

カンボディア国 鋁工業プロジェクト 選定確認調査報告書

1992年5月

国際協力事業団
鋁工業開発調査部

カンボディア国鋁工業プロジェクト選定確認調査報告書

一九九二年五月

国際協力事業団

07
66
NY
LIBRARY

CRU
01-18

鋁 調 計
92 - 140

JICA LIBRARY



1101996(5)

24525

カンボディア国
鋳工業プロジェクト
選定確認調査報告書

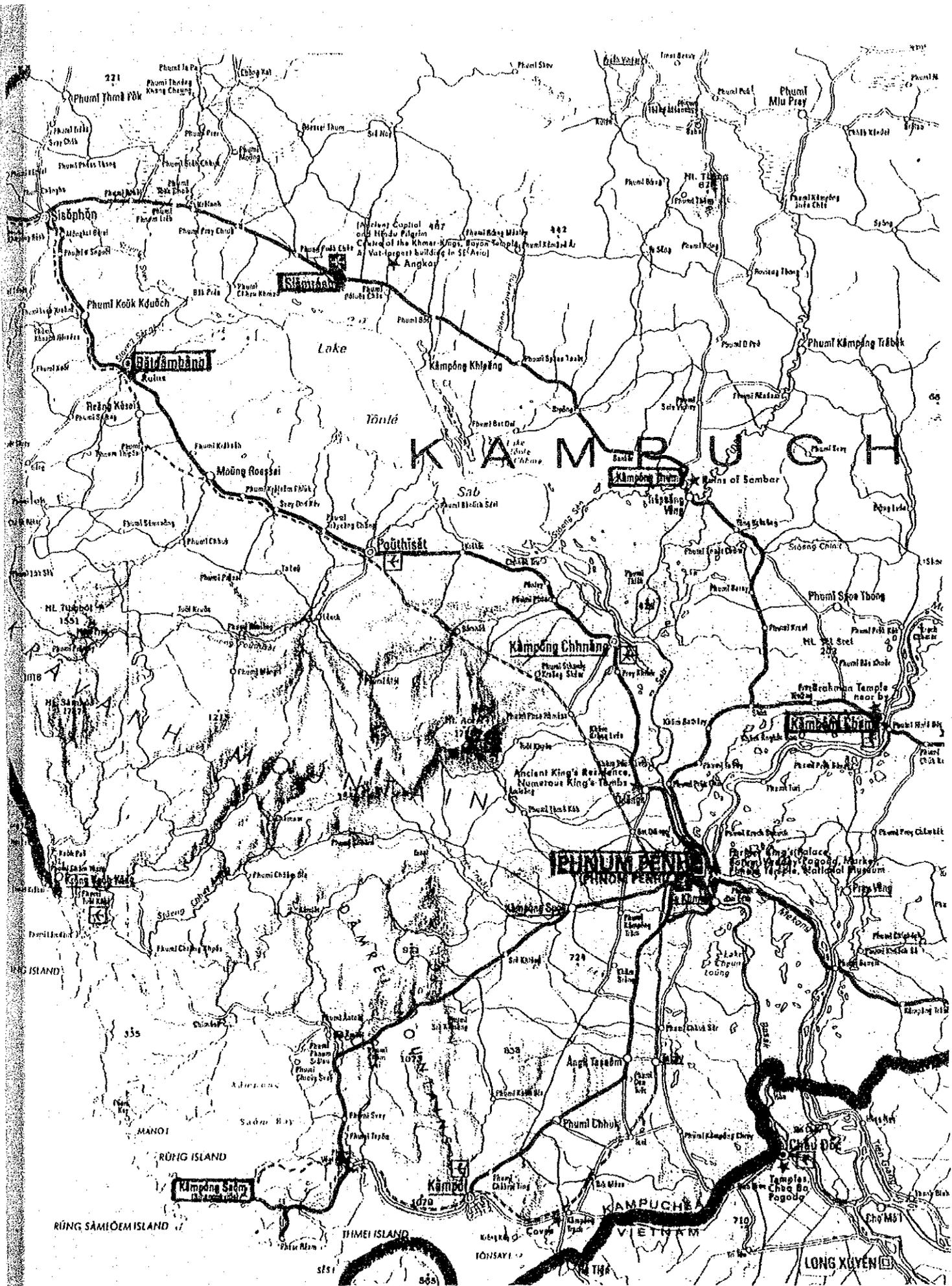
1992年5月

国際協力事業団
鋳工業開発調査部



国際協力事業団

24525



K A M B U D J A

PHNOM PENH

SIEM REAP

BALIEBAND

KAMPONG CHHNANG

KAMPONG CHHNANG

KAMPONG SAMR

KAMPONG

RUNG SAMLOEM ISLAND

THMEI ISLAND

KAMPUCHEA VIETNAM

LONG XUYEN

Lake Tonlé Sap

Sab

Pouthisat

Kampong Chhnang

Phum Srae Thong

Maung floeasai

Neang Kosal

HL Tuaboi

HL SA

Phnom Penh

ISLAND

MANOI

RUNG ISLAND

RUNG SAMLOEM ISLAND

THMEI ISLAND

KAMPUCHEA VIETNAM

LONG XUYEN

Lake Tonlé Sap

Sab

Pouthisat

Kampong Chhnang

Phum Srae Thong

Maung floeasai

Neang Kosal

HL Tuaboi

HL SA

Phnom Penh

ISLAND

MANOI

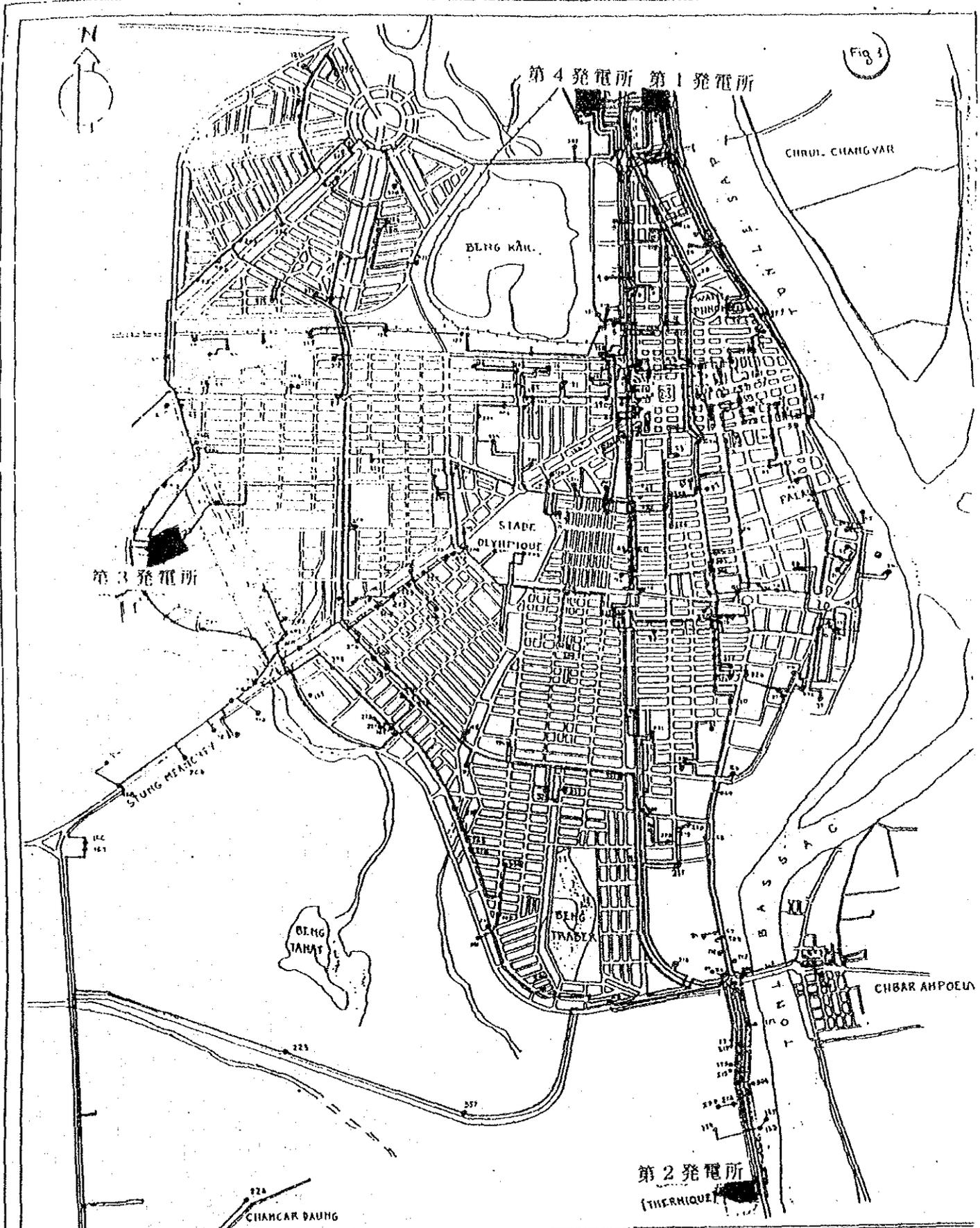
RUNG ISLAND

RUNG SAMLOEM ISLAND

THMEI ISLAND

KAMPUCHEA VIETNAM

LONG XUYEN



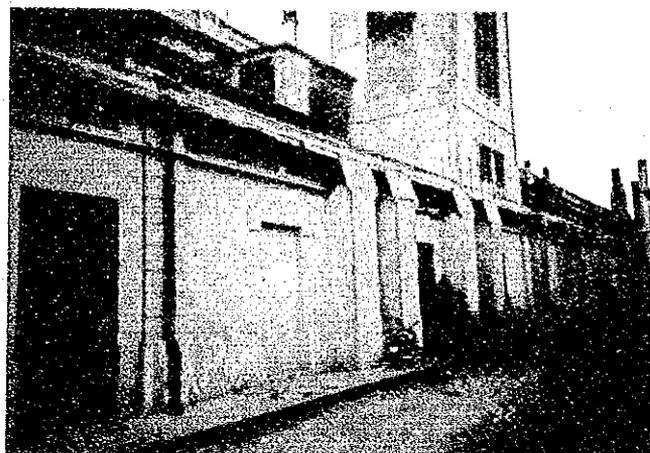
PLAN DU RESEAU ELECTRIQUE
 DE LA VILLE PHNOM-PENH ET
 DE LA PROVINCE KANDAL

Fig 4	Fig 1
Fig 3	Fig 2

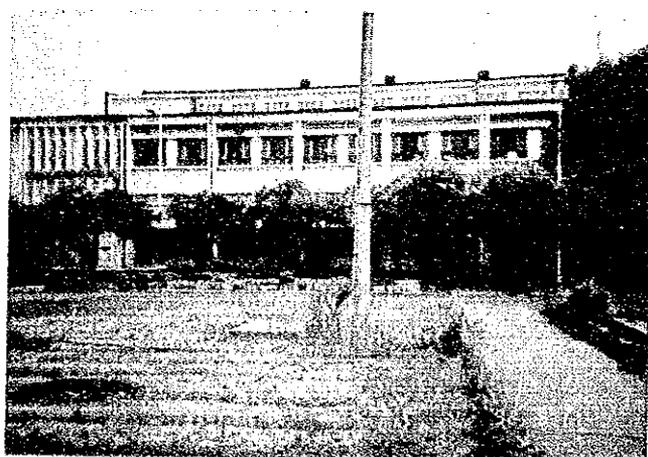
PLAN DE LA VILLE
 PHNOM-PENH
 ECHELLE : 1



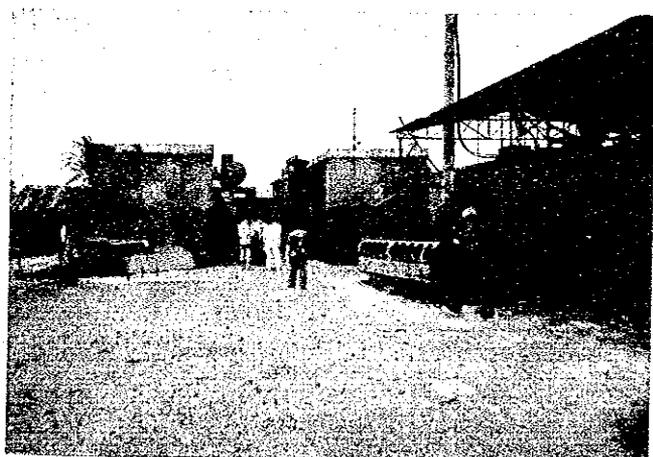
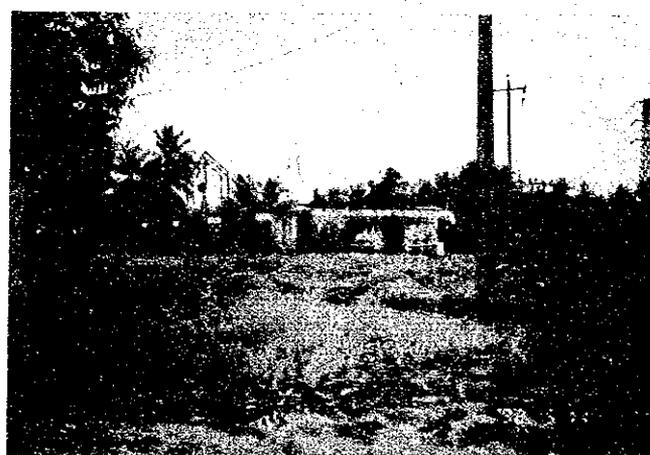
プノンペン電力公社



プノンペン市第1発電所

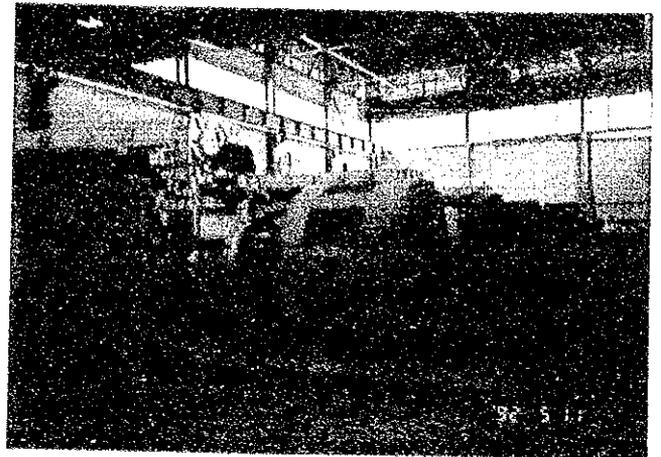
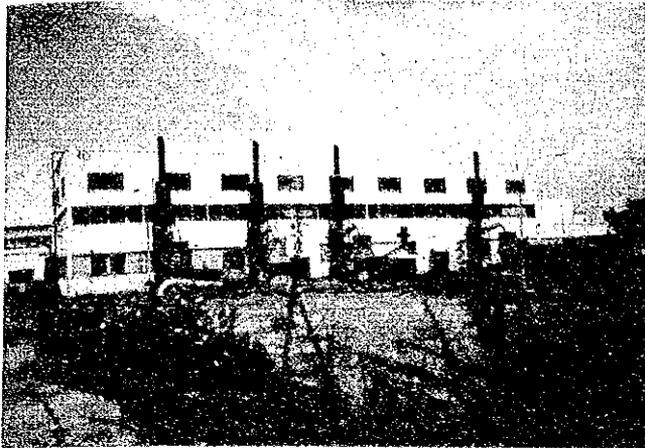


