

3) 公共施設用 PV システムの運転データ

公共施設用 PV システムのうちデータロガーにより連続的に収集している 2 つのクリニックの運転データを整理した結果を、設計値とともに表 4-14 に示す。設計値の前提は「PV システムの設計」で用いた値である。即ち 1 システム当たり 83W の PV モジュール 1 枚使用し、PV モジュール面の入射エネルギーは傾斜面日射量が最小となる 12 月の 5.41kWh/m²/day として設計している。下記のデータは測定期間中で傾斜面日射量が最低となった 1 月のデータを計画値との比較のために示したものである。

この月の負荷使用量について、Turf Clinic は何か特別なことが有ったのかその他の月に比較して数倍となっている。これに対して Tongwe Clinic は通常より若干少ない負荷使用量であった。負荷使用量の違いの他に両者のシステムには、チャージコントローラの種類が異なっている。Turf Clinic は JICA 改良型を使用しているのに対して Tongwe Clinic は現地製を使用している。

下記の表 4-14 において実測した日射量が計画値とほとんど変わらないにも関わらず、実測のバッテリー充電電流量が両クリニックとも計画値の 50%以下となっているのは、負荷使用量が計画の 30%以下で軽いため、バッテリーは満充電状態に近く、チャージコントローラにより PV が切り離されている割合が大きいためである。すなわち、このシステムはまだ十分な負荷供給能力が有ることを意味している。

バッテリー電圧の運転レベルに関しては、JICA 改良型チャージコントローラで制御された Turf Clinic の PV システムの場合最大電圧、最小電圧共に非常に望ましい値である。一方現地製チャージコントローラで制御された Tongwe Clinic の PV システムの場合、バッテリー最大電圧、最小電圧共に望ましい値を下回っている。これはチャージコントローラの PV カットオフ電圧レベル (HVD) が仕様の 14.5V を 0.4V 以上下回っているだけでなく、PV 再接続電圧レベル (HVR) が低すぎて PV のカットオフ時間が不当に長いため、負荷使用量は小さいにも関わらずバッテリーの十分な回復が出来ていないためである。

以上の結果から、特性が不適切な現地製のチャージコントローラを使用している公共施設用 PV システムは、バッテリーの充電放電制御値が望ましいレベルに無いため、設置された PV の能力を十分に利用することは難しい。現在の利用状況は、負荷量が計画に対して非常に小さいため、システム運転上特に問題にならないが、計画負荷に近づくに従いバッテリーの充電不足が問題となる。

この問題は、特性を改善した JICA 改良型チャージコントローラを導入することで解決できる。Turf Clinic はテストケースとして、1997 年 11 月にチャージコントローラを現地製のものから JICA 改良型に取り替えた。この結果は既に述べたように望ましいバッテリー充放電特性を示しており、計画値までの負荷の増加に対応できる。

表 4-14 クリニック PV システム 運転特性 (1998 年 1 月)

項目	計画値	実測値	
		Turf Clinic	Tongwe Clinic
傾斜面日射量(kWh/m ²)	5.41	5.45	5.62
蓄電池充電電流量(Ah)	29.5	13.46	11.66
計画供給可能電流量(Ah)	15.3	—	—
負荷電流量(Ah)	14.53	3.95	2.51
負荷使用時間(h)	4.0	4.32	2.57
蓄電池最大電圧(V)	(14.5)	14.45	14.07
蓄電池最小電圧(V)	(11.5)	12.68	11.98

上記のうち計画時の負荷を再度次に示す。

計画負荷量： 14.53 Ah

(内訳)：	種別	仕様	点灯時間(h)	消費電流量(Ah)
	蛍光灯	FL 11W #1	4 h	3.68
	蛍光灯	FL 11W #2	4 h	3.68
	蛍光灯	FL 9W #1	4 h	3.00
	蛍光灯	FL 9W #2	1 h	0.75
	蛍光灯	FL 7W #1	1 h	0.59
	蛍光灯	FL 7W #2	1 h	0.59
	ラジオ	9V / 5W	4 h	2.24
	合計			14.53

表 4-6 および表 4-7 よりシステムの運転に関して次の事がいえる。

a. バッテリー充電電流量について

Turf Clinic および Tongwe Clinic とともにバッテリー充電電流量は計画値に対して極端に小さくなっている。1月の時点で Turf の場合計画充電電流の 45.6%、Tongwe の場合は 39.5%に過ぎない。この理由は、両クリニックとも負荷の使用量が少なくバッテリーが満充電に近い状態で運転しており、日中チャージコントローラにより PV モジュールがバッテリーから切り離されている時間が長くなっているためである。この状態は、既に指摘したように負荷需要が軽い場合はシステムの維持管理上は特に問

題は無いが、負荷が大きくなるに連れてチャージコントローラの特性の違いにより運転特性に大きな差異が現れてくる。制御性の良い JICA 改良型チャージコントローラで制御されている Turf Clinic の場合は負荷が大きくなるに従い、PV の接続時間が延びて充電量が増加するが、現地製チャージコントローラで制御されている Tongwe Clinic の場合は、チャージコントローラの再接続(HVR)電圧が低すぎるため、PV の接続時間はそれほど増加せずバッテリーの充電不足が顕著になると予想される。このような結果は、設備の有効利用の観点から適当でないだけでなくバッテリーの寿命にも悪影響を及ぼす恐れがある。

b. 負荷電流量

両方のクリニックとも負荷の使用量は極めて少ない。クリニックの診療棟における1日の平均負荷電流量は表 4-6 および表 4-7 によると設置当初から約半年の 1998 年 1 月までの平均は Turf Clinic の場合わずかに 1.3Ah、Tongwe Clinic の場合でも 3.5Ah であった。これは計画時 15.3Ah の夫々 9 パーセントと 23 パーセントにあたる。また点灯時間も短く、少なくともどれか 1 つが点灯している時間は Turf Clinic が約 1.4 時間、Tongwe Clinic が約 3.1 時間となっている。当初の計画では、これらの点灯時間は各部屋とも 4 時間程度としていたが、負荷使用量が計画値の 1/4 以下であったことから、1 回の点灯時間が短いだけでなく、同時に点灯する部屋もほとんど無かったと推定される。さらに両クリニックとも設置当初と半年を経過した 1 月、2 月の時点以降では負荷使用量に大きな違いが見られる。即ち当初に比較して後半の負荷使用量ははるかに大きくなっている。これは、クリニックスタッフの学習効果により負荷使用量が増加したのか、あるいは季節的に雨季になり患者が増加したのか明確ではないが、両方の理由が十分考えられる。

システム設置後 10 ヶ月を経過した 1998 年 5 月以降 12 月までの負荷使用状況を見ると Turf Clinic は 10.8Ah / 12.6h、Tongwe Clinic は 4.5Ah / 5.7h となった。

Turf Clinic において 1998 年 5 月から負荷使用量が急増しているが、原因はクリニックに泥棒が入ったため保安上外灯を終夜点灯するようになったためである。Tongwe Clinic も当初に比較して負荷が増加傾向にはあるが、Turf Clinic のような極端な変化はない。今後電気の使用法に慣れてくればもう少し負荷の使用量が増加することは容易に予想されるが、クリニックと言う性格からすべての電灯を同時に使用する機会は少ないかもしれない。

両クリニック共病棟における負荷使用状況は診療棟とはかなり異なる結果となった。表 4-8 および表 4-9 より、Turf Clinic の病棟の場合 1 日平均の負荷使用量は 0.8Ah、Tongwe Clinic の場合 7.6Ah となっておりそれぞれ計画値の 5% および 50% に相当する。Turf Clinic の場合、病棟は純粋に患者のために使われているため、長時間の点灯はまれである。一方 Tongwe Clinic の病棟は設置当初は Turf Clinic と同様の傾向であったが、1998 年 1 月頃から来客の宿泊に使われ始めたため電力使用量も極端に増加した。この間の平均の電力使用量は 14Ah で限界値の 91% を超える。これらの例のようにクリニックの病棟の電力需要は一定のパターンが無く、個々の状況により大きな相違があることが明らかになった。

クリニックのシステム管理状況は、Turf Clinic が節電やバッテリーの補水など維持管理状態が非常に良好であるのに対して、Tongwe Clinic は比較的ずさんな管理であり負荷使用が大きい割にはバッテリーのチェックも無く液のレベル低下を来たしていたことも有った。このような PV システム管理状況の下でも、負荷使用量は、小さく、一般家庭と同等以下であった。このことは、今後のシステムサイズの決定に当たって重要な示唆を与えるものとして注目する必要がある。

このようなデータを 1 日単位で見ると、ほとんど負荷の利用が無い日も有れば 12 時間を超すような長時間点灯もまれに記録されているが、同時点灯は 1～2 灯程度らしく使用電力値として問題になるような利用法とはなっていない。

次に両クリニックにおける診療棟の負荷需要を図 4-27 および図 4-28 に、病棟の負荷需要を図 4-29 および図 4-30 に示す。

POWER DEMAND OF TURF CLINIC #1

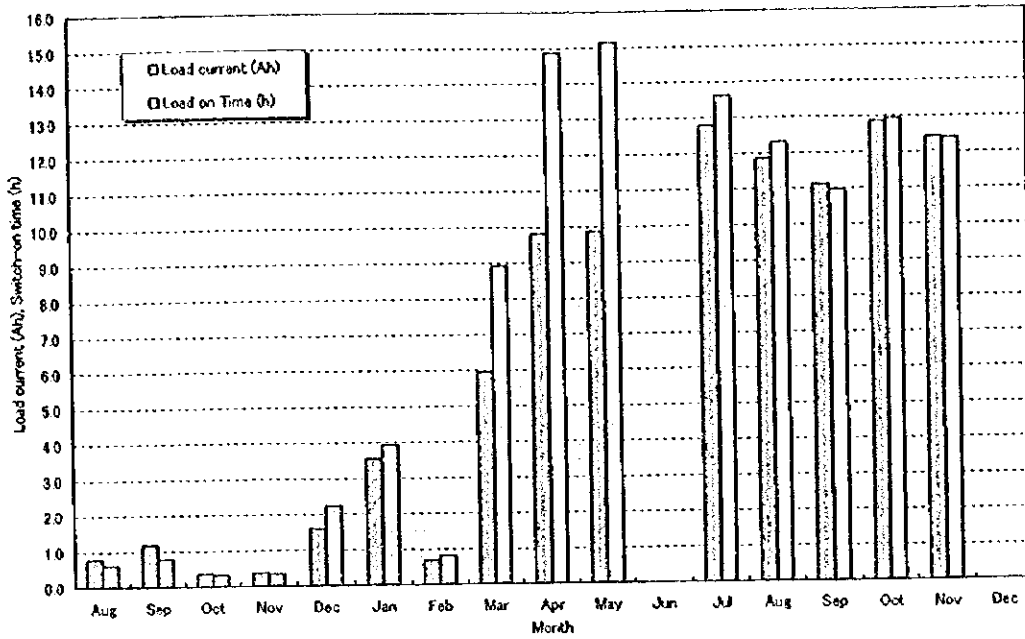


図 4-27 Turf Clinic の負荷需要 (診療棟)

POWER DEMAND OF TONGWE CLINIC #1

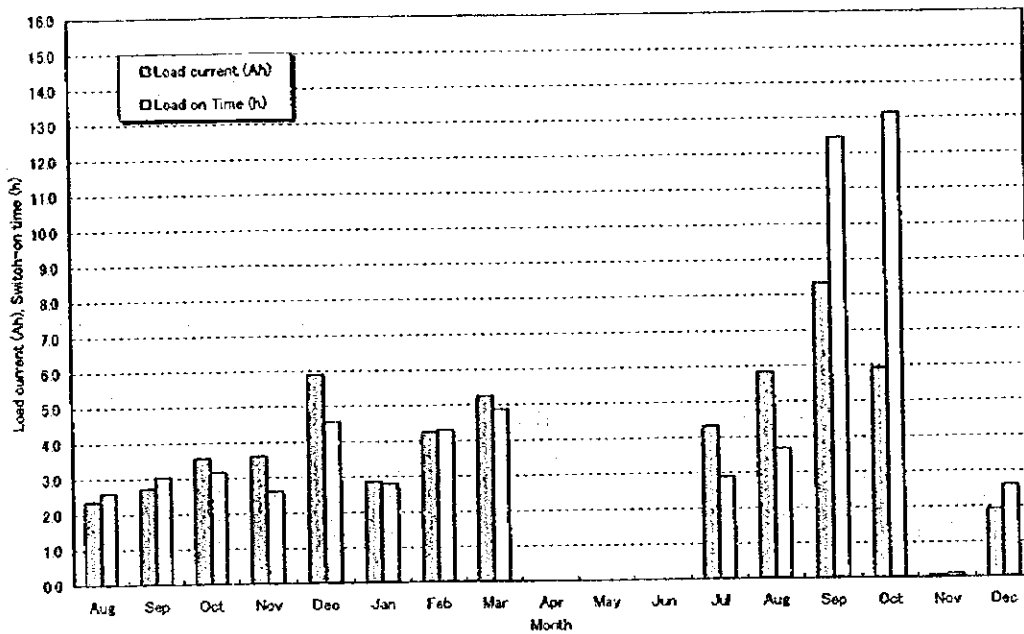


図 4-28 Tongwe Clinic の負荷需要 (診療棟)

POWER DEMAND OF TURF CLINIC #2

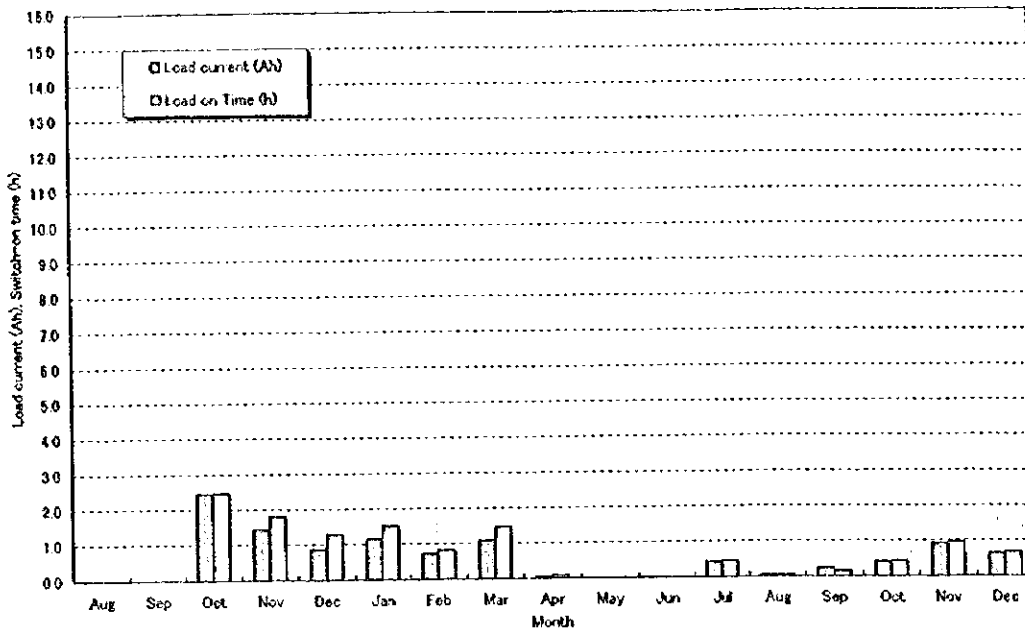


図 4-29 Turf Clinic の負荷需要 (病棟)

POWER DEMAND OF TONGWE CLINIC #2

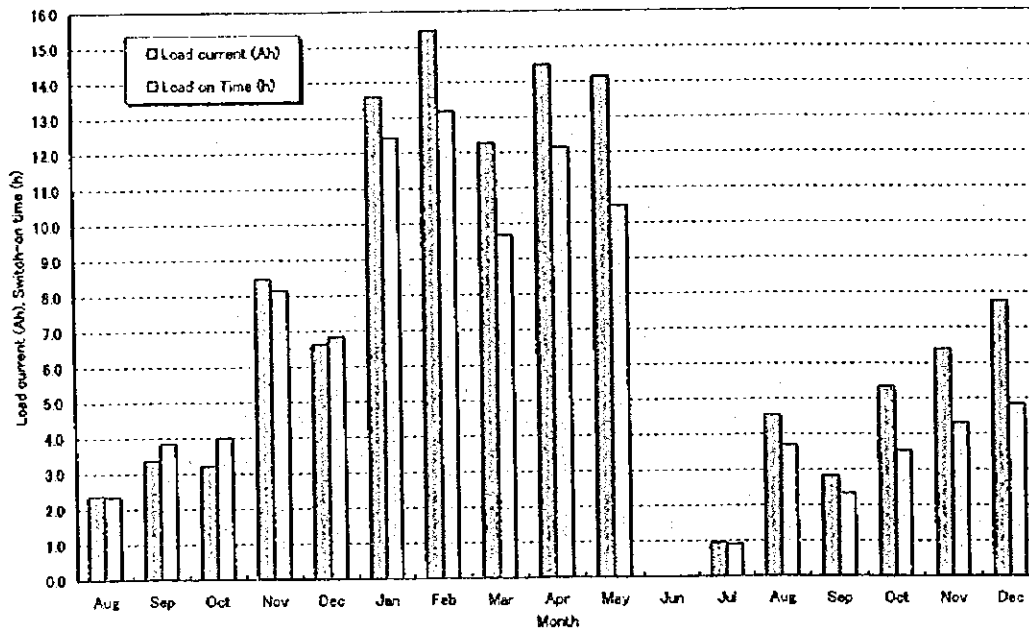


図 4-30 Tongwe Clinic の負荷需要 (病棟)

4) 一般家庭用 PV システムの運転データ

PV モジュール 25W で構成される 1 システム当たりの計画供給電力量および負荷電力量は次の通りである。この前提は、上記公共施設の場合と同一である。

家庭用 PV システムのうちデータロガーにより連続的に収集している Turf 地区家庭及び Sanyati 地区の家庭における 12 月の運転データを整理した結果を設計値とともに表 4-15 に示す。設計値の前提は「PV システムの設計」で用いた値を用いている。即ち 1 システム当たり 25W の PV モジュール 1 枚使用し、PV モジュール面の入射エネルギーは傾斜面日射量が最小となる 12 月時点で $5.41 \text{ kWh/m}^2/\text{day}$ として設計している。

表 4-15 家庭用 PV システム運転特性 (1997 年 12 月)

項目	計画値	実測値	
		Turf 地区	Sanyati 地区
傾斜面日射量 (kWh/m^2)	5.41	6.37	6.95
蓄電池充電電流量 (Ah)	7.1	8.81	6.78
計画供給可能電流量 (Ah)	4.61	—	—
負荷電流量 (Ah)	4.60	4.3	7.31
負荷使用時間 (h)	4.0	5.3	7.2
蓄電池最大電圧 (V)	(14.5)	14.40	13.20
蓄電池最小電圧 (V)	(11.5)	12.58	11.97

上記のうち計画時の負荷を再度次に示す。

計画負荷量: 4.61 Ah

(内訳):	種別	仕様	点灯時間 (h)	消費電流量 (Ah)
	蛍光灯	FL 7W #1	4 h	2.36
	蛍光灯	FL 7W #2	0 h	0
	ラジオ	9V / 5W	4 h	2.24
	合計			4.60

a. バッテリー充電電流量

表 4-15 より、12 月における Turf の家庭で 1 日当たりのバッテリー充電電流量は 8.81Ah であり、日射量の違いを考慮すれば計画値とほぼ同じ結果を示している。この家庭用 PV システムのバッテリー充電状況は、計画時の充電電流が十分確保されており、計画充電電流の 50%にも満たないクリニック用のシステムとまったく異なる動きである。理由の一つは、負荷の使用量が大きく、充電が開始される日の出の時にバッテリーが満充電状態に無いため、バッテリーが充電電流を受け入れやすい状態であること。もう一つの理由は、このシステムに設置したチャージコントローラの充電制

御回路が不良であったため、これをバイパスしており、PV モジュールがバッテリーから切り離されることが起こらなかったことである。

式 3-6 を用いて充電電流量を検証する。日射量 Q は 6.37kWh/m^2 を適用し最大可能充電量を計算すると、約 8.36Ah となる。この結果から得られたバッテリー充電電流量は 8.81Ah が妥当な値といえることができる。

b. 負荷電流量

Turf 地区の家庭に設置したデータロガーの記録によると、公共施設と異なり、電力の利用率は非常に高い。表 4-10 より 1 日平均の使用電力量は 12 月時点で 4.3Ah であり計画供給可能電力量の約 93% 強に当たる。電気の使用時間も 12 月は 1 日平均 5.3 時間と非常に良く利用されている。また、PV システムを設置した 1997 年 8 月から 1998 年 5 月までの平均では、表 4-10 より 1 日平均の使用電力量は 2.83Ah であることがわかり、これは計画供給可能電力量の約 61% 強に当たる。電気の使用時間は 1 日平均 3.38 時間となり利用状況は良い。

ただしこの家庭の場合、当初の注意をよく守り、電力節約の努力をしていることを見逃してはならない。設置当初は電灯やテレビなど 1 日 6 時間から 7 時間も使用した実績がありこれが本当の彼らの希望であると考えられる。

一方 11 月からデータの収集を始めた Sanyati 地区の家庭の場合、負荷の要求は極端に大きい。1997 年 12 月の負荷需要の平均は表 4-11 に示すように 1 日当たり 7.3Ah で計画値をはるかに超える。表 4-11 によれば 1997 年 11 月から 1998 年 12 月までの平均負荷電流量は 4.64Ah となりこれも計画値をわずかに超える。負荷使用時間も平均 4.64 時間で 25W システムでは限界と言える。

