

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3巻 主報告書

地方電化ガイドライン

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 - 100

序 文

日本国政府は、ミャンマー国政府の要請に基づき、同国の農村地域における再生可能エネルギー導入調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施しました。

当事業団は、平成13年1月から平成15年8月までの間、日本工営株式会社の片山氏を団長とし、日本工営株式会社と財団法人日本エネルギー経済研究所の共同企業体から構成される調査団を、合計9回にわたり現地に派遣しました。

調査団は、ミャンマー国政府関係者と協議を行うとともに、ミャンマー電力公社のカウンターパートと協力して現地調査および既存小水力発電所のモニタリングを実施し、国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、ミャンマーにおける地方電化率の向上および同国の貧困緩和・地域間格差是正に貢献するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係者各位に対し、心から感謝申し上げます。

平成15年9月

国際協力事業団
総裁 川上 隆朗

川上隆朗



NIPPON KOEI CO., LTD.

Consulting Engineers

伝達状

国際協力事業団

総裁 川上隆朗 殿

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を終了致しましたので、ここに最終報告書を提出致します。本報告書は、ミャンマー電力公社をはじめ、同国関係機関から表明された意見を反映させ、かつ日本国側関係諸機関の助言も反映させております。

本調査では、首都ヤンゴンでも電力需給が逼迫しているミャンマー国の電力需給の現状を鑑み、農村地域において再生可能エネルギーを導入し、地場技術を活用することによって同国の地方電化率を早急に改善するため、政府による本格的電化事業と村落主導の簡易照明事業を提案しております。本報告書のガイドライン、マニュアル、データベース等が、ミャンマー国における地方電化率の持続的向上のために、政府による電化事業と村落主導の簡易照明事業の実施・維持管理に活用され、ひいては農村部の貧困緩和および都市・地方の地域間格差是正にも貢献できれば幸いです。

貴事業団、外務省並びに経済産業省各位から本調査期間中に頂いたご支援及びご指導に心から感謝申し上げます。

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

片山 陽夫

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

団長 片山 陽夫

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3巻 主報告書： 地方電化ガイドライン

目次

パート1	序章	1
1.	電化需要	1
1.1	ミャンマーにおける農村電化の現状	1
1.2	農村地域の電化需要	7
1.3	支払意思額	10
1.4	電化事業への地域社会参加の見通し	11
2.	再生可能エネルギーによる地方電化事業のフィージビリティ	13
2.1	ミャンマーにおける再生可能エネルギー利用状況概観	13
2.2	小水力のフィージビリティ	17
2.3	太陽光発電のフィージビリティ	18
2.4	風力のフィージビリティ	20
2.5	バイオマス発電のフィージビリティ	20
2.6	再生可能エネルギーによる既存村落電化システム事例	22
2.7	現地にて利用可能な建設資機材	22
パート2	制度面	27
3.	既存の組織体制	27
3.1	背景	27
3.2	投資者	28
3.3	関連機関	28
3.4	地方電化の効果と課題	33
3.5	地方電化便益	34
4.	地方電化の推進組織・体制の提案	35
4.1	必要な機能	35
4.2	地方電化を主管する候補組織	35
4.3	制度・組織の提案	39
5.	地方電化のための政策、法律、および規制	41
5.1	既存の政策と開発計画	41
5.2	現在の法制度・規制	42
5.3	再生可能エネルギーによる地方電化を促進する政策、法律、規制	44
6.	再生可能エネルギーを用いた地方電化の財務的側面	45
6.1	資金調達	45

6.2	電気料金構造と水準	48
6.3	非技術的損失の抑制	48
7.	電力の産業活動への有効利用	51
8.	地方電化事業の運営と維持管理	53
8.1	既存の孤立地方電化事業の運営・維持管理状況	53
8.2	将来の分散型（孤立型）再生可能エネルギーによる地方電化計画	54
8.3	有効な O&M のための条件	54
8.4	将来の再生可能エネルギーによる分散型（孤立型）地方電化事業の運営維持管理の枠組	54
9.	人的資源開発体制	57
9.1	既存研修機関	57
9.2	必要な研修内容	58
9.3	人的資源開発体制	58
パート 3	技術面	61
10.	地方電化のための再生可能エネルギーの開発ポテンシャル	61
11.	再生可能エネルギーによる地方電化の推進戦略	75
12.	提案された地方電化計画案の選定基準	81
13.	選定された地方電化プロジェクトの優先順位付け基準	83
14.	地方電化事業に用いる技術基準	88
14.1	基本計画に必要な情報	88
14.2	発電・配電施設および機器	89
14.3	フィージビリティの評価	93
14.4	環境影響評価	97
15.	再生可能エネルギーによる地方電化データベース	99
15.1	はじめに	99
15.2	データベースの内容	99
15.3	データベースとそのユーザーの役割	100
15.4	データベースの特徴	101

