

パート 3 技術面

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

(1) 小水力

- 水力総局 (DHP) が特定し、何らかの調査・検討を実施済みの小水力案件数と出力ポテンシャルを表 17 に示す。

表17 出力 100 kW 超の小水力地点数と合計出力

No.	State & Division	Under 1.0 MW								1.0 MW to 10.0 MW								Under 1.0 MW to 10.0 MW	
		Installed		Under Construction		Under Study		Total		Installed		Under Construction		Under Study		Total		Total	
		No: of Pri	Capacity (MW)	No: of Pri	Capacity (MW)	No: of Pri	Capacity (MW)	No: of Pri	Capacity (MW)	No: of Pri	Capacity (MW)	No: of Pri	Capacity (MW)	No: of Pri	Capacity (MW)	No: of Pri	Capacity (MW)	No: of Pri	Capacity (MW)
1	Kachin State	3	0.470	-	-	16	4.708	19	5.178	3	8.780	1	6.000	9	35.220	13	50.000	32	55.178
2	Kayah State	1	0.108	-	-	1	0.050	2	0.158	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0.158
3	Kayin State	1	0.037	-	-	7	1.372	8	1.409	-	-	-	-	4	10.000	4	10.000	12	11.409
4	Chin State	8	2.310	-	-	8	1.820	16	4.130	1	1.000	-	-	2	3.000	3	4.000	19	8.130
5	Sagaing Division	1	0.050	-	-	11	2.565	12	2.615	1	1.260	-	-	2	3.300	3	4.560	15	7.175
6	Tanintharyi Division	2	0.342	-	-	6	1.210	8	1.552	-	-	-	-	1	9.000	1	9.000	9	10.552
7	Bago Division	-	-	-	-	4	1.890	4	1.890	-	-	-	-	1	2.000	1	2.000	5	3.890
8	Magway Division	-	-	-	-	2	0.400	2	0.400	-	-	-	-	3	19.200	3	19.200	5	19.600
9	Mandalay Division	1	0.450	-	-	5	0.264	6	0.714	1	4.000	-	-	1	2.250	2	6.250	8	6.964
10	Mon State	1	0.198	-	-	6	0.725	7	0.923	-	-	-	-	2	11.500	2	11.500	9	12.423
11	Rakhine State	-	-	-	-	9	1.673	9	1.673	-	-	-	-	1	1.500	1	1.500	10	3.173
12	Shan State	10	2.116	1	0.320	37	12.550	48	14.986	6	24.000	1	2.000	16	44.160	23	70.160	71	85.146
	Total	28	6.081	1	0.320	112	29.227	141	35.628	12	39.040	2	8.000	42	141.130	56	188.170	197	223.798

出典： DHP

10 MW 未満の小水力案件として 197 ケ所ある。この内、40 ケ所は設置済みで、3 ケ所が工事中、154 ケ所が調査案件である。開発候補案件の合計出力は 170 MW に上る。

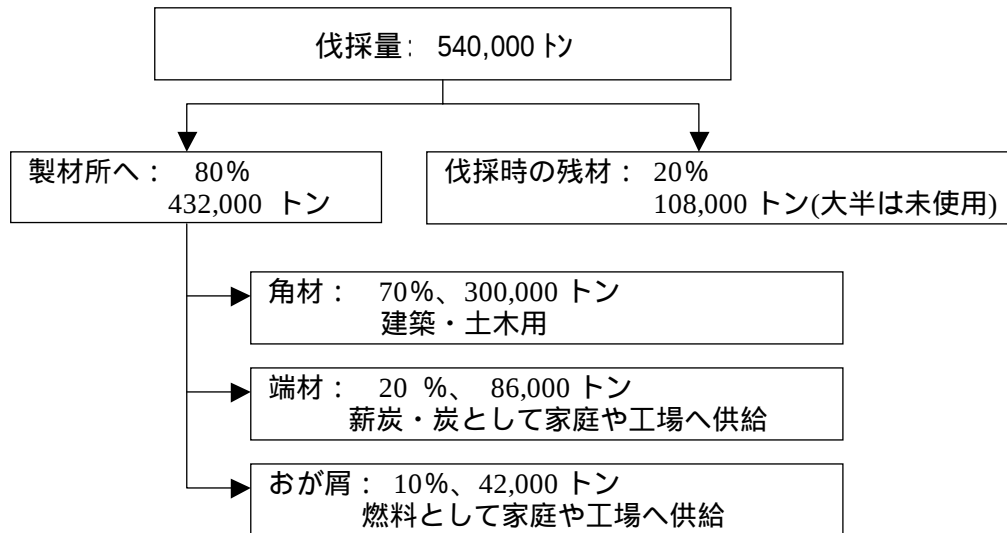
MEPE の 10 MW 未満の既存小水力は 30 ケ所で、合計設備容量は 40 MW である。

これらに加えて、多数のマイクロおよびピコ水力のポテンシャルが存在する。しかし、これら水力のデータベースは未だ整備されていない。

(2) バイオマスの可能性

木質系バイオマス

林業省が管理している製材工場は全国に 85 カ所ある。生産量は年間約 430,000 ウッド・トンである（1 ウッド・トンは 50 ft³ と同等）。製材の生産と材木のフローは、図 19 に示すようになっている。



出典： ミャンマー材木公社、林業省 1999

図19 材木生産量

私营製材工場の伐採量を、上記の国营製材工場と同程度と仮定すると、ミャンマーで 1 年間に発生する端材とおが屑の総重量は次のようになる。

$$(86,000 + 43,000) \times 2 = 258,000 \text{ トン}$$

木材の燃焼カロリーを 5,000kcal/kg と仮定すると、258,000 トンの木質系バイオマスは 1.29×10^{12} kcal になる。これは 129,000 トンの石油換算量になる（1 石油換算量 = 10^7 kcal とする）。木材と炭はミャンマーにおいては、当分の間、家庭用燃料の主役であると予想される。将来、調理用に木材が燃料として使われないようになれば、木質系バイオマスの燃焼ボイラー発電やガス化による発電プラントの導入が可能と思われる。

製材所の端材約 86,000 トンに関し、将来発電向け以外の端材需要がなくなり、ガス化エンジンによる発電に利用可能と仮定すると、25,000 kW 程度の発電ポテンシャルを有する。

- 端材総量 86,000 tons
- 端材のカロリー値 5,000 kcal/kg
- ガス化エンジン総合効率 11 %程度と想定
- 発電量 $5,000 \text{ kcal/kg} \times 86,000 \text{ tons} \times 1,000 \text{ kg} \times 0.11$

$$= 47 \times 10^9 \text{ kcal} / 860 \text{ kcal/kWh}$$

$$= 55 \text{ GWh}$$

● 設備利用率 0.25 と想定(1日6時間運転相当)

● 発電出力 $55 \times 10^6 \text{ kWh} / (24 \times 365 \times 0.25)$

$$= 25 \text{ MW}$$

製材所の端材に加えて、他にもゴムの老廃木、とうもろこしの芯と茎、等のバイオマスもある。これらは、熱分解によるガス化装置の燃料とできる可能性があり、MEPE ディーゼル発電機の一部を代替できる可能性をもつ。

ただし、これらバイオマス資源の商業発電利用を実現する前に、下記の検討と実証試験が必要となろう。

- これらバイオマス資源の国内分布と、経済的集荷方法の検討
- ガス化装置に廃木を投入する前に、木質ペレットに加工する必要性の有無の検討
- ガス化装置とエンジン発電機の実証試験
- 複数台のガス化エンジン発電機の同期運転と、11 kV 配電線での昇圧・配電試験

モミガラ

ミャンマーのモミ生産高は、1997/98 年度は 1,740 万トンであった。モミガラはモミの 20%の重量を占めるので、モミガラの年間発生量は 3,480,000 トンになる。モミガラの燃焼カロリーを約 3,000kcal/kg とすると、このモミガラの総重量は 1,040,000 石油換算トン相当になる。

ミャンマーには 2 種類の精米工場が存在する。一つは精米工程の前処理として、専用の機械を使って、モミガラをモミから取り除く機械類を設備している大型工場である。通常これらの精米所の処理能力は毎時 1 トンを超える中・大型精米所である。もう一方のタイプは、小型精米所で（能力は毎時 500kg 程度）モミガラを除去する設備は付いておらず、モミは摩擦式の精米装置に直接投入されるタイプである。このタイプの機械は白米とモミガラ・糠・小碎米の混合物だけを排出する。前者の大型工場から排出されるモミガラは燃料として使用可能だが、後者の小型精米所から排出される混合物は、通常家禽類の餌として利用されている。この小型精米所は村人の自家消費米用精米所として各村に設置されている。（但し、このことは再度調査と確認が必要である。ヤンゴン近郊の村にあった 2.5 トン/日の小型精米所を調査したら、モミガラは糠と分離されて排出されており、燃料としての利用が可能であった）

表 18 は、管区 / 州別の人口、モミ生産高、モミガラ排出量とモミガラガス化発電の可能性を示している。エヤワディ管区とバゴ管区が主要な二つのモミ生産地域であり、ヤンゴン管区とサゲイン管区がそれに続いている。

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

No.	State/Division	Population	Paddy Production		Rice Husk Production 1,000 ton	Potential Energy GWh	Potential Power kW
		in 1997	in 1996-1997	per capita			
		1,000	1,000 ton	kg			
		1	2	3			
1	Kachin State	1,202	315	262	63	5	2,280
2	Kayah State	246	76	310	15	1	550
3	Kayin State	1,403	454	324	91	7	3,330
4	Chin State	458	66	144	13	1	500
5	Sagaing Division	5,180	1,564	302	313	25	11,420
6	Tanintharyi Division	1,269	231	182	46	4	1,690
7	Bago Division	4,848	2,930	604	586	47	21,420
8	Magway Division	4,301	576	134	115	9	4,200
9	Mandalay Division	6,188	913	148	183	15	6,670
10	Mon State	2,337	889	380	178	14	6,480
11	Rakhine State	2,610	925	354	185	15	6,760
12	Yangon Division	5,295	1,623	306	325	26	11,870
13	Shan State	4,629	942	203	188	15	6,890
14	Ayeyarwady Division	6,436	5,894	916	1,179	94	43,060
	Union Total	46,402	17,397	375	3,480	278	127,120

Source: Power potential by JICA Study Team
Population by Statistical Yearbook 2000, Central Statistical Organization, Yangon,
Myanmar, 2000, Ministry of National Planning and Economic Development

Paddy by Agricultural Statistics (1987-88 to 1997-98), Yangon, Myanmar, 1999,
Central Statistical Organization, Ministry of National Planning and Economic
Development in Collaboration with
Department of Agricultural Planning, Ministry of Agriculture and Irrigation

Note: Potential energy and potential power are estimated assuming 20% of the rice husk
produced in the State/Division can be used for power generation.
Potential energy is calculated on the assumption that 2.5 kg of rice husk can generate
1 kWh of electricity by the gas engine generator.
Potential peak power for evening lighting is estimated on the basis of assumed
plant factor of 0.25, that is, 6 hour operation a day.

