

3.2 モニタリング方法・内容の設定

3.2.1 モニタリングの方法

設置する PV システムは、次のように 2 通りの方法でモニタリングを行う。

第 1 は設置するモニタリング PV システムのうち、一般家庭 2 軒、公共施設 2 カ所にデータロガーを設置し、PV システムの運転データを連続的に自動記録する。この方法では、太陽電池、バッテリー、負荷回路の電流、電圧が連続的に自動記録されるほか、日射計を取り付けることにより日射量も記録される。これらのデータを基に発電量、負荷量、バッテリーの充・放電量などが求められ、運転状況が正確に把握できる。データロガーの電源は乾電池を使用しており、約半年間の連続記録が期待されるため、データの回収および分析は JICA チームがジンバブエで現地調査をするときにカウンターパートとともに技術移転を含めて行う。データロガーは密閉されたインターフェースボックスに入れられ、子供たちや家畜などにいたずらされないようにする。図 3-8 にデータ収録システムの接続法を示す。

第 2 は現地コンサルタントに再委託し、設置する全ての PV システムを定期的に巡回調査する。この巡回調査はシステムの定期保守も兼ねるものとし、次の様な内容を調査する。

3.2.2 委託モニタリングの内容

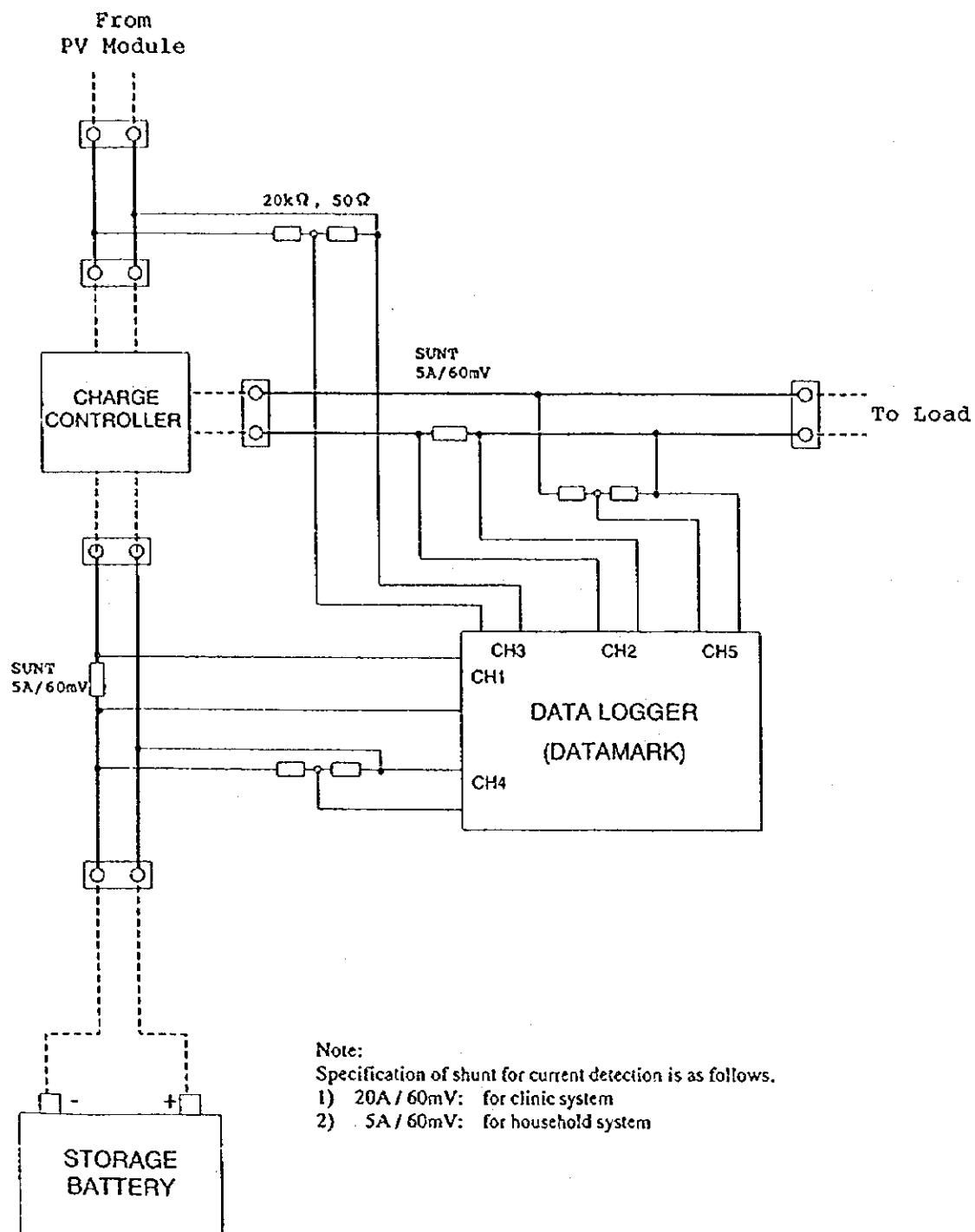
モニタリングを委託する現地コンサルタントは NGO の一つである BUN (Biomass Users Network) を予定しており、ハラレで調査内容の実施方法を確認し、最初のうち (1 から 2 日) は、調査団と一緒にモニタリングを行い指導する。モニタリングの受託者は毎月次の項目を調査するものとする。調査に当たっては、調査者は、所有者氏名、調査の日時、調査日の天気、気温およびその 2 日前迄の天気などを記録する。

(1) バッテリー

端子電圧

バッテリー電解液の比重および温度

バッテリーの電解液レベル



Note:
 Specification of shunt for current detection is as follows.
 1) 20A / 60mV: for clinic system
 2) 5A / 60mV: for household system

図 3-8 データ収録システム接続図

上記チェックは安全のためバッテリーのヒューズを抜いて、回路を遮断した状態で行うこと。

(2) PVシステム異常の有無の調査

運転できない事があったか

蛍光灯の故障があったか、または蛍光管を交換したことがあったか

低電圧でシャットダウンしたことがあったか

端子のゆるみ等は無いか

その他

(3) 目視検査

PVモジュールは正確に北をむいているか

チャージコントローラの表示確認

バッテリーは清潔か

(4) およその点灯時間

キッチン、寝室、ラジオ等 (一般家庭の場合)

診察室、オフィス等 (クリニックの場合)

教室、職員室、その他等 (学校の場合)

(5) PVシステムの構成部品および予備品のチェック

全て正常か。紛失は無いかを確認する。

3.3 設置および運用

本調査団が設置するモニタリング用のPVシステムは、ジンバブエ国の永続性のある組織によって運営され、利用者が毎月料金を支払うことにより、メンテナンスが確保されるように計画されている。この料金はシステムの寿命に合わせて設定され、金額や支払時期は、低所得者や農家など収穫時期にしか収入がない人たちにも、無理なくバッテリーやコントローラーを取り替えることが出来るよう配慮した。

料金に関する基本的な概念は、システムのリース料やレンタル料としてではなく、システムから供給される電気を使うために支払われるものであり、利用者宅に設置したシステ

ムのメンテナンス費用も含まれている。即ち、これは通常の電力会社から供給される電力と同様、利用者は発電や送電に関するメンテナンスを考える必要がないことと同じである。

3.3.1 プロジェクト・サイト

本プロジェクトは約 50 世帯の地区を 2 箇所選定した。両方とも Kadoma 地域にあり、ひとつは北部の Geja・クリニック (Sanyati 地区) 周辺、もう一つは南部の Turf・クリニック周辺である。

Kadoma RDC (Rural District Council) の担当者がこれら 2 地区の世帯を訪問し、本調査の計画や本プロジェクトに対する住民の興味を調査し、PV システム設置の呼びかけを行った。システムの設置は、今年の 5 月末までに RDC に接続費として Z\$750 支払った住民に対して行われることとしておいたが、Geja 地区では 80 に近い申し込みがあり、50 家庭が既に接続費の払い込みが終わり、事務上の不手際で 51 の家庭に PV システムの設置を行うことになった。Geja 地区は GEF プロジェクトによる PV システムが既に多数設置されており、Sanyati には PV システムの設置業者が 2 社存在しており、PV システムに接する機会が多く、そのメリットもよく知っているため応募が順調であった。一方、Turf 地区は GEF プロジェクトによるシステムの設置がほとんどなく、PV システムに対する知見が少ないことと、相対的に現金収入が少ないことなどで応募が遅れていた。そこで隣接する Monyoni 地区まで募集の範囲を広げることとした。

その結果、Turf 地区 38、Monyoni 地区 11 の応募があり、更に Turf で 1 件追加があったので合計 50 件となる予定。

3.3.2 料金の設定と徴収方法

本調査は、ユーザー対して PV システムを売ることが目的ではなく、PV システムによる電気の供給を、PV システムの運営担当組織を通して行い、利用者からは、サービス料金を徴集することにより、十分な保守管理を行い、継続的に安定して電気の供給を行うことの可能性を実証するものである。このスキームでは、PV システムは利用者が所有するのではなく、外部資金を導入可能な運営担当組織（機関）が所有し、システムの稼働可能期間（PV モジュールの耐用年数に等しい）を通じて管理・運営し、電気の供給を続け、更には耐用年数が過ぎれば設備の更新が可能となるように配慮している。

本スキームの特徴：

- (1) 本調査で予定しているユーザーは、システムを現金で購入することや短期間のローンを組むことが難しいと思われる農村地域の中・低所得者である。
- (2) ユーザーに対し、PV の技術的な知識や保守管理の能力を期待せず、システムを所有する保守サービス担当組織の従業員によってメンテナンスされる。
- (3) これらシステム機器の部品が、壊れたときの部品の選定や取り付けは、保守サービス担当組織が行う。また、これらの費用はユーザーが継続して支払うサービス料金の中からカバーされる。コントローラやバッテリーが故障したり、耐用年数に達し使用が困難となったときは、システムに適合した、当初設置されていたものと同様、あるいはそれ以上の製品への取り替えが保証される。しかし、蛍光灯に関してはユーザーが取り替えの費用を負担する。
- (4) ユーザーは、サービス担当者から、その時期の天候、機器のタイプ、電気に対するニーズなどの様々な状態に対し、システムを効果的にバランス良く使用するためのアドバイスを受ける。また、ユーザーの不適当な利用を防ぐために、バッテリーとコントローラは密閉した箱に入れ、保守担当者がその鍵を保有する。

PV を利用した将来の地方電化を進める上で、もっとも効果的な情報を入手するためには、PV を利用した大規模（10,000 件以上）電化の場合と同じコストで、しかも同じサービス状態で行われることが望ましい。しかし、本調査は 100 世帯の規模であり、そのシステムコストは、大量購入や整ったプロダクションラインが成立したときに比べると割高になる。そのため保守サービス担当組織は将来の PV システムによる電化に比べて高いコストを余儀なくされる。さらに本プロジェクトは、通常の電化目的のプロジェクトと違いモニタリングも必要としている。そのため、実際のシステムコストはかなり高いものになっている。そこで本プロジェクトで採用する料金体系は、実際の設置や運営コストを基本にしたものでなく、将来予想される PV 電化の時のコストを用いることとする。

本調査の 25W 規模のシステム・コストは（第 7 章：経済評価参照）、将来多数の PV システムを設置するケースで、資材倉庫も設置箇所から 50km 以内にあることを想定して Z\$3,800 とした。接続費の Z\$750 は重要で、住民がサービスを受けることへの同意と、継続的に料金を支払う意志を示すことになる。この金額は ZESA が地方電化を行うときの接続料金の約半分にあたる。これを支払うことにより、システムの残りの金額が Z\$3,050 になり、年間 15%の金利で、20 年間で返済すると、月々の返済額は Z\$40.2 となる。2.5 年後のバッテリーの交換費用 Z\$600 は、インフレを考慮し実質金利が 6%と仮定すると、月々

の費用は 2\$18 となる。また、5年後に必要と予想される 2\$600 のチャージ・コントローラの交換費用は、同じ考え方で月々 2\$10 となる。これに各月の保守技術者へのコストを 2\$10 とすると、合計のコストは 2\$78.2 となり、本調査では毎月の料金を 2\$75 と提案した。

この金額は多くの農村家庭の収入を考えたとき、高額なものと思われがちだが、バッテリーの交換費用や保全費を含まない3年間のローンで購入するシステムと比べると、月々のコストは半分以下で、代替の照明費用や電池、バッテリーチャージの費用などを考慮すると大多数の農村家庭でも負担可能と思われる。

3.3.3 運営と保守サービス担当組織

(1) プロジェクト運営方法

プロジェクトを進めるにあたり、JICA は調査団を通して、システムのすべての機材を直接購入し、さらに、2\$750 の接続料金を支払った家庭に対して、システム設置の契約を設置業者と行うほか、保全サービス実施機関としての役割を持つ NGO、バイオマス・ユーズ・ネットワーク (BUN) との契約 (5年間) を行った。最初の1年間は調査団がモニター費用を負担するが、残りの4年間は BUN が利用者から徴集した費用で賄うこととしている。徴集金額については1,2年の実績を見てから改訂も考えるが、余裕資金があればプロジェクト終了後、利用者の希望によってシステムの拡張や、新規加入者のための設置資金として利用することも可能とした。

(2) 利用者側の責任

システム設置に先立って利用者は以下の事項を確認する契約書に署名した。

- 1) 保守サービス担当組織の許可無しでシステムを変更してはならない、変更する場合は保守サービス担当組織によって行われる
- 2) 保守サービス担当組織が各家庭に立ち入り、保守サービスを行うことを認める
- 3) システムやその構成機器が盗まれたり、壊されたりしたときは、それぞれの家庭が責任を負う。
- 4) コントローラから各電気機器 (蛍光灯など) までのケーブルと電気機器の管理
- 5) 必要に応じて木の枝などを切り、パネルに影が当たらないようにする
- 6) 保守サービス担当組織からの指導に基づきシステムを使用する
- 7) 問題が生じたときは保守サービス担当管理職技術者へ報告する

8) 料金支払いに同意し、料金が払えなくなった場合は、システムの撤去に応じる

(3) BUN の責任分野（保守サービス担当機関）

システムの設置作業期間、BUN は調査団に代わって全体の管理を行い、Kadoma RDC の倉庫に保管されている JICA 調達の機器を設置業者に渡す。

BUN は各地区毎に 1 名の訓練された現地技術者と、より上級の技術を持つ管理職技術者 1 名をハラルに常駐させる。現地技術者には保守作業に必要な道具と、利用者巡回用に自転車を供与し、給与を支給する。

現地技術者は、保守作業やユーザーに対するインタビューのために毎月現地を訪問し、訪問記録を作成し、利用者の確認サインを受ける。

管理職技術者は各サイトを訪問し、現地技術者の保守作業を監督するとともに、バッテリー交換や、料金不払いでシステム撤去の必要が生じたときは、その作業の監督を行う。

BUN はシステム設置希望者のリストを作成し、システム移設の機会が発生すれば、Z\$750 の支払と契約書の署名を受けてシステムの移設を行う。

(4) BUN における基金の取り扱い

BUN は RDC の協力を得て、利用料金を徴収し、BUN が開設した口座（取り替え資金口座、金利の発生するものであること）に積み立てる。PV システム運用開始 2 年経過後、保守経費の実質コストをそれまでの経験を基に評価し、もし余剰があればその分は別途準備される設備拡張資金口座に移動する。（バッテリー交換費用、コントローラー交換費用は口座に残す）

設備拡張資金口座の資金は、利用者から PV 設備増設要請が提出されたり、また、設備希望者リストからの新規利用者が発生するなど家庭用 PV システム増強に用いられるものとする。増設が行われると、その規模に応じて結線費及び保守契約料が追加され、取り替え資金口座の資金量が増加する筈である。このスキームで発生する 2 口座の全資金は、保守担当組織体の一般管理費の一部、現地技術者の人件費を含めた保守費用、バッテリー、チャージコントローラーの取り換え費用及び家庭用 PV システムの増強に使用されることとなる。

3.4 トレーニングおよび教育

3.4.1 トレーニングの必要性

海外からの援助で行われる PV 地方電化のプロジェクトの問題点は、プロジェクトのトレーニングが終了した後の技術指導の不足にある。今回の JICA 調査の場合、約 15 名の設置作業員、3 名の技術者、BUN に所属する 2 名の現地技術者および 1 名の管理職技術者が設置作業に関係し、JICA の調査期間およびその後の 4 年間は運営を継続することになっている。

適正かつ地方に根付いた、継続的な PV 技術者の訓練機会の設定が、ジンバブエの地方電化を進める上で重要となることはこれまであまり指摘されていない。今まで行ってきたトレーニングはプロジェクトに含まれていたもので、プロジェクトが終了した後の継続は難しかった。継続的な PV 技術者の訓練は、同国における総合的な職業訓練システムに含まれることが必要である。

3.4.2 技術トレーニングセンターの設立

本調査団は、現在ジンバブエにある技術訓練施設のカリキュラムに、PV 技術者コースを新たに開設し、彼らの協力を通して PV トレーニングを行うことを考えた。JICA プロジェクトサイトに近い Kwekwe 技術専門学校が、総合的な PV 技術トレーニングのために選ばれた。1997 年 3 月 19 日に、調査団がこの専門学校を訪れ、PV システム設置や保全に関する短期訓練コースの開設を要請し、学長や関係スタッフの賛同を得た。同校からの PV 訓練コース開設の提案が、教育省の同意を得て承認された。

JICA は、トレーニング・プログラムを支援するために約 Z\$200,000 の教育機材を提供することに同意し、さらに、インストラクターを指導するために調査団のメンバーを派遣した。同校で継続的な PV 技術者トレーニングの可能性を確立する目的と、JICA プロジェクトのための技術者トレーニングをかねて、2 週間のトレーニングコースが調査団によって行われた。第 1 週目は、同校の指導者養成や BUN の主任技術者達のために行われ、第 2 週目は、現場技術者のためのトレーニングコースであった。

第 1 週目のインストラクター・コースの参加者は同校電気学科の 7 人の指導者と BUN の主任技術者、ジンバブエ大学機械工学科の主任技術者、民間のバッテリー・ワールド社の PV 技術者。一方、第 2 週目の現場技術者コースには、BUN の現地技術者 4 名、PV 設置会

社から 8 名、GEF プロジェクトから 3 名、BUN 技術者 1 名、ジンバブエ大学から 1 名が参加した。

インストラクター・コースは、PV システムの設置および技術者トレーニングの経験を豊富に持った JICA 調査団のメンバーによって行われた。第 1 週目のコースは、60%が座学で残りの 40%が実習であった。このコースでは、現場技術者にどのように PV の基本を教えるか、また、PV 技術と一般の電気との違いがどこにあるのかを認識することに重点が置かれた。トレーニングの一環として、PV トレーニングのための実習を試みたり、次週のコースの授業計画を作り出した。第 2 週目には、第 1 週目に講義を受けたインストラクターが、PV 現地技術者たちに、正しい設置方法や、システムのトラブル・シューティング、メンテナンス方法について講義した。

調査団は、PV トレーニング・コースが、学校の一般カリキュラムに加わるかは、未定なもの、同校の熱意や協力に対し非常に良い印象を受けた。トレーニング・コースのほとんどの参加者は、すでに PV システムの使い方や設置を経験していたが、このコースで、生徒とインストラクターの間の相互理解が深まった。コースの評価アンケートでは、生徒たちはこのコースに満足し、特に同校のインストラクターたちの努力や授業内容をほめた。たえた。

最終に試験を実施し、基本的な PV システムの設置方法やメンテナンスに関しての生徒たちの理解度をテストした。その結果、PV システムの設置やメンテナンス方法に関して十分な知識が得られ、コースの目的が達成されたことが確認できた。

コースの終了に伴い、同校の管理者たちは、電気学科のカリキュラムの中に PV トレーニングコースを取り入れたいと述べた。

3.4.3 ユーザー教育

ユーザー教育は本調査の重要な要素の一つである。特に小規模システムの限られた容量で、ユーザーの希望するサービスを与えるためには重要である。このような場合、システム使用方法が、提供するサービスに重要な影響を与える。それゆえ、本プロジェクトでは、ユーザー教育に強い関心を示している。

ユーザー教育は 3 段階に分けられる。第 1 段階は、設置業者の技術者たちによって教えられる。ユーザーたちはシステムをどのように使うのが一番いい方法ということの基本的

な情報が与えられ、第2段階は、3ヶ月後に JICA 調査団員や BUN の主任技術者によってインスペクショの際に行われた。この間までに、ユーザーは少なくともシステムを1ヶ月は使用しており、正しいシステムの使用方法についての理解を深めた。

第3段階は、JICA モニタリング調査の途中に行われる予定で、これは1年のうちもともと日照時間が短い期間で、ユーザーにとってシステムの使用可能時間が非常に限られた期間である。

ハラレに在住するトレーナーにとって、ユーザーのために各家を訪問することは非常に費用がかかり、他のプロジェクトの経験からも、コミュニティ・センターでの集中的な指導はあまり良いものではない。そこで、本プロジェクトでは特別に制作した教育ビデオを地方現場技術者に与えることとしている。ポータブル8mm VCR や小さなカラー TV の電源は、各家の PV システムで十分で、10 ないし 15 分のユーザー・トレーニング・ビデオが各家で見ることができる。それと同時に、現場技術者は、ユーザーがビデオの中で理解できなかった部分について説明を行うことができる。

教育の後は、現場技術者が各家を毎月訪れ、ユーザーにインタビューを行い、もし、システムの使用に問題があった場合は、問題の原因を説明し、問題を解決したり、問題を最小限にとどめるためにシステムの使い方を調整するなどの指導を行うが、現場技術者だけで解決できない場合には上級技術者の指示を仰ぐこととしている。

第4章 PVシステムの評価

4.1 システムの特徴

今回のモニタリング調査において採用した JICAP Vシステムの構成は、実証プラントの結果をマスタープランに反映させるために、技術面では次の2点について条件を変えて設置した。

- (1) バッテリー：自動車用 60Ah と深放電型(Deep Cycle Type)40Ah、価格はほぼ同じ、利用者の満足度と、ライフを比較することを目的とした。自動車用は即納されたが、深放電型は納入に3ヶ月を要した。
- (2) 充電度表示：バッテリーの充電度（放電度）を表示する LED を付けたシステムと付けないシステムを設置した。目的はコスト削減と自家消費電力の低減である。これまでの利用経験では、利用者はどちらでも差がないと感じている

4.1.1 システム構成機器の調達

- (1) PV モジュール：GEF プロジェクトを実施している PMU に PV モジュールの確保を依頼しておいたため、発注後即納され、品質にも特に問題はなかった。
- (2) 12VDC 蛍光灯及び蛍光管：SOLLATEK から納入、予備の蛍光管の納入が数週間遅れたが、その他は特に問題なし
- (3) 電圧降下器：12VDC から 9VDC に電圧を下げるための部品、SOLLATEK から納入、特に問題なし
- (4) チャージコントローラー：BATTERYWORLD から納入、納期から3、4週間遅れて納入され、内部には異物が混入しており、リレーカバーがなく、適切なスペーサーが使用されていないなど、組立技術、品質管理に問題がある。
- (5) 60Ah 自動車用バッテリー：BATTERYWORLD から納入、納入は予定通りであった。品質は一時的に使用しただけであったが特に問題なし
- (6) 40Ah 深放電型バッテリー：BATTERYWORLD から納入、納入が3ヶ月以上遅れ、その間上記の自動車用を代替使用せざるを得なかった。わずか 100 個の納入にも関わらず、バッテリーセルの蓋の型式が2通り有り、1つは異物が混入するおそれのあるタイプで、通常は使われないタイプである。また、ターミナルの+と-の表示が違っているものがあるなど、製造管理に問題がある。

