

国際協力事業団
カンボディア国
カンボディア電力公社

カンボディア国
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調査

要 約

平成 5 年 7 月

カンボディア国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調査共同企業体

日本工営株式会社
東電設計株式会社

鉅 調 査
J R
93-110

カンボディア国

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調査

要 約

平成 5 年 7 月

調査共同企業体



国際協力事業団
カンボディア国
カンボディア電力公社

カンボディア国
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調査

要 約

JICA LIBRARY



1120147121

27839

平成 5 年 7 月

カンボディア国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調査共同企業体

日本工営株式会社
東電設計株式会社

国際協力事業団

27839

目次

1. 序	1
2. カンボディアの経済的背景	1
2.1 経済一般	1
2.2 復興計画と外国援助	2
3. カンボディアの電力セクター	3
3.1 電力設備の現状	3
3.2 問題点及び復興対策案	4
4. プノンベン市の電力セクターの現状	5
4.1 発電設備	5
4.2 配電設備	6
4.3 給電指令設備	7
4.4 電力事業運営	7
5. シェムリアップ市の電力セクターの現状	8
5.1 発電設備	8
5.2 配電設備	9
5.3 給電指令設備	9
5.4 電力事業運営	9
6. 電力需要予測	10
6.1 プノンベン市の電力需要予測	10
6.2 シェムリアップ市の電力需要予測	11
7. プノンベン市の電力復興マスタープラン	11
7.1 発電設備	11
7.2 配電設備	13
7.3 給電指令設備	15
7.4 電力事業運営	15
7.4.1 組織運営	15
7.4.2 設備運営	15
7.4.3 電力販売体制	16
7.5 日本の援助計画案の概算建設費	17
7.6 日本の援助計画の評価	18
8. シェムリアップ市の電力復興マスタープラン	19
8.1 発電設備	19
8.2 配電設備	19
8.3 給電指令設備	20

8.4	概算建設費	20
8.5	計画の評価	21
9.	プノンペン市の電力復興計画の基本設計	22
10.	実施計画及び実施予算	24
11.	結論及び提言	27

添付表

主要援助資機材 (第1期計画)	(1 / 2)
主要援助資機材 (第1期計画)	(2 / 2)
主要援助資機材 (第2期計画)	(1 / 2)
主要援助資機材 (第2期計画)	(2 / 2)
事業実施工程表	

添付図

No.5 発電所全体配置図
No.5 発電所機器配置図
電力系統図

MINUTES

1. 序

カンボディアの一人当たりの電力消費量は、年間20kWh以下と推定され、これはアジア・オセアニア地域でも最低電力消費国の一つである。更に、電源設備の老朽化、スペア・パーツ購入財源の不足等により既設発電設備の出力では、需要を満たす迄に至っていない。

調査対象地域であるプノンベン市及びシェムリアップ市においても電源設備の不足から計画停電を余儀なくされており、市民の日常生活、福祉並びに工業・地域開発に重大な影響を与えている。ホテル・レストラン・大使館・国際諸機関等は、自家用発電設備を保有し停電に備えている。電源不足のみならず、配電設備の老朽化、電力運営・組織の非効率、運転・保守の改善等電力分野にも各種問題が山積しており、電力事情を悪化させている原因となっている。

カンボディア全体が国の復興に必要な電力不足の状態にある上、財政難のため自力で老朽電力設備の修復または、電力設備の増設を実施し得ない現状にある。このような状況下に於いてカンボディア政府は、日本政府に対してプノンベン市及びシェムリアップ市の電力復興計画のマスタープラン調査を要請越した。

当該調査の内容は1992年10月に国際協力事業団（JICA）とカンボディア工業省との間で合意され、調査はJICAにより指名されたコンサルタントが実施することになった。

本調査の目的は、現地調査及び国内作業を通じて両都市に対する技術的、経済的に最適な電力施設復興計画を策定すると共に、プノンベン市の電力重要施設案件に対し基本設計レベルの調査を実施し、報告書を作成、提出することにある。当該調査を通じてカンボディア側カウンター・パートに対し技術移転を図ることも目的の一つである。

調査の内容は、下記2調査に分類された。

- (a) プノンベン市及びシェムリアップ市の電力設備の復興に関するマスタープランの策定
- (b) プノンベン市の電力復興に緊急に必要で且つ最適な効果を与える設備の基本設計レベル調査

2. カンボディアの経済的背景

2.1 経済一般

カンボディアは農林水産業を主要産業とし、鉱物資源は乏しい。独立以来経済の窮迫に悩まされ、さらに1970年以降、相次ぐ内戦により経済は大きな打撃をこうむった。1979年には全国民が飢餓に襲われ、多数の人民がタイ国境方面へ流れ、難民化した。国民は国際諸機関及び西側諸国

の人道的救援物資と人民共和国側へのソ連その他社会主義諸国の食糧、医薬品その他物資の援助にたよってきた。

最近は国連の平和維持活動の活発化と民営化・自由化のエネルギーがプノンペン市及び他の都市の経済を活性化させ、都市部の経済は活況を呈している。商業活動が盛んに行なわれ、建物施設の改修が進行している。実質GDP（国内総生産、1989年価格）は近年、堅実な伸びを示し、世銀報告によれば、1990年の0.1%マイナス成長の後、1991年は13.5%の高成長を示し、92年も9.0%の高い成長率をあげた。

1989年以降、計画経済から混合経済そして純粋な市場経済への移行する経済改革を実施中である。農地の私有化を認めたことは農業部門に対し政治的経済的に肯定的な影響を与えている。さらに農産物の自由市場での販売が可能となったことと農業部門に対する税の減免措置は農業生産の拡大に大きく貢献している。

国営企業の経営システムの改革はまず初めに独立採算的経営システムが実施され、次に固定資産の民間への長期リース（10～15年）による国営企業の民営化を実施中である。これは功を奏し、外国投資の大幅増加をみた。外国投資はとりわけプノンペンでの観光業の振興に大きく貢献している。多くの既存のホテルやゲストハウスは内外の民間投資家にリースされている。

2.2 復興計画と外国援助

1991年10月パリ和平協定の調印に伴い、カンボディアは国連主導による平和回復協定の実施中にあり、国家再建と復興に向けての多くの国際的援助プログラムがスタートしている。

1992年4月、国連事務総長は91年10月から93年12月までの期間に供与されるべき対カンボディア緊急復興計画（以下「復興計画」と称す）に対する国際的支援を呼びかけるアピールを行なった。「復興計画」とその政策的枠組は国連のリーダーシップの下に実現された国際的協調努力の成果である。

アジア開発銀行の報告によれば、1992年9月現在、「復興計画」の個別案件に対する資金協力として総額8億ドルがプレッジまたはコミットされている。ドナー別内訳はUNDP、UNESCO、UNICEFから6,000万ドル（全体の7%）、世銀とアジア開発銀行から1億5,500万ドル（20%）、残りは概ね二国間援助機関とECから供与される。主な二国間援助国はアメリカ、日本、フランス、オーストラリア、スウェーデンとオランダである。

3. カンボディアの電力セクター

カンボディアの電力セクターは、工業省がその運営に当り、各都市・各州の電力セクターはそれぞれの工業局・電力局がその直接の任を負っている。(註)

3.1 電力設備の現状

既設の電力設備は、2つの特別市及び各州の州庁所在地のみに設置されている。これらの電力設備はプノンベンを除き極めて小規模のものであり、且つ各電力設備は単独に運転されており、各設備の連系はなされていない。

現在の同国の電力生産は全て油焚きの汽力及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年にプノンベンの西約120kmの地点にキリロム水力発電所が10MWの設備を有して運開し110kV送電線にて首都プノンベンに電力を供給していたが、13ヶ月間の稼働後、戦争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18MWの設備容量で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1970年に建設が中断されてままである。従って、現在のカンボディアの電力生産は、プノンベンに設置されているチェコ製の蒸気タービン発電機3台(合計設備:18MW)以外は全てディーゼル発電機に依るものである。

次表は、旧EDC(カンボディア電力公社)の記録の一部であるが、1989年のカンボディア全土に設置されている発電設備の概要である。

(註) カンボディアは1993年5月の総選挙後省庁の改編・新設を実施し同年7月に国家の新組織が発足した。これに先立ち同年4月27日には当調査の担当であったEDPが再度EDCに名称を変更しカンボディア全国の電力セクターを管理することになった。但し、当調査団のドラフト・ファイナル・レポートの現地説明を行った7月初旬には、各官庁・EDCの新組織の機能・管掌が確定しておらず、新組織が始動していない状況であった。新EDCは新設されたエネルギー・鉱山省の管轄下に属することに決定している。本件マスター・プラン調査のファイナル・レポートのまとめの時点である1993年7月にはこれら行政機関の内部機構が確率していなかったため及び、1993年9月に予定されている新機構による組織改編も流動的であるため、EDCと協議の上EDC、工業省、プノンベン市、シェムリアップ市等の前組織の記述については変更せずに、そのまま継承することにした。従って、以降の各章・節にてEDPとはEDCのことである。

