

NO.

国際協力事業団  
ジンバブエ国  
運輸・エネルギー省

ジンバブエ国  
太陽光発電地方電化促進計画調査  
最終報告書  
本文

ジンバブエ国

# 太陽光発電地方電化促進計画調査

## 最終報告書

### 本文

平成 11 年 3 月

JICA LIBRARY



(財)日本エネルギー経済研究所  
富士テクノサーバイ(株)

平成 11 年 3 月

(財)日本エネルギー  
富士テクノ

534  
643  
MPN

LIBRARY

99-26

資源調査

JR

99-26







国際協力事業団  
ジンバブエ国  
運輸・エネルギー省

ジンバブエ国

太陽光発電地方電化促進計画調査

最終報告書

本文

平成 11 年 3 月

(財)日本エネルギー経済研究所  
富士テクノサーベイ(株)



1150368(7)

## 序文

日本国政府は、ジンバブエ共和国政府の要請に基づき、同国の太陽光発電地方電化促進計画調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施しました。

当事業団は、1997年1月から1998年12月までの間、6回にわたり財団法人日本エネルギー経済研究所の谷隆之氏を団長とし、財団法人日本エネルギー経済研究所および富士テクノサーベイ株式会社の団員から構成される調査団を現地に派遣しました。

調査団は、ジンバブエ共和国政府関係者と協議を行うとともに、現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、ジンバブエ共和国の地方電化振興に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

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

1999年3月

藤田 公郎

国際協力事業団  
総裁 藤田公郎

1999年3月

国際協力事業団  
総裁 藤田公郎殿

ジンバブエ共和国  
太陽光発電地方電化  
促進計画調査団

団長 谷 隆之

### 伝達状

ここに、ジンバブエ国太陽光発電地方電化促進計画調査報告書をご提出申し上げます。本調査報告書には、現地にて実施致しました太陽光発電システムパイロットプロジェクトのモニタリング結果、地方電化マスタープランの内容、及び数々の提案を含めると共に、日本国政府及び貴事業団のご意見等も反映させていただきました。更にはジンバブエ国ハラレにおいて適時開催されました本調査に関するアドバイザー・コミッティー及びカウンターパートとの協議を通じて、ジンバブエ共和国政府の運輸・エネルギー省エネルギー局（DOE）、ジンバブエ電力公社（ZESA）、UNDP/GEF プロジェクトのプロジェクト・マネージメント・ユニット（PMU）及びジンバブエ・ソーラー・エネルギー工業会（SEIAZ）のご意見も反映させております。

本報告書はジンバブエの地方における未電化世帯の数と地方住民の支払能力から将来のPV 需要を推定し、これらを基に策定した太陽光発電システム地方電化計画のマスター・プランを提示しております。

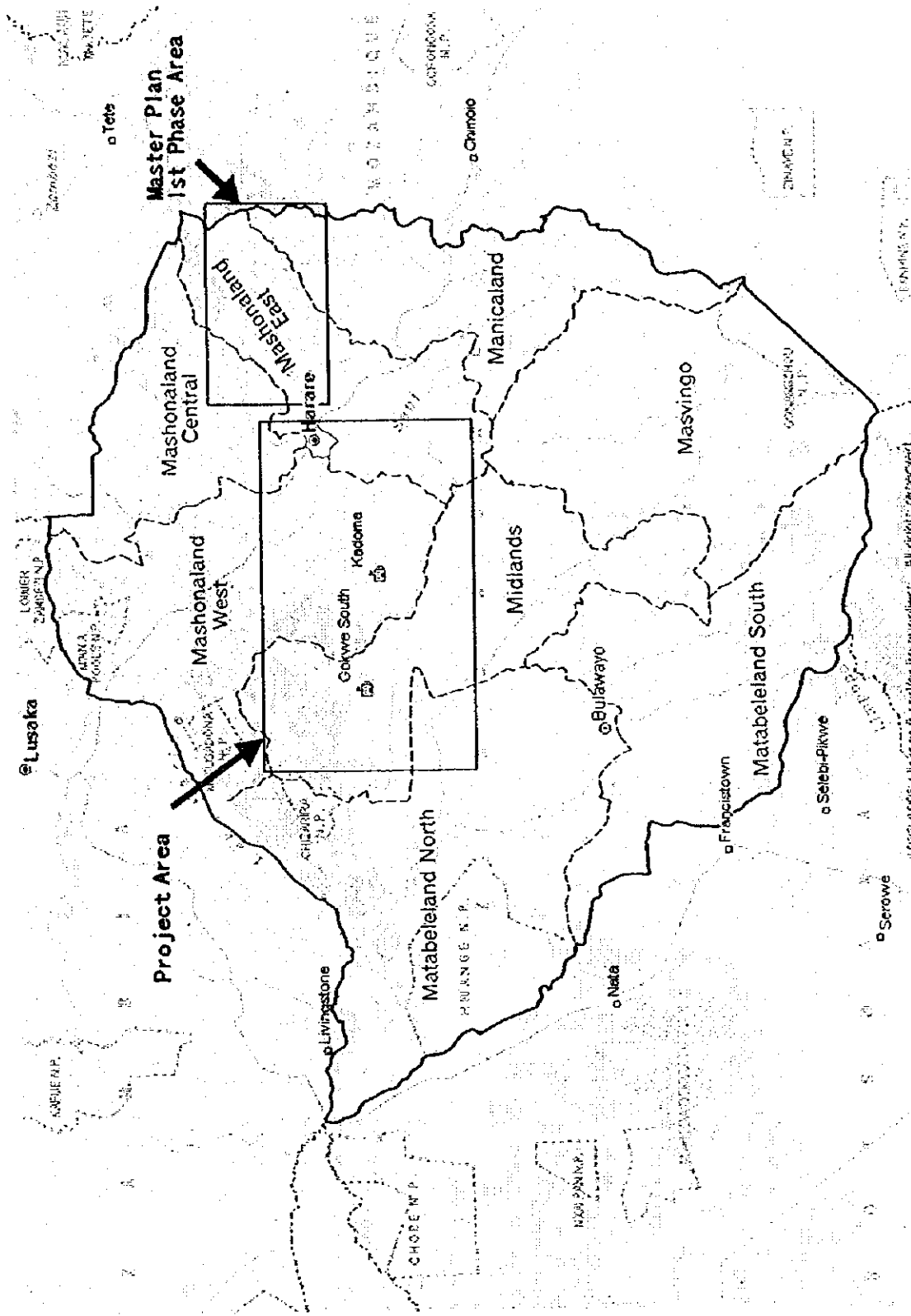
本マスター・プランは15万世帯を20年間で電化する計画を提言しており、総投資費用として1億800万USドルを予定しております。また、太陽光発電システム普及方法としては、ESCO方式の採用を提案しております。

なお、本地方電化計画の実施にあたってはZESAの積極的な協力、及び太陽光発電システムに使用されるジンバブエ国産部品の品質向上が必要であることは、ジンバブエ国政府も強く認識しております。

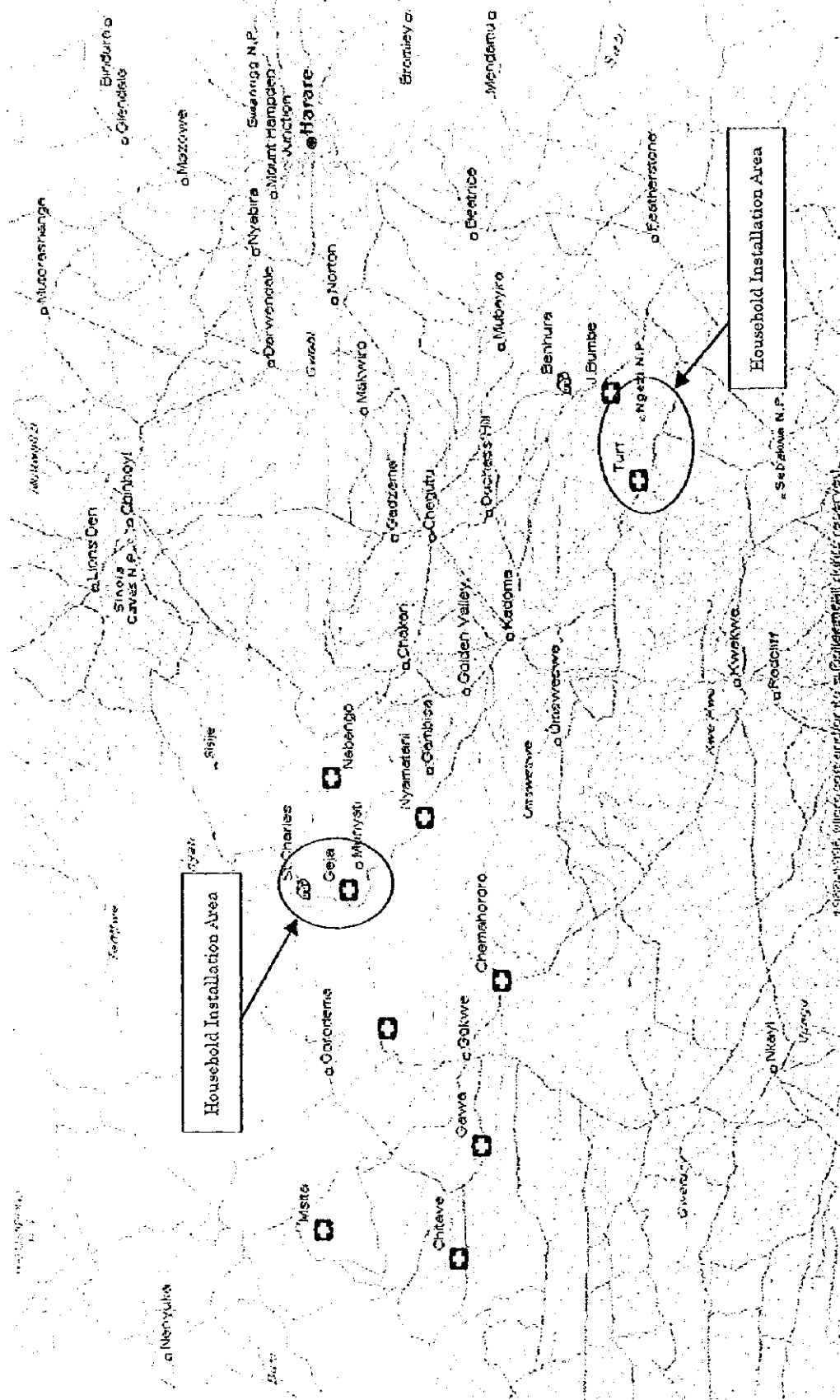
ジンバブエ国における地方電化の緊急性を鑑み、ジンバブエ政府が、この太陽光発電地方電化マスタープランをもとに地方電化を実施されるよう推奨するものであります。

この機会を借りまして貴事業団、外務省及び通商産業省に対し心より御礼申し上げます。また、ジンバブエ共和国のDOE及び関係各機関に対しましても、期間中我々に対して緊密なご協力とご支援を頂きました事につき、深く感謝申し上げます。





1988-1988 Microsoft and/or its suppliers. All rights reserved.  
**JICA PILOT PROJECT INSTALLATION AREA**



1:50,000 1995. Microcopy and/or to be fully available, please contact JICA

JICA PILOT PROJECT INSTALLATION SITE



MASTER PLAN FIRST PHASE AREA



## **LIST OF ABBREVIATIONS**

<b>AFC</b>	<b>Agricultural Finance Corporation</b>
<b>ADB</b>	<b>African Development Bank</b>
<b>ARDA</b>	<b>Agriculture and Rural Development Authority</b>
<b>ARDC</b>	<b>Association and Rural Development Councils</b>
<b>BUN</b>	<b>Biomass Users' Network</b>
<b>CBO</b>	<b>Community-Based Organization</b>
<b>CLF</b>	<b>Communal Land Farm</b>
<b>CRF</b>	<b>Capital Recovery Factor</b>
<b>CSF</b>	<b>Credit Support Fund</b>
<b>DOE</b>	<b>Department of Energy</b>
<b>DSC</b>	<b>District Service Centre</b>
<b>GDP</b>	<b>Gross Domestic Product</b>
<b>GEF</b>	<b>Global Environment Facility</b>
<b>GOZ</b>	<b>Government of Zimbabwe</b>
<b>I/V</b>	<b>Current/Voltage</b>
<b>IPP</b>	<b>Independent Power Producer</b>
<b>JICA</b>	<b>Japan International Cooperation Agency</b>
<b>LED</b>	<b>Light Emitting Diode</b>
<b>LSCF</b>	<b>Large-Scale Commercial Farm</b>
<b>MOA</b>	<b>Memorandum of Agreement</b>
<b>NGO</b>	<b>Non-Governmental Organization</b>
<b>ORAP</b>	<b>Organization of Rural Associations for Progress</b>
<b>PCB</b>	<b>Print Board Circuit</b>
<b>PGF</b>	<b>Parastatal Government Farm</b>
<b>PMU</b>	<b>Project Management Unit</b>
<b>PV</b>	<b>Photovoltaic</b>
<b>RAF</b>	<b>Resettlement Area Farm</b>
<b>RDC</b>	<b>Rural Development Council</b>
<b>RC</b>	<b>Rural Centre</b>
<b>RE</b>	<b>Rural Electrification</b>
<b>REP</b>	<b>Rural Electrification Plan</b>
<b>RSC</b>	<b>Rural Service Centre</b>
<b>SAZ</b>	<b>Standards Association of Zimbabwe</b>

<b>SEDCO</b>	<b>Small Enterprises Development Corporation</b>
<b>SEIAZ</b>	<b>Solar Energy Industries Association of Zimbabwe</b>
<b>SADC</b>	<b>South African Development Commission</b>
<b>SAPP</b>	<b>South African Power Pool</b>
<b>SCN</b>	<b>State-Certified Nurse</b>
<b>SRN</b>	<b>State-Registered Nurse</b>
<b>SSCF</b>	<b>Small-Scale Commercial Farm</b>
<b>UNDP</b>	<b>United Nations Development Programme</b>
<b>WAPCOS</b>	<b>Water and Power Consultancy Services</b>
<b>ZESA</b>	<b>Zimbabwe Electricity Supply Authority</b>
<b>ZIC</b>	<b>Zimbabwe Investment Centre</b>

ジンバブエ国太陽光発電地方電化促進計画調査  
ファイナルレポート

目 次

計画位置図(Location Map)

第1章 序論.....	1
1.1 ジンバブエ国の概要.....	1
1.2 太陽光発電導入の現状.....	13
第2章 JICA プロジェクトの調査方針.....	17
2.1 GEF プロジェクトの概況.....	17
2.2 JICA プロジェクトのスキーム.....	19
2.3 JICA プロジェクトの調査概要.....	23
2.4 JICA の PV 設置対象地域および施設の概況.....	29
第3章 JICA PV システム.....	34
3.1 システムの仕様設計.....	34
3.2 モニタリング方法・内容の設定.....	60
3.3 設置および運用.....	62
3.4 トレーニングおよび教育.....	67
第4章 PV システムの評価.....	70
4.1 システムの特徴.....	70
4.2 PV 設置工事.....	100
4.3 改良試作品.....	108
4.4 JICA パイロットシステムの建設設置、 保守及びモニタリング結果について.....	113
4.5 データロガーによる収集データの分析.....	118
4.6 再委託によるモニタリング.....	148
4.7 モニタリング結果の評価.....	159
4.8 モニタリング結果によるシステムの見直し.....	165

4.9	技術移転の内容.....	170
第5章	農村社会調査.....	172
5.1	調査目的.....	172
5.2	ジンバブエ国農村地域の地理的特徴.....	172
5.3	営農形態別農業の特徴.....	175
5.4	農産物の流通機構.....	178
5.5	社会調査の実施方法と内容.....	179
5.6	農村社会調査結果.....	184
5.7	未電化農村地域における PV システムの需要予測.....	218
第6章	経済評価.....	231
6.1	はじめに.....	231
6.2	GEF プロジェクトの現状.....	231
6.3	電力供給システムの現状.....	232
6.4	モニタリング PV システムの概要.....	236
6.5	PV システムと既存システムとのコスト比較.....	237
6.6	感度分析.....	245
6.7	PV 関連産業育成のための制度.....	247
6.8	PV システムの普及が経済に与える影響.....	250
第7章	融資制度.....	256
7.1	はじめに.....	256
7.2	UNDP/GEF プロジェクトの資金フロー.....	256
7.3	CSF の内容.....	257
7.4	UNDP/GEF プロジェクトにおける代替方式の進捗状況.....	261
7.5	補助金の利用に関する検討.....	267
7.6	地元の PV 産業に対する信用アクセスの改善.....	268
7.7	他の開発途上国での PVRE (PV Rural Electrification) の経験.....	272
7.8	現地調査の最終結果.....	276
7.9	要約と結論.....	278
7.10	提言.....	279



第8章 太陽光発電地方電化促進のための枠組み .....	283
8.1 太陽光発電地方電化方式の検討 .....	283
8.2 太陽光発電地方電化推進の組織 .....	285
8.3 太陽光発電による地方電化計画 .....	290
8.4 太陽光発電システムの構成品、設置、保守 .....	304
8.5 まとめ .....	309
第9章 太陽光発電地方電化促進総合計画 .....	310
9.1 計画の背景 .....	310
9.2 計画の目的・基本方針 .....	311
9.3 計画の規模 .....	312
9.4 計画の実施内容 .....	313
9.5 計画実施のための支援プログラム .....	319
9.6 計画の期待便益 .....	322
9.7 実施行動計画 .....	325
9.8 計画実施のための必要資金と資金計画 .....	328
9.9 計画実施上の重要課題と対策 .....	333

## 表目次

表 1-1	電力消費部門の内訳.....	4
表 1-2	発電所の能力および供給電力 (1995/6) .....	5
表 1-3	送電線、配電線敷設状況.....	6
表 1-4	ZESA 電力供給増強計画 (1995-2011) .....	7
表 1-5	SAPP12 カ国と代表的な電力供給組織.....	8
表 1-6	各州別電化率.....	9
表 1-7	DSC, RSC に設置されている施設.....	11
表 1-8	プロビンス (県) 別 DSC, RSC の電化状況.....	11
表 1-9	州ごとの電化計画(1997/8-2006/7) .....	12
表 1-10	年度別電化計画.....	13
表 1-11	PV システム構成部品供給企業.....	14
表 2-1	GEF と JICA プロジェクトのスキーム比較.....	20
表 3-1	月平均日射量.....	37
表 3-2	傾斜面日射量 (計算値) .....	46
表 3-3	モジュール傾斜角と傾斜面日射量.....	48
表 3-4	6 月と 12 月の傾斜角と傾斜面日射量の変化 .....	48
表 3-5	各月の傾斜面日射量と許容負荷量.....	50
表 3-6	電気器具の消費電流.....	51
表 3-7(A)	Material List for PV Monitoring System (For 10 clinics).....	57
表 3-7(B)	Material List for PV Monitoring System (For 2 schools) .....	58
表 3-7(C)	Material List for PV Monitoring System (For 100 households)....	59
表 4-1	現地で販売されている Module の仕様.....	75
表 4-2	蛍光灯評価特性表.....	87
表 4-3	直流電圧降下器評価結果.....	88
表 4-4	Set Voltage of Charge Controller .....	96
表 4-5	実測傾斜面日射量と推定日射量(Turf Clinic の例).....	119
表 4-6	Monthly Operation Data of PV System in Turf Clinic #1: 83W.....	120
表 4-7	Monthly Operation Data of PV System in Tongwe Clinic #1: 83W	120

表 4-8	Monthly Operation Data of PV System in 'Turf Clinic #2: 83W.....	121
表 4-9	Monthly Operation Data of PV System in 'Tongwe Clinic #2: 83W .	121
表 4-10	Monthly Operation Data of PV System in Turf Household.....	122
表 4-11	Monthly Operation Data of PV System in Sanyati Household ...	122
表 4-12	現地製チャージコントローラの仕様と運転特性.....	124
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 .....	125
表 4-14	クリニック PV システム運転特性 (1998 年 1 月) .....	134
表 4-15	家庭用 PV システム運転特性 (1997 年 12 月) .....	139
表 4-16	バッテリー電圧の最大・最小値 .....	143
表 4-17	家庭用 PV システムのモニタリング結果.....	152
表 4-18	BUN の 1998 年 11 月までの収支表 (Z\$).....	158
表 4-19	Projected Cash Flow for 5 years .....	159
表 4-20	標準 PV システム緒元.....	169
表 5-1	ジンバブエ農地分類.....	173
表 5-2	ジンバブエ農業構造.....	175
表 5-3	地域別営農形態農業構造 .....	176
表 5-4	商業農場規模の推移 .....	176
表 5-5	作物用商業農場の灌漑状況の推移.....	176
表 5-6	生産作物状況 (93-95 年) .....	177
表 5-7	農産物生産量、流通機構経由の販売量、販売金額の推移.....	179
表 5-8	調査対象の州別、電化別、セクター別分布状況.....	185
表 5-9	調査対象個人家庭の州別、電化別、セクター別分布電化状況.....	186
表 5-10	調査対象家庭の職業.....	187
表 5-11	所有家屋状況.....	189
表 5-12	所有機器.....	190
表 5-13	個人家庭の燃料使用状況 .....	190
表 5-14	家庭の重点項目 .....	191
表 5-15	電化状況別個人家庭の 96 年の年間総収入額.....	193
表 5-16	個人家庭の収入源数 .....	193
表 5-17	主要収入源と職業.....	194
表 5-18	月間消費支出.....	194
表 5-19	電化状況別家庭の貯蓄額.....	194
表 5-20	PV 設置年と能力.....	194
表 5-21	未電化及び PV 電化地域における PV 設備の受容価格分析.....	199
表 5-22	Kadoma 地区 PV 所有家庭の職業.....	200

