

国際協力事業団

ミャンマー国電力省
ミャンマー電力公社

ミャンマー国
農村地域における再生可能エネルギー導入調査

最終報告書

第1巻

要約

平成15年9月



日本工営株式会社
財団法人 日本エネルギー経済研究所



鉦調資

JR

03-102

ミャンマー国・農村地域における再生可能エネルギー導入調査

最終報告書

レポート構成

- 第1巻 要約
- 第2巻 主報告書： 調査概要
- 第3巻 主報告書： 地方電化ガイドライン
- 第4巻 主報告書： 持続型小水力マニュアル
 - 4-1 小水力運転保守マニュアル
 - 4-2 小水力設計マニュアル
 - 4-3 村落水力設計マニュアル
 - 4-4 制度・財務面
- 第5巻 主報告書： 開発計画

再生可能エネルギーによる地方電化データベース（CD）

ミャンマー国・農村地域における再生可能エネルギー導入調査
最終報告書
第1巻 要約

目次

1.	JICA 調査	1
1.1	JICA 調査の目的	1
1.2	JICA 調査の実施協定	1
1.3	カウンターパート機関および実施主体	1
1.4	調査のフェーズ分け	1
1.5	ミャンマー国地方電化の背景	2
2.	地方電化ガイドライン	5
2.1	はじめに	5
2.2	地方電化の需要	12
2.3	地方電化推進ポテンシャル	14
2.4	地方電化事業の財務	17
2.5	地方電化推進戦略(案)	19
2.6	地方電化推進のために必要な対策	20
3.	持続型小水力マニュアル	29
3.1	マニュアルの構成	29
3.2	小水力運転保守マニュアル	29
3.3	小水力設計マニュアル	29
3.4	村落水力設計マニュアル	29
3.5	制度・財務面	30
4.	優先開発計画	31
4.1	電化事業の特定	31
4.2	優先計画の選定	31
4.3	ヘーホー小水力によるニャンシュエ市電化計画	32
4.4	ミニ水力によるナムラン郡電化計画	32
4.5	モミガラガスエンジン発電によるサマラウ村簡易電化計画	33
5.	再生可能エネルギーによる地方電化データベース	34
6.	結論と提言	36

付表リスト

表 1	ミャンマーの電化水準.....	4
表 2	ミャンマー国電力セクターおよび地方電化実績概要.....	5
表 3	州 / 管区別地方電化需要概算	13
表 4	ミャンマー国内小水力工場および設置実績	15
表 5	支払意思額(WTP)と支払可能額(ATP)	16
表 6	想定地方電化速度と資金需要試算	18
表 7	地方電化の主要役割の担当組織(案).....	20
表 8	人材育成の必要な分野と育成オプション	25
表 9	再生可能エネルギー源の予備選定表.....	28

付図リスト

図 1	作業フェーズと流れ	2
図 2	平均年降雨量の等雨量線図	3
図 3	MEPE の組織図.....	6
図 4	ミャンマーにおける地方行政階層.....	7
図 5	MEPE の中央電力系統.....	9
図 6	持続型地方電化のための制度システム(案)	21
図 7	MEPE 地方電化課の新設提案.....	22
図 8	MEPE 地方電化課の組織(案).....	22
図 9	現行の法的枠組み	23
図 10	電気料金の国際比較	26
図 11	地方電化データベースのメインメニュー	35

略語

組織

JICA	Japan International Cooperation Agency
MADB	Myanma Agricultural Development Bank
MEPE	Myanma Electric Power Enterprise
MPBANRDA	Ministry for Progress of Border Areas and National Races and Development Affairs
MOC	Ministry of Cooperatives
MOEP	Ministry of Electric Power
NCEA	National Commission for Environmental Affairs
SPICL	Sein Pann Industrial Production Co-operative Limited
USDA	Union Solidarity and Development Association (an NGO)
VEC	Village Electrification Committee
VPDC	Village Peace and Development Council
VWSDC	Village Water Supply Distribution Committee

経済・財務

ATP	Ability to Pay
WTP	Willingness to Pay

単位

kVA	kilo Volt ampere
kWh	kilo-Watt-hour
K	Currency unit of Myanmar (Kyat)
US\$, \$	Currency unit of USA (US dollar)

その他

BCS	Battery Charging Station
IPP	Independent Power Producer
NGO	Non Governmental Organization
O&M	Operation and Maintenance
RE	Rural Electrification
SHS	Solar Home System

為替レート

特記のない限り US\$ 1.00 = K500 = Yen 120 (May 2001)
US\$ 1.00 = K1,000 = Yen 120 (May 2003)

要約

このレポートは、「ミャンマー国・農村地域における再生可能エネルギー導入調査(以下 JICA 調査)」により判明した事項と調査結果概要をまとめたものである。JICA 調査は、2001 年1月に開始し、2003 年9月に完了した。

1. JICA 調査

1.1 JICA 調査の目的

JICA 調査では、ミャンマー国の農村地域において、再生可能エネルギーを電源とする地方電化推進を目的として、以下の調査を実施した。

- 再生可能エネルギーによる地方電化推進のためのガイドライン作成
- 優先開発計画作成
- 既存小水力発電所のモニタリングを行い、その結果に基づいて小水力発電所の運転・保守マニュアルの作成、および優先開発計画の作成を通じて設計マニュアルの作成
- 調査期間中に収集された全ての情報と資料をまとめ、参照が簡便で、ミャンマー側カウンターパートが更新可能な、地方電化データベースの作成

技術ノウハウの移転は、JICA 調査のもうひとつの重要な目的である。技術移転は、技術分野に限らず、制度・組織、電気料金、地方電化事業の運転・保守の分野も含む。これらは、調査の全工程にわたって実施した。

1.2 JICA 調査の実施協定

JICA 調査は、平成 12 年 9 月 21 日にミャンマー国・電力省(MOEP)、ミャンマー電力公社(MEPE)、および JICA 事前調査団によって署名された S/W および M/M に基づいて実施した。

また、JICA S/W ミッションおよび MOEP 間で平成 14 年 8 月 23 日にヤンゴンで会議が開催され、「当初計画されていたパイロットプロジェクト実施の代替として、既設小水力発電所のモニタリングを実施する」ことが合意され、これを受けてモニタリングが実施された。

1.3 カウンターパート機関および実施主体

JICA 調査のカウンターパートは、本調査のミャンマー側責任機関である電力省であり、実施主体は MEPE である。

1.4 調査のフェーズ分け

JICA 調査は、図1に示すように2つのフェーズに分けて実施した。

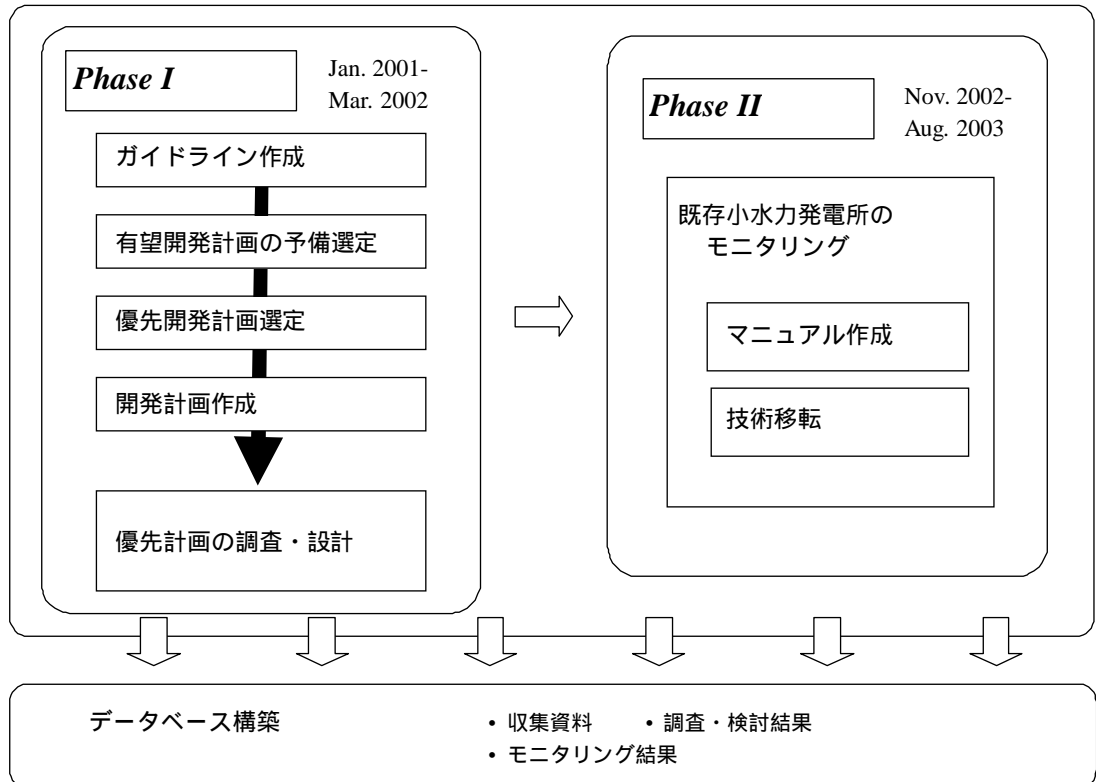


図1 作業フェーズと流れ

1.5 ミャンマー国地方電化の背景

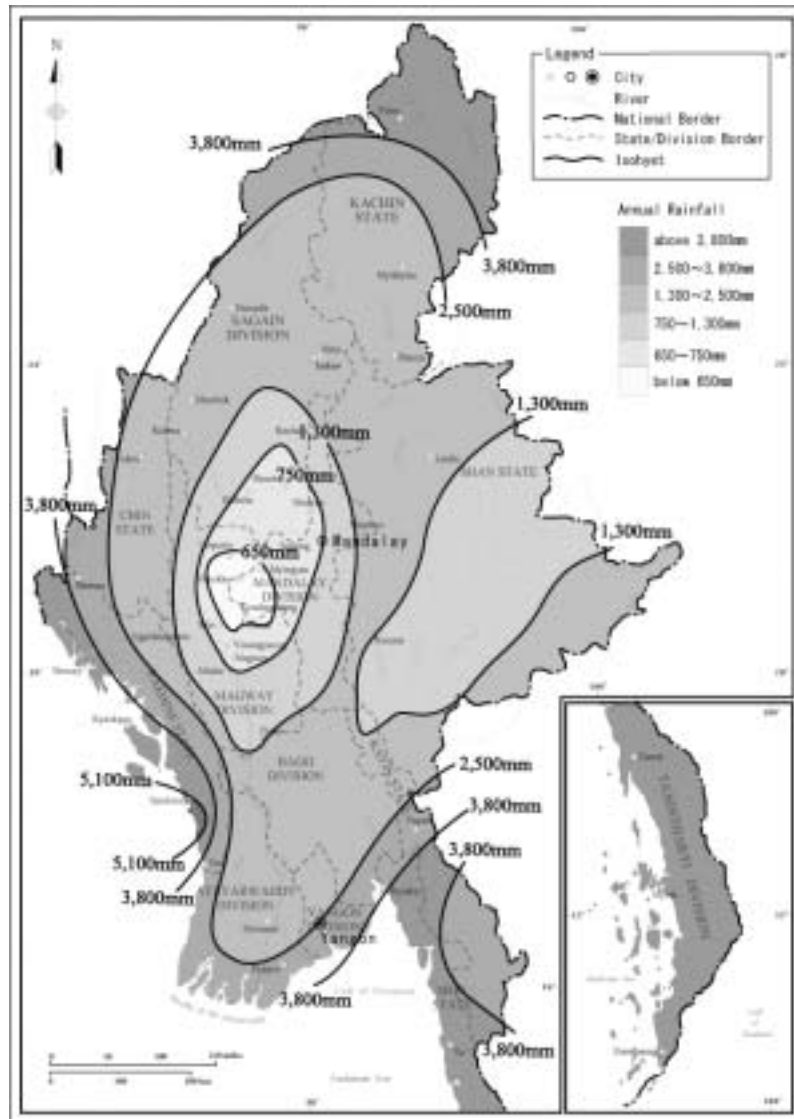
地理

ミャンマーの国土面積は 67.6 万 km²、人口 4,640 万人 (1997/98 推定値)、1 人当たり GRDP 161 ドル (2000 年、IMF 推定値)、識字率 84 %、平均寿命は男 61 才、女 64 才 (出典: Statistical Yearbook 2000, CSO) である。

土地利用は、保全林 1,250 万 ha、耕作地 967 万 ha、林地 2,027 万 ha などであり、水田として 621 万 ha が耕作され、1999 年には 1,980 万トンのモミを生産した。

気候

ミャンマーはモンスーン気候帯に位置するが、その北部 3 分の 1 は、亜熱帯から温帯気候に属する。南部 3 分の 2 は、高温・湿潤の熱帯気候に分類される。降雨量は地域と高度によって異なる。図2に示されるように、年降雨量は、中央乾燥地帯 (CDZ) では 650 mm 未満で全国最小となる一方、沿岸地域では 5,000 mm 以上を記録している。風は一般に強くないが、ラカイン州では季節風と潮流の影響を受けることから、平均 2.5 m/s 以上と、ミャンマーとしては比較的速い風速が記録されている。太陽光日射量は、平地部では 5 kWh/m²/day 以上と高いが、高原地帯では雲にさえぎられるために 4.5 kWh/m²/day とやや低くなる。



出典：DOMH

図2 平均年降雨量の等雨量線図

社会経済

ミャンマーの人口は2001年推定では5,100万人強である。このうち地方人口は約75%を占め、このほとんどが農業生産に従事している。セクター別GDPでは、農業が34%とトップであり、次に貿易が20%、加工製造業が9%と続く。加工製造業は低成長であり、過去10年の年成長率は0.2%に過ぎない。これは不十分な電力供給が原因のひとつとされている。

ミャンマーにおける地方電化の現状

ミャンマーの電化水準を見ると、都市と地方の格差が著しい。中央統計局の世帯収入・支出調査によると、全国平均で、全世帯の37%が電化されているが、24%はバッテリー簡易照明に依存している。都市部(Quarter/Ward)に限れば72%が電化されているが、

10%はバッテリー照明を使用している。地方部（Village Tract）では、18%が電化されているが、32%はバッテリー照明に依存している。都市部では、マグウェイ管区の電化水準が最も高く、93%の世帯が電気を享受している。一方、地方部ではラカイン州が最も低く、2%の世帯しか電化されていない。

表1 ミャンマーの電化水準

州・管区	県数 (District)	郡数 (Township)	村数 (Village Tract)	人口	電化率 (%)		
					都市部	地方部	全体
カチン州	3	18	616	1,202	63.7	9.0	25.0
カヤ州	2	7	79	246	64.3	50.3	54.1
カイン州	3	7	377	1,403	57.6	20.1	24.3
チン州	2	9	476	458	92.2	38.6	47.1
サガイン管区	8	38	1,816	5,180	90.9	42.2	61.4
テニンサリー管区	3	10	263	1,269	50.3	11.6	31.6
バゴ管区	4	28	1,409	4,848	82.1	27.5	46.7
マグウェイ管区	5	25	1,543	4,301	92.5	19.1	36.7
マンダレー管区	7	30	1,567	6,188	65.6	3.2	22.1
モン州	2	10	381	2,337	28.8	25.2	27.4
ラカイン州	5	17	1,041	2,610	41.0	2.3	18.5
ヤンゴン管区	4	45	677	5,295	67.3	9.9	49.9
シャン州	11	54	1,627	4,629	55.1	13.1	30.5
エヤワディ管区	5	26	1,920	6,436	49.7	4.4	8.7
合計	64	324	13,792	46,402	71.6	17.7	37.0

出典：以下の資料からJICA調査団が編集

Number of District and Township: "Myanmar Facts and Figures", Min. of Information (March 2000)

Population in 1997: Statistical Yearbook 2000, Central Statistical Organization (CSO)

Number of Village Tract: "Districts, Townships, Towns, Quarters, Village Tracts and Villages in the States and Divisions", Administration Department, Ministry of Home Affairs

