

カンボジア国  
プノンペン市電力供給施設整備・拡張計画

基本設計調査報告書

平成 16 年 9 月

独立行政法人 国際協力機構  
八千代エンジニアリング株式会社

無償
JR
04-171

## 序 文

日本国政府は、カンボジア王国政府の要請に基づき、同国のプノンペン市電力供給施設整備・拡張計画にかかる基本設計調査を行うことを決定し、独立行政法人国際協力機構がこの調査を実施しました。

当機構は、平成16年3月7日より4月10日まで基本設計調査団を現地に派遣しました。

調査団は、カンボジア政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施しました。帰国後の国内作業の後、平成16年7月11日から7月20日まで実施された基本設計概要書案の現地説明を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

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

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

平成16年9月

独立行政法人国際協力機構  
理事 松岡 和久

## 伝 達 状

今般、カンボジア王国におけるプノンペン市電力供給施設整備・拡張画基本設計調査が終了いたしましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

本調査は、貴機構との契約に基づき弊社が、平成16年3月より平成16年9月までの7ヶ月にわたり実施いたしてまいりました。今回の調査に際しましては、カンボジア王国の現状を十分に踏まえ、本計画の妥当性を検証するとともに、日本の無償資金協力の枠組みに最も適した計画の策定に努めてまいりました。

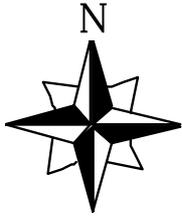
つきましては、本計画の推進に向けて、本報告書が活用されることを切望いたします。

平成16年9月

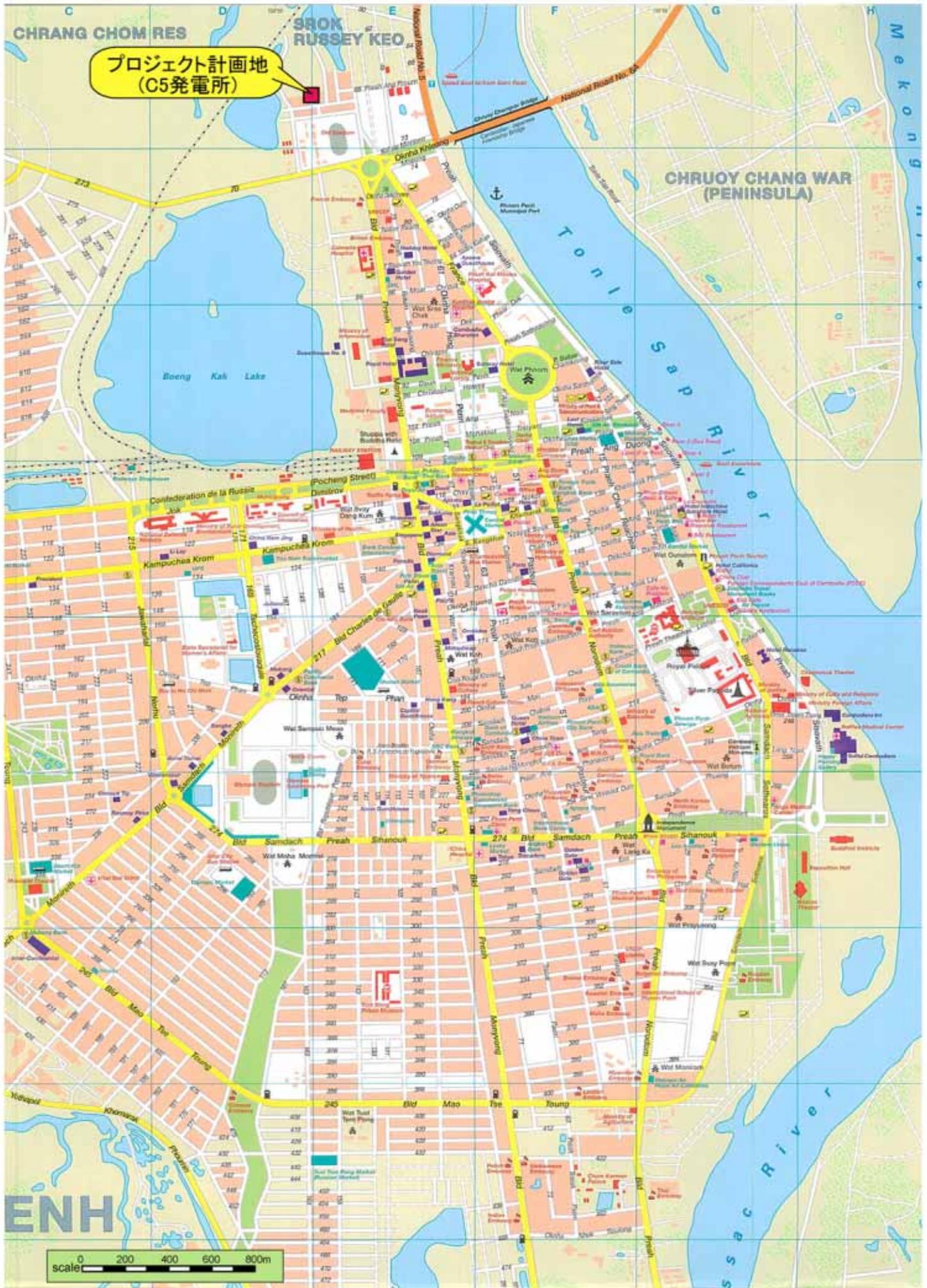
八千代エンジニアリング株式会社

カンボジア王国  
プノンペン市電力供給施設整備・拡張計画  
基本設計調査団

業務主任 千葉 規矩



カンボジア王国位置図



プロジェクト計画地位置図

## C5 発電所の現況 (1/6)



既存1号および2号発電設備  
現在ディーゼル油焚きで運転されている。



既存発電設備と構内道路  
構内道路と発電建屋の空地にラジエーター等の新設の屋外補機を設置する



C5 およびC4 発電建屋  
手前が C5 発電建屋。本計画で建設する発電設備は緑色の両開き扉から搬入予定である。奥が C4 発電所。



既存2号発電設備と将来用基礎  
外見はコンクリートであるが中身の一部に砂が充填されている。コンクリート強度も脆さを示しており本計画では撤去する予定



既存発電設備監視・制御盤  
EDCは15kV高圧盤の開閉操作を遠隔で行うため、左端に操作用の盤を自己負担で設置した。



1 および2号発電設備用の換気設備建屋  
既存は別棟で、ダクト方式を採用している。手前のドラム缶が本計画用の予定用地となっている。

## C5 発電所の現況 (2/6)



### 3,4号機用ピット

本計画ではこのピットに機械関係の補機を設置する予定であるが深さが足りないので一部改修を行う。



### 既存燃料荷役設備および計量タンク

EDCは、燃料を直接貯蔵タンクに荷役せず、一度計量用タンクで容量を確認後貯蔵タンクへ荷役する。



### 既存の屋外補機

ディーゼル油バッファタンクおよびサービスタンク



### 既存発電設備用の冷却塔

維持管理が複雑であるため、EDCはラジエータ方式への変更を考えている。



### 既存スラッジタンク

既存設備容量は十分あるので、本計画でもこれら設備の活用を図る。



### C6用重油荷役場

近年ディーゼル油から重油焚きに燃料転換された。重油は一度タンクローリから計量用のタンクに移し、計量し確認後貯蔵タンクに移送する。

## C5 発電所の現況 (3/6)



### 既存昇圧用変圧器

当該変圧器は 6.3MVA, 6.3/15kV の負荷時電圧切替器付で、15kV 地中ケーブルで隣接する GS-1 変電所に接続されている。



### 既存 15kV 高压盤

15kV 遮断器は 22kV 定格となっている。



### 既存 1 および 2 号機用ユニット MCC

右側が既設 1 号機用で左が 2 号機用。



### 既存直流設備

容量が十分でないので、本計画で新規に直流設備を設置する。設置場所は既存の左側に十分なスペースが確保されている。



### 既存の冷却水パイプおよびケーブルの道路横断部

道路横断部は最低の地上高 (5 m) を確保している。

## C5 発電所の現況 (4/6)



既存燃料タンク

C5 発電建屋の東側にある容量  $1000\text{ m}^3$  の燃料タンク。2基とも重油焚き方式に転換する。右隣が  $300\text{ m}^3$  のディーゼルオイルタンク新設予定地



既存廃油処理装置

本計画では既存の廃油建物の土間を改良して新設の廃油処理施設を据付ける。



既存資材倉庫



既存資材倉庫

本計画では電気室に転用する予定



発電所入り口



発電所前道路

入り口同様雑然とした小規模工場などが多い

## C5 発電所近辺の現況 (5/6)



プノンペン港

80トン及び60トンのフローティングクレーンが接岸されている



トンレサップ川

川幅約300m、雨期と乾期では水位が9m増減する。



シアヌークビル港

長さ約300m、現在港の拡張工事中である。



シアヌークビル港

250トンのクレーンを2基設置されている。



シアヌークビル港からプノンペンへ向かう道路 (国道4号線) 道路は全長に渡り舗装されている。緩やかな登り下りがある。

## 試験写真 (6/6)



ボーリング試験



コンクリートコア抜き試験



試験体

直径10cm、長さ20cm



測量調査

## 図表目録

### 第1章

図 1-1-1	「カ」国における水力発電所開発候補地点	3
図 1-1-2	「カ」国の送電線開発計画(2004-2008年)	5
図 1-1-3	「カ」国の送電線開発計画(2020年まで)	5
表 1-1-1	「カ」国の主要経済指標	6
表 1-4-1	他ドナーによる援助(無償資金協力)	8
表 1-4-2	他ドナーによる援助(ローン)	9
表 1-4-3	他ドナーによる援助(技術協力)	10

### 第2章

図 2-1-1	EDC の組織図	12
表 2-1-1	EDC の収支状況	13
表 2-1-2	EDC の販売経費の推移	13
表 2-1-3	「カ」国技術系教育課程	14
表 2-1-4	EDC が所有する発電設備の概要	15
表 2-1-5	IPP が所有する発電設備の概要	16
表 2-1-6	プノンペン電力系統における送配電設備の推移	17
表 2-1-7	プノンペン電力系統における配電損失の推移	17
表 2-1-8	プノンペン電力系統における電力需要の推移	18
表 2-1-9	至近年のプノンペン市電力設備増強計画	19
表 2-2-1	調査地の気温	21
表 2-2-2	調査地の湿度	21
表 2-2-3	調査地の雨量	21
表 2-2-4	調査地の落雷回数	21
表 2-2-5	調査地の風速と方向	22

### 第3章

図 3-2-1	事業実施関係図	56
図 3-2-2	事業実施工程表(第1期:燃料転換工事)	68
図 3-2-3	事業実施工程表(第2期:増設工事)	68
図 3-4-1	発電設備の維持管理の基本的な考え方	70
図 3-4-2	当該発電設備の年間運転計画	71
表 3-2-1	燃料加温装置の運用性	32
表 3-2-2	燃料加温装置の経済性比較上の前提条件	33
表 3-2-3	燃料加温装置の経済性比較	33
表 3-2-4	NO <sub>2</sub> 最大着地濃度予測結果	35
表 3-2-5	SO <sub>2</sub> 最大着地濃度予測結果	35
表 3-2-6	敷地境界での騒音予測結果	35
表 3-2-7	「カ」国における環境騒音レベルの規制値	35
表 3-2-8	基本計画の概要	36
表 3-2-9	ディーゼル油組成表	37
表 3-2-10	C 重油組成表	37
表 3-2-11	潤滑油組成表	38
表 3-2-12	上水道組成表	38
表 3-2-13	主要機器の概略仕様(燃転)	42

表 3-2-14	主要機器の概略仕様(増設) .....	49
表 3-2-15	コンクリート圧縮試験結果 .....	51
表 3-2-16	日本国側と「カ」国側の施工区分 .....	54
表 3-2-17	資機材調達先 .....	58
表 3-2-18	活動詳細計画 .....	63
表 3-2-19	技術指導工程表 .....	66
表 3-2-20	ソフトコンポーネントの対象となる C5 発電所の要員 .....	67
表 3-4-1	標準的な発電設備の定期点検項目 .....	72
表 3-4-2	標準的な電気設備の定期点検項目 .....	73
表 3-4-3	本計画で調達する予備品(燃料転換用) .....	74
表 3-4-4	本計画で調達する予備品および保守用道工具(増設用) .....	75
表 3-4-5	「カ」国の電気料金体系(EDC 供給地域) .....	77
表 3-4-6	燃料転換に伴う既設 1 および 2 号機の経済性比較 .....	78
表 3-4-7	新設発電設備(3 および 4 号機)の発電原価 .....	78
表 3-5-1	本発電設備の想定運転収支(1,2 号機) .....	80
表 3-5-2	本発電設備の想定運転収支(3,4 号機) .....	81

## 略語集

ADB	Asian Development Bank (アジア開発銀行)
AFD	Agence Francaise de Development (フランス協力省)
AIJ	Architectural Institute in Japan (日本建築学会基準)
CESS	Cambodia Energy Sector Strategy (カンボジアエネルギーセクター開発計画)
CPSS	Cambodia Power Sector Strategy (カンボジア電力セクター改革指針)
DEG	Diesel Engine Generator (ディーゼル発電機)
EAC	Electricity Authority of Cambodia (カンボジア電力庁)
EDC	Electricité du Cambodge (カンボジア電力公社)
EDF	Electricité du France (フランス電力公社)
EIA	Environmental Impact Assessment (環境影響評価)
IEIA	Initial Environmental Impact Assessment (初期環境影響評価)
E/N	Exchange of Notes (交換公文)
GDP	Gross Domestic Product (国内総生産)
GNP	Gross National Product (国民総生産)
IEC	International Electrotechnical Commission (国際電気標準会議規格)
IPP	Independent Power Producer (独立系発電事業者)
ISO	International Organization for Standardization (国際標準化機構)
JEAC	Japan Electric Association Code (電気技術規程)
JEC	Japanese Electrotechnical Committee (日本電気規格調査会標準規格)
JEM	Standards of Japan Electrical Manufacturer's Association (日本電機工業会標準規格)
JICA	Japan International Cooperation Agency (国際協力機構)
JIS	Japanese Industrial Standards (日本工業規格)
MD	Minutes of Discussion (討議議事録)
MEF	Ministry of Economy and Finance (経済財務省)
MIME	Ministry of Industry, Mines and Energy (鉱工業エネルギー省)
MOE	Ministry of Environment (環境省)
ODA	Official Development Assistance (政府開発援助)
OJT	On the Job Training (実習教育)
O&M	Operation and Maintenance (運転・保守)
PRSP	Poverty Reduction Strategy Paper (貧困削減戦略ペーパー)
SEDP	Socio Economic Development Plan (社会経済開発計画)
UNTAC	United Nations Transmission Authority in Cambodia (カンボジア国連暫定統治機構)
WB	World Bank (世界銀行)

## 要 約

## 要 約

カンボジア王国(以下「カ」国と称す)は、インドシナ半島の南部、北緯 13 度、東経 105 度前後に位置し、北部はラオス、東部はベトナム、西部はタイ、南部はタイ湾に面している。「カ」国の人口は約 13.8 百万人(2002 年)、国土面積は約 18.1 万 km<sup>2</sup>であり、国民一人当たりの GDP は US\$291(2002 年)である。

「カ」国においては、1991 年 10 月のパリ和平協定締結により内戦が終結し、1993 年 5 月の UNTAC 監視下の総選挙を経て、政治的には安定した状態に移行した。これと同時期に、経済的には計画経済から市場経済への体制移行が進められ、1993 年 9 月に施行された「カンボジア王国憲法(The Constitution of the Kingdom of Cambodia)」において、市場経済化を進めていくことが明記されている。

「カ」国の電力事業は、鉱工業エネルギー省(MIME: Ministry of Industry, Mines and Energy)及び経済財務省(MEF: Ministry of Economy and Finance)が所有する国営企業であるカンボジア電力公社(EDC: Electricite du Cambodge)が運営し、プノンペン市をはじめとした 7 地域の電力供給を担っている。「カ」国の電力系統は長い内戦期間中に大部分が破壊され、国内で電力が供給されているのは全世界帯の約 13%、年間消費電力は一人当たり 35kWh で東南アジアでは最も低い水準となっている。

「カ」国では、政治・経済的な制約から大規模な水力・火力発電設備による集中型の電力供給システムを計画・構築できず、内戦復興による経済発展を緊急的に支えるため、燃料費の高いディーゼル発電設備が建設されてきた。「カ」国の総発電設備容量は 157MW(2002 年)であり、その内の約 9 割(138MW)が首都プノンペン市に設置されており、独立系発電事業者(IPP)による発電設備がプノンペン市の発電設備容量の約 52%(72MW)と多くなっているのが特徴である。これら発電所の規模が小さい、ディーゼルの燃料コストが高い、IPP からの電力調達価格が高い(7.7~14.2 円/kWh)こと等、から「カ」国の電気料金単価はアジア地域で最も高い水準にあり、経済発展を阻害する要因の一つとして危惧されている。

一方、プノンペン市では急速な経済発展と相まって年率 12%の高い電力需要増加が想定されており、2004 年 4 月現在、発電設備容量不足のためプノンペン周辺地域では毎日 10MW 程度の規模で計画停電が実施されている。MIME が 1999 年に策定した「カ」国エネルギーセクター開発方針(Cambodia Energy Sector Strategy :CESS)では、自国内に水力発電所やコンバインド火力発電所を開発する計画が立案されているが、F/S 調査以降、計画が停止しているのが実情であり、当面の電力需要を賄う緊急的な電源の開発が必要である。このため CESS を 2004 年に改定し、緊急電源対策として至近年にプノンペン市にディーゼル発電所を建設する計画を取り上げている。

「カ」国政府は、上述の設備容量不足解消と発電原価の低減を喫緊の課題としているものの、人材・経験ならびに資金不足から自力での建設が困難であるため、CESS で示されている電源開発計画の緊急電源対策支援として、我が国の無償資金協力による「C5 発電所への 10MW(5MW×2 基)の重油焚きディーゼル発電機の増設計画」と、「C5 発電所の既設発電設備の燃料をディーゼル油から安価な重

油に変更する燃料装置改造計画」を要請してきた。

この要請に対し、我が国は基本設計調査の実施を決定し、独立行政法人国際協力機構(JICA)は基本設計調査団を2004年3月7日から4月10日まで「カ」国に派遣し、「カ」国関係者と要請内容の再確認、実施内容の協議を行うとともに、プロジェクトサイト調査および関連資料の収集を実施した。

帰国後、調査団は現地調査資料に基づき、プロジェクトの必要性、社会・経済効果、妥当性について検討し、最適な計画に係る基本設計および実施計画を基本設計概要書に取り纏めた。これに基づきJICAは2004年7月11日から7月20日まで基本設計概要書の説明のため、調査団を再度「カ」国に派遣した。

調査の結果策定した協力対象事業の範囲は、要請プロジェクトの内容を全て網羅するものであり、「C5発電所への10MW(5MW×2基)の重油焚きディーゼル発電機の増設計画」と、「C5発電所の既設発電設備の燃料をディーゼル油から安価な重油に変更する燃料装置改造計画」に係る資機材の調達・据付、ならびに重油焚きディーゼル発電設備の運転維持管理に関する技術移転(ソフトコンポーネント)である。

現地調査および「カ」国との協議結果を基に取り纏めた協力対象事業の基本計画概要は次表のとおりである。

## 基本計画の概要

計画区分	燃料供給装置改造計画	増設計画
計画対象	既存 C5 発電所(既存 1 号機および 2 号機)	既存 C5 発電所(新設 3 号機および 4 号機)
発電設備の調達と据付け工事	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ディーゼル発電設備(出力 5 MW×2 台)の燃料転換に係る機材の調達と既設設備の改造および据付工事</li> <li>2. 当該設備に必要な機械関係の附帯設備の調達と据付工事               <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 既存ディーゼル油貯蔵タンク 2 基を重油貯蔵用へ改造</li> <li>(2) ディーゼル油貯蔵タンクの新設</li> <li>(3) 重油荷役および移送設備の新設</li> <li>(4) 重油加熱・保温設備の新設</li> <li>(5) 排気設備の改造</li> <li>(6) スラッジ設備の更新</li> <li>(7) 軸受け温度計測装置の改造</li> <li>(8) 配管設備の改造</li> </ol> </li> <li>3. 当該設備に必要な電気関係の附帯設備の調達と据付工事               <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 共通警報盤の新設</li> <li>(2) 所内共通動力盤の新設</li> <li>(3) 400 V 低圧動力設備の改造</li> <li>(4) 遠方監視・制御盤の改造</li> <li>(5) 既存 400V 低圧動力盤の改造</li> <li>(6) 配線および接地材料</li> <li>(7) 所内建築設備</li> </ol> </li> <li>4. 電気室の改造および附帯設備の調達</li> <li>5. 煙突の改造(高さ 12m→16m)</li> <li>6. 発電設備と補機の予備品の調達</li> <li>7. 発電設備の運転・保守マニュアル(OJT 用教材を含む)の調達とソフトコンポーネントの実施</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ディーゼル発電設備(出力 5 MW×2 台)の調達と据付工事</li> <li>2. 当該設備に必要な機械関係附帯設備の調達と据付工事               <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 燃料設備</li> <li>(2) 潤滑油設備</li> <li>(3) 冷却水設備</li> <li>(4) 圧縮空気設備</li> <li>(5) 吸排気設備</li> <li>(6) 配管設備</li> </ol> </li> <li>3. 当該設備に必要な電気関係附帯設備の調達と据付け工事               <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 22 kV 高圧配電盤</li> <li>(2) 6.3/22kV 昇圧変圧器</li> <li>(3) 22/0.4kV 所内変圧器</li> <li>(4) 400 V 低圧動力設備</li> <li>(5) 遠方監視・制御・継電器盤</li> <li>(6) 配線および接地材料</li> <li>(7) 照明器具の増設と火災報知設備の改修</li> </ol> </li> <li>4. 22kV 配線資機材の調達および据付               <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) C5 と C6 発電所間のケーブル布設(約 300 m × 1 回線)</li> <li>(2) C6 と GS-1 間のケーブル改修(約 60 m × 2 回線)</li> </ol> </li> <li>5. 発電設備と補機の予備品および保守用道具の調達</li> <li>6. 発電設備の運転・保守マニュアル(OJT 用教材を含む)の調達とソフトコンポーネントの実施</li> </ol>

本計画を日本の無償資金協力で実施する場合、概算事業費は約 17.4 億円(日本側負担経費:約 17.34 億円、「カ」国側負担経費:約 0.06 億円)と見積られる。このうち「カ」国側が負担する主な事項は、ディーゼル油タンク内部の清掃をはじめとした、燃料転換および発電設備増設に必要な発電所の清掃、整理と進入道路の確保である。本計画の工期は第 1 期燃料転換工事が実施設計を含め約 15.5 ヶ月、第 2 期発電設備増設工事は 19.0 ヶ月程度である。

本計画事業の完了後、供与された施設・機材の運転・維持管理は、本計画の実施機関である EDC が行う。EDC の職員は、ディーゼル油焚きのディーゼル発電設備の基礎知識は保有しているものの、重油燃料による運転・維持管理技術には、不慣れである。このため、本計画での燃料転換に伴い新た

に必要となる運転・維持管理技術について、ソフトコンポーネント及びOJTなどで、必要な技術の移転を行うことによって、本計画完成後も適切な設備の維持管理が実施される。

本計画の裨益対象は、プノンペン市の住民約 110 万人である。本計画の実施により、目標年度(2007 年)において、ピーク電力負荷 114.6MW (予測)に対し、発電設備容量が 116MW となり、1.4MW の供給予備力を確保することが可能となる。また、C5 発電所の既設および新設発電設備において、価格の安い重油を燃料として使用することで、発電原価が 3.3 円/kWh(利用率 50%の場合)低減される。その結果、電力の供給安定性が向上し、「カ」国の経済復興や住民の生活レベルの向上、並びに社会福祉施設、公共施設の安定した運営に多大な効果が期待されることから、協力対象事業に対して我が国の無償資金協力を実施することは妥当であると考えられる。また、本計画の運営・維持管理についても、「カ」国側は人員・資金面で十分な体制を有しており、本計画の実施にあたり特段の問題は認められない。

本計画の効果が発現・持続するために「カ」国側は、2008 年以降の電力需要の伸びに対応するため、新規電源開発とベトナムからの買電を確実に実施する必要がある。また、本計画で供与した設備の運営・維持管理費を確保するため、C5 発電所の既設・新設発電設備の稼働率が 50%程度以上となるよう、運用計画を策定する必要がある。さらに、削減された電力供給費用を貧困地域への配電網拡張に使用するなど、本計画によって得られた利益を貧困層に還元する必要がある。

序文  
伝達状  
位置図／写真  
図表リスト／略語集  
要 約

## 目 次

第1章 プロジェクトの背景・経緯	1
1-1 当該セクターの現状と課題	1
1-1-1 現状と課題	1
1-1-2 開発計画	1
1-1-3 社会経済状況	6
1-2 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要	6
1-3 我が国の援助動向	7
1-4 他ドナーの援助動向	8
第2章 プロジェクトを取り巻く状況	11
2-1 プロジェクトの実施体制	11
2-1-1 組織・人員	11
2-1-2 財政・予算	12
2-1-3 技術水準	14
2-1-4 既存の施設・機材	14
2-2 プロジェクト・サイトおよび周辺の状況	19
2-2-1 関連インフラの整備状況	19
2-2-2 自然条件	20
2-2-3 その他	23
第3章 プロジェクトの内容	24
3-1 プロジェクトの概要	24
3-1-1 上位目標とプロジェクトの目標	24
3-1-2 プロジェクトの概要	24
3-2 協力対象事業の基本設計	24
3-2-1 設計方針	24
3-2-1-1 基本方針	24
3-2-1-2 自然条件に対する方針	25
3-2-1-3 社会経済条件に対する方針	26
3-2-1-4 資機材調達事情に対する方針	26

3-2-1-5	現地業者（建設会社）の活用に係る方針	27
3-2-1-6	実施機関の運営・維持管理能力に対する対応方針	27
3-2-1-7	施設・機材等の調達範囲、技術レベルに係る方針	28
3-2-1-8	工法／調達方法、工期に係る方針	28
3-2-2	基本計画（機材計画）	29
3-2-2-1	全体計画	29
3-2-2-2	基本計画の概要	36
3-2-2-3	機材計画	36
3-2-3	基本設計図	51
3-2-4	施工計画／調達計画	52
3-2-4-1	施工方針／調達方針	52
3-2-4-2	施工上／調達上の留意事項	53
3-2-4-3	施工区分／調達・据付区分	54
3-2-4-4	施工監理計画／調達監理計画	55
3-2-4-5	品質管理計画	57
3-2-4-6	資機材等調達計画	58
3-2-4-7	ソフトコンポーネント計画	58
3-2-4-8	実施工程	68
3-3	相手国側分担事業の概要	69
3-4	プロジェクトの運営・維持管理計画	69
3-4-1	基本方針	69
3-4-2	当該発電設備の運転計画	70
3-4-3	燃料油調達計画	73
3-4-4	予備品購入計画	74
3-4-5	電気料金計画	76
3-5	プロジェクトの概算事業費	79
3-5-1	協力対象事業の概算事業費	79
3-5-2	運営・維持管理費	80
3-6	協力対象事業実施に当たっての留意事項	82
第4章	プロジェクトの妥当性の検証	83
4-1	プロジェクトの効果	83
4-2	課題・提言	84
4-3	プロジェクトの妥当性	84
4-4	結論	85

[資料]

1. 調査団員・氏名
2. 調査行程
3. 関係者（面会者）リスト
4. 討議議事録（M/D）
5. 事業事前計画表（基本設計時）
6. 参考資料/入手資料リスト
7. 電力需給バランス
8. 初期環境影響評価報告書
9. 基本設計図
10. 当該国の社会経済状況
11. ボーリング・平板載荷試験結果
12. 測量調査結果

# 第1章 プロジェクトの背景・経緯

## 第1章 プロジェクトの背景・経緯

### 1-1 当該セクターの現状と課題

#### 1-1-1 現状と課題

カンボジア王国(以下「カ」国と称す)の電力系統は長い内戦期間中に大部分が破壊され、国内で電力が供給されているのは全世帯の約13%、年間消費電力は一人当たり35kWhで東南アジアでは最も低い水準となっている。「カ」国の電力事業は鉱工業エネルギー省(MIME: Ministry of Industry, Mines and Energy)及び経済財務省(MEF: Ministry of Economy and Finance)所有の国営企業であるカンボジア電力公社(EDC: Electricite du Cambodge)が全国の電力供給を担っている。さらに2001年2月には電力事業法が公布され、新たに電力事業全体を統括する規制機関としてカンボジア電力庁(EAC: Electricity Authority of Cambodia)が設立されており、MIMEが行っている料金・事業規制は今後、徐々にEACへ移行される予定である。