表 5-23	Kadoma 地区 PV 所有家庭のエネルギー使用状況 .....	202
表 5-24	Kadoma 地区 PV 所有家庭の重点項目 .....	203
表 5-25	Kadoma 地区 PV 所有家庭の年間総収入額、可処分所得額、 年間消費支出額、貯蓄額 .....	203
表 5-26	設置費、保守費の受益家庭による評価 .....	205
表 5-27	PV 設備の将来増設に関する意思表示の割合 .....	206
表 5-28	ジンバブエ各州クリニック状況 .....	209
表 5-29	PV 設置年と容量 .....	210
表 5-30	調査対象学校概況 .....	211
表 5-31	中学校運営予算の例 .....	214
表 5-32	農村地区家庭の月間消費額に占める照明用等費用、光熱費の割合 ..	219
表 5-33	個人住宅及び公共施設(クリニック、学校)用 PV 設備負荷前提 .....	225
表 5-34	未電化農村地域用 PV 需要予測結果 .....	226
表 6-1	PV システム価格表 (例) .....	233
表 6-2	各発電所の運転状況 (1995/96) .....	234
表 6-3	石炭火力発電所の発電コスト .....	236
表 6-4	25WP PV システムの年間発電量(Kadoma 地区) .....	238
表 6-5	11kV 送電線のコスト (導線サイズ 50mmsq.) .....	242
表 6-6	25kVA 変圧器のコスト(11/0.4 kV) .....	243
表 6-7	低圧配電線のコスト (導線サイズ 50mmsq.) .....	244
表 6-8	部門別国内総生産の推移 (at Current Prices Z\$ million) .....	255
表 7-1	1997 年 11 月現在の貸付金運用状況 .....	257
表 7-2	Delivery Modes Under UNDP/GEF Project .....	265
表 7-3	End-User Installments .....	267
表 7-4	Addressing Local PV Companies' Lack of Access to Credit .....	270
表 7-5	Summary Data on Experiences of Selected Developing Countries with PVRE Financing .....	273
表 7-6	利子補給と購入金額補助との比較 .....	280

表 8-1	候補となる組織と特性の比較.....	289
表 8-2	家庭電化率 各州別 1992 年調査結果.....	290
表 8-3	PV システム設置可能家庭数.....	291
表 8-4	PV システム設置計画.....	291
表 8-5	PV 電化計画対象家庭数と事務所、センター数.....	293
表 8-6	事務所、センターの必要な要員の推定.....	294
表 8-7	予想される必要人員（各 5 年毎の最終年度）.....	294
表 8-8	各担当者・事務所等の役割.....	296
表 8-9	太陽光発電標準システム.....	305
表 9-1	家庭電化率 1992 年調査結果.....	312
表 9-2	州別未電化家庭の密度.....	314
表 9-3	州別貧困・非貧困家庭の割合、非貧困未電化家庭の居住密度.....	314
表 9-4	システム構成部品の単価と寿命（1997 年）.....	328
表 9-5	人件費単価（1997 年）.....	328
表 9-6	ケース設定の目的.....	330
表 9-7	必要資金の内訳及びキャッシュフローを計算した期間.....	330
表 9-8	PV Promotion Project for 24 years (Case A).....	334
表 9-9	PV Promotion Project for 24 years (Case B).....	336
表 9-10	PV Promotion Project for 39 years (Case C).....	337
表 9-11	PV Promotion Project for 39 years (Case D).....	339
表 9-12	各ケースにおける年間支払額.....	331
表 9-13	感度分析の例：ケース B.....	332
表 9-14	生涯コストの比較.....	333
表 9-15	太陽光発電地方電化のための実施項目一覧.....	341

## 図目次

図 1-1	ピーク需要予測.....	4
図 1-2	電力需要量予測.....	5
図 1-3	ジンバブエ国の発電、送・配電地図.....	6
図 1-4	南部アフリカの送電線網.....	8
図 2-1	GEF プロジェクトのスキーム.....	21
図 2-2	JICA プロジェクトのスキーム.....	22
図 2-3	調査のフロー.....	28
図 2-4	ジンバブエの学校教育制度.....	33
図 3-1	PV 特性測定回路.....	39
図 3-2	チャージコントローラ基本構成.....	44
図 3-3	ジンバブエにおける傾斜角と傾斜面日射量の関係.....	49
図 3-4	6月と12月における傾斜角と傾斜面日射量の関係.....	49
図 3-5	一般家庭用 PV システム構成 (1).....	55
図 3-6	一般家庭用 PV システム構成 (2).....	55
図 3-7	クリニック用 PV システム構成.....	56
図 3-8	データ収録システム接続図.....	61
図 4-1	PV 特性測定回路.....	74
図 4-2	MM250-A 型 PV モジュールIV特性.....	74
図 4-3	MSX83 型モジュールIV特性.....	74
図 4-4	自動車用 40Ah 蓄電池放電特性 (現地製).....	79
図 4-5	PV システム用 40Ah 蓄電池放電特性 (現地製) (ディープサイクル型蓄電池).....	79
図 4-6	Battery 充電試験回路.....	80
図 4-7	Battery 放電試験回路.....	80
図 4-8	チャージコントローラ評価特性試験回路説明図.....	84
図 4-9	蛍光灯インバーター特性評価試験回路.....	90
図 4-10	計測及び内部接続説明回路図.....	91
図 4-11	チャージコントローラー改良図面.....	93
図 4-12	チャージコントローラーの電線接続順番.....	96

図 4-13	PV アレイ取り付け手順参考図.....	105
図 4-14	PV アレイオリエンテーションゲージ例.....	106
図 4-15	Tongwe チャージコントローラ動作特性例 (8/17, 8/18).....	127
図 4-16	Tongwe チャージコントローラ動作特性例 (8/23).....	127
図 4-17	Tongwe Clinic PV システム運転特性例(8/11 - 8/20).....	128
図 4-18	Tongwe Clinic PV システム運転特性例 (8/17, 8/18 拡大).....	128
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).....	129
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).....	129
図 4-21	Turf Household PV システム運転特性例(8/1 - 8/10).....	130
図 4-22	Turf Household PV システム運転特性例 (8/21- 8/31).....	130
図 4-23	Turf Household PV システム運転特性例 (12/01 - 12/10).....	131
図 4-24	Sanyati Household PV システム運転特性例 (12/01 - 12/10).....	131
図 4-25	Turf Clinic PV システム運転特性例 (12/01-12/10).....	132
図 4-26	Tongwe Clinic PV システム運転特性例 (12/01 - 12/10).....	132
図 4-27	Turf Clinic の負荷需要 (診療棟).....	137
図 4-28	Tongwe Clinic の負荷需要 (診療棟).....	137
図 4-29	Turf Clinic の負荷需要 (病棟).....	138
図 4-30	Tongwe Clinic の負荷需要 (病棟).....	138
図 4-31	Turf Household の負荷需要.....	142
図 4-32	Sanyati Household の負荷需要.....	142
図 4-33	Turf Clinic の蓄電池電圧.....	145
図 4-34	Tongwe Clinic の蓄電池電圧.....	145
図 4-35	Turf Household の蓄電池電圧.....	146
図 4-36	Sanyati Clinic の蓄電池電圧.....	146
図 4-37	PV システム運転実績 (平均値).....	152
図 4-38	トラブル内訳 (平均値).....	153
図 4-39	PV システム運転実績 (1998 年 4 月).....	153
図 4-40	トラブル内訳 (1998 年 4 月).....	154
図 5-1	ジンバブエの農業地域分布状況.....	174
図 5-2	村落社会調査及び分析 (*) フロー.....	182
図 5-3	家族数分布状況.....	185
図 5-4	電化別年収ヒストグラム.....	192

図 5-6	PV 設備設置数推移 .....	195
図 5-7	GEF プロジェクト PV 設備設置数推移 .....	195
図 5-8	PV 使用時間分布 .....	195
図 5-9	PSA 分析図 .....	199
図 5-10	ジンバブエ人口予測図 .....	220
図 5-11	ジンバブエ農村地域家庭の支払い電力費と PV 購入可能割合の関係 .....	227
図 5-12	ジンバブエ農村地域家庭用 PV 設備の需要予測 .....	228
図 6-1	PV と送電線延長のコスト比較 (負荷一定) .....	245
図 6-2	PV と送電線延長のコスト比較 (延長距離一定) .....	246
図 7-1	CSF を巡る資金のフロー .....	258
図 7-2	GEF プロジェクトにおける資金と装置の流れ .....	260
図 8-1	設置件数の推移 .....	293
図 8-2	ZESA-Solar 組織模式図 .....	297
図 8-3	ZESA Area Offices and Sub Offices .....	298
図 9-1	ジンバブエ国既電化及び電化計画地域 .....	316
図 9-2	支援プログラムの構成 .....	319
図 9-3	太陽光発電地方電化計画 (短期・中期の展開) .....	329
図 9-4	Cash Flow of Case A .....	342
図 9-5	Cash Flow of Case B .....	342
図 9-6	Cash Flow of Case C .....	342
図 9-7	Cash Flow of Case D .....	343
図 9-8	収入・支出対比図 (Case D) .....	343
図 9-9	Sensitive Analysis (Case B) .....	343



## 写真目次

写真 3-1	ジンバブエの一般的な農村のクリニック .....	35
写真 3-2	ジンバブエの伝統的な農村の円形の家 .....	35
写真 3-3	ジンバブエの農村の四角な家 .....	36
写真 3-4	ジンバブエの比較的大きな農村の家 .....	36
写真 3-5	PV モジュール特性測定 (モジュール) .....	40
写真 3-6	PV モジュール特性測定 (測定機器) .....	40
写真 3-7	蓄電池充放電特性測定 (蓄電池) .....	41
写真 3-8	蓄電池充放電特性測定 (特定機器) .....	41
写真 3-9	蓄電池充放電特性測定 (カウンターパートとの作業) .....	41
写真 4-1	GEF プロジェクト取扱い PV モジュール .....	74
写真 4-2	ZIMBABWE 製太陽電池モジュール .....	78
写真 4-3	現地 BATTERY WORLD 製蓄電池 .....	78
写真 4-4	現地 BETTEY WORLD 社製蓄電池 12(V) 40(Ah)自動車用 .....	79
写真 4-5	現地 BETTEY WORLD 社製蓄電池 12(V) 40(Ah)深放電 PV 用 .....	79
写真 4-6	チャージコントローラ半導体方式 .....	86
写真 4-7	チャージコントローラリレイ方式 .....	86
写真 4-8	PV システムの改良部品の設計・試作 .....	87
写真 4-9	標準品内部の PCB 基板 .....	87
写真 4-10	PV 用蛍光灯灯具 .....	91
写真 4-11	電圧降下器 .....	91
写真 4-12	改造型チャージコントローラ LED 表示器 .....	97
写真 4-13	改造型チャージコントローラ .....	98
写真 4-14	チャージコントローラ本体部分 .....	98
写真 4-15	Battery World 社製 C/CLED 表示部分の無い型 .....	99
写真 4-16	チャージコントローラ本体部分 (壁面取り付け状態) .....	99
写真 4-17	メンテナンスフリー型 BATTERY .....	102
写真 4-18	PV アレイの支柱(c) .....	104
写真 4-19	PV アレイの支柱(a) .....	104
写真 4-20	JICA 改善型チャージコントローラ正面写真 .....	110
写真 4-21	JICA 改善型蛍光灯インバーター交流側出力波形 .....	114

写真 4-22	設置したデータロガー.....	126
写真 4-23	PV モジュールに取り付けられた日射計.....	126
写真 4-24	データロガーのセットアップ.....	172
写真 4-25	カウンターパートによるクリニックスタッフへの取扱説明.....	172
写真 4-26	データダウンロードの体験.....	172

# 第1章 序論

## 1.1 ジンバブエ国の概要

### 1.1.1 ジンバブエの国情と人口

ジンバブエ共和国は南部アフリカ、南緯 15 から 22 度に位置し、モザンビーク、ザンビア、ボツワナおよび南アフリカに囲まれた内陸国である。国土面積は 39 万 km<sup>2</sup>、東西 725km、南北 835km、高度は 300m から 1,300m に分布しているが最高地点は 2,600m である。国内を Zambezi 河と Limpopo 河が流れ、Zambezi 河には 1958 年 kariba ダムが造られ、発電および灌漑に利用されており、その湖の広さは 5,000km<sup>2</sup> を越える。同国は起伏に富んだ景観が多く特に victoria 滝は有名である。

気候は比較的温暖で四季がある。5月から8月は冬季で雨が降らないが、一方11月から4月は夏季で雨が多い。中間の8月から11月、4月から5月が春と秋に相当する。中央高地と東部の山岳部が最も良い気候の地域で最高温度が摂氏 30 度以下、最低が同 20 度程度である。降雨量も地域によって異なるが平均で 400mm 程度、多い地域が 800~1,000mm、南部の乾燥地域で 200mm となっている。植物相で見ると、高地ではサバンナ樹林帯であるが大部分が開拓され農地となっている。中高地も高地部と似ているが、降雨量が若干少ないので植物種が減少する。低地部は気温が高く、降雨量も少なく乾燥地帯となる。国土の 13%が国立公園となっており、多数の野生動物が保護されている。

ジンバブエ共和国の総人口（1992 年人口センサス）は 1,041 万人、うち都市部居住者は 283 万人（構成比 27.2%）、地方居住者は 758 万人（同 72.8%）で、世帯数は 216 万世帯、うち都市部 76 万世帯、農村地区は 140 万世帯である。人口増加率は年率 3.1%、都市の人口増加率は 5%といわれている。一世帯当たり人数は 4.8 人、都市部 3.7 人、農村部 5.4 人である。個人住宅のうち約 40%は伝統的な草葺き屋根、煉瓦作りの住宅に居住し、近代的住宅（欧米、日本の戸建住宅型）居住世帯が 39%である。

### 1.1.2 ジンバブエの産業と経済

1994年価格によるGDPはZ\$762億、一人当たりによるとZ\$7,187であり、1995年の物価上昇率は21%であった。GDPの構成では製造業（南部アフリカでは南アフリカに次いで2位）が16%を占めており、農業や観光産業も重要な産業である。食料はほぼ自給が可能であり、輸出品目としては、金、ニッケル、石綿などの鉱産物と、たばこ、綿、砂糖、牛肉などの農産物が主要な位置を占めている。エネルギー面ではバイオマスが全消費エネルギーの約半分を占めており、薪が家庭用燃料として使用され森林消失が深刻な問題となっている。また石炭の埋蔵量が豊富で発電燃料として大量に消費されており、石油類は全量輸入である。

ジンバブエの土地は大別すると地主が経営している商業農地と国が土地を与え開墾している共有農地に分けられる。商業農場は約40%を占めており、比較的肥えた土壌で平均2,500haの広さを持ち、中には農産物の加工処理工場を持つところもあり、多くの作業者を雇用している。共有農場はやはり40%強の土地を占めているが降雨量の少ない地域が主である。また従来の農業方式によって作業しているところが多く、人手に頼ることが多いので人口密度が高い。

最近政府は移住政策を進め、未使用農地や新規開拓地に、土地のない農民や、都市の貧困家族を定住させ、共通の牧草地を用意したり、農業協同組合を発足させて生活の安定化を図りながら農業生産に従事させようとしている。主要農産物は玉蜀黍で彼らの主食でもある。その他にはたばこ、綿花、ソルガム、落花生、コーヒー、茶、サトウキビ、小麦、レモンなども栽培されているが、最近切り花の輸出がヨーロッパ向けに行われるようになった。

農家の中には農業からの収入のみでは不足する家庭が多く、また、農業収入は年に1度纏まって支払われることが多いので、収入の一部を外部からの仕送りや出稼ぎ作業に頼る家庭が多い。しかし、地方ではなかなか現金収入の道がないので、政府は地方の経済拠点づくりを行い、農閑期の人手を利用した産業の育成を図り、雇用の増大と収入の増加を目指している。

ジンバブエの道路は比較的良好に整備されており、主要な都市、町および村の人が集まる経済拠点は舗装道路で結ばれているほか、隣接国とも通じている。しかし、地方の村

落を結ぶ道路は未だ完全ではなく、雨期には通行できず生活用品の供給に支障がでたり、農産物の出荷が出来ないこともある。鉄道は 3,400km が敷設されており、国内航空路も観光客などに利用されている。最も近い港はモザンビークの Beira で、道路、鉄道、パイプラインで結ばれている。

水の供給は国内に多数建設されたダムの貯水に頼っているが、地方では井戸を掘ってポンプにより揚水しているところが多い。安全な水を得ている人口の比率は 77%であるが、地方では 15%程度である。通信網は電話が整備されてきたが、未だ充分ではない。電力の供給については後で詳しく述べるが、電化率は都市部で約 70%、農村部では 5%程度と非常に低い。しかし、最近では農村部でもテレビの視聴率が高くなり、自動車バッテリーを利用したり、GEF プロジェクトによる PV システムを利用してテレビを見ている家庭が増えている。

### 1.1.3 ジンバブエの電力事情

#### (1) 電力需要

1995 年の ZESA の事業報告書では約 39 万件のユーザーと契約しており、一般家庭は約 34 万軒で、ZESA の他に個別に電力が供給されている家庭が 25 万軒ほどあるので、ジンバブエ国の家庭電化率は全国平均で 30%程度と推定される。しかし、都市・農村別では、1992 年時点で都市部の電化率は 72%程度に達しているのに対し、農村部では 5%にも達していない。(都市部と農村部の家庭数の比率は 35%と 65%である) 従って、農村部を中心とした地方電化の必要性は高い。

1995/6 年の ZESA 電力需要量は、表 1-1 の通りであり、供給は国内の石炭火力発電所とカリバ水力発電所から供給されており、不足分は南アフリカ、ザンビア、ザイールから購入している。消費部門別では産業用が約 4 割、一般家庭用が約 2 割程度である。一般家庭の平均電力消費量は 14kWh/日となっている。1994 年の一人当たりの年間電力消費量(823kWh)は、世界平均(2,258kWh)の約 1/3、OECD 諸国(7,514kWh)の 1/9、開発途上国平均(763kWh)よりはやや多い程度となっている(UNDP 人間開発報告書)。

表 1-1 電力消費部門の内訳

	需要家件数	消費電力 (GWh)	比率(%)	平均消費電力 (kWh/day)
一般家庭	338,931	1,734	18.5	14.0
農業	10,094	690	7.4	187.4
商業	36,061	1,386	14.8	105.2
産業	1,836	3,952	42.2	5,897.2
鉱業	671	1,579	16.9	6,447.1
ZESA	375	14	0.2	102.3
合計	387,968	9,355		66.0

電力需要の見通しは、図 1-1, 1-2 に見られるように、経済成長率を高度成長ケース (GDP 伸率 6.5%/年)、標準ケース (GDP 伸率 4.5%/年)、低成長ケース (GDP 伸率 2.5%/年) の 3 ケースを設定し、1996 年から 2013 年のピーク需要 (MW) および、電力需要 (GWh) の予測を行っている。この見通しによると、標準ケースにおいて 2013 年にはピーク需要、電力需要とも 1995 年実績のほぼ 2 倍、3,200MW、19,500GWh になると見ている。

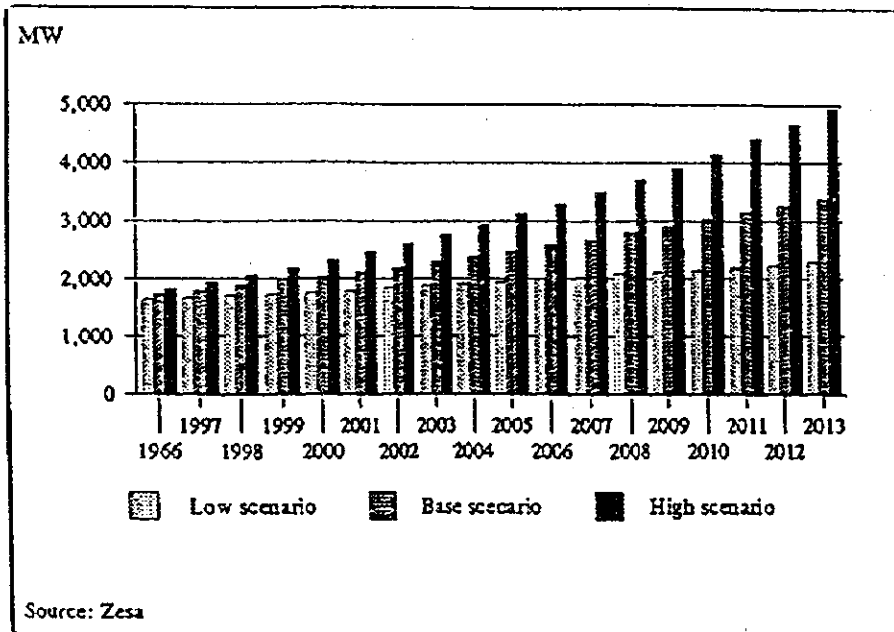


図 1-1 ピーク需要予測

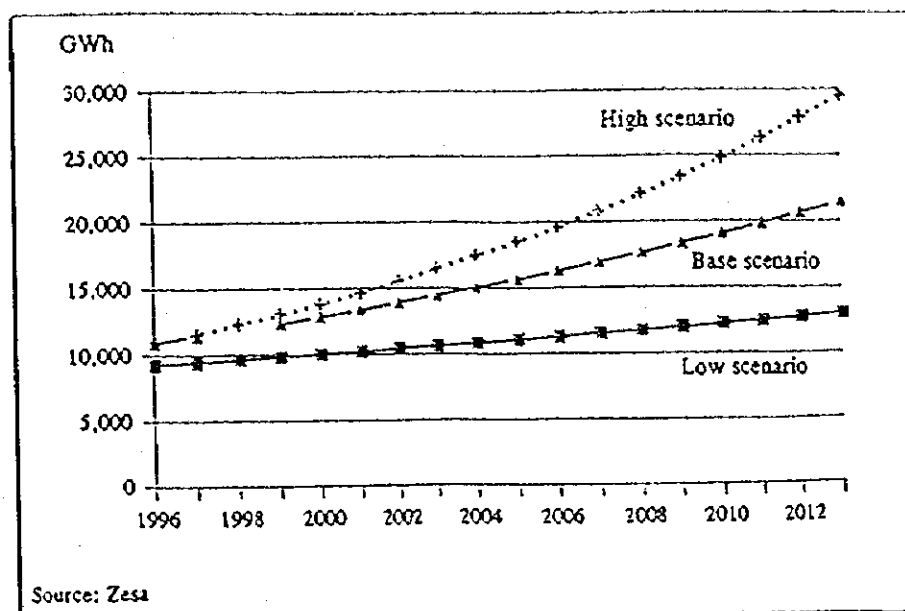


図 1-2 電力需要量予測

(2) 電力供給 (発電・送配電)

