

国際協力事業団

ボツワナ国鉱物エネルギー水資源省

ボツワナ国
太陽光発電地方電化計画調査
最終報告書

(要約)

平成 15 年 2 月

共同企業体
ユニコ インターナショナル株式会社
電源開発株式会社

Acronyms	Nomenclature	
AC	Alternating Current	交流
BCS	Battery Charge Station	バッテリーチャージステーション
BEMP	Botswana Energy Master Plan	ボツワナエネルギーマスタープラン
BOS	Balance of System	附属品
BoTeC	Botswana Technology Center	ボツワナ技術センター
BPC	Botswana Power Corporation	ボツワナ電力公社
BTC	Botswana Telecommunication Corporation	ボツワナ電信電話会社
DC	Direct Current	直流
DEMS	Department of Electrical and Mechanical Services	電気・機械サービス局
DVET	Department of Vocational Education and Training	職業教育訓練局
DWA	Department of Water Affairs	水関連局
EAD	Energy Affairs Division of MMEWA	エネルギー局
EIRR	Economic Internal Rate of Return	経済的内部利益率
ESCO	Electricity Supply Company	電力供給会社
ESMAP	The Energy Sector Management Assistance Program sponsored by WB and UNDP with financial participation from public and private donors	
FED	Final Energy Demand	最終エネルギー需要
FIRROI	Financial Internal Rate of Return on Investment	財務的内部投下資本収益率
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GEF	Global Environmental Facility	地球環境保護基金
HIES	Households Income and Expenditure Survey made in 1993/1994	世帯収入支出調査
IEC	International Electrotechnical Commission	国際電気標準会議
IFC	International Finance Corporation	国際金融公社
IMF	International Monetary Fund	国際通貨基金
IRR	Internal Rate of Return on Investment	内部資本利益率
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力事業団
LPG	Liquefied Petroleum Gas	液化石油ガス
MCST	Ministry of Communications, Science and Technology	通信科学技術省
MFDP	Ministry of Finance and Development Planning	財政・開発計画省
MLG	Ministry of Local Government	地方政府省
MLHE	Ministry of Lands, Housing and Environment	土地・住宅・環境省
M/M	Minutes of Meeting	討議録
MMEWR	Ministry of Minerals, Energy and Water Resources	鉱物・エネルギー・水資源省
MOA	Ministry of Agriculture	農業省
MOE	Ministry of Education	教育省
MSP	Ministry of State President	大統領省
MWTC	Ministry of Works, Transportation and Communication	工作・運輸・通信省
NDP	National Development Plan (Currently NDP8 : The 8th NDP)	国家開発計画
NGO	Non Governmental Organization	非政府組織
NPV	Discounted Net Present Value	正味現在価値
NPV-REP	National PV - Rural Electrification Program	国家太陽光発電地方電化プログラム
NRSE	New and Renewable Sources of Energy	新再生可能エネルギー源
PES	Primary Energy Supply	第一次エネルギー供給
PV	Photovoltaic Electricity	太陽光発電
RCS	Rural Electrification Collective Scheme	地方電化集団加入スキーム

Acronyms	Nomenclature	
RE	Rural Electrification	地方電化
RIIC	Rural Industries Innovation Center	地域産業革新センター
RIPCO	Rural Industries Promotion Company	地域産業促進会社
ROI	Return on Investment	投下資本収益率
RSA	Republic of South Africa	南アフリカ共和国
S/W	Scope of Work	実施細則
SADC	Southern African Development Community	南部アフリカ開発共同体
SAPP	Southern African Power Pool	南部アフリカ電力プール
SHS	Solar Home System	太陽光発電家庭システム
TC	Technical College	技術専門学校
T/L	Transmission Line	送電線
TV	Television	テレビジョン
UN	United Nations	国際連合
UNDP	United Nations Development Program	国連開発計画
USD	United States Dollar	米国ドル
VAC	Village Advisory Committee	村落助言委員会
VDC	Village Development Committee	村落開発委員会
VTC	Vocational Training Center	職業訓練センター
WB	World Bank	世界銀行

