


カンボジア国
鉱工業エネルギー省

カンボジア国
再生可能エネルギー利用地方電化
マスタープラン調査
ファイナルレポート
第4巻：プレフィージビリティ調査
(プレF S)

平成18年6月
(2006年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

 日本工営株式会社
株式会社 コーエイ総合研究所



独立行政法人 国際協力機構

カンボジア国鉱工業エネルギー省




カンボジア国

再生可能エネルギー利用地方電化 マスタープラン調査

ファイナルレポート 第4巻：プレフィージビリティ調査(プレFS)

平成18年6月

 日本工営株式会社

株式会社 コーエイ総合研究所

序 文

日本国政府は、カンボジア国政府の要請に基づき、同国再生可能エネルギー地方電化マスタープラン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10月から平成18年6月までの間、6回にわたり日本工営株式会社の片山陽夫氏を団長とし、同社と株式会社コーエイ総合研究所の団員から構成される調査団を現地に派遣しました。

調査団は、カンボジア国政府及び鉱工業エネルギー省関係者と協議を行うとともに、現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、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頂いた関係者各位に対し、心から感謝申し上げます。

平成18年6月

独立行政法人 国際協力機構
理 事 伊 沢 正



Japan International Cooperation Agency (JICA) Study Team

The Master Plan Study on the Rural Electrification by Renewable Energy in the Kingdom of Cambodia

