

第2巻： マスタープラン

Part 1	基礎調査
Part 2	マスタープラン
Part 3	地方電化計画

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2巻 マスタープラン

目次

Part 3 地方電化計画

第1章	再生可能エネルギーによる地方電化計画	P3 - 1
1.1	小水力によるミニグリッド	P3 - 1
1.1.1	小水力によるミニグリッド計画	P3 - 1
1.1.2	小水力開発における障壁	P3 - 2
1.1.3	対象村落の特定	P3 - 2
1.1.4	村落電化計画の策定	P3 - 4
1.1.5	選定された小水力地点の現地踏査	P3 - 5
1.2	バイオマス・ミニグリッド	P3 - 6
1.2.1	バイオマス発電技術の概要	P3 - 6
1.2.2	バイオマス・ミニグリッド	P3 - 8
1.3	太陽光 BCS でのバッテリー照明	P3 - 9
第2章	電化計画の評価と提言	P3 - 14
2.1	環境影響評価と推奨評価ガイド	P3 - 14
2.1.1	環境影響評価	P3 - 14
2.1.2	候補となる小水力発電設備の環境スクリーニング	P3 - 23
2.1.3	環境社会配慮に関する推奨評価ガイド	P3 - 25
2.2	経済財務分析	P3 - 30
2.2.1	コスト比較分析	P3 - 30
2.3	実施組織制度	P3 - 34
2.3.1	地方電化事業の実施におけるステークホルダーの役割分担	P3 - 34
2.3.2	EDC と REE の役割分担について	P3 - 36
2.3.3	REE と CEC の役割分担について	P3 - 37
2.4	村落開発への影響	P3 - 38
第3章	電化計画の優先順位付け	P3 - 39
3.1	村落ベースの電化計画	P3 - 39
3.1.1	MP2005 で使用可能な村落資料	P3 - 39
3.1.2	オフグリッド地域	P3 - 39
3.1.3	村落毎の電源選定	P3 - 39
3.1.4	村落別電化計画の作成	P3 - 42
3.2	GIS データベース	P3 - 44
3.2.1	導入	P3 - 44
3.2.2	GIS および GIS データベース	P3 - 45
3.2.3	GIS データの型	P3 - 45
3.2.4	GIS データベースに関するデータフォーマットの標準化	P3 - 46
3.2.5	GIS データに関するデータソース	P3 - 47
3.2.6	村落データの現地確認	P3 - 49
3.2.7	データ統合および解析	P3 - 50
3.2.8	結論	P3 - 51

3.3	選定基準.....	P3 - 51
3.3.1	村落電化計画の選定.....	P3 - 51
3.4	プレ FS 対象候補計画の選定.....	P3 - 53
第4章	結論と提言.....	P3 - 62
4.1	結論.....	P3 - 62
4.2	プレ FS 対象の推奨6計画.....	P3 - 63
4.3	制度と組織にかかる提言.....	P3 - 63
4.3.1	制度と財務面にかかる提言.....	P3 - 63
4.3.2	実施組織にかかる提言.....	P3 - 64
4.3.3	人材育成と能力強化にかかる提言.....	P3 - 64
4.4	MP のレビューと更新.....	P3 - 66

付表目次

表 1.1.1	有望小水力地点の現地踏査結果.....	P3 - 6
表 1.2.1	バイオマスガス化発電ミニグリッド優先 10 計画.....	P3 - 9
表 1.3.1	日射量および緯度に応じた州のグループ分け.....	P3 - 11
表 1.3.2	太陽光 BCS および公共施設 PV システムの設計パラメータ.....	P3 - 11
表 1.3.3	負荷および利用時間とシステム容量の関係.....	P3 - 12
表 1.3.4	標準太陽光 BCS の設備容量およびコスト.....	P3 - 12
表 1.3.5	公共施設のための設備容量およびコスト.....	P3 - 12
表 2.1.1	カンボジア国における環境法令のリスト.....	P3 - 14
表 2.1.2	カンボジアにおける国立公園、野生動物保護区、景観保護区他のリスト.....	P3 - 16
表 2.1.3	カンボジアにおける環境法令のリスト.....	P3 - 18
表 2.2.1	コスト比較分析 (ディーゼル BCS と太陽光 BCS).....	P3 - 30
表 2.2.2	コスト比較分析の条件 (ディーゼル発電ミニグリッド、バイオマス・ガス化発電ミニグリッド、ならびに小水力ミニグリッド).....	P3 - 31
表 2.2.3	コスト比較分析 (ディーゼル発電ミニグリッドとバイオマス・ガス化発電ミニグリッド、小水力発電ミニグリッド).....	P3 - 32
表 2.2.4	コスト比較分析の前提条件.....	P3 - 32
表 2.2.5	電源タイプ別の年間発電コストの比較.....	P3 - 33
表 2.3.1	ステークホルダーの責任分担.....	P3 - 34
表 2.4.1	世帯への電化影響の指標.....	P3 - 38
表 3.1.1	電源と村落/世帯数一覧, MP2005.....	P3 - 40
表 3.1.2	地方電化計画と建設費サマリー.....	P3 - 40
表 3.1.3	調査団が特定・現地調査を実施した地方電化計画.....	P3 - 43
表 3.2.1	GIS データベース用に収集、作成、編集されたデータ.....	P3 - 48
表 3.2.2	SVAY RIENG 州における調査村落での比較表.....	P3 - 50
表 3.2.3	OTDAR MEANCHEY 州における調査村落での比較表.....	P3 - 50
表 3.2.4	地方電化のための村落選定基準の一例.....	P3 - 51
表 3.3.1	選定された 21 小水力計画の概要.....	P3 - 52
表 3.4.1	小水力およびハイブリッドによるミニグリッドの上位 10 計画, MP2005.....	P3 - 54
表 3.4.2	バイオマスガス化発電によるミニグリッドの上位 10 計画, MP2005.....	P3 - 54
表 3.4.3	太陽光 BCS の上位 10 計画, MP2005.....	P3 - 54
表 3.4.4	優先上位 10 計画.....	P3 - 58
表 4.2.1	プレ FS 対象の候補 6 計画.....	P3 - 63
表 4.3.1	ステークホルダーの責任分担.....	P3 - 64

付図目次

図 1.1.1	カンボジアにおける小河川の水位図の例.....	P3 - 1
図 1.1.2	郡別の非識字率.....	P3 - 3
図 1.1.3	テレビの普及率.....	P3 - 3
図 1.1.4	小水力による村落電化計画策定の流れ.....	P3 - 5
図 2.1.1	カンボジアにおける保護区と小規模水力ポテンシャル地点.....	P3 - 15
図 2.1.2	廃棄される中古バッテリー再生の流れ.....	P3 - 22
図 2.1.3	資金源によるプロジェクトの分類.....	P3 - 26
図 2.1.4	ケース1プロジェクトに関する IEIA ならびに EIA 実施の流れ.....	P3 - 27
図 2.1.5	ケース2プロジェクトに関する IEIA ならびに EIA 実施の流れ.....	P3 - 27
図 2.1.6	ケース3プロジェクトに関する IEIA ならびに EIA 実施の流れ.....	P3 - 29
図 2.2.6	電源タイプ別の発電原価.....	P3 - 33
図 2.3.1	REE ビジネスモデルの体系.....	P3 - 35
図 2.3.2	MIME 及び REF で定められた事業形成フローチャート.....	P3 - 36
図 3.1.1	カンボジア全村落の電化計画作成フローチャート, MP2005.....	P3 - 41
図 3.1.2	村落別の電化電源, MP2005.....	P3 - 42
図 3.1.3	村落別識字率.....	P3 - 44
図 3.2.1	GIS のデータ型.....	P3 - 46
図 3.2.2	GIS データベース入出力の流れ.....	P3 - 47
図 3.2.3	調査対象村落の位置図.....	P3 - 49
図 3.4.1	プレ FS 対象候補 6 計画の選定フロー.....	P3 - 56

Part 3 地方電化計画

第1章 再生可能エネルギーによる地方電化計画

1.1 小水力によるミニグリッド

1.1.1 小水力によるミニグリッド計画

小水力によるミニグリッド計画の基本方針は以下に示すとおりである。

- 1) 小水力のミニグリッドはオフグリッド地域の村落に給電するために計画する。
- 2) 小水力は乾季においても給電を行う。

上記の方針を踏まえ、最も重要な要素のひとつは乾季においても給電可能なように乾期出力の評価を行うことである。図 1.1.1 に示す通り、カンボジアでは一般に雨季に比べて乾季の河川流量が顕著に低下する。このため、雨季の流量を用いて小水力の計画を策定した場合、対象村落の人々は乾季に電力不足に直面する。そのような電力不足を避けるために、オフグリッド地域の小水力のミニグリッドは乾期流量に基づいて計画する。

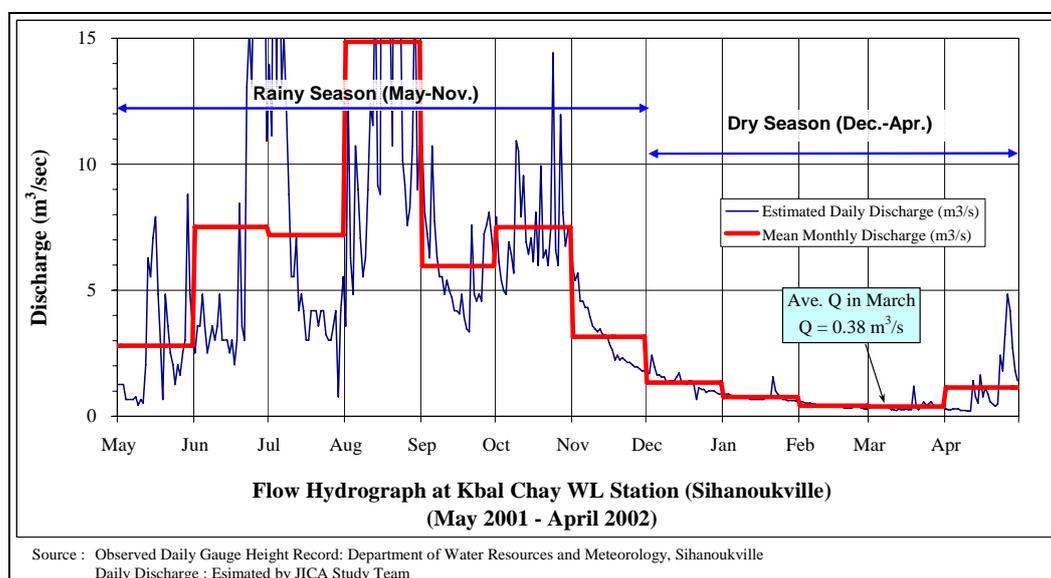


図 1.1.1 カンボジアにおける小河川の水位図の例

乾期における電力不足に対応する解決策のひとつは、ディーゼル発電によるバックアップを行うことである。しかしながら、小水力発電計画は、山岳地域に位置することが多くそのような地域では輸送の困難さからディーゼル油の値段が高い。さらにバックアップディーゼル発電には追加初期投資が必要となる。山地寒村でディーゼル発電機の運転・維持要員を確保することも課題となる。したがって、小水力のみで給電を行うことが望ましい。

対象村落はオフグリッド地域に位置し、系統からの距離も遠いため、系統からのバックアップ給電は元々考えられない。

別の解決方法として、バイオマスガス化発電とのハイブリッドシステムを適用することが考えられる。しかし、ハイブリッドシステムは比較的大規模な需要に対して検討される。山岳地域の小規模村落ではハイブリッドシステムの適用は注意を要する。

上記の状況を鑑み、小水力ミニグリッドは乾期の河川流量に基づく乾期出力をベースに計画する。

1.1.2 小水力開発における障壁

(1) 乾期流量の顕著な低下

2004年12月から2005年2月、さらに2005年5、6月の現地調査の結果から、調査団は雨季に比べて乾期の流量が著しく低下することを直接確認した。このような特性は Part 1 の 5 章で記述・評価している。

(2) 緩やかな河川勾配

地形図上の検討と現地での水準測量の結果から、短い河川区間で高落差を見つけるのは非常に困難であることがわかった。カンボジアでは滝のある地点を除いては一般に河床勾配は非常に緩やかである。このような地理的特性により、小水力による計画があまり魅力的でなく、また開発費用が割高となる傾向にある。

(3) 小水力ポテンシャル地点の特定

小水力計画の開発においては、涸れない滝や泉の存在が、村落電化計画のための有用な情報となる。そのような情報は村人がよく知っている。しかし、上述のように乾期における顕著な河川流量の低下という特性から、カンボジアではそのような情報はほとんど得られない。

小水力の計画地点を特定するために縮尺 10 万分の 1 と 5 万分の 1 の地形図を用いて机上検討を行った(マップスタディ)。詳細説明は Part 1 の 5 章に記述している。

マップスタディの結果、表 1.4.1 (Part 2 の 1 章) に示す 145 の小水力発電計画地点を特定した。

1.1.3 対象村落の特定

特定された小水力ポテンシャル地点の位置を図 5.1.8 (Part 1 の 5 章) に示す。図 5.1.8 を見ると、ほとんどの小水力ポテンシャル地点は次の州に位置している。

- 1) バッターバン州南部、プルサット州、コッコン州、カンボンスプー州、カンポット州を含む南西部の山岳地域(以降「南西地域」と称す)、と
- 2) ストゥン・トレン州、ラタナキリ州、モンドルキリ州、クラティエ州を含む北東部の山岳地域(以降「北東地域」と称す)

ポテンシャル地点の対象村落の特徴は、(1) 村落規模、(2) 識字率、(3) テレビ普及率、という 3 つの指標をチェックすることによって浮かび上がってくる。以下に 3 つの指標について記す。

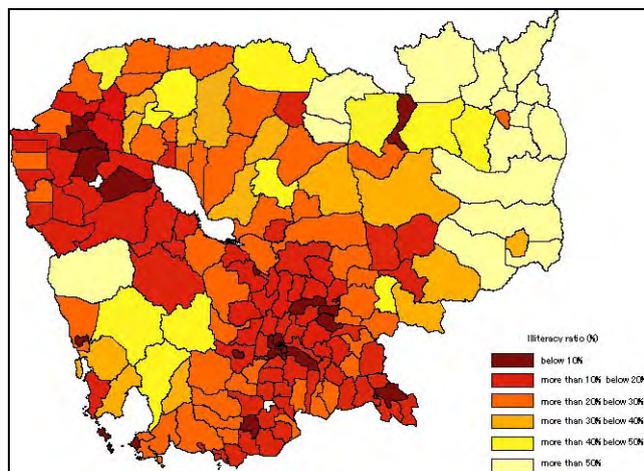
(1) 村落規模

村落分布とその規模、州別の平均的な村の規模は Part 1 の図 4.2.1 に分類してある。この図 4.2.1 (村落規模)と図 5.1.8 (小水力ポテンシャル地点)を比較すると、「南西地域」と「北東地域」に位置する小水力ポテンシャル地点/地域は、村落分布の疎な地域にあたる。さらに村落規模もこれらの地域では 100 世帯以下と小さい。

電気の需給バランスの評価に先立ち、145 の小水力ポテンシャル地点がマップスタディによって特定された。このうち 44 ポテンシャル地点だけが給電可能な村を擁している。他の 101 のポテンシャル地点は給電する村が近くにないか、小水力発電を設置するにはあまりにも人口が疎な地域である。

(2) 非識字率

図 1.1.2 に郡別の非識字率を示す。この図と小水力のポテンシャル地点地図 (Part 1 の図 5.1.8) を比較すると、特に「北東地域」に位置する小水力ポテンシャル地域は高い非識字率の地域に属している。そのような地域に小水力を設置すれば、夜間に識字教育ができ、識字率の向上に貢献することが期待される。一方、高い非識字率はこの地域の人々が非常に低収入で生活している可能性を表しており、その場合電気料金を支払うことができないことも考えられる。

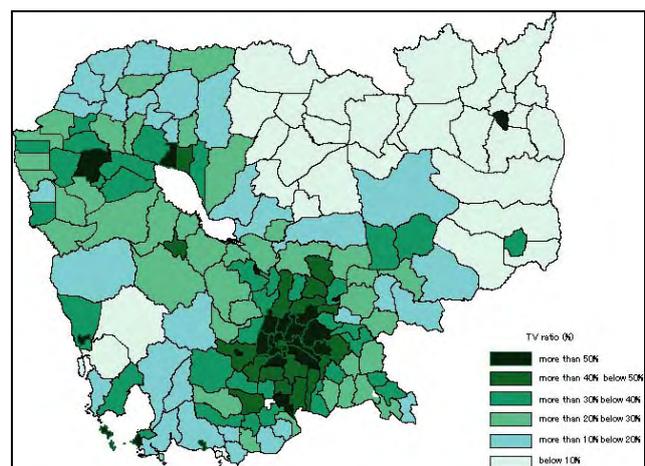


出典：Seila Database 2003

図 1.1.2 郡別の非識字率

(3) テレビの普及率

図 1.1.3 は郡別のテレビの普及率を示す。テレビ所有者は一世帯当たり 50~100 ワット台の電力需要ポテンシャルを有すると考えられる。しかし、小水力ポテンシャル地域の、特に「北東地域」では、テレビの普及率は 10%未満である。「南西地域」でさえ、テレビ普及率は 20%と 10%の間かもしくはそれ以下である。このため、十分な村落規模を擁する小水力ポテンシャル開発地点がある場合でも、その村落における需要、ならびに、小水力ミニグリッドを適用するに当たっての村落の電化熟度を評価する必要がある。



出典：Seila Database 2003

図 1.1.3 テレビの普及率

ミニグリッドに対する村落の需要と人々の支払能力がそれほど高くない場合、それらの村落は

「バッテリー照明」グループに分類する。

1.1.4 村落電化計画の策定

GIS 村落地図と、既存の 10 万分の 1、5 万分の 1 の地形図を用いて、小水力ポテンシャルと村落電力需要を評価しながら、村落電化計画を作成した。手順を以下に説明する。また、手順は図 1.1.4 にも示す。

- (A) 地図上の等高線により総落差を(H)を確認する。
- (B) 地図上で取水地点と発電所地点のレイアウトを検討する。
- (C) 取水地点での集水面積をチェックする。
- (D) 乾期出力を下式で算定する。

$$P = 9.8 \times Q \text{ (m}^3\text{/sec)} \times H \text{ (m)} \times \eta$$

ここに；

$$Q = CA \text{ (km}^2\text{)} \times \text{想定乾期比流量 (m}^3\text{/sec/km}^2\text{)}$$

- i) 想定乾期比流量については Part 1、5 章の図 5.1.7 参照。
- ii) 実測の乾期流量がある場合にはその値をそのまま Q として利用する。

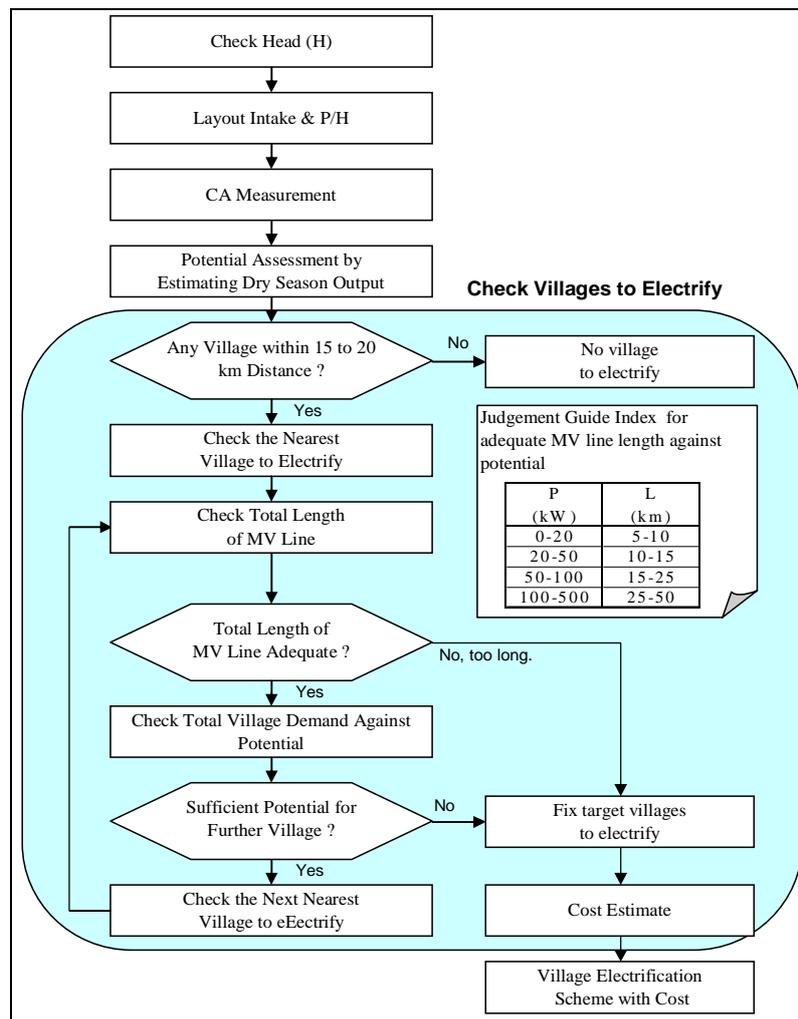
H : 上述(A)で確認した総落差(m)

η : 効率, (0.7 と仮定)

- (E) 構造物のコスト算出のため、小水力計画のレイアウトを準備する。詳細なコスト算出方法は第 3 巻 Part 2、5.5 節参照。
- (F) 小水力ポテンシャル地点から給電対象の最も近い村落を見つける。もし、15 km から 20 km の距離内に村が全くない場合、そのポテンシャル地点は給電対象村落なしと判断される。
- (G) 既存の道路沿いにポテンシャル地点から対象村落までの距離をチェックする。この距離は後に中圧配電線の距離として使用する。
- (H) 中圧配電線の距離が適切であれば、ポテンシャルに対する総村落需要をチェックする。
- (I) ポテンシャルが更なる需要をまかなうのに十分な場合、次に近い村落までの中圧配電線の距離をチェックする。
- (J) 今までに計算した中圧配電線の総距離をチェックする。
- (K) 中圧配電線の総距離がまだ適切な範囲にある場合、対象村落における需要をチェックする。
- (L) 今までにカウントした村落需要の総計をチェックする。
- (M) ポテンシャルが更なる需要を満たすのに十分な場合、次に近い村落までの中圧配電線の距離をチェックする。
- (N) 上記(J) から (M)の作業を繰り返す。
- (O) 総需要がポテンシャルを上回るか、中圧配電線の距離が長くなりすぎた場合には、次に近い村落の需要チェックを中止する。そして今までにカウントした需要がポテンシャル内に収まるようにする。これらの村落を電化の対象村落として確定する。
- (P) 建設費の算定を行う (第 3 巻 Part 2、5.5 節参照)。

マップスタディにより特定された 145 計画 (Part 1、表 5.1.4 参照) のうち、44 計画が給電対象村落を有することが判明した。残りの 101 計画については、ポテンシャル地点の付近に電化対象村落がない。そのようなポテンシャル地点では、最も近い村落までの距離が 20 km かそれ以上である。

これら 44 計画地点を表 1.1.2 に示す。



出典：調査団

図 1.1.4 小水力による村落電化計画策定の流れ

1.1.5 選定された小水力地点の現地踏査

選定された小水力地点のポテンシャルを確認するために下記に示す現地踏査を実施した。

- 1) 量水標の設置 (選定された地点)
- 2) 流速計による流量観測
- 3) ハンドレベルまたはオートレベルを用いた落差確認のための水準測量 (取水工予定地点から発電所予定地点までの高低差)

有望な小水力地点については第 1 次現地調査から第 3 次現地調査 (2004 年 12 月～2005 年 6 月) にかけて、調査団と鉱工業エネルギー省のスタッフで現地踏査を行った。合計 30 地点以上を踏査した。踏査した小水力候補地点の概要を表 1.1.3 に示す。

