

№ 157

シンハラエ共和国
太陽光発電利用地方電化計画

予備調査報告書

昭和64年6月

JICA LIBRARY



J 1131612 (2)

国際協力事業団
鉱工業開発調査部

鉱調査
JR
96413

シンハラエ共和国太陽光発電利用地方電化計画

平成八年六月

国際協力事業団

5.3
11

ジンバブエ共和国
太陽光発電利用地方電化計画

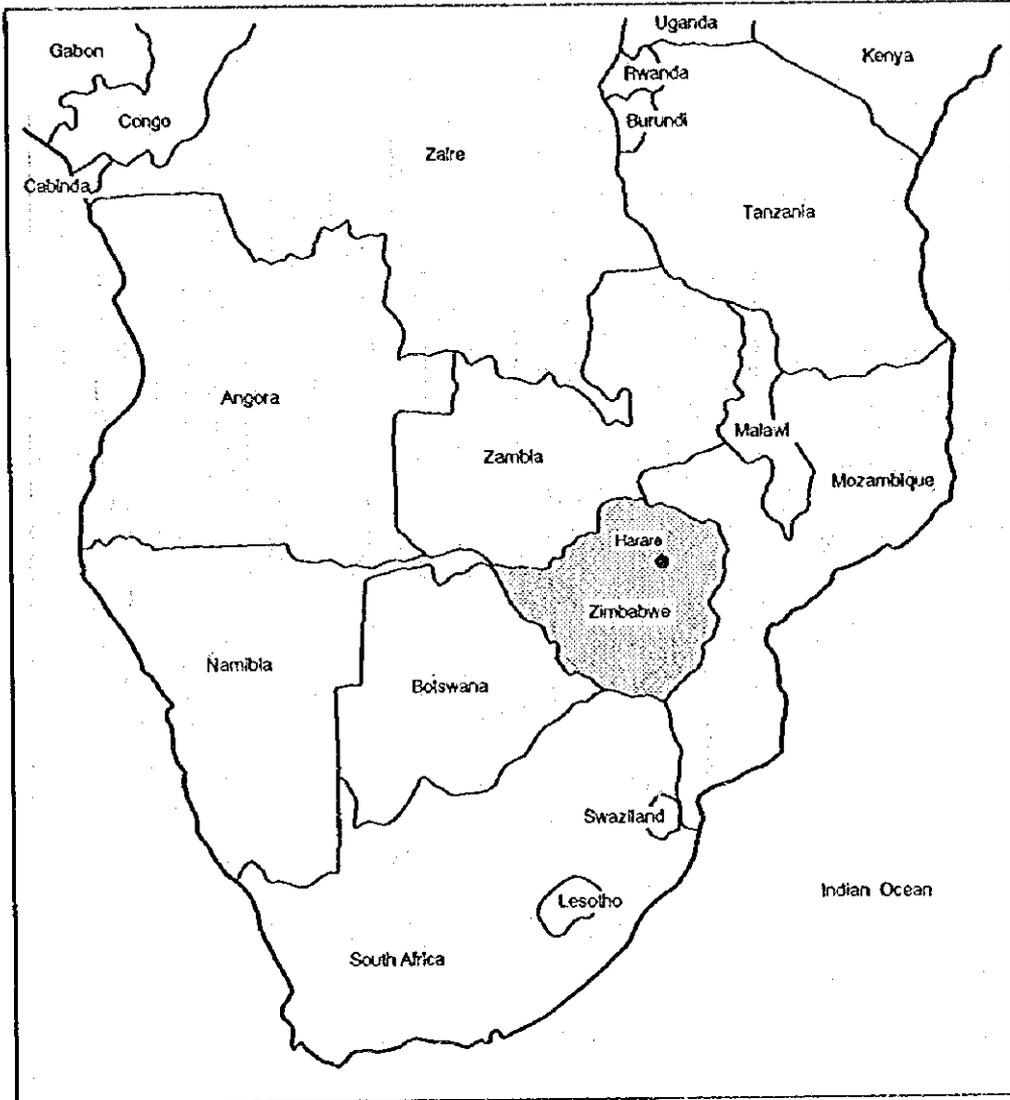
予備調査報告書

平成8年6月

国際協力事業団



1131612 (2)



ジンバブエ 位置図



ジンバブエ 行政区分図



写真 - 1 DOE協議 (左よりMr. C. T. Mzezewa, Mr. J. C. Pfaira, Mr. E. Marange)

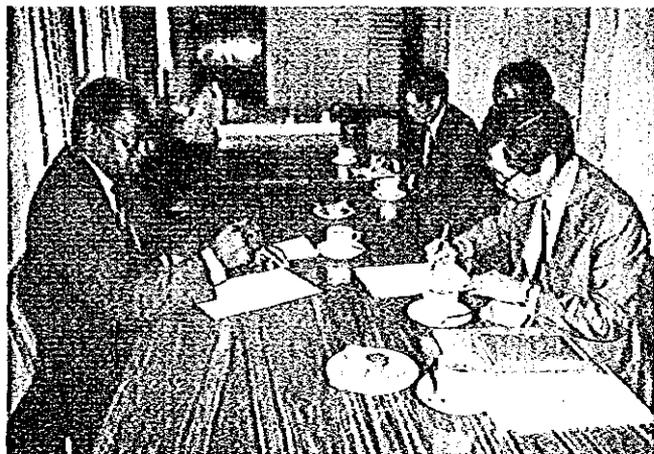


写真 - 2 M/M署名
(DOE : Mr. C. T. Mzezewa, JICA : 林団長)



写真 - 3 Ministry of Finance 表敬
(左端 : Mr. L. Matsuyai, 右端 : Ms. W. R. Kahari)



写真 - 4 PMU協議
(右端 : Dr. Mandishona)



写真 - 5 ZESA協議
(Mr. David D. Madzikanda)



写真 - 6 Solarcomm 社訪問



写真-7 ハラレ市内の家電販売店にある調理用電熱器
(1プレート型 ZS332、2プレート型 ZS699と高価)

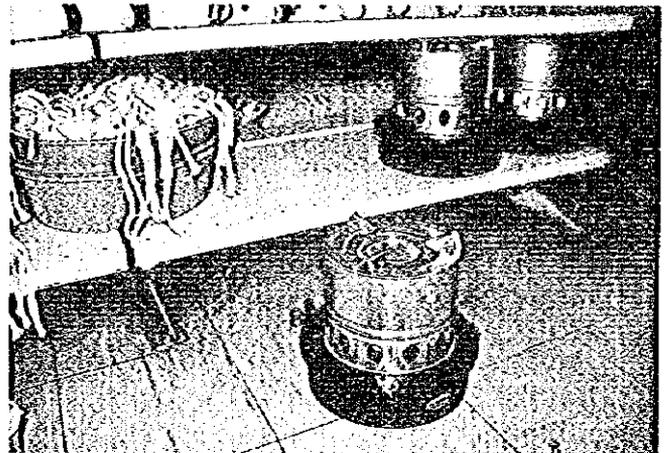


写真-8 ハラレ市内のスーパーで販売されている
調理用コンロ (ZS62、パラフィン燃料使用)



写真-9 Solarcomm 社屋

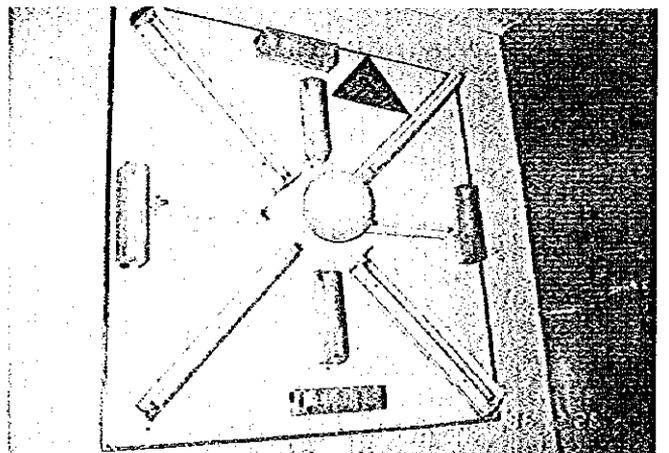


写真-10 Solarcomm 社が販売している各種蛍光灯

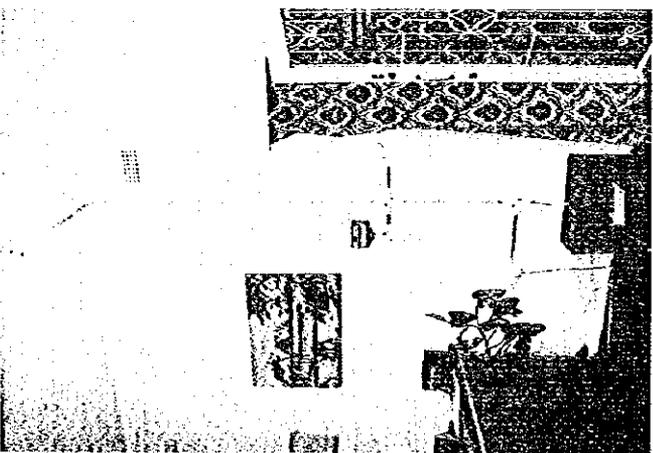


写真-11 Solar Products 社のPVシステム (デモ用)

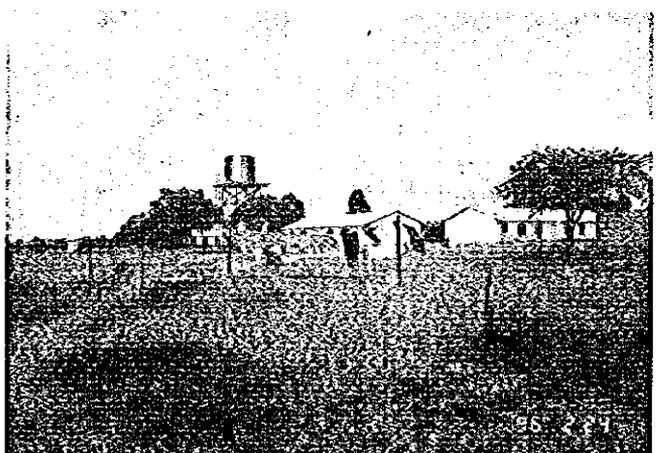


写真-12 Nyatsambo Secondary School
協力隊員が配属されている学校 (未電化村)

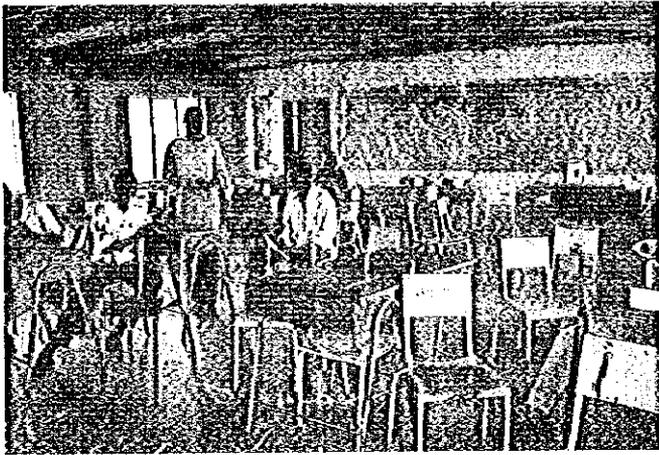


写真 - 13 同学校の教室

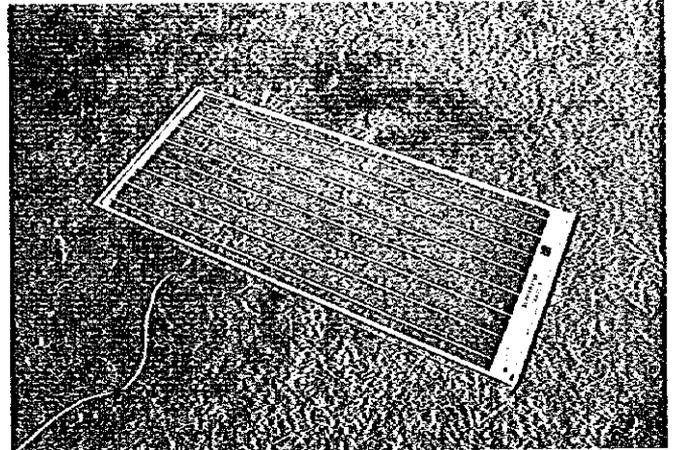


写真 - 14 協力隊員が使用しているPVパネル
昼間地面に置き、夜間は部屋に収納

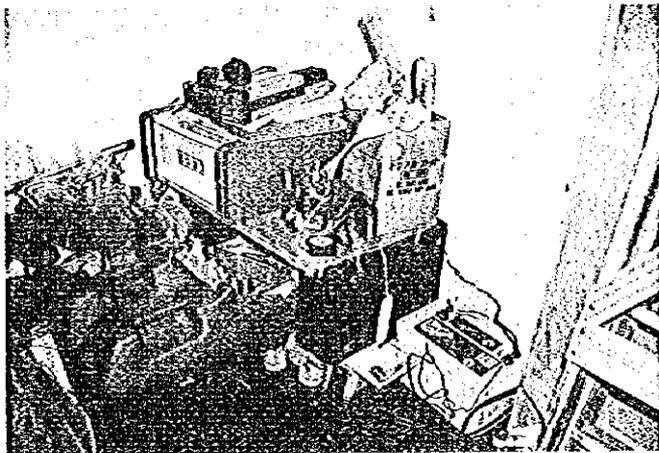


写真 - 15 無線機専用として使用
(チャージコントローラ無しでバッテリーに直結)



写真 - 16 学校付近のPVシステムを利用している農家

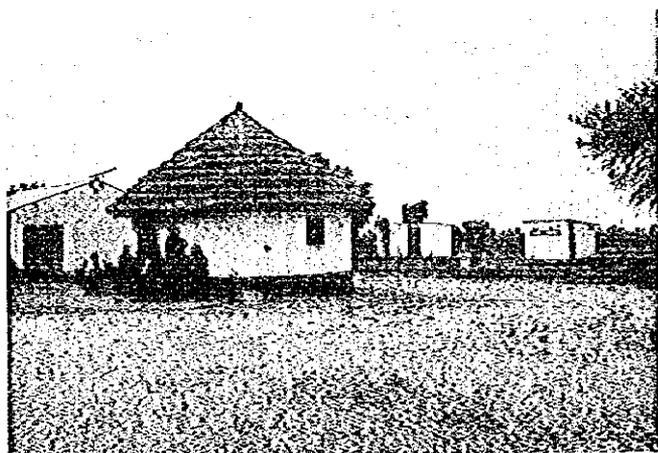


写真 - 17 PVシステムはビニャ・寝室棟 (左端) に設置
(手前はキッチン・インゲ棟、右奥は浴室とトイレ)