25W システムにおいて、テレビの使用は当初の予定に無かったが、テレビの使用要求は根強く、25W の小システムでもこの使用を無視するわけにいかないのが現実である。このため、チャージコントローラの自己消費を極限まで低減し、効率的充電制御および確実な過放電防止特性がシステムの安全な維持管理に不可欠であり、小システム用に特別に配慮したチャージコントローラが必要であることを裏付ける結果となった。

図 4-31 は Turf 地区の家庭の負荷使用量、図 4-32 は Tongwe 地区の家庭の負荷使用量の推移を示す。

5) バッテリー電圧の挙動

小容量 PV システムに使用されるバッテリーの運転状態を知るために、バッテリー電解液の比重を測定すること、及びバッテリー電圧を測定することの 2 つが現地で可能な方法である。一般に比重の測定は定期的な保守作業として現地技術者により行われる。一方電圧の測定は、もっとも簡単であり自動計測が可能なため通常バッテリーの充放電制御に使われる。この場合、バッテリーの電圧をバッテリー残存容量の代役としてチャージコントローラを用いて監視し、バッテリーの過充電および過放電を防止する。ただし、バッテリー残存容量が同じ場合でも、充電電流、電解液温度、電池の運転履歴などの相違によりバッテリー電圧は異なるため、バッテリー電圧だけでバッテリーの残存容量を正確に知ることは出来ない。残存量の大小の目安と考えるべきである。一例を挙げれば、バッテリー電圧が 14.5V になったから直ちに満充電であるというわけでは無く、かなり高い充電状態になっているということである。得られたデータからバッテリーの最大電圧と最小電圧を 10 日間ごとに平均した結果を表 4-16 に示す。

表 4-16 から各システムのバッテリー動作電圧は次の特徴が有る。チャージコントローラタイプの違いや電力使用状況の違い等によりバッテリーの動作状況は大きく異なっている。図 4-33～図 4-36 は表 4-16 をグラフ化したものである。

Turf Clinic のバッテリー電圧：

最大値： 現在までの平均 14.35V (13.99V ~ 14.51V)

11 月 12 日にチャージコントローラを現地製から JICA 改良型の交換する前は、バッテリー電圧最大値は 14.12V (13.99V~14.21V) であったのに対してチャージコントローラ交換後のバッテリー電圧最大値は 14.39V (14.11V~14.51V) と上昇している。チャージコントローラを改良型に交換する前はバッテリーの最大電圧はチャージコントローラの動作電圧レベルが低かったため 14.1V 程度で計画値の 14.5V をかなり下回っていたが、JICA 改良型チャージコントローラに交換してからはバッテリーの最大電圧は 14.4V 程度に上昇し十分な充電が行われるようになった。

POWER DEMAND OF TURF HOUSEHOLD

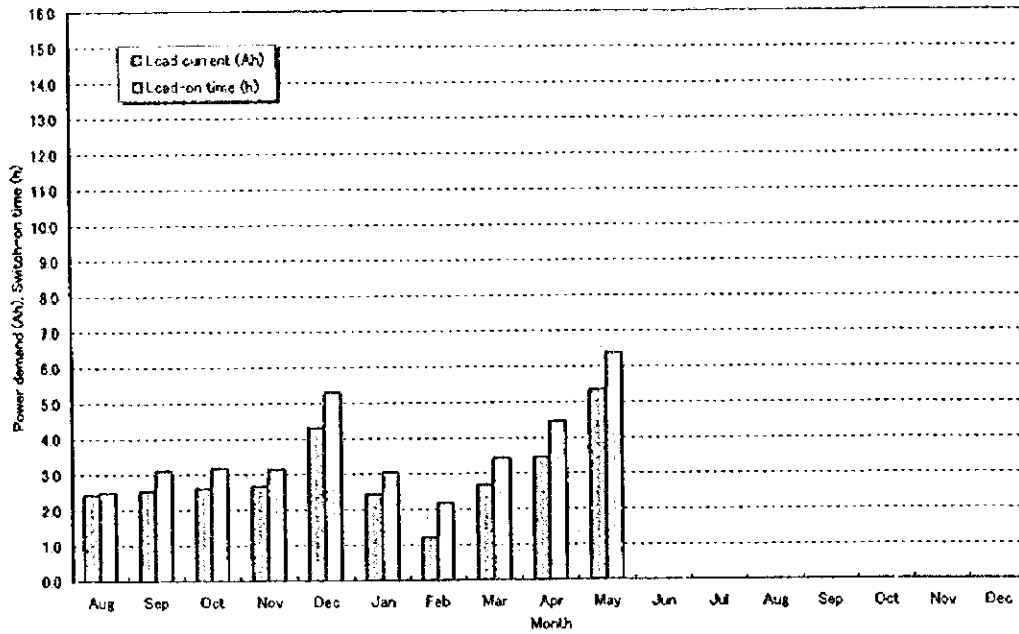


図 4-31 Turf Household の負荷需要

POWER DEMAND OF SANYATI HOUSEHOLD

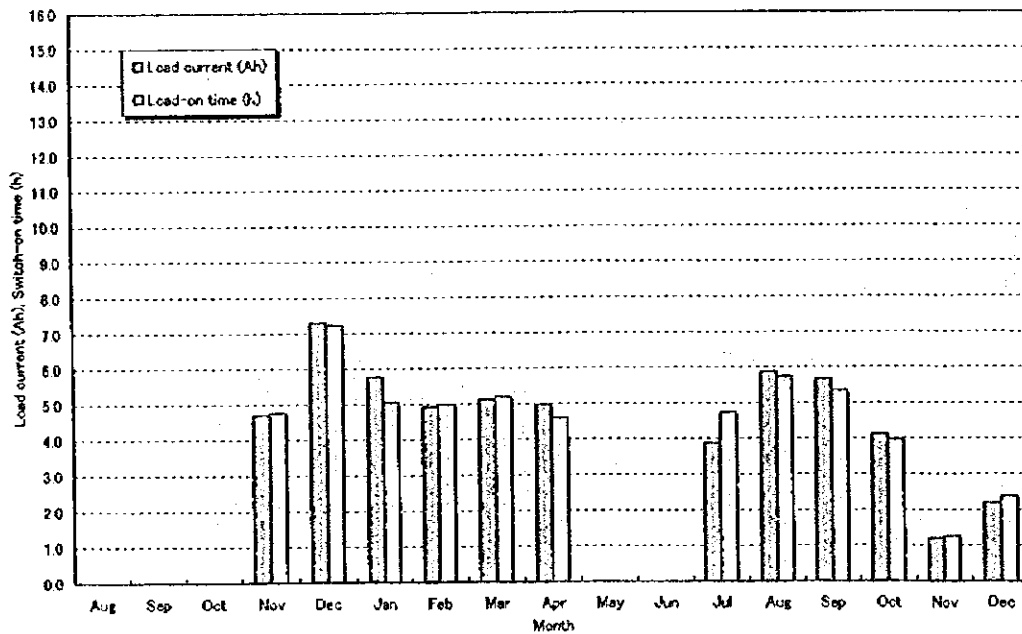



図 4-32 Sanyati Household の負荷需要

表 4-16 バッテリー電圧の最大・最小値

Term	Turf Clinic		Tongwe Clinic		Turf Household		Sanyati Household	
	Max Volt	Min Volt	Max Volt	Min Volt	Max Volt	Min Volt	Max Volt	Min Volt
Aug/1-10	14.2	12.48	14.14	12.21	12.18	10.65		
Aug/11-20	14.21	12.48	14.17	12.34	12.48	11.9		
Aug/21-30	14.2	12.5	14.18	12.24	12.8	12.04		
Sep/1-10	14.19	12.52	14.17	12.27	12.84	12.06		
Sep/11-20	14.02	12.43	13.93	12.31	13.21	12.14		
Sep/21-30	13.99	12.49	14.14	12.25	14.21	12.41		
Oct/1-10	14.17	12.49	14.14	12.29	14.47	12.48		
Oct/11-20	14.11	12.46	14.18	12.2	14.46	12.51		
Oct/21-30	14	12.48	14.14	12.24	14.65	12.55		
Nov/1-10	14.17	12.47	13.97	12.24	14.56	12.59	10.51	8.5
Nov/11-20	14.35	12.68	14.06	12.17	14.3	12.59	13.79	12.19
Nov/21-30	14.11	12.7	14.01	12.1	14.44	12.63	13.4	12.09
Dec/1-10	14.45	12.82	14.12	11.99	14.7	12.59	13.39	12.04
Dec/11-20	14.51	12.86	14.11	11.86	14.38	12.58	13.04	11.91
Dec/21-31	14.44	12.81	14.13	11.65	14.1	12.57	13.17	11.95
Jan/1-10	14.42	12.71	14.06	12	14.44	12.60	13.35	12.02
Jan/11-20	14.47	12.64	14.07	11.96	14.60	12.64	13.08	11.92
Jan/21-31	14.43	12.70	13.99	10.88	14.75	12.70		
Feb/1-10	14.49	12.81	14.11	12.22	14.77	12.72		
Feb/11-20	14.46	12.76	14.04	12.21	14.73	12.59	14.33	12.14
Feb/21-28	14.49	12.77	14.09	12.11	14.64	12.55	14.40	12.16
Mar/1-10	14.49	12.77	14.12	12.09	14.43	12.56	14.41	12.16
Mar/11-20	14.44	12.59	13.92	12.02	14.52	12.51	14.17	12.17
Mar/21-31	14.47	12.62	14.14	11.91	14.61	12.49	14.37	12.18
Apr/1-10	14.45	12.60			14.35	12.47	14.38	12.19
Apr/11-20	14.44	12.53			14.04	12.49	14.38	12.18
Apr/21-30	14.46	12.47			14.56	12.56	14.40	12.20
May/1-10	14.46	12.47			14.06	12.51		
May/11-20								
May/21-31								
Jul/1-10								
Jul/11-20								
Jul/21-31	14.48	12.33	14.15	11.96			14.16	10.99
Aug/1-10	14.30	11.72	14.14	11.93			13.81	11.97
Aug/11-20	14.46	11.76	14.19	11.93			13.76	11.94
Aug/21-31	14.46	11.58	14.20	11.96			13.78	11.91
Sep/1-10	14.43	12.12	14.18	11.88			13.61	11.84
Sep/11-20	14.46	12.27	13.96	11.59			13.97	11.97
Sep/21-30	14.43	12.33	14.16	12.03			13.66	11.90
Oct/1-10	14.41	12.44	14.05	11.94			13.76	11.74
Oct/11-20	14.33	12.48	14.16	11.88			13.99	11.66
Oct/21-31	14.36	12.43	14.17	10.83			14.07	10.76
Nov/1-10	14.42	12.52	14.08	10.07			13.85	10.64
Nov/11-20	14.41	12.43	14.15	9.57			14.01	10.45
Nov/21-30			14.48	9.86			14.11	10.43
Dec/1-10			14.67	9.71			14.17	10.16
Dec/11-20								
Average	14.32	12.61	14.09	12.07	14.15	12.42	13.66	11.88

注)  印は JICA 改良型チャージコントローラ使用

最小値： 現在までの平均 12.49V (12.36V ~ 11.58V)

現在負荷が少なく、保護レベルの 11.5V に対して余裕があり最小値が問題になるレベルまでは達していない。しかし現地製チャージコントローラを使用していた 11 月 11 日まではバッテリー最低電圧が 12.48V (12.43V~12.52V) であったのに対して JICA 改良型を使用している 11 月 12 日以降はバッテリー最低電圧が 12.75V (12.64V~12.86V) と上昇した。これはチャージコントローラの動作電圧レベルが設計値通り安定した結果バッテリーの回復充電が正常に行われていることを示している。

図 4-33 は Turf Clinic のバッテリー電圧の動きを示している。このグラフにおいて注目すべき点は、チャージコントローラを JICA 改良型に交換した後の 1997 年 12 月以降のバッテリー最大電圧がチャージコントローラの設定値である 14.5V に制御されていることである。

システム設置後 1 年を経過した 1998 年 8 月頃から、電池電圧が低下傾向を示し始め、現地製蓄電池が寿命末期に近づきつつある事が伺える。

Tongwe Clinic のバッテリー電圧：

最大値： 現在までの平均 14.13V (13.92V ~ 14.67V)

このクリニックは現地製のチャージコントローラで充電および放電制御が行われている。現地製のチャージコントローラの動作レベルは仕様に対して 0.3V~0.4V 低く、その結果バッテリー最大電圧は計画値 14.5V を大きく下回っている。現在は負荷が軽くシステムの維持管理上特別な問題はないが、負荷が重くなった場合にはバッテリーの回復充電に若干問題を含んでいる。

最小値： 現在までの平均 11.76V (9.57V ~ 12.34V)

現在負荷が少なく、保護レベルの 11.5V に対して Turf Clinic の場合と同様に十分余裕があり最小値が問題になるレベルではない。最大電圧が計画値に対してかなり低く負荷が増加した場合は充電不足になり、これに連れてバッテリー最低電圧も低下し負荷の切断が発生し易い傾向にあると言える。

図 4-34 は Tongwe Clinic のバッテリー電圧の動きを示している。現地製チャージコントローラで制御されているバッテリー最大電圧は、目標値の 14.5V より 0.4V 程度も低いばかりでなくその値も一定していないことがグラフから読み取れる。

システム設置後 1 年以上経過した 1998 年 10 月頃より蓄電池の異常低下が見られるようになり寿命末期を予感させる。

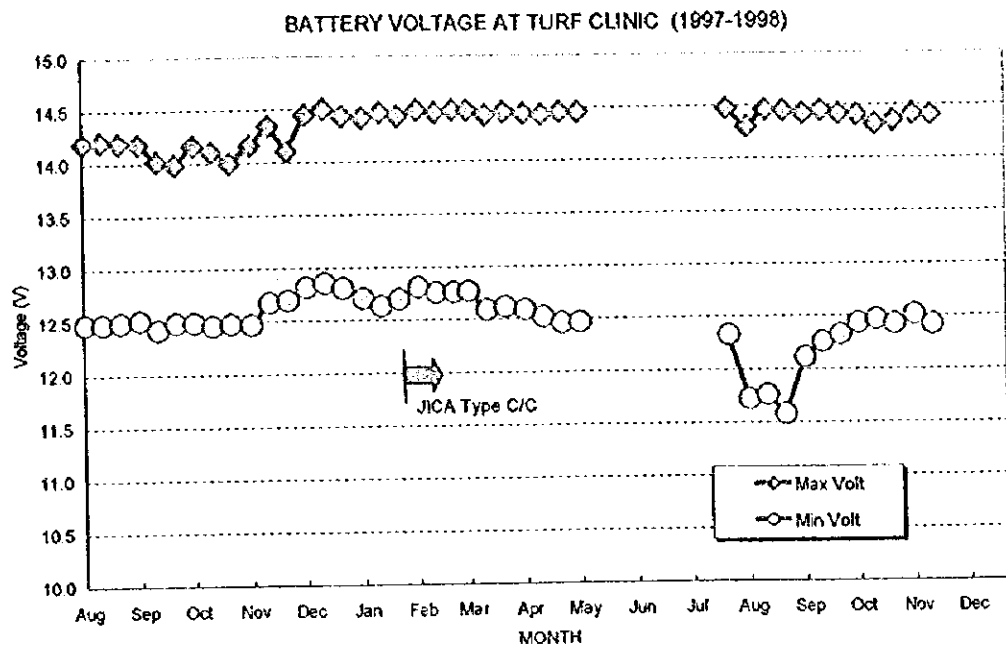


図 4-33 Turf Clinic の蓄電池電圧

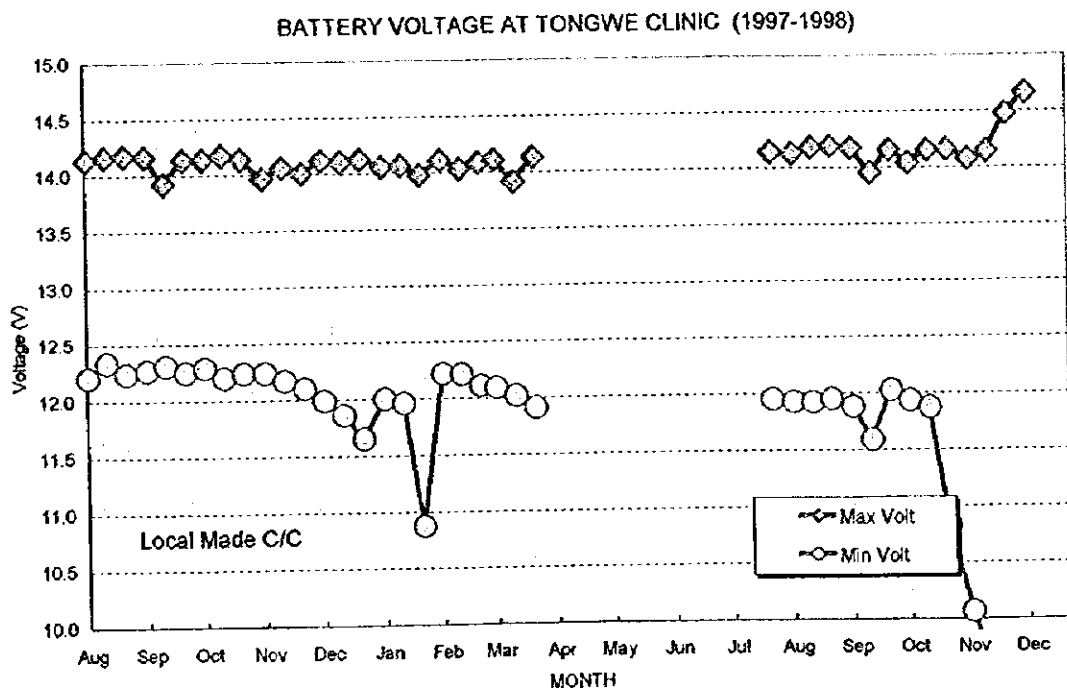


図 4-34 Tongwe Clinic の蓄電池電圧

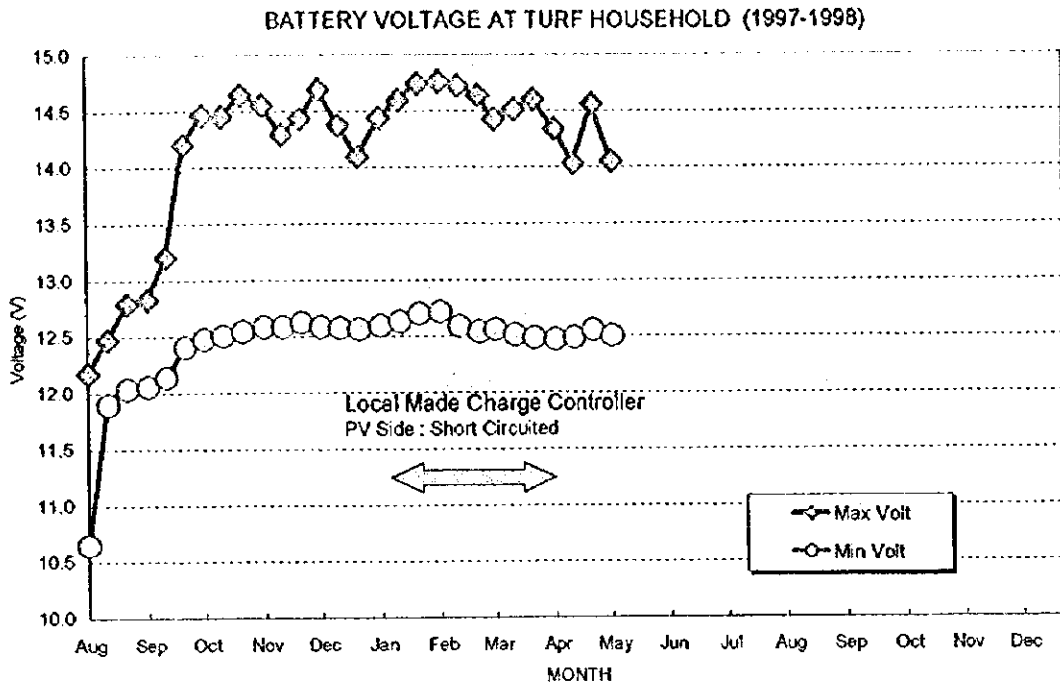


図 4-35 Turf Household の蓄電池電圧

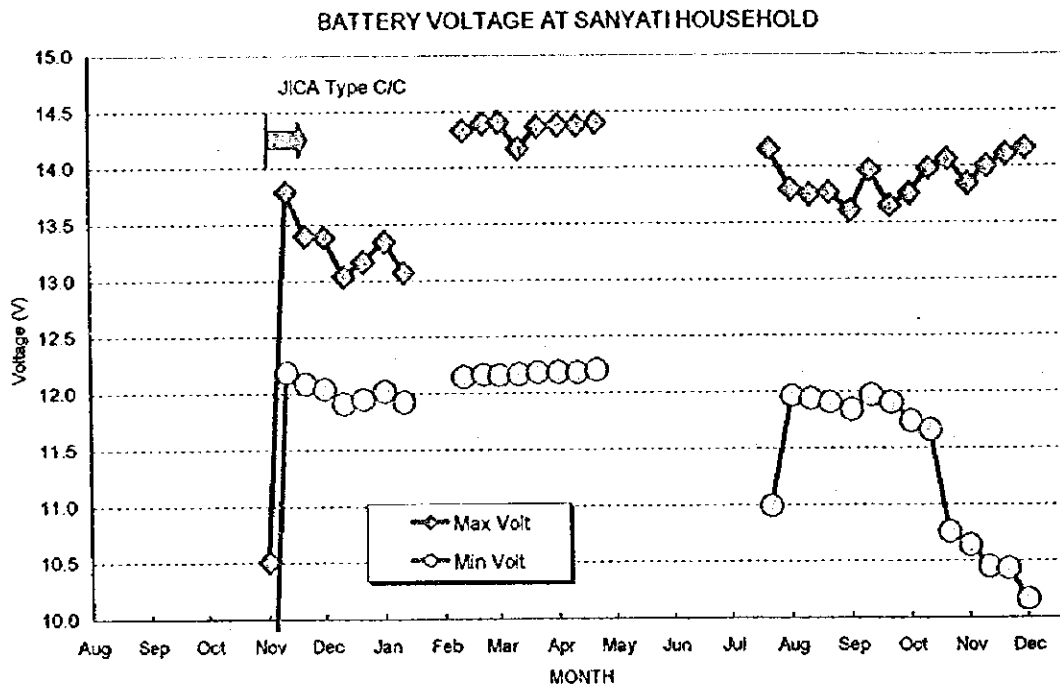


図 4-36 Sanyati Household の蓄電池電圧

Turf Household のバッテリー電圧：

最大値： 現在までの平均 14.15V (12.18V ~ 14.77V)