設置場所	設備容量 (kW)	可能出力 (kW)
Phnom Penh	71,200	39,350
Kompong Cham	2,160	1,270
Prey Veng	500	200
Kandal	-	-
Takeo	1,020	900
Battambang	4,350	2,500
Siem Reap	2,230	1,720
Kompong Thom	330	285
Kampot	525	250
Kompong Speu	25	20
Svey Rieng	930	250
Banteay Meanchey	200	80
Kompong Chhnang	650	400
Pursat	1,000	900
Kratie	270	-
Preah Vihear	30	30
Kompong Som	3,830	3,300
Batanakiri	200	200
Stung Treng	500	400
Koh Kong	1,940	900
Mondulkiri	100	80
合計	91,990	53,035
プノンベン以外の合計	20,790	13,685

全国平均の可能出力は設備容量の58%に過ぎず、プノンベン市に於いては55%であった。但し、1993年2月のプノンベンの可能出力は更に低下し34%となっている。地方の設備も老朽化が進み可能出力の低下が心配される。

3.2 問題点及び復興対策案

現在の電力設備の主な問題点として下記が挙げられる。

- (a) 財源不足に因るスペア・パーツの購入難
- (b) 旧式で老朽化した設備を運転せざるを得ない現状
- (c) 増加を続ける電力需要を満たせない電力設備の不足
- (d) 輸入石油製品に依存する既設火力発電設備
- (e) 大規模電源開発計画実施案の未策定

(f) 人材及び人材育成機関の不足

問題の根源は、戦争による長期の空白期間に発生した設備の老朽化、財政難に起因する保守・補修作業に必要な資機材の不足、不透明な新設・増設計画、人材難に起因する設備の不適切な保守・点検及び中・長期計画の未策定にある。

全国的な電力設備の復興・開発に関して下記を提案する。

- (1) 各州の設備の復興・再建に対するマスタープラン及び基本設計調査の実施
- (2) 緊急に必要なスペア・パーツの供給及び据え付け援助
- (3) 中・長期の電源確保のための包蔵水力開発計画
- (4) 水力開発に至るまでの短期的な火力電源の増設
- (5) 設備の保守・運転技術の向上
- (6) 設備計画・開発計画・運営計画立案の技術者の育成
- (7) 各国援助計画の調整

4. プノンペン市の電力セクターの現状

4.1 発電設備

プノンペン市には、No.1からNo.5まで5ヶ所の発電所がある。No.5発電所は、旧ソ連の援助で1988年に建設が開始されたが、ソ連の政変により1991年9月に工事を中断したまま、完成に至っていない。発電設備の型式が先にソ連の援助で完成し、現在運転されているNo.4発電所の設備と全く同じであり且つNo.4発電所のスペア・パーツ不足のため、No.5発電所の機器・装置を分解してNo.4発電所のスペア・パーツとして使用している状態である。従って現在、プノンペン市には実質的にNo.1からNo.4までの4ヶ所の発電所が運転されている。4ヶ所の発電設備と運転の現況は下表の通りである。

(1993年1月現在)

発電所	発電形式	台数	総設備容量	可能出力	備考
			(kW)	(kW)	
No.1	ディーゼル	11	23,500	4,650	5台のみ運転
No.2	スチーム	3	18,000	10,000	2台のみ運転
	ディーゼル	4	8,400	3,000	2台のみ運転
No.3	〃	3	6,300	1,500	1台のみ運転
No.4	〃	5	15,000	5,200	2台のみ運転
合計		26	71,200	24,350	12台運転

既設発電設備の可能総出力は24,350kWで総設備容量71,200kWの1/3に過ぎず、伸び続けている電力需要を満たせず計画停電を実施せざるを得ない現況である。プノンベン市の発電設備には解決すべき次の様な問題が山積している。

- (1) 老朽設備による出力低下
- (2) 保守・補修用資機材の不足による設備稼働率の低下
- (3) 補修用工具・装置の不足による設備復旧の遅延
- (4) 技術レベルの低下及び技術参考資料の不足
- (5) 安全装置の不備

4.2 配電設備

プノンベン電力系統には、高圧配電設備として15kV（3相）、6.3kV（3相）と4.4kV（2相）の3種類、低圧配電設備として、380/220V（3相）と220V（単相）の2種類が運用されている。その上、プノンベン市の給電系統は2系統に分割されており、北部系統はNo.1とNo.4発電所に接続され、南部系統はNo.2とNo.3発電所に接続されている。

既設配電設備の主な問題点を下記に示す。

- (1) 北部系統と南部系統が連系されておらず系統運用上支障がある。
- (2) 配電電圧に3種類15kV、6.3kV、4.4kVの電圧が使用され各ファイダー間の系統連系ができず保守運用上支障がある。
- (3) 既設15kV配電線及び配電機器は建設後約25年を経過している上、更新が全くなされておらず、今後は更に経年劣化も加わり事故の多発が想定される。
- (4) 多くの需要家に積算電力計が取付けられていない。積算電力計は各変電所・変電棟に隣接した集合計器室内のみに設置されているため低圧配電線による電力損失も同時に計量されている。
- (5) 低圧ループ配電系統が構成されていないため、変電棟の供給地域には隣接する変電棟からの低圧連係がなく、変電棟の点検又は事故時に他変電棟から電力の供給ができない。
- (6) 系統の電力損失は発電電力の30%以上と報告されており、配電損失の大半は低圧配電線が占めている。
- (7) 低圧配電線に保護装置が設置されていない。
- (8) 配電保守用工具、安全装置が不足している。

4.3 給電指令設備

プノンベン市の給電指令所はEDP（プノンベン電力公社）本部内に設置されている。給電指令所と各発電所間の連絡には市民バンドのトランシバーと公衆電話が使用されている。各変電棟の開閉器操作には配電線保守班が所有する同様のトランシバーが共用されている。しかしながら、給電指令の専用回線が指令所と各発電所間になく、公衆電話回線は不通話状態が多い。その上現在使用中の無線回線は2チャンネルのみの故、混信状態が多く指令業務に支障をきたしている。更に、配電系統表示盤には配電系統図が表示されてるのみで各発電所、変電所の機器開閉状態など運転状態の表示がなされていない。

4.4 電力事業運営

(1) 運営組織

プノンベン市の電力系統は現在EDPにより運営されている。配電地域がプノンベン市を中心とした地域に限られており、この程度の規模の電力事業体としては現在の組織は妥当な組織的規模であると考えられるが、中長期的に供給地域や設備容量も増加し系統が大きくなるに従い組織のよりはっきりした部門化と階層構造化が必要になってくるものと思われる。

(2) 運営状況

1992年前半でEDPの経常利益は黒字となった。1991年の大幅な経常収支の赤字から一転1992年の黒字に転換することが出来た第1の要因は、電気卸売グループの導入による料金収入率の改善である。

第2の要因は電気料金の値上げによる所が大きい。1992年前半において売電コストは1991年の電気料金の値上げの結果電気料金収入により基本的には回収できるようになった。しかし売電コストには設備の減価償却費が含まれていないため、減価償却費を売電コストに含んだ場合売電価格が売電コストを上回るかどうかは詳細な調査・検討が必要である。

またハイパー・インフレーションの状況下で、操業費はかなりの速度で上昇している。このため継続的に電気料金を改定して行かない限り経常収支の黒字を維持して行くことは難しいと考えられる。

一方、プノンベンにあるカンボディア政府及びプノンベン市当局の関係機関の電気料金未払がEDPにとり大きな問題となっている。1991年末の時点での未払金累計額は5,958百万Rielとなっており、これは同年における1年間の総売電収入を上回る値である。また1992年の6月末時点での未払金累計額は9,662百万Rielとなっている。このような巨額の未払金はEDPの財務を非常に圧迫することになり、燃料や部品の調達に多大な悪影響を及ぼして

いる。

5. シェムリアップ市の電力セクターの現状

5.1 発電設備

シェムリアップ市には、設備容量2,230kWの発電所が稼働している。これは、ブノンベン、バットアンバン、コンボンソムに次ぐ同国第4位の発電設備規模である。この発電所は、1982年に旧ソ連の援助で建設が開始され1985年に完成したものである。

発電設備番号	1	2	3	4
製造者名	Russky Diesel (ソ連)	同左	同左	同左
製造型式	ディーゼル G72 300	同左	ディーゼル DGA 315	同左
設置年	1985	1987	1985	1987
定格容量	800 kW	800 kW	315 kW	315 kW
可能出力(93年1月)	550 kW	720 kW	280 kW	—
発電機電圧	6,300 V	6,300 V	400 V	400 V
回転数	375 rpm	375 rpm	500 rpm	500 rpm

No. 4 発電設備は、旧ソ連の援助が停止されたため、未完成のまま放置された。現在は同型のNo.3発電設備の保守用部品補給源として一部解体されている状態である。実質的には、3台の設備で電力供給を実施している。設備に全く余裕がなく、保守・補修用資機材の入手も極めて困難なるが故に、設備の延命の目的のため、州人民委員会の指示により、並列運転は2台までにとどめている。従って現在の需要も満たし得ず、市の全地区に対して供給制限を実施せざるを得ない状況である。

シェムリアップ市の発電設備の現在及び将来の問題点は種々あるが主な点は下記の通りである。

(1) 発電能力の不足

1993年2月初旬の推定最大負荷は、人民委員会の想定によれば潜在負荷を除き1,700kWである。これは既存発電設備3台を同時運転した可能発電力1,550kWを上回っている。現在のカンボディア国にとって最大の外貨獲得の道は観光事業であり、シェムリアップ市は同