表 1.1.1 有望小水力地点の現地踏査結果

Name of MHP Scheme	Province	District	River Name	Q Obs. Site (UTM: Indian-Thai)		C.A. (km ²)	WL Staff Gauge Installed	100%		Date	Gross Head (m)	(h = 0.7)		Remarks
				GPS X (E)	GPS Y (N)			Observed Discharge (m ³ /s)	Specific Discharge (m ³ /s/km ²)			Potential Power Gen. (kW)	No. of Houshol (HH)	
Stung Sva Slab	Kampong Speu	Phnum Snoch	Sva Slab	03 95 710	12 61 360	205.2 ²⁾	2005/4/21 Installed by MIME	0.096 ¹⁾	0.0005	2004/12/4	85.0 ²⁾	56	665 ⁵⁾	Meritec Study (2001) [3.80MW] *2)
O Kachan	Ratanak Kiri	Lumphat	O Kachan	07 15 659	15 14 518	31.2 ⁴⁾	-	0.350 ¹⁾	0.0112	2005/1/19	13.2 ¹⁾	32	98 ⁵⁾	MIME List [82kW] *2)
O Katieng	Ratanak Kiri	Lumphat	O Katieng	07 14 128	15 11 427	42.9 ⁴⁾	-	0.410 ¹⁾	0.0096	2005/1/19	14.1 ¹⁾	40	295 ⁵⁾	Meritec Study (2001) [1076kW] *2), MIME List [224kW]
Bay Srok (O Sien Ler)	Ratanak Kiri	Lumphat	O Sien Ler (O Paling Thom)	07 26 215	15 03 449	115.0 ³⁾	2005/1/20 Installed by JST	1.070 ¹⁾	0.0093	2005/1/20	23.2 ¹⁾	170	560 ⁵⁾	Meritec Study (2001) [1076kW] *2), MIME List [224kW]
O Chrolong	Stung Treng	Sienbok	O Chrolong	06 19 514	14 76 863	128.0 ¹⁾	2005/1/24 Installed by JST	0.450 ¹⁾	0.0035	2005/1/23	4.8 ¹⁾	15	103 ⁵⁾	Proposed by DIME. Survey by JST (2005)
Busra	Mondul Kiri	Pechr Chenda	Prek Por	07 64 312	13 90 088	197.0 ¹⁾	2005/5/20 Installed by JST	0.150 ¹⁾	0.0008	2005/1/27	65.0 ¹⁾	67	899 ⁵⁾	Meritec (2003) [54kW] *3) 23m & 42m for 1st & 2nd fall. Supply to Busra Commune. 8)* Partly hand level applied
O Phlai	Mondul Kiri	Pechr Chenda	O Phlai	07 58 800	13 87 700	302.0 ¹⁾	2005/5/21 Installed by JST	0.330 ¹⁾	0.0011	2005/1/27	40.0 ⁷⁾	91	899 ⁵⁾	Supply to Busra Commune
								0.470 ¹⁾		2005/5/21	23.5 ^{8)**}	76	899 ⁵⁾	8)** Head will be developed note. Leveling was interrupted by time limitation.
Sangke (D/S)	Battambang	Samlot	Stung Sangke	02 68 875	14 11 162	696.0 ¹⁾	2005/4/7 Installed by MIME	1.150 ¹⁾	0.0017	2005/2/5	15.0 ⁶⁾	118	6786 ⁵⁾	Mine clearing is required for further survey
								2.830 ¹⁾		2005/5/14	7.5 ⁸⁾	145	6786 ⁵⁾	
								2.880 ¹⁾		2005/5/15	7.5 ⁸⁾	147	6786 ⁵⁾	
Sangke (U/S)	Battambang	Samlot	Stung Sangke	02 55 200	14 02 400	499.0 ¹⁾	-	0.824 ⁶⁾	0.0017	2005/2/5	15.0 ⁶⁾	85	6786 ⁵⁾	
Tatai (D/S)	Koh Kong	Thmabang	Stung Tatai	03 25 927	12 89 335	423.0 ¹⁾	Auto.WL. gauge was installed by ADB/ MIME, 2004	0.284 ¹⁾	0.0007	2005/2/11	32.0 ¹⁾	62	155 ⁵⁾	Auto W.L. gauge was installed by ADB (2004).
								No measurement	-	2005/6/1	30.2 ⁸⁾	62	155 ⁵⁾	
Ou Sla (D/S) (Chhay Areng D/S)	Koh Kong	Sre Amble	Ou Sla	03 76 880	12 38 770	86.0 ¹⁾	2005/4/22 Installed by MIME	0.031 ¹⁾		2005/2/12	28.0 ¹⁾	6	92 ¹⁾	To be surveyed in next May
								0.344 ⁷⁾	0.0040		120.0 ⁶⁾	283	1249 ¹⁾	

出典：調査団

1.2 バイオマス・ミニグリッド

1.2.1 バイオマス発電技術の概要

(1) 直接燃焼方式とガス化方式

固形バイオマスを利用して発電する場合、大きく分けて直接燃焼方式とガス化方式の2つの方法がある。直接燃焼方式はバイオマスをエネルギーに変換する最も一般的な方法である。発電に利用するためには熱によって蒸気を発生させ、その蒸気によってタービン発電機を回転させて発電を行う。この方式は世界中の農産物加工工場などで導入されている。ただし、この方式が適するのは1MW級超の比較的大きな規模の発電であり、カンボジアのオフグリッド地域の小規模な地方電化には不向きである。

ガス化とは、熱化学プロセスによりバイオマスをプロデューサーガスと呼ばれる可燃性ガスに変換することである。発生したガスはバイオマスの80%のエネルギーを包含する。プロデューサーガスは冷却機と清浄機を通った後にガスエンジンに送られて、発電を行う(図 AP-C.1.1)。ガス化炉の開発が進み、1990年代から実用化され、各地で導入されるようになった。ガス化発電システムは4kW程度からMW級までの発電が可能であり、このシステムがカンボジアの地方電化には最適と考えられる。

(2) バイオガス発電

家畜の糞などを集めて、発生したメタンガスを利用して発電することは技術的に可能である。ただし、140世帯の発電を行うには30頭以上の牛の糞が必要である。カンボジアの農村部で大きな

家畜舎を経営している例は少なく、原料の調達・収集が難しいと思われる。またカンボジアでは低価格(1世帯用<\$50)のバイオガスシステムが家庭調理用として、NGOなどによって農村部で普及が進みつつある。原料の収集が不要な家庭での利用がより適していると思われる。

(3) バイオディーゼル

バイオマス由来の食用油をメチルエステル化¹して得られるディーゼル代替油（バイオディーゼル）を利用し、ディーゼル発電の代替燃料として地方電化を進めるのは一つのオプションである。バイオディーゼルはヨーロッパやアメリカなどで自動車燃料としてディーゼルに混入しての利用が始まっている。

しかしながら、オフグリッド地域の電化対象電源として検討するにあたっては、以下の問題点を考慮する必要がある。

- ① **Jatropha**（ナンヨウアブラギリ）以外の油脂作物栽培は、農用地での作物生産と競合するリスク（農産物の減産リスク）がある。
- ② 値段がディーゼル油より未だ高い。
- ③ 菜の花、パーム、ヒマワリ、大豆などが主原料であり、食材や食用油としての利用と競合する可能性がある²。
- ④ 発電に対する利用実績が未だあまりないこと。
- ⑤ 一般に相当規模の改質施設とその製造規模に対応した流通網が必要となること³。

したがってカンボジアの地方電化目的ではなく、むしろカンボジア国全体のエネルギー問題として取り組むべき課題ととらえ、村落電化対象電源から外した。

2006年2月の第6次現地調査終了時点では、国際原油価格の高騰に伴って、バイオエタノールやバイオディーゼルといったバイオ燃料の生産・利用が途上国においても脚光を浴びている。バイオディーゼルはディーゼル油に混入しての利用が普及しているが、以下の課題が克服できれば、村落電化へ導入の道も開けよう。

- ① 油脂作物栽培により既存の農地利用が阻害されないこと。
- ② 燃料代がディーゼル油に比べて安価となり、かつ村民の支払い可能額以内となること。
- ③ 発電機の改良等により、バイオディーゼル単独（100%）での発電利用が可能となること。
- ④ 小型搾油／改質機の低価格化

カンボジアでも2005年半ばに、ヨーロッパのNGOが小型搾油機を設置し、普及活動を開始した。自動車用には無理だが定置式の発電機には使用可能との情報がある。引き続き利用技術の開発動向に目を配る必要がある。

¹ メタノールと合成させる化学反応で、分子量を小さくし、ディーゼル油に近い性質にする。なお、**Jatropha**（ナンヨウアブラギリ）は、分子量が小さいため搾油するだけでディーゼル油代替が可能と言われている。

² **Jatropha** はかん木であり乾燥にも強い。カンボジアでは草地やかん木地などの未利用地に栽培可能であり、農業作物栽培と競合するリスクは低い。

³ バイオ油とメタノール・苛性ソーダと混合して反応させるだけなので、分散型の小規模装置も技術的には可能。

1.2.2 バイオマス・ミニグリッド

村の平均世帯数は 140 軒。世帯当たりの月平均電力使用量を 10 kWh と想定すると、村の年間電力需要は 16.8 MWh。この発電を行うのに適切な方法を以下で考察する。

(1) バイオマス燃料供給

農民による小規模植林が地方電化のバイオマス燃料の供給に最も適した方法と思われる(Part 2, 1.4.4 節)。単位電力量の発電に必要な木質バイオマス量はおよそ 1.5 kg/kWh である。したがって年間およそ 25 トンの木質バイオマスが村の発電に必要となる。単位面積あたりのバイオマス成長量は 10 t/ha/year と仮定した。カンボジアの大抵の地域ではこれ以上のバイオマス成長量が得られると考えられる。この村で燃料木の栽培に必要な土地は 2.5ha、1 世帯当たり 0.018ha の土地が必要ということになる。バイオマス発電方式に本マスタープラン調査で選定された村はすべて世帯当たり 0.02ha 以上の草地(グラスランド)と灌木地を有する。世帯当たり 0.02ha のグラスランドや灌木地が無い村においても、道路沿い、畑の周囲、アグロフォレストリーとして農作物との混植などにより発電に必要なバイオマスを確保することができる場合も多いであろうと考えられる。小規模植林の場合、*Cassia* spp.、*Leucaena* spp.、*Gliricidia* spp. などの多用途のマメ科早生樹種が適していると思われる。これらの樹種は窒素固定を行なうので、一般に土壤改良に役立ち、葉や実なども家畜や人間の食料として利用できるからである。

籾殻などの余剰農業廃棄物が多量に発生する村では、それらの利用を大いに検討すべきである。およそ 2kg の籾殻が 1 kWh の発電に必要となる。年間およそ 240kg の籾殻が世帯当たり必要であり、140 世帯の村の場合、年間 34 トンの籾殻が発電に必要となる。この程度の量の籾殻は小規模の精米所(村の精米所よりもずっと大きな規模)で十分に供給できる。仮に発電に十分な余剰農業廃棄物が得られる村であっても、0.05 ha/kW 程度の燃料木植栽林をバックアップ用として管理すべきである。

(2) 最適システム

発電施設の減価償却費が発電コストに占める割合はとても高い(38%、Part 1, 3.7.3 節参照)。電気料金を低く抑えるためには、発電施設の稼働率を高めることがとても重要である。日中の電力需要の発掘はバイオマス利用による電化の重要なポイントとなる。農産物加工工場その他の日中電力需要の有無は導入を決定する際の鍵となる。

バイオマスによる電化方法を 6,328 村を対象に策定した。そのうち 13 スキームは実際の調査の結果に基づいて行なった。その結果選ばれた上位 10 スキームを表 1.2.1 に記す。

表 1.2.1 バイオマスガス化発電ミニグリッド優先 10 計画

No.	Province	Name of Scheme	Source of Energy	Fuel Sources	Assumed Nos. of hh to Electrify	Installed Capacity (kW)
1	Pursat	Phnum Kravanh Bio	Biomass	Planted fuel wood	3142	408
2	Kampong Chhnang	Svay Bakav CF	Biomass	Wastes from community forest	274	36
3	Kampong Thom	Kraya CF JICA	Biomass	Planted fuel wood	858	112
4	Takeo	Takeo CelAgrid	Biomass	Planted fuel wood	963	125
5	Kampong Cham	Krasang	Biomass	Planted fuel wood	399	52
6	Kampong Thom	Chi Aok CF	Biomass	Wastes from community forest	138	18
7	Battambang	Kbal Taol	Biomass	Planted fuel wood	419	54
8	Kampong Cham	Batheay	Biomass	Planted fuel wood	594	77
9	Siem Reap	Phum Prampir	Biomass	Planted fuel wood	285	37
10	Kampong Chhnang	Meanok FA Plantation	Biomass	Planted fuel wood	509	66

出典：調査団

1.3 太陽光 BCS でのバッテリー照明

個別家庭に設置する SHS の所有権は実質的に個人に帰属させざるを得ない。多くの援助機関が、運転開始後の維持およびバッテリー更新を考え、SHS を無償で設置することを避けている。また、バッテリーを介する太陽光ミニグリッドの場合には特に供給可能電力に限界がある。しかし利用者は、あたかも大きな電力系統から受電しているかの様に錯覚し、欲しいだけ電力を使い続ける傾向がある。

このことから本 MP では、SHS および太陽光ミニグリッドは推奨しない。替わって、遠隔地域でのバッテリー照明普及のため、太陽光 BCS を推奨する。さらに、夜間学校、診療所、集会所等の公共施設には PV 照明システムを設置することを提案する。この PV システムでも、住民が照明用バッテリーを購入する支払い能力と意思を持つならば、太陽光 BCS をオプションとして設置する。

全国的に多数の太陽光 BCS を設置するためには、システムの標準設計を確立する必要がある。このようなシステムは全国に散在することから、太陽光 BCS 計画は先ず村落毎に作成し、次にプロジェクトとして実施に適した規模を持つよう地区あるいは州毎にまとめることが望ましい。

(1) 村落規模の標準化

遠隔地のコミュニティでは世帯が一般に散在しており、大きな BCS を 1ヶ所に設置すると、バッテリー充電時の BCS までの往復距離が長くなる。ひとつのコミュニティにひとつの大きな BCS を設置するのではなく、それぞれの村に小さな BCS を設置することが望ましい。太陽光 BCS の初期設備費用は BCS 利用者数にほぼ比例する。ひとつのコミュニティ用の大型 BCS と、村落毎に BCS を設置するために小分割した場合とで、コスト的に大きな差異はない。カンボジアの村落規模の中央値は 140 世帯である。現在 BCS が村内にない僻地の村落は一般的に規模が小さいことを考慮し、村落規模を次の 4つのグループに分類する。

BCS モデル 25:	1 to 25 世帯
BCS モデル 50:	26 to 50
BCS モデル 75:	51 to 75
BCS モデル 100:	76 to 100

100 世帯以上の大きな村落の場合、この標準モデルを組み合わせで選定する。

(2) BCS 設計パラメータ

それぞれの BCS モデルの容量を決めるために、家庭別負荷容量、充電するバッテリーの容量およびサイトの日射量を把握する必要がある。

負荷容量およびバッテリーの種類: 一般に 50Ah のバッテリーは主に照明用、70Ah のバッテリーは照明および白黒テレビ用、100Ah のバッテリーは照明とカラーテレビ（あるいは照明とカラオケデッキ+ディスプレイとしてのカラーテレビ）のために利用されている。充電間隔は 10 日に 1 回程度である。照明およびカラーテレビを所有している場合、充電間隔を短くするか、あるいはテレビ専用バッテリーを別途所有している。テレビあるいはカラオケを所有している世帯数は少なく、数パーセントに止まる。容量別のバッテリー所有割合を次のように仮定する。

(i)	50 Ah	バッテリーは BCS 利用世帯数の	30%
(ii)	70 Ah	〃	50%
(iii)	100 Ah	〃	20%

充電周期: 充電間隔はバッテリーの完全放電後 10 日間隔が一般的となっているが、本 MP では以下の理由から 5 日間隔で充電することを推奨する。

(1) 深い放電によるバッテリーの劣化促進を避ける

(2) 雨季に BCS で完全には充電出来ないときに、多少の余裕を持たせる（雨季の連続降雨時に BCS の混雑が予想される。その場合、BCS 利用者は、先客のバッテリーが充電できるまで、2-3 日待たされることがある。）

日射量: 負荷に適した太陽光設備の容量を決定するために、日射量を把握することが必要である。日射量は NASA の衛星データを基本とする。全国年平均は 5.1 kWh/m²/day でカンボジアでの 22 地点の間の年間平均最低日射量は 4.6 kWh/m²/day である。日射量は雨季の 6 月から 9 月に低くなる。発電量を最大化するため、PV パネルに太陽光が垂直に入射するよう、パネルを太陽（北半球では南）に向ける必要がある。設置角度は、サイトの緯度に合せるのが一般的である。この設置角度により発電量が最大化される。不適当な傾斜角度では、発電力が低下する。最大出力に適した角度は月によって変化する。したがって、システム設計上カンボジア全土を二つの地域に分ける。表 1.3.1 は日射量が低い月に PV が最大出力となるよう、日射量と緯度による州のグループ分けを示す。

表 1.3.1 日射量および緯度に応じた州のグループ分け

グループ	州	日射量 (kWh/m ² /day)	パネルの設置傾斜 角(度)
1	Kampt, Koh Kong, Pursat and Takeo	4.6	5
2	その他	5.1	10

出典：調査団

システム設計パラメータ：公共施設の PV システムでは、バッテリーが常にシステムに接続されているため、太陽光 BCS とは設計パラメータが多少異なる。表 1.3.2 に太陽光 BCS および公共施設の PV システム両方の設計パラメータを示す。

表 1.3.2 太陽光 BCS および公共施設 PV システムの設計パラメータ

項目	パラメータ	標準値		単位	備考
		太陽光 BCS	公共施設 PV		
1	Horizontal solar irradiation	4.6 と 5.1	4.6 と 5.1	kWh/m ² /d	Country minimum & annual average (satellite data)
2	Module derating factor	10	10	%	Decrease of output due to dirt, years of uses and so on.
3	Columbic efficiency	90	90	%	To charge battery effectively.
4	Charge controller (C/C) consumption	10	*	mA/day	Depends on manufacturer
5	Depth of discharge (DOD) of battery	50	80	%	50% for shallow cycle lead acid & 80% for deep cycle
6	Charging interval	5		days	To avoid deep discharge
7	Days of autonomy		3	days	Reservation for NO SUN days
8	Voltage output from charge controller (C/C)	13.5	13.5	V	Minimum voltage to charge battery effectively
9	C/C capacity	10	*	Amp	To charge battery effectively
10	Battery to be charged	50, 70 & 100	*	Ah	Present battery size charged at DG BCS

出典：調査団

注：(1)空白は必要無いパラメータ、(2) '*' は算出するために負荷予測が必要

表 1.3.3 に、公共施設の PV 容量、バッテリー容量、充放電装置容量に対する負荷と利用時間の影響の試算表を示す。

表 1.3.3 負荷および利用時間とシステム容量の関係

モデル No.	公共施設 種別	蛍光灯数と点灯時間						バッテリー 容量 (12V DC)	C/C 容量	PV 容量
		20W	h/day	Total (W)	40W	h/day	Total (W)	Ah (@10hr)	Ah (12V)	Wp
1	Health post	4	3	240	4	3	480	240	20	350
2	Night School	4	3	240	10	3	1,200	471	40	700
3	Community Hall	2	2	80	4	2	320	138	12	200

出典：調査団

注： 利用時間 (h/day) と負荷 (W) は試算のための想定値

(3) 設備容量およびコスト

以上の設計パラメータに基づいて、標準太陽光 BCS および公共施設用 PV 設備を設計した。表 1.3.4 および 1.3.5 にそれぞれ太陽光 BCS と公共施設用 PV の設備容量およびコストを示す。

表 1.3.4 標準太陽光 BCS の設備容量およびコスト

モデル No.	充電対象バッテリー数 の%構成			1日当り所要 充電バッテリー 数 (no.)	設備容量 (kWp)		設備コスト (税抜き)
	50 Ah	70 Ah	100 Ah		At 4.6 (kWh/m ² /d)	At 5.1 (kWh/m ² /d)	For both 5.1 & 4.6 (kWh/m ² /d)
BCS Model 25	30	50	20	5	1	1	6,200
BCS Model 50				10	2	2	12,400
BCS Model 75				15	3	3	18,600
BCS Model 100				20	4	4	24,800

出典：調査団

所要容量を切り上げると、① 年平均日射量、② カンボジアでの 22 点の年最低月平均日射量から算出した 2 種類の設備容量が同じ値になる。標準 BCS モデルのシステム設計およびコスト算出を表 A P - B.1.3 および表 A P - B.1.4、添付資料—B に添付する。

表 1.3.5 公共施設のための設備容量およびコスト

標準モデル No.	公共施設 種別	PV 容量(Wp)	システムコスト US\$ (税抜き)
1	Health post	350	2,300
2	Night School	700	4,600
3	Community hall	200	1,400

出典：調査団

なお、システム容量を算出するにあたり以下の条件を仮定した。

各 PV モジュールの容量は 50 Wp

各 PV モジュールの出力電流は 3.0 Amp

必要容量を 50 Wp 単位 (モジュール) に切り上げた

高い外気温 (35°C) でも PV の出力電圧が充電に十分なこと

設計日射量で 1 日以内にバッテリーを完全充電

(4) BCS 適用候補村落

オフグリッド地域内の 11,752 村落の内、1,720 村落が太陽光 BCS の設置候補村落として選定された。多くの村落は北部および東北部に散在している。

総対象村落数: 1,720

村落の平均世帯数: 138

総世帯数: 237,570

BCS の充電対象 1 世帯当りの平均単価は 250 ドル、総費用は 60 百万ドルになる。

(5) システムの選定

対象村落毎に、住民がバッテリーを購入するだけの経済力を持たず、かつ未電化の公共施設（診療所、夜間学校、集会所）が村内にある場合は、公共施設用 PV システムを選定する。一部の住民がバッテリーを購入でき、BCS 設置を希望する場合は、需要に見合った容量の BCS を併設する。住民の多数がバッテリーを購入する経済力を持つが、村内に BCS がいないためにバッテリー照明の普及率が低い村落には、太陽光 BCS を選定する。

第2章 電化計画の評価と提言

2.1 環境影響評価と推奨評価ガイド

2.1.1 環境影響評価

(1) カンボジア国における環境法令と規則

カンボジア国憲法第 59 条では「わが国は環境を保護し、豊富な天然資源のバランスを図り、土地、水、空気、風質、生態系、鉱物、エネルギー、石油、天然ガス、岩石や砂、宝石類、および森林・林産物、野生生物、魚類と水産資源に関する詳細な管理計画を確立しなければならない。」と規定している。

この憲法第 59 条に則り、環境社会配慮に関する下記の法令等が制定された。

- (1) Law No. Norgom Sihanouk-Royal Decree – 0196-21 dated January 24,1996 on the Establishment of the Ministry of Environment
- (2) No.57 Sub-Decree on the Organization and Functions of the Ministry of Environment, Royal Government (1997 年施行)
- (3) その他

表 2.1.1 にこれまで同国で確立し施行された環境配慮関連法令、規則および指針類を示す。図 2.1.1 に同国で指定された国立公園、自然保護区、景観保護区等の位置図を示す。

表 2.1.1 カンボジア国における環境法令のリスト

1.	Article 59 of the Constitution of the Kingdom of Cambodia
2.	Royal Decree on the Protection of Protected Areas
3.	Royal Decree on The Establishment and Management of Tonle Sap Biosphere Reserve
4.	Law on Environmental Protection and Natural Resources Management
5.	Sub-Decree on the Organization and Function of the Ministry of Environment
6.	Sub-Decree on Environmental Impact Assessment Process
7.	Prakas (Declaration) on Guideline for Conducting Environmental Impact Assessment Report
8.	Guidelines for Conducting Environmental Impact Assessment (EIA) Report
9.	Sub-Decree on Water Pollution Control
10.	Sub-Decree on Solid Waste Management
11.	Sub-Decree on Air and Noise Pollution Control
12.	Prakas (Declaration) No. 1033 on Protected Areas
13.	Annex to Prakas No. 1033
14.	Drafted Decree on the Establishment and Management of Protected Areas

