

カンボジア国  
モンドルキリ州小水力電化計画  
基本設計調査報告書

平成 17 年 5 月  
( 2005 年 )

独立行政法人 国際協力機構  
無償資金協力部

無償

JR

05-075

## 序 文

日本国政府は、カンボジア王国政府の要請に基づき、同国のモンドルキリ州小水力電化計画にかかる基本設計調査を行うことを決定し、独立行政法人国際協力機構がこの調査を実施しました。

当機構は、平成 16 年 12 月 1 日から 12 月 29 日まで基本設計調査団を現地に派遣しました。

調査団は、カンボジア王国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 17 年 3 月 20 日から 3 月 27 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 17 年 5 月

独立行政法人国際協力機構  
理事 小島 誠 二

## 伝 達 状

今般、カンボジア王国におけるモンドルキリ州小水力電化計画基本設計調査が終了しましたので、ここに最終報告書を提出します。

本調査は、貴機構との契約に基づき弊社が、平成 16 年 11 月から平成 17 年 5 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、カンボジア王国の現状を十分に踏まえ、本計画の妥当性を検証するとともに、日本の無償資金協力の枠組みに最も適した計画の策定に努めてまいりました。

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

平成 17 年 5 月

共同企業体  
電源開発株式会社  
日本工営株式会社

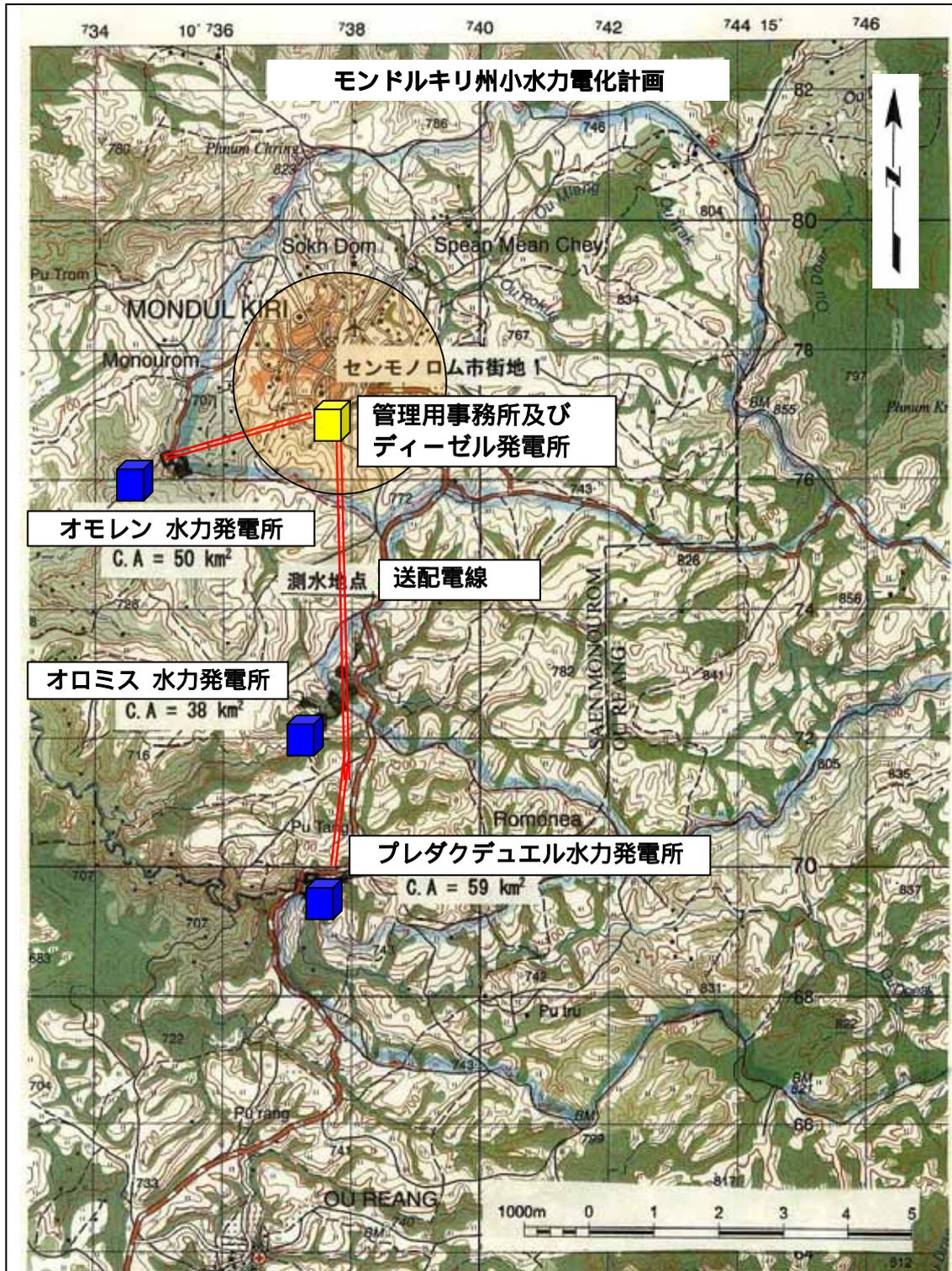
カンボジア王国  
モンドルキリ州小水力電化計画  
基本設計調査団

業務主任 関 澤 忠 雄



出典： <http://www.lib.utexas.edu/maps/asia.html>

プロジェクト位置図



プロジェクト施設位置図



完成予想図（プレダクデュエル水力発電所）

## 計画地点の現況 (1/4)



### センモノロムの市街地

市街地の中心部：未舗装の道路の両側に商店・ホテルなどが並び、配電線も道路沿いにある。



### センモノロムの商店街

市街地の中心部：道路の奥に小さな商店が並び、照明のために配電線がある。



### センモノロムの商店街

市街地の中心部：道路の奥に小さな商店が並び、照明のために配電線がある。



### センモノロムの水力発電所

マイクロ水力発電所：市街地の裏のため池を利用した唯一の水力発電所。出力は50kW。



### センモノロムの製氷業者所有発電所

ディーゼル発電所：市街地の中心部の商店街の裏にある発電所。出力は30kWと75kW。



### センモノロム市街の配電盤

配電盤：市街地の配電盤は配電線の電柱に6個程度まとめて設置されている。

## 計画地点の現況 (2/4)



オロミス上流の流量観測地点

JICA 測水地：JICA が定期的に行っているオロミス近くの測水地点。



オロミス上流の流量観測地点

測水風景：JICA が定期的に行っているモンドリキり近くの測水地点での測水風景。



オモレン取水ダム候補地点

ダム地点：右岸部が平坦になっており、堤体が長くなる。



オモレン地点(H=約7m)

滝：ダム地点の下流にある滝。



オモレン発電所候補地点

発電所地点：右岸側の平坦地を発電所敷地にする計画。



プレダクデュエル候補地点

ダム地点：左岸部が平坦になっており、堤体が長くなる。

## 計画地点の現況 (3/4)



プレダクデュエル候補地点(H = 6m)  
滝：ダム地点の下流にある滝。



プレダクデュエル発電所候補地点  
発電所地点：右岸側の平坦地を発電所敷地にする計画。左岸側は水路が困難。



オロミス取水ダム候補地点  
ダム地点：



オロミス候補地点  
滝：発電所地点の下流にある瀬。



オロミス発電所候補地点  
発電所地点：右岸側の平坦地を発電所敷地にする計画。



オロミス上流測水地点付近の  
ピコ(家庭用)水力  
ピコ(家庭用)水力(既設)：測水地点の近くにあるレストランの電力のための小水力施設。

## 計画地点の現況（4/4）



### 水力地点付近の山相

尾根及び山腹は長年の焼畑により草地化しているが、沢部付近は亜熱帯性の密林。



### ゲストハウスの例

近年、観光客の増加によりゲストハウスが急増している。



### テクニカルワークショップ（プノンペン）

MIME および DIME を対象に小水力による地方電化に関する技術ワークショップを開催。



### モンドルキリ州内の幹線道路

スヌールからセンモノロム市への途中



### 現地ワークショップ（センモノロム市）

地元の住民および役所関係者を対象に MIME、DIME および調査団主催によるワークショップを開催。（出席者約 40 名）



### 現地ワークショップ（センモノロム市）

地元住民より電気の必要性と早期の実現への意見が出された。

## 図表リスト

### 第1章

図 1-1	現在電化の範囲図	1
図 1-2	電力セクターの組織図	2
表 1-1	EDC 供給区域の電力設備(2002 年時点)	3
表 1-2	対象計画地域の社会統計値	4
表 1-3	本プロジェクトの関連案件（我が国の協力案件）	7
表 1-4	実施済み無償資金協力案件（電力セクター）	7
表 1-5	他ドナーによる地方電化援助案件	8
表 1-6	他ドナーによる電力セクター援助案件（無償資金協力）	8

### 第2章

図 2-1	MIME の組織図	9
図 2-2	オロミス地点の日平均流量ハイドログラフ	12
図 2-3	オロミス地点の流況曲線	13
図 2-4	電化の要望	15
図 2-5	電気利用目的	16
図 2-6	世帯調査による支払い意思額（リル/kwh）	17
図 2-7	照明用エネルギー支出額（リル/month）	17
図 2-8	センモノロム市の電化状況	20
図 2-9	保有電気器具の容量	22
図 2-10	現状の電気負荷状況	23
図 2-11	日間の電力需要パターン（一般世帯）	24
図 2-12	日間の電力需要パターン（事務所、学校、病院）	24
図 2-13	日間の電力需要パターン（レストラン、ゲストハウス）	24
図 2-14	日間の電力需要パターン（全体）	25
表 2-1	MIME の財務状況（2003 年）	10
表 2-2	「カ」国の技術系教育課程	10
表 2-3	地質調査項目	13
表 2-4	電化に対する意識	15
表 2-5	センモノロム市の電化状況	20
表 2-6	電源元内訳（電気利用者別）	21

表 2-7	センモノロム市の既存発電設備	22
-------	----------------	----

### 第 3 章

図 3-1	長期最大電力需要予測	31
図 3-2	2012 年末時点の日間の電力需要パターン	31
図 3-3	通常期の需要（負荷）と供給（発電）の関係	35
図 3-4	渇水期の需要（負荷）と供給（発電）の関係	36
図 3-5	事業実施関係図	85
図 3-6	センモノロム電力供給運営管理の組織図	94

表 3-1	電力需要予測結果概要	30
表 3-2	長期需要予測（最大電力需要値）	32
表 3-3	長期需要予測（月間消費電力量）	32
表 3-4	発電計画諸元	37
表 3-5	オモレン水力地点の主な構造物	40
表 3-6	オロミス水力地点の主な構造物	41
表 3-7	プレダクデュエル水力地点の主な構造物	41
表 3-8	水車、発電機の諸元	44
表 3-9	使用電圧	50
表 3-10	送配電の設計条件	50
表 3-11	中圧配電設備の設計基準	50
表 3-12	低圧配電設備の設計基準	51
表 3-13	接地方式	51
表 3-14	電線最下点からの最小離隔距離	51
表 3-15	充電部との最小接近距離	51
表 3-16	需要家端における電圧変動率	52
表 3-17	対象地区に実施される配電施設の概要	52
表 3-18	支持物高さの検討	53
表 3-19	積算電力量計の仕様	54
表 3-20	施設維持管理用調達機材	57
表 3-21	基本設計図・図面リスト	58
表 3-22	日本側と「カ」国側の施工区分/調達・据付区分	83
表 3-23	資機材調達国	86
表 3-24	事業運営活動項目	87
表 3-25	事務管理業務活動項目	88
表 3-26	土木設備の保守運用活動項目	89

表 3-27	発電配電設備の保守運用活動項目	90
表 3-28	ソフトコンポーネント工程	90
表 3-29	全体工程表	92
表 3-30	発電原価算定表（供与開始初年）	97
表 3-31	電気料金案	98
表 3-32	日本側負担経費概要	99
表 3-33	「カ」国側負担経費概要	99
表 3-34	初年度の収支見通し	101
表 3-35	運転開始当初の月別収支見通し	102

#### 第 4 章

表 4-1	本プロジェクトの直接効果	105
-------	--------------	-----

## 略 語 集

CESS	Cambodia Energy Sector Strategy/カンボジアエネルギーセクター開発方針
DIME	Provincial Department of Industry, Mines and Energy/MIME の地方部局
E/N	Exchange of Notes/交換公文
EAC	Electricity Authority of Cambodia/カンボジア電力庁
EDC	Electricite du Cambodia/カンボジア電力公社
EIA	Environmental Impact Assessment/環境影響評価
GDP	Gross Domestic Product/国内総生産
GEF	Global Environment Facility/地球環境ファシリティ
GNP	Gross National Product/国民総生産
IEC	International Electrotechnical Commission/国際電気標準会議規格
IEIA	Initial Environmental Impact Assessment/初期環境影響評価
IPP	Independent Power Producer/独立系発電事業者
ISO	International Organization for Standardization/国際標準化機構
JBIC	Japan Bank for International Cooperation/国際協力銀行
JEAC	Japan Electric Association Code/電気技術規定
JEC	Japanese Electrotechnical Committee/日本電気規格調査会標準規格
JEM	Standards of Japan Electrical Manufacture's Association /日本電気工業会標準規格
JICA	Japan International Cooperation Agency/独立行政法人国際協力機構
JIS	Japanese Industrial Standards/日本工業規格
M/D	Minutes of Discussion/討議議事録
MEF	Ministry of Economy and Finance/経済財務省
MIME	Ministry of Industry, Mines and Energy/鉱工業エネルギー省
MOE	Ministry of Environment/環境省
MRC	Mekong River Commission/メコン委員会
NGO	Non-Government Organization/非政府組織
O&M	Operation and Maintenance/運転・保守
ODA	Official Development Assistance/政府開発援助
OJT	On the Job Training/実習教育
PEC	Private Electricity Company
PEU	Provincial (or joint with Private) Electricity Utility/地方配電公社
PEOC	Private Electricity Operators/Company/民間電力運用会社
PRSP	Poverty Reduction Strategy Paper/貧困削減戦略ペーパー
RDB	Rural Development Bank/地方開発銀行

REE	Rural Electricity Enterprises/地方電化企業
SEDP	Socio Economic Development Plan-II/カンボジア社会経済開発計画
UNDP	United Nations Development Program/国連開発計画
UNTAC	United Nations Transmission Authority in Cambodia/カンボジア 国連暫定統治機構
WB	World Bank/世界銀行

# 要 約

## 要 約

カンボジア王国（以下「カ」国と称す）は、北緯 13 度、東経 105 度前後のインドシナ半島の南部に位置し、東部はベトナム、西部はタイ、北部はラオス、南部はタイ湾に面している。「カ」国の国土面積は約 18.1 万km<sup>2</sup>で人口は 13.5 百万人（2002 年）であり、国民一人当たりの GDP は US\$291（2002 年）である。

「カ」国の電力セクターは、25 年に及ぶ長い内戦により既存設備の多くが破壊されたため、発展が遅れている。首都プノンペン及び地方州都の世帯はディーゼル発電をベースとした孤立系統により電化されているが、「カ」国内で電力が供給されているのは全世界の約 13%、年間消費電力量は一人当たり 35kWh で東南アジアでは最も低い水準となっている。また国民の約 85% が地方部に住み、そのうちの僅か 9% の世帯しか電気の恩恵を被っていないのが現状である。

本計画地点であるモンドルキリ州の州都センモノロム市（人口約 8,000 人、約 1,400 世帯）はベトナム国境山間部に位置し、公共の電力供給は無く、小規模な民間業者がディーゼル発電により朝夕等の食事時間帯に電力が供給されているのみで、慢性的な電力不足の状態となっている。さらに kWh 当り電気料金も 1,800 リル/kWh（48.3 円/kWh）から 2,300 リル（61.7 円/kWh）とプノンペンの 4 倍以上で低所得者層ではとても支払えない高額な料金であり、このことが開発の妨げとなっている。しかし、現在の全国送電系統拡張計画では 2016 年時点でも延長される範囲には含まれておらず、将来ともに他所からの電源は期待できない。

以上の状況はモンドルキリ州の貧困削減、地域の活性化や振興を妨げ住民の生活基盤の構築を遅らせる障壁となっており、「カ」国内の地域格差がますます大きくなることが予想され、同地域の地域発展の観点から早期の安定した電源確保が望まれている。

この問題を解決するため、メコン委員会は 1999 年に同市周辺での小水力発電に関する調査を実施した。この調査結果を踏まえ、「カ」国政府は本計画地点における貧困削減を目指した生活改善のための電化事業として、我が国に対し小水力発電設備 3 箇所の建設（総出力 200kW、同市への送配電設備を含む）を無償資金協力案件として要請してきた。

この要請に対し、我が国は予備調査の実施を決定し、独立行政法人国際協力機構（JICA）は予備調査団を 2004 年 2 月 18 日から 3 月 12 日まで「カ」国に派遣し本件の妥当性を確認した。その結果を受け、JICA は基本設計調査団を 2004 年 12 月 1 日から 12 月 29 日まで「カ」国に派遣し、「カ」国関係者と要請内容の再確認、実施内容の協議を行うとともに、プロジェクトサイト調査及び関連資料の収集を実施した。

帰国後、調査団は現地調査資料に基づき、プロジェクトの必要性、社会・経済効果、妥当性について検討し、最適な計画にかかる基本設計及び実施計画を基本設計概要書に取りまとめた。これに基づき JICA は 2005 年 3 月 20 日から 3 月 27 日まで基本設計概要書の説明のため、調査団を再度「カ」国に派遣した。

調査の結果策定した協力対象事業の範囲は、要請プロジェクトの内容を全て網羅するものであり、モンドルキリ州都センモノロム市において 3 箇所の流れ込み式小水力発電所(総出力 370kW)及び乾期の補完電源であるディーゼル発電(出力 250kW)、22kV 中圧送電線、及び低圧配電線を建設し、計画目標年の 2012 年末に約 1,650 世帯(9,000 人)及び公共施設の電化を達成するものである。

施設の設計に当たっては、3 箇所の水力発電計画地点のうち、オモレンとブレダクデュエルには観光客が訪れる滝があるため、観光に支障を来さないよう、水路の埋設及び取水堰の位置等、環境に配慮した設計とした。また、完工後の発電運転に関しても観光用として、乾期の 11 月から 4 月までの期間は午前 9 時から午後 4 時まで発電の運転制限を行い、観光客が訪れる時間帯には発電による滝の水枯れを発生させない計画とした。なお、本計画は我が国の技術援助で整備されつつある電力技術基準に準拠した設計仕様を採用する。表-1 に主要な施設を示す。

表-1 主要施設の概要

施設名	内容
1. 牦水力発電設備	取水堰(堤高 5.5m、堤長 36m)、沈砂池(延長 26m)、水圧管路(内径 0.6~1m、延長 457m)、出力 130kW の水車発電機器、放水口
2. 和ミ水力発電設備	取水堰(堤高 5m、堤長 32m)、沈砂池(延長 23m)、導水路(幅 1m、延長 1,037m)、ヘッドタンク、水圧管路(径 0.6m、延長 80m)、出力 130kW の水車発電機器、放水口
3. プレダクデュエル水力発電設備	取水堰(堤高 4.5m、堤長 48m)、沈砂池(延長 26m)、水圧管路(内径 0.6~1m、延長 536m)、出力 110kW の水車発電機器、放水口
4. ディーゼル発電設備	発電所建屋(床面積 144m <sup>2</sup> )、出力 250kW のディーゼル発電機器、容量 8000 リットルの燃料タンク
5. 送配電設備	22kV 中圧送電線(延長 33.73km)、400-230V 低圧配電線(延長 33.71km)、開閉、変電及び通信設備等
6. 事務所建物	建屋(床面積 189m <sup>2</sup> )

