

第3章 カンボディア王国の電力セクターの現状

第3章 カンボディア王国の電力セクターの現状

3.1 電力政策

カンボディアの電力政策は 1994 年に作成された Energy Sector Development Policy が基本政策となっており、電力需要見通し、電源開発計画、電力セクター改革等の具体的な計画及び政策については 1999 年に世界銀行の支援で作成された Cambodia Power Sector Strategy 1999~2016 (CPSS) が基本となっている。この CPSS に従って電力法の制定、電力庁の設立等制度体制の整備、発電部門における IPP 投資の優先等の取組みが進められている。この CPSS については作成から時間が経過しており、電力需要見通し、電開発計画等の設備計画は実態と乖離しつつあり、世界銀行の支援で実施予定の Rural Electrification and Transmission Project において見直しを行う予定にしている。上位計画との関連については、2000 年に作成された Interim Poverty Reduction Strategy Paper において貧困克服のため電化率向上の観点から電力セクターの改革・強化の課題が指摘されている。なお、2001 年 10 月に作成された 2001-2005 Second Socioeconomic Development Plan (SEDP-II) においては電力政策については特に触れられていない。

1) Energy Sector Development Policy

カンボディア政府は、1994 年 10 月に Energy Sector Development Policy を作成した。その内容は次の通りである。

- ①適正な電気料金で全国に電力を供給する。
- ②投資及び経済の発展を促進出来る水準の料金で、安定した信頼できる電力供給を行う。
- ③カンボディア経済の全てのセクターで必要なエネルギー資源の調査及び環境及び社会の両面で受け入れられる開発を促進する。
- ④エネルギーの効率的使用を促進し、エネルギーの供給と利用から生じる有害な環境影響を最小にする。

2) Cambodia Power Sector Strategy 1999~2016 (CPSS)

鉱工業エネルギー省は世界銀行の支援のもとに 1999 年 1 月に Cambodia Power Sector Strategy 1999~2016 (CPSS) を作成した。現在、カンボディアの電力政策はこの CPSS

に基づいて改革が進められている。CPSS の目標は①電力セクターへの投資、②発電及び送電計画の優先順位、③電力規制行政の枠組みの構築、④カンボディア電力会社 (EDC) の経営健全化、⑤民間投資の導入、⑥Province 及び地方の電化である。CPSS の主要な内容は次の通りである。

①電力セクターへの投資に関しては、巨額に及ぶ電力セクター投資をカンボディア政府が実施することは不可能であるため、電力セクターの再建を加速化させ、国際的な開発融資機関では対応できない資金を調達し、国家・公的機関の債務を減らし、競争原理の導入により既存電気事業の効率を上げる観点から、民間投資を促進する環境整備を行う。

②発電及び送電計画の優先順位については、電力需要予測を行い、これに基づき 2016 年までの発電及び送電計画の優先順位を示している。電力需要に関しては、1998 年の最大電力 97MW、電力量 522GWh から 2016 年には最大電力 746MW、電力量 2,634GWh に増加するものと予想している。

しかしながら、電力需要の予測は CPSS 策定以降、世界銀行の支援による「Feasibility Study for the First Transmission Link between Phnom Penh and the Southern Region of Cambodia」及び JICA 開発調査「シアヌークビル・コンバインドサイクル発電開発調査」において新たな予測が行われている。また、電源開発計画についても大幅な修正が行われていることから、同国における現実的かつ公式な電力需要予測及び電源・送電線開発計画は世界銀行が計画している「Rural Electrification and Transmission Project」のテクニカルアシスタンスの一環として予定されている CPSS の見直し作業を待つ必要がある。

③電力法を制定し、電気事業に係る許認可、監督を行う電力庁（Electricity Authority of Cambodia）を設立する。

④カンボディア電力会社の経営健全化

カンボディア電力会社は 1997 年に国が株式の 100%を有する国営株式会社化されており、経営健全化に取り組んでいる。今後の課題は、プノンペン及び Kandal province における 10 万軒以上の需要家に電力を供給できるように適切な組織体制を整備すること、職員の教育訓練及び適正配置を行うこと、営業部門を設けて電力の販売活動を強化すること、需要家サイドに立った活動を行うことである。

3) Interim Poverty Reduction Strategy Paper

カンボディア政府は 2000 年 10 月に「Interim Poverty Reduction Strategy Paper」を策定している。このなかで電力セクター強化の必要性と具体的な取組みが下記のように示されている。

1999 年のカンボディア全国の世帯電化率は 17%であり、地方の電化率は電力会社からの供給による世帯電化率が 2%、自家発電が 5.4%となっており、電化の遅れが貧困克服に必要な教育や医療サービスの質の向上の遅れの原因ともなっている。このような問題を解決するため、2000~2002 年に電力セクターに関して次のような政策を実行する。

①電力法の施行

②電気事業規制監督部局の設立

③カンボディア電力株式会社を業績主義の契約の導入により経営健全化する。

④province の中心都市及び地方の電化計画を策定・実行するとともに、パイロットプロジェクトを実施する。

⑤民間及びコミュニティー部門の投資を促進するための組織的、資金的なメカニズムを開発する。

3.2 電力事業体制

Cambodia Power Sector Strategy 1999~2016 (CPSS) に沿って、電力法が 2001 年 2 月 2 日に制定され、同年 2 月 27 日に電力庁が設立された。この結果、電力政策の企画立案、電力法の技術基準制定は鉱工業エネルギー省が担当し、電気事業に係る免許交付、電気料金認可、監督は電力庁が行うことになった。また、電気事業については、カンボディア電力会社が国営電力会社としてプノンペン地域を中心とする主要都市の電力供給を行っており、今後各州の州都の電気事業も順次カンボディア電力会社に統合される計画となっている。発電事業については民間資本活用の観点か

ら外資による IPP 及び輸入電力を積極的に活用することにしており、カンボディア電力公社がこれら IPP から一括して電力を購入して送配電するシングルバイヤーモデルとなっている。地方電化事業については、鉱工業エネルギー省のもとに Rural Electrification Board の設立が予定されており、Rural Electrification Fund を設けて地方電化事業を支援する予定にしている。

1) 鉱工業エネルギー省

新たに制定された電力法第 3 条及び第 4 条によれば鉱工業エネルギー省は、電力セクターの政策、戦略、計画に関する責任を有し、下記の事項を所管している。

- ①短期、中期、長期の電力セクターの修復及び投資
- ②公共電力会社（カンボディア電力㈱、MIME 地方支局等）の改革、民間の参入、民営化
- ③発電におけるローカルエネルギー利用の促進
- ④電力輸出入の計画及び協定
- ⑤特定の需要家に対する補助金及び需要家に関する優先度
- ⑥発電、送電、配電、電力消費における効率向上の促進及び総合的な省電力プログラム設立
- ⑦電力セクターの緊急時及びエネルギーセキュリティー戦略

また、電力法第 5 条に基づき、電気事業に係る技術的な運営、安全、環境に関する基準を作成する責任を有している。

このような業務を実施するため、鉱工業エネルギー省のエネルギー局は、エネルギー技術部、エネルギー開発部、水力発電部の 3 部で構成されている。（図 3-1 参照）

2) 電力庁

電力庁は電力法第 6 条及び第 7 条に基づき主として下記の事項を所管している。

- ①電気事業に関する事業免許（発電、送電、配電、給電、卸電力供給等）の交付
- ②電気料金の認可
- ③電気事業会計規則の策定
- ④電気事業者の事業実施状況、経営状況等の監督
- ⑤需要家の苦情処理等電力需要家の保護

電力庁は、3 人の常勤委員で構成され、委員長のもとに事務局が設置されている。事務局には、総務・人事部、電力規制部、財務・料金部、法務部の 4 部で構成されている。

（図 3-2 参照）

電力庁は世界銀行の技術援助（technical assistance）資金により設立されたが、今後は電気事業免許料（免許申請時及び毎月徴収）により運営されることになっている。

（表 3-1 参照）

現在までに電力庁が発行した電気事業者はカンボディア電力会社と IPP の CUPL(Cambodia Utility Pte. Ltd.)の 2 社であり、引き続き今後 2 ヶ月以内に IPP の JPC(Jupiter Power Co.)、CETIC(China Electric Power Technology Import & Export Corporation)等 7 社に免許を発行する予定である。

電力庁は現在、事務処理に係る内部規程類の整備、電力法に基づく各種規則（Rule and Regulation）の整備を進めており、現在「The Rule on the Conditions of Supply of electricity to Consumer in Cambodia」の制定作業を行っている。技術に関する規則、電気料金及び会計規則等に係る規則はまだ検討が行われていない状況である。電気料金設計、会計規則、財務規則等のマネジメントに

関する事項に関しては世界銀行に援助を要請する意向である。

表 3-1 免許料の上限額

免許種類		上限額
申請手数料	地方電化等政策的に優遇される事業者	50,000 リエル
	500kW 以下の小規模事業者	100,000 リエル
	500～3000kW の事業者	600,000 リエル
	3000kW 超の事業者	1,000,000 リエル
免許料	発電免許及び他国からの購入電力	1.70 リエル/kWh
	送電免許	0.70 リエル/kWh
	配電免許	1.20 リエル/kWh
	小売免許	0.50 リエル/kWh
	その他のライセンス	電気料金の 0.1%

3) カンボディア電力会社

カンボディアの電力供給は、1906 年にプノンベン及びその周辺に電力を供給する Compagnie des Eaux Electricite (CEE)、Battambang 以外の地方に電力供給を行う Union d Electricite d Indochine (UNEDI)、Battambang 州に電力供給を行う Campagnie Franco-Khmer d Electricite (CFKE)の 3 社により開始された。1958 年にカンボディア政府は CEE 社と UNEDI 社の事業を買収してカンボディア電力公社 (Electricite du Cambodia) を設立した。その後の内戦によりカンボディア電力公社の施設は破壊され、1979 年工業省の一部門に統合された。1991 年にプノンベン市の電力供給はプノンベン市に移管され Electricite de Phnom Penh(EDP)が設立され、各州の電力供給は州政府の工業局に移管された。1992 年に EDP は再びカンボディア電力公社 (Electricite du Cambodia) に名称変更しプノンベン市の電力供給を行い、各州の電力については州政府の監督のもとに各州の電力会社が供給する体制となった。1996 年 3 月にカンボディア電力公社は、政府が 100%の株式を有する国营電力会社に改組された。(図 3-3 参照)

カンボディア電力会社の供給区域は、プノンベン市及び Kandal 州 Ta Khmau (1 系統)、シアヌークビル、Siem Reap、Kampong Cham、Takeo、Battambang である。その他の州の都市は各州の電力会社が電力供給を行っている。2003 年までに Bong Long(Rattanakiri 州)、Kanpong Spue、Kampot、Prey Veng、Sisophon (Banteay Meanchey)、Stung Treng、Svay Rieng の州都が同社の供給区域に入る予定であり、最終的には 20 の州都及び 4 つの特別市が供給区域になる予定である。

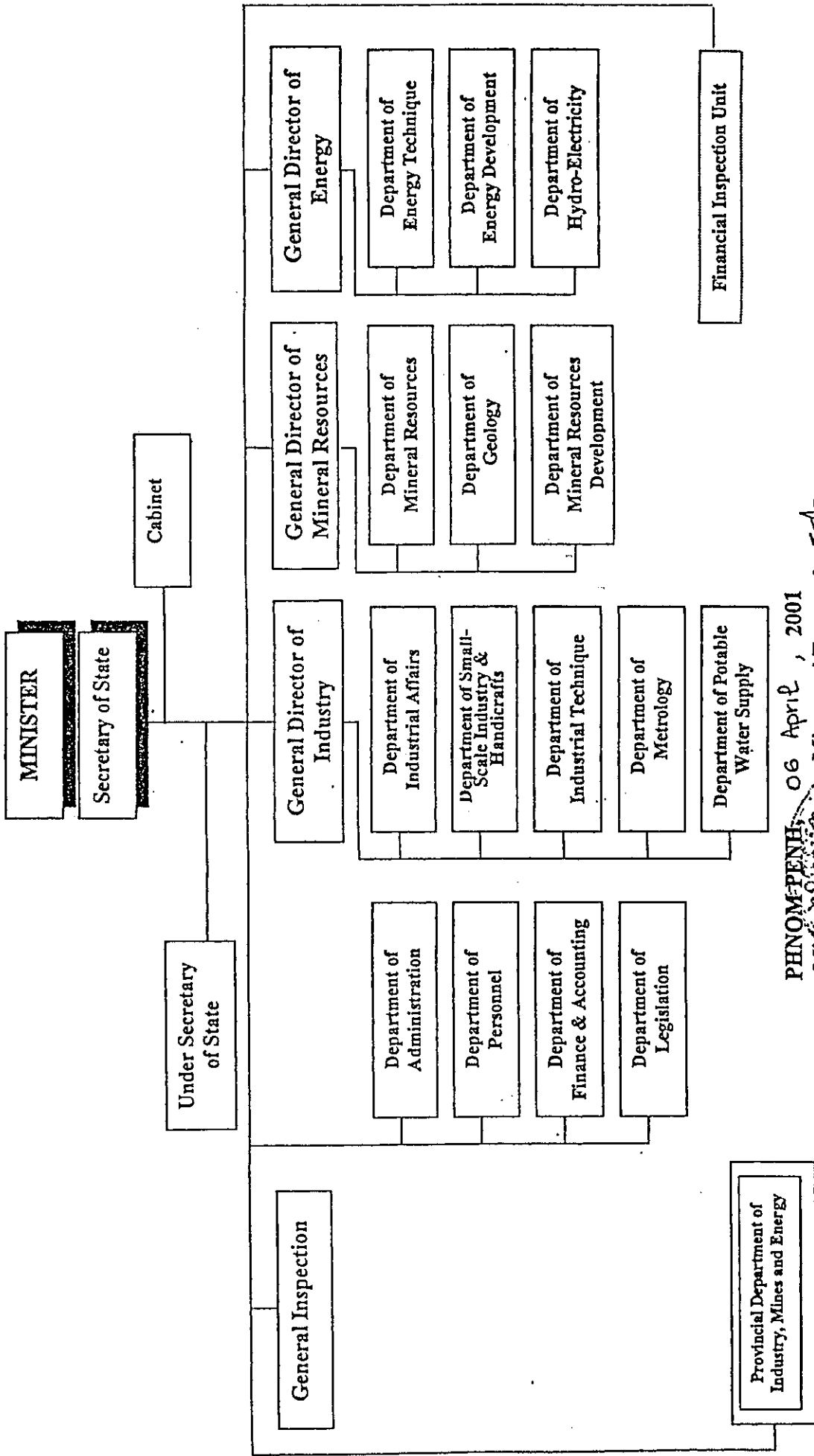
4) その他の電気事業者

カンボディア電力会社が電力供給を行っていない州の州都については、Provincial Electricity Utilities、民間電気事業者が電力供給を行っており、それ以外の地方部では約 600 の小規模民間事業者 (小型ディーゼル発電機による電力供給、バッテリー充電事業者など) が電力供給を行っている。大規模な IPP はプノンベン地域で現在 CUPL(Cambodia Utility Pte. Ltd.)、JPC(Jupiter Power Co.) (3 年間の短期契約) が操業中であり、さらに本年 6 月から CETIC(China Electric Power Technology Import & Export Corporation)が Kirirom I 水力発電所からの電力供給を予定している。カンボディア国の IPP はカントリーリスク等考慮して内部収益率 20%以上で収益性を評価して投資を行っているため、

プノンペン地域の IPP でカンボディア電力会社に対する売電価格は 8US_/kWh、Battembang, Siem Reap 等の地方都市では 12~14US_/kWh と割高な価格となっている。