写真 - 18 同農家のPVシステム
(バッテリー液の補充等メンテは良好)

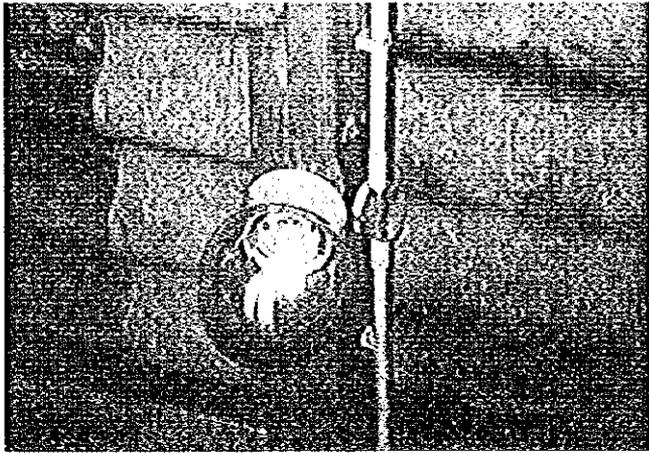


写真 - 19 天井に取り付けられた蛍光灯
(配線は全て導管使用)



写真 - 20 PVシステム利用農家
(ハラレより北東に車で約1時間)



写真 - 21 Kaware Rural Health Clinic

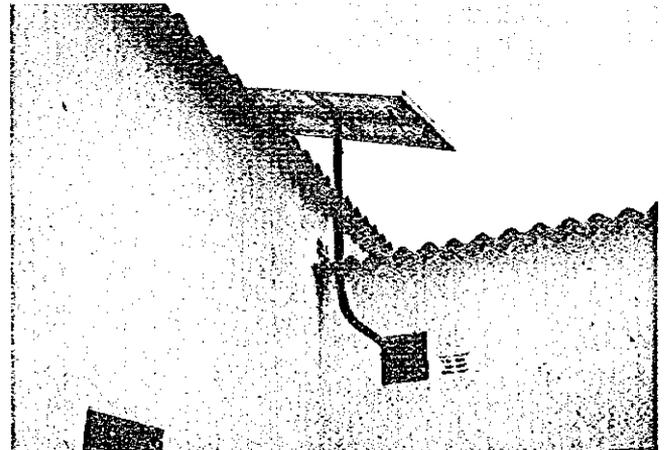


写真 - 22 同クリニックの壁面に設置されたPVパネル
(50Wパネル2枚使用)

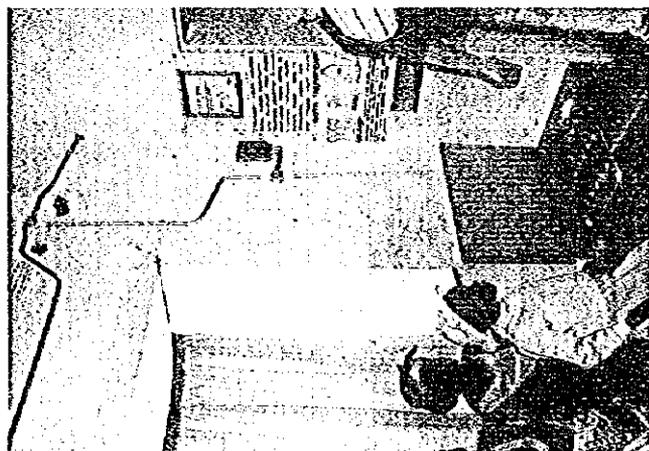


写真 - 23 待合室に設置されたバッテリー、充電コントローラ

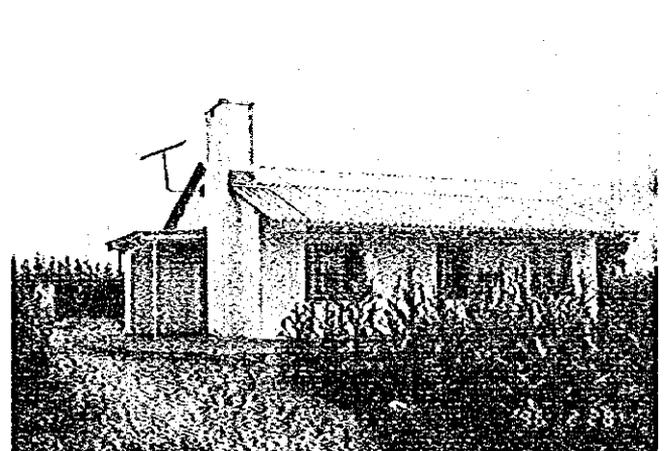


写真 - 24 敷地内の宿舎でもPVシステムを利用

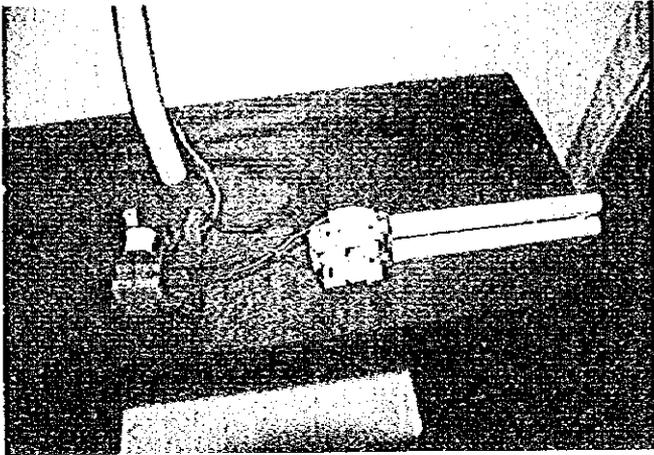


写真 - 25 蛍光管および内蔵インバータ

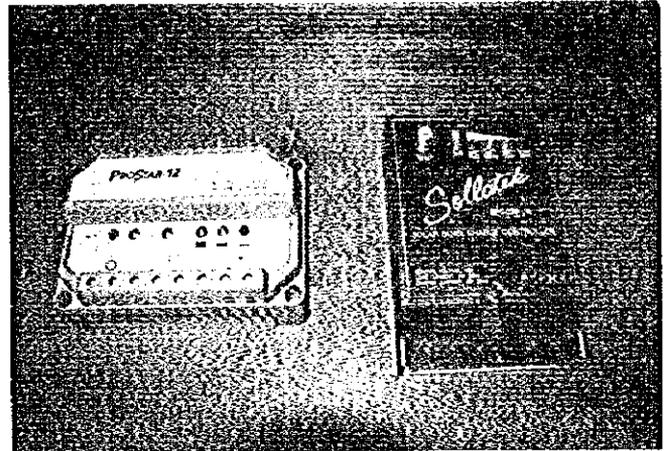


写真 - 26 チャージコントローラ2種
(左: MOSFET使用、右: リレー使用)

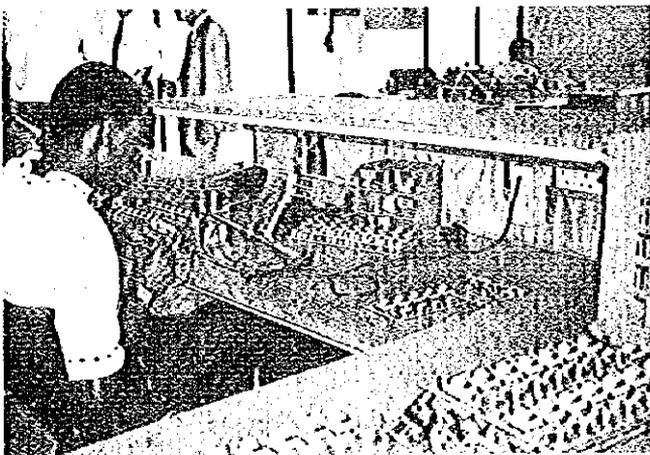


写真 - 27 Sollatek社でのインバータ組立

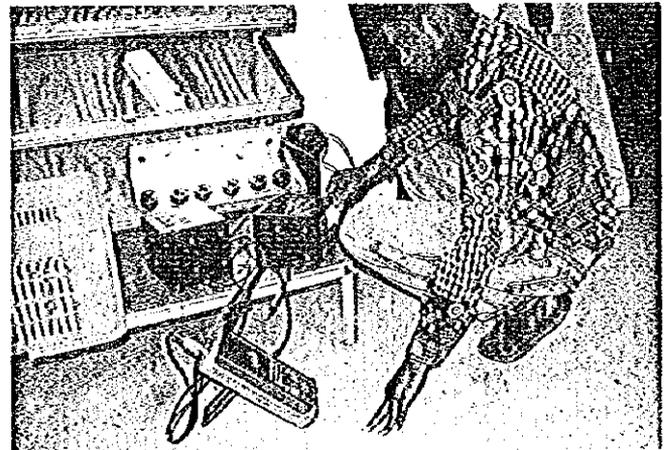


写真 - 28 同社での製品検査
(自社製DC-ACコンバータの動作テスト中)

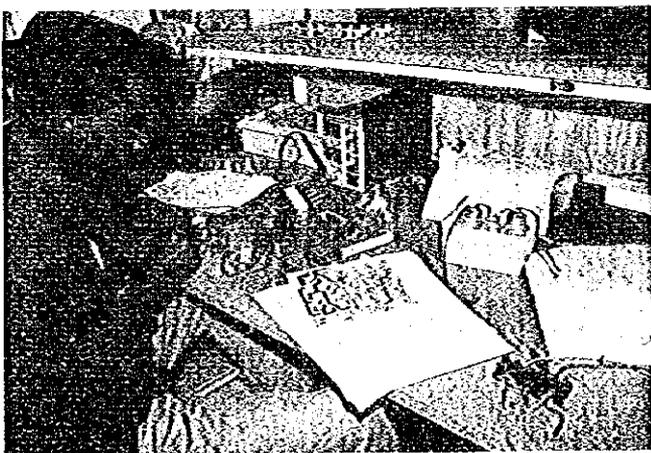


写真 - 29 同社での製品動作チェック
(チャージコントローラの評価)



写真 - 30 同社でのインバータ内蔵蛍光灯組立

目次

位置図

写真

	頁
調査団長所感	1
第1章 総論	3
1-1. 調査の目的	3
1-2. 要請の背景・経緯	3
1-3. 調査団構成	4
1-4. 調査日程	5
1-5. 主要面会者	5
第2章 協議結果	7
2-1. 対処方針	7
2-2. 対処方針	7
2-3. 協議結果	8
2-4. 予備調査結果による課題	9
第3章 電力事業及び地方電化の現状	11
3-1. 電力関係機関・組織	11
3-2. 電力事情	12
3-2-1. 電力供給	12
3-2-2. 電力需要	15
3-2-3. 送配電線網	17
3-3. 地方電化の現状	21
3-4. 地方電化マスタープラン	24
第4章 GEFプロジェクト	29
4-1. 概要	29
4-2. 実施機関	30
4-3. プロジェクトの内容	31
4-3-1. PVシステムの構成	31
4-3-2. 融資制度	32
4-4. プロジェクトの進捗状況	33
4-5. GEFプロジェクトの抱える問題点	35

第5章 現地踏査結果	37
5-1. PVシステムの利用例	37
5-2. PVシステム取扱業者	38
5-3. PVシステム機器の評価	40
第6章 本格調査実施方針	45
6-1. 実施方針	45
6-2. 本格調査の留意事項	47
[資料]	
1. 資料リスト	51
2. PVシステム設置個所	55
3. PVシステム価格表	56
4. 質問票および回答	60
5. TOR	66

調査団長所感

ジンバブエにおける太陽光発電地方電化は1993年UNDPのGEF (Global Environment Facility) プロジェクトによりすでに開始されている。このプロジェクトはUNDPが設けたシーディング・ファンド (Seeding Fund) を使用して輸入された太陽光パネルや関係部品を設置業者が組み立て、受益者の家屋に設置すると共に、受益者はリボルビング・ファンドから低利のローンを受けて、設置代金を2年または3年間にわたり返済してゆくシステムである。

このシステムの基本的考え方は、シーディング・ファンドとリボルビング・ファンドにより設置業者の供給力を強化すると共に、太陽光発電に対する消費者の潜在的ニーズを喚起することでジンバブエにおける太陽光産業に自立的発展の弾みを与えようとするものである。PVシステムの設置を促進するための一環としてトレーニングや普及活動等も行われており、ある一定の成果を収めつつあるというのが今回の予備調査で得た感触である。

しかしGEFはその名のとおり、環境問題を目的として開始されたものであり、この結果ジンバブエにおける太陽光発電地方電化は包括的な計画を持たずに推移しているというのが現状である。特に地方電化の主たる担い手であるジンバブエ電力公社 (ZESA : Zimbabwe Electricity Supply Authority) が現在のところ直接関与しておらず、このことは国家全体に広げてゆく必要のある地方電化事業にとり、中・長期的に大きな問題となろう。

現在ZESAは政府と共に地方電化マスタープランを作成している。このなかでは、送・配電網の拡張を中心にそれぞれの地域をどのような手段で電化してゆくべきかを検討し、中・長期的計画が策定されることになる想定される。日本としてはこのマスタープランをもとに、中・長期的視点に立ち太陽光発電で電化すべき地域を明確にすると共に、GEFプロジェクトを中心とした太陽光発電地方電化の既存の枠組みを踏まえた上で、これからどのように太陽光発電地方電化を進めてゆくべきか、その組織・制度的枠組みや、人材養成の必要性、適正技術の開発と評価、既存太陽光産業の育成、村落部における普及等につきマスタープランとしてまとめるべく技術協力をしてゆく余地があると思われる。