国最大の観光地であり観光収入による国家への貢献度は大きい。増設されるホテル及び観光地への十分な電力供給を確保するため、新発電設備の増強が必要である。

(2) 並列同期運転

No.2発電機用の同期装置は正常には働かず現在は強制同期を実施している。機器に損傷を与える恐れがあるのでNo.2の同期装置を緊急に補修する必要がある。No.3発電機の同期装置は、故障後応急処置を講じて、使用している状態であるので改善を必要とする。

(3) 保守・補修用機材の不足

資機材の補給が全く無く、旧発電所の型式の異なる設備あるいは、現発電所のNo.4 発電設備から部品を調達し、加工しながら応急処置を講じている。保守・補修用資機材の不足は、既設運転可能の設備の老朽化を速めることになる。

5.2 配電設備

既設高圧配電方式は、3相3線式の放射状方式が採用されている。架空線及び地中線の両者が運用されていて、低圧配電線は3相4線式で全て架空線方式である。ブノンベンの配電系統と同様に、一部の変電棟には断路器、遮断器が設備されているが、殆どの変電棟には開閉器が設置されておらず、系統運転上支障を生じている。

5.3 給電指令設備

シエムリアップ電力系統は小規模であり、運転中の発電所が1ヶ所、有人変電所が皆無であることから給電指令業務の組織は無く、発電所の運転要員によって発電計画及び配電線の事故対応がなされている。変電棟の開閉機器の操作及び配電線事故時の対応は発電所運転員と常時発電所に待機している配電保守車両間の無線機（トランシーバー）の交信に頼っている。

給電指令作業の設備は無線機のみで、配電系統盤も設備されていない。

5.4 電力事業運営

シエムリアップの電力事業はシエムリアップ州人民委員会の下部組織として運営されている。

シエムリアップの電力組織は1989年より1991年まで毎年赤字を計上していた。しかし1992年になると大幅な電気料金の値上げにより損益計算書上では黒字に転じた。しかし、操業費に設備の

減価償却費は含まれていない。

シエムリアップの電力組織は発電所が一つしかない小さな組織であり、EDPと異なり銀行等からの借入金もなく、また政府関係機関の未収金の問題もさほど大きくないと思われる。しかし部品や潤滑油、燃料代等の調達のための資金は十分といえない状況であり、資金不足により部品や潤滑油の調達に支障をきたしている。

6. 電力需要予測

ブノンベン市及びシエムリアップ市に於いては、電力需要を満たし得ず毎日供給制限を実施せざるを得ない現況にある。この様な状況下では、現在の発電機出力が実際の電力需要の指針にはなり得ず、需要家の真の電力需要は現在の電力記録からは推定不可能である。供給制限・計画停電の背景にある電力需要を正確に把握する必要があるが記録不足から現在の実需要を想定することすら極めて困難である。

従って、調査団は1992年の実消費電力を一般需要とそれ以外の需要に区別し、潜在需要を含む総必要電力を推定し、これを基に需要想定を試みた。

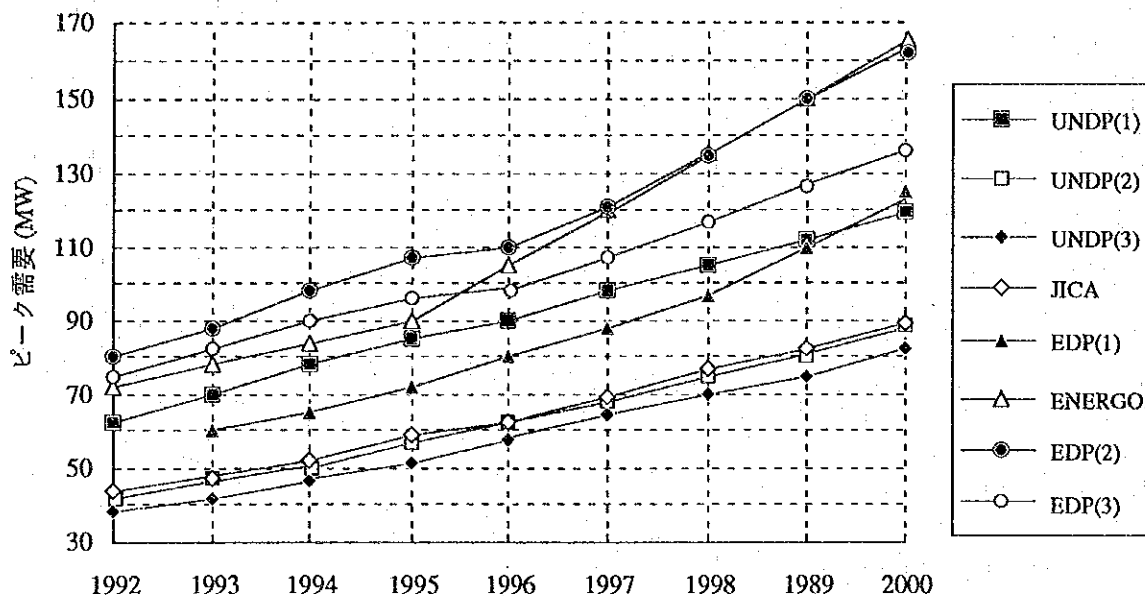
6.1 ブノンベン市の電力需要予測

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
最大電力 (MW)	44	47	53	58	62	69	76	83	88
年間発電電力量 (GWh)	230	253	291	322	354	401	449	499	548

上表の最大電力の内ベース負荷は、系統の負荷率 60%~70%から考慮して最大電力の 45%~50%と見なせる。即ち、1995/96年にはベース負荷は約 30MWとなると想定される。

ブノンベン市の電力需要予測は種々の機関により作成されているが、当調査団予測値との比較を次チャートに続めた。

電力需要予想値の比較



注：UNDPの1996年から2000年までの値は、1992年/1995年の予測値を同率にて計算した。

このグラフから見られるように当調査団の予測値は、UNDP(2)の予測値に極めて近い。各予測値は、出発点である1992年の数値が異なるだけで(37MWから79MWまで)年増加率は全て10%前後となっている。

6.2 シェムリアップ市の電力需要予測

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
最大電力 (MW)	1.4	2.2	3.2	4.4	4.9	5.5	6.1	6.8	7.5
発電電力量 (GWh)	6.1	9.8	14.8	20.6	23.6	27.4	31.0	34.9	39.4

シェムリアップ市の需要予測はカンボディア機関も他の国際機関もこれ迄実施していない。

7. プノンペン市の電力復興マスタープラン

7.1 発電設備

(1) 修復計画

プノンペン市の既設電力設備修復に対する各国・各国際機関は種々の援助を計画している。これらの修復計画が予定通り実施された場合の総可能出力は下表に見られる如く1995年には現在の設備可能出力を大幅に改善することになる。

年には現在の設備可能出力を大幅に改善することになる。

(単位：kW)

発電所	援助国・機関	1993年2月	1993年末	1994年末	1995年末
No.1	-	4,650	4,650	4,650	4,650
No.2 汽力	チェコ	10,000	12,000	18,000	18,000
No.2 ディーゼル	アイルランド	3,000	8,400	8,400	8,400
No.3	アイルランド	1,500	1,500	6,300	6,300
No.4	UNDP	5,200	5,200	5,200	15,000
No.5	-	-	-	-	-
計		24,350	31,750	42,550	52,350

(2) 増設計画

各国、国際機関の支援による増設計画による出力増は年次的に次表の様になる。

(単位：kW)

設置発電所	援助国・機関	1993年2月	1993年末	1994年末	1995年末
No.1	フランス	-	1,800	1,800	1,800
No.3	イタリア	-	-	4,200	4,200
No.1 又は No.4	A D B	-	-	-	12,000
No.2 又は No.3	世銀	-	-	-	8,400
計		-	1,800	6,000	26,400