Address: JICA Study Team, C/O Ministry of Industry, Mines and Energy

平成 18 年 6 月

独立行政法人 国際協力機構
理事 伊沢 正 殿

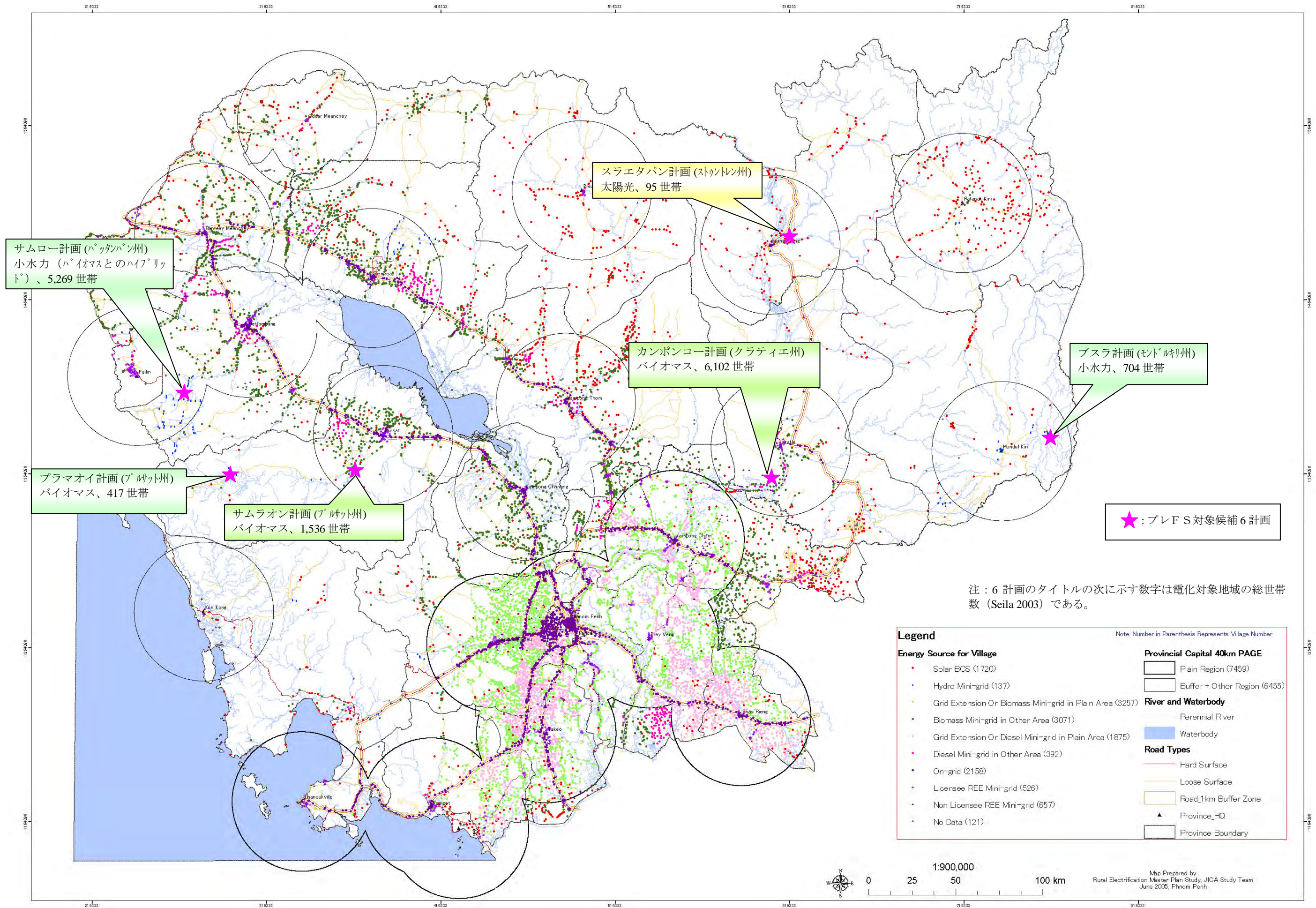
伝 達 状

カンボジア国再生可能エネルギー利用地方電化マスタープラン調査を終了致しましたので、ここにファイナルレポートを提出致します。日本工営(株)および(株)コーエイ総合研究所は、貴機構との契約により平成 16 年 10 月から同 18 年 6 月まで約 20 ヶ月にわたり本調査を実施しました。

本報告書では、カンボジア国地方電化セクターの 2020 年の達成目標を設定するとともに、その実現戦略と短期・中期推進施策を提言しました。政府主導の系統延伸による電化（オングリッド）と、その周辺地域での民間・住民主導のオフグリッド電化を 2 本柱としています。住民主導の電化事業啓蒙のため、本報告書に加えて電化マニュアルの住民向け図解版としてビジュアルガイド（英語・クメール語併記）を作成しました。本報告書とビジュアルガイドが、カンボジア国における地方電化率の向上および地方開発の一助となることを祈念致します。

本調査期間を通じてカンボジア国鉱工業エネルギー省（MIME）、カンボジア電力庁（EAC）、カンボジア電力公社（EdC）を初めとするカンボジア国政府の関係省庁から多大なご協力とご支援を頂いたことをご報告致します。また、在カンボジア国日本国大使館、貴機構本部、同カンボジア事務所・専門家の皆様より貴重なご助言とご協力を賜りましたことに厚く御礼申し上げます。