出典：環境省

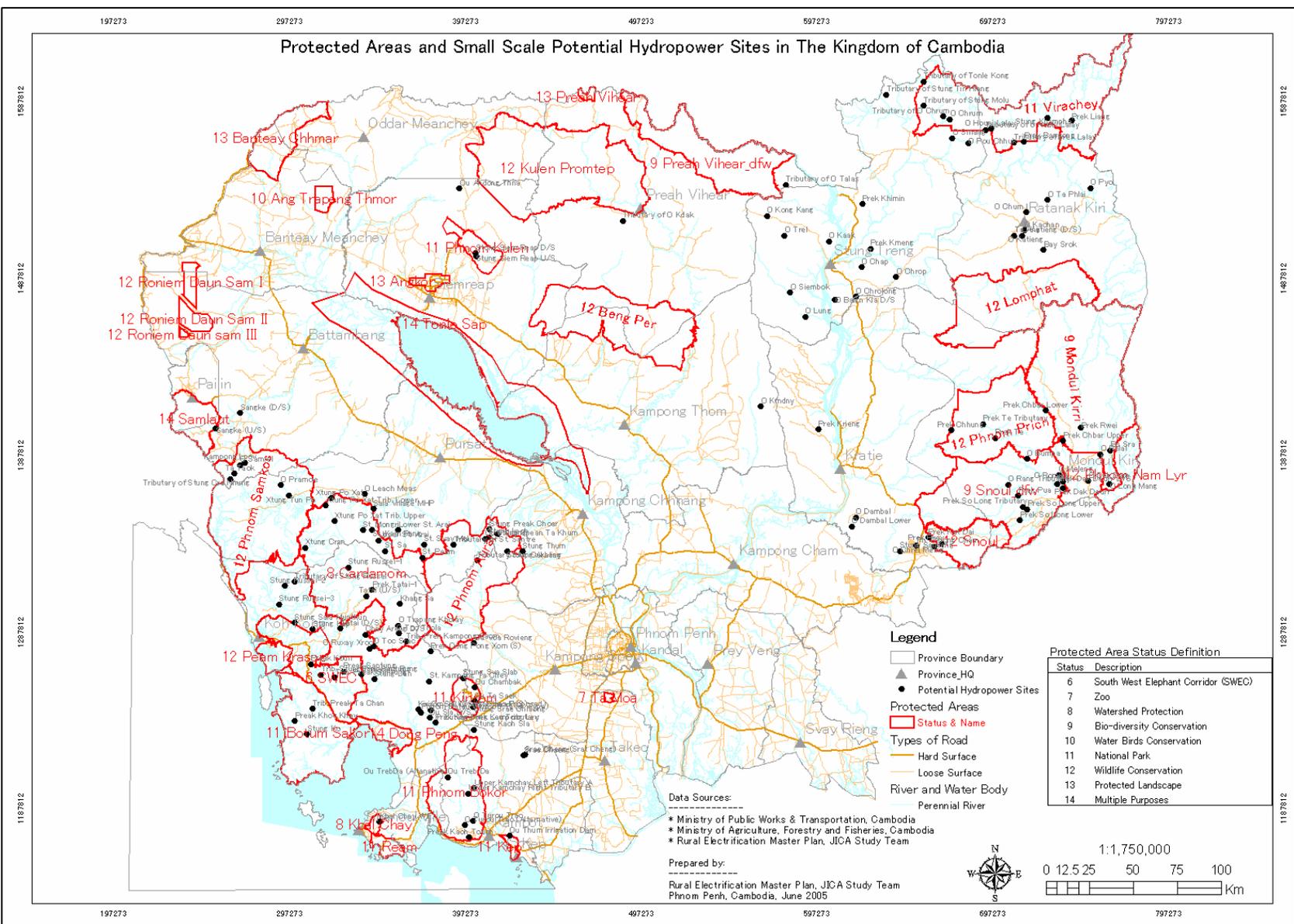


図 2.1.1 カンボジアにおける保護区と小規模水力ポテンシャル地点

表 2.1.2 に同国で指定された国立公園、諸保護区等の名称、面積および所在地のリストを示す。

表 2.1.2 カンボジアにおける国立公園、野生動物保護区、景観保護区他のリスト

(Specified under the Royal Decree on the Protection of Protected Areas, November 1, 1993)

No.	Names of the Protected Areas	Land Area Covered (ha)	Provinces Where the Protected Areas are Located
I. National Parks			
1	KIRIRUM	35,000	Kampong Speu and Koh Kong
2	BOKOR	140,000	Kampot
3	KEP	5,000	Kampot
4	REAM	150,000	Sihanouk Ville
5	BOTUM SAKOR	171,250	Koh Kong
6	PHNOM KOULEN	37,500	Siem Reap
7	VIRAK CHEY	332,500	Stung Treng and Rattanak Kiri
II. Wildlife Sanctuaries			
8	PHNOM ORAL	253,750	Koh Kong, Pursat, Kampong Chhnang
9	PEAM KRASOP	23,750	Koh Kong
10	PHNOM SAMKOS	333,750	Koh Kong
11	RONEAM DONSAM	178,750	Battambang
12	KOULEN PRUM TEP	402,500	Siem Reap and Preah Vihear
13	BENG PER	242,500	Kampong Thom
14	LUMPHAT	250,000	Rattanak Kiri and Mundul Kiri
15	PHNOM PRICH	222,500	Mundul Kiri and Kratie
16	PHNOM NAMLEAR	47,500	Mundul Kiri
17	SNUOL	75,000	Kratie
III. Protected Landscapes			
18	ANGKOR	10,800	Siem Reap
19	BANTEAY	81,200	Banteay Mean Chheay
20	PREAH VIHEAR	5,000	Preah Vihear
21	DONG PENG	27,700	Koh Kong
22	SAMLOT	60,000	Battambang
23	TONLE SAP	316,250	Kampong Chhnang, Kampong Thom, Siem Reap, Battambang and Pursat

出典：環境省

Terminology :

National Park : Areas reserved for nature and scenic views to be protected for scientific, educational and entertainment purposes.

Wildlife Sanctuary : Natural areas preserved at their natural conditions in order to protect wildlife, vegetation and ecology balance.

Protected Landscapes : Areas to be maintained as scenic views for pleasure and tourism.

Multiple Use Areas : Areas necessary for the stability of water, forestry, wildlife, and fisheries resources, for pleasure, and for the conservation of nature with a view of assuring economic development.

(i) カンボジア国環境省の任務

The No.57 Sub-Decree 第 2 条でカンボジア政府は同国環境省（Ministry of Environment, MOE）に同国における環境セクターの監査・管理の権限を与えている。

MOE は下記の主な機能を有する。

- 環境政策を実施し、同国の持続可能な開発を確実にする。
- 環境法令等を確立・実施し、同国の持続可能な開発を推進するとともにそれを確実にする。
- 公共や私企業の開発計画・活動の環境影響評価結果のレビューと勧告を行う。またそのための手続きを制定する。
- 関連省庁へ環境関連指針を提供し、天然資源の保全、その合理的かつ持続可能な開発と利用を確実にする。

- 1993年11月1日に制定された法令”The Creation and Designation of Protected Areas”で区域が明確になった保護地域の管理
- 全ての固体と液体廃棄物、汚染物質、有害物質、排出物、騒音や振動の発生源、それらの形態と量を特定し、関連省庁との協力のもとでそれらの防止、低減および環境汚染防止対策を提示する。
- “Law on Environmental Protection and Natural Resource Management”第9項の規定を遂行する。
- 環境データの収集、分析と管理を行い、国の環境年報を作成する。
- 社会全てのセクターで必要な環境教育プログラムを作成し、実施する。
- 環境保護に関する国際条約等への加盟について中央政府に提言し、それら条約等での公約や責任を果たすための技術的作業を行う。
- 環境保護や天然資源の保全に対する投資を推進し、そのための環境基金の確立と管理を行う。
- 国家や国際的組織、NGO、地方組織および他国と協力し、カンボジア国における環境保護の推進を図る。

(ii) MOE の組織

a. 中央政府における組織

- 大臣官房室
- 監査室
- 一般管理局
 - i) Department of Planning and Legal Affairs
 - ii) Department of Nature Conservation and Protection
 - iii) Department of Pollution Control
 - iv) Department of Natural Resources Assessment and Environmental Data Management
 - v) Department of Environmental Education and Communications
 - vi) Department of Environmental Impact Assessment Review
 - vii) Department of Administration and Finance

b. Provincial レベルの組織

- Provincial and Municipal Department of Environment

各 district レベルではそれらの環境部局 (department や agency) が存在し、MOE との連携や諸活動を遂行する。

(iii) 環境影響評価手順に関する法令

法令 No.72 ANRK.BK “Sub-Decree on Environmental Impact Assessment Process” が 1999 年 8 月 11 日に施行された。同法令は初期環境影響評価 (Initial Environmental Impact Assessment, IEIA) または環境影響評価 (EIA) の実施、MOE による IEIA や EIA 結果のレビューと許可、および公衆の EIA 過程での参加に関する要件を規定している。本法令の Annex に EIA を要する諸プロジェクトの一覧表を示している。

発電設備計画の場合、水力設備の出力が 1 MW 以上であり、その他の設備で出力が 5MW 以上であれば EIA の実施が必要であると規定されている。この場合、事業者はまず IEIA を実施し、その結果の審査を受けるため IEIA 報告書を MOE に提出する。もし MOE が全範囲の EIA を要すると判断した場合、事業者は続けて EIA を実施し、その結果を MOE に提出して審査と許可を受けることが必要。

上記出力未満の発電設備計画については特に要件は示されていない。ただし上記出力未満の場合でも、下記のような環境配慮を要する。

- 樹木の伐採の軽減、不法伐採の可能性の回避
- 滝の消滅や水量の激減の回避
- 地域村落民衆の要望に適合しない場合の計画修正
- その他

(iv) 環境行政の改革に関する法令

環境行政の改革に関する法令が 2005 年 6 月に発効された。環境影響評価書の審査等に関する部分の主な改革点は下記の通り：

- (1) 一つのプロジェクトの開発資金が 200 万ドル以上のものは RGC の Cambodia Development Council (CDC)の審査を受けること。IEIA/EIA 関連報告書は従来通り同国の環境省の審査を受けること。
- (2) 一つのプロジェクトの開発資金が 200 万ドル未満のものは、立地場所の Province 政府の Provincial Sub-committee of Development の審査を受け、IEIA/EIA 関連報告書は Provincial and Municipal Department of Environment の審査と承認を受けること。
- (3) 開発資金額と関係なく、環境保護区”Protected Areas”内で行われる開発計画は同国環境省の承認が必要。
- (4) 同国環境省は環境管理および環境モニタリングに権限と責務を有する。

表 2.1.3 カンボジアにおける環境法令のリスト

1. Article 59 of the Constitution of the Kingdom of Cambodia
2. Royal Decree on the Protection of Protected Areas
3. Royal Decree on The Establishment and Management of Tonle Sap Biosphere Reserve
4. Law on Environmental Protection and Natural Resources Management
5. Sub-Decree on the Organization and Function of the Ministry of Environment
6. Sub-Decree on Environmental Impact Assessment Process
7. Prakas (Declaration) on Guideline for Conducting Environmental Impact Assessment Report
8. Guidelines for Conducting Environmental Impact Assessment (EIA) Report
9. Sub-Decree on Water Pollution Control
10. Sub-Decree on Solid Waste Management
11. Sub-Decree on Air and Noise Pollution Control
12. Prakas (Declaration) No. 1033 on Protected Areas
13. Annex to Prakas No. 1033
14. Drafted Decree on the Establishment and Management of Protected Areas

(2) 累積的な環境社会影響

(i) カンボジア国における既存電力

カンボジア国の”Renewable Electricity Action Plan – An Investment Guide for Renewable Electricity Development” (初版 2003 年 5 月)および “Cambodia Energy Strategy” (MIME, January2005)によると、2002 年時点の同国における総発電容量とその内訳は下記のようになっている。(EDC, MIME および NEDO の推計)

a. EDC による供給電力 -----	87 MW
b. IPPs による供給電力-----	57 MW
c. 私企業による地方での供給電力 -----	60 MW
d. 自家発電 (ホテル、工場等) -----	116 MW

e. 水力発電による供給電力 -----	13 MW
f. 太陽光発電による供給電力 -----	0.2MW
g. 輸入電力 -----	20 MW
合計	約 353 MW

以上の水力発電、太陽光発電および輸入電力以外は、ほとんどがディーゼル発電によるものである。

既存水力発電は下記2つの水力発電所で電力が供給されている。

- i) Kirirom I (12MW)
- ii) O Chum II (1MW)

Kirirom I 水力発電所は Kampong Speu 州に位置し、1975 年以前に出力 10MW で建設・運開され、その後まもなく内戦で破壊された。1999 年、中国の企業によって修復と出力増強され、現在は EdC 経由で同州と Phnom Penh に給電されている。一方、O Chum II 水力は Ratanak Kiri 州に位置し、1993 年運開後同州都 Banlung に給電されている。この2つの水力発電所に関する環境影響評価 (IEIA または EIA) は行われておらず、したがって関連報告書は存在しない。ただし、O Chum II の現地調査の結果から見て環境への悪影響は顕著でなく、ダム貯水池用地のための一部樹木の伐採以外は環境社会影響は微小なものといえる (地域住民の移転は無し)。Kirirom I 水力については、関連データが無いため、ここで論評することは困難。

既存ディーゼル発電設備の合計出力は 300MW 以上で、自家発電の全容量が約 3分の1を占める。1 発電所の出力が 5MW 以上の場合でも環境影響評価は行われていないため、排気ガスによる既存の累積的な大気汚染の程度は不明。

(ii) 累積的な環境社会影響

累積的な環境社会影響には ①自然環境への影響と ②社会環境への影響が含まれる。樹木の伐採、不法伐採の可能性、水力で滝を利用した場合の滝の消滅の可能性は自然環境への影響であり、地域村落民衆の利益に反すること等は社会環境への影響である。

以下で再生可能エネルギー利用発電設備の種類別の環境社会影響について検討を加える。

1) 小水力の場合

ここでの検討を容易にするため、小水力発電設備等を出力範囲別に以下のように分類する。

- Micro-hydro power : 出力が 500 kW 未満のもの
- Mini-hydro power : 出力が 500 kW 以上で 5 MW 未満のもの
- Large hydro power : 出力が 5 MW 以上のもの

この分類別にそれぞれの環境社会への影響の度合いを以下に論ずる。

a. Micro-hydro power の場合

- a) 出力が 100 kW までのもの
 - 発電機等の設置に約 200 m² ~ 400 m² 平坦地を要する。
 - 導水路等の整地

これらの用地整備による環境社会への影響は微小であり、その累積分も無視できる範囲にあるといえる。

- b) 出力が 100 kW から 300 kW までのもの
 - 発電機等の設置に約 400 m² 以上の平坦地を要する。

- 発電所地や導水路等の整地に数十本の樹木の伐採が必要になる可能性がある。
- 滝の落差を利用する場合、滝の消滅や水量の激減の可能性はある。

これらの環境社会影響は以下のように対策を講じることが可能。

- 発電所等用地の確保に家屋の移転が必要になる場合、その近傍への移転と費用等の補償を行う。移転家屋数は少ないので、対策は容易に解決できる。
- 樹木の伐採数は限られるため、近傍での植林で問題の解決は可能。
- 利用する滝が観光地でなく、またその利用価値も無い場合、地方自治体と地域村落民の合意のもとで利用可能。

以上のように諸対策が講じられる場合、環境社会への影響は回避され、関連累積的な影響は微小といえる。

b. Mini-hydro power の場合

a) 出力が 500 kW から 1MW までのもの

- 上記出力が 100 kW から 300 kW までの Micro-power の場合と同様と考えられる。
- ただし、ダム建設が必要である場合、次の考えられる影響の対策が必要になる。
 - i) 地域住民の移転
 - ii) 自然環境への影響
 - iii) 貯水池の水質
 - iv) 建設時の騒音、振動等

上記環境社会への影響は各発電計画ごとに異なるため、累積的な影響はそれぞれの集計で推定することになる。

b) 出力が 1MW 以上のもの

法令 No.72 ANRK.BK “Sub-Decree on Environmental Impact Assessment Process” (1999年8月11日)に従って、各発電計画の IEIA/EIA を行い、MOE の認可を得なければならない。これらの累積的な環境社会への影響はそれぞれの影響の集計で推定することになる。

2) 太陽光発電計画

カンボジア国では太陽光発電設備が既に多く使用されている。それらの出力は電話の通信用(127kWp)を除き大半が 100Wp から 5kWp までのものである。

ここでは 100 kWp までのものに限定して検討を行う。通常、この規模の太陽光発電設備にはディーゼル発電機とバッテリーが併設される。100kWp 程度のディーゼル発電機は排気ガスの問題はほとんど無視できる程度になっている。バッテリーは廃棄する際にその処理処分やリサイクルを考える必要が生じる。このバッテリーの廃棄問題を除けば、太陽光発電設備の設置等による環境社会への影響は微小であり問題になるものではない。その理由の一部は下記の通り。

- 設置スペースが極めて小さく、樹木の伐採等の問題はほとんどない。
- 排気ガスの問題は規模から見て問題にならない。
- 社会的影響は皆無といえる。

したがって、太陽光発電設備による累積的な環境社会影響は微小であり、無視できる程度のものである。

3) 風力発電設備

カンボジアでは風力データが不足している。またその導入事例もほとんどない。

一般的に、風力発電設備は太陽光発電設備と同様ディーゼル発電機やバッテリーとの併設が必要。バッテリーは前記と同様その廃棄と再生が課題になる。

系統接続型の場合には、風力発電設備は単機で 100kW ~300kW のものが多い。この出力のものを数多く同一地区で集中的に設置する場合、全体の EIA を行い、影響緩和措置が重要になる。単機で 1 ヶ所に設置する場合、その環境社会への影響は前記 Micro-power の場合と同程度のものになるといえる。

4) バイオマス発電設備

a. バイオマス燃焼発電設備

これは火力発電の場合と同様であるといえる。ただし、SO_xは存在せず、天然ガス火力に類似する。環境社会への影響は出力によるが、概略下記のようなになる。

- 1) 1 基の出力が 1MW 以下の場合、その累積的な環境社会影響は微小といえる。
- 2) 1 基の出力が 1MW から 5MW までの場合、燃焼後の灰の処理・処分を適切に行えば、累積的な環境社会影響は微小といえる。
- 3) 1 基の出力が 5MW 以上である場合、法令 No.72 ANRK.BK “Sub-Decree on Environmental Impact Assessment Process” (1999 年 8 月 11 日)に従って、各発電計画の IEIA/EIA を行い、MOE の認可を得なければならない。これらの累積的な環境社会への影響はそれぞれの影響の集計で推定することになる。

バイオマス発電設備で共通する潜在的な課題は、燃料供給計画を十分検討しないまま実施した場合に、燃料確保のための不法森林伐採が生じるリスクである。

b. バイオガス発電設備

バイオガス発電設備の場合は燃焼灰の生成がなく、バイオマス燃焼発電設備より環境への影響は更に小さくなる。ただし、出力が 5MW 以上になると前記同様詳細な EIA が必要になる。

(3) 廃棄バッテリーの処理・処分とリサイクル

(i) 廃棄バッテリーの処理・処分とリサイクルの現状

首都プノンペンおよび Rattanak Kiri 州の数カ所の村落で聞き取り調査を行った。その結果を以下に記す。

- 1) 廃棄バッテリーの収集専門業者が各家庭を回り、それらの収集を行う。
- 2) 廃棄バッテリーの収集専門業者は集めたものを集荷地に運搬する。
- 3) 集荷業者はトラックで処理業者（分解処理）に運ぶ。
- 4) 分解部品類は焼却可能なもの以外はタイ国やベトナムへ運び、再生処理が行われる。再生された鉛は再使用のため加工される。

(ii) 廃棄バッテリーの処理・処分とリサイクル方法

ここでは 12V や 6V の場合について論じる。処理・処分とリサイクル方法は以下の通り。

a. 収集された廃棄バッテリーの分解処理

- b. 陽極板と陰極板の溶融
- c. 純鉛の抽出
- d. 希硫酸液の中和処理
- e. 可燃物の焼却
- f. 抽出された鉛の新バッテリーへの再生生産等
- g. 以上で生じた各種非可燃物の適切な処分

以下図 2.1.2 に廃棄バッテリーの処理・処分とリサイクル工程の概要を示す。

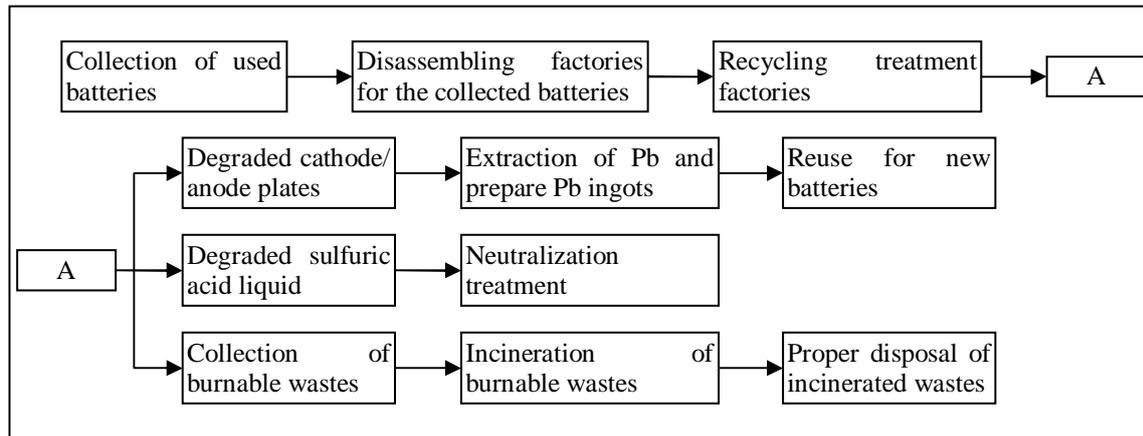


図 2.1.2 廃棄される中古バッテリー再生の流れ

(4) カンボジア国における CDM プロジェクト

(i) CDM プロジェクトの現状

1) CDM に係る行政

2003 年 7 月 15 日付 Prime Minister’s Decision No.10 で CDM に関する次の決定を行った。

- a) MOE を CDM の Interim Designated National Authority (DNA) と指定。
- b) DNA Board は MOE, MIME, MOP, CDC および MPWT の代表者により構成される。DNA Board の下に “Energy Technical Working Group”, “Forestry Technical Working Group” と “Other” の 3 グループを設置。“Other” は後日決定される。
- c) MOE は Interim DNA として CDM プロジェクトの計画者、関連部局やステックホルダーから計画関連の情報提供を求めることができる。
- d) MOE は CDM 計画内容の審査に要する暫定的な指針を作成すること。
- e) MOE はこの暫定審査指針に則って CDM 内容の審査を行うこと。暫定審査指針は (“Sustainable Development Criteria” (SD Criteria)) は既に提示されている。
- f) MOE はその他必要な責務を有する。

2) CDM プロジェクトの進捗状況

2004 年 10 月現在の状況は下記の通り。

- a) 3 つの CDM プロジェクトに関する F/S が完成
 - i) Marubeni Corporation の研究 - 7,000 ha ゴム樹園プロジェクト
 - 本プロジェクト開始から 11 年後以降、5 年毎に炭素クレジットを取得。その量は次の通り。
 - 2015 年に 39,377 t-CO₂、2020 年に 642,051 t-CO₂、2025 年に 1.5

million t-CO₂、2030年に2.32 million t-CO₂、2034年に2.9 million t-CO₂

- ii) Japan Waste Foundation の研究 – Phnon Phen Waste Dumpsite におけるメタンガスの回収
 - メタンガスを補足回収し、温室効果ガス(GHG)放出の低減と発電事業に利用。(F/S)
 - GHG の累積回収量は約 279,300 t-CO₂
 - iii) NEDO の研究 – 70 kW hybrid micro-hydro/solar プロジェクト
 - Kampong Cham Province における micro-hydro/solar hybrid 式分散型発電所の建設
 - GHG 放出削減量は約 302 t-CO₂ eq/year
 - b) 2つの F/S が進行中
 - i) Marubeni Corporation の研究 – 115 基 micro-wind/hydro 発電設備の設置 (合計 1.4 MW の出力を目指している)
 - ii) Angkor K.R.Co. の研究 – Rice husk co-generation 1.5MW
- 現在 MOE は F/S が完了した CDM プロジェクトへの投資を期待している。

3) 地方電化への CDM の適用可能性

上記 NEDO (70 kW hybrid micro-hydro/solar system)の F/S 研究プロジェクト、また Marubeni 社が現在 F/S 計画中の分散型 micro-wind/hydro power system (合計 1.5MW を目指す)は何れも CDM に係るものである。これらは地方電化にも係るものでもある。

したがって、地方電化に CDM を適用することは可能であると思われる。主な課題はこの種の地方電化 CDM に投資者が現れるかどうかである。

(ii) 小規模 CDM プロジェクトと一括化小規模 CDM プロジェクト

小規模 CDM プロジェクトは下記の3タイプに分類される：

- タイプ1： 最大出力が 15MW までの再生可能エネルギープロジェクト
- タイプ2： エネルギー供給又は需要サイドにおける年間の消費エネルギーが 15GWh までの省エネルギープロジェクト
- タイプ3： 排出量が CO₂ 換算で年間 15kt 未満の人為的な排出量を削減するプロジェクト

一方、複数小規模 CDM プロジェクトを一括化して、手続きを行うことが可能。一括化した全体の出力の大きさは小規模 CDM プロジェクトの定義を超えることはできない。

小規模 CDM プロジェクトでは、そのプロジェクト設計書 (PDD) や諸申請手続きが簡略化された。

詳細については、日本環境省資料「図説 京都メカニズム」第 3.1 版 (2005 年 4 月) を参照。

2.1.2 候補となる小水力発電設備の環境スクリーニング

ここでは現時点で候補となりうる下記5つの小水力発電計画について、「JICA 環境社会配慮ガイドライン」のスクリーニング様式に基づいて行った環境スクリーニングの主な結果を記述する。

