

カンボディア国

シアムリアップ電力供給施設拡張計画

基本設計調査報告書

平成 13 年 10 月

国際協力事業団
日本工営株式会社

無償三

C R (1)

01 - 187

序文

日本国政府はカンボディア王国政府の要請に基づき、同国のシアムリアップ電力供給施設拡張計画にかかる基本設計調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施しました。

当事業団は、平成 13 年 5 月 15 日から 6 月 16 日まで基本設計調査団を現地に派遣しました。

調査団はカンボディア政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施しました。帰国後の国内作業の後、平成 13 年 8 月 22 日から 9 月 2 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。

終わりに、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 13 年 10 月

国際協力事業団
総裁 川上 隆朗

伝達状

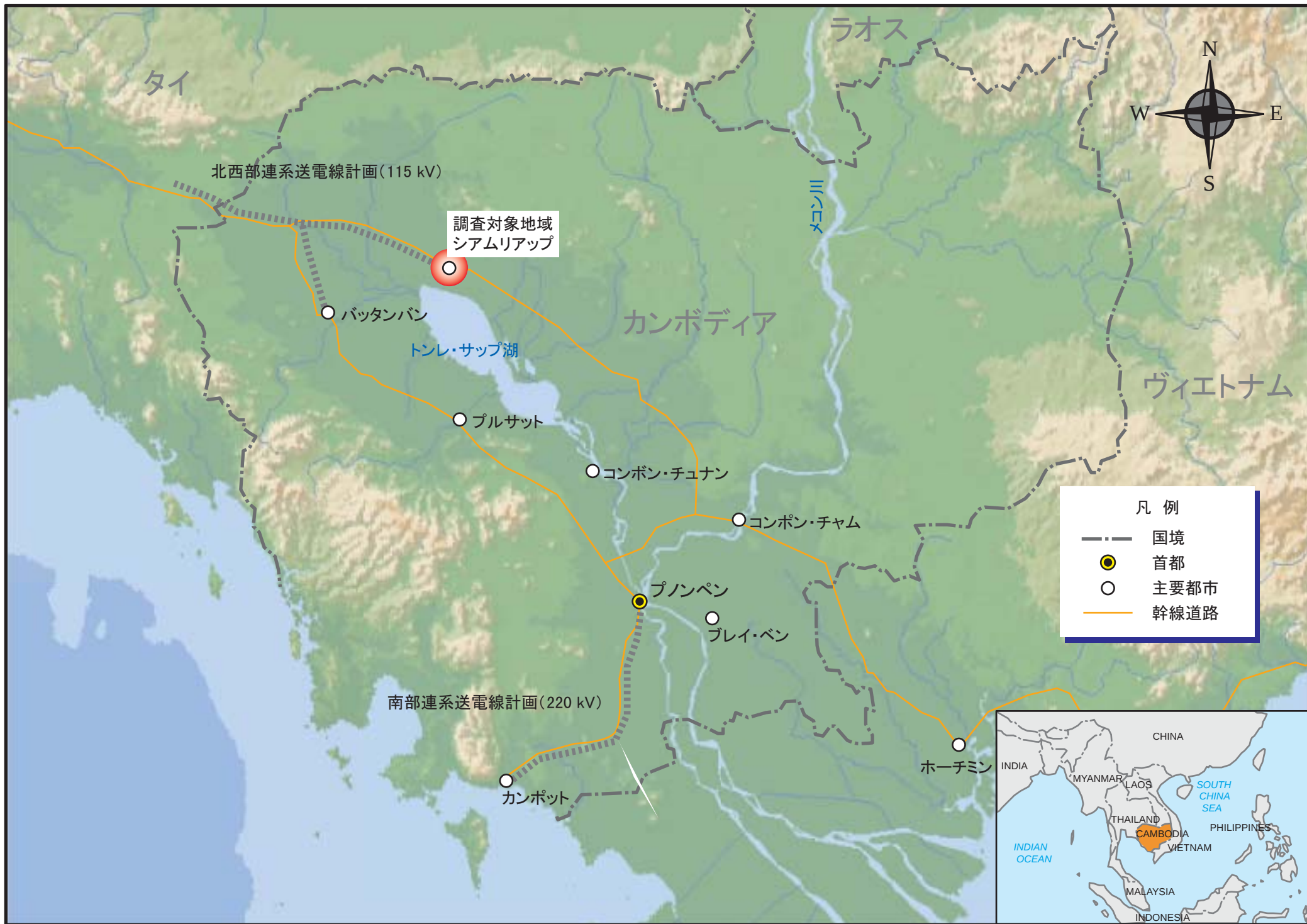
今般、カンボディア王国におけるシアムリアップ電力供給施設拡張計画基本設計調査が終了いたしましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

本調査は貴事業団との契約に基づき弊社が、平成 13 年 5 月より平成 13 年 10 月までの 6 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、カンボディアの現状を十分に踏まえ、本計画の妥当性を検証するとともに、日本の無償資金協力の枠組みに最も適した計画の策定に努めてまいりました。

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

平成 13 年 10 月

日本工営株式会社
カンボディア王国
シアムリアップ電力供給施設
拡張計画基本設計調査団
業務主任 砂川 義一



新シアマリアアップ発電所完成予想図





既設発電所建屋全景



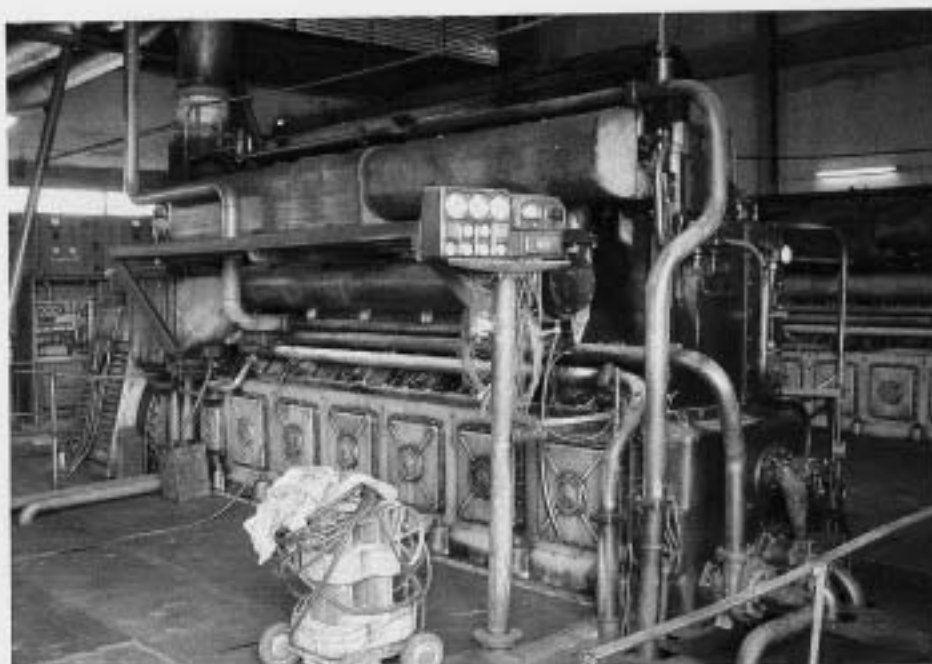
フランス製1000KVA 発電機分解跡



EDC 既設発電所 TRANS ROOM ・リース発電機 4 号機建屋
フランス製 1000KVA-格納室 (分解後放置状態)



EDC 発電機リース機材 1, 2, 3 号機 (1000KVA)

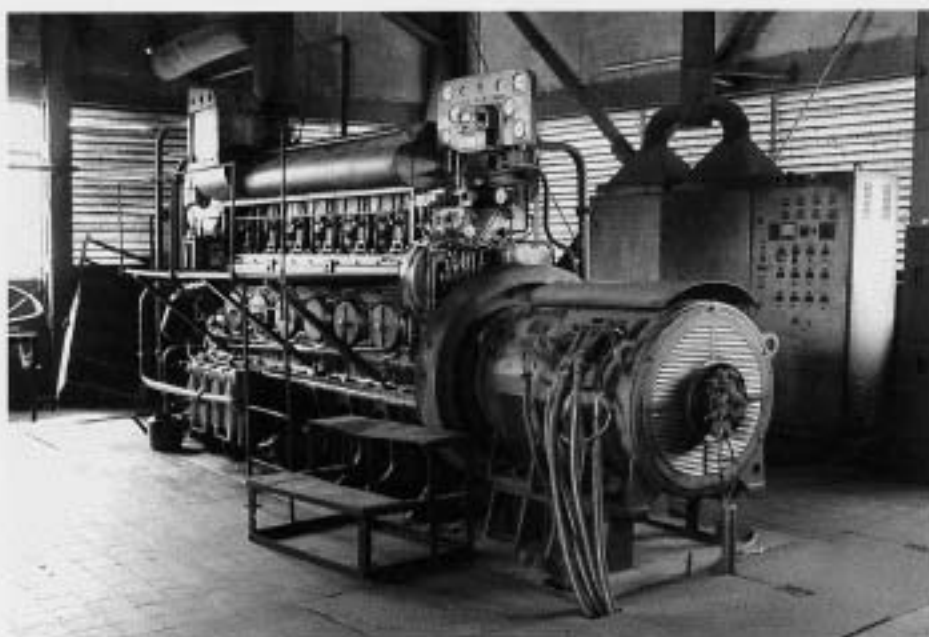


1000KVA (800KW) 発電機状況 手前側 (2号機)



1000KVA (800KW) 発電機状況 (1号機)

EDC 発電所内部の旧ソ連製発電機状況写真



350KVA (280KW) 発電機 (NO. 2 号機)



350KVA (280KW) 発電機 手前側 (NO. 1 号機)

図表リスト

< 図面 >

図 1-1	EdC プノンペン組織図	1- 2
図 1-2	EdC シアムリアップ組織図	1- 2
図 1-3	電力需要データ	1- 4
図 1-4	日負荷曲線	1- 5
図 1-5	シアムリアップ電力系統の需要予測	1- 9
図 3-3	基本設計フローチャート	3- 8

< 表 >

表 1-1	シアムリアップ系統の電力需要記録	1- 3
表 1-2	シアムリアップ電力需要の概要(2000)	1- 3
表 1-3	需要家種目別消費電力量と需要家当りの平均消費量	1- 5
表 1-4	シアムリアップのピーク需要予測	1- 6
表 1-5	シアムリアップ電力系統の需要予測	1- 8
表 1-6	シアムリアップ発電所の既設機器	1-11
表 1-7	シアムリアップ市の配電設備の概要	1-13
表 2-1	EdC プノンペン・シアムリアップ人員構成	2- 1
表 2-2	予定輸送所要日数	2- 6
表 2-3	NO ₂ および SO ₂ 着地濃度	2- 9
表 3-1	主要機材リスト	3- 2
表 3-2	発電所地点の比較	3- 4
表 3-3	ディーゼル機関の主なる仕様	3-11
表 3-4	燃料油供給装置	3-12
表 3-5	潤滑油システム構成機器	3-13
表 3-6	エンジン冷却装置	3-13
表 3-7	スラッジ処理装置	3-13
表 3-8	発電機の仕様	3-14
表 3-9	主変圧器の仕様	3-15
表 3-10	所内用変圧器の仕様	3-16
表 3-11	主要資機材調達先(案)	3-25
表 3-12	基本-I 整備教育内容	3-27
表 3-13	基本-II 整備教育内容	3-28
表 3-14	基本-III 整備教育内容	3-28
表 3-15	基本-IV 整備教育内容	3-29

表 3-16	実施工程	3-30
表 3-17	日本国側負担経費	3-33
表 3-18	カンボディア国側負担経費	3-34
表 3-19	運転維持管理費の実績	3-34
表 3-20	運転保守要員配置計画	3-35
表 3-21	新発電所の運転維持費	3-36
表 4-1	計画実施による効果と現状改善の程度	4- 2
表 4-2	カンボディア国側責任事項とその必要性	4- 2

略語集

ADB	: Asian Development Bank	アジア開発銀行
APSARA	: d'Autorite pour la Protection du Site et L'Amenagement de la Region d'Angkor	アンコール遺跡群保存委員会
BOT	: Build-Operation-Transfer	建設・運営・移管、民間開発の手法
EAC	: Electricity Authority of Cambodia	カンボディア電力庁
EdC	: Electricite du Cambodge	カンボディア電力公社
EGAT	: Electricity Generating Authority of Thailand	タイ発電公社
CMAC	: Cambodia Mine Action Center	カンボディア地雷処理センター
GMS	: Greater Mekong Sub-region	拡大メコン流域圏
GWh	: Giga watt-hour	ギガワット時 = 十億ワット時
JCS	: Japanese Cable Standard	日本ケーブル規格
JICA	: Japan International Cooperation Agency	国際協力事業団
IEC	: International Electrotechnical Committee	国際電気標準会議
JEC	: Japanese Electromechanical Committee	電気学会電気規格調査会標準規格
JIS	: Japanese Industrial standard	日本工業規格
IKL	: Isokeraunic Level	年間雷鳴日数
IPP	: Independent Power Producer	独立電源供給者
Km	: Kilo meter	キロメートル
MIME	: Ministry of Industry, Mines and Energy	鉱工業エネルギー省
MVA	: Megavolt-ampere	メガボルトアンペア
MW	: Megawatt	メガワット = 百万ワット
OJT	: On-the-job Training	実地訓練
WB	: World Bank	世界銀行

要 約

要 約

カンボディア国（以下「カ」国）は、メコン川がもたらす肥沃な土地と水資源に恵まれた農業国である。インドシナ半島の南西部に位置し、東は 베트남、西はタイ、北はラオスと国境を接し、南はシャム湾に面している。国土の大半は平地で、国の中央部東側には大河川のメコン川が流れており、その沖積層が広く分布している。国土面積は 181,035 km² であり、日本の約 48%である。行政的には 22 の州に分かれている。1998 年に実施された人口調査の結果によると、「カ」国の人口は 1,134 万人で、シアムリアップ州全体では 69 万 6 千人で、その人口増加率は年 2.7%と推定されている。シアムリアップ州シアムリアップ市はアンコールワット遺跡群を有していることで世界的に有名である。

1970 年の内戦勃発以来、「カ」国では長期にわたり政治不安が続いたが、1991 年のパリ平和協定締結以降、同国の復興のため日本をはじめとして各国・国際機関等の援助・融資が多方面にわたり実施されてきている。

「カ」国の電力系統は長い内戦期間中に、そのほとんどが破壊され、現在の設備は全て内戦終結後に建設されたものである。その影響もあって、現在でも国内の電化は東南アジアでも最も遅れており、国内で電力が供給されているのは全世帯の約 13%、年間消費電力量は 1 人当たり 35kWh で、両数値共に東南アジア地域でも最も低いレベルにある。「カ」国政府は、社会と経済のバランスのとれた発展に貢献できるように電力部門を整備・育成することを目指している。

「カ」国は、行政上 20 の州とプノンペンを含む 4 つの特別市に分かれている。各州の州都の電力事業は州政府によって運営されており、また州の主要な地域においては地方自治体あるいは私企業によって電力事業が運営されてきた。プノンペン市（同一系統であるカンダール州の州都タクマウも含む）の電力事業はカンボディア電力公社（以下「EdC」という。）によって運営されている。1996 年以降、州都であるシハヌクビル、シアムリアップ、コンボンチャム、タケオ、バットアンバン（注）の電力事業の運営も EdC に移管され、その他の州都の電力事業は鉱工業エネルギー省およびこの省と契約した私企業が現在行っている。

国内に連系送電系統は無く、電力は、州都及びその他の主要都市部で個別にディーゼル発電設備により発電して、各地の配電線を通して供給されている。2000 年の EdC の総発電容量は 129MW で、そのうち 87%は首都プノンペンに集中している。プノンペン及びコンボンチャムでは、最近、独立発電事業者（IPP：Independent Power Producer）から電力を購入しており、その購入量は 2000 年には EdC の全供給電力量の半分以上を超えている。EdC シアムリアップの消費電力量は 10.3GWh で全国（注）の 2.5%であった。シアムリアップの電化率は 2000 年に都市部で 34.3%、周辺地域を入れると 17.9%であった。

「カ」国では各系統毎の分離運用方式を採用しており、系統毎の独立採算で電気料金も個別に設定している。電気料金は発電量、需要電力量が大きい系統ほど安く、2000 年度ではシアムリアップが kWh 当たり US\$ 0.23（現地貨 872 リエル、換算率 1US\$=3,915 リエル=¥121.52、2001 年 10 月現在）

であるのに対してブノンペンは US\$0.15 (582 リエル) になっている。

シナムリアップの電力需要は、近年海外からの観光客の増加に伴い急速に伸びており、2000 年にはピーク電力 2,910kW、発電電力量 12.3GWh を記録した。シナムリアップには、その他に自家用発電により供給されているホテル、レストラン等の需要があり、その需要は EdC の供給よりかなり大きいものと見積もられている。

EdC シナムリアップの発電設備としては、1985 年に運転開始した旧ソ連から納入された 4 台のディーゼル発電機 (合計 2,160kW) と 1996 年に納入されたフランスからの中古のディーゼル発電機 (800kW) がある。旧ソ連からの機械は、ソ連崩壊後スパー・パーツの入手が困難となり、十分な保守ができていない。これらの合計最大可能発電出力は 1,100 から 1,200kW となり短時間の運転のみ可能である。フランス製発電機は故障により、運転不能の状態にある。そのため 1998 年以来、国内の民間業者から 1,000kVA(800kW) 容量の可搬式ディーゼル発電機をリース契約にて導入し、需要に応じて台数を増やし、現在は 4 台のリース発電機が既存発電所内に配置されており、その発電所内にて使用される電力を取り去ったあとの可能送り出し最大電力は約 2,320kW である。従って、シナムリアップ発電所の短時間における可能送り出し最大電力は約 3,520kW である。

現在、リース発電機は常用運転に使用され、ソ連製発電機はピーク時のみ補給用に運転されている。2001 年 4 月にはピーク電力が 3,500kW を記録したが、これ以上の供給をできない状況になっている。

このような状況のもと、「カ」国政府は、シナムリアップに 10,000kW のディーゼル発電所及び既設電力系統への連系線の建設に係る無償資金協力を日本国政府に要請した。

この要請に対して日本国政府は、シナムリアップ電力供給施設拡張計画に係る基本設計調査の実施を決定し、国際協力事業団は 2001 年 5 月 14 日から 6 月 17 日まで、基本設計調査団を「カ」国へ派遣した。調査団は「カ」国政府及び電力公社の関係者と協議を行なうと共に、計画対象地域での現地調査を実施した。本調査の目的は本計画の必要かつ最適な規模と内容を検討すると共に、その効果ならびに無償資金協力案件としての妥当性を確認することである。帰国後の国内作業の後、同年 8 月 22 日から 9 月 2 日まで、基本設計概要説明のため調査団を「カ」国へ派遣した。

「カ」国側からの要請を基に、基本設計調査団と「カ」国側関係者と協議の上合意した事業内容は以下の通りである。

- (1) 新規発電所の建設 (出力約 10,000kW) 土木建築工事込み
- (2) 新規発電所と既存の発電所を連系する 22kV 送電線
- (3) 発電施設の保守管理要員のトレーニングを含むコンサルティング・サービス

本基本設計調査団が帰国後、現地調査並びに「カ」国側との協議結果を基に取りまとめた基本事項は次の通りである。

(1) 発電所建設用地の選定

発電所建設用地の選定にあたっては、既存発電所の敷地内および新予定地として EdC が選択した市の中心地から国道 6 号線沿いに東へ約 3.5km の新予定地の 2 箇所について、都市計画および環境保全、設備配置計画および運転・保守の容易さ、既存電力系統との連系および将来における拡張性、の観点から比較検討した結果、新予定地が選定された。

(2) 発電所形式および燃料油の種類

発電所形式および燃料油の種類は、EdC も希望している通常の屋内型の機器を発電所建屋内に並べて上部に保守点検用の天井走行型ホイストを設置する形式とする。またディーゼル・エンジンの燃料としては、電力料金の値下げが図れる、燃料費が安い C-重油を使用することとする。

(3) ディーゼル発電機の台数及び単機出力の選定

ディーゼル発電機の台数及び単機出力は、製作定格容量の日本メーカー規格を考慮して 2,500kW 機 4 台と 3,500kW 機 3 台の 2 案を比較検討した。

- 日本メーカの C 重油燃焼型ディーゼルエンジンの製作実績を見ると、3,500kW 機については多くのメーカーに実績があって製作台数も多い。しかし、2,500kW 機については、過去に実績があるのは 2 社のみで 1 社は 2 台、他の 1 社は 7 台である。また常用発電所としての運転実績は報告されていない。
- エンジン(補機設備) - 発電機 - 電気設備からなる 4 台設備系列より、3 台設備系列のほうが運転・保守が容易である。また機器の総コストおよび燃料消費量は 3,500kW 機のほうが安価である。

上記比較より、運転・保守において容易で、十分なる製作及び納入実績があり技術的にも機器の信頼度においても問題のない、また多くのメーカーが入札に参加できる、3,500kW 機 3 台案を選択するのが適当と判断された。

(4) ソフトコンポーネントの導入

「カ」国、特に地方では技術が未習熟な状態にあり、EdC シアムリアップにおいては現在運転員の技術レベルが低く、難しい保守業務は困難な状況にある。従って、運転保守要員の教育訓練及び管理体制の構築が必要であり、長期に亘り EdC の自己完結的な維持管理の習得のためにソフトコンポーネントを計画する。

上記の検討結果を取りまとめた計画概要は次表の通りである。

計画の概要

計画予定地	シアムリアップ州シアムリアップ市
発電所建設工事計画 発電施設 連系送電施設 土木・建築施設	ディーゼルエンジン発電設備：総出力 10,500kW 20 kV 地中連系送電線：3 回線、約 1.2 km 発電所敷地造成：19,658 m² 外構工事：1 式（構内道路・排水設備、境界フェンス等） 燃料タンク：150 kL 1 台、300 kL 2 台 基礎工事：機器および建屋のコンクリートおよびパイル基礎 発電所建屋：地上 1 階、一部地上 2 階、延べ床面積 1,027 m² 事務所棟：地上 1 階、延べ床面積 176 m² 守衛所：地上 1 階、延べ床面積 8.75 m²
資機材調達計画 発電施設 連系送電施設 土木・建築施設	ディーゼルエンジン発電機：出力 3,500kW，3 台 エンジン付帯設備：1 式 電気設備：1 式（主変圧器，所内変圧器，制御盤，配電盤，直流電源装置） 地中送電ケーブル：3 芯×240m²、2.4km ：3 芯×150m²、1.2km 土木・建築工事に用資機材：1 式
ソフトコンポーネント 内容 成果品	EdC の判断による発電事業管理、長期維持管理体制の自立支援 運転報告書作成指導 トラブルの対策、対応指導 運転操作、点検保守の指導 指導前及び指導後の成果確認 基本マニュアル：1 式

なお発電所予定地点の安全確認のために、CMAC(Cambodia Mine Action Center)による地雷探査が2001年6月初旬に実施され、地雷は発見されていない。但し、探査機の性能上、深い位置にある不発弾の有無は確認されていない。深い掘削とパイル打設の際は注意する必要がある。不発弾があればCMACが処理する。

本計画の全体工程では、交換公文締結から建設工事の完了まで 22 ヶ月を要する。この内訳は、入札仕様書作成を含む詳細設計に約 3 ヶ月間、入札から業者契約迄に約 3 ヶ月間、機器の設計製作、輸送、建設工事、現地試験、技術移転を含めて約 16 ヶ月間である。

本計画の概算事業費は約 21.56 億円(日本側 21.32 億円、「力」側 0.24 億円)と見込まれている。

本計画の実施による効果として、以下のような直接効果及び間接効果が期待できる。

直接効果：

- 電力供給不足の解消：

本計画の実施により、現在需要が満たされ、当面の電力需要に対応できるようになり、電力供給不足が解消される。本計画では、2010 年までの電力需要に対応可能であり、2008 年のタイ国との送電線の連系、2010 年のプノンペンとの送電線の連系とが実施されれば、2010 年以降の不足分は送電線の連系により補われることになる。

- 安定な電力の供給：

シナムリアップについては、既に 1999 年に ADB の支援により配電網が整備されており、電力供給能力が課題であった。本計画実施により、電力供給能力の課題が解決されることにより、シナムリアップにおいて安定な電力が供給できるようになる。

- 電力料金の低廉化：

本計画の実施により、運営維持管理費が大幅に低減するため、電気料金の大幅な低廉化が図られる。なお、本計画が実施されれば、電気料金を、現行の 0.23US\$ から 0.15US\$ (現行のプノンペンの電気料金) まで引き下げても EdC シナムリアップは健全な収支状況を維持することができるようになる。

間接効果：

- 安定した電力の供給によって、公共施設のサービスの向上により、医療・教育の改善に寄与する。
- 電力の安定供給は観光、その他産業とそれに伴う種々の経済活動の活性化に寄与する。これはカンボディアの外貨獲得への支援になる。
- 電力料金の低廉化により、低所得者層の電気利用が促進される。

発電所予定地点は、現在ほとんど利用されていない原野で、近隣に人家は無く、発電所建設による深刻な環境問題はないと考えられる。本計画は、我が国の無償資金協力によって、特段の困難は無くプロジェクトが実現可能である。

本プロジェクトは、前述のように多大な効果が期待されると同時に、本プロジェクトが広く住民の基礎的生活条件の向上に寄与するものであることから、我が国の無償資金協力を実施する事の妥当性が確認される。本プロジェクトの運営・維持管理についても、既設大型発電所の現状から考えて、相手国の体制は人員・資金とも問題無いと考えられる。「カ」国、特にプノンペンを離れた地方では、技術能力のある人員を雇用するのは困難で、EdC シナムリアップの現存の人員だけでは今回の発電所の運転・保守は困難である。EdC プノンペンの積極的な参画が必要欠くべからざる条件である。建設期間中のオンザジョブトレーニングに加えて、ソフトコンポーネントの投入により運転・保守要員の育成を図ることを確認する。

以下の点が先方実施機関により遅滞無く用意されれば、本プロジェクトは円滑且つ効果的に実施されと考えられる。

- (1) 発電所用地の取得：発電所用地として、EdC が選定した新予定地に 155m x 127m (19,685 m²)の広さの敷地を取得するものとする。
- (2) 取付け道路の建設：既存道路より、発電所敷地にいたる約 220m、幅員 7m の重量物が運搬可能な取付け道路を建設するものとする。
- (3) ディーゼル発電機の共同据付作業：ディーゼル発電機の据付工事は、本邦請負業者とカンボディア国側実施機関の共同作業とし、その過程でディーゼル発電機の分解組み立ての技術を習得するものとする。

目 次

序文

伝達状

位置図 / 完成予想図 / 写真

図表リスト / 略語集

要約

第 1 章 プロジェクトの背景・経緯	1- 1
1-1 当該セクターの現状・経緯	1- 1
1-1-1 現状と課題	1- 1
(1) 電力供給	1- 1
(2) 電力事業組織	1- 2
(3) 過去の電力消費と需要予測	1- 3
(4) 電力料金制度	1-11
(5) 発電設備	1-11
(6) 配電設備	1-13
1-1-2 開発計画	1-14
(1) シアムリアップ市総合開発計画	1-14
(2) 発電電力増強計画	1-15
(3) 送電網増強計画	1-15
(4) 配電網拡充計画	1-16
1-1-3 社会経済状況	1-17
1-2 無償資金協力要請の背景・経緯および概要	1-18
1-3 我が国の援助動向	1-20
(1) 電力系統マスタープラン調査	1-20
(2) 電力関連以外の援助	1-20
1-4 他ドナーの援助動向	1-21
(1) 旧ソ連からのディーゼル発電機	1-21
(2) フランスからのディーゼル発電機	1-21
(3) ADB からの借款による配電網整備	1-21
(4) 世界銀行による全国送電系統マスタープラン調査	1-21
(5) 世界銀行による全国僻地電化計画	1-22
(6) フランスによる都市計画	1-22
(7) ADB による地方電化計画	1-22

第2章 プロジェクトを取り巻く状況	2- 1
2-1 プロジェクトの実施体制	2- 1
2-1-1 組織・人員	2- 1
2-1-2 財政・予算	2- 1
2-1-3 技術水準	2- 3
2-1-4 既存の施設・機材	2- 4
2-2 プロジェクト・サイトおよび周辺の状況	2- 4
2-2-1 関連インフラの整備状況	2- 4
(1) 運輸	2- 4
(2) 現地への機材輸送	2- 5
(3) 通信	2- 6
(4) 水道	2- 7
2-2-2 自然条件	2- 7
2-2-3 その他	2- 8
(1) シアムリアップの都市計画	2- 8
(2) 環境問題	2- 8
第3章 プロジェクトの内容	3- 1
3-1 プロジェクトの概要	3- 1
3-2 協力対象事業の基本設計	3- 3
3-2-1 設計方針	3- 3
3-2-2 基本計画	3- 7
3-2-2-1 発電施設	3- 8
3-2-2-2 22kV 連系線施設	3-17
3-2-2-3 土木・建築施設	3-18
3-2-3 基本設計図	3-19
3-2-4 施工計画	3-20
3-2-4-1 施工方針	3-20
3-2-4-2 施工上の留意事項	3-21
3-2-4-3 施工区分	3-22
3-2-4-4 施工監理計画 / 調達監理計画	3-22
3-2-4-5 品質管理計画	3-24
3-2-4-6 資機材等調達計画	3-25
3-2-4-7 ソフト・コンポーネント計画	3-26
3-2-4-8 実施工程	3-30
3-3 カンボディア国側分担事業の概要	3-31
3-4 プロジェクトの運営・維持管理計画	3-31

3-5	プロジェクトの概算事業費	3-33
3-5-1	協力対象事業の概算事業費	3-33
3-5-2	運営・維持管理費	3-34
3-6	協力対象事業実施に当たっての留意事項	3-36
第4章	プロジェクトの妥当性の検証	4- 1
4-1	プロジェクトの効果	4- 1
4-2	課題・提言	4- 2
4-3	プロジェクトの妥当性	4- 4
4-4	結論	4- 5

【図面】

【資料】

1. 調査団員・氏名
 - 1-1 調査団員名簿 基本設計調査
 - 1-2 調査団員名簿 ドラフト・レポート説明
2. 調査工程
 - 2-1 現地調査日程 基本設計調査
 - 2-2 現地調査日程 ドラフト・レポート説明
3. 関係者（面会者）リスト
4. 当該国の社会経済状況
 - 4-1 カンボディア経済の概要
 - 4-2 カンボディアの社会経済状況
5. 討議議事録
6. 事業事前評価表
7. 参考資料／入手リスト
8. その他の資料・情報
 - 8-1 カンボディアの主要系統の電気料金
 - 8-2 EdC の収支報告
 - 8-3 地質調査結果
 - 8-4 環境調査報告書
 - 8-5 協力対象事業の概要

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・経緯

1-1-1 現状と課題

(1) 電力供給系統

カンボディアの電力系統は 1970 年代からの長い内戦期間中に、その殆どが破壊され、現在の設備は全てその後に建設されたものである。その影響もあって、現在でも国内の電化は東南アジアでも最も遅れていて、国内で電力が供給されているのは全世帯の約 13%、年間消費電力量は 1 人当たり 35kWh で、両数値共に東南アジア地域でも最も低いレベルにある。カンボディア政府は、社会と経済のバランスのとれた発展に貢献できるように電力部門を整備・育成する事を目指している。

カンボディア国内には全国的な連系送電網は無く、州都およびその他の主要都市部で、個別にディーゼル発電設備（プノンペンには汽力機も一部運転されている）により発電して各地の配電線を通して電力供給を行なっている。2000 年現在のカンボディア電力公社（EdC, Electricite du Cambodge）の総発電容量は 129MW で、そのうち 87%は首都プノンペンに集中している。プノンペンには合計 50MW の独立電源供給者（IPP, Independent Power Producer）の発電所があり、2000 年に供給された電力量はこの地域全体の半分以上を超えている。2000 年度の年間消費電力量は全国で 415GWh で、その内 227GWh はプノンペン及びコンポンチャムの IPP によって供給されている。EdC シアムリアップの消費電力量は 10.3GWh で全国の 2.5%であった。

カンボディア国は、行政上 20 の州とプノンペンを含む 4 つの特別市に分かれている。各州の州都の電力事業は各州政府によって運営されており、また州の主要な地域においては地方自治体あるいは私企業によって電力事業が運営されてきた。プノンペン市（同一系統であるカンダール州の州都タクマウも含む）の電力事業は EdC によって運営されている。1996 年以降、州都であるシハヌクビル、シアムリアップ、コンポンチャム、タケオ、バタンバンの電力事業の運営も EdC に移管され、その他の州都の電力事業は現在鉱工業エネルギー省（MIME, Ministry of Industry, Mine and Energy）および MIME と契約した私企業が行っている。プノンペンを除く州都の発電設備の総容量は約 17MW である。

カンボディア政府は全国の電力供給を最終的には EdC の管理下で実施する方針で、州都であるカンポット、コンボンスプー、バンルン、プレイヴェン、スヴェイリエン、スヴェイソフォン、スタントレンの 7 系統も近く EdC へ移管される予定になっている。

1 日 24 時間電力が供給されている系統数は少なく、それ以外の系統では 1 日当たり最長で 6 時間（午後 6 時から 12 時が普通）又はそれ以下の時間だけ電力供給が行なわれている。

EdC/MIME による電力供給以外に、未電化地域で小型のディーゼル発電機（5-10kW が殆ど）によって局所的に私営の電力供給が行なわれている例や、少量の家庭用電力を充電したバッテリーで供給している例も多数ある。

(2) 電力事業組織

EdC による電力供給事業は、鉱工業・エネルギー省(MIME)及び経済・財務省の共同管轄下にある。MIME の電力供給への役割には電力政策の策定、安定した電力供給を実現させるための開発計画の作成、IPP の認可、地方都市での小規模電力供給がある。経済・財務省は電力事業の財政面の管理を行なっている。

EdC 全体の組織を図 1-1 に、シームリアップ支所の組織図を図 1-2 に示してある。

図 1-1 EdC プノンペン（本部）

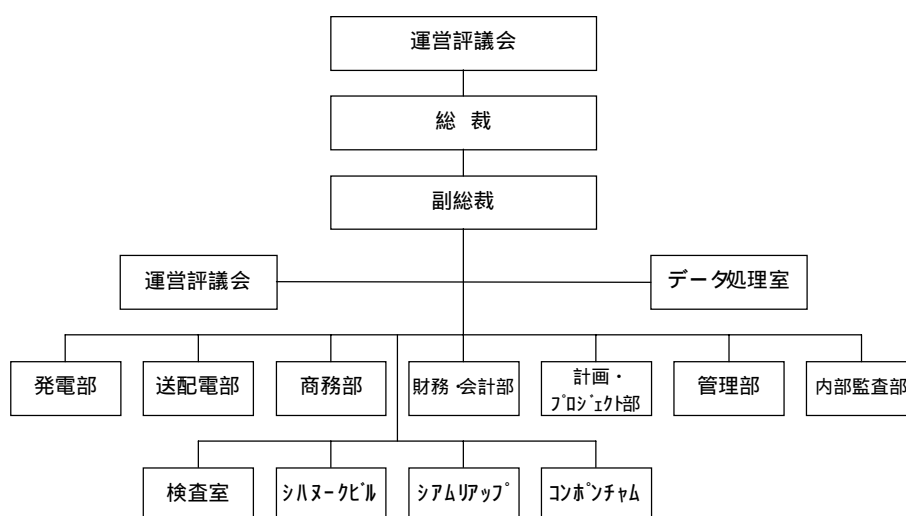
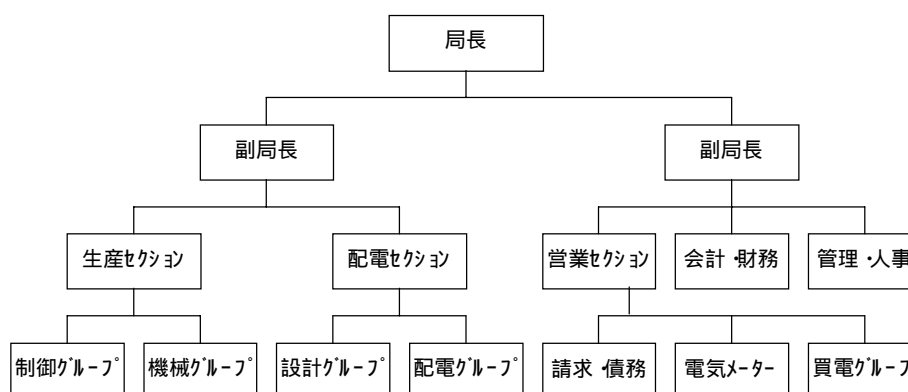