(3) 需給バランス

修復計画と増設計画を併せた各年度末の可能総出力と想定した需要電力のバランスは下表となる。

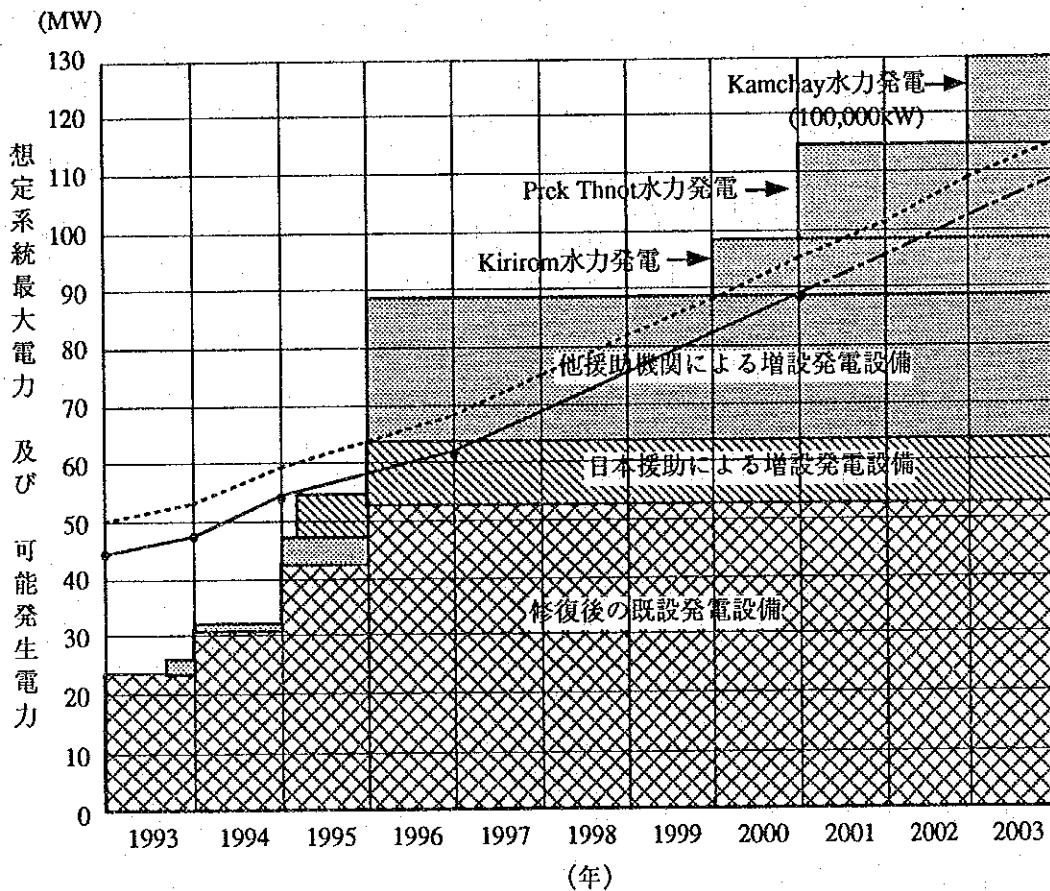
(単位：kW)

年度	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
修復実施による出力	24,350	31,750	42,550	52,350	52,350	52,350	52,350
増設設備による出力	(1,800)	1,800	6,000	26,400	26,400	26,400	26,400
可能出力合計	26,150	33,550	48,550	78,750	78,750	78,750	78,750
必要発電電力	47,000	53,000	58,000	62,000	69,000	76,000	83,000
設備定期点検用電力(*)	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
系統必要電力	53,000	59,000	64,000	68,000	75,000	82,000	89,000
需給バランス	▲26,850	▲25,450	▲15,450	10,750	3,750	▲3,250	▲10,250

(*)：系統内最大単機容量

(4) 日本の援助計画案

各援助国・機関とも緊急の対応策を講じているが、1995年末までは需要に追い付かず現在実施の供給制限を継続せざるを得ない。1996年と1997年は需要を満たし得るが1998年央より再び供給力不足が見込まれる。水力発電設備による最初の電力投入は1999年末に期待されるがそれ迄は火力発電に依存せざるを得ない。従って、各国および国際機関による火力発電設備の増強が上記計画以外提案されていない現状から判断して、日本の援助は上表の1999年末の不足分最低10,000kWとすべきであることを提言する。



(註) ————— : 最大需要に対する必要発電々力
 : 最大単機容量の設備の定期点検時電力補給を含む必要発電々力

7.2 配電設備

(1) 総合復興対策

下記対策が必要である。

- (a) 配電電圧の統一
- (b) 発電所間の連系
- (c) 高・低圧配電線の整備および増強

(2) 各援助国の動向

(a) 配電電圧の統一

フランスは2国間援助により、EDP自身にこの4.4kV系統を15kVに昇圧する作業を習熟させるべく技術指導を市内のモデル地区に於いて実施することになっている。昇圧に必要な資機材は、旧ソ連の援助で納入された15kV用の資機材とフランスが新たに供与する資機材を用いる計画になっている。一方、6.3kV配電線の改善範囲は小規模であり、フランスによって充分訓練されたEDP作業員により、旧ソ連の供与した変圧器を利用して実施可能である。

(b) 高圧配電線の整備および増強

EDP及びUNDPの報告によれば、旧ソ連の供給した15kV用の電線・ケーブル、配電機器が多量に未使用のままEDPの倉庫に保管されている。従って、建設工具、試験装置、安全作業工具と共にフューズ、負荷開閉器等の一部資機材を供与し、建設、保守の専門家を派遣すればEDPの自力で高圧配電線の改善は充分実現出来ると期待されている。フランスが約60台の変圧器（40kVAから250kVA容量の各種）を供給する他、UNDP及びADBは、市内の高圧配電線の修復・増強計画への支援を計画している。

(c) 低圧配電線の整備および増強

UNDP及びADBは、前述の高圧配電線改良と同時に低圧配電線の修復・増強も計画している。尚、フランスも一部工具の供給及び10,000ヶの需要家メータを供与することになっている。

(3) 日本の援助計画案

(a) 発電所間の連系

各発電所の電力融通を容易ならしめる為、日本の援助対象となるNo.5 発電所を含む全発電所の母線を連結する専用連系線を建設することを提案する。この計画は、諸外国援助機関、国際機関も有しておらず、日本の援助に期待している現況である。

(b) 高圧配電線の増強

フランス、UNDP、ADBの支援により、15kV配電線はEDPの自力により改善作業

が進められることになるが、日本の援助で開発されるNo.5発電所の電力を市内の重負荷地区へ直接給電することは、No.5発電所の実施効果をより早期に実現させる上で有効であると判断される。

日本援助に提言する増強計画地域は、No.5発電所から現在過負荷状態にある地区及び商業・官庁の集中している地区である。

7.3 給電指令設備

援助各国・各機関とも給電指令設備の整備計画を有していない。調査団は下記設備を日本の援助にて施設することを提案する。

- (a) 給電指令専用回線の新設
- (b) 配電系統監視盤の新設

7.4 電力事業運営

7.4.1 組織運営

(1) EDPの組織

最近の組織改革で計画部の機能がかなり強化された。この結果設備計画や燃料、スベアパーツ等の資機材調達計画の策定及び海外からの調達、また海外援助の窓口等の機能も持つことになった。しかし送電線も全国的な規模でいずれ建設されることになると思われるが、全国的な規模での電源開発計画と系統計画や調達計画を策定してゆくためには、さらに組織の拡充と人材の養成が必要となる。

(2) 事務機器の整備

業務効率を向上させるためタイプライターやコピー機械等の事務機器を適切な範囲で導入する必要がある。

(3) 教育・訓練

将来的に業務効率を向上させるためにはEDP独自の業務マニュアルを作成し、教育・訓練を制度化して組織的に実施することを提言する。

7.4.2 設備運営

(1) 完全な補修と修理

低い設備稼働率は多額の未収金の問題と共にEDPの財務状況を非常に圧迫している。発

電設備及び配電設備の非常に低い稼働率は不十分な保守と修繕に起因しており、不十分な保守と修繕は老朽化した発電及び配電設備と不十分な部品供給、そして貧弱な保守・整備用の工具に起因している。不十分な部品供給は多額の未収金によりEDPに十分な資金が無いことが重大な原因の一つであると考えられる。このため未収金回収とこれからの営業活動の中で未収金を増加させないための施策を至急策定し実施する必要がある。

(2) 交代勤務の体制

現在の発電所及び配電網運営は4班の4交替勤務により行われている。従って4つの班はいつも交替勤務の編成に入っており、どの班も完全な休日を取ることは出来ない。

現在各々の班を構成している要員の数はかなり余裕があると考えられるので、交替要員の総数は変えずに4班の3交替勤務とすることを提案する。これにより一つの班が常に休みを取得することができ、休日を運転要員の教育・訓練に使用することも可能である。

(3) 夜間の修理作業

配電運営は交替勤務により24時間事故等に対応する体制を取っているが、電力系統部の補修員は交替勤務体制ではないため平常の勤務時間が終了した後に配電線で事故が発生すると修繕作業が翌朝まで持ち越されることになる。

稼働率改善のために、夜間における修繕作業の実施を提言する。

(4) 安全管理

現在安全管理についてはほとんど配慮されていないため、以下の点について改善を要する。

- (a) 発電設備及び発電所内の適切な清掃と整理・整頓
- (b) 発電所内のパーティション、ロープ等を使用した適切な作業区画、開口部の明示、分割
- (c) 照明装置の適切な配置と増強
- (d) 手摺等の階段の安全向上
- (e) 頭上危険物や高電圧部分、高温部分の色分けによる表示
- (f) 高所作業車使用時の電気用安全ヘルメットと絶縁手袋の着用
- (g) 柱上作業時の安全带・絶縁靴・ヘルメット・手袋・肩当ての使用

7.4.3 電力販売体制

(1) 電気料金構造

カンボディアでは需要種別ごとに電気料金は設定されておらず、支払い方法の相違によっ

て電気料金が異なっている。現在EDPの需要家は政府関係機関や国際機関そして商店や一般家庭等の電灯需要家とその中心を占めている。また大容量の電力を必要とする工業需要家は存在していないため、電力供給も配電線レベルで需要家に供給されていて個別送電原価は発生していない。このため現在の需要構造が継続している限り、需要家別に電力料金を設定する必要はないと思われる。しかし近い将来中小工業が立地し電力需要構造が多様化してきた段階で、需要家別に電気料金を設定する必要に迫られることになる。このため中期的視点に立ち、個別原価を考慮した電気料金の種別化をどのように進めるのか現在から準備する必要がある。