プノンペン市第2発電所

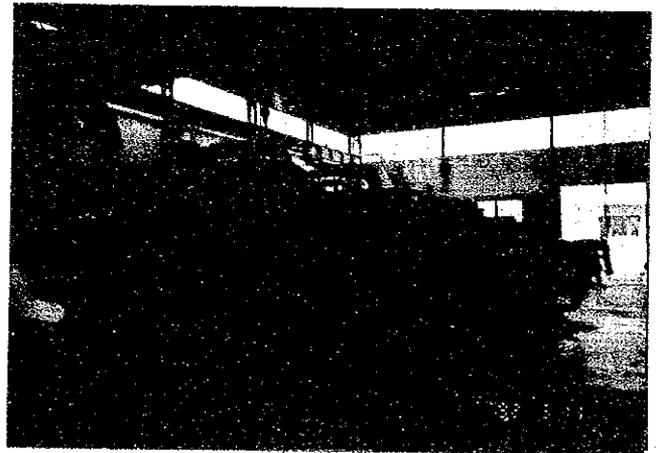


プノンペン市第3発電所





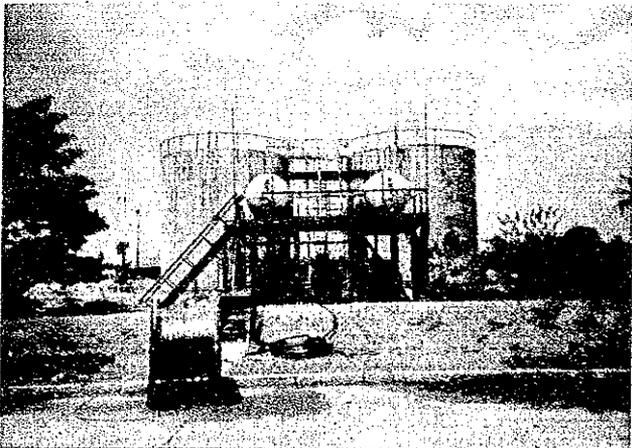
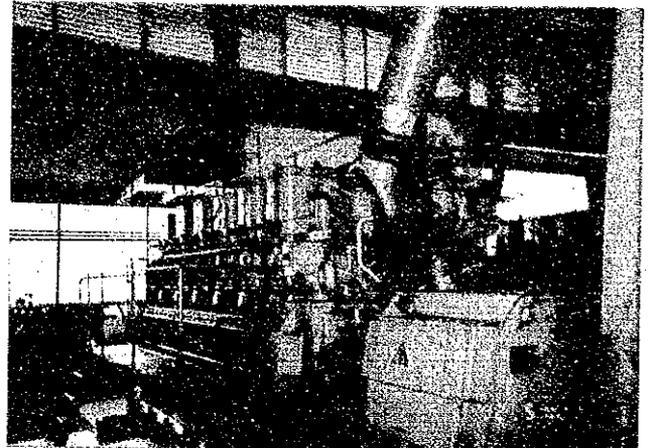
ブノンペン市 第4発電所



ブノンペン市 第5発電所



シムレアップ市 発電所



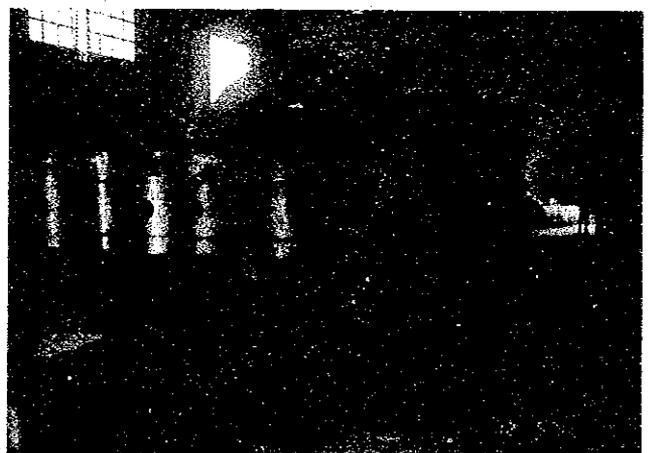
シムレアップ市 発電所

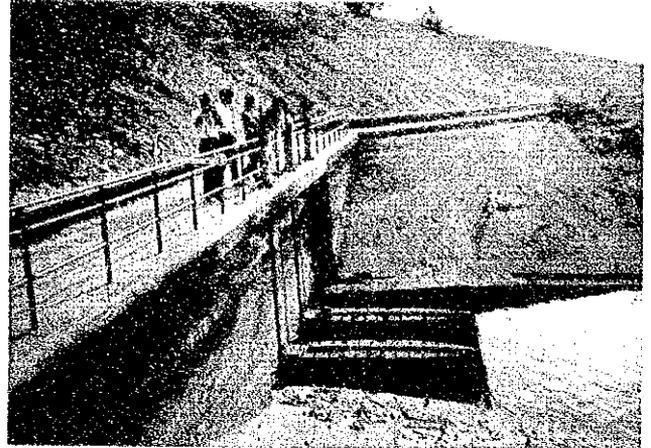
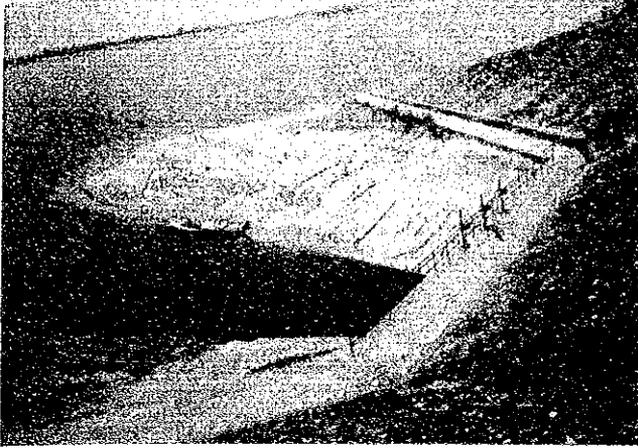


シムレアップ市 旧発電所

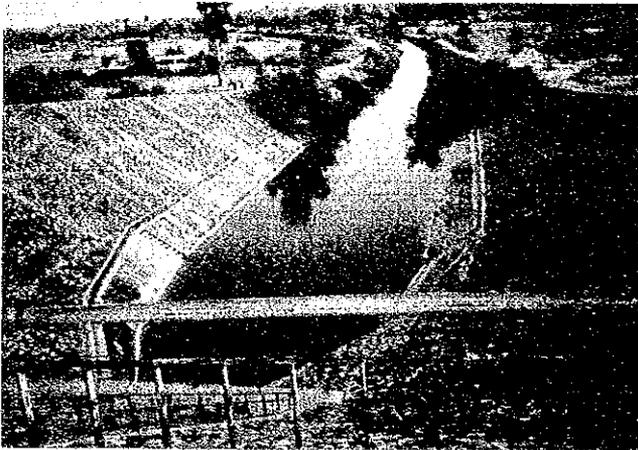


シムレアップ市 旧発電所

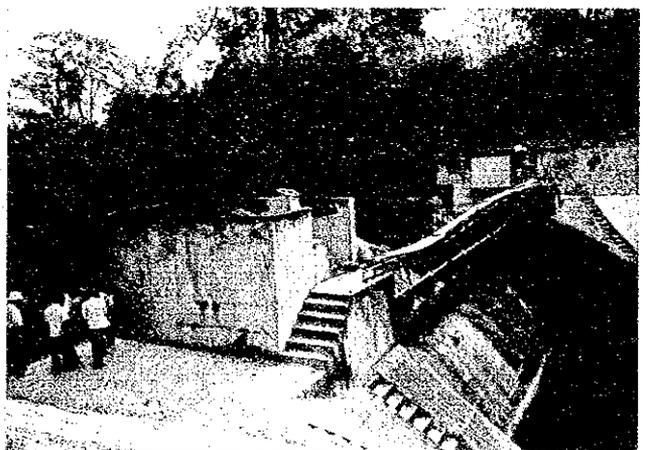




バライ湖



バライ湖



KEO ダム



KEO ダム



目 次

1 : 調査の概要	1
(1) 調査団派遣の目的	1
(2) 調査団の構成	1
(3) 調査日程	2
(4) 面談者リスト	3
(5) 協議概要	4
① 工業省	4
② 外務省	5
③ シェムリアップ州人民委員会	5
2 : カンボディア国の概況	7
(1) 国家計画・経済復興計画	7
(2) 概 況	7
3 : エネルギー政策	11
(1) 工業省から聴取した将来構想	11
(2) UNの電力に係わる構想	11
(3) 電力需要予測	11
(4) 電力整備計画	11
4 : 電力供給体制	13
(1) 供給体制の現状	13
(2) 技術力	13
(3) 将来体制	13
5 : 電力事情	17
(1) 既存施設の概要	17
(2) 供給実績及び需要	18
(3) 電力料金・徴収システム	19
6 : 各ドナー国・国際機関の動向	21
7 : 今後の対『カ』協力の取り進め方	23
8 : 現地踏査の概要	27
9 : 総合所見	29
10 : 資 料	31
(1) EDP概要	31
(2) 質問票に対する回答書	65
(3) 当調査団持参資料	73

1 : 調査の概要

(1) 調査団派遣の目的：

今回の調査団は、カンボディア国の復興・開発の優先分野である電力設備の復旧・拡充に関して、先方政府の意向、電力政策・計画、現在の電力設備、運営体制等を把握し、今後のわが国の協力可能性・範囲等の検討に資するすめの情報収集を行うことを目的とした鉱工業プロジェクト選定確認調査団である。

(調査内容)

- ① 先方政府の意向確認
- ② 電力政策・計画
- ③ 工業省・プノンペン電力公社・関係機関の組織・能力及び将来プラン
- ④ 設備の現状・運営の状況
 1. 既設発電設備の概要・状況
 2. 既設送電・変電・配電設備の概要・状況
 3. 電力需要実績、料金体系、料金徴収システム等の状況
- ⑤ 各ドナー国・国際機関の動向
- ⑥ 現地踏査（既存電力関係施設、プノンペン近郊、シェムリアップ）

(2) 調査団の構成：

氏名	担当業務	所属	備考
古市 正敏	団長・総括	JICA	鉱工業開発調査部計画課課長
佐藤 秀雄	技術協力政策	外務省	経済協力局開発協力課課長代理
野中 哲昌	技術協力行政	通産省	通商政策局技術協力課課長代理
野田 隆司	発電行政	通産省	資源エネルギー庁発電課火力専門職
足立 隼夫	電源開発計画		(メコン委員会) JICA 専門家
八木 雄市	発電計画	JICA	鉱工業開発調査部資源開発調査課
村瀬 達哉	調査企画	JICA	鉱工業開発調査部計画課
森田 俊之	通訳		国際協力サービスセンター

(3) 調査日程：

	月 日	項 目	備 考	宿 泊 地
1	5/09土	移動（東京ーバンコク）	TG641 11:00発 15:30着	バンコク
2	5/10日	移動（バンコクープノンペン） 大使館と打ち合わせ	DK112 13:05発 14:15着	プノンペン
3	5/11月	工業省表敬・外務省表敬 工業省打ち合わせ 現地踏査（プノンペン市電力施設）		プノンペン
4	5/12火	移動（プノンペンーシェムリアップ） 現地踏査（シェムリアップ発電所、及 び旧発電所） シェムリアップ州幹部と打ち合わせ	DK323 8:15発 9:00着	シェムリアップ
5	5/13水	現地踏査（シェムリアップ川の Prasat keo Dam） シェムリアップ州幹部と打ち合わせ 現地踏査（バライ湖）		シェムリアップ
6	5/14木	移動（シェムリアップープノンペン） 大使館と打ち合わせ	DK324 14:00発 14:45着	プノンペン
7	5/15金	工業省と打ち合わせ UNDPと打ち合わせ 大使館報告・大使表敬		プノンペン
8	5/16土	移動（プノンペンーバンコク）	DK111 11:00発 12:20着	バンコク
9	5/17日	移動（バンコクー東京）	TG640 11:00発 19:00着	

(4) 面談者リスト

① 工業省

大臣
総務・エネルギー担当次官
計画担当次官
技術部次長
エネルギー部長
エネルギー部開発課長
電力技師

Mr. Chan Phin
Mr. Khlaut Randy
Mr. Phan Phin
Mr. Ho Vichit
Mr. Nhek Chroeung
Mr. Ouch Thong Seng
Mr. Teny Vuthey

② 外務省

経済文化協力担当次官
経済文化協力部次長

Mr. Sek Setha
Mr. Lim Samkol

③ シェムレアップ州人民委員会

副議長

Mr. Leng Vy

④ シェムレアップ州

工業部長
農業部長
農業部水文課長

Mr. Kè Chhân
Mr. Tat Bun Chhoeum
Mr. Chim Kdoep

⑤ 在カンボディア日本大使館

全権特命大使
一等書記官
専門調査員
派遣員

今川 幸雄 氏
今村 徹 氏
高橋 宏明 氏
甲斐 峰雄 氏

(5) 協議概要：

① 工業省

－ a チャン・ピン大臣との会談（5月11日）

本件調査団団長より、今回の調査の目的・概要の説明の後、ピン大臣より、本件調査団の派遣は時宜にかなったものであり「カ」側としては日本の協力を期待している旨、そしてプノンペン市及びシェムリアップ市、バタンバン市における現地調査においては、同省より同行者の派遣をはじめ最大限の便宜をはかる旨の表明がされた。（注：当初、バタンバン市についても調査を行う予定であったが、道路橋梁等がいたるところで寸断されており、片道7時間余りかかる等道路事情が劣悪なほか、日没以降治安上問題があるため、断念せざるをえなかった。）

－ b クロウト・ランディ総務・エネルギー担当次官との協議（5月11日、14日）

本件調査団団長より、今回の調査の目的・概要を対処方針に従い説明した後、ランディ次官より以下のとおりの発言があった。

- ① プノンペン市における電力供給は4つの発電所によってまかなっており総設備容量は約64MWである（第5発電所は建設が中断されている）。しかし、実際の総発電可能出力（1992年5月現在）は、設備の老朽化、スペアパーツの不足等により、約23～24MWという低いレベルにとどまっている。現在、プノンペン市における電力需要は約66MWと考えられており、その不足の状況は極めて深刻である。
- ② 地方に関していえば、プノンペン市以上に未整備であり、僅かに4都市（シェムリアップ、バタンバン、コンボンチャム及びコンボンソム）において、ディーゼル発電機により電力供給を行っている。4都市における総設備容量は約12MWであるが、実際の総発電可能出力は約8MWである。
- ③ 運営については、プノンペン市においてはプノンペン電力公社（EDP）が運営しており、電力公社より、私企業に対して電力を供給、私企業が需要者へ電力を供給すると共に料金の徴収を行う体制を取っている。地方においては州に各々電力の担当部があり、電力供給・料金徴収共に担当している。
- ④ 現時点では、電力分野における中長期計画は策定されていないこともあり、日本側提案のプノンペン市をはじめシェムリアップ市、バタンバン市等の主要都市におけるマスタープラン作成（フェーズⅠ）から始め、それを全国マスタープラン作成（フェーズⅡ）へと広げていくというアプローチに基本的に賛成する。（資料(3)参照）また、フェーズⅠのなかで緊急案件についてもとり込む方向は、深刻な電力不足の現状を鑑み、是非とも宜しく願いたい。
- ⑤ ディーゼル発電は短期的にはやむを得ないとしても、中長期的には燃料費が不要でかつ経済性の優れた水力発電の開発が重要と考えており、日本にはカムチャイ水力発

電所計画(100MW)のF/Sをお願いしたい。ただし、当地域は治安を確認する必要があり、調査開始は1993年4月以降として頂きたい。

② 外務省

－ a セク・セタ経済文化協力担当次官との会談（5月11日）

本件調査団団長より、本件調査団の目的・概要、我が国の経済協力のスキーム、アジアにおける発電関係の援助実績等について説明。そして今後の開発調査にむけて、要請窓口である外務省の協力を要請した。それに対してセタ外務次官より本件調査団の来「カ」に対する歓迎の意を述べた後、以下のとおりの発言があった。

- ① 長きにわたる内戦により「カ」は壊滅的な被害を受け、いま復興再建に向け努力中である。国民のニーズに応えるために「平和」の確保と、「再建」の達成が我々の最重要課題である。平和に関しては、昨年のパリにおいて署名されたカンボディア和平協定以降プロセスに乗ってきているが、再建に関しては周辺諸国のレベルにまで引き上げるという目標に対してまだまだむづかしい局面にある。
- ② 中長期的観点というものの重要性は認識しているが、再建のための端緒をつけるため、緊急に取りくまなければならない分野がある。その意味において、国民が早急に願っているものと言う観点に立ち、電力及び上下水に我々は重きを置いている。医療・教育・農業と高いプライオリティをおいているものが他にもあるが、その発展のためにも、電力が必要であると認識している。
- ③ 電力分野に対して、フランス、イタリア等が協力を表明しているが、これらだけでは全く不十分である。是非とも協力をよろしくお願いしたい。

③ シェムリアップ州人民委員会

－ a レン・ヴィー州人民委員会副議長との会談（5月13日）

本件調査団の目的・概要の説明の後、ヴィー副議長は次のとおり述べた。

- ① 現在のシェムリアップ市の電力設備は1985年、1986年に建設された旧ソ連製のディーゼル発電機が4台存在している。その設備容量は2230KWであるが実際の発電可能出力は約1700KWである。
- ② シェムリアップ市にとって、アンコール・ワット、アンコール・トム等の観光が大きな産業である。現在、5つのホテル（約200室）を修復中であり、1990年まで1日3時間であった電力供給も段階的に供給時間を延長しており、また1992年4月からは1日24時間の供給体制を敷き、観光都市を目指して施設・サービスの向上に努めている。
- ③ しかしながら、現状の設備の老朽化、及びスペアパーツの不足から、今後、供給能力の低下は明らかであり、電力需要に対応していけなくなるのは時間の問題である。また送配電網、変圧器等も老朽化と内戦の被害により改善を急務としている。

