

第3巻： マニュアル

| | |
|---------------|----------------|
| Part 1 | マスタープラン更新マニュアル |
| Part 2 | 地方電化計画作成マニュアル |

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3巻 マニュアル

目次

Part 2 地方電化計画作成マニュアル

| | | |
|-------|------------------------------------|---------|
| 第1章 | はじめに..... | P2 - 1 |
| 1.1 | 地方電化推進戦略..... | P2 - 1 |
| 1.1.1 | 地方電化の政策目標..... | P2 - 1 |
| 1.1.2 | 3段階の地方電化..... | P2 - 1 |
| 1.1.3 | 地方電化システムの所有権..... | P2 - 2 |
| 1.1.4 | 資金支援システム..... | P2 - 2 |
| 1.1.5 | バイオマスガス化発電によるミニグリッド計画の基本方針..... | P2 - 3 |
| 1.1.6 | オフグリッド地域でなぜミニグリッド電化？..... | P2 - 3 |
| 1.1.7 | 小水力ミニグリッド計画の基本方針..... | P2 - 4 |
| 1.1.8 | 太陽光 BCS と公共施設用 PV システム計画の基本方針..... | P2 - 4 |
| 1.1.9 | バイオマスガス化発電によるミニグリッドのビジネス戦略..... | P2 - 4 |
| 1.2 | どんな電化オプションがある？..... | P2 - 5 |
| 1.2.1 | オフグリッド地域で適用可能な電化方式..... | P2 - 5 |
| 1.2.2 | 実施・運営組織のオプション..... | P2 - 5 |
| 1.2.3 | 実施支援の便宜..... | P2 - 6 |
| 1.3 | マニュアルの内容..... | P2 - 6 |
| 1.4 | 農村電化促進..... | P2 - 6 |
| 1.4.1 | 広報による電化機会の均等提供..... | P2 - 6 |
| 1.4.2 | 電化事業への潜在能力と障害の評価..... | P2 - 7 |
| 1.4.3 | 受益者の参画と貢献..... | P2 - 7 |
| 第2章 | 電源選定..... | P2 - 8 |
| 2.1 | 電源の選定基準..... | P2 - 8 |
| 2.1.1 | 電源選定基準 MP2005..... | P2 - 8 |
| 2.1.2 | 電源選定基準の最新版の有無を確認..... | P2 - 11 |
| 2.2 | ポテンシャルと村落状況のチェック..... | P2 - 11 |
| 2.3 | あなたの村落に適した電源を選定！..... | P2 - 12 |
| 第3章 | 社会経済要因の配慮..... | P2 - 15 |
| 3.1 | 社会経済要因を配慮する目的..... | P2 - 15 |
| 3.2 | 社会経済要因の明確化..... | P2 - 15 |
| 3.2.1 | 現在入手可能な社会経済データ..... | P2 - 15 |
| 3.2.2 | コミュニン開発計画のプロセス..... | P2 - 15 |
| 3.2.3 | 電化需要の明確化..... | P2 - 16 |
| 3.2.4 | プロジェクト計画に調査結果をどう生かすか。..... | P2 - 17 |
| 3.3 | 社会経済要因を考慮したビジネスプラン..... | P2 - 18 |
| 3.3.1 | 明示的なビジネスプラン..... | P2 - 18 |
| 3.3.3 | 外部資金支援への申請..... | P2 - 18 |
| 3.4 | CEC への支援システム..... | P2 - 19 |

| | | |
|-------|-----------------------------|---------|
| 第4章 | バイオマス発電によるミニグリッド計画作成..... | P2 - 20 |
| 4.1 | ポテンシャルの確認..... | P2 - 20 |
| 4.1.1 | 燃料木の小規模栽培..... | P2 - 20 |
| 4.1.2 | 燃料木プランテーション／燃料予備林..... | P2 - 21 |
| 4.1.3 | 農業廃棄物..... | P2 - 22 |
| 4.1.4 | 森林管理上発生する木質廃棄物..... | P2 - 22 |
| 4.2 | 燃料供給計画..... | P2 - 23 |
| 4.2.1 | 電化プロジェクトの規模..... | P2 - 23 |
| 4.2.2 | 村の電力需要調査..... | P2 - 23 |
| 4.2.3 | どのくらいのバイオマス燃料が必要ですか？..... | P2 - 23 |
| 4.2.4 | バイオマスガス化発電計画..... | P2 - 24 |
| 4.3 | コスト試算..... | P2 - 25 |
| 4.3.1 | バイオマスガス化発電施設..... | P2 - 25 |
| 4.3.2 | 燃料コスト..... | P2 - 25 |
| 4.3.3 | 運転・維持管理費用..... | P2 - 26 |
| 4.3.4 | 将来の設備更新のための償却費用..... | P2 - 26 |
| 第5章 | ミニグリッド小水力発電計画..... | P2 - 27 |
| 5.1 | 現地踏査..... | P2 - 27 |
| 5.1.1 | 小水力発電の作業の流れ ～ 計画から実施まで..... | P2 - 27 |
| 5.1.2 | 小水力発電設備の構成..... | P2 - 28 |
| 5.1.3 | カンボジアにおける小水力ポテンシャル地点..... | P2 - 29 |
| 5.1.4 | カンボジア国の小規模河川における乾季比流量..... | P2 - 30 |
| 5.1.5 | 落差の測量..... | P2 - 30 |
| 5.1.6 | 流量観測..... | P2 - 33 |
| 5.2 | 需要とポテンシャルの評価..... | P2 - 39 |
| 5.2.1 | 村落の電気需要の評価..... | P2 - 39 |
| 5.2.2 | 乾季出力の評価..... | P2 - 39 |
| 5.2.3 | 需要と供給のバランス..... | P2 - 40 |
| 5.2.4 | 電化対象村落の確認..... | P2 - 40 |
| 5.3 | 河川水位観測..... | P2 - 43 |
| 5.3.1 | 量水標の設置..... | P2 - 43 |
| 5.3.2 | 水位観測..... | P2 - 45 |
| 5.3.3 | 水位記録..... | P2 - 45 |
| 5.3.4 | 水位－流量曲線（H-Q 曲線）の作成..... | P2 - 45 |
| 5.3.5 | 取水候補地点における最低使用水量の推定..... | P2 - 48 |
| 5.4 | 小水力ミニグリッドの予備計画..... | P2 - 50 |
| 5.4.1 | ミニグリッドの予備計画..... | P2 - 50 |
| 5.4.2 | 中圧配電線長の測定..... | P2 - 51 |
| 5.4.3 | 低圧配電線長の測定..... | P2 - 51 |
| 5.5 | 小水力ミニグリッドのコスト算定..... | P2 - 51 |
| 5.5.1 | 発電施設と発電機のコスト算定..... | P2 - 51 |
| 5.5.2 | 送配電施設のコスト算定..... | P2 - 53 |
| 5.5.3 | 維持管理コスト..... | P2 - 55 |
| 5.5.4 | 将来の機器更新に備えた減価償却費..... | P2 - 55 |
| 5.6 | 小水力発電計画のための一般的な技術基準..... | P2 - 55 |
| 第6章 | 太陽光システムの計画..... | P2 - 58 |
| 6.1 | 太陽光発電の課題..... | P2 - 58 |
| 6.2 | 僻地電化と社会電化..... | P2 - 59 |

| | | |
|--------|---------------------------------|---------|
| 6.2.1 | 太陽光 BCS による僻地電化ってなーに?..... | P2 - 59 |
| 6.2.2 | 公共施設用 PV システムによる社会電化ってなーに?..... | P2 - 60 |
| 6.3 | 遠隔地域での電化計画..... | P2 - 61 |
| 6.4 | PV システムによる公共施設の電化計画..... | P2 - 65 |
| 6.5 | 費用概算..... | P2 - 67 |
| 第7章 | 既存ミニグリッドの改良と EDC 系統への接続..... | P2 - 69 |
| 7.1 | 既存ミニグリッドの改良..... | P2 - 69 |
| 7.1.1 | 配電設備..... | P2 - 69 |
| 7.1.2 | 給電事業者のエネルギー損失..... | P2 - 69 |
| 7.1.3 | ミニグリッド向けの技術基準..... | P2 - 70 |
| 7.2 | 将来の系統接続のための配慮..... | P2 - 72 |
| 第8章 | 実施および運営に関する組織体制..... | P2 - 74 |
| 8.1 | はじめに..... | P2 - 74 |
| 8.1.1 | 既存のビジネスモデルの長所および短所の分析..... | P2 - 74 |
| 8.1.2 | EDC と REE の役割分担について..... | P2 - 75 |
| 8.1.3 | REE と CEC の役割分担について..... | P2 - 76 |
| 8.1.4 | REE ビジネスモデルの体系..... | P2 - 76 |
| 8.2 | ミニグリッド地域における REE..... | P2 - 78 |
| 8.2.1 | はじめに..... | P2 - 78 |
| 8.2.2 | 料金設定..... | P2 - 78 |
| 8.2.3 | REE が EAC に認可される条件..... | P2 - 80 |
| 8.2.4 | REE との交渉..... | P2 - 81 |
| 8.2.5 | 運営維持管理を担当する職員の任務..... | P2 - 81 |
| 8.3 | 小規模ミニグリッドの CEC による実施・運営..... | P2 - 82 |
| 8.3.1 | バイオマス発電ミニグリッドの運転・維持管理作業..... | P2 - 82 |
| 8.4 | 僻地電化の運営..... | P2 - 82 |
| 8.4.1 | 必要な作業..... | P2 - 82 |
| 8.5 | 社会電化の運営..... | P2 - 82 |
| 8.5.1 | 必要な作業..... | P2 - 82 |
| 第9章 | 環境配慮..... | P2 - 83 |
| 9.1 | 小水力発電計画..... | P2 - 83 |
| 9.1.1 | 河川水の既存利用者への影響..... | P2 - 83 |
| 9.1.2 | 河川における滝を利用する場合の観光業界への影響..... | P2 - 84 |
| 9.1.3 | 土地買占めによる少数民族への社会的影響..... | P2 - 84 |
| 9.2 | バイオマスガス化発電計画..... | P2 - 85 |
| 9.2.1 | 農産物や森林廃棄物のエネルギー既存利用者との抵触問題..... | P2 - 85 |
| 9.2.2 | 森林違法伐採等への圧力..... | P2 - 86 |
| 9.2.3 | 栽培燃料木の盗伐..... | P2 - 87 |
| 9.3 | 太陽光発電計画..... | P2 - 88 |
| 9.3.1 | 廃棄バッテリーの収集、処分およびリサイクル..... | P2 - 88 |
| 9.3.2 | 系統接続時の BCS および SHS の処分..... | P2 - 89 |
| 第10章 | 電気事業者の申請と支援システム..... | P2 - 92 |
| 10.1 | 民間事業者の投資手続方法 (REE と CEC)..... | P2 - 92 |
| 10.1.1 | REF のプロセス..... | P2 - 92 |
| 10.2 | 財務支援..... | P2 - 96 |
| 10.3 | 技術・運営面における支援..... | P2 - 96 |
| 10.3.1 | REF/CFR による技術支援..... | P2 - 96 |

| | | |
|------------|---------------|----------|
| 10.3.2 | NGOS | P2 - 97 |
| 10.3.3 | コンサルタント | P2 - 100 |
| 10.3.4 | 二国間援助 | P2 - 101 |
| 参考文献 | | P2 - 102 |

付表目次

| | | |
|----------|--|---------|
| 表 1.1.1 | 3段階電化の提案 | P2 - 1 |
| 表 1.2.1 | ステークホルダーの実施担当責任 | P2 - 6 |
| 表 4.1.1. | 異なる胸高直径の木質バイオマス量 (EUCALYPTUS CAMALDULENSIS IN MEAR NORK PLANTATION, KAMPONG CHHNANG PROVINCE) | P2 - 21 |
| 表 5.1.1 | 水準測量結果の例 | P2 - 32 |
| 表 5.1.2 | 流量観測様式 (流速計法) | P2 - 37 |
| 表 5.1.3 | 流量観測様式 (浮子法) | P2 - 38 |
| 表 5.2.1 | 小水力発電計画と対象村落 (例) | P2 - 42 |
| 表 5.3.1 | 水位観測記録用紙 (月表様式) | P2 - 46 |
| 表 5.3.2 | 水位-流量曲線式の計算例 | P2 - 47 |
| 表 5.3.3 | 流量発生確率の例 (シアヌークビル市クバチャイ水位観測所) | P2 - 50 |
| 表 5.5.1 | 小水力発電計画のコスト算定に用いる単価 | P2 - 53 |
| 表 5.5.2 | 小水力発電計画に用いる、将来の交換に備えた減価償却費 | P2 - 55 |
| 表 5.6.1 | 小水力発電計画のための一般的な技術基準(土木構造物) | P2 - 56 |
| 表 5.6.2 | 小水力発電計画のための一般的な技術基準(電気設備) | P2 - 57 |
| 表 6.3.1 | 州毎の日射量と PV パネルの傾斜角度 | P2 - 61 |
| 表 6.3.2 | 太陽光 BCS の標準設計パラメータ | P2 - 62 |
| 表 6.4.1 | 公共施設用 PV 設備の標準設計パラメータ | P2 - 66 |
| 表 6.5.1 | 標準モデル BCS の機器コスト | P2 - 67 |
| 表 6.5.2 | 公共施設用 PV 設備の機器コスト | P2 - 68 |
| 表 7.1.1 | 給電事業者のエネルギー損失 | P2 - 69 |
| 表 7.1.2 | 支柱の長さ、形状、設計荷重 | P2 - 72 |
| 表 8.1.1 | 各ビジネスモデルの長所および短所 | P2 - 74 |
| 表 8.2.1 | 電化方式と事業者別の地方電化資金支援制度 | P2 - 79 |
| 表 8.2.2 | ディーゼル発電とバイオマスガス化発電の違い | P2 - 81 |
| 表 8.2.3 | 電源別維持管理要員とその任務内容(例) | P2 - 81 |
| 表 10.1.1 | 補助金 (案) | P2 - 94 |
| 表 10.2.1 | REF 補助金 | P2 - 96 |

付図目次

| | | |
|---------|--------------------------------------|---------|
| 図 2.1.1 | REE および CEC による電源選定のためのフローチャート | P2 - 10 |
| 図 4.1.1 | 胸高直径と樹皮付き木質バイオマス量の関係 | P2 - 22 |
| 図 5.1.1 | 小水力発電計画の実施手順 | P2 - 27 |
| 図 5.1.2 | 一般的な小水力発電施設配置 | P2 - 28 |
| 図 5.1.3 | 発電設備の縦断図 (概念図) | P2 - 28 |
| 図 5.1.4 | 年降水量の等雨量線図 | P2 - 29 |
| 図 5.1.5 | 図上検討により選定した小水力発電候補地 | P2 - 29 |
| 図 5.1.6 | 小河川における乾季比流量の州別代表値 | P2 - 30 |
| 図 5.1.7 | 落差および流量 | P2 - 30 |
| 図 5.1.8 | ホースによる落差測定方法 | P2 - 30 |

| | | |
|----------|--|---------|
| 図 5.1.9 | 水準器を用いた落差測定方法..... | P2 - 31 |
| 図 5.1.10 | 距離計と角度計付ハンドレベルを用いた 落差測定方法 | P2 - 31 |
| 図 5.1.11 | 落差測定に用いられる機器..... | P2 - 31 |
| 図 5.1.12 | ハンドレベルを用いた水準測量の手順..... | P2 - 32 |
| 図 5.1.13 | 浮子法による流量観測方法..... | P2 - 33 |
| 図 5.1.14 | 浮子法における表面流速に対する平均流速係数..... | P2 - 34 |
| 図 5.1.15 | 流速計を用いた流量観測方法..... | P2 - 35 |
| 図 5.1.16 | 堰を利用した流量測定法..... | P2 - 36 |
| 図 5.1.17 | 容積法による流量計測法..... | P2 - 36 |
| 図 5.2.1 | マップスタディ (例) | P2 - 40 |
| 図 5.2.2 | 流域面積の測定..... | P2 - 41 |
| 図 5.2.3 | 中圧配電線長の計測..... | P2 - 42 |
| 図 5.3.1 | H-Q 曲線を用いた日流量推定方法..... | P2 - 43 |
| 図 5.3.2 | 水位観測所の設置適地..... | P2 - 44 |
| 図 5.3.3 | 量水標の設置手順..... | P2 - 44 |
| 図 5.3.4 | 水位観測の留意点..... | P2 - 45 |
| 図 5.3.5 | 水位－流量曲線 (H-Q 曲線) の例..... | P2 - 47 |
| 図 5.3.6 | 日水位曲線および日流量曲線の例 (シアヌークビル市クバチャイ水位観測所) . | P2 - 48 |
| 図 5.3.7 | ハイドログラフと流況曲線の関係..... | P2 - 49 |
| 図 5.3.8 | 流況曲線の例 (シアヌークビル市クバチャイ水位観測所) | P2 - 49 |
| 図 5.4.1 | 小水力によるミニグリッドの概念図..... | P2 - 50 |
| 図 7.2.1 | 副送電システムの延伸と REE の系統接続..... | P2 - 73 |
| 図 8.1.1 | REE ビジネスモデルの体系 | P2 - 77 |
| 図 9.1.1 | 既存水利権に対する悪影響の回避プロセス..... | P2 - 83 |
| 図 9.1.2 | 滝利用の場合の観光産業への悪影響の回避プロセス | P2 - 84 |
| 図 9.1.3 | 少数民族への土地所有権に係る社会的影響の回避プロセス | P2 - 85 |
| 図 9.2.1 | 農業・森林廃棄物の既存利用者との競合の回避プロセス | P2 - 86 |
| 図 9.2.2 | 森林違法伐採圧力の回避プロセス..... | P2 - 87 |
| 図 9.2.3 | 栽培燃料木の盗伐の回避プロセス..... | P2 - 88 |
| 図 9.3.1 | 廃棄バッテリーの収集、処分、リサイクルのプロセス | P2 - 89 |
| 図 9.3.2 | BCS および SHS を処理する場合のプロセス | P2 - 90 |
| 図 9.3.3 | 系統接続時の PV システムの処理プロセス | P2 - 91 |
| 図 10.1.1 | REF メカニズムに則った地方電化事業への投資プロセス | P2 - 92 |

このマニュアルの使い方

誰のためのマニュアル?

