

国際協力事業団

ヴィエトナム電力公社  
ヴィエトナム国

ヴィエトナム国  
北部再生可能エネルギーによる地方電化計画調査

最終報告書

要 約

2002年7月

JICA LIBRARY



1176353[9]

プロジェクト・インターナショナル 株式会社

東北電力 株式会社

鉦調資

JR

02-123

**国際協力事業団**

**ヴェトナム電力公社**

**ヴェトナム国**

**ヴェトナム国**

**北部再生可能エネルギーによる地方電化計画調査**

**最終報告書**

**要約**

**2002年7月**

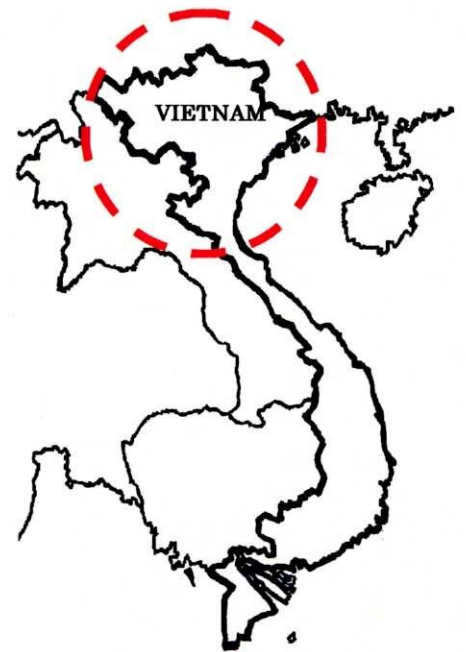
**プロアクトインターナショナル株式会社**

**東北電力株式会社**

## 目 次

第 1 章 調査目的.....	1
1-1 地方電化の現状.....	1
1-2 JICA のアプローチ.....	2
第 2 章 未電化コミュニティーデータベース.....	5
2-1 概要.....	5
2-2 コミュニティー選定の基準.....	6
第 3 章 Off-grid 地方電化のモデルプラン.....	9
3-1 需要想定.....	9
3-2 経済性評価.....	10
3-3 Off-grid 地方電化における関係組織.....	14
3-4 技術.....	18
第 4 章 Off-grid 地方電化に関する戦略的提言.....	26
4-1 Off-grid 地方電化の推進における課題.....	26
4-2 Off-grid 地方電化の戦略.....	27

# Study Area



## 第 1 章 調査目的

### 1-1 地方電化の現状

他の開発途上国と同様に、ヴィエトナム政府は地方部住民の生活水準の向上と収入増加のため、地方部へ精力的に電力供給を推進してきた。首相決定である 1999 年の Decision No.22/QD-TTg によれば、2000 年末までに約 80%のコミューン、約 60%の農村世帯の電化を目標に設定しており、実際に 2000 年末で 96.4%の District、81.9%のコミューン、73.5%の農村世帯が送配電線による電気の恩恵を受けている。以下の表にも見られるように、Red River Delta、Mekong Delta、Southeast 地域のコミューン電化はほぼ終了したと言えるが、他の地域の電化率は依然として低く、特に北部地域においてはコミューン電化率が 65%にも満たない状況である。

これまでヴィエトナムは配電線延長を基本に地方電化を進めてきており、EVN は、毎年平均 10 百万ドルの自己資金を地方電化に投資してきた。さらに電化世帯を増やすため、政府は、世銀グループとフランス開発庁 (AFD) の資金援助 (ローン) による 2 大送配電網拡張プロジェクトを開始した。しかし、送配電線の延長が技術的・経済的に困難な地域も多数存在することから、この場合には分散型 (off-grid) 電源による電化を行う必要がある。特に、ヴィエトナム北部は山岳部が多く、Off-grid 地方電化への強いニーズが存在する。

表 1 ヴィエトナム各地域の電化状況

Region	Number of Communes		Electrification Rate
	Total	With grid access	
Northern midland, mountainous areas	2636	1709	64.8%
Red River Delta	1388	1388	100%
North central coast	1632	1419	86.9%
South central coast	810	713	88.0%
Central Highland	501	389	77.6%
South-east	402	401	99.8%
Mekong Delta	1202	1200	99.8%
Whole Vietnam	8571	7219	84.2%

Source: EVN data (as of December 2001)

Off-grid 電化を含めた地方電化全体が EVN の主管となった時期があったが、前述の 1999 年の首相決定 Decision No.22 により、off-grid 地方電化プロジェクトについては、再び各省人民委員会 (Provincial People's Committee:PPC) を主体とする地方主導型の実施体制となった。このような状況のため、EVN としては、今後 Off-grid についての投資は行わず、むしろ off-grid 事業推進のための調整と設備の設計、運転、保守等に関しての技術的支援といっ

た役割を担うこととなる。

このように、EVN の支援の下、北部 17 省による off-grid 電化の実施を促進するため、国際協力事業団 (JICA) は EVN の要請に基づき、本調査—ヴィエトナム国北部再生可能エネルギーによる地方電化計画調査—を 2001 年 1 月に開始した。

北部ヴィエトナムは亜熱帯気候に属するが、季節の変化に富んでいる。5 月から 10 月までは蒸し暑い雨季となるが、一方、1 月から 3 月にかけての乾季は、曇天が続き霧雨の降る日が多い。Off-grid 電化を熱望する未電化コミュニティの多くは、車輛によるアクセスの困難な遠隔の山岳地域に位置している。各コミュニティは平均 10 村落から構成されており、平均世帯数はおよそ 500 世帯である。

北部ヴィエトナムでは水資源に恵まれているが、マイクロ水力開発は、あまり活発ではなかった。これは、次の理由に起因しているものと考えられる。

- ①マイクロ水力ポテンシャル地点についての体系的なインベントリ調査が不十分
- ②十分な経験と技術を持った、プロジェクト実施者の不足
- ③Off-grid 地方電化プロジェクトに関する資金ガイドラインの欠如
- ④マイクロ水力に関する、施工や機器技術などの国内産業が未発達

本調査は、マイクロ水力や太陽光等の再生可能エネルギーを利用した off-grid 地方電化に適したモデルプランを形成し、PPC による地方電化の円滑な実施に貢献することを目的としている。本調査は、ヴィエトナム農村部に適した sustainable な off-grid 再生可能エネルギー電化スキームについて、具体的なアイデアと実施計画を作成することに焦点をあてている。

## 1-2 JICA のアプローチ

### 1-2-1 段階的開発

Off-grid 電化プロジェクトでは、過剰な需要想定や供給範囲の安易な拡大の結果、過剰設備と投資コストの増加が生じるという例がしばしば見られる。この場合、投資コストと運営コストをカバーするための料金収入が十分に得られず、off-grid 電源の維持管理の質を低下させることとなる。そしてついには運転を停止し、二度と再開されなくなってしまう。

このような事態を防ぐためには、小規模な発電所を段階的に建設し、設備の過剰部分をできるだけ小さく抑えることが有効である。次の図はこの「段階的開発」の考え方を図解しているものである。図 1 (A)のように当初から余裕を持って大きな設備を建設すると過剰設備を長期間抱えることになる。この場合には収支の赤字が長期間続き、保守費用の不足により運転が停止する事態が起こりうる。これに対して図 1 (B)のように需要増加に合わせて順次設備

を建設していけば、過剰設備となる部分は大幅に減り、稼働率も高くなり、利用者が過剰設備分のコストを負担する必要もなくなる。言い換えれば、我々が提案しているアプローチは、20kW クラスの電源 1 基を建設するよりも、5kW クラス電源を基本とし、順次同クラスの設備を増設していく方式なのである。これは、住民からの電気料金収入によって維持管理されるべき off-grid 電源の経済的持続可能性を向上させるために極めて重要なコンセプトである。こうした観点から、特に 1 ~10kW クラスの小規模電源に着目することとしたい。そして、ベトナムの国内技術を確立し、小規模 off-grid 地方電化のモデルを作ることと、ベトナム地方部の農民が負担可能な水準までコストを引き下げることが目標となる。

#### 電力需要

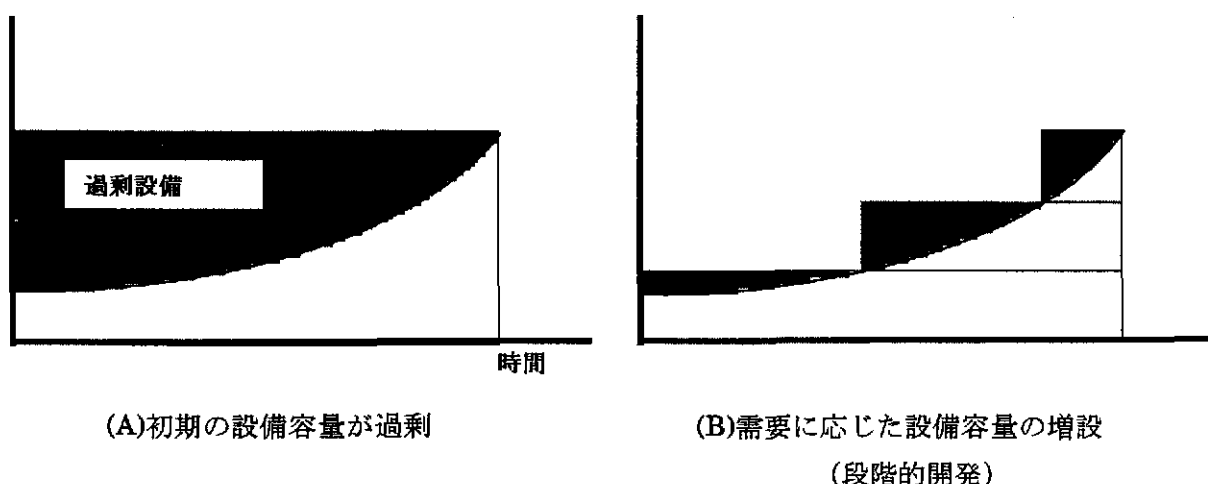


図 1 需要増加と設備容量

#### 1-2-2 小規模開発スキームと国内技術

過去の海外ドナーによる地方電化プロジェクトでは、比較的大規模な設備建設が行われてきた。これは、従来の設計思想を変えようとしなかったためである。大きなシステムのほうがより信頼性が高いという思想の下に、例えば、数か村を電化する 100kW クラスの小水力発電所がしばしば開発された。こうした開発では、設置した off-grid 電源の長期的な運転と維持管理に対する配慮が不足しており、住民は正しく対処することができなかった。また、大きめのシステムを選択してきたもう一つの理由として、国内でのマイクロ水力発電の技術が十分に成熟していなかったため、いくつかの新技術を必要とする小規模発電所の開発に消極的であったことが挙げられる。

