

済局で、経済局は更に工業、農業、交通・通信、商業の4つの部に分けられている。電力事業はこの工業部の下部組織として存在している。

電力事業組織は電力事業長の補佐役として電気関係と機械関係を担当する副事業長が配置されており、電力事業長の下には総務課、計画課、経理課、販売課、配電課、保守・機械課が配置されている。各々の課の要員は総務課が1名、計画課が4名、経理課が5名、販売課が13名、配電課が14名、保守・機械課が9名となっている。

電力事業体の一般的構成要素である管理部門、運営部門、計画・建設部門、そして料金徴収部門の観点からこの電力事業組織を検討してみると、総務課と経理課が管理部門を形成し、販売課が販売部門であり、配電課及び保守・機械課が運営部門を形成していると考えられる。またこの組織の計画課は、その人員の構成から計画部門としての機能と共に管理部門としての機能を合わせて持っているようである。しかし建設部門としての機能はこの電力組織の機能としては持ち合わせていないようである。シムリアップの電力供給範囲が非常に限られ、また発電所が旧ソ連の援助によりカンボディア・ソ連友好発電所として建設されたという経緯から、シムリアップの電力事業組織は特に建設部門の機能を持つ必要がなかったと考えられる。

#### 6.4.2 シムリアップ電力事業の運営状況

##### (1) 設備操業状況

表I.6.1にシムリアップ電力事業の損益計算書を示す。1987年以後発電所の設備容量は増加していないが、発電量は1991年以降急速に増加している。これはシムリアップ市の近郊にあるアンコール・ワットの遺跡を訪れる観光客が急増したため、ホテルの電力需要が急増したためと考えられる。販売電力量の総発電電力量に対する割合は1989年より増加傾向にあり、1992年には最高の49%となった。しかしこの数値はプノンペン市のEDPの1992年前半の数値である64%よりもかなり低い。販売電力量の総発電電力量に対する割合が低い原因としては技術的な配電ロスと共に、盗電がかなり多いこと、また停電事故時や需要の増減に対する給電運用の非効率等が考えられる。しかし1992年にはこの割合が49%とそれまでの数値と比べてかなり上昇している。これは1992年に観光客が急増し、全体の売電量に対するホテル需要の割合が増加した結果と考えられる。即ち、ホテル需要は盗電の心配がほとんど無いため、盗電の総売電量に対する影響が減少したためと思われる。

##### (2) 平均売電価格と発電及び売電コスト

表I.6.2にシムリアップ電力事業の損益計算書より作成した平均売電価格（平均電気料金）とデフレートされた売電価格を示す。表I.6.3には同じようにして作成された発電コス

トについて各々平均値とデフレートされた値を、また表1.6.4には売電コストについて各々平均値とデフレートされた値を示す。

表1.6.2から平均売電価格はカンボディアのハイパー・インフレーションを反映して急速に上昇していることが解る。その上昇率はEDPのそれを上回っている。またハイパー・インフレーションを考慮し、デフレーターを使用した1989年レベルでの実質価格で比べてみると、1989年と1990年はほとんど同じレベルにあると考えられる。しかし1991年において実質価格は前年の4倍近くに上昇し25.71 Riel/kWhとなった。1992年の実質価格は23.48 Riel/kWhとなり、200%以上のハイパー・インフレーションを考慮しても1992年の実質売電価格は1991年と同レベルであると考えられる。

表1.6.3から平均発電コストはやはりハイパー・インフレーションを反映して急速に上昇している。デフレーターを使用して1989年のレベルで比べてみると、発電コストは1989年の3.69 Riel/kWhから1992年の11.11 Riel/kWhとなりやはり毎年上昇している。このように毎年発電コストが上昇しているのは、部品の不足が次第に深刻となっていることを示すと共に、1991年以後電力需要が急増しているため効率の悪い発電をより長時間継続しなければならぬことによると思われる。

表1.6.4は平均売電コストを示す。デフレーターを使用し1989年の価格レベルになおした数値で比較してみると1989年から1991年まで継続的に上昇している。しかし1992年の売電コストは同時期の発電コストが前年よりも上昇しているにもかかわらず、前年の32.28 Riel/kWhから22.85 Riel/kWhへと減少している。このような売電コストの減少は、1992年における販売電力量の総発電電力量に対する割合の改善によりもたらされたと考えられる。

また1991年の実質発電コストと実質売電コストは前年の2倍から3倍へと増加している。このことからEDPと同じくシェムリアップの電力事業も旧ソ連からの援助停止が大きな影響を与えていると理解できる。

### (3) 売電コストの回収状況

売電コストは1kWhを売電するために必要な経費を示す。この売電コストと平均売電価格（平均電気料金）を比較することで平均売電価格が売電コストをどの程度回収しているのかを検討できる。1989年のデフレートされた平均売電価格は7.00 Riel/kWhで、売電コストは11.47 Riel/kWhとなっている。この結果、売電コストが平均売電価格を上回っているため電気料金収入は売電コストの一部を回収しているに過ぎないことが示されている。このような状況は1991年まで継続している。しかし1992年になるとデフレートされた平均売

電価格は23.48 Riel/kWhとなり、売電コストは22.85 Riel/kWhとなるため平均売電価格が売電コストを上回ることになり、電気料金収入により売電コストを回収出来るようになったことが示されている。しかしこの売電コストは燃料代等の操業費しか含んでおらず、発・配電設備に対する減価償却費が含まれていない。1992年において平均売電価格は売電コストを0.63 Riel/kWh 上回っているだけであり、この数値に減価償却費が付加されると売電コストは平均売電価格をかなり上回っていることになると考えられる。

#### (4) 財務状況

表I.6.1の損益計算書に示されているように、シェ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黒字に転じた。しかし前述のように損益計算書に示されている操業費に設備の減価償却費を含むと赤字になると思われる。

シェ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。

### 6.4.3 設備運営

#### (1) 設備の運転・保守体制

発電所の運転・保守は図I.6.5の組織図において、保守・機械課が行い、配電線の運営・保守は配電課が行っている。発電所の運転は2交代制で8名の運転員により行われている。4名の運転員が各々12時間ずつのシフトを担当することになるが、4名または2名の班に分かれ6時間ずつ運転に携わる。配電線の運営はやはり24時間体制で行われており、発電所と同じ交代勤務体制で6名の要員により行われている。

停電事故時は配電課の要員が対応することになる。対応の体制は発電所から直接現場へ要員が行くということ以外EDPと同じである。EDPと同じく停電事故の復旧は24時間体制で行われておらず、停電事故が夜間に発生すると復旧作業は翌日に持ち越されることになる。安全管理についてはEDPと同じく全く行われておらず改善が必要である。

#### (2) 部品管理

全ての発電機器が旧ソ連製であるため、部品の調達が困難である。仮に、調達されても、その部品の仕様が既存の設備に合わなかったり、適正仕様以外の部品を緊急補修に流用し

ているため、調達した部品が使用出来ない状態も生じている。

発電設備と配電線の部品は発電所に付属している倉庫に保管されており、碍子やトランス、電線等は野積で保管されている。整理状況はかなり悪く、在庫管理や盗難等に対し問題があると思われる。部品が絶対的に不足しており、特にケーブルの接続部品と碍子が不足しており、故障の修復・需要増に対応出来ない状況となっている。

## 6.5 電力販売体制

### 6.5.1 電気料金

#### (1) 現行電気料金

シェムリアップにおいては、1979年まで電気料金は徴収されてこなかった。現在の電気料金は1992年に改定されたもので、EDPと同じく需要家種別の電気料金は設定されておらず支払い方法により料金が設定されている。電気料金の支払いが米ドルで行われる場合はUS\$0.30/kWhで主にホテルやレストラン、バー、外国機関の事務所とそこで働いている職員の世帯に適用されている。また現地通貨で支払われる場合は320Riel/kWhとなっている。ドルで徴収された電気料金はその月の換算レートで現地通貨に換算され、電力組織の収入として計上される。ドルに対し継続的に価値が下がっているRielの換算レートを反映し、表I.6.1の損益計算書に示す1992年の平均電気料金は400Riel/kWhとなり、現地通貨で支払われる場合の電気料金である320Riel/kWhよりも高くなっている。

#### (2) 電気料金改定方針とそのプロセス

シェムリアップ人民委員会の電気料金策定方針についての明確な説明を得ることは出来なかった。しかし現在、料金の改定時には発電と配電に関わる経費を詳細に積み上げ、利潤も考慮して策定していると考えられる。カンボディア経済は現在ハイパー・インフレーションにより物価が急速に上昇しており、当然電力供給に関わる経費も上昇している。このため電気料金も継続的に改定して行く必要があると思われ、現在のカンボディアの経済・社会状況を踏まえた適正な電気料金を策定するための手法や制度についての支援が将来的に望まれる。

シェムリアップの電力組織はシェムリアップ州の人民委員会に所属している。このため電気料金の改定は人民委員会で改定案が作成され、審議の上公示される。

## 6.5.2 販売体制

### (1) 電力量計の設置状況と需要家数

前述のように、シェムリアップ市では1979年まで電力料金が徴収されてこなかった。その後料金徴収が開始され、当時の需要家数約400のうち約200に対し電力量計が設置された。1986年から1987年の間、シェムリアップ電力事業組織は積極的に電力量計の設置を行った。現在の需要家数は1,534であるが、このうち95%に電力量計が設置されている。95%のうち20%程度は需要家の負担により設置されたもので、残りは電力組織により設置されたものである。総需要家のうち電力量計をまだ設置していない5%の需要家については、定額で料金を設定し料金を徴収している。定額で料金を徴収している需要家は使用する電球の数を2個に制限され、1カ月間の電力供給時間から電気料金を計算し定額料金としている。

電力需要のうち60%以上がホテルの需要である。1993年2月現在シェムリアップのホテルの部屋数は250室程あるが、1995年末には部屋の数が2,000室に増加する予定となっており急速な需要増が予想される。

### (2) 検針と料金徴収

検針と料金徴収は月に一度の割合で行われている。検針員は需要家の所で検針を行うと共に、前月分の料金を徴収する。EDPと異なり、電気卸売業者は存在していない。従って電力組織の販売課の要員13名が検針と料金徴収に関する全ての業務を行っている。

表1.6.1

## シエムリアップ電力事業体の損益計算書

項目	1989	1990	1991	1992
総発電量 (10 <sup>3</sup> kWh)	930.2	989.0	1,089.9	2,476.5
総販売電力量 (10 <sup>3</sup> kWh)	299.3	359.1	369.0	1,204.2
販売量/発電量 (%)	32	36	34	49
平均電力料金 (Riel/kWh)	7	20	146	400
販売総収入 (10 <sup>3</sup> Riel)	2,095	7,181	53,814	482,493
雑収入 (10 <sup>3</sup> Riel)	14	1,297	6,036	6,133
合計 (10 <sup>3</sup> Riel)	2,109	8,478	59,850	488,626
運転費				
1) 燃料費 (10 <sup>3</sup> Riel)	2,735	9,808	57,952	431,758
2) 保守・補修費 (10 <sup>3</sup> Riel)	23	379	1,213	8,234
3) 賃金 (10 <sup>3</sup> Riel)	604	2,587	5,071	16,854
4) 管理費 (10 <sup>3</sup> Riel)	54	143	101	713
5) その他 (10 <sup>3</sup> Riel)	17	75	3,326	11,221
合計 (10 <sup>3</sup> Riel)	3,433	12,992	67,663	468,780
運転収入 (10 <sup>3</sup> Riel)	▲ 1,324	▲ 4,514	▲ 7,813	19,846
州政府補助金 (10 <sup>3</sup> Riel)	1,324	4,514	7,813	-
実質収入 (10 <sup>3</sup> Riel)	0	0	0	19,846

表I.6.2 平均電力料金

	1989	1990	1991	1992
平均電力料金 (Riel/kWh)	7.00	20.00	146.00	400.00
デフレートした平均電力料金 (Riel/kWh)	7.00	7.78	25.71	23.48

表I.6.3 平均発電単価

	1989	1990	1991	1992
総発電量 ( $10^3$ kWh)	932.20	989.00	1,089.90	2,476.50
総運転費 ( $10^3$ Riel)	3,433	12,992	67,663	468,780
平均発電単価 (Riel/kWh)	3.69	13.14	62.08	189.29
デフレートした平均発電単価 (Riel/kWh)	3.69	5.11	10.93	11.11

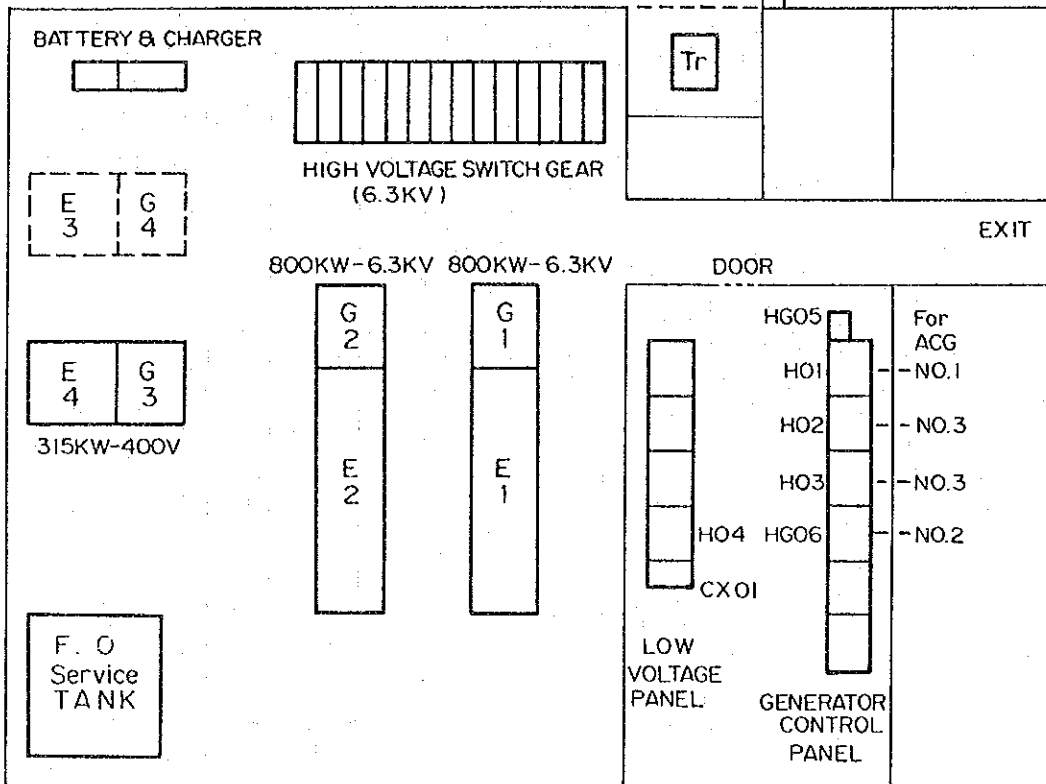
表I.6.4 平均販売単価

	1989	1990	1991	1992
総販売量 ( $10^3$ kWh)	299.30	359.10	369.00	1,204.20
総運転費 ( $10^3$ Riel)	3,433	12,982	67,663	468,780
平均販売単価 (Riel/kWh)	11.47	36.18	183.37	389.29
デフレートした平均販売単価 (Riel/kWh)	11.47	14.08	32.28	22.85