仮に、ミャンマーの全モミガラ量の 20%だけをモミガラガス化発電に使用して、1 日 6 時間（夜間の照明用）の給電をした場合の発電可能量は 127 MW に達する（表 18 参照）。一戸当たりの電力消費を 80W、家族数を 6 人と想定すると、この発電量で約 160 万戸或いは約 1,000 万人の電化ができることになる。MEPE の 2000/01 年の契約顧客数 102 万 5 千、全国の人口が 1998 年で 4,700 万人という数字に比較してみると、これは注目すべき可能性である。

表 19 は、管区 / 州別・処理能力別の大型商業精米所数を示し、表 20 はモミガラガス化発電量の可能性を示している。合計 1,579 個所の大型精米所はミャンマーのモミガラの約 2/3 を排出する（合計 350 万トンの内 230 万トン进行排出）。

商業精米所から排出されるモミガラは、年間 234 万トンと推計される。熱分解法によるモミガラガス化エンジンは、モミガラ 2.5 kg の消費で 1 kWh 発電すると仮定した場合、合計で 936 GWh の発電量の可能性を持っている。これは、2000/01 年の MEPE によるミャンマー全体の総発電量、5,020 GWh の 19 %に相当する。

モミガラは、精米所の動力源、レンガ工場やアルコール醸造所の熱源、精米所近隣の家庭での燃料として幅広く使われている。従って、モミガラガス化エンジンを利用した電化を計画する場合、モミガラがどのように消費されているか調査することがまず重要になる。

既存精米所が旧式のモミガラ炊き炉筒ボイラーと蒸気エンジンを使っている場合は、動力発生設備の改善とモミガラ消費量の削減を図ることが可能である。炉筒ボイラーと蒸気エンジン方式は熱効率が極めて低く、大量のモミガラを消費する。炉筒ボイラーをモミガラガス化発電に変換し、発生する余剰のモミガラを村落電化に振り向けることも可能である。

モミガラガス化装置が発生するモミガラ灰からの練炭生産

モミガラガス化装置による不完全燃焼を通じて生み出されるガスは、モミガラ 1kg で約 1m³ 発生する。このガスの燃焼エネルギーは 1,000 ~ 1,300 kcal/m³ である（ガス化効率は 30 ~ 33%）。

モミガラ燃焼蒸気タービン発電設備を設計する時は、一般にモミガラの低位発熱量を 3,000 kcal/kg で計算する。不完全燃焼で得られるガスの熱量（1,000 ~ 1,300 kcal/kg）と燃焼時の低位発熱量（3,000 kcal/kg）の差異は、固定炭素として灰に含まれているといえる。

日本の農業機械化研究所は、乾式処理により収集したガス中のタールと、モミガラ灰を使って練炭の実験的な生産を行った。調理熱源として、モミガラ灰を利用した灰練炭の製造技術をミャンマーで改良・普及することができれば、様々な可能性が広がることになる。

表19 精米所の州別・規模別分布数

No.	Rice Mill Capacity (t/d)	(kW)															Total Power Potential
		10<	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60	61-70	71-75	76-100	100<	
		5	13	18	23	28	33	38	43	48	53	58	65	73	88	150	
		Potential Power (kW)	12	31	43	55	67	79	91	103	115	127	139	156	175	211	359
1	Ayeyarwaddy	0	7,068	7,525	4,785	3,551	948	1,365	2,266	2,070	635	1,112	0	700	211	5,026	37,262
2	Bago	0	3,813	1,462	4,400	1,005	79	1,729	309	1,380	254	417	312	700	0	1,795	17,655
3	Yangon	0	3,937	946	1,155	402	79	1,547	206	575	0	139	0	350	0	2,872	12,208
4	Sagaing	24	620	1,849	2,695	402	0	0	0	115	0	0	0	0	0	0	5,705
5	Mon	24	2,015	301	385	603	0	728	309	0	127	139	0	175	0	0	4,806
6	Mandalay	48	1,798	215	440	268	0	273	0	0	0	0	0	0	0	0	3,042
7	Kachin	168	372	43	55	201	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	839
8	Magway	0	279	172	770	134	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,355
9	Tanintharyi	0	465	43	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	563
10	Rakhine	12	465	0	275	0	0	91	0	0	0	0	0	525	0	0	1,368
11	Kayah	0	62	172	110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	344
12	Shan	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
Total		336	20,894	12,728	15,125	6,566	1,106	5,733	3,090	4,140	1,016	1,807	312	2,450	211	9,693	85,207

出典：調査団

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

No.	Rice Mill Capacity (t/d)	10<	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60	61-70	71-75	76-100	100<	Total
	Av. Capacity (t/d)	5	13	18	23	28	33	38	43	48	53	58	65	73	88	150	
	Potential Power (kW)	12	31	43	55	67	79	91	103	115	127	139	156	175	211	359	
1	Ayeyarwaddy	0	7,068	7,525	4,785	3,551	948	1,365	2,266	2,070	635	1,112	0	700	211	5,026	37,262
2	Bago	0	3,813	1,462	4,400	1,005	79	1,729	309	1,380	254	417	312	700	0	1,795	17,655
3	Yangon	0	3,937	946	1,155	402	79	1,547	206	575	0	139	0	350	0	2,872	12,208
4	Sagaing	24	620	1,849	2,695	402	0	0	0	115	0	0	0	0	0	0	5,705
5	Mon	24	2,015	301	385	603	0	728	309	0	127	139	0	175	0	0	4,806
6	Mandalay	48	1,798	215	440	268	0	273	0	0	0	0	0	0	0	0	3,042
7	Kachin	168	372	43	55	201	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	839
8	Magway	0	279	172	770	134	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,355
9	Tanintharyi	0	465	43	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	563
10	Rakhine	12	465	0	275	0	0	91	0	0	0	0	0	525	0	0	1,368
11	Kayah	0	62	172	110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	344
12	Shan	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
Total		336	20,894	12,728	15,125	6,566	1,106	5,733	3,090	4,140	1,016	1,807	312	2,450	211	9,693	85,207

Source: 調査結果

Note: The power outputs were estimated with an assumed plant factor of 0.25 equivalent to 6 hour operation a day (6:00 p.m. to 11:00 p.m. at full output, plus some low load operation during daytime)

バガス

バガスの生産量は、年間 130 万トンであり、年間の 5-6 ヶ月間に集中する。バガスは含水量が高いため、そのまま貯蔵・保管すると腐敗することから、保管には乾燥が不可欠となる。実用上は、バガスは保存できない。地方電化のための小規模発電の燃料源としては不適である。

大部分のバガスは製糖工場の熱源および発電用燃料として自家消費されている。いくつかの製糖工場では、余剰のバガスからパルプを製造している。

(3) 太陽光ポテンシャル

ミャンマーでは 6 月から 10 月までの雨期と 11 月から 5 月の乾期がある。一般的に日射に恵まれ、特に図 20 と表 21 に示されるように、中央乾燥地帯 (CDZ) では、毎日高い日射が続く。

日射を直接測定した記録はないが、日照時間の測定記録が利用可能であるため、それに変換式を適用し、月当たりの日射量を推定する。



-69-

表21 ミャンマーの推定月間日射量

(Unit: kWh/m²/day)

State	Township	Source of Data	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Ave.
[Kachin State]	Putao	DOMH ^{*1/}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Mekong PV Seminar ^{*2/}	4.16	5.10	5.37	5.57	5.31	3.81	3.46	3.45	3.50	3.73	4.18	3.85	4.29
		Meteonorm ^{*3/}	3.35	4.04	4.42	5.23	5.03	4.53	4.06	4.19	3.77	3.55	3.67	3.32	4.10
	Myitkyina	DOMH (1994-2000)	4.46	4.69	5.05	5.60	5.27	3.77	3.25	3.63	3.89	4.30	4.23	4.24	4.35
		Mekong PV Seminar	4.16	5.05	5.56	5.82	5.48	4.07	3.69	4.18	4.31	4.15	3.83	3.78	4.51
		Meteonorm	4.03	4.82	5.23	5.87	5.61	4.93	4.48	4.48	4.33	4.16	4.30	4.06	4.69
[Sagaing Division]	Monywa	DOMH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Mekong PV Seminar	4.45	5.62	6.10	6.46	6.09	5.45	4.93	4.66	4.74	4.37	4.10	4.04	5.08
		Meteonorm	4.39	5.21	5.68	6.23	6.19	5.37	4.71	4.65	4.77	4.74	4.73	4.45	5.09
[Shan State]	Lashio	DOMH (1994-1998)	4.51	5.05	5.08	5.24	5.59	3.75	3.42	2.95	3.83	3.91	3.60	3.78	4.23
		Mekong PV Seminar	4.45	5.71	6.07	6.07	5.71	4.91	4.34	4.29	4.52	4.23	4.00	3.84	4.85
		Meteonorm	4.48	5.14	5.52	5.93	5.84	5.33	5.16	4.42	4.67	4.55	4.53	4.48	5.01
[Mandalay Division]	Mandalay	DOMH (1994-1998)	4.88	5.27	5.50	6.00	5.91	5.33	4.18	3.92	4.45	4.74	4.50	4.25	4.91
		Mekong PV Seminar	4.50	5.65	6.06	6.33	5.97	5.45	4.88	4.64	4.70	4.34	4.07	3.99	5.05
		Meteonorm	4.52	5.21	5.61	6.10	6.06	5.40	5.06	4.48	4.77	4.74	4.70	4.55	5.10
		JMH ^{*4/}	5.57	6.20	7.22	7.66	6.24	3.97	4.68	4.70	5.42	5.43	5.22	4.83	5.60
	Meiktila	DOMH (1994-1998)	4.75	4.98	5.71	6.27	5.94	5.23	4.59	4.23	4.11	4.77	4.30	4.41	4.94
		Mekong PV Seminar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Meteonorm	4.55	5.25	5.61	6.03	6.00	5.43	5.23	4.42	4.77	4.77	4.67	4.58	5.11
[Chin State]	Hakha	DOMH (1994-2000)	4.57	4.98	5.30	5.96	5.09	3.63	2.91	2.86	3.21	3.74	3.79	4.09	4.18
		Mekong PV Seminar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Meteonorm	4.35	5.18	5.68	6.30	6.23	5.37	4.58	4.68	4.77	4.74	4.77	4.42	5.09
[Rakhine State]	Sittwe	DOMH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Mekong PV Seminar	4.65	5.68	5.84	6.19	5.42	3.78	3.54	3.73	4.40	4.70	4.29	4.31	4.71
		Meteonorm	4.35	5.18	5.68	6.30	6.23	5.37	4.58	4.68	4.77	4.77	4.77	4.39	5.09
[Kayah State]	Loikaw	DOMH (1999-2000)	5.12	5.23	5.57	6.14	4.33	3.79	3.75	3.86	3.91	4.24	4.47	4.77	4.60
		Mekong PV Seminar	5.11	6.38	6.68	6.81	5.83	5.52	5.57	5.25	5.18	4.92	4.93	4.69	5.57
		Meteonorm	4.68	5.29	5.58	5.87	5.87	5.50	5.61	4.26	4.77	4.77	4.60	4.71	5.13
[Bago Div.]	Pyay	DOMH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Mekong PV Seminar	4.79	5.88	6.11	6.18	5.60	4.45	4.22	4.21	4.56	4.58	4.35	4.28	4.93
		Meteonorm	4.58	5.25	5.61	6.03	6.00	5.47	5.26	4.42	4.80	4.77	4.67	4.61	5.12
[Yangon Div.]	Kaba Aye	DOMH (1994-1998)	5.32	5.68	5.94	6.43	4.97	3.46	3.25	3.11	3.72	4.64	4.69	5.08	4.69
		Mekong PV Seminar	4.92	5.77	6.04	6.40	4.92	3.70	3.41	3.50	4.05	4.63	4.52	4.47	4.69
		Meteonorm	4.68	5.25	5.58	5.83	5.81	5.43	5.55	4.29	4.73	4.71	4.57	4.71	5.09
		JMH	5.54	6.40	7.33	7.75	6.72	5.36	5.26	4.89	5.46	4.77	5.08	5.03	5.80
[Ayeyanwady Div.]	Patheingyi	DOMH (1994-1997)	5.71	6.14	6.36	6.97	5.26	3.73	3.72	3.51	4.06	4.75	4.86	5.32	5.03
		Mekong PV Seminar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Meteonorm	4.65	5.25	5.61	5.90	5.87	5.43	5.42	4.35	4.73	4.71	4.60	4.68	5.10
		JMH	5.38	6.16	7.29	7.76	7.12	5.98	6.13	5.60	5.47	4.91	5.06	4.92	5.98
[Mon State]	Mawlamyine	DOMH (2000)	5.25	5.21	5.51	4.76	3.57		-	-	-	-	-	-	4.86
		Mekong PV Seminar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Meteonorm	4.68	5.21	5.58	5.83	5.74	5.37	5.52	4.32	4.70	4.68	4.57	4.71	5.08
[Tanintharyi State.]	Dawei	DOMH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Mekong PV Seminar	5.06	5.82	6.02	6.29	4.85	4.68	3.42	3.33	4.04	4.86	4.94	4.84	4.85
		Meteonorm	4.58	4.96	5.65	5.63	5.29	4.87	4.87	4.58	4.27	4.19	4.47	4.74	4.84
	Kawthoung	DOMH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Mekong PV Seminar	5.07	5.52	5.93	6.09	4.71	3.61	3.30	3.27	3.85	4.72	4.70	4.58	4.61
		Meteonorm	4.65	5.07	5.55	5.47	5.06	4.80	4.77	4.68	4.47	4.32	4.37	4.45	4.80