(2) 公平性の問題

現在のEDPが適用している電気料金は支払い方法により異なっているものである。EDPに現地通貨で直接支払う場合は170Riel/kWhで、米ドルで支払う場合は0.21US\$/kWhである。また地域的な電気卸売業を通じ支払う場合は現地通貨の場合180Riel/kWhで米ドルの場合が0.224US\$/kWhとなっている。

カンボディアのハイパー・インフレーションにより現地通貨に対するUSドルの価値は急速に上昇しており、USドルの外貨で支払う場合は現地通貨で支払う場合と比べて名目上はかなり高い電気代を払っていることになる。同じ地域において同じ種別の電気を供給されているにも関わらず、異なった電気料金を支払わなければならないというのは公平性の観点から長期的には問題が生じるものと思われる。そのためにはEDPの組織のみならずカンボディア全体の電力供給体制をどのようにするのかという課題として検討をしてゆく必要がある。

7.5 日本の援助計画案の概算建設費

日本の援助対象として提言した計画の実施に必要な概略建設費は下記の通りである。

(1) 10MW ディーゼル発電設備	¥ 2,780,000,000
(2) 配電設備	¥ 810,000,000
(3) 給電指令設備	¥ 170,000,000
(4) 設計・監理費	¥ 380,000,000
(5) 総建設費	¥ 4,140,000,000

7.6 日本の援助計画の評価

(1) 技術的評価

(a) 発電設備

発電設備の増強を緊急に必要としているプノンペン市にとって、他の援助計画に先駆けて実施される日本の援助による10MWが1995年初頭から稼働することにより1993年の総出力の40%相当分を増加させることになる。他援助国・国際機関による発電設備の復興計画と日本の援助による設備を投入することにより、プノンペン電力系統への水力発電電力の投入が期待される1999年末迄の全需要電力を賄い得る。

(b) 配電設備

- 各発電の電力融通を可能にする。
- 系統事故に迅速に対応し停電回数の減少をもたらす。
- 各発電設備の自由な運転計画の立案が可能となる。
- 重負荷地区への電力安定供給の迅速な改善に寄与すると共に、同地区の電力損失、電力降下を大幅に改善する。
- 国の官庁、商業地区の高圧配電線の増強は、日本の援助により稼働するNo. 5発電所の安定した電力の同地区への直接供給を可能ならしめ、行政、経済の効率化を促進し、市の復興に寄与する。

(c) 給電指令設備

- 新無線装置は10チャンネルを備えているので、各装置間の専用回線として使用可能で従来の混信は全くなく、正確且つ迅速な交信を可能ならしめる。
- 各発電所の出力調整、配電線の運用等に関する指令伝達、系統内の情報交換を確実なものとする。
- 系統監視盤の新設により、各電力設備の現況が詳細に一覧可能となり、迅速且つ適切な給電指令、事故対処指令を伝達可能とする。

(2) 経済・財務評価

10年間の運営期間に亘って割引計算を行ないEIRR 13.1%が得られた。

本事業はEDPの財務状況の大幅改善に大きく貢献しよう。即ち、10MWの増設によりEDPの供給力は現在の出力に比べ40%の増加となる。また年間78.8GWhの電力を生産し、これは1992年のEDP総発電量の60%に匹敵する。新しいディーゼル発電所は107億1000万リエル(0.8 x 78,800,000kWh x 170R/kWh)の電力収入と35億9300万リエル{(0.8

$\times 78,800,000 \times (170 - 113)$ の粗利益を EDP にもたらす。これは (イ) 年間販売電力量 63.0GWh、(ロ) 平均電力料金 170リエル/kWh (現行料金) (ハ) 発電コスト 113リエル/kWh (92年実績) の仮定の下に算出した。尚、財務的内部収益率 (Financial Internal Rate of Return、FIRR) は上述のように消費者支払い意志額 (Willingness to Pay) が外貨建て電力料金にほぼ等しいことから EIRR にほぼ近い値となろう。

8. シェムリアップ市の電力復興マスタープラン

8.1 発電設備

(1) 並列同期装置の修復

最善の修復案は純正装置に取り換えることであるが、暫定的に比較的容易に修復可能な次善策を提言した。

(2) 過給機の修復

ソ連製の純正装置の入手困難な場合には、破損装置を調査の上、同型の装置を製作・供与して、この発電設備の定格出力への回復を図るべきである。

(3) 発電設備の増設

同市の復興・開発政策のハイ・プライオリティにある観光事業の促進を満たすには段階的増設を考慮し1995年までに発電設備を更に最低4,000kW程度増設する必要がある。ホテル・レストラン等が主需要と推定される故この内50%程度はベース負荷対応に適した設備とする必要があろう。

8.2 配電設備

(1) 既設高圧配電線の延長

既設の高圧2配電ルートの内1ルートを延長し、空港・アンコール遺跡群を經由して他の高圧配電ルートと連系する。

(2) 高圧配電線の新設

発電機の増設に伴って、1回線のみ既設配電線の補強も兼ねて大口需要家であるホテル等商業需要家の市中心部への配電線を新設する。

(3) 既設高圧配電線の容量増

既設架空線の電線サイズ、地中線ケーブルのサイズは増大する需要に供給するには不十分である。既設電線・ケーブルのサイズ・アップを実施し配電線の容量増と共に電圧降下・電力損失の改善を計る。

(4) 配電電圧の昇圧

現在の高圧配電電圧は、6.3kVであるがこれを将来のカンボディアの標準高圧電圧である15kV～20kVに昇圧する。これにより配電容量は大幅に上昇することになる。

(5) 低圧配電網の拡張

10%にも満たない同市の電化率は発電設備の増容量により、著しく上昇することは明白で、低圧配電線の拡張が必要となる。

8.3 給電指令設備

現時点に於いては、発電所が1ヶ所、配電網も小規模である故、給電指令設備を緊急に設置する必要は認められない。又、トランシーバーによる配電線パトロール、開閉器操作にも支障は認められない。近い将来、市内及び近郊のトランシーバー需要が増加し、現在電力系統に使用しているトランシーバーが混信し始める時点で、無線装置を設置する。更に、新発電設備が増設され且つ配電網の拡張が実施される時点で給電指令設備を発電所内に設置する。

8.4 概算建設費

提言した各計画を実施するためには概算下記の事業費が必要となる。

(1) 発電設備	¥ 1,480,000,000
(a) 並列同期装置改良	¥ 8,000,000
(b) 過給機の修復	¥ 12,000,000
(c) 保守・補修資機材の供給（2年程度）	¥ 60,000,000
(d) 発電設備4,000kWの増設（ディーゼル）	¥ 1,400,000,000
(2) 配電設備	¥ 1,200,000,000
(a) 既設高圧配電線の延長	¥ 320,000,000
(b) 高圧配電線の新設	¥ 130,000,000
(c) 既設高圧配電線の容量増	¥ 60,000,000

(d) 高圧配電線電圧の昇圧	¥ 240,000,000
(e) 低圧配電網の拡張	¥ 350,000,000
(f) 配電線保守用材料	¥ 100,000,000
(3) 給電指令設備	¥ 120,000,000
(4) 設計・監理費	¥ 280,000,000
(5) 総建設費	¥ 3,080,000,000

8.5 計画の評価

(1) 技術的評価

(a) 発電設備

既設発電設備の改善、スペア・パーツの供給は、既設設備の有効利用、老朽化防止に多大に寄与する。発電設備の増設は、成長を続ける一般需要を満たすと共に観光収入増に直接する同市の観光事業の促進を通じカンボディアの外貨収入に貢献するものである。

(b) 配電設備

- － 電力設備の改善により電力の安定供給が確保される。
- － カンボディア国の外貨収入源である観光産業を促進する。
- － 配電線の事故の低減に寄与する。
- － 電力損失の低減、電圧降下の改善に寄与する。

(c) 給電指令設備

- － 正確・迅速な交信を可能ならしめる。
- － 各発電所の出力調整、配電線の運用等に関する指令伝達、系統間の情報交換を確実なものとする。
- － 給電指令、事故処理等が迅速且つ適切に実施可能となる。

(2) 経済・財務評価

11年間の運営期間に亘って割引計算を行なうとEIRRとして10.5%が得られた。

本事業はシェムリアップ市の増大する電力需要をタイムリーに満たし電力供給状況の大幅改善に資する。提案された4,000kWの容量は現在の設備容量2,230kWの1.8倍に相当する。これはまた現在の可能出力1,550kWの2.6倍にも達する。年間発生電力量は1992年

の実績 (2,476 MWh) の約13倍にあたる 31,500MWh に増加する。財務的には本事業は 94 億4,000万リエルの電力収入と49億8,000万リエルの粗利益をもたらす。