④ このためにも、発電設備の増強、スペアパーツの調達、送配電設備の拡張・整備に対して是非とも協力をよろしくお願いしたい。

また、水力発電の計画について質問したところ、

⑤ シェムリアップ州にはシェムリアップ川とステンオーチ川があるが水力発電の可能性についての調査は技術者の不足等によりいまだ実施されていない。1985年にベトナムの工兵によりシェムリアップ川に 200KW程度の水力発電施設を設置したが、うまくいかなかった。

- b ケー・チョン工業部長との協議（5月12日）

シェムリアップ市の電力について以下のとおりの説明があった。

① 市内の発電施設は1985年と1986年に設置した 800KW×2台及び 315KW×2台が現在の発電所にある。それまでの設備は1985年に停止した(800KW×2台、300KW×1台)。現在旧発電所のうち変電施設は使用している。

② 現在の最大ピーク時の発電量は約 650KWであり、通常の使用量は日中 200~300KW、夜間 350~400KWである。需要者はホテル（1軒、グランドホテル、客室80室）、工作所、行政機関（54）、高級官僚の家（17軒）、及び一般家庭（585軒）である。そのうち最大の需要者はホテルであり1992年4月の実績で言えば2800万リエルの収入のうち1800万リエルはホテルからのものである。

③ 今後、新設ホテルへの電力供給、飛行場への電力供給、アンコール・ワットの夜間照明、そして一般家庭に対する電力供給（現在200~300家庭から要望が来ている）等を大きく需要が伸びていく。

④ よって、我々としては日本に対して旧発電所のリプレイスによる能力のアップ、送配電網の整備・拡張、変電設備の増設をお願いしたい。

2：カンボディア国の概況

(1) 国家計画・経済復興計画

プノンペン政府作成の「第二次5か年計画」（1991-95年）があるが、事実上全く動いておらず、現時点ではいわゆる国家計画は存在しないと考えて良い。

経済復興計画については、4月20日にガリ国連事務総長が発表した「カンボディア復旧ニーズに関するアピール」がある。同アピールは、累次の国連・UNDPのカンボディアへの調査団派遣を踏まえて取り纏められたもので、総額約6億ドルとなっている。内訳は、復旧部門が4.8億ドル、難民帰還部門が1.2億ドル。（なお、UNTAC本体が17億ドルであるので合計23億ドルとなる）

(2) 概況

① 一般事項

1. 面積 18.1万km²（日本の約1/2弱）
2. 人口 790万人（89年プノンペン政府統計）
3. 首都 プノンペン
4. 部族 カンボディア人
5. 言語 カンボディア語
6. 宗教 仏教（小乗仏教）
7. 略史

1953年11月、カンボディア王国として仏から独立。

1970年3月、シハヌーク殿下追放。ロン・ノル政権発足。

1975年4月、民主カンボディア政権（ポル・ポト政権）成立。

都市住民の大下放。恐怖政治。

1978年12月、越の武力侵攻、翌年1月プノンペン政府樹立。

ポル・ポト側は西部に、ゲリラ活動。

1982年7月、ポル・ポト+シハヌーク+ソン・サンで民主「カ」連合政府
（90年「カ」国民政府に改称）。

以降、プノンペン政府・越と3派連合との間で戦闘。

1989年8月、和平を目指し、「カ」各派+18カ国参加でパリ国際会議。失敗。

1991年夏、「シ」殿下を中心に「カ」人の和解が急進展。

1991年10月、パリ和平協定調印。停戦。

1991年11月、「シ」殿下祖国帰還。

今後、和平協定実施及び、疲弊した国土、民生の復旧、復興

国連「カ」暫定機構（UNTAC）の展開
タイ国境避難民30数万人の帰還

② 外交・国防

1. 外交基本方針

平和の維持、復興への国際的支援の取付け

2. 軍事力

○ パリ和平協定調印により現在停戦中。

○ 同協定により今後、総選挙までの暫定期間中に各派兵員の70%が動員解除され軍籍を離れる。

○ 以上措置はUNTACの下実施される。

(参考：各派兵力 出典ミリタリーバランス 90/91

・ プノンペン政府軍 11.2万人

・ クメール・ルージュ (ポル・ポト派) 軍 3.0 万人

・ シハヌーク派軍 1.5万人

・ ソン・サン派軍 1.0万人

③ 経済 (単位 米ドル)

1. 主要産業 — 農業

2. GNP —

3. 一人当り GNP — 110米ドル程度と言われる。

4. 経済成長率 —

5. 物価上昇率 —

6. 失業率 —

7. 貿易総額

(1)輸出 — (2)輸入 —

8. 主要貿易品目

(1)輸出 — (2)輸入 —

9. 主要貿易相手国

(1)輸出 — (2)輸入 —

10. 通貨・為替レート

プノンペン政府下現地通貨「リエル」が発行されている。

11. プノンペン政府下、越、ソ連等の援助にて経済を運営、但し、過去の内戦等のため「シ」
殿下時代末期の70年の水準は回復していない。和平協定調印された現在、国際社会の幅広い援助による復興を標榜。

④ 政治体制・内政

1. 政体 総選挙までの暫定期間、「カンボディア最高国民評議会」(SNC)が、「カ」の主権を対外に体现、国際的に「カ」を代表する唯一の機関。(「プ」政府、国民政府が対等参加)
 2. 元首 ノロドム・シハヌーク殿下(SNC議長)
 3. 政府 SNCの権威の下、国土の大部分を実効支配する「プ」政府と、国民政府がそれぞれ自らの支配地域にて行政機関として存続。
- * 総選挙までの暫定期間中、重要5省庁他行政はUNTACにより管理される。

⑤ 我が国の経済協力

従来より、タイ・「カ」国境避難民、国内被災民への食糧・保健衛生面での援助を国際機関を通じ実施。また、国際協力事業団による「カ」人研修員受入れを平成元年度より再開(3年度前記比倍増)。

パリ和平協定調印を受け、我が国は「カ」復興協力への本格的な取り組み開始。平成3年12月、4年1月と経協調査団を現地派遣。4年1月、1億3千万円の緊急援助実施。農業、医療等関連調査団派遣。4年6月に「カ」復興閣僚会議」本邦開催。

⑥ 二国間関係

1. 政治関係

我が国はSNCとの間で外交関係展開。

17年ぶりに駐「カ」特命全権大使を任命、平成4年4月、在「カ」大使館を再開。

2. 経済関係

(1) 対日貿易

(イ) 貿易額(1991年 単位 万ドル)

輸出 546.69

輸入 669.0

(ロ) 主要品目

輸出 木材、カポック(真綿)

輸入 機械機器、輸送機械

(注:「プ」政府側との貿易)

(2) 我が国からの直接投資

3. 文化関係

アンコール遺跡群保存のため、我が国において「アンコール遺跡救済委員会」発足。

4. 在留邦人数 40人(平成4年1月末)

5. 在日「カ」人数 1,021人(1989年末)

6. 要人往来（閣僚等）

(1) 往

岸総理 (1957年11月)
藤山外相 (1959年5月)
三木通産相 (1966年11月)
柿沢外務政務次官 (1992年3月)
山崎建設大臣 (1992年5月)

(2) 来日

シハヌーク殿下 (1990年6月、6度目の来日)
ソン・サン議長 (同時期、3度目の来日)
ラナリット殿下 (同時期、3度目の来日)
キュー・サンパン議長 (ボル・ポト派) (同時期、2度目の来日)
チア・シム「プ」政府国会議長 (1991年7月、初来日)
フン・セン「プ」政府首相 (1991年9月、3度目の来日)
フン・セン「プ」政府首相 (1992年3月、4度目の来日)

7. 二国間条約・取極

- (1) 日本・カンボディア友好条約 (1955年12月調印)
(2) 経済・技術協力協定 (1959年3月調印)

3 : エネルギー政策

カンボディアにおけるエネルギー政策は、存在しないに等しいと思われ、とにかく、現在足りない電力供給をまずなんとかかしたいということに尽きると言っても過言ではない。

これは、それほど電力供給不足が深刻であることに加え、来年の総選挙までは中長期的展望が持てないこと、現時点では水力開発等の調査が事実上不可能なことも背景にあるものと思われる。

(1) 工業省から聴取した将来構想

- ・電力についての地方への一層の権限委譲
- ・行政組織の改変及び民営化の検討（現在も配電は民間委託）
- ・需要に応じた電源開発
- ・送配電網の相互接続による地方との系統構築
- ・コストに見合った適切な料金設定
- ・人材育成の推進

(2) UNの電力に係る構想（国連ガリ事務総長アピール関連）

- ・電源システムのリハビリ、リプレイスの推進
- ・プノンペン、コンボンソム、バットンバン等の都市の電力システム改善・新設
- ・維持管理施設や必要機器の整備、スペアパーツの確保、人材育成等の推進
- ・UNによるとりあえずの事業に必要な資金 36百万円（内訳未入手）

(3) 電力需要予測

工業省による電力需要予測；現在 66MW

93年 72MW、94年 80MW、95年 88MW、96年 96MWという数字を入手したが、これは単純に毎年8 MWの増を見込んでいるだけのもの。

現状の需要も含め、適切に需要を把握しているとは考えにくい。

工業省も言っている通り、現在及び今後の需要を統計的手法で想定することは困難と考えられる。公共需要、産業需要、観光需要、家庭需要、外国人需要等が復興に伴い、非連続的に急増することは明らかであり、開発調査の中でその推定を行う必要がある。

(4) 電力整備計画

プノンペン

第一発電所 1.8 MW 発電機設置（フランスによる協力）

第二発電所 明示的計画現在のところ無し。ディーゼル発電機は第三発電所と同じ型であり（GE製）、イタリアやADBの援助を検討している可能性あり。

第三発電所 4.5 MW 発電機設置（イタリアによる協力）

第四発電所 15MW 発電機設置（ADBによる協力を要請中）

第五発電所 15MW 発電機交換（日本からの協力期待）

キリロム水力発電所Ⅰ改修計画 10MW（ユーゴ製が破壊。オーストリアが協力）

キリロム水力発電所Ⅱ新設計画 21MW（F/Sのみ存在）

カムチャイ水力発電所新設計画 100MW～200MW（日本へF/S協力を要請）

プレクノット多目的ダム計画 2.7haの灌漑、18MWの発電（建設中断中。オーストリアの
NGO ACPが計画見直し中）

キリロムープノンペン 110 KW 送電線改修（ADBへ協力要請）

プノンペン送配電網 整備計画（老朽化、非効率化への対応）

その他地方都市の電力設備増強計画

バットンバン、シェムリアップの発電設備とリハビリ・増強（日本からの協力期待）

コンボンソムの火力発電所設置（フランス等のドナー国の関心事項）

等

4 : 電力供給体制

(1) 供給体制の現状

カンボディア国における電力供給は、プノンペン市及び地方4都市（シェムリアップ、バットタンバン、コンボンチャム及びコンボンソム）において行われている。なお、各都市間の連系はなされていない。

プノンペン市の電力供給はプノンペン電力公社（EDP）が運営しており、地方4都市（シェムリアップ、バットタンバン、コンボンチャム及びコンボンソム）の電力供給は各州政府が運営している。

電力に係る行政は工業省エネルギー部が管轄している。

工業省の組織図を図4-1に示す。

① プノンペン市

プノンペン市の電力供給はプノンペン電力公社（EDP）が運営している。

プノンペン電力公社の組織図を図4-2に示す。

② シェムリアップ市

シェムリアップ市の電力供給は州政府工業部が運営している。

州政府工業部の組織図を図4-3に示す。

(2) 技術力

中核的な技術者や運営管理者がかなり不足している状況であり、運営管理システム、電力開発体制等も正常に機能しているとは言い難い。人材の育成や組織・政策面での強化・改善を早急に推進する必要がある（表4-1）。

(3) 将来体制

工業省は、将来の電力供給体制の整備を緊急の課題として検討を行っており、現在、以下の①～③のいずれかとするを考えている。

- ① カンボディア電力公社を設立し、各州にこの支所を設ける。全体を工業省の管轄下に置く。
- ② 工業省の他にエネルギー省を設け、電力、石油、鉱業及びその他エネルギー関係を担当させる。
- ③ 閣議に直接つながる電力総局を設け、工業省の管轄下に置く。

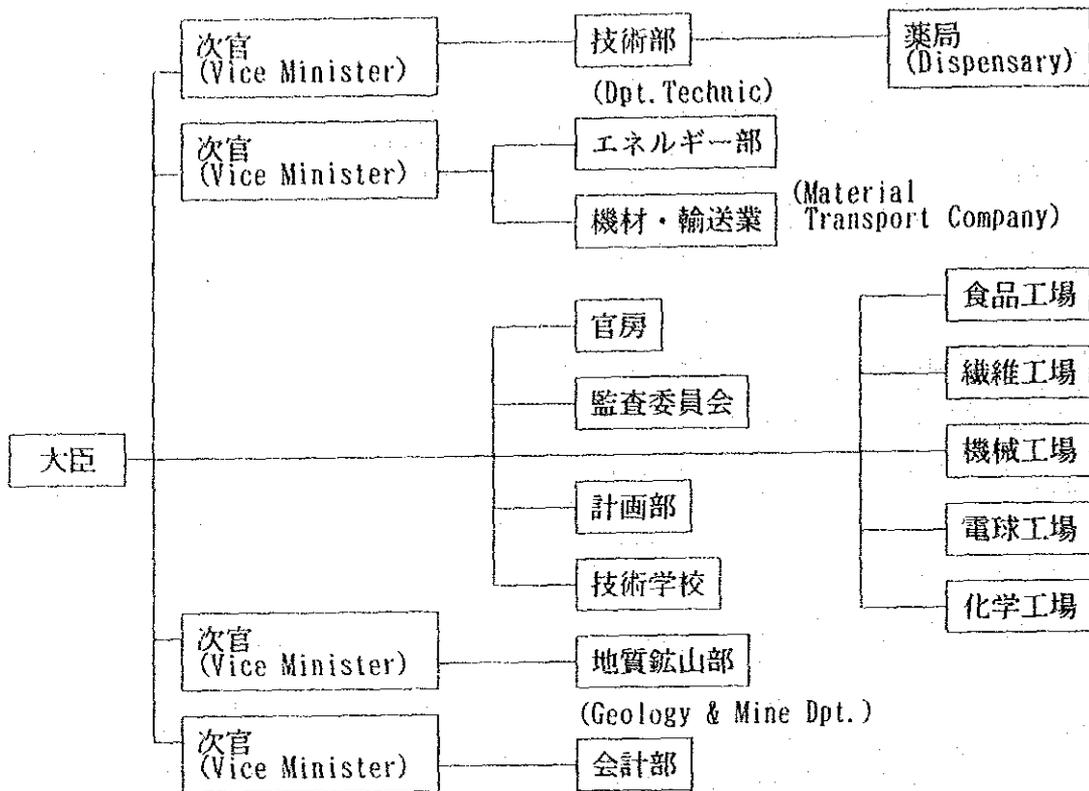


図4-1 工業省組織図

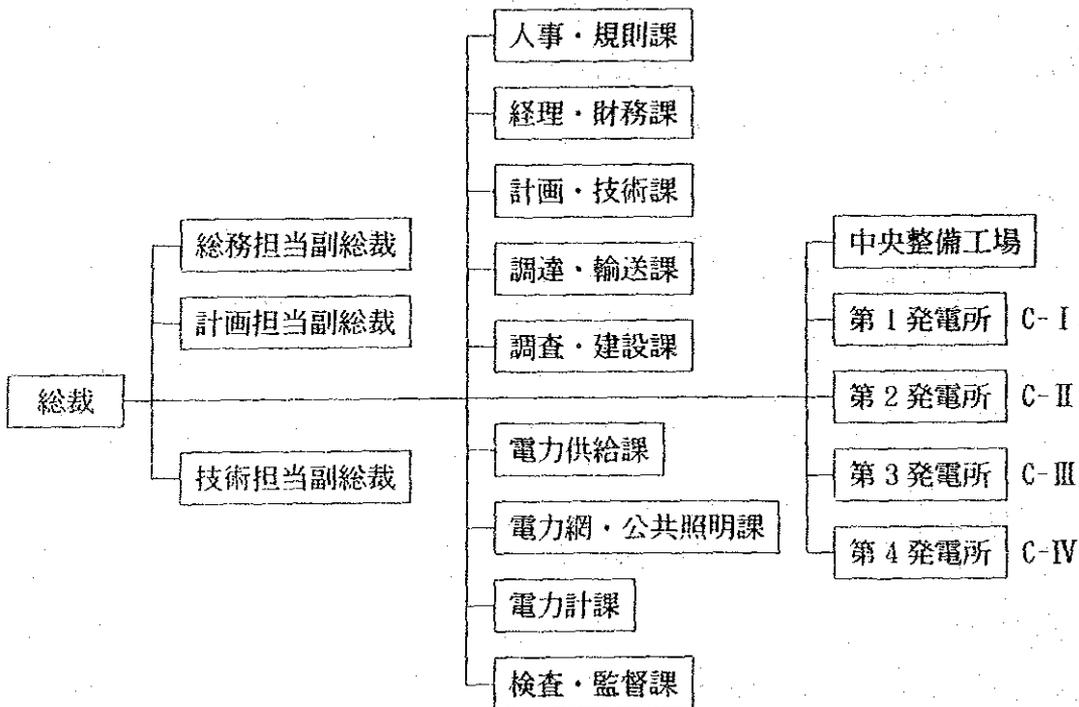


図4-2 プノンペン電力公社組織図

	Nombre数
Ingénieurs 技師	15
Techniciens 技術者	21
Electriciens 電気工(熟練工) (一般工)	317
	297
Autres その他	73