最小値： 現在までの平均 12.42V (10.65V ~ 12.72V)

この家庭は現地製チャージコントローラを使用している。インストール初期にチャージコントローラの不具合が有り充電不能に陥ったため、過充電保護回路をバイパスしバッテリー過放電制御部だけを残して運転を継続していた。

バッテリー最大電圧を平均的にみると設計電圧レベル 14.5V に対してかなり低い値である。この原因は、運転直後にチャージコントローラの不調で当初充電が出来なかったためであり、運転を再開してからはバッテリー電圧が回復し、最大電圧は 14.77V まで上昇し問題のないレベルに達している。

バッテリー最小電圧は最大電圧と同様の理由で、当初 10.65V と保護レベル 11.5V より低下したが、最終的に 12.72V まで回復し、問題ないレベルに達した。この一般家庭用システムは負荷の使用量が大きいので、雨季など日射量が低下した場合に最小バッテリー電圧がどこまで下がるかが、課題であるが今は特に問題になっていない。図 4-35 は Turf Household のバッテリー電圧の動きを示している。このグラフで、充電制御が行われていない場合のバッテリー電圧の動きが明瞭に示されている。

Sanyali Household のバッテリー電圧：

最大値： 現在までの平均 13.78V (10.51V ~ 14.41V)

最小値： 現在までの平均 11.61V (8.50V ~ 12.20V)

この家庭は JICA 改良型チャージコントローラを設置した 11 月から運転データを取得を開始した。バッテリー最大電圧が非常に低くなっている。これはデータ取得開始直後の電圧が極端に低かったことが原因の一つであるが、現地製チャージコントローラの過放電防止回路が正常に動作せず、バッテリーが過放電状態に陥っていたためと思われる。また、チャージコントローラを JICA 改良型に交換した後も電圧の回復ははかばかしくない。最小電圧もかろうじて許容最低電圧をキープしているに過ぎない。このようにバッテリー電圧の回復が十分に行われること無く、低レベルに終始している主な原因は既に述べたように、この家庭の電力消費量が供給に比べて大きく、システムの供給電力量を超しているためである。11 月から 12 月までの 2 ヶ月間の負荷消費量を見ると、平均 5.97Ah で設計供給電力量 4.61Ah に対し約 30%超過している。この期間の平均日射量が 6.23 kWh/m²/day であり、設計時の日射量 5.41 kWh/m²/day より 15%大きかったことを考慮しても、過大な需要と言わざるを得ない。電力使用

時間も平均 5.8 時間であり、予定の 4 時間をはるかに越えている。1998 年 1 月以降は、負荷の利用方法の習得により需要が安定し、ほぼシステムの電力供給限度の上限程度の負荷状態で推移している。このため 2 月以降のバッテリー最大電圧は平均 14.36V に上昇しており問題の無い運転状況になった。

すべてのシステムに共通していえることは、設置後 1 年を経過した 1998 年 8 月頃から蓄電池の寿命末期をうかがわせる蓄電池電圧の低下傾向が現れている。この対策として、JICA ではすべての現地製蓄電池を品質の安定したものに順次取り替えるべく準備を整えている。

この家庭は広い綿花畑を持ち、夜だけでなく昼間もテレビやラジカセを楽しむ裕福な家庭であるため、システムサイズが彼らの要求にマッチしていなくて、サイズアップの要求がある。

図 4-36 は Sanyati Household のバッテリー電圧の動きを示している。

4.6 再委託によるモニタリング

モニタリングの委託先は現地に事務所を持つ NGO の一つである「BUN: Biomass Users Network」である。この NGO は、今後のシステムの維持管理も同時に行い、毎月 1 回のペースでモニタリングを行うことになっている。第 1 回目は完成検査が主目的であり、JICA 調査団と共同で行った。その後委託先である BUN による調査が行われ、1998 年 8 月時点での結果が提出された。完成検査および BUN によるモニタリングで明らかになった問題点およびシステム利用状況は次の通りである。

4.6.1 完成検査モニタリング

(1) 設置工事

PV アレイ取り付けの際の、壁への穴あけが粗雑で、壁のダメージが大きい。この原因は、設置業者が適正工具をもっておらず、ドライバー、千枚通しなどで壁に穴を開けるためである。ジンバブエの一般家屋の壁は、非常に弱く、ハンマーとドライバーで簡単に穴を明けることができる。しかも壁が弱いために、周辺のダメージも大きい。設置業者の中には、設置後モルタルを埋め込み修正をおこなう業者もいたが、そのままの状態にしておく業者もいる。PV アレイの支柱やコンジットパイプのための穴あけは、手動のドリルを使うべきである。

PV アレイの傾斜角が大きすぎたのを修正させた。またアレイの方向を正確に北へ向けることがかなり困難で、誤差は大きくないもののばらつきが目立つ。設置業者の中には、方位計や傾斜計を持たずに設置をおこなっている業者もあり、調査団は設置時に指導をおこなった。PV アレイの設置のためには、少なくとも、磁石、傾斜計、垂直を確かめる糸錘が必要である。

(2) チャージコントローラ

チャージコントローラの動作不良が多く見受けられた。この原因としては、製造後の検査不足が考えられるが、根本の原因は、製造過程の問題がある。ジンバブエのチャージコントローラは、海外から部品を調達して組立作業を行っている。製造工程を視察したところ、作業員が直接素手で部品を取り扱い、半田付けで組立作業を行っていた。直接素手で部品を取り扱おうと、手垢などにより半田の接合が悪くなり接触不良を起こすことがある。また、集積回路(IC)を直接接触すると人体に帯電した静電気によって IC が破壊される可能性がある。このように直接部品を素手で触って作業をすることは、品質の低下や不良率の増加につながる。

対策としては、ピンセットなどを使用し、部品を直接接触しないことが大切である。また、静電気による IC の破壊を防ぐためには、身体の電位と IC の電位を同じにして作業をすることが必要である。IC などの電子部品は導電シートの上に置いて作業をし、作業者とシートの間にはアース線を設けることにより、同じ電位に保つことができる。その他の対策として、帯電防止加工を施してある作業服を着て作業を行うことも効果的である。これらの改善には殆ど資金を必要とせず、製造会社はすぐに実行する必要がある。また、品質管理のためには製造者と検査者を別々にすることが必要である。

もう一つの原因は、当初設置した現地製チャージコントローラは、自己消費電流がまだ大きく、25W のような小容量システムに適していなかった。この対策のため、1997年11月から1998年1月にかけて小容量(25W)システムである家庭用100戸分の、すべてのチャージコントローラを JICA 改良型に交換し、モニタリングを行ってきた。雨季に入り日射量不足による負荷のカットオフや雷の誘導による外部ノイズの影響で、第1次改良型チャージコントローラに誤動作が発生し、システムダウンが1月から2月にかけて数多く報告された。調査の結果、チャージコントローラのノイズ耐性不足

が判明し、この経験を基に JICA 改良型チャージコントローラは良好な動作特性を維持しつつ、ノイズ耐性の大きな第 2 次改良型への移行を行った。

(3) バッテリー

バッテリーでよく見られた事象は、バッテリーセル間の品質のばらつきである。バッテリーは 2V のバッテリーセル 6 個から構成されている。通常、これらセルの液比重は、1.2~1.3 であるが、不良バッテリーを調べてみたところ、6 個のセルのうち、ひとつのバッテリー液の比重が低くなっているケースがいくつか見られた。比重が低くなると、わずかの充電でバッテリー電圧だけが早く回復し、チャージコントローラが太陽電池からの電流を切ってしまう。すなわち、充電不足にもかかわらず、電圧が高いため充電できない。そのため、夜になって照明をつけても僅か 1 時間程度でバッテリー電圧が下がり、コントローラによって照明が切られる。モニタリング調査では、1 年間に一般家庭だけで、64 個 (BUY:50 個、調査団:14 個) のバッテリーを取り替えることになった。この解決策は、製造工程からの改善が必要で、輸入バッテリーの品質レベルに持つて行くには時間が必要である。

バッテリーの補充液 (蒸留水) などの管理を徹底させる必要がある。本調査では、一般家庭のバッテリーをディープ・サイクル・バッテリーと自動車用バッテリーの 2 種類を評価のために使用した。昨年 12 月からの現地技術者の報告では、自動車用バッテリーは 1 ヶ月に 1 回、ディープ・サイクル・バッテリーは 2 ヶ月に 1 回の補水が必要という結果になった。

(4) 蛍光灯及びスイッチ

蛍光灯、壁スイッチの不良による動作不良が散見された。蛍光灯は、バラストの不良である。調査団が観測しただけでも 2 個の欠陥が見られた。欠陥率が 1% というのは、製品として信頼性が低い値である。壁スイッチ不良は、設置業者が結線したときの締め付け不足とスイッチ内部の板バネの品質が悪く、元の状態に戻らなく、接触不良を起こすのが原因であるものが多かった。

4.6.2 利用者の評価

PV モニタリングのシステム設置開始後、約 1 年が経過した 1998 年 8 月には、システムの利用状況が明らかになってきた。利用者は Ngeji (Turf/Manyoni) 地区および

Sanyati 地区共 PV システムには大変満足している。しかし、それと同時にシステムサイズが小さいことに不満も感じており、聞き取り調査の結果 Sanyati の 47 軒、Turi/Manyoni の 21 軒はシステムの容量拡張を望んでいる事が分かった。表 4-17 はフィールドテクニシャンによる毎月の巡回サービスで得た情報を整理した PV システムの運転状況である。図 4-37 および 図 4-38 は上記表を基に作成したデータのグラフである。図 4-39 および 図 4-40 は 1998 年 4 月のデータのグラフである。システム設置後 9 ヶ月が経過した 4 月のデータによると、初期段階のトラブルは減少し、ほぼ 90% がまったく問題の無い状態になった。PV システム設置後の運転状況の経過を 図 4-37 で平均的に見ると、約 1/4 の家庭が何らかのトラブルを経験していた。トラブルの原因は、図 4-38 に示すように チャージコントローラの不具合やバッテリーの品質不良に起因するバッテリー電圧異常低下によるシステムダウンがほぼ半分を占め、配線のゆるみや配線器材の故障が約 20%、蛍光灯器具の不良又はヒューズ溶断等と続いている。ヒューズ溶断の原因は、利用者の電気に対する知識不足である。多くの利用者が、テレビやラジオのケーブルを短いケーブルを絶縁せずにつなぎあわせて使用していた。また、テレビ・ラジオのスイッチの代わりに、この裸線をスイッチとして使用していた。現地技術者は、この裸線を絶縁すると共に、住民への教育に努めている。

システムダウンの中には、雷雨時にチャージコントローラが誤動作して充電不能に陥ったものが数件含まれている。これらのトラブルは、現地製チャージコントローラの動作不良やバッテリーの品質不良、現地調達の配線機器の品質不良や工事不良など、現地製造企業や現地設置業者の技術力不足によるものが大きかった。さらに現地製チャージコントローラ改善のモデルとして導入した、初期 JICA 改良型チャージコントローラ (OCD-02Z 型) の一部が、ノイズ耐量不足などで動作不良に陥ったものもあり、多くの家庭が何らかのトラブルを経験する結果となった。これらの運転実績を踏まえて、JICA 改良型チャージコントローラは、既にノイズの影響を受け難い量産型 (OCD-03Z 型) に改良され、旧型と交換された。

チャージコントローラと並ぶ重要機器であるバッテリーについても、採用した現地製バッテリーがシステムの正常運転に耐えないと判断し、JICA では全てのバッテリーを品質の安定した製品に交換することにした。

表4-17 家庭用PVシステムのモニタリング結果

1997年12月～1998年4月：全家庭対象

<データ数表示>

項目	12月	1月	2月	3月	4月	平均
順調、満足	44	53	25	69	84	55
システムサイズ不足	13	5	6	5	2	6.2
問題有り	27	34	11	15	8	19
<内訳>						
チャージコントローラ及び蓄電池	12	23	2	6	2	9
電圧降下器	1	0	0	0	0	0.2
蛍光灯又はヒューズ	5	4	1	1	2	2.6
壁スイッチ又はソケット	1	0	3	4	2	2
結線ゆるみ	5	2	1	0	0	1.6
利用者の使用方法不適當	3	5	4	4	2	3.6
有効データ数	84	92	42	89	94	80.2

定期的なモニタリングのほかに、データロガーのダウンロードや、システムの完成検査、住民への説明会などのため現地を訪れて、ヒヤリングなどでつかんだPVシステムの利用状況、PVシステムへの希望はおよそ次の通りであった。

- ・ クリニックでは、何れもPVの設置を大変喜び満足していた。
- ・ システムの盗難を心配している施設が多い。
- ・ クリニックでの電灯は長時間使用する可能性のある部屋は、診察室や産室など1～2部屋が中心であるが、貯蔵室など短時間使用する部屋も、非常に役立つ。
- ・ Benuhra School では倉庫として使用している部屋にすべて電灯をつけたいと望んでいる。
- ・ 一般家庭用として、25Wシステムを試みているが、PVシステムの導入層が比較的裕福であり、電力不足を嘆く声が非常に多い。ほとんどの家庭でテレビを見たいという希望があり、そのためにPVシステムを導入したいと考える家庭は多いが、電灯照明だけで我慢、あるいは満足という家庭はほとんど見当たらないように感じる。小システムから始めてPVシステムの普及促進を図ろうとする場合、技術的には増設可能なシステムを考慮するなり、何種類かの選択肢が求められることになる。

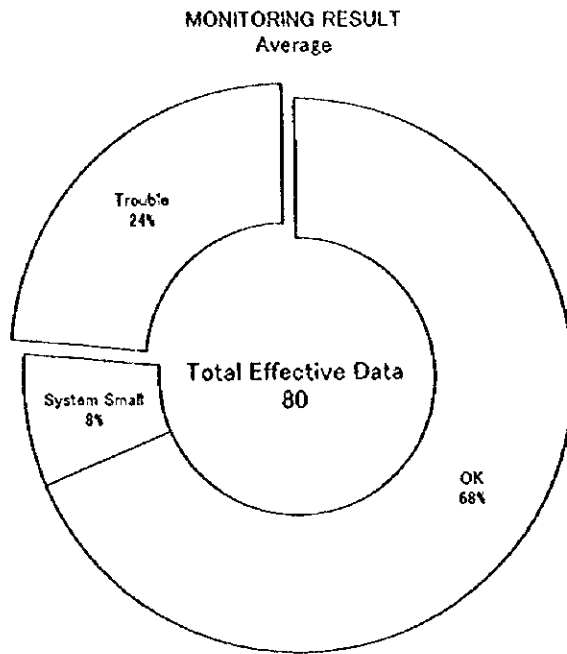


図 4-37 PV システム運転実績 (1997. 12~1998. 4)

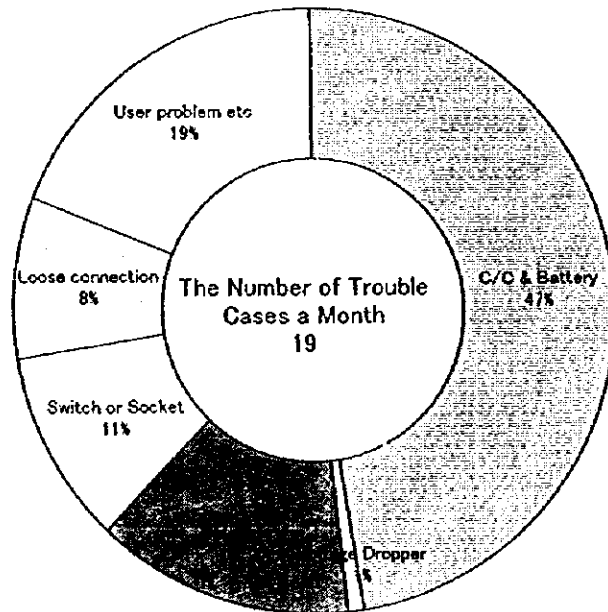


図 4-38 トラブル内訳 (1997. 12~1998. 4)

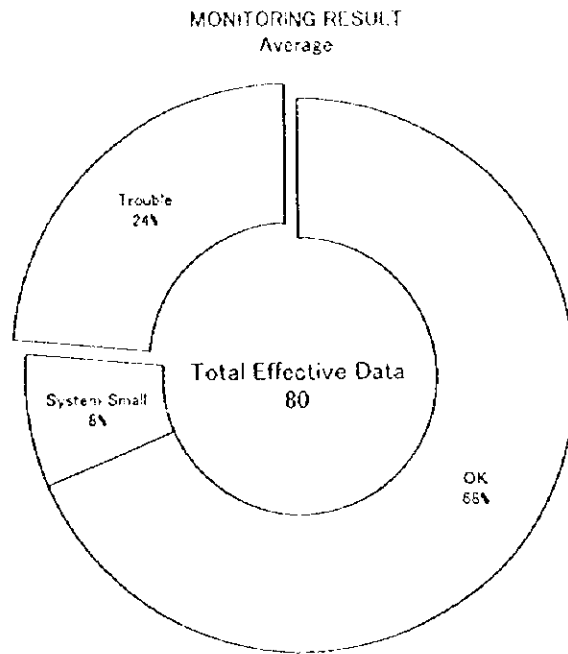


図 4-37 PV システム運転実績 (1997. 12~1998. 1)

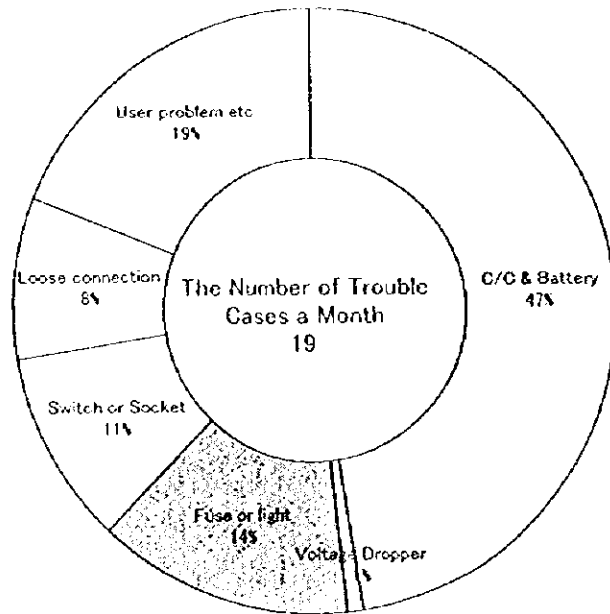


図 4-38 トラブル内訳 (1997. 12~1998. 1)

Monitoring Result
April, 1998

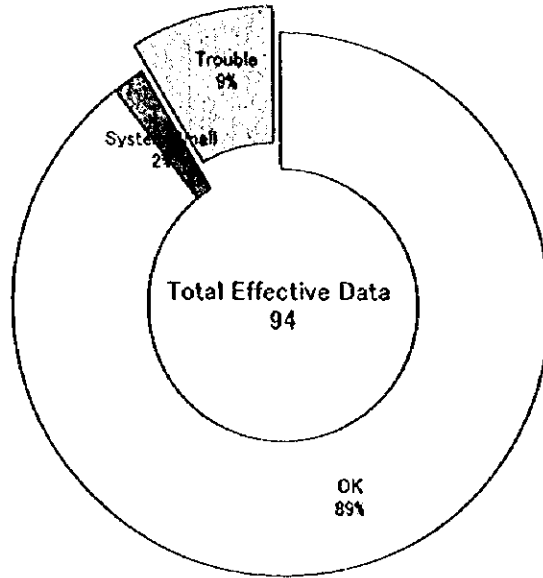


図 4-39 PV システム運転実績 (1998 年 4 月)

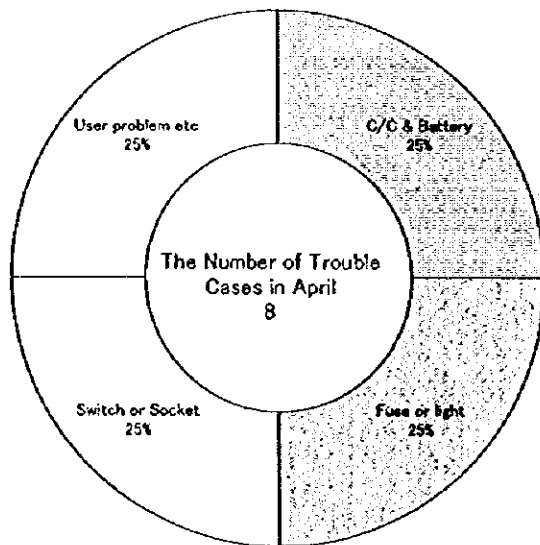


図 4-40 トラブル内訳 (1998 年 4 月)