Electrification level: Report of 1997, Household Income and Expenditure Survey, CSO, 1999

2. 地方電化ガイドライン

2.1 はじめに

電力セクター

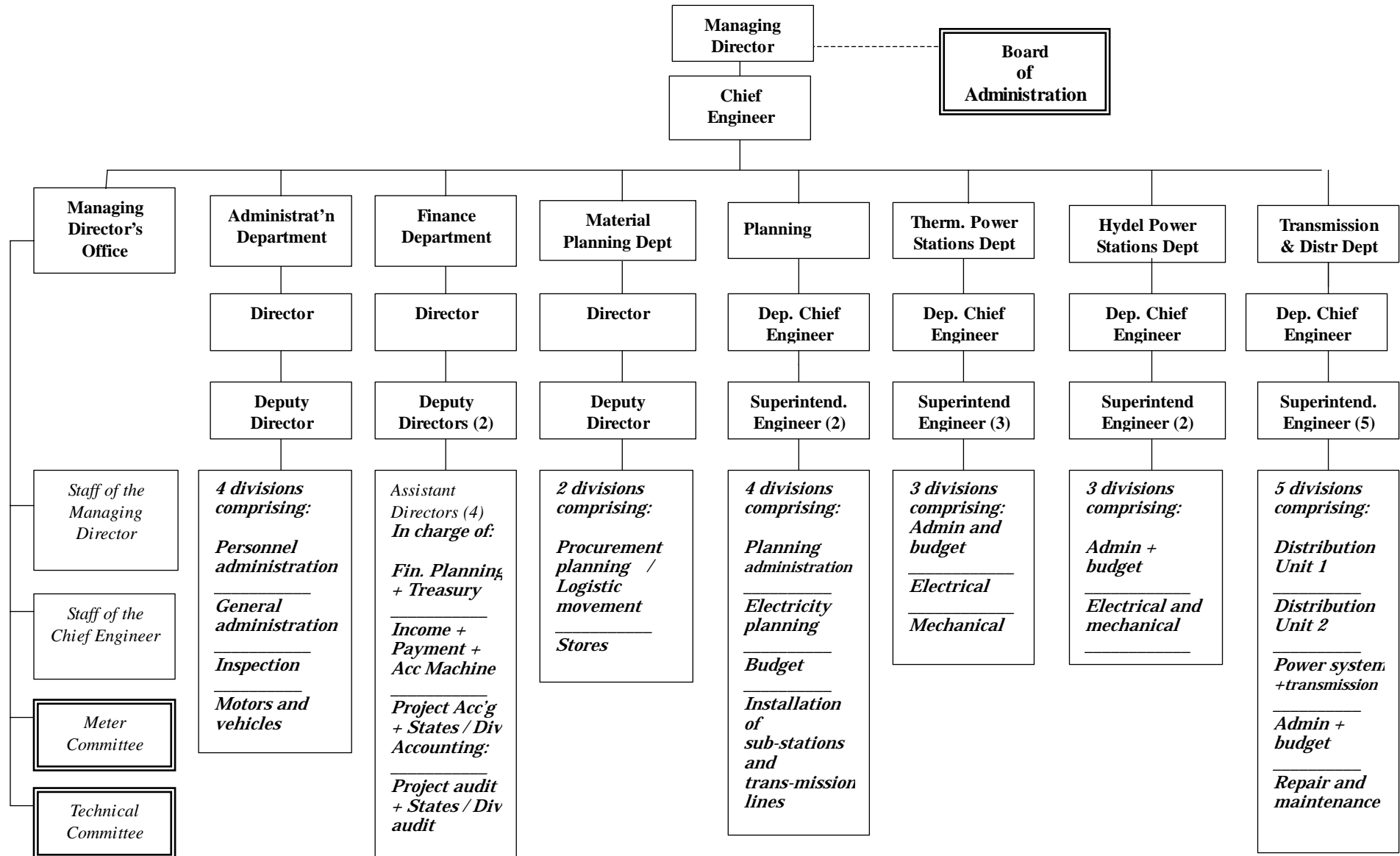
ミャンマーの電力セクターは、電力省（MOEP: Ministry of Electric Power）が管轄しており、その傘下に電力政策を策定する電力局（DEP: Department of Electric Power）、水力計画の調査・設計・建設を担当する水力総局（DHP: Department of Hydroelectric Power）、火力発電所の建設、水力・火力発電所の運転・保守、送配電網の建設・維持管理、および料金徴収等の電気事業運営を担当するミャンマー電力公社（MEPE: Myanma Electric Power Enterprise）がある。MEPEの組織図を図3に示す。

現政府体制が発足した1988年の電力セクターの実績値と、2000年度推定値を比較すると、下表に示すように着実に改善している。

表2 ミャンマー国電力セクターおよび地方電化実績概要

項目	1988年度	2000年度	備考
契約需要家数	60万	103万	年増加率 4.6%
電化済み Township 数	287	323	1996年度に全 Township の電化達成
電化済み村落数	749	1,117	全国の村落数 13,792 の 8.1% (村落電化率)
発電設備容量	707 MW	1,172 MW	年増加率 4.3%
内水力	229 MW	360 MW	3.8%
内ヤンゴン周辺火力	110 MW	465 MW	12.8%
常時ピーク出力	407 MW	716 MW	年増加率 4.8%
ピーク電力需要	332 MW	1,005 MW	年増加率 9.7%
年発電量	2,226 GWh	5,020 GWh	年増加率 7.0%
年販売電力量	1,428 GWh	3,715 GWh	年増加率 8.3%
11-33-66 kV 配電線延長	4,837 miles	7,915 miles	年増加率 4.2%

出典：MEPE 資料から調査団が編集



出典：MEPE

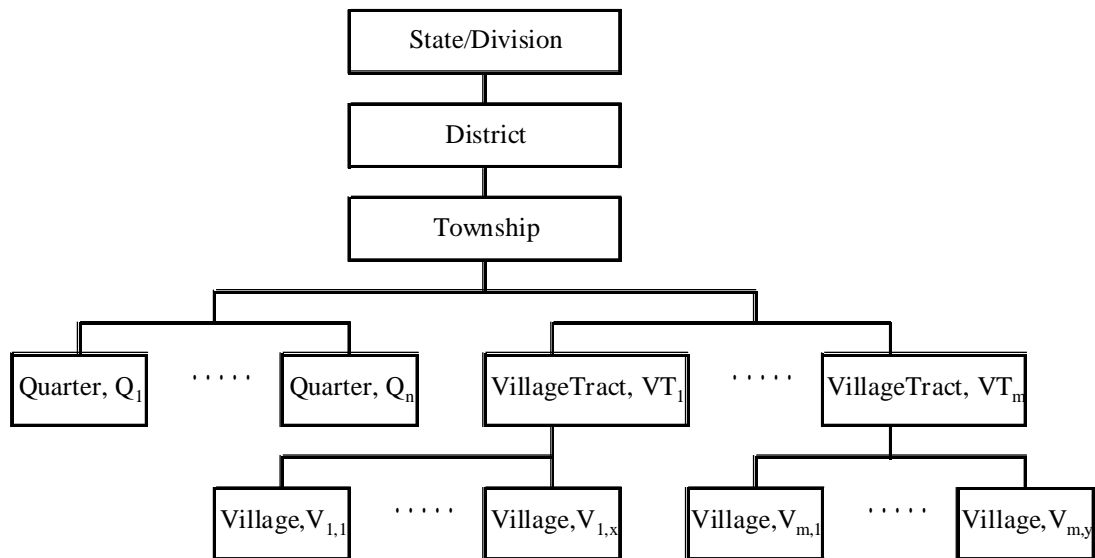
図3 MEPE の組織図

農村部における再生可能エネルギーによる電化事業では、辺境指定地域の開発を管轄している国境地域少数民族開発省（PBANRDA）も重要な役割を果たしている。

ミャンマーにおける行政構造

ミャンマーの行政構造は、図4に示すように州/管区（States/Divisions）を頂点に、県（District）、郡（Township）、区（QuarterまたはWard）、村落グループ（Village Tract）および個別村落（Village）の5階層から成る。2000年現在、全国のDistrict数は64、Township数は324、村落グループ数は13,792である。

郡は概ね人口1万人以上を有し、その中心部分は、町に相当する幾つかの区に分けられている。村落グループは、地理的に隣接した大小いくつかの個別村落を束ねて形成され、郡長（Chairman of Township、正式名称は郡平和開発評議会議長 Chairman of Township Peace and Development Council）の行政管理下にある。



Note:

$Q_1 \cdots Q_n$: The first Quarter to n-th Quarter

$VT_1 \cdots VT_m$: The first Village Tract to m-th Village Tract

$V_{1,1} \cdots V_{1,x}$: The first Village to x-th Village of the first Village Tract

$V_{m,1} \cdots V_{m,y}$: The first Village to the y-th Village of the m-th Village Tract

出典： JICA調査団

図4 ミャンマーにおける地方行政階層

MEPEの中央電力系統

ミャンマーでは、MEPEの中央電力系統においてすら深刻な電力不足の状況が継続している(図5に示すミャンマー国の電力系統図参照)。系統の総発電力は1,172 MWであり、この内360 MWは水力、216 MWは火力、530 MWはガスタービン(含むコンバインドサイクル)、66 MWは地方電化目的の分散型ディーゼルである。系統の常時ピーク供給力は2000/01年度で716 MW、一方系統へのピーク電力需要は1,005 MW

と推定されているので、差し引き 289 MW が不足し、計画停電および新規加入申請の接続停止 (waiting consumer) によって対処している。

1人当たり発電設備容量は2000年度で22 Wと低水準に留まっている。総発電量の約70%を消費するヤンゴンや、マンダレーの都市部においても電力供給が不足している。電力省が作成した5ヵ年計画では、電力系統に給電する2,000 MW水力開発計画の実施が予定されており、資金の重点的配分が必要となる。系統の電源拡張計画は、将来配電線延伸による地方電化を可能にするものであり、地方電化推進のためにも不可欠の事業である。

MEPE による全国市町村の電化事業

中央電力系統外の地方部では、各郡 (Township) 中央部の市街化地域は、MEPE のディーゼル発電機あるいは小水力発電による分散型 (独立) 電力系統によって給電されている。地方部では、人口密度が低く、需要地が分散し、かつ中央系統から離れていることが多いことから、中央電力系統から配電線を延伸する電化は一般に非効率的となる。そこで MEPE は、456 台のディーゼル発電機と 30 ヶ所の小水力発電による分散型電力系統を建設、運転している。ディーゼル発電の場合、燃料予算が限られることから、毎日3時間だけ運転している。給電地域からの料金収入だけで発電経費を賄うことは到底できないので (実際には、徴収した料金は MEPE 本部を経由して国庫に入金される)、MEPE 本社から交付される運転資金により発電・給電しているのが実情である。水力発電所は 24 時間発電しているが、一般に乾季には出力が大きく落ち込むため、乾季は一部限定地域だけに給電し、雨季中だけ 24 時間計画地域全体に給電している。Township 周辺部に位置する村落はほとんど未電化である。

灯油ランプ代替としてのバッテリー簡易照明システムの普及

BCS (バッテリー充電所) で充電したバッテリーを電源とする、4-8 ワット程度の蛍光灯あるいは豆電球による照明システムが、全国平均で 24%、地方部だけの平均で 32% (CSO 世帯収入支出調査) に普及している。ヤンゴン郊外の農村でのヒアリング調査によると、このバッテリー照明システムは、1973 年の第 1 次石油ショックの結果、マーケットから灯油が姿を消したことをきっかけとして普及した。同石油ショック以前は、灯油ランプが農村家庭の主要照明源となっていた。灯油を入手できなくなった結果、電力系統周辺では系統を格安の電源とするバッテリー充電所が、また系統から離れた地域ではディーゼル発電機による充電所が商業ベースで全国的に普及した。



出典：MEPE 資料から調査団が編集

図5 MEPE の中央電力系統

蛍光灯は 8W でもそれなりに明るいですが、流通している多くの製品は一般に寿命が短く、短期間で買い換えが必要となる。このため、1 式 500 チャット程度の小型蛍光灯の購入も容易でない世帯では、暗いがより安価で長持ちする豆電球を(消費電力は蛍光灯と同じだが)、使用しているのが実情である。

このようなバッテリー照明システムは、家族の夕餉と団欒には貴重な照明となる。しかし、児童が読書をするには不適な、むしろ視力低下の原因となりがねない。



太陽光バッテリー充電所



灯油が市場にないため、すずが多くかつ匂いのあるディーゼルランプが使用されている。

その他の電源による地方電化

MEPE による郡中央部の電化と、商業ベースのバッテリー照明の2形態に加えて、次のような小規模電化が各地で見られる。

- 自家用小型ディーゼル発電機を設置し、近隣世帯へも一部給電。
- 出力 50 kW 未満のマイクロ水力発電所 (Village Hydro)。ミャンマーの水力専門家グループなどが技術指導している。
- 出力 300 W から 1 kW の「パッケージ式」水車・発電機。一体型の中国製品を市場で購入できる。

- 太陽光ホームシステム (SHS)。インド製の太陽光パネルがチン州で利用されている。ヤンゴン周辺の村落でもいくつかの導入事例がある。
- 太陽光・風力 BCS。民間篤志家や NGO の寄贈によるものであり、村民が共同で購入・設置した例や、商業ベースのものは確認されなかった。
- 精米所動力源として導入されたモミガラガス化エンジンによる発電。近隣世帯へ給電している例もある。

50 kW 未満の村落水力	1 kW 未満のピコ水力	バイオマスガス化エンジン (モミガラ、木片等)
		

電力料金

1999年3月1日に施行された現行電力料金体系では、1ヶ月50 kWh 未満の消費量の単価は K2.50/kWh であり、2003年の実勢レートで換算すると0.25セント相当となり、原価割れを起こしている。

制度面の現状と重要課題

ミャンマーでは人口の75%が地方部に居住しており、東南アジアの中でも最も電気の普及が遅れている。中央電力システムによる給電は需要を満たすことができず、したがって周辺部への配電線延伸は現時点では無理である。この状況は短・中期的には改善困難であろう。地方電化を管轄・規制する中央機関がなく、また消費者団体も存在しない。

ミャンマーは再生可能エネルギーに恵まれ、その地理・地形・人口分布は分散型電力供給システムに適している。実際に運営されている再生可能エネルギーによる既存小規模地方電化事業から、その便益は明らかである。再生可能エネルギーを適切に利用する地場技術が存在し、設計・建設が実施されているが、さらなる能力強化・人材育成が必要である。

制度的観点から見ると、ミャンマーの地方電化セクターには次のような「強み」がある。

- 村民は、村が企画する事業の実施や資金拠出に賛意を持っている。
- 村民は、村の共同サービスに対価を支払う意思と能力を持つ。
- 既に起業、技術革新、民間参入、そして資金拠出の実例がある。
- 協同組合システムが存在し、電化セクターで実績がある。
- 村落電化委員会 (VEC) の設立と言う考えが既にあり、実際に機能している。

その一方で、次のような制度上の「弱み」もある。

- 多くの省庁・組織が絡んでいるが、中心となってまとめる機関がない。
- 法律・規定の更新が必要である。(現行電力法は1984年に施行以来更新されていない。また、再生可能エネルギー技術が考慮されていない。)
- いくつかの既存再生可能エネルギープロジェクトでは、マニュアルがない、予防的保守作業、スペアパーツ不足等、保守が課題であり、持続性に影響している。
- これまでの実績の公表が不十分。
- 研究開発が最近遅れている。例えば科学技術省(MOST) / ヤンゴン工科大学(YIT) のガス化技術などは将来奨励されるべきである

ここで鍵となる「制度上の課題」として以下が上げられる。

- 地方電化ニーズに応えるべき責務を明瞭に認識している機関がない。
- 総合的の地方電化政策と推進目標がない。
- 「政府事業」(50kW - 10MW)への予算配分が不十分。
- 「村落事業」(<50kW)への資金支援・信用制度がない。
- 「村落事業」において完成保証制度がない。
- 再生可能エネルギーによる地方電化を推進するための「地方電化チャンピオン」がない。

