

カンボディア王国

第2次プノンペン市電力供給施設改善計画

基本設計調査報告書

平成10年3月

JICA LIBRARY



J 1144037 (7)

国際協力事業団

日本工営株式会社

調無一

CR(2)

98-057



カンボディア王国

第2次プノンペン市電力供給施設改善計画

基本設計調査報告書

平成10年3月

国際協力事業団
日本工営株式会社



1144037 [7]

序 文

日本国政府は、カンボディア王国政府の要請に基づき、同国の第 2 次プノンペン市電力供給施設改善計画にかかる基本設計調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成 9 年 4 月 2 日から 5 月 1 日まで基本設計調査団を現地に派遣いたしました。

調査団は、カンボディア政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施いたしました。帰国後の国内作業の後、平成 10 年 1 月 31 日から 2 月 14 日まで実施された基本設計概要書案の現地説明を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終りに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成 10 年 3 月

国際協力事業団
総裁 藤田 公郎

伝 達 状

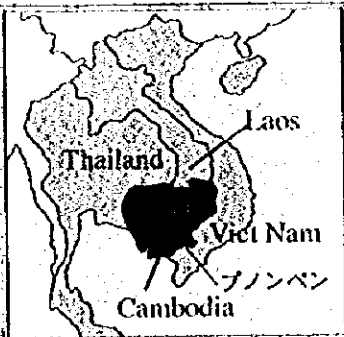
今般、カンボディア王国における第2次プノンペン市電力供給施設改善計画基本設計調査が終了いたしましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

本調査は、貴事業団との契約に基づき弊社が、平成9年3月17日より平成10年3月27日までの12.5ヵ月(カンボディアの内紛による政情不安により、平成9年7月に予定していた基本設計概要書説明を平成10年1月に延期した)にわたり実施いたしてまいりました。今回の調査に際しましては、カンボディアの現状を十分に踏まえ、本計画の妥当性を検証するとともに、日本の無償資金協力の枠組みに最も適した計画の策定に努めてまいりました。

つきましては、本計画の推進に向けて、本報告書が活用されることを切望いたします。

平成10年3月

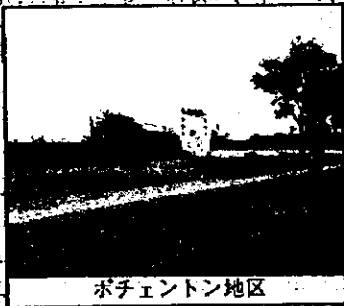
日 本 王 営 株 式 会 社
カ ン ボ デ ィ ア 王 国
第2次プノンペン市電力供給施設改善計画
基 本 設 計 調 査 団
業 務 主 任 砂 川 義 一



チュロイ・チャングワー地区



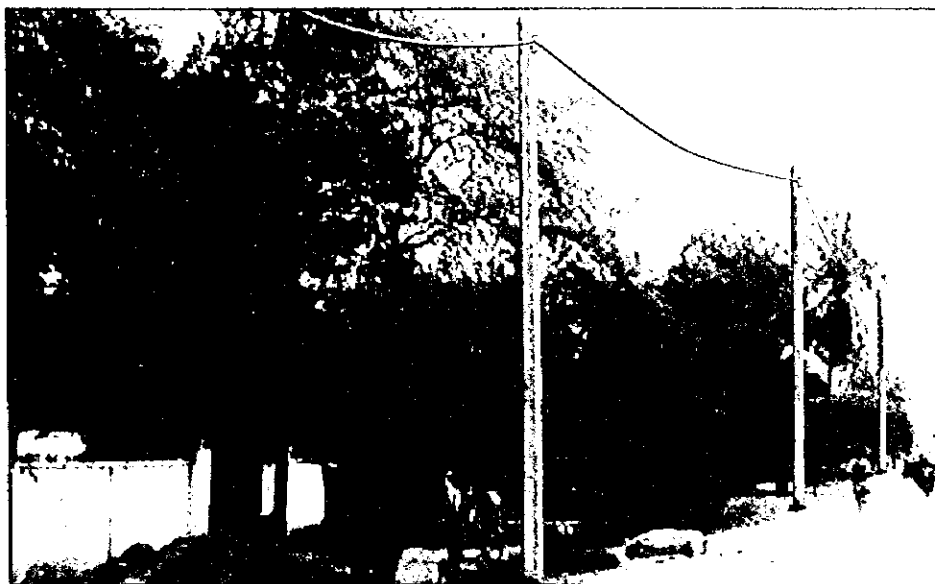
ルッセイ・ケオ地区



ポチェントン地区



タクマウ地区

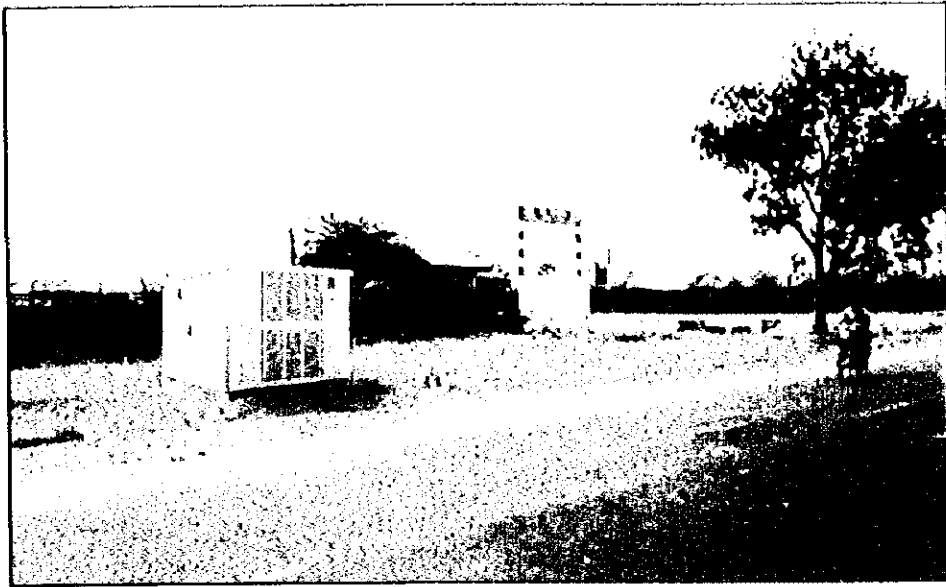


タクマウ地区

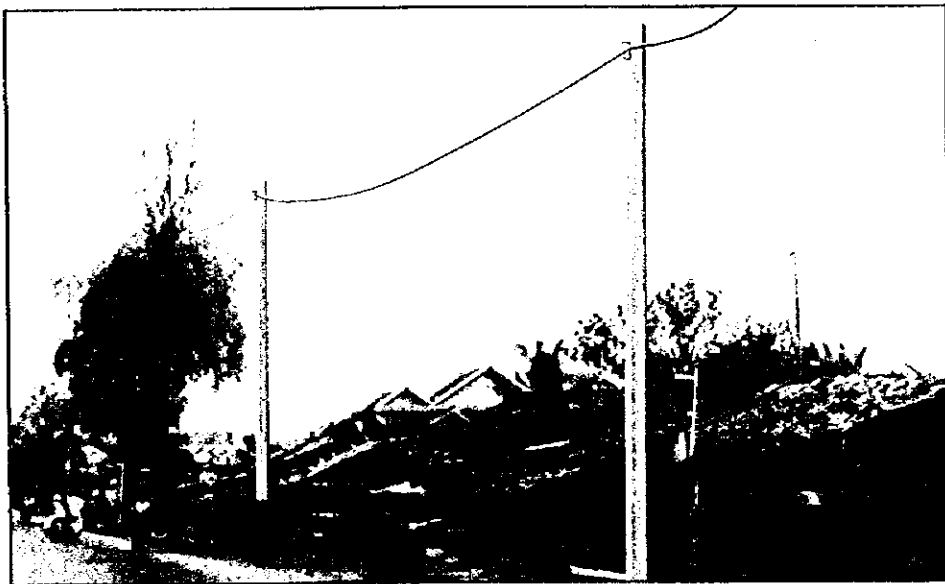


チュロイ・チャングワー地区

完成予想図



ポチェントン地区



ルッセイ・ケオ地区

完成予想図

略語集

組織

ADB	: アジア開発銀行 (Asian Development Bank)
EAC	: 中央電力審議会 (Electricity Authority of Cambodia)
EdC	: カンボディア電力公社 (Electricite du Cambodge)
EDP	: プノンペン市電力局 (Electricite du Phnon Penh)
IEC	: 国際電気標準会議 (International Electrotechnical Commission)
ISO	: 国際標準化機構 (International Organization for Standardization)
JEC	: 日本電気学会規格調査会 (Japanese Electro Technical Committee Standards)
JICA	: 日本国際協力事業団 (Japan International Cooperation Agency)
JIS	: 日本工業規格 (Japan Industrial Standards)
MIME	: 鉱工業・エネルギー省 (Ministry of Industry, Mines and Energy)
NK	: 日本工営株式会社 (Nippon Koei Company Limited)
WB	: 世界銀行 (World Bank)

専門用語

CT	: 変流器 (Current Transformer)
DL	: 配電線 (Distribution Line)
FY	: 会計年度 (Fiscal Year)
IPP	: 独立系発電事業者 (Independent Power Producer)
LDC	: 給電指令所 (Load Dispatching Center)
LV	: 低圧 (Low Voltage)
MV	: 中位電圧 (Medium Voltage)
O&M	: 運転・保守 (Operation and Maintenance)
OH	: 架空 (Overhead)
PS	: 発電所 (Power Station)
SC	: キャパシタ (Static Capacitor)
SS	: 変電所 (Substation)
TL	: 送電線 (Transmission Line)

単 位

mm	: ミリメートル (millimeter = 10^{-3} m)
cm	: センチメートル (centimeter = 10^{-2} m)
m	: メートル (meter)
km	: キロメートル (kilometer = 10^3 m)
mm ²	: 平方ミリメートル (square millimeter)
cm ²	: 平方センチメートル (square centimeter)
m ²	: 平方メートル (square meter)
km ²	: 平方キロメートル (square kilometer)
m ³	: 立方メートル (cubic meter)
km/hr	: キロメートル毎時 (kilometer per hour)
kg	: キログラム (kilogram)
kg/m ²	: キログラム毎平方メートル (kilogram per square meter)
t	: トン (metric ton)
°C	: セ氏温度 (degree(s) centigrade)
A	: アンペア (ampere)
kA	: キロアンペア (kiloampere)
V	: ボルト (volt)
kV	: キロボルト (kilovolt)
kW	: キロワット (kilowatt)
MW	: メガワット (megawatt = 10^3 kW)
GW	: ギガワット (gigawatt = 10^3 MW)
kVA	: キロボルトアンペア (kilo voltampere)
MVA	: メガボルトアンペア (mega voltampere = 10^3 kVA)
GVA	: ギガボルトアンペア (giga voltampere = 10^3 MVA)
kVAR	: キロバル (kilovar)
kWh	: キロワット時 (kilowatt hour)
MWh	: メガワット時 (megawatt hour = 10^3 kWh)
GWh	: ギガワット時 (gigawatt hour = 10^3 MWh)
W/m ²	: ワット毎平方メートル (watt per square meter)
Hz	: ヘルツ (hertz; cycles per second)
US\$: 米ドル
Riel	: カンボディアリエル
FFr	: フランスフラン
Sp\$: シンガポールドル

要 約

要 約

カンボディア国はメコン川がもたらす肥沃な土地と水資源に恵まれた農業国である。インドシナ半島の南西部に位置し、北緯 10°～15°、東経 102°～108°の範囲に存在する。行政的には 21 の州と特別市(プノンペン、コンボンソム)に分けられる。国土面積は 181,035 km²であり、日本の半分弱である。人口は 1996 年時点で 1025 万人(世銀推定)、人口増加率は年 3 %と推定されている。

1970 年の内戦勃発以来、カンボディア国では長期にわたり政治不安が続いたが、1991 年のパリ平和協定締結以降、同国の復興のため国際的な支援が行われることが確認された。首都プノンペン市の電力事情は、内戦による発電施設の破壊、スペアパーツの不足、機器の老朽化等を原因として著しく劣悪な状況にあった。

1993 年以降、日本はじめ各国・国際機関等の援助・融資によりプノンペン電力系統の発電・配電施設の整備・拡充計画が実施され、その電力系統は著しく改善された。また、現在、アジア開発銀行 (Asian Development Bank; ADB) および世界銀行 (World Bank; WB)の融資によって、プノンペン市配電網の整備・拡充計画が実施されており、1999 年の初頭に完成の予定である。これによってプノンペン市内全域の配電網の整備・拡充計画が完了することになる。

しかし、これらの計画はプノンペン市中心部に限定されており、同市の郊外に位置するタクマウ地区、チュロイ・チャングワー地区、ポチェントン地区、ルッセイ・ケオ地区は配電網整備・拡充計画から取り残されている。これらの地区の老朽化が著しく、配電容量の不十分な施設は、現在の需要および地区の復興により増大した電力需要にも対応できない状態にある。カンボディア政府はこの現状に対処するため、配電施設の整備・拡充計画を策定し、1994 年 12 月その実施につき日本政府に無償資金協力を要請越した。

対象地区および要請内容は次の通りである。

対象地区	要請施設内容
1. タクマウ地区 (Takmau)	1. 22 kV 配電線の敷設 83 km
2. チュロイ・チャングワー地区 (Chroy Chang War)	2. 低圧配電線の整備 210 km
3. ポチェントン地区 (Pochengtong)	3. 変電所の新設 11 ケ所
4. ルッセイ・ケオ地区 (Russey Keo)	4. 既設変電所の拡充 63 ケ所
	5. 柱上変圧器の設置 16 ケ所
	6. 電力量計の設置 18,500 個

この要請に応じて、日本政府は基本設計調査の実施を決定し、国際協力事業団 (Japan International Cooperation Agency; JICA) は基本設計調査団を 1997 年 4 月 2 日より 5 月 1 日迄の 30 日間、カンボディア国へ派遣した。調査団はカンボディア国側の当該計画の実施機関である EdC(カンボディア電力

公社;Electricite du Cambodge)と協議を行い、要請のあった配電網の整備・拡張計画地区の現況、配電用変電所の位置、配電線ルート of 調査・測量、EdC の維持・管理計画、配電システムの問題点等を調査するとともに、計画の妥当性の検証と基本設計を実施するために必要な資料の収集を行った。

計画対象 4 地区の人口、家族数、面積は次の通りである。

対象地区の概要				
地区	人口	家族数	面積 (km ²)	人口密度 (人/km ²)
タクマウ	55,000	9,800	42	1,309
チュロイ・チャンクラー	47,000	8,400	79	594
ルッセイ・ケオ	94,000	16,700	54	1,566
ポチェントン	75,000	13,400	63	1,190
合計	271,000	48,300	238	

基本設計調査の結果、対象地区に計画される施設の概要は以下の通りである。

計画施設の概要

項目	単位	タクマウ	チュロイ・ チャンクラー	ポチェントン	ルッセイ・ケオ	合計
(1) 22kV 配電線の整備・拡張	km	17.6	14.8	25.0	23.9	81.3
(2) 屋内変電所の新設	ヶ所	4	4	8	11	27
(3) 既設変電所の改修・拡張	ヶ所	14	4	15	11	44
(4) 屋外変電所の新設	ヶ所	-	-	4	1	5
(5) 柱上変圧器の新設	ヶ所	5	3	10	8	26
(6) 低圧配電線の整備・拡張	km	54.5	22.3	66.8	47.9	191.5
(7) 積算電力量計取付け	台	7,403	2,543	6,696	6,886	23,528
(8) コンデンサー設置	kVAR	3,400	600	4,600	6,400	15,000
(9) 保守用車輛	式	-	-	-	-	1
(10) 保守用工具・機材	式	-	-	-	-	1
(11) 予備品	式	-	-	-	-	1

資機材の調達については、下記の点について充分なる検討と考慮を払い、その調達先を決定した。

- i) 相手側において従来使用されており運転・保守が容易である。
- ii) 相手国で調達・修理が可能で品質的に問題がなく価格的に有利なもの。
- iii) ADB および WB で実施中または完了した計画で使用されている資機材との整合性。

本計画は、6ヶ月程度と見込まれる資機材の調達期間及び各地区において6ヶ月～9ヶ月と見込まれる工事期間から我が国の無償資金協力制度に照らし、2期に分け実施することを提案する。

各期の対象地区および工期は以下の通りである。

期毎の対象地区と実施期間

期分け	対象地区	実施期間（ヶ月）	
		実施設計	機材調達/工事期間
第1期	タクマウ、チュロイ・チャングワー	3	12
第2期	ポチェントン、ルッセイ・ケオ	3	15

本計画を実施する場合必要となる事業費総額は、約 33 億円となり、日本の負担経費は、次の通りと見積もられる。

日本側負担経費		(億円)
第1期	第2期	合計
15.36	17.51	32.87

カンボディア国側の負担経費は、屋内式変電所建屋の新設・拡張に伴う土地取得費等に必要となる約 33 百万円である。

本計画の実施により、下記の効果がもたされる。

- － 電力損失の低減、電圧降下の改善および電力の安定供給が確保される。
- － 配電線事故を低減し、供給信頼度の改善に寄与する。
- － 電化率を向上させ、住民の生活レベルの向上、福祉の改善に寄与する。
- － 適正な電力料金の適用の効果を生む。
- － 配電電圧の一元化により、保守用資機材の共用が可能となり、系統運営を容易にする。
- － 運転・保守要員の技術レベルの向上を促進する。
- － 煩雑な低圧配電網の整備によって景観が改善される。

更には、本計画地区の電力需要が 2002 年において予測値 220GWh に達すれば、その電力料金は現時点に比べて約 18 百万 US\$ の収入増となる。これらは EdC の財務の改善に多大な貢献をもたらすものである。

本計画による、直接的に恩恵を受ける裨益人口は、その面積 238 km² に住む約 27 万人と想定される。また、チュロイ・チャングワー地区および他の計画地区の一部では小容量の低効率のディーゼル発電機にて電力を得ているが、これらの地区が EdC の電力システムによって電化されれば、民生レベルが大幅に改善されることになる。

以上から本計画を無償資金協力で実施することは妥当なものと判断される。

本計画の実施に際しては、その施設を効果的に運用するため、設備管理台帳の整備、配電系統の地図化、定期検査の実施、電力量計の検定システムの整備、運転・保守員に対する適切なトレーニングの実施・強化、配電系統の電圧管理の強化を提言する。

目 次

序 文
伝達状
位置図／写真
完成予想図
略語集
要 約

	<u>ページ</u>
第1章 要請の背景	
1-1 要請の内容	1 - 1
1-2 調査対象地区の概要	1 - 2
第2章 プロジェクトの周辺状況	
2-1 当該セクターの開発計画	2 - 1
2-1-1 上位計画	2 - 1
2-1-2 他の援助国、国際機関による配電施設整備・拡張計画	2 - 3
2-1-3 我が国の援助実施状況	2 - 4
2-2 電力事業組織・運営事情	2 - 6
2-2-1 電力事業組織	2 - 6
2-2-2 電力事業運営	2 - 7
2-3 プロジェクトサイトの状況	2 - 14
2-3-1 自然状況	2 - 14
2-3-2 社会環境	2 - 15
2-3-3 既存施設・機材の現状	2 - 16
第3章 プロジェクトの内容	
3-1 プロジェクトの目的	3 - 1
3-2 プロジェクトの基本構想	3 - 2
3-3 基本設計	3 - 16
3-3-1 設計方針	3 - 16
3-3-2 基本計画	3 - 20
3-4 プロジェクトの実施体制	3 - 32
3-4-1 組織	3 - 32
3-4-2 予算	3 - 33
3-4-3 要員・技術レベル	3 - 33

第4章	事業計画	
4-1	施工計画	4-1
4-1-1	施工方針	4-1
4-1-2	施工上の留意事項	4-3
4-1-3	施工区分	4-3
4-1-4	施工監理計画	4-4
4-1-5	資機材調達計画	4-6
4-1-6	実施工程	4-7
4-2	概算事業費	4-10
4-2-1	概算事業費	4-10
4-2-2	運営維持管理計画	4-11
第5章	プロジェクトの評価と提言	
5-1	プロジェクトの評価	5-1
5-2	提言	5-3