↑ TO CITY  
 □ POLE

↑ TO GATE & OFFICE

Transformer  
 380/6.3KV  
 500KVA



ENTRANCE/EXIT

TO COOLING POND  
 →

TITLE

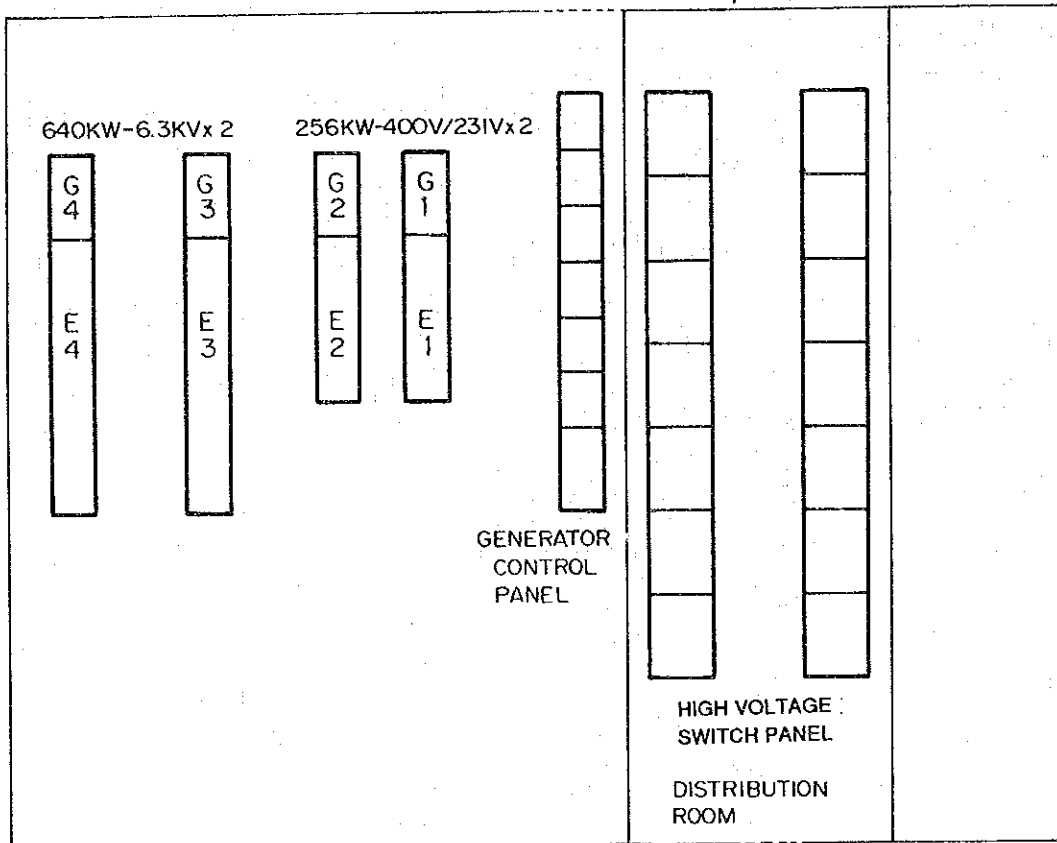
図 1.6.1  
 現発電所平面図



↑ TO CITY  
POLE

↑ TO GATE  
& OFFICE

EXIT

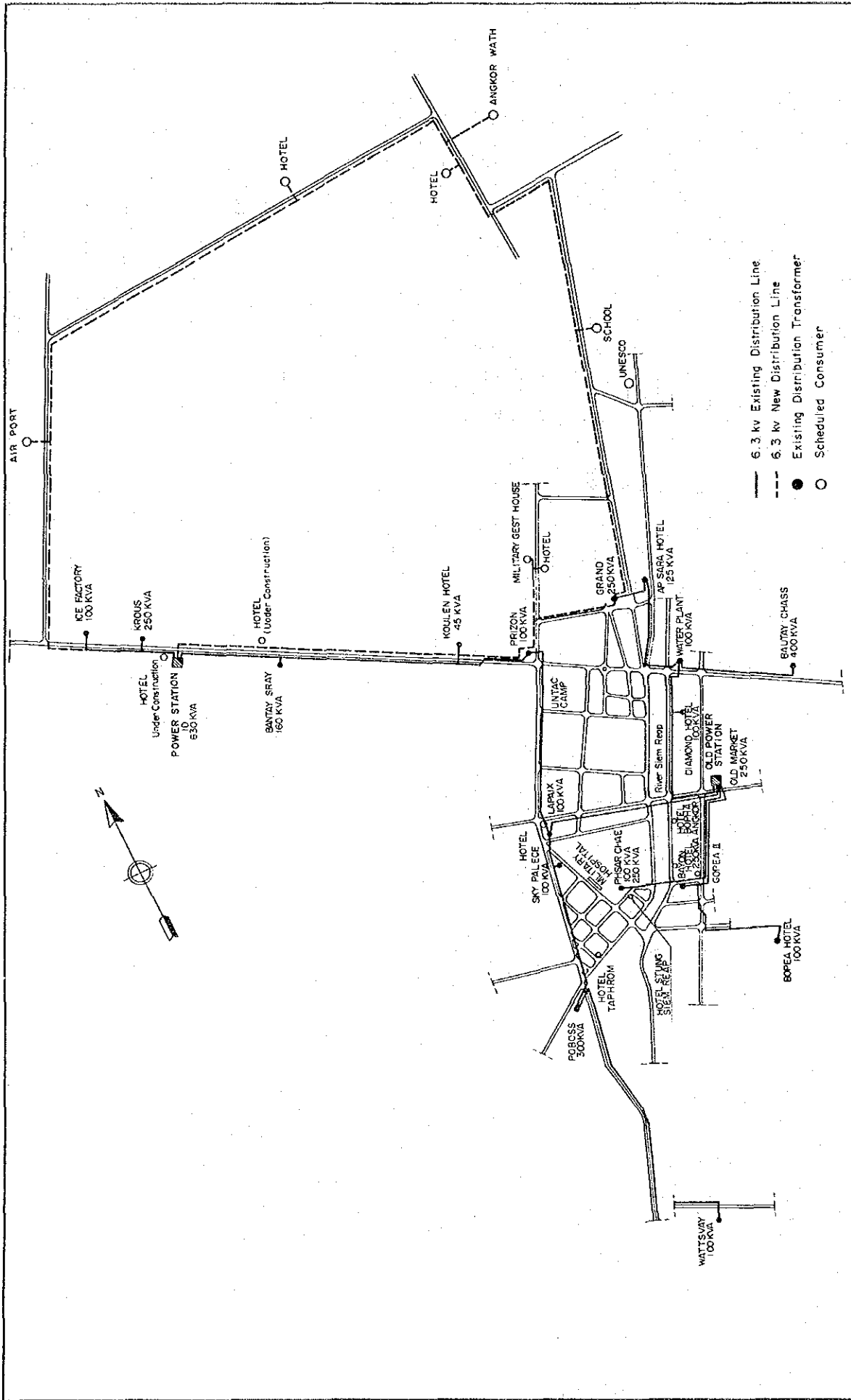


ENTRANCE / EXIT

TITLE

図 1.6.2  
旧発電所平面図

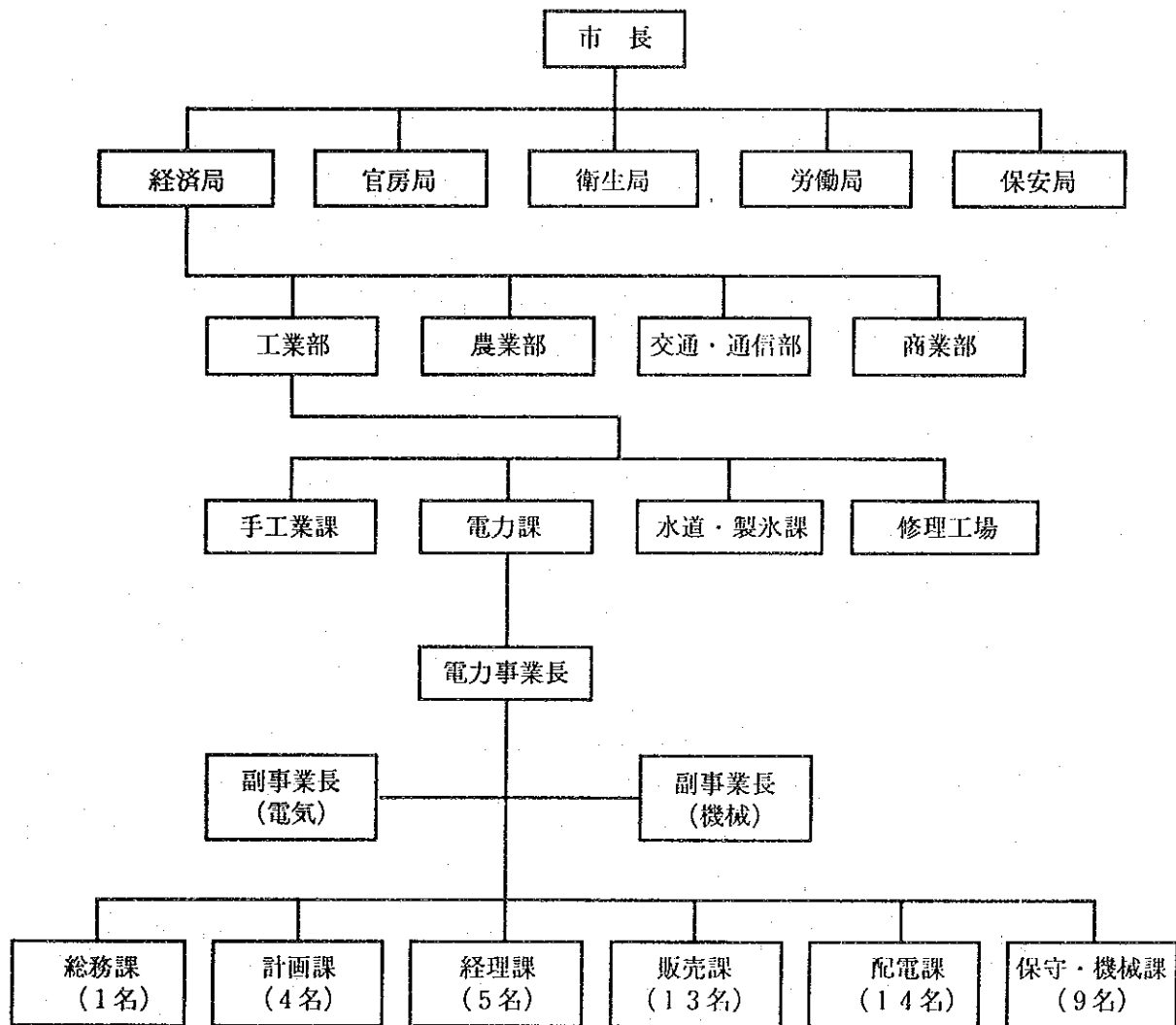




- 6.3 kv Existing Distribution Line
- - - 6.3 kv New Distribution Line
- Existing Distribution Transformer
- Scheduled Consumer

圖 1.6.4  
配電線經過圖

TITLE



TITLE 図1.6.5  
シエムリアップ市電力事業体組織図

## 第7章 電力需要予測

## 第 7 章 電力需要予測

### 7.1 プノンベン市の電力需要予測

#### 7.1.1 概要

第 5 章にて述べたごとく、1993年2月現在 4 発電所の既設発電設備 26基のうち稼働可能な設備は 12基に過ぎない。その他の設備は損傷したまま財源不足または旧型式のため、スペア・パーツの入手困難で補修不可能の状況にある。運転可能な 12基の総出力は、26基の総設備容量 71MWに  
対し 24MWであった。

従ってプノンベン電力公社は、市の電力需要を満たし得ず毎日計画停電を実施せざるを得ない現況にある。このような状況下では、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。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。

#### 7.1.2 需要家別電力

一般的に電力需要予測は、家庭需要、工業需要、第 3 次産業需要の最低 3 分類の需要家群に分けて検討される。詳細なデータが豊富なほど精度の高い需要予測が可能となることは自明である。

カンボディアには、このような需要家別のデータが無いのみならず解析するに値するデータも無い現状である。従って、入手可能な下記の記録の解析を試みる。

- 年度別の最大発電出力
- 供給可能な年間電力量
- 年および月の需要曲線

需要家群を下記の最も単純な 2 種類に分類する。

- (i) 一般需要家
- (ii) その他需要家 (工業、第 3 次産業および公共需要)

当調査の需要想定は市の電力系統に於ける必要発電設備の検討に資することを主目的とする故、発電施設および配電系統の運転・開発に何等の制約もない条件で潜在電力の需要を検討することになる。

具体的には、下記のような項目に検討を加えることとする。

- (a) 系統内の人口
- (b) 家族数
- (c) 電化率
- (d) 家族当たり電力需要
- (e) 国内総生産 (GDP) の推移
- (f) その他需要家の電力需要
- (g) 電力損失量の推移

### 7.1.3 電力市場の現況

信頼できる詳細な過去のデータがないことから、需要想定は 1992 年の電力記録を基に実施せざるを得ない。1992 年の下記項目を検討の上、想定的基础とする。

- (a) 一般需要家の潜在電力
- (b) その他の需要家の潜在電力

これらの値を推定するに際し下記項目を主に検討する。

- (i) 電力料金
- (ii) 発電量
- (iii) 販売電力量
- (iv) 電力損失
- (v) 計画停電
- (vi) 自家用発電

#### (1) 電力料金

販売電力量の記録は、需要家別電力の解析に有益な資料であるが、現在のカンボディアの料金制度は、需要家別の体系にないため需要予測には使用不可能である。

## (2) 発電量

### (a) 発電量記録

EDPの近年の発電量記録は非常に豊富にあり、過去2-3年の日・月の発電量、最大・最小発電電力等の全体的な統計は整理されている。しかしながら、発電設備そのものの故障が恒常的に多いために、その出力記録は需要の実態を反映していない。

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
発電量(GWh)	143	146	165	183	200	183	114	141
最大電力(MW)	26	26	28	30	34	26	29	25

1980年以降1989年迄は毎年成長を続けていたが1990/1991年は著しく降下した。1992年からは回復の傾向にある。

### (b) 電力の季節変動

1992年の月毎の電力消費量を見ると、季節変動は全く現れていない。これは、年間を通じて気温の変化がないことから当然と考えられる。気温に影響される電力消費量は、空調設備の使用頻度であるが、プノンベン市の空調設備の使用はホテル・レストランおよび外国人の住居に限られており、しかもこれらは、殆ど自家用発電設備により賄われている。

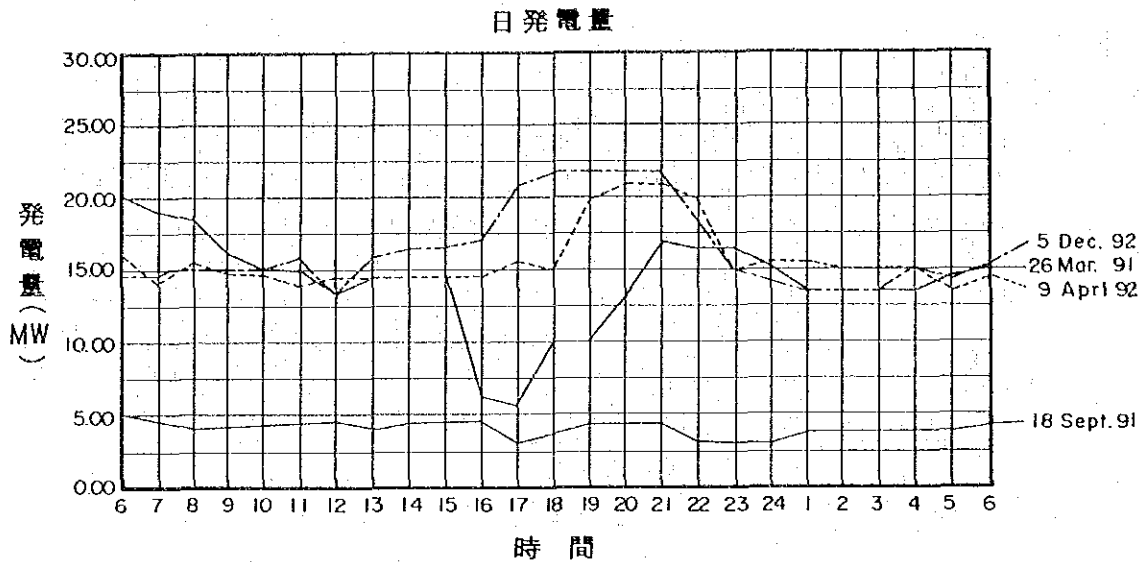
この事実からも潜在電力は、系統の設備からの供給を受けておらず、季節変動・発電制限にも関係なく平均化されていることが判明する。

### (c) 負荷曲線

下図は、プノンベン市の1991年3月26日、9月18日、1992年4月9日、12月5日の日負荷曲線である。1991年3月26日はNo.2発電所の汽力発電施設の故障、1991年9月18日には燃料不足によるヂーゼル発電施設の運転停止が発生している。

これら曲線は、計画停電実施下での曲線であり、需要予測の検討に資し得ない。





(3) 販売電力

1992年度の総販売電力量は96.5GWhでEDPによれば内訳は下記の通りであった。

需要家	電力量配分率	需要家数
市公共関係・水道	6.6 %	8
・公共照明	1.0 %	55
・その他	1.9 %	73
行政関係	30.6 %	322
大使館関係	4.7 %	28
EDP 直接需要家	21.7 %	801
電力卸売業者	28.3 %	138
高圧配電線電力損失	5.2 %	-
合 計	100.0 %	1,425

上表に需要家が分類されているが、一般需要家への販売電力がどの程度かも判明せず、この分類からは各分野の傾向を知ることは不可能である。

更に官公庁職員の大部分は、庁舎の近くに居住しており職員の電力消費は庁舎の電力消費量に含まれている可能性もある。従って、電力販売量記録から需要予測が可能な基礎データは得られない。

#### (4) 電力損失

発電電力量と計測電力量との差は現在下記のように分析されている。

発電量	100 %
電力供給量	95.00 % (5 % は発電所使用量)
変圧器への電力供給量	90.25 % (5 % は高圧配電線の損失)
販売電力量	81.22 % (10 % は非電氣的損失)
使用電力量	69.04 % (15 % は電力卸売業者への調整量)
計測電力量	65.59 % (5 % は未支払分)

#### (5) 計画停電

電源不足から EDP はその供給地域に連日計画停電を実施せざるを得ない状況であることは前述の通りである。計画停電は 1992年9月から週間予定表に基づいて実施することになっているが、この予定は守られず頻繁に変更されている。

この供給制限は 2 通りの方法で実施されている。即ち、個々の変電所あるいは開閉器設置点に於ける開閉器操作による方法及び発電所のフィーダーの遮断器の操作による方法である。

前者は 4-5 時間の停電計画に対して、後者は 1-3 時間の停電に対して用いられている。

下記の記録が入手可能であるので、系統の最大負荷時の状態の解析が可能である。

- 午後 7 時の各発電所各フィーダーの供給電力
- 各フィーダー及び 2 変電所間配電線の停電・再送電・停電原因等の詳細

これらのデータから計画停電が実施されない場合の最大電力が推定できる。即ち、変電所の実際の需要とその変電所の設備容量との比率を系統内の全ての変電所の設備容量に適用することにより系統の最大電力を推測する。この方法により下記の結果が得られる。

変圧器全容量	107 MVA
昼間の最大電力の合計	22 MW
夜間の最大電力の合計	28 MW

28 MW と 107 MVA との比 (28/107) 26 % をある時間帯に於ける計画停電地域の変圧器の容量に適用することによりその停電地域の最大電力が推定される。

この方法を 1992年12月19日(土曜日) から 22日(火曜日) の午後 7 時に適用したところ計画停電地域の最大電力は 5MW から 8MW であったことが判明した。即ち、計画停電地域

を含む系統の最大電力はこの時間帯に 33MW(28+5)~36MW(28+8)であったと推定される。  
しかしながら、この推定値は次のように実際の値とは多少異なる。

- (a) コインシデンス係数を考慮していないため各変電所の最大電力を集計したのでは実際の系統最大電力より大きくなる。
- (b) 計画停電の有る時と無い時のホテル・レストラン等自家発電設備を有する需要家の潜在電力が考慮されていない。

#### (6) 自家用発電設備

自家用発電設備を運転しているのは、ホテル・レストラン、工場、商店、大使館、官公庁、外国人住宅等である。設備の購入ブームは 1992 年であった。300 台以上の設備がブノンペンにて販売され、その新品設備の大半は日本製で、中古設備はシンガポールからの輸入であった。

ブノンペン市内には次のような種々の需要家が混在しているために、これらの総設備容量・総発電量を推定するのは困難である。

- (a) 通常は EDP 系統より受電し停電時のみに自家用設備を運転する。
- (b) 常時自家用設備を運転している。
- (c) 自家用設備の一部を EDP の系統に接続している。例えばレストラン需要家の一部には夕方のピーク時には調理室へは自家設備より給電し客室の照明・空調用には EDP の電力を利用している。

### 7.1.4 電力需要予測の基礎データ

#### (1) 1992年の一般需要家

電気器具の使用状況を検討することが一般需要家の電力需要を予測する上で必要となる。生活レベルの差によってブノンペンの一般需要家を便宜上次の3種類に分類する。

#### (a) 高所得層需要家

国連職員、NGO 要員、大使館員等の外国人及びカンボディアの高級官僚、一部ビジネスマン需要家が含まれる。これらの需要家は大きい邸宅に住み西洋風の生活を営んでいる。

(b) 中所得層需要家

一戸建ての小住宅あるいはアパートに住む比較的裕福なカンボディア人の需要家。

(c) 低所得層需要家

首都のほとんどの需要家はこのクラスに入る。低所得層で市内の至るところで見られる 3-4 階建の建物に居住している。

各需要家の割合は 1992 年に高所得層、中所得層、低所得層需要家各々 5%, 15%, 80% と推定される。

需要家の家庭電気器具の消費電力及び器具数を調べることにより表 I.7.1 及び表 I.7.2 に示すように一日あたりの電力消費量を得ることができる。この表を集計すると下記の様になる。