- (7) 100Ah 深放電型バッテリー：BATTERYWORLD から納入、納入は更に遅れ、4ヶ月以上を要した。
- (8) バッテリー箱：100Ah 用の箱は同じ BATTERYWORLD 社に作成させたにもかかわらず、サイズが合わなかった
- (9) 改良型チャージコントローラー：3 社に 7 個ずつ製作させ、テストした。
BATTERYWORLD 社は 7 個のうち 3 個は正常に作動しなかった。他の 2 社は全量正常に作動した。

今回の調査で BATTERYWORLD 社にシステムの中心となる、コントローラーとバッテリーの納入を発注したが、残念ながら同社の能力は調査団の期待以下であった。同社は SEIAZ の有力メンバー会社であり、GEF の納入実績があり、チャージコントローラーの性能比較では調査団の仕様に最も近かったのが選択したものである。

4.1.2 システム構成機器の評価

今回の調査を遂行するに当たって、システム構成部品として現地製品を極力使用し、現地関連企業の技術力を向上させるために、現地製システム構成機器を購入し、その特性・品質評価を実施した。なお、PV システム機器の性能評価に必要な電気計測機器は、現地調達の基本であったが、現地到着後ただちに評価試験を実施するために、必要最小限の電気計測機器を日本国内で調達して携行し、評価試験を実施した。計測機器の殆どは輸入品であり、現地で発注すると、納入は数ヶ月先となるが多かった。

評価試験を実施するにあたり、現地の納入先企業に対し各評価対象部品の仕様書、技術資料等を要求しても殆ど得られないのが実状であった。その為、各対象部品に添付されている規格等を参考に評価をせざるを得ない部分もあった。評価対象のシステム構成部品は太陽電池モジュール、バッテリー、チャージコントローラー、蛍光灯器具、直流電圧降下器である。

(1) 太陽電池モジュール

現地における太陽電池の供給ルートには次の3系統がある。

第1の系統は GEF プロジェクトが関税無しで輸入販売しているモジュールで、これらが国内供給の殆どを占めている。第2の系統としてアモルファス太陽電池の輸入販売もされていたが、販売量はごく少ないようである。3番目の系統として太陽電池セルを輸入し、国内で太陽電池モジュールに加工製作販売しているが、この場合セルの輸入に対し関税がかかりモジュールの価格が割高である。

評価は本プロジェクトで使用予定の、GEF が販売している一般住宅向け、Eurosolar 社製 MM25 型 (25W) 単結晶モジュール、およびクリニック、学校向け SOLAREX 社製 MSX83 型 (83W) 多結晶モジュールを対象に、それぞれの IV 特性値を得るための試験を行った。外観及び形状等は写真 4-1 の通りである。

評価手法については、国際規格試験を行うためには高価な太陽光発光試験器 (シミュレーター) が必要であるが、現地にこの試験器が無いため、屋外太陽光による簡易発電量試験を行った。試験機材は日本から携行したデータロガー、屋外照度計、電圧計、電流計とその他の計測器で実施した。(図 4-1)

評価結果は各モジュール共、世界的に有名な会社で量産された製品で多結晶及び単結晶の標準的特性を示していた。結果を図 4-2 及び図 4-3 に示す。

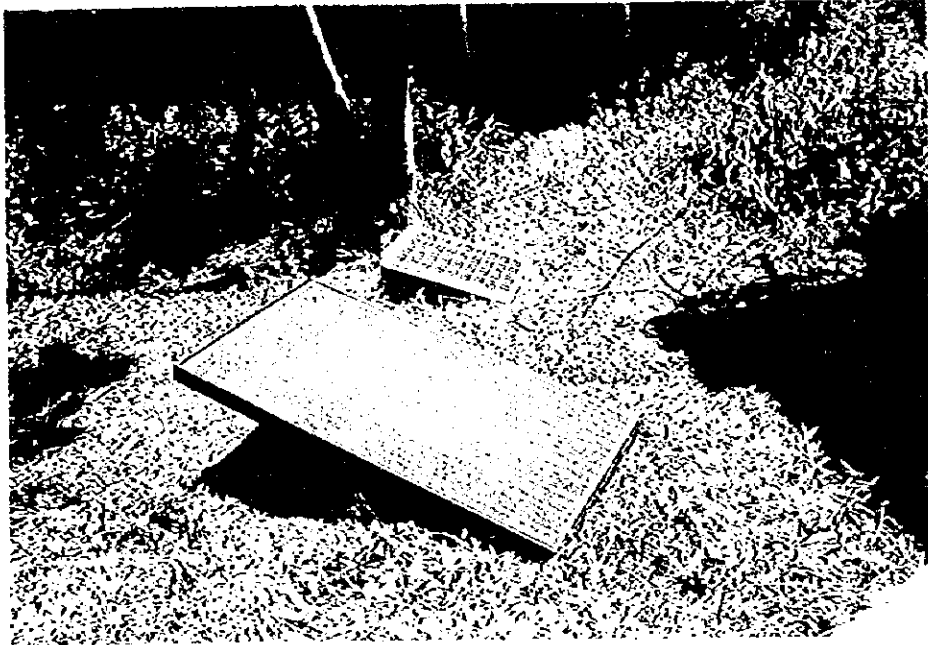


写真 4-1

GEFプロジェクト取扱いPVモジュール

上：小型PV25(w) EUROSOLAR社製

下：大型PV83(w) SOLARLEX社製

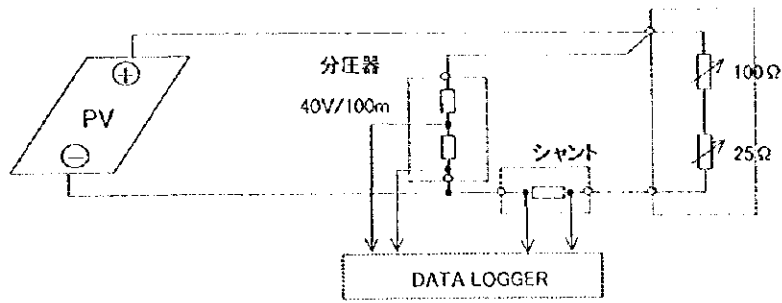


図 4-1 PV 特性測定回路

Type:	MM250-A	Voc:	21.4 V	Vmp:	16.9 V
Ser. No.:	D9S1025	Isc:	1.69 A	Ipm:	1.53 A
Maker:	Eurosolare(Italy)	Pmax:	25.8 W	NOCT:	43 deg

Vpm =	13.45 V	Irradiance:	1.017 kW/m ² (on module surface)
Ipm =	1.49 A	Mod. temp	60 °C
Pm =	19.99 W	Tilt angle	18 deg N

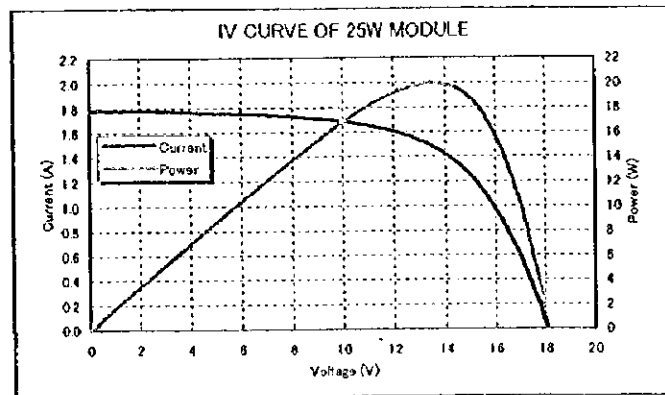


図 4-2 MM250-A 型 PV モジュールIV特性

Type:	MSX83	Voc:	21.4 V	Vmp:	16.9 V
Ser. No.:	FW95K28691440	Isc:	5.35 A	Ipm:	4.91 A
Maker:	SOLAREX(USA)	Pmax:	83 W	NOCT:	49 deg

Vpm =	12.9 V	Irradiance:	1.017 kW/m ² (on module surface)
Ipm =	4.74 A	Mod. temp	61 °C
Pm =	61.2 W	Tilt angle :	18 deg N

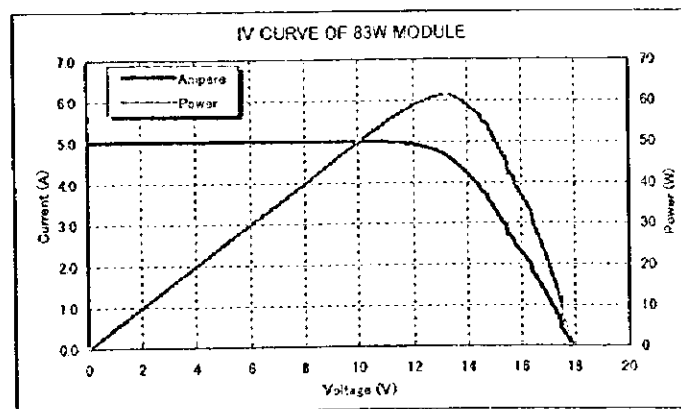


図 4-3 MSX83 型モジュールIV特性

表 4-1 現地で販売されている Module の仕様

型番：品名	メーカー名	仕 様		摘 要
MSX-83	SOLAREX	多結晶型	83 (w)	写真 4-1 下側 Module
		Pmax	83.0 (w)	
		Voc	21.4 (v)	
		Isc	5.34 (A)	
		Vpmax	16.5 (v)	
		Ipmax	4.91 (A)	
MM-250-A	Eurosolare	単結晶	25 (w)	写真 4-1 上側 Module
		Pmax	25.8 (w)	
		Voc	21.4 (v)	
		Isc	1.69 (A)	
		Vpmax	16.9 (v)	
		Ipmax	1.53 (A)	
Maxi BP	SOLARCOMM	単結晶	40 (w)	写真 4-2
		Npc	2.4 (A)	
		Npv	17.1 (A)	
Midi BP	SOLARCOMM	単結晶	20 (w)	写真 4-2
		Npc	1.17 (A)	
		Npv	17.1 (v)	

(2) バッテリー

今回使用するバッテリーは、現地の Battery World 社が自動車用及び SOLAR 用深放電 Low Maintenance バッテリーであり、このプロジェクトで使用する 2 種類のバッテリーの評価を行った、

- 1) 自動車用バッテリー 12 (v) 40 (Ah) 1 台 (写真 4-3, 4-4)
- 2) Solar 用深放電バッテリー 12 (v) 40 (Ah) 1 台 (写真 4-3~5)

評価の目的は、このプロジェクトで使用される現地製バッテリーの資料等が入手出来ないため、放電特性試験を行い、チャージコントローラーのバッテリー過放電防止設定電圧値 LVD (11.5V) 決定のデータにする。

評価手法は、満充電したバッテリーに放電試験用負荷として、自動車用ランプ 3 (A) を接続して連続放電させ、バッテリー電圧が 11.5 (V) に低下するまでの時間および、その電圧低下途中の電圧値をデータロガーに連続記録し、LVD 値決定のデータにした。両バッテリーの記録データについては図 4-4 及び図 4-5 参照。

評価結果は、満充電から 11.5 (V) まで低下する時間が約 8 時間で、電圧低下途中で急激な電圧低下等もなく直線的に電圧低下が記録され、この範囲内において電力を使

用する場合問題のないことが分かり、チャージコントローラーの LVD 電圧値 11.5(V) に設定出来る客観的なデータが得られた。バッテリーの取り替え期間の算定に必要な、バッテリー充放電寿命サイクル試験は出来なかったが、その試験を行うには サイクル試験用の連続計測機器が必要であり、今回の調査では不可能である。しかしバッテリーの寿命については、調査対象の村に現在取り付けられ使用している一般家庭及びクリニック等のデータロガーによる資料が得られることによって、予測が出来ると思われる。

(3) チャージコントローラー

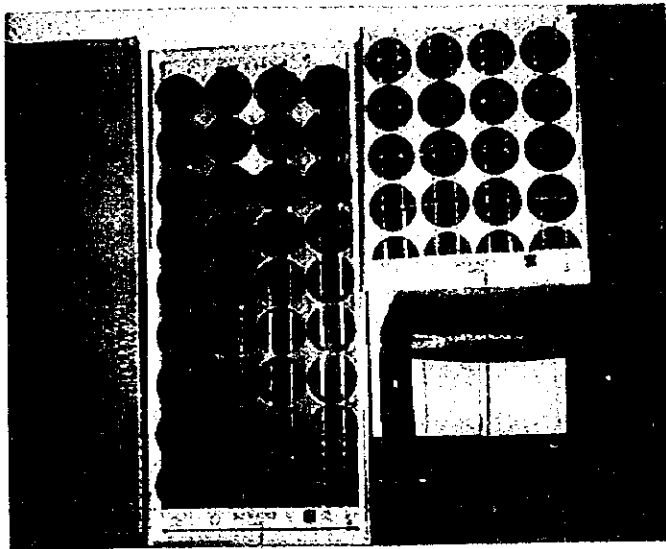
現地製チャージコントローラーは数種類市販されているが、充・放電の方式を調査した結果、現地製チャージコントローラーは次の 2 種類に分類出来る。

1) 半導体による無接点方式。(写真 4-6)

これはバッテリーの充・放電の制御に、半導体による無接点制御方式を採用しているチャージコントローラーである。従来のチャージコントローラーは、自動制御による電気の接続と開放はリレーの接点により行っており、接点部分の接触不良やリレー・コイルによる自己電力消費が多かった。これらの改善策として、最近半導体による無接点リレー方式のチャージコントローラーが各国で採用されるようになってきた。半導体による無接点リレー方式の電力消費量は有接点リレー方式より小さいという長所があるが、価格が有接点リレー方式より高い（価格は Z\$1,368）ことが課題である。

2) 電磁リレーによる有接点方式(写真 4-7)

通常、自動的な電気の接続と開放には電磁リレーが使われる。PV システムのバッテリー充・放電制御用チャージコントローラーにも従来からこの電磁リレーによる有接点制御方式が採用されている。価格は無接点方式より安く（価格は約 Z\$700）、機器の自己電力消費量は半導体方式の約 10～20 倍と多い。



①

②

写真 4-2

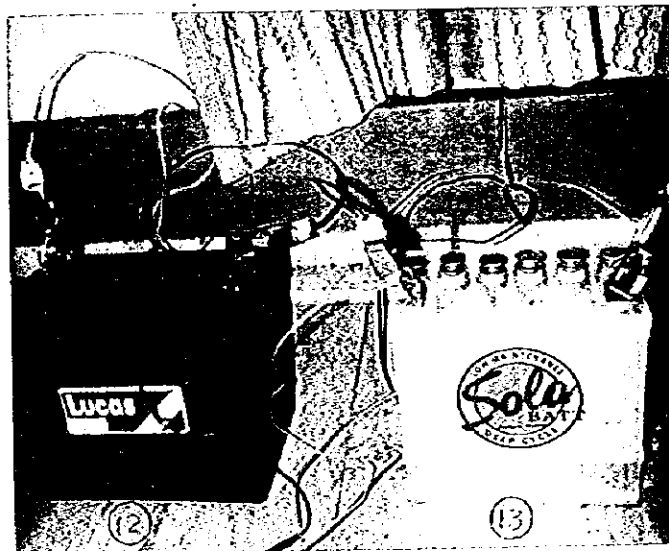
ZIMBABWE製太陽電池モジュール

1. 単結晶 モジュール 40(W)

Z\$ 5,319

2. 単結晶 モジュール 20(W)

Z\$ 2,950



⑫

⑬

写真 4-3

現地BATTERY WORLD製蓄電池

12. 自動車用 12(V) 40(Ah) Z\$510

13. 深放電用 12(V) 40(Ah) Z\$520



写真 4-4 現地 BATTERY WORLD 社製蓄電池
12 (V) 40 (Ah) 自動車用

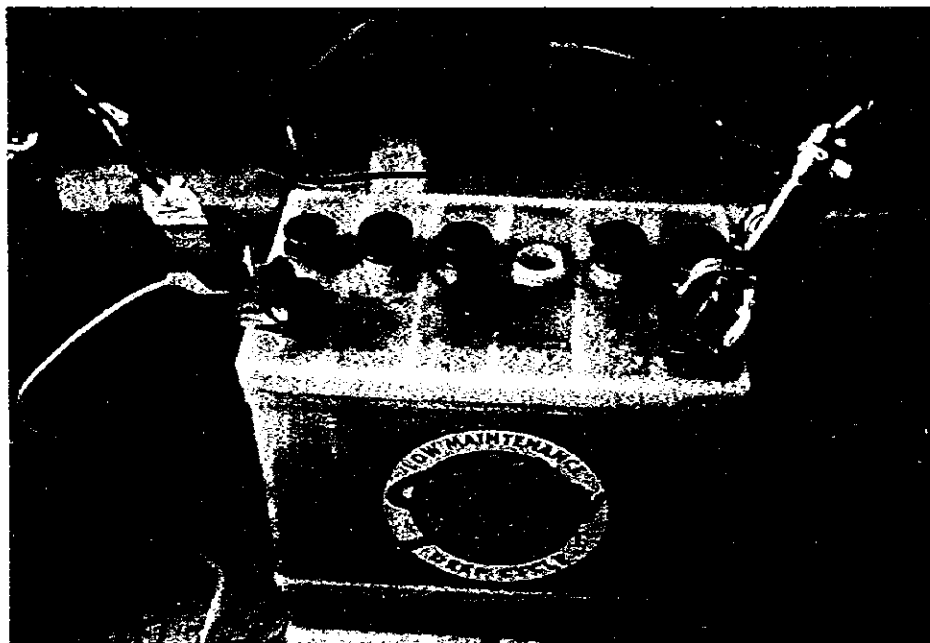


写真 4-5 現地 BATTERY WORLD 社製蓄電池
12 (V) 40 (Ah) 深放電 PV 用

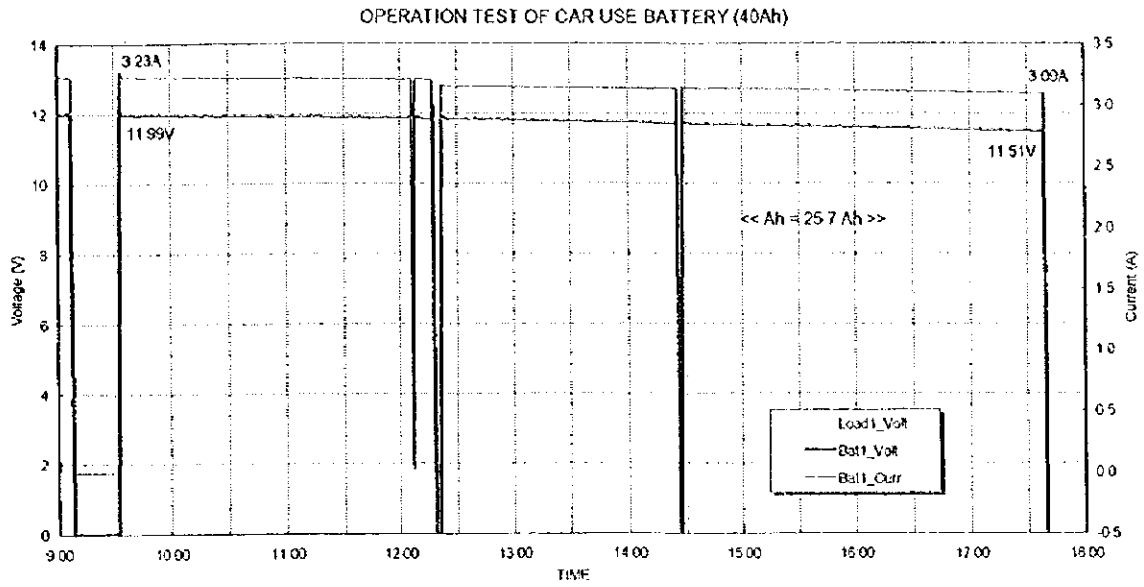


図 4-4 自動車用 40Ah 蓄電池放電特性 (現地製)

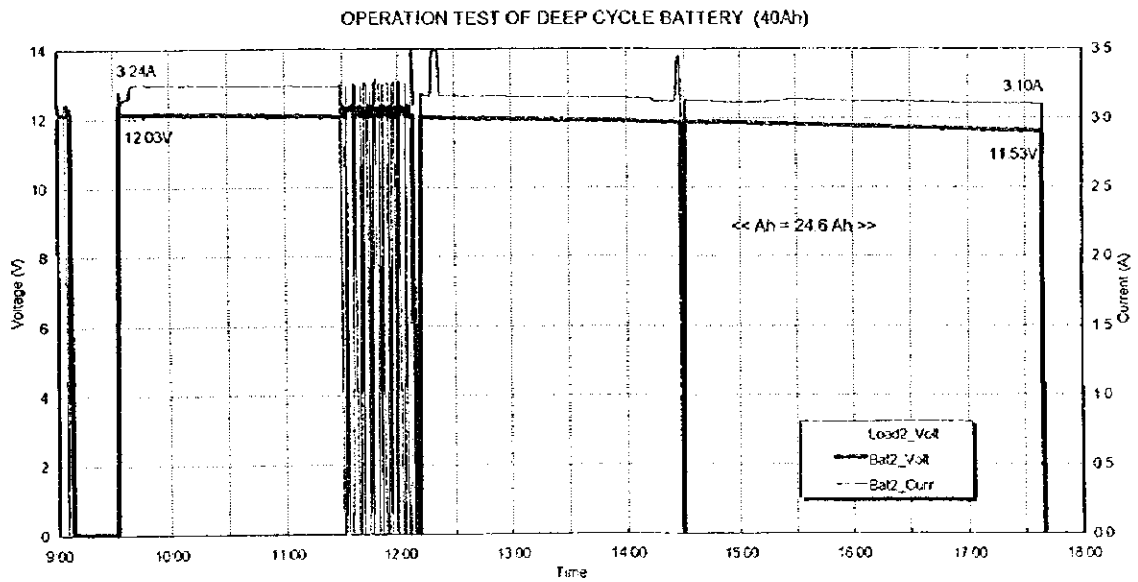
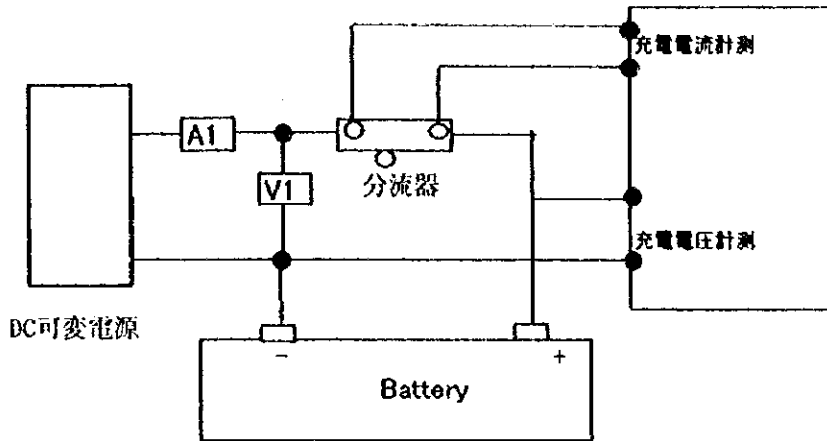
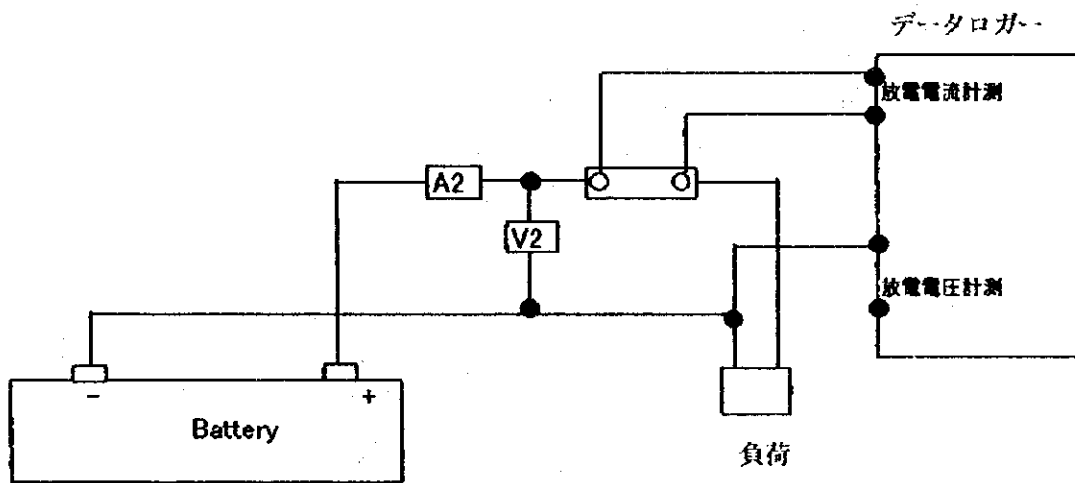