表 3-2 カンボディアで鉱工業エネルギー省に登録されている民間電力供給事業者

規模	事業者数
800kVA 以上	4
250 以上 800kVA 未満	15
125kVA 以上 250kVA 未満	11
125kVA 未満	約 200



PHNOM-PENH, 06 April, 2001
 Minister of Industry, Mines and Energy *[Signature]*

SUY SEM

図 3-1 鉱工業エネルギー省組織図

The organization of the Authority

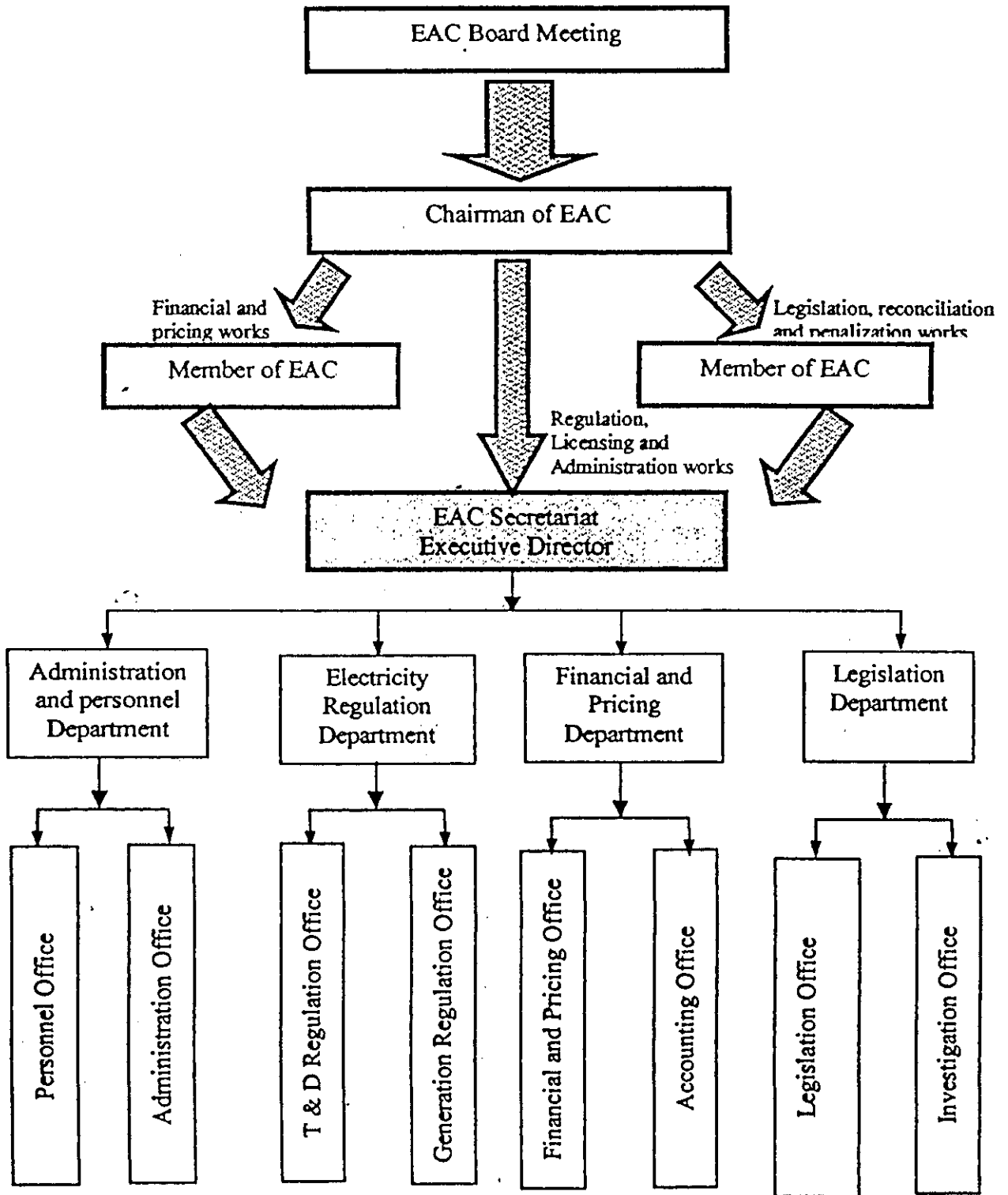


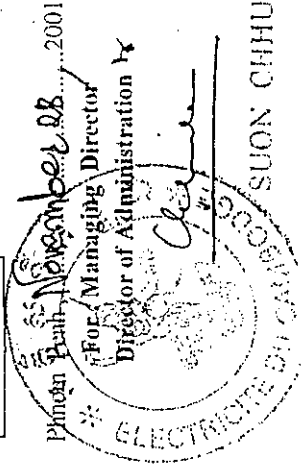
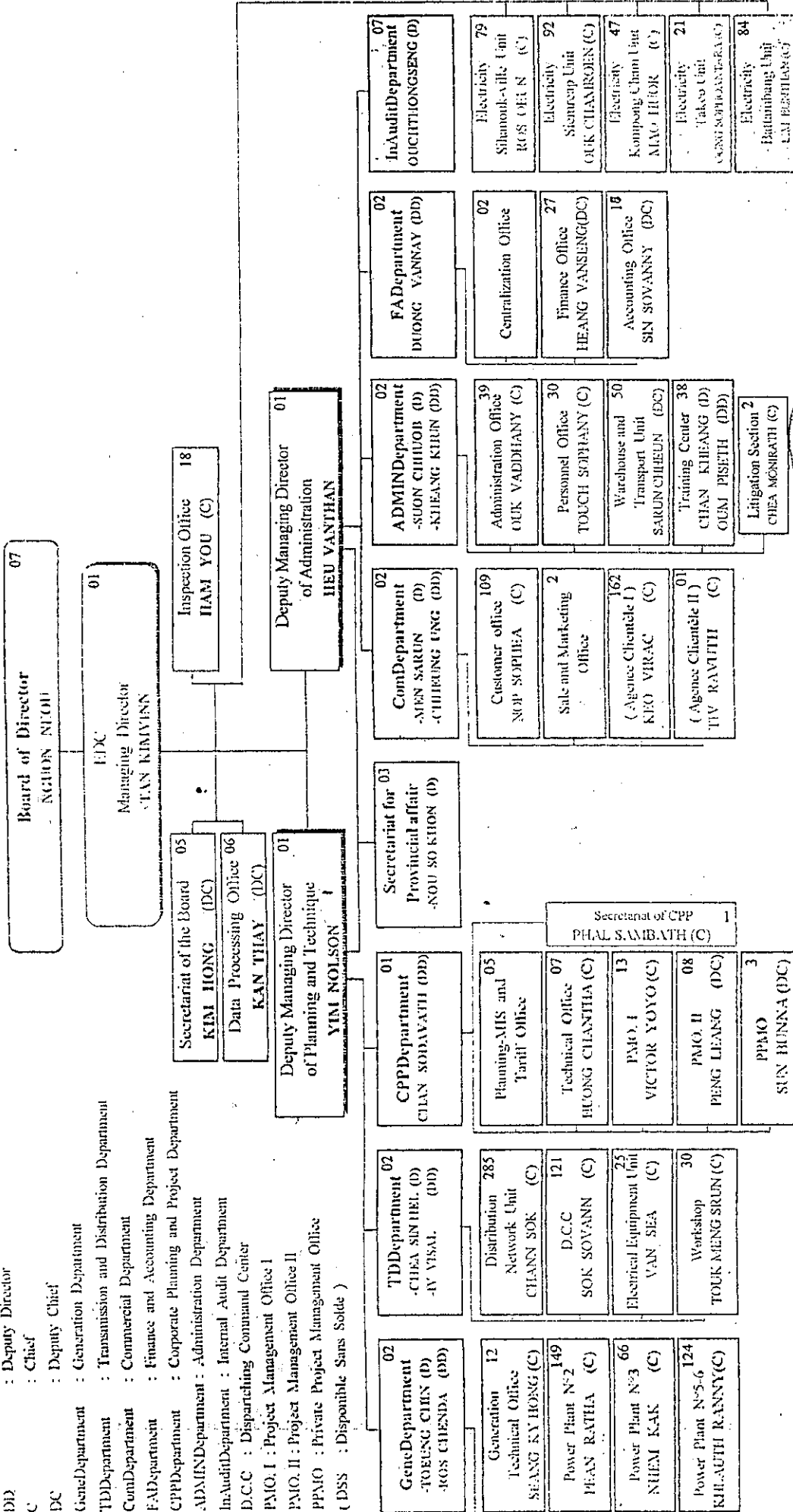
图 3-2 電力庁組織図

Organization Chart of EDC

(Rectified according to decision 1st session meeting on 08-12-2000 and 2nd session meeting on 26-12-2000 of Board of Directors EDC (2nd mandate))

ABBREVIATIONS

- D : Director
- DD : Deputy Director
- C : Chief
- DC : Deputy Chief
- Gen/Department : Generation Department
- TDD/Department : Transmission and Distribution Department
- Com/Department : Commercial Department
- FAD/Department : Finance and Accounting Department
- CPP/Department : Corporate Planning and Project Department
- ADMIN/Department : Administration Department
- In/Audit/Department : Internal Audit Department
- D.C.C : Dispatching Control Center
- P.M.O. I : Project Management Office I
- P.M.O. II : Project Management Office II
- P.P.M.O : Private Project Management Office
- (DSS : Disposable Sans Solde)



Total : EDC Phnom Penh 1379 p (November 2001)
 Total : EDC Province 323 p (November 2001)
 Grand total : 1702 p

図 3-3 カンボディア電力会社組織図

SUON CHHUOB

3.3 電力需給の現状

カンボディア各州の電力需給状況は表 3-2 に示す通りであり、全国の電力需要のうち、カンボディア電力会社の供給区域が約 94%、プノンペン市が 84% を占めている。

表 3-3 2000 年の州別電力需給状況

州名	発電設備 (kW)	最大電力 (kW)	販売電力量 (MWh)	ロス率 (%)	需要家数	電力会社
Banteay Meanchey	2,290	-	7,250	32.0	1,600	BOT, PI
Battambang	5,000	2,245	6,809	28.0	8,200	EDC
Kampong Cham	(2,030)	1,350	3,990	26.9	2,920	EDC
Kampong Chhnang	1,000	-	1,161	27.0	1,731	BOT
Kampong Speu	1,190	500	588	32.1	1,731	BOT
Kampong Thom	800	500	570	29.0	3,100	BOT
Kampot	1,550	860	1,457	39.6	3,962	BOT
Koh Kong	-	-	3,055	15.0	1,350	Thai
Kratie	1,225	473	934	25.4	2,018	PEU
Krong Kaeb	-	-	-	-	-	-
Krong Pailin	1,000	-	87	33.0	1,500	BOT
Mondul Kiri	-	-	189	30.0	-	PES
Otdar Meanchey	-	-	-	-	-	-
Phnom Penh	(112,000)	70,300	320,390	15.7	95,057	EDC
Posat	1,250	838	1,239	40.0	3,435	BOT
Preh Vihear	-	-	229	30.0	-	PES
Prey Veng	880	360	511	30.3	1,933	PEU
Ratanak Kiri	1,000	-	685	66.0	1,200	PEU
Siem Reap	(4,040)	2,600	10,320	15.11	7,794	EDC
Sihanoukville	(10,000)	3,000	12,720	14.15	6,440	EDC
Stung Treng	600	450	214	24.0	1,250	PI
Svay Rieng	978	580	1,264	45.0	2,300	BOT
Takeo	(1,120)	500	1,090	29.2	2,088	EDC
全国	18,763 (129,190)	84,556	374,652		150,018	

注：EDC；カンボディア電力会社（ ）内は EDC 社管内の設備容量

PES；Private Electricity Supplier、PEU；Provincial Electricity Utility

BOT；BOT 契約により電力供給を行っている PES、PI；Private Investment

Thai；タイからの電力供給、-；電力供給に関する情報が無いことを示す。

カンボディア電力会社はプノンペン地域（プノンペン市及び Kandal 州 Ta Khmau）、シアヌークビル、Siem Reap、Kampong Cham、Takeo、Battambang の各都市でディーゼル発電を中心とする独立系統により電力供給を行っており、全国規模の系統は有していない。同社の販売電力量の 91.47% はプノンペン地域であり、その他の都市における販売電力量は合計で 8.53% と圧倒的にプノンペ

ン地域での販売電力量が多い。同社のプノンベン地区における販売電力量は 2000 年には前年に比べて 21.22%増加して 329.26GWh に達している。このようにプノンベン地域の電力需要は急増しているが、新規の IPP の投入により現時点では計画停電は行われておらず、需給はバランスしている。プノンベン地域の日負荷曲線の見ると、ピーク時間帯は 19 時～22 時の時間帯となっている。月別に見ると 1～2 月が低負荷期で、4 月～11 月が高負荷期となっている。プノンベン地域の年負荷率は 1997 年から 1999 年には 60%強程度で推移していたが、2000 年には 60%程度に低下している。

また、カンボディア電力会社の電力は供給信頼度が低くて料金が高いため、多くの工場、ホテル等が自家発電設備を有しており、自家発電設備により電力の一部または全てを発電している事業所はプノンベン地域で 300 以上に達している。その内訳はホテル・ゲストハウスが約 100 軒、繊維工場が約 60 工場等となっている。

表 3-4 カンボディア電力会社の地域別発電電力量の推移

地域	1997	1998	1999	2000	2001
プノンベン地域	286.58	341.53	358.22	379.99	426.97
自社発電所	167.74	161.48	146.00	158.46	97.38
CUPL 社	118.85	180.05	212.22	208.28	329.59*
Jupiter 社	-	-	-	13.25	
シアヌークビル	11.58	11.50	13.96	15.90	17.15
Siem Reap	8.25	10.02	9.46	12.18	16.05
Kampong Cham	3.85	4.40	5.13	5.39	5.92
Takeo	-	-	-	1.68	1.84
Batambang	-	-	-	-	10.32
合計	310.26	367.45	386.77	415.14	478.23

単位：GWh、注：*は Jupiter 社の発電分を含む。

表 3-5 カンボディア電力会社の地域別最大電力需要の推移

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
PHN	28.70	29.10	46.00	52.00	61.00	64.00	70.30	77.4
SHV	2.33	2.00	2.00	2.36	2.34	2.85	3.00	3.5
SRP	1.26	1.44	2.16	1.74	2.12	2.00	2.60	3.1
KGC	1.30	1.45	1.33	1.44	1.43	1.25	1.35	1.4
TKO	-	-	-	-	-	-	0.50	0.54
BBG	-	-	-	-	-	-	-	2.5

注：単位：MW、PHN:プノンベン地域、SHV:シアヌークビル、SRP: Siem Reap

KGC: Kampong Cham、TKO: Takeo、BBG : Batambang

表 3-6 カンボディア電力会社の需要家数の推移

	1997	1998	1999	2000	2001
需要家数	21,754	35,434	85,207	93,178	106,911

表 3-7 プノンペン地域の電力ロス率等の推移

	1997	1998	1999	2000	2001
発電電力量 (GWh)	286.58	341.43	358.22	379.99	426.97
販売電力量 (GWh)	218.39	265.74	254.22	329.26	364.15
所内ロス (GWh)	9.66	6.63	9.25	9.99	
配電ロス (GWh)	58.53	69.16	84.75	40.74	
所内ロス率 (%)	5.0	3.3	5.4	6.3	
配電ロス率 (%)	21.5	20.5	24.4	15.7	14.7

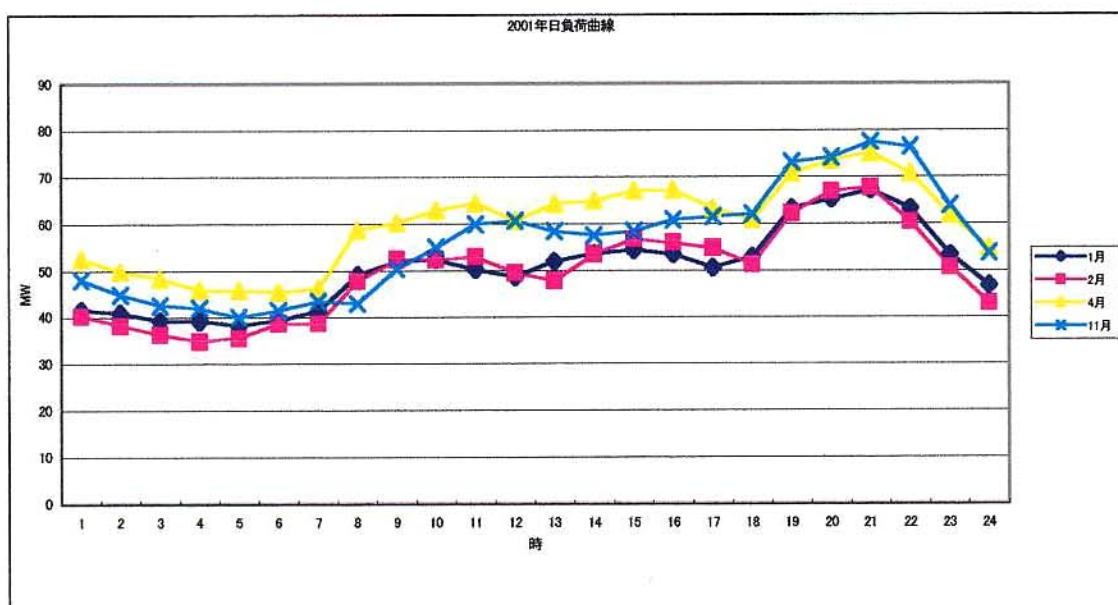


図 3-4 電力需要月及び非需要月の日負荷曲線

表 3-8 プノンペン市の自家発電設備

自家発需要家	自家発需要 (MW)	自家発と EDC よりの 買電併用 (MW)
ホテル及びゲストハウス		
大口需用家	17.3	1.0
中,小口需用家	9.3	12.3
小計	26.6	13.3
工業		
大口需用家	15.3	11.6
中・小口需用家	21.2	16.3
小計	36.5	27.9
合計	63.1	41.2
総合計	63.1+41.2=104.3MW	