本計画を我が国の無償資金協力で実施する場合、概算事業費は約 11.24 億円（日本側負担経費：約 11.03 億円、「カ」国側負担経費：約 0.21 億円）と見積もられる。

本計画の工期は初年度の実施設計が約 4 ヶ月、次年度以降の建設ならびに試運転が約 22 ヶ月の計 26 ヶ月程度である。

計画の実施機関である鉱工業エネルギー省（Ministry of industry, Mines and Energy: MIME）は、計画施設完成後の電力供給事業を MIME 及び同省のモンドルキリ州地方局（Provincial Department of Industry: DIME）を中核としたセンモノロム電力公社を設立し、モンドルキリ州政府及び地域住民等が参加した形態の運営を行う意向である。しかし、MIME 及び DIME は電力行政機関として電力供給事業の監理、監督は行っているものの、電力事業を直接的に運営・管理する機能及び技術は有していない。事業の運営・管理にあたる要員に対する必要な運営・管理手法及び運転・保守についてのソフトコンポーネントを実施し、技術移転を図る。

本計画における裨益対象はセンモノロム市の住民約 9,000 人世帯数 1,650 戸（計画対象年 2012 年末）である。本計画の実施により、一年間を通して電力の安定供給（400kW）が確保され、2004 年現在の約 3 分の 1 程度の電気料金（平均約 16.9 円/kWh）での使用が可能となる。この事により、2004 年時点の電化率 32%が完工 5 年後の 2012 年末には約 80%に達するものと見込まれる。また、公共機関による電化の実現により、街路灯の整備、学校でのパソコン導入、病院等医療電気器具の 24 時間利用等公共サービスの向上が図られる。

センモノロム市はモンドルキリ州の州都で、行政のみでなく地域経済の中心地となっている。そのセンモノロム市の電力事情が改善されることは、モンドルキリ州全体の経済発展の牽引役となり、ここ数年で観光客が急激に増加しており、電化によりさらに観光産業の宿泊施設の整備が促進される。

以上の多大の効果が期待されることから、協力対象事業について我が国の無償資金協力を実施することは妥当であると考えられる。また、本計画の運営・維持管理についても相手国側は人員・資金面で十分な準備体制を有し、ソフトコンポーネントを実施することにより、本計画の実施にあたり特段の問題は認められない。

本計画を効率的に実施するためには「カ」国側で工事開始までに発電・配電施設及び仮設の建設工事のための用地の確保がなされる必要がある。また、本計画の効果が発現・持続するためには「カ」国側は、施設の建設と並行して電力供給組織となるセンモノロム電力公社及び運営指導委員会の準備・設立を行い、電力事業及び電気料金設定等の諸認可取得、並びに運営要員の確保・育成を図る必要がある。

# 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 当該セクターの現状と課題	1
1-1-1 現状と課題	1
1-1-2 開発計画	5
1-1-3 社会経済状況	5
1-2 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要	6
1-3 我が国の援助動向	6
1-4 他ドナーの援助動向	7
第 2 章 プロジェクトを取り巻く状況	9
2-1 プロジェクトの実施体制	9
2-1-1 組織・人員	9
2-1-2 財政・予算	10
2-1-3 技術水準	10
2-2 プロジェクト・サイト及び周辺の状況	11
2-2-1 関連インフラの整備状況	11
2-2-2 自然条件	12
2-2-3 住民の電化に対する意識調査	14
2-2-4 既存の民間電力施設と電力需要状況	19
第 3 章 プロジェクトの内容	27
3-1 プロジェクトの概要	27
3-2 協力対象事業の基本設計	27
3-2-1 設計方針	27
3-2-2 基本計画	29
3-2-2-1 設備規模	29
3-2-2-2 土木設備	38
3-2-2-3 水力発電設備	42
3-2-2-4 ディーゼル発電設備	46
3-2-2-5 送配電線設備	49

3-2-2-6	施設維持管理用調達機材	57
3-2-3	基本設計図	58
3-2-4	施工計画 / 調達計画	81
3-2-4-1	施工方針 / 調達方針	81
3-2-4-2	施工上 / 調達上の留意事項	82
3-2-4-3	施工区分 / 調達・据付区分	82
3-2-4-4	施工計画 / 調達管理計画	83
3-2-4-5	品質管理計画	85
3-2-4-6	資機材等調達計画	86
3-2-4-7	ソフトコンポーネント計画	86
3-2-4-8	実施工程	91
3-3	相手国側分担事業の概要	93
3-4	プロジェクトの運営・維持管理計画	93
3-4-1	基本方針	93
3-4-2	管理組織	94
3-4-3	運転、維持管理計画	94
3-4-4	電気料金計画	95
3-5	プロジェクトの概算事業費	99
3-5-1	協力対象事業の概算工事費	99
3-5-2	運営・維持管理費	100
3-6	協力対象事業実施に当たっての留意事項	103
第4章	プロジェクトの妥当性の検証	105
4-1	プロジェクトの効果	105
4-2	課題・提言	106
4-3	プロジェクトの妥当性	106
4-4	結論	107

[資料]

1. 調査団員・氏名
2. 調査行程
3. 関係者（面談者）リスト
4. 討議議事録（M/D）
5. 事業事前計画表（基本設計時）
6. 参考資料 / 収集資料リスト

# 第1章 プロジェクトの背景・経緯

# 第1章 プロジェクトの背景・経緯

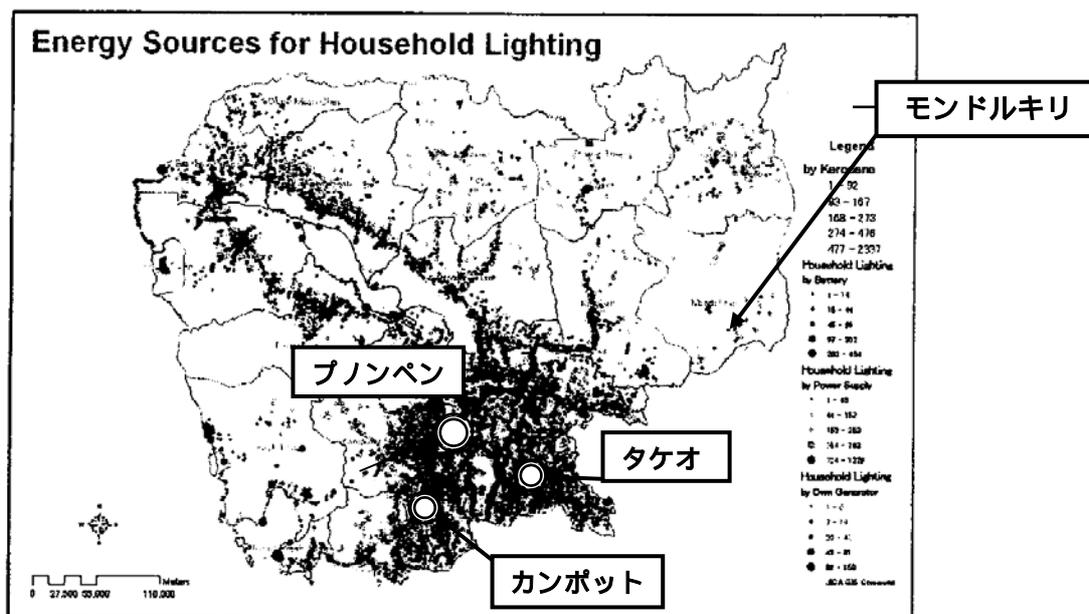
## 1-1 当該セクターの現状と課題

### 1-1-1 現状と課題

#### (1) 電化の現状

カンボジア王国(以下「カ」国と称す)の電力状況は、長い内戦により既存設備の多くが破壊されたため発展が遅れ、国内で電力が供給されているのは全世帯の約13%、年間消費電力量は一人当たり35kWhで東南アジアでは最も低い水準となっている。

カンボジア国内でこれまでに電化された箇所を図1-1に示す。電化密度が高い地域(黒い箇所)は首都のプノンペン及びその周辺のタケオやカンポット等の都市部に集中しており、モンドルキリ州を含む地方区域は白く表されており電化密度が低く、その地域の住民の多数が未だ電気の恩恵を被っていないことが分かる。



出所:MIME

図 1-1 現在電化の範囲図

#### (2) 電力セクターの事業体制

「カ」国の電力セクターは鉱工業エネルギー省( Ministry of Industry, Mines and Energy: MIME )が電力行政全般、政策・計画・技術基準等の行政を行い、カンボジア電力庁( Electricity Authority of Cambodia: EAC )が電気料金認可・発送電事業の許認可・投資環境の整備等を行っている。電力の供給を行っている組織はカンボジア電力公社

(Electricite du Cambodia: EDC)をはじめ MIME の地方局 (Provincial Department of Industry :DIME)、地方配電公社 (Provincial Electricity Utility: PEU) 及び民間による発電 (Independent Power Producer : IPP)・送電並びに配電業者 (Private Electricity Company: PEC) や、その他にバッテリーの充電業者等多種多様な状況となっている。

「カ」国の電力セクターの組織を図 1-2 に示す。

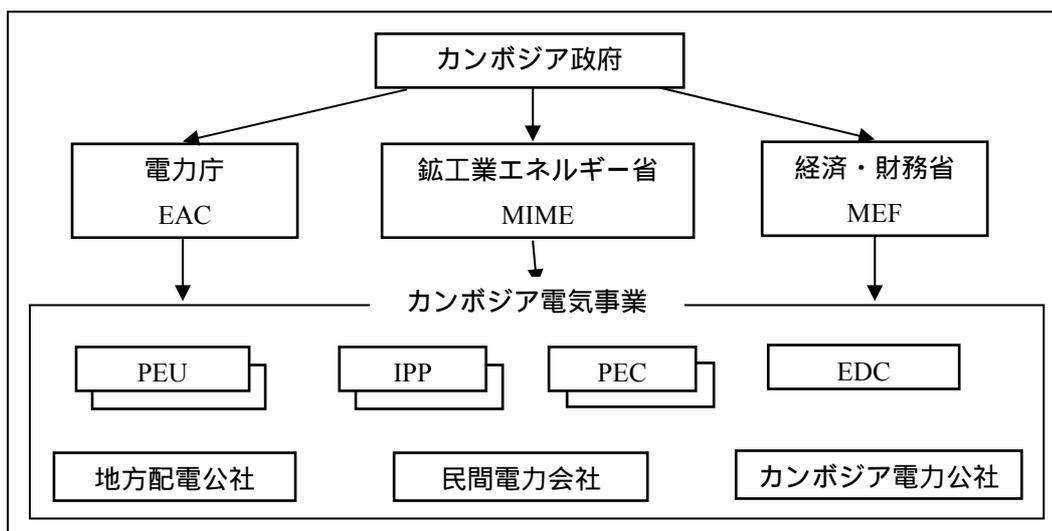


図 1-2 電力セクターの組織図

カンボジアで最大の電力事業組織であるカンボジア電力公社 (EDC) は首都のプノンペン市やシェムリアップ市等大都市・州等の 7 地域への基幹発送電、及び給配電を行っている。上記以外の州都及びその周辺への給配電は MIME の地方局 (DIME) が直轄で行っているが全国送電網に隣接している地域については、順次 EDC へ移管する予定である。

「カ」国の電気事業者は EAC より事業認可を受けることとなっている。しかし、現在までに認可を取得している地方民間電気事業者 (Rural Electricity Enterprises: REE) は、発電から配電までの事業を行っている総合ライセンス取得者が 12 者、発電事業が 7 者、配電事業が 4 者となっており、その他に約 600 社が免許未取得業者 (Non-REE) として、地方・農村地域において小規模ディーゼルにより 100~300 の世帯を対象とした電気事業を行っている。現在のセンモノロム市の民間業者はこの分類に属している。

### (3) 「カ」国の現有設備と電気料金

#### 1) 現有設備

「カ」国の現有設備は発電設備の約 80%、発電量の約 90%が首都プノンペンに集中している。 EDC 供給区域内における 2002 年時点の発電設備容量及び配電量は表

1-1 のとおりである。電源の構成は大部分がディーゼル等の石油火力で 121.8MW であり、水力発電は僅か 2 箇所 13MW に過ぎない。

表 1-1 EDC 供給区域の電力設備（2002 年時点）

地 域	設備容量 (MW)	発電量 (GWh/年)
プノンペン等首都圏	124.7	485.3
シアヌークビル、シェムリアップ、カンポンチャム、バタンバン、タケオ	30.1	59.6
バベテッ、メモット、フォノア (ベトナムからの輸入)	2.6	2.8
計	157.4	547.7
EDC 発電分		170.9
IPP 発電分		376.8

出所：MIME

## 2) 電気料金

「カ」国の電気料金は基本的には原価主義に基づいており、各地域、民間業者等独立した系統毎に異なっている。EDC の各地方の電気料金は最も安いプノンペン地域と最も高いタケオ地域で大きな開きがある。一般住宅用（家庭用）の電気料金で比較した場合、最低値はプノンペン地域の 350 リル/kWh（9.4 円/kWh）で、最高値はタケオ地域の 900 リル/kWh（24.1 円/kWh）となっている。しかし、最低水準のプノンペン地域の料金でもタイの約 3 倍、ラオスの約 5.5 倍、ベトナムの約 2 倍と高水準である。

地方での民間の電気供給業者（REE）の場合は燃料費・設備稼働率等によって自由に料金設定が出来るので、さらに高い料金設定となっており、全般的に高料金に留まっている。2004 年に実施された国際協力銀行（JBIC）の村落向け集中太陽光発電供給システム整備事業調査によると、州都クラスで出力 1MW 以下の REE ディーゼルの場合の電気料金は 38～82 円/kWh と高く、月当たり電力の使用量が平均 10～20kWh の世帯で月間の電気料金は 400～1,000 円/月・世帯と報告されている。

## (4) 対象サイトの状況

本計画地点のあるモンドルキリ州の州都センモノロム市は「カ」国東北部のベトナム国境山間部に位置しているが、現在の全国送電系統拡張計画では 2016 年でも延長される範囲には含まれておらず、当分は孤立系統での供給が余儀なくされる見込みである。現在は公共による電力供給はなされておらず、民間企業によって朝と昼食時及び夕刻のみの時間供給が照明用として行われているに過ぎない。そのため、慢性的な電力不足に悩まされており、さらに、kWh 当り電気料金も 1,800 リル/kWh（48.3 円/kWh）から 2,300 リル（61.7 円/kWh）とプノンペンの 4 倍以上であり、低所得者層ではとても支払えない高額な料金となっている。

表 1-2 に 1998 年国勢調査時点のモンドルキリ州及びセンモノロム市の統計値を示す。

表 1-2 対象計画地域の社会統計値

項目	単位	モンドルキリ 州全体	センモロム市	備考
面積	km <sup>2</sup>	14,288	511	
世帯数	Hh	5,657	1,276	
人口密度	人/km <sup>2</sup>	2.3	13.8	
市街地の割合	%	21.7	100	
世帯当りの人数	人/世帯	5.7	5.5	
人口	人	32,407	7,032	
(内、15歳未満の割合)	%	43.8	45.3	
産業別人口の割合				
第一次産業	%	75.6	49.1	
第二次産業	%	5.0	4.8	
第三次産業	%	19.4	46.1	
電化率	%	8.5	32	2004年12月 調査値

出所：カンボジア国勢調査 1998

現在の電力供給状況は前述のとおりであるが、ごく少数のレストランやゲストハウス及び一部の住民等で自家用発電機設備（1～5 kW 程度）を備えている。しかし、住民のほとんどは年間を通して灯油、蠟燭及びバッテリー（自動車のバッテリーを流用）等で早朝夜間の照明を賄っている。

しかし、バッテリーによる電気利用は充電を行う電源設備が存在することが前提となり、さらにその充電用電源は現状の高価な電気料金がベースとなっているため、kWh 当りでは非常に高価な電気を利用していることになる。また、バッテリーは寿命が数年しかなく、廃棄についても環境上、好ましいものとは云えない。これらの現状から

- 1) 電源が無いためパソコン、コピー、電話及び Fax 等が使えずオフィス業務ができない。
- 2) 動力源がないため家内手工業等が発達しない。
- 3) 食物の保存は氷で行われているが、この供給すら間々ならず衛生状態が非常に悪い。
- 4) 夜間照明がないため夜間の治安の確保が難しい。
- 5) 一般に水汲みや薪集め作業が婦女子の日課となっており夜間に勉強したくても照明がないため勉強できない。

以上の事項は同地域の貧困削減、地域活性化や振興を妨げ住民の生活基盤の構築を遅らせる障壁となっている。このまま放置すると同地域が発展から取り残されるだけでなく、「カ」国内の地域格差がますます大きくなることが予想され、同地域の地域発展の観点から早期の電源確保が望まれている。

### 1-1-2 開発計画

「カ」国政府は世銀、IMF の指導のもと 2000 年に貧困削減戦略ペーパーの暫定版を作成し、その中で電化率向上を貧困削減の一手法とする観点から電力セクターの改革・強化が重要課題とされた。また、MIME は 2004 年策定の「エネルギーセクター開発方針」( Cambodia Energy Sector Strategy: 2004 to 2020 ) において、地方電化に関して以下の 3 点を基本政策としている。

- ・ 各州の経済成長レベルに沿ったバランスの取れた開発を進める。
- ・ 経済的費用対裨益効果が最も高く、収益率 (EIRR) の最も良いスキームを採用する。
- ・ それぞれの州の相当数の村落に電力を供給する。

上記の基本政策に基づき以下の具体的な目標を掲げている。

#### 1) 地方電化の長期目標

- ・ 2030 年までに地方の 70% の世帯を電化する。
- ・ 2030 年までに 90% の村を電化する。
- ・ 至近年目標として 2010 年までに 25% の世帯 (約 7 万 5,000 世帯) への電力接続を可能にする。

#### 2) 短期目標

- ・ 2007 年までに発電電力量の 5% を再生可能エネルギーによる発電とする。
- ・ 2007 年までに 100 万軒の地方家庭に都市並の品質の電力を供給する。
- ・ 約 1 万軒の家庭に、水力・風力等の再生可能エネルギーによる電力を供給する。
- ・ 再生可能エネルギーシステムの持続的な市場を構築する。

#### 3) 地方電化の方法

- ・ 送電線の延長又は近隣諸国からの電力輸入
- ・ 独立電力システムの導入
- ・ 僻地では農村レベルでの独立電力システムの導入
- ・ 各家庭レベルでのピコ水力又は太陽光発電の導入
- ・ 村落レベルでのバッテリー蓄電システム
- ・ その他再生可能エネルギーによる発電システムの導入

### 1-1-3 社会経済状況

「カ」国は 1970 年代の長期にわたる内戦と混乱により国土が荒廃し、電力施設を含むインフラ施設や農業施設等の生産手段の破壊、技術者・知識人の喪失、労働人口の減少等に見舞われ経済も落ち込んだ。1991 年 10 月のパリ和平協定締結により内戦が終結し、1993 年 5 月の国連カンボジア暫定統治機構 (UNTAC) 監視下の総選挙を経て、政治的には安定