単位

Acronyms	Nomenclature	Conversion Factor
\$	Unites States Dollar	Exchange Rate \$1 = P6.5 1/100 P R1 = ¢ 100
P	Pula	
Th	Thebe	
R	Rand (RSA)	
T	Tera	10^{12}
G	Giga	10^9
M	Mega	10^6
k	kilo	10^3
h	hour	
m	month	
y	year	
A	A m pare	
V	Volt	
W	W att	
Wp	W att peak of PV module	
J	Joule	$1\text{ kWh} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$

目次

第1章 序言

1.1 本調査の背景と目的.....	S1 - 1
1.2 調査の目的.....	S1 - 1
1.3 調査対象地域.....	S1 - 2
1.4 調査の段階.....	S1 - 2

第2章 ボツワナ国家、エネルギー事情の概観

2.1 開発計画についての政府の将来ビジョンと政策.....	S2 - 1
2.2 エネルギーセクターの概観.....	S2 - 2
2.2.1 ボツワナのエネルギーセクターの概観.....	S2 - 2
2.2.2 エネルギー政策.....	S2 - 3
2.2.3 ボツワナの電力産業の概観.....	S2 - 4
2.2.4 グリッドおよびディーゼル・ミニグリッド地方電化の概観.....	S2 - 4
2.2.5 PV 地方電化概観.....	S2 - 6

第3章 PV 地方電化の意義、目標

3.1 PV 電化の意義.....	S3 - 1
3.2 PV 地方電化の目標.....	S3 - 2
3.3 PV 地方電化の目標を達成する為の目的（サブ目標）と戦略.....	S3 - 2

第4章 PV 地方電化マスタープラン策定のプロセス

第5章 PV 地方電化推進体制

5.1 現状の行政各部門の権限・役割分担・連携体制.....	S5 - 1
5.2 新しいPV 地方電化事業推進体制の構築.....	S5 - 1
5.2.1 あるべき行政各部門の権限・役割分担・連携体制.....	S5 - 1
5.2.2 PV 地方電化事業実施事業体の選定.....	S5 - 2
5.2.3 関連部門との連携.....	S5 - 4

第6章 ボツワナ村落におけるPV需要の実態分析

6.1 Rural Village および Locality の分類.....	S6 - 1
6.2 村落社会経済調査.....	S6 - 2
6.2.1 社会経済状況調査結果.....	S6 - 3
6.3 小集落 (Localities) の実態調査.....	S6 - 8
6.4 実証プロジェクト参加者に対する村落社会経済調査.....	S6 - 9

6.5	村落における PV システムの需要.....	S6 - 11
6.5.1	PV 電化対象世帯の PV システムサイズ.....	S6 - 11
6.5.2	PV 電化対象公共施設.....	S6 - 11
6.5.3	本格プロジェクトで採用する支払い意志・能力カーブ.....	S6 - 13

第 7 章 PV 電化対象の選定

7.1	PV 電化目標と料金ベースの設定.....	S7 - 1
7.2	地方電化の最小コスト選択.....	S7 - 2
7.2.1	村落世帯の電力消費量.....	S7 - 2
7.2.2	SHS とグリッド電化のコスト優劣分岐点.....	S7 - 2
7.2.3	SHS とグリッド電化のコスト回収比較.....	S7 - 3
7.2.4	SHS と PV ミニグリッド電化のコスト比較.....	S7 - 4
7.2.5	最少コスト選択.....	S7 - 4
7.3	PV 地方電化の村落選定基準.....	S7 - 5
7.4	PV 電化対象地域の優先順位.....	S7 - 5
7.4.1	PV 電化対象村落の選定.....	S7 - 5
7.5	10 年間にわたる PV 電化計画.....	S7 - 8
7.6	総合電化率.....	S7 - 11