	高所得層需要家	中所得層需要家	低所得層需要家	平均
日電力消費量 (kWh)	52	7	1	4.6
月電力消費量 (kWh)	1,588	211	35	140
年電力消費量 (kWh)	19,056	2,527	425	1,670
最大電力 (kW)	3.8	0.6	0.2	0.45

この推定値を検証するために市の電力系統内の No.262, No.375, No.189 の 3 変電所の 1993年1月の第 1、2 週の販売電力を調査すると下記のようなであった。

No. 262 変電所

プノンペン市の最も貧しい Tul Kok 市街地にある変電所で 200kVA の設備容量を有している。電力卸売業者が EDP に代わって全てを管理している。1993年1月1日 から 15日の期間の電力販売量は 9,856 kWh であった。

No. 375 変電所

Chamkar Mon 地区に電力を供給している市の平均的な変電所で多数の外国人が居住する地域にある。教育省に供給する 200kVA の変圧器と電力卸売業への 315kVA の 2 変圧器を設備している。1993年1月1日～15日の電力卸売業への販売量は 26,000kWh であった。

No. 189 変電所

市の中心にあり EDP の直接需要家へ供給する 315kVA と電力卸売業への 560kVA の 2 変圧器を有する系統内では規模の大きい変電所である。1993年1月1日～15日の販売電力量

は 70,000kWh を記録している。

これら 3 変電所の需要家数は下記の通りであった。

月間消費量(kWh)	No. 262 変電所	No. 375 変電所	No. 189 変電所	合 計
100 以下の需要家	174	151	480	805
100-200の需要家	22	27	400	449
200-400の需要家	12	26	98	136
400 以上の需要家	8	28	23	59
需要家数合計	216	232	1,001	1,449

3 地域の需要家の内、月電力消費量が 200kWh 以下、200~400kWh、400kWh 以上の需要家数は各々 86.5%、9.4%、4.1% である。この数値は前記に推定した低所得層、中所得層、高所得層需要家数の割合の 80%、15%、5% に近い。

3 変電所の需要家当たりの月平均消費量は下記のように 146kWh となり上記推定値と一致する。

$$(9,856 + 26,000 + 70,000) \times 2 / (216 + 232 + 1,001) = 146 \text{ (kWh)}$$

一方、プノンペンのクメール・ソビエット高等技術学校は過去 5 ケ年に亘りプノンペン市の現在及び将来の電力ニーズに関する実地研究を A. Gremiakov 教授の下に進めてきた。

これによると 1995 年の需要家の平均最大電力は次のようになると発表している。

高級住宅	:	3 kW
中間層住宅地	:	1 kW
アパート	:	0.5 kW

当調査団の推定値、実測値、学校の研究結果を比較すると、前述した調査団の 1992 年の需要推定値は EDP も同意しているように妥当なものであることが検証された。

プノンペン市当局は市の人口は 1992 年央にて 674,509 人であると推定しているが、正確な人口は不明確である。他の発表によれば、市の推定人口は 600,000~1,000,000 の間であるので本調査団は、1992 年の市の人口を平均値の 800,000 を用いることにする。一家族当たりの人数は市当局によれば、6 人であり、従って家族数は 133,333 となる。

プノンペン市の 1992 年の電化率は、EDP の統計によれば 40% である故 53,330 家族が電

力の供給を受けていることになる。

これらの基礎データからコインシデンス係数を 0.7 とし、市の一般需要家の 1992 年の最大需要は、 $0.45(\text{kW}) \times 53,330(\text{家族}) \times 0.7(\text{コインシデンス係数}) = 17 \text{ MW}$  であったことが推定される。

(2) 1992年のその他の電力需要

1992年の最大発電電力は4月14日午後9時に25.2MWを記録している。電氣的損失 20%を考慮すれば EDP の系統内の最大需要は 20MW となり、前節の一般需要家の実質電力需要は  $17\text{MW} \times 0.8 = 14\text{MW}$  である。従って、この年のその他の需要家の実質最大電力需要は、EDP 供給分として、 $(20-14) = 6\text{MW}$  であった。

EDP の計画課の記録によれば 1989 年の自家用発電需要家の需要は、次の通りであった。

病院	1,560 kW
ラジオ/テレビ	1,100 kW
軍/警察	2,600 kW
大使館	1,050 kW
ホテル	3,550 kW
新聞	450 kW
行政機関	1,850 kW
国営工場	12,450 kW
合 計	24,610 kW

各需要家の最大電力の合計は 24.6MW であった。ピーク時のコインシデンス係数を 50% とすれば、これらのピーク電力需要は 12MW~13MW であった。1989 年以降ホテル・レストランが著しく増加しており 1992 年のピーク時電力を 18 MW と想定することは妥当なものと考えられる。この内 6MW が EDP 系統から供給されていることは、上記の通りである。

(3) 人口

当調査団はプノンペン市の人口を 800,000 人と推定した。カンボディアの人口数の特徴は 20才以下の若年層が全人口の 50% を占めていることである。自然人口増加率（出生率 - 死亡率）は世界の平均 1.6% に対しカンボディアでは 1986年に 2.5% であったと推定されている。

若年層の結婚による出生率の増加、衛生状況の改善による死亡率の低下、産児制限の普及遅れ等を考慮すれば、この高い人口増加率は直ちに下降するとは想定し難い。

各国際機関の報告書は、カンボディア国全体の人口増加率を年 2.8% としている。この伸び率は地方も含めたもので都市特に首都の伸び率は更に大きいものとなる。地方の貧困並びに作物の不規則な収穫量は、地方の収入不足を生み都市生活への憧れを醸成し都市での職を求めて地方から都市への人口移動を引き起こしている。武装解除した兵士、国外からの帰還難民も同様の道を辿っている。

これらの事実からプノンベン市及びその他の都市の年人口増加率を 4% と想定する。ECFA の 1992 年報告書 ”カンボディア復興開発のシナリオ：よみがえるカンボディア” にも同じ率が用いられている。

#### (4) 家族数

従来のカンボディアの平均的な家族は都市においては 4 人、地方においては 6 人の子供を有している。プノンベン市当局の統計によれば 1992 年の市の平均的家族の構成は 6 名である。従って、家族数は人口を 6 で除して得られることになる。

#### (5) 電化率

世帯数の電化率は、EDP の統計によれば下記の通りである。

1988	22 %
1989	28 %
1990	33 %
1991	36 %
1992	40 %

政府の個人向け電力供給の優遇策及び電力卸売制度による EDP の財政状況改善とともに、低圧配電網復旧は、配電システムの改良をもたらす電化率の向上が計られるであろうが急速な伸びは望むべくもなく EDP の想定している年増加率 2.5% が妥当である。

#### (6) GDP の傾向

一般需要以外の需要の伸びは工業の GDP の伸びに関連する。戦争による組織破壊により信頼度のあるマクロ経済の指標を推定することは不可能である。

カンボディアの政府機関は、工業の GDP の成長率を次のように想定している。

1991	:	+ 8.6 %	(実績値)
1992	:	+ 9.0 %	(実績値)
1993	:	+ 10 %	(計画省の見通し)

年間10%の伸びは相対的に高いが世銀統計によるアセアン諸国の成長率と比較すると達成不可能な数値ではない。

国	期間	GDP	内 訳			
			農業	工業	製造業	サービス
インドネシア	1965-80	7.0	4.3	11.9	12.0	7.3
	1980-90	5.5	3.2	5.6	12.5	3.7
フィリッピン	1965-80	5.7	3.9	7.7	6.8	5.0
	1980-90	0.9	1.0	-0.8	0.1	2.6
タイ	1965-80	7.3	4.6	9.5	11.2	7.4
	1980-90	7.6	4.1	9.0	8.9	7.8
マレーシア	1965-80	7.4	-	-	-	-
	1980-90	5.2	3.8	7.1	8.8	4.2

国内の安定、外資の導入が順調に進めば今後大幅な経済成長が期待でき、首都プノンベンがその恩恵に与るところ大である。1980年後半に工業分野の復興が始まり、小規模工業・家族単位工業から工業省による中・大規模企業体の復活が進んでいる。復興は、更に民営化による開発、JV企業および外資系企業の導入により促進されているが、これらの工業復興も電力不足によりその速度を鈍化させられている。この傾向は、第3次産業、特にサービス産業にも顕著に見られる。

この国に於いては観光が第3次産業の大きな分野を占めている。ほとんどの観光客は最低一日はプノンベンに滞在し同市のホテル・レストラン・手工業・観光事業を潤している。

更に、多数の国連職員のプノンベン滞在中もホテル・レストランの増設を促している。将来の生き残りに不安があるにも拘らずこのセクターは市の経済活動の中心となっており電力需要増の主因の一つになっている。

この様な状況から考えて GDP の伸びは長期に亘る高度成長は期待できず、1993-2000年の電力需要予測に下記の成長率を適用する。



1992/93	+ 10%
1993/94	+ 10%
1994/95	+ 10%
1995/96	+ 9%
1996/97	+ 9%
1997/98	+ 8%
1998/99	+ 8%
1999/00	+ 8%

(7) 電力損失

ここでは電氣的損失のみを対象とするが、この損失は 1992年には総発電力に対して 20%と推定されている。低圧配電網の復旧は資金の融通が付けば 20% から徐々に減少することは明確である。EDP は損失改善を数字的に予測はしていないが年間 0.5% の割合にて損失が低減されると想定することは現実的である。

(8) 負荷率

1970年の負荷率は 60%であったが、これは主に一般需要家の負荷率によるものであった。1992年に於いてもこの率は変わっていないと考えられるが第3次産業、工業の再開発は短期的には徐々に上昇し 2000年には 70%になると想定した。

7.1.5 需要予測

(1) 前提条件

前節迄に検討したごとくプノンベン市の電力需要予測に際して下記条件を設定した。

- (a) カンボディアの平和は持続する。
- (b) プノンベンの年平均人口増加率は +4% とする。
- (c) 家庭需要の電化率は年 +2.5% とする。
- (d) 住民の生活レベルは向上し、社会構造も中間層が増加する。
- (e) GDP 成長率は、年率 10%~8% にて推移する。
- (f) 電氣的電力損失は年平均 0.5% にて低減する。

(2) 潜在電力

発電設備の増設・修復計画の検討が主目的であるため、本予測は電力供給・配電網に何等の制限がなく且つ潜在需要も含んだ電力需要の予測とする。

(3) 社会情勢の変化

仮に国連機関がカンボディアから撤退する場合には、ホテル・レストラン・サービス産業等が甚大な影響を受け、想定電力需要が約 10% 減少するものと考えられる。本予測では撤退を考慮していない。

(4) 一般需要家の電力需要

1992 年の一般需要家の平均需要電力は、7.1.4(1) に検討した如く 450W であった。需要家の生活レベルの向上は 1992 年を基準に下記のように推移すると想定する。

所得階層	1992	1995	2000
高	5 %	5 %	5 %
中	15 %	20 %	25 %
低	80 %	75 %	70 %

各階層の単位需要家の電力は 2 %/年の率で増加すると想定する。一般需要家の合計最大電力は各需要家の最大電力の合計にコインシデンス係数の 70% を乗じて算出する。

(5) その他の需要家の電力需要

前節 7.1.4(2) に於いて検討した如くその他の需要家の 1992 年の最大需要電力は 18 MW であった。この数値を基に工業需要の GDP に対する弾性値を 0.8 としてこれら需要家の電力需要を予測する。

(6) 需要予測の結果

上記全てを総合して各年度の必要最大発電電力および最大必要発電電力量が次のように求められた。予測の経過と詳細は表 I.7.1 と I.7.2 に記載してある。

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
最大電力 (MW)	44	47	53	58	62	69	76	83	88
最大発電電力量 (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。

### 7.1.6 他機関による需要予測との比較

#### (1) 1989年のソ連の需要予測値

ソ連の "Energosetprojekt" が 1988 年にプノンベン市の電力需要予測を実施した。この予測は 1990 年 - 2005 年の期間に対してカンボディアの電力系統解析の目的で検討されたものであり、工業需要、一般需要、行政需要、公共照明等のセクター別に予測している。

プノンベン市の予測値は次の通りである。

		1990	1995	2000	2005
最大電力	(MW)	60	90	165	265
年間発電電力量	(GWh)	265	400	740	1,250

予測の基準・仮定等に就いての記述・根拠が一切無い故、この値の評価は不可能であるが、予測値は大き過ぎる傾向にある。

#### (2) UNDP 需要予測値

カンボディアに対する UNDP プロジェクトの一環としての "プノンベン・シアヌークビル電力設備復興に関する技術支援" の中で 1992 年に電力需要予測を実施した。1992 年から 1995 年の 3 年間の短期予測であるが下記の値を算出している。

需要 (MW)	92年6月	92年12月	93年12月	94年12月	95年12月
仮定-1	60	63	70	77	84
仮定-2	40	42	46	51	56
仮定-3	35	37	42	47	52

これ等の数値が如何にして得られたかの記述は一切ないが、シナリオ(仮定)により最大電力は年間 10%~12% の範囲で変化するとしている。

#### (3) EDP の電力需要予測

プノンベン市の日本政府への無償援助要請書の中に記述されており 1991 年~2010 年の期間に就いて検討している。予測の基準を下記のように仮定している。

- (a) 基準を 1990 年の販売電力と電力損失に置いている。
- (b) 年平均需要伸びを 9% と 12% の 2 通りのシナリオとしている。
- (c) 電力損失低減を 5 年毎に 1% と仮定している。

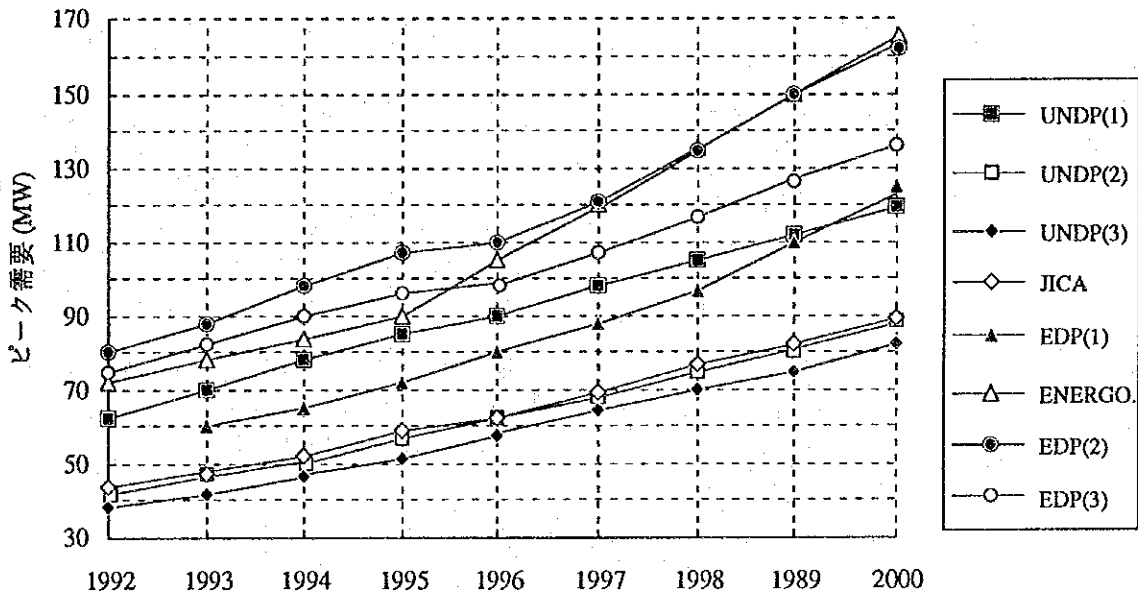
最大電力は計画発電量に負荷率を乗じて算出している。負荷率は1990年に32.6%とし5年毎に3%増加するとしている。

この予測とは別にEDP内部資料として需要/供給のバランスからピーク電力をグラフで表した予測値があるが1993年の最大電力を60MWと仮定し年間増加率を11%としている。

(4) 電力需要予測のグラフ比較

上記の各種予測値(電力損失を含む潜在電力)をグラフに示すと次のようになる。

電力需要予想 (ブノンベン市)



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)年間増加率は全て10%前後となっている。

1992年の需要値が異なるのは、各検討とも統計資料の不足に起因するものである。当調査団の実施したような詳細な現状分析は他の予測には見受けられない。

## 7.2 シェムリアップ市の電力需要予測

### 7.2.1 概要

シェムリアップ市はプノンベンの北西 310km に位置しアンコール遺跡群の観光資源がなければ開発も余り期待できない農村に過ぎない。市の経済は観光資源に負うところが大である。

市の電力は 4 台のディーゼル発電設備を有する発電所から供給されている。電力需要は小さいが発電設備も小規模であるために需要を満たし得ずプノンベン電力系統と同様供給制限が実施されている。

### 7.2.2 電力市場の現況

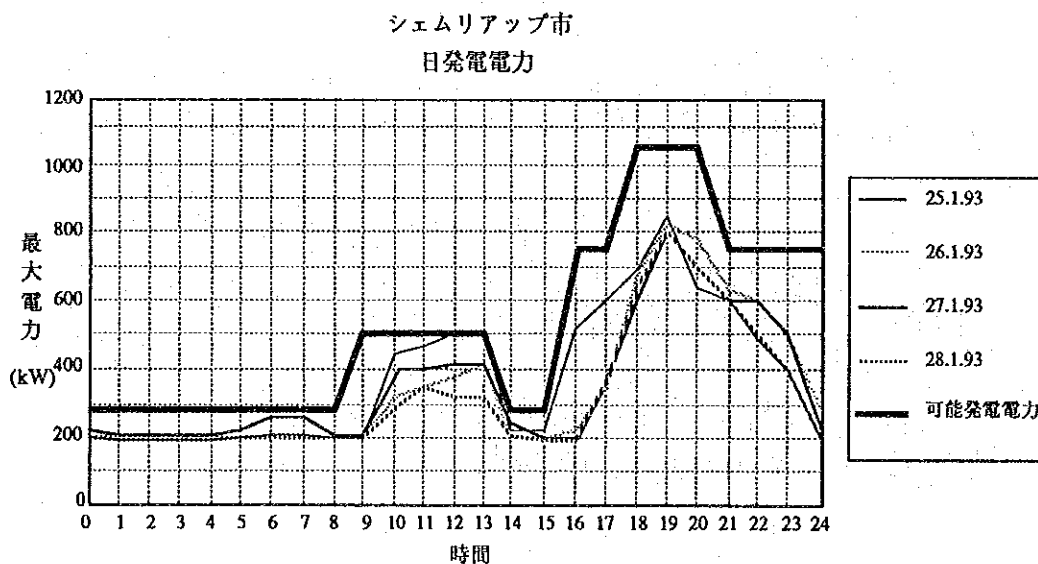
#### (1) 料金制度による需要家分類

シェムリアップ市の需要家は電力受給方法により次の 3 種類に区別されている。

- (a) 第 1 種需要家：24 時間供給を受けている需要家で主に規模の大きいホテルである。
- (b) 第 2 種需要家：最低 18 時間/日受電する需要家で、商店、小規模手工業等である。
- (c) 第 3 種需要家：余剰電力のある場合のみ受電できる需要家である。