ミャンマーにおける地方電化によって期待される便益

地方部人口の82%あるいは約3,000万人が電化を待ち望んでいる。したがって、ミャンマーにおける地方電化は、以下のような顕著な便益と効果を持つ。

- 児童の読書や勉強のための照明、山間地域等での生活用水のポンプ揚水、十分な生活用水を供給することによる衛生状態の改善、街灯の夜間照明による安全向上、縫製業・農水産物の一次処理・加工などの家内工業による収入向上など、家庭電化による生活水準の向上。
- 学校電化および情報技術(IT)の導入による教育環境改善・水準向上。
- 電化された診療所や病院にワクチン冷蔵システムなどの医療機器を導入することによる保健環境の改善。
- 集会所の電化と通信機器の導入を通じて、新規村落工業の導入と開発に向けて、コミュニティ活動の場を創設。

2.2 地方電化の需要

JICA 調査における1,348世帯へのインタビュー調査(村落社会調査2001年5-6月実施)では、村落世帯の基本ニーズの優先事項は1)健康、2)電気、3)金銭、4)教育、5)食物、と順位付けられた。電気が、金銭、教育、食物より上位に位置付けられていることが注目される。

電力需要を、一般世帯、公共、商業、工業に分けて推定した。照明としての潜在電化需要だけでも、全国では 690-950 MW の規模に上り、これは現在の系統の供給力に匹敵する規模である。

表3 州/管区別地方電化需要概算

No.	州・管区	1983年人口統計			1997年人口推計		地方部 世帯	電化需要	
		都市	地方	合計	合計	地方		電化 初期	電化 数年後
		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000		MW	MW
		1	2	3	4	5		6	7
1	カチン州	181	638	819	1,202	936	156	19	25
2	カヤ州	42	118	160	246	181	30	4	5
3	カイン州	105	528	633	1,403	1,170	195	23	31
4	チン州	54	315	369	458	391	65	8	10
5	サガイン管区	530	3,295	3,825	5,180	4,462	744	89	119
6	テニンサリー管区	216	698	914	1,269	969	162	19	26
7	バゴ管区	740	3,060	3,800	4,848	3,904	651	78	104
8	マグウェイ管区	493	2,750	3,243	4,301	3,647	608	73	97
9	マンダレー管区	1,214	3,364	4,578	6,188	4,547	758	91	121
10	モン州	473	1,207	1,680	2,337	1,679	280	34	45
11	ラカイン州	304	1,742	2,046	2,610	2,222	370	44	59
12	ヤンゴン管区	2,706	1,260	3,966	5,295	1,682	280	34	45
13	シャン州	658	2,432	3,090	4,629	3,643	607	73	97
14	エヤワディ管区	742	4,252	4,994	6,436	5,480	913	110	146
	合計	8,458	25,659	34,117	46,402	34,913	5,819	699	930

出典： 下記資料を用い JICA 調査団が推計。

population data by Statistical Yearbook 2000, Central Statistical Organization, Yangon, Myanmar, 2000, Ministry of National Planning and Economic Development

Note: (1) Average family size was assumed at 6.

(2) Rural population 1997 was assumed based on total population in 1997 and rural population ratio in 1983.

(3) Column 7 shows demand just after electrification when unit demand is forecast at 120 W per household.

(4) Column 8 shows demand after several years when electric appliances other than lights are introduced to increase the average unit demand to 160 W per household.

2.3 地方電化推進ポテンシャル

再生可能エネルギーによる地方電化のポテンシャルと展望

地方電化用電源の地場資源および技術として、小水力ポテンシャルと水車等製作・建設技術、全国で約 350 万トンに上るモミガラ資源とガス化エンジン発電技術、さらに簡易照明用バッテリーの再生技術と流通網が存在することが上げられる。

小水力ポテンシャルとしては、DHP が特定済みの 10 MW 未満のサイトが 154 ヶ所、合計出力 170 MW に上る。この他に、村民と民間技術者が実施してきた 5-50kW 程度の村落水力地点、および水車・発電機一体型の 1 kW 未満のピコ水力地点は、シャン州などの丘陵地帯を中心として多数に上る。

バイオマス資源としては、木材、モミガラ、サトウキビのバガスが主である。木材資源は、全国で年間 54 万トン伐採されているが、その 20% は林地残材として森林に放置されている。製材所では、30% が端材・オガクズとして排出されるが、工場や家庭の燃料として有効に利用されている。林地残材は、木質ペレットやガス化発電による利用が技術的には可能だが、経済的に集材することが最大の課題である。

モミガラは、全国で約 350 万トン排出され、家庭での調理用燃料、レンガ焼成用燃料、アルコール蒸留用燃料、養鶏用敷きワラ代替、精米機動力源(ガス化エンジン)などとして有効利用されている。モミガラの 20% が地方電化目的に使用可能と仮定すると、127 MW の発電ポテンシャルがあり、1 世帯 80W の照明なら、160 万世帯、約 1,000 万人の簡易電化(照明)が可能となる。

バガスは年間 130 万トンに上るが、発電が収穫期(乾季)の 5-6 か月に限定される。バガスは水分を多量に含み、長期保管が効かないため、バガス発電は季節的となる。ミャンマーでは、バガスは製糖工場の電源・熱源として利用されているが、小規模・分散型の地方電化用電源には適さない。しかし、バガスの排出が、水力の出力が落ち込む乾季に集中することから、MEPE の中央・地方系統に接続して連携運転する場合には、渇水補給効果を見込むことができよう。

太陽光は全国的に豊富である。風力は西部沿海地域と内陸の風回廊(エヤワディ河沿い、シャン高原西端等)に限定される。実施には外部資金支援が不可欠となる。

ミャンマーの小水力工場

表4に示すように、MEPEに加えて民間工場でも小水力設備を製作している。

さらに、ヤンゴンの工業団地には、2 kW の発電機製造工場、鋳物工場、鉄鋼製品等多数の小規模工場がある。中でも、ヤンゴンのトライアングルリンク社は、小水力から中水力までのペンストック用鉄管、ゲート、塵芥スクリーンなどの製作・据付で多くの経験を持っている。同社は、設計図を提供すれば 100 kW 級の水車を製作する潜在能力を有している。

総配電線を含む小水力発電所を建設する請負会社も一部に存在する。シャン州トンジー市の地方開発・水力建設グループ(RDHOG)、ヤンゴンのオンピタン社(APT)などがある。

表4 ミャンマー国内小水力工場および設置実績

No.	組織	設置ヶ所数	備考
1.	MEPE 工場、ヤンゴン	30	合計出力 13,548 kW、平均 450 kW
2.	U Khun Kyaw 小水力グループ、Taunggyi、シャン州	33	1984 年以来、5-75 kW クラスを製作、設置
3.	U Kyaw Kyaw, U Taing Kyaw 工場、セインパン協同組合、マンダレー	9	1983 年 3 kW のペルトン水車 5 台を製作、カチン州。1987 年 5-10kW のクロスフロー 2 台製作。現在フランスとプロペラー水車製作中。
4.	U Paung Kyaw 工場、セインパン協同組合、マンダレー	30	1983 年以降 5-50kW のペルトン水車を製作、北シャン州地域対象。
5.	U Chit Hla and Sons, Aye Thar Yar 工業団地、シャン州	56	1989 年以降に出力 5-20 kW クラスの小水力水車を製作。

出典： JICA 調査団のヒアリング調査

モミガラガス化発電の地場技術

モミガラガス化発電技術は、中国とタイで盛んに取り組まれた事例があるが、モミガラから発生するガスに含まれるタールを除去することが難しかった。

近年、ミャンマー発明家協同組合 (MIC) がこのタール問題を解決し、1995 年にガス化装置とガスエンジンの商業生産を開始した。2000 年までに合計 109 台、8,280 馬力に上るモミガラガス化エンジンを据え付けた。これらの大半は、精米工場の動力源として使われている。

2001 年から村落電化事業への応用が開始されている。

モミガラのガス化装置とガスのフィルター装置は MIC 社製である。MIC 社は、トラック用中古ディーゼルエンジンを、点火プラグによる着火方式に改造している。この方式の課題は、これら中古エンジンの部品調達であろう。

このモミガラガス化エンジン発電装置の価格は低い。蒸気タービン式発電装置が必要とするような、水処理装置は不要である。しかし、配電線の建設費用(主として材料費)が、発電設備以上に必要となることに留意が必要である。



日本で実施されたテストによると(農業機械化研究所)、1kWh 発電するのに 3-5kg のモミガラを必要とした。中国では、2.0~2.2kg/kWh と報告されている。ミャンマー製装置の燃料消費量と発電量の実際係を詳しく測定することが必要である。

バッテリー照明に関する地場技術と流通網

バッテリーのリサイクル業が商業ベースのビジネスとして成立し、全国的に営業している。極板は全国規模で回収して、ヤンゴンにある業者が再生している。ケースやコネクタは、地方に多数分布するリサイクルショップで再生している。これらの地場技術と流通網は、古いバッテリーが廃棄された場合に引き起こされる環境汚染を回避し、ミャンマーにおけるクリーンなバッテリー照明システムを支えている。

支払意思額(WTP)と支払可能額(ATP)

支払意思額は、電灯によって代替されるであろう現在の光源や燃料への支払額で決まる。一方、支払可能額は家計の純収入によって決まる。JICA 調査で 2001 年に実施した村落社会調査では、調査した 3 地域の全てにおいて、既電化村落の方が未電化村落よりも家計収入水準が高かった。世帯収入は、全体の年平均で K290,000、電化地域では K380,000、未電化地域では K270,000 であった。初期接続料と最初の 1 年間分の月使用料の世帯当たり合計額は、村落社会調査の全対象地域平均で K41,000、電化地域で K44,000、未電化地域で K40,000 であった。

また、中央統計庁の世帯収入支出調査によれば、光源と燃料への家計支出は、全体平均で全支出の 4.9%、都市部では同 4.8% である。地方部では、調理用燃料として薪が 93%、炭が 4%、電気が 1%の世帯で使用されている。光源は地方世帯では 18% が電気、32% がバッテリー、50% がその他である。

地方電化への支払意思額には 2 種類ある。初期建設費をカバーするための最初の接続料(加入料)と、維持管理費を賄うための月毎の使用料である。支払意思額の調査では、初期接続料として平均 K10,000、月使用料として平均 K570 という結果が出ている。支払可能額は、表5に示すように、貯蓄額(純家計収入)として推定した。

支払可能額の上限は調査地域のうち、未電化村で約\$80(K39,000)、電化村で\$140(K 70,000)であり、それぞれの支払意思額より相当大きい。

表5 支払意思額(WTP)と支払可能額(ATP)

項目	(Unit: Kyat)	
	未電化村落	既電化村落
初期接続料と初年度 12 か月分の使用量 に対する支払意思額	15,300	24,400
年収入	266,000	380,000
年支出	227,000	310,000
貯蓄額(純家計収入=年支払可能額)	39,000	70,000

出典: JICA 調査の村落社会調査、2001 年

村民の自主参加の見通し

MEPE による小水力建設や系統からの配電線延伸工事はこれからも継続されるが、もし全国の村民が MEPE による地方電化だけに頼るとすれば、長年月にわたって待たなければならないだろう。年 2% の割合で電化世帯が増えていくと楽観的に想定しても、地方村落に送配電網が届くまでには 40 年程度を要するであろう。ほとんどの未電化村の住民にとって、照明を主とする簡易電化は村民自らの主導で実現する以外に選択肢はない。

村落社会調査の結果では 1,348 の調査世帯の大半 (57.8 %) は、積極的に電化事業に参加する意思を示し、33.2 % は中立、参加への否定的意見は 9 % にすぎなかった。積極的参加回答の中では、参加の主な形態として 1) 電化組合メンバーとして参加する意思のある者 32.4 %、2) 料金回収スタッフとして 14.9%、3) 維持管理の一員として 14.3 %、4) 電気料金を遅滞なく納める参加者として 14.0 % の回答があった。

2.4 地方電化事業の財務

所要資金規模

ミャンマーでは、1973 年の第 1 次石油ショック以来、ケロシンが市場から姿を消したことから、ケロシンランプ代替として、重油ランプと、蓄電池と 4-8 ワットの電灯による簡易照明が急速に普及した。

MEPE が実施する配電線延伸による地方電化事業では、24 時間給電の本格電化を目指す。一方、村落電化委員会などが実施する小規模電化事業では、1日5時間(午後6時-11時)かつ20ワットの蛍光灯3本程度の照明を目標とする。

全国地方電化需要は、「政府事業」・「村落事業」平均して1世帯当たり需要を120ワットと想定すると、合計580万世帯で70万kWの電力が必要となる。ミャンマーの地場技術と地場資源を最大限に活用するとしても、小規模でスケールメリットを見込めないため、配電線を含むkW当たり建設費を2,000ドルと仮定すると、地方電化経費は全体で14億ドル程度の規模となる。

表6に示すように、毎年166ヶ村、約35万人を、再生可能エネルギー資源により電化し、電化率を1.2%ずつ改善することを目標と仮定すると、建設資金は毎年総額約1,500万ドル(約18億円相当)程度必要となる。

表6 想定地方電化速度と資金需要試算

No.	再生可能エネルギー源	発電設備容量	世帯 nos.	1式当たり コスト水準 \$1,000	年間電化 村落グ ループ数 nos./yr	年合計		
						電化 世帯数 nos.	電化 人口 1,000	電化資金 \$1,000
1	モミガラ等ガス化エンジ	50 kW	300	40	140	42,000	252	5,600
2	MEPEによる小水力	300 kW	2,000	1,200	5	10,000	60	6,000
	村落水力	50 kW	300	100	15	4,500	27	1,500
3	太陽光BCS等	16 kWp	200	230	6	1,200	7	1,380
合計			-	-	166	57,700	346	14,480

出典：JICA調査団

Note: Mini-hydro by MEPE is for rural electrification for general use while rice husk gas engine and Village Hydro are for lighting purpose.