この電化計画策定マニュアルは、未電化村に暮らし電化を望んでいる人々、NGO、鉱工業エネルギー省地方支局（DIME）、コミュニケーションや州の開発委員会への情報提供を目指しています。このマニュアルは地方電気会社（REE）や設備・材料の供給業者、EdC、村落電化組合（CEC）のようなサービス提供者も対象としています。

このマニュアルの目的?

このマニュアルでは、村落電化のための基礎的な情報、基本計画作業の流れを紹介しします。このマニュアルは村民や REE/CEC が地方電化計画を作成するなかで生じる以下のような様々な疑問を解決するための情報提供を目指しています。

- 政府の電化政策はどのようなもの？
- 電力系統とは？
- オングリッド地域、オフグリッド地域とは何？
- オフグリッド地域に住む住民が電化を進めるためにどんなオプションがある？
- 再生可能エネルギーとは何？
- 再生可能エネルギーによるポテンシャルとは？
- 再生可能エネルギーによってどのような電化水準が実現可能？
- 村にとって最適な再生可能エネルギー源は何？
- 再生可能エネルギーのポテンシャルの推定方法は？
- 村落電化の計画方法は？
- 予想される建設費と料金の水準は？

その他の参考資料

このマニュアルは、再生可能エネルギーによる地方電化マスタープランの一部であるマニュアルの Part 2 です。マニュアルの Part 1 はマスタープランの更新マニュアルです。

Part 2 地方電化計画作成マニュアル

第1章 はじめに

1.1 地方電化推進戦略

1.1.1 地方電化の政策目標

- 2020年までにバッテリー照明を含めた村落電化率を100%とする。
- 2030年までに系統品質の電気で70%の世帯を電化する。

1.1.2 3段階の地方電化

表 1.1.1 3段階電化の提案

| 電化レベル | 形態 | 電源 | 用途 | 世帯あたりの消費水準 | 料金水準(\$/kWh) | |
|-------|-----------|-------------------------------|--|--------------------------------------|---|---|
| | | | | | 2005年 | MP目標値 |
| 1 | バッテリー | 太陽光発電(BCSもしくは公共施設における太陽電池パネル) | 電灯照明(場合によりテレビ)、保健所、夜間学校、公民館 | 10 W 40 W (テレビを使う世帯) 3.3 kWh/月 | 1.02\$/kWh (含むバッテリーの値段) 1回の充電で\$0.38 | 0.56\$/kWh (含むバッテリーの値段) 1回の充電で\$0.10 |
| 2 | 分散型ミニグリッド | バイオマスガス化発電、小水力 | 電灯照明、テレビ、その他の軽負荷電気製品、外灯、公共施設、商用、手工業、バッテリー充電所、水汲みポンプ他 | 平均 100 W (30-200 W) 5-15 kWh/月 | 0.30-0.91 \$/kWh | 0.35 \$/kWh |
| 3 | 系統 | ディーゼル、輸入電力、水力他 | 家庭内一般電源、工業、商用他 | 需要に応じて 50 kWh/月 (2004年) | 0.09-0.15 \$/kWh | 0.10 \$/kWh |

出典：調査団

本マスタープランでは、2005年現在の高い電気料金を下記のように下げることが目標とします。

- 1) バッテリー照明： ほぼ全額補助金により実施し、村落組織によって運営する太陽光 BCS (バッテリー充電所) では、70 Ah のバッテリーの 1 回当たりの充電料金はバッテリー購入費用も含めて\$0.56/kWh を目標とします。
- 2) ミニグリッド： コミュニティ参加型事業 (CEC) による建設・運営の場合、本マスタープランで提案する補助金制度を利用し、かつ、村民の労働力提供、CEC による運転、維持管理を行い、\$0.35/kWh (Riel 1,400) を目標とします。運転・維持管理の経験を持つ地方電気事業者 (REE) による運転の場合高い効率が期待できますが、REE による実施では CEC による実施と比べて以下に示す費用が追加されます。
 - 初期投資の償却・回収のために、労務費分も電気料金に含めることが必要となります (かと言って、住民が電化工事の請負業者に労力を無償で提供するという契約形態は推奨できません。そのような労働形態は、住民にとって労働意欲が湧きません)。

- REE が実施する事業は一般に規模が大きいので、CEC 事業に比べると補助金の割合が小さくなります。
- REE の場合最低でも 10%程度の利益とリスク引当金を計上することが必要です。

ミニグリッドの料金水準は、全国系統に接続(グリッド接続)されれば、全国系統の水準までさらに下がることが期待されます。

- 3) 全国系統： \$0.10/kWh (Riel 400)。 タイ、ベトナムから低料金の電気エネルギーが大量輸入される(2007 年に ASK によるタイ国境からシェムリアップ、バタンバンへの高圧送電線 115 kV が完成した後、またベトナムからは、2008 年に世界銀行、アジア開発銀行の融資によるベトナム-タケオープンノペンの 220 kV の送電線が完成した後)。さらに、トンレサップ湖沿岸の 220 kV 基幹送電線が実施される可能性もあり、これらの低料金の輸入電力を主な州都に給電予定です。このような送電線建設計画の完成後には、EdC の発電原価は顕著に低下し、料金水準の引き下げが可能となるでしょう。

1.1.3 地方電化システムの所有権

- 1) EdC 所有の全国電力系統
- 2) 認可 REE あるいは CEC 所有のミニグリッド
- 3) 未認可 REE 所有のミニグリッド (EAC から 2007 年までに認可取得が必要)
- 4) 公的機関所有の僻地電化のための太陽光 BCS と、社会電化のための公共施設用 PV システム (これは EAC の認可不要)
- 5) REE あるいは CEC 所有のディーゼル BCS (これは EAC の認可不要)
- 6) 個人所有あるいは REE からレンタルの SHS (これは EAC の認可不要)
- 7) 自家用発電機 (これは EAC の認可不要)
- 8) DIME は 2005 年時点でいくつかの州都のグリッドを所有しているが、これらは漸次 EdC に移管することになるでしょう。DIME は、州レベルでの政策立案、普及、政策実施のモニタリング、住民が REF に申請したり、情報収集・電化支援申請する際の窓口機能、REE や CEC による電化事業の実施・運営状況のモニタリングを担当します。

1.1.4 資金支援システム

REF は、電化計画の方式 (ミニグリッド、BCS)、電源 (再生可能か否か) 実施組織 (REE か CEC か) により、以下の補助金を提供することが考えられます。

- Option 1:** 資本金 (30%)、ローン (70%)： EdC の系統延伸電化に適用
- Option 2:** 補助金 (25%)、資本金 (25%)、ソフトローン (50%)： REE による系統延伸電化、REE 所有のディーゼルミニグリッドによる電化、REE 所有のディーゼル BCS に適用 (これは現行の REF 支援スキームである)
- Option 3:** 補助金 (30%)、資本金 (20%)、ソフトローン (50%)： CEC 所有のディーゼルミニグリッドによる電化に適用
- Option 4:** 補助金 (40%)、資本金 (20%)、ソフトローン (40%)： REE 所有の再生可能エネルギーミニグリッドおよび BCS に適用
- Option 5:** 補助金 (50%)、資本金 (10%)、ソフトローン (40%)： CEC 所有の再生可能エネルギーミニグリッドおよび BCS に適用
- Option 6:** 政府のグラント (100%)： 公的所有の太陽光 BCS・公共施設用 PV システムに適用

資金支援システムの詳細については、2005年9月に設立予定の REF 事務局にお問い合わせください。

資金支援は、資本費用だけに適用され、運転・維持管理費用は対象となりません。運転・維持管理費用は、原則として料金収入で賄います。この原則は、電気事業を運営するための財務的持続性を維持するために不可欠なものです。

1.1.5 バイオマスガス化発電によるミニグリッド計画の基本方針

本 MP では REE/CEC と農民間の契約に基づく燃料木栽培を基本とします。市場でバイオマス燃料を購入すると、森林への不法伐採プレッシャーを助長するリスクがあるので、避けます。

農業や森林廃棄物については、必要十分な量が既存ユーザーと競合することなく入手可能な場合に限り、燃料として計画します。遠方から廃棄物燃料を輸送することは、輸送費が高額となり事業の持続性に支障を与えるので、そのような燃料計画は避けなければなりません。廃棄物は、モミガラ、ゴムの木、ピーナッツ殻、ココナッツ殻、トウモロコシ芯、キャッサバの茎などを含みます。

ミニグリッドは 200 世帯以上の規模を持つことが望まれます。世帯数が多いほど、発電原価と電気料金が低下します。したがって、1-2 km 以内に近隣村落がある場合には、村落間の協調と協力を確保できるならば、近隣の村落をまとめてひとつの電化計画を作成することを推奨します。

1.1.6 オフグリッド地域でなぜミニグリッド電化？

ミニグリッドと BCS は、系統延伸による電化を座して待つ代わりに、オフグリッド地域の早期電化を実現・推進するために MP が推奨する 2 つの電化方式です。

例えば、200 世帯を持つ村落が EdC の 22 kV 配電線から 3 km 離れている場合を想定してみましよう。22 kV 配電線を 3 km 延伸する費用は、ミニグリッドの発電所建設費用よりも安くなります。なお、村内の低圧配電線は、ミニグリッドでも系統延伸でも共通であり、同じ費用がかかります。この系統までの距離が 3 km よりも大きければ、ミニグリッド建設のほうが安価となる可能性があります。

系統延伸による電化が、例えば 10 年以内に期待される場合を想定してみましよう。ミニグリッドを建設すれば、電気のある生活をその 10 年の間も享受することができます。系統延伸を待つ場合と比べて、必要となる追加費用は以下のとおりです。

- 1) 発電機器の費用(平均的にミニグリッド建設費総額の約2分の1。10年間で発電機器はほぼ償却が必要となるので、全額を10年間の料金でカバーすることが必要です)
- 2) ミニグリッドの10年間の運転・維持管理費用
- 3) 村内の低圧配電線を10年間前倒して建設することに伴う金利と原価償却費用(全く同じ低圧配電線が、系統延伸の場合でも10年後には必要となります)

ミニグリッド電化による場合の早期電化実現と電化効用の早期享受に加えて、系統接続後は EdC に余剰電力を売電できる可能性もあります。ただし、この売電のためには、高品質の発電機器と、そのための燃料手当てが必要です。現行の電気法の下では、このような EdC と REE/CEC 間での電力の相互取引は、両者間の交渉により合意すれば可能です。電力の相互取引が実現すると、ミ

ミニグリッドの\$0.35/kWh 程度の発電原価を\$0.10/kWh 以下に低減できる可能性もあります。高品質のミニグリッドは（既存の貧弱なものは除く）系統延伸の実現後も廃棄するのではなく、系統接続後は売電料金収入を得ながら発電を継続することも考えられます。このマニュアルは、そのような支援制度の概要を紹介し、オフグリッド地域の村落の早期電化実現のために、REE や CEC が制度を利用することを推奨します。

1.1.7 小水力ミニグリッド計画の基本方針

- 1) 乾季の発電出力が 10 kW 以上の小水力のポテンシャルサイトは、縮尺 1:100,000 の地形図上で全土にわたって特定済みです。小水力ミニグリッドの新規計画を企画する前に、本マニュアルに添付してあるこれらのポテンシャルデータを参照して下さい。
- 2) 小水力ポテンシャルは、落差（取水口と発電所間の標高差）と乾季の河川流量に支配されます。小水力計画の第1歩は、落差と流量を測定することです。

1.1.8 太陽光 BCS と公共施設用 PV システム計画の基本方針

- 1) 太陽光システムは技術的にはカンボジア全土のどこでも導入可能です。
- 2) しかし、太陽光発電機器を村民が自己資金で導入するには、なお高価です。グラント支援（初期費用の 90% 補助）が僻地電化と社会電化の推進のために必要です。太陽光電化実現のキーは、電化実現に対する住民の強い意志と意欲、すなわち、建設後の設備の運営管理を自分たちが担当することを約束するコミットです。

1.1.9 バイオマスガス化発電によるミニグリッドのビジネス戦略

資金支援を得て実施

この資金支援は、ほとんど全てのミニグリッドに共通する弱点、すなわち 10% 前後の低い設備利用率が必然的にそして顕著にミニグリッドの発電原価を押し上げるという弱点を強化するものです。（10% 前後の低い設備利用率は、発電機と配電設備が夕方の数時間だけ利用され、1 日の大部分の時間（90%）は収入を得ることなく、休止していることを示します。）

配電線の規格

配電設備は、将来の系統接続を可能とするために、EAC が奨励し承認する技術基準（REE や CEC のミニグリッドを対象としたオプションを含む）を満たすべきです。発電機器は、系統接続の実現後は系統と並列運転ができるように、計画・調達することが望まれます。連続運転の能力（24 時間）は、特に系統接続後に設備利用率を向上させるために望まれます。

BCS の併設

ミニグリッドには BCS を設置して、周辺住民へ充電サービスを提供することを基本とします。BCS 需要が高い場合には、ミニグリッドの設備利用率を改善し、発電原価を低減させる効果を持ちます。BCS 以外にも、商業、水道用水のポンプ、手工芸、農産物の一次加工等の昼間需要を創出することが重要です。そのためには、大量消費ユーザーの料金単価を引き下げることがインセンティブとなります。

余剰電力の売電

系統接続後は、発電原価が十分に低ければ余剰電力を EdC に売電することも考えられます。これが実現すると、設備利用率が 50%（1日 12 時間のフル運転に相当）あるいはそれ以上に顕著に改善するでしょう。しかし、売電単価は EdC の限界原価（2004 年時点で約\$0.15/kWh）を超えることは、基本的にできません。（諸外国では、再生可能エネルギー利用促進のために買い上げ補助金制度を設けている例があります。ミニグリッドが EdC から買電したり、EdC へ売電する相互取引の場合には、EdC のバルク販売料金単価が目安となるでしょう。）

CDM

小規模 CDM にグループ（合計 15 MW 未満）で申請して、財務収支改善のために追加支援を得ることが考えられます（あまり小規模では、申請・モニタリング費用のほうが補助金を上回ることとなります）。

1.2 どんない電化オプションがある？

1.2.1 オフグリッド地域で適用可能な電化方式

オフグリッド地域で適用可能な電化方式には以下のものがあります。

- 1) バイオマスガス化発電によるミニグリッド
- 2) 小水力によるミニグリッド
- 3) ディーゼル発電機によるミニグリッド
- 4) ディーゼル BCS
- 5) 戸別 SHS
- 6) 太陽光 BCS によるバッテリー照明（**僻地電化**）
- 7) 公共施設用 PV システムによるバッテリー照明（**社会電化**）

1.2.2 実施・運営組織のオプション

オフグリッド地域で電気事業を営む主な機関は REE と CEC です。

- 1) REE は地元あるいは地方のビジネス精神旺盛な個人あるいは民間組織です。
- 2) CEC は電気ユーザーによる村落組織（協同組合、協会）です。
- 3) REE と CEC の他にも、EdC、太陽光機器ディーラーなどが地方電気事業に係ります。これらのサービス提供者は、下表に示すような様々な機関から規制を受けたり、支援を受けます。

表 1.2.1 ステークホルダーの実施担当責任

| 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 |
| National Solar Dealer | MIME | CEC or REE | MIME or NGO | - | - |
| REU | Local Gov't or Municipality | Own force or REE | EdC | MIME | EAC |

出典：調査団

1.2.3 実施支援の便宜

投資家（含む CEC）は以下の支援を受けることができます。

- 1) REF、ドナー、NGO からの補助金（1.1 節の (4) 項参照）
- 2) 金融機関からのローン（詳細は REF に照会して下さい）
- 3) REF の技術支援
- 4) プノンペンの EdC 訓練センターでの技術トレーニング
- 5) NGO および 2 国間支援機関による資金および技術協力（10 章参照）

1.3 マニュアルの内容

本マニュアルは次の内容を含みます。

- 村落電化の電源選定基準
- 小水力の計画方法
- バイオマスガス化発電の計画方法
- 配電線の計画方法
- 太陽光 BCS による **僻地電化** と公共施設用 PV システムによる **社会電化** の計画方法