「カ」国の総発電設備容量は157MW(2002年)であり、その内の約9割(138MW)が首都プノンペン市に設置されており、独立系発電事業者(IPP)による発電設備がプノンペン市の発電設備容量の約52%(72MW)と多くなっているのが特徴である。「カ」国では過去の電力セクター開発において、政治・経済的な制約から大規模な水力・火力発電設備による集中型の電力供給システムを計画・構築できず、内戦復興による経済発展を緊急的に支えるため、燃料費の高いディーゼル発電設備が建設されてきた。また地方の設備は全て規模が小さく、全国的な連系送電網がなく単独で運転されているため、経済的な電力融通ができず供給信頼度も低い。

これら発電所の規模が小さい、ディーゼルの燃料コストが高い、IPPからの電力調達価格が高い(7~13¢/kWh)こと等、から「カ」国の電気料金単価はアジア地域で最も高い水準にあり、経済発展を阻害する要因の一つとして危惧されている。また、電気料金の高さ(商業用電力単価は16¢/kWh程度)と頻発する停電から、工場、ホテルなど商業需要家の大部分はEDCの配電線に接続せず、自家発電設備を設置しており、経済的かつ安定した電力供給システムの構築が急務となっている。

一方、プノンペン市では急速な経済発展と相まって年率12%の高い電力需要増加が想定されており、2004年4月現在、発電設備容量不足のためプノンペン周辺地域では毎日10MW程度の規模で輪番停電が実施されている。MIMEが1999年に策定した「カ」国電力セクター改革指針(Cambodia Power Sector Strategy 1999~2016: CPSS)では、自国内に水力発電所やコンバインド火力発電所を開発する計画が立案されているが、F/S調査以降、計画が停止しているのが実情であり、当面の電力需要を賄う緊急的な電源の開発が必要である。

#### 1-1-2 開発計画

「カ」国エネルギーセクターの開発計画であるCambodia Energy Sector Strategy(CESS)は2004年4月現在で改定作業を終え、政府の承認を待つ段階である。同計画では、2004年から2020年までのエネルギーセクターの開発計画が策定されており、電力セクターについては電源および送電系統の開発戦略を下記の通り定めている。

#### [電源開発戦略]

- ・ ベースロードの火力電源を海岸付近に設置、メコン川経由の燃料輸送を削減し、直接輸入のルートを確認するとともにメコン地域の送電線連系を活用する
- ・ ピークロード用火力はプノンペンに設置する
- ・ 小中規模のディーゼル発電機を州地域のベース又はピーク用電源として設置する。
- ・ 国産エネルギーの開発、エネルギー安定供給に資するため、水力電源はアクセス可能な地域を優先的に開発する。

#### [送電線開発戦略]

- ・ メコン川経由の燃料輸送を削減し、エネルギー供給源の選択肢を多様化する。
- ・ 送電損失を低減し、環境への負荷を軽減する。
- ・ 送電線拡張と地方の民間発電事業を適切に割り振ることにより、地方の電力需要中心地における低コストの電源開発を促進する。
- ・ ベトナム、タイ、ラオスから価格競争力のある電力供給を受けることにより発電部門の競争力を高める。
- ・ 顧客からの要求、経済的な支持に応えられるレベルの信頼性のある電力供給を行う。

上記の開発戦略に基づき、CESS では以下の開発計画が示されている。

#### (1) 電源開発計画

##### ・ステージ 1 (2004～2008 年の 5 年間)

- 2004 年: Siem Reap 重油焚きディーゼル発電機(10MW)竣工  
(日本の無償資金協力)
- 2004 年: 地方 8 州の電力供給設備竣工 (ADB 及び AFD)
- 2005 年: 重油焚きディーゼル発電機(32MW)竣工 (IPP, Khmer Electric Power)
- 2006 年: C5 発電所に重油焚きディーゼル発電機(10MW)増設  
(日本の無償資金協力)
- 2007 年: ベトナムからの電力輸入(70MW)、タイからの電力輸入(20MW)開始

##### ・ステージ 2 (2009～2013 年の 5 年間)

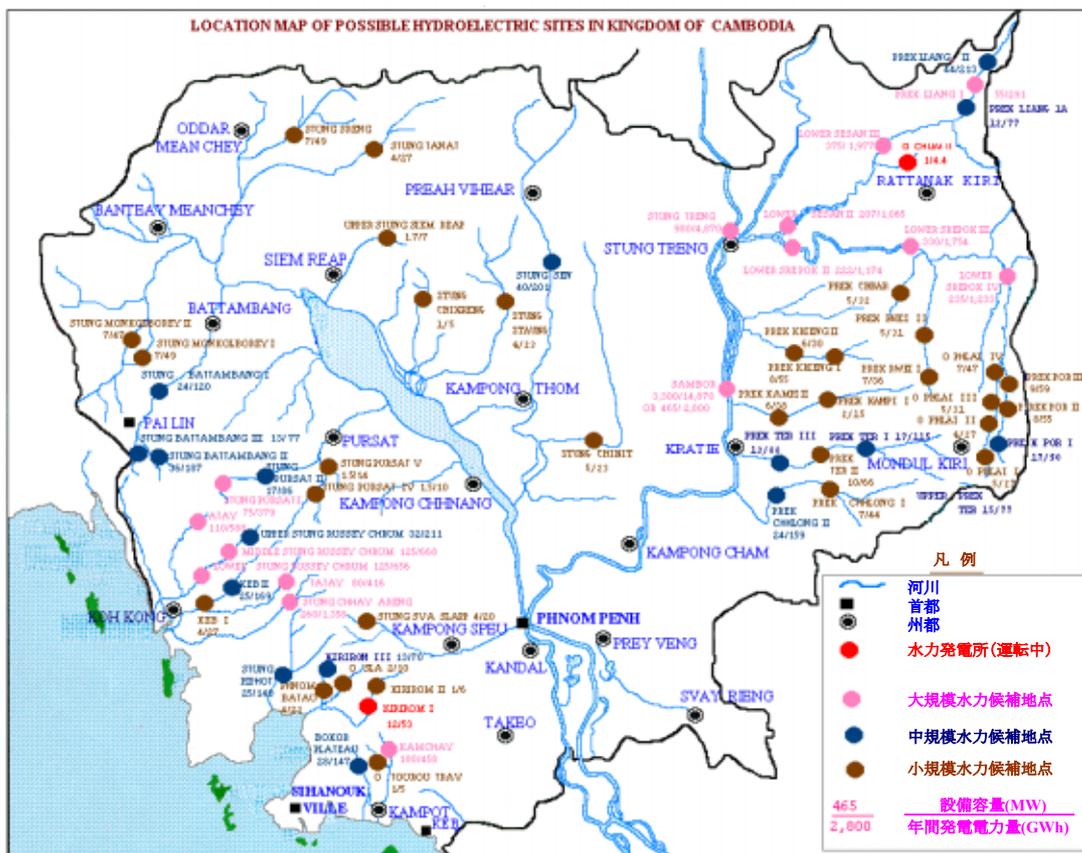
- 2009 年: Kirirom III 水力 (13MW) 竣工 (IPP, CETIC)
- 2009 年: ベトナムからの輸入を 200MW まで増量
- 2012 年: Battambang 水力 1,2,3 (73MW) 竣工
- 2013 年: 海岸地域における火力発電所 (300MW) 竣工

##### ・ステージ 3 (2014～2018 年の 5 年間+2020 年まで)

- 2014 年: Kamchay 水力 (180MW) 竣工
- 2015 年: Russey Chrum 水力 (125MW) 竣工
- 2016 年: Stung Atay 水力 (110MW) 竣工
- 2018 年: Sambor 水力 (465MW) 竣工

- 2020年: Lower Se San 水力(207MW)、Lower Srepok 2 水力(222MW)竣工
- 2020年以降: Stung Treng 水力(980MW)竣工
- 2020年以降: Stung Chay Areng 水力(260MW)竣工

CESS に示された水力発電所開発地点を図 1-1-1 に示す。



出所: Cambodia Energy Sector Strategy (Draft)

図 1-1-1 「カ」国における水力発電所開発候補地点

## (2) 送電線開発計画

### ・ステージ 1 (2004~2008 年の 5 年間)

- 2007年: タイと Banteay Meanchay、Battambang、Siem Reap を結ぶ 115kV 国際送電線竣工
- 2007年: ベトナムと West Phnom Penh 変電所(WPP)を結ぶ 220kV 2 回線の国際送電線竣工
- 2007年: North Phnom Penh 変電所(NPP, 115/22kV)竣工、NPP と No.1 グリッド変電所(GS-1)を結ぶ 115kV の送電線竣工
- 2008年: Takeo と Kampot を結ぶ 230kV 送電線、Kampot 変電所(230/22kV) 竣工(ドイツ無償援助)

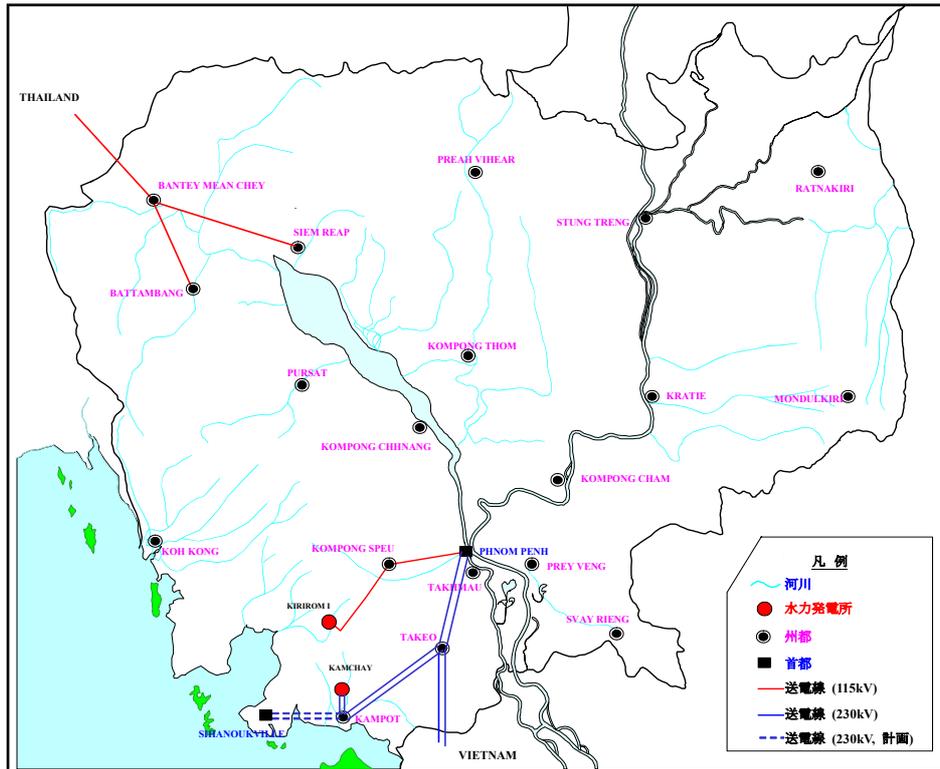
・ステージ2(2009～2013年の5年間)

- 2009年:West Phnom Penh 変電所(WPP)と Kampong Cham を結ぶ 230kV 1 回線の送電線竣工(Kampong Cham 変電所 115/22kV を含む)
- 2010年:West Phnom Penh 変電所(WPP)と Battambang を Kampong Chhnang、Pursat 経由で結ぶ 230kV 2 回線の送電線竣工(Kampong Chhnang、Pursat 変電所を含む)
- 2011年:国道4号線沿いに Sihanoukville と Phnom Penh を結ぶ 230kV の送電線竣工
- 2012年:Phnom Penh と Svay Rieng を Neak Loeung 経由で結ぶ 115kV 1 回線の送電線竣工(Svay Rieng、Neak Loeung 変電所を含む)
- 2013年:Kampot と Sihanoukville を結ぶ 230kV の送電線竣工

・ステージ3(2014～2018年の5年間+2020年まで)

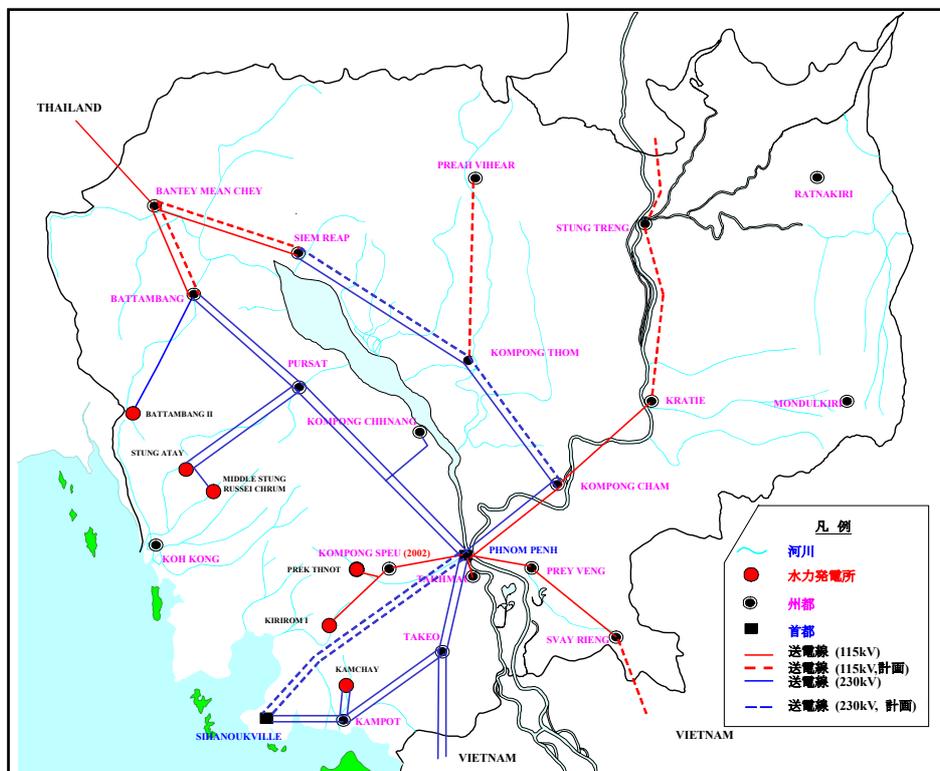
- 2016年:Stung Atay 水力と Pursat 変電所を結ぶ 230kV の送電線竣工
- 2018年:Sambor 水力と Kampong Cham 変電所を結ぶ 230kV の送電線竣工
- 2018年:Kampong Cham と Siem Reap を Kampong Thom 経由で結ぶ 230kV の送電線竣工
- 2020年:Sambor 水力、Stung Treng 水力、Lower Se San 2 水力、LowerSrepok 2 水力と ASEAN 送電網を結ぶ 500kV 送電線竣工(カンボジアーベトナムーラオス間の電力取引開始)

CESS に示された送電線の将来計画を図 1-1-2、1-1-3 に示す。



出所：EDC

図 1-1-2 「カ」国の送電線開発計画(2004-2008年)



出所：EDC

図 1-1-3 「カ」国の送電線開発計画(2020年まで)

### 1-1-3 社会経済状況

「カ」国においては、1991年10月のパリ和平協定締結により内戦が終結し、1993年5月のUNTAC監視下の総選挙を経て、政治的には安定した状態に移行した。これと同時期に、経済的には計画経済から市場経済への体制移行が進められ、1993年9月に施行された「カンボジア王国憲法(The Constitution of the Kingdom of Cambodia)」において、市場経済化を進めていくことが明記されている。

「カ」国における産業は、以前は小規模な食品加工業、レンガ製造業、木材加工業などが中心であったが、市場経済体制に移行後、10年足らずの間に同国の経済は急激な構造変化を遂げている。1993年の市場経済化の開始以降、「カ」国では比較的高水準の経済成長が始まり、1994年に10.9%、1995年に5.9%のGDP伸び率を記録している。しかしながら1996年以降、国内の政治不安、国際援助の停滞、アジア通貨危機の影響、等により経済成長は減速し、1996年から1998年にかけてGDP伸び率はマイナスに転じている。1999年以降は再び回復基調に転じ、2002年には5.6%のGDP伸び率を記録している。「カ」国の社会経済開発計画(SEDP:Socio Economic Development Plan-II, 2001-2005)では、2001年から2005年の5ヵ年で平均6%のGDP成長率を想定している。表1-1-1に「カ」国の主要経済指標を示す。

表 1-1-1 「カ」国の主要経済指標

項目 \ 年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
GDP(百万US\$)	3,128	3,646	4,060	3,983	3,755	3,086	3,383	3,579	3,719	3,926
伸び率(%)	-	16.6%	11.4%	-1.9%	-5.7%	-17.8%	9.6%	5.8%	3.9%	5.6%
一人当りGDP(US\$)	330	366	388	361	323	253	271	279	283	291
伸び率(%)	-	10.9%	5.9%	-6.9%	-10.6%	-21.5%	6.8%	3.1%	1.4%	3.0%
為替レート (Riels/US\$)	2,747	2,570	2,467	2,640	2,991	3,774	3,814	3,859	3,924	3,921

出所: Statistical Year Book 2003, National Institute of Statistics, Ministry of Planning

### 1-2 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要

「カ」国は、1991年のパリ和平協定以降、日本をはじめとする各国および国際機関などのドナー支援を得て、電力供給設備の整備を積極的に進めている。

我が国は、1993年に「プノンペン市およびシアムリアップ市電力復興マスタープラン調査」を実施すると共に、無償資金協力で「プノンペン市電力供給施設改善計画」(1993年～1994年)によりプノンペン市C5発電所のディーゼル発電設備10MW(5MW x 2基)の整備を実施した。

また、他ドナーも発電所について、フランスによるC1発電所整備(1993年)、アジア開発銀行によるC6発電所整備(1995年)及び世界銀行によるC3発電所整備(1995年～1997年)などを実施している。また、IPP(独立系発電事業者)も1990年代後半に2ヶ所建設され、プノンペン市内に電力を供給するなど設備容量は徐々に増加している。

これに対して、復興後の経済発展に伴いプノンペン市における電力需要が年率約12%と急激に伸びていることから、EDCは、設備容量不足(予備率の減少)による計画停電を必要に応じ実施している。さらに2004年末には、既存発電設備で最大電力を賄いきれなくなる懸念が報告され

ている。

また、EDC 所有の既存発電設備の燃料がコストの高いディーゼル油であること、および IPP からの電力購入単価が高いことから、平均販売単価が 0.16US\$/kWh(2001 年)と貧困層の多い一般市民にとっては非常に高いレベルにあることが、経済発展を阻害する要因の一つとなっている。

「カ」国政府は、上述の設備容量不足解消と発電原価の低減を喫緊の課題としているものの、人材・経験ならびに資金不足から自力での建設が困難であるため、CESS で示されている電源開発計画の緊急電源対策支援として、我が国の無償資金協力による「C5 発電所への 10MW(5MWx2 基)の重油焚きディーゼル発電機の増設」と、「C5 既設発電設備の燃料をディーゼル油から安価な重油に変更する燃料装置改造」を要請してきた。

### 1-3 我が国の援助動向

我が国は、1991 年のパリ和平協定以降、「カ」国の復興支援策の一つとして、電力供給設備の整備を積極的に進めている。

#### (1) 無償資金協力

過去に「カ」国の電力セクターに対して行われた無償資金協力案件は、以下のとおりである。このうち、「プノンペン市電力供給施設改善計画」(1993 年～1994 年)により、本計画の燃料装置改造計画対象設備であるプノンペン市 C5 発電所のディーゼル発電設備 10MW(5MW x 2 基)の整備が行われた。

交換公文(E/N) 締結日	案件名	E/N 供与限度額 (百万円)
1993 年 6 月 4 日	プノンペン市電力供給施設改善計画(1 期)	2,228
1994 年 7 月 30 日	プノンペン市電力供給施設改善計画(2 期)	1,852
1998 年 12 月 24 日	第 2 次プノンペン市電力供給施設改善計画(詳細設計)	84
1999 年 6 月 15 日	第 2 次プノンペン市電力供給施設改善計画(国債 1/3 期)	1,235
1999 年 6 月 15 日	第 2 次プノンペン市電力供給施設改善計画(国債 2/3 期)	1,788
1999 年 6 月 15 日	第 2 次プノンペン市電力供給施設改善計画(国債 3/3 期)	360
2002 年 5 月 23 日	シムリアップ電力供給施設拡張計画	2,131

#### (2) 技術協力

過去に「カ」国の電力セクターに対して行われた技術協力は、以下のとおりである。

調査年	計画名
1992 年から 1993 年	プノンペン市およびシムリアップ市電力復興マスタープラン調査
1999 年から 2001 年	シアヌークヴィル・コンバインドサイクル発電開発計画
2002 年から 2004 年	電力技術基準及びガイドライン整備計画調査

また、鉱工業エネルギー省(MIME)に技術協力専門家派遣事業として、長期派遣専門家(電力セクター計画、1 名)を派遣している。

## 1-4 他ドナーの援助動向

### (1) 無償資金協力

表 1-4-1 に日本以外のドナーによる無償資金協力の実績および計画を示す。最も援助件数が多いのはフランスであり、ディーゼル発電機の設置、修理、スペアパーツの供給および中圧・低圧配電線の敷設、配電用変電所の設置、需要家への接続等を実施している。援助金額が最も大きいのはドイツであり、2004年4月時点で送電線建設のためのフィジビリティ調査が終了した段階である。

表 1-4-1 他ドナーによる援助(無償資金協力)

プロジェクト名	年度	金額 (百万 US\$)	ドナー	プロジェクト概要
C3 発電所修復 (第1次緊急プロジェクト)	1993	0.4	アイルランド	C3 発電所のディーゼル発電機(3台)の修理およびスペアパーツの供給
フロンポン配電網修復 (第2次緊急プロジェクト)	1995	1.9	アイルランド	1.中圧ケーブル 7km、8 変電所、低圧ケーブル 2km、低圧架空線 20km 設置、2,000 軒の需要家の接続 2.配電網の維持管理に必要な機器とスペアパーツの供給
フロンポン電力供給システム 修復 (No.1)	1993~ 1994	2.1	フランス	[発電] C1 発電所用 1.8MW の発電機(1台)の設置、スペアパーツの供給 [配電] 1.中圧地下配電線 2km 取替え、変電所 5 箇所設置。 2.低圧配電網 2 地域整備(6km)、700 軒の需要家を接続 3.配電用変圧器 50 台およびスペアパーツ供給
フロンポン電力供給システム 修復 (No.2)	1994~ 1996	1.8	フランス	[発電] C1 発電所 12 号機のスペアパーツ供給 [配電] 1.中圧地下配電線 2.5km 取替え、変電所 6 箇所設置 2.低圧配電網 2 地域整備(5km)、1,700 軒の需要家の接続
フロンポン電力供給システム 修復 (No.3)	1995~ 1996	1.3	フランス	[発電] C1 発電所 11 号機のスペアパーツ供給 [配電] 1.中圧地下配電線 2km 取替え、変電所 4 箇所設置 (遠隔操作機能付) 2.低圧配電網 2 地域整備(4.5km)、1,700 軒の需要家の接続
フロンポンおよび地方配 電網修復 (No.4)	1996~ 1998	3.2	フランス	対象地：フロンポン、シヌクワイル 1.給電指令所(1 箇所)の建設、配電用変電所(21 箇所)の遠隔 操作機器の供給 2.フロンポンとシヌクワイルの配電網修復 3.地方自治体電力局への技術協力と資機材供与 4.EDC の評議会へのアドバイザー派遣(1 年)
フロンポン配電網修復 (第1次緊急プロジェクト)	1995~ 1996	0.9	ベルギー	1 変電所(6 箇所)向け中圧ケーブル資材 3.6km を供給 2.低圧配電網用資材、低圧ケーブル 1.5km、低圧架空線 11.6km、2,768 軒の接続用資材を供給 3.配電網維持管理用機材、スペアパーツ供給 4.配電技術者(6名)のトレーニング
フロンポン配電網修復 (第2次緊急プロジェクト)	1996	0.7	ベルギー	1 変電所(6 箇所)向け中圧ケーブル資材 5.6km を供給 2.低圧ケーブル 2km、低圧架空線 6km、2,000 軒の接続用資 材を供給 3.配電網維持管理用機材、スペアパーツ供給 4.配電技術者(5名)のトレーニング
タカオ-カンボット間送電線 建設 (予定)	2006~ 2007	11.1	ドイツ	1. フィジビリティ調査の実施(2004年4月完了) 2. 事業内容 (1) タカオ-カンボット間送電線(76km)の建設 (2) タカオ、カンボットにおける 220kV 変電所の建設

(2) ローン

表 1-4-2 に他ドナーによる援助(ローン)の実績と計画を示す。主なドナーは ADB と WB であり、ディーゼル発電機の設置、送配電網の修復、地方電化、送電線の建設(変電所を含む)を支援している。ベトナムとの連系送電線の建設に対しては、ADB と WB の協調融資が実施される予定である。ADB は、地方の中核都市への電力供給を優先的に進めることを電力セクター支援の基本方針としている。

表 1-4-2 他ドナーによる援助(ローン)

プロジェクト名	年度	金額 (百万 US\$)	ドナー	プロジェクト概要
電力設備修復緊急支援 (ADB&スウェーデン)	1995~ 1996	調査・設計 1.3	スウェーデン (無償)	下記プロジェクトの調査・設計
		GM 修復 1.2	ADB (ローン)	C2、C3 発電所用ディーゼルエンジンの修復(7 台,GM 社製)
		発電 14.1		C6 発電所用ディーゼル発電機設置(6MW×3 台,建屋含む)
		配電 3.1		中圧ケーブル 14km、19 変電所、低圧地下ケーブル 26km、 架空線 45km の建設、6,600 軒の需要家の接続
カンボジア緊急修復プロジェクト: 4×2.5MW ディーゼル発電機	1995~ 1996	6.4	WB	C3 発電所用ディーゼル発電機(2.5MW×4)設置
地方都市およびプロンポン電力設備修復プロジェクト	1997~ 2000	25.9	ADB	[シアヌークウィル] 1. ディーゼル発電機(2.5MW×2)設置 2. 22kV ケーブル(12km)、低圧ケーブル(20km)、31 変電所設置 [シアムリアップ] 配電網修復 [プロンポン] 1. 22kV 地下ケーブル(60km)、配電用変電所(100 箇所)、低圧配電線(135km)設置、需要家への接続 2. トレーニングセンター建設と機材供与、アドバイザー派遣
プロンポン電力セクター修復および拡張プロジェクト	1996~ 2000	35.2	WB	[送電] 115kV 送電線(23km)の敷設、グリッド変電所(3 箇所)建設 [配電] 1. 配電用変電所(137 箇所)設置 2. 22kV ケーブル(144km)、低圧ケーブル(400km)、50,992 軒の需要家を接続 3. 資機材倉庫 1 棟建設、アドバイザー派遣
地方電力供給プロジェクト	2004~ 2006	18.6	ADB (ローン)	1. 地方都市 5 箇所にディーゼル発電機の設置 2. 地方都市 8 箇所に中圧、低圧配電網設置
		3.2	フランス (無償)	3. コンピューター、宿舍、トレーニングセンター用車両の提供 4. 財務・計画、トレーニングセンターのコンサルティング
地方電化と送電プロジェクト	2005~ 2007	46.1	ADB (ローン)	[ADB] 1. ベトナム国境から西プロンポン変電所までの 220kV 送電線(110km)の建設
		40.0	WB (ローン)	2. タイと西プロンポンにおける 220kV 変電所の建設 3. 送電線周辺地域の需要家への配電網接続
		11.6	ルウェー (無償)	[WB] 1. 115kV 送電線増強および中圧配電線延長 2. 全国制御所の建設
		5.8	GEF	3. EDC の地方配電網の拡張 4. 技術協力

### (3) 技術協力

表 1-4-3 に他ドナーによる援助(技術協力)の実績を示す。1997 年から 1998 年にかけて WB の支援により送電線マスタープラン調査が実施された。その他に、地方電化フィジビリティ調査、EDC スタッフに対するトレーニング等が実施されている。

表 1-4-3 他ドナーによる援助(技術協力)

プロジェクト名	年度	金額 (百万 US\$)	ドナー	プロジェクト概要
ブノベン電力設備修復 技術支援	1993~ 1995	3.69	UNDP/WB (無償)	1. ブノベン、シヌクウィルの EDC スタッフに対するトレーニング 2. 緊急修復に必要な資機材の供給
EDC に対するコンサルティングサービスプロジェクト	1997~ 1998	0.47	フランス (無償)	1. EDC の評議会へのアドバイザー派遣(1 年延長) 2. 設計、実施、マーケティングに関する技術支援
地方電化プロジェクトに対する技術支援	1997	0.45	ADB (無償)	8 州の電力設備修復および地方電化に関するフィジビリティスタディー
技術専門家支援(全国)	1997~ 1998	0.50	WB (無償)	マスタープラン調査 1. 電力負荷のモニタリング、発電ポテンシャル 2. 高圧送電網マスタープラン 3. 地方電化計画 4. 高圧送電と地方電化計画の経済的特長の分析