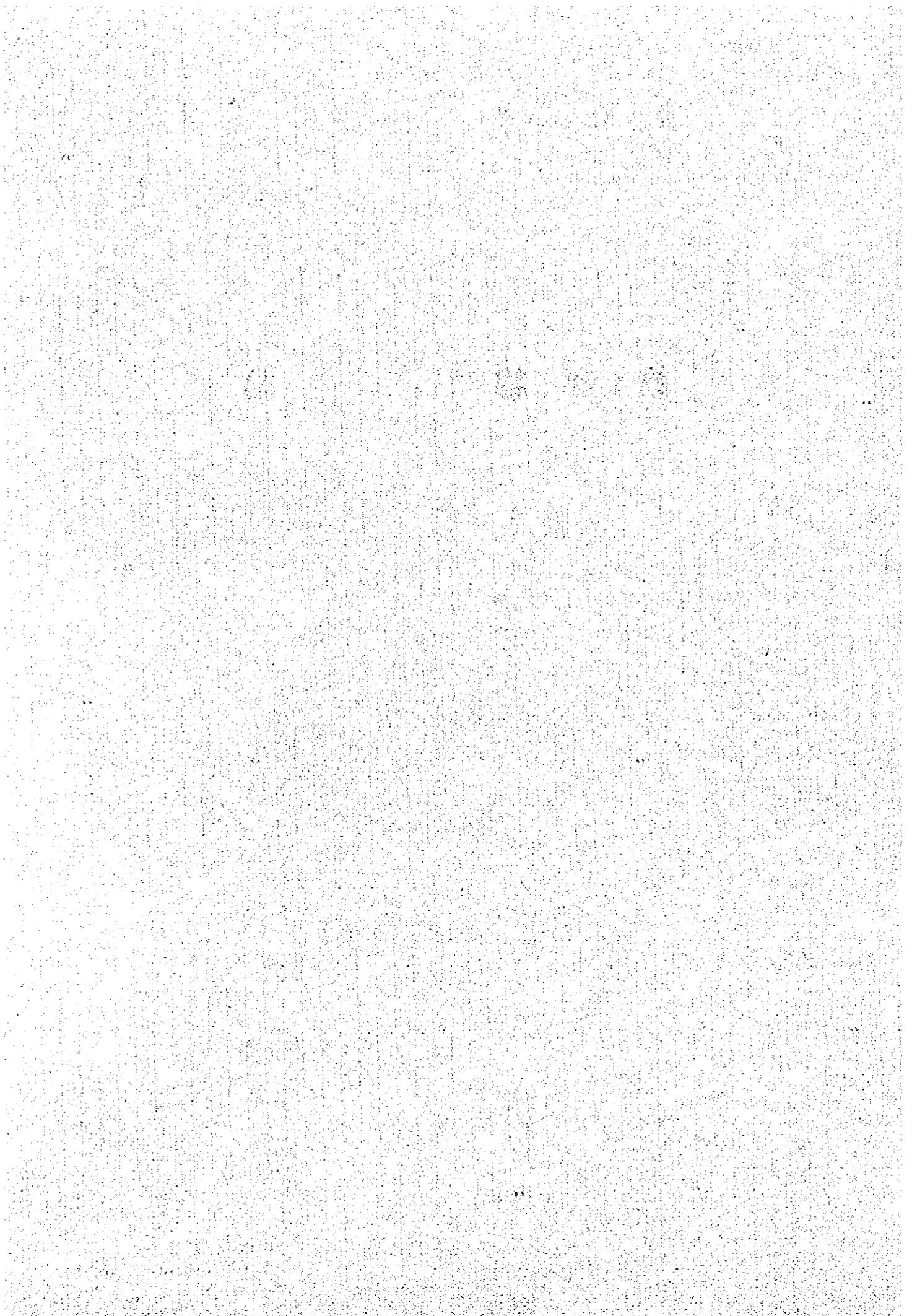
また近々に感染症対策のプロ技が開始されようとしており、1次医療施設であるRural Health Center (RHC) のインフラ整備にも太陽光発電は一つの選択枝として重要であると考えられ、プロ技と開発調査相互の連携は日本の援助効率化に資すると期待される。

1996年3月1日

国際協力事業団 国際協力専門員

林 俊行

第1章 総論



第1章 総論

1-1. 調査の目的

本件予備調査団は、先方からの要請内容の確認、太陽光発電 (PV) を取り巻く現状の確認、関係する組織・機関との協議及び村落の現地踏査を行い、本プロジェクトの実施方針を決定するための予備調査である。

1-2. 要請の背景・経緯

(1) 電力セクターの現状

1) 電力事業の概要

総発電設備容量は、1961MW (1992年) で、カリバ水力が666MW、フワンジ火力が920MW、その他3火力が375MWとなっている。総発電電力量は8246GWh (同年) で、2028GWhをザンビアから輸入している。輸入依存度は、約20%である。

電力事業の運営主体は、ジンバブエ電力供給公社 (ZESA: Zimbabwe Electricity Supply Authority) であり、発送配電事業の全てを掌握している。

2) 送配電部門の現状

送電線の電圧レベルは、330kV、132kV、88kV及び66kVである。330/132kV変電所は6ある。多くの330kV系統は'50~'60年代のもので、送電ロスが3%と少ないものの、老朽と維持管理不備により停電頻度が多くなっている。このため、変電所の新設又は強化が必要とされている。

配電線の電圧レベルは、33kV、11kV、0.4kVである。また、33/11kVの総変圧器容量は、1250MVAである。低圧配電システムの全容は詳細に把握されておらず、ZESAにより調査・点検される予定である。さらに、発電及び送電のマスタープランに合わせて、95年12月までを目途に配電線網拡張計画の策定を行うことになっている。

3) 地方電化の現状

現在、ジンバブエの家屋電化率は、約20%である。送配電網延長による新規の電化対象としては、より人口密度の高い村落が選ばれている。しかし、電力需給が逼迫しているため、今後数年の新規電化はほぼ不能になっている。

これまでに、政府は、1985年には24の村落を対象とした電化計画 (送配電網延長) を打ち出し、86年にはさらに48を対象に第二段階を始めた。初めの24については完了したが、次の48については13村落のみが電化されたにとどまっている。このため、GTZの技術協力により地方電化計画の見直し (第3章3-4に記述) が行われた。この見直しにより、配電網拡張による電化が経済的な地域が選定されている。また、政府は地方電化に対する補助金の導入を決定している。このように、送配電網の延長による地方電化は、一般的村落の人口密度が低いことによる経済的な限界に直面している。

一方、既に民間ベースで、太陽光発電の普及が進んできている。この既に普及しているシステムは、国内の太陽光発電企業が販売・設置しており、非常に廉価である。また、UNDPにより、太陽光発電による地方電化推進が行われている。

(2) 本プロジェクトに関連する状況

1) UNDPプロジェクト

プロジェクトの実施主体は、運輸・エネルギー省のエネルギー局 (DOE)、Project Management Unit (PMU) 及びUNDPである。UNDPの主眼とするところは、環境対策技術の商業化による普及であり、本プロジェクトでは、国内産業育成及び購買者のための金融制度確立を重点としている。

具体的なプロジェクト手法の概要は、以下の通りである。UNDP及び政府から出資し、Agricultural Finance Corporation (AFC) のもとにリヴォルピングファンドを設け、希望者に購入代金を融資する。希望者に対する融資が決定した場合、登録されているローカルPV設置業者がシステムの設置を行い、設置後にAFCの検査を通過して初めて、代金が業者に支払われる。その後購入者は、AFCに対しローン返済を行う。

現在までに顕在化していきっている問題又は課題としては、以下のようなものが挙げられる。

- a) さらなる普及を図るためのミニ・リヴォルピングファンドが未整備。
- b) Solar Energy Industries Association of Zimbabwe (SEIAZ) が効果的に参加できていない。
- c) PMUスタッフの、人数不足、訓練不十分及びプロジェクトへの理解不足。
- d) リヴォルピングファンドの収入不足による枯渇。

2) 既存の電力事業に関する調査

現在までに確認された電力事業に関連する調査には、以下のようなものがある。

- a) GTZによる地方電化計画
- b) EDF (フランス) による電力料金調査
- c) ADF (Africa Development Fund) による地方電化計画 (95年)
- d) European Commission EG8 による飲料又は灌漑用太陽光ポンプ設置

3) プロジェクト形成基礎調査の実施

94年8月に第一次、同年9月に第二次調査を実施した。この中で、UNDPプロジェクトの状況把握及びJICA開発調査実施の可能性を検討、協議した。特に第二次調査においては、先方関係機関であるDOEに、TOR案を提示し、早期の正式要請交付を促した。

4) 本件の要請

95年10月31日付で本件実施に関する要請越した。要請内容としては、太陽光発電を利用し、地方村落における電化を進めるというものである (別添2参照)。

1-3. 調査団構成

氏名	担当分野	所属
林 俊行	団長・総括	JICA国際協力専門員
太田 匠	技術協力行政	通産省資源エネルギー庁技術課

永見 光三	調査企画	JICA鉱工業開発調査部資源開発調査課
高岸 義一	太陽光発電設備	プロアクトインターナショナル (株)
塩田 昭夫	地方電化計画	プロアクトインターナショナル (株)

1-4. 調査日程

	日付	作業内容
1	2月21日 (水)	12:15成田発ー16:55パリ着 (JL-405)、23:40パリ発ー
2	2月22日 (木)	12:50ハラレ着 (AP-428)、15:30大使館表敬
3	2月23日 (金)	9:30Ministry of Finance表敬、12:30DOB表敬、14:30PMU表敬
4	2月24日 (土)	現地踏査 (Mhondoro地区) : Nyatsamambo村の協力隊員のPVパネル利用状況及びPVパネル設置家屋調査
5	2月25日 (日)	資料整理、団内打ち合わせ
6	2月26日 (月)	9:30PMU協議、PM Southern Center 訪問 PVパネル設置業者調査 (Solarcomm、Solar Products)
7	2月27日 (火)	AM団内打ち合わせ、15:00ZESA協議
8	2月28日 (水)	現地踏査 (Kaware地区) : PVシステム設置医療施設 (Kaware Rural Hospital) 及びPVパネル設置家屋調査
9	2月29日 (木)	9:30M/M協議 (DOE) 11:30Sollatek訪問、14:30M/M協議 (PMU)、
10	3月 1日 (金)	9:00M/M署名、14:00大使館報告、17:00ハラレ発ー
11	3月 2日 (土)	5:45アムステルダム着 (KL-598)、19:25アムステルダム発ー
12	3月 3日 (日)	14:55成田着 (JL-412)

1-5. 主要面会者

日本大使館
 東原 麻夫
 岡本 治男
 安村 広宣
 小路 康雄

大 使
 公 使
 参事官
 一等書記官

IOCV事務所
 奈良輪 睦美
 伊東 一郎
 長岡 美徳

所長
 調整員
 協力隊員

大蔵省 (Ministry of Finance)

Mr. L. Matsuayi Under Secretary
Ms. W. R. Kahari Desk Officer

運輸エネルギー省エネルギー局 (DOE : Department of Energy, Ministry of Transport and Energy)

Mr. C. T. Mzezewa Director of Energy
Mr. J. C. Pfaira GEF Solar Project Technical Operation Officer
Mr. E. Marange Energy Development Officer

PMU (Project Management Unit, UNDP/GEF Project)

Dr. Mandishona Director
Mr. G. Marawanyika Outreach Advisor
Mr. Alf Andreassen PV Specialist

ジンバブエ電力公社 (ZESA : Zimbabwe Electricity Supply Authority)

Mr. David D. Madzikanda Senior Manager, Corporate Planning Dept.

Solarcomm (PVパネル組立会社)

Mr. Batsirai Chikoore Sales and Marketing Executive

Solar Products (PV設置業者)

P. Nyamadzano

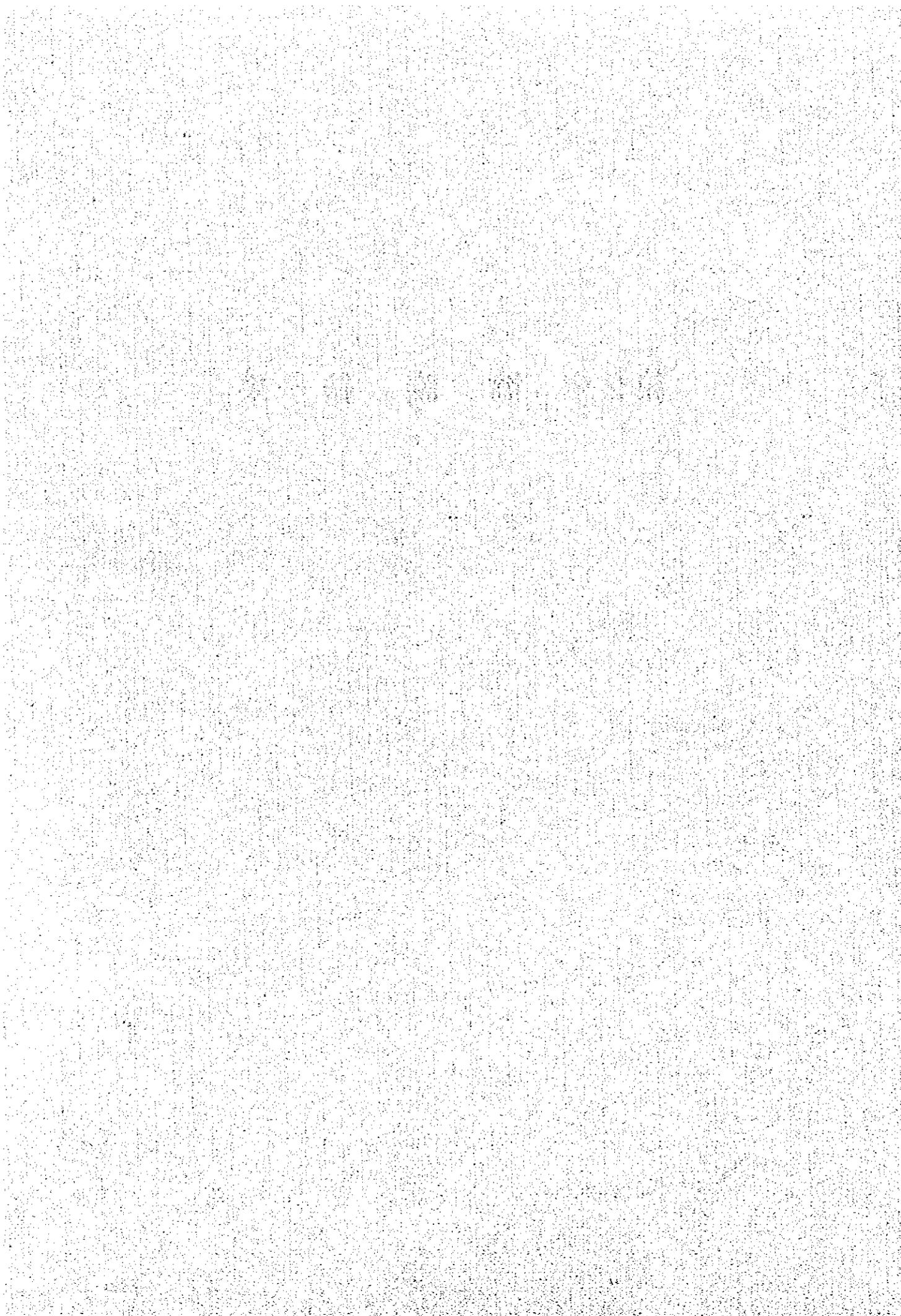
Southern Center (コンサルタント)