1.4 農村電化促進

電化事業は農村地域では割高になりますが、居住者にとっては都市住民と同様重要なものです。その不利な状況を克服するために人々の参画が重要です。受益者協同の努力が効率的な運営に不可欠です。フィールド調査の結果、持続可能性の高い事業を計画するには下記 3 つの重要な課題について配慮すべきであることが判明しました。

- 1) 辺境地の貧しい地域も含め、電化機会を均等に提供すること。
- 2) 参加型アプローチにより個々のコミュニティの潜在能力と障害について評価すること。
- 3) 受益者の参画と貢献を奨励すること。

1.4.1 広報による電化機会の均等提供

電気照明は、誰もが享受すべき社会経済インフラのひとつであり、準 BHN と考えるべきです。政府は地方電化の普及責任を負います。同時に、地方電化を促進するためには、受益者負担の原

則も堅持することが必要です。

「電化機会の均等提供の原則」の下、社会経済開発の単位となる全ての村落そして世帯に均等の電化機会を提供するために、MIME は全対象コミュニティに電化 MP を紹介するパンフレット（ビジュアルガイド）を配布します。このガイドは、人々が電化 MP とそこで提示された電化機会を理解することに役立つでしょう。

このガイドは本マニュアルの図解版で、村落住民を主対象とします。

1.4.2 電化事業への潜在能力と障害の評価

電化事業を計画する前に、対象地域では技術面でのフィージビリティのみならず、社会経済調査に基づく潜在能力と障害について分析する必要があります。初期段階に地域自らの開発計画を策定するための会合を持ち、自らの地域の開発課題と将来計画を、社会面、自然面の環境に基づいて話し合います。これらは参加型で議論されることが望まれ、SWOT (Strength, Weakness Opportunity and Threat)分析のような社会経済状況を分析するツールを使うのも一案です。

農村電化の影響については、DIME や NGO といった外部組織から詳細な情報を得る必要があります。彼らがファシリテーターの役割を果たし、住民からの質問に答えることが望まれます。その後、住民は電源と電化方式を選択し、必要な組織を設立するため議論を続けます。DIME や NGO はコンセンサス作りを支援しますが、スキームの選択と基本計画は住民自身が担当することが基本です。

1.4.3 受益者の参画と貢献

民間の地方電気事業者である REE が電化を実施する場合は、MIME からの支援を受けて、受益者と個別に契約を結ぶ必要があります。利益は REE 自らが享受しますが、技術面、管理面での問題はすべて REE 自身で解決します。電気事業に投資するような事業者が見つからない場合、電気を欲しい住民は電化のための住民組織（CEC）を設立しようと試みることになるでしょう。REE の運営管理に比べ、様々な関係者が訓練を受ける必要があります、また多くの場合財政面での困難を抱えています。CEC は工事を担当するなど、費用を縮小する方法を考えねばなりません。多くのコミュニティベースのインフラプロジェクトで、受益者から請負業者への労務提供がうまく実施されないという問題があります。電化事業を成功させるために、受益住民にはこの参加と貢献、というよりさらに一步進めて住民主導で企画することの重要性についてよく認識することが重要です。電化事業に携わる政府関係者は、実施に移行してからの問題発生を避けるために、初期段階に詳細を受益住民に説明する必要があります。

CEC も電力サービスのための契約を結ばなければなりません。MIME は標準契約書のサンプルを供給する必要がありますが、その内容には以下の条項を含めることが必要でしょう。

- 各関係者の役割と責務の明確化
- 財務管理のルールと積立金の扱いの明確化
- 電気料金の明示
- 支払い遅延のペナルティの規定

第2章 電源選定

2.1 電源の選定基準

2.1.1 電源選定基準 MP2005

REE あるいは CEC がある村落の電化計画の電源を選定するための基準 MP2005 を図 2.1.1 に示します。この選定手順の概要を以下に示します。

- 1) 最初の3つのテストは、オングリッド地域 (Part 4-1 の図 2.3.1 参照) 内の村落を除外するためのものです。
- 2) 次のテストは、既存ミニグリッドやディーゼルミニグリッドの既存電化計画で給電を受ける村落を除外するものです。ここで、既存電化計画とは、REE から村民に対して提示されたミニグリッド計画で実施に向けて基本合意に至ったものを指します。
- 3) 次のテストは、電化ステージ2のミニグリッドに移行すべきか時期尚早か、村落の電化熟度をバッテリー照明の普及率を指標として判断するものです。高い普及率は、ミニグリッドに対する高い需要と、高い支払い能力の傍証です。バッテリー照明の普及率が 50% を超える場合には、電化レベル2のミニグリッドを導入する用意ができていると考えられます。

バッテリー照明の普及率は 50% 未満だが高い支払い能力を持つ村落をミニグリッド対象として取り上げるために、次の支払い能力に関するテストを行います。

- 4) 上記 3) 項のテストを通過した村落の中で、JICA 調査団が特定し開発計画を立案した小水力ポテンシャルがあれば、あるいは REE や CEC により新規に提案されたポテンシャルがあれば、その村は小水力ミニグリッドとします。

残りの村落で、草地 (grassland (undifferentiated), abandoned field covered by grass, grass Savannah, and grass with termite mounds except for grasslands of marsh and swamp) およびかん木地 (shrubland (undifferentiated), abandoned field covered by shrub, flooded shrub) が合計で1世帯当たり 0.02 ha 以上あれば、その村落はバイオマスガス化発電によるミニグリッドとします。

残りの村落は、燃料木を栽培する最小限の土地がないため、ディーゼル発電によるミニグリッドとします (草地やかん木地の面積が不足でも、休耕地や農地などで栽培する意欲がある村では、バイオマスを選定することも可能です)。

バイオマスガス化発電あるいはディーゼル発電によるミニグリッドの候補については、これらが「平原地域」内に位置するかどうか、もうひとつのテストを行います。ここに、「平原地域」とは、以下の10州の PAGE 内の地域を指します。

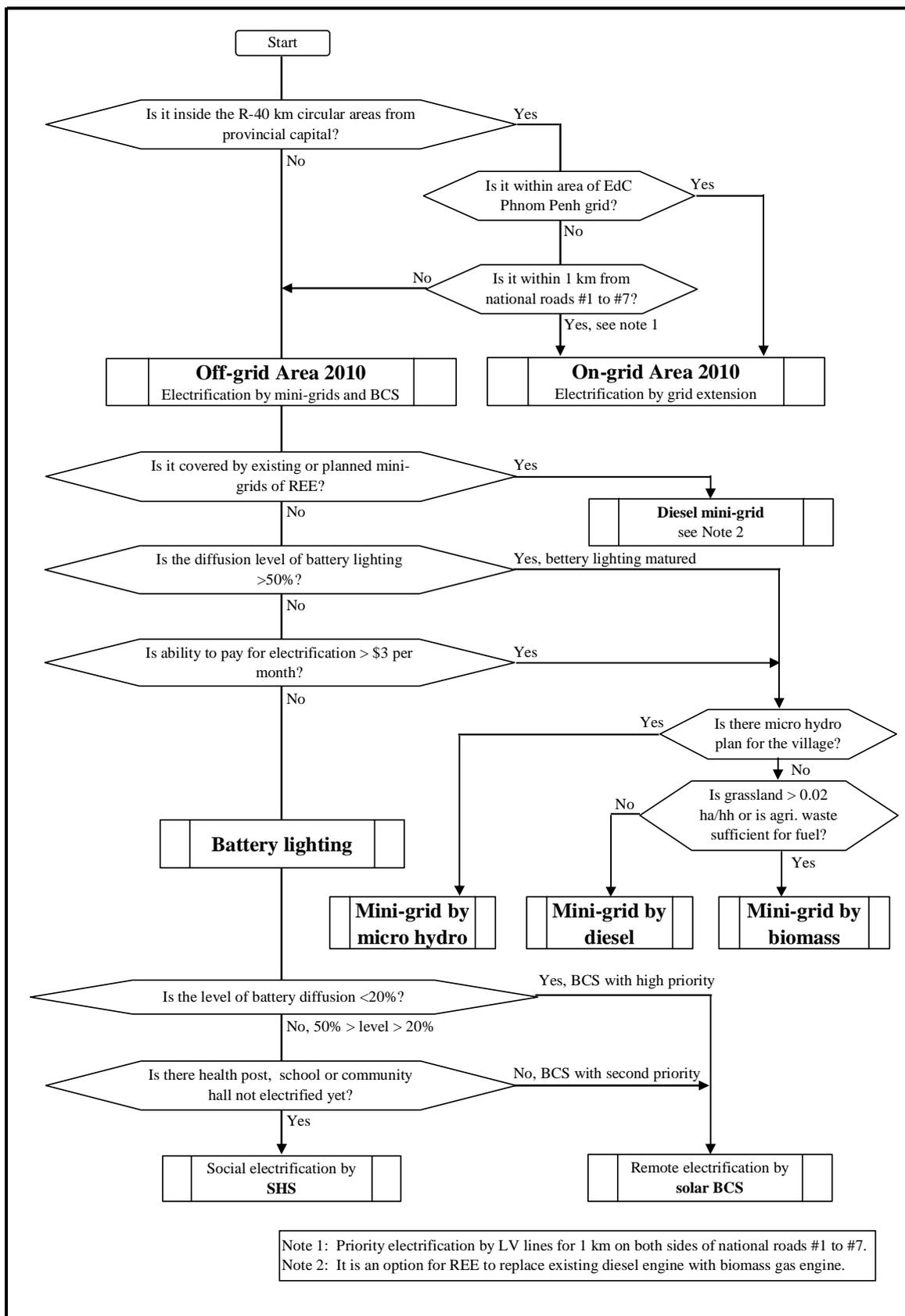
- ① Phnom Penh
- ② Kandal
- ③ Kampong Cham
- ④ Kampong Speu
- ⑤ Prey Veng
- ⑥ Svay Rieng

- ⑦ Takeo
- ⑧ Kampot
- ⑨ Kep
- ⑩ Sihanoukville

「平原地域」は、Part 1 の図 2.3.1 に太い円弧で囲まれた地域です。「平原地域」のミニグリッドでは、その高密度の村落分布と全国系統に近いことから、その他のオフグリッド地域と比べて、系統接続の早期実現の可能性が高くなります。したがって、「平原地域」内のミニグリッド計画では、先ず EdC に最新の系統延伸計画を照会することが必要です。対象村落が数年以内に系統延伸により電化されるようなら、その村落はより安価な料金での電化を実現できる系統延伸を待つことを勧めます。

しかし、REE あるいは CEC が系統延伸による電化を待つことなく、バイオマスミニグリッドによる早期電化を強く希望する場合には、以下の事項を考慮して慎重に計画するならば、可能であり経済的にもフィージブルとなるでしょう。

- ① 系統接続までの料金は\$0.35/kWh 程度となります。料金水準を住民に十分説明し、合意を形成します。この料金は、系統接続後初めて EdC 水準に引き下げることが可能となります。
- ② REE/CEC は、系統接続後 EdC に余剰電力を売電する条件と単価について予め検討します。
- ③ 発電機器は、EdC 系統と並列運転が可能な仕様とします。EdC の提示条件により、発電機は 24 時間連続運転可能な仕様とするか（高額となる、あるいは複数台の発電機を設置する）、1 日 12 時間以上運転可能な仕様とします。
- ④ 燃料木の供給計画を、上記の長時間運転に十分となるよう作成します。



出典：調査団

図 2.1.1 REE および CEC による電源選定のためのフローチャート

- 5) 上記 4)項の支払い能力に関するテストを通過しなかった村落は、太陽光 BCS によるバッテリー照明の候補です。バッテリー照明の普及率が 20%未満の村落は優先度の高い BCS 候補であり、同 20%から 50%の村落は第 2 優先度の候補です。未電化の診療所／保健センター、夜間学校、集会所などの公共施設を持つ村落は、PV システムによる社会電化の候補です。

このようにして全村落は以下の 6 つのグループに分類されます。

- ① オングリッド地域 (既電化)
- ② 系統延伸
- ③ ディーゼルミニグリッド (大部分は BCS を併設)
- ④ 小水力ミニグリッド (同上)
- ⑤ バイオマスガス化発電によるミニグリッド (同上)
- ⑥ 太陽光 BCS と公共施設用 PV システム

バイオマスガス化発電あるいはディーゼル発電によるミニグリッドは、さらに次の 2 つのサブグループに小分類されます。

- ① 「平原地域」内では系統延伸かミニグリッド
- ② 「平原地域」外ではミニグリッド

- 6) 以上の電源選定手順に拘わらず、次の電源から選択することもまた対象村落住民の可能なオプションです。

- ① REE から電化提案があり、提示された初期接続費用と電気料金を支払い可能な場合には、既存グリッドあるいは新設ディーゼルミニグリッドから受電すること (料金が高すぎる (\$0.50/kWh 以上) 場合には、村落主導のバイオマスガス化発電ミニグリッドの可能性を検討します)
- ② 個人需要が 200W を超えまた支払い能力があるならば、自家用ディーゼル発電機を導入
- ③ ポテンシャルが近隣にある場合には、ピコ水力 (純出力は 1 kW 未満) を設置。支払い能力があれば商業ベースで SHS を導入 (家庭照明用 1 セット 400 ドル程度)

2.1.2 電源選定基準の最新版の有無を確認

本 MP のレビューと更新の際に、電源選定基準が改訂されることもあります。この改訂は、Part 1 の MP 更新マニュアルに沿って行われます。したがって、REE と CEC は、2008 年以降は DIME に Par 2 電化計画作成マニュアルの最新版の有無を照会して下さい。

2.2 ポテンシャルと村落状況のチェック

電源選定前に、以下の村落状況および再生可能エネルギー源をチェックしておく必要があります。

- | | | |
|---------------------------------|-----|----|
| ■ EdC 系統あるいは REE ミニグリッドが近くにないか? | Yes | No |
| ■ 自分の村まで系統延伸計画がないか? | Yes | No |

図 2.2.1 は、PAGE (系統延伸の計画対象地域) と、2010 年までに電化が期待されるオングリッド地域を示します。

| | |
|--|---------------|
| <p>■ REE から新規ミニグリッドの提案がないか?</p> | <p>Yes No</p> |
| <p>■ 近辺に小水力ポテンシャルがないか? 小水力ポテンシャルサイトは4章参照</p> | <p>Yes No</p> |
| <p>■ 近隣にバイオマス廃棄物はないか? バイオマス廃棄物のポテンシャルは5章参照</p> | <p>Yes No</p> |
| <p>■ 燃料木を栽培する土地がないか? バイオマス発電に十分なバイオマス廃棄物がない場合には、2 ha の土地（草地、かん木地、休耕地も可）で約 100 世帯分の燃料を栽培できます。4 ha あれば 200 世帯分を賄えます。</p> | <p>Yes No</p> |
| <p>■ バッテリー照明の普及率が 50%以上か? 高いバッテリー照明の普及率は、その村落がミニグリッドを導入するだけの電化熟度にあり、月\$3-5 の電気料金の支払い能力を持つことを示唆します。ミニグリッド導入後は、バッテリーの購入代金の支払いは不要となります。</p> | <p>Yes No</p> |
| <p>■ 電化を必要とする公共施設があるか? 診療所、夜間学校、集会所等の公共施設の電化には、2020 年までに 100%の村落電化率を目指す目標達成のため、高い優先度が与えられます。</p> | <p>Yes No</p> |

2.3 あなたの村落に適した電源を選定！

どの村についても、まずは図 2.1.1 に示すフローチャートに沿って、電化のための再生可能エネルギー源を選定します。同図には、ディーゼルミニグリッドもまた小水力ポテンシャルもなく、バイオマス燃料を栽培する土地もない村落にとって、唯一可能なオプションのひとつとして示してあります。

エネルギー源の選定手順を以下に示します。

(1) あなたの村は PAGE 内?