#### (2) 発電電力量

発電設備は老朽化防止を考慮し慎重且つ機能的に運転されている。これら発電設備は、特殊な場合を除き毎日同じスケジュールで運転されている。1993 年 1 月末の一日の発電量は下図の通りで夕方のピーク時に 2 台の発電設備を運転して需要に対応している。



設備運転のスケジュールが遵守されているため、日負荷曲線はブノンベンの曲線と異なり極めて画一的である。しかしながら、この発電記録も計画停電下のものであるが故に実際の電力需要を知る上で有効な資料とはなり得ない。

発電電力量の推移は下記の通りであり、1992年には国連関係の駐在と観光客の急増により著しい成長を示した。

	1989	1990	1991	1992
発電電力 (MWh)	930	989	1,090	2,476
成長率	-	+ 6%	+ 10%	+ 127%

### (3) 販売電力

検針と料金請求は各月の終わりに実施されているが、販売統計は下記の5需要家群に区分されている。

- (a) 一般需要家 (リエル貨払い)
- (b) 外国人需要家 (米ドル貨払い)
- (c) ホテル・レストラン (米ドル貨払い)
- (d) 行政機関 (リエル貨払い)
- (e) 州高官宅 (リエル貨払い)

1992年9月（雨期）と1992年12月（乾期）の販売電力は次の通りであった。

	1992年9月			1992年12月		
	kWh	%	需要家	kWh	%	需要家
一般需要家	27,867	24	1,205	20,682	17	1,321
外国人需要家	13,108	11	59	17,894	15	59
ホテル・レストラン	61,601	53	10	58,318	48	12
行政機関	12,248	10	52	21,433	18	52
州高官宅	2,372	2	17	1,973	2	17
合計	117,196	100	1,343	120,300	100	1,461

1989年以降の販売電力の推移は下記の通りである。

	1989	1990	1991	1992
販売電力量 (MWh)	299	359	369	1,204
成長率	-	+ 20%	+ 3%	+ 226%

#### (4) 電力損失

発電電力量と販売電力量と比較すると系統の電力損失が如何に多いかが判明する。

	1989	1990	1991	1992
発電電力量 (MWh)	930	989	1,090	2,476
販売電力量 (MWh)	299	359	369	1,204
損失電力量 (MWh)	631	630	721	1,272
損失率 (%)	68	64	66	51

損失率が徐々にではあるが1989年から1992年の間に低減しているが、これは需要家へのメータ取付が進んだことによる。1992年12月には1,461需要家の内20前後の需要家を除き全てメータは取付られている。これ以前は需要家から申告された電気器具に基づき電力量を概略推量して請求していた。この方法では不公平や不正が生ずることは明かである。

州当局は総電力損失量を電氣的損失と非電氣的損失に区別していない。非電氣的損失は盗電、料金未納に起因しているが、州当局も電力卸売業者もこの改善に対応していない。

一方、電氣的損失は架空配電線が旧式で貧弱な設備であることに起因している。入手した情報が正しければ、1992年の50%の総損失の内25%は電氣的損失、残りの25%が非電氣的損失ある。

#### (5) 計画停電

第1種需要家は、大事故でもない限り給電制限はなされない。供給制限が必要な場合には第2種、第3種需要家が対象となる。下記は1992年の計画停電の実態である。

配電用変圧器の数	:	20台 (未使用の3台を含)
設備容量	:	3,745 kVA
通常の最大負荷	:	795 kW
特殊な場合の最大負荷	:	1,415 kW

ここでの最大電力とは供給制限がなされていない場合の変電棟において測定した各々の負荷電力の合計である。通常最大発電電力は 1,000kW であり、上記の 1,415kW は常時予備の設備を運転した特殊なケースである。

#### (6) 自家用発電設備

プノンペンと同様に殆どのホテルは負荷制限に備えて自家用発電設備を保有している。大規模ホテルの一つであるグランド・ホテルのみが自家発電設備を持たず系統から電力の供給を受けている。このホテルには、250kVA の変圧器と隣接するアプサラ・ヴィラ用の 100kVA の変圧器が設置されており系統の最大の需要家である。

州当局は外貨節約の目的から、需要家の自家用発電設備の購入を統制する機運にある。設備購入希望者は当局から事前承認を得なければならない。

1993年1月の時点での自家用発電設備は下記の通りである。

製氷工場	: 100 kVA
タブロム・ホテル	: 200 kVA
バイヨン・ホテル	: 200 kVA
スタン・シエムリアップ・ホテル	: 100 kVA
バライ・ホテル	: 35 kVA
UNTAC (フランス工兵隊)	: 2x125 kVA

常時自家設備を使用している製氷工場を除き他の需要家は、通常は系統から電力の供給を受けて供給制限時のみ自家設備を運転している。これから負荷制限されている電力・自家用設備による電力が推測可能である。

### 7.2.3 電力需要予測の基礎データ

#### (1) 1992年の一般需要家

シエムリアップの生活レベルは、プノンペンに比し相当に低い。住民は農業に従事し藁葺の家に住居している。電力販売統計から需要家あたりの月電力消費量が略下記と推定されるが当然のことながらプノンペンの値より相当に低い。

平均的な一般需要家	: 20 kWh
外国人住宅	: 260 kWh
州高官の住宅	: 130 kWh



供給制限がある上に住民の低所得額に比して高額な電力料金では、需要家としても電力消費を増やすことは困難である。家庭電力は主に照明・換気に用いられている程度でテレビは普及していない。

電力販売統計によれば、シエムリアップの一般需要家の90%~95%を占めている一般家庭需要家の電力消費はプノンベン市の低所得層需要家に相当する。一方残りの10%~5%の需要家である外国人と州高官の需要はプノンベン市の中レベル需要家と同レベルと考えられる。しかし乍ら、これらの需要家の消費電力量はプノンベン市の需要家よりも低いが、使用最大電力はプノンベンと同様のレベルにあると見なされる。従って、下記の計算からシエムリアップ市の平均的な家庭電力需要は240W~220W（平均230W）と推定される。

プノンベン市の低レベル需要家の需要電力	: 200W
プノンベン市の中レベル需要家の需要電力	: 600W
シエムリアップ市のプノンベン低レベル需要家相当の需要家の数	: 90~95%
シエムリアップ市のプノンベンの中レベル需要家相当の需要家の数	: 10~5%
$(0.9 \sim 0.95) \times 200 + (0.1 \sim 0.15) \times 600 = 240W \sim 220W$	

1992年現在、シエムリアップ市の人口は郊外を含めて80,000人であった。（市街地のみでは30,000人である。）一家族当たり6人とすれば家族数は13,333となる。1992年の電化率は極めて低く10%であったので、受電需要家数は1,333となる。この数字は前記7.2.2(3)一般需要家の数字とほぼ一致する。コインシデンス係数をプノンベンと同様に0.7と想定すれば1992年の一般需要家の電力需要は $0.23kW \times 1,333 \times 0.7 = 215kW$ となる。

## (2) 1992年のその他の需要家

- 1992年に記録された特殊なケースの最大電力1,415kWは発電所の全機能を稼働した時の負荷であり、1992年の系統の実最大電力と見なされる。但し、UNTACの一時的な負荷は含まない。
- この時の一般需要電力は、上記の如く215kWであった。
- ホテル・レストランとその他の小工業を含む需要家の最大電力は840kWであったと推定される。グラント・ホテル/アプサラ・ヴィラの変圧器の容量(350kVA)及び他のホテル所有の自家用発電設備(535kVA)から考えると、ホテルの潜在電力は600kWであったと推定できる。系統内のレストランとその他の需要は、320kW程度であったと推定される。
- 電氣的損失は発電量の25%である故このピーク時点での総電力損失は、360kWである。

(3) 住民数

州の人口は選挙に関連して1991年に実施された人口調査から約555,000人であると判明している。この内シエムリアップ市及びその近郊の人口は80,000人であった。プノンペン市の予測にて述べた如くシエムリアップ市に於いても年間人口増加率を4%と仮定する。

(4) 家族数

検討期間中の家族構成員数は6名とした。

(5) 電化率

現在の電化率は極めて低く10%である。それだけに潜在電力需要は大きいことになる。市街中心地を除けば電力供給を受けている需要家は道路沿いの家屋のみである。市郊外のプームテメイ地区に新しい住宅団地が予定されている。これはアンコール遺跡群保存のためにその地帯からの立ち退きを求められている人々の住宅である。約2,000戸の住宅地であるが1993年初頭には未だ電化はされていなかった。これら全ての住宅は潜在需要家と見なされるが、高い電力料金と配電線引込費用の20,000リエルを支払え得るのは2,000戸の内1/3程度と推定される。

これらを含み電化は初期の段階で急速に促進されるものと考えられるので、1995年までに電化率は40%に、その後はやや鈍化するが2000年には50%に達すると想定する。

(6) 電力損失

電氣的損失率は1992年に25%であった。財政に抑制がなければ、低圧配電線の既設設備の修復・増設が促進するので年率0.5%の損失低減を想定する。

(7) 負荷率

1992年の負荷率は50%と推定されており、これは家庭電化製品の普及から2000年迄に60%に漸増すると想定する。

#### 7.2.4 需要予測

(1) 一般需要家の電力需要

1992年の平均的な需要家の夕刻ピーク時の需要は前記の如く230kWであったと推定できた。住民の生活レベルの向上に伴い需要の伸びは下記の推移を辿ると想定する。

1992年から 1994年迄	: 5%
1995年から 1996年迄	: 8%
1997年から 2000年迄	: 10%

(2) その他の需要家の電力需要

シエムリアップ市では、1992年には発電所と製氷工場を除けば工業生産活動に見るべきものはなかった。小規模工業としては、機械作業場、工事用器具製作所、精米所、製材所、手工業等がある。

一方、1992年に再開したホテル事業は、政治的背景が安定すれば更に発展するであろう。

1992年末に 8 ホテル 300室であったが 3 ホテルが建設中であり、これが完成すれば市の部屋数は 500 となる。市の計画事務所は、1995年の観光客は 1992年の10倍に相当する 100,000人を期待し、部屋数を 2,000室に増設予定している。

1993年2月にはシエムリアップ空港は 200人/日を受け入れているが、これ以外に陸路による数百人/年の観光客が市を訪れている。近々通信設備が完備されることになっており、空港もタイ、ベトナム等からの国際線受け入れを整えれば市の観光客は倍増することになる。観光客は通常 2-3 日滞在する故 2,000室は決して多くないと思われる。観光客の増加は、ホテル・レストラン・関連需要家の電力需要を増やすことになる。

1992年のホテルの電力需要 600kW を基盤に、総電力需要はホテル数に比例して増加すると想定する。

系統内のレストランとその他の需要は、観光客の増加に比例するがその他にも空港の滑走路照明・アンコールワット遺跡の照明等に需要は伸びる。需要伸びは、1992年から 1997年迄は年間 150kW、それ以降 2000年迄は 100kW の割で増加すると仮定する。

(3) 需要予測の結果

前記の各要素に基づき予測した各年度の需要電力は、表 I.7.3 に想定手順を含む詳細を記述してあるが、その結果のみを下記にまとめた。

	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

シエムリアップ市の電力需要予測はカンボディア機関も他の国際機関もこれまで実施していない。

表 1.7.1 プノンペン市の需要家当りの電力需要 (1992)

電気器具	一般需要家の電力消費量										一般需要家の最大使用電力									
	普及率 (%)			一世帯当りの使用数 (c)			使用時間 (d) (時間/日)	平均電力消費量 (e = a × b × c × d) (Wh)			ピーク時に使用の種類の数 (f)				最大使用電力 (g = a × b × f) (W)					
	高所得需要家	中所得需要家	低所得需要家	高所得需要家	中所得需要家	低所得需要家		高所得需要家	中所得需要家	低所得需要家	高所得需要家	中所得需要家	低所得需要家	高所得需要家	中所得需要家	低所得需要家				
照明	100	100	100	50	10	2	6	18,000	3,600	720	20	4	2	1,200	240	120				
冷蔵庫	100	40	0	1.5	1	0	24	4,320	1,152	0	1.5	1	0	180	48	0				
アイロン	100	80	10	1	1	1	0.25	250	200	25	0	0	0	0	0	0				
電気掃除機	50	0	0	1	0	0	0.5	125	0	0	0	0	0	0	0	0				
湯沸器	100	30	0	1	1	0	0.25	150	45	0	0	0	0	0	0	0				
ラジオ・テレビ	100	70	50	1	1	1	4	400	280	200	1	1	1	100	70	50				
扇風機	100	80	40	4	2	1	7	2,100	840	210	2	2	1	150	120	30				
エアコン	100	5	0	2	1	0	8	19,200	480	0	1	1	0	1,200	60	0				
ホット・プレート	60	5	0	2.5	1	0	2	3,000	100	0	1	1	0	600	50	0				
ポンプ	100	50	5	1	1	1	0.5	125	62.5	62.5	0	0	0	0	0	0				
洗濯機	5	0	0	1	0	0	0.5	75	0	0	0	0	0	0	0	0				
外灯	90	6	0	2	1	0	12	4,320	144	0	2	1	0	360	12	0				
							一世帯当り 電力使用量	52,065	6,904	1,167				需要電力 の合計			1,790	600	200	

表1.7.2 プノンペン市の電力需要予測値

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
a: 人口	800,000	832,000	865,280	899,891	935,887	973,322	1,012,255	1,052,745	1,094,855
b: 世帯数	133,333	138,667	144,213	149,982	155,981	162,220	168,709	175,457	182,476
c: 電化率(%)	40	42.5	45	47.5	50	52.5	55	57.5	60
d: 電化世帯	53,330	58,935	64,900	71,240	78,000	85,165	92,790	100,890	109,490
e: 世帯当り平均電力 (W)	450	463	477	490	504	518	532	546	560
f: 一般需要家最大電力 (MW)	17	19	22	24	27	31	35	39	43
g: 工業分野 GDP (1992年 : 100%)	1	1.10	1.22	1.34	1.46	1.60	1.72	1.86	2.01
h: その他需要家最大電力 (MW)	18	19	21	23	24	26	28	30	31
i: 合計最大電力 (MW)	35	38	43	47	51	57	63	69	74
j: 設備電力損失 (%)	20	19.5	19	18.5	18	17.5	17	16.5	16
k: 必要最大発電電力 (MW)	44	47	53	58	62	69	76	83	88
l: 必要発電量 (GWh)	230	253	291	322	354	401	449	499	548

a = +4% per annum

b = a/6

c = +2.5% per annum

d = b · c

e = upgrade of low level customers

f = d · e · 0.7

g = annual growth rate of 11%·8%

h = GDP elasticity 0.8 = (example: 1994) x {(1.22-1.00) x 0.8 + 1.00} x 18 = 21.17 (MW)

i = f + h

j = reduction of 0.5% per annum

k = i/(1 - j)

l = k x 8760 x (load factor 0.6·0.7)

表I.7.3 シェムリアップ市の電力需要予測値

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
a: 人口	80,000	83,200	86,528	90,000	93,590	97,332	101,226	105,275	109,486
b: 世帯数	13,330	13,867	14,420	15,000	15,600	16,222	16,870	17,546	18,248
c: 電化率 (%)	10	20	30	40	42	44	46	48	50
d: 電化世帯	1,333	2,773	4,326	6,000	6,552	7,138	7,760	8,422	9,124
e: 世帯当り平均電力 (W)	230	242	254	274	296	325	358	394	433
f: 一般需要家最大電力 (kW)	215	470	769	1,151	1,358	1,624	1,945	2,323	2,765
g: ホテル・レストラン数	8	11	15	20	21	22	23	24	25
h: ホテル室数	300	500	1,250	2,000	2,100	2,200	2,300	2,400	2,500
i: ホテル最大電力 (kW)	600	825	1,125	1,500	1,575	1,650	1,725	1,800	1,875
j: その他需要家最大電力 (kW)	235	385	535	685	835	985	1,085	1,185	1,285
k: 合計最大電力 (kW)	1,050	1,680	2,429	3,336	3,768	4,259	4,755	5,308	5,925
l: 設備電力損失 (%)	25	24.5	24	23.5	23	22.5	22	21.5	21
m: 必要最大発電電力 (MW)	1.4	2.2	3.2	4.4	4.9	5.5	6.1	6.8	7.5
n: 必要発電量 (GWh)	(6.1)	9.8	14.8	20.6	23.6	27.4	31.0	34.9	39.4

a = +4% per annum

b = a/6

c = increase upto 40% in 1995 and 50% in 2000

d = b · c

e = annual growth of 5% upto 1994, 8% upto 1996 and 10% thereafter

f = d · e · 0.7

i = (g/8) x 600

j = increase of 150 kW per annum upto 1997 and 100 kW thereafter

k = f + i + j

l = reduction of 0.5% per annum

m = k/(1-l)

n = m x 8760 x (load factor 0.570.6)

## 第8章 プノンペン市の電力復興マスタープラン

## 第8章 プノンペン市の電力復興マスタープラン

### 8.1 概要

#### 8.1.1 発電設備

第5章 5.1項「発電設備」に述べた如く、現状の発電設備には、種々の難問が山積している。設備の老朽化、不適切な設備運営、需要を大幅に下回る不安定な供給、更には、医療・上下水道等の社会インフラ整備、他の分野の経済復興、国際機関の進出に伴う電力需要の急増への対応策等、緊急に解決すべき多数の問題がある。これ等短期復興計画の他に、国土の復興、経済の建て直しに必要な電力の中・長期的な計画がカンボディアには未だ存在していない。特に、石油輸入国であるカンボディアにとっては、豊富に包蔵する水力資源の開発が望まれるところである。更に、電力設備の老朽化、復興の遅れは単に財源難の問題のみならず、技術者、運転・保守員、運営管理者の不足にも原因が認められる。先進国による人材の育成、組織・運営体制の改善等ソフト面の援助も必要である。

本章に於いては、前章で検討したプノンペン市の電力需要予測値に基づき、修復計画及び増設計画を策定する。修復計画は短期的な復興計画であり、増設計画は短・中・長期の開発計画のことを言う。尚、各計画に於いて、日本の援助の対象とすべき施設について提言する。