図 4-5 PV システム用 40Ah 蓄電池放電特性 (現地製)
(ディープサイクル形蓄電池)



A1 充電電流計測
 V1 充電電圧計測
 分流器 データロガー用電流計測用

図4-6 Battery充電試験回路



A2 放電電流計測
 V2 放電電圧計測
 分流器 データロガー用電流計測用

図4-7 Battery放電試験回路

今回のモニタリングに使用するチャージコントローラーは機器の価格が安く、信頼性と故障時の判断が容易で、現地で使い慣れている有接点方式を採用することにした。現地には、この電磁リレー方式チャージコントローラーの製作販売会社として、Battery World社と Sollatek社の2社が有り、Battery World社製の方が常時使用中の電力消費が小さく設計されている為、これを採用する事にした。(写真4-8, 写真4-9) 各社のチャージコントローラーの特性は以下の通りである。

Sollatek社製チャージコントローラー特性評価データ

型式：SPCC 20-5

仕様：DC12(V) 20(A)

LED点灯時における自己消費電流値

LED表示名	点灯電圧 (H-L) (V)	点灯電流 (H-L) (mA)	点灯電圧 (L-H) (V)	点灯電流 (L-H) (mA)
BATT FULL	16.73	213.0	16.40	195.5
BATT GOOD	12.90	185.2	13.25	180.0
BATT LOW	12.85	177.1	12.93	177.1
LOAD OFF	12.80	116.0	12.80	120.0

(注) H-Lはバッテリー電圧を高い方から下げていった時の特性

L-Hはバッテリー電圧を低い方から上げていった時の特性

供給電圧に対する自己消費電流値

バッテリー電圧 (V)	消費電流 (H-L) (mA)	消費電流 (L-H) (mA)
17.0	176.0	174.2
16.0	161.6	225.2
15.0	147.8	208.2
14.0	132.0	192.4
13.0	175.6	122.3
12.0	108.9	108.9
11.0	95.6	95.6

過充電・過放電制御動作特性

過充電防止電圧動作範囲	充電停止電圧	15.1 (V)
	再充電開始電圧	12.8 (V)
過放電防止電圧動作範囲	負荷解放電圧	11.85 (V)
	再負荷接続電圧	12.3 (V)

自己最大消費電流が 225.2mA と大きいため、PV25W 程度の小容量 PV システムに使用するには自己消費が大きく、実際の照明等に使える電力が小さくなるため適当ではない。1日の自己消費電流は：

$$\text{最大電流時} : 0.2252(\text{A}) \times 24(\text{h}) = 5.4(\text{Ah/Day})$$

$$\text{平均電流時} : 0.1756(\text{A}) \times 24(\text{h}) = 4.2(\text{Ah/Day})$$

この電流消費量は蛍光灯(PL7W)2灯を4時間点灯するのに等しい。小容量システムでは特に自己消費電流の少ないチャージコントローラーを選定する必要がある。

Battery World 社製チャージコントローラー特性評価データ

型名：SOLAR REGULATOR

仕様：DC12(V) 20(A)

LED 点灯時における自己消費電流値

LED 表示	点灯電圧 (L-H) (V)	点灯電流 (L-H) (mA)	備考
赤	10.00	92.60	
赤	10.93	113.20	
黄	12.00	122.00	
緑	12.72	12.27	負荷接続
緑	13.01	11.42	
緑	14.00	11.41	
黄	14.20	145.60	充電停止
黄	15.00	150.10	

(注) L-H はバッテリー電圧を低い方から上げていった時の特性

LED 表示	点灯電圧 (H-L) (V)	点灯電流 (H-L) (mA)	備考
黄	15.00	150.10	
緑	14.00	125.20	
緑	12.77	12.60	充電開始
緑	12.00	11.32	
緑	11.00	11.31	
赤	10.90	109.30	負荷切離し
赤	10.00	93.00	

(注) H-L はバッテリー電圧を高い方から下げていった時の特性

過充電・過放電制御動作特性

過充電防止電圧動作範囲	充電停止電圧	14.2 (V)
	再充電開始電圧	12.77 (V)
過放電防止電圧動作範囲	負荷解放電圧	10.9 (V)
	再負荷接続電圧	12.72 (V)

Battery World 社のチャージコントローラーの過充電・過放電のリレーの使い方は、常時通電方式ではなく、必要時のみ通電するため自己電力消費が少ない。しかし、問題点としては、バッテリー電圧が低下した場合の過放電保護動作時にもリレー・コイルに通電されていることが課題である。

(4) 蛍光灯器具 (写真 4-10)

現地で市販されている PV システム用の蛍光灯器具は、国内で製造されており、これらの器具には直流電源で蛍光灯を点灯するためのインバーターが内蔵されている。今回評価した製品は次の通り：

1) Sollatek 社 蛍光灯器具 直流 12(V)電源用

使用ランプ： 4ピン PL ランプ 7(W)・9(W) 蛍光管

2) SOLAREX 社 蛍光灯器具 直流 12(V)電源用

使用ランプ： 2ピン PL ランプ 7(W)・9(W) 蛍光管

SOLAREX 社の 2ピンランプは、ランプはグロースタート点灯であり、点灯時に定格電流の約 5 倍以上のスタート電流が流れるため小規模 PV システムには適していない。

3) SOLARCOMM 社 蛍光灯器具 直流 12(V)電源用

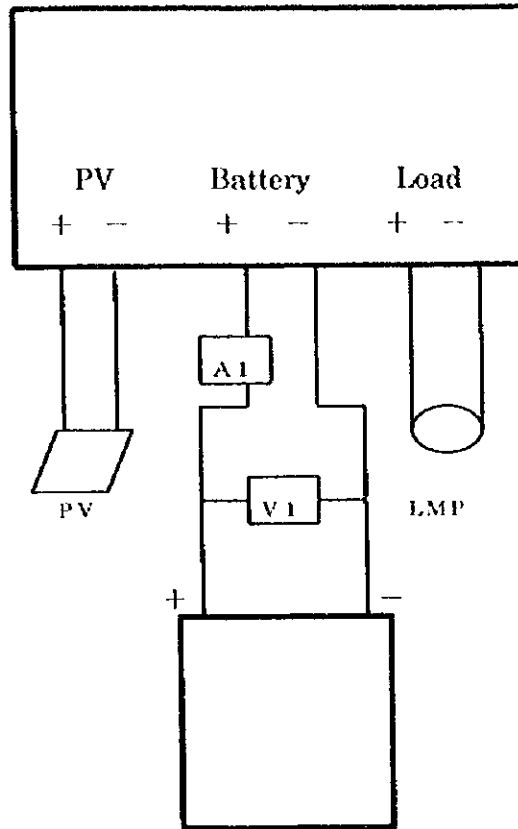
使用ランプ： 4ピン PL ランプ 7(W)・9(W) 蛍光管

PL ランプは省電力高輝度ランプであり、小規模 PV 照明システムに向いているためこのランプを使った蛍光灯器具の性能特性試験を実施した。

性能特性試験測定方法は、直流定圧電源装置により、DC12V 電圧を蛍光灯器具に供給し、インバーター DC 入力の消費電流及び、インバーター出力交流側の電力波形をシンクロスコープによりノイズの有無を試験した。その他、PCB(Print Circuit Board) 基盤の材質の比較を行った。(Glass-Epoxy Resin が望ましい)。

評価の結果は、消費電力については表4-2に示すように SOLAREX 社の製品が電力消費量は少し大きい。電力波形については3社ともサイン波形になっており特に問題がない。PCB 基盤の材質は Sollatek だけがガラスエポキシを使用していた。本調査のモニタリングシステムには、電力消費が少なく、インバーター回路の仕様部品の品質が良く、交流波形が整って安定し、PCB は電気絶縁性の高いガラスエポキシ (Glass-Epoxy Resin) を使用しているなど、総合的に品質の高い SOLATEK 社の蛍光灯器具を

チャージコントローラ 本体



可変直流電源

DC0 (v)~30(v)可変式

- V1 チャージコントローラの供給電圧計測 電圧は次の範囲で変動させる
 動作電圧計測値 HVD 14.5 (v)
 HVR 13.0 (v)
 LVD 11.5 (v)
 LVR 12.5 (v)

- A1 チャージコントローラ 回路消費電流計測

図4-8 チャージコントローラ評価特性試験回路説明図

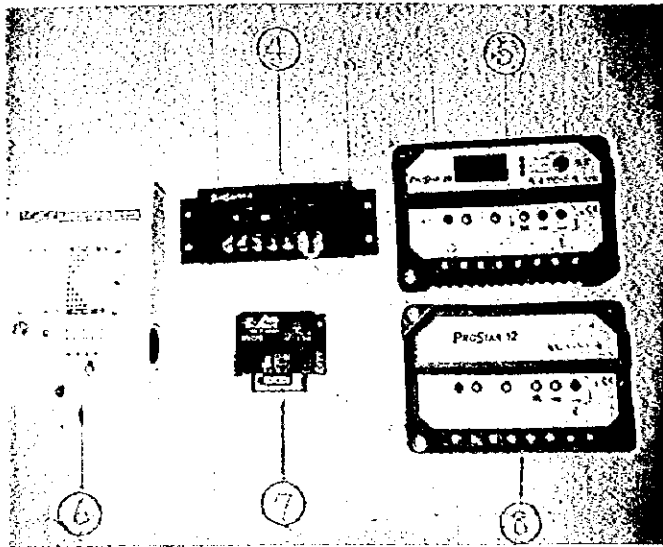


写真 4-6

ハイブリッド 半導体方式

- 4. SOLAREX社販売 Z\$ 655
- 5. " Z\$2,399
- 6. " Z\$1,100
- 7. " Z\$ 660
- 8. " Z\$1,400

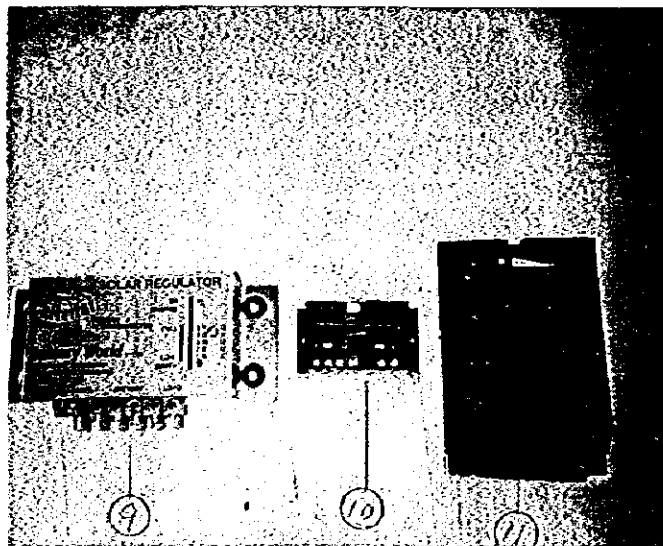


写真 4-7

ハイブリッド リイ方式

9. BATTERY WORLD社製

Z\$ 690

10. SOLLATEK社製

Z\$ 357

11. " Z\$ 731

BATTERY WORLD社製チャージコントローラの改造・試作品

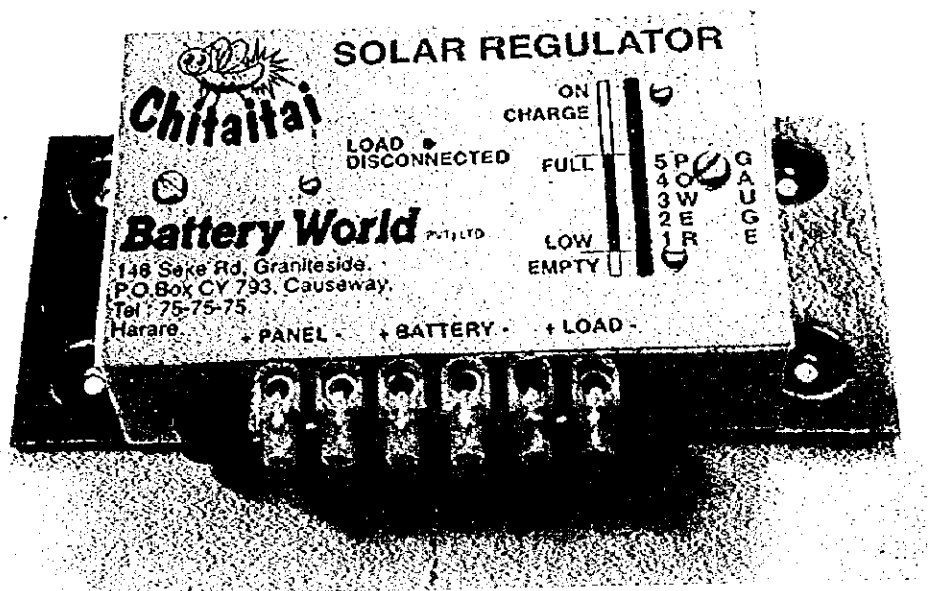


写真 4-8 PV システムの改良部品の設計・試作
正 面 改造前の標準品

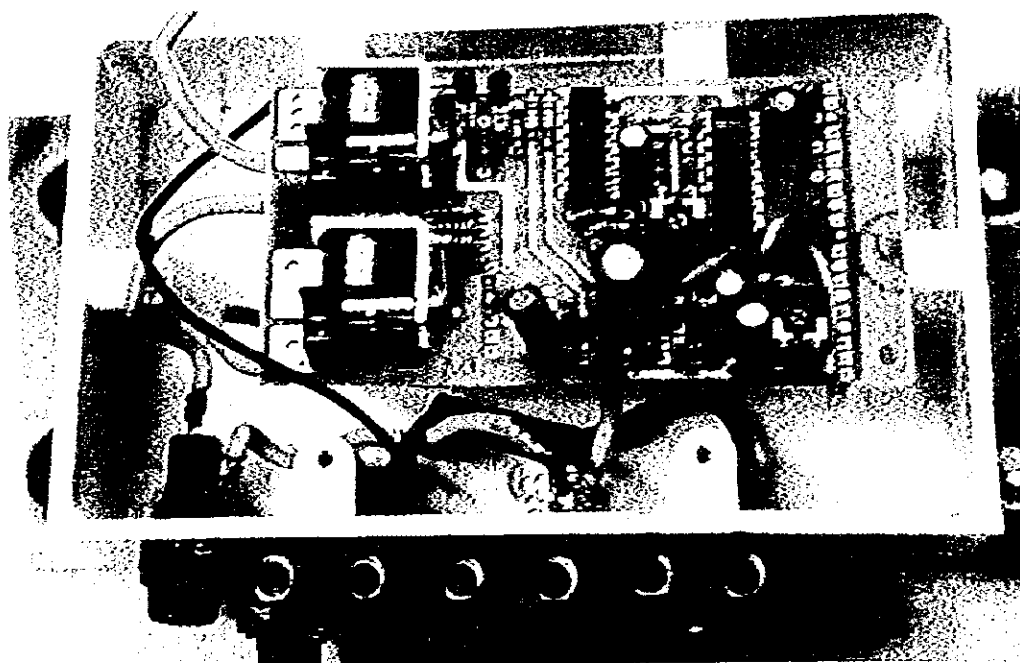


写真 4-9 標準品内部の PCB 基板
標準品内部の PCB 基板

使うことにした。蛍光灯の寿命を長くするためインバーターの出力交流波形はサイン波形に近いほど、蛍光灯の寿命を長くするため、特に重要である。

良い波形と悪い波形の参考データ写真(4-18)を参照。

表 4-2 蛍光灯評価特性表

メーカー名	ランプ仕様	直流側			交流側
		電圧(V)	電流(A)	電力(W)	周波数(kHz)
Sollatek	PL 7W 4pin	12	0.58	6.96	45.24
	PL 9W 4pin	12	0.63	7.56	45.20
SOLARCOMM	PL 7W 4pin	12	0.62	7.44	35.08
	PL 9W 4pin	12	0.73	8.76	35.08
SOLAREX	PL 7W 2pin	12	0.91	10.93	18.41
	PL 9W 2pin	12	1.19	14.28	18.41

(5) 直流電圧降下器(写真 4-11)

直流電圧降下器は、直流 12(V)電源で直流 9(V)のラジオ又はラジオカセットを使用する場合に必要な機器である。直流電圧を降下させるにはシリーズレギュレーターを使って、直流 12(V)を 9(V)または 6(V)に降下させるのが一般的である。現地でも同様な製品が市販されている。

次の 2 社製品を購入し評価を実施した。評価方法は、直流定圧電源装置(12V)を直流電圧降下器に接続し、直流電圧降下器の出力側(DC9V 側)に 50W 可変抵抗を接続し、電源側(12V)入力電流と出力側電圧降下値とそれぞれの電流を測定し、電圧降下の内部損失を調べた。

- 1) Sollatek 社製(写真 4-11 の 14)(LED 電流表示無し)
- 2) SOLACOMM 社製(写真 4-11 の 15)(LED 電流表示付き)

SOLACOMM 社の電圧降下器は本体に LED が取り付けられ LED を点灯し、通電表示をしているが通電状態の確認をする必要がなく、さらに LED による電力消費が有るため無駄な電力消費に繋がることは省くほうが良い。

評価結果は、両社の製品には電圧低下に使用されている半導体(シリコン ドロップー)に同種の部品が使われ、外観的にも同じ大きさであり、特に差異はない、今回は LED 表示が無くその分だけ自己電力消費が少ない Sollatek 社製を採用した。

表 4-3 直流電圧降下器評価結果

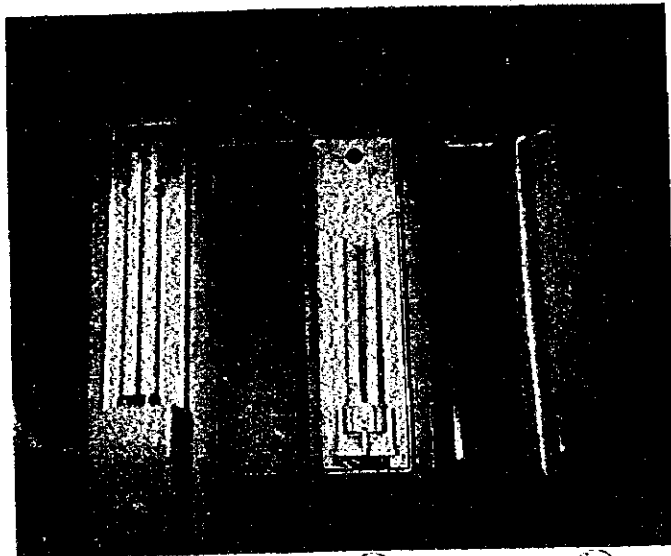
メーカー名	電源側		電圧降下側		摘要
	電圧 (V)	電流 (mA)	電圧 (V)	電流 (mA)	
Sollatek	12	4.8	8.96	0	無負荷
	12	163.4	8.02	159.1	負荷
	12	303.7	7.15	300.0	負荷
SOLACOMM	12	16.5	8.90	0	無負荷
	12	217.0	8.02	200.0	負荷
	12	319.5	7.21	300.0	負荷

4.1.3 現地製 PV 構成部品の改善策

(1) チャージコントローラーの改善

第1次現地調査時に2社のチャージコントローラーの性能評価を行ない、その結果をふまえチャージコントローラーの設定値を指示し、発注仕様書（表4-4）を添付して今回使用するチャージコントローラー100台を発注した。納品時には全てのチャージコントローラーに機番を付け、充放電制御に設定した実作動電圧データを表にして提出するよう依頼したが、納入は約3ヶ月間という長期間の分納になった。第2次現地調査時にこのチャージコントローラーを使用して、PVシステムの設備取付工事を行なった。

チャージコントローラーはPVシステムの稼動を左右する重要な機器であるが、コントロールを行うために僅かではあるが常に電気を消費する。JICAが設置するような小容量のシステムでは、特に自己消費電力の極端に少ない機器が望ましい。