本調査では、これまで述べてきたように、こういった従来の手法とは全く異なるアプローチを採用している。我々の提案は、「小さくなればより sustainable である」である。ベトナム国内で小規模 off-grid 電源の技術が確立されれば、コストの低減が期待でき、小規模 off-grid プロジェクトは農村部で急速に発展するであろう。過去の調査から、ベトナムが off-grid 地方電化に関し、高い技術的ポテンシャルを有していることが判明しているため、

我々は次の点を優先しながら、**off-grid** システムについて低コストで頑丈な設計を行った。

- ①国内技術に基づく設計の規格化
- ②国内製品および資機材の有効活用
- ③地元住民による運転、維持管理の実現
- ④人力運搬を可能とする構成機器の軽量化

我々の目標は、「事業費用の資金調達、建設、維持管理がいずれも容易に行える」システムを実現することである。標準化することでコストの低減と品質の向上が望める。このような標準化モデルに基づき、PPC 技術者はコンサルタントに頼ることなく、自分たちで **off-grid** 計画を立案することができる。スペアパーツの供給や補修サービスも容易で、かつ低価格となる。さらに、設備を標準化設計することで、後に続く、別地点での同様な **off-grid** プロジェクトの実施が容易になる。また、国内技術の利用は重要である。これにより、発電所の利用者にとって適正な補修や部品交換の技術へのアクセスが容易になる。



## 第 2 章 未電化コミュニンデータベース

### 2-1 概要

第 1 次現地調査にてベトナム北部 17 省を訪問し、2005 年以降も送配電網に接続さず未電化のままとなるコミュニンについてデータを収集した。その結果、277 コミュニンが未電化のまま取り残されることが判明した。しかし、各省においてコミュニンレベルのグリッド延長計画が完成していないため、未電化コミュニン数については、変動の可能性がある。(図 2 参照)

第 2 次現地調査では調査を継続し、対象コミュニンの再生可能エネルギーポテンシャルや社会経済データの収集を行った。データ収集の後、地理情報システム (GIS) ソフトウェアの ArcView を用いて、データ加工やマッピングを容易にしたデータベースを構築した。このデータベースは、対象コミュニンを選定し、各コミュニンの最適な電化方式を検討するために用いられる。

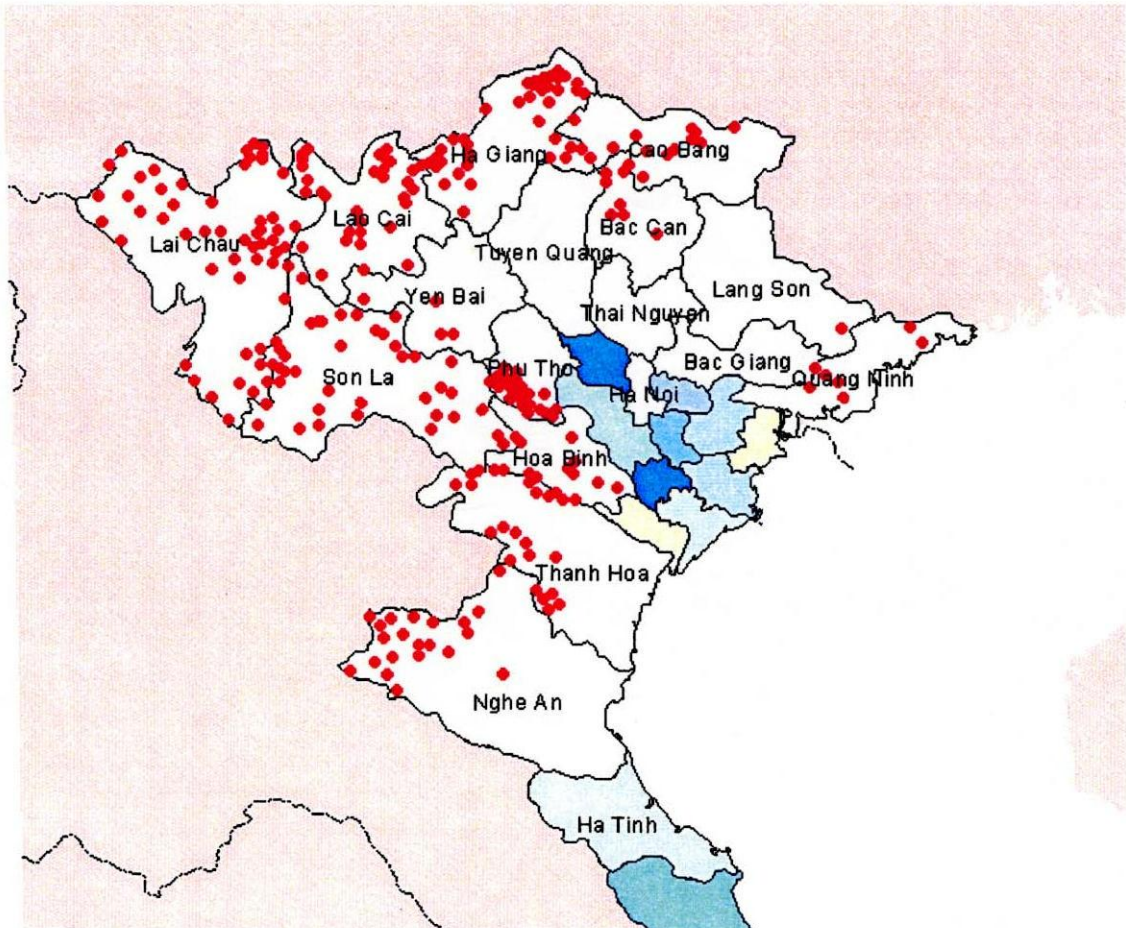


図 2 未電化コミュニン分布図

## 2-2 コミューン選定の基準

北部ベトナムでは、地形や気象条件からマイクロ水力の開発が有力である。多くの村落で灌漑水路が見られ、これはマイクロ水力の設備にも利用可能である。一方、太陽光は乾季の気象条件が悪く、あまり推奨できない。大きなサイズの PV モジュールが必要となり、これは開発コストを上昇させてしまうからである。従って、太陽光は、マイクロ水力資源が活用できない場合に限り、検討されるべきである。

データベースを用いて、PPC 技術者は各コミュニティでの off-grid 電化の実現可能性について評価することができる。次に示す議論は、コミュニティ選定の基準についての全般的な考え方である。

### 2-2-1 マイクロ水力開発

#### (1) 資源

必ずしも各コミュニティ内で、コミュニティ全体を電化するのに適した 30~50kW 規模の水力資源が発見されるというものではない。このため、10kW 以下のマイクロ水力資源の開発に焦点を置くべきである。さらに、未電化コミュニティにおいて仮に適当なマイクロ水力地点が発見されても、次に充たされるべき基準である当該地点とコミュニティ中心部間の距離が問題である。もし、距離が極めて長い場合には送電コストがかさみ、そのマイクロ水力プロジェクトを経済的に開発することは困難となる。

#### (2) 灌漑との調整

発電に利用する水量を決定する前に現地での灌漑用水の状況を調査する必要がある。必要な灌漑用水は予め確保されなければならない。しかしながら、流量が十分ではない場合などでは、発電と灌漑の水利用について妥協することも必要である。

#### (3) 人口分布

マイクロ水力開発においては送配電線が開発全体の経済性を大きく左右する。従って人口が比較的狭い範囲に集中する地域は一世帯当たりの送配電線の長さが短くて済み、コストが抑えられるため開発が優先される。例えば、世帯が道路沿いに集中しているなどの場所が早期の開発には望ましい。

#### (4) アクセス条件

マイクロ水力発電所の建設工事の容易さを考慮した場合に、トラックによる資機材や重機の運搬が可能な道路が確保できることが望ましい。従って、道路条件や河川横断ルートなどの条件を確認する必要がある。

#### (5) 費用負担能力と住民参加

ベトナムではグリッドによる電気供給を申し込む場合、住民が接続費用を負担するこ

とになっている。山岳部では家屋が点在しており、低圧配電線を家屋に接続するのに必要な電線は通常大変長くなる。従って、申込者は接続費用としてかなりの額を支払わねばならない。この観点から、比較的収入が高いコミュニティがまず選定されるべきである。同時にこういったマイクロ水力発電所の運営、維持管理のために村落レベルで取り組む意欲や能力（指導力、教育レベルなど）についても確認することが必要である。

#### (6) 経済性

概略経済性分析により、off-grid 事業がグリッド延長などの他の手法と比較して最小費用で実施可能なことが重要である。また、投資の承認を得るために、事業の財務的、経済的評価として FIRR や EIRR がある一定の基準値を超えることが条件となるケースもある。

#### (7) 技術的支援の確保

マイクロ水力発電所の持続可能性を保持するためには、発電機や水車の点検と調整ができる地元の技術者の確保が重要である。この観点から、こうした技術者を抱える PC の出先機関の近傍にある地域の開発が優先される。