ZESA の発電所別発電能力、供給電力および改修計画を表 1-2 に示したが、主力は Hwange 石炭火力と Kariba 水力で他の火力発電所は老朽化しており効率が悪い。供給不足分は南アフリカ、ザイール、ザンビアからの輸入に頼っており最近は増加傾向にある。送・配電線の敷設距離を表 1-3 に、発電所の位置、送電線、および配電区域を図 1-3 に示した。現在地方電化計画として送・配電線の延長計画があり、33kV:1,050km, 11kV:2,360km, LT(380V):1,500km 総延長で 4,910km の増強が予定されている。

表 1-2 発電所の能力および供給電力(1995/6)

発電所	能力 (MW)	供給電力 (GWh)	改修計画
Hwange thermal	920	4,634.8	
Kariba Hydropower	666	2,163.1	750MW upgrading
Old thermal stations	375	525.3	120MW refurbishment
Import (from	(300)	3,172	
Total	1961+300	10,495.2	

ジンバブエの電力は上記の Zambia/Zaire からの購入電力に加え、南アフリカ、ボツワナ、モザンビークの電力系統と連携し、電力を購入する契約をしている。

表 1-3 送電線、配電線敷設状況

送電線		配電線	
電圧 (kV)	敷設距離 (km)	電圧 (kV)	敷設距離 (km)
330	3,500	33	8,200
132	1,280	11	31,000
88	2,150	0.38	12,400
66	185		

330kV 送電線の中には一部国際連系の 420kV、220kV をふくむ。

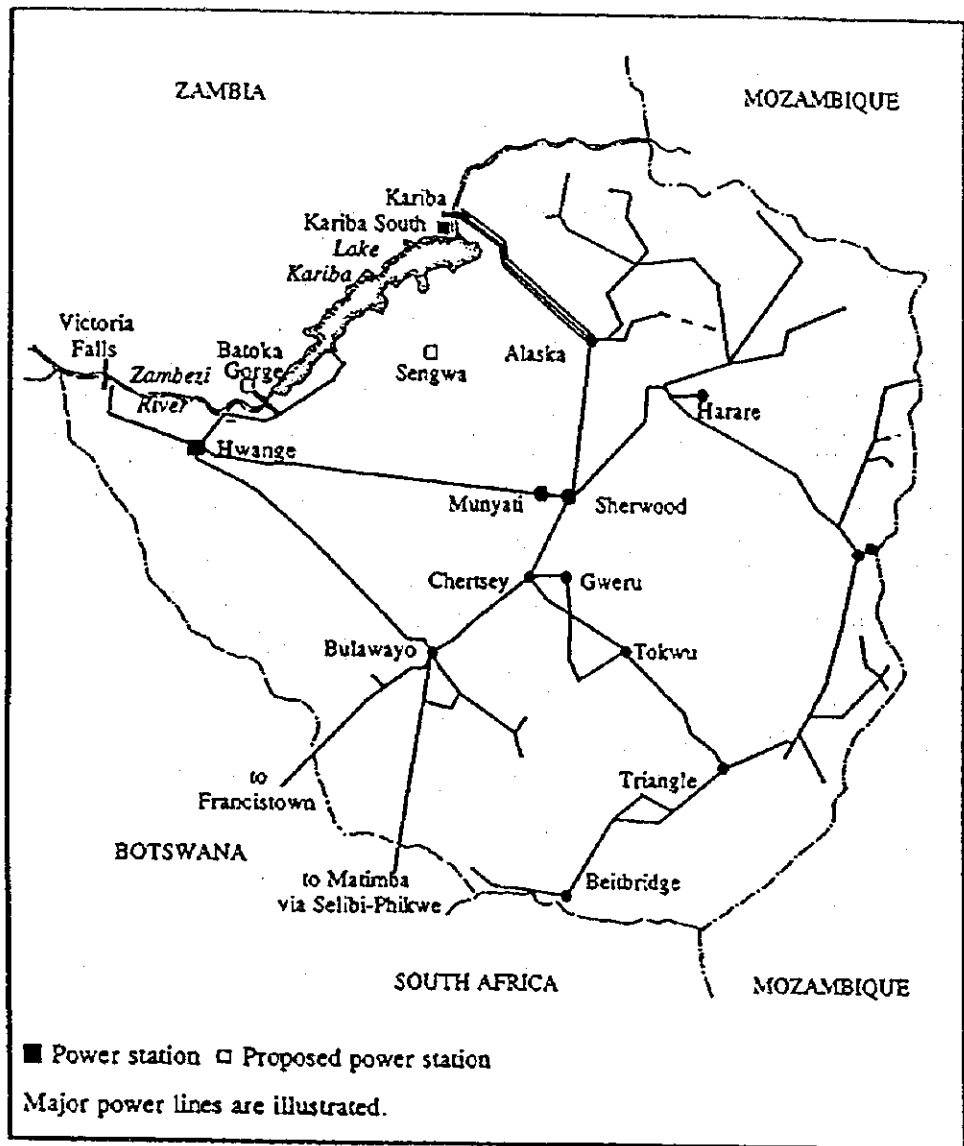


図 1-3 ジンバブエ国の発電、送・配電地図



### (3) 供給力増強計画

現在、計画されている ZESA の供給力増強計画を表 1-4 に示す

表 1-4 ZESA 電力供給増強計画 (1995—2011)

プロジェクト	供給能力(MW)	供給開始
Songo-Bindura 330kV Interconnector (Mozambique)	500	1997
Kariba South upgrade	84	1998
Hwange thermal power Number 7	330	2000
Hwange thermal power Number 8	330	2003
Batoka Hydropower Plant (Zimbabwe section)	800	2004
Kariba South extension 1 <sup>st</sup> unit	150	2006
Kariba South extension 2 <sup>nd</sup> unit	150	2008
Senga Coal-fired power station 1 <sup>st</sup> unit	330	2009
Senga Coal-fired power station 2 <sup>nd</sup> unit	330	2011

資金の必要量としては、発電所の増強、新設に US\$26.3 億 (1995 年価格)、送・配電、変電所等の増強新設に US\$14.1 億、合計約 US\$40 億が見込まれている。さらに、地方電化計画 (送・配電線の延長) には Z\$4.6 億 (US\$0.4 億) が必要とされており、地方電化のためには、海外からの融資および国内からは地方電化積立金の引き当てが予定されている。

資金調達を目的に、ジンバブエ政府は海外からの投資を促進するために、ZIC (Zimbabwe Investment Centre) を 1992 年に設立し、投資環境の整備を図っている。また電力部門の投資効率を上げるために IPP (Independent Power Producer) の参入を期待しているが、私企業側としては、ジンバブエだけではなく、周辺国をプールした電力供給網 SAPP (Southern African Power Pool) を通じての電力供給に興味を示している。表 1-5 に SAPP の国名と代表的な電力供給組織、図 1-4 にアフリカ南部の高圧送電線網を示す。

表 1-5 SAPP12 力国と代表的な電力供給組織

国名	電力供給組織
Angola	ENE (Empresa Nacional de Electricidade)
Botswana	BPC (Botswana Power Corporation)
Lesoto	LEC (Lesotho Electricity Corporation)
Malawi	ESCOM (Electricity Supply Commission of Malawi)
Mozambique	EDM (Electricidade de Mozambique)
Namibia	SWAWEK (South West African Water and Electricity Corporation) (Nampower)
South Africa	ESKOM (Electricity Supply Commission)
Swaziland	SEB (Swaziland Electricity Board)
Tanzania	TENESCO (Tanzania Electric Supply Company)
Zaire	SNEL (Societe Nationale d'Electricite)
Zambia	ZESCO (Zambia Electricity Supply Corporation Ltd.)
Zimbabwe	ZESA (Zimbabwe Electricity Supply Authority)

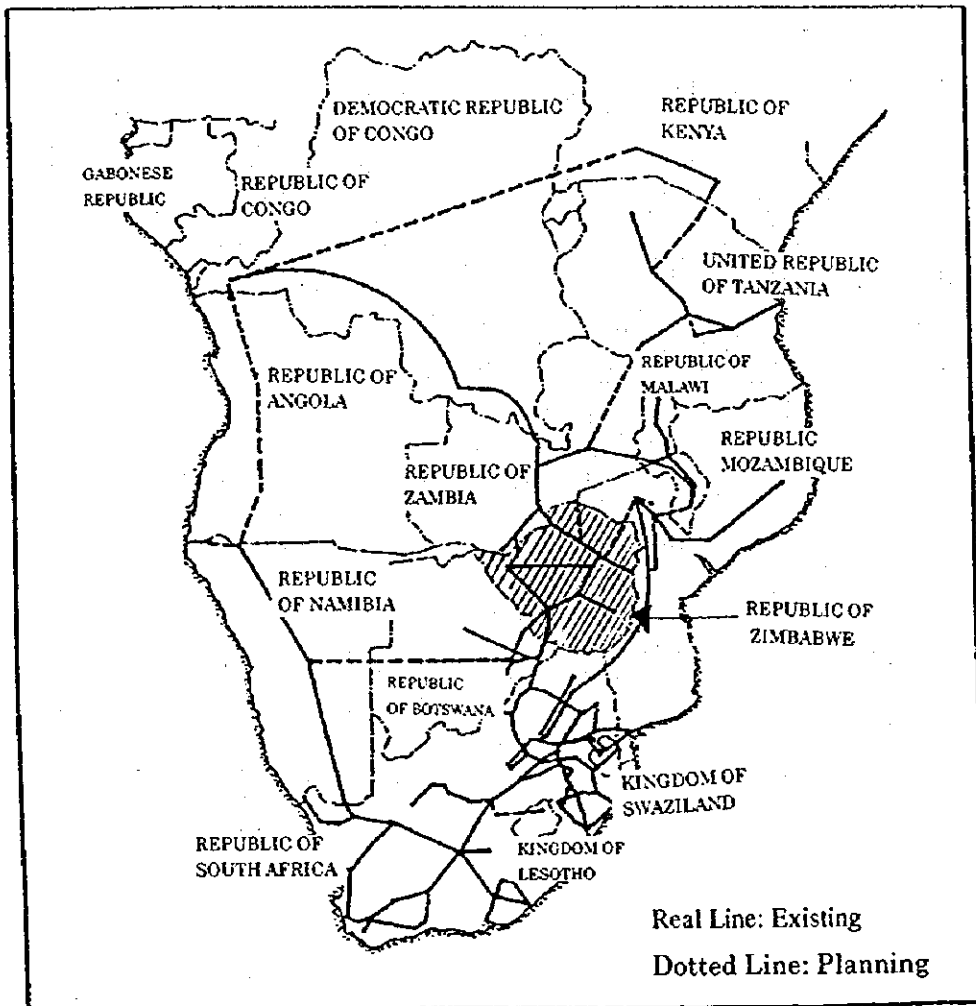


図 1-4 南部アフリカの送電線網

#### 1.1.4 ジンバブエの地方電化状況

##### (1) ジンバブエの電化状況

世帯単位の電化率(1992年)は、28% (うち、都市部 72%、地方 4.6%) であるが、各州ごとの電化率を表 1-6 に示す。

表 1-6 各州別電化率

Province	Household	Electrified		Un-electrified	
		%		%	
Mashonaland West	232,340	21.13	49,093	78.87	183,247
Mashonaland Central	177,011	9.03	15,984	90.96	161,009
Mashonaland East	219,516	8.74	19,186	91.25	200,308
Manicaland	320,944	13.49	43,295	86.5	277,617
Masvingo	231,727	11.22	26,000	88.76	205,681
Midlands	247,723	24.21	59,974	75.79	187,749
Matabeleland South	108,815	10.12	11,012	89.84	97,759
Matabeleland North	116,115	15.47	17,963	84.39	97,989
Major City Harare	364,136	64.4	234,504	35.55	129,450
Bulawayo	145,962	91.83	134,037	9.16	11,910
Total	2,163,289	28.24	610,913	71.74	1,551,944
Area Wise Urban	763,706	71.65	547,195	28.32	216,282
Rural	1,399,583	4.55	63,681	95.43	1,335,622

なお、公共施設の例として病院・クリニックの電化状況は次の通りである。

病院とクリニックの合計は 1,378 カ所、うちクリニックは 926 カ所 (1995 年) である。クリニックの内訳は、政府系 (Government) 370 カ所、町・村議会立 (Council) 451 カ所、自治体立 (Municipality) 105 カ所となっている。1995 年現在、未電化クリニックは Manicaland 州 84 カ所、中央 Mashonaland 州 46、東 Mashonaland 州 80、西 Mashonaland 州 53、北 Matabeleland 州 60、南 Matabeleland 州 60、Midlands 州 107、Masvingo 州 101、合計 591 あるが、東部にある Manicaland 州及び東北部の東 Mashonaland 州は GEF プロジェクトによる PV 電化が実施され、北部の中部 Mashonaland 州は、スウェーデン政府の援助による電化計画がある。

## (2) 地方電化計画

ジンバブエにおける地方電化は主として商業的な農場への電力供給を行うことで進められてきた。その結果、経済的には未発展である共有地 (Communal Land) の住民に対しての電化は遅れた。近年、政府は地方開発の方針として商業的農場地域と共有地における生活レベルの差を縮小し、ともに発展させることを掲げ、共有地への定住化を促進し、都市部への人口流入を抑制する事を目的としている。そのために、「地方電化」は一つの鍵になると考えている。

1980年代には Electricity Supply Commission が主体となって REP (Rural Electrification Programme) を策定し、36の地域開発拠点 (Rural Centres) の電化 (送電線の延長) を行った。しかし、このときの Rural Centre 1カ所あたりの電力使用量は 100kVA 以下で、接続家庭も平均すると 10カ所程度と効果が少なく、途中で中断されている。1989年にジンバブエ政府は、REPの見直しとこれからの地方電化の推進策について調査を行った。この調査報告書を元に、African Development Bankの資金によりジンバブエ国は Rural Electrification Master Plan Study を実施することにし、1995年11月 WAPCOS (Water and Power Consultancy Services, India) をコンサルタントに指名、DOE, ZESA をカウンターパートにした地方電化に関するフィージビリティ調査を行うことになった。

このマスタープランは、開発の中心となるべき地点 District Service Centre (DSC)、および Rural Service Centre (RSC) の電力需要 (今後 15年) を推定し、配電線 (33kV、11kV) の延長によって電気を供給する電化方式を採用し、配電線のルートや着工の優先順位を組み入れた電化計画となっており、ディーゼル発電や新・再生可能エネルギーによる電力供給方式は検討の範囲外としている。また、一般家庭の電化に関してはサービスセンター周辺の若干の家庭が接続を希望する程度と見ており、サービスセンターから離れた村落への電力供給は検討の対象外となっている。

DSC, RSC は地方の社会、経済活動の拠点となるべき地域・集落となる地点で、表 1-7 に RSC, DSC に所在する政府の機関、民間の組織、商業活動の内容、表 1-8 に各州毎の DSC, RSC の電化率を示すが、地域開発の中核ともなるべき RSC でさえ現在の電化率は 20%程度である。

表 1-7 DSC、RSC に設置されている施設

	District Service Centre	Rural Service Centre
Area Served	Whole District	A few wards within a District
Criteria of Centers	Intended to be the focal point of the Communal Areas, and is accessible from all directions. Centrally located to service 10,000 to 50,000 people Envisaged to provide services to its hinterland, and will several higher order commercial activities. Water supplies are adequate and the centre has suitable land for current development and future expansion.	They are the foci (focuses) for local areas within the communal lands. They are readily accessible on good gravel roads to serve their service population The service population envisaged is between 5,000 to 10,000 for each centre. They have essential services such as clinics, primary schools, and lower order commercial activities.
Government Offices	Council offices, District administrator, Veterinary services, Agritex offices, Ministry of Transport, Agricultural demonstrator, Social Welfare, Ministry of Water	Veterinary services, Agritex offices, Agricultural demonstrator, Rural Hospital/Clinic Ministry of Water
Type of Shops	Large supermarket, Departmental store, Butcheries, Grinding mills, General dealer shops, Carpenters and shoemakers shops, District council market, Beerhalls and Bottlestores	Butcheries, Grinding mills, General dealer shops, Carpenters, Shoemakers shops, Bottlestores
	Total Number of Shops >20	Total Number of Shops 10-20

表 1-8 プロビンス (県) 別 DSC、RSC の電化状況

州	電化済(個所)		未電化(個所)		電化率(%)	
	DSC	RSC	DSC	RSC	DSC	RSC
Mashonaland West	5	3	1	69	83.3	4.2
Mashonaland Central	7	17	0	30	100.0	36.2
Mashonaland East	8	16	1	66	88.9	19.5
Manicaland	4	26	3	53	57.1	32.9
Masvingo	6	22	1	76	85.7	22.4
Midlands	7	25	1	44	87.5	36.2
Matabeleland South	4	14	2	34	66.7	29.2
Matabeleland North	7	6	0	32	100.0	15.8
Total	48	129	9	404	84.2	23.8

(出所) WAPCOS および DOE 資料より作成

ZESA は、WAPCOS のフィービリティ調査を基に、上記 413 の未電化サービスセンターを 2006 年度までに 172 のスキームで配電線延長により電化する具体的な計画を立てた（表 1-9、表 1-10 参照）。電化は 2 フェーズでおこなわれ、総費用は約 Z\$4.6 億になる。第 1 フェーズは、1997 年度（ジンバブエの会計年度は 7 月から 6 月まで）から 2001 年度までに、94 スキームで 200 のサービスセンターを電化する。1 つのスキームの中で電化されるサービスセンターの数はまちまちで、コストが最小になる電化手段が選ばれる。第 2 フェーズは、2002 年度から 2007 年度にかけて実施され、78 スキームで 213 のサービスセンターを電化する。この電化計画でジンバブエの全てのサービスセンターが電化されることになるが、サービスセンターからはずれた地域の電化計画は今のところない。

サービスセンターとは、表 1-7 に示すような商店や公共施設などが集まった地域のことである。この地方サービスセンターの電化計画で電化されるのは、センターに含まれる商店及び公共施設とセンター周辺の一般家庭であるが、電化される商店、施設、および一般家庭の世帯数の推定は非常に難しい。サービスセンターにある商店及び施設の数、地域によって異なっている。また、一般家庭の電化に関しても接続費用を支払える家庭に限られるためである。通常、サービスセンターには約 10 の商店及び施設があり、周辺の電化される一般家庭は 5~10 と推定される。したがって、2007 年までの電化計画では、1 万軒弱が電化されると考えられる。

表 1-9 州ごとの電化計画 (1997/8 - 2006/7)

州	スキーム数	電化数	必要資金 (Z\$)
Mashonaland West	21	70	75, 839, 824
Mashonaland Central	14	30	35, 206, 954
Mashonaland East	31	67	66, 380, 467
Manicaland	29	57	73, 583, 074
Masvingo	28	77	80, 635, 226
Midlands	19	45	54, 476, 821
Matabeleland South	16	36	39, 048, 441
Matabelelando North	14	32	38, 519, 764
合計	172	413	463, 690, 571

(出所) DOE

表 1-10 年度別電化計画

計画年度	スキーム数	電化数	必要資金 (Z\$)
1997/8	28	46	38,392,408
1998/9	23	37	31,402,996
1999/0	9	17	34,678,930
2000/1	14	40	48,291,403
2001/2	20	60	59,171,869
2002/3	16	51	64,056,015
2003/4	29	68	67,490,047
2004/5	13	41	50,566,522
2005/6	11	32	45,941,377
2006/7	9	21	23,699,004
合計	172	413	463,690,571

(出所) DOE

この地方電化計画の必要資金 Z\$4.6 億のうち、Z\$2.54 億は ZESA の電気料金に含まれている 1% の地方電化基金から賄われる。Z\$2.04 億相当の海外からの調達品については、政府が海外から資金を調達して投入することとしている。1994 年にはじまった地方電化基金の積立額は、現在 Z\$8,100 万に達している。

## 1.2 太陽光発電導入の現状

### 1.2.1 太陽光発電利用状況

ジンバブエには年間約 2,000kWh/m<sup>2</sup>に相当する太陽エネルギーが供給されており、太陽エネルギーの資源には恵まれている。ジンバブエ国としても太陽光発電システムの導入には積極的である。

1993 年には UNDP の資金協力による GEF プロジェクト (GEF:Global Environment Facility) がスタートし、PV モジュール 45W 換算で 9,000 システムの戸別型太陽光発電システムの設置プロジェクトが行われている。

また、1996 年には Harare において WSS (World Solar Summit 1996) が開催され、「太陽エネルギーの持続的開発」に関する Harare 宣言が採択された。以降 10 年間にわたる太陽エネルギー利用プロジェクトの計画 (Zimbabwe Solar Programme 1996-2005) が策定されており、この計画には戸別型 PV システムのほかに、PV 揚水ポンプ、公共施設用システム、ミニグリッド PV システムなどの設置も予定されている。

## 1.2.2 太陽光発電関連企業

ジンバブエには、GEF のプロジェクトに協力している、PV 関連企業 (PV システム関連機器の製造、販売、システム設置企業) が約 50 社ほどあり、SEIAZ (Solar Energy Industries Association of Zimbabwe) と呼ばれる協会を結成している。この会員として承認されるためには技術的、財政的にあるレベルを満たしていることが必要とされる。これらの企業の中で約 15 社がシステムの設置を実際に行っており、また、5 社が PV システム関連製品の製造または輸入を行っている (表 1-12)。

GEF プロジェクトは GEF の資金によって PV システム購入希望者が低利の資金を利用し、システムが容易に購入できるように組み立てられたプロジェクトであるが、調査団では SEIAZ の会員に、企業が必要とする融資制度に関するアンケートを行い、50 社中 27 社から回答を得たが、その殆どが従業員 20 名以内、年間の売上金額は US\$10,000 以下である。