図 1-2 EdC シームリアップ（支所）



EdC は 1996 年の王政法に準拠した政府機関で、全国的に発電、送電、配電システムを自主的に運用している。電力供給の安定性を確保しながら、人民に対して安価な電力を供給し、経済を振興させて開発投資を促進させる役割を担っている。同時に自然環境の保全にも配慮するよう要求されている。現在 EdC による電力供給は主要州都だけの限られた地域で行なわれているが、将来は全国規模のシステムを運用し全国的に電力供給を行なう計画になっている。

EdC は元来プノンペンへの電力供給を行なっていたが、1996 年の法改正で全国的に電力供給を管轄するように業務範囲が変更になった。それ以後 MIME から主要州都を手始めに順次設備が移管されている。それら地方組織は、組織上 EdC プノンペン本部管理下の一部門になっており、それぞれ独立採算方式で運用されている。シアムリアップ市の電力供給事業は、以前地方自治体によって運営されていたが、1996 年の法改正でシハヌクビルと共に最初に EdC に移管されている。独立事業体として運用されていて、シアムリアップ電力庁とも呼ばれている。

新電気法によって 2001 年にカンボディア電力庁 (EAC, Electricity Authority of Cambodia) が新たに成立され、私营電力企業の認可、種々レベルでの料金設定、電力供給事業の監督及び相互間の円滑な運用を目的とした調整等の業務を行なう事になっている。現在、組織を立ち上げ中で、2001 年 8 月から新事務所で徐々に業務を開始している。

EdC は将来的には EAC 主導で分割(発電、送電、配電と別会社)・民営化を目指す事になっている。しかし、現在のところカンボディアでは電力産業自体が未成熟で規模が小さ過ぎ、実現へのプランを考える段階になっておらず、当面の民営化の見通しはない。

(3) 過去の電力消費と需要予測

(a) 電力需要の現状

1996 年から 2000 年のシアムリアップ系統の電力需要記録は、表 1-1 に示してある。

表 1-1 シアムリアップ系統の電力需要記録

年度		1996	1997	1998	1999	2000
発電電力量	kWh	7,354,406	8,248,627	9,670,436	9,369,930	12,270,370
発電所送出電力量	kWh	6,986,876	7,836,197	9,231,914	9,093,398	12,159,701
販売電力量	kWh	3,600,101	4,317,620	5,008,710	6,307,192	10,324,867
電力損失	%	48	45	45	31	15
最大需要電力	kW	2,160	1,740	2,120	2,000	2,910
需要家数	Nos.	4,695	5,473	5,888	7,295	7,902

(出展 EDC 年次報告書、EDC シアムリアップ)

その内、2000 年の電力需要の概要は表 1-2 の通りである。

表 1-2 シアムリアップ電力需要の概要(2000 年)

年間発電電力量	12.3 GWh	販売電力量	10.3 GWh
ピーク需要	2,910 kW	市部 1 人当たり消費量	86 kWh
電化率 市部	34.3 %	配電損失率	15.1 %
州全体	5.9 %	年間負荷率	48.1 %

(出展 EDC 年次報告書、EDC シアムリアップ)

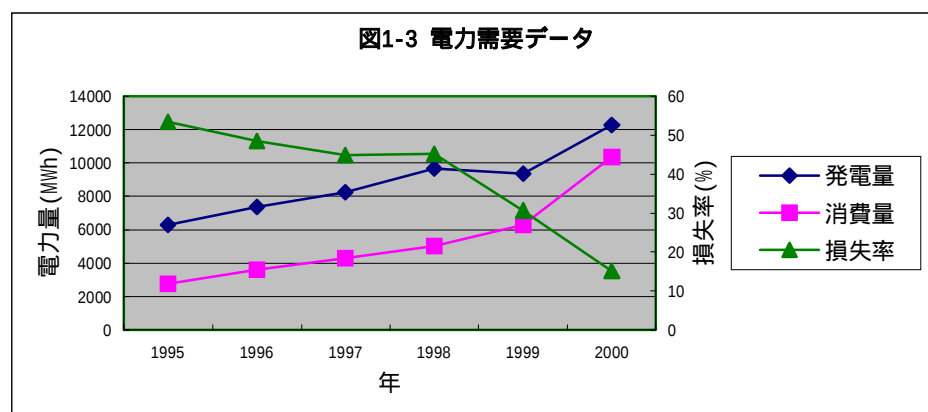
上記電力需要記録から下記の事が特筆される。

- 電力需要は急速に伸びて 7 年間で発電電力量が 14.3 倍になった。1994 年以降の伸び率

は平均年率で 18% になっている。特に 1999 年から 2000 年にかけては、発電量が 35.6% 増加し、消費は 63.4% と大幅に増加した。1998 年頃まで行なわれていた強制負荷制限は、その後発電容量が増えて現在は行なわれていない。最近の月間消費電力量をみると、ADB の配電網整備が完成に近づいた 1999 年初めから 2000 年前半までの消費の伸びが非常に大きい事が分かる。

- 1999 年以降、外国からの観光客が大幅に増え、それに伴う活発な経済活動が電力需要の増加に拍車をかけたと思われる。
- 1998 年から 1999 年にかけて、発電電力量は微減しているが、電力損失と EdC の所内消費が大幅に減少している、その間も消費電力量は順調に増えている。不正使用の大幅減が大きな要因になっていると思われる。
- 発電所の所内消費が減少したのは、この所内消費は EdC 発電機の所内消費のみで、現在大半の発電を行なっているリース機の所内消費が入っていないためである。リース機については発電機からのネット送り出し分が発電電力量として記録されている。
- 最近の ADB による配電網整備による電力損失の減少が顕著で、1998 年の 45% から 2000 年には 15% まで下がった。しかし、高圧配電線が短く実質 10% 以下と推定される純技術的損失よりは、いまだ高い水準にあると思われる。
- 電力損失の減少はメーターを通る電力消費量、即ち販売電力量の増加をもたらし、EdC の収入の大幅増につながり 2000 年には全体収支バランスが大幅にプラスになった。
- ADB の配電網整備によって配電事情が改善したため、月に 80 軒くらいの割合で新規接続の申し込みがある。しかし、材料不足のため全部には応じきれず、EdC は現在月 50 軒程度の接ぎ込みを行なっている。
- 1993 年から 1999 年 1 月まで平均販売単価は高かったが(kWh 当たり 32 セント均一)、損失が 50% 前後と高いため EdC の収支状況は良くなかった。しかし、1999 年以降の料金値下げ (kWh 当たり 23 セントベース) にもかかわらず、配電損失減少による売り上げ増によって EdC の収支は大幅に改善した。

1995 年から 2000 年の間の発電電力量、消費電力量と配電損失率の推移は図 1-3 に示してある。



1997 年から 2000 年の 4 年間の種目別販売電力量とその構成率は表 1-3 に示す通りである。

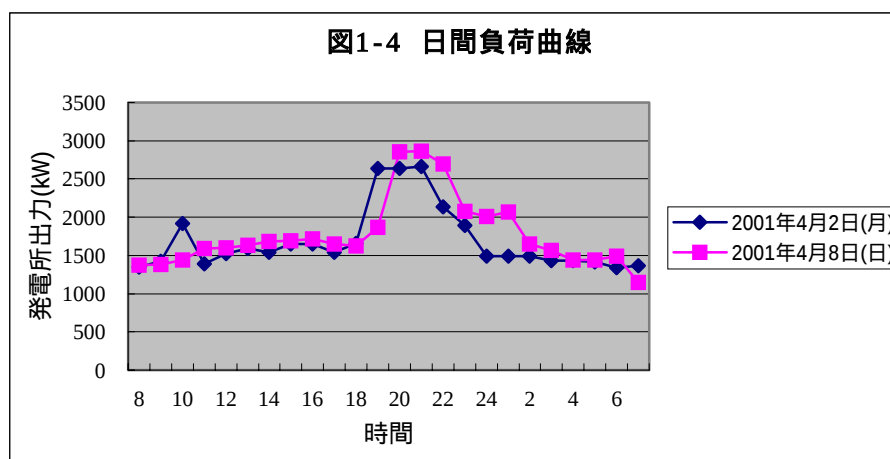
表 1-3 需要家種目別消費電力量と需要家当たり平均消費量

	消費電力量 (MWh)				需要家毎の平均使用量 (kWh)			
	1997	1998	1999	2000	1997	1998	1999	2000
家庭用	1,322	1,643	3,605	5,981	270	309	508	781
ホテル、ゲストハウス	1,818	1,749	1,273	2,120	8,575	8,023	28,279	25,548
商業用	581	698	526	670	2,233	2,696	10,111	10,809
政府、公共用	597	919	871	1,484	5,383	9,987	8,296	14,839
合計	4,318	5,009	6,275	10,255				

出典：EdC シアムリアップ運転記録

2000 年の種目別販売電力量の実績によると、家庭用消費が最大で (58.3%)、次いでホテル・ゲストハウス (20.7%)、政府・公共用 (14.5%)、商業用 (6.5%) となっている。シアムリアップに工業用消費は存在しない。家庭用が圧倒的に多い事が分かる。ADB による配電網整備の実施後、家庭用は需要家数、需要家当たりの平均消費量共に大幅に増加している。単位消費量の大幅増は、以前は不正使用していた消費がメーターを通した使用に切り替わった要因が大きいと考えられる。1998 年頃、EdC の供給能力が十分ではなかった時に、ホテル、ゲストハウスと商業用を含めて、需要家数が減少したのは自家用供給に切り替えた需要家が多かったためである。

年間の最大需要は一般的に暑い 4 月のクメール正月の日に発生する。2001 年 4 月の週日(4 月 2 日、月曜日)及び日曜日(4 月 8 日)の日間負荷曲線は図 1-4 に示してある。シアムリアップには週日昼間の経済活動は少ないので、週日と日曜の日負荷曲線は殆ど同じである。1 日のピーク需要は 19 時から 20 時に記録され、ピーク時間は 18 時から 22 時の 4 時間くらいである。深夜には消費が下がり、ピーク時の 40-50% になり 1,300 から 1,500kW 程度である。日によってピーク電力は変動するが最低負荷は余り変わらない。冷房が必要のない時期の年間最低負荷は 1,000kW 程度に下がる。



最近の配電損失の減少は顕著である。1993 年以来 50% くらいの高いレベルにあった。し

かし、ADB 資金による配電網整備により損失は 1998 年に 45%あったのが 1999 年に 31%に、2000 年には更に 15%まで下がった。メーターを各家屋に設置していたものを、道路沿いにある電柱上の計器箱に移したのが最大の原因と考えられる。不正使用、則ちメーターを通さない使用が大幅に減ったのは明白である。

供給力不足と供給信頼度に問題があるために、現在大型ホテルやレストラン等では自家用のディーゼル発電機で必要電力をまかなっている需要家が多い。それら発電機の総容量は約 10,000kW で、推定ピーク需要は約 4,000kW とされている。しかし、一般の需要家にとってディーゼル発電機の運転・保守は面倒で、これらの需要家も電力単価が下がり、供給信頼度が改善されれば、当然 EdC からの電力供給を希望するようになるはずである。

市内の低圧線延長で電化できる地域内で現在接続を待っている待機需要家は約 600 軒ある。市の南、港への道路沿いに約 1,000 軒の潜在需要家がある。この地域を電化するためには 22kV 配電線を約 8.5km 延長する必要がある。

(b) 電力需要予測

EdC にはシムリアップについて 2000 年から 2020 年までの全国規模で行なったマスタープランレベルの長期需要予測がある。この予測では負荷に対する制限が無いという仮定で 2012 年までのホテル需要を含めたピーク需要を表 1-4 のように予測している。この予測は細かい検討に基づいた積み上げではないとの事だが、2000 年のピーク需要が 8.38MW で実績の 2,910kW とは差があり過ぎる。2000 年度の需要実績をベースにし、新発電所の運転開始を 2004 年と仮定して、今後予想される配電網整備計画の進展を考慮に入れて、調査団は将来の需要を次のように予測した。

表 1-4 シムリアップのピーク需要予測

年	2000	2004	2008	2012
EdC 予測(MW)	8.38	12.58	19.12	27.54
調査団検討値(MW)：一般需要家のみ	2.91	4.25	5.71	7.41
：ホテル込み	2.91	5.07	9.68	14.47

大きな系統の需要予測には、一般的に需要の伸びを GDP の伸びと相関させる方法がとられるが、この方法は電化が進んでいないシムリアップのような小規模系統に適用する事はいできない。シムリアップの需要増は、主として配電線延長による需要家数の増加とホテル等の接続によってもたらされる。現在、配電線が布設されているのは市内のごく一部の地域で、将来の需要の伸びは配電系統をどれだけ延長するかによって決まる。現状ではある程度の待機需要家を抱えながら(2001 年 5 月で約 600 軒)、月 50 軒前後の割合で需要家の接続を進めている。

現在までのところ、EdC による電力供給には容量不足で安定性に欠けていて、しかも電気料金が自家発電のコストより高いと云う状態にある。そのため、中・大型のホテル、レストランなどは自家用のディーゼル発電機を設置して電力を供給している。しかし、新発電所完

成後は電気料金が大幅に下がり、需要家の発電単価と同等かそれより安くなり、同時に供給信頼度が向上する事が想定される。当然、多くの需要家は EdC 電力の受電を希望することになる。将来の需要を長期に想定するには不定要素が多過ぎるので、2000 年から 12 年間、2012 年までの期間について需要を予測する。

調査団が将来の電力需要を想定するにあたって下記の条件を設定する。

- 需要予測の開始点は 2000 年度の需要実績とする。
- 日本からの無償資金による約 10,000kW の新発電所の運転開始は 2004 年度始めとする。
- 家庭用の低圧需要家を主とする新規接続数は現在月当たり 50 軒程度であるが、2003 年度以降月 60 軒になり、2008 年以降は更に 70 軒になるものとする。
- 新規接続家庭用需要家の初年度の電力消費量は年間 800kWh と仮定し、既接続負荷は年率 3% で増加するものとする。但し、2001 年は過渡的に 10% 増加し、2004 年と 2005 年は 5% 増加するものとする。
- ホテル等自家発電設備を保有する需要家を除く商業用と政府・公共用の需要増は住宅用の増加量の 50% とする。
- 中小ホテル、大レストラン等現在自家発電でまかなっている負荷、及び今後建設される同様の負荷の EdC 系統への接続は 2004 年以降年毎に 3,000MWh の割合で行なわれるものとする。但し、大ホテルの EdC 系統への接続は考えないものとする。
- 配電損失は年率 0.5% の割合で損失率 10% になるまで減少し、その後は一定で推移するものとする。
- ディーゼル発電機の所内電力消費率は C-重油燃焼を想定して 3% とする。
- 年負荷率は 2001 年以降 50% とし、主需要が家庭用と観光業中心で、昼間負荷は余り増えないと予想されるので、その後は不変とする。
- 所要電力量及びピーク需要を家庭用需要と商業用と政府、公共用からなる一般需要と中小ホテル等も含めた需要の両方について予測した。

上記の仮定に基づいた 2012 年までの需要予測結果は表 1-5 に示す通りである。

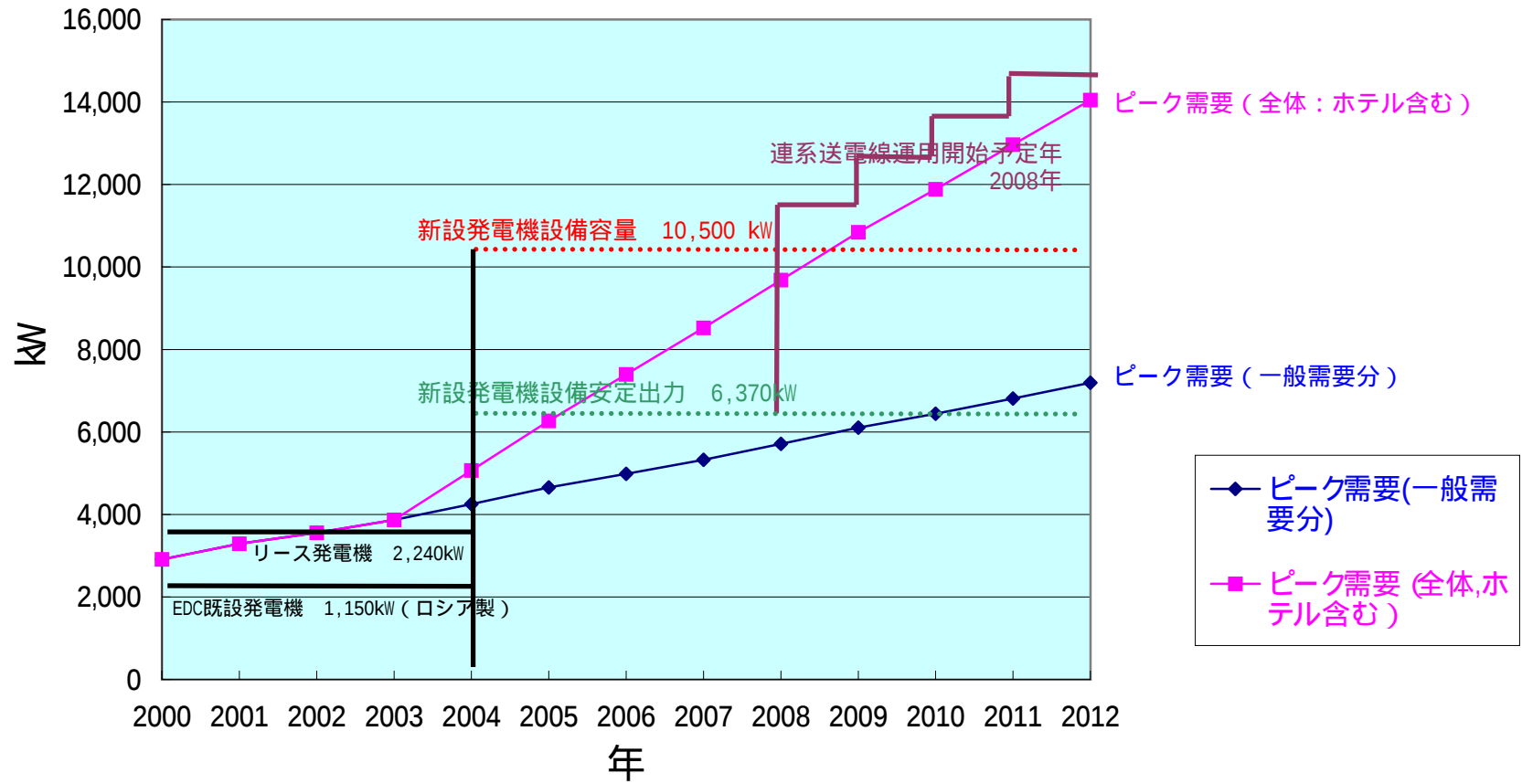
表 1-5 シアム・リアップ電力系統の需要予測

		単位	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1	家庭用新需要家	No.		600	600	720	720	720	720	720	840	840	840	840	840
2	家庭用需要家数	No.	7,660	8,260	8,860	9,580	10,300	11,020	11,740	12,460	13,300	14,140	14,980	15,820	16,660
3	家庭用電力消費量	MWh	5,981	7,059	7,751	8,559	9,563	10,618	11,512	12,433	13,478	14,555	15,663	16,805	17,981
4	公共用等消費の増加量	MWh		539	346	404	502	527	447	461	523	538	554	571	588
5	消費電力量(一般需要分)	MWh	10,325	11,942	12,980	14,193	15,699	17,280	18,622	20,004	21,571	23,186	24,849	26,561	28,326
6	損失率	%	15.1	14.6	14.1	13.6	13.1	12.6	12.1	11.6	11.1	10.6	10.1	10	10
7	送り出し電力量	MWh		13,984	15,110	16,427	18,065	19,771	21,185	22,629	24,265	25,935	27,640	29,513	31,473
8	発電電力量	MWh		14,416	15,578	16,935	18,624	20,382	21,840	23,328	25,015	26,737	28,495	30,426	32,446
9	年間負荷率	%		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
10	ピーク需要(一般需要分)	kW	2,910	3,291	3,557	3,866	4,252	4,654	4,986	5,326	5,711	6,104	6,506	6,946	7,408
11	ホテルその他の増加量	MWh					3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
12	消費電力量(含ホテル)	MWh	10,325	11,942	12,980	14,193	18,699	23,280	27,622	32,004	36,571	41,186	45,849	50,561	55,326
13	発電電力量(含ホテル)	MWh		14,416	15,578	16,935	22,183	27,460	32,396	37,323	42,410	47,494	52,577	57,917	63,374
14	ピーク需要(含ホテル)	kW	2,910	3,291	3,557	3,866	5,065	6,269	7,396	8,521	9,683	10,843	12,004	13,223	14,469

予測に当たっての推定事項：

- 家庭用需要家の月毎の接続数は2001年と2002年が50戸、2003年から2007年が60戸そして2008年以降が70戸とする。
- 新規接続された家庭用需要家の使用電力量は年間800 kWhとする。
- 既接続の家庭用需要家の電力消費の伸び率は一般に年当たり3%とする。但し2001年は10%、2004年と2005年は5%とする。
- 公共用、商業用等の需要の伸びは家庭用伸びの50%とする。
- ホテル等現在自家発で運転されているような需要家の系統への接続は2004年以降年3,000MWhの割合で行なわれるものとする。
- 所内用消費電力量は発生電力量の3%とする。
- 2001年の年間負荷率は50%とし 将来に亘って変わらないものとする。

図 1-5 電力需要予測



(4) 電力料金制度

シナムリアップの電気料金は 1993 年より 1999 年 1 月まで、kWh 当たり 0.32 米ドルの均一単価であったが、1999 年に 2 月に 0.27 ドルに、9 月には現行単価の 0.23 ドルへと値下げが行なわれた。1999 年 8 月発効した現行料金の概要は下記の通りである。

月使用量 20,000kWh まで	0.23 米ドル/kWh
月使用量 20,001 – 50,000kWh	0.193 米ドル/kWh
月使用量 50,001 – 110,000kWh	0.176 米ドル/kWh
月使用量 110,000kWh 以上	0.162 米ドル/kWh
水道事業	0.195 米ドル/kWh

カンボディアの電気料金はあくまでも米ドルベースで、一般需要家は 0.23 米ドル/kWh 相当額(2001 年 5 月現在 875 リエル/kWh)を現地貨で支払い、大型ホテル、水道事業及び外国人等ドル収入がある需要家は米ドルで支払う事になっている。現在、月使用量 50,000kWh を超える需要家は存在しない。シナムリアップの全平均電力料金は大需要家が少ないので、23 セント/kWh を僅かに下回る値になっている。

カンボディアの電気料金は、使用 kWh 当たりの電力量料金だけで、kVA(又は kW)ベースの容量料金は採用されていない。多くの国で適用されている燃料単価変動による料金調整も行なわれていない。カンボディアの主要 4 系統、プノンペン、シハヌクビル、シナムリアップ及びコンポンチャムの電力料金の比較を資料 8-1 に示してある。

電気事業は公共事業なので、その料金は政府の規則によって必要経費プラス一定率のマージンをベースに決められており、経費が下がれば料金が下がるので電力事業に大きな利益が出る事はない。従って、今回の無償資金協力で供給される発電機が運転開始すれば、発電原価が低くなるのでシナムリアップの電力料金は大幅に下がる事になる。

シナムリアップでは新規接続の際、消費者は接続費用(100%)と電力量計の取り付けに伴うデポジットを支払う必要がある。

カンボディアでは全国均一料金制度を適用していない。地域毎の独立採算制を背景に、各電力系統毎に、別別に発電原価に基づいて採算ベースの電気料金を定めている。系統の大きいプノンペンが一番安く、次がシハヌクビルで、系統が小さいほど高い。地方の小規模系統では kWh 当たり 25.5 から 51 セントになっている。2000 年の全平均売電単価はプノンペンが kWh 当たり 15 セント、シナムリアップは 23 セントであった。

(5) 発電設備

既設発電設備の現状と問題点についての調査結果の概要については以下の通り記述する。なお、シナムリアップ発電所には発電機運転、修理、定期点検、事故等の記録は殆ど無く、聞き取りと現物調査を行なって情報を収集した。

シムリアップ発電所

シムリアップ発電所は 1985 年に、旧ソ連からの無償供与のソ連製ディーゼル発電機によって運用を開始した。ソ連からは 1986 年にかけて、合計 4 台、全出力 2,160kW、の発電機器が納入された。1996 年にはフランスからの無償で 800kW のディーゼル発電機が納入された。しかし、発電機器の老朽化・故障により十分な発電量が確保できない中で、これらの機器だけではシムリアップの増大する需要に応じきれず、1998 年からは 800kW のリース機が必要に応じて順次導入され、2001 年現在 4 台が運転されている。発電所の全体配置を図 SRD-001 に示してある。

この発電所は当初シムリアップ市営の発電所として運用されていたが、1996 年の電気法改正後 EdC に移管され、現在は EdC の地方組織 (Electricity Siem Reap Unit) として独立採算ベースで運用されている。

既設ディーゼル発電機

既存発電所には、EdC 所有の発電機とリースのディーゼル発電機があり、その概要は表 1-6 に示す通りである。

表 1-6 シムリアップ発電所の既設機器

発電機番号	発電機出力 (kVA/kW)	端子電圧 (V)	現状の運転出力 (kW)	製造/運転年	適要
EdC 所有の発電機					
USSR-1	1,000/800		400	1982/1985	
USSR-2	1,000/800		400	1986/1986	
USSR-3	350/280		150	1985/1985	
USSR-4	350/280		150	1984/1985	
フランス・グラント	1,000/800		0	1979/1996	修理不能、停止中
リース発電機					
					全機 Cummins 製
1 号機	1,000/800	380	579*1	1996/1998	スキャット・ベアース機
2 号機	1,000/800	380	579*1	1996/1999	同上
3 号機	1,000/800	380	579*1	1996/1999	同上
4 号機	1,000/800	380	579*1	1996/2000	同上

*1:リース機の出力は所内電力を取った後の送り出し電力

4 台のソ連機のディーゼル発電機は 15 年を超える酷使とスペアパーツの不足、それに保守の不十分さが加わってかなり酷い状態にある。配管類もかなり傷んでいて環境障害となる油漏れも発生している。

1996 年にフランスから無償で納入された機械は 1979 年製の中古機であった。この機械は 1996 年に潤滑油圧力低下による軸受の焼き付き事故を起こして、現場での修理は不可能で放置されたままになっている。

リース機のレンタル契約は EdC のプノンペン本社とカンボディアのリース業者の間で結ばれている。契約上の最大運転出力は 1,100A(724kVA、579kW)で、1 日 10 時間又は 1 月

300 時間運転のベースでレンタル料金は月当たり 7,950 米ドルで、発電機の実運転時間によってリース代金を調整することになっている。発電機は可搬型スキッドベース式のもので、発電量は機器の送り出し電力になっており、所内電力はリース業者の負担になっている。機器の保守、スパーパーツ等はリース業者の責任範囲で、燃料は EdC が負担している。

燃料問題

EdC の 2000 年度の運転記録によるとシナムリアップ発電所におけるリース発電機の平均的燃料消費率は 283g/kWh で、プノンペンの 265g/kWh より 6.8%多い。1998 年、リース機の運用が開始された頃、旧ソ連の古い機械の消費率は 363g/kWh で、その効率が悪い事が分かる。

シナムリアップで現在使用している燃料は軽質油(A 重油)である。油はテンドーベースで発電所サイト渡しで条件で購入しており、現在の供給者は民族系のソキメックス社である。油はシンガポール製が殆どで、価格は US\$430 - 450/kl でシンガポール値段によって左右される。プノンペンからの輸送は、雨季にはトンレサップ湖経由、乾季には 6 号線をタンクローリーで運んでおり、バットバン経由の鉄道便も利用されている。どのルートをとるかは供給者の選択範囲内にある。

貯油タンクは 300kl 容量のものが 2 基設置されている。この貯蔵容量は、2000 年ベースの発電量で約 2 ヶ月分に相当する。

2000 年の仮決算記録を見ると、燃料費は機器リース代や配電費等を含む EdC シナムリアップの全経費の 50%近くを占めている。

運転・保守とその問題点

シナムリアップ発電所には発電機器の運転状況及び維持管理記録に関する記録が整理されていない。ソ連機では機器の取り扱いマニュアルは提供されず、保守といっても単に消耗品、スパーパーツの交換を行なうだけで、技術性が乏しい。発電機器の運転は成り行き的で、計画性に欠けているといえる。

運転・保守人員は合計 16 人、運転 7 人、保守 9 人であるが、高校卒業者は少なく殆どは中学校または小学校卒業者である。発電機器に対する経験年数は平均 15-20 年と長いですが、機器維持管理に関する教育は受けていない。

(6) 配電設備

現在のシナムリアップ配電システムの系統及び位置は図 SRD-002 と図 SRD-003 に示す通りである。近年まで高圧配電電圧は古い 6.3kV であったが、1997 年から 1999 年にかけて実施された ADB 融資によるプロジェクトで全て 22kV に置換された。ADB プロジェクトでは現在の全 22kV 系統設備、22/0.4kV 変電所、低圧主回路と計器箱までを建設した。実質的には高圧配電システムを全て作り替えた事になった。現在の市内配電設備の概要は下記の表 1-7 に示す通りである。

表 1-7 シアムリアップ市の配電設備の概要

1.	電気方式：22kV 高压配電線 :400-230V 低压配電線	3 相 3 線式、22kV 3 相 4 線式、400-230V
2.	22kV 架空配電線	16.0km
3.	22kV 地中配電線	19.6km
4.	400-230V 架空配電線	67.5km
5.	400-230V 地中配電線	19.6km
6.	配電用変電所	36 箇所
7.	配電用変圧器容量	13,550kVA

出典：EdC シアムリアップ

配電線系統図から明らかなように、シアムリアップで配電線が布設されているのは市の中心部だけで、郊外の家屋数が多い地域でも配電は行なわれていない地域が広がっている。

シアムリアップはカンボディアにとって重要な観光地なので、市の美観を重視して市内の配電線には地中ケーブルを使用し、郊外に伸びている配電線には架空線を使用している。

ADB 資金による配電網整備計画による配電電圧上昇によって配電線の送電能力は大幅に増えて、配電線自体には容量的にかなりの余裕がある。但し、配電用変圧器については、約 10,000kW の発電機の発生電力を完全に消費するには、一部で増設の必要が出てくると思われる。

計器箱から需要家への低压引き込み線は EdC シアムリアップが自己資金で布設している。必要資材は有償で EdC プノンペンに依頼し、EdC プノンペンは全国の必要量をまとめて海外から輸入している。

1-1-2 開発計画

(1) シアムリアップ市総合開発計画

シアムリアップ市には、旅行者の年間 100 万人までの将来増を目指して下記のような開発計画がある。

- 1) アンコール地域の国立公園としての整備（地域内の道路網整備を含む。）
- 2) シアムリアップ市の再開発
- 3) 国際空港新設計画：既存の空港へは小型の飛行機しか利用できないので、大型機の発着可能な飛行場を 8 年後を目途に建設する。場所としては、国道 6 号線を西へ行ったプー郡又は東 35km のブラサット・バコン郡を計画している。
- 4) トンレサップ新港の建設：シアムリアップの南に 1 年を通して使用できる新港を建設する。但し、乾季に船舶を通すためにはトンレサップ川の浚渫が必要である。

シアムリアップ市の再開発については周辺地域を含めて各地域を市街化地域、公園地域、ホテル地域、保護地域、森林地域、将来開発地域等に分類して全体としてバランスの取れた将来像を描いている。

(2) 発電力増強計画

現存の開発計画では、短期計画としては国内各州中心地でのディーゼル発電による電力系統の整備を第一目標としている。中長期の目標としては、水力等の大規模発電地点を開発して、全国を送電系統で連系する事を計画している。現在、次の発電力増強計画に係る調査及び建設が実施中である。

- カムチャイ水力発電計画（約 120MW）はカナダのハイドロケベックとエックスペコの協同チームが 2002 年にフィージビリティ調査を開始し、発電所の完成は 2010 年以降になる計画である。
- プノンペンの西 120km のティリロム発電計画(12MW)は中国の BOT で建設中で、2002 年完成予定である。プノンペンへの 120km の 115kV 送電線はコンボンスプー経由でプノンペン GS1 変電所に接続される計画になっている。
- シハノークビルに 90MW コンバインドサイクル発電所建設にかかわる技術、経済、財務、環境の各方面からのフィージビリティ評価を行い実施計画を策定する、シハノークビル・コンバインドサイクル発電開発調査は、2002 年調査完了の予定で我が国により現在実施中である。
- メコン川本流のサンボール地点と東北部を流れる支流のセサン及びスレポック川流域では、拡大メコン流域圏（GMS, Greater Mekong Sub-region）の開発計画の一環として、国際連系を含む大規模水力計画の調査が行なわれている。

1995 年にマレーシアの業者から、シアムリアップへの電力供給に関する IPP プロポーザルが提出された。このプロポーザルはインフラ全般についての利権の要求を含んでおり、電力単価は kWh 当たり 13.5 セントであった。交渉は合意が得られず、1997 年、カンボディア政府はシアムリアップの発電力増強を日本政府に依頼する事を決定して、この IPP に関する交渉を打ち切った。

(3) 送電網増強計画

GMS 諸国間の相互協力を促進するために、カンボディア政府はタイ、ヴィエトナム、ラオスとの国際送電連系を積極的に進める政策をとっている。

現在、ヴィエトナムとプノンペンを結ぶ 220kV 送電計画(南部連系送電系統)の調査が世界銀行の資金で進行中である。第 1 段階として、2004 年頃までにプノンペンから中間のタケオを経てヴィエトナムのカオダックに至る 220kV 送電線（2 回線）を建設し、ヴィエトナム南西部のメコンデルタの系統と連系しプノンペンへの電力供給を安定化させようとしている。この計画に対する PPA(電力購入契約)は最近締結された。電力単価は kWh 当たり正常時（6-18 時）6US セント、ピーク時（18-22 時）8US セントで低負荷時（22-6 時）が 4US セントである。2010 年頃までに完成予定のカムチャイ発電所（120MW）もこの系統に接続される予定である。

カンボディア北西部のシアムリアップ及びバットアンバン地区の電源不足を解消し電力供給

の安定性を改善するために、タイ国東部のワッタナナコン（国境から 30km）から 115kV 送電線（1 回線）および変電所をバンタイミンチェイ、シラムリアップ、バツタンバンの 3 個所に建設して（北西部連系送電系統）、この地域にタイから電力を輸入しようとする計画がある。将来開発が予想されるバツタンバン第 1、第 2 水力発電所はこの系統に接続される。この系統計画は第 1 期が 2005 年に、タイ国境からバンタイミンチェイ、バツタンバンまでを建設、第 2 期は 2008 年にバンタイミンチェイからシラムリアップへ延長するよう計画されている。

この連系について、2001 年 3 月にタイ電力公社と EdC の間に第 1 回の交渉が行なわれたが、両者の条件（電力単価）にかなりの開きがある。カンボディア側は最早で、2005 年頃の運転開始を希望しているが、送電線建設資金問題の見通しは今のところ立っていない。

タイとの連系送電線は、タイ国内の 220/115kV プラチンブリ 2 変電所から 115kV 送電線（2 回線、70 km）で、ワッタナ・ナコン変電所を経由して 115kV 送電線（1 回線、190 km）にてシラムリアップにいたる。総延長 260 km の長距離送電線となり、その内 190 km は 1 回線の送電線であり、その送電容量は限られたものとなりシラムリアップで必要とする全電力を供給できる送電容量は確保できない。従って、タイの送電系統と連系されれば、系統としての信頼度は大幅に改善されるが、カンボディア側の電源は電力供給の主電源として必要で、タイからの電力は不足分に対するバックアップ的な位置を占める事になる。現在カンボディアが国境周辺でタイから配電ベースで輸入している電力単価は kWh 当たり 7.5 セントで、送電単価は 3 から 4 セントかかると予想されるので受電単価は本計画の発電単価より安くなるとは考えられない。

将来的には、カンボディアにも全国的な送電系統ができ、南部と北西部の 2 系統は連系される事になるであろうが、世界銀行による送電網マスタープランでは、2010 年頃までの連系は考えられていない。

(4) 配電網拡充計画

シラムリアップの電力供給地域は、図 SRD-003 に示す配電系統位置図の通り、市内の狭い範囲に限られていて、地域外で電気を使用するには私营の小型ディーゼル発電機しかなく電力単価は高く、貧しい地方住民は電気の無い生活を余儀なくされている。従って、周辺地域への配電系統延長への要求は高い。