## 第2章 プロジェクトを取り巻く状況

## 第 2 章 プロジェクトを取り巻く状況

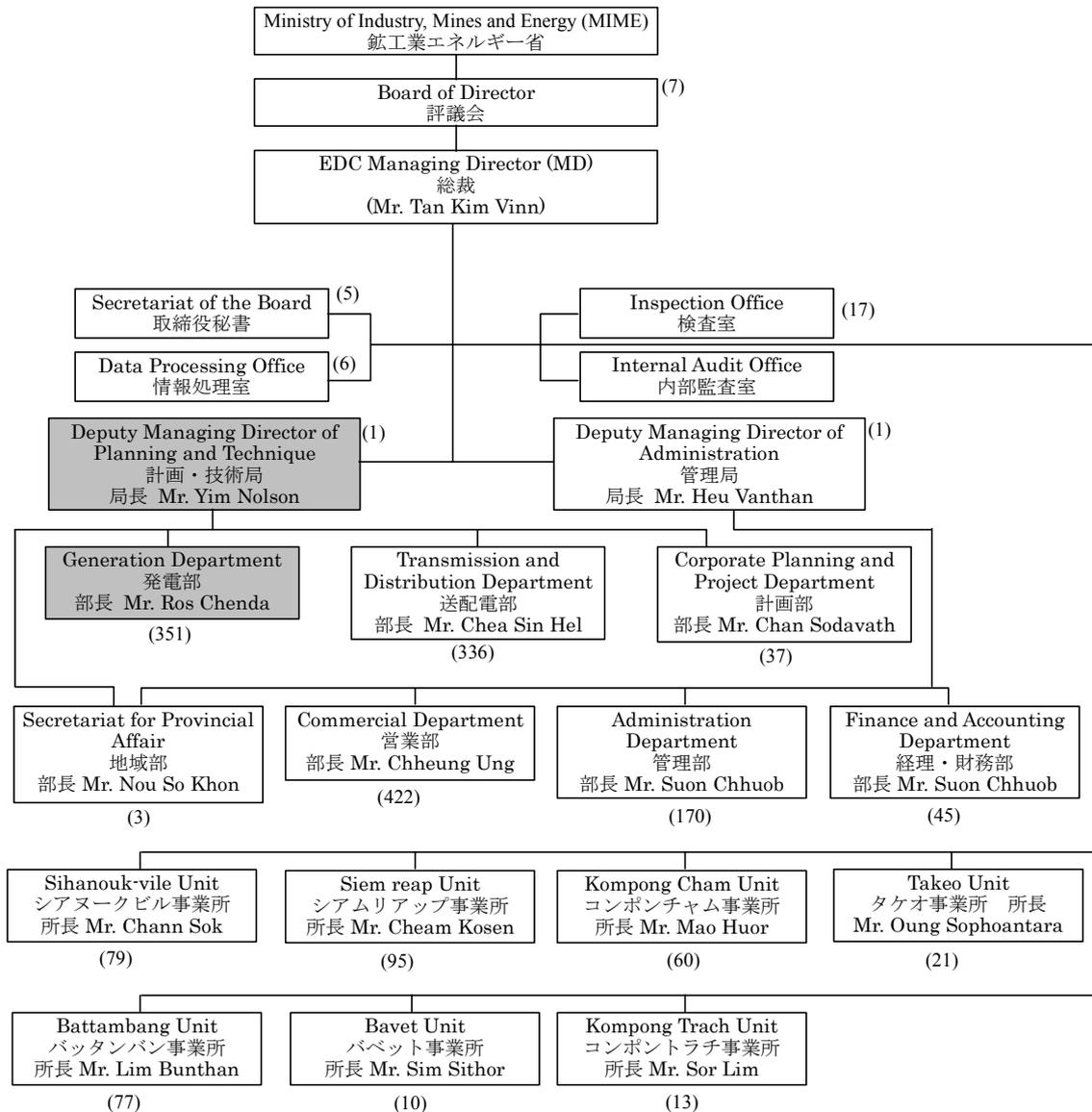
### 2-1 プロジェクトの実施体制

#### 2-1-1 組織・人員

「カ」国の電力事業は、鉱工業エネルギー省(MIME)の監督の下、カンボジア電力公社(EDC)により運営されている。2001年2月に電力事業法が公布され、MIMEの立案した政策に基づく指導監督機関であるカンボジア電力庁(EAC)が設立された。MIMEは電力政策立案・開発・技術基準整備などの業務を行い、EACは電気料金認可・発送配電事業の許認可・投資環境の整備などを行っている。

2004年4月現在、EDC直轄で電力供給が行われているのは、プノンペン特別市、シアマリアップ州、シアンクビル特別市、コンボンチャム州、タケオ州、バタンバン州、バベット県の7地域であり、他の地域はMIMEの直轄で地方電力公社(EDP)あるいはMIMEと契約を結んだ民間企業により電力供給されている。

図2-1-1に示すとおり、EDCは1,750名(2004年4月現在、内プノンペン市1,395名)の職員を擁する。本計画は計画技術局(職員数726名)および同局に属する発電部(職員数351名)が担当し、計画技術局長の監理の下で実施される。同部署は、我が国のエネルギーセクターへの無償資金協力である「シアマリアップ電力供給施設拡張計画」も担当しており、その組織、人員構成は十分であり、また無償資金協力制度もよく理解している。このため、本計画の実施で特段の問題は無いと判断される。C5発電所は、隣接するC6発電所と一体の組織となっており、所長、副所長、保守整備、管理部門は両発電所を兼任、発電係のみが各々の発電所の担当に分かれている。



出所：EDC

備考：(1) 総職員数は1,750名(2004年4月現在)

(2) 着色部は本計画担当部署を示す

図 2-1-1 EDC の組織図

### 2-1-2 財政・予算

表 2-1-1 に EDC の過去 4 年間(1999～2002 年)の収支状況を示す。過去 4 年間の平均で、毎年 100 億リエル(約 2.5 百万米ドル)の赤字となっている。EDC の収支で特徴的なのは、販売経費が売上の 90%以上となっており、粗利益が極端に少ないことである。販売経費の内訳を表 2-1-2 に示すが、販売経費の中では電力購入費の占める割合が高く、2002 年度では販売経費の約 65%が電力購入費となっている。IPPからの高い電力購入費、発電用燃料のコスト高などが EDC の収支を圧迫する大きな要因の一つとなっていると考えられる。

表 2-1-1 EDC の収支状況

単位：1,000 リエル

項目	1999年	2000年	2001年	2002年
①売上	145,739,874	177,495,155	222,842,325	253,009,449
②販売経費	136,400,239	176,321,960	202,528,414	230,408,755
③粗利益 ①-②	9,339,635	1,173,195	20,313,911	22,600,694
④事業経費	9,083,766	15,871,573	13,061,422	21,118,700
⑤事業収入(損失) ③-④	255,869	(14,698,378)	7,252,489	1,481,994
⑥その他収入(損失)	2,112,143	12,529,766	759,790	(1,368,471)
⑦収入(損失) [利息を除く]⑤+⑥	2,368,012	(2,168,612)	8,012,279	113,523
⑧支払い利息	4,952,763	12,130,373	13,068,570	10,898,965
⑨課税前収入(損失) ⑦-⑧	(2,584,751)	(14,298,985)	(5,056,291)	(10,785,442)
⑩税金	1,508,044	1,696,928	78,024	4,708,518
純利益(損失) ⑨-⑩	1,000 リエル (4,092,795)	(15,995,913)	(5,134,315)	(15,493,960)
	US\$ (1,023,199)	(3,998,978)	(1,283,579)	(3,873,490)
対前年比	1,000 リエル -	-11,903,118	+10,861,598	-10,359,645
	US\$ -	-2,975,779	+2,715,399	-2,589,911

出所：EDC Financial Statements for the Year Ended 2000, 2001 and 2002

備考：1US\$=約 4,000 リエル 2004年4月現在、( )内はマイナスの値を示す

表 2-1-2 EDC の販売経費の推移

単位：1,000 リエル

	1999年	2000年	2001年	2002年
1.電力購入費	73,692,569	94,868,940	137,690,791	150,581,152
2.燃料費	33,868,249	49,798,540	27,589,529	35,876,260
3.減価償却費 (ネットワーク設備)	13,385,029	16,358,868	20,378,907	23,805,186
4.燃料輸入税	4,692,573	5,951,395	5,355,736	5,401,899
5.消耗品費	739,463	2,292,105	1,842,220	1,997,576
6.接続料	3,452,980	1,885,110	1,313,525	850,554
7.設備修繕費	1,586,028	1,369,799	1,186,662	2,305,541
8.給与 (生産部門)	1,187,175	1,226,841	1,259,339	1,421,303
9.その他経費	3,796,173	2,570,362	5,911,705	8,169,284
合計	136,400,239	176,321,960	202,528,414	230,408,755

出所：EDC Financial Statements for the Year Ended 2000, 2001 and 2002

備考：1US\$=約 4,000 リエル 2004年4月現在

EDC では予算編成に当たり、次年度の発電所保守費用の予算を以下の手順で策定している。

- ① 本社は発電所毎の年間発電電力量を想定、各発電所に通知する。
- ② 発電所は発電ユニット毎に発電電力量を配分し、年間稼働時間を想定する。
- ③ 発電所は年間稼働時間に基づいて定期点検時期、必要な取替え部品を想定、必要な保守費用を算定した上で、本社に保守予算を要求する。
- ④ 本社は、発電所から要求された保守費用を査定し、各発電所に配分する。

EDC では、過去の保守費用の実績に基づき、発電電力量の伸びに応じた保守予算を確保する計画であることから、本計画実施後も必要な保守費用の手当てができるものと考えられる。

### 2-1-3 技術水準

「カ」国の技術系職員の一般的な教育課程は、表 2-1-3 に示すとおりである。本計画の C5 発電所では、所員 130 名 (C6 発電所を含む、2004 年 3 月現在) のうち、学士課程修了者は 6 名、技術専門学校卒業者は 15 名、残りの 109 名は一般教育課程の終了者もしくは中退者であり、修学レベルは高いとは言えない。

しかしながら、EDC では、OJT を通じて必要な知識を習得させており、C5 発電所では、高度な専門知識が必要となる主要オーバーホールおよび大型修繕工事に関してはメーカー技師の指導を必要としているものの、発電設備の開放点検を含む日常的な運転・維持管理業務は、EDC 所員独自で実施している。このため、本計画の C5 発電所職員は、基礎的な当該発電設備の運転・維持管理技術は、既に習得していると判断される。

表 2-1-3 「カ」国技術系教育課程

大学修士 (Master) 課程	:2 年
大学学士 (Engineer) 課程	:3 年
技術専門学校 (Technical School)	:2 年
一般教育課程 (Government School) (日本の小・中・高校に相当)	:12 年



なお、EDC は、職員の研修用として独自の研修所を保有している。同研修所は、2001 年に ADB の支援で建設されたもので、プノンペン市南部に位置し、空調設備のある教室 (11) と講堂などを保有している。研修内容は、フランス電力会社 (EDF) の支援で計画されており、送配電建設技術、メーター読み取り作業、安全管理、電力保護装置技術からディーゼル発電設備に関する技術まで、幅広いコースが準備されている。同研修所の講師は 20 名で、年間延べ 1,200 名の研修員を受け入れている。

研修プログラムは、1 プログラムが、2 から 4 日間程度の短期研修となっており、各事業所から派遣された EDC 職員が、必要な研修プログラムを個別に選び受講している。しかしながら、同研修所は、研修機材も少なく、未だ基礎的な技術レベルの研修となっており、重油燃料焚きエンジンの取り扱いなどの高度な技術研修は実施されていない。

本計画により、ディーゼル発電設備の燃料がディーゼル油から重油へ転換されるが、性質の違いにより重油の取り扱いには十分な知識が必要である。上記の様に既存の C5 発電所職員は、ディーゼル発電設備の基礎知識は保有しているものの、重油燃料による運転・維持管理技術には、不慣れであると考えられる。このため、本計画での燃料転換に伴い新たに必要となる運転・維持管理技術について、ソフトコンポーネント (座学研修に EDC 研修所を活用) 並びに発電機メーカーによる OJT などで、必要な技術の移転を行えば、本計画完成後も適切な設備の維持管理が実施できるものと考えられる。

### 2-1-4 既存の施設・機材

「カ」国の電力系統は 23 の独立した系統に分かれている。その中で最も規模の大きな系統がプノン

ペン電力システムであり、「カ」国全体の電力消費量の約 80%を占めている。2004 年現在で EDC が電力供給を行っている地域はプノンペン、シアヌークヴィル市、シアムリアップ市、コンボンチャム市、タケオ、バットンバン、バベス(スベイレエン州)、ポネアクレック(コンボンチャム州)、メモット (コンボンチャム州)の 9 地域である。2004 年中には ADB と AFD (Agence Francaise de Developpement) の支援による 8 州(コンボンスプ、カンポット、プレイベン、スベイレエン、ラタナキリ、スタントレン、バンティミアンチェイ、タケオ)の電力設備復旧が完了する見込みである。既に EDC の傘下であるタケオを除いた 7 州の電力設備運用は EDC に移管される予定である。

(1) プノンペン市の既設電力設備の現状

1) 発電設備

プノンペン電力システムでは、EDC が所有する 4 発電所と IPP (独立系発電事業者) が所有する 3 発電所が稼動している。プノンペン電力システムの発電設備の概要を表 2-1-4、2-1-5 に示す。

表 2-1-4 EDC が所有する発電設備の概要

2004 年 3 月末時点

発電所名	発電容量 (kW)		型式	燃料	回転数 (rpm)	運開年	累積運転時間 <sup>5</sup> (h)	
	定格容量	可能容量						
EDC C2	1 号機	6,000	5,000	BTG <sup>1</sup>	HFO <sup>3</sup>	3,000	1967	308,455
	2 号機	6,000	5,000	BTG <sup>1</sup>	HFO <sup>3</sup>	3,000	1967	
	3 号機	6,000	5,000	BTG <sup>1</sup>	HFO <sup>3</sup>	3,000	1967	
	小計	18,000	15,000	-	-	-	-	
EDC C3	Cat 1	2,840	2,500	DEG <sup>2</sup>	DO <sup>4</sup>	750	1996	72,030
	Cat 2	2,840	2,500	DEG <sup>2</sup>	DO <sup>4</sup>	750	1996	
	Cat 3	2,840	2,500	DEG <sup>2</sup>	DO <sup>4</sup>	750	1996	
	Cat 4	2,840	2,500	DEG <sup>2</sup>	DO <sup>4</sup>	750	1996	
	GM1	2,100	2,000	DEG <sup>2</sup>	DO <sup>4</sup>	750	1973	32,973
	GM2	2,100	2,000	DEG <sup>2</sup>	DO <sup>4</sup>	750	1973	
小計	15,560	14,000	-	-	-	-		
EDC C5	1 号機	5,000	5,000	DEG <sup>2</sup>	DO <sup>4</sup>	750	1994	54,749
	2 号機	5,000	5,000	DEG <sup>2</sup>	DO <sup>4</sup>	750	1995	
	Emg-1	1,250	800	DEG <sup>2</sup>	DO <sup>4</sup>	1,500	2004	
	Emg-2	1,250	800	DEG <sup>2</sup>	DO <sup>4</sup>	1,500	2004	
	Emg-3	1,250	800	DEG <sup>2</sup>	DO <sup>4</sup>	1,500	2004	
	小計	13,750	12,400	-	-	-	-	
EDC C6	1 号機	6,200	6,000	DEG <sup>2</sup>	HFO <sup>3</sup>	750	1996	102,029
	2 号機	6,200	6,000	DEG <sup>2</sup>	HFO <sup>3</sup>	750	1996	
	3 号機	6,200	6,000	DEG <sup>2</sup>	HFO <sup>3</sup>	750	1996	
	小計	18,600	18,000	-	-	-	-	
合計	65,910	59,400	-	-	-	-	-	

出所: EDC

[注] 1 BTG: ボイラタービン発電機

4 DO: ディーゼル油

2 DEG: ディーゼル発電機

5 累積運転時間は発電所総合の累積時間を示す

3 HFO: 重油

表 2-1-5 IPP が所有する発電設備の概要

2004年3月末時点

発電所名		発電容量 (kW)		型式	燃料	運開年	備考
		定格容量	可能容量				
CUPL	1号機	5,000	4,000	DEG <sup>1</sup>	HFO <sup>2</sup>	1997	
	2号機	5,000	4,000	DEG <sup>1</sup>			
	3号機	5,000	4,000	DEG <sup>1</sup>			
	4号機	5,000	4,000	DEG <sup>1</sup>			
	5号機	5,000	4,000	DEG <sup>1</sup>			
	6号機	5,000	4,000	DEG <sup>1</sup>			
	7号機	5,000	4,000	DEG <sup>1</sup>			
	小計	35,000	28,000	-	-	-	
Jupiter	1~10号機	1,800×10	1,600×10	DEG <sup>1</sup>	DO <sup>3</sup>	2000	電力売買契約上の発電容量は22MW
	11~15号機	1,400×5	1,200×5	DEG <sup>1</sup>			
	小計	25,000	22,000	-			
Kirirrom	1号機	6,000	3,000	水力	-	2002	可能出力は水量により変化する
	2号機	6,000	3,000	水力			
	小計	12,000	6,000	-			
合計		72,000	56,000	-	-	-	

出所：EDC

[注] 1 DEG：ディーゼル発電機 2 HFO：重油 3 DO：ディーゼル油

プノンペン系統に設置されている発電設備の容量は138MWであり、このうち約52%の72MWをIPPが占めている。EDCの発電所に関しては、C2発電所のみがボイラタービン発電機であり、その他は全てディーゼル発電機である。

C2発電所はボイラタービン発電機としては規模が小さいことと、設備の老朽化・経年劣化により発電効率が著しく低下しており、同規模のディーゼル発電機の約2倍の燃料を消費する。しかしながら、プノンペン電力系統の発電設備容量が不足していることから、EDCは当面の間C2発電所を主要な供給力として運転する計画である。

C3発電所については設備が老朽化していること、燃料コストの高いディーゼル油を使用すること等の理由から、EDCは新規電源が投入されれば同発電所を廃止する計画である。

C5発電所については、2004年1月に発生したクランクピン焼損事故のため、1号機は運転を停止している。

IPPに関しては、Kirirrom水力は定格容量が12MWであるにも関わらず、年間平均の発電可能出力は6MW程度である。Kirirrom発電所の所有者であるCETIC(China Electric Power Technology Import & Export Corporation)からEDCに提出された2004年4月の発電計画では、月間発電可能日数は僅か3日間である。これは、乾季によるダム水位の低下によるものである。

## 2) 送配電設備

2003年末におけるプノンペン電力系統(PPS)は、プノンペン州、カンボンスプー州および一部のカンダル州の3州をカバーしている。

基幹送電電圧は高圧の115kVで、この高圧送電線はキリロム水力発電所からコンボンスプ市を經由しプノンペン市内にあるGS-1変電所と連系されており、このGS-1とGS-2およびGS-3の3ヶ所

の変電所でプノンペン市内の配電電圧である中圧の22 kV および15 kV に降圧し、市内の配電設備で低圧400-230V に降圧し、一般需要家へ配電しており、一部の大口需要家は22/15kV で受電している。プノンペン市内の115 kV 変電所の変圧器容量は3変電所合計で200 MVA である。

中圧は大部分が地下埋設ケーブルで、15 kV 配電はごく一部の地区で採用されているが将来は22 kV に統一される予定である。なお、2003年に配電用変電所の数が減少しているが、これは老朽化した小容量の変電設備を統合・更新したためである。

低圧は架空配電方式で、毎年 PPS 系統に近隣の未電化地域を電化し配電線路が大幅に増えているが、2003年にはこれら未電化地域の電化計画が停滞している。これら送配電設備の推移を表2-1-6に示す。

**表 2-1-6 プノンペン電力系統における送配電設備の推移**

設備	単位	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年
115 kV 送電線	km	N.A	N.A	N.A	N.A	129	129
22/15kV 配電線	km	270	507	349	390	431	311
400-230V 設備	km	131	465	546	550	671	673
配電用変電所	ヶ所	495	527	598	546	646	504
配電変圧器容量	MVA	120	N.A	N.A	N.A	N.A	280

出所：EDC

配電損失は、配電電圧を15kVから22kVに切り替え、かつ設備の更新を実施したため、2000年以降は減少し、2003年度では12.7%まで減少した。

**表 2-1-7 プノンペン電力系統における配電損失の推移**

設備	単位	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年
配電損失	(%)	20.9	25.4	15.7	14.7	13.1	12.7

出所：EDC

なお、プノンペン市内の電化率については、1998年の調査では、平均値は75.5%で、市内および郊外は各々90.5%および56.1%となっていたが、現在では平均で80%以上と想定されている。

## (2) プノンペン市の電力需要予測

プノンペン電力系統では、1998～2002年の間に平均10.9%/年の割合でピーク負荷が伸びている。プノンペン電力系統における電力需要の推移を表2-1-8に示す。

表 2-1-8 プノンペン電力系統における電力需要の推移

項目	年	1998	1999	2000	2001	2002	平均
年間発電電力量	GWh	341.53	358.22	389.35	439.00	485.55	-
増加率	%	-	4.9	8.7	12.8	10.6	9.3
ピーク負荷	MW	61	64	70.3	77.6	92	-
増加率	%	-	4.9	9.8	10.4	18.6	10.9
発電可能出力	MW	80	80	80	95.1	101	-
予備率	%	31.1	25.0	13.8	22.6	9.8	-

出所: EDC Annual Report 2002

2004年4月現在で、同系統のピーク負荷は108MWに達し、発電容量の不足から毎日10MW程度の負荷抑制を実施している。このような状況から、新規の大規模な電源が確保できるまで、EDCは毎年の電力需要の伸びを2%程度に抑制する計画である。

この間、EDCは新たな地域への配電線拡張を行わず、既に系統に接続されている顧客の需要の伸びだけを考慮することになる。2003年の「カ」国の人口増加率は1.8%(CIA World Fact Book 2003)であり、既存需要家のみによる需要増加率として、2%程度の伸びは妥当な範囲と推定される。2007年にはベトナムからの電力輸入が開始される予定であるが、2004年4月時点で送電線建設資金の融資契約(Loan Agreement)がADBと締結されていない状況であり、少なくとも1年以上の遅延が懸念されている。従って、プノンペン電力系統のカンポット、タケオとの連系はベトナムからの電力融通が開始されるまで延期される予定であり、電力需給バランス上は2008年に連系が開始されるものとした。

ベトナムからの電力融通は、初年度には40MWで開始され、後年度には電力需給バランスを満足するために必要な容量を購入する計画である。

プノンペン電力系統は、将来的にカンポット、タケオ、シアヌークヴィルと連系される予定であり、カンボジア南東系統(South-Eastern Grid)を形成する。しかしながら、本計画の裨益対象はプノンペン市に限定されていることから、本計画で導入される設備規模を検討する際にはプノンペン市のみの電力需給バランスを満足する規模とする。

上記の状況を考慮して作成した2016年までのカンボジア南東系統(South-Eastern Grid)の電力需要想定(電力需給バランス)を添付7-(1)に、プノンペン市の電力需要想定(電力需給バランス)を添付7-(2)に示す。プノンペン市における2004~2016年までの12年間のピーク負荷の平均伸び率は10.6%/年と想定されており、表2-1-8に示した1998~2002年の年平均伸び率と同等のレベルとなっている。

### (3) プノンペン市の電力設備増強計画

プノンペン市では、2005年にIPPによるKEP発電所建設(30MW、ディーゼル発電)、2006年に日本の無償資金協力によるC5発電所増設(10MW、ディーゼル発電:本計画)が計画されている。プノンペンを含むカンボジア南東系統では、カムチャイ水力(2010年、120MW)、シアヌークヴィル・コンバインド火力(2012年:30MW、2013年:30MW増設)、ストウン ルッセイ チュルム水力(2014年、125MW)、ストウン アタイ水力(2015年、110MW)の開発が計画されており、プノンペンとの連系が完成した後の電源として期待される。しかしながら至近年度では、ベトナムとの連系が開始するまで大

規模な電源の投入が計画されていないため、厳しい需給バランスを強いられることになる。

**表 2-1-9 至近年のプノンペン市電力設備増強計画**

発電所名	型式	定格容量	運開予定	備考
KEP	DEG	30MW	2005 年	IPP-Khmer Electric Power
C5 (増設)	DEG	10MW	2006 年	日本の無償資金協力 (本計画)

出所: EDC

#### (4) プノンペン市の電力需給バランス

本計画の電源が投入されるまで、2005、2006 年の電力需給バランスはそれぞれマイナスに転じ、2007 年に本計画により 10MW の電源が投入されることで、辛うじて電力需給バランスは 1MW のプラスとなる。添付 7-(2)にプノンペン市(プノンペン電力系統)の電力需給バランスを示す。

## 2-2 プロジェクト・サイトおよび周辺の状況

### 2-2-1 関連インフラの整備状況

#### (1) 港湾

「カ」国には、メコン川を始めとして多くの河川があり、雨季には鉄道、道路が洪水の影響を受けて不通になることが多い。このため、「カ」国では古くから河川を利用した内陸水運が多く利用されている。プノンペンではトンレサップ川が運輸に大きな役割を果たしているものの、雨季と乾季に水位差(約 7~10m)が大きく、乾季には大型船の航行が困難な状態となる。

「カ」国の外洋港はシアヌークビル港のみであり、シアヌークビル港からプノンペン(226km)まで国道 4 号線と鉄道で接続されている。

「カ」国に輸入される一般貨物はプノンペン港とシアヌークビル港を利用して荷揚げされている。シアヌークビル港でコンテナ等の大型荷物のほとんどは荷揚げされているが、プノンペン港でも荷揚げ設備の整備が進み近年その取扱量も近年増えつつある。

本計画の機材荷揚げにはシアヌークビル港およびプノンペン港の利用が考えられる。我が国の無償資金協力で実施された C5 発電所及び ADB の援助で実施された C6 発電所の重量物は、プノンペン港で荷揚げを行い(トンレサップ川の水位が高い時期を選んで輸送した)、その他の機材はシアヌークビル港で荷揚げされ国道 4 号線で計画サイトまで輸送された。

シアヌークビル港のバースは約 200m であるが現在 JBIC ローンプロジェクトで港湾の拡張工事(240m)が進められおり本年 10 月には完工予定となっている。荷揚げ設備は 250 トントラッククレーンを 2 基有し重量物の荷揚げには支障が無く、プノンペン港のように水位の影響を受けないため、本計画ではシアヌークビル港から荷揚げする可能性が高い。

## (2) 道路

「カ」国の道路の舗装率は未だ低いものの、各国の援助で道路、橋梁の修復が進められている。「カ」国では、1999年に道路交通法が制定され各道路別の最大荷重が制限されている。本計画の機材輸送路として予定している国道4号線では（シアヌークビル－プノンペン間）車両重量を含め最大40トンまでと制限されているがこれを超える車両は特別な申請を行い公共事業運輸省と協議・承認を得れば通行が可能となる。なお、国道4号線には約40箇所の橋が有り、その中には1960年代の橋もあり重量物の運搬には留意が必要である。また、国道4号線の舗装状態はシアヌークビル付近で多少勾配があり重量物の輸送には注意が必要であるが、その他の箇所は良好な状態である。

## (3) 上下水道

本計画対象地（C5発電所）には市水が接続されておりその利用が可能である。また、下水道に関しては、既設に簡易汚水排水処理設備が有り、その設備を経由して雨水排水へと排水されている。本計画で排出される油分を含んだ水は油水分離槽をとおした後排水する必要がある。

## (4) 通信

「カ」国の通信は1990年以降の国際通信設備の導入・既存設備の更新等で通信事情は、日本はもとより海外の主要国と電話・ファックス通信が可能であり、インターネットや携帯電話も利用可能である。

### 2-2-2 自然条件

#### (1) 位置および地形

「カ」国は国土の大半を森林（熱帯性ジャングル・雨林）が占めておりそれらを取り巻く山脈と地下水系により肥沃な農耕地が形成されている。「カ」国の西部と北西部に有るいくつかの手付かずの雨林は希少な樹木の宝庫となっており、340万haに及ぶ地域が保護地域と指定されている。北の国境沿いにはダングレグ山脈、タイ国寄りである南西部にはガルダモン山脈、ベトナム寄りである東南側にはエレファント山脈が走り首都プノンペンの東側には「カ」国の最高峰1,813mのプノン・アラル山がそびえている。また、世界で12番目に長いメコン川がチベット高原のヒマラヤ山脈から南シナ海まで4,425kmを流れており中国、ミャンマー、タイを通り北はラオスとの国境から南はベトナムとの国境まで無数の水田を潤して「カ」国のほぼ中央北西寄りにある内陸湖トンレサップ湖へ注いでいる。首都プノンペンはメコン川とバサック川およびトンレサップ川が交差するチャクトムという縁起の良いとされる地域に位置しているが、大きな川が交差している為、調査地が近接しているトンレサップ川は大量の雨量により年に一度川の流れが逆になるという世界中でもここでしか見られない現象を持っている。さらにこれらの川の水位は雨期と乾期では約9mも増減するのが特徴である。