第 8 章 PV システム設計と環境対策

8.1	PV 地方電化計画における適用技術.....	S8 - 1
8.2	環境保全および保健衛生.....	S8 - 2
8.2.1	SHS の環境上の利点.....	S8 - 2
8.2.2	負の環境影響.....	S8 - 3

第 9 章 PV 電化の運営管理

9.1	PV 電化サービス提供方式.....	S9 - 1
9.2	実施事業体の組織体制.....	S9 - 2
9.2.1	PV プロジェクト運営システムの確立と責任分掌.....	S9 - 2
9.3	実施事業体の顧客に対する提供サービスの内容と料金体系.....	S9 - 4
9.3.1	実施事業体の提供サービスの内容.....	S9 - 4
9.3.2	料金システム.....	S9 - 4
9.4	PV システム販売設置業者との契約.....	S9 - 5
9.4.1	契約の範囲、期間.....	S9 - 5

第 10 章 人材育成

10.1	人材育成に対する戦略.....	S10 - 1
------	-----------------	---------

第 11 章 資金計画

11.1 金融市場からの資金調達の可能性.....	S11 - 1
11.1.1 各金融機関の融資条件.....	S11 - 1
11.1.2 資金調達の可能性検討.....	S11 - 1
11.1.3 直接金融の可能性.....	S11 - 2
11.2 資金計画.....	S11 - 2

第 12 章 PV 地方電化事業計画と実施手順

12.1 事業計画と実施手順.....	S12 - 1
12.2 実施スケジュール.....	S12 - 3

第 13 章 PV 地方電化事業計画モデルと財務、経済分析

13.1 プロジェクトモデル.....	S13 - 1
13.1.1 プロジェクトモデルの目的.....	S13 - 1
13.1.2 プロジェクトモデル.....	S13 - 1
13.2 財務分析.....	S13 - 5
13.2.1 財務分析前提条件.....	S13 - 5
13.2.2 ケーススタディ.....	S13 - 6
13.2.3 財務分析.....	S13 - 7
13.3 経済分析.....	S13 - 14
13.4 検討結果による提言.....	S13 - 16

第 14 章 PV 地方電化の戦略、提言

14.1 現行の PV 地方電化事業を促進するための制度面・政策面での支援策の検討.....	S14 - 1
14.2 補助政策・インセンティブプログラムの提言.....	S14 - 2
14.3 PV 地方電化の目標、サブ目標を達成する為の戦略.....	S14 - 3
14.3.1 目的-1 グリッド電化および他のエネルギーサービスの恩恵を受けられない地域の世帯に太陽光電力を早期に、受け入れやすい条件で供給する。	S14 - 3
14.3.2 目的-2 PV 地方電化事業が最小コストの選択であり、事業が採算性、持続性のあるものである。.....	S14 - 4
14.3.3 目的-3 地域に必要とされるインフラストラクチャープロジェクトとの統合化.....	S14 - 5
14.3.4 目的-4 環境にやさしいエネルギー利用拡大.....	S14 - 5

第 15 章 実証プロジェクトのモニタリング結果

15.1 BPC の運営管理状況	S15 - 1
15.2 Contractor (SIB) のサービス体制	S15 - 1
15.3 各村の運営状況.....	S15 - 1
15.4 料金徴収状況.....	S15 - 2
15.5 料金徴収率改善・実証プロジェクト円滑運営のための対策	S15 - 2