(JICA Report による)

注：EDC の総設備が 65.0MW(表-1)で、自家発の 63.1MW は大きいと言える。かつてのインドネシアの如くこれを EDC の売電に切り換えるのは電力コストの低減が条件になるろう。

3.4 電力設備整備状況

1) 発電設備

カンボディア全国発電設備容量は 2000 年時点で 148MW である。このうち、129MW がカンボディア電力会社管内の発電設備である。カンボディア政府は発電部門については IPP の導入を推進しており、プノンペン地域では CUPL(Cambodia Utility Pte. Ltd.)、JPC(Jupiter Power Co.)の 2 社がカンボディア電力会社に電力供給を行っている。このうち、JPC 社は 2003 年までの 3 年間の短期契約となっている。プノンペン地域の発電設備は表 3-9 に示す通りである。

表 3-9 プノンペン地域の発電設備 (2002 年 2 月時点)

発電所名	発電方式	発電機数	単機出力	総設備出力	有効出力	燃料
C2	蒸気式	3 基	6,000	18,000	15,000	重油
C3	ディーゼル	2 基	2,100	4,200	4,000	軽油
		4 基	2,800	11,200	10,000	軽油
C5	ディーゼル	2 基	5,000	10,000	10,000	軽油
C6	ディーゼル	3 基	6,200	18,600	16,500	軽油
EDC 社合計				62,000	55,500	
CUPL 社	ディーゼル	7 基	5,000	35,000	30,000	重油
JPC 社	ディーゼル	10 基	1,500	15,000	15,000	軽油
IPP 合計				50,000	45,000	
総合計				112,000	100,500	

単位：kW

表 3-11 各地の発電設備

表 3-10 プノンペン市周辺の発電所詳細諸元

No	P/S No	施設の所管と補足	機種	発電機					電圧 (G/Tr)	運転開始	製造社
				定格	可能出力	台数	定格	可能計			
1	C1'	IPP. EDC 資料では CI, と C1JP, 西川氏では JPC (Jupiter-PowerCo). 竹谷氏では C1 と表示. 容量は各氏に MVA と MW がある. IPP 表示は EDC と西川氏. 竹谷氏では 1.2MVAx10=12MVA とある	ディーゼル	1.875 MVA (EDC には 2.25MVA とあり)	1.5MW	10	18.75 MVA	15MVA	0.4 / 22kV Tr (変圧器で 0.4 から 22kV に昇圧)	2000	Caterpillar
2	C1I	EDC. EDC は 7.5MVA, PF0.8 とあり 容量は此れに従う. 定格と可能の区別不明	蒸気式	7.5 MVA	7.5x0.8=60MW	3	22.5MVA	18MW	6.3 / 15kV	1967	TG, チェコ
3	C1P'	IPP. CUPL (Cambodia Utilities PTE Ltd) 容量は EDC 資料による (竹谷氏 DWG には CU-6.3MVAx7units とある)	ディーゼル	7.5 MVA	7.5x0.8M=6.0MW	6+1	45+7.5 MVA	36+6 MW	6.3 / 15kV	1996-1998	イタリヤ GMTAY
4	C1II	EDC. 容量と台数は EDC による.	"	2.125 MVA	2.125x0.8=1.7 MW	4	8.5MVA	6.8 MW	4.16 / 15kV	1973	GM
		EDC. "	"	3.55 MVA	3.55x0.8=2.84 MVA	4	14.2 MVA	11.36 MW	4.16 / 15kV	1996	Caterpillar
		合計出力	"			8	22.7MVA	18.16MW	4.16 / 15kV		
5	C1V	IPP. 未着 西川氏資料では IPP2 と表示 EDC 資料では CIV-IPP と表示され GS1 の out-going T/L に表示されている MME は already-agreement と云うも目下不明									
6	CV	EDC. GS1 の構内にある.	ディーゼル	6.25MVA	6.25x0.8=5.0MW	2	12.5MVA	10MW	6.3 / 15kV	1995	三菱重工 東芝
7	CVI	EDC "	"	7.75MVA	7.75x0.8=6.2MW	3	23.25 MVA	18.6MW	6.3 / 15kV	1996	フィンランド Wartsila

表 3-11 各地の発電設備

地域と所管	発電機台数	設備容量 (kVA)	設備出力 (kW)	可能出力 (kW)	備考
シャヌークビル EDC	7		10,000	7,800	
シェムリアップ EDC 民間 計	5		2,500	1,350	
	3		1,540	1,450	レンタル
	8		4,040	2,800	
コンポンチャム EDC GTS 社(Global Technological Support Co.)の所管とある	3		20,300	* 1,660	GTS 社の IPP か GTS 社はマレーシアの会社
タケオ EDC	G1	625			
	G2	250			
	G3	250			
	計	1,125	900	750	
総 合 計			35,240	13,010	
オーチュム水力発電所 ラタナキリ州バンルング (カンボディア唯一の水力発電所)			480x2=960	960	ダム式水路 1999 年に 1,292MWh の実績を持つ

(西川氏レポートによる)

注).1.*のコンポンチャムの可能出力が設備出力の 20,300kW の 8%程度で、如何なることか不明。

2) 送配変電設備

1999 年に世界銀行のローンにより、プノンペン市郊外に 115/22kV 変電所 3 ヶ所 (北:GS1、南:GS2、西:GS3) とこれらをつなぐ 115kV の送電線 (総延長 23km) を建設し運用を開始した。これはカンボディア国内に存在する唯一の送変電設備である。GS1 変電所は現在契約交渉中の IPP 計画、GS2 変電所はベトナムからの送電計画、GS3 は Kirirom 水力発電所 (BOT、11MW) からの電力を変電する余裕容量を有している。

カンボディア電力会社は、供給信頼度と配電ロス削減のため、配電設備について 15kV 及び 6.3kV の配電網を 22kV 中圧配電網に更新する計画を進めている。シアヌークビル及び Siem Reap の 22kV 中圧配電網への更新は 1998 年に完了し、プノンペン市の 22kV 中圧配電網への更新は最近完了し、3 月 5 日に竣工式が行われた。プノンペン地域の 22kV 中圧配電網の配電容量は年間 700GWh~800GWh 程度である。22kV 中圧配電網への更新に伴い、プノンペン地域の配電ロスは 30%以上から 15%程度まで低下している。低圧配電については 380/220V である。なお、Kampong Cham の中圧配電網の電圧は 6.3kV で、22kV への更新は行われていない。

表 3-12 カンボディア電力会社の配電設備

地域	項目	1998	1999	2000
プノンベン	総延長 (km)	402	973	
	中圧 (km)	270	507	
	低圧 (km)	131	465	
	変電所数	495		
シアヌークビル	総延長 (km)	25	144	144
	中圧 (km)	22	53	53
	低圧 (km)	3	91	91
	変電所数	43	43	43
Siem Reap	総延長 (km)	76	127	127
	中圧 (km)	15	47	47
	低圧 (km)	61	80	80
	変電所数	32	34	34
Kampong Cham	総延長 (km)	25	34	33
	中圧 (km)	6	7	7
	低圧 (km)	19	27	26
	変電所数	7	11	11

表 3-13 プノンベン地域の配電ロスの推移

年	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01
ロス率%	35.9	29.2	34.7	31.5	28.5	21.4	21.5	20.5	24.4	15.7	14.7

カンボディア電力会社のプノンベン地域における送配変電設備の詳細は次に記すとおりである。

① 既存の主要変電所の機器

主要変電所と言っても、115kV 発電所構内変電所のみで、22kV 系は殆どが地中線で、変電所は直接需用家への配電系統になり、屋内小変電所か屋外ポールマウント配電線になる。EDC はこの配電用小変電所を Transformer-House と呼んでおり、これは簡潔であるので、以降 Tr-ハウス と記す事とする。従って 22kV 或いは 15kV 系に付いては プノンベン市内の配電 で記す。

a) GS1 の構内変圧器 (Fig-1.3 巻線変圧器銘板)

3φ 50Hz ONAN/ODAF 30/30/12//50/50/20 MVA R115/22 kV OLTC x1 ----- (A)

3φ 50Hz ONAN/ODAF 30/30//50/50 MVA R115/22 kV OLTC x1 ----- (B)

(A),(B)何れも ELECTROPUTERE ROMANIA 製である。

GS1,2,3 は GS1 を北に見て西,南と GS3,GS2 となっている。

b) GS2 の変圧器 (Fig-1)

(A) x 1 set

c) GS3 の変圧器

(B) x 1 set

d) 115kV 変電所機器

GCB,PT,CT,LA は何れも碍子形,GCB は ABB 製,断路器は Center-Breaker である.GCB は ABB 製、他は不明。115kV 監視,制御、リレー盤,変圧器盤は何れも ALSTOM 製、ブスプロテクション、ラインプロテクション等を備えている。

② プノンペン市の送配電網

カンボディアの発電設備はプノンペン市が EDC+IPP=116MW でプノンペンを除く主要都市部が 14.0MW、全国=116+14=130MW で、プノンペン市は実に全発電力の 89.2%、約 90%を使用している。もっとも母体が極端に小さいのでこれからの電開発計画が進めば比率はかなり違ってくると思われるが、プノンペン市が最大の電力消費地帯である事は変わらないと考えられる。カンボディアは全国 22 州と首都プノンペン、シアヌークビル市、シェムリアップ市、コンポンチャム市の 4 大都市から構成されているが、この 4 大都市以外の電源設備ははっきりした調査資料が無い。有っても現時点では大勢には影響ないと思われるので今後は前述の全国=116+14=130MW として取り扱う。

プノンペン市の送配電網を Fig-2-A と Fig-2-B(プノンペン市の送電線と配電網)に示す。この送配電線図は JICA 専門家竹谷氏が EDC を動員して作成された物である。B は薄く見づらいが、変圧器の定格が記載されており、また 22kV、15kV のブスが記載されているので載せる事とする。

a) 115kV ライン

カンボディア唯一の 115kV 送電線であるが、現在は 115kV 側からの受電はなく、プノンペン市内への 22kV 電源電力を効率よく各所に配給し、区間での事故発生時に区間切り替えを行って電力流通を確保するのが役割である。

Fig-2A に付いて上部即ち、プノンペン北部が GS1、西部が GS3、南部が GS-2、東部が GS4 であるが GS4 は 2015 年運開となっている。現在 GS1、2、3 は 115kV 送電線で円環状に結ばれ、プノンペン市配電網の電力供給源の根幹であるが、その電源は表 3-10 に記載されている発電所で、供給電源エネルギーは市内各所の発電所容量である。

この 115kV による電力配給はなかなか複雑である。即ち 115kV 送電線により、群小発電所の電力を市内を包む格好で配給しているが、一方 22kV 或いは 15kV 発電所のブスより直接各フィーダーに配電しており、115kV 主変圧器への供給電力は一定ではない。

b) インブスとフィーダー

- メインブスは GS1,GS2,GS3 にあり、

GS1 -----CI -IPP(15MW),CV(10MW),CVI(18MW) 計 43MW

GS2 -----CII -IPP(35MW),CII-EDC(18MW) 計 53MW
 GS3 -----CIII(16MW)

合計=112MW(表-1 の 115.76=116.0MW に相当)

この内 GS1 の CI と CVI は GS1 構内にあるが、他は確認していない。また、CIV-IPP(60MW)はこれがプノンペン市内の全供給電力である。

- フィーダーは上記ブスより、GS1=19-Feeder(但し F-7 と F-10 はダブっているので実際は 21-Feeder である)。GS2=18-Feeder、GS3=16-Feeder、計 55-Feeder である。

c) ig2-A の補足

- Fig2-A の下右隅に注釈があるが、各 Tr-ハウス(Transformer-House、小変電所)を結んでいる。実線と点線は、夫々、

実線 ----- 22kV 地中ケーブル

点線 ----- 22kV 又は 15kV 架空配電線

である。架空配電線で 22kV ブスから直接出ているのは、GS1 から F10、F14、GS3 から F13、F15 の 4Feeder であり他は、22kV 又は 15kV の Tr-ハウスからの分岐である。

- GS1 地域の CI(15)MA は JPC(Jupiter-Power-Co)で IPP(但し 2003 年迄)となっている。Tr-ハウス及び PM の小変電所はカラーで区分されているが、これは以下の説明を受けた矢印のついている所が SCADA の対象である。

黒色 -----当初 SCADA の対象外との説明を受けたが黒色にも矢印のある物があり、対象外ではない。

赤色 ----- 遠方制御 フランスの建設に依るもの

緑色 ----- 遠方制御 EDC の建設によるもの

青色 ----- 遠方制御 フランスの建設であるが上記と建設時期が異なる

黄色 ----- 遠方制御 EDC の建設であるが上記と建設時期が異なる

と言う事であるが、詳しい事は解らなかった。要は黒色以外は遠方制御(Remote-control)を行っている事で、重要度によって色別があるようである。

③ 22kV (一部 15kV) 配電網 (Fig2-A)

Fig2-A に示す。外周は架空配電線で囲み、市内は地中線で結んでいる。メコン川右岸は架空線であるから外周と言っても中心部に近い。架空配電は PM または PMT の記号で区分されているが PM と PMT の相違は不明。PM は Pole-Mount の意である。ヨーロッパ系途上国の配電電圧は 380/220V の 3φ-4W でドロップを見込んで一般には 400/230V で表示されている。

配電方式は都市部は地中ケーブルで地上に支柱を設け(地上高 4-5m)変圧器を設置低圧配電線を架空又は地中線で配電するのが多いが、プノンペンのように殆ど全てを Tr-ハウスに収納してあるのは少ない。2000 年初期に完成したようであるが機器は新しく、所内も綺麗で、後述の SCADA による Remote-control を行っており、設備上は近代的配電設備と言って差し支えない。従って、プノンペン市の配電設備に付いては、収納機器の機能の理解と、設備の保守・点検(メンテナンス・ルール)の確立、事故対応体制であると考えらる。

a)プノンペン市の配電設備と kW/人

Feeder 数は GS1、2、3 のブスに対応しているものではなく、恣意的なものであるが、これに従っ

て指標を見ると表 3-17 の如くで変圧器容量 kVA を力率 0.8 として kW に換算すると、 $227,590 \times 0.8 = 182,000 \text{ kW}$ で発電量の 1.57 倍である。一般的に変圧器容量は最大負荷の 120~130% に設定し、これに短時間過負荷運転基準を適用するとかなりの負荷増（平均値）に対応できると考える。

表 3-17 プノンペン市の電力供給指標

区分	小変電所			変圧器数	合計 kVA	発電量 可能出力 kW	人口単位 (1,000)	kW/ 人
	Tr-ハウ ス	PM	計					
GS1	145	25	170	173	92,900	43,000		
GS3	78	5	83	99	58,135	53,000		
GS2	110	26	136	138	77,455	16,000		
合計	333	56	389	410	227,590	112,000 (表-1 の 116,000 とする)	プノンペン 1,000 (100万) 全 国 1200万	0.116 kW /人

注)発電量は表 3-10 の値とする。

kW/人について参考に表 3-18 各国の一人当り発電設備容量 (kW) を示す。

カンボディアの場合、人口 1,200 万人、発電設備容量 130MW とすると kW/人は、 $\text{kW/人} = 0.011 \text{ kW/人}$ で平均で最低でありネパールと同じである。これに対しプノンペン市は 0.116 約 0.12kW/人で、全体の 90% をプノンペン市で消費している事と整合する。表 3-18 に依れば、日本、シンガポール、ブルネイ、モンゴル等特殊国を除くと 0.1kW を越える国は少なく、平均で 0.1kW/人がひとつの節目と考えられる。これ以上は、工業立国か大商業立国か或いは農業立国を目指すか、国の目指す政策が多いに関係すると考えられる。現在は、プノンペン以外は国土、人口から言って 0 に等しく電源開発或いはベトナム、タイからの買電が急がれる理由である。

表 3-14 GS1. 地域の Tr-ハウス (Transformer-House)