付表リスト

表 1	ミャンマーの州／管区別電化率.....	3
表 2	ASEAN 諸国の電化率.....	3
表 3	電化組合への想定加入率.....	9
表 4	州／管区別地方電化需要試算	10
表 5	支払意思額と支払実績額.....	11
表 6	支払能力	11
表 7	ミャンマーにおける再生可能エネルギー利用状況概観.....	13
表 8	再生可能エネルギー事情と地方電化への適用性概観.....	16
表 9	再生可能エネルギーによる既存村落電化システムと課題	23
表 10	州・管区別人口.....	27
表 11	アジア諸国の地方電化率.....	28
表 12	再生可能エネルギーによる地方電化を担うべき候補組織.....	36
表 13	地方電化において中心的な役割を担うべき組織	39
表 14	認可発電事業者別の発電設備規制	43
表 15	電化基金運営上の MEPE および MADB の長所と短所.....	48
表 16	人的資源開発の必要分野と研修オプション.....	59
表 17	出力 100 kW 超の小水力地点数と合計出力.....	61
表 18	州別人口、モミ生産量、モミガラ排出量、モミガラガス化発電ポテンシャル試算 ..	64
表 19	精米所の州別・規模別分布数.....	66
表 20	州別および精米所の規模別のモミガラガス化発電ポテンシャル試算	67
表 21	ミャンマーの推定月間日射量.....	70
表 22	ミャンマーの月平均風速.....	73
表 23	地方電化推進速度と資金需要規模試算.....	76
表 24	再生可能エネルギー源の予備選定表.....	80
表 25	地方電化事業の目的に係る評価項目.....	83
表 26	地方電化事業の優位性に係る評価項目	84
表 27	優先順位付け基準.....	86
表 28	優先開発プロジェクト.....	87
表 29	MIC 社製モミガラガス化発電装置の特徴.....	90
表 30	太陽光・風力発電による電化システム.....	92
表 31	PV パネル出力と発電量.....	93
表 32	中国製水車・発電機モジュールの市場価格.....	95

付図リスト

図 1	ミャンマーにおける地方行政構造	1
図 2	ミャンマーの州 / 管区別人口と地方電化率	2
図 3	MEPE 送電系統と優先開発計画位置図	5
図 4	太陽光 BCS の概念図	18
図 5	SHS のシステム構成	19
図 6	MOEP 組織構造 (2002 年以降)	30
図 7	電力局組織	30
図 8	MEPE 組織図 (03 年 2 月更新)	31
図 9	電力省プロジェクト計画承認手順	32
図 10	持続可能な地方電化達成のためのプロセス	37
図 11	再生可能エネルギーによる地方電化実施のための枠組み	38
図 12	持続可能な地方電化のための制度・組織構造	40
図 13	現在の法的枠組み	43
図 14	地方電化基金の運営に関するひとつの提案	47
図 15	北シャン州ナムラン村の昼間需要予測の内訳	52
図 16	マニュアルとガイドラインの役割分担	55
図 17	人的資源開発のプロセス	58
図 18	人的資源開発体制	59
図 19	材木生産量	62
図 20	ミャンマーの太陽光ポテンシャル	69
図 21	ミャンマーの年平均風速	72
図 22	家庭、学校、病院、集会所等の SHS	91
図 23	太陽光ワクチン冷蔵庫システム	91
図 24	太陽光街灯システム	91
図 25	太陽光揚水システム	91
図 26	太陽光発電システム価格目標	97
図 27	データベース使用者・関係者図	100
図 28	データベースのユーザーと管理者	100
図 29	データベースビューアのメイン画面	101

添付資料リスト

Appendix-1	List of Micro and Pico Hydros Installed by NGO	103
Appendix-2	Features of Those Renewable Energy Not Dealt with in the Guidelines	104
Appendix-3	Unit Husk Consumption of Rice Husk Gas Engine	105
Appendix-4	Necessary Rice Husk for Village Electrification.....	106
Appendix-5	Characteristics of Rural Area in Myanmar	109
Appendix-6 (1/2)	Estimated Unit Power Demand	112
Appendix-6 (2/2)	Estimated Unit Power Demand	113
Appendix-7 (1/4)	Selection Criteria for RE by Small and Mini Hydros (>50 kW)	115
Appendix-7 (2/4)	Selection Criteria for RE by Micro and Pico Hydros (<50 kW)	116
Appendix-7 (3/4)	Selection Criteria for RE by Solar-Wind BCS.....	117
Appendix-7 (4/4)	Selection Criteria for RE by Biomass Gas Engine	117
Appendix-8	Common Issues of Battery Charging for Lighting and Recommended Parallel Charging.....	118
Appendix-9	Forms for Interview Survey for RE with Solar-Wind Power.....	120
Appendix-10	Planning Sheets for RE by SHS.....	122
Appendix-12	Planning Sheets for RE by Wind Power BCS	127
Appendix-13	Suppliers and Contractors in Construction Industry in Myanmar Market.....	128
Appendix-14	LIST of Myanmar Laws Relating To Environment	129
List of References		131

組織	略語	
DEP, DOEP	Department of Electric Power of MOEP	電力省電力局
DHP	Department of Hydroelectric Power of MOEP	電力省水力総局
DOMH	Department of Meteorology and Hydrology	気象水力局
EOJ	Embassy of Japan	日本大使館
GOM/SPDC	Government of Myanmar/State Peace and Development Council	ミャンマー政府/ 国家平和発展評議会
GOJ	Government of Japan	日本政府
ID	Irrigation Department of Myanmar	灌漑局
ITC	Irrigation Technology Centre, Irrigation Department	灌漑局・灌漑技術センター
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力事業団
MADB	Myanmar Agricultural Development Bank	ミャンマー農業開発銀行
MAPT	Ministry of Agricultural Products and Trade	農産物流通省
MEC	Myanmar Economic Commission	ミャンマー経済委員会
MELC	Myanmar Electric Light Co-operative Society Ltd.	ミャンマー電灯協同組合
MEPE	Myanma Electric Power Enterprise	ミャンマー電力公社
MIC	Myanmar Inventors Co-operative Ltd.	ミャンマー発明家組合
MOAI	Ministry of Agriculture and Irrigation	農業灌漑省
MOC	Ministry of Cooperatives	協同組合省
M O C T	Ministry of Commerce and Trade	商業貿易省
MOE	Ministry of Energy	エネルギー省
MOEP	Ministry of Electric Power	電力省
MOF	Ministry of Forestry	林業省
MOFA	Ministry of Foreign Affairs	外務省
MOI	Ministry of Industry	工業省
MOST	Ministry of Science and Technology	科学技術省
MPBANRDA	Ministry for Progress of Border Areas and National Races and Development Affairs	国境地域少数民族開発省
NCEA	National Commission for Environmental Conservation	国家環境委員会