Source *1/: DOMH (1994-1997)

*3/: Meteonorm, Switzerland

*2/: Mekong PV Seminar

*4/: JMH

(4) 風力ポテンシャル

気象水文局 (DOMH) の 7 年間 (1994-2000) のデータに基づいた年平均風速記録を 図 21 に示す。

一般にミャンマーの風力ポテンシャルは低く、図 21 に示すように、年平均風速が 3 m/s を越えるような観測地点はほとんどない。しかしながら、局所的には風況の良い地点がある。

チン州とシャン州の丘陵地帯には、月間平均風速が 3m/s を越える場所がある。

沿岸地区では、南西モンスーンが 9 か月の間卓越し、残りの 3 ヶ月には北東貿易風が吹く。Rakhine 州の北部に位置する Sittwe では、年間を通し 3 m/s を越える月間平均風速が記録されている。

マンダレー管区のニヨンウー周辺部の中央乾燥地帯 (CDZ) では、ほぼ 3 m/s の年平均風速が記録されている。



出典： 調査団

図21 ミャンマーの年平均風速

表22 ミャンマーの月平均風速

(Unit: m/s)

State/Divisi	Location	Data Source	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Ave.
[Kachin State]	Putao	DOMH (1996-1999)*1/	0.22	0.45	0.45	0.67	0.89	0.00	0.45	0.45	0.45	0.15	0.15	0.60	0.41
		Wind Study Report*2/	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Meteonorm*3/	1.60	2.00	2.10	2.00	1.80	1.70	1.70	1.40	1.20	1.20	1.30	1.30	1.61
	Myitkyina	DOMH (1994-1998)	0.59	0.88	1.13	1.10	0.80	0.87	0.62	0.57	0.46	0.53	0.57	0.62	0.73
		Wind Study Report (1966-1980)	0.87	1.14	1.42	1.58	1.23	0.98	1.14	0.98	0.87	0.80	0.88	0.88	1.06
		Meteonorm	1.60	1.90	2.00	1.90	1.70	1.70	1.70	1.40	1.20	1.20	1.20	1.30	1.57
[Sagaing Division]	Monywa	DOMH (1994-1998)	1.41	1.44	1.34	1.41	1.52	1.73	1.54	1.07	1.05	1.06	1.41	1.35	1.36
		Wind Study Report (1966-1980)	0.76	0.71	0.97	0.91	1.10	1.45	1.49	1.18	0.74	0.65	0.69	0.59	0.94
		Meteonorm	0.60	0.70	0.90	1.20	1.10	0.90	0.90	0.80	0.60	0.60	0.60	0.50	0.78
[Shan State]	Lashio	DOMH (1994-1998)	1.17	1.38	1.17	1.31	0.80	0.89	1.08	0.63	0.54	0.17	0.21	0.46	0.82
		Wind Study Report (1965-1980)	0.88	1.22	1.45	1.54	1.49	1.63	1.60	1.26	1.01	0.82	0.67	0.70	1.19
		Meteonorm	1.40	1.70	1.80	1.80	1.60	1.70	1.70	1.40	1.10	1.10	1.10	1.20	1.47
[Mandalay Division]	Mandalay	DOMH (1994-1998)	0.34	0.62	1.16	1.29	1.70	1.87	2.08	1.30	0.70	0.39	0.25	0.22	0.99
		Wind Study Report (1968-1980)	0.93	1.23	1.72	1.89	2.14	2.78	2.91	2.29	1.67	1.22	1.01	0.85	1.72
		Meteonorm	0.50	0.70	0.90	1.20	1.10	0.90	0.90	0.80	0.60	0.60	0.50	0.50	0.77
	Meiktila	DOMH (1994-2000)	0.86	1.03	1.51	1.81	2.27	3.28	3.42	2.33	1.39	0.70	0.81	0.87	1.69
		Wind Study Report (1965-1980)	0.65	0.80	1.16	1.72	2.46	3.30	2.65	2.46	1.37	0.74	0.66	0.63	1.55
		Meteonorm	0.40	0.50	0.70	1.00	0.90	0.70	0.70	0.60	0.40	0.40	0.40	0.30	0.58
[Chin State]	Hakha	DOMH (1994-1998)	1.63	2.26	2.91	1.94	2.41	1.97	2.27	1.76	1.12	1.10	1.00	1.09	1.79
		Wind Study Report (1966-1980)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Meteonorm	1.10	1.20	1.50	1.80	2.00	1.70	1.50	1.40	1.30	1.00	1.00	1.00	1.38
[Magway Div.]	Magway	DOMH (1994-1998)	0.61	0.56	0.71	0.62	0.79	0.97	0.90	0.85	0.80	0.59	0.61	0.71	0.73
		Wind Study Report	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Meteonorm	0.50	0.60	0.80	1.10	1.00	0.80	0.80	0.70	0.60	0.50	0.50	0.40	0.69
[Rakhine State]	Sittwe	DOMH (1994-1998)	2.85	2.66	2.80	2.95	3.46	3.66	4.00	3.22	3.00	2.40	2.87	2.51	3.03
		Wind Study Report (1965-1980)	1.96	2.45	2.65	2.65	2.82	3.37	3.35	2.86	2.47	2.06	1.77	1.73	2.51
		Meteonorm	0.90	1.00	1.40	1.80	1.90	1.50	1.30	1.30	1.20	0.90	1.00	0.90	1.26
[Kayah State]	Loikaw	DOMH (1994-1998)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Wind Study Report (1968-1977)	0.82	0.53	0.88	0.99	1.08	1.18	1.04	0.97	0.88	0.71	0.67	0.63	0.87
		Meteonorm	0.40	0.50	0.70	1.00	0.90	0.70	0.70	0.60	0.40	0.40	0.40	0.30	0.58
[Bago Div.]	Pyay	DOMH (1994-1998)	0.41	0.35	0.41	0.33	1.31	0.46	0.40	0.43	0.33	0.30	0.37	0.38	0.46
		Wind Study Report (1964-1977)	1.09	1.13	1.30	1.65	1.74	1.40	1.37	1.22	1.02	0.92	1.25	1.39	1.29
		Meteonorm	0.50	0.70	0.90	1.30	1.10	0.90	0.90	0.80	0.60	0.60	0.60	0.50	0.78
[Yangon Div.]	Kaba Aye	DOMH (1994-1998)	1.06	1.12	1.09	1.18	1.31	1.34	1.33	1.06	1.07	1.05	1.28	1.28	1.18
		Wind Study Report (1968-1980)	1.18	1.43	1.65	1.91	1.70	1.50	1.65	1.55	1.22	1.18	1.17	1.29	1.45
		Meteonorm	0.70	0.90	1.20	1.50	1.20	1.00	1.10	1.00	0.70	0.70	0.70	0.70	0.95
[Ayeyanwady Div.]	Patheingyi	DOMH (1994-1998)	0.97	1.19	1.30	1.58	1.39	1.01	0.97	0.78	0.72	0.72	1.35	1.18	1.10
		Wind Study Report (1964-1980)	1.12	1.34	1.68	1.54	1.50	1.31	1.05	1.01	0.86	0.90	1.06	1.05	1.20
		Meteonorm	0.70	0.90	1.30	1.60	1.30	1.10	1.20	1.10	0.80	0.70	0.70	0.70	1.01
[Kayin State]	Hpaw	DOMH (1994-1998)	0.88	0.97	0.99	1.20	1.04	1.06	1.36	1.13	1.04	1.05	0.97	0.81	1.04
		Wind Study Report (1964-1972, 1976-1980)	1.10	1.16	1.59	1.81	1.76	1.91	1.78	1.51	1.46	1.19	0.97	1.10	1.45
		Meteonorm	0.80	1.00	1.30	1.60	1.30	1.10	1.20	1.20	0.80	0.70	0.80	0.80	1.05
[Mon State]	Mawlaikine	DOMH (1994-1998)	1.11	1.03	1.12	0.96	0.92	0.93	1.09	0.84	0.80	0.89	1.30	1.55	1.04
		Wind Study Report (1964-1980)	1.58	1.70	1.85	2.04	1.99	2.10	2.11	1.94	1.68	1.46	1.94	1.89	1.86
		Meteonorm	1.00	1.30	1.80	2.20	1.70	1.50	1.60	1.50	1.10	1.00	1.10	1.10	1.41
[Tanintharyi State.]	Dawei	DOMH (1994-2000)	0.19	0.54	0.45	0.49	0.45	0.34	0.46	0.44	0.33	0.31	0.52	0.29	0.40
		Wind Study Report (1965-1980)	1.01	0.97	1.06	0.99	1.15	1.12	1.05	1.15	0.89	0.85	1.05	1.26	1.05
		Meteonorm	1.20	1.40	1.70	1.80	1.70	1.80	1.80	1.80	1.40	1.10	1.50	1.50	1.56
	Kawthoung	DOMH (1994-2000)	0.80	0.80	0.58	0.51	0.63	0.82	1.20	1.11	0.75	0.52	0.64	1.37	0.81
		Wind Study Report (1964-1980)	1.74	1.54	1.47	1.36	1.40	1.64	1.51	1.53	1.19	0.89	1.41	1.86	1.46
		Meteonorm	1.70	1.60	1.50	1.40	1.40	1.80	1.60	1.70	1.40	1.00	1.40	1.80	1.53

Source: *1/: DOMH(1994-2000)

*3/: Metronorm, Switzerland

*2/: DOMH, Wind Study Report(1964-1980)