F.No	小変電所		100	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1500	2000	3000	台数 合計	kVA 合計
	Tr-ハウス	PM 計															
F14	15	16	31	5	4	7	8		3					1		28	10,595
F2	9	0	9				4		5							9	4,750
F3	14	0	14				12		2							14	6,060
F4	14	0	14				3	1	6	1	4					15	10,280
F6	1	0	1												1	1	3,000
F5	7	0	7		1		2		5		1					9	5,200
F17	14	0	14		1		11	2	1							15	6,280
F11	5	0	5				2		4							6	3,320
F9	10	0	10				4		5		1					10	5,750
F10	22	6	28	3	1	2	5		9		8					28	16,800
F16	10	0	10				8	1	1		1					11	5,330
F15	11	0	11				8		2		1					11	5,460
F7	5	0	5				1			1	2	1				5	5,700
F10'	5	0	5				5									5	2,000
F7'	3	3	6		2	1	1		2							6	2,375
合計	145	25	170	8	7	2	74	4	45	2	18	1		1	1	173	92,900

注).1) Feeder-No. は Fig-2-A の左から順番に取った。 2) Feeder は GS1, GS2, GS3 各ブスからでており, 各々ブスを介して連なっているので Feeder 対応の

Tr-ハウス, 架空配電は適当に区分した。 3) 小変電所の PM は Pole-Mount の意味であるが, 中には地中ケーブルで立ちあがり Pole に接続する物もあるようである。

表 3-15 GS3. 地域の Tr-ハウス (Transformer-House)

F.No	小 変 電 所		100	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1500	2000	3000	台数 合計	kVA 合計
	Tr-ハ ウス	PM 計															
F13	2	0							1			1				2	1,880
F4	6	2	2				8			3	1					14	4,800
F10	9	1	1		1		5		4		3		1			15	10,415
F15	9	2					3		4		3		1			11	8,220
F3	1	0					1									1	400
F14	9	0		3			5		2		1					11	5,010
F5	9	0				2	2		5		2					11	6,580
F6	8	0					3		4		1					8	4,720
F11	6	0					2		3		1					6	3,690
F2	6	0					2		4							6	3,320
F9	5	0							5		1					6	4,150
F7	8	0					2		5		1					8	4,950
合計	78	5	3	3	3	3	33		37	3	14	1	2		99	58,135	

注) 表 3-14 の注を参照されたし

表 3-16 GS2. 地域の Tr-ハウス (Transformer-House)

F.No	小 変 電 所		100	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1500	2000	3000	台数 合計	kVA 合計
	Tr-ハ ウス	PM 計															
F2	5	6	1	3	1	2	3				1					11	3,780
F15	4	0					2		2							4	2,060
F14	9	0					3		5		1					9	5,350
F13	10	0					4		5		1					10	5,750
F11	7	0					1		4		2					7	4,920
F10	6	0					1		3		2					6	4,290
F9	13	0					2		11		1					14	8,730
F7	4	0							4		1					5	3,520
F8	9	0					4		2		2					9	5,175
F6	10	0					2		8							10	5,840
F4	5	9	3	2		3	5		1							14	4,275
F3	2	6	1	2		3	1		1							8	2,475
F1	26	5		1		4	4		11	1	9	1				31	21,290
合計	110	26	5	8	1	13	28		57	1	20	1				138	77,455

注) 表 3-14 の注を参照されたし



ELECTROPUTERE
ROMANIA

POWER TRANSFORMER

STANDARD IEC 76

RATED VOLTAGES	HV <input type="text" value="115000"/> V	RATED POWER	HV <input type="text" value="30000"/> kVA	CONNECTION SYMBOL	<input type="text" value="YN,d11,yn0"/>
	MV <input type="text" value="22000"/> V	ONAN	MV <input type="text" value="30000"/> kVA	COOLING TYPE	<input type="text" value="ONAN/ODAF"/>
	LV <input type="text" value="15000"/> V		LV <input type="text" value="12000"/> kVA	CONTRACT NUMBER	<input type="text" value="7E98-PP01"/>
NUMBER OF PHASES	<input type="text" value="3"/>			SERIAL NUMBER	<input type="text"/>
RATED FREQUENCY	<input type="text" value="50"/> Hz	RATED POWER	HV <input type="text" value="50000"/> kVA	YEAR OF MANUFACTURE	<input type="text"/>
TEMPERATURE RISES	WINDING <input type="text" value="65"/> °C	ODAF	MV <input type="text" value="50000"/> kVA	TANK, RADIATORS AND CONSERVATOR VACUUM WITHSTAND	<input type="text" value="-101.4"/> kPa
	OIL <input type="text" value="60"/> °C		LV <input type="text" value="20000"/> kVA	NUMBER OF PUMPS TO ACHIEVE 50 MVA ODAF RATED POWER	<input type="text" value="2"/>
HV-MV IMPEDANCE VOLTAGE AT 30 MVA	POS.1 <input type="text"/> %	MV-LV IMPEDANCE VOLTAGE AT 20 MVA	POS.1 <input type="text"/> %	NUMBER OF FANS TO ACHIEVE 50 MVA ODAF RATED POWER	<input type="text" value="6"/>
	POS.5 <input type="text"/> %		POS.5 <input type="text"/> %		
	POS.17 <input type="text"/> %		POS.17 <input type="text"/> %		

HIGH VOLTAGE WINDING (HV)					
TAP CHANGER		VOLTAGE (V)	CURRENT (A)		
POS.	SEL.		ONAN	ODAF	
1	1	120750	143.4	239	
2	2	119312.5	145.2	242	
3	3	117875	146.9	244.9	
4	4	116437.5	148.8	247.9	
5	5	115000	150.6	251	
6	6	113562.5	152.5	254.2	
7	7	112125	154.5	257.5	
8	8	110687.5	156.5	260.8	
9a	9	109250	158.5	264.2	
9b	K	109250	158.5	264.2	
9c	1	109250	158.5	264.2	
10	2	107812.5	160.7	267.8	
11	3	106375	162.8	271.4	
12	4	104937.5	165.1	275.1	
13	5	103500	167.3	278.9	
14	6	102062.5	169.7	282.8	
15	7	100625	172.1	286.9	
16	8	99187.5	174.6	291	
17	9	97750	177.2	295.3	

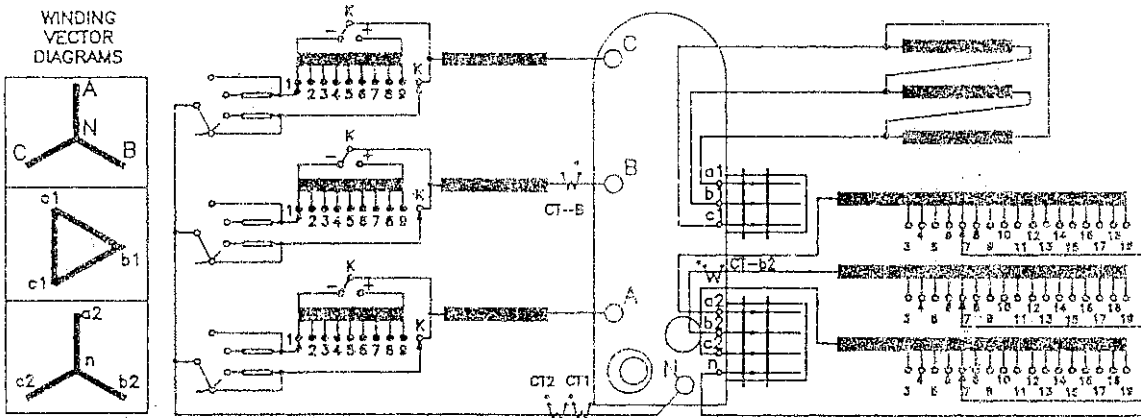
LOW VOLTAGE WINDING (LV)				
TAP CHANGER		VOLTAGE (V)	CURRENT (A)	
POS.	SEL.		ONAN	ODAF
1	19	15600	444.1	740.2
2	18	15450	448.4	747.4
3	17	15300	452.8	754.7
4	16	15150	457.3	762.2
5	15	15000	461.9	769.8
6	14	14850	466.5	777.6
7	13	14700	471.3	785.5
8	12	14550	476.2	793.6
9	11	14400	481.1	801.9
10	10	14250	486.2	810.3
11	9	14100	491.4	818.9
12	8	13950	496.6	827.7
13	7	13800	502.0	836.7
14	6	13650	507.6	845.9
15	5	13500	513.2	855.3
16	4	13350	519.0	864.9
17	3	13200	524.9	874.8

MEDIUM VOLTAGE WINDING (MV)		
Rated voltage (V)	Current (A)	
	ONAN	ODAF
22000	787.29	1312.18

INSULATION LEVELS	
HV:	U 550 AC 230-LI 95 AC 38
MV:	U 125 AC 50
LV:	U 95 AC 38

BUSHING CURRENT TRANSFORMERS			
Item	Location	Characteristics	Lead
CT-B	B	250/1A, 15VA, 3N10 WTL	
CT-b2	b2	800/1A, 15VA, 3N10 WTL	
CT1	N	250-400/1A, 15VA, 10P20 Relay	
CT2	N	300-600/1A, CLASS XI Relay	

TOTAL MASS	<input type="text" value="91500"/> kg
SHIPPING MASS WITH NITROGEN	<input type="text" value="60500"/> kg
OIL MASS	<input type="text" value="22500"/> kg
UNTANKING MASS	<input type="text" value="52500"/> kg



T2.69.327.V10-

Fig1. GS1,GS2 の主変圧器 ルーマニア製

Material:
Stainless steel 1mm thick
4xø4 holes

▽ Note: The plate information will be inscribed with black writing on the stainless steel background colour

Revised	Revised	Designed:	Checked:	Contract:	Approved:
ELECTROPUTERE CRAIOVA ROMANIA		NAME PLATE		T2.69.3	
		T2.69.327.V10-		10.12.2	

OPERATING AND REMOTE CONTROL DIAGRAM OF DISTRIBUTION SYSTEM IN PHNOM PENH AFTER COMPLETION OF PROJECTS

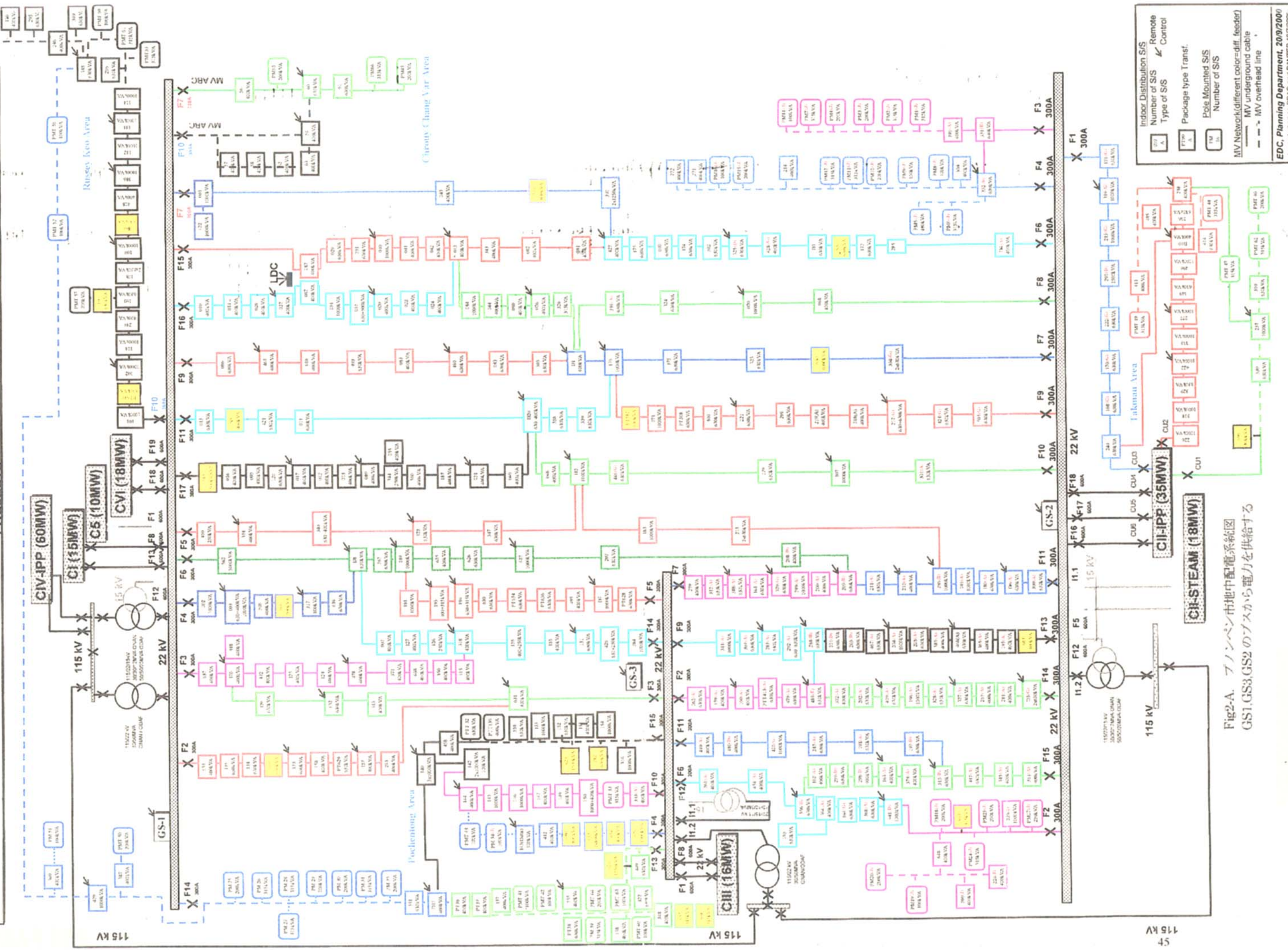


Fig2-A. พนมเปญ市地中配電系統図
GS1,GS3,GS2のブスから電力を供給する

EDC, Planning Department, 20/9/2009
(Data studied on PRAG and PANTER 12/7/2006)

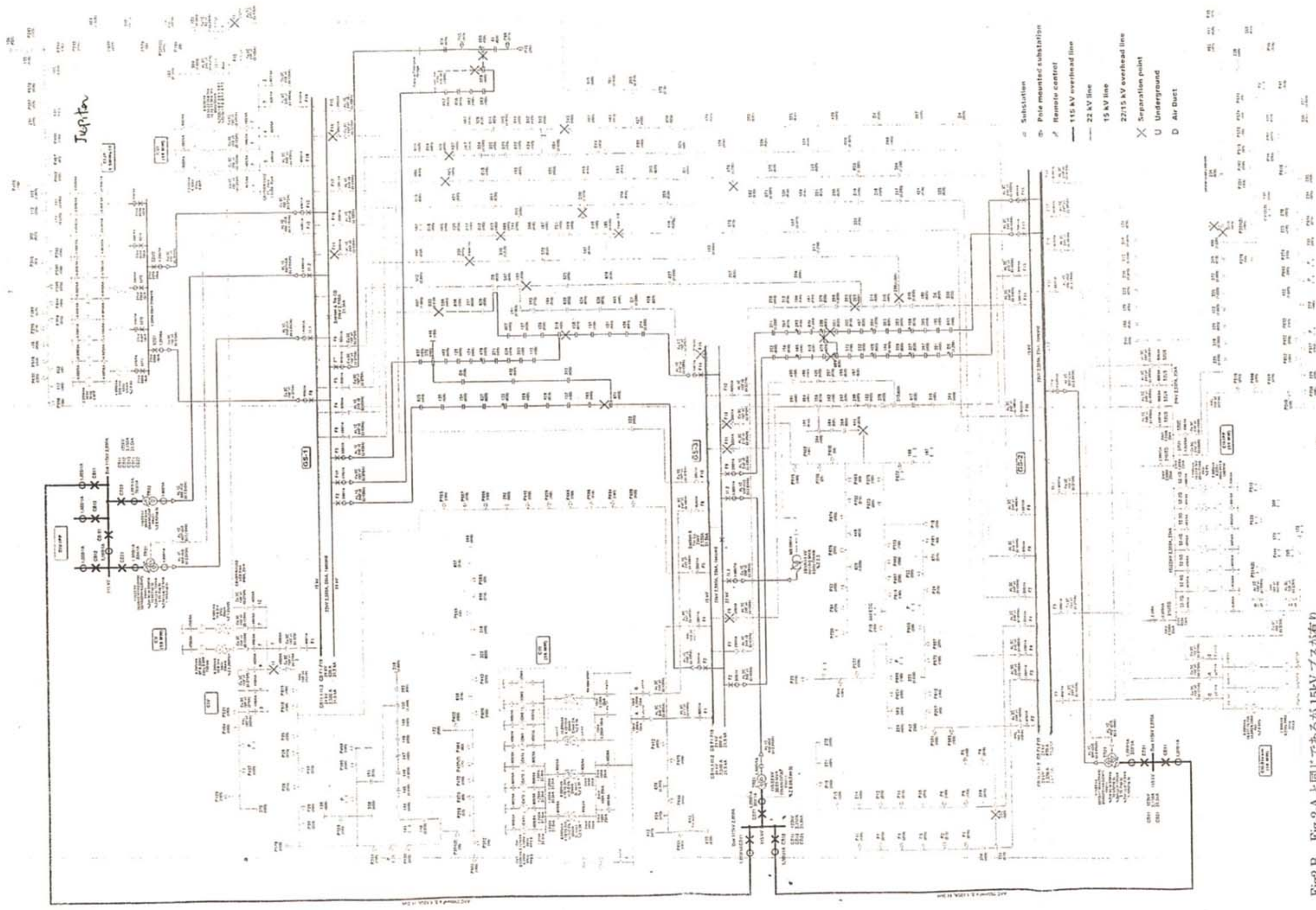


Fig2-B. Fig-2-A と同じであるが 15kV ブスが有り
Tr の定格が記載されている Tr-ハウスも異なっている

表 3-18 各国の一人当り発電設備 (kW)