【表】

表 6.1-1 Population in Botswana	S6 - 2
表 6.2-1 村落社会経済調査を行った 10 村落.....	S6 - 3
表 6.2-2 家計支出 (月額)	S6 - 4
表 6.2-3 電化製品の動力費用	S6 - 5
表 6.2-4 支払い可能な PV システムサイズ	S6 - 6
表 6.4-1 実証 PV サイズごとの潜在需要量	S6 - 11
表 6.5-1 潜在需要予測で使用する PV システム容量と需要割合	S6 - 11
表 6.5-2 1 村あたりの公共施設の最小需要と最大需要.....	S6 - 12
表 6.5-3 PV 電化対象公共施設の PV 需要	S6 - 12
表 6.5-4 実証プロジェクト参加者の割合.....	S6 - 13
表 6.5-5 支払い意志・能力の年次推移設定.....	S6 - 15
表 7.4-1 優先順位のパラメータ	S7 - 7
表 7.4-2 村落／小集落の数 (スコア別)	S7 - 7
表 7.5-1 PV 電化区と村落・小集落数	S7 - 9
表 7.5-2 10 年間の PV 設置計画	S7 - 10
表 7.6-1 グリッド地方電化および PV 地方電化による総合電化率.....	S7 - 12
表 9.3-1 PV サービス料金	S9 - 5
表 11.2-1 PV 地方電化事業総所要資金	S11 - 2
表 13.1-1 人員計画	S13 - 4
表 13.2-1 ベースケースの結果	S13 - 8
表 15.4-1 Dissemination Project: Monitoring Results Summary.....	S13 - 4

【図】

図 3.3-1	PV 地方電化の目標	S3 - 4
図 4.1-1	PV 地方電化マスタープラン策定のプロセス.....	S4 - 2
図 6.2-1	村落の現金収入分布	S6 - 4
図 6.2-2	PV に対する支払い意志	S6 - 5
図 6.2-3	最大支払可能預託金（10 村平均）	S6 - 6
図 6.2-4	最大支払可能月払料金（10 村平均）	S6 - 7
図 6.4-1	実証プロジェクト参加者の現金月収.....	S6 - 10
図 6.5-1	本格プロジェクトで採用する支払い意志・能力カーブ.....	S6 - 16
図 7.2-1	グリッド電化と SHS 電化のコスト分岐距離（既設グリッドより）	S7 - 3
図 7.5-1	設置容量（SHS, Public, BCS）	S7 - 11
図 12.1-1	PV 地方電化事業計画と実施手順	S12 - 1
図 12.2-1	PV 地方電化事業の実施スケジュール	S12 - 3
図 13.1-1	PV 電化される村落／小集落（ベースケース：SHS/BCS:40/20%）	S13 - 2
図 13.1-2	SHS/BCS で電化される世帯数（ベースケース：SHS/BCS:40/20%）	S13 - 2
図 13.2-1	BCS 電化率による総合電化率の変化.....	S13 - 7
図 13.2-2	補助金比率に関する感度分析.....	S13 - 9
図 13.2-3	12 年間の政府補助金額の推移.....	S13 - 9
図 13.2-4	自己調達資金（資本金、増資分、借入金）の累積値と累積利益金 との関係	S13 - 10
図 13.2-5	料金水準に対する感度分析	S13 - 11
図 13.2-6	料金徴収率に対する感度分析.....	S13 - 11
図 13.2-7	公共施設の需要想定に関する感度分析.....	S13 - 12
図 13.2-8	設備投資コストに関する感度分析.....	S13 - 13
図 13.2-9	実施事業体およびシステムモニターのコスト%削減した場合の IRROI 改善効果	S13 - 14
図 14.1-1	一世帯当たりの補助金額の比較.....	S14 - 2

第1章 序言

第1章 序言

1.1 本調査の背景と目的

ボツワナ国では、村落部への送配電網の拡張が急速に進められつつあるが、配電網接続料が高く、村落世帯の支払能力が低いことが電化率低迷の主要原因であった。

このような状況に対して政府は、送配電線網の更なる拡張と接続料支払条件の緩和を図ると共に、継続的に実施されている国家開発計画（NDP）を通して、再生可能エネルギー、特に太陽エネルギーの利用を支援してきた。

1991年に開始された Manyana プロジェクトの好結果をもとに、全国太陽光発電（PV）地方電化プログラム（NPV-REP）が1997年に開始された。このプログラムは地域産業革新センター（RIIC）により実施され、個々の世帯や小事業に、PV家庭システム（SHS）を4年間分割払で購入する為のローンを提供するものである。しかし、このプログラムで毎年237システムの設置を期待したにも拘わらず、4年間でわずか300システムが設置されるに停まるという結果であった。この低いシステム採用率の理由は、目標達成の為の明確な戦略の欠如、貧弱な記録管理、限定された人材に対しあまりに広域を対象領域とした事等があげられた。