MEPE の財務状況

MEPE は国家経済企業 (State Economic Enterprises、SEE) と呼ばれる国営企業のひとつであり、その会計は政府予算に依存している。収入は政府予算配分により決められるため、その経営の焦点は、収入確保よりむしろ収入にバランスするよう支出を維持・管理することにある。1989年に政府がSEEの全ての資金を政府予算に移行して以来、民間からの資金は消え、実質上、財務は政府間の予算配分となっている。

財務諸表においては、MEPE財務内容の本来の姿は歪められている。理由は大きく分けて2つある。一つは公式為替レートと、実質市場為替レートのギャップである。まずMEPEの損益計算書では、支払利息と減価償却が非常に低い。これは、政府(1989年以前はMEPE)が電力施設建設のために調達した外貨建てローンが、公式レートのK6.3/\$で計算され、MEPEに請求されているためである。

もうひとつは補助金による燃料価格の歪みである。これは、MEPEが燃料をミャンマー石油ガス公社(MOGE)から、高インフレにさらされている市場価格よりはるかに低い政府固定価格で買い入れていることに由来する歪みである。政府固定価格は、ガスK10/1000立方フィート、石油K12/ガロン、ディーゼル油はK160/ガロンである。一方、市場価格は石油とディーゼル油で約\$1.00/ガロン、ガスで約\$3.00/1000立方フィートである。実質為替レートをK1000=\$1.00と想定すると、ガス、石油、ディーゼル油の政府価格はそれぞれ市場価格のわずか0.3%、1.2%、16%に過ぎない。

地方電化財政の特徴

地方電化事業は、都市電化と比べると以下の3つの財務特徴がある。

第1点は、1世帯の電化に必要な単価が高いことである。これは、小規模電化設備の経済性が一般に低いこと、広範囲に散在する村落を配電線延伸により電化しようとすると送配電網が長くなりその建設費が大きくなること、また小型ディーゼル発電機で電化を図るとその低い発電効率から高コストのディーゼル油の単位消費量が大きくなることなどが原因である。この課題に対処するために、低価格の地場技術を採用し、地場の再

生可能エネルギーを利用し、そして建設工事を村民参加により実施することにより、分散型の「**村落事業**」を推進することを、JICA 調査で提案している。

第2点は、急激な負荷変動に対して村落電化で採用している発電機の追従性能が低いことである。村落水力の出力はオペレータが手動で調節するため、急激な負荷変動には対処できない。バイオマスガスエンジンもまたそのような負荷変動に対処困難である。一方、地方部における照明負荷は一般的に安定している。しかし、照明、カセットラジオ、小型テレビ以外の電気製品が多数の家庭で使用されると、それら製品の同時使用は、発電機に対して大きな負荷急増をもたらす。したがって、本調査で提案する「**村落事業**」では、使用可能な電気製品を照明、カセットラジオ、小型テレビ等に限定する。扇風機、電気釜、電気ヒーター等の使用は禁止することが必要である。

第3点は、電化需要規模が小さい割に、電気の価値が高いことが上げられる。電化率が依然低い水準にあるため、電気があってこそ初めて使える照明、テレビ、ラジオなどの電気製品は地方部では希少であり、また価値が高い。また、電気照明の代替として使用されているロウソクやディーゼル油などの燃料価格が都市部に比べ運送費が余分にかかることから割高になる。村民にとって電気の価値が高いことが、村民の自助努力による「**村落事業**」の主推進力となる。

2.5 地方電化推進戦略(案)

可能な限り早期に地方電化率を抜本的に改善することを目指して、次の2本柱の技術戦略を提案する。

- 24時間給電を実現する「**政府事業**」: MEPE は、長期的観点から、地方で100 kW 超の小水力発電所を建設し、また系統から周辺村落に配電線を延伸することにより、24時間給電の本格電化を実現し、照明だけでなく手工業や商業需要にも給電する。
- 照明の早期普及を目指す「**村落事業**」: 村落住民に対して、ミャンマーの国産技術と地場資源活用型の村落電化システムを短中期的に導入・設置することにより、低廉かつ持続的な電化を、自助努力を基本として実施することを、奨励する。

地方部の世帯電化率を早急に向上させるために、「**村落事業**」を先ず実施して、より多くの家庭で電気照明を実現するべきである。

「**政府事業**」

MEPE は、系統で実施中の計画停電を緩和し、さらに系統からの配電による村落電化の要請に応えるための供給力を確保するためにも、系統の電源増強計画の実施を継続すべきである。この系統電源増強事業に加えて、さらに「**政府事業**」として次の電化事業実施が必要である。

- 「**政府事業**」として、地方の既存発電所(小水力・ディーゼル)のリハビリ、小水力発電所の新設による電化、および配電線延伸による電化推進。

「村落事業」

- 今後実現までに地域によっては数十年を要するかもしれない系統接続による本格電化に先行して、電灯照明を先ず実現する。
- 夕方6時から 11 時までの1日5時間の給電による電灯照明を目指す。
- 自助努力を基本とし、MEPE の技術支援を得て、各村落が主導的に実施する。

上記2本柱の戦略が実施された暁でも、再生可能エネルギー資源に乏しく、かつ系統からも遠く離れているような僻地の村落では、30年後でもなお未電化であることが想定される。

「社会事業」

「村落事業」や「政府事業」による電化が 30 年後でも実現しないであろうと予測される遠隔地等の村落については、最小限の8ワットのバッテリー照明のための充電所 (BCS) を無償ベースで設置することが、準人道事業として、また地域間格差是正のためにも望ましい。この BCS は、太陽光 / 風力を電源とし、また、ソーラーホームシステム (SHS) 方式による集会所照明システムにより補完する。

2.6 地方電化推進のために必要な対策

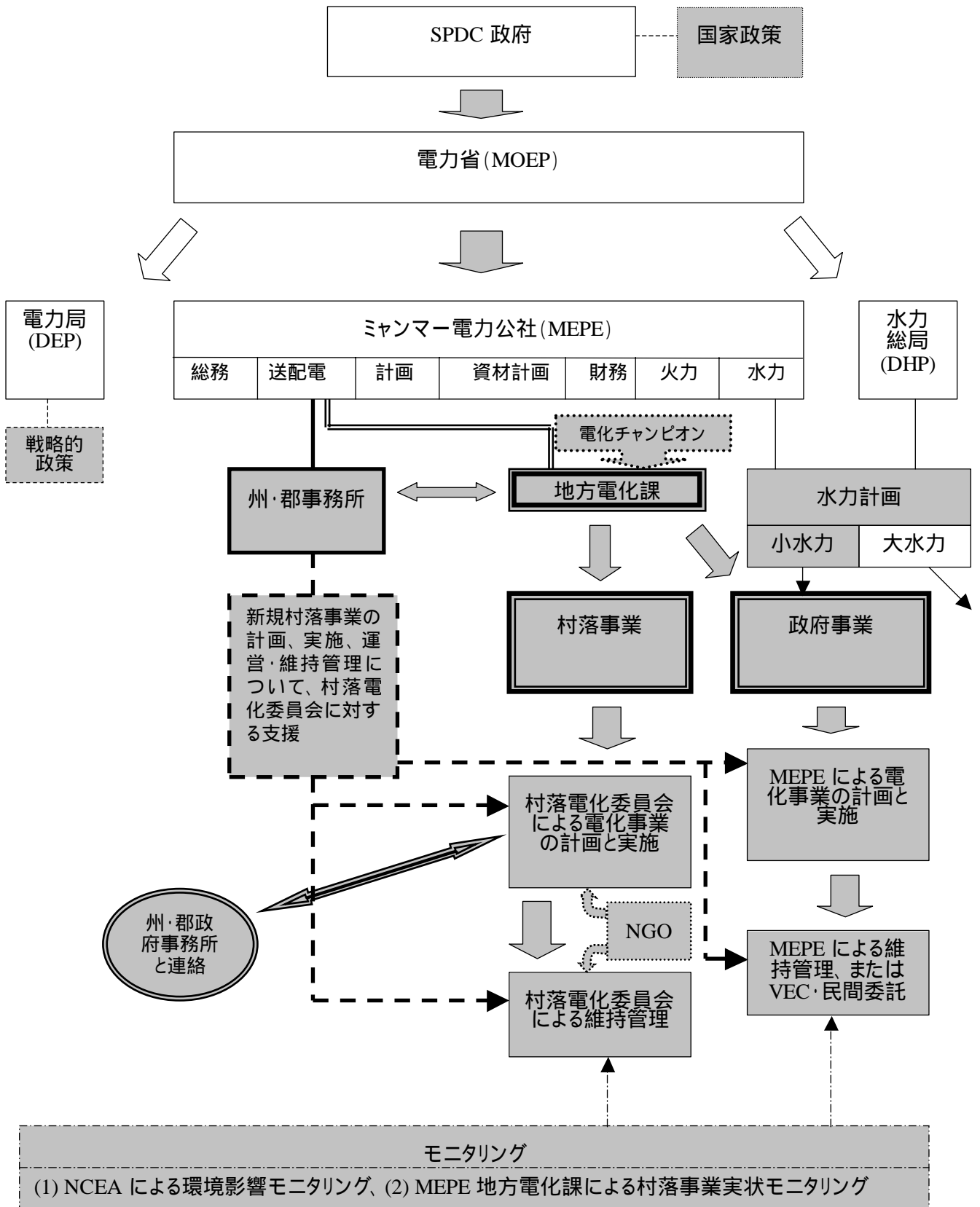
制度・組織プロポーザル

持続的電化のための組織構造を次ページの図6に示す。この組織図は、地方電化の中心的役割を担うのに最適な組織として、本調査の提案事項を反映したものである。これらの組織とその役割を表7に示す。

表7 地方電化の主要役割の担当組織(案)

役割	担当責任組織	他の関連組織
国家政策	SPDC	
戦略的計画	電力省-電力局	
地方電化 チャンピオン	MEPE 地方電化課 (新設)	
地方電化事業の計画と実施	MEPE、村落電化委員会、民間セクター	NGO
地方電化事業の実施	民間セクター、MEPE、ミャンマー電灯協同組合 (MELC) 受益村落	機器製作協同組合、NGO
地方電化事業の運営・維持管理	MEPE、村落電化委員会、民間セクター	MEPE と NGO が村落電化委員会を支援
モニタリングと評価	電力局 (DEP) と MEPE	国家環境委員会 (NCEA)

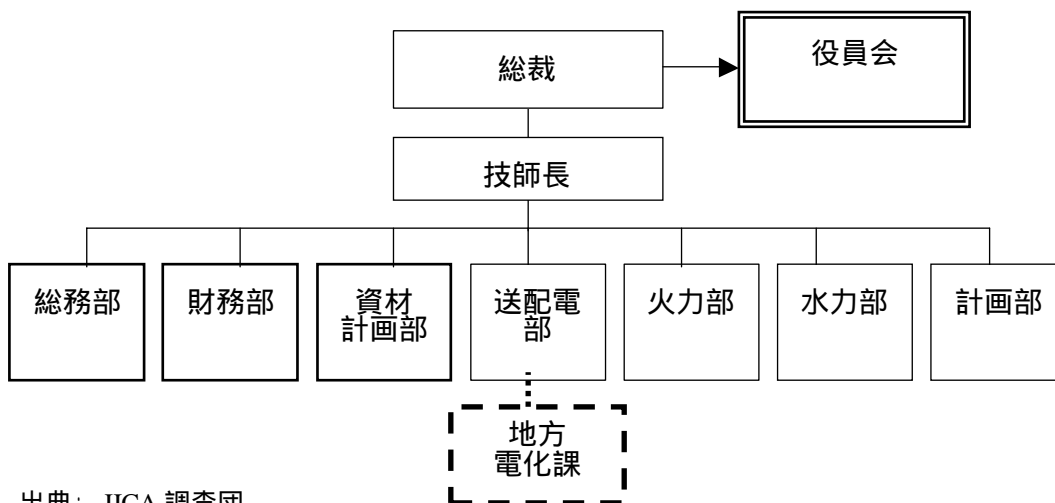
出典: JICA 調査団



出典： JICA 調査団

図6 持続型地方電化のための制度システム(案)

前述の「弱み」と「鍵となる課題」に取り組むために、MEPE 内部に地方電化課を設立することを提案した(図7)。同図は 2002 年に実施された組織改革を反映済みである。

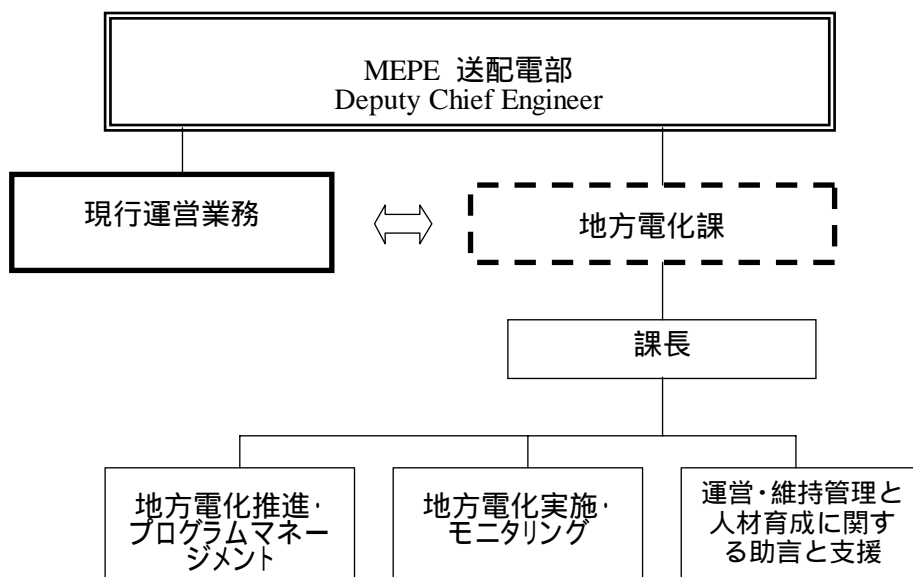


出典： JICA 調査団

図7 MEPE 地方電化課の新設提案

提案する MEPE 地方電化課の組織構造は 3 つのユニットで構成され、それぞれのユニットはこの JICA 調査の成果品をその目的に応じて参照・利用できる。

地方電化課の組織構造(案)を図8に示す。



注： 3つのユニットの分掌業務は、地方電化事業に採用される適切な再生可能エネルギー形態をそれぞれカバーするものとする。

出典： JICA 調査団

図8 MEPE 地方電化課の組織(案)

調査団が新設を提案する地方電化課は、「政府事業」の計画から実施、運営・維持管理まで全段階のサービスを提供する。さらに、村落電化事業の促進、奨励、支援を行い、必要な情報収集と広報キャンペーンを実施する。

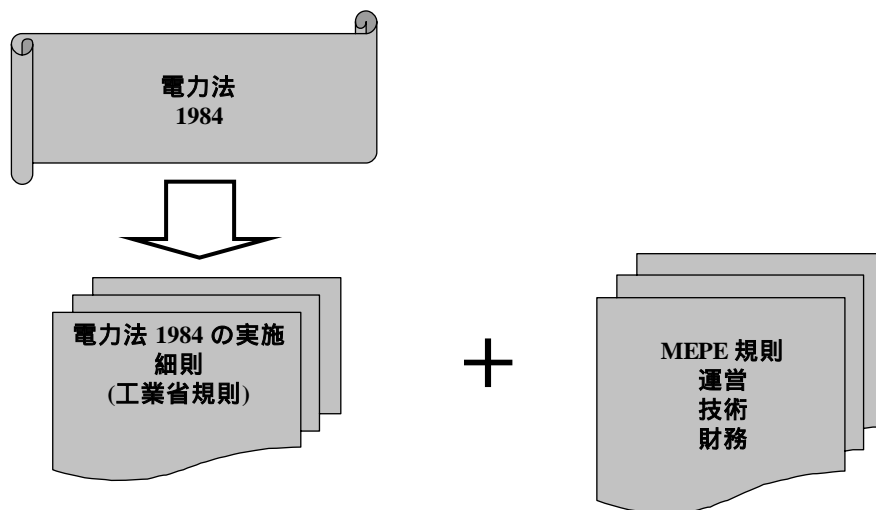
地方電化課の課長は、再生可能エネルギーによる地方電化の「チャンピオン」としての責任を負う。さらに課の中にある3つのユニットが、MEPE 経営陣によって決められる地方電化課の目標を達成できたかどうか、課全体の業績にも責任を負う。

可能ならば、現在、国境地域少数民族開発省の連絡窓口として機能している、エネルギー小委員会のMEPE代表メンバーが、新設地方電化課に組み込まれることが望ましい。

NGO は地方電化事業の促進と実施に対し積極的役割を果たすことが期待される。実際ミャンマーにおいては、いくつかの専門グループ、NGO、協同組合が再生可能エネルギーによる地方電化活動に従事している。

再生可能エネルギーによる地方電化の促進のためには、特に自助努力の「村落事業」の場合、新しいNGO 設立を奨励するの一案である。

地方電化に関する現行の法的枠組みをレビューした結果を図9に示す。



出典： JICA 調査団

図9 現行の法的枠組み

必要な政策と法規は存在する。しかし、これらは古く、更新が必要である。

政策に関しては、地方電化水準を改善する主推進力は、1) 政府による地方開発へのコミットメントの再声明、2) 再生可能エネルギー・技術に焦点を置いた地方電化のための目標と予算を伴う戦略的計画の作成の2点から得られよう。

この政策を普及するため、自助努力による地方電化事業の実例・実績を紹介し、各村落に実施のチャンスがあることを広報することが重要である。

1984年に施行された比較的短い電力法は、レビュー、拡張、更新が必要である。電力法の実施を支援する工業省の法規も同様にレビュー、特に様々な再生可能エネルギーの異種技術をカバーするための拡張ならびに更新が必要である。

さらに、村落電化委員会が小規模分散型電源を建設、運営・維持するためのモデル規則が必要である。このようなモデル規則は、工業省の法規を更新するさいその添付参考資料としてもよい。これらのモデル規則は、それぞれの地方電化の実情に合わせて適合させることが必要である。