カンボジア国
再生可能エネルギー利用
地方電化マスタープラン調査団
総括 片山 陽夫



村落別候補電源とプレF S 対象 6 計画の位置図

略語表

略語	英語表記	日本語表記
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
Ah	Ampere hour	アンペア時(電池の容量表示等に使われる。電池から1アンペアの電流を定常的に取り出す時に電池が何時間持つかを指す。)
ASEAN	Association of South East Asian Nations	東南アジア諸国連合
ATP	Ability to Pay	支払能力
BCS	Battery Charging Station	バッテリー充電所
CBO	Community Based Organization	コミュニティ組織(外部支援者からの呼称)
CDC	Council of Development for Cambodia	カンボジア開発評議会
CDM	Clean Development Mechanism	京都プロトコルによるクリーン開発メカニズム
CEC	Community Electricities Cambodia	カンボジア国コミュニティ電化組合
CER	Certified Emission Reduction	排出削減量
CF	Community Forestry	コミュニティフォレスト
CFR	Complementary Function to REF	REF(地方電化基金)補完機能
CIDA	Canadian International Development Agency	カナダ国際開発庁
DAC	Development Assistance Committee	国際開発援助委員会
DIME	Department of Industry, Mines and Energy	鉱工業エネルギー省州事務所
DNA	Designated National Authority	指定国家代表部
EAC	Electricity Authority of Cambodia	カンボジア電力庁
EdC	Electricite du Cambodge	カンボジア電力公社
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EIRR	Economic Internal Rate of Return	経済的內部収益率
ESA	Energy Service Agent	エネルギーサービス事業者
ESCO	Energy Service Company	エネルギーサービス会社
EU	European Union	欧州共同体
FIRR	Financial Internal Rate of Return	財務的部収益率
FS	Feasibility Study	フィージビリティ調査
GDP	Gross Domestic Product	国民総生産
GEF	Global Environment Facility	地球環境基金
GHG	Greenhouse Gas	温室効果ガス
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
GS	Grid Substation	変電所
GWh	Giga Watt hour (one million kWh)	百万キロワット時
ha	hectar	ヘクタール
HQ	Head Quarter	本部
HV	High Voltage	高圧
IBRD	International Bank for Reconstruction and Development	国際復興開発銀行(世界銀行)
IEE	Initial Environmental Examination	初期環境評価
IEIA	Initial Environmental Impact Assessment	初期環境影響評価
IMF	International Monetary Fund	国際通貨基金
IPP	Independent Power Producer	独立発電事業者
IRR	Internal Rate of Return	内部収益率
JBIC	Japan Bank for International Cooperation	国際協力銀行
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立法人 国際協力機構
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau	ドイツ復興金融公庫
kW	kilo Watt	キロワット(1,000ワット)
kWe	kW-electricity	電気出力でのkW
kWh	kW-hour	キロワット時

略語	英語表記	日本語表記
kWp	kW-photovoltaic	光起電力のkW
MDG	Millennium Development Goals	ミレニアム開発目標
MEF	Ministry of Economy and Finance	経済財務省
MHP	Micro Hydro Power	小水力発電
MIME	Ministry of Industry, Mines and Energy	鉱工業エネルギー省
MOE	Ministry of Environment	環境省
MOI	Ministry of Interior	内務省
MOWRM	Ministry of Water Resources and Meteorology	水資源気象省
MP	Master Plan	マスタープラン
MRC	Mekong River Commission	メコン委員会
MV	Medium Voltage	中圧
MW	Mega Watt	メガワット(1,000 kW)
NASA	National Aeronautics and Space Administration	航空宇宙局
NEDO	The New Energy and Industrial Technology Development Organization	新エネルギー・産業技術総合開発機構
NGO	Non-Governmental Organization	非政府組織
NIS	National Institute of Statistics	国家統計局
O&M	Operation and Maintenance	運転・維持管理
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
PAGE	Potential Area of Grid Electrification	系統電化の可能地域
PEC	Provincial Electricity Company	州電気会社
PEU	Provincial Electricity Utility	州電気事業者
PPP	Public Private Partnership	官民共同事業(本質的にはPFIと同義)
RDB	Rural Development Bank	地方開発銀行
REE	Rural Electricity Enterprise	地方電気会社/事業者
REF	Rural Electrification Fund	地方電化基金
RET	Renewable Energy Technology	再生可能エネルギー技術
RFP	Request for Proposal	提案要請状
RGC	The Royal Government of Cambodia	カンボジア王国政府
RPC	Regional Power Company	地域電気会社/事業者
SA	Special Account	特別勘定
Seila	Seila is a Khmer word that means a foundation stone. The Seila Program initiated officially in 1996 institutes decentralized systems and strategies for poverty alleviation and good governance at the provincial and commune levels.	Seila (セイラ)とはクメール語で「礎の石」の意味である。Seila プログラムは公式に 1996 年に開始され、州とコミュンレベルにおける貧困緩和と良い統治を目的とした分権化システムと戦略を設定しているプログラムである。
SHS	Solar Home System	太陽光戸別給電システム
SMEC	Small and Medium Enterprise Cambodia (NGO)	カンボジア中小企業(NGO)
SPC	Special Purpose Company	特別目的会社
SW	Scope of Works	業務範囲/調査内容
TA	Technical Assistance	技術協力
UNDP	United Nations Development Program	国連開発計画
USAID	United States Agency for International Development	アメリカ国際開発庁
VAT	Value Added Tax	付加価値税
VO	Village Organization	村落組織
WB	World Bank	世界銀行
WTP	Willingness to Pay	支払意思額
WWII	World War II	第2次世界大戦