Monitoring Result
April, 1998

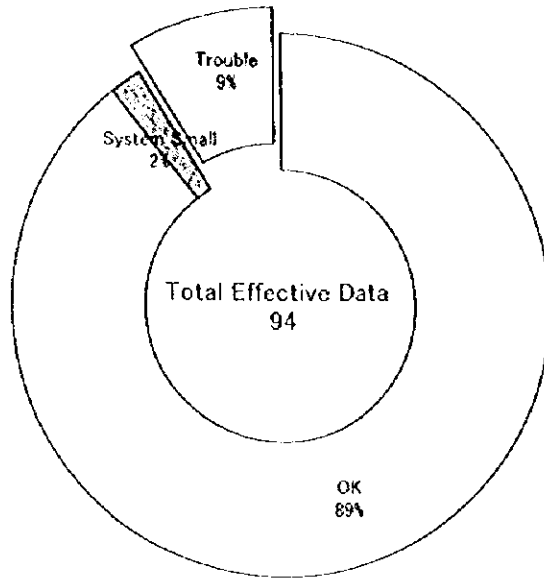


図 4-39 PV システム運転実績 (1998 年 4 月)

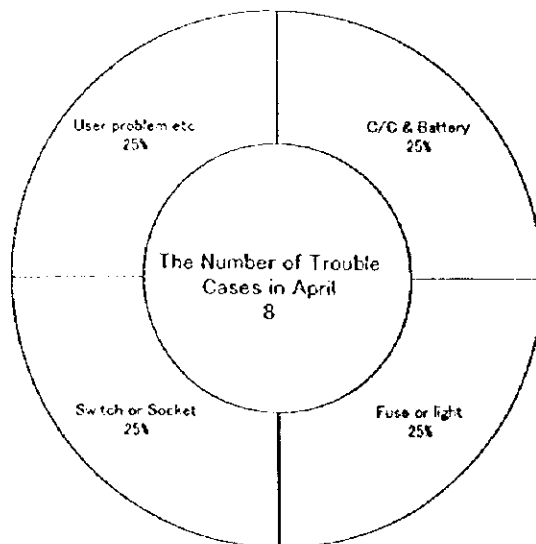


図 4-40 トラブル内訳 (1998 年 4 月)

- ・ PV パネルの支柱に関しては、盗難防止の理由により(実際に、Turf で1軒が数日家を空けているときにパネルの盗難が起こった)、ほとんどの住民が屋根に取り付ける支柱を望んでいた。
- ・ 支払方法については、JICA システムの金額が住民にとって非常に好ましいことが判った。住民の多くが農業を営んでおり、収入が収穫時期の4月頃になるため、年払いが可能な本システムが歓迎された。
- ・ 支払金額についても GEF プロジェクトよりも安く設定されており、住民は支払期間がたとえ長期になっても年間2\$750~2\$1500 ぐらいの本システムを望んでいる。

4.6.3 現地技術者の活動

モニタリング・システムを維持していくために BUN は、現地の若者に保守技術の教育を行い、現地技術者として2名雇用した。現地技術者のひとは、Sanyati 地区を担当し、もうひとは、Turf と Manyoni 地区を担当している。現地技術者は、1ヶ月に最低1回各家庭を訪問し、その結果を業務日誌に記入し、1ヶ月に1回、現地からバスでハラレにある BUN の事務所に報告に来る。業務日誌に記載される内容は、訪問先氏名、日時、気温、当日および前日の天候、バッテリー液比重、バッテリー液レベル状況、バッテリー液温度、バッテリー電圧、バッテリー・ターミナル状況、日射状況、住民のコメントである。

現地技術者の給料として最初は 800\$/月で、経験を積んでくれば 900\$/月が与えられる。また、彼らには、必要な道具および道具箱と、巡回のための自転車を BUN が提供している。巡回範囲は、Sanyati および Ngeji とともに最大距離、約 25km に広がっている(約 300km²)。特に、Ngeji 担当の技術者は、Turf 地区だけでなく、Turf から約 35km 離れた Manyoni 地区も巡回している。Manyoni 地区へは自転車をバスの屋根に乗せて移動し、Manyoni 地区の巡回を行う。この 25km に広がった 50 のシステムを技術者は、自転車で1週間(約 40~50 時間)かけて巡回していることが彼らの日誌から明らかになっている。もちろん、トラブルが起こって対応が必要なときはこの限りではない。

Ngeji 担当の現地技術者は、良く巡回しており、住民からの評判がよい。また、簡単な故障にも対応することができる。一方、Sanyati の技術者は女性で、巡回数が

少ないと住民から評価を受けている。また、巡回時に配線を外し電圧測定後、配線を間違えるなどのトラブルがあり、技術者教育がもう少し必要である。

現地技術者の作業リスト

	作業項目	作業内容
A.通常作業	<ul style="list-style-type: none"> ・システム全体の点検 ・システムの清掃 ・バッテリーの点検 ・チャージコントローラー稼働状況の確認 ・利用者からの情報収集 	<ul style="list-style-type: none"> ・ PV モジュールの位置、角度、ケーブルや支持具固定の確認、規定外電気機器接続有無の確認等 ・ PV モジュール上の落ち葉などの異物の除去、バッテリーボックス周囲の清拭、チャージコントローラー周りの清拭、蛍光灯汚れのチェック ・ バッテリー液レベルの確認と不足の場合は蒸留水の追加、比重系による液比重の確認、バッテリー端子の締め付け確認、及びバッテリー電圧のチェック ・ バッテリーの電圧と設定電圧に応じた稼働状況のチェック、違法配線のチェック ・ システムトラブルの有無、トラブルがあればその内容確認、近日の天候と電気機器利用状況等を利用者から聴取し巡回表に記録する
B.応急修理作業	<ul style="list-style-type: none"> ・ヒューズの交換 ・絶縁修理 ・ PV モジュールからバッテリーへの直接充電 ・バッテリー交換 	<ul style="list-style-type: none"> ・ システムからの供給停止の原因がヒューズ切れの場合はヒューズを交換しシステムを復旧する ・ ヒューズ切れの原因で多いのが、使用電気機器への配線に裸線の部分とか、絶縁不良の配線が多く、ショートすることによりヒューズが切れるので、絶縁テープにより配線の絶縁不良部分を修理して再発を防ぐ ・ チャージコントローラーの充電制御が故障した場合は、バッテリーの充電不足を防ぐために直接充電を行い、早い機会にコントローラーの修理取り替えを行う ・ バッテリーが劣化してしまい代替バッテリーを所持している場合は交換し、取り換えたバッテリーは Harare に送り劣化の状況と原因を確認する

4.6.4 BUN の収入と運営経費

BUN の収入は、本モニタリング設置前に住民から徴収した接続料金 (Z\$750/軒) と年間の電気料金 Z\$900 (Z\$75/月)/年・軒である。このように設置を希望する住民からは、支払いの意志を確認するために接続料金を徴収したが、例外として、定期的に移

動する警察、教員などの公務員に対しては、永住者でないことから接続料金は徴収せず、月々の支払いを Z\$90 とした。このような例外は 101 軒中 9 軒である。このように住民からの料金徴収が 100%期待できれば、BUN の収入は、初年度 Z\$161,520、2 年目以降は毎年 Z\$92,520 になる。BUN は、この徴収した資金でバッテリーなどの交換費用を含めたメンテナンス費用を賄うことになる。

BUN の 1 年間(1997 年 12 月から 1998 年 11 月)の収支状況は表 4-18 の通りである。本モニタリングのシステム設置は 1997 年 7 月から始められたが、すべての設置が終了したのは同年 12 月であった。利子を除いた予定収入額に対する実績収入額は 73% であるが、初期接続費(101 軒中公務員等移動の可能性のある 9 軒を除く 92 軒)は 100% の回収率である。これは、接続費を支払った住民にシステムを設置するという契約内容からこのような結果になった。初期接続費という考え方は、安定収入の面からも非常に重要である。一方、年間の利用料金収入は、Z\$92,520 の予定に対して、実績は、Z\$57,225 で、徴収率は 63% である。地区別にみると、Sanyati が 47% に対して、Turf/Manyoni が 79% である。設置前の調査では、Sanyati の収入の方が、Turf/Manyoni よりも高く、Sanyati には問題がないと考えられていた。しかしながら、1 年間の実績は、当初の予想と反対のものであった。

この原因について、すでに前述しているが、1998 年 1 月から 2 月のかけて、チャージコントローラのノイズ耐性不足が主な原因で、システムダウンが数多く報告されている。この時、Turf/Manyoni 地区の現地技術者は、巡回の数を増やし、トラブル解決に勤め、一時的な応急処置で、システムの利用を可能にさせた。しかし、Sanyati 地区の現地技術者は、途中で交代したこともあり、経験不足でこれらのトラブルに対応できなかった。Sanyati 地区の住民は、システムを利用できない時間が長く続いたため、支払いを拒んでいることが住民集会で確認されている。このように、料金徴収率は、利用者の収入に左右されると言うよりも、システムの信頼性と現地技術者の能力に大きく依存していることが判る。これらの解決策として、信頼性のある PV 構成部品を使用することは言うまでもないが、現地技術者の教育では、考えられる問題のトラブル・シューティングを十分に教育し、さらに、OJT(On the Job Training)で、彼らの能力を高めることが重要である。

次に、1年間の支出状況を見てみる。1年間の総支出は、2\$116,000に達しており、これは年間予定収入を大きく超えている。この原因のひとつは、本システム構成機器のうち、バッテリーとチャージ・コントローラの品質に問題があり、ハラレから主任技術者が、予定以上に現地を訪れ、問題解決に当り、主任技術者の経費とその交通費が予定以上にかかってしまった。その内容は現地訪問回数の増加、1回あたり500km走行するとして予定では6回/年(3,000km)を計上していたのが10ヵ月間に10回(4,750km)と増加したこと、及びkm当たり単価の上昇(52\$/kmから72\$/km)によるものである。もうひとつの原因は、チャージ・コントローラやバッテリーそのもの問題で、僅か1年の間に64個のバッテリーを取り替えることになってしまった。このうちの幾つかは、メーカー保証で交換できたが、チャージ・コントローラが原因のものは、住民から徴収したお金で取り替えることになった(64個中19個)。プロジェクト当初では、バッテリー寿命は約2年半と考えていたため大きな誤算であった。この対策として、調査団は、チャージ・コントローラの改善をおこない、すべてのバッテリーを実績のある輸入バッテリーに取り替えることとした。本調査で使用したバッテリー品質は非常に悪く、寿命が極端に短かった。今後、実績のあるバッテリーを選択することで、住民からの徴収料金で十分運営が可能である。

表4-18 BUNの1998年11月までの収支表(2\$)

収入項目	予定	実績	支出項目	実績
初期接続費	69,000	69,000	現地技術者サラリー	25,498.42
システム使用料	92,520	57,225	通信費	2,886.56
利子収入		13,926	備品・消耗品費	33,580.76
			現地技術者交通費	5,205.70
			主任技術者巡回交通費	26,326.04
			主任技術者経費	14,000.04
			管理費	3,000.00
			その他経費	6,220.06
合計	161,520	140,151	合計	116,717.58

表4-19は調査団がBUNに委託したモニタリング・システムの5年間にわたるキャッシュ・フローである。このキャッシュ・フローの収入には、1998年8月に調査団が行ったシステム容量拡張による、住民からの追加料金収入が含まれているほか、JICA調査団が12の公共施設に設置したシステムへのメンテナンス・サービスによる収入も予定している。但し、BUNが1998年2月に公共施設を訪問し、メンテナンス・サービス費用の予算化を提案し、メンテナンス契約を勧めたが、いまだ予算化までには至っていない。一方、支出をみると、現地技術者へのサラリーには一定のベース・アップ

が算入されているほか、ある程度のインフレも考慮されている。さらに、収入には、10%の未払い率、支出には 15%のコンティンジェンシーが含まれており、これらの前提条件のままで運営できれば、この5年間に限っては、運営が可能と予想される。しかし、現在の料金徴収率は 63%と低く、この対策として、料金支払いの督促状を未払い利用者に送り、応じない場合は、システムを撤去し、システム設置を希望している住民に取り付けることにより、料金徴収率を向上させることとした。

表 4-19 Projected cash flow for 5 years

Item	(Unit: Z\$)					Total
	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	
Income						
Initial Fee	67,500					67,500
Periodic Fee (Standard)	82,800	82,800	82,800	82,800	82,800	414,000
Periodic Fee (Civil Servants)	9,720	9,720	9,720	9,720	9,720	48,600
Periodic Fee (Institutions)	12,000	15,600	18,720	22,464	26,957	95,741
Expansion Fee (Initial)		54,400	41,162	11,100		106,662
Expansion Fee (Periodic)		33,000	58,200	65,100	65,100	221,400
Unpaid Periodic Fee (10%)	-9,252	-9,252	-9,252	-9,252	-9,252	-46,260
Interest Income	14,238	66,746	18,595	10,025	2,817	112,421
Total Income	177,006	253,014	219,945	191,957	178,142	1,020,064
Expenses						
Battery Replacement		14,063	67,778	44,691	18,540	145,072
Controller Replacement			4,572	10,516	14,722	29,810
Panel Replacement		8,250	19,800	32,670	22,869	83,589
Miscellaneous Expenses	4,000	7,600	8,000	7,500	7,000	34,100
Field Technician Salary	24,000	26,400	29,040	31,944	35,138	146,522
Senior Technician Application: Household	10,000	24,000	24,000	30,000	36,000	124,000
Senior Technician Application: Institution	4,000	4,000	4,500	5,000	5,500	23,000
Administrative Overhead Application	2,000	8,000	9,000	11,000	13,000	43,000
Transport Cost	15,000	24,000	28,800	34,560	41,472	143,832
Projected Expenditures	59,000	116,313	195,490	207,881	194,241	772,925
Contingency 15% of projected expenditures	8,850	17,447	29,324	31,182	29,136	115,939
Net yearly Balance	109,156	119,254	-4,869	-47,106	-45,235	131,200
(Source) Biomass Users Network						

4.7 モニタリング結果の評価

本調査におけるモニタリングで採用した方式は、PV システムを利用者の所有とせず、運営機関、このケースでは BUN の所有とし、利用者はシステムからの電気を利用しその利用料金を支払い、BUN はシステムの保守管理を行い、部品の交換が必要となれば取り替えを行うが、その費用は利用料金の中から充当することとしている。

BUN は保守のために現地技術者を雇用し定期的にシステムの巡回保守にあたらせ、さらに現地技術者のサポートをするために上級技術者を Harare の事務所から派遣を行う。

このモニタリングは、将来この方式を採用して多数の未電化家庭に PV システムを導入し、電気の利用を可能にする場合の課題を抽出するために実施するものであり、このモニタリングの結果だけからこの方式の評価を行うものではない。

現在稼働開始後約1年になろうとしているが、初期に発生するトラブルがほぼ一巡したところであり、安定した稼働が行われたのはまだ半年程度であり、評価を行うにはその点を考慮する必要がある。

4.7.1 運営上の課題

(1)運営機関：このモニタリングでは NGO の一つで農村に関係が深く、PV システムの設置についても GEF プロジェクトに参加し、技術的な経験を持つ BUN に JICA が準備したシステムの運営を委託した。BUN はバイオマスの有効利用プロジェクトや PV システムの設置などの活動を通じてジンバブエの農村の事情に詳しく、現地技術者の採用、訓練、指導、および徴収した料金の管理などに優れている。

一方、NGO は非政府組織であり、農村住民の援助団体としての性格があり、公的機関のような強制力を期待することが難しい。システムの利用契約に違反したような使用をする利用者に、警告や強制的に撤去をする場合、公的機関に比べて厳しさに欠ける。また、料金の徴収に関しても農村の実情を良く知っているだけに、強制的な徴収は難しいことがある。GEF プロジェクトで ZESA が担当した 500 システムに関してはその料金の徴収が殆ど問題がないといわれているが、BUN がこのモニタリングで料金徴収の不払い率を 10%見込んでいるのは、強制力不足のせいとも言える。

(2)モニタリング対象地域：今回の対象地域は BUN の事務所のある Harare から約 200 ~ 250km の距離にあり、お互いに 100km ほど離れた 2 地域が選ばれた。一方は比較的収入が期待できる共有農村地域 (Communal land) の Sanyati 地区、他方は最近入植が終わった再入植地域 (Resettlement land) の農村 Ngeji (Turf/Moniyoni) 地区で収入はやや少ないと見られる。

Sanyati 地区では JICA システムの設置募集に対して応募者も多く、利用者の地理的分布も纏まっており現地技術者が保守のための巡回は容易であるが、Ngeji 地区は応募者の集まりが悪く、対象地区を Turf と Maniyoni に広げたために利用者の地理的な分布が広がり、現地技術者が保守のために巡回するとき、一つの集落から他の集落へ移動するときにバスを使わなければならなくなっている。

Sanyati 地区は収入が比較的良いため、GEF プロジェクトの利用者も点在し、PV システムに関する情報が既に存在していた。従って JICA システムに対する設置希望者も多かったが、JICA システムの容量が GEF プロジェクトの容量の約半分であること

が理解されてなくて、同じように利用できることを期待している利用者が多く、設置後は容量拡張の希望が続出した。

Ngeji 地区は GBF プロジェクトの利用者も少なく、PV に関する情報や知識はあまり伝えられていなかった。JICA システムに対する利用者が広い範囲から集められたので、現地技術者による保守を行う場合移動に時間がとられることになった。

今回のモニタリングでは対象地域として、性格がやや異なる地域を選択しており、本格的な普及を図る場合にどのような地域から利用者の募集を進めたらよいかを判断する手段とした。この結果から、本調査で採用した初期接続料 2\$750/月額 2\$75 のケースでも、希望者が多く待機者リストが必要となる地域と、希望者がなかなか集まらない地域があることが判明した。

(3)利用者数：モニタリングの実績から見ると、現地技術者が月一回の定期点検を実施できる利用者の数は 100~150 軒が可能であるとの見通しが得られた。現地技術者の費用は利用者数が増えても殆ど変わらないので、可能な限り多数の利用者を 1 人の現地技術者がカバーできることが望ましく、本格実施にあたっては現地技術者が保守できる範囲で、できる限り多くの利用者を確保又は開発することが望ましい。本モニタリングでは実施できなかったが、50 軒からスタートして次第に担当する利用者を増やすことを、本格実施にはスキームとして織り込む。

(4)事務所：モニタリングでは対象地域と BUN の事務所がある Harare とは、約 200~250km 離れており、車で片道 2.5~3 時間必要であり、また 2 つの対象地域が 100km ほど離れているのでお互いの対象地域を訪れるのに道路の状況にもよるが、2 時間程度必要であった。

対象地域の稼働状況の把握は月に 1 度現地技術者が Harare の事務所に報告に来ることにより行われることになっているが、現地技術者の技術指導、システムトラブルの原因解析と処置のために上級技術者が対象地域を訪れる回数も多かった。また、予備品（バッテリーやチャージコントローラ）の在庫は Harare の事務所で保管しており、必要に応じて対象地域へ運搬しているが、対象地域と事務所が離れていることにより、BUN の収支見通しの中で輸送費が大きな部分を占めている。

本格実施にあたっては対象地域の近くに地方事務所を開設し、上級技術者が常駐して現地技術者の指導監督に当たるとともに、予備品の在庫を持ち、緊急事態への対応も迅速化できる体制とすることが必要である。

4.7.2 要員面での課題

(1) 現地技術者：モニタリングにおける現地技術者は、Sanyati、Ngcji 地区から各 2 名の候補者を選び、JICA 調査団が実施した KweKwe 専門学校における PV 技術トレーニングクラスに参加させて、基本的な技術を習得させた中から選定した。

Sanyati 地区の最初の技術者は報酬が少ないとの理由で 4 ヶ月で辞任、その後女性の現地技術者が就任している。(この女性技術者も 4 ヶ月で辞任し、現在 3 人目の現地技術者がその任に当たっている。) 現地技術者の作業状況が PV システムの評価に直接関係するので、現地技術者の選定は重要であり、真面目で忍耐力のある人が望ましいことが確認された。

現地技術者には利用者巡回のために自転車を供与しているが、雨期には道路が水没したり、泥濘化することもあり苦勞していた。また、自転車ではバッテリーと工具箱を同時に運搬するにはやや不適であった。モーターバイクを支給して欲しいという希望もあるが、高価であり盗難のおそれや保守、燃料の補給に費用がかかることから認めることは難しい。開発途上国で移動・輸送手段として良く用いられているのがロバで、燃料も不要でありバッテリーなど重量物も運べるので最適であるが、ジンバブエでは老人以外にロバを移動用に使用することがないので、現地作業者の自転車代替とすることはできないようである。

(1) 上級技術者：本モニタリングでは BUN のスタッフが上級技術者として現地技術者の指導監督にあたることになったが、彼は GEF プロジェクトで PV システムに関する基礎的な技術の訓練を受けた後、JICA 調査団が現地調査でモニタリング用のシステムを設置するときに同行し、また、設置後トラブルが発生したときには、調査団が原因究明と対策や処置を実施するときに共同で作業し、原因を追求する方法と実施すべき対策の取り方などを習得していった。

上級技術者には、現地技術者の指導、監督が期待されており、現地作業者の日常保守の方法や、利用者との対応の仕方を指導し、さらに保守技術向上のための技術指導も期待されている。このモニタリングでは、上級技術者と現場技術者の場所が離れており、指導監督する機会が少なかったと思われるが、本格実施となれば上級技術者は、対象地域に近い地方事務所に駐在し、より多数の現地技術者を指導監督することになる。

本格実施にあたっては、上級技術者の技術と経験が PV システムの維持と、交換機器の寿命に大きく影響するので、BUN の上級技術者の経験は貴重であり、活用すべきであろう。

(2) 管理部門の要員：BUN の Harare 事務所には、代表者、会計担当者、秘書兼事務員と上記の上級技術者が居る。

代表者は JICA 調査団を初めとする DOE、RDC、ZESA など外部との交渉、BUN 事務局 (London) との連絡など。会計担当者はプロジェクト毎の会計処理、BUN の資金管理を行い、秘書兼事務員はその他の事務処理を担当している。