①

②

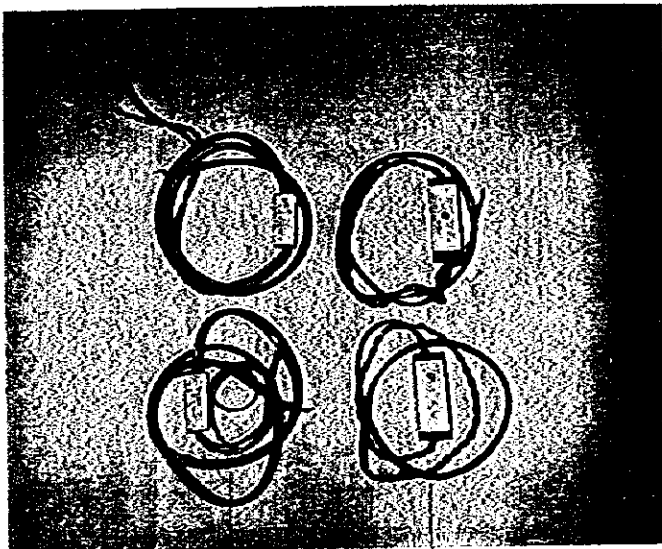
③

ZIMBABWEで市販されている PV 機器

写真 4-10

PV 用蛍光灯灯具

1. SOLAREX 社製 PL 2ピ> 11(W)
価格 Z\$420
2. SOLACOMM 社製 PL 4ピ> 7(W)
価格 Z\$365
3. SOLLATEK 社製 PL 4ピ> 9(W)
価格 Z\$330



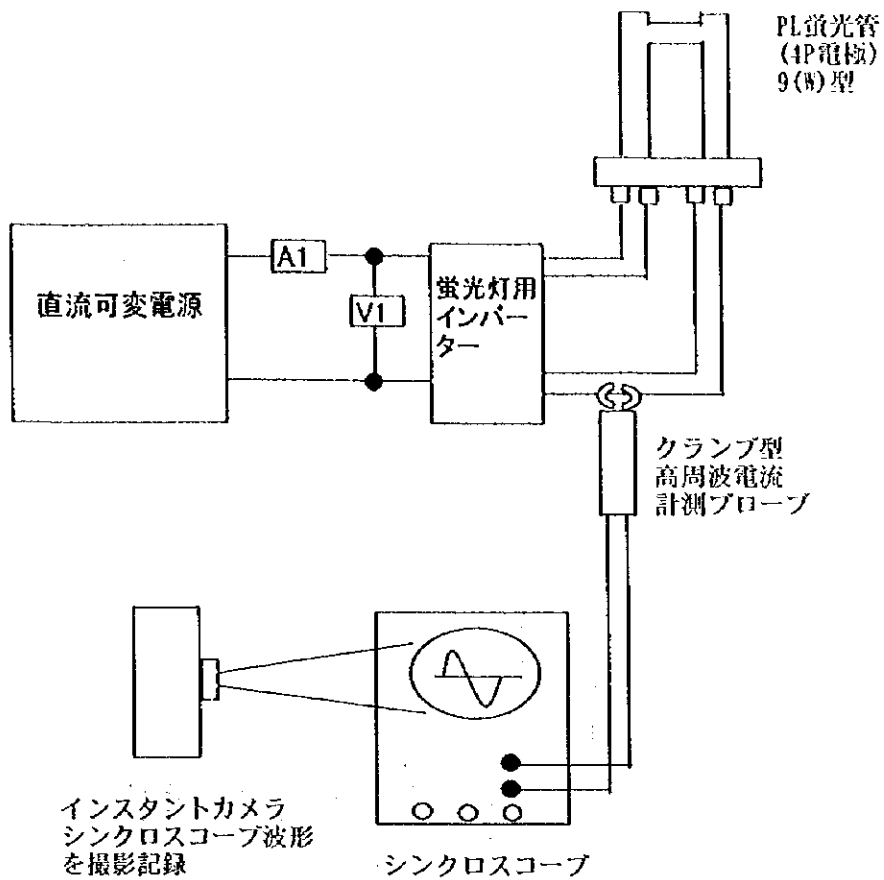
⑭

⑮

写真 4-11

電圧降下器

14. SOLLATEK 社製
15. SOLLACOMM 社製



- A1 インバータ直流入力電流計測
- V1 インバータ直流入力電圧計測

図4-9 蛍光灯インバーター特性評価試験回路

直流電圧降下器特性試験計測回路説明図

DC12(V)電圧を、ラジオ及びラジオカセット用のDC9(V)に低下させる機器で、アルミケース内部に半導体電圧ドロップャーが取り付けられている、通常ラジオカセット等の電流消費は130(mA)程度であり、この程度の電圧降下に使う部品は3端子レギュレータが、一般的に多く使われている、理由は入力電圧の変動に対し、安定した出力電圧が得られ、さらに安価であるためである。

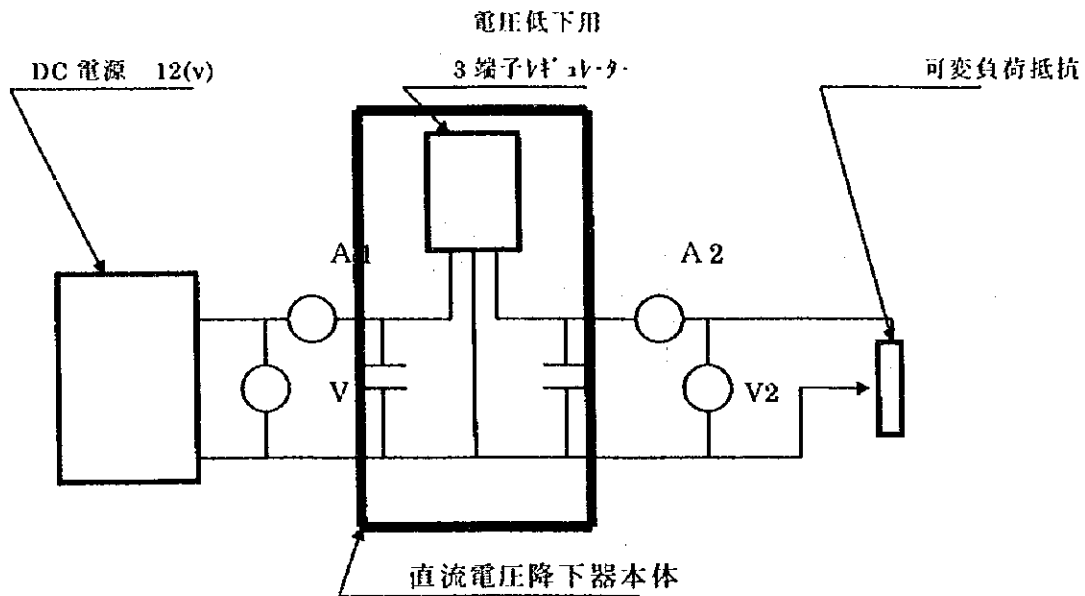


図 4-10 計測及び内部接続説明回路図

特性計測機器及び仕様

- | | |
|-------------------|-------------------|
| 1. 直流安定化電源 | 出力電圧 0(v)から 30(v) |
| | 出力電流 0(A)から 10(A) |
| 2. A1 直流供給側電流計 | Max500(mA) |
| 3. V1 " 電圧計 | " 30 (v) |
| 4. 直流電圧降下器本体 | |
| 内部に3端子電圧降下IC内蔵 | |
| 直流入力電圧 | DC 12(v)から 20(v) |
| " 電流 | DC 2(A) |
| 5. A2 直流出力電圧 | DC 9(v)一定 |
| V2 " 電流 | DC 2(A) max |
| 6. 負荷側電流調整負荷可変抵抗器 | |

今回の調査では、一般家庭用に 100 台、公共施設用に約 30 台のチャージコントローラーが必要であり、第 1 次現地調査で実施した特性評価の結果を検討し、BATTERY WORLD 社製のチャージコントローラーを一部改良して省電力化を図り採用することとした（このチャージコントローラーは専用のバッテリー電圧検出回路がないため、基板の一部を改造して専用のバッテリー電圧検出回路を設け動作精度を高めると同時に、容易にモニタリングが出来るようにする）。

具体的な改造項目は以下の通りで、改造図面は図 4-11 に示す。

- 1) 標示用 LED 10 個を 2 個に減らす（赤：過放電状態標示、黄色：充電状態標示）
- 2) 標示用 LED を本体から分離する（別の小さな箱に表示用 LED をとりつける）
- 3) PCB 基板の改造（図面の x 印部分、その他を改造）

これらの改造は実際に BATTERY WORLD 社のチャージコントローラーの自己消費電力を下げるために LED の個数を減らし、動作を確認した上で改造部分の図面を添付して BATTERY WORLD 社に製造を依頼した。

しかし、このチャージコントローラーは自己消費電力の他に以下に述べるような問題点があった。

1) チャージコントローラーの結線接続順序。

動作不良で撤去したチャージコントローラーをメーカーに持ち込み動作検査を依頼したところ、設置する場合に結線の順序があり、その順に接続しなければ正常な動作をしないと説明された。

結線順序（図 4-12）

- 1番 PVからの電線を接続
- 2番 負荷への電線を接続
- 3番 Battery Voltage Sensorを接続
- 4番 最後にBatteryを接続

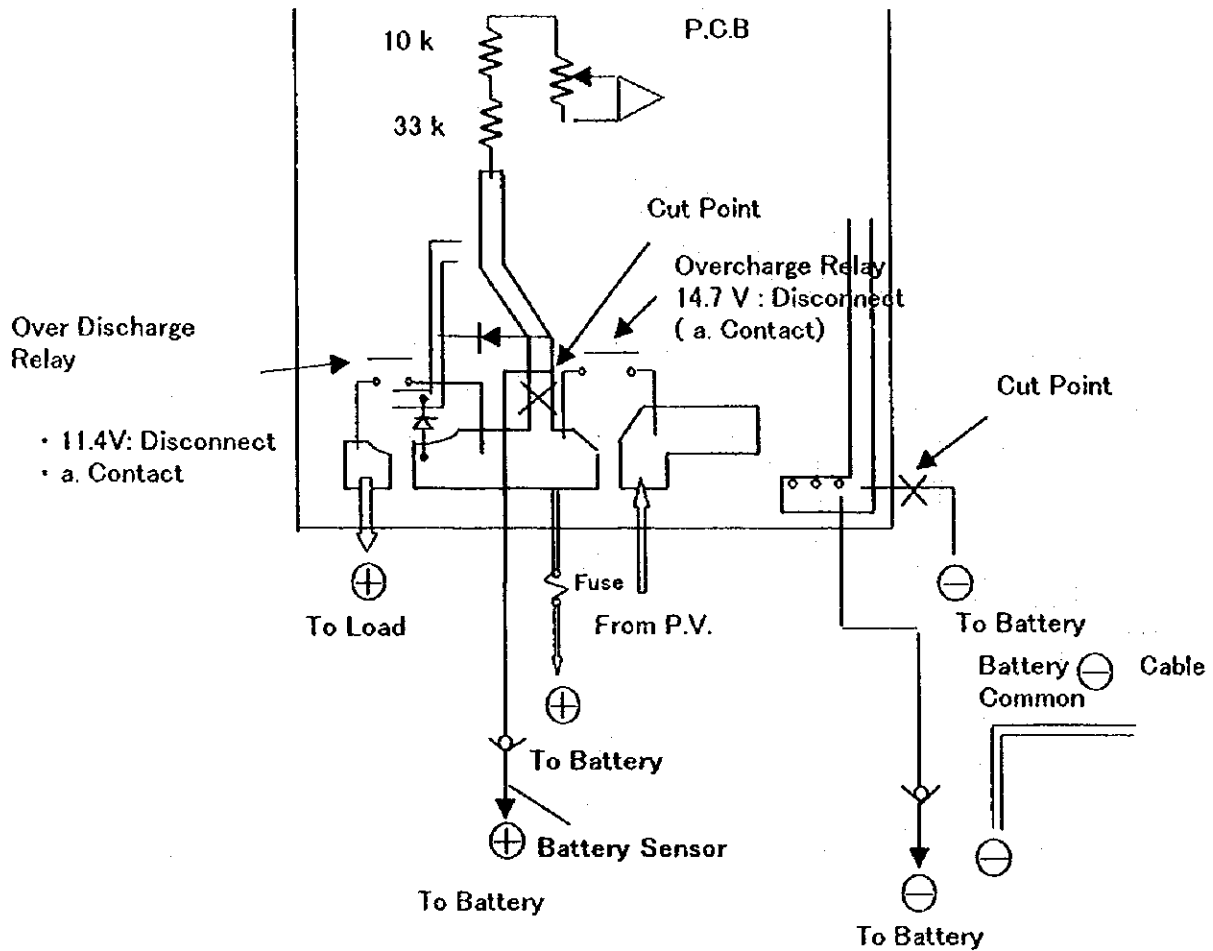


図 4-11 チャージコントローラ改良図面

チャージコントローラーの電線接続順序

- (1) 番目にPVからの電線を接続
- (2) 番目に負荷への電線を接続
- (3) 番目にSENERの電線を接続
- (4) 番目にBatteryからの電線を接続

以上の接続順序を違えるとチャージコントローラーは正常な動作が出来ないので注意をすること。

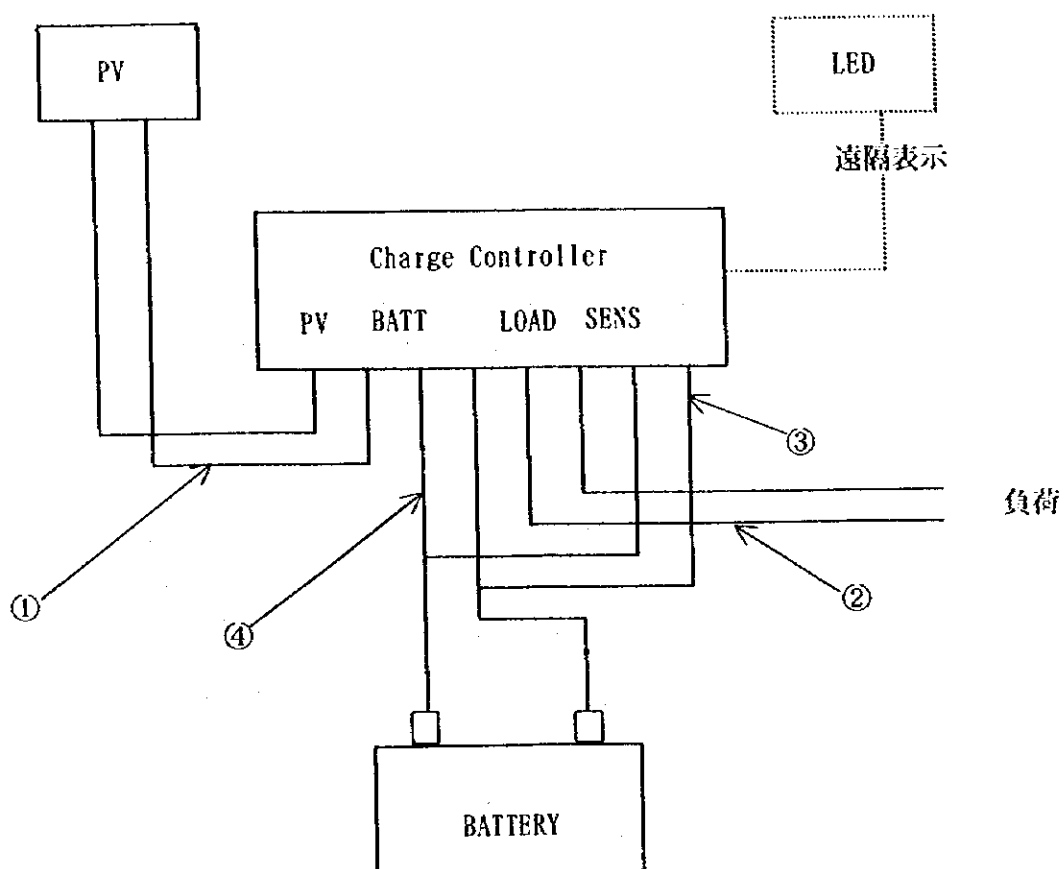


図4-12 チャージコントローラーの電線接続順序

表 4-4 Set Voltage of Charge Controller

Name	LVD (v)	LRC (v)	HVD (v)	HVR (v)	Remarks
	11.7	*12.2	14.2	12.6	Car Battery with LED
	10.8 - 11.0	*12.2	14.2	12.6	Deep Cycle Battery with LED
	11.7	*12.2	14.2	12.6	Car Battery without LED
	10.8 - 11.0	*12.2	14.2	12.6	Deep Cycle Battery without LED
For Reference: Set Voltage of Other Charge Controller					
GEF	11.5	12.5	14.5	13.5	
JICA	11.7	12.7	14.5	13.5	
Sollatec	11.4	12.3	14.5	12.6	
TRACE	11.5	13.0	14.0	13.5	
SAFT	11.3	13.1	14.3	12.2	
Morningstar (Prostar)	11.4	12.5	15.5	14.1	For Sealed Battery

* Check if can be Raised to 12.6 (v)

LVD Load Disconnect
LVR Load Reconnect
HVD Charge Disconnect
HVR Charge Reconnect

現場設置作業に於いて、結線の順序を考慮して配線することは間違える可能性が高く、今回100台設置したチャージコントローラにも多数の動作不良が発生した。

2) Batteryの最低必要電圧値

Battery電圧が10V以下の場合チャージコントローラーは正常動作しない。接続時にはBattery電圧が11V~12V以上必要である。Batteryは納入する時に満充電されていても設置工事迄に1ヶ月経過すればBattery電圧は10V以下になりうるので、場合によっては設置後コントローラーを通さず直接充電して電圧が回復後、コントローラーを起動させることが必要であった。

3) 標準品以外の特注品製作

今回調査したジンバブエのPVシステム機器メーカーは、資金不足のため部品の在庫は持たず、電子部品等は必要最小量を親会社へ注文し、現地では組立、調整のみで出荷している。そのため、電子部品、プリント基板、外函、表面パネル等の変更、改造を依頼した場合、変更に伴う部材の在庫がなく、特注用の部材が容易に入手出来ない為、通常は仕様の変更に応じられない。無理に変更を依頼すると、手持ちの部材で応急的な変更のみで機器を納入するため、無理に製作した粗悪品の納品になる。今回発注のチャージコントローラーは改造品として遠隔LED表示方式型 (Battery電圧状態表

示用LEDを2メートルほど本体から分離した製品）（写真4-12～4-14）及びLEDを全て省いた型（写真4-15～4-16）を注文したが、工場のあり合わせのボックス、電材を使用して製造されており、長期間安定使用の保証はない。

4) チャージコントローラーの自己消費電流

現地製チャージコントローラーは約120mA～180mAの自己消費電流があり、1日24時間では2.9 Ah/Day～4.3 Ah/Dayになり、PV 25Wシステムの1日の平均発電電流量は約 $1.5A \times 5h = 7.5Ah/Day$ で、それに対し40%～60%もチャージコントローラーの自己消費に使用される。蛍光灯器具9W 1灯であれば3.6～5.4時間の点灯時間に相当する大きい消費電流量で、この点を改善する必要がある。

(2) Battery

現地のBattery製造販売は2社が行っており、その内の1社ではSolar用のBatteryを販売している、この社のBatteryを購入しJICAのPVシステムに設置を行った。このBatteryは機構的に次のような問題点がありメーカーに改善を申し入れたが、現状では各部品を国外から調達しているため改善ができないとの回答があった。

主な問題点としては、Battery液注入口の蓋が不完全で、埃や虫が入りやすい。Batteryの電極が丸型であり電線との固着が容易でないため、平形ネジ端子型に改善が必要。Battery Box上部に記された電極の極性+-表示と、実際の極性の+-の表示が違っているものがあった（+-が逆になっているので、チャージコントローラー等に接続する場合、極性の逆電圧が機器に供給され、機器を焼損させる恐れがあり、たへん危険である）。場合によっては、補水の必要がなく、取り扱い時に転倒しても液の漏洩の無い、ケーブル接続電極も平形ネジ端子が標準装備された、一般的にシールド型と言われているタイプの使用も考慮する。

参考までに（写真4-17）を参照

写真 4-12 改造型チャージコントローラーLED表示器



遠隔 LED 表示器
Battery 電圧状態表示用 LED
部分を約 2 米程本体から離し
た、壁面取り付け型

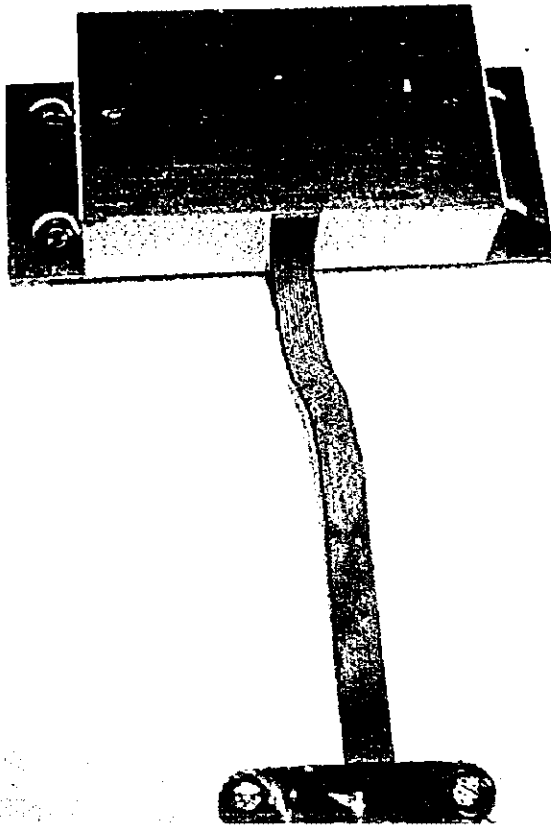


写真 4-13 改造型チャージコントローラ

LED 表示部分を壁面取り付けし
見やすくした。

メーカー標準品のボックスを使用している
ため大きな箱になっている。

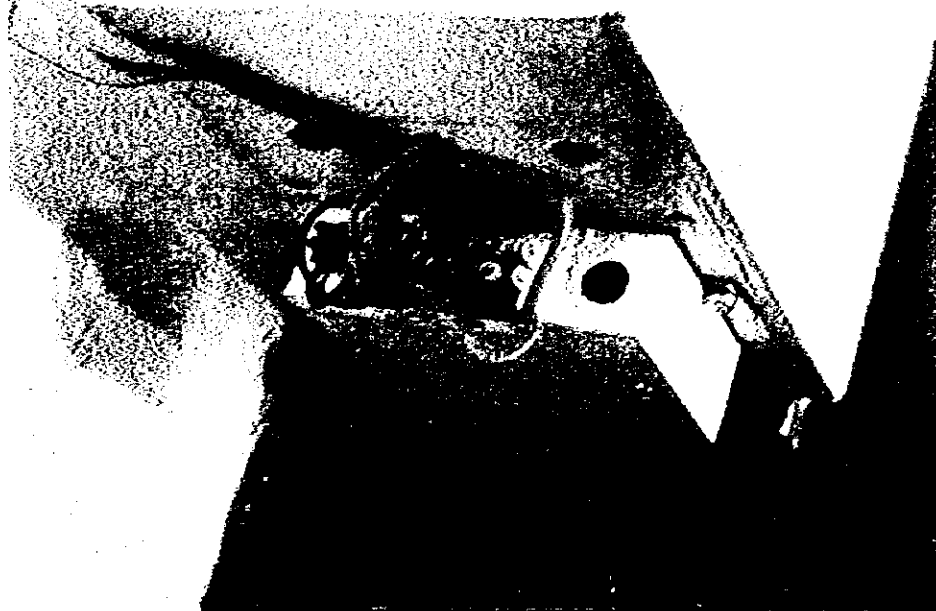


写真 4-14

チャージコントローラ本体部分
(LED 表示部分は付い
ていない)