#### (8) 戦略的配慮

PPC としては、優先電化コミュニティの選定過程において、マイクロ水力発電プロジェクトによる、村落経済の活性化、関係者の能力育成、技術の普及等への戦略的インパクトを重視する必要がある。こうした戦略性の高い off-grid プロジェクトは早期に実施されるべきである。

### 2-2-2 太陽光発電

太陽光発電は水力資源が乏しい地域において検討される。

#### (1) 資源

対象地域は水力資源が近傍に無い村落となる。しかし、北部の中国に近い山岳部では乾期の日照時間は大変短い。太陽光発電システムにとって限られた日照時間というのは厳しい条件である。このため、比較的良い日照データが得られるコミュニティを選定することが望ましい。日照条件の悪い地域では太陽電池パネルの大型化などが必要となり、事業の経済性が低下する。

#### (2) 費用負担と住民参加

住民は太陽光発電システムを利用するために、バッテリーと電気製品の購入が求められるが、これは開発の進んでいない村落においては容易なことではない。このため、収入が高い高いコミュニティをまず選定することが望ましい。同時にこういった太陽光発電システムの運営、維持管理のために村落レベルで取り組む意欲や能力（指導力、教育レベルなど）についても確認することが必要である。

### (3) 経済性

概略経済性分析により、off-grid 事業がグリッド延長などの他の手法と比較して最小費用で実施可能なことが重要である。また、投資の承認を得るために、事業の財務的、経済的評価としてFIRR やEIRRがある一定の基準値を超えることが条件となるケースもある。なお、規模の経済とLED ランプなどの新技術により、太陽光発電システムのコストは将来的に下がると見られている。

### (4) 戦略的配慮

PPC は、優先電化コミュニティの選定過程において、太陽光発電プロジェクトによる、村落経済の活性化、関係者の能力育成、技術の普及等への戦略的インパクトを重視する必要がある。こうした戦略性の高いoff-grid プロジェクトは早期に実施されるべきである。

### 第 3 章 Off-grid 地方電化のモデルプラン

ベトナム北部における地方電化マスタープランにおいては、これまでに実例が少ないことを考慮し、できるだけ具体的なアイデアを示す必要がある。さらに、「発電設備や維持管理体制は長期的に見て、持続可能なものであるか?(Sustainability)」「他の地域でも同様な事業が実施可能か?(Replicability)」を問うことで、提案するアイデアについての実現可能性を常にチェックする必要がある。“Sustainability”と“Replicability”は、開発途上国の農村開発プロジェクト計画における2大キーワードである。過去には、維持管理が十分に行われないまま故障したら二度と再運転されることのなかった発電設備の例は多い。従って、プロジェクトの持続可能性についての事前検証は特に重要である。また、提案されるモデルプランは、異なる条件の地点でも同様に実施可能である必要がある。対象サイトの特定条件のみを充たす汎用性のない設計に基づく地方電化プランは他の地点では役に立たない。

“Sustainable”で“Replicable”な off-grid 電化のためには、経済的側面、技術的側面、組織的側面の3つの異なる視点からの検討が必要である。これらの項目全てについて、持続的な開発の可能性を明確化できなければ、目標となる発電設備の導入や運転管理について将来的に問題が生じ、たとえ導入されたとしても長期間にわたって稼働を維持することは困難となる。

#### 3-1 需要想定

正しい電力需要の想定は、off-grid 発電所の設計に必要となる最初の作業である。地方電化事業の計画の際、必ずしも対象地域の全ての世帯が初期段階から電化されるわけではないという点を理解することが重要である。また、世帯の所有する電気器具は所得水準に応じ大きな差が生じる。さらに、住民はこうした電気器具の全てを発電所の運開時に購入するわけではなく、むしろ、少しずつ買い揃えていく。このため、実際の電力需要は運開後数年間はかなり少ないと考えられる。年月の経過とともに、電気供給サービスへの申込者と利用電気器具が増加し、合計の電力需要も継続的に増加していくと考えるのが妥当であろう。表 2はベトナム農村地域における電力需要について検討したものであり、1世帯あたりの平均的需要を示している。

表 2 農村部 1 世帯当たりの電力需要原単位

電気機器	消費電力 (W)	使用台数	機器計 (W)	普及率 (%)	同時需要係数 (%)	ピーク需要原単位 (W/世帯)	備考
電 灯	20	2	40	100	80	32.0	蛍光灯 (小)
テレビ	30	1	30	80	80	19.2	白黒TV
ラジカセ	10	1	10	40	10	0.4	
扇風機	30	1	30	30	30	2.7	小 (30cm)
計						54.3	

使用される電気器具は各世帯で様々であり、電力消費パターンも同様である。多くの住民

が電灯やテレビなどを同時に使用するため、農村部では電力需要のピークは夕方に発生する。対照的に昼間の需要は比較的小さい。所得水準の高いコミュニティでは、カラーTVや電気ポットを使用する世帯もあるだろう。一方、貧しいコミュニティでは電灯のみが使用される。このような事情から、off-grid 電化を計画する際には1世帯あたりの需要原単位として50W（所得水準の比較的高いコミュニティでは70W）を用いることを提案する。この数値は比較的小さく見えるが、本調査では経済的持続可能性を確保するため、需要想定値を必要最小限におさえ電源の過剰部分を極力小さく抑えることを提案している。

### 3-2 経済性評価

Off-grid プロジェクトでは、実施前に経済的実現可能性を確認することが重要である。これは、設置した電源の健全な管理において金銭的な問題が重要なポイントとなるためである。grid 延長と異なり、off-grid プロジェクトの運営コストを負担し、財務管理の責任を負うのは EVN ではなく、資金的な基盤が極めて脆弱であるコミュニティや村落自身となる。従って、最も重要なポイントは、住民からの料金収入で運営コストを賄うことがきでるか、という点である。運転コストを賄うのに料金収入が不足すれば、電源を適正に維持管理することはできない。これまで多数の地方電化プロジェクトが長続きせず停止してしまっているが、その原因として収支見通しを誤ったというケースが少なくない。off-grid プロジェクトの経済的実現可能性が十分に検討されないケースもしばしば見られるが、厳密な経済性評価の実施はプロジェクトの長期的持続可能性を確保するためにも、極めて重要な作業なのである。

我々は、利用者からの料金収入で運営される、財務的に sustainable なモデルプランを作ることが求められている。我々の設計に基づくマイクロ水力設備の建設コストの見積は、kW あたり、およそ\$1,500~\$2,000 であり、これは過去のマイクロ水力プロジェクトのコストを著しく下回っている。およそ100世帯に電力供給を行う、典型的な5kW設備は、\$10,000程度、もしくは1世帯あたり\$100程度の費用で建設できる。目標は高いが、設計が標準化され、国内技術と資機材が利用されれば達成可能である。言い換えれば、このレベルの開発コストの達成は、ヴェトナム農村部において経済的 sustainability を確保するための必須要件である。さらに、低コストの設計を実現させることにより、ヴェトナム政府は公的セクターにおける厳しい財政状況下においても off-grid 電化推進資金の確保が容易となる。

#### 3-2-1 料金

Off-grid 事業を計画する際、住民の間での最大の関心事は、初回支払額と月額などの電気料金に関することである。住民の所得水準を考慮に入れ、彼らに受け容れられる料金体系を提示しなければ地方電化は順調には進まない。従って、料金は彼らが遅滞なく支払いができるレベルに設定されるべきである。住民からの料金収入が不足すると、保守にかかる費用が不足し、最終的には設備が停止してしまう。このような事態は絶対に避けなければならない。過去に我々が実施したインドシナ半島での調査によれば、平均的農民は月額にして \$1.50 ~

\$2.00 程度を電気に支払う意思があると言える。さらに、電気を使えるようにするための「投資」として約\$20 をピコ発電機やバッテリー購入費として支出することも普通である。

料金設定の原則は、完成後には海外援助や補助金への依存から脱却し、初期投資コストと運営コストをカバーするための十分なキャッシュフローを確保する「コストの 100% 回収」である。しかし、ベトナム政府は 1999 年に農村部における電気料金の上限を 700VND/kWh と設定する通達を出している。このガイドラインは、厳密には off-grid 電化事業には適用されないが、off-grid 事業の料金設定のベンチマークとして考慮する必要がある。農村部の一般的な世帯電力需要を 6kWh/月(50W x 4 時間 x 30 日)と想定した場合、利用者からの毎月の料金収入は 4,200VND (\$0.30) に過ぎない。これは、農民の負担可能額をはるかに下回る。しかし、農民の経済的負担を軽減するという政策がとられている限り、これより高い電気料金を課すことは困難である。この場合、料金収入の不足を埋めるために、かなりの額の補助金投入が必要となるが、この点については政府関係者の間でも十分に理解されている。一方、バッテリー充電料金は、市場価格に基づき 1 回 3,000VND (US \$ 20)程度 になるだろう。

一般的に、電化後は夜間作業が可能となり各家庭では収入が増加する。しかし、発電所の運転開始前にはこの点はあまり良く確認されていない。さらに、収入獲得のためオフピーク時間帯（昼間）の電気を利用した生産活動が発展すると、コミュニオン全体が便益を受けることになる。off-grid 電化計画を立案する人々には、こうした収入増加のための電気利用についても考慮することが求められている。

### 3-2-2 費用分担と経済性評価

#### (1) マイクロ水力

一般的規模である 5kW マイクロ水力発電所から低圧配電(220V)により(ミニグリッド化)、半径 1-2 km の範囲の 100 世帯に電力供給することを想定した。さらに、バッテリー充電装置を設置し、充電料金を徴収することでより多くの収入を得る。開発コストの目標は\$10,000 であり、kW 当たり\$2,000 である。

