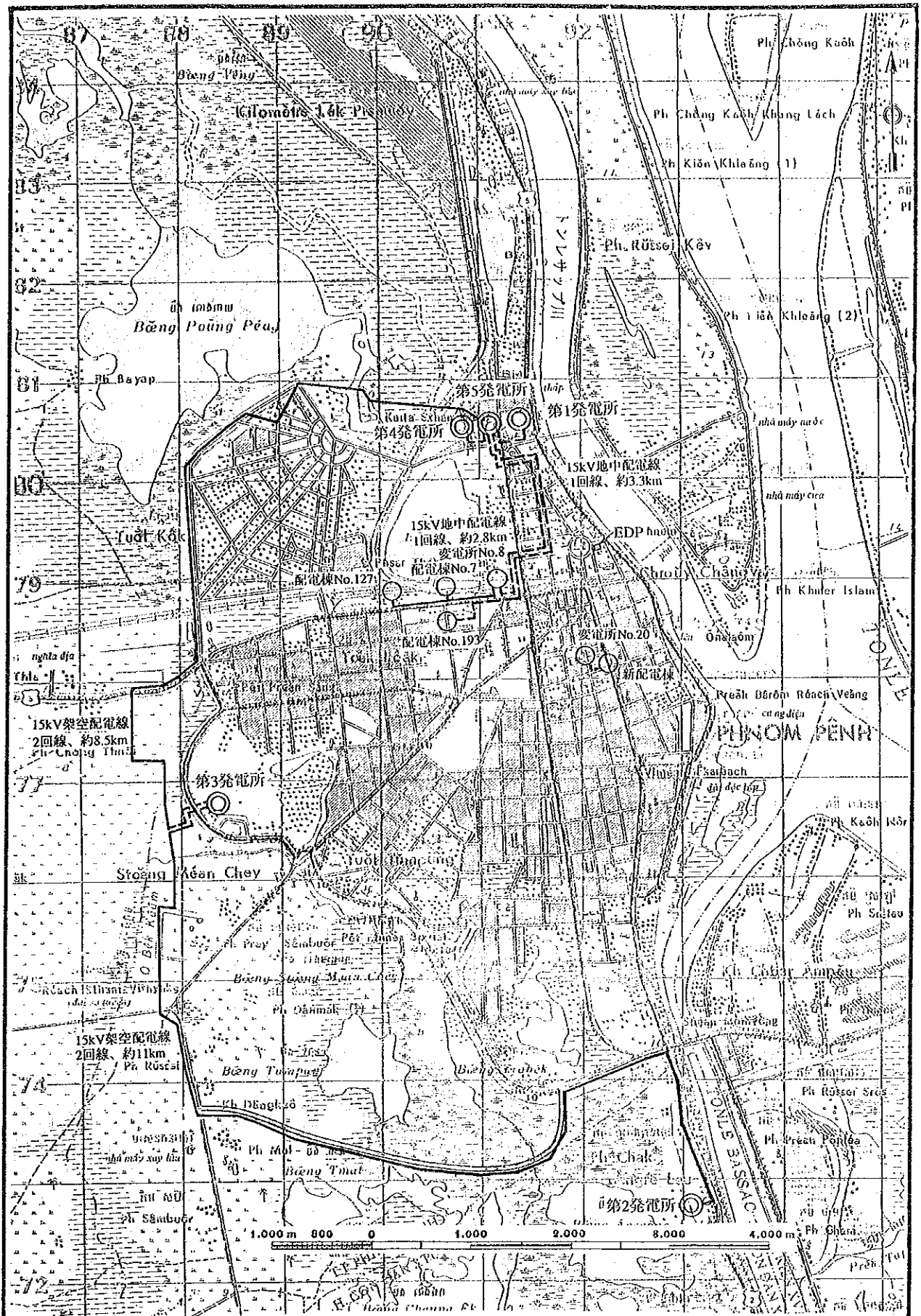
TITLE

圖—II.3.12  
壓縮空氣系統圖



TITLE

圖—II.3.13  
吸氣・排氣系統圖

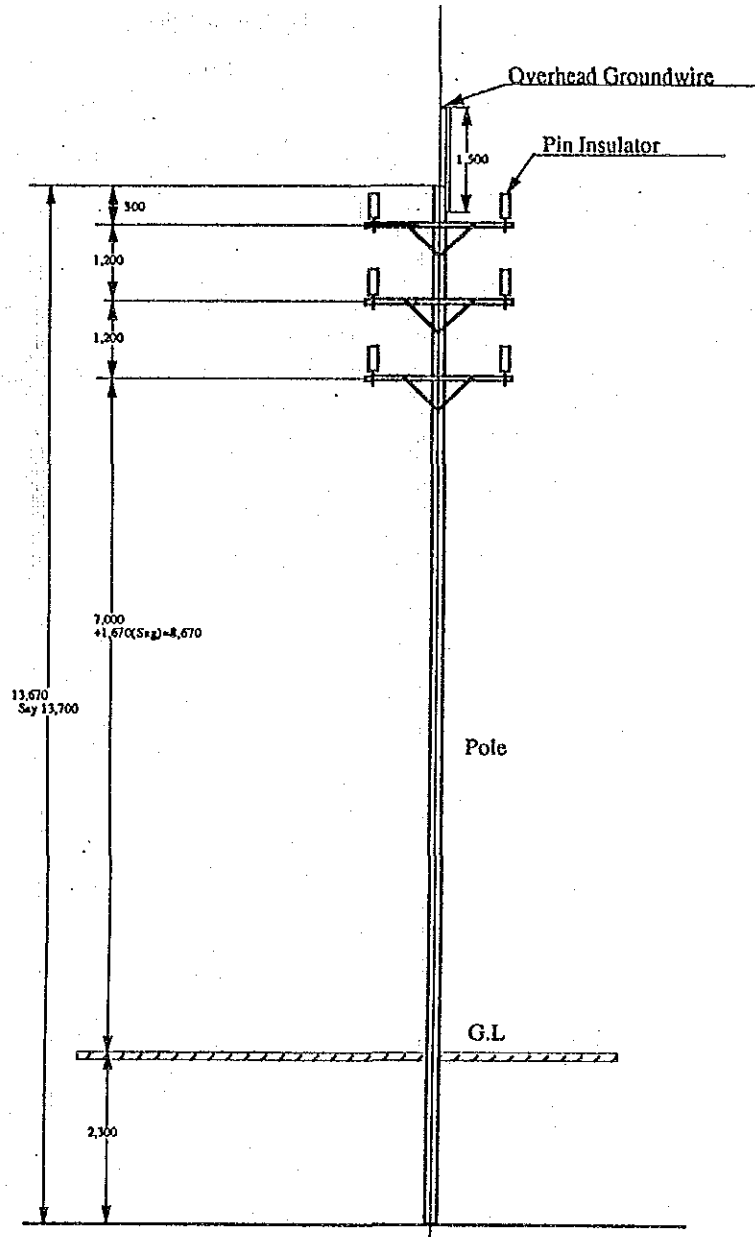
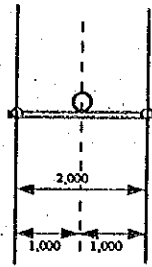


TITLE  
 図—II.3.14  
 配電設備及びルート図





REFERENCE ONLY

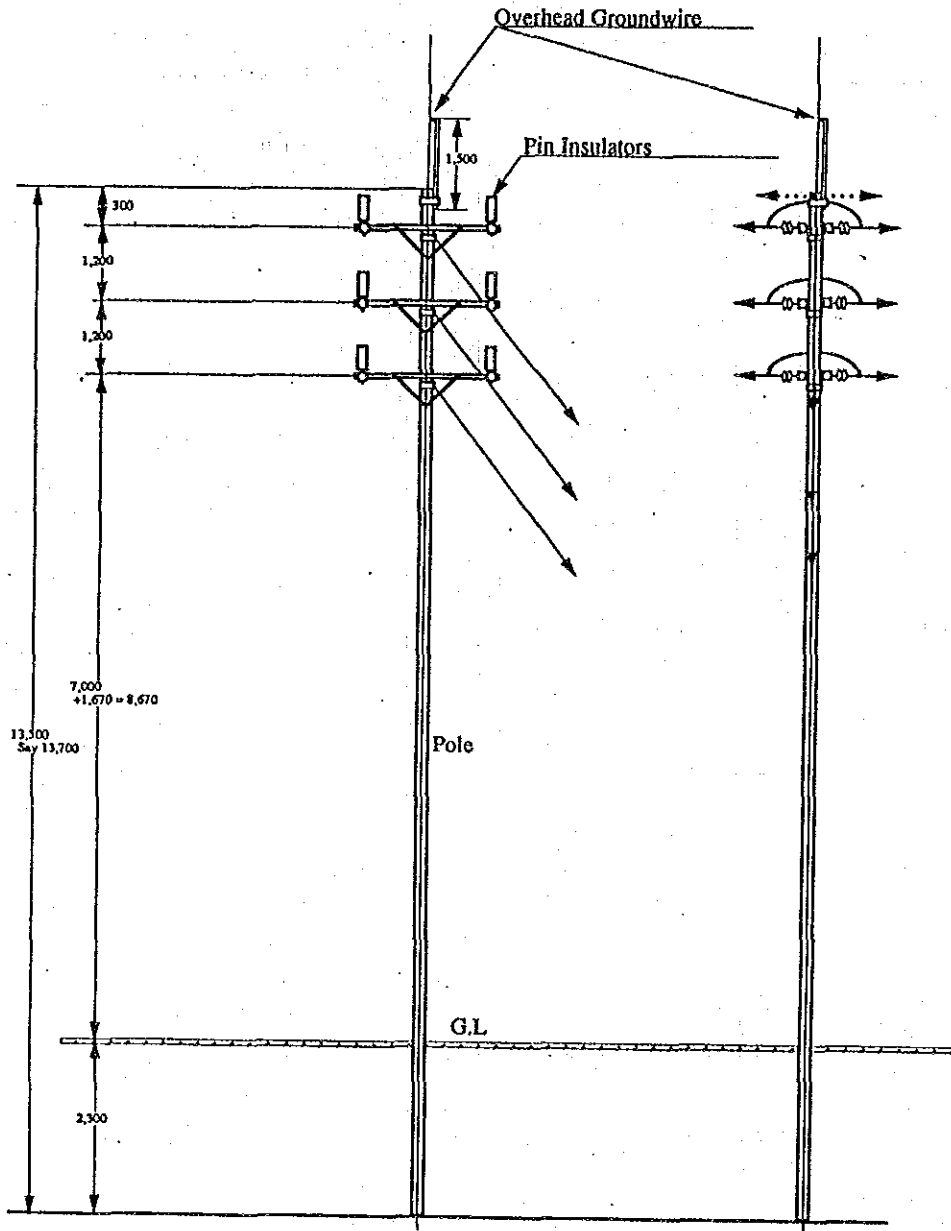
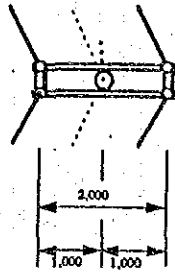