本計画地である C5 発電所はプノンペン市の北東寄りの市街地に有り、トンレサップ川より約 1km 内陸側に位置し、標高は約 10m、敷地面積約 4.2ha の広さを有する平地であり、沼地であった土地を盛土造成している。周辺は一般住宅や小規模工場に囲まれている。

## (2) 気候

季節は雨期と乾期の 2 つに分かれている。雨期は 5 月から 10 月まで続き特に 7 月～10 月は雨が多く、湿度は夜の方が高く通常は 90%以上となり昼間の平均湿度は 80%程度である。乾期は 11 月から 4 月で 12 月から 1 月が最も涼しい期間となる。4 月が最も暑い月で気温は摂氏 40 度まであがることもある。雨量は山岳地方で年間約 5,000mm、プノンペン市では年間約 1,500mm である。

表 2-2-1 調査地の気温

													月気温 (°C)	
月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均	記録期間
最大	36.3	36.7	39.0	40.5	39.7	38.4	36.6	36.0	35.1	34.4	34.4	34.8	36.8	53年間
最低	13.3	15.2	16.5	17.9	20.6	21.2	20.1	21.5	21.6	20.8	16.8	14.4	18.3	53年間
平均	25.8	27.4	28.9	29.7	28.8	28.6	27.6	27.5	27.1	27.0	26.5	25.3	27.5	39年間

表 2-2-2 調査地の湿度

													月湿度	
月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均	記録期間
%	69.5	67.9	65.9	69.9	77.3	76.8	80.2	80.2	83.9	84.6	79.0	73.5	75.7	37年間

表 2-2-3 調査地の雨量

													月降水量(mm)	
月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均	記録期間
降水日数	0.6	1.0	1.1	7.3	15.0	17.9	20.2	20.5	22.5	21.3	11.7	1.5	11.7	12年間
雨量	5.6	6.1	21.6	63.2	135.7	125.8	142.0	150.3	246.1	234.9	124.2	31.5	107.3	40年間

表 2-2-4 調査地の落雷回数

年		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計
1983	近辺					1								1
	遠方					10		14		12		10	10	80
1984	近辺			3										3
	遠方		2	11	11	17	8	11	4	9	20	1		94
1985	近辺													0
	遠方			3	15	13	6	12	7	23	18	14		111
1986	近辺													0
	遠方			2	5	18	15	16	11	16	21	1	4	109
1987	近辺													0
	遠方				4	14	11	14	18	12	16	15		104
1988	近辺											1		1
	遠方			1	1	12	9	11	12	14	17	7		84
1989	近辺				2	8	4	3	5	9	3	4		38
	遠方			5	2	8	9	12	5	14	8	2		65
1990	近辺			1	1	2	3	1	3	8		1		20
	遠方			1	4	9	4	13	6	4	4	3		48
1991	近辺					1	1	1	1	5	11			20
	遠方			1	4	13	13	11	9	12	3			66

### (3) 風速と風向

雨期には南西の季節風が吹き多湿である。風速は最大 22.0m であり年間を通じて穏やかである。

表 2-2-5 調査地の風速と方向

単位 m/sec

年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均	最大	
2000	風速	12.0	12.0	17.0	14.0	14.0	20.0	22.0	16.0	10.0	8.0	10.0	8.0	13.6	22.0
	方向	NE	NE	SE	S	S	W	W	WNW	W	W	N	N		
2001	風速	8.0	6.0	16.0	7.0	17.0	12.0	20.0	10.0	12.0	16.0	6.0	8.0	11.5	20.0
	方向	N	N	SE	E	W	S	W	W	W	E	N	N		
2002	風速	6.0	4.0	6.0	17.0	8.0	12.0	8.0	12.0	7.0	6.0	6.0	5.0	8.1	17.0
	方向	N	S	S	S	S	W	SW	SW	W	SE	N	NE		
2003	風速	7.0	7.0	6.0	7.0	16.0	14.0	10.0	14.0	8.0	8.0	8.0	10.0	9.6	16.0
	方向	NE	E	SE	NE	W	N	S	W	W	NE	N	N		
平均	8.30	7.25	11.25	11.25	13.25	14.50	15.0	13.0	9.25	9.5	7.5	7.75	10.7	18.75	

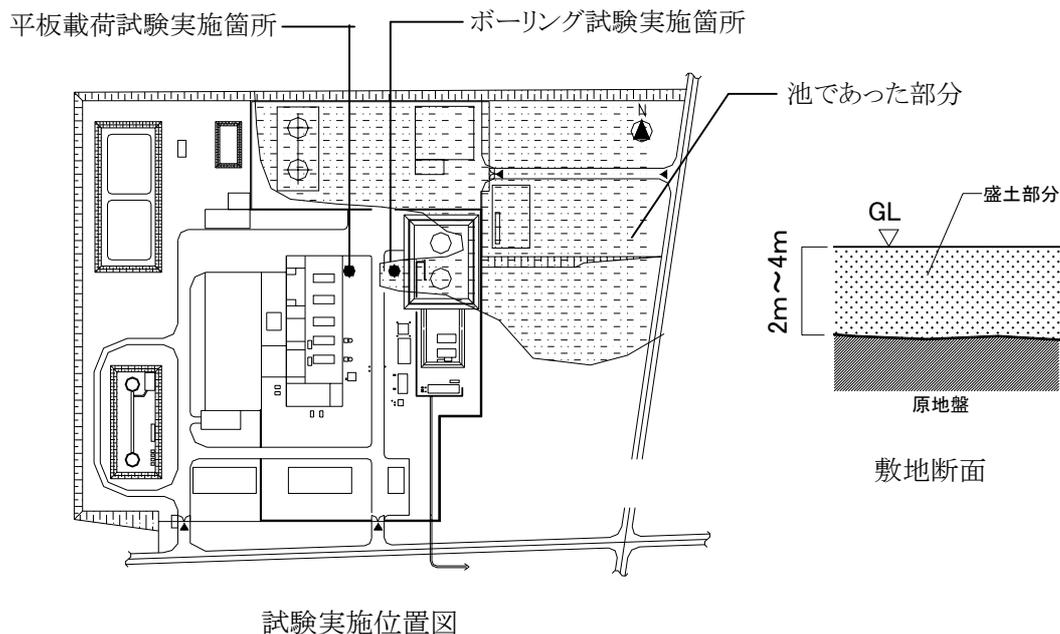
### (4) 地震

過去地震発生の記録は無い。

### 2-2-3 その他

#### (1) 地質

「カ」国は遙かチベットに源を発する国際河川メコン川が、国土のやや東よりを北から南へ縦断し、本計画対象地であるプノンペン付近でトンレサップ川と合流し、東南へ流れを変えベトナムへ注いでいる。地質は全体的にそれらの大河や湖によって造られた沖積層であり、地表下25m以上が粘土混じりの砂層で堆積されたものである。



本計画地の一部は、池であった部分を含め全体的に2m~4m盛土造成された敷地である。本調査では、地盤の状況を適正に把握する為、本計画で供与される機材の設置箇所の近辺において、ボーリング試験と平板載荷試験を実施した(添付資料参照)。地層としては地表面から約3m付近までは軟らかい粘性土であり、3.0m~13.0mまでやや硬い粘性土である。地表面下13.0mを過ぎると細砂混じりの地層となる。全体的に地盤は良好であり平板載荷試験より、地耐力20ton/m<sup>2</sup>を確保できる結果を得た。また既設の1,000m<sup>3</sup>の容量を持つ燃料タンクの基礎は現在まで不等沈下やヒビ割れの弊害は発生していないことなどを合わせて考慮し、本計画における基礎は直接基礎形式を採用する。

#### (2) 敷地測量

本調査の敷地内にはC4(設備撤去済)、C5、C6発電所が存在している。それらの建物や施設の位置や高さ関係を正確に把握する事は機材配置計画を行う上で重要な事であるので、本調査では測量調査を実施した。測量調査の結果を添付資料に示す。

## 第3章 プロジェクトの内容

## 第3章 プロジェクトの内容

### 3-1 プロジェクトの概要

#### 3-1-1 上位目標とプロジェクトの目標

「カ」国政府は世界銀行、IMF の指導の下、2002 年に貧困削減戦略ペーパー（PRSP：Poverty Reduction Strategy Paper）を作成し、貧困削減の方策として「貧困脱出の機会（経済成長による収入の増加、土地・インフラ利用）の促進」、「雇用の拡大」、「社会福祉の改善」、「脆弱性の克服」を掲げている。更に、「雇用の拡大」を実現するための手法として電化の推進、電気料金の低減、電力供給信頼性の向上を挙げており、その観点から需要に見合った電源開発とプノンペンと地方を結ぶ全国規模の送電網の開発が課題とされている。

上記の方針を受けて、本プロジェクトは、プノンペン市の生活水準の向上・経済復興の促進を上位目標とし、住民生活の向上、社会・公共施設の安定した運営並びに産業の活性化に不可欠な社会基盤整備の一環として位置付けられ、信頼性が高く、安定した電力供給を確保するための発電施設の建設および発電原価の低減を目的とするものである。

#### 3-1-2 プロジェクトの概要

本プロジェクトでは、既設の C5 発電所内に出力 5MW の発電設備 2 台を増設し、且つ前回協力で設置された発電設備 2 台（出力 5MW/台）の主燃料をディーゼル油から重油に転換することにより、供給力の向上と発電原価の低減を目指す。これによりプノンペン市の電力供給事情を改善すると共に、貧困層の住民に負担を強いている高い電気料金を低減することが期待されている。

### 3-2 協力対象事業の基本設計

#### 3-2-1 設計方針

##### 3-2-1-1 基本方針

本計画の協力対象範囲、サイト選定、設備規模等の基本的な枠組み策定に係る基本方針は下記とする。

##### (1) 協力対象範囲に対する方針

計画の目標である「プノンペン市における電力供給事情の改善」、「発電原価の低減」を達成するため、C5 発電所に出力 5MW の発電設備を 2 台設置し、既設発電設備の燃料転換と燃料タンクの建設等必要な機材・施設の整備を行う。

##### (2) サイト選定に対する方針

既存 C5 発電所用地および隣接する C6 発電所等、EDC 所有地の有効利用を図り、増設発電設備は既存発電建屋内に建設し、燃料転換に必要な機材・施設も既設発電建屋内またはその周辺に設置する。

### (3) 設備規模に対する方針

本計画完成年（2007年、同年始の完工予定：同年を本計画目標年次とする）のプノンペン電力系統の電力需給バランス（想定最大需用電力115MWに対し、供給可能出力は106MW）を緊急的に確保し、且つ、既設C5発電所に増設可能で、我が国の無償資金協力として妥当な設備規模とする。

尚、上記の本計画目標年次の翌年（2008年）にはベトナムからの連系線が完成する予定であるが、ベトナムからの融通電力量は、カンボジア側系統容量の15%以内に抑制するのが好ましいとの解析・報告もあり、（ベトナム系統側の事故による影響が広い範囲となるのを防ぐため）、更にベトナム側の政治・経済的事情や、自然災害による送電の停止の可能性も考えられるため、ベトナムからの連系線が完成した後も、本計画で整備される発電設備規模は、プノンペン市配電網の電力供給を支える基幹発電設備としての位置付けを持つ必要があると判断される。

### (4) 増設／燃料転換工事に対する方針

本計画は、既存設備の有効利用を念頭に置き基本計画を策定するが、本計画の実施に当たっては燃料転換等、既存の各設備の改造・増設のための発電設備の停止が必要不可欠である。しかしながら、既存設備はプノンペン市の基幹発電所であり、同発電所の停止は社会・経済活動へ影響を与える可能性が高いので、これらの影響を極力抑えることを最優先事項とし、かつ、経済的で技術的に妥当な増設・改造計画を策定する。

### (5) 運用に対する方針

本計画対象地は、「カ」国の環境基準では「商工業と住居の混在地域」に該当し、夜間（午後10時～翌朝6時）は騒音レベルを50dB（A）以下とする必要がある。従って発電設備の運転は、原則として午前6時から午後10時の間に限定する。

## 3-2-1-2 自然条件に対する方針

### (1) 温度・湿度等条件に対して

「カ」国は熱帯モンスーン気候に属し、1年は大きく雨季と乾季に分けられる。雨季は5月下旬～10月下旬で、9～10月が最も雨が多い。乾季は11月上旬～4月中旬で、11月上旬～1月下旬は、日中は30℃を超えるが、比較的涼しい。後半の2月上旬～5月中旬は、日中の気温が35～40℃近くになる。過去53年間の平均気温は以下の通りである。

平均最低気温	18.3℃
平均最高気温	36.8℃
平均気温	27.5℃

本計画で調達される発電設備は主として建屋内に設置されるので、当地の温度・湿度に対して特別な対策を施す必要はない。屋外設置となるラジエータ等の設備に対しても、最高と最低の温度差が比較的小さいので、特別な温度対策は必要としないが、当該地域の湿度（最高94%、最低60%、平均

75 %)は高いので、設備仕様の策定には、最大相対湿度 94 %を考慮し、結露防止対策を取り入れる必要が有る。また、塗装については直射日光が強いのでこれらに対して経年劣化が生じにくい塗料および日よけの設置等を考慮する。

#### (2) 風雨条件に対して

当該地域は、年間を通し平均風速が4~8 m/秒で、最大風速は22 m/秒の記録があるが、メコン委員会は最大風速を 25m/秒としているので、本計画ではメコン委員会の最大風速を採用する。また、年平均降雨量は 1,400 mm となっているが、過去 20 年間では 1,082mm から 1,773mm の幅がある。排水計画等に使用する降雨強度は、1 日当たりの降雨時間が数時間であることから、1 時間当たりの降雨量を日降雨量の 50%と仮定し、50 mm/hr を採用する。

なお、プノンペン市近郊での年間の雷雨発生回数は最大で 38 回が記録されているので、雷害から発電施設を守るため、必要な施設(燃料油タンク等)に避雷針を設置する。

#### (3) 地震に対して

本計画対象地で地震についての記録はない。また前回協力でも地震力は基本設計に考慮していないので、本計画でも地震力は考慮しない。

### 3-2-1-3 社会経済条件に対する方針

「カ」国は、仏教徒が大部分を占めており、官公庁は週休 2 日制（土、日）で、祭日は年間 25 日程度であり、建設工期に大きな影響を与える習慣・風習等はないが、燃料転換工事の実施に当たっては、停電時間をできるだけ短期間とし、首都における停電を最小とするよう計画し、住民および社会活動への影響を最小限とすると共に、安全性の確保を最優先とした計画を策定する。

### 3-2-1-4 資機材調達事情に対する方針

#### (1) 施設建設用資機材

エンジン、燃料タンク等の基礎工事に当たっては、可能な限り現地で調達可能な資機材を採用することを原則とする。但し、現地では建設工事に使用するコンクリート用骨材や木材は入手できるが、セメント、鉄筋、型枠用ベニヤ、内外装・設備材等の主要資材は輸入品であるため、工程計画立案に当たっては、それら資材の市場での在庫量を把握し、必要に応じ、近隣国からの輸送を考慮し、輸送ルート、調達期間等に留意する。

尚、本計画の施設建設に使用する建設機械は現地でリースが可能であり(但しトラッククレーンは最大で 45 トン規模)、コンクリートプラントもプノンペン市には民間の 2 社が営業しており、品質的にも特に問題はない。

#### (2) 発電設備用資機材

「カ」国の発電・配電用資機材は全てが輸入品で、各国の製品が導入されている（援助国毎に

輸入先が違う)。従って本計画で実施される発電設備の整備工事や燃料転換工事に必要な資機材は全て輸入品となる。尚、本計画の実施に当り「カ」国側は品質、性能が良く、良好なアフターサービス体制が確保できる上に、既設発電設備との並列運転を行う必要性から、日本製品の採用を強く希望している。

尚、「カ」国では本計画の様に海外から資機材を持ち込むときは、輸入開始の約1ヶ月前に(契約後1ヶ月が目安とされている) CDC (Council for Development of Cambodia)に、当該プロジェクトで輸入する資機材の総量を示したマスターリストを提出し、免税措置等の承認を得た後、その都度、税関で輸入した資機材の数量をマスターリストに示された数量から控除することとなっている。

### 3-2-1-5 現地業者（建設会社）の活用に係る方針

#### (1) 現地業者（施設建設）の活用

「カ」国の建設工事業者の内、施設建設に携わる現地業者は比較的規模が大きく(1,000人規模の労務者の雇用も可能である)、本計画のエンジン、燃料タンク等の基礎工事に当たっては日本の建設会社から派遣された技術者の管理・指示の下で、建設工事の実施は可能である。但し、現地業者は資本力が不足している場合もあり、資機材や建設機械の調達には主契約者である日本の請負業者が直接行う必要がある。

#### (2) 現地業者(機材据付工事)の活用

本計画の燃料転換工事や発電設備の試運転・調整を含めた据付工事には、熟練した技術が要求されるため、品質管理および工程を守る上から日本人技術者を現地へ派遣し、現地で雇用する下請け業者への技術指導および工程管理を行う必要がある。

### 3-2-1-6 実施機関の運営・維持管理能力に対する対応方針

EDCは前回協力で設置した5MW×2台の発電設備の点検・保守作業は、概ねメーカーが納入したマニュアルに基づき実施しており、不足した予備品についても毎年注文を行っている。したがって本計画で調達される発電設備の運転・保守を行う基礎的な技術力は十分保有していると考えられる。しかしながら、既設1号機の事故停止の様な、作業標準マニュアル等に記載されていない事象が発生した場合でも、適切に対処できるような予防保全技術、並びに重油焚きディーゼル発電設備の運転・維持管理技術の習得を徹底させる必要がある。

また、燃料転換工事に伴って変更される燃料供給システムの重油加熱方式は、C6発電所やシアムリアップ発電所で運転・維持の経験をしている電気加熱方式を採用するなど、管理要員が手慣れたシステムを可能な限り本計画に採用する。

更に、本計画で設置する発電設備の据付工事期間並びに試運転調整期間中に日本側技術者によるOJTと、ソフトコンポーネントを実施し、重油焚きディーゼル発電設備の運転・維持管理が支障なく行える様に配慮する。

なお、OJT とソフトコンポーネントの実施に当たっては、前回協力で設置された 1 号機および 2 号機を含めて実施することとし、これらに必要な教材を本計画で調達する。

### 3-2-1-7 施設・機材等の調達範囲、技術レベルに係る方針

上述の諸条件を考慮し、本計画の施設建設、資機材の調達範囲および技術レベルは、以下を基本方針とする。

#### (1) 施設、機材等の範囲に対する方針

発電設備の設置および予備品等の調達を通じて、プノンペン市の 2007 年の電力需給バランスを確保し、電気料金の低減に寄与し、かつ同市の住民および社会公共施設への安定した電力供給を行う、といった本計画の目的を達成するために、必要最小限の設備構成、資機材の種類・員数を選定する。

また、経済的で技術的に最適な設計とするために、資機材の仕様は可能な限り国際規格に準拠した標準品を採用し、機器および部品等の互換性並びに将来の拡張を考慮した設備構成・仕様を選定する。なお、既存設備が利用可能なものについては、それらを極力使用する。

#### (2) 技術レベルに対する方針

当該発電設備の各機器の仕様については、できるだけ EDC が維持管理に精通している既設設備と同様のタイプとし、技術レベルを逸脱しない様に留意する。

また、本計画の据付工事および試運転調整期間中にメーカーの技術者による運転・維持管理に係わる実習教育 (On the Job Training: OJT) とソフトコンポーネントによる技術移転を実施するが、同 OJT と技術移転は、EDC の保有する運転・維持管理技術を基礎として、EDC の要員が重油焚きディーゼル発電設備の特性を理解した上で、当該発電設備の運転、故障記録等のデータを分析し、最適な運用および適切な定期検査を実施し、かつ予防保全が実施可能なレベルまでの技術力育成を目的とする。

### 3-2-1-8 工法／調達方法、工期に係る方針

本計画は、日本の無償資金協力のスキームに基づき実施されるので、本来は単年度で建設完了する必要があるが、計画の規模が大きいため、発電設備の増設と既設発電設備の燃料転換工事は下記に示すとおり年度を分けて行うものとする。

第 1 年次：燃料転換工事（ディーゼル油貯蔵タンクの建設を含む）

第 2 年次：5MW 発電設備 2 台の増設（22kV ケーブルの GS-1 への接続を含む）

燃料転換工事に当たっては、C5 発電所はプノンペン市の基幹発電所であるので、運転停止期間を可能な限り短縮し、市民生活への影響を極力避けるような工事工程を策定する。

### 3-2-2 基本計画（機材計画）

#### 3-2-2-1 全体計画

##### (1) 設計条件

計画の規模、仕様の策定に当たり、前述の諸条件を検討した結果、下記の通り設計採用値を設定する。

##### 1) 気象およびサイト条件

項目	単位	設計採用値
① 外気温度		
(a) 最高	℃	36.8
(b) 平均	℃	28
(c) 最低	℃	13
② 発電機室温度	℃	40
③ 湿度		
(a) 最高	%	94
(b) 平均	%	75
④ 降雨量		
(a) 年間平均	mm/年	1,400
(b) 時間当たり最大	mm/時間	50
⑤ 風速		
(a) 平均	m/秒	5
(b) 最大	m/秒	25
⑥ 風向		
(a) 乾期（11月～4月）	---	南西→北東
(b) 雨期（5月～10月）	---	北東→南西
⑦ 年間雷雨日数	日	38
⑧ 地震係数	gal	考慮しない。
⑨ サイト条件		
(a) 標高(平均海面から)	m	10
(b) 地耐力	ton/m <sup>2</sup>	20
(c) 地下水位	m	GL-3.0
⑩ その他		
(a) 砂塵(土埃)	---	考慮する。
(b) 塩害	---	なし。
(c) 洪水	---	なし。

##### 2) 適用規格および使用単位

本計画の設計に当たっては、EDC の現行設計条件および既設設備との整合性を考慮すると共に機器の主要機能については IEC および ISO 等の国際規格並びに日本規格を適用する。電気工事に関しても、現地の規程が整備されていないため、日本の基準を基本として適用する。また、使用単位は国際単位系（SI ユニット）を採用する。

規格名称	適用範囲
① 日本工業規格 (JIS)	: 工業製品全般

②	電気学会 電気規格調査会標準規格 (JEC)	:	電気製品全般
③	社団法人 日本電気工業会規格 (JEM)	:	電気製品全般
④	電気設備に関する技術基準	:	電気設備設計全般
⑤	電気技術規程 (JEAC)	:	電力設備設計全般
⑥	日本電線工業会規格 (JCS)	:	電線および材料全般
⑦	建築学会基準 (AIJ)	:	建屋工事全般
⑧	国際電気標準会議規格 (IEC)	:	電気製品全般
⑨	国際標準化機構 (ISO)	:	工業製品全般

### 3) 電力需要予測

EDC は現在のプノンペン電力系統に順次近隣の独立系統を連系することで、将来の需要予測を策定しているが、本計画では、現在のプノンペン電力系統と将来連系予定の独立系統を分けて検討することとし、下記条件で検討を行った。

#### ① プノンペン電力系統単独の需要予測

EDC は、プノンペン系統に独立系統が連系されない場合の 2004 年以降の最大電力の年平均増加率を 2% と想定しており、これは、プノンペンにおける人口増加率とほぼ同じであり、本計画でもこの数値を採用する。

#### ② 連系を考慮したときの需要予測

現在 EDC が維持管理している地域以外の、MIME が管理している地区およびベトナム等との国際電力融通計画については、EDC の計画を採用する。

#### ③ その他

- \* 本計画の増設発電設備は 2007 年初に商用運転開始とする。
- \* 既存発電設備の余寿命は EDC の想定および現在の運転状況から推定する。
- \* IPP からの買電計画は、EDC の計画を基に検討する。

#### 検討結果

上記条件を基に電力需給バランスを予測すると、本計画の実施により 2007 年における最大電力を供給可能出力が上回るため予備力は不足しているが決定的な電力危機は回避される。しかしながら、EDC 所有の発電機が突発事故で停止した場合には、一部の地域では計画停電を余儀なくされる。なお、添付 7-(2) にプノンペン電力系統の電力需給バランスを示す。

### 4) 環境への配慮

本計画で改造・調達する発電設備の設置に伴う環境への影響は、「カ」国の規制基準を基とし、日本の関係法令・基準で補足し、下記の基準値を設計条件として設定する。

- ① NOx : 950 ppm 以下 (残存酸素濃度 13%時)
- ② SOx : 500 ppm 以下 (燃料油の硫黄分含有量 2%時)

- ③ 油分 : 30 ppm 以下
- ④ 煤塵 : 100 mg/Nm<sup>3</sup> 以下
- ⑤ 騒音 : 当該発電設備のみ運転時、発電所敷地境界で
  - 午前 6 時～午後 6 時 : 75 dB(A)
  - 午後 6 時～午後 10 時 : 70 dB(A)
  - 午後 10 時～午前 6 時 : 50 dB(A)
- ⑥ 振動 : 当該発電設備のみ運転時、発電所敷地境界で 55 dB 以下

なお、本計画の実施には「カ」国の環境省の初期環境影響評価書(IEIA)の承認が必要であるが、EDC は、本計画実施前までにその取得を行うことに同意している。

## 5) 施設配置計画

既存発電設備の有効利用を念頭に以下の条件を考慮した配置計画を行う。

- ① 近隣住民への騒音・振動による影響の最少化
- ② 整備される機材の運転・維持管理が容易となるよう配置する
- ③ 新設燃料貯蔵タンクは、維持管理を容易に行えるような配置とする
- ④ 燃料移送用タンクローリーの搬入路の確保
- ⑤ 送電用 22kV 高圧ケーブルは、維持管理を考慮し敷地内の境界付近に布設する

上記を考慮した全体配置図を G-01 に示す。

## (2) 燃料加熱装置（蒸気・電気）の比較検討

ディーゼル油と重油の物理的性質の違いで、設備構成に影響を与えるものの一つに「粘度」がある。ディーゼル油は常温での移送・燃焼が可能であるが、重油は常温での粘度が高いため、加温することにより移送・燃焼に適した粘度に調整する必要がある。燃料を加温する際の熱源には、電気ヒーターを用いる場合（電気トレース方式）と蒸気を用いる場合（スチームトレース方式）があり、後者は一般的にディーゼル発電機の排ガスから廃熱回収して得られた蒸気を使用する。本計画に当たっては、以下のように運用性と経済性の両面から比較検討する。

### 1) 運用性の検討

電気トレース方式は、加温対象とする設備に電気ヒーターを設置し、加熱するものであり、機器の操作は比較的容易である。一方、スチームトレース方式では、排ガスから熱回収するための廃熱回収ボイラ、ボイラで蒸気となる水を供給するためのボイラ給水設備、ボイラの腐食防止のための水処理設備等、様々な機器を操作・点検する必要があり、やや操作の難易度が高い。表 3-2-1 に運用性比較を示す。

表 3-2-1 燃料加温装置の運用性

	電気トレース方式	スチームトレース方式
操作対象機器	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ヒーター (燃料油タンク、燃料油供給配管、燃料油ドレン配管、ディーゼル機関内部燃料母管 等)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・廃熱回収ボイラ</li> <li>・水処理装置</li> <li>・ボイラ給水設備(給水タンク、ポンプ)</li> <li>・スチームトレース配管</li> </ul>
日常の操作・点検内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加温系統の日常点検</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ボイラ給水の水質管理</li> <li>・薬品注入管理</li> <li>・加温系統の日常点検</li> </ul>
運用性難易度	容易	やや難しい

## 2) 経済性の検討

電気トレース方式は、初期投資が少ないものの、加熱のために消費する電力が約 800kW (5MW 機 2 台の場合) 必要となることから、実際に送電できる電力は定格出力の約 90%(5MW 機 2 台で 9MW 程度)となる。一方、スチームトレース方式では初期投資は大きいものの、廃熱を有効利用できるため燃料加温装置の運転で消費する電力は約 30kW (5MW 機 2 台の場合) と少ない。そのため、スチームトレース方式では定格出力の約 97%(5MW 機 2 台で 9.7MW)の電力を送電でき、発電設備の能力が十分に活用される。設備の耐用年数を 15 年とした発電原価で比較した場合、表 3-2-2 および 3-2-3 に示す通りスチームトレース方式(10.9 円/kWh)は電気トレース方式(11.6 円/kWh)と比較して 0.7 円/kWh (約 US \$ 0.6/kWh) 発電原価が低減できる。