カンボジア国

再生可能エネルギー利用地方電化 マスタープラン調査

ファイナルレポート

第4巻：プレフィージビリティ調査(プレFS)

第1巻	要約
第2巻	マスタープラン
第3巻	マニュアル
第4巻	プレフィージビリティ調査
第5巻	付属資料

第4巻 プレフィージビリティ調査(Pre-FS)

Part 1	概 要
Part 2	Samlout 電化計画
Part 3	Bu Sra 電化計画
Part 4	Pramaoy 電化計画
Part 5	Samraong 電化計画
Part 6	Kampong Kor 電化計画
Part 7	Srae Ta Pan 電化計画

カンボジア国
再生可能エネルギー利用地方電化マスタープラン調査

ファイナルレポート
第4巻 プレフィージビリティ調査

目次

Part 1 概要

1	調査の内容とスケジュール.....	P1 - 1
2	プレフィージビリティ調査のための候補サイト選定.....	P1 - 1
3	電化計画策定.....	P1 - 2
4	経済・財務評価.....	P1 - 3
5	社会環境配慮.....	P1 - 3
5.1	環境影響評価（EIA）の必要性.....	P1 - 3
5.2	小水力発電計画の留意点.....	P1 - 3
5.3	バイオマス発電計画の留意点.....	P1 - 4
5.4	太陽光発電計画の留意点.....	P1 - 4
6	結論と提言.....	P1 - 5
6.1	フィージビリティ.....	P1 - 5
6.2	CECによる実施.....	P1 - 5
7	プレフィージビリティ調査に適用する一般事項.....	P1 - 5
7.1	建設費算定に適用する単価.....	P1 - 5

付表目次

表 1.1	プレフィージビリティ調査のための優先 6 計画.....	P1 - 1
表 1.2	各電化計画の主要諸元.....	P1 - 2
表 1.3	プレ FS 対象計画の経済・財務評価の概要.....	P1 - 3

付図目次

図 1.1	調査段階と工程.....	P1 - 1
図 1.2	小水力発電ポテンシャルと保護区域.....	P1 - 4

Part 1 概要

1 調査の内容とスケジュール

オフグリッド地域の電化計画策定の事例を示す目的で6計画のプレフィージビリティ調査を実施した。電化計画策定手法は第3巻「マニュアル」に記載されている。

段階	'04	'05											
	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
基礎調査													
マスタープラン													
プレFS													

図 1.1 調査段階と工程

2004年12月から2005年3月にかけて基礎調査段階として机上検討、現地踏査を実施し、2005年5月から7月にかけてマスタープランを策定した。

2005年9月から12月にかけて、さらに現地踏査を重ね、追加的な技術諸元の確認を行い、また住民集会の実施によりコミュニティの電化に対する実施能力の調査を行った。これらの作業を通じて選定された6ヶ所のプレFSサイトにおける電化計画を策定した。

2 プレフィージビリティ調査のための候補サイト選定

マスタープランにおける選定基準にそってプレフィージビリティ調査（プレFS）のための優先計画を選定した。3種類の電源について6つの候補計画が選定された。小水力発電3箇所、バイオマスガス化発電2箇所、太陽光発電1箇所の合計6箇所が選定された。これら6計画を表1.1に示す。電化計画策定、プレフィージビリティ調査候補選定段階での最新データとして、基本的にSeila 2003のデータを使用している。

表 1.1 プレフィージビリティ調査のための優先6計画

No.	州	計画	形式	電源	地域内総世帯数*
1	Battambang	Samlout	Regional mini-grid	MHP + Biomass	5,269
2	Mondul Kiri	Bu Sra	mini-grid	MHP	704
3	Pursat	Pramaoy	mini-grid	Biomass	417
4	Pursat	Samraong	mini-grid	Biomass	1,536
5	Kratie	Kampong Kor	Regional mini-grid	Biomass	6,102
6	Stung Treng	Srae Ta Pan	BCS	Solar	95
Total	-	-	-	-	14,123