キャッシュフロー分析によれば、初期費用に関して 50% の補助金が与えられれば、設備は財務的に sustainable と言える。言い換えれば、初期費用の半分がカットされれば、利用者からの料金収入で初期費用の返済分（補助後）と設備の耐用年数にわたる O&M 費用をカバーすることができる、ということである。この補助金額、すなわち投資総額の 50%は常識的なレベルである。さらに、クレジットを貸与するベトナム政府や PPC は、返済された資金をレボルピングファンドのような特別会計として保持し、新たな地方電化事業へ再投資することができる。このように、以上のアプローチは村落規模のマイクロ水力開発における費用分担と財務管理についてのひとつの有効なシナリオを示していると言える。

表 3 財務評価の要約—5 kW マイクロ水力

Capital investment		\$10,000 (150 million VND)	
Subsidy		\$5,000 (50% of capital)	
Plant life		20 years	
Electricity demand per household		200Wh/day/HH in year 1 5% increase per year until year 8	
Number of connected households		100 households in year 1 2% increase per year until year 8	
Discount rate		6 %	
Cash out	O&M costs	\$20/year	Operation and maintenance cost including lubrication
		\$67 (1millionVND)	Parts replacement cost in year 5 and 15
		\$670 (10millionVND)	Overhaul cost of turbine and generator in year 10 and 20
	Administrative costs	\$20/month	Operator's salary and miscellaneous costs
Cash In	Tariff revenue	700VND/kWh	6kWh/month /HH in year 1 (200Wh×30days=6kWh)
	Charging Revenue	3,000VND/charge	4 users/day×30days 3~4 charge/month/HH
NPV		2.7 million VND	
FIRR		6.45%	



## (2) 太陽光発電 (PV)

ここでは、1.5kW の典型的なバッテリー充電設備によって 40 世帯以上が裨益することを想定する。投資コストは \$7,000、kW 当たり \$4,666 でマイクロ水力よりかなり高い。なお、3kW の設備で 100 世帯へサービスを提供する場合には、地理的に離れた利用者をそれぞれ対象とするよう、1.5kW 設備 2 基 が別々のサイトに設置されるであろう。太陽光発電設備は同容量のマイクロ水力設備よりもかなり大きな初期投資が必要となるため、財務的に実現可能とするためには、初期費用に関して 2/3 かそれ以上の政府補助が必要とされる。高い初期費用の最大の理由は、主要機材である太陽光モジュールが輸入品であり、その単価が世界市場において依然として高いことである。

表 4 財務評価の要約—1.5 kW PV BCS

Capital investment		\$7,000 (105 million VND)	
Subsidy		\$4,667 (66.7% of capital)	
Plant life		20 years	
Number of users		40 household in year 1 2% increase per year until year 10	
Charging frequency		40 times/year/HH in year 1 5% increase per year until year 10	
Discount rate		6 %	
Cash Out	O&M costs	\$15/year	Parts replacement, etc.
	Administrative costs	\$15/month	Operator's salary and miscellaneous costs
Cash In	Charging Revenue	3,000VND/charge	50Ah size battery
NPV		14.9 million VND	
FIRR		10.08%	

### 3-2-3 資金計画

ヴェトナム政府は、off-grid 地方電化の推進のために十分な資金を確保することが求められる。先に述べたように、典型的な off-grid 事業にかかる費用は約\$10,000 であり、初期費用を住民が負担可能な額まで引き下げよう、この費用の半分以上については補助金を投入する必要がある。この条件が満たされれば、補助金投入後の初期費用について、ユーザーによる返済が可能となる。

一般にヴェトナム政府や PPC にとって、このように小規模な事業への資金調達是比较的容易である。例えば、政府は 2000 以上の貧しいコミュニティを対象に、主にインフラ整備を支援する「135 プログラム」を実施している。各コミュニティへの年間予算は\$20,000 ~\$40,000 である。この 135 プログラム資金を利用することで、小規模な off-grid 電源は十分開発可能

である。さらに、世銀や国際協力銀行（JBIC）がそれぞれ、off-grid 地方電化のための特別資金を準備している。これらの資金が近い将来利用可能となれば、政府と PPC はさらに資金的な選択肢が増え、off-grid プロジェクトへの投資をより積極的に行えるようになる。

プロジェクト資金に加え、マイクロファイナンス制度が整備されれば、低所得層の住民もこの制度を利用して接続費用を支払う、ピコ発電機やバッテリーをを購入する、等が可能となり、電気利用にアクセスすることができる。こうした制度の整備は、世帯電化率の向上にもつながる。

### 3-3 Off-grid 地方電化における関係組織

地方電化における組織的な側面としては、地方電化に関する一連の事業項目を円滑かつ確実に実施していくための組織をどのように形成するかという課題があり、プロジェクトの実施組織と電源の運営管理組織の双方について、十分検討される必要がある。Off-grid 地方電化の様々な条件に適した組織体制を整備することは、大変やりがいのある仕事である。

表 5 Off-grid 地方電化における組織と役割

Type of electrification	Project Planning & Implementation Body	Operating Body	Support Mechanism
<b>Village Hydro</b> (1-10kW class including battery charging)  <b>Village Solar</b> (Battery charging system with electricity supply at public facilities)	<b>Province /Department of Industry</b> responsible for project planning and implementation, making financial arrangements (provision of subsidy from state/provincial budget)	<b>Community Electricity Unit</b> responsible for daily operation and maintenance, tariff collection and accounting	<b>PC local offices/ independent off-grid service providers</b> for technical support & spare parts supply (back-stopping)  Micro-financing to help users
<b>Pico-hydro / Solar Home System</b>	Individuals		Market price, Micro-financing to help users

#### 3-3-1 政府の役割

EVN に代わって MOI と PPC が off-grid 地方電化の推進を担うことが期待される。これらの組織は、off-grid 電化の枠組み作りだけでなく、実際にプロジェクトの実施を担う。地方電化の初期段階では、民間セクターが off-grid プロジェクトの担い手となることは困難である。これは商業ベースでの事業実施が困難なためである。もちろん、長期的に見れば、民間セクターの参入も徐々に進むであろう。しかし当面は、資金措置、規則やガイドライン作り、さらにもっと重要である個々の発電所建設等を含む off-grid 電化事業については、中央政府と

PPC が推進していかなければならない。

### 3-3-2 住民の自主的な運営

運転開始後、off-grid 電源は村落組織に引き渡される。本調査におけるモデルプランにおいては、特定の選抜された住民による電源の基本的な運転・保守の実施を想定している。しばしば農村部で見られるような、技術的に故障個所の診断や修理が十分できないため運転を停止したまま長期間放置されるといった事態は避けなければならない。長期的持続可能性の確保のためにはメンテナンスを容易にする必要がある。また、地元の運転員は技術とマネジメントに関する一連のトレーニングを通じて、運転・保守に関する十分な知識を習得することが義務づけられる。しかし現実には、一部の故障修理については外部技術者に頼らざるを得ない。従って、外部機関を含めた機能的な支援メカニズムの確立も必要である。

### 3-3-3 off-grid 地方電化における組織開発

#### (1) Province と中央政府

EVN ではなく、PPC の工業局(DOI)が off-grid 電化に関して中核的な役割を担うことは明確だが、これまではほとんど off-grid プロジェクトの実施経験がない。DOI の技術者は off-grid 開発について経験・知識ともに不足しており、彼らの能力育成が緊急課題である。従って、DOI 技術者を対象とし、パイロット事業を組み合わせた適切なトレーニングプログラムが実施されれば、彼らが十分な知識と技術を蓄積し、今後の off-grid 地方電化事業において重要な役割を果たすことができるであろう。

電源の運転開始後は、PPC は住民に運転・保守を任せることが望ましい。このような業務を住民に任せることで、PPC は off-grid 地方電化プロジェクトの計画と開発という重要な任務に専念することができる。

#### (2) District

郡 (district) 事務所は仲介者またはコーディネーターとして機能し、off-grid プロジェクト推進のために、PPC 技術者の開発地点発掘への支援や、住民との話し合いなどの役割を果たすことが期待される。さらに、提案される電化計画について住民の理解を深め、また電源設置後の適正な設備管理を確保するため、住民に対して適切な説明や相談を行うことも重要な任務である。

#### (3) 村落における組織

Off-grid 地方電化の長期的成功の鍵となるのは、地元コミュニティの参画である。プロジェクト計画者と住民は、計画、設計、施工、試運転、運転というプロジェクトの各段階において、フルに参画すべきである。コミュニティによる参加・協力がなくては off-grid プロジェクトは容易に失敗してしまう。

利用者が維持管理を行うことは sustainable な off-grid 電化のための重要なポイントである。Off-grid プロジェクトでは、住民がグリッド延長事業よりも多くの作業を担うことが求められる。そこで Community Electricity Unit (CEU) という小グループを組織することを提案する。CEU は off-grid 電源の運転と維持管理を担う自主的組織であり、設備の日常運転、定期点検、料金徴収、簡単な故障修理などを効率的に行うことが期待される。CEU の法的立場は「協同組合」 または「インフォーマルな利用者グループ」のいずれでもよく、その任務は、物理的にも経済的にも電源を健全な状態に保ち、電気供給サービスを持続的に行うことである。グリッド延長の場合でも、利用者から電気料金を徴収する村落組織の設立を行うことはベトナムでは一般的である。したがって、このような組織体制やその機能について住民は慣れており、この点はベトナムで off-grid 地方電化を推進する上で有利な点である。

#### (4) サポート組織

Off-grid 電源の運転開始前には地方部の住民は電気に関する知識を全く有していないため、彼ら自身で外部専門家の技術支援なしに長期間にわたってシステムを維持管理できるとは考えにくい。予期せぬトラブルが発生した際には、CEU は特別な技術サービスを提供してくれる外部技術者に頼らざるを得ない。このような技術的バックアップの確保は、off-grid 電源の持続的運転のために必須である。この点に関し、EVN と Power Company (PC) が off-grid 事業を技術的にサポートする用意があることが確認されている。従って、CEU への技術支援を確保するために、EVN、PC やその他の関連機関による適正なサポートシステムを確立することが望まれる。