Battery ファージコントローラ電圧表示部の無い型

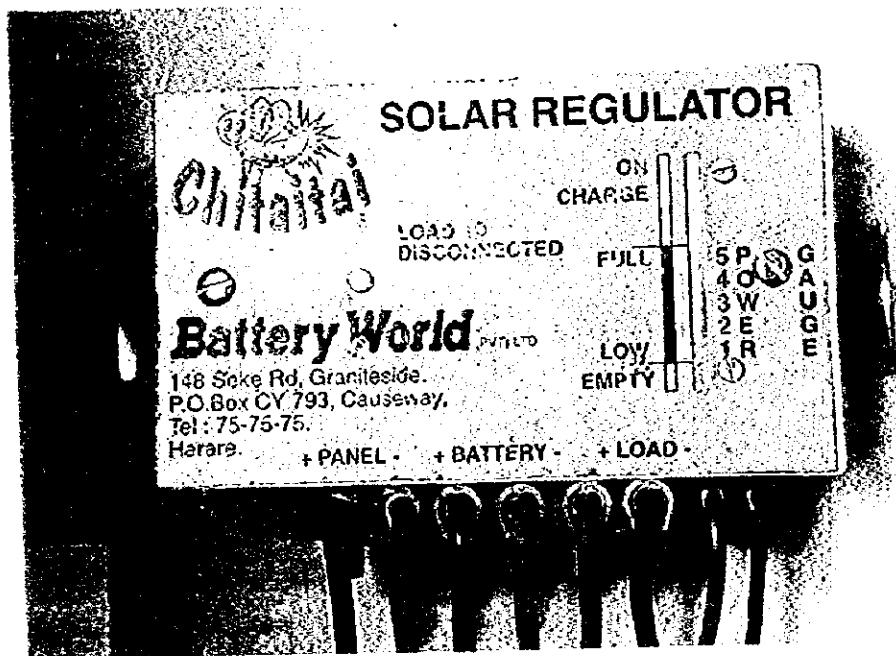


写真 4-15

Battery World 社製 ファージコントローラ-LED 表示部分の無い型

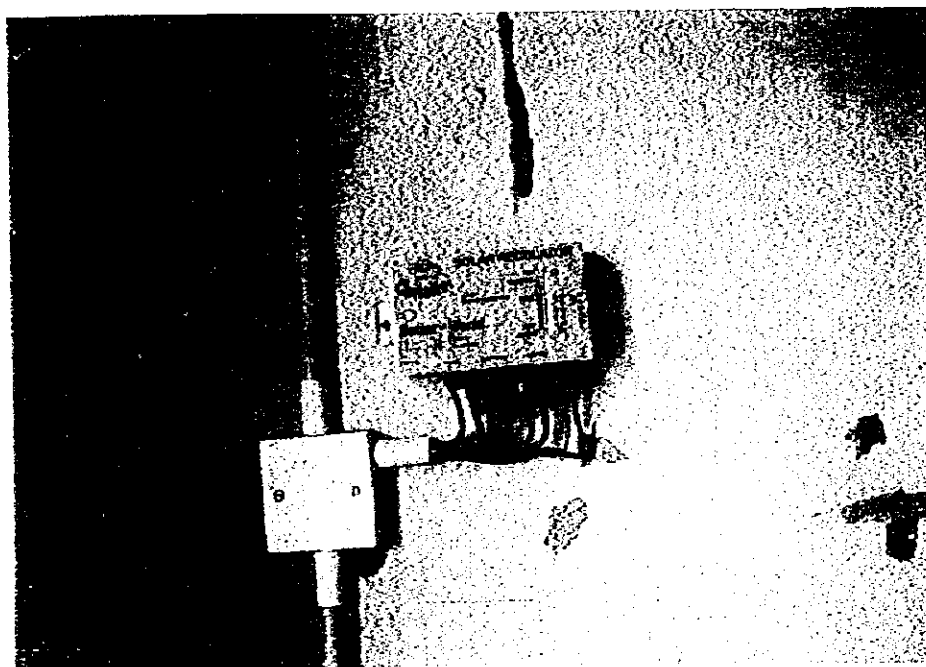


写真 4-16

ファージコントローラ本体部分

壁面取り付け状態
(LED 表示部分無し)

4.2 PV設置工事

4.2.1 PV設置工事の状況

一般家庭の設置工事は、Munnyati Solar Distributors(Geja 地区)と Enercare Electrical Consultants(Turf/Monyoni 地区)がそれぞれ約 50 件ずつ担当したが、構成部品の納期遅れもあり、設置完了は大きく遅れた。また、設置技術も充分ではなく設置後、調査団と BUN がチェックし、殆どのシステムで不具合の箇所が有り、手直しを指摘し改善させる必要があった。

設置作業現場にも立ち会ったが、彼らは PV システム設置作業をする場合に必要な、適正な工具を所持しておらず、間に合わせの工具や、不良工具を使っており、調査団が適正な工具を示してもその使用方法を知らなかった。システムの設置に関し、最も重要な PV モジュールの方向、傾斜角にしてもその測定器具がないため、調査団の指示した方向・角度を正確に設定することが出来なかった。設置後の利用者に対するシステム利用方法に関する指導も十分ではなく、BUN の技術者がモニタリングに訪問した時を利用して再度行った。

一方、公共施設の設置工事は、Kadoma にある JOTPAV Solar Systems に担当させ、設置技術は一般家庭を担当した 2 社より上であった。しかし、モジュールの傾斜角は大きすぎたり、バッテリーとの結線で不適当な方法が採られていた。システム設置業者については、カウンターパートの意見も参考にして選考したが、同じ業者内でも担当する技術者によって大きな技術の差があることが分かった。時間的な余裕があれば、調査団が設置技術をトレーニングしてから、実際の設置をさせる必要があった。

4.2.2 PV設置工事の改善策

(1) 工事資機材

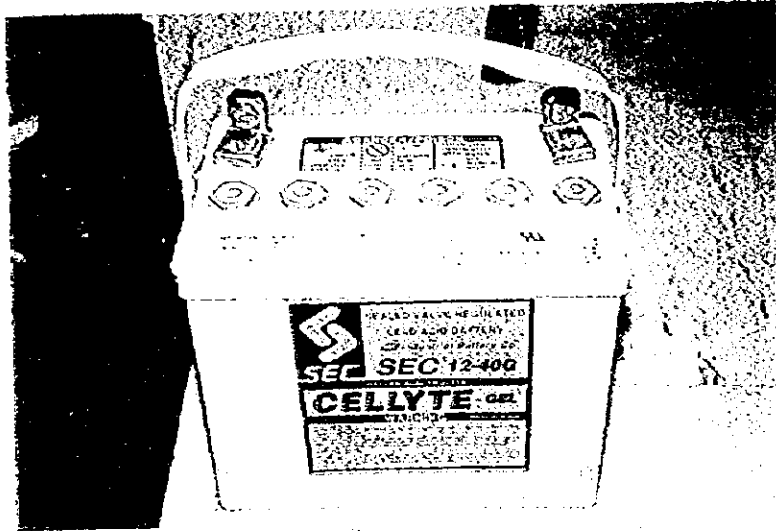
1) PV 設置用フレーム：現状

L 型アングルを使用し、町の鉄工場で適当に溶接している業者もあり、フレームの出来上がりが統一されていないのをよく見掛けた。設計図面に従って製作しているかどうか疑わしいものが多い。したがって、フレームに必要な基本条件である「強度」「南北方向の傾斜角」「東西方向の水平性」がほとんど管理されていなかった。

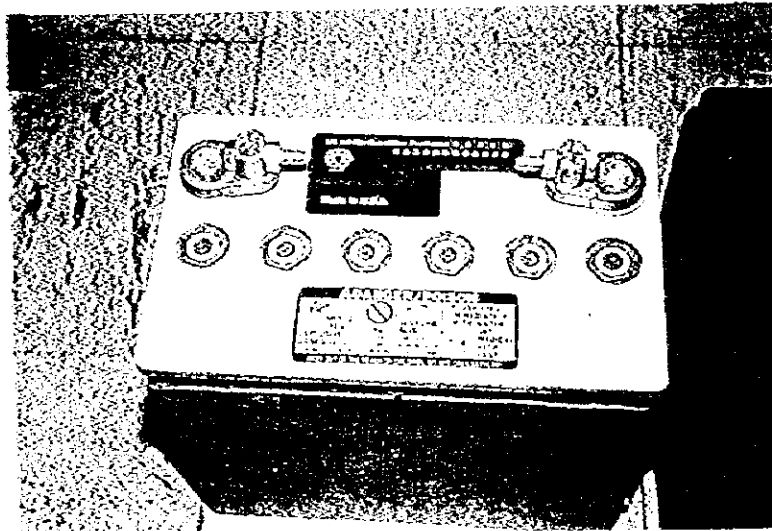
写真 4-17

メンテナンス フリー型 BATTERY

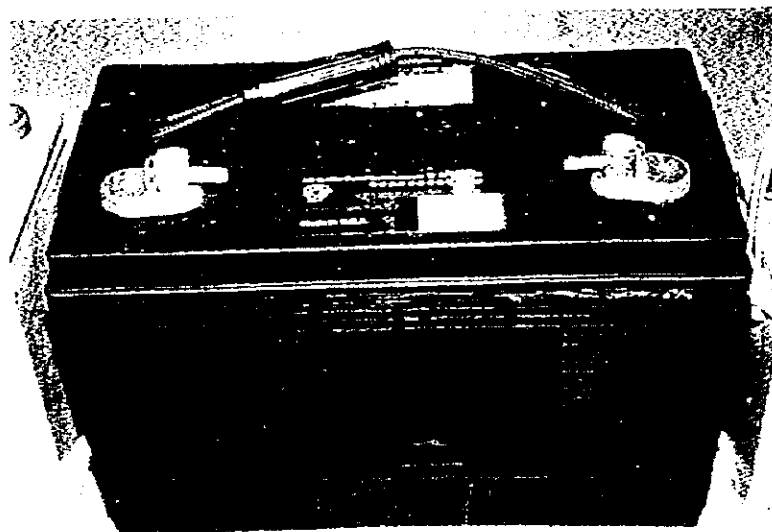
(写真は参考例 完全シール型 BATTERY)



40(Ah)



60(Ah)



110(Ah)

一部の業者が「傾斜角」を三角の治具を使用しジンバブエで最適傾斜角の範囲を満たす約 22.5 度に管理していた。この業者のフレームは出来上がりも良く問題はなかった。しかしここでも、東西方向の水平度すなわち支持支柱に対して直角にする治具は使用しておらず、今一步の改善が望まれる。

2) 改善策： フレームの基本条件を満足させるため、傾斜角度の管理を特に強調したい。そのため、角度設定用の三角の治具を作成しこれを用いて水平面に対する傾斜角を決定すること。その際の傾斜角は混乱を避けるため、全国の平均緯度にあわせて約 20 度の角度を選定しておくのが現実的である。東西方向は常に水平に保つため、直角の治具を使用し、支持支柱に対して直角に溶接管理することが望ましい。

(2) PV モジュールの設置工事

この国で採用しているモジュールの支持方法は、次の 3 つが状況に応じて採用されている。

- a. 家の側壁に真っ直ぐな支柱をボルトで止める方法
- b. 家の側壁に L 型支柱をボルトで止める方法
- c. 家の脇に地表から支柱を立てる方法

このうち、クリニックなどで比較的強度の強い壁を持つ家屋では b. のタイプも見かけたが、あまり強くない当地の家屋では、a. または c. が適当であろう。

写真 4-18 および写真 4-19 に PV アレイ設置する支柱の例を示す。

いずれの設置方法を採用するにしても、PV 用フレームを支える支持支柱が水平面に対して直角に管理されることが重要である。この方法の一例として、支柱の止め穴をすべて開ける前に、支柱の 1 個所のボルトを挿入する穴を開け、PV 用フレームを仮設置しアレイの東西方向を壁面の方向にあわせた上で、傾斜計を用いてアレイの東西方向が水平になる位置を決定後、もう 1 個所のボルト用穴の位置を決定する。次にアレイの東西向きを約 90 度まわして、同じように傾斜計を用いてアレイの東西方向が水平になるようスペーサで、壁面の傾きを補正する。このようにすることによりアレイの支柱は水平面に対して垂直にセットされる。その後、モジュール面が北を向くようにアレイをまわして固定する。最後にアレイの傾斜角を傾斜計で測定し 15 度から 20 度の範囲であれば良い。もし許容範囲を超えていたらスペーサを調節する。

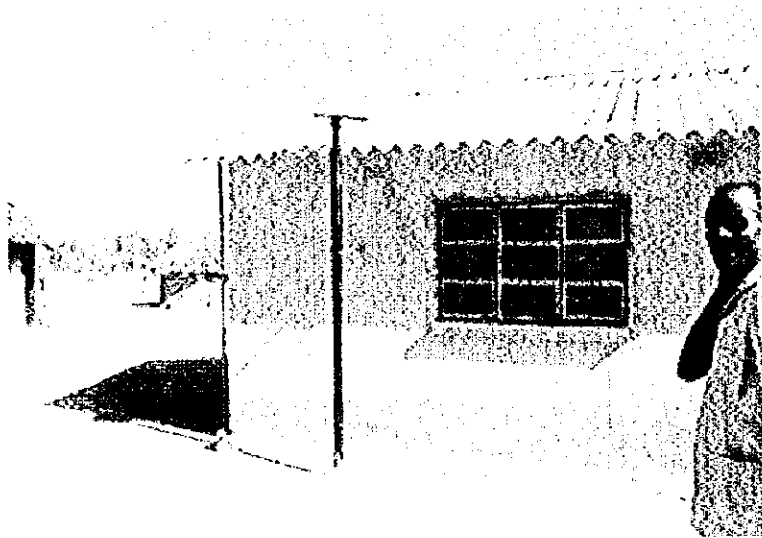


写真 4-18 PVアレイの支柱 (c)

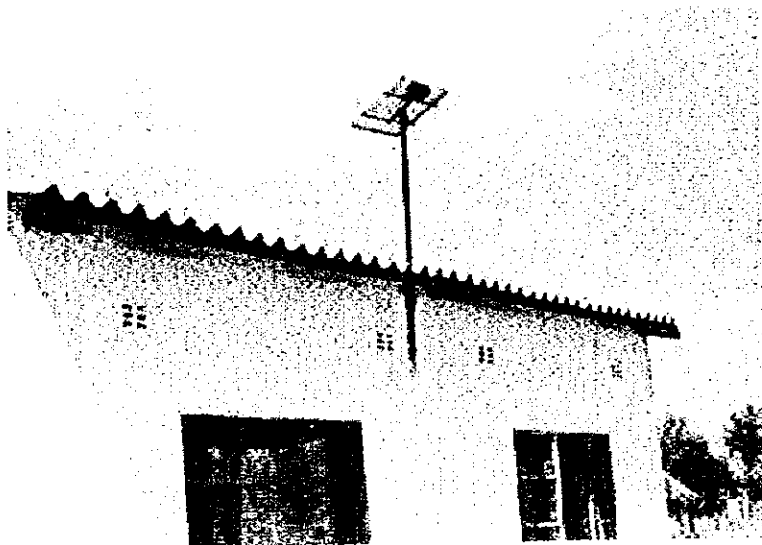


写真 4-19 PVアレイの支柱 (a)

支柱を固定するボルト用の穴あけのため、ドリルはすべて壁面に直角にセットしなければならない。現地の設置業者がしばしば行うようなハンマーでたたいて壁に穴を開けるのは決して行ってはならない。壁に大きなダメージを与えるからである。

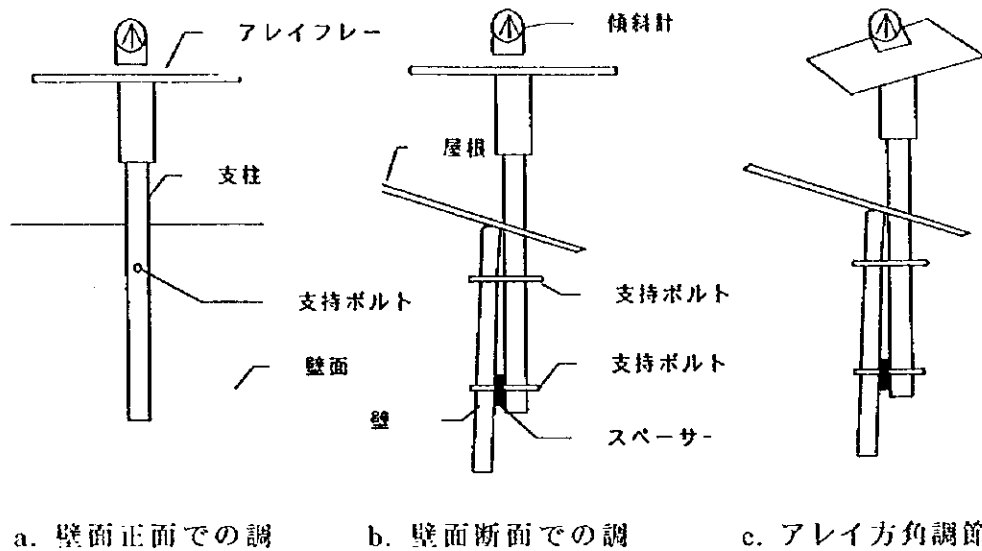


図 4-13 PV アレイ取り付け手順参考図

iii. PV モジュールの方向決定

設置業者は、小さなコンパスを持参して方向を確認しているが、これを用いてモジュールの方向を屋根の上で正確に決定するのは、意外に難しい。実際にもかなりばらつきがあるのが実体である。そこで、もっと簡単に正確な方向づけをするため、現地で簡単に作成し使用できるような補助的道具を考慮して見るのもよい。一例として下記のものはいかがであろうか。その外、設置業者はいろいろな方法を検討する価値がある。

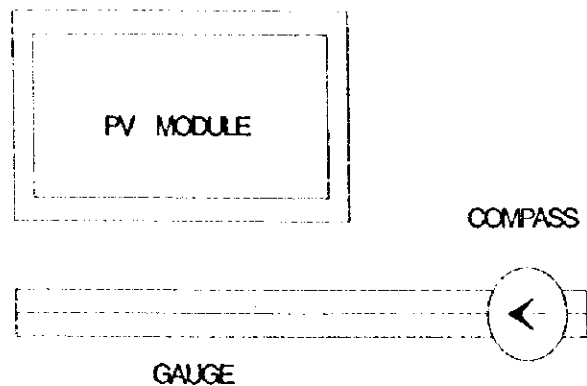


図 4-14 PV アレイオリエンテーションゲージ例

図の目印ラインにコンパスの北をあわせ、それをモジュールの端に沿わせれば正確な方向が定まる。

iv. 配線工事

現地業者は、使用すべき電線サイズに関しては、GEF プロジェクトの経験からよく認識しているようである。しかし、配線工事の状況をみると、あまり感心できない部分もある。

配線中の電線にほとんど区別する目印をつけていない。簡単な配線故、結果は何とかなるが、やはり電線にはっきりした目印をつけて工事を行えば、ミスの防止と、工事期間の節約につながることは間違いない。方法として、例えば、電線にマジックインクで印をつけるだけでも効果があるだろう。

バッテリーの接続に関する注意事項：

バッテリーが接続された状態で PV パネルの接続を変更する必要がある場合、PV モジュールの接続を外す前に必ずバッテリーの端子の接続を外すか、バッテリー又はチャージコントローラのヒューズを外してから行わなければならない。小容量の PV システムでは効率向上のため通常チャージコントローラにマウントされているブロッキングダイオードが省略されているため PV の電線を短絡させると事故になるためである。今回のプロジェクトで、あるインストーラがバッテリーを接続した状態で、PV モジュールの接続変更を行い、外した電線を誤って短絡させたため、チャージコント

ローラのヒューズを溶断させ停電になったトラブルを目撃した。バッテリーを接続したままでの配線作業は、短絡電流による火災ややけどなど重大な災害をもたらす恐れがあるため絶対に避けなければならない。

v. バッテリー端子の接続

バッテリーの構造には、開放型と密閉型がありよく使用される開放型には自動車用バッテリーと PV システムによく使用される Deep Cycle バッテリーがある。電極の端子形状は、自動車用は円柱型、Deep Cycle では角型端子が使われている。

角型端子は圧着端子を用いてケーブルを端子に固定し、円柱型端子は、専用の接続用端子を用いて接続しなければならない。

この国のインストラは、時として円柱端子にケーブルを直接巻き付けることが有るようである。専用端子の持参を忘れ仮工事と思われるが、危険であり絶対にしてはならない。端子形状は、円柱型より角型を奨める。

接続後の端子に腐食防止を目的に、多量のグリスを塗り付けているのをよく見掛けたが、多すぎるのは感心しない。端子部はバッテリー液を付着させないよう細心の注意をし、清潔に保つのが先決である。

vi. チャージコントローラの取り付け

チャージコントローラの取り付け位置は、GEF のスタンダードでは、かなり高い位置に取り付けることになっている。これは、子どものいたずらに対する配慮である。バッテリーとコントローラ間の配線が長くなるデメリットは、使用電線サイズを大きくすることでカバーしており合理的ではある。

今回の JICA 調査用システムのような小システムにおいては、自己消費電力の極限までの低減および小システムに受け入れられるコストダウンが求められる。この場合、コントローラ自体のサイズも小さくなり、バッテリーの電圧検出専用端子も当然省略されることになり、上記コントローラのように、十分な端子スペースの確保が困難な場合も出てくる。

このような場合は、今回試験的に採用しているような、チャージコントローラをバッテリーボックスに取り付けたり、またはバッテリーの至近の壁面に取り付ける必要が出てくる。電氣的に最適なこのやり方の最大の難点は、GEF プロジェクトが懸念する子どものいたずらであろう。

この心配のある家庭では GEF の設置方式即ち床上 1.5m 位にチャージコントローラを取り付けバッテリーとの接続に所要サイズの 2 倍程度の大きな電線を使用するか、今回 JICA が試みたような方法、即ちチャージコントローラを鍵付き収納箱に入れバッテリー箱の至近に設置するか等いくつかの方法が考えられる。何れの方法もシステムの使い勝手としてはベストとは言えないが、いたずら防止であり完全な特効薬は難しい。

4.3 改良試作品

当初の計画では、現地製 PV システム構成部品のうち、チャージコントローラと蛍光灯インバーターについては、調査団がこれらの品質向上のために改善方法を提案し、現地製造会社に改良を依頼することになっていた。しかし、ジンバブエには、調査団が指示したパーツを簡単に手に入れることは難しく、これらの改良試作品の製作は日本国内で行い、これらのパーツをジンバブエ製造会社に持ち込み技術移転を行うことにした。

4.3.1 チャージコントローラ

現地メーカーにより供給される PV システム構成部品のうち、システムの運転特性に最も重要な役割を果たさなければならないチャージコントローラは、JICA のモニター PV システムの要求仕様を満足できるものが見当たらなかった。したがって、通常運転時にチャージコントローラ自身が消費する電力の最も小さかった Battery World 社の製品をベースにして、若干の改良を加えた上で JICA のモニターシステムに導入することにしたが、現地市販のチャージコントローラは、まだ、自己電力消費が大きいため、より一層の改良を行う必要があった。消費電力を極端に低下させる回路設計と部品構成、リレー接点の寿命を長くするための接点保護回路については、改良設計に基づく部品の調達現地では無理であった。

(1) 設計および仕様

改良型チャージコントローラの設計思想は、JICA システムのような小容量の PV システムや PV の知識が豊富でない地方の住民に適したものを作り出すことである。このような設計思想に基づいたチャージコントローラの仕様および改善点の詳細は次の通りである。

1) チャージコントローラー結線の接続順序

JICA改善型チャージコントローラーをインストールする際任意の順序で外部回路を接続して良い。現地製コントローラーは外部回路の接続順序によっては正常な動作が出来ない不都合があった。