2002 年から開始される世界銀行の僻地電化計画では、シラムリアップに関して下記の地域へ 22kV 配電線を延長する事を計画している。

- 市の南に隣接し港に向かう道路沿いの未電化地域
- 市から少し離れているが人口の多い国道 6 号線沿いの西(プー郡)と東(ブラサット・バコン郡)の地域

このローンは僻地電化目的に限定されているので、市内での系統拡充には使用できない。世界銀行からのローンの僻地電化計画への割り当て金額には制限があり、当然他の地域の要請もあるので上記の実施内容は現在未定である。

シナムリアップでは低圧線延長による需要家の接ぎ込みは、当然今後も続けられるが、その他に EdC は下記の地域への延長も資金手当てがつけば実施したいと考えている。

- 市内配電系統の拡充
- アンコールワット、アンコールトム等の遺跡群地帯の電化
- 市北部からアンコールワットを経由して飛行場に至る線路
- 上記以外の人家の多い地域への配電系統の延長

最近、ADB からのローンで 8 州の州都（シソホン、カンボンスプウ、カンポット、タケオ、プレイヴェン、スバイリン、スタン・チェン、ラタナキリ）の発電・配電網整備計画等が決定したが、原案ではシナムリアップはこの計画に含まれていない。EdC はシナムリアップをこの計画に含めるよう調整を試みている。

1-1-3 社会経済状況

カンボディアは、面積 181,350km² で東はヴィエトナム、西はタイ国、北はラオスと国境を接し、南はシャム湾に面している。国土の大半は平地で、国土の中央東部には大河川のメコン川が流れており、その沖積層が広く分布している。国の中央部に広大なトンレサップ湖があり、南西部のシャム湾近く、タイ国境近く及び北東部のヴィエトナム国境近くに山岳地帯が広がっている。

1998 年に実施された国勢調査の結果によると、カンボディアの人口は 1,143 万人で、都市部の人口はその内 16% であった。84% は地方に住んでいた。首都プノンペンが政治、社会、経済の中心地で、その人口は約 100 万人で全国の 9% 弱であった。シナムリアップ州全体では 69 万 6 千人、シナムリアップは 12 万人であった。1 戸の平均人数は 5.23 人であった。人口構成では、クメール人が圧倒的に多く人種的均一性が高い。そして、その殆どが仏教徒である。カンボディアの人口増加率は以前 4% 近くだったが漸減傾向にあり、1998 年には 2.7% になった。シナムリアップ市の人口伸び率は 2.7%、州全体では 2.6% と云われている。

カンボディアは 1887 年以降フランス領インドシナ連邦の構成国としてフランスの植民地であったが、1953 年にノロドム・シハヌーク王の努力によって独立を達成した。1970 年代以降長い間政治的混乱により内乱状態にあった。ポルポト派による支配、ヴィエトナムの侵攻等によって国内は乱れ、施設・制度の全てが破壊された。1980 年代後半から話し合いによる和平の道が模索され、1991 年 10 月にはパリ国際会議で和平協定が署名された。1993 年の総選挙後、政治は次第に安定に向かい、1997 年にフンセン現首相が権力を掌握した以降、政治は次第に安定して、1999 年には念願の ASEAN 加盟を果たした。現在は政治的には比較的安定した状態にあると云える。

カンボディアでは、計画経済から自由市場経済システムへの転換は 1985 年に始まった。1993 年には市場経済化の強力な推進と経済法制の整備が始まり、銀行法、税法、投資法等経済諸法が整備された。海外投資を促進するために税制優遇措置を定めた。1995 年には、好調な農業生産と海外投資の増加を背景にして 7% を越える高い GDP の成長率を達成した。しか

し、1997 年と 1998 年には海外援助の延期とアジア通貨危機の影響を受けて、外国直接投資の減少、工業の不振等によって、GDP の伸びは大幅に減少した。しかし、1999 年以降再び成長を回復してきている。貿易収支、経常収支共に慢性的に赤字が続いていて、開発計画は海外援助に頼らざるをえない状況にある。1995 年から 2000 年の間の主要経済データは資料 4-1 に示してある。

漁業、林業を含む農業部門の GDP 構成割合は、近年次第に減少傾向にあるものの 1998 年で 43.0%を占めており、カンボディアの経済が農業部門に依然として大きく依存している事が分かる。この部門は直接雇用の約 80%を占めている。農業部門に対する投資が十分に行なわれず、特に灌漑設備等の生産インフラ不足は慢性的で、農業部門の成長率は鈍化してきている。米は最重要産物で、社会発展にとって、生産強化が重要な鍵であるといえる。森林はカンボディアの重要な天然資源で、GDP 構成割合は低いが、商業用木材はカンボディアの主要な輸出商品の一つである。しかし、タイ国境付近など不正伐採が多く、資源は大幅に減少してきている。

工業部門の全 GDP に占める割合は年々増加傾向にあり、1999 年には約 20%になっている。1960 年代の工業は軽工業を中心とした国営企業であったが、内戦で破壊され、現在の工業は比較的最近に設立されたものが多く、工業発展の点では現在が初期的段階にあるといえる。製造業の中心は軽工業で、国内農産物を原料とする食品、飲料、タバコ等の食品加工業と、その他に諸外国からの民間直接投資による労働集約型の衣類製造業のウェイトが急速に増加してきている。輸出型軽工業の育成を図るためにシハヌクビル近郊に輸出加工区を建設する計画がある。

カンボディアは政治的安定性が高まりつつあるが、それは 20 年間の内戦による国内の疲弊から立ち直るためのスタート地点に立った事を意味するにすぎず、国造りはこれからと云える。カンボディア自身の自主努力を前提としながらも、国際社会がカンボディアのこのような状況に理解を示して、今後も更なる援助を継続する事が期待されている。

シアンリアップ市はアンコール・ワット観光の基地になっていて、主要ホテル 35 軒(1,795 室)とゲストハウス 70 軒(910 室)がある。1999 年シアンリアップへ直通の国際航空便が開設してから観光客が大幅に増加して 2000 年度の外国人のシアンリアップへの入国者は 19.3 万人で、そのシアンリアップでの平均宿泊日数は 2 日であった。現在ホテルの増室が積極的に進められており、2005 年には 5,000 室にする事を目標にしている。また市当局は数年以内に観光客の人数を年間百万人にする目標を立てている。

カンボディアの社会経済状況の一覧を資料 4-2 に示してある。

1-2 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要

本計画の対象地、シアンリアップ市はシアンリアップ州の州都である。1998 年の国勢調査による市の人口は約 12 万人であった。但し、周辺地域を含めた人口は約 23 万人と見積もられている。州の主産業は農業で、産業従事者の数で 農業 85%、 漁業 5%、 商業 7%、

サービス業 3%で、農業人口の殆どが米の生産に従事している。シナムリアップ市はアンコールワット遺跡群に近く、そこを訪れる観光客のベースになっている。この観光業はカンボディアにとって外貨の重要な収入源になっており、国家の財政改善に大いに貢献している。近年、大きなホテルが増えた他に商業活動、家内工業と手芸および観光関連の経済活動が活発化してきている。

シナムリアップ市への電力供給は EdC のシナムリアップ発電所が行なっている。この発電所の EdC の発電設備は、1985 年に運転開始したソ連からの無償援助で納入された 4 台のソ連製のディーゼル発電機（合計 2,160kW）と 1996 年にフランスからの援助で納入された中古のディーゼル発電機（800kW）1 台である。旧ソ連からの機械はかなり古い上にソ連崩壊後スパーパーツが入らなくなり、思うように保守もできず、現状では最大 50 から 60%程度の出力で短時間運転しかできない状態にある。フランスからの機械は故障により運転不能で、分解されたままで現在は運転されていない。以上の EdC 発電設備の可能発電出力は 1,100 から 1,200kW である。この出力では、需要に対応する事はできなく、1998 年以来、国内の民間業者から 1,000kVA（800kW）容量の可搬式ディーゼル発電機をリースし、需要に応じて台数を増やし、現在は 4 台のリース発電機が既存の発電所内に配置されている。リース発電機の所内使用電力を取り去った後の可能送り出し最大電力は 2,320kW である。従って、シナムリアップ発電所の短時間における可能送り出し最大電力は約 3,520kW である。

リース機は常用運転に使用され、ソ連機がピーク時のみ補給用に短時間運転されている。これらの発電設備は信頼度が低く、燃料消費率の高い、効率の悪い運転を余儀なくされている。

1998 年までは、シナムリアップは電源不足のために長い間需要が抑制され、計画停電が頻繁に行なわれ、需要家の新規接続申し込みにも対応できない状態にあった。1999 年以降リース発電機の運転開始と ADB 資金による配電網整備の実施によって、供給事情が改善され需要は急速に伸びてきている。最近の電力需要は観光業の進展もあって非常に旺盛で、1998 年に約 2,000kW だったピーク需要が、2000 年には 2,900kW に、2001 年には更に 3,500kW と急速に増えている。現状の設備では、これ以上の供給をできない状況になっている。

JICA による 1993 年のマスタープラン調査では、シナムリアップ地区に 4,000kW の発電設備を設置し、同時に配電網の整備を行なう事が提言されている。しかし、その後の推移をみると旺盛な需要増によってこの容量では、この地区の需要を満たすのに不十分である。EdC はシナムリアップへの電力供給力確保のためにマレーシア業者による IPP による発電設備の導入を図ったが、1-1-2(2)項で述べた理由でこの交渉は成立しなかった。

このような状況のもと、カンボディア政府はシナムリアップ地区に、次に示すディーゼル発電設備及び既設電力系統への連系線の建設に係る無償資金協力を日本国政府に要請した。

- (1) 10,000kW のディーゼル発電設備
- (2) 新発電所と既設の電力系統を連系するための 22kV 送電線

新発電所の建設に当たり、EdC は発電所の用地、燃料油の種類、既設電力系統との連系について次のように計画していた。

- 新設のディーゼル発電設備は既存発電所内に配置できれば経済的に有利であるが、この地点は手狭で、将来的に他の用途に使用する計画もある。従って、EdC は発電所地点としてシアマリアップ市の東部郊外の荒地を選定した。この地点はシアマリアップ市の都市計画で、開発地域と分類された地域で、発電所建設地点としての条件を満たしている。また用地取得も容易と考えられている。
- ディーゼル・エンジンの使用燃料に関して、EdC は燃料費が安く、使用実績の有る C-重油燃焼形式のエンジンを要望した。世界的にも、最近は大型機には C-重油を使用するのが一般的である。
- 既存発電所からの 22kV 配電線は、ADB プロジェクトで IPP 発電計画を考慮して新発電所の近くまで延長済みで、その先端から発電所予定地点までは約 1.2km である。その間に 3 回線の地中ケーブルによる連系線が必要である。
- 同時に、EdC シアマリアップには、大型ディーゼル発電機の運転経験はないので、発電設備の運転・保守についての要員訓練の必要性がある。

この計画の完成によって、一般需要家への電力供給能力は大幅に増加し、供給信頼度が改善され、住民の生活レベルの向上およびシアマリアップ地区の経済発展にも貢献する事になる。大容量の C-重油使用発電機の導入による発電単価の低減によって、低所得層の電力使用を容易にし、またリース機の返却は EdC シアマリアップの財政負担を軽減する事になる。

1-3 我が国の援助動向

(1) 電力系統マスタープラン調査

1993 年、日本政府はプノンペン及びシアマリアップの電力系統の復興に係るマスタープラン調査を行なった。報告書ではシアマリアップについて下記項目の実施を提言した。

- 2000 年の需要に対応する 4,000kW の発電設備の設置
- 既設配電設備の改修、格上げと拡張
- 給電業務用通信設備の設置
- 新設発電機との並列運転を行なうための既設発電機の仮改修

プノンペン電力系統整備に関する事業は、1996 年に日本からの無償資金援助でマスタープラン調査の提言に従って完成した。しかし、シアマリアップ関連の事業は治安の問題もあって未だに実施されていない。今回の要請は、この調査後の情勢変化による再検討に基づいたものである。

(2) 電力関連以外の援助

シアマリアップ地区では現在無償資金協力で国道 6 号線の改修工事を実施中で、2002 年 3 月の完成を目指している。

その他に、無償資金協力でシアマリアップ市上水道整備計画調査が 1999 年に実施された。

1-4 他ドナーの援助動向

(1) 旧ソ連からのディーゼル発電機

1985 年から 87 年にかけて旧ソ連からの無償援助で、ディーゼル発電機 4 台(800kW 2 台と 280kW 2 台)が据え付けられ、それ以来、シアマリアップ市への電力供給の主電源として運転されてきた。

(2) フランスからのディーゼル発電機

日本によるシアマリアップ電力システムのマスタープラン調査終了後に、フランスから無償援助で下記項目の援助があった。

- 1996 年に、中古の 800kW ディーゼル発電機 1 台を既存の発電所構内に据え付けた。
- 市内の高圧地中ケーブルの 1 部改修

(3) ADB からの借款による配電網整備

プノンペン、シハヌクビル、シアマリアップ 3 市の電力システムの復旧、改善の目的で 1995 年に ADB からのローンが締結された。シアマリアップ市については配電網の整備・改修が行なわれた。その内容は以下の通りである：

- 22kV 地中ケーブル線：25km 以上
- 22kV 架空配電線：29 回路-km 以上
- 22kV/400-230V 変圧器塔：約 35 箇所
- 低圧地中ケーブル線：11km 以上
- 低圧架空配電線：65km 以上
- 集合計器箱：6,000 以上
- シアマリアップ発電所内の昇圧用変圧器の 6.3kV 定格から新しい 22kV への変更及び関連の開閉機器キュービクル

この計画は古い 6.3kV 配電システムを全面的に 22kV システムと入れ替えるものであった。ADB 資金で整備したのは、高圧システムから配電用変圧器、集合計器箱までで、集合計器箱から各家庭までの低圧引込線は EdC が自己資金で設置している。

この計画は、1997 年から 1999 年にかけて実施された。

(4) 世界銀行による全国送電システムマスタープラン調査

世界銀行は 1996 年から 1998 年にかけて、国際連系を含む将来（2020 年迄）に向けての全国送電システムに関するマスタープラン調査を行なった。カンボディアの主要電源としてのシハヌクビルのガス発電計画、メコン川及びその支流のセサン川とスレポック川の大電源は全て国の東半分であり、これらの電源とプノンペンを連系する 220kV システムが計画されている。

国の西端に位置するバットンバン、シナムリアップ、シソフォン地区は 115kV の送電系統で連系し、更にタイの系統と連系する事を計画している。東西両系統は最終的には連系される事になっているが、必要になるのは 2010 年以降と考えられている。

(5) **世界銀行による全国僻地電化計画**

世界銀行からの資金による僻地電化計画が 2002 年から開始される事になっている。事業費総額は 33 百万ドルで、13 百万ドルのローンが既設系統からの延長用で、20 百万ドルが無償で僻地電化用である。シナムリアップも前者の対象地区に入っているが、目的はあくまでも僻地電化で、市内の配電線延長には使用できない。対象内容はこれから決める事になっている。

(6) **フランスによる都市計画**

フランスの援助で、アンコールワットを含むシナムリアップ地域の都市計画マスタープラン調査を行ない、1999 年末に報告書が提出された。アンコール地区の観光事業の振興を目的として、シナムリアップ地域全域の開発目的に従って、市街地域、ホテル地域、保護地域、緑化地域、森林地域、開発促進地域に区分している。現在、この結果がシナムリアップの都市計画として採用されている。この都市計画に沿って、市東北部の上記ホテル地域内道路の建設を 2001 年 9 月から開始する事になっている。

(7) **ADB による地方電化計画**

現在、ADB からのローンを利用して国内 8 州の州都(シソホン、カンボンスペウ、カンボット、タケオ、プレイベン、スベイレエン、スタントレン、ラタナキリ)の配電・発電設備の拡張・整備計画が実施されるが、シナムリアップは対象 8 地域に入っていない。EdC はシナムリアップ地域をこの計画に含めるべき調整を試みている、従って、この計画の作業内容は現在未定である。

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

本計画の監督機関は鉱工業・エネルギー省（MIME）で、実施機関はその管理下のカンボディア電力公社（EdC）である。EdC プノンペン本部直轄で、EdC シアムリアップと協同でプロジェクト管理を実施する事になる。EdC プノンペンの計画・プロジェクト部内の1部門であるプロジェクト管理事務所の下にプロジェクト毎にプロジェクト管理単位（Project Management Unit, PMU）が組織され、担当 PMU が責任をもって各プロジェクトの遂行業務を実施する事になっている。本計画の新発電所建設工事についても、実施に先立って担当 PMU が設立され、プロジェクト・マネージャーが任命され、詳細設計から工事管理まで一連の業務に責任を持って実施する事になる。現地作業は EdC シアムリアップが中心にならなければならないが、大きな建設工事には全く未経験であるため、EdC プノンペンのスタッフがプロジェクト・マネージャーを始めとする主要構成メンバーとして、相当数が指導を兼ねて参画する事になる。

2000 年末時点での EdC の技術員総人数はプノンペンが 1,295 人、シアムリアップは 2001 年 5 月現在 96 人でその人員構成は表 2-1 に示す通りである。

表 2-1 EdC プノンペン・シアムリアップ人員構成

	<u>プノンペン</u>	<u>シアムリアップ</u>
大卒幹部	6	0
技術者	153	6
職業的技能者	174	5
熟練労務者	445	30
高卒者	158	15
未熟練労働者	359	40
合計	1,295	96

シアムリアップのスタッフは最高学歴が高校卒業で、全体的に学歴が低い。高校卒業は 28 人、中学卒業が 46 人で小学校卒業は 22 人である。技術的・技能的仕事をするための習熟度も不十分な状態にある。

2-1-2 財政・予算

EdC の地域毎の電力系統は分離系統毎に個別に運用されていて、各個に独立採算体制をとっている。カンボディアでは地域間相互扶助方式を採用していない。

EdC の財務報告には各系統毎の個別収支報告と、それらを総合した EdC 全体の連結収支報告がある。1998 年及び 1999 年の 2 年間のシアムリアップの収支状況と EdC 連結収支の

監査済みバランス・シートを添付資料 8-2 に示す。2000 年の正式決算は、現在(2001 年 6 月)作業中で、シナムリアップの 2000 年の収支は、現場作成の仮数値である。決算書の注目点を次に示す。

- EdC 全体としては赤字運営を続けていて、赤字累積値もかなりの額になっている。
- EdC シナムリアップは、1998、1999 年は赤字であったが、2000 年度は 1-1-1 節で述べたように、電力損失の減少で収支は大幅に改善して黒字に転換した。
- ADB ローンによる配電網整備の実施で、EdC シナムリアップの資産と長期債務が大幅に増えた。
- 無償援助で納入される機器は、会計規則によって資産に編入されるので EdC には償却金が発生する。しかし、この償却金額は会計法によって配電設備等の再投資に利用できる。
- ディーゼル発電所では燃料費が大きな部分を占め、EdC シナムリアップの年間全経費の半分近く(49%)を占めている。燃料に C-重油を使用して燃料費を低減すれば、全経費が低減し、結果として電気料金が安くなる(1-1-1、(4)参照)。
- 現在、プノンペンとコンポンチャムでは IPP から電力を購入しているが、その購入費用が年間全経費の 52%を占めている。

EdC は元来プノンペンへの電力供給を行なう役割を担っていたが、1996 年の王政法発令後は EdC 本部として全国の需要地を包括する全体管理と技術的援助を行なう業務が追加された。しかし、その運営は依然通りプノンペンの電力量販売収入をベースとしていて、現在迄のところ地方組織から管理費や技術援助費を徴収する事はしていない。

カンボディアでは財政規則で EdC の 500,000 ドル相当を越える出費については、管轄官庁の MIME 及び経済・財政省の許可が必要である。新発電所建設のために必要になる現地賃コストについては、EdC は工事予算書を作成して、それを MIME 及び経済・財政省に提出して承認をとる必要がある。経済・財政省による検討の結果必要と認められれば、国家財政から所要資金の一部が提供される。残りは EdC (できる限り EdC シナムリアップ) の自己資金、地方銀行からの借入れ等で充当する事になる。なお、本計画の発電設備建設は、シナムリアップ地区そして国家としても最重要計画と位置付けられているので、現地賃資金は問題なく調達できるとの事である。

新発電所地点の安全確認のため CMAC による地雷と不発弾の探査は 6 月初旬に行なわれたが、その費用は政府財政から支出された。

発電所用地取得費用は、この地区の土地価格の実績から云って、平方メートルあたり 10 ドルを超える事はないと見積もられている。カンボディアでは土地の所有権は全て国家にあるが、土地占有者には占有権が認められて、その権利が取引対象になっている。工事予算の所轄省の承認前に土地を取得する場合、費用は EdC が分担する事になるが、上記の制限額(500,000 ドル)を超える場合は経済・財政省の許可を取得する必要がある。

完成した新発電所の移管によって EdC シナムリアップは大きな便益を得る事になる。無償資金協力で納入された資産は会計法に従って契約金額で資産評価され、その償却金額は会計法によって配電設備等の再投資に利用できる。EdC シナムリアップには物品輸入にかかる関

税及び利益に従った事業税が課税され、それを政府に支払う事になる。電力単価は原則的に発電単価プラス一定率のマージンで決められるので、単価の安い重質油を使用すれば消費者電力単価は大幅に下がる。従って、最大限に便益を受けるのは電力を使用する一般住民、特に料金の高い電気は使用できない低所得層という事になる。

2-1-3 技術水準

カンボディアでは長い内戦を通じて電力施設・教育設備等の多くが破壊された。その後、電力供給はプノンペンだけではなく地方都市でも地方自治体によって細々と開始された。地方自治体によって運用されていた主要地方都市の電力設備は EdC に移管されつつあるが、技術者、技能者の教育は一朝一夕にはできず、EdC シアムリアップも技術要員不足状態のまま発電所の運転を続けざるをえない状態にある。

カンボディアの技術系の教育機関（総合大学、工科大学と工業学校）があるのはプノンペンのみで、その卒業生は地方へは行きたがらず、人材不足の地方組織に補強のためにプノンペンから人員が派遣される例が多い。派遣は全て短期ベース（長くて2 - 3年）で、終了後には又プノンペンに帰っているのが実状で、EdC シアムリアップにも必要となる技術スタッフは育っていない。

EdC シアムリアップは規模が小さいので、計画、設計、建設に当たって必要となるような技術スタッフはいない。新発電所を建設する場合は、技術業務はプノンペン本部が全て行ない、EdC シアムリアップは将来の要員を工事事務所に教育を兼ねて配属させる事になる。

運転開始に当たっては、EdC はプノンペンの発電所での経験者の短期間配属等によって技術力不足を補い、同時に要員の教育を実施する。実施方法については、EdC プノンペンとEdC シアムリアップ間で緊密な協力体制をとる必要がある。

現在、シアムリアップ発電所では運転・保守が組織的には実施されていない。問題点としては次のような事が云える。

- 機器類の図面、仕様書、取扱説明書等の必要書類が整理されていない。
- 運転・保守の基準を示すマニュアルが存在しない。
- 運転、保守、事故等に関する記録・保管するシステムが無い。
- 運転・保守組織がうまく機能していない。又、組織的な要員教育が行われていない。またその考え方も無い。

運転・保守員の技術力不足から組織的な事は出来ない、発電機運転は成り行き任せで、オーバーホール等の計画的な保守は行なわれていない。消耗品、スペアパーツ等の管理は計画性に欠けている。

現状のままでは、本計画で建設される機器が十分な能力を発揮できない事になる。本計画の実施においては、適切な運転・維持管理体制の構築が最重要課題となる。

2-1-4 既存の施設・機材

本計画で建設される発電所は、既存の発電所から離れた新地点に建設され、また既存発電機の老朽化、効率が悪く短時間運転にしか耐えられないので、既存発電所の施設・機材が新発電所に使用される事はない。

新発電所と既設シアマリアップ 22kV 配電系統との連系は、新発電所より 22kV 地中ケーブル連系線 3 条を既設の配電用変電所 N0.S-17 の位置まで約 1.2 km 敷設する。

既存の発電所から配電用変電所 N0.S-17 までは、3 条の 22kV 地中ケーブルが布設されており、その内 1 条は N0.S-17 変電所の電源線で、変電所内の 22kV 母線に接続されている。この 22 kV 母線には予備の断路器が設置されている。他の 2 条のケーブルは、N0.S-17 変電所前において地中に埋設された状態で終端になっている。

新発電所から敷設される 3 条の地中ケーブルの内、1 条は N0.S-17 変電所の母線上にある予備の断路器に接続され、他の 2 条は N0.S-17 変電所前において、既存のケーブルと地中直線接続とする。

2-2 プロジェクト・サイト及び周辺の状況

2-2-1 関連インフラの整備状況

(1) 運輸

カンボディアの道路、鉄道などの輸送インフラは内戦を通じて、その多くが破壊され、またその後も地雷処理の遅れや、開発資金の不足から復興が遅れている。

道路

カンボディアの道路の舗装率は低く、国道、州道、地方道を含めて舗装道路は全体の 2% に満たない。殆どの国道が簡易舗装で、路幅が狭い上に、路面が低いため雨季に冠水するなど構造上の問題が多い。国道の橋で堅固なものは少なく、重量物の運搬は困難である。

最近の交通量の急増と、重い過積載車の運行のために道路の傷みが早く、道路の劣化に修復が追いつかない状況である。UNDP、ADB 等の国際機関や先進国の援助で、道路、橋梁の修復が進められている。現在、日本国政府の無償資金協力でシアマリアップ地区の国道 6 号線の修復が進められている。

鉄道

カンボディアの鉄道は、プノンペンからタイ国境のペイペトへの北部線(385km)とシハノークビルへの南部線(265km)がある。北部線は十分な補修が行なわれていない上に、内戦下での戦闘と地雷による破壊のために線路、鉄道橋、駅等の状態はかなり悪く、現在鉄道は減速体制で運行されている。なお、同鉄道はシアマリアップ発電所用燃料の運搬にも使用されている。南部線も設備破壊が激しく、十分には機能していないが、この線は人員の往来とシハノークビル港からの物資の輸送に利用されている。両線共に、事実上の最高速度は 30km 程度だが、ところによっては更なる減速が必要とされている。

港湾

カンボディアはメコン川を始めとして多くの川があり、雨季には道路、鉄道が洪水の影響を受けて不通になる事が多いため、古くから内陸水運が発達している。特にプノンペン - シアムリアップ間では、トンレサップ川が運輸・交通に大きな役割を果たしている。ただし、トンレサップ川を通る水路は乾季には水深不足になり、小型船舶を除いては航行不能になる。

カンボディアで唯一の外洋港であるシハノークビル港は、プノンペンから 226km で、国道 4 号線と南部線の鉄道でアクセスしている。

プノンペン港は内陸水運の要で、メコン河口から 330km、ヴィエトナム国境から 100km に位置している。一般貨物の取扱量はプノンペン、シハノークビルでほぼ同量であるが、シンガポールからの石油は主としてプノンペン港が、バルクとコンテナはシハノークビル港が取り扱っている。

航空

シアムリアップには国際空港があり、プノンペンからの国内便の他に、主にアンコールワットへの観光客用にバンコック、ホーチミン、香港、マレーシア等からの国際線が運航されている。現在、シアムリアップ空港は大型機の発着が出来ないので、大型機でも使用可能な空港の建設が求められている。

(2) 現地への機材輸送

日本からプノンペンまでの機材輸送については、シハノークビル港経由陸上輸送及びメコン川遡上の 2 ルートがあるが、プノンペンの第 5 発電所と第 6 発電所の重量機器はシンガポールで外洋航行用の大型バージに積み替えて、ヴィエトナム経由でプノンペンまでメコン川を遡上し、プノンペン港で荷揚げして、トレーラーで発電所まで運んでいる。メコン川をプノンペンまで安全に航行できる船舶は、雨季 1,500 トン、乾季 800 トンくらいまでである。

プノンペン - シアムリアップ間については、国道 6 号線経由とトンレサップ川を遡上するルートがある。6 号線は道路状況が悪く、数多くある橋の重量制限は 13 トンで、大型トレーラーで重量物を運ぶ事はできない。雨季には道路状況が更に悪くなり大型トラックの通行も困難になる。また、洪水によって冠水する事もあり、時には通行不能になる。このルートを輸送に利用できるのは、比較的軽量の一般貨物だけである。

プノンペンから 5 号線を通るルートと、バンコックからのルートもシソフォン - シアムリアップ間の 6 号線の道路状況が悪いため、重量物運搬は困難である。一般貨物の運搬には、鉄道でシソフォンまで運び、そこから国道 6 号線を南下するルートも利用可能である。一般貨物運搬については鉄道を含めてどれかのルートは年間を通じて確保されていると考えてよい。

本計画においても重量物の輸送は、プノンペンまでは第 5 および第 6 発電所と同じ輸送ルートを使用する。プノンペンからシアムリアップまでの重量物輸送はトンレサップを利用した水上輸送による以外にない。その場合、プノンペンで外洋を航行する大型バージから小型

のバージに積み替えが必要である。

シラムリアップの南約 10km のところに、雨季にバージから荷卸し可能な場所があるが、そこには、岩質の斜面があるだけで、コンクリートの岸壁があるわけではない。重量物の荷扱いには岸壁の強度も検討する必要がある。特に荷卸し設備は無く、荷物はウインチによる横引きでバージから降ろすのが一般的である。水位の下がる乾季の湖岸は、この荷揚げ予定地点から南へ約 6km 移動する。船舶の必要水深を確保するために湖からこの地点まで水路が掘ってある。この水路の水深が十分で、輸送ルートとして使用できるのは水位が高い雨季の終りだけである。一般には 9 月から 11 月くらいで、一番条件が良いのは 10 月上旬から 11 月中旬頃である。

荷揚げ地点からシラムリアップまでの間は、プノンペンから水路で運んでくるトレーラーを使用して行なう。このトレーラーも、水路を通してプノンペンから運び込み、運搬終了後にプノンペンに持ち帰る。

既存発電所のソ連およびフランスから援助のディーゼル発電機は、上記の方法で運んだものである。荷卸地点と新発電所までは約 15km あり、道路は狭くトレーラー走行中は他の車両は通れず、道路を占有する事になる。また市内のシラムリアップを横断する橋の重量制限は、30 から 35 トンで橋の補強が必要となる。道路輸送は夜間に行なうことになるが、道路の占有使用および橋の通過には、輸送ルートと輸送方法を決定して、市当局の許可をとる必要がある。

輸送に必要な予定所要日数は表 2-2 の通りである。

表 2-2 予定輸送所要日数

輸送区間	輸 送	所要日数
日本～シンガポール	海上輸送	10 日
シンガポール	外洋貨物船よりバージに積替 保険検査	4 日
シンガポール～ヴィエトナム	海上輸送	6 日
ヴィエトナム（ヴァンタウ港）	ヴィエトナム国内航行手続き	2 日
ヴィエトナム～プノンペン	水上輸送（メコン川）	3 日
プノンペン港	通関手続き トンレサップ川航行手続き	3 日
待 機		
プノンペン～シラムリアップ	水上輸送（トンレサップ川）	6 日
シラムリアップ（トンレサップ湖）	陸揚げ準備、陸揚げ	3 日
シラムリアップ港～発電所予定地	陸上輸送	6 日
合計所要日数		43 日

(3) 通信

郵便は郵政通信省の郵政通信局が所管している。プノンペンの中央郵便局の効率化が図られた結果、プノンペンからの国際郵便の取り扱いについては一定の水準に達していると評価されているが、各州間の郵便は道路、鉄道等の不備、郵便局数の不足などの理由で円滑に機能していない。電話の加入数量は極端に少ないが、最近は携帯電話の加入数量が非常に増え

ており、プノンペン、シアンリアップの地域内及び相互間も問題なく通信可能である。

通信インフラは 1970 年以降の内戦期間中に徹底的に破壊されてしまったが、1990 年代以降国際通信設備の導入、既存設備の更新のほかに組織・管理体制の強化、料金徴収システムの構築等ソフト面の整備も進行中である。

(4) 水道

シアンリアップ市中心地の限られた範囲ではあるが、深井戸からの供給による水道設備が運用されている。

2-2-2 自然条件

カンボディアの中央部はメコン川による広大な沖積平野で、周辺部はヴィエトナムに接した東南部を除き高地に囲まれている。メコン川は東南方向へヴィエトナムを通して南シナ海に注いでいる。トンレサップ川がトンレサップ湖とメコン川を接いでいる、雨季にはメコン川の水が同湖に逆流して、湖は巨大な遊水池として機能している。シアンリアップはトンレサップ湖の約 15km 北に位置している。

シアンリアップ地域の現地盤は北に向かって高くなっていて、アンコールワット地域から南のトンレサップ湖に向かって次第に下がっている。地層は河川（主としてメコン川）によって運ばれた堆積物による沖積堆積土で構成されている。発電所予定地点の表土は細砂質で雨が降ってもぬかるみにはならず、雨季の土木工事も容易である。

カンボディアの気候は雨季、乾季が明確に分かれていて、熱帯モンスーン地帯に属する。雨季は南西モンスーンのために 5 月から 10 月迄続き、残りが乾季となっている。乾季の終りの 4 月が 1 番暑く、12 月に最低になる。年間平均気温は約 28 度と記録されている。なお、年間降雨量は約 1,400mm であるが、過去 20 年間では 1,082mm から 1,773mm と変動している。この地域は熱帯であるから雷が多く、設備設計においては年間 60 日程度の雷鳴日数 (Isokeraunic Level, IKL) を考慮する必要がある。またこの地域に地震は殆ど無く、設計には 0.05 程度の最低限度の地震係数を考慮する。

発電所地点で地耐力の概数値を知るために、現地業者による地質調査を行なった。敷地内の 2 個所で 20m の深さまで 1.5m 間隔で標準貫入試験を行なった。試験の詳細は資料 8-3 に示してある。地質の特徴は次の通りである。

- 表土は軟弱な細砂土で、N-値はせいぜい 5 程度である。
- 深さと共に砂の粒度は荒くなり、土壌は締ってくる。15m 程度の深さから N-値が上がり始め、20m くらいでは 20 から 30 くらいになる。
- 20m 深さでは支持層には到達しないが、摩擦杭で支持力が得られると思われる。プノンペンの第 5 発電所も似た様な地質調査結果で 15-20m 程度の摩擦杭を打設している。

ディーゼル機関のエンジン冷却用に水が必要である。冷却方法としては空冷ラジエーター式を計画しているので、必要なのは初期充水と運転中の補給水だけである。調査の結果、地

下の土質は砂質で水位も高く、深井戸を掘れば十分な水量を確保できる。

2-2-3 その他

(1) シアムリアップの都市計画

シアムリアップはカンボディアの最重要観光資源のアンコールワット遺跡群に近い観光都市である。観光産業と住民生活の調和を目指してフランスの援助で、都市計画が策定されている。その担当機関が APSARA (アンコールワット遺跡群及びシアムリアップ地区保護・管理庁) で、事務所をシアムリアップにおいている。

この事務所は、シアムリアップ市を観光都市として整備する事を目的として、フランスが作成した都市計画に従って市の開発を管理している。この計画では観光客の年間百万人受け入れを目標にして、シアムリアップ市を利用目的別にアンコールワットを中心とした国立公園地域、ホテル地域、緑地帯、森林養成地域、住宅地域、保護地域、開発地域等に区分けして、観光都市として住民の生活も考慮に入れたバランスの取れた開発を目指している。

(2) 環境問題

カンボディアでは 1996 年に環境法が施行されて、環境省が発足した。全ての環境影響評価は環境省の監督下で行なうよう規制されている。この法律の細則に従って、MIME 及び EdC は環境評価委員会を設置している。

ディーゼル発電所では騒音、振動、地下水汚染、大気汚染等の公害が懸念される。発電計画の環境評価は、環境法付則 “ 発電プラントの環境影響評価 (EIA) 報告のガイドライン ” に従って行なう必要がある。

発電所建設予定地は、シアムリアップ市の中心部から 3.5km ほど離れており、また国道からも離れている、周辺には人家も無い荒地である。また、動植物体系についても、カンボディア国では、国際機関によって登録されている絶滅危惧種が数 10 種類生息していると言われているが、周辺を調査した限りでは、周囲 3km 以内において、野生動物の生息や生息場所は確認されなかった。

ディーゼル発電所は機関を冷却する、冷却水を必要とするが、発電所予定地の周辺には恒久的な水道設備あるいはもない。従って、本計画では、冷却水として井戸を掘削して地下水を使用するものとする。なお、冷却システムもラジエーター循環方式を採用するなどして、水の使用量も最小限 (1 日あたりの使用量 200~300 リッター) に押さえられるように配慮している。また発電所からの排水処理についても、オイル-水の分離槽を設置するように設計しており、発電所周辺の水資源の汚染防止には最大限に配慮している。