こうした背景の下、国際協力事業団（JICA）は1997年および1998年にプロジェクト形成基礎調査を実施した。現地調査およびボツワナ側関係機関との協議を通して、ボツワナにおける太陽光発電プロジェクトの実施可能性および実施による効果の高さを確認した。その後1999年1月にボツワナ政府から本開発調査に係る要請書が日本政府に提出され、それを受けたJICAは、1999年12月に予備調査団をボツワナに派遣し、2000年2月に両国間で、S/Wの署名・交換を行った。

1.2 調査の目的

本調査は、2003年からの10年間にわたって、ボツワナ国において太陽光発電を利用した地方電化を推進するためのマスタープランを策定することを目的とする。

1.3 調査対象地域

本調査は、ボツワナ国全土の村落およびローカリティと呼ばれる小集落を対象とする。

1.4 調査の段階

本件調査は、次の三段階にて実施した。すなわち、

- (1) フェーズⅠ：基礎調査段階（2000年9月より2001年3月末日まで）
関連情報の収集調査、村落社会経済調査を実施し、PV地方電化に係る施策提言を策定した。
- (2) フェーズⅡ：PV普及事業実証段階（2001年4月より2002年3月末日まで）
フェーズⅠで策定した諸施策の適切性を評価するため、三村落においてPV普及事業実証プロジェクトを実施し、モニタリングを行って原案の修正を行った。
- (3) フェーズⅢ：マスタープラン策定段階（2002年4月より2003年3月末日まで）
上述二段階の結果を踏まえ、最終的なPV地方電化マスタープランを策定した。

第2章 ボツワナ国家、エネルギー事情の概観

第2章 ボツワナ国家、エネルギー事情の概観

2.1 開発計画についての政府の将来ビジョンと政策

1966年におけるボツワナの独立時においては、同国はアフリカでも最も貧しい国の一つであった。圧倒的に多い農村にいる国民は主として農業によりその生計を立てていた。独立後の1966年からの30年は経済変革の著しい時期であった。GDPの成長率は独立後全期間に亘り実質年平均6%を保持してきた。1993/94年の価格で、GDP個人所得は実質で1966年のP1,682から1994/95年にはP7,863に伸びた。これは、主として鉱物部門の突出が支配的要因となった経済構造の変革によるものである。

1997年4月から2003年3月までの間をカバーする第八次国家開発計画（NDP8）が進行中である。この計画のメインテーマは、とりわけ製造業・観光業および財政・金融サービス等の非鉱業部門の加速した成長により、「持続性のある経済の多様化」を成し遂げることであった。

1997年のNDP8の基本的精神は、1996年に提唱された“Framework for a Long Term Vision”を継承したものとも言える。この“長期ビジョン”（Vision 2016）は独立国として50年目を迎える2016年を視野に入れている。このVision 2016では2016年に向かってのボツワナ国の目標を提示しており、その目標を達成するための主たる挑戦を明らかにしこれらの挑戦を実行するための戦略を提案している。

ボツワナにおける最も緊急な課題は次の課題である。

HIV/AIDS

エイズはボツワナにとって、社会経済発展の脅威としての様相を示し続けている。この病気は単に保健衛生問題としてのみならず、社会のすべてのグループおよび経済活動のすべての分野を横断的に駆け巡っている社会・経済的な問題である。特に経済面では、労働力の減少という形で脅威となっており、生産性を低下せしめている。

失業問題

1998年の人口統計調査では労働力の19.6%が失業していると推測された。19.6%の失業率は未だ非常に高く容認できないものであり、国家としての重大な社会経済的問題である。