#### 8.1.2 配電設備

既設配電網の現況及び問題点は第5章にて述べた通りである。問題の基因は発電設備と全く同じである。復興対策としては (a) 発電所間の連系線の建設、(b) 配電電圧の統一、(c) 高低圧配電線の整備・増強、(d) 需要家メータの完備、(e) 保守資材・工具の整備及び (f) 人材育成が挙げられる。

#### 8.1.3 給電指令設備

現在EDPが実施している給電指令方式及びその問題点については、第5章に述べたが、本章に於いては、その問題点を検討し対応策を提言する。

現在の方式は、電力系統が小規模である点、配電網が近代化されていない点を考慮すれば、妥当な方式と判断される。改善案の策定に際しては、復旧・整備される系統を想定し、運転員の技術を考慮し現方式から大巾に乖離しない方式とした計画とする。



## 8.2 発電設備

### 8.2.1 修復計画

#### (1) No.1 発電所

最も古い発電設備は1926年製で67年を経過、最も新しい発電設備でも1966年製で27年も経過している。11台の設備の内、どうにか稼働しているのは5台のみである。EDPの調査によれば旧式の設備のスベア・パーツの入手は不可能で、最新の1966年製(3,120kWの定格に対して現在1,500kWの出力可能)の設備についてのみ製造業者からパーツを製造してもよいとの連絡があった旨EDPより報告されている。但し、納期は長くコスト高であることより、1,620kW増の為にパーツ購入が妥当であるか疑問視されている。この様に、同発電所の発電設備修復は、ほぼ絶望的である。更に、同発電所11台の内1966年製の1台を除き10台全ては2相用特殊発電機であり、市内の4.4kV、2相電力系統に電力を供給しているのみである。しかも、この特殊系統は3相15kV系統に切り換えられることになっており、これ等10台の発電設備の修復は、全く効果のない計画と見做される。このような状況から、同発電所を寿命のある限り運転し、市の電力系統の電圧調整用の役を与え、基本的に発電設備の修復を断念する案がある。当調査団も、この案に全面的に同意するものである。但し、1966年製の設備を可能な限り運転させるべく、運転・保守の質を向上させる必要がある。尚、同発電所へは、トンレサップ川より専用の油・冷却水のパイプ・ラインが布設されているので、新発電設備増設の候補地として転用することを提言する。旧Kirirom水力発電所からの110kV送電系統が曾て、No.1発電所附近に接続されていたこともあり、Kirirom発電所復旧後は、110kV受電変電所の機能を持たせることも同時に提言する。

1993年2月現在に於いて、同発電所の修復に対して援助を計画している諸外国、国際機関はない。従って、同発電所の既設発電設備の可能出力は、現状の4,460kW以上になる可能性は無い。

#### (2) No.2 発電所

No.2発電所は、28,400kWの設備を有するカンボディア最大の発電所であると同時に、6,000kW x 3台の同国唯一の汽力発電設備が運転されている。この汽力発電設備はプノンベン市の現在の発電量の45~50%を生産している重要な施設である。1992年11月より設備の製造者であるチェコから技術者3名がプノンベンに派遣され、同国から供給されたパーツを用い補修・オーバーホールを実施中である。この作業の完了に伴い3台の汽力発電設備は、設備定格の6,000kW/台に回復することが期待されている。補修・オーバーホールの完了は1993年末迄に予定されているので1994年初頭よりNo.2発電所の汽力発電設備は、現在の10,000kWから18,000kWへ8,000kWの出力増が見込まれている。

同発電所には、汽力発電設備の他に、単機容量2,100kWのディーゼル発電設備が5台設置されていたがその内1台は1979年に廃棄処分された。現在4台が稼働可能であるが実情は故障、スベアパーツ不足等により2台の設備のみ定格出力以下で運転されている。これ等4台は、1973年アメリカ製の設備であり、パーツ供給は可能である。従って、この4台のディーゼル発電設備の復旧は緊急に実施されるべきである。

EDP及びUNDPの説明によると、これ等4台のディーゼル発電設備の修理及びオーバーホールにはアイルランド政府の援助が決定しており、1993年末迄には修復作業が完了する予定である。この修復により現在3,000kWの出力であるNo.2発電所のディーゼル発電設備は8,400kWの出力まで回復することになる。

### (3) No.3 発電所

この発電所には、No.2のディーゼル発電設備と製造年も型式も全く同じ設備が3台設置されている。1993年2月時点でこの3台の設備中2台が故障の為運転休止中であり、運転可能な3号機も出力が定格2,100kWから1,500kWに低下している。製造後20年経過しているが現在のブノンベン電力系統の状況から、これ等3台の発電設備を緊急に修復し、新設発電設備が稼働し、系統の発電容量に余裕が生じる迄の延命策を講じるべきである。

No.2発電所ディーゼル発電設備の修復と同様に、アイルランドの援助により3台全てを修復・オーバーホールすることになっている。この援助により、現在1,500kWの出力が1994年末迄に6,300kWに増加することになる。

### (4) No.4 発電所

ブノンベン市に於ける最新の発電設備(1984年と1987年製)であるが1993年2月現在既設5台中3台が運転不能の状況にあり同発電所の総出力15,000kWは、5,200kW迄低下していた。同発電所の完全復旧は、現在の同市の総可能出力24,160kWの40%の増容量となり同市発電設備復旧に多大な貢献を与える。同発電所の復旧は、緊急課題であり、実施すべき最重要案件の一つである。

この発電所の発電設備は、同発電所の隣接地に未完成のまま放置されているNo.5発電所の設備と全く同型である。EDPは、No.5発電所の完成を断念し、未完の設備をNo.4発電所設備のパーツ源として利用する方針を採っている。事実、据付途中に中断したNo.5発電所の1号機～4号機は部分的に分解され、種々のパーツがNo.4発電所に転用されている。UNDPはNo.4発電所の緊急修復を計画し、上記No.5発電所設備をNo.4発電所復旧に流

用するEDP案に基づき、技術援助を実施する予定である。UNDPの計画している復旧案は、旧ソ連のスペシャリストによるNo.4 発電所の修復作業および同設備の運転・保守の指導である。UNDPは1995年末までに5 台全てを修復させ現状の5,200kWの出力を定格の15,000kWまで高める計画を建てている。早急な復旧作業が期待される。

(5) No.5 発電所

旧ソ連崩壊によるスペアパーツ調達の不確実性、他設備より割高の運転費、設備の低品質等の問題の他、完成の目処のたたないこの発電所は、工事再開を断念しEDPおよびUNDPの計画しているNo.4 発電所の予備品として利用するのが、No.4 発電所の緊急復旧の点からも妥当な案である。既設No.5 発電所の用地、建屋、天井走行クレーン、設備基礎等は、新しく増設されるであろう発電設備に転用可能であり、有効利用される。従って、No.5 発電所の発電設備の工事再開は当調査団としても推薦出来ず、他の新発電設備の増設に転用することを提言する。

(6) 修復計画総覧

ブノンペン市の既設電力設備修復計画に対する当調査団の提言および各国の援助動向は前述の通りである。各発電設備の修復計画実施後の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に比べ大幅に改善されることになる。

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

No.1 発電所は、上記(1) 項に述べた如く、その設備の現況から修復対策を講じないのが得策である。その他の発電所の修復については、チェコ・アイルランド・UNDPが事業に着手ないしは実施を計画している現状にあり、日本が関与する必要は現時点では認められない。

添付表I.5.1～I.5.4に見られる如く、No.1発電所の稼働可能なディーゼル発電設備は低速回転機、No.2及びNo.3発電所のディーゼル発電設備は中速回転機、No.4のそれは高速回転機である。

これら既設発電設備の復旧後の運用に際しては、設備の機能及び保全上、下記の運転方式が望ましい。

No.1発電所は、延命策を講じる必要上、運転時間を短縮するべくピーク負荷対応用又は予備設備、No.2発電所の汽力設備はベース負荷用、No.2及びNo.3発電所のディーゼル発電設備は、中速機であるが建設後の経過年数を考慮してピーク負荷用（又は緊急ベース）用、No.4発電所は、高速回転機であること、スペア・パーツの供給不安から短時間のピーク負荷対応用として運転するのが妥当と考える。

この方式によると、既設発電設備の修復完了後のベース負荷用電源容量は18,000kW、ピーク負荷対応用電源容量は34,350kWとなる。

### 8.2.2 増設計画

既設発電設備の修復計画実施により、1993年2月現在の出力は1995年末には2倍以上に高められるが、成長を続ける系統内の電力需要を満たす迄には至らない。従って新しい発電設備の増設が必要となる。産油国でない現在のカンボディアにとっては、そのエネルギー源を可能な限り豊富な包蔵水力を利用した水力発電に依存したいが、その完成迄には長期間を要する。更に、カンボディアの運転・保守員がディーゼル・汽力発電に習熟していることを考慮すれば、短期間に設置可能なディーゼル発電設備の暫定的な増設が適切である。

水力発電設備開発には、開発調査から開始して発電開始に至る期間は最低7～8年を要し、旧設備の復旧計画にしても6年程度は必要となる。カンボディア国の治安が回復し水力計画実施が可能となる年を仮に1994年頭初としても前者の場合、完成が2000～2001年、後者の場合でも1999年となる。（カンボディア工業省の計画では Kirirom 水力発電所は1997年末迄に復旧を完了することになっているが、楽観的に過ぎると判断する。）従って1999年迄の需要は、火力発電設備に依存せざるを得ない。

プノンベン電力系統の1995年末の必要発電出力は、潜在需要、配電網損失を考慮して第7章に述べた如く58,000kWであり、更に1999年末には83,000kWと予測される。既設設備の修復により発電可能となる全出力は1995年末に52,350kWと期待されるが同年に既に、約5,700kWの不足、1999年末には約31,000kWの不足が見込まれる。

#### (1) 各国援助計画

当調査団が1993年1月にカンボディア国工業省、EDPおよびプノンベンのUNDPに

於いて調査した結果、下記援助計画が確認された。

(a) フランスの2国間援助

既設 No.1 発電所へ1,800kWのディーゼル発電設備を設置する。1993年1月現在全ての資機材はフランスから出荷済で運転開始は、設備完成を1993年8月末に予定している。前述した如くNo.1 発電所には復旧不能で撤去すべき既設ディーゼル発電設備がある故、これ等と置換することにより既設建屋、基礎、天井走行クレーン等が利用できる。

(b) イタリアの2国間援助

イタリアは No.3 発電所へ4,200kWのディーゼル発電設備1台を設置する。発電設備に付随する変圧器・開閉器類の供与も行われることになっている。これらの設備の詳細は不明であるが既設No.3 発電所には、これ等設備の設置に必要な敷地が得られる。完成予定は、1994年内と見込まれている。

(c) アジア開発銀行 (ADB) の融資

カンボディアはADBのローンにより合計12,000kWのディーゼル発電設備の増強を計画している。設備場所はNo.1 発電所或いはNo.4 発電所を予定しているが単機容量・設置台数、その他の詳細は未決定である。EDP及びUNDPの説明によれば、設備の完成を1995年末以前を予定している。

(d) 世銀の融資

EDPおよびUNDPの情報によると、世銀融資により、既設No.2またはNo.3 発電所内に2,100kW×4台、合計8,400kWのディーゼル発電設備を1995年末以前に設置する計画がある。

以上の各国、国際機関の支援の増設計画による出力増は年次的に次表のようになる。

(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	ADB	-	-	-	12,000
No.2 又は No.3	世銀	-	-	-	8,400
計		-	1,800	6,000	26,400

(8.2.1) に述べた修復計画と併せた各年度末の可能総出力と第7章にて想定した電力需要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

## (2) 日本の援助計画案の提言

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前述の如く1999年末に期待される。従って、プノンベン市の電力供給は1999年末迄は火力発電に依存せざるを得ない。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を補完する設備とすべきであることを提言する。

フランスの支援による1×1,800kWの発電設備を除き各国・各機関の援助による増設発電設備の詳細、即ち、単機容量、回転数等は現在未決定である。上記8.2.1(6)に述べた如くプノンベン市の電力系統に於いてベース負荷対応用として確実に期待できるのは既設No.2発電所の汽力発電設備の18,000kW(3×6,000kW)のみである。これは1996～1999年の発電需要の25～20%に過ぎない。汽力設備の定期点検に1台を休止した場合には17～14%に低下する。高効率、燃料消費量の少い日本の新設備はプノンベン電力系統のベース負荷対応用として運転されることが望まれる。この観点から日本の援助する発電設備の機種を選定すべきである。

既設No.5発電所の発電装置及び付属装置がNo.4発電所へ転用されることによりNo.5発電所はその機能を失うことになる。しかし乍ら、建屋、制御室、事務室、設備基礎、天井走行クレーン、用地等の既設設備が充分活用可能である。従って日本の援助する発電設備を

既設No.5発電所に設置することが経済的且つ同市の南北系統の発電設備のバランス上からも妥当であると判断する。

カンボディアには、発電所建設のコントラクターは当然のこと乍ら育成されていない。日本の援助するプロジェクトでは、各発電所勤務員をリクルートし、日本のコントラクターからOJTを受け、実務の経験を積ませると同時に各設備コンポーネントの機能を習得させることを提案する。

### 8.2.3 水力発電計画の推進

現在、プノンベン市のみならずカンボディア全土の電力は輸入油に依存する火力発電設備によって生産されている。カンボディア国の復興にとって外貨は極めて重要である。この観点からも電力セクターに於いては可能な限り豊富な水力を活用した水力発電に転換し、輸入油の節減に努める必要がある。プノンベン市及びその近郊へ電力供給可能な水力発電所は、中期的にはカルダモン (Cardamone) 山脈の東南部に包蔵されている水資源を開発することによる。

最も短期間に開発可能な地点としては、戦前に稼働していたキリロム発電所と、建設途中にあったプレクトノット発電所である。

キリロム発電所は、10MWの設備容量で運転しプノンベン市へその電力を供給していたが戦中にその大部分の設備は破壊されたと報告されている。オーストリアは、ダム・発電所の復旧のための調査を無償援助協力にて実施し、復旧工事を無利子のローンにて実施することを確約している。可能な限りの早期完成が期待される場所である。

プレクトノット計画は18MWの発電と70,000haの農業かんがい用として建設に着手したが戦争により中断したままである。発電機器は納入されたがプノンベン市内に保管されたままになっている。建設が再開されれば比較的短期間に完成するものと考えられる。工事再開を目的とした調査が近年ACR (オーストラリア・カトリック救済資金: Australian Catholic Relief) によって実施された。同計画の完成は、トップ・プライオリティにあり、プノンベンの電力事情改善に大いに貢献するところである。

上記のキリロム・プレクトノットの2地点に加え、プノンベン、コンボン・ソム両市の間にあるカムチャイ水力発電計画の開発が期待される。同計画は100,000kW前後の開発規模で両市への電力供給が主目的とされ、早期の実現が望まれる。

長期的には、メコン河流域の開発が必要で、プノンベン市へのみならず全国的規模への電力供給の開発を進めるべきで、この段階で送電網の建設も必要となる。更には余剰電力の近隣諸国へ

の輸出も含め検討を進めるべきである。

### 8.3 配電設備

#### 8.3.1 配電電圧の統一

ブノンベン市内には、15kV、4.4kV、6.3kVの3種類の高圧配電電圧が混在しており保守・運用を煩雑化している。特に4.4kV系統は、2相式の特殊系統で他の系統とは全く連系できない上、動力用の3相負荷も接続出来ない。高圧配電線電圧の統一は、画一化した運転・保守のためには是非実現すべきである。

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。フランスは同時に当該工事用の工具も援助することになっている。しかしながら、4.4kVの15kV化はEDPの技術力向上の如何によるが、残された課題となる恐れがある。

一方、6.3kV配電線は小規模であり、フランスの援助で充分訓練された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することになる。

この様に配電電圧の統一は、フランスの技術指導によりEDPの自力で実施されることになる。

4.4kV、6.3kV配電線の15kVへの昇圧は、これら配電線の送電容量を増加させるのみならず電圧降下の改善、電力損失の逓減をもたらし、需要家、EDP双方に便益を与えることになる。

#### 8.3.2 電力需要密度

配電設備の修復・増設計画を策定するに当り、市の地域毎の需要密度を解析し重負荷地、軽負荷地の判定を行い、対策案作成の基とする。

供給制限が実施されている上に、詳細な負荷データがない故、設置変圧器容量が相対的な負荷を代表するとして需要密度を算出した。(但し、自家用発電設備は設置詳細が不明のため、この解析から除外してある。)市外地を8区分して密度を求めた結果を次の表にまとめた。尚、地域区分は図I.8.1に示した。



電力系統	地域	総変圧器容量 (kVA)	面積 (km <sup>2</sup> )	需要密度 (kVA/km <sup>2</sup> )	重密度順位
北	1	7,047.5	2.920	2,414	6
	2	8,094.0	1.186	6,825	2
	3	9,379.0	1.917	4,893	4
	4	7,900.0	1.132	6,979	1
	5	10,439.0	1.820	5,736	3
南	6	10,450.0	3.030	3,449	5
	7	5,582.5	3.805	1,467	8
	8	9,365.0	6.910	1,355	7

上表から重密度地域は、北電力系統に偏在し、特に市内の北東部に集中していることが判明した。この地区には官庁、大使館、中央市場を含む商店、ホテル・レストラン等が集中している。地域2、4、5には4.4kVと15kV配電線が混在しており、主にNo.1、No.4発電所から電力供給を受けている。

これらの資料を基に配電設備の復興計画を検討する。

### 8.3.3 発電所間の連系

既設4発電所は電力系統上、2グループに分割されている。即ち、No.1発電所とNo.4発電所が電力供給を分担する北部系統とNo.2とNo.3発電所の分担する南部系統である。その上、同一系統内の発電所間の母線連絡もなく、両系統はそれぞれ単独に運転されている状況である。

このような系統に於いては、各発電所間の電力融通が全くなされていない為(a)系統事故時の迅速な対応が不可能、(b)発電所の運転停止が難しく、発電所の保守、定期点検が随時実施出来ない、(c)各発電機の経済的運転が出来ない等、発電機の運転上及び系統運用上の支障が多い。

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、日本の援助が期待されている施設である。連系線の施設案は図1.8.2に示す通りで、住宅密集地を可能な限り回避した架空線方式(一部市街地は地中線)とする。下記は連系線の概要である。

- (a) No.1発電所 - No.5発電所 : 約0.4 km (地中線)
- (b) No.5発電所 - No.4発電所 : 約0.2 km (地中線)
- (c) No.4発電所 - No.3発電所 : 約8.5 km (架空及び地中線)