既存の村落電化委員会は、MEPE、NGO、協同組合省、地元の機器・技術専門家など、外部の支援と助言に基づいて設立されたにわか仕立てのものが一般的であることを付記する。

ミャンマーにおける既存の分散型地方電化系統(すなわち中央電力系統以外の給電系統)の運営・維持管理は、一部の民間事業を除いて、MEPEあるいは村落電化委員会により実施されている。MEPEにより運営・維持管理されている分散型系統は小水力かディーゼル発電機を電源とする。

村落電化委員会によって運営・維持管理されているものはもう少し広範囲の電源、すなわちマイクロ水力、太陽光(バッテリー充電や村落給水)、バイオマス(モミガラガス化発電)を含む。

「政府事業」、「村落事業」に共通な運営・維持管理課題を検討した結果、以下に示す対策が必要と考える。

- 運営・維持管理組織の立ち上げガイドライン
- O&M マニュアルと運用ガイドライン
- スペアパーツの調達方法の改善
- 資金調達方法の改善
- MEPE・NGO による技術支援
- 運営・維持管理要員の訓練

人材育成に関しては、必要な主要分野を関連育成オプションと共に表8に示す。

再生可能エネルギーによる地方電化に必要なエンジニアの不足技術を補強するため、ヤンゴンにあるMEPE訓練センターを、各州・郡のMEPE事務所職員の人材育成の拠点として、強化することを提案する。訓練された職員は、村落電化事業を指導・支援できるようにするであろう。

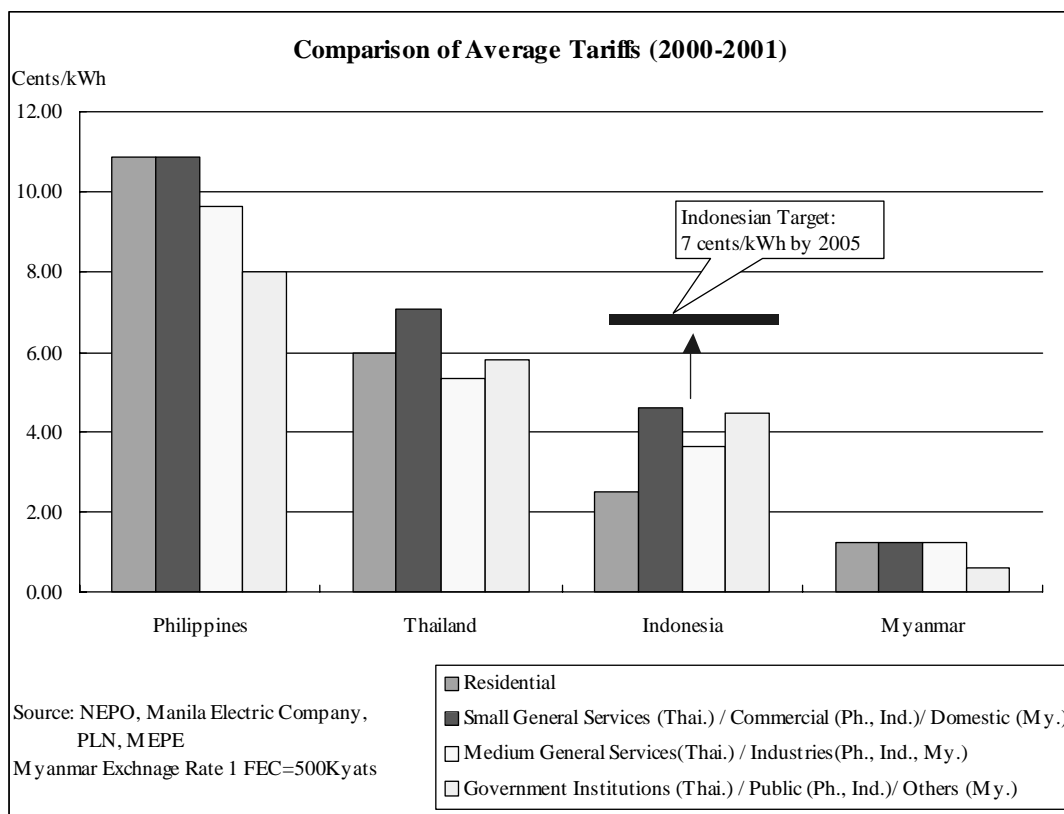
表8 人材育成の必要な分野と育成オプション

人材育成が必要な分野	訓練・技術移転の提供組織・形態
MEPE 技術者 – 小水力設計、プロジェクトマネジメント技術	MEPE
MEPE 技術者 – 現地調査、建設管理	MEPE による OJT
MEPE 管理者 – 戦略的計画、地方電化事業推進上における社会面	外部
NGOs – プログラムマネジメント	コンサルタント
村落電化委員会 – 実施、住民参加、運転、事務、財務管理	MEPE + NGO
村落電化委員会 – 特定技術の実施上の安全管理	MEPE + MICL + MSTRD + NGO

出典： JICA 調査団

電気料金水準の課題

新規投資のための慢性的予算不足は、コスト回収ができない収入不足(料金単価水準)からして当然の帰結と言える。決定的理由は 10-20%ものインフレ下にあって非常に低い水準に固定された MEPE 電気料金にある。現在の電気料金は、設定された 1999 年当時には他の ASEAN 諸国水準にあったが、チャット貨の下落とインフレのため、2003 年現在の実勢レート K1000/\$US で計算すると、他の ASEAN 諸国の 10 分の 1 以下となる。他の ASEAN 諸国の電力会社を参考にすると、単位(kWh)当たり電気料金は、利益なしでも少なくとも US セント 5、持続可能であるためには利潤も含め少なくとも US セント 6-7 になる。このままの固定料金ではさらに収入不足を拡大するだけである。これらに鑑み急がれるのは、主要コスト、特に輸入燃料コストに連動したフレキシブル料金システムの導入である。



出典： JICA 調査団が編集

図10 電気料金の国際比較

村落電化の財務事情

ミャンマーにおいては、村落電化の選択肢として村落水力とモミガラガス化発電が地場技術として現実に実施されつつある。そのコストは世帯あたり\$130程度である。支払意思額は世帯当たり、初期建設費用に対して\$20、毎月の維持管理費用がせいぜい\$1-2であり、1回で支払える額ではない。ただし、村落世帯の支払可能額は\$80程度に上る。

- 資金源と村落電化基金(短期融資)の必要性

このように村落電化には、初期投資として最低でも1世帯あたり1年分の支払意思額の数倍の資金が必要である。これが村落電化における財務上の最大のボトルネックとなっている。資金源は、村民による自己資金以外には、現実にサプライヤーズ・クレジット、協同組合の銀行やミャンマー農業開発銀行からのローン、寄付・寄贈があるが、非常に限られており、ほとんどは自己資金に頼らざるを得ない。実際の村落水力の例からは、世帯当たりの小水力建設費は約\$130であり、1年ではとても払えない額である。しかし、2-3年かければ用意可能な額であり、数少ないサプライヤーズ・クレジットによる支援を受けた事例においても、数年で返済している。したがって、小規模短期ローンを可能にする村落電化基金のよう

な金融システムを設立すれば、前述のボトルネックを緩和し、村落電化を大いに促進すると考えられる。

- 「完成保証」の必要性と MEPE の役割

村落電化で問題となる大きな障害のひとつとして、村民と地元専門業者の間にあるお互いの不安感が上げられる。すなわち、村民は電気が欲しいものの「完成保証」がないまま、供給業者たる外部専門家を全面的に信頼して、多大な出費を決断することに不安がある。一方、供給業者の不安は、村落事業を建設しても村民が本当にこれに対し支払能力があるのか、またその意思があるのかと言う点である。実際、村落電化という競争市場は存在しないため、価格や質を決めるのは村民と供給業者の相互信頼のみである。このような状況の中で実現可能性やコスト見積もりの妥当性について、中立的専門家の意見は貴重である。全国の MEPE 郡事務所の技術者・専門家は、両者の中で中立的助言、例えば「計画された事業の完成には技術的問題は特に認められない。」といった「専門家意見」だけでも、相互信頼を高める上で貢献できると期待される。



地方電化の再生可能エネルギー源予備選定のためのフレームワーク

表9に、特定地域における対象村落電化のための再生可能エネルギー源の予備選定表を示す。

- シャン高原地域、チン州、カチン州などでは小水力が最適である。
- 全国どこの地域でも、精米所や製材所周辺で、余剰のモミガラあるいは木片が、購入可能な価格、望ましくは無償で入手できる村落では、バイオマスガス化エンジン発電が最適である。
- 道路事情のわるい山間僻地では、ポテンシャルがあれば 50kW 未満の村落水力あるいは 1kW 未満の一体型ピコ水力が適している。水力ポテンシャルがなければ、太陽光 BCS が次善である。資金事情が許す場合には、太陽光による SHS も可能である。
- 風力 BCS は、局地的な風力ポテンシャル地点(風回廊)で採用できる。

表9 再生可能エネルギー源の予備選定表

No.	Region	DHP		MEPE and VEC			Biomass gas engine
		Extension of Distribution Lines from National/Local Grids	Small & mini-hydro	Village Hydro (Micro/Pico)	Solar BCS	Wind BCS	
			50-10,000 kW	<50 kW	0.1-3 kW	0.5-3 kW	
1	Mountain Regions						with rice husk or sawdust
2	Delta and Paddy Cultivating Regions		-	on irrigation channel		where wind prevails	with rice husk
3	Coastal Regions						with rice husk or sawdust
4	Remote and hardly accessible areas	-					with rice husk
5	Urban Areas including Suburbs		-	-	-	-	-

Legend:  This pattern means out of scope of the current study.
to  Shows level of potential for implementation.

Biogas may be useful for lighting and cooking in those households in the border areas which are scattered in wide areas and, therefore, favor such individual system as for own home use rather than the distribution line-connected RE system.

出典: JICA 調査団

3. 持続型小水力マニュアル

3.1 マニュアルの構成

持続型小水力マニュアルは、優先開発計画の調査設計作業、およびサガイン管区カレイミョ市の Zi Chaung 小水力発電所のモニタリングを通じて作成した。このマニュアルは次の4つのパートから構成される。

- 4-1 小水力運転保守マニュアル
- 4-2 小水力設計マニュアル
- 4-3 村落水力設計マニュアル
- 4-4 制度・財務面

3.2 小水力運転保守マニュアル

この小水力運転保守マニュアルは、MEPE 小水力発電所の運転および保守要員を対象とする。対象設備容量規模は、単機容量にして 50 kW から 1,000 kW を想定している。このマニュアルは4章から成る。

第1章は、運転保守の組織と規則であり、運転保守の記録管理、連絡・報告システム、マニュアルと図面の管理、維持管理技術者の育成を扱っている。第2章は、電気設備の運転マニュアルであり、運転手順、運転に必要な技術、ピーク運転について記述している。第3章は、機電設備の点検・保守・修理面を取り扱う。保守、主要機器の概要と保守の要点、主要機器の特性と試験、そして保守基準について説明している。

第4章は、土木施設の点検・保守および補修を取り扱う。水文気象モニタリング、必要な点検作業、土木および鋼構造物の補修作業、排砂操作と堆砂対策を扱っている。

3.3 小水力設計マニュアル

小水力設計マニュアルは、MEPE 小水力発電所の保守要員を含む電力省の技術者を対象としている。発電所の規模は、単機容量にして 50 kW から 1,000 kW を想定している。このマニュアルは3章から成る。第1章は調査計画、第2章は土木構造物の設計を扱う。第3章は、水力機械と発電機器の設計について述べている。

3.4 村落水力設計マニュアル

村落水力設計マニュアルは、単機出力 50kW 未満程度の村落水力による小規模電化事業を設計・建設する MEPE 技術者を対象としている。このマニュアルは、村落水力による電化事業の設計・建設を支援あるいは請け負う専門家、民間セクターの技術者にも有用であろう。

JICA 調査では、ガイドラインと村落水力マニュアルの概要を「ビジュアルガイド」として、別途ミャンマー語で作成した。これは、自助努力で自分の村を電化しようと望む村民と技術者を対象としており、次のような事項をわかり易く、視覚的に紹介している。

- 対象村落に適した再生可能エネルギー源の選定
- 村落水力、モミガラガス化エンジン、太陽光、風力とは何か
- 村落水力のビジュアルマニュアル
- 技術参考資料

3.5 制度・財務面

ここでは、MEPE 送配電部傘下に新設を提案している地方電化課の組織と、調査団が提案するその役割を述べている。地方電化課は次の機能を果たすことが期待されている。

- 地方電化の推進およびプログラム全体のマネージメント
- 地方電化事業の実施およびモニタリング
- 「村落事業」の実施および運営・維持管理の助言と支援

さらに、地方電化課が担当することが必要となるであろう 16 の業務について、その手順を示している。

4. 優先開発計画

4.1 電化事業の特定

小水力発電計画は、DHP 保有のポテンシャル小水力サイト、合計 150 ヶ所余りの内から、DHP の水力技術者に依頼して、フィージビリティが高いと考えられる 15 ヶ案件を選定した。次に、各案件の現地踏査経験者からのヒヤリング、過去の調査資料の分析、地形図上での予備検討により、9 ヶ所に絞った。この内 7 ヶ所については JICA 調査団員が現地踏査を実施し、さらにその内の 2 ヶ所については、現地再委託による地形測量、測水、テストピット掘削調査を実施した。

調査団は、現地踏査の過程で、既存小水力発電所 5 ヶ所を視察する機会を持った。いずれの発電所でも、堆砂問題が深刻であり、また水車・発電機、特にコントローラの故障が目だった。現在までに合計 39 ヶ所の小水力発電所が建設され、この内 30 ヶ所が運転中である。MEPE 関係者のヒアリングの結果からも、この改修工事の優先度が極めて高いことが裏付けられた。調査団は、小水力リハビリ案件を、MEPE の優先案件のひとつとして提案した。

調査団は、ミャンマーの民間協同組合が 1995 年から製作しているモミガラガス化エンジンを、稲作地帯や地方都市の精米所近辺での電化に導入することが適切と考える。しかし、このモミガラガス化エンジンの地方電化への適用は最近開始されたばかりであり、村落電化委員会による運営体制は未だ十分には確立されていない。したがって、モデル事業を実施して、この電化システムの能力を広く国民に紹介することが必要であり、かつ地方電化を促進する上で効果が高いと考える。

4.2 優先計画の選定

7つの水力プロジェクトと、4つのバイオマス、2つの BCS 電化構想、小水力リハビリ案件、およびひとつの人材育成計画の合計 15 案件を、ガイドラインで提案する優先順位付け基準により評価した。各計画・構想の得点により、上位から優先順位 A、B、C の 3 グループに分類した。

業務指示書に従い、この 7 つの優先度 A 案件から、MW 級 1 ヶ所、数 100 kW 級 1 ヶ所、数 10 kW 級 1 ヶ所の、合計 3 ヶ所の優先開発計画を選定した。リハビリ計画と人材育成計画は、その優先度は高いものの、事業内容が改修、人材育成、代替であるため、新設前提のパイロットプロジェクトの候補ともなる 3 つの優先開発計画の対象からは除外した。

結局、以下の 3 計画を、優先開発計画として選定した。

SH-01 ヘーホー小水力によるニャンシュエ市電化計画(8 MW)

SH-02 ミニ水力によるナムラン郡電化計画(320 kW)

BM-01 モミガラガスエンジン発電によるサマラウ村簡易電化計画(20-50 kW)

JICA 調査の一環として実施およびモニタリングが予定されていたパイロットプロジェクトとして、JICA 調査団と MEPE カウンターパートは合同で、ナムラン計画を選定した。し

かし、建設中のシュエリ水力発電所(200 MW)とマンガレー市を結ぶ送電線計画の一環として、シポー市に中央電力系統の変電所が建設されることになり、同変電所から送電線を延伸することにより 2005 年にはナムラン郡が電化されるだろうとの状況変化から、ナムラン計画を実施しないことが最終的に決定された。

その結果、JICA S/W ミッションと電力省の間で、もうひとつの M/M が平成 14 年 8 月に調印された。MEPE の既存小水力発電所の中から 1 ヶ所を選定し、モニタリングを実施し、運転保守マニュアルを作成することが確認された。