Streight Type Pole (Type-S)

TITLE

図一II.3.15  
支持物組立図 (直線柱)

REFERENCE ONLY

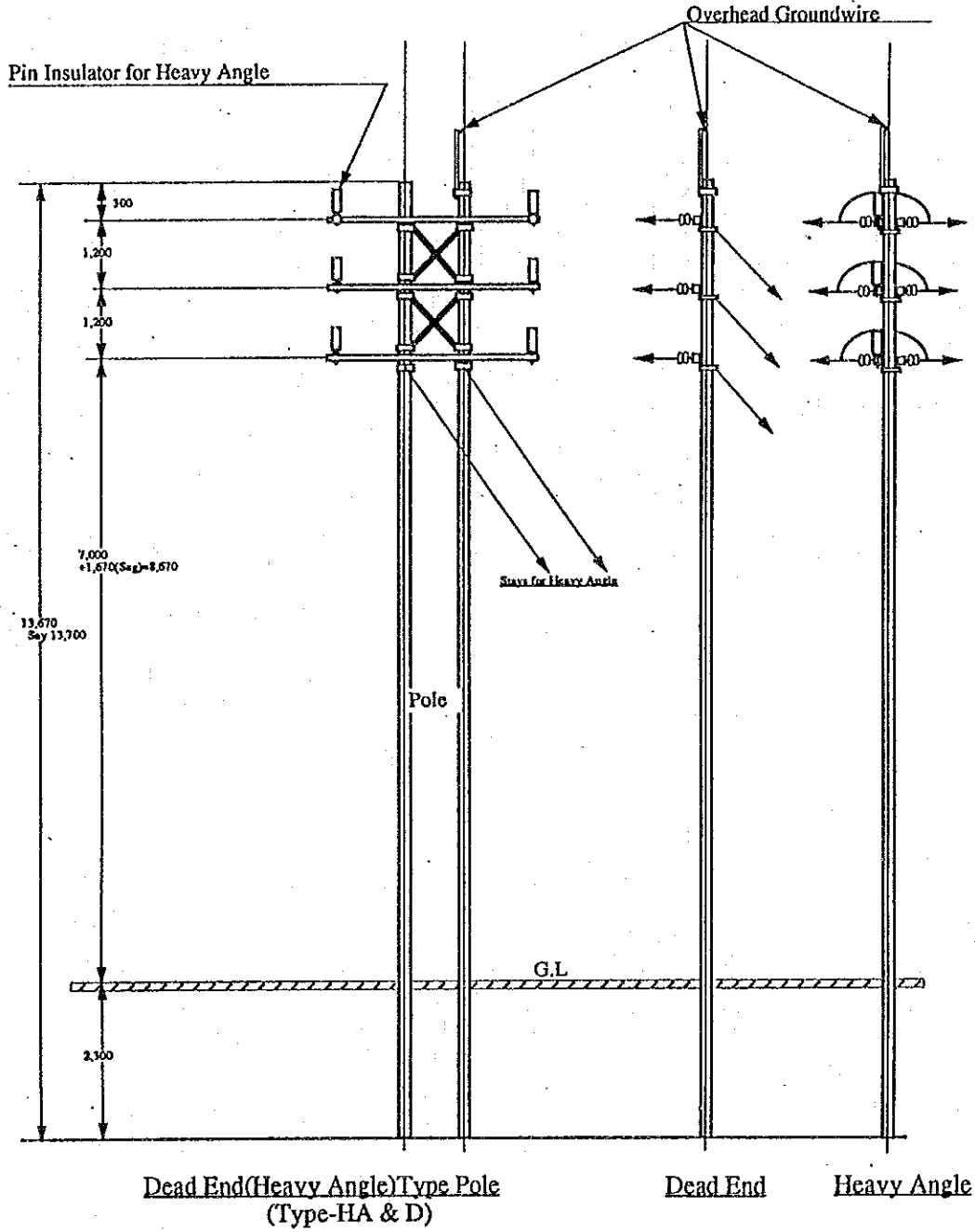
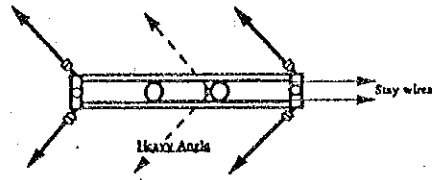
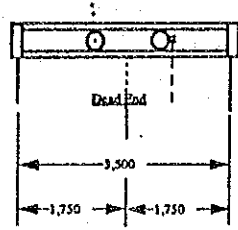


Angle Type Pole (Type-A)

TITLE

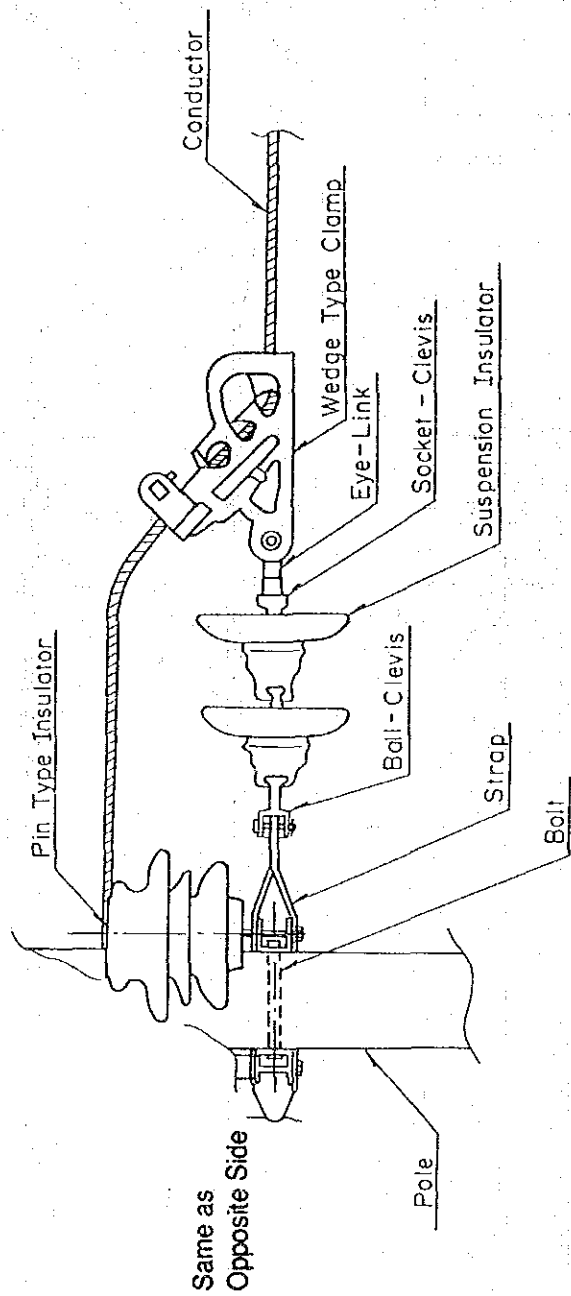
圖—II.3.16  
支持物組立圖 (角度柱)

REFERENCE ONLY.



TITLE

図—II.3.17  
支持物組立図 (引留柱及び重角度柱)

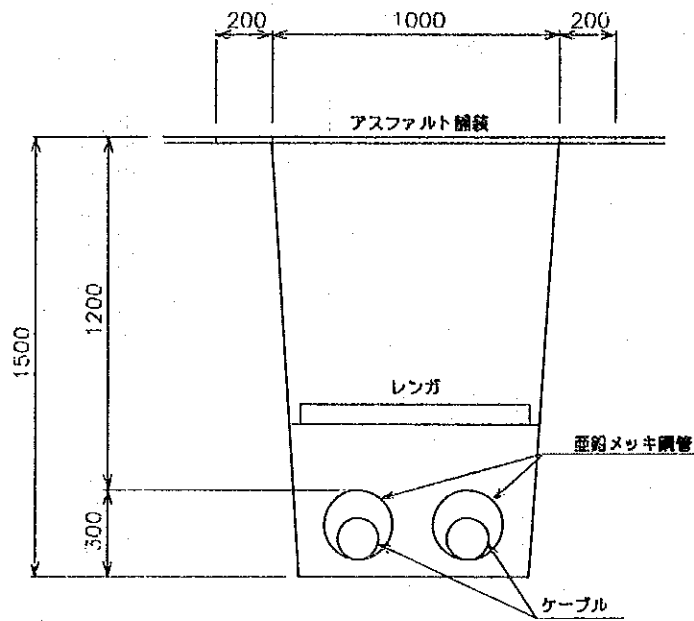


Tension Support Assemblies  
 ( For 20KV Line )