ジンバブエは市場金利が高く、資金を有効に活用することがプロジェクトを維持していくためには欠かすことができない。今回のモニタリングのケースでも収入の 10% が利子収入となっている。

本モニタリングの方式は、将来のある時期に交換しなければならないシステムの構成部品、特にバッテリーの交換費用を毎月の利用料金に含めて予め徴収しており、その分は必ず積み立てておいて必要な時期に取り崩してバッテリーを購入し、交換することとしている。本格実施の時には、さらに大量の資金を扱うので、資金の運用は重要な役割を果たすことが予想される。

4.7.3 技術面での課題

本モニタリングのために設置した PV システムの技術的課題については、既に詳しく述べられており、本格実施に対する知見としてまとめると、

(1) システムの容量：モニタリング対象となった 100 軒の利用者の中で 3/4 が容量拡張を希望しており、25W では小さすぎる事が判明した。利用者の期待に応えるには 50W 程度の容量のシステム、或いは 25W でスタートして容量拡張が容易にできるシステムを、モニタリングとあまり変わらない利用料金で提供できるシステム、又は方式を採用しなければならない。

(2) 構成機器の品質：モニタリングではできるだけ国産の機器を使用することとしたが、使用した機器の中でチャージコントローラーとバッテリーに関するトラブルが大きな部分を占めている。チャージコントローラーは設計の改善で対処できる見通しが得られたが、バッテリーは供給企業における製造技術およびその品質管理の向上を期待する必要がある。

(3)システム設置技術：モニタリングにおけるシステムの設置作業で幾つかの問題点が指摘された。本格実施に際しては予めトレーニングや試験によって標準設置作業に合格する設置業者を選定し、標準工具を準備しておく必要がある。

(3) 保守作業の技術：現地技術者による保守作業を実施したが、初期トラブルの中には現地技術者の力では対処できないトラブルもあり、利用者の信頼を得ることが困難であったが、最近ではシステムの稼働も安定し、現地技術者の技術も向上している。

本格実施にあたっては、より多数の現地技術者が作業に従事することになるので、保守作業標準の作成や、再教育（OJT）の方法を準備する必要がある。

4.7.4 財務面での課題

(1)モニタリングにおける収支：BUN の作成した5年間の収支試算（表 4-19）によると、容量拡張を織り込めば5年間では利益が残る計算になっている。このモニタリングでは利用者の増加を考慮していないので、容量拡張を除くと収入は一定であり、支出はインフレーションにより増加し、やがて利益はなくなってしまう。そこで、このモニタリングは5年間継続した後は一端終了し、その後は BUN（DOE）と利用者が新しく契約をし直すこととしているが、本調査で提案する本格的な地方電化計画に組み入れることになる。

(2)収入における課題：利子収入が 10%を占めており、資金の運用によって収入が左右される。また料金の未収率を一般家庭の 10%と見ているが、確実に回収を図る必要がある。

(3)支出における課題：全支出に対しパネルを含む交換支出が 1/3 を占めており、本格実施においてはシステム設計や保守作業の改善で削減することは可能である。

現場技術者の報酬や上級技術者の報酬などは、削減することは困難であるが同じ額でより多くの利用者をカバーすることは可能である。また、運搬費用が支出の 20%近くを占めているが、これも本格実施では対象地域の近くに地方事務所を設置するので削減が可能である。

管理費用と消耗品費で支出の 10%となっているが、これは BUN がほかのプロジェクトと共同で配分しているので少なく済んでいると見られる。本格実施で PV プロジェクトが単独に実施される場合はもっと多い負担となることが予想されるが、ZESA 本体、又は政府からの補助が期待される。

4.7.5 その他

(1) 盗難予防：電力供給組織によって PV システムが利用者の家屋近くに設置された場合、契約ではそのシステムの盗難や破損の防止は利用者の責任となっている。

モニタリングの中でも既にパネルの盗難が 1 件発生しており、盗難防止対策や盗難にあった場合の保険をかける必要がある。盗難対策としてはできるだけ屋根の上に設置することが望まれている。

(2) 引越対策：利用者の中には、診療所のナース、政府機関の職員などで一時的に未電化地域に居住し、そこで PV システムを導入したい場合がある。その後引っ越す場合も電化地域に移動するのであれば PV システムは不要であるが、また未電化地域に移動する場合は PV システムを持って行きたいケースがある。

本モニタリングの場合は移動する可能性のある利用者には初期接続料を取らずに、月間利用料を増額して支払う方式を採用した。まだ、引っ越したケースはないが、本格実施にはその対策を考慮する必要がある。

(3) インフレーション対策：ジンバブエではインフレーションが激しく 20% を越えている。特に最近は Z\$ が US\$ に対し 50% も下落しており、さらにインフレーションが進むことが予想される。電力供給サービス方式では技術者の報酬、交換部品の購入費用、事務所等の管理費用がインフレーションの影響を直接受けることになり、利用者からの利用料金もある期間で見直す必要があり、契約時に見直しがあることを条文に入れておく。

4.8 モニタリング結果によるシステムの見直し

(1) 25W システムのパワーアップ

モニタリングシステムの運転を通じて、多くの利用者から 25W システムの能力不足に対して不満が寄せられた。これに 대응するため、JICA は希望者に 50W へのパワーアップをすることにした。パワーアップは現在設置済のシステムで PV モジュールのみを 25W から 50W へ変更することが計画され、1998 年 8 月に実行に移された。ここでは PV を変更した場合のシステムバランスを検討する。

i. 既設の PV システム構成

PV モジュール： 25W

バッテリー： 40Ah, 12V (無日照日 5 日分)

チャージコントローラ： JICA 改良型、定格電流 10A

許容負荷電流量： 4.6Ah/day

ii. パワーアップ後のシステム構成の検討

a. 変更後のシステム構成

PV モジュール： 50W

バッテリー： 40Ah, 12V

チャージコントローラ： JICA 改良型、定格電流 10A

b. 許容負荷量の検討

計算条件として傾斜面日射量 (Total irradiation) 5.41kWh/m^2 、係数 K_{sys} は既設システム設計と同じ 0.409 (内訳は $K_1=0.9$, $K_2=0.8$, $K_3=0.95$, $K_4=0.95$, $K_5=0.92$, $K_6=0.95$, $K_7=0.8$, $K_8=0.9$) とし式 3-1 を用いて計算する。

$$PL = P_{\text{mod}} \times T_q \times K_{\text{sys}} = 50 \times 5.41 \times 0.409 = 110.6 \text{ (Wh)}$$

これを 12V 回路において電流量 Ah に変換すると

$$PL_{\text{Ah}} = PL/12 = 9.21 \text{ (Ah)}$$

となる。当然 25W モジュールの場合の 2 倍の負荷が許容される。問題は、バッテリーが既設のもので良いかである。そこで、式 3-3 を用いて所要バッテリー容量を計算する。

c. 所要バッテリー容量の計算

所要バッテリー容量の計算条件を $K_{\text{dod}}=0.8$ 、負荷量 (PL_{Ah}) を 9.21、無日照日を 5 日 ($K_{\text{sun}}=5$) とすれば所要バッテリー容量 B は

$$B \geq K_{\text{sun}} \times PL_{\text{Ah}} / K_{\text{dod}} = 5 \times 9.21 / 0.8 = 57.6 \text{ Ah}$$

となり既設バッテリーの 40Ah を超えてしまう。無日照日を 3 日に変更して再計算すると

$$B \geq K_{\text{sun}} \times PL_{\text{Ah}} / K_{\text{dod}} = 3 \times 9.21 / 0.8 = 34.6 \text{ Ah}$$

となり 40Ah のバッテリーが使用可能になる。この場合の回復充電特性を式 3-4 を用いて確認すると 2.3 日となる。即ち無日照日が 3 日以内であれば 50W の PV モジュールと既設のシステムとのバランスが取れることになる。

d. 無日照日の見積もり

ジンバブエの無日照日の継続は明確なデータは無いが、JICA の調査で収録したデータには低日射日が 3 日連続したことが 1 回記録されている。低日射日でも $2\text{kWh/m}^2/\text{day}$ (最大時の約 30%) 程度の日射量が有り完全に日射量が無くなるわけではない。したがって無日照日を 3 日としてシステムを構築しても問題はないと考える。

この点につきカウンターパートの意見も、無日照日は3日間考慮すれば十分ということであった。

e. チャージコントローラの電流容量

使用している JICA 改良型チャージコントローラは 10A の通電容量を持っている。今回パワーアップのため使用する 50W PV モジュールの出力電流は 3 A 程度であり十分な余裕がある。

iii. パワーアップ後のシステム運転特性

50W モジュールに交換すれば、設計条件である 12 月の平均傾斜面日射量 5.41kWh/m²/day の場合、次の特性が期待できる。

・許容最大負荷電力量： 110Wh (9.2Ah)

・使用可能負荷機器の例：

7W 蛍光灯 4 時間 (2.36Ah) と 20W テレビ 4 時間 (6.68Ah) 同時使用 または

7W 蛍光灯 2 灯各 3.5 時間 (4.1Ah) と 20W テレビ 3 時間 (5.0Ah) 同時使用、または、

7W 蛍光灯 3 時間 (1.77Ah)、20W テレビ 3 時間 (3Ah) および 5W ラジオ 4 時間 (2.24Ah)

等などが可能となる。日射量が大きい場合は更に多くの時間、または負荷の使用が可能であるが、バッテリーの充放電量が大きくなるためバッテリーの寿命は縮まる傾向になる。

(2) 地方電化のために準備するメニュー

ジンバブエのカドマ地区に設置した PV システムのモニタリングを通して、設置した一般家庭用 25W システムおよび公共施設用 83W システムが、十分地方電化の担い手となりうることが実証された。しかし、一般家庭用 PV システムとして 25W システムがやや力不足と感じる家庭が多かったこと、現地製チャージコントローラの品質が予想以上に低く、バッテリーの充電不足を招き易いシステムになったこと、バッテリーは品質が安定せず電解液の比重が電池セルごとに大きくばらつき、電圧変動が大きいケースが何個か見受けられたこと、バッテリー液注入口のキャップの構造が悪く液漏れの心配が有ったこと等、多くの課題も明らかになった。今後、上記課題を解決し、PV システム構成機器の供給を安定させ、保守性の向上を図り、地方電化を促進させるためには、ケースバイケースでシステムを構築していくより、数種類のシステムを設計し、構成部品の完成度を上げていくことが効果的であろう。

i. 標準システムのサイズ

標準システムとして考えられるのは、25W 型、50W 型および 75W 型の 3 種類程度である。もちろん各タイプのシステムは選定する PV モジュールの種類によって、若干の出力の違いは大きな影響は生じない。たとえば 75W 型システム級としてモニタリングシステムと同じ 83W モジュールを選定した場合は 83W 型を 75W 級の標準にすれば良い。実際のシステムの設置は、この 3 つの標準システムの中から負荷需要に応じて選定すれば良い。

ii. 主要構成部品の注意点

ここで、標準システムに適用する主要構成部品の注意点を考察する。

a. チャージコントローラ

25W 級システムから 75W 級システムまでカバーするため、JICA 改良型を基本とする。その特徴と仕様は次の通りである。

PV 切断電圧 (HVD) :	14.5V	負荷切断電圧 (LVD) :	11.5V
PV 再接続電圧 (HVR) :	13.0V	負荷再接続電圧 (LVR) :	13.0V
自己消費電流 :	15mA		

制御のリレーは PV 側は Normal close、負荷側は Normal open とする。

この仕様はモニタリングに設置したシステムに比較して、PV 再接続電圧 (HVR) を 0.5V 低くし、負荷再接続電圧 (LVR) を 0.5V 高くしてある。HVR のレベルはチャージコントローラの安定な制御動作を確保しつつ、接点の過大なオンオフ繰り返し頻度を押さえるためであり、LVR のレベルは需要家による性急な負荷使用を押さえバッテリーの適切な回復を促進するためである。

b. バッテリー

設置される場所が交通・通信が不便なところが多いため、定期的な保守作業が期待できない場合は、出来るだけ保守の容易なもの、例えばシールドタイプバッテリーの使用が望ましい。自動車用バッテリーは初期投資を押さえたい場合や緊急交換が必要となった場合などの他は推奨しない。

表 4-20 標準 PV システム諸元

項目	PV システム		
	25W 級	50W 級	75W 級
システムサイズ	25W 級	50W 級	75W 級
PV モジュール	25W	50W	75W
バッテリー	20Ah / 12V	40Ah / 12V	60Ah / 12V
チャージコントローラ	JICA 改良型 HVD=14.5V, HVR=13.0V LVD=11.5V, LVR=13.0V 自己消費電流 < 20mA	JICA 改良型 HVD=14.5V, HVR=13.0V LVD=11.5V, LVR=13.0V 自己消費電流 < 20mA	JICA 改良型 HVD=14.5V, HVR=13.0V LVD=11.5V, LVR=13.0V 自己消費電流 < 20mA
PV 架台 傾斜角	17.5° (15° - 20°)	17.5° (15° - 20°)	17.5° (15° - 20°)
設計日射量	5.41kWh/m/day	5.41kWh/m/day	5.41kWh/m/day
設計無日照日	3日	3日	3日
バッテリー回復充電日数	2.3日	2.3日	2.3日
許容負荷量	55.3Wh / 4.61Ah	110.6Wh / 9.2Ah	165.9Wh / 13.82Ah
同時使用可能負荷例	7W FL 1 灯 2 時間 (1.18Ah) 及び 20W テレビ 2 時間 (3.34Ah) 合計 4.52Ah 7W FL 1 灯 7 時間 (4.13Ah) 及び 合計 4.13Ah	7W FL 1 灯 4 時間 (2.36Ah) 及び 20W テレビ 4 時間 (6.68Ah) 合計 9.04Ah 9W FL 1 灯 8 時間 (6.0Ah) 及び 5W ラジオ 5 時間 (2.8Ah) 合計 8.8Ah	9W FL 1 灯 9 時間 (6.75Ah) 及び 20W テレビ 4 時間 (6.68Ah) 合計 13.43Ah

注) 上記一覧表において各システムの設計無日照日を5日とすれば各システムのバッテリー容量は次のようになる。
25W 級システム用は 30Ah、50W 級システム用は 60Ah、75W 級システム用は 100Ah 回復充電に要する時間は夫々約 3.4 日となる。

c. 蛍光灯

通常の性能即ち明るい、効率が高い、寿命が長い等のほか、安全性の確保が不可欠である。蛍光灯用インバータまたは蛍光灯器具内に必ずヒューズを設けること。

d. PV モジュール架台

モニタシステムで使用した PV モジュールの架台は非常に貧弱であった。PV の受光面を決定する重要な役目を持っているため次の条件を備えていなければならない。即ち風により大きく揺れ動くことの無い丈夫な構造で東西方向は水平を保っていなければならない。また傾斜角は 17.5 度が望ましく 15 度から 20 度までの許容範囲内にななければならない。

iii. 標準システムのシステムサイズ

提案する 3 つのシステムに付いてその仕様を検討した結果を表 4-20 に示す。

4.9 技術移転の内容

PV システムの製造技術および運用技術に関する技術移転は、トレーニングコースとして、別途 Kwe Kwe Technical Collage で特別コースを開設し実施された。これとは別に、システム設計、モニタリングおよびシステム構成機器技術に関する技術移転は、カウンターパートの技術者との共同作業を通じて OJT 形式で実施するとともに、第 2 回現地調査時のワークショップで関係者に対し基本事項の紹介を行った。カウンターパートの技術者に対して伝達した主な技術内容を次に示す。

4.9.1 システム設計

1) システム設計の基本的考え

システム設計に用いる基本式およびそれに用いる損失係数の取り扱いを紹介し、この時必要になる日射データの処理の仕方、主要構成部品の特性の把握方法やその使用法などを実際のモニタリング用システムの設計に沿って説明した。主要構成機器の中で、システム設計に特に重要な意味を持つ 2 つの主要機器、即ち太陽電池モジュールとバッテリーに関しては、それらの基本特性が現地で入手できなかったため、実験により取得する方法を紹介し好評を得た。写真 4-24 はデータロガーのセットアップの状態を示す。

・ PV モジュールの電流電圧特性測定：測定回路の作成、測定計器のセットアップ、測定の実施および測定データの解析をカウンターパートに指導して実施

・ バッテリー充電放電特性測定：測定回路の作成、測定計器のセットアップ、測定の実施および測定データの解析をカウンターパートに指導して実施

2) 構成部品に関する考え方

- ・チャージコントローラの所要特性に関する意見交換
- ・PVのIVカーブ（電流電圧特性曲線）及びバッテリー充電放電特性曲線の意味と使い方の指導および意見交換。

3) PV設置工事に対する注意事項

PVアレイの傾斜角の精度確保が発電量の最大化に大きく影響することを示し、精度良く設置する手法などの意見交換

4) PV設備の運用・維持管理

設備の維持管理に関し、現地の住民やクリニックのスタッフへの指導すべき事項などにつき意見交換を行い、クリニックのスタッフに対しては基本事項を指導した。写真 4-25 はクリニックスタッフに対して注意事項を説明するカウンターパートを示す。

4.9.2 データロガーによるモニタリング

データロガーを設置し、客観的運転特性を評価するための方法をOJTによりカウンターパートに伝達した。写真 4-26 はカウンターパートによるデータロガーのダウンロード体験である。

実際の技術移転の内容は体験を通して下記のようなことを伝えた。

- ・データロガーで判ること
- ・データロガーのセットアップと使用方法
- ・データロガーのインターフェース回路の設計と製作、PVシステムへのインストール体験
- ・データロガーの取集体験、汎用ソフト EXCEL を用いたデータロガーの分析、グラフ化の方法などを man to man で指導した。

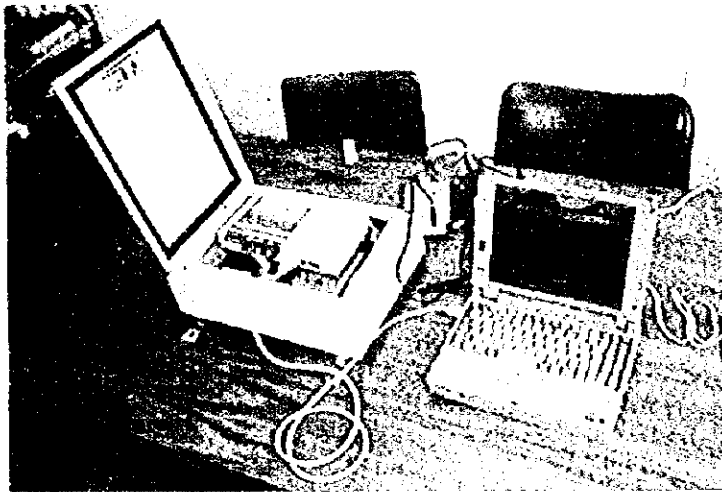


写真 4-24 データロガーのセットアップ



写真 4-25 カウンターパートによるクリニックスタッフへの取扱説明



写真 4-26 データダウンロードの体験

第5章 農村社会調査

5.1 調査目的

ジンバブエ国農村地域における低所得者層に、太陽光発電システムを普及させるための実行計画、制度・政策枠組み及び技術的提言を含むマスタープランを作成することが調査団全体の目的である。

マスタープラン作成では、未電化農村地域の未電化家庭及び未電化公共施設の電化ニーズ及び購買力を基にしたPV設備の推定需要量が必要とされる。PV需要量推定のためには当該地域所在の未電化家庭におけるPVの必要性及び重要度、家族状況・住居状況・エネルギー使用状況等の生活環境条件、職業・収入・可処分所得・消費支出・貯蓄額等の経済的条件から導かれる購買力の情報が不可欠である。また、すでにPV設備を使用中の家庭および公共施設を対象としたPV設備に関する満足度・問題点・経済力等の情報も必要である。ジンバブエの未電化農村地域におけるこれら情報を入手するため、個人家庭及び公共機関（クリニック及び学校）における生活状況、エネルギー使用状況、経済状況、太陽光発電設備使用状況等の現状調査を実施した。本調査は、第5.2項記載のジンバブエの地理的特徴を踏まえ、調査団によるPV設備のパイロット設置と並行して行い、その実施を現地調査機関（Southern Centre for Energy and Environment）に委託した。

調査の内容は以下のとおりである。

- a. 農村地域でのPVシステムに対する潜在需要・経済性の把握
- b. PVシステム導入済み世帯における満足度、設置、保守、ローン返済の現状と問題点の把握
- c. 公共施設におけるPVシステムに対する潜在需要及び設置・保守上の問題点の把握

5.2 ジンバブエ国農村地域の地理的特徴

ジンバブエの農業が全産業に占める比率は高い。1996年の生産付加価値は51億ジンバブエドル（Z\$, 市場価格）でGDP（市場価格）に占める割合は製造業（Z\$112億、構成比25%）、金融・保険業（Z\$53億、同12%）について第3位、輸出額に占める比率（金額）は約40%、農業従事者約122万人（うち、共同体農業82万人、その他農業従事者42万人）となっている。