(出典：調査団) *：世帯数はSeila 2003による。

各計画の位置は巻頭の位置図に村落電化の電源とともに示した。小水力の3計画とバイオマスの2計画はミニグリッド電源の候補として、太陽光の1計画はバッテリー充電所（BCS）の候補として検討した。

小水力発電計画のうちバタンバン州の Samlout 電化計画は、小水力とバイオマスとのハイブリッド電源を持つ広域ミニグリッドの例である。また、モンドルキリ州の Bu Sra 電化計画は辺境地域における滝を利用した小水力計画の例である。

プルサット州の Pramaoy 電化計画は当初小水力発電事業として企画したが、バイオマスによる電化との比較検討の結果、バイオマスによる電化のほうが経済的であると結論付けられた。小水力発電をベース負荷対応の発電所としてバイオマス発電に追加して投入する代替案も考えられるが、本計画のフェーズ2の実施前に、昼間需要の伸びと乾季における小水力のポテンシャルを再検討し、フィージブルであることを確認することが必要である。

Samraong と Kampong Kor 電化計画はバイオマスによる電化例である。Kampong Kor 計画は、そのフェーズ2で電化対象世帯数を6,000世帯以上に拡大することができる。

Srae Ta Pan 計画は太陽光バッテリー充電所（BCS）の例となる。BCSは支払能力が低いと目される村落を対象として、その電化率を底上げする効果を目指すものである。

3 電化計画策定

各電化計画の主要諸元を表1.2に示す。

鉱工業エネルギー省（MIME）のカウンタパートスタッフと JICA 調査団が共同で現地踏査、住民インタビュー、住民ワークショップ、データ収集・解析等を実施してきた。これらの共同作業を通じて6つの候補について電化計画を策定した。

表 1.2 各電化計画の主要諸元

No.	計画名		発電施設	配電線			建設費
				中圧	低圧	中低圧併架	
1	Samlout (MHP & BGP Hybrid)	Phase 1	BGP 120 kW	6.3 km	2.5 km	3.7 km	\$559,000
		Phase 2	MHP 180 kW BGP 282 kW	53.9 km	7.0 km	22.6 km	\$4,769,200
		Phase 1&2	Total 582 kW	60.2 km	9.5 km	26.3 km	\$5,328,200
2	Bu Sra		MHP 80 kW	1.0 km	2.8 km	8.1 km	\$534,000
3	Pramaoy (BGP or BGP & MHP Hybrid)	Phase 1	BGP 20 kW	0.0 km	3.0 km	0.0 km	\$86,000
		Phase 2	BGP 25 kW (Alternative: MHP 45 kW)	5.0 km	1.0 km	2.0 km	\$107,200
		Phase 1&2	Total 45 kW	5.0 km	4.0 km	2.0 km	\$193,200
4	Samraong (BGP)	Phase 1 (Plan 3)	64 kW	0.0 km	2.5 km	0.0 km	\$219,300
		Phase 2	116 kW	0.0 km	0.0 km	11.5 km	\$873,700
		Phase 1&2 (Plan 1)	180 kW	0.0 km	2.5 km	11.5 km	\$1,093,000
5	Kampong Kor (BGP)	Phase 1	120 kW	2.5 km	2.0 km	6.0 km	\$689,100
		Phase 2	520 kW	11.3 km	9.0 km	27.0 km	\$2,586,500
		Phase 1&2	640 kW	13.8 km	11.0 km	33.0 km	\$3,275,600
6	Srae Ta Pan (Solar BCS)		Solar 4 kW	Battery Charging Station (BCS)			\$31,800

（出典：調査団） BGP: Biomass Gasification Power, MHP: Micro Hydro Power, BCS: Battery Charging Station