- 1) Bay Srok MHP project (in Rattana Kiri Province)
- 2) O Phlai MHP project (in Mondul Kiri Province)
- 3) Sangke (U/S) MHP project (in Battambang Province)
- 4) Sangke (D/S) MHP project (in Battambang Province)
- 5) Tatai (D/S) MHP project (in Koh Kong Province)

(1) Bay Srok MHP project

付属資料-D、表 AP-D.1.4 に環境スクリーニング format に記入したスクリーニングの結果を示す。

環境スクリーニングの主な結果は下記の通り。

- a. 本プロジェクトの立地候補地点は環境保護区外にある。
- b. 本計画は O Sien Ler 河の O Sien Ler 滝（7つのカスケードで構成）の落差を利用するもので、観光地化されている場所でもある。
- c. したがって、IEIA は必要で Province 政府の審査と承認が必要。
- d. 関連村落住民は電力が不足で小水力計画を歓迎。地域住民の約 90%は少数民族。
- e. この地域は宝石類が採れるので人口が増加している。
- f. 計画の実現に適宜にステークホルダー会議を行うことが望ましい。

(2) O Phlai MHP project

付属資料-D、表 AP-D.1.5 に環境スクリーニング format に記入したスクリーニングの結果を示す。

環境スクリーニングの主な結果は下記の通り。

- a. 本プロジェクトの立地候補地点は環境保護区”Pham Nam Ler Wildlife Sanctuary”の境界上にあり、IEIA が必要。その報告書は MOE の審査と承認が必要。
- b. この計画で発生する電力は近傍にある Bu Sra Commune に供給されることになっている。発生電力の一部は立地点周辺の村落にも供給することが望ましい。
- c. 地域住民の約 90%は少数民族である。
- d. 計画の実現にはステークホルダー会議を適時行うことが望ましい。

(3) Sangke (D/S) MHP project

付属資料-D、表 AP-D.1.6 に環境スクリーニング format に記入したスクリーニングの結果を示す。

環境スクリーニングの主な結果は下記の通り。

- a. 本プロジェクトの立地候補地点は環境保護区”Samlot Protected Area” (Protected Landscapes)の境界地域にある。
- b. したがって、IEIA が必要。その報告書は MOE の審査と承認が必要。
- c. 計画の実現にむけて適宜ステークホルダー会議を行うことが望ましい。

- d. Sangke (U/S) MHP の場合と同様、地雷処理が欠かせない。

(4) Sangke (U/S) MHP project

付属資料-D、表 AP-D.1.7 に環境スクリーニング format に記入したスクリーニングの結果を示す。

環境スクリーニングの主な結果は下記の通り。

- a. 本プロジェクトの立地候補地点は環境保護区外にある。したがって、環境スクリーニング報告書を Province 政府に提出し、審査と承認を受けることで済む。
- b. 計画の実現にはステークホルダー会議を行うことが望ましい。
- c. この地域の一部には未処理地雷が存在するため、調査は地雷除去後に行うことが望ましい。

(5) Tatai (D/S) MHP project

付属資料-D、表 AP-D.1.8 に環境スクリーニング format に記入したスクリーニングの結果を示す。環境スクリーニングの主な結果は下記の通り。

- a. 本プロジェクトの立地候補地点は環境保護区外にある。
- b. したがって、環境スクリーニング報告書を Province 政府に提出し、審査と承認を受けることで済む。
- c. 計画の実現にはステークホルダー会議を行うことが望ましい。

2.1.3 環境社会配慮に関する推奨評価ガイド

(1) 序文

ここで推奨する環境社会配慮に関する評価ガイドはカンボジア国での小規模発電設備計画に適用することを目的として提示したものである。ただし、環境社会配慮に関する規則等は大小規模計画に適用される全体の枠組みから論じることが必要になる。

JICA の無償援助プロジェクトでは JICA の環境社会配慮ガイドライン（2004 年 4 月版）が反映されるよう求められる。一方、世界銀行（WB）やアジア開発銀行(ADB)の援助プロジェクトではそれぞれの環境配慮に関する要件が適用される。いずれの場合においても、カンボジア国の環境関連法令や規則等が優先的に適用されることが前提になる。

外国や国際機関の資金援助のもとで行われる開発プロジェクトにおいて、それぞれ融資元の環境配慮要件別に環境影響評価を行うことは、カンボジア国の関係者にとって作業や業務の煩雑さにつながり、また混乱のもとにもなる。したがって、ここでは、JICA、WB および ADB すべての環境配慮要件の共通部分とそれぞれの重要な部分を反映した環境評価ガイドを構築し、同国での融資案件や自前の開発プロジェクトに適用することが必要になる。

ここでは、まず計画資金源の相違によって開発プロジェクトを次の 3 ケースに分類する：

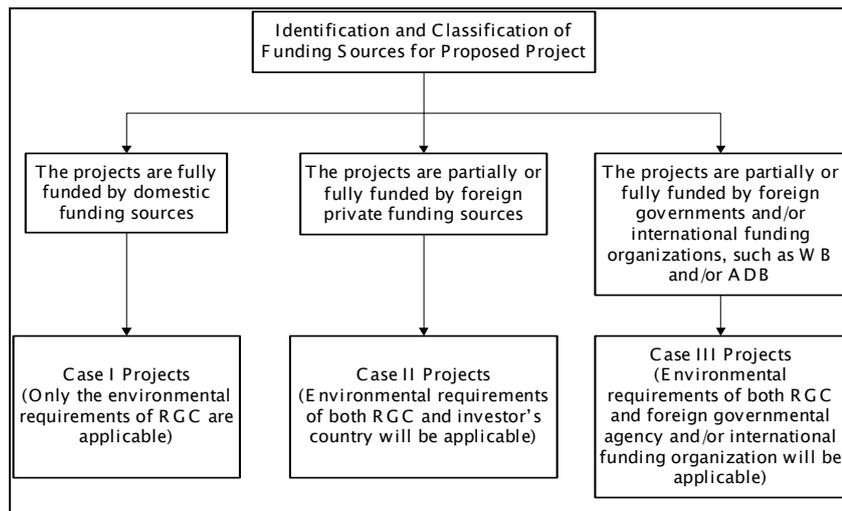
- (i) ケース 1：全資金が国内で調達される開発プロジェクト
- (ii) ケース 2：資金の一部または全部が海外の私的資金で融資される開発プロジェクト
- (iii) ケース 3：資金の一部または全部が外国政府または国際融資機関（世界銀行、アジア開発銀行等）から融資される開発プロジェクト

ケース 1 の場合、カンボジア国の環境関連規則のみが適用される。

ケース 2 の場合、CDM プロジェクトとして CDM-EB に認定申請する場合を除き、ケース 1 と同様、カンボジア国の環境関連規則のみが適用される。

ケース 3 の場合、同国の関連規則以外に、融資国や国際融資機関の環境関連規則が適用されることを考慮する必要がある。

以下、図 2.1.3 を参照。



出典：調査団

図 2.1.3 資金源によるプロジェクトの分類

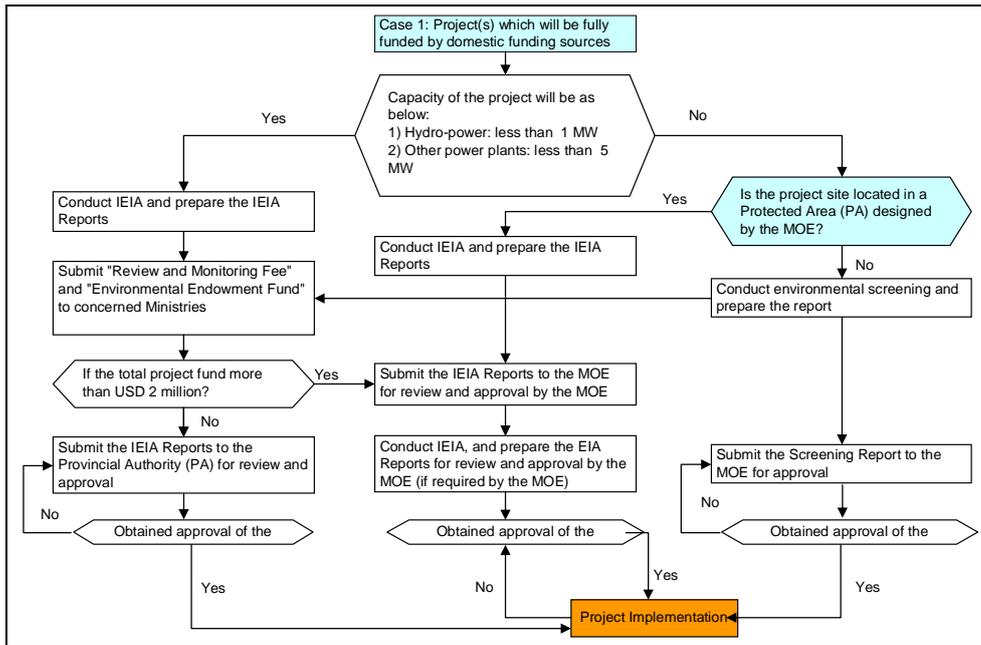
(2) 環境社会配慮に関する推奨評価ガイド

(2)-1 一般事項

- a. カンボジア国の環境配慮に関する法令、規則や指針等は全て適用され、また融資元の要件との相違が生じた場合は同国の要件が優先する。
- b. 開発プロジェクトの環境社会配慮に関する情報は、MOE および事業者が計画の作成、環境調査および事業の実施各段階において関係する利害関係者に開示することを原則とする。特に地域住民や利害関係者への情報開示は、事業の各段階で地域関係者の意見や要望を計画に反映することが目的である。したがって、必要に応じて地域住民や利害関係者との検討会を開催すること。
- c. 利害関係者との検討会の結果は計画設計や IEIA/EIA に反映されること。

(2)-2 ケース 1 に関する環境評価ガイド

カンボジア国の環境関連規則のみが適用される。図 2.1.4 にこの場合の IEIA や EIA の実施手順を示す。

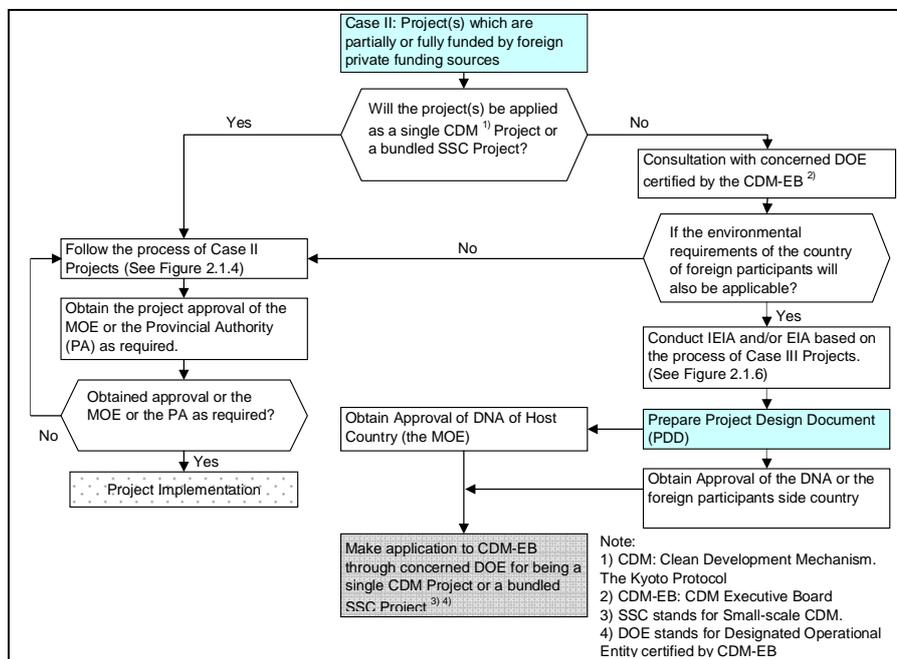


出典：調査団

図 2.1.4 ケース 1 プロジェクトに関する IEIA ならびに EIA 実施の流れ

(2)-3 ケース 2 に関する環境評価ガイド

このケースでは CDM プロジェクトとして CDM-EB に認定申請する場合とそうでない場合の 2 通りに分けられる。図 2.1.5 にこの 2 通りの IEIA や EIA の実施手順を示す。



出典：調査団

図 2.1.5 ケース 2 プロジェクトに関する IEIA ならびに EIA 実施の流れ

(2)-4 ケース3に関する環境評価ガイド

このケースにおける IEIA や EIA の主な実施手順の内容は以下の通り。図 2.1.6 にこの場合の IEIA や EIA の実施手順を示す。

(i) 環境スクリーニングの実施

- a. プロジェクト案件の内容と必要性に関する検討
- b. プロジェクト案件の環境スクリーニングを行う
添付“環境スクリーニング様式”を用いて環境社会への影響チェックを行う。
付属資料-D、表 AP-D.1.2 にその様式を示す。
- c. プロジェクト案件の分類 (categorization) を行う
上記スクリーニングの結果を基にプロジェクト案件の分類を行う。分類は上記 2 通りのそれぞれについて選定する。
プロジェクト案件の環境スクリーニングの結果および分類に基づいて IEIA や EIA の調査項目および内容が決定される。

(ii) プロジェクトのカテゴリ分類

1 つの開発プロジェクトに対して下記 2 通りの分類 (categorization) を行う。

1) カンボジア国の環境配慮要件に基づいた分類

- a. Category I Projects
“Annex of Sub-Decree No.72 ANRK. BK (August 11, 1999) on Environmental Impact Assessment” に IEIA/EIA を必要とする各種プロジェクトの一覧表が示されている。事業提案者はこの表に準じて IEIA/EIA を行うこと。この表で示された基準値以上のものは“Category I”に属する。
- b. Category II Projects
上記一覧表の基準値以下または未満のプロジェクトは“Category II”に分類される。

2) JICA/WB/ADB の環境配慮要件に基づいた分類

- a. Category A Projects
環境社会への影響が顕著でありそうなプロジェクトは“Category A”に分類される。表 2.1.3 にその種のプロジェクトの一覧表を示す。Category A に属するプロジェクトは全範囲の EIA を行うこと。
- b. Category B Projects
環境社会への影響が Category A より顕著でないものは“Category B”に分類される。Category B プロジェクトは、まず IEIA を行い、その結果を MOE に提出し、審査を受ける。MOE が EIA を要すると判断した場合、事業提案者は更に EIA を行い、MOE の審査と認可を得なければならない。
- c. Category C Projects
環境社会への影響が無く、無視できる程度のものは“Category C”に分類される。Category C プロジェクトは当初から IEIA を行う必要がない。ただし、環境社会への影響が無いことを確認するため“環境スクリーニング”を行い、その結果を MOE へ提示すること。

Category I または Category A に属するプロジェクトは基本的に EIA の実施が必要である。このような場合、プレ FS の段階で IEIA を、またフィージビリティ調査の段階で全範囲の EIA を行う必要がある。

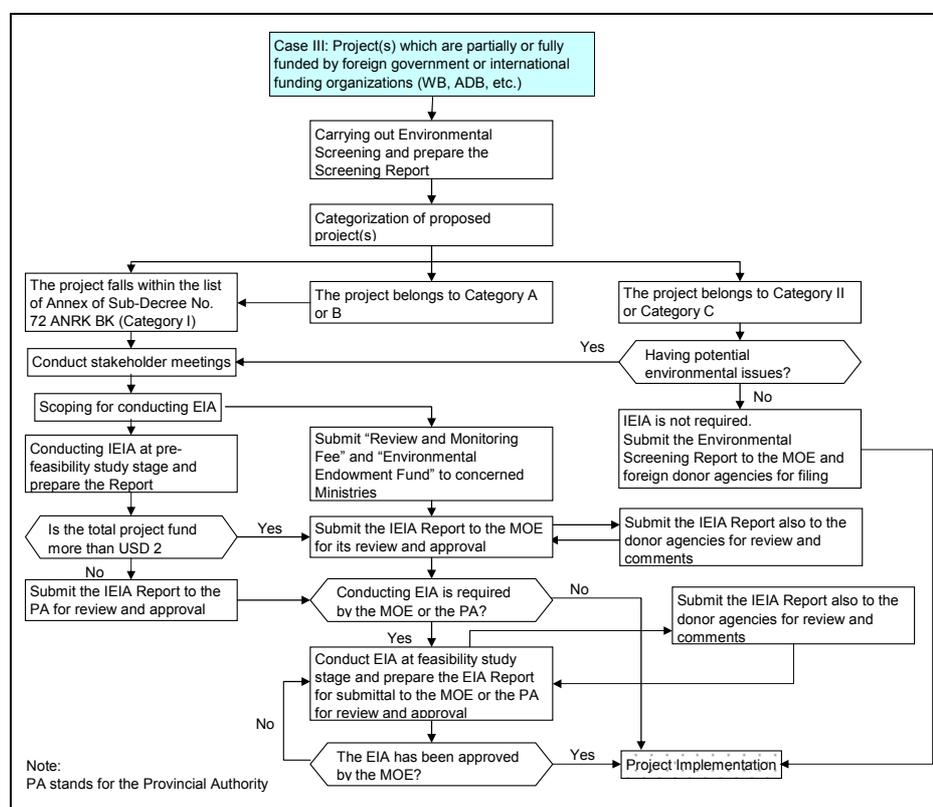
(iii) IEIA/EIA の調査項目、内容の決定およびそれらの実施

- a. IEIA/EIA の調査項目と内容は環境スクリーニングの結果と分類に基づいて行う。
- b. 表 2.1.5 に IEIA/EIA の一般的な調査項目を示す。プロジェクト案件の内容、特性等によって調査項目やそれらの詳細さが異なる。

(1) IEIA/EIA 実施のための情報・データの収集および現地踏査

- a. 環境スクリーニングでは既存データ・情報を利用し、また初期的な現地調査も行う。
- b. IEIA では既存データ・情報を利用し、現地踏査も行う。
- c. EIA では既存データ・情報を利用し、また必要な新しいデータの収集作成を行う。現地踏査も行う。

- (2) 該当する再生可能エネルギー計画を含めて、事業者はプレ FS 段階で IEIA を行い、その結果は MOE または計画地点の州政府に提出し、その審査を受ける。もし MOE や州政府が EIA も行うべきと判断した場合、事業者は続けて EIA を行い、その結果を再度 MOE 等に提出し、審査を受けて事業認可を得ること。



出典：調査団

図 2.1.6 ケース 3 プロジェクトに関する IEIA ならびに EIA 実施の流れ

2.2 経済財務分析

2.2.1 コスト比較分析

(1) 太陽光 BCS と ディーゼル発電 BCS の比較

ディーゼル発電 BCS と太陽光 BCS のコスト比較を下表に示す。3 kVA のディーゼル発電 BCS は一世帯当月間帯 2.52 kWh をバッテリー経由で供給できる。仮にグリッドに接続していない全ての世帯に BCS により電気を供給とした場合、総供給量は年間 61.2 GWh となる。オフグリッド地域においてバッテリー経由で供給される総電気供給量を現在価値で見ると 979 GWh となる。太陽光 BCS の発電コストは、ディーゼル発電 BCS に比べ 18%割高となる。

全国の未電化村に太陽光 BCS を新規供給すること、また既存のディーゼル発電 BCS については太陽光 BCS に転換させるという政策案を仮に実施とした場合、REE にインセンティブを付与して実施させるには 205 百万ドル規模の補助金が必要となる。このインセンティブは太陽光 BCS の資本コストの約 39%に相当する。この補助金を仮に実施すると REE の初期投資コストを 520 百万ドルから 315 百万ドルまで低減することができる⁴。

この場合、太陽光 BCS の最終利用者は自宅のバッテリー費用として現在価値で見た場合、332 百万ドルの費用がかかる。更に、最終利用者はバッテリーチャージ料金を REE に支払う必要もある。

表 2.2.1 コスト比較分析 (ディーゼル BCS と太陽光 BCS)

(Unit: 百万\$)

Items	Diesel BCS	Solar BCS
1. Total capital cost	84	520
2. Annual O&M cost	39	16
NPV of BCS cost (2005 to 2030)*DR=4%	771	968
4. NPV of battery cost	332	332
5. NPV of total costs	1,103	1,300
6. NPV of electricity consumed through batteries/grid	979 GWh	979 GWh
7. Unit cost of electricity at the consumer end	\$1.13/kWh	\$1.33/kWh
8. Disparity level to a tariff at Riel 350/kWh in Phnom Penh before subsidy	1,288%	1,518%

出典：調査団

(2) バイオマス・ガス化発電ミニグリッドとディーゼル発電ミニグリッド、小水力発電ミニグリッドの比較

ディーゼル発電ミニグリッドとバイオマス・ガス化発電ミニグリッド、小水力発電ミニグリッドについて以下の条件でコスト推計を行う：

⁴ 補助金原資に限られる中で、高価な太陽光 BCS で既存ディーゼル BCS を代替させるという政策案には、調査団は同意できない。また、試算では、未電化村の 100%の世帯にバッテリー照明を普及するケースを想定したが、本 MP が最終的に提案する太陽光 BCS では、25%の世帯に普及する（すなわち村落電化の達成）ことを目標としている。この場合には、太陽光 BCS の総発電量と投資額などは試算の 4分の1となる。

表 2.2.2 コスト比較分析の条件 (ディーゼル発電ミニグリッド、バイオマス・ガス化発電ミニグリッド、ならびに小水力ミニグリッド)

	Generator Capacity (Continuous)	Length of LV & MV lines	Unit consumption	House Holds (h.h.)	Operation hour per day	Monthly sales per house Holds
DG mini-grid case	28kW 25% subsidy 25% Equity 50% Loan: 10yrs, interest rate 10%	3.0km/1.1km 25% subsidy 25% Equity 50% Loan: 20yrs, interest rate 7%	100W	215	3.33hr	10kWh/month
BGPG mini-grid case	28kW 25% subsidy 15% Equity 60% Loan: 10yrs, interest rate 7%	3.0km/1.1km 25% subsidy 15% Equity 60% Loan: 20yrs, interest rate 7%	100W	215	3.33hr	10kWh/month
Micro Hydro mini-grid case	28kW 25% subsidy 15% Equity 60% Loan: 20yrs, interest rate 7%	3.0km/7.3km 25% subsidy 15% Equity 60% Loan: 20yrs, interest rate 7%	100W	215	3.33hr	10kWh/month

備考：上記の資金源の比率については民間 REE を想定
出典：調査団

ディーゼル発電ミニグリッドとバイオマス・ガス化発電ミニグリッド、小水力発電ミニグリッドのコスト推計は下表に示す通りである。電源タイプ毎のコスト算出の詳細については Appendix 2.2.2 (A) (B) (C)を参照。

電気消費量水準が1世帯当り100ワット、10 kWh/月の場合、ディーゼル発電ミニグリッドの発電原価の推計は49.6¢/kWhである。バイオマス・ガス化発電ミニグリッドの発電原価の推計は44.4¢/kWhであり、ディーゼル発電ミニグリッドの89%程度である。他方、小水力発電ミニグリッドの発電原価の推計は72.5¢/kWhであり、ディーゼル発電ミニグリッドの約1.5倍である。

表 2.2.3 コスト比較分析 (ディーゼル発電ミニグリッドとバイオマス・ガス化発電ミニグリッド、小水力発電ミニグリッド)

(単位：ドル)

Items	Diesel mini-grid	Biomass Gasification Power Generation mini-grid	Micro Hydro Power mini-grid
1. Capital cost	49,904	74,054	166,514
1.1 Generator (28kW / 215 house holds)	10,500	31,500	84,000
1.2 LV&MV lines (LV 3.0km, MV 0.4km*)	20,925	20,925	48,825
1.3 Other costs	18,479	21,629	33,689
2. Annual Cost	12,968	11,598	18,940
2.1 Capital Cost	5,540	8,730	15,720
2.2 Fuel Cost	5,488	348	0
2.3 O&M Cost	1,940	2,520	3,220
3. Annual Energy Sold	26.1 MWh	26.1 MWh	26.1 MWh
4. kWh Cost at the consumer end	\$0.496/kWh	\$0.444/kWh	\$0.725/kWh
5. kWh Cost ratio to a tariff at Riel 350/kWh in Phnom Penh	567%	507%	828%

* 小水力ミニグリッドは MV 7.3km
出典：調査団

(3) 電源タイプ別の発電原価の比較

電源タイプ別の発電原価を以下の条件の下で推計する：

表 2.2.4 コスト比較分析の前提条件

Unit Cost Data		Unit:US\$			
	Unit	Diesel	Micro hydro	Biomass	Grid extension
Capital (Total)	\$/kW	3,267	9,454	4,555	3,590
Capital (generation costs/grid)	\$/kW	830	4,294	1,950	1,311
Capital (distribution costs)	\$/kW	1,626	3,542	1,626	1,426
Capital (Connection costs)	\$/kW	385	385	385	385
Indirect Cost (15%)	\$/kW	426	1,233	594	468
Annual Cost of Capital	\$/kW	330	816	499	287
Fuel	\$/kWh	0.23	0	0.03	0
O & M (generator/grid)	%	5.0%	2.0%	3.7%	2.0%
O & M (distribution line/connection)	%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%
O & M (generator/grid)		42	86	72	26
O & M (distribution line/connection)		40	79	40	36
Bulk purchase*	\$/kWh	0	0	0	0.123