No	国名	調査時点	発電設備(MW)	人口(1000 人)	kW/1 人
1	日本	1995	168,220	120,000	1.4
2	中国	1990	151,470	1,171,710	0.13
3	フィリピン	1993	6,521	60,500	0.11
4	インドネシア	1991	9,188	187,760	0.05
5	マレーシア	1989,1990 1992	306+3,786+ 456=4,548	18,180	0.25
6	シンガポール	1992	4,553	2,760	1.65
7	タイ	1991	10,771	56,920	0.19
8	ブルネイ	1992	496	270	1.8
9	インド	1992	80,984	896,570	0.09
10	パキスタン	1991	8,368	120,840	0.07
11	スリランカ	1993	1,245	17,620	0.07
12	バングラデッシュ	1991	2,350	113,200	0.02
13	ネパール	1992	27	19,400	0.01
14	ブータン	1992	361	1,650	0.2
15	モンゴル	1993	1,034	2,370	0.4
16	ミャンマー	1992	808	41,550	0.02
17	ラオス	1991	212	4,240	0.05
18	カンボディア	1990	103	9,200	0.01
19	ベトナム	1992	3,838	69,310	0.06
19		(2000)	6,849	(78,080)	0.09
19		(2010)	14,956	(87,020)	0.17

注) 1)本資料は 1995 年版海外電力調査会の資料を編纂したものである。

2)ベトナムに付いては人口増加率を 1.5%として類推してある。

3)資料が 7 年前であるので現在は増えていると思われるが、ベトナムは 2002 年時点で約 700~800 万 kW であり、カンボディアは推定で 130MW である。

④ 架空配電線

支柱は矩形コン柱が主体であるが、これにパンザマスと鉄骨ストラクチャー等混用されているが、最近日本の援助で行われた 22kV 改修では矩形コン柱が使用され、架空線は被覆線である。

低圧側も新設或いは改修の物はよいが既存のケーブル撤去を行ってなく、特に末端需用家へ引き込み及び電話線は乱雑で、アパートへの引き込みは団子状になっており、22kV 配電線或いは Tr-ハウスの立派さに較べ何故か不思議である。恐らく 22kV 系は海外の資金援助に基くもので、海外コンサルタントによる管理が行われているのが最大の理由であるが、一方、引き込み工事の技術基準、施工基準がなく、完成時検査での指摘が行われていない事があると考えられる。

⑤ Tr-ハウスと機器設備 (添付写真参照)

見学した Tr-ハウス(Transformer-House、小変電所)は No.58, No.59 で、Fig2-A、GS1 地域の右側 F10 から出ている物である。色別では黒色で SCADA の対象になっていないが No.59 は SCADA によ

る監視,制御が行われている。SCADA の対象は進んでいる。

a) Tr-ハウスのレイアウト

簡潔な建物であるが、内部は適切な広さである。機器構成は、22kV 側は in-coming 盤、変圧器盤、out-going 盤の三構成で日本の標準に比しかなり小型である MERLIN-GERIN 製である。これに変圧器と低圧フィーダーが加わるこの構成が最小単位である。変圧器は EFACEC 製で、温度計、油面計があり移動用車輪付きである。低圧フィーダーは函収納ではなく、金属フレームで支え、8フィーダーであるが、フィーダーが増えるに応じてフェーズ-エレメントでフィーダーを生かす方式である。No.59 は Fig2-A に見られるように、F60 と F63 との系統連結盤で、22kV 盤の構成は 5フィーダーである。低圧フィーダーは No.58 と同じ 8フィーダーである。No.59 は SCADA による遠方監視、制御あり、No.60, No.63 の配電系統の切り替えは SCADA で制御を行っている。SCADA に付いては後述する。

b) 機器据付と配線工事

技術水準を知る上では、工事業者に会うのが良いのであるが果たせなかった。工事業者はフランスの SEVME と Local 業者と言っていたがそれ以上は不明。SCADA のプリント画面の左上にマークがある。ここが SEVME か Local かどちらが施工したかは不明。施工は良好で、配線もラックを引きまわしケーブリング、変圧器ブッシングの端末処理もしっかりしたものであった。機器、工事共に総じて実用的で、日本のようにミテクレに拘る所はない。機器、特に盤は寸法、外形、塗装とも洗練された物である。難点は電圧、電流等の計器類が無い、或いは目視出来ない事で、慣習、考え方の相違であろう。(発電所は目視出来る)

⑥ ロス、周波数、力率、電圧降下

これ等に付いては高岡、西川両専門家の調査報告があり、これを引用させて頂く。電圧降下は Meeting の中で問い合わせたものである。

a) ロス

西川氏レポートの添付資料(Situation of Electricity Generation and Supply in Cambodia, 2000)には全県の主要数値が記されている。これによると、4 大都市を除いて 24%~66%とありロス率は高いが 4 大都市を除いて 13MW の発電設備しかなく、ロスを云々するのは余り意味がなく、供給能力の絶対値が極めて少ないと言う事である。問題は 4 大都市である。

参考にカンボディア全土の地域人口を表 3-19 に記す。表 3-19 によれば、4 大都市と言っても電力に関してはプノンペンと一桁違い差が大きい。ロスはシアヌークビルが 14.15%と最小であり、また、人口の割りに発電設備量は大きく Customer も 6,440 軒と多い。竹谷専門家の調査ではプノンペン市内のケーブルは 1Feeder 当り 240mm²-150mm²(240mm² は AL、150mm² は Cu である)で余裕があると思われる。ロスは測定基準によって値が異なるので、測定方法、場所、時刻、所内ロスの取り扱い等確認の要があると思われる。

b) 周波数

高岡専門家の資料では、1999-2001 年の値で、Max で、49-52-Hz、平均で 50.5-51.3-Hz 程度で、2001 年では平均で 50+、-0.3-Hz に入っており良好である。

c) 力率

高岡専門家のグラフを Fig-3 に示す。プノンペン市内の値である。電力消費量の増える 20時に 81.5%

程度になり、その前後は 88%–94%程度に入っている。地中線であるから元々容量負荷で力率は良い方向に行くのが普通である。20 時に負荷が急増するのは一般民家の需用と街灯負荷が考えられる。この改善はそれ程大掛かりなものではなく、海外で良く見られるように架空線ではポールを利用してコンデンサーを設置する、地中線では Tr-House に適宜コンデンサーを設置する事でかなり改善されると考えられる。また、負荷増の時間帯がかなり確定されているので、時計式 Timer、或いは SCADA 司令室からの遠方操作によるコントロールも可能と考えられる。

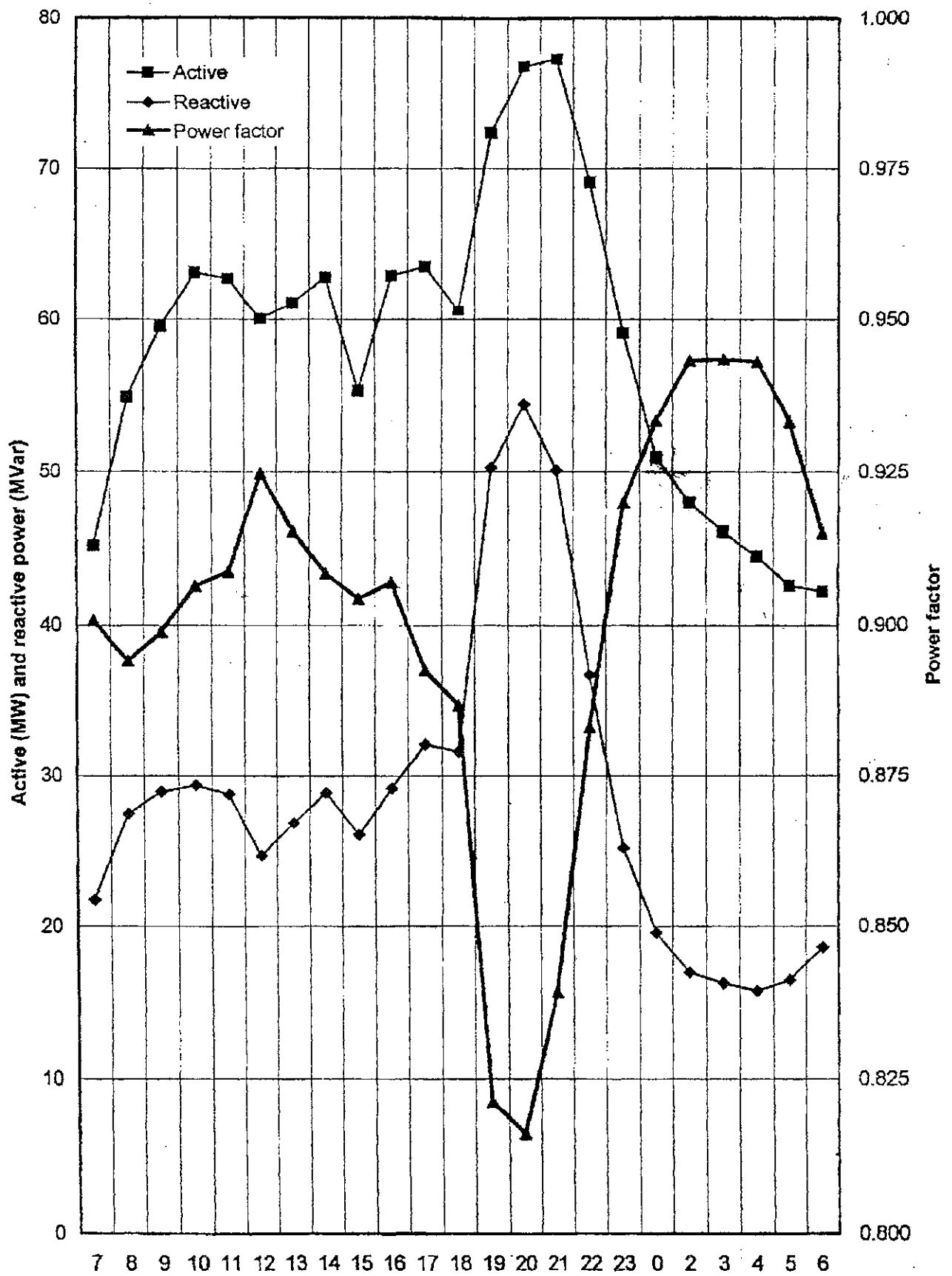
d)電圧降下

EDC の資料では定格電圧に対して Max-3%程度で照明を含めて実用上の問題は無いと考えられる。

⑦ 事故

EDC からの資料を表 3-20 に示す。内容に不明な個所があるが詰められていない。例えば Maintenance は停電を取っているのか、New-system の Maintenance とは如何なるものか等更なる調査の要がある。プノンペン市内は Tr-ハウスと Pole-Mount を合わせて 389、変圧器台数は 410 台あり、事故の実情把握と保守、点検の実施状況の解明は安定電力供給の基本と考えられる。

Fig-3. プノンペン市の配電力率と負荷例



Hour (7/19) In: EDC 62 MW Ava: EDC 55.5 MW
 ITP 50 MW ITP 50 MW
 112 MW 105.5 MW

表 3-19 全県の人口と電力指標

No	Province City	Households		Population		Generati-on kW	Available kW	Peak kW	Loss %	Tariff Rtel	Customers
		Total	Urban	Rural	Total						
1	Banteay-Mean-Chey	111,856	18,374	93,482	577,772	98,848	478,924		82.0	1,600	2,070
2	Bat-Dambang	148,356	25,584	122,772	793,129	138,964	653,165	2,245	28.0	1,050	2,070
3	(Kampong-Cham)	312,841	8,236	304,605	1,608,914	45,354	1,563,560	1,350	26.85	850	2,920
4	Kampong-Chh-nang	82,638	7,692	74,946	417,693	41,703	376,990	800	26.98	1,100	1,731
5	Kampong-Spueu	115,728	7,552	108,176	598,882	41,478	557,404	500	32.13	1,440	1,670
6	Kampong-Phum	106,908	12,295	94,613	569,060	66,014	503,046	500	29.0	1,170	3,100
7	Kampot	104,993	6,060	98,933	528,406	33,126	495,279	860	39.61	1,050	3,962
8	Kandal	206,189	10,266	195,923	1,075,125	58,264	1,016,861				
9	Kaoh-Kong	24,964	5,400	19,564	132,106	29,329	102,777	473	15.0	600	1,350
10	Krachen	49,326	14,791	34,536	263,175	79,123	184,052	850	25.37	1,200	2,018
11	Mondol-Kiri	5,657	1,276	4,381	32,407	7,032	25,376		30.0	1,500	
12	(Phnom-Penh)	173,678	97,296	76,383	999,804	570,155	429,649	70,300	15.68	350,800	95,057
13	Preah-Viheah	21,491	4,133	17,358	119,261	21,580	97,681	360	30.0	1,150	3,435
14	Prey-Veang	194,185	10,918	183,267	946,042	55,054	890,988	838	39.32	1,000	1,933
15	Pousat	68,235	10,856	57,379	360,445	57,523	302,922	800	40.0	1,150	3,435
16	Rotanak-Kiri	16,758	3,198	13,560	94,243	16,999	77,244	2,600	66.0	200,400	1,200
17	Siem-Reab	127,215	20,985	106,230	696,164	119,528	576,636	3,000	15.11	620,875	7,794
18	(Krong-Preah-Sihanouk)	28,015	28,015	0	155,690	155,690	0	7,800	14.15	500,760	6,440
19	Stueng-Traeng	14,323	4,426	9,897	81,074	24,493	56,581	450	24.0	1,500	1,250
20	Svay-Rieng	98,244	4,114	94,132	478,252	21,205	457,047	580	45.0	1,100	2,300
21	(Takaev)	156,030	7,257	147,773	790,168	39,186	750,982	500	29.23	900	2,088
22	Otdar-Mean-Chey	12,531	4,027	8,504	68,279	22,361	45,918				
23	Krong-Kaeb	5,369	5,369	0	28,660	28,660	0				
24	Krong-Pailin	4,133	4,133	0	22,906	22,906	0	250	32.95	1,500	1,500
Tota	除く 4 大都市	1,428,394	160,464	1,137,946	7,186,917	864,662	6,322,165	6,806			33,204
1	(4 大都市)	797,779	161,789	634,991	4,250,740	930,913	3,320,827	77,750			114,299
	合計	2,226,173	322,253	1,772,937	11,437,657	1,795,575	9,642,992	84,556			147,323

注) 1). 人口は 1998 年の国政調査資料による (General Population Census of Cambodia 1998 Final Census Results). 2) 上表は国政調査資料と西川氏レポートを編纂した。3) 数次の整合性はチエツク

ク末了 4) スペルは Census に合わせた

表 3-20 プノンペン市内の配電系統事故件数

No	事故の種類	1999年		2000年		2001年	
		Times	Minutes	Times	Minutes	Times	Minutes
1	Total Fault	871		751	20,572	475	*
2	Fault on Network			472	13,857	8	7,705
3	Fault cause by Generator			69	865	4	74,130
4	Fault cause by IPP (CUPL)			8	291		
5	Over load			119	2,035		
6	Maintenance			53	5,365		
7	Maintenance for new system			460			
8	Cut off for unpayment			13,692		13,597	
	Fault on Feeders						
9	Generators					59	83,456
10	short circuit					120	12,257
	Net work					56	25,935
11	Cut off on feeders						
12	Generators trouble					26	18,641
13	Short circuit					56	213,809
14	Net work					51	370,471