表 1-11 PV システム構成部品供給企業

PV システム製造会社名	部 品 名
バッテリーワールド	チャージコントローラー、自動車用バッテリー ディープサイクルバッテリー
ソーラーテック	チャージコントローラー、蛍光灯具、蛍光灯管 球、電圧低下装置
ソーラーレックス	チャージコントローラー、蛍光灯具、蛍光灯管 球、電圧低下装置
ソーラーコム	蛍光灯具、PV パネル
インパクト ソーラー システ ム	蛍光灯具、PV パネル

GEF プロジェクトを推進している PMU (Project Management Unit) では、ジンバブエ国内で供給される PV システム関連製品 (システム構成部品) の標準価格を設定し、利用者の便に供している。即ち、設置業者が利用者にシステムの見積もりを出すときは、その標準価格に設置場所までの距離や、システムの大きさ、個数などに応じて 30%未満の粗利益を見込むことを許している。その見積額で利用者は AFC (Agricultural Financing Corporation) にローンの申し立てを行い、認められれば PV システムの設置が行われる。しかし、設置業者はシステム構成部品を自社で購入してシステムを設置し利用者に引き渡した後、システムの設置費が AFC より支払われるので、その間の資金を自社で準備しておかねばならないが、小さな企業にとっては負担が大きい。



### 1.2.3 PVシステム関連機器の品質、および設置作業方法

調査団がジンバブエにおいて太陽光発電システムの設置を実施する過程で、PV システム関連部品を購入したり、試作を委託しその品質を調査した。また、システムの設置を現地の企業に発注し、その作業状況を調査した。その詳細は、3章、4章に述べられているが、概要は以下の通りである。

#### (1) 太陽光発電システム構成部品

システム構成部品として JICA 調査団が購入した製品は、太陽光発電モジュール、チャージコントローラー、蛍光灯器具、直流電圧降下器、バッテリー、蛍光灯ランプなど、調査団が設計して試作させた部品はチャージコントローラー、蛍光灯器具である。

##### 1) 太陽光発電モジュール

太陽光発電モジュールは 25W 型と 83W 型の 2 種類を購入、両者とも GEF プロジェクトで使用されている輸入品で欧米の企業が製造したものである。(25W 型：Anit、83W 型：Solarex) 輸入品のモジュールについては GEF プロジェクトが輸入関税の免除を受けられるので一手に輸入しているが、受け入れ検査は外観検査のみで、品質については性能検査に高価な機器が必要なこともあり、製造側の成績書を確認することで代替している。調査団では購入決定にあたって簡易測定装置を組み立てて性能を確認したが、ほぼ成績書と同じ性能が得られている。

##### 2) チャージコントローラー

チャージコントローラーについては現地企業の製品を購入し使用することとしたが、納入された製品は調査団が発注した仕様と制御の設定値が違っていたり、内部に異物が残留しているなど検査が不十分であった。また、調査団が設計した仕様のチャージコントローラーを 3 社に対し部品支給で組立させたが、企業により工場の製造能力、技術に大きな差があり、出来上がった製品の品質にも差があった。

##### 3) 蛍光灯器具

蛍光灯器具はジンバブエでは大手の会社が製造しており、製造技術は安定しているように見られた。蛍光灯ランプは欧米の企業が製造したものを輸入して供給している。

#### 4) バッテリー

太陽光発電システムの部品では、バッテリーの品質がシステムの性能に与える影響が大きい。今回の調査では現地製のバッテリーを使用することとしたが、現地の企業に対し自社製バッテリーの性能特性の提出を要求したが測定していなかった。また、実際に購入したバッテリーは、100 個程度であったにもかかわらず、キャップが2種類使われていたり、端子の表示が間違っているなどの問題があった。

#### (2) システム設置作業

太陽光発電システムの設置作業は一般家庭用を2社、公共施設用を1社に委託した。設置作業の品質を、使用した部品、工具、作業結果などで判定したが、パネルの設定角度がばらついていたり、支柱が垂直に取り付けられていない、壁の穴あけ作業が乱雑など、満足できるものではなかった。

#### (3) 製品納期

調査団がモニタリングのためのシステムを設置する時に一部のシステム部品の納入が遅れ、設置作業に支障が出た。即ち予定どおりに全部の部品が納入されなかったため、設置業者がスケジュールどおりに作業ができず、現場への運搬回数が増え費用が増加した。また、バッテリーでは発注した仕様の製品の納入が間に合わなかったため、納入企業が代替品を納めてシステムは設置したが、正規品納入後取り替え作業を行い、作業が二重となった。

## 第2章 JICA プロジェクトの調査方針

### 2.1 GEF プロジェクトの概況

#### 2.1.1 GEF プロジェクトの経緯

9,000 件の戸別型システムを設置するという大型プロジェクトとして注目を集めているジンバブエの GEF プロジェクトは、1993 年からシステムの設置が実施され、約 5 年の実績を積んできた。1997 年に終了することとなっており、1997 年 10 月に UNDP が委嘱したコンサルタントによる最終評価と、今後の方向に関する報告書が提出されている。また、1998 年 2 月には PMU からプロジェクトを総括したアニュアルレポートが発行されており、そのレポートによると 1997 年 12 月末までに 9800 システム（45W 換算、含むソーラーランタン、DIY キット）の設置を行ったことになっている。このレポートに纏められた GEF プロジェクトの概況は以下の通りである。

#### (1) GEF プロジェクトの基本目的

地方住民の生活レベルの向上を太陽光発電の利用により達成し、さらには地球温暖化防止への貢献を目指す。

#### (2) 具体的な目標

- ・ PV システムの設置が容易に出来るように低利率の融資制度の確立
- ・ ZESA の組織と技術力や NGO、地方政府機関、協同組合等地域密着型組織を利用し PV システムの普及を図る
- ・ 地方におけるシステム設置企業技術者の訓練と技術のレベルアップを図る
- ・ 未電化地域家庭の太陽光発電への関心を高める
- ・ 標準や規格の整備を行い、国内 PV 関連企業の技術向上を図る
- ・ 45Wp 換算で 9000 システムの設置を行う

#### (3) 期待されるアウトプット

- ・ 住宅用 PV システム (Solar Home System) 市場の拡張と浸透
- ・ PV 部品の製造、組み立てを通じて 2 次産業の育成を図る
- ・ 保守、補修、設置、部品販売などによる雇用人口の増大
- ・ GEF 以外の PV システム導入活動や、その他の地域開発活動を活性化させる

#### (4) 1997年12月における実績 (GEF・PMU 1997年報)

- ・ PV 設置業者による設置数(45W 換算) : 8,500、ZESA : 500、ORAP:100、BUN : 60、JICA : 200 (JICA プロジェクトが現地業者からの購入分)
- ・ AFC : CREDIT 利用者 : 4,200、貸出金額 Z\$31,000,000。
- ・ プロジェクトの参加企業数は 50、約 500 人の雇用を達成し、PV システムに関する技術的な訓練を実施した。
- ・ 太陽光発電の PR をパンフレット、ラジオ・TV、農業展示会などを通じて行い、海外のワークショップ・セミナーなどでも紹介した。
- ・ PV システム関連部品、PV パネル、コントローラー、バッテリー、蛍光灯器具などの国産化能力を高め、ソーラーランタンや DIY キットなど PV を利用した商品の市場化も行われた。
- ・ SEIAZ、SAZ の協力により、PV システムに関する標準、規格の設定を取り進め、デンマークの協力による試験機関の設立を目指している。

### 2.1.2 JICA 調査団から見た GEF プロジェクトの評価

#### (1) 太陽光発電技術の普及に貢献

- ・ ジンバブエの国内に短期間に数千件以上の太陽光発電システムを設置し、太陽光発電が未電化地域における電気供給システムとして有効であることを証明し、地方の未電化地域に居住する人たちに電気が利用できる希望を与えた。
- ・ 太陽光発電システムの部品製造企業、システム設置業者がこのプロジェクトに参加することにより技術を習得することが出来た。
- ・ ZESA が太陽光発電による地方電化の可能性に関心を持つようになった。

#### (2) GEF プロジェクトにより明らかとなった問題点

- ・ 第 1 は、ローンの返済期間が 2～3 年と短期間であることと、システム価格の 15% が頭金として必要なことから、システムを購入できるものは、支払能力のある一部の裕福な農民や、教師など定収入のある一部の層に限られたこと。
- ・ 第 2 に、現地製 PV システム構成機器の品質問題が挙げられる。当初、GEF プロジェクトでは、現地で調達できるものは、現地製品を使用していたが、その中には品質の悪いものがあり故障の原因となった。GEF プロジェクトがシステム機器を購入する際に、計測器不足からその品質をチェックできなかったのも原因の一つと考えられる。プロ

プロジェクトを通して、さまざまな機器を試すことにより改善を試みたが、プロジェクト終了時には、システム主要構成機器のほとんどが輸入に頼ることになった。

- ・第 3 の問題は、設置業者の技術レベルが低いことである。GEF プロジェクトは、設置業者に対しシステム設置の技術基準を設けてシステム設置作業を依頼したが、設置終了後に行われた PMU(Project Management Unit)のスタッフによる設置状況検査では、改善を必要とする事項が多数指摘された。
- ・第 4 に、GEF プロジェクトの対象地域がジンバブエ全土であり、融資審査をパスしたすべての購入希望者にシステムを設置したことから、システム設置家庭が全国に広がり、PMU の少ないスタッフの検査に対する負担が、計画が進行するに伴い増大していった。
- ・システムの保全について GEF プロジェクトを運営している PMU は、設置後 1 年間は設置業者が責任を持ってシステムのアフター・サービスをすることを義務づけたが、その後のメンテナンスはシステムに対する知識の少ないユーザー自身が行うことになっており、十分な保全が行われないおそれがある。

## 2.2 JICA プロジェクトのスキーム

- (1) JICA のプロジェクトは、より低い収入の階層が利用できるスキームの開発を目指すものである。
- (2) JICA プロジェクトでは、PV システム構成部品にできる限り国産部品を使用する。そのために、非常に小さい容量の PV システム (25W クラス) にも利用できるコントローラーの開発を行い、技術移転によりジンバブエ国内製造を可能とし、JICA プロジェクトのシステムに採用する。
- (3) JICA プロジェクトは、継続性のある運営組織を設立し、設置した PV システムの保守、管理を行いシステムの長期利用を保証する。
- (4) JICA プロジェクトでは、運営組織の下に専任の現地技術者を配置し、システムの保守に責任を持たせる。
- (5) 現地技術者、設置作業者に対するトレーニング施設を準備し、保守技術、設置技術レベルの平準化を図る、等である。

JICA プロジェクトと GEF プロジェクトのスキームは、概略、図 2-1、図 2-2 の通りであり、表 2-1 にその比較を示す。

表 2-1 GEF と JICA プロジェクトのスキーム比較

項 目	GEF プロジェクト	JICA プロジェクト
基本となる方式	割賦によるシステムの販売	システムは運営組織が保持し、発生電力を利用者に供給
運営管理	GEF -- PMU (政府機関)	DOE - BUN (NGO)
システムの帰属	分割支払いが終われば利用者の所有	調査期間中は JICA、調査終了すれば JICA から DOE-BUN に譲渡、5 年後には利用者への売却も含め再検討する
システムサイズ	平均 65W	25W, 50W
補助の形態	分割支払いの利子補給	BUN に対する機材貸与
利用者の選定	Zimbabwe 全土	特定地区 (現地技術者の保守可能区域)
保守作業の実施	利用者、または設置業者	BUN が選定し、訓練を実施した現地技術者
保守費用の負担 (交換機器の費用も含め)	利用者負担	BUN が負担
初期費用/月支払費用	Z\$1500/200 (5 年分割)	Z\$750/75

(注) GEF : Global Environment Facility, PMU : Project Management Unit, BUN : Biomass Users Network

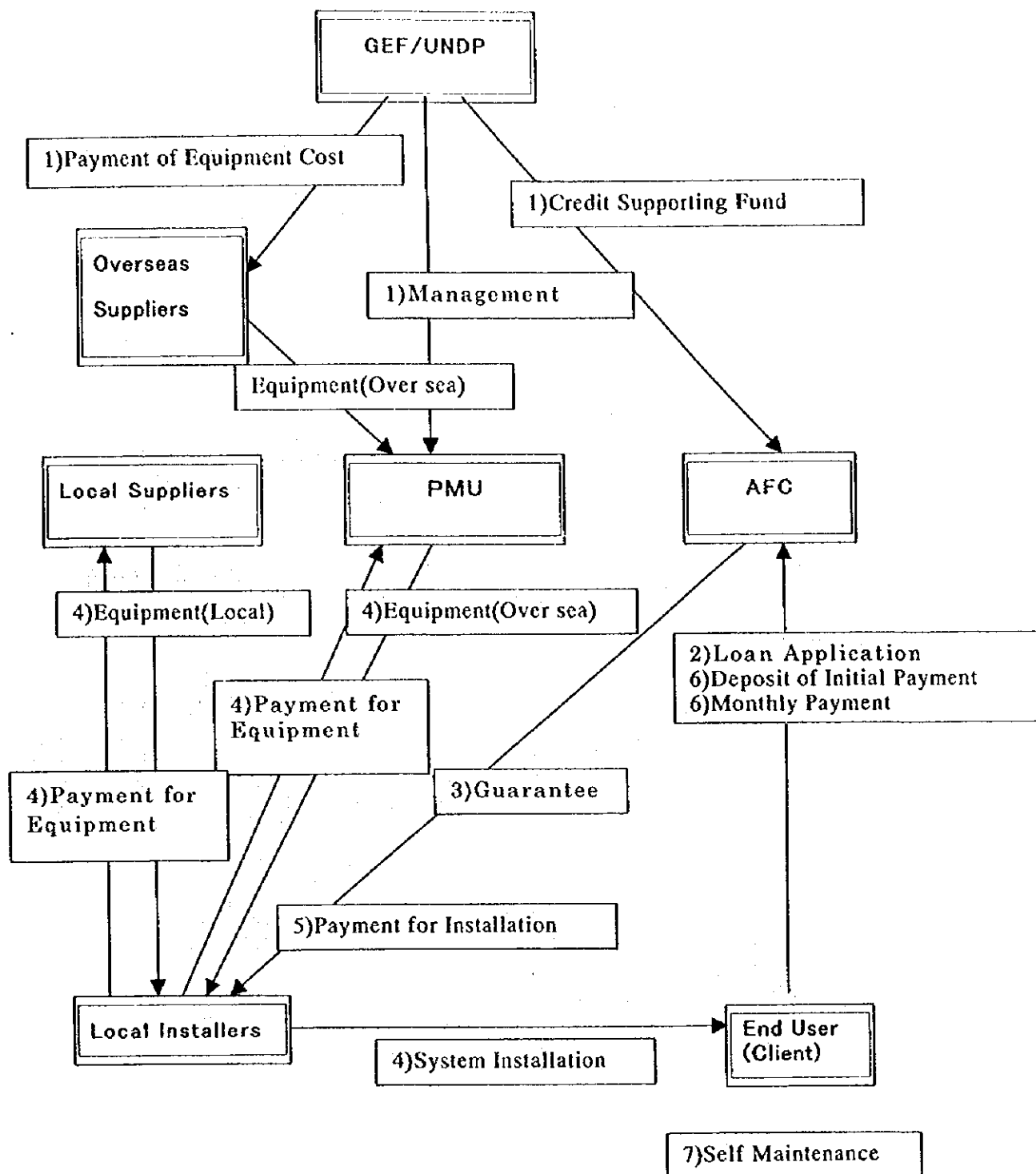


図 2-1 GEF プロジェクトのスキーム

- 1) GEF/UNDP が AFC に資金を提供し、低金利ローンを設定
- 2) 購入希望者が AFC にローンの申請
- 3) AFC が購入希望者の審査をし、設置業者に保証を行う
- 4) 設置業者は、PMU と現地会社からシステム部品を購入してシステムを設置
- 5) PMU の検査後 AFC は設置業者に購入費用を支払う
- 6) 購入者は、AFC にお金を返済
- 7) 利用者は、システムのメンテナンスを行う

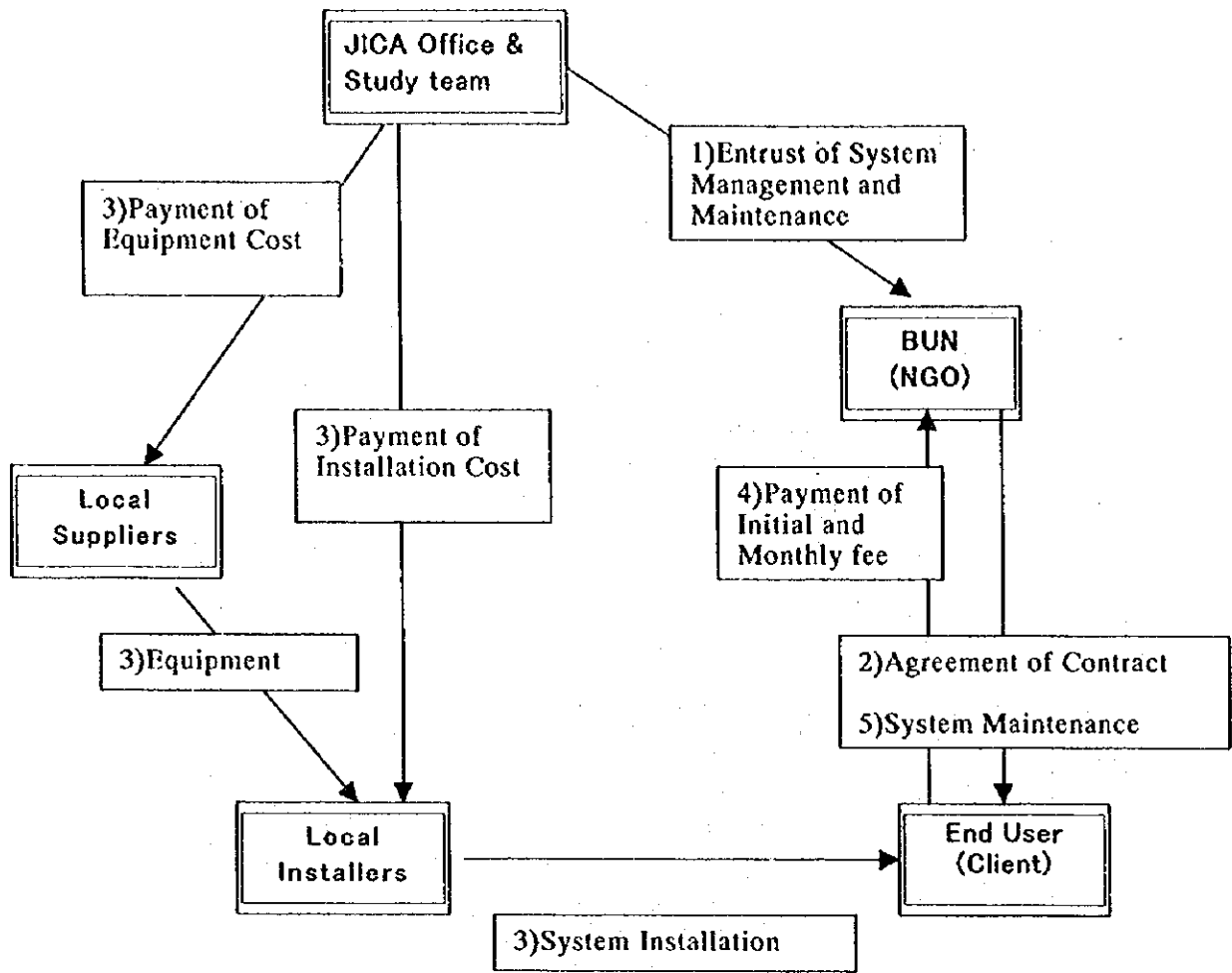


図 2-2 JICA プロジェクトのスキーム

- 1) JICA が BUN にシステムの保守・管理を依頼
- 2) BUN が購入希望者と保守・管理契約
- 3) JICA が設置業者に主要機器を提供して設置を依頼
- 4) 利用者が設置費用と利用料金を支払う
- 5) BUN がシステムの保守・点検を行う



## 2.3 JICA プロジェクトの調査概要

### 2.3.1 JICA プロジェクトの調査方針

本調査では、以下に述べる各調査を通じて、ジンバブエ国の遠隔地農村地域における低所得者層に、太陽光発電システムを普及させるための地方電化計画を策定することを目的とする。

モニタリング調査は、JICA 調査団が想定している太陽光発電を利用した電化方式（電力供給サービス方式）を、ジンバブエにおいて実施する場合の問題点を明らかにするために行う。モニタリングは未電化村落の一般家庭 100 軒と 12 の公共施設に PV システムを設置し、メンテナンスや、料金徴収を含めて持続的な運営ができる体制を設定する。運営機関としては DOE の管理の下で、現地の NGO に委託する。

モニタリングに使用する PV システムの構成機器は、システム価格を低く抑えるためにできるだけ現地で入手できるものを使用し、一部の機器については改善設計を行う。バランスのとれたシステム構成機器を選定するために現地製品の品質や特性を測定・評価し、システム設計を行う。

また、設置作業は現地の設置業者に委託することによって、設置業者の技術水準を確認する。

太陽光発電をより効果的に普及させる計画策定のためには、技術面や運営面の問題だけに限らず、電化の対象者となる未電化村落の住民の電気に対するニーズの推定や、システムを購入したり、利用に応じて必要となる費用の負担限度を知るために、住民の経済状況を把握し、さらに、既に PV を利用している住民の PV システムに対する評価などを明らかにすることを目的とした社会調査を実施する。それに加えて、PV システムの普及を推進するために要求される、利用者、又はシステム提供者に対する融資制度や免税などの政府による支援措置の必要性、および、地方電化手段の経済性比較による最適手段の選択、PV 地方電化推進による地域経済への影響評価なども検討する。