#### 3-3-4 ユーザー契約方式

1 基の off-grid 電源で電力を供給できる世帯数はさほど多くはないが、利用者の権利と義務を明確化するため電気供給サービスの契約書を交わすことを強く推奨したい。将来的に誤解や無知による問題が生じないよう、CEU と各利用者の責任範囲を明確に規定しておくことは極めて重要である。各利用者は工事直前には契約書に署名することが求められる。このため、計画段階において電気供給契約の条件と料金等について示し、合意形成しておくことが望ましい。また、計画段階で契約書への署名に同意する利用申込者数を確認することも重要である。このプロセスを省くと、設備容量の過不足や料金不払いといったトラブルが起きやすい。定期的な料金支払いが利用者の義務であることを書面上で再確認することは、過去の我々の off-grid プロジェクトでも料金のトラブルを少なくするために大変有効であった。

#### 3-3-5 トレーニング

CEU を対象とした off-grid 電源の運転・保守、マネージメントに関する集中トレーニングは、off-grid 事業の長期的持続可能性を達成するために欠かせないものである。このトレーニングは施工期間中に開始され、設備完成後も継続される。運転員が過去に学んだことを思い出し、技術を向上させるために、少なくとも完成後 2 年間はフォローアップトレーニングが必要である。

図 3は、off-grid プロジェクトにおける主要関連組織の役割と、技術などのノウハウと資金の流れを表している。

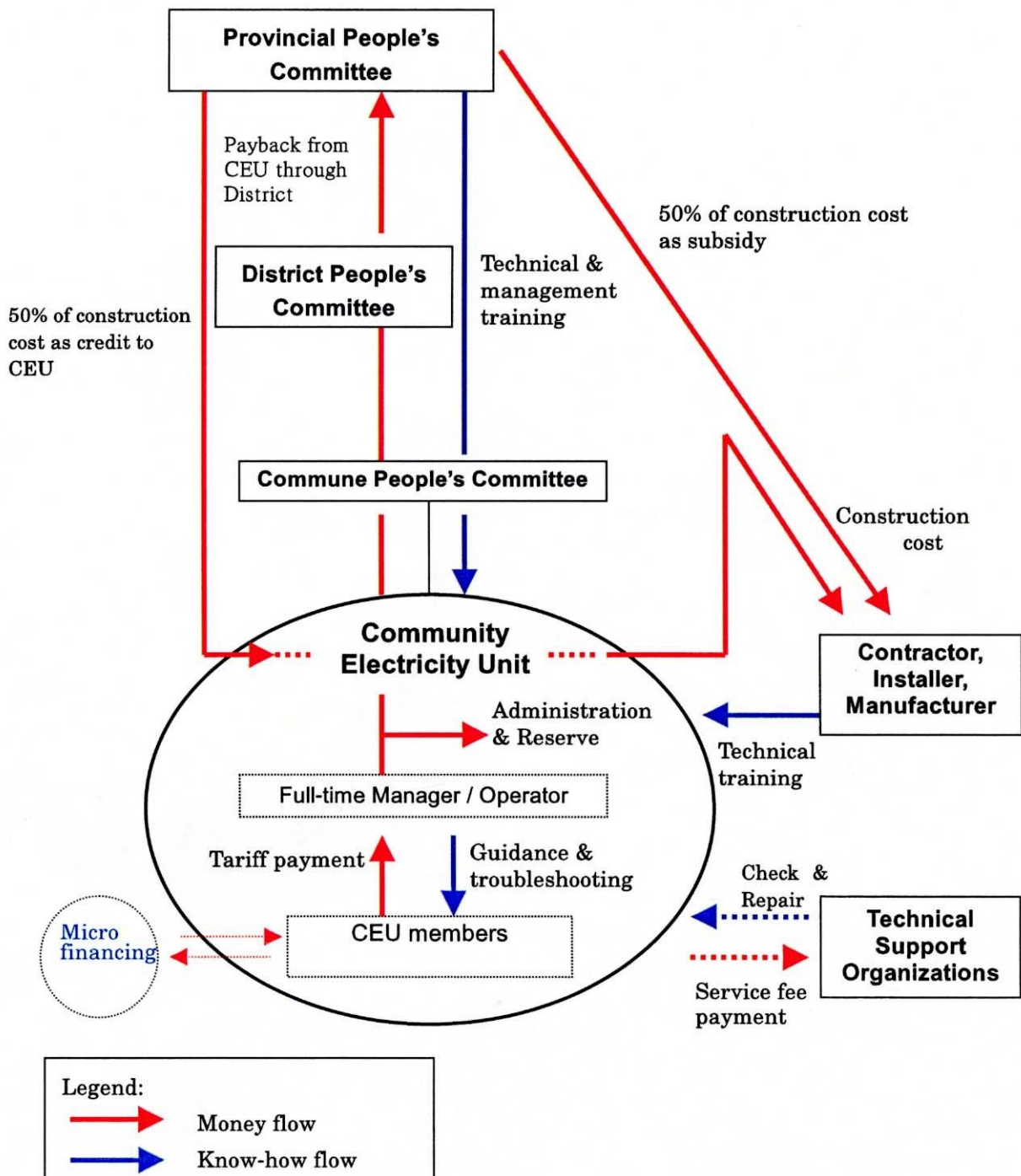


図 3 off-grid project (マイクロ水力) における典型的なノウハウと資金の流れ

図 3は、off-grid プロジェクトにおける主要関連組織の役割と、技術などのノウハウと資金の流れを表している。

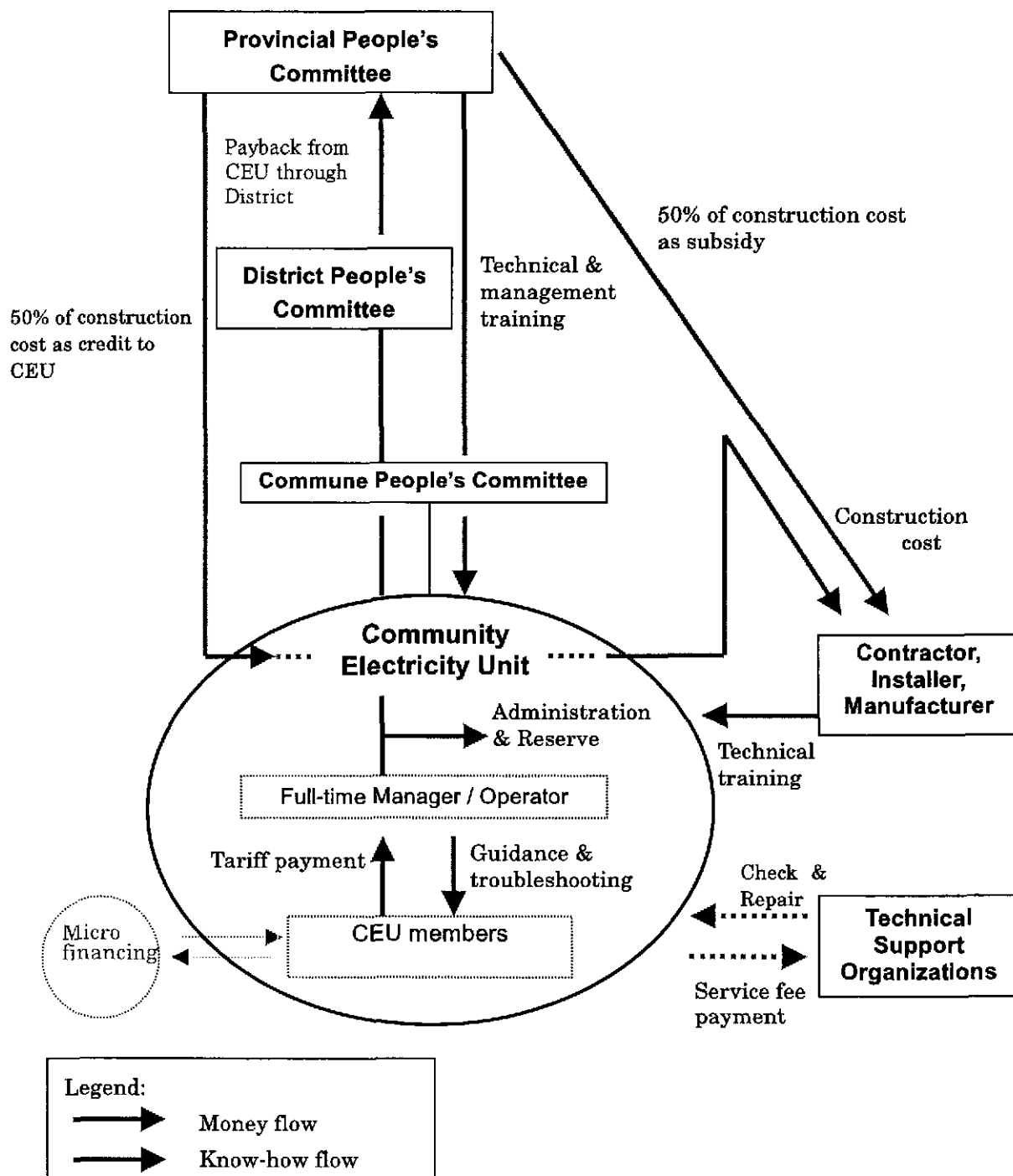


図 3 off-grid project (マイクロ水力) における典型的なノウハウと資金の流れ

### 3-4 技術

技術的側面については、遠隔地に適した適正技術を用いることが極めて重要である。技術的キーコンセプトは、「メンテナンスの容易さに留意した、シンプルで頑丈な設計」である。