注：1)不明な点が多い。各数字の整合性が不明。2)機器に付いては出ていない。

⑧ WHr メーター

プノンペン市内では積算電力計は 100%普及と言っている。料金を払わない所には配電しない、つまり電力計は設置しない方法を取っている。料金滞納の者にはどうしているかは不明である。電力計は 4 ケ又は 6 ケ単位で四角形の箱に収納され、架空配電線の支柱に取り付けられている。地中線の場合でも一般民家へは、地中線を引き出して低圧配電線を作り、この支柱に取りつけるのが一般である。(写真参照)

⑨ 保守・点検(Maintenance)

保守・点検 Manual に付いては当方からサンプルを見せ、同様の物は EDC に整備されていると言う事であったが最後に EDC、Mr.YIM NOLSON(Deputy Managing Director,EDC)に聞いてくれと言う事で 2 度 EDC でお会いしたが、有るような気もするし、無いような気もすると言った中途半端な気持ちであったが、結論は無いと言う事であった。Mr.NOLSON の話では、機器メーカーの納入機器に対する取り扱い説明書(Instruction-Manual)であり、当方から、それは我々の言う Maintenance-Manual ではないと言うに、これに付いて下記の説明があった。

- Maintenance-Manual 或いは Technical-Standard の必要性は認識している。現在ルールも必要器具もなく、人材もいない。
- この点に関して、本年初めフランスと保守、点検要員の教育と訓練並びにこれに必要な試験器具、例えば耐圧試験用変圧器(Testing-Transformer)、リレー試験器、絶縁抵抗測定器等の供与を受ける事で調印した。しかし、これは教育、訓練と試験器具の供与で、Manual の作成、技術基準の作成は含まれていない。EDC としてはこの面につき日本の協力、支援を求めたい。

以上であった。EDC としても市内の Tr-ハウス、配電線の増改修が一段落し、発電所を含む保守・点検を充実し、プノンペン市への電力供給の安定化を図ると共に、来るべき電力設備の増強への技術者養成に傾力しているとの感触を受け取った。

⑩ SCADA(Supervisory control and data acquisition)と給電指令(Load dispatching)

本項に付いては竹谷専門家の詳細,高度な解説と提案があり、ここでは EDC の現状に付いて報告する。

SCADA は 遠方監視制御 と呼ばれ Load-dispatching は給電指令、給電運用 と言われ、 Load dispatching control system となると 給電管理制御システム と訳されて、その区分の説明は簡単ではない。一口に言えば遠方監視制御である事には変わらず、共通部分は多い。日本では Load dispatching と言うと発送電についての給電指令、系統運用が主体で、SCADA は変電無人化を中心に急速に発達してきた物で、遠方制御が主体である。

a)EDC の現状

SCADA-Center は EDC 本社内にあり、CRT3 台で Monitoring.するとともに Tr-ハウスの遮断機の On/Off 発電所には負荷調整を電話で指令する。Tr-ハウスとの信号はパラボラアンテナによる無線で行っている。この指令室は先方では Load-dispatching-center と呼ばれ、Fig2-A の右上部に LDC と記載されている。Fig-4 以降に CRT の画面コピーを添付する。

b) Fig4, Fig5 の補足

- 対象は Fig2-A の Tr-ハウスで、Pole-mount、即ち支柱上に設置されている変圧器及び付帯機器については SCADA は行っていない。各 Tr-ハウスはハウス No.と変圧器容量が記載され、系統連繋地点のハウス、監視要素の大小、建設業者別等により色別されている。
- Fig4.は Fig2-A に対応するものであるが、Tr-ハウスは Fig2-A では 333 ハウス、Fig4 では 357、PM(Pole-Mount)を含めると Fig2-A は $333+56=389$ となり、数字は合わない。Fig4 には PM は含まないと聞いているが、Fig4 からはどれが PM であるか判別つかない。図面の製作時期は、Fig2-A が 2000 年、Fig4 は明確ではない。Fig4 の 枠区画と Fig2-A の Feeder-Line との関係は不明である。色別区分はページ 6 の 3)-③に記載してあるが、Fig2-A では黒色が減り、新たに枠内に PM 表示の物が出ており、正確には解らない。何れにせよ、SCADA-Operation を行っている事は間違いない。監視、制御要素は各 Figure に記載されている。
- Fig5 は表-2.の No.3,CII で、IPP-CUPL(Cambodia Utilities PTE LTD)と EDC の取り合い、即ち売電-買電の Demarcation point である 7.5MVA Diesel-Generator 7 台を有し 1 台は予備、6 台運転で 35MW(36W とも言う)全てを EDC に売電している。画面は左側が CUPL で CUPL サイドの電力量が MW, MVAR で表示されている。取引基準の電力量であるから重要である。右側が EDC で、受電点の遮断機 IN.1 を含む監視要素は電流、MW、MVAR、力率で、要所により警報伝達がある Feeder は 6Feeder、Fig2-A の下部 CII-IPP(35MW)がこれに対応する。GS2 ブスに直接電力供給を行うのは 3 ブスで他 3 ブスは Tr-ハウスを経由 Network を形成して需用家に配電し GS2 ブスに戻っている。Demarcation Point を挟んで EDC、CUPL サイドに同一遮断機盤を設置し、取り合いは明確である設備は同一構内にある。
- 画面では電圧が 15.20kV であるが 3 月中旬 22kV に切り替える予定である。発電機は 6.3kV であり、変圧器は 15/22kV の両タップを有している。Feeder の負荷調整は EDC 責任で、監視量により系統切り替えを行い負荷調整を行う。

c) Fig6、Fig7、Fig8(GS1、GS2、GS3 の監視画面)の補足

- Fig6、7、8 は 115kV 送電線のカンボディア唯一の系統構成ラインであるが、今の所電力流通の

効率化を図るため、プノンペン市を環状に結び、市内の全発電所を GS1、2、3 を介し 115kV で連繫している。従って系統は単純である。

- Fig2-A では、GS115kV ブスは 3 回線となっているが、CIV-IPP(60MW)への 2 回線は将来計画で現在は使用していない。
- EDC では一部 15.0kV は残ると言っているがその理由は明確ではない。恐らく GS1 画面の TR21 は主変圧器で 1 次は 115kV30/50MVA で OLTC(on-load-tap-changing)、2 次は 22kV/30/50MVA、3 次は 15.0kV12/20MVA であり、3 次は Single-Tap で変更が利かず、これを如何するかと言う事があるのかも知れぬ。

d) SCADA

- 現在 333 ケ所の Tr-ハウスを対象に監視制御を行っているが、Fig2-A で矢印のついている所がコントロールの対象である。黒色は当初遠制の対象外と言っていたが遠制を受けている所もあると言う事である。SCADA について設備の仕様は未調査である。

SCADA は監視、制御要素と事故対応、予備機器が問題で、監視、制御要素は数が増えても対応は可能と思われる。予備機器があるか否かは未調である。普通は 2set 式で一台故障時には切り替えられるようにしてあるが確認は出来ていない。問題は故障対応で、即応性を持つ意味で現在の 1 ケ所から 2-3 ケ所にするのが望ましい。Tr-ハウスの系統を熟知しているエンジニア、シーケンスの読めるテクニシア等が各所に配置されて居れば、其れ程広域でもなく、複雑な系統でもないので対応可能であるが、恐らく人材は多くないと考えられ、現在は業者依存と思われる。

- 発電所も SCADA の監視制御範囲であると言っていたが画面プリントは入手していない。肝心な Tr-ハウスの RealTime 画面が入手未了である。従って、監視制御の全容は把握していない。
- 然しながら配電用小変電所の遠方監視、制御は東南アジア、中東を含めて少なく EDC は進んでいる。

これは、Tr-ハウスという屋内型で、単位容量が表-5、6、7 の如く 400kVA、630kVA、1,000kVA と比較的大きく、日本では配電用 2 次変電所に該当しこれが要因と思うが、3 年前のアゼルバイジャンでは略同一条件であるがその Load-Dispatch-Center は電話での応答で、各営業所の連絡に基いて表示板に名札をつける状態であった。