表リスト

表 1.1	対象地区	1 - 1
表 1.2	要請内容	1 - 2
表 1.3	カンボディア主要指標	1 - 3
表 1.4	対象地区の概要	1 - 5
表 2.1	発電所増強計画	2 - 1
表 2.2	ブノンペン市配電網改善・拡充計画	2 - 4
表 2.3	ブノンペン市電力施設整備・拡張計画	2 - 5
表 2.4	経済協力の概要	2 - 5
表 2.5	運営評議会構成員	2 - 7
表 2.6	発電電力量・販売電力量実績	2 - 7
表 2.7	電気料金制度	2 - 8
表 2.8	需要家別販売電力量	2 - 9
表 2.9	買電単価	2 - 10
表 2.10	電力料金徴収状況	2 - 11
表 2.11	発電・販売実績	2 - 12
表 2.12	部門別経費	2 - 12
表 2.13	EdC 損益計算書	2 - 13
表 2.14	気象概要	2 - 14
表 2.15	現地測量業者の見積価格	2 - 15
表 2.16	既設発電設備	2 - 17
表 2.17	既設配電線の概要	2 - 18
表 2.18	配電用変電所の概況	2 - 19
表 2.19	受電電圧・停電調査結果	2 - 19
表 3.1	ブノンペン市の需要予測	3 - 2
表 3.2	既存設備の配電容量	3 - 4
表 3.3	カテゴリー別ピーク電力・年間使用電力量仮定値	3 - 5
表 3.4	需要伸び率の仮定値	3 - 5
表 3.5	各対象地区の需要予測結果	3 - 6
表 3.6	ブノンペン市全体の需要予測と地区フィード毎の需要予測の整合性	3 - 6
表 3.7	15 kV 配電と 22 kV 配電の比較のための試算	3 - 7
表 3.8	電圧測定調査結果	3 - 8
表 3.9	各対象地区の停電回数および時間	3 - 8
表 3.10	供給信頼度改善のための対策	3 - 9
表 3.11	本計画の各対象地区における接続先	3 - 10
表 3.12	本計画の各対象地区における代替接続先	3 - 10
表 3.13	各対象地区の予測需要と計画配電容量	3 - 12

表 3.14	使用電圧	3 - 16
表 3.15	設計気象条件	3 - 17
表 3.16	設計値	3 - 17
表 3.17	22 kV 高圧配電施設	3 - 18
表 3.18	400・230 V 低圧配電施設	3 - 18
表 3.19	施設の接地方式	3 - 18
表 3.20	電線最下点からの最小離隔距離	3 - 19
表 3.21	充電部との最小接近距離	3 - 19
表 3.22	需要家端における電圧変動率	3 - 19
表 3.23	対象地区に実施される施設の概要	3 - 20
表 3.24	支持物高さの設計条件	3 - 26
表 3.25	積算電力量計の仕様	3 - 28
表 3.26	新設変電所および既設建屋拡張の内訳	3 - 29
表 3.27	新設される建屋の大きさおよび数量	3 - 29
表 3.28	拡張工事を行なう建屋の大きさおよび数量	3 - 30
表 3.29	修理内容および必要数量	3 - 30
表 3.30	防水工事の必要数量	3 - 30
表 3.31	床上げ工事の必要数量	3 - 31
表 3.32	塗装工事の必要数量	3 - 31
表 3.33	EdC 各部・課の担当業務	3 - 32
表 3.34	現在実施中のプロジェクトの政府予算	3 - 33
表 4.1	資機材調達案	4 - 7
表 4.2	工期	4 - 8
表 4.3	事業実施工程計画表	4 - 9
表 4.4	日本側負担経費	4 - 10
表 4.5	運転・保守費	4 - 11

図面リスト

図 2.1	鉱工業・エネルギー省組織図
図 2.2 (1)	EdC 新組織図
図 2.2 (2)	EdC 組織図(1997 年 4 月現在)
図 2.3	負荷曲線
図 2.4	プノンペン市電力系統
図 3.1	他ドナーによる配電設備の改善
図 3.2 (1)	タクマウ地区高圧配電線ルート
図 3.2 (2)	タクマウ地区高圧配電線系統

- 図 3.3 (1) チュロイ・チャングワー地区高圧配電線ルート
- 図 3.3 (2) チュロイ・チャングワー地区高圧配電線系統
- 図 3.3 (3) チュロイ・チャングワー橋 電力ケーブル敷設方式
- 図 3.3 (4) チュロイ・チャングワー橋 電力ケーブル敷設方式
- 図 3.3 (5) チュロイ・チャングワー橋 電力ケーブル敷設方式
- 図 3.4 (1) ポチェントン地区高圧配電線ルート
- 図 3.4 (2) ポチェントン地区高圧配電線系統
- 図 3.5 (1) ルッセイ・ケオ地区高圧配電線ルート
- 図 3.5 (2) ルッセイ・ケオ地区高圧配電線系統
- 図 3.6 (1) 屋内式変電所機器配置
- 図 3.6 (2) 屋内式変電所建屋
- 図 3.7 (1) 高圧柱架空ケーブル配置
- 図 3.7 (2) 高圧直線柱被覆電線配置
- 図 3.7 (3) 高圧角度・引き留め柱被覆電線配置
- 図 3.7 (4) 低圧柱
- 図 3.8 地中ケーブル埋設方式

資 料

- 資料 1 調査団員氏名、所属
- 資料 2.1 調査日程（基本設計調査）
- 資料 2.2 調査日程（基本設計概要説明調査）
- 資料 3 相手国関係者リスト
- 資料 4 当該国の社会・経済事情
- 資料 5.1 IPP の買電価格計算
- 資料 5.2 発電所設備容量・可能出力
- 資料 5.3 計画施設の内容
- 資料 5.4 変電所取得用地
- 資料 5.5 電気料金収入比較計算
- 資料 5.6 議事録
- 資料 6 参考資料リスト

第 1 章

要請の背景

1. 要請の背景

1-1 要請の内容

1970年の内戦勃発以来、カンボディア国では長期にわたり政治不安が続いたが、1991年のパリ平和協定締結以降、同国の復興のため国際的な支援が行われることが確認された。首都プノンペンの電力事情は、内戦による発電施設の破壊、スペアパーツの不足、機器の老朽化等を原因として著しく劣悪な状況にあった。1994年における発電可能出力は28.7 MWであり、これは総設備容量71.2 MWの40.3%にすぎず、同年におけるEdCの予想使用最大電力の40.7%を確保するのみであった。

1993年以降、日本はじめ各国・国際機関等の援助・融資によりプノンペン電力系統の発電・配電施設の整備・拡充計画が実施され、その電力系統は著しく改善された。また、カンボディア政府は現在の活発な電力需要増に対応するため、出力35MWの独立系発電事業者(Independent Power Producer, IPP、実施者:Leader Universal Holding, Delcom Service Cambodia Utilities private ltd.)の導入を計り、1997年4月現在、系統の発電可能出力は85.6 MWに達し、同年の実績使用最大電力49.9 MW(1997年3月30日)を満たすことが可能となった。更に、カンボディア政府は近い将来の需要増加に対応するため、新たな出力60 MWのIPP契約(実施者:Becon Hill Association, US)を1996年3月に締結した。

現在、アジア開発銀行(Asian Development Bank, ADB)および世界銀行(World Bank, WB)の融資によって、プノンペン市配電網の整備・拡張計画が実施されており、1999年の初頭に完成の予定である。これによってプノンペン市内全域の配電網の整備・拡充計画が完了することになる。

しかし、これらの計画はプノンペン市中心部に限定されており、日常的にプノンペン市の一部として機能し、同市の郊外に位置するタクマウ地区、チュロイ・チャングワー地区、ポチェントン地区、ルッセイ・ケオ地区は配電網整備・拡充計画から取り残されている。これらの地区の老朽化が著しく、配電容量の不十分な施設は現在の需要および地区の復興により増大した電力需要に対応できない状態にある。カンボディア政府はこの現状に対処するため、配電施設の整備・拡充計画を策定し、1994年12月その実施につき日本政府に無償資金協力を要請越した。

対象地区および要請内容は次の通である。

表 1.1 対象地区

- | |
|---|
| 1. タクマウ地区 (Takmau district) |
| 2. チュロイ・チャングワー地区 (Chroy Chang War district) |
| 3. ポチェントン地区 (Pochengtong district) |
| 4. ルッセイ・ケオ地区 (Russey Keo district) |

表 1.2 要請内容

1.	22 kV 配電線の敷設	83	km
2.	低圧配電線の整備	210	km
3.	変電所の新設	11	ヶ所
4.	既設変電所の拡充	63	ヶ所
5.	柱上変圧器の設置	16	ヶ所
6.	電力計の設置	18,500	個

この要請に応じて、日本政府は基本設計調査の実施を決定し、国際協力事業団（Japan International Cooperation Agency, JICA）は基本設計調査団を1997年4月2日より5月1日迄の30日間、カンボディア国へ派遣した。調査団はカンボディア国側の当該計画の実施機関である EdC（カンボディア電力公社;Electricite du Cambodge）と協議を行い、要請のあった配電網の整備・拡張計画地区の現況、配電用変電所の位置、配電線ルートの調査・測量、EdC の維持・管理計画、配電システムの問題点等を調査するとともに、計画の妥当性の検証と基本設計を実施するために必要な資料の収集を行った。

尚、調査団リスト、調査日程、相手国関係者リスト、議事録、収集資料などはそれぞれ添付資料 1, 2, 3, 5.6 及び 6 に示すとおりである。

1-2 調査対象地区の概要

(I) 国 土

カンボディア国はメコン川がもたらす肥沃な土地と水資源に恵まれた農業国である。インドシナ半島の南西部に位置し、北緯 10°～15°、東経 102°～108°の範囲に存在する。行政的には 21 の州と特別市（プノンペン、コンボンソム）に分けられる。

国土面積は 181,035 km² であり、日本の半分弱である。東部と南東部はヴィエトナムと、西部はタイと、北部はラオスとタイと国境を接し、南部と南西部はシャム湾に面している。

国土は主に、多くの河川により分断された低平原となっている。森林が国土の 70 %、高地が 16 % を占めている。北部のタイとの国境沿い及び南西部は低い山岳地帯となっている。一方、南東部は中央平原より高い森林地帯となっている。

6 月から 10 月のモンスーン洪水期にはメコン川の水位が上がる。増えた水はサップ川を逆流しグレートレークに流れ込み同湖を何倍にも大きくする。湖水面積は平時 2,600 km² であるが雨期には最大 25,000 km² に拡大する。この増水期に水田地帯には肥沃土が堆積しグレートレークは淡水魚の宝庫となる。10 月半ば頃からメコン川の水位が低下し始めサップ川は通常の流れに戻る。

カンボディア国の主要指標を表 1.3 に示す。

表 1.3 カンボディア主要指標

建 国	1993 年 9 月 24 日 カンボディア王国の発足
政 体	国王を国家元首とする立憲君主制
立法府	1 院制議会(議席数 120)
行政府	議員内閣制
国土面積	181,035 km ²
人 口	
全国	1,056 万人 (1995 年、CIA World Fact Book 1996-1997)
プノンペン市	88 万人 (1995 年、世銀推定)
都市人口	10 % (1995 年、世銀推定)
人口増加率	2.8 % (1995 年、CIA World Fact Book 1996-1997)
言 語	クメール語
民族・宗教	民族的には人口の大半がクメール人であり、人種の均一性が高い。残りは主として中国系、越系及びチャム系である。 人口の 95%が小乗仏教である。残り 3%がイスラム教、2%程度がキリスト教である。
国内総生産 (1995 年、World Development Report 1997)	
名目価格	27 億 7100 万ドル
実質成長率	6.4 %
一人当たり実質 GNP	270 ドル
GDP の主要構成 (1995 年、World Development Report 1997)	
農 業	51.0 %
工 業	14.0 %
サービス業	34.0 %
主要産出量 (1993 年)	
米	2,383,000 トン
ゴム製品	22,000 トン
魚類	109,000 トン
対外貿易 (1996 年)	
輸 出	620 百万ドル
輸 入	10 億 3 百万ドル
国家財政	
歳 入	7,359 億リエル
歳 出	13,105 億リエル
インフレ率	17.9% (94 年)、11.0% (95 年)、7.5% (96 年)
為替レート	1ドル = 2,545 (94 年) 1ドル = 2,451 (95 年) 1ドル = 2,635 (96 年)
社会指標	
平均寿命	49.46 歳 男 48.0 歳 女 51.0 歳
出生率	1,000 人当たり 38 人
医師一人当たり人口	12,700 人
電話台数	100 人当たり 0.27 台

(2) 気 候

カンボディア国の気候は熱帯モンスーンに属する。夏季には南西モンスーンがインド洋から内陸に向かって吹き、冬季には北東モンスーンが乾いた空気を内陸から海洋部に押し戻す。南西モンスーンは5月半ばから10月初めに雨期をもたらし、北東モンスーンの乾いた空気の流入は11月初めから3月まで続く。年平均降雨量は1,000～1,500 mmの間で、最大雨量は南西部と南東部の海岸地帯で発生する(3,000 mm以上)。サップ川流域及びメコン川の低流域で4月から9月にかけて降る雨量は平均して1,300から1,900 mmである。南西部の山岳地帯(エレファント山脈及びカルダモン山脈)の山陰となる地域の雨量は最も少ない。

気温は中央平原全体に亘りほぼ均一で、若干の変動はあるものの年平均気温は約25℃である。最高年平均気温は28℃、最低は22℃である。しかしながら32℃以上の最高気温は普通のことで雨期の直前には最高温度は38℃を越える。最低気温が10℃以下になることはまれである。1月が最も低温となり4月が最も高温となる。しばしばヴェトナム海岸地帯に大きな被害をもたらす台風はカンボディア国ではほとんど被害をもたらさない。

プノンペン市の年平均雨量は1,375 mm、年平均気温は27.5℃であり、4月が最も暑く、1月が最も気温が低くなる。

(3) 人 口

人口は1995年時点で1056万人(CIA World Fact Book 1996-1997)、人口増加率は年2.8%(1995年)と推定されている。平均寿命は49歳、出生率は1,000人当たり38人、乳児死亡率は1,000人当たり85人となっている。また全人口の53%が19歳以下で、労働人口は590万人である。全人口の90%が農村部に集中しており、国全体の人口密度は約59.83人/km²(1995年)である。

民族的にカンボディア国は均質である。全人口の90%はクメール人、5%がヴェトナム人である。残りは30%以上のマイノリティグループが占めている。また国民の95%は仏教徒(小乗仏教)である。

(4) 本調査の対象地区

本調査の対象地区はタクマウ地区(Takmau)、チュロイ・チャングワー地区(Chroy Chang War)、ポチェントン地区(Pochengtong)、ルッセイ・ケオ地区(Russey Keo)である。

プノンペン特別市および本計画の対象地区であるタクマウ、チュロイ・チャングワー、ポチェントン、ルッセイ・ケオはカンダル州にある。タクマウ地区はカンダル州の州都でプノンペン市の南部近郊にある。チュロイ・チャングワー地区はサップ川を挟んでプノンペン市の北東部対岸に位置しており、ポチェントン地区およびルッセイ・ケオ地区はそれぞれプノンペン市に隣接した西部および北部に位置する。

計画対象地区の人口、家族数、面積は次のとおりである。

表 1.4 対象地区の概要

地 区	人口	家族数	面積 (km ²)	人口密度 (人/km ²)
タクマウ	55,000	9,800	42	1,309
チュロイ・チャングワー	47,000	8,400	79	594
ポチェントン	75,000	13,400	63	1,190
ルッセイ・ケオ	94,000	16,700	54	1,566
合 計	271,000	48,300		

(出典：1996年11月、内務省統計局)

(a) タクマウ地区

タクマウ市およびその周辺地区はバサック川沿いの国道2号線(ブノンベン - タケオ - ヴェトナム国境)と国道3号線(ブノンベン - カンボート)が交わる交通の要衝にあり古くから開発された都市である。経済的には農業、園芸、商業および中・小規模な工業から成り立っており、この地区に対する電力供給はブノンベン市内にある第2発電所より亘長5 kmの15 kV配電線二回線で供給されている。発電所とタクマウ市との間には、数多くの倉庫あるいは工場(煙草、砂糖、鉄工、製罐、自動車修理、製材、木工、タイヤ、縫製等)が建ち並び、これら工場用の電力はタクマウ向けの配電線より供給されている。そのため、タクマウ地区への配電設備の容量不足が顕著となっており、調査によると需要家端においては36%もの電圧降下があり、既設配電設備の容量はすでに限界を越えているものと判断される。市内の多くの住宅地および周辺地区には、未だEdCの電力が供給されていない地区もある。この地区の開発計画は、バサック川沿いの市の南東部に工業地帯、南部に住宅地帯を予定している。

(b) チュロイ・チャングワー地区

サップ川をはさんで、ブノンベン市の対岸に位置する。この地区は、日本政府の援助で建設および修復された日本(チュロイ・チャングワー)橋および国道6号線(ブノンベン - シエム・リアップ)でブノンベン市と結ばれている。日本橋・国道の完成後、交通至便なところから住宅、レストラン、商店、小規模工場などの開発が急速に進められている。当該地区は地盤が低く開発には盛り土が必要などところも多く、大規模な工場開発の可能性は少ない。現在この地区には、EdCの電力は供給されていない。

(c) ポチェントン地区

計画対象地区はポチェントン国際空港の周辺および空港と市街地間の地区である。この地区には、第5発電所より、空港の西にある軍の施設まで15 kV、一回線の配電線が施設されており、同じ配電線より空港および道路沿いの多くの一般需要家、工場(自動車修理、鉄工所、縫製、食品加工、コンクリート

製品、農機具、建設機材センター、コンテナ基地、トタン板、TV組立)、病院、放送局等に配電している。この配電線は内戦終了後、資材不足のなか緊急に修復された為、異なる小さなサイズの電線が継足しに使用されており、設備も老朽化している。そのため、電圧降下(40%)も顕著であり、供給信頼度も低く、現在の需要に対応できない状態にある。

空港と市街地の間は広大な平野であるが、現在、主に工場・住宅地としての開発と道路建設が広範囲にわたって行われつつある。この地区には現在、EdCの電力は供給されていない。空港周辺の国道沿いは大規模な軽工業・住宅地としての整地がほとんど完了している。

(d) ルッセイ・ケオ地区

サップ川沿いの国道5号(ブノンペンーバタンバン)沿線の地区で、住宅、小規模な工場(石油貯蔵所、製材、コンクリート製品、縫製、その他)が国道沿いに密集している。最近においては、養魚、養豚、養鶏が盛んに営まれている。この地区には、15 kV、一回線の配電線で電力供給がなされているが、需要に対して配電容量が小さいため電圧降下(41%)も大きく、良質な電力が供給されていない。調査の結果、夜間ピーク時の需要家端における電圧は定格 230 V に対して僅か 136 V であった。

この地区のブノンペン市に接する南東部は、ニューブノンペンと称して商業・住宅地帯として開発する計画であり、ブノンペン市より計画地を横断して国道5号線に接続するバイパス道路がすでに完成している。

第 2 章

プロジェクトの周辺状況

2. プロジェクトの周辺状況

2-1 当該セクターの開発計画

2-1-1 上位計画

(1) 配電計画と上位計画との関連

配電施設は電気エネルギーを需要家に供給するための、発電所—送電線—変電所—配電線—需要家から成る電力ネットワークの中で最も末端に位置する設備である。地域電力供給設備としての配電施設は、その上位設備である発電・送電・変電施設の供給力と密接な関係がある。従って、配電施設の改善・拡充計画に当たっては、上位設備の供給力及びその将来計画と連携をとり計画の整合を計ることが肝要である。