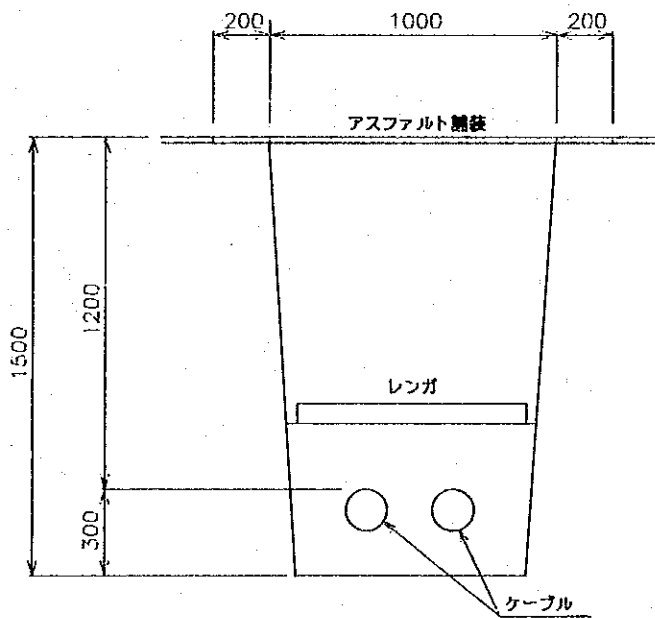
TITLE

図 II.3.18

がいし装置図



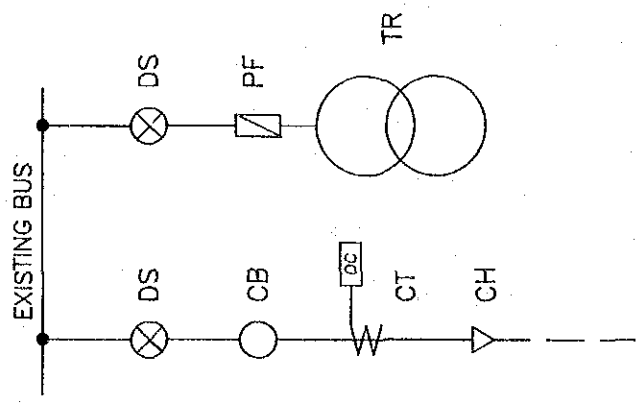
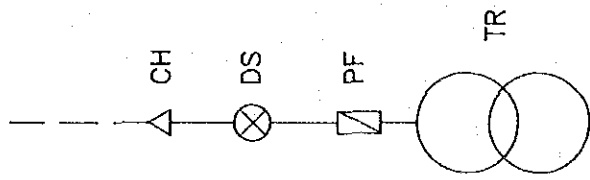
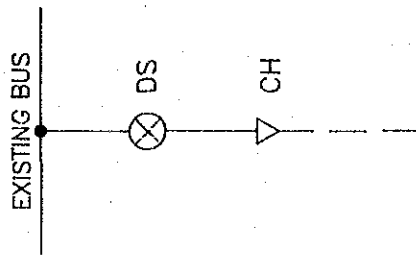
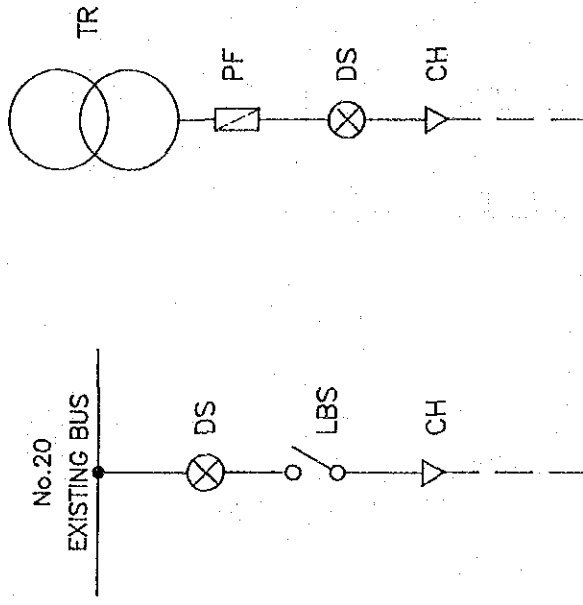
道路横断箇所



歩道, 一般道路

TITLE

図—II.3.19  
地中線布設図



No.20 EXISTING BUS

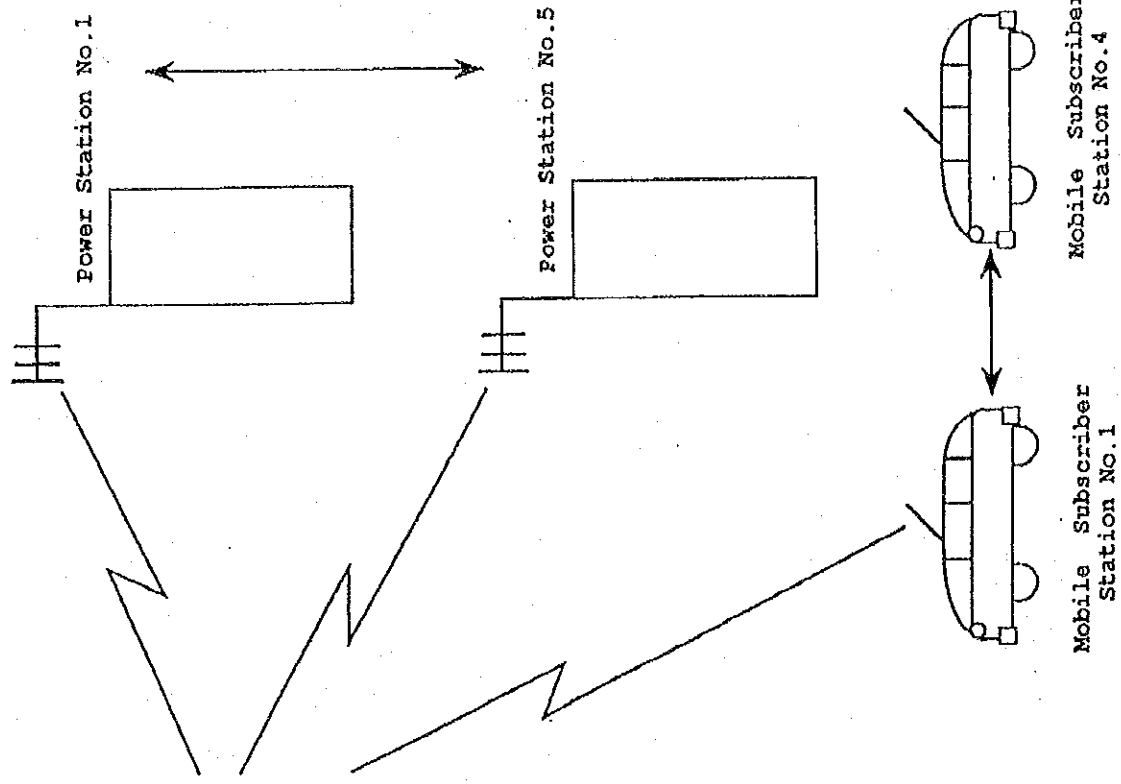
No.8

No.7

No.127

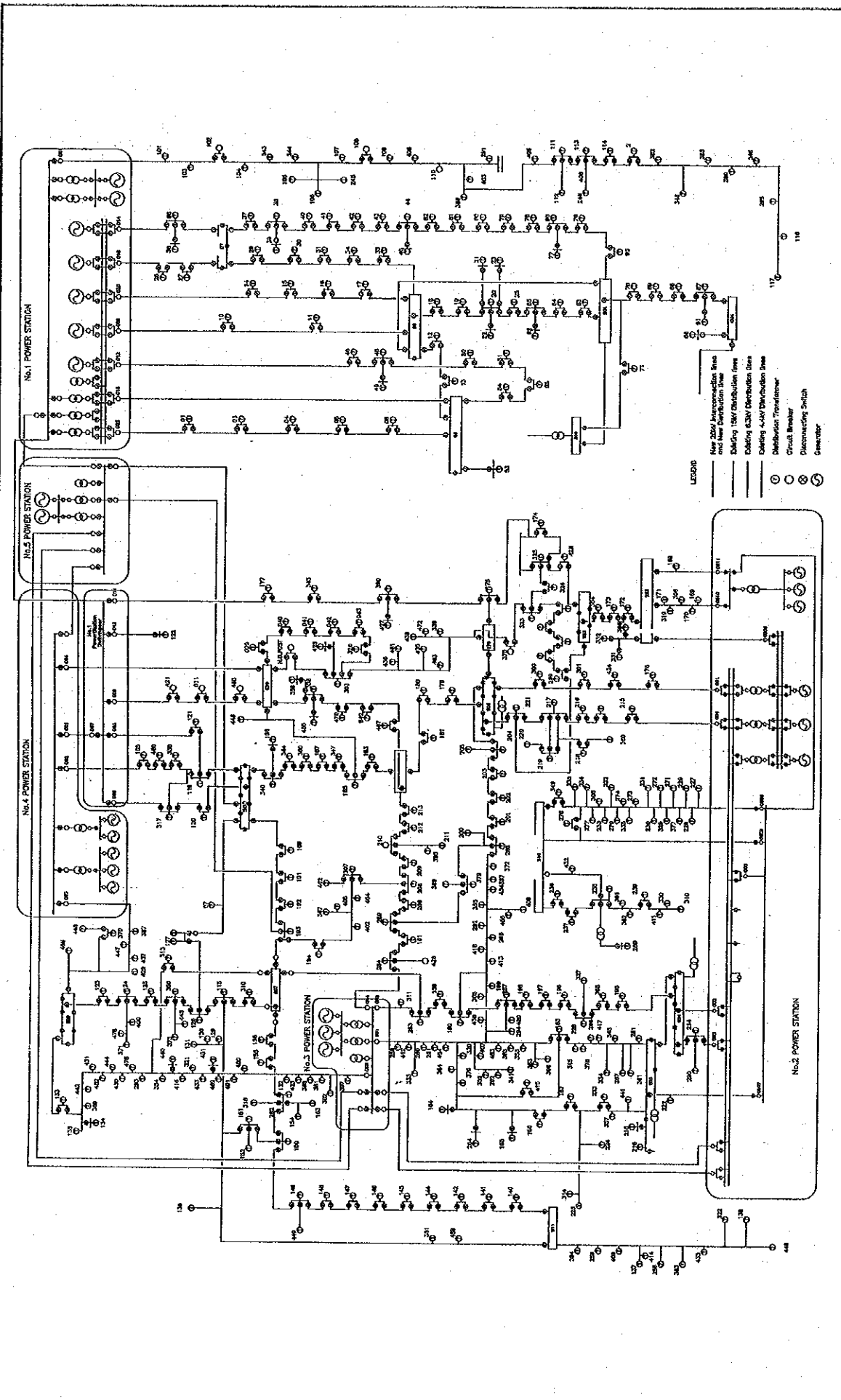
New Distribution Post

TITLE  
 圖一11.3.20  
 配電所 結線圖



BTE : Base Transceiver Equipment  
 LE : Local Exchange  
 RCE : Radio Control Equipment