9. プノンベン市の電力復興計画の基本設計

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

本計画設計においては、既設の設備と施設のうち、使用不可のものをすべて撤去した上で、新たに機械電気設備の供給と発電所の建設を行うことを前提とする。

日本の援助により実施する主設備の基本設計概要は下記の通りである。

(1) 発電設備

発電設備の諸元は、下記の通りである。

ディーゼル機関

- (a) 型式 : V-タイプ、4-サイクル、水冷、単動機関、直接燃料噴射式
エアクーラ付中速ディーゼル・エンジン
- (b) 単機容量及び台数 : 定格出力5,000kW×2台
- (c) エンジン出力 : 7,050 PS 以上 (回転数 : 750 rpm 以下)
- (d) 過負荷出力 : 110% 1時間
- (e) 燃料系統 : 貯蔵タンク付自動給油方式、1,000kl貯蔵タンク新設
- (f) 潤滑油系統 : マニュアル給油方式、5kl.サンプ・タンクまたはドラム缶設置
- (g) 冷却方式 : クーリング・タワーによる2次冷却
- (h) 始動方式 : 圧縮空気始動方式
- (i) 吸気・排気方式 : フィルター及びサイレンサー方式

発電機

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

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

主変圧器

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

(2) 配電設備

(a) 15kV架空配電設備

(i) 架空線支持物

架空線の支持物は2回線用の鋼管柱とし、鋼管柱の頂部には架空地線を取付けるものとする。角度柱と引き止め柱は打ち込みアンカーを持つ鋼より線の支線にて補強する。

(ii) がいし

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

(iii) 電線

ブノンペン地区に従来使用されていた鋼心アルミ撚線(ACSR)にかえて硬アルミ(HAI)電線を使用する。

(iv) 地線

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

(b) 15kV地中配電設備

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

(c) 配電用変圧器

配電用変圧器は、屋外用油入3相型とし、定格は15kV/380-220Vの250kVAの1種類

とする。配電用変圧器は変電所（又は変電棟）内に設置される。

(d) 配電開閉機器

配電用ファイダー回路の新設盤は自立屋内、又は自立屋外閉鎖（メタル・クラッド）型である。

(3) 給電指令設備

(a) 固定無線設備（LDC、各発電所）

(i) 周波数帯／回線容量 : 335 - 470 MHz／8チャンネル以上

(ii) 変調方式／RF出力 : PM／25 W

(b) 移動無線設備（車載）

(i) 周波数帯／回線容量 : 335 - 470 MHz／8チャンネル以上

(ii) 変調方式／RF出力 : PM／5 W

(c) アンテナ

(i) 周波数帯 : 400 MHz 帯

(ii) 型式／利得 : コリニア形／14 dBi

(d) 給電指令用総合監視盤

(i) 構造 : 自立メタル・エンクローズ・キュービクル形

(ii) 表示型式 : 手動ランプ表示

(e) 電源装置

(i) 型式 : 簡易バッテリー／チャージャー

(ii) 電圧 : DC 24 又は 12 V

10. 実施計画及び実施予算

(1) 建設上の留意点

本計画の施工に当たっては下記の点に留意する必要がある。

(a) 発電所建設には重量物運搬を伴うので荷上げ／荷下ろし作業及び上下作業には輻輳しない様特別な配慮をする。

(b) 発電所建設中には一部回路を充電したまま機器試験等を行なうので充電範囲等明確

にする必要がある。

- (c) 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。
- (d) 配電線の系統連系、開閉所設備の新設工事のための停電は、夜間には復帰しなければならぬので、停電工事計画、停電公報には特別な配慮が必要である。
- (e) 地中線工事の施工には、道路局より道路使用許可の事前取得が必要である。又、路面修復は道路局の基準に従って実施されるので、そのための特殊設計が必要である。
- (f) 配電線工事に伴う支障木の伐採については関係機関の許可が必要であり、事前に調査、許可申請が必要となる。

(2) 施設管理計画

EDPでは外国の援助で実施される計画に対し、特別のプロジェクトチームを編成して対応している。本計画の実施に当たっても新規「プロジェクトチーム」が組織される予定である。同プロジェクトチームは、コンサルタントの補助、助言のもとに計画の完了まで実施設計、建設工事の監理に当たることになる。

(3) 資機材調達計画

本計画の建設資材は発電設備及びその補機、開閉所、地中線及び架空配電線設備の新設用の資材及び土木、建築資機材であり、殆んど日本から調達される。但し、骨材、木材及び煉瓦等はカンボディアで調達するものとする。

(4) 輸送計画

調達された資機材は、下記経路でプノンペンに輸送される。

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

経済的見地から、出来るだけコンテナ梱包として輸送するものとする。

(5) 実施工程

当該計画は二期にわたって実施されるが、各期の施設内容は次の通りである。

第一期 発電設備

- (a) ディーゼル・エンジン発電機、5,000kW×1台
- (b) 上記用補機 (燃料、潤滑油、冷却水、エンジン始動・排気系統)
- (c) 変圧器、6,300kVA×1台
- (d) 6.3kV配電盤 (発電機盤)

- (e) 15kV配電盤、4面
 - 市街用 : 2面
 - No.1発電所用 : 1面
 - No.4発電所用 : 1面
- (f) 所内用変圧器、630kVA×1台
- (g) 所内低圧配電盤・モータコントロールセンター
- (h) 直流電源装置（バッテリー／チャージャー）1台
- (i) 制御・保護装置盤

配電設備

- (a) 市街配電線、2回線 7.6km
- (b) 発電所連系線、No.1及びNo.4発電所
- (c) 変電所用変圧器、250kVA×1台
- (d) 配電用開閉器盤、遮断器付2面（No.1/No.4発電所）単母線用
- (e) 配電用開閉器盤、負荷開閉器付3面（SS No.8, No.127, No.20）

土木・建築工事

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

第二期 発電設備

- (a) ディーゼル・エンジン発電機、5,000kW×1台
- (b) 変圧器、6,300kVA×1台
- (c) 6.3kV配電盤（発電機盤）
- (d) 15kV配電盤、2面
 - 南北連系用 : 2面
- (e) 所内用変圧器、630kVA×1台
- (f) モータコントロールセンター
- (g) 制御・保護装置盤

通信・給電指令設備

- (a) 固定無線機6台（センター1台、各発電所5台）
- (b) 移動無線機4台
- (c) 給電指令用総合監視盤
- (d) 電源装置

配電設備

- (a) 南北連系線、22.0km

- (b) 配電用開閉器盤、遮断器付 4 面 (No.3発電所) 単母線用
- (c) 配電用開閉器盤、遮断器付 2 面 (No.2発電所) 二重母線用
- (d) 配電用開閉器盤、負荷開閉器付 2 面 (No.7, No.193) 単母線用
- (e) 変電所用変圧器、250kVA×2 台

(6) 実施予算

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

(単位：百万円)

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

積算条件

- (1) 積算時点 平成 5 年 3 月
- (2) 為替換算レート 1 US\$ = 124.06円
- (3) 施工期間 2 期に亘る工事

11. 結論及び提言

当調査団は、現地調査事実・詳細検討結果・カンボディア側との討議結果を踏まえ、電力需要予測を実施し、この需要に基づき両機の電力復興マスタープランを策定し具体的な対策案を作成した。更に、プノンベン市の電力復興については、支援各国・各国際機関との整合性の上に日本の援助すべき具体策を提言するとともに、支援計画に対する基本設計レベルの調査も実施した。

プノンベン・シェムリアップ両市の電力需要は短期的には各々年平均 9% 強、23% にて増加す

るものと推定され、これに対処すべく下記の計画の実施を提言する。

ブノンベン市電力系統

(1) 発電設備

- (a) 既設 No.1 及び No.5 発電所を除く全ての発電所の発電設備の修復。これにより供給力は 28MW 増加する。
- (b) 中・長期的には国内の豊富な包蔵水力を開発して電力供給源とする。戦前に運転または建設途上にあった水力発電所の復旧・再開による水力発電所の稼働は 1999 年末に見込まれる。
- (c) 水力発電開始迄は短期開発可能なディーゼル発電に依存せざるを得ない。1999 年末の電力需要を満たすには約 37kW の新発電設備の増設が求められる。

(2) 配電・給電指令設備

- (a) 各発電所間の連絡線を建設し系統内の電力融通を実現させる。
- (b) 3 種類ある高圧配電線の電圧を統一して系統運用を利すると共に電圧降下・電力損失の軽減を計る。
- (c) 高・低圧配電網の修復・補強を実施し配電設備の電氣的質の向上を図る。
- (d) 運転・保守に必要な工具・装置・資機材の供給を行い設備の維持に資する。
- (e) 給電指令設備を更新し効率的な系統運用・迅速な事故対応を可ならしめる。

(3) 電力事業運営・販売体制

- (a) 事業体の活性化をもたらす組織の再編成
- (b) 事務効率化のための適切な事務機器の導入
- (c) 援助国のエキスパートによる各種業務の機能向上のための教育・訓練の実施
- (d) 電力設備の運転制度の見直しをし効率的且つ安全な運転の確立
- (e) 部品管理・安全管理の徹底
- (f) 中期的視点から電力料金制度の改編・メータの検定制度の検討