した状態となり、計画経済から市場経済へ移行した。「カ」国における産業構造は労働人口の約 7 割が農林水産業、約 1 割が工業、約 2 割がサービス業にそれぞれ従事している。1990 年以前は小規模な食品加工業、レンガ製造業、木材加工業等が中心であったが、市場経済体制に移行後、10 年足らずの間に同国の経済は急激な構造変化を遂げている。1993 年の市場経済化の開始以降、「カ」国では比較的高水準の経済成長が始まり、1994 年に 10.9%、1995 年に 5.9% の GDP 伸び率を記録している。しかし 1996 年以降、国内の政治不安、国際援助の停滞、アジア通貨危機の影響等により経済成長は減速し、1996 年から 1998 年にかけて GDP 伸び率はマイナスに転じている。1999 年以降は再び回復基調に転じ、2002 年には 5.6% の GDP 伸び率を記録しており、国民一人当たりの GDP は US\$291 となった。「カ」国の社会経済開発計画 (SEDP,2001-2005) では、2001 年から 2005 年の 5 カ年で平均 6% の GDP 成長率を想定している。

### 1-2 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要

「カ」国東北部のベトナム国境山間部に位置するモンドルキリ州センモノム口市（人口約 9,000 人、約 1,800 世帯）では電力不足が地域の発展を妨げている。同市では公共の電力供給は無く、小規模な民間業者がディーゼル発電及び水車による小規模な発電で主に朝夕のみ電力を供給している。また、全国送電網からの拡張計画にも含まれていない。そのため、自家発電設備を有しているレストランやゲストハウス及び一部の住民以外は、灯油や蠟燭及びバッテリーを使用せざるを得ない。この問題を解決するため、メコン委員会は 1999 年に同市周辺での小水力発電に関する調査を実施した。この調査結果を踏まえ、「カ」国政府は本計画地点における貧困削減を目指した生活改善のための電化事業として、我が国に対し小水力発電設備 3 箇所の建設（総出力 200kW、同市への送配電設備を含む）を無償資金協力案件として要請してきた。

### 1-3 我が国の援助動向

我が国は 1991 年のパリ和平協定以降、「カ」国の復興支援策の一つとして、電力設備の整備を積極的に進めているが、これまではプノンペン市やシェムリアップ市等の都市圏へ援助が主であった。都市部と地方部との地域間格差の縮小、地方部での貧困削減を目指した無償資金協力による地方電化は本プロジェクトが初めてとなる。表 1-3 に本プロジェクトに関連する我が国の協力案件を示す。また表 1-4 に電力セクター全般における実施済み無償資金協力案件を示す。

表 1-3 本プロジェクトの関連案件（我が国の協力案件）

案件名	実施年度	案件概要
1) 技術協力プロジェクト カンボジア電力セクター育成技術協力プロジェクト	2004～2007	カンボジア電力庁（EAC）の機能強化及びカンボジア電力公社（EDC）の配電保守及び事故対応能力の向上。EAC 及び EDC に各 1 名長期専門家派遣中、分野別に短期専門家派遣予定。
2) 個別専門家派遣	2004～2005	本基本設計調査のカウンターパートである鉱工業エネルギー省（MIME）に平成 16 年 4 月より電力計画指導として個別長期専門家 1 名を 2 年間の予定で派遣中。
3) 開発調査 i) 電力技術基準及びガイドライン整備調査  ii) 再生可能エネルギー利用地方電化マスタープラン調査	2002～2004  2004～2006	カンボジア電力技術基準の創設の元となる基本案の策定。結果を受けて平成 16 年 4 月に”General Requirements of Electric Power Technical Standards of The Kingdom of Cambodia” が法制化された。 将来とも全国送電系統に組み込まれる予定の無い地域を対象にした水力、風力等の再生可能エネルギーを利用する地方電化のマスタープラン作成。
4) 有償資金協力		特になし

表 1-4 実施済み無償資金協力案件（電力セクター）

案件名	実施年度	供与限度額	案件概要
プノンペン市電力供給施設整備・拡張計画	2004	3.59 億円	既設ディーゼルの燃料転換改造に必要な諸機材の整備
シェムリアップ電力施設拡張計画	2002～2003	21.31 億円	3.5MW×3 基のディーゼル発電機等を整備
第 2 次プノンペン市電力供給施設改善計画	1998～2001	34.64 億円	配電網等を整備
プノンペン市電力供給施設改善計画	1994～1995	40.80 億円	5MW×2 基のディーゼル発電機等を整備

#### 1-4 他ドナーの援助動向

表 1-5 に他ドナーによる地方電化に関する援助の実績と計画を、また、表 1-6 に電力セクター全般の他ドナーによる無償資金協力の実績及び計画を示す。

表 1-5 他ドナーによる地方電化援助案件

案件名	実施年	援助機関	形態	金額 (百万 US\$)	案件概要
地方電化と送電プロジェクト	2005～2007	ADB	ローン	46.1	送変電並びに配電網の建設及び増強、全国制御所の建設、及び技術協力等
		WB	ローン	40.0	
		ルウエー	無償	11.6	
		GEF	ローン	5.8	
地方電力供給プロジェクト	2004～2006	ADB	ローン	18.6	ディーゼル発電機の設置、配電網拡張及び技術協力等
		フランス	無償	3.2	
地方電化技術支援	1997	ADB	無償	0.45	8州の電力設備修復及び地方電化フィジビリティスタディ

表 1-6 他ドナーによる電力セクター援助案件（無償資金協力）

案件名	実施年	援助機関	形態	金額 (百万 US\$)	案件概要
タオカホット間送電線建設(予定)	2006～2007	ドイツ	無償	11.1	F/S の実施、送変電設備の建設
プノンペン及び地方配電網修復	1996～1998	フランス	無償	3.2	給電指令所及び変電所の設置、プノンペン市とシアムレ市の配電網整備
プノンペン配電網修復(第1次、2次緊急プロジェクト)	1995～1996	ベルギー	無償	1.6	プノンペン市の配電網の整備
プノンペン電力供給システム修復(No.1～No.3)	1993～1996	フランス	無償	5.2	C1 発電所の設置及びプノンペン市の配電網の整備
C3 発電所修復(第1次、2次緊急プロジェクト)	1993～1995	アイルランド	無償	2.3	C3 発電所のディーゼル発電機(3台)の修理及びプノンペン市の配電網の整備

## 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

本計画のカンボジア政府の実施機関は鉱工業エネルギー省（MIME）であり、水力発電セクターは図 2-1 に示すように鉱工業エネルギー省のエネルギー局・水力発電部に属する。MIME のエネルギー局の要員は 70 名で、うちエンジニアは 39 名である。また、モンドルキリ州地方局（DIME）の人員は 5 名のうちエンジニアは 2 名となっている。

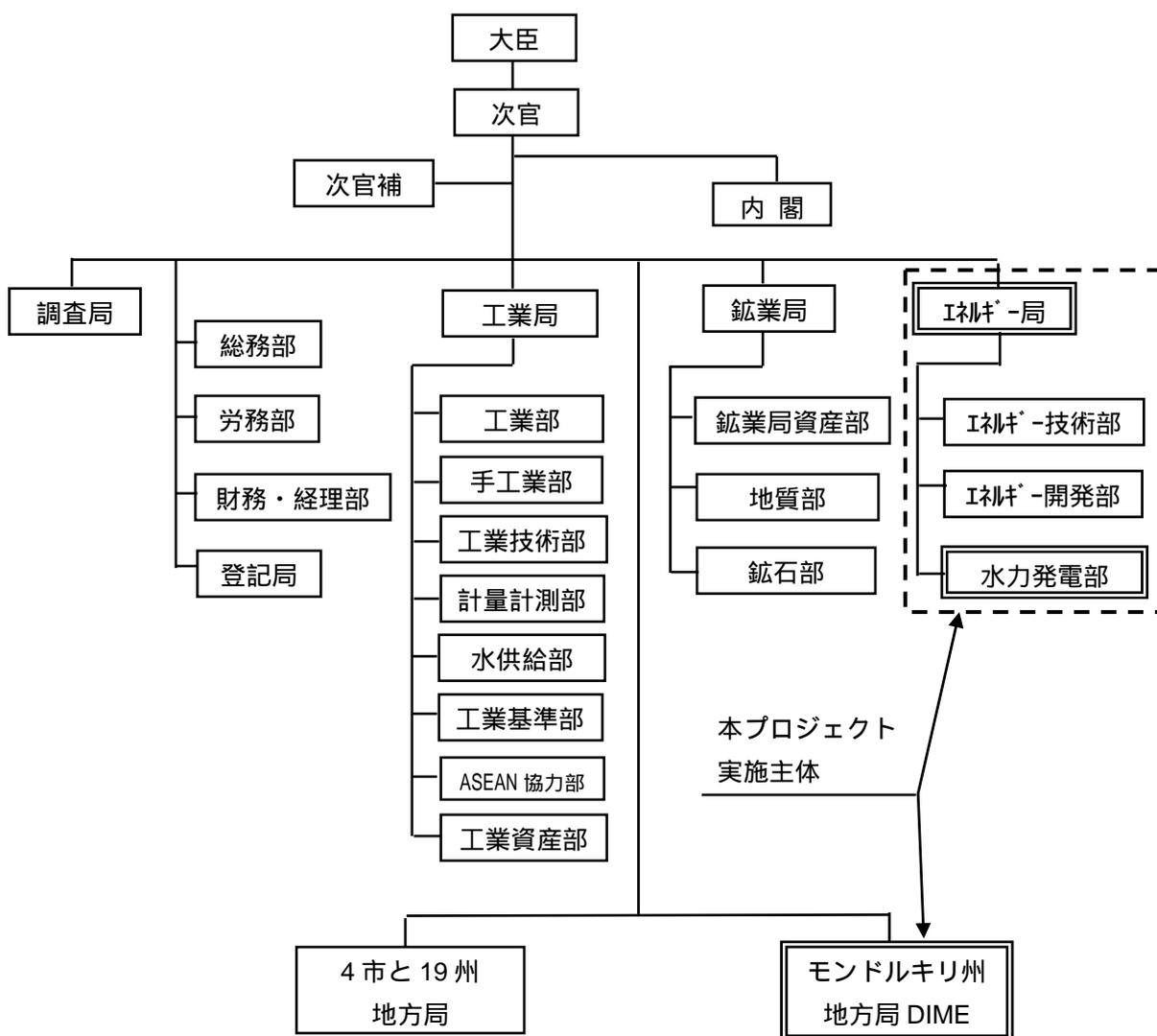


図 2-1 MIME の組織図

## 2-1-2 財政・予算

MIME の 2001 年、2002 年及び 2003 年の実施予算はそれぞれ 1.7 百万 US\$、1.8 百万 US\$及び 2.1 百万 US\$であった。これらの予算は十分ではないが、「カ」国の現状の経済状況を考えれば最低限組織を維持可能なものと考えられる。MIME の 2003 年の実績決算書を表 2-2 に示す。MIME は本計画の実施に当たっての所要資金は別途、予算化を図る予定である。

なお、本計画完成後は電力収入により運営組織の独立した会計により管理運営される。

表 2-1 MIME の財務状況（2003 年）

(単位：千 US\$)

支出分類	計	中央管理	州/市の計
経常支出 計	2,099	1,145	954
1. 一般経費	1,795	974	821
人件費	678	302	376
管理、運営、資機材調達	1,117	672	445
2. 支払利息	0	0	0
長期、中期、短期利息	0	0	0
3. 公共サービス	304	171	133
経済セクター	269	154	115
社会、文化セクター	35	17	18

1US\$ = 3,885 リル (2004 年 6 月から 11 月までの平均値) で換算

## 2-1-3 技術水準

1975 年から 79 年にかけてポル・ポト政権時代に多くの技術者や知識人の命が奪われ、内戦終了後も人材不足と資金不足で修学レベルは高いとはいえない。「カ」国の一般的な技術系教育課程は表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 「カ」国の技術系教育課程

大学修士課程 (Master)	2 年
大学学士課程 (Enginner)	3 年
技術専門学校 (Technical School)	2 年
一般教育課程 (Government School)	12 年

「カ」国内においては小水力発電の実績が少なく、MIME は電力行政機関としての電力供給事業の監理、監督機能は持っているものの、直接的に電力事業を運営・管理する機能、経験は乏しい。また、新たに設立される組織の要員は、電力施設の運転、維持管理につい

ての経験や技術力を有していない。

また、EDC は、職員の研修用として独自の研修所を保有し、送配電建設技術、メーター読み取り作業、安全管理、電力保護装置技術、ディーゼル発電設備に関する基礎コースが準備されているが、水力発電に関するコースは設置されていない。

これらの状況から判断して、事業の運営・管理、維持管理要員の運転・保守に関する OJT 並びにソフトコンポーネント等の技術支援を行えば、本計画で設置される電力設備の運営・維持管理は「カ」国側によって適切に実施されるものと考えられる。

## 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) 港湾

本計画の船舶による資機材荷揚げは一般貨物の輸入が可能であるブノンペン港または「カ」国の唯一の外洋港であるシアヌークビル港（ブノンペンから約 220km）が考えられる。うち前者は乾期には河川水位が下がり荷揚げに影響を受ける。

#### (2) 交通・道路

ブノンペン市からセンモノロム市へは 2 車線舗装の国道 5 号線及び 7 号線でスヌールまで約 250km、そこから道幅 7~8m の未舗装道路で約 140km の位置にあり、総延長距離は約 390km となる。未舗装区間はラテライト路盤で雨期はぬかるむ。勾配は全般に緩やかだが、途中、5~7%勾配の区間がある。3 箇所の水力計画地点のうち、オロミス地点およびプレダクデュエル地点は共にスヌールからセンモノロムに通じる街道に隣接しており、それぞれセンモノロム市の手前 8km 及び 14km に位置する。オモレン地点はセンモノロム市街地より道幅約 3m の未舗装の市道で約 3km に位置する。現地への公共交通機関は 2004 年よりブノンペンとセンモノロムを結ぶ長距離定期バスも就航している。

なお、センモノロム市には軽飛行機が離着陸できる空港があるが、現在は使われていない。

## 2-2-2 自然条件

### (1) 流量調査

DIMEはJICA専門家の協力の下に 2003 年 5 月よりオロミス地点において流量観測を行っている。これまでのデータによると、オロミス地点の平均流量は  $2.0\text{m}^3/\text{s}$  であるが、渇水期である 2 月頃から 4 月頃の基底流量は観測地点で  $0.4\sim 0.5\text{m}^3/\text{s}$  程度となっている。

図 2-2 は日平均流量の年間流量時間曲線（ハイドログラフ）を示している。これより 11 月から 4 月までの流量が極端に少なく、乾期と雨期の違いが顕著に現れていることが分かる。

次に、年間の日流量を大きい順から並べ替えた流況図を図 2-3 に示す。図 2-3 より、平均流量が  $2.0\text{m}^3/\text{s}$  以上の日数は約 120 日、 $1.0\text{m}^3/\text{s}$  では約 200 日程度となる。

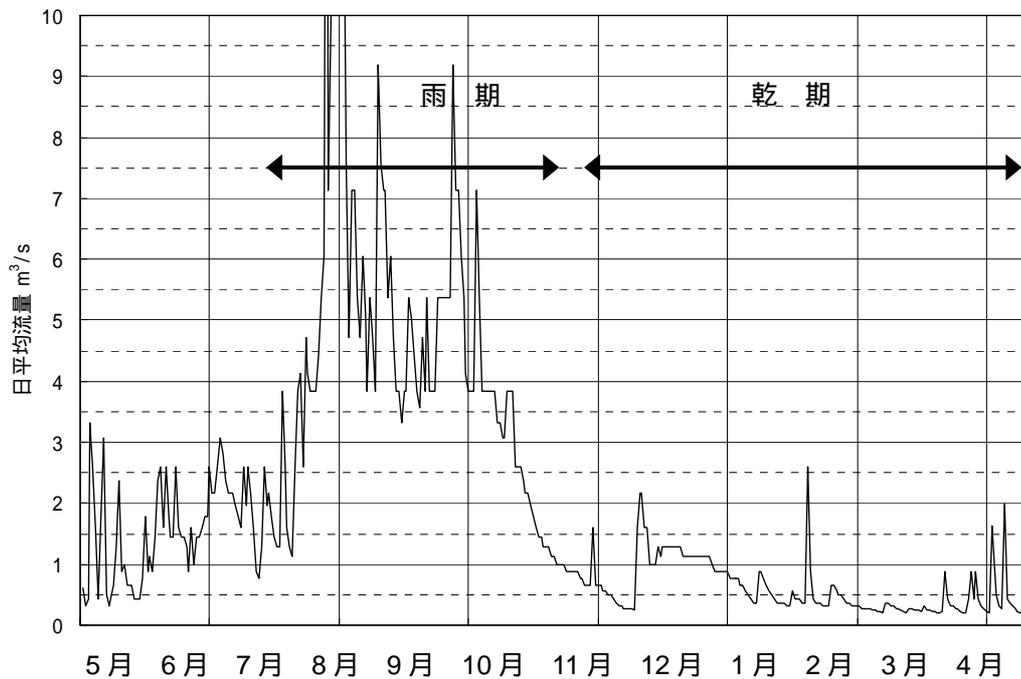


図 2-2 オロミス地点の日平均流量ハイドログラフ

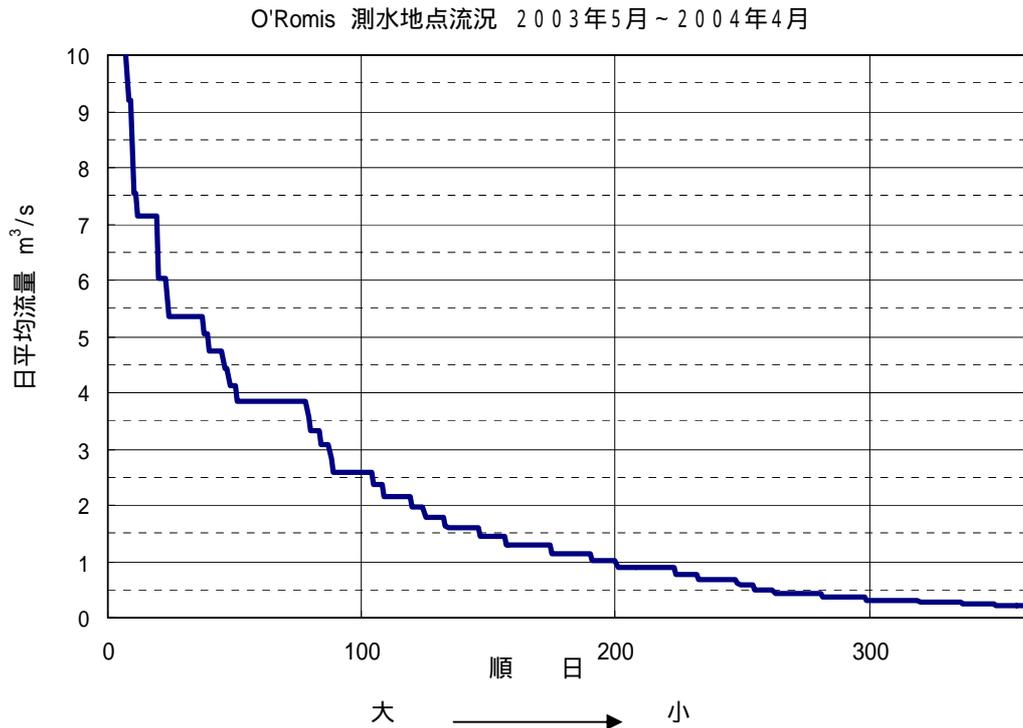


図 2-3 オロミス地点の流況曲線

(2) 地質調査

取水堰計画地点では、河川の洗掘により既に岩盤が露頭していることから若干の表土掘削をすることで新鮮な岩盤が露出すると考えられるため、取水堰の地盤としては問題ない。

水路ルート上の地質についてはサンプリング地点を踏査により決定し、サンプリング及び地質試験を実施した。調査項目は表 2-3 のとおりである。水路ルート上の地質はシルト質で地質がよいとは言えないことから、水路の施工においては地質を十分に配慮した設計と施工が必要である。