	Environmental Affairs	
NEDO	New Energy & Industrial Technology Development Organization, Japan	日本新エネルギー・産業技術総合開発機構
SPICL	Sein Pann Industrial Production Co-operative Limited	セインパン産業協同組合
SPDC	State Peace and Development Council	国家平和発展評議会
USDA	Union Solidarity and Development Association (an NGO)	連邦共同開発協会 (NGO)
VEC	Village Electrification Committee	村落電化委員会
VPDC	Village Peace and Development Council	村落平和発展評議会
VWSDC	Village Water Supply Distribution Committee	村落給配水委員会
YIE	Yangon Institute of Economics	ヤンゴン大学経済学部
YIT	Yangon Institute of Technology	ヤンゴン工科大学
経済・財務		
ATP	Ability to Pay	支払能力
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GRDP	Gross Regional Domestic Product	国内地域総生産
IRR	Internal Rate of Return	内部収益率
WTP	Willingness to Pay	支払意志額
単位		
kWh	kilo-Watt-hour	
MWh	Mega-Watt-hour (10^3 kWh)	
MJ	Mega-Joule (10^6 J)	
K	Currency unit of Myanmar (Kyat)	
toe	Tons of Oil Equivalent (10^7 kcal)	
US\$, \$	Currency unit of USA (US dollar)	
¥	Currency unit of Japan (Yen)	
その他		
BCS	Battery Charging Station	バッテリー充電所
CDZ	Central Dry Zone	中央乾燥地帯
FS	Feasibility Study	フィージビリティ調査

HRD	Human Resources Development	人的資源開発
IPP	Independent Power Producer	独立系発電事業者
MP	Master Plan	マスタープラン
NGO	Non Governmental Organization	非政府組織
OJT	On-the-Job-Training	実地訓練
O&M	Operation and Maintenance	維持管理
R&D	Research and Development	研究開発
RE	Rural Electrification	地方電化
SHS	Solar Home System	太陽光発電家庭電化システム

為替レート 特記しない限り、 US\$ 1.00 = K500 = ¥ 120 (2001 年 5 月)
US\$ 1.00 = K1,000 = ¥ 120 (2003 年 5 月)

ガイドラインの想定ユーザーと目的

ガイドラインの想定ユーザー

このガイドラインは、ミャンマーの農村地域において、再生可能エネルギーによる分散型の地方電化を主導・推進するために、本調査で新設を提案中の MEPE 送配電部の地方電化課(SRE)、MEPE 州事務所、および MEPE 郡事務所の職員を主対象とする。本マニュアルは同時にまた、自分達の村落電化を強く希望し電化方策を模索中の村民や、これを支援する民間活動家にとっても、適切なエネルギー源の選定や村落電化構想の立案に役立つことを目指している。

ガイドラインの目的

このガイドラインは、対象村落の電化ニーズの特定、小水力・バイオマス・太陽光・風力などの再生可能エネルギーのポテンシャルの把握、対象村落の電化に適した再生エネルギー源の選定、および自助努力による村落電化事業の予備計画のための参考情報とガイドを提供するものである。

ガイドラインの内容

このガイドラインは以下の内容から構成される。

- ガイドライン本文
- 添付資料

ビジュアルガイドの内容

本調査の一環として、MEPE 職員を対象として、以下の参考資料を作成した。これらの資料は、「村落電化事業」を推進しようとする村民、民間技術者、および NOG 関係者にも参考となろう。

- 次の説明図とフォームから成る、村落電化をわかりやすく紹介するビジュアルガイド(英語版は第 1 巻 要約に添付、ミャンマー語版は別冊)
 - ・ 村落電化に活用できる再生可能エネルギーとしてどんなものがあるか？
 - ・ どの程度の電化が可能か？
 - ・ 対象村落の電化に適した再生可能エネルギーは何か？
 - ・ 再生可能エネルギーのポテンシャルはどうやって測定したらよいか？
 - ・ 大略の費用は？
 - ・ 村落水力(< 50 kW)の計画・設計のためのビジュアルマニュアル
- 第 4 巻の持続型小水力マニュアル
 - ・ このマニュアルは、MEPE が推進する 50 kW 超の小水力と、村民が自助努力で実施する 50 kW 未満の村落水力の双方をカバーしている。