あなた（自分の村の自助努力による電化を希望する人々や、ある村落の電化を企画する REE の社員など）は、図 2.3.1 の上で、先ずあなたの村が PAGE 地域内に位置するかどうか確認することが必要です。図上で自分の村の位置を特定することが難しかったら、カンボジア地図上で、自分の村から州都まで最短道路に沿った距離を測って下さい。その距離が 40 km 以上だったら、あなたの村は系統延伸による電化は困難です。その場合は、次の(2)項へ進みます。

あなたの村が PAGE 内（40 km 以内）に位置していたら、次の電化オプションがあります。

- 1) **系統電化を待つ：** あなたの村全体が、国道 1 号線から 7 号線のいずれかの道路沿いで、その両側 1 km 以内に位置していたら、高い優先度で系統延伸により電化されるでしょう。

あなたの村が、「平原地域（PAGE の南部で図 2.3.1 で太い円弧で囲まれた地域）」内かあるいはトンレサップ沿岸州（国道 5 号線、6 号線沿い）の郡都（district town）に属する場合にも、高い優先度で系統延伸により電化されるでしょう（今後の EdC の系統延伸計画に左右されます）。

あなたの村が、「平原地域」内の国道 2 号線沿いに位置する場合にも、高い優先度で系統延伸により電化されるでしょう。

あなたの村が、上記 3 ケースのいずれかに該当する場合には、先ず EdC あるいは

DIME に地域の配電線延伸の最新計画を問い合わせてください。系統延伸を待つか、その前にミニグリッドによる電化を実施するかは、あなたの村が選択できるオプションです。2つのオプションの特徴を以下に示します。

系統延伸： あなたの村での特別な努力は不要です。系統延伸は EdC が実施し、REE が配電線を建設することもあります。系統接続時の電気料金は、EdC 料金に準ずる低水準のものとなります。EdC はヴィエトナム、タイ、ラオスからの送電線プロジェクトの建設後は、安価な電力を入手できるからです。これらの送電線建設プロジェクトは 2007/08 年に完成予定です。一般的には、あなたの村が 5 年以内に系統延伸により電化される予定であれば、系統電化を待つのが賢明でしょう。あなたの村の系統電化の予定が遠い将来、例えば 10 年以上先の場合には、そして多くの村民が自助努力により高品質の電化を強く望む場合には、ミニグリッドを建設するというもうひとつのオプションがあります。

ミニグリッド： コミュニティ全体として電化を実現するという強い意志が、ミニグリッド電化実現の鍵です。ミニグリッドは、REE（民間の電気事業者）に委託して、あるいは CEC（村落組織）が直接実施することができます。電気料金は \$0.35/kWh のオーダーとなるでしょう。ミニグリッドの最大の利点は、あなたの村へ系統が到着する前に、早期電化を実現できることです。もし、あなたの村で電気の昼間需要があれば、その量により電気料金水準を下げるすることができます。将来系統が村に到着した場合には、EdC に売電するオプションもあります。売電価格は、EdC の卸電力料金と同一水準程度に設定できるでしょう（2008 年以降の卸電力料金は \$0.10/kWh 程度が予想されます）。あるいは、系統接続後は EdC から直接あるいは REE を経由して買電することも可能で、電気料金は EdC の水準近くまで下げることができるでしょう。

2) あなたの村が前項のケースに該当しない場合には、次の(2)項に進みます。

(2) オフグリッド地域： あなたの村のバッテリー照明普及率は 50%以上ですか？あるいは、村民は、1 世帯 1 ヶ月あたり 3 ドルの料金支払い能力がありますか？

あなたの村が、バッテリー照明普及率 50%以上、あるいはほとんどの世帯が月 3 ドルの料金を支払えるならば、あなたの村は、ミニグリッドによる電化を検討する時期にあるといえます。次の(3)項に進みます。

そうでない場合、あなたの村の現実的なオプションは、バッテリー照明のための太陽光システムを設置することです。多くの世帯（例えば 10%以上）が家庭照明のためバッテリー（25-30 ドル）を購入することができ、1 回 30 セント程度の充電料金を支払うことが可能ならば、太陽光 BCS の設置を推奨します。あなたの村の内に BCS がひとつもない場合には、BCS はほとんど補助金で設置し、貸し出すことができます。ただし、村が自己資金で、BCS のための土地と建物を用意し、運営・維持管理のためのリース料を支払うことが条件となります。

村内の大部分の世帯がバッテリーを購入できない場合には、公共施設用 PV システムを選ぶことができます。PV システムは、診療所、夜間学校、集会所等の公共施設に設置され、照明に利用します。集会所で、夜間に集会を開くことができます。この PV システムのオプションとして、多少の世帯でバッテリー充電を希望する場合には小型 BCS を付加することもできます。

(3) ミニグリッド

あなたの村の近隣に、本 MP2005 で特定し提案している小水力計画がある場合には（5 章参照）、小水力ミニグリッドによる電化を検討することをお勧めします。

あなたの村に、燃料木を栽培するための十分な土地がある場合には、バイオマスガス化発電によるミニグリッドがオプションです。最小限の必要土地面積は 1 世帯当り 0.02 ha、100 世帯の村落なら 2 ha です。土地は、草地、かん木地、休耕地などを使えます。

あなたの村が、1世帯当り 0.2 ha、あるいは 100 世帯の村落なら 20 ha のコミュニティフォレストを所有する場合にも、バイオマスガス化発電によるミニグリッドがオプションとなります。しかしこの場合には、森林専門家に、バイオマス発電に利用可能な森林廃棄物の量について相談することが必要です。

あなたの村に、モミガラ、ピーナッツ殻、トウモロコシ芯、ココナッツ殻、キャッサバの茎、ゴムの木等の農業廃棄物が大量にある場合にも、バイオマスガス化発電によるミニグリッドがオプションとなります。このような農業廃棄物の必要量は、1世帯当り年間 240 kg 程度（乾燥重量）に上ります。200 世帯の村なら年間に 50 乾燥トン程度が必要となります。これだけの農業廃棄物があると、1世帯平均月 10 kWh 程度の電気を使用できます。これは、2004 年の既存ディーゼルミニグリッドの標準的な消費水準です（2004 年のプノンペンでの平均消費量は 50 kWh です）。バイオマスガス化発電の詳細なことは、4 章を参照してください。

あなたの村が、上記ケースのいずれにも該当しない場合には、ディーゼルミニグリッドが唯一のオプションとなります。ディーゼル発電は、安価な初期費用と高価な燃料代という特徴を持ちます。電気需要が特に低い場合には（目安として 1 世帯平均月 5 kWh 未満。毎日 20W の蛍光灯 1 本と、30W の白黒テレビを 3 時間使うと、月消費量が 4.5kWh になります）、そして雨季中の燃料輸送で特に困難がなければ、ディーゼル発電が経済的なオプションです。

第3章 社会経済要因の配慮

3.1 社会経済要因を配慮する目的

エネルギー源が選定され、確認されたら、電化需要を確認し、持続可能な電気事業運営のフレームワークの設立、維持管理の必要項目などの全体計画を具体化することが必要です。社会経済要因を農村電化プロジェクトに取り込むには、社会経済評価、すなわち、ベースラインデータの収集とフォーカルグループの議論、受益者代表を含んだワークショップなど参加型の計画が実施されることが望まれます。質、量の両側面からなる社会経済調査結果は、プロジェクト計画を改善し、予見される影響を評価するのに役立ちます。調査すべき項目を以下に示します。

- 現在の経済状況、エネルギー利用状況に基づく支払意志額と支払能力
- 社会文化的、組織面での分析に基づく持続可能なオペレーションの要件
- 適切で現実的なモニタリングと評価の手法と指標

3.2 社会経済要因の明確化

3.2.1 現在入手可能な社会経済データ

計画省の国家統計研究所は 1998 年のセンサスに始まりカンボジア社会経済調査(CSES)を定期的に（最新のものは 2003-4 年）実施しています。これは正式な国のデータでウェブサイトからも入手できます(<http://www.nis.gov.kh/>)。しかし、これらのデータは電力需要を推定するのに必要な最新の人口や世帯数が反映されていません。そのため、毎年更新されているセイラプログラム・ウェブサイト(www.seila.gov.kh)にあるコミュニンデータベース（CDS）が最新の情報を入手するのに便利です。対象地域が明確化されたら、州政府またはコミュニン長は、住民登録書をベースに最新の世帯データを提供することが必要です。

3.2.2 コミュニン開発計画のプロセス

コミュニンが適切なエネルギー源について理解し、開発計画プロセスの下に電化プロジェクトを優先させても、電化プロジェクトを準備するために入手可能な情報はほとんどないのが実情です。そのため、技術的、マネジメントの問題について特別な指導を DIME や NGO、コンサルタントから受けることが必要となります。

潜在的な利用者の間での会合では最初に以下のような情報を明確にする必要があります。

| Topics | Discussion points and identification of training needs |
|--|--|
| Requirement for operating the electricity facility | <ul style="list-style-type: none"> • Operation needs especially financial matters, keeping of records, manpower requirements (Training needs and similar experiences gained from the other project) • Maintenance/technical requirements • Relation of watershed, forestry resources to an electric facility |
| Role of consumers, local officials, and CEC: | <ul style="list-style-type: none"> • Availability to pay for initial connection fees and monthly fees, and how to deal with late-paying or non paying clients • Structure of CEC that will manage: membership, roles and responsibilities • Maintenance issues: when, who and knowledge requirements and financial requirements |
| Needs of public utilities and industry | <ul style="list-style-type: none"> • Identify the needs of public facilities such as health posts and schools, and clarify the financing methods. • Identification how electricity can be maximized especially for livelihood activities such as water pumping and agriculture processing activities and industry development. |

以上のようなミーティングの主旨は通常のミーティングや SWOT 分析、社会自然資本を明確にするためのマッピングなど参加型の分析ツールなどでより明確にされるでしょう。様々なグループの参加を促すためにミーティングや計画立案作業は村民の都合のよい時間に開催することが重要です。地方政府が定期的に提供しているコミュン開発計画立案の機会はプロジェクト計画を強固にする良い機会です。

3.2.3 電化需要の明確化

将来電気サービスを受けるための資金調達能力を把握するため、現在のエネルギー利用と所得レベルをコミュンメンバーが明確にする必要があります。ベースライン情報は世帯調査によって得られ、ステークホルダーが分析します。もし対象地域が大きすぎなければ全数調査が理想的です。時間的にも資金的にも制限がある場合はサンプル調査が適当ですが、住民登録リストをベースにランダムにサンプルを選ぶことが必要です。

電気サービスへの支払意志を確認するためには調査者は、調査対象者に対して自らの資金状況を理解しながら答えるよう、ステップバイステップでインタビューします。

主な調査項目は以下のとおりです。

- 1) Basic information (ethnic component, family component, occupation, property of land/house)
- 2) Data of expenditure by items and if possible of incomes
- 3) Current condition of energy consumption (kinds, costs, uses, electric appliances in use)
- 4) Demand of electricity service (supply hours, expectation for uses of electricity after electrification)
- 5) Willingness to pay for electricity service (considering current expenditure of energy and future convenience)

より具体的に、項目 3)についてはロウソク、ディーゼル油ランプ、バッテリー照明、自家用発電機などについて下記のように調査します。

| Candles | | Kerosene | | Car battery | | Private diesel generator | | |
|---|------|--------------------------------|-------|---|------|-----------------------------|-------|--|
| Cost of a candle | | Number of kerosene lamps owned | | Numbers and types of batteries owned | | Type of generator owned | | |
| Monthly consumption | | Cost of kerosene per liter | | Charing prices of nearest BCS | | Cost of diesel per liter | | |
| Monthly expenses for candles | Riel | Monthly consumption | liter | Recharging times per month | | Monthly consumption | liter | |
| | | Monthly expenses | Riel | Monthly expenses for recharging | Riel | Monthly expenses for diesel | Riel | |
| | | Cost of kerosene lamp | Riel | Cost of car batteries obtained by types | Riel | Cost of a generator | Riel | |
| Estimated total expenses of the lighting and energy sources per month | | | | | | | Riel | |

項目 4)の需要については下記のようなシートで明確になるでしょう。

| | Wattage | Using hours / day | Daily Electricity Consumption | Monthly Electricity Consumption |
|--|---------|-------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Lighting | _____ W | _____ hours | _____ Wh | _____ Wh |
| Other Appliances want to use | | | | |
| TV | _____ W | _____ hours | _____ Wh | _____ Wh |
| Radio | _____ W | _____ hours | _____ Wh | _____ Wh |
| Fan | _____ W | _____ hours | _____ Wh | _____ Wh |
| --- | _____ W | _____ hours | _____ Wh | _____ Wh |
| Total amount consumer needs to pay (multiplied by 30 days) | | | | _____ kWh |

項目 5)の接続費用や月額料金に対する支払意志額については、回答者が電気の費用とその利点、また自らの資金調達能力を加味し、より明確になってから質問するのが望まれます。支払能力は資金調達力、すなわち収入源と信用力に基づいていなければなりません。適切な料金例を提示することは消費と支払規模の関係をよりよく理解するのに役立ちます。需要調査の結果については技術的なアドバイスを外部から受けてまとめるべきです。

3.2.4 プロジェクト計画に調査結果をどう生かすか

電化需要と支払能力の数量結果はビジネスプランを計画する上でのベースラインとなります。データや住民集会の結果をまとめたら、幾つかの特色につき、計画に反映させることができるでしょう。社会経済状況により明確化される課題は異なるでしょう。

Example 1: The benefits of electricity such as less expensive, more reliable, easy to read and work at night are widely acknowledged, but not among the poorest.

Action: More information on electricity needs to be disseminated including the poorest groups.

Example 2: Concerns were expressed over the initial connection fees as few beneficiaries have habits of saving.

Action: Discuss among beneficiaries how to finance initial fees. Selling livestock or divided payments system, utilizing credit and saving association will be discussed.

Example 3: Great interest in electrification of health centers, yet there is no fund from the government.

Action: Discuss the amount required for electricity tariff and clarify how to shoulder such expenses by the community.

3.3 社会経済要因を考慮したビジネスプラン

調査結果を分析した後、コミュニティは、ステークホルダーと受益者の合意の下に、プロジェクト目的、組織、規則、そのほか詳細なビジネスプランを作成します。DIME と REF はコンセンサスをつくり、組織をつくるためのコンサルタントの役割を果たします。

3.3.1 明示的なビジネスプラン

農村電化プロジェクトを実施するためにビジネスプランは持続的な運営と維持管理のために適切に準備する必要があります。これらの作成には外部支援が不可欠です。ビジネスプランの項目としては以下のようなものがあげられます。

- 1) Business description: energy sources, profile of management
- 2) Business location: geographic boundaries of business.
- 3) Customer characteristics (market analysis) and electricity demand
- 4) Technical design, construction plan
- 5) Operating and organization plan:
 - Identification of ownership, key personnel for manager, accountant, and technical operators.
 - Description of tariff, operation hours, bill-collection system.
- 7) Financial analysis (capital / operation costs, expected revenues)

ビジネスプランに基づいて、CEC の規則も作成し、受益者との合意書も準備することが必要です。以下の項目は CEC の合意書で明確に規定します。

- Organization (role and responsibility)
- Working regulations (Operation and Maintenance)
- Price list / tariff
- Safety and security issues
- Penalty for nonpayment or delayed payment

詳細は 8 章の組織、実施、管理で述べます。

3.3.3 外部資金支援への申請

CEC は DIME や NGO などの技術的アドバイスを受けながら、MIME や REF、外部ドナーの支援を受けるために地方電化プロジェクトのビジネスプランのプロポーザルを準備します。プロポーザルは REF などが評価し、契約し、スケジュールに沿って資金が配分されます。申請までのシステムは 10 章に説明します。

3.4 CEC への支援システム

CEC の必要トレーニング項目はコミュニオン自らと外部の支援者により明確化します。トレーニングの需要を以下に例示します。

| Training subject | Training providers | Participants |
|---|--|--|
| Establishment of CEC | Provincial authorities such as District Facilitation Team REF / MIME/ DIME including assigned consultants and NGOs | Commune Council CEC including a manager, plant operators, accountants. |
| Management schemes such as customer relations and connection procedures | REF / MIME/ DIME including assigned consultants and NGOs | Representative of potential customers, including existing and potential commercial electricity users |
| Tariff setting and collection Meter reading and billing | REF / MIME/ DIME including assigned consultants and NGOs | |
| Financial management, accounting and its transparency | REF / MIME/ DIME including assigned consultants and NGOs, possibly advisor from local financial institutions | |
| Productive use campaign | REF / MIME/ DIME including assigned consultants and NGOs, possibly advisor from local financial institutions, business advisors. | |

トレーニング項目とそのトレーニングを実施する主体は、コミュニオンの需要に合わせる必要があります。

DIME の能力についてもばらつきがあることから、DIME スタッフにも技術支援が必要です。技術支援とコンサルテーションサービスを含む DIME、REF の支援制度の詳細は 10 章に示します。

第4章 バイオマス発電によるミニグリッド計画作成

バイオマス発電とは、薪や籾殻、ピーナッツの殻、とうもろこしの芯、ココナッツの殻などの農業廃棄物を燃料として発電を行うことです。ディーゼルの代わりに、バイオマスを利用して発電することができます。村レベルでの電化に適しているバイオマス発電方法はガス化システムです。バイオマスが空気の量を制限された環境で燃焼された結果発生する燃焼性ガスをプロデューサーガスといい、このガスによってエンジン発電機を稼働させ発電します。

4.1 ポテンシャルの確認

4.1.1 燃料木の小規模栽培

あなたの村がマスタープランで、バイオマス発電に適した村として選定されている場合には、あなたの村には、電気を供給するのに十分な燃料木を栽培するのに必要な世帯当たり 0.02ha 以上の草地（グラスランド）か灌木地があると推定されます。燃料木の栽培は、バイオマスによる村落電化事業を運営するうえで最も重要な事項と言えます。燃料木の小規模栽培を行うことには次のような利点があります。

- 木質バイオマスはガス化発電に最も適した燃料である。
- 発電所への燃料供給を、長期計画に基づいて安定的に行なうことができます。
- 燃料木を栽培する農民の方は多少の収入を得ることができます。
- 発電所が燃料を購入する費用は、栽培した農民の方へ支払われ、村経済の中にとどまります。一方ディーゼル発電の場合には、燃料の購入費は村の外へ、さらには国外へと出ていってしまいます。
- 計画的に持続可能な方法で燃料木を栽培することは、地域の環境に、さらには国や地球環境にとっても良い影響をもたらします。