本調査を効率的に実施しかつ各専門分野の意見を反映させるため、アドバイザー・コミティーを組織し、節目節目にワーク・ショップおよびセミナーを開催し、技術移転を図るとともに意見交換を行う。アドバイザー・コミティーはジンバブエの電力供給

を担当する ZESA、太陽光発電関連会社から構成される SEIAZ (Solar Energy Industry Association of Zimbabwe)、GEF プロジェクトの運営機関である PMU、GEF プロジェクトのファンドの管理を行っている AFC (Agricultural Finance Corporation)、現地 NGO (Non Governmental Organization) から構成されている。

### 2.3.2 主要な調査内容と方法

調査団が実施した太陽光発電による地方電化計画策定のための調査フローを図 2-3 に示す。調査の主要な項目は以下の通りであるが、運営面、技術面の評価を実施するために、一般家庭 100 軒、公共施設 12 件に PV システムを設置し、構成機器、設置作業、運営状況、稼働状況をモニタリングすることにより実施した。

運営面における調査：

設置したモニタリングシステムを運営する運営方法の決定と、運営の実施および評価。

技術面での調査：

モニタリングのために設置する PV システムの設計・設置に伴う機器・作業状況の評価・運転・保守および保守担当者の訓練

農村社会調査：

ジンバブエの農村地域における電気に対するニーズや経済状況を調査し、将来の PV 潜在需要を把握する

融資制度の検討：

PV システム導入を容易にするための資金面における支援策の検討

経済評価：

PV による地方電化推進に関連する経済性評価、  
ジンバブエ国経済への影響評価

#### (1) 運営面に関する調査内容と方法

ここではモニタリングのための PV システムを設置する地域・対象家庭の選択を、カウンターパートや地域の行政組織の協力を得て実施した。

運営に関しては、PV システムの利用料金を村落調査や GEF プロジェクトの結果から設定、運営機関として PV システムの設置・運営に経験がある NGO を選定し、システムのメンテナンス、料金の徴収など運営に関するデータの収集を依頼し、その結果を解析し電化計画の策定に反映させることとした。

前述した第 1 の問題点（システムを購入できたのは、支払能力のある一部の裕福な農民や教師に限られたこと）を解決するために、低所得者層にも普及が容易にできるように、JICA システムの容量は、GEF プロジェクトの標準である 45W の約半分の 25W と小さくすることで、システムコストの引き下げを図った。さらに、短期間のローンで返済する買い取り制度は、月々の負担額が大きくなり、低所得者層への普及が難しいので、本調査では、長期間のリース・サービス制度を導入した。すなわち、最初の 5 年間は、システム費用と保守・点検費用を含めた料金を徴収し、住民は 5 年後に次の 3 つのオプション（下記 a, b, c）の一つを選択できるものとした。本調査の月々の料金支払額は、買い取り制度の約半分である。

- a. 過去 5 年間と同じサービスと、同じ料金支払いの継続。
- b. 協議により契約条件を変更し、サービスの内容と支払料金を決定する。
- c. 料金支払いをストップし、保守・点検サービスを受けない。

第 4 の問題（PV 設置サイトが全国に広がりすぎた）に関しては、これを解決するために設置地域の選定は、ある程度家屋が密集した地域を対象とし、設置後のメンテナンスを実施するために、設置する地域の住民の中から比較的電気の知識があると思われる若者を選んで、現地技術者としてトレーニングを行った。この運営体制を JICA 調査の終了後も継続するように現地の NGO に協力を求め、利用者から徴収した料金で NGO が運営を続けることが可能となるように料金設定を行った。

## (2) 技術面における調査の内容と方法

ここでは 25W 容量のシステムを設計し、構成部品の選択、設置作業の管理、メンテナンスの訓練や指導を行うこととし、運転およびメンテナンスの状況を、データロガーによる記録、および現地技術者による巡回メンテナンスの記録などから解析し、電化計画の策定に反映させることとした。

前述した第 2 の問題（現地製 PV 構成機器の品質）に関しては、25W の小容量のシステムでは、発電量が限られているため、システムを効率的に運転するために、現地製 PV 構成機器の品質や特性を計測器を使って分析評価し、最適な構成機器を組み合わせることとした。必要に応じて、機器の製造会社に改善を依頼し、効率の良い機器の提供を求めた。短期で解決しない問題点は改善策を提案し、長期的な課題として取り組むように依

頼した。また、設置したシステムの使用状況を客観的に分析するため、システムの運転状況を自動記録するデータロガーを設置すると共に、メンテナンスを担当する現地技術者にチェックリストを持たせて巡回時に必要事項を記録させ、後日分析を行い問題点の発掘に努め、今後の普及計画に役立てることとした。

第3の問題（設置業者の技術レベル）に関しては、今回設置を委託した設置業者に対し、設置作業の中でオン・ザ・ジョブ・トレーニングを行い、どのような問題点があるかを摘出した。また、設置業者の技術レベルの平準化をねらい、トレーニング・コースを開設して基礎的な技術の習得を行わせ、今後の設置作業の技術向上を図った。

設置業者の技術向上や、利用者へのPVシステム使用方法の指導は、太陽光発電システムを普及させる上で重要な役割を果たす。設置業者には、利用者に対する利用方法の指導がシステムを維持していく上で重要であることを認識させ、利用者を啓蒙することもトレーニングのカリキュラムに含めた。

### (3) 農村社会調査の調査内容と方法

ジンバブエの未電化村落家庭の電気に対するニーズを調査し、システムの容量決定に反映させること、PVシステムの購入又はシステム利用に対する支払可能額などを推定すること、および収入などから将来のPVシステムの潜在需要を推定するために、農村社会調査を行った。

調査は現地コンサルタントに委託し、アンケート調査方式で実施した。調査対象は未電化世帯、および、既に太陽光発電システムを導入した電化世帯の一般家庭それぞれ各200軒と、公共施設それぞれ各50施設である。最終的な普及計画はジンバブエ全土を対象としているので、ひとつの州に限らず、複数の州を対象とし、各州の平均収入、人口密度、電気のニーズなどの特徴も検討することとした。

### (4) 融資制度に関する調査内容と方法

融資制度に関する調査では、利用者やシステム提供者（システム機器提供者、設置業者）にとって、より効果的な融資制度を提案するために、現在のGEFプロジェクトに係わる融資制度および、他の開発途上国における地方電化プロジェクトの融資制度に関する調査を行った。ジンバブエ内のPV関連企業に対しては、各社にアンケート調査を行い、現在の融資制度がどのような問題点を持っているかを明らかにし、その解決方法を検討した。利用者に関しては、低所得者層への普及を可能とするための支援制度を検討した。

#### (5) 経済性評価に関する調査内容と方法

太陽光発電システムの経済性については、電気事業者の立場から送電線延長とのコスト比較を行い、農村地域の小さな電力需要に対する太陽光発電システムの優位性を検証すると共に、普及による経済効果を太陽光発電システム設置に関連する付加価値の増加を GDP への寄与度で分析した。

上記に説明した調査のフローを次頁図 2-3 として示す。

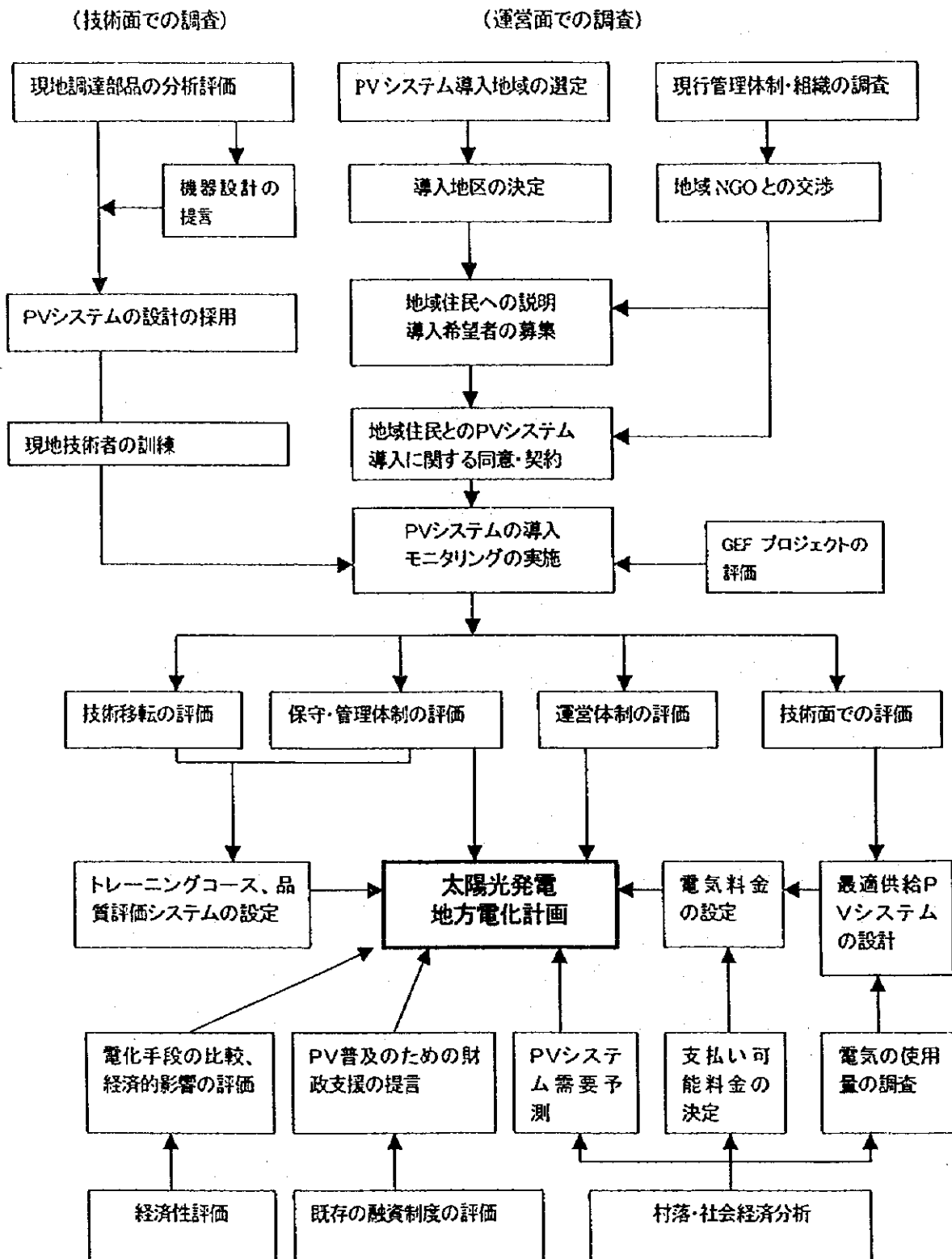


図 2-3 調査のフロー

## 2.4 JICAのPV設置対象地域および施設の概況

### 2.4.1 対象地域の選定

本調査におけるPV設備設置対象地域は、送配電線設置計画のない農村地区で首都Harareからのアクセスの容易性から、西Mashonaland州のKadoma地区、及びMidlands州の南Gokwe地区に決定した。選定地域は隣接する二つの州にまたがったが、個人住宅についてはその周辺状況を考慮して、西Mashonaland州Kadoma地区のSanyali (Communal land) 及びNgezi (Turf, Maniyoni) (Resettlement land) を選定し、公共施設としては、Kadoma地区内にクリニック5カ所と中学校2カ所、もう一つの地域は、Midlands州南Gokwe地区にクリニック5カ所である。

西Mashonaland州は首都Harareの西側(KadomaはHarareから1級国道A4号線(Harare—Bulawayo道路)経山西南西約90km)にあり、人口111万人(対全国比11%、都市部人口27万人、農村部84万人)、世帯電化率21%(都市部61%、農村部7%)、伝統的住宅構成比44%(うち農村部では59%)、降雨量と土質による農業適地順位で第2ランクに分類され、8州2特別市(Harare、Bulawayo)で構成されるジンバブエの中では、最も農産物生産高の多い州である。主要農産物は、トウモロコシ(Maize)、小麦、綿花、ソルガム(イネ科モロコシ属でコウリヤンに類似)、タバコ、向日葵、大豆、落花生等である。西Mashonaland州にある病院及びクリニックの合計は150カ所(1995年)で対全国比11%、このうちクリニックは127カ所である。

Kadoma地区全体の人口は約21万9,000、世帯数4万4,000(1992年)うち農村部17万8,000人、世帯数2万9,000世帯(1996年4月現在)である。Kadoma及びSanyaliの中心部にはジンバブエ電力供給公社(ZESA)による電力供給が行われているが、その他の農村地域には送配電が行われていない。Kadoma地区のSanyali、Ngeziのクリニックの合計は11カ所である(1996年)。両地区の学校は、Sanyaliで34校(小学校27、中学校7)、Turf, Maniyoniで33校(小学校27、中学校6)(1996年)である。

Midlands州は、西Mashonaland州の南西隣にあり、PVシステム設置地域である南Gokweは、上述Kadomaから1級国道A4号線及び州道Kwekwe—Gokwe線経由約100kmの所にある。Midlands州の人口は131万人(対全国比13%)、世帯電化率24%(都市部75%、農村部4%)、降雨量と土質による農業適地順位で第3ランクに分類され、ジンバブエの中

では、農産物生産高は少ない方の州である。主要農産物は、トウモロコシ (Maize)、小麦、綿花、落花生等である。Midlands 州にある病院及びクリニックの合計は 223 カ所 (1995 年) で対全国比 16%、このうちクリニックは 191 カ所である。

Gokwe 地区の人口は約 24 万人 (1992 年)、クリニック 18 カ所と学校 84 校 (小学校及び中学校それぞれ 42 校) が設置 (1996 年) されている。Gokwe 中心部は送配電線により電化されている (電化世帯構成比 1%) が、中心部以外は電力供給が行われていない (未電化世帯構成比 99%)。

#### 2.4.2 個人住宅

農村地区の農家の家屋は、1 家族概ね 5~7 棟 (1 部屋構造の建物) で構成されている。用途は、キッチン、食堂、夫婦寝室、子供部屋、貯蔵室などである。家屋の伝統的形狀は草葺き屋根に煉瓦 (内外とも表面はセメントないし漆喰でコーティング) 作りの円形 (直径 5~7 メートル) となっている。採光窓は小さいものが多かったが、最近はかなり大きいものもある。全国平均では全世帯の約 40% がこの伝統的家屋に住んでいる。また、最近は欧米、日本の独立家屋型の建屋 (方形形状で 3~5 部屋構成) も多く建てられている (全国平均の近代的家屋居住比率は約 39%)。農村地区での伝統的家屋居住比率は一般的に高く、西 Mashonaland 州農村地区では 59%、Midlands 州では 69% である。

#### 2.4.3 クリニック

クリニック (診療所) には医者は常駐せず、国家登録ナース (State Registered Nurse, SRN) または国家試験合格ナース (State Certified Nurse, SCN) 1~2 名、準看護婦 (Nurse Aid) 1~3 名、環境担当者兼機械技術者 (Environmental Health Technician, EHT) 1 名、合計 4~5 名の職員が勤務している。職員のうちナースはクリニック敷地内にある官舎に住んでいる。ナースが患者の病状診断を行い、投薬・注射等の医療行為及び啓蒙教育を行う。重病ないし精密診断が必要な場合には電話ないし無線により最寄りの病院に連絡の上、患者に病院行きを勧めている。救急車を常備しているクリニックは殆どない。医者の定期巡回を受けるクリニックも殆どなく、病院側のボランティアによる巡回 (2 週間に 1 回) を受けるケースが希にあるのが現状である。



診療は朝 7:30 から平日 16:30 まで、土曜日 7:30 から 12:00 ないし 13:00 まで、日曜日は休診、但し一部は 7:30 から 10:00 ないし 12:00 まで開業。何れのクリニックも急患発生時はいつでも開業する。1カ所のクリニックがカバーする村落住民数は地域によってまちまちであるが、概ね 5,000~10,000 人であり、最高は 23,000 人程度である。

クリニックの構造は地域によって若干の相違はあるものの、スレート葺き屋根、鉄筋コンクリート造り構造となっている。1棟は概ね 5~6 メートル幅、15 メートル長の大きさである。1棟型又は 2棟型（2棟の間を洗濯室及びスタッフ用トイレ等でつなぐコの字型、2棟を廊下で繋ぐH型が多い。一部には 2棟が独立しているタイプもある。）で、部屋数は大小合計 10 ないし 12 ほどである。部屋の主要用途は、コンサルティング（診療室）、待合室（地域住民の公衆衛生教育等にも使用される。）、注射室、スタッフルーム、分娩室、出産待機及び出産後休養室（出産後の休養時間は日本と比較すると極めて短く、せいぜい 2 日までで殆どは 1 日以内である。）、妊婦用トイレとシャワー室（給水事情が悪いか排水処理システムの不備のため使用出来ない所が殆どである。）、ワクチン保管用ガス冷蔵庫及び蒸気殺菌機置き場室、薬品倉庫室、包帯・リネンその他消耗品用倉庫室、男性用病室、女性用病室等である。一般にトイレ、焼却炉は敷地内でクリニック棟から離れた所に設けられている。

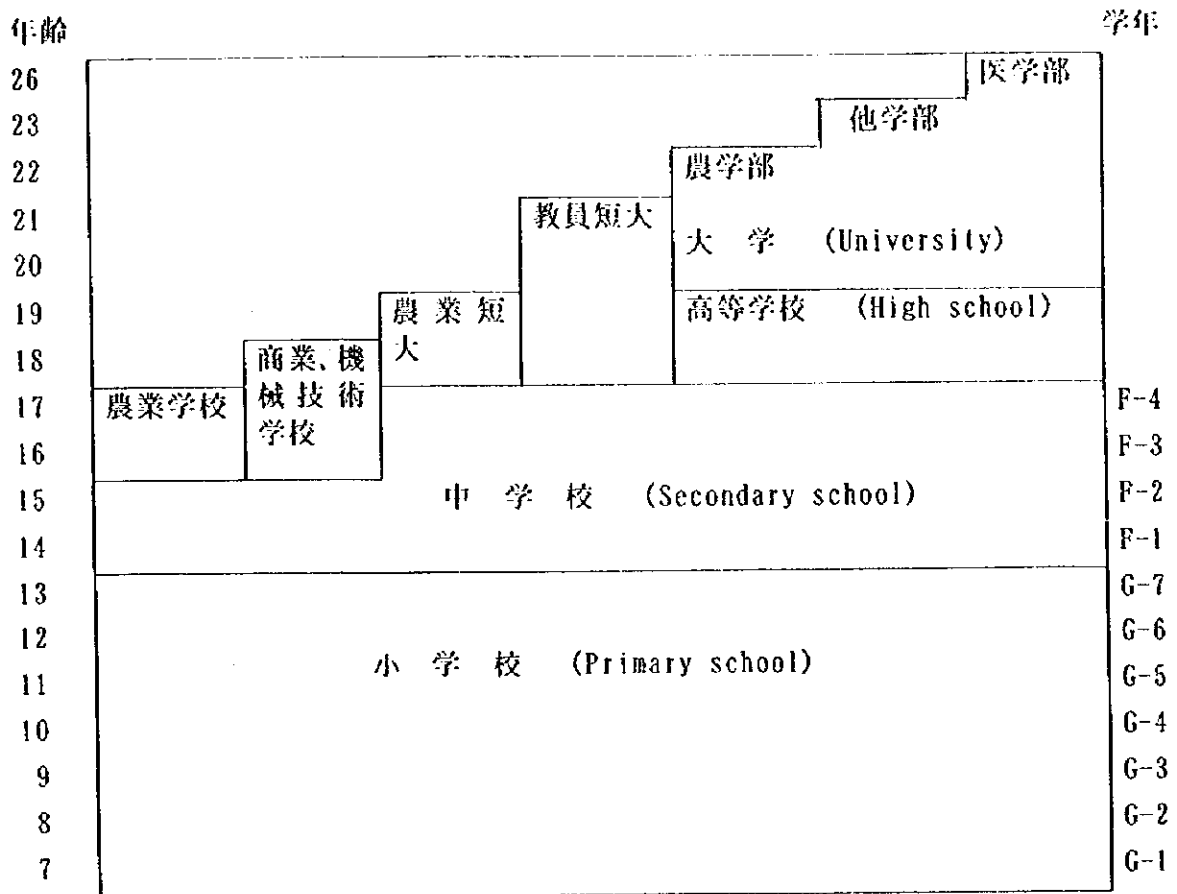
#### 2.4.4 小・中学校

ジンバブエの教育制度は 7 歳入学の小学校 7 年（Grade 1~7）、中学校（Secondary school）4 年（Form 1~4）（但し、職業学校（Vocational、3 年制）へ進学するコースの場合には 2 年間、また、農業学校（Agricultural Institute、2 年間）進学の場合は 2 年間）、高等教育は中学卒業後高校 2 年間及び農業短大（Agriculture College、2 年間）、高校卒業後大学 4 年間（但し、農学部 3 年間、医学部 5 年間）となっている。小・中学校教員養成コースは中学校卒業後 4 年間の教員養成短大（Teacher Training College、2 年間は短大での教育、2 年間は学校実習）で行われる（図 2-4）。

農村部の小・中学校は一般に 1 校当たりの生徒数が 400~1,000 名と多く（ジンバブエの年齢別人口構成では 15 歳以下の子供が 45%）、教室不足のため 2 部授業や青空教室制を採用している学校も多い。始業時間は午前 7:15 ないし 7:30 が多い。終業時間は 15:00 ないし 16:00、2 部制の学校では第 1 部の終業時刻は 13:00 となっている。通学時間は地域事情でまちまちではあるが、通常片道徒歩 1~1 時間半かかるようである。また、

灯火事情が良くないにも拘わらず、小・中学校の教員は教育熱心で宿題はほぼ毎日、1～2時間分が出されている。通学時間を考慮すると、個人住宅の電力、特に電灯に対する潜在需要は大きいものと考えられる。また、学校での社会人の夜間成人教育に対する要望が各校とも周辺村落から多く出されている。