4.3 ヘーホー小水力によるニャンシュエ市電化計画

ヘーホー計画は設備容量 8 MW の流込式水力である。平均流量 4.1 m³/s のネギヤチャウンを水源とする。延長約 2 km の水路により総落差 229 m を開発する。発電設備は、延長約 1,220 m の導水路トンネル、同 770 m の鉄管路等を含む。

ヘーホー計画は、インレ湖沿岸に位置するニャンシュエ郡を電化するものである。ニャンシュエ郡には 8 つの区部と、35 の村落グループがあり、23,552 世帯、153,000 の人口を擁する。村落グループの世帯数は 21,690 であり、その人口は 140,454 に上る(全体の 92%)。ニャンシュエ郡の 8 つの区部での世帯電化率は 2001 年時点で 52% であるが、92% の人口を擁する 35 の村落グループではわずかに 0.4% に過ぎない。

地形測量、測水、テストピット掘削で得られた資料に基づいて基本設計を実施した。電力需要と支払意思額は、別途実施した村落社会調査によって推定した。

4.4 ミニ水力によるナムラン郡電化計画

北シャン州ナムラン郡の設備容量 320 kW の流込式水力発電所計画サイトは、同郡中心部から 7 km 離れたホサンチャウン川に位置する。本計画は、ナムラン郡の村落を電化し、現在 1 日 3 時間だけ、かつ低い電圧で給電され、また大部分の世帯は 8 ワットのバッテリー照明に依存している現状を、抜本的に改善しようとするものである。

本計画の発電設備は MEPE の資産となるが、水車・発電機などの定期点検・保守を除いては、その電気事業の運営・維持管理を村落電化委員会に委託することが一案として考えられる。

本計画の運営目標は、原価償却前で、電気事業の十分な財務収益を確保すること、および MEPE 要員を常駐させることなく、電気事業の運営・維持管理を実現することである。

ナムラン郡は、11 の区部と、周辺部に位置する 5 つの衛星村落から成り、1,970 世帯(内 204 は村落に属する世帯)、10,036 人(内、村落人口 822 人)を擁する。ナムラン郡では家屋が中心部に集積しており、準市街化村と呼ぶこともできよう。

1,970 世帯の内、284 世帯だけが MEPE ディーゼルにより 1 日 3 時間給電されている。電化率は、11 の区部で 16%、5 つの村落でゼロである。

ナムラン郡の 1,970 世帯全てに、電化初期段階で平均 100 ワットを給電すると仮定すると、所要発電力は 10% の配電損失を加えて 220 kW となる。

ナムラン郡には、18ヶ所の精米所、6ヶ所のピーナッツ搾油所、4ヶ所の機械修理工場があり、昼間需要もある。

ナムラン郡は、雨季中でも隣のシポー市から自動車ですぐの距離に位置する。ナムランから取水地点への道路は改良が必要である。

4.5 モミガラガスエンジン発電によるサマラウ村簡易電化計画

サマラウ村は、モミガラガス化エンジンによる電化のモデル村として選定した。この村は、ヤンゴン市の西方約 50 km、ヤンゴン-パテイン道路沿いにあり、ヤンゴン管区とエヤワディ管区の境界近くに位置し、エヤワディ管区のニョンドン県に属する。

モデル村の主目的は、村落電化委員会の自助努力による「村落事業」の実施、維持管理、事業運営の試験とモニタリングを行い、モミガラガス化エンジンによる地方電化計画をミャンマーの稲作地帯に適合するよう、計画を改良することである。

1軒当たり20ワットの蛍光灯3本と、60ワットのテレビが4世帯に1台(あるいは1軒当たり15ワットのラジカセ1台)あると想定すると、1世帯の平均需要は75ワットとなる。照明需要は、200世帯を対象として運転開始する時点で13kWと推定される。モミガラガス化エンジン発電所から半径1,000m以内の村落中心部を電化する。電気は230Vの配電線で供給する。毎日18:00から23:00までの5時間給電する。モミガラガス化エンジンの初期投資額は、配電線建設費を加えて1世帯当たり\$130程度、また運転・維持経費は1世帯当たり年\$6程度と推定される。

工業需要については、系統からの受電が実現するまでは、専用のディーゼル発電機がモミガラエンジンを導入し、使用することが必要である。

1軒当たり電力消費量は次のように推定される。

$$75 \text{ ワット} \times 0.75 \text{ (想定負荷率)} \times 5 \text{ 時間/日} \times 30 \text{ 日/月} = 8.4 \text{ kWh/月}$$

毎月の使用料は、1軒当たりK600程度となる。この電気料は、K71/kWhあるいは約\$0.11/kWhとなり、MEPEのK2.5/kWhと較べるとはるかに高い水準となる。

5. 再生可能エネルギーによる地方電化データベース

JICA 調査において、再生可能エネルギーによる地方電化データベースを構築した。これは、ガイドライン、マニュアル、開発計画の成果品、本調査中に収集した情報・資料(プロジェクトレポート、カタログ、論文)等を含む。

本データベースは、次の表に示す 4 つのパートから成る。

パート	種類	内容
Part 1	村落データベース	郡・村落情報、統計データ、地図などを含むミャンマー農村データベース
Part 2	電源ポテンシャルデータベース	水力、バイオマス、太陽光、風力の、各再生可能エネルギーポテンシャルのデータベース。
Part 3	再生可能エネルギープロジェクトのデータベース	計画、設計、維持管理の参考となる再生可能エネルギープロジェクトのデータベース
Part 4	技術資料データベース	カタログ、プログラム、プロジェクトレポート、論文など、地方電化に参考となる技術資料データベース

本データベースは、電子ファイル、検索システム、HTML を用いハイパーリンクで各ファイルを繋いだビューアで構築されている。

データベース利用のためのセミナーを、2003 年 6 月 9～15 日の間に開催し、以下の項目についての講習を実施した。

- データベースビューアの操作方法
- ファイルシステムと追加・更新作業について
- 全文検索システム
- インストール方法とデータベース CD 配布



出典： JICA 調査団

図11 地方電化データベースのメインメニュー

6. 結論と提言

適切な再生可能エネルギー資源を利用して、農村を対象とした再生可能エネルギー導入プログラムを長期的に推進し、財政上の裏づけを与え、実行し、モニターするために、制度面の充実を図ることにより、ミャンマーの農村地域における現在の低い電化率を大幅に改善できるポテンシャルが高い。本調査の成果品は、このようなプログラムを支援するいくつかの貴重な材料となる。

ミャンマー国は、水力発電資源、バイオマス資源(モミガラ、木材チップ等)、太陽光といった豊富な再生可能エネルギー資源に恵まれている。さらに、ミャンマー国には、農村地域における 50 kW 以下の小水力発電やバイオマスガス化エンジンの製造および建設の地場技術、さらにバッテリー照明技術およびリサイクル・再生流通網が存在している。このような地場資源と地場技術は、ミャンマーの多くの農村が必要としている「低コストの村落電化」実現に寄与する。

ミャンマー国農村地域の電化を推進・持続させるため、以下の方策をとることを提案する。

- MEPE が、地方電化の担当官庁であることを正式に再確認し、送配電部の下に地方電化課を設立する。
- MEPE が保有し運転する既設小水力発電機およびディーゼル発電機を補修する。
- 「政府事業」として、系統外の辺境地に新規小水力発電所を建設し、また、系統周辺地域では配電線を延伸することにより、24 時間供給可能な農村電化を実施する。
- 「村落事業」を正式認証し、奨励する。
- 自助努力による「村落事業」の実施を支援するために、「村落電化基金(短期融資)」および「完成保証制度」の設立・運用に向けて、検討を開始する。
- 「村落事業」の設計、建設、運営および管理の人材育成プログラムを実施する。
- 「社会事業」に資金支援をする。

VISUAL GUIDE

September 2003

Visual Guide

Contents


1. Selection of Renewable Energy Source for RE
2. Visual Guide for Village Hydro
3. Visual Guide for Rice Husk Gas Engine Generator
4. Visual Guide for Solar and Wind Power
5. Visual Manual for Implementing Village Hydro
6. Useful Formulae and Constants
7. Unit Conversion
8. Definition of Technical Terms


1. Selection of Renewable Energy Source for RE

- Framework for Preliminary Selection of Form of Renewable Energy by Location
- Flow Chart for Selection of Renewable Energy Source for RE

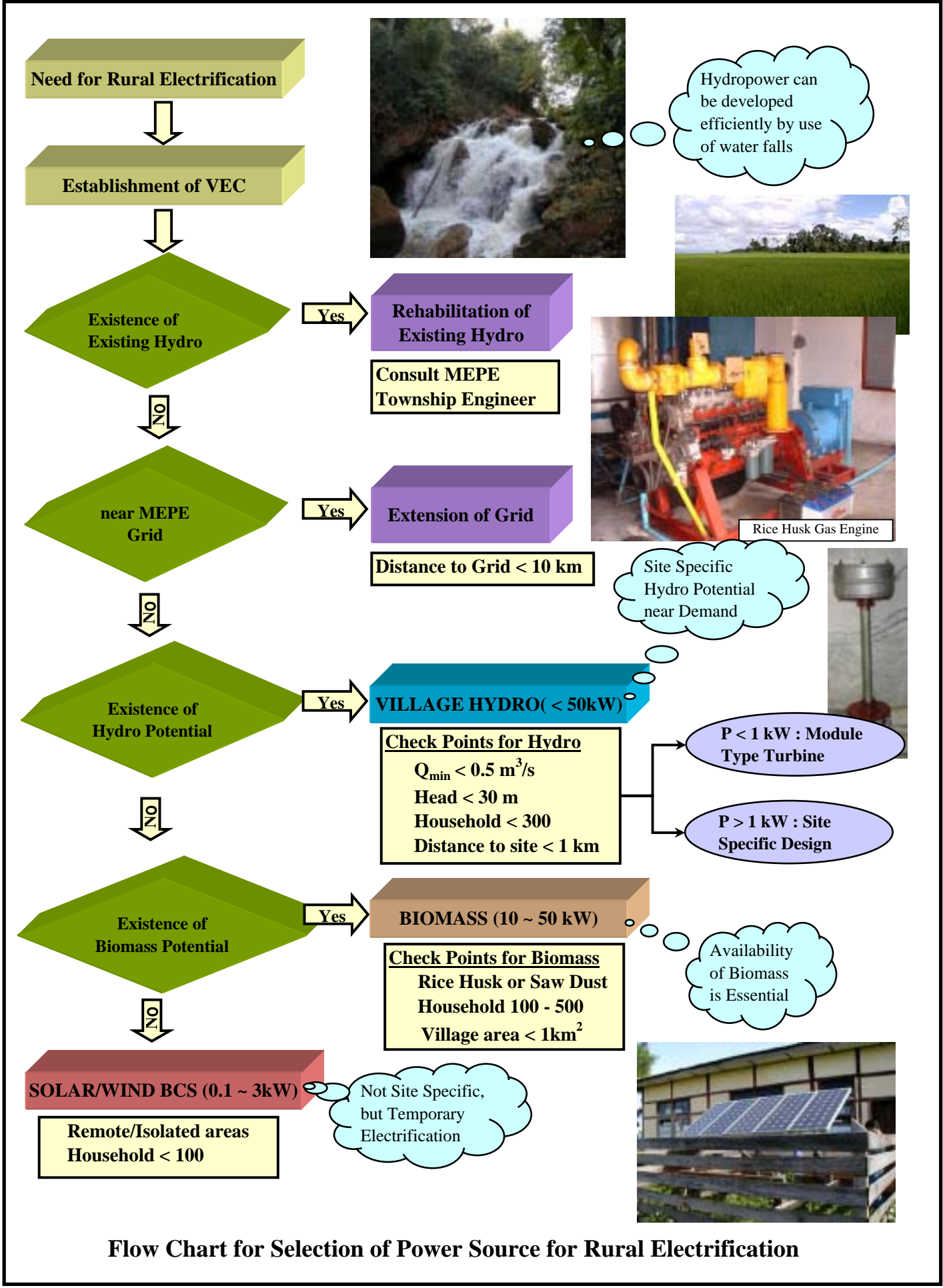
Framework for Preliminary Selection of Form of Renewable Energy by Location

No.	Region	DHP		MEPE and VEC			
		Extension of Distribution Lines from National/Local Grids	Small & mini-hydro	Village Hydro (Micro/Pico)	Solar BCS	Wind BCS	Biomass gas engine
			50-10,000 kW	<50 kW	0.1-3 kW	0.5-3 kW	10-50 kW
1	Mountain Regions						with rice husk or sawdust
2	Delta and Paddy Cultivating Regions		-	on irrigation channel		where wind prevails	with rice husk
3	Coastal Regions						with rice husk or sawdust
4	Remote and hardly accessible areas	-					with rice husk
5	Urban Areas including Suburbs		-	-	-	-	-

Legend:  This pattern means out of scope of the current study.

to  Shows level of potential for implementation.

Biogas may be useful for lighting and cooking in those households in the border areas which are scattered in wide areas and, therefore, favor such individual system as for own home use rather than the distribution line-connected RE system.