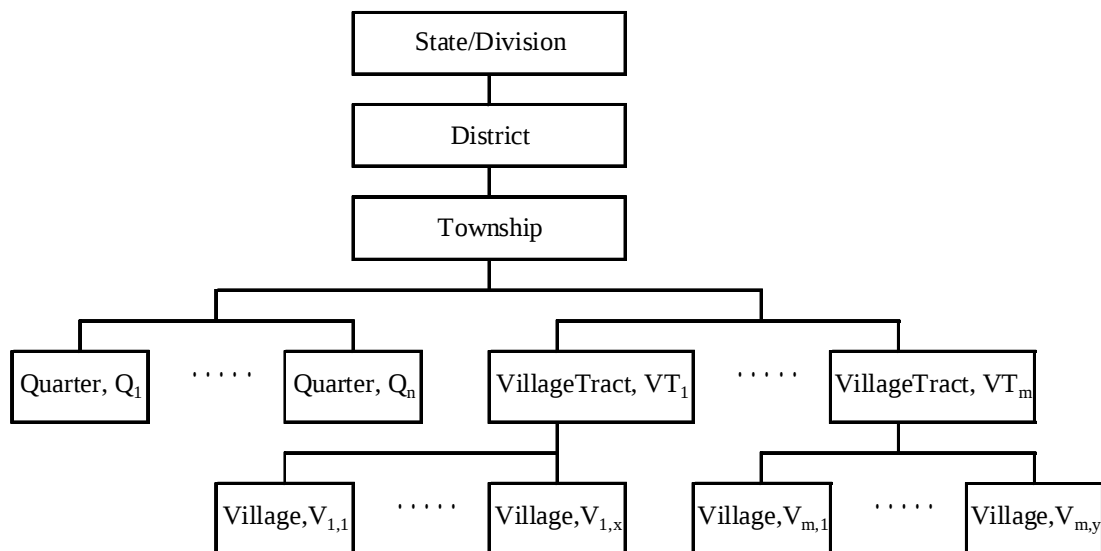
パート1 序章

本ガイドラインは、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（本調査）の最初のアウトプットとして作成された。本調査は、ミャンマー国電力省（MOEP）、ミャンマー電力公社（MEPE）、および日本国際協力事業団（JICA）の間に合意・締結された作業範囲および会議議事録に沿って、2001年1月に開始され、2003年9月に完了した。

1. 電化需要

1.1 ミャンマーにおける農村電化の現状

(1) ミャンマーにおける行政構造



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

Source: The Study Team

図1 ミャンマーにおける地方行政構造

ミャンマーの行政構造は図1に示すように、州／管区（States/Divisions）を頂点に、地区（District）、郡（Township）、区（Quarter または Ward）、村落グループ（Village Tract）及び個別の村落（Village）となっている。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 万人以上で構成され、その中心部分を町に匹敵する幾つかの区（Quarter 又は Ward）に分ける。村落グループ（Village Tract）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、かつ郡長（Chairman of Township、正式名称は郡平和開発評議会議長 Chairman of Township Peace Development Council）の指揮を受ける。村落グループの各構成村落のリーダーの中から互選で 4 人程の村落管理委員（Member と呼ばれる）が選ばれ、その中から 1 名が Village Tract Chairman として選出される。村落グループ長が中央政府から指名されることもある。構成村落の大小、村落内世帯数、人口等の違いがあるため一律ではないが、全国的に村人 1,000 ないし 2,000 人に 1 人程度の割合で Member が選出される。村落グループ長、個別村落村長の在職期間の定めはなく、無給のボランティアである。村落グループ長は 3 年ないし 6 年ほどで交代することが多いようである。ミャンマーの地方部の特徴を Appendix-5 にまとめて示す。

(2) 地方電化率

図 2 にミャンマー 14 州 / 管区の人口と地方電化率を示す。

ミャンマーの電化水準を見ると、都市と地方のギャップが著しい。中央統計局の家計収入・支出調査（1997 年）によると、全国平均で、全世帯の 37%が電化されているが、24%はバッテリー照明に依存している。都市部に限れば 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。各州・管区の都市部では、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、州・管区の地方部では、ラカイン州が最も低く、2%の世帯しか電化されていない。