表 3-2-2 燃料加温装置の経済性比較上の前提条件

	電気トレース方式	スチームトレース方式
発電設備費	・ディーゼル発電機、補機(12.5 万円/kW)	同左
燃料加温に必要な設備	・ヒータ (燃料油タンク、燃料油供給配管、燃料油ドレン配管、ディーゼル機関内部燃料母管 等) ・所内変圧器(容量大) ・設備費用:90 百万円	・廃熱回収ボイラ ・水処理装置 ・ボイラ給水設備(給水タンク、ポンプ) ・スチームトレース配管 ・所内変圧器(容量小) ・設備費用:170 百万円
運転経費	・発電設備メンテナンス費用(2 円/kWh)	・発電設備メンテナンス費用(2 円/kWh) ・燃料加温用蒸気設備メンテナンス費用(100 万円/年と想定) ・水質管理用薬品費(0.2 円/kWhと想定)
消耗品費	・潤滑油費 174 円/ℓ	同左
燃料費	・重油 US\$260/ton ・燃料消費量 233g/kWh(重油)	同左
所内電力	・補機動力 約 300kW ・燃料加温設備用電力 約 800kW	・補機動力 約 300kW ・燃料加温設備用電力 約 30kW
備考	1. 発電設備は 5MW×2 台を新設 2. 発電設備の運転条件 出力率:90%、運転日数:300 日/年 3. 発電設備の耐用年数は 15 年、均等償却、残存簿価 10%とする 4. 1US\$=110 円とした	

表 3-2-3 燃料加温装置の経済性比較

項目			電気トレース	スチームトレース
年経費 (固定費)	減価償却費	①発電設備・補機	75 百万円/年	75 百万円/年
		②燃料加温設備	6 百万円/年	11.4 百万円/年
		③合計 (①+②)	<b>81 百万円/年</b>	<b>86.4 百万円/年</b>
年経費 (変動費)	運転維持費	④発電設備保守費	129.6 百万円/年	129.6 百万円/年
		⑤蒸気設備保守費	—	1.0 百万円/年
		⑥合計 (④+⑤)	<b>129.6 百万円/年</b>	<b>130.6 百万円/年</b>
	消耗品費	⑦潤滑油費	18.0 百万円/年	18.0 百万円/年
		⑧ボイラ水処理薬品費	—	13.0 百万円/年
⑨合計 (⑦+⑧)	<b>18.0 百万円/年</b>	<b>31.0 百万円/年</b>		
⑩燃料費			<b>431.9 百万円/年</b>	<b>431.9 百万円/年</b>
⑪年経費合計(③+⑥+⑨+⑩)			<b>660.5 百万円/年</b>	<b>679.9 百万円/年</b>
⑫所内電力			1,100kW	330kW
⑬年間送電電力量			56.9GWh/年	62.4GWh/年
⑭発電原価 (⑪÷⑬)			<b>11.6 円/kWh</b>	<b>10.9 円/kWh</b>

備考:1US\$=110 円とした

### 3) 総合評価

既存の C5・6 発電所、および既設蒸気タービン発電所である C2 発電所の調査を行い、EDC 側と協議した結果、以下の方針を採用することとした。

スチームトレース方式は経済的に優位であるものの、EDC の現在の設備運用技術レベルおよび維持管理体制を考慮すると、操作が複雑なスチームトレース方式では、経済的優位性を常に確保できる様な効率的運用と、設備維持管理がやや困難であるといえる。さらに、C5 発電所の将来的な設備利用率が約 50%となる見込みであり、発電機の起動停止が多くなると予想され、この点からも操作性と維持管理の容易な電気トレース方式が有利となる。

C6 発電所およびシナムリアップ発電所といった他の C 重油焚きディーゼル発電所では、共に電気トレース方式を採用しており、それらの運用に慣れている EDC 側も電気トレース方式の採用を希望している。

以上の検討結果を総合して、本計画における燃料加温装置には電気トレース方式を採用する。

### (3) 初期環境影響評価(IEIA)

「カ」国における環境影響評価 (EIA : Environmental Impact Assessment) の手続き、規制は、1999 年 8 月 11 日付の省令「Sub-Decree on Environmental Impact Assessment」に規定されている。同省令では、発電設備については出力 5MW 以上の新設について、EIA または初期環境影響評価 (IEIA : Initial Environmental Impact Assessment) の実施を義務付けており、特に天然資源、生態系、住民の健康、公共の福祉に甚大な影響を与えると見なされたプロジェクトには、フルスケールの EIA の実施を求めている。本案件は、 $5\text{MW} \times 2 = 10\text{MW}$  の発電設備の増設および既設発電設備の燃料転換であることから、まず IEIA の実施を行う必要がある。

なお、環境影響評価に当たっては「カ」国の大気汚染・騒音防止法の基準を評価の尺度とし、調査手法、評価の方法等については、「JICA 環境社会配慮ガイドライン」(2004 年 4 月 1 日施行)にも留意した。

NO<sub>x</sub> の最大着地濃度を表 3-2-4 に、SO<sub>x</sub> の最大着地濃度を表 3-2-5 に、騒音予測結果を表 3-2-6 に示す。既設 1,2 号機の煙突高さが既存の 12m である場合、NO<sub>x</sub> の最大着地濃度は「カ」国の環境基準を満足できないが、本計画で煙突高さを 16m に改造し、新設の 3,4 号機の煙突高さも同様に 16m とすることで、NO<sub>x</sub> の最大着地濃度を環境基準値の 1/3～1/2 程度とすることができる。その他の項目についても、「カ」国の大気汚染・騒音防止法の基準値をはるかに下回っており、環境への影響が少ないことが確認された。

なお、今後の「カ」国内の手続きとして、今回の初期環境調査 (IEIA) の結果をクメール語に翻訳し、「カ」国環境省 (Ministry of Environment: MOE) に提出し、評価を受けることとなっている。初期環境影響評価 (IEIA) 報告書を添付 8 に示す。

表 3-2-4 NO<sub>2</sub>最大着地濃度予測結果

	(mg/Nm <sup>3</sup> )	
	「カ」国環境基準	予測値
1 時間平均値	0.3	0.1127
24 時間平均値	0.1	0.0434

表 3-2-5 SO<sub>2</sub>最大着地濃度予測結果

	(mg/Nm <sup>3</sup> )	
	「カ」国環境基準	予測値
1 時間平均値	0.5	0.0824
24 時間平均値	0.3	0.0317
1 年平均値	0.1	0.0054

表 3-2-6 敷地境界での騒音予測結果

予測点	騒音レベル (dB (A))	備考
1	61	敷地南側境界
2	62	敷地南側境界
3	61	敷地南側境界
4	65	敷地東側境界
5	63	敷地東側境界
6	65	敷地東側境界
7	63	敷地東側境界
8	60	敷地北側境界
9	62	敷地北側境界
10	62	敷地北側境界

表 3-2-7 「カ」国における環境騒音レベルの規制値

地域区分	時 間 帯		
	06:00～18:00	18:00～22:00	22:00～06:00
1. 閑静地区 病院 図書館 学校 幼稚園	45dB(A)	40dB(A)	35dB(A)
2. 住宅地区 ホテル 官庁街 住宅	60dB(A)	50dB(A)	45dB(A)
3. 商業地区	70dB(A)	65dB(A)	50dB(A)
4. 住宅地区に点在する小規模工場	75dB(A)	70dB(A)	50dB(A)

出所:「カ」国大気汚染・騒音防止法

尚、C5 発電所（本計画予定地）は、上記地域区分の 4. に該当する。

### 3-2-2-2 基本計画の概要

基本設計方針を踏まえた本計画の概要は、表 3-2-8 に示すとおりである。

表 3-2-8 基本計画の概要

計画区分	燃料供給装置改造計画	増設計画
計画対象	既存 C5 発電所(既存 1 号機および 2 号機)	既存 C5 発電所(新設 3 号機および 4 号機)
発電設備の調達と据付け工事	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ディーゼル発電設備(出力 5 MW×2 台)の燃料転換に係る機材の調達と既設設備の改造および据付工事</li> <li>・ 当該設備に必要な機械関係の附帯設備の調達と据付工事               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 既存ディーゼル油貯蔵タンク 2 基を重油貯蔵用へ改造</li> <li>- ディーゼル油貯蔵タンクの新設</li> <li>- 重油荷役および移送設備の新設</li> <li>- 重油加熱・保温設備の新設</li> <li>- 排気設備の改造</li> <li>- スラッジ設備の更新</li> <li>- 軸受け温度計測装置の改造</li> <li>- 配管設備の改造</li> </ul> </li> <li>・ 当該設備に必要な電気関係の附帯設備の調達と据付工事               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 共通警報盤の新設</li> <li>- 所内共通動力盤の新設</li> <li>- 400 V 低圧動力設備の改造</li> <li>- 遠方監視・制御盤の改造</li> <li>- 既存 400V 低圧動力盤の改造</li> <li>- 配線および接地材料</li> <li>- 所内建築設備</li> </ul> </li> <li>・ 電気室の改造および附帯設備の調達</li> <li>・ 煙突の改造(高さ 12m→16m)</li> <li>・ 発電設備と補機の予備品の調達</li> <li>・ 発電設備の運転・保守マニュアル(OJT 用教材を含む)の調達とソフトコンポーネントの実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ディーゼル発電設備(出力 5 MW×2 台)の調達と据付工事</li> <li>・ 当該設備に必要な機械関係附帯設備の調達と据付工事               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 燃料設備</li> <li>- 潤滑油設備</li> <li>- 冷却水設備</li> <li>- 圧縮空気設備</li> <li>- 吸排気設備</li> <li>- 配管設備</li> </ul> </li> <li>・ 当該設備に必要な電気関係附帯設備の調達と据付け工事               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 22 kV 高压配電盤</li> <li>- 6.3/22kV 昇圧変圧器</li> <li>- 22/0.4kV 所内変圧器</li> <li>- 400 V 低圧動力設備</li> <li>- 遠方監視・制御・継電器盤</li> <li>- 配線および接地材料</li> <li>- 照明器具の増設と火災報知設備の改修</li> </ul> </li> <li>・ 22kV 配線資機材の調達および据付               <ul style="list-style-type: none"> <li>- C5 と C6 発電所間のケーブル布設(300 m × 1 回線)</li> <li>- C6 と GS-1 間のケーブル改修(60 m × 2 回線)</li> </ul> </li> <li>・ 発電設備と補機の予備品および保守用道具の調達</li> <li>・ 発電設備の運転・保守マニュアル(OJT 用教材を含む)の調達とソフトコンポーネントの実施</li> </ul>

### 3-2-2-3 機材計画

#### (1) 燃料供給装置改造計画

本計画において C5 発電所で実施される、既設ディーゼル発電設備の燃料供給装置改造計画の内容は以下のとおりである。

#### 1) 基本事項

##### ① 燃料供給装置改造の概要

既設ディーゼル発電機の使用燃料をディーゼル油から C 重油に転換するため、燃料受入・貯蔵・移送装置、燃料の燃焼・制御に係る装置を改造する。各設備・機器の概略仕様は表 3-2-13 に示すとおりである。

## ② 燃料の組成

本案件で使用予定のディーゼル油および C 重油の組成は以下の表 3-2-9 及び 3-2-10 に示すとおりである。

**表 3-2-9 ディーゼル油組成表**

性状項目	単位	数値	備考
比重	kg/l	< 0.86	15 °C
動粘度	センチストークス (cSt)	< 5	50 °C
流動点	°C	< 10	
引火点	°C	> 60	
硫黄分	Wt %	< 0.9	
水分	Vol.g	< 0.1	
灰分	Wt.g	0.01	
残留炭素	Wt %	< 0.01	
残渣	Wt %	< 0.1	
発熱量	kcal/kg	Min. 10,100	総発熱量
セタン価		> 45	

出所:EDC 資料

**表 3-2-10 C 重油組成表**

性状項目	単位	数値	備考
比重	kg/l	< 0.965	15 °C
動粘度	センチストークス (cSt)	< 180	50 °C
流動点	°C	< 21	
引火点	°C	> 66	
硫黄分	Wt %	< 3.0	
バナジウム	mg/kg	< 95	
ナトリウム	mg/kg	< 40	
水分	Vol.g	< 0.5	
灰分	Wt.g	< 0.1	
残留炭素	Wt %	< 15.0	
残渣	Wt %	< 0.1	
発熱量	Btu/lb	最小値. 18,500	総発熱量
アスファルテン	Wt %	< 5.0	
アルミ及びシリコン	Wt %	< 60.0	

出所:EDC 資料

## ③ 潤滑油の組成

潤滑油は各エンジン製造会社によって適用組成が若干異なるが、C 重油燃料に対応するため、中アルカリ度 SAE グレード No.40 相当とする。潤滑油組成の一例を以下の表 3-2-11 に示す。

表 3-2-11 潤滑油組成表

性状項目	単位	数値	備考
動粘度	センチストークス (cSt)	12.2~16.5	100℃
		120~178	40℃
粘度指数		85 以上	
流動点	℃	-5 以下	
全アルカリ価	mgKOH/g	26~30	2.0<S(Wt %)<2.5
		31~	2.5<S(Wt %)

出所:エンジンメーカー資料

④ 冷却水

既設 C5 発電所の冷却水として、エンジン冷却用一次冷却水には上水道水を使用しており、二次冷却水には河川水を使用している。燃料供給装置改造に伴う冷却水系統の改造としては、エンジン潤滑油クーラーの容量増大およびターボチャージャー潤滑油クーラー増設を行うが、一次・二次冷却水の供給元および使用量は既設のものと同じである。現在冷却水関係は特に問題なく運転されているため既設設備を利用する。

既設上水道水の組成は表 3-2-12 のとおりである。

表 3-2-12 上水道組成表

性状項目	単位	数値	備考
PH	---	7.85	
電導度	μ S/cm	239.96	(at 20 °C)
蒸発残留物	mg/l	119.98	
アルカリ度	mg/l	66	
二酸化炭素	mg/l	15.3	
カルシウム硬度	mg/l	59	
マグネシウム	mg/l	11	
全硬度	mg/l	70	(CaCO <sub>3</sub> )
塩素	mg/l	10.4	
カリウム	mg/l	0.894	
硫黄	mg/l	15	
亜鉛	mg/l	0.1	
溶存酸素 (D.O)	mg/l	3.29	

出所:EDC 資料

2) 計画内容

① 燃料供給装置改造

既設ディーゼル発電機 (5MW×2 台) の主燃料をディーゼル油から C 重油に転換することにより、表 3-4-5 (3-55 頁) に示す通り、発電原価は約 25%低減するとが見込まれており、燃料転換の経済効果は極めて大きい。また既設設備の調査の結果、燃料転換に必要な機器・設備の交換、改造、および追加は技術的に可能であるが、既設発電建屋のスペースが狭いため配置に工夫が必要となる。

## ② 機械設備計画

### (a) エンジン本体の改造

燃料転換に伴いエンジン本体の燃料噴射弁、排気弁座および燃料噴射ポンプは、ディーゼル油燃焼用から C 重油燃焼に適合したものに交換する。燃料噴射弁ノズルも燃料転換に伴って冷却型となるため、燃料弁冷却配管を取り付ける。燃料本管、燃料戻り管、燃料高压管、その他燃料管は保温材でカバーする。

燃料ドレン管は重油の粘度が高いため、口径を大きくしてドレンが流れやすくする。また、ターボチャージャーの潤滑油系統をエンジン本体の系統から独立させるため、配管の改造を行う。

更に、燃料転換に伴い潤滑油が劣化しやすくなることから、運転中に軸受部の異常を早期に発見し、機器の損傷を未然に防止するため、エンジンに主軸受け温度センサーを取り付ける。

### (b) 燃料供給設備

#### C 重油貯蔵タンク

既設の 1,000m<sup>3</sup>ディーゼル油貯蔵タンク 2 基を改造し、C 重油貯蔵タンクとして使用する。C 重油の移送取り扱いに必要な最低の粘度を確保するため、燃料加温設備、荷役および移送設備を設置する。

#### [C 重油貯蔵タンク容量の検証]

発電設備出力:5,000 (kW/台)

発電設備の C 重油消費率:233(g/kWh)

C 重油の比重:0.9(kg/l)

発電設備 1 台の 1 日の燃料消費量=5,000×0.233/0.9×24=31,066 (l)

本計画の燃料転換と設備増設により、合計 5MW×4 基=20MW となることから

C 重油の 1 日の消費量=31.07×4=124.3m<sup>3</sup>

C 重油貯蔵タンクの容量:1,000 m<sup>3</sup>×2=2,000 m<sup>3</sup>

C 重油貯蔵タンクの使用可能日数:2,000/124.3=16.09 (日)

従って、本 C 重油貯蔵タンクは、16 日間の連続定格運転が可能な燃料を貯蔵でき、十分な容量と判断できる。

#### ディーゼル油貯蔵タンク

C 重油焚きディーゼル発電設備は、起動・停止時および低出力運転時にはディーゼル油を使用する必要があり、また C 重油取扱設備に不具合が生じた時等はやむなくディーゼル油で運転することになる。従って、燃料転換した場合でも一定容量のディーゼル油貯蔵タンクを設置する必要があり、本計画では既設発電設備の燃料転換と発電設備の増設分を合計して、容量 300 m<sup>3</sup>のディーゼル油貯蔵タンク 1 基を新設する。新設タンクは、燃料に水分・異物が混入されていることがあるの

で、タンク内にはフローティングサクシオンを設け、液面上部の不純物を含まない燃料油のみをディーゼルエンジンへ移送できるように配慮する。なお、荷役および移送設備は既設を流用する。

#### [ディーゼル油貯蔵タンク容量の検証]

発電設備出力:5,000(kW/台)

発電設備のディーゼル油消費率:210(g/kWh)

ディーゼル油燃料比重:0.85(kg/l)

発電設備 1 台の 1 日の燃料消費量 $=5,000 \times 0.210 / 0.85 \times 24 = 29,647$  (l)

緊急時に、ディーゼル油で 4 台を定格運転するとして、

ディーゼル油の 1 日の消費量 $=29.65 \times 4 = 118.6$  m<sup>3</sup>

ディーゼル油貯蔵タンク計画容量:300 m<sup>3</sup>

ディーゼル油貯蔵タンクの使用可能日数 $=300 / 118.6 = 2.53$  (日)

したがって、ディーゼル油貯蔵タンクは、緊急時に 4 台で約 2.5 日間の連続定格運転が可能な燃料を貯蔵でき、十分な容量と判断できる。

#### C 重油バッファータンクおよびサービスタンク

C 重油を使用する場合、燃料の清浄システムが必要となるため、清浄器の上流側にバッファータンクを、清浄器の下流側にサービスタンクを設置する。これらは C 重油の流動性確保のため燃料ヒーター付きとし、それぞれ燃料転換後の 2 台の発電設備が約 2 時間運転できるように必要な容量とする。なお、C 重油用バッファータンクは既設ディーゼル油用バッファータンクを改造して C 重油に流用し、C 重油用サービスタンクは新設する。

発電設備出力:5,000 (kW/台)

発電設備の C 重油消費率:233(g/kWh)

C 重油の比重:0.9(kg/l)

発電設備 2 台の 2 時間の燃料消費量 $:5,000 \times 2 \times 0.233 / 0.9 \times 2 = 5,178$  (l)

従って、容量 5m<sup>3</sup> のバッファータンクおよびサービスタンクを 1 基ずつ設置する。尚、C 重油バッファータンクおよびサービスタンクは 1,2 号機の共用とする。

#### ディーゼル油サービスタンク

ディーゼル油サービスタンクは既設タンク(5m<sup>3</sup>)をそのまま流用する。

#### C 重油清浄設備

バッファータンクに一時貯留された C 重油は、燃料油清浄器で遠心分離作用によりスラッジ分および水が分離・清浄化され、サービスタンクに送られる。スラッジ分と水分は廃油タンクに回収し、スラッジ処理設備(後述)により処理される。

#### 燃料油切り替え設備

C 重油焚きディーゼル発電設備は、起動・停止時(それぞれ約 30 分)および低出力運転時にはディーゼル油を使用するため、C 重油とディーゼル油を運転中に切り替える設備が必要である。燃料切り替えは燃料切り替え弁により行い、燃焼に適した粘度になるよう燃料ヒーターで温度調節を

行う。また燃料切り替えでエンジンに流入する燃料性状が急変しないように C 重油とディーゼル油を燃料混合タンクで十分に混合した後に切り替えを行う。燃料中に混入した異物は燃料フィルターで可能な限り念入りに取り除く。

#### C 重油供給配管

C 重油供給配管には、貯蔵タンクからエンジン入口前の流量計まで、C 重油の流動性確保のため電気式のヒートトレース(配管抱き合わせ方式の燃料加温設備)と保温材を設置する。なお、エンジン横に設置される流量計からエンジン入口までは電気式ラインヒーターで温度管理されることから、放熱を抑えるため保温材を設置する。

#### (c) 潤滑油設備

C 重油燃焼スラッジにより劣化しやすいエンジン本体の潤滑油系統から、高速回転で潤滑条件の厳しいターボチャージャー用潤滑油系統を独立させる。したがって別系統となるターボチャージャー用潤滑油クーラー、潤滑油タンク、潤滑油ポンプ、クーラー冷却水システムを新しく設置する。

また、C 重油の使用によりエンジンの潤滑条件が厳しくなるため、潤滑油の粘度を高くし、油膜を厚くしなければならない。本計画では潤滑油温度を現状より 10℃程度低くするため、エンジン潤滑油クーラーを大容量化し、クーラー冷却水システムの改造を行う。潤滑油は、C 重油焚きディーゼルにエンジンに適合した性状のものを使用する。

#### (d) 冷却水設備

エンジン潤滑油クーラーの改造、及びターボチャージャー潤滑油クーラーの独立に伴い一次冷却水配管設備の一部改造を行う。EDC 運転・維持管理要員は二次冷却水システムの冷却塔冷却水管理を十分把握していないところもみられるが、再度 OJT を本計画の機材据付時に行うこととし、設備の改造は行わない。

#### (e) スラッジ処理設備

現在のスラッジ処理設備は、スラッジ移送配管の閉塞により廃油、スラッジを貯蔵するタンクが十分に機能していない。またスラッジ回収タンクからスラッジ分離タンクまでの配管も閉塞しておりスラッジ分離タンクおよび油水分離設備も機能していない。

燃料転換に伴い C 重油燃料清浄機からスラッジが排出されるため、スラッジ発生量が多くなることから、スラッジ配管の大口径化、ヒートトレース、保温の施工を行い、スラッジ分離タンクおよび油水分離設備の大容量化の改造を行う。

#### (f) 煙突

排ガス中の NO<sub>x</sub> の着地濃度を低下させるため、煙突高さを既存の 12m から 16m に改造する。排気サイレンサは既設を流用し、サイレンサ上部にフランジで取り付けられている煙突本体部分のみ取替える。

3) 主要機器の概略仕様

本計画で実施される燃料転換工事に必要な主要機器概略仕様を表 3-2-13 に示す。

表 3-2-13 主要機器の概略仕様(燃転)

主要機器名	数量	概略仕様
1) 機械設備 ディーゼルエンジン(既設)	2 台	燃料噴射弁の交換 排気弁座の交換 燃料噴射ポンプの交換 主軸受け温度センサーの取り付け その他関連する配管の改造
2) 機械設備 ① 新規調達設備 a) ディーゼル油貯蔵タンク b) C 重油荷役および移送設備 c) C 重油供給設備 ② 既設改造設備 a) C 重油貯蔵タンク b) C 重油バッファータンク c) 燃料供給設備 d) 潤滑油冷却設備  e) スラッジ処理設備 f) 煙突	1 基 1 式 1 式  2 基 1 式 1 式 2 式  1 式 1 式	a) 容量:300 m <sup>3</sup> 、垂直型、屋外設置 b) 屋外設置、ポンプ、フィルター、シェッド付 c) C 重油清浄機、5 m <sup>3</sup> 小出し槽追加、配管設備  a) 容量:1,000 m <sup>3</sup> 、垂直型屋外設置、ヒーター追加 b) 屋外設置、5 m <sup>3</sup> にヒーター追加 c) 電気式ラインヒーター、フィルターの追加 d) エンジン用冷却器交換、ターボチャージャー用潤滑油設備追加 e) スラッジセパレーター、油水分離器交換 f) 高さ 16m に改造
3) 電気設備 ① 新規調達設備 a) 所内共通電源盤 b) 燃料操作盤 c) スラッジ盤 d) 共通警報盤 ② 既設改造設備 a) 発電機制御盤 b) 同期・警報盤 c) No. 1 低圧動力盤 d) No. 2 低圧動力盤	1 式 1 式 1 式 1 式  2 式 1 式 1 式 1 式	a) 自立型、屋内設置 b) 自立型、屋外設置 c) 自立型、屋内設置 d) 自立型、屋内設置  a) 自立型 b) 自立型 c) 自立型 d) 自立型
4) 発電設備用予備品 通常運転用(消耗品)	16,000 時間	C 重油清浄器用ガスケットキット、シールキット等

4) 既設設備基礎改修計画

燃料供給装置の改造計画に伴い、ディーゼル油貯蔵タンク (300m<sup>3</sup> ×1 基) を既設燃料タンクヤードに隣接した場所に新設する。また既設の廃油処理施設内の土間を改造し、新設のスラッジ処理設備の設置場所とする。

① 基礎形式

既設の 1,000m<sup>3</sup> 燃料タンクの基礎は 1996 年に直接基礎形式で施工されたが、現在まで不等沈下、ヒビ割れなどの不具合は発生していない。更に、ボーリング試験及び平板載荷試験の結果より、ディーゼル油貯蔵タンク新設予定地の地盤条件は、タンクの基礎を支持する上で良好であると判断されることから、直接基礎形式を採用する。

## (2) 発電設備増設計画

### 1) 基本事項

当該発電設備は既存の C5 発電所内に設置されるため、利用可能な敷地が限定されることから、主要機器の仕様・配置、並びに配管および配電線ルートを選定に当たっては、運転・維持管理の容易性および据付費、運転費の経済性に重点を置くと共に、既設発電設備の運転・維持管理に支障がないよう十分に配慮する。なお、主要設備は既存発電建屋内に設置されるが、ラジエーターをはじめ補機の一部は屋外に設置されるので、風雨および土ぼこり等のサイト条件を考慮する。

22kV 送電ケーブルの敷設工事においては、既存 C6 発電所への新規ケーブル接続および同発電所と GS-1 変電所間のケーブル更新時には、これら設備の一部を停電して実施する必要があるため、市民への影響を最小とするような施工計画を立案する必要がある。

発電設備増設工事で整備される機材内容については、以下の基本事項および計画内容を基に選定する。基本設計図 G-01 および G-02 に全体配置図と発電設備配置図、E-01 および M-01～07 に全体電気および機械関係の系統図を示す。

#### ① 発電方式

発電方式は既存設備がディーゼル発電であること、および「カ」国側の要請、並びに運転・維持管理の容易性を考え合わせディーゼル発電方式とする。

#### ② 制御方式

制御方式は既存発電設備と同様に遠方および手元操作の両方式を採用する。なお、遠方操作は既存の監視・制御室から行うこととするが、ディーゼルエンジンの起動・停止は安全性を考慮した手元（機側）操作も採用する。

#### ③ 燃料

EDC が所有する既存の発電設備では、ディーゼル油と C 重油の両方が使用されているが、C 重油は価格がディーゼル油の約 6 割程度であり、ポンプでも容易に調達可能である。EDC は発電原価の低減を課題としていること、および EDC が所有している発電所の内、新しい発電所では C 重油が使用されていること等を考慮し、本計画では C 重油を主燃料として採用する。

なお C 重油を主燃料とした場合、低負荷では燃料の燃焼状態が悪くなるため、C 重油焚きで運転可能な最低出力は定格の約 50% で、5MW 機では約 2.5MW となる。C5 発電所における既存発電設備はほとんど定格出力で運転されており運用上支障は生じないが、起動・停止時の約 30 分間、および C 重油供給系統にトラブルが発生した場合はディーゼル油を使用することとなり、ディーゼル油運転用の設備も計画する必要がある。燃料の切り替えは負荷状況より自動／手動の両方で行えるよう考慮する。

#### ④ 潤滑油

既設で使用している潤滑油と同じものを新設設備にも使用すれば、既存設備との融通性および保管場所の削減等を図る上で望ましいが、新設用は入札後、製造会社の推奨により決定する。

#### ⑤ 冷却水

本計画で使用する冷却水は市水で、この組成を表 3-2-12 に示す。

### 2) 計画内容

2004 年 3 月末におけるプノンペン電力系統の需要予測を添付 7-(2)に示す。これを基本においた計画内容は以下のとおりである。

#### ① 発電設備の出力と単機容量

添付 7-(2)に示す通り、2005 年以降、プノンペン電力系統の電力需給バランスはマイナス（供給力不足）に転じ、本計画が実施されなければ 2007 年には約 9MW の供給力不足が発生する。2007 年の最大需要電力を満足し、若干の供給予備力を確保するためには、10MW 程度以上の発電設備が当該年度に投入される必要がある。本計画ではプノンペン市の電力危機を緊急的に回避するため、必要最小限の資機材を供与することを基本方針としていることから、本計画で新設する発電設備の出力規模は 10MW とする。この観点から、「カ」国の要請した発電規模（10MW）は妥当であると判断される。単機容量については、発電設備が既設発電所に据付けられることもあり、EDC が保守・運用に精通し、かつ既存設備と同じ 5MW が妥当と判断できる。