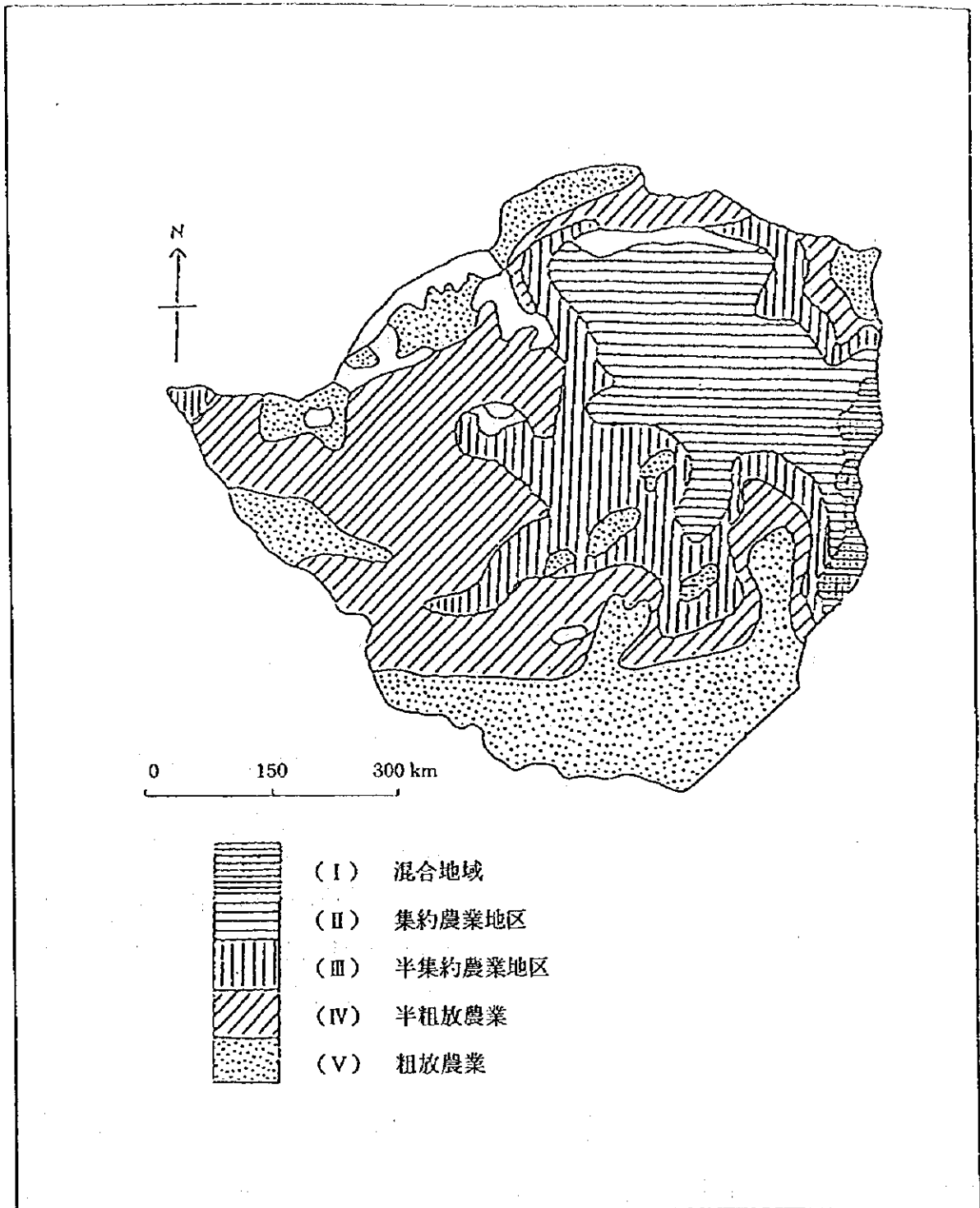
ジンバブエは標高900～1,200メートルの高原国であり、降雨量は余り多くないが、農産物生産量は多く、旱魃年を除いて概ね食料は自給自足状態にあり、近隣諸国向けに食料供給国の機能を果たしている。地質と年間降雨量から、土地を5段階に格付けしている（表5-1参照）。

表5-1 ジンバブエ農地分類

分類	農地分類	降雨量	面積	構成比
	特徴	(mm)	Km ²	%
I	特殊作物、多角的農業 混合地域	1,000 (標高1,700m以上)	7,050	1.8
		900 (標高1,700m未満)		
II	集約農業	700 - 1,000	58,570	15.0
III	半集約農業	650 - 800	72,900	18.7
IV	半粗放農業	450 - 650	147,700	37.8
V	粗放農業	450未満	104,500	26.7
	合計		390,720	100.0

(出所) N. D. Mutizwa, Mangiza, Community Development in Pre-Independence in Zimbabwe, University of Zimbabwe, 1985

分類Iが最も肥沃でI～IIIは地力の高い石灰質及びカオリン質土壌が多い。一方分類IV、Vは地力の低いレゴソル (Regosol、砂が主成分 (構成比90%) でシルトの混在構成比10%以下)、およびリトソル (Lithosol、耐候性に劣る砂利～岩石質) 土壌である。ジンバブエの主要農産物であるトウモロコシ (Maize) の生育には年間600～700mmの降雨量が必要とされている。年間降雨量900mm (標高1,700メートル未満) ～1,000mm (標高1,700メートル以上) 以上ある分類I地域は、モザンビーク国境付近 (ジンバブエの東部) の山岳地で多角的農業、特定作物 (茶、コーヒー、マカデミアナッツ等)、果樹、林業、集約的畜産などが適しているとされる。降雨量750～1,000mmの分類II地域は畑作とくに集約農業、集約畜産の適地とされ、首都Harareと周辺地域が対象で大規模農業の中心である。降雨量650～800mmの分類III地域は半集約農業 (飼料作物、換金作物 (トウモロコシ、タバコ、綿花等)) の適地でII地域を取り囲むように分布し、Midlands州の大部分が含まれる。降雨量450～650mmの分類IV地域は粗放農業地域で農業生産性は高くなく、畜産、耐旱性作物栽培に適し、北Matabelerland州を中心にIII地域を取り囲むように分布している。降雨量450mm以下の分類V地域は粗放農業地域で、粗放畜産が主力となっており、ジンバブエ南部の南Matabelerland州が中心である (図5-1参照)。



(出所) : N. D. Mutizwa, Mangiza, Community Development in Pre - Independence Zimbabwe, University of Zimbabwe, 1985

図5-1 ジンバブエの農業地域分布状況

5.3 営農形態別農業の特徴

ジンバブエ国農村社会の特徴は、かつての英国植民地時代の遺産であるヨーロッパ人入植者農業が依然として主力を占め、現地先住民であったジンバブエ人営農家による農業との二重構造が1980年の独立後も依然として継続していることにある。

主要営農形態は以下の5種類に分類される。

- a. 大規模商業農業 (Large Scale Commercial Farm, LSCF)
- b. 小規模商業農業 (Small Scale Commercial Farm, SSCF)
- c. 共同地農業 (Communal Land Farm, CLF)
- d. 再入植地農業 (Resettlement Area Farm, RAF)
- e. 国営農場 (Parastatal Government Farm, PAF)

(1) 大規模商業農業 (Large Scale Commercial Farm, LSCF)

土地登記法 (The Deed Registries Act) で私有が認められており、主としてヨーロッパ系の4,800人が所有ないし利用しており、総面積は農地の33%に相当する1,074万haに達する(表5-2参照)。この中には、農地分類Ⅰ、Ⅱ(耕作適地)388万haが含まれる。農地分類Ⅰ+Ⅱ内に占めるLSCFの割合は59%である。農地分類Ⅰ～ⅢのLSCF内構成比は全国平均(36%)を大きく上回り、57%となっている(表5-3参照)。農場の平均規模は2,200haと大きい(表5-4参照)。組織化され、灌漑地15万haの84%を占めるなど灌漑も行き渡り(表5-5参照)、豊富な資金量を背景に生産品種も多い(表5-6参照)。但し、総面積中の耕地利用率が低いという問題点(総面積1,074万ha中耕作面積45万haで耕地利用率4.2%)がある。また、LSCFでは約31万人が雇用されている。

表5-2 ジンバブエ農業構造

営農形態	LSCF	SSCF	CLF	RAF	PGF
総面積 (1,000ha)	10,740	1,380	16,340	3,290	0.4
農地構成比率(%)	33.4	4.3	50.8	10.2	1.3
農場数	4,835	8,500	1,000,000	56,800	55
平均規模 (ha)	2,200	160	16	60	7,640
灌漑面積(1,000ha)	126.0	3.6	7.2		13.5
居住人口(1,000人)	1,160	166	5,327	421	38
人口密度(人/km ²)	10.8	12.0	32.6	12.8	9.0

(出所) : Zimbabwe's Agricultural Policy Framework 1995-2020, Ministry of Agriculture 1995

表5-3 地域別営農形態農業構造 (%)

地域	LSCF	SSCF	CFL	RAF	PGF
I + II	35	19	9	19	4
III	22	35	17	38	32
IV + V	43	46	74	43	64
合計	100	100	100	100	100

(出所) : Zimbabwe's Agricultural Policy Framework 1995-2020, Ministry of Agriculture 1995

表5-4 商業農場規模の推移

年	農場数		総面積単位 : (1,000 ha)		農場平均規模 (ha)	
	LSCF	SSCF	LSCF	SSCF	LSCF	SSCF
1982	5,915	8,549	13,516	1,066	2,285	125
1983	5,481	8,653	12,347	1,075	2,253	124
1993	4,835	8,500	10,740	1,380	2,220	160

(出所) : Zimbabwe's Agricultural Policy Framework 1995-2020, Ministry of Agriculture 1995

表5-5 作物用商業農場の灌漑状況の推移

	農場数		耕作地面積 (ha)		灌漑面積 (ha)		耕作地平均面積 (ha)		灌漑面積比 (%)	
	LSCF	SSCF	LSCF	SSCF	LSCF	SSCF	LSCF	SSCF	LSCF	SSCF
91	4,461	8,994	479,558	71,952	184,554	289	107.5	8	38.5	0.4
92	4,396	8,369	432,566	71,973	125,972	212	98.4	8.6	29.1	0.3
93	4,541	8,981	471,356	70,950	137,394	300	103.8	7.9	29.1	0.4
94	4,601	8,981	498,288	74,542	172,886	277	108.3	8.3	34.7	0.4
95	4,394		464,006		141,845		105.6		30.6	

(出所) : Ministry of Agriculture (1997), Agricultural Sector of Zimbabwe Statistical Bulletin March 1997.

表5-6 生産作物状況 (93-95年)

作物	93		94		95	
	面積 千ha	収量 トン/ha	面積 千ha	収量 トン/ha	面積 千ha	収量 トン/ha
玉蜀黍	1,238	1.63	1,401	1.66	1,409	0.60
小麦	39	7.03	43	5.61	40	2.08
ミレット	0.37	0.37	300	0.26	258	0.08
ソルガム	149	0.60	175	0.70	131	0.23
綿花	170	1.10	170	1.00	150	0.67
大豆	52	1.93	51	2.13	71	1.08
落花生	114	0.59	134	0.50	164	0.32
向日葵	118	0.41	119	0.41	140	0.16
コーヒー	4	1.05	6	1.72	5	0.88
茶	5	3.00	5	2.86	5	3.19

(出所) : FAO Yearbook, Production, Vol. 49, 1995

(2) 小規模商業農業 (Small Scale Commercial Farm, SSCF)

アフリカ系篤農家の私有地で、所有面積は農地の約4%に相当する138万haである。農地分類I+IIが19%、IIIが35%、IV+Vが46%の構成である。農場数は約8,500で平均160ha (1ha=1万m²) の広さである (表5-2参照)。

(3) 共同地農業 (Communal Land Farm, CLF)

独立前の部族信託法 (The Tribal Land Act) をほぼ継承した共同利用地法 (Communal Land Act) に基づきジンバブエ人農家の利用を認める国有地の農業である。共同利用地は大統領に属し、農民の土地所有は認められず、また、土地利用、住民移動ともに厳しい制約がある。ただし、土地使用者の相続者が土地使用権を継承することは届け出により認められる。共同地は農地の51%に匹敵する1,634万haあり、政府任命の地方委員会が管理している。共同利用地は辺境地且つ第IV+V地域に主に分布 (構成比72%) しており、生産性が低い。約100万戸が従事し、平均農地規模は16ha程度である。商業農場に比較すると、土地適性の相違もあり、単位面積当たり作物収穫原単位は前者の6分の1から10分の1程度 (トウモロコシ: LSCF=4.5~5.0トン/ha、CFL=0.5~1.0トン/ha、ソルガム: LSCF=0.9~2.0トン/ha、CFL=0.2~0.5トン/ha) に過ぎない。

(4) 再入植地農業 (Resettlement Area Farm, RAF)

土地なし農民対策と、共同地農業従事者過剰緩和を目的に国有地を農民に貸与する政策が採用されている。比較的少数のヨーロッパ系商業農家に抑えられている農地の再配分を狙い

に、ヨーロッパ系農家から農地を有償で購入し、おもに共同体農地在住農家を再移住させている。総面積329万ha、平均規模60ha、農地地域Ⅳ+Ⅴが43%、Ⅲが38%の構成である。95年現在入植者は6万2,000戸に達している。入植には、一定規模の農地使用权を得て個別経営を行い、放牧地は共同利用する形態と生産共同組合を結成し耕作・放牧、生活をすべて共同で行う方式があるが、前者が約95%を占めている。ソルガムや落花生はCLFや再入植者農家RAFなど小規模農家の作物とされている。

(5) 国営農場 (Parastatal Government Farm, PGF)

農業・農村開発公社 (Agriculture and Rural Development Authority, ARDA) が管理する国営農場42万haが有る。立地は農地分類Ⅳ+Ⅴが64%を占め、生産性はよくないものの、農場数が55と少ないため平均規模は7,640haと大きい。

5.4 農産物の流通機構

農産物の流通機構として穀物の買い上げ、貯蔵、国内販売及び輸出を担当する穀物流通公社 (Grain Marketing Board, GMB)、牛乳買い上げ、貯蔵、包装、乳製品 (バター、チーズ、アイスクリーム等) 製造、国内販売及び輸出を担当する乳製品流通公社 (Dairy Marketing Board, DMB)、綿花買い上げ、繰綿、紡績、リントー、綿実等の国内販売及び輸出を担当するジンバブエ綿業会社 (綿流通公社 (Cotton Marketing Board, CMB) が改組された会社で、The Cotton Company of Zimbabwe, Cottco)、牛、羊、山羊の農家からの買い上げ、と殺、生肉の国内販売及び輸出を担当する低温貯蔵公社 (Cold Storage Commission, CSC) 等があり、農・畜産品の流通を担当している。

農産物の生産量、農産物販売流通機構経由の販売量、穀類販売金額及び商業農家・小規模農家それぞれの販売金額推移を表5-7に示す。穀類の販売量は生産量の10~100%、トウモロコシ、小麦、ソルガム、大麦等で構成される穀類の総販売金額の構成比は、商業農家 (LSCF, SSCF及びPGF) が74~95%を占め、小規模農業 (CLF, RAF) は5~25%を占めるに過ぎない。

表5-7 農産物生産量、流通機構経由の販売量、販売金額の推移

品 目	項 目	単 位	9 3	9 4	9 5	9 6
玉蜀黍	生産量	1,000 T	2,002	2,320	840	1,609
	販売量 ¹⁾	1,000 T	1,350	1,171	84	932
小 麦	生産量	1,000 T	276	239	83	N. A
	販売量 ¹⁾	1,000 T	276	203	2	N. A
ソルガム	生産量	1,000 T	101	109	77	108
	販売量 ¹⁾	1,000 T	25	23	13	4
穀類合計	販売金額	Z\$ Million	4,130	5,575	5,352 ⁴⁾	10,024
	うち商業 ²⁾	Z\$ Million	3,075	4,549	5,071	8,474
	小規模 ³⁾	Z\$ Million	1,055	1,026	282	1,550

Note: 1) 販売機構経由年度(4月—3月)販売量及び販売金額

2) Commercial = LSCF + SSCF + PGF

3) Small Size = CLF + RAF

N. A. = Not available

4) 1995年の生産量は干魃のため激減しているが、販売金額は価格の高騰のためあまり減っていない。

(出所) : Quarterly Digest of Statistics, CSO, September 1997, Facts and Figures 1997, FAO Yearbook, Production, Vol. 49, 1995

5.5 社会調査の実施方法と内容

(1) 社会調査の対象

ジンバブエ国農村地区PV電化プロジェクトで実施する社会調査の対象は、以下のとおりである。

- a. 未電化地区の低所得者 (Z\$2,000/月以下を目標) 個人家庭200世帯、うち100世帯はJICA調査団が25WのPV設備を設置し、その後の状況をモニタリングする。
- b. PV電化済み地区の個人家庭 200世帯
- c. 未電化地区の公共施設 (クリニック、学校等) 50カ所、うち12カ所 (クリニック10カ所、中学校2カ所) はJICA調査団が83WのPV設備を設置し、その後の状況をモニタリングする。
- d. PV電化済み地区の公共施設50カ所

(2) 調査対象地域

上記a.、c.のうちJICA調査団によるPV設備設置地域は、西Mashonaland州 Kadoma地区及び隣接するMidlands州南Gokwe地区である。b.、d.の調査地域は南、及び北Matabeleland州を除く6州（Manicaland, Mashonaland-Central, 東Mashonaland, 西Mashonaland, Midlands, Masvingo）14地区（Bikita, Bindura, Chimanimani, 南Gokwe, Goromonzi, Gutu, Kadoma, Madziwa, Makoni, Murewa, Mutare, Mutasa, Shamba, Zimunya）を選定した。

(3) 調査方法と内容

調査は下記記載の方法であるが、ローカルコンサルタントであるサザンセンター社に再委託の上実施した。

(1)項記載の個人住宅及び公共施設を対象とした社会経済調査を事前にカウンターパートであるDOE、アドバイザーコミッティーと協議済みの質問状を用い、農村地帯に於ける極端に悪い郵便事情を勘案して、訪問面接調査方式で実施した。調査員には、農村社会調査経験のあるジンバブエ大学社会科学科大学院生をサザンセンター社の監督下に採用した。調査対象ごとの主要調査項目は下記のとおりである。

a. 家庭・公共施設への調査

a) 未電化地域の家庭：

各世帯の家族構成、現金収入額、年間所得額、可処分所得、光熱費支出、その他用途別支出、貯蓄額、月間ローン返済可能額、電力需要、PV購入意思等

b) PVシステム導入済み家庭：

各世帯の家族構成、現金収入額、年度及び月間所得額、可処分所得、光熱費支出、その他用途別支出、貯蓄額、PVシステム月間ローン返済条件、返済履歴、使用システム構成（ワット数、照明数、使用電気製品等）、1日平均使用時間、保守体制、故障履歴、満足度、PV増設意思等

c) 未電化公共施設：

財務状況（経常費）、光熱費支出、必要システム構成、維持管理体制

d) PV電化済み公共施設：

財務状況（経常費）、光熱費支出、PVシステム維持管理費用、使用システム構成、1日平均使用状況、保守体制、故障履歴、満足度、将来増設意思等

b. PV設備設置予定地域概要調査

上記訪問面接調査と並行して、PV設備設置地区の概要調査と今回のJICAプロジェクトに対する地域の見解を調査するため、DOEと協議済みの質問状を用いてキーインフォーマントを対象とした訪問面接調査を現地コンサルタントに再委託して実施した。

調査項目：a項の調査項目、PV電化必要度、JICA調査団設置PVシステムに関する評価・問題点等

対象別主要調査項目及び解析項目の関連を図5-2に示す。

(4) JICA調査団によるKadoma地区PV設置家庭の調査

また、Kadoma地区で調査団がPV設備を設置した個人家庭を対象としたモニタリング調査を、上述質問状にカウンターパートであるDOEと協議した若干の調査項目を追加の上、設備設置後2～6カ月経過後の1998年1～2月にかけて調査団による訪問面接方式で調査した。

更に、100軒のモニタリング家庭のうち34軒が1998年8月に50ワットに設備増強を行ったので、設備設置4カ月経過後の1998年12月に調査団による訪問面識調査を実施した。

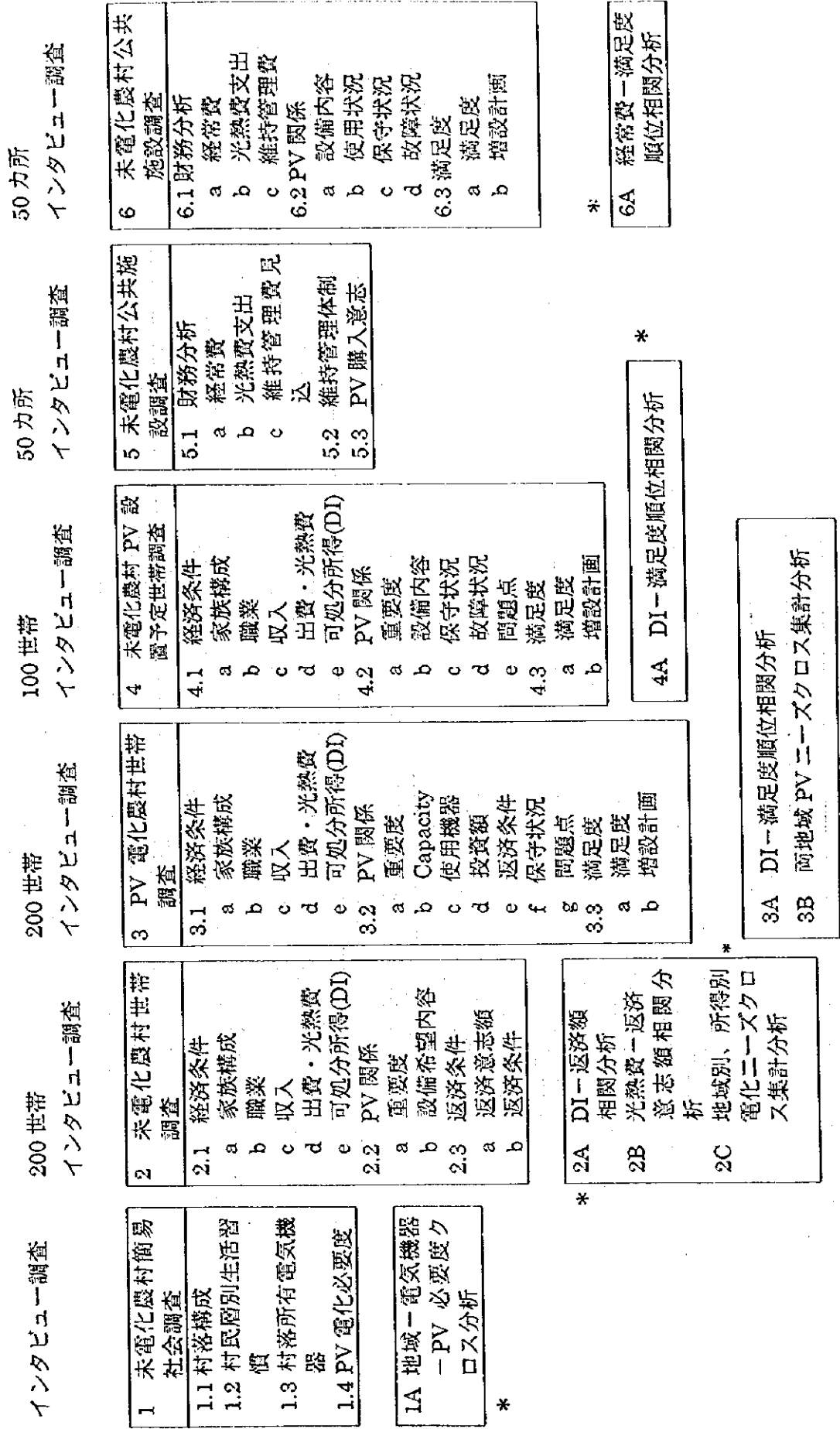


図 5-2 村落社会調査及び分析(*)フロー (1/2)