以上より、周辺地域の社会環境に影響を及ぼす事はほぼ無いと考えられる。従って、具体的に環境への影響を詳細に検討しなければならないものは、発電所運転による i) 排出ガスに含まれる窒素酸化物 (NO₂) および硫黄酸化物 (SO₂) による大気への影響、ii) 騒音レベルおよび振動レベルの 4 項目となる。

i) NO₂およびSO₂による大気への影響

NO₂およびSO₂の発生源からの距離とその着地濃度を予想する式として、一般にサットンの式が使われる。それによる検討の結果NO₂およびSO₂の着地濃度が最大になる場所は発電所より風下方向 1167m において発生し、その着地濃度と国の基準を比較した結果を表 2-3 に示す。

表 2-3 NO₂およびSO₂の着地濃度

カンボディアの許容濃度基準		プロジェクト予想値
NO ₂	0.300mg/m ³	0.0274mg/m ³
SO ₂	0.500mg/m ³	0.0200mg/m ³

上記より、NO₂およびSO₂のいずれの着地濃度もカンボディアの基準を満たしている。

ii) 騒音レベルおよび振動レベル

騒音レベルについて、音源となるディーゼル発電機より 100m 離れた直近の人家がある場所にて騒音レベルを予想したところ、49.9dB(A)となる。この数値は一般的には静かな事務所並の音量として定義されている。

振動についても震源となるディーゼル発電機より 100m 離れた人家がある場所にて、振動値を予想したところ、39.1dB(A)となる。この数値は一般的には人が感知出来るような振動では無いと定義されている。従って、騒音および振動レベルについては全く問題の無いと言える。

以上の考察結果から、本ディーゼル発電所建設による環境への影響は、ほとんど無いものと判断する。

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

(1) 上位計画とプロジェクト目標

現在ではシアマリアップのあるカンボディアの西北部はバタンバン、シアマリアップ、バンタイ・ミーンチェイと小規模な3系統がかなりの離隔でそれぞれ単独運転されている。世銀の送電計画マスタープランではシアマリアップ、バタンバンとバンタイミーンチェイで構成される西部系統とプノンペン系統との連系は、2010年以降と予測している。西部系統は差し当たりタイの電力公社(EGAT)の系統と115kV、1回線の送電線で連系することが計画されている。この計画ではバタンバンとバンタイミーンチェイが2005年に連系、更にシアマリアップへの延長は2008年と予定されている。しかし、タイとの115kV連系線は非常に長距離線路で(EGATの220kV変電所からシアマリアップ迄260km)あり、タイからシアマリアップで将来必要とする全電力を送電する事は出来ない。この送電線はあくまでも必要電力の1部を補いながら電力系統の安定化と系統運用の合理化に寄与する事になるはずである。又、供給信頼度のN-1条件(電力系統の線路、発電機、変圧器等の1要素が脱落しても需要家への電力供給が可能)を出来るだけ満足させるためには、送電連系が出来てもシアマリアップには、送電線が切れてもある程度の電力供給を可能にする量の発電設備が必要である。

以上のことから、同国政府はシアマリアップの当面の電力不足を解消し、中核を担う発電所を建設する必要がある。この中で本プロジェクトはシアマリアップにおいて約10MWのディーゼル発電所を新設し、運転・保守を行う要員の育成に寄与することを目標とする。

(2) プロジェクトの概要

本目標を達成するために必要な事業内容は、以下のとおりである。

- (a) 新規発電所の建設(出力約10MW)、土木建築工事込み
- (b) 新規発電所と既存の発電所を連系する22kV送電線
- (c) 発電施設の保守管理要員のトレーニングを含むコンサルティングサービス

このプロジェクトの完遂により、シアマリアップ地域の現状の電力不足は解消し、一般住民への安定した良質な電力の供給が可能となる。又、現状の電気料金は大幅に引き下げられる(プノンペンの現料金と同程度)事になり、今迄電気を使う事が出来なかった低所得者層も電力を使用する事が可能になる。新発電所による資産増に対する償却金は配電設備等の投資に振り向けることが可能である。また、要員訓練による運転・保守要員の技術レベルの向上は発電所の安定運転に貢献するものである。

本計画の協力対象資・機材概要は表3-1のとおりである。

表 3-1 主要機材リスト

	項 目	主な仕様または構成	数量	単位	備考
機械機材	ディーゼルエンジン	定格出力3,500kW、回転数750～600rpm	3	台	
	燃料油循環装置	清浄機、各種ポンプ、各種タンク、燃料フィルター、流量計 等	3	台分	
	潤滑油装置	清浄機、冷却器、各種ポンプ、各種タンク、コシ器 等	3	台分	
	冷却水装置	各種ポンプ、各種タンク、軟水化装置、ラジエター 等	3	台分	
	始動空気装置	空気圧縮機、始動用空気槽 等	2	台	
	吸排気装置	排気消音器、吸気消音器、エアフィルタ、過給器 等	3	台分	
	スラジ処理装置	各種ポンプ、各種タンク、油水分離ユニット 等	1	式	
電気機材	交流発電機	3,500kW、6.6kV、50Hz	3	台	
	昇圧変圧器	3相、22kV/6.6kV、50Hz、4500kVA	3	台	
	所内変圧器	3相、6.6kV/0.4kV、50Hz、1000kVA	2	台	
	自動同期機	屋内型	1	面	
	発電機用制御盤	屋内型	3	面	
	フィーダー制御盤	屋内キュービクルタイプ VCB内蔵	3	面	
	発電機遮断器盤	VCB 7.2kV、630A、20kA	3	面	
	変圧器2次遮断器盤	VCB 7.2kV、630A、20kA	3	面	
	所内変圧器用開閉器盤	VCB 7.2kV、630A、20kA	2	面	
	中性点接地盤	DS 7.2kV、100A	1	面	
	サージアブソーバー盤	屋内キュービクルタイプ	3	面	
	直流電源装置	DC 110V	1	式	
22 k V 連系線	22kV CVケーブル	3 C × 240mm ²	2,604	m	
	22kV CVケーブル	3 C × 150mm ²	1,302	m	
建築・土木施設	発電所建屋	1部地上2階、延べ床面積1,027m ²	1	棟	地下ピット、 D/Gアクセス有
	事務所棟	地上1階、延べ床面積176m ²	1	棟	
	守衛室	地上1階、延べ床面積8.75m ²	1	棟	
	燃料タンク	150 k L × 1台、300 k L × 2台	3	台	
	構内道路	幅7m	1	式	
	構内排水設備	排水側溝、排水樹、オイルセパレーター、排水カルバート	1	式	
	境界フェンス	553m(H:2.0m)および入口ゲート	1	式	

3-2 協力対象事業の基本設計

3-2-1 設計方針

(1) 基本方針

プロジェクトの基本設計の策定に当たっては、プロジェクトの短期的及び長期的効果が最大になるように留意する。シアムリアップを含むカンボディアの現状を考慮に入れて、プロジェクトは最小限の投資で最大の便益が得られる様に設計する。

シアムリアップには、電灯需要を中心とした一般需要と、自家発電によって賄われているホテル等の需要の2種類に大きく分類される。電力消費は後者のほうが大きい。BHN（基礎生活分野）の充足を目的とした本計画において、電力供給対象は一般需要家、商業、公共施設、政府関係を優先する計画とする。

本計画の規模については、当面の電力需要を満たすのに必要な規模とし、新発電所の運転開始を2004年始めと想定する。今後予想される世銀、ADB等の支援による配電網整備計画の進展を考慮に入れた需要予測に基づいている。その結果、本計画にて設備する発電機の常時安定出力6,300 kWは、2010年までの需要に対応可能であり、2008年のタイ国との送電線の連系、2010年のプノンペンとの送電線の連系とが実施されれば、2010年以降の不足分は送電線の連系により補われることになる。

シアムリアップにおいては現在運転員の技術レベルが低く、本プロジェクトで計画しているような大型機においては未経験であることから、新設発電所の保守業務は困難であると予測される。従って、運転保守要員の教育及び管理体制の構築も本計画では必要であり、ソフトコンポーネントを実施して運転・保守要員の育成を図ることとする。

環境面においては、導入発電機により周辺地域に対して環境問題を発生させないような設計をする。

発電所建設地については既存発電所内に配置する案とEdCが選定した新地点に設置する案が考えられる。EdCが選定した地点は、国道6号線沿いの市の中心地から約3.5km東の地点で、国道から約400m南へ入った地点である。1995年には道路の北側の地点がIPP発電所候補地として選定された。しかし、その後この地域は都市計画の地域分類で、森林造成地域に入る事になったので、発電所予定地点は現在の国道6号線南側の地域に移された。国道の両側、幅250mの帯状地域は、都市計画で種々なる開発が予想される保護地域になっていて工場および8m以上の高い構造物等の建設は制限されているので、発電所地点はその外側としている。

既存発電所および新予定地の位置を図SRD-002に示す。

表3-2においてこれら2案の比較検討を行った。

表 3-2 発電所地点の比較

比較項目	既設発電所内に建設の場合		新予定地に建設の場合	
都市計画	既存発電所地点は新都市計画の分類では、工場等の建設に対して制限を受ける‘保護地域’に区分される。既設発電所という既得権益はあるが問題が発生する可能性もある。		都市計画の地域分類では‘将来開発地域’になっていて制約は一切無い。	○
設備配置計画	既存設備を配置する時に将来の拡張を考慮に入れていなかったため、空きスペースが狭く分散していて機能的な機器配置が出来ない。特に、新設燃料タンクの油流出に対する防油堤の建設に難点がある。		将来拡張も含めて機能的な最適配置が可能である。	○
既存電力系統との連系	同一敷地内にある既存の 22kV ブスと容易に接続できる。	○	既存の 22kV 配電網と接続するために約 1km の連系送電線が 3 回路建設する必要がある。	
拡張性	EdC が計画している 115kV 変電所と西部系統給電所を既設発電所敷地内に建設する事が出来なくなり、新地点を探す必要がある。		EdC 計画の通りの拡張が可能である。	○
土木工事	特に無し	○	地盤が低いいため雨季の冠水を避けるために盛り土が必要になる。	
建築工事	冷却用水ポンプ室の新設・撤去、検査室の撤去・新設、及び配電部事務室の撤去・新設		事務所、倉庫等の新設が必要になる。	○
機器据付工事	スペースが狭く建設機械の持込が困難、土木・建築・機器据付等の平行した建設工事が出来ない。		大型建設機械の持込が容易であり、輻輳した建設工事が可能であり、また工期の短縮が図れる。	○
施設運用・保守	設備の分散配置となるため、運転監視・保守作業が複雑となる。 利用可能なスペースに合わせた機器配置となるため、保守・修理作業が複雑となる。		最適な設備配置のもとに一元化した運転監視・保守作業が可能となる。 保守・修理作業時の利便さを考慮した機器の配列方法が選択可能である。	○
環境保全	近年、既存発電所の周辺は開発が進み家屋等が近接して建設されている。1999 年 10 月発電所より油漏れが発生し、発電所周辺の住宅地域を汚染し多数の苦情を受けた。今後大型機導入に伴う騒音問題も考えられる。古い施設においては将来的にも環境保全には問題がある。		予定地は原野で周辺には家屋もなく通常的环境配慮で問題はないと思われる。	○
○印の合計		2		7

今回新設される発電所は、将来的には容量の増加が必要と考えられるため、発電所敷地広さ決定に当たっては、設備の将来拡張を考慮に入れる必要がある。新地点は私有地であり、ほとんどが砂質の荒地で現在使用されていない。耕作に適した土地ではないが、周辺に一部稲が植えられている。所有者は複数人いるが、現状から考えて必要な土地取得に特に困難は無いと考えられる。一方で、既存発電所内に配置する場合、施設の運用保守が複雑となるほか、将来に亘って問題が多く不定要素もあり、EdC が選定した地点に新発電所を建設するのが適当と考えられる。

なお、発電所新予定地点の安全確認のために、CMAC(Cambodia Mine Action Center)による地雷探査が 2001 年 6 月初旬に実施された。弾の破片が幾つか見付かったが、地雷は無い事が確認された。従って発電所建設には問題ないと判断される。

(2) 自然条件に対する方針

発電所地点は高温多湿な熱帯地方に属している。気温は 1 年中高いが、最高温度が 40 を超える事は稀である。年間雨量は 1400mm であるが、雨季(6 月から 10 月)、乾季(11 月から 5 月)がはっきりしていて、乾季には雨は殆ど降らない。しかし相対湿度は 1 年中高く、雨季は平均 80%程度であるが乾季には 65%程度に下がる。風は一般的に弱い、気象データによると毎秒 26m 程度迄の記録がある。

本計画の施設設計の気象条件としては下記を考慮する。

- 最高周囲温度： 40
- 最低周囲温度： 15
- 最高水温： 28
- 標高： 20 m
- 最高相対湿度： 87 %
- 最大風速： 30 m/s
- 耐雷設計： IKL 60 程度を考慮する
- 地震係数： 0.05G

(3) 設計基準

カンボディアでは電気設備には原則として国際規格の IEC を適用している。但し、先進国からの援助の場合、国際的に通用する規格は一般的にそのまま受け入れている。日本の無償援助で日本から機器を納入する場合、日本工業規格(JIS)、電気学会電気規格調査会標準規格(JEC)、日本電機工業会(JEM)、日本ケーブル規格(JCS)等の日本の規格を適用する事は何ら問題はない。

(4) カンボディアの建設事情

カンボディアは建設業が未発達の状態にある。国内には零細業者を除いて業者は存在せず、現地で調達できるのは労働者だけと考えて良い。労働市場は多くなく、十分な人数の労働者を集める事に問題は無い。

国内の電気工事会社は、殆どが配電関係の工事会社で、大型ディーゼル発電機を取り扱った経験は無い。発電所据え付けでカンボディアの工事業者ができるのは補助的な役割だけである。

外国の業者が工事を行なう場合、フォアマン（作業長）クラスはタイ、マレーシア、フィリピン等の隣諸国から連れてきて、労働者は現地募集して工事を実施するのが一般的である。

工事材料に関してもカンボディアで入手可能な材料は多くない。鉄筋、セメント等は現地の市場で調達できる。コンクリートの骨材で、砂はシナムリアップ近傍の河川で採取可能だが、砂利は近隣には無く、入手可能なのは約 100km 西のシソフォン近傍である。シナムリアップにはタイ資本によるバッチャープラントがあって、設備容量も本計画の工事には十分である。以上の事情を踏まえ、本計画の据付工事は日本業者のスコープに含まれることとし、据付指導員を派遣し現地作業員を雇用することとする。

(5) 実施機関の能力

実施機関である EdC の予算手当て、建設管理、技術レベル等の能力については、過去の実績から考えて特に問題は無いと判断される。日本政府の無償資金協力で最近建設された発電所としては、1996 年に完成したプノンペン第 5 発電所(2 x 5,000kW)がある。プノンペン以外で実施した発電所としては ADB 資金によって 1999 年に完成したシハノークヴィル発電所(2 x 3,000kW)がある。共に EdC の管理下で問題無く工事を完成させている。

調査団は運転状況を確認するためにプノンペンの軽質油燃焼の第 5 発電所及び C-重油燃焼の第 6 発電所(3 x 6,300kW)を調査したが、共に EdC によって現在問題無く運転されている事が確認された。C-重油燃焼のシハノークヴィル発電所もプノンペン本部の技術的援助を得て問題無く運転されている。

(6) 施設、機材のグレードの設定

カンボディア、特に地方では技術が未習熟な状態にあり、工科系の教育機関の数も限られていて、プノンペン以外の地で技術を理解する人員を集めるのは困難である。EdC シナムリアップも現在運転員の技術レベルが不十分で、通常の保守業務も困難な状況にある。又、エンジン発電機関係の運転・保守要員の教育程度は、殆どが中学又は小学校卒業で、難しい技術の理解は困難である。

従って、発電機器はなるべく単純で取り扱いが易しい形式のものとする。高級なコンピューター制御は運転は容易だが、故障が発生すると補修が困難である。教育程度が十分でない

運転員が理解に苦しむようなものは避けるべきである。

機器の構成は、機器の高い安定性に基いて運転の高い信頼性を保ちつつ、将来の電力系統拡張に対して融通性があるようにする必要がある。

(7) 調達方法、工期

(a) 調達方法（案）

本計画の資機材の調達・建設工事は以下に示す製造者あるいは建設会社によって実施される。

ディーゼル発電施設

ディーゼル発電機 : ディーゼルエンジン/電気メーカ

電気品 : 電気メーカ

土木・建築施設 : 建設会社

ディーゼル発電施設は、一般にディーゼルエンジンメーカが電気品も含めて取り纏めるのが一般的である。

資機材の調達において、カンボディア国内で入手可能な土木・建築資機材については極力現地調達とする。

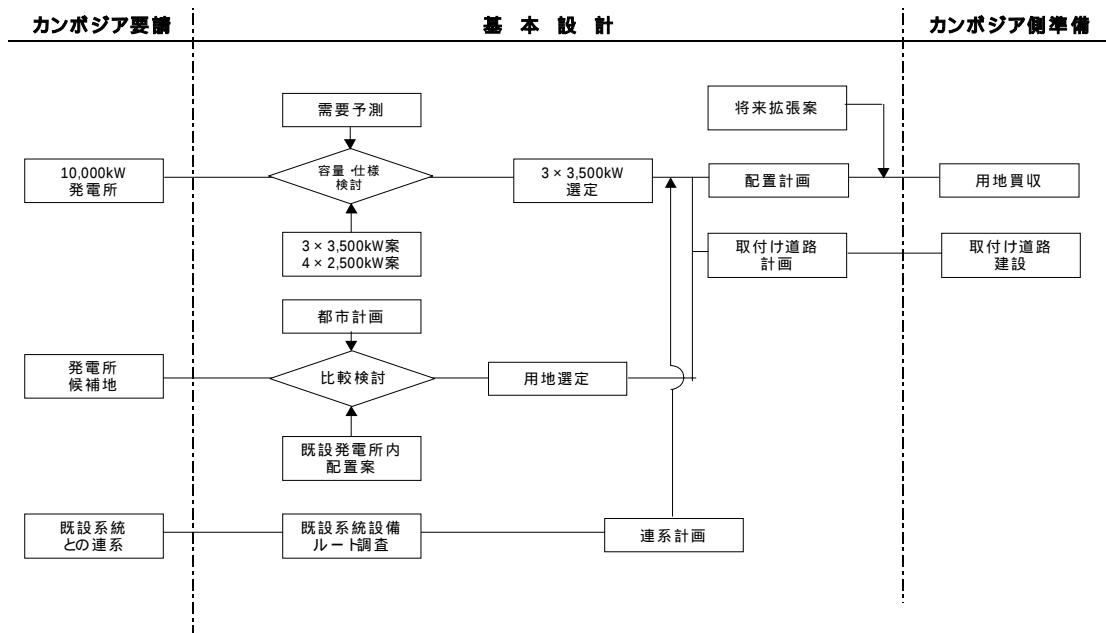
(b) 工期に係わる方針

実施工期は、設計製作、輸送、据え付け工事、現場試験、技術移転、それに土木建築工事を含めて、契約から完成まで 16 ヶ月の工期が必要である。

3-2-2 基本計画（施設計画 / 機材計画）

カンボディア政府からの要請を検討するために行なった基本設計作業実施のフローチャートを図 3-3 に示す。

図 3-3 基本設計作業フローチャート



3-2-2-1 発電施設

本計画の基本設計において、発電設備の特性は長期維持管理の容易さと運転費の経済性に重点を置いて設計を行う事とする。補機、付属設備は熱帯モンスーン地帯特有の気象を十分に考慮して設計する。

(1) 発電所容量の妥当性

EdC から提出された 10,000kW 容量の発電所の要請について、その容量の妥当性について検証する。

シムリアップ地区の 2012 年迄の電力需要については、調査団によって第 1 章の 1-1-1、(3)節で一般需要とホテル需要を 1 部含む需要の 2 ケースについて予測されている。結果は表 1-5 に示してある。その需要予測結果を図 1-5 で、新発電所の安定可能出力と対比して図示してある。本計画のディーゼル発電機(3 × 3500kW)の常時安定出力は 2 台分の容量の 90%、即ち 6,300kW 程度である。リース発電機が返却されると、既設の EdC 発電機が供給できる分はピーク時 1,100kW だが、老朽機なので 2004 年以降の運転は期待できない。新発電設備は一般需要だけなら 2009 年頃まで対応できるが、ホテルの接ぎ込みを考慮に入れると 2 年程度しか対応できない。

電力供給は一般需要家を優先とすれば、10,000kW 容量の選定は妥当と判断される。

ホテルを含めたシムリアップ全体の実需要ははるかに大きく、EdC 発電の電力料金が下がった状態でホテル等の接続申請をどの程度受け入れるかが問題になる。ホテル等の自家用設備を持っている需要家へ供給する場合は、供給条件として出力不足が予想されるピーク時には自家用設備を運転して協力する事を条件にすべきである。

(2) 台数、単機容量

本発電所はシームリアップに電力を供給する常用発電所として運用される事になる。一般に同一設備容量の発電所の総建設費は台数を減らして単機容量を大きくした方が安くなる。しかし、供給信頼度の確保及び点検・整備時の予備機の必要性等を考慮に入れると、3 台又は 4 台の設備台数が適当と判断される。ディーゼルエンジンを納入する日本メーカーの定格容量シリーズを考慮に入れて、3 台 x 3,500kW と 4 台 x 2,500kW の 2 案を比較検討した。

- EdC の要望もあり、現地の運転・保守要員が取り扱いに慣れている 750/600rpm の中速機を選定する。
- 日本メーカーの C-重油燃焼型ディーゼルエンジンの製作実績を見ると、3,500kW 機については数社に実績があって製作台数も多い。しかし 2,500kW 機については、実績があるのは 2 社のみで 1 社は 2 台、他の 1 社は 7 台である。また常用発電所としての運転実績は報告されていない。
- エンジン(補機設備) - 発電機 - 電気設備からなる 4 台設備系列より、3 台設備系列のほうが運転・保守が容易である。
- 1 台脱落した場合の安定出力(90%出力とする)は 3 x 3,500kW 機では 6,300kW、4 x 2,500 kW 機では 6,750kW で 450kW の差がある。
- 輸送重量は 3,500 kW 機が約 30 トン、2,500 kW 機が約 20 トンであるが、両方とも決定的な差ではない。
- 機器の総コストは 3,500kW 機の方が僅かに安くなる。
- 燃料消費量は 3,500kW 機の方が少ない。
- 発電所建屋の大きさ、機器据え付け期間はほぼ同等と云える。

上記比較より、運転・保守において容易で、十分なる製作および納入実績があり技術的にも機器の信頼度においても問題のない、また多くのメーカーが入札に参加できる、3,500kW 機 3 台案を選択するのが適当と判断される。

(3) 発電所形式

発電所形式としては、EdC も希望している通常の屋内型の機器を建屋内に並べて上部に天井走行型のホイストを設置する形式とする。ホイストで吊り上げる重量物はシリンダーとターボチャージャーで、吊り上げ容量は 3 トンとする。

(4) C-重油燃焼ディーゼル・エンジン

ディーゼル・エンジンの燃料としては A-重油と C-重油の 2 種類が使用されている。燃料費だけをみると C-重油の市場価格は A-重油の 60%程度であり、発電事業者は出来る限り C-重油を使用しようとする。C-重油燃焼も A-重油燃焼もエンジン自体に大差はないが、C-重油は粘度が高いため C-重油燃焼の場合、粘度を下げるための前処理が必要である。単機容量 3,500kW 程度を超える大型機では、発電単価を下げるために C-重油が広く使用されている。EdC の希望もあり本プロジェクトには C-重油燃焼機エンジンを採用する。

カンボディアとしては、最近のプノンペン第 6 発電所とシハヌークビル発電所で C-重油燃焼機を採用している。燃料系統は C-重油、A-重油と 2 種類の油を容易に切り替えられるようにしている。

C-重油燃焼型のディーゼルエンジンの場合、C-重油燃焼の最低安定運転負荷は機器定格出力の 40%程度で、容量 3,500kW の機器では 1,400kW になる。シナムリアップ系統の場合、2004 年度では比較的涼しい時期の最低負荷がこの程度と考えられる。

C-重油と A-重油の 2 系統のタンクを保有し、機器スタート及び停止時 30 分間は A-重油を使用する必要がある。通常運転時も、負荷が 40%以下になると自動的に A-重油に切り替わるようにしておく必要がある。

燃料貯油槽

燃料タンクとしては主燃料の C-重油用タンクと補助燃料の A-重油用タンクの 2 種類が必要である。貯油容量としては C-重油用 2 x 300kl、A-重油用 1 x 150kl とする。C-重油タンク容量は年間 30,000MWh 発電で約 1 ヶ月運転可能な容量である。

(5) 機器配置・配列

発電所は運転の容易性や保守スペースを考慮したディーゼル発電機、配電盤、補機等の配置、配列を考える。特に、発電機のオーバーホール時にはエンジンは全分解となるので、分解した部品を置くスペースと作業及び人員移動スペースの両方を考慮する。また、ディーゼル発電機、配電盤、あるいは補機は配線、配管により接続されているので、安全上、経済性及び維持管理の容易性から機能集約的配置を計画する。

新シナムリアップ発電所機器配置を図 SRD-006 に示す

(6) 運転方式

ディーゼル発電設備の通常の運転は始動・停止および負荷の開閉を一人の運転員で操作する“手動一人制御方式”で行なうものとする。ディーゼルエンジンは空気始動装置によって始動され、保護停止装置及びその他の必要な保護・警報装置を付属している。従って、一人の運転員で安全な運転が可能である。

ディーゼル発電装置には、次の保護停止装置を備える。

- i) ディーゼル機関の速度上昇
- ii) ディーゼル機関の冷却水断水または温度上昇
- iii) ディーゼル機関の潤滑油圧力異常低下
- iv) 発電機電圧の上昇または過電流

以上の保護装置が動作した場合には、発電機回路の遮断器を自動的に開いて、ディーゼル機関を停止するとともに制御盤に表示と警報を発して運転員に報知する。

(7) ディーゼル機関

ディーゼル機関の主なる仕様は表 3-3 の通りである。

表 3-3 ディーゼル機関の主なる仕様

(a)	機関形式	:	4 サイクル、水冷、直接燃料噴射式、インタークーラー、ターボチャージャー付中速ディーゼル・エンジン
(b)	単機容量	:	定格出力 3,500 kW
(c)	設置台数	:	3 台
(d)	エンジン出力	:	4,759 PS
(e)	回転数	:	750 rpm 以下
(f)	過負荷出力	:	110% (1 時間)
(g)	潤滑油系統	:	マニュアル給油方式
(h)	燃料系統	:	貯蔵タンク付自動給油方式
(i)	冷却方式	:	リモート・ラジエター冷却方式
(j)	始動方式	:	圧縮空気始動方式
(k)	吸気方式	:	オイルバス方式
(l)	排気方式	:	サイレンサー方式
(m)	燃料種類	:	C 重油・軽油 (ASTM No. 2)
(n)	ガバナ方式	:	油圧方式又は電気式ガバナ

ディーゼル機関の付帯設備の仕様を以下に示す。

(i) 調速機装置

調速機装置は油圧方式または電気方式を使用し、回転速度は無負荷定格回転数にて 5 パーセント調整できるものとし、下記の値を保障するものとする。

100 % 負荷を瞬時遮断したとき

回転数の変動率 15 % 以内

復帰時間 15 秒以内

速度調定率は機器運転中でも 0 から 6% の範囲で調整可能とする。

(ii) 始動用空気圧縮機装置

ディーゼルエンジン発電機始動用空気圧縮機装置は、空気圧縮機、空気タンク、圧力調整器バルブ、安全弁、圧力計、圧力開閉器、電磁バルブ、ドレーン配管及び本装置全てに必要な空気配管で構成される。本装置の最高使用圧力は(2.5Mpa)を超えないものとする。

空気配管系統及び空気圧縮器装置の詳細を図 SRD-008 に示す。

(a) 空気圧縮機

空気圧縮機は AC モーター駆動(7.5 kW)で、本体装置の冷却はファン冷却方式、2 段圧縮式レシプロ空気圧縮機とする。

(b) 運転方式

空気圧縮機は発電所建屋内に設置し、圧力タンクへの供給は定められた圧力値まで自

動的に運転する装置とする。

(c) 設置方式

空気圧縮機および駆動用 AC モーターは共通架台上に設置し、駆動用ベルトには張りを調整できる構造にする。

(d) 規定圧力

空気圧縮機は圧縮空気タンクに指定圧力までの充填時間を 1 時間以内とする。

(e) 空気層タンク

空気層タンクの溶接個所は JIS 規格及び日本ボイラー規格の規定に適合したものと
する。タンク容量は 1,200 liter x 2.5 Mpa 以上で機関始動が他から充填無しに 3 回以
上ディーゼルエンジン発電機が容易に始動出来る能力を有するものとする。空気層タン
クの機能としては安全弁とドレーンパイプを装備したものとする。

(iii) 燃料油供給装置

ディーゼル機関は常時 C-重油を燃料として運転されるが、ディーゼル機関の特性上、機関
の始動および停止前約 30 分間は軽油にて運転される。

燃料油供給装置は表 3-4 の機器にて構成される。燃料系統を図 SRD-009 に示す。

表 3-4 燃料油供給装置

	軽油系統	C 重油系統
貯油槽	150 kl、レベル計	2 x 300 kl、レベル計
バッファタンク	----	2,000 l、レベルスイッチ、電 気ヒータ付
移送ポンプ	ギアポンプ、3.7 kW	ギアポンプ、3.7 kW
サービスタンク	2,000 l、レベルスイッチ付	2,000 l、レベルアラーム、電 気ヒータ付
清浄機ユニット	----	2,570 l/h、7.5 kW
アンローディングポン プ	40 m ³ /h x 1.5 kW	40 m ³ /h x 1.5 kW
燃料油コシ器	単式 - 自動洗浄式 - カートリッジ式、A-C 混合器および切 替弁	
燃料油ヒータ	電気式	
燃料油ドレーン装置	300 l タンク、ギアポンプ 0.75 kW	

その他燃料油流量計、調圧弁等も含む。

(iv) 潤滑油供給装置

潤滑油供給装置は表 3-5 の機器にて構成される。潤滑油系統を図 SRD-010 に示す。

表 3-5 潤滑油システム構成機器

潤滑油タンク	5,000 l、レベルスイッチ付
潤滑油プライミングポンプ	ギアポンプ、20m ³ /h x 5.5 kW
潤滑油冷却器	プレートまたはシェル&チューブ式
潤滑油コシ器	自動逆洗式
潤滑油清浄機ユニット	1679 l/h, 5.5 kW, スラッジ自動排出型、レベルスイッチ付
過給機潤滑油タンク	350 l、レベルスイッチ付
過給機潤滑油ポンプ	ギアポンプ、6m ³ /h x 3.7 kW
過給器潤滑油冷却器	プレートまたはシェル&チューブ式
過給器潤滑油コシ器	複式

(v) 冷却装置

本ディーゼルエンジンの冷却水系統は基本的に2系統（エンジン冷却水系統・熱交換冷却水）とする。冷却装置は表 3-6 の機器にて構成される。冷却系統を図 SRD-011 に示す。

表 3-6 エンジン冷却装置機器

冷却方式	ラジエータ風冷式
原水ポンプ	1 m ³ /h
高温側冷却水タンク	1,000 l
低温側冷却水タンク	1,000 l
高温側冷却水ポンプ	渦巻式ポンプ、100m ³ /h x 15 kW
軟水装置	1 m ³ /h
低温側冷却水装置	渦巻式ポンプ、110m ³ /h x 18.5 kW
ラジエータ	空冷、2 段熱交換式

(vi) スラッジ処理装置

スラッジ処理装置は表 3-7 の機器にて構成される。

表 3-7 スラッジ処理装置機器

スラッジ移送ポンプ	1 m ³ /h
スラッジセパレートタンク	3 m ³ , 電気ヒータ付き
油水分離ユニット	吸着分離方式
油水分離ポンプ	スクリーポンプ、1 m ³ /h
廃油ポンプ	スクリーポンプ、1 m ³ /h
スラッジタンク	1,000 L, レベル計・スイッチ付き

(vii) 吸気・排気装置

吸気装置

ディーゼル機関の吸気装置はオイルバス式又はウェットタイプフィルターで、過給器、イ

ンタークーラー、吸入空気消音器、機器にて構成される。機関の吸入空気は発電建屋外部の温度の低い空気が入り込む構造にする。

排気装置

ディーゼルエンジンの排気装置は排気管及び消音器から構成され、発電所建屋外に排ガスを排出する方式とし、消音器は建屋外のコンクリート基礎上に設置する。消音器には雨季の水害を考慮の上、雨が入り込まない配管の構造で、排水用のドレーン配管を取付ける。

機関周りの全ての配管振動部分はフレキシブル継ぎ手、又はエキスパンション継ぎ手を使用し配管保護を行なう。

(8) 発電機

発電機の主なる仕様は表 3-8 の通りである。

表 3-8 発電機の仕様

(a)	発電機形式	:	横軸回転界磁空気冷却式複巻三相交流同期発電機
(b)	単機容量	:	4,375 kVA
(c)	台数	:	3 台
(d)	設置場所	:	屋内発電機室
(e)	電気方式	:	3 相 3 線式
(f)	発電機電圧	:	6.6 kV
(g)	周波数	:	50 Hz
(h)	力率	:	0.8
(i)	励磁機形式	:	ブラシレス方式
(g)	発電機冷却方式	:	自己通風空気冷却方式
(k)	極数	:	8 極以上
(l)	絶縁階級	:	F 級

(i) 温度上昇限度

最大負荷における発電機の温度上昇は次の限界値を超えないものとする

固定子巻線	100 °C	(埋込温度計法)
回転子巻線	110 °C	(抵抗法)
軸受	75 °C	(温度計法)

(ii) 電圧変動率

発電機の固有電圧変動率は次の値を越えないものとする。

力率 0.8 の全負荷を無負荷にした場合	40%
力率 1.0 の全負荷を無負荷にした場合	30%

(iii) 過速度耐力

発電機を無負荷、無励磁で定格回転速度の 120%速度で 1 分間運転しても、機械的に異常が起きないものとする

(iv) 絶縁耐力

発電機の商用周波数における、絶縁耐力は次の通りとする

固定子巻線：	定格電圧 x 2 + 1,000 V	1 分間
回転子巻線：	界磁電圧 x 10	1 分間

(v) 保護継電器

発電機制御盤に次の保護継電器を取り付ける。

- 発電機差動継電器
- 発電機過電圧継電器
- 非常停止スイッチ
- 発電機界磁損失継電器
- 発電機接地過電圧
- 主変圧器差動継電器

以上の保護継電器が動作した場合には、発電機回路の遮断器を自動的に開いて、ディーゼル機関を停止するとともに制御盤に表示と警報を発して運転員に報知する。

(9) 電気設備

6.6 kV 発電機回路は主変圧器で 22 kV に昇圧され、既設 22 kV 配電網に接続される。運転・保守の容易さ、将来における拡張及び他の電源系統との連系を考慮して、発電機から主変圧器にいたる主系統はユニット方式とする。

発電所の単線結線図を図 SRD-012 に示す

(i) 主変圧器

主変圧器の主なる仕様は表 3-9 の通りである。

表 3-9 主変圧器の仕様

形式	：	3 相、無負荷タップ切替装置付屋外油入変圧器
定格容量	：	4,500 kVA
定格電圧	：	一次側 6.6 kV
	：	二次側 22 kV
結線ベクトル	：	Dyn 11
冷却方式	：	油入自冷
台数	：	3 台

(a) 温度上昇限度

最大負荷における変圧器の温度上昇は次の限界値を超えないものとする

変圧器巻線： 65° C（抵抗法）

変圧器油： 60° C（温度計法）

(b) タップ切替え装置

タップ切替え装置は 2 次側に取り付け、2.5%ステップとする。

(c) 主変圧器の保護装置

主開閉器盤に次の保護継電器を取り付ける。

- ブッフホルツ継電器
- 温度継電器
- 過電流継電器
- 主変圧器差動継電器

(ii) 所内用変圧器

所内用変圧器は発電所内の照明および補機等の動力に電力を供給するものである。所内用変圧器の仕様は表 3-10 の通りである。

表 3-10 所内用変圧器の仕様

形式	: 3 相、無電圧タップ切替装置付屋外油入変圧器
定格容量	: 1,000 kVA
定格電圧	: 一次側 6.6 kV
	: 二次側 400 - 230 V
結線ベクトル	: Dyn 11
冷却方式	: 油入自冷式
台数	: 2 台