(1) どんな木を植えればいいのか？

多目的に利用できる *Leucaena leucocephala* や *Gliricidia aepium* などのマメ科の樹種は小規模の燃料木栽培に適しています。これらの樹種は空中窒素を固定し、貧栄養の土壌においても早く成長し、葉は家畜の餌や肥料に利用することができます。植栽後 1 年で発電所の燃料木用として収穫を開始することができ、枝を刈り払った後からは、萌芽が盛んに発生し、早く成長する性質を持っています。これらの樹木は、使われていない空き地、休閑地、あるいはフェンスとして、また果樹などと混植といったふうに、色々な方法で植栽することが可能です。農民は収穫した枝などの燃料材を発電所に売って副収入を得ることが可能です。*Leucaena* はバタンバン周辺で植栽され、良い成長が認められています。ただしこの樹種は酸性土壌や水はけの悪い土地では生育が難しいと言われており、カンボジアでも一部の地域では植栽に適さない可能性があります。*Gliricidia* はより広い範囲の土壌条件で成長することができますが、葉の飼料としての質は *Leucaena* に劣ります。樹種の選定に当たっては、近くの農業省の出先機関に問い合わせてください。また、SME Cambodia (NGO)は、*Leucaena* に関して、情報の提供や苗木の配布などを行なっていますので、興味のある方は問い合わせてください。

(2) どのくらいの土地が必要ですか？

1 ha の土地から年間およそ 10 トンの木材を収穫することができ、これにより 6,700 kWh の発電を行うことができます。既存の REE ミニグリッドにおける世帯当たりの月平均電力使用量は殆どの場合 10 kWh 程度となっています。この数字を当てはめると、1ha の燃料木栽培で 56 世帯の電力供給を行なえる計算になります。仮に 200 世帯の電力供給を行なうとすると、3.6ha の燃料木栽培が必要ということになります。表 4.3.2 から、世帯数に合わせて、あなたの村の発電に必要な燃料木栽培地の面積を知ることができます。

4.1.2 燃料木プランテーション／燃料予備林

発電所の規模が大きくなった場合(>100 kW、 >1000 世帯)、農民による小規模植林に加えて、全発電の半分程度の燃料供給を賄えるだけの、燃料木プランテーションあるいは燃料予備林といった植林地をプロジェクトの一環として管理運営する必要があります。これは、燃料費の高騰やいざと言うときの燃料備蓄の役割を持つものです。燃料予備林の広さの目安は、発電容量 kW 当たり 0.1 ha 程度となります(例えば 100 kW の発電容量の場合 10ha の予備林)。燃料木プランテーションへの植栽に適する樹種はユーカリ、アカシア、マツなどの早生樹です。

予備燃料木を各組合員が立木として管理する方法も勧められます。調査団はカンポンチーナン州ミアノークプランテーションにおいて *Eucalyptus camaldulensis* のバイオマス調査を行いました。*Eucalyptus camaldulensis* はカンボジアにおいて、大規模産業造林においても村レベルの植林においても、最も利用されている樹種の一つです。胸高直径 4.4-20.2cm の 10 本を伐採しバイオマスを計測した結果、胸高直径から各個体のバイオマス量を正確に推定することが可能であることを確認しました。太さ 2cm 以上の枝を含む樹皮付き木質バイオマス量と胸高直径の関係は図 4.1.1. の通りです。木質バイオマス量は胸高直径から以下の式で求めることができます。

$$\text{樹皮付き木質バイオマス量 (> 2 cm)} = 0.0616 \times \text{胸高直径 (cm)}^{2.5266} \quad (R^2 = 0.99)$$

表 4.1.1. 異なる胸高直径の木質バイオマス量
(*Eucalyptus camaldulensis* in Mear Nork
Plantation, Kampong Chhnang Province)

| 胸高直径 (cm) | 木質バイオマス (kg) |
|--------------|-----------------|
| 5 | 4 |
| 10 | 21 |
| 15 | 58 |
| 20 | 119 |
| 25 | 210 |
| 30 | 332 |

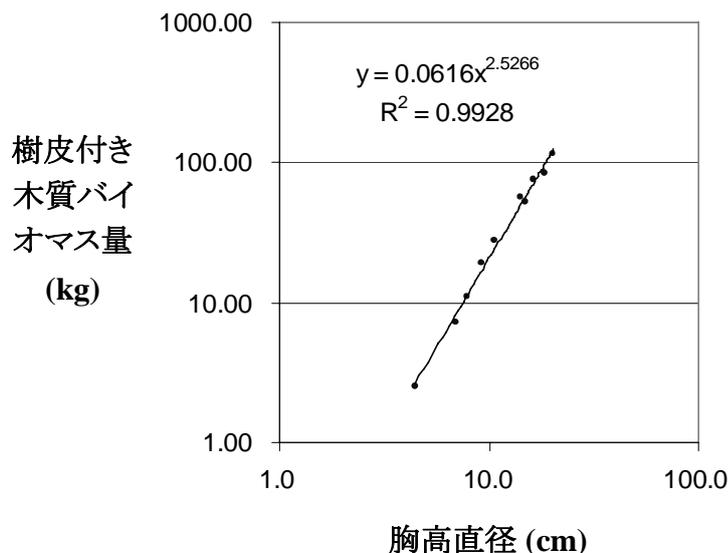


図 4.1.1. 胸高直径と樹皮付き木質バイオマス量の関係
(*Eucalyptus camaldulensis* in Mear Nork Plantation, Kampong Chhnang Province)

世帯当たりの月平均電力消費量を 10 kWh とすると、年間の世帯あたりの木材消費量は 180 kg となります。各世帯で 2 年分程度の消費量に匹敵するだけの木質バイオマスを立木として管理していれば予備燃料としては十分と考えられます。表 4.1.1.は、上記計算式から求めた胸高直径にたいする木質バイオマス量です。胸高直径 25cm の樹木の木質バイオマス量は 210kg で、一世帯の年間使用電力量を発電するのに十分です。各組合は、上記の情報を元に、予備燃料樹木の管理に関して、それぞれ適切な取り決めをつくることを勧めます。

燃料プランテーションの管理計画に関しては森林局に相談してください。

4.1.3 農業廃棄物

大量の余剰農業廃棄物が発生する村では、それらの利用を検討してみましょう。籾殻、ピーナツ殻、トウモロコシの芯、キャッサバの幹などはガス化に適しています。あなたの村にもし他の農業廃棄物が大量に発生しているならば、発電に利用可能かどうか DIME もしくは MIME に問い合わせてください。村で十分な余剰農業廃棄物が発生している場合においても、全発電量の 1/4 程度の燃料を賄えるだけの燃料予備林を運営するべきです。発電容量 1 kW 当たり 0.05 ha 程度が目安となります(20 kW の発電容量の場合 1 ha の燃料予備林)。

4.1.4 森林管理上発生する木質廃棄物

バイオマス発電の燃料材を天然林から収穫することはやめましょう。コミュニティフォレストなどの管理上、除伐や間伐によって大量の余剰木材が定期的発生する場合に限って、有効活用として発電への利用を検討します。詳細についてはあなたの村のコミュニティフォレストの運営をサポートしている機関（森林局、環境省、NGO など）と相談してください。仮にあなたの村のコミュニティフォレストで大量の余剰木材が発生する場合でも、過剰伐採のプレッシャー

がかからないよう、少なくとも発電に必要とする燃料の半分以上は植林木を利用するようにしましょう（その場合 kW 当たり 0.1ha の植林地が必要です）。

4.2 燃料供給計画

4.2.1 電化プロジェクトの規模

ミニグリッドを計画する場合、なるべく多くの世帯に電気を供給することが重要です。一般に、より多くの世帯が契約するほど電気料金は安くなります。100 世帯以上の契約が望めない場合、電化事業は経済的に運営が難しくなり、政府からの資金援助などの面でも、重要度が低くなってしまいます。できれば 200 世帯以上への配電計画が望ましいです。もしあなたの村で 100 世帯以上の配電が難しくても、1 km 以内に他の村がある場合には、幾つかの村が共同で電化事業を計画することができます。ただし 1 km 以上離れた村同士での共同事業は困難です。なぜなら送電線の延長には 1km 当たり \$14,000 程度のコストがかかるからです。もしあなたの村での配電可能世帯数が 100 軒以下で、1km 以内に他の村が無い場合でも、電気料金は高くなってしまいますが、皆さんの強い要望があれば電化事業を行なうことは可能です。バタンバン州では実際にバイオマス発電で 70 世帯への配電を行なっている事例もあります。皆さんの計画について MIME あるいは DIME 事務所にご相談下さい。

4.2.2 村の電力需要調査

村の電力需要調査に関する詳細は 3 章を参照してください。人々が照明のみの利用を考えている場合、必要な電力量は 30W 程度となります。カンボジアの地方電化の場合 1 世帯当たり 100W 程度が平均となっています。都市に近づくほど需要は大きくなり、テレビその他の電気製品を利用する世帯では 200W 程度の容量が必要になります。また、家庭での利用に加えて、街灯の設置も検討する必要があります。

もし需要予測を低く見積もった場合、停電などの不具合の原因となります。需要を過大に見積もった場合、発電機の一部はアイドリング状態となり、無駄が発生し、その結果電気料金が必要以上に高くなってしまいます。

地方電化のレベル 2 であるミニグリッド電化の場合、電気の利用は照明、テレビのほか電力負荷の小さな器具に限られることを理解してください。電気負荷の大きなアイロンや電気調理器などはミニグリッドでは使用できません。

電気料金を低く抑えるためには、日中の電力需要があることがとても重要です。BCS、精米機、水の汲み上げ、農産物の一次加工などの家内工業や商店などでの需要の有無をよく調査してください。

4.2.3 どのくらいのバイオマス燃料が必要ですか？

発電に必要なバイオマス燃料の量(木材や籾殻など)と燃料木の必要な植栽面積について、大まかな指針を表 4.3.2. にまとめてあります。あなたの計画する電化事業が 200 世帯を対象とするならば、年間およそ 36 トンの木材が必要で、それには約 4ha の植林が必要となります。この試

算は年間のバイオマス収穫量を 10 t/ha とした場合のものです。一般にバイオマスの収穫量は1年目はこれよりもかなり小さく、適切な管理を行なった場合、その後だんだんと増加します。籾殻を利用する場合、200世帯の電化に必要な量は年間48トンとなります。ピーナッツの殻やトウモロコシの芯を利用する場合、どのくらいの量が必要となるかお知らせすることができません。目安として、籾殻の必要量を他の農業廃棄物に関しても利用しておいてください。これらの試算は、世帯当たりの月平均電力使用量を 10 kWh として計算しています。これは蛍光灯 2 灯にテレビを使用した場合の平均的な値です。日中の電力需要がある村の場合、必要なバイオマス燃料の量はずっと大きくなります。その辺の計算に関しては DIME にご相談下さい。計画の際には、試算の結果必要とする量の 50% 増し程度のバイオマス量を確保できるようにしてください。

4.2.4 バイオマスガス化発電計画

ここでは、バイオマスミニグリッドを計画する際の詳細な計算方法について記しています。理解しにくい場合は、とばして次に進んでください。

(1) 小規模植林による燃料供給

ガス化発電機の容量の算定:

$$P_i = 1.30 \times P_d \quad \text{必要容量に3割の余裕を持たせ、送電ロスも考慮に入れる。}$$

ここで、 P_i : 導入するガス化発電機の連続発電定格容量 (kW)

P_d : 計画している電化事業の所要電力需要 (kW)

発電容量に 3 割の余裕を持たせる理由は、バイオマス燃料の切断、所内消費、街灯、送電ロスを考慮に入れ、また短時間の電力超過利用に停電などのトラブルを起こさずに対応するためです。 P_d は世帯数に 100W を掛けた値で大概の場合は良いでしょう。ただし殆どの世帯でテレビや他の電気機器を使用するようであれば、4.2.2 節に記された方法によって、必要発電容量を計算してください。

年間の燃料材の必要量は以下の式で計算できます。

$$F_t = (P_i t_o n_d) / F_c$$

where, F_t : 必要な燃料材 (ton/year)

t_o : 1 日の運転時間 (hr)

n_d : 年間運転日数 (365 日)

F_c : 単位当たりの発電に必要な燃料の量 (kg/kWh)

上記によって計算された燃料の量は 3 割の余裕を含みます(1 割は発電所での利用と街灯、2 割は配電ロスと燃料材の取り扱いロスです)。

植林に必要な面積は以下の方法で算出されます。

$$A_t = F_t / w_t$$

where, A_t : 必要な植林地面積 (ha)

w_t : 単位面積あたりの収穫量 (ton/ha/year)

例えば 200 世帯の電化をする場合、必要電力量、発電機の容量、燃料木の植林に必要な土地面積の計算は以下ようになります。

$$\begin{aligned} P_d &= 100 \text{ W} \times 200 \text{ 世帯} \\ &= 20 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_i &= 1.30 \times 20 \text{ kW} \\ &= 26 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_t &= (26 \text{ kW} \times 2.7 \text{ hr} \times 365 \text{ days}) / 1.5 \text{ kg/kWh} \\ &= 94,900 \text{ kWh} / 1.5 \text{ kg/kWh} \\ &= 25,600 \text{ kg/yr} \\ &= \text{約 } 26 \text{ ton/yr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_t &= 26 \text{ ton} / 10 \text{ ton/ha} \\ &= 4 \text{ ha} \end{aligned}$$

(2) バイオマスの種類による必要量の違い

1 kWh の発電に必要な種類別のバイオマス燃料の量は表 4.3.2. にまとめてあります。

4.3 コスト試算

4.3.1 バイオマスガス化発電施設

表 4.3.1. からバイオマスガス化発電システムのおおよそのコストを知ることができます。表に挙げたのは一例であり、実際にはメーカーや機種により大きく異なり、その性能により同程度の発電容量のものでも、10 倍程度の差があります。また、コストには関税や輸送費なども考慮しなくてはなりません。最新の情報は DIME にお問い合わせ下さい。また REFERENCE にリストアップした業者に直接問い合わせることも可能です。

4.3.2 燃料コスト

燃料木や農業廃棄物の価格はそれぞれの電化事業で独自に設定することが可能です。ただし木材 1 トン当たり \$20 というのは、適切な価格と思われるので参考にしてください。この価格ですと、燃料木を栽培する農家は 1ha 当たり年間 \$200 の副収入を得ることができますし（ただしこれは 1 世帯で 50 世帯分の燃料を栽培する場合です）、一方、発電にかかる燃料コストは kWh 当たり \$0.03 と、ディーゼル発電の燃料費の \$ 0.23 よりも随分と安く抑えられます。ただし、バイオマス燃料の長距離の輸送が必要となる場合、輸送コストのために燃料コストが高くなってしまう可能性があります。発電施設は、燃料バイオマスの供給地点に設置することが、バイオマス発電の鉄則です。

4.3.3 運転・維持管理費用

以下の要員がミニグリッドの運転・維持管理のために最小限必要となります。

- 1) 運転主任 1 名 (電気/機械)
- 2) 運転補助員 1 名 (燃料供給)
- 3) 会計/料金徴収 1 名

最小限の人件費は月 100 ドル、年間 1,200 ドルのオーダーです。大きなミニグリッドでは増加しますが、規模に比例はしません。一般的に、グリッド規模が大きくなると、給電 kWh 当りの人件費は低下します。

さらに、消耗品、スペアパーツ、補修費用が必要となります。ガス化炉とエンジン発電機の年間維持管理費は、発電機器の初期費用のそれぞれ 3%、および 5% と見積もられます。

4.3.4 将来の設備更新のための償却費用

ユーザーから徴収した電気料金により以下の費用を賄うことが必要です。

- 1) 毎月の運転・維持管理費
- 2) REF/CFR から借り入れたソフトローンの元利返済金
- 3) 将来の設備更新のための積立

バイオマスガス化発電によるミニグリッドの場合、以下の機器は将来の設備更新のために、機器の耐用年数に応じて購入資金の積み立てが必要です。

- 1) ガス化炉 (5-10 年)
- 2) ガスエンジン (5-10 年)
- 3) 発電機 (10 年)

耐用年数は製品の品質とメーカーによります。ミニグリッドの配電設備は、EAC の技術基準に従って適切に設計すれば、30 年は使用可能です。ガスエンジンの耐用年数が 5 年ならば、初期購入費用の 20% 相当を毎年積み立てることが必要となります。もし 10 年ならば、10% の積み立てで済みます。一般に、長い耐用年数の機器はそれだけ高額となります。ガス化エンジン発電機セットの kW 単価は 500 ドル程度から 5,000 ドル以上まで大きな差があります。この MP では kW 当り 1,500 ドル程度と想定しました。高品質の製品は 24 時間運転も可能です。しかし、一般的にはオフグリッド地域のミニグリッドでは 24 時間運転は不要です。ミニグリッドの場合、発電所のある程度の回数の事故停電を受け入れ (大型発電所でも事故はあります)、初期費用を節減することが賢明と考えられます。

バイオマスガス化発電に関するより詳細は、第 5 巻のセクター調査資料の Appendix-C を参照して下さい。

第5章 ミニグリッド小水力発電計画

5.1 現地踏査

5.1.1 小水力発電の作業の流れ ～ 計画から実施まで

小水力発電の計画では、初期の段階における発電ポテンシャルの確認と電化対象地域の需要を把握する事が重要です。もし、小水力発電による電化を望む村落自身でこれらの作業を行うことが技術的に困難であれば、最寄りの鉱工業エネルギー省の各州出先機関（DIME）にコンタクトし支援を依頼して下さい。小水力発電計画の実施は図 5.1.1 に示す手順に従います。計画の実施の第1段階は、まず、準備グループを発足させることです。本グループの主たる役割は、