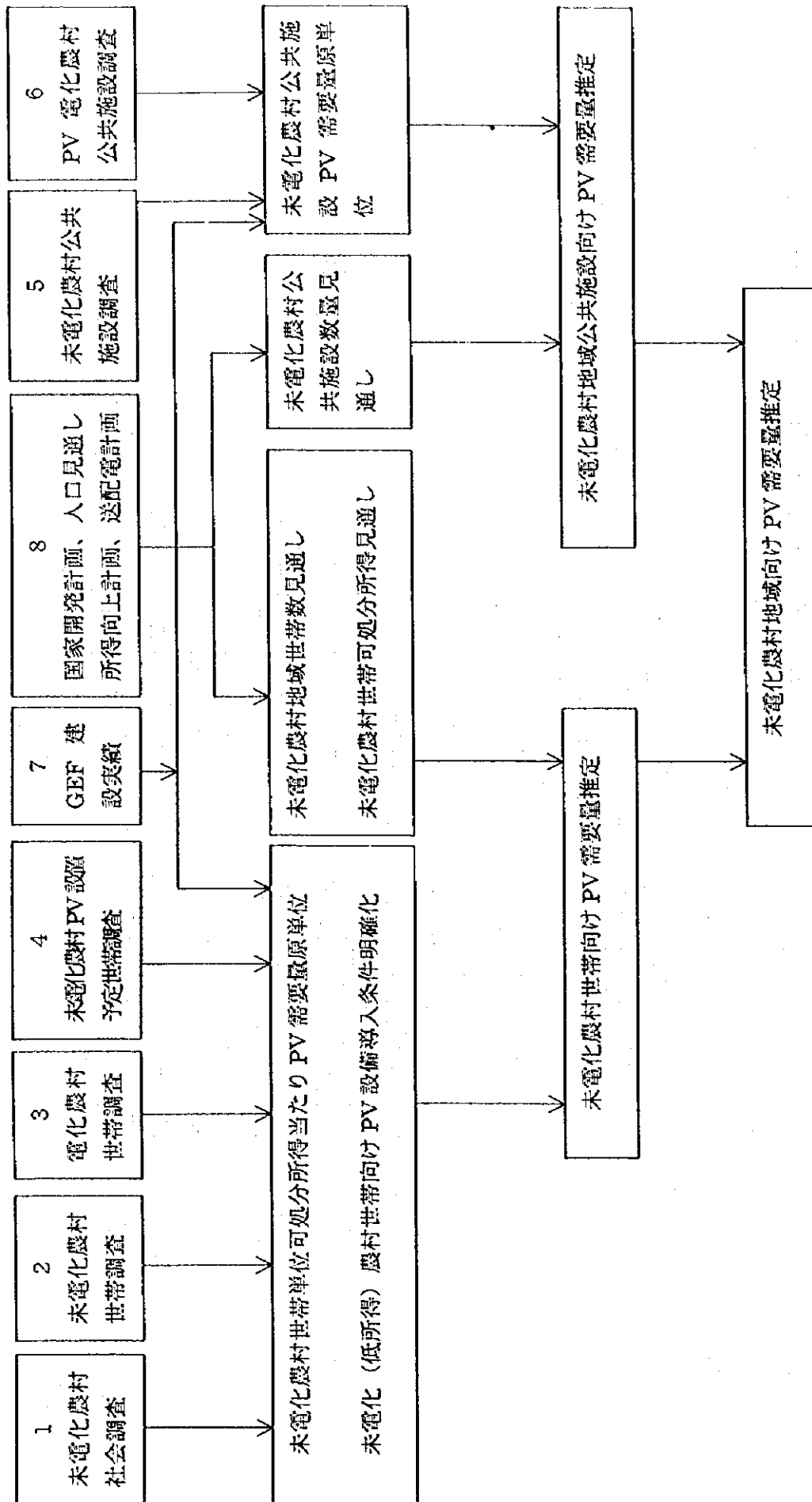


図 5-2 村落社会調査及び分析(*)フロー (2/2)

5.6 農村社会調査結果

5.6.1 調査対象

今回調査した個人家庭及び公的機関の、州別、電化状況別及び地域セクター別分布状況を表5-8に示した。97年上期で農村地帯のPV電化率は0.5%前後と推定されている（GEF談）ことから、PV使用家庭の現状をより正しく把握するため、未電化家庭とPV使用家庭は、ほぼ同数をサンプルとした。

未電化家庭195軒、太陽光発電電化（以下PV (Photovoltaic)と略す）家庭185軒、送電線電化（以下グリッドと略す）家庭61軒、合計441軒、クリニック31カ所（未電化18カ所、PV 8カ所、グリッド5カ所）、学校20校（未電化18校、グリッド2校）合計492カ所を調査した。州別では、Manicaland州116カ所、今回プロジェクトで107基のPV設備をパイロットとして設置した西Mashonaland州108カ所、また5基のPV設備をパイロットとして設置したMidlands州89カ所、Masvingo州72カ所、東Mashonaland州67カ所、中央Mashonaland州40カ所である。

調査対象個人家庭の州別、セクター別、電化状態別分布状況を表5-9に示す。未電化家庭の85%が共同体農場地域にあり、9%が再入植地農場地域にある。PV家庭は88%が共同体農場地域にあり、11%が再入植地農場地域にある。グリッド電化家庭は共同体農場地域と市街地地域におよそ半分ずつ分布している。

5.6.2 個人家庭調査結果

(1) 家族数、世帯主職業、家族の職業

家族数分布状況を図5-3に示す。平均値は7.1人であった。世帯主の職業、電化状況別の世帯主の職業、家族の職業、世帯主と家族職業の組み合わせ、出稼ぎ家族数を表5-10に示す。

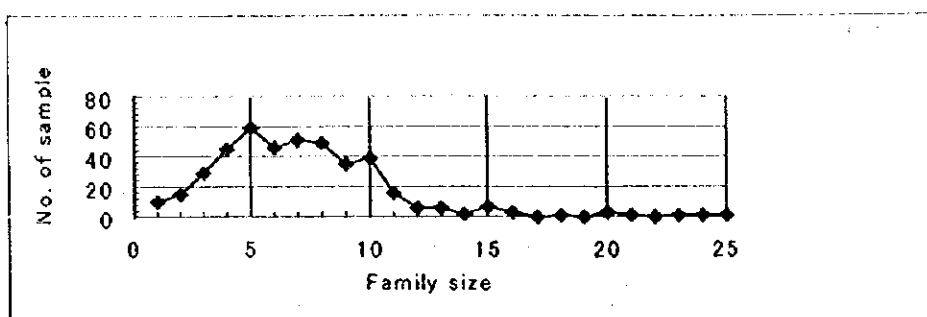


図5-3 家族数分布状況

(出所) : Field survey in rural Zimbabwe in 97

表5-8 調査対象の州別、電化別、セクター別分布状況

調査対象 電化状況/州名	個人家庭				クリニック			
	UE	PV	GE	合計	UE	PV	GE	合計
Manicaland	48	34	15	97	4	4	2	10
東Mashonaland	21	26	11	58	5	3	1	9
中央Mashonaland	20	13	3	36	2	0	2	4
西Mashonaland	39	61	3	103	3	0	0	3
Midlands	34	28	13	75	4	1	0	5
Masvingo	33	23	16	72	0	0	0	0
合計	195	185	61	441	18	8	5	31

調査対象 電化状況/州名	学校				公的機関	総合計
	UE	PV	GE	合計	合計	
Manicaland	8	0	1	9	19	116
東Mashonaland	0	0	0	0	9	67
中央Mashonaland	0	0	0	0	4	40
西Mashonaland	2	0	0	2	5	108
Midlands	8	0	1	9	14	89
Masvingo	0	0	0	0	0	72
合計	18	0	2	20	51	492

	個人家庭	クリニック	学校	合計
Large Scale Commercial Farm	3	0	0	3
Resettlement Area Farm	39	2	1	42
Small Scale Commercial Farm	7	1	0	8
Communal Land Farm	358	28	18	404
Urban	34	0	1	35
合計	441	31	20	492

注: UE = Unelectrified, PV = Photovoltaic Electrified, GE = Grid Electrified

(出所) Field survey in rural Zimbabwe in 97

表5-9 調査対象個人家庭の州別、電化別、セクター別分布電化状況

州	セクター	UE	PV	GE	合計
MNL	1. LSCF	2	0	0	2
	2. RAF	4	1	0	5
	3. SSCF	1	0	2	3
	5. CLF	41	33	11	85
	6. Urban	0	0	2	2
	小計	48	34	15	97
M-E	3. SSCF	1	0	0	1
	5. CLF	19	25	3	47
	6. Urban	1	1	8	10
	小計	21	26	11	58
M-C	1. LSCF	1	0	0	1
	2. RAF	1	2	0	3
	5. CLF	18	11	3	32
	小計	20	13	3	36
M-W	2. RAF	13	17	0	30
	5. CLF	26	44	3	73
	小計	39	61	3	103
MDL	5. CLF	32	28	4	64
	6. Urban	2	0	9	11
	小計	34	28	13	75
MSV	2. RAF	0	1	0	1
	3. SSCF	2	1	0	3
	5. CLF	30	21	6	57
	6. Urban	1	0	10	11
	小計	33	23	16	72
合計	1. LSCF	3	0	0	3
	2. RAF	18	21	0	39
	3. SSCF	4	1	2	7
	4. PGF	0	0	0	0
	5. CLF	166	162	30	358
	6. Urban	4	1	29	34
	総合計	195	185	61	441

注: MNL = Manicaland

M-E = Mashonaland East

M-C = Mashonaland Central

M-W = Mashonaland West

MDL = Midlands

MSV = Masvingo

LSCF = Large Scale Commercial Farm

RAF = Resettlement Area Farm

SSCF = Small Scale Commercial Farm

PGF = Parastatal Government Farm

CLF = Communal Land Farm

(出所) Field survey in rural Zimbabwe in 97

表5-10 調査対象家庭の職業

a. 職業

ランク	世帯主	構成比%	家族	構成比%
1	自営農業	37.0	自営農業	31.2
2	教員	21.5	教員	15.5
3	サービス	9.1	サービス	14.2
4	ビジネス/金融	7.5	製造業	5.9
5	運輸	3.9	ビジネス/金融	5.1
6	政府職員	3.2	機械オペレータ	3.6
7	役員/管理職	2.9	書記/秘書	3.6

b. 電化状況別世帯主職業

ランク	未電化	%	PV電化	%	Grid電化	%
1	自営農家	49.7	自営農家	32.4	教員	21.3
2	教員	16.4	教員	27.1	ビジネス/金融	16.4
3	サービス	7.2	ビジネス/金融	9.2	自営農家	9.8
4	運輸業	4.1	役員/管理職	4.3	運輸業	8.2
5	製造業	3.1	政府職員	3.2	サービス	6.6
6	ビジネス/金融	3.1	書記/秘書	1.6	機械オペレータ	4.9
7	機械オペレータ	3.1	製造業	1.1	製造業	4.9

c. 世帯主職業と家族職業の組み合わせ上位9位

ランク	世帯主	家族	サンプル数	構成比%
1	自営農業	自営農業	93	15.2
2	自営農業	サービス	37	6.0
	教員	教員	37	6.0
4	自営農業	教員	28	4.6
5	教員	自営農業	26	4.2
6	サービス	自営農業	23	3.8
7	自営農業	機械オペレータ	15	2.4
8	サービス	機械オペレータ	12	2.0
9	教員	サービス	10	1.6
	ビジネス/財務	教員	10	1.6
	自営農業	政府職員	10	1.6
	1-9位合計		301	49.1

d. ジンバブエ個人家庭の職業状況

職業状況	サンプル数	構成比%
世帯主のみ	116	26.3
世帯主+家族職業1種類	155	35.1
世帯主+家族職業2種類	92	20.9
世帯主+家族職業3種類	48	10.9
世帯主+家族職業4種類	20	4.5
世帯主+家族職業5種類	10	2.3
合計	441	100.0

c. 出稼ぎ状況

出稼ぎ家族数	構成比%
0	48.6
1	20.4
2	13.6
3人以上	17.4

(出所) Field survey in rural Zimbabwe in 97

世帯主、家族とも職業の第1位は、自営農業であり、それぞれ約36%を占める。次いで教員、サービス業、ビジネス/ファイナンス業、製造業、運輸業、機械オペレータ、書記/秘書、中央及び地方政府職員、役員/管理職等が続く。第2位以下は現金収入が可能な給与取得者が多い。世帯主職業と家族職業の組み合わせも第1位は自営農業同士の組み合わせであるが、第2位以下は自営農業と給与取得者の組み合わせ及び給与取得者同士の組み合わせである。家族の職業種類数では世帯主に家族職業1種の場合が第1位（構成比35%）で、以下世帯主のみ（同26%）、世帯主+家族2種（同21%）と続く。

(2) 家屋、所有電気機器、エネルギー源

個人家庭の所有家屋、所有電気機器、燃料使用状況、家庭の重点項目・エネルギー重点項目を表5-11から5-14にそれぞれ示す。

所有家屋は表面を漆喰で固めたコンクリートないし煉瓦製の壁と、スレート製の屋根を持つ矩形状の近代的建屋（平均の室数は3ないし4つの部屋がある）と、煉瓦製の壁と草葺きの屋根を持ち1棟1室型の丸形鉛筆を削った形でラウンドハットと呼ばれる従来型の家屋がある。両方を所有している家庭が50%、近代的家屋のみを所有する家庭が45%、従来型家屋のみ所有する家庭が5%である。最多のケースは、近代的建屋1棟で構成比29%、次いで近

代的建屋1棟—従来型建屋2棟の組み合わせで13%、第3位はそれぞれ1棟ずつ所有するケースで構成比9%である（表5-11参照）。

所有機器状況を見ると、PV、乾電池、送電線電気を動力源としたラジオの普及率が90%と高い（表5-12参照）。電化状況別所有率は、未電化世帯80%、PV電化世帯96%、Grid電化世帯92%であり、平均3.1時間使用している。TV所有率は平均45%、電化状況別所有率は、未電化世帯22%、PV電化世帯62%、Grid電化世帯66%であり、平均使用時間は4時間である。冷蔵庫の所有率は10%と低い。平均サイズは214W、台数基準で3分の2はGrid電気、3分の1はケロシンによる熱吸収冷却を利用するタイプである。電灯は当然のことながらPV及びGrid電化家庭が所有する。

家庭の燃料使用状況を表5-13に示す。ジンバブエ国農村地帯の主要燃料である薪の月間消費量は平均310kg/m、未電化家庭は337kg/m、PV電化家庭は329kg/mと差がないが、Grid電化家庭は113kg/mと少ない。月間の薪代の平均はZ\$30.8/mであるが、回答家庭の61%が薪代が無料である。有料家庭のみの平均支払額はZ\$78.0/mである。電化状況別無料家庭の比率は未電化69%、PV55%、Grid43%と未電化家庭の無料率が高い。照明用とその他用を合わせたパラフィン（ケロシン）使用量の月間平均値は14.1リッタ、平均コストはZ\$28.7である。

家庭の重点項目は、食料、金、水、健康、教育に続いて電気が漸く6位に顔を出す。エネルギーの中ではPVが第1位にランクされた（表5-14参照）。エネルギーでは利便性の点で電気が第1位となるが、現在の状況では送配電線への接続は容易でなく、発電機は高価なため、PV電気が第1位にランクされたものと思われる（表5-14参照）。

表5-11 所有家屋状況

家屋の様式	構成 %	近代型家屋	
従来型のみ	5	家屋数	1.6棟
近代型のみ	45	部屋数	5.5室
両方所有	50	部屋数/家屋	3.2室/棟

所有建屋組み合わせ上位7位 (棟数)

ランク	近代型	従来型	%構成比
1	1	0	29
2	1	2	13
3	1	1	9
4	2	0	8
5	2	1	8

(出所) Field survey in rural Zimbabwe in 97

表5-12 所有機器

機 器	調査家庭所有%	使用時間 (Hr)	動力源
ラジオ	90	3-6	バッテリー、PV送電線電気
TV	45	2-4	PV、バッテリー、送電線電気
冷蔵庫	10	3-6	パラフィン油、送電線電気
ウィックランプ	90	2	パラフィン油
蠟 燭	90	2	蠟燭
電 灯	56	3	PV、送電線電気
薪ストーブ	99	6	薪
製粉機	1		ディーゼル油
ポンプ	少数	24	PV、風力
発電機	極少数	2	ディーゼル油

(出所) Field survey in rural Zimbabwe in 97

表5-13 個人家庭の燃料使用状況

項目	電化状況	単位	未電化	PV	Grid	平均
光熱費		Z\$/m	61.3	117.9	162.3	97.3
うち (薪)		Z\$/m	(27.3)	(35.4)	(30.6)	(30.8)
(ディーゼル等他燃料)		Z\$/m	(17.2)	(36.2)	(121.6)	(37.8)
(パラフィン)		Z\$/m	(16.8)	(46.3)	(10.1)	(28.7)
うち (照明用)		Z\$/m	(10.0)	(17.1)	(0.7)	(11.7)
(その他用)		Z\$/m	(6.8)	(29.2)	(9.5)	(17.0)
乾電池		Z\$/m	47.2	15.5	15.2	28.6
PV		Z\$/m	0	34.8	0	17.3
グリッド電力費		Z\$/m	0	0	122.3	21.2
薪消費量		kg/m	337	329	173	310
パラフィン消費量合計		l/m	7.2	22.0	4.2	14.1
(照明用消費量)		l/m	(4.3)	(8.1)	(0.3)	(5.7)
(その他用消費量)		l/m	(2.9)	(13.9)	(3.9)	(8.4)

(出所) Field survey in rural Zimbabwe in 97

表5-14 家庭の重点項目

ランク	家庭の重点項目	家庭のエネルギー重点項目
1	食料	PV
2	金	薪
3	水	パラフィン油
4	健康	送電線の電気
5	教育	発電機
6	電気	

(出所) Field survey in rural Zimbabwe in 97

(3) 年間総収入額 (Gross Total Annual Income, GTAI) 及び消費額

1996年の年間総収入額 (Gross Total Annual Income, GTAI) の電化状況別ヒストグラムを表5-15及び図5-4に、州別及び電化別のGTAIの平均値を図5-5に示す。なお、GTAIの平均値を計算するに当たって、97年現在の所得税課税率表の最高税率(40%)適用課税総収入額の下限(Z\$60,000)の約3倍に当たる年額Z\$20万以上の超高収入者6例(未電化、PV、Grid各2例)は除外した。

未電化家庭の平均年収はZ\$2万6,121、PV電化家庭Z\$4万2,196、グリッド電化家庭Z\$4万8,941、平均年収額Z\$3万5,798、モード金額はZ\$1万であった(表5-15参照)。未電化家庭とPV電化家庭の年収額ヒストグラムを比べると、両者のサンプル数がほぼ同様(前者195、後者185)であることを勘案すると、両者の平均値の相違は主に年収Z\$2万以下とりわけZ\$1万以下の低所得者数の相違によることが明らかである(図5-4参照)。また、電化状態別の平均収入額以下の家庭の割合はそれぞれ未電化62.7%、PV電化60.7%、グリッド電化47.5%であった。各州の平均金額と各州の電化率との間には相関は認められなかった。

収入源の数では2種が最も多く構成比39%、1種類35%、3種類18%と続く(表5-16参照)。収入源としての職種では農業(構成比38%)が第1位であるが、給与取得者も34%と農業に近い構成比を示している(表5-17参照)。

月間消費支出額の平均額は未電化家庭Z\$1,624、PV家庭Z\$2,577、Grid電化家庭Z\$2,807、平均Z\$2,178である。消費支出も月間Z\$16,700以上のデータは除外した(表5-18参照)。未電化家庭の消費額はPV電化及びGrid電化家庭を下回る。PV電化家庭はGrid電化家庭より低いものの、その格差は10%以下である。

96年末の貯蓄額は未電化家庭Z\$4,246、PV家庭Z\$6,246、Grid電化家庭Z\$5,988、平均Z\$5,354であった。97年5月末の貯蓄額はそれぞれZ\$1,654、Z\$3,320、Z\$1,805、Z\$2,353と5カ月前より減少しているが、これは97年用種Maizeなど農業用材料の購入準備に資金が使用されたためとされる。