小・中学校の建物は1校あたり、スレート葺き屋根、鉄筋コンクリート造りの建屋4～6棟で構成されている。教員棟（校長室、教頭室、職員室、事務室などで構成）、教室棟（1棟3～5教室で構成、7～8メートル幅 x 20～40メートル長さ）が主要な建屋である。教室の前面及び後面に埋め込み式黒板が設置されている。



Note:

小学校 (Primary school) : 1 ~ 7 年 (Grade 1 ~ 7) ,

中学校 (Secondary school) : 1 ~ 4 年 (Form 1 ~ 4) 1 ~ 2 年 (Lower 1, Upper 2) ,

農業学校 (Agricultural Institute) 2 年制 (Min. of Agriculture) ,

商業、機械技術学校 3 年制 (Min. of Human Resources) ,

農業短大 (Agriculture College) 2 年制 (Min. of Agriculture) ,

教員短大 (Teacher Training College) 4 年制 (小中学校教員養成) 2 年授業、1 年実習を 2 回 (Min. of Education)

図 2-4 ジンバブエの学校教育制度



## 第3章 JICA PV システム

### 3.1 システムの仕様設計

#### 3.1.1 システム設計対象

当初対象施設は、クリニック 10 カ所と一般家庭 100 戸となっていた。しかし、現地における調査およびカウンターパートの DOE (Department of Energy) との協議の結果、学校 2 校も調査の対象に含めることになった。

##### (1) クリニック

設置対象となるクリニックの間取りは標準設計があり、ほぼ 2 種類に大別できる。1 つは 1 棟式でトイレを含めて 6～8 室で構成されており、もう 1 つは 2 棟式で、両棟間は約 6 m 前後離れている。各棟は 6～8 室で構成されている。写真 3-1 はクリニックの 1 例である。PV システムにより給電される蛍光灯は、各クリニックの状況により、優先順位の高い部屋から順番に許容数まで設置することにした。

##### (2) 一般家庭

ジンバブエの農村部の民家構成は、伝統的な円形または四角で 1 部屋だけの家と、クリニックのスタッフ住宅のような、近代的な四角で複数の部屋を持つ家の 2 種類に大別される (写真 3-2～写真 3-4 は農村の代表的民家の例を示す)。伝統的円形の家の構成は、炊事や食事をするキッチンと呼ばれる棟と、夫婦の寝室として使用される棟が数メートル離れて建っていることが一般的である。さらに子どものベッドルームも独立して建てられる。従って、一家の構成は、パブリックスペースと言えるキッチンと、主人の寝室および子どもの寝室ということになる。

PV システムによる電灯はキッチンおよび夫婦の寝室が優先されるが、両棟間は屋外を配線することになる。近代的住宅に住む家族の場合は、キッチンや寝室が同一建屋にあり部屋の数も種々あるが、電灯の要求優先度は同じであると考えられる。

#### 3.1.2 システム設計に必要な基礎データ

現地に適したシステムを設計する当たっては、次のようなデータが必要であり、現地調査において、このような基礎データの入手に時間と労力を必要とした。



写真 3-1 ジンバブエの一般的な農村のクリニック



写真 3-2 ジンバブエの伝統的な農村の円形の家

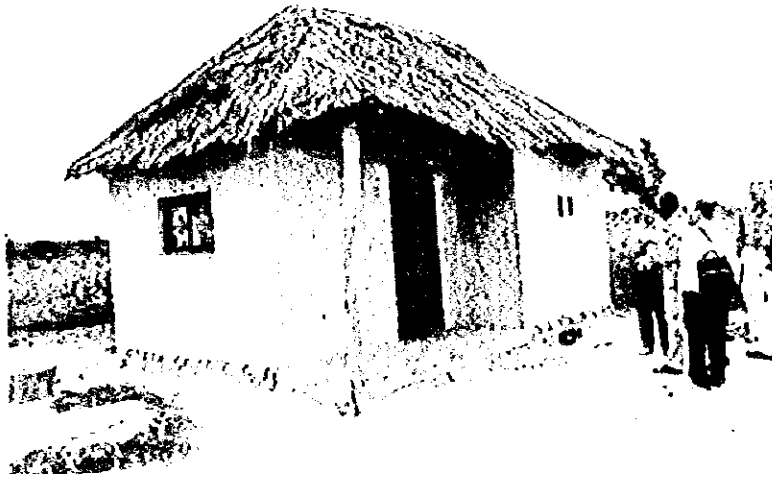


写真 3-3 ジンバブエの農村の四角な家



写真 3-4 ジンバブエの比較的大きな農村の家





### (1) 気象および地理的データ

国内準備作業で日本気象協会のデータから、ジンバブエ国ハラレ市の日射量データ、海拔高度、緯度経度などの基礎データを入手した。

第1回現地調査時に、DOE の協力によりジンバブエにおける長期間の詳細日射量データを入手した。入手した日射量データから各月の平均値を求めたものを次に示す。

表 3-1 月平均日射量

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均
日射量(MJ/m <sup>2</sup> )	22.32	20.80	20.54	19.70	18.18	17.04	17.51	20.47	23.02	23.95	23.40	21.26	20.68
日射量(kWh/m <sup>2</sup> )	6.20	5.78	5.71	5.74	5.05	4.73	4.86	5.69	6.39	6.65	6.50	5.91	5.75

### (2) 設置対象施設の配置および負荷需要予測

a) クリニックに関する間取り(平面図)を入手すべく対象地区である Kadoma District Council に要求したが、入手出来なかった。代わりとして現地調査(設置対象選定)時のラフスケッチを使用することにした。

クリニックの負荷需要を推定することは現実には非常に困難である。照明として特に、産室の照明の必要性が強調されていた。また、診療においてはマラリア患者の緊急診療が言われていた。これらは照明の重要性を言っているが毎日決まってあるわけではなく、PV システムの負荷予測の点では非常に不安定である。すなわちクリニックの1棟 6~8 室のうちどの部屋で何時間電灯が使用されるかは全く未知数である。患者のある日は 5~6 時間使用される部屋でも全く使用されない日が続く事もありうる。従ってシステムは、このような不確実な負荷に対応できる設計が必要となる。

b) 一般家庭に関しては厳密な配置図を作る状況ではなく、キッチンおよび寝室という生活空間として捉えれば十分である。しかし負荷需要に関しては、彼らの生活習慣から推し量るしかない。すでに約 5 年間の PV システム設置実績を持つ GEF プロジェクトでも、客観的な運転実績データは持ちあわせていない。点灯時間として 4 時間を推定している状況である。すでに PV システムを設置している家庭の中には、照明のほかにテレビ、あるいはラジオカセット等の AV 機器の使用を希望する所も多いためこれへの対応も無視できない。

c) 学校は一般の教室や事務室、職員室等があり PV システムによる照明はクリニックとは若干性格を異にするとと思われる。教室は約 60 m<sup>2</sup>~80 m<sup>2</sup>程度の広さがあり、幅 5m~6m の大きな黒板がある。そのため、夜間教室を利用する場合は 1

教室に4灯必要になる。PVによる電化は1校当たり2教室と事務室、職員室位が対象となる。学校の夜間利用はカウンターパートの考えによれば、成人学級などの地域教育にも使用する場合、日没から夜9時または10時までとすれば3時間から4時間となり、点灯時間としては3~4時間を見込むことになる。

学校の場合の電灯利用時間は、夜間教室利用のプログラムが出来れば比較的安定した負荷需要となり、クリニックの場合の様な不確実性が少ないため、バランスの取れたシステムとなる可能性が高い。

### (3) システム構成機器の技術データ

現地気象条件および負荷条件のもとで、現地調達部品を用いてバランスの取れたシステムを構築するためには、太陽電池、バッテリーの主要部品は公称値のみならず実際の動作特性の把握が不可欠である。通常、これらはメーカーより技術資料として入手する性格のデータである。ジンバブエにおいては、既にGEFプロジェクトが約5年間PVの設置・普及活動の実績を持っているが、新たなシステムの構築に必要な上記の基礎的技術資料は全く準備されていなかった。太陽電池の電圧・電流特性やバッテリーの充・放電特性などのデータは、JICA調査団で測定せざるを得なかった。

但し、現地でのシステム設計は、GEFプロジェクトのスタンダード部品を用いて組み合わせるシステムを採用したので、主要部品の基礎データの有無は設計上あまり大きい影響を及ぼさなかった。

システムの特性を決定する重要な要素がチャージコントローラーと呼ばれる機器である。この機器はバッテリーの過充電防止と過放電防止の重要な役割を担っており、この機器の特性はシステム設計の上で重要な役割を果たしている。特に重要な要素は、自己消費電力が出来るだけ小さいこと、過充電防止電圧設定レベル・過放電防止電圧設定レベルが適切であることが要求される。チャージコントローラは現地で組み立てているものが多く使われているが、詳細な技術資料は準備されていない。従って、バッテリー特性と同様にJICA調査団が測定することになった。

太陽電池の基本特性であるI/V特性は通常専用の高価な測定器を用いて測定される。しかし、現地において、そのような専用測定器は使用していない。調査団では現地技術者でも利用できることを重点にして、ポータブルのデータロガーを利用して、実際の動作条件下で測定する方法を工夫し実行した。また同一手法をバッテリーの充・放電特性測定にも応用した。

写真 3-5 および写真 3-6 に PV モジュールの I/V 特性測定状況を示す。図 3-1 に I/V 特性測定回路を示す。写真 3-7～写真 3-9 は使用するバッテリーの放電特性測定状況である。この結果を基に実際に使用するチャージコントローラの設定値を決定した。

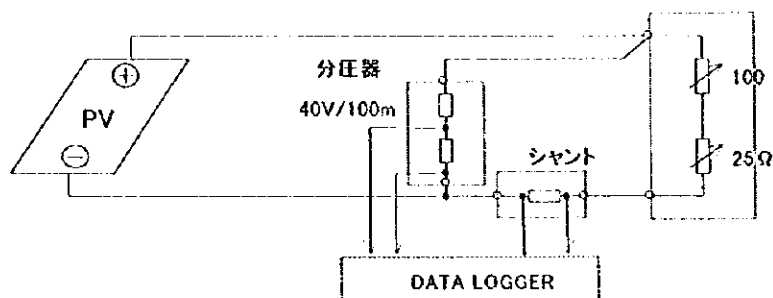


図 3-1 PV 特性測定回路

#### (4) システム構成主要機器の備えるべき条件

PV システムの良好な運転特性を実現するために、これを構成する主要な機器はそれぞれ次のような特性を持つことが望ましい。システムの運転特性に重要な影響を及ぼす機器は、太陽電池、チャージコントローラ、蓄電池、蛍光灯用インバータおよび太陽電池架台などである。

##### i. 太陽電池

- a. 12V 蓄電池と組み合わせて使用するために 36 枚の太陽電池セルから構成されたモジュールであること。即ち開放電圧 (Voc) が 21V 程度であること。
- b. その他の条件は、システムに必要なモジュールの出力、モジュールの形状、コストなどにより選択される。

##### ii. チャージコントローラ

これは最も注意を要する機器である。チャージコントローラに要求される条件はシステムの運転特性に関するものと機器自身の寿命に関するものが考えられる。このような観点から必要な条件を挙げれば次のようになる。

- a. 蓄電池電圧が運転電圧範囲の上限 (HVD) に達した場合、確実に太陽電池 (PV) の入力を切断すること。PV を切断後蓄電池電圧が一定の決められた電圧 (HVR) まで低下した場合は確実に PV を再度接続できること。

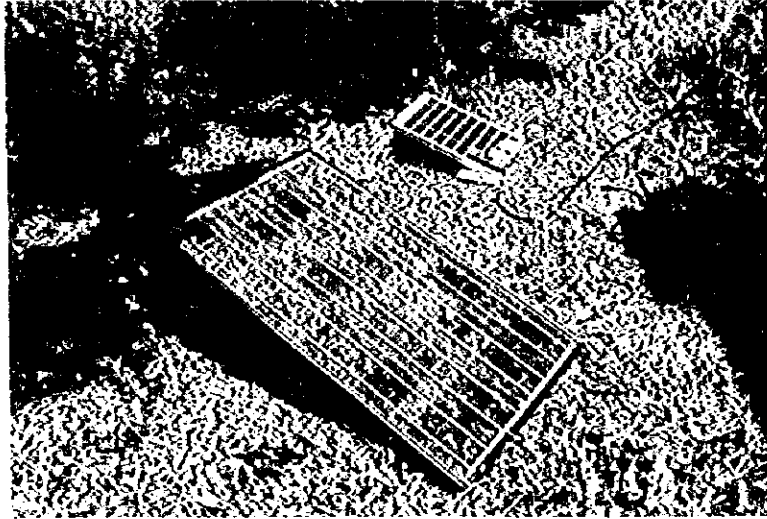


写真 3-5 PV モジュール特性測定 (モジュール)

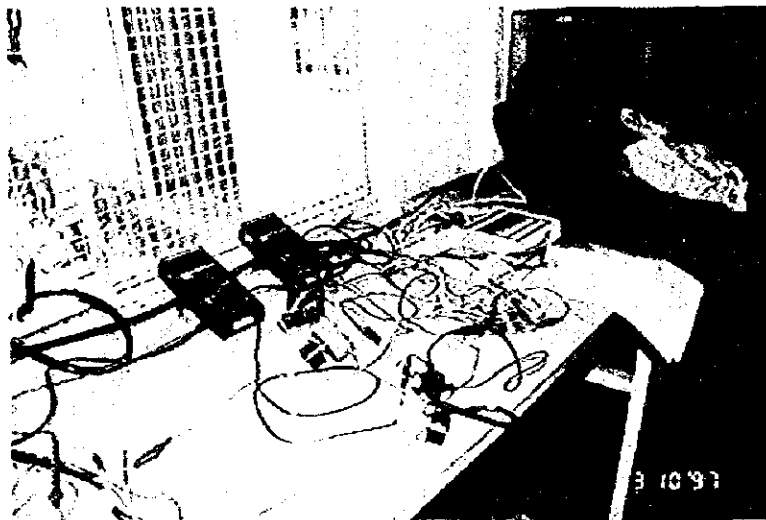


写真 3-6 PV モジュール特性測定 (測定機器)

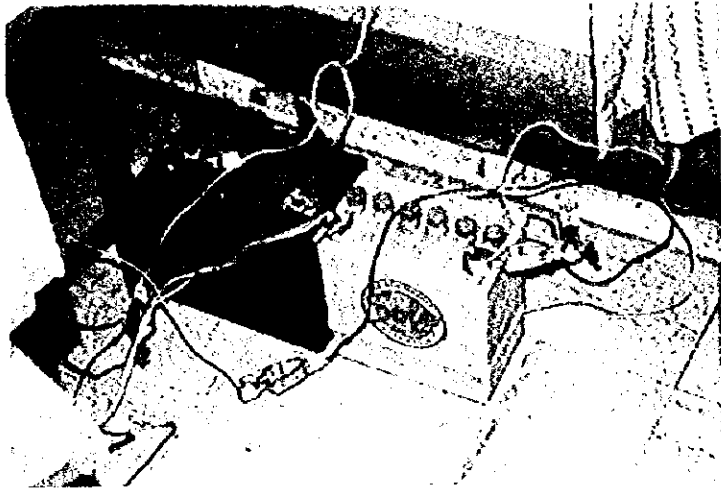


写真 3-7 蓄電池充放電特性測定 (蓄電池)

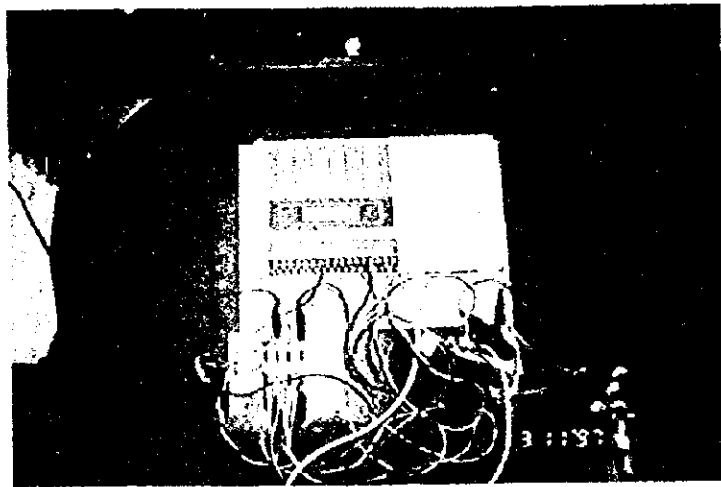


写真 3-8 蓄電池充放電特性測定 (測定機器)

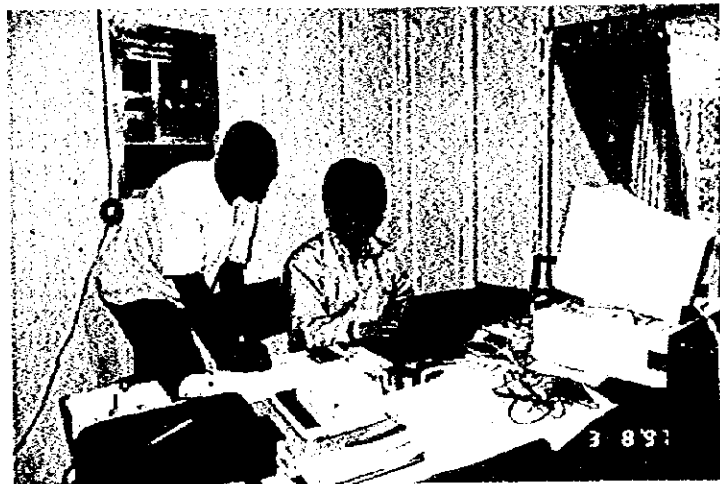


写真 3-9 蓄電池充放電特性測定 (カウンターパートとの作業)



通常太陽光発電システムには鉛蓄電池が使用されるが、一般家庭の PV システムでは HVD は 14.5V 近辺、HVR は HVD より 1.0V 程度低い 13.5V 程度に設定される場合が多い。この設定電圧の場合、制御される蓄電池電圧は平均 14V 付近と考えられ、蓄電池電解液がバブリングを始める電圧に近い。

HVD の設定を高めて 15.0V くらいにすれば、蓄電池の再活性化が図れて好都合であるが、この場合は蓄電池液のバブリングが激しくなり、液の消耗が大きくなる。これは頻繁に保守作業を必要とすることを意味する。もし長期間留守をすれば、蓄電池液が無くなり蓄電池を駄目にするかもしれない。従って、通常 HVD、HVR は蓄電池の動作特性と蓄電池の保守性の両方を損なわない様に夫々 14.5V、13.5V 程度に設定することが重要である。

HVD と HVR の差は小さいほど制御性は良く蓄電池電圧平均値は設定値に近くなる。しかし HVD の制御に通常使われるリレーを用いると、接点の寿命の関係であまり高頻度の ON/OFF は出来ない。従って、HVR の設定電圧を HVD に近づけすぎるとはリレーの接点が高頻度で動作することになりトラブルを引き起こす。これを避けるため HVR は 13.0V～13.5V くらいの値が適切である。

スイッチング素子として半導体を使用したコントローラの場合はスイッチの動作頻度は問題でなく、HVR の概念は必要が無くなる。この場合は HVR が蓄電池電圧の制御目標値となり、蓄電池電圧は、チャージコントローラの設定電圧に等しくなるよう制御が可能となる。

b. 蓄電池電圧が運転電圧範囲の下限(LVD)を下回った場合に確実に負荷を切断すること。負荷を切断後蓄電池電圧が一定の決められた電圧(LVR)まで回復した場合は確実に負荷を再度接続できること。

LVD の設定値は使用する蓄電池の使用可能電圧で決定される。鉛蓄電池の場合、放電終止電圧が 10.8V (ユニットセル電圧 1.8V)、使用可能最低電圧は通常 11.4V (ユニットセル電圧 1.9V) とされている。従って鉛蓄電池を使用する場合は、通常 LVD は 11.5V 程度に設定する。負荷切断後の負荷再接続については、使用者の立場からは出来るだけ早く負荷が使用可能にしてほしいであろうが、システムの保守管理の立場からは、蓄電池が十分回復しないうちに負荷電力を供給するのは好ましくない。両者の立場を考慮し、LVR は通常 12.5V 程度以上に設定される。システムの維持管理上からは、蓄電池を十分回復させるため LVR は 13.0V～13.5V 位にするのが望ましい。

c. 自己消費電力が 1 日の充電電力に比べて無視できるくらい小さいこと。

25W クラスの PV システムの場合、1 日当たり数百 mAh 程度以下が必要。許容できる平均消費電流として発電量の 5%程度を目処とすると 15mA 程度以下が要求される。

d. システム使用者の不安の除去と保守の便宜のため、蓄電池の充電状態を表示させる。この状態表示は常時の電力消費を必要としなくするために、表示のために押しボタンを使用する方法が有効である。

e. チャージコントローラは屋外に設置されている PV パネルに接続されており、雷の誘導などの外乱にさらされる。従って、万一の誤動作の場合自己復元力が要求される。

特に、省電力のために最適なラッチ式リレーを使用する場合などは、誤動作の後の自己復元機能を備えた設計にしなければ、外乱による誤動作は、保守担当者による早期発見がなければ確実にシステムダウンにつながる。

f. チャージコントローラは、蓄電池電圧が既定値より低い場合には常に PV モジュール側が蓄電池に接続されている事が望ましく、また負荷側は必ず切断されていなければならない。この条件は、蓄電池電圧のレベルに影響されてはならない。即ち蓄電池電圧が例えゼロであっても上記状態が望ましい。この条件を満足できるチャージコントローラの設計はスイッチ素子にリレーを使用した場合だけ満足される。

これを満足するリレーの接点構成は、PV モジュール側（充電側）は“Normal Close”、負荷側（放電側）は“Normal Open”でなければならない。図 3-6 に望ましいチャージコントローラの接点構成を示す。この接点構成の場合は、システム運転中は必ず1つのリレーが励磁されていなければならない。省電力の観点からはベストとはいえない。従って、省電力を満足させるために、負荷側のリレーとしてラッチ式を用い、繰り返しパルス駆動を行うなど誤動作が発生した場合の自己回復性を備えるなどが考えられる。