シエムリアップ市電力系統

(1) 発電設備

- (a) 既設 No.2 及び No.3 発電機の並列同期装置を改善することによる設備の保全
- (b) 既設 No.1 発電機の過給機の修復による出力増

(c) 水力発電開始迄は短期開発可能なディーゼル発電に依存せざるを得ない。段階的な増設として最低約 4MW の新発電設備を 1995年迄に設置する。

(2) 配電・給電指令設備

- (a) 既設高圧配電線の延長によるループ配電網の形成
- (b) 高圧配電線の電圧・電線を格上げし電圧降下・電力損失の軽減を図る。
- (c) 低圧配電網を拡張し電化の促進を図る。
- (d) 運転・保守に必要な工具・装置・資機材の供給を行い設備の維持に資する。
- (e) 系統拡張に伴って給電指令設備を設置し効率的な系統運用・迅速な事故対応を可ならしめる。

(3) 電力事業運営・販売体制

- (a) 事業者の活性化をもたらす組織の再編成
- (b) 事務効率化のための適切な事務機器の導入
- (c) 援助国のエキスパートによる各種業務の効率向上のための教育・訓練の実施
- (d) 電力設備の運転体制の見直しをし効率的且つ安全な運転の確立
- (e) 部品管理・安全管理の徹底
- (f) 中期的視点から電力料金制度の改編・メータの検定制度の検討

ブノンベン市の電力復興に関しては、上記の対策案と他援助国・機関との整合性を検討の上、日本の援助すべき計画として下記を提言する。

(A) 既設 No.5 発電所へ 10MW のディーゼル発電設備の増設

他の援助機関の増設によっても水力発電の投入までに不足する供給力を補填する。この設備は高効率の設備とし電力系統に足りないベース負荷用の運転に供する。

(B) 電力系統に稼働している各発電所を接続する連系線の建設

(C) No.5 発電所のより有効な活用及び重負荷地への既設配電線の負担軽減を目的とした 15kV 配電線及び付属施設の建設

(D) 市の電力系統の給電指令設備の改善

これ等の施設を供与することにより、同市の電力復興に下記の効果をもたらす。

- (a) 1993年 2 月の同市全発電設備の総可能出力の 40% に相当する電力を系統に供給し、電

力不足の現状の大幅改善に寄与する。

- (b) 各発電所間の電力融通を可能ならしめ、同市の電力設備の効率的・経済的運用に大きく貢献する。
- (c) 重負荷地への電力安定供給を推進すると共に電力損失の軽減・電圧降下の改善をもたらす。
- (d) 無線装置、給電指令設備の設置は、各発電機の運用の効率化を促進すると共に電力系統の適切な運用、事故対策の迅速な処理を可能とする。

これ等の効果は、間接的には、市のインフラ復興、市民の福祉向上、日常生活のレベル改善に多大に貢献するものであり、諸外国の支援機関との協調の下に日本政府の支援により実現すべき効果的な計画であると確信する。

これらの提言計画を無償援助にて実施するには、1993年2月の日本及びカンボディアの市場価格を基に積算すると総額約41億円となる。

日本の援助する10MW設備による発電電力量から求めた経済的内部収益率は、13.1%である。更に、この計画実施によりEDPの電力供給量は現在の発電量に比し、40%の増加となり、年間約35億9千万リエルの粗利益をもたらす。

上述の如く、提言した計画はカンボディアに対する各援助国の計画とも整合性があり、カンボディアからの要請をも満たすものであり、日本の無償援助として適切な計画であると結論づけられる。

添付表

主要援助資機材（第1期計画）(1/2)

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

主要援助資機材（第1期計画）(2/2)

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

主要援助資機材（第2期計画）(1/2)

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

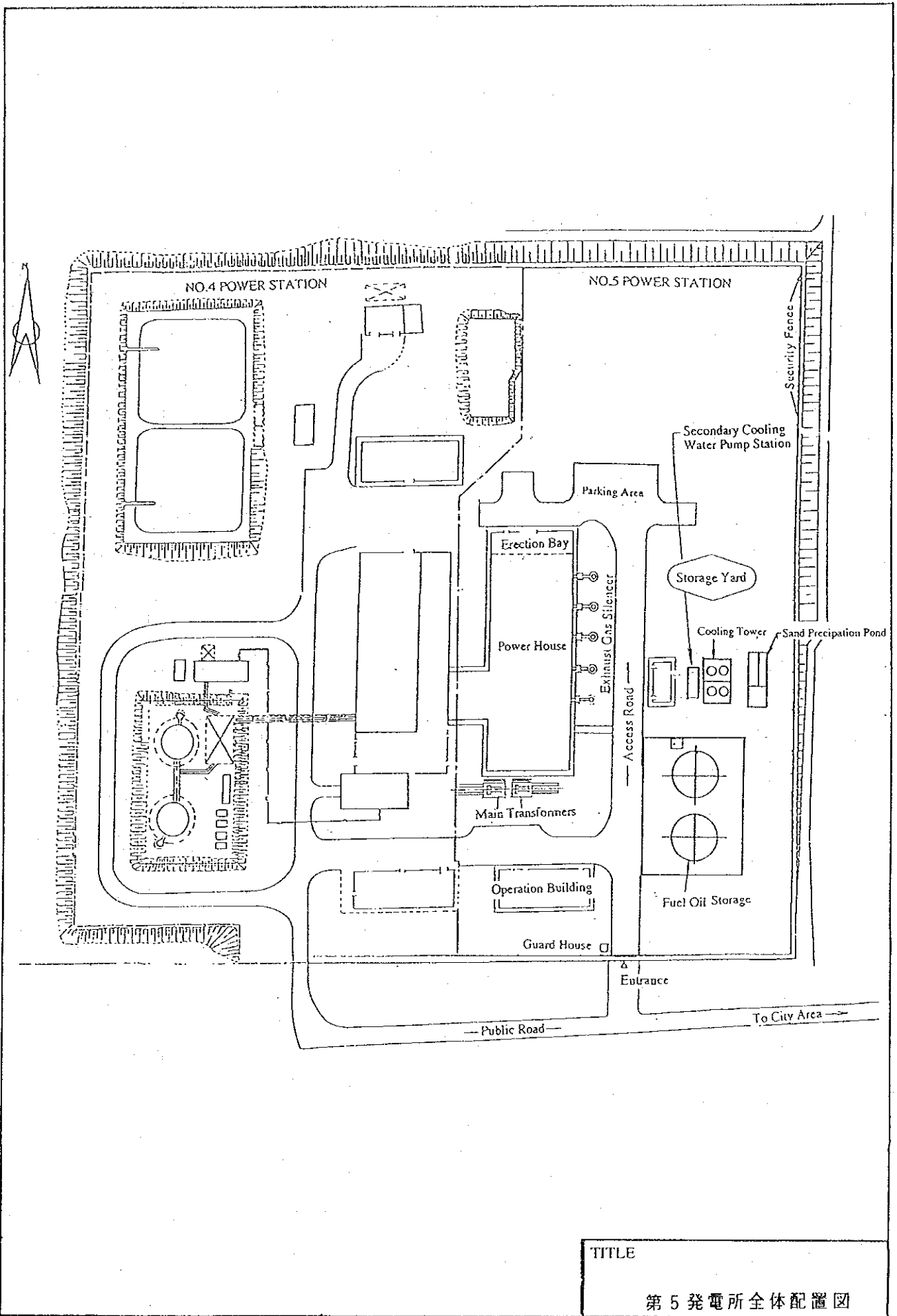
主要援助資機材（第2期計画）(2/2)