TITLE  
 図一11.3.21  
 通信・給電指令設備システム構成図

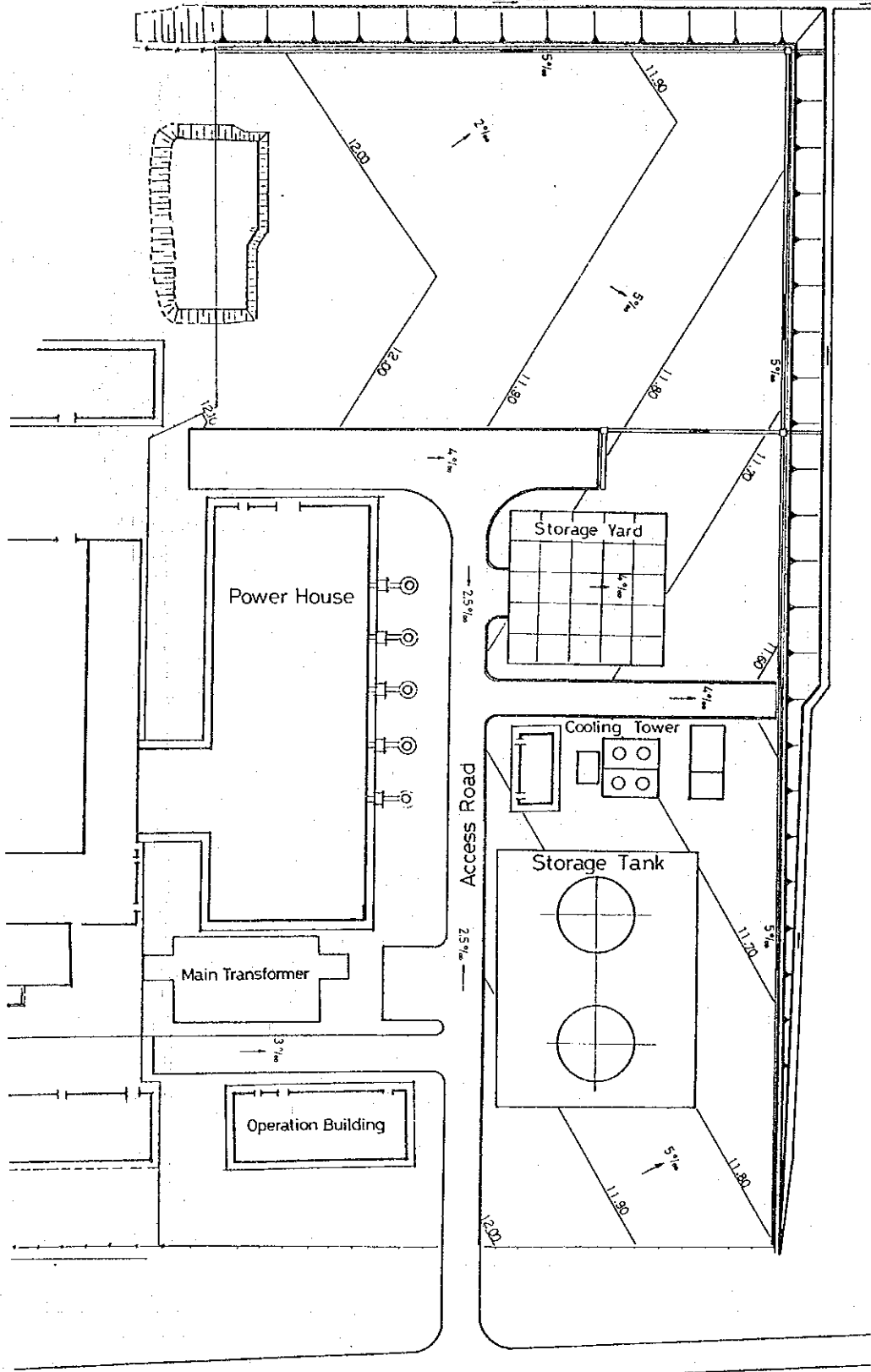


- LEGEND
- 200V Transmission Line
  - 100V Distribution Line
  - 6.6kV Distribution Line
  - 4.4kV Distribution Line
  - Distribution Transformer
  - Circuit Breaker
  - Disconnecting Switch
  - Generator

TITLE

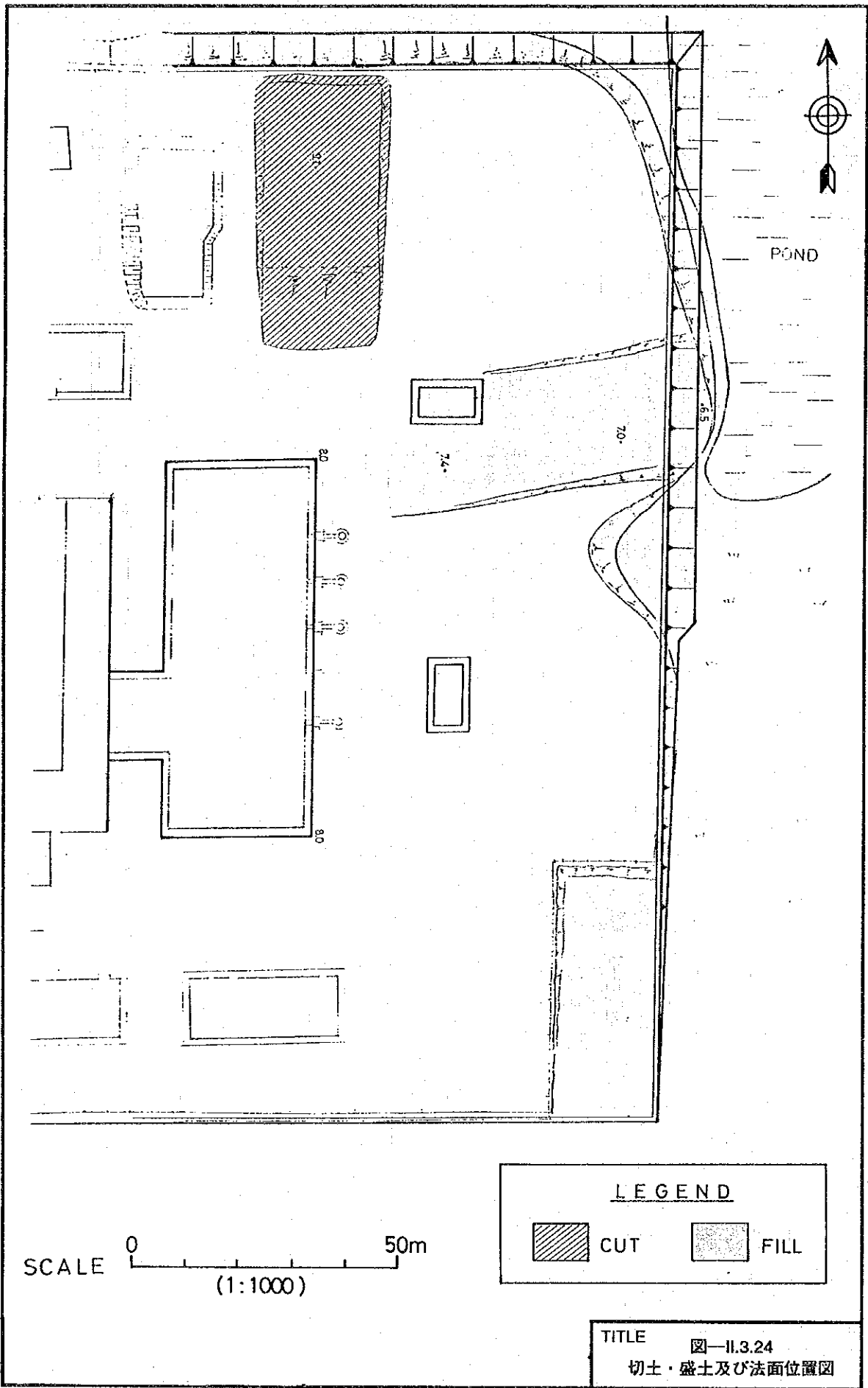
圖 II.3.22  
給電指令所綜合監視盤外形圖







SCALE 0 50m  
(1:1000)

TITLE 图一11.3.23  
敷地造成图

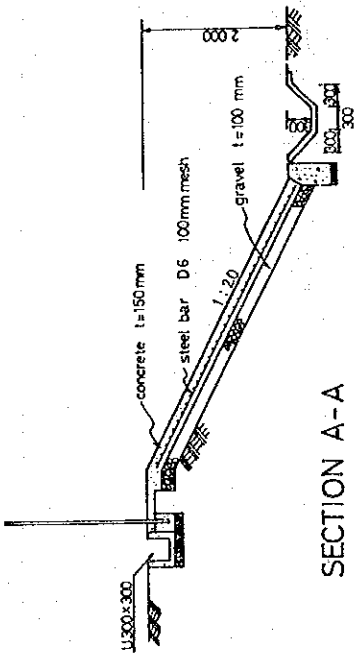


SCALE 0 50m  
(1:1000)

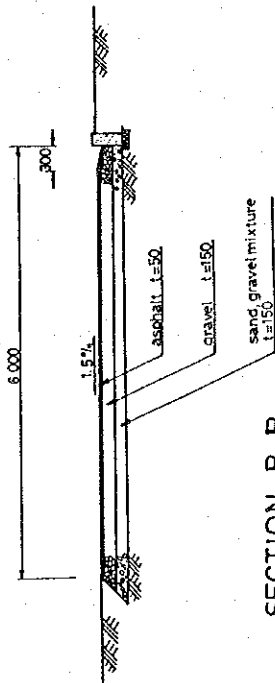
LEGEND

	CUT		FILL
---	-----	---	------

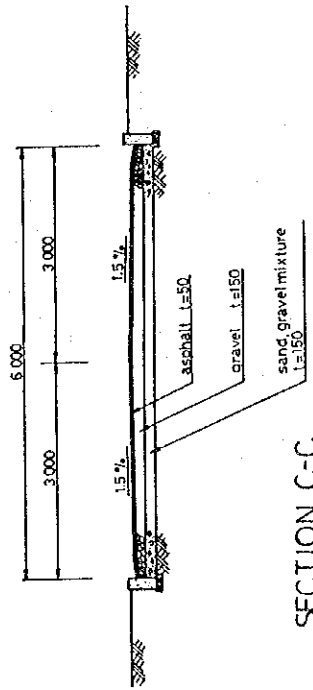
TITLE 図-11.3.24  
切土・盛土及び法面位置図



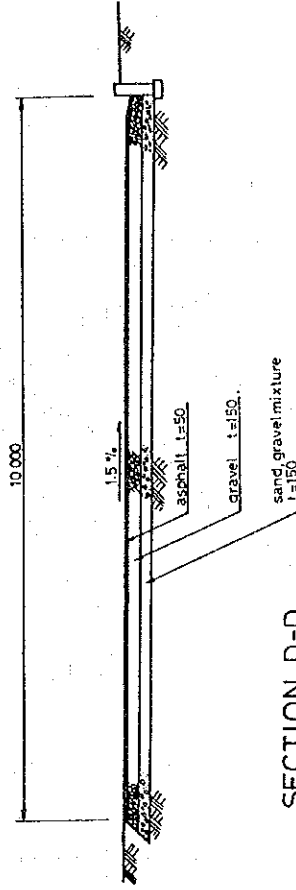
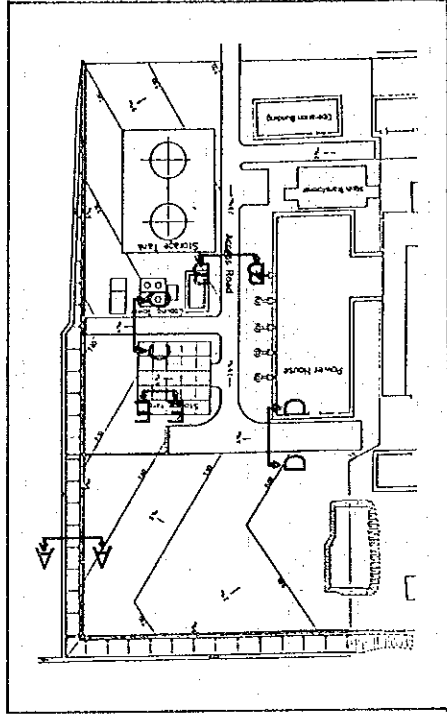
SECTION A-A