無電圧タップ切替え装置は所内用変圧器の一次側に取り付け、2.5%ステップとする。

温度上昇警報装置および過電流継電器を所内容変圧器に主開閉器盤に取り付ける。

(iii) 開閉器・制御盤

開閉器・制御盤は閉鎖垂直自立形として、次の電気回路用の開閉器・制御盤が発電所建屋内に据付けられる。

- 22 kV 回路
- 6.6 kV 回路
- 発電機回路
- その他の回路

上記、各回路に使用する閉鎖盤および面数を次に示す。

(a) 22 kV 回路

- 主変圧器 2 次側回路 3 面
- 22 kV フィーダ回路 3 面

(b) 6.6 kV 回路

- | | |
|----------|-----|
| - 発電機回路 | 3 面 |
| - 所内用変圧器 | 2 面 |

(c) その他の回路

- | | |
|--------------|-----|
| - 低圧回路 | 1 面 |
| - 直流電源回路 | 1 面 |
| - 同期検定盤 | 1 面 |
| - エンジン発電機操作盤 | 3 面 |

(10) 環境対策

防音・防振対策

ディーゼルエンジン運転による周辺の住民への騒音や振動による影響を考慮して、主発電装置を住居から出来るだけ離して設置する。発電所予定地点は国道、地方道および周辺にある家屋からは十分に離して選定されている。又、設備の配置決定に当たっては、発電所敷地内でも発電機建屋は外周から出来る限り離すべきである。発電所敷地周辺には、立ち木を植えるスペース(グリーンベルト)をとり、これによって騒音および振動レベルの低減を図る。

排ガス対策

ディーゼルエンジンの運転によって、環境に有害な SO_x と NO_x が空気中に排出される。第 2 章 2-3 節にて検討したごとく、SO_x および NO_x とともに基準値以下の低い値にある。

防油対策

3 基の油タンクの周辺には防油堤を建設して、万一タンクに事故が発生しても周辺地域への影響を最小ですむようにする。

廃油対策

C-重油使用により発生する廃油については、発電所建屋内に十分な容量の油溜めを建設し溜まった油を汲み取るようにする。EdC はこの廃油を燃料油供給業者に引き取らせたり、あるいは周辺の環境に影響を与えない方法で処理する事になっている。

3-2-2-2 22 kV 連系線施設

新発電所と既存のシームリアップ配電網を連系するために、発電所のキュービクル室に設置される 22kV ファイダ・キュービクルから地中線にて既存の配電網に接続するものとする。

地中線に使用する地中ケーブルは、既存のケーブルと同じ仕様とする。

地中ケーブル： 22kV 架橋ポリエチレン絶縁ビニルシース・アルミ導体ケーブル(CV ケーブル)、

3 芯 x 240 mm² 2 回線

3 芯 x 150 mm² 1 回線

地中ケーブルは、直接埋設方式として道路沿いまたは歩道に埋設する。道路横断の埋設ケーブルは想定交通最大荷重に十分に耐えられるビニールパイプあるいはコンクリートダクトによって保護される。ケーブルの接続系統および埋設方式を図 SRD-013 に示す。

3-2-2-3 土木・建築施設

(1) 発電所予定地の地質状況

調査団は、現地調査期間中に発電所予定地内において、基礎設計に必要な地耐力の概要を知るために 2 個所でボウリングによる深さ 20m まで 1.5m 間隔で標準貫入試験を実施した。その結果を資料 8-3 に示す。地表面から 10m 程度までは N 値が 5 ~ 10 の範囲にある緩い細砂で軟弱地盤の範囲にあり、支持地盤として期待することは難しい。しかし、その下方にある締まった砂層に杭を打ち込めば、摩擦杭として支持力は十分に期待できる。調査時の地下水は地表面下 4.5 m であるが、雨季には地表面下 1 m まで上昇するものと想定される。

以上のような地質での、ディーゼル発電機、発電所建屋および燃料貯蔵タンク等の基礎にコンクリートパイルを使用するものとする。パイルは現地で型枠を用いて生産する。

パイルの詳細を図 SRD-014 に示す。

(2) 発電所敷地

発電所の敷地は、127m x 155m(19,685m²)の広さとする。敷地全体は、雨季の期間における冠水を避けるため約 1m の盛土を行い、また敷地の外周には 20m 幅のベルト地帯を設ける。

敷地内の発電施設および発電所建屋、事務所棟、道路、排水溝、廃油・スラッジ処理設備、燃料貯油タンク等の配置を図 SRD-015 に示す。

(3) ディーゼル発電機の基礎

ディーゼル発電機を据え付ける基礎は、発電機の自重およびディーゼル機関の運転によって生ずる不平衡慣性力および加振力に対して十分耐えるとともに、運転によって生じる振動がその他の機器や建物に有害な影響を与えないものでなければならない。

このような場合の基礎の大きさを決定する確定的算式はないが、従来の経験式として次の如く推定される。

$$Wf = 0.2W\sqrt{N}$$

- Wf : 基礎の重量(トン)
W : ディーゼル発電機の重量、本計画においては 60 トンを想定
N : 機関の回転数、750 回転

上式より、必要な基礎の重量は 328 トンとなり、コンクリートの容積はコンクリートの比重を 2.2 とすれば、約 149 m³ となる。

(4) 発電所の建屋および事務所棟

発電所建屋は、ディーゼル発電装置を 3 台設備した常用発電所なので、独立建屋とする。建屋の大きさは、ディーゼル発電装置、補機(空気始動装置、燃料移送ポンプ、C-重油前処理設備など)、付属設備(燃料サービスタンク、空気タンクなど)および電気設備など設置し、常用運転を行うための運転および保守・点検(分解点検も含む)を行うことに支障がないことを十分に考慮して決定するものとする。

建屋の構造は、鉄筋コンクリート柱、煉瓦積み壁とし天井部は鉄骨構造とする。屋根部分はマイクロファイバークラスウールの断熱材を使用し、コルゲートスチール鋼板屋根とする。

建屋内には保守用に 3 トンの天井走行ホイスト・クレーンを設置する、建屋はその吊り上げ荷重に耐える構造とする。また、常時燃料、潤滑油などを取り扱うため、防火上の見地から十分に耐火性のある構造とする。

ディーゼル機関の運転による室温上昇および運転・保守員の衛生的見地から、発電室は換気が必要がある。本計画においては窓、ギャラリーによる自然換気とブローアを使用する強制換気を併用する。

発電所建屋の平面および断面を図 SRD-016 および図 SRD-017 に示す。

倉庫を含む事務所棟は、鉄筋コンクリート柱、煉瓦積み壁とし、屋根部分はマイクロファイバークラスウールの断熱材を使用し、コルゲートスチール鋼板屋根とする。

事務所棟の平面および断面を図 SRD-018 に示す。

3-2-3 基本設計図

本計画の基本設計図は以下に示す通りである。

No	図面番号	図面名称
1	SRD-001	既存発電所および新予定地の位置図
2	SRD-002	配電線路図 既存発電所および新予定地の位置図
3	SRD-003	20 kV 配電系統図
4	SRD-004	既存発電所における新発電施設の配置図
5	SRD-005	新予定地の敷地図
6	SRD-006	発電所機器配置図

7	SRD-007	燃料貯油槽図
8	SRD-008	起動用空気系統図
9	SRD-009	燃料油系統図
10	SRD-010	潤滑油系統図
11	SRD-011	冷却水系統図
12	SRD-012	単線結線図
13	SRD-013	22 kV 連系送電線地中ケーブル敷設図
14	SRD-014	コンクリートパイル詳細図
15	SRD-015	新予定地における発電施設の配置図
16	SRD-016	発電所建屋平面図
17	SRD-017	発電所建屋断面図
18	SRD-018	事務所平面・断面図

3-2-4 施工計画

3-2-4-1 施工方針

本計画の施工範囲は次の通りである。

- a) 敷地内の整地・盛土、道路、排水溝、基礎等の土木工事
- b) 発電所建屋、事務所、倉庫等の建築工事
- c) ディーゼル発電施設および付帯設備の供給・据付・試験・引渡し
- d) 22 kV 連系送電線建設

第 3-2-4-2 節、(3) に述べてあるように、上記の各作業は相互間でよく協調を取って実施する必要がある。

事業を実施する場合の基本事項および特に留意する点は以下の通りである。

(1) カンボディア側実施機関

(a) カンボディア国側分担作業の実施に必要な予算および要員の確保

本計画実施に係わる一部の作業はカンボディア国側が分担する。これらの分担作業は、関連工事工程と調整を図って、適時に実施されなければならない、分担作業実施のための予算及び要員の確保が必要である。

(b) 技術移転

本計画では、カンボディア国側の運転・保守要員をディーゼル発電機の据付工事に参加させ、その一連の作業の中で、発電設備に関する基本事項及びディーゼル機関の分解・組み立て技術をカンボディア国側に習得させる。据付作業への参加は、単なる負担事項の一つというだけでなく、今後の保守作業を自ら実施できるようになることを目的としていることに、カンボディア国側の十分な理解が必要である。

(2) 請負業者

本計画では、土木、建築、ディーゼル発電機据付、連系送電線等の多種多様な工事が発電所敷地内で輻輳して行われる。また各工事は作業上及び工程上、密接に関連している。従って、すべての工事は品質の確保、性能保証、瑕疵責任および工期の管理の観点から日本の請負業者が一貫して実施するものとする。

業者は、コンサルタント作成の仕様書に従って、土木・建築工事、資機材の設計、製作、工場試験、輸出梱包、現地までの輸送、計画施設の建設工事を行い、現場試験により各施設・設備の建設状況および建設後の性能を検証した上で引渡しを行う。また、一連の建設および現場試験の期間中にカンボディア国側への技術移転を行う。

3-2-4-2 施工上の留意事項

(1) 安全作業

本工事は、重量物の据付作業、高所作業および多種多様な工事が発電所敷地内にて輻輳して実施されるため、安全確保が施工上の重要課題である。

作業前には、作業グループ間で綿密な打ち合わせを行なって作業計画を作成し、危険標識あるいは安全柵等を設置し、安全かつ効率的な作業環境を作る必要がある。

(2) 地雷・不発弾

発電所敷地内の地雷の探査は、CMAC によって実施され、その安全性が確認されているが、埋設不発弾の有無については、不発弾は通常 5-6m の深さにあるが探査機の性能上、未だ確認されていない。従って、基礎等の掘削には十分なる注意が必要である。特に、コンクリートパイルの打設には、ハンドオーガ等による事前の確認が必要である。

(3) 各種工事の協調

発電所敷地内では、土木・建築工事、ディーゼル発電機据付工事、電気設備工事、連系送電線工事等の業種の違う工事を良く協調を取りながら実施する必要がある。土木・建築工事はディーゼル発電機据付工事開始前に完成させる必要があり、連系送電線はディーゼル発電機の試験の前に完成させる必要がある。

プロジェクト全体を遅滞無く完成させるためには、種々の作業を発電所敷地内で、並行して実施しなければならない。各作業は作業内容と工期の点で密接に相互関連している。

このため、コンサルタントと実施業者は各工事の取り合い、責任の所在を明確にし、人身および設備の安全、品質管理を図る必要がある。実施計画は計画全体の各作業相互間の協調を基にして現地作業の効率的、且つ円滑に実施できるように作成されなければならない。

3-2-4-3 施工区分

本計画においての施工区分は以下とおりである。対象施設・設備の工事は日本側が一貫して施工する。

日本側	カンボディア国側
土木・建築工事 ディーゼル発電設備工事 22 kV 連系送電線工事	必要な用地の取得 取付け道路の建設 不発弾が発見された場合の処理 カウンターパートの派遣 発電設備据付工事への参加

3-2-4-4 施工監理計画

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

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

上記項目をふまえ施工監理の基本方針、業務の内容、担当、計画についての体制を以下に示す。

(1) 施工監理の基本方針

コンサルタントは本計画が、所定の工事期間に確実かつ安全に実施されるよう工事全般に亘り工事請負業者に対して管理・指導を行うものとし、次の 3 項目を基本方針とする。

- (a) 工程管理
 - (i) 各施設ごとに資機材の製作、輸送、工事の進捗状況を確認する。またカンボディア国側の分担作業の進捗状況も確認する。
 - (ii) 請負業者による工事とカンボディア国側で実施する分担作業の手順を確認し、双方の調整を図る。
 - (iii) 工程調整会議を適宜開催し、計画全体の工程管理および工程調整を行う。工程調整会議は、現場工事期間中は毎週、また、現場試験中は毎日開催するものとする。
- (b) 安全管理
 - (i) 作業前の安全確認を励行する。

- (ii) 同じ場所で複数の作業が実施される場合は、お互いの作業内容および工程を認識させ、災害防止を図る。
 - (iii) 機器の搬入・搬出作業および充電部付近の作業は安全担当者の監視下で行う。
 - (iv) 開口部や充電部の周りは、ロープで区画し、危険防止を図る。
- (c) 品質管理
- (i) 請負業者に資機材に関する承認用図面及び仕様書の提出を義務付け、仕様及び品質が契約仕様書と合致していることを確認する。
 - (ii) 主要資機材の工場試験に立合、それらが承認図および仕様書通りに製作されていることを確認する。
 - (iii) 工事の成果は、現場試験により確認する。

(2) コンサルタント業務

(a) 実施設計・入札書類の作成

(i) 実施設計

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

(ii) 入札書類の作成

詳細設計、施工計画及び無償資金協力の制度に従い、入札書類の作成を行う。

(b) 施工監理

(i) 入札業務

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

(ii) 監督業務

着手前関係者協議、設計図の承認業務、出荷前製品検査、現地据付工事監理、工事期間中の業務報告書の作成、中間出来高証明書の発行、竣工検査と手続きを行う。

(iii) 建設・据付工事完了後業務

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

(3) コンサルタント業務担当者

上述(2)の業務内容を円滑に進捗させるために類似業務の経験が豊富であり、本

プロジェクトの内容を十分に理解している者をプロジェクトの総括業務の長にして、詳細設計業務、入札業務、承認図審査及び製品検査、工事監理業務を担当する各スタッフによる実施体制を整える必要がある。

(a) 業務主任担当者

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

(b) 実施設計担当者

策定された基本計画に基づき、計画遂行に必要な機器や資材の仕様、機器配置、計画の為に詳細設計、施工計画、工事費の積算業務を行う。

(c) 入札業務担当者

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

(d) 承認図審査及び製品検査担当者

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

(e) 工事監理担当者

常駐監理者が、工事着工より竣工までの現場における業務を管理するものとする。また、土木・建築、電気設備、機械設備の専門技術者が必要時期に現地に滞在し、監理業務を行う。

3-2-4-5 品質管理計画

(1) 納入資機材の品質管理

本計画で調達される設備、機器の品質は下記の段階で管理される。

(a) 設計図面・仕様書の審査と承認

コンサルタントが業者契約後実施業者から提出される承認用の図面、仕様書、計算書等を適用規格、契約仕様書等の要求事項を満足しているかどうかを審査して、問題無ければ承認し、必要に応じてコメントする。この作業は日本国内で行なう。機器は設計承認後に製作される。

(b) 工場検査

機器製作後、現地への出荷前に工場検査を行なう。この検査の目的は機器が適用規格と契約仕様書に従って作成されているかどうかの検査で、一般的に目視検査と性能検査を行なう。主要機器についてはコンサルタントの技術者が試験に立ち会う。重要な機器

の検査には EdC の技術者も立ち会う。

(c) 現地工事管理と完成試験

コンサルタントは EdC の協力を得て現地建設及び据付工事が契約仕様書に従って行われるよう、工事期間中工事管理を行なう。そして、完成工事の引き渡し前に完成試験を行なって、仕様書要求通りの性能を発揮するかどうかを検査する。

(2) 土木・建築工事の品質管理

(a) 施工図面審査と承認

構造物の設計はコンサルタントが行なうが、施工図面は業者が作成する。施工図面は承認用に提出させ、それをコンサルタントが審査し、問題無ければ承認する。この図面審査は日本及び現地で行なう。

(b) 使用材料検査

工事に使用する材料は使用前に全てコンサルタントが検査する。この検査は必要に応じて、供給元又は現地で行なう。

(c) 現地工事管理

コンサルタントは EdC の協力を得て盛り土、コンクリート(コンクリート品質と鉄筋配筋)、主建屋鉄骨、建築工事、基礎工事等については作業立ち会い検査を含む現場管理を行なう。

3-2-4-6 資機材等調達計画

(1) 資機材の調達先

資機材の調達については、以下の点について十分なる検討と考慮を払い、その調達先を決めるものとする。

- (a) カンボディアにおいて従来から使用されており、運転・保守が容易である。
- (b) カンボディアで調達・修理が可能で品質的に問題がなく価格的に有利なもの。
- (c) 他の計画で使用されているし機材との整合性

本計画に使用される主なる資機材の調達（案）を表 3-11 に示す。

表 3-11 主要資機材調達先(案)

資機材	仕様	調達先（案）
土木・建築工事 土木工事用資機材 建築用資機材 貯油タンク コンクリート・パイル	300 kl x 2, 150 kl x 1 400 x 400 x 12,000 mm	現地調達 現地調達 現地調達 現地調達
ディーゼル・エンジン発電施設 ディーゼル・エンジン発電機	6.6 kV, 3,500 kW	国内調達

エンジン補機類 主変圧器 キュービクル、配電盤 その他電気品	3 相、4,500 kVA, 6.6/22 kV	国内調達 国内調達 国内調達 国内調達
22 kV 連系送電線 地中ケーブル 地中ケーブル ケーブル処理材	22 kV、3 芯 x 150 mm ² 22 kV、3 芯 x 240 mm ²	国内調達 国内調達 国内調達 国内調達

(2) 交換部品の範囲

ディーゼル発電設備の初期性能を維持するため交換部品の保有が不可欠である。本計画においては、2 年間の運転に必要な交換部品を購入するものとする。

(3) 瑕疵補償の考え方

本計画で建設した設備はすべて引き渡し後の瑕疵補償を要求するものとする。本計画対象以外の部分であっても、本計画の建設工事が原因で、瑕疵を生じた部分は、瑕疵補償の範囲に含めるものとする。

なお、瑕疵保証の期間は 1 年間とする。

3-2-4-7 ソフト・コンポーネント計画

(1) ソフト・コンポーネントの必要性

本計画による発電設備に期待されている目的を果たすためには、適切な運転・保守が必須である。現存のシームリアップ発電所の維持管理体制はうまく機能していない。運転・保守要員は十分な教育を受けていないので、一般的な技術力と修理技術に問題がある。彼らは現在運転中の旧ソ連製発電機に関する修理経験はあるが、発電制御方式、設計思想等が異なる日本製の発電機に対しては皆無である。運転・保守実施に当たっては機器の構造・性能等を習熟することが重要となる。

技術移転・教育訓練の方策として、通常のプロジェクトで実施している以下の事項を単独か、あるいは組み合わせた方法の適用が考えられる。以下、採用可能な方法に基づく訓練計画を策定する。

(2) 修理技術向上の必要性

修理技術向上のためには、故障したらただ単に部品交換する、という従来通りの考え方は止めて故障原因の追求と、同じ故障を繰り返さない対策を立てる事が肝要であるため、毎日の運転データの変化、発電負荷状況、実際の運転状況を把握し、長期維持管理計画に役立たせる必要がある。機械の特性を生かした運転方法・点検対策を計画的に実行する事により、結果的に発電設備の安定した運転と信頼性が確保出来る。故障原因追求、機械特性の理解、発電設備の制御系統を十分に理解していないと故障の原因の特定は困難である。

従って、発電設備に係る運転・保守要員、電力管理技術者の長期維持管理に係る教育

は、本計画を実施するに当たっての最重要課題である。

(3) ソフト・コンポーネントの解決すべき課題

本計画にて策定する解決すべき課題は以下のとおりである。

発電技術の管理者育成と運転・機器補修要員の教育

現存のシアムリアップ発電所には、機械技術者の技術力は不十分で、技術力が十分でない運転・保守員が発電機の運転及び維持管理を行っている。大型機には高等技術教育を受けた技術者による発電設備の管理が必要で、それに伴う運転、修理、部品管理等の維持管理体制の教育と、現状の組織とは異なった編成が必要となる。又、技術教育を行うに当たっては、ソフト・コンポーネント指導を容易に理解し、個々の管理、修理、点検、故障の類の報告書を提出できる程度の人材育成教育を基本整備教育（I、II、III）の柱とする。またモニタリング方式による、教育の成果を EdC 本部と共に確認し（基本整備教育 - IV）、問題があれば、その対応策を提言する。

発電技術の高度高性能化に伴う機器の理解と目的

発電機の運転・保守技術はある程度の技術教育課程を卒業している事が望ましい。技術の理解だけでなく、回転機械の安全管理、高圧電源等の不測の事故が発生する事も予想しなければならない。最新鋭の機器は取扱い操作が簡単に出来る反面、電気制御装置は複雑でその取扱い、修理、故障判断は一般教育課程の基礎知識だけでは難しく、これが発電機運転の信頼性を大きく左右する。従って本件の行うソフト・コンポーネントの最終目的は EdC 側の判断による発電事業管理、長期維持管理体制の自立を支援するための教育を目的としている。

(4) ソフト・コンポーネント教育内容と活動

ソフト・コンポーネント教育は次の i) から iv) までの区分に分けて実施するものとする。

i) 基本 - 整備教育

基本 - I 整備教育ではコンサルタントによって内燃機関の基礎教育を行う。まず発電設備の基本事項に関して確認試験を行なって受講者の知識の程度を知り、その後の教育の参考にする。教育項目と内容は表 3-12 に示す通りである。

表 3-12 基本 - I 整備教育内容

	教育項目	教育内容と目的
1.	教育基本の確認試験	受講者の技術的基礎学力の確認
2.	内燃機関工学の基礎	技術規格、単位、方式、等の教育
3.	発電機及び機関の仕様関係	発電機、内燃機関の仕様と解釈
4.	発電機仕様の電気制御関係	発電機、内燃機関制御の仕様と解釈
5.	各系統別の配管、機器仕様と関係	系統別の詳細の確認

上記の教育を通して、次の成果が期待される。

- 内燃機関および発電機一般の理解
- 使用単位・方程式及び潤滑・燃料油消費率・消費量等の理解
- 発電機関の効率的・経済的運転、運転台数・発電負荷率等の管理と計画

ii) 基本 - II 整備教育

基本 - II 整備教育では、運転・保守要員が全員発電機据付工事に参加して、オン・ザ・ジョブトレーニングを実施する。オン・ザ・ジョブトレーニングの教育項目と期待される教育の成果は表 3-13 の通りである。

表 3-13 基本 - II 整備教育内容

	教育項目	期待される教育の成果
1.	機器接続のアライメント方法	全ての回転機器の駆動側と回転を受ける側との二面芯出し、ミスアライメントが影響する振動と振動音から故障を推測する訓練。
2.	機関・補機等の据付方法	機関から補機への配管、排気管類の温度変動を考慮した据付と、ミス配管、ドレーン配管の据付配置要領及び機関据付要領。
3.	発電設備機器間のフローチャート取得	発電設備の電気系統、操作系統、保護安全装置、制御系統等を確認、把握し修理対策、二次的故障の予防と長期維持管理対策。
4.	機関各部測定・点検要領	機器類の適正な測定、基準、補正計算の要領と測定器の取扱い。
5.	補機の取扱い	補機類の取扱い要領と点検、整備、調整の要領。

iii) 基本 - III 整備教育

基本 - III 整備教育では、コンサルタントおよびメーカーの技術者によって発電機の完成試運転前後に運転・保守・修理技術の向上を目的とした、教育を重点に行う。

表 3-14 基本 - III 整備教育内容

	教育項目	教育内容と活動
1.	始動前及び始動後の点検	運転前後の確認、点検要領
2.	定期点検・整備	定期点検・整備等の整備要領
3.	発電機及び補機の運転操作	発電設備全般の補機整備要領
4.	トラブルシューティング	修理、事故、予防対策早見表の確認
5.	測定機器及び特種工具の取扱い	電気、機器調整等の測定工具使用要領
6.	各報告書作成要領	維持管理報告等の報告書作成要領
7.	発電機受渡し試験の立会い	発電機受渡し試験要領に沿った立会い 試験及び安全保護試験・確認

上記の教育を通して、次の成果が期待される。

- 発電機始動前の点検、確認、調整、暖気運転、同期運転操作、始動運転後の運転・確認の理解
- 操作盤、表示盤、保護装置等の保守点検要領及び各設備、機器の詳細取扱い要領
- 保守用測定装置、機器調整装置、特種工具、機器校正、調整等の取扱い要領
- 経済的負荷運転と定期検査要領及び保守要領
- 基本的な故障原因を簡単に確認、二次的故障の予測および維持管理体制の強化
- 運転記録、事故および修理、点検等の報告書作成要領
- 補給部品管理および工具管理要領
- 危険物保管、回転部周辺等の発電所安全管理
- 騒音、振動、環境汚染に係る発電所環境管理

iv) 基本 - IV 整備教育

基本 - 整備教育は基本 、II、III 教育成果の確認であるが、コンサルタントは EdC の協力のもとに、トレーニーの発電機の運転・保守に対する理解の状況をモニタリング方式で確認する。コンサルタントは問題点があれば対応策を提言する。

表 3-15 基本 - IV 整備教育内容

	教育項目	教育内容と活動
1.	運転報告書作成確認及び助言	報告書作成の再確認
2.	初期トラブルの対策、状況確認と助言	前期教育の再確認と教育の評価
3.	運転操作、点検、問題点	運転操作等の再確認
4.	最終発電機・内燃機関卒業試験	ソフト・コンポーネントの成果確認

(5) ソフト・コンポーネントの問題点

各機器の取扱い説明書は、設備の点検・補修に不可欠で重要な役割を果たすが、英語で作成された取扱い説明書を理解出来る運転員、保守要員がシアムリアップ発電所には存在しないため、プノンペン EdC 本部に助けをもらっているのが現状である。運転・保守要員の現在の技術英語理解度では本教育でも講義内容、取扱い等の翻訳に問題が発生するのは避けられない。従って技術英語の理解者（技術系の通訳、翻訳）も必要不可欠である。

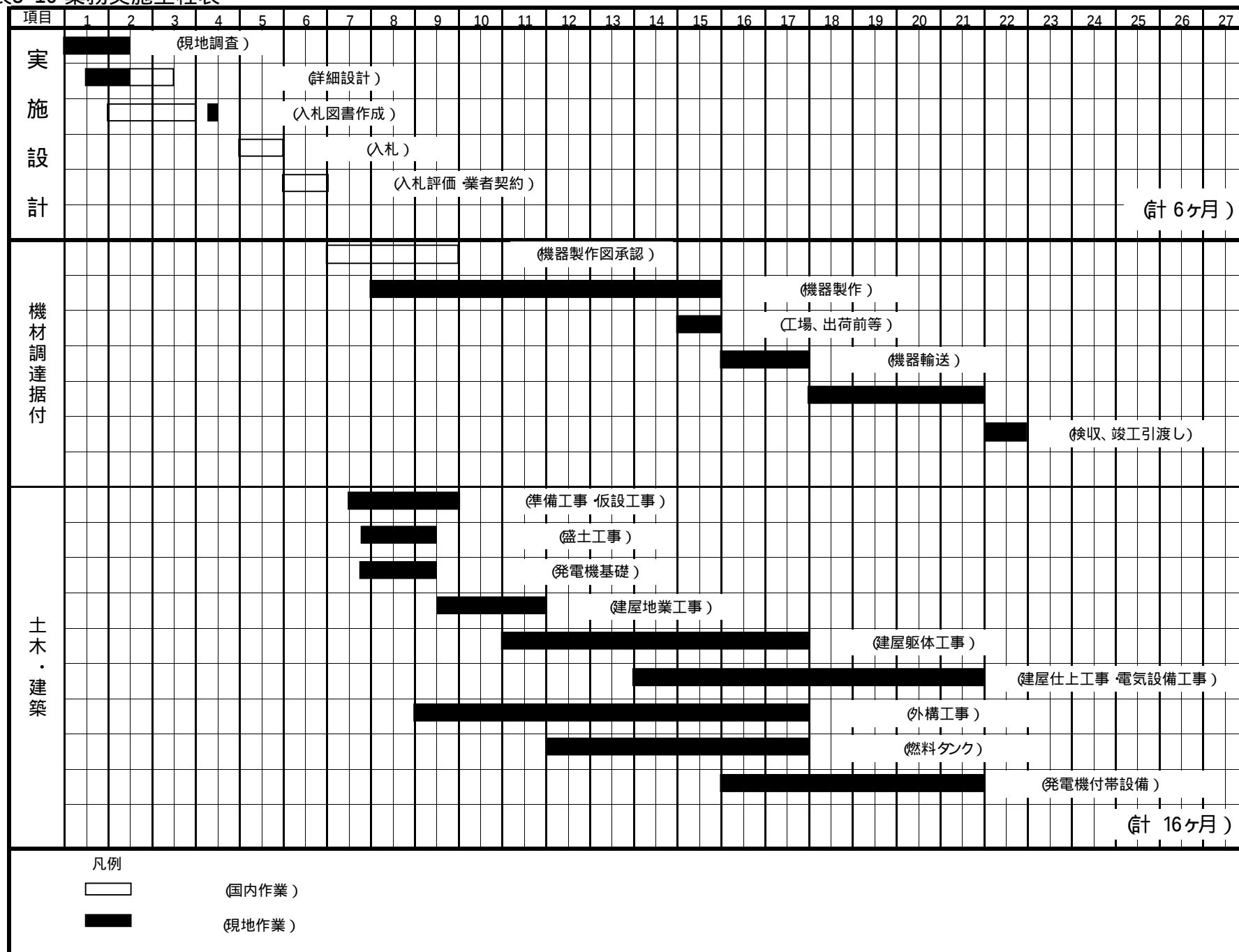
3-2-4-8 実施工程

本計画の実施には、交換公文（E/N）の締結から完了まで 22 ヶ月を要する。

業務実施工程を表 3-16 に示す。

表3-16 業務実施工程表

3-30



3-3 カンボディア国側分担事業の概要

無償資金協力が実施された場合のカンボディア国側負担事項は以下の通りである。

- (a) 銀行取極め手続き (B/A)
- (b) 支払い授權発給 (A/P)
- (c) カンボディア国への輸入許可取得およびそのための費用負担
- (d) 工事に従事する日本人のサービスおよび携帯工具等に対する免税
- (e) 計画地区への立ち入り権の確保
- (f) 建設に必要な関連部局の許可の取得
- (g) 発電所建設用地の取得
- (h) 取付け道路の建設
- (i) 地区住民とのトラブルの解決
- (j) その他無償資金協力で供与できない項目

本計画の円滑な実施に不可欠な事項について以下に述べる。

(1) 発電所用地の取得

発電所用地として、EdC が選定した新予定地に 155m x 127m (19,685m²)の広さの敷地を取得するものとする。

(2) 取付け道路の建設

既存道路より、発電所敷地にいたる約 220m、幅員 7m の重量物が運搬可能な取付け道路を建設するものとする。

(3) ディーゼル発電機の据付工事への参画

長期に亘る保守・管理を可能にするための人材育成の一環として、新シアマリアップ発電所の運転・保守の担当予定者を全員、据付工事の作業員として参加させる。これらの作業員は、据付工事に従事するばかりではなく、日本人技術者との共同作業を通じて、ディーゼル発電機の分解組み立ての技術を習得するものとする。

3-4 プロジェクトの運営・維持管理計画

将来に亘り運転・保守を問題無く実施するには、以下のような対策が必要である。

(1) 運転・保守体制の構築

新型の大容量機の運転保守を問題無く行なうためには、EdC は適切な運転・保守体制を構築する必要がある。能力のある要員を集めるだけでなく、運転マニュアルや運転、保守、事故に対する報告等も組織的に行なうよう様式類を完備する必要がある。

(2) 高校卒並の学力のある人員の採用

納入される大型機の運用にはかなりの技術的知識が必要である。経験者、新人を含め

て工業高校卒業並の学力のある人員を運転・保守チームの中心要員にする目的で採用する必要がある。

(3) 一般的技術教育

ブノンペンには ADB 資金で建設された EdC の訓練センターがある。未だ本格的運用は始めているが電気工学一般、配電技術、小型ディーゼル機関等について近代的なトレーニング施設がある。高校等の新卒者を運転保守要員として採用する場合、これらの施設を利用して技術に関する基本事項を習得させることは効果的である。

(4) ブノンペン発電所での実機での訓練

ブノンペンには第 5、第 6 発電所に大型機がある。特に第 5 発電所の機械は、日本政府の支援により日本から調達されたもので、第 6 発電所は C-重油燃焼の発電所である。これらの機器のオーバーホール、主要保守作業等の機会にシナムリアップの人員を派遣して大型機の取扱いを習得させるのは有効と考えられる。

(5) 工事期間中のトレーニング

本計画で建設される大型機械はシナムリアップには無く、現在の運転員にとって未経験な分野である。建設工事の際にメーカー指導員、コンサルタントの指導を受けて現物に親しむようにするのは効果的である。運転・保守に携わる全員を建設工事に参画させるものとする。建設工事に従事している現地人労務者の中で優秀な者を運転・保守員として採用するのも得策である。

(6) ブノンペン本部のサポート

技術力不足の地方系統発電所が完成して運転開始する際には、ブノンペン本部の経験者をしばらくの間、運転保守業務補佐の目的で派遣している。1999 年に完成したシハヌクヴィル発電所にもこの方法が適用されている。同様な事は本計画にも必要である。この発電所では既設のブノンペン第 5 及び第 6 発電所の運転・保守経験者の配置転換が必須である。

(7) 外国在住カンボディア人の雇用

内戦中外国に渡り、そこで技術を習得し、今後祖国のために奉仕したいと考えている人達がいる。適当な者がいれば採用したいと EdC は考えている。

(8) 外国人経験者の一時雇用

他国における同様な条件にある発電所で、工事チーム又は他のソースにいる経験のある外国人人員を短期間(2,3 年)雇用して、保守業務の中心的役割と要員教育をさせる例が多い。

(9) 機器供給メーカーとのガイダンス契約

日本政府の無償資金協力で建設されたプノンペン第5発電所では初期のオーバー・ホール作業について機器メーカーとガイダンス契約を結んでいる。同様な事が本プロジェクトについても必要である。

いずれにしても本プロジェクトの機器の運転・保守は、殆ど経験の無いに等しいグループによる運転・保守チームの形成という事になる。コンサルタントによるソフトウェア援助を含めて、詳細設計の段階で上記の組み合わせを再検討して計画を立てる必要がある。

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、必要となる事業費総額は約21.4億円となる。第3-3節で述べた日本とカンボディア国との負担区分に基づく双方の経費内訳は、下記に示す積算条件によれば次の通りと見積もられる。

積算時点	平成13年10月
為替変換レート	1US\$ = 121.78円
施工期間	表3-16「事業実施工程計画表」に示したとおりである。
その他	本計画は、日本国政府の無償資金協力制度に従い実施されるものとする。

(1) 日本側負担経費

無償資金協力が実施された場合、日本国側の負担経費は表3-17の通りとなる。

表3-17 日本国側負担経費

(億円)			
事業費区分	第1期	第2期	合計
1. 建設費	1.24	4.42	5.66
i) 直接工事費	0.71	2.54	3.25
ii) 共通仮設費	0.13	0.45	0.58
iii) 現場経費	0.31	1.10	1.41
) 一般管理費	0.09	0.33	0.42
2. 機材費	4.22	9.83	14.05
3. 設計・監理費	0.35	1.26	1.61
i) 実施設計費	0.12	0.43	0.55
ii) 施工監理費	0.21	0.75	0.96
iii) ソフトウェア補正費	0.02	0.08	0.10
合 計	5.81	15.51	21.32

(2) カンボディア国側負担経費

無償資金協力が実施された場合、カンボディア国の負担経費は表3-18の通りとなる。

表 3-18 カンボディア国側負担経費

1US\$ = 121.78 円

発電所用地取得費用	127 m x 155 m 19,658 m ² x 8 US\$/m ²	US\$157,200 (19.14 百万円)
取付け道路建設費用		US\$40,810 (4.97 百万円)
道路用地取得費用	220 m x 7 m 1,540 m ² x 8 US\$	US\$ 12,320
路盤工事	1,540 m ² x 8.5 US\$	US\$ 13,090
アスファルト舗装工事	1,540 m ² x 10 US\$	US\$ 15,400
計		US\$198,010 (24.11 百万円)

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

3-5-2 運営・維持管理費

シアムリアップ発電所の運転・維持管理経費の過去 4 年間の実績は表 3-19 の通りである。

表 3-19 運転・維持管理経費の実績 (単位：x 1000 リエル)