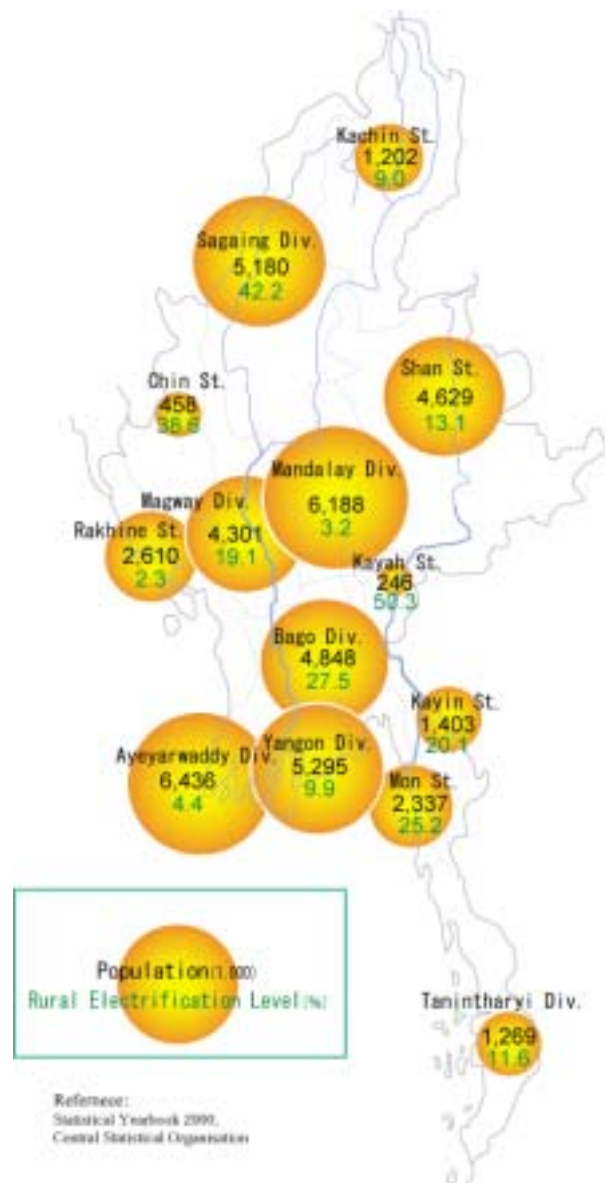


図2 ミャンマーの州 / 管区別人口と地方電化率

表1 ミャンマーの州／管区別電化率

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

世帯電化率の全国平均値は 37%（地方部だけだと 18%）であるが、表 2 に見られるように他の ASEAN 諸国と較べて最も低い水準にある。

表2 ASEAN 諸国の電化率

	Myanmar	Thai	Vietnam	Malaysia	Indonesia	The Philippines
Population (1,000)	48,132	58,400	73,790	20,690	193,750	70,270
per capita generation capacity (kW)	0.022	0.295	0.072	0.378	0.084	0.109
Electrification ratio (%)	37 (in rural area 18%)	89	60	56 (Salawak) 54 (Sabah)	51 (nation- wide)	86 (NPC) 56 (co-ops)

Source: Prepared based on "Study of Dispersed Small Hydros, March 1996", Japan Association of Civil Engineers.

(3) MEPE 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源不足の状況が継続している(図3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。

2000/01 年度の発電量は 5,020 GWh であり、一方販売電力量は 3,715 GWh であった。発電経費は 20.6 十億チャットであり、これは発電原価 K4.10/kWh に相当する。電力損失は、1997/98 年度までは 38 %に上ったが、2000/01 までに 24 %まで改善されたと報告されている。この高率の電力損失のため、消費者端では販売電力 1 kWh 当り K5.55 に上る。

ガスタービン火力が総発電量の 63 %を、水力が同 18 %を発電した。2000/01 年度現在、MEPE の契約需要家数は 1.025 百万、電化済みの郡(Township)は 323、電化済みの村落グループは 1,117 である。

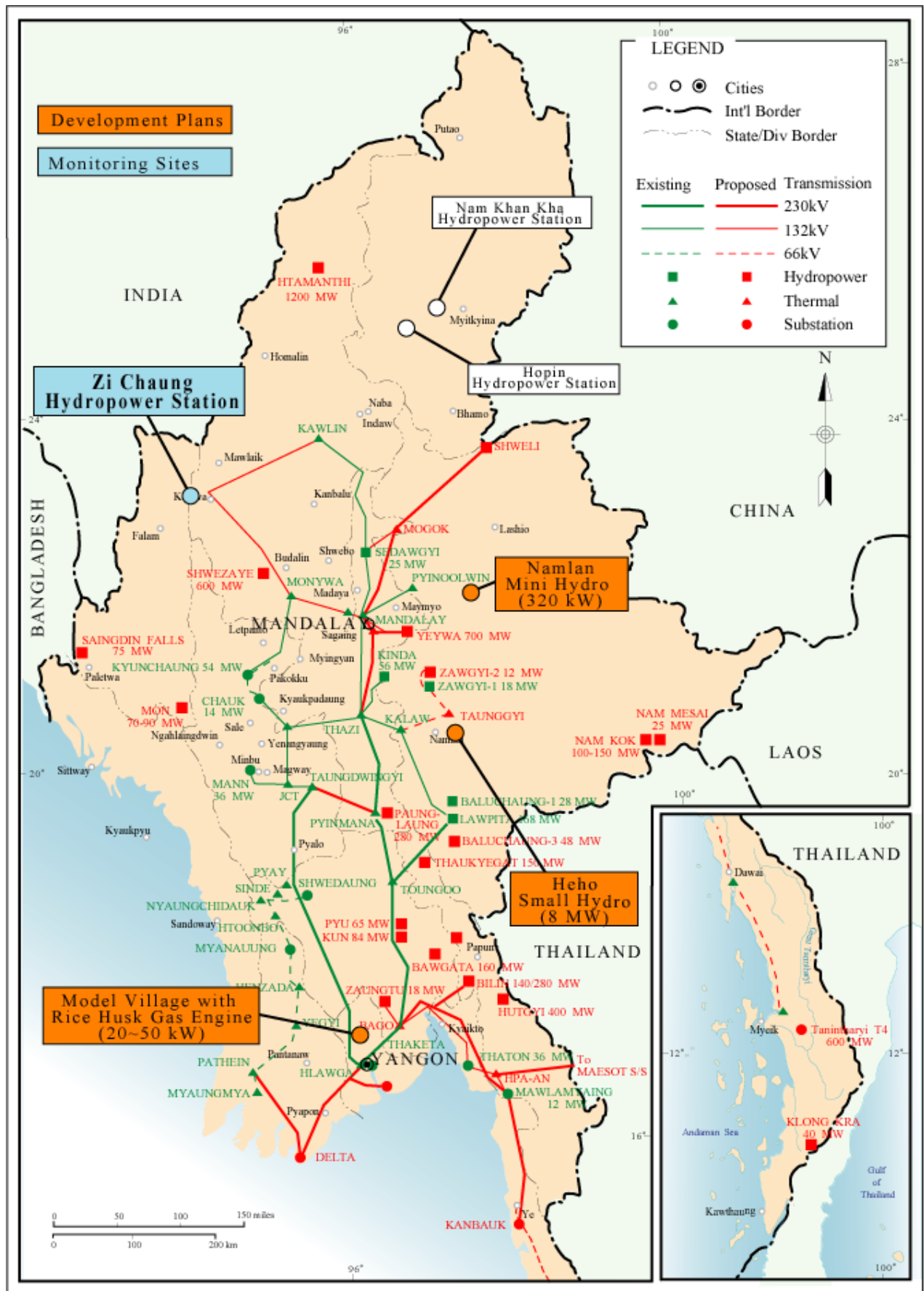
2000/01 年度現在、送電系統は、延長 874 miles の 230 kV 送電線、同 1,165 miles の 132 kV 送電線から成る。配電網は、延長 1,045 miles の 66 kV 配電線、同 2,193 miles の 33 kV 配電線、同 4,677 miles の 11 kV 配電線から成る。