表4-1 プノンペン電力公社階層別技術者数

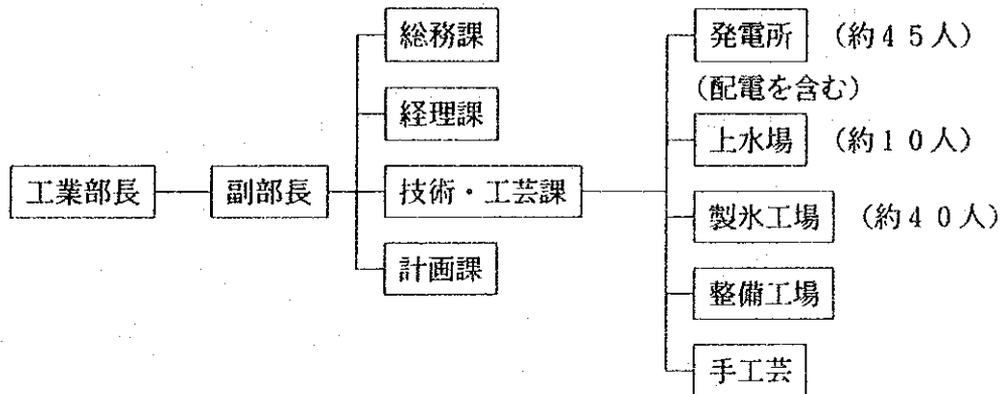


図4-3 シェムリアップ州工業部組織図

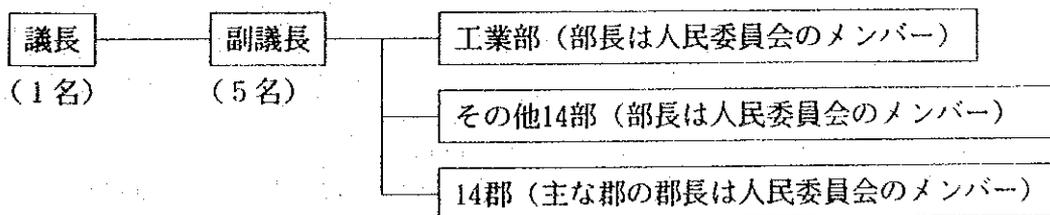


図4-4 シェムリアップ州人民委員会

5 : 電力事情

(1) 既存施設の概要

首都プノンペンにはC I～C IV（CはCentral）と称する4つの発電所があり、C Iは市内北部に、C IIは市内南部に、C IIIは市内西部に、C IVは市内北部にそれぞれ位置している。また、C IV発電所に隣接してC V発電所がソ連の援助により建設されていたが、ソ連の崩壊により建設途中で放置されたままとなっている。

市内は大きく南北2つの配電系統に分かれているが、各系統間のインターコネクションはほとんどされていない。各発電所の概要は下表のとおりであり、C IIの一部に蒸気タービン（火力）がある以外はすべてディーゼル発電機である。

表5-1 プノンペン市発電設備

発電所名	機 種	設備能力 (kW)	稼働能力 (kW)	実際の出力 (kW)	備 考
C I	DS×11台 (7台)	16,530	7,850	3,000	仏 1927～66設
C II	火力×3台 DS×5台(7)	26,400	21,000	13,000	火チェコ1967 DS GM1973
C III	DS×3台 (3台)	6,300	4,500	1,500	GM 1974設
C IV	DS×5台 (2台)	15,000	9,000	5,600	ソ連 1984/1987
合計		64,230	42,350	23,100	

DS：ディーゼル GM：米GM社 ()：稼働台数

各施設とも老朽化が激しく、スペアパーツや燃料の不足等により実際の発電能力は設備能力を大きく下回っている。その中でC IIのチェコ製の火力発電機は市全発電量の約半分を生みだし、プノンペン市のベース電力供給拠点となっている。送配電線は、地中化率は高いがネットワーク化が進んでおらず、また変圧器の老朽化やパーツの不足により漏電の原因となっている。

アンコールワット遺跡をかかえるシェムリアップ市には、新旧2つの発電所があったが、旧発電所は1985年に発電を停止し現在は変電所として使用されている。新発電所には1985年設置と1986年設置のソ連製ディーゼル発電機があり、設備能力は合計2,230kWとなっている。しかし、実際の発電能力はスペアパーツの不足等により1,700kWとなっている。

その他、カンボディア全土ではバタンバン市やコンボンソム市等の州都を中心に20程度の都市で発電事業が行われており、総設備能力は85,000kW程度とされているが、実際の稼働出力は最大でも50,000kWである。また、これらの発電所はほとんどがディーゼル発電機であり、水力発電はなされていない。

(2) 供給実績及び需要

プノンペン市における電力の供給実績及び最大需要量は下表のとおりである。

表5-2 プノンペン市電力供給実績及び需要

年	総発電量 (GWh)	所内消費 (GWh)	売電量 (GWh)	損失率 (%)	最大需要量 (MW)
1985	142.6	7.1	69.1	49.0	26.0
1986	146.4	7.3	70.9	49.0	26.0
1987	165.5	8.1	81.6	48.2	28.0
1988	182.6	9.0	89.2	48.6	30.0
1989	200.1	9.5	98.2	48.4	34.5

1985年から1989年の5年間の発電増加率は年平均8%と高い値を示しているが、最大需要量も確実に増加しており、1989年の最大需要量34.5MWは供給能力約23MWを大きく越えており、当然計画停電や電圧低下が多くなる。また、政府機関等の重要施設に給電すると一般家庭へ配電する余力はまったくなくなってしまう。このような状況のため、我々の滞在してホテルカンボジアーナは独自の発電設備(2×500kW)を持っている。プノンペンでは24時間の給電体勢をとっているが、全国的には4～8時間程度の給電体勢が多い。

シェムリアップ市における1980年から1989年の発電量は下表のような実績を示している。

表5-3 シェムリアップ市発電量

年	発電量 (kWh)	備 考
1980	702,252	旧発電所
1981	354,343	”
1982	234,198	”
1983	450,000	”
1984	177,000	”
1985	436,300	新発電所
1986	578,081	”
1987	627,517	”
1988	871,316	”
1989	989,000	”

発電量の年変動が大きい、1980年代の後半の5年間では年平均23%の増加率を示している。シェムリアップ市では1990年まで一日3時間の給電時間であったが、1992年の第一四半期より一日16時間に、第二四半期より24時間の給電体制となった。したがって、今後は発電実績も飛躍的に増加すると思われる。現在需要は、日中 200~300kW、夜間 350~400kW と想定され最大ピーク時には 650kW程度の需要量となっている。また、消費者はホテルと公共機関が主で、一般家庭への給電はわずかである。

(3) 電力料金・徴収システム

プノンペン市では、電力公社 (EDP) は市 (Municipality) の監督下に置かれている。電力料金は単一価格で、市が決定し閣議の承認を得る。政府の認めた販売価格は kWh 当たり 170 リエル (1 ドル=850 リエル) であり、民間の配電部門経営体 (Private collective groupe of power distribution management) が kWh 当たり若干上乘せして (180~200 リエル) 再販している。料金徴収は低電圧を購入する集団 (collective groupe) に対してのみ請求を行い、それらの集団が様々な利用者からそれぞれ集金する。

各地方は独自に発電、送配電を行っており、料金も独自に決めている。シェムリアップ市では電力料金は、kWh 当たりホテルが 300 リエル、それ以外の利用者は 270 リエルとなっており、料金支払能力の高い利用者から多く徴収する料金体系となっている。徴収は、各ユーザー毎にメーターを設置し徴収している。

6 : 各ドナー国・国際機関の動向

現時点で全貌について把握する事は困難であるが、UNDPから聴取したところを中心に取り纏めれば次の通り。

(1) イタリア

第3発電所に4.2MW発電機を、無償で500万ドル供与につきコミット済み。

(2) フランス

技術者養成に重点をおいて協力中。92年分として、第1発電所配電網修復プロジェクトに1200万フランを計画。

(3) オーストリア

キリロム水力発電所(1960年代にユーゴの援助により完成し、一時プノンペンに送電していたが、ロン・ノル政権末期に破壊され、現在は運転されていない。10MW)のリハビリに協力予定。

(4) ADB

第2発電所に12MW(6MW×2台)ディーゼル発電機の供与を検討中。この他、リハビリ、メーター・配電等に対する協力も検討しており、総額では2000万ドルの由。また、オーストリアが協力予定のキリロム発電所からプノンペンまでの送電線に対する協力を考慮している模様。なお、第4及び第5発電所についても関心があり、日本との協議を希望している由。

(5) UNDP

資機材供与では無く組織強化等技術協力を重視して協力中。5月末から専門家を3か月程度派遣し、レポートを作成の上ドナー国に配布・協力を要請する予定。

なお、緊急案件として、小額ながら、地方都市(シェムリアップ、プーサット)に各々15,000ドル及び80,000ドル計95,000ドルを変電器・メーター等の購入用として供与する予定。

7：今後の対『カ』協力の取り進め方

(1) 調査の結果カンボディアに対する電力協力について特に留意すべき事項は以下の通りである。

- ① プノンペン等においては、設備の老朽化、不適切な運営管理、送配電網整備の遅れ等のため、現時点においても需要を大幅に下回る不安定な供給が行われている。医療・上水道等の社会インフラ整備、農業・観光・外国投資等による経済復興、国連軍・各ドナー国・国際機関の救援・援助活動等に伴う電力需要の急増に対し、一刻でも早い緊急対策が必要な状況にある。
- ② 緊急対策としては、ディーゼル発電や小水力発電の新增設、送配電設備の整備、維持運営管理システムの強化等が効果的と考えられ、無償資金協力の早期実施が、我国援助のプレゼンスを高めるためにも重要である。このため、増設能力、増設地点、管理運営能力、燃料輸入の現況とその将来等について、至急検討に着手することが必要である。
- ③ 緊急対策が必要な都市としては、先ず需給ギャップが最も大きく今後の需要増も最大と思われるプノンペンを対象とすべきと考えられ、これに加え、カンボディアの外貨収入の鍵を握る観光開発の核として早急な電力増強が必要なシェムリアップ及びカンボディアの経済発展を支える農業をはじめとする産業開発の核で難民受け入れの中心の一つでもあるバタンバンへの対策を、カンボディアSNCからの強い要請があることを踏まえ、検討すべきである。更に、現在1000kW以上の発電能力を有し、やはり今後の発展の核となると考えられるコンボンサム、コンボンチャム等への対策も考慮すべきであろう。
- ④ 一方、電力に関する中長期の計画が存在せず、復興にともない急増することが明らかな電力需要に対し、適切な中長期対策が行われていないことも大きな問題である。特にディーゼル発電は、燃料費を主体に運転コストが高く、維持管理も難しく、耐用年数も短いこと等から、中長期の主力電源としては不適當である。カンボディアについては未開発の包蔵水力が豊富(8,000MW、メコン本流を除いても500MW)であり、これを活用した水力発電を中心とする電力開発を、緊急対策と平行して、計画的に進めて行くことも不可欠である。
- ⑤ また、中核的な技術者や運営管理者がかなり不足している状況であり、運営管理システム・電力開発体制等も正常に機能しているとは言い難い。人材の育成や組織・政策面での強化・改善を早急に推進する必要がある。
- ⑥ フランス、イタリア、オーストリア、ADB等が既にカンボディアに対する電力協力を積極的に進めようとしつつあり、全体のインフラ整備等への協力を進めているUNDPも含め、これら関連ドナー国、国際機関との調整・連絡を十分図る必要がある。

① なお、中長期の水力発電計画としては、コンボット市に流れ込むカムチャイ川の中流部におけるカムチャイ計画(100MW)のF/Sの要請が本調査団に対し出されたが、検討に値する有望な計画の一つであり、今後の全体計画の策定の中で考慮して行くことが必要である。その他当面考えられる水力発電計画は、工事中断中のプレクトノット計画(灌漑3万ha、発電18MW)の見直しやキリロム水力発電所(10MW)の復旧があるが、ともに中期的な発電設備としては小規模であり、本調査団に対して特に要請も出されなかった。前者についてはむしろ農業開発の観点から水没する人口・農地等に配慮しつつ検討する必要があると考えられ、後者についてはオーストリアが協力を検討中であり、その動向を見極めることが必要である。

(2) これら事項を考慮し、今後の我国のカンボディアに対する電力分野における開発調査については、以下の方向で進めることが適当である。

① 今後の開発調査については、

フェーズⅠ：プノンペン市等主要都市電力マスタープラン

(含む緊急対策に係わる詳細調査)

フェーズⅡ：全国電力マスタープラン

フェーズⅢ：有望個別発電計画のフィージビリティ・スタディ

のようにフェーズを分け、他のドナー国・国際機関の動向を踏まえつつ、緊急性をも考慮した合理的な電力開発計画の策定を段階的に行う。調査実施に当たっては、本計画と整合を図りつつ、必要な技術協力、資金協力による支援を調査に平行して、時期を逸することなく継続的に講じて行けるよう配慮する。

② フェーズⅠ調査は、1年程度で行うこととし、その主要対象都市は、プノンペン、シエムリアップ、バットンバンとすべきであろう。更に、コンボンソム、コンボット、コンボンチャム等についての調査実施を検討するとともに、フェーズⅡ調査の方向性を示すため全国電力開発の方針等についても併せて提言することが望ましい。

フェーズⅠ調査では、緊急対策への早期協力を併せて可能とする事が重要であり、先ず1カ月程度の前段階調査において緊急性の高い有望事業を抽出し、これら緊急対策についてはフェーズⅠ調査の中間段階においても無償資金協力を繋げ得るよう精度の高い調査を平行して早急に実施する。更に、出来る限り現地調査に時間をかけ、人材育成や組織政策面での強化改善の推進が併せて図れるようにする。

③ フェーズⅠ調査のS/W締結は、緊急対策の推進のためにも出来るだけ早期に行うことが必要であり、カンボディアからの正式要請があれば、7～8月にも事前調査団を派遣することが望まれる。

(3) また、カンボディアの電力事業の強化・改善、人材育成の推進のためには、同国の工業省や電力公社に対する専門家派遣、研修生受け入れ等の技術協力の実施が効果的と考えられる。専門家派遣については、医療面、教育面の問題を初めとして、居住環境は決して良いとは言えず、言語面についても配慮が必要であることから、当面は、開発調査を通じた技術移転や研修生受け入れを先ず検討すべきであろう。しかしながら、プノンペン市内であれば、安全面について特に問題はなく、住民・食糧・水の確保も現時点では容易であることから、専門家の派遣についても、人材の確保が可能であれば、長期専門家の派遣も含め早急に検討することが望まれる。

8 : 現地踏査の概要

5月11日(月)、工業省エネルギー部ユイ・トン・セン氏の案内によりプノンペン市内の4つの発電所を踏査した。以下訪れた順序で各発電所の現状を記してみたい。

CIV発電所は市内北部に位置し、ソ連製の比較的新しい(1984年及び87年設置)ディーゼル発電機であるが、構造が複雑で故障が多発しているとのことであった。また、同発電所は増設中であつたが、ソビエト連邦の崩壊により資金供給がストップしたことにより完成間近で中断したままとなっている。

CI発電所もCIVと同じく市内北部(CIVから見える)に位置している。フランス統治下で設置された非常に古い(最も古いもので1920年代)ディーゼル発電機が多く、ほとんど稼働していない。

CII発電所は市内南部に位置し、1966年に設置されたチェコ製の蒸気タービン(火力)と1973年から1990年にかけて設置された(中古品を購入)GM社製のパッケージディーゼル発電機がある。このうちチェコ製の発電機は比較的良好に稼働しており、プノンペン市のベース発電量を賄っている。

CIII発電所は市内西部に位置し、1974年から1990年にかけて設置されたGM社製のパッケージディーゼル発電機がある。CIII発電所に限らず一般的に基礎工事がずさんで、特にパッケージディーゼル発電機は基礎工事が最もひどく(基礎杭はなく砕石等の置き換え工法と思われ)故障の大きな原因となっている。したがって、今後の発電機のリプレイス等においては現在の基礎をそのまま利用出来ると思えない方が良いと思われる。