(2) 発送変電開発計画

1993年、ブノンペン市には、その北部に第1、4、5、及び第6発電所(ディーゼル)、西部に第3発電所(ディーゼル)そして南部に第2発電所(汽力)、合計5ヶ所の発電所があり、その可能総出力は予想最大電力47,000 kWに対して24,350 kWしかなく、計画停電或いは需要の抑制がなされていた。1994年から1997年にかけて、日本およびフランスの援助あるいはADB及びWBの融資、さらにIPPの導入によってディーゼル発電所の増強計画が次の通り実施されてきた。

表 2.1 発電所増強計画

援助国・機関	設置発電所	設置容量 (kW)	単機容量x台数	実施期間
フランス	第1発電所	1,800	1,800 x 1台	1993
日本	第5発電所	10,000	5,000 x 2台	1994 - 1996
ADB	第6発電所	18,600	6,200 x 3台	1995 - 1995
WB	第3発電所	10,000	2,500 x 4台	1995 - 1997
IPP-I	第2発電所	35,000	5,000 x 7台	1996 - 1997
IPP-II	第4発電所	(60,000)		1997 - 1999
合計		75,400 (135,400)	IPP-IIを含む	

上記設備容量に既設発電所の可能出力16,200 kWを加えると、ブノンペン電力システムの可能総出力は91,600 kWになる。1997年3月までに記録された、最大需要電力は49,900 kWであり、配電網整備に伴う需要増を見込んでも十分な発電容量を備えている。更に第4発電所に設備容量60,000kWのIPP-2(Beacon Hill Associates, US)の建設が契約され、1999年までに順次運転開始することになっている。

カンボディア国には、現在まで 38 ヶ所の水力発電可能地点が確認されている。そのなかでも、内戦によって破壊されたキロム発電所修復計画及びカムチャイ水力発電開発計画が先行しており、EdC は次のようにその修復および開発計画を策定している。

- i) 2000 年： キロム水力発電所(11 MW)修復
115 kV 送電線キロム - プノンベン(130 km)の建設
- ii) 2005 年： カムチャイ水力発電所(128 MW)
115 kV 送電線カムチャイ - プノンベン(150 km)の建設

キロム発電所は 1968 年 2 月、ユーゴスラビア(Yugoslavia)によって完成された水力発電所(10 MW)で、その発生電力は亘長 120 km、110 kV の送電線でプノンベン市に送られていたが、1970 年 11 月内戦によってその全てが破壊された。1973 年から 1982 年にかけてメコン委員会、韓国、ハンガリーの各国によって修復のための調査が行われた、最新の調査はスウェーデンとオーストリアのジョイント・チームが実施し、次のように提案している。

発電機設備容量： 11 MW
年間発電電力量： 63 GWh/年
電力単価： キロムに於て US\$ 2.1 cents/kWh、プノンベン市に於て US\$ 4.8 cents/kWh

しかしながら、送電線の復旧を行うスウェーデンが治安上の問題で手を引き、それに伴い発電所修復を行うオーストリアも撤退した。

1995 年 11 月、ハイドロ・ケベック(Hydro-Quebec, Canada)によってカムチャイ水力発電所の企業化調査が実施され、次のように提案している。

発電機設備容量： 3 x 45 MW
年間発電電力量： 469 GWh/年
建設費： US\$ 270 million
予想電力単価： US\$ 6.75 cents/kWh

カムチャイ水力発電所の開発もハイドロ・ケベックとの交渉が難航し全く進展がみられていない。キロム発電所の修復には 2 年間、カムチャイ発電所の開発には 5 年間の期間が必要とされるが、現在キロムの修復およびカムチャイ水力発電所の開発に関わる具体的な計画は決定されていない。

プノンベン市の電力需要増および電源開発に相俟って、電力の円滑な輸送のため WB によるプノンベン電力施設改善計画が実施されている。この計画はプノンベン市の西側外縁に沿って、

- i) プノンベン市の南部、西部、北部に 115/22/15 kV グリッド変電所、および

ii) それらの変電所を連絡する 115 kV 送電線を建設するものである。

この計画の完成は 1999 年初頭に予定している。完成後は、プノンペン電力系統の全ての配電線はこれらのグリッド変電所より 22 kV にて電力供給がなされる。

2-1-2 他の援助国、国際機関による配電施設整備・拡張計画

1993 年以降、日本をはじめフランス、ベルギー、アイルランド各国の援助及び ADB からの融資により、高圧配電線 60.3 km、配電用変電所 58 ヶ所、および低圧配電線 67.2 km におよぶプノンペン市配電網の改善・拡充計画が実施されてきた。

更に現在、次のプロジェクトが実施中或いは計画中である。

① Phnom Penh Power Rehabilitation Project (WB、クレジット No.2782-KH)

前節で記述した、115 kV 送電線、115/22/15 kV グリッド変電所の建設およびプノンペン市内配電網整備・拡充計画

② Power Rehabilitation Project (ADB、ローン No.1345CAM)

プノンペン市、シハヌークビル市、シェムリアップ市の配電網整備・拡充、トレーニング・センター建設およびシハヌークビル市内でのディーゼル発電機 (2.5 MW x 2 台) 建設計画

③ Distribution Network Replacement Project (アイルランド、無償援助)

プノンペン市内の 22 kV 地中配電線、配電用変電所および中央制御所建設計画

④ Rehabilitation of Electric System in Phnom Penh, Phase-4 (フランス、無償援助)

プノンペン市およびシハヌークビル市内の低圧配電線整備計画

⑤ Rehabilitation and Improvement Distribution Facilities in Phnom Penh (ベルギー、無償援助)

プノンペン市内の 22 kV 及び低圧配電線整備計画

プノンペン市内における実施済みおよび実施中の配電計画の概要を以下に示す。

表 2.2 プノンペン市配電網改善・拡充計画

	配電線 (km)		変電所	接続	実施期間
	高圧	低圧		需要家数	
(実施済みの計画)					
日本	28.0	-	3	-	1994-96
フランス	6.9	14.5	21	3,600	1994-96
ベルギー	3.6	13.1	6	2,768	1995
アイルランド	7.8	20.6	10	2,850	1995
ADB-I	14.0	39.0	19	11,000	1995-96
(実施中の計画)					
ADB-II	52.0	70.0	136	25,630	1996-98
WB	100.0	300.0	125	40,000	1996-99
合計	212.3	457.2	320	85,848	

図 3.1 に示すように、現在実施中の全ての計画が完了(1999年予定)すれば、市内全域の配電網が整備されることになる。しかしながら、上記全ての計画は緊急的な復興計画であることからプノンペン市内に限定されている。本計画の対象地区であるタクマウ地区、チュロイ・チャングワー地区、ポチェントン地区、ルッセイ・ケオ地区は上記いずれの計画にも含まれていない。

2-1-3 我が国の援助実施状況

1992年、カンボディア政府は内戦によって荒廃したプノンペン市及びシェムリアップ市の電力設備の復興に係わるマスタープランの策定を日本政府に要請越した。この要請に基づき、国際協力事業団はプノンペン市及びシェムリアップ市電力復興マスタープランの策定およびプノンペン市電力施設整備・拡張計画に係わる基本設計レベルの調査を1993年に実施した。

マスタープラン及び基本設計調査で緊急に整備・拡張が必要と位置付けられた下記の発電・配電設備の整備・拡張計画が日本政府の無償資金協力によって、2期に分けて実施された。

表 2.3 プノンペン市電力施設整備・拡張計画

計画名	プノンペン市電力供給施設改善計画	
	第1期	第2期
期分け		
E/N 締結	1993年6月	1994年7月
E/N 金額	22.28 億円	18.52 億円
実施期間	1993/6 - 95/3	1995/8 - 96/3
ディーゼル・エンジン発電機及び付帯設備	5,000 kW x 1 台	5,000 kW x 1 台
22 kV 南北連携線	0.6 km	19.9 km
22 kV 配電線	5.9 km	1.3 km
配電用変電所の整備・拡張	1ヶ所	2ヶ所
通信・給電指令設備	-	1 式

上記の他、日本政府は地雷対策センター(CMAC)への資金協力、日本橋の修復、国道6号線の舗装・改修、プノンペン市上水道整備、プノンペン港改修、道路建設機材センター整備、ほか食料援助や災害緊急援助などの無償資金協力を行ってきた。1992年より1996年までの日本政府による経済協力の概要を表2.4に示す。

表 2.4 経済協力の概要 (1995年12月5日現在)

(1) 協力の実体	(単位:億円)				
	1992	1993	1994	1995	1996
無償資金協力	61.2	84.27	118.21	64.19	69.3
技術協力	7.51	10.13	11.05	(計算中)	
CMAC	-	-	250万ドル	-	250万ドル
アンコール遺跡保存	-	-	2.4	2.4	2.4

(2) ディスパースで見た日本の役割	(単位:百万ドル)					
	1992	1993	1994	1995	92-95 合計	順位
国連	13.3	31.0	26.2	30.9	101.3	3
WB	0.0	-	40.0	33.3	73.4	7
IMF	0.0	8.8	21.2	43.4	73.5	6
ADB	0.0	12.3	12.4	39.1	63.8	9
EU	32.1	19.1	9.2	26.2	86.6	5
オーストラリア	10.5	15.9	13.8	26.8	67.0	8
フランス	9.7	38.2	24.7	27.3	99.8	4
アメリカ	35.5	33.9	37.6	45.2	152.2	2
日本	66.9	102.0	95.6	108.5	373.0	1
全体に占める割合(%)	26.3	31.1	27.1	23.6	26.7	
その他含む全体	254.0	328.3	352.8	459.6	1,394.4	

(出典:カンボディア開発評議会作成の開発報告書1995/1996)

2-2 電力事業組織・運営事情

2-2-1 電力事業組織

(1) 行政組織

カンボディア国の電力導入はプノンペン市およびその近郊への電力供給のために、1906年に設備を建設したことに始まる。Compagnie des Eaux et Electricité (CEE) がその運転・運営の任に当たった。地方においては、Union d'Electricité d'Indochine (UNEDI) が供給権限を得てその任に当たっていた。1958年に至り、カンボディア政府は、CEE と UNEDI の権益を買収し、カンボディア電力公社 (Electricité du Cambodge, EdC) を設立しプノンペン市および地方の発電・配電に係わる電力事業の運営を一任した。

内戦中にほとんどの電力施設は破壊されたが、戦後 EdC は工業省の管轄下でその活動を再開した。1991年に政府は電力セクターの再編を実施し EdC はプノンペン市に移譲されその名をプノンペン市電力局 (Electricité de Phnom Penh, EDP) に変更した。一方、各都市の電力セクターは、各特別市または各州の工業局・電力局が運営することになり、これらの全国の電力セクターは工業省によって行政上運営されている。

カンボディア国は 1993 年 5 月の総選挙後、省庁の改変・新設を実施し同年 7 月に国家の新組織が発足した。従来の工業省は鉱工業・エネルギー省と改変され、更に EDP は再度 EdC と名称を変更しプノンペン市より鉱工業・エネルギー省に移管された。

鉱工業・エネルギー省は、1996年にシェムリアップ市およびシハノークビル市で運営されていた電力部門を EdC に移管した。更に、1998年にはカムボン・チャム市およびバタンバン市の電力部門を EdC に移管する予定である。図 2.1 に 1997 年 4 月現在の鉱工業・エネルギー省の組織を示す。

(2) 電力セクターの機構改革

1996年3月9日発令の電力セクターの機構改革に関する布告を受けて、1997年8月、EdC は鉱工業・エネルギー省と経済・財務省が共有する、発電、送変電、配電に全責任を持つ独立公共企業体へと移行した。更に、1998年9月電気事業法案の国会承認を待って、監督官庁として鉱工業・エネルギー省に Electricity Authority of Cambodia (EAC) が設立される。電気料金は EdC と EAC のみによって制定される。現在、この機構改革に伴う鉱工業・エネルギー省および EdC 内部の組織変更が検討されている。

(3) EdC 組織

1997年8月、独立公共企業体への移行に伴い、全ての事項について決定権を持つ運営評議会 (Board of Director) が設立された。

運営評議会は下記 7 名により構成されている。

表 2.5 運営評議会構成員 (Board Members)

出身母体	人数	職名
鉱工業・エネルギー省	1 名	議長
経済・財務省	1 名	評議委員
EdC 総裁	1 名	評議委員
EdC 職員	1 名	評議委員
裁判所	1 名	評議委員
民間企業	2 名	評議委員

図 2.2(1)に 1998 年 2 月現在の EdC 各部門長までの組織を示す。総裁のもとに副総裁を部門長とする総務部、営業・販売部、発電部、送配電部、計画・プロジェクト部、経理部の 6 部から成っている。部門長以下の下部組織は、現在は従来の組織を持って運営されているが、下部組織についてもその再編成を行うべく検討中である。図 2.2(2)にその下部組織とそれぞれの部署の陣容を示す。EdC の総職員数は 1,340 名である。

2-2-2 電力事業運営

(1) 発電・販売電力量の推移および需要の形態

ブノンペン電力系統における、1991 年から 1996 年までの発電量、販売電力量の実績を次に示す。

表 2.6 発電電力量・販売電力量実績

	1991	1992	1993	1994	1995	1996
発電電力量 (MWh)	114,000	141,545	132,348	132,989	171,466	223,219
最大電力 (MW)	29.0	25.0	28.7	28.7	29.1	44.4
販売電力量 (MWh)	59,291	92,713	78,595	82,242	107,775	168,343
発電量—販売量 (MWh)	54,719	48,832	53,753	50,747	63,691	54,876
売電比 (%)	52.0	65.5	59.5	61.8	62.9	75.4

1991 年における発電電力量は燃料不足により前年度より落ち込んだが、1992 年から 1994 年にかけて UN による電力施設および燃料供給に対する緊急整備により発電量において僅かな回復をした。1995 年には日本政府の無償資金協力による第 4 発電所の 1 号機、同じく 1996 年には 2 号機の完成、また ADB 資金による第 6 発電所の完成により、使用最大電力、発電電力量、販売電力量ともに過去の水準以上のものとなっている。発電電力量に対する販売電力量の比(売電比)は 1991 年において 52%であったが、1996

表2.8 需要家別販売電力量

需要家	1995		1996	
	電力量 (kWh)	電気料金	電力量 (kWh)	電気料金
一般需要家	3,491,961	1,222,044,810	23,464,270	8,212,494,600
政府関係	20,925,855	7,324,049,250	29,447,585	10,306,654,750
電力公社	252,288	88,300,800	498,898	174,614,300
自治体	2,409,035	843,162,250	3,530,885	1,235,809,750
商業	2,768,027	968,808,489	6,093,357	2,132,674,950
ホテル	8,220	2,877,000	148,004	51,801,400
工業	1,266,906	443,417,100	4,637,172	1,623,010,200
卸売業者	46,353,862	11,638,996,148	71,519,947	20,025,585,045
水道局	4,552,926	1,593,524,100	8,980,481	3,143,168,350
街路灯	744,773	260,670,550	725,638	253,973,300
不明	1,504,747	526,661,450	0	0
合計(リエル契約)	84,278,600	Riel 24,912,511,947	149,046,237	Riel 47,159,786,645
一般需要家	1,859,843	355,288.21	4,022,717	791,117.85
商業	3,880,948	798,949.94	2,266,234	457,344.32
ホテル	1,460,961	301,314.35	6,946,526	1,425,207.77
非政府組織	401,267	80,746.97	585,098	118,693.52
大使館	3,433,581	709,311.05	5,476,240	1,143,218.91
不明	218,508	45,794.36	0	0.00
合計(US \$ 契約)	11,255,108	US\$2,291,404.88	19,296,815	US\$3,935,582.37

(3) IPP よりの買電電力料金

IPP よりの買電料金は固定費 (Net Dependable Capacity Price) と変動費 (Net Electrical Output Price) より計算される。また変動費は発電所の負荷率によって変動する。

発電所の負荷率と kWh あたり単価の比較を次に示す。

表 2.9 買電単価

	単位	IPP-I		IPP-II	
		負荷率価格	合計	負荷率価格	合計
1 設備容量	MW	35.00		60.00	
2 年平均可能出力	MW	29.05		49.80	
3 固定費	GWH	254.50		436.20	
4 変動費	\$1,000	8,526		14,768	
5 負荷率単価	US\$/kWh	0.0344		0.0392	
負荷率 80%	US\$/kWh	0.0421	0.0765	0.0339	0.0731
70%	US\$/kWh	0.0481	0.0825	0.0387	0.0779
60%	US\$/kWh	0.0563	0.0906	0.0451	0.0843
50%	US\$/kWh	0.0674	0.1018	0.0542	0.0934

上記の如く、買電価格の半分以上が発生電力量に関係のない固定部分であり、発電所の負荷率を上げなければ(80%以上)適正な価格となり得ない。

IPP-II が稼働する 1999 年の需要が予測値(106MW)に達したとして、系統の負荷率を 50%と仮定すると、年間必要とする電力は 464.3GW である。IPP-I と IPP-II の合計出力は 78.85MW であり、計算では EdC の発電設備 27.15MW(全負荷の 26%)を運転することになるが、発電される電力は現在の負荷曲線と同じと仮定すると、全体の 5%の電力需要を供給することになる。その場合、IPP が電力需要の 95%、441GWh 供給することになるが、このときの発電所負荷率は 64%であり、買電価格は IPP-I が US\$0.0878/kWh また IPP-II は US\$0.0822/kWh、平均 US\$0.0843/kWh となる。買電価格計算の詳細を資料 5.1 に示す。

(4) 電力料金の未払い問題

プノンペン市にある政府機関およびプノンペン市当局の関係機関の電気料金未払いが、EdC にとり大きな問題となっている。1996 年における顧客別の電力料金徴収の状況は以下の通りである。

表 2.10 電力料金徴収状況 (1996 年)

	請求金額	徴収額 (%)	未収額 (%)
(1) Riel 契約 (10 ³ Riel)			
(i) 政府関係	10,306,654	5,191,535 (50.4)	5,115,119 (49.6)
(ii) 自治体	4,632,951	54,008 (1.2)	4,578,943 (98.8)
(iii) 卸売り業者	20,025,585	18,675,583 (93.3)	1,350,002 (6.7)
(iv) 一般需要家	12,194,595	10,593,584 (86.9)	1,601,011 (13.1)
小計	47,159,785	34,514,710 (73.2)	12,645,075 (26.8)
(2) US\$ 契約			
(i) 外国政府機関	1,143,218	1,125,947 (98.5)	17,271 (1.5)
(ii) ホテル・事務所	2,792,363	2,592,357 (92.8)	200,006 (7.2)
小計	3,935,581	3,718,304 (94.5)	217,277 (5.5)
合計 (10 ³ Riel)	56,211,621	43,066,809 (76.6)	13,144,812 (23.4)

上記の表より、請求金額のうち 23% が未収となっている。特に政府関係は請求額に対する 50% の未払い、自治体にいたってはほとんど電力料金を支払っていないことになる。ブノンペン電力系統における需要のかなりの部分を政府関係機関が占めていることから、これらの未払いは EdC の財務を非常に圧迫することになり、EdC の運営・維持を困難なものにしている。

(5) 電力販売体制

1991 年までは EdC が直接電力の販売を行っていた。検針・集金は EdC の要員が行っていたが、管理体制が十分でなかったため、かなりの未収金を生じていた。1991 年 8 月の電気料金改定にともない電気卸売業者のシステムが導入された。初期においては、このシステムも EdC の料金徴収改善に効果を発揮したが、現在では卸売業者の不正が甚だしく逆効果を生んでいる。

EdC より直接需要家に供給する電力料金は 350 Riel/kWh である。卸売業者は EdC より 285 Riel/kWh で購入し、需要家から 350 Riel/kWh を徴収することになっている。しかし、一部の卸売業者は需要家から 500-900 Riel/kWh の料金を徴収している。このため EdC は卸売業者との契約を逐次解除し、かつて 162 の卸売業者があったが、現在まで 26 の契約を解除している。

現在、国際機関の支援によりブノンペン市内の配電網の整備がなされつつあり、配電施設の整備完了地区から順次 EdC は卸売業者の契約解除を実施することになっている。したがって配電網整備が完了する 1999 年の初頭までにはブノンペン市内においては全ての卸売業者がなくなり、EdC 自身が全て運営することになる。EdC の徴収能力の向上を図るべく WB のコンサルタントが指導することになっている。