貧困

貧困は世帯別収入支出調査（HIES）を基に測られるが、女性が世帯主である世帯の 50% が貧困状態であり、男性が世帯主である世帯の 44% が貧困家庭であると報告されている。更に、貧困または極貧の人々は農村部では 62% にのぼり、都市的村落 (urban village) の 24%、都市部の 14% と対比される。

経済の多様化

過去 30 年間におけるボツワナの経済成長は主として鉱業部門、とりわけダイヤモンド鉱業に負うところが大きい。NDP 8 および Vision 2016 で求められている持続性のある経済の多様化は、長期的には、完全雇用および貧困の完全根絶を前提とする高度で且つ安定的な経済成長を必要としているが、これは、非鉱業部門、非政府部門の経済セクターの持続的な成長によってはじめて達成出来るものである。

公的部門の改革

公的部門の改革は、とりわけ公共調達システムの変更、価格コントロール、適性規模の政府組織、生産性の向上、民営化、政府の政策実施能力の改善等、包含的な意味合いを持っている。

国民の経済エンパワーメント

国民一般の経済的エンパワーメントは最近話題になってきている課題である。

2.2 エネルギーセクターの概観

2.2.1 ボツワナのエネルギーセクターの概観

ボツワナは、石炭の大埋蔵量と高いレベルの受光太陽エネルギーに恵まれているが、ガスやオイル資源は無く、國中一般的に低い降雨量で水力資源に制限がある。大きな石炭資源は十分な需要が無いため、未だ開発されていない。

エネルギーの主たる供給源は、薪と石炭である。この傾向は数年間変わらない。太陽エネルギーは近年、特に温水ヒーターや照明の分野で次第に一般的になりつつあるが、その第一次エネルギー供給（PES）における割合は未だ 0.034% であり、他の再生可能エネルギー源もわずか 0.002% にすぎない。

2.2.2 エネルギー政策

エネルギー政策は、国家政策の延長である。現状ボツワナエネルギーセクターは次の様な国家政策の階層の基に支配されている。

(1) エネルギー政策および地域開発の関連における国家長期ビジョン

ボツワナ政府は Vision 2016 を制定し、ビジョンと戦略を具現化した。

その様なビジョンを達成するために、なかんずく遠隔地初等・中等学校の電化推進による教育の充実、太陽光発電利用拡大による地域開発、雇用創出を挙げている。

(2) エネルギー政策および地域開発の関連における国家開発計画

第八次国家開発計画 (NDP 8) の主要テーマは、持続性のある経済の多様化である。

NDP 8 において、エネルギーセクターの政策と戦略が提起されている。

(3) エネルギーマスタープラン

ボツワナ政府は、全国に散在する村落住民に電気をもたらす挑戦に取り組んできた。Ministry of Minerals, Energy and Water Resources (MMEWR) は、エネルギー、水、鉱物セクターの発展と運営活動を調整する役割を果たしてきた。1996 年 6 月に MMEWR の Energy Affairs Division (EAD) のもとで起草されたエネルギーマスタープランによると、国の送電系統、オフグリッドおよび太陽光発電 (PV) による電気へのアクセスを、経済、社会経済的意味をなす、全ての世帯に拡大していくこと、および各世帯への電気が支払可能となるよう改善していくことを提示している。

PV 電化に関する政策としては、エネルギーマスタープランは PV システムを用いた電化を国家電化計画の中に組み込むべきとしている。PV 電化は、グリッド拡張計画を配慮して計画されるべきで、グリッド地方電化と同じ論理に基づいて投資されるべきとしている。

2.2.3 ボツワナの電力産業の概観

(1) 電力産業の構造

ボツワナ電力公社（BPC）は、政府 100%出資の公益事業体であるが、能力 132 MW の発電設備を Morupule に保有し、ボツワナの全電力の 48.5%を発電している。51.5%は南部アフリカ電力プール（SAPP）より輸入している。

発電事業に加えて、BPC は電力送電、配電を独占的に実施している。家庭向け電力売上成長率は 1997/98 年までは低かったが、最近の数期間は高い成長を達成している。