5月12日(火)、シェムリアップ州工業部長のケー・チョン氏の案内でシェムリアップ市の新旧発電所を踏査した。新発電所が1985年86年にソ連製のディーゼル発電機を設置し発電を開始したことにより、旧発電所は1984年限りで発電を停止し、現在は変電所として利用されている。

5月13日(水)、前日と同様ケー・チョン氏の案内でアンコールワット近くのシェムリアップ川にある灌漑用のプラサ・ケオダムを踏査した。同ダムは堤高5m、堤長20m程度で転倒式の鋼製ゲートを備えた農業用の取水堰堤であり、フランスにより築造された。このダムに1985年頃ベトナムの工兵により、200kW程度の小水力発電機がとりつけられたが、内戦時に破壊されてしまった。同ダムはシェムリアップ州では数少ない水力発電候補地であるが、付近に埋設地雷があり、安全対策上問題がある。

また同日、プラサ・ケオダムより導水されている農業用貯水池バライ湖(総貯水量5,500万t)を踏査した。この貯水池は11世紀のアンコール王朝時代に作られたもので、灌漑期には放水口で数mの有効落差が生じる。この落差を利用してミニ水力発電の可能性はある。発電可能期間が灌漑期(6月~10月頃)と限られているが、プラサ・ケオダムのように安全対策的には問題はなく、中長期的に国産エネルギーの開発として今後検討に値すると思われる。

このシェムリアップへの現地踏査には工業省のユイ・トン・セン氏及びカンボディア日本大使館の甲斐氏が同行した。

なお、当初計画ではカンボディア第二の都市で帰還難民の受け入れ拠点となっているバットンバン市も踏査する予定であつたが、道路事情等により断念せざるを得なかつた。

9 : 総合所見

当国は二十余年に及ぶ内戦により、基礎インフラストラクチャーはことごとく破壊され、主要都市間の電話回線もなく、近代国家としての機能を失ってしまった。とりわけ電力事情は深刻であり、全国で稼働可能な電力は三万キロワット程度にすぎず、停電を繰り返している。今後の国土復興を円滑に実施するにあたり、電力設備の回復はとりわけ緊急を要する。今回会見したカンボジア政府関係者も異口同音に、電力設備に対する協力要請を、わが国に対し表明した。

電力施設は当国の複雑な現代史そのままに、古いものはフランス、アメリカ等の西側のものから、1985年以降最近までに出来た設備は旧ソ連製となっている。ソ連は電力技術者の養成のため専門家を派遣したり研修生を受け入れていた。仏領時代はフランス電力公社の一部でもあったと言う。このため設備はつぎはぎだらけであり、電源はコストの高いディーゼルが主体となっている。プノンペン市の電力供給は二系統に分かれ、発電所間の連絡も電話や無線に頼るなど、近代的な供給管理は行われていない。プノンペン等主要州都において、それぞれ独立して電力供給が行われているが、送配電施設の老朽化に加えて盗電も多く、料金徴収は半分程度しか行われていない。

このように電力設備の改善のみならず、電気事業の組織そのものの整備も緊急の課題となっている。(閣議より工業省に対し、電気事業の組織体制について、検討するよう指示しているとのこと。) わが国の電力分野の協力として、電気事業経営、組織を含めたマスタープランから協力する必要があり、先方工業省もわが方提案に対し賛同を示し、マスタープラン要請の手続きを行うと約束した。しかしながら、急増する電力需要に対応するため電力設備の増強は緊急を要し、カンボジア側の強い要請もあり、マスタープラン調査と平行して、マスタープランの事前調査段階で、無償資金協力案件を抽出し本年度中にも実施する必要がある。(電力関係協力は重要であり、イタリア等が協力の意図表明を行いつつある。関係国と協調しつつも、わが国も一定のプレゼンスを発揮する必要があり、早い段階における無償資金協力が肝要。)

カンボディアのわが国に対する要請は外務省(SNC)を窓口とする事となっているが、大使館等の判断としても四派連合の現状より、正式要請書の承認には時間がかかるものと思われる。他方、累次調査団の報告によっても、先方政府関係者のわが国に対する電力協力要請の意図は明らかであり、正式要請の発出に時間がかかり過ぎる場合には、対「カ」協力の緊急性を鑑み、何らかの方策を検討する必要があると思われる。なお、開発調査の事前調査団の派遣には2～3か月の準備期間が必要であるところ、本件協力の緊急性を鑑み直ちに、派遣準備を開始することが適当と思慮される。

専門家の派遣、研修生の受け入れも速攻性のある協力分野であり、開発調査と平行して実施することにより、効果的な協力を行うことが出来る。

10 : 資 料

STATE OF CAMBODIA
ELECTRICITY OF PHNOM PENH

資料 1

1991

1991

1. General Information on Power Utilities

1. Name of utility : ELECTRICITE DU PHNOM PENH
2. Address : WATT PHNOM 19, PHNOM PENH
3. Telephone : 2 3871
4. Fax : _____
5. Telex : _____
6. Cable : _____
7. Function : GENERATION, TRANSMISSION AND DISTRIBUTION
8. Supply Frequency : 50 Hz
9. Supply Voltages
 Transmission : NO
 Sub-transmission : NO
 Primary Distribution : 15KV, 6.3KV, 4.4KV
 Secondary Distribution : 220/110V and 380/220V
10. Geographical area of the utility's responsibility (sq. km) : 349.50
11. Name of Province/State/region over which the utility is responsible for power supply : PHNOM PENH CITY AND TAKMAY CITY (PROVINCE KANDAL)
12. Official Responsible For Information: TY NORIN (ENGINEER-HEAD OFFICE OF ELECTRICITY NETWORK)

13. Households Electrified

Fiscal Year	Total Number of Households in the <i>Ar-Ra EPF</i>	Total Households with access to electricity
198	100 134	22 300
198	108 427	30 000
19	114 140	37 200

II. Existing situation of generation system in Phnom Penh

The power system in Phnom Penh is of critical importance, given that Phnom Penh is the country's capital, as well as the focus of most industrial, commercial, and administrative activity. The total installed generation capacity in 1990 is 64,230 kW, however, only 42,350 kW currently is in operation. The generation system comprises four (4) power stations: C I, C II, C III and C IV.

The installed and available capacity in these four plants is given below:

Installed and Available Capacity in Phnom Penh's Power Plants (July 1990)

Power Plant	Installed Capacity (kW)	Available Capacity (kW)	Effective Capacity (kW)
C I	16,530	7,850	3,000
C II	26,400	21,000	13,000
C III	6,300	4,500	4,500
C IV	15,000	9,000	5,600
Total	64,230	42,350	23,100

Power plant C IV currently is being expanded, with 15,000 kW capacity to be added to the system by 1992.

In 1989 the system generated 200,145 MWh of electricity. For this purpose 75,551 m³ of fuel was used (both diesel oil and fuel oil). The power generation efficiency of the Phnom Penh system was 24 per cent.

The historical development of electricity generated and fuel consumed by individual generation plants and the system as a whole is presented in Table below.

Electricity Generation in Phnom Penh

Unit: MWh

Year	Power Plant			Total generated
	C I	C III	C IV	
	Stream	Diesel	Sub-total	
1985	14,625	62,781	19,572	82,353
1986	9,577	74,226	6,796	81,022
1987	12,027	83,137	7,136	90,273
1988	19,315	70,579	5,599	84,177
1989	18,359	93,757	6,728	100,483
				14,631
				25,903
				30,869
				45,253
				61,159
				67,147
				200,145

Note: The average annual generation growth rate was 7 per cent during 1985-1989.

Fuel Consumption for Power Generation (Phnom Penh)

Unit: 10³l

Year	Power Plant						Grand total
	C I	C II	C III	C IV	Diesel	DO + FO	
1985	4,927.7	24,219.0	5,340.5	5,724.1	8,862.6	24,735	48,953
1986	3,114.3	55,339.5	2,237.7	5,345.5	12,919.9	23,638	59,478
1987	4,032.1	59,524.8	2,592.1	5,350.1	15,184.9	28,939	66,264
1988	6,332.4	55,113.0	1,883.1	5,493.2	20,437.2	34,140	55,113
1989	6,050.8	40,467.0	2,280.4	4,372.8	22,379.9	35,084	40,467
							75,551

Note: The average annual growth rate of fuel consumption in 1985-1989 was 9 per cent.

* All diesel oil (DO), except C II Steam Power Plant where Fuel Oil (FO) and DO is used.

The existing (in July 1990) situation of the Phnom Penh generating plants is as follows:

(i) Power Plant C I

Power plant C I is located in the northern part of Phnom Penh City in the district Phsar Tauch. This is the oldest power plant of the Phnom Penh system. It commenced operation in 1927.

While 11 gensets are installed in the power house, only five are operational, and most are in very poor condition. The installed capacity is 16,530 kW, although available capacity accounts for 7,850 kW. Under normal circumstances the plant supplies about 2,200 kW in the daytime and about 3,000 kW at night. The maximum load seldom exceeds 4,500 kW, and only for short periods. Power is entirely diesel generated. Details on individual gensets are provided in Table C I-1. Power is generated at 4.4kV and 6.3kV and transformed to 15kV in the power plant's substation. The substation comprises the following step-up transformers:

-	4.4/15kV	3 x 2,500 kVA
-	6.3/15kV	7 x 4,000 kVA

All engines are water cooled with cooling water circulating in a closed circuit between the engines and a water cooling pond. Fuel storage consists of six vertical tanks with a total capacity of 700m³.

In 1989, the power plant generated 18,359 MWh of electricity at 30 per cent generation efficiency. Performance data (historical) is given in Table. Energy consumed for auxiliaries averages 5 per cent of electricity generated.

SHWOK PERH POWER PLANT C I - GENSETS INSTALLED

No. Engine	Manufacturer	Generator Type	Year Inst.	Capacity of Installed kW	RPM Available	2/4 Stroke Engine	Generation Voltage V	Remarks	
1	Sulzer	Gramme	1927	550	350	250	2	4,400	Poor Condition, operational
2	Sulzer	Alsthon	1948	1,380	700	250	2	4,400	Poor Condition, operational
3	Worthington	SW	1958	3,000	-	450	4	4,400	Out of order, beyond economic repair.
4	Worthington	SW	1960	3,000	1,500	450	4	4,400	Poor condition, operational
5	Sulzer	NA	1928	840	-	-	-	-	Out of order, beyond economic repair
6	Sulzer	Gramme	1937	1,000	600	250	2	4,400	Poor Condition, operational
7	Worthington		1960	2,250	-	-	-	4,400	Out of order, beyond economic repair
8	Sulzer	Oerlikon	10TFF 48	2,240	-	250	2	4,400	Out of order, cannibalized to repair genset No. 9
9	Sulzer	Gramme	10TFF 48	2,240	1,500	250	2	4,400	Poor Condition, operational
10	Worthington	SW	1952	3,000	1,500	450	4	4,400	Poor Condition, operational
11	Sulzer	Oerlikon	10TAF 48	3,120	1,700	250	2	6,300	Operational, fair condition

Total installed capacity (TIC) 16,530 kW
 Available capacity (July 1996) 7,850 kW
 Note: All gensets PF = 0.8

The 143 staff presently are employed comprising the following:

- Engineers 3
- Skilled workers 60
- Unskilled workers 45
- Administration 35

All maintenance and repair at the power plants including some spare parts manufacture, is performed by the plant's 30-person maintenance and repair group (included in the 143 total staff).

PERFORMANCE DATA ON DIESEL POWER GENERATION AT THE POWER PLANT C I

Description	Unit	1985	1986	1987	1988	1989
Electricity Generated	kWh	14,825,550	9,577,150	12,027,150	19,314,850	18,359,200
Fuel Consumption	Litre	4,807,480	3,174,798	4,032,066	6,332,390	6,950,850
Lub. Oil Consumption	Litre	NA	NA	NA	NA	NA
Power Generation Efficiency*	Per cent	30.0	30.4	29.5	30.1	30.0
Specific Fuel Consumption	Litre/kWh	0.329	0.325	0.335	0.328	0.330
Specific Lub. Consumption	Litre/MWh		5 - 7			

* Based on diesel oil HCV (net calorific value) = 36.4 MJ/litre (8,700 kcal/litre)

Observations and Conclusions

1. Installed capacity of Power Plant C I is 16,530 kW, however, due to the age and very poor technical condition of the machinery the available capacity is only 7,850 kW.
2. While the running hours of the gensets were not available, the age of the gensets and their technical condition indicates that their effective lifetime may soon expire.
3. The power generation efficiency figure accounts for 30 per cent (3kWh per litre of diesel oil) which, under existing circumstance is a reasonable figure.
4. The lub-oil consumption ranges from 5 to 7 litres per MWh generated.
5. Some of existing gensets and electric equipment may undergo a rehabilitation process providing that it is possible to procure spare parts. On this basis, the rehabilitation of the entire power plant appears to be justifiable on economic grounds. This issue should be examined in detail.
6. The power plant faces serious problems with acquisition of spare parts, scarcity of tools and diagnostic instruments for maintenance and repair. As reported by the plant managements, the qualifications and skills of the personnel are inadequate and require substantial upgrading.

(ii) Power Plant C II

Power Plant C II is located in the southern part of Phnom Penh City in the district Chak Angre. C II is the largest power plant in the Phnom Penh area. Two separate systems are employed for power generation:

- Thermal (steam) generation
- Diesel generation

1. Thermal (Steam) Generation

This plant commenced operation in 1966. The machinery is of Czechoslovakian origin. Installed capacity of the plant is 18,000 kW, comprising three (3) power generation units of 6,000 kW each.

Characteristics of the equipment installed are as follows:

- Boiler:
 - Manufacturer CKD-Dukla
 - Year of Manufacture 1964
 - Steam: Output (max) 35 tonnes/hour
 - Pressure 39 Kg/cm² (gauge)
 - Temperature 450°C

- Turbine:

- Manufacturer Prvni Brnenska
- Year of Manufacture Strojirna-Gottwaldovo 1963
- Type Condensing with steam extraction
- Steam: Pressure 35 Kg/cm² (gauge)
- Temperature 435°C
- RPM 3,000

- Generator:

- Manufacturer SKODA-PLZEN
- Rated Output 6,000 kW
- RPM 3,000
- Generation Voltage 6.3kV, 50Hz, 3phase

The total installed capacity is 18,000 kW while available capacity amounts to 15,000 kW. The plant is operated to match the base load demand of the Phnom Penh power system. For steam generation only fuel oil is used. Fuel oil storage capacity comprises two tanks with a capacity 2,500m³ each (total 5,000 m³). Cooling water for turbine condensers is provided from the Bassac River (open circuit). The capacity of the local substation is 22,500 KVA (3 x 7,500kVA step-up transformers 6.3/15KV).

In 1989 the steam power plant generated 93,757 MWh of electricity (93 per cent of total C II generation figure). The power generation efficiency was 21 per cent. More detail on the performance of the plant over the past five years is provided in Table.

The plant is in good condition. The installation is clean, there is no evidence of fuel and steam leaks, and all necessary instrumentation is in place. The last major overhaul was performed in 1985.

CDE is planning to expand the thermal power capacity in Phnom Penh by adding new 30MW generator capacity in the near future.

PERFORMANCE DATA ON THERMAL (STEAM) POWER GENERATION AT THE POWER PLANT C II

Description	Unit	1985	1986	1987	1988	1989
Electricity Generated	kWh	62,780,500	74,226,200	83,137,100	78,578,700	93,757,250
Fuel Oil Consumption	Litre	24,217,978	35,839,468	39,324,790	35,113,000	43,467,108
Lub. Oil Consumption*	Litre	9,090	5,415	2,000	NA	3,600
Power Generation Efficiency	Per cent	23.5	18.8	19.1	20.7	21.0
Specific Fuel Consumption **	Litre/kWh	0.386	0.482	0.473	0.447	0.432
Specific Lub-Oil Consumption *	Litre/Mwh	0.14	0.07	0.03	NA	0.04

* Turbo Generators only
 ** Based on fuel oil KCV = 39,800 MJ/Litre (9,500 kcal/Litre)

2. Diesel Generation

The diesel generation group was initially installed in 1973, comprising of five (5) second-hand compact diesel gensets. In 1990 only four (4) units exist. All of them are of the same make and type and all are operational, however, their condition is poor. The installed capacity is 8,400 kW. All units are derated and the total available capacity is 6,000 kW. Diesel oil is used as fuel. Fuel storage comprises eleven (11) horizontal tanks with a total capacity of 220m³.

Gensets Characteristics:

- Manufacturer General Motors Co
- Type MP45AB
- Nameplate rating 2,100 kW
- Available capacity 1,500 kW
- RPM 750
- Engine cooling system water/air radiator
- Power generated at 4,160V, 50Hz, 3phase

The capacity of the substation is 15,000 KVA (One step-up transformer 4.16/15KV).