(6) EdC の運営状況

1996年度のブノンベン電力系統における、EdCの発電・配電実績および各部門別の経費を次に示す。

表 2.11 発電・販売実績 (1996年)

発電電力量	(MWh)	223,158
所内消費電力量	(MWh)	12,072
買電電力量 (IPP-1)	(MWh)	5,394
合計送出電力量	(MWh)	216,480
販売電力量	(MWh)	170,165
電力損失	(MWh)	46,315 (21.4%)

注 IPPよりの買電は1996年9月より12月までの分である

表 2.12 部門別経費 (1996年)

(単位:10³リエル)

	発電部門	修理工場	EdC本部	配電部門	合計
燃料費	48,522,333				48,522,333
運転・保守費	1,680,952	27,844	704,088	402,170	2,815,054
買電費 (IPP-1)	1,343,438				1,343,438
その他	13,970,046	56,887	2,809,001	440,218	17,276,152
合計	65,516,769	84,731	3,513,089	842,388	69,956,977

注 IPPよりの買電は1996年9月より12月までの分である

上表より、

- EdCの発電機運転用の燃料費が買電費を除いた発電部門経費の75.6%および全体経費の70.7%を占めている。発電電力量の5.4%が所内電力として消費されているが、ディーゼル発電所としては標準的な消費量である。
- 系統上の電力損失21.4%となっているが、これは卸売業者の受け渡し地点までの損失であり、それ以降の低圧配電線の損失は含まれていない。電圧降下の現地調査の結果より、その損失の多くは低圧配電網にて発生している事が判った。従って、系統上の実際の電力損失は30%を越えているものと推定される。
- IPPよりの買電電力量は5,394 MWhで、買電費は1,343,438千リエルである。従ってその買電単価は249リエル/kWhとなる。他方、EdCの所内消費電力を差し引いた総発電電力量は211,086 MWhであり、また配電部門および買電費を除いた総経費は67,771,151千リエルとなる、しかしEdC本部経費には配電部門の経費も含まれているので、発電端における発電単価は概略321リエル/kWhとなる。

- 全体経費より見た、即ち需要家端における電力単価は 308.4 リエル/kWh である。EdC 直接供給の電気料金 350 リエル/kWh より安い、卸売業者への卸売単価 285 リエル/kWh より高くなっている。

EdC の損益計算は次の通りである。

表 2.13 EdC 損益計算書

	1993	1994	1995	1996
発電量 (10 ⁶ kWh)	132.3	132.9	168.8	228.6
販売電力量 (10 ⁶ kWh)	78.6	82.2	113.4	170.2
販売電力量/発電量 (%)	59.4	61.9	67.2	74.4
kWh 当たり平均電力単価 (Riel)				
総販売収入	16,818	24,037	36,479	58,261
雑収入	73	240	508	4,010
収入合計	16,891	24,277	36,987	62,271
1) 燃料費	26,403	22,164	33,685	48,522
2) 修繕・保守費	2,280	1,994	2,594	4,995
3) 賃金	612	663	866	1,185
4) 管理費	365	398	545	1,558
5) その他	298	402	699	766
運転費計	29,958	25,621	38,389	57,026
収支合計	▲ 13,067	▲ 1,344	▲ 1,402	5,245
償却費	196	9,350	2,217	13,518
支払利息	32	-	7	17
純収入	▲ 13,295	▲ 10,694	▲ 3,623	▲ 8,290
キャッシュ・フロー	▲ 13,099	▲ 1,344	▲ 1,406	5,228

(7) 訓練制度

制度化された運用・保守に関する訓練は存在せず、また EdC が独自に作成した現地語マニュアルあるいは参考とする教材もない。基本的に訓練は OJT によって行われている。他方、国際機関の援助あるいは実施されたプロジェクトの契約において、技術・財務・マネージメントの分野における訓練が、過去 3 年間 (1994 年 - 1996 年) に、61 人の職員に対し実施された。

現在実施されている、ブノンペン電力施設整備計画 (ADB) によって技術訓練センターが建設されており、1999 年に完成の予定である。

2-3 プロジェクトサイトの状況

2-3-1 自然状況

(1) 気象条件

プノンペン市及びその周辺にある計画対象地区は、サップ、バサック及びメコン川沿いに位置しており、海拔 8-12 メータにある。気候は熱帯モンスーンに属し、5 月から 11 月は雨期となる。年間を通した気温は 1 月が最も低温となり、雨期の直前 4 月が最も暑くなる。

プノンペン市の測候所で観測された過去 10 年間の気象概要を次に示す。

表 2.14 気象概要

海 抜	:	8 - 12	m
気 候	:	熱帯モンスーン	
外気温度	平均 :	27.5	℃
	最低 :	13.3	℃
	最高 :	40.5	℃
年平均雨量	:	1,290	mm
相対湿度	:	65-100	%
風 速	平均 :	37.0	km/hr
	最大 :	70.0	km/hr

(2) 地質条件

プノンペン市はメコン川とサップ川の合流点に位置しており、地質的には砂質の多いシルトおよび腐植土の堆積層から成っている。そのため狭い範囲での地質の変化が激しく、本計画の対象地区にも軟弱地盤表層が散在していると考えられた。そのため、現地調査期間中にコーンペネトロメータによる地質調査を実施した。

調査結果より、本計画施設の建設には十分な地耐力があり、配電線路および配電用変電所の基礎に特殊設計は不要と判断された。

(3) 配電線路中心線測量

本調査業務は、VTL Engineering and Construction CO.社(カンボディア)に再委託して、1997 年 4 月 17 日作業開始して、1997 年 6 月 16 日に完了した。現地測量業者の選定に当たっては、下記の 3 社より価格見積りを取寄せ、見積り最低価格である VTL 社に再委託した。

表 2.15 現地測量業者の見積価格

	業者名	見積価格
1	VTL Engineering and Construction CO.	US\$ 14,940.00
2	KHLOEUNG ISAR, P.Eng.,M.A.Sc.	US\$ 24,850.00
3	Pisnoka International Corporation	US\$ 58,100.00

測量業務の内容は、線路長 83 km の中心線および中心線両側各 20 m の測量とスケール 1/2,000 の線路図作成である。

2-3-2 社会環境

ブノンベン市は 1860 年代フランスの保護領下で王都として、政治、経済の中心として発展し、埋め立て、都市計画による広い道路と樹木、中央市場の建設等、小バリと言われる瀟洒な町であった。現在でもそれらの面影が随所に残っている。

ブノンベン市には浄水場が 3ヶ所あるが、1ヶ所は電力供給不足やパイプの破損が原因で現在稼働しておらず、残る 2 つの浄水場も電力不足と設備老朽化により満足な給水が行われず、都市の約 1/3 程度の人口にしか通常の水道水供給がなされていない。多くの人々は、川の水や井戸水、雨水などを利用している。一方、排水施設はブノンベン市がメコン川、サップ川、バサック川の合流地点に位置し、かつ川よりも低位に位置することから、大雨の場合には排水ポンプが必要とされるものの、機械設備の老朽化、部品の欠乏などによって、満足に稼働しておらず、市内はたびたび浸水に見舞われる。

ブノンベン市より 1 号線から 7 号線までの国道が放射状に有り国内の主要都市と結ばれており、また 1 号線はヴェトナム、5 号線はタイ、7 号線はラオスおよびヴェトナムへと通じている。戦乱による破壊、洪水などのために橋梁と共に破損が激しく、各国・国際機関によって修復が行われている。水上交通としては、外洋港であるシハヌークビル港、また国内最大の内陸港としてブノンベン港がある。老朽化していたブノンベン港の港湾設備および国道 6 号線は、日本政府の援助で改修され市民の生活を支える物流拠点としての使命を果たしている。

現在、国際航空路線は首都ブノンベン市とタイ、ヴェトナム、シンガポール、香港、マレーシア、中国、ラオスを結ぶ路線が外国の航空会社およびカンブチア航空によって週に 93 便運行されている。

ブノンベン市の通信網は近年外国の援助にて充実してきており、国際電話、ファックス等が国際直接ダイヤル回線サービスが行われている。現在の携帯電話も含めた加入電話台数は 27,800 台(100 人当たり 0.27 台、1996 年)である。テレビ放送は国営の一局のみであるが、衛星放送の利用により NHK、CNN、その他のテレビ放送が一般家庭でも受信できる。

2-3-3 既存施設・機材の現状

(1) プノンペン電力系統

現在のカンボディア国の電力生産は油焚きの汽力およびディーゼル発電設備によるもので輸入石油に依存している。戦前 1968 年にプノンペン市の西約 120 km の地点にキリロム水力発電所が 10 MW の設備を有して運開し 13 ヶ月の稼働後、内戦により破壊され現在に至るも復旧されていない。またその近傍には 18 MW の設備容量を有するプレクトノット多目的ダム・水力発電所の建設も進められていたが、1990 年に建設が中断されたままである。従って、現在のカンボディア国の電力生産は、プノンペン市に設置されているチェコ製の汽力タービン発電機 3 台(合計設備容量:18MW)以外は全てディーゼル発電機に依るものである。

既設の電力設備は、特別市および各州の州庁のみに設置されている。これらの電力設備はプノンペン市の設備を除き極めて小規模なものであり、且つ各電力設備は単独に運転されており、各設備の連携はなされていない。

プノンペン市の現在の系統には、後述するが第 1 から第 6 までの 6 ヶ所の発電所が存在する。第 5 発電所は旧ソ連の援助で建設に着手したが、ソ連の崩壊により建設途中で中断され放置されたままとなっていた。1996 年、この発電所に日本政府の無償資金協力によってディーゼル発電機(5,000 kW 2 台)が設置された。これら発電所にて発電された電力は、大部分は市内に、一部が本計画地区を含む郊外に配電されている。プノンペン電力系統は北と南の 2 系統に分割されていたが、1996 年日本政府の無償資金協力によって建設された配電線によって連係されている。

プノンペン電力系統の高圧配電施設は第 1 発電所から給電している 4.4 kV 単相 2 線式配電線、第 2 発電所から 6.3 kV 3 相 3 線式配電線、第 2、3、4、5 および第 6 発電所からの 15 kV 3 相 3 線式の配電線から構成されている。プノンペン電力系統を図 2.4 に示す。

(2) 発電設備

現在プノンペン市の電力系統には、第 1 から第 6 までの発電所があり、プノンペン市内及び本計画の対象地区に電力を供給している。これら発電所設備と運転の現況は次に示す通りである。

表 2.16 既設発電設備

発電所	発電形式	台数	総設備容量	可能出力	備考
第 1	ディーゼル	12	25,300	3,300	2 台のみ運転
第 2	汽力	3	18,000	10,000	2 台のみ運転
IPP-1	ディーゼル	7	35,000	35,000	全数運転可
第 3	ディーゼル	9	20,500	14,500	6 台のみ運転
第 4	ディーゼル	5	15,000	5,200	2 台のみ運転
第 5	ディーゼル	2	10,000	10,000	全数運転可
第 6	ディーゼル	3	18,600	18,600	全数運転可
	合計	41	142,400	96,600	

既設発電所設備の可能総出力は 96,600 kW で総設備容量 142,400 kW の 67 % である。各発電所の設備の詳細は資料 5.2 に示した通りである。

1997 年 4 月現在の各発電所の概況は以下の通りである。

第 1 発電所

この発電所は 1927 年に運開された最も古い発電所である。1993 年にフランスの無償援助にて据え付けられた 1,800 kW の発電機を除いては、全て古い設備で、最も新しい設備でも 1966 年製のもので耐用年数を超えている。最近オーバーホールした 1 台のみ運転可能であるが、1997 年末には休止の予定である。

第 2 発電所

蒸気タービン発電設備 3 台を有するカンボディア国唯一の汽力タービン発電所である。このタービン発電設備は 1967 年製と耐用年数を超えた古い設備であるが、近年一部の修理を行い運転を継続している。1996 年には全面的なオーバーホールを行うための調査が実施されたが、そのオーバーホールの実施時期および詳細については不明である。

第 2 発電所の敷地内に IPP-1 (実施者: Leader Universal Holding, Delcom Service Cambodia Utilities Private LTD.) によるディーゼル発電機 5,000 kW x 7 台の建設が行われている。現在 5 台の発電機が稼働しており、残り 2 台の発電機は 1997 年 5 月に稼働予定である。

第 3 発電所

パッケージ型のディーゼル発電機 5 台が据え付けられているが、1973 年製の古い設備であり、また予備品不足から 3 台のみ運転可能である。1996 年 WB の資金によりディーゼル発電機 2,500 kW x 4 台の建設が行われ、現在稼働中である。

第4 発電所

旧ソ連の援助で建設されたディーゼル発電所で、1996年に3,000 kWの設備3台、1998年に同容量の設備2台が設置されたが、現在2台のみ運転可能である。

IPP-II (実施者:Beacon Hill Association, US)による発電設備60 MWが1999年までに建設される。

第5 発電所

1995年および1996年に日本政府の無償資金協力によって建設されたディーゼル発電機5,000 kW x 2台が稼働中である。

第6 発電所

1996年にADBの資金によって建設されたディーゼル発電機6,200 kW x 3台が稼働中である。

(3) 既設配電設備

ブロンベン電力系統には、高圧配電設備として15 kV (3相)、6.3 kV (3相)、と4.4 kV (単相)の3種類、低圧配電線として、400/230 V (3相)と230 V (単相)の2種類が運用されている。高圧配電は、市内の中心部で主に地中線、郊外は主に架空線にて構成されているが、低圧配電線は、市内、郊外ともに架空線である。

既設配電線はループ方式で構成され、高圧配電線の47%は地中線である。既設配電線の概要は下記の通りである。

電 圧	回線数	地中線	架空線
15 kV(3相)	21	117.2	84.4
6.3kV(3相)	1	2.3	0.5
4.4kV(単相)	7	45.5	1.5
低 圧		6.5	120.0
合 計		171.5	206.4

既設配電用変圧器は15 kVおよび6.3 kVは3相変圧器、4.4 kVは単相変圧器で変圧器の一次側はヒューズにて保護されているが、計画地区の変圧器の二次側には保護装置がついていない。配電用変圧器の設置数は下記の通りである。

表 2.18 配電用変電所の概況

種 別	変電所数	変圧器台数	設備容量 (MVA)
15 kV/400-230 V 3相、変電棟	278	325	86.0
15 kV/400-230 V 3相、柱上	160	160	11.0
15 kV/6.3 kV 3相、変電棟	4	4	7.5
15 kV/4.4 kV 単相、変電棟	2	2	5.0
6.3kV/400-230 V 3相、変電棟	3	3	2.8
4.4kV/230 V 単相、変電棟	63	147	17.0
合 計	510	641	129.3

低圧配電線は変電棟又は柱上変圧器に隣接した集合計器室より放射状に架空線にて(ごく1部のみ地中線)直接各需要家に配電されている。

現在の需要家に対する電力供給サービスの実状を調査するため、各計画対象地区の需要家端電圧を記録計を使用して24時間測定した。また地区ごとの1997年3月の停電回数・時間は次の通りである。

表 2.19 受電電圧・停電調査結果

地区名	需要家端電圧			停電回数・時間	
	定格電圧 (V)	受電電圧 (V)	電圧降下 (%)	回数	時間-分
タクマウ	230	148	36	7	33-32
ポチェントン	230	137	40	17	42-48
ルッセイ・ケオ	230	136	41	22	86-55

測定記録から、需要家端における最大電圧降下は夜間ピーク時の7時頃に発生し、その電圧降下率は36-41%と禁止的な電力供給状態である。この状態では電動機器(冷蔵庫、扇風機、クーラ、ラジオ、テープレコーダ、電動機等)および蛍光灯の使用は不可能となり、また白熱灯はフィラメントが赤熱するのみで発光するには至らない。更に停電回数・時間も多いため、EdCの電力供給に対する需要家の信頼度は低く、工場需要家の中には自家発電に切替えたり、一般需要家においても夜間は小規模な自家発電に切り替える需要家が多い。

(4) 電力損出

1996年の総発電量216.5GWhに対する売電量は170.2GWhであり、系統上の電力損失は21.4%となっている。この数字を見るかぎり、他の途上国に似通った値かそれよりもわずかに高い値になっているように見えるが、これは単に発電所送出端の計量から変電所の低圧送出端の計量を差引いたものである。変電

所の低圧送出端から需要家に至る低圧配電線による損失は売電量に含まれている。

系統電圧の測定結果より、電圧降下は主に低圧配電線にて発生していることが判明した。これより低圧線での電力損失は相当高いことが考えられ、これを含めた系統全体の電力損失は40%以上と推定される。

(5) 既設配電施設の問題点

既設配電設備の問題点を下記に示す。

- (i) 高圧配電線の導体サイズが小さいため、配電容量が小さい。また変電機器は容量が小さく現在の需要にも充分対応できない。
- (ii) 既設15kV配電線、配電機器、変電機器は25年以上経過している上、更新が全くなされておらず、経年劣化も加わり事故が多発している。
- (iii) 上記(i)および(ii)より、需要家端における電圧降下及び供給信頼度の低下は劣悪なものとなっている。
- (iv) 高圧配電電圧に15kV、6.3kV、4.4kVの3種類の電圧が使用され各フィーダⁱⁱ⁾間の電力融通および保守・運用に支障を来している。
- (v) 架空配電線に区分開閉器が取り付けられておらず、保守および事故区間の切離しができない。
- (vi) 各需要家に積算電力計が取り付けられていない。積算電力計は各変電所・変電棟に隣接した集合計器室内に設置されているため、低圧配電線に含まれる電力損失も同時に計量されており、その分も需用家負担となっている。
- (vii) 低圧配電線には給電線がなく、各需要家への供給は配電用変電所の集合計器室より長くそしてサイズの小さい引込み線で供給されているため、電力損失を増加させる原因となっている。
- (viii) 低圧配電線および引込み線の材料不足のため、銅線・アルミ線の単純接続、電線相互および電線と機器の接続が不適切なため、電線腐食、発熱、の障害を発生させている。また、絶縁が不

ii) フィーダ

本報告書内で配電線の回線数を数える上で、フィーダと回線とは同じ意味として扱う、つまり2フィーダと表記した場合、回線数としては2回線を意味する。

フィーダとは一般に1つの配電線の始点から終点までの全体を意味し、回線数とは配電線・送電線の回路の数を表す単位である。

十分なため接地事故の多発を招いている。

- (ix) 低圧配電線のケーブルサイズが小さく過負荷の状態にあり、電力損失も大きい。
- (x) 低圧配電線に保護装置が設置されておらず、感電事故、機器の損傷、供給信頼度低下の原因となっている。
- (xi) 配電保守工具、安全装置が不足している。

第 3 章

プロジェクトの内容

3. プロジェクトの内容

3-1 プロジェクトの目的

1993 年以降、日本をはじめフランス、ベルギー、アイルランド各国の援助およびアジア開発銀行からの融資により、プノンペン市内の発電・配電施設の整備・拡充計画が実施されてきた。更に、カンボディア政府は電力発電供給事業者の導入を計り、配電施設の整備・拡充に伴う需要増を見込んで十分な発電容量を確保できる状態とした。

現在、WB および ADB の融資によるプノンペン市配電網の改善・拡充計画が実施されている。しかしながら、これらの計画は緊急的な復興計画であることからプノンペン市内に限定されており、プノンペン市に隣接した、タクマウ地区、チュロイ・チャングワー地区、ポチェントン地区、ルッセイ・ケオ地区における配電網の整備・拡充計画は上記いずれの計画にも含まれていない。

これらの地区は日常的に社会・経済活動においてプノンペン市の重要な一部として機能している。しかしながらこれらの地区には、いまだ電化されていない地区が存在し、老朽化が著しく配電容量も不十分な既設配電施設は現在の需要およびこの地区の復興に伴う増加する需要にも対応できず、需要家に対する供給信頼度、適正電圧の維持等の電力供給サービスは劣悪な状況にある。これらの問題により、地区内の産業活動の停滞、それに伴う雇用機会の減少、民生の不安定化だけでなく、電力損失および保守費用の増大による経済的損失も大きい。