スイッチ素子に半導体を使用した場合は、蓄電池電圧があるレベル以下に低下した場合は、回路が動作できなくなり、PV モジュール側も OFF になってしまう。従って、この場合はシステムの良好な維持管理を行い、蓄電池電圧が極端に下がることの無いようにすることが不可欠の条件となる。通常、蓄電池電圧は負荷のカットオフ電圧以下に下がらないように管理する必要がある。



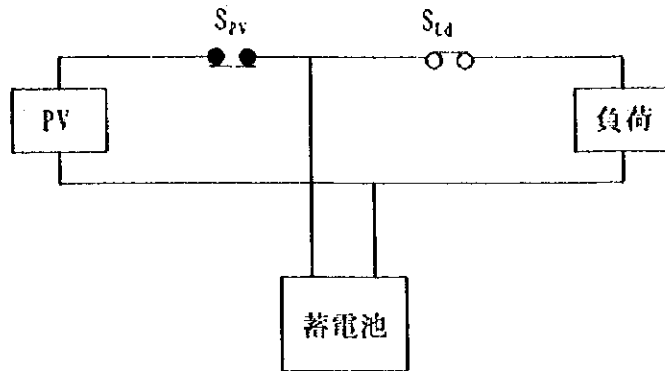


図 3-2 チャージコントローラ基本構成

### iii. 蓄電池

蓄電池は独立型 PV システムにとって、最も重要な構成要素の一つである。PV システムに使用される蓄電池は、次のような条件を満足することが望ましい。

- ・充放電特性が安定していること。
- ・繰り返し充放電を行っても寿命が長いこと。
- ・保守が容易なこと、出来れば蒸留水の補給が不要であることが望ましい。
- ・蓄電池の端子形状は小電流通電時も接触不良の起こりにくい角型端子が望ましい。

蓄電池の評価は、その初期特性を調べるだけでは判断できない。寿命や経時変化は一時の特性調査では判断できないからである。従って、実績のある製品を使用することが無難である。さらに繰り返し充放電用に設計された蓄電池を用いることが長期充放電特性の安定と長寿命が得られる可能性が高く、運転コストの低減につながる。

地方で最も入手が容易な蓄電池は、自動車用電池と言われるものである。値段も安いため PV システムにかかる初期投資を少なくしたい場合はこの種の蓄電池を使用する場合がある。自動車用蓄電池は、スタータの起動時の急速大電流を取り出せることを第一の目標として設計されており繰り返し充放電を目的とした設計とはなっていない。このため電極は繰り返し充放電用に比較して薄く、また枚数が多くなっている。この場合、使用する蓄電池の放電深度を浅くして蓄電池の負担を軽減して使用としても、その設計特性上、長寿命は期待できないことを覚悟しなければならない。

一方、太陽光発電システムに適した蓄電池は、繰り返し充放電特性や寿命を重視して設計されており、この電極は自動車用と比較して一般に厚く、また枚数は少ない。補水作業

を不要としたシールド形バッテリーもあり、保守作業の軽減を考えれば、地方電化システムにおいてシールド形バッテリーを適用することも検討する必要がある。

#### iv. 蛍光灯用インバータの具備すべき特性

蛍光灯は一般的に言って、明るくて器具やバルブの寿命が長く小型で安ければよい、そのために次のような条件が考えられる。

- ・変換効率が高いこと。
- ・出力波形が正弦波に近く安定していること。
- ・回路構成がシンプルで故障時でも安全なこと。
- ・安価なこと。

重要な負荷機器である蛍光灯は、その基本性能である明るさや長寿命は当然として、過熱などによる事故防止が重要である。蛍光灯のバルブやインバータ器具の一部に故障が発生した場合、過熱し火災になる可能性がある。これを防止するためには、個々のインバータ器具内に必ずインバータ容量にマッチしたヒューズを設ける必要が有る。チャージコントローラや蓄電池の端子付近にヒューズが設置してあっても個別の蛍光灯の故障には対応できない場合が多い。

### 3.1.3 PV システムの設計

#### (I) 基本的な考え方

##### a. PV モジュールと負荷量

PV システムのサイズを決定する場合、種々の方法が考えられる。これらを大きく 2 つに括ってみると次のようになる。

- 日射量データをもとに、日射強度を正弦波と仮定し、負荷パターンを仮定した上で時間ごとのモジュール電圧、モジュール電流、モジュール温度などシミュレーションの手法でシステムを決定する。
- 日射量データおよびシステムの損失係数を使用して、使用するモジュールから供給可能な電力量を決定する、あるいは逆に電力需要から所要モジュールサイズを決定する。

今回 JICA がモニタリングに使用する PV システムは、小容量システムであること、詳細な技術資料が得られ難いこと、さらに現地においても取り扱いやすいこと等を考慮して、PV システムの設計に良く用いられている上記 ii. の方法を用いる。使用する太陽電池モジュールを決定するとき、供給可能な電力量すなわち使用可能な負荷電力量  $PL$  は 1 日当たり下記の式 3-1 で表わされる。

$$PL = P_{mod} \times T_q \times K_{sys} \times (1/A_s) \quad [\text{Wh}] \quad \dots\dots\dots \text{式 3-1}$$

ただし

$P_{mod}$  : モジュール容量 (W)

$T_q = Q$  : 1日当たりの等価発電可能時間 (1日の日射量  $Q$  kWh/m<sup>2</sup>の値)

$A_s = 1$  : 設計余裕

$$K_{sys} = K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_6 \times K_7 \times K_8$$

$K_1 = 0.9$  : PV モジュールの温度上昇による係数

$K_2 = 0.8$  : PV モジュールの最大電力点からの動作点のずれ。太陽電池特性とバッテリーの充電電圧により決まる

$K_3 = 0.95$  : モジュールの汚れによる係数

$K_4 = 0.95$  : モジュールの設置方位角の最適値からのずれによる係数

$K_5 = 0.92$  : モジュール表面反射による損失係数

$K_6 = 0.95$  : 経年変化の係数

$K_7 = 0.8$  : バッテリーの平均充放電効率

$K_8 = 0.9$  : 配線およびコントローラ等による平均損失

上記負荷電力量の計算に使用する日射量  $Q$  は、通常水平面における値すなわち全天日射量 (Global irradiation) として提供される。PV システムの設計に用いる日射量とは、PV モジュール面が受ける日射量すなわち傾斜面日射量 (Total irradiation) である。実際には後で述べるように PV モジュールは北向きに約 17.5° (Harare 市の緯度：南緯 17.5°) にセットするためモジュールに入射するエネルギーは増加する。この増加分を見込んで計算を行う。Harare の全天日射量データより推定した傾斜面日射量を次に示す。日射量を推定した傾斜角度は PV モジュールの設置角度の北向き 17.5° である。

表 3-2 傾斜面日射量 (計算値)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均
日射量 (MJ/m <sup>2</sup> )	20.56	19.97	20.84	21.55	21.40	20.82	21.10	23.45	24.37	23.50	21.78	19.47	21.57
日射量 (kWh/m <sup>2</sup> )	5.71	5.55	5.79	5.99	5.95	5.78	5.86	6.51	6.77	6.53	6.05	5.41	5.99

電力需要が決まっているときこれに必要なモジュールサイズを決定するばあいは式 3-1 の代わりに次の式を用いて計算できる。

$$P_{mod} = PL / T_q / K_{sys} \times A_s \quad [\text{W}] \quad \dots\dots\dots \text{式 3-2}$$

b. 蓄電池

PVモジュールで発電した電気エネルギーを貯蔵する蓄電池のサイズ決定する主な要因は

- i. 少なくともPVが1日に発電する発電電力を貯蔵できる容量であること。
- ii. 想定する発電不能継続日数分の負荷電力を供給できる容量を持つこと。
- iii. 蓄電池寿命の観点から、規定した蓄電池放電深度以内で使用すること。
- iv. 蓄電池残存量が最低レベルまで低下した場合、使用しているPVモジュールにより許容期間内に回復充電できること。

等である。以上の条件の中で、i. からiii. は蓄電池容量は大きいほど良いことになるが、あまり大きくした場合はPVによる回復充電が出来なくなり iv. の条件が満たされない。

このような条件を勘案して蓄電池容量を次のように計算する。

$$B \geq K_{sun} \times P_{Lah} / K_{dod} \text{ (Ah)} \quad \dots\dots\dots \text{式 3-3}$$

ここで、Bは所要蓄電池容量 (Ah)、 $K_{sun}$ は連続する低日射日の日数、 $P_{Lah}$ は1日あたりの負荷量 (Ah)、 $K_{dod}$ は許容する蓄電池放電深度(0.8)である。考慮する低日射日は今回5日と仮定して蓄電池を決定する。

ここで決定した蓄電池に対しては、次のように回復充電についておおよその確認が必要である。

$$T_{rec} = B \times K_{dod} / P_{pvah} \quad \dots\dots\dots \text{式 3-4}$$

ここで、 $T_{rec}$ は蓄電池回復所要日数、Bは使用蓄電池容量、 $K_{dod}$ は放電深度(0.8)、 $P_{pvah}$ はPVの1日あたりの発電量(Ah)である。PVの発電量  $P_{pvah}$  (Ah) は次の式を用いることが出来る。

$$P_{pv} = P_{mod} \times T_q \times K_{pv} \text{ (Wh)} \quad \dots\dots\dots \text{式 3-5}$$

$$P_{pvah} = P_{pv} / 12 \quad \dots\dots\dots \text{式 3-6}$$

ここで、 $P_{pv}$ はPVの1日あたりの設計発電電力量 (Wh)、 $P_{mod}$ はPVモジュールの容量 (W)、 $T_q$ は等価発電時間 (日射量 Qと同一値)、 $K_{pv}$ はPVの発電に関する損失係数であり次式で求める。

$$K_{pv} = K_1 \times K_2 \times K_4 \times K_5 = 0.629 \quad (K_1, K_2, K_4, K_5 \text{の値は式 3-1のものを適用する})$$

(2) モジュール傾斜角の決定と傾斜面日射量の推定

ジンバブエの日射量データとして入手したハラレの全天日射量を基に、ハラレにおけるモジュール傾斜角と傾斜面日射量の関係を推定した結果を次の表 3-3 に示す。なお表 3-4

は冬季の6月と夏季の12月において傾斜角を変化させた場合の傾斜面日射量の変化を計算したものである。推定は日本気象協会の報告書を使用した。

表 3-3 モジュール傾斜角と傾斜面日射量 (年間)

傾斜角(度)	5.0	7.5	10	12.5	15	17.5	20	22.5	25	27.5	30	32.5	35
日射量最大値(kWh/m <sup>2</sup> )	6.66	6.65	6.67	6.71	6.75	6.77	6.78	6.79	6.78	6.77	6.81	6.83	6.85
日射量最小値(kWh/m <sup>2</sup> )	5.07	5.23	5.38	5.52	5.50	5.41	5.31	5.21	5.11	4.99	4.88	4.76	4.63
日射量平均値(kWh/m <sup>2</sup> )	5.86	5.90	5.93	5.96	5.98	5.99	5.99	5.99	5.97	5.95	5.92	5.88	5.83

表 3-4 6月と12月の傾斜角と傾斜面日射量の変化

傾斜角(度)	5.0	7.5	10	12.5	15	17.5	20	22.5	25	27.5	30	32.5	35
6月の日射量(kWh/m <sup>2</sup> )	5.07	5.23	5.38	5.52	5.66	5.78	5.90	6.01	6.10	6.19	6.27	6.34	6.40
12月の日射量(kWh/m <sup>2</sup> )	5.80	5.73	5.66	5.58	5.50	5.41	5.31	5.21	5.11	4.99	4.88	4.76	4.63

図 3-7 および図 3-8 はこの関係をグラフ化したものである。年間を通じて平均の日射量が最大になる傾斜角は、ほぼ設置場所の緯度に相当する角度(ハラレの場合は 17.5 度)であることは良く知られている。しかし、最小傾斜面日射量が最も大きくなる傾斜角は設置場所の緯度より若干小さい傾向があるといわれており、ハラレの場合は図 3-7 より 12.5 度から 15 度程度と推定される。

ジンバブエにおいて PV システムを設計する場合、その地理的特徴を考慮して全国統一した基準で設計すると取り扱い易い。ジンバブエは、およそ南緯 15.6 度から 22.4 度くらいに位置し南北の広がりは大きくない。日射条件を考える場合、国の中心の緯度を南緯 19 度と考えて全国に適用しても緯度の差はわずか 3.5 度程度に過ぎない。

PV モジュールの傾斜角の決定に当たっては、1 年を通じて最大の発電量が期待できる角度すなわち、平均の傾斜面日射量が最大になる角度が望ましい。この観点からは、図 3-7 よりハラレの場合は傾斜角 17.5 度、ジンバブエの中心付近なら約 19 度が望ましい。PV モジュールの傾斜角の決定に当たってのもう一つの条件は、1 年を通じて発電量のばらつきが最小となることである。すなわち、年間の、最小傾斜面日射量が最大になる角度を選定することである。この観点からは、ハラレの場合で 12.5 度から 15 度程度、ジンバブエの中心付近で 14 度から 16 度程度が良いことになる。

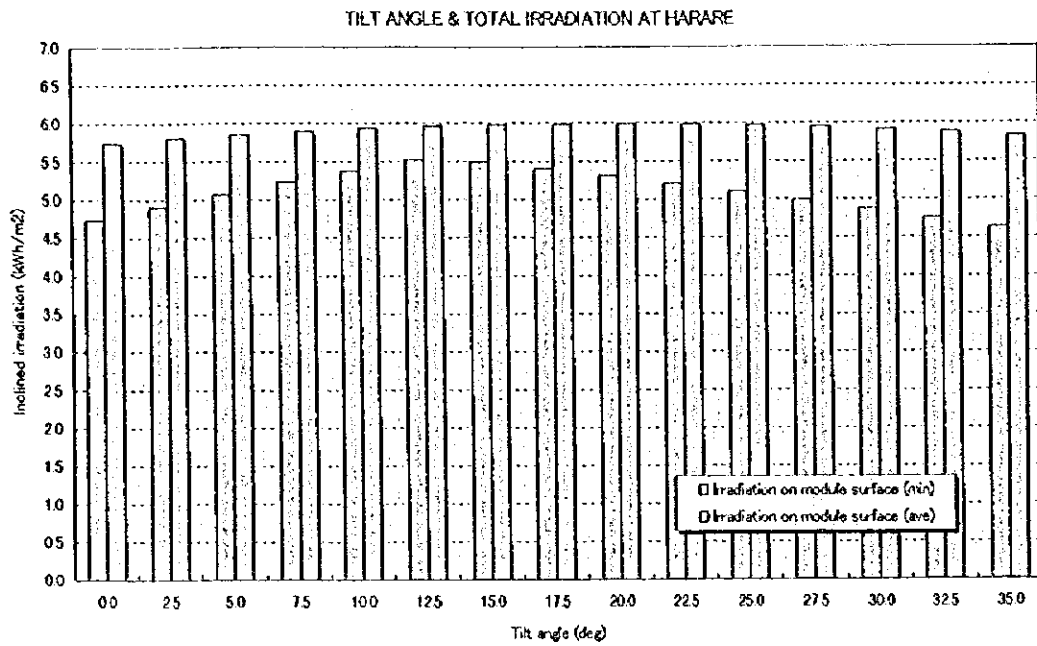


図 3-3 ジンバブエにおける傾斜角と傾斜面日射量の関係

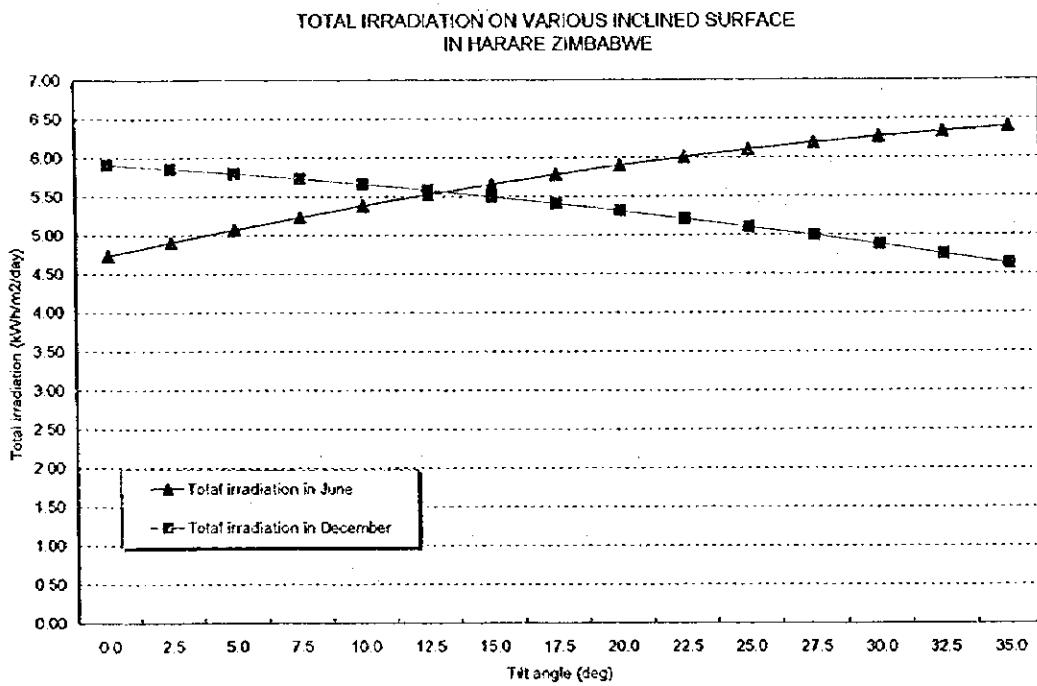


図 3-4 6月と12月における傾斜角と傾斜面日射量の関係

これらの条件を考え合わせて、JICAのモニタシステムにおけるPVモジュールの傾斜角はハラレの緯度にあわせて17.5度を推奨値とし15度から20度を許容範囲と決定した。この場合の傾斜面日射量は表3-2より角度17.5度に対応する最小値(12月)をとり5.41kWh/m<sup>2</sup>/dayを用いることにした。

### (3) 許容負荷量および蓄電池容量の決定

今回は使用するPVモジュールのおよその容量として家庭用20W~25W、クリニック用が120W~150Wと指示されていたので、PVシステムのサイズ決定に当たっては、使用するPVモジュールと現地の日射量から供給可能な負荷電力量を算出する方法を用いることとし、これを基に蓄電池容量を決定する。

#### i. 許容負荷量の算出

使用するPVモジュールは入手の容易さ、システムバランスなどを考慮して家庭用25W、クリニック用83Wとした。クリニックに対しては、1個所あたり83WのPVシステムを2セット設置することにした。この前提のもとに式3-1を用いて供給可能負荷量を計算した結果を表3-5に示す。この場合日射量として表3-2の傾斜面日射量を適用した。

表3-5 各月の傾斜面日射量と許容負荷量

Month	Q Total irradiation (kWh/m <sup>2</sup> /d)	Available load (25W sys)		Available load (83W sys)		25W sys Battery capacity (Ah)	83W sys Battery capacity (Ah)
		PL (Wh/day)	PL (Ah/day)	PL (Wh/day)	PL (Ah/day)		
Jan	5.71	58.4	4.86	193.8	16.2	30.4	100.9
Feb	5.55	56.7	4.73	188.3	15.7	29.5	98.1
Mar	5.79	59.2	4.93	196.4	16.4	30.8	102.3
Apr	5.99	61.2	5.10	203.2	16.9	31.9	105.8
May	5.95	60.8	5.06	201.8	16.8	31.7	105.1
Jun	5.78	59.1	4.93	196.2	16.4	30.8	102.2
Jul	5.86	59.9	4.99	198.9	16.6	31.2	103.6
Aug	6.51	66.6	5.55	221.1	18.4	34.7	115.1
Sep	6.77	69.2	5.77	229.8	19.1	36.0	119.7
Oct	6.53	66.7	5.56	221.5	18.5	34.8	115.4
Nov	6.05	61.9	5.15	205.4	17.1	32.2	107.0
Dec	5.41	55.3	4.61	183.5	15.3	28.8	95.6
Average	5.99	61.2	5.1	203.3	16.9	31.9	105.9

これより、供給可能負荷量は傾斜面日射量(Total irradiation)の最小値(12月)から以下のように決定した。実際の負荷計画では負荷の消費電流を次表のように見積もった。

表 3-6 電気器具の消費電流

種別	仕様		消費電流 (A)
蛍光灯	FL 11W	11W	0.92
蛍光灯	FL 9W	9W	0.75
蛍光灯	FL 7W	7W	0.59
ラジオ	9V / 5W	5W	0.56

・家庭用 25W システム :

許容負荷量 : 4.61 Ah

計画負荷量 : 4.6 Ah

(内訳) :

種別	仕様	点灯時間 (h)	消費電流容量 (Ah)
蛍光灯	FL 7W #1	4.0 h	2.36
蛍光灯	FL 7W #2	0h	0
ラジオ	9V / 5W	4.0 h	2.24
合計			4.6

・クリニック用 83W システム

許容負荷量 : 15.3 Ah

計画負荷量 : 14.53 Ah

(内訳) :

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

## ii. 蓄電池容量の決定

低日射日の連続を 5 日、蓄電池の許容放電深度 (DOD) を 80 パーセントとし、式 3-3 を用いて蓄電池の所要容量を計算した結果を表 3-5 に示す。この表において最低日射量の月すなわち 12 月の結果を適用するから蓄電池容量は家庭用 25W システムの場合 28.8Ah 以上、クリニック用 83W システムは 95.6Ah 以上必要となる。これより、現地で入手可能な容量として、家庭用は 40Ah、クリニック用は 100Ah を選定する。