Mr. N. Nziramasanga Technical Director

Sollatek (PV部品組立会社)

Dr. Regis F. Dzenga Managing Director, Chairman of SEIAZ
Mr. Manhal Allos Director of Sollatek UK

第2章 協議結果



第2章 協議結果

2-1. 対処方針

- (1) 電力事業に関する基礎情報
- (2) ジンバブエの一般的な集落形成
- (3) UNDPによる太陽光発電普及の進捗及び問題点
- (4) 実際に稼働中のシステムの把握（各種タイプ）
- (5) システムの運用及びメンテナンスの現状
- (6) 太陽光発電企業の現状
- (7) 金融制度の利用可能性
- (8) 協力隊員の活用可能性
- (9) 現地コンサルタント活用可能性
- (10) 専門家派遣の可能性
- (11) 電化対象家屋種類（農家又は公共施設）の絞り込み
- (12) 地方電化計画の対象地域の絞り込み

2-2. 対処方針

(1) 要請内容の確認

先方（DOE）からの要請によると、学校、病院等の公共施設電化、水供給のためのポンプ、既存のシステムの技術的評価が挙げられており、設置を主とする印象ももたれる。設置を主として考えることは、開発調査の必要性の面で問題があるため、先方の意図を再確認する。

(2) UNDP調査との区別

調査において試験設置を行う場合には、UNDP調査との区別をはっきりさせる必要がある。区別の仕方については、電化対象又は電化方法について異なるものとするのが考えられる。なお、上述の先方要請対象の中で特に、ポンプを調査対象とする場合については、その他の電化対象とは性質が異なるため、現段階で対象にするかどうかを確認しておく必要がある。

(3) 調査内容の検討

要請内容を確認した上で、開発調査としての協力可能内容を検討する。

(4) 基礎的な情報の確認

本格調査を実施するための電力事業に関する基本的な情報として、以下の点について調査を行う。

- 1) 地方電化の現状及び今後の計画（GTZ及びADFによる地方電化計画を含む）
- 2) 今後の電源開発計画
- 3) 地方電化における補助金、制度等の実態
- 4) 他国及び国際機関からの協力の現状

5) 太陽光発電利用についてのポリシーの有無

(5) UNDPによる料金回収の実態

本格調査において試験設置を考えているが、料金回収の方法については、UNDPの枠組みを考慮する必要がある。既存の資料によれば、UNDPによりPVモジュールを供与し、政府がその見返り資金をリヴォルビングファンドとして設置しているが、住民負担分を明らかにする。

(6) 先方実施体制

本件調査については、DOEが要請主体であり、実施主体となる。しかし、実際の調査を行うためには、料金回収、設置検査等の主体をどこにするのかが問題となる。候補として考えられるのはPMUであるが、PMUの参加可能性を確認する。また、それ以外の枠組みがないかを調査する。

2-3. 協議結果

本予備調査団は、ジンバブエにおいて2月22日から3月1日まで調査を行った。この調査において、関係する組織及び機関との協議、太陽光発電（PV）電化村落の現地踏査並びに質問票に基づく資料収集を実施した。協議を行った相手は、本件の要請主体である運輸・エネルギー省エネルギー局（DOE）、現在進行中のGEFプロジェクトを運営するプロジェクト・マネジメント・ユニット（PMU）、ジンバブエ電力公社（ZESA）、PV関連企業協会、現地コンサルタントである。

協議の結果を以下に示す。

(1) 予備調査の目的

予備調査の目的は、PV地方電化の進捗状況を把握し、その更なる発展のために技術協力により貢献できる分野を確認することである。

(2) 要請の背景

ジンバブエの地方地域のなかには、電力供給を必要としているにも関わらず、近い将来には送配電網の延長による電化が望めないものが多く存在している。しかし、地方電化は、地方に多大な発展をもたらし、都市への人口流入を緩和し、人口の増加を抑え、識字率を向上し、全体で800万近くに上る地方住民の生活を向上させることにつながるとジンバブエ政府は考えている。

かかる状況に加え、アフリカ諸国共通の課題であるエネルギー供給、環境保全及び経済発展の調和を図り、年間日照3000時間（2200KWh/m²年）もの世界でも最高レベルの豊富な太陽放射を利用するためには、PVが有効な手段と考えられる。

(3) PV地方電化の現状

UNDPの資金協力により実施中のGEFプロジェクトは、国内PV産業の発展及び低利の融資制度の導入によるPV地方市場の拡大を目指している。チャージコントローラー、インバーター内蔵蛍光灯等の付属品（BOS）の生産を手掛けている4企業を含め、参加企業の数50に上っている。また、1995年12月の時点で45Wシステム2881セット分のシステムを設置してい

る。このように、GEFプロジェクトは、PV地方電化の推進に多大に貢献している。

さらに、PMUは、他の機関の援助による2プロジェクトを実施する予定である。一つは、スペインの援助によるもので、5MUS\$かけて1800家屋、6学校、6病院、PVポンプを設置するものである。もう一つは、デンマークによるPVポンプシステムの実証プロジェクトである。

かかる状況の一方では、技術者の不足、PV機器の品質及び信頼性を検査するための研修設備及び試験設備の欠如等の問題が確認された。

また、政府及びZESAにより全般的な地方電化マスタープランが検討されており、今年8月に完成する予定である。このマスタープランでは、送配電線の延長を主としており、ミニグリッド (Mini Grid) の開発も検討している。ZESAは、最近GEFプロジェクトに参加し始め、今後は意欲的にPV地方電化のための調査に参加していくとしている。

(4) 技術協力のための領域

調査により確認されたPV地方電化の現状を踏まえ、以下の領域が、JICAの技術協力を実施する際の対象として適当であると認識された。

- 1) PVシステム生産技術の改善
 - 2) 人的資源の評価及び開発
 - 3) 代替となるPVシステム及びその利用可能性の検討
 - 4) 地方の社会的・経済的条件下でのPV普及方法の選択肢の検討
 - 5) PV地方電化を推進するための、組織、融資制度を含んだ制度及び政策に関する提言
- PV地方電化のためのマスタープランは、以上の課題を達成するものとなることが想定される。また、調査においては、JICAの予算の範囲内で試験設置が行われる。

(5) 調査実施体制

開発調査が行われる際にジンバブエ側の直接のカウンターパートとなるのは、DOEである。しかし、PMUが現在のPV地方電化において果たしている役割は大きく、ZESAも全般的な地方電化を実施する主体となっていることから、この両者を技術協力の対象とすることも重要であることが確認された。(現在PMUは、DOE直属の機関となっている(図1参照)。)

(6) その他

1) 質問票及び回答

質問票により要求したデータ及び情報の中で回収できなかったものは、DOEがミニッツ署名日から1ヵ月以内にJICAに提出することとなった。

2) 収集されたデータ及び情報

予備調査で収集された情報は技術協力以外の目的に利用しないことを、双方により確認した。

2-4. 予備調査結果による課題

予備調査での協議により確認した事項は、6. 協議結果の通りであるが、調査前の対処方針の中で今後の検討事項となったものを以下に記す。

(1) UNDPプロジェクトとの区別

1) 電化対象の区別

今回の予備調査により、UNDPプロジェクトの内容、進捗及び今後の予定について概要を把握することができた。UNDPプロジェクトの本来の趣旨は、PV地方普及のための枠組み（国内PV産業及び低利融資）を整備することにより、Sustainableな普及を促すことである。現に、これまでの活動により3000余りのシステムの設置を実現し、PV企業の育成に貢献してきている。また、枠組みの整備だけでなく、一般家庭以外の病院、学校等の公共施設に対して設置を行ってきている。これら公共施設についても一般家庭同様、無償での設置は行わず、原則として自己資金により設置するようにしている。このため、当初想定していた「一般家庭＝UNDP、公共施設＝JICA」という区別はできない。従って今後は次の電化方法の区別に絞って考える。

2) 電化方法の区別

これまでの購買層は、比較的富裕な家庭となっている。これは、商業ベースでの普及を目指していることもあり、各企業が設置する既存の普及システムの種類は、比較的需要の大きい場合（PVパネル45W程度）のシステムがベースになっており、需要が小さい場合のシステムに適正な機器構成がされておらず、結果として高価なものとなっていることによる。今後さらに普及を図っていくためには、より廉価なシステムの開発が重要になっていく。この廉価なシステムについては、技術的な提言だけでなく、その普及を図る上での制度的な提言を行うことも重要である。

小規模のシステムだけでなく、さらにコストダウンするためのPVバッテリー充電ステーションの設置やRural Health Center (RHC)等の公共設備での新しい活用方法も検討する余地がある。

(2) 調査内容の検討

本調査は、PV普及ガイドライン作成調査となるべきものであり、調査の目的として前述（1-1参照）の項目が挙げられる。PV普及ガイドラインとは、団長所感でも述べられているとおり、これまで無計画下で行われていた普及について今後の各種施策を提言し、中長期的なビジョンを提示するものとなる。このような視点に基づき、今後はより具体的な調査内容を検討していきたい。

(3) 試験設置の対象及び方法

(1)、2)で述べたこれまで導入されていないシステムを本格調査で提案し、実際の設置を行うことは、調査の意義を高めることに繋がる。ただし、調査で行う設置数は必要十分な数でとどめるべきであり、本格的な設置は、開発調査の次の段階で行うことになるであろう。このための資金手当の方法についても、調査で提言する必要がある。

第3章 電力事業及び地方電化の現状

THE HISTORY OF THE UNITED STATES

第3章 電力事業及び地方電化の現状

3-1. 電力関係機関・組織

ジンバブエ共和国のエネルギー供給は運輸エネルギー省にあるエネルギー局 (Department of Energy : DOE) の管轄になっている。

DOEには5つの部局があり、エネルギー保存部に8名、エネルギー経済・計画に10名、エネルギー研究開発に11名、エネルギー行政に8名、総務に7名配置されている。このDOEの下にNOCZIM (National Oil Company of Zimbabwe : ジンバブエ石油公社)、ZESA (Zimbabwe Electricity Supply Authority : ジンバブエ電力公社)、ZRA (Zambezi River Authority : ザンベジ川公社) の3つの公社があり、国内の電力供給はZESAが管轄している。

DOEの組織図を図3-1に、ZESAの組織図を図3-2に示す。

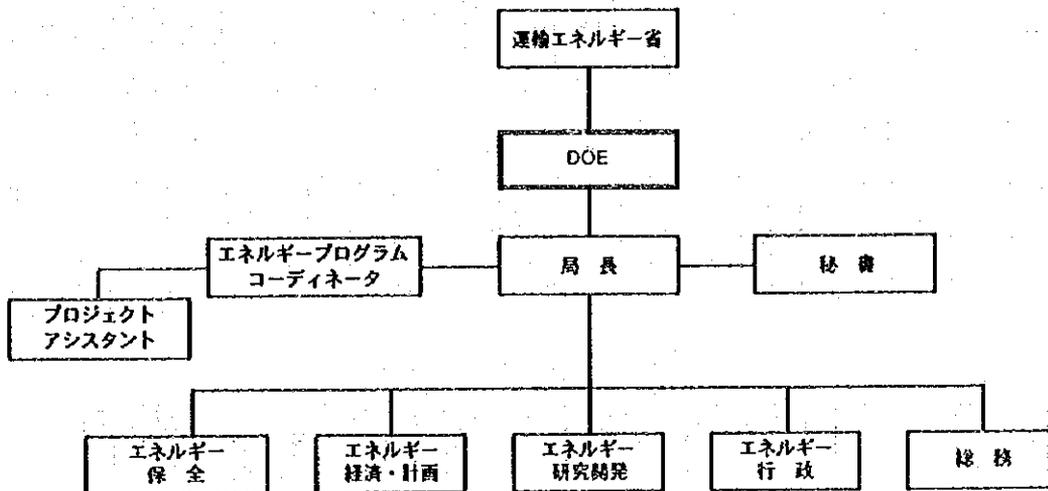


図3-1 DOE組織図

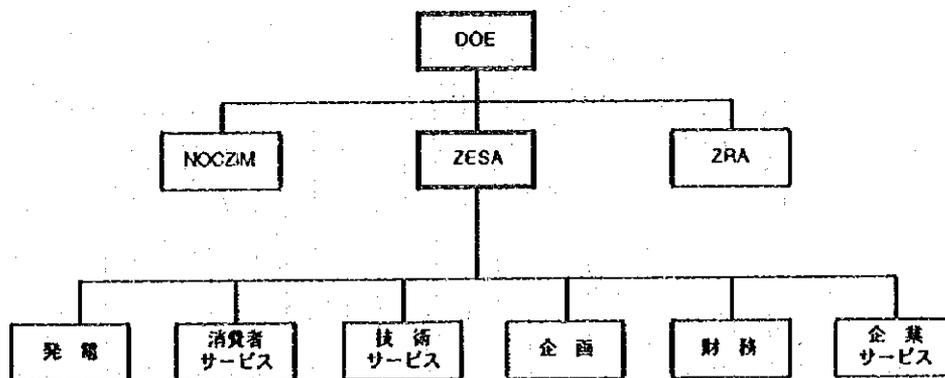


図3-2 ZESA組織図

ZESAでは電力供給体制の効率化を図るため、1992/93年度よりPIP (Performance Improvement Programme : 効率向上プログラム) と呼ばれるプログラムを外部コンサルタントを起用して推進中である。このプログラムは2~3年以内に運営効率を高め、その効果を維持していくことを目指しており、現在までに1,700のポスト (約16%に相当) が削減されている。

3-2. 電力事情

3-2-1. 電力供給

ジンバブエ国内には現在3つの主要発電所 (Hwange Stage I、Hwange Stage II、Kariba) と3つの小規模発電所 (Munyati、Harare、Bulawayo) があり、発電設備容量は合計で1,961MWである。このうち水力発電はKaribaのみで、その他は石炭火力発電所となっている。Hwange Stage IとHwange Stage IIは基準電力を供給する発電所として重要な位置にあり、Kariba水力発電所は基準電力とピーク電力をカバーする役割をもっている。Munyati、Harare、Bulawayoの3つの発電所はいずれも小規模で老朽化しており、発電効率も低いため、ピーク電力用及び緊急時用としての性格が強い。