- DIME 事務所に連絡し、組織面・技術面の支援を要請
- 専門家・NGO の協力を要請し、現地踏査、ポテンシャル評価、基本設計、積算などの業務を実施します。（費用は準備グループが負担すべきですが、将来小水力計画が実現された場合に CEC の自己資金の一部とみなすこともできます）
- 立案された計画に基づいて村落電化組合(CEC)の設立と運営

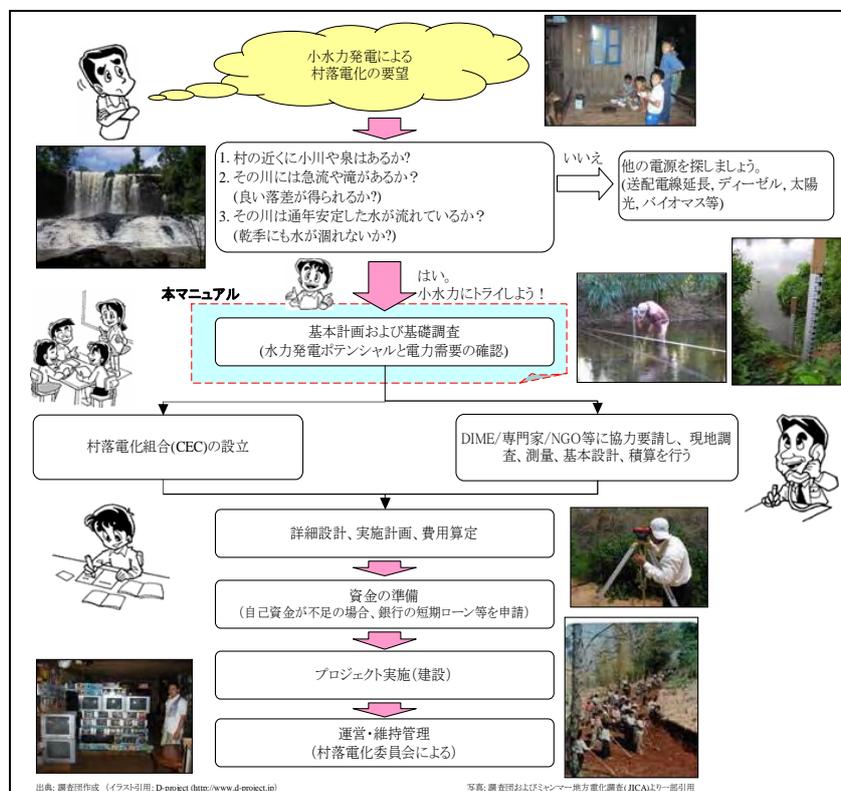
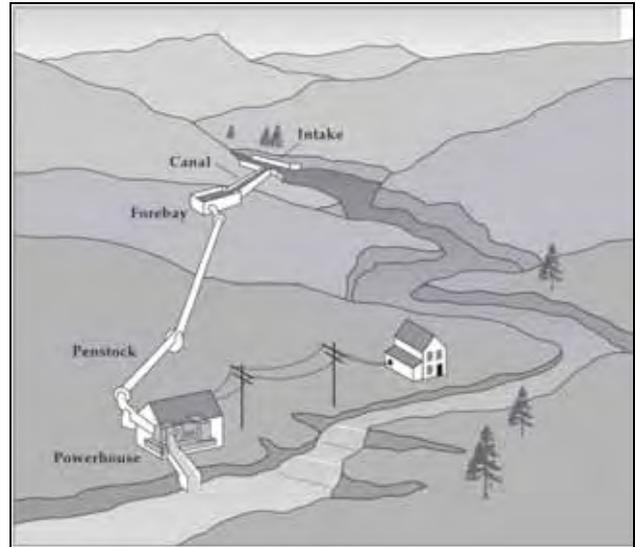


図 5.1.1 小水力発電計画の実施手順

5.1.2 小水力発電設備の構成

下図に示すように、典型的な小水力発電設備（流込み式）は以下の構成要素から成っています。

- 取水堰： 導水路への安定した送水が行えるよう必要な高さまで水位を上げます。ただし、現地条件により堰を省略する場合もあります。
- 取水口： 必要量を取水できると共に洪水や浮遊物の流入を防ぎます。
- 導水路： ヘッドタンクへ送水します。
- ヘッドタンク(水槽)： 水流が無圧状態から圧力状態に変化する接合部に設置し、空気を混合せず圧力流に移行させます。また、負荷急変による水撃圧と水量変動を吸収します。
- 水圧管路： 水車へ圧力水を送水します。
- 発電所： 水車・発電機を設置します。
- 放水路： 使用した水を河道へ戻します。



引用: "Small Hydropower Systems", U.S. DOE, NREL

図 5.1.2 一般的な小水力発電施設配置

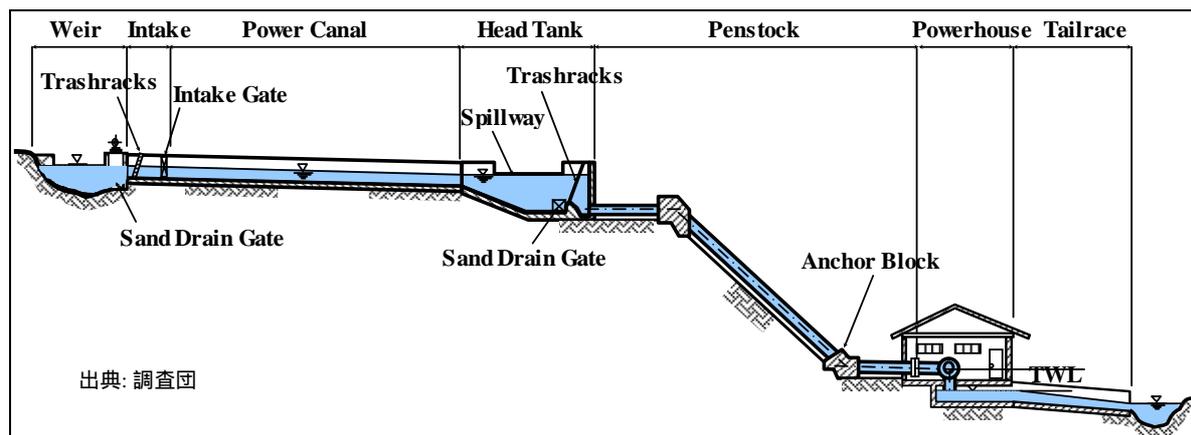


図 5.1.3 発電設備の縦断図（概念図）

取水口で取水された流量は、損失を最小に抑える為に緩勾配に配置された導水路に導かれ、その後、斜面に配置されたペンストックを流れ落ちます。ペンストックの製作費は高価であり、その延長を短く抑える為に、ペンストックは急斜面に配置されます。

このような配置が可能な地形を選定することがまず必要です。小水力の場合、詳細な地形は 1/50,000 や 1/100,000 の地形図からは読み取れない為、現地踏査と地形測量を実施することが非常に重要です。特に落差を正確に計測するために、正確な地形測量が必要です。

5.1.3 カンボジアにおける小水力ポテンシャル地点

カンボジア国の年降水量の等雨量線図(図 5.1.4)によれば、地形条件と降雨条件次第ですが、小水力発電の適地は南西沿岸地域およびカンボジア東部に存在します。

しかし、月雨量の分布からは、降雨は 8~9 月にピークをもつ雨季(5~11 月)に集中的に降るため乾季流量は非常に少ないのが特徴です。

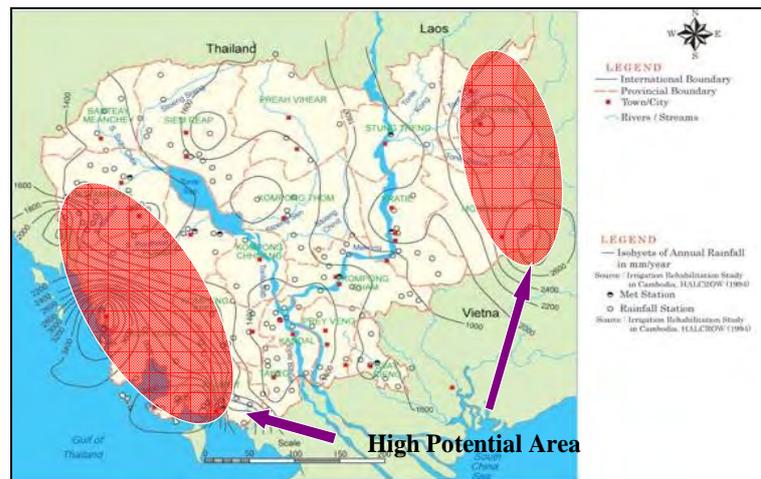
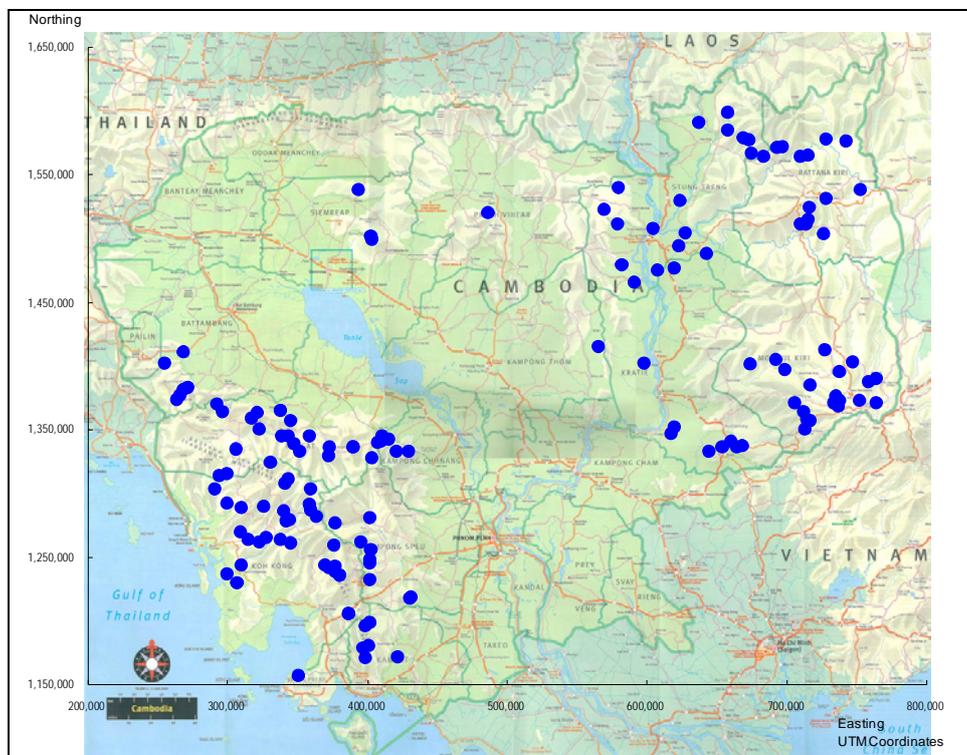


図 5.1.4 年降水量の等雨量線図

年間雨量の約 85~90%が雨季に降ります。12月~4月の乾季では1月が最も降水量の少ない月です。2004年12月に実施した第1次現地調査で、カンボジア国の水文特性から、ほとんどの小河川の乾季中流量は非常に少ないことが確認されました。

調査団は、1/50,000 および 1/100,000 縮尺の地形図と推定乾季流量を用いて、小水力地点の図上ポテンシャル調査を行いました(図 5.1.5 位置図参照)。小水力候補地の図上検討の結果は、本調査レポートの Part 1 表 5.1.4 に添付してあります。



出典: 調査団

図 5.1.5 図上検討により選定した小水力発電候補地

5.1.4 カンボジア国の小規模河川における乾季比流量

小水力発電計画においては、現地にて特に乾季中の河川流量を実測する事が重要です。

しかし、計画の初期段階においては、図 5.1.6 に示すカンボジア国の小河川における乾季比流量の州別平均値を、参考として利用してください。図に示した数値は、既往調査および調査団が実施した流量観測結果に基づいて作成したものです。

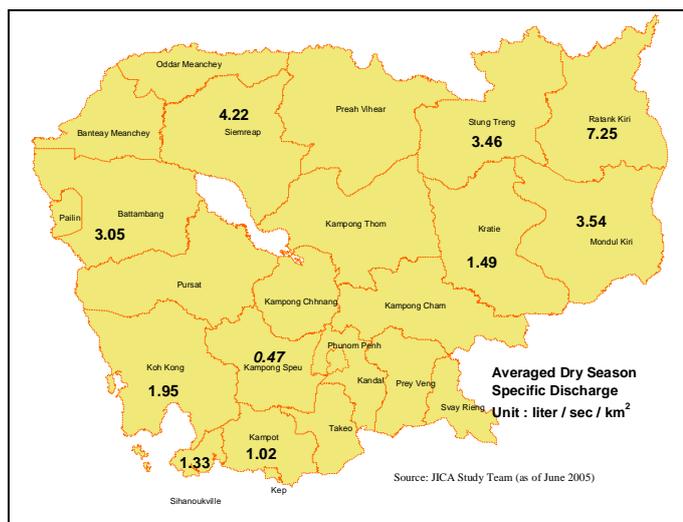


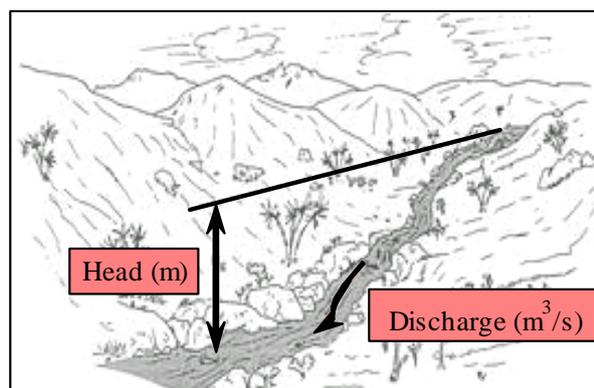
図 5.1.6 小河川における乾季比流量の州別代表値

注) 右図に示した平均比流量は主としてマップスタディにより特定された有望計画地点の流量観測に基づいています。州別に示した数値は限られた観測結果をもとに作成されており、必ずしも州全体の特性を代表するものではありません。

5.1.5 落差の測量

詳細な計画と設計は、縮尺 1/500 あるいはそれ以上に詳しい測量図を用いて行います。しかし、基本計画の段階では、より簡便で安価な落差の測定法を用います。

総落差は、取水地点における水位と水車から放流された水が放水される地点における水位の差です。落差の測量は次に示す簡略した手法で行うことができます。



出典: Micro-hydropower Sourcebook, NRECA

図 5.1.7 落差および流量

(1) ホースを用いた方法 (緩斜面用)

図 5.1.8. に示すように水を入れたホースを設置します。ホース内の水が見えるように透明なホースを使います。ホースの両端はほぼ同じ高さに保ち、垂直になるホース端は棒に固定し、水の高さ(dH)を測ることによって 2 点間の高さが得られます。傾斜が必要な場合は、2 点間の水平距離を計測することによって、高さ(dH)より求めます。

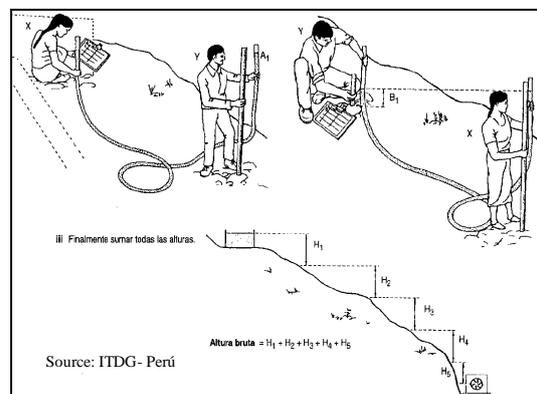
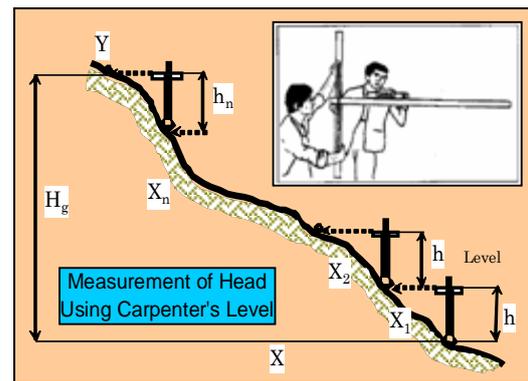


図 5.1.8 ホースによる落差測定方法

(2) 水準器を用いた方法 (急斜面用)

1つ目の手法は、緩斜面で用いた同様の手法を繰り返すことです。2つ目の選択肢としては、水準器と板 (2" x 1" x 長さ 6 feet) を使う手法があります。右図のように、高さ h_i を連続的に $i=1 \sim n$ まで計測することによって総落差が求められます ($H_g = h_1 + h_2 + h_3 + \sim + h_n$)。