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

事業実施工程表

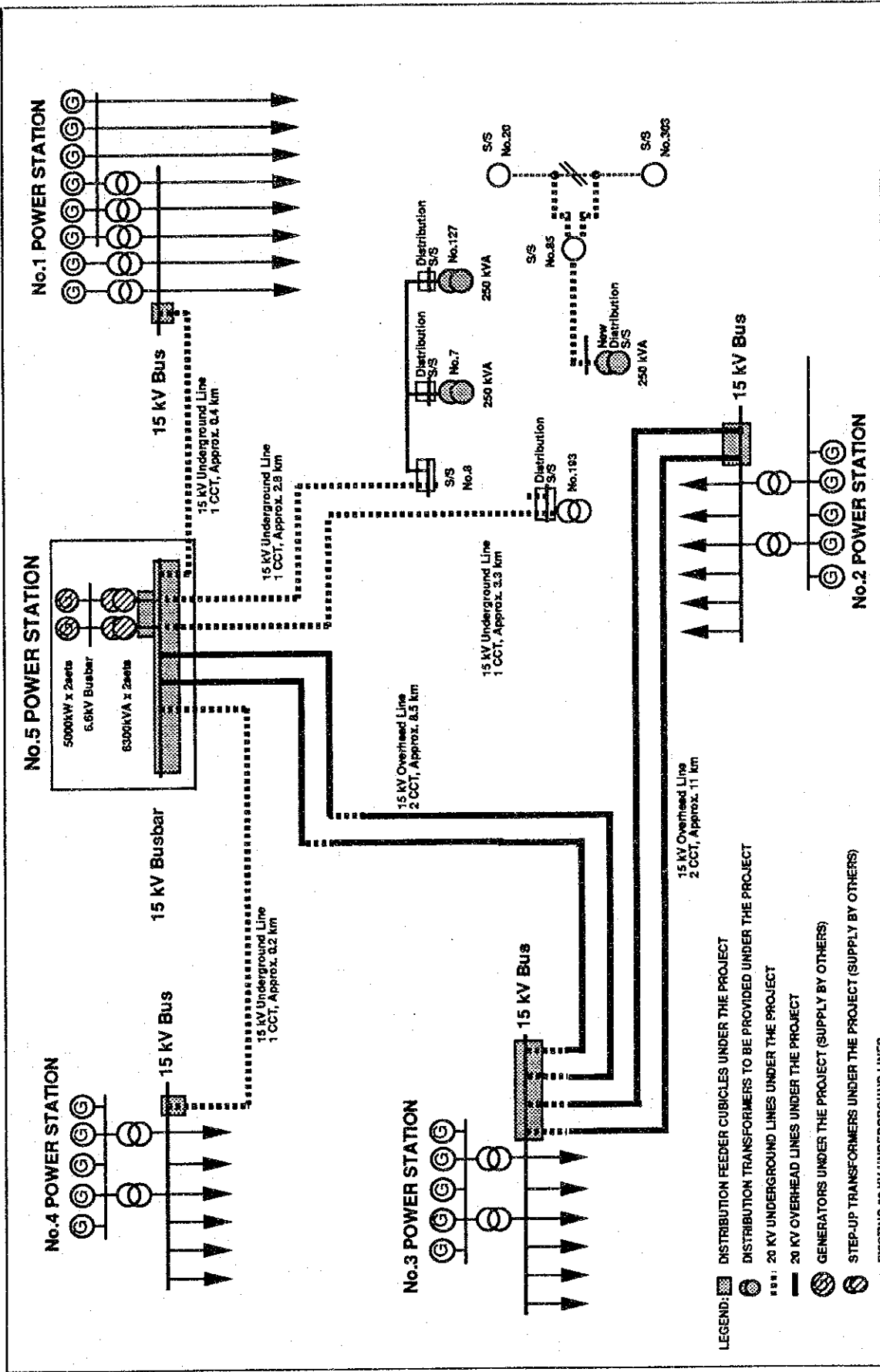
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
第 一 期 工 事	E/N	▲											
	1. 発電設備												
	- 測量・調査	■											
	- 設計		□										
	- 製作			□									
	- 輸送							▨					
	- 土木・建築工事			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	- 据付工事・試験									■	■	■	■
	2. 配電設備												
	- 測量・調査	■											
	- 設計		□		□								
	- 製作			□									
	- 輸送							▨					
	- 土木工事						■	■	■	■	■	■	■
- 据付工事・試験									■	■	■	■	
第 二 期 工 事	E/N	▲											
	1. 発電設備												
	- 測量・調査	■											
	- 設計		□										
	- 製作			□									
	- 輸送							▨					
	- 土木・建築工事							■	■	■	■	■	■
	- 据付工事・試験									■	■	■	■
	2. 通信・給電指令設備												
	- 測量・調査		■										
	- 設計			□									
	- 製作				□								
	- 輸送							▨					
	- 据付工事・試験									■	■	■	■
3. 配電設備													
- 測量・調査		■											
- 設計			□										
- 製作				□									
- 輸送							▨						
- 土木工事							■	■	■	■	■	■	
- 据付工事・試験									■	■	■	■	

添 付 図



TITLE

第5発電所全体配置図



TITLE

電力系統構成図

MINUTES

MINUTES OF DISCUSSIONS

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

In response to the request of Supreme National Council (SNC), Japan International Cooperation Agency (JICA) on behalf of the Government of Japan (GOJ) dispatched a study team for the captioned study to Cambodia from January through February for field survey, collection of information/data and discussion with the Cambodian counterparts. The team, in Japan, is studying the master plan for the captioned project and has completed the basic design level study on the Project for Rehabilitation of Electric Power Supply in Phnom Penh (hereinafter referred to as "the Project") recommended in the master plan study. JICA sent the study team to Cambodia again, and explained the progress report of the study and discussed with the Cambodian counterparts on the contents of the report from March 23 through March 26, 1993 in Phnom Penh.

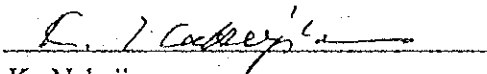
In the course of discussions, the Phnom Penh municipality and Electricite de Phnom Penh (EDP) have agreed and accepted, in principle, with the components being studied for the master plan and the components concluded through the basic design level study for Phnom Penh power system. The team will further continue the master plan study on the basis of the confirmed items to prepare the draft Final Report of the study.

The Phnom Penh municipality and EDP have agreed to be responsible for taking necessary measures listed in the Attachment.

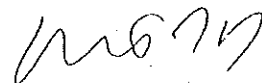
Phnom Penh, March 27, 1993
For H.E Hor Namhong
Member of S.N.C
Coordinator for Economic Cooperation



Keo SAVIN
Director of Electricite de Phnom Penh



Ko Nakajima
Leader of JICA Study Team



H O K L U N D Y
Mayor of Phnom Penh Municipality

ATTACHMENT

1. Responsible institutions of Cambodia for the Project

- (1) Responsible Ministry : Ministry of Industry (MOI)
- (2) Responsible Authority : Municipality of Phnom Penh (MPP)
- (3) Implementing Agency : Electricite de Phnom Penh (EDP)

2. Japan's Grant Aid System

The MOI, MPP and EDP have understood the system of Japanese Grant Aid Program explained by the Team.

3. Necessary measures to be taken by MPP and EDP in case Japan's Grant Aid is extended.

MPP and EDP confirmed to undertake the following measures for implementing the Project, when the grant aid of the government of Japan (GOJ) will be extended.

- (1) To provide with all data and information necessary for the design to Japanese nationals whose services may be required for the Project.
- (2) To secure permission for entry into private properties or restricted areas for conduct of the Project.
- (3) To assign the necessary counterpart experts working in Phnom Penh at the expense of Cambodia for the duration of assignment of the consultants related with the Project.
- (4) To provide necessary vehicles with drivers, fuel and spare parts for the Cambodian counterparts working in Phnom Penh at the expenses of Cambodian side during their assignment.
- (5) To bear the following commission to Japanese foreign exchange bank for the banking service on the basis of the banking arrangements:
 - (i) advising commission of Authorization to Pay
 - (ii) payment commission
- (6) To ensure tax exemption and customs clearance of the products at the port of disembarkation in Cambodia.
- (7) To accord Japanese nationals whose services may be required in connection with the supply of the products and the services under the verified contract, such facilities as may be necessary for their entry into Cambodia and stay therein for the performance of their work.
- (8) To exempt Japanese nationals from customs duties, internal taxes and other fiscal levies

all

which may be imposed in Cambodia with respect to the supply of the products and services under the verified contracts.

- (9) To bear all the expenses, other than those covered by the Grant, necessary for the execution of the Project.
- (10) To secure land required to accomplish the project and to obtain the right of construction of all facilities under the Project in advance of the commencement of the Project.
- (11) To maintain and use properly and effectively the facilities constructed and equipment provided under the Grant.
- (12) To provide facilities for the distribution of electricity, water supply, drainage and other incidental facilities.
 - (a) the distribution line to the site.
 - (b) the city water distribution main to the site.
 - (c) the city drainage main (for storm, sewer and others) to the site.
- (13) Other relevant undertakings:
 - (a) To obtain permission from authorities concerned for construction of underground cables and overhead lines along the routes selected.
 - (b) To inform purpose of the Project to people in the Project area and to request their cooperation to the Project in advance of the commencement.
 - (c) To coordinate with the inhabitants living in the Project area on matters which may arise during the implementation of the Project.
 - (d) To take power shutdown required for implementation of the Project.
 - (e) To secure safety of Japanese nationals for the Project.
 - (f) To obtain right of water pumping from the Tonle Sap for cooling the engines.
 - (g) To extension the substation building in the existing No.2 power station for interconnecting line, at EDP's expenses as designed by JICA and before commencement of the construction of the interconnection line.

OK 6

MINUTES OF DISCUSSIONS


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

In response to the request of Supreme National Council (SNC), Japan International Cooperation Agency (JICA) on behalf of the Government of Japan (GOJ) dispatched a study team for the captioned study to Cambodia from January through February for field survey, collection of information/data and discussion with the Cambodian counterparts. The team, in Japan, is studying the master plan for the captioned project and has completed the basic design level study for the sub-projects recommended in the master plan study. JICA sent the study team to Cambodia again, and submitted the progress report of the study in 20 copies to the Ministry of Industry on the day of March 22, 1993.

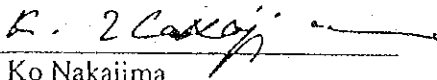
The team held discussions with officials concerned of Cambodia on the contents of the report from March 23 through March 26, 1993 in Phnom Penh.

In the course of discussions, Cambodian side has, in principle, agreed and accepted in the components being studied for the master plan and the components concluded through the basic design level study. The team will further continue the master plan study on the basis of the agreement to prepare the draft Final Report of the study.

Phnom Penh, March 28, 1993


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

Mr. Khlaut Randy
Vice Minister of Ministry of Industry
Cambodia


Ko Nakajima
Leader of JICA Study Team

MINUTES OF DISCUSSIONS

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

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

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

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

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

Phnom Penh, July 8, 1993



[Signature]
Toeung Chin
Deputy Director of
Electricite du
Cambodge

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

7/8

JICA