- オペレーションは問題なく、上級幹部は回路構成も把握しているが全体に機器に対する智識は弱い。変配電機器の機能把握が必要である。

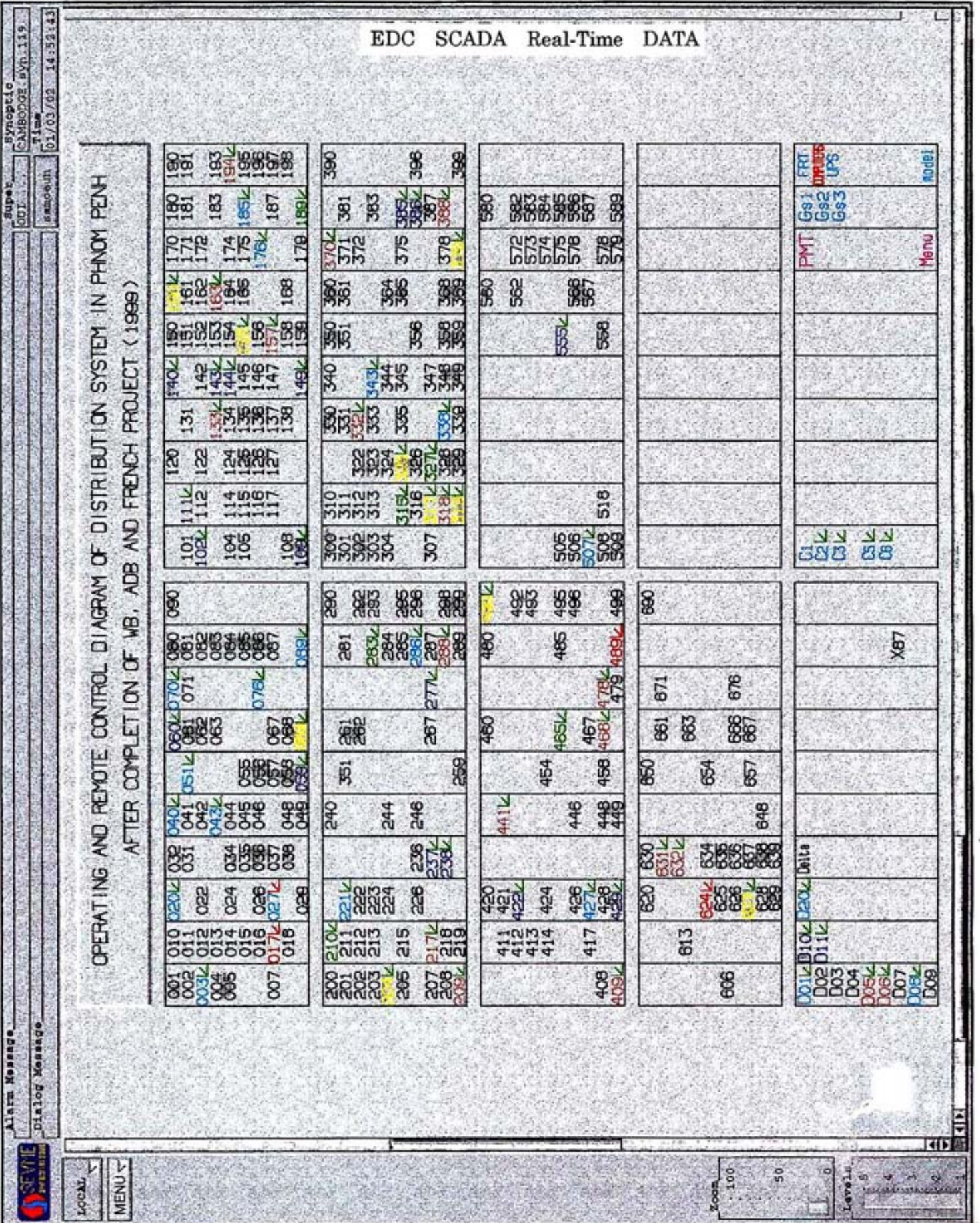


Fig4. Tr-ハウス配列図 矢印がSCADAの遠制を受ける

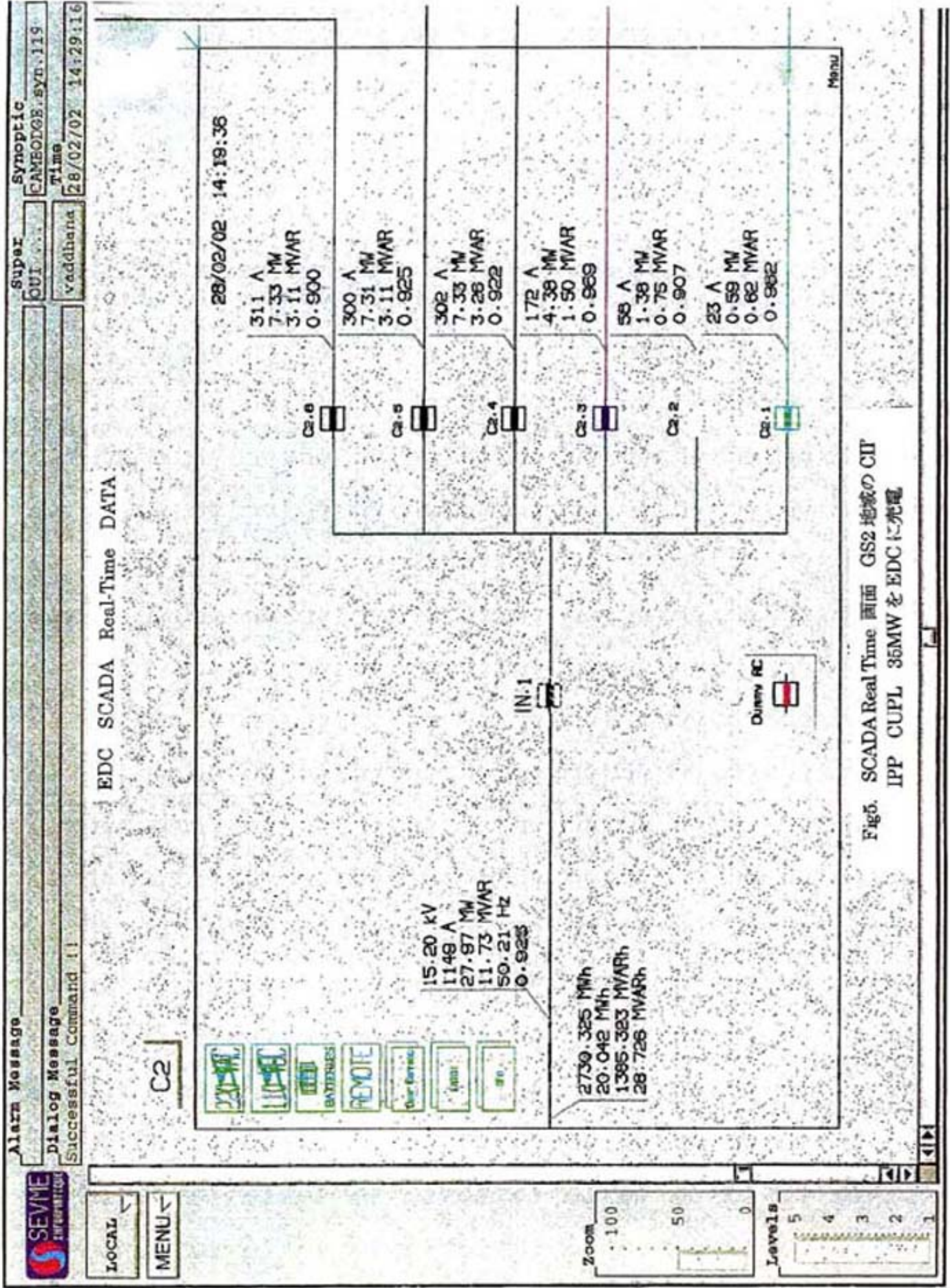


Fig5. SCADA Real Time 画面 GS2 地域の CIT IPP CUPL 35MW を EDC に発電

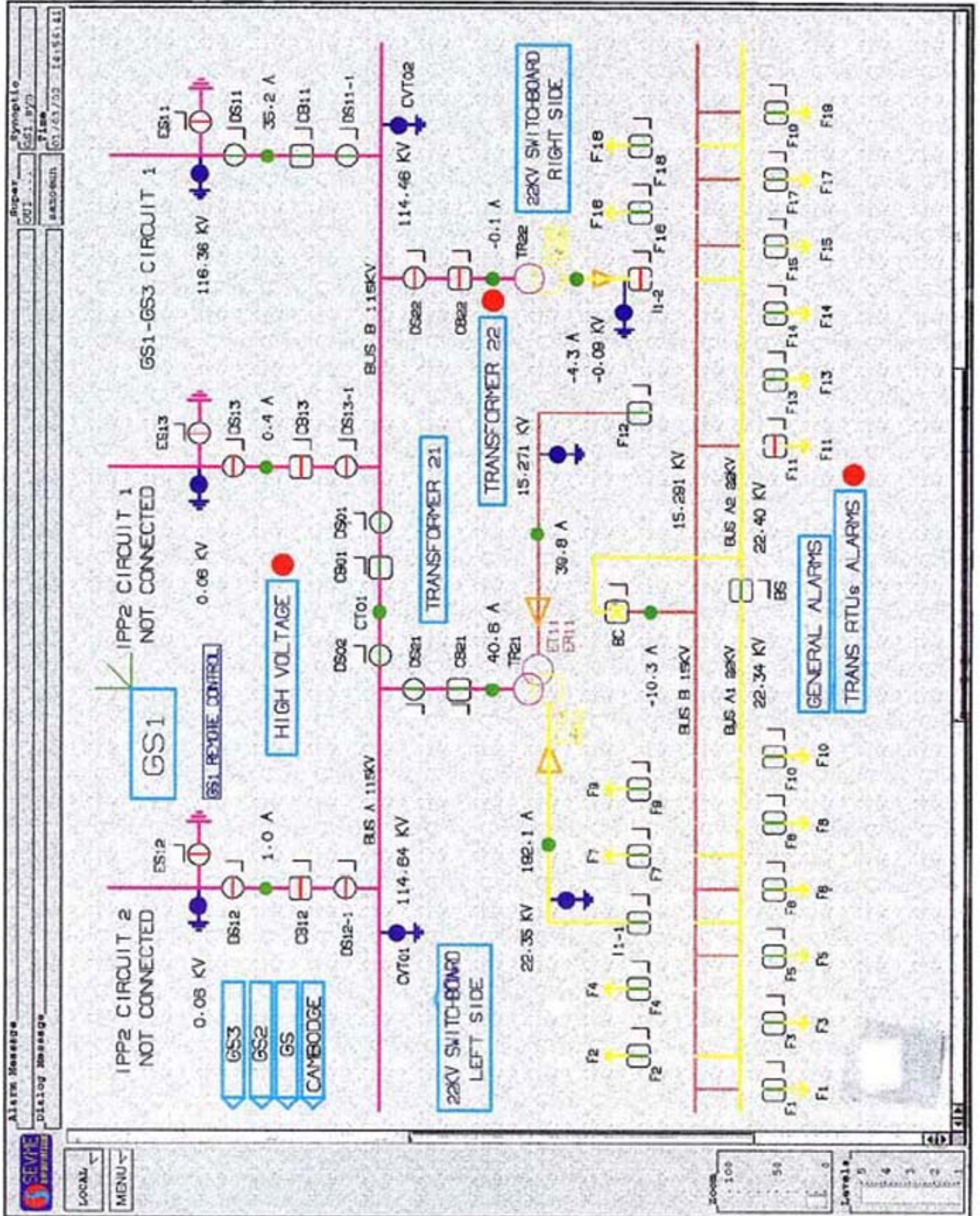


Fig6. GS1の Real Time 画面

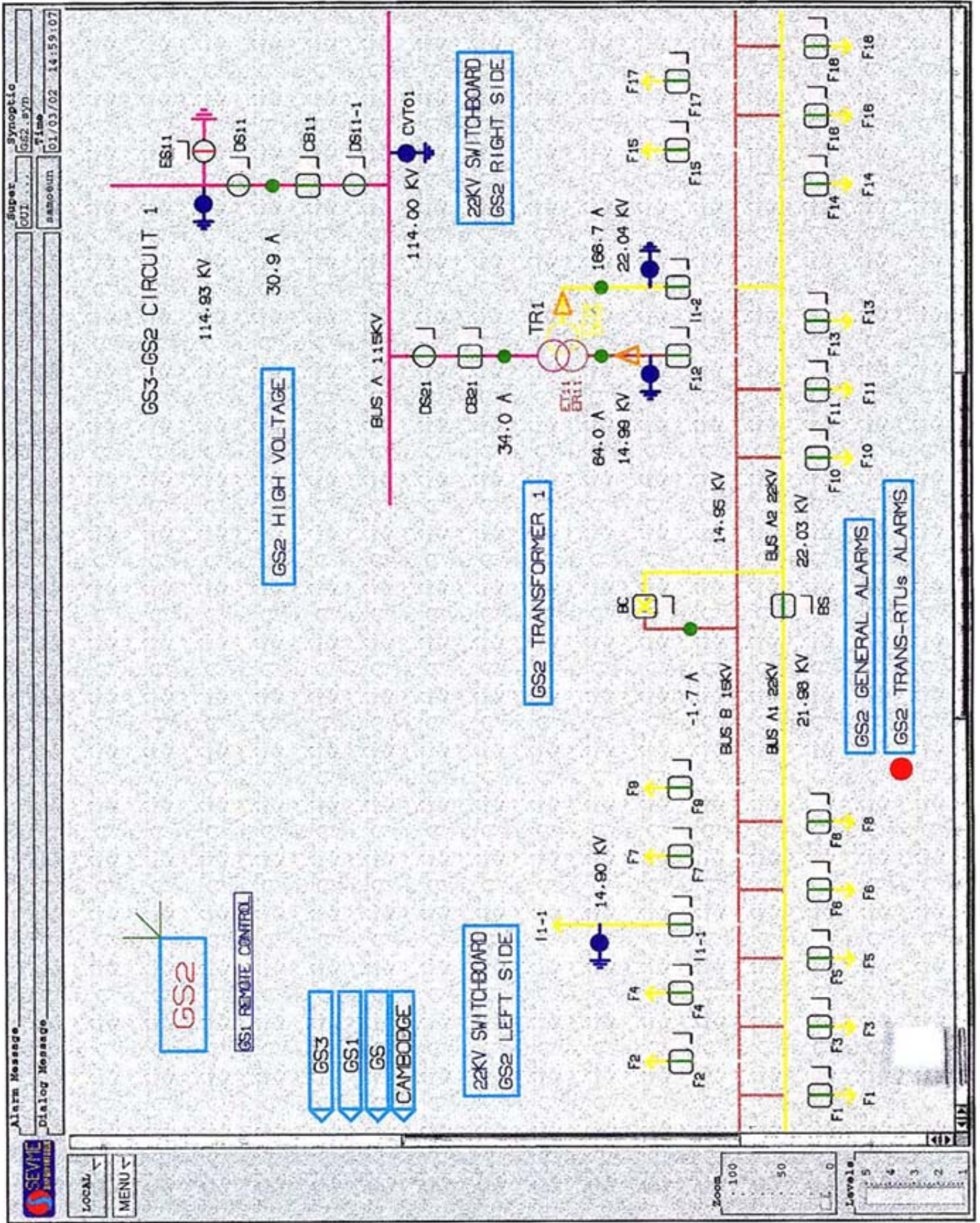


Fig7 GS2の Real Time 画面

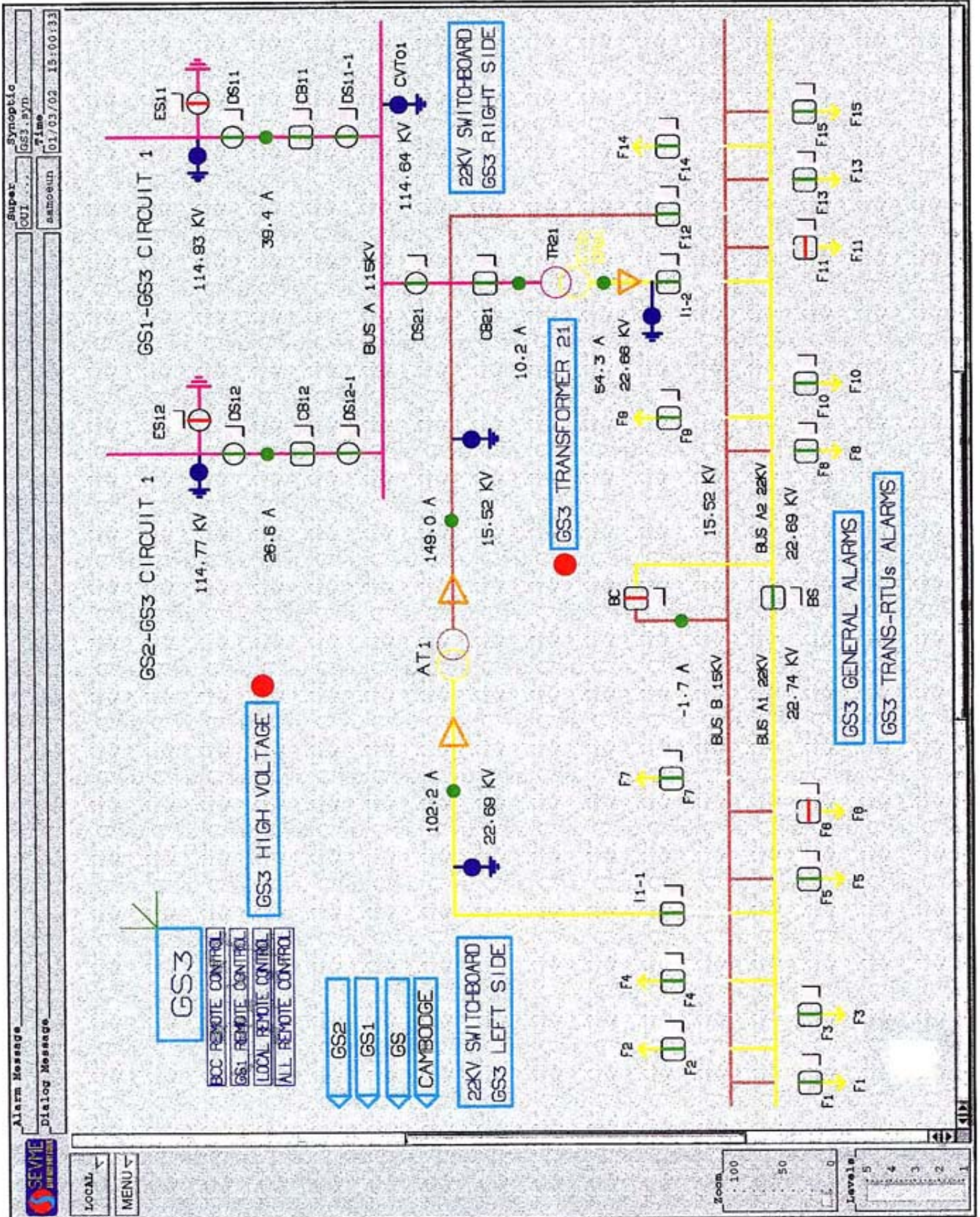


Fig8. GS3.の Real Time 画面

e)Load Dispatching Center

- Load dispatch と SCADA は基本的機能は共通要素が多く、現在 EDC は Diesel 発電所に対しても運転指示を行っているとの事であるので、22kV-Network に基いた系統運転を行っている訳で、これを Load-dispatch-center と称しても差し支えない。日本では SCADA を総合監視制御システムと呼び、変電所、特に配電用 2 次変電所の無人化を目的に開発されたもので、30 変電所程度を単位に各電力会社で運転している。SCADA では発電、送電は扱っていない。現在の 115kV 送電線は記述の如く Network ではなく、要は如何なる開発計画かが、今後の遠方監視制御システムの規模、設置場所の基本になる。Load-dispatch 計画については、既述の如く竹谷専門家の Network プログラムがあり、付け加える事はない。

現在の全国総発電設備容量が 130MW でその 90%をプノンペン市に供給していると言う異常な状態で、早急に電源開発或いは電力輸入を図らねばならないのは事実であるが、時間と費用が掛るのも又事実で、開発スケジュール自体が実施段階ではない現在、Load-dispatch-center については基本計画段階で、詳細設計は計画が確定するまで待つべきと考える。

3) クロスボーダーサプライ

タイからは 7 地点で 22kV 配電線で供給を受けており、ベトナムからは 3 地点で 22kV 配電線で供給を受けている。カンボディア国内の小規模ディーゼル発電による発電原価は高いこと、IPP による発電も高いため、当面は西部地域の電力供給は電力価格の安いタイからのクロスボーダーサプライに依存する計画となっている。

表 3-21 クロスボーダーサプライの契約状況

相手国	供給地点	州	契約日
タイ	コーコン	Koh Kong	1997年 4月
	ポイベト	Banteay Meanchey	1999年 10月
	オスマック	Otdar Meanchey	2001年 2月
	カムリエン	Battambang	2001年 4月
	サムポウロウン	Battambang	2001年 4月
	プレンプレック	Battambang	2001年 4月
	パイリン	Pailin 特別市	2001年 5月
ベトナム	バベット	Svay Rieng	2002年 1月から購入
	ボンニャ・クレック	Kampong Cham	2002年 1月から購入
	ムムット	Kampong Cham	2002年 1月から購入
	スノウル	Kratie	2002年中契約予定
	トポン・クモン	Kampong Cham	2002年中契約予定
	コンボン・ロー	Svay Rieng	2002年中契約予定
	スパイ・リエン	Svay Rieng	2002年中契約予定
	チュレイ・トム	Kandal	2002年中契約予定
	カオム・サムノー	Kandal	2002年中契約予定
	コンボン・トラ	kampot	2002年中契約予定

3.5 電気料金

カンボディアの電気料金は独立した系統ごとに異なっており、最も電気料金が安い地域はプノンベン地域である。プノンベン地域の電気料金を周辺諸国と比較すると、タイの約3倍、ラオスの約5.5倍、ベトナムの約2倍となっている。この原因は大半の電力を小規模なディーゼル発電に頼っていること、配電設備の老朽化により配電ロスが高いことが主要な原因である。

電気料金については、プノンベン地域のケースでは、住宅用の50kWh/月未満の需要家については原価を大幅に下回る料金（推定内部補助率59%）に、住宅用の50～100kWh/月の需要家の料金についても原価を下回る料金（推定内部補助率27%）に設定されており、他の料金区分（外国人用料金、業務用、工業用等）から内部補助を受けている。

表 3-22 代表的な電気料金区分別の内部補助の推定

料金種別	構成比	平均電気料金	推定供給コスト	内部補助率
住宅用 50kWh 未満	12.9%	350KR/kWh	850KR/kWh	59%
住宅用 50～100kWh	10.3%	550KR/kWh	750KR/kWh	27%
住宅用 100kWh 以上	24.3%	650KR/kWh	675KR/kWh	4%
外国人	7.3%	800KR/kWh	675KR/kWh	-19%
ホテル	2.2%	641KR/kWh	450KR/kWh	-42%
業務用	10.4%	640KR/kWh	425KR/kWh	-51%
産業用	12.4%	582KR/kWh	400KR/kWh	-45%

表 3-21 クロスボーダーサプライの契約状況

相手国	供給地点	州	契約日
タイ	コーコン	Koh Kong	1997年 4月
	ポイベト	Banteay Meanchey	1999年 10月
	オスマック	Otdar Meanchey	2001年 2月
	カムリエン	Battambang	2001年 4月
	サムポウロウン	Battambang	2001年 4月
	プレンプレック	Battambang	2001年 4月
	パイリン	Pailin 特別市	2001年 5月
ベトナム	バベット	Svay Rieng	2002年 1月から購入
	ボンニャ・クレック	Kampong Cham	2002年 1月から購入
	ムムット	Kampong Cham	2002年 1月から購入
	スノウル	Kratie	2002年中契約予定
	トポン・クモン	Kampong Cham	2002年中契約予定
	コンボン・ロー	Svay Rieng	2002年中契約予定
	スパイ・リエン	Svay Rieng	2002年中契約予定
	チュレイ・トム	Kandal	2002年中契約予定
	カオム・サムノー	Kandal	2002年中契約予定
	コンボン・トラ	kampot	2002年中契約予定

3.5 電気料金

カンボディアの電気料金は独立した系統ごとに異なっており、最も電気料金が安い地域はプノンベン地域である。プノンベン地域の電気料金を周辺諸国と比較すると、タイの約3倍、ラオスの約5.5倍、ベトナムの約2倍となっている。この原因は大半の電力を小規模なディーゼル発電に頼っていること、配電設備の老朽化により配電ロスが高いことが主要な原因である。

電気料金については、プノンベン地域のケースでは、住宅用の50kWh/月未満の需要家については原価を大幅に下回る料金（推定内部補助率59%）に、住宅用の50～100kWh/月の需要家の料金についても原価を下回る料金（推定内部補助率27%）に設定されており、他の料金区分（外国人用料金、業務用、工業用等）から内部補助を受けている。