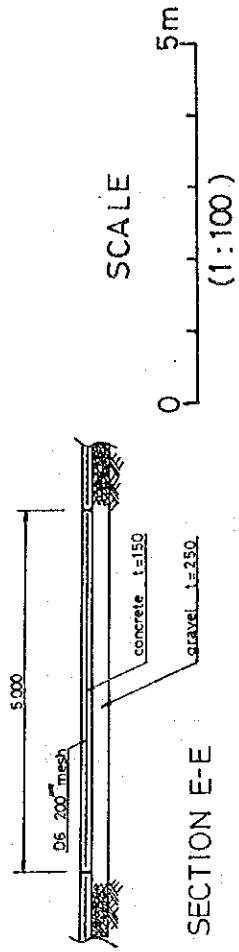
SECTION B-B



SECTION C-C

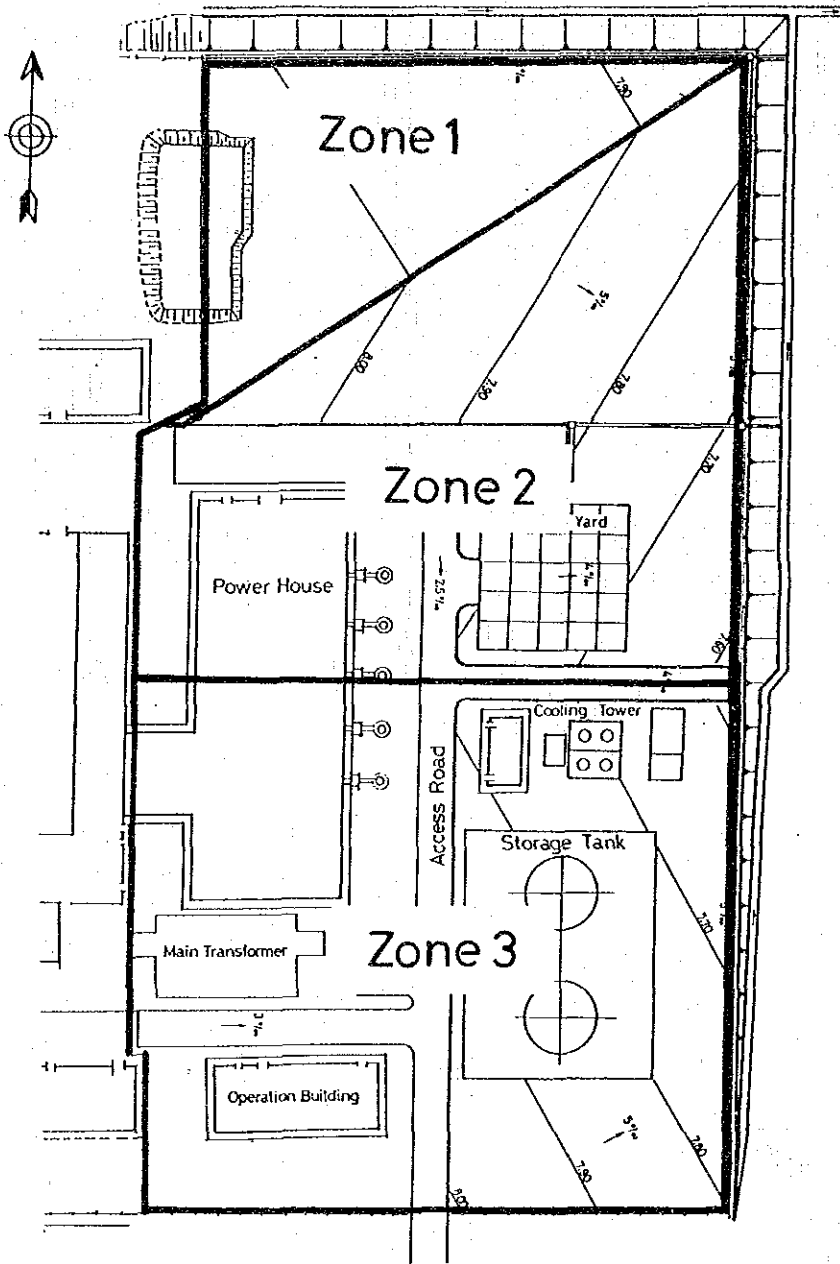


SECTION D-D

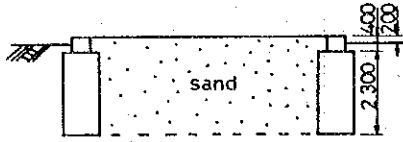
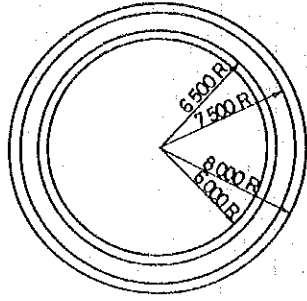


SECTION E-E

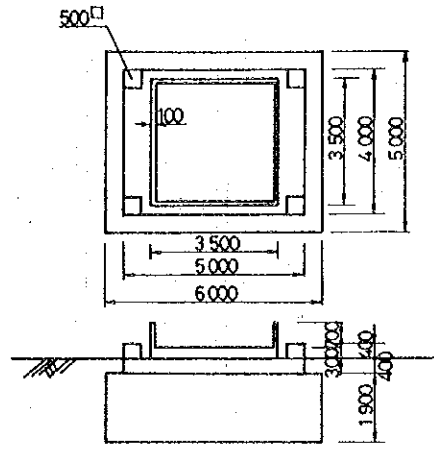
TITLE 図—II.3.25  
法面保護及び舗装構成図



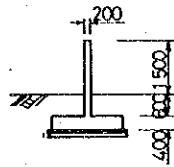
TITLE 图—II.3.26  
雨水流域图



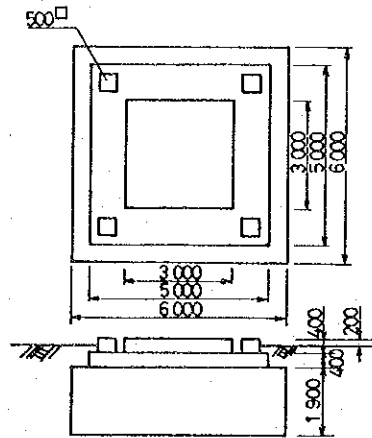
Diesel oil tank



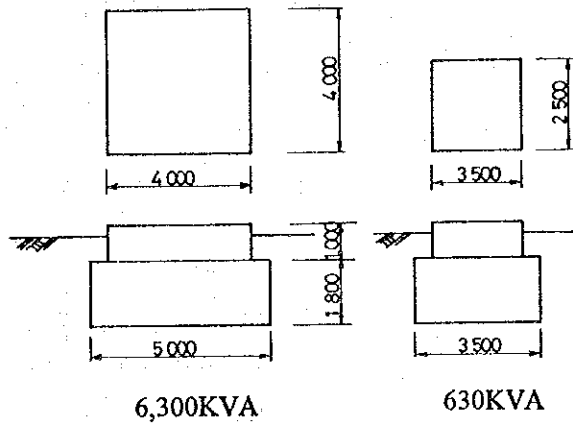
Buffer tank



Oil fence



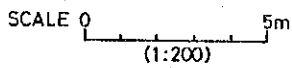
Silencer



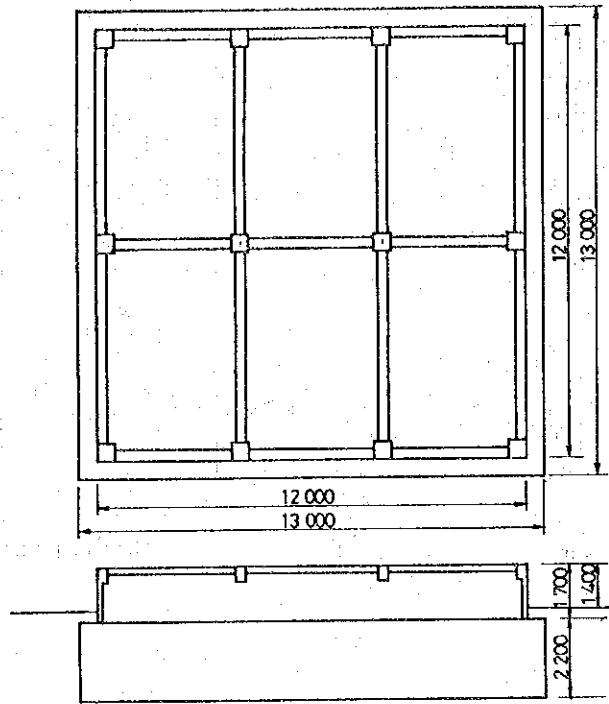
6,300KVA

630KVA

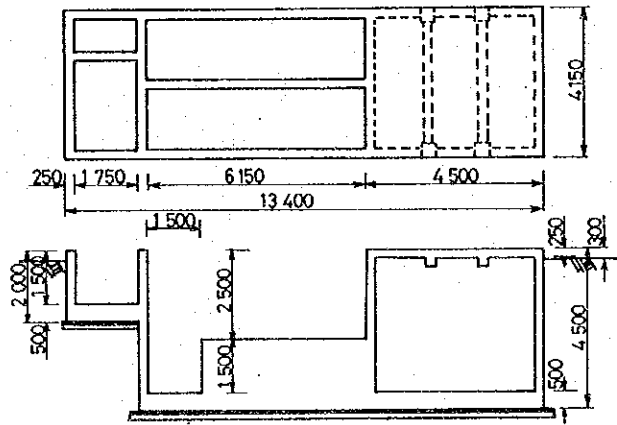
Transformer



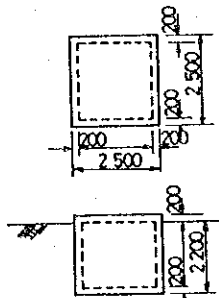
TITLE 図-II.3.27(1)  
屋外設備基礎図 (1)