11. 再生可能エネルギーによる地方電化の推進戦略

(1) 地方電化事業の推進速度と資金需要規模

ミャンマーにおいては、1973 年の第 1 次石油ショック以降「灯油ランプ代替」としてバッテリーによる 4-8W 程度の照明が商業ベースで相当程度普及している事実を鑑み、今後国策として MEPE が直接実施する地方電化事業では、24 時間給電可能な「本格電化」を目指す。

MEPE の指導・管理の下に村落電化委員会などが実施する村落単位の小規模電化システムでは 1 日 5 時間以上 (06:00 p.m. to 11:00 p.m.) の「電化」を目指す。

関係者による協議と検討の叩き台として、地域別、電源別の当面の電化目標(案)を次のように想定する。

- 小水力ポテンシャルが得られる高原・山間地域では、シャン州とチン州の合計村落数(2,103)の毎年1%以上(20 村以上)を小水力(含むマイクロ・ピコ水力)により電化する。
- 水田耕作地帯、中大型精米工場周辺の準市街化地域、あるいは余剰木片やオガクズを有する製材所周辺地域の村落では、モミガラガス化発電等による電化により、全国の村落数(Village Tract は全国で 13,792 ヶ所)の毎年1%以上(140 村以上)を電化する。
- 小水力ポテンシャルが乏しく、モミガラや木片も余剰がなく、かつ系統からの配電線延伸も期待できない遠隔地域の小村落では、太陽光・風力 BCS と集会所 SHS(20W の蛍光灯数本を設置し、学童の読書・勉学の間とする)により、カチン州の村落数(616 村)の毎年 1%以上(6 村)を電化する。

この目標が全て達成できた暁でも、表 23 に示されるように、村落電化率は毎年 166 村、1.2%の割合でしか改善しない。

表23 地方電化推進速度と資金需要規模試算

No.	Type	Capacity	House-holds	Price per Scheme	New VT Electrified per	Annual Total		
			nos.	\$ '000	nos./yr	House-holds nos.	Population 1,000	Amount \$ '000
1	Rice husk gas engine	50 kW	300	40	140	42,000	252	5,600
2	Mini-hydro by MEPE	300 kW	2,000	1,200	5	10,000	60	6,000
	Village Hydro	50 kW	300	100	15	4,500	27	1,500
3	Solar BCS	16 kWp	200	230	6	1,200	7	1,380
Total			-	-	166	57,700	346	14,480

Source: JICA Study Team

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

出典： 調査団

上記電化目標試算が達成されると毎年合計約 58,000 世帯が新規に電化されることになる。平均の世帯規模を 6 人と仮定すると、この地方電化の新規受益者は約 35 万人となる。毎年の資金需要は 15 百万米ドルのオーダー、あるいは裨益人口一人当たり 42 ドル相当となる。この裨益人口一人当たり電化費用は、国産技術の採用、地場資源活用、および照明に特化した村落事業によるものであり、極めて低廉である。

この内、村落電化委員会が自助努力により実施すべき村落電化事業（モミガラガス化発電 140 件と、と村落水力 15 件）は年間 7.1 百万米ドルの資金を必要とする。ミニ水力計画 5 件は MEPE が実施する。太陽光 BCS 電化計画 6 件は対象村落の外部からの資金支援があって初めて実現できる。

村落電化委員会が実施する村落電化事業の初期費用をカバーするために金利ゼロ、償還期限 3 年間のソフトローンを仮定し、さらに年率 25% のインフレを想定すると、Kyat 貨での返済金は 3 年間の返済完了後にはその価値が 50% 目減りする。

$$\begin{aligned}
 \text{Loss} &= 3/3 \times 25 \% + 2/3 \times 25 \% + 1/3 \times 25 \% \\
 &= 6/3 \times 25 \% \\
 &= \text{初期投資費用の } 50 \%
 \end{aligned}$$

このペースでは村落（VT）電化率が 80% に達するには 60 年程度を要する。

実際には、ある村落グループ（VT）を電化しても、いくつかの小村落は村中心部から離れ過ぎていること（230 V 配電線では 1,000m が限度）あるいは所得が低過ぎることから電化されないもので、世帯電化率はこの村落電化率を大幅に下回る。

上記電化目標（案）は、叩き台であり、せめて今後 1 世代・30 年後には世帯電化率が 80% を超えるよう、2 倍程度の電化スピードを目指すことが必要であろう。ミャン

マー国の今後の経済発展状況や、外国からの投資や技術・資金協力の展開状況に応じて適宜見なおし、上方修正を図ることが不可欠である。

(2) 地方電化の推進戦略

地方電化の目的は、ミャンマーの地方部に再生可能エネルギーを導入することにより、18%という極めて低い地方部の電化率を早急にかつ抜本的に改善して、各村落に電灯照明を実現することである。

ミャンマーの地方電化セクターの弱みと強み

ミャンマーの地方電化セクターの弱みと強みは下表のように整理されよう。

弱み	強み
● 電力系統の限られた供給範囲(国土の中央部分だけ)、および系統における発電力の極端な不足から、系統からの配電線延伸による地方電化は現在不可能であること。 ● 約 13,800 という多数の郡(村落グループ)が広大な国土に散在し、電化を必要としている。 ● MEPE にとって、その技術者および予算を、系統の電源拡張計画の実施のために集中動員することが必要であり、地方電化のためにまわせる残りの要員や予算はほとんどない。	● ミャンマーには、村落水力・ピコ水力と、バイオマスガス化発電という低廉な電化を実現できる国産技術がある。 ● 再生可能エネルギーの開発ポテンシャルが大きい。 - シャン州、カチン州、チン州、サガイン管区等における水力資源 - エヤワディ管区、バゴ管区、ヤンゴン管区、サガイン管区等におけるモミガラ資源 - 全国的な太陽光・太陽熱資源 - 地点依存性の高い木質バイオマスや風力資源
● 電力料金水準が実勢のコストを反映していない。	● 水力や配電線の設計・施工能力と実績を持つ MEPE、DHP を初めとして、民間でも専門業者が育ちつつある。 ● ミャンマーでは、再生可能エネルギーによる地方電化の分野の専門技術と実績を持つ民間専門家や協同組合が存在する。

地方電化推進のための技術戦略

前述の弱みを克服し強みを最大限に活用して、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、下記の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 超の小水力を開発し、また系統から送配電線を延伸(the Grid extension)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供給する。
- **照明を目指す村落事業**: 村落住民は、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現することを、推奨する。

地方電化率を可能な限り早期に改善させるために、未電化の村落は、短中期的に先ず国産技術と地場資源活用型の**村落事業**により照明主体の電化を推進する。その後長期的には、これら村落も**政府事業**により、国家の社会経済インフラである電力系統への接続・受電により、24 時間給電の本格電化を実現する。

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、現在実施中の系統の電源拡充計画の実施を継続すべきである。この系統強化事業に加えて、さらに、**政府事業**として次の事業実施が必要である。

- 比較的大きな水力ポテンシャルと大型村落のある地域では、100 kW 超のミニ水力・小水力を建設することにより、初めから 24 時間給電の本格電化を実現する。
- 現在実施中の系統電源拡充計画が順次運転を開始し、系統から村落への給電が可能になった時点から、系統接続、すなわち配電線延伸による村落電化を、系統内外から始めて順次周辺へ向けて拡大する。

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電化に先行して、電灯照明を先ず実現する。
- 最低限夕方 6 時から 11 時までの 1 日 5 時間の給電により電灯照明を可能とする「簡易電化」を実施する。
- 自助努力を基本とし、MEPE と NGO から技術支援を得て、各村落が実施する。
- 国産技術の導入と地場資源の活用により、「地方電化基金(案)」からの短期ローンによる支援を受ければ、村民が負担可能な程度の費用水準の電灯照明を実現する。
- 村落水力およびピコ水力を、水力ポテンシャルのある遠隔の山間地等に設置することにより、持続的な電灯照明システムを実現する。
- バイオマスガス化エンジンを、十分な量のモミガラあるいは製材所からの木屑が購入可能な価格、できれば無料で入手できる村落に設置することにより、持続的な電灯照明システムを実現する。

上記 2 本柱の戦略が実施された暁でも、地域に小水力ポテンシャルがなかったり、余剰モミガラが得られず、かつ系統からも遠く離れているため配電線延伸による電化も容易には実現できないような村落では、30 年後でもなお未電化であることが想定される。

遠隔の貧困村落対象の社会事業

MEPE あるいは NGO は、30 年後でも**村落事業**や**政府事業**による電化が実現しないであろうと予測される遠隔地等の村落を対象として、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べきである。この BCS は太陽光 / 風力を電源とし、また、SHS 方式による集会所照明システムによって、家庭における照度不足を補完することが望ましい。

制度・組織面の戦略

MEPE の送配電部傘下にて全国の地方電化を主管する「地方電化課 (SRE)」を創設する。

村落単位のもミガラガス化発電や村落水力などによる小規模電化事業は、MEPE 地方電化課および Township Office の指導・技術支援の下に、村落電化委員会の自助努力による実施に委ねる。

村落水力・ピコ水力による村落単位の全国的な電化実現のためには、少なくとも州レベルで水力開発技術指導要員を確保することが必要となる。これら人材育成の場として、MEPE 要員研修センターを設置する。

(3) 地方電化戦略

表 24 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、サアイン管区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、余剰のも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 50 kW 未満の村落・ピコ水力が、水力ポテンシャルがなければ太陽光 BCS が適しているが、外部資金支援の有無に左右されよう。資金事情が許せば太陽光による 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で採用できる。
- 地方電化を進めるためには、全国で多数に上る小規模電化の**村落事業**を建設・運営することが必要となる。個々の**村落事業**の企画、実施、O&M は地元の村落電化委員会の自主性に委ね、MEPE、民間技術者、請負、および NGO がこれを支援する。

表24 再生可能エネルギー源の予備選定表

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.

出典： 調査団

12. 提案された地方電化計画案の選定基準

選定基準と優先順位付け基準の役割

様々な人々・機関が、様々な地方電化プロジェクトを、MEPE の Township Office や州事務所、あるいは直接 MEPE 地方電化局に提案、支援要請をしてもらうことが想定される。その内容詳細をレビューする前に、「選定基準」を適用してチェックすることにより、不適切な案件は検討対象から外す。また、外された案件については、その提案者に対して、何故不適切なのか説明し、よりよい代替案の検討をアドバイスする機会とする。

たとえば、ディーゼル発電機による BCS は商業ベースでは今後も設置されようが、再生可能エネルギーを用いていないため、政府が推進を奨励する地方電化事業には不適である。水田地帯や精米所・製材所周辺では、太陽光 BCS を計画する前に、先ずバイオマスガス化発電のフィージビリティを検討すべきである。逆に、200 戸未満程度の小村落でのバイオマスガス化発電計画については、初期費用の回収見とおし、経験ある O&M 要員の確保、さらに村民の毎月の拠出金で O&M 経費を賄えるかどうか、慎重な検討を求めることが必要である。

「選定基準」とは、MEPE あるいは村落電化委員会によって提案あるいは立案された地方電化プロジェクトの適格性の事前審査である。

一方、選定基準をパスした様々な地方電化計画の内でも、村落電化委員会などが独自の電化計画と資金計画で実施を考えている場合には、その計画内容が適正である限り、優先順位付けは不要である。この場合には、技術・制度・組織面で、優先的に支援することが望まれる。