表 3-22 代表的な電気料金区分別の内部補助の推定

料金種別	構成比	平均電気料金	推定供給コスト	内部補助率
住宅用 50kWh 未満	12.9%	350KR/kWh	850KR/kWh	59%
住宅用 50～100kWh	10.3%	550KR/kWh	750KR/kWh	27%
住宅用 100kWh 以上	24.3%	650KR/kWh	675KR/kWh	4%
外国人	7.3%	800KR/kWh	675KR/kWh	-19%
ホテル	2.2%	641KR/kWh	450KR/kWh	-42%
業務用	10.4%	640KR/kWh	425KR/kWh	-51%
産業用	12.4%	582KR/kWh	400KR/kWh	-45%

表 3-23 プノンペン地域の電気料金

料金区分	販売電力量 構成比 (%)	需要規模	料金 (Riel/kWh)
住宅用	12.9	0~50 kWh/月	350
	10.3	51~100 kWh/月	550
	24.3	100 kWh/月超	650
工業・手工業用	12.4	45,000 kWh/月	600
		45,000~80,000 kWh/ 月	550
		80,000~130,000 kWh/ 月	550
		130,000 kWh/月超	500
		中圧供給**	480
業務用	12.6	45,000 kWh/月	650
		45,000~80,000 kWh/ 月	600
		80,000~130,000 kWh/ 月	600
		130,000 kWh/月超	500
		中圧供給**	480
大使館、外国人、NGO 等	7.3		800
政府機関	16.3		700

注：中圧供給の販売電力量構成比は4.0%であり、工業用及び業務用の構成比には含まれていない。

3.6 人材

鉱工業エネルギー省エネルギー局には13人の博士課程修了者、42人のエンジニアがいる。電力庁は22人の職員のうち5人がエンジニアであり、さらに近々技術系職員を増員することになっている。カンボディア電力会社は1513人の職員のうち、博士過程修了者が6人、エンジニアが168人、技術専門学校卒業者が194人である。

カンボディア電力会社は、フランス政府の援助で2001年2月にトレーニングセンターをプノンペン市郊外に開設している。現在の訓練分野は配電、ディーゼル及びメカニク、電気安全の3分野であり、この1年間で17コース、133セッション、905人の同社職員（テクニシャン）の研修を実施している。現在、送電分野を訓練分野に追加する準備を進めている。今後、このトレーニングセンターでは他の電気事業者等の職員も有料で受け入れることを検討している。

3.7 他援助機関の動向

1) 世界銀行

世界銀行は1995年からプノンペン地区電力リハビリプロジェクトを実施した。このプロジェクトはプノンペン地域の配電網の整備によりカンボディアの電力セクターが効率的に電力供給を行う

環境整備を目的としている。またこのプロジェクトの技術支援として電力庁の設立支援が行われた。このプロジェクトにより 115/22kV 変電所及 3ヶ所とこれをつなぐ 23km の 115kV の送電線が建設された。これはカンボディアで初めての送電設備である。配電設備については、22kV 地中ケーブル 69km、22kV 架空配電線 50km、配電用変電所 104ヶ所、低圧地中配電線 50km 等の整備が行われた。

世界銀行はこのプロジェクトに引き続いて、Rural Electrification and Transmission Project を計画中である。このプロジェクトは地方電化とベトナムとの送電線建設計画で構成されている。ベトナムとの 220kV 連系送電線の建設については日本の国際協力銀行の融資が予定されているが、国際協力銀行の融資は決まっておらず、プロジェクトの実施スケジュールは確定していない。

2) アジア開発銀行

アジア開発銀行は現在、8 州都の配電設備近代化プロジェクトを実施中である。これらの都市は近代化工事完了後にカンボディア電力会社の供給地域に編入されることになっている。このうちの Stung Treng についてはフランスの AFD の無償資金協力で実施されることになっている。また、フランスはこの技術支援としてカンボディア電力会社のトレーニングセンター建設及び教材整備等の援助を実施しており、トレーニングセンターは 2001 年 2 月に完成している。

アジア開発銀行は現在、2004 年から送電プロジェクトに対する支援を行うことを検討している。

3) その他の援助機関

カナダの CIDA の援助で、カナダの Experco 社及びハイドロケベック社が共同で Kamchay 水力発電所 (141MW) の FS 調査を実施中であり、本年 4～5 月には調査が完了する予定である。

ドイツの KFW は Tekeo～Kampot 間の 115kV 送電線建設についてベトナムとの連系送電線の見通しが明らかになった段階で無償資金協力する意向である。シアヌークビルにシーメンス社等 3 社が天然ガスコンバインドサイクル発電所を IPP として建設する計画を有しており、この発電所建設が送電線に対する無償資金協力の前提条件になっているとの情報もある。

第4章 カンボディア電力セクターの将来計画

第4章 カンボディア王国の電力セクターの将来計画

4.1 電源開発計画

カンボディアの電力需要見通しについては、鉱工業エネルギー省が1999年1月に作成したCambodian Power Sector Strategy 1999~2016 (CPSS) が公式な見通しとなっているが、その後、世界銀行の支援による Feasibility Study for the First Transmission Link between Phnom Penh and the Southern Region of Cambodia、国際協力事業団のシアヌークビル・コンバインドサイクル発電開発調査の2件のフィージビリティ調査において需要予測が行われている。世界銀行のFSはベトナムからの連系送電線の効果を高め、CPSSよりも強気の需要見通しとなっているのに対して、国際協力事業団のFSは直近の需要がCPSSの予測を下回っていることから全体に下方修正している。鉱工業エネルギー省は世界銀行のRural Electrification and Transmission ProjectのTAの一環でCPSSの見直しを予定しており、政府としての公式な需要予測はその結果が出るまで待つ必要がある。なお、CPSSの電力需要予測は表4-1に示す通りである。

表4-1 カンボディアの電力需要見通し

	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2016
最大電力	150	212	273	331	404	477	558	651	746
発電電力量	678	856	1,036	1,215	1,454	1,700	1,968	2,292	2,634

単位：最大電力：MW、発電電力量：GWh

電源開発計画は、CPSSの見通しに比べて全体に遅れ気味である。CPSSの第1ステージ(1999~2003)で予定されていた主要な電源開発計画のうち、2000年に運転開始を予定していた60MWのIPP2計画については、売電価格について合意に至らず計画実現の目処はついていない。水力発電開発についてはKiriom I水力発電所の修復(設備容量12MW、中国のCETIC社が30年間のBOT契約により事業実施。)が本年6月に完了予定であるが、Prek Thnot水力発電計画については中止された。2002~2003年に予定されていた90MW(総出力180MW)のシアヌークビル・ガスタービン火力発電は2006年に延期されている。この計画については国際協力事業団が開発調査を実施済みであるが、地場の天然ガスを燃料とする計画であるため、天然ガス田の開発と発電計画が鶏と卵の関係になっており、現時点では具体的な開発時期を確定させることは困難な状況となっている。また、この計画と競合する形でドイツのシーメンス社等によりシアヌークビルに大型の天然ガスコンバインドサイクル発電所を建設する計画が検討されており、カンポットでは輸入炭を利用する300MW級の石炭火力計画がマレーシアのDELCOM社により検討されている。これらの臨海部の大型火力発電計画については今後、カンボディア政府内部での計画の調整が必要であり、早急な建設は期待できない状況にある。このようにKiriom I水力発電所の修復を除くと、電源開発計画は大幅に遅延しており、ベトナムからの220kV送電線建設による80MW(2005年以降200MW)の電力供給が最も実現性が高いものと期待されている。すでに2000年7月にカンボディア政府とヴェトナム政府の間でPower Trade Agreementが、カンボディア電力会社とヴェトナム電力公社の間でPower Purchase Agreementが結ばれており、現在、世界銀行、国際協力銀行等融資側との調整が行われている段階である。ヴェトナムとの電力購入単価は次の通りである。

表 4-2 ヴェトナムからの電力購入単価 (US_/kWh)

時間帯		乾季 (11月1日～6月30日)	雨季 (7月1日～10月31日)
ピーク時	18～22時 (4時間)	8.5	8
通常時	4～18時 (14時間)	6.25	6
オフピーク時	22～4時 (6時間)	4.5	3

カンボディア電力会社はヴェトナムとの送電線計画が遅れる場合には、3年契約の IPP 事業者の JPC(Jupiter Power Co.)との買電契約を延長することを検討している。また、プノンペン地域には300以上の自家用発電設備を有する電力需要家があるが、これらの需要家はカンボディア電力会社の電気料金が自家用発電設備（ディーゼル発電）の発電原価を下回らない場合には今後とも自家用発電設備を利用しつづけるものと予想される。カンボディア電力会社の電気料金を引き下げるためにはヴェトナムからの安価な電力の輸入（または国内における大型火力発電、水力発電）が必要であり、ヴェトナムとの送電線計画が遅れた場合にはこれらの自家用発電設備を有する大口需要家が同社からの電力購入を控えることになるためカンボディア電力会社の電力需要が抑制される結果となる。このようなことからヴェトナムとの送電線計画の多少の遅れには対応できるものと予想されるが、同計画が大幅に遅延する場合にはプノンペン地域の電力需給バランスが崩れ、電力不足が生じるものと予想される。

この他カンボディア国内で開発が検討されている電源は、Kirirom III 水力発電所（出力 18MW）、現在 CEDA の援助で FS 実施中の Kamchay 水力発電所（出力 141MW）、IPP による開発が予定されている Battambang 水力発電所 1,2 期（出力 24MW、32MW、2008～2012 年運転開始予定）がある。

4.2 送電網拡張計画

送電網については、現在はプノンペン周辺の 3 変電所を結ぶ 115kV 送電線があるだけであり、本年 6 月に Kirirom I 水力発電所からプノンペンまでの 120km の 115kV 送電線が運用開始予定となっている。ヴェトナムから Takeo を経由してプノンペンまでの送電線については 220kV とする予定となっている。一方、タイから Bantey Mean Chey を経由して Siem Reap に至る送電線については 115kV で建設されることになっている。長期的にはプノンペン地域と西部地域の Battambang、Bantey Mean Chey を 115kV 送電線をつなぎ全国配電網を形成する計画を有している。また、Siem Reap と Kampong Cham をつなぎ環状のナショナルグリッドを形成する構想も有している。

GMS(Greater Mekong Sub-Region)は、タイ、カンボディア、ヴェトナム、ラオスを結ぶ 500kV の国際連系送電線構想を有している。この構想では、タイから Siem Reap を経由してヴェトナムに至る 500kV 送電線とラオスからヴェトナム南部に至る 500kV 送電線が Stung Treng で交差し、同地点に 500kV 変電所が設置される計画となっている。この計画と併せて、メコン川支流の Tonle San 川、Tonle Sre Pok 川において水力発電開発が検討されている。

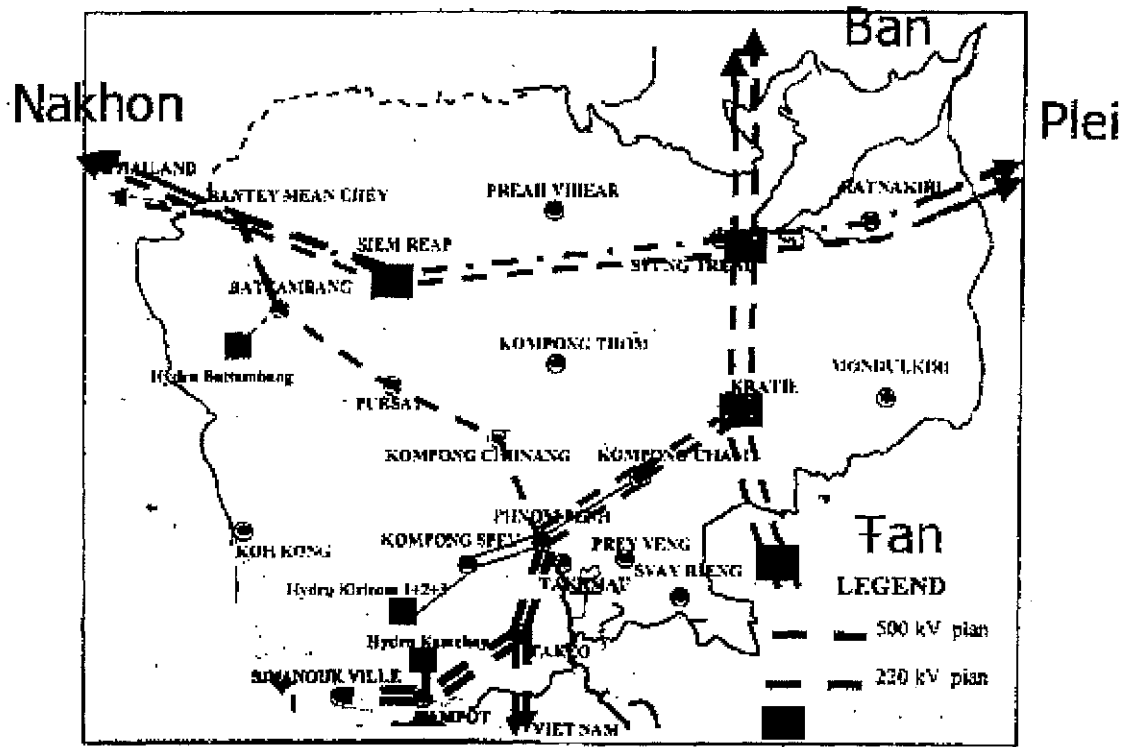


図 4-1 GMS 国際連系送電線構想

4.3 地方電化計画

世界銀行の支援により MERITEC 社により 2001 年 3 月に Rural Electrification Strategy and Implementation Program が作成されている。これによれば今後の地方電化目標は次のように設定されている。

- 2030 年までに地方の 70% の世帯を電化する。
- 2030 年までに 50% の村落を電化する。村落の電化とはほとんどのコミュニティー施設及び 50% 以上の世帯が電化されることをいう。
- 当面の 10 年間の目標として、2010 年までに 25% の世帯（75 万世帯）を電化する。

地方電化の手法としては、既存の配電網の延長（隣国からのクロスボーダー供給を含む。）、独立電力系統、コミュニティー等共同体による独立電力系統、SHS 等による戸別電化、バッテリーチャージサービスの 5 つの手法を採用することになっている。今後 10 年間の地方電化計画としては次の 2 つのシナリオが検討されている。

表 4-3 地方電化 10 年計画（シナリオ 1）

電化手法	2010 年電化目標（戸数）		必要費用予測
配電網延長	265,000	35%	74 百万ドル
独立系統	150,000	20%	46 百万ドル
コミュニティー・需要家共同体による独立系統	75,000	10%	32 百万ドル
戸別電化	75,000	10%	20 百万ドル
バッテリーチャージシステム	185,000	25%	4 百万ドル
合計	750,000	100%	176 百万ドル

表 4-4 地方電化 10 年計画（シナリオ 2）

電化手法	2010 年電化目標（戸数）		必要費用予測
配電網延長	150,000	20%	42 百万ドル
独立系統	150,000	20%	46 百万ドル
コミュニティー・需要家共同体による独立系統	75,000	10%	32 百万ドル
戸別電化	150,000	20%	39 百万ドル
バッテリーチャージシステム	225,000	30%	5 百万ドル
合計	750,000	100%	164 百万ドル

地方電化推進体制及び助成手段については、世界銀行の支援により Wolfgang Mostert 社により 2001 年 11 月に Rural Electrification Fund of the Royal Kingdom of Cambodia が作成されている。これによれば、地方電化に係る責任分担は鉱工業エネルギー省が地方電化政策及び目標を作成すること、財務省と協力して地方電化基金の資金源を確保すること、財務省は毎年度ナショナルグリッドでの電力消費に対する地方電化税徴収計画を作成して国会及び援助機関の承認を受けること、電力庁は地方電化機関に対する免許の交付と規制を行うこと、Rural Electrification Board は地方電化事業に補助金を交付すること、民間金融機関は地方電化投資に融資すること、Rural Electrification Board と契約した機関は地方電化事業に係る技術的、経営的な助言を行うこととされている。

鉱工業エネルギー省及び財務省のもとに Rural Electrification Board を設立するとともに、地方電化を支援するため Rural Electrification Fund の設立を予定している。Rural Electrification Board は、鉱工業エネルギー省次官を長として財務省、電力庁、地方省、援助機関代表、金融機関代表、地方電化事業会社代表、地方開発に取り組む NGO 代表により構成される。事務局は事務局長を含めて 9 人の幹部職員と 9～10 人の補助職員を予定している。

Rural Electrification Fund の財源としては、援助機関からの無償資金及びソフトローン、ナショナルグリッドの電力消費に対する地方電化税（目的税として創設する。）が予定されている。Rural Electrification Fund の用途は、Rural Electrification Board の運営費用、地方電化投資への補助金、地方電化支援プログラム（Rural Electrification Board と契約した機関による地方電化事業に係る技術的、経営的な助言）である。