	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	平均
燃料費	2,735	9,808	57,952	431,758	125,563
機器維持費	23	379	1,213	8,234	4,462
人件費	604	2,587	5,071	16,854	6,279
管理費	54	143	101	713	253
その他	17	75	3,326	11,221	3,660
合計	3,433	12,992	67,663	468,780	

現在シアムリアップ市における電力供給は、その殆どの電力をリース発電機によって行なっている。従って、既存のシアムリアップ発電所は、ピーク時にリース発電機だけでは不足する電力を補うための、1 日に 1～2 時間の運転を行うためだけの 16 名の運転・保守要員を確保しているに過ぎない。

(1) 運転保守要員配置計画

既存シアムリアップ発電所およびプノンペン第 5・第 6 発電所共通の運転・保守要員の配置状況、および新シアムリアップ発電所の運転保守要員の配置計画を表 3-20 に示す。

表 3-20 運転保守要員配置計画

	ブノンペン 第 5・第 6 発電所	シアムリアップ 既存発電所	シアムリアップ 新発電所
設備容量・発電機台数	5,000 kW x 2 台 6,300 kW x 3 台	800 kW x 2 台 280 kW x 2 台	3,500 kW x 3 台
運転要員			1
技師	3	-	3
運転員	26	7	12
保守要員			2
技師	1	1	1
保守熟練工	11	4	8
保守作業員	14	4	11
運転保守要員の合計	55	16	34

1 運転要員配置計画

シアムリアップ新発電所の運転要員は、1 日 3 直 3 交代として、各当直に責任者として技師 1 名を配置し、計 3 名とする。また運転員は 4 直 3 交代として、各当直 3 名編成として、計 12 名とする。

2 保守要員配置計画

ブノンペン発電所の 5 台の発電機は、26 名の保守要員によって問題の無い状態に整備されている。したがって、新シアムリアップ発電所の保守要員は、3 台の発電機に対して 20 名とする。

(2) 運転維持管理費

燃料費

需要予測より、据付後 5 年間の年平均予想必要発電電力量は 22,000 MWh、これを発電するのに必要な燃料費は年間 US\$ 1,086,800(燃費 190g / kWh x 発電電力量 22,000 MWh x 燃料単価 260 US\$ / ton) となる。

機器維持費

1996 年、日本政府の無償資金協力によってブノンペン第 5 発電所 (5,000 kW x 2 台) が完成した。発電所完成以後、EdC が購入した保守部品の実績を以下に示す。

(US\$)

	1999 年	2000 年	2001 年	合計	年平均
保守部品購入費	228,952	616,500	53,095	898,547	299,516

シアムリアップ発電所の機器維持費としては、発電所出力が同じブノンペン発電所の保守部品購入費を採用し、発電機台数が 1 台多いので、その 120% を機器維持費として計上する。

人件費

運転保守要員の総計は 34 名である。2001 年における EdC 職員の平均給与は 65 US\$/月であるので、年間の総人件費は US\$ 26,520 となる。

管理費・その他の費用

既存シアムリアップ発電所の管理費およびその他の費用は、それぞれ発電電力量すなわち燃料費の 0.2% および 2.9% を占めている。新発電所の管理費・その他費用は同じ比率を持って

計上する。

上記より、新シームリアップ発電所の年間の運転維持管理費は表 3-21 の通りになる。

表 3-21 新発電所の運転維持管理費

	US\$	リエル
燃料費	1,086,800	4,254,822,000
機器維持費	360,000	1,409,400,000
人件費	26,520	103,825,800
管理費	2,173	8,507,295
その他	31,517	123,389,055
合計	1,507,010	5,899,944,150

換算率 1US\$=3,915 リエル

2000 年の実出費と比較して下記の事が言える。

- 1) 単位発電量、kWh、当たりの燃料費は、C-重油の使用により燃料単価が約 60%に下がり、燃料消費率が大幅に向上するので、現在の約半分になる。
- 2) 機器維持費は 2000 年では殆どが発電機のリース代で kWh 当たり約平均 200 リエルであったが、これが約 64 リエルになる。

電気料金の決定には上記に配電費（現在の系統には容量的にかなりの余裕があるので配電電力量が増えれば kWh 値の単価は下がる）一般経費がかかるが全体としてかなりの料金値下げが可能ある。現状の電力単価はシームリアップの kWh 当たり US\$ 0.23 に対してプノンペン は US\$ 0.15 であるが、同程度が目安になると考えられる。

3-6 協力対象事業実施に当たっての留意事項

プロジェクト作業を円滑に進めるには下記のような準備作業を遅滞無く行なっていく必要がある。

- CMAC による地雷の探査は一応終了しているが、地雷探知器の有効深さは 50cm くらいまでである。その下に不発弾が埋まっている可能性はゼロとは言えない。深い穴を掘る時、パイルを打ち込む時には注意が必要である。もし不発弾が発見された場合はしかるべき処理を CMAC に依頼する必要がある。
- EdC による工事管理事務所に設立と、プロジェクト・マネージャーを始めとする所要要員の確保。
- プロジェクト実施に必要な予算の確保。
- 発電所敷地の確保と、必要となる補償金の地権者への支払いを詳細設計作業実施前に済ませる事。
- 取り付け道路の建設を現地建設工事実施前に済ませる事。
- EdC による発電所運転・保守要員の確保(経験者の確保と新人雇用)と適切な要員訓練の実施。

- 減税措置、関税措置、ビザ取得等カンボディア側責任事項の遅滞の無い実施。

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

本プロジェクトの発電所建設による効果を直接効果、間接効果の 2 面から検討すると次のようになる。

直接効果：

• 電力供給不足の解消：

本計画の実施により、現在需要が満たされ、当面の電力需要に対応できるようになり、電力供給不足が解消される。本計画では、2010 年までの電力需要に対応可能であり、2008 年のタイ国との送電線の連系、2010 年のプノンペンとの送電線の連系とが実施されれば、2010 年以降の不足分は送電線の連系により補われることになる。

• 安定な電力の供給：

シアマリアップについては、既に 1999 年に ADB の支援により配電網が整備されており、電力供給能力が課題であった。本計画実施により、電力供給能力の課題が解決されることにより、シアマリアップにおいて安定な電力が供給できるようになる。

• 電力料金の低廉化：

本計画の実施により、運営維持管理費が大幅に低減するため、電気料金の大幅な低廉化が図られる。なお、本計画が実施されれば、電気料金を、現行の 0.23US\$ から 0.15US\$ (現行のプノンペンの電気料金) まで引き下げても EdC シアマリアップは健全な収支状況を維持することができるようになる。

間接効果：

• 安定した電力の供給によって、公共施設のサービスの向上により、医療・教育の改善に寄与する。

• 電力の安定供給は観光、その他産業とそれに伴う種々の経済活動の活性化に寄与する。これはカンボディアの外貨獲得への支援になる。

• 電力料金の低廉化により、低所得者層の電気利用が促進される。

現状の問題点、計画されている対策及びその効果を表 4.1 に示す。

表 4-1 計画実施による効果と現状改善の程度

現状と問題点	本計画での対策(協力対象事業)	計画の効果、改善の程度
1. シアムリアップの電力需要は近年観光客の増加と共に大きく伸びている。しかし、シアムリアップの EdC 発電設備は古く且つ容量不足で、発電機をリースして対応しているが旺盛な需要に十分には対応できていない。	- 合計容量約 10MW の C-重油燃焼ディーゼル発電設備の納入。 - 既設 22kV 配電系統への接続。	- 計画完成後、一般需要だけなら 2009 年頃、ホテル需要を考えると 2005 年頃まで対応できる。 - 十分な量の電力を現状よりかなり安い、15 セント/kWh 程度の電気料金で供給できる。 - 電化率の向上（現在、市部で 35.1%、周辺地域を含めると 18.3%）2007 年に周辺地域を含めて 30% を目標とする。 - 電力供給信頼度の向上。 - 観光事業の振興とカンボディアの外貨獲得への手助け。
2. 運転保守要員の技能不足から、オーバーホールなど重要な保守ができず機器の劣化を早くしている。	ソフトコンポーネントとしてのコンサルタントによる運転保守要員の訓練。	運転保守要員の熟練度が向上し、プロジェクト効果の長期的発現と維持が可能とする。

4-2 課題・提言

第 3-3 節で述べたカンボディア側負担分とその時機を得た実施の必要性について表 4.2 にその概要をまとめた。

表 4-2 カンボディア側責任事項とその必要性

カンボディア側責任事項	時機を得た実施の必要性
地雷及び不発弾の探査	プロジェクト実施機関及び運転中の人員の安全確保
EdC による工事管理事務所の設立と所要要員の確保	詳細設計作業及びその後の現地作業のスムーズな実施
プロジェクト実施に必要な予算確保	カンボディア側責任事項実施のための資金確保
発電所敷地の取得と必要となる補償金の地権者への支払いの詳細設計作業実施前終了	詳細設計及びその後の作業のスムーズな実施
取り付け道路の現地作業実施前建設	現地作業及び発電所運転・保守時の使用
発電所運転・保守要員の確保と適切な要員訓練実施	完成後の発電所のスムーズな運転と発電所建設による効果の実現
減税措置、関税措置、ビザ取得等カンボディア側責任事項の遅滞の無い実施	詳細設計及び建設作業のスムーズな実施

本プロジェクトで計画されるディーゼル発電機は単機容量 3,500kW と、シアムリアップでは過去に経験のない大型機で、更に C-重油燃焼機なので油の事前処理も必要で、機器構造はそれだけ複雑になっている。従って、既存の機器よりは、運転・保守に高い技術力が必要となる。

現在、シナムリアップの既設発電所では運転員の技術力不足から、オーバーホール等基本的な保守業務が十分には行われていないという問題がある。質、量共に十分な運転・保守体制を確立するには次の方策が考えられる。

- 核になるのは既存の発電所での運転・保守作業の経験者である。従って、既設シナムリアップ発電所の要員だけでなく、プノンペンの大容量機の経験者も含むべきである。
- プノンペンの工科系の大学、高等学校卒業生の採用。
- 既設発電所の経験者のシナムリアップへの転勤。
- シナムリアップ発電所要員の建設工事期間中の実務を通してのオン・ザ・ジョブトレーニング。
- 要員の機器メーカー及びコンサルタントによる研修。
- 海外在住の優秀なカンボディア人技術者の雇用。
- 中高年外国人の短期間雇用。
- 建設作業員中の優秀な人員の雇用。
- 機器メーカーとの初期のオーバーホールを対象としたガイダンスエンジニア派遣契約。

実際にはこれらの方策を組み合わせる必要がある。詳細設計開始前には、具体的案を決定する必要がある。要員訓練は実際の運転・保守に問題が出ないように、実施中に結果についてモニタリングする必要がある。

いずれにしても、建設工事の順調な実施および適切な運転・保守組織の確立のためには、EdC プノンペン本部の関与と支援が欠かせない。

現在、シナムリアップの電力供給源には EdC による発電電力とホテル等の自家発電による電力とがある。自家発電用の発電機設備容量は約 10,000kW、ピーク需要 4,000kW と見積もられていて、現在の EdC の系統よりもかなり大きい。大ホテルの多くは EdC 発電所と同程度の発電機を所有している。ネット発電単価は両者殆ど同じと考えられるので、ホテルの発電単価は配電コスト、諸経費を加えた EdC の販売価格よりは安くなる。

C-重油燃焼の大型機を有する新発電所が運転開始すると、EdC の販売電力料金がホテルの発電単価と同等かそれより安くなる。ホテル需要家も出来れば面倒な自家用発電機の運転は望まず、EdC からの受電を希望する事になる。EdC はそれに対して下記のような対策を取る必要があると考えられる。

- 電力供給は一般需要家を優先する。
- 自家用発電設備を保有している需要家については、ピーク時に発電力が不足する時に EdC から要請があった場合、系統から引き外すか、あるいは自家用発電機を運転して協力する事を、電力供給契約の条件に入れる。

4-3 プロジェクトの妥当性

プロジェクトの内容、その効果、外部要因リスク等は資料 8-4「協力対象事業の概要」に取りまとめた。

本プロジェクトの実施の妥当性について、以下の通り分析する。

- 1) 本プロジェクトの発電所建設による裨益対象は、この発電所から電力を供給する範囲の全ての電力使用者である。現在、配電系統は市内の一部に限られているが、シアマリアップ市の人口は約 12 万人である。しかし現在、詳細は未定だが、世界銀行と ADB の資金で配電系統の周辺地域への拡張が計画されている。シアマリアップ市とその周辺地域を含めた人口は、約 23 万人でこれが将来の裨益人口になる。
- 2) 本プロジェクトによるシアマリアップ地区の電力不足の解消は、住民の生活レベルの向上、地域社会経済の復興、地域内の未電化地区の電化のために緊急的に求められている。
- 3) 1996 年日本政府の無償資金協力で建設された、プノンペンの第 5 発電所は、その後 EdC の資金と人材・技術で順調に運営・維持管理を行なっている。また、C-重油燃焼のプノンペン第 6 発電所およびシハノークヴィル発電所も EdC によって順調に運転されている。これらの経験は、本プロジェクトの実施、運営・維持管理にも反映されるものと判断される。
- 4) シアマリアップへの電力供給の長期計画としては、バタンバンおよびバンタイミンチェイと連系して、バタンバン近くの水力発電計画を開発して電力を供給する事を計画している。更に将来的には、プノンペンの中央系統との連系も計画に入っている。

中期的には、2008 年頃にタイからの 115kV、1 回線の送電線で連系する計画になっている。しかし、この送電線はタイ国内、100km、カンボディアに入ってから 160km と長く、バタンバン、バタンミンチェイも接続されるので、シアマリアップで必要とする全電力を送電する能力はない。したがって、シアマリアップの発電所は主要電源として将来的にも必要である。
- 5) プロジェクトによる発電所は、安価な C-重油を燃料として使用するため発電単価が安くなり、電力料金の低下をもたらされることから、貧困層においても電力の使用が容易になる。
- 6) 発電所地点として選定した地点は、都市計画上“将来開発区域”として区分されており、発電所建設についての制約はない。この地域は、私有地ではあるが現在は殆ど使用されていない荒地で土地取得についての問題は少なく、発電施設は環境保全に十分に配慮した計画としており、環境面で新たな負の影響は無い。
- 7) カンボディアの電力セクターは過去に、日本政府の無償資金協力も含めた、多くの発電・送配変電プロジェクトを EdC の管理の基に特に問題無くプロジェクトを完成させている。

本プロジェクトはわが国の無償資金協力の制度により、特段の困難なく実施が可能であるといえる。

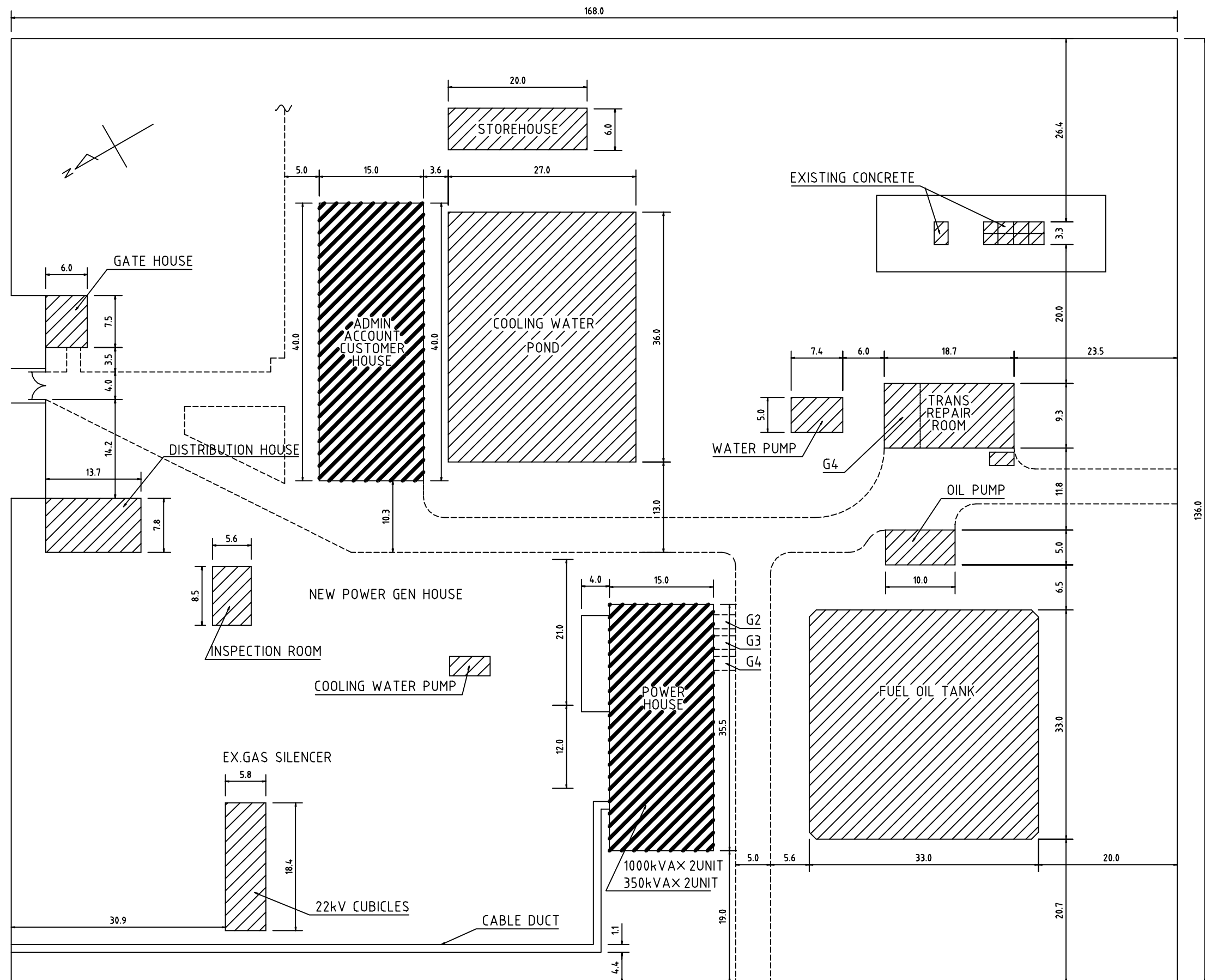
4-4 結論

本プロジェクトは、前述のように住民の社会生活に重要なインフラストラクチャーである電力を需要に応じて十分な量と安定した、さらに現在より安い電力料金で供給する事により、住民の基礎的生活条件の向上に寄与するものであることから、わが国の無償資金協力を実施する事の妥当性が確認される。また、本プロジェクトを実施するためのカンボディア側の体制に問題はないと判断される。しかし、プロジェクト効果の長期的な発現・維持を図るため、運転・保守要員の教育・訓練、および運転・運営・維持管理組織の確立が必要不可欠である。

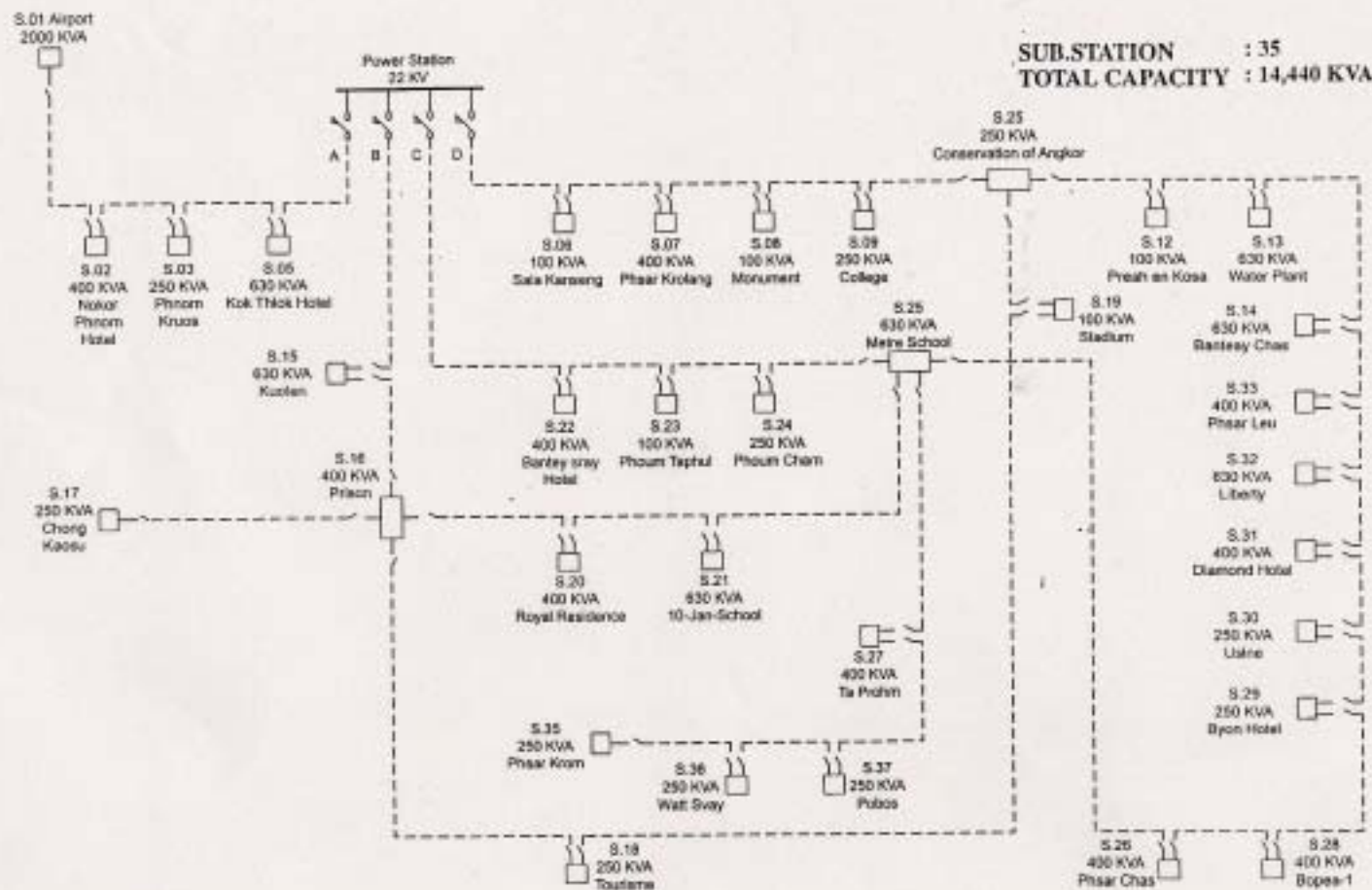
図面リスト

図面リスト

No	図面番号	図面名称
1	SRD-001	既存発電所機器配置図
2	SRD-002	配電線路図 既存発電所および新予定地の位置図
3	SRD-003	20 kV 配電系統図
4	SRD-004	既存発電所に新発電設備を配置した場合
5	SRD-005	新予定地の敷地図
6	SRD-006	発電所機器配置図
7	SRD-007	燃料貯油槽
8	SRD-008	起動用空気系統図
9	SRD-009	燃料油系統図
10	SRD-010	潤滑油系統図
11	SRD-011	冷却水系統図
12	SRD-012	単線結線図
13	SRD-013	22 kV 連系送電地中ケーブル敷設図
14	SRD-014	コンクリートパイル詳細図
15	SRD-015	新予定地の発電施設の配置図
16	SRD-016	発電所建屋平面図
17	SRD-017	発電所建屋断面図
18	SRD-018	事務所棟平面・断面図



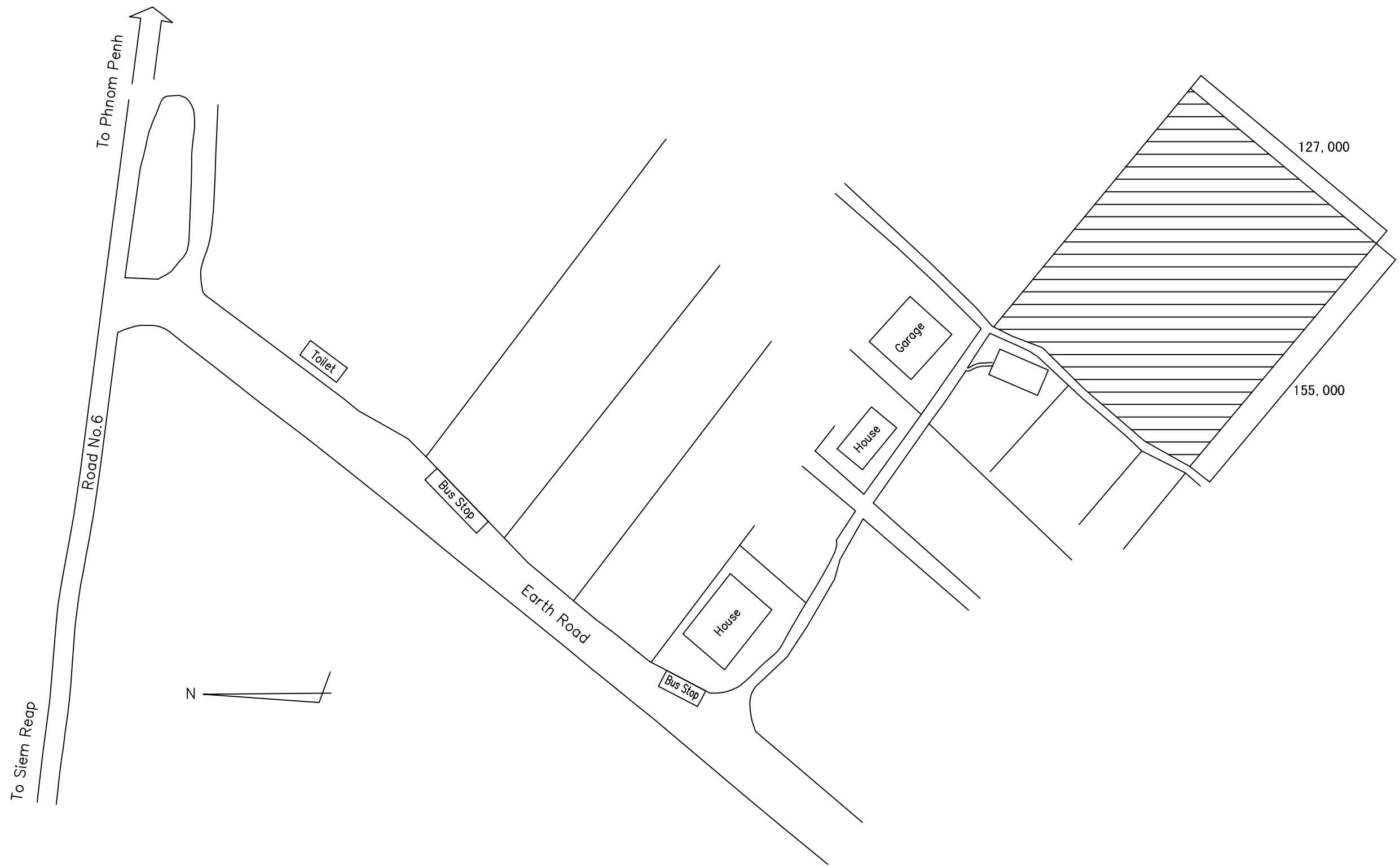
MINISTRY OF INDUSTRY MINES AND ENERGY THE KINGDOM OF CAMBODIA			
THE PROJECT FOR SIEM REAP GENERATING FACILITIES			
DWN	T.YAMAMOTO	SCALE	TITLE
CHKD	Y.SUNAGAWA		EQUIPMENT LAYOUT
APPD	Y.SUNAGAWA	DATE	IN EXISTING POWER PLANT
NIPPON KOEI CO.,LTD.			DWG NO.
TOKYO, JAPAN			SRD-001



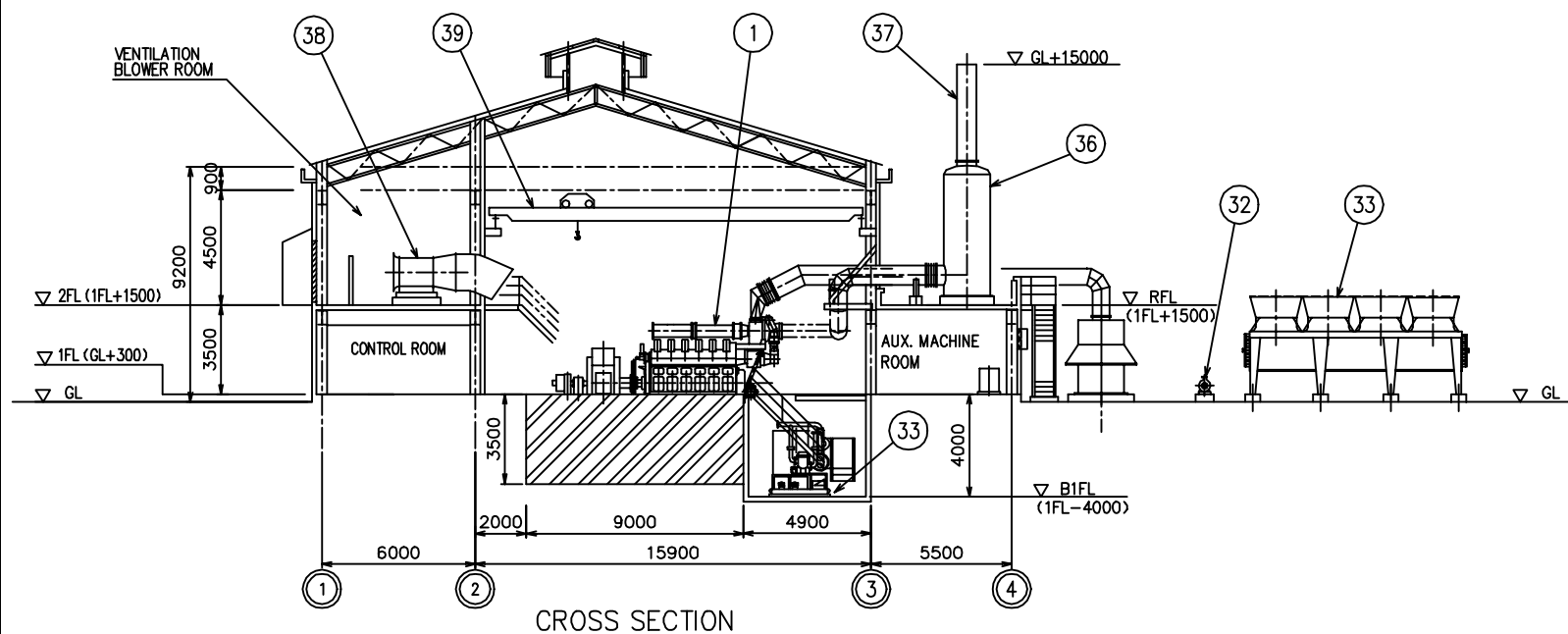
Notice

-  — Substation
-  — Breaker
-  — Interrupter
-  — Overhead Line
-  — Underground Cable

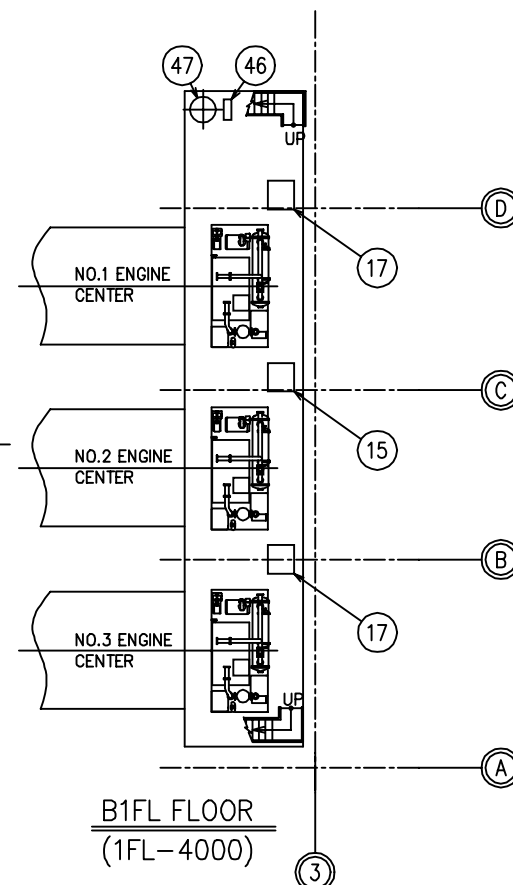
MINISTRY OF INDUSTRY MINES AND ENERGY THE KINGDOM OF CAMBODIA			
THE PROJECT FOR SEM REAP GENERATING FACILITIES			
DWG	Y. YAMAMOTO	SCALE	TITLE
CHD	Y. SUNAKURA	DATE	22KV DISTRIBUTION SYSTEM
APD	Y. SUNAKURA		
APPROVED BY			
DATE			
DWG NO			SPD-003



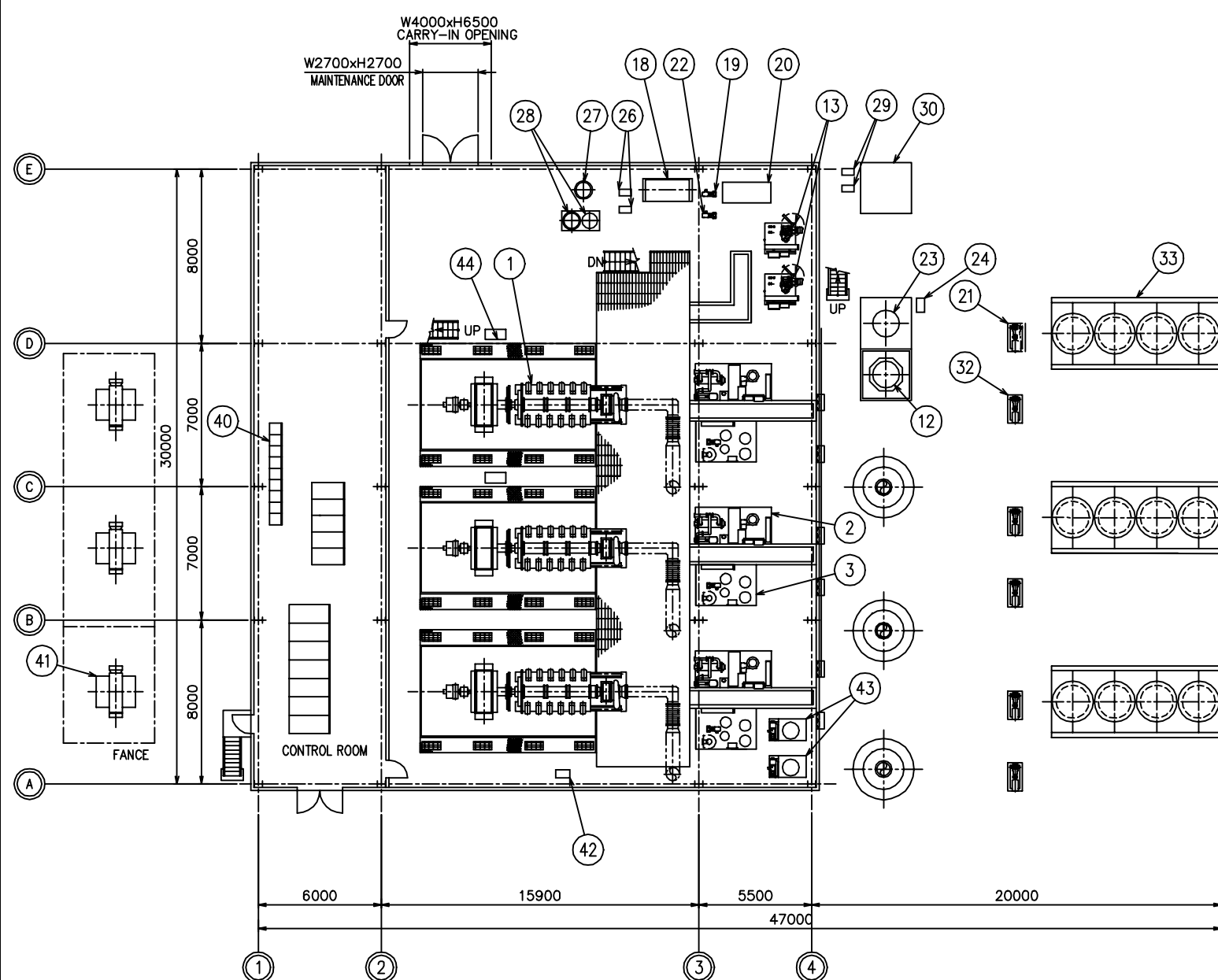
MINISTRY OF INDUSTRY MINES AND ENERGY THE KINGDOM OF CAMBODIA THE PROJECT FOR SIEM REAP GENERATING FACILITIES				
DWN	T.YAMAMOTO	SCALE	TITLE	
CHKD	Y.SUNAGAWA		AREA MAP OF NEW SITE	
APPD	Y.SUNAGAWA	DATE		
NIPPON KOEI CO.,LTD. TOKYO, JAPAN			DWG NO	SRD-005