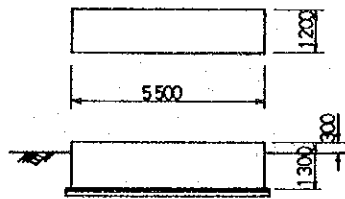
Cooling tower



Precipitator



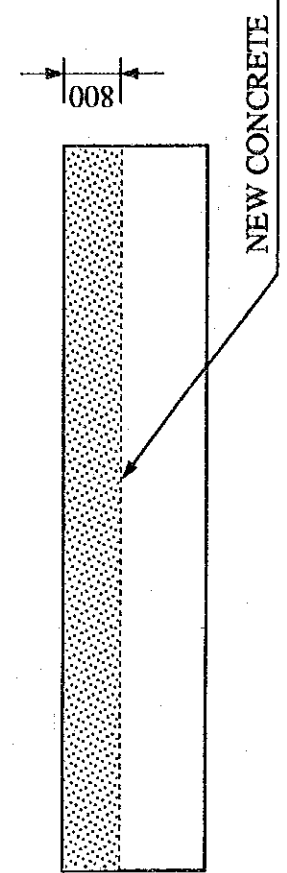
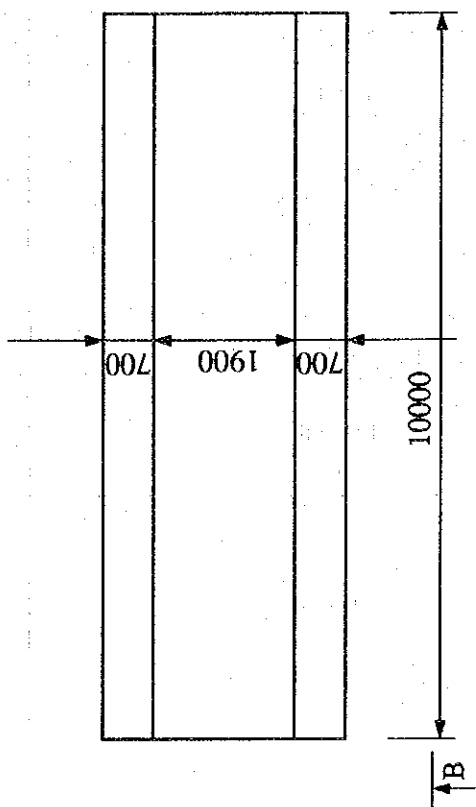
City water tank



Dosing device

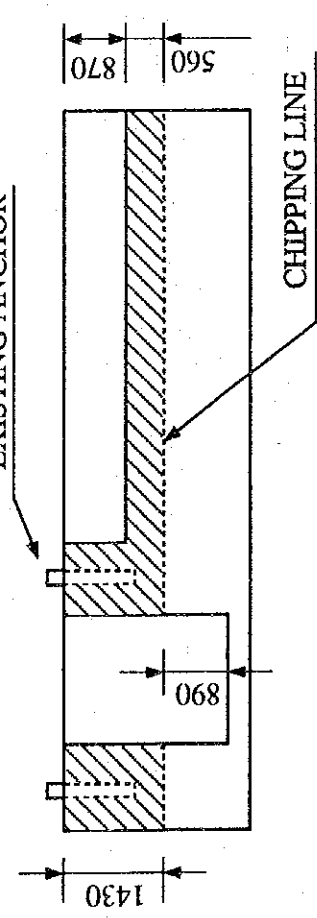
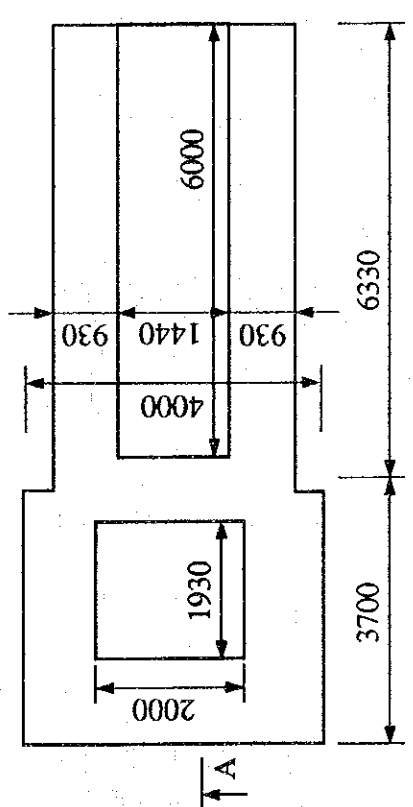
SCALE 0 5m  
(1:200)

TITLE 圖—II.3.27(2)  
屋外設備基礎圖 (2)



VIEW B

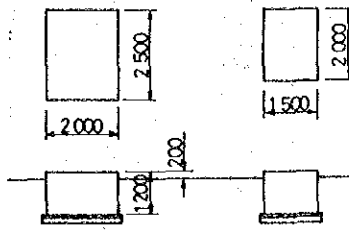
MODIFIED FOUNDATION



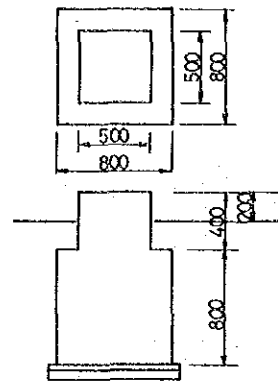
VIEW A

EXISTING FOUNDATION

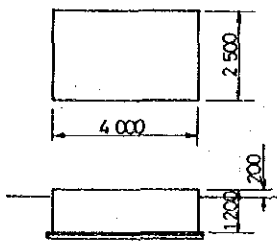
TITLE  
 圖 11.3.28  
 發電機基礎改修圖



Oil treatment unit

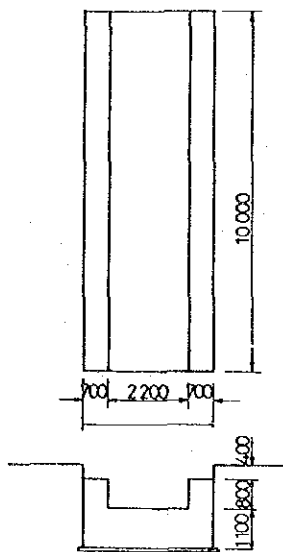


Control unit

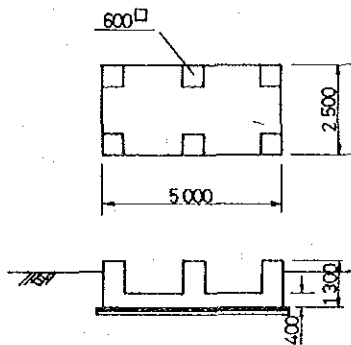


Sludge treatment unit

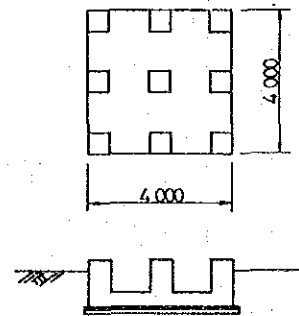
SCALE 0 1m  
(1:50)



Diesel engine



Auxiliary block A, B



Auxiliary block C

SCALE 0 5m  
(1:200)

TITLE 圖 II.3.29  
屋內設備基礎圖



## 第4章 事業の効果と結論

## 第4章 事業の効果と結論

本事業は新ディーゼル・エンジン発電機の設置、新配電線の建設及び既設配電線の修復及び通信・給電指令設備の改善を実施することにある。発電設備の増設によりプノンベン市の電力供給力は現在の総可能出力の42%に相当する出力を増加させ電力不足により復興事業を遅滞させられている現状の改善に大きく貢献する。新発電所は年間最大84.0GWhの電力を発電する。これはEDPの1992年の総発電量の約60%に匹敵する。本事業の実施により、現在需要家に課せられている計画停電が解消されるのみならず、潜在需要家の電力ニーズを満たし、電力安定供給による地域インフラ・経済復興の促進、住民の福祉改善等に多大な効果を与える。直接的恩恵をうける被受益人口は80万人と想定される。

本事業はカンボジアにおける最重要インフラ施設のボトルネック、即ち電力不足の解消の一助になる。これにより帰還難民や退役軍人を含むカンボジアの人的資源とその技量を生産的活動に有効投入できる状況が再び創り出される。さらに、本計画の完成は、公共と民間投資の促進、公共サービスの回復、国内経済の世界市場への融合、民間セクターの持続的発展に寄与し経済成長と民生の安定に大きく貢献することになろう。以上から本事業は無償資金協力で実施することは妥当なことと判断される。

## Appendix



MASTER PLAN STUDY  
ON  
REHABILITATION AND RECONSTRUCTION OF ELECTRICITY SUPPLY  
IN PHNOM PENH AND SIEM REAP, CAMBODIA

MINUTES OF DISCUSSION

In response to the request of Supreme National Council (SNC), Japan International Cooperation Agency (JICA) sent to Cambodia a study team for formulating an appropriate rehabilitation and reconstruction plan on the existing power supply system both in Phnom Penh and Siem Reap (hereinafter called the Team), and to conduct the study at a basic design level for the most effective project in Phnom Penh. The team stayed in the country from January 12, 1993 through February 8, 1993.

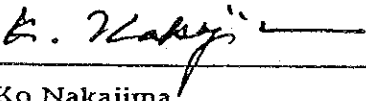
During the period, the team conducted the collection and analysis of various records and information concerned the study under assistance of counterparts from the Ministry of Industry, Electricite du Phnom Penh and Siem Reap province, held discussions with officials concerned as well as international organizations and achieved field surveys in Phnom Penh and Siem Reap.

In the course of the field study, parties concerned have discussed the preliminary results of the Team's site examination and confirmed with the counterparts the main items for the Basic Design Level Study for the Phnom Penh power system as stated in the attached two Minutes of Discussion with the counterparts. On the basis of the discussions and the confirmation, the Team will proceed to further works for formulating the master plan for both Phnom Penh and Siem Reap cities and the basic design level study for electricity facilities in Phnom Penh. The Team will prepare the Interim Report, the Progress Report, Draft Final Report and Final Report on the basis of the works.