工作・輸送・通信省（MWTC）の電気・機械サービス局（DEMS）は、グリッドがおよばない地域の政府公共施設のためのディーゼル発電プラントを建設し、余剰の電力を施設周辺の世帯に供給してきた。

太陽光発電は、様々な分野すなわち、遠距離通信、給水ポンプ、公共施設の照明、鉄道用信号等に使用されている。PV による非グリッド地方電化は 1991 年の Manyana 村のパイロットプロジェクトから始まった。

(2) 料金

BPC の顧客は、用途および供給量に基づき 6 つのクラスに区分される。家庭向料金は定額料金 P7/月、従量料金 P0.2523/kWh となっており、需要家は接続に際し P200 の保証金を支払う。BPC の 72 村落グリッド延長プロジェクトの様な遠隔地顧客に対しては定額料金支払いが免除されている。

5%の料金値上げが 1999 年 2 月より行われた。これは 1993 年 10 月以来の値上げである。1994 年 3 月から 1999 年 3 月までの累積インフレーション率は 53%であったのに対し、料金の累積増は同期間で 2%であった。

2.2.4 グリッドおよびディーゼル・ミニグリッド地方電化の概観

(1) BPC による送配電線拡張

BPC の電力供給は、継続的に地方村落に拡張されてきており、NDP 7 および NDP 8 に従っておよそ毎年 15 村のペースで進められてきた。次いで 72 村落電化プロジェクトが 2000 年にスタートし、BPC はこのプロジェクトを 2001 年 9 月完成させた。

村落にグリッドが接続されても、グリッドへの接続料金がすべて受益者負担であり、受益者が支払う頭金、月々の返済額が高すぎ、遅々として電化率が上がらない状況が続いてきたが、接続料金の Rural Electrification Collective Scheme（略称 RCS：受益者がグループで接続の申し込みを行い、接続料金を割賦で支払う一種のクレジットスキーム）を改善したことで最近急速に電化率が向上してきている。

2002年7月の時点では都市部で49,170世帯（都市部113,619世帯の43%）、村落部で約50,000世帯（村落世帯の17.1%）が電化され、ボツワナ全体では24.5%の電化率となったとみられる。

また、2001年までにグリッド電化がおよんだ村落は195村で、その全世帯数は191,800世帯と推定される。したがって上述の50,000世帯がグリッドに接続しているとすれば、グリッドが到達した村における平均電化率は、2002年において26%に達している。BPCの電化率目標は、前年度に対し12%の増加率で電化を進めるとしているが、これが実現すれば10年後には、グリッド接続村での電化率は80%を超えることになる。

次に現状のRCSでは接続料がP3,000の場合、毎月の支払いがP38/月、実際に使用する電気代を含めてもP47~50/mとなる。これを第6章で記述する村落社会経済調査で得られた村落世帯の支払能力分布（図6.2-4）に当てはめると、この接続料および電気代を支払うことのできる世帯は全体の約40%となる。しかし図6.2-4はSHSに対する支払能力分布であり、グリッド電化の場合は、その使用上の利点から、村落世帯の支払意志は図6.2-4より高くなると考えられ、40%よりも高い電化率になると予想される。

以上を勘案して、グリッドが到達した村落での平均グリッド接続電化率は、今後10年以内に60%程度に達することと予想される。

(2) DEMSによるディーゼル電化

グリッドが延びてきていない地域でディーゼル発電所を建設し、主として政府公共施設へ電力を供給しているが容量に余裕のある場合は近在の一般需要家にも電力を供給している。

2.2.5 PV 地方電化概観

NDP 7 以来、政府は再生可能エネルギーの利用促進のプログラムを開始した。1991 年、MMEWR の EAD は、Manyana 村に太陽エネルギー技術を設置し、モニターし、評価するパイロットプロジェクトを開始した。