出典: 調査団/ ITDG- Perú

図 5.1.9 水準器を用いた落差測定方法

(3) 角度および距離法

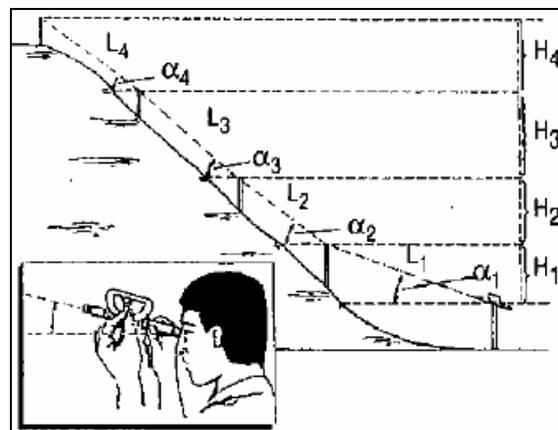
この手法は、デジタル距離計(または巻尺)と角度計付ハンドレベル (またはクリノメーターやポケット・コンパス) を用いる手法です。距離計で斜辺(L)を計測し、水平角(α)をハンドレベルで計測します。落差(H)は次式で求めます。

$$H = L * \sin \alpha$$

ここに H: 落差 m

L: 斜辺の長さ m

α : 水平角 (°)



出典: ITDG- Perú

図 5.1.10 距離計と角度計付ハンドレベルを用いた落差測定方法



図 5.1.11 落差測定に用いられる機器

(4) ハンドレベル (またはオートレベル) を用いた水準測量方法

本手法が最も一般的に用いられ、落差測定のために推奨される手法です。手順は以下のとおりです。

- a) 標尺手はスタッフ(標尺または長い定規)を **A** 点に垂直に立てる (図 5.1.12 参照)。
- b) 観測手は、次にスタッフを立てる **B** 点の約中間に立つ (またはオートレベルを設置する)。なお、**A** 点と **B** 点間の距離が長いと精度は低下するので注意する。また、**A** 点と **B** 点がしっかり見通せるかどうかを確認する。
- c) 観測手はハンドレベルを **A** 点に向け水平に握り、ハンドレベルをわずかに上下させ指線で気泡が 2 等分されるとき指線の示す箇所スタッフの目盛(a_1)を読み取る。この時の読みを後視(B.S.)とよぶ。(注)ハンドレベルには三脚がなく観測手が三脚代わりになるので、**A・B** 両点のスタッフの読みが終了するまで、観測手は立っている位置を絶対に動いてはならない。
- d) 標尺手は **B** 点に移動し、スタッフを垂直に立てる。
- e) 観測手は **B** 点に向けてハンドレベルを向け (立っている位置は変えずに)、前と同様の操作により **B** 点のスタッフの読み(b_1)を読み取る。この時の読みを前視(F.S.)とよぶ。
- f) 観測手は、次の観測地点 **C** 点と **B** 点の約中間に移動する。同様の手順で再度 **B** 点のスタッフの読み(a_2)を後視する。(注)標尺手は **B** 点の後視の観測が終了するまでは **B** 点を動いてはならない。
- g) 標尺手は **C** 点に移動しスタッフを垂直に立てる。
- h) 前と同様の手順により、順次繰り返してゆく。
- i) **A-D** 間の高低差 (総落差) は、表 5.1.1 および図 5.1.12 に示すサンプルに従い算出する。

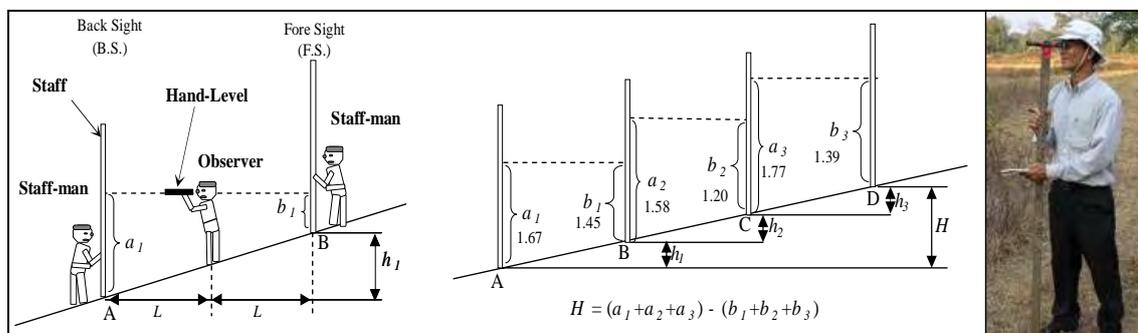


図 5.1.12 ハンドレベルを用いた水準測量の手順

表 5.1.1 水準測量結果の例

| Point No. | Distance (m) | B.S. (m) | F.S. (m) | h (m) | Notes |
|-----------------------------|--------------|----------|----------|-------|-------------|
| A | | 1.67 | | | B.M.1 (TWL) |
| B | | 1.58 | 1.45 | 0.22 | |
| C | | 1.77 | 1.20 | 0.38 | |
| D | | | 1.39 | 0.38 | B.M.1 (IWL) |
| Total | | 5.02 | 4.04 | 0.98 | |
| Head = 5.02 - 4.04 = 0.98 m | | | | | |



出典: 調査団

5.1.6 流量観測

必要な電力を通年安定して供給する為には、乾季の最低流量が需要を満足することが必要です。従って、流量観測は乾季、特に3月から6月の期間に実施する必要があります。また、上流に灌漑などの取水設備がある場合は灌漑期に流量の低下が想定され、小水力にとって危険ですので、灌漑期（取水期間）に利用できる流量を把握することが必要です。以下のような手法により河川流量の計測が可能です。



(1) 浮子法

本手法が最も早くかつ特別な機材を用いずに流速を計測できます。ただし、流れが乱れていたり、水面幅が広く、水深が浅い所では精度が悪くなります。

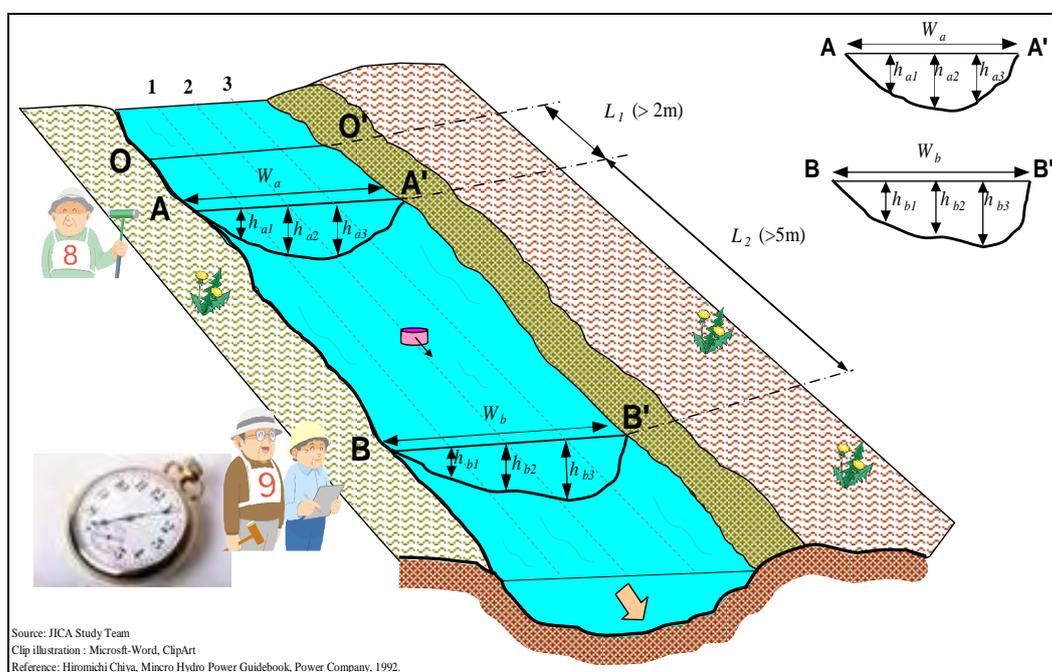


図 5.1.13 浮子法による流量観測方法

浮子法による流量観測は以下の手順で行います。

- a) 浮子法による流量観測地点（断面 A-A'から断面 B-B'の区間）として以下のような条件の地点を選定する。
 - できるだけ直線で流れが静かな地点
 - 水面幅 ($W_a \sim W_b$) がほぼ均一な地点
 - 水深 ($h_{a2} \sim h_{b2}$) がほぼ均一な地点
 - 勾配が均一な地点
 - 断面 O-O'から断面 B-B'の区間に障害物がない地点
- b) 浮子を投下する O 点を選定する(図 5.1.13 参照)。(断面 A-A'から約 1~2m 上流)
- c) A 点より L_2 m 下流の B 点を選定する。(小川・溪流の場合、 $L_2 = 3 \sim 5$ m)

- d) 断面 **A-A'**および断面 **B-B'**において、川幅を等間隔に n 個のセクションに分割 ($n = 3 \sim 10$) し、各セクションの中央の水深を計測する。
- e) 各 **A-A'**および **B-B'**断面の平均面積を次式により算出する。

$$AREA = \frac{AREA_a + AREA_b}{2}$$

$$AREA_a = \frac{W_a (d_{a1} + \dots + d_{an})}{n}, \quad AREA_b = \frac{W_b (d_{b1} + \dots + d_{bn})}{n}$$

- f) 断面 **O-O'**で浮子 (木片など) を投下し、浮子が断面 **A-A'**から断面 **B-B'**の区間を通過する時間(t)をストップウォッチで計測する。
- g) 上記 f)の手順を、各断面の左岸側、中央、右岸側の 3 箇所のポイントで繰り返し浮子を投下し、それぞれの時間を計測する。
- h) 平均流速 (V) を次式で算定する。

$$V_i = \frac{L}{t_i}$$

ここに、 V_i : i 回目の流速(m/s)

L : **A**点と**B**点の距離(m)

t_i : **A**点から**B**点への浮子の到達時間(秒)

なお、流速 (V_i) の測定は、各ポイントで 2回以上測定し、その平均を平均流速(V)とする。

- i) 流量は次式によって与えられる。

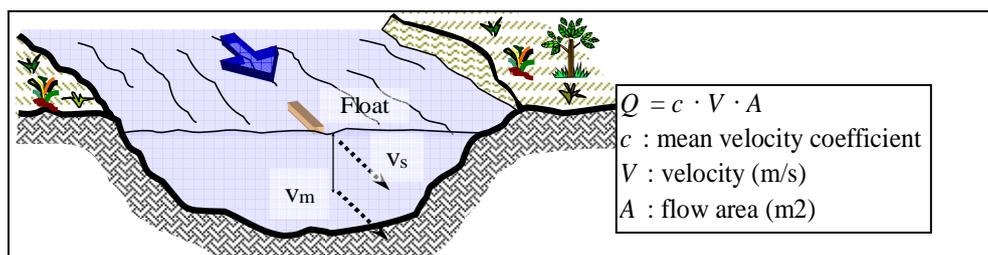
$$Q = cVA$$

ここに、 Q : 流量(m^3/s)

V : 平均流速(m/s)

c : 平均流速係数

($c = 0.85$ コンクリート水路, 0.80 河川、安定した流れ, 0.65 河川、浅い水深)



出典: 調査団

図 5.1.14 浮子法における表面流速に対する平均流速係数

(2) 流速計法

流れが一定で常流であるとき、流速を測定する方法として最も一般的な方法です。測定地点は、河川が直線状な地点を選定します。もし、提案された小水力候補地点の傍に量水標が設置されている場合、流量観測は量水標付近で行います。浮子法による流量観測と同様の手法で水深および横断面の面積を算出します。流速計による流量観測は、図 5.1.15 に示すように水深が 75cm 以下より浅い場合、一点法を用い、水面から 60%の水深で流速を測ります。

流速計による流量観測を実施する場合、流速計の検定が必須です。信頼できる流速データを得るには、流速計の検定は年に1回は実施することが必要です。最後の検定から時間が経っているものは用いてはいけません。そのような場合には、代わりに浮子法によって流速を求めます。

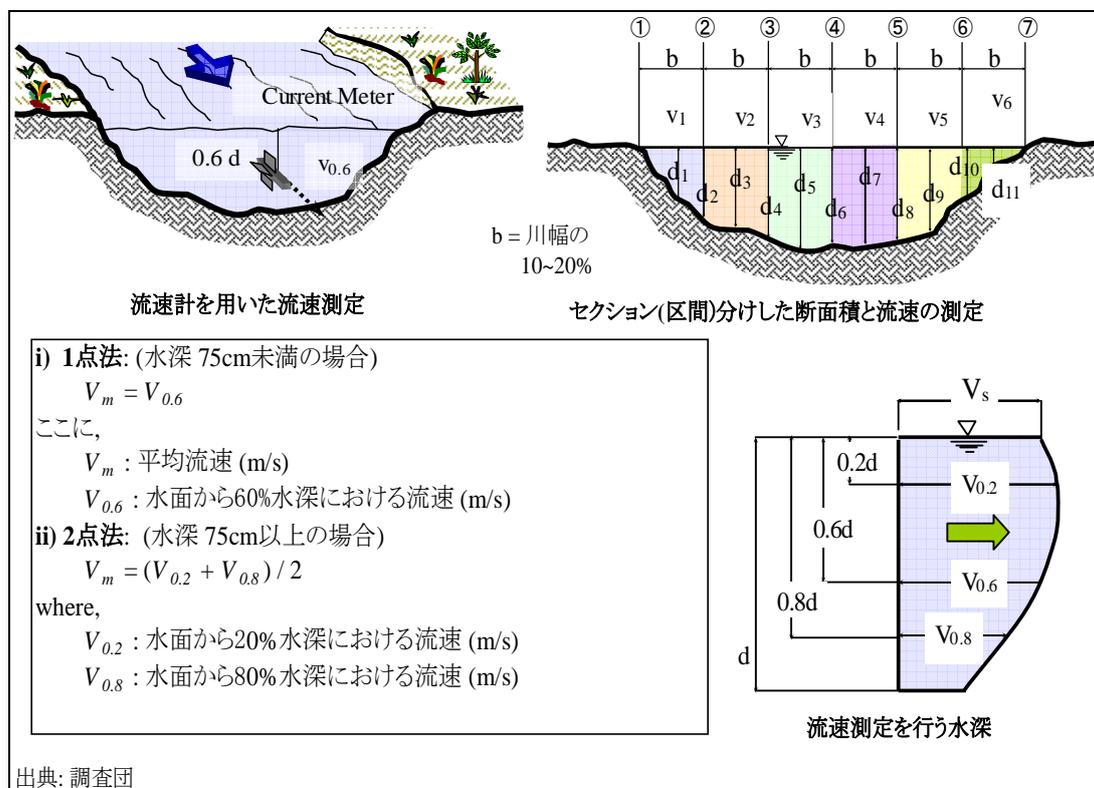


図 5.1.15 流速計を用いた流量観測方法

川幅が広い場合は、図 5.1.15 の右上に示したように横断を区切り、それぞれの区間（セクション）の中心で流速を計測します。この場合、流量は次式で算出します。

$$Q = Q_1 + \dots + Q_n$$

$$Q_i = \frac{W}{n} \times d_i \times v_i$$

ここに、 Q : 流量(m³/s)

Q_i : セクション*i*における流量(m³/s)

W : 川幅(m)

n : セクション数($n = 5 \sim 10$)

d_i : セクション*i*中央における水深 (m)

v_i : セクション*i*中央の 60%水深での流速(m/s)

(3) 堰法

この方法により流量を測定するためには、河川を横断して建設した堰が必要です。流量は以下の式により与えられます。

$$Q = 1.84 \times (L - 0.2 \cdot h) \times h^{1.5}$$

ここに、 Q : 流量(m^3/s)
 L : 堰天端の長さ (m)
 h : 堰越流水深(m)

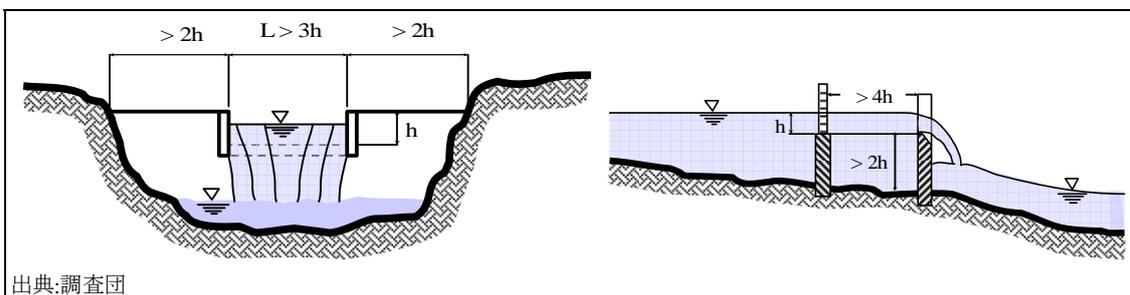


図 5.1.16 堰を利用した流量測定法

(4) 容器法

この方法は、小川の水がドラム缶や適当な形をした容器など満たすのに、どのくらいの時間がかかるのかを計測するだけの単純な手法です。本手法のためには、何らかの物で川の流れを導くことが必要です。本手法を適用するに当たっては、まず容器の容量“ V_c ”を計測しておく必要があり、容器の寸法を計測して計算式で容積を算定するか、あるいは、予め容積の分かっている容器（飲み物のビン/カンや目盛のついた筒など）を使って一杯になるまで何杯入れたかを数えるなどして計測しておきます。次に、実際に川の水が容器を満たすのにかかった時間“ t ”を計測します。従って流量は次式で算定します。 $Q = V_c / t (m^3/s)$.