各発電所の諸元を以下に示す。

表3-1 各発電所の諸元

発電所	タイプ	設備容量 (MW)	定格出力 (MW)	運転開始年	石炭消費量 (kg/kWh)
Hwange Stage I	石炭	4 x 120MW	456	1983/86	0.5228
Hwange Stage II	石炭	2 x 220MW	400	1986	0.4873
Munyati	石炭	2 x 10MW、5 x 20MW	40	1947/58	0.6879
Harare	石炭	2 x 30MW、2 x 20MW 2 x 10MW、2 x 7.5MW	80	1946/58	0.8221
Bulawayo	石炭	3 x 30MW、2 x 15MW	70	1948/58	0.6422
Kariba	水力	6 x 111MW	666	1959/62	--
合計		1961	1712		

出典：ZESA資料1994年

一方、国内の発電所のみでは、電力需要を賄うにはいたらず、ザンビアやザイールなど隣国からの輸入電力に依存しているのが現状である。過去5年間の発電所別供給電力量及び輸入電力量を表3-2、図3-3に示す。1992/93年より電力の落ち込みがみられる

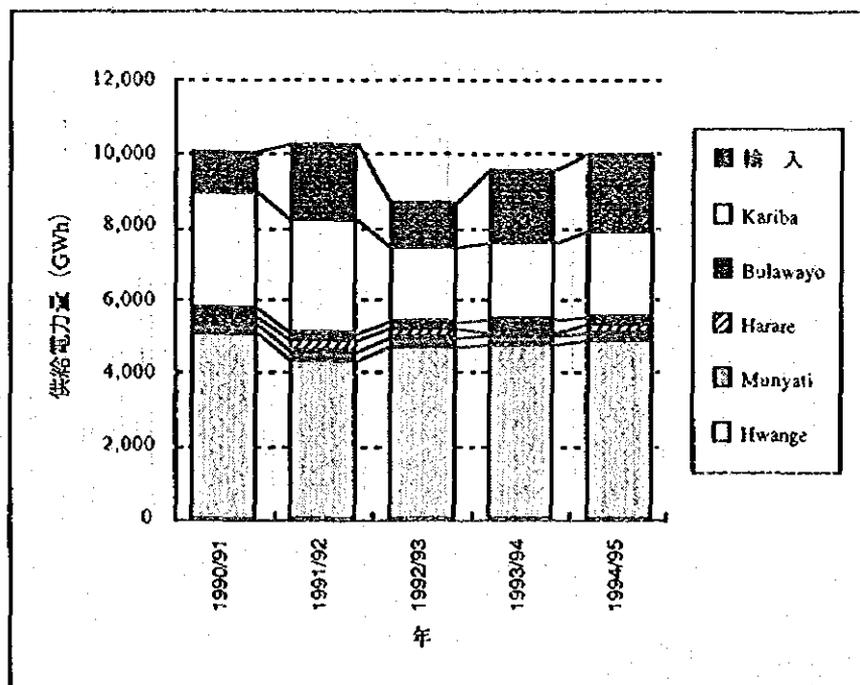
が、これは旱魃の影響により経済が低迷し、需要が減少したこと及び水量不足によるKariba水力発電所の発電量低下で、供給不足になったことが原因である。その後経済は上向きに転じ、電力需要も増加している。

表3-2 過去5年間の発電所別供給電力量

内 訳	供給電力量 (GWh)				
	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95
国内電力					
Hwange	5,100.9	4,310.3	4,755.1	4,815.9	4,898.2
Munyati	223.9	317.1	228.9	200.2	223.4
Harare	215.1	266.0	259.8	103.8	191.1
Bulawayo	231.9	182.8	162.2	319.6	237.6
Kariba	3,152.5	3,160.6	2,061.9	2,095.6	2,284.7
国内合計	8,924.3	8,236.8	7,467.9	7,535.1	7,835.0
輸入電力					
ザンビア	1,131.9	1,757.1	189.3	949.4	
ザイール	0.0	261.8	911.0	913.2	
その他	12.0	8.0	113.6	145.9	
輸入合計	1,143.9	2,026.9	1,213.9	2,008.5	2,160.2
合 計	10,068.2	10,263.7	8,681.8	9,543.6	9,995.2
ピーク需要 (MW)	1,575.7	1,607.7	1,478.3	1,553.6	1,597.0

出典：DOB資料1996年

図3-3 年間供給電力量内訳



1994/95年の国内総発電量は7,835.0GWhであるが、国内需要を賄いきれず2,160.2GWhの電力を近隣諸国から輸入している。輸入電力も含めて年間に9,952.2GWhの電力を供給しており、このうちHwange (stage I とstage IIの合計) が49.0%と半分近くをしめており、Karibaが22.9%、3つの旧式火力発電所で6.5%、残り21.6%が輸入電力となっている。

ZESAでは、今後増大する電力需要に対応するため、既存発電所のリハビリによる出力向上及び新規に発電所を建設する計画を進めている(表3-3)。また、1996年には隣国のモザンビーク、及び南アフリカと共に設置する高压送電線I系統が連係されるため、安定した電力の供給が可能となる。

表3-3 今後の発電所建設計画

発電所	設備容量	運転開始年
Hwange 7, 8	2 x 300MW	2000, 2002
Batoka 水力発電所	800MW	2004
Kariba South Extension	2 x 150MW	2007, 2009
Sengwa	2 x 300MW	2010, 2012

出典：DOE資料1996年

また、発電コストは表3-4のとおりで、老朽化しているMunyati、Harare、Bulawayoの発電所では、発電コストがHwange発電所に比較して2~3倍高いものとなっている。

表3-4 発電コスト

発電所	発電コスト (Z\$/kWh)				
	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95
Hwange	3.01	3.70	7.89	10.29	11.31
Munyati	9.72	11.95	19.05	23.34	26.84
Harare	8.90	10.95	21.98	44.08	33.22
Bulawayo	9.81	12.07	20.02	16.46	22.55
Kariba	0.83	1.02	1.61	1.24	1.71

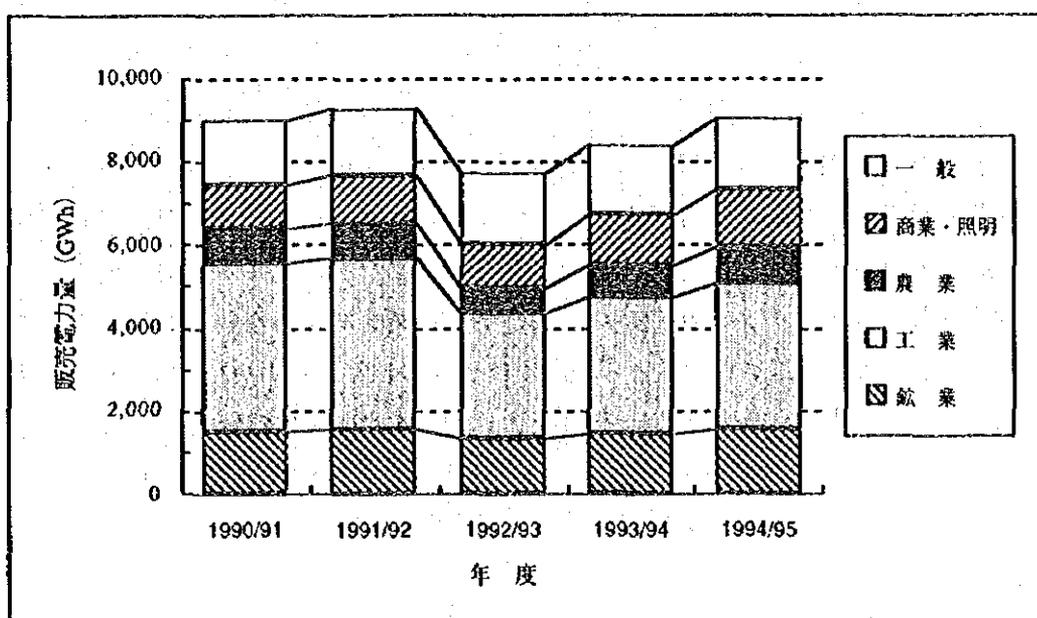
出典：DOE資料1996年
(1Z\$=0.12US\$)

3-2-2. 電力需要

ジンバブエ国内の電力需要家は鉱業、工業、農業、商業・照明、一般世帯に分類される。1994/95年の需要家数の合計は368,687で、内訳は鉱業0.2%、工業0.5%、農業2.7%、商業・照明9.5%、一般世帯87.1%となっている。これに対し、電力販売量は9,022GWhで内訳は鉱業17.4%、工業38.9%、農業10.0%、商業・照明15.3%、一般世帯18.4%となっており、鉱工業分野が電力消費の半数以上を占めている。

過去5年間の需要家分類別販売量と需要家数の推移を図3-4、表3-5に示す。

図3-4 過去5年間の需要家別販売電力量



出典：DOE資料1996年

表3-5 需要家数の推移

分類	需要家数				
	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95
鉱業	666	684	689	648	668
工業	4,158	2,080	1,690	1,829	1,815
農業	8,545	8,998	9,576	9,693	9,917
商業・照明	29,603	31,935	33,531	34,415	35,020
一般	276,385	289,087	294,246	309,810	321,267
合計	319,357	332,784	339,732	356,395	368,687

出典：DOE資料1996年

ZESAの電力販売に関するデータは表3-6のとおりである。

総発電電力量に対する損失電力としては、発電所内電力量が約4%、送配電損失電力量が約4%、盗電等による低圧配電損失量が約4%であり、合計で約12%の損失電力量となっている。

表3-6 電力販売データ

項目	1992/93年度	1993/94年度
総発電電力量 (GWh)	8,682.0	9,554.0
販売電力量 (GWh)	7,730.8	8,412.8
販売金額 (百万Z\$)	1,384.4	1,999.5
運転コスト (百万Z\$)	906.4	1274.3
ピーク需要 (MW)	1,478.3	1,553.6

出典：DOE資料1996年

電気料金体系は利用者別に区分されており、表3-7のようになっている。従来、地方の利用者は高い接続料と都市部よりも割高の電気料金になっていたが、1988年以降は接続料は安くなり、電気料金も全国均一となった。また、増大する電力需要を抑えるため、従来政策的に低く抑えられていた電気料金に商業的経済的な価格を適用するようになった。これにより、電気料金は毎年のように上昇し、特に1991/92年から1993/94年にかけて毎年2倍近い値上げとなった。その後、1994/95年に20%の値上げがあつて以来、1995/96年は値上げされずに安定している。一般世帯の電気料金の支払いは、月額使用電力に制限のある前払い制か、各地のZESA事務所で支払うようになっている。

表3-7 電気料金

料金種別	電気料金 (ZC/kWh)									
	86/87	87/88	88/89	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96
一般家庭	6.29	6.61	6.62	7.45	7.84	9.01	13.42	15.20	18.35	18.35
一般家庭 (制限)	6.84	7.44	6.39	7.08	7.43	7.85	10.77	15.73	20.81	20.81
小規模産業 (工業、鉱業、商業)	5.74	5.96	5.93	6.23	7.05	7.48	11.57	23.47	31.67	31.67
小規模農業	6.81	6.76	7.11	7.30	7.33	7.92	11.96	27.61	35.98	35.98
街灯	57.13	53.60	50.92	10.71	20.71	29.38	14.97	35.84	42.83	42.83
大規模産業 (工業、鉱業、商業)	5.74	5.96	5.93	6.39	6.40	7.19	10.19	21.09	27.86	27.86
大規模農業	6.81	6.76	5.04	5.51	5.73	6.51	11.10	26.35	35.10	35.10
大需要家	3.52	3.58	3.76	3.59	3.54	3.87	5.05	9.67	15.27	15.27
総合	4.32	4.59	5.06	5.49	5.68	6.63	11.02	20.50	24.60	24.60

(1Z\$=100ZC) 出典：DOE資料1996年

3-2-3. 送配電線網

送配電網の恒長合計は58,683kmであり、このうち22kV以上が15,307km、11kVが30,974km、225/390Vの低圧配電線は12,402kmとなっている。各電圧ごとの送配電線網の恒長を表3-8に示す。

表3-8 送配電線長

電圧 (kV)	恒長 (km)	比率 (%)
330	3,444	5.9
220	160	0.3
132	1,021	1.7
110	5	0.0
88	2,082	3.5
66	184	0.3
33	8,197	14.0
22	214	0.4
11	30,974	52.8
低圧 225 / 390V	12,402	21.1
合計	58,683	100.0