2) Batteryに必要な最低電圧値

回路設計時にBattery電圧が異常に低い場合は回路動作が安全動作側にて待機するようにした。

3) チャージコントローラーの自己消費電流。

ZIMBABWE製のチャージコントローラーは各社共自己消費電流が大きい。理由は充放電制御に使用しているリレーコイルの消費電流が大きいためである(120mA~180mA消費する)。JICA改善形はこのリレーをパルス信号動作形のキープリレーを使用し、更にリレー駆動電子回路も制御時のみパルスが発生させ、常時流れる電流を極端に下げた回路設計にし、全体で実際の消費電流は約20mAになっている。この状態で一日の自己消費電流量は約192mAh/dayとジンバブエ製の約1/14~1/22で、Batteryの自己放電消費量にも満たない量であり、PVモジュールが25W程度の小規模システムにはこのチャージコントローラーが最適と考え、今回プロジェクトの改善型として提案し技術移転を実施した。

(2)改良型チャージコントローラーの評価

第4次現地調査時に、日本で試作した改良型チャージコントローラーをモニタリングPVシステムに取り付け、データロガーにその挙動を記録させた。その結果、自己消費電力が小さいためシステムの運転時間が長くなった他、正確な充電制御がなされているため、バッテリーの最大電圧が、現地製チャージコントローラー使用時よりも上昇し、カットオフの時間も短くなっている。本章の4.6節に詳しく説明されている。

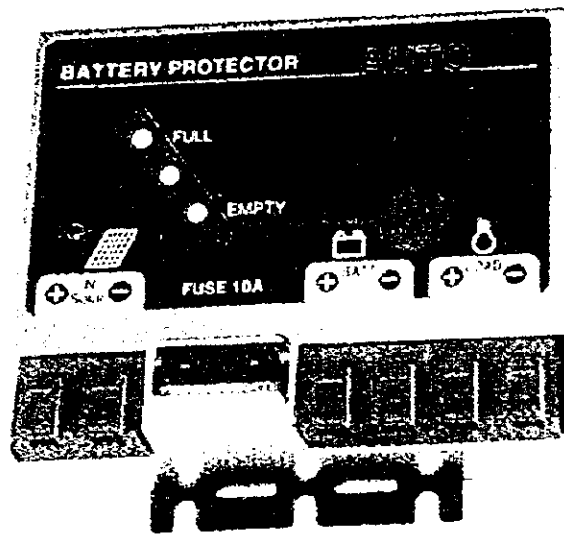


写真 4-20 JICA 改善型チャージコントローラー正面写真

4.3.2 蛍光灯用インバータ

チャージコントローラ同様、蛍光灯インバータはPVシステムにとって重要であり、効率や品質などを改善することにより、蛍光管の寿命を長くし、PVシステム使用者の蛍光管取り替えの負担を減らすことになる。蛍光灯用インバータは次のことを考慮して設計した。

- ・ 小規模太陽電池システムのため、省エネルギー、高輝度型対応
- ・ 電源の極性逆接続に対し破損しない回路
- ・ 回路部品の入手及び蛍光灯灯具の回路組立が容易なこと
- ・ 安定した回路で寿命が長いこと
- ・ 安全対策

各仕様の詳細は以下のとおり。

1) 省エネルギー高輝度

世界的に販売されている高輝度蛍光管を選定し、その蛍光管に対し高輝度が得られる放電特性の回路設計にした。特に放電周波数を25kHzにし更に小入力電流で高輝度を得られる設計である。

2) 電源の極性逆接続保護対策

電源の逆接続に対し半導体回路が焼損しない特別な回路設計を行った。

3) 回路部品の入手および組立

価格を安くする為、世界各国で一番多く市販され入手しやすい部品を使い、組立を容易にし、安価に製作出来るようにした。

4) 蛍光管の寿命が長く安定した回路

インバータの心臓部である高周波発振回路部品に、高周波高耐電圧型を使用して安定化し、更に蛍光管の寿命を左右する発振周波の波形を蛍光管に対して理想的なサイン波形になるよう発振トランスコアーにギャップを持たせた、

5) 安全対策

回路の入力部分には適正なフューズを取り付け、安全対策を施した。

(2) 改良型インバータの評価

上記改善点を考慮し、改良型インバータを日本で試作し、その評価を行った。高周波発振回路部品には、高周波高耐電圧型を使用した。この改善はまったくコストの上昇は伴わないで、理想的インバータの交流側波形にすることができた。その性能試

験波形はサイン・カーブの頂点の波形がなめらかになり、これにより蛍光管の寿命を長くすることができる。写真4-21を見ても判るように、上の写真が理想的なインバーターの波形で、下の写真が改善前のインバーターの波形である。改善前は、サイン・カーブの頂点が鋭く尖っており、これは瞬間的に高い電圧が蛍光管にかかり蛍光管をいためる原因となり、寿命を短くさせる。この改善点が重要な技術であり、ワークショップで設備及びカウンターパートに対して技術移転を行った。

4.3.3 改良品の組立て評価

改良試作品の技術移転をするために、調査団は、チャージコントローラおよび蛍光灯用インバータの回路設計、使用部品の決定、構造設計さらにすべての部品供給を行い現地業者には部品の実装組み立てを担当させた。各製作業者により組み立てられたチャージコントローラおよび蛍光灯用インバータを JICA 調査団で評価した結果を次に示す。

(1) チャージコントローラー

JICA改善型チャージコントローラーを次の3社に対し100%の部品供給を行ない、組立・調整がされた完成チャージコントローラーを納品するよう3社に依頼した。その評価は以下の通りである。

1) A社

この会社は単にプリント基板に部品を半田付した半製品の状態で納品され、電圧の調整は行われていなかった。その為カウンターパートに動作電圧設定の調整法を指導して7台共完成品に仕上げた。調査団は、この会社のチャージコントローラーを製作する外注工場へ行き、その時工場内の完成品調整の現場を見ることが出来た。そこにはチャージコントローラーを調整するのに必要なDC電源及び計器類がなく、プリント基板の組立しか出来ない状態であった。社員数名の小規模工場では止むを得ないと思われる。

2) B社

この会社に再委託したチャージコントローラーは7台共完全に完成された状態で納入された。本工場は製作工程が流れ作業の分業制で製作される為、先進国並に良い製品を作っている。完成品の最終調整工程も計測器類が完備され、熟練された作業員が

調整を行い、良い製品に仕上げられていた。今後再委託する場合の良い工場と思われる。

3) C社

この会社は、前記2社のように外国の企業の協力を得ている会社と違い、ジンバブエ人の経営による完全な民族企業でGEFプロジェクトも期待している。委託後、他2社にさきがけ4日で完成品を納入された。性能評価の結果も良かった。小さい企業であるが今後このような会社にPV関連製作技術移転及び製造に必要な資機材を供与すればジンバブエのPV普及に十分つながって行くと思われ、今後再委託する場合の良い工場と考えられる。

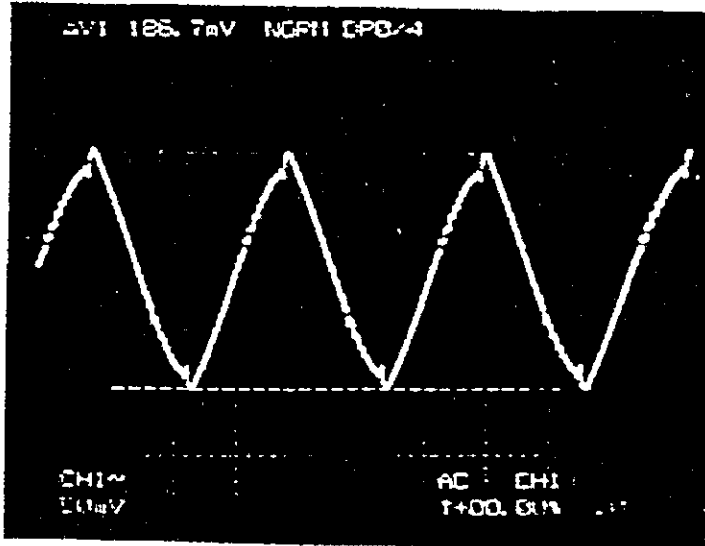
(2) 蛍光灯用インバーター

JICA改善型蛍光灯用インバーターをチャージコントローラーと同様の3社に組立依頼を行った結果、部品点数が少なく、組立易い基板(PCB)にしてあるため各社共、優劣を付けがたい仕上がりで問題はなかった。

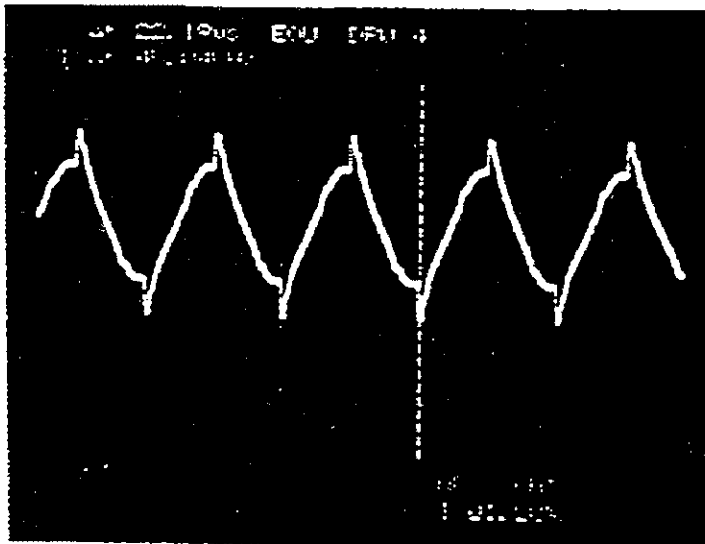
4.4 JICAパイロットシステムの設置、保守及びモニタリング結果について

4.4.1 家庭用システム

家庭用システムの大部分の設置は1997年8月に実施されたが、若干のシステム機器の納期遅れが発生したため、全設備の設置完了は1997年9月となった。設置完了に先立ち、メンテナンスとモニタリングを委託したBUNは対象となる各家庭の保守サービスを2名の技術者に担当させていたがSanyati地区担当者及びTurf, Manyoni地区担当者各1名、計2名の技術者とフルタイムの契約を結んで、Kwe Kwe技術専門学校で実施した訓練に参加させた後、両地区に配置した。この正式配置以前には設備設置家庭のモニタリングは、BUNの技術者とJICA調査団員がそれぞれ実施していたが、正式配置後は月次ベースの定期的モニタリングが行われるようになった。モニタリングによって判明した状況はBUNのHarare事務所に報告され、それらの分析結果とともにJICA調査団に報告されるようになった。



理想的な波形（改善後）



良くない波形（改善前）

写真 4-21 JICA 改善型蛍光灯インバーター交流側出力波形

この訓練済みの現地技術者には、BUN から自転車、メンテナンス用工具キット、点検記録簿が貸与され業務につく。自転車は各担当地域内の移動用であるが、Turf/Manyoni 地区は各家庭間の距離が遠いため、バスに積んで移動の上、最寄のバス停からは自転車を用いる。また、工具キットを紛失した場合には BUN は補充を行った上、代金を技術者の給料から差し引くこととなっている。工具が減耗した場合、技術者の工具補充コストの負担割合はケース・バイ・ケースで決定することとなっている。自転車の日常管理は技術者の責任となっているが、業務用以外に私用の利用も認められている。

巡回点検時、現地技術者はパネルが明らかに汚れている場合を除いて、パネル以外の各機器の清掃を行う。パネル清掃を省略するのは、パネルは常時清掃する必要がないことと、屋根に登る危険性ないしパネル自体を破損してしまう懸念を避けるためである。技術者は、機器清掃の他、バッテリー液のレベル点検、比重計による比重の測定及び電圧の測定を行う。バッテリー液レベルが異常に低い場合には、端子の緩み、コントローラーの故障ないしシステム乱用の有無をチェックする。

また、設備利用者に、前回訪問時以降のシステムトラブル状況、供給停止の有無等を確認する。電圧低下の原因が直前日の曇天のせいかどうかの判断が行えるよう、点検日の直前 2 日間の天候状況、一般的観察事項を BUN 宛ての報告書に記載する。

修理が必要な場合には、現地技術者は応急修理を行う。チャージコントローラーが故障した場合には、取り替え品が到着するまでの間、応急措置としてバッテリーとパネルの直結を行う。コントローラー、蛍光灯及び電灯用器具などの予備品を技術者の所に貯蔵しておき、交換が必要な場合に使用できるようにしておく。予備品使用量及びその内容は Harare に報告させ、故障原因の解析ができるようにする。

パネルとバッテリーは現地に予備品を置かないこととした。パネルは故障が殆どなく、盗難などのために交換が必要な場合には Harare にストックしてある予備品から Kadoma、Sanyasi、ないし Kwe Kwe に輸送し、そこから交換する現地まで現地技術者が運搬することとしている。故障したバッテリーは、次回の BUN の上級技術者が現地巡回に来るまで現地技術者が保管する。バッテリーは上級技術者来訪後、メーカーに返送し、(修理のうえ) 循環使用にまわすか、品質保証期間内であれば(無償) 修理を求める。

97年8月から98年6月までのモニタリングの結果、訪問の都度3～4ヶ所の設備は適正な稼働が行われていないことが明らかとなった。ほとんどの場合、技術者による応急修理が行われた。システムのトラブルはコントローラおよびバッテリーの故障が原因となっているが、Manyoniの公務員宅で発生したトラブルは、システムのひどい乱用によるもので、結果的にバッテリーの異常な容量低下とシステムからの電力ロスが発生した。

モニタリングの一環として、システムの使用状況と満足度調査が行われた。ほぼ全戸で満足度は高く、問題点としての指摘項目は共通してTVをもっと長時間見られるよう、また照明をもっと増やせるよう大容量のシステムが求められていることである。Manyoniのある家庭からは現在の容量が小さすぎるのでシステム撤去の打診があった。

利用者の満足度は別の面からも判断できる。他のプロジェクトでも満足度が低い場合、ローン代金の回収率もまた低い。一方、今回のJICAプロジェクトの場合、保守費用の徴収率は事実上100%ときわめて高い。利用者の90%は農産物収穫期に1年分の纏め払いを希望しているが、月払い方式についても問題点であるとの指摘はない。また、今年の収穫期には予想どおり年間支払い額の一括徴収が行われた。残り10%の利用者は教員、公務員、医療関係者などの給与所得者で月次支払いも迅速である。

一般的な利用者満足度はさらに別の観点からも計ることができる。JICAシステムの公式待機者リスト登録者数はSanyatiで60軒に達している。Turf/Manyoniでは公式待機者リスト登録者数は今のところゼロであるが、9軒の民家からBUNの上級技術者宛てにシステム購入の打診があった。

4.4.2 クリニックシステム

一般民家100軒の他に、Kadoma地区でクリニック5カ所(Nyamatani, Geja, Jondale-Bumbe, Turf, Nyabango)、南Gokwe地区でクリニック5カ所(Msita, Tongwe, Chitabe, Gawa, Chemahororo)にPV設備を設置した。設備費はJICAが負担したが、政府、地元自治会、または地方議会(RDC)がクリニックの上部団体として保守費用を負担することが期待された。保守費が安くなるよう、また保守も容易に行えるようシステムの容量に余裕を持たせ、また深放電型バッテリーを採用した設計としたので、

トレーニングを行えば、保守はクリニックのスタッフでも容易に行えるようになっている。

JICA 調査団の委託で、BUN の上級技術者が 98 年上期にスポットチェック、5 月に全クリニックの設備について取り付け状況、使用状況及び各施設所属員によるシステム維持状況について調査を行った。その結果、蛍光灯とスイッチの故障以外は満足すべき状態にあることが明らかになった。しかしその後約 1 年を経過すると現地製バッテリーが急速に劣化しその品質の悪さがクローズアップされてきた。

使用時間は事前の調査団の予測より少ないことも明らかとなったが、設置された照明がかなり長時間使用でき、また、夜間の傷害発生時には緊急処置が確実に行われることとなり、地元住民にとってきわめて有用であると評価されている点が、クリニックスタッフにより強調された。

クリニックスタッフによるメンテナンスはおおむね良好に行われている。しかし、他方、必要性がないのに一夜中点灯していたり、医療用ではない用途（私用を含む）向けに充電したりするなどの悪用もあった。システム悪用の例としては、BUN の上級技術者が 98 年 5 月のある日の早朝に Tongwe クリニックを訪れたところ、パネルに私用のバッテリーが接続されているのと、処置室で私用の TV がつけっぱなしになっているのが発見された。これは、クリニックのメンテナンスの問題ではなく、クリニック運営の質の問題、換言すれば、クリニックスタッフのモラルの問題であるといえる。

ジンバブエにおける JICA 調査団の活動を引き継ぎ、緊急時の呼び出しの場合を除いて、BUN が 4 ヶ月に 1 度のクリニック保守訪問を計画している。クリニック用システムの維持容易性とクリニックスタッフによる維持管理状況に鑑みると上記インターバルはきわめて妥当なものである。しかし一方、クリニック側の保守予算の裏付けがなければ BUN 技術者の人件費、輸送費の負担が出来ず、上記計画は実行が困難になる。

4.4.3 中学校用システム

中学校 2 校の PV 電化はパイロット設置家庭の所在地を考慮して、Geja と Benhura に 1 校ずつ設置した。Geja の St. Charles 校は RDC が設置したもので、Kadoma 地区南部の Benhura 校は私立学校である。設備の費用はクリニック同様 JICA が負担したが

保守予算はこれもクリニック同様、各校の支持母体ないし学校側が負担することが期待されている。

システムの使用状況には大差があり、St. Charles 校は殆ど保守管理がされていないが、Benhura 校は予定どおり整然とした使用状況にある。前者の状況はシステムに教員の私用バッテリーを接続して充電したり、結線を変更したり、電解液位が異常に低下しているにも拘わらず、純水の補給が行われていないなどひどい状況にある。

4.5 データロガーによる収集データの分析

データロガーを設置した場所は、Tongwe Clinic、Turf Clinic 及び Turf 地区の一般家庭 1 戸 (Mr. Cuthbert Murandu) である。さらに 1997 年 11 月には Sanyati 地区の一般家庭 1 戸に新たにデータロガーを設置した。このうち Turf Clinic 及び Tongwe Clinic には日射計 (Pyranometer) を設置して日射量を計測している。写真 4-22 は設置されたデータロガーである。写真 4-23 は日射計を取り付けた PV アレイである。

上記データロガーは、当然ながらデータロガー、パーソナルコンピューターさらに信号変換用の電源が得られない所で使用する。そのため、すべての信号は微小レベルを直接乾電池駆動のデータロガーに取り込んでいる。その中で、電流検出はシャント抵抗を使用しており、低インピーダンス回路である。従って、主回路電流が他の信号レベルに若干干渉することが避けられない。この関係を念頭においてデータを評価する必要がある。

PV システムの運転開始後約 9 ヶ月 (1997 年 8 月～1998 年 4 月) 間に得られた運転データから、多くの新しい事実が判明した。表 4-6～表 4-11 はクリニックおよび一般家庭の PV システムの運転状況を整理したものである。表 4-5 は収集した日射量データ、表 4-12 および表 4-13 はチャージコントローラの制御特性データ、表 4-14 および表 4-15 それぞれクリニックと一般家庭の PV システムの計画値と実測値の対比データ、そして表 4-16 には運転中のバッテリー電圧データを示す。この得られたデータから明らかになった特徴を以下に説明する。

1) 日射データ

PV システム設置後 1997 年 8 月から 1998 年 5 月までの 10 ヶ月間の実測傾斜面日射量と現地で入手した全天日射量およびこれから推定した傾斜面日射量を表 4-5 に示す。

表 4-5 実測傾斜面日射量と推定日射量 (Turf Clinic の例)

測定月 列ニツク名	実測傾斜面日射量		推定傾斜面日射量 kWh/m ² /day	全天日射量 kWh/m ² /day
	Turf	Tongwe		
8月	6.74	5.85	6.51	5.69
9月	5.95	5.60	6.77	6.39
10月	6.26	6.25	6.53	6.65
11月	5.78	5.85	6.05	6.50
12月	6.32	6.96	5.41	5.91
1月	5.45	5.62	5.71	6.20
2月	6.75	6.52	5.55	5.78
3月	6.48	6.10	5.79	5.71
4月	6.71		5.99	5.74
5月	7.01		5.95	5.05
年平均	6.11	6.04	5.99	5.75

現地全天日射量データから推定した傾斜面日射量に対し、実測値は月毎には異なる傾向があったものの 10 ヶ月の平均で見ると大きな乖離は無く、ほぼ一致していると言って良い。日射量データに関しては短期間ですべてを論じることが出来ないが、現地の長期統計データが示すような 6kWh/m²/day レベルの大きな値が観測されており、期待通りの良好な日射条件が得られている。これらの日射量の実測データから、ジンバブエで入手した全天日射量から推定した傾斜面日射量を、当地における PV システムの設計に使用することが適当と言える。このデータにより、ジンバブエにおいては、最小傾斜面日射量は雨季の 12 月～1 月に発生し、設計時に使用した推定傾斜面最小日射量 5.4kWh/m²が適当と言うことが確認された。

Table 4-6 MONTHLY OPERATION DATA OF PV SYSTEM IN TURF CLINIC #1
PV module : 83 W

Month	PV current (Ah)	Charge current (Ah)	Discharge current (Ah)	Discharge/Charge	Load current (Ah)	Maximum battery voltage (V)	Minimum battery voltage (V)	Inclined irradiation (kW/m ²)	Load on Time (h)
Aug-97	5.32	5.19	-1.07	0.19	0.80	14.20	12.48	6.74	0.62
Sep-97	6.73	6.97	-1.49	0.31	1.19	14.06	12.48	5.95	0.79
Oct-97	8.45	8.37	-0.66	0.11	0.37	14.09	12.48	6.26	0.31
Nov-97	13.23	13.18	-0.87	0.10	0.37	14.21	12.62	5.78	0.34
Dec-97	11.58	11.42	-2.04	0.19	1.61	14.47	12.83	6.32	2.24
Jan-98	12.65	12.17	-3.60	0.29	3.55	14.44	12.68	4.99	3.94
Feb-98	7.37	7.31	-1.27	0.16	0.70	14.48	12.78	6.75	0.82
Mar-98	12.31	11.68	-5.85	0.46	5.95	14.46	12.66	6.48	8.93
Apr-98	17.36	15.93	-8.79	0.56	9.81	14.45	12.53	6.71	14.86
May-98	17.16	15.82	-8.91	0.57	9.86	14.46	12.47	7.01	15.15
Jun-98									
Jul-98	19.29	18.29	-12.05	0.67	12.80	14.48	12.33	5.77	13.63
Aug-98	20.28	18.90	-10.75	0.58	11.86	14.41	11.69	6.05	12.30
Sep-98	23.30	22.52	-10.61	0.48	11.12	14.44	12.24	6.26	10.95
Oct-98	25.51	24.20	-11.82	0.51	12.87	14.36	12.45	6.36	12.95
Nov-98	23.36	22.13	-11.45	0.52	12.42	14.41	12.47	6.67	12.39
Dec-98									
Average	14.93	14.27	-6.08	0.38	6.35	14.36	12.48	6.27	7.35