Note:Capital recovery factor (10%, 10-year repayment) = 0.163 Diesel
 Capital recovery factor (7%, 10-year repayment) = 0.149 Biomass
 Capital recovery factor (7%, 20-year repayment) = 0.094 Micro Hydro
 Capital recovery factor (7%, 30-year repayment) = 0.080 Grid/distribution)

出典：調査団

各電源タイプの発電コストは下表 2.2.5 に示す通りである。各電源タイプについて、設備利用率の違いによる 1 kWh 当りの発電原価への影響はグラフ 2.2.6 に示す通りである。

推計結果は、グリッド延伸が 40%以下の設備利用率において最も低コストであることを示している。設備利用率が 30%の場合を見ると、バイオマス発電が 2 番目、小水力発電が 3 番目

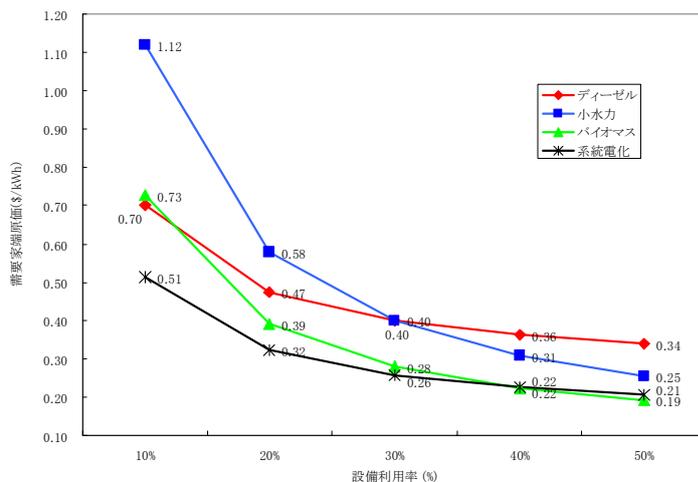
に低コストとなる。ディーゼル発電については設備利用率が10%以下の場合、2番目に低コストである。

表 2.2.5 電源タイプ別の年間発電コストの比較

(単位：ドル)

Plant factor		10%		20%		30%		40%		50%	
		(876 kWh)	Rank	(1,752 kWh)	Rank	(2,628 kWh)	Rank	(4,380 kWh)	Rank	(7,008 kWh)	
Diesel	Capital	330		330		330		330		330	
	Fuel	201		403		604		806		1,007	
	O&M	82		98		114		131		147	
	Total	613	②	831	③	1,049	④	1,267	④	1,485	
	\$/kWh	0.700		0.474		0.399		0.362		0.339	
Micro hydro	Capital	816		816		816		816		816	
	Fuel	0		0		0		0		0	
	O&M	164		197		230		263		296	
	Total	981	④	1,014	④	1,047	③	1,080	③	1,112	
	\$/kWh	1.120		0.579		0.398		0.308		0.254	
Biomass	Capital	499		499		499		499		499	
	Fuel	26		53		79		105		131	
	O&M	112		135		157		180		202	
	Total	638	③	686	②	735	②	784	②	833	
	\$/kWh	0.728		0.392		0.280		0.224		0.190	
Grid extension	Capital	287		287		287		287		287	
	Fuel	0		0		0		0		0	
	O&M	62		75		87		100		112	
	Bulk pur.	108		215		323		430		538	
	Total	457	①	577	①	697	①	817	①	938	
	\$/kWh	0.522		0.330		0.265		0.233		0.214	

出典：調査団



出典：調査団

図 2.2.6 電源タイプ別の発電原価

2.3 実施組織制度

2.3.1 地方電化事業の実施におけるステークホルダーの役割分担

Part 2 で述べたとおり、地方電化事業には、様々なステークホルダーが存在する。主なステークホルダーは以下の通り。

- カンボジア電気公社(EdC) : グリッド延伸事業の実施
- 地方電気事業者(REE) : オングリッド・オフグリッド両地域における電気事業の実施 (民間事業者が実施主体)
- コミュニティー(CEC) : オングリッド・オフグリッド両地域における電気事業の実施 (対象地区のコミュニティが実施主体)
- 地方電気事業公社(REU) : オフグリッド地域における BCS 事業の実施 (地方政府が実施主体)
- NGO : REE や CEC の運営能力強化と、組織運営の指導・支援
- 鉱工業エネルギー省(MIME) : 投資家に対し電気事業の事業権を付与する。
- カンボジア電力庁(EAC) : 電気事業者へ営業免許を発行し、事業をモニタリング
- 地方開発省(MRD) : 電化事業が Seila のスキームとして実施される場合、Seila プログラムのサブコンポーネントとしての承認

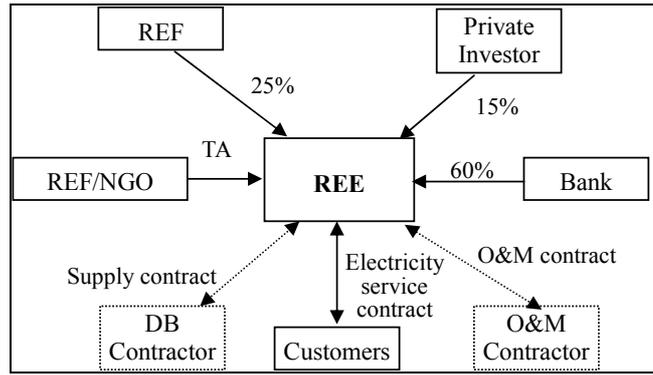
ステークホルダーの責任分担を表 2.3.1 に示す。

表 2.3.1 ステークホルダーの責任分担

Business Model	Ownership	Operation	Training and Facilitation	Approval	Licensing and Regulation
EdC	EdC	EdC or REE	-	MIME/REF	EAC
REE	REE	REE	EdC or NGO	MIME/REF	EAC
CEC	CEC	CEC	NGO	MIME or MRD	EAC
Solar BCS/SHS	MIME	CEC	MIME or NGO	-	-
REU	Local Gov't	Own force or REE	EdC	MIME	EAC

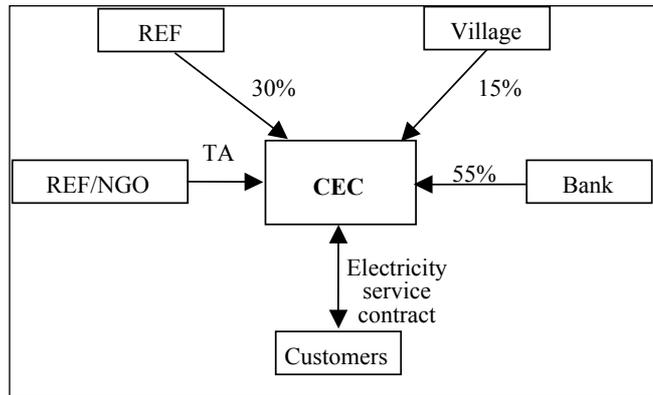
出典：調査団

REE は次の 3 つに分類される。① 民間事業者主導の REE モデル、② コミュニティー主導による REE(CEC)モデル、③ 政府主導の電化モデル (太陽光システムによる遠隔地の電化や社会電化担当) の 3 つである。各モデルの実施体系を以下に示す。

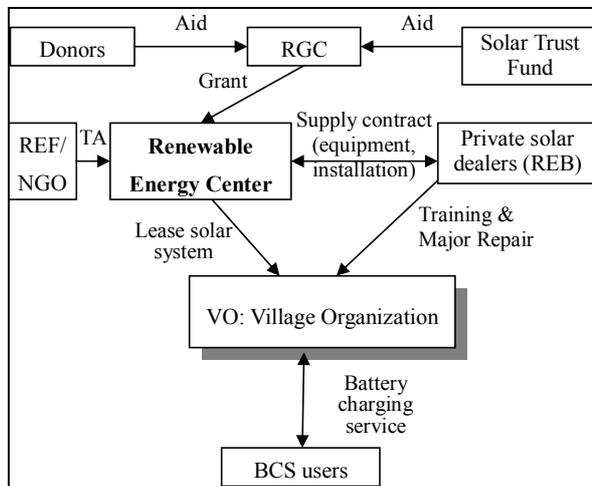


DB: Design Build

(a) 民間事業者主導の REE モデル



(b) コミュニティー主導による REE モデル



(c) 政府主導の BCS モデル

出典：調査団

図 2.3.1 REE ビジネスモデルの体系

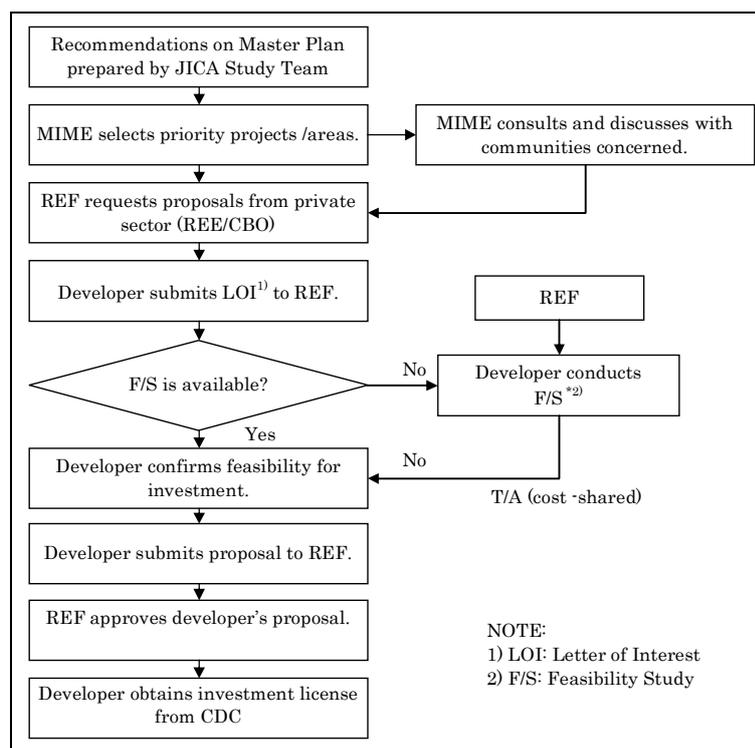
REE と CEC の役割分担については、次の 2.3.3 節で述べる。

REE、CEC のいずれの形態をとるにせよ、MIME と REF が定める以下の手順に従って民間事業者は電化事業を進める（注：オフグリッド地域の電化はボトムアップアプローチを基本とする。以下の手順は、初期段階のモデル事業の実施を想定したものである。本 MP が提案す

る電化事業の本格実施では、CEC/REE の電化計画と資金支援要請を受けた REF/CFR が申請内容を審査し、規準を満たしたものを支援するアプローチ（コミュニティ主導）を採用する。

- 1) MIME はプロジェクトを選定し、その対象地域を公示する。
- 2) REF が民間事業者に対し、事業提案書を募集する。
- 3) 事業者が関心表明を REF へ提出する。
- 4) 事業者が、REF の支援を受けて基本設計を実施する。
- 5) 事業者が、投資に見合った収益性があることを確認する。
- 6) REF へ事業者が、事業提案書を提出する。
- 7) REF が事業提案書の採否を決定する。
- 8) 事業者が、カンボジア開発協議会より投資権を獲得し、EAC より電気事業者免許の交付を受ける。

この 1)から 8)までの流れを図 2.3.2 に示す。



出典：調査団

図 2.3.2 MIME 及び REF で定められた事業形成フローチャート

2.3.2 EdC と REE の役割分担について

EdC と REE は、以下の役割を分担している。

- EdC は、① 優先度の高い PAGE への高圧及び中圧による送電線の延伸、② PAGE 内の電気需要の高い地域への副送電線の延伸を担当

- REE は、① 全国の電力系統に接続するため既存ミニグリッドの改善、② 新規顧客に給電するためミニグリッドの新設・延伸を担当

PAGE 内で、REE の既存電気事業を廃止し、EdC が配電設備を新設していくケースが見受けられる。REE の活性化に優先度を置く政府の政策の下では、EdC が事前に延伸計画を公示し、REE への周知を徹底し、さらに REE は EAC の免許を取得することが重要である。EdC の系統延伸は REE の事業展開を妨げるものではなく、安価な電源を REE に供給することが目的である。EdC と REE の営業範囲については、EAC 免許を取得することによって明確な境界を引くことが重要である。

EdC の延伸と共に、REE の事業範囲も村落部へ展開する。両者の営業地域は相互に近づいて行く。両者の活動は十分な調整を必要とする。

2.3.3 REE と CEC の役割分担について

REE は民間事業者であり営利を求める。REE を設立するにあたり重要なのは、対象とする地区の特性である。例えば、① 世帯数、② 高い経済力（電気需要と支払い能力）、③ 廉価で安定したエネルギー源などである。REE と CEC の役割分担を以下に示す。

- REE のミニグリッドは、民間事業者（投資家）の関心を惹く地域であり、且つ、地域全体の所得水準も比較的高い地域で展開されよう。世帯数も 200 以上が対象となろう。
- CEC のミニグリッドは、所得水準の高くない地域でも展開が期待される。民間事業者の関心をひかない事業が主となろう。しかし、組合のような共同体を地域内で形成できる場合には有効な手段となる。共同体を形成するために必要な条件を以下に示す。
 - ① 初期拠出金の出資
 - ② 施設工事を NGO などのガイダンスの下に担当
 - ③ 施設の維持管理を含めた運営、および料金の徴収

社会経済調査の結果より、以下の地域についてはコミュニティーによる地方電化事業を実施できる可能性がある。

- Pursat 州、Koh Kong 州を含めた南西部、Kampot 州や Battambang 州の一部
- Siemreap 州や Preah Vihear 州を含めた北部
- Ratana Kiri 州、Stung Treng 州及び Mondul Kiri 州の東部

太陽光 BCS や PV システムについては、REE で運営するケースは稀となろう。NGO と類似した性格をもつ CEC が運営を担当することが望ましい。

営利目的の REE が多く、NGO の指導を受けて営業する CEC は少ないだろうという意見もある。これは、カンボジアの共同体のあり方によるものであろう。カンボジアでは、農民は単独で農作業を実施しており、共同体の組織力や影響力は強くない。電力供給事業は、REE のような民間事業者によって営まれることが基本であり、カンボジア国政府や世界銀行（WB）は、この考え方を推奨している。調査団は、REE を招けない、あるいは料金がどうにも折り

合わないような場合が想定されることから、NGO などの支援の下に共同体自身が担当することを推奨するものである。

EdC、REE、CEC 以外の組織（MIME、REF、EAC、NGO 等）の役割については Part 1 の 2.2 節を参照されたい。

2.4 村落開発への影響

コミュニティ所有の電化事業については計画、準備期間中に、社会経済分析の他にも様々なレベルでの協議にコミュニティからの参画が重要である。コミュニティは、電化プロジェクトがコミュニティの開発優先項目に合致し、進行中のコミュニティ開発活動があれば相乗効果を発揮できるよう、準備の主役でなければならない。

再生可能エネルギーによる電化スキームはミレニアム開発目標（MDG）に直接もしくは間接的に寄与する。表 2.4.4 に再生可能エネルギーによる電化プロジェクトのモニタリングと評価指標を列挙した。

表 2.4.1 世帯への電化影響の指標の例

MDGs	Indicative indicators to measure to impacts
Eradicate poverty and hunger	Number of households benefiting form projects according to income Number of poor households with increase in productive use
Achieve universal primary education	Number of extra hours children spend on education at home Number of quality of lighting and energy access for schools Number of informal literacy classes in evening.
Reduce child mortality / Improve maternal health / Combat HIV and malaria and other diseases	Lighting in rural clinics Reduction of smoke /use of clean fuels Decrease in workload for women directly or indirectly Improvement of sanitation after electricity as communication tools introduced
Ensure environmental sustainability	Saving of fuel wood Usage of local renewable resources with less negative environmental impact Increase of access to clean drinking / pumped water

出典：Monitoring and Evaluation of the Impact of Renewable Energy Programmes: A Toolkit for Applying Participatory Approaches, Renewable Energy &Efficiency Partnership, IT Power, 2005 より調査団作成

しかしながら、農村電化が産業を自然に誘発しないことは自明のことである。技術面、資金面での支援システムといったほかの条件が存在しなければ、生産活動目的のための電化需要はほとんど伸びない。電化の効用を最大化するには、電化セクター以外の部局からなる地方政府、DIME、NGO といったステークホルダーの連携が必要となる。分権化のもとに実施されているコミュン開発評議会や郡統合計画策定会議において、電化プロジェクトが他のインフラプロジェクトとともにコミュニティ開発計画の一環として認知されることが重要である。

第3章 電化計画の優先順位付け

3.1 村落ベースの電化計画

3.1.1 MP2005 で使用可能な村落資料

全国の村落数は 13,910 に上る (Seila 2003⁵、新設村を加え本 MP の検討対象は 13,914)。各村落の電化電源の選定基準は、事前調査団と MIME の了解に基づき、やや古い 1998 年の国勢調査 (NIS 1998⁶) の電化資料 (電化率とバッテリー普及率) を用いた。その後 7 年間でバッテリー照明が急速に普及したため、2003 年の Seila データベースのテレビ普及率、および 2005 年 1 月～2 月に調査団が再委託で実施した 6 州村落電化調査結果も参照した。

3.1.2 オフグリッド地域

各村落の電源選定に先立ち、オフグリッド地域を確定することが必要である。2008 年時点の想定オングリッド地域とオフグリッド地域を Part 2 の図 2.2.1 に示す。2008 年オフグリッド地域の村落は合計 11,635 に上ることが特定された。

3.1.3 村落毎の電源選定

本 MP2005 では、各未電化村落の電源を、前述のデータと図 3.1.1 に示すフローチャートに沿って選定した。

バッテリー普及率が 50% に満たないと推定された村落は、バッテリー充電所 (BCS) の設置により簡易電化 (電化レベル 1、1 世帯標準 10 ワット、オプションでテレビを導入する世帯は 40 ワット程度) の対象とする。バッテリー普及率が 50% を超えると推定された村落は、電化需要が高くミニグリッドの料金 (\$3-5/世帯/月) に対する支払い能力を有すると考えられるので、分散型ミニグリッドによる第 2 段階の電化水準 (電化レベル 2、1 世帯の全国標準 100 ワット) の対象とした。(なお、需要規模は、優先順位の評価時に村落規模を指標として考慮した。太陽光 BCS の特徴として、小さい村でも設置費用の経済効率 (世帯当り単価) はほとんど変わらないので、村落規模によるスクリーニング、あるいは複数村落による共同設置は考えず、全村落を候補対象とした。支払能力はテレビの普及率を間接指標として判断した。MP 更新マニュアルでは、村落からの申請 (含む支払い能力 ATP 情報) も上がってくるので、ATP の使用を提案している。)

分散型ミニグリッドは、さらに小水力 (含むハイブリッド)、バイオマスガス化発電、ディーゼル発電に分類される。これら電化計画の一覧を地域別、電源別に表 3.1.1 に示す。この電化計画

⁵ 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、州とコミュニケーショ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。

⁶ National Institute of Statistics (NIS), Ministry of Planning, 1998

の位置をタイプ別に色分けして図 3.1.2 に示す。設備容量、建設費概要を表 3.1.2 に示す。

表 3.1.1 電源と村落／世帯数一覧, MP2005

Name of Representative Regions	Energy Sources	Number of Villages	Number of Households
Electrified area	EdC Grid	1,405	313,387
	Isolated diesel mini-grids by REE	526	153,350
	Isolated mini diesel grid by REE with imported electricity		
	Isolated mini diesel grid by non-registered REE	657	156,786
	The private diesel BCS	n.a.	n.a.
Sub-total		2,588	623,523
New electrified area			
On-Grid Area	Grid extension	753	208,520
Northeast or North 州 s	Solar	1,720	237,570
Northeast, Southwest and mountainous areas	Micro hydro	137	18,541
	Hybrid (Micro hydro + Biomass gassification)		
Tonle Sap Coast	Biomass gasification	3,071	501,636
	Diesel	392	69,390
Central plain areas	Grid extension or biomass gasification	3,257	504,397
	Grid extension or diesel gasification	1,875	294,374
Total number of new electrified villages		11,205	1,834,428
Number of villages without detailed data		121	n.a.
Total		13,914	2,457,951

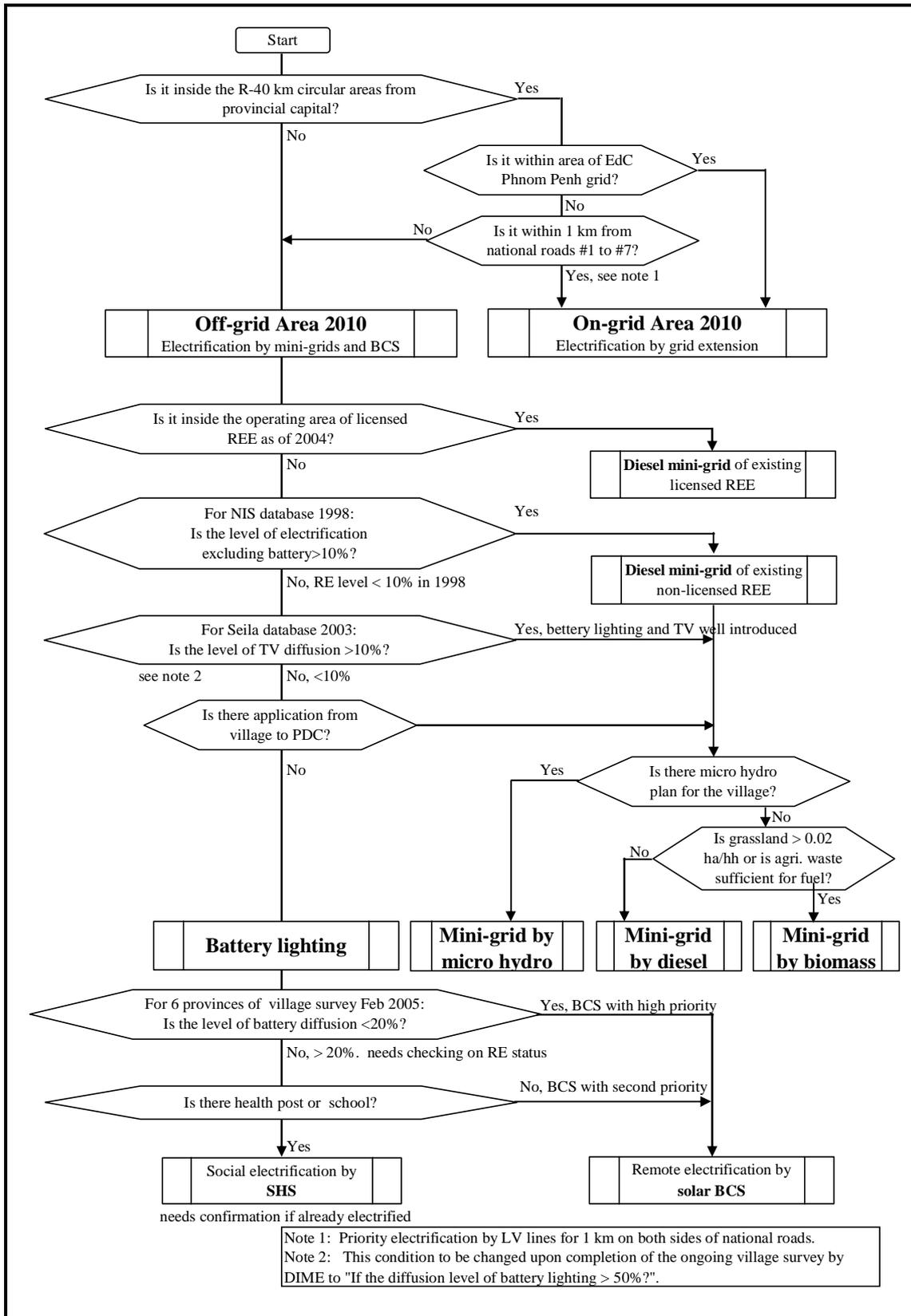
Note: The list of the Electrification Plan by village is available in a computer file. The total number of villages is 13,194, because the new four villages are added to the number shown in the Seila database 2003.