出典：DOE資料1996年

全国の送電線網のルートマップ及び電化地域を図3-5に示す。

ZIMBABWE
ELECTRICITY SUPPLY AUTHORITY
MAP SHOWING DEVELOPMENT
AS AT 30 JUNE, 1993

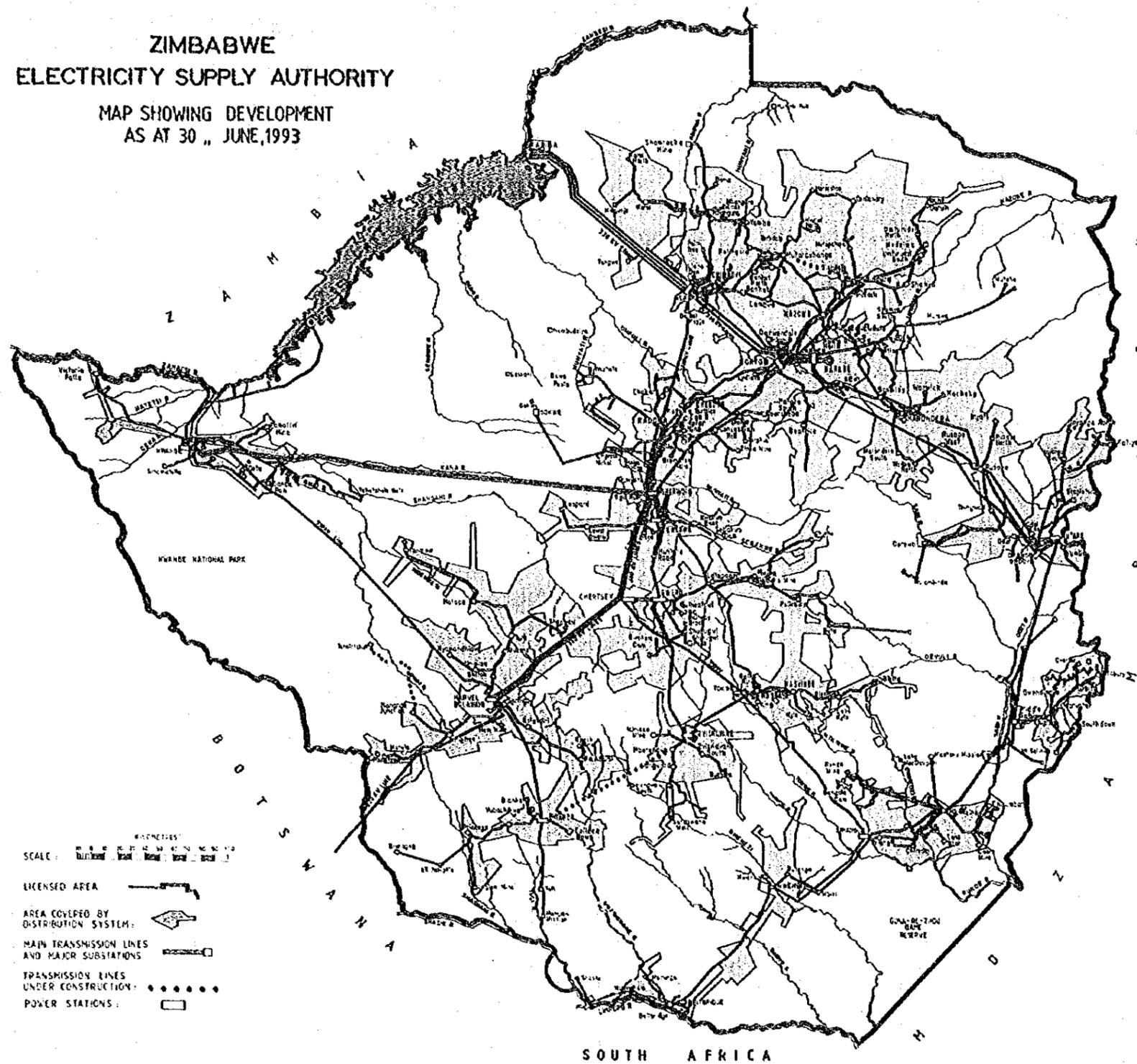
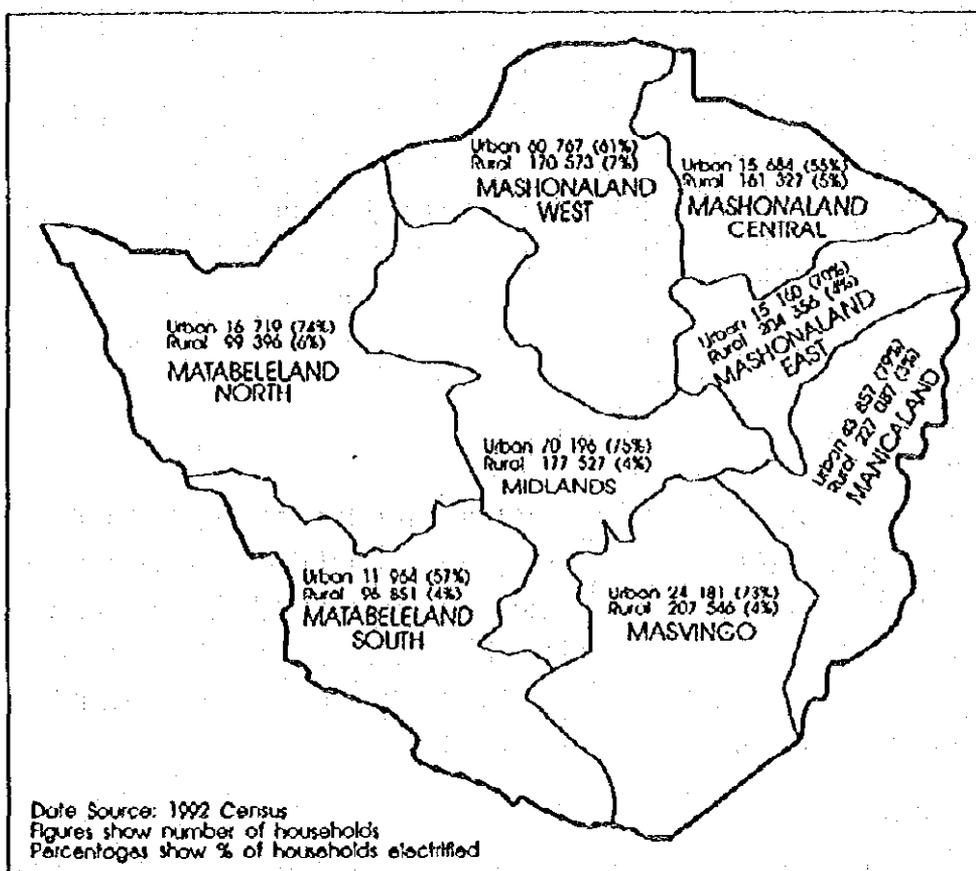


图3-5 送配電線網と電化地域

3-3. 地方電化の現状

1992年の国勢調査によれば、ジンバブエの人口は10,412,548人で2,163,289世帯がある。このうち電化されている世帯数は28.2%である。しかしながら、都市部と地方部の電化率には大きな差があり、都市部の電化率71.7%に対し、農村部ではわずか4.6%となっており、地方電化が大きく立ち遅れている。図3-6に各州における都市部と地方部の電化率を示す。



出典：PMU資料1995年

図3-6 各州ごとの電化率

地方の農村部で電化が立ち遅れている要因としては、

電力供給者（ZESA）側から見た場合、

- ① 地方の農村部は既設送配電網から離れているため、送配電網を延長するためには初期投資コストが膨大になる。（配電線の建設コストは11kV、100mm²ケーブルを延長する場合、木製のポールでZ\$109,000/km、コンクリート製ポールではZ\$80,000/kmの費用が必要。）

- ② ZESA自体の設備投資のための資金が限られており、資金援助やソフトローンによる援助が必要なこと。
- ③ 農村部では所得水準が低く、購入可能な電気器具は照明・ラジオ程度であり、電力消費が限られている。このため電力収入からは経済的に採算がとれないこと。
- ④ ZESAでは増大する国内の電力需要に対処するため、老朽化した発電所のリハビリや発電所の新規建設等のプロジェクトを計画しており、経済的に採算のとれない地方農村部への配電網の拡張は財務的にも困難な状況となっている。

等の要因があげられる。

そのため、ZESAはここへ来てPVシステムやミニハイドロによる地方電化にも強い関心を抱くようになっており、特にミニハイドロはRusituとNyafaruでプロジェクトを進行中である。

一方、利用者側からみた場合、

① 電化地域

ジンバブエにおいては、電力事業者の供給責任がなく、受益者が配電網から各世帯への接続費用を負担することになっている。接続費用は、配電網が近く(30m)にある場合で、空中架線利用の場合Z\$510、ケーブル利用の場合はZ\$570である。配電網が遠い場合はさらに高くなる。人口密度が希薄で、家々が点在しているため、接続費用は高くなりがちである。このため、特に低所得層にとって、電化するための費用を自己負担することは難しくなっている。

② 未電化地域

比較的収入に余裕があり、接続費用を負担可能な場合でも、近くまで配電線が来ていなければ、配電網に接続することができない。

等の要因で、電気の利用が困難になっている。

ジンバブエ国内で一般的に使用されている家電製品の種類は表3-9のようになっている。また、各家電製品の標準的な使用電力を表3-10に示す。ハラレ市内の家電販売店では、調理用電熱器・アイロン等が販売されていたが(写真-7)、調理用電熱器は1プレート型がZ\$332、2プレート型がZ\$699と高価であり、電気代もかさむことから所得に余裕がある世帯での利用に限られている。一般的な調理器具としてはパラフィン燃料を使用するコンロが利用されている(写真-8)。このように、一般家庭で使用されて

いる家電製品は照明・ラジオ・テレビ程度に限られており、電力消費量は小さい。

したがって、地方の未電化地域における潜在的電力需要も同程度の小規模なものと考えられ、こういった小口の電力需要に対しては初期設備投資のかさむ配電網整備による地方電化よりも、小型で低価格のPVシステムを各家庭に普及させる方法が選択肢として浮上してくる。

表3-9 利用者別の使用家電製品（電化地域）

家電製品	学校	商店	病院	一般家庭
照明	○	○	○	○
ラジオ	○	○		○
テレビ	○			○
調理用電熱器	○			△
冷蔵庫	○	○	○	
冷凍庫	○	○		

○：広く利用されている家電製品

出典：DOE資料1996年

△：価格の面から優先順位は低い

表3-10 家電製品の標準消費電力

家電製品	標準消費電力 (W)
照明	60
ラジオ	75
テレビ	160
調理用電熱器	1,250
冷蔵庫	140
冷凍庫	500
アイロン	1,000

出典：DOE資料1996年

電気が利用できない一般家庭で、照明に利用しているランプの燃料は、調理用コンロと同じパラフィンを使用している。また、車両用燃料は通常ガソリンにさとうきびからつくられるエタノールを15%混合したものを使用している。

これらの燃料はジンバブエ石油公社 (National Oil Company of Zimbabwe: NOCZIM) が供給しており、元売り価格に税金・マージン等が加算され、各ディーラーから消費者に販売される。燃料別価格を表3-11に示す。

表3-11 燃料価格

	ガソリン (ZC/ltr)	ディーゼル (ZC/ltr)	パラフィン (ZC/ltr)	LPガス (ZC/kg)
NOCZIM元値	188.7	137.4	56.7	306.7
マージン	6.5	24.5	13.2	1.1
関税 + 販売税	75.0	20.0	7.5	96.3
価格安定費	8.0	4.0	0.0	3.0
戦略備蓄費	13.0	13.0	0.0	0.0
道路利用税	5.0	18.0	0.0	0.0
NOCZIM販売価格	296.2	216.9	77.4	407.1
中間業者販売価格	320.3	235.4	98.1	515.9
小売会社店頭販売価格	347.0	254.0	105.0	552.0
予備調査時の店頭価格*	364.0	278.0	150.0	—

出典：DOE資料、価格は1995年7月時点のもの

*：1996年2月時点の現地調査データ

3-4. 地方電化マスタープラン

ドイツのGTZ (Deutsche Gesellschaft fuer Technische Zusammenarbeit) がジンバブエの地方電化のマスタープランを作成している。この報告書はレポート1とレポート2に分かれており、レポート1は主に現地調査等のデータが中心で、レポート2ではレポート1のデータを基にさらなる評価を加えて主に政策と計画について記述されている。今回の予備調査ではレポート2を入手したので、これについて内容を概説するが、送配電網延長による地方電化を主体としたマスタープランとなっている。

ジンバブエの独立当時、国内はインフラが整備された都市部の商業地域と地方の広大で人口密度の低い農村地域に2分されていた。政府はこの格差に対して「公平な成長」という政策を掲げ、地方の54地点を成長センターとして選定し、優先的に電化等のインフラ整備や行政機関の移転を行うことで、経済発展が生み出され地方の発展に寄与するものとした。

ジンバブエ政府はこの方針に従って、1983/84年度には3百万ドルの費用で24地点の電化を実施した。第二フェーズである1984/85年度には11百万ドルを投入して新たに46地点の

電化を計画したが、資金不足や輸入品の不足により現在までに13地点しか達成されていない状況にある。

当初、電化等のインフラ整備を実施すれば、経済成長が生まれるものと期待されていたが、実際には、電気や水道が利用可能になることで地方住民の質的な生活水準は向上したものの、インフラ整備や行政機関の移転を実施した全ての地点が経済成長に結びついたわけではなかった。

多くの地点ではインフラ整備の効果よりも、行政機関の移転による波及効果で発展した。また、インフラの整備等の優先順位が低かったにもかかわらず急速な成長をしている地点もいくつか認められた。

これらの事実から、経済成長が見込まれる地点とは、その地点内だけでなく地点外の消費者に対しても、製品を「輸出」するような規模を有する製造業（あるいは加工業やサービス業）が少なくとも1つ存在することで、産業に付加価値が生じ、資本の流入がもたらされている状況あること。あるいは、経済活動が活発な周辺地域を有し、その住民が、生産した一次産品を中心地域に供給するだけでなく、可処分所得を中心地域での商品購入や各種サービス利用で消費している地点であると考えられる。

この前提条件の下で、経済成長に唯一必要不可欠なインフラは恒久的な水の供給である。これ以外のインフラ（電力含む）は生活水準を著しく改善するものの、インフラ整備自体が経済成長を生み出す訳ではなく、経済が成長する際に促進剤としての機能を持つ。

したがって、政府が選定した54ヶ所の成長センターは必ずしも経済成長に適している訳ではなく、より実地的な経済成長の潜在力を分析し、国内の562地点（全体の78%をカバーしている）について新たに分類すると次のようになる。

① グループ1 [人口の多い高成長地域]

- ・17地域あり、全体の3%を占める
- ・平均人口 6,400人
- ・人口が急増しており、人口増加率は推定年6-9%
- ・経済活動基盤が地域内に存在し、経済活動が活発な周辺地域も有する。

② グループ2 [中規模人口の高成長地域]

- ・42地域あり、全体の7.5%を占める
- ・平均人口 1,400人
- ・人口が急増しており、人口増加率は推定年7%
- ・経済活動が活発な周辺地域を有する。

- ③ グループ3 A [人口の多い活動的商業地域]
 - ・19地域あり、全体の3%を占める
 - ・平均人口 1,850人
 - ・人口増加率は推定年3.7%
 - ・商業・サービス業の経済活動は行われているが、製造業は限られているか、無い。
- ④ グループ3 B [中～小規模人口の活動的商業地域]
 - ・228地域あり、全体の40.5%を占める
 - ・平均人口 1,010人
 - ・人口増加率は推定年2.7%
 - ・商業・サービス業の経済活動は行われているが、製造業は限られているか、無い。
- ⑤ グループ4 [サービス/行政地域]
 - ・217地域あり、全体の38%を占める
 - ・平均人口 300人
 - ・人口増加率は推定年2.7%以下
 - ・学校、クリニック、農業機関、地域自治体の行政機関等の公共機関が主体。
- ⑥ グループ5 [停滞/衰退地域]
 - ・39地域あり、全体の8%を占める
 - ・平均人口 170人
 - ・人口増加率は自然増加率3.2%を下回り、人口流出が続いている
 - ・学校、クリニック、農業機関、地域自治体の行政機関等の公共機関が主体。

政府が選定した54ヶ所の成長センターの内、20ヶ所が経済成長の見込みがほとんど無い地域であるグループ3 B～5に含まれている。一方、グループ1～3 Aに属する地域の内、政府の選定した54ヶ所の成長センターには含まれていない所が44ヶ所ある。