このような事態を改善するために、カンボディア政府は、これらの地区を対象とした未電化地区の解消、電力供給サービスの改善、電力損失の軽減を図る計画を策定しており、同計画の実施に必要な配電施設の整備・拡張が、本計画の目的である。

3-2 プロジェクトの基本構想

本章では、プロジェクトの基本構想を決定するにあたり、現地調査および国内解析の結果を(1)から(8)項に示し、さらに、計画のアウトラインを(9)項で述べる。

(1) 電力需給バランス

将来に亘り需要に対する十分な発電量のあることが、本計画実施のための重要な前提条件の一つである。

1997年4月現在、プノンペン市の可能発生電力は81 MWである。第2発電所でIPP(Independent Power Producer; 独立系発電事業者)が建設しているディーゼル発電所は既に稼働しており(5x5 MW)、残る2x5 MWも5月以降に完成される予定である。この運転開始により可能発生電力は91 MWとなる。さらに、第4発電所に建設予定されているIPPの発電設備60 MWは、1996年、業者契約の調印を済ませ、1999年までに順次投入されることになっている。この計画が順調に進捗すれば、老朽化設備の廃棄分を含めても、1999年の可能発生電力は145.4 MWとなる。また2000年以降の計画としては、キリロム(11 MW)、カムチャイ(128 MW)などの水力開発が予定されており、これらが順調に進めば可能発生電力はさらに増加することになる。

一方、需要予測はEdCおよび各ドナーの調査により実施されている。EdCによる予測、1993年のJICAマスタープランによる予測、1995年のWBの調査による予測を可能発生電力と共に次表に示す。

表 3.1 プノンペン市の需要予測 (MW)

(年)	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
(1) EdCの需要予測	82.8	94.3	106.1	117.0	127.6	137.4	147.4
(2) JICAの需要予測	69.0	76.0	83.0	88.0			
(3) WBの需要予測	63.4	67.0	78.6	90.2	101.3	110.7	117.1
(4) 可能発生電力	91.1	90.1	145.4	145.4	145.4	145.4	145.4
供給力余裕 (4) - (3)	27.7	23.1	66.8	55.2	44.1	35.3	28.3

上表中最も新しい予測はWBの予測である。1997年3月までの最大負荷の実績値49.9 MW(3月30日)と比較すると3予測中最も精度の高い予測といえる。WBの需要予測と可能発生電力を比較すると、2003年においても28 MWの発生電力に余裕がある。

以上の調査結果より、プノンペン市の電力需給バランスは、本計画実施にあたり特に障害として懸念される要素ではないと判断できる。

(2) 地区毎の既存設備配電能力

対象地区毎の既存配電設とその能力を以下に述べる。

タクマウ地区

タクマウ地区は、第2発電所を電源として15 kVの高圧架空配電線2回線により配電されている。配電線の電線サイズは銅 74 mm²でその配電容量は、約 9,000 kVA/回線で合計 18,000 kVAである。高圧配電線には 23 の変電所ⁱⁱ⁾と 18 個の柱上変圧器が接続されている。変電所と柱上変圧器の合計容量は 8,115 kVA である。

チュロイ・チャングワー地区

現在この地区では、自家用発電設備により一部電化されているが、EdC による電力供給は行われていない。

ポチェントン地区

ポチェントン地区は、第5発電所を電源として 15 kV の高圧架空配電線2回線により配電されている。配電線の電線サイズは銅 74 mm²でその配電容量は、約 9,000 kVA/回線で合計 18,000 kVA である。高圧配電線には 19 の変電所と 21 個の柱上変圧器が接続されている。変電所と柱上変圧器の合計容量は 8,418 kVA である。

ルッセイ・ケオ地区

ルッセイ・ケオ地区は、第1発電所を電源として 15 kV の高圧架空配電線1回線により配電されている。配電線の電線サイズは銅 74 mm²でその配電容量は、約 9,000 kVA である。高圧配電線には 18 の変電所と 16 個の柱上変圧器が接続されている。変電所と柱上変圧器の合計容量は 9,380 kVA である。

ⁱⁱ⁾ : プノンペン配電系統でいう変電所とは、配電用変圧器と開閉機器が1つの建屋に納められた設備で、無人で運転されている。日本で一般に呼ばれる変電所よりずっと小型のもので、日本の配電塔(20 kV 級 / 6.6 kV)に近いイメージである。

各地区の配電容量を下表にまとめる。

表 3.2 既存設備の配電容量

地区名	配電線回線数 (回線)	配電線配電容量 (kVA) ^注	変圧器合計容量 (kVA)
タクマウ	2	18,000	8,115
チュロイ・チャングワー	0	0	0
ポチェントン	2	18,000	8,418
ルッセイ・ケオ	1	9,000	9,380

注: 銅裸電線 74mm² の連続許容電流 (342A) と配電電圧 15kV より算出: 9,000kVA/回線

EdC により電化されている上記3対象地区とも、低圧配電線のルート・回線数・電線サイズ等を正確に記録した資料は存在しない。しかし、本章(5)項で述べるように需要家端での受電電圧が定格 230 V に対し、タクマウ、ポチェントン、ルッセイ・ケオそれぞれ 148 V、137 V、136V で、そのほとんどが低圧配電線部分での降下である。この事実より、低圧配電線の配電能力は現需要に対し各地区とも不十分であるといえる。

(3) 地区毎の将来需要

地区毎の需要予測として、EdC は各地区の既存 15 kV または計画 22 kV 配電線(フィーダ)の需要を予測している。

予測の方法は以下の通りである。

- (a) 需要家を以下のカテゴリーに分類し、各地区毎にカテゴリー別の需要家数を調査する。

クラス1: エアコンの無い家屋

- カテゴリーA : 木材建築の小型住居・商店
- カテゴリーB : 中型住宅・商店またはコンクリート住宅
- カテゴリーC : コンクリート建築による大型住宅

クラス2: エアコン付家屋

- カテゴリーA : 木材建築の小型住居・商店
- カテゴリーB : 中型住宅・商店またはコンクリート住宅
- カテゴリーC : コンクリート建築による大型住宅

- (b) 各カテゴリに対し以下のピーク電力および年間使用電力量を仮定する。

表 3.3 カテゴリ別ピーク電力・年間使用電力量仮定値

クラスおよびカテゴリ	ピーク電力 (kW)	年間使用電力量 (kWh)
クラス1: エアコンの無い家屋		
カテゴリA	0.6	600
カテゴリB	2.0	2,000
カテゴリC	3.0	3,000
クラス2: エアコン付家屋		
カテゴリA	2.0	4,000
カテゴリB	4.0	8,000
カテゴリC	7.0	14,000

注: 大口需要家については別途、個別にピーク電力及び年間使用電力量を想定する。

- (c) 上記にて仮定されたピーク電力と、調査によって確認されたカテゴリ別の需要家数より当該地区における現在のピーク電力を算定する。
- (d) 算定されたピーク電力を既設および計画変電所に割り振り、配電損失も含め、変電所単位でのピーク電力をまとめる。さらに、各変電所と大口需要家に対し以下の伸び率を仮定し、将来需要を算定する。

表 3.4 需要伸び率の仮定値 (%)

	変電所	大口需要家
ブノンペン市街地	10	4
ブノンペン郊外	15	6

- (e) 上記より算定された変電所と大口需要家の負荷を、そこに電力を供給するフィーダに割り当て、フィーダ毎の需要予測を完成させる。計画対象地区に電力を供給するフィーダ需要の合計が対象地区の需要に対応する。

以上の方法により予測された各対象地のピーク需要は、下表の通りである。

表 3.5 各対象地区の需要予測結果 (kVA)

地区名	(年)	1997	2002	2007	2012
タクマウ		11,601	15,801	19,967	25,264
チュロイ・チャングワー		1,500	2,082	2,657	3,391
ポチェントン		14,788	18,891	23,018	28,172
ルッセイ・ケオ		12,323	15,974	19,633	24,225

算出された各地区の需要とブノンベン市全体の需要の整合性を確認するため、下表の比較を行った。表中で「フィードのピーク需要予測値合計」は、ブノンベン市全フィードそれぞれのピーク需要の合計値である。

表 3.6 ブノンベン市全体の需要予測と地区フィード毎の需要予測の整合性

	(年)	1997	2002	2007
(1) ブノンベン市全体のピーク需要 (WB 予測値)	(kW)	63,435	110,650	144,011
(2) フィードのピーク需要予測値合計 ^{注1}	(kW)	97,369	129,494	143,733
(3) 不等率 (2)/(1) ^{注2}		1.53	1.17	1.00

注1: 各フィードのピーク需要は kVA で算出されており、これを kW に変換するための力率は WB の予測で適用されている 0.89 を採用した。

注2: 不等率 = $\frac{\text{各地区負荷の最大電力需要の和}}{\text{総括したときの最大需要電力}}$

各地区の最大需要電力は通常同時に発生するものでなく、時間的な差がある。このため、この負荷を総括したときの最大電力(ブノンベン市全体のピーク需要)は、各地区の最大電力の和より小さくなるのが普通である。これを不等率として表わす。

不等率に関する日本のデータ例を参考に、上記不等率の値を検討すると、1997 年の 1.53 は日本の電灯負荷相互間に近く、2002 年の 1.17 は都市近郊工場地の値に近い。電灯負荷の比率が高いと想定される現状と、工場負荷の需要が伸びると予想される将来(5年後)を考えると、2002 年までは妥当な値といえる。しかし、2007 年では、各地区最大需要の和がブノンベン市全体のピーク需要より小さくなっており、通常起こらない状態となっている。ブノンベン市全体のピーク需要予測値の精度が高いと仮定すれば、地区毎の予測は控え目な予測であると言える。

(4) 配電電圧 22 kV 昇圧の必要性

現在ブノンベン市の配電系統は地域ごとに異なった 4.3 kV、6.6 kV 及び 15 kV の電圧で運用されている。EdC は運転・保守上の不合理性を解消するために、配電資機材および配電電圧の標準化を策定し、高圧配電電圧は 22 kV を標準として採用した。ADB あるいは WB によるブノンベン市の配電網整備

計画においても、高压配電線路は 22 kV 設計、変電機器については 15/22 kV の二重定格を採用している。両プロジェクトが予定通り完成すれば、1999 年には、ブノンペン市の高压配電システムの多くは 22kV への昇圧が可能な状態となる。

22kV 配電の優位性を確認するため、同一線路条件で 4000kW の電力を 15km 配電するのに 15kV を採用した場合と 22kV を採用した場合の試算結果を次に示す。

表 3.7 15kV 配電と 22kV 配電の比較のための試算

	単 位	配電電圧		比較結果 (22kV 配電の優位性)
		15 kV	22 kV	
損出電力	(kW)	261	113	43%に減少
年間損失電力量	(kWh)	1,098	476	43%に減少
年間損失金額	x 1,000 US\$	165	71	43%に減少
末端での電圧降下	(%)	9.66	4.34	45%に減少
配電容量	(kW)	4,200	6,200	約 1.5 倍の増容量

注:試算に使用した電線は ACSR58mm²、損失金額は 15 セント/kWh で換算した。

上表の結果より、損失電力、電圧降下および配電容量のいずれにおいても、22 kV 配電の優位性がわかる。

以上の点を考慮し、本計画においても高压配電設備は基本的に 22kV 設計とする。ただし、ADB、WB の計画完了と共に直ちに 22kV への昇圧が実現するわけではない。新設されたフィーダに 1 台でも既設の 15kV の変圧器が接続されている場合、フィーダは 15kV で運用されねばならない。このため完全な 22kV での統一には数年の移行期間が必要と考えられる。また工事の面からも、フィーダ新設の場合既設の 15kV 変電所に電力供給を行いながら、順次新変電設備に切替えていくため、最終的にフィーダに接続される全ての変電設備が 22kV 対応となるまで、フィーダ電圧を 22kV に昇圧することはできない。これらを考慮し、変電機器については、ADB、WB と同様 15/22kV の二重定格設計で対応する。

(5) 電力供給に対する妥当な質のレベル

電力供給の質の程度は、一般に次の3つのサービス要素の状態により示される。

- 電力を継続して供給することができる度合
- 電圧を規定値どおり維持することができる度合
- 周波数を規定どおり維持することができる度合

上記に示したサービスレベルの内、周波数は発生電力と消費電力のバランスによって決まる。従って、配電設備の中で制御できるサービス要素は、継続的電力供給と適正な電圧である。

(a) 電圧規定値

まず、電圧は EdC の設計基準として、高圧配電線で 4 %、低圧配電線で 5 %を最大電圧降下としている。この電圧降下は配電用変圧器のタップにより十分補償できる範囲であり、また、値そのものも需要家へのサービスレベルとして適性な値といえる。従って、本計画においても、電圧降下に対してはこの値を計画策定の基準値として採用する。

需要家端での電圧降下の実態を示すデータを EdC は所有していない。このため調査団は、現地調査の一環として需要家端と変電所の電圧測定調査を実施した。この測定結果を以下に示す。

表 3.8 電圧測定調査結果

地区名	発電所	変電所	高圧配電線	変電所	需要家	低圧配電線	測定日時 (1997年)
	送出電圧 (kV)	受電電圧 (kV)	電圧降下 (%)	送出電圧 (V)	端電圧 (V)	電圧降下 (%)	
タクマウ	14.0	13.1	6.4	218	148	32.1	4月22日19時
ポチェントン	14.8	13.5	8.8	212	137	35.4	4月24日20時
ルッセイ・ケオ	14.6	13.6	6.8	221	136	38.5	4月21日19時

上表より、現在の配電系統における電圧降下は、高・低圧共に基準値におよばないことが確認できる。特に低圧部分における電圧降下は甚だしい。この電圧降下の主な原因は、i) 負荷に対して電線サイズが小さすぎる事、ii) 負荷近傍での無効電力の不足である。これらの問題は、配電用変圧器の増量、電線およびケーブルサイズの格上げ、Static Capacitor (SC) の設置という、配電設備の改善計画としては最も一般的な手法により解決できる。

(b) 供給信頼度

次に、電力供給の継続できる度合についてであるが、これは一般に供給信頼度と呼ばれている。各対象地区における供給信頼度の現状を把握するため、各地区内既設 15 kV フィーダの 1996 年5月1か月間における停電回数・時間を以下に示す。

表 3.9 各対象地区の停電回数および時間

地区名	回数	時間一分
タクマウ	7	33- 32
ポチェントン	17	42 - 48
ルッセイ・ケオ	22	86 - 55

この記録より、供給信頼度は非常に低い状態にあることが理解できる。事実、多くの需要家はいつ停

止するか分からない EdC の電力供給に頼ることができず、自家用発電設備を所有している。データには電源部分の故障停止や需給バランスを保つための計画停電も含まれるため、上表は配電システムのみ
の供給状況を示すものではない。しかし、1996 年5月の時点で、電源設備の容量は需要に対し余裕が
あったことなどから、停止の相当部分が配電システムによるものと推測される。

配電システムの供給信頼度改善のための対策とその効果を、以下に示す。

表 3.10 供給信頼度改善のための対策

対 策	効 果
架空線ルート of 樹木の伐採	地絡・短絡事故の防止
被覆電線、架空ケーブルの採用	地絡・短絡事故の防止
耐雷設計の強化	雷害事故の防止
配電線のネットワーク化	停電範囲の限定
線路開閉器による区間の分割	停電範囲の限定

本計画においても、各地区の特性に応じ上記より適切な対策を採用し、供給信頼度を向上させる。

配電システムにおける供給信頼度の管理目標として、日本では i) 一需要家当たりの年平均停電回数
および、ii) 一需要家当たりの年平均停電時間を確率計算より求め設定している。これらを算出するた
めには、停電に関する過去のデータの積み重ねと、それに対する十分な解析が必要となる。現在の
EdC ではそのいずれもが不足しており、この管理目標による供給信頼度レベルの設定は困難である。

従って本調査では、イギリスの供給信頼度基準 (Security of Supply; 1978) の考え方を参考に、以下
の供給信頼度レベルを定める。

供給信頼度レベル

- 各対象地区にて、高圧配電線1回線が停止した場合においても、系統切り替え操作時間のみの
停電で、電力供給を継続でき、5年後の需要まで対応できること。

(c) 高圧配電線回線数・変圧器容量

高圧配電線のサイズは EdC の標準規格を採用することとし、各対象地区の回線数は上記の信頼度
レベルを基準として決定する。

また、変圧器については増設が容易なことから、その容量に余裕を持たせず、各対象地区の合計変
圧器容量が、5年後の地区ピーク需要まで賅えることとする。

(6) 他ドナーによる電力供給改善計画

現在ブノンベン市では、WB・ADB の融資および、フランス・アイルランド・ベルギーの援助により配電設備の改善が進められている(図 3.1)。

本計画との取り合い、つまり整合をとる必要のあるのは、WB の計画と第2発電所内に建設された IPP による発電所である。各対象地区において、本計画で予定された高压配電線の電源としての接続先を、その完成予定時期と共に下表に示す。

表 3.11 本計画の各対象地区における接続先

地区名	接続先(電源)	完成予定時期	進捗
タクマウ	第2発電所内の IPP 発電設備用キュービクル	完成済	-
チュロイ・チャングワー	WB の第1グリッド変電所	1999年6月	1997年3月13日契約済
ポチェントン	WB の第3グリッド変電所および配電線	変電所: 1999年6月 配電線: 1999年5月	1997年3月13日契約済 1997年8月28日契約済
ルッセイ・ケオ	WB の第1グリッド変電所	1999年6月	1997年3月13日契約済

上記を考慮の上、本計画の実施スケジュールを作成することになるが、WB プロジェクトの完成が遅れる可能性も十分にある。その場合の接続先については EdC との協議の結果、下記を予定し、WB プロジェクトの遅れにも対応できることが確認できている。

表 3.12 本計画の各対象地区における代替接続先

地区名	WB プロジェクト遅延の場合の接続先
チュロイ・チャングワー	第4および第5発電所内キュービクル(15 kV)
ポチェントン	日本の無償資金にて建設された 15 kV 連系線
ルッセイ・ケオ	既設 15 kV ルッセイ・ケオ線および日本の無償資金による連系線

(7) 配電線種類の選定

本計画で採用する配電線の種類は以下のとおりである。

高压(22 kV)配電線

- 架空被覆電線
- 架空ケーブル
- 地中ケーブル

低圧配電線

架空ケーブル

地中ケーブル

高圧架空線については、樹木の接触などによる地絡・短絡故障を防止し、供給信頼度を向上させる目的から裸電線の使用を避け、被覆電線と架空ケーブルで対応することとした。被覆電線と架空ケーブルの違いは、その絶縁強度の違いである。被覆電線は一般に半絶縁線と呼ばれ、完全な絶縁を施されていないため、樹木や家屋などから所要な離隔距離を保つ必要がある。短時間な樹木の接触などには耐えられるが、継続的な接触に対しては保証できない。一方、架空ケーブルは完全な絶縁が施されているため、樹木や家屋への接触が可能である。建設コストは架空ケーブルが割高となるため、街路樹の繁茂した部分および家屋等との離隔確保が困難な部分に架空ケーブルを使用し、特に障害のない部分には被覆電線を採用した。

EdC の方針では、市街地内の配電線は全て地中線とすることになっている。地中線は架空線に比較し割高となるが、景観上・施工上のメリットも大きいことから、市街地および一部の市郊外に高圧地中ケーブルを採用した。

低圧配電線は EdC の基準に従い、架空についても全てケーブルを採用した。

(8) 周囲環境との調和

本計画における対象施設は、サップ川を横断する線路を除いては全て道路沿いに施設される。したがって、道路利用者に対して違和感を与えない周囲環境に調和した施設としなければならない。また人口密度の高い地区においては、架空ケーブルあるいは地中ケーブルを使用して住民に対する安全性を確保する。ポチェントン国際空港周辺の配電線については、国際空港法によって規定されている離隔距離および高さ制限を確保する。サップ川横断線路は船舶の航行に支障のない、景観上好ましい日本橋に添架する事とし、橋体内部に敷設する。