系統の深刻な電源不足に対処するため、政府は、2001 年度からの 5 年間に総設備容量 2,000 MW の水力発電所を建設すべく、戦略的電源拡張計画を実施に移した。平行して、この新規電力を系統の主要消費地に送るために、系統の送電線拡張計画が検討されている。

(4) MEPE 中央電力系統の給電状況

大都市中心部の Township を除いて、大都市郊外および地方の Township は、準市街化された中心部(Quarter)と周辺の村落(Village)から構成される。ヤンゴン郊外の Township においても、実際に電化されているのはこの中心部(Quarter)だけである。さらにその中心部でも、時間帯こそ毎日変更されるが、1日9時間の計画停電が実施されている。そのため、電灯需要がピークとなる夕方には1日おきにしか受電できない。周辺の村落では、配電線が通過していたとしても、ほとんど未電化である。受電するためには、変圧器や配電線費用の部分的拠出を求められるが、その費用を捻出できないことが未電化の理由とされる。しかし、電力系統の電源が不足し、かつ配電線の容量が不足するため、給電したくとも給電できないことが、このような大都市近郊の村落未電化の実情である。

ミャンマーにおける電力需給の現状では、実施中の電力系統の電源拡充が、とりもなおさず計画停電を解消し、さらに電力系統周辺の未電化村の電化促進のために貢献する。



出典： MEPE 資料から調査団が編集

図3 MEPE 送電系統と優先開発計画位置図

(5) 地方の電化現状

MEPE による全国 Township の電化事業

1990 年代に、中央政府と各州の和平協定が次々と締結されると、政府は各州タウンシップの電化に力を注いだ。その結果、当時全国で 323 に上ったタウンシップ全てで、少なくともその中心部で電化が実現した。このようにして、各 Township 中央の市街化地域は、MEPE の 456 台のディーゼル発電機や 30 ヶ所の小水力発電による孤立電力系統によって給電されている。ディーゼル発電の場合、燃料予算が限られているため、毎日 3 時間だけ運転されている。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、MEPE 本社から交付される運転資金により、発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 時間全対象地域に給電している。Township 周辺部に位置する村落はほとんど未電化である。

バッテリー照明システムの灯油ランプ代替としての普及

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による照明システムが相当数（24%）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導入された。すなわち、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と、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普及した。

ミャンマーでは、ほとんどの BCS で、バッテリーを劣化させる直列結線方式でバッテリーを充電している。Appendix-8 に示すように、バッテリーは並列方式で充電することを強く推奨する。

BCS 開業と平行して、バッテリーと小型蛍光灯がマーケットに出回った。その際、標準電圧 12 V のバッテリーよりも、より安価で農民が購入しやすい 8V の小型バッテリーが多数出回った。その結果蛍光灯でも 8V 用が市場を制し、12V 製品は陰に迫りやられた。蛍光灯は 8W でもそれなりに明るい、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（2001 年）程度の小型蛍光灯の購入も困難な世帯では、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で、しかもより暗いにもかかわらず）使用しているのが実情である。このバッテリーのリサイクル業がビジネスとして成立している。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が、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かねない。

このようなバッテリー照明システムは、1973 年の第 1 次石油ショックに対処するために、自己防衛的に進んだ自助努力による「灯油ランプ代替」の結果である。全国各地で早急な地方電化が望まれている。

その他の電源による地方電化

MEPE による Township 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 5-75 kW のピコからマイクロ級の小水力発電所。ミャンマーの水力 NGO などが技術指導している（Appendix-1 の小水力リスト参照）。
- 出力 300 W から 5 kW の「投げ込み式」水車。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。篤志家や NGO の寄贈によるものであり、住民が独自に購入・設置した例はない。商業ベースの BCS もない。
- 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。近隣世帯へも一部給電。

(6) 地方電化の段階と定義

MEPE 公式統計では、電力積算メータを設置して MEPE から給電を受けている家庭を電化世帯とみなす。

本ガイドラインでは、「電化世帯」とは、MEPE、独立発電事業者（IPP）、VEC 等からの配電線により、あるいは自家用発電機により、給電を受けられる世帯を指すものと定義する。