このことから、政府選定の成長センターの内、経済成長が期待できない所よりも、新たに分類した経済成長の潜在的可能性を有している地域を対象に、電化や水道等の社会基盤整備を進める方が有効であると考えられる。

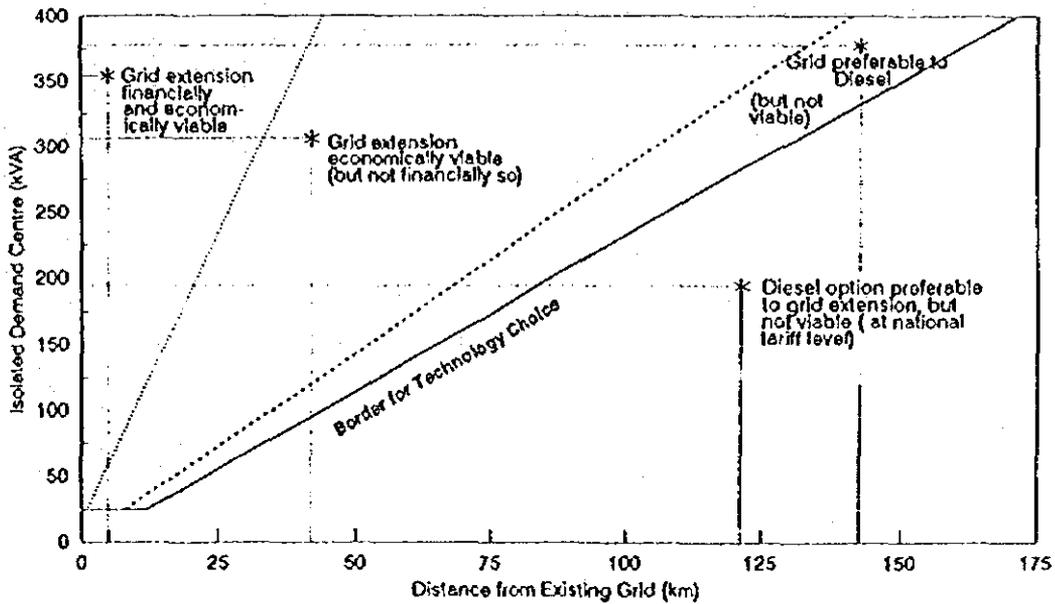
したがって、地方電化はこれらの地域に対して推進することになるが、送配電網の延長で対処できない場合は、オプションとしてミニグリッドによる配電が考えられる。しかし、現在のところPVシステムによるミニグリッドは高価で経済的に無理があり、唯一ディーゼル発電によるミニグリッドが選択肢としての可能性がある。対象地域の利用電力規模と既設グリッドからの距離の関係で評価した、送配電網の延長とディーゼル発電によるミニグリッドの比較を表3-12、図3-7に示す。

表3-12 グリッド延長とディーゼル発電との比較

システムの規模 (kVA)	グリッド延長が経済的・財務的に可能な最大距離 (km)	グリッド延長が経済的に可能な最大距離 (km) #	ディーゼル発電が経済的・財務的に有利になる距離 (km) ##
25	1	8	12
50	3	17	24
100	7.5	34	46
200	16	70	91
300	24.5	106	126
400	33	141	171

#: 財務的には困難、##: 利用者が支払う電気料金は国内の電気料金よりも高くなる。

出典: 地方電化マスタープラン



このように、ミニグリッドは電化対象地域が既設配電網から距離が離れており、また電力需要規模も小さい場合に選択肢となる。しかしながら、維持費用の点で電気料金の設定が既設配電網接続の場合よりも高くなると指摘している。

地方電化は、経済的・財務的に見合う形で進めるものであるが、送配電網の延長に伴う初期投資コストはZESAにとって過大な負担となる。このため、他の国・援助機関からの資金協力・ソフトローンの利用、利用者（コミュニティ、ミッション系団体、学校、クリニック等）からの負担協力、政府の補助制度確立等により、負担を軽減することを提言している。

また、前述した経済成長の見込まれる地点で電力需要を予測し、採算のとれる地点を選定することも重要であるとしている。

第4章 GEFプロジェクト

MEMORANDUM

TO : [Illegible]

FROM : [Illegible]

SUBJECT : [Illegible]

[The remainder of the page contains several paragraphs of illegible text, including a section that appears to be a list or table of contents.]

第4章 GEFプロジェクト

4-1. 概要

GBF (Global Environment Facility) プロジェクトは、UNDPが地球の環境問題対策として世界的な規模で取り組んでおり、①生物の多様性保全、②気候温暖化防止、③国際河川開発保全、④オゾン層破壊防止の4つの環境問題を解決するためのプロジェクトである。

1995年時点でのプロジェクト総額（世界全体）は868.6百万米ドルで、このうち生物の多様性保全に関するプロジェクトが46%、気候温暖化防止のためのプロジェクトが33%を占めている。

ジンバブエでは現在、生物の多様性保全と気候温暖化防止の2つのプロジェクトが進行中であり、このうち本プロジェクトと関連があるものは後者で、再生可能エネルギーの利用を普及させることで、薪や灯油等の燃料使用を減らし、炭酸ガスの排出量を抑え、地球の温暖化を防ごうとするものである。UNDPが実施するこのプロジェクトの名称は「Photovoltaics for Household and Community Use」で、再生可能エネルギーとして太陽電池 (Photovoltaics : PV) を利用するもので、1993年より開始された。

プロジェクトの期間は5年間で、事業費としてUNDPが7百万米ドル、ジンバブエ政府が2百万ジンバブエドルを負担することとなっている。

プロジェクトの主な活動内容は

- ① 関税の免除を受けたPVシステムの調達
- ② システム購入者に対する低利ローン制度の確立
- ③ PVシステムの品質管理体制の強化
- ④ PVシステム普及のための広報活動

である。

具体的な目標としては、

- ① 3年間で9,000システムの設置
- ② プロジェクト終了後もPVシステムの普及が持続するための、技術移転、財政支援
- ③ 国内のPV産業の発展
- ④ 商業分野、公共施設、ローカルコミュニティの発展

があげられている。

4-2. 実施機関

このプロジェクトを実施するために、実施機関としてPMU (Project Management Unit) が結成され、UNDP側より、4名、DOEより4名の人員が提供され、活動を開始した。当初、PMUはUNDP傘下の組織形態をとっていたが、現在は図4-1に示すように、DOE直属の組織となっている。

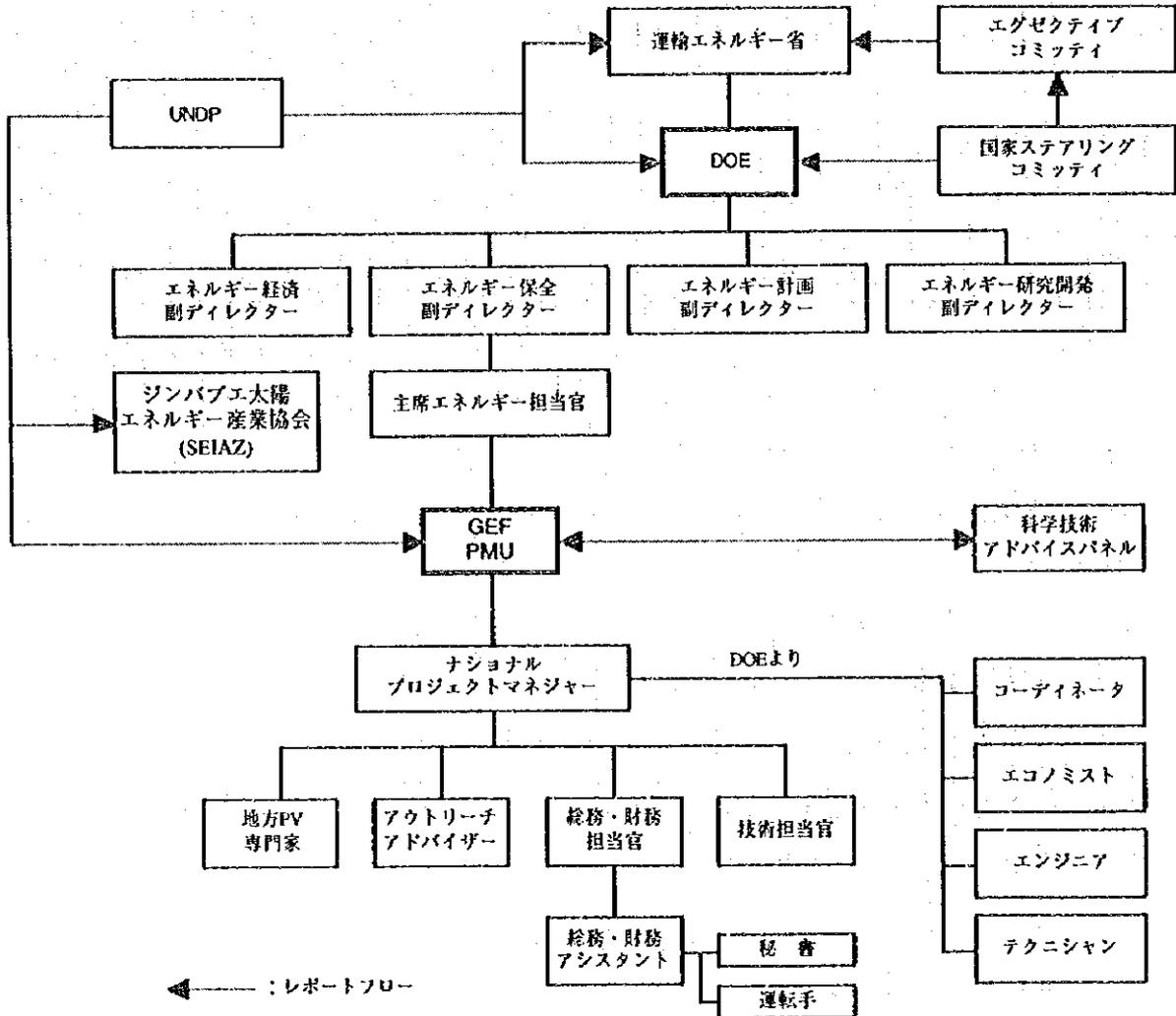


図4-1 PMU組織図

4-3. プロジェクトの内容

4-3-1. PVシステムの構成

PVシステムは以下の5つ主要部品で構成されており、各世帯ごとに設置する分散型のシステムである。配線は導管を使用し、スイッチ・ソケットも規格品を使用して設置することが決められている。

構成部品	機能
PVパネル	太陽電池パネル。40～50Wクラスの単結晶パネルが主流。一部多結晶シリコンパネルも使用されている。アモルファスは変換効率・経年変化等の問題でまだ使用が許可されていないが、安価なためPMUでは認可することを検討している。
チャージコントローラ	バッテリーの充放電制御を行い、過放電・過充電によるバッテリーの損耗を防止する。
蛍光灯（インバータ内蔵）	バッテリーからの直流電圧を交流に変換し昇圧するインバータを内蔵している。7W～15Wの小型蛍光灯が主に使用されている。
バッテリー	日中PVパネルで発電した電力を夜間や雨天時に利用できるように貯蔵。PVシステム用ディープサイクル型バッテリーは高価なため、もっぱら自動車用12Vバッテリーを使用しており、容量は66Ah～100Ah程度が多い。
電圧降下器（オプション）	ラジオなど12Vよりも低い電圧で動作する電気製品を使用する際に、電圧を下げる。

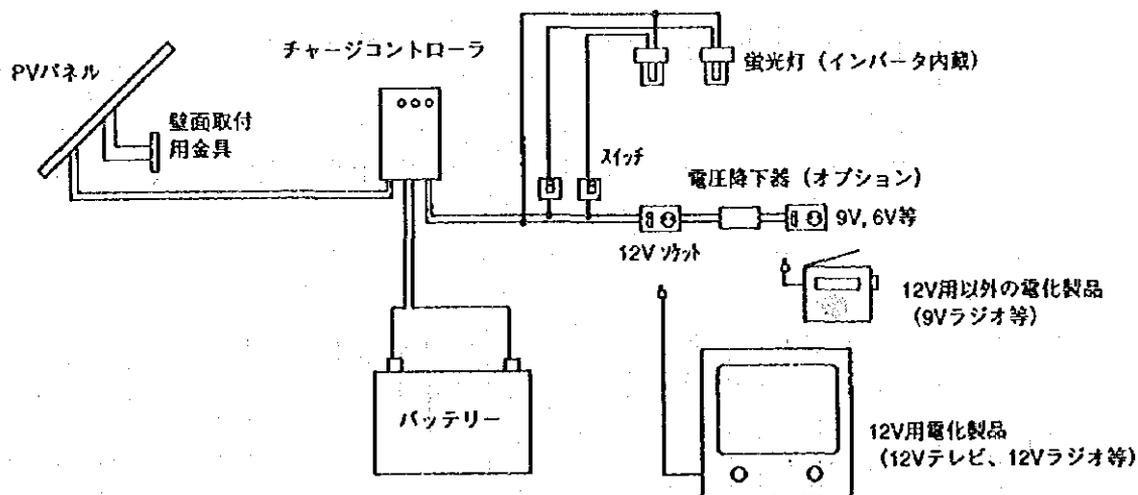


図4-2 PVシステム構成図

4-3-2. 融資制度

PVシステムを購入する際の金銭的な負担を軽減するために、低利のローン制度が用意されている。このローン制度はGEFプロジェクトにおいて、UNDP及びジンバブエ政府の拠出金を核としたリボルビングファンドの形態をとっている。これにUNDPのPVシステム機器供与（購入代金負担）による見返り資金がファンドに加わる様になっている。

ローンの利用者はPVシステムの購入代金の15%以上を頭金として支払い、年利15%のローンで支払う（年利20数%～30数%の一般ローンと比較して、低く設定されている）。制度の発足当初、支払い期間は2年間と定められていたが、毎月の支払額を軽減できるよう現在は3年間に延長されている。

ローンはAFC (Agricultural Finance Corporation) を通じて実施されており、年利15%の内訳は、7%がAFCの経費、3%が基金安定に、1.5%が抵当保証、3.5%がファンドの資金補充に充てられている。しかしながら、インフレが年約20%あるため、3.5%の補充ではファンドの資金が減少しつつある。

一方、ローン滞納率は約15%であるが、多くは毎月の現金収入の無い農家が現金不足により支払いが停止している場合で、農作物の収穫時期後は支払いを再開しており、PMUとしては特に問題視はしていない。