(9) 計画のアウトライン

以上の検討結果、本プロジェクトの基本構想は、ブノンベン市郊外の 4 対象地区において、現在の電力供給状況を改善し、将来の需要増加に対してもあるレベルまで対応できるよう、以下に述べる配電設備の改善および増強を実施しようとするものである。

(a) 配電設備のアウトライン

各対象地区の高圧配電線回線数、変圧器容量は本章(5)項に述べた電力供給の妥当な質のレベルを基に決定した。各地区の高圧配電線回線数と変圧器合計容量の計画値を、地区毎のピーク需要予測値と共に表 3.13 に示す。

表3.13 各対象地区の予測需要と計画配電容量

地区名	ピーク需要の予測値				線路回数 (回線)	計画高圧配電設備		変圧器合計容量 (kVA)
	1997	2002	2007	2012		線路配電容量 (kVA)	信頼度考慮 (kVA)	
	(kVA)	(kVA)	(kVA)	(kVA)				
タクマウ	11,601	15,801	19,967	25,264	2	29,000	14,500	13,655 ^{注3}
チュロイ・チャングアー	1,500	2,082	2,657	3,391	2+(1) ^{注2}	43,500	29,000	4,375
ポチエントン	14,788	18,891	23,018	28,172	3	43,500	29,000	21,595
ルツセイ・ケオ	12,323	15,974	19,633	24,225	2	29,000	14,500	16,240

注1: 最大容量は計画回線数全体の配電容量を示し、信頼度考慮とは、1回線故障した場合の配電容量を示す。

注2: “+(1)”は既設15 kV配電線を22 kVに昇圧して使用することを意味する。

注3: タイヤ工場専用の変圧器(2500 kVA)が、EdCまたは工場により供給される予定であり、

実質的な変圧器容量は、その分を合わせて16,155 kVAとなる。

タクマウ地区

高圧配電線の計画ルート・系統構成を図 3.2 に示す。22 kV 配電線2フィードを、第2発電所内に設けた IPP 発電所用キュービクルに接続し、国道2号線に沿って既設配電線の反対側をタクマウ市街地まで敷設する。既設線は架空線であるため、景観上の観点から道路の両側に架空線が並ぶことを避け、地中線を採用した。市街地内は EdC の方針に従い地中線とした。それより先、郊外に伸びる部分は架空線とするが、街路樹が多いため、樹木の伐採を最小限に抑え、かつ、地絡・短絡事故を防ぐため架空ケーブルを採用した。

新設2回線では、表 3.13 に示す通り供給信頼度考慮の場合、5年後の需要に対応できない。これを解消するため既設配電線を有効利用する。第2発電所近傍より 349 号変電所近くの道路分岐点まで、既設架空線 15 kV を 22 kV に昇圧し、道路分岐点で再び新設の地中線に接続する。既設線は電線サイズが小さいため2回線を1回線として運用する。

既設架空線の昇圧作業と地中線への接続は、必要機材の調達も含め EdC が行う。一方、この架空線に接続する地中線の敷設は本計画で実施する。

チュロイ・チャングワー地区

高圧配電線の計画ルート・系統構成を図 3.3 に示す。WB プロジェクトで建設される第1グリッド変電所に2フィードを接続し、サップ川を横断してチュロイ・チャングワー地区に電力供給を行う。サップ川横断は、日本の援助で建設された日本橋の橋梁内部にケーブルを敷設することによって行う（図 3.3(3)~(5)）。

同地区は現在 EdC による電力供給は行われていないが、自家用発電設備による電化は実施されている。国道6号線沿いには大型のレストランが多く、半島先端部分は一般居住地となっている。表 3.13 から判るように、潜在需要はそれほど大きいものとは予測されていないが、同地区への供給信頼度を向上させるため2フィードによる電力供給とした。

半島先端部分は樹木が繁茂しているため、施工上の問題に配慮すると共に、地絡・短絡事故を防ぐため架空ケーブルを採用した。また、国道6号線沿いは、道路の片側にコンクリートポールにより電話線が設置されている。このため、配電線を架空とする場合は電話線の逆側への架設となり、道路両側へのポール設置に対する景観上の問題がある。さらに、道路は盛土により造られているため、路肩が狭く、また十分な強度も期待できない。これらの点を考慮し、国道6号線沿いのフィードは地中線にすることとした。

ポチェントン地区

高圧配電線の計画ルート・系統構成を図 3.4 に示す。3フィーダを WB プロジェクトで建設される配電線に接続する。対象地区が東西南北の広がりを持つことより、同地区内に広がった需要をカバーするため、3フィーダが必要である。

空港周辺の国道4号線に沿って新設する配電線は、同地区がカンボディア国の玄関口であることに配慮し、景観上の観点から地中線を採用した。また、街路樹の多い一部のルートでは架空ケーブルも採用した。

ルッセイ・ケオ地区

高圧配電線の計画ルート・系統構成を図 3.5 に示す。2フィーダを WB プロジェクトで建設される第1グリッド変電所に接続する。

同地区の負荷は国道5号線に沿って集中しているため、国道に沿って1フィーダを新設する。グリッド変電所より 114 号変電所までは、市街地となるため EdC の方針に沿って、地中線を採用した。これより先、同フィーダの最終点、117 号変電所までのほとんどの部分で、道路は街路樹に覆われており、また、多くの住居が道路に近接している。このため、街路樹の問題だけでなく、住居からの十分な隔離の確保も困難なことから、架空ケーブルを採用した。

もう1つのフィーダは同地区の西側を通過、386 号変電所に接続し、そこより先 117 号変電所までの需要を賄う。フィーダ通過地区は今後の開発が計画されており、将来的にはそれらの需要もカバーすることになる。

表 3.13 より、これら新設2フィーダでは供給信頼度考慮の場合、5年後の需要に対し配電容量不足となる。これについては、EdC の自助努力にて既設 15 kV 配電を 22 kV へ昇圧することにより、対応可能と考える。

各対象地区における変電所位置・変圧器容量は、需要密度および敷地確保の難易を勘案し決定した。また、過度な電圧降下と力率改善を目的とする SC は、無効電力消費の多い変電所、すなわち工場負荷の割合が大きかつ変圧器容量の大きな変電所を対象として設置することとした。

供給信頼度改善のため、変電所の一部に給電指令所からのリモートコントロール機能を持たせた。この機能を持たせる変電所位置は、配電設備の故障時、系統切り替え操作により最も効果的に停電地域を限定できることを基準に選定した。

低圧配電線は、各変電所周辺における需要家の分布現状と負荷規模により、ルートを選定しそれを

基に計画数量を算出した。

(b) 保守用機材および予備品

EdC 側より、配電施設の運転・保守を効率的に実施するため車両および工具供与の追加要請が出された。EdC との協議及び国内での検討において、その使用目的、必要性を確認し、妥当と判断されたので本計画の調査対象に含める事とした。

保守用作業車両および主要工具の内容は次の通りである。

(i) 保守作業用車両

建柱車	: 1台
高所作業車	: 1台
バックホー	: 2台

(ii) 主要保守用工具

可搬式変電設備	: 4台
コンパクター	: 2台
コンクリートカッター	: 2台
その他計測器類	: 一式

保守用予備品として開閉器、ヒューズカットアウトスイッチ、避雷器、サーキットブレーカの供与が要請された。予備品の不足から、故障あるいは破損した設備を取り替える事ができず、線路および変圧器等が保護機器なしに運転されており、重大事故につながる可能性のある現状を鑑み、本計画の供与対象に含める事とした。

3-3 基本設計

3-3-1 設計方針

本計画の設計に当っては、EdC の技術体系に適応し、維持・管理の容易さを考慮して、既施設と整合性の取れた設計及び機器を採用し、高い安全性と信頼性を確保し、さらに将来の電力系統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。

(1) 適用基準・規格

本計画で設置される機器・材料の設計・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。

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)
国際電気標準会議 (IEC)
国際標準化機構 (ISO)
その他の国際規格
メーカー規格

施設の工事は EdC の慣行および規定またはカンボディア国で実施されている規則に基づいて施行される。また、工事従事者および公衆に対する安全対策は本計画の下に厳密に監理される。

(2) 使用電圧

現在ブノンベン配電系統は地域ごとに異なった 4.3 kV, 6.3 kV 及び 15 kV の電圧で運用されている。EdC は運転・保守上の不合理性を解消するため、系統電圧の標準化を策定してきた。1996 年、鉱工業・エネルギー省および EdC は高圧配電系統の電圧として 22 kV の採用を決定した。

従って、本計画においても他の計画と同じく、高圧配電線路は 22 kV 設計、配電機器については 22/15 kV の二重定格とする。

表 3.14 使用電圧

系 統	使用電圧
高圧配電施設	22 kV
低圧配電施設	400/230 V

(3) 気象条件

ブノンペン市及びその周辺に位置する計画対象地区は、サップ、バサック及びメコン川沿いに位置しており、海拔 8-12 m にある。気候はモンスーンに属し、5 月から 11 月は雨期となる。年間を通した気温は 1 月が最も低温となり、雨期の直前 4 月が最も暑くなる。

当該施設の設計に当たり、過去 10 年間の気象記録から、最悪条件を確認し、EdC の現行設計条件と比較して、以下の条件を本計画に適用する。

表 3.15 設計気象条件

標高	海拔 1,000 m 以下	
気候	熱帯モンスーン	
外気温度	平均	27.5 °C
	最低	13.3 °C
	最高	40.5 °C
年間平均降雨量		1,290 mm
相対湿度		65~100 %
風速	平均	37.0 km/時
	最高	72.0 km/時

以上の設計条件の下に、本計画の電気施設に対する設計値は次の通りとする。

表 3.16 設計値

設計風圧	電線	36 kg/m ²
	電柱	45 kg/m ²
	その他・資機材	36 kg/m ²
地中温度	最高	+25°C
弛度計算条件	最大弛度	75°C, 無風時
	最大張力	13°C, 最大風圧時
	常時張力(EDS)	27°C, 無風時
	安全率	2.5 最大張力時 4.0 常時張力時
太陽定数	最大太陽放射エネルギー	1,000 W/m ²
	太陽放射効率	0.8
	太陽熱効率	0.7

(4) 地質条件

2-3-1 (2)でも述べたように、配電線路および配電用変電所の基礎に特殊設計は不要と判断する。

(5) 設計基準

機器設計用の絶縁強度は以下の通りとする。

a) 22 kV 高圧配電施設

表 3.17 22 kV 高圧配電施設

電気方式	:	3 相 3 線式
定格電圧	:	22/15 kV
最高電圧	:	24 kV
インパルス耐電圧	:	125 kV
AC耐電圧 (rms)	:	50 kV
短時間電流 (1sec rms)	:	20 kA
定格遮断容量	:	50 kA
周波数	:	50 Hz

b) 400-230 V 低圧配電施設

表 3.18 400-230 V 低圧配電施設

電気方式	:	3 相 4 線式
定格電圧	:	400-230 V
最高電圧	:	440-254 V
AC 耐電圧 (rms)	:	2000 V
インパルス耐電圧	:	6000 V
周波数	:	50 Hz

(6) 接地方式

施設の接地方式は以下の通りとする。

表 3.19 施設の接地方式

22 kV 高圧系統	:	非接地 (発電端のみ低抵抗接地)
400-230 V 低圧系統	:	中性点直接接地

本計画の当該地区に建設予定の変電所に設置される変圧器の低圧側中性点の接地は堅固に接地するものとする。

(7) 許容最小離隔距離

a) 配電線路

電線最下点からの最小離隔距離を以下の通りとする。

表 3.20 電線最下点からの最小離隔距離

22kV 配電線の地上高	道路横断	:	6.5 m
	道路沿い	:	6.5 m
	その他	:	5.5 m
LV 配電線の地上高	道路横断	:	5.5 m
	道路沿い	:	5.5 m
	その他	:	5.0 m
引込線の地上高	道路横断	:	5.5 m
	道路沿い	:	5.5 m
	駐車場	:	3.5 m
	その他	:	2.7 m
22kV 相間離隔: 水平距離		:	0.7 m
	垂直距離	:	0.6 m
低圧線との離隔距離		:	1.2 m
通信線との離隔距離		:	1.8 m
低圧線と通信線との離隔距離		:	0.6 m

b) 作業離隔距離

安全作業を行うため、充電部との最小接近距離を以下の通りとする。

表 3.21 充電部との最小接近距離

22kV 高圧配電施設	:	0.46 m
400-230 V 低圧配電施設	:	0.15 m

(8) 電圧変動率

配電線路末端あるいは需要家端における電圧変動率は以下の通りとする。

表 3.22 需要家端における電圧変動率

22 kV 高圧配電線路	:	±5%
400-230 V 低圧配電線路	:	+5%, -6%

3-3-2 基本計画

(1) 対象地区及び施設

a) 対象地区

本計画の対象地区は、プノンペン市に隣接する以下の地区である。

- タクマウ地区 (Takmau)
- チュロイ・チャングワー地区 (Chroy Chang War)
- ポチェントン地区 (Pochengtong)
- ルッセイ・ケオ地区 (Russey Keo)

b) 施設の概要

本計画で対象地区に実施される施設の概要は以下の通りである。その詳細を資料 5.3 に示す。

表 3.23 対象地区に実施される施設の概要

		(a)	(b)	(c)	(d)	合計	
(i)	22kV 配電線の整備・拡張	km	17.6	14.8	25.0	23.9	81.3
(ii)	屋内変電所の新設	箇所	4	4	8	11	27
(iii)	既設変電所の改修・拡張	箇所	14	4	15	11	44
(iv)	屋外変電所の新設	箇所	-	-	4	1	5
(v)	柱上変圧器の新設	箇所	5	3	10	8	26
(vi)	低圧配電線の整備・拡張	km	54.5	22.3	66.8	47.9	191.5
(vii)	積算電力量計取付け	台	7,403	2,543	6,696	6,886	23,528
(viii)	コンデンサー設置	kVAR	3,400	600	4,600	6,400	15,000
(ix)	保守用車輛	式	-	-	-	-	1
(x)	保守用工具・機材	式	-	-	-	-	1
(xi)	予備品	式	-	-	-	-	1

(a):タクマウ地区 (b):チュロイ・チャングワー地区 (c):ポチェントン地区 (d):ルッセイ・ケオ地区

(2) 配電用変電設備

本計画に於いて実施される配電用変電設備は以下の3種類を採用する。

- 屋内式変電設備
- 屋外型・キュービクル式変電設備
- 柱上変電設備

各々の変電設備の諸元は下記の通りである。

a) 屋内式変電設備

屋内式変電所の建屋はコンクリートおよびレンガ構造とし、次の機器が設置される。

- ・ 22 kV フィーダ・キュービクル
- ・ 変圧器一次回路・キュービクル
- ・ 変圧器
- ・ 低圧分電盤、変流器および電力量計
- ・ コンデンサー・バンク
- ・ 負荷開閉器遠方制御装置、ケーブル事故検出装置(主要変電所のみ)

屋内式変電所の建屋は新設あるいは既設の建屋を改修して使用する。これらの変電所は変圧器容量別に分けて 400 kVA, 630 kVA, および 1000kVA の 3 種類とする。主要変電所のフィーダ用負荷開閉器は、給電指令所より遠方操作が可能なものとし、またフィーダ・ケーブルに事故検出装置を設備して、事故時には給電指令所に警報を送出するものとする。

屋内式変電所の機器配置および建屋を図 3.6 に示す。

変電所設備の主要機器の仕様は以下の通り。

i) 変圧器

- (a) 型式 : 3 相、無電圧タップ切換付き(±5%、5-ステップ)、屋内型油入変圧器
- (b) 容量 : 400 kVA, 630 kVA, 1000 kVA
- (c) 定格電圧 : 一次側 15 kV 切り替え後 22 kV
二次側 400 - 230 V 3 相 4 線式
- (d) ベクトルグループ: Dyn 11
- (e) 冷却方式 : 自冷式

ii) 22 kV 開閉機器キュービクル

フィーダ・キュービクルおよび変圧器一次回路キュービクルは 22 kV 自立屋内、閉鎖型である。フィーダ・キュービクルは負荷開閉器を設備し、遠方制御が可能な構造とする。変圧器一次回路・キュービクルは負荷開閉器および電力ヒューズを使用する。

(a) 22 kV 開閉装置

- 定格電圧 : 24 kV、50Hz
- 開閉装置 : 負荷開閉器
650 A フィーダー回路用
200 A 変圧器保護回路用、電力ヒューズ付
- 遮断容量 : 16 kA(1.0 秒)

(b) 計器用変成器

- 定格電圧 : 3 相、24 kV / 110 V

(c) 計器用変流器

- 定格電圧 : 24 kV
- 定格電流 : 20 / 5A(400 kVA 変圧器用)
30 / 5A(630 kVA 変圧器用)
50 / 5A(1000 kVA 変圧器用)

iii) 低圧回路用分電盤

低圧回路分電盤は屋内壁掛け型パネルである。主回路の開閉装置はモールドケース型遮断器 (MCCB) を使用し、フィーダ回路にはカートリッジ型ヒューズを使用する。

- (a) 使用電圧 : 400 - 230 V、3相4線
- (b) 負荷開閉装置 : 定格電流 1600 A(主回路用)
400 A(フィーダー回路用)
遮断容量(1.0 秒) 32 kA
- (c) フィーダ回路数 : 8回路

iv) 保護制御装置

- (a) 制御方式 : 手動式
遠方制御方式(主要変電所のみ可能)
- (b) 保護方式 : 電力ヒューズによる自動遮断、及び
接地事故による表示、警報(主要用変電所のみ可能)
- (c) 遠方制御システム

主要な屋内式変電所の 22 kV フィーダ用の負荷開閉器は簡易な無線信号搬送装置を設備して給電指令所より操作する。また、そのフィーダの電力ケーブルには接地事故検出

装置を設備し、事故時には無線装置を利用して警報信号を給電指令所に送出する。

遠方制御装置の主要は以下の通り。

接地事故検出器	(各フィーダー用ケーブルに取付け)
遠方制御用リレー盤	1式
受発信用ラジオアンテナ	1式

v) キャパシター

力率の改善と電圧降下を補償するため、工場負荷が多く変圧器容量が 400 kVA 以上の屋内式変電所にキャパシターを設備する。

(a) 型式	: 3相油入、屋内型
(b) 使用電圧	: 3相 400 V
(c) 周波数	: 50 Hz
(d) 定格容量	: 200 kVA、300 kVA
(e) 制御装置	: 12ステップ自動制御装置

b) 屋外型・キュービクル式変電設備

キュービクル式変電設備は屋外に設置するキュービクル内にフィーダ回路、変圧器至回路、変圧器低圧分電盤の全ての機器を納める構造とする。このキュービクルは風雨及び直射日光に充分耐えられる様設計し、屋外のコンクリート基礎上に据付られる。キュービクル式変電設備は 400 kVA および 630 kVA 変電設備の二種類とする。キュービクル式変電設備は既設屋内式変電所の改修工事期間中には、その仮設変電設備として使用される。

変電設備の主要機器の仕様は以下の通り。

i) 変圧器

(a) 型式	: 3相、無電圧タップ切換付き屋内型油入変圧器
(b) 定格電圧	: 一次側 15 kV 切り替え後 22 kV : 二次側 400 / 230 V 3相4線式
(c) べ'外ルグループ	: Dyn 11
(d) 冷却方式	: ONAN

ii) 22 kV 開閉装置

- (a) 定格電圧 : 24 kV / 50 Hz
- (b) 負荷開閉装置 : SF6 ガス遮断器
- (c) 定格電流 : 630 A フィーダー回路用
200 A 変圧器保護回路用電力ヒューズ付
- (d) 遮断容量 : 16 kA(1.0 秒)

iii) 低圧回路用分電盤

- (a) 型式 : キュービクル内分電盤
- (b) 使用電圧 : 3 相 400 V 単相 230 V
- (c) 負荷開閉遮断器 : 定格電流、1600 A(主回路用)
定格電流、400 A(フィーダー回路用)
遮断容量(1.0 秒) 32 kA
- (d) フィーダー回路数 : 8 回線

c) 柱上変電設備

柱上変電設備は 100 kVA、200 kVA、および 315 kVA 変圧器用変電所の 3 種類とする。変圧器はヒューズ断路器、避雷器、低圧分電箱と共に H 形柱上に設置される。