4 経済・財務評価

選定された計画の経済性を吟味するため経済分析を実施した。対象地域の社会経済状況や支払い能力を考慮しつつ適正な料金水準を算出した。料金水準を想定し、財務的な健全性も評価を行った。表 1.3 に経済・財務評価の結果を示す。

表 1.3 プレ FS 対象計画の経済・財務評価の概要

No.	Scheme	Phase	EIRR	Assumed Tariff (\$/kWh)	FIRR	Subsidy	GHG* (t-CO ₂)	Annual Supply (MWh)
1	Samlout	Phase 1	27.4%	0.335	5.6%	25%	9,912	298.1
2	Bu Sra		12.6%	0.160	7.1%	50%	5,900	228.0
3	Pramaoy	Phase 1	33.3%	0.400	5.0%	25%	1,432	42.6
4-3	Samraong	Plan 3	37.3%	0.270	4.9%	25%	5,238	157.2
5-1	Kampong Kor	Phase 1	30.9%	0.350	5.2%	25%	9,525	285.3
6	Srae Ta Pan			0.447	12.2%	90%	-	-

* Greenhouse gas emission effect: 1.3 kg-CO₂/kWh (1997 IPCC Guidelines)

(出典：調査団)

5 社会環境配慮

5.1 環境影響評価（EIA）の必要性

カンボジアの環境影響評価基準では、小水力計画は発電設備容量が 1 MW を超える場合、火力発電（ディーゼル、バイオマス）では 5 MW を超える場合に、環境影響評価（EIA）が必要となる。本 MP が推奨する小水力およびバイオマス計画はいずれも 1 MW 未満の規模であり、EIA は不要である。

5.2 小水力発電計画の留意点

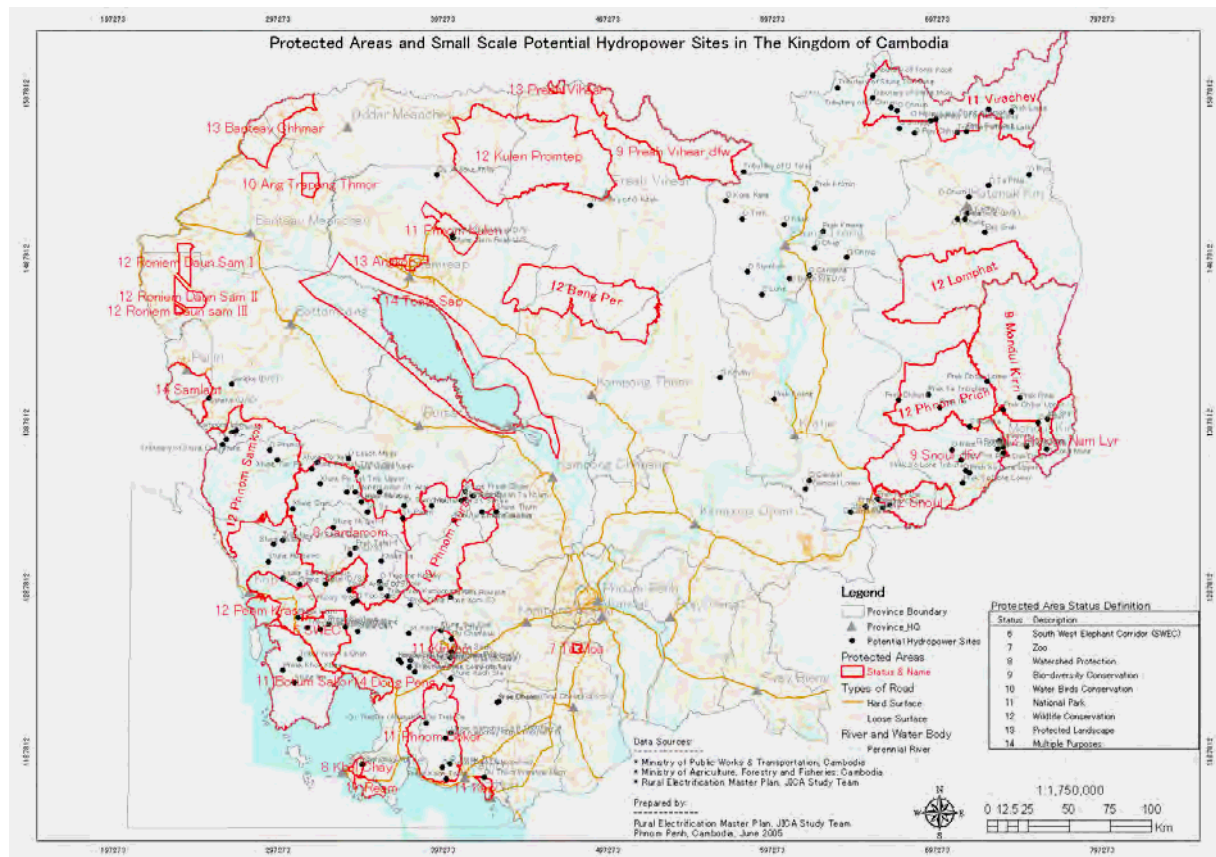
カンボジアでは図 1.2 に示す環境保護区が設定されている。この保護区内に位置する小水力ミニグリッド計画（ブスラ計画など）は、まず環境スクリーニングの実施が必要である。また、JICA の社会環境配慮ガイドラインの規定により、少数民族が伝統様式を維持しながら生活する地域は Sensitive Area に該当する。モンドルキリ州のブスラ村は少数民族が主体の村なので、その生活様式に配慮した計画作りが求められる。