表 2-3 地質調査項目

No.	作業項目	単位	数量	備考
1.	地質サンプリング	M × 本	6.0m × 1 本	オモレン
			5.0m × 1 本	プレダクデュエル
			6.5m × 1 本	オロミス
			5.5m × 1 本	配電線スイッチャード*
			6.0m × 1 本	補助電源予定地
			5.0m × 1 本	配電線スイッチャード*
2.	室内試験	一式		圧縮強度 15 サンプル

### 2-2-3 住民の電化に対する意識調査

#### (1) 調査対象

調査対象は、モンドルキリ州センモノロム市の総世帯 1,400 戸のうち、配電が予想される市街地中心部の約 1,200 世帯及び公共設備、観光産業等の住民および電気利用者とした。

#### (2) 調査手法

インタビュー調査及びワークショップ、及び EDC 技師の協力による現状の負荷測定を実施した。郡や村に関する基礎情報収集は郡長や村長を対象にしたキー・インフォーマント（主要情報提供者）調査を実施した。キー・インフォーマントに対する聞き取り（インタビュー）調査は、村落や地域全体に関する基礎情報の収集、公共の電力需要を想定する上で重要であるだけでなく、次に述べる世帯調査の対象を確定するためにも必要である。キーインフォーマントの標本数は 13 とした。

住民に対する調査としては、世帯を対象としたインタビュー調査を実施した。インタビュー調査では、電化に対する希望、住民の電力需要、現状でのエネルギー（電気、薪炭、灯油等）に支払っている料金、支払意思額及び支払可能額、電気の供給を受けることが予定される裨益者数等を調査した。世帯調査の標本数は統計学上、信頼度 90%、目標精度 5%を満足する 241 世帯について一般家庭、商工業者、役所から抽出し実施した。

#### 1) 電化に対する意見

インタビューを実施した世帯の電化に対する意見は、表 2-4 のとおりである。電化により電灯の使用が増加すると答えた世帯が 92.2%を占めた。世帯の生計が改善すると答えた世帯は 91.8%を占めた。これらの値は、現状の電力利用が不十分であることを示しており、住民の電化に対する期待を示すものである。

表 2-4 電化に対する意識

項目	賛成 (%)	不同意 (%)	考えなし (%)
最も便利なエネルギー源である。	92.6	0.9	3.5
家族の健康を改善する。	89.2	3.0	4.8
危険である。	55.8	32.0	11.3
とても高価である。	48.1	34.6	16.9
電灯の使用が増加する。	<b>92.2</b>	1.3	3.5
豪華である。	86.6	4.3	5.6
夜にでも子供が勉強できる。	90.5	3.0	3.5
世帯の生計が改善する。	<b>91.8</b>	2.2	3.0
金持ちだけのものである。	37.2	49.8	12.6
手頃である。	83.5	3.5	12.1
夜間の安全性を高める。	91.3	1.3	4.3
製造業の鍵である。	87.4	2.2	6.9
夜の仕事もできる。	87.4	4.3	4.8
現状の灯りで満足である。	4.8	81.0	13.9
現状の熱源で満足である。	3.5	75.3	21.2
他の燃料よりも安い。	78.8	4.8	15.6

2) 電化の要望

新たに電化されることを希望する世帯は、図 2-4 のとおり 90%に達した。電化に対する意識は高く、配電により電気を購入する潜在需要が高いことを示している。

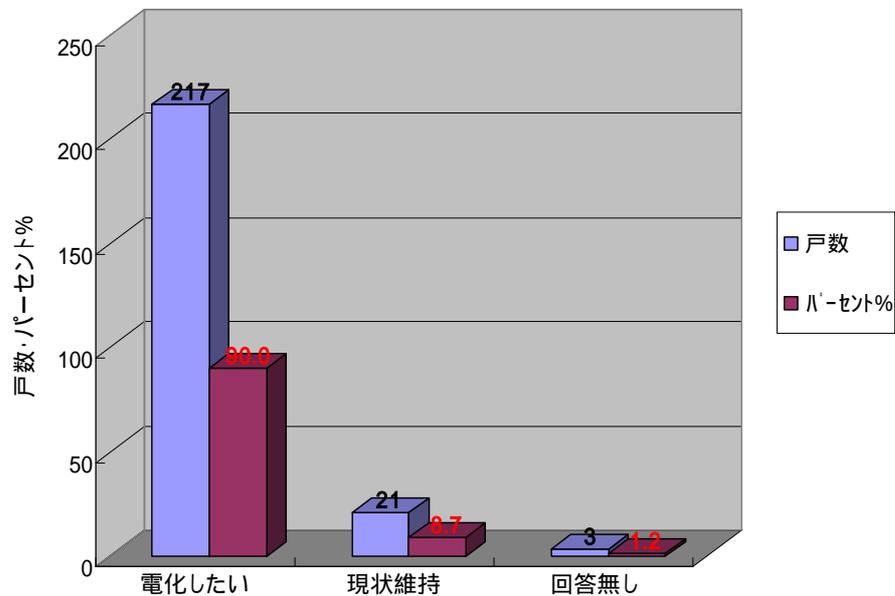


図 2-4 電化の要望

### 3) 電気使用目的

調査結果によれば、36.9%の世帯がテレビ及びビデオの利用を期待している。また、製材等のための電気工具類の利用も22.0%に達した。これらの世帯の多くが、バッテリーや自家発電機等を利用しており、安価で安定した電力の供給によるビジネスの活性化を要望している。

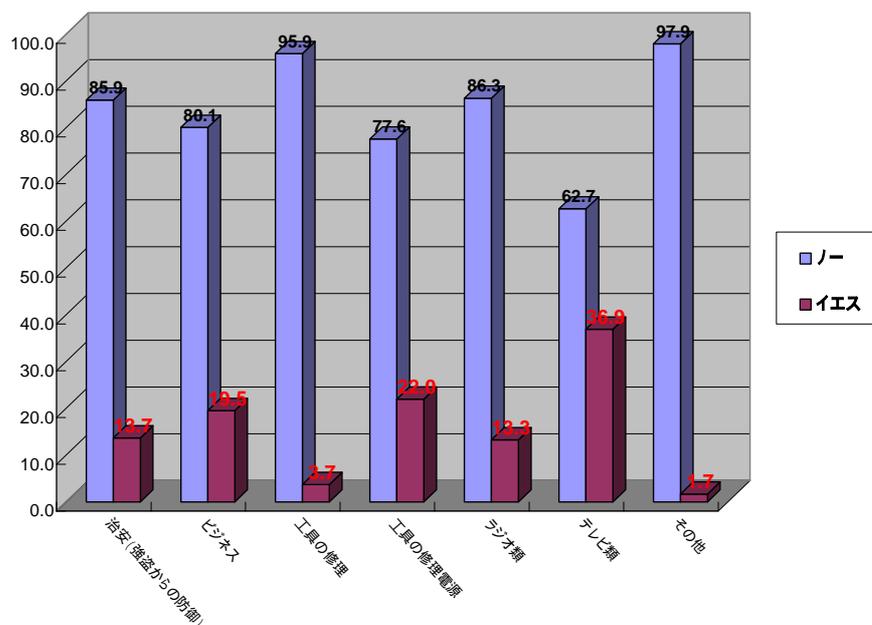


図 2-5 電気利用目的

### 4) 住民が支払い可能な電気料金

支払い意思額の調査によると、図 2-6 に示すように 200～3,000 リル/kWh (5.4～80.4 円/kWh) まで幅があり、平均は 590.8 リル/kWh (15.8 円/kWh) であった。そのうち約 50%の回答者がプノンペン平均である 700 リル/kWh (18.8 円/kWh) の支払いが可能としており、支払い可能な電気料金は 700 リル/kWh 程度と考えられる。一方、約 17%の回答者が 200～400 リル/kWh (5.6～10.7 円/kWh) の支払いが可能としており、低所得者層の支払い可能な電気料金は、300 リル/kWh (8.0 円/kWh) 程度であると推察される。

図 2-7 に電気を含む灯油やローソクなどの照明エネルギーに支出している費用の分布を示す。月当り支出は約半数の世帯が 10,000 リル以上を費やしているが、一方、5,000 リル (134 円) 以下が全体の約 3 分の 1 を占めている。このことから、低所得者層にとって、支払い可能な電気料金は月額で約 5,000 リル (134 円) 程度になると考えられる。

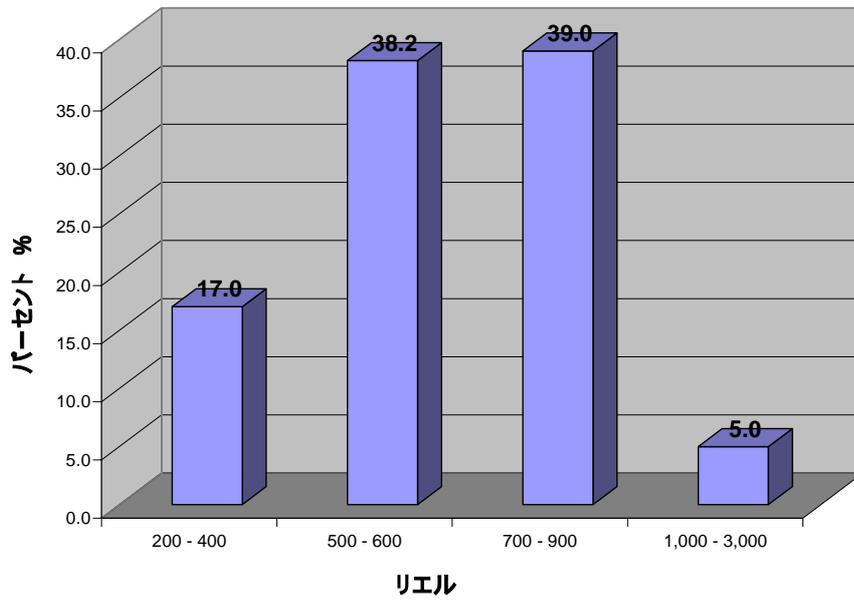


図 2-6 世帯調査による支払い意思額 (リアル/kwh)

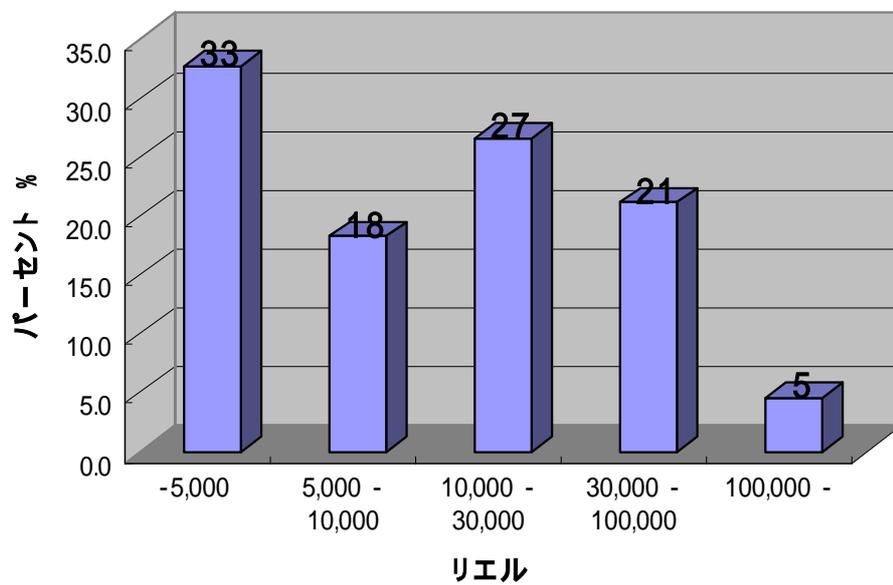


図 2-7 照明用エネルギー支出額 (リアル/月)

5) 裨益者数及び分布

調査対象地域の裨益世帯数集計は、MIME 担当者と配電線のルート調査と同時に行った。裨益世帯数は2004年末時点で約1,200世帯であった。標本の割合では、一般居住世帯が53%、商工業者および役所等が47%となった。1998年の国勢調査によると、センモノロム市の産業別人口の割合が第三次産業が46%であり、本調査結果と同じ比率であった。

## 2-2-4 既存の民間電力施設と電力需要状況

### (1) 全般

現在、センモノロム市で商業目的の自家用発電機を所有し、発生する余剰電力を一般需要家に売電している民間電気事業者はゲストハウス経営者と製氷業者の 2 者であるが、いずれも本計画完成後は一般世帯への電力の供給を予定していなく、製氷業者は本計画による電気の利用を望んでいる。

センモノロム市では新たなホテルの建設が始まっており、また予備調査で確認したゲストハウス経営のディーゼル発電施設は増設予定のため広い敷地に移設されており、僅か 1 年余りの短期間にもかかわらず電力需要が増加している様子が見て取れた。

上述からも、現在、民間電気事業者でまかなっている電力と今後の需要増加の見込みを勘案すると、当初要請の 200kW では既に電力を活用している住民に対する電力量のみで、新規に電力の購入を希望する地域住民への供給が出来なくなる可能性が非常に高い。

### (2) 現在の電力需要

現在の発電量及び電力需要について、調査対象となる地域の発電施設に対する聞き取り調査を行った。また、裨益者数及び分布は、現地踏査により配電可能な立地条件を勘案しながら計測した。

#### 1) 電化状況

現在、センモノロム市街地には 1,189 戸の世帯と 38 の役所等事務所、4 箇所の学校、16 のレストラン、17 のゲストハウス等計 1,264 の電気利用対象者が存在している。内、未電化の世帯は 812 戸で世帯総数の 68%に相当する。

図 2-8 に電化計画区域での対象者の割合を示す。

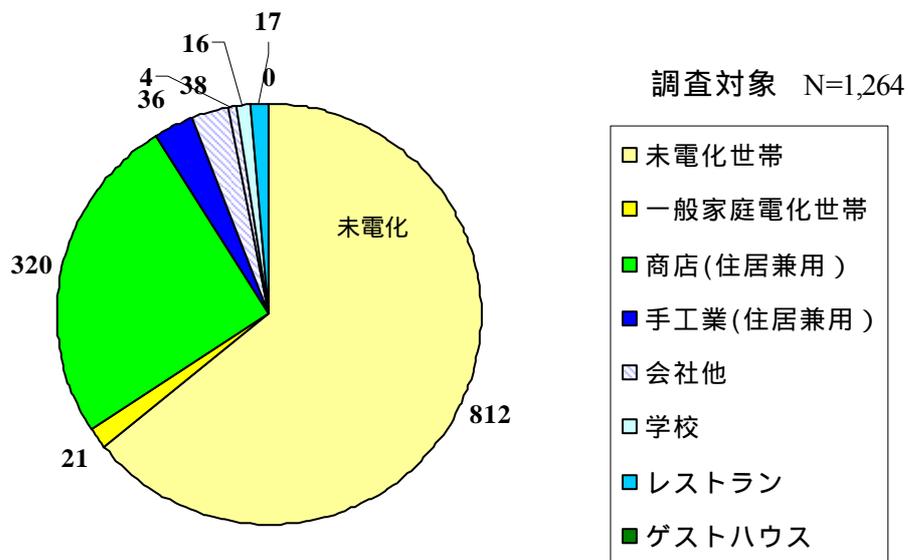


図 2-8 センモノロム市の電化状況

表 2-5 にセンモノロム市の利用者別の電化状況を示す。表 2-5 に示されるように、現在電化されているのは、住居兼商店、住居兼手工業者、事務所、レストラン、ゲストハウス等そのほとんどがビジネスに関連した利用者のみであり、一般家庭ではほとんど未電化状態であることが分かる。

表 2-5 センモノロム市の電化状況

項目	戸数	既電化戸数	電化率(%)
1. 一般世帯	1,189	377	31.7
(内 訳)			
一般家庭	833	21	( 2.5)
商店(住居兼用)	320	320	(100)
手工業者(住居兼用)	36	36	(100)
2. 役所・会社他	38	38	(100)
3. 学校	4	0	( 0)
4. レストラン・ゲストハウス	16	16	(100)
全体	1,264	448	35.4

注：( ) 値は各カテゴリー別の電化率を表す。

## 2) 電源元の内訳

表 2-6 に 2004 年 12 月時点での電気利用者別の電源元内訳を示す。

表 2-6 電源元内訳（電気利用者別）

項目	戸数	電源種別		
		配電のみ 利用	配電 + 自家 用発電機	自家用発電 機のみ利用
一般世帯	21	21	0	0
商店（住居兼用）	320	320	0	0
手工業者（住居兼用）	36	21	14	1
役所及び会社他	38	10	12	16
学校	0	0	0	0
レストラン	16	16	0	0
ゲストハウス	17	0	16	1
合計	448(100)	388(87)	42(9)	18(4)
配電による供給数		430(96)		
自家用発電機保有者数			60(13)	

注：（ ）値は全戸数に対する比率を示す。

電源別では、製氷業者及びゲストハウス経営者による民間電気事業者 2 社からの配電による供給先が 430 件あるが、内、配電のみの利用者数は 388 件でそのほとんどが照明やテレビ等の軽負荷の利用者である。また、自家用発電機と配電供給の併用者は 48 件であるが、日中の事務業務や電動工具等を利用する手工業者及び深夜まで電気需要があるゲストハウス等からなっている。

併用の理由は民間電気事業者の供給時間が朝の 6 時から 9 時、昼の 11 時から午後 3 時、夕方の 5 時から夜の 11 時と時間制限があることや、日中の供給は民間電気事業者（内 1 社は製氷業者）が自社で消費するために供給出力が低いためである。

## 3) 現有の発電設備

現在、配電線による電力供給は前述の民間電気事業者はゲストハウス経営者と製氷業者の 2 社の民間の電力業者であり、その他として自家用発電機によるものがある。

表 2-7 に民間電気事業者 2 社及び現存の自家用発電機容量を示す。

配電線による供給能力は発電端で 170kW 程度、需要端で 150kW 程度と見積もられる。自家用発電機器の総容量は 60 戸で利用されており、その総量は約 500kW にのぼる。しかし、インタビューによる利用状況調査では、燃料費が高いため、ゲストハウスや一部手工業者（製材や修理等で用いる電動工具）を除き、あまり利用されていない。

表-2-7 センモノロム市の既存発電設備

項目	kW	推定 利用率 (%)	上限需要 推定値 (kW)	備考
民間（製氷業者）による配電	75	83	62	供給戸数 150 戸、実測値
民間（ゲストハウス経営）による配電	99	58	57	供給戸数 280 戸、実測値
自家発電 (学校、会社他)	241	5	12	緊急用のみの利用。利用実態があまりないため、利用率を 5%と推定。
自家発電 (ゲストハウス)	110	20	22	
自家発電 (手工業者)	138	30	41	稼動が昼間なので、余り夜のピークに影響がない。
計	663		194	