各柱上変電設備の主要機器の仕様は以下の通りとする。

i) 変圧器

- (a) 型式 : 3 相、無電圧タップ切換付き屋外型、油入変圧器
- (b) 定格電圧 : 一次側 15 kV 切り替え後 22 kV
二次側 400 - 230 kV 3 相 4 線式
- (c) ベクトルグループ : Dyn 11
- (d) 冷却方式 : ONAN

ii) ヒューズ・カットアウトスイッチ

- (a) 型式 : 柱上取付型、手動、フック棒操作式
- (b) 定格電圧 : 24 kV

(c) 定格電流 : 100 A

(d) 定格遮断電流 : 10 kA

iii) 避雷器

(a) 型式 : ZnO 型、屋外柱上取付式

(b) 定格電圧 : 24 kV、50 Hz

(c) 定格電流 : 5 kA

(d) 放電開始電圧 : 79.9 kV

iv) 低圧機器

100 kVA 変圧器用 : LV 遮断器

200 kVA 及び 315 kVA 変圧器用 : LV 盤

(a) LV 遮断器

型式 : 柱上取付型、ハンドル操作方式、2-フィーダー回路

使用電圧 : 400 - 230 V、3 相 4 線式、50 Hz

定格電流 : 165 A

(b) LV 盤

型式 : 屋外用キャビネット型、4 フィーダー回路

使用電圧 : 400 - 230 V、3 相 4 線式、50 Hz

定格電流 : 800 A

遮断容量 : 25 kA (1.0 秒)

d) 既設変電所設備の活用

本計画の対象地区には、44 ヶ所の既設 15 kV 屋内式変電所が設置されている。いずれの変電所の変電機器も製造後 25 年以上経過し、老朽化している。例えば、ポチェントン地区の変電所 No.149 においては 1960 年製造の 35 年以上経過した変電機器が運転されている。経年変化による劣化と容量的にも、その使用限界に達している。

前節 3.2.(4) で記述したように、ブノンベン電力系統は 22 kV に昇圧される計画である。従って、本計画において撤去される既設 15 kV 定格の変電機器はブノンベン電力系統では使用できなくなるが、EdC は撤去したこれら機器を地方の電力復興に利用する計画である。

既設変電所の建屋は破損、雨水の漏水等が生じているが、門扉、換気口等の修理、内部・外部のモルタル補修・塗装、および屋根の防水処理を行い、本計画で使用するものとする。

(3) 配電設備

本計画に於いて実施される配電設備の内訳は資料 5.3 に示す通りである。

a) 架空配電設備

i) 架空線支持物

架空線の支持物は鉄筋補強コンクリート柱とし、長さは高圧配電線用 12 m、低圧配電線用 9 m とする。支持物はその支持基礎力を補強するため、コンクリート製の根柵と底板を使用し、更に、角度柱と引き止め柱は打ち込みアンカーを持つ亜鉛メッキ鋼より線の支線あるいはコンクリートブロック基礎にて補強する。高圧および低圧配電線の装柱図を図 3.7 に示す。

支持物高さは下記の条件にて決定した。

表 3.24 支持物高さの設計条件

	高圧配電線 (m)	低圧配電線 (m)
径間	50.00	30.00
電線最低地上高さ	5.50	5.50
電線の弛度	1.76	0.77
電線の最低取付位置から最上部までの距離	2.26	0.25
電線地上高の裕度	0.48	0.98
電柱の根入れ	2.00	1.50
合計(必要支持物高)	12.00	9.00

ii) 碍子

22 kV 配電線にはピン碍子及び耐張碍子を使用し、電線は被覆バインド線にて碍子に固定される。

ピン碍子は電線の引き通し部分、縁回し部分の電線支持に、耐長碍子は電線の引き留めに使用される。

iii) 電線

本計画地区の既設配電線用の 15 kV 開閉装置の動作回数が異常に多いが、その大部分が電線の混触と樹木との接触による短絡、地絡事故が原因と考えられる。これらの事故対策として、従来使用されていた裸電線に変えて硬アルミ絶縁電線あるいは絶縁ケーブルを使用する。低圧配電線は全て絶縁ケーブルとし、柱上、家屋の軒下あるいは側壁に設置する。

主なる電線の内容は次の通りである。

(a) 高圧架空線

- 被覆電線 : ポリエチレン被覆アルミ導体電線、単芯 x 150 mm²
架空ケーブル : メッセンジャー・ワイヤー付架橋ポリエチレン絶縁ビニルシース・アルミ導体ケーブル、3 芯 x 150 mm²

(b) 高圧地中線

- 地中ケーブル : 架橋ポリエチレン絶縁ビニルシース・アルミ導体ケーブル、3 芯 x 240 mm²

(c) 低圧架空線

- 架空ケーブル : 架橋ポリエチレン絶縁ビニルシース・アルミ導体ケーブル
3 芯 x 150 mm² + 1 芯 x 75 mm²

(d) 引込線

- : ビニール絶縁アルミ電線、2 コ撚り x 3.5 mm²、
2 コ撚り x 8 mm²、4 コ撚り x 8 mm²

iv) 腕 金

架空配電線路は 1 回線千鳥配列とし、腕金は亜鉛メッキ・チャンネル鋼材を通しボルトにて支持物に取り付ける。

v) ヒューズカットアウト・スイッチ

柱上変圧器設備の変圧器保護用の一次側カットアウト・スイッチはドロップアウト型、24 kV、100 A とし、取り付けヒューズは変圧器容量によって 10A、15A、20A が使用される。

vi) 避雷器

避雷器の定格は 24 kV、5 kA とし、架空配電線路の末端、架空線路開閉器の負荷側および地中ケーブルと架空線路の接続個所に設置される。

vii) 接地装置

電柱上に設置される配電用変圧器、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。

viii) 積算電力量計

積算電力量計は屋外用、サイクロメータ型である。一般需要家には単相計器が使用され、工場負荷には3相計器が使用される。22 kV 供給の需要家には変成器付の3相計器が使用される。

積算電力量計の仕様を次に示す。

表 3.25 積算電力量計の仕様

	単相	3相	3相(CT付)
定格電圧：	230 V	230 / 400 V	230 / 400 V
周波数：	50 Hz	50 Hz	50 Hz
定格電流：	5 - 20 A 15 - 60 A	10 - 30 A 30 - 90 A	5 A
力率：	0.7 - 0.98	0.7 - 0.98	0.7 - 0.98
精度：	Class 2	Class 2	Class 2
読み値：	6桁	6桁	7桁

一般需要家用の単相計器は3～5台を集合計器箱に収納し需要家群の近くに設置する。

b) 地中配電設備

地中配電線路に使用するケーブルは、24kV 架橋ポリエチレン絶縁アルミ導体、3芯ケーブル、240mm²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。

道路沿または歩道に埋設する地中ケーブルは直接埋設方式とする。道路横断の埋設ケーブルは想定交通最大荷重に十分に耐えられるビニール・パイプあるいはコンクリート・ダクトによって保護される。

地中ケーブルの埋設方式を図 3.8 に示す。

(4) 土木・建築工事

屋内式変電設備、キュービクル変電設備の新設或いは改修には次の土木・建築工事が必要である。

- 敷地造成工事
- レンガ構造建物新設工事
- 既設変電所建屋の修復及び拡張工事
- 変電機器の基礎工事
- 接地工事

a) 敷地造成工事

本計画による、屋内式変電所の新設および変圧器の増容量、22 kV 開閉装置の設置のため既設建屋の拡張に伴う敷地造成工事が必要となる。

地区ごとの新設変電所および既設建屋拡張の内訳は下記の通りとなる。

表 3.26 新設変電所および既設建屋拡張の内訳

対象地区	キュービクル式 変電所新設	屋内式変電所	
		新設	既設建屋拡張
タクマウ	0	4	2
チュロイ・チャングワー	0	4	0
ポチェントン	4	8	1
ルッセイ・ケオ	1	11	0
合計	5	27	3

新設・拡張に必要な敷地造成面積は 1,393 m² である。土地は全て EdC によって取得され、その詳細を資料 5.4 に示す。

b) 屋内式変電所の建屋の新設工事

変電所建屋の構造は、コンクリート・レンガ造りとし、鉄製扉、屋内照明、窓枠及び換気口を設けるものとし、変圧器及び 22 kV キュービクルの基礎、床コンクリート工事、ケーブルダクト工事を実施する。

新設される建屋の大きさ及び数量は以下の通りである。

表 3.27 新設される建屋の大きさ及び数量

寸法 (m) 横幅×奥行×高さ	数量
4.0×3.8×4.8	25
7.0×3.8×4.8	1
7.8×5.0×4.8	1

c) 既設屋内式変電所建屋の拡張工事・修復工事

i) 拡張工事

既設建屋を利用し、一部を拡張して電気設備を据付ける。拡張工事を行う建屋の寸法及び数は以下の通り。

表 3.28 拡張工事を行なう建屋の大きさ及び数量

対象地区	建屋数	既設建屋の寸法 (W)×(L)×(H) (m)	拡張後の建屋寸法 (W)×(L)×(H) (m)
タクマウ	1	7.4 × 5.8 × 4.97	11.4 × 5.8 × 4.97
	1	2.8 × 2.8 × 4.71	4.0 × 3.8 × 4.71
ポチェントン	1	3.8 × 3.8 × 4.94	7.3 × 3.8 × 4.94

ii) 修復工事

修理作業

既設変電所建屋に設置されている扉・換気装置等が破損しているため修理が必要である。修理内容及び必要数量は以下の通りである。

表 3.29 修理内容及び必要数量

対象地区	修理	
	扉	換気口
タクマウ	3	4
チュロイ・チャングワー	2	3
ポチェントン	1	5
ルッセイ・ケオ	3	7
合計	9	19

屋根の防水工事

既存の建屋の屋根の防水工事が必要である。

表 3.30 防水工事の必要数量

対象地区	建屋数	屋根の面積 (m ²)
タクマウ	4	96
チュロイ・チャングワー	4	55
ポチェントン	2	36
ルッセイ・ケオ	3	58
合計	13	245

床上げ工事

洪水時の水位上昇を考慮して、既設建屋の床を上げる必要がある。

表 3.31 床上げ工事の必要数量

対象地区	建屋数	床上げ高さ (mm)	床面積 (m ²)
タクマウ	3	200	70.9
チュロイ・チャングワー	1	300	12.5
ポチェントン	1	100	15.6
	1	200	16.0
	1	300	14.5
	1	500	15.3
ルッセイ・ケオ	1	200	22.8
合計	9		167.6

変圧器撤去・搬入に伴う壁面工事

既設変圧器撤去時又は新しい変圧器搬入時には建屋の扉を取りはずして行われる。

これらの据付工事によって生じた損傷は、新変圧器搬入後復旧させる。

内装・外装・仕上げ工事

既設変電所の内装・外装に関して、塗装工事を実施する塗装面積は以下の通りである。

表 3.32 塗装工事の必要数量

対象地区	建屋数	塗装面積 (m ²)
タクマウ	14	3,106
チュロイ・チャングワー	4	674
ポチェントン	0	0
ルッセイ・ケオ	10	2,000
合計	28	5,780

d) 接地工事

全変電設備に設置される電気機器及びその他保安上必要な箇所は 35mm² の銅帯又はケーブルで接地を行う。接地極は打ち込み式の銅被覆鋼棒を使用する。

変圧器中性点の接地抵抗値は 10Ω 以下とする。

3-4 プロジェクトの実施体制

3-4-1 組織

(1) 全体組織

本計画の監督官庁である鉱工業・エネルギー省の組織図を図 2.1 に、実施者である EdC の組織図を図 2.2 に示す。

(2) 計画・建設に関わる組織機能

EdC は外国の援助で実施される計画に対し、特別のチームを編成して対応している。日本政府の無償資金協力の下に実施した先のプノンペン電力復興マスタープラン調査から、第 1 次プノンペン電力施設改善計画の基本設計調査および実施、さらに今回の基本設計調査まで、一貫して計画部およびプロジェクト建設部が担当してきている。本計画の実施に際してもプロジェクト建設部の下に「プロジェクト事務所」が設置され、計画部配電課・技術課、プロジェクト建設部建設課・管理課および配電部配電運用課・計器課がその任に当たる。尚、計画部は海外援助の担当窓口でもある。

計画実施のための、各部・課の担当業務を次に示す。

表 3.33 EdC 各部・課の担当業務

部	課	担当業務
計画部	配電計画課	- 計画に関わる調査及び解析・検討
	技術課	- 技術的問題の解析・検討 - 他計画との調整 - 海外援助の窓口業務
建設部	建設課	- 建設工事の工程・施工監理 - 現地試験立ち会い
	管理課	- 業者契約手続き - 工事停電の公報・実施 - 建設に必要な関係官庁の認可の申請・取得 - 地区住民との調整・折衝
配電部	配電運用課	- 需要家への引込線の取り外し・再接続 - 既設配電線の撤去・保管
	計器課	- 新規取り付け電力量計の検定・封印

プロジェクト事務所は、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 4-1-1(3)項で説明する「カンボディア国側実施項目」の実質的な実施者となる。その他、

必要に応じて他部門の支援を受けるものとする。

3-4-2 予算

EdC の予算は職員の人件費も含む EdC の運営費および所有する電力施設の運用、維持費のための運転・保守の予算であり、EdC 自身で調達している予算である。

大型プロジェクトを実施する場合、カンボディア国側負担費用は別途政府によって特別予算が組まれる。最近 2 年間のプノンペン市発電・配電計画の実績と現在実施中のプロジェクトの政府予算を次表に示す。

表 3.34 現在実施中のプロジェクトの政府予算 (単位:千 US\$)

資金源/計画名	計画内容	1995	1996	1997	1998	1999
日本/無償第 1 次計画	発・配電計画	92	61			
フランス/無償第 3 期	配電計画	24	16			
ADB/第 1 期	発・配電計画	42	280			
アイルランド/第 2 期	配電計画	52	13			
ベルギー/無償第 1 期	配電計画		48			
民間/IPP-1	発電計画			140		
ベルギー/無償第 2 期	配電計画			74		
フランス/無償第 4 期	配電計画			90		
ADB/第 2 期	配電計画			3,150	1,750	700
WB/第 1 期	配電計画			1,500	2,000	1,170
合計		210	418	4,954	3,750	1,870

本計画の実施に際しても、カンボディア国側負担費用は別途政府によって特別予算が組まれることになる。この点については EdC との協議の席上確認されており、上記に示す過去の実績から判断し、問題ないと考える。

3-4-3 要員・技術レベル

本計画の実施に直接携わる要員は、計画の調査・策定を担当する計画部の 11 名、計画の実施・運営を担当するプロジェクト建設部の 32 名、カンボディア国側負担工事を実施する配電部の約 30 名の合計約 73 名が従事することになる。その他、補助・支援業務のため総務部、発電部等も協力体制をとるものとする。しかし、大規模な WB、ADB および本計画の実施が輻輳する 1998 年から 1999 年初頭にかけて、計画部およびプロジェクト建設部の現在の人員では円滑な計画の実施に対応できない。従って、コンサル

タントの強力な補助・支援が必要となる。

1993年から1996年にかけて、EdC職員に対する発電・配電・系統運用技術、会計処理等各分野におけるトレーニングが各援助機関により海外および現地において実施された。このトレーニングはフランス、日本、ベルギー、アイルランド、ニュージーランド、ブノンペンで実施され、その人月数は延べ393人月におよんでいる。さらに、WB、ADBの配電プロジェクトの実施状況から見て、EdCの技術力は本計画の実施に支障ないものと判断する。

第 4 章
事業計画

4. 事業計画

4-1 施工計画

4-1-1 施工方針

配電施設は、支持物・電線・ケーブル・変圧器など形状、特性の異なった数多くの資機材から構成されており、資機材はそれ自身の形状と特性からくる異なった電氣的・機械的強度を持つ。従って、施工に際しては資機材の特性を生かした最適な工法を採用し、施設の供給信頼度と社会安全の確保を図る必要がある。さらに、配電線路・配電用変電所の停電作業において、予定された時間内の安全性を考慮し、かつ迅速・確実な施工結果が要求される。

日本をはじめ、各国・機関の援助で多くの配電網整備計画が実施されており、これらの計画を通して有力な現地施工業者が育成されつつあるが、未だ施工経験の少ない現地業者独自の工事では施工上あるいは施工後に問題があると考えられる。従って、工事は日本人技術者の指導のもとに現地業者によって行い、一部のケーブルの接続、配電用変電所の機器組立、調整、試験等の作業は、現地業者がこれらの作業に熟練するまで、直接日本人技術者が施工することとする。

一方 EdC は当該計画を実施する能力を有しているが、計画・設計、施工監理を行うための十分な技術者を保有していない、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および業者の作業内容とカンボディア国側実施項目の主なるものは次の通りである。

(1) 日本側コンサルタントの業務

国内作業

- (i) 配電線および配電用変電所の詳細設計
- (ii) 資機材購入および工事用入札書類の作成
- (iii) 入札作業および入札審査作業
- (iv) 契約交渉および契約締結の補助
- (v) 製作図面・図書の承認作業および図面・図書に対するコメントの作成
- (vi) 船積み前の工場検査立ち会い
- (vii) 検査証明書の発行
- (viii) JICA への説明、報告業務

現場作業

- (i) 配電線および配電用変電所の補助的工事用図面の作成
- (ii) 建設工事予定表の検討・調整
- (iii) 建設工事の工程・施工管理
- (iv) 安全の管理
- (v) 工事用図面および施工要領の審査および承認
- (vi) 技術の移転
- (vii) 受け入れ試験実施計画書の承認作業
- (viii) 受け入れ試験立ち会い
- (ix) 建設工事に関する月報の作成
- (x) 出来高、支払い証明の発行
- (xi) 工事完成記録の作成

(2) 日本業者の業務

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、工場試験、梱包、現地までの輸送、計画施設の建設工事、完成試験を行う。尚、工事実施に必要な許可の取得、停電作業の支援およびカウンターパートの提供、需要家への引き込み線の取り外し、再接続等の支援作業は EdC との協議結果に基づき、カンボディア国側が行う。

またチュロイ・チャングワー橋（通称：日本橋）への電力ケーブル敷設および公共道路の掘削および修復については、第 4-1-2 節で説明するように、工事許可取得のために、業者による事前工事計画書の提出が必要となる。

(3) カンボディア国側実施項目

無償資金協力が実施された場合のカンボディア国側負担事項は以下の通りである。

- (i) バンキング・アレンジメント
- (ii) カンボディア国への輸入許可の取得およ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および携帯工具等に対する免税
- (iv) 計画地区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) 地区住民とのトラブルの解決
- (vii) 需要家への引き込み線取り外し、再接続
- (viii) 建設計画に見合った停電の公報および実施
- (ix) 既設配電線の撤去
- (x) 計画に必要な用地の取得
- (xi) その他無償資金協力で供与できない項目