(d) No.3 発電所 - No. 2 発電所 : 約 11.0 km (架空及び地中線)

前記需要密度の検討結果から判明した様に現状に於いては北部系統に需要が偏在しているので、南部系統の需要が急増する迄は No. 2 発電所から No. 3 発電所方面への融通も本連系線により実現する。

#### 8.3.4 高圧配電線の整備・増強

変圧器・開閉器類を含む高圧配電線は建設後約25年を経過している上に更新は殆ど実施されて来なかった。今後更に劣化による事故の多発が予想される。既設電線・ケーブルのサイズも電力需要増に対して不十分になりつつあり、特に架空線の碍子を含めた絶縁物の劣化は電力損失、配電線事故の増加につながる。一方、変電所、変電棟に於ける保護装置、開閉装置の劣化、装置の設置数の不足により一部の變電所を除き各變電所、變電棟での配電系統の切り替えは無負荷状態(停電)にて行わざるを得ない。この為、切替え操作に時間を浪費すると共に、その都度その地域の停電を必要としている。負荷開閉器を設置し操作時間の短縮を図るべきである。

高圧配電線の改善に就いて下記の項目を提案する。

- (a) 既設電線・ケーブルの容量を需要伸びを基に詳細に検討し、損失低減、劣化防止の点から必要地区の電線・ケーブルの更新を実施する。
- (b) 架空線用の碍子を更新し、絶縁不良による事故低減を図る。
- (c) 變電所・配電線の保護装置、開閉装置の増設、近代化を図る。

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、次に述べる低圧配電線の改良を含め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。

#### 8.3.5 低圧配電線の整備・増強

低圧配電線の問題点は第5章に述べたが、これ等の問題解消のため下記の修復・増強計画を提言する。

- (1) 各變電所・變電棟に集合されている需要家への引込線方式を変更し日本をはじめ諸外国で

採用しているフィーダー方式に切り換える。即ち変電所又は変電棟より適正なサイズの低圧のフィーダーを既設配電柱に施設し、このフィーダーから各需要家へ引込線を取り付け、且つ需要家メータも各需要家へ個々に設置する。この方式に変更することにより、

- (a) 電力損失が低減する。
  - (b) 需要家が正常な電力料金を支払い得る。
  - (c) 現在の雑然とした低圧配電線が整備され、環境改善がなされる。
  - (d) 電線の接触による停電事故が低減される。
- (2) 電線に架空絶縁撚電線を採用する。この電線を採用することにより
- (a) 環境美化が計れる。
  - (b) 接触事故、短絡事故が激減する。
  - (c) 盗電が減少し収益向上に寄与する。
- (3) 需要家用安全装置（ブレーカー）の供給・取付けは、低圧配電システムの事故の未然防止及び事故波及の制限に効果を生む。

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ので、低圧配電線への日本の緊急援助は現時点では必要ないと判断される。尚、フランスも一部工具の供給及び10,000個の需要家メータを供与することになっている。

### 8.3.6 日本の援助対象施設の提言

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。

日本援助に提言したい増強計画対象地は、No.5発電所から南へ2kmの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。

即ち、需要密度の大きい地域 No. 2、4、5 の改善を主目的とし、No. 5 発電所から直接 15kV 配電線を既設 No. 8、No. 127、No. 193 変電所へ建設する。

この配電線増強により、この地域の系統に下記の改善がもたらされる。

- 主要官庁、大使館、鉄道工場等の重要施設への電力供給が安定する。
- 地域 No. 1、No. 3 への電力供給が No. 4、No. 5 両発電所からループにて実施可能となる。
- 既設 15kV 配電線を通じて No. 5 発電所の電力が地域 No. 7 へも供給されるので、地域

No. 7 へ供給していた No. 3 発電所の電力は他地域へ供給可能となる。

- 4.4kV 系統が 15kV に昇圧されることにより、No. 20 変電所の供給地域が拡大し、過負荷となる恐れがある。No. 5 発電所からの新設配電線は、この過負荷状況を軽減することができる。

提言する増強設備は下記の通りである。

(a) No. 5 発電所からNo. 8 変電所へ15kV 地中線 1 回線新設	約 2.8 km
(b) No. 5 発電所からNo. 193 変電所へ15kV 地中線 1 回線新設	約 3.3 km
(c) No. 8 変電所からNo. 7 変電所、No. 127 変電所間の4.4kV から15kVへの昇圧	約 1.2 km
(d) No. 20 変電所から新設配電塔へ15kV 地中線 1 回線新設	約 0.3 km
(e) 配電用変圧器の取替 15kV/380 - 220V 250kVA	2 台
(f) 変電棟の新設 15kV/380 - 220V 250kVA	1 台

#### 8.4 給電指令設備

給電指令設備の二大要素は、系統監視盤装置とデータ伝送装置である。近代的な給電指令設備は、有線又は無線によるデータ伝送及び開閉器類の操作を実施し指令所の監視盤に時々刻々の系統状態を表示するものである。既設の設備は、市民バンドの周波数2チャンネルのトランシーバー（携帯無線）により各発電所、配電保守車輜と指令室間の連絡を行っているだけである。発電機の運転状況、停電フィード、停電変圧器名等トランシーバーで受信した情報を手書きで台帳に記入している。指令室には系統図盤はあるが受信した情報をインプット出来る設備ではない。提案する新設備は下記の通りである。

##### 8.4.1 給電指令専用回線

現用のトランシーバーは、2チャンネルしか使用出来ず混信が甚しく、正確な情報の伝達が不可能である。改善策の1方法である専用回線としての電力線搬送電話の設置は高圧配電線が整備されていない現状では採用できない。従って、提案する計画は、近代的指令設備に将来対応可能な装置とし、400Mz 級10チャンネルの給電指令業務専用の回線を新設することである。指令室、各発電所に固定無線装置を設置し、現有の配電保守用車輜に移動無線装置を取付けることとする。設置台数は下記が妥当であろう。

(a) 給電指令室（固定無線）	1台
(b) 発電所（固定無線）	5台
(c) 配電保守車輛（移動無線）	4台

給電指令室及び各発電所へはそれぞれ固定式無線用アンテナを設置し、車輛にはホイップアンテナを取り付けて専用回線の通話を可能ならしめる。

10チャンネル用装置であるため相互の混信はなく各所の同時通話も支障なく行い得る。

#### 8.4.2 配電系統監視盤

系統の発電機の運転状況、開閉器類の状態、配電線の運転現況を表示する系統監視盤を給電指令室に設置する。

本装置はブロンベン電力系統内の全ての発電機、変圧器、開閉器、配電線を単線結線図式に表示し、発電機の運転又は休止、変圧器の運転又は休止、開閉器類のON-OFF状態をランプにより明らかにするものである。

ランプの操作は、設置した無線装置により各所から確認された状態を全て手動で行うものとし、自動操作及び発電機、変圧器、開閉器類の遠方操作は現段階では実施しない。

将来、運転員の技能が向上し、且つ系統内関連電力機器が全て更新された段階で自動操作、遠方操作の可能な装置に切り換えることが系統保全上望ましい。

尚、本提言は、EDPの要望にも一致するものである。

### 8.5 その他の提言

#### 8.5.1 保守用工具・スベアパーツ

工具・測定装置は、据付け作業、運転・保守作業、修復作業に欠かせないものであるが、既設発電所には、これ等工具・装置が相当量不足している現状である。

中央整備工場には、一般的な機器修理用工具が備えられており、現状では修理作業に差程支障を来たしていない。しかしながら各発電所に必要とする点検、補修用の工具と測定装置が不足しており、現有の数少ない工具・装置を各発電所・配電線現場を持ち回りで使用している状況である。

工具・装置の不足は適正な機器・点検を阻害している上に保守作業の遅延を招き系統運用に支障を生じている。

一方、スペアパーツの不足も既設設備の老朽化を速めていると同時に使用可能な設備の運転も休止せざるを得ない状態にしている。

現地にて詳細な調査を実施し、それに基づく工具・装置・スペアパーツの供給を行う必要がある。各援助国・援助機関は、修復・増強計画の実施に伴って、それら設備の適切な運転・保守を実施するに必要な且つ十分な量のスペアパーツ・工具・装置を供給することが肝要である。

上記日本援助の対象となる設備に対しても2年分相当のスペアパーツと設備の運転・保守に必要な工具・装置の供給を行うことを提言する。

## 8.5.2 人材育成

戦争の空白期間を通じてのカンボディア技術者の技術力低下は不可避であった。技術力低下は既設設備の老朽化を速める一因となっている。設備修復・増強計画実施と並行して発電・配電・給電設備の運転・保守計画に関する人材の育成を緊急且つ中・長期間に亘って実施することを提言する。人材育成は、各発電所の修復計画の実施を通じて、各援助機関によるOJTを主として実際の施設工事・運転・保守の訓練を行うのが適切な方法である。既存の1部の機器・装置のカタログ類及び装置の取扱いマニュアルはEDPに保存されている。しかし乍ら、その大部分は、フランス語、ロシア語、一部ドイツ語・英語による記述であり、余り活用されていない。一般運転・保守要員用として、これらカタログ・マニュアルのカンボディア語化が必要である。UNDPは、この点に着目しプノンペン市とシアヌークビル市の電力設備に関する人材育成に係る技術援助計画を検討しているが、早期の実施が望まれるところである。

日本の援助による計画の実施に際しては、コンサルタント・コントラクター両者によるOJTを実施しEDPのマニュアルの現地語化に助力を与えるべきである。

## 8.6 環境対策

現在のカンボディアには環境対策基準が存在しないが、各援助国・援助機関とも電力設備修復・増設に際しては最低限下記の事項を遵守する必要がある。

- (1) 排気ガス規制：NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, 煤煙抑制のための装置の施設
- (2) 騒音規制：空気吸入、排気騒音用の消音装置の施設

- (3) 振動規制：エンジン、発電機等への防振装置の取付
- (4) 排水・スラッジ規制：スラッジ処理装置の施設
- (5) 新設配電線の美観設計及びルート選定：緑地保全、市街化区域、風致地区の回避及び電線配列方法の検討

## 8.7 建設費

既設発電設備・配電設備の修復は日本以外の各援助国及び国際機関により実施されることになっており、更に緊急に必要とされる発電・配電設備の増設も日本はじめ各国、関係国際機関により実施されることになる。本節に於いては、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を述べる。

### (1) 10MW ディーゼル発電設備

(a) 機材費（材料・据付を含む）	¥2,270,000,000
(b) 建設費（土木工事）	¥ 510,000,000
<hr/>	
小計	¥ 2,780,000,000

### (2) 配電設備

(a) 機材費（材料・据付を含む）	¥ 630,000,000
(b) 建設費（土木工事）	¥ 180,000,000
<hr/>	
小計	¥ 810,000,000

### (3) 給電指令設備

(a) 機材費（材料・据付を含む）	¥ 150,000,000
(b) 建設費（土木工事）	¥ 20,000,000
<hr/>	
小計	¥ 170,000,000

(4) 設計・監理費 ¥ 380,00,000

(5) 総建設費 ¥ 4,140,000,000

## 8.8 計画の評価

### 8.8.1 技術的評価

#### (1) 発電設備

既設発電設備の老朽化による出力の低減、財政難に起因する自力による復旧が不能のプノンペン市の発電設備の現状は、成長が著しい電力需要を抑制し、インフラ・経済の復興に甚大な支障を与えている。

この窮状の緊急打開策として、第1のステップとして既設発電設備の修復、第2のステップとして新発電設備の増設による発電出力の増加が考えられる。

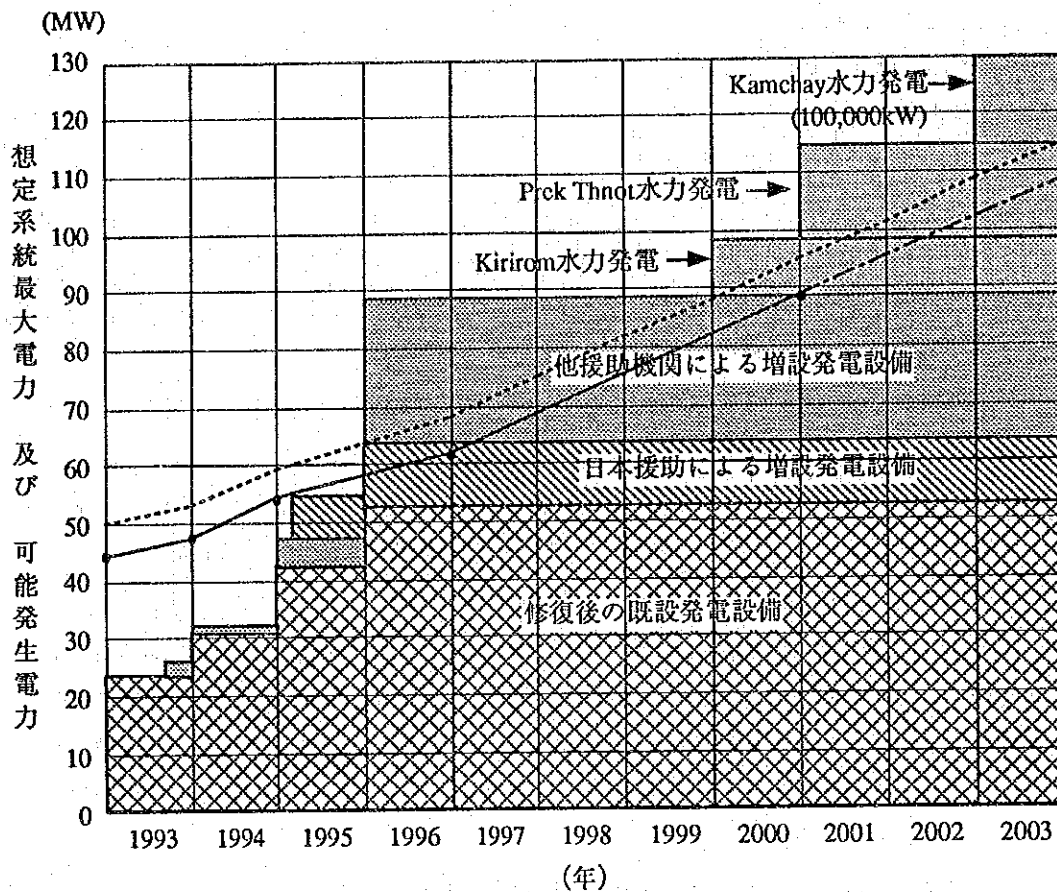
既設発電設備の修復については、チェコ・アイルランド・UNDPの支援によりほぼ対象設備の定格容量までの出力増が期待出来る。全修復計画が完成するのは1995年末であるが、完成後の総出力は1993年央の需要にも満たない。

従って新発電設備の増設が必要となるがフランス、イタリア、ADB、世銀が支援する計画があり総出力26,400kWの増加が期待される。しかし乍ら大部分の設備の効果は1996年に現われるので、それ迄は依然として需要抑制が解除されない状態である。更に1998年央には再び需要が供給に追い付くものと想定され、水力発電が投入されるであろう2000年迄の需要を満たし得ない。

この様な状況に於いて、日本が10MWの設備を供与することは下記の効果をもたらす。

- (a) 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。
- (b) 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。安定した電力供給は、プノンペン市の各分野での復興計画を阻害なく促進すると共に住民の福祉・民生の安定へ寄与する。
- (c) 日本の援助実施中に行われるカンボディア人に対する技術移転は単に建設後の設備の正常な運転・保守に寄与するのみでなく、プノンペンの電力系統に従事する人材のみならず、工業省、EDPを通じてカンボディア全国の電力セクターの技術レベルの向上につながる。





(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

本提案はカンボディアの日本への電力設備への援助要請を満たすのみならずプノンペン市の各分野での復興計画に寄与すると共にカンボディアの電力技術レベルの向上を促進すると評価される。

(2) 配電設備

プノンペン市配電線の復興計画は、日本、フランス、UNDP 及び ADB の支援の下に実施されることになっている。

各機関による実施完了後は、プノンペン市電力系統に下記効果を与える。

- 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。
- 高圧配電線の整備は、同電線の容量増（成長する需要に適合する）、電力損失の低減、事故の減少等に寄与する。

- 一 低圧配電線の整備強化は、電力損失の低減、停電事故の減少、盗電防止、適正な電力料金の適用の効果を生むと同時に市内の環境の改善に寄与する。
- 一 EDPの要員の技能の向上、自助の意識の醸成に資する。

提言した日本の援助計画は、これらの効果以外に電力系統に次の貢献をする。

(a) 発電所間連系計画

- 一 各発電の電力融通を可能にする。
  - 一 系統事故に迅速に対応し停電回数の減少をもたらす。
  - 一 各発電設備の自由な運転計画の立案が可能となる。
- 上記効果を通じて、プノンペン市電力系統の需要家へのサービス向上、経済的な発電計画の実施を可能ならしめる。

(b) No. 5 発電所関連配電線増強計画

- 一 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、電力降下を大幅に低減する。
- 一 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。

上記の如く、日本の配電線への援助は、プノンペン市の電力系統運用のみならず市の各分野での復興計画の実現に大いに貢献するものである。尚、発電所連系計画は、カンボディアの援助要請を満たすものであり、No.5発電所関連配電線増強計画は日本の発電設備増強援助の効果をより高めることになる。

(3) 給電指令設備

提言した装置の稼働による電力系統に与える効果は下記の通りである。

- (a) 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。
- (b) 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。
- (c) 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、事故対処指令の伝達を可能とする。

この提案はカンボディアの日本政府への援助要請を満たすものである。

諸外国、国際機関とも当該設備に関する援助計画を有しておらず、上記効果をもたらす装置の供与を日本が実施することはプノンベン電力系統の運用改善には極めて有意義である。

### 8.8.2 経済財務評価

上述のように本調査では10MWディーゼル発電機の設置を中心とした増設計画が提案されている。その総事業費は41億円(3,300万ドル、1ドル=124円換算)と見積られた。本節ではこの投資計画の経済評価を2つの分析方法を用いて行う。費用効果分析(費用最小分析)と費用便益分析(収益率分析)である。

費用効果分析は、提案されたディーゼル発電がコスト最小案かどうかを論証することである。早期増設が可能な代替火力は汽力とガスタービンである。水力は早期建設が不可能なので、現実的な代替案にはなりにくい。ディーゼル、汽力、ガスタービン3案のコスト比較はkWh当たりの発電コストをベースに行なう。プラントコストの年経費は各々の火力の耐用年数(ディーゼル15年、汽力20年、ガスタービン12年)に亘り資本の機会費用10%でプラントコストを割引いて算出した。設備利用率は90%と仮定した。コスト計算の詳細を表I.8.1に示す。計算の結果、kWh当たり発電コストのランキングはディーゼル0.076ドル、汽力0.082ドル、ガスタービン0.0120ドルとなった。ディーゼルが費用最小案であることが示された。