#### ② 回転数

我が国の電力会社では、単機容量 2 MW 以上のベース負荷用ディーゼル発電設備は、経済的な運転・維持管理のために、一般的に回転数は 750 rpm 以下の中速機を採用しており、運転実績も多い。一方、「カ」国における既存の中型ディーゼル発電設備の回転数も大部分が 750 rpm であり、使用する潤滑油の性状等の互換性を考慮し、本計画のエンジンの回転数は 750 rpm 以下とする。

#### ③ 機械関係の附帯設備計画

附帯設備は、運転・維持管理の容易性、省エネルギーおよび設備調達費等の経済性を考慮すると共に、既存設備との協調性を考慮し、可能な限り共通設備方式を採用する。計画の概要は下記のとおりである。

##### (a) 燃料供給計画

本計画では増設発電設備用の燃料供給系統は、燃料転換時に設置する C 重油用移送ポンプおよび既存のディーゼル油移送ポンプの吐出側配管から分岐する計画であり、分岐点以降に増設用燃料供給設備を設置する。基本設計図 M-02 に燃料系統を示す。

(b) 潤滑油設備

エンジン用の潤滑油タンクは一般的に共通台床内に設置されているが、本計画では維持管理を容易にするため別置型とする。潤滑油に混入した異物を除去するため、潤滑油系統にフィルター式の濾し器を設置する。エンジンと発電機用潤滑油は既存建屋内でドラム缶から電動ポンプで直接タンクに供給する。ターボチャージャー用の潤滑油はドラム缶から手動式ポンプで供給する。基本設計図 M-03 に潤滑油系統図を示す。

(c) 冷却水設備

冷却水の消費量を低減し、維持管理の容易性を確保するため、ラジエーター方式による密閉循環方式を採用する。冷却水は既存のフィードウォーターバッファータンクから循環ポンプを介し、高温/低温サービスタンクへ供給する。基本設計図 M-04 に冷却水系統図を示す。

(d) 始動設備

ディーゼルエンジンの始動方式は、前回協力で採用したものと同様、大きな始動トルクに有利な圧縮空気による始動方式を採用する。空気圧縮装置は、電動機駆動方式を採用する。既存の空気圧縮設備は製造後約 10 年を過ぎており、老朽化により信頼性が低下してきているため、本計画で増設発電設備始動用として空気圧縮設備を新設する。併せて、本計画で既存の圧縮空気配管を改造し、増設発電設備用の圧縮空気系統に接続し、既設設備の信頼性の向上を計る。なお、圧縮空気槽の容量は、既存同様エンジンを 3 回始動できるものとする。基本設計図 M-05 に圧縮空気系統図を示す。

(e) 吸排気設備

エンジンからの騒音を考慮し、燃焼用空気に必要な吸気設備を発電機建屋屋外に設置し、エンジンからの排気は屋外設置のサイレンサを経て排出する。基本設計図 M-06 に吸排気系統図を示す。

(f) スラッジ処理設備

本計画ではエンジンおよび補機から排出される廃油は既存のスラッジ回収タンクに接続する。基本設計図 M-07 にスラッジ処理系統図を示す。

(g) 配管経路

本計画には圧縮空気配管、冷却水配管および燃料・ドレン配管がある。配管系統の維持管理の容易性を確保するため、トレンチ内またはサポートで布設する。なお、誤操作防止および保守の容易性を考慮し、各配管は用途別に色分けする。

④ 電気設備計画

基本設計図 E-01～E-03 に当該発電設備の単線結線図を示す。

(a) 電気方式

電気方式の条件は、既存設備で採用している下記とする。

- a) 公称電圧                    22 および 6.3 kV、3 相 3 線式  
                                  400-230 V、3 相 4 線式 (3 相+中性線)  
                                  DC 110 V、2 線式
- b) 周波数                     50 Hz
- c) 遮断容量                 22 kV 系統： 25 kA (1 秒、対称値)  
                                  6.3 kV 系統： 20 kA (1 秒、対称値)
- d) 接地系                     直接接地系
- e) 基準衝撃絶縁強度       22 kV 系統： BIL 125 kV、AC50 kV  
                                  6.3 kV 系統： BIL 60 kV、AC 20 kV
- f) 表面漏洩距離             20 mm/kV
- g) 直流制御電圧             DC 110 V
- h) 許容電圧変動             22 kV 系： +5 ~ -5 %  
                                  6.3 kV 系： +5 ~ -5 %  
                                  400-230 V 系： +5 ~ -5 %  
                                  DC 110 V 系： +5 ~ -10 %

(b) 電力設備

電力設備は、既存の方式および自然条件を考慮し下記とする。

- a) 相の識別                    IEC 規格 (赤、黄、青、黒)
- b) 碍子                        磁器製、白色 (屋内)
- c) 汚損区分                    IEC 規格 (中汚損地域)
- d) 配電盤の保護等級および板厚：

用途	板厚	保護等級
屋外用	2.3 mm 以上	IP53 以上
屋内用	1.6 mm 以上	IP20 以上

(c) 発電機

発電機出力は既設と同じ容量であり、維持管理の容易性を考慮し、既存と同じ 3 相 3 線式、同期発電機、水平軸、空気冷却、突極または非突極とし、空気冷却用に穴のあいた取り外し可能なカバー付とする。また、発電機電圧も既存設備と同様に 6.3 kV を採用する。主な仕様は以下の通りである。

- a) 定格                        連続
- b) 容量                        6,250 kVA 以上
- c) 電圧                        6.3 kV
- d) 周波数                     50 Hz
- e) 力率                        0.8 (遅れ)
- f) 回転数                     ディーゼルエンジンと同じ (エンジン直結式)
- g) 励磁方式                 ブラシレス、サイリスタ方式
- h) 中性点接地方式         変圧器設置 (高抵抗接地)

(d) 22 kV 高圧設備

発電電圧（6.3kV）は、C6 発電所と同様に、プノンペン配電電圧である 22kV に直接昇圧し、設備の省力化を図ると共に、既設発電機の同期はこの 22kV 高圧盤で行う。同高圧盤は既存高圧盤室に設置予定であるが、設置場所が十分でないため、既存 15kV 高圧盤で現在使用されていないものを一部取り除き、設置スペースを確保する。操作場所は、運転・維持管理の容易性および既存の方式を考慮して、現場および監視・制御室から行えるものとする。

同高圧盤に使用される遮断器は環境を配慮し、PCB およびフロン等を含まない真空遮断器を採用し、22kV 高圧盤の構成は下記の 5 面とする。

- ・ 発電機盤(2 面)
- ・ 母線連絡盤(2 面)
- ・ 所内動力変圧器フィーダ盤(1 面)

一方、昇圧用主変圧器は、既存変圧器と同様に屋外設置型とし、維持管理の容易性の観点から既存変圧器の横に設置する。所内変圧器も同様に屋外設置型とし、安全性を考慮し防護柵を設ける。

なお、変圧器の柵内に、励磁用変圧器、変成機および中性点変圧器用の 6.3kV 盤を設置する。

(e) 低圧動力盤

関連する全ての補機へ電力を供給し制御するために、400-230 V 低圧動力盤を設置する。なお、電源供給側の事故による供給停止を考慮し、既設 1、2 号機用低圧動力盤からの非常用電源の供給が可能なように計画する。これらの低圧動力盤は下記で構成する。

- ・ 低圧所内動力盤(1 面)
- ・ 3 および 4 号機用低圧動力盤(合計 2 面)
- ・ 共通設備用動力盤(1 面、3 および 4 号機用)
- ・ 直流設備(1 面)

既存低圧動力盤は監視・制御室に設置されているが、同室には本計画で調達予定の上記低圧動力盤を設置する十分なスペースがなく、既存のケーブルピットにも新規ケーブル布設スペースがない。従って、本計画では既存の倉庫を電気室に改造し、上記の低圧動力盤を設置することとする。これにより、関連補機とのケーブル接続が容易となり、かつ省力化が図れ経済的にも有利となる。

(f) エンジン現場盤

エンジンの機側に、エンジン運転状態監視用および現場での発停用の現場盤を設ける。

(g) 直流電源装置

既存の直流電源設備は新設設備の操作・監視用電源としての容量が十分でないため、本計画で制御および遮断器等の操作用電源として、110V 直流電源装置を新規に設置する。

(h) 接地設備

本計画に必要な接地設備は以下のとおりである。

- ・ 電力系統の地絡保護を目的とする接地設備
- ・ 金属体、電気機器からの感電防止を目的とする接地設備
- ・ 燃料タンクの接地(独立接地)

(i) ケーブル布設

ケーブル布設方法は既設同様に、発電建屋内のケーブルはトレンチ、トレイまたは管路に布設する。発電建屋外のケーブルは管路内または直接埋設とする。トレンチまたは管路内に布設するケーブルは外装不付ケーブルとし、直接埋設するケーブルは安全性を考慮して、外装付ケーブルとする。なお、ケーブルの仕様は、施工性を考慮して銅導体とし、絶縁材は汎用の架橋ポリエチレンとする。

(j) 計測機器

計器の精度は電気事業用かつ発電所用であることから、電力量計等の積算計は設備の性能および経済的運用に直接関係するので、特別精密級の1.0級とし、電流計・電圧計・圧力計等の指示計は運転状態の確認が主目的であることより1.5級以上とする。ただし、所内低圧動力用の電力量計は1.0級の精密級とする。

3) 主要機器の概略仕様

本計画で建設される発電設備の主要機器概略仕様を表3-2-14に示す。

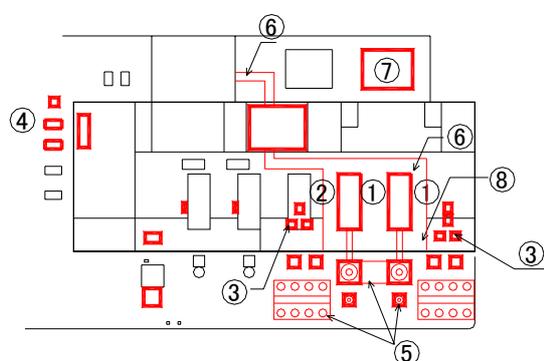
表 3-2-14 主要機器の概略仕様(増設)

主要機器名	数量	概略仕様
1) ディーゼル発電設備 (a) ディーゼルエンジン	2 台	運転定格: 連続 出力: 5 MW 回転数: 750 rpm 以下 エンジン型式: 4 サイクルディーゼル機関 冷却方式: ラジエーター方式 燃料: 重油、燃料小出し槽付共通架台および防振装置付
(b) 発電機	2 台	運転定格: 連続 定格出力: 6.25 MVA 相数: 3 相 3 線 定格電圧: 6,300 V 回転数: 750 rpm 以下 力率: 0.8(遅れ) 周波数: 50 Hz 巻線接続方式: Y(中性点変圧器接地) 励磁方式: ブラシレス、サイリスタ方式
2) 主変圧器	2 台	定格: 連続、屋外設置 容量: 6.3 MVA 相数: 3 相 3 線 定格電圧: 高圧: 22kV ±2x2.5% 低圧: 6,300 V
3) 所内変圧器	1 台	運転定格: 連続 容量: 1.6 MVA 相数: 3 相 3 線 定格電圧: 高圧: 22kV ±2x2.5% 低圧: 400-230V(3 相 4 線)
4) 電気設備		
a) 監視・制御盤	2 式	a) 自立型、発電機及びその補機の監視・制御
b) 保護継電器盤	2 式	b) 自立型
c) 高圧監視・継電器盤	1 式	c) 自立型、22 および 6.3 kV 用
d) 22 kV 高圧盤	2 式	d) 自立型、真空遮断器、屋内設置
e) 6.3 kV 高圧盤	1 式	e) 自立型、屋内設置
f) 400 V 低圧盤	1 式	f) 自立型、ACB および MCCB、屋内設置
g) 直流電源盤	1 式	g) 自立型、屋内設置
h) 配線材料	1 式	h) 電線、電線用配管、トレイ等
5) 機械設備		
a) C 重油供給設備	1 式	a) C 重油清掃機、5 m <sup>3</sup> バッファータンク、5 m <sup>3</sup> 小出し槽
b) ディーゼル油供給設備	1 式	b) 5 m <sup>3</sup> ディーゼル油小出し槽
c) 燃料供給設備	1 式	c) 電気式ラインヒーター、フィルター、ポンプ
d) 潤滑油設備	1 式	d) 潤滑油冷却器、清浄機、7 m <sup>3</sup> サンプタンク
e) 冷却水設備	1 式	e) ラジエーター、冷却水タンク・ポンプ
f) 圧縮空気設備	1 式	f) 空気圧縮機、エアーレシーバー
g) スラッジ処理設備	1 式	g) 2 m <sup>3</sup> 廃油収集タンク
6) 発電設備用予備品 通常運転用(消耗品)	16,000 時間	オイルフィルターエレメント、潤滑油フィルターエレメント、O-リング、燃料噴射ノズル、軟水化装置用イオン交換樹脂等

#### 4) 発電設備基礎の計画

本計画に伴う機器基礎の新設及び改修工事の主項目は以下の通りである。

主項目		工事内容
①	新設発電設備基礎	2 基分新設 (既存の基礎は 2 基共撤去)
②	既存発電設備基礎	既存基礎 1 基分撤去 (跡地を新設補機用に使用する)
③	屋内補機基礎	新設
④	変圧器基礎	新設
⑤	屋外補機基礎	新設 (既設基礎は撤去)
⑥	ケーブルピット	新設
⑦	ブロー室	新設
⑧	補機ピット	既設ピット改修

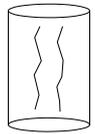


機器配置計画図

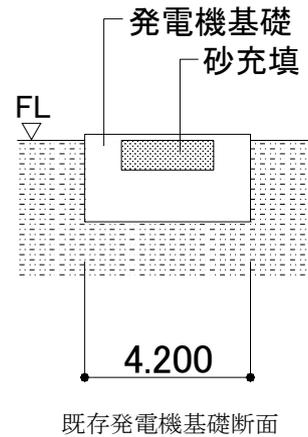
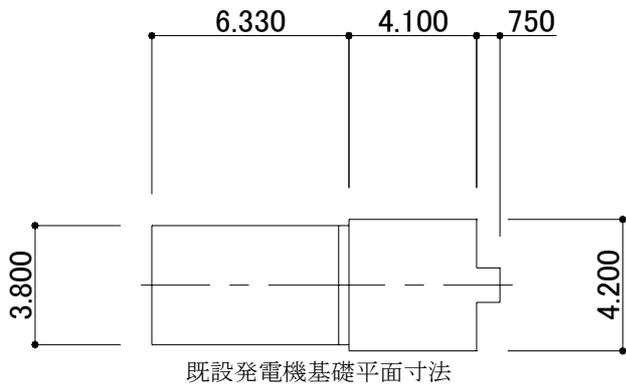
##### ① 発電機基礎の改修計画

発電所内には旧ソ連時代に造られ、現在使用されていない既存の発電機基礎が 3 基有るが、長さ、幅、厚み、位置等が新設の発電機の仕様に合致しない。また表 3-2-15 に示されるように、既存基礎のコンクリートの強度を調査する目的で 4 カ所の異なる部分でコア抜き圧縮試験を行った結果、所定の圧縮強度は示したが、密度が低く ( $2.26 \sim 2.31 \text{ t/m}^3$ )、破壊形状がせん断破壊ではなく割裂状態の破壊を示したことから脆い性質のコンクリートであると言える。さらに基礎は完全なコンクリート塊ではなく内部に砂が充填されていることが調査の結果判明した。これらの調査結果より、既存の基礎は新設の発電設備の重量 (80 トン～100 トン) や振動機器を支えるには強度的にも不十分であると判断されるので本計画ではそれらを撤去した後、適正な基礎を新設するものとする。基礎形式としては平板載荷試験とボーリング試験の結果より計画地の地盤は発電機の基礎及び補機器類の支持には十分であると考えられるので、基礎形式は直接基礎形式を採用する。また、発電機の振動特性を十分考慮し、少なくとも重量比で発電機の重量の 1.5～2.0 倍の重量を有する基礎設計とすることが重要である。

表 3-2-15 コンクリート圧縮試験結果

試験日	2004年4月2日						
試験体採取場所	既存発電機基礎						
試験体番号	試験体寸法 (cm)		断面積 (cm <sup>2</sup> )	密度 (t/m <sup>3</sup> )	破壊荷重 (kgf)	圧縮強度 (MPa)	破壊形状
	長さ	直径					
No.1	17.45	10	78.54	2.31	208.0	27.00	
No.2	破損						
No.3	19.60	10	78.54	2.30	232.0	30.12	
No.4	19.85	10	78.54	2.26	182.0	23.62	

1MP=10kg/cm<sup>2</sup>



### 3-2-3 基本設計図

基本設計の関連図面を添付9に、図面リストを以下に示す。

- G-01 全体配置図
- G-02 発電設備配置図
- E-01 全体単線図
- E-02 22/6.3kV 単線結線図
- E-03 低圧単線結線図
- M-01 凡例リスト
- M-02 燃料油系統図
- M-03 潤滑油系統図
- M-04 冷却水系統図
- M-05 圧縮空気系統図
- M-06 吸排気系統図
- M-07 廃油系統図

### 3-2-4 施工計画／調達計画

#### 3-2-4-1 施工方針／調達方針

本計画は、我が国の無償資金協力制度の枠組みに基づき実施される。従って、本計画は我が国政府により事業実施の承認がなされ、両国政府による交換公文(E/N)が取り交わされた後に実施に移ることとなる。以下に本計画を実施に移す場合の基本事項および特に配慮を要する点を示す。

##### (1) 事業実施主体

「カ」国側の本計画実施の責任機関は鉱工業エネルギー省 (MIME)であり、本計画の実施機関はカンボジア電力公社 (EDC) で、EDC はカンボジアにおける電力事業の調査、計画、建設、運営、維持管理まで一切の事業を行っている。EDC の本計画の実施体制は、前述(2-1-1 参照)したとおりである。「カ」国側は、日本のコンサルタントおよび請負業者と密接な連絡並びに協議を行い、本計画の実施を円滑に進めるため、本計画を担当する責任者を EDC 内に選任する必要がある。

選任された責任者は、発電所員およびその他の「カ」国政府関係者に対し、本計画の内容を説明し把握させ、建設予定地周辺の住民に対しても十分な説明をし、計画内容の理解を得ると共に、建設工事実施中の安全確保について注意を促し、本計画の進行および維持管理に対し協力するように指導する必要がある。

##### (2) コンサルタント

本計画の施設建設および機材調達・据付工事を実施するため、日本のコンサルタントが「カ」国政府と設計監理契約を締結し、本計画に係わる実施設計と施工監理業務を実施する。また、コンサルタントは入札図書を作成すると共に、事業実施主体である EDC が実施する、入札資格審査と入札実施業務を補助する。

##### (3) 請負業者

我が国の無償資金協力の枠組みに従って、公開入札で「カ」国側によって選定された日本国法人の請負業者が、本計画の施設の建設と資機材の調達および据付工事を実施する。

請負業者は本計画の完成後も、引き続き予備品の供給、故障時の対応等のアフターケアが必要であり、当該設備引渡し後の連絡調整体制を構築する必要がある。

##### (4) 技術者派遣の必要性

本計画の燃料転換工事を含む発電所増設工事は、発電設備基礎工事と発電設備据付工事が同時期に行われる複合工事である。このため、工期、品質、安全性の確保から工事全体を一貫して管理・指導できる現場所長の派遣が必要である。

また、当該発電設備の据付工事には、設備の性能・機能および構成に関して幅広い知識と熟練した技術が必要である。従って、当該主要設備の据付期間および試運転・調整時にそれぞれの専門家を発電設備資機材製造会社から派遣する必要がある。

また、一般に機器の故障はバスタブカーブで表わされるように、故障期間は初期故障、偶発故障および摩耗故障期間の3つに分類できる。この内、運転開始後、比較的多く発生する初期故障に対し、適切な補修を行うことは、その機器寿命を維持する上で非常に重要である。従って、本計画では、この初期故障に対する補修技能習得の支援として、E/N 期限内での電気および機械技術者による技術指導（実習教育）のための講師派遣を考慮する。

### 3-2-4-2 施工上／調達上の留意事項

#### (1) 「カ」国の建設事情

- 1) 「カ」国では建設工事に携わる作業員（労務者）の確保は可能であるが、工程、品質、安全管理等の専門技術を持った熟練作業員や技術者は少ない。従って、日本の請負業者は必要に応じて日本から技術者又は熟練作業員を「カ」国へ派遣する必要がある。
- 2) 本計画で調達する中型発電設備の据付・調整等の経験がある技術者の「カ」国での調達は困難であり、3-2-4-1(4)に示したとおり、工事工程の管理も含めて日本から技術者の派遣を計画する。
- 3) 本計画の施設建設工事用および機材の内陸輸送、据付工事に必要な最低限の建設機械については、「カ」国で調達可能であるので現地調達で計画する。

#### (2) 施工計画上の注意点

- 1) 当該地の5月～10月は雨期に相当し、この期間の屋外での基礎工事や掘削作業および22 kV 高圧ケーブルの端末処理作業については雨よけおよび雨水排水計画を立案する等、雨水対策を考慮すると共に工程計画上の留意が必要である。
- 2) 燃料転換工事と発電設備の据付工事は基礎工事、建築設備工事等と平行して実施し、停電に伴う住民への影響を最小限とすると共に工程の短縮を図る。
- 3) 燃料配管や電力ケーブルのための屋外掘削工事に際しては、既設埋設物の上下水道配管および電話線等に十分注意して作業を行い、併せてC6発電所への燃料油供給に支障が生じないように工程を立案する必要がある。
- 4) 発電所増設工事においては、契約工期を厳守するため、発電機据付工事と建築設備工事が同時進行となり、上下並行作業が発生する可能性が大きいため、日常の安全管理に留意する必要がある。
- 5) 既存樹木の伐採等を伴う工事が発生した時は、時期、伐採規模等を事前にEDCと確認し、かつ、環境破壊および住民問題とならないように事前に関係省庁の確認および住民の理解を得るよう対処する。

### 3-2-4-3 施工区分／調達・据付区分

我が国と「カ」国側の施工および調達・据付区分は表 3-2-16 に示すとおりである。

表 3-2-16 日本国側と「カ」国側の施工区分

施工項目	調 達(負担)		据 付(実施)		備 考
	日本	「カ」国	日本	「カ」国	
<b>1. 共通事項</b>					
(1) スラッジ除去を含む既設ディーゼル油貯蔵タンク2基の清掃	-	○	-	○	日本側工事開始前までに完了
(2) C6発電所に必要なディーゼル油貯蔵タンクの建設	-	○	-	○	同上
(3) 既設1号エンジンの修復と修復工事中に新しく発見された損傷の修復工事	-	○	-	○	2004年7月中旬まで
(4) 建設予定地への進入道路の清掃と障害物の撤去	-	○	-	○	もし必要なら日本側工事開始前までに完了
(5) 本工事实施に伴う計画停電の需要家への広報活動	-	○	-	○	もし必要なら
(6) 環境省からIEIAの承認取得	-	○	-	○	2004年5月末まで
(7) 本計画のために調達される資機材の仮置き場の提供	-	○	-	○	日本側工事開始前までに完了
(8) 現場事務所、仮設倉庫等の建設	○	-	○	-	
(9) 電気、水道、排水等の接続口の準備	-	○	-	○	日本側工事開始前までに完了
(10) 工事期間と試運転期間の電気代	-	○	-	○	
(11) 工事期間と試運転期間の水道代	○	-	○	-	
(12) 工事期間と試運転期間の潤滑油代	○	-	○	-	
<b>2. 既設発電設備の燃料転換工事</b>					
(1) 工事に必要な資機材の調達(新ディーゼル油貯蔵タンクの建設を含む)	○	-	-	-	
(2) 上記資機材の据付工事	-	-	○	-	
(3) 既設ディーゼル油貯蔵タンクの重油タンクへの改造工事と重油供給ラインの加熱保温設備	○	-	○	-	
(4) 既設のエンジン(2基)および関連補機の燃料転換に関わる改造工事	○	-	○	-	
(5) 既設電気品の改造工事	○	-	○	-	
(6) 燃料転換工事に関わる土木工事の実施	○	-	○	-	もし必要なら
(7) 据付・保守作業マニュアルの作成	○	-	○	-	
(8) テスト器具・工具	○	-	-	-	工事期間中は施工会社が使用する。
(9) 現場試験	○	-	○	-	
(10) 技術移転(OJT and soft component)	○	-	○	-	座学はEDC研修所で行う
(11) 予備品の供給	○	-	○	-	2年分
<b>3. 3, 4号発電設備の増設</b>					
(1) ディーゼルエンジン、発電機、補機類の調達	○	-	-	-	
(2) 上記機材の据付	-	-	○	-	
(3) 昇圧変圧器、所内用変圧器、22kVしゃ断盤、低圧動力盤、直流電源設備等の電気品の調達	○	-	-	-	
(4) 上記電気品の据付	-	-	○	-	
(5) C6発電所を経由してGS-1変電所までの22kVケーブルの調達と据付	○	-	○	-	

施工項目	調 達(負担)		据 付(実施)		備 考
	日本	「カ」国	日本	「カ」国	
(6) 建築設備(照明、火災報知器等)を含む基礎工事の実施	○	-	○	-	既設エンジン基礎は取り壊す
(7) 据付・保守作業マニュアルの作成	○	-	-	-	
(8) テスト器具・工具	○	-	-	-	工事期間中は施工会社が使用する。
(9) 現場試験	○	-	○	-	
(10) 技術移転(OJT and soft component)	○	-	○	-	座学はEDC研修所で行う
(11) 予備品の供給	○	-	-	-	2年分

備考;○印が実施担当側

### 3-2-4-4 施工監理計画/調達監理計画

我が国の無償資金協力制度に基づき、コンサルタントは基本設計の趣旨を踏まえ、実施設計から施工監理までの一貫したプロジェクトチームを編成した上、円滑な業務実施を図る。コンサルタントは工事期間中、現地に最低限一人の技術者を駐在させ、工程監理、品質管理、安全管理を実施する。また、施設建設、設備の据付、試運転・調整、引渡し試験等の工事進捗に併せて関連する専門技術者を派遣し、請負業者が実施するそれら工事の監理を行う。

更に、必要に応じて、国内および第三国で製作される資機材の工場立会い検査および出荷前検査に立会い、資機材の現地搬入後の不具合を未然に防ぐように監理する。

#### (1) 施工監理の基本方針

コンサルタントは、本計画が所定の工期内に完成するよう工事の進捗を監理し、契約書に示された品質および資機材の納期を遵守すると共に工事が安全に実施されるように、請負業者を監理・指導することを基本方針とする。

以下に主要な施工監理上の留意点を示す。

##### 1) 工程監理

請負業者が契約時に計画した実施工程と、その進捗状況との比較を以下の項目毎に各月および週毎に行う。遅れが出ると予想される時は、請負業者に警告を出すと共に、その対策案の提出を求め、工期内に工事および資機材の納入が完了する様に指導する。

- ① 工事出来高確認（資機材の工場製作出来高を含む）
- ② 資機材の船積時期の確認
- ③ 仮設工事および建設機械準備状況の確認
- ④ 資機材搬入実績確認（発配電用資機材および建設工事）
- ⑤ 技術者、技能工、労務者等の歩掛りと実数の確認

2) 安全管理

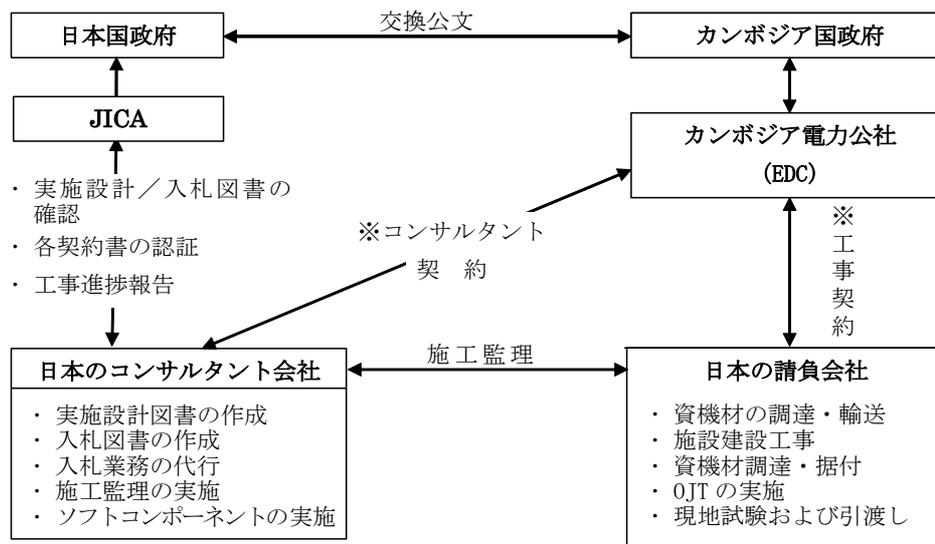
請負業者の責任者と協議・協力し、建設期間中の現場での労働災害および第三者に対する事故を未然に防止するための安全管理を行う。