Flow Chart for Selection of Power Source for Rural Electrification

2. Small Hydro

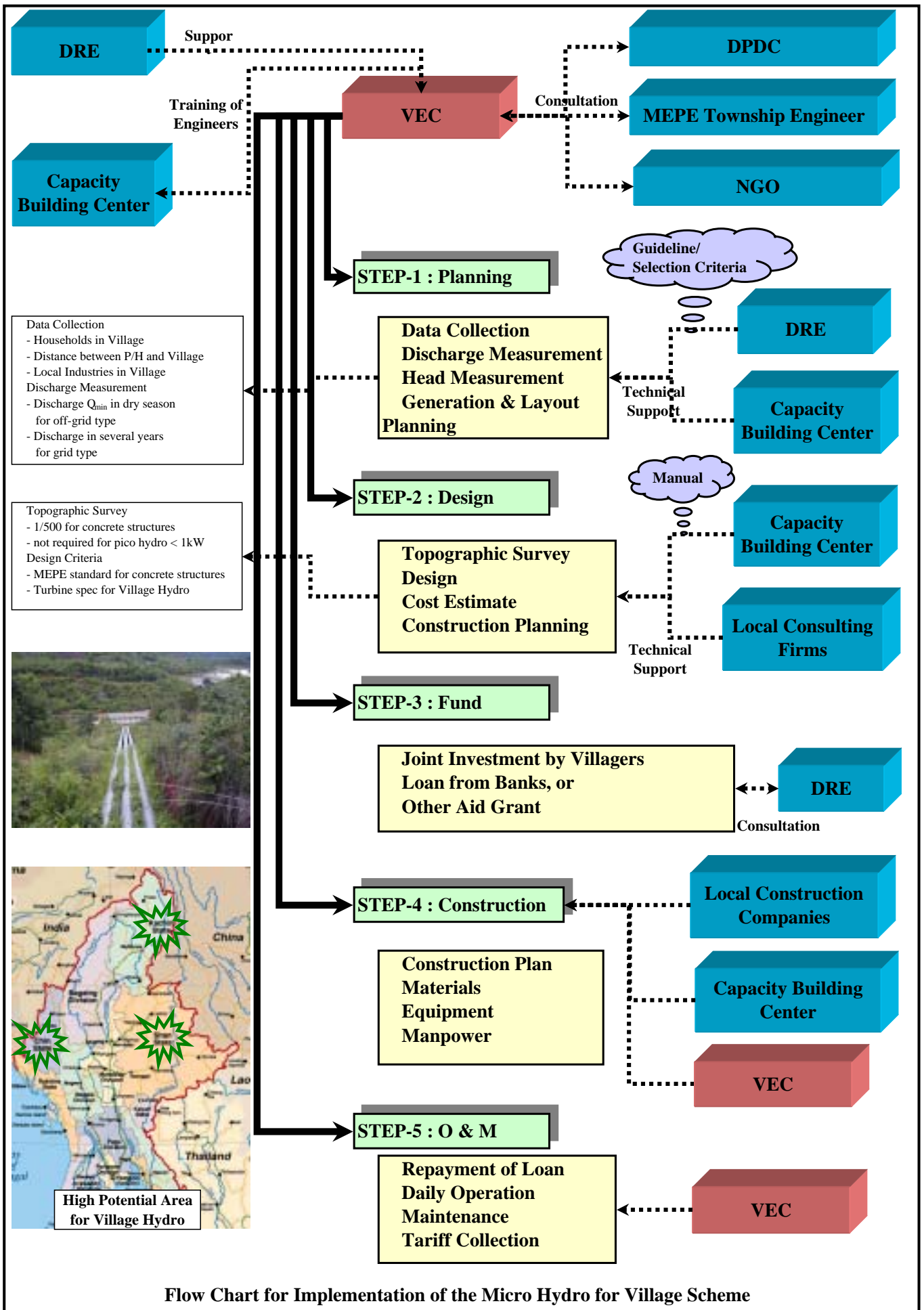
Small hydro 1,000-10,000 kW by DHP

Mini hydro 100-1,000 kW by DHP

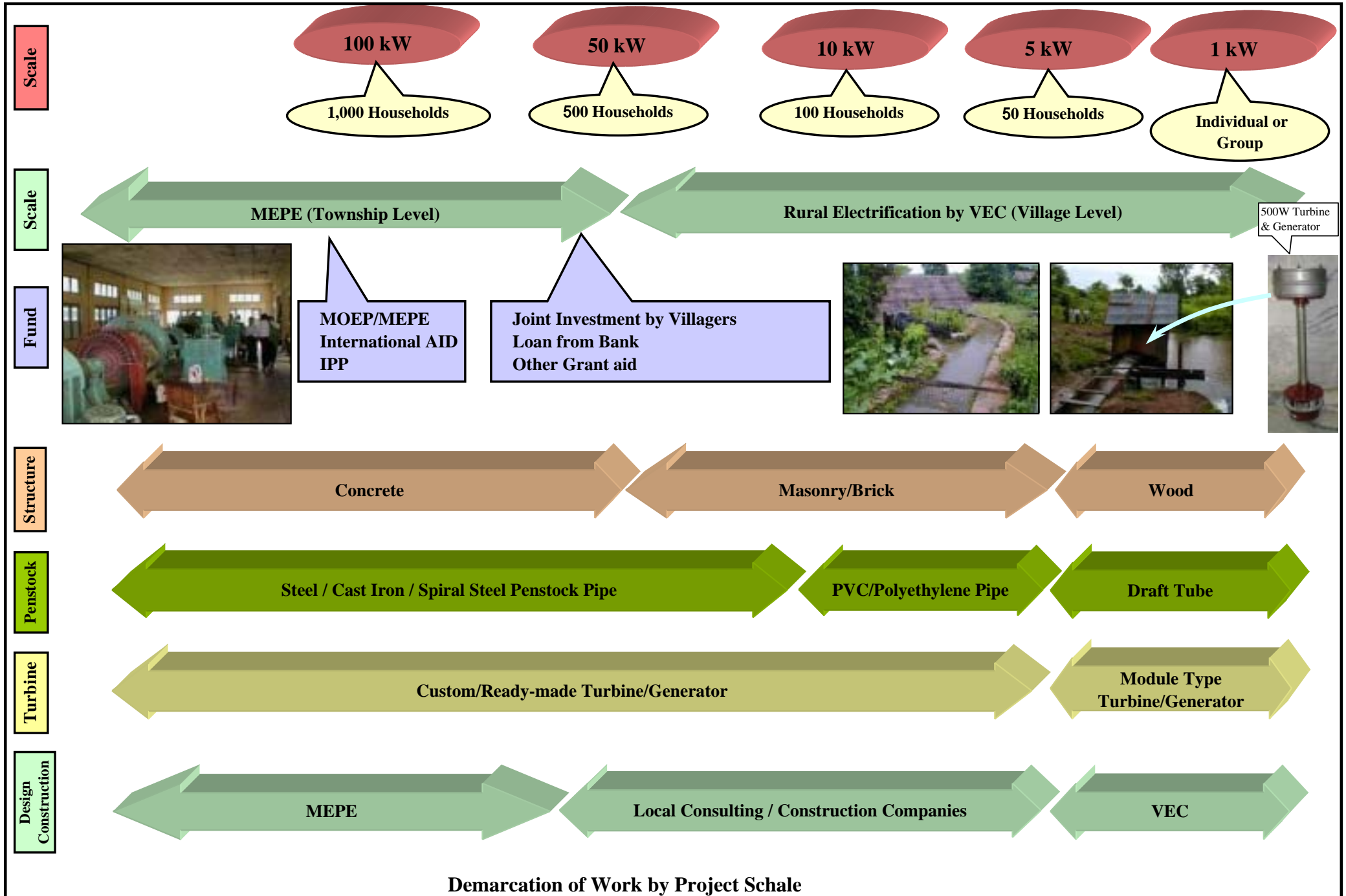
Micro hydro 50-100 kW by MEPE

Village Hydro 1-50 kW by VEC

Pico hydro <1 kW by individual or household group



Flow Chart for Implementation of the Micro Hydro for Village Scheme



MICRO HYDRO DEVELOPMENT

Discharge Measurement

Head Measurement



$$\text{Power} = 9.8 Q(\text{m}^3/\text{s}) \times \text{Head}(\text{m}) \times$$

Topographic Survey

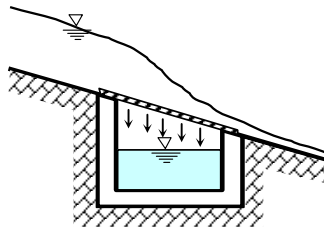
Design

Construction

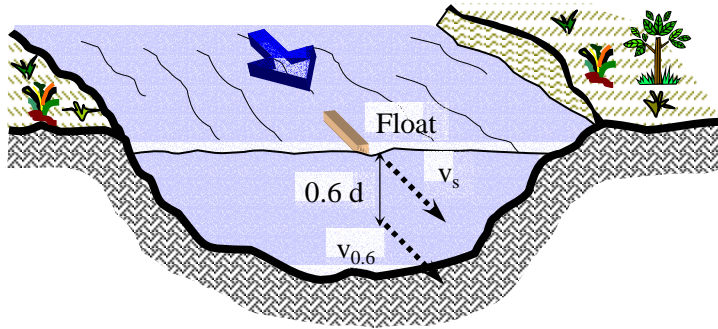
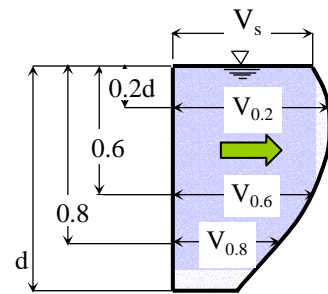
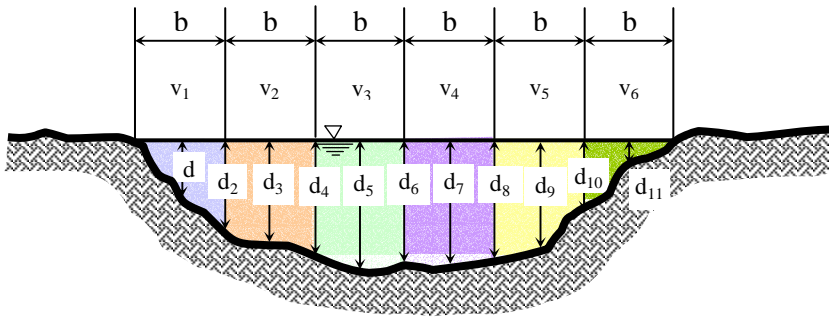
Tyrolean - type Intake



Tyrolean-type intake is suitable for steep river containing boulders

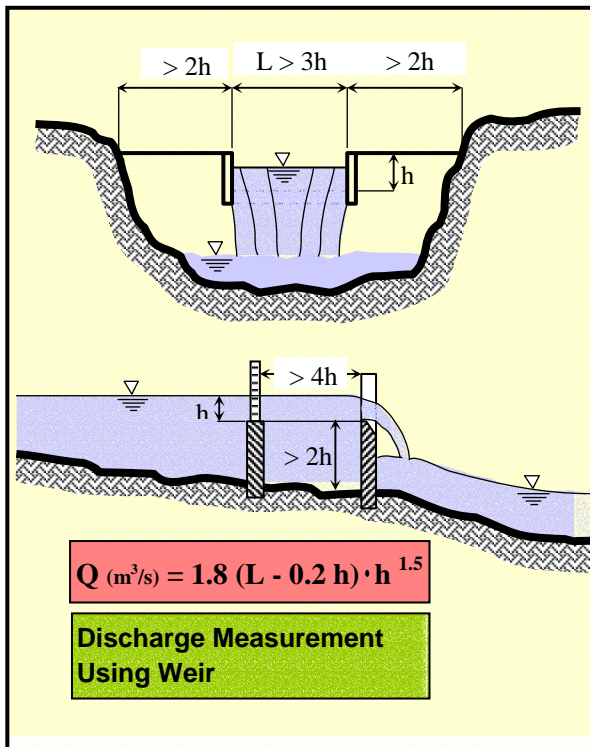
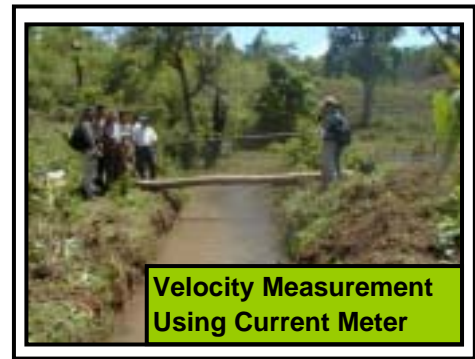


PERSPECTIVE VIEW

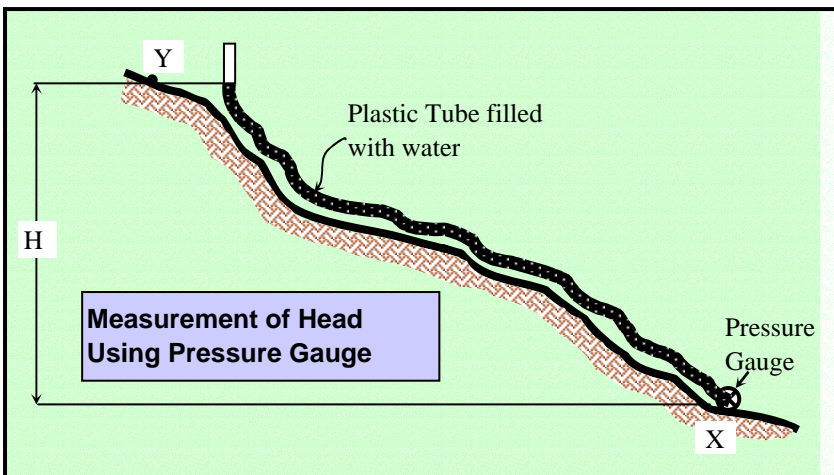
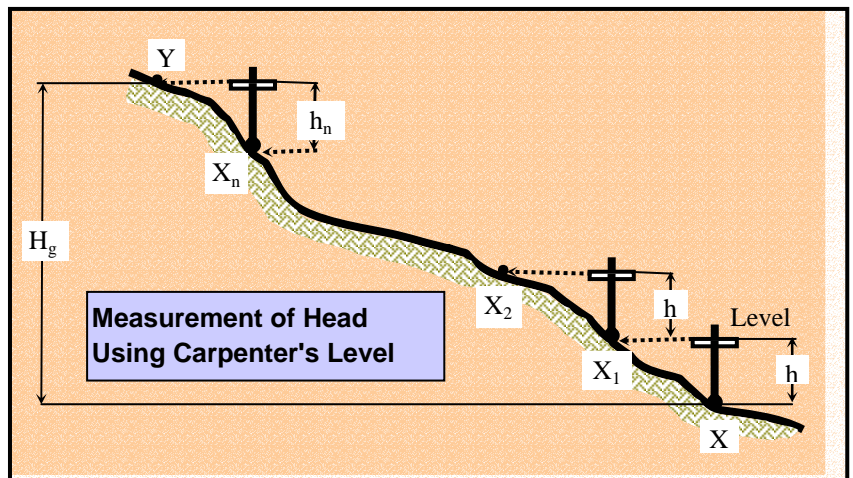
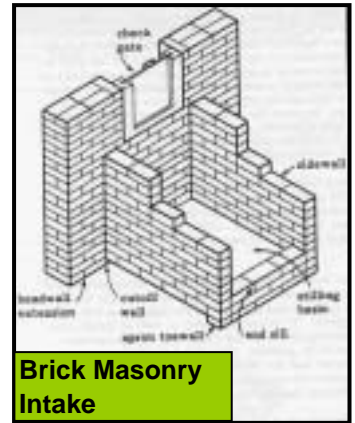
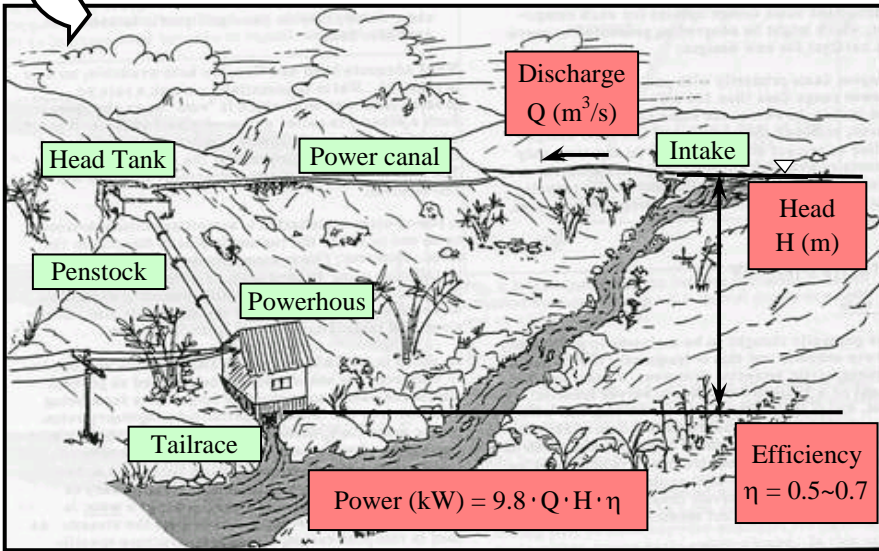
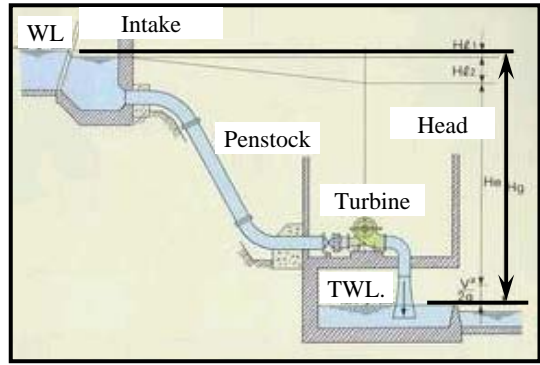
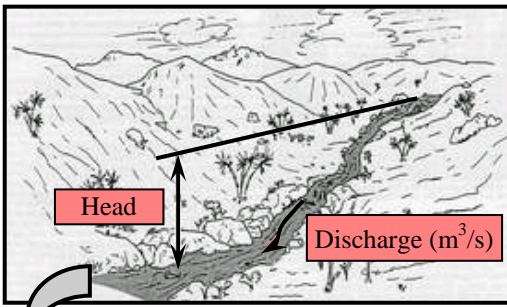


Discharge Measurement
 (1) Velocity Measurement
 (2) Area Measurement

Discharge Measurement Using Float or Current Meter
 Float $V_m = 0.8 \cdot V_s$
 Current meter (1 point) $V_m = V_{0.6}$
 Current meter (2 points) $V_m = (V_{0.2} + V_{0.8}) / 2$
 $Q \text{ (m}^3/\text{s)} = \text{Area (m}^2) \cdot V_m \text{ (m/s)}$