出典：調査団

表 3.1.2 地方電化計画と建設費サマリー

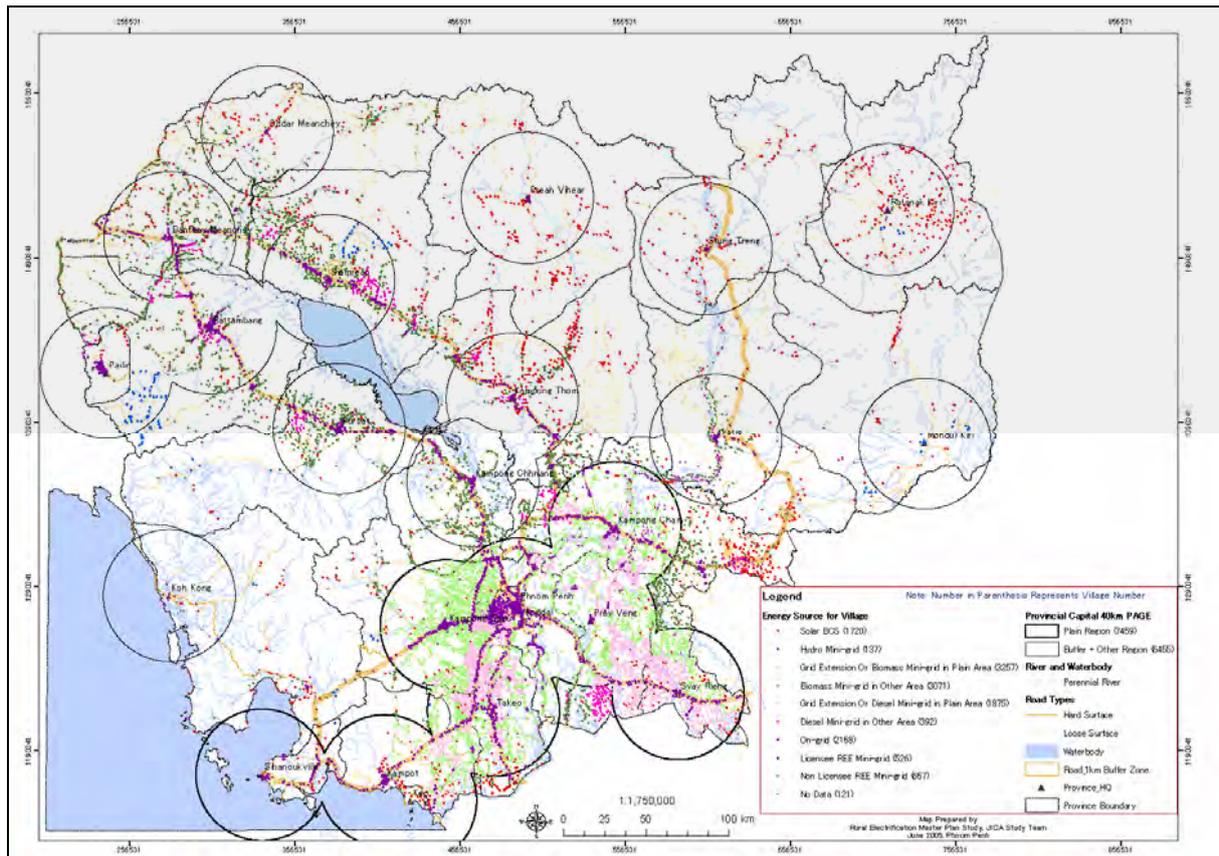
電化方式	対象村落数	2020年までの新規電化世帯数	総費用 (\$1,000)	世帯当り費用 (\$/世帯)	資金源 (\$1,000)		
					補助金	自己資金	ローン
2005年で既電化	2,062	(350,345)	-	-	-	-	-
新規系統電化	6,411	600,000	280,140	467	70,035	42,021	168,084
小水力／ハイブリッド	137	9,000	11,064	1,229	5,532	1,106	4,426
バイオマス	3,071	168,000	99,498	592	24,875	14,925	59,699
ディーゼル	392	23,000	9,760	424	2,440	2,440	4,880
ミニグリッド小計	3,600	200,000	120,322	602	32,847	18,471	69,004
太陽光BCS	1,720	60,000	21,045	351	19,993	1,052	0
SHS (世銀計画)		12,000	5,520	460	1,380	1,380	2,760
オフグリッド地域小計	5,320	272,000	146,887	540	54,219	20,903	71,764
村落データ不詳	121	-	-	-	-	-	-
合計	13,914	872,000	427,027	490	124,254	62,924	239,848

出典：調査団



出典：調査団

図 3.1.1 カンボジア全村落の電化計画作成フローチャート, MP2005



出典：調査団

図 3.1.2 村落別の電化電源, MP2005

3.1.4 村落別電化計画の作成

村落あるいは事業毎に、前節で選定した電源に基づいて電化計画を作成した。

全国の 13,914 村落を対象として、図 3.1.1 に示すフローチャートに沿って、各村落の電源を特定した。可能な電源は以下の 5 種類に分類される。

- 1) 全国電力系統あるいは既存ミニグリッド
- 2) 新規ディーゼルミニグリッド
- 3) 新規小水力ミニグリッド
- 4) 新規バイオマスガス化発電ミニグリッド
- 5) 太陽光 BCS と公共施設用 PV システム

これに加えて、以下の電源オプションもある。

- 1) 民間のディーゼル BCS
- 2) 自家用ディーゼル発電機
- 3) 自家用ピコ水力 (1 kW 未満)
- 4) 自家用 SHS (Solar Home System)
- 5) 近隣の自家用発電機からの受電

しかし、これらの電源は既存村落データベースでは特定できないので、上記電源選定では特に反映はしていない。

電源によって全村落を5つにグループ分けした後、設備容量および中圧・低圧配電線延長を求め、建設費を概算した。ミニグリッド候補として特定された村落の内、小水力ポテンシャルを持たず、さらにバイオマス発電の燃料木栽培のための土地（最小限1世帯当り0.02 haの土地が必要）もない村落は、ディーゼルミニグリッド候補とした。

プノンペン南方に位置する9州を本MPでは「平原地域（“Plain Area”）」と呼称する。これは、カンボジアで平原地帯と呼ばれる6州にカンポット、ケップ、シアヌークビルの3州を加えた地域であり、図3.1.2で太線の円弧で囲われた地域を指す。この「平原地域」にも、バイオマスあるいはディーゼルミニグリッドの候補として特定された村落が多数分布する。これは、「平原地域」における系統延伸計画が未だ作成されておらず、図3.1.2では国道の両側各1 kmのゾーン内だけを、系統延伸電化の対象と想定した結果である。実際には、これらの村落の多くを対象として、近い将来系統延伸による電化が実施されることになろう。「平原地域」は、系統電化の高い優先度を持つので、「平原地域」内のこれら村落は、本MP2005では、「系統延伸あるいはバイオマスミニグリッドによる電化対象村落」として扱う。これらの村落住民は、その村落電化を計画する前に、「平原地域」の系統延伸計画の最新版についてEdCに照会することが必要である。

JICA調査団とMIME C/Pチームの専門家が現地調査を実施した村落については、地域内の村落の相互距離によっては、複数村落を対象とするミニグリッド案も計画した。太陽光BCSは、1村落1BCSの原則で計画した。ひとつの村落が200世帯以上とか、ひとつの村落であってもその中で世帯が2グループ以上に分散しているような場合には、BCS利用者の便宜のために2ヶ所以上のBCSを設置することが望ましい。そのような太陽光BCSの計画ガイドラインを、村民を対象としたビジュアルガイドに含めた。このビジュアルガイドは、第3巻Part2の電化計画作成マニュアルに基づいて簡易図解版として作成したものである。

各村落毎に選定した電源を図3.1.2に示す。表3.1.3は、GISを用いて選定した各電源毎の村落数と、JICA調査団とC/P専門家が合同現地調査を実施して作成した事業数を示す。2004年12月、2005年1月、5-6月の現地調査期間に、チームはマップ検討、ヒアリング調査、有望サイトの現地踏査を共同実施した。

表 3.1.3 調査団が特定・現地調査を実施した地方電化計画

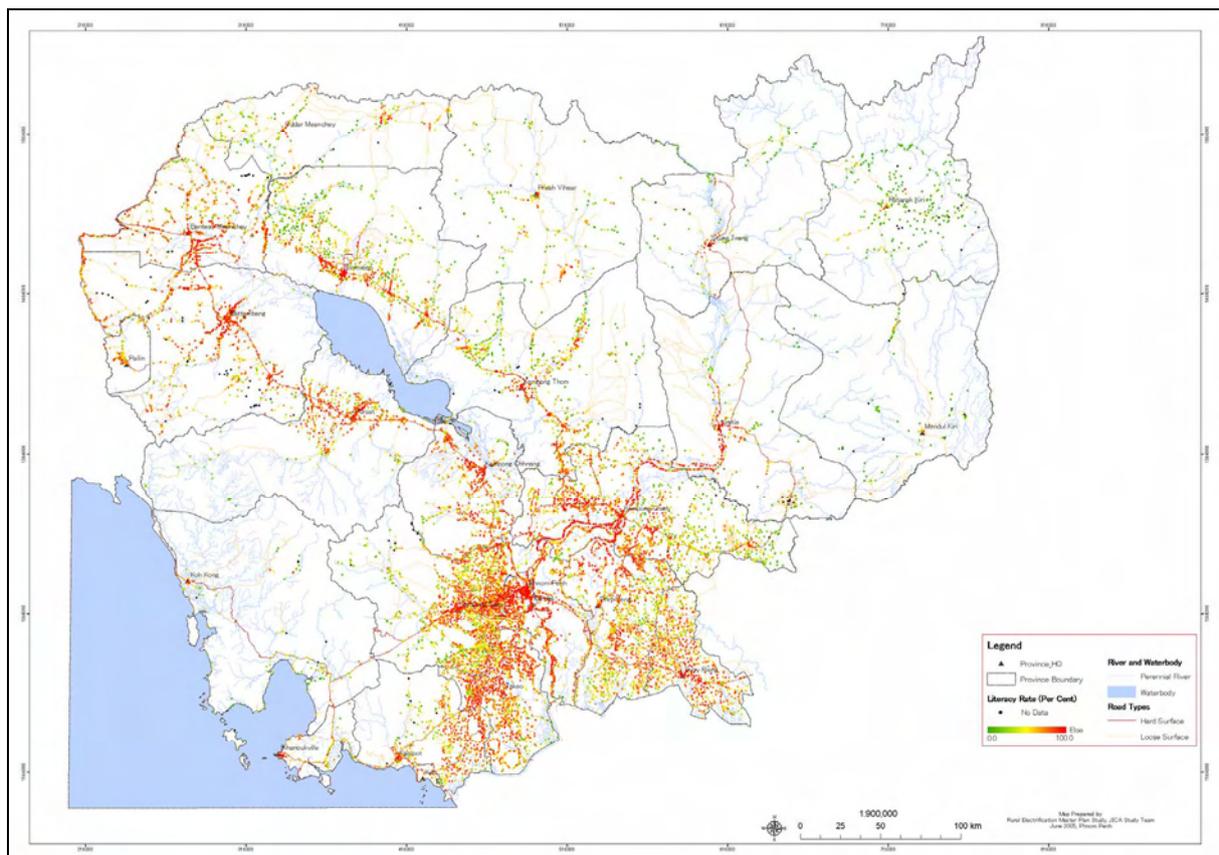
No.	Type of Energy	Nos. of Villages Screened with GIS	Nos. of Schemes		
			Map Study	Potentials Matched with Villages	Schemes Inspected
1	Hybrid of MH & BG	137 vil.	-	8	5
2	Micro hydro	18 schemes	145	36	23
3	Biomass power	6,328	13 (48 vil.)	13	11
4	Diesel power	2,267	-	-	-
5	Solar power	1,720	21	-	21
6	Grid extension	753	-	-	-
7	Villages w/o data	121	-	-	-
Total		11,326	179	57	60

出典：調査団

小水力チームは、オフグリッド地域で合計145計画を特定した。この内、44のポテンシャル地点については近隣の村落需要を考慮して電化計画を作成した。44計画の内、8計画は乾季にバックアップ電力を必要とすることから、小水力とバイオマス発電のハイブリッド電源として計画した。

28 の小水力地点を踏査し、落差と流量を測定した。バイオマスチームは、燃料供給、コミュニティ活動、および昼間需要の観点から、有望と考えられる 13 計画を特定した。この内、11 計画について、村落情報を収集するために、現地調査を実施した。太陽光チームは 21 の僻地村落を訪問調査した。この計画はすべて太陽光 BCS あるいは公共施設用 PV システムの候補である。合計 60 の有望計画を立案し、各専門家が現地で調査した。

Seila データベース 2003 に基づいて、図 3.1.3 に示す村落別識字率マップを作成した。識字率 50% 未満の村落の大部分が、太陽光 BCS の候補村落であることが注目される。これは、太陽光 BCS が貧困削減に貢献できることを示唆している。太陽光 BCS は、貧困村落を支援する社会電化プログラムのひとつと位置づけることができよう。



出典：調査団

図 3.1.3 村落別識字率

3.2 GIS データベース

3.2.1 導入

GIS 情報は、設計およびプロジェクト実施の成功のための鍵となるファクターのひとつである。そのような情報には、例えばその詳細測定されたパラメータ（デジタルかアナログか、空間か非空間など）に関する様々なタイプがある。利用可能な全ての情報を収集し、結果としてそれらと一緒に組織化された方法でデータベースに投入する。このようにデータベースは、一つの組織で複数のユーザーが必要とする情報と合致するように設計された論理的に関連したデータの共有

コレクションである。データは多くの場合は政府および非政府組織から様々なソースが収集可能である。データソースは、それが正式なものでない場合は殆ど価値が無いので、このことが重要な要因となる。

3.2.2 GIS および GIS データベース

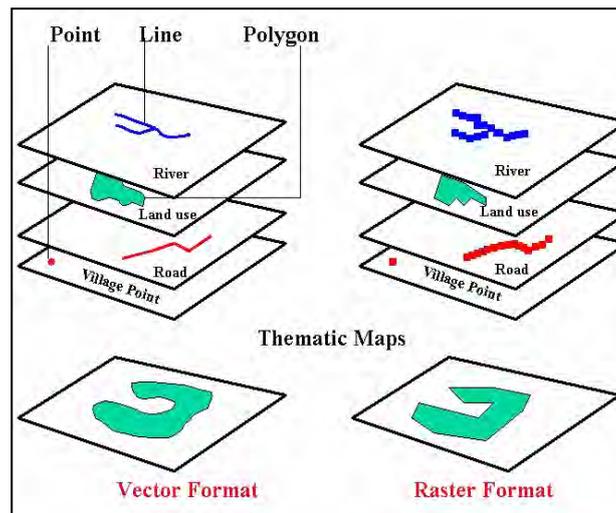
コンピュータのハードウェア、ソフトウェア、地理的および他の関連データ、効率的に収集・保存・更新・操作・解析および地理的に参照された情報、全ての図形を表示するために計画かつ組織された情報からなる集合体は一つのシステムを構成し、そしてそれらは地理情報システムあるいは GIS (前者の略称) と呼ばれる。

GIS データベースは、地理的情報を格納し操作するためのデータベースの特殊形態と呼ぶことができ、空間および属性データからなる 2 つの部分を持つ。空間データは対象となる項目 (地物) の地球上の位置を扱い、属性データは性質を扱う。例えば、 $X \cdot Y$ 座標によってビルディングの位置を地図上に ID を持つ点として特定することができ、そして属性データとしてその特性 (部屋の数、床面積など) を追加することができる。

3.2.3 GIS データの型

基本的には、GIS にデータを格納する 2 つの主要な方法、すなわちベクターとラスターがあり、ベクターは地図要素の性質により、点・線およびポリゴンを使用し、そのデータを定義する。ベクターとラスターフォーマットの双方とも、精度レベルが異なるが、これらの要素を保存するために使用することが可能である。頂点を用いて地図要素を保持するベクターは、より正確で大抵の場合は法的な境界 (例えば、都市地域の土地境界、国境、その他) 検索やネットワーク解析に用いられる。他方、地図要素を整然と並んだ格子に変換して保持するラスターは、ベクターよりは精度が悪く大抵の場合はデジタル地形モデル、リモートセンシング、天然資源解析 (例えば、太陽放射度図)、統計分析、シミュレーション、モデリングなどに良く利用される。

地理的データには、様々なデータ例えば村を示す点、河川網を表す線、国家的な土地用途要素などが有る。データ照会と解析をより効率的に行うため、殆どの場合において GIS データベースは地理的データを主題図形式で保持するように設計されている。地理的な主題データ、例えば国の河川網図、村落位置図、電力配線などを抽出するために特定を行う。図 3.2.1 の概略図に GIS で使用されるデータ型を示す。



出典：調査団

図 3.2.1 GIS のデータ型

3.2.4 GIS データベースに関するデータフォーマットの標準化

共有の地理データベースを構築するには、標準のデータフォーマットに従われなければならないことは周知の事実である。特に、同一のデータベースに対し複数のユーザーがいる時は非常に重要である。さらにまた我々は、野外観察/調査およびインタビュー/アンケートを通して異なる組織あるいはプロジェクトの専門家メンバーからもたらされた多様な種類のデータ（社会経済、地理的、科学的な研究、その他）を得ている。これらの事実を考慮し均質性を維持するために、下記に示す項目に関するデータの入力/コード化の際に用いる系統的な標準のデータフォーマットを検討した。

1. データ ID（識別番号）：観察されたあるいは二次的データいずれかの各々の項目（地物）にはユニークな ID が与えられる。そして同一の項目が次回に観察された際には ID を使って一貫性が維持される。
2. 項目名：上記と同時に一旦項目名が決定されると一貫性は単語として維持される。
3. 項目の座標（位置）：地図を作成し/あるいは位置を特定するには、その項目は X および Y 座標を持っていなければならない。例えば実地測量で観察されたそれぞれの項目（点/線/ポリゴン）をポータブル GPS で判読するのは望ましいことである。線とは幾つかの中間点を伴う始点と終点の座標がある場合で、座標がただ一つしかない時は点を表す。そしてポリゴンは間に幾つかの中間点を伴う同一の始点と終点を持つ図形として定義される。
4. 地図投影法：異なる種類の地図を重ねて空間解析するために、同じ座標系でそれらを投影する必要がある。当プロジェクトでは、現在カンボジアで広く一般的に使用されている下記の投影法を選択する。

地図投影

投影方式：TM (Transverse Mercator)

- (i) ゾーン：東経 102 度から 108 度 (UTM 48 N と同じ範囲)
- (ii) データム：Indian 1960 (ING_B)
- (iii) 準拋楕円体：Everest

- (iv) 擬似イースティング：500000.0000
- (v) 擬似ノースティング：0.00000000
- (vi) 中央経線：105.0000
- (vii) 縮尺係数：0.999000
- (viii) 緯度原点：0.00000

我々が知っているように数種類の投影法システムがあり、そして同一の投影系で共通のデータベースを構築するために地図を再投影することが可能である。

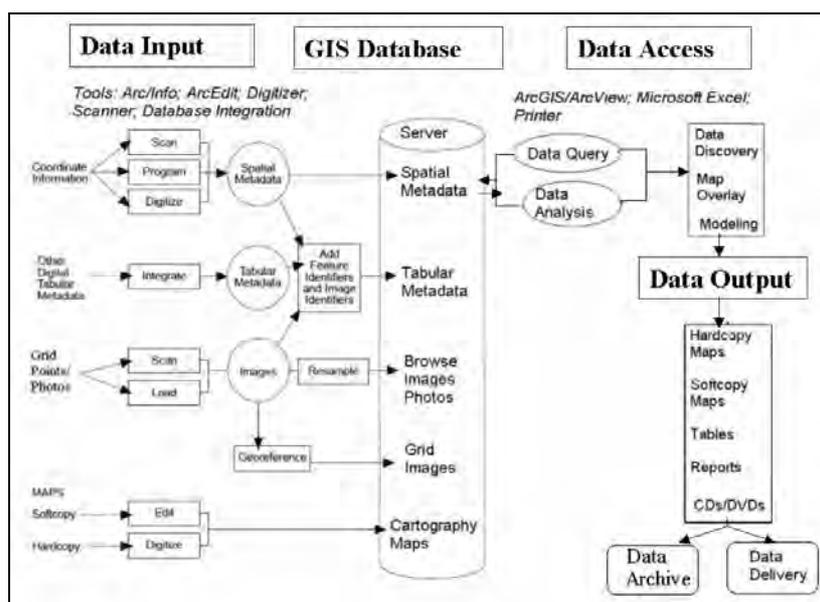
5. カンボジアの行政界地図コード：8桁からなる数値コード（例えば、01010101）でカンボジアで作成され広く使用されている。コードの順序は次の通りである。

- (i) 最初の2桁は州を表す：（例）01
- (ii) 2番目の2桁は District を表す：（例）01
- (iii) 3番目の2桁は Commune を表す：（例）01
- (iv) 4番目の2桁は Village を表す：（例）01

近年、計画省傘下の NIS（国立統計研究所）が、行政区・郡およびコミュニティの共通の名称表を作成した（<http://www.nis.gov.kh/>で確認可能）。そして当プロジェクトで用いる行政界コードは NIS に準拠した命名法に従うことを決定した。

3.2.5 GIS データに関するデータソース

GIS へのデータ入力には時間とお金を必要とする。多くの場合、GIS データベースは一次および二次ソースの双方によって構築される。このプロジェクトの性質と先のプロジェクトからの GIS デジタルデータの入手可能性を考えると、二次データソースは当データベースにおいて大きな割り合いを占める。重要であるが入手できない一部のデータについては当プロジェクトで作成した。さらにまた現地観察と様々な種類の調査を実施しデータを作成した。図 3.2.2 に、GIS データベースの作成とその利用の手順の概略図を示す。



出典：調査団

図 3.2.2 GIS データベース入出力の流れ

(1) 既存データの収集

このプロジェクトの主なデータソースは、国家、主に政府省庁が持つ既存データからもたらされている。とりわけ公共事業省(MPWT)のデータセットは重要なソースである。MPWT データセットは、近年 JICA と日本のパスコ社と共に設立したプロジェクトによって整備された。このデータセットは非常に重要で、良く準備されたメタデータを伴う広範囲の分野を網羅している。その他の重要なデータソースとしては Seila と NIS からの特に村落レベルの社会経済データがある。また先に述べた通り、異なる行政府および非政府組織から貢献されたデータもある。

(2) 新規データの作成/引出し

このプロジェクトのために、若干の重要な情報の新規データセットが作成された。例えば、既存の REE(Rural Electricity Enterprise) の業務区域に関するデジタルデータが入手不能であったので、我々は EAC(Electricity Authority of Cambodia)から提供された紙の情報から、REE 業務区域および REE 被認可者に関する関連情報のデジタルデータを作成し GIS データベースに保存した。同時に、既存の情報の操作/編集/解析を通して若干の新規データ/地図を作成した。

最終的には、データ入力フロー図(図 3.2.2)に示したように、様々なソースに基づくデータが GIS データベースサーバー (プロジェクトで用意したメンバーめいめいがアクセス可能な共通のサーバー) に入力された。表 3.2.1 に、GIS データベースを形成する日付に至るデータリストを示す。

表 3.2.1 GIS データベース用に収集、作成、編集されたデータ

No.	Data Folder	Description	# Coverage
1	BND	The boundary map	6
2	CAMInfo_CDR_NIS	XLS files attribute data extracted from CAMInfo customized NIS (National Institute of Statistic, MoP) CDR and Poverty map was created	1
3	CMAA_LandMine	Landmine data obtained from Cambodian Mine Action and Victim Assistance Authority (CMAA)	3
4	MoP_VillPoints	Village Point data obtained from MPWT. This folder also contains some processed data based on the attributes extracted from NIS data (1998 Census WinR+ Population Database).	10
5	NIS_Health_Coverage2004	Hospital location data extracted from CDR “Administrative and Health Facility Mapping 2004” prepared by NIS in collaboration with UNFPA and UNWFP.	4
6	Seila101204	Socioeconomic data and village location data from Seila	1
7	MPWT/JICA/PASCO datasets	Data created by JICA funded project conducted by PASCO Corp. in collaboration with MPWT. Out of several data/maps required one were extracted and stored	6
8	REE_Data	REE Licensee Command Area Data, created by JICA Study Team.	2
9	Protected_Area	Protected Area Map of Cambodia obtained from Dept. of Forest	1
10	Solar_Wind	Solar and Wind Potentiality map of Cambodia, Original point data was obtained from NASA homepage and the grid data was created by JICA Study Team	26
11	JST_Output	JICA Study Team (JST) has produced several maps by analyzing/manipulating the original data from other sources	Several
12	Village_Data	Village GIS Dataset created by using "Village Location" and "Socioeconomic Data" from Seila	1