5.3 バイオマス発電計画の留意点

バイオマス発電は、① 燃料を早生樹の栽培により確保することを基本とする、② コミュニティフォレストを利用する場合、森林局・森林 NGO との連携・協力を前提とする、③ 農業廃棄物を利用する場合、既存ユーザーと競合しないことを前提条件とする、④ 薪炭市場で燃料を調達しない、ことを原則としているので、森林に対する特別な影響は生じないと考える。

5.4 太陽光発電計画の留意点

太陽光 BCS は、廃棄バッテリーの処理が課題となる。カンボジアでは、商業ベースでのバッテリー回収・再処理業者が存在するが、その実態は十分には把握できていない。MIME の政策課題のひとつである。



(出典：調査団)

図 1.2 小水力発電ポテンシャルと保護区域

6 結論と提言

6.1 フィージビリティ

3つの小水力計画の内プラマオイ計画は河川流量が十分でない。代替案を比較検討した結果、バイオマス単独案が経済的と判断した。いずれの計画も CEC による運営を想定した¹。今後、パイロットプロジェクトを実施して、バイオマス発電についてはその技術面の課題を検証する。また、CEC による運転維持管理および電気事業運営が可能であることを実証することが、電源の形式を問わない共通課題である。

6.2 CEC による実施

ブストラとサムローフェーズ2の2つの小水力計画の設計・建設は、CEC が主体となって実施することは困難である。MIME が実施機関となり、準直営方式で実施することを推奨する。完成後の維持管理および電気事業の運営は、DIME と NGO の支援を得れば、CEC/RPC が担当可能と判断する。4つのバイオマス計画と1つの太陽光 BCS 計画は、DIME と NGO の支援のもとに CEC/RPC が主体となって実施することが可能と判断する。ただし、いずれの計画も、パイロットプロジェクトとしての次の調査・計画段階で、実施を前提とした住民集会を開催して、プロジェクトの計画内容を説明・協議し、初期拠出金や料金水準について十分な理解と了解を得ることが重要である。

7 プレフィージビリティ調査に適用する一般事項

7.1 建設費算定に適用する単価

フィージビリティ調査の費用算定に用いる単価は、収集したデータや見積り、業者への聞き取り調査や過去のプロジェクトの例から、単価を推定した。付属資料-Iに推定した単価表を示す。

¹ サムロー計画とカンボンコー計画のフェーズ1は、それぞれ広域ミニグリッド計画の一部となるので、フェーズ2では RPC（地域電気会社）が発電・送電を、CEC が配電を担当する。そのため、最初から RPC を公募して、参加させることが望ましい。