In 1989, the diesel plant generated 6,726 MWh (7 per cent of entire C II generation figure). The power generation efficiency was 30 per cent.

PERFORMANCE DATA ON DIESEL POWER GENERATION AT THE POWER PLANT C II

Description	Unit	1985	1986	1987	1988	1989
Electricity Generated	kwh	19,572,254	6,795,840	7,135,536	5,598,331	6,725,982
Diesel Oil Consumption for Power Generation*	litre	5,294,000	2,223,700	2,362,900	1,849,399	2,206,560
Lub. Oil Consumption	litre	64,737	32,422	35,112	26,814	35,062
Power Generation Efficiency**	Per cent	36.5	30.2	29.9	30.0	30.1
Specific Fuel Consumption	litre/kwh	0.271	0.327	0.331	0.330	0.328
Specific Lub-Oil Consumption	litre/MWh	3.3	4.8	4.9	4.8	5.2

* Some 1-3 per cent more is used at CII for ballers start-up, engine tests and for maintenance based on diesel oil CV = 36.4 HS/litre (8,700 kcal/litre)

Overall Information on the Power Plant C II

Information on power generation capacity in the Power Plant C II is given in Table

Power Generation Capacity (1989)

Generation System	Capacity in kW		
	Installed	Available	Effective
Steam	18,000	15,000	40,000
Diesel	8,400	6,000	5,000
Total	26,400	21,000	45,000

The total generation increased from 82,353 MWh in 1985 to 100,483 MWh in 1989. In 1989 the plant generated over 50 per cent of all electricity supplied by the entire Phnom Penh power system.

The CII fuel consumption in 1989 was:

- Fuel Oil	40,467m ³
- Diesel Oil	2,280m ³

The overall power generation efficiency in 1989 was 21.5 per cent.

The current employment is 278 (248 male and 30 female) comprising:

- Engineers	2
- Technicians	5
- Skilled workers	84
- Unskilled workers	175
- Administration	12

Within the total employment figure, 108 personnel are engaged in operational duties while 123 are involved in maintenance and repair activities.

Observations and Conclusions

1. Installed capacity of Power Plant C II is 26,400 KW. Available capacity is 21,000 KW (71 per cent steam, 29 per cent diesel). Steam turbo generators and diesel gensets are operated as base load and peak load machines respectively.
2. The 1989 generation figure was 100,483 MWh. Of the total output, steam generated electricity comprised 93 per cent while diesel generated electricity was 7 per cent.
3. The power generation efficiency in C II is low, the figure being 21.5 per cent in 1989. Inefficient steam power generation is the major cause of the low overall efficiency figure.
4. The technical condition of the steam power system is good. The condition of diesel generators is poor. However, in both systems there exists considerable scope for improvement in operation and maintenance procedures.
5. The power plant faces serious problems with acquisition of spares (in particular for diesel engines), diagnostic and calibration instruments, and tools and instruments for maintenance and repair. As reported by the plant management, skills and technical qualifications of the personnel are poor and require substantial upgrading.

(iii) Power Plant C III

Power Plant C III is located in the western part of Phnom Penh in the Pot Lauksang District. The plant began operation in 1974, was designed to accommodate five (5) open air compact diesel generation sets. At present (3) gensets are installed. All gensets are of the same make and type, are operational, and appear to be in good condition. The installed capacity is 6,300 kW. All gensets are derated and total available capacity is 4,500 kW. Power is entirely diesel generated. Diesel oil is used as fuel. Fuel storage comprises two vertical tanks with a total capacity of 900m³. The layout of the power plant is presented in Figure

The description of the gensets follows:

- Manufacturer	General Motors Co
- Type	2 stroke, turbo charged MP45AB
- Name plate rating	2,100 kW
- Available capacity	1,500 kW
- RPM	750
- Engine Cooling System	water/air radiator
- Engine starting system	electric (lead acid batteries)
- Power is generated at	4,160V, 50Hz, 3phase
- Power factor (pf)	0.8

The local substation is equipped with one step-up transformer (4.16/15kV) with rated capacity 5,000 kVA.

In 1989, the power plant generated 14,155 MWh of electricity at 32 per cent generation efficiency.

Performance data (historical) is given in Table . Energy consumed for auxiliaries is estimated at 1-4 per cent of electricity generated.

PERFORMANCE DATA ON DIESEL POWER GENERATION AT THE POWER PLANT C III

Description	Unit	1985	1986	1987	1988	1989
Electricity Generated	kwh	19,831,050	17,337,500	17,350,050	17,965,000	14,155,000
Fuel Consumption	litre	5,724,095	5,345,468	5,330,065	5,493,123	4,372,820
Lub. Oil Consumption	litre	42,042	68,752	65,533	46,828	43,959
Power Generation Efficiency*	Per cent	34.2	32.1	32.3	32.0	32.0
Specific Fuel Consumption	litre/kwh	0.289	0.308	0.307	0.306	0.309
Specific Lub-Oil Consumption	litre/Mwh	2.2	4.0	2.6	2.7	3.1

* Based on diesel oil HCV = 36.4 MJ/litre (8,700 kcal/litre)

Plans for expansion of the power plant anticipate the installation of two (2) additional compact diesel gensets (General Motors) with name plate rating 2,100 kW each. Step-up transformers of additional capacity will be provided at the same time. Precise data on future plans for the substations were not available.

Currently 38 staff are employed as follows:

- Engineer	1
- Technicians	3
- Skilled workers	14
- Unskilled staff	20

Observations and Conclusions

1. The installed capacity of Power Plant C III is 6,300 kW. To avoid overheating of the engines and to maintain lubrication levels, all gensets are derated by about 30 per cent. The current available capacity is 4,500 kW.
2. The technical condition of the power plant is good. The engines are kept clean. Instrumentation is operational. However, emphasis should be given to upgrading machinery maintenance procedures.
3. The power generation efficiency figure averages 32 per cent (3.24 kW per litre of diesel oil) representing a reasonable performance.
4. The lubrication consumption ranges from 2 to 4 litres per MWh generated electricity which is within the limits of internationally accepted standards.
5. The power plant faces serious problems with acquisition of spare parts as well as scarcity of tools and diagnostic instruments for maintenance and repair. Upgrading the qualifications of maintenance and repair personnel (particularly mechanics) is required.

(iv) Power Plant C IV

Power Plant C IV is located in the northern part of Phnom Penh in the district Tuol Sangke. It was constructed under the USSR assistance programme. Power is entirely diesel generated. The plant's five generators are driven by two-stroke diesel engines of the same make and model. The installed capacity is 15,000 kW (5 X 3,000 kW). Details on individual gensets are provided in Table . Power is generated at 6.3 KV and transformed to 15 KV in the power plant's substation which is equipped with two step-up transformers with nameplate rating 2 x 10,000 KVA each. Engines are water-cooled. Cooling water circulates in a closed circuit cooled by a sprinkler system.

The power plant began operation in 1984 with three gensets. In 1987 two additional gensets were commissioned.

The fuel storage comprises two tanks with a total capacity of 2,000 m³ (2 x 1,000 m³).

In 1989, the power plant generated 67,147 MWh of electricity. Performance data (historical) are given in Table C IV-2. Energy consumption for auxiliaries averages 5 per cent of electricity generated. The layout of the plant is presented in Figure . Plans for expansion of the power plant are well advanced with the commissioning of an additional 15 MW (5 x 3 MW) capacity planned for 1992.

The current employment is 128, comprising the following staff:

- Engineers	2
- Technicians	4
- Skilled workers	33
- Unskilled workers	57
- Seasonal workers	6
- Administration	26

In addition, 15 persons from C IV currently are studying in the USSR and Germany.

Observations and Conclusions

1. The installed capacity of the power plant is 15,000 kW, however, due to damage to two diesel engines, the current available capacity is 9,000 kW.
2. There are no problems with loading of the gensets, however, they are not operated at loads exceeding 3,000 kW.
3. The power generation efficiency is almost 30 per cent (3 kWh per litre of diesel oil).

4. The lub-oil consumption is about 4 litres per MWh generated.

5. The maintenance of the power plant is poor. In the machine room there are numerous water, fuel and oil leaks. Maintenance schedules are often not observed.

6. The power plant faces serious problems with acquisition of spare parts (mechanical and electrical), scarcity of tools and instrumentation for maintenance and repair. As reported by the plant management, the skills and qualifications of the personnel are poor and require substantial upgrading.

7. For repair of the genset No 1 only minor expenditure for spares is required and repair would add 3 MW to the Phnom Penh power system. However, in the case of genset No 2 the situation is more serious. The cylinder block cracked after 25,000 running hours and the manufacturer is considering replacement with a new unit.

8. Upgrading the power station's operational performance will require a great deal of expatriate technical assistance. Consideration should be given to providing expert services in operation, maintenance and repair for both mechanical and electric parts of the power plant. Assistance also may be provided in procurement of spare parts required in maintaining the plant's available capacity at the highest level. A substantial training effort is required to upgrade the skills and capability of personnel at all levels.

PHNOM PENH POWER PLANT C IV - GENSETS INSTALLED

Gen Set No.	Make and Origin	Year Installed	Nameplate Rating		Available Capacity	Engine/Generator	Voltage	PF	Running hours as per May 31, 1990	Remarks
			Continuous load KW	Overload KW						
1	Russky Diesel (USSR)	1984	3,000	3,500	800/1000	6,300	0.8	20,046	Not operational since June 1990. Requires repair. Awaiting spares.	
2	Russky Diesel (USSR)	1984	3,000	3,500	800/1000	6,300	0.8	25,087	Not operational since April 25, 1990. Requires major repair or replacement.	
3	Russky Diesel (USSR)	1984	3,000	3,500	800/1000	6,300	0.8	22,565	Fair Condition	
4	Russky Diesel (USSR)	1987	3,000	3,500	800/1000	6,300	0.8	12,414	Fair Condition	
5	Russky Diesel (USSR)	1987	3,000	3,500	800/1000	6,300	0.8	14,322	Fair Condition	

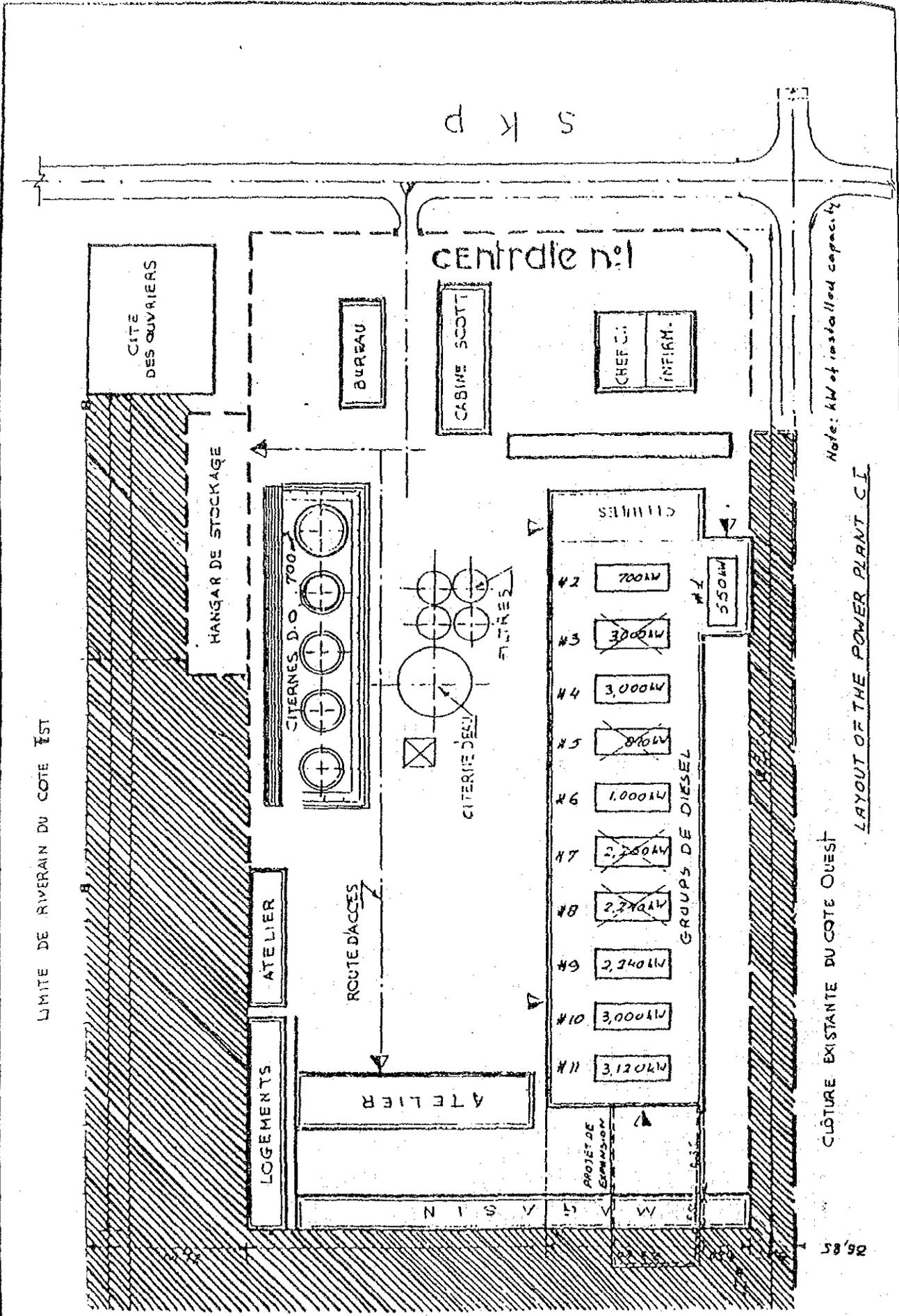
Total Installed Capacity (TIC) 15,000 KW

Available Capacity (July 2, 1990) 8,000 KW

PERFORMANCE DATA OF THE POWER PLANT C IV

Description	Unit	Year					Remarks
		1985	1986	1987	1988	1989	
Power Generated	kwh	25,093,100	38,562,050	45,253,021	61,158,559	67,147,223	
Fuel Consumption	litre	3,682,000	12,210,862	15,184,887	20,431,235	22,379,887	
Lub oil Consumption	litre	50,281	161,232	182,400	243,360	243,800	
Power Generation Efficiency	percent	29.8	29.6	29.5	29.6	29.7	
Specific fuel Consumption	litre/kwh	3.334	0.334	0.336	0.334	0.333	
Specific lub oil Consumption	litre/MWh	3.74	4.18	4.03	3.98	3.63	

* Based on NGV = 36.4 MJ/litre (8,700 kcal/litre)

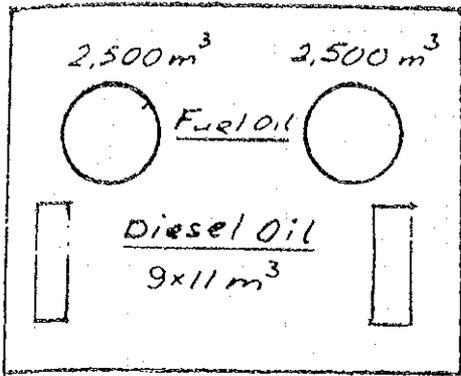


Note: kW of installed capacity.

LAYOUT OF THE POWER PLANT C.I.