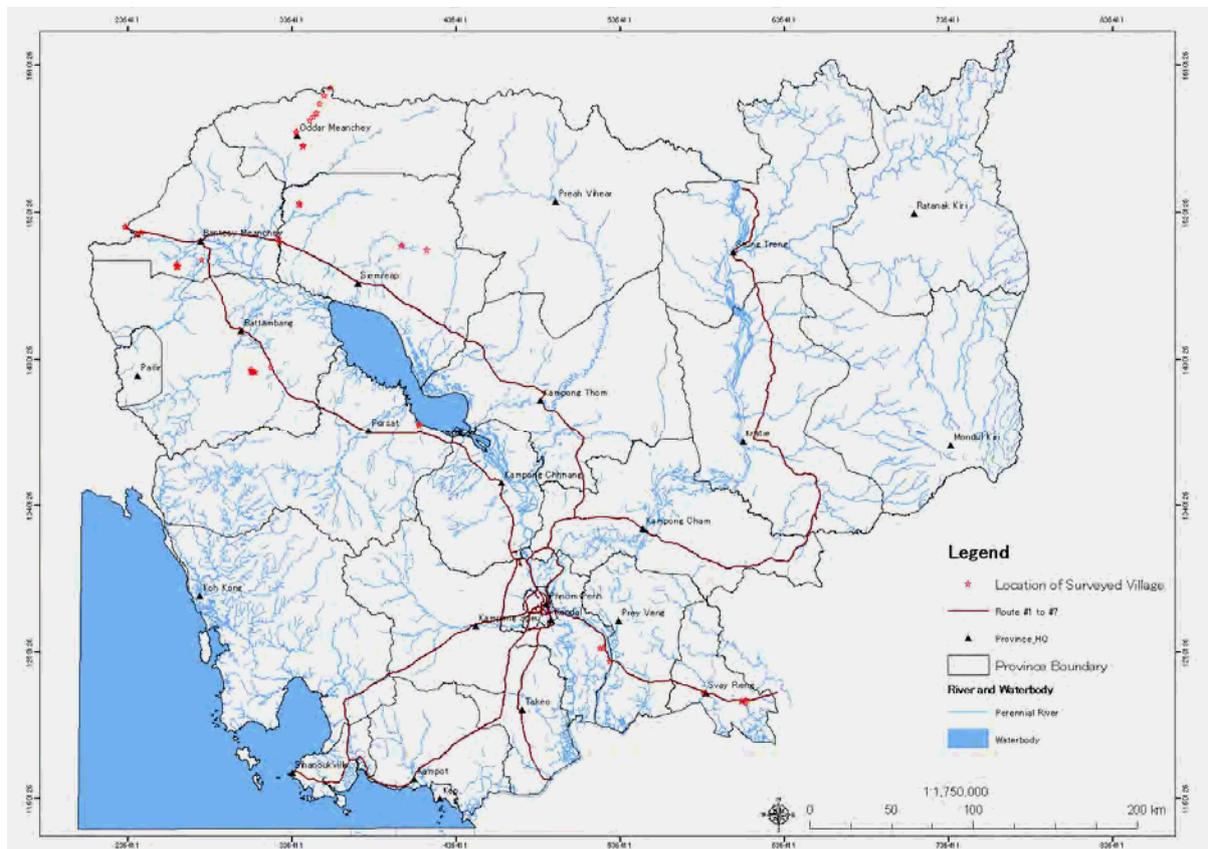
出典：調査団

この瞬間においても様々な現地観察と調査が継続されている。これらの観察/調査の完了の後に、これらのデータが適用および実行可能な GIS データベースに投入する目的で編纂される。

3.2.6 村落データの現地確認

Seila と NIS の村落データセットの相互間には、少なからぬ量のデータの不整合な部分が存在するので、もし可能ならば、データを使用する前にその信頼性を確認すべきである。しかも村落データセットの存在は、場所選定に関して非常に有用である。そこで我々は、現地確認によりこのデータセットを確認することにした。現地確認はサンプル調査とし、無作為に抽出された場所で簡単な現地観察を実施した。但しその抽出に当っては異なる行政区にその村が所属している場所や近づくことが困難な場所を除いた。なお村落調査位置は単独の GPS 受信機を使用して観測した。こうして最後に NIS および Seila のデータと比較した。

6 行政区、即ち Svay Rieng, Battambang, Banteay Meanchey, Pursat, Otdar Meanchey, Siemreap and Kandal から幾つかの村を抽出した。図 3.2.3 に星印で現地調査位置を示す。



出典：調査団

図 3.2.3 調査対象村落の位置図

南東の氾濫原行政区、例えば Svay Rieng では、Seila と NIS 村落データは互いに一致しており(表 3.2.2)、村落の位置と数は地表で確認された双方のデータセットにリストアップされている。

表 3.2.2 Svay Rieng 州における調査村落での比較表

Seila Data			NIS Data
ID	Village	Commune	ID
20070111	Sala Tean	Chrokhet	20070111
20070111	Sala Tean	Chrokhet	20070111
20010704	Prey Toup	Prey Angkunh	20010704
20010707	Prey Angkunh	Prey Angkunh	20010707
20010707	Prey Angkunh	Prey Angkunh	20010707
20010703	Chrey Thum	Prey Angkunh	20010703

出典：調査団

しかしながら北西の行政区では、NIS データセットよりも Seila の方が多くリストアップされた村があった。例えば、Otdar Meanchey 行政区で、Seila には存在するが NIS データセットには存在しない多くの新しい村落が現地調査（表 3.2.3）によって発見された。

表 3.2.3 Otdar Meanchey 州における調査村落での比較表

Seila Data				NIS Data
ID	District	Commune	Village	ID
22040301	Samraong	Koun Kriel	Khtum	22040301
22040302	Samraong	Koun Kriel	Ta Man	22040302
22040303	Samraong	Koun Kriel	Thnal Bat	22040303
22040304	Samraong	Koun Kriel	Anlong Veaeng	22040304
22040305	Samraong	Koun Kriel	Trapeang Veaeng	22040305
22040306	Samraong	Koun Kriel	Thmei	22040306
22040307	Samraong	Koun Kriel	Trapeang Sleng	N/A
22040308	Samraong	Koun Kriel	Phong	N/A
22040309	Samraong	Koun Kriel	Kon Kreal	N/A
22040310	Samraong	Koun Kriel	Kirivorn	N/A
22040311	Samraong	Koun Kriel	Champa Sok	N/A
22040312	Samraong	Koun Kriel	Kok Prasat	N/A
22040313	Samraong	Koun Kriel	Ou Pork	N/A
22040314	Samraong	Koun Kriel	Chheu Krom	N/A
22040315	Samraong	Koun Kriel	Kdoul	N/A

出典：調査団

最新の通常国勢調査では、いくつかの要因（特に安全面で）から、北西の行政区のうち数地域へのアクセスが困難であることが解った。また紛争の為に住民が追放され、国勢調査の後の再移住により新しい居住区が出現した箇所が幾つかあった。本来 Seila データは 2003 年に記録された最近のデータであるので、論理的にはもっと多くの村落が記載されていなければならないが、上記の理由からかこのような記録が欠落していた。以上を踏まえて NIS と Seila のデータを比較した結果、当プロジェクトでは Seila のデータを使用するのが望ましいと判断した。

3.2.7 データ統合および解析

先に図 3.2.2 で GIS データベースの入出力フローチャートを示したように、論理的なクエリを用いてデータを探索することが可能である。またデータは、物理的な重ね合せあるいは項目データの論理的な結合により統合することが可能である。更にまた数学的なアルゴリズムあるいは単純な規範式に基づいたモデルの上で、より進んだ解析を実施することが可能である。表 3.2.4 に条件を満たす村落の候補を抽出するための簡単な基準を示す。

表 3.2.4 地方電化のための村落選定基準の一例

S. No.	Measure	Measuring Indicator (If the Indicator is available)	Village is Selected?	Weightage
1	Rural Poverty Level	Poverty Index??	NA	0.25
2	Sustainable Demand	House Hold (HH) Size of Village/Community	NA	0.25
3	Available Community Facility	Hospital, School and Local Gov. Office	Yes	NA
4	Willingness to have Electricity	HH having Battery Operated Lighting/TV	NA	0.25
5	Existing Grid Command Area	Physical distance between Village and Grid	No	NA
6	Accessibility	Physical distance between Village and Road	Yes	NA
7	Deprive Community	Minority and Ethnic Group for example	NA	0.25
8	For Mini-Hydro Station	Physical distance between Village and Perennial River/Lake	Yes	NA
9	Security	Land Mine and other Unexploded Ammunition	No	NA
10	Urban and Surrounding Area	Municipal, Provincial Capital and Area within 40km of Provincial Capital	No	NA

出典：調査団

データ解析あるいはクエリを用いて数種類の出力を作成した。このような出力を用いて相当量の変更/修正、あるいは表・テキスト報告など若干の変更を通して地図を更新することが可能である。現在まで当プロジェクトにおいても、新たに作成した主題図の幾つかがデータベースの作成/編纂などの簡単な操作を通して作成された。

3.2.8 結論

GIS データベースの主要構造を概念化し作成し、様々なソースから得られた様々な種類のデータを GIS データベースに追加した。その主要なデータソースは政府の省、特に公共事業省・森林局・統計研究所から提供されたものである。

他方、Seila は、非常に重要な 2003 年の村落調査データを提供しているが、NIS と Seila 村落位置データ相互間に不整合な部分が見られたので現地調査を実施した。その結果、Seila の村落データの多くが既に更新されたものであったと解ったので、当スタディで使用することとした。

3.3 選定基準

選定基準は、第3巻 Part 1 MP 更新マニュアルの 2.5 節参照。

3.3.1 村落電化計画の選定

第3巻 Part 1、2.4.2 節、図 2.4.2 の選定基準により 44 の村落電化計画を評価した。その結果、21 計画は小水力ミニグリッドにより電化すべく分類された。残りの 23 計画はバッテリーの普及水準が低いことから、「バッテリー照明」グループに分類された。選定された 21 計画を表 3.3.1 に示す。

表 3.3.1 選定された 21 小水力計画の概要

No.	Name of RE Scheme	Target Villages				Micro Hydro						
		Sub No.	Province	District	Commune	Nos. of Villages Electrified by MHP (Plan)	Potential Dry Season Power (kW)	Nos. of households	Nos. of HH to be Electrified	Total Demand incl. loss (kW)	Required Backup Capacity P _{min} (kW)	Length of MV Trans. Lines (km)
1*	Sangke D/S	1	Battambang	Rotonak Mondol	Traeng	45	59	6,786	5429	706	562	115.0
	Sangke U/S	2	Battambang	Rotonak Mondol	Traeng	45	85					
2*	Sangke D/S (Alternative)	1	Battambang	Rotonak Mondol	Phlov Meas	8	59	1,324	1059	138	79	13.0
3*	Bay Srok	1	Ratanak Kiri	Lumphat	Ka Laeng	3	65	560	448	58	0	3.0
4*	Bu Sra	1	Mondul Kiri	Pech Chenda	Bu Sra	10	91	899	719	93	2	25.0
5*	O Sla D/S	1	Koh Kong	Kampong Seila	Kampong Seila	4	283	1,249	999	130	0	15.0
6*	Xtung Tun Po	1	Pursat	Veal Veang	Pramaoy	3	55	451	361	47	0	11.0
7*	Srae Cheng	1	Kampot	Chum Kiri	Srae Chaeng	1	6	284	227	30	24	8.0
8*	Tatai D/S	1	Koh Kong	Thma Bang	Ruessei Chrum	2	62	155	124	16	0	10.0
9*	Tributary Stung Cra Nhung	1	Battambang	Samlout	Ta Taok	14	330	844	675	88	0	33.0
10*	O Leach Meas	1	Pursat	Phnum Kravanh	Samraong	2	35	164	131	17	0	13.0
11*	Prek So Long Lower	1	Mondul Kiri	Kaev Seima	Srae Khtum	5	42	286	229	30	0	14.0
12*	Stung Thum	1	Kampong Chhnang	Tuek Phos	Chieb	1	14	107	86	11	0	2.5
13*	Ou Treb Da	1	Krong Preah Sihanouk	Prey Nob	Cheung Kou	1	165	61	49	6	0	8.0
14*	O Moleng	1	Mondul Kiri	Saen Monourom	Monourom	14	82	1,434	1147	149	15	5.0
15*	O Romis	2	Mondul Kiri	Saen Monourom	Monourom	14	19					1.5
16*	Prek Dak Deurr	3	Mondul Kiri	Saen Monourom	Sokh Dom	14	33					9.0
17*	Prek Dak Deurr D/S	4	Mondul Kiri	Saen Monourom	Sokh Dom	14	206	1,434	1147	149	0	4.5
18*	O Katieng	1	Ratanak Kiri	Lumphat	La Bang Muoy	4*	40	295	236	31	0	6.5
19*	Stung Sva Slab	1	Kampong Speu	Phnum Sruoch	Chambak	4	56	665	532	69	13	12.0
20*	Stung Siem Reap U/S	1	Siem Reap	Svay Leu	Khnaung Phnum	8	73	604	483	63	0	23.0
21*	Stung Siem Reap D/S	1	Siem Reap	Banteay Srei	Khun Ream	19	348	3,697	2958	385	37	55.0

出典：調査団

上記 21 小水力計画のうち各計画の説明を以下に記す。

- 計画 No.14 - 16 : 提案されている小水力の 3 つの計画 (モンドルキリ州) は、オモレン、オロミス、プレックダクデウールであり、現在 JICA 無償プロジェクトで基本設計にある (2005 年 7 月現在)。当該 3 計画は本マスタープランではプレ FS の候補としては考慮しない。
- 計画 No.17 : プレックダクデウール下流計画(モンドルキリ州)は上記 3 計画の後続計画案として考えられ、州都への将来の電源として位置づけられる。
- 計画 No.18 : 鉱工業エネルギー省によればオカティエン計画 (ラタナキリ州) は、UNIDO により調査、実施の予定である。
- 計画 No.19 : ストゥンスバスラブ計画はメリテックの調査(2001 年)によって提案された。鉱工業エネルギー省、ならびに調査団の現地踏査によると乾期には水がほとんど干上がることが確認された。したがって、オフグリッド地域の電化のためには小水力と同規模のバックアップ発電設備が必要となる。
- 計画 No.20 & 21 : ストゥンシエムリアップ(シエムリアップ州)はすでに JICA カンボジア事務所(2005 年)ならびにメリテック (2001 年) が調査を実施している。タイからシエムリアップまで送電線の延伸計画がある。この計画は ASK という会社が BOT により建設予定で、送電線の建設は 2006 年に完了予定である。計画 No. 20 と 21 の小水力計画の対象村落もこの送電線の建設後、配電線の延伸により電化される可能性もある。

3.4 プレ FS 対象候補計画の選定

10 優先計画の選定

3.1 節から 3.3 節に記述した優先順位付け検討作業により、上位 30 計画を選定した（小水力ミニグリッド 10 計画、バイオマスミニグリッド 10 計画、太陽光 BCS10 計画）。

特記仕様書では、前項の優先順位リストから、プレ FS の対象となりうる 10 コミューンを選定することとされている。次いで、選定された 10 コミューンそれぞれについて代替案を作成し、合計 20 の代替計画を作成する。

一方、電化計画は村落別に作成することが求められている。本調査では、電化計画は、表 9 に示すように 11,326 の村落を対象とし、その内 54 計画については現地調査に基づいて複数村落／コミュニティから成る電化計画を立案した。その他の村落については、村落別に計画した。現地調査を実施し、上位 10 計画を村落調査の候補として選定する。この 10 計画について、電化計画の管理・運営を担当するコミュニティ能力（REE が担当する場合は別として）の観点からの妥当性を評価するための村落調査を行う。この作業フローを図 3.4.1 の左側に示す。一方、本 MP 調査では、村落ベースで電化計画を作成することが求められている。

本 MP 調査では、表 3.1.3 に示されるように、11,326 村落がオフグリッド地域内に位置することが特定された。この内、60 の有望計画については、図上検討、現地調査により、複数村落・コミュニティをまとめて電化計画を作成した。残りの村落については、それぞれ 1 村落 1 計画として村落ベースで電化計画を作成した。

コミュニティ別に再生可能エネルギーの代替地点を 2 つずつ選定するという手法は、コミュニティ別に電化計画を再作成し、再順位付けを必要とする。村落別とコミュニティ別で、2 重に電化計画を作成することが必要となる。（電化計画は、基本的にコミュニティ単位ではなく村落単位で作成することが仕様書で求められており、10 コミューンを選定することは、村落単位を基本として作成されている電化計画リストと合致しない。また、コミュニティ内に再生可能エネルギーの代替地点を 2 つずつ選定することも、実情に合わない。小水力ならポテンシャルは不動、バイオマスなら村落構成から需要の中心付近に設置するのが望ましく、代替地点を 2 ヶ所検討する意味合いが薄い。太陽光 BCS は村落毎に設置することが望ましい。これらの計画作業は、2 つの代替案を必要とせず、各専門家が最適案を作成できる。）コミュニティと村落ベースで 2 重に電化計画を作成し、優先順位付けを行う重複を避けるため、図 3.4.1 の右側に示すように、上位 10 優先計画を選定する作業フローを一部変更した。

表 3.4.1 は小水力およびハイブリッドによるミニグリッドの上位 10 計画を、表 3.4.2 はバイオマスガス化発電によるミニグリッドの上位 10 計画を、表 3.4.3 は太陽光 BCS の上位 10 計画を示す。

表 3.4.1 小水力およびハイブリッドによるミニグリッドの上位 10 計画, MP2005

No.	州	Name of Plan	Energy Source	Methods	Nos. of hh for RE	Generation Capacity (kW)
1	Battambang	Sangke	MHP & Bio	Hybrid	5429	706 (MHP144, Bio562)
2	Ratanak Kiri	Bay Srok	MHP	Micro Hydro	448	58
3	Mondul Kiri	Bu Sra	MHP	Micro Hydro	719	93
4	Koh Kong	O Sla D/S	MHP	Micro Hydro	999	130
5	Pursat	Xtung Tun Po	MHP	Micro Hydro	361	47
6	Kampot	Srae Cheng	MHP & Bio	Hybrid	227	30 (MHP6, Bio24)
7	Koh Kong	Tatai D/S	MHP	Micro Hydro	124	16
8	Battambang	Tributary Stung Cra Nhung	MHP	Micro Hydro	675	88
9	Pursat	O Leach Meas	MHP	Micro Hydro	131	17
10	Mondul Kiri	Prek So Long Lower	MHP	Micro Hydro	229	30

出典：調査団

表 3.4.2 バイオマスガス化発電によるミニグリッドの上位 10 計画, MP2005

No.	州	Name of Plan	Energy Source	Fuel	Nos. of hh for RE	Generation Capacity (kW)
1	Pursat	Phnum Kravanh Bio	Biomass	Planted Energy Tree	3142	408
2	Kampong Chhnang	Svay Bakav CF	Biomass	Planted Energy Tree	274	36
3	Kampong Thom	Kraya CF JICA	Biomass	Planted Energy Tree	858	112
4	Takeo	Takeo CelAgrid	Biomass	Planted Energy Tree	963	125
5	Kampong Cham	Krasang	Biomass	Planted Energy Tree	399	52
6	Kampong Thom	Chi Aok CF	Biomass	Planted Energy Tree	138	18
7	Battambang	Kbal Taol	Biomass	Planted Energy Tree	419	54
8	Kampong Cham	Batheay	Biomass	Planted Energy Tree	594	77
9	Siem Reap	Phum Prampir	Biomass	Planted Energy Tree	285	37
10	Kampong Chhnang	Meanok FA Plantation	Biomass	Planted Energy Tree	509	66

出典：調査団

表 3.4.3 太陽光 BCS の上位 10 計画, MP2005

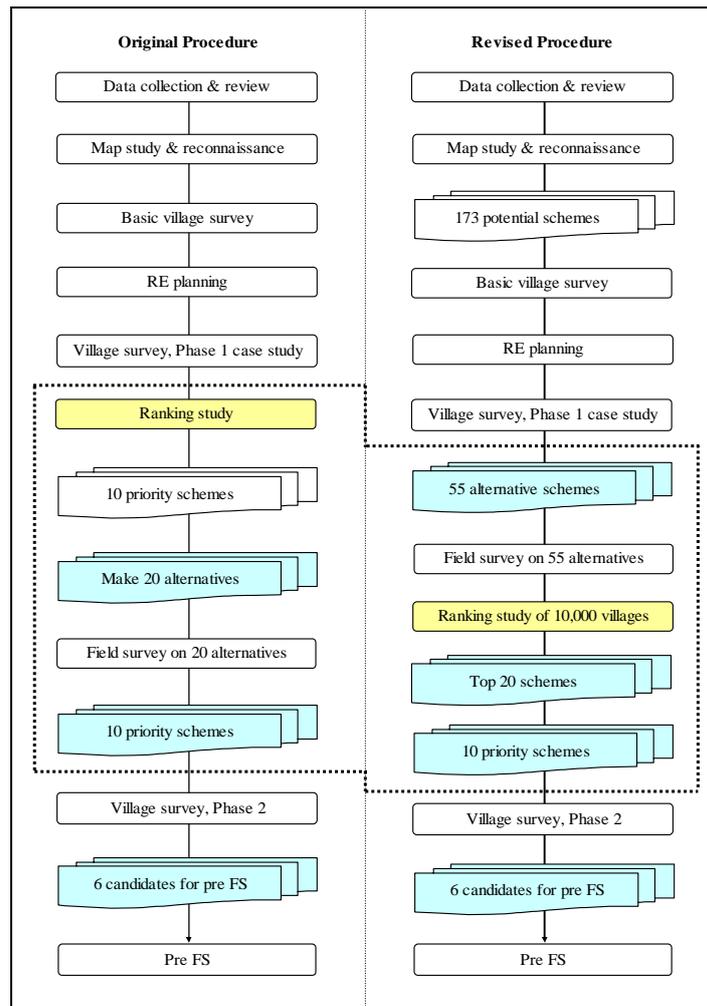
No.	Province	Name of Plan	Energy Source	Scheme	Nos of hh for RE	Generation Capacity (kWp)
1	Stung Treng	Srae Ta Pan	Solar	Solar BCS	76	4
2	Ratanak Kiri	Kaoh Peak	Solar	Solar BCS	142	6
3	Kampong Thom	Koun Tnaot	Solar	Solar BCS	87	4
4	Mondul Kiri	Pu Hiem	Solar	Solar BCS	200	9
5	Stung Treng	Man	Solar	Solar BCS	130	6
6	Ratanak Kiri	Ta Ang Pok	Solar	Solar BCS	105	5
7	Ratanak Kiri	La Meuy	Solar	Solar BCS	82	4
8	Mondul Kiri	Pohourn	Solar	Solar BCS	80	4
9	Ratanak Kiri	Kok Lak	Solar	Solar BCS	51	3
10	Mondul Kiri	Pokes	Solar	Solar BCS	75	4

出典：調査団

対象村落数の比率はミニグリッド 4 弱に対して BCS が 1 である。この比率を参照して、再生可能エネルギー利用によるミニグリッドグループから 8 計画、バッテリー照明グループから 2 計画を選定した。さらに、小水力とバイオマスによるミニグリッドは、オフグリッド地域の電化の柱であることから、それぞれ上位 4 件を選定した。このようにして選定した上位 10 計画のリストを表 14 に示す。

表 3.4.1 の上位 10 小水力グループの内、4 位のコッコン州 O Sla D/S 計画については、韓国業者が同水系の水力開発のための FS の提案書を 2005 年 6 月下旬に政府に提出済みであることが、7 月 6 日に判明したため、プレ FS の対象候補から外した。コッコン州 O Sla D/S 計画は、Kampong Seila コミューン傘下の 4 村落を対象とし、州都から半径 40 km の PAGE の外側に位置する。Kirirom 3 水力計画（設備容量 15 MW）は、プノンペン系統に給電するための IPP の計画であり、電源地域の地方電化の計画は含まれていない（2005 年 6 月 7 日の関係省庁連絡会議で EdC 職員が確認）。したがって、Kampong Seila コミューンは、系統延伸による電化の見込みはほとんどなく、ミニグリッド電化の優先順位が高い。小水力ポテンシャルの開発権が IPP 業者に認可された場合、Kampong Seila コミューンには、同 IPP と低圧配電線の延伸交渉と、バイオマスミニグリッドの独自建設の 2 つのオプションがある。

そこで、5 位のプルサット州 Xtung Tun Po 計画地点を、表 3.4.4 に示すように、小水力グループのベスト 4 のひとつとして繰り上げた。



出典：調査団

図 3.4.1 プレ FS 対象候補 6 計画の選定フロー

バイオマスミニグリッドのグループについては、上位 4 計画がベスト 4 と考えられるので、表 3.4.4 の 10 優先計画に含めた。

バッテリー照明グループでは、1 位のストゥントレン州の Srae Ta Pan 計画と、7 位のラタナキリ州の La Meuy 計画を、以下に述べる検討の結果ベスト 2 として選定し、表 3.4.4 に優先 10 計画に含めた。