現場での安全管理に関する留意点は以下のとおりである。

- ① 安全管理規定の制定と管理者の選任
- ② 安全管理規定の励行と定期的な確認
- ③ 建設機械類の定期点検の実施による災害の防止
- ④ 工事用車両、建設機械等の運行ルートの方策と徐行運転の徹底
- ⑤ 労務者に対する福利厚生対策と休日取得の励行

(2) 計画実施に関する全体的な関係

施工監理時を含め、本計画に係わる実施担当者の相互の関係は、図 3-2-1 に示すとおりである。



※備考：コンサルタント契約および工事契約には日本国政府の認証が必要である。

図 3-2-1 事業実施関係図

### (3) 施工監督者

工事請負業者が実施設計図書に合致した施設建設および資機材調達・据付工事を工期内に完成させるためには、工事全体を総合的に判断できる十分な経験を有し、かつ、技術指導のできる能力が必要であり、品質確保のためにも、同種プロジェクトの経験を十分持つ施工監督者の派遣が望ましい。

計画の規模、内容から必要とされる請負業者側の常駐施工監督者の人数、種類は次のように想定される。

☆ 現場所長 (1名)：施工全般の管理(土建および機電)

上記の他、施工項目毎に工程に合わせ必要に応じて、機器据付・試験調整等の専門技術者派遣が必要である。主な専門技術者としては下記が想定される。

☆ 電気技術者-1	発電機据付
☆ 電気技術者-2	発電機試験
☆ 電気技術者-3	22kV 及び 6.3kV 高圧設備
☆ 電気技術者-4	22kV 及び 6.3kV ケーブル処理
☆ 電気技術者-5	盤据付・配線工事
☆ 電気技術者-6	全体の OJT
☆ 電気技術者-7	変圧器調整・試験
☆ 機械技術者-1	エンジンおよび補機据付
☆ 機械技術者-2	試験
☆ 機械技術者-3	補機組立・据付・試験
☆ 機械技術者-4	全体 OJT
☆ 機械技術者-5	溶接工
☆ 建築設備-1	
☆ 土木基礎-1	

### 3-2-4-5 品質管理計画

コンサルタント契約図書（技術仕様書、実施設計図等）に示された施設・資機材の品質が、請負業者によって確保されているかどうかを、下記の項目に基づき監理を実施する。品質の確保が危ぶまれる時は、請負業者に訂正、変更、修正を求める。

- (1) 資機材の製作図および仕様書の照査
- (2) 資機材の工場検査立会い又は工場検査結果報告書の照査
- (3) 梱包・輸送および現地仮置き方法の照査
- (4) 資機材の施工図および据付要領書の照査
- (5) 資機材に係る工場および現場における試運転・調整・検査要領書の照査
- (6) 資機材の現場据付工事の監理と試運転・調整・検査の立会い
- (7) 施設施工図と現場出来型の照査
- (8) 竣工図の照査

### 3-2-4-6 資機材等調達計画

本計画に使用するものと同種の施設建設用資機材および発電設備用資機材は、殆んど「カ」国では製造・製作されておらず、海外から輸入されている。建設用資材の一部（骨材、セメント、型枠材等）は「カ」国の市場で購入可能であるが、他の資機材は納期および品質の保証等が困難であるので、日本または第三国より調達する。

前回協力で調達された発電設備用資機材は全て日本製であり、EDC の運転・維持管理要員は日本製の資機材の取り扱いに慣れている。また、本計画で調達される発電設備は、既設の日本製発電設備に隣接して据え付けられ、並列運転されること、更に日本の製造会社のアフターサービス体制が整備されていることから、EDC から日本製の資機材を本計画でも調達して欲しい旨の強い要望が出されている。一方、低圧ケーブルや配管材等については、近年 ASEAN 諸国製品（タイ、シンガポール製品等）が「カ」国の市場に出回っていることもあり、本計画でも同資機材は第三国（ASEAN）調達を検討する。

従って、本計画に使用する資機材の調達先は、規格、仕様、品質、生産、供給の安定性、運転・維持管理の容易性、予備品調達や故障時におけるアフターサービス体制等を総合的に比較検討した結果、表 3-2-17 のとおりとする。

表 3-2-17 資機材調達先

資機材	調達先		
	「カ」国	日本国	第三国
燃料油、冷却水	○	-	-
潤滑油	○	○	-
(建設工事用資機材)			
砂、砂利	○	-	-
セメント	○	-	-
生コン	○	-	-
鋼材	-	○	○
鉄骨	-	○	○
建築設備、仕上材	-	○	○
(ディーゼル発電設備用資機材)			
ディーゼルエンジン、発電機(発電機盤、遠方監視制御盤等)	-	○	-
同上用補機(燃料供給設備、冷却水設備、圧縮空気設備等)	-	○	-
同上用配管材及び付属品	-	○	○
電気設備(変圧器、22kV-CB 盤、動力制御盤、直流電源設備等)	-	○	-
電設資材(22kV 及び 6.3kV ケーブル及び付属品等)	-	○	-
電設資材(低圧ケーブル、電線管、ラック及び付属品等)	-	○	○
オイルタンク	-	○	○
ディーゼル発電設備用予備品	-	○	-
ディーゼル発電設備用保守用道具	-	○	-
(建設機械/輸送用車輛)			
建設機械(トラッククレーンは 45ton まで)	○	-	-
45ton を超えるトラッククレーン	-	-	○
低床トレーラー(エンジン輸送用)	-	-	○

### 3-2-4-7 ソフトコンポーネント計画

#### (1) 背景

本計画の第 1 期では、C5 発電所の既設ディーゼル発電設備（5MW×2 基）をディーゼル油焚きから C 重油焚きに転換し、第 2 期として新規に C 重油焚きのディーゼル発電設備（5MW×2 基）

を設置する。

C 重油は燃料単価がディーゼル油の約 6 割程度であることから、発電コストの低減に大きく寄与する反面、ディーゼル油に比べて粘度が高く、スラッジ分を多く含むことから燃焼が難しい。C 重油焚きへの燃料転換後、ディーゼル発電設備を安定的に運転するためには、燃料の燃焼管理、燃焼システムの維持管理、燃料管理、潤滑油管理、冷却水管理、スラッジ処理管理を、入念にかつ継続的に実施する必要がある。

本計画対象の C5 発電所の運転要員は、既設のディーゼル油焚きディーゼル発電設備の運転経験はあり、また各要員は EDC の研修センターで発電及び安全に関する一般的な座学研修を受講している。しかしながら、C 重油焚きディーゼル発電設備について、系統的な技術指導を受けた経験は無く、C 重油焚き運転で必要となる燃料の燃焼状況から燃料組成に亘る燃焼システム管理、更には潤滑油、冷却水、スラッジ処理などの基本的な C 重油燃料に対するシステム管理の経験が無い。

そのため、本計画でディーゼル油焚きから C 重油焚きに燃料転換される既設ディーゼル発電設備、及び新設される C 重油焚きディーゼル発電設備を効率的に運転し、適切な維持管理を継続的に実施するためには、C5 発電所要員に対して本計画のディーゼル発電設備の供用開始前に、燃料の燃焼理論から C 重油焚きディーゼル発電設備の運転維持管理までの一貫した知識・技術を移転し、必要な管理能力を確保することが重要である。

なお、調達機材に関する個別の運転・維持管理方法は、工事請負会社が C5 発電所要員に対する OJT として本計画の工事期間中に技術指導を行うが、本ソフトコンポーネントを通じてコンサルタントは C 重油焚きディーゼル発電設備のシステム運用、ディーゼル燃焼理論、燃焼管理、燃焼設備の維持管理、燃料管理、潤滑油管理、冷却水管理、スラッジ処理管理などについて、発電プラントとして機能させるべく設備全体の系統的な技術指導を行う。

なお、EDC に対しては、我が国の無償資金協力である「シアマリアップ電力供給施設拡張計画」(2003 年度)において、EDC のシアマリアップ事業所の運転・整備要員約 30 名を対象に、ディーゼル発電所の運用・保守技術に関するソフトコンポーネントを実施した。その結果シアマリアップ事業所に所属する EDC 要員の技術レベルは大幅に向上し、シアマリアップ新ディーゼル発電所が EDC 要員だけで運用可能となり、ソフトコンポーネントの成果が確認されるとともに、EDC から高い評価を得ている。しかしながら、シアマリアップ電力系統は本計画のプノンペン電力系統とは地理的に離れており、送電線も連系されておらず、各々の発電所は独立して運転されているため、要員体制は個別に組織されており、職員の交流も少ない。上記の理由から「カ」国側は、当該発電設備の運営維持管理に従事するプノンペン系統の EDC 職員に対し、本計画においてソフトコンポーネントが実施されることを強く要望している。

## (2) 目標 (ターゲット)

プノンペン市における電力供給量の増大、電力の安定供給、並びに発電コストの低減を目指す EDC に対して、C5 発電所の C 重油焚きディーゼル発電設備の運転維持管理に必要な技術移転を

行うことを目標とする。

### (3) 成果

本ソフトコンポーネントの導入により、次のような成果が期待される。

- ① 本計画で建設される C 重油焚きディーゼル発電設備の運営・維持管理技術が確立される。
- ② 本計画の C 重油焚きディーゼル発電設備の運転維持管理体制が構築され、安定的運用が可能となり、顧客サービスが向上する。

### (4) 活動

本ソフトコンポーネントの活動方針は以下の通りである

- ① C 重油焚きディーゼル発電設備の基礎技術である、C 重油の燃焼管理技術の指導を行う。
- ② C 重油焚きに伴う、C5 発電所全体のプラント運用管理、維持管理に関する技術指導を行う。

ソフトコンポーネントの実施に当たり、受講者は技師、技工及び運転保守員とし、原則的に EDC が実施する「発電及び安全に関するトレーニングコース」をすでに受講しているか、もしくは同等以上の他国の研修などを受講し、一定の技術レベルにあることを前提とする。また、当該ソフトコンポーネントの座学の研修場所として EDC 研修センターを活用する。

ソフトコンポーネント対象要員は、表 3-2-20 「ソフトコンポーネントの対象となる C5 発電所の要員」に従うことを原則とする。

本ソフトコンポーネントの実施に当たる組織と活動内容は以下のとおりである。

#### 1) 「第 1 期」 C 重油焚きディーゼル発電設備に係る技術指導

- \* 本計画第 1 期工事で燃料転換が実施される既設 1, 2 号機を対象とした、C 重油焚きディーゼル発電設備の運転・維持管理体制の確立に必要な技術指導を行う。
- \* 指導技術者はディーゼル発電に係る運転・維持管理技術に精通した日本人技術者を選任する。
- \* 技術指導対象者は、C5 発電所技術幹部職員及び運転保守員とする。
- \* 「カ」国側はソフトコンポーネント現地活動期間を通じて、技術用語を理解できる「英語ークメール語」の通訳 1 名を配置する。

当該ソフトコンポーネント業務の現地活動期間は、第 1 期工事業者契約完了後から施設の引渡し完了までの間 合計 1.6 ヶ月間とする。

現地活動前に本計画の技術指導に必要な英文技術資料（燃料転換ディーゼル発電設備システム技術資料、C 重油燃料の燃焼管理技術資料、試験問題、試験解答書）を作成する。当該マニュアルの国内作成期間は 0.4 ヶ月とする。

- ① 燃料転換ディーゼル発電プラント（1、2号機）技術指導（ステップ1）
  - ・ 受講生の技術レベル確認及び安全教育
  - ・ C5 発電所の C 重油焚きディーゼル発電設備概要指導
  - ・ C 重油焚きディーゼル発電プラントの構造・機能に関わる指導
  
- ② C 重油燃料の燃焼管理、運転指導(ステップ2)
  - ・ C 重油燃料の燃焼管理技術指導
  - ・ C 重油焚きディーゼル発電プラント運転管理技術指導
  - ・ 理解度確認試験
  
- 2) 「第2期」C5 発電所全体の発電プラントの運転維持管理指導
  - \* 本計画第2期工事で新設されるC 重油焚きディーゼル発電設備(3,4号機)と、第1期工事の燃料転換後のディーゼル発電設備(1,2号機)を対象とし、C5 発電所全体の総合的なプラント運転維持管理の技術指導を行う。
 

(なお、第1期工事と第2期工事では、発電設備のメーカーが異なる可能性がある。このため、本ソフトコンポーネントでは1号機～4号機まで全てを統括した運転維持管理技術の指導を行う)
  - \* 技術指導対象者は、C5 発電所技術幹部職員及び運転保守員とする。
  - \* 指導技術者はディーゼル発電に関する管理技術に精通した日本人技術者を選任する。

「カ」国側はソフトコンポーネント現地活動期間を通じて、技術用語を理解できる「英語－クメール語」の通訳1名を配置する。

当該ソフトコンポーネント業務の現地活動期間は、第2期工事業者契約完了後から施設の引渡し完了までの間の合計0.8ヶ月間とする。

現地活動前に本計画の技術指導に必要な英文技術資料（C5 発電所全体の C 重油焚きディーゼル発電設備技術資料、C5 発電所全体の維持管理技術資料、試験問題、試験解答書）を作成する。当該マニュアルの国内作成期間は0.2ヶ月とする。

  - ① C5 発電所全体の発電プラントのシステムおよび保守管理計画指導
    - ・ 新設 C 重油焚きディーゼル発電プラントのシステム指導
    - ・ 維持管理計画指導
    - ・ 新設(3,4号機)及び燃料転換後(1,2号機)を合わせた、C5 発電所全体の総合プラント運転維持管理指導
  
  - ② C5 発電所全体の発電プラント総合運用管理、および運転操作総合確認
    - ・ 総合的な発電プラント運転操作の確認
    - ・ 研修成果確認総合試験

(5) 活動詳細計画

本計画のソフトコンポーネントの活動を表 3-2-18 に、各活動の工程計画を表 3-2-19 に示す。

表 3-2-18 活動詳細計画

	区分	活動内容	指導マニュアル等 (目に見える成果品)	活動方法	必要な投入量	ステップ No.
1	C 重油 焚きディーゼル発電設備 技術指導 (その1)	(1)受講生の技術レベル確認 ① 技術レベル確認試験実施 ② 試験内容解説及び受講生の理解度確認	・試験問題 ・解答書 ・成績書	①対象:C5 発電所技術幹部 職員及び運転保守員 ②クラスルームトレーニング (EDC 研修センター利用)	1人x 0.1ヶ月	ステップ1 計 0.8ヶ月
	「燃料転換ディーゼル発電プラント 技術指導」	(2)C5 発電所の C 重油 焚きディーゼル発電設備概要指導 ① C 重油燃料転換システム及び機器配置確認 ② C5 発電所(ディーゼル油 焚き)とC6 発電所(C 重油 焚き)の設備構成の比較と機能の確認	・燃料転換ディーゼル発電設備技術資料	①対象:C5 発電所技術幹部 職員及び運転保守員 ②クラスルームトレーニング (同上) ③既設設備を使用	1人x 0.1ヶ月	
		(3) 燃料転換ディーゼル発電プラント技術指導 ① 燃料システム主要部構造及び機能 ② 潤滑油システム主要部構造及び機能 ③ 冷却水システム主要部構造及び機能 ④ 給排気システム主要部構造及び機能 ⑤ 圧縮空気システム主要部構造及び機能 ⑥ スラッジ処理システム主要部構造及び機能 ⑦ 燃料加熱保温システム主要部構造及び機能	・燃料転換ディーゼル発電設備技術資料	①対象:C5 発電所技術幹部 職員及び運転保守整備員 ②クラスルームトレーニング (同上)	1人x 0.6ヶ月	
2	C 重油 焚きディーゼル発電設備 技術指導 (その2)	(1)C 重油燃料の燃焼管理技術指導 ① ディーゼル機関燃焼システム ② ディーゼル機関燃料燃焼理論 ③ C 重油燃焼管理(性状、温度、粘度など) ④ 燃料管理(燃料受け入れ、保管、移送、清浄、ろ過、加熱、保温など)	・C 重油燃料の燃焼管理 技術資料	①対象:C5 発電所技術幹部 職員及び運用整備職員 ②クラスルームトレーニング (EDC 研修センター利用)	1人x 0.4ヶ月	ステップ2 計 0.8ヶ月
	「C 重油燃料の 燃焼管理、運転 指導」	(2)C 重油 焚きディーゼル発電プラントの運転管理技術指導 ① ディーゼル発電プラント運転マニュアル確認 ② 運転開始前のシステム確認 ③ ディーゼル燃料による始動、C 重油切り替え運転、ディーゼル燃料切り替え、機関停止の確認実習 ④ C 重油清浄機、加熱、保温機器作動確認実習 ⑤ スラッジ処理と油水分離設備作動確認実習	・燃料転換ディーゼル発電設備技術資料	①対象:C5 発電所技術幹部 職員及び運用整備職員 ②クラスルームトレーニング (同上) ③C6 発電所の C 重油 焚きディーゼル発電設備を活用	1人x 0.3ヶ月	

	区分	活動内容	指導マニュアル等 (目に見える成果品)	活動方法	必要な投入量	ステップ No.
		(3)理解度確認試験 ① C 重油燃料転換ディーゼル発電プラントの運用管理に関する試験実施 ② 試験結果による研修成果確認	・試験問題 ・解答書 ・成績書	①対象:C5 発電所技術幹部 職員及び運用整備職員 ②クラスルームトレーニング (同上)	1人x 0.1ヶ月	
3	C5 発電所全体の 発電プラントの運 転維持管理指導 (その1) 「新設ディーゼル 発電設備および 保守管理計画指 導」	(1) 新設 C 重油焚きディーゼル発電設備指導 燃料転換後の既設発電設備(1,2 号機)と新設発電設備(3,4 号機)の特性、機能、性質の違いを確認する。 ① 新設 C 重油焚き発電設備の概要把握 ② 燃料システム主要部構造及び機能 ③ 主要補機システム構造及び機能	・新設 C 重油焚きディーゼル発電システム技術資料	①対象:C5 発電所技術幹部 職員及び運用整備職員 ②クラスルームトレーニング (同上)	1人x 0.2ヶ月	ステップ 3 計 0.5ヶ月
		(2) 維持管理計画指導 燃料転換後の既設発電設備(1,2 号機)と新設発電設備(3,4 号機)の特性、機能、性質の違いを確認する。 ①予備品、資機材、工具备品の管理計画 ②保守整備作業計画,保守整備データ記録手法	・C5 発電所全体の維持管理計画技術資料	①対象:C5 発電所技術幹部 職員及び運用整備職員 ②クラスルームトレーニング (同上)	1人x 0.1ヶ月	
		(3) C5 発電所全体の発電プラント総合運用管理指導 ① プラント全体の運転監視 ② 設備機器運転データの記録、整理、保管 ③ 設備機器運転データの分析、性能把握、異常診断 ④ 燃料、潤滑油、冷却水の性状、消費量分析 ⑤ スラッジ発生量、性状分析	・C5 発電所全体の C 重油焚きディーゼル発電システム技術資料	①対象:C5 発電所技術幹部 職員及び運用整備職員 ②クラスルームトレーニング (同上)	1人x 0.2ヶ月	
4	C5 発電所全体の 発電プラントの運 転維持管理指導 (その2) 「ディーゼル発電 プラント総合運 用管理、運転操 作総合確認」	(1) C5 発電所全体の総合運転操作確認 ① 新設ディーゼル発電プラント運転マニュアル確認 ② 運転開始前のシステム確認 ③ 主機及び主要補機類運転操作確認 ④ ディーゼル油によるプラント始動、C 重油切り替え運転、ディーゼル油切り替え、プラント停止確認 ⑤ C 重油清浄機、加熱、保温機器操作確認 ⑥ スラッジ処理と油水分離設備操作確認	同 上	①対象:C5 発電所技術幹部 職員及び運用整備職員 ②C5 発電設備によるトレーニング	1人x 0.2ヶ月	ステップ 4 計 0.3ヶ月

	区分	活動内容	指導マニュアル等 (目に見える成果品)	活動方法	必要な投入量	ステップ No.
		(2)研修成果確認総合試験 ① C5 発電所全体の運用管理に関する総合試験実施 ② 試験結果による研修成果確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>・試験問題</li> <li>・解答書</li> <li>・成績書</li> <li>・表彰状</li> </ul>	①対象:C5 発電所技術幹部 職員及び運用整備職員 ②クラスルームトレーニング (同上)	1人x 0.1ヶ月	

注-1:研修成果総合試験では、100点満点の試験を実施し成績優秀者を表彰する。

表 3-2-19 技術指導工程表

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
フェーズ区分	第 1 期														第 2 期																
C 重油焚きディーゼル 発電設備技術指導			□ 技術資料作成 0.4				■ ステップ 1 0.8				■ ステップ 2 0.8			□ 工事請負業者による機材の個別の運転技術指導																	
C5 発電所全体の発電 プラントの運転維持管 理指導														□ 技術資料作成 0.2				■ ステップ 3 .0.5					■ ステップ 4 0.3				□ 工事請負業者による機材の個別の運転技術指導				

■ : 現地技術指導期間

□ : 事前準備期間

表 3-2-20 ソフトコンポーネントの対象となる C5 発電所の要員

種別	職 種	ソフトコンポーネントの対象要員と人数	ソフトコンポーネント対象要員の技術レベル等					
			資格	実務経験		英語力	既存研修所での研修経験	
				施設	経験年数			
A	所長	1	技師	ディーゼル発電所	23年	読書、会話	有(または同等以上の研修)	
	整備担当副所長	1	技師	ディーゼル発電所	21年	読書、会話	同上	
	発電担当副所長	1	技師	ディーゼル発電所	13年	読書、会話	同上	
B	管理課長	1	技師	ディーゼル発電所	25年	—	同上	
C	発電課長	1	技師	ディーゼル発電所	13年	—	同上	
	発電課長補佐	1	技師	ディーゼル発電所	9年	—	同上	
	【C5 発電係】	主任	1	技工	ディーゼル発電所	14年	—	同上
		副主任	1			10年	—	同上
		班長	1			18年	—	同上
		作業員	2			—	—	同上
	【発電支援チーム】	主任	1	技工	ディーゼル発電所	19年	—	同上
	【機械整備係】	担当員	1	技工	ディーゼル発電所	6年	—	同上
		作業員	4			—	—	同上
	【電気整備係】	担当員	1	技工	ディーゼル発電所	14年	—	同上
作業員		3	—			—	同上	
【安全課】	担当員	1	技工	ディーゼル発電所	18年	—	同上	
合計		22						



### 3-3 相手国側分担事業の概要

本計画を実施するに当たり、3-2-4-3 項「施工区分／調達・据付区分」に示す「カ」国側施工範囲の他、「カ」国側が実施・負担する事項は以下のとおりである。

- (1) 計画に必要な情報およびデータの提供。
- (2) 日本側工事の開始以前に、ディーゼル油貯蔵タンク内部の清掃をはじめとした、燃料転換及び発電設備増設に必要な発電所の清掃・整理と進入道路の確保。
- (3) 「カ」国内の荷下ろし港および空港での本計画に係わる製品の免税措置および迅速な通関、荷下ろし措置の確保。
- (4) 認証済み契約に基づき提供される製品やサービスに関連して、日本人が「カ」国に滞在または入国する許可。
- (5) 認証済み契約に基づき提供される製品やサービスに関連して通常「カ」国で課税される税金、関税等から日本人の免税措置。
- (6) 銀行口座開設に係わる日本の銀行への手数料の支払い。
- (7) 本計画の実施に際し、日本の無償資金協力で負担されない事項の全ての負担。
- (8) 本計画の現場での資機材検査への立会と、運転・維持管理技術移転のための技術者および技能工のカウンターパートとしての選出。
- (9) 資機材の据付工事中に必要な停電計画の立案と諸手続の実施。
- (10) 日本の無償資金協力で調達される資機材の適正かつ効果的な使用と維持管理。
- (11) 2004年5月末までに初期環境影響評価(IEIA)の環境省からの承認取得。
- (12) 工事期間中の掘削土、汚水および廃油並びに回収した資機材の廃棄場所の確保。

### 3-4 プロジェクトの運営・維持管理計画

#### 3-4-1 基本方針

本計画で最も維持管理が重要な設備は発電設備であり、日常の需要の変化に即した電力供給を可能とするために、設備の適切な運転・維持管理(O&M)を実施すると共に、周辺の環境に影響を与えないことが不可欠である。

当該発電設備が持つ性能および機能を維持し、安定した電力供給を行うためには、発電設備の信頼性および安全性の向上を柱とした適切な予防保全と維持管理体制の確立が望まれる。EDCは経済的な電力系統運用のため、プノンペン電力系統の負荷パターンに則したC5発電所の運用計画を策定する体制を構築する必要がある。

図3-4-1に発電設備の維持管理の基本的な考え方を示す。

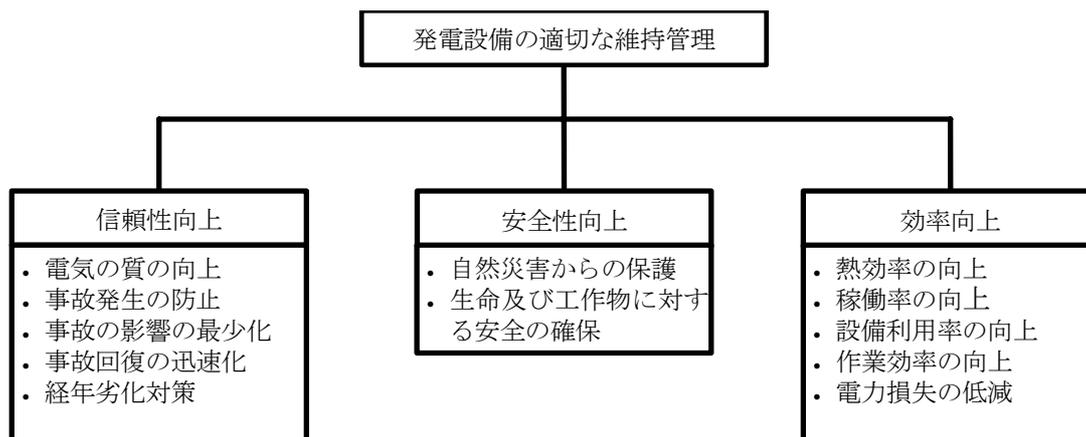


図 3-4-1 発電設備の維持管理の基本的な考え方

EDC は上記の基本事項を常に念頭におき、据付工事および試運転調整期間中にコンサルタントによるソフトコンポーネント並びに日本の請負業者により派遣される専門技術者による OJT を通して移転される O&M 技術と、運転・保守および予防保全に関するマニュアルに従って関連設備の適切な運転・保守を実施する必要がある。なお技術移転の対象者は、技術者および技能工で、機械/電気部門の 22 名を予定している。

### 3-4-2 当該発電設備の運転計画

前述した (3-2-2 参照) 様に、本計画の発電設備は、午前 6 時から午後 10 時ごろまでのミドル負荷用として運用される予定である。よって当該発電設備の目的および運転特性を考慮し、発電設備の運用計画は、下記条件にて設定されるのが妥当である。

年間稼働率：60%以上(約 5,000 時間)

年間設備利用率：50%以上

また、当該発電設備の適正な運転に必要な標準的な定期点検項目は表 3-4-1 に示すとおりである。この定期点検項目を考慮した上記運転条件の下での当該発電設備の初年度の年間運転計画を図 3-4-2 に示す。なお、同図に示すように当該発電設備は、その維持管理のために年間約 32 日間の運転停止が必要となる。

項 目	月												備 考	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
運転時間														運転時間計：333 日間  点検による運転 停止時間計：32 日間
2,500～3,000 時間毎 の点検実施時期 (点検所要時間：8 日間)				■				■						
7,500～8,000 時間毎 の点検実施時期 (点検所要時間：16 日間)												■		

備考：年間稼働率90%の場合を示す。

図 3-4-2 当該発電設備の年間運転計画

### 3-4-2-1 定期点検項目

#### (1) 発電設備

「カ」国関係者は、表 3-4-1 に示す当該発電設備の標準的な定期点検項目および発電設備製造会社が提出する運転・保守マニュアルに基づいて、当該発電設備の運転・維持管理計画を策定し、電力需要に見合った経済的な運用計画を立案する必要がある。



特性が変化する部品は、普通点検および精密点検時に、部品の特性と使用頻度を確認した上で、適宜交換することが望ましい。

表 3-4-2 標準的な電気設備の定期点検項目

点検項目	点検内容(方法)	巡視点検	普通点検	精密点検
設備外観	開閉表示器、開閉表示灯の表示状況	○	○	
	異常音、異常臭の発生の有無	○	○	
	端子部の加熱変色の有無	○	○	
	ブッシング、碍管の亀裂、破損の有無および汚損状況	○	○	
	設置ケース、架台等の発錆状況	○	○	
	温度異常の有無(温度計)	○	○	
	ブッシング端子の締付け状況(機械的チェック)	○	○	
操作装置 および 制御盤	各種計器の表示状況	○	○	○
	動作回数計の指示		○	○
	操作函、盤内の湿潤、錆の発生の有無および汚損の状況		○	○
	給油、清掃状況		○	○
	配線の端子締付け状況	○	○	○
	開閉表示の状態確認		○	○
	漏気、漏油の有無		○	○
	操作前後の圧力確認(空気圧等)		○	○
	動作計の動作確認		○	○
	スプリングの発錆、変形、損傷の有無(手入れ)	○	○	○
	各締付け部ピン類の異常の有無		○	○
	補助開閉器、継電器の点検(手入れ)		○	○
	直流制御電源の点検	○		
測定・試験	絶縁抵抗の測定		○	○
	接触抵抗の測定			○
	ヒータ断線の有無		○	○
	継電器動作試験		○	○