地方電化の最低水準は、年間を通じて毎日 3 時間以上夕食時に給電を受けられること、量的には 20 ワットの蛍光灯 3 本、小型電気製品 1 台（15 ワット）および配電損失を考慮して合計 80 ワットとする。

バッテリーによる 4-8W の照明は電気を用いてはいるが、照明水準を考えた実態は「灯油ランプ代替」であり、「電化世帯」としてはカウントしない。

1.2 農村地域の電化需要

(1) 再生可能エネルギーによる地方電化へのニーズ

ミャンマーにおける地方電化では、以下に述べる状況から、小水力、太陽光、風力、バイオマスに代表される再生可能エネルギーを電源として推進することが必要となっている。

MEPE の中央・地方電力システムのいずれもが慢性的電源不足の状態にあり、これらシステムからの配電線延伸による地方電化は短中期的には望めない。

「エネルギー供給の独立性確保」が国家エネルギー政策の第一の柱であり、地方電化事業は、国産エネルギー資源で進めることが求められる。

ミャンマーの内陸油田はほとんど枯渇している。海上油田で天然ガスを産出するが、国家経済上輸出が最優先される。地方電化に国産天然ガスを使用することは、現実的でない。

ミャンマーでは石炭を産出し、系統向けに Tigyit 石炭火力発電所 (120 MW) の建設が 2001 年 8 月に決まった。Kalewa 石炭火力 (100 MW) の計画もある。また、森林保全を目的とした薪炭代替エネルギーとして、石炭から練炭・タドンを製造している。しかし、石炭火力は地方電化目的の分散型小規模発電には不向きである。

全国で 525 台 (内 456 台は運転中、69 台は予備) 合計 65 MW に上るディーゼル発電所への燃料予算は、MEPE の大きな負担となっている。ディーゼル発電所の総発電量 44GWh (2000 年度推定) に、燃料単価 Kyat 16/kWh (政府間取引公定価格 1 ガロン Kyat160 で平均 10 kWh 発電) を乗ずると、燃料費だけで年間約 1.4 百万米ドル相当 (7 億 Kyat) が必要と推定される。一方、2000 年度の MEPE の総収入は 45 百万米ドル相当 (224 億 Kyat) である。総収入の 3.1% が地方電化のディーゼル油代として支出された。ディーゼル油の市場価格は政府取引価格よりはるかに高く、1 ガロン 600Kyat と想定すると、地方ディーゼルの燃料代は 5.3 百万米ドル相当 (26.4 億 Kyat) となり、MEPE 予算の 12% に相当する。燃料油の節約・代替は、MEPE ばかりでなく国民経済上の重要課題である。

残る国産エネルギー資源として、中大型水力資源は別として、小水力を含む再生可能エネルギーだけが地方電化に利用可能である。再生可能エネルギーによる小規模・分散型電源は、一般に需要密度が低い地方の村落電化に適している。これはまた、集中型の電源開発に必要な大規模集中投資を必要とせず、資金効率は低下するものの、個々の電化事業の資金需要は小規模となる。さらに、燃料輸入のための外貨を必要としないこと、および運転維持管理経費が小さいことから、地方電化事業の持続的な運営に貢献できる。再生可能エネルギーによる地方電化を進めることはまた、国民経済上の燃料油節約効果および CO₂ 排出削減による地球温暖化防止への貢献につながる。

(2) 地方電化の需要予測

2001 年 5 月から 6 月にかけて村落在住世帯 1,348 軒を対象に実施した村落社会経済調査(VSS2001)の結果、農村部世帯の日常生活における重点項目は 1)健康、2)電気、3)資金、4)教育、及び 5)食料の順番であることが明らかとなった。電力の必要性は資金、教育、食料よりも上位にランクされていることが注目される。

電力需要推定は、需要家を 4 つのセクター、即ち世帯、公共施設、ビジネス及び工業に分類し、下記計算式を用いて実施した。

対象村落の電力需要量 P_D は次式で求められる。

$$P_D = P_H + P_P + P_B + P_I \quad \dots (1)$$

$$P_x = n_x W_x C_x A_x / 1,000 \quad \dots (2)$$

ここで、 P : 電力需要量(単位: kW) ただし、添字の H は世帯用を、同じく P は公共施設用を、 B はビジネス用を、 I は工業用需要をそれぞれ表す。

n_x : x セクターの需要家数

W_x : x セクターの単位電力需要量(単位: W)

C_x : x セクターにおけるピーク時の同時使用率

A_x : x セクターにおける電化率(加入率)

各セクターの単位電力需要量は現地調査結果を基に算定した。結果を添付-6 に示す。

電化直後の世帯需要量

MEPE による電化事業では、世帯 1 軒あたりの夜間電力需要量は現時点における電化済世帯と同一と想定し、電灯 3 灯による 90W、10W の小型ラジオ 1 台、60W の小型 TV の所有率 50% で 1 軒平均 30W、合計 130W、同時使用率を考慮してピーク時需要を世帯当り 118 W と予測した (Appendix-6 参照)。

電気炊飯器普及後の世帯需要量

第 1 段電化の数年後に 15% の世帯が 600W 級の電気炊飯器を購入する段階を想定する (電化第 2 段階)。これは村落世帯調査(VSS2001)の結果、電気炊飯器が村人の将来購入希望電化製品として電灯に次ぐ第 2 位にランクされた、需要の高い人気製品であることを考慮したものである。世帯 1 軒あたりの将来電力需要量は 163 W となる。なお、電気釜の選好が高いが、これは現在の低い電気料金を反映したものであり、実際の使用世帯数は MEPE の将来の電気料金水準に影響されよう。