ファンドの資金フローは以下のようにになっている。

- ① UNDP及びジンバブエ政府によるシーディングファンドとしての拠出金。(a) (a')
- ② ユーザーがPVシステムを設置業者に注文する。(b) (b')
- ③ 設置業者がPV機器供給業者にユーザーのPVシステムを注文する。(b') (b'')
- ④ PV機器供給業者は、輸入が必要な部品・機材をPV機器製造業者に見積依頼し、PMUに注文依頼をする。(c) (c')
- ⑤ PMUはPV機器製造業者に注文をし、UNDPに機器代金の支払いを依頼する。(d) (d')
- ⑥ UNDPはPV機器製造業者に部品・機材代金の支払いをする。(e)
- ⑦ PV機器供給業者が購入する部品・機材はPMU経由で納入される。(f) (f')
- ⑧ PV機器供給業者は部品・機材代金を支払うが、すでにUNDPが支払っているため、これがファンドの収入となる。(g)
- ⑨ PV機器供給業者は輸入した部品・機材でPVシステムを組立て、設置業者経由で納品、設置される。(h) (h')
- ⑩ ユーザーは頭金とローンをファンドに支払う。(i) (i')
- ⑪ ファンドは設置料、PVシステム代金を支払う。(j) (j')

(b) : 設置業者とPV機器供給業者が同一の会社である場合もある。

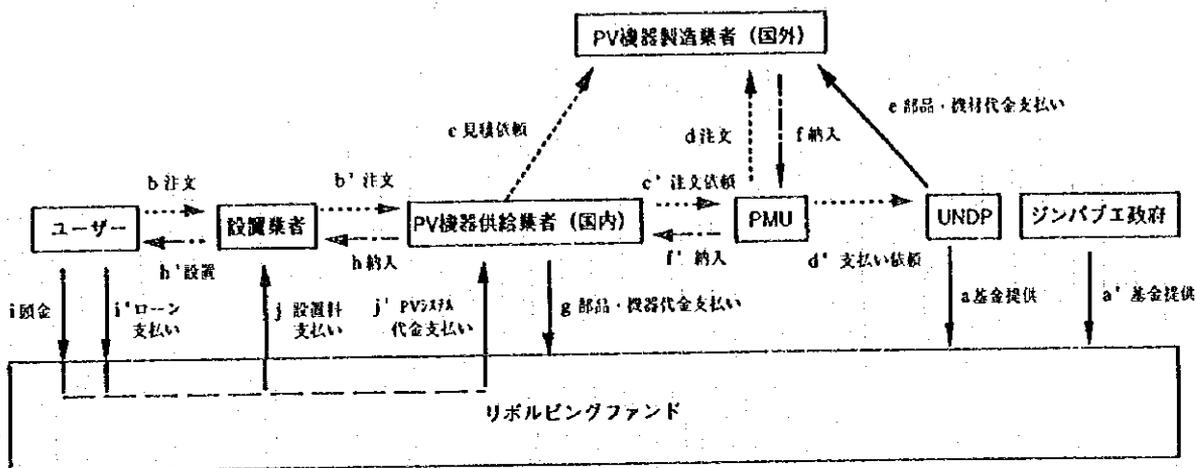


図4-3 リボルビングファンドの資金フロー

4-4. プロジェクトの進捗状況

プロジェクト開始直後は、PMUの組織体制やPV機器の供給体制が不十分でトラブルもいくつかあったようで、プロジェクトの進捗は遅れ気味である。

1995年12月末までに設置されたPVシステムは下表に示すように、45W換算^{注)}で2,881台となっている。

注) PMUでは設置されたPVシステムを45Wシステムを基準に換算している。例えば90Wシステムを1台設置した場合、45W換算では2台が設置された計算になる。

表4-1 GEFプロジェクト利用によるPVシステム設置数

利用区分		設置数 (45W換算)
ローン利用	1993	11
	1994	1,179
	1995	952
現金支払 (1993~95)		739
合計		2,881

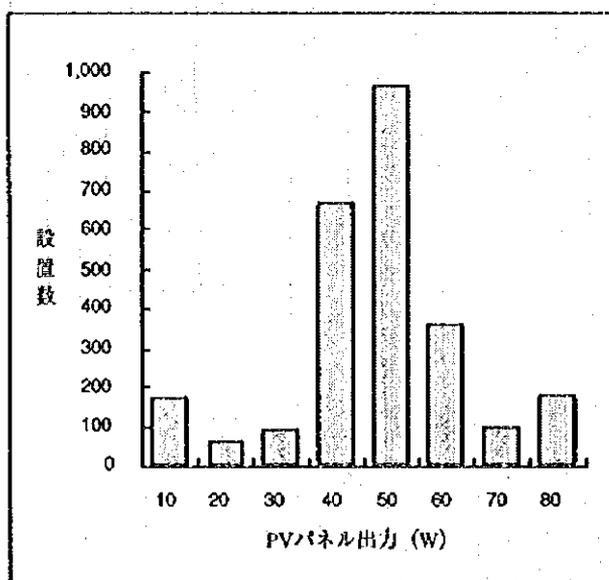
出典：PMU資料1996年

また、実際に設置されたPVパネルのワット数をみてみると、40~60Wのものが多くなっている（表4-2、図4-4）。これは収入的な限界により、所有する電気製品が照明とラジオ程度に限られているためであると考えられる。

表4-2 PVパネルごとの設置数

PVパネル (W)	設置台数	合計ワット数
18	175	3,150
24	14	336
25	49	1,225
35	94	3,290
40	441	17,640
47	232	10,904
50	590	29,500
51	150	7,650
53	200	10,600
55	24	1,320
60	360	21,600
75	100	7,500
83	180	14,940
合計	2,609	129,655
45W換算	2,881	

図4-4 PVパネル出力ごとの設置数



出典：PMU資料1996年

PMUの利用実態調査によると、PVシステムを設置した世帯全てが、電気を照明用として利用している。また、80%の世帯はラジオにも利用し、テレビの利用者は65%となっている。テレビの利用に対する需要は増加しつつあり、特にカラーテレビに対する要望が多いが、現在のPVシステムで利用できるのは、消費電力の少ない12V用小型白黒テレビに限られている。12V用の小型カラーテレビはジンバブエ国内では市販されていないため、PVシステム出力を増大させ、さらにDC-ACコンバータを追加する等、テレビの購入価格に加えて費用がかさむため、普及にはまだ時間がかかりそうである。

また、PVシステムの利用満足度の調査では、31.4%が満足、60%が非常に満足していると答えており、不満足な利用者は8.6%に過ぎない。不満足な理由としてはPVシステムの故障、利用電力量に比べて小型のシステムを設置したことによる容量不足が挙げられている。したがって、信頼性の高いPVシステムの供給、及び利用電力量の正確な推定とそれに見合った最適サイズのPVシステムを普及させることが今後の課題であろう。

4-5. GEFプロジェクトの抱える問題点

GEFプロジェクトが開始され3年たち、以下に示すようないくつかの問題点が出てきている。

- ① PVシステムの主な利用者は、比較的裕福な農民や毎月収入のある教員等で、低所得者層にとっては現状のPVシステム（45W/㎡で700～800米ドル）は高価なものとなり普及が進んでいない。
- ② PV設置業者のマージンが30%～35%と高いため、PV設置業者自体が収入の多い家庭に売り込みをかける傾向があること。さらに販売税が15%かかるため最終価格が高くなってしまいう点も問題かと思われる。低い業者マージンの設定や税制面での優遇制度、現行の15%よりさらに低利のローン等が必要と考えられる。
- ③ 比較的収入がありながら、配電網に組み込まれていない家庭ではPVシステムに対するニーズが強く、GEFのローン以外にもソーラーコム社が独自のローンを設定しており、価格が高めになるにもかかわらず利用者がいる。これはGEFの手続きが煩雑で時間がかかることも一因と思われる。
- ④ PV機器の標準規格を制定中であるが、性能、信頼性等を検査する機関・設備がない。
- ⑤ 一般に普及させるための広報・啓蒙活動が不十分。

第5章 現地踏査結果

THE HISTORY OF THE

REPUBLIC OF THE UNITED STATES

OF AMERICA

FROM 1776 TO 1863

BY

W. H. CHAPMAN

AND

J. W. WALKER

EDITORS

OF

THE

AMERICAN

REPUBLICAN

AND

DEMOCRATIC

MOVEMENTS

IN

AMERICA

AND

THE

WORLD

IN

第5章 現地踏査結果

現地踏査において、地方におけるPVシステムの利用例とジンバブエ国内のPVシステム組立・設置業者の調査を実施した。調査結果は以下のとおりである。

5-1. PVシステムの利用例

利用例1（協力隊員：体育教師）

ハラレより南西に車で約2時間。最寄りの電化地区より約20kmのところにある中学校で、青年協力隊の隊員が配属されている。生徒数約300人で教員12名。電話が引かれていないため、47Wパネルをバッテリーに直結し、SSB無線機（3.5MHz）によりハラレのJOCV事務所との連絡に使用している。PVパネルはポール固定式ではなく、宿舎の部屋からケーブルを延ばして屋外の地面に直接置いている。夜間は盗難を防ぐために部屋の中に収納する。（写真・12～15）

学校に電気が必要かどうかについて、現在の授業形態では、電気が無いことは特に問題になっていないとのこと。そのため、電気が使えるようになれば、まず教員が敷地内にある自分達の宿舎で利用する（照明、冷蔵庫で食料・飲料の貯蔵等）可能性が高い。また、学校の運営費は授業料で賄われており、年間の授業料は年Z\$200であるが、比較的収入が乏しい村なので父兄にとって負担となっている。新規にPV設備を導入することは授業料の値上げにつながるため、生徒の父兄からは反対が予想される。

利用例2（農家）

45Wパネルをチャージコントローラを介してバッテリーに接続。蛍光灯3灯とラジオを使用。システム価格はZ\$7,000で3年のローンで支払っている。価格には満足している。部屋数が多いので、ローンが終わればもう1セット入れて全ての部屋に照明をつけたいとのこと。（写真・16～19）

利用例3（Kaware Rural Health Clinic）

ハラレから北東へ車で約2時間のところにある、Kaware地域の人口32,000人をカバーする診療施設で、スタッフは5名（看護婦2名、准看護婦1名、公衆衛生士1名、雑役夫1名）。1日の患者数は約100～150人あり、マラリア患者が多い。電話線は引かれているが、配電

線は近くまで来ていない。

PVシステムは地域コミュニティーの寄付によって設置された。シーメンス製50Wパネル2枚を使用し、診療所内の11ヶ所の照明とラジオ1台に利用している。チャージコントローラはSOLLATEK製を使用。ワクチン保冷用の冷蔵庫はLPG式を使用している。(写真-21~23)

敷地内にある宿舎でもPVシステムが利用されている(写真-24)が、バッテリー格納箱の中はゴキブリの巣となっていた。清掃を含めたメンテの方法を箱に貼る等して改善することが望まれる。

利用例4 (農家)

50Wパネルを使用。蛍光灯7灯とラジオ・白黒テレビ(故障中)を利用している。システム価格はZ\$8,000でやや高価であると感じている。Z\$5,000~Z\$6,000なら妥当とのこと。(写真-20)

5-2. PVシステム取扱業者

UNDP/GEFプロジェクトによってPVシステム関連の産業が育成されてきており、PMUに登録しているPV設置業者は50社以上(但し有力業者は6社程度)を数える。このため、太陽電池パネル、チャージコントローラ、インバータ内蔵蛍光灯等の国内組立業者も存在しており、太陽電池セル・電子部品等基本部品以外の周辺装置(Balance of System)はジンバブエ国内製品の利用が可能である。

現地調査で訪問した企業は以下のとおり。

1) SOLARCOMM

1980年設立。従業員は55名。太陽電池パネルと蛍光灯用インバータの組立を行っている。ジンバブエで最初のPVシステムを扱った会社であり、太陽電池パネルの組立もアフリカで最初に行った。GEFプロジェクトが始まる以前から、独自にPVシステムの販売を行っている。独自のクレジット(年利20数%)販売もしている。

工場は十分なスペースを持ち、作業員は約10名、機材は整頓されているが半田付けはすべて手作業、使用している太陽電池セルは円形セル(直径97mm、出力2.2A)や矩形セ

ル (103mm、出力3.3A) でメーカーはシーメンス、BP等各社から取り寄せている。

太陽電池セル、カバーガラス、ラミネーション用プラスチックフィルム等の資材を輸入し、スーパーストレイト構造のモジュールを生産している。製品の種類は13W、20W、55Wの三種類を基本としている。組み立てたPVパネルの出力試験は実施されているが、環境試験装置はなく耐久性等は未知数である。また、スペインのHELIOS社から完成品のモジュールを購入する場合もある。

PVパネルの生産量は公称値180kW/年である。これは1台しかないPVパネルラミネータの能力で制限されていることによる。PVパネルのラミネート所用時間は20Wパネルの場合30分で2枚 (50Wパネルでは1枚)、一日の稼働時間を8時間とすれば日産32枚 (50Wパネルの場合は16枚)、年間260日稼働として8,320枚で166kW/年 (全て50Wパネルにすれば208kW/年) の生産量となる。過去の生産量は89年32kW/年、90年68kW/年、91年78kW/年となっており、国内での需要には十分対応できる生産能力である。

使用セルの形状等が統一されれば半田付けの自動化が可能に成り、製品の信頼性向上に寄与することができるだろう。

GBFプロジェクトでは、当初SOLARCOMM社のPVパネルも使用されていたが、無関税で輸入される完成品の方が価格的に安いこともあって、現在は使用されていない。

2) SOLLATEK

英国に本社があり、チャージコントローラ (充放電制御装置)、インバーター組み込み蛍光灯、DC-AC コンバータ等の組立を行っている (写真 - 27~30)。現地仕様のための設計変更を施すこともあるが、基本設計は英国本社で行っている。設計方針は、途上国での利用を念頭に、極力現地で入手しやすい部品を使用し、シンプルな構成にするようにしている。インバーター組み込み蛍光灯ではジンバブエ国内でトップシェアである。

この社長は、PVシステム関連の業界団体である、ジンバブエ太陽エネルギー産業協会 (SBIAZ: Solar Energy Industries Association of Zimbabwe) の会長も務めている。

3) SOLAR PRODUCTS

システムの設置業者であり、PVパネル、チャージコントローラ等は輸入品を使用している。PVシステムの信頼性には独自のポリシーを持っており、チャージコントローラ等のコンポーネントは信頼性の高いメーカーのものを使用している。このため、システムの販売価格は他の設置業者よりも高めになっている。