4) 現状の電力需要

保有電気器具の内訳

現在の 448 戸の電気利用者が保有している電気器具の総容量は 1,370kW であった。その内、一般家庭で日常的に一定利用される照明及びテレビ等は僅か 110kW 程度であり、ピーク時間帯に利用されにくい電動工具、ポンプ、充電器等が 700kW を占めている。

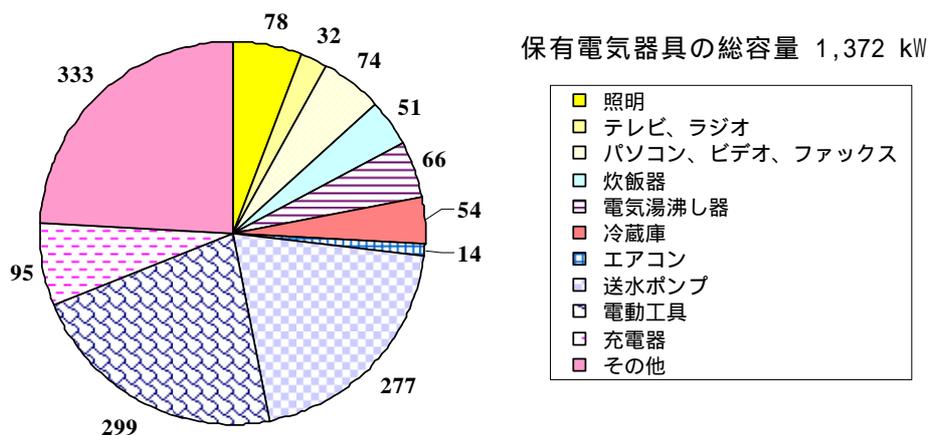


図 2-9 保有電気器具の容量

## 民間電気事業者の負荷測定結果

2 箇所の民間電気事業者より電力供給されている負荷の現状を知る目的でMIMEとEDCの協力を得て負荷測定を行った。2004年12月25日に電力が供給されている朝6時から9時、11時から15時、17時から23時の時間帯を20分毎に電圧と電流を計測し実負荷に換算した。

図 2-10 より最大負荷は約 110kW で午後 6 時から 7 時に発生することが分かる。朝と昼に製氷業者からの供給が少ないのは自社で使用しているためである。前述の手工業者及びゲストハウスの自家用発電機の所有率が高いのは夜間の供給だけでなく、昼間の電気も不足していることを裏付けている。

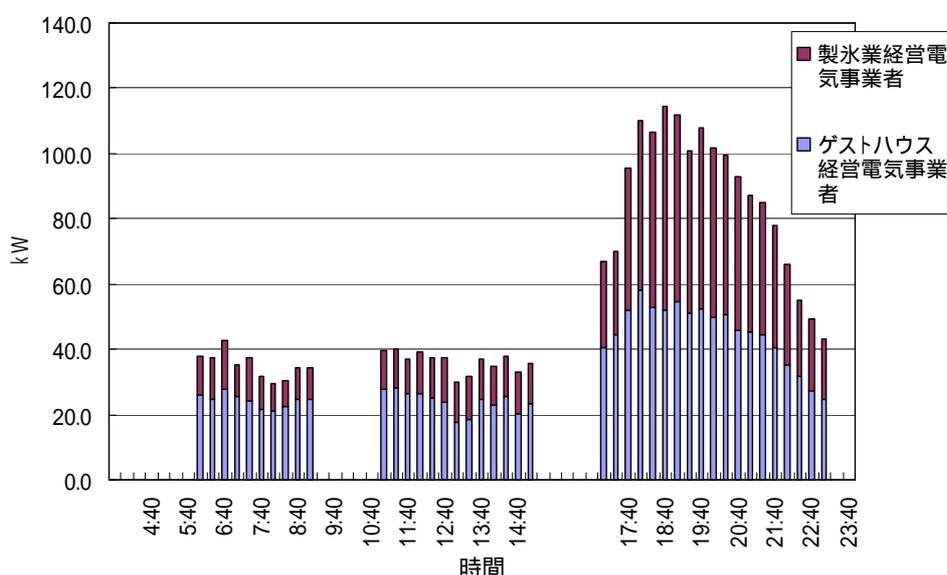


図 2-10 現状の電気負荷状況

### 日負荷曲線の推定

現在の電気利用者からの利用状況聴取、利用者の構成、使用電気機器及び民間電力事業者の給電の負荷測定結果等のデータをベースに各利用者カテゴリー毎の日負荷曲線を推定した。

#### a) 一般世帯

内訳：商店 320 戸、手工業者 36 戸、一般家庭 21 戸

現在の電気利用者はそのほとんどがマーケットの住居兼商店で、一般家庭はごくわずかである。ピークは午後 6 時台に発生するが、手工業については日中の作業時の負荷が目立つ。

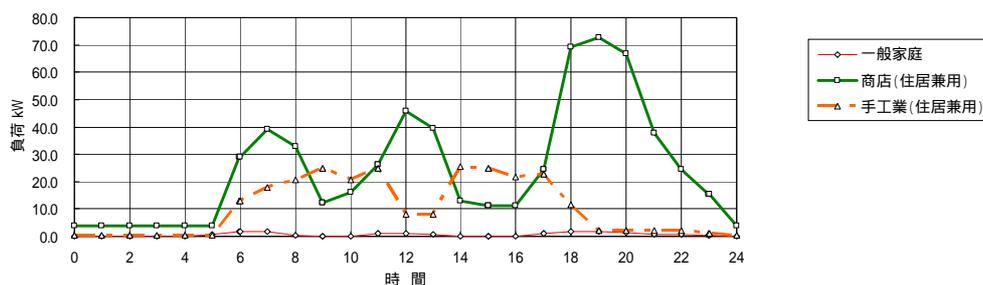


図 2-11 日間の電力需要パターン（一般世帯）

b) 事務所、病院及び学校

内訳：事務所（38 箇所） 病院（1 箇所） 学校（4 校）

役所や一般の事務所の需要パターンは主に日中の利用となり、夜間のピークと余り重ならない。4 校ある学校は未だ未電化である。

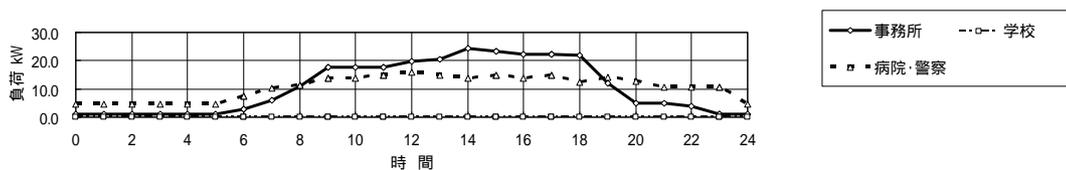


図 2-12 日間の電力需要パターン（事務所、学校、病院）

c) レストラン及びゲストハウス

内訳：レストラン（16 軒） ゲストハウス（17 軒）

ピークは午後 6 時から 8 時ころに発生する。

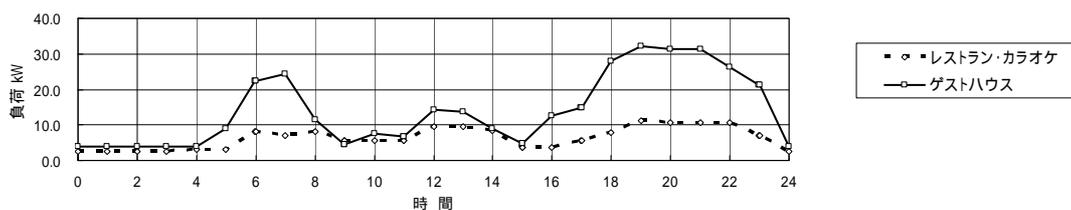


図 2-13 日間の電力需要パターン（レストラン、ゲストハウス）

需要パターン（日負荷）

以上の全需要家の負荷曲線を集計した結果、最大負荷（需要）は 152kW で午後 6 時から 7 時前後に発生する。

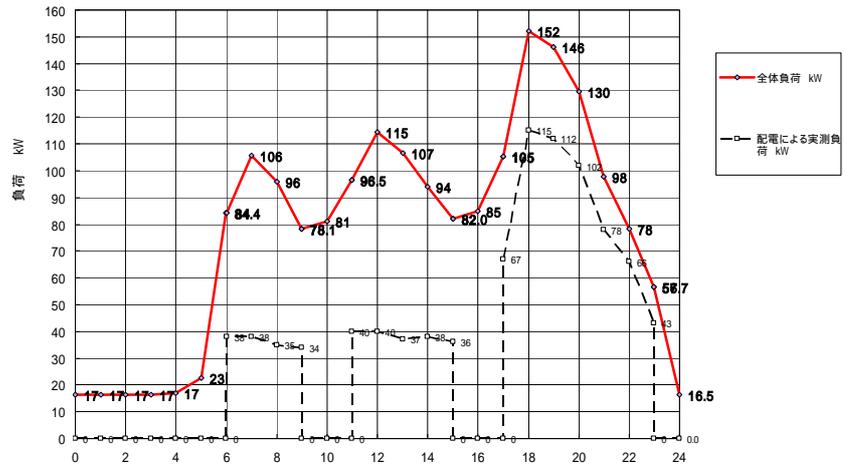


図 2-14 日間の電力需要パターン（全体）

## 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

「カ」国の電化率は約13%であり、インドシナ半島諸国の中で最も低い水準となっている。そのため、多くの地方村落は系統からの電力供給の恩恵を受けていない。こうした状況下、「カ」国政府は、今後積極的に地方電化を図ることによって、中期的には2010年に25%の電化率を達成し、地方部と都市部の格差是正、生活の改善、貧困削減を目指している。

本計画のプロジェクト目標は、「カ」国東北部のベトナム国境山間部に位置するモンドルキリ州センモノロム市に主に再生可能エネルギーである水力発電による電力を安定供給することであり、その上位目標は対象地域住民の生活環境を改善することにある。

本プロジェクトは、モンドルキリ州都センモノロム市において3箇所の流れ込み式小水力発電所からなる総出力370kW、乾期の補完電源(ディーゼル発電250kW)、22kV配電線、及び低圧配電線を建設し、計画目標年の2012年末に約1,650世帯、9,000人、及び約70ヶ所の公共施設の電化を達成するものである。

### 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

##### 1) 協力対象範囲に対する方針

計画の目標である「センモノロム市に電力を安定供給すること」を達成するため、小水力発電所を3箇所及び乾期の補完用電源としてのディーゼル発電所を設置し、送配電設備によりセンモノロム市街地に居住する世帯に電力を供給する設備を設置する。

##### 2) サイト選定に対する方針

水力発電所地点はこれまでの調査で有望とされているセンモノロム市南部山地のオモレン、オロミス、及びプレダクデュエル地点付近とし、本調査で得られた地形および水文情報を用いて、水力ポテンシャルを最大限に有効利用できる取水地点及び水路ならびに発電所サイトを選定する。また、乾期の補完用発電設備であるディーゼル発電所は需要地に近いセンモノロム市内に設置する。

##### 3) 設備規模に対する方針

本計画の運転開始年を2007年末と仮定し、その5年後の2012年末時点におけるセンモノロム市の需要を満たす設備規模とする。

(2) 自然環境条件に対する方針

3箇所の水力発電計画地点の内、オモレン及びプレダクデュエルには観光客が訪れる滝がある。設備の設計に当っては、滝を訪れる観光客に支障とならないよう、水路の埋設及び取水堰の位置等、環境に配慮した設計を行う。また、観光シーズンである乾期は、前述のとおり、午前9時から午後4時まで、発電所の運転を制限して、滝への放流を行う。

(3) 社会経済条件に対する方針

本計画地点は近年首都プノンペンからの道路が整備され、観光客の増加が著しく伸びて来ている。ゲストハウスの増加や新たなホテル建設等経済の発展の兆しが現れてきている。本電化計画によって電気の安定供給が図られるが、低所得者層が取り残されることなく電気の恩恵を被り、地域社会とともに発展が出来るような、電気料金システムを提案する。

(4) 建設・資機材調達事情に対する方針

本計画の建設に使用される土木建築資材はほとんど現地調達が可能である。また、一般的な建設機材についても首都プノンペンで調達が可能である。しかし、発電機、送配電資材については品質、維持管理等を勘案し、日本製、第三国製、現地調達について検討するものとする。

(5) 現地業者の活用にかかる方針

現場が僻地に位置することと、気象条件が雨期と乾期から成り立っていることから、工事を延滞なく完成させるためには、十分な建設機械及び熟練工を調達できる本邦の請負施工業者により確実に工事を進める必要がある。一方、現地業者は現在の首都プノンペンにおいてある程度育っていることから、これらを土木、建築、電気の各工事の下請け業者として本計画の建設工事に参加させることにより、事業費の低減を図るとともに技術移転も可能となる。ただし、諸施設の品質を確保し、建設工程を維持するためには、日本業者による施工監理、技術管理が不可欠である。

(6) 実施機関の運営・維持管理能力に対する対応方針

「カ」国側は本計画完成後の運営・維持管理は、MIME 及び DIME 並びに住民、地方政府による共同維持運営組織を設立して維持運営を行う意向である。しかし、現状の MIME 及び DIME の技術力では困難なため、ソフトコンポーネントによる技術習得を図るとともに、電力事業の運営維持管理技術のノウハウを所有している EDC との技術提携の可能性についても検討する必要がある。

(7) 送配電施設、機材等のグレードの設定にかかる方針

「カ」国の電力技術基準が2004年4月に制定された。本計画は基本的に基準に沿った施設及び機材とするが、同技術基準第29章「再生可能エネルギー、小型発電、小水力発電」に基準適用の緩和が認められている。本計画地点は規模が小さく、全国の送電系統に接続される可能性が低く、将来ともに独立した系統であるため、需要と供給に見合ったグレードを設定する。

(8) 工法・調達方法、工期にかかる方針

本計画は我が国の無償資金協力のスキームに基づき実施される。本計画の規模及び工期を考慮して、A型国庫債務負担行為案件とする。

第1年次： 実施設計

第2年次： 入札・契約、着工、建設 Term 1

第3年次： 建設 Term 2、竣工、ソフトコンポーネント

### 3-2-2 基本計画

#### 3-2-2-1 設備規模

(1) 需要予測

現在の電力需要実態をベースに本計画が投入された場合の将来の電力需要を予測する。

1) 条件

時期

- ・ 本計画による電力供与開始を2007年末とする。
- ・ 計画に採用する需要年は供与開始5年後の2012年末とする。
- ・ 需要予測は供与開始15年後の2022年末までとする。

対象者

- ・ 2004年末現在の利用者数は現地調査結果から事務所等も含め1,264戸である。
- ・ 世帯数の増加率は2003年年鑑(「カ」国計画省編)のモンドルキリ州人口予測値(2001年から2021年の各年)の増加率を適用した。

なお、「カ」国全国平均の人口増加率は2%前後であるのに対して、モンドルキリ州は約3.5%と大きい予測値となっている。

電化率

住民の意識調査によると約90%が電気の利用を望んでいる。発電規模や電気料金等を決める上で、現実的に達成が可能と思われる需要予測値を採用する。本調査では他地点の例とセンモノロム市の実態を考慮して、需要値の基本となる将来の電化率を想定した。

供与開始年の電化率は近隣諸国の実績から予測して 70%とし、その後年 2%の割合で増加し 2012 年末には電化率 80%に達し、それ以降は年 1%の割合で増加し、2022 年には電化率 90%に達するものと設定した。

#### 電化当初の一般家庭の需要

電化の導入世帯は低所得世帯層と考えられるため、負荷は照明やラジオ等の軽いものとなる。本調査では 1 世帯あたり負荷 0.08kW(80 ワット)が午後 6 時台のピーク時間に発生するものと設定した。

#### 生活向上による需要増化率

生活レベルの向上分として 2003 年に MIME が世銀の援助でまとめた地方電化アクションプランに記載されている「期待される経済成長率 6%」を適用する。

#### 観光産業の伸び率

前述の社会状況調査の結果ではセンモノロムを訪れる観光客数が 2001 年から 2004 年 7 月で 7 倍に達していることが報告されている。この急激な伸びは暫く続く事が予想されるが、将来、いずれ安定するものとして、年率 10%を設定した。

## 2) 解析結果

2004 年末時点の日負荷曲線を元に各年毎の計算を 2022 年末まで行った。主な結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 電力需要予測結果概要

項目	電化率 (%)	最大負荷 (kW)	年間消費電力量 (MWh)
2004 年末 (現在)	32	152	696
2007 年末 (供与開始)	70	230	911
2010 年末	76	285	1,215
2012 年末 (供与開始 5 年後)	80	331	1,407
2017 年末	85	461	1,944
2022 年末 (供与開始 15 年後)	90	648	2,724

供給計画の対象年である 2012 年末の最大負荷は 331kW で現状の約 2 倍程度と推定される。

後述する所要の発電出力規模は、ここで得られた最大負荷値に送配電ロスと系統の安定確保及び故障時対応等の予備力を加えたもので約 400kW となる。

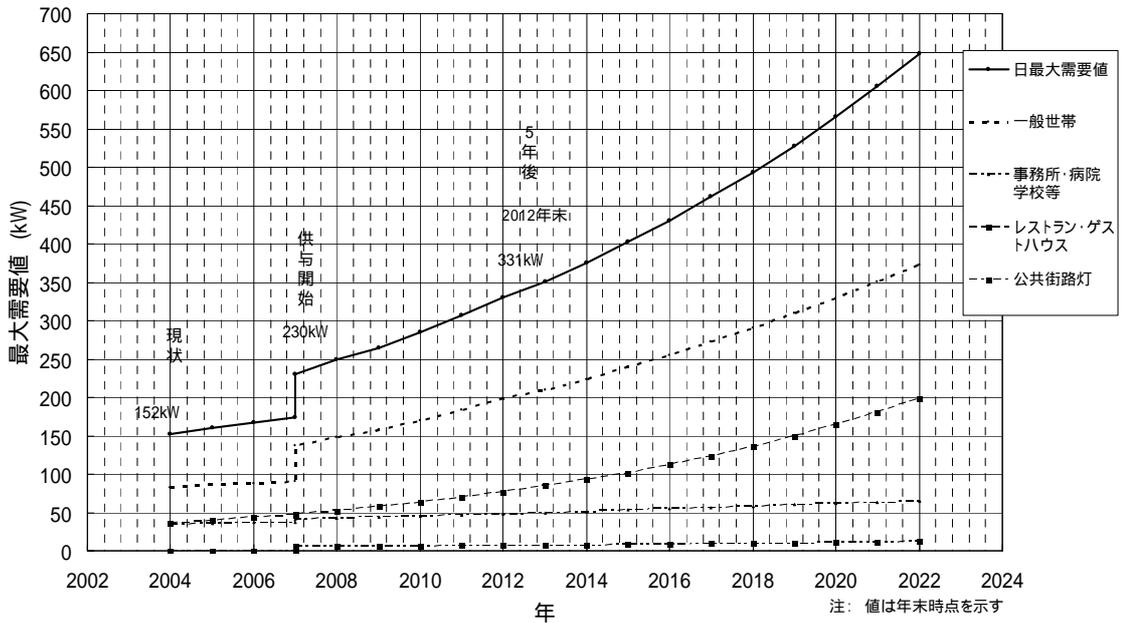


図 3-1 長期最大電力需要予測

また、計画対象年である 2012 年末時点での各需要家カテゴリー別及び全体の日負荷曲線は図 3-2 に示すパターンとなる。図 3-2 から最大負荷は午後 7 時前後に発生する事がわかる。