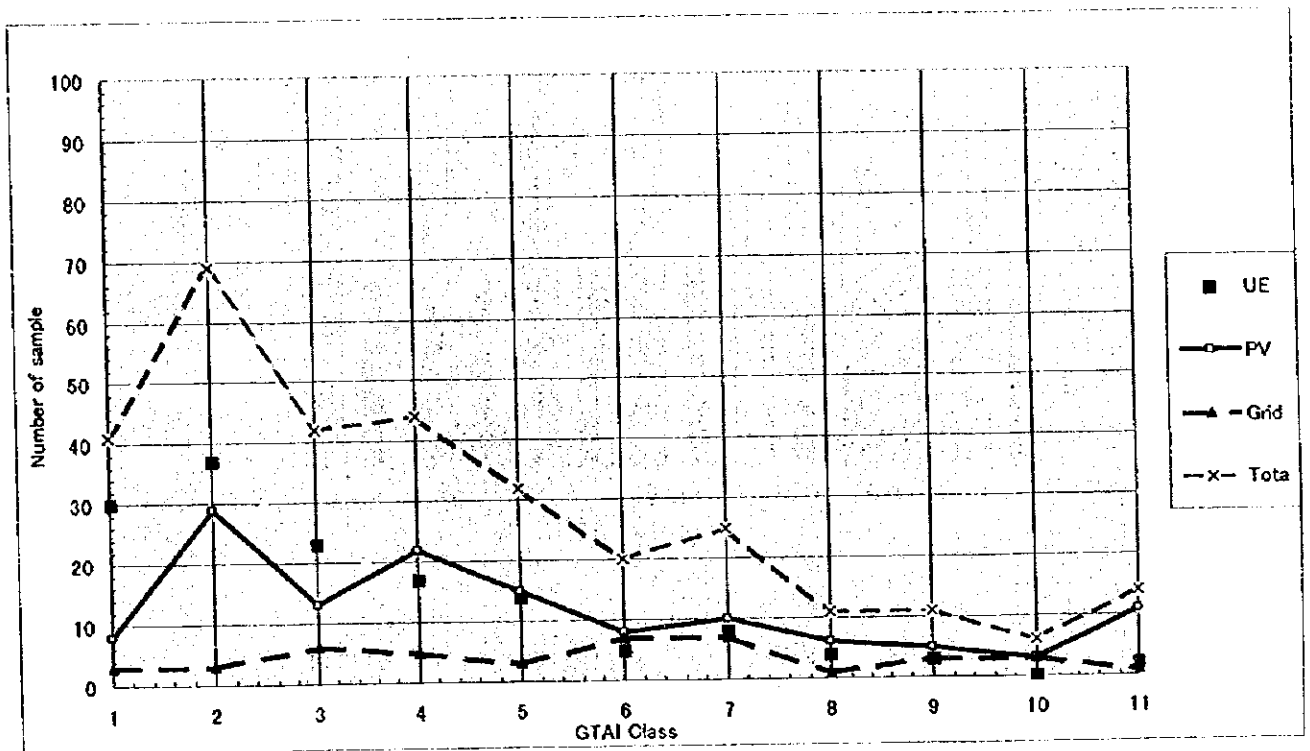


図5-4 電化別年収ヒストグラム

GTAI クラスの内容

GTAI	1	2	3	4	5	6
千Z\$/y	Less 10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60
GTAI	7	8	9	10	11	
千Z\$/y	60-70	70-80	80-90	90-100	100+	

(出所): Field survey in rural Zimbabwe in 97

注: UE=Unelectrified, PV=Photovoltaic electrified, Grid=Grid electrified

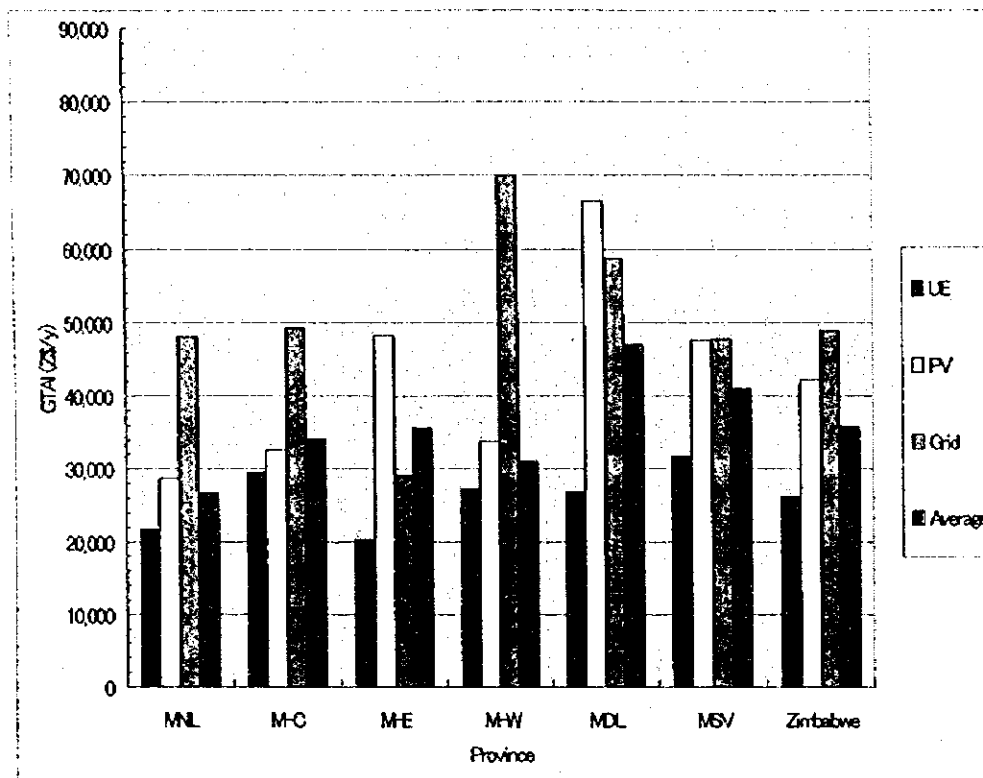


図 5-5 GTAI distribution by province and electrification
 Abbreviation of Province: MNL=Manicaland, M-C=Mashonaland central,
 M-E=Mashonaland East, M-W=Mashonaland West, MDL=Midlands, MSV=Masvingo
 (出所): Field survey in rural Zimbabwe in 97.

表5-15 電化状況別個人家庭の96年の年間総収入額 (Z\$/y)*

家庭電化状況	未電化	PV	Grid	平均	モード値
年間総収入額 (GTAI)	26,121	42,196	48,941	35,798	10,000~20,000

注*: 年収Z\$20万以上の超高額収入家庭は除外した

(出所): Field survey in rural Zimbabwe in 97. (以下同じ)

表5-16 個人家庭の収入源数

収入源数	1	2	3	4	5
構成比 %	35	39	18	5	1

表5-17 主要収入源と職業

ランク	1	2	3	4	5
職業	農業	給与取得	家内企業	現物収入	借金
構成比%	38	34	8	7	3

表5-18 月間消費支出 (Z\$/m) *

電化状況	未電化	PV	Grid	平均
月間消費支出 (Z\$/月)	1,624	2,577	2,807	2,178

注*: 月間Z\$1万6,700以上の超高額支出家庭は除外した

表5-19 電化状況別家庭の貯蓄額

電化状況	単位	未電化	PV	Grid	平均
96年末貯蓄額	Z\$	4,246	6,246	5,888	5,354
97年5月末貯蓄額	Z\$	1,654	3,320	1,805	2,353

5.6.3 太陽光発電(PV)システム所有家庭調査結果

(1) PV設置時期、能力、接続機器

表5-20にPV所有家庭のPV設備の設置時期と能力を示す。また、図5-6にPVの年別設置状況と図5-7に93年から実施中のGEFプロジェクトによるPV設備設置状況を示す。なお、97年の設置実績は1-7月迄の実績であるので、年間値に換算して図5-6に示した。平均容量は40ワットであるが、25ワットの小型のものが1/3を占める。今回調査の範囲内では、89年の設置が最も古い。92年までは、年間4~5件であったが、93年からは、平均年率69%で高成長中である。これは93年から98年央までの予定で始まったGEFプロジェクトの影響が出ているものと考えられる(図5-7)。

接続機器はPV所有家庭の93%が電灯を、次いでラジオないしラジオカセット(設置家庭比率89%)、白黒テレビ(同78%)である。PV設備の使用開始時刻は午後6時、使用時間は1時間から8時間まであり(図5-8参照)、平均は3時間30分である。

表5-20 PV設置年と能力

設置年 能力(W)	89	90	91	92	93	94	95	96	97*	計
1-19	0	0	1	0	0	1	3	4	0	9
20-39	0	3	0	1	4	6	13	22	39	88
40-59	2	1	3	0	3	3	7	15	8	42
60-79	2	0	0	4	3	5	11	11	5	41
120	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
合計	4	4	4	5	11	15	34	53	51	181

(出所) : Field survey in rural Zimbabwe in 97

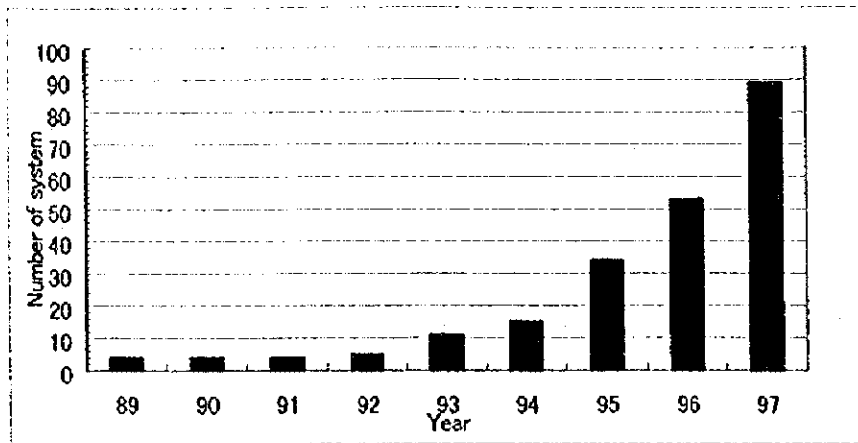


図5-6 PV設備設置数推移
 注：97年の数値は1-7月実績を年間値に換算したもの
 (出所) Field survey in rural Zimbabwe in 97

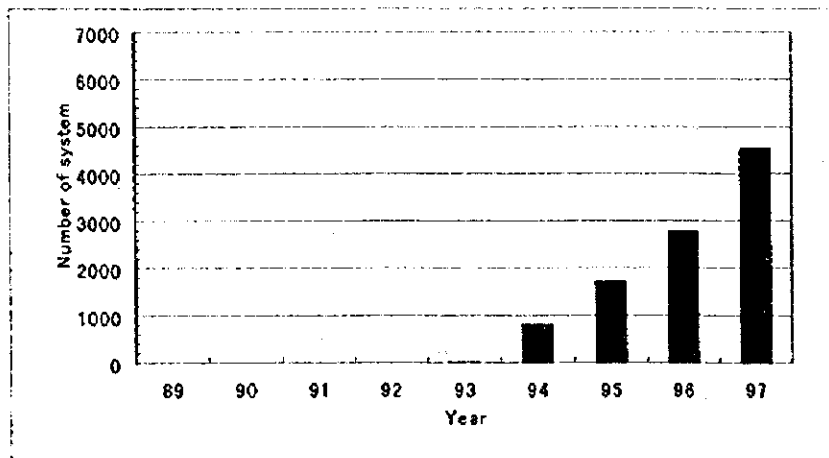


図5-7 GEFプロジェクトPV設備設置数推移
 (出所):GEF Annual Report 1997

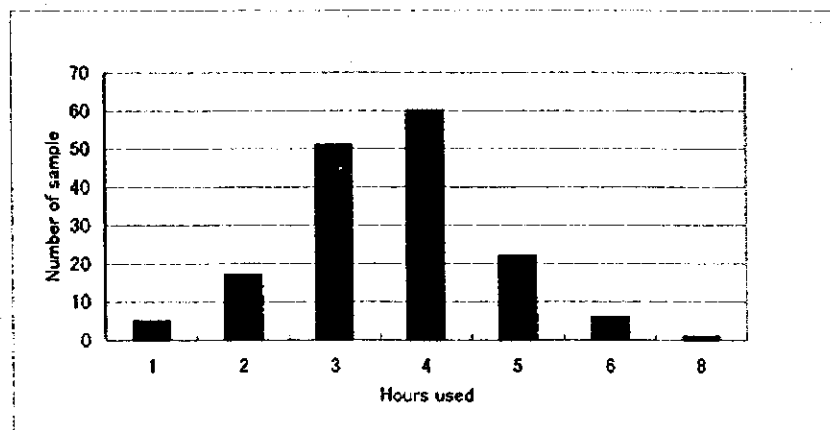


図5-8 PV使用時間分布
 (出所) : Field survey in rural Zimbabwe in 97

(2) 購入額、購入方法、ローン返済条件 PV設備の購入方法を見ると、52%が「頭金+ローン返済」方式で購入しており、現金による一括購入家庭が46%である。ローン返済期間は、最も多いのが5年（ローン返済の35%）、次いで2年（同31%）、これに1年内（同19%）、3年（同15%）が続く。ローン返済のインターバル別では、月賦払いが77%（ローン返済家庭に占める構成比）、年払い方式適用家庭が19%、その他が4%である。これは、PV購入家庭の世帯主の63%が給与取得者であることが影響しているためと考えられる。購入金額は2\$5,000以下が50%、\$5,000~10,000 が50%、平均購入価格は2\$7,070であった。返済額の平均は約2\$290/mである。また、PV取得家庭の最低年収額は約2\$10,000であった。

(3) メンテナンス費用、トラブル事例

PV設備の保守は家族が担当し、年間保守費用（ローン返済額とは独立）の平均額は2\$100である。これは故障発生に備えて予め保守契約を結ぶための費用ではなく、故障発生後の支払い額の平均値であると考えられる。PV設備設置後の平均故障回数は、1.5回、PV設備が使用出来なかった日数の平均は10日であった。使用中のトラブルでは、バッテリー液の低下（構成比22%）、使用時の電圧変動（同18.0%）、日照不足による設備使用不可（同12.7%）、パネル支持システムの傾き・破損（同7.3%）、パネルの破損（同5.9%）、ターミナルの腐食（同5.9%）、使用時間が短い（同5.9%）等である。

(4) PV設置後の生活の変化

PV設置後の生活の変化を調査した結果、次のような変化が上位を占めた。

1) 楽しみ時間が長くなった	23.1% (回答中の構成比)
2) 宿題の処理が容易になった	16.3
3) 自宅内で行う仕事がやりやすくなった	15.6
4) 外の世界に対する家族の関心が広がった	14.1
5) 夕食時間が楽しくなった	10.4
6) 夕食の支度が楽になった	5.7
7) 夜間の安全度が向上した	5.6

上記のうち、1)、4)は主にテレビ・ラジオの効果であり、他の項目は電灯照明の効果である。JICA調査団が別途行った教員に対する面接調査によれば、宿題は中学校で週4~5日、

小学校で週2～3日の割合で宿題が出され、その量は1日の宿題処理に必要な時間数で表現して、中学校で3時間弱、小学校で1時間半程度である。

特段の変化はないとする意見、睡眠時間が短くなった、蚊・虫に咬まれやすくなった、家族が怠惰になった等のネガティブな評価もあるが、割合は小さい。

(5) 満足度

PV所有家庭のPVに対する満足度を調査した結果、大満足64%、能力不足ないし返済額が高負担等のためやや問題あるが満足とする意見27%、可もなし不可もなしとする意見4%、不満足とする意見6%であった。所得から所得税を差し引いた可処分所得の満足度に対する影響は認められなかった。全体として、PV設備は農村地区で熱烈に歓迎されている。

(6) PV設備将来増設計画

未電化及びPV所有家庭を対象として調査した電気製品の将来購入希望、または増設計画内容は以下のものであった。

冷蔵庫（構成比19%）、2) テレビ（同15%）、3) 蛍光灯（同13%）、4) ラジオカセット（同9%）、5) ラジオ（同9%）、6) バッテリー充電器（同7%）、7) 電気フライパン（同5%）、8) 白熱灯（同5%）、9) 扇風機（同5%）、10) 電気調理器（同3%）

2)、3)、4)、5)、8)、はこれまでPV所有家庭で使用してきたものの増設であるが、1)、6)、7)、9)、10)はこれまでの小容量PV設備には接続できなかったものである。冷蔵庫に対する増設希望が大きい。未電化家庭の3%、PV電化家庭の5%がパラフィン油式冷蔵庫を所有しているが、Grid電化家庭では38%が電気式を所有しており、Grid家庭と非Grid電化家庭との大きな違いとなっている。電気調理器具に対する主婦の希望が大きい。

また、同様に未電化及びPV所有家庭を対象に調査した小型（25W）PV設備の新・増設時の接続機器の重要度は、1) 蛍光灯1本+テレビないしラジオ用コンセント1個（回答者中66%）、2) 蛍光灯2本（同16%）の順序であった。

5.6.4 農村地域におけるPV設備の受容価格

ウイスキー、化粧品など商品を市場に投入するに先立って、どの程度の価格なら市場に受け入れられるかを調査する方法として多く用いられている方法に受容価格分析法（Price Sensitivity Analysis）がある。25ワットの小型PV設備をジンバブエ国未電化農村地域の

家庭に普及させる条件を探るため、月間支払い額を基準として以下の質問を行い、得られた結果にこの受容価格分析法を適用し、適用可能価格を求めた。

- 1) 支払い可能ながら、少し高いと感じる価格 (Payable maximum price)
- 2) 支払い可能ながら、少し安いと感じる価格 (OK but little bit cheap price)
- 3) 高すぎて買えないと感じる価格 (Too expensive price)
- 4) 安すぎて品質が不安と思える価格 (Too cheap price)

1)と3)の回答を価格の低い回答者から累積して行き、2)と4)は逆に価格の高い回答者から累積する。横軸に価格を、縦軸に累積度数を取る。1)の曲線と4)の曲線の交点が市場の受容下限価格 (P_1) を与え、曲線2)と3)の交点が受容上限価格 (P_4) を与える。図5-9に個人家庭の例を示す。受容下限価格はZ\$142/月、受容上限価格はZ\$258/月であった。すなわち、小型PV設備は月間支払い価格でZ\$142からZ\$258が受容可能額である。表5-21に、受容下限及び上限価格、同時に調査した支払い可能と感じる価格 (Payable price) (Z\$/月)、支払い可能投資額 (Payable Investment amount)を合わせて示す。また、クリニックと学校 (この場合の設備能力は166Wに関するPSA分析結果を合わせて示した。

通常上記のようにして求めた受容価格帯は支払い可能額を含む範囲を示すが、今回の場合支払い可能額Z\$306は受容価格帯からずれている。これは、今回訪問調査を受けた未電化家庭のかなりの家庭がPVのことを余り知らなかったことに起因するものと考えられる。ちなみに、現在のジンバブエ農村地域におけるPV普及率は、家庭数基準で0.5%程度とされており (GEF談)、1996年にムガベ大統領の主催でハラレにおいてWorld Solar Summitが開催され、国民の一般的関心は高まっているものの、未電化農村地域の人々には価格帯を含むやや詳しい知識はそれほど普及していないものと考えられる。25W PV設備への支払い可能投資額の平均値はZ\$945であった。

クリニックの受容価格帯はZ\$340~740/月で、支払い可能額の平均値Z\$326/月は受容下限額をやや下回った。未電化クリニックスタッフのPV設備に関する知見が十分でなかったためのもずれと考えられる。投資可能額はZ\$1,050であった。学校の受容価格帯はZ\$446~786/月で、支払い可能額Z\$550/月はこの幅に入る。支払い可能投資額はZ\$4,310であった。

なお、年取額 (GTAI) とPV設備用支払い可能額 (Payable fee)、及び月間消費支出額とPV設備用支払い可能額、月間消費支出額と燃料用支出額との相関を調べたが、何れについても統計的に有意な関係は認められなかった。

表5-21 未電化及びPV電化地域におけるPV設備の受容価格分析

対象施設	単位	個人家庭	クリニック	学 校
受容上限価格(P4)	Z\$/m	258	740	786
受容下限価格(P1)	Z\$/m	142	340	446
支払い可能額	Z\$/m	306	326	550
支払い可能投資額	Z\$	945	1,050	4,310

(出所) : Field survey in rural Zimbabwe in 97

累積回答数

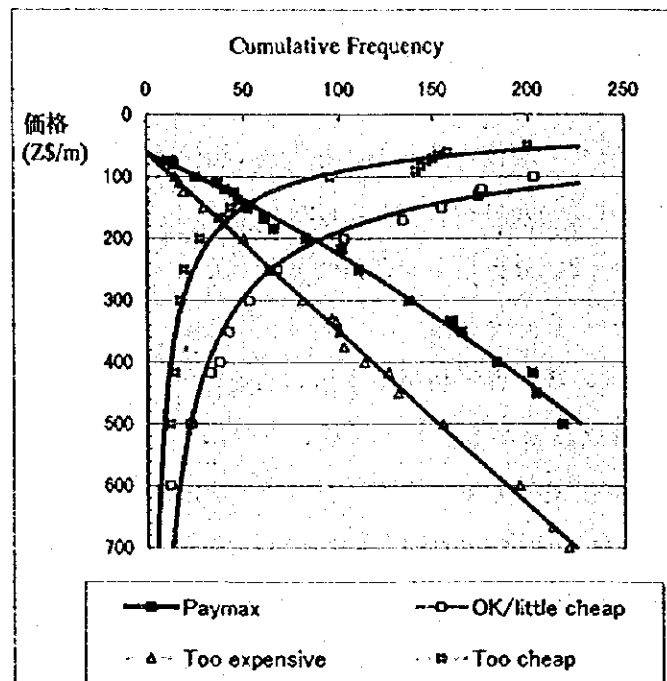


図5-9 PSA分析図

Source: Field survey in rural Zimbabwe in 97