費用便益分析は経済的内部収益率(Economic Internal Rate of Return、EIRR)を算定することである。EIRRの算定では電力の真の経済価値を推定することがポイントとなる。これは電力消費者の喜んで支払う金額(Willingness to Pay)を推定することである。EDPの電力が使えなければ消費者は効率の悪い小出力ディーゼル発電機を使わざるを得ない。この代替的自家発電のコストは0.2ドル/kWhと推定される。ちなみにEDPの外貨建て現行電力料金は0.21ドル/kWhであり、自家発のコストに近い。従って、ここでは消費者支払い意志価格、即ち電力の経済価値を0.2ドル/kWhとする。この値を販売電力量に乗じて便益を算定した。この便益を資本費用ならびに燃料及びO&Mコストと対比した。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。計算の詳細は表I.8.2に示す通りである。

本事業はEDPの財務状況の大幅改善に貢献する。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107億1000万里エルの電力収入と

35億9300万リエルの粗利益を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にほぼ近い値となる。



表 I.8.1

## 3つの代替火力プラントのコスト比較

## 1. 燃料コスト

種 類	リットル当たりコスト	単位消費量	kWh 当たりコスト
ディーゼル	0.233 ドル/リットル	0.238 リットル/kWh	0.055 ドル/kWh
重油 (汽力用)	0.140 "	0.283 "	0.040 "
ガス	0.233 "	0.451 "	0.105 "

## 2. 資本コスト

種 類	kW 当たり建設費	資本還元		kWh 当たりコスト (設備利用率90%)
		耐用年数	率 (10%)	
ディーゼル	1,100 ドル/kW	15年	0.1315	0.018 ドル/kWh
汽力	2,400 "	20年	0.1175	0.036 "
ガスタービン	700 "	12年	0.1468	0.013 "

## 3. 維持管理 (OM) コスト

種 類	kW 当たりコスト	kWh 当たりコスト
	(資本コストの2%)	(設備利用率90%)
ディーゼル	22 ドル/kW	0.003 ドル/kWh
汽力	48 "	0.006 "
ガスタービン	14 "	0.002 "

## 4. 総コスト (1+2+3)

種 類	kWh 当たり総コスト
ディーゼル	0.076 ドル/kWh
汽力	0.082 "
ガスタービン	0.120 "

表 I.8.2

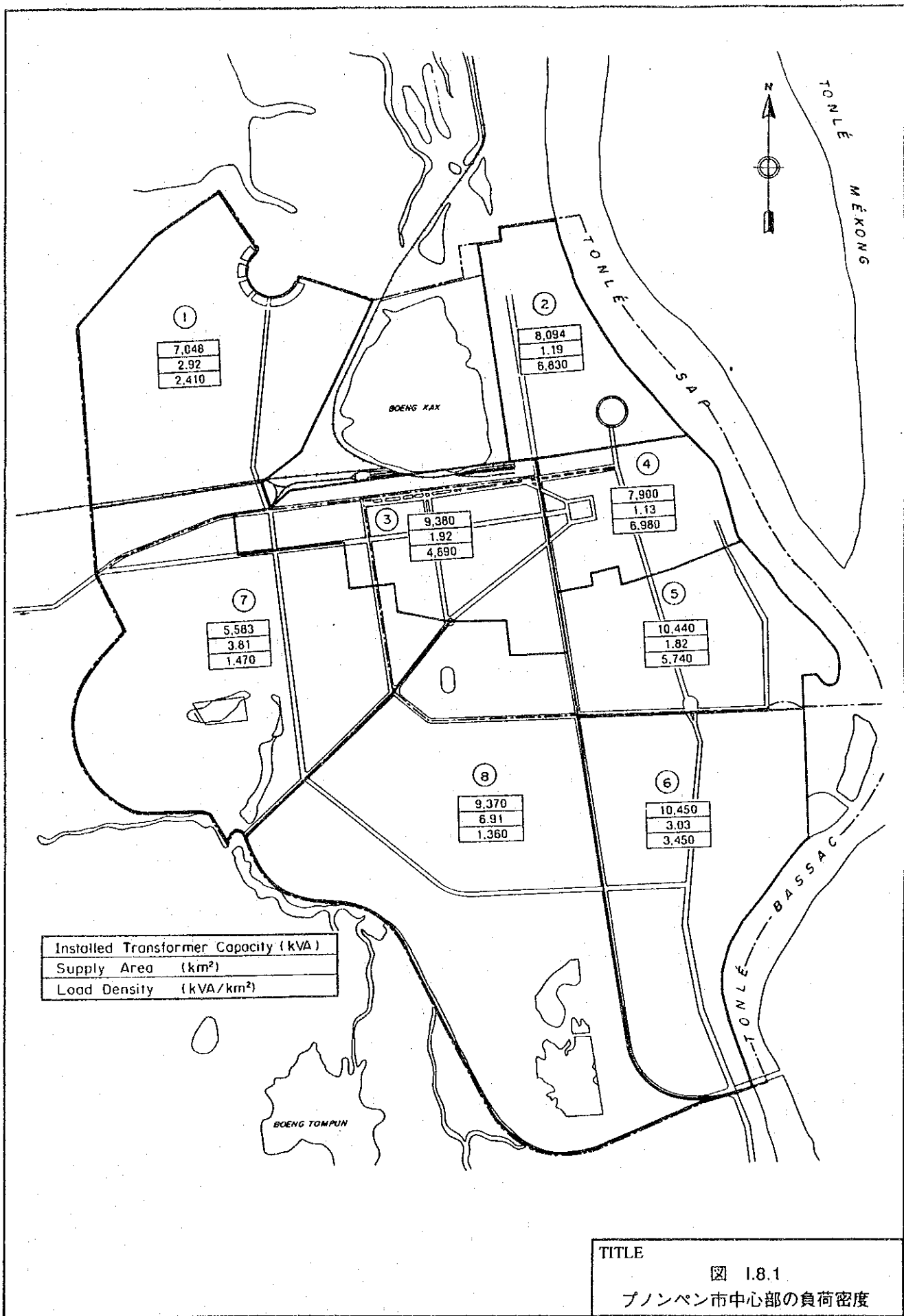
## 収益率算定のためのキャッシュフロー (EDP)

単位：百万ドル

年	資本投資	粗便益		燃料&OMコスト		純便益	割引率 (10%)	純現在 価値 (NPV)
		販売電力量 (GWh)	金額	発生電力量 (GWh)	金額			
1994	17.9					(17.9)	1.000	(17.9)
95	15.1	31.5	6.3	39.4	3.2	(12.0)	0.909	(10.9)
96		63.0	12.6	78.8	6.3	6.3	0.826	5.2
97		"	"	"	"	"	0.751	4.7
98		"	"	"	"	"	0.683	4.3
99		"	"	"	"	"	0.621	3.9
2000		"	"	"	"	"	0.564	3.6
1		"	"	"	"	"	0.513	3.2
2		"	"	"	"	"	0.467	2.9
3		"	"	"	"	"	0.424	2.7
4		"	"	"	"	"	0.386	2.4
EIRR = 13.1%							NPV = 4.1 百万ドル	

## (注) 仮定条件

1. 資本支出スケジュール： 22億2500万円 (94年)、18億7500万円 (95年)  
1ドル=124円の為替レートを用いドル換算した。
2. 単機出力 5MW の各ユニットは建設開始1年後に運開する。
3. ユニット (5MW) 当たりの年間発生電力量 39.4 GWh:  $5\text{MW} \times 8,760\text{hr} \times 0.90$  (設備利用率)
4. 配電損失 (含む所内消費量) は発電量の 20% と仮定。従って年間販売電力量は 31.5 GWh:  $39.4\text{GWh} \times 0.80$
5. 電力の経済価値 (粗便益) は 0.20 ドル/kWh と想定 (現行外貨建て電力料金 0.21 ドル/kWh にほぼ同じ)
6. 燃料及びOM コストは 0.08 ドル/kWh (燃費 0.07 ドル/kWh + OM コスト 0.01 ドル/kWh)
7. 便益と費用は 1993年2月実質価格表示。



TITLE

図 1.8.1

プノンペン市中心部の負荷密度





## 第9章 プノンペン市の電力事業運営及び販売体制への提言



## 第9章 プノンペン市の電力事業運営及び販売体制への提言

### 9.1 組織運営

#### (1) EDPの組織

現在EDPはプノンペン市とその周辺に電力供給を行っている。現在の供給範囲と設備容量を考えた場合、EDP組織の部門と階層構造は現在のレベルで対応できるものと思われる。しかし近い将来、供給範囲も設備容量も急速に拡大することが予想されているため、各部門のより進んだ専門化と階層構造化、そして各部門間相互の連絡調整機能が必要になってくる。

EDPの将来的な組織構造を検討するためには、現在の組織の各々の部門のより詳細な分析が必要となる。

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、組織の拡充と人材の養成が必要となる。

またEDPには発電所や送電線等の大規模建設工事のための調達を行い、工事管理を行う組織的機能がない。将来的に全国規模で発電と送電設備を効率的に建設してゆくためには、EDPは建設部門の組織的機能を持つ必要がある。

#### (2) 事務機器の整備

現在EDPでは請求書を作成するためにパソコンが使用されているだけで、その他の事務機器はほとんど使用されていない。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

組織が効率的に機能しない原因には組織構造自体に原因がある場合と、組織を構成する要員が組織各部署の機能と相互の有機的関係を十分理解していないことから生じている場合とがある。EDPの場合、現在の組織的規模では前者の問題はさほど重要ではないと思われるが、後者の問題で業務効率がかなり損なわれているのではないかとと思われる。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。

業務に関する教育・訓練の内容はEDPの組織、各部署の役割や機能と相互の有機的関係

等についてのEDP自体の組織運営や電力事業の社会性に対する理解をより深めることを目的としたものと、経理管理、労務管理、営業管理、そして安全管理等の個別的業務事項に対する理解やその他の技術的専門知識を深めるために行うものと大別できる。このような訓練を入社時点の訓練から、勤続年数及び職位に応じて継続的に行ってゆくことを提言する。

## 9.2 設備運営

### (1) 完全な補修と修理

EDPの抱えている大きな問題の一つは、非常に低い設備稼働率である。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要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。

また現在の設備状況からEDPだけで、設備を更新してゆくことは資金的にも技術的にも非常に難しいことである。このためこれからは政府開発援助が重要な役割を果たすことになる。

### (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交代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。交替勤務要員が休日を取得する必要がある場合は、他の班の要員との間で融通し合って休日を取得することになる。いつも決められた休日が無いということは労務管理を行う上で問題が生ずる。現在の交替勤務のシステムを次の様に改編することを提言する。

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班を一つ増加させる。班を一つ増加させることで5班の4交代勤務となるため、一つの班が常に休みを取得することが出来る。またこのような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

配電網で事故が発生し、その知らせを受け付けると配電運営の担当者は車で現場に行き現場を確認し、発電所側の開閉装置を切る。その後電力系統部の補修要員が事故現場へ

行き、修繕作業を行うことになる。ここで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。この結果配電線の稼働率は低下する。このような配電線事故に対する遅い対応が配電設備の低い稼働率の一因であると考えられる。

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。夜間の作業は路上の交通量が少なくまた電力負荷も小さいので修繕作業は昼間に比して容易に実施可能である。夜間作業を行うことで需要家サービスを向上させると共に、EDPにとっても稼働率が向上するため両者にとり非常に有益であると思われる。

#### (4) 部品の保管

倉庫における部品の管理は次の点を改善する余地があると思われる。

- (a) 保管場所をすぐに特定できるように棚に番号を付し、台帳を作成してその部品の場所を簡単に特定することが出来るようにする。
- (b) 部品の在庫数を迅速、的確に把握できるように一目で在庫数が分かるように表示する。
- (c) トランス等の重量物を保管するには、棚卸を行い易いように定格表示盤を目視出来るようなスペースをあけて保管する。
- (d) 小さい部品は積み上げずに単位数量ごとにケースに保管する。
- (e) 部品の出し入れに支障を来さない程度に十分広い作業空間を確保する。

#### (5) 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) 柱上作業時の安全帯・絶縁靴・ヘルメット・手袋・肩当ての使用

## 9.3 電力販売体制

### (1) 電気料金構造

電力供給事業において一般的に電気料金は需要家別に設定される。これは需要家が必要とする電圧と設備容量が需要家別に異なっており、発電所から需要家端までの個別送電原価が需要家ごとに異なってくるためである。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は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。図 I.5.23 に示す通り、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。

このような電気料金構造の中で公平性の問題として指摘できることは、同じ種別の電気に対する価格がEDPから直接供給を受けEDPに料金を直接支払う場合（170Riel/kWh）と、“Collective Group”と呼ばれる電気卸売業者から供給を受け卸売業者に支払う場合（180Riel/kWh）とで異なることである。また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米ドルの価値は急速に上昇しており、米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実質的に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。1991年8月における電気卸売業者の導入は盗電を減少させるために多大な貢献をしていると考えられる。しかし長期的にはこのような公平性の問題は解決されなくてはならず、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。

## 第10章 シェムリアップ市の電力復興マスタープラン





## 第10章 シェムリアップ市の電力復興マスタープラン

### 10.1 概要

第6章に同市の電力設備の状況と問題点を述べたが、下記にその概要を再掲し、その復興策を提言する。

#### 10.1.1 発電設備

- (1) 並列同期装置の不正常
- (2) 過給機の故障
- (3) 保守・補修用資機材の不足
- (4) 運転・保守技術の低下
- (5) 発電設備の不足

#### 10.1.2 配電設備

- (a) 発電所から引き出されている配電線への負荷配分が不平衡である。
- (b) 市の重要施設への配電線が復旧されていない。
- (c) 電線・ケーブルの寸法が将来の負荷増に耐え得ない。
- (d) 配電機器と保護装置が不十分である。
- (e) 保守資機材が不足している。

#### 10.1.3 給電指令設備

同市には給電指令設備は運用されていない。将来、電力系統の拡大に伴い、効率よい系統運用には、本設備が必要となる。

### 10.2 発電設備

#### 10.2.1 並列同期装置

3台の発電設備の並列同期は基本的には実施可能である。しかし乍ら適正な同期装置を使用していないため健全な並列運転を実施し得ない。現在の状況で並列運転を長期間に亘り続けること

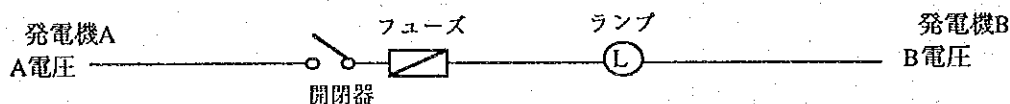
は、設備の老朽化を早めることになる。No.2及びNo.3発電機の同期装置を早急に改善することを提言する。

現在 No.3 発電機の運転中に No.2 発電機を起動し電圧を立ち上げて位相を合致させずに、電圧一周波数を合致させただけで強制同期投入（即ち非同期）を毎日実施している。これは No.3 発電機の低圧主回路器具（メインスイッチ、発電機内部）及び励磁用機器（シリコン整流器、調整器等）に苛酷なダメージを与え続けており防災上からも非常に危険である。メインスイッチは既に一回（毎日のアーク損傷により）、サイリスタ整流器は5回も取替えている。同様に、No.2 発電機回路にも少なからずダメージを与え続けていると推察される。

かかる異常（電氣的）な操作を止め電気回路へのストレスを緩和するための次善の措置としてランプ式同期方法を実施することを提案する。

これはあくまでも次善の策であり、最善策は純正装置を取り付けることである。ここで提言する改善策は、シンクロメーターを使用しないでランプの点滅のみで同期点を検知するので同期投入のタイミングが掴みにくく、手動操作に熟練を要し同期投入失敗、遮断器解列の確率が高く機器へのある程度のダメージも残る。但し、現在、No.3 発電機を母線に投入する場合にこのランプのみの同期方法を実施しており、操作員もこの操作方法は熟練していると考えられる。

#### (1) ランプ式同期検出の概略



上図にて開閉器をONにした場合 A 電圧と B 電圧はランプ L を通して接続される。

同期操作の必要条件は (a) 電圧が同一 (b) 周波数が同一 (c) 位相差が無いことであり、これを満足するため母線に対して同期投入したい発電機電圧と回転数を、電圧差は電圧調整器の操作で、周波数差と位相差は原動機の世界調整器操作によりその差を零に近づけることである。

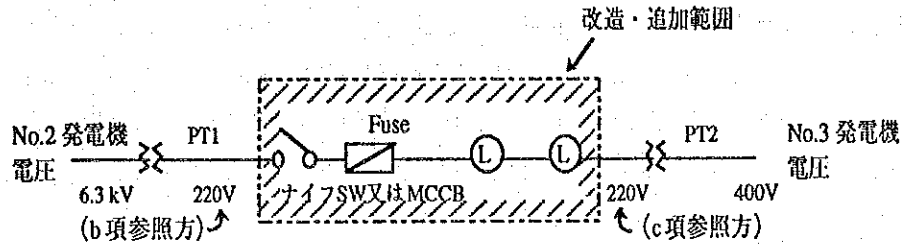
電圧差は各々の電圧計で、周波数差は周波数計で目視出来るが位相差は上図のランプの点滅具合を目視することによって確認出来る。

位相差が零の場合、ランプ L は消灯する。位相差が逆位相（180度）の場合、ランプには A 電圧と B 電圧の合計電圧が印加され最大の明るさとなる。

即ち、電圧差と周波数差が零の場合、ランプが消灯した瞬間が同期点であるから、同期投入可能である。実際にはランプ消灯の時間遅れや投入の時間遅れを考慮すれば、消灯寸前がより同期点に近いといえるがそのタイミングは経験と熟練にて慣れる以外に方法はない。

(2) No.2 発電機ランプ同期回路改造

(a) 下図の回路を No.2 発電機盤内外に組む



PT1	-----	計器用変圧器 6.3 kV/220V	既設No.2発電機盤内又は高圧盤内	} b項参照
PT2	-----	計器用変圧器 400 V/220V	既設No.3発電機盤内	
ナイフSW又はMCCB	-----	低圧スイッチ AC460V-10A位		
Fuse	-----	計器用低圧フューズ AC460V-23A		
L	-----	ランプ (電球) AC220V用を2個使用		