Table 4-7 MONTHLY OPERATION DATA OF PV SYSTEM IN TONGWE CLINIC #1
PV module : 83 W

Month	PV current (Ah)	Charge current (Ah)	Discharge current (Ah)	Discharge/Charge	Load current (Ah)	Maximum battery voltage (V)	Minimum battery voltage (V)	Inclined irradiation (kW/m ²)	Load on Time (h)
Aug-97	12.53	12.47	-2.72	0.30	2.36	14.16	12.27	5.85	2.58
Sep-97	10.51	10.39	-3.01	0.41	2.70	14.08	12.28	5.60	3.03
Oct-97	11.66	11.61	-3.94	0.41	3.56	14.15	12.24	6.25	3.16
Nov-97	11.71	11.68	-4.00	0.40	3.60	14.01	12.17	5.85	2.61
Dec-97	13.32	13.07	-6.10	0.50	5.91	14.12	11.83	6.96	4.57
Jan-98	12.23	12.14	-3.19	0.29	2.86	14.04	11.61	5.27	2.80
Feb-98	11.46	11.22	-4.47	0.44	4.25	14.08	12.18	6.52	4.30
Mar-98	10.86	10.66	-5.52	0.56	5.25	14.06	12.01	6.10	4.87
Apr-98									
May-98									
Jun-98									
Jul-98	6.94	6.92	-4.76	0.65	4.33	14.15	11.96	4.90	2.88
Aug-98	8.87	8.53	-5.92	0.65	5.82	14.17	11.94	5.26	3.68
Sep-98	13.22	11.67	-7.20	0.61	8.32	14.10	11.83	5.67	12.46
Oct-98	13.23	11.26	-4.37	0.40	5.93	14.13	11.55	6.15	13.13
Nov-98	25.69	25.62	-0.22	0.01	0.08	14.24	9.83	6.10	0.10
Dec-98	18.22	16.37	-0.26	0.02	1.91	14.67	9.71	5.07	2.60
Average	12.89	12.40	-3.98	0.40	4.06	14.15	11.67	5.83	4.48

Table 4-8 MONTHLY OPERATION DATA OF PV SYSTEM IN TURF CLINIC #2
PV module : 83 W

Month	PV current (Ah)	Charge current (Ah)	Discharge current (Ah)	Discharge/ Charge	Load current (Ah)	Maximum battery voltage (V)	Minimum battery voltage (V)	Inclined irradiation (kW/m ²)	Load on Time (h)
Aug-97									
Sep-97									
Oct-97	11.94	11.80	-2.56		2.45	13.91	12.44	6.26	2.47
Nov-97	13.42	13.33	-1.67		1.45	13.95	12.00	5.78	1.79
Dec-97	7.51	7.45	-1.16	0.17	0.86	14.15	12.39	6.32	1.27
Jan-98	6.80	6.75	-1.46	0.18	1.14	14.16	11.96	4.99	1.53
Feb-98	7.68	7.65	-1.07	0.17	0.72	14.14	12.40	6.75	0.83
Mar-98	6.96	6.89	-1.39	0.22	1.08	14.15	12.28	6.48	1.47
Apr-98	11.83	11.83	-0.40	0.03	0.05	14.16	12.45	6.71	0.08
May-98								7.01	
Jun-98									
Jul-98	4.48	4.41	-0.70	0.15	0.44	14.19	10.63	5.77	0.46
Aug-98	7.77	7.77	-0.39	0.10	0.04	14.17	12.11	6.05	0.04
Sep-98	7.78	7.78	-0.59	0.13	0.23	14.18	11.97	6.26	0.15
Oct-98	7.54	7.49	-0.72	0.15	0.40	14.11	12.02	6.36	0.43
Nov-98	9.85	9.75	-1.14	0.22	0.91	14.08	12.10	6.67	0.96
Dec-98	5.03	4.85	-0.78	0.21	0.64	14.14	12.21		0.68
Average	8.35	8.29	-1.08	0.16	0.80	14.12	12.07	6.20	0.94

Table 4-9 MONTHLY OPERATION DATA OF PV SYSTEM IN TONGWE CLINIC #2
PV module : 83 W

Month	PV current (Ah)	Charge current (Ah)	Discharge current (Ah)	Discharge/ Charge	Load current (Ah)	Maximum battery voltage (V)	Minimum battery voltage (V)	Inclined irradiation (kW/m ²)	Load on Time (h)
Aug-97	9.67	9.66	-2.64	0.28	2.36	13.76	12.37	5.85	2.34
Sep-97	7.63	7.62	-3.65	0.40	3.36	13.67	12.36	5.60	3.86
Oct-97	7.73	7.69	-3.49	8.57	3.21	13.92	12.34	6.25	4.00
Nov-97	13.51	12.73	-8.04	0.74	8.48	13.91	12.06	5.85	8.14
Dec-97	11.90	11.72	-6.78	0.65	6.63	14.16	12.11	6.96	6.83
Jan-98	19.50	17.77	-12.11	0.72	13.58	13.98	10.97	5.27	12.44
Feb-98	19.24	18.01	-14.44		15.45	13.98	12.12	6.52	13.17
Mar-98	15.03	14.83	-12.29	0.86	12.27	14.10	12.03	6.10	9.68
Apr-98	17.44	16.94	-14.26	0.87	14.48	14.08	11.93		12.13
May-98	17.67	17.28	-14.02	0.77	14.15	14.17	11.91		10.51
Jun-98									
Jul-98	4.83	4.83	-1.36	0.31	0.96	14.27	12.22	4.90	0.89
Aug-98	9.22	9.08	-4.75	0.49	4.54	14.25	12.14	5.26	3.69
Sep-98	6.91	6.89	-3.18	0.45	2.81	14.21	12.19	5.67	2.34
Oct-98	9.04	8.92	-5.58	0.73	5.33	14.17	12.16	6.15	3.54
Nov-98	9.83	9.49	-6.40	0.74	6.39	14.07	12.08	6.10	4.31
Dec-98	9.72	9.66	-7.99	0.81	7.75	14.18	12.01	5.07	4.84
Average	11.80	11.44	-7.56	1.16	7.61	14.05	12.06	6.09	6.42

Table 4-10 MONTHLY OPERATION DATA OF PV SYSTEM IN TURF HOUSEHOLD
PV module : 25 W

Month	PV current (Ah)	Charge current (Ah)	Discharge current (Ah)	$\Sigma ib^- / \Sigma ib^+$	Load current (Ah)	Maximum battery voltage(V)	Minimum battery voltage(V)	Inclined irradiation (kWh/m ² /d)	Load-on time (h)
Aug-97	6.06	5.96	-1.68	0.15	2.43	12.49	11.53	6.74	2.50
Sep-97	7.67	7.39	-2.49	0.41	2.54	13.42	12.20	5.95	3.10
Oct-97	8.99	8.72	-2.59	0.32	2.61	14.53	12.51	6.26	3.19
Nov-97	8.39	7.95	-2.48	0.33	2.68	14.43	12.60	5.78	3.16
Dec-97	9.80	8.82	-3.54	0.46	4.31	14.39	12.58	6.32	5.29
Jan-98	7.58	7.15	-2.24	0.31	2.43	14.60	12.65		3.05
Feb-98	9.29	9.03	-1.19	0.14	1.20	14.71	12.62		2.18
Mar-98	8.85	8.45	-2.49	0.32	2.67	14.52	12.52		3.44
Apr-98	8.28	7.68	-3.06	0.44	3.46	14.32	12.51		4.46
May-98	7.24	6.22	-4.50	0.84	5.34	14.06	12.51		6.38
Jun-98									
Jul-98									
Aug-98									
Sep-98									
Oct-98									
Nov-98									
Dec-98									
Average	8.08	7.67	-2.50	0.33	2.83	13.98	12.35	6.21	3.38

Table 4-11 OPERATION DATA OF PV SYSTEM IN SANYATI HOUSEHOLD
PV module : 25 W

Month	PV current (Ah)	Charge current (Ah)	Discharge current (Ah)	$\Sigma ib^- / \Sigma ib^+$	Load current (Ah)	Maximum battery voltage(V)	Minimum battery voltage(V)	Inclined irradiation (kWh/m ² /d)	Load-on time (h)
Aug-97									
Sep-97									
Oct-97									
Nov-97	7.02	6.15	-4.19	0.81	4.70	12.57	10.93		4.77
Dec-97	8.42	6.79	-5.99	0.97	7.31	13.20	11.97		7.22
Jan-98	6.16	5.25	-5.16	1.05	5.76	13.22	11.97		5.06
Feb-98	7.69	7.33	-4.93	0.69	4.92	14.37	12.15		4.98
Mar-98	7.94	7.53	-5.10	0.69	5.12	14.32	12.17		5.20
Apr-98	8.56	8.04	-4.81	0.61	4.98	14.39	12.19		4.61
May-98									
Jun-98									
Jul-98	5.36	4.66	-3.64	0.91	3.88	14.16	10.99		4.73
Aug-98	7.43	6.32	-5.25	0.87	5.89	13.78	11.94		5.74
Sep-98	7.81	7.08	-5.42	0.79	5.67	13.75	11.90		5.34
Oct-98	9.27	8.68	-3.95	0.49	4.10	13.94	11.39		3.97
Nov-98	8.66	8.43	-1.26	0.15	1.19	13.99	10.51		1.25
Dec-98	4.76	4.63	-2.43	0.55	2.18	14.17	10.16		2.37
Average	7.42	6.74	-4.35	0.71	4.64	13.82	11.52		4.60

データ誤差について：

今回取得した日射量データでは、設置した 2 つの日射計間に月によっては約 7%程度の差が記録されていた。その原因としては種々考えられるが、1 つは、場所の違いによる実際の日射量の違い または、傾斜角、取り付け方位の誤差による測定値の違い、更には、データロガーを日射測定と PV システム電圧・電流測定と共有しているための信号干渉による測定誤差などである。

信号干渉による誤差は、日射計の信号記録を他のデータ用と分離した専用ロガーを使用することで除去し、より正確なデータを得る事ができるがコストが掛かる。Turf と Tongwe の日射量実測データの平均値では、ほとんど違いが見られないため、たまに見られたデータの違いは実際に測定点での日射量の違いが有ったものと考えられる。

2) PV システムの運転状況概要

a. 全般の動作概要

システムの設置初期に、チャージコントローラの動作不良により、一部の家庭でバッテリーが充電できない状態が有った。これに対して応急対策としてチャージコントローラをバイパスして運転を開始して以来、日射条件にも恵まれて順調に電力を供給してきた。停電無しで運転している事実だけから判断すると、一見「問題なし」あるいは「動作良好」と見える。GEF プロジェクトを始めとして、従来このような主観的判断に頼っていた傾向が強い。今回設置した簡単なデータロガーの記録から、一見良好に見える PV システムであるが、設計時の予測とはかけ離れた稼働状況であることが判明した。

図 4-15～図 4-18 及び図 4-19～図 4-26 はデータロガーにより得られたシステム運転特性の一例をグラフ化したものである。

b. 現地製チャージコントローラの運転特性について (Tongwe Clinic)

チャージコントローラの設定仕様と、設置した現地調達チャージコントローラの運転特性例を次に示す。運転特性は収集データを分析して求めた図 4-15 および図 4-16 から読み取った。

表 4-12 現地製チャージコントローラの仕様と運転特性

設定種別 動作レベル	HVD (High Voltage Disconnection)	HVR (High Voltage Reconnection)	LVD (Low Voltage Disconnection)	LVR (Low Voltage Reconnection)
仕様	14.5 V	13.5 V	11.5 V	12.5 V
現地製品 運転特性	14 V - 14.2 V	12.5 V - 12.7 V	11.6 V	12.7 V

この結果から見ると現地製コントローラの設定電圧レベルが、仕様から大きくずれているのみならず、動作電圧にばらつきが有り一定でない。過充電防止設定電圧 (HVD) は上表のように 14V~14.2V 程度で動作し、仕様より 0.3V から 0.5V も低い。過充電防止回路の再接続電圧 (HVR) は 12.5V~12.7V 程度で動作しており、仕様の 13.5V に対し 1V も低い。しかも同一コントローラの動作レベルが変動し安定していない。

バッテリー過放電防止回路の設定電圧 (LVD) の動作は、Turf 地区の家庭で一回記録されただけで、一般的なことは言えないが、Turf 地区の家庭のシステムは約 11.6V くらいで負荷を切り離している。このレベルはほぼ妥当である。過放電防止回路の再接続電圧 (LVR) は 12.7V 程度で動作しており、仕様 12.5V に対しやや高い。

結論として、過充電制御部分の動作レベルが低すぎ、バッテリーの十分な回復が行われ難い。動作電圧レベルもやや不安定であった。

c. JICA 改良型チャージコントローラの運転特性について (Turf Clinic)

チャージコントローラの仕様設定値と、設置した JICA 改良型供給品の運転特性例を次に示す。運転特性は収集データを分析して直接実測データから読み取った。Turf Clinic はシステムの管理が良好で、負荷のシャットダウンが発生していないため現地での負荷遮断電圧レベル (LVD) 及び負荷再投入電圧レベル (LVR) は記録されていない。

表 4-13 JICA 改良型チャージコントローラの仕様と運転特性

設定種別 動作レベル	HVD (High Voltage Disconnection)	HVR (High Voltage Reconnection)	LVD (Low Voltage Disconnection)	LVR (Low Voltage Reconnection)
仕様	14.5 V	13.5 V	11.5 V	12.5 V
JICA 改良型 運転特性	14.3V - 14.0V	13.5V - 13.6V		

上記データにおいて、HVD が仕様と比較して若干小さく記録されているが、これは動作レベルがずれているわけではない。データのサンプリング時間が5分毎になっているためHVD検出後PVをカットオフしてからデータを記録する時には時間差があり、実際のバッテリー電圧が少し下がっているからである。図 4-20 は Turf Clinic における JICA 改良型チャージコントローラの制御特性を示す。これに対して図 4-19 は同じクリニックにおいて現地製チャージコントローラで制御していたときの制御特性を示す。JICA 改良型コントローラは日中 PV をオン・オフしているのに対し現地製チャージコントローラは同じような日射条件にも関わらず PV をオフにしたまま、夜まで再接続していない様子が示されている。

このように図 4-20 から分かるように、JICA 改良型のチャージコントローラは非常に正確な動作電圧を示しており、適切な充電制御がされている。

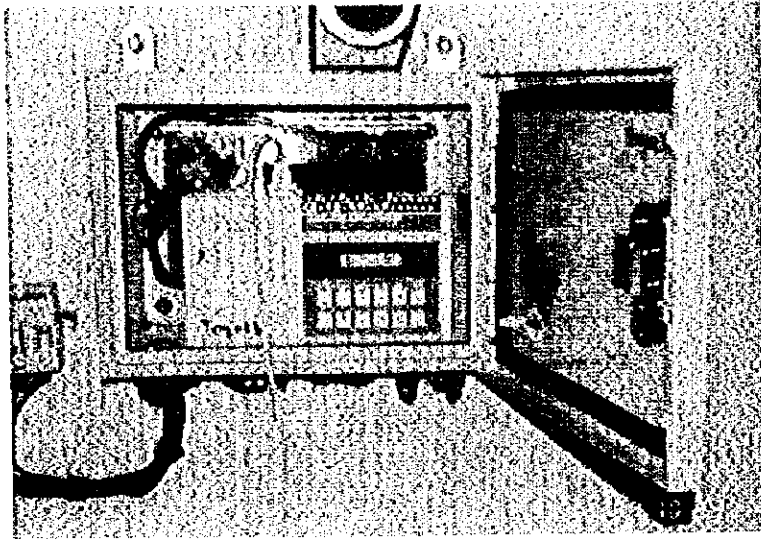


写真 4-22 設置したデータロガー

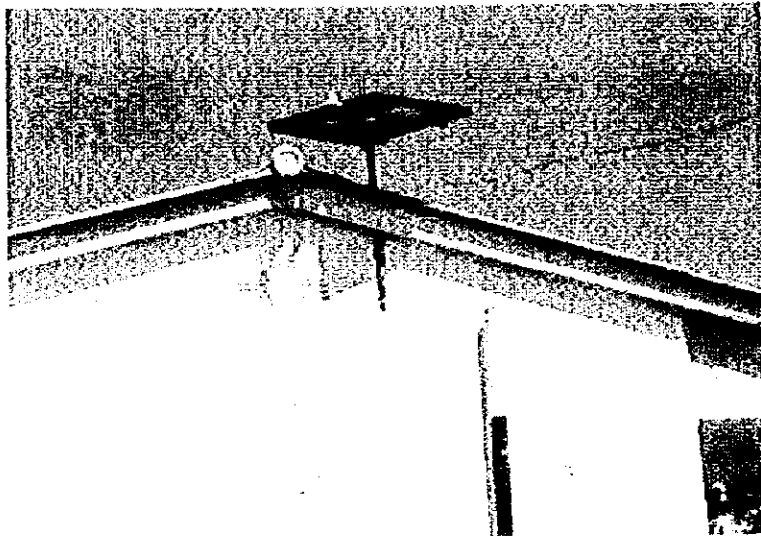


写真 4-23 PV モジュールに取り付けられた日射計

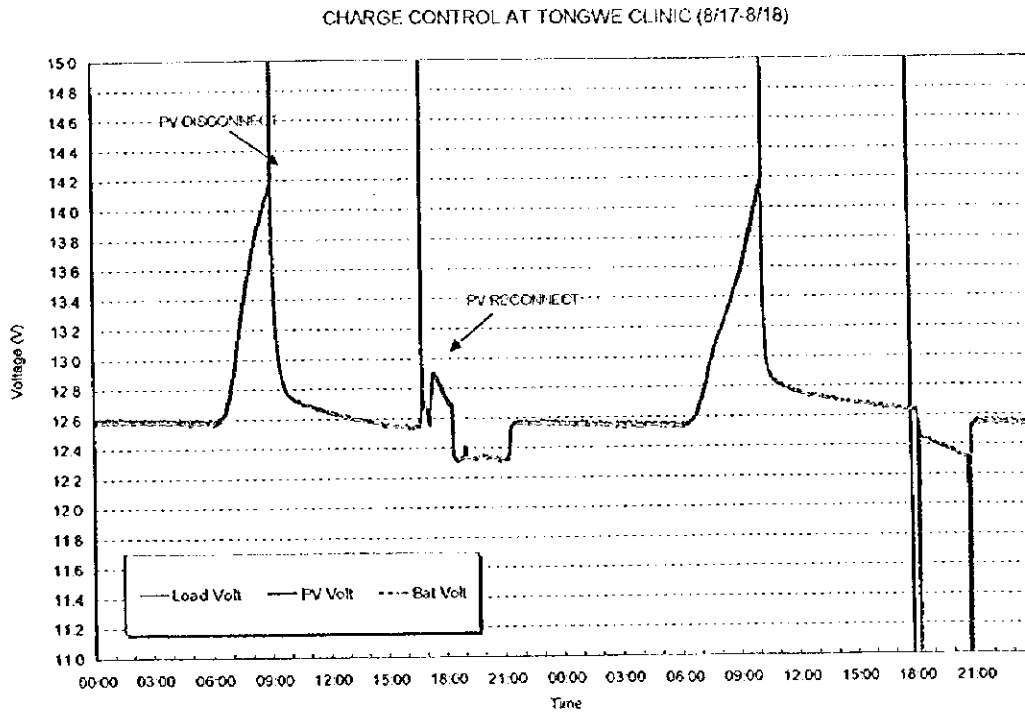


図 4-15 Tongwe チャージコントローラ動作特性例(8/17,8/18)

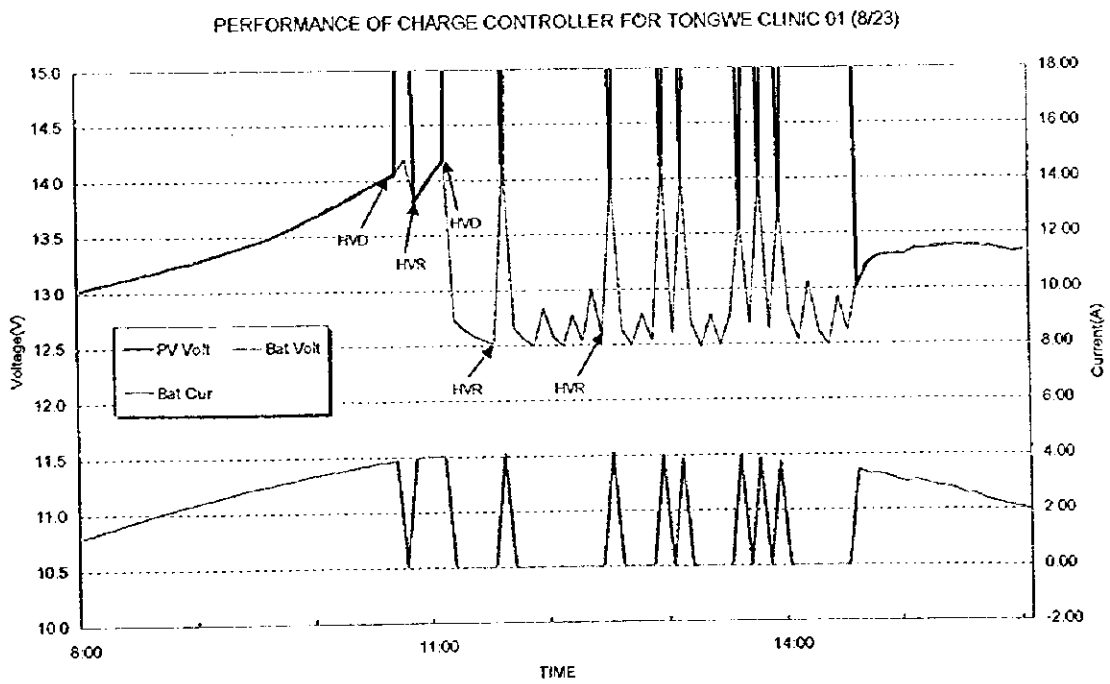


図 4-16 Tongwe チャージコントローラ動作特性例(8/23)

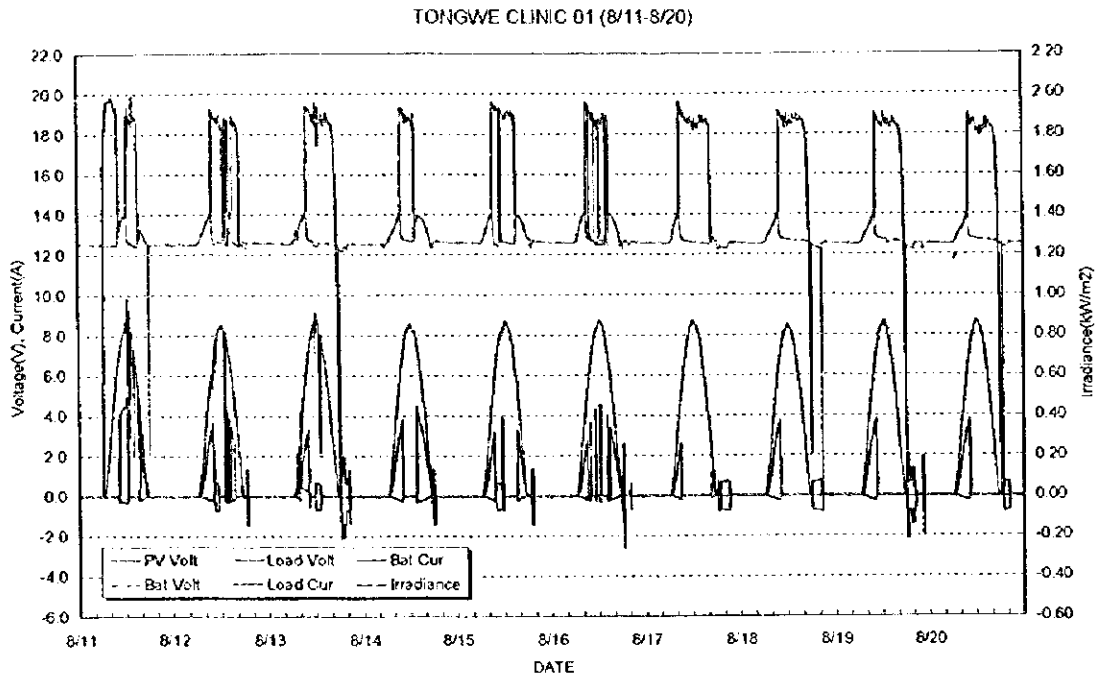


図 4-17 Tongwe Clinic PV システム運転特性例(8/11-8/20)