ここで決定した蓄電池に対しては、次のように式3-4を用いて回復充電の確認を行う。回復充電に寄与するPV発電量は式3-5で計算する。最低日射量の月すなわち12月の傾斜面日射量  $Q$  を  $5.41\text{kWh/m}^2/\text{day}$  として1日あたりの発電量を計算すると、家庭用25Wシステムは  $7.1\text{Ah/day}$ 、クリニック用83Wシステムは  $23.5\text{Ah/day}$ となる。

蓄電池の回復充電に要する時間は式3-4を用いると、家庭用25Wシステムは 4.5日、クリニック用 83Wシステムは 3.4日となる。但し、回復充電中に負荷を使用すれば回復はさらに遅れることは言うまでもない。したがって、PVシステムの需要家はもし蓄電池過放電によるPVシステムのシャットダウンが発生したら、需要家はその後数日間負荷の使用を控えるか使用時間を半減させるか等の対応が重要である。

#### (4) PVシステム基本仕様の決定

##### i. PVモジュールの特性と仕様

蓄電池電圧12Vのシステムに使用するPVモジュールは通常開放電圧 ( $V_{oc}$ ) が 21.6V 前後のものが用いられる。このモジュールは 36 枚直列接続された太陽電池セルから構成されている。このようなPVモジュールには通常次のような項目が仕様として添付される。

PVモジュール仕様項目： 開放電圧 ( $V_{oc}$ )、短絡電流 ( $I_{sc}$ )、最大出力 ( $P_m$ )、最大出力動作電圧 ( $V_{pm}$ )、最大出力動作電流 ( $I_{pm}$ )、変換効率 ( $\eta$ )

この仕様は基準状態 (Standard test condition) における値であり、モジュール温度などの変化により特性は低下することに注意が必要である。基準状態では、セル温度は  $25^\circ\text{C}$ 、日射強度  $1000\text{W/m}^2$ 、分光分布は太陽光と決められている。

小規模な独立型PVシステムにおいては、主として12V蓄電池を用いた直流負荷システムが用いられる。直流12V回路で使用する場合、使用されるPVモジュールはその容量に関わらず開放電圧や最大出力動作電圧などは、21Vから22V程度でほぼ等しく、電流特性が容量によって異なることになる。通常的设计ではこの特性だけで可能であるが、蓄電池とのマッチングなどを検証するためには、I-V曲線と呼ばれるPVモジュールの電圧・電流特性を知らなければならない。今回はこれの入手が出来なかったため、JICA調査団で測定した。

今回 JICA モニタシステムに使用した PV モジュールの仕様は次のものである。

クリニック用システム： 83W タイプ

開放電圧 (Voc) :	21.4V	最大出力動作電圧 (Vpm) :	16.9V
短絡電流 (Isc) :	5.35A	最大出力動作電流 (Ipm) :	4.91A
最大出力 (Pm) :	83W		

家庭用システム： 25W タイプ

開放電圧 (Voc) :	21.4V	最大出力動作電圧 (Vpm) :	16.9V
短絡電流 (Isc) :	1.69A	最大出力動作電流 (Ipm) :	1.53A
最大出力 (Pm) :	25W		

## ii. 蓄電池特性とチャージコントローラの仕様決定

チャージコントローラの動作仕様の決定には、本来蓄電池の正確な充放電特性が必要である。しかし、実際には蓄電池の正確な動作特性はなかなか入手困難な事が多い。今回使用を予定していた現地製蓄電池も技術資料はまったく手に入らなかった。従って今回は簡単な放電試験を実施し放電量と電圧降下の様子を測定した。その結果として、チャージコントローラの電圧設定レベルは、標準的蓄電池特性に合わせて次のレベルとした。

高電圧カットオフ (HVD) :	14.5 V	低電圧カットオフ (LVD) :	11.5V
高電圧再接続 (HVR) :	13.5 V	低電圧再接続 (LVR) :	12.5 V

上記設定電圧レベルは、蓄電池ユニットセル当たり高電圧カットオフ (HVD) が 2.417V、低電圧カットオフ (LVD) が 1.917V であり蓄電池の正常運転に適正な値と言える。

チャージコントローラ自己消費電力は小さいほど良いことは明らかである。使用する最小の PV システムが 25W システムであることを考慮し、このシステムへ適用できるチャージコントローラの許容自己消費電流を次の根拠により 15mA を目標にすることに決定する。

25W 型 PV モジュールの設計発電電力量は約 85Wh 即ち 12V システムでは 7.1Ah となる。チャージコントローラの許容自己消費を発電量の 5% とすれば、これは約 360mAh となり 24 時間通電する許容平均電流は 15mA となる。

### iii. システムの基本仕様および使用機器の決定

以上の検討結果より、ジンバブエにおけるモニタリング用 PV システムとして現地で使用されている部品から選択し決定した。決定した部品の仕様を次に示す。

#### a. クリニック用システム

間取りおよびその用途によって、1つのクリニックに付き下記の仕様の PV システムを 2 または 3 システム設置する。

使用する PV モジュール : 83W 1 枚  
所要バッテリー容量 : 100Ah / 12V (深放電型)  
使用可能負荷量 : 最大 180Wh/day (15Ah/day)  
蛍光灯数と点灯可能時間 : 11W 型 2 灯各 4 時間、 9W 型 2 灯各 4 時間、  
7W 型 2 灯各 1 時間

#### b. 一般家庭用システム

使用する PV モジュール : 25W 1 枚  
所要バッテリー容量 : 40Ah / 12V (40Ah 深放電型 50 システムと  
60Ah 自動車用 50 システム)  
使用可能負荷量 : 最大 55Wh/day (4.6Ah/day)  
蛍光灯数と点灯可能時間 : 7W 型 2 灯最大各 2 時間

#### c. 学校用システム

学校用としては全てクリニック用と同一システムを使用する。

決定したシステムの構成図を図 3-9～図 3-11 に示す。一般家庭は 2 つのタイプを利用者が選択することにした。クリニックと学校は同一システムを適用した。決定したシステムの調達部品の一覧を表 3-7 に示す。

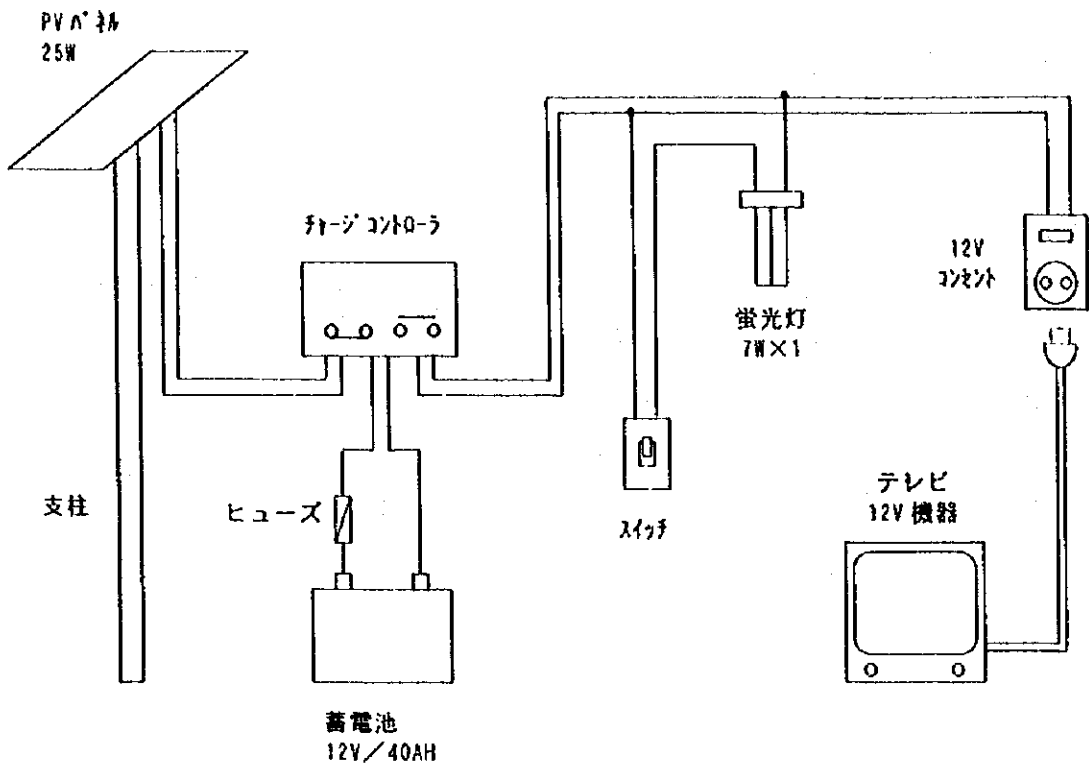


図 3-5 一般家庭用 PV システム構成 (1)

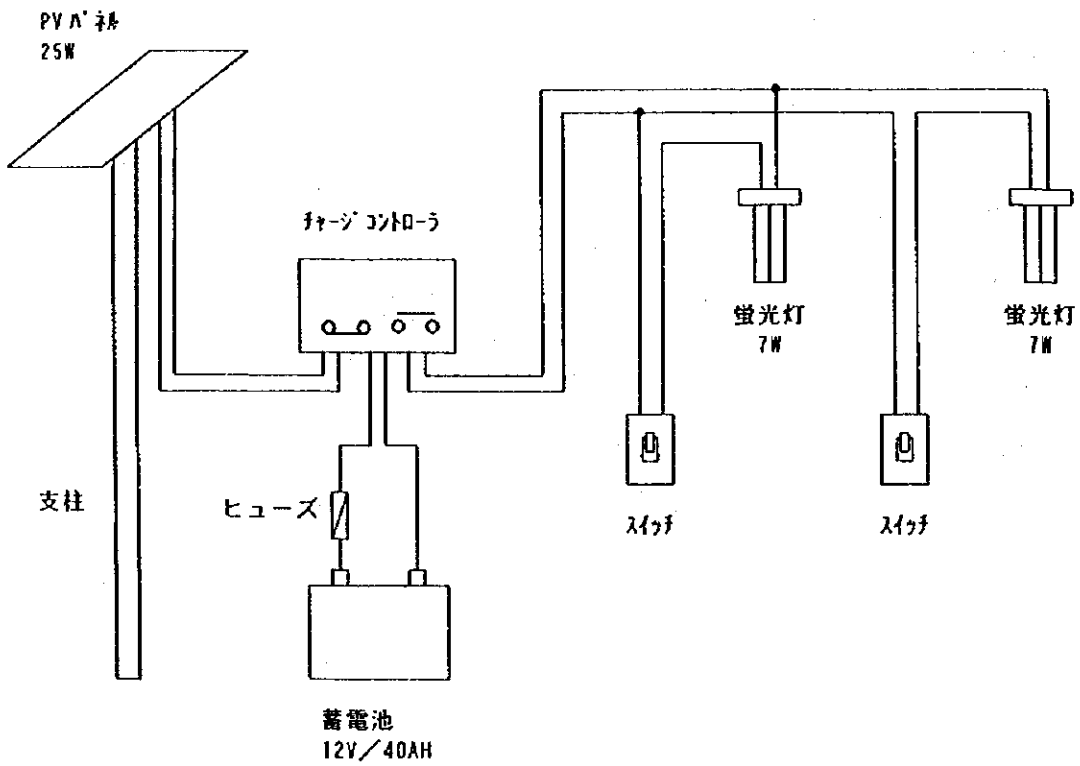


図 3-6 一般家庭用 PV システム構成 (2)

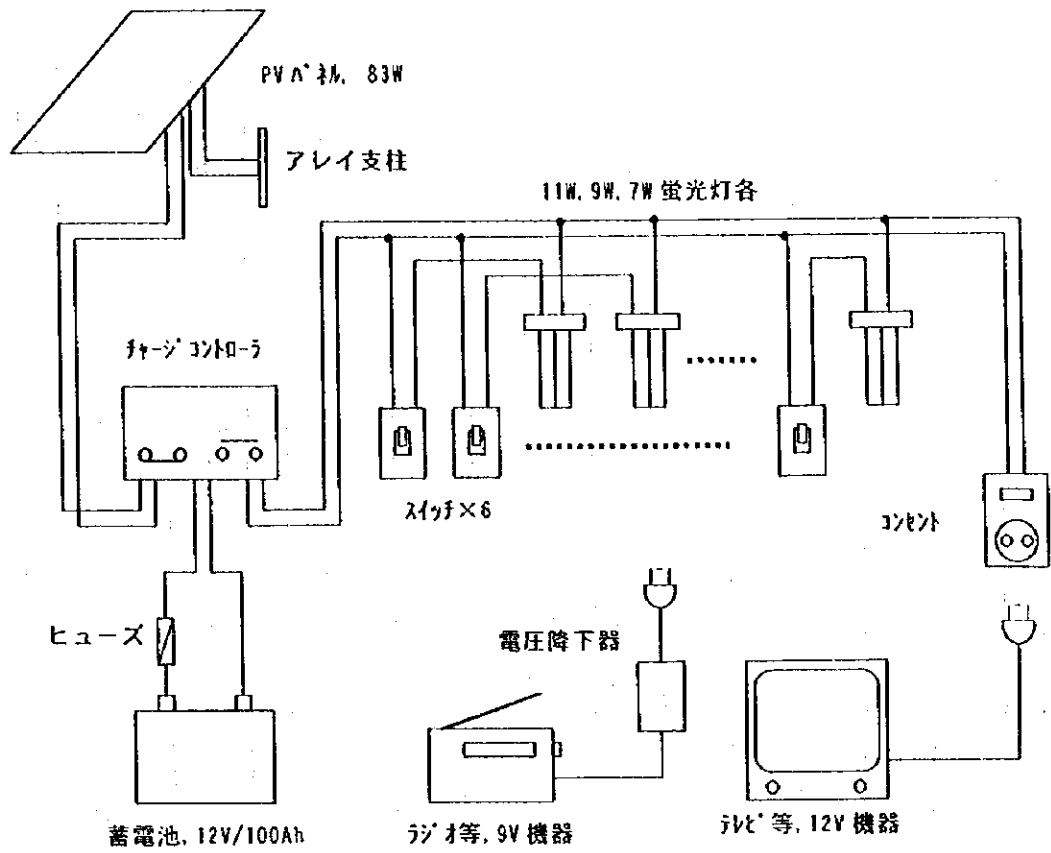


図 3-7 クリニック用 PV システム構成

表 3-7 (A) Material List for PV Monitoring System (For 10 clinics)

Number of set 30

No.	Name of instrument	Type or specification	Maker	Q'ty/unit	Unit price	Total Q'ty	Total price	Note
1	PV module	MSX83 83W	Sollatek	1 pieces		30 pieces	0	
2	Battery	12V, 100Ah (deep cycle MF type)	Battery world	1 pieces		30 pieces	0	
3	Charge controller	SOLAR REGULATOR (Modified Type for JICA)	Battery world	1 pieces		30 pieces	0	LVD=11.5V±0.05V, LRC=12.5V±0.05, HVD=14.5±0.05V, C/CRC=13.5V±0.05
4	Fluorescent light	11W, 12Vdc with inverter (for 4pins) Model: SLH	Sollatek	2 pieces		60 pieces	0	
	Fluorescent light	9W, 12Vdc with inverter (for 4pins) Model: SLH	Sollatek	2 pieces		60 pieces	0	
	Fluorescent light	7W, 12Vdc with inverter (for 4pins) Model: SLH	Sollatek	2 pieces		60 pieces	0	
5	Voltage dropper	For radio (Vin: 12V, Vout: 9V), with ac plug and dc plug for radio	Sollatek	1 pieces		30 pieces	0	Voltage dropper shall be plug connected type (ac plug and dc plug for radio)
6	Battery box	Made of wood ( W D H) for 1 pieces of 100Ah batteries	Battery world	1 pieces		30 pieces	0	
7	Fluorescent light bulb for spare parts	11W, 12Vdc for 4pins	Philips	3 pieces		90 pieces	0	
	Fluorescent light bulb for spare parts	9W, 12Vdc for 4pins	Philips	3 pieces		90 pieces		
	Fluorescent light bulb for spare parts	7W, 12Vdc for 4pins	Philips	3 pieces		90 pieces		
8	Fuse for spare parts	5A for car use (For FL lamp)		3 pieces		90 pieces	0	Car type fuse
9	Fuse for spare parts	20A for car use (For battery)		3 pieces		90 pieces	0	Car type fuse
10	Distilled water for battery			5 litter		150 litter	0	
11								
12	Material for installation	All necessities for installation except mentioned below	Installer	1 sets		30 sets	0	Tilt angle of PV array shall be 17.5 degree ±2.5 degree.
13	Ditto	Wall socket	Installer	1 pieces		30 pieces	0	
14	Ditto	Fuse ( 5A) with socket for FL lamp	Installer	6 pieces		180 pieces	0	Car type fuse
15	Ditto	Fuse ( 20A) with socket for battery	Installer	1 pieces		30 pieces	0	Car type fuse
16								
17	Installation work	Above 2 × 83W PV, 12 lights and 2 wall socket system	Installer	1 sets		30 sets	0	12 lights system
18	Transportation to the site	km	Installer	1 sets		30 sets	0	

表 3-7 (B) Material List for PV Monitoring System (For 2 schools)

		Number of sc 8						
No.	Name of instrument	Type or specification	Maker	Q'ty/unit	Unit price	Total Q'ty	Total price	Note
1	PV module	MSX83 83W	Sollatek	1 pieces		8 pieces	0	
2	Battery	12V, 100Ah (deep cycle MF type)	Battery world	1 pieces		8 pieces	0	
3	Charge controller	SOLAR REGULATOR (Modified Type for JICA)	Battery world	1 pieces		8 pieces	0	LVD=11.5V±0.05V, LRC=12.5V±0.05, HVD=14.5±0.05V, C/CRC=13.5V±0.05
4	Fluorescent light	11W, 12Vdc with inverter (for 4pins) Model: SLH	Sollatek	2 pieces		16 pieces	0	
	Fluorescent light	9W, 12Vdc with inverter (for 4pins) Model: SLH	Sollatek	2 pieces		16 pieces	0	
	Fluorescent light	7W, 12Vdc with inverter (for 4pins) Model: SLH	Sollatek	2 pieces		16 pieces	0	
5	Voltage dropper	For radio (Vin: 12V, Vout: 9V), with ac plug and dc plug for radio	Sollatek	1 pieces		8 pieces	0	Voltage dropper shall be plug connected type (ac plug and dc plug for radio)
6	Battery box	Made of wood ( W D H) for 2 pieces of 100Ah batteries		1 pieces		8 pieces	0	
7	Fluorescent light bulb for spare parts	11W, 12Vdc for 4pins	Philips	3 pieces		24 pieces	0	
	Fluorescent light bulb for spare parts	9W, 12Vdc for 4pins	Philips	3 pieces		24 pieces	0	
	Fluorescent light bulb for spare parts	7W, 12Vdc for 4pins	Philips	3 pieces		24 pieces	0	
8	Fuse for spare parts	5A for car use (For FL lamp)		3 pieces		24 pieces	0	Car type fuse
9	Fuse for spare parts	20A for car use (For battery)		3 pieces		24 pieces	0	Car type fuse
10	Distilled water for battery			5 litter		40 litter	0	
11								
12	Material for installation	All necessities for installation except mentioned below	Installer	1 sets		8 sets	0	Tilt angle of PV array shall be 17.5 degree ±2.5 degree.
13	Ditto	Wall socket	Installer	1 pieces		8 pieces	0	
14	Ditto	Fuse (5A) with socket for FL lamp	Installer	6 pieces		48 pieces	0	Car type fuse
15	Ditto	Fuse (20A) with socket for battery	Installer	1 pieces		8 pieces	0	Car type fuse
16								
17	Installation work	Above 2X83W PV, 12 lights and 2 wall socket system	Installer	1 sets		8 sets	0	12 lights system
18	Transportation to the site	km	Installer	1 sets		8 sets	0	

表 3-7 (C) Material List for PV Monitoring System (For 100 households)

Number of s/ 100

No.	Name of instrument	Type or specification	Maker	Qty/unit		Unit price	Total Qty	Total price	Note
				1	pieces				
1	PV module	MM250-A, 25W	Anit	1	pieces		100	pieces	0
2-1	Battery	12V, 60Ah (For car use)	Battery world	1	pieces		50	pieces	0
2-2	Battery	12V, 40Ah (For deep cycle MF type)	Battery world	1	pieces		50	pieces	0
3-1	Charge controller	SOLAR REGULATOR (Modified Type for JICA)	Battery world	1	pieces		50	pieces	LVD=11.7V±0.05V, LRC=12.7V±0.05, HVD=14.5±0.05V, C/CRC=13.5V±0.05
3-2	Charge controller	SOLAR REGULATOR (Modified Type for JICA)	Battery world	1	pieces		50	pieces	LVD=11.5V±0.05V, LRC=12.5V±0.05, HVD=14.5±0.05V, C/CRC=13.5V±0.05
4	Fluorescent light	7W, 12Vdc with inverter (for 4pins), Model: SLH	Sollatek	2	pieces		200	pieces	0
5	Voltage dropper	For radio (Vin: 12V, Vout: 9V), with ac plug and dc plug for radio	Sollatek	1	pieces		100	pieces	0
6	Battery box	Made of wood ( W D H) for 60Ah battery	Battery world	1	pieces		100	pieces	0
7	Fluorescent light bulb for spare parts	7W, 12Vdc for 4pins	Philips	5	pieces		500	pieces	0
8	Fuse for spare parts	5A for car use (For FL lamp)		5	pieces		500	pieces	0
9	Fuse for spare parts	10A for car use (For battery)		5	pieces		500	pieces	0
10	Distilled water for battery	1 liter bottle		1	litter		100	litter	0
11									
12	Material for installation	All necessities for installation except mentioned below	Installer	1	sets		100	sets	0
13	Ditto	Wall socket	Installer	1	pieces		100	pieces	0
14	Ditto	Fuse ( 5A) with socket for FL lamp	Installer	2	pieces		200	pieces	0
15	Ditto	Fuse ( 10A) with socket for battery	Installer	1	pieces		100	pieces	0
16									
17	Installation work	Above 25W PV, 2 lights and 1 socket system	Installer	1	sets		100	sets	0
18	Transportation to the site	km	Installer	1	sets		100	sets	0