For H.E. Hor Namhong  
Member of S.N.C.  
Coordinator for Economic Cooperation  
with Japan

---

Kilaut Randy  
Vice Minister of Ministry of Industry  
Cambodia

  
Ko Nakajima  
Leader of JICA Study Team  
for Rehabilitation and  
Reconstruction of Electricity  
Supply in Phnom Penh and  
Siem Reap

## MINUTES OF DISCUSSIONS

### MASTER PLAN STUDY ON REHABILITATION AND RECONSTRUCTION OF ELECTRICITY SUPPLY IN PHNOM PENH AND SIEM REAP, CAMBODIA

In response to the request of Supreme National Council (SNC), Japan International Cooperation Agency on behalf of the Government of Japan (GOJ) dispatched a study team for the captioned study to Cambodia from January through July 1993. The Team has conducted field survey with collection of information/data, analyzed the information/data and prepared the progress report and interim report under cooperation of the Cambodian counterparts. The Team submitted its Draft Final Report for the study on June 28, 1993 to Electricite du Cambodge (EDC). The report includes Basic Design Level Study for the recommended facilities most effectively to contribute to rehabilitation and reconstruction of the Phnom Penh power system and to be implemented under the assistance of GOJ. The Team explained the master plan and basic design to EDC from June 30 through July 6 1993 in Phnom Penh. EDC agreed to the report.

On April 27, 1993 the former Electricite de Phnom Penh (EDP) changed its name to EDC. However, its new organization was not disclosed during the Team's stay in Cambodia. EDC agreed with the Team that descriptions in the report relating to the organizations and functions of the country's power sector as well as new EDC will remain unchanged due to current indefiniteness on them.

Through the discussion with the Team, EDC verbally asked the Team to convey the following EDC's proposals to GOJ. The Team undertakes to do this conveyance.

- (1) request for further assistance in rehabilitation and reconstruction of electricity supply of the provincial power systems.
- (2) request to conduct the master plan study of Cambodia's water resources for hydropower development in medium and long term program of energy sector.

Phnom Penh, July 8, 1993



*[Signature]*  
Toeung Chin  
Deputy Director of  
Electricite du  
Cambodge

*[Signature]*  
Ko Nakajima  
Leader of JICA Study Team for  
Rehabilitation and Re-  
construction of Electricity  
Supply in Phnom Penh and  
Siem Reap, Cambodia

4/3

MASTER PLAN STUDY  
ON  
REHABILITATION AND RECONSTRUCTION OF ELECTRICITY SUPPLY  
IN PHNOM PENH AND SIEM REAP, CAMBODIA

MINUTES OF DISCUSSION (1)

**1. Place of and Attendance to Discussion**

Please refer to Annex-1.

**2. Objective of Meeting**

The objective of this meeting is to explain results of the master plan study, and discuss and determine the basic design concept for facilities selected by the Team for the most effective measures to rehabilitation and reconstruction of electricity supply in Phnom Penh power system.

**3. Selected Sub-projects**

The Team selected following facilities as the most effective facilities to be rehabilitated and reconstructed in the Phnom Penh power system under the assistance of the Government of Japan.

- (a) No. 5 power station with installation of 2 units of equivalent output capacity of 5MW diesel engine and generator set

The total system peak demand including estimated potential demand which is forecasted by Supreme National Council (S.N.C) is 59.7 to 65.4MW in 1993 and 77.3 to 89.5MW in 1998 as mentioned in the documents for "Request to Japan's Grant Aid" officially submitted to the Government of Japan. The system peak demand forecasted by the Team is 63MW in 1995 and 81MW in 1998 including estimated potential demand and losses in the network.

While, rehabilitation of the existing power facilities and additional installation of new diesel power facilities by various bilateral assistance and international organizations are committed and expected to be realized by the year 1995. Power supply capacity after rehabilitation to the existing generating facilities and addition of new diesel generating sets is estimated by United Nations Development Programme (UNDP) to

7/101  
increase to 86MW by 1995 including 10MW expected to assistance by the Government of Japan.

The possible output of 86MW in the system will be sufficient for the total system power demands in both 1995 (61MW) and 1998 (81MW) forecasted by the Team, even if the largest unit of generating facilities in the system is out of operation for the periodical overhaul or inspection.

Upon the official request from S.N.C, the Government of Japan decided to assist the rehabilitation and reconstruction of No.5 power station.

Under such circumstances, the Team's recommendation is therefore under assistance of the Government of Japan to install 2 units of 5MW (effective output) each in the No.5 power station utilizing the existing power house and overhead travelling crane, as a result of economical study on various alternatives.

**(b) Interconnection of the existing Northern and Southern Power Systems**

For the effective operation and maintenance of the power system, it is recommended to establish the interconnection line of the northern and southern systems as requested by S.N.C. Interconnection of the systems will be achieved by means of new overhead lines for connecting all the existing power stations. The lines will be operated in 15kV on 20kV design taking account of the future system voltage.

In addition to the interconnecting line, other lines will also be recommended to be provided for effective operation of the No.5 power station and the existing power system.

**(c) Centralized System Control**

New VHF radio equipment is recommended to be installed at five (5) power stations and several mobile stations for the effective operation of the power stations and proper maintenance of the power network. All those radio communications will be centralized to EDP's (Electricite de Phnom Penh) control center located at the EDP's head office. A mimic panel (synoptic lighting board) will be installed in the load dispatching center.

**4. Responsible Organizations**

When the implementation of the project under grant aid is approved, following



organizations of S.N.C will be assigned for the project execution.

- (a) Responsible Ministry : Ministry of Industry (MOI)
- (b) Responsible Authority : Municipality of Phnom Penh
- (c) Implementing Agency : Electricite de Phnom Penh (EDP)

## 5. Japan's Grant Aid System

The Ministry of Industry and EDP have understood the structure and system of Japan's grant aid.

## 6. Basic Design Concept

The basic design level study will be achieved in Japan on the facilities in Phnom Penh power system as selected in the above (3).

The study will be conducted on the basis of the following condition and concept, but it is to be noted that the concept is subject to modification due to the results of further studies in Japan.

### (6-1) No.5 Power Station

- (a) New machines will be installed in the existing building.
- (b) Total capacity to be set in the power station will be 2 x 5MW.
- (c) EDP is responsible for dismantling of all the existing facilities in No.5 power station and removal of the dismantled machines, equipment and materials to the EDP's Warehouse for storing prior to commencement of the construction of new machines at expense of S.N.C.

The officials explained serious shortage of fund for works of dismantling and storing of the existing facilities and requested the Team to convey to the Government of Japan so that this work will be done under assistance of the Japan's Grant Aid Programme.

- (d) Additional facilities such as a cooling water pond, water piping from the Tonle Sap river, etc. will be provided under the Japan's Grant Aid Programme.
- (e) Other design conditions are summarized in Annex-2.

### (6-2) 15kV Line

- (a) The northern and southern power systems in Phnom Penh will be interconnected for stable power supply in the network.

- 100
- (b) The interconnection line will be on the overhead line along the route selected by the team and agreed by EDP.
  - (c) Other 15kV lines effected for improvement of the stable power supply are also selected and will be designed for implementation.
  - (d) Design conditions are summarized in Annex-2.

### (6-3) Centralized System Control

- (a) All power stations will be connected each other and with the control center in EDP's head office by means of VHF communications system.
- (b) A mimic panel will be provided at the load dispatching center in the EDP's head office displaying the situation of the network with lamps and manual switches. It will be not an automatic display board, but manually operated. Therefore, no cable among each power station/substation and the dispatching center connects for the data transmission.
- (b) Design conditions are summarized in Annex-2.

The officials agreed that (a) the sub-projects selected and studied for the Basic Design Level Study are not final for implementation under assistance of the Government of Japan, (b) the components of the Project will be recommended after further studies, and (c) the concrete sub-projects to be implemented will be stipulated in the Progress Report.

## 7. Undertaking by Supreme National Council

Responsible authorities of S.N.C for the project shall undertake items listed in Annex-3 when the Government of Japan decides to extend grant aid for the said project.

## 8. Schedule of Study Team

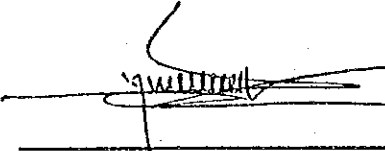

The Team will continue the following works in Cambodia and Japan for formulating the master plan and preparing of the basic design level study report.

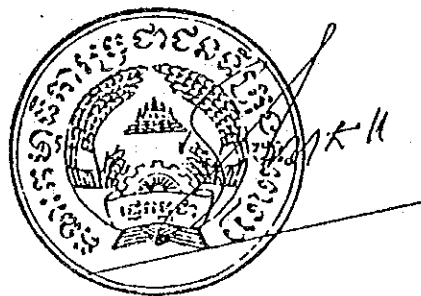
- (a) The basic design level study team will leave for Japan on January 29, 1993.
- (b) The master plan study team will be in Siem Reap from January 30 to February 4 to investigate its power system .
- (c) Interim report for the study will be submitted with 20 copies to the Ministry of Industry before leaving Cambodia of the master plan study team.
- (d) The master plan study team will leave for Japan on February 8, 1993.
- (e) Five (5) members of the team will visit Cambodia with Government officials of Japan

- at the end of March, 1993, and submit and explain the Progress Report of the study.
- (f) Four (4) members of the team will visit Cambodia the end of June, 1993 for submitting and explaining the draft Final Report to the Ministry of Industry.
  - (g) The team will further continue the study in Japan by the end of July, 1993.
  - (h) Final Report reflecting comments on the draft final report from MOI and EDP will be submitted to JICA Tokyo by the end of July, 1993.

### 9. Training Programme in Japan

The Team conveyed to the Ministry of Industry and EDP the training schedule of JICA head office. Two (2) persons for a period of about 20 days each will be trained in Japan during May 1993. JICA requested S.N.C to submit the application forms of two persons to the Team to visit Cambodia in March 1993.