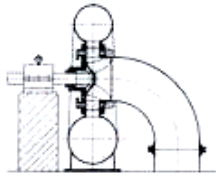


Discharge Measurement for Village Hydro

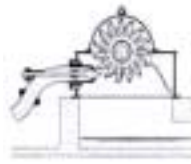


Head Measurement for Village Hydro

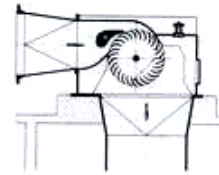
Francis Turbine



Pelton Turbine



Crossflow Turbine



↑ *Suitable for Village Hydro*

Type of Turbines

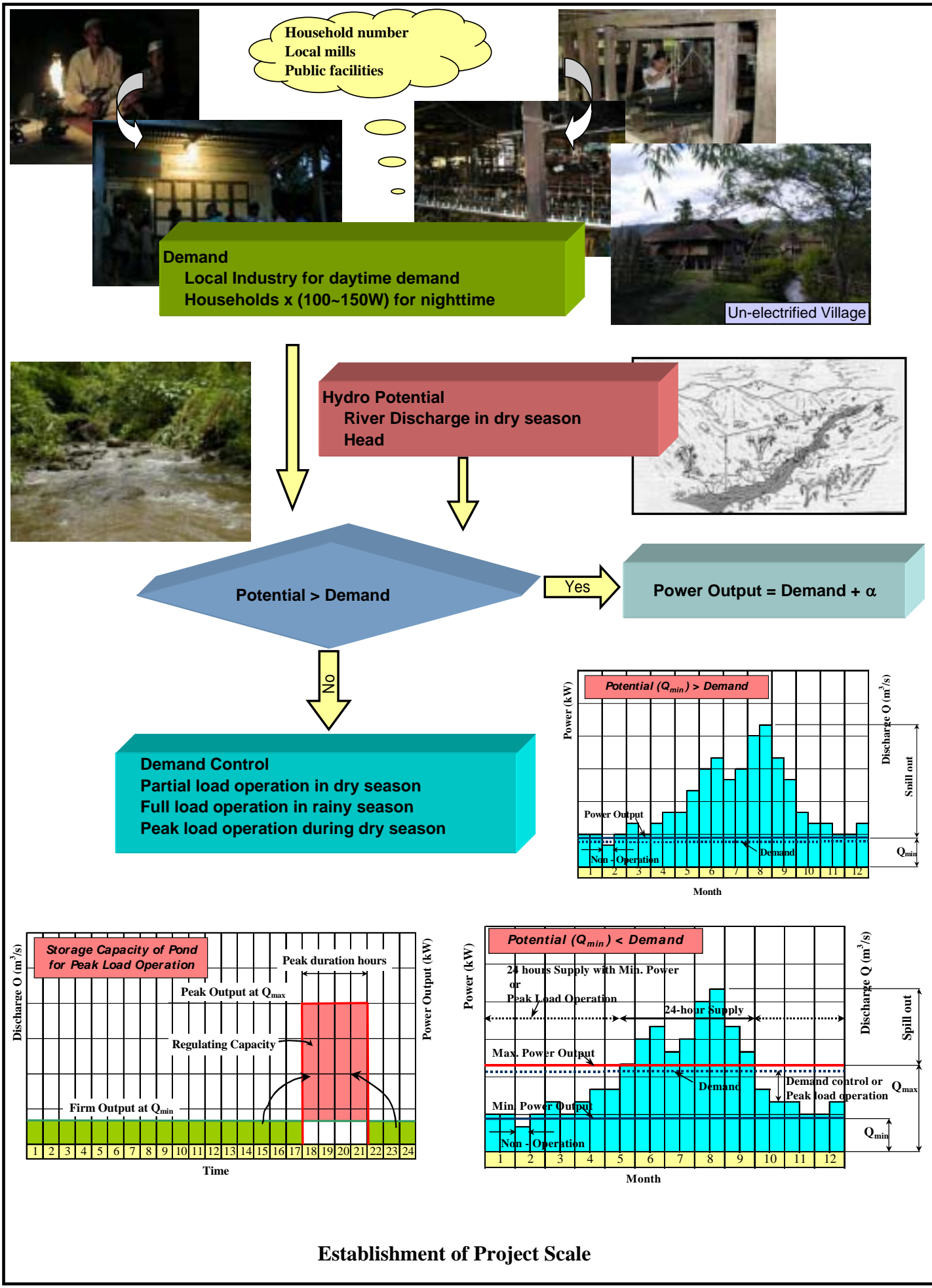


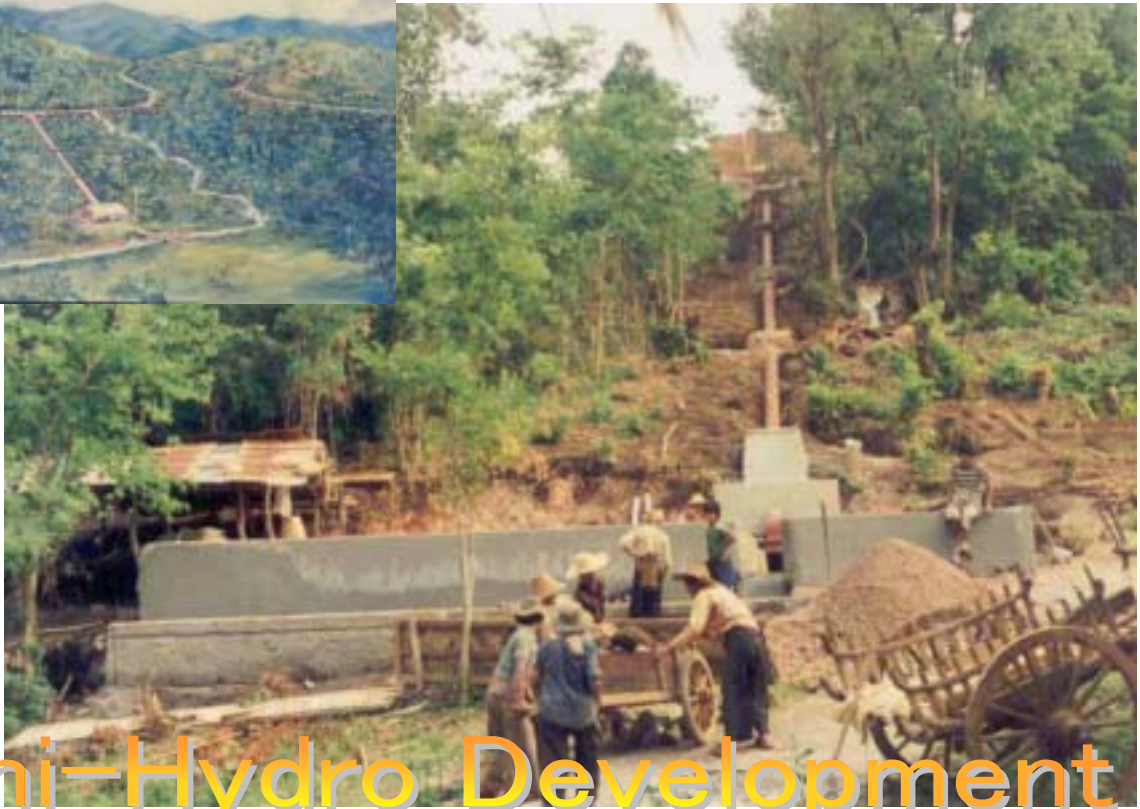
500 W Turbine & Generator
33,600 Kyats (Sep. 2001)



Module Type
Pico Turbine & Generator
300 W ~ 1 kW

Turbine for Village Hydro





Mini-Hydro Development by VEC in Shan State

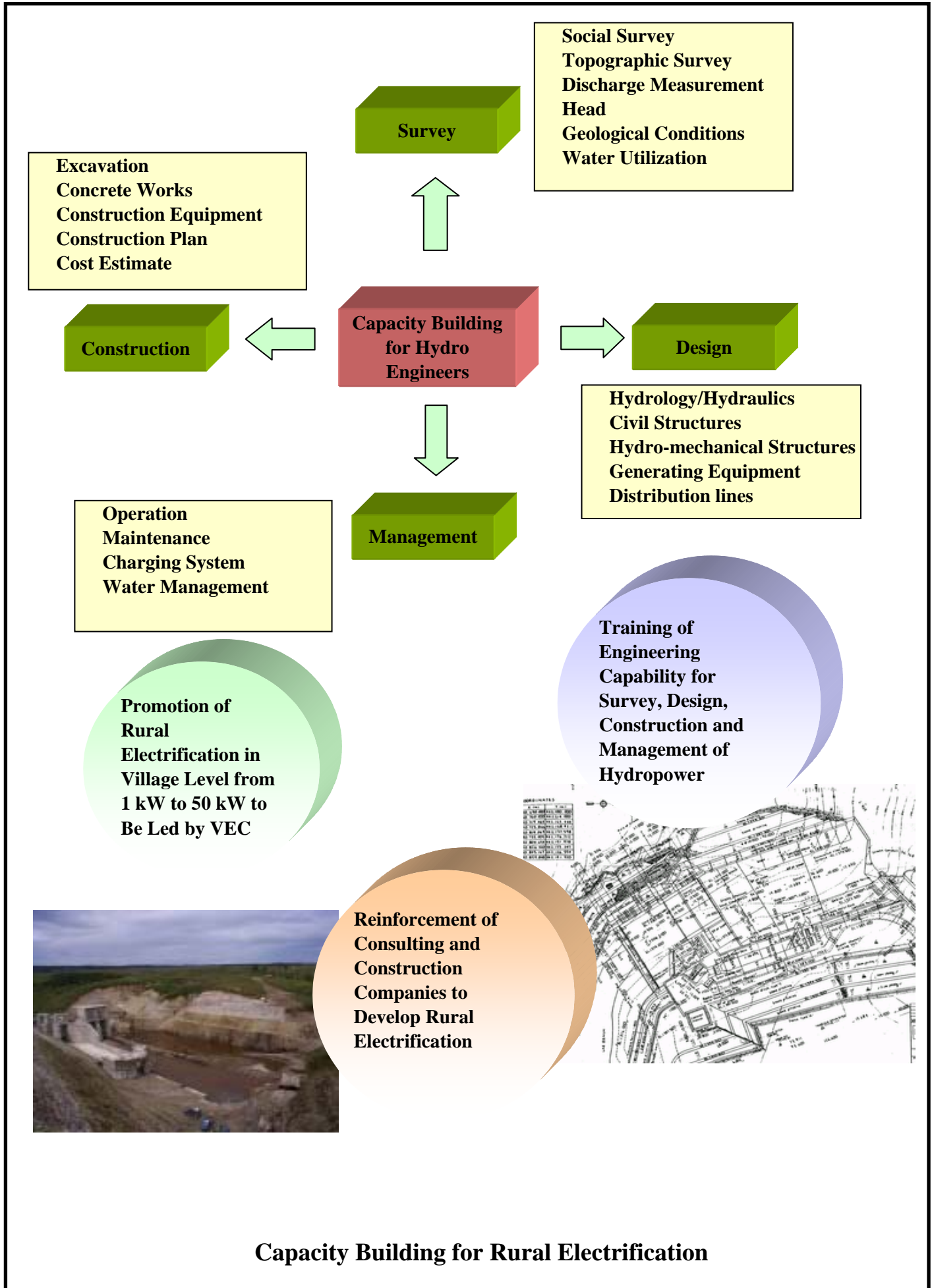


•• ထွက်ကန်မရှိ
 •• အမြင့် ၆ မှ ၁၅ ပေအထိ သာသွားရသဖြင့် ခိုင်ခံ့နိုင်ပါသည်။
 •• မတည်မှိုက်စေရန်အတွက် ခိုင်ခံ့မှုနှင့် အင်အားများစွာပေးပါသည်။

1. KAPLAN TURBINE (ကပ္ပလန်တူရိုင်း)
 ☆ အမြင့် (၆) မှ (၁၅) ပေအထိ အကောင်းဆုံး အင်အားပေးနိုင်သော အင်အားပေးစနစ်
 ☆ ထူးဆန်းစွာ (၆) ကုစားပေးပြီး ၊ မြန်မာနိုင်ငံတော် မြစ်ကန်များတွင် အများဆုံးအသုံးပြုပါသည်။

2. CROSS FLOW TURBINE
 ☆ အမြင့် (၁၅) မှ (၅၀) ပေအထိ အကောင်းဆုံး အင်အားပေးစနစ်
 ☆ ထူးဆန်းစွာ (၂) ကုစားပေးပြီး ၊ မြန်မာနိုင်ငံတော် မြစ်ကန်များတွင် အများဆုံးအသုံးပြုပါသည်။

ဦးစွန်းစွာ (ရေအားပေးစနစ်အင်အား) နှင့် အင်အားပေးစနစ်အင်အားပေးစနစ်
 ၁၉၉၂ ခုနှစ်



Data Sheet for Basic Planning of Small/Micro Hydro

No.	Item	Fill in	Range	Advice
1	Name of Village			
2	Division / State			
3	Distance to National Grid (km)		L > 30 km	OK. Proceed further below.
			30 km > L > 10 km	OK. Proceed with micro hydro < 100 kW
			L < 10 km	Extension of distribution line is to be studied.
4	Possibility of power supply by rehabilitation of existing hydros nearby		Yes	Rehabilitation is to be studied.
			No	OK. Proceed further below.
5	Road length to be constructed newly		L > 10km	Not suitable, search for other potential sites
			10 km > L > 1 km	OK suitable for small hydro (>50 kW)
			L < 1 km	OK suitable for Village Hydro (<50 kW)
6	Distance from site to target villages (km)		L > 20 km	Not suitable, search for other potential sites
			20 km > L > 1 km	OK suitable for small hydro (>50 kW)
			L < 1 km	OK suitable for Village Hydro (<50 kW)
7	Households to be electrified		100 ~ 500	Installed capacity required : 10 kW-50 kW
			50 ~ 100	Installed capacity required : 5 kW-10 kW
			< 50	Installed capacity required < 5 kW
8	List of public facilities	No.	Facility	Nos.
		1		
		2		
		3		
		4		
		5		
		6		
9	List of village industries	No.	Industry	Nos.
		1		
		2		
		3		
		4		
		5		
		6		
10	Ability to pay (Kyat)			
11	Discharge in dry season (m ³ /s)		Q > 2.0m ³ /s	Possible, but special care for flooding.
			2.0 > Q > 0.5 m ³ /s	OK but discharge partially used.
			Q < 0.5 m ³ /s	OK suitable for Village Hydro.
12	Date of discharge measurement		Jan. - May	OK
			Jun. - Dec.	Try again in Jan. to May.
13	Head available for power generation (m)		H > 500 m	Not suitable, but to consider cascade plan.
			500 > H > 30 m	Suitable for small hydro by MEPE.
			H < 30 m	Suitable for Village Hydro.
14	Distance from Intake to Powerhouse (km)		L > 5 km	Not suitable, but to consider other routes
			5 km > L > 500 m	OK suitable for small hydro by MEPE
			L < 500 m	OK Suitable for Village Hydro.

Table 9 Framework for Preliminary Selection of Form of Renewable Energy by Location

No.	Region	DHP		MEPE and VEC			
		Extension of Distribution Lines from National/Local Grids	Small & mini-hydro	Village Hydro (Micro/Pico)	Solar BCS	Wind BCS	Biomass gas engine
			50-10,000 kW	0.5-50 kW	0.1-3 kW	0.5-3 kW	10-50 kW
1	Mountain Regions						with rice husk or sawdust
2	Delta and Paddy Cultivating Regions		-	on irrigation channel		where wind prevails	with rice husk
3	Coastal Regions						with rice husk or sawdust
4	Remote and hardly accessible areas	-					with rice husk
5	Urban Areas including Suburbs		-	-	-	-	-

Legend: This pattern means out of scope of the current study.
 to Shows level of potential for implementation.

Biogas may be useful for lighting and cooking in those households in the border areas which are scattered in wide areas and, therefore, favor such individual system as for own home use rather than the distribution line-connected RE system.

Source: JICA study team