MEPE が実施する案件が優先順位付けの対象となる。優先順位付けの基準は、MEPE 予算や地方電化基金の交付先プロジェクトを順番に選定するためのツールである。

地方電化プロジェクトの選定基準

添付 7 に、50 kW 超の小水力、50 kW 未満の村落・ピコ水力、太陽光・風力、バイオマスによる地方電化計画の選定基準を示す。

小水力選定基準は、他のエネルギー源と異なり、ポテンシャルがサイトにより限定されるため、サイト条件に対する技術的適格性審査を基本とし、これに、対象村落までの配電線延長および村落規模を加味している。

ソーラーBCS の選定基準は、程度の差はあるものの全国どこでもポテンシャルが有ること、および外部資金支援が不可欠であることから、1) 他の（地方電化により適した）代替エネルギー源が得られないこと、2) 遠隔の僻地であること、および 3) 小村落であることとした。村落規模が大きく、かつモミガラを手当てできればモミガラガス化発電がより適している。風力ポテンシャルがあるサイトでは、風力・太陽光ハイブリッドが適していよう。

バイオマスガス化エンジンの選定基準は、1) 水田耕作地域あるいは精米所・製材所周辺地域で、モミガラ・木片が無償あるいは低価格で得られ、かつ 2) 初期投資と運転維持管理費用を負担するためにある程度以上の村落規模があることとした。

この選定基準は、小水力についてはそのサイト条件に基づく技術的適格性を事前審査することが主であるが、モミガラガス化発電および BCS については、その利用技術はほぼ全国共通であることから、技術審査ではなく、バイオマスガス化エンジンの燃料の有無確認と、BCS の代替電源との比較審査が主となる。

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

地方電化事業の優先順位は、事業目的に係る評価項目と、実施上の優位性に係る評価項目の2グループから評価・判断する。

この評価項目と各項目の重要度は、地方電化事業の優先順位を評価・判断する機関により異なることが想定される。そこで、中央政府、地方政府、電力公社、外国援助機関等の立場を想定して、電化目的および優位性に関する評価項目を設定した。さらにこれらの観点を整理して、地方電化事業の目的に係る評価項目と、それぞれのウェイト、およびA評価（最適）の基準を表25に示す。

表25 地方電化事業の目的に係る評価項目

観点	評価項目	ウェイト	A 評価の基準
地方電化の水準	現在の世帯電化率	3	5%未満。
	日給電時間	3	24 時間給電。
	給電対象世帯数	4	5,000 世帯以上 (DHP/MEPE が実施する政府事業)。
	給電の季節的安定性	3	安定 (水力・風力の乾季出力、太陽光の雨季出力での計画)。
地域間較差是正	遠隔地	2	州単位で評価。
	悪い道路事情	2	ヤンゴン・マンダレーから車で10時間以上、あるいは通行不能。
貧困対策	貧困州・貧困村	2	農村家計所得調査、児童栄養失調率、一人当り水田面積、開発優先地域などの観点から、州単位で総合評価。
	給水用ポンプや衛生改善ニーズ	1	高い (中央乾燥地帯や高原部などで水へのアクセスの不便な地域)。
経済的インパクト	家内工業等の昼間電力需要	4	昼間需要が夜間電灯需要の50%以上見込まれる。
1.1 小計		24	

出典： 調査団

ウェイトは、(1) 地方電化事業の目的と、(2) 優位性について、全体で 25 の評価項目（表 25 の 9 項目と、表 26 の 16 項目の合計）に対して合計 50 とする。各判断項目に最高 2 点のポイントを与えているので、合計ポイントは 100 点満点となる。

表 25 において、地方電化の水準には 4 項目合計で 13 ポイントと、最大のウェイトを与えている。ミャンマーでは、バッテリーによる簡易照明が商業ベースで 24% の地方部世帯に普及していることから、今後政策的に進めるべき地方電化では、最低でも 1 日 5 時間、毎日給電し、かつ 20 W 蛍光灯による照明とテレビ程度は使える電化を誘導するため、配点を高く設定した。

次に、各地方電化事業の優位性を判断する上で重要と思われる判断項目とウェイトを表 26 に示す。

表26 地方電化事業の優位性に係る評価項目

観点	評価項目	ウェイト	A 評価の基準
地域社会の電化需要水準	村落電化委員会が設立済み	2	設立済み。
	村民の電化意欲、参加意欲	2	高い(現地調査で肌で感ずる)。
給電開始までのリードタイム	給電開始までのリードタイム	2	6 ヶ月以内。
	工事の難易度	1	通常の土木工事(小水力以外は「容易」)。
経済性	サイトまでの新設アクセス道路延長	2	アクセス道路の新設が不要の場合。
	所要送電線延長	1	2 km 未満。
	地場技術と地場資源の活用	2	モミガラガス(太陽光・風力は B、小水力は個別評価する)。
	余剰電力の系統供給	1	中央電力系統へ接続。
環境影響	化石燃料節約・CO ₂ 排出削減	2	設備容量 1,000 kW 以上。
	薪炭の代替効果	1	小水力(モミガラガスは B 評価、太陽光・風力は C 評価)。

持続性	簡便な O&M	2	太陽光・風力(小水力は B、モミガラは C)。
	実績ある村落電化委員会による O&M	2	村落電化委員会が既存。
	モニタリングシステム	1	既存。
PR 効果	MEPE にとっての PR 効果	1	高い(斬新性、電化規模、社会開発効果)。
	周辺未電化村落に対するデモ効果	2	高い(未電化村民が見聞しやすい位置)。
	辺境地域内に位置	2	辺境地域で麻薬から代替作物への転換地域。
1.2 小計		26	
1.3 合計		50	

出典： 調査団

上述のように、地方電化事業の優位性は、地方電化の目的に係る項目と、その他の優位性に係る項目の 2 グループの観点から評価・判断する。地方電化の目的は、電源の種類によらず共通なので、4 つの再生可能エネルギー源に対して、ひとつの共通基準で評価する。また、村民の電化意欲等のほとんどの優位性評価項目も、電源によらない共通評価事項であり、一括評価できる。電源により評価が異なる実施優位性評価項目としては、評価項目 No. 19 薪炭の代替効果(小水力はあり、太陽光はゼロ)と、評価項目 No. 20 O&M の難易度(太陽光はメンテフリーに近い、モミガラはメンテ煩雑)の 2 項目が挙げられるが、異なる電源間での評価は可能である(評価項目 No. は表 27 参照)。

結局、再生可能エネルギーによる地方電化事業の優位性は、4 つの電源について一括評価することとする。

表 27 に 25 の評価項目毎に、3 段階のポイント付け(ポイント 2、1、0)の基準を示す。表 28 に、現時点までに提案されたプロジェクトの優先順位付けの結果、選定された優先度 A および B の開発プロジェクトのリストを示す。

なお、優先度 A、B、および C は以下のように定義した。

- A: 合計スコア 70 ポイント以上の最優先計画
- B: 合計スコア 60 ポイント以上の優先計画
- C: 合計スコア 60 ポイント未満の将来計画

表27 優先順位付け基準

Evaluation Aspects		Evaluation Parameters			No.	Weight	Unit	Points for Prioritisation			Full Score	SH-01	SH-02	SH-03	SH-04	SH-05	SH-06	SH-07	SH-08	SH-09	RH-01	BM-01	BM-02	BM-03	BM-04	SW-01	SW-02	
								2	1	0		Inle Hydro	Nam Lan Hydro	Parhe Hydro	Nam Kone Hydro	Maing Pying Hydro	Ganga W Hydro	Dawai Hydro	Ngot C. Hydro	Nam Kung Hydro								Rehab. Hydro
Perceived Objectives of Agencies																												
Level of RE Services	Present ratio of electrification	1	3	%	< 5	< 20	> 20	6	2	6	1	3	1	3	1	3	1	3	2	6	0	0	1	3	2	6	2	6
	Level of RE services planned	2	3	-	24 hr/day	3-5 hr/day	8 W light	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6	1	3	1	3	1	3
	Nos. of households to be served	3	4	h.h.	> 5,000	> 500	< 500	8	2	8	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	2	8	0	0	0	0
	Seasonal stability of power supply	4	3	-	stable	minor fluctuation	significant drops	6	2	6	2	6	1	3	1	3	1	3	2	6	1	3	2	6	2	6	2	6
Mitigation of Spatial Imbalance	Remoteness of location	5	2	-	see Note 1			4	2	4	2	4	1	2	2	4	2	4	2	4	2	4	0	0	2	4	2	4
	Hardly accessible by road	6	2	hr	> 10	> 5	< 5	4	1	2	1	2	1	2	2	4	2	4	2	4	2	4	0	0	2	4	2	4
Poverty Alleviation	Location in poor States, villages	7	2	-	see Note 2			4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	1	2	2	4	0	0	2	4	2	4
	Needs for water supply by pump	8	1	-	high needs	needs	nil	2	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Economic Impacts	Potential of industrial and commercial demand	9	4	-	high demand (> 50%)	demand (> 10%)	nil (< 10%)	8	2	8	2	8	1	4	1	4	1	4	2	8	2	8	0	0	1	4	0	0
Perceived Requirements of Agencies																												
Status of Community	VEA established	10	2	-	exists	in preparation	nil	4	1	2	1	2	1	2	1	2	2	4	0	0	0	0	2	4	0	0	1	2
	Willingness to participate in RE promotion	11	2	-	highly willing	willing	nil	4	1	2	1	2	1	2	2	4	2	4	1	2	0	0	2	4	1	2	0	0
Lead Time	Lead time till commissioning	12	2	yr	< 0.5	< 2.0	> 2.0	4	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	0	0	0	0	0	0	2	4	2	4
	Easiness in construction works	13	1	-	-	difficult	very difficult	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	0	0	2	2	2	2	2
Cost Effectiveness	Length of new access road to site	14	2	km	nil	< 2.0	> 2.0	4	1	2	2	4	2	4	2	4	1	2	1	2	0	0	0	0	0	2	4	
	Length of transmission line from site to village	15	1	km	< 2.0	< 10.0	> 10.0	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	2	2	2	
	Best use of local technology and resources	16	2	-	highly employed	employed	nil	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4
	Extra power to be fed to Grid	17	1	-	Main Grid connected	local grid connected	nil	2	2	2	2	2	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	0	0
Environmental Impact	Reduction of CO ₂ emission	18	2	kW	> 1,000	> 30	< 30	4	2	4	1	2	1	2	1	2	2	4	2	4	1	2	2	4	2	4	0	0
	Partial substitution of firewood	19	1	-	hydro	gas engine	solar, wind	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Sustainability	Simple O&M	20	2	-	solar, wind	hydro	gas engine	4	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	O&M by dependable VEA	21	2	-	VEA exists	in preparation	not yet	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	1	2	1	2	2	
	Monitoring system	22	1	-	exists	in preparation	not yet	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	
Public Relations	PR Potential for RE agency	23	1	-	high	medium	nil	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Project visibility for other villagers	24	2	-	high	medium	nil	4	2	4	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	2	
	Border areas	25	2	-	crop-replaced	Border areas	other areas	4	0	0	1	2	1	2	1	2	1	2	0	0	0	0	1	2	1	2	0	0
Total Score			50					100	81	76	66	67	67	76	67	53	53	75	73	70	70	73	66	62				
Priority by Score									1	2	12	9	9	2	9	15	15	4	5	7	7	5	12	14				
Priority Group									A	A	B	B	B	A	B	C	C	A	A	B	B	A	B	B				

Note 1 on Remoteness: Point 2 for Kachine, Sagaing, Shan, Kayah, Chin, Rakhine, Kayin, Thanintharyi; Point 1 for Magway, Ayeyawady, Bago, Mon.; No point for Yangon, Mandalay.