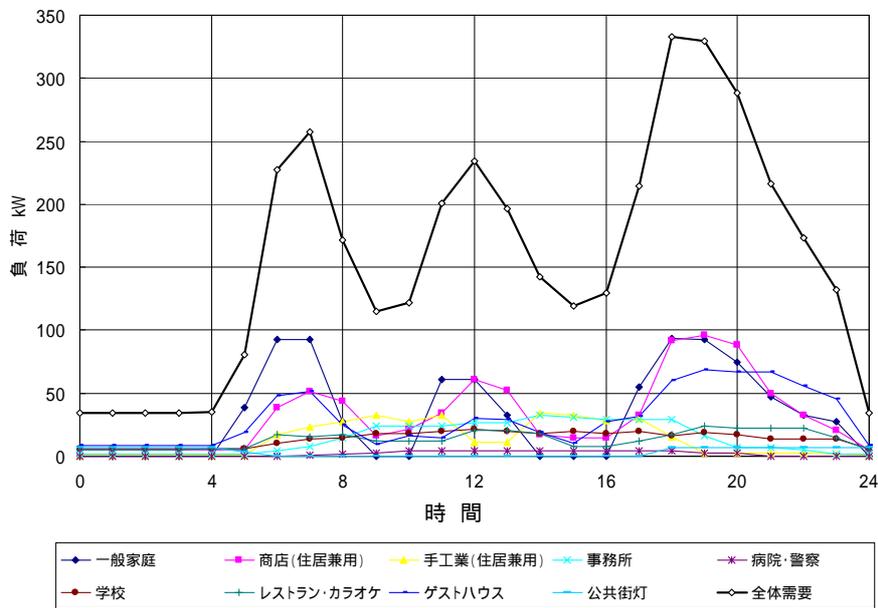


図 3-2 2012 年末時点の日間の電力需要パターン

表 3-2 及び表 3-3 に 2022 年までの各カテゴリー別の最大電力需要及び月間消費電力量を示す。

表 3-2 長期需要予測 (最大電力需要値)

長期需要予測

1: 最大電力需要値 (kW)

電気利用者数	1,264 件	電化導入当初の一般世帯当り kW	0.08	kW	
世帯数	1,189 戸		生活レベル向上による増加率		6%/年
(内、住居兼用の商店および工場世帯)	356 戸				
(内、一般家庭世帯)	833 戸				

備考: 値は年末時点を示す。

時点 年末	現在	供与開始			3年後		5年後			10年後				15年後					
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
一般世帯電化率	32	33	34	70	72	74	76	78	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
世帯数増加率% (人口増加率を引用)		4.7	2.2	4.3	4.2	2	3.9	3.8	3.6	1.8	3.4	3.3	3.2	3.1	3	2.9	2.9	2.9	2.8
世帯数(住居兼商店工場含む)	1,189	1245	1272	1327	1383	1410	1465	1521	1576	1604	1659	1713	1768	1823.1	1877.8	1932.3	1988.3	2045.9	2103
一般家庭電化世帯数	21	55	77	573	640	688	758	830	905	943	1,004	1,066	1,129	1,194	1,259	1,325	1,394	1,465	1,537
日最大需要(午後6時から7時) 増加率																			
A. 一般世帯																			
A1 一般家庭世帯	2	4	6	47	55	62	71	81	92	101	112	123	136	149	163	178	194	212	230
A2 住居兼商店	69	72	74	77	80	82	85	88	91	93	96	99	103	106	109	112	115	119	122
A3 住居兼工場	12	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17	17	18	18	19	19	20	20
小計	82	86	88	136	148	157	170	184	199	209	224	239	255	272	290	309	329	350	373
B. 事務所学校など																			
B1 役所、一般事務所など	22	23	23	24	25	26	27	28	29	29	30	31	32	33	34	35	36	38	39
B2 病院、警察など	12	13	13	14	14	14	15	16	16	16	17	18	18	19	19	20	20	21	22
B3 学校	0	0	0	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5
小計	34	36	36	41	43	44	45	47	49	49	51	53	55	56	58	60	61	63	65
C. 観光関連																			
C1 レストラン・カラオケ	8	9	9	10	11	13	14	15	17	19	20	22	25	27	30	33	36	40	44
C2 ゲストハウス	28	31	34	37	41	45	49	54	60	66	72	80	88	96	106	117	128	141	155
小計	36	39	43	48	52	58	63	70	77	84	93	102	112	123	136	149	164	181	199
D 公共街燈	0	0	0	5	5	6	6	6	7	7	8	8	8	9	9	10	11	11	12
計 (kW)	152	161	168	230	249	264	285	307	331	350	375	402	431	461	493	528	565	605	648
対前年増加率%		5.9	4.1	37.2	8.1	6.2	7.9	7.8	7.7	5.9	7.2	7.1	7.1	7.1	7.0	7.0	7.1	7.1	7.1

表 3-3 長期需要予測（月間消費電力量）

長期需要予測

2: 月間消費電力量

電気利用者数	1,264 件	電化導入当初の一般世帯当り kW 0.08kW 生活レベル向上による増加率 6%/年 観光業(ゲストハウス、レストラン)の増加 10%/年
世帯数	1,189 戸	
(内、住居兼用の商店および工場)	356 戸	
(内、一般家庭世帯)	833 戸	

備考: 値は年末時点を示す。

時点 年末	現在		供与開始 2007	3年後		5年後		10年後				15年後								
	2004	2005		2006	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
月間消費電力量 (MWh/月)																				
一般世帯電化率	32	33	34	70	72	74	76	78	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	
世帯数増加率 % (人口増加率を引用)		4.7	2.2	4.3	4.2	2	3.9	3.8	3.6	1.8	3.4	3.3	3.2	3.1	3	2.9	2.9	2.9	2.8	
世帯数(住居兼商店工場含む)	1,189	1245	1272	1327	1383	1410	1465	1521	1575.8	1604	1659	1713	1768	1823	1878	1932	1988	2046	2103.2	
一般家庭電化世帯数	21	55	77	573	640	688	758	830	905	943	1,004	1,066	1,129	1,194	1,259	1,325	1,394	1,465	1,537	
A. 一般世帯																				
A1 一般家庭世帯	0	1	2	13	15	17	19	22	25	28	30	34	37	41	45	49	53	58	63	
A2 住居兼商店	19	19	20	21	22	22	23	24	25	25	26	27	28	28	29	30	31	32	33	
A3 住居兼工場	8	8	8	9	9	9	10	10	10	10	11	11	12	12	12	13	13	13	14	
小計	27	29	30	42	46	48	52	56	60	63	67	72	76	81	86	91	97	103	109	
B. 事務所学校など																				
B1 役所、一般事務所など	8	8	8	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12	13	13	14	14	
B2 病院、警察など	8	8	8	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12	13	13	13	14	
B3 学校	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	
小計	16	16	17	19	19	20	21	21	22	23	23	24	25	26	26	27	28	29	30	
C. 観光関連																				
C1 レストラン・カラオケ	5	5	6	6	7	8	8	9	10	11	12	13	15	16	18	19	21	24	26	
C2 ゲストハウス	10	12	13	14	15	17	19	20	22	25	27	30	33	36	40	44	48	53	58	
小計	15	17	18	20	22	24	27	29	32	36	39	43	47	52	57	63	70	76	84	
D. 公共街燈	0	0	0	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	
Total	58	62	65	83	89	94	101	109	117	124	132	142	152	162	173	185	198	212	227	
対前年増加率%		7.4	5.1	27.1	7.7	5.9	7.5	7.5	7.4	5.8	7.0	7.0	7.0	7.0	6.9	6.9	7.0	7.1	7.1	
契約個数当り月間消費電力量 (kWh/月)																				
A. Household																				
A1 一般家庭世帯	22	22	23	22	23	25	26	27	28	29	30	32	33	34	35	37	38	40	41	
A2 住居兼商店	58	61	62	65	67	69	71	74	77	78	81	84	86	89	92	94	97	100	103	
A3 住居兼工場	216	226	231	241	251	256	266	276	286	291	301	311	321	331	341	351	361	371	382	
B. 事務所学校など																				
B1 役所、一般事務所など	240	251	257	268	279	284	296	307	318	324	335	346	357	368	379	390	401	413	424	
B2 病院、警察など	1,297	1,358	1,388	1,448	1,509	1,539	1,599	1,660	1,719	1,750	1,810	1,870	1,929	1,989	2,049	2,108	2,169	2,232	2,295	
B3 学校	0	0	0	281	293	299	311	322	334	340	351	363	375	386	398	409	421	434	446	
C. 観光関連																				
C1 レストラン・カラオケ	292	321	353	388	427	470	517	568	625	688	756	832	915	1,007	1,107	1,218	1,340	1,474	1,621	
C2 ゲストハウス	615	677	745	819	901	991	1,090	1,199	1,319	1,451	1,596	1,756	1,931	2,124	2,337	2,570	2,827	3,110	3,421	

(2) 発電計画

1) 計画に当たりの基本的考え方

再生エネルギーである水力資源を出来るだけ活用し、不足部分に対してのみ、補完電源であるディーゼル発電を行うものとする。

なお、ディーゼル発電は乾期の夜間のピーク時間帯の供給補完に加えプレダクデュエル地点及びオモレン地点の滝の観光放流（午前9時から午後4時）による発電制限時の代替電源となる。

2) 所要発電出力

前項で求められた2012年末の需要値を満足させる発電出力は送配電によるロスと系統の安定及び故障時等の予備力を加えた値となる。

ここでは以下の条件を設定した。

需要端における最大負荷

・ 最大負荷  $= 331\text{kW}$

送配電によるロス

我が国の場合、6%～7%程度と言われている。一方、途上国の送配電ロスの実態はおおむね15%以上である。本計画の場合は配電線が更新されることから保守技術のレベルアップを考慮して10%を採用する。

・ 送配電ロス  $= 331\text{kW} \times 10\% = 33\text{kW}$

・ 発電所端における最大負荷  $= 331\text{kW} + 33\text{kW} = 364\text{kW}$

系統の安定及び故障時等予備力

電圧及び周波数の安定化を図り、極力系統がダウンしないよう、また水力発電機の停止時の予備力確保として、最大負荷値の10%を採用する。

・ 予備力  $= 331\text{kW} \times 10\% = 33\text{kW}$

所要発電出力

$= 364\text{kW} + 33\text{kW} = 397\text{kW}$

**400kW**

以上から所要発電出力は400kWとなる。

### 3) 電源構成

#### 3 小水力発電所

水力発電による設備出力は最大負荷値の発電端出力相当の 370kW を確保するものとし、予備力(約 33kW)はディーゼル発電により確保するものとする。

なお、解析の結果、渇水時(95%流量)の3発電所の保証出力は合計で 150kW となる。

#### ディーゼル発電所

所要発電出力の 400kW から水力の保証出力を差し引いた値として、250kW の電源を設ける。

日間の運用パターン(2012 年末時点)

#### a) 通常期(渇水時期を除く期間:年間約 8 ヶ月)

通常 4 月頃から 12 月頃までの雨期を挟んだ期間は河川流量が豊富であり、水力発電はフル稼働が可能となる。ディーゼル発電は予備力として待機させる。

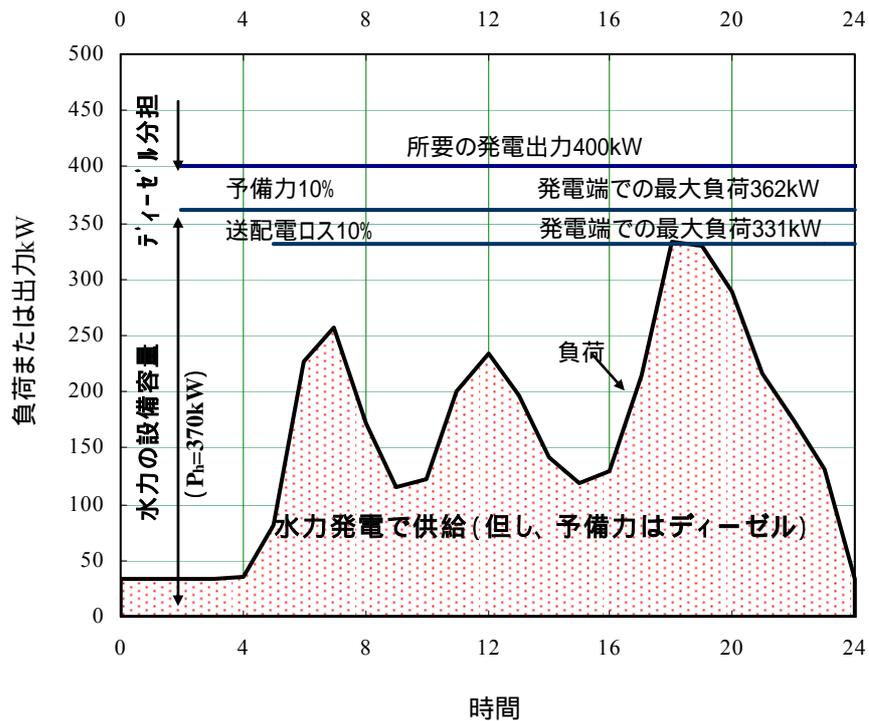


図 3-3 通常期の需要(負荷)と供給(発電)の関係

b) 乾期（11月頃から4月頃までの期間で河川流量が少ない時期）

下図は95%渇水時（347日流量）での水力とディーゼルの発電分担を示したものである。なお、オモレン及びプレダクデュエル地点の滝の観光放流のため、午前9時から午後4時まで発電制限を設ける。

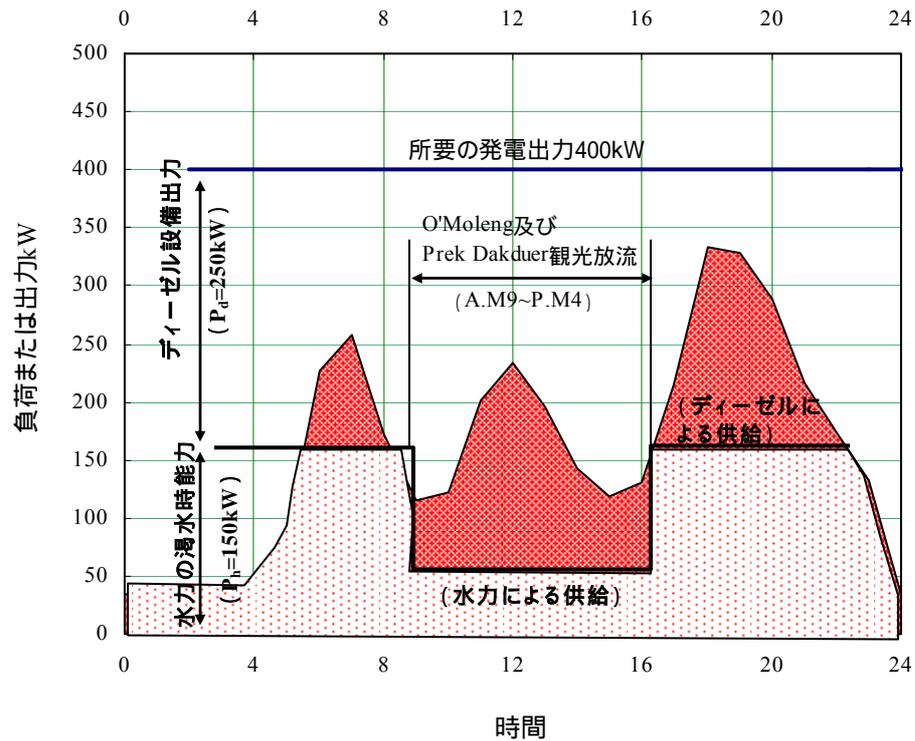


図 3-4 渇水期の需要(負荷)と供給(発電)の関係

4) 発電計画諸元

表 3-4 発電計画諸元

項目	単位	オモレン	オロミス	ブレダクデュエル	合計
流域面積	km <sup>2</sup>	50	38	59	147
年間平均流量	m <sup>3</sup> /s	2.86	2.17	3.38	
雨期平均流量(7月~10月)	m <sup>3</sup> /s	5.60	4.26	6.61	
渇水流量(95%、347日)	m <sup>3</sup> /s	0.60	0.46	0.71	
取水位	EL	613.0	647.0	622.0	
放水位	EL	591.0	616.0	605.0	
総落差	m	22.0	31.0	17.0	
有効落差	m	20.5	28.0	15.5	
最大使用水量	m <sup>3</sup> /s	0.94	0.70	1.10	
設備最大出力	kW	130	130	110	370
水車発電機台数	台	1	1	1	
水車形式		カヌー-	カヌー-	カヌー-	
導水路		-	コンクリート開水路	-	
断面	m	-	1.00×1.00	-	
延長	m	-	1,050	-	
水圧管路		埋設鉄管	明り鉄管路	埋設鉄管	
断面	m	1.00	1.00	1.00	
延長	m	480	100	530	
年間可能発生電力量	MWh	934	980	826	2,740
(上記の設備利用率)	%	82	86	86	
最大出力での運転可能日数	日	247	247	247	247
渇水時出力(95%流量)	kW	50	50	50	150
ディーゼル発電					
補完出力	kW	250	-	-	250
年間運転日数	日	365	-	-	365
年間消費電力量(需要端)	最大負荷 kW	年間消費電力量 MWh			計 MWh
		電源内訳			
		水力分	ディーゼル分		
2007年	231	750	241	991	
2012年(当初より5年後)	333	1124	283	1,407	
備考					
1. ブレダクデュエル及びオモレンの滝の観光放流による両発電所の運転制限を考慮した値。 期間：乾期の11月から4月の期間で、午前9時から午後4時まで、最低0.2m <sup>3</sup> /sの放流をする。					
2. 流量資料：オモレン測水地点2003年5月～2004年4月の実測値を流域面積で比例計算した値					

### 3-2-2-2 土木設備

#### (1) 取水堰

取水堰は、滝への観光客による行動範囲からは目視出来ない位置とし、比較的施工が容易で工事費の節減が期待できるコンクリート重力式を採用する。また取水堰完成後の上流部への背水による周辺環境への影響を考慮して、その高さを現河床から 5m 程度以下（堰高 6.0m 程度以下）となるように計画する。

取水堰には取水口、土砂吐き、及び沈砂池を併設し、運転・維持管理のために土砂吐き、取水口、沈砂池にはそれぞれゲートを設置する。

取水口及び沈砂池末端には水路への流木や落ち葉等の異物流入を防止するためにスクリーンを設置する。

#### (2) 水路

##### 1) プレダクデュエル及びオモレン発電所

プレダクデュエル及びオモレン発電所の水路ルートは自然林の中を通過する事になり、周辺樹木の伐採を極力少なくする。また、観光地である上、ヘッドタンク及び余水吐を設置するのに十分なスペースと地形的条件が得られないことや、一方、比較的水路延長が短い(約 457m 及び約 536m)ことから、水路構造物をすべて埋設鋼管として計画する。