(b) 注意事項

並列させる No.2 発電機と No.3 発電機の電圧回路は同一の相であること。

これを確認する場合は両発電機の出口からランプの両端までの間に種々の器具が接続されているので異相とならない様に充分チェックすること。

本案は2次電圧が等しい前提で提案したが、2次電圧が異なる場合には別途変圧器の追加にて電圧値を一致させる必要があるので、事前に確認することが必要である。

(c) 作業・安全対策

正規の工具及び材料を正しく使用し、高低圧検電器、テスター、相回転計を有効に使用し、図面及び実回路をチェックして必要箇所のみ改造し、誤接続無き様充分確認すること。また、活線作業は行ってはならない。

上記の改造案を示す単線結線図は図 I.10.1 に述べてある。

10.2.2 過給機の修復

No.1発電設備用の過給機の故障は、純正装置のスベアがないため、応急処置として不適性を承知の上、旧発電所から類似の装置を移設して対応している。このため、元来小規模な発電容量が更に出力の低減を余儀なくされている。ソ連製の純正装置が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・供給して、この発電設備の定格出力への回復を図るべきである。

### 10.2.3 発電設備の増設

稼働可能な既設設備3台を全開運転しても現在の需要に追い付かない。観光資源の復旧、灌漑設備の開発を進めている同市には緊急に新発電設備の増設が必要である。プノンペン市電力系統の電源増設のケースと同様、短期的には、火力主体の発電設備、中・長期的には水力発電設備の開発が必要である。1993年2月のホテルの部屋数は250室であったが、この数は1993年末に400室、1995年迄の建設許可済の部屋数が2,000室である。

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表1.7.3より最低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。

### 10.2.4 その他の提言

#### (1) 保守・補修資機材の供給

同市にとって現在運転されている3台の発電設備以外、電力供給源がない。各国による増設計画も立案されていない現在、既設3台の設備を可能な限り運転継続する他に方法はない。そのために、適正且つ十分な量のスペア・パーツを緊急に供給し、設備の安定した運転と老朽化の阻止を図るべきである。

#### (2) 技術レベルの向上

各種装置、特に保護回路装置、制御装置の保守・点検が適格に実施されていない。これは技術資料の不足、経験ある運転員の不足に起因していると考えられる。適切な技術資料の提供と専門家の派遣による要員の教育を実施することを提言する。

## 10.3 配電設備

市の配電設備の修復・増強案として下記を提言する。

### 10.3.1 高圧配電線

#### (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。

この延長・連系により市の高圧配電線はループ状を形成しループ上の事故発生にも他方向からの供給が可能となり、電力供給の運用に利する。同時に高圧配電線の要所に自動区分開閉器を設置し、事故遮断を迅速に実施させ、電力の安定供給に資す。

#### (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用の市中心部への配電線を新設する。この補強は、高圧配電網の容量増、電圧降下の改善、電力損失の軽減に寄与すると共に1回線事故時の代替ルートともなる。将来の灌漑施設等の開発に伴い農業電力への配電線も必要となろう。

#### (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対処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・電力損失の改善を図る。

#### (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。国の標準電圧に統一することにより保守用、補修用の資機材もブノンペン及びその他の電力網と共用可能となる。

### 10.3.2 低圧配電線

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。低圧配電電圧は、380/220V、220/127Vであり全国共通である故現状のままの方式で拡張可能である。但し、配電線の拡張に伴い需要家メータ、保護装置の設置も並行して実施し公正な検量、安全な電力供給に配慮すべきである。

### 10.3.3 その他の提言

#### (1) 配電線保守用材料の確保

緊急な資材として配電線保護装置と地中線ケーブルの接続機材が挙げられる。保護装置の設置の増設は、事故時の停電範囲を減すると共に事故の迅速な復旧に寄与する。更に配電機器の点検と修復作業を容易にするものである。一方、地中線ケーブル自体は、旧ソ連の資材が保管されているが接続材料が無く在庫ケーブルの使用が不可能の現況で、ケーブ

ル事故に対応できない。従って、これ等保護装置、ケーブル接続機材の供給は同市の電力復興にとって緊急必需品である。

#### (2) 配電線要員の技能向上

現在の小規模な配電網に於いては、余り問題にはならないが、将来の設備の拡張・新設に伴い近代的な資機材の使用、運用が導入される故、運用・保守員の技術力向上は、電力安定供給上必須の課題である。OJTによる知識、技術力の向上を図ると共にクメール語による技術書、マニュアル等の整備が必要となる。

### 10.4 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。

#### (1) 無線装置の設置

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。

同装置の機能は、第8章においてプノンベン市への設置提案したものと同様のものとし、中・長期の給電指令系統の運用に備えるものとする。

設置台数は、配電網保守業務用車両への移動式無線装置2台、新発電設備が既設発電所に設置される場合には1台、発電設備が既設発電所以外に設置される場合には発電所数に相当する固定式無線装置を各発電所に備えることになる。

尚、水力発電所が開発され、それ等発電所からの電力が同市に供給される時期には、送電系統全体の計画の一環として、電力線搬送式等の通信方式を検討する必要がある。

#### (2) 給電指令設備

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。設備の内容はプノンベン市電力系統に導入を提言した装置と同様のものとする。即ち、発電機の運転状況、電力系統内の開閉器類の状態、配電線の運用状況を表示し、手動にて操作する電力系統監視盤とする。

水力発電所が開発される段階では、送電系統全体として指令所の設置場所を含めて検討する必要がある。

## 10.5 建設費

上記に提案したシエムリアップ市の電力設備復興に係る建設費は1993年2月時点の日本の市場価格で概算下記のように見積られる。尚、電力設備要員の教育・指導についてはUNDPが検討中である。

### (1) 発電設備

(a) 並列同期装置改良	¥	8×10 <sup>6</sup>	
(b) 過給機の修復	¥	12×10 <sup>6</sup>	
(c) 保守・補修資機材の供給（2年程度）	¥	60×10 <sup>6</sup>	
(d) 発電設備4,000kWの増設（ディーゼル）	¥	1,400×10 <sup>6</sup>	（註）

---

合計 ¥ 1,480×10<sup>6</sup>

（註） 4,000kWは1996年迄の需要に緊急に対応するもので以降順次水力発電電力が接続される迄は必要発電設備の増設が必要となる。

### (2) 配電設備

(a) 既設高圧配電線の延長	¥	320×10 <sup>6</sup>	
(b) 高圧配電線の 신설	¥	130×10 <sup>6</sup>	
(c) 既設高圧配電線の容量増	¥	60×10 <sup>6</sup>	
(d) 高圧配電線電圧の昇圧	¥	240×10 <sup>6</sup>	
(e) 低圧配電網の拡張	¥	350×10 <sup>6</sup>	
(f) 配電線保守用材料	¥	100×10 <sup>6</sup>	

---

合計 ¥ 1,200×10<sup>6</sup>

### (3) 給電指令設備

(a) 無線装置 1式	¥	70,000,000	
(b) 系統監視盤 1式	¥	50,000,000	

---

合計 ¥ 120,000,000-

(4) 設計・監理費 ¥ 280,000,000

(5) 総建設費 ¥ 3,080,000,000



## 10.6 計画の評価

### 10.6.1 技術的評価

#### (1) 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事業促進によるカンボディアの外貨収入に貢献するものである。電力開発は現在10%の同市の電化率を引き上げ、市民の生活・教育レベルの向上に役立つと同時に灌漑事業開発に寄与し、同市の穀物増産を促進することになる。

#### (2) 配電設備

提言した復興計画を実施することにより、下記の効果がもたらされる。

- (a) 電力設備の改善により電力の安定供給が確保される。
- (b) 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。
- (c) 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。
- (d) 配電線の事故の低減に寄与する。
- (e) 迅速な事故対応が可能となる。
- (f) 電力損失の低減、電圧降下の改善に寄与する。
- (g) 運転・保守要員の技術レベルの向上を促進する。

#### (3) 給電指令設備

無線装置及び系統監視盤の設置は、同市の電力系統に下記の効果をもたらす。

- (a) 各設備・移動車両間に専用回線の通信機能が与えられることにより、正確・迅速な交信を可能にする。
- (b) 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。
- (c) 系統監視盤の新設により、各電力設備の運用状況が一瞥で把握でき、給電指令、事故処理等が迅速且つ適切に実施可能となる。

### 10.6.2 経済財務評価

上述のように本マスタープランではシェムリアップ市については4MWのディーゼル発電機の増設、配電設備の建設などの事業が提案されている。その総事業益は30.8億円(1940万ドル、1ドル124円換算)と見積られる。本節ではこの投資計画の経済評価を試みる。8.8.2節の費用

効果分析でディーゼルが費用最小案であることが論証されているので、ここでは費用便益分析（収益率分析）のみ取り上げる。

費用便益分析即ち、EIRRの計算は8.8.2節と同様な方法で行なわれた。シエムリアップ市では電力の経済価値、即ち消費者支払意志額は0.3ドル/kWhと推定される。これは同市の現行の外貨建電力料金と同一である。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。詳細は表I.10.1に示す通りである。財務的収益率（FIRR）は上記の理由によりEIRRとほぼ同一と想定される。

本事業はシエ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（2,476MWh）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。これは（イ）年間販売電力量23,600MWh、（ロ）平均電力料金400リエル/kWh（現行料金）、（ハ）発電コスト189リエル/kWh（92年実績）の仮定の下に算定した。

表 I.10.1

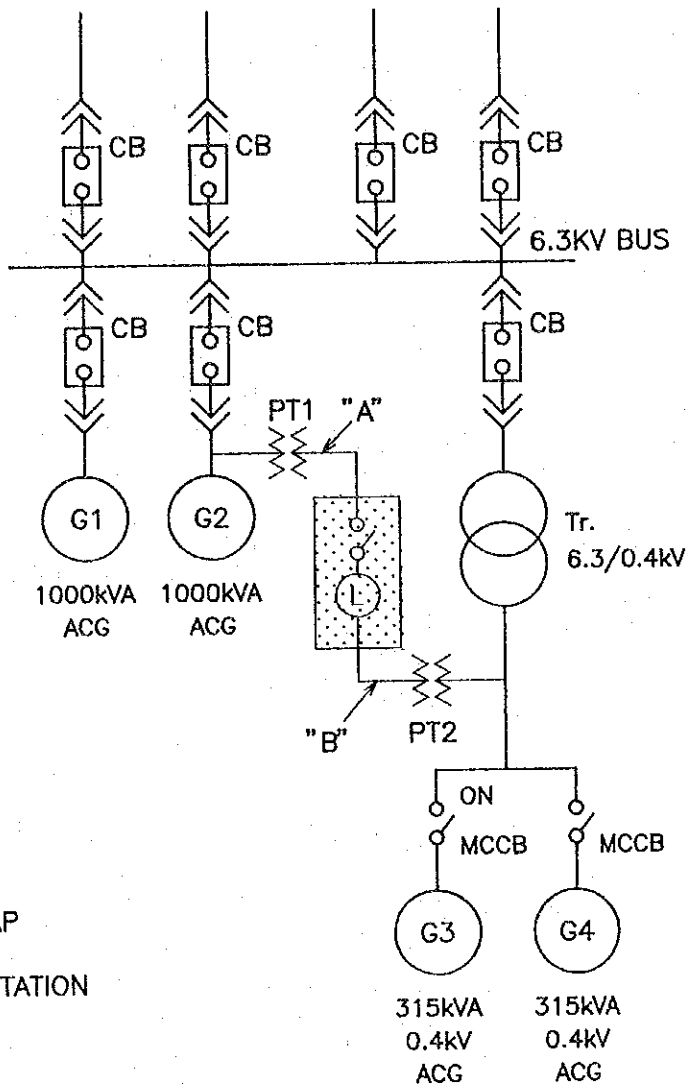
## 収益率算定のためのキャッシュフロー (シエムリアップ市)

単位：百万ドル

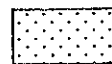
年	資本投資	粗便益		燃料&OMコスト		純便益	割引率 (10%)	純現在 価値 (NPV)
		販売電力量 (GWh)	金額	発生電力量 (GWh)	金額			
1995	24.8					(24.8)	1.000	(24.8)
96		23.6	7.1	31.5	3.2	3.9	0.909	3.5
97		"	"	"	"	"	0.826	3.2
98		"	"	"	"	"	0.751	2.9
99		"	"	"	"	"	0.683	2.7
2000		"	"	"	"	"	0.621	2.4
1		"	"	"	"	"	0.564	2.2
2		"	"	"	"	"	0.513	2.0
3		"	"	"	"	"	0.467	1.8
4		"	"	"	"	"	0.424	1.7
5		"	"	"	"	"	0.386	1.5
6		"	"	"	"	"	0.350	1.4
EIRR = 10.5%						NPV = 0.5 百万ドル		

## (注) 仮定条件

1. 資本支出スケジュール： 95年の投資額 30.8 億円を 1 ドル=124 円のレートを用いてドル換算した。
2. 4MW の設備は建設開始 1 年後に運開する。
3. 年間発生電力量 31.5 GWh： 4MW x 8,760 hr x 0.90 (設備利用率)
4. 配電損失 (含む所内消費量) は発電量の 25% と仮定。従って年間販売電力量は 23.6 GWh： 31.5 GWh x 0.75
5. 電力の経済価値 (粗便益) は 0.3ドル/kWh と想定 (現行外貨建て電力料金と同じ)
6. 燃料及びOM コストは 0.1ドル/kWh (燃費 0.09ドル/kWh + OM コスト 0.01ドル/kWh)
7. 便益と費用は 1993年 2 月実質価格表示。



SIEM REAP  
EXISTING  
POWER STATION

 同期回路改造部

TITLE  
図 1.10.1  
並列同期装置改造の単線結線図

## 第11章 シェムリアップ市の電力事業運営及び販売体制への提言

## 第11章 シェムリアップ市の電力事業運営及び販売体制への提言

### 11.1 組織運営

シェムリアップ市における現在の供給範囲と設備容量を考えた場合、現在の組織で対応することは可能と思われる。しかし十分な計画と建設の機能がこの組織に存在していないということは、急増している需要に対応するための将来の建設計画の策定と建設実施を行うことに支障をきたすことになり、大きな問題であると考えられる。このために早急に計画・建設を専門に行う部門を創設する必要がある。将来的には供給範囲と設備容量が急速に拡大して行くと考えられ、このような供給条件の変化に伴い組織の専門化と階層構造化そして各部門間の連絡調整機能の拡充が必要になると思われ、この点についてはEDPの問題と同じである。

また組織運営に関する事務機器の整備や教育・訓練等については、EDPへの提言がシェムリアップ市の電力組織にも当てはまる。

### 11.2 設備運営

#### (1) 設備管理

シェムリアップ市の発電設備はEDPのもの比べて比較的新しく、老朽化した設備を稼働しなければならないことから生ずる問題はEDPの場合と異なりさほど重要な問題ではないと考えられる。しかし既存の設備が全て旧ソ連製のため現在部品の調達に大きな問題を生じている。かなりの部品は試験運転で稼働を停止してしまったNo.4発電機より取られているが、このような方法で取得できる部品も次第に限られてくるであろうと思われる。このような状況が長く続くと設備の老朽化を速めることになるので早急に改善する必要がある。

シェムリアップ電力組織の自助努力で改善できる問題は発電量に対する売電された電力量の割合である売電率を改善することである。これに依り単位kWh当たりに必要な売電経費を軽減することが出来、この結果財務状況が改善され部品調達のための資金を確保することができる。このためには検針と料金徴収の管理体制を強化する必要がある。また政府関係機関からは料金が徴収されていないことは非常に低い売電率の原因ではないかと思われるので、このような機関からも電気料金を徴収することが必要である。

#### (2) 交替制勤務体制と修理作業

現在の交替制勤務は2交替で各々のシフトが2つの班により運転されているという非常に変則的な交替勤務体制である。EDPと同じく完全にシフトを離れることのできる休日が存在していない。このため交替勤務体制の問題はEDPのものと同じであり、EDPに提言されたものがここにも当てはまる。

またシェムリアップにおいても配電線の事故に対する対応体制はEDPと同じであり、夜間発生した事故は翌日まで持ち越されることになる。このため修理作業についてもEDPになされた提言がシェムリアップに対しても必要である。。

### (3) 部品の管理及び安全管理

シェムリアップにおける部品管理及び安全管理の状況はEDPと同じである。このためEDPにされた提言がシェムリアップ電力組織にも同様に必要となる。

## 11.3 電力販売体制

前述のようにシェムリアップの検針・料金徴収の管理体制は強化される必要があり、その一つの方法としてEDPが行っている地域的な電気卸売業者の導入が考えられる。しかしシェムリアップの供給地域はプノンベンと比べて非常に狭く、卸売業者の導入が果たして実際に可能かどうか検討を要する。またEDPと同じように卸売業者が導入されるとすると、既に指摘したように公平性の問題を生ずることになる。従って当面政府機関からの料金徴収を強化することと、配電線の点検を強化することで盗電を防止すると共に、料金徴収の管理体制を強化することが望まれる。

また使用されている電力量計もかなり誤差を生じていること、また需要家によっては使用電力量が少なく示されるよう計器を改造している場合もあると想像されるため、電力量計を検定し、検定した計器を封印するという計器の検定体制を確立する必要がある。

## 第12章 結論及び提言





## 第12章 結論及び提言

カンボディア国のプノンベン・シェムリアップ両市の電力復興マスター・プラン策定のため、1993年1月11日から同年2月9日迄の30日間に亘り、12名の団員により両市の電力事情の現地調査を実施し、プログレス・レポートの提出、引き続き3月のインテリム・レポート、6～7月のドラフト・ファイナル・レポートのカンボディア側関係機関への説明、討議を経て両市の電力復興に緊急且つ有効な対策案をまとめた。

プノンベン・シェムリアップ両市とも、現在の電力需要は既設発電電力設備の可能出力を大幅に超過しているため供給制限の実施の止むなきに至っている。更に、既設発電電力設備への緊急対策を講じない場合には、設備の老朽化をより速め、電力供給に重大な支障を来すことになる。一方、既設配電設備も建設以来更新がなされておらず、旧式のまま一時的な補修を加えられているに過ぎない。現状では電圧降下・電力損失が著しい上に、各発電所間の連絡線がないため系統内の電力融通も実施できない状態である。このような状況を改善すべく支援各国・各国際機関は種々の電力復興計画を推進している。

当調査団は、現地調査の結果・詳細検討の結果・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市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をとりつつ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計画の実施を提言する。

### プ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・建設再開を早急に実施する。これら水力発電所の稼働は 1999年末を目標とする。
- (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・電力損失の軽減を図る。
- (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と迅速な事故対応を可能ならしめる。

(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を見直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) 水力発電系統の接続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。第 1 段階の増設として最低 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と迅速な事故対応を可能ならしめる。

(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を見直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

プノンペ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 発電所における 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) 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と電圧改善をもたらす。
- (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、各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のに必要な建設額は、1993年2月の日本及びカンボディアの市場価格にて総額約 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、日本の無償援助に適切な計画である。