Note 2 on Poverty: Point 2 for Kachine, Chin, Rakhine, Magway, Sagaing, Kayah; Point 1 for Shan, Ayeyawady, Bago, Mon, Kayin, Thanintharyi; No point for Yangon, Mandalay.

表28 優先開発プロジェクト

SH-series Rural Electrification Projects with Small and Mini-hydro

SH-01 The Inle Lakeshore Rural Electrification Project in Southern Shan

SH-02 The Nam Lan Rural Electrification Project in Northern Shan

SH-03 The Parhe Rural Electrification Project in Northern Shan

SH-04 The Nam Kone Chaung Rural Electrification Project in Northern Shan

SH-05 The Maing Pying Rural Electrification Project in Eastern Shan

SH-06 The Gangaw Rural Electrification Project in Magway Division

SH-07 The Dawai Rural Electrification Project in Thanintharyi Division

RH-01 The Rehabilitation Project of Small Hydropower Stations in Myanmar

CB-01 MEPE Capacity Building Project

BM-series Biomass Gas Engine Rural Electrification Projects

BM-01 The Model Villages for Rural Electrification with Rice Husk Gas Engine and Solar BCS

BM-02 The Project for Promotion of Rural Electrification with Rice Husk Gas Engine (Prospective regions: Ayeyarwady Division, Bago Division, Yangon Division, Sagaing Division, Magway Division, Mandalay Division, etc.)

BM-03 The Project for Promotion of Rural Electrification with Rice Husk Gas Engine and Solar-Wind BCS (Prospective regions: Kachin State, Rakhaine State, etc.)

BM-04 The Pilot Project for Diesel Substitute of MEPE Power Plants for Rural Electrification

SW-series Solar-Wind BCS Rural Electrification Projects

SW-01 *The Project for Promotion of Rural Electrification with Solar-Wind BCS in Kachin State*

SW-02 *The Project for Promotion of Rural Electrification with Wind BCS in Magwe Division*

Note: Those projects underlined are Priority A Projects and in Italic Priority B Projects.

Source: JICA Study Team

14. 地方電化事業に用いる技術基準

14.1 基本計画に必要な情報

村民による参照と村落情報の初期収集に役立てることを目指して、本ガイドラインを抄訳かつ視覚化した「ビジュアルガイド」を作成した。「ビジュアルガイド」には、各エネルギー形態別に資料収集用フォームを添付してある。

(1) 村落水力

村落電化のための 50 kW 未満の村落水力の構想立案・計画作成のためには、以下の資料を収集することが必要となる。

電化対象村落の世帯数、最寄りの一般道までの道路の有無、最寄りの MEPE 配電系統までの距離、公共施設リスト、昼間需要となる手工業等のリスト

候補の小水力サイトについて、乾季末（4 月から 5 月、年によって多少変動する）の流量（河川を流れる水、通常 m^3/s の単位で表示）、発電に利用できる落差（取水地点と放水地点の標高差で単位 m で表示）、対象村落までの道路の有無。

(2) バイオマスガス化エンジン

モミガラガス化エンジンを利用した村落電化の基本設計のためには、以下の資料を収集することが必要となる。

電化対象村落の世帯数、最寄りの一般道までの道路の有無、最寄りの MEPE 配電系統までの距離、公共施設リスト、昼間需要となる手工業や商業施設のリスト。

村内精米所の年間のモミガラ排出量、村内のモミガラの消費実態、発電に利用出来るモミガラ量、近隣の大型精米工場の情報と余剰モミガラが無いかどうか。（モミガラガス化エンジン発電は村内にあるメインの精米所の側に建設することが重要である。モミガラの見掛け比重は 0.1 と低いいため、輸送する場合は大型トラックが必要になり、輸送費がかかるので遠距離輸送計画は避ける必要がある）

(3) 太陽光 / 風力発電

BCS あるいは SHS による地方電化の基本計画のために、以下のデータの収集が必要である。

- 電化対象村の世帯数と公共施設のリスト
- 電力需要量推定のために聞き取り調査を行う。村民が使いたい電気機器を調査することが必要である。電力供給容量は村民の電力需要量と将来の約 5 年間の需要増加分を含む。支払能力を勘案して決められるべきである。
- Appendix-9 に、各家庭に対する聞き取り調査と予備計画のフォームを示す。

14.2 発電・配電施設および機器

(1) 小水力

50 kW 以上の小水力は、電力省水力総局 (DHP) の技術基準に従い計画・設計する。

50 kW 未満の村落水力の計画・設計にあたっては、村落水力設計マニュアルを参照する。

1 kW 未満のピコ水力の計画・設計にあたっては、メーカーの設置仕様書を参照する。

(2) バイオマスガス化エンジン

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は難しかった。従って、エンジンに代用燃料を供給するという計画は上手く行かなかった。

近年、ミャンマー発明家組合 (MIC) という名前の会社は、1995 年以来、このタール問題を解決し、ガス化装置とガスエンジン駆動発電装置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 年には、エヤワディ管区から 52 セット、カチン州から 21 セットの注文を受けた。

モミガラの燃焼装置とガスの濾過装置はすべて現地製である。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着火方式に改造している。この場合の問題は、これら中古エンジンの予備部品供給方法であろう。

このモミガラガス化エンジン発電装置の価格は安い。蒸気タービン式発電装置が必要とするような、ボイラー用水のための特別な水処理装置は不要である。しかしながら、配電線の費用は、発電設備の費用以上に必要であることに注意を要する。

MIC の製品リストは表 29 を参照のこと。

日本で実施されたテストによると (農業機械化研究所) 1 kWh 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。

ミャンマー製の装置の燃料消費量と発電の実際の関係を詳しく測定することが必要である。

表 29 では、ガスエンジンの連続運転出力は、エンジン本来の出力の 30% 程度であると仮定している。MIC 社は、2003 年後半にモミガラ消費量と実際の出力の関係をより正確に測定する計画である。

表29 MIC 社製モミガラガス化発電装置の特徴

Model	Engine Capacity Pe	Price		Rice husk consumption		Normal Generator Output Pg	Price per Pg	Unit Husk Consumption per Pg
	kW	million Kyat	US\$	Basket per hour	kg	kW	US\$/kW	kg/kW
RH-3	20	1.077	3,100	4	20.0	6	520	3.3
RH-4	25	1.297	3,700	5	25.0	8	460	3.1
RH-5	35	1.517	4,300	6	30.0	11	390	2.7
RH-6	40	1.687	4,800	7	35.0	12	400	2.9
RH-7	50	1.857	5,300	8	40.0	15	350	2.7
RH-8	60	2.027	5,800	9	44.9	18	320	2.5
RH-10	75	2.707	7,700	12	59.9	23	330	2.6
RH-14	120	4.707	13,400	16	79.9	36	370	2.2
RH-20	160	5.807	16,600	24	119.9	48	350	2.5

Note: Exchange rate was assumed at Kyat 350/US\$ in early 2001.

1 Basket of husk = 11 pound = 5.0 kg

Normal generator output was tentatively assumed at 30% of the engine capacity.

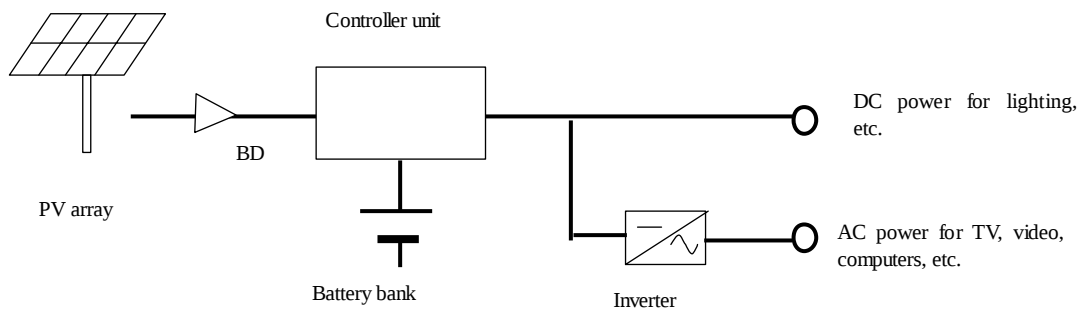
Source: MIC for engine capacity, price, rice husk consumption in basket.

JICA Study Team for assumed Pg, price per Pg, unit consumption per Pg.

- 熱分解法により生成されたモミガラガスにはタールが含まれている。タールを十分に除去しないと、エンジン故障の原因になる。ガストラップ内に沈着したタールの除去・清掃や、モミガラフィルタを毎日交換するなどのシステムの清掃作業が重要である。
- モミガラ単位当たりのガス発生量はモミガラ中の水分によって変化する。モミガラの水分が高い場合、水分の蒸発に燃焼エネルギーが消費されるので、ガス発生量は少なくなる。従ってモミガラは乾燥していて、屋根と壁を備えた場所に貯蔵されることが望ましい。
- ガス化装置とエンジンは、ガス漏れ対策とエンジンの排気ガス排出のために、自然換気が可能な構造の建物内に設置されること。
- MIC 社の生産能力はヤンゴンとパティン各工場で各一ヶ月 7 セットであり、合計で一ヶ月 14 セットである。
- 配電網はその村を管轄する MEPE の地方事務所と相談し、村落水力設計マニュアルを参照して、計画・設計する。

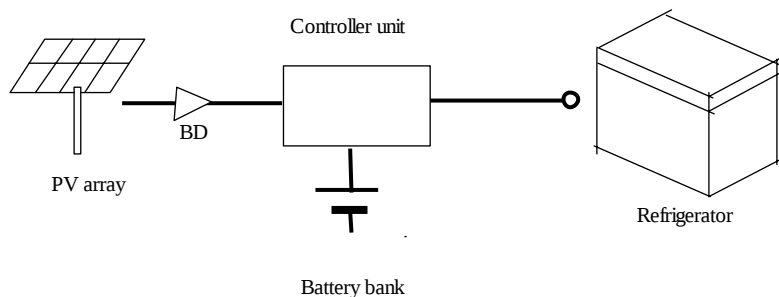
(3) 太陽光

地方電化では SHS 方式の多用な応用が可能である。図 22 から 25 に SHS 方式によるシステム構成例を示す。



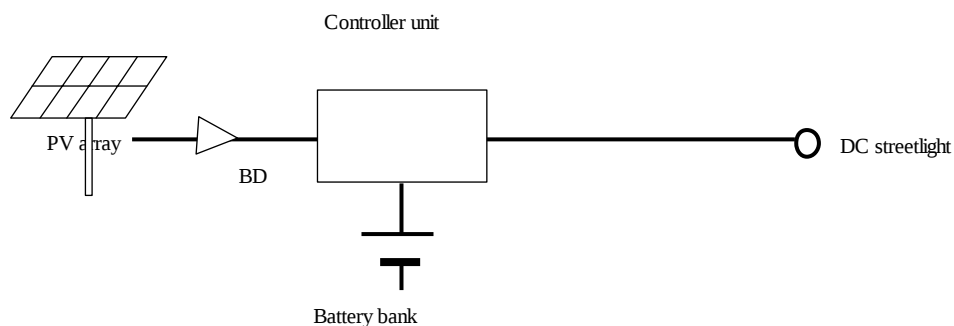
出典： 調査団

図22 家庭、学校、病院、集会所等の SHS



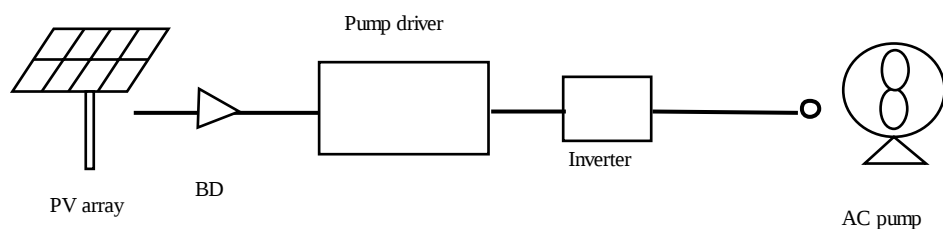
出典： 調査団

図23 太陽光ワクチン冷蔵庫システム



出典： 調査団

図24 太陽光街灯システム



出典： 調査団

図25 太陽光揚水システム

表 30 に、太陽光と風力の適用システム例を示す。

表 31 は、SHS 方式での PV パネルの容量、天候による日発電量、代表的な照明および電気製品の使用可能時間の例を示す。

ミャンマーで広普及している BCS によって蓄積された技術と経験を活かし、太陽電池を使う地方電化では、BCS 方式が適していると考える。

しかし、個人的に購入可能なら、SHS による家庭電化も推進されるべきである。

公共施設の中で、僧院は家庭向け電力需要と比べ大きな電力量を必要とする。特に 1 kWh/日を超える電力量の場合、SHS を採用することが望ましい。さらに学校、コミュニティセンター、診療所などに対しても、SHS を使うかどうかについて検討が必要になる。