	 <hr style="width: 100%;"/>	 <hr style="width: 100%;"/>
<p>Mayor of Phnom Penh Municipality</p>	<p>Toeung Chin Director of Electricite de Phnom Penh</p>	<p>Ko Nakajima Leader of JICA Study Team for Rehabilitation and Reconstruction of Electricity Supply in Phnom Penh and Siem Reap</p>



SIM KA  
Mayor of  
Phnom penh municipality

**ANNEX - 1**

**ATTENDANCE TO MEETING**

**Date of Meeting** : January 26, 1993  
**Place of Meeting** : Conference room of EDP's Head Office

**Attendance**

**Ministry of Industry** : Mr. Nhek Chhoeung (Director of Energy Department)

**Electricite de Phnom Penh** : Mr. Toeung Chin (Director)  
Mr. Men Sarun (Deputy Director)  
Mr. Ty Norin (Head Office of Electricity Network)  
Mr. Ros Chenda (Director of No.4 Power Station)  
Mr. Sieng Ky Hong (Deputy Chief of Planning)

**JICA Study Team** : Mr. Ko Nakajima (Team Leader)  
Mr. Mitsuto Tsutsui (Generation Planning)  
Mr. Yoshitomo Watanabe (Electrical Design)  
Dr. Satoshi Minoyama (Mechanical Design)  
Mr. Toshiyuki Arita (System Planning)  
Mr. Tadashi Nio (Electrical Equipment)  
Mr. Takashi Fukagai (Mechanical Equipment)

5

ae

b-

## ANNEX - 2

### DESIGN CONCEPT AND CRITERIA

#### 1. General

(1) Applied Standards	:	IEC, JIS, JEC, JEM, JCS, BS and other internationally recognized standards	
(2) Basic Insulation Level	:	20 kV system for interconnection	125 kV
		15 kV system	95 kV
		6 kV system for generator	60 kV

#### 2. Generating Plant

(1) Fuel Oil	:	Diesel oil (equivalent to JIS K 2204-2)	(*1)
(2) Frequency	:		50 Hz
(3) Type of Engine	:	Single action diesel engine	≤ 750 RPM
(4) Regulation of	:	Speed	± 5 %
	:	Voltage	± 2 %
(5) Standard Voltage	:	Low tension : 400/230 V ± 10 %	

#### 3. Distribution Line

(1) Wind Velocity	:	Maximum velocity in Phnom Penh	25 m/s
(2) Air Temperature	:	Maximum	41 °C
	:	Average	27 °C
	:	Minimum	13 °C
(3) Minimum Safety Factors	:	Support under normal condition	2.0
	:	Support under broken-wire condition	1.1
	:	Conductor	2.5
	:	Insulator (mechanical)	3.0
	:	Foundation of supports under normal	2.5
	:	Foundation of supports under broken-wire condition	1.25
(4) Minimum Conductor Clearances	:	20kV at road crossing - above ground	7.5 m
	:	20kV on other terrain - above ground	7.0 m
	:	LT line at road crossing - above ground	6.0 m
	:	LT line along road - above ground	6.0 m
	:	LT line on other terrain - above ground	5.0 m
(5) Minimum Depth of Underground Cable	:	Under major road	1.2 m
	:	Under other terrain	0.6 m

**4. Telecommunications and Load Dispatching Systems**

- (1) Frequency : 400 Mhz band  
(2) Number of channel : 10

**5. Civil and Building Works**

- (1) Minimum Safety Factor : Foundations of facilities 3.0  
(2) Strength of Concrete : Ultimate design strength 210 kg/cm<sup>2</sup>  
(3) Rain Fall Intensity :  
(4) Seismic Load : not applied  
(5) Embankment : Approximate gradient 1 : 2

**6. Utilization of Existing Facilities in No.5 Power Station**

- (1) Diesel Engines : not used but to be removed for No.4 power station  
(2) Generators : not used but to be removed for No.4 power station  
(3) Auxiliary Equipment for Engines : not used but to be removed for No.4 power station  
(4) Auxiliary Equipment for Generators : not used but to be removed for No.4 power station  
(5) Control & Protection Equipment : not used but to be removed for No.4 power station  
(6) Miscellaneous Materials : not used but to be removed for No.4 power station  
(7) Overhead Travelling Crane (16 tons) : utilized  
(8) Fuel Storage Tank : not utilized due to incomplete tank and corrosion of materials  
(9) Cooling Water Pond : not existed  
(10) Piping System for Engines : not used due to incomplete system and corrosion of materials  
(11) Switchboards : not provided  
(12) Power House/Control Room/Office : utilized but partial reconstruction required  
(13) Foundations : utilized but partial reconstruction required  
(14) Main Transformers : not used due to deterioration

Note: (\*1) Further examination will be conducted by the Team for common use of diesel oil and heavy oil for fuel for engines.

ANNEX - 3

UNDERTAKING OF SUPREME NATIONAL COUNCIL

Following are to be undertaken by Supreme National Council (S.N.C), the Municipality of Phnom Penh and Electricite de Phnom Penh as the implementing agency, when the Government of Japan decides to extend grant aid for the project for Rehabilitation and Reconstruction of Electricity Supply in Phnom Penh.

(A) For Detailed Design Stage

1. To provide the team with all data and information required for the design.
2. To secure the safety of the team.
3. To permit the members to enter, leave and sojourn in Cambodia for the duration of the team's assignment therein, and exempt them from alien registration requirements and consular fees.
4. To exempt the members of the team from taxes, duties and other charge on equipment, machineries and other materials brought into or taken out of Cambodia for the conduct of the work.
5. To exempt the members of the team from income tax and charges of any kind imposed on or in connection with any emolument or allowance paid to the members of the team for their services in connection with the work.
6. To provide the necessary facilities to the team for remittance as well as utilization of the funds introduced into Cambodia from Japan in connection with the implementation of the work.
7. To secure permission for entry into private properties or restricted areas for conduct of the work.
8. To secure permission to take all data and documents (including photographs and maps) related to the work out of Cambodia to Japan by the team.
9. To provide medical services as needed. Its expenses will be chargeable on the members of the team.
10. To assign the necessary counterpart experts working in Phnom Penh at the expense of

Cambodia for the duration of assignment of the relative member of the team.

11. To provide necessary vehicles with drivers, fuel and spare parts for the Cambodian counterpart experts working in Phnom Penh at the expenses of Cambodia during their assignment.

(B) For Implementation of Project

1. To bear the following commission to the Japanese foreign exchange bank for the banking service on the basis of the Banking Arrangements:

- (a) Advising commission of Authorization to Pay
- (b) Payment commission

2. To obtain necessary permits for import of equipment and materials into Cambodia and to bear the license fee for such permits. (Manifest of those equipment and materials should be submitted to the Cambodian authorities in 2-3 weeks before arrival of those equipment and materials.)
3. To permit Japanese nationals whose services may be required in connection with the supply of the products and the services under the contract, such facilities as may be necessary for their entry into Cambodia and stay therein for the performance of their works.
4. To exempt Japanese nationals for the project from customs duties, internal taxes and other fiscal levies which may be imposed in Cambodia with respect to the supply of the products and services under the contract.
5. To bear all the expenses other than those covered by the grant aid necessary for construction of the facilities. (Cambodian workers employed by a Japanese contractor should be paid by the contractor.)
6. To acquire land required to accomplish the project and to obtain the right of construction of all facilities under the project in advance of the commencement of the project.
7. To obtain permission from authorities concerned for construction of underground cables and overhead lines along the routes selected by the Team.
8. To operate and maintain properly and effectively the facilities and equipment



constructed under the project, and to secure stable supply of fuel and lubricating oil to the power station.

9. To inform purpose of the project to people in the project area and to request their cooperation to the project in advance of the commencement of the project.
10. To coordinate with the inhabitants living in the project area on matters which may arise during the implementation of the project.
11. To take power shutdown required for implementation of the project.
12. To secure safety of Japanese nationals for the project.
13. To obtain right of water use from the Tonle Sap river for cooling the engines.



**MASTER PLAN STUDY  
ON REHABILITATION AND RECONSTRUCTION OF ELECTRICITY SUPPLY  
IN PIINOM PENII AND SIEM REAP, CAMBODIA**

**MINUTES OF DISCUSSION (2)**

**Subject of Meeting** : Master Plan Study on Rehabilitation and Reconstruction of Electricity Supply in Siem Reap City

**Place of Meeting** : Room of Director of Energy Department of Ministry of Industry

**Date of Meeting** : February 6, 1993

**Attendance**

**Ministry of Industry** : Nhck Chroeng (Director of Energy Department)  
: Tun Lean (Deputy Chief Office of General Administration)  
: Ouch Thong Seng (Deputy Chief Development Office)

**JICA Study Team** : Ko Nakajima (Team Leader)  
: Mitsuto Tsutsui (Generation Planning)

The Team visited Siem Reap city from January 30, 1993 to February 3, 1993 and discussed on the present situation of the city with following officials of People's Committee of Siem Reap.

**Mr. Leng Vy** : Vice President of the People's Committee of Siem Reap Province  
**Mr. Saot Pisak** : President of Provincial Planning and Investment Office  
**Mr. Ke Chhan** : Chief of Industrial Department of Province

During the visiting period, the Team investigated the power facilities operated in the city as well as the old diesel power plant. Following are major finding of the Team and results of the Team's preliminary examination on the existing power system in the town.

**(1) Collection of Information:**

Necessary information for the master plan study was collected by the Team's member under cooperation of the provincial officials.

**(2) Power demand:**

Rapid growth of power demand is recorded in the recent years due to demand of newly constructed hotels for increasing tourists and supply to UNTAC camps. The Team will analyse the collected record and examine the development of infrastructures and tourism industry for preparing power demand forecast. The forecast will be used as a basis of formulation of the master plan of the Team.

**(3) Organization of Power Sector:**

All necessary information was collected from the industrial department. The Team

will examine the information in detail and prepare a recommendation to improve the present organization to suit for the expanding power system.

**(4) Generating Facilities:**

It is admirable that the existing generating facilities are well operated and maintained under the serious shortage of spare parts. However, no concrete development programme for additional installation and no supply of sufficient spare parts will obviously cause more frequent system shutdown and accelerate rapid deterioration of the generating facilities. Since supply of genuine spare parts will not be expected, addition of new generating facilities is strongly required.

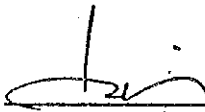
**(5) Distribution Facilities:**

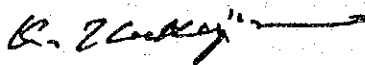
Some portions of the previous distribution facilities have been demolished and deteriorated. Similarly to the generating facilities, upgrade of the existing distribution facilities and extension of the system should be programmed and realized for the regional development including promotion of the tourism.

Detailed analysis on the existing power facilities will further be continued by the Team in Japan and the master plan on rehabilitation and reconstruction of electricity supply in the city will be formulated on the basis of the analysis. Those study will be discussed in the progress report and final report to be prepared by the Team in the following schedule.

- (a) Progress Report : submitted to the Ministry of Industry by the end of March 1993.
- (b) Draft Final Report : submitted to the Ministry of Industry by the end of June 1993.
- (c) Final Report : submitted to JICA Tokyo by the end of July 1993 and then delivered to the Ministry of Industry.

The Team will submit the Interim Report to the Ministry of Industry on February 8, 1993.

  
\_\_\_\_\_  
Nhek Chrocung  
Director of Energy Department  
Ministry of Industry  
Cambodia

  
\_\_\_\_\_  
Ko Nakajima  
Team Leader of JICA Study Team for  
Rehabilitation and Reconstruction of  
Electricity Supply in Phnom Penh and  
Siem Reap



JICA