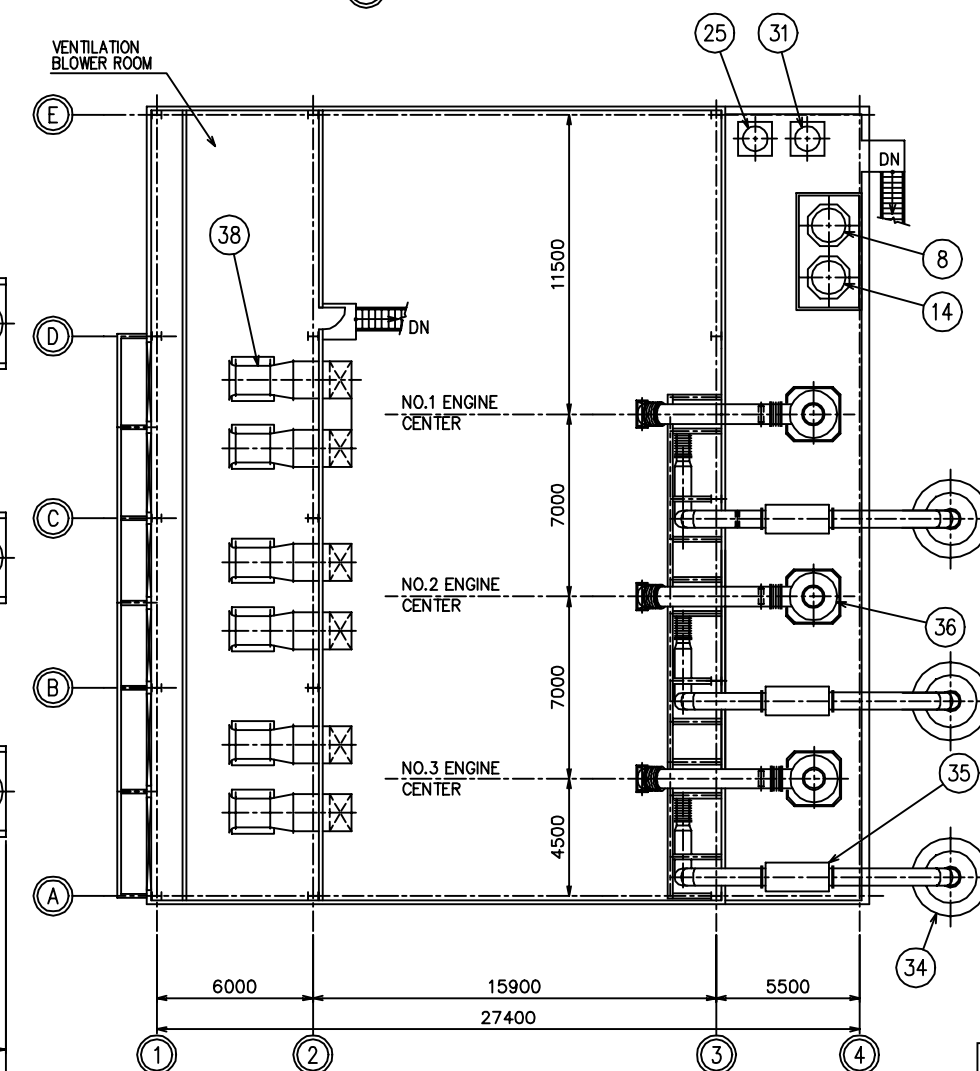
CROSS SECTION



B1FL FLOOR
(1FL-4000)



OUTDOOR AND FIRST FLOOR



SECOND FLOOR & ROOF FLOOR

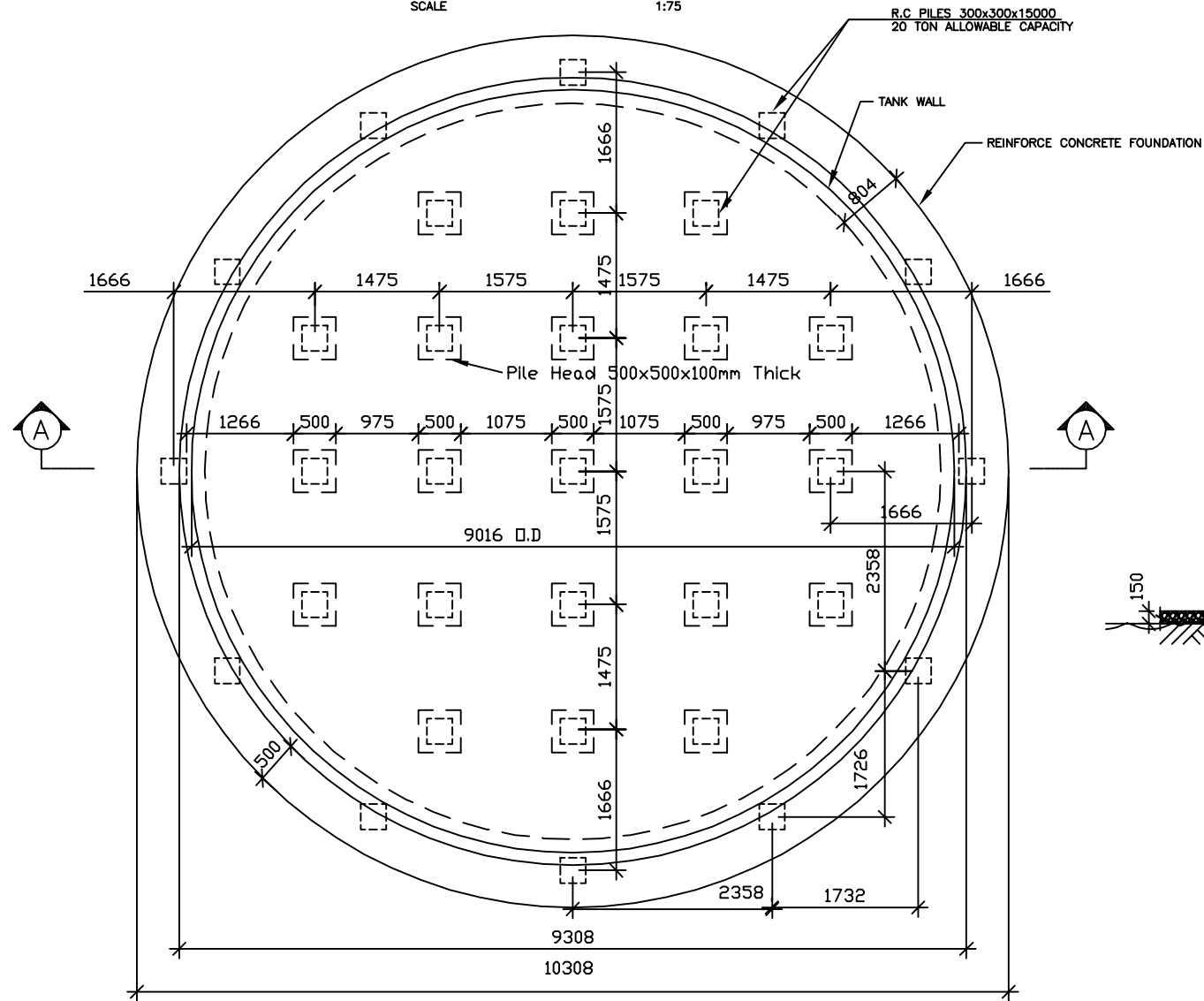
47	Cooling water recovery tank	1		1kl	
46	Cooling water recovery pump	1			
45	Oily water separator pit	1	—		
44	Engine gauge panel	3	1.0		
43	Air compressor unit	2sets			
42	Lub. oil transfer pump	1	0.2		
41	Station transformer	3	—		
40	Electric control panel	1set	—		
39	O.H Traveling crane	1	—		
38	Ventilation blower	1set	—		
37	Tail pipe	3	0.5		
36	Exhaust gas silencer	3	5.4		
35	Intake air filter	3sets	0.7		
34	Intake air silencer	3sets	—		
33	Radiator	3sets	—		
32	Secondary cooling water pump	3	0.4		
31	Expansion tank	1	1.5	1000l	
30	Water tank	1	—		
29	Raw water supply pump	1+1	0.3		
28	Water softener	1	3.0		
27	Soft water tank	1	3.5	1kl	
26	Soft water circulating pump	1+1	0.3		
25	Jacket cooling water tank	1	1.5	1000l	
24	Sludge transfer pump	1	0.3		
23	Sludge tank	1	1.2	3kl	
22	Sludge discharge pump	1	0.3		
21	Jacket cooling water pump	3	1.2	1kl	
20	Oily water separator	1			
19	Oily water pump	1	0.3		
18	Oily water separator tank	1	2.3	3kl	
17	Waste oil tank unit	2	0.9	300l	
16					
15	Fuel oil drain tank unit	1	0.9	300l	
14	Heavy fuel oil service tank	1	2.3	2kl	
13	Heavy fuel oil purifier unit	2sets			
12	Heavy fuel oil buffer tank	1	2.3	2kl	
11	Heavy fuel oil transfer pump	1+1			
10	Heavy fuel oil unloading pump	1+1			
9	Heavy fuel oil storage tank	2			
8	Diesel fuel oil service tank	1	2.3	2kl	
7	Diesel fuel oil transfer pump	1+1	0.3		
6	Diesel fuel oil storage tank	1			
5	Diesel fuel oil unloading pump	1+1			
4					
3	Aux.machine block (B)	3sets			
2	Aux.machine block (A)	3sets			
1	Diesel engine & generator	3sets	89.0		
No.	NAME	Q' ty	WEIGHT (ton)	REMARKS	

MINISTRY OF INDUSTRY MINES AND ENERGY THE KINGDOM OF CAMBODIA
THE PROJECT FOR SIEM REAP GENERATING FACILITIES

DWN	T.YAMAMOTO	SCALE	TITLE
CHKD	Y.SUNAGAWA	DATE	LAYOUT OF GENERATING EQUIPMENT IN POWER STATION
APPD	Y.SUNAGAWA		
NIPPON KOEI CO.,LTD. TOKYO, JAPAN		DWG NO	SRD-006

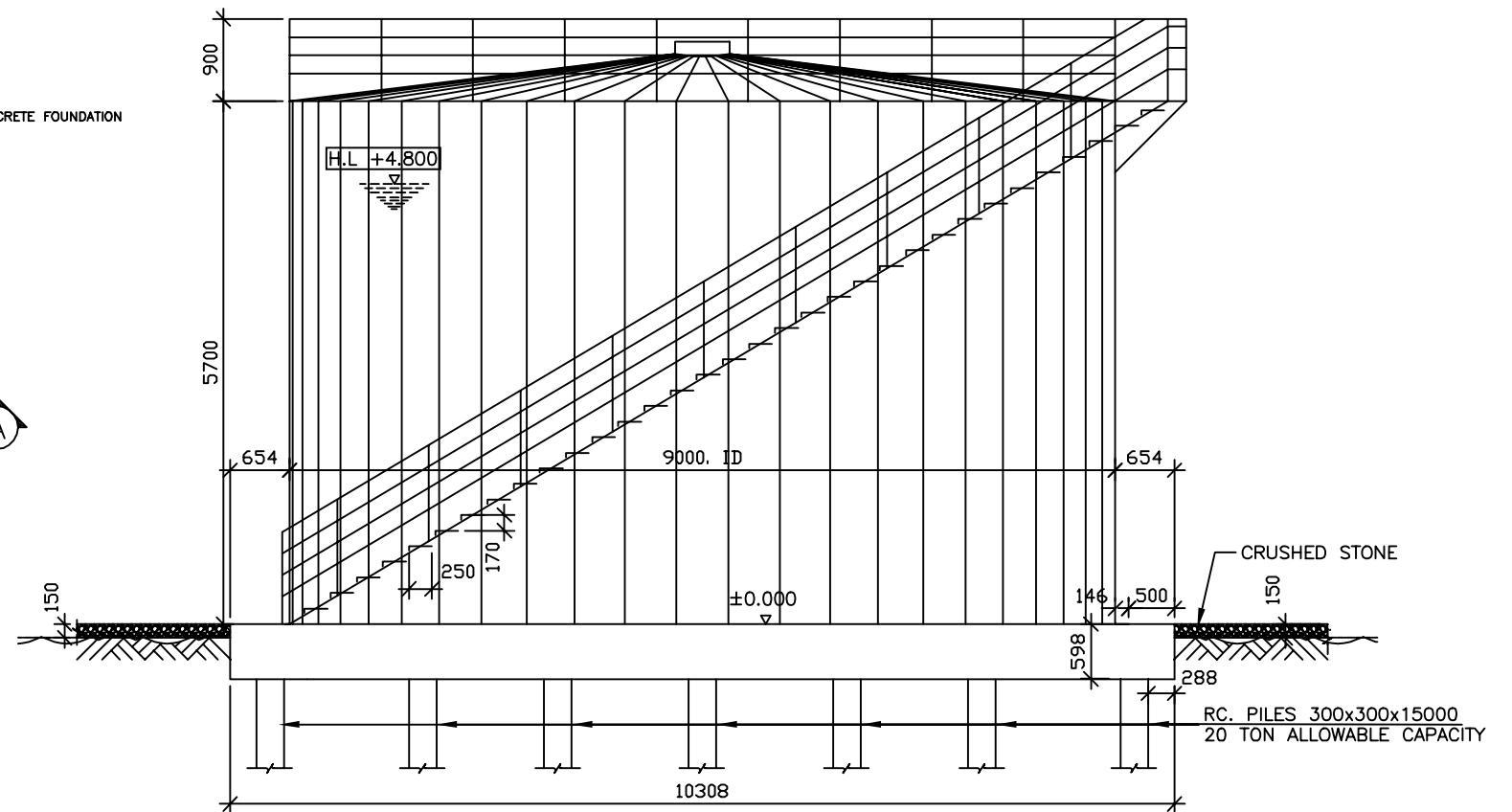
PILE LAYOUT PLAN

SCALE 1:75



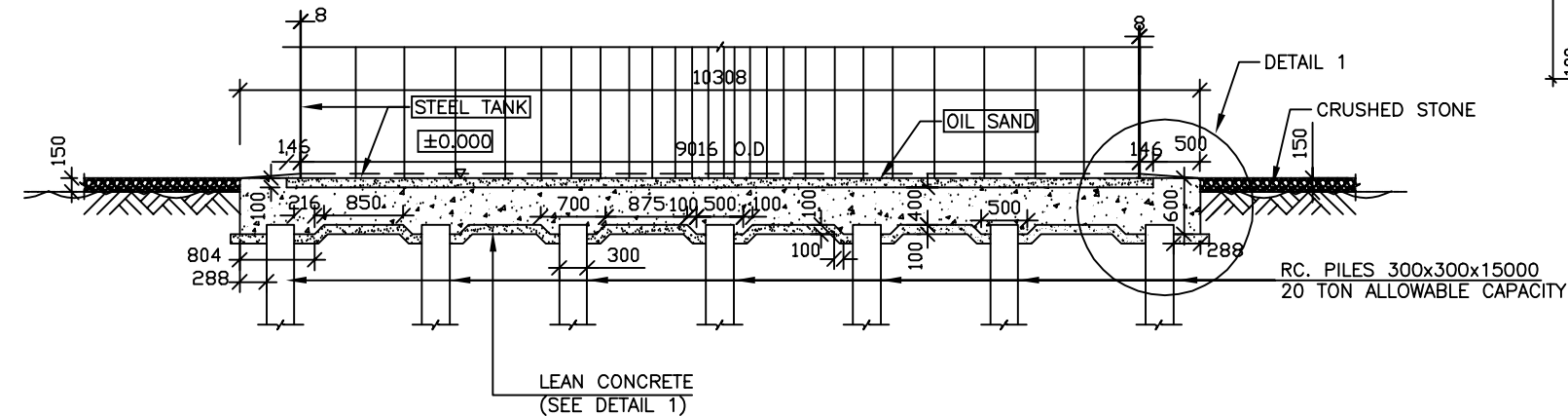
TANK ELEVATION

SCALE 1:75



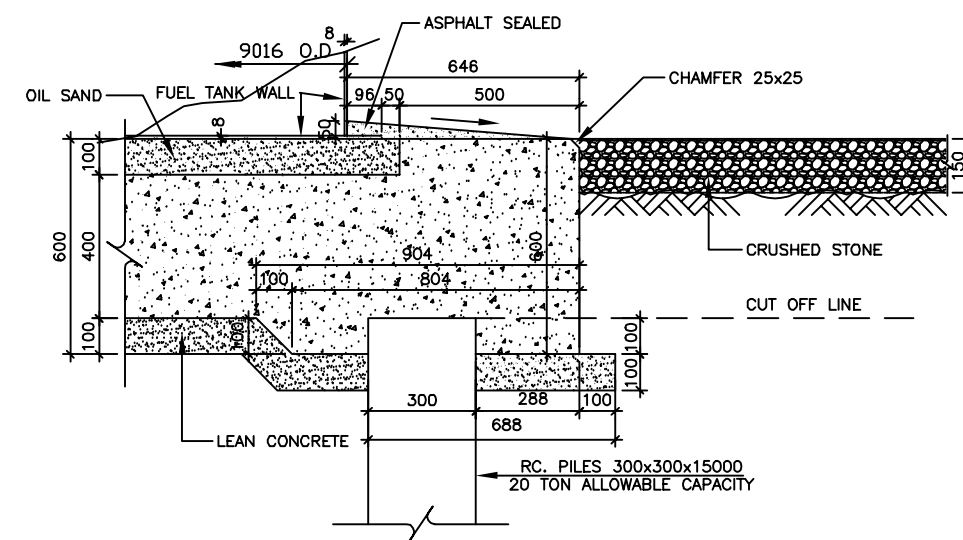
SECTION A - A

SCALE 1:75

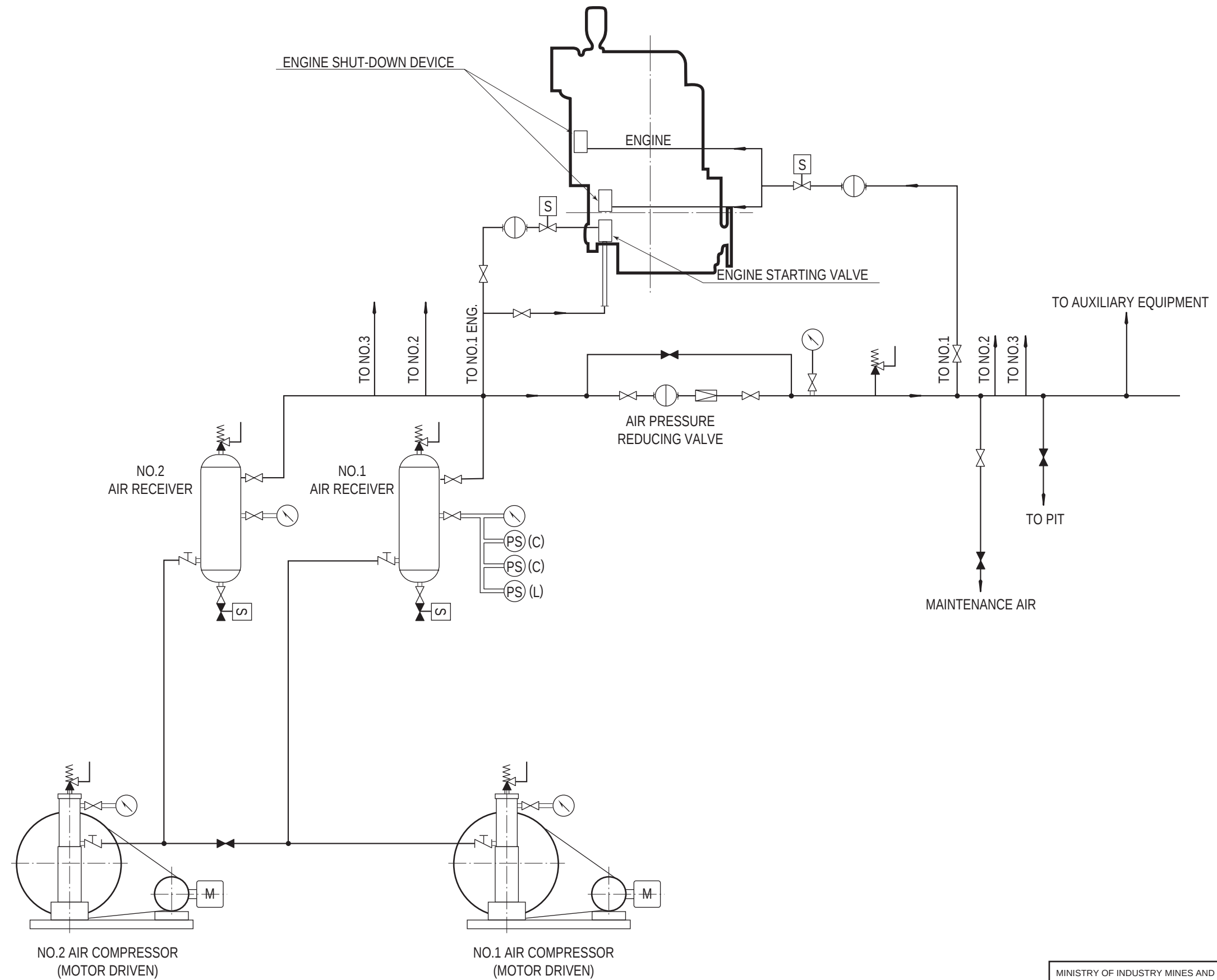


DETAIL 1

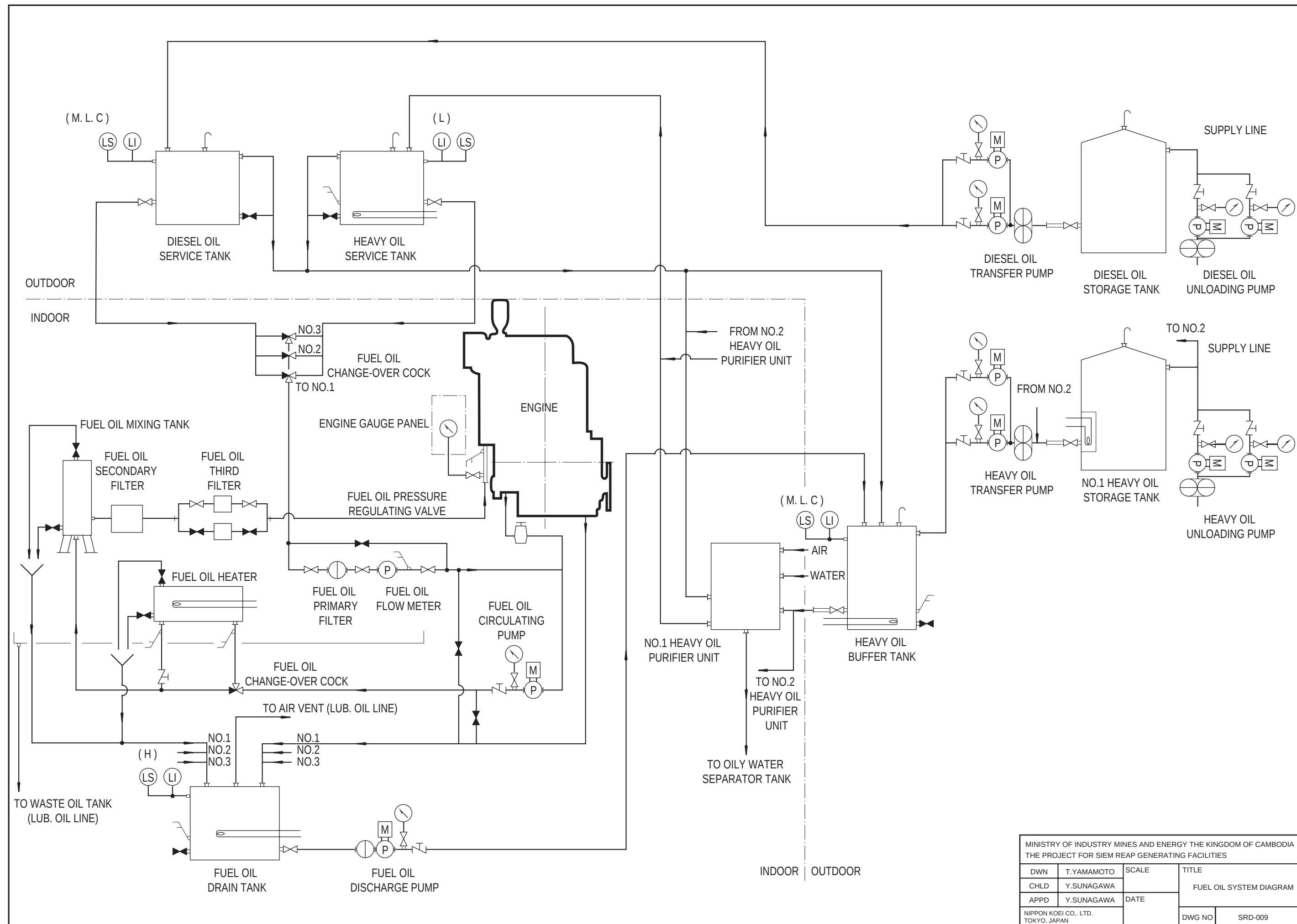
SCALE 1:20

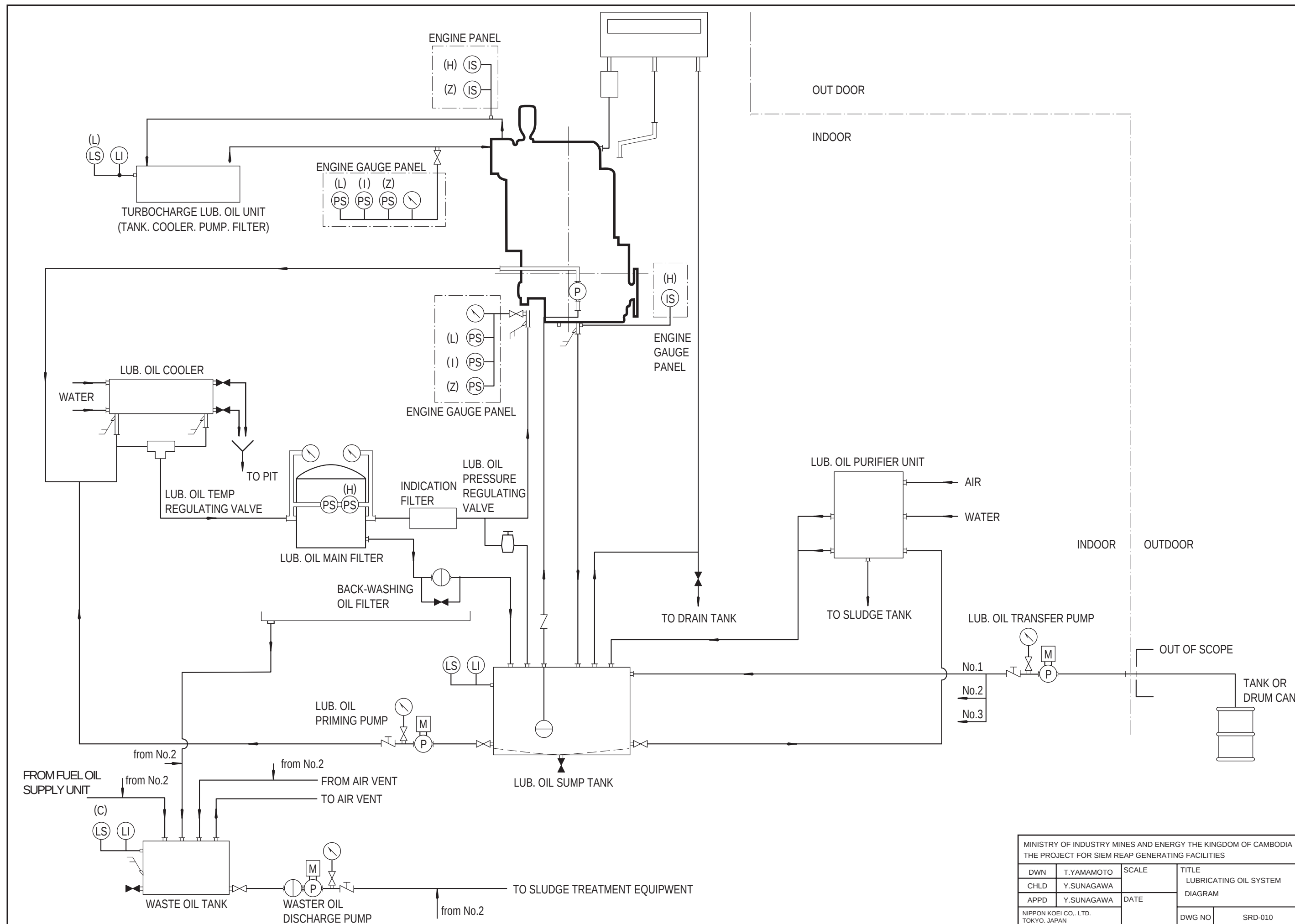


MINISTRY OF INDUSTRY MINES AND ENERGY THE KINGDOM OF CAMBODIA THE PROJECT FOR SIEM REAP GENERATING FACILITIES				
DWN	T.YAMAMOTO	SCALE	TITLE	
CHKD	Y.SUNAGAWA	DATE	ARRANGEMENT OF FUEL STORAGE TANK	
APPD	Y.SUNAGAWA			
NIPPON KOEI CO.,LTD. TOKYO, JAPAN			DWG NO	SRD-007

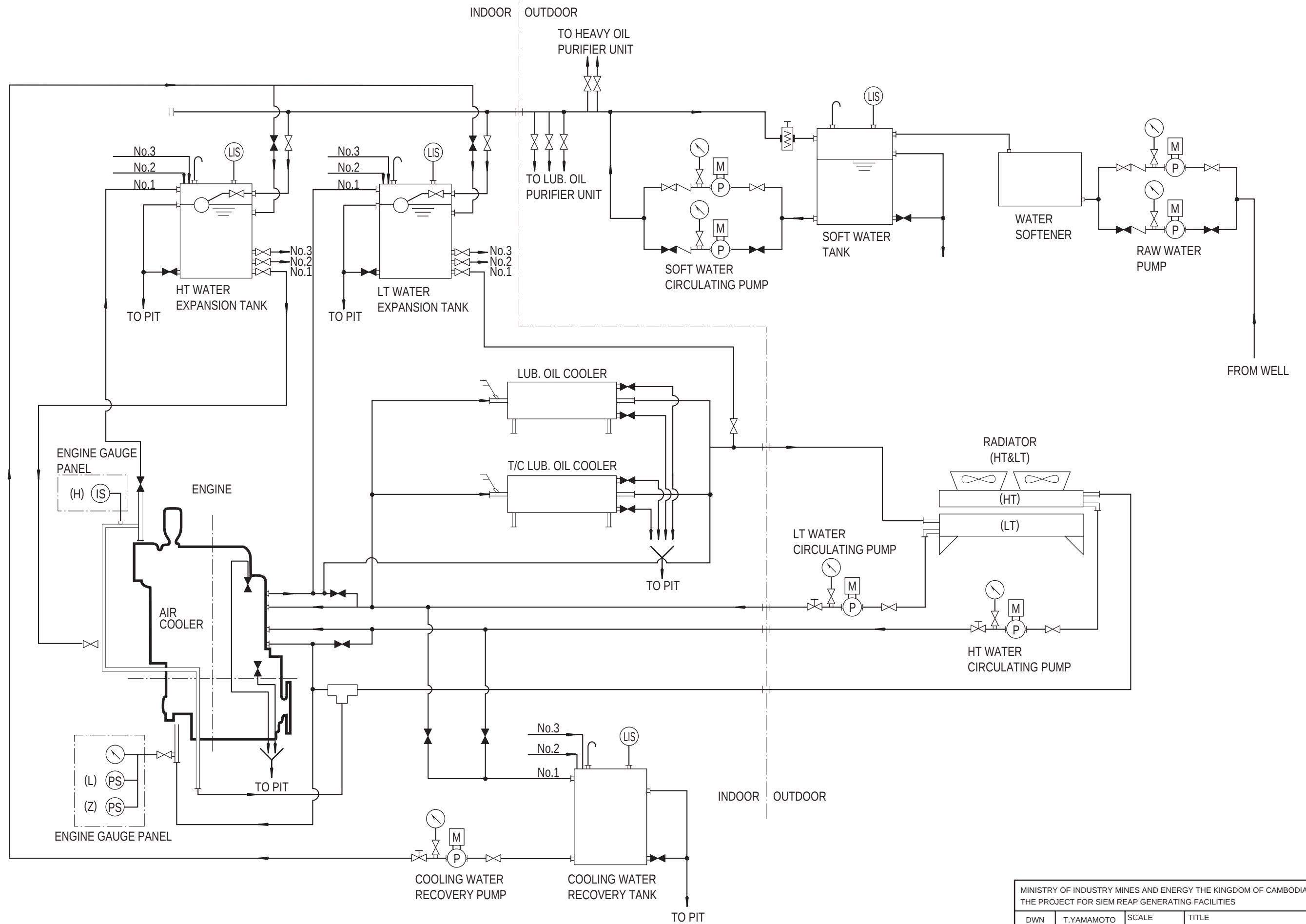


MINISTRY OF INDUSTRY MINES AND ENERGY THE KINGDOM OF CAMBODIA THE PROJECT FOR SIEM REAP GENERATING FACILITIES			
DWN	T.YAMAMOTO	SCALE	TITLE STARTING AIR SYSTEM DIAGRAM
CHLD	Y.SUNAGAWA		
APPD	Y.SUNAGAWA	DATE	
NIPPON KOEI CO., LTD. TOKYO, JAPAN			DWG NO
			SRD-008