Appendix-10 および 11 で示す計画シートを使い、調査した電気需要をに基づいて、公共施設用 BCS と SHS など各負荷に対する太陽電池パネルの必要容量を算定することができる。

表30 太陽光・風力発電による電化システム

家庭電化	SHS	SHS は太陽電池パネルとバッテリーおよび制御器からなる。屋内配線により直接電源を需要端に接続し、給電するシステムである。 太陽光家庭システムのすべての機器は個人所有となり、個人負担で維持管理がなされる。
	BCS	太陽電池アレー（太陽電池パネルの集合体）は BCS に設置される。村人はバッテリーを所有し、BCS で定期的に充電する。 バッテリーと屋内配線、および電気機器は、個人所有となり、個人の費用でそれらの維持管理を行う。一方 BCS にある太陽電池パネルは村民共有となり、VEC により維持管理がなされる。
公共施設の電化	街路灯	システム構成は SHS と同じ。家庭向けの SHS に比べ容量は小さい。
	集会所	システム構成は SHS と同じ。家庭向けの SHS に比べ容量は大きい。
	診療所	
	学校	
	飲料水	これは照明ではなく、水ポンプへの給電である。このシステムにはバッテリーはなく、その代わりに水タンクがエネルギーの貯蔵機能を果たす。

出典： 調査団

表31 PV パネル出力と発電量

Capacity of PV Panel	Size of Power Output (Wh/day)			Operation Hours (Hours)		
	Dry Season	Mean	Rainy Season	Lamp (20W)	Radio Cassette (5W)	Others
50 Wp	95	80	65	1set x 3	1set x 1	
100 Wp	190	160	130	1set x 5	1set x 5	
200 Wp	380	320	260	2sets x 5	1set x 10	(TV)
300 Wp	570	480	390	3sets x 5	1set x 10	TV

出展： Irradiation Data at Myityina, DOMH を基に調査団が推定。

BCS およびバッテリー再生所 (BRS) の持続的な管理・運用を実現するためには、信頼できる要員の採用とバッテリー充電料金の適切な水準での設定が重要となる。

(4) 風力発電

候補サイトでの風速は通常測定されていないので、風力発電の導入検討は次の方法で行うことが望ましい。

- 簡易風速計 (10 分平均風速測定) で候補サイトでの風速を測定する。より高い風速を測定するために、できるだけ高い地点で測定をで行うこと。24時間を通し1時間ごとに測定する。そして、これらのデータともよりの DOMH の観測所の風速記録とを比較し、風況ポテンシャルを概略推定すること。
- 資金的に可能なら、1～2 年間、100W程度の小規模風力発電機を設置し、小規模 BCS としてその発電電力を実際に使いながら、風速観測を行う。その記録に基づいて風況を判断する。
- 所要規模の風力発電装置を設置する。

公共施設向けの電源として、太陽電池パネルを使うことを推奨する。公共施設の太陽電池システムと家庭電化の風力 BCS から生ずる余剰電力を相互利用するために、太陽電池-風力ハイブリッドシステムに関する検討が必要になる。

調査した村落電力需要を Appendix-11 に示す。計画シートにインプットすれば、風力発電機の所要台数と発電機容量を推定できる。

その他の要素については、太陽光発電に関する説明がそのまま適用できる。

14.3 フィージビリティの評価

(1) 小水力

50 kW 未満の村落水力では、一般にスケールメリットが逆に作用するので、kW 建設費が平均 2,000 ドル程度の中大型水力と較べて割高となる。しかし、電力系統から送電線を延伸して電化する場合に必要な送電線建設コストを含めて (系統内発電コストに加えて) 考えれば、中大型水力と較べても、遜色ないか、あるいはより経済的となるケースもあり得る。

Taunggyi の民間専門家によって開発・設置された村落水力は、次のような方策により、発電機容量ベースの kW 単価で 600 ドルの価格水準を達成している。

- 土工事、コンクリート工事、建築工事、原石の採掘、砂利の生産、電柱の切り出し・設置等の仕事は、村民の勤労奉仕により実施する。
- 発電機器と鋼構造物(ゲート、鉄管等)は、発電機の一部の部品、配電線の電線とガイシ等の輸入を除いて、大部分を民間専門家がミャンマー国内で製作・組み立てる。
- 水車出力は、取水ゲートおよびガイドベーンの調節により水車流量を変化させて調節する。
- 配電線には安価な地元産の木柱とし、そのかわり、毎年点検を実施し、腐食・劣化したものを建て替える。また、電線は、配電可能な最小サイズを採用する。電線サイズは、村落水力設計マニュアルを参照して選定する。

Appendix-1 に示すように、このようなミャンマー製村落水力は過去 10 年以上の運転実績があり、技術的信頼度を持つ。中大型水力の平均 kW 単価 2,000 ドルと較べれば、電気の質が違うとはいえ安価であり、早急に地方電化率を改善する上で、この村落水力は有効と言えよう。

現在の中央・地方の電力系統には地方電化にまわせるだけの電源がないので、配電線延伸による電化事業の開始は、早くても現在実施中の 2,000 MW 水力建設計画の発電所が次々と運転を開始する 2005 年以降となろう。すなわち、配電線延伸による電化事業便益は、最早でも 2006 年からしか見こめない。この時間差が、逆に小水力による電化事業の便益を相対的に大きくする。

MEPE による村落電化の場合、一般的には夜間の電灯需要対応のピーク型発電所となるので、設備利用率が低くなり、系統の発電所と較べて、設備費が割高となる。しかし、北シヤンのナムラン小水力計画のように、昼間需要が十分にあり、電灯需要に匹敵するような場合には、設備利用率が高まり、経済性も向上する。

経済便益は、支払意思額(WTP)で評価する。WTP は月 1-2 ドル、また初期費用については 18 米ドル(2001 年で K10,000)である。

村落事業の財務収支は、支払能力(ATP)か、既存電化村での料金徴収実績を参照して評価する。2001 年前半での各地の料金実績は、20 ワットの蛍光灯 1-2 本で月 1 ドル前後(K400-600)である。また、初期一括費用としては、世帯収入水準により 40-80 ドル(K20,000-40,000)前後が目安である。ATP の上限は、世帯の年貯蓄額である 80 米ドル程度と推定される。

1 kW 未満のピコ水力による簡易電化の場合、初期投資額を個人あるいはグループが用意できるかどうかの実現を左右する。中国製の数 kW 未満の水車・発電機一体型の製品の場合、市場価格は表 32 に示すレベルなので、水路取り付け・配線工事等一式を住民の無償奉仕で実施すれば、前項で述べた支払能力 40-80 米ドルの範囲内で賄えよう。

表32 中国製水車・発電機モジュールの市場価格

Label Capacity of Turbine	Assumed Net Output	Market Price		Unit Price per	
		in Yangon as of Sept. 2001		Output	Household
kW	kW	Kyat	US\$	US\$/kW	US\$/0.1 kW
0.3	0.15	30,000	60	400	40
0.5	0.25	33,600	67	270	27
0.6	0.30	50,400	101	340	34
1.0	0.50	67,200	134	270	27
1.5	0.75	84,000	168	220	22
2.0	1.00	100,800	202	200	20

出典： 調査団による市場調査

上記ピコ水力の配電線および屋内配線には、漏電による火災や電気ショートによる事故を防止するために、十分な容量の電線とガイシを用いるべきである。

小水力のフィージビリティ評価では、再生可能である点に留意することが必要である。電力系統の火力発電所では、1 kWh を発電するために、最低でも 0.0016 バレルの原油相当の化石燃料を消費している（1999-2000 年水準で、標準的な火力発電効率 38% の場合、単位燃料油消費量は 860 kcal/kWh / 0.38 / 9,250 kcal/l / 159 l/bbl = 0.0016 bbl/kWh となる）。原油の国際価格を 20 米ドル / バレルと想定すると、例えば 1 軒当り 50 kWh / 月（年間 600 kWh）の電力消費は、年間 1 バレルの原油消費に相当する（= 0.0016 bbl/kWh x 600 kWh = 0.96 bbl of oil. 20 ドル/bbl x 0.0016 bbl/kWh = 0.03 ドル/kWh）。すなわち、小水力電化事業は、代替火力の燃料代相当として、1 軒当り 20 米ドル / 年相当の経済便益を持つ。さらに、火力発電所の設備費用や長距離送電線の建設費用も、小水力地方電化事業の経済便益として評価・算入できる。

したがって、小水力による地方電化事業は、ミャンマー経済にとって相当な便益をもたらす。

(2) バイオマスガス化エンジン

バイオマスガス化エンジン、特にモミガラガス化エンジンはミャンマーの地場技術であり、コスト面からも村民にとって手の届きそうな所にある。

モミガラガス化エンジンは、各家庭へ 80W 程度の電灯用電力を供給可能である。夕方 6 時から 11 時まで 1 日 5 時間の給電を受けて、家庭では照明と小型電気製品の使用に限ることが望ましい。

初期投資費用は、24 時間給電の本格電化を目指す 100 kW 超の小水力と比べて低い。運営維持管理費はモミガラの価格による。全体のコストは地域住民の建設や運営維持管理への参加によって抑えられるものの、大まかに言って初期費用は一軒あたり 130 ドル程度と見積もられ、その内 50 % 以上は配電線費用である。

一軒あたり 80 ドル払える村落にとっては、バイオマスガス化エンジンが村落の自助努力による電化事業としてフィージブルなオプションとなる。一般の平均的農村世帯にとってこの費用は高いため、支払いを終えるのに 1 年以上かかるであろう。

高いインフレ率のため、Kyats によるローン返済額は、ローン条件によっては年々増えつづけることになる。さらに、農村での収入は農産物の生産高によるため天候に左右されやすく、都市部の雇用労働者に比べ収入が不安定になりがちである。これらは地方住民に対し、定期的な返済を困難にしている。これらのことに鑑み、一軒あたり 80 ドルが困難であれば、数年にわたり資金を積み立てることが必要であり、外部からの支援も必要となる。