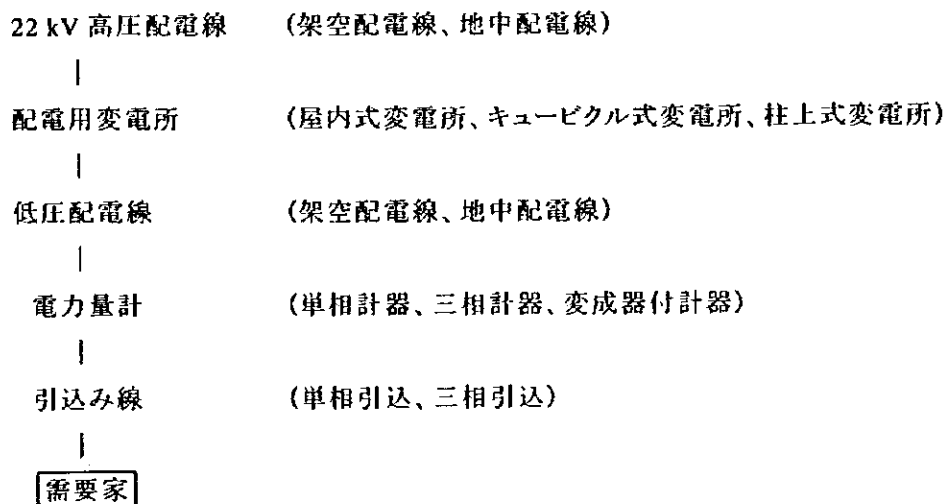
4-1-2 施工上の留意事項

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。

- (i) 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。
- (ii) 配電線或いは配電用変電所の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。
- (iii) 地中線工事の施工には、公共事業・運輸省道路局より道路使用許可の事前取得が必要である。また、路面修復は道路局の基準に従って実施する。
- (iv) 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、許可申請が必要である。
- (v) サップ川横断の電力ケーブルは日本橋上に敷設する。その敷設工法および橋の使用については、公共事業・運輸省の承認が必要である。
- (vi) 空港周辺の配電線については、国際空港法によって規定されている離隔距離および高さ制限を確保する。

4-1-3 施工区分

高压配電線から引込み線にいたる配電施設の構成を次に示す。



各国・機関の援助による配電網整備計画の資機材の供給および工事範囲は、高压配電線から引込み線にいたる、全ての必要資機材が供給されているが、工事範囲は高压線、配電用変電所、低压線、需要家用電力量計の取り付けまでであり、電力量計から需要家までの引込み線工事は EdC によって行われている。

従って、本計画の下に供与される資機材及び建設工事の区分は次に示すとおりである。

- (1) 22 kV 高压配電施設： 高压架空および地中配電線の整備・拡張に必要な資機材の供与とその建設工事。
- (2) 22-15 kV/400-230 V 配電用変電施設： 地上式配電用変電所、キュービクル式配電用変電所、柱上変電設備の整備・拡張に必要な資機材の供与とその建設工事。
- (3) 400-230 V 低压配電施設： 低压架空および地中配電線の整備・拡張に必要な資機材の供与とその建設工事。
- (4) 電力量計施設：電力量計の整備・拡張に必要な資機材の供与とその建設工事。
- (5) 引込み線施設： 引込み線の整備・拡張に必要な資機材の供与。既設引込み線の取り外し・新規取り付けは EdC によって行われる。
- (6) その他上記資機材の輸送、屋内式配電用変電所の基礎・建屋工事および建設期間中の現地工事業者・EdC 職員への工事・運転・保守に関する訓練。

4-1-4 施工監理計画

無償資金協力プロジェクトでは、基本設計調査の結果をもとに日本政府による計画の妥当性の確認をもって、両国政府間で交換公文 (E/N) の取り交しが行われ、プロジェクトが開始される。実施設計及び施工監理を遂行するに当たっては、特に下記事項に留意して体制を確立する。

- 1) 業務計画の実施に至る背景を理解する。
- 2) 基本設計調査報告の内容を把握する。
- 3) 無償資金協力の仕組みを理解する。
- 4) 二国間で締結された交換公文の内容を把握する。
- 5) 現地の施工条件を十分考慮する。

上記項目をふまえ業務の内容、担当、計画についての体制を以下に示す。

(I) コンサルタント業務

(a) 実施設計・入札書類の作成

(i) 実施設計

基本設計調査の結果をふまえ、現地調査及びカンボディア国側との協議を通して工事費の確認を行なうと共にカンボディア国の負担工事も明確にする。入札書類作成に先立ち、計画の為の詳細設計の実施、工事費の積算、施工計画の作成を行う。

(ii) 入札書類の作成

詳細設計、施工計画及び無償資金協力の制度に従い入札書類の作成を行う。

(b) 施工監理

(i) 入札業務

入札公告、質問・回答、入札の立ち会い、入札結果の評価、契約交渉の補助および業者契約の立ち会いが含まれる。

(ii) 監督業務

着手前関係者協議、設計図の承認業務、出荷前製品検査、現地据付工事監理、工事期間中の業務報告書の作成、中間出来高証明書の発行、竣工検査と手続きを行う。尚、建設工事の特殊性から、建設工事及び新設設備への切り替えに伴う停電計画の調整が重要な作業の一つとなる。

(iii) 建設・据付工事完了後業務

竣工証明書の発行、竣工引渡手続業務、最終業務報告書作成および1年後に実施される瑕疵検査業務が含まれる。

(2) コンサルタント業務担当者

上述(i)の業務内容を円滑に進捗させるために類似業務の経験が豊富であり、本プロジェクトの内容を十分に理解している者をプロジェクトの総括業務の長にして、詳細設計業務、入札業務、承認図審査及び製品検査、工事監理業務を担当する各スタッフによる実施体制を整える必要がある。

(a) 業務主任担当者

本計画の背景・目的を十分理解して業務全般の管理業務を行ない、特に全体的な工程管理と業務期間中の進捗状況を把握し、必要に応じて適切なアドバイスを各担当に行なう。

(b) 実施設計担当者

策定された基本計画に基づき、計画遂行に必要な機器や資材の仕様、機器配置、計画の為の詳細設計、停電工事計画を折り込んだ施工計画、工事費の積算業務を行う。

(c) 入札業務担当者

計画の為の入札書類を取りまとめ、入札告示、入札立ち会い、入札書類評価業務、契約交渉及び契約立ち会い業務を行なう。

(d) 承認図審査及び製品検査担当者

本社で契約者が提出する承認用図面、据付、説明書等を審査し、承認又は再提出を提示するとともに、機材の出荷前に製品検査も遂行する。

(e) 工事監理担当者

常駐監理者が、工事着工より竣工までの現場における業務を管理するものとする。また、架空線・地中線・変電所の専門技術者が必要時期に現地に滞在し、監理業務を行う。

4-1-5 資機材調達計画

本計画においては現地で調達できる資機材を最大限に活用するものとする。工事に使用されるセメント、管材、煉瓦、木材、鋼材は現地調達となる。さらに、工場施設の現地調査の結果、コンクリート電柱の現地調達は可能であると判断した。したがって、本計画で使用する高圧および低圧用の電柱は現地調達とする。

資機材の調達については、下記の点について充分なる検討と考慮を払い、その調達先を決めるものとする。

- i) 相手側において従来使用されており運転・保守が容易である。
- ii) 相手国で調達・修理が可能で品質的に問題がなく価格的に有利なもの。
- iii) 他の計画で使用されている資機材との整合性。

本計画に使用される主たる資機材の調達案を次に示す。

表 4.1 資機材調達案

分類	使用先	資機材	調達先(案)
支持物	高圧配電線	コンクリート柱	現地調達
	低圧配電線	コンクリート柱	現地調達
支線		鋼線、支線碍子・金物	国内調達
		アンカー	国内調達
電線	高圧配電線	架空被覆電線	国内調達
		架空ケーブル	スウェーデン
		地中ケーブル	スウェーデン
	低圧配電線	架空ケーブル	ノルウェー
		地中ケーブル	ノルウェー
	引込み線	絶縁電線	国内調達
	その他	接地線、引回し線	国内調達
電線付属品		コネクタ類	電線調達先に同じ
		接続箱	電線調達先に同じ
		端末処理材	電線調達先に同じ
		ケーブルトラフ	国内調達
碍子	高圧配電線	ピン碍子	国内調達
		耐張碍子	国内調達
	低圧配電線	低圧碍子	国内調達
装柱金物		腕金、ボルト・ナット	国内調達
		接地棒・接地板、その他雑金物	国内調達
変圧器		柱上設置用変圧器	インドネシア
		地上設置用変圧器	タイ
閉鎖盤	高圧配電線	高圧開閉器盤	フランス
	低圧配電線	低圧開閉器盤	シンガポール
電力量計	低圧配電線	積算電力量計	インドネシア/ドイツ
電力計箱	低圧配電線	電力計箱	マレーシア/フランス
コンデンサー	低圧配電線	開閉器付コンデンサー	フランス

4-1-6 実施工程

本計画は、その作業量及び資機材の製作・輸送期間を考慮して、2期分けとし、第1期を単年度、第2期を国債案件として実施する。

各期の施設内容は次の通りである。

第1期計画

実施地区： タクマウ地区、チュロイ・チャングワー地区

(a)	22 kV 高压架空配電線	16.8	km
(b)	22 kV 高压地中配電線	15.6	km
(c)	配電用変電所	26	ヶ所
(d)	パットマウント変電所	-	ヶ所
(e)	柱上変圧器	8	ヶ所
(f)	低压配電線	76.8	km
(g)	積算電力量計	9,946	台
(h)	コンデンサー	4,000	MVA
(i)	保守用工具	1	式
(j)	保守用車輛	1	式
(k)	予備品	1	式

第2期計画

実施地区： ポチェントン地区、ルッセイ・ケオ地区

(a)	22 kV 高压架空配電線	31.4	km
(b)	22 kV 高压地中配電線	17.5	km
(c)	配電用変電所	45	ヶ所
(d)	パットマウント変電所	5	ヶ所
(e)	柱上変圧器	18	ヶ所
(f)	低压配電線	114.7	km
(g)	積算電力量計	13,582	台
(h)	コンデンサー	11,000	MVA
(i)	予備品	1	式

第1期、第2期それぞれの工期は以下の通りである。

期分け	実施設計	機材調達/工事期間
第1期	3	12
第2期	3	15

実施工程を表 4.3 に示す。

表4.3 事業実施工程計画表

項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34				
交換公文印刷																																						
デジタル契約																																						
設計																																						
業者契約																																						
発注																																						
実施																																						
デジタル契約																																						
設計																																						
業者契約																																						
発注																																						
実施																																						

4-2 概算事業費

4-2-1 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 33 億円となり、先に述べた日本とカンボディア国との負担区分に基づく双方の経費内訳は、下記に示す積算条件によれば次の通りと見積もられる。

- ・ 積算時点 平成 9 年 6 月
- ・ 為替変換レート 1US\$ = 121.37 円
1FFr = 21.58 円
1Sp\$ = 85.21 円
- ・ 施工期間 表 4.3「事業実施工程計画表」に示したとおりである。
- ・ その他 本計画は、日本国政府の無償資金協力制度に従い実施されるものとする。

(1) 日本側負担経費

表 4.4 日本側負担経費 (億円)

事業費区分	第 1 期	第 2 期	合計
1. 建設費	4.18	3.45	7.63
i) 直接工事費	1.20	1.29	2.49
ii) 共通仮設費	0.94	0.68	1.62
iii) 輸送梱包費	0.52	0.02	0.54
iv) 現場経費	1.41	1.32	2.73
v) 一般管理費	0.12	0.13	0.25
2. 機材費	9.77	12.74	22.51
3. 設計・管理費	1.41	1.32	2.73
合計	15.36	17.51	32.87

(2) カンボディア国負担経費

無償資金協力が実施された場合、カンボディア国の負担経費は以下の通りとなる。

・ 屋内式変電所建屋の新設・拡張に伴う土地取得費	1,393 m ² x 100US\$/m ²	US\$ 139,300
・ 需要家引込み線工事	23,528 x 20,000 需要家/Riel	Riel 470,560 x 10 ³

上記費用の他に、銀行取極め(B/A)手続き費用、支払い授權書(A/P)発給費用、カンボディア国への輸入許可取得及びそのための費用の負担がある。計画の円滑な実施の為、EdC は事前にこれらの費用を確保しておく必要がある。

4-2-2 運営維持管理計画

配電施設の運営・維持には、配電部(職員数 306 人)、営業・販売部(職員数 213 人)、検査・管理室(職員数 22 名)がその任に当たっている、各部の担当業務は次に示す通りである。

配電部	給電指令、配電運用・保守、事故処理、電力計検定・修理
営業・販売部	需給契約、検針、料金認定、集金監理
検査・管理室	盗電対策、設備検査、苦情・事故受付

配電施設の運転・保守は、配電部が直接行っており、その人員数は 306 人であり EdC 総従業員の 25%にあたる。WB、ADB および本計画実施後のプノンペン配電網の高・低圧配電線の総延長は約 920 km となる。また、直接配電運用・保守に携わる職員は 282 人であるので、一人当たりの保守割り当て線路延長は僅かに約 3.4 km となる。したがって、配電部の職員の増員は必要ないものと考えられる。

現在一般需要家への電力供給は卸売業者を通じてなされているが、本計画実施後においては全て EdC より直接供給される事になる。現在フランスの援助によってフランスのコンサルタントがその料金徴収体制について検討・策定がなされており、1997 年末までに報告書が提出される。

最近 3 年間の EdC の全体予算および配電設備の維持・管理費用を次の表に示す。

	1994	1995	1996
EdC 全体予算	34,789	40,162	69,956
配電設備運転・保守費	417	512	842

1996 年の全体予算、配電設備運転・保守費は、1994 年のそれぞれに対し約 2 倍に増加している。全体予算に対する配電設備運転・保守費の割合は約 1.2%と 3 年間一定である。

電力施設の運転・保守には予備品、人件費、事務経費等の費用が必要である。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次に示す。

(1) 材料費は本計画の施設のみを対象とする。

ピン碍子	50 (pcs)× 60 (US\$/pc)	= US\$ 3,000
耐張碍子	50 (pcs)× 200 (US\$/pc)	= US\$ 10,000
ケーブル端末	2 (set)× 500 (US\$/set)	= US\$ 1,000
避雷器	10 (set)× 2,500 (US\$/set)	= US\$ 25,000
絶縁油	360 liter× 12 (US\$)	= US\$ 4,320
ヒューズ類	1 lot× 3,000 (US\$/lot)	= US\$ 3,000
電力量計	30 (set)× 60 (US\$)	= US\$ 1,800
合計		US\$ 48,120

(2) 人件費は現在人員で対処できるため計上しない。

第 5 章

プロジェクトの評価と提言

5. プロジェクトの評価と提言

5-1 プロジェクトの評価

現在、計画地区の配電系統で顕在化している問題点および本計画の実施による対応策を次に示す。

問題点	対応策
<p>(1) 配電容量の不足、電圧降下および電力損失</p> <p>既設配電網は、電圧降下および電力損失が大きく、また配電容量が小さく現在の需要にさえ対応できない。</p>	<p>電線サイズの格上げ、フィーダの追加、配電用変圧器の増設、コンデンサーの設置等により、配電容量の増加と同時に電圧降下および電力損失の軽減を図る。</p>
<p>(2) 低い供給信頼度</p> <p>a) 既設配電フィーダの供給範囲が広く事故時の供給範囲が大きい。</p> <p>b) 老朽化した機器の事故発生率が高い。</p> <p>c) 裸線が使用されているため、樹木或いは電線相互の接触事故が多い。</p>	<p>老朽化した機器の更新により、事故発生を抑制する。</p> <p>絶縁電線の採用により、接触事故をなくする。</p>
<p>(3) 低圧配電線の電力損失の需要家者負担</p> <p>各需要家端に積算電力量計が取付けられていない。積算電力量計は各変電所に隣接した、集合計器室に設置されている、従って低圧配電線による電力損失も需要家負担として計量されている。</p>	<p>積算電力量計は各需要家の近くに取付ける。</p>
<p>(4) 煩雑な低圧配電網</p> <p>配電用変電所の計器室より、各需要家向けにサイズの小さな電線を長い距離に亘り煩雑に引き回している。従って、系統上の電圧降下および電力損失の大部分はこの低圧配電網によって発生している。</p>	<p>変電所より容量の大きい低圧幹線フィーダを需要家群の近くまで施設し、その地点に集合計器箱を設置し、それより最短距離の引込線にて各需要家に供給する。</p>

問題点	対応策
<p>(5) 卸売業者による料金の不正徴収</p> <p>決められた電気料金の範囲で電力を販売して なく、高い料金を徴収している。</p>	<p>整備の完了した区域より、EdC は卸売業者との契 約を破棄し、EdC と需要家との直接契約とする。</p>
<p>(6) 配電保守機材</p> <p>配電用保守機材の不足により保守作業に支障を 来している。</p>	<p>配電用保守機材の供与により、適正な保守業務 の向上が期待できる。</p>
<p>(7) 配電用機器の予備品</p> <p>予備品の不足により故障した機器は応急的に不 適切な方法により修理され運転されており、その信 頼性の低下および安全性に問題がある。</p>	<p>予備品の供与により、適切な修理を行いその信頼 性と安全性の確保を図る。</p>

本計画の実施により、下記の効果がもたされる。

- － 電力損失の低減、電圧降下の改善および電力の安定供給が確保される。
- － 配電線事故を低減し、供給信頼度の改善に寄与する。
- － 電化率を向上させ、住民の生活レベルの向上、福祉の改善に寄与する。
- － 適正な電力料金の適用の効果を生む。
- － 配電電圧の一元化により、保守用資機材の共用が可能となり、系統運営を容易にする。
- － 運転・保守要員の技術レベルの向上を促進する。
- － 煩雑な低圧配電網の整備によって景観が改善される。

現在、需要家に課せられている劣悪なサービスレベルの改善のみならず、潜在需要家の電力ニーズを満たし、安定した電力供給による地区のインフラ・経済復興の促進、住民の福祉の向上が達せられる。更には、電力損失の低減、また本計画地区の電力需要が 2002 年において予測値 220GWh に達すれば、その電力料金は現時点に比べて約 18 百万 US\$ の収入増となる。これらは EdC の財務の改善に多大な貢献をもたらすものである。資料 5.5 に 1998 年と 2002 年における電気料金収入比較計算を示す。

本計画による、直接的に恩恵を受ける裨益人口は、その面積 238 km²に住む約 27 万人と想定される。また、チュロイ・チャングワー地区および他の計画地区の一部では小容量の低効率のディーゼル発電機にて電力を得ているが、これらの地区が EdC の電力系統によって電化されれば、民生レベルが大幅に改善されることになる。

以上から本計画を無償資金協力で実施することは妥当なものと判断される。

5-2 提言

本計画の実施に際して、その施設を効果的に運用するため下記の提言をおこなう。

設備管理台帳の整備

配電設備を個別に設置場所、型式、容量、製造年、施設年、修理歴などの情報を設備管理台帳に蓄積し、施設の稼働状況の把握と設備の保守業務に資するものとする。

配電系統の地図化

配電系統の地図化、地図はスケール 1/2,000 として、次の事項を表記するものとする。

- 高・低圧地中線のルートおよびケーブル埋設標識の位置
- ケーブルの種類、サイズおよび条数

- 高・低圧架空線のルート
- 支持物の位置、タイプおよび支持物間の距離
- 電線の種類、サイズおよび条数

- 配電用変電所の位置、タイプおよび容量

- 電力量計箱の位置および内蔵計器の数
- 引込み線の種類、サイズおよび条数
- 需要家の位置

配電系統地図は、上記の設備管理台帳と相俟って、配電施設の運転・保守および施設の新設・増設・廃止等の工事計画の作成に不可欠なものである。

定期検査の実施

定期的な線路巡視および配電機器の動作試験・点検を行い、必要に応じ即時改修を行い、設備の安全性・信頼性を確保する。尚、線路巡視および機器点検に当たっては巡視リスト・点検リストを準備する。

電力量計の検定システム

需要家の電力使用量を計量する電力量計は、一定期間毎に交換し、誤差が所定の範囲にあるか検定を行い、必要であれば電力量計の調整を行う。電力量計の需要家への取り付けに際しては適切な方法

にて封印するものとする。

運転・保守員のトレーニング

EdC の技術力はその質・量においていまだ不十分である。不十分な技術力においては設備の劣化を早め、また事故の一因となる。人材の育成が緊急、且つ中・長期に亘って実施する必要がある。

本計画の実施に際しては、コンサルタントおよびコントラクター両者による OJT を通して実際の実施工事・運転・保守の訓練を行うのが適切である。

配電系統の電圧管理

定期的に系統電圧(発電所送出端、変電所、需要家端)を記録計をもって 24 時間測定し、電圧変動が基準値以内であることを確認する。必要であれば変圧器タップの調整あるいはコンデンサ容量の調整をして需要家端電圧を基準値以内に維持する。