CLOTURE EXISTANTE DU COTE OUEST

28/85



Fuel Storage

Diesel Oil Tanks

60 m³

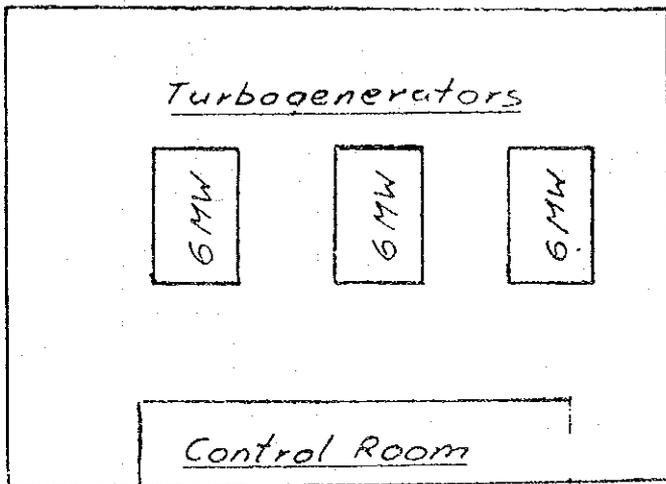
60 m³

Steam Boilers



2.1 MW

Thermal Power Plant



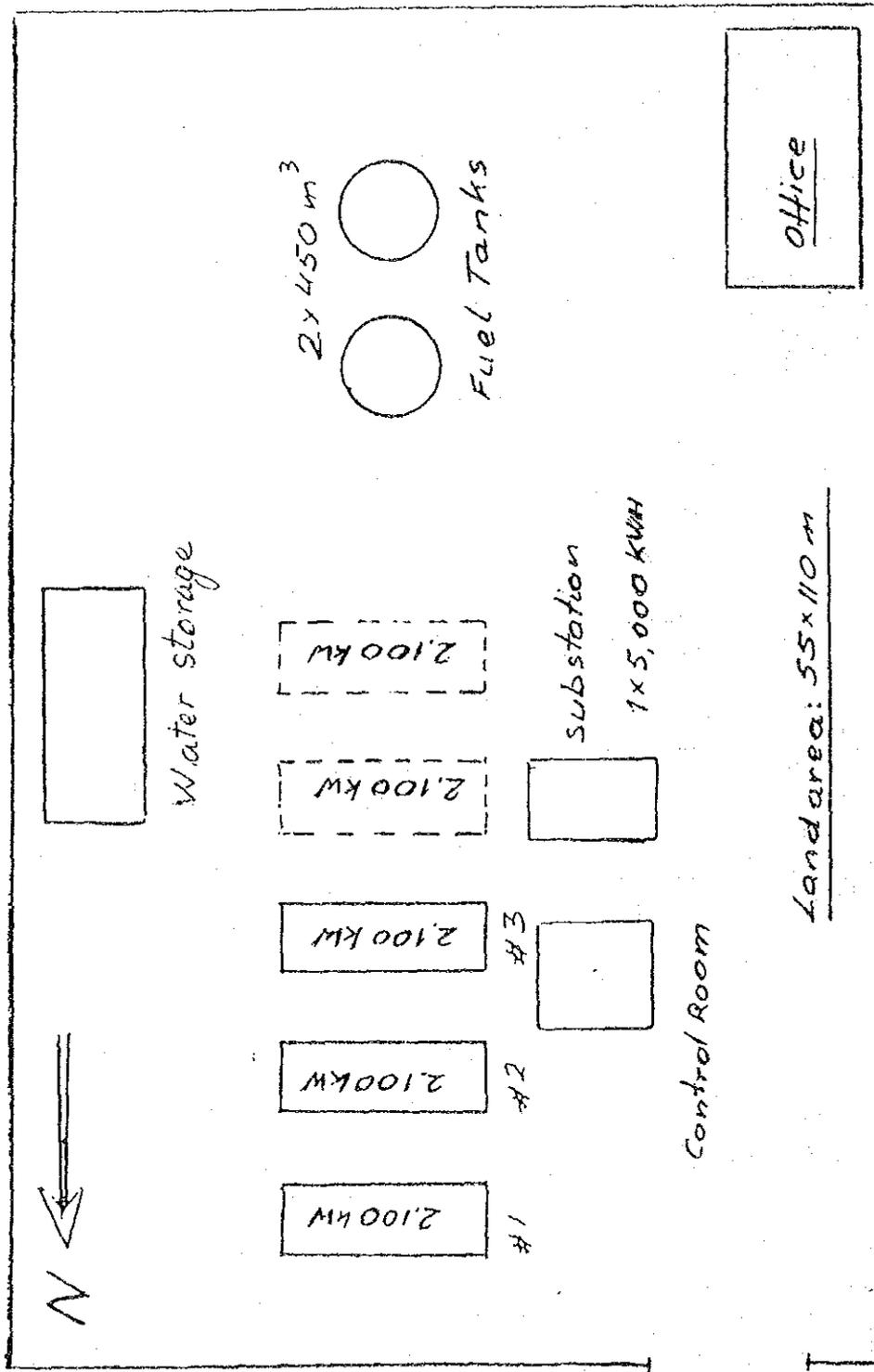
Diesel Gensets

2.1 MW

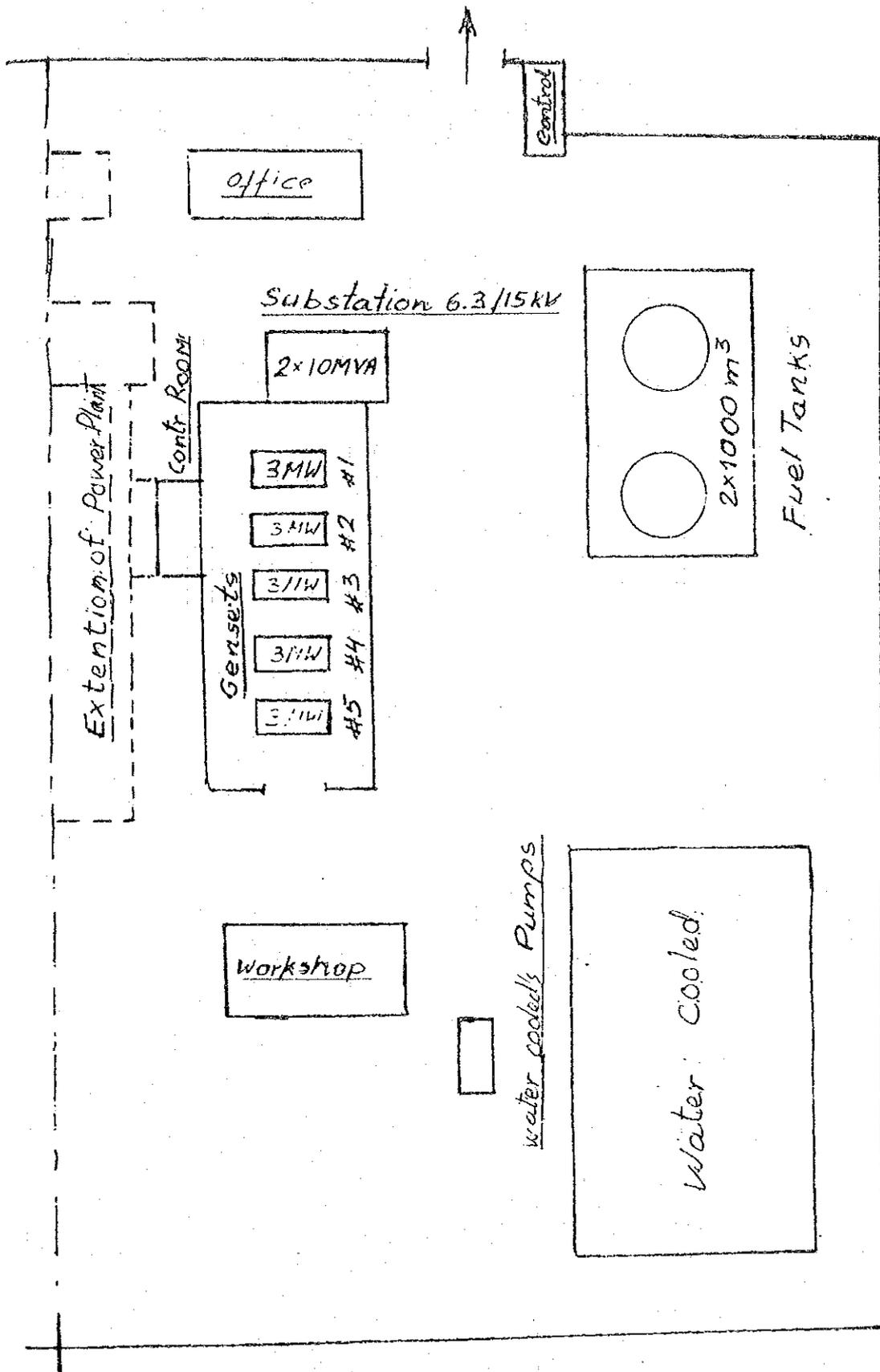
2.1 MW

2.1 MW

LAYOUT OF THE POWER PLANT CII



LAYOUT OF THE POWER PLANT C III



LAYOUT OF THE POWER PLANT IV

Generating Capacity

1. Historical Power Generating Capacity.

	FY 1970	FY 1971	FY 1972	FY 1980	FY 1981	FY 1982	FY 1983	FY 1984	FY 1985	FY 1986	FY 1987	FY 1988	FY 1989	FY 1990	
HYDRO	Run-of River														
	Storage														
	Pumped Storage														
	All Hydro														
	Coal														
	Lignite														
	Heavy Oil MW	18	18	18	12	18	18	18	18	18	18	18	18	18	
	Diesel MW	2.5	4.3	4.3	12.72	27.97	24.97	22.87	33.97	26.01	29.01	38.77	38.77	40.87	40.87
	Gas Turbine														
	Combined Cycle														
Natural Gas															
Geothermal															
Nuclear															
Others (Please specify)															
TOTAL	4.3	6.1	6.1	20.72	45.97	42.97	40.87	51.97	44.01	47.01	56.63	56.77	58.87	58.87	

The size (MW) of :

- the largest coal based thermal unit
- the largest coal based thermal station
- the largest hydro station
- the largest combine cycle unit (Steam)
- the largest combine cycle plant (Steam)
- the largest diesel based thermal unit
- the largest diesel based thermal plant

	6
	18
	3
	15

2. Planned Power Generating Capacity (Future).

	FY1991		FY1992		FY1993		FY1994		FY1995		FY2000	
	Committed	Not Committed	Committed	Not Committed	Committed	Not Committed	Committed	Not Committed	Committed	Not Committed	Committed	Not Committed
Run-of River												
Storage												
Pumped Storage												
All Hydro												
Coal												
Lignite												
Heavy Oil	18		18		88							
Diesel	53		65		75							
Gas Turbine												
Combined Cycle												
Natural Gas												
Geothermal												
Nuclear												
Others												
(Please specify)												
TOTAL	73		83		103							

3 . Briefly describe the methodology used for generation expansion analysis.

The studies have been done by the Giprocommuneenergo of USSR

4 . Age Structure of Generating Units as of July 1990.

Type of generating Unit	Number of Units of the Type	Capacity range of Units (MW)	Plant factor (a) range (%)	Age of youngest Units (b)	Weighted average age of units (c)	Age of Oldest unit (b)
Hydro						
Coal						
Diesel	18	0.5-3	50-57	4	23	63
Fuel Oil	3	6	83	20	20	20
Natural Gas						
Gas Turbines						
Combined Cycle						
Geothermal						
Nuclear						

Notes : (a) Since the units in the plant may have been finished on different dates, the statistics in the table refer to generating rather than to the plant (which may have several units of the same size/type), except plant factor which is plant-based.

(b) Age to the nearest year

(c) Average age weighted against unit capacity, to the nearest year

III. Transmission and Distribution System

The production, transmission and distribution systems in the country are not interconnected or integrated. Even in Phnom Penh there are two main systems: System I or the northern system and System II or the southern system. Until 1984 these two systems were linked together, but as the system grew the linked system became unstable, particularly when the Centrale No. IV (or C IV) power station came into operation in 1984. During that time the system experienced frequent black-outs with faults arising in various parts of the system. Therefore EDC decided to delink the system thus creating the current two systems. The northern system consists of the generating stations C I and C IV synchronized while the southern system runs with stations C II and C III power stations operating in synchronization. The northern system has a total installed capacity of 31.5 MW with an available capacity of 16.9 MW. The southern system has an installed capacity of 32.7 MW and an available capacity 25.5 MW. Thus Phnom Penh has a combined capacity of 64.2 MW installed and 42.4 MW available.

There are no transmission lines for the Phnom Penh System. Figure shows the medium voltage (15 kV and 6.3 kV) distribution systems in Phnom Penh. The primary distribution voltages are at 15 kV, 6.3 kV (3 phase) and 4.4 kV (2 phase) and the secondary distribution voltages are 400 and 220V for three phase and 230 and 110V for single phase supplies for supply cycle is 50 Hz. Table gives the current situation of distribution lines and substations. Figure shows a simplified schematic diagram of two Phnom Penh distribution systems.

The Distribution Bureau at Phnom Penh has 171 employees in the following categories:

Engineers	-	7
Technicians	-	5
Skilled workers	-	126
Temporary workers	-	25
		168

The above listed employees can be regrouped into Installation Team - 50; Repair Team - 22, Load Dispatching - 42, Protection Team - 13; and Administrative, Planning and Warehouse - 41.

Current Distribution System EDP - Phnom Penh (as of February 1990)

Voltage Level	Length of the Route		Line Supports	Conductors/ Cables		Years in Service
	Underground (ckt.km)	Overhead (ckt.km)				
15 kV (3 phase)	141	74	176	NA	NA	25
6.3 kV (3 phase)	2.3	0.5		NA	NA	25
4.4 kV (2 phase)	50	1.5	75	NA	NA	50
220/380V (3 phase)	6.76	144				

Voltage Level	Transformers		Capacity (MVA)
	Number	Sub-stations	
15 kV/380V (3 phase)	231		22 000
4.4 kV/220V	170	90	20 000
15 kV/350V (Pole mounted sub-station)	4		6 000
15 kV/6.3 kV (3 phase)		2	7 500
15 kV (3 phase)/ 4.4 kV (2 phase)			5 000

Fig. ④

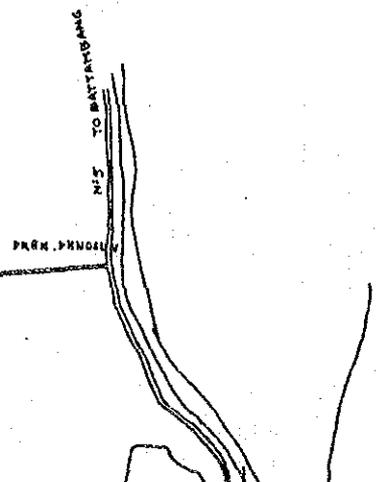


Fig. ①



Fig. ③

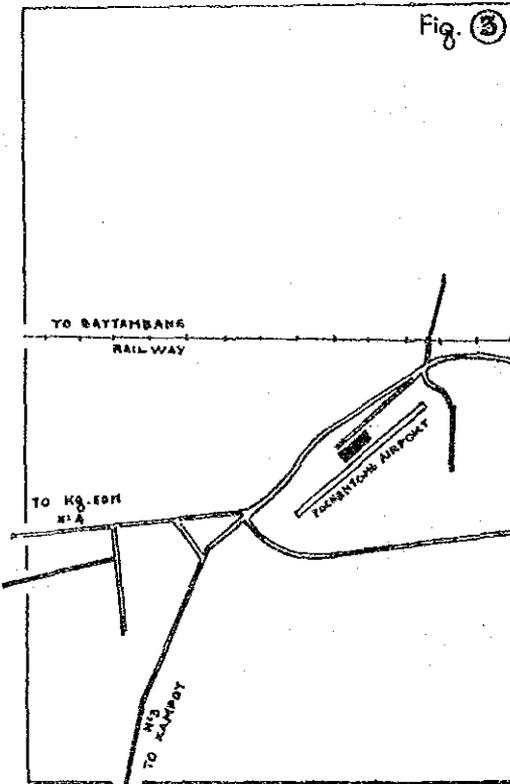
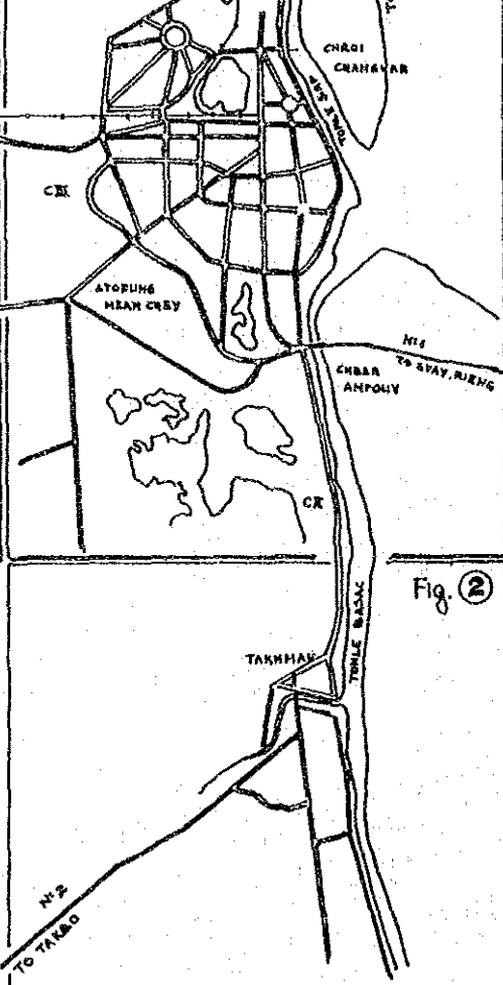
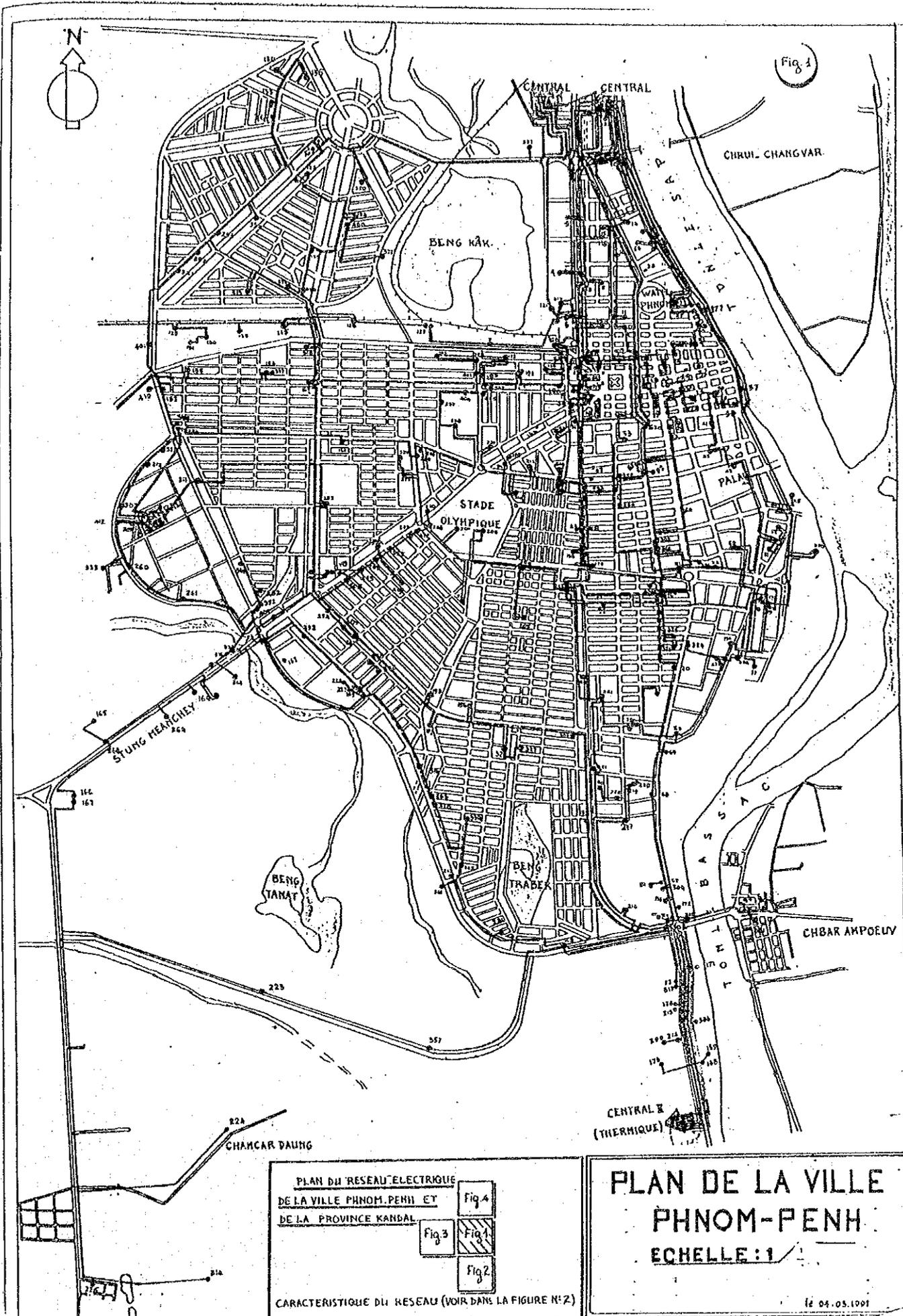