#### 3-4-1 Village Hydro

本 JICA 調査では、戦略的開発アイデアとして、北部ベトナムに適した“Village Hydro”を提案する。この提案の具体化のため、ベトナム政府には必要な施策を講じることを推奨する。Village Hydro とは配電網への系統接続が難しい地方村落において、小水力資源を有効に活用することにより電力を供給する off-grid 電化方式である。Village Hydro の開発規模は、通常 200W から 20kW の間となる。これより大規模なシステムでは、維持管理および運営のための費用を地方村落は負担できない。また実際の電力需要規模も大規模な電化方式を必要とするほど大きなものではない。財務的に健全な地方電化を進めるためには、過大な設備を避けることが重要である。この開発戦略に合致した「小規模なマイクロ水力設備による段階的開発」が、Village Hydro の基本コンセプトである。本調査では、ベトナム国産技術に焦点を当てることにより低コストで頑丈な Village Hydro の設計を開発した。最終的な目標は、「事業費用の資金調達、建設、維持管理がいずれも容易に行える」システムを実現することである。

Village Hydro の供給範囲は比較的小さい。これは、通常 2km 未満である低圧配電の限度を超えて配電することが多くの資金を必要とするからである。供給範囲の外側に居住する村民はバッテリー充電を活用することが可能である。バッテリー充電設備は地方部においても入手が容易である。このバッテリー充電設備を発電所内に設置し利用することは、少額の追加投資により電化世帯数を増加させる現実的な方式である。

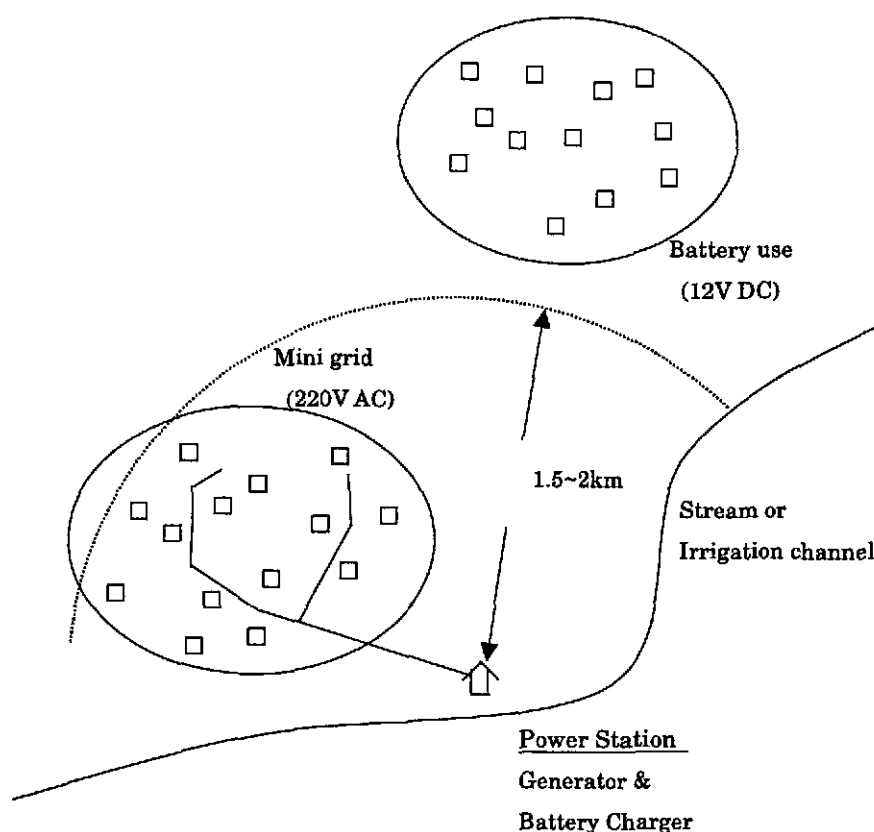


図 4 Village hydro による地方電化の概念図

(1) 発電設備

1) Village Hydro-1 (流れ込み式)

これは、取水堰、取水口、水路、水槽、水圧管路、水車、発電機、発電所建屋より構成される典型的な流れ込み式水力発電方式である。遠隔村落においても既存の灌漑用水路を見つけることは容易であり、これを改修することにより Village Hydro の水路として共用することができる。水車と発電機については、標準パッケージ化を図ることによりサイトの河川流量と落差データに基づき選定可能となっている。これにより、off-grid 地方電化推進の主体となる経験の乏しい開発者や村民は、難易度の高い水車および発電機の設計技術を省略して地方電化を進めることが可能となる。水車発電機に関して彼らは最適なパッケージを注文するだけで済む。水圧管路の建設はもうひとつの潜在的な問題である。これを解決するため、Village Hydro では鋼管の代わりに軽量かつ安価であり、十分な強度を有する PVC 管の使用を推奨する。



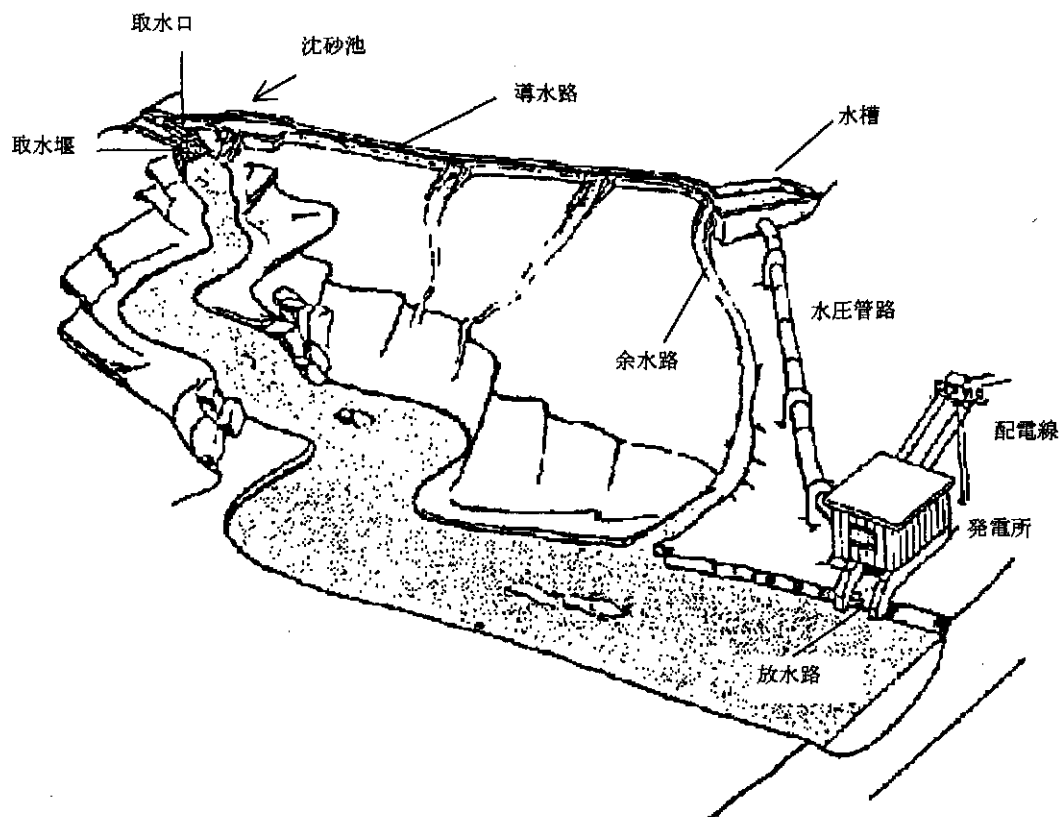


図 5 流れ込み式概念図

Village Hydro のポイントとなる技術のひとつは、ベトナムでは未だ広く知られていない自己励磁を活用することによりモーターを誘導発電機として使用する方式である。コスト低減に大きく寄与するこの方式は既の実証済みであり、開発途上国におけるマイクロ水力では基本的な技術として定着しつつある。

表 6 Village Hydro-1 の基本仕様一覧表

項目	仕様	摘要
1. 基本事項		
(1) 発電方式	流れ込み式	
(2) 出力	20 kW 以下	村落規模
(3) 総落差	50m 以下	最大使用落差は PVC 管内圧条件により設定
(4) 使用水量	0.20m <sup>3</sup> /s 以下	最大使用水量は PVC 管内径規格により設定
(5) 供給範囲	最大半径 2km	低圧配電における電圧降下条件により設定
2. 土木設備		
(1) 取水堰	石積コンクリート	既設灌漑用水設備を利用
(2) 取水口	石積コンクリート	既設灌漑用水設備を利用
(3) 沈砂池	鉄筋コンクリート	流水中の土砂成分がほとんどない場合は省略可
(4) 導水路	素掘	既設灌漑用水設備を利用
(5) 水槽	鉄筋コンクリート	灌漑と共用できる設計
(6) 水圧管路	PVC 管	軽量、低コスト、メンテナンスフリーの耐圧塩化ビニール管
(7) 発電機小屋	レンガ積	在来工法を活用
(8) 放水路	素掘	
3. 電気設備		
(1) 水車	一体型方式	ペルトン、ターゴインパルス、クロスフロー、プロペラ
(2) 発電機		モーターをコンテナ励磁誘導発電機として使用
(3) 自動制御		ダミーロードによる電子制御方式
4. 配電設備		
(1) 電圧区分	低圧 (220V)	
(2) 結線方式	単相	
(3) 供給電圧	220V - 198V	
(4) 周波数	50Hz ± 5%	