- 1) ストゥントレン州の Srae Ta Pan 計画（表 3.4.3 で 1 位）ではバッテリー照明の普及率が 3%であり、村内に BCS が無い（2005 年 7 月の現地調査情報）。この計画は BCS グループのベスト 2 として適切と考えられる。
- 2) 2 位、5 位、8 位、10 位の 4 つの計画サイトは、道路がなく徒歩あるいはバイクによるアクセスが必要と見られる。現地調査、建設、その後のモニタリングを考えると、プレ FS 候補に選定された場合に困難を来すことが懸念される。したがって、候補対象から外す。
- 3) 3 位のカンポントム州の Koun Tnaot 村は、グリッド電化率（NIS 1998）、テレビ普及率（Seila 2003）ともに 0%だが、バッテリー普及率（2005 年 6 州調査）が 81%と高い。バッテリー普及率が 81%でテレビ普及率が 0%という関係は考え難く、3 つのデータ

間に矛盾がある。州都から 15 km と比較的近く、かつ地方の主要道路沿いに位置することから判断すると、バッテリー普及率は比較的高い可能性がある。識字率は 33% と低い。

2005 年 6 月末に実施した現地調査によると、バッテリー普及率は約 30% であり、村内に BCS はない。しかし、近隣の BCS 業者がバッテリーの集荷、充電、配達サービスを提供している。この村落は、太陽光 BCS グループの優先計画としては適切でない。

- 4) 7 位、9 位の 2 つは、電化率の点ではいずれの指標も低く、候補として適切である。この 2 つの村落は州都から 30 km 程の距離に位置し、かつセサン河の右岸に位置するため、ボートによる渡河が必要となる。2005 年 7 月上旬に実施した現地調査により、7 位のラタナキリ州 La Meuy 計画はバッテリー照明の普及率が 3% であり、村内に BCS がいないことが確認された。洪水時を除いてボート渡河により村へのアクセスが可能である。この計画は BCS グループの優先計画として適切である。
- 5) 2005 年 7 月上旬に実施した現地調査では、9 位のラタナキリ州 Kok Lak 計画は、村人が田植えに出かけてほとんど留守であり、またクメール語でのコミュニケーションが困難であったことから、電化状況を確認できなかった。村内に BCS はない。この計画は BCS グループの優先計画として適切と考えられるが、選定するためにはバッテリー照明の普及率をさらに確認することが必要である。
- 6) 4 位のモンドルキリ州の Pu Hiem 村は、テレビ普及率が 7.6% と高く、一方バッテリー照明普及率は 0.4% と低く、矛盾がある。2005 年 7 月上旬に実施した現地調査により、バッテリー普及率は 57% に上ることが確認された。BCS 候補として適切でない。これはむしろミニグリッドの候補である。
- 7) 6 位のラタナキリ州 Ta Ang Pok 村は、2005 年 7 月上旬に実施した現地調査では、バッテリー照明普及率が 10% である。村内に BCS はない。バッテリー照明普及率が比較的高いため、太陽光 BCS のモデル村落としては優先度が低い。したがって、候補対象から外した。
- 8) 以上の検討の結果、3% と低いバッテリー照明普及率と、村内に BCS がいないという 2 つの観点から、1 位のストゥントレン州の Srae Ta Pan 村と、7 位のラタナキリ州 La Meuy 村の 2 つが優先度が高い。

上記 2 計画は、グリッド電化率 0%、バッテリー照明普及率が 3%、道路アクセス可能 (1 位の Srae Ta Pan 村は渡河が必要であるが、国道のフェリーが利用可能)、村落規模が 95 世帯と 102 世帯 (表 3.4.4 ではこの世帯数の 80% が BCS 利用者と想定)、識字率が 12% と 23% で低く、貧困削減への貢献が見込まれる。

このようにして計 30 の上位計画 (小水力ミニグリッド 10 計画、バイオマスミニグリッド 10 計画、太陽光 BCS10 計画) から選定した 10 優先計画を表 3.4.4 に示す。

表 3.4.4 優先上位 10 計画

No.	Province	Name of Scheme	Type	Nos of hh to Electrify	Installed Capacity (kW)
Micro Hydro Power					
1	Battambang	Sangke	Mini Grid	5,429	706 (MHP144, Bio562)
2	Ratanak Kiri	Bay Srok	Mini Grid	448	58
3	Mondul Kiri	Bu Sra	Mini Grid	719	93
4	Pursat	Xtung Tun Po	Mini Grid	361	47
Biomass Power					
1	Pursat	Phnum Kravanh Bio	Mini Grid	3,142	408
2	Kampong Chhnang	Svay Bakav CF	Mini Grid	274	36
3	Kampong Thom	Kraya CF JICA	Mini Grid	858	112
4	Takeo	Takeo CelAgrid	Mini Grid	963	125
Solar Power					
1	Stung Treng	Srae Ta Pan	Solar	76	4
2	Ratanak Kiri	La Meuy	Solar	82	4
Total	-	-	-	12,352	1,593

出典：調査団

上位 10 計画の内、NGO からサイト情報を入手したタケオ州のバイオマス計画以外の 9 計画について、調査団が現地調査を実施した。その結果、この 10 計画（4 つの小水力、4 つのバイオマス、2 つの太陽光）は、いずれもフェーズ 2 村落調査の対象として特別な課題はないと判断した。

プレ FS 対象候補 6 計画の選定

前項の選定作業の結果、表 3.4.4 に示す 10 計画が選定された。この 10 計画を対象としてフェーズ 2 の村落調査を実施した。

(1) プレ FS 対象の計画数

特記仕様書は、プレ FS 対象計画を次のように規定している。

「原則としてマイクロ・ミニ・小水力発電による電化 3 地点、その他再生可能エネルギーによる電化 3 地点、計 6 地点を選定する。但し、有望な小水力地点が他にある場合には、更に 1-2 点をプレ FS の対象地点として追加検討する。また、マイクロ・ミニ・小水力発電以外の再生可能エネルギー電化 3 地点については、太陽光発電を基本として検討するが、それ以外の電化手法が適切と見なされる場合には、風力発電・バイオマス発電・バイオガス発電・ハイブリッド型発電など他の電化手法も検討する。」

調査団は 2005 年 6 月 10 日に、バイオマスガス化発電にテーマを限定した関係省庁連絡会議を開催した。オフグリッド地域の電化をバイオマス・ミニグリッドで推進するという調査団提案のアプローチが、出席者の支持を得た。バイオマスガス化発電に関する省庁間の調整が重要である、とのコメントが出された。インテリムレポート（案）の要約について、7 月 6 日に東京の JICA 本部で説明会が開催され、いくつかの重要なコメントを付して了承された。

上記仕様書に沿い、プレ FS 対象の 6 計画は、以下の手順で選定した。

- 1) カンボジアにおける各再生可能エネルギーのポテンシャル、地理的分布特性、および太陽光 BCS 計画プレ FS の汎用性を考慮して、電源別の対象計画数を次のように設定

する。

小水力	3 計画
バイオマス	2 計画
太陽光	1 計画

- 2) 小水力計画は、当初 4 つとすることを考えたが、現地調査の結果、ポテンシャルサイトが山間の人口密度が低い地域に偏在し、電化対象村落が限定されることから、仕様書の想定どおり 3 計画とする。
- 3) 残りの 3 計画の内、バイオマスと太陽光は本 MP の推奨電化方式であり、少なくとも 1 つは選定する。以下の観点から、最後のひとつをバイオマス計画（計 2 つ）とすることを提案する。

オフグリッド地域に設置されるミニグリッドの大部分はバイオマスガス化発電を電源とする。ミニグリッド電化対象として特定された 8,732 計画の内、3,071 村あるいは 35%はバイオマスを電源とする。さらに、3,257 村あるいは 37%は、系統延伸かバイオマスを電源とする。

バイオマスガス化発電には、燃料調達方式が 3 種類あり、できれば 3 計画について調査・検討することが望ましい。

- 4) 太陽光発電は 3 計画を対象とすることが事前調査段階で想定されていた。しかし、以下の検討の結果、ひとつの太陽光 BCS を選定し、その運営組織設立をプレ FS の主要テーマとして検討することを提案する。
 - ① 太陽光 BCS は、ポテンシャルがサイトに限定されない特徴から、その技術的計画は汎用性があり、他の村落にもほぼ適用できる。ひとつだけの計画についてプレ FS を実施したとしても、その検討結果は、他の太陽光 BCS の計画のモデルとして参照できる。
 - ② 課題は運営を担当すべき村落組織の設立と運営指導にある。
 - ③ バッテリー照明が全く普及していない村落は 2005 年 7 月 5 日までの現地調査では確認できておらず、その割合は極めて低いと推測される。
- 5) バイオマスは、オフグリッド地域内で小水力ポテンシャルがない平地部ではミニグリッド用電源の柱となる。燃料調達、および村落主導の場合は村落組織の設立が主要検討課題となる。燃料源としては、以下の 3 形態を提案する。

- ① 燃料木栽培
- ② コミュニティフォレスト利用（コミュニティフォレスト内での燃料木栽培を含む）
- ③ 農業廃棄物利用（モミガラ、ピーナッツ殻、トウモロコシ芯など）

できれば 3 種類の燃料調達方式のプレ FS が望ましいところだが、2 計画を選定して燃料調達方法の課題をプレ FS で検討する。

(2) プレ FS 対象計画の選定基準

プレ FS 対象計画の選定では以下のファクターを考慮する。

- ① 日本の無償資金協力事業として望ましい規模（裨益者数）を持つ。
- ② 新規電化計画を対象とし、既存ミニグリッドやディーゼル BCS の電源変更計画

は、地方電化事業としての裨益効果（初めての電化としてのインパクトがない）の観点から除外する。

- ③ JICA カンボジア事務所のカンボジア国支援重点地域の計画を含める。

(3) プレFS の対象 6 計画

前項の方針に沿って、表 4.2.1 の 10 計画からプレFS 対象 6 計画を以下のように選定した。

- 1) 小水力 4 候補の内、ラタナキリ州のバイスロック計画は、電化対象の主村落が宝石採取業に従事する労働者の村である。過去の事例から考えると、宝石採取量がピークを過ぎると人口が徐々に減少し、最終的には廃村となる可能性もある。また、国内および隣国ベトナムからの出稼ぎ労働者が多いため、無償資金協力事業の候補としては優先度が低いと考えられる。以上の観点から、バイスロック計画は外した。（なお、このような特殊な社会的条件は、現地調査を実施して判明したものである。カンボジア全村を対象とする優先順位付け基準に取り入れることは困難である。データベース情報に基づく優先順位付けの限界を示す例である。実際に現地調査を行って確認することの重要性が示唆されている。）
- 2) 他の小水力 3 計画の内、モンドルキリ州のブスラ計画は、ブスラ滝を利用すると最も経済的であるが、地域の貴重な観光資源であり、慎重な計画が必要である。現地調査の際住民は、発電を夕方 5 時以降とすることで対処可能としている（観光客は日帰りで訪問し、夜は州都に戻る）。あるいは、大小 2 つの水車発電機を設置し、需要の低い昼間は 10 kW 程度の発電に留めて冷蔵庫等に給電し、観光客向けに冷飲料等を提供することも考えられる。それでも滝利用が困難となる場合には、隣のオープライ水系のポテンシャルを利用することができる。プレFS 候補として適切である。
- 3) 小水力候補の 3 番目のプルサット州のプラマオイ計画は州都から約 100 km 離れており、グリッド電化の可能性がほとんど無い。サイトへのアクセス状況が良く、小水力ミニグリッド候補としては適切である。しかし、2005 年 7 月 12 日に実施した現地調査で、旱魃年であった 2004 年の乾季には川が干上がり、河岸の住民は河床に穴を掘って飲料水を確保したことが判明した。現地調査時の流量は $0.2 \text{ m}^3/\text{s}$ であった。プレFS ではバックアップ/ハイブリッドの検討が必要となる。カンボジアにおける小水力計画の典型としてプレFS の価値が高い。
- 4) バッタンバン州のサンケ計画（サムロー郡）は、小水力とバイオマスのハイブリッド計画であり、地域全体として 5,000 世帯強を擁し、裨益効果が大きい。同地域は、バッタンバンから半径 40 km の PAGE の外部に位置する。パイリン州の PAGE にほぼカバーされるが、パイリン州はタイからの 22kV 配電線から受電しているため、さらに延伸することは技術的に困難と考えられる。またパイリンとサムロー地域の間には村落がほとんどないことから、サムロー郡まで配電線を延長することは経済的にも非効率である。

サンケ計画の小水力の落差は、予備測量を実施したが、なお調査が必要である。土地は広く肥沃であり、燃料木栽培に適している。季節によりピーナッツ殻やトウモロコシ芯の燃料資源も得られる。地域が広いので、22 kV 配電線が必要となる。地域の最遠部で REE がディーゼルミニグリッド（現在 100 世帯程度、将来的に数百世帯に拡張予定）を運営・拡張中である。本計画の系統が到達した場合には、小売ライセンスを得て営業を継続する考えを持っている。全体を何期かに分割して実施することも可

能。プレFS候補として適切である。

- 5) バイオマス計画では、プルサット州のサムラオン計画（1,229世帯）と、クラティエ州のカンボン・コー計画（886世帯）を選定した。

サムラオン計画は、狭い地域に約900世帯が集中している4村落を対象とする。電化効率が高く（調査団が作成した縮尺1:100,000の村落図上で専門家が比較・判断したものであり、経済性などはプレFS時に分析予定）、裨益効果も高い。燃料木栽培型のモデルとして、プレFSを実施する意義が高い。サムラオンは、州都から30km離れており、プルサット州内の村落分布から見て系統延伸計画上の優先度は低い。

韓国の業者がFSを実施中の「トンレサップ沿岸基幹送電網」が早期に実現する場合には、州内の全郡都（District Town）をグリッド電化の対象とする計画も、現実的となる。その場合、郡都であるサムラオンのミニグリッドは将来いずれグリッドに接続される。ただし、本MPが提唱するミニグリッド計画は、グリッド電化と競合するものではなく、将来的にグリッドに接続し、特に中大型ミニグリッドの場合は、再生可能エネルギーによる昼間の余剰クリーン電力をEdCに売却することも念頭においている。本サムラオン計画は、その先駆けモデルとなる可能性もある。ミニグリッドは、夜間照明需要主体のため設備利用率が10%程度に留まる。ソフトローン等の助成金を得ても35セント程度の料金水準が必要となる。しかし、系統接続後は、発電機器の品質にもよるが、一般的には50%以上の設備利用率が期待できる。系統接続後の発電原価は10セント以下に低下し、ミニグリッド内の料金は現在のEdC並みに低下させることも想定される。

カンボン・コー計画は、コミュニティフォレスト利用型のモデルとして、森林資源の不法伐採プレッシャー予防、コミュニティによる森林と燃料管理、電化事業運営のモデルとして期待される。本計画は、フェーズIとIIの2段階に分けての実施が考えられる。プレFS候補として適切である。

他の2つのバイオマス計画については、カンボンチュナン州のスバイバカオ計画は規模が小さいこと、タケオ州のタケオ計画は系統に比較的近いことから、次点とした。

- 6) 太陽光計画は、優先順位1位のスタントレン州のスラエタパン計画を選定した。バッテリー普及率は3%（93世帯中の3世帯が保有）。BCSは村内になく、ボートでセサン河を渡り、対岸の村落まで出かけて充電している。プレFS候補として適切である。

上記6計画は、一部の対象地域内に既存REEのミニグリッドを含むが、全体計画はいずれも新規電化計画である。フェーズ2の村落調査が2005年7-8月に実施された。この村落調査結果に基づいて、2005年9月の調査団の第4次現地調査の初期段階で、この6計画のプレFS候補としての妥当性をレビューした。

第4章 結論と提言

4.1 結論

この MP2005 は計 4 ヶ月の現地調査（2004 年 12 月、2005 年 1 月、5-6 月）に基づいて作成した。調査団の各専門家が以下の作業を遂行した。

- 1) 制度・組織／経済・財務分析
- 2) 系統拡張計画
- 3) 小水力ポテンシャルと電化需要の地形図・村落図上での検討と現地調査（水準測量、流量測定、量水標設置）
- 4) バイオマスガス化発電の資料収集と現地調査（バタンバンとカンボンチュナン州でのバイオマス成長量調査、ガス化適性試験および持続可能性試験のためのサンプリング）
- 5) 太陽光／風力に関する資料収集、日射量の衛星データの検証、現地調査
- 6) 村落社会調査
- 7) 環境調査
- 8) GIS データベースの作成

上記作業の結果、本 MP が作成された。GIS データベースを用いて、種々のマップが作成された。このデータベースは、MIME のサーバー内に収納してある。GIS データベースは MIME、EAC、EdC 間で共用できる。

調査を通じて以下に示す課題が特定された。これらは 2005 年 9 月と 12 月の調査を通じてさらに検討した。

- 1) 地方電化を支援する制度と組織について、関係するステークホルダー間で協議し合意することが必要である。
- 2) EdC グリッドと REE/CEC のミニグリッド間で電力の相互取引を実現するための制度上の課題（現行電力法の下でも EdC との交渉により可能だが、実績がない）
- 3) 全国の村落を網羅する村落調査が、本 MP の進捗状況のモニタリングと更新のために、毎年必要となる。この村落調査は、国家統計庁（NIS）あるいは Seila に委託し、その定期村落調査の一環として、電化率に関する最小限の項目（3 点）を追加して、実施することを提案する。
- 4) カンボジアでは新しい技術であるバイオマスガス化発電の情報を普及・啓蒙するために、モデル計画の実施が必要である。
- 5) 本 MP の内容を説明・周知するために、ビジュアルガイドあるいはマニュアルをクメール語で作成し、全コミュン、DIME、NGO、REE、銀行、その他関係するステークホルダーに配布することが望ましい。
- 6) バイオマスガス化発電に関連して、さらなる応用調査と試験の実施を提案する。

4.2 プレ FS 対象の推奨 6 計画

表 4.2.1 に示す 6 計画をプレ FS 対象として選定した。さらに、上位 10 計画サイトで 2005 年 7 月～8 月に実施したフェーズ 2 村落調査の結果に基づいてレビューした。

表 4.2.1 プレ FS 対象の候補 6 計画

No.	州	計画名	形態	電源	想定電化世帯数	発電設備容量 (kW)
1	バットンバン	サムロー	広域	小水力 + バイオマス	4,216	582
2	モンドルキリ	ブスラ	ミニ	小水力	936	80
3	プルサット	プラマオイ	ミニ	バイオマス	334	45
4	プルサット	サムラオン	ミニ	バイオマス	1,230	180
5	クラティエ	カンボンコー	広域	バイオマス	4,882	640
6	ストウントレン	スラエタパン	BCS	太陽光	89	4
合計	-	-	-	-	11,687	1,531

出典： 調査団

4.3 制度と組織にかかる提言

4.3.1 制度と財務面にかかる提言

- (1) 再生可能エネルギーを利用した地方電化事業への参入環境の改善
 - 再生可能エネルギー関連機器の輸入関税の軽減、または免除
 - ディーゼルを電源とする REE が、再生可能エネルギー電源に転換するための経済インセンティブの付与
 - ODA のツーステップローンシステムを利用した長期低利融資システムの導入

- (2) REF の機能強化

REF は、以下について実施の検討をし、地方電化促進に努めることが必要である。

- 電化事業の実施方針、再生可能エネルギーの利用方法、Part 2 の 1.7.3 節及び 2.2.2 節で述べたような所有権等、地方電化事業はバラエティに富んでいる。その多様性に対応できるような、資金支援制度を新たに導入する。
- REE に対して融資を実施する金融機関(市中銀行、マイクロファイナンス機関等)に対し、REF が融資保証を行う。
- REE や CEC に対する技術支援ができるよう、EdC や EAC との連携を強化する。
- 住民が REE に村落電化を委託する場合、完工保証と、事故(倒産など)に供えた保険制度の設立が必要である。

4.3.2 実施組織にかかる提言

地方電化事業には、様々なステークホルダーが存在している。主なステークホルダーは以下の通り。

- カンボジア電気公社(EdC) : グリッド延伸事業の実施
- 地方電気事業者(REE) : オングリッド・オフグリッド両地域における電気事業の実施
(民間事業者が実施主体)
- コミュニティー(CEC) : オングリッド・オフグリッド両地域における電気事業の実施
(対象地区のコミュニティが実施主体)
- 地方電気事業公社(REU) : オフグリッド地域における BCS 事業の実施 (地方政府が実施主体)
- NGO : REE や CEC の運営能力強化と、組織運営の指導・支援
- 鉱工業エネルギー省(MIME) : 投資家に対し電気事業の事業権を付与する。
- カンボジア電力庁(EAC) : 電気事業者へ営業免許を発行し、事業をモニタリング
- 地方開発省(MRD) : Seila プログラムのサブコンポーネントの承認

各ステークホルダーの責任分担を表 4.3.1 に示す。電気事業者は EdC、REE、CEC の 3 つである。

表 4.3.1 ステークホルダーの責任分担

Business Model	Ownership	Operation	Training and Facilitation	Approval	Licensing and Regulation
EdC	EdC	EdC or REE	-	MIME/REF	EAC
REE	REE	REE	EdC or NGO	MIME/REF	EAC
CEC	CEC	CEC	NGO	MIME or MRD	EAC
Solar BCS/SHS	MIME	CEC or REE	MIME or NGO	-	-
REU	Local Gov't	Own force or REE	EdC	MIME	EAC

出典：調査団

4.3.3 人材育成と能力強化にかかる提言

提案された制度と組織を動かすのはヒトである。電化事業を実施する能力と力量を持った人材を確保することが重要である。ここでは、コミュニティと事業者向けの政府による情報提供・教育活動、事業者(REE と CEC)のキャパビルと政府機関(MIME/DIME)のキャパビルについて提言する。

政府によるコミュニティと事業者向け IEC 活動

政府(MIME/DIME)は、再生可能エネルギーにかかる最新知識と成功事例の伝達並びにコミュニティによる積極的かつ組織的参加を促すために、以下の項目を含む、情報・教育・コミュニケーション(IEC)活動を展開する。

- JICA 調査団が作成した Visual Guide の配布・普及
- コミュニティと REE/CEC 向けセミナー／ワークショップ開催

- セミナー／ワークショップの内容をテクニカルノートして公表
- 再生可能エネルギーにかかる定期刊行物(例：RET News など)の発行
- MIME (Technical Energy Dept.)内に再生可能エネルギー相談室の設置
- 再生可能エネルギーにかかる最新情報を紹介する Website の開設
- 各州の DIME オフィスに RET 宣伝普及のためのオフィス設置
- 再生可能エネルギーにかかる応用研究と組織的普及活動の実施 (そのために必要ならば、バイオマス・センターなどの新たな組織の設立)
- 全国展開可能な新技術とビジネスモデルを用いたパイロットプロジェクトの実施
- 再生可能エネルギーを用いた地方電化事業向け技術基準の作成

REE/CEC 向けキャパビル活動

政府(MIME/DIME)と資金支援機関(REF/CFR)は、REE と CEC 向けに、必要な教育訓練活動を行う。訓練項目として以下のものが含まれる。

- 事業計画作成 (F/S)
- エンジニアリングと調達 (設計と施工)
- プロジェクト監理 (施工管理)
- 維持と修繕
- 運営 (生産と料金徴収)
- 将来のニーズのための拡張計画作成

MIME/DIME は、EdC、NGO、コンサルタントなどの協力を得て REE と CEC のキャパビルを実施すべきである。特に、プノンペンにある EdC の訓練センターの有効活用を図ることが薦められる。

政府組織のキャパビル

事業実施者を支援する政府機関(MIME/DIME)もまた政策と投資計画の立案・実施のための能力向上が必要である。キャパビルが必要な領域として以下のものが含まれる。

- 地方電化推進のための実施ルールと規定等の作成
- 政府と事業者で分担すべきリスクの特定とリスク低減方策 (減免税、補償措置などの優遇・奨励措置)の検討
- 提案要請状(RFP)、提案評価、契約監理、事業者の業績監視と実施支援の作成と実施
- 地方政府行政官への権限移譲と彼らの能力向上実施

世銀は「地方電化送電プロジェクト」で REF と MIME の組織強化と能力向上にかかる技術協力をコミット済みである。カンボジア政府は、世銀等で取り上げられていないキャパビルニーズ、例えば、コンピュータシステムの改善、バイオマスセンター、パイロット事業実施、地方電化技術基準と規定の作成、等の領域について、日本の支援を要請することが薦められ

る。

最後に最も重要な課題として、公務員の給与改善があげられる。これは、ガバナンスの改善にも資する。低給与水準は持続的な政府能力向上の妨げとなる。給与改善が実現すれば、職員の多くは給与補填のために午後のサイドワークをしなくて済む。IEC 活動に集中できよう。しかし、これはカンボジア全体の課題であり、解決には時間を要するだろう。短期的な対策として、地方電化事業の資金支援に際し、DIME などによる技術サービスに対する報酬も支援対象に含めることを提案する。

4.4 MP のレビューと更新

この MP2005 は、MIME が4年ごとに第3巻の Part 1 のマニュアルに沿って更新することが必要である。