(3) 太陽光 / 風力 BCS

太陽光 / 風力 BCS の経済便益は代替ディーゼル発電のコストと考えられる。たとえばカチン州 Putao タウンシップにおいては、ディーゼル油は空輸され 2001 年 2 月で K1,200/ガロンであった。この高価格にもかかわらずこの地域では小型ディーゼル発電機を使っている場所が数ヶ所観察された。これはディーゼルエンジンの比較的低い初期購入費用によるものと考えられる。一方、太陽光 / 風力 BCS は、その高い初期投資費用が普及の妨げになっている。

したがって太陽光 / 風力以外には再生可能エネルギーが実用できない遠隔地においては、特別なソフトローン、または外部からの財務支援無しには、再生可能エネルギーによる地方電化は困難である。なお、バッテリーや電灯は村民の負担で賄うことにより、持続性を確保する。

たとえば、Meiktilar 地区の 120 軒のある村では、太陽光 BCS の導入コストは 7,600 ドル（一軒あたり 63 ドル）であったが、このコストは地域のドナーが負担した。その内訳は太陽光パネル、バッテリー、その他がそれぞれ 55%, 12%, 35%であった。運営維持管理は村民、すなわち、村落電化委員会に任されている。

運営維持管理費用は、バッテリー購入代金、バッテリー充電料（4-5 日に一回、2001 年で K10-30）ならびにバッテリーの再利用コスト（半年に 1,500-2,000 Kyats）である。したがって運営維持管理のためには、バッテリーの部品、修理、リサイクル市場があることが重要である。雨季中の交通困難なところにおいては特に重要となる。

太陽光発電技術の発展には著しいものがあり、その生産コストならびに市場価格は年々低下している。図 26 は将来の光発電パネルの期待値をドル/kWp で示したものである。現在の Wp あたり 4 - 5 ドルのパネル単価水準が、2010 年までには 2 ドルまで（現在の約半分）、2015 年より先には、究極的に Wp あたり 1 ドル以下にまでなると期待されている。

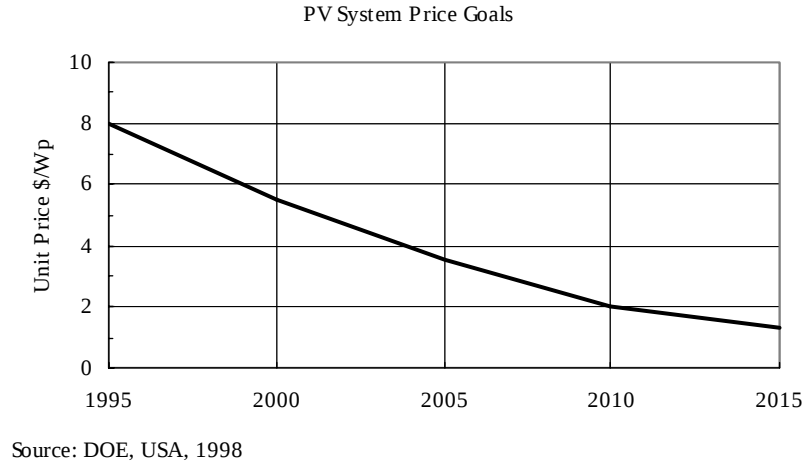


図26 太陽光発電システム価格目標

(4) 風力

- BCS 電源としての風力発電装置は1-5 kW の容量を持つ。このスケールの風車の場合維持管理費用はほぼゼロである。しかし、3 - 4 年後には専門家による検査が必要となる。
- 課題は、最初に導入後のスペアパーツと道具の調達、ならびに運営維持の訓練である。
- 国内の風力専門家・NGO の参加が望まれる。定期検査ならびに運営維持訓練での貢献が期待される。

14.4 環境影響評価

(1) 小水力

ピコ水力以外の小水力に付随することが一般的に予想される環境影響項目は次のとおり。

- 取水地点(河川から水力計画の水路系への取水地点)から放水地点(水路系から河川へ流水が戻される地点)までの河川区間での流量減少による、社会・自然環境(含む生物学的多様性と水棲生物)への影響
- 発電用取水が、既存の生活用水・かんがい用水、水車などの取水に与える影響
- ピーク運転時に放流量を急増する結果下流水位が急上昇することによる、川辺の子供等への影響

(2) バイオマスガス化エンジン

灰および冷却水・洗浄水の排出がモミガラガス化装置の課題である。MIC の現在のガス化装置では、灰は、ガスの浄化に使用した水中に排出される。農民がこの灰を肥料として搬出している例があるが、残りの廃液は排出されている。灰を含む黒い廃水の排出が環境問題となる。

街内に立地する場合には、エンジン騒音と排気ガスがあるので、これらを考慮にいれ、また関係者に事前説明した上で、発電機設置場所を選定することが重要である。

発電所内での漏出ガス・排ガスの吸引事故や、エンジン駆動部に巻きこまれる人身事故を避けるために、注意が必要である。

モミガラ倉庫には火災リスクがある。

(3) 太陽光 / 風力発電

バッテリーのリサイクル時に排出される電解液の処分が BCS の課題である。石灰による中和処理が望ましい。

風車は風切音を発生するので、設置場所選定に際して考慮が必要である。

15. 再生可能エネルギーによる地方電化データベース

15.1 はじめに

一般的な意味におけるデータベースは、大量の情報を系統化し分類して整理したものである。データはコンピュータのハードディスクやCD-ROMに蓄えられている。

以後、ここにおける「データベース」は、本調査において、JICA 調査団と MEPE が共同で構築し、今後 MEPE が利用・更新するものを示す。

15.2 データベースの内容

データベースは以下に示す 4 つのパートにより成る。

項目	題名	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データベース	計画、設計、維持管理の際に参照とされる再生可能エネルギープロジェクトデータベース
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、地方電化に参照とされる技術資料データベース

Part 1 は、ミャンマーにおける電化計画で参考となるであろう一般的な情報であり、世帯数、人口、電化状態、需要、MEPE 顧客、統計データ、各州・管区の地図などを含む。データは完全なものではなく、データベースの運営を通じて、補充や更新が常になされることが必要である。

Part 2 は、ミャンマーの再生可能エネルギーポテンシャルに関する技術データから成り、気温、降水量、日照時間、風速などの気象データや、精米所リスト、農業廃棄物のデータを含む。これを元にして、ユーザーは、再生可能エネルギーの種別ごとに、利用できるエネルギー源のポテンシャルを検討することができよう。

Part 3 は、地方電化プロジェクトのデータベースであり、地方電化プロジェクトの計画、実施の参考となろう。政府事業、村落事業、社会事業、維持管理のための情報、電化に関する法律や規制などを含んでいる。

Part 4 は技術資料から成る。ガイドライン、マニュアル、開発計画などの調査の成果品の他、地方電化事業に役立つと思われる情報、インターネット情報、メーカーカタログ、雑誌、論文、様々な機関のプロジェクトレポートなど、多岐に渡って収集

された情報が含まれている。また、水理計算、構造計算など、第 4 巻の小水力設計マニュアルで紹介している解析用コンピュータプログラムがここに格納されている。

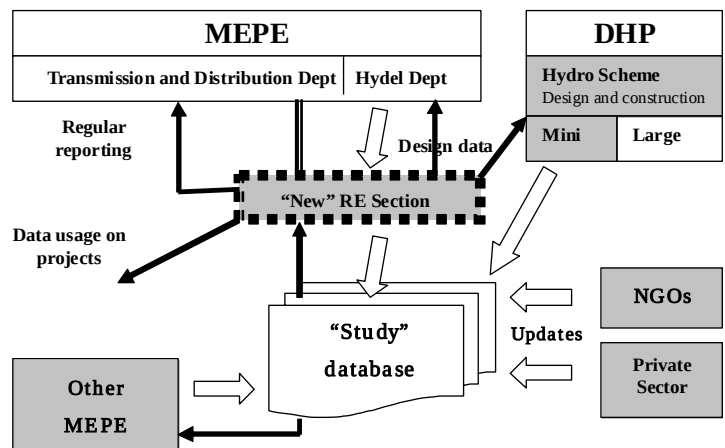
15.3 データベースとそのユーザーの役割

データベースは以下の作業に役立つと思われる。

- プロジェクトの形成と計画
- 地方電化にかかる情報管理
- 再生可能エネルギーや地方電化に関わる文書・レポートの作成

新設される地方電化課が、データベースの管理者となる。他の MEPE 部門も地方電化に関わる情報を必要とし、また、情報を提供する。地方電化課は、このような情報を必要とする場所に提供し、また、収集した情報を用いてデータベースを更新する。データベースの活用と効率的な運用のためには、すべての部門における連携が重要となり、早い段階でのデータベースの周知が必要となる。また、MEPE 内部だけではなく、DHP や他の政府組織、NGO などと同様、情報源や情報提供先となりうる。

データベースの使用者は、通常のユーザー、コンピュータを使用しないユーザー、管理者の 3 つに別れる。



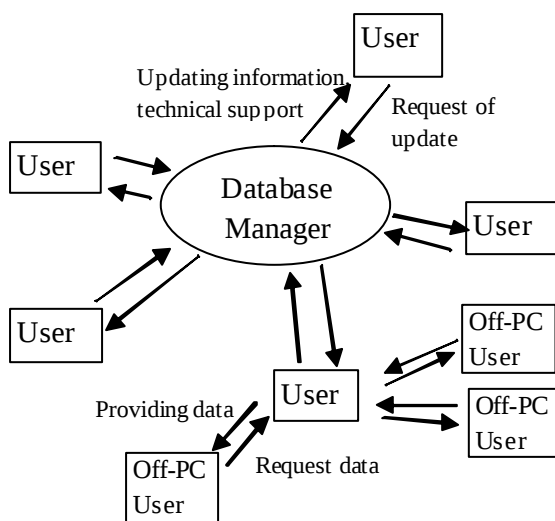
出典： 調査団

図 27 データベース使用者・関係者図

地方電化事業に関わる多くの関係者は、コンピュータを使用することが難しい環境にあるが、彼らこそがデータベースの情報を必要とする。また、その経験や知識はデータベースの貴重な情報源である。

ユーザーは次の操作を行うことができる。

- データベース情報の検索と分類
- ファイルのコピーとプリント
- データベース管理者への情報更新のリクエスト



出典： 調査団

図 28 データベースのユーザーと管理者

データベース管理者は、次の作業を担当する。

- 更新が必要なファイルの整理
- 情報収集とデータの更新
- データベースのメンテナンス
- ユーザーへの更新情報の配布
- 各部門のリクエストに応じて、データベースの配布
- ユーザーへの技術サポート

15.4 データベースの特徴

このデータベースには、以下の特徴がある。

- 「データベースビュー」： HTML の記述により、視覚的に表現されたシステムで、通常、ウィンドウズマシンに標準装備されているインターネットエクスプローラなどのブラウザを用いる。クリックにより、必要とする情報を含むファイルへ移動する。
- 全文検索システム： データベースのすべてのファイルから検索し、目的の単語を拾い出す。
- ファイルリスト： ファイルのすべてを一望できるようにリスト化したもので、各ファイルの要約を含む。このリストを用いて、目的のファイルを探すことも可能。
- 更新やファイルの追加が可能



図 29 データベースビューのメイン画面