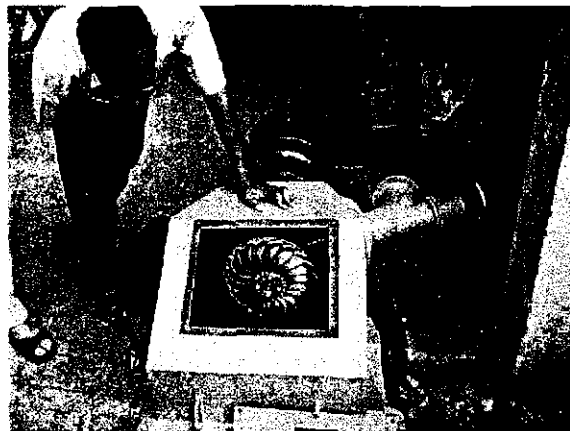


図 6 水車と発電機のパッケージ

## 2) Village Hydro-2 (ピコプラス水車発電機)

ピコプラス水車発電機は低落差サイト用に設計されたものであり、上限 2kW までの発電を行う方式である。低落差であることから流量は多く必要となるが、流量の確保が乾季には困難な場合もある。このピコプラスは、地方で容易に入手できる 100W クラスの超小型水車発電機（ピコ hidro 発電機）と同様のプロペラ水車および発電技術を適用している。ピコプラス水車発電機は、基本型式は永久磁石による発電方式となるが、小さな誘導モーターを発電機として使用することもできる。また、特殊水路（Flume）により水流を水車へ導く方式であり、水圧管路や入口弁は省略されている。

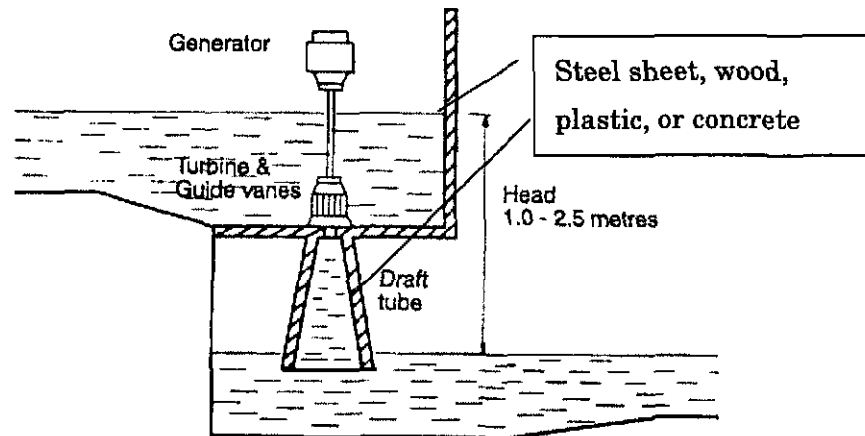


図 7 ピコプラス発電機の設置方法

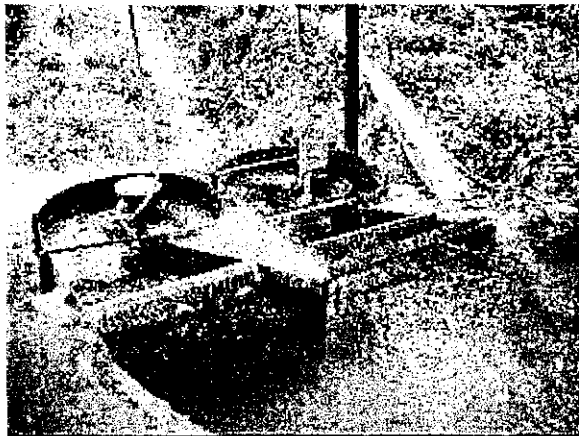


図 8 ピコプラス試作機（各 1kW）の作動状況

### (2) 自動制御

このような Village Hydro の発電システムは、両方式とも電圧を 220V に安定させる電子制御装置（コントローラー）を装備している。発電電圧は、水車側で需要負荷をほぼ一定に保

つことにより制御される。すなわち、コントローラーは村落負荷の変動に合わせてダミーロード（抵抗）で消費される電力を自動的に補正し、全負荷を一定に保つことにより発電出力を一定に制御する。これにより常時定格発電が可能となり、発電システムの安全性および信頼性が向上する。

### (3) 配電設備

遠隔地域では家屋が点在しているため、配電設備は初期投資額において大きな割合を占める。高圧配電設備は経済性と維持管理の面で適切とは言えないため、Village Hydro では基準電圧 220V の低圧配線を採用する。配電設備の供給範囲は、配電線の末端における利用可能電圧によって決まる。より大きな径の線種を適用すれば供給範囲は拡大する反面、設備費用は上昇する。

### Village Hydro の技術的特徴

- ①パッケージ化した水車と発電機
- ②電圧の電子制御装置
- ③モーターの誘導発電機としての利用
- ④低圧 (220V) ミニグリッド化
- ⑤供給範囲外の住民へのバッテリー充電サービス

Village Hydro の必要資機材の全ては、ヴェトナム国内での製造が可能である。

### 3-4-2 Village Solar

太陽光発電(PV)は、対象コミュニティにおいて水力資源が得られない場合にのみ、検討すべきである。PV は太陽光を直流電気に直接変換するものである。PV の規模は「ピークワット：Peak Watts (Wp)」という単位で表される。ピークワットの数値はピーク日照時の PV 出力を表す。太陽電池 (PV モジュール) が変換した電気は電気化学的な蓄電池に蓄えられる。このバッテリーは、日中に太陽電池から電気を充電され、夜間に照明やその他の電気器具に充電された電気を放出する。地方電化における太陽光発電の最大の強みはその運転と保守が容易なことである。遠隔地の住民は適正なトレーニングを受ければ、容易にその管理方法を習得することができる。

PV のシステム機器は依然として比較的高価なものであり、さらに利用者は 2~3 年ごとにバッテリー交換が必要である。こうしたことが、途上国の農村部での PV システムの家庭利用の普及を妨げる理由となっている。しかし、PV のコストは継続的に下がってきており、LED ランプのような新製品も出現している。ヴェトナム北部において PV システムを導入する場合の基本コンセプトは次の通りである。

### (1) モジュール設計

未電化コミュニティの off-grid 電化のために導入する PV システムは、当初は限られた利用可能世帯の需要を充たす小規模で低コストなシステムとする。この目標と将来の普及拡大を達成するため、集中型よりもむしろ分散型の小規模システムを開発するためのモジュール設計方式を提案する。大がかりな土木工事が必要な水力発電と異なり、PV は現地の地点状況に左右されず、容易に設置可能である。

### (2) 信頼性の高い機器使用によるメンテナンスフリー

バッテリーを除き、PV システムは基本的に最小限のメンテナンスで済むよう設計されている。システムで使用する機器は機械部品がなく、小型軽量の電子機器である。そのため、信頼性の高い製品を使用すれば殆ど故障は発生しない。この点は、長期に亘る PV システムの低コストでの運転を実現するための重要な鍵となる。

### (3) 公共システム - Village Solar

本調査においては、対象地域の厳しい経済状態を考慮し、村落レベルの電化のため、ソーラーホームシステム (SHS: Solar Home System) とバッテリーチャージシステム (BCS: Battery Charging System) を組み合わせた公共システムを提案する。このシステムは、個人利用者 (BCS による) と同様に公共施設にも電力供給 (SHS による) を行うことから、Village Solar と名付ける。BCS はコミュニティや村落の事務所付近の空きスペースに設置することが望ましい。

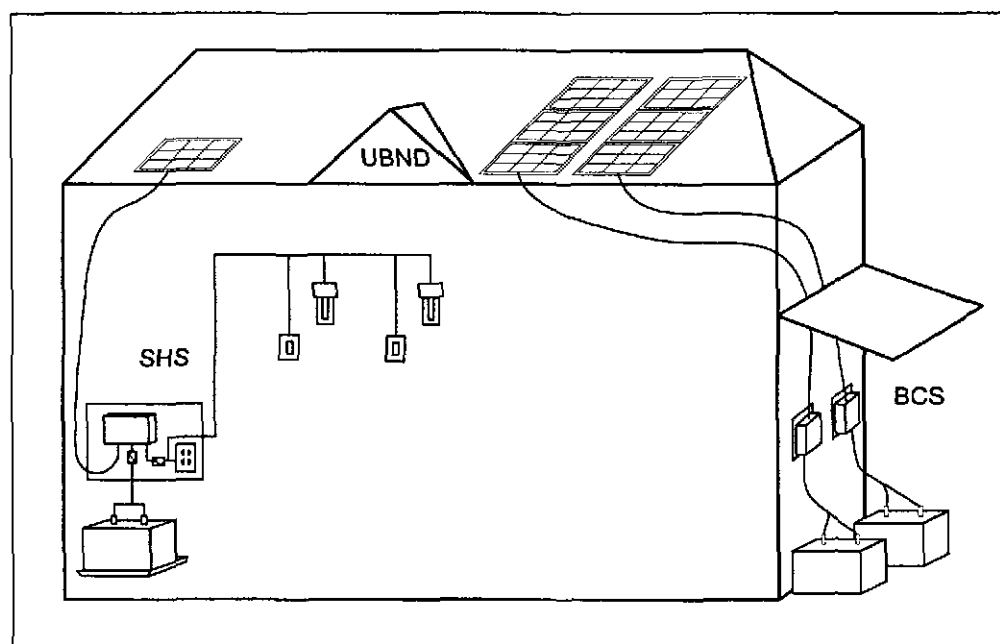


図 9 典型的な公共システム : Village Solar

### Village Solar の技術的特徴

- ①公共施設の SHS は照明、ラジオ等（住民への連絡用の拡声器等の機器も含む）の基本的電力需要を充たす。
- ②BCS は個人バッテリー利用者への充電サービスを行う。

主なシステム構成機器は現状では全て輸入品であるが、一部の機器について国内メーカーによる製造が模索されている。

## 第 4 章 Off-grid 地方電化に関する戦略的提言

### 4-1 Off-grid 地方電化の推進における課題

これまでのところ、ベトナムにおいて Off-grid 地方電化プロジェクトが実施された例はほとんどない。このように事業実施が不活発であるのは以下の点に起因している。