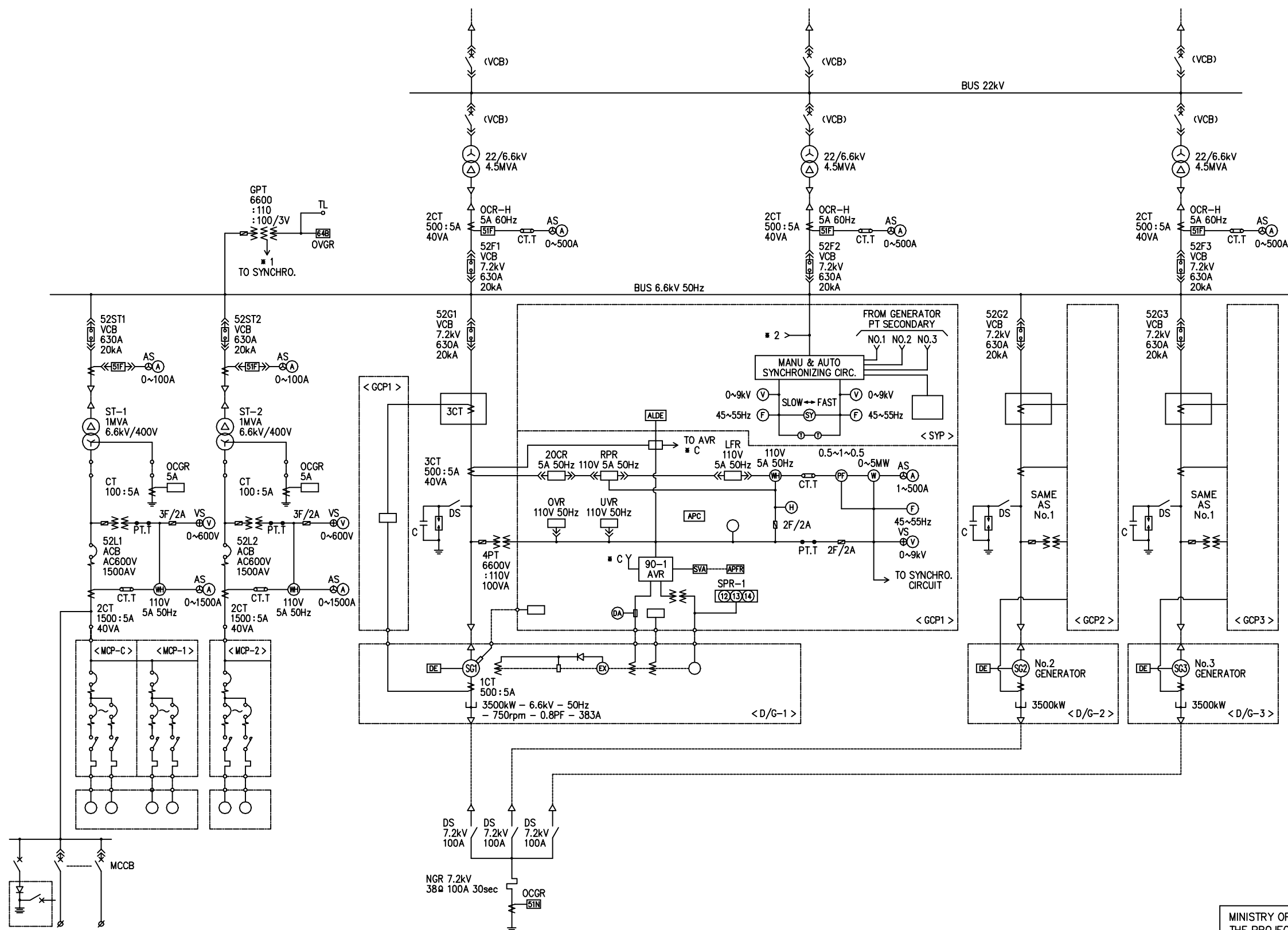




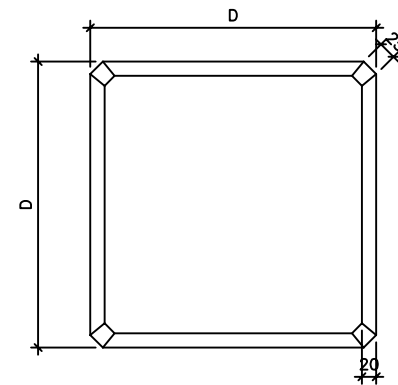
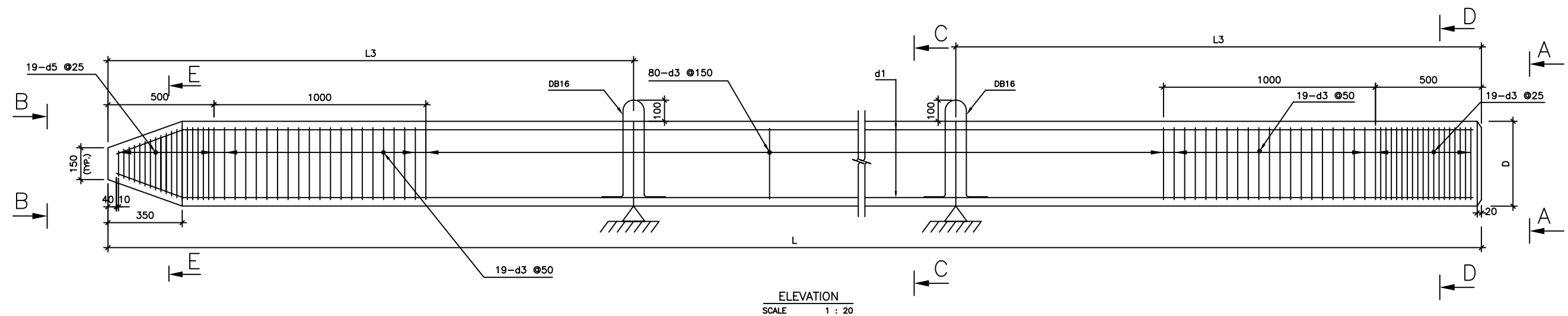
MINISTRY OF INDUSTRY MINES AND ENERGY THE KINGDOM OF CAMBODIA THE PROJECT FOR SIEM REAP GENERATING FACILITIES			
DWN	T.YAMAMOTO	SCALE	TITLE
CHLD	Y.SUNAGAWA		LUBRICATING OIL SYSTEM
APPD	Y.SUNAGAWA	DATE	DIAGRAM
NIPPON KOEI CO., LTD. TOKYO, JAPAN		DWG NO	SRD-010



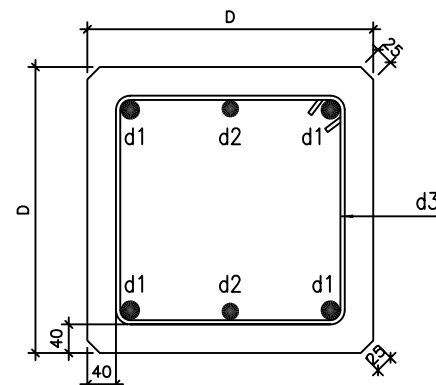
MINISTRY OF INDUSTRY MINES AND ENERGY THE KINGDOM OF CAMBODIA THE PROJECT FOR SIEM REAP GENERATING FACILITIES				
DWN	T.YAMAMOTO	SCALE	TITLE COOLING WATER SYSTEM DIAGRAM	
CHLD	Y.SUNAGAWA			
APPD	Y.SUNAGAWA	DATE	DWG NO SRD-011	
NIPPON KOEI CO., LTD. TOKYO, JAPAN				



MINISTRY OF INDUSTRY MINES AND ENERGY THE KINGDOM OF CAMBODIA THE PROJECT FOR SIEM REAP GENERATING FACILITIES				
DWN	T.YAMAMOTO	SCALE	TITLE SINGLE-LINE CONNECTION DIAGRAM	
CHKD	Y.SUNAGAWA			
APPD	Y.SUNAGAWA	DATE	DWG NO SRD-012	
NIPPON KOEI CO.,LTD. TOKYO, JAPAN				



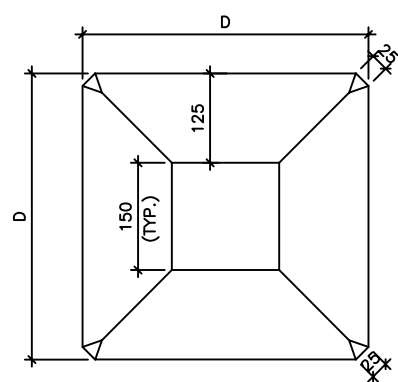
A-A
SCALE 1:10



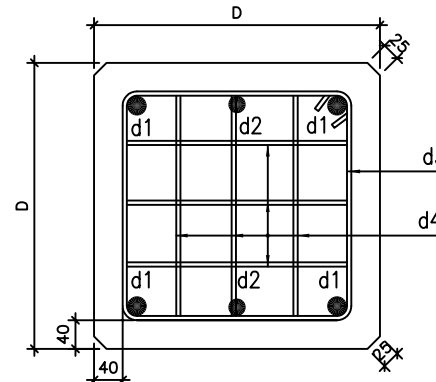
C-C
SCALE 1:10

REINFORCEMENT LIST :

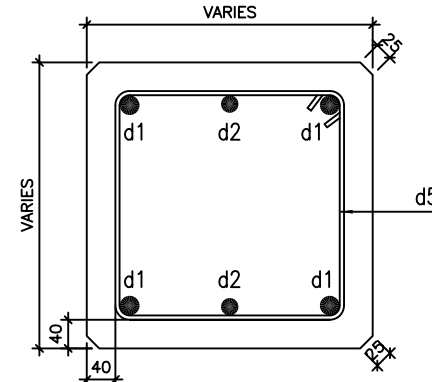
PILE LENGTH L (m)	SIZE D (mm)	LIFTING LENGTH L3 (mm)	BAR DIA./NUMBER d1 / N1		BAR DIA./NUMBER d2 / N2		LINK DIA./NUMBER d3 / N3		LINK DIA./NUMBER d4 / N4		LINK DIA./NUMBER d5 / N5	
15.000	300x300	3100	25	4	20	2	6	137	6	120	6	19
15.000	350x350	3100	25	4	25	2	6	137	6	120	6	19
15.000	400x400	3100	28	4	25	2	6	137	6	120	6	19



B-B
SCALE 1:10



D-D
SCALE 1:10

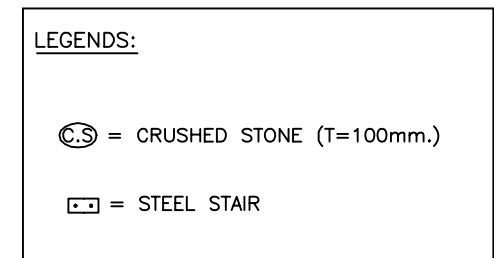


E-E
SCALE 1:10

GENERAL NOTES

- 1-ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS EXCEPT OTHERWISE SHOWN.
- 2-ALL COVER SHALL BE 25mm MINIMUM.
- 3-MAIN BARS TO BE OF DB-DEFORMED BAR OF GRADE SD40 HAVING A CHARACTERISTIC YIELD STRENGTH $f_y=390 \text{ N/mm}^2$.
- 4-STRUCTURAL CONCRETE TO HAVE A CHARACTERISTIC CYLINDER STRENGTH $f_c'=310 \text{ kg/cm}^2$.
- 5-LINKS TO BE OF RB-ROUND PLAIN BAR OF GRADE SR24 HAVING A CHARACTERISTIC YIELD STRENGTH $f_y=235 \text{ N/mm}^2$.
- 6-REQUIRED PILE LENGTH IS UP TO SOILS CONDITION
- 7-ALLOWABLE PILE BEARING CAPACITY 25 TONNES FOR 300x300
- 8-ALLOWABLE PILE BEARING CAPACITY 34 TONNES FOR 350x350
- 9-ALLOWABLE PILE BEARING CAPACITY 42 TONNES FOR 400x400

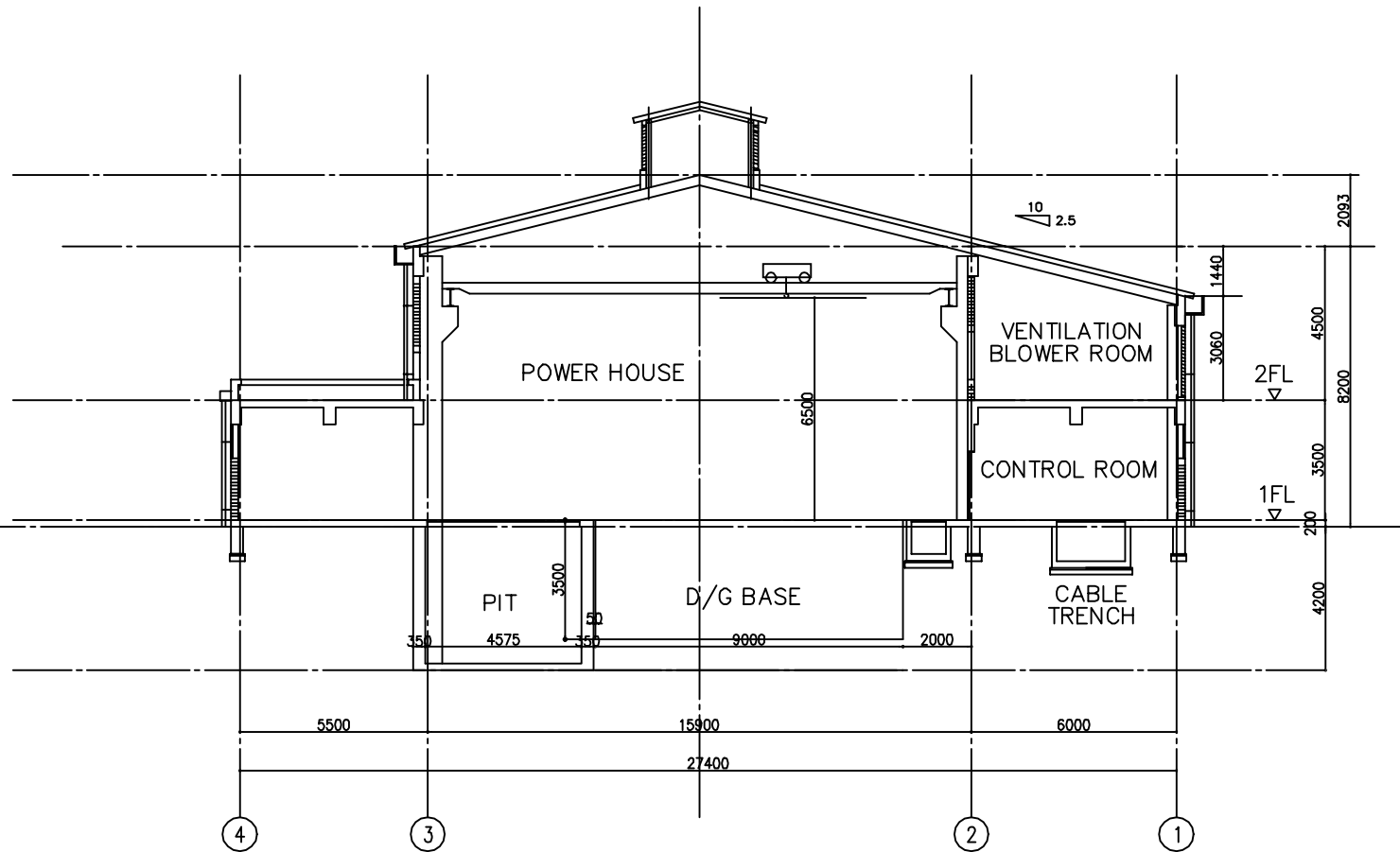
MINISTRY OF INDUSTRY MINES AND ENERGY THE KINGDOM OF CAMBODIA THE PROJECT FOR SIEM REAP GENERATING FACILITIES				
DWN	T.YAMAMOTO	SCALE	TITLE	
CHKD	Y.SUNAGAWA		CONSTRUCTION OF CONCRETE PILES	
APPD	Y.SUNAGAWA	DATE		
NIPPON KOEI CO.,LTD. TOKYO, JAPAN			DWG NO	SRD-014



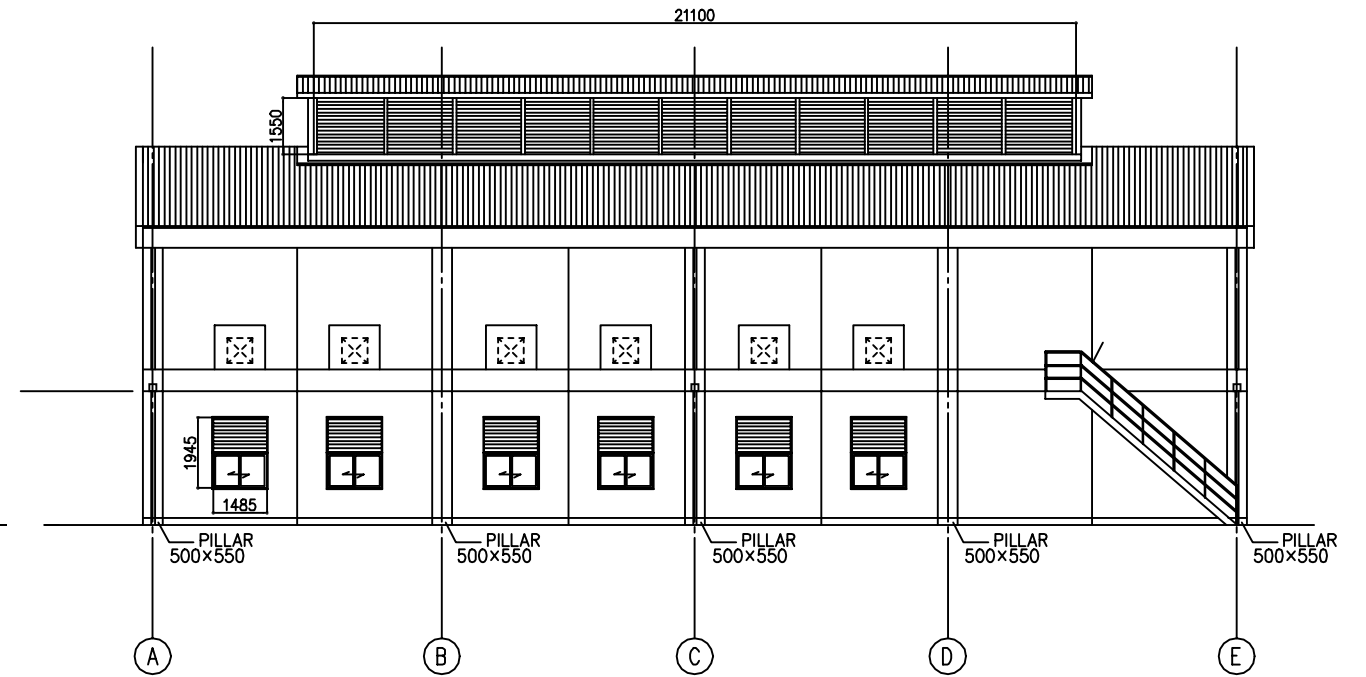
SCALE

A horizontal scale bar with a vertical tick mark at the left end labeled '0' and a vertical tick mark at the right end labeled '50m'. There are four additional vertical tick marks between 0 and 50m, dividing the bar into five equal segments.

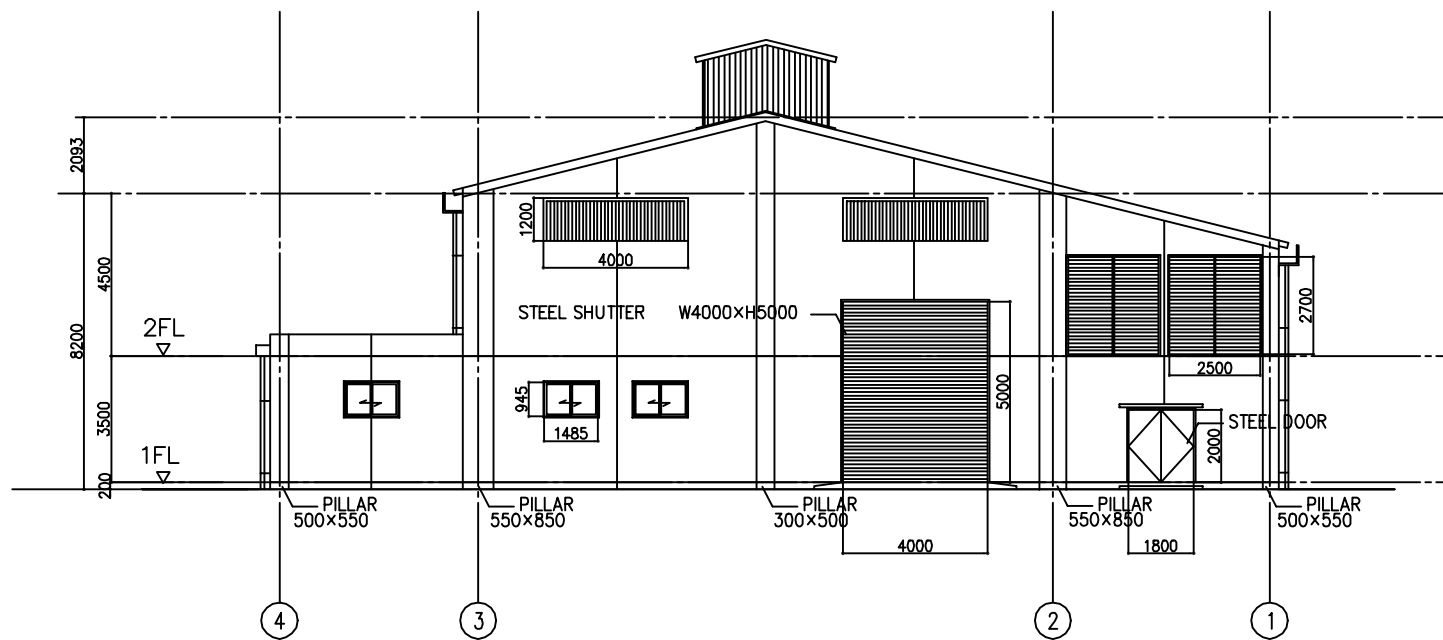
MINISTRY OF INDUSTRY MINES AND ENERGY THE KINGDOM OF CAMBODIA				
THE PROJECT FOR SIEM REAP GENERATING FACILITIES				
DWN	T.YAMAMOTO	SCALE	TITLE LAYOUT OF GENERATING FACILITIES IN POWER STATION LAND	
CHKD	Y.SUNAGAWA			
APPD	Y.SUNAGAWA	DATE	DWG NO SRD-015	
NIPPON KOEI CO.,LTD. TOKYO, JAPAN				



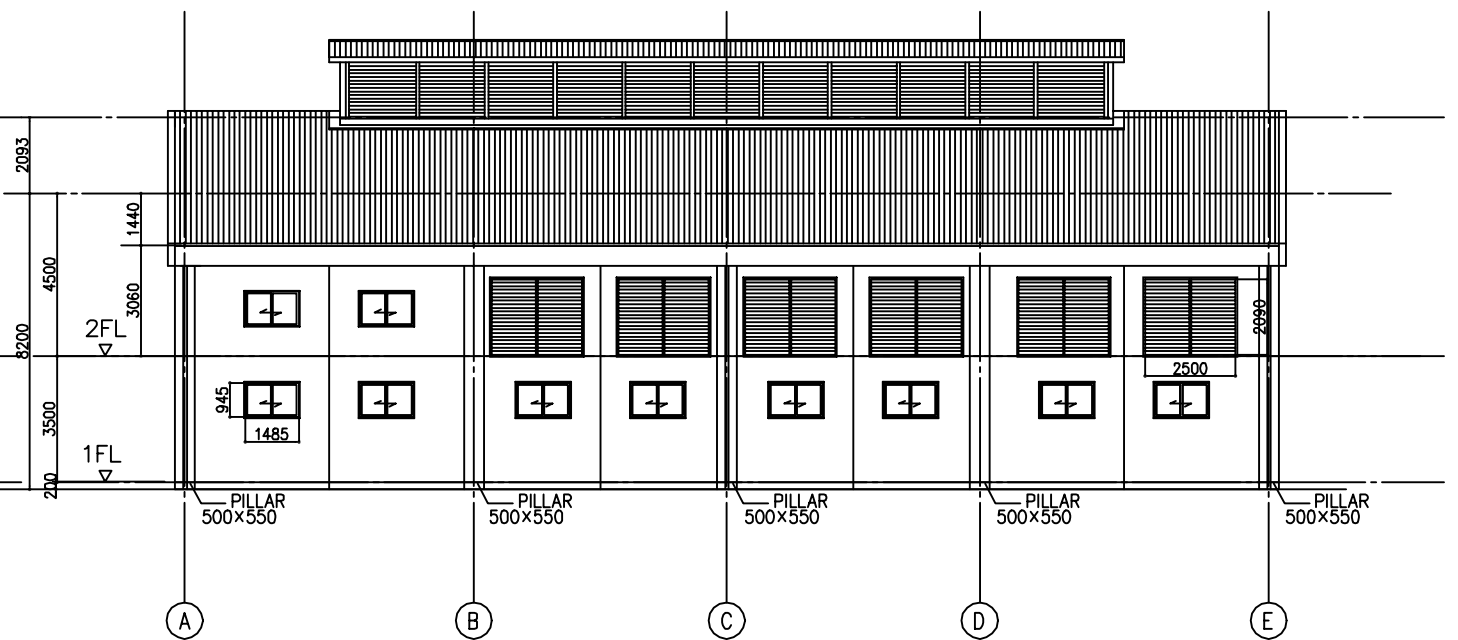
SECTION S=1:100



ELEVATION (EAST FACE) S=1:100

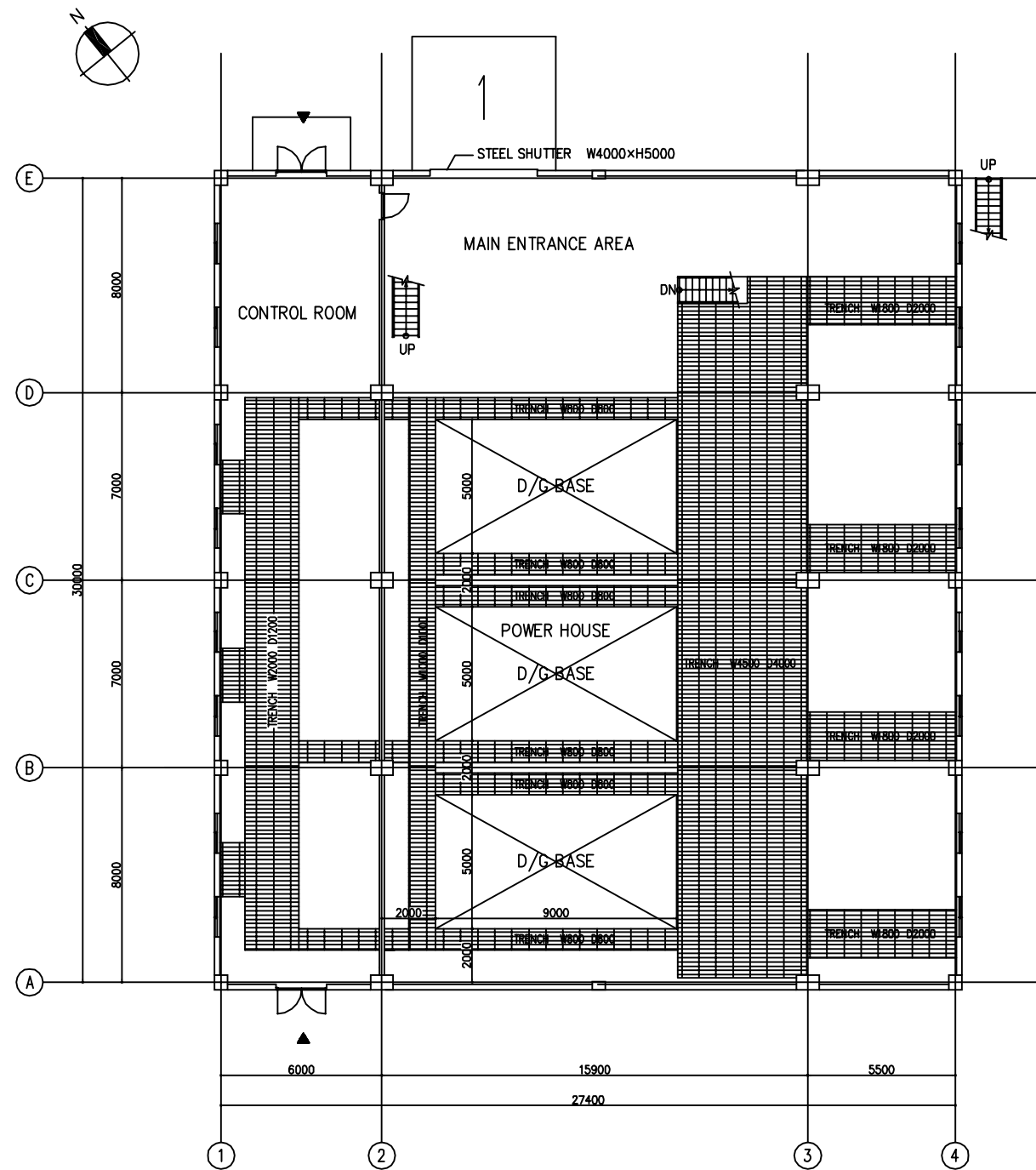


ELEVATION (NORTH FACE) S=1:100

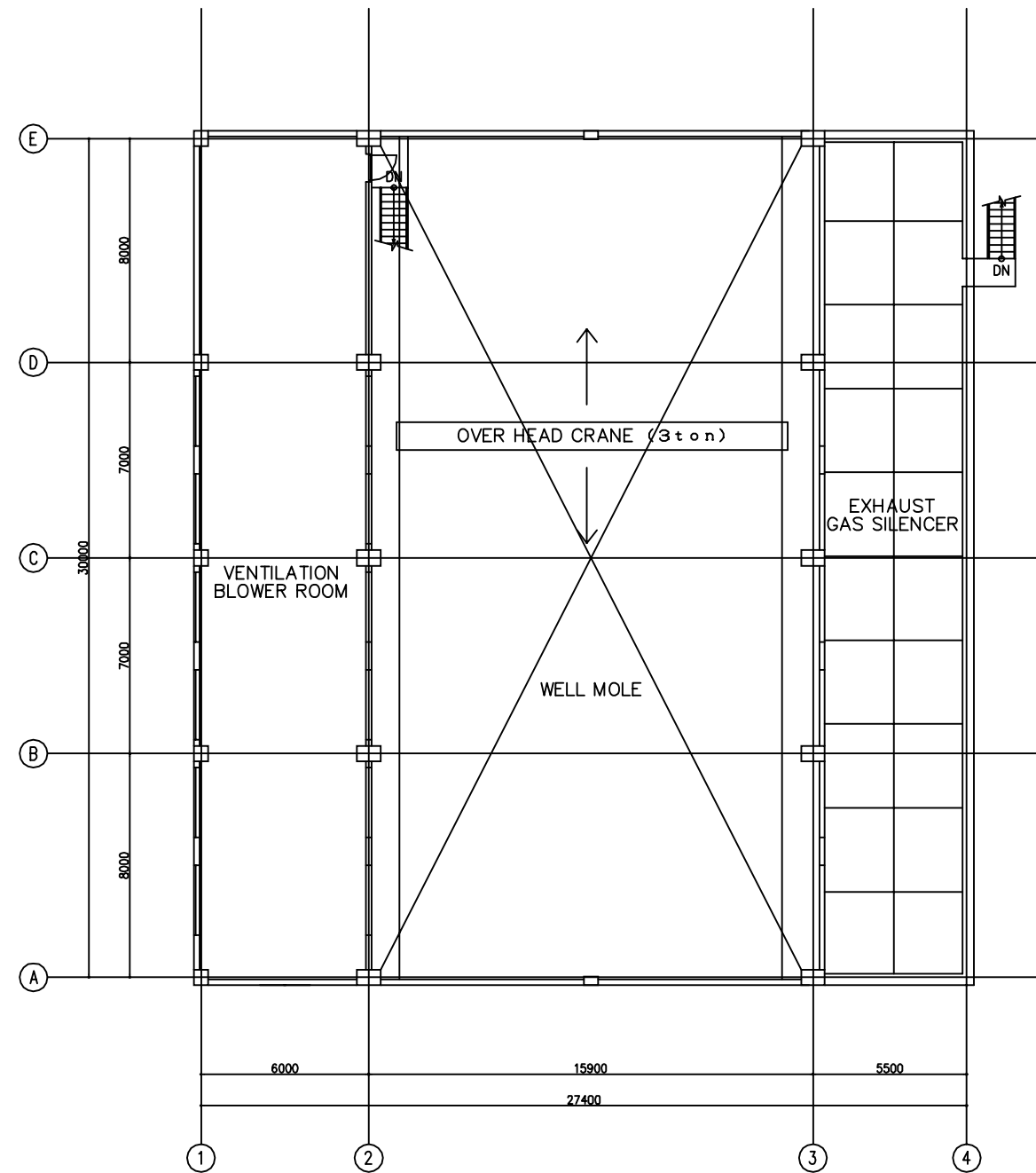


ELEVATION (WEST FACE) S=1:100

MINISTRY OF INDUSTRY MINES AND ENERGY THE KINGDOM OF CAMBODIA THE PROJECT FOR SIEM REAP GENERATING FACILITIES			
DWN	T.YAMAMOTO	SCALE	TITLE
CHKD	Y.SUNAGAWA		POWER STATION BUILDING PLAN
APPD	Y.SUNAGAWA	DATE	
NIPPON KOEI CO.,LTD. TOKYO, JAPAN		DWG NO	SRD-016

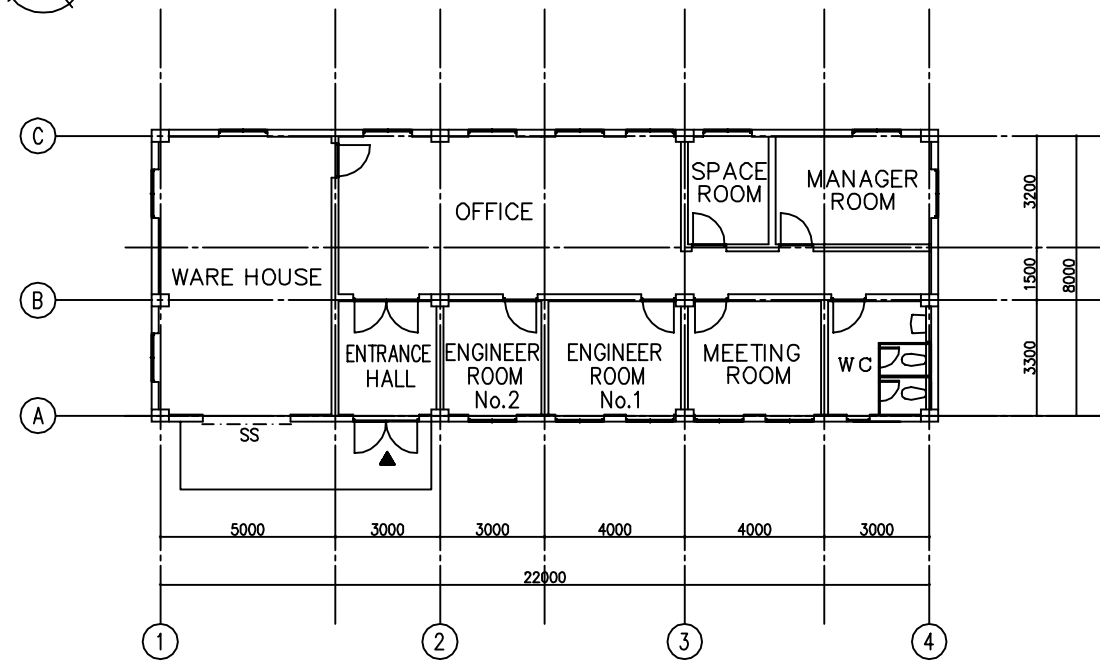
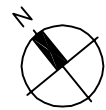


1st FLOOR PLAN

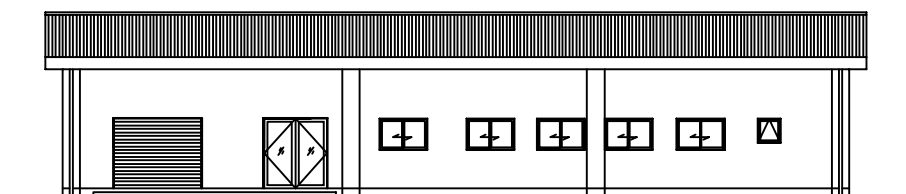


2st FLOOR PLAN

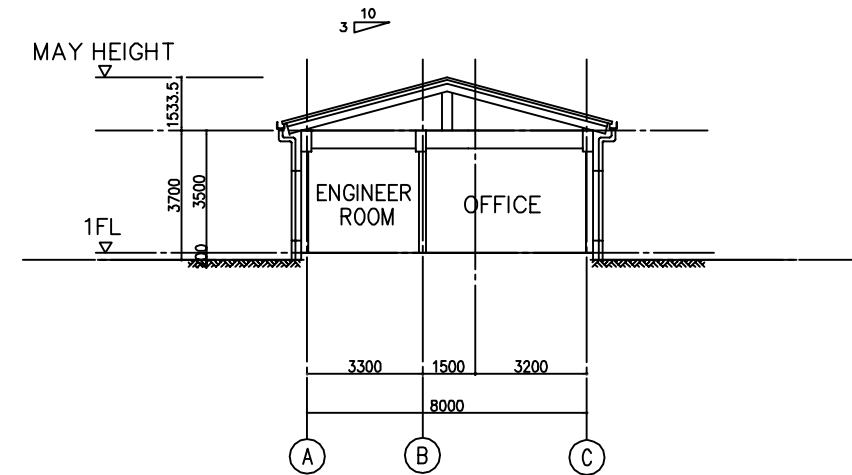
MINISTRY OF INDUSTRY MINES AND ENERGY THE KINGDOM OF CAMBODIA THE PROJECT FOR SIEM REAP GENERATING FACILITIES			
DWN	T.YAMAMOTO	SCALE	TITLE
CHKD	Y.SUNAGAWA		POWER STATION BUILDING PLAN
APPD	Y.SUNAGAWA	DATE	
NIPPON KOEI CO.,LTD. TOKYO, JAPAN			DWG NO
			SRD-017



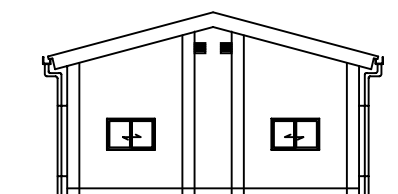
PLAN S=1:100



ELEVATION (SOUTH FACE) S=1:100



SECTION S=1:100



ELEVATION (EAST FACE) S=1:100

MINISTRY OF INDUSTRY MINES AND ENERGY THE KINGDOM OF CAMBODIA THE PROJECT FOR SIEM REAP GENERATING FACILITIES			
DWN	T.YAMAMOTO	SCALE	TITLE
CHKD	Y.SUNAGAWA		OFFICE PLAN
APPD	Y.SUNAGAWA	DATE	
NIPPON KOEI CO.,LTD. TOKYO, JAPAN		DWG NO	SRD-018