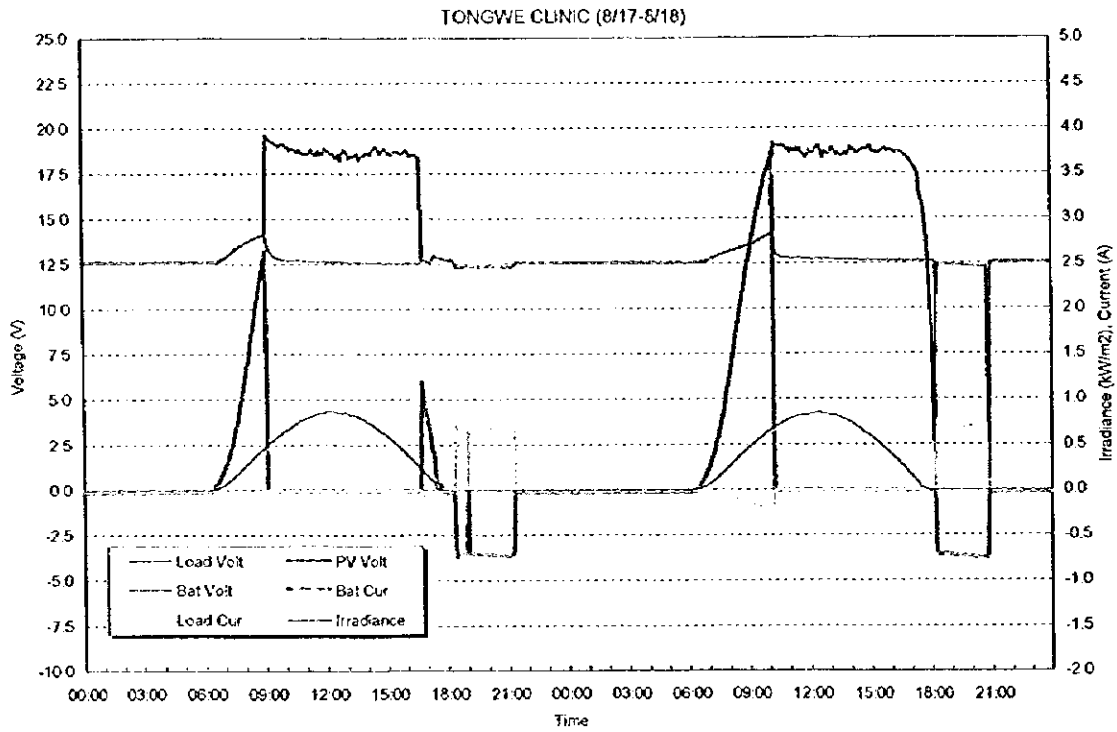


図 4-18 Tongwe Clinic PV システム運転特性例(8/17,8/18 拡大)

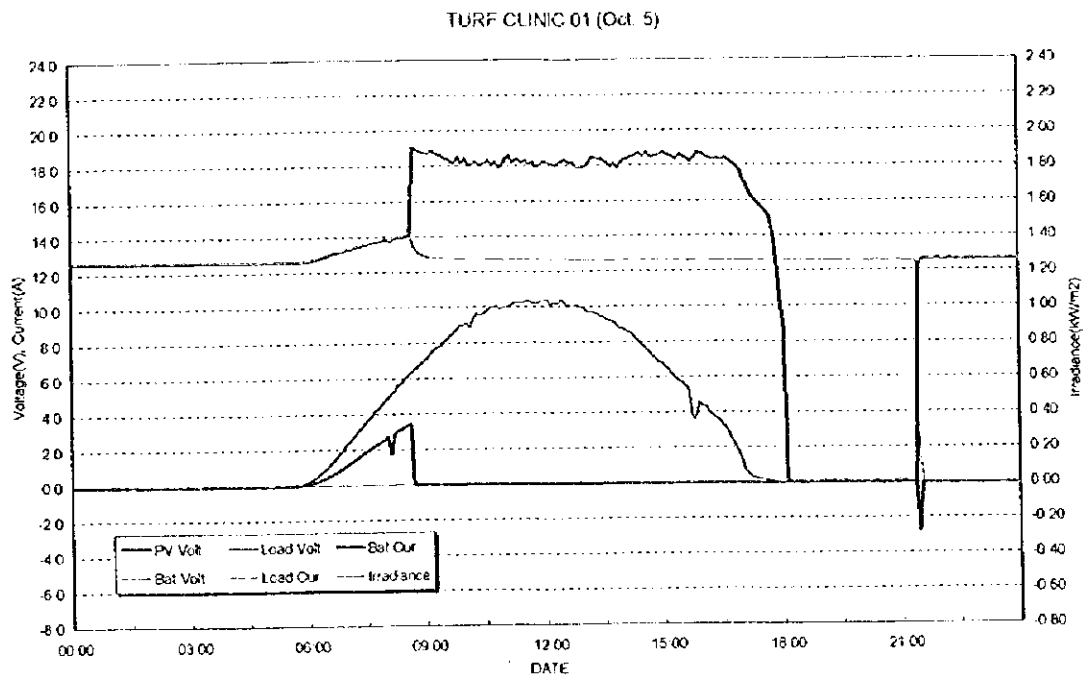


図 4-19 現地製チャージコントローラによる充電制御
(Turf Clinic 10月5日の例)

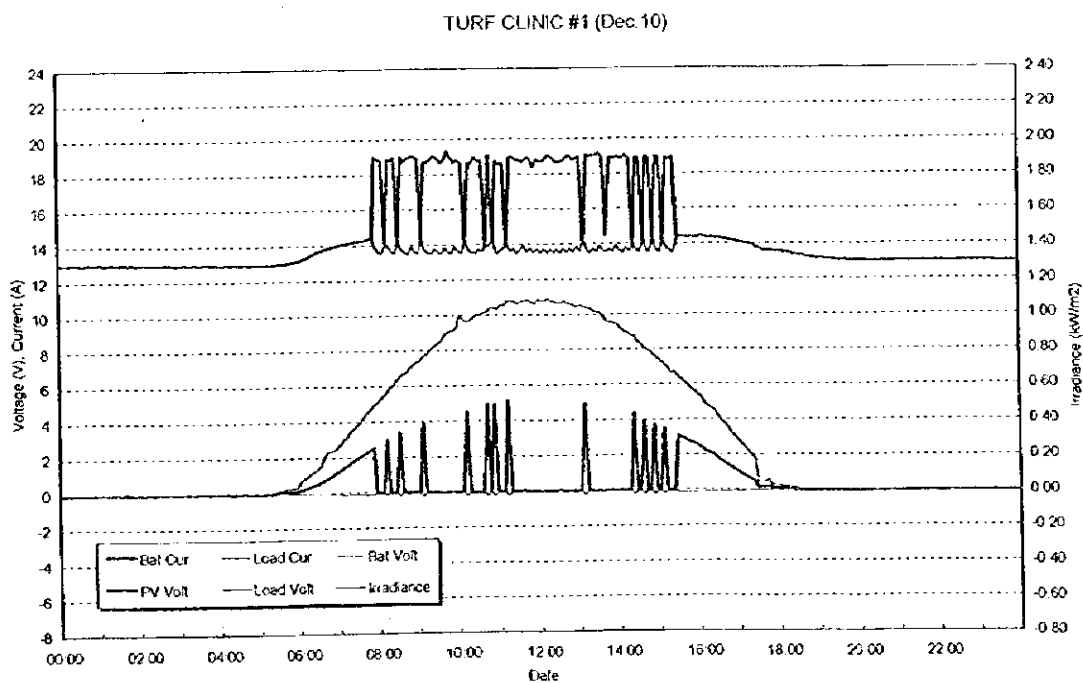


図 4-20 JICA改良型チャージコントローラによる充電制御
(Turf Clinic 12月10日の例)

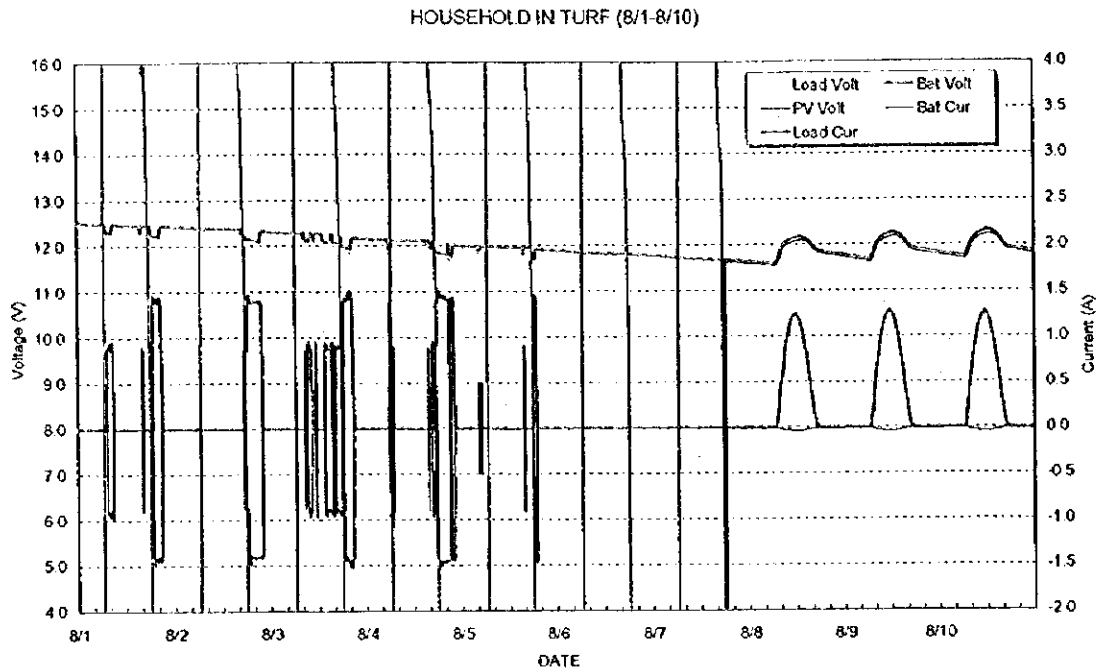


図 4-21 Turf Household PV システム運転特性例(8/1-8/10)

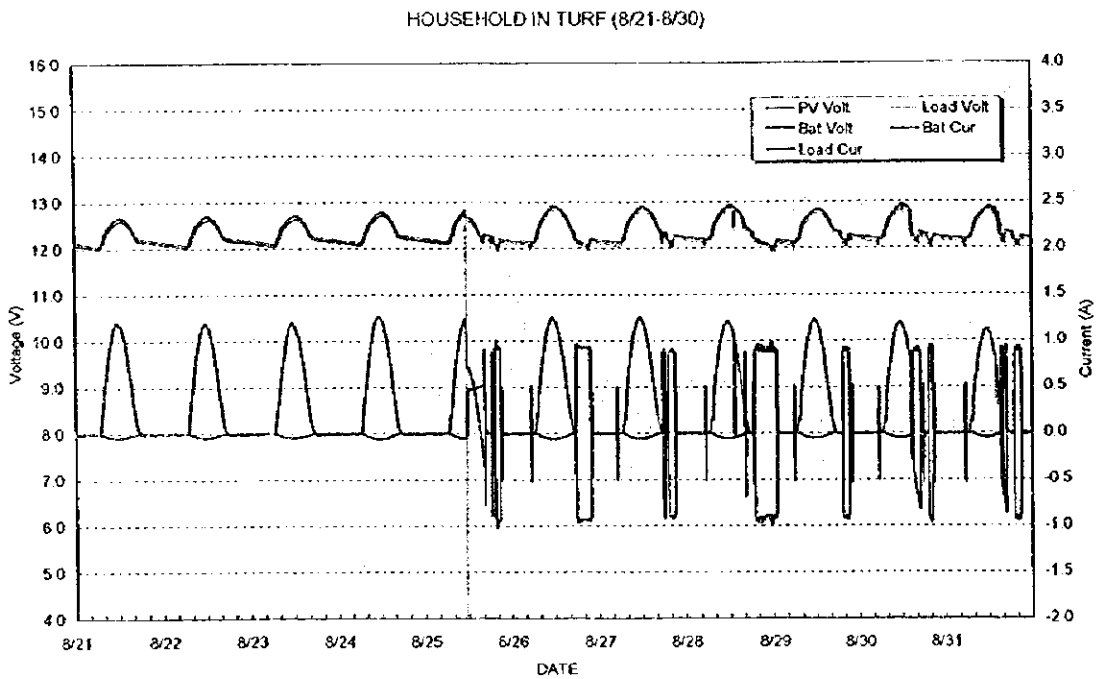


図 4-22 Turf Household PV システム運転特性例(8/21-8/31)

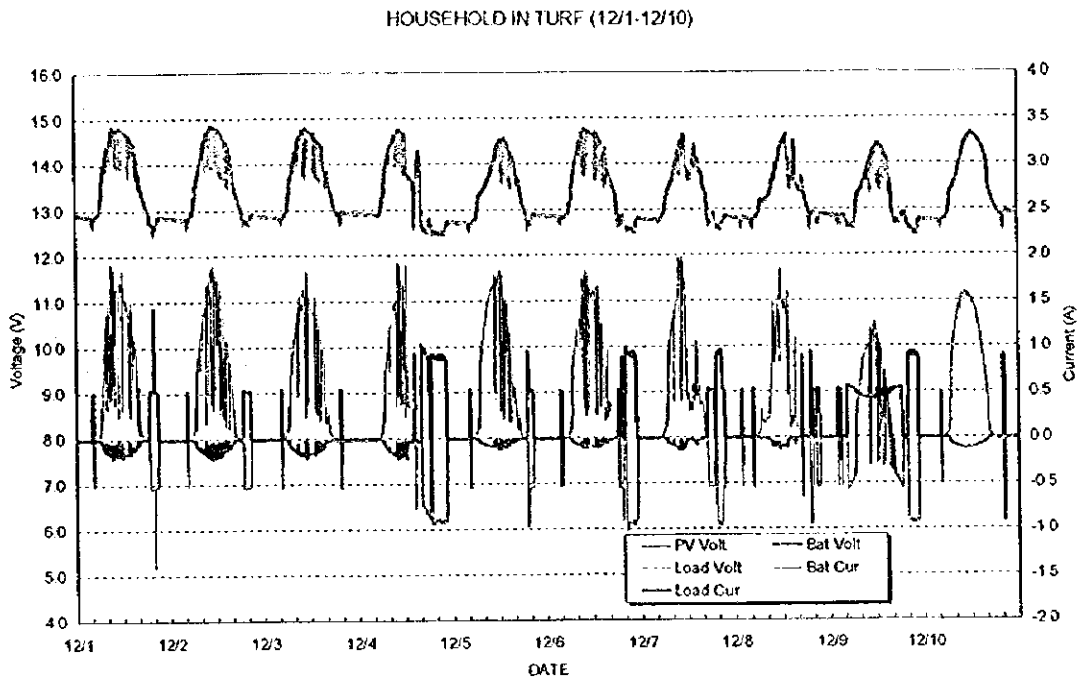


図 4-23 Turf Household PV システム運転特性例 (12/01-12/10)

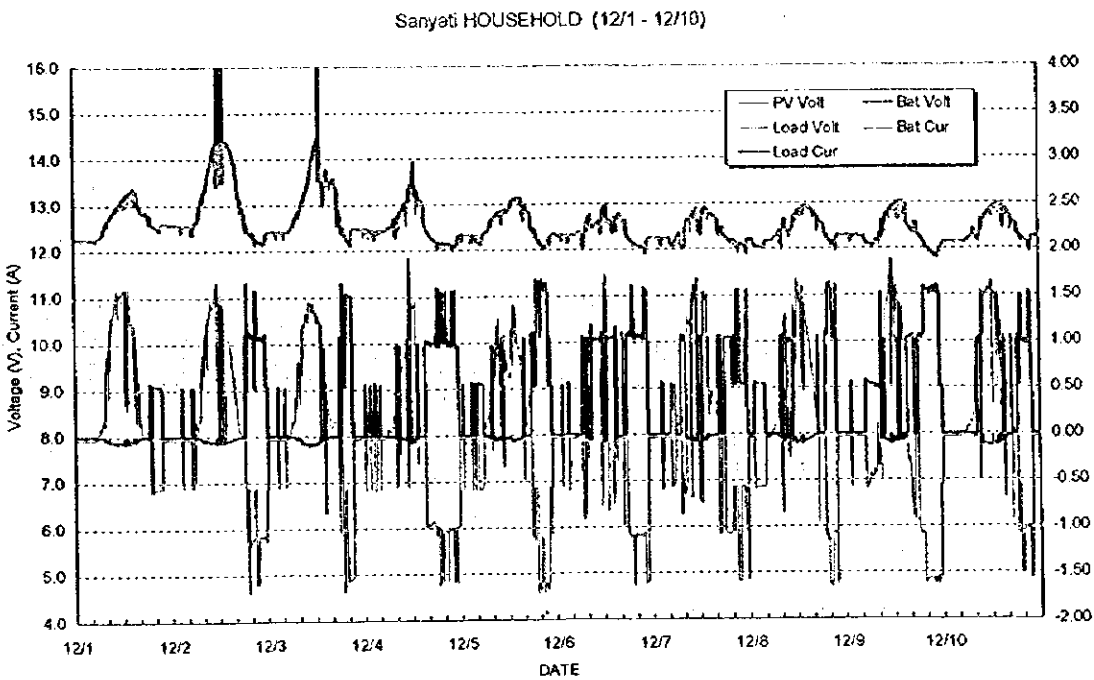


図 4-24 Sanyati Household PV システム運転特性例(12/01-12/10)

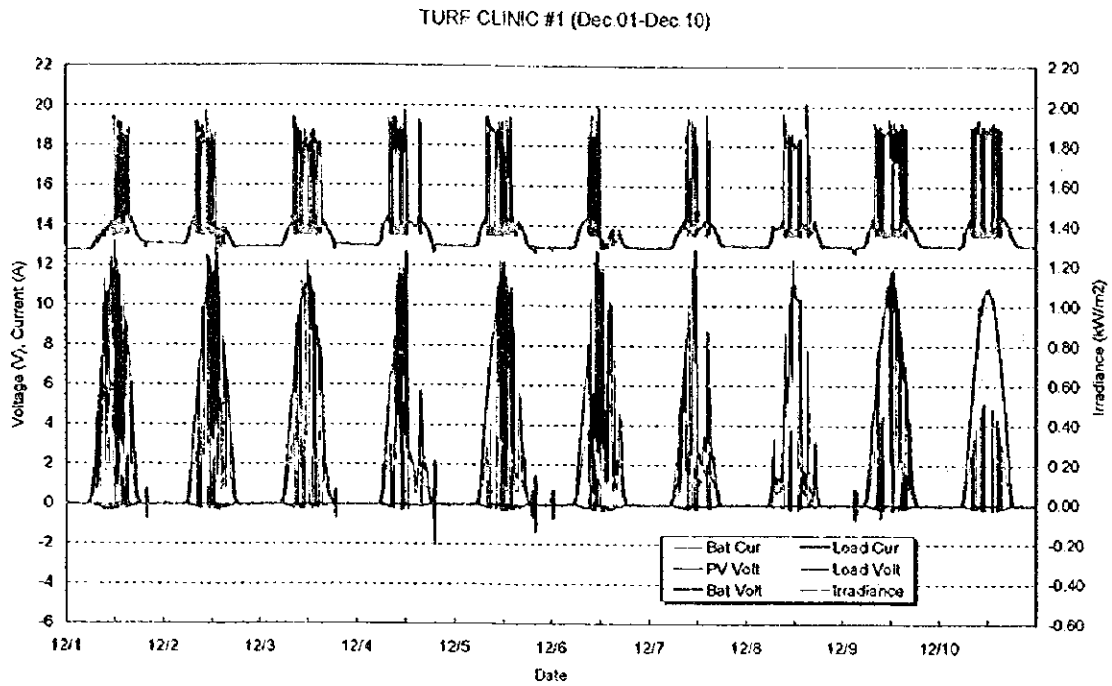


図 4-25 Turf Clinic PV システム運転特性例(12/01-12/10)

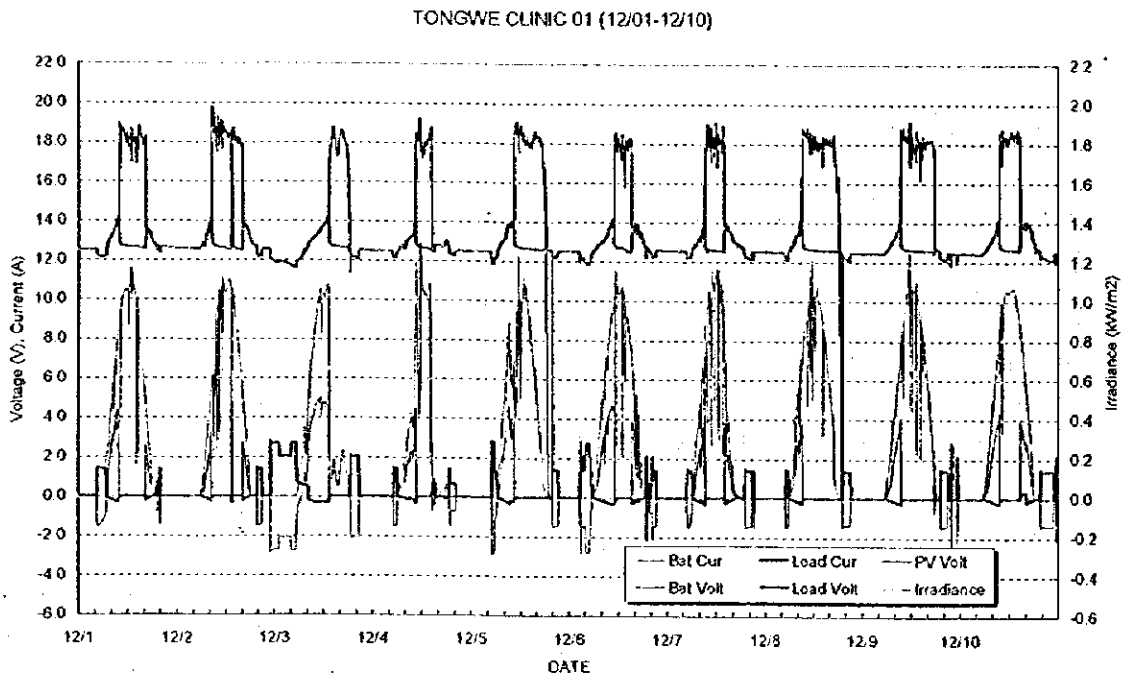


図 4-26 Tongwe Clinic PV システム運転特性例(12/01-12/10)