##### 2) オロミス発電所

オロミス発電所の水路ルートは比較的水路延長が長い(約 1,037m) こと及び導水路ルートのほぼ全長が樹木伐採後の草地であり、ヘッドタンク及び余水吐の設置スペースが地形的にも得られることから、一般的な開水路として計画する。ただし、開水路への落ち葉、草木落下、ないしは人為的な異物の混入等を防ぎ運転開始後の施設の維持管理を容易にするために、開水路全長にコンクリート蓋を設置する。

開水路末端部(水圧鉄管路始点部)に一般的な地上式ヘッドタンク及び余水吐を設置し、ヘッドタンクからの越流水は余水吐を設置し余水路により排水する。余水路は斜面の侵食やすべりを起こさないように周辺地山の洗掘を生じさせない鉄管路式とする。ヘッドタンクから発電所への水圧管路は一般的な地上式鉄管路とする。

#### (3) 発電所基礎及び放水口

発電所は、一般に水車、発電機の主機器、付属機器、開閉装置、運転保守員の事務室等を収容するための鉄筋コンクリート基礎と建屋から成り立っており、主機器室がその主要面積を占める。また、発電所はその位置(地形、地質)により地上式、半地下式、地下式に分けられるが、小水力の場合はほとんど地上式に限られる。従って、本計画では 3 地点とも地上式発電所とする。発電所基礎は水車形式によりそれぞれの構造と

なるが、水圧管路及び水車・発電機を支持するとともに吸い出し管を固定させ、さらに上部建屋の荷重に耐え、かつ主機の振動に対し十分耐震的な構造でなければならぬため鉄筋コンクリート構造となる。放水路は、地形、地質により開水路、蓋渠及びトンネル形式があるが、小水力の場合は一般に工事費の安い開水路が望ましい。従って、本計画では3地点とも水路延長が短く地形的にも開水路(練石積)に適しておりこれを採用する。放水口は、河川への出口部となるので河川の流水や流砂により破損しないように放水口周囲の地形に応じ練石積で保護工を行う。

#### (4) 管理用通路

各施設の施工のために建設される仮設通路を、運転開始後は各施設の運転・維持管理の管理用通路(有効幅員3.00m)に改修して使用する。この通路は、既設一般道から取水堰及び取水堰から発電所までの水路沿いを利用して設置するものとする。新設される管理用通路は、一般道路又は観光客の滝への進入路から分岐する形で新設することになるので、管理用通路への入り口にはゲートを設け一般人の立ち入りを禁止するように計画する。

#### (5) 発電所建屋

##### 1) 小水力発電所建屋

一般的な地上式とし発電機器を収容する建屋として以下の点に留意して計画する。

- ・ 落石、放牧牛馬等からの機器保護
- ・ 気象条件、作業条件が厳しい地域での運転、保守に対する配慮
- ・ 予備品、消耗品等の保管
- ・ 蟻、蜂等からの機器保護
- ・ 換気口、窓等への防虫網の設置
- ・ 運転員、保守員の休憩室の確保

これらを考慮して規模を検討し、建屋基礎、柱、梁を鉄筋コンクリートとし、壁はコンクリートブロック造りとする。また、建屋の外観は周辺環境との調和を考慮してモンドルキリ州の伝統的な家屋デザインを採用する等、周辺環境に調和した景観設計を行う。

##### 2) ディーゼル発電所建屋

ディーゼル発電所はセンモノロム市郊外の居住地を外れた場所で、騒音、振動等による影響が少ない場所に設置する。発電所建屋はディーゼル発電機を風雨から防護するとともに保安対策上支障のない構造とする。建物基礎、柱、梁及び床は鉄筋コンクリートとし壁はコンクリートブロック造りとする。また、建屋の外観は周辺環境との調和を考慮して景観設計を行う。

(6) 屋内式変電所建屋

屋内式変電所はセンモノロム市内の2箇所に設置する。各建屋は変電設備を風雨から防護するとともに保安対策を考慮して計画する。構造は建屋基礎、柱、梁及び床を鉄筋コンクリートとし、壁はコンクリートブロック造りとし、鋼鉄性扉、屋内照明、窓及び換気口を設ける。また、変圧器及び22KV配電盤の基礎コンクリート及び床コンクリートにはケーブルダクトを設置する。

(7) 管理棟建屋

本計画は、3水力発電所及びディーゼル発電所(1箇所)の複数電源を有する系統による電力供給体制となる。そのため、センモノロム市内に管理事務所を設置して各発電所の運転状況の把握と指令、および事業運営管理を行う。これらの運営・維持管理要員を収容するとともに運転指令所としての管理棟建屋をディーゼル発電所に隣接して設置する。建屋の規模及び構造は次のとおりである。

- ・ 面積 : 189 m<sup>2</sup> (10.5m × 18.0m)
- ・ 構造 : 鉄筋コンクリート基礎及びコンクリートブロック壁
- ・ 付帯設備 : 給排水設備, 照明設備、フェンス、ゲート等

以下に土木設備の概要を示す。

表 3-5 オモレン 水力地点の主な構造物

No.	施設	単位	数量	備考
1	取水堰	式	1	堤高 5.5m、堤長 36m。含む取水口、取水スクリーン、取水ゲート
2	土砂吐	式	1	幅 2m。含む土砂吐ゲート
3	沈砂池	式	1	幅 2~4m、深さ 2~3m、総延長 26.25m 含む余水吐き(越流頂延長 10m)、スクリーン、排砂ゲート
4	水圧管路	m	457	鉄管路 φ1000~φ600mm
5	発電所建屋	棟	1	下部構造: 鉄筋コンクリート、上部構造: コンクリートブロック、平屋建、床面積 56m <sup>2</sup>
6	放水口	式	1	練石積、底幅 3m、深さ 2m

表 3-6 オロミス 水力地点の主な構造物

No.	施設	単位	数量	備考
1	取水堰	式	1	堤高 5m、堤長 32m 含む取水口、取水スクリーン、取水ゲート
2	土砂吐	式	1	幅 2m。含む土砂吐ゲート
3	沈砂池	式	1	幅 2~4m、深さ 2~3m、総延長 23.2m 含む余水吐き（越流頂延長 10m）、スクリーン、排砂ゲート
4	導水路	m	1,037	コンクリート開水路（内空 幅 1.0m、深 1.2m、延長 1,037m、勾配 0.1%）
5	ヘッドタンク	式	1	含む余水吐き、メッシュスクリーン、排砂ゲート、幅 4m、長さ 15m、深さ 5m
6	余水管路	m	80	鉄管路 φ800mm
7	水圧管路	m	80	鉄管路 φ600mm
8	発電所建屋	棟	1	下部構造：鉄筋コンクリート、上部構造：コンクリートブロック、平屋建、床面積 56m <sup>2</sup>
9	放水口	式	1	練石積、底幅 3m、深 2m

表 3-7 プレダクデュエル 水力地点の主な構造物

No.	施設	単位	数量	備考
1	取水堰	式	1	堤高 4.5m、堤長 48m 含む取水口、取水スクリーン、取水ゲート
2	土砂吐	式	1	幅 2m。含む土砂吐ゲート
3	沈砂池	式	1	幅 2~4m、深さ 2~3m、総延長 26.25m 含む余水吐き（越流頂延長 10m）、スクリーン、排砂ゲート
4	水圧管路	m	536	鉄管路 φ1000 ~ φ600mm
5	発電所建屋	棟	1	下部構造：鉄筋コンクリート、上部構造：コンクリートブロック、平屋建、床面積 56m <sup>2</sup>
6	放水口	式	1	練石積、底幅 3m、深さ 2m

### 3-2-2-3 水力発電設備

#### (1) 水力発電設備の基本計画

電気関係設備の設計に当たっては、経済性と運転・保守上の技術的容易性を考慮して選定する。

現在「カ」国で採用されている既設発電所や送配電線の採用電圧は下記のとおりである。

- ・ 送電電圧 : 22kV、3相3線式
- ・ 配電電圧 : 400/230V、3相4線式
- ・ 周波数 : 50Hz

水車発電機の設計に当たっては、完成後の保守運転を考慮してこれらの標準電圧を採用する。

以下に本プロジェクトにおける水車発電機及び運転制御方法について述べる。

#### 1) 水車機種を選定

水車機種を選定は、基本的には有効落差と使用水量によって決まる。

中落差用としてはフランス水車及びクロスフロー水車が適している。

しかし、フランス水車の場合、クロスフロー水車に比べ構造が複雑なため高価であり流量が小さく小型となれば製作が困難になりさらに高価となる。また小型ゆえ運転開始後のキャピテーション等による故障が発生した場合の修理が困難である。

これに比較し、クロスフロー水車は、中落差、小使用水量の場合、構造も簡単で、経済的なため、本計画に採用する。

水車の制御は一般的にはガイドベーンサーボモーターを設けて需要(実負荷)に応じた使用水量の自動調整及び速度調整を行う。

しかし、今回のような単機容量 100kW 前後の出力の場合、自動調整できるガイドベーンサーボモーターを採用すると機構が複雑となり保守がむずかしいこと、不経済となること等から以下の方式を採用する。

水量調整 : 流入量の許容範囲内で可能なかぎり満足できるよう、必要な都度、ガイドベーンを手動調整する。通常は季節による水量の変動に対し、雨期、乾期の調整が主であるが、場合によっては日変動のため1日1回程度とする。

速度調整 : 需要の増減に応じ回転数が一定となるよう、擬似負荷(ダミーロード)を放水口に設けて制御する。

入口弁 : 手動式の仕切弁を設けることとする。  
上部水槽には取水ゲートは設けないこととする。

この模倣負荷調速機（ダミーロードガバナ―）を採用した場合、調速機の故障発生時、無拘束速度に達しても機械的損傷等の問題のない設計とする。

## 2) 発電機の選定

発電機電圧は「カ」国での標準電圧である 3 相交流 400V とする。

回転数は一般的に高速回転機ほど体格が小さく重量が少ないため経済的である。これらを考慮して水車発電機の連結部には増速機を設け、発電機を高回転化することにより発電機を極力小型化し、経済性を図るものとし、発電機の回転数を 1,000 回転クラスで選定する。

## 3) 水力発電設備の運転制御方式

発電所の運転監視、制御は発電所に常駐する運転員により行い、基本的には常時継続・監視制御方式とする。

制御方式： 継続監視制御方式の無人発電所相当とし、発電機電圧は自動電圧調整装置（AVR）により自動制御する。

負荷制御： 水車発電機の負荷制御はダミーロードにより自動調整する。

## 4) 系統並列運転

水車・発電機は連続運転定格で設計され、発生した電力は変圧器を介して 22kV に昇圧し、22kV 送配電系統に接続される。一方、乾期あるいは水力発電所停止時は、別置されるディーゼル発電所（約 250kW）と系統並列運転をする必要がある。

従って、これらの 3 水力発電所はディーゼル発電所との並列運転可能な設備を設けるものとする。

## (2) 水力発電設備の設計

3 計画地点の水車発電機の設備出力は、土木設備の基本仕様（落差、使用水量）及び次の事項を勘案して、110～130kW とする。

- ・ 計画地点の河川流量及び有効落差等の調査結果から 110～130kW の発電所設備出力が確保できる。
- ・ 3 地点ともほぼ同一規模とすることにより、発電機及び水圧鉄管が同一仕様となり、経済的である。
- ・ 雨期と乾期の河川流量変動による発電能力は、乾期の流入量は雨期の約 1/3 に低下するため、この範囲の低流入量での発電可能な水車を選定する。

設計概要を以下に示す。

1) 機器設計概要

水車

- 型式 : クロスフロー型水車（貫流水車）  
 調速機 : 電子ダミーロードガバナーとして回転数が一定となるように擬似負荷の電流を電子回路により制御する静止型調速機を採用する。  
 フォールイン : 必要量のはずみ車を付属する（メーカ推奨値）  
 入口弁 : 手動仕切弁  
 定格 : 表 3-8 に示すとおり

発電機

- 型式 : 3 相交流ブラシレス同期発電機  
 周波数 : 50Hz  
 結線 : 3 相 3 線式  
 絶縁の種類 : 固定子（ステータ）巻線，界磁巻線ともに F 種絶縁とする。  
 定格 : 表 3-8 に示すとおり

配電盤

- 型式 : 屋内自立閉鎖垂直設置形（前面扉式）  
 制御保護装置 : 状態表示器、計器、スイッチ類、保護リレー、AVR 及び調速用制御装置、電磁開閉器等 1 式

表 3-8 水車、発電機の諸元

項目		オモレン	オロミス	プレダクデュエル
水車	台数	1	1	1
	有効落差 (m)	20.5	28	15.5
	最大使用水量 (m <sup>3</sup> /s)	0.94	0.7	1.1
	最大出力 (kW)	144	144	120
	回転速度 (rpm)	400	600	318
発電機	台数	1	1	1
	定格容量 (kVA)	180	180	150
	定格電圧 (V)	400	400	400
	力率	0.8	0.8	0.8
	回転速度 (rpm)	1,000	1,000	1,000
発電所設備出力 (kW)		130	130	110

水車発電機の総合効率は水車効率 78%、増速機効率 97%、発電機効率 93%程度は確保できるものとし、総合効率は 70%程度とした。

## 2) 運転制御方式

常時・継続監視方式とし、無人発電制御相当の機能で、常駐する運転員が起動・停止ができるもの。運転方法は、入口弁の手動操作で起動・停止ができ、運転制御盤から並列操作ができる方式とする。

## 3) 保護方式

発電設備の保護方式は、非常停止及び警報の2種類とする。

### 非常停止

保護継電装置により発電機主回路のしゃ断機をトリップさせ系統から切り離すとともに、手動により入口弁を閉鎖し、水車発電機を停止させ、始動回路をロックさせる。

また、運転制御盤に取りつけた集合故障・運転表示器にその故障種別を表示し、ベルにて警報を行い、運転員に認知させる。

故障が完全除去された後、手動で始動回路を復帰させ正常な状態に戻すことができる方式とする。

### 警報

警報故障発生時は、運転制御盤に取りつけた集合故障・運転表示器にその故障種別を表示し、ブザーにて警報を行い、運転員に認知させる。

ベル及びブザー警報は、一定時限後に自動的に停止あるいは、手動にて停止できるものとする。

### 3-2-2-4 ディーゼル発電設備

このディーゼル発電設備は、22KV 送配電系統に並列して接続され、その系統へ電力を供給するものである。本設備は下記の条件を十分満足する設備とする。

#### (1) 設計要領

##### 1) ディーゼル発電設備定格事項

種類	屋内用ディーゼル発電設備
定格出力	250KW (連続)
定格周波数	50Hz
定格電圧	400V 又はメーカー標準品電圧
始動時間	60 秒以内

##### 2) 使用条件

標高	600m
気温	最高 40°C 最低 10°C

##### 3) 電力系統との運転条件

乾期の渇水期あるいは小水力発電設備の一部停止時に、ディーゼル発電電力をその系統に供給できるもの

他の運転可能な小水力発電所と並列運転できるもの

電力系統に接続して、連続運転可能な設備であること

系統が全停止時にブラックスタートが可能な設備を有していること

##### 4) 運転制御及び保護方式

###### 運転制御方式

常時・継続監視方式とし、無人発電制御相当の機能で、常駐する運転員が起動・停止ができるものとする。運転に当たっては、運転制御盤からの遠方操作で起動・停止制御ができる全自動方式とするが、手動(試験)運転ができるように切り替えスイッチを設備するものとする。また、一般的に必要な運転データが記録できる装置を付属すること。(詳細は承認図段階とする)

## 保護方式

発電設備の保護方式は、非常停止及び警報の2種類とする。

### a) 非常停止

保護継電装置により発電機主回路のしゃ断機をトリップさせ系統から切り離すと同時にディーゼル発電機を停止させ、始動回路をロックさせる。

また、運転制御盤に取りつけた集合故障・運転表示器にその故障種別を表示し、ベルにて警報を行い、運転員に認知させる。

故障が完全除去された後、手動で始動回路を復帰させ正常な状態に戻すことができる方式とする。

### b) 警報

警報故障発生時は、運転制御盤に取りつけた集合故障・運転表示器にその故障種別を表示し、ブザーにて警報を行い、運転員に認知させる。

ベル及びブザー警報は、一定時間後に自動的に停止あるいは、手動にて停止できるものとする。

## 5) ディーゼル・エンジン

### 形式及び数量

立形直列水冷エンジン 4 サイクル 1 台

### 定格事項

- |          |                     |
|----------|---------------------|
| a) 定格出力  | 312kVA (連続)         |
| b) 定格回転数 | 1,000rpm 以下         |
| c) 定格電圧  | 400V 又はメーカー標準品電圧    |
| d) 使用燃料  | ディーゼルエンジン用重油        |
| e) 始動方式  | 圧縮エアー始動式又はセルモーター始動式 |
| f) 冷却方式  | ラジエター冷却方式           |

### 性能・構造及びその他の要求事項

- ディーゼルエンジンは発電機と直結し、共通台床上(ベース)に固定する。
- 音レベル  
機械側 1m 又は、排気消音機出口 1m における騒音レベルは、それぞれ 90dB (A 特性) 以下とする。
- 回転変動率  
定格負荷を投入又は遮断した場合の回転数の変動率は、過渡状態で(±)4% 以内、定常で(±)0.3%以内とする。

- d) 調速機  
電気式調速機を装着し、動作が安定かつ確実に、感度及び応答性の良いものとする。
- e) 燃料しゃ断弁  
燃料供給系統には、閉塞継電器により動作する非常用燃料しゃ断弁を準備する。
- f) 燃料貯蔵タンク  
長期連続運転（週一回の燃料補給インターバル）可能な容量の燃料貯蔵タンク（約 8,000 litter 容量）を設置し（地上方式）、点検口及び油面計、油面警報継電器等を準備する。
- g) 燃料補給ポンプ，弁類・配管等  
屋内に設置する常用燃料タンクへ補給するための輸送ポンプ・モータ類、配管、弁類、一式を供給するものとする。

#### 6) ディーゼル発電機

形式及び数量

保護形三相交流同期発電機

定格事項

- |          |                  |
|----------|------------------|
| a) 定格出力  | 312 KVA（連続）      |
| b) 定格回転数 | 1,000rpm 以下      |
| c) 定格電圧  | 400V 又はメーカー標準品電圧 |
| d) 定格周波数 | 50Hz             |
| e) 定格力率  | 80%（遅れ）          |
| f) 極数    | 4 極              |
| g) 励磁方式  | ブラッシュレス          |

性能・構造及びその他の要求事項

- a) 回転子（ロータ）  
ロータは、円筒回転界磁形とし、冷却方法はロータに取りつけた羽根によって冷却する自由通風形とする。
- b) 総合電圧変動率  
ディーゼルエンジンと組み合わせた発電機の総合電圧変動率は、（±）2.5%以内とする。
- c) 最大電圧効果率  
ディーゼルエンジンと組み合わせた発電機の最大電圧効果率は 30%以内とし、

2 秒以内に最終定常電圧の 3%以内に復帰するものとする。

d) 絶縁の種類

固定子（ステータ）巻線，界磁巻線ともに F 種絶縁とする。

7) 運転制御盤

運転制御盤は、屋内自立閉鎖垂直設置形（前面扉式）とし、すべての運転機能と保護、運転状態表示ができるものとする。補機関係の制御保護盤と並列置きとし、下記の盤構成とする。