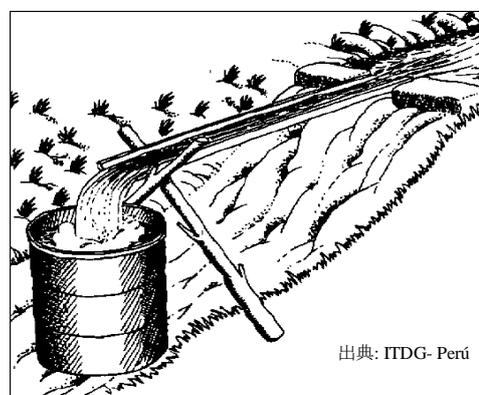


図 5.1.17 容積法による流量計測法

流量観測記録用紙の様式を以下に添付します。

表 5.1.2 流量観測様式 (流速計法)

| River Name : | | Site : | | [Province : | | | | |
|----------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------|--|-------------------------------|---|---|----------------------------|
| HOME WORKS | | | | Station No. | | | | |
| Velocity | | Area of cross section | | | Discharge (m ³ /s) | Observation Date | | |
| Mesu. Veloc. at point(m/s) | Mean meas. Veloc.in vert(m/s) | Average depth(m) | Width of section(m) | Total Area of Section(m ²) | | Year: | Mon: | Date: |
| | | | | | | Observer Name | Mesure Wrote | |
| | | | | | | Weather | ☉ :clear, ☐ :fine, ☁ :cloud, ● :rain | |
| | | | | | | Wind blows | from Down/s, Up/s, Left, Right | |
| | | | | | | Wind power | 0:None, 1:light, 2:windy, 3:strong, 4:very strong | |
| | | | | | | Measurement Time (Hour, min) | Start | |
| | | | | | | | End | |
| | | | | | | | Average | |
| | | | | | | Water Level at gauging station (m) | Initial Point | No.1 Point |
| | | | | | | | Start | |
| | | | | | | | End | |
| | | | | | | | Average | |
| | | | | | | Current meter | Type of current meter | Sanei type 3 current meter |
| | | | | | | | Table/formula | V = 0.163 * N + 0.007 |
| | | | | | | | Using method | lods, <u>wire</u> * weight |
| | | | | | | | | by boat / bridge / walk |
| | | | | | | Calculator | Calculator | Hirata |
| | | | | | | | Checker | Hirata |
| | | | | | | Result | Obs. Discharge (m ³ /s) | |
| | | | | | | | Total area cross section (m ²) | |
| | | | | | | | Average Velocity (m/s) | |
| | | | | | | | Catchment Area (km ²) | |
| | | | | | | | Specific Q (m ³ /s/km ²) | |
| | | | | | | Measurement Site : | around 10m u/s from Meritec proposed Intake site. | |
| | | | | | | Site Coordinate (GPS) (GPS Datum: Indian-Thai) | | |
| | | | | | | No.061 E | Elevation (m) : by GPS | m |
| | | | | | | N | (accuracy by Alt. | m |
| | | | | | | Gross Head | m (Source: JICA Study Team, Obs.) | |
| | | | | | | Design Q | m ³ /s | |
| | | | | | | Estimated P | kW (h =) | |
| | | | | | | Notes) | | |

*weather: ☉=0.clear weather ☐=1.fair, ☁=3.cloudy, ●=4.rain

JICA Study Team Form 2-4-2 (Field Notebook of Discharge Observation)

| FIELD WORKS | | | | | | | | | |
|--------------------|------------------------|---------------------|-----------------|---------|----------------------------------|------------------------|-----------------|-----|---------|
| No. of measurement | Distance from bank (m) | Depth of Water. (m) | | | Velocity Mesurement (Flow speed) | | | | |
| | | First (on way) | Second (return) | Average | Depth of observation(m) | Count of current meter | Time in seconds | | |
| | | | | | | | 1st | 2th | Average |
| 0 (Left) | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | 100 (=10*10) | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | |

表 5.1.3 流量観測様式 (浮子法)

| | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|--|---|
| Form 3-14 | | | | | | | | | | | | |
| JICA Study Team | | | | | | | | | | | | |
| Type | | Station Code | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| Discharge Calculation (FLOAT TYPE) | | | | | | | | | | | | |
| (Year:) | | | | | | | | | | | | |
| Basin | | | River Name | | | Station Name | | | | | | |
| Times of Observation | | | No. Times | | | No. of Year | | | | | | |
| Obs. date | Year: | | Obs. time | Start | : | Ave. | Weather | | Wind blows | Wind power | | |
| | Month: | | | End | : | | | | | | | |
| | Date: | | | | : | | | | | | | |
| W. Level(Base) (m) | | Total Discharge (m ³ /s) | | No. of Vert. (point) | | Width of w.surface (m) | | Total Area (m ²) | | Slope of w.surface (m) | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| Water Level | W.Level (Base) (m) | | W.Level (No.1) (m) | | W.Level (No.2) (m) | | W.Level Staff (m) | | Gap of Level (m) | | Distance (m) | |
| Start | . | | . | | . | | . | | . | | . | |
| End | . | | . | | . | | . | | . | | . | |
| Ave. | . | | . | | . | | . | | . | | . | |
| No. of sect. | Type of float | | Float throwing time (hour, min) | Float go down time (second) | Float go down velocity (m/sec) | coeff-icent | Corrected velocity (m/sec) | Area section(before and after flood) | | | Section Discharge (m ³ /s) | |
| | Type | sink | | | | | | No.1 Sect. (m ²) | No.2 Sect. (m ²) | Average (m ²) | | |
| | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| | | | | | | | | | | Total= | | |
| N O T E S | | | | | | | | | | | | |

5.2 需要とポテンシャルの評価

5.2.1 村落の電気需要の評価

村落における電気需要を評価するために下記の手法を用います。

村落需要 P_d :

$$P_d = \text{単位需要} \times \text{世帯数}$$

単位需要は1世帯あたり100W程度で見積もりますが、大半の住民がテレビを所有していたり、その他の軽負荷電気製品を使用している場合は100Wという単位需要では十分でないかもしれません。この単位需要は4.2.2節に示す手順に従って算定します。

村落需要は P_d は電化予定世帯の集合や村落ごとに推定します。それぞれの村落の需要を推定し、リスト化し、電化対象村落の選定に利用します。

<村落ごとの需要リストの例>

- 1) A村における需要: $P_d - A$
- 2) B村における需要: $P_d - B$
- 3) C村における需要: $P_d - C$
- 4) D村における需要: $P_d - D$

上記の村落ごとの需要リストは、供給能力に対する需要比較の作業を通じて、電気需要と供給のバランスを評価する際に使用します。

5.2.2 乾季出力の評価

年間を通じて村落に給電することを目標として計画します。小水力の場合、年間を通じて流量が最小となる乾季に出力が最小となります。したがって、1年のうちの最乾期においても給電できるように、乾季流量を用いて乾季出力を推定します。乾季流量は、乾季に河川流量を直接測定することにより推定します。

流量測定は年のうち最乾期に実施します。最乾期についてはその地域の住民に尋ねるのがよいでしょう。河川の水位が最も低い時期が最乾期です。流量観測の方法については5.1.5節を参照して下さい。

乾季流量がわかると乾季出力は次式により算定できます。

$$P_g = g \eta Q H_e$$

- ここに、 P_g : 発電機出力(kW)
- g : 重力加速度 (9.8 m/s²)
- η : 水車と発電機の合成効率 ($\eta = 0.7$ to 0.8)
- Q : 乾季流量 (m³/s)
- H_e : 発電に使用する落差 (m)

例を示すと、流量 0.10 m³/s、落差 10 m の地点では、乾季出力は以下の式により 6.9 kW と計算さ

れます。

$$\begin{aligned}
 P_g &= g \eta Q H e \\
 &= 9.8 \text{ m/s}^2 \times 0.7 \times 0.10 \text{ m}^3/\text{s} \times 10 \text{ m} \\
 &= 6.9 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

5.2.3 需要と供給のバランス

5.2.1 節で評価した電気需要と、5.2.2 節で評価した乾期出力を用いて、需要供給バランスを評価し、以下に示すように電化計画を策定します。

小水力の乾期のポテンシャル出力 P_g と村落電化需要 P_d を比較します。

$$P_i = 1.30 \times P_d$$

ここに P_i : 水車発電機の設備容量 (kW)

P_d : 当該計画で電化予定の村落の総電気需要(kW)

if $P_g \geq P_i$: 対象村落は小水力単体で電化可能

if $P_g < P_i$: 小水力に加えてディーゼルやバイオマスによるバックアップ、もしくは乾期における負荷節減が必要。

5.2.4 電化対象村落の確認

小水力発電による電化対象村落の確認手順を以下に示します。

(1) マップスタディ

➤ 落差の確認

小水力発電の主要条件の一つである落差は、図 5.2.1 に示すように地形図上で確認します。このマップスタディには縮尺 1:50,000 から 1:100,000 の地形図が適しています。経済的に発電できることから、短区間に大きな落差のある地形が好まれます。マップスタディで高落差が確認されると、水力ポテンシャルが期待できます。

経済的に落差を確保するため、一般的に取水口は急勾配が始まる地点近傍に、また発電所は急勾配が終わる地点近傍に置きます。マップスタディでは急勾配地点の直上流、直下流をそれぞれ取水口地点、発電所地点として想定します。



図 5.2.1 マップスタディ (例)

詳細レイアウトは、地形、地質、水文特性等を総合的に考慮した詳細検討により決定します。

➤ 流域面積の測定

図 5.2.2 に示すように、地形図上で取水口地点から山の尾根沿いに線を引き、流域界を描きます。プランメータや方眼紙等を使い、流域面積（流域界内側の面積）を計測します。広い流域面積はより多くの雨水を集め、水力発電のもう一つの主要条件である流量を豊かにします。高落差と広い流域面積を併せ持つ地点は、大きなポテンシャルが期待できます。

➤ 乾期流量の算定

発電出力は、年間で最も小さくなる乾期流量によって制約を受けます。従い乾期流量を正確に把握することが小水力発電計画の上で重要です。最も信頼できる方法は、実際に乾期流量を測定することです。流量観測の詳細を 5.1.5 節に示します。

しかし流速計あるいは巻尺と時計等の計測機器がなければ、流量観測は困難です。実測できない場合は、以下の通り比流量を用いて流域面積から流量を推定する手法を用います。

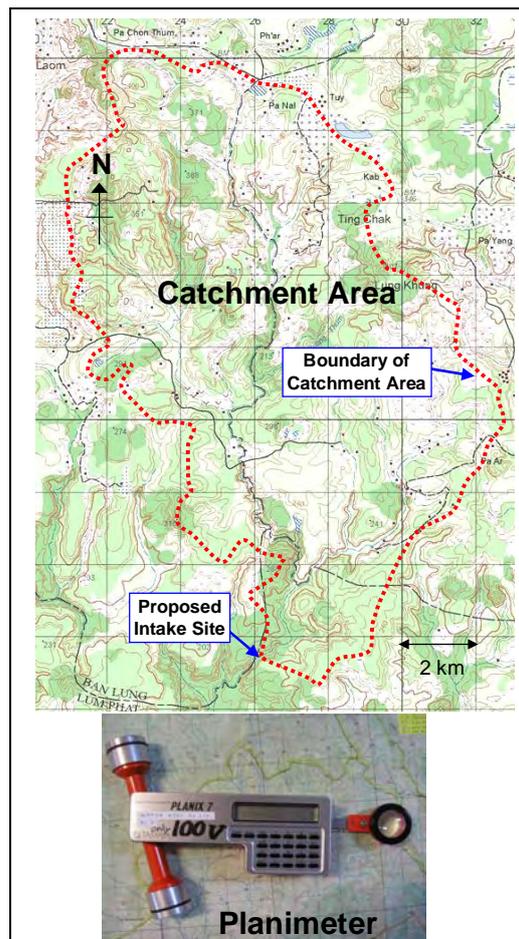


図 5.2.2 流域面積の測定

$$Q_{dry} = Q_{sp} \times CA$$

ここで, Q_{dry} : 乾期流量 (m^3/s)

Q_{sp} : 乾期比流量 ($m^3/s/km^2$)

CA : 流域面積 (km^2)

比流量は、気候、地形また土地利用状況等によって変化します。参考までに図 5.1.6 にカンボジアの比流量を示します。

➤ 中圧配電線長の計測

発電された電気を対象村落へ運ぶ中圧配電線の長さは、事業費に影響するため電化計画上重要です。中圧配電線長の計測イメージを図 5.2.3 に示します。地形図上で発電所地点から、対象村落までの距離を測り中圧配電線長とします。直線距離ではなく、実際に中圧配電線を建設できるルートに沿って計測する必要があります。近くに既存道路がある場合、道路沿いを勧めます。計測された中圧配電線長は、事業費積算に使用します。

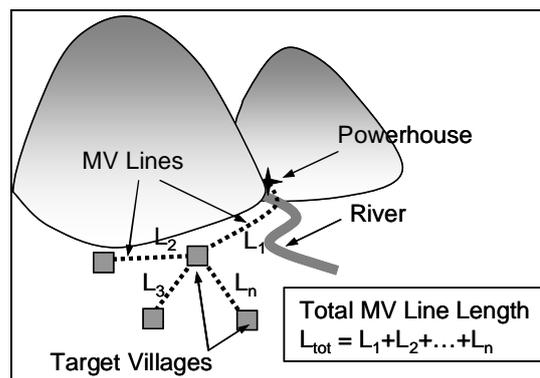


図 5.2.3 中圧配電線長の計測

(2) 発電出力の算定

上述の通り計測・推定された落差と乾期比流量から、5.2.2 節に説明の通り発電出力を算定します。

(3) 電化対象世帯数の確認

電気需要を算定するため、電化対象村落内の世帯数を調べます。現地調査を行える場合はインタビュー調査を行い、世帯数を確認します。机上検討の場合は、SEILA データベースを使用できます。

(4) 電気需要の算定

確認された対象世帯数に基づき、5.2.1 節に示す通り電気需要を算定します。

(5) 発電出力と電気需要の比較

5.2.3 節に述べる通り、発電出力と電気需要のバランスを比較し発電計画を検討します。

上記の検討結果を表 5.2.1 の形式にまとめます。本検討により小水力発電による村落電化の可能性を確認できます。確認された各スキームに対し、実施可能性を精査するため、事業費等を考慮したさらなる検討を行います。

表 5.2.1 小水力発電計画と対象村落 (例)

| No. | Scheme Name | Sub No. | Province | District | Commune | Village | SEILA ID | Potential Dry Season Power (kW) | Length of MV Lines (km) | Total HHs | HHs to be Electrified | Total Demand (kW) | Back up capacity (kW) |
|-----|-------------|---------|--------------|-------------|------------|--------------------|----------|---------------------------------|-------------------------|-----------|-----------------------|-------------------|-----------------------|
| 1 | Bay Srok | 1 | Ratanak Kiri | Lumphat | Ka Laeng | Bay Srok | 16050204 | 65 | 3 | 560 | 448 | 58 | 0 |
| | | 2 | Ratanak Kiri | Lumphat | Ka Laeng | New Ka Laeng | 16050205 | | | | | | |
| | | 3 | Ratanak Kiri | Lumphat | Ka Laeng | New Sayos | 16050206 | | | | | | |
| 2 | Bu Sra | 1 | Mondul Kiri | Pech Chenda | Bu Sra | Phum Lekh Muoy | 11040401 | 91 | 25 | 899 | 719 | 93 | 2 |
| | | 2 | Mondul Kiri | Pech Chenda | Bu Sra | Phum Lekh Pir | 11040402 | | | | | | |
| | | 3 | Mondul Kiri | Pech Chenda | Bu Sra | Phum Lekh Bei | 11040403 | | | | | | |
| | | 4 | Mondul Kiri | Pech Chenda | Bu Sra | Phum Lekh Buon | 11040404 | | | | | | |
| | | 5 | Mondul Kiri | Pech Chenda | Bu Sra | Phum Lekh Pram | 11040405 | | | | | | |
| | | 6 | Mondul Kiri | Pech Chenda | Bu Sra | Phum Lekh Prammuoy | 11040406 | | | | | | |
| | | 7 | Mondul Kiri | Pech Chenda | Bu Sra | Phum Lekh Prampir | 11040407 | | | | | | |
| | | 8 | Mondul Kiri | Pech Chenda | Srae Ampum | Phum Lekh Muoy | 11040301 | | | | | | |
| | | 9 | Mondul Kiri | Pech Chenda | Srae Ampum | Phum Lekh Pir | 11040302 | | | | | | |
| | | 10 | Mondul Kiri | Pech Chenda | Srae Ampum | Phum Lekh Bei | 11040303 | | | | | | |

出典：調査団