Fig. ②





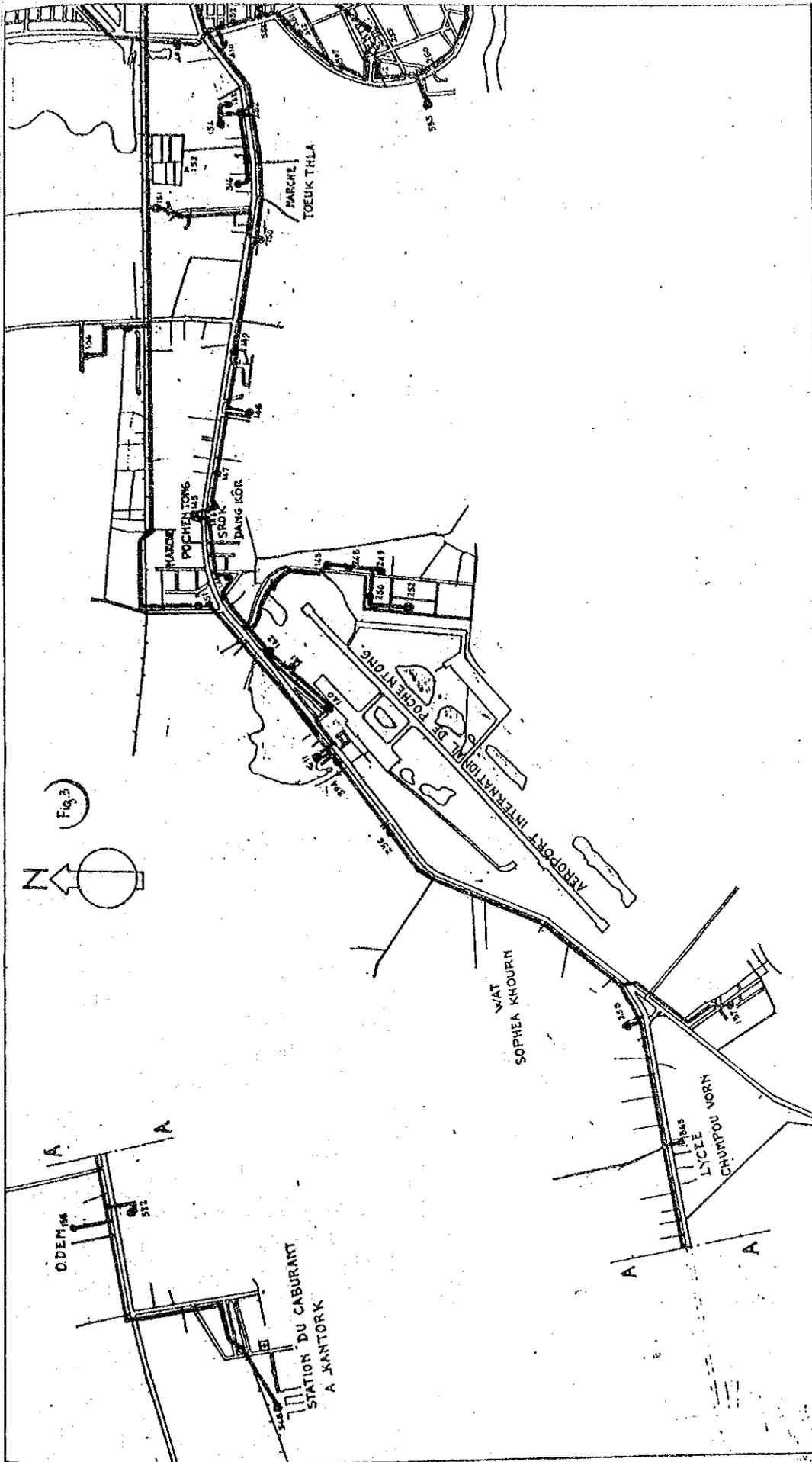
PLAN DU RESEAU ELECTRIQUE
 DE LA VILLE PHNOM-PENH ET
 DE LA PROVINCE KANDAL

Fig. 3	Fig. 4
Fig. 1	Fig. 2

CARACTERISTIQUE DU RESEAU (VOIR DANS LA FIGURE N° 2)

**PLAN DE LA VILLE
 PHNOM-PENH**
 ECHELLE: 1

12 04.05.1901



PLAN DE LA VILLE PHNOM - PENH

Echelle: 1/

le 15.03.1991

EDC

Fig. 4
 Fig. 3
 Fig. 1
 Fig. 2

PLAN DU RESEAU ELECTRIQUE
 DE LA VILLE PHNOM PENH ET
 DE LA PROVINCE KANDAL

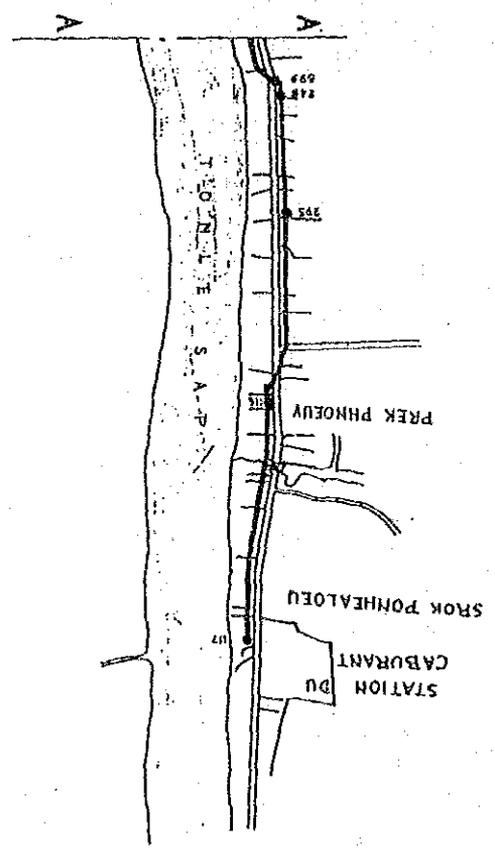
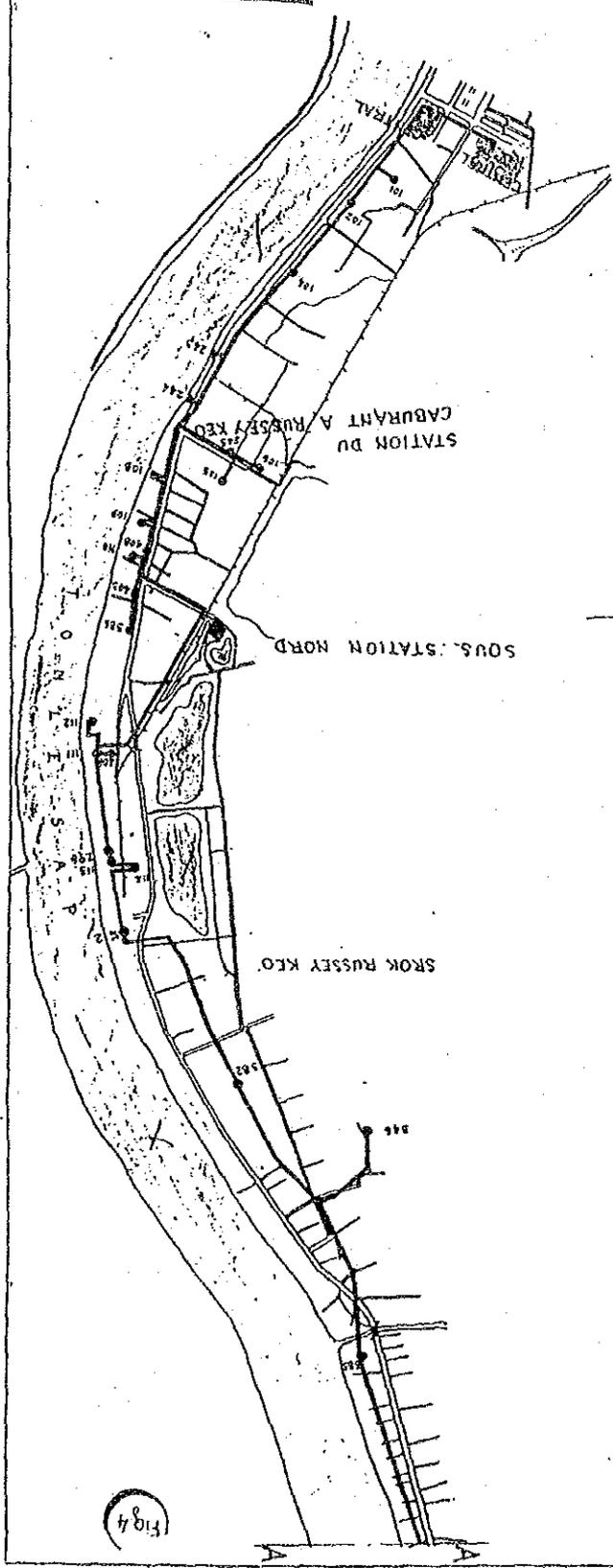
CARACTERISTIQUE DU RESEAU (VOIR DANS LA FIGURE N°2)

LDC
le 12.05.1991

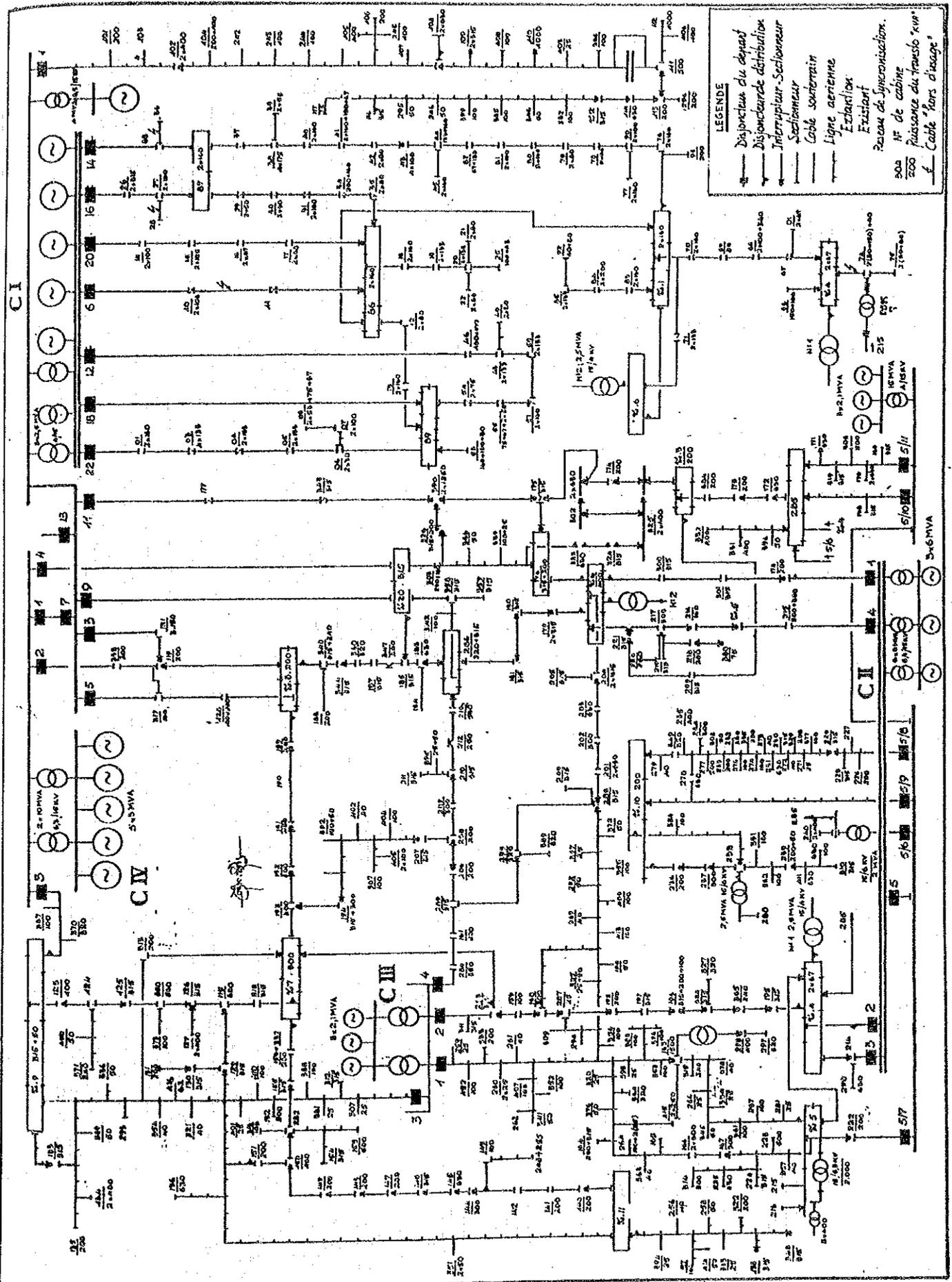
**PLAN DE LA VILLE
PHNOM-PENN
ECHELLE: 1**

CARACTERISTIQUE DU RESEAU (VOIR DANS LA FIGURE 2)

Fig. 2	Fig. 3	DE LA PROVINCE KANDAL
Fig. 1		DE LA VILLE PHNOM-PENN ET
Fig. 4		PLAN DU RESEAU ELECTRIQUE



(Fig. 4)



LEGENDE

- Disjoncteur du départ
- Disjoncteur de distribution
- Interrupteur-sectionneur
- Sectionneur
- Cable souterrain
- Ligne aérienne
- Eclairage
- Existant
- Plan de synchronisation.
- 500 MVA de cabine
- 200 MVA
- Cable "hors d'usage"