世帯電化率 (加入率)

電化には当然資金が必要であり、低収入世帯の何%かは村落電化への参加が困難になる。現地調査の結果、電化の年収ボーダーラインとして約 10 万チャットを想定した。表 3 に年収 10 万チャット以上の世帯の地域別世帯電化率 (加入率) を示す。平均 88% の世帯は電化が可能であるが、12% の世帯は加入困難と予想される。

表3 電化組合への想定加入率

(%)				
Description	Shan South	Shan North	Kachin	Total
Un-electrified	86	82	93	87
Electrified	89	93	94	92
Average	87	84	93	88

Source: VSS2001

上述の世帯当り需要を用いて全国農村部の電力需要を州 / 管区別に試算し、表 4 に結果を示す。総電化需要は 690 ないし 950 MW 程度と予測され、現在の中央電力系統の給電規模と同じオーダーである。

表4 州／管区別地方電化需要試算

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		7	8
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	マングレー管区	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.

1.3 支払意思額

電化のための支払意思額(WTP) は、初期結線費（初期の設備投資額回収に充当）と月次の電気代（月次の運転・保守経費の回収に充当）に大別される。

(1) WTP

表5 に電化のための支払意思額と支払い実績額を示す。

表5 支払意思額と支払実績額

(Unit: Kyat)

Items	Payments	Un-electrified Villages	Electrified Villages	Total
WTP	Initial	9,100	15,500	10,400
	Monthly	520	750	570
Actual payments	Initial	-	23,500	-
	Monthly	-	370	-

Source: VSS2001

未電化村在住世帯の初期結線用支払意思額は平均 9,100 チャット、電化村在住世帯で 15,500 チャット、総平均は 10,400 チャットであった。これに対し電化村在住世帯が実際に支払った初期結線費は支払意思額より遥かに高額の 23,500 チャットであった。また、月次電気代の支払意思額は平均 570 チャット / 月であった。

(2) 支払能力 (ATP)

表 6 に初期結線費に月次電気代を年間換算した額を加えた支払意思額と、未電化村及び電化村在住の世帯あたり年収額、消費額、及び年末貯蓄額を併せて示す。

表6 支払能力

(Unit: Kyat)

Items	Un-electrified Villages	Electrified Villages
WTP for initial connection fee plus 12 monthly payments for the first one year	15,300	24,400
Annual income	266,000	380,000
Annual expenditure	227,000	310,000
Saving	39,000	70,000

Source: VSS2001

貯蓄額が支払意思額より大きいことは、各世帯が支払意思額を十分支払える能力を備えていることを示す。本表から、未電化村在住世帯の支払能力の上限は約 80 ドル (39,000 チャット)、電化村在住世帯のそれは約 140 ドル (70,000 チャット) であると言える。

1.4 電化事業への地域社会参加の見通し

住民参加という耳触りのソフトな世界の風潮、開発事業のアクセサリーとしてではなく、ミャンマーにおいては、まさしく住民主導で電化を進めない限り、地方電化は遅々として進まないと予想される。MEPE における配電線延伸と小水力発電所建設による地方電化事業は今後も継続されるであろう。しかしながら、これ

だけに依存したのでは、中央電力系統や地方の孤立系統が計画停電を不要とするまで、すなわち、十分な発電能力を備えるまで待つ必要がある。さらに、地方電化拡大が毎年 2%ずつ実現されるという楽観的想定をした場合でも、全国の主要地方都市・村落に送配電網が行き届くには 40 年以上の長期間が必要となろう。

したがって、MEPE が直接実施する地方電化の国営事業と並行して、農村住民主体の電化事業を自助努力による村落ベースで進めることが不可欠である。このような村民及び村落電化委員会による電化事業のオプションとして、以下が想定される。

- 住民(村落電化委員会)により下記手法による村落電化事業の導入・事業運営：
 - ピコ水力 (300 W から 1 kW 程度);
 - 外部からの財務及び技術的支援を得ての村落水力 (<50 kW)
 - モミガラ(バイオマス)ガス化発電;
 - 外部からの財務及び技術的支援を得ての太陽光-風力 BCS
- MEPE からの委託を受けて小水力発電所の運転・保守と分散型(孤立型)電力システムの運営
- 先行電化村による、未電化村の電化事業へのアドバイス
- 外部から財務支援を受けて実現した電化村からの月々の返済金を、地方電化ファンドへ拠出

1,348 世帯を対象に村落電化事業への住民の協力意志を VSS2001 で調査した結果、積極的協力の意志表示をした住民の割合が大多数(57.8%)を占め、次いで中立が 33.2%、消極派は 9 %であった。積極派の住民に具体的協力方法を挙げてもらったところ、1) VEC メンバーとして活動する： 32.4 %、2) 集金人として活動： 14.9%、3) 運転保守チームのメンバーとして活動する： 14.3 %、4) 電気代支払いを滞らせない(方法で協力する)： 14.0 %などであった。消極派が挙げた理由は 1) 超多忙： 43.2 %、2) 高齢である： 33.1 %、3) 世帯メンバーに男子がいない： 13.6 %、および 4) 文盲であること： 8.5 %であった。