- 1) 事業計画の出発点である、小水力ポテンシャルサイトについての体系的調査がこれまで行われてこなかった。
- 2) 省レベルから郡やコミュンレベルまでの組織体制や、off-grid 地方電化の計画・実施のための資金的措置が未整備であった。
- 3) マイクロ水力発電や太陽光発電などの新技術について国内技術力が十分に確立されていなかった。

以下の表に基本的課題をまとめた。

表 7 3 側面から見た段階別問題点

	計画	施工	運転
資金	Province レベルで調査 予算・設計費などが不足	135 プログラム資金の off-grid 電化への活用は可能だが、事例はわずか。  海外ドナーとの基金や融資制度が協議中	住民負担の料金水準に政府の規制  マイクロファイナンス制度が未整備
技術	Province レベルの技術者が経験不足	新技術の国産化が未完成	運転・保守の国産技術が未完成
組織	Province の DOI と EVN などの連携体制が未整備	専門知識のある施工業者が少ない	CEU へのトレーニングプログラムが未整備  運転管理に関する外部組織との連携体制が未整備

我々の提案した off-grid モデルプランはいくつかの新技術を含んでいるが、ベトナムには技術的ベースが備わっている。このため、国内機器メーカーや施工業者は、Village Hydro や Village Solar に必要な技術を短期間で習得することができると考えられる。

資金問題については、off-grid プロジェクトは小規模なものであり、必要な事業費は\$10,000～\$20,000 程度である。Off-grid の電源により裨益する住民は、いくらかの電気料金を支払

い、その資金で少なくとも運転コストをカバーすることができる。政府は初期投資コストを下げるために補助金を投入する必要がある。補助金を除いた初期投資コストの残りについては住民が負担し、長期間で返済することとなる。以上のような資金措置は 135 プログラムのような農村開発プログラムが適用されれば十分実現可能である。加えて、海外ドナーの off-grid プロジェクトへの資金支援も加速化してくるだろう。

以上のような考え方にに基づき、ベトナム北部の農村地域の条件に適した小規模 off-grid プロジェクト(Village Hydro や Village Solar)を政府が推進することを勧告する。潜在的課題は人的資源に関するものである。Off-grid 地方電化の中核となる PPC 技術者を主要な対象として、off-grid プロジェクト推進のための戦略プランを作成していく必要がある。また、村落住民の活用もまだ不十分である。適切なトレーニングを受ければ、村落住民自らの手で off-grid 電源の維持管理に係る様々な作業を行うことができる。電源が引き渡された後には、いずれにせよ彼ら自身で運転管理していかなければならないのである。

## 4-2 Off-grid 地方電化の戦略

### 4-2-1 行動計画（アクションプラン）

モデルプランに基づく off-grid 再生可能エネルギープロジェクトを推進し、ベトナム北部における off-grid 地方電化の目標を達成するためには、ベトナム政府と各省人民委員会に次のようなアクションの実行を期待したい。

#### 2002-2003 (準備段階)

各省人民委員会 (PPC) の技術者のキャパシティビルディングと国内企業の技術力向上のため、パイロット事業を実施する。

候補コミュニティを選定し、設計と資金措置を含む開発計画を立案する。

#### 2004- (実施段階)

様々なソースの基金を活用し、作成した計画に基づく off-grid プロジェクトを実施する。これにより、PPC 技術者が Off-grid 開発に関するノウハウと経験を蓄積することができる。

村落住民が off-grid 計画を推進できるよう、off-grid 技術の普及に努める。

民間企業の off-grid 事業市場への参入は、必要投資額が大きく短期間の回収が困難なため、まだ時期尚早である。Off-grid 電化においても農村部の電気料金は、実質的に規制されていると言える。従って、農村住民の所得水準が向上するまで、公的セクターがしばらくの間、中心的役割を果たすことが期待される。これに関連し、PPC は地方部の状況と資源を考慮したモデルプランに基づき off-grid 事業を実施する。さらに、本報告書で提案した事項については



業の実施はこの点で大いに役立つものである。また、国レベルでも電力問題を所管する MOI に設置された off-grid 地方電化推進の中核組織(Management Board)と各省(province)の協力体制の確立を図ることが必要である。ベトナム国内のメーカーや施工業者については、off-grid 事業の過程において成長しうる十分なポテンシャルを有しており、将来的には事業の上で重要な役割を果たすであろう。ベトナム政府は、より高い持続可能性の確保の観点から、例えば、製造業者や施工業者に対し、運転開始後の住民へのトレーニングや定期点検を確実に行わせるなど必要な施策を講じることが望まれる。

利用者サイドについては、維持管理組織として提案された CEU は農村部における一般的な組織形態に準じており、その設立や業務実施に問題はない。しかし、いくつかの業務内容は住民にとって初めてで複雑なものであり、彼らが心配なく日常業務を行えるように、十分に検討されたトレーニングを実施することが重要である。

#### 4-2-2 提言まとめ—今後の施策について

こういった問題意識から、ベトナム政府として Off-grid 地方電化の推進のため、以下の施策を、適切な時期に講じることがを勧告する。

##### 1) 資金の確保

- ・ドナーによる資金援助措置の具体化
- ・Off-grid 事業の開発費補助の原則を明確化
- ・マイクロファイナンス制度の整備

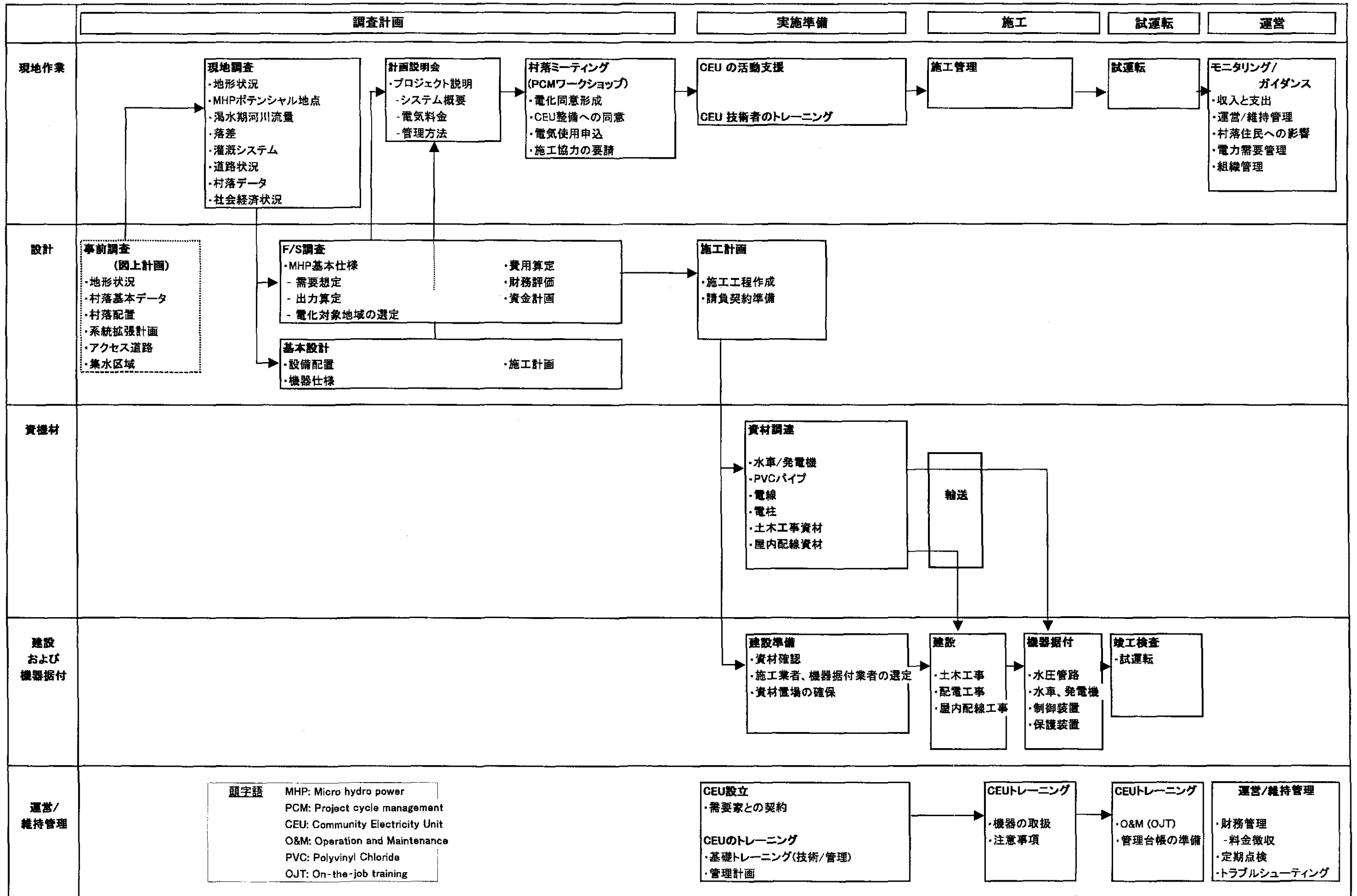
##### 2) 技術開発

- ・パイロット事業の実施
- ・技術マニュアルの整備
- ・Off-grid 関連機器の国内開発と品質向上

##### 3) 組織体制の強化

- ・PPC 技術者の能力強化 (キャパシティビルディング)
- ・政府と province の連携強化
- ・EVN や PC の外部支援体制の確立
- ・利用者組織 (CEU) の運転・管理マニュアルの整備

# Village Hydroによる分散型地方電化基本作業フローチャート



Village Solarによる分散型地方電化基本作業フローチャート