### 3-4-3 燃料油調達計画

本計画で調達する発電設備を含め、C5 発電所の 1~4 号機の運転に必要な燃料としては主燃料である重油並びに起動停止または緊急時の運転用としてディーゼル油が必要である。これら燃料の 1 日の必要量は以下に示すとおりである。

- \* 重油: 約 84 m<sup>3</sup> (4 台定格運転時: 16 時間/日)
- \* ディーゼル油: 約 5 m<sup>3</sup> (4 台の起動停止)

EDC は当該発電設備の安定した運転に支障のない様に、燃料油の調達計画を策定し実施する必要がある。なお、C6 発電所の燃料補給用タンクローリは、C5 発電所内を通過するので、これらの搬入に留意する必要がある。

### 3-4-4 予備品購入計画

発電および配電設備の予備品は、運転時間および劣化状況に応じて交換する予備品(消耗品)と故障・事故等の緊急時に必要となる交換部品とに分類される。従って「カ」国側は、上述(表 3-4-1 参照)の定期点検サイクルに合わせ、あらかじめこれらの部品を購入し、準備する必要がある。

本計画では、定期点検サイクルが一巡する 16,000 時間稼働分 (約 2 年分) の予備品を調達する計画であり、その主要品目は、定期点検項目から表 3-4-3、3-4-4 のとおりである。

一方、本計画で設置予定の発電設備および配電設備の持続的な運用を確保するため、「カ」国側は、本計画で建設される発電設備の運転開始から 2 年以内に、それ以降の運転および定期的な保守に必要な予備品購入費用 (2 年間で発電設備費の約 6 %) 並びに緊急交換用部品の購入費用を予算化する必要がある。

**表 3-4-3 本計画で調達する予備品(燃料転換用)**

#### I-1. 発電設備用予備品

項 目	数 量
<b>1. ディーゼルエンジンおよび補機</b>	
(1) 通常運転用(消耗品)	
1) C 重油清浄器用ガスケットキット	2 組
2) C 重油清浄器用シールキット	1 組
(2) 緊急用(事故時の予備品)	
1) 燃料噴射弁組	1 組
2) 燃料噴射ポンプ、弁	1 組
3) 過給機用潤滑油フィルタ	1 組
4) 過給機用プレ・フィルタ	1 組
5) 補機ポンプ用予備品	100 %

表 3-4-4 本計画で調達する予備品および保守用道具(増設用)

I-1. 発電設備用予備品

項 目	数 量
<b>1. ディーゼルエンジンおよび補機</b>	
(1) 通常運転用(消耗品)	
1) 燃料油フィルターエレメント	1組
2) 潤滑油フィルターエレメント	1組
3) シリンダーカバー用パッキン(全気筒分)	2組
4) エアクーラ用パッキン	2式
5) 排気バルブ組(全気筒分)	1組
6) 吸気バルブ組(全気筒分)	1組
7) 過給機用ベアリング	2式
8) ピストンリング(全気筒分)	2組
9) 燃料噴射ポンプ用スリーブ、デフレクタ(全気筒分)	2組
10) 燃料噴射弁(全気筒分)	1組
11) パッキン・O-リング等	1式
12) ブロワー用フィルター(1m <sup>2</sup> )	1式
13) 軟水装置用フィルター、イオン交換樹脂	1式
14) C重油清浄器用ガスケットキット、シールキット	1式
(2) 緊急用(事故時の予備品)	
1) 燃料噴射ブロック組	2組
2) シリンダーカバー組	1組
3) 燃料噴射弁組	1組
4) 燃料噴射ポンプ、弁	1組
5) ジャケット冷却水ポンプ	1組
6) 過給機用潤滑油フィルタ	1組
7) 潤滑油バイパス・フィルターエレメント	1組
8) 過給機用プレ・フィルタ	1組
9) 吸排気バルブ組	1組
10) 始動弁組	1組
11) 補機ポンプ用予備品	100%
12) 各種計測器(圧力、温度計等)	各1ケ
<b>2. 電気品および補機</b>	
(1) 通常運転用(消耗品)	
1) 各種制御回路用ヒューズ	200%
2) 各種表示ランプ(LEDを除く)	200%
3) 各種入り切り表示ランプカバー	100%
4) 各種盤内照明用蛍光灯	200%
(2) 緊急用(事故時の予備品)	
1) AVR回路基板(励磁装置用)	1組
2) 高圧遮断器(VCB)	1台
3) 各種補助リレーおよびタイマ	各1ケ
4) 各種MCCBおよびELB	各1ケ
5) 各種電磁接触器	各1ケ
6) 各種指示計(電圧、電流計)	各1ケ
7) 各種サーマルリレー	各1ケ
8) 各種VT用ヒューズ	各1ケ
9) 各種高圧ヒューズ	各1ケ
10) 高圧遮断器用投入・引き外しコイル	各1ケ

I-2. 電力設備用予備品

項 目	数 量
(1) 通常運転用	
1) 各種制御回路用ヒューズ	200%
2) 各種表示ランプ(LEDを除く)	200%
3) 各種入り切り表示ランプカバー	100%
4) 各種補助リレー、タイマおよびMCCB	各1ケ
5) 各種盤内照明用蛍光灯	200%

## II. 保守用道具

項 目	数 量
1. ディーゼルエンジン用	
(1) 工具セット(機械工用)	1 式
(2) ライナー拔出工具	〃
(3) はしご	〃
(4) 防音用ヘッドカバー	10 個
(5) 簡易式吸排気バルブ、シート研磨機	1 式
(6) 計測工具	〃
2. 配電設備用	
(1) 5 トン・ケーブルドラムジャッキ	2 式
(2) 3 トン・ケーブルドラムジャッキ	2 式
3. 発電機および配電設備共用	
(1) 電気回路テスター(アナログ式)	2 台
(2) 工具セット(電気工用)	2 式
(3) 電池式絶縁抵抗計(500 V, 1000 M-ohm)	2 個
(4) 電池式絶縁抵抗計(2500 V, 100 G-ohm)	2 個
(5) 接地抵抗計(0~100 ohm, 0~30 V)	2 台
(6) 低圧用相回転計	2 台
(7) 低圧検電器	2 個
(8) 22 kV 検電器	1 台
(9) デジタルマルチメータ	2 台
(10) AC/DC クランプメータ	2 台
(11) 保守用接地用具(3 相用)	1 式
(12) VCB チェッカー	1 式

### 3-4-5 電気料金計画

「カ」国では2004年4月現在で93の電力供給事業者が存在しており、電力料金はEAC (Electricity Authority of Cambodia) の認可を受けることとなっている。EACは事業者から申請された電気料金に関して、発電・送配電に係る経費に加えて一定の利益を上乗せすることを認めている。表 3-4-5に「カ」国(EDC供給地域)の電気料金体系を示す。EACではADBの支援により、電気料金の制定に係る政令(電力法の施行令)を作成中である。

プノンペンの電気料金体系は、基本的には社会的弱者である一般消費者に有利な条件となっている。月間電力消費量が0~50kWhの場合、料金単価は8.79¢/kWhであるが、1999年から2003年のEDCの全発電所の発電原価の平均値は12.3¢/kWhであり、発電原価を大きく下回った料金設定となっている。EDCの販売電力量のうち、約60%が一般住宅向けであり、発電原価を下回る料金設定がEDCの収支を圧迫している。現在の料金体系では、燃料価格や為替レートの変動を電気料金に反映できないため、EACが作成中の電気料金に係る政令では、燃料価格や為替レートの変動を短期間で電気料金に反映できる仕組みが取り入れられる計画である。

プノンペン以外の独立系統(シアヌークヴィル、タケオ、コンボンチャム等)では、小規模発電・配電による供給コストの増加や遠距離輸送による燃料費の増加といった地域事情を反映した料金設定となっているため、1kWhあたりの電気料金が20セント近くに達し、プノンペンや近隣諸国と比較して高い料金水準となっている。「カ」国では送電線の連系によりタケオ、カンポット、シアヌークヴィルといった独立系統をプノンペン系統と接続する計画であり、ベトナムからの電力輸入が開

始されれば、地方都市にも安価な電力が供給される予定である。

表 3-4-5 「カ」国の電気料金体系(EDC 供給地域)

分類	電気料金		備考
	(リエル/kWh)	(US ¢/kWh)	
プノンペン (2000年8月改定)			
一般住宅:			
- 0 ~ 50 kWh	350	8.79	現地 NGO, 学校, 地方政府, 宗教施設, 公共施設, 小規模商業施設
- 51 ~ 100 kWh	550	13.82	
- >100 kWh	650	16.33	
商業、サービス業:			
- <45,000 kWh	650	16.33	マーケット、店舗、娯楽、サービス業、銀行等の商業施設 (国籍に無関係)
- 45,000 ~ 80,000 kWh	600	15.08	
- 80,000 ~ 130,000 kWh	600	15.08	
- >130,000 kWh	500	12.56	
- 中圧 (22kV)	480	12.06	
ホテル、ゲストハウス:			
- <45,000 kWh	650	16.33	
- 45,000 ~ 80,000 kWh	600	15.08	
- 80,000 ~ 130,000 kWh	600	15.08	
- >130,000 kWh	500	12.56	
- 中圧 (22kV)	480	12.06	
政府機関	700	17.59	公共資金により運営される全ての施設
大使館、外国人、その他	800	20.10	NGO
産業、製造業:			
- <45,000 kWh	600	15.08	全ての産業、製造業 (国籍に無関係)
- 45,000 ~ 80,000 kWh	550	13.82	
- 80,000 ~ 130,000 kWh	550	13.82	
- >130,000 kWh	500	12.56	
- 中圧 (22kV)	480	12.06	
シアマリアップ (全セクター)			
- <20,000 kWh	850	21.36	1999年7月改定
- 20,000 ~ 50,000 kWh	757	19.02	
- 50,000 ~ 110,000 kWh	690	17.34	
- >110,000 kWh	635	15.95	
タケオ (一律料金)	900	22.61	1999年改定
コンボンチャム (一律料金)	850	21.36	1999年改定

出所: EDC 1US\$=3,980リエル(2003年)

本計画の燃料転換により C5 発電所の既設 1,2 号機の発電原価は 3.3 円/kWh (利用率 50%の場合) 削減され、年間約 1.4 億円のコスト削減となる。表 3-4-6 に燃料転換に伴う経済性の比較を示す。

表 3-4-6 燃料転換に伴う既設 1 および 2 号機の経済性比較

項目		ディーゼル油	重油	備考
年経費 (固定費)	減価償却費	① 発電設備(10MW)	141.5 百万円/年	C5 実績値
	給与	② 重油焚き設備	—	設備費を 2 億円と想定
	その他	③ 発電所員給与	7.0 百万円/年	C5 実績値
		④ 外部委託他	2.8 百万円/年	C5 実績値
年経費 (変動費)	運転維持費	⑤ 発電設備保守費	24.1 百万円/年	C5,C6 実績値:0.5 ¢ /kWh
	消耗品費	⑥ 潤滑油費他	48.1 百万円/年	C5 実績値:1 ¢ /kWh
	⑦ 燃料費		463.9 百万円/年 (ベース)	ディーゼル油:US\$459/t 重油:US\$261/t
⑧ 年経費合計 (①~⑦合計)			687.3 百万円/年 (ベース)	538.2 百万円/年 (0.78 倍)
⑨ 所内率(%)			2.9	4.8
⑩ 年間送電電力量			42.5 GWh/年	41.6 GWh/年
⑪ 発電原価 (⑧÷⑩)			16.2 円/kWh (ベース)	12.9 円/kWh (0.75 倍)

備考:1US\$=110 円とした

本計画で C5 発電所に 5MW のディーゼル発電機を 2 台増設した場合の発電原価を表 3-4-7 に示す。利用率を 50% とした時の発電原価は 12.2 円/kWh であり、IPP (Jupiter) と比較して 2.1 円/kWh 安価となる。C5 発電所の増設により、IPP からの買電量が削減できたとすれば、年間約 9 千万円のコスト削減となる。

上記の燃料転換と発電設備増設によるコスト削減額は、合計で年間約 2.3 億円となる。しかしながら、EDC の発電計画では 2007 年における C5 発電所の発電電力量は、IPP を含む全発電所の約 12% に過ぎず、電気料金の低減に寄与できる比率は少ないと考えられる。EDC は、本計画により削減された資金をプノンペン周辺の貧困地域への電力網拡張に使用する計画であり、本計画の成果が「カ」国民に還元されると期待される。

表 3-4-7 新設発電設備(3 および 4 号機)の発電原価

項目		新設 5MW×2	備考
年経費 (固定費)	減価償却費	① 発電設備(10MW)	137.5 百万円/年
	給与	② 発電所員給与	3.5 百万円/年
	その他	③ 外部委託他	2.8 百万円/年
年経費 (変動費)	運転維持費	④ 発電設備保守費	24.1 百万円/年
	消耗品費	⑤ 潤滑油費他	48.1 百万円/年
	⑥ 燃料費		292.7 百万円/年
			重油:US\$261/t
⑦ 年経費合計 (①~⑥合計)			508.6 百万円/年
⑧ 所内率(%)			4.8
⑨ 年間送電電力量			41.6 GWh/年
⑩ 発電原価 (⑦÷⑨)			12.2 円/kWh

備考:1US\$=110 円とした

### 3-5 プロジェクトの概算事業費

#### 3-5-1 協力対象事業の概算事業費

本計画を日本の無償資金協力により実施する場合の事業費総額は、約 17.4 億円となり、先に示した日本と「カ」国との施工負担区分に基づく双方の経費内訳は、以下に示す積算条件において、次の通りと見積もられる。

##### (1) 日本側負担経費

費 目		概算事業費（百万円）	
機材	既設 1,2 号機燃料転換	293	1,588
	3,4 号発電設備増設	1,295	
実施設計・調達監理		146	
合計		1,734	

但し、本概算事業費は交換公文上の供与限度額を示すものではない。

##### (2) 「カ」国負担経費 US\$51,000（約 550 万円）

「カ」国側の主な負担事項は以下の通りである。

- |                        |            |            |
|------------------------|------------|------------|
| 1) 発電所の清掃・整理等          | US\$250    | （約 2.7 万円） |
| 2) 既設ディーゼル油タンク清掃       | US\$500    | （約 5.4 万円） |
| 3) C6 発電所用ディーゼル油タンクの新設 | US\$50,000 | （約 540 万円） |
| 4) その他                 | US\$250    | （約 2.7 万円） |

##### (3) 積算条件

- |            |   |
|------------|---|
| 1) 積算時点    | 平成 16 年 4 月   |
| 2) 為替交換レート | 1US\$=109.07 円（2003 年 10 月から 2004 年 3 月までの TTS 平均値）         |
| 3) 施工期間    | 燃料転換工事、発電設備増設工事の二期による工事とし、詳細設計、工事、および機材調達の期間は施工工程に示した通りである。 |
| 4) その他     | 本計画は、我が国無償資金協力ガイドラインに従い実施される。                               |

### 3-5-2 運営・維持管理費

EDC のプノンペンにおける平均電力料金は 13.8 ¢ /kWh (2003 年) である。同電気料金を本計画対象設備に適用した場合の当該発電所の想定運転収支を表 3-5-1、3-5-2 に示す。

表 3-5-1 本発電設備の想定運転収支(1,2号機)

項目	単位	年間の設備利用率(%)		
		45	46	50
1. 条件				
(1) 設備容量(5MW×2)	MW	10	10	10
(3) 年間運転時間	hr	3,942	4,030	4,380
(4) 発電電力量	MWh	39,420	40,296	43,800
(5) 所内消費電力量	MWh	1,892	1,934	2,102
(6) 配電損失電力量	MWh	4,593	4,695	5,104
(7) 売電電力量	MWh	32,934	33,666	36,594
2. 収入				
(1) 売電収入	US\$	4,550,940	4,652,072	5,056,600
3. 支出				
(1) 燃料費	US\$	2,397,248	2,450,521	2,663,609
(2) 潤滑油費	US\$	394,200	402,960	438,000
(3) 人件費	US\$	63,865	63,865	63,865
(4) 予備品購入費	US\$	197,100	201,480	219,000
(5) 委託費	US\$	25,339	25,339	25,339
(6) 減価償却費(発電設備本体)	US\$	1,286,423	1,286,423	1,286,423
(燃料転換設備)	US\$	200,000	200,000	200,000
支出合計	US\$	4,564,176	4,630,589	4,896,237
4. 運転収支	US\$	-13,237	21,483	160,362

前提条件:

- 1) 所内率は C6 発電所実績から 4.8%、配電損失率は 2002 年実績から 12.24%とした。
- 2) 売電単価は EDC の 2003 年実績から 13.8 ¢ /kWh とした。
- 3) 燃料単価は 2003 年実績の US\$261/t、燃料消費率は 233g/kWh とした。
- 4) 潤滑油費は C5 実績値の 1 ¢ /kWh を採用した。
- 5) 人件費は C5 発電所の実績値とした。
- 6) 予備品購入費は C5,C6 実績値の 0.5 ¢ /kWh を採用した。
- 7) 委託費は C5 の実績値とした。
- 8) 減価償却は EDC の内規に従い、償却年数 9 年、定額償却とした。
- 9) 1,2 号機の減価償却費は、発電設備本体は 2003 年実績値、燃料転換設備は設備費を 2 億円と想定して算出した。
- 10) 為替レートは 1US\$=110 円とした

表 3-5-2 本発電設備の想定運転収支(3,4号機)

項目	単位	年間の設備利用率(%)		
		37	38	50
1. 条件				
(1) 設備容量(5MW×2)	MW	10	10	10
(3) 年間運転時間	hr	3,241	3,329	4,380
(4) 発電電力量	MWh	32,412	33,288	43,800
(5) 所内消費電力量	MWh	1,556	1,598	2,102
(6) 配電損失電力量	MWh	3,777	3,879	5,104
(7) 売電電力量	MWh	27,079	27,811	36,594
2. 収入				
(1) 売電収入	US\$	3,741,884	3,843,016	5,056,600
3. 支出				
(1) 燃料費	US\$	1,971,071	2,024,343	2,660,569
(2) 潤滑油費	US\$	324,120	332,880	437,500
(3) 人件費	US\$	31,933	31,933	31,933
(4) 予備品購入費	US\$	162	166,440	218,750
(5) 委託費	US\$	25,339	25,339	25,339
(6) 減価償却費(発電設備本体)	US\$	1,250,000	1,250,000	1,250,000
支出合計	US\$	3,764,523	3,830,935	4,624,091
4. 運転収支	US\$	-22,639	12,081	432,509

前提条件:

- 1) 所内率は C6 発電所実績から 4.8%、配電損失率は 2002 年実績から 12.24%とした。
- 2) 売電単価は EDC の 2003 年実績から 13.8 ¢/kWh とした。
- 3) 燃料単価は 2003 年実績の US\$261/t、燃料消費率は 233g/kWh とした。
- 4) 潤滑油費は C5 実績値の 1 ¢/kWh を採用した。
- 5) 人件費は C5 発電所の実績値の 1/2 とした。
- 6) 予備品購入費は C5,C6 実績値の 0.5 ¢/kWh を採用した。
- 7) 委託費は C5 の実績値とした。
- 8) 減価償却は EDC の内規に従い、償却年数 9 年、定額償却とした。
- 9) 3,4 号機の減価償却費は、設備費を 12.5 万円/kW として算出した。
- 10) 為替レートは 1US\$=110 円とした

表 3-5-1、3-5-2 に示す通り、現計画の年間設備利用率(50%)で運転されれば、当該発電設備の予備品、消耗品等の購入が可能であり、自立運営が行える。しかしながら、利用率が 1,2 号機は 45%、3,4 号機は 37%以下になると、運転収支がマイナスになると予想される。よって「カ」国側は、経済的な設備利用率を確保するため、最適な発電設備運用計画を策定し、実施する必要がある。

### 3-6 協力対象事業実施に当たっての留意事項

協力対象事業の円滑な実施に直接的な影響を与えると考えられる留意事項としては、下記が考えられる。

- (1) 「カ」国側負担工事である既設 C5 発電所 1 号発電設備の修復工事が遅延すると、本計画の燃料転換工事の実施により期待される所定の機能が工期内に発揮されない恐れがある。よって「カ」国側は同工事を遅滞なく行うために、本計画の進捗に間に合うよう工程計画、要員計画、資機材購入計画等を策定し、「カ」国側工事の推進を図る必要がある。
- (2) 「カ」国側は、本計画の建設予定地である C5 発電所に保管されている資材を速やかに移設・清掃し、併せて工事車両の進入道路を確保し、本計画の実施に際し支障が生じないようにする必要がある。
- (3) 「カ」国側は本計画の燃料転換工事の実施中、既設 1 号、2 号発電機を停止する必要があるが、他の既設発電所の発電設備の定期点検計画を調整し、プノンペン市民への停電の影響を極力低減する必要がある。
- (4) 「カ」国側は C6 発電所用ディーゼル油貯蔵タンクを速やかに建設し、本計画実施中も C6 発電所の運転を継続し、プノンペン市民への停電の影響を極力低減する必要がある。
- (5) 「カ」国側は本計画の実施により、2008 年以降は自己所有の発電設備は総て発電単価の安い重油焚きとなるので、電気料金の見直しを行い、低所得者への負担の低減を図る必要がある。
- (6) 「カ」国側は本計画で整備される発電設備が完成後、現在プノンペン電力系統に未接続で且つ社会的、経済的に恵まれない人々への配電線の接続を優先的に行うことを配慮すべきである。

## 第4章 プロジェクトの妥当性の検証

## 第4章 プロジェクトの妥当性の検証

### 4-1 プロジェクトの効果

本計画の実施により期待される効果は以下の通りである。

#### (1) 直接効果

現状と問題点	本計画での対策(協力対象事業)	計画の効果・改善程度
1. プノンペン市ではピーク電力負荷が発電可能出力を上回るため、計画停電が毎日実施されている。	EDC が所有するプノンペン市の C5 発電所に 5MW のディーゼル発電設備 2 台を新設する。	本計画の実施により、目標年度(2007 年)において、ピーク電力負荷 114.6MW (予測) に対し、発電設備容量が 116MW となり、1.4MW の供給予備力を確保することが可能となる。
2. EDC の発電設備は、大半が価格の高いディーゼル油を燃料として使用しているため、発電原価が高い。	EDC が所有する C5 発電所の既設ディーゼル発電設備 (5MW×2 台) の使用燃料をディーゼル油から価格の安い重油に転換する。  また、本計画で新設するディーゼル発電設備の使用燃料を重油とする。	C5 発電所の既設および新設発電設備において、価格の安い重油を燃料として使用することで、発電原価が 3.3 円/kWh (利用率 50%の場合) 低減される。

#### (2) 間接効果

現状と問題点	本計画での対策(協力対象事業)	計画の効果・改善程度
1. プノンペン市では電力需給バランスが逼迫しているため、EDC は C2,C3 発電所等の老朽化して発電効率や発電可能出力の低くなった発電設備を稼働させている。その結果、EDC の発電原価が高くなっている。	EDC が所有するプノンペン市の C5 発電所に 5MW のディーゼル発電設備 2 台を新設する。	本計画の実施によって新設発電設備が運転を開始すれば、老朽化し、発電効率の低下した設備を廃止することが可能となる。
2. プノンペン市では電力需給バランスが逼迫しているため、発電設備を停止して定期点検を行うことが困難であり、標準的な定期点検間隔 (3,000 時間) を超過して発電設備が運転されている。その結果、発電設備の劣化や故障を誘発している。	同上	2005,2006 年には供給予備力がそれぞれ-4.3%、-3.5%とマイナスになる見込みであるが、本計画の実施によって新設発電設備が運転を開始すれば、2007 年には+1.2%の予備力を確保することが可能となる。
3. プノンペン市では発電設備容量の約 52%を IPP に依存しており、IPP からの高い購入電力料金が EDC の電力供給コストを押し上げている。	同上	本計画の実施によって新設発電設備が運転を開始すれば、売電価格の高い IPP からの電力購入量を削減することが可能となる。

## 4-2 課題・提言

本計画の効果が発現・持続するために、「カ」国側が取り組むべき課題は以下の通りである。

- (1) 本計画の実施により 2007 年の供給力は確保されるが、2008 年以降の電力需要の伸びに対応するための電源開発とベトナムから買電を確実に実施する必要がある。
- (2) EDC は未回収電気料金と EDC の負債の相殺、電気料金体系の見直し、事業経費の削減等を織り込んだ「財務状況改善アクションプラン」を策定しており、本計画により実施される既設 C5 発電設備の燃料転換はアクションプランの一方策と位置づけられている。EDC は同アクションプランで削減された電力供給費用を、貧困地域への配電網拡張に使用するなど、本計画によって得られた利益を貧困層に還元する必要がある。
- (3) 本計画で供与した設備の稼働率が 50%程度以上となるよう、C5 発電所の既設・新設発電設備の運用計画を策定する必要がある。
- (4) IPP との電力購入契約における購入電力量、購入単価を見直し、発電原価の安い EDC 自前の発電設備の活用と電力調達コストの低減を図る必要がある。
- (5) ソフトコンポーネントの成果を全ての運転・保守要員に確実に伝達するとともに、運転・保守技術の維持向上に努める必要がある。
- (6) 初期環境影響評価報告書 (IEIA) に記載した環境マネジメントプランを確実に遂行し、本プロジェクトの実施による環境影響が IEIA の予測を上回ることがないように、留意する必要がある。

## 4-3 プロジェクトの妥当性

以下の点から、無償資金協力による協力対象事業の実施は妥当であると判断される。

- (1) 裨益人口  
本計画の実施により、プノンペン電力系統の供給エリアであるプノンペン市の居住者（人口約 110 万人）に対し、安定した電力を供給することが可能となる。
- (2) 教育・民生の安定への貢献  
発電設備容量が増加することで電力の供給安定性が向上し、住民の生活レベルの改善、社会福祉・公共施設の安定した運営、および産業・経済活動の活性化が促進される。
- (3) 緊急性  
プノンペン市では、現時点で既に供給力不足から毎日計画停電が実施されている状態であり、本計画が実施されなければ、2007 年には 8.6MW の供給力不足が発生する（予備力：マイナス 7.5%）。安定した電力供給が行われなければ、内戦後の経済復興が阻害され、住民の生活レベルの低下、社会・治安状況の悪化を引き起こす恐れがあることから、緊急的に本計画を実施し、電力供給の安定

化を図る必要がある。

(4) 維持管理能力

本計画の実施機関である EDC の職員は、軽油燃料のディーゼル発電設備の基礎知識は保有しているものの、C 重油燃料による運転・維持管理技術には、不慣れであると考えられる。このため、本計画での燃料転換に伴い新たに必要となる運転・維持管理技術について、ソフトコンポーネント並びにOJTなどで、必要な技術の移転を行えば、本計画完成後も適切な設備の維持管理が実施されるものと考えられる。

(5) 中長期開発計画への寄与

「カ」国では 2004 年から 2020 年までのエネルギーセクターの開発計画 (CESS : Cambodia Energy Sector Strategy) を策定しており、同計画において本計画は、至近年の電力供給を担う重要な電源と位置付けられている。

(6) プロジェクトの収益性

EDC のプノンペンにおける平均電力料金は 15.2 円/kWh (2003 年、1US\$=110 円の場合) であり、本計画により新設されるディーゼル発電設備の発電原価は 12.2 円/kWh (利用率 50%) である。これに対して EDC の事業経費 0.9 円/kWh (1999~2002 年平均) およびネットワーク設備減価償却費 1.2 円/kWh (1999~2002 年平均) などの経費が必要となることから、本計画の収益性は発電に必要な燃料費、修繕費、その他必要経費を賄う程度のものである。

(7) 環境影響

初期環境影響評価の結果、本計画の実施により発生する NOx、SOx、騒音のレベルは「カ」国の規制基準の範囲内であり、環境に与える影響は小さいと言える。

#### 4-4 結論

本計画は前述した通り、「カ」国の経済復興や住民の生活レベルの向上、並びに社会福祉施設、公共施設の安定した運営に多大な効果が期待されることから、協力対象事業に対して我が国の無償資金協力を実施することは妥当であると考えられる。また、本計画の運営・維持管理についても、「カ」国側は人員・資金面で十分な体制を有しており、本計画の実施にあたり特段の問題は認められない。4-2 項で述べた課題が達成されれば、本計画はより円滑かつ効果的に実施されるものと考えられる。