運転制御盤	1 面（補機制御盤を含む）
系統並列用同期盤	1 面
直流電源盤	1 面

3-2-2-5 送配電線設備

(1) 設計方針

本計画の設計に当っては、MIME の技術体系に適応し維持・管理の容易さを考慮して、EDC 施設と整合性のとれた設計及び機器を採用し、高い安全性と信頼性を確保し、さらに将来の電力系統の拡充に対応できる融通性のあるシステム構成を基本方針とする。

1) 適用基準・規格

本計画で採用される機器・材料の設計・製作及び工場検査、試験等については下記設計基準、規格によるものとする。

- ・ 「力」国電力技術基準及びガイドライン（案）(JICA、MIME)
- ・ 日本電気学会規格調査会（JEC）
- ・ 日本電機工業会（JEM）
- ・ 国際電気標準会議（IEC）
- ・ 国際標準化機構（ISO）
- ・ その他の国際規格
- ・ メーカー規格

施設の工事は EDC の慣行及び規定又は「力」国で実施されている規則を考慮して施工される。また、工事従業者及び公衆に対する安全対策は本計画の下に監理される。

2) 使用電圧

「力」国の中電圧配電線系統の電圧は 22kV が採用されている。また、JICA の援

助にて電力技術基準及びガイドラインが作成され、中電圧配電系統の電圧を 22kV と制定している。

従って、本計画においても他の計画と同じく、中電圧配電線路は 22kV 設計とする。

表 3-9 使用電圧

種 別	電 圧
中電圧配電線	22kV
低電圧配電線	400-230V

### 3) 設計条件

本計画の電気施設に対する設計値はカンボジア電力公社 (EdC) の現行設計条件を参考にする。

表 3-10 送配電の設計条件

設計条件	適用項目	基準値
設計風圧	コンクリート柱	36kg/m <sup>2</sup>
	電 線	45kg/m <sup>2</sup>
	その他・資機材	36kg/m <sup>2</sup>
地中温度	最高	+25°C
弛度計算条件	最大弛度	75°C, 無風時
	最大張力	13°C, 最大風速
	常時張力 (EDS)	27°C, 無風時
	安全率	2.5, 最大張力時
		4.0, 常時張力時
太陽定数	最大太陽放射エネルギー	1,000W/m <sup>2</sup>
		0.8
		0.7

### 4) 設計基準

配電設備設計用の絶縁強度は表 3-11、表 3-12 のとおりとする。

#### a) 22kV 中電圧配電設備

表 3-11 中電圧配電設備の設計基準

項 目	基準値
電気方式	3 相 3 線式
定格電圧	22kV
最高電圧	24kV
衝撃波耐電圧	125kV
AC 耐電圧	50kV
短時間電流(1sec rms)	22kV
定格しゃ断電流	50kV
周波数	50Hz

b) 400V-230V 低圧配電設備

表 3-12 低圧配電設備の設計基準

項目	基準値
電気方式	3相4線式
定格電圧	400-230V
最高電圧	424-244V
衝撃波耐電圧	6,000V
AC耐電圧	2,000V
周波数	50Hz

5) 接地方式

配電設備の接地方式は表 3-13 のとおりとする。

表 3-13 接地方式

種別	方式
中電圧配電系統	非接地（発電端のみ低抵抗設置）
低圧配電系統	中性点直接接地

本計画の当該地区に建設予定の変電所及び柱上に設置される変圧器の低圧側中性点の設置は堅固に接地するものとする。

6) 許容最小離隔距離

a) 配電線路

「カ」国の電力技術基準及びガイドライン（案）を参考にする。

表 3-14 電線最下点からの最小離隔距離

種別	適用	離隔距離
22kV 配電線の地上高	道路横断	8.0m
	道路沿い	8.0m
	その他	5.5m
低圧配電線の地上高	道路横断	6.5m
	道路沿い	6.5m
	その他	5.5m

b) 作業離隔距離

安全作業を行うため、充電部との最小接近距離を表 3-15 のとおりとする。

表 3-15 充電部との最小接近距離

種別	最小接近距離
中電圧配電系統	0.46m
低圧配電系統	0.15m

7) 電圧変動率

配電線路末端あるいは需要家端における電圧変動率は表 3-16 のとおりとする。

表 3-16 需要家端における電圧変動率

種 別	電 圧	変動率
中電圧配電系統	22kV	±5%
低電圧配電系統	400 ~ 230V	+10% ~ -6%

(2) 対象地区及び施設

1) 対象地区

本計画の対象地区は、「カ」国の東北部に位置する、モンドルキリ州センモノロム市である。

2) 施設の概要

本計画で対象地区に実施される配電施設の概要は表 3-17 のとおりである。

表 3-17 対象地区に実施される配電施設の概要

No.	項 目	単 位	数 量
(1)	中電圧配電線の新設		
	架空配電線	km	30.52
	地中配電線	km	3.21
	合 計	km	33.73
(2)	低電圧配電線の新設		
	併架	km	16.47
	単独	km	14.17
	屋側配線	km	1.42
	地中線	km	1.63
	合 計	km	33.71
(3)	屋内変電所の新設	箇所	2
	100kVA x 2	kVA	200
(4)	柱上変圧器の新設	箇所	33
	10kVA x 8	kVA	80
	25kVA x 16	kVA	400
	50kVA x 9	kVA	450
	合 計	kVA	930
(5)	積算電力計	個	1,400
	単相 5/20A	個	1,210
	単相 10/30A	個	140
	三相 20/60A	個	50
	合 計		1,400
(6)	保守用車両	式	1
(7)	予備品	式	1

### (3) 配電設備

本計画において実施される配電設備の内容は下記である。

#### 1) 架空線支持物

架空線の支持物は PC 補強コンクリート柱とし、長さは中圧配電線用 12m、低圧配電線 9m とする。支持物はその支持基礎力を補強するため、コンクリート基礎にて補強する

支持物高さは下記の条件にて決定した。

表 3-18 支持物高さの検討

項目	中圧配電線 (m)	低圧配電線 (m)
径間	50	40
電線最低地上高さ	8.0	5.5
電線の弛度	1.01	0.77
電線の最低取り付け位置から最上部までの距離	0.25	0.25
電線地上高の余裕	0.74	0.98
支持物の根入れ	2.0	1.5
合計（必要支持物高）	12.0	9.0

#### 2) 碍子

22kV 中圧配電線にはピン碍子及び耐張碍子を使用し、電線は被覆バインド線にて碍子に固定される。ピン碍子は電線の引き通し部分、縁回し部分の電線支持に、耐張碍子は電線引き留めに使用される。

#### 3) 電線

架空配電線事故の原因は、その大部分が電線の混蝕と樹木との接触による短絡、地絡事故である。これらの事故対策として、樹木が多い、センノロモム市内は硬アルミ絶縁電線を使用する。また、プレダクデュエル、オロミス発電所から市内までは樹木の多い箇所を除いて、従来から使用されている裸電線を使用する。

主な電線の種類は次のとおりである。

##### 中圧架空配電線

絶縁電線: 架橋ポリエチレン絶縁アルミ導体電線、  
単芯(AAAC) × 50mm<sup>2</sup>以下

裸電線: 硬アルミより線 AAC 55mm<sup>2</sup>以下

##### 低圧架空配電線

架空ケーブル: 架橋ポリエチレン絶縁ビニールシース・アルミ導体ケーブル  
3 芯 × 70mm<sup>2</sup>以下 + 1 芯 × 70mm<sup>2</sup>以下  
3 芯 × 50mm<sup>2</sup>以下 + 1 芯 × 50mm<sup>2</sup>以下

#### 低圧地中配電線

地中ケーブル: 架橋ポリエチレン絶縁ビニールシース・アルミ導体ケーブル  
3 芯× 95mm<sup>2</sup>以下+ 1 芯× 50mm<sup>2</sup>以下

#### 4) 腕金

架空配電線は 1 回線水平配列とし、腕金は亜鉛メッキ・チャンネル鋼材を通しボルトにて支持物に取り付ける。

#### 5) ヒューズカットアウト・スイッチ

柱上変圧器設備の変圧器保護用の一次側はカットアウト・スイッチはドロップアウト型、24kV、100A とし、取り付けるヒューズは変圧器容量によって 6.3A,10A が使用される。

#### 6) 避雷器

避雷器の定格は 24kV、5kA とし、架空配電線路の末端、架空線路開閉器の負荷側及び地中ケーブルと架空線の接続箇所に設置される。

#### 7) 接地装置

電柱上に接地される配電用変圧器、避雷器、機器ケース、及びその他保安上必要な箇所は接地する。接地極は打ち込み式の銅被覆鋼棒を使用する。

#### 8) 積算電力量計

積算電力量計は屋外用、サイクロメータ型である。一般需要家は単相にて計量される。柱上変圧器の計量には変成器を使用する。

積算電力量計の仕様を下記に示す。

表 3-19 積算電力量計の仕様

項目	単相	3相	3相 (CT 付)
定格電圧	230V	230/400V	230/400V
周波数	50Hz	50Hz	50Hz
定格電流	5/20A	10/30A	5A
力率	0.7 - 0.98	0.7 - 0.98	0.7 - 0.98
精度	Class 2	Class 2	Class 2
読値	6桁	6桁	6桁

一般需要家用の単相計器は 3~5 台を集合計器箱に収納し需要家群の近くに設置する。

#### 9) 地中配電線路

地中配電線に使用するケーブルは、24kV架橋ポリエチレン絶縁アルミ導体ケーブル 3 芯× 90mm<sup>2</sup>以下とする。ケーブルの端末は、差込式モールドストレスコーン型で処理され、直線接続部は地中保護箱にて保護される。道路沿いに埋設する地中ケーブルは直接埋設方式とする。道路横断の埋設ケーブルは想定交通最大荷重に十分耐えられる鋼管によって保護される。

#### (4) 配電用変電設備

本計画に於いて実施される配電用変電設備は以下の 2 種類を採用する。

- ・ 屋内式変電設備
- ・ 柱上変電設備

屋内式変電所の建屋は新設して使用する。容量は 3 相 100kVA とする。柱上変電設備の容量は 3 相 10kVA, 25kVA 及び 50kVA の 3 種類とする。変圧器はヒューズ断路器、避雷器、計器箱と共に柱上に設置する。

変電設備の主要機器の仕様は以下のとおりとする。

##### 1) 変圧器

- ・ 型式: 3 相、無電圧タップ切替付き (±5%、5 ステップ)、屋内外型油入変圧器
- ・ 容量: 10kVA, 25kVA, 50kVA, 100kVA
- ・ 定格電圧: 一次側 22kV, 二次側 400-230V 3 相 4 線式
- ・ 結線 Dyn11
- ・ 冷却方式: 自冷式

##### 2) 22kV 開閉機器キュービクル

フィーダ・キュービクル及び変圧器一次回路キュービクルは 22kV 自立屋内閉鎖型である。フィーダ・キュービクルは負荷開閉器を使用する。変圧器一次回路キュービクルな負荷開閉器及び電力ヒューズを使用する。

- ・ 定格電圧: 22kV、50Hz
- ・ 開閉装置: 負荷開閉器
- ・ 630A フィーダ回路用
- ・ 200A 変圧器保護回路用、電力ヒューズ付き
- ・ しゃ断容量: 16kA (1.0 秒)

##### 3) ヒューズ・カットアウトスイッチ

- ・ 型式: 柱上取付型、手動、フック棒操作式
- ・ 定格電圧: 24kV

- ・ 定格電流: 100AT フレーム
- ・ 定格しゃ断電流: 10kA

#### 4) 避雷器

- ・ 型式: ZnO 型、屋外柱上取付型
- ・ 定格電圧: 24kV、50Hz
- ・ 定格電流: 5kA
- ・ 放電開始電圧: 79.9kV

#### 5) 低圧回路用分電盤

低圧回路分電盤は屋内壁掛け型パネルである。主回路の開閉装置はモールドケース型しゃ断器を使用し、フィーダ回路にはカートリッジ型ヒューズを使用する。

- ・ 定格電圧: 400 – 230V, 3 相 4 線式
- ・ 負荷開閉装置: 定格電流 630A (主回路)  
400A (フィーダ回路)
- ・ フィーダ回線数: 6 回路

#### 6) 低圧しゃ断器

柱上変圧器の 2 次側には低圧しゃ断器が取付けられ、低圧回路の保護を行う

- ・ 型式: MCCB
- ・ 定格電圧: 600V
- ・ 定格電流: 100AT

#### 7) メーターボックス (積算電力量計ボックス)

一般需要家用の単相計器は 3 から 5 個を集合計器箱に収納し需要家群の近くに設置する。3 相負荷の需要家には 3 相計器 1 個を計器箱に収納する。

#### (5) 屋内式変電設備接地工事

屋内式変電所に設置される電気機器及びその他保安上必要な箇所は 35mm<sup>2</sup>の銅帯又はケーブルで接地を行う。接地極は打ち込み式の銅被覆鋼棒を使用する。変圧器中性点の接地抵抗値は 10Ω以下とする。

(6) 通信設備 VHF FM Radio Set

各発電所及び管理用事務所との交信は以下に示す VHF FM ラジオ装置によって行うこととする。

- 1) VHF Base Station : 1 set
- 2) VHF Fixed Station : 3 sets
- 3) VHF Mobile Station : 1 set
- 4) VHF Portable Station : 2 sets
- 5) VHF Antenna : 4 poles

なお、VHF ラジオレシーバの周波数バンドは 136MHz～174MHz が「カ」国において利用可能となっている。

3-2-2-6 施設維持管理用調達機材

センモノロム市への電気の安定供給を常に維持するための作業用機材として、表 3-20 の施設維持管理用機材が必要となる。

表 3-20 施設維持管理用調達機材

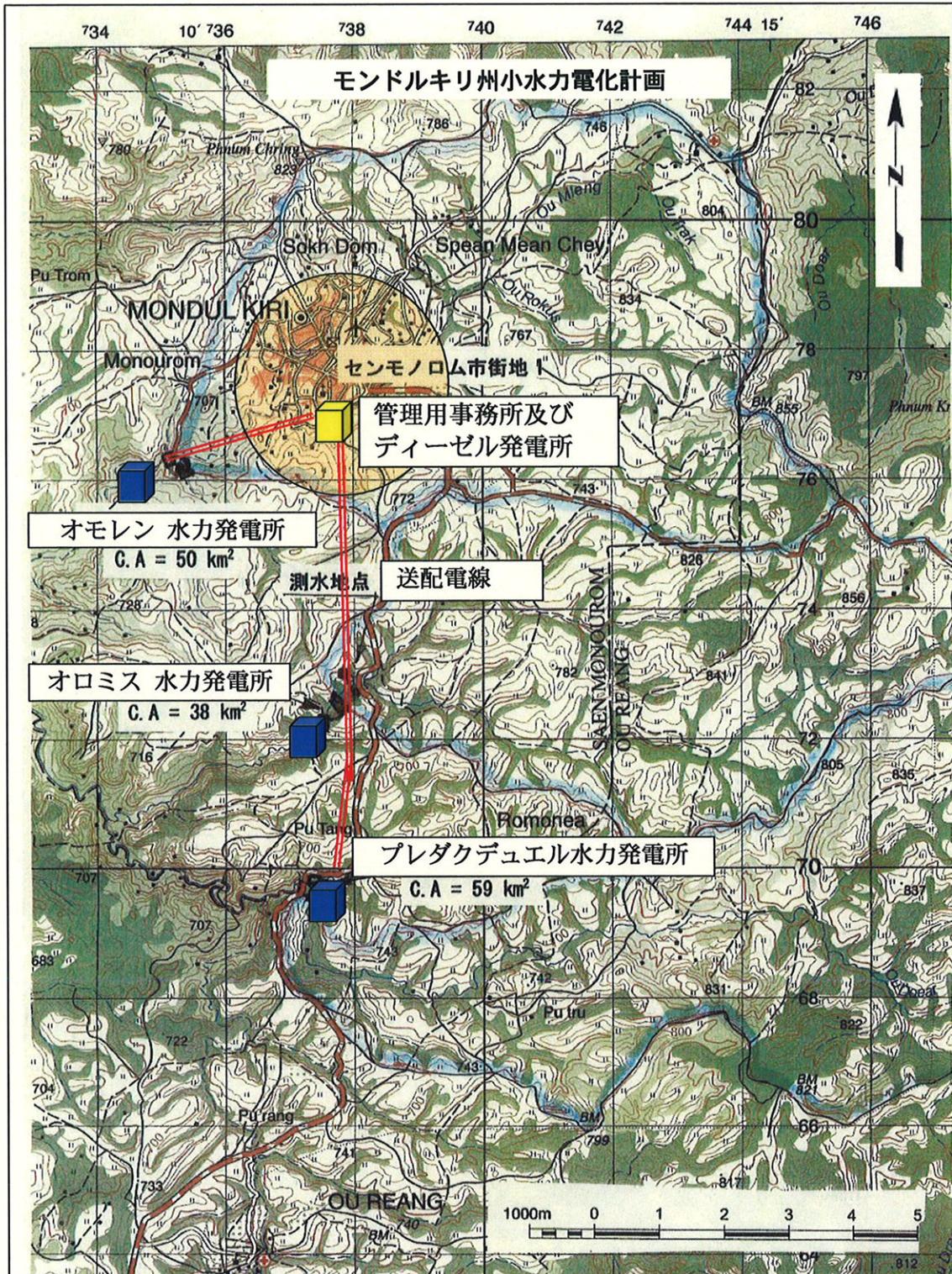
機材名	単位	用途
ピックアップタイプトラック	1台	施設の修理・補修及び巡回用
高所作業車	1台	電柱及び架線の修理補修

### 3-2-3 基本設計図

本計画の基本設計図は表 3-21 のとおりである。

表 3-21 基本設計図・図面リスト

No.	図面番号	名 称
1.	G-01	プロジェクト施設位置図
2.	C-M-01	オモレン 水力発電所 一般平面図、断面図
3.	C-M-02	オモレン 水力発電所 取水堰/平面図、断面図
4.	C-M-03	オモレン 水力発電所 発電所/平面図、断面図
5.	C-R-01	オロミス 水力発電所 一般平面図、断面図 (1/2)
6.	C-R-02	オロミス 水力発電所 一般平面図、断面図 (2/2)
7.	C-R-03	オロミス 水力発電所 取水堰/平面図、断面図
8.	C-R-04	オロミス 水力発電所 上部水槽・水圧管路・発電所/平面図、断面図
9.	C-P-01	プレダクデュエル 水力発電所 一般平面図、断面図
10.	C-P-02	プレダクデュエル 水力発電所 取水堰/平面図、断面図
11.	C-P-03	プレダクデュエル 水力発電所 発電所/平面図、断面図
12.	A-01	建屋位置図
13.	A-02	ディーゼル発電所、変電所、管理棟、建屋平面図
14.	E-M-01	オモレン、オロミス及び プレダクデュエル発電所 機器配置図(共通)
15.	E-M-02	オモレン、オロミス及び プレダクデュエル発電所 単線結線図(共通)
16.	D-01	ディーゼル発電所 機器配置図
17.	D-02	ディーゼル発電所 単線結線図
18.	TD-01	送配電線 ルートマップ
19.	TD-02	送配電線 系統図
20.	TD-03	送電線用柱 標準装柱図
21.	TD-04	変圧器搭載用柱 標準装柱図
22.	TD-05	変電所 単線結線図



G-01 プロジェクト施設位置図