Manyana プロジェクトの好結果をもとに、全国 PV 地方電化プログラム (NPV-REP) が 1997 年に開始された。このプログラムは地域産業革新センター (RIIC) により実施され、個々の世帯や小事業に、PV 家庭システムを 4 年間支払で購入する為のローンを提供するものである。しかし、このプログラムで毎年 237 システムの設置を期待したにも拘わらず、4 年間でわずか 300 システムという結果であった。

MMEWR の水関連局 (DWA) は、PV による給水ポンプの普及を推進している。

District Council は、地方政府省 (MLG) の管轄下であるが、グリッド電化を受けられない地域の遠隔地の学校、クリニック健康センターに PV 電気を供給している。また教育省 (MOE) は遠隔地の村の読書室に PV を供給している。

ボツワナテレコミュニケーション会社やボツワナ警察は、彼らの通信機器の電源として、かなりの能力の PV を設置している。

ボツワナ鉄道もまた信号機の電源として PV 機器を設置している。

これらの個々部署の努力は、全体的な方向付けの枠組みがないまま続けられてきたものである。

以下に主要プロジェクトの概要を述べる。

(1) Manyana PV パイロットプロジェクト

このプロジェクトは、1992 年にボツワナにおける最初のパイロットプロジェクトとして開始された。その目的は普及政策を策定する為に社会経済的実現可能性を見極め、PV の性能を試験し、データをとることにあつた。

プロジェクトはコマーシャルフェーズに移行し、1995 年から 1997 年の間 RIIC により運営された。支払スキームはシステムを 2 年間のローンで購入する方式であった。ローンの回収については、大部分の世帯 (全部で 42 SHS) は 2 年以内に支払を終え、顧客は結果に満足したと評価された。

(2) 全国 PV 地方電化プログラム (NPV-REP)

Manyana パイロットプロジェクトでの成功に続いて、NPV-REP が EAD により、SHS を全国規模で普及するために企画され、その実施が RIIC に委託された。このプロジェクトの目的は PV を融資の仕組みにより、入手可能とすることであった。プロジェクトスキームは 15%の前払と残金をプライムレートの利息で 4 年間で返済するローンで購入するというものであった。50Wp のユーザーの場合、前払金は 600 プラで、返済金は毎月 100 プラとなった。このプロジェクトは 1997 年から実施され、2001 年末でわずかに 300 の顧客を得たに止まった。当初の目標は毎月 237 世帯というものであった。

(3) BoTeC による集中型 PV システム

BoTeC は Central Serowe District の Motshegaletau Village に 5.5kW (DC) の集中型 PV システムを 1998 年 8 月に運営開始している。99 年 6 月には大統領も出席して開所式を行った。2 台のインバーターがあり、AC 出力は 4.5kW である。約 2km の 240V の配電線で 14 口の需要家に供給している単独系統である。供給先は学校、Clinic、Kgotla と一般家庭である。テレビ 2 台は企業からの寄付で学校と Clinic に設置されている。後は照明が主である。

第3章 PV 地方電化の意義、目標

第3章 PV 地方電化の意義、目標

PV 地方電化計画は、国家の基本政策の一環として、地域開発政策、国家のエネルギー政策のもとに策定・実施されるべきである。本 PV 地方電化の意義目標を、上述の Vision 2016 および NDP8 との関連付けのもとに提案する。

ここで用いる用語は次の如くである。

- * 「目標」とは、努力がさし向けられる終点の意味で用いられている－「最終目標」
- * 「サブ目標」とは、「目標」に向かっていく為のステップの意味で用いられている

3.1 PV 電化の意義

ボツワナは、急速にグリッド電化を進めており、2001 年末で全村落数 462（全世帯数 228,500）のうち 195 村（全世帯数 191,800）に既にグリッドが到達し、267 村（全世帯数 36,700）が残されている。上述の村落の他に第 6 章で定義される Locality と呼ばれる多数の小集落が存在する。2001 年国勢調査で約 5,660 の小集落があり 28.2 万人、6 万 3 千世帯が居住している。

NDP9 のもとで更にグリッド電化が推進され、更に毎年 10～15 ケ村が今後 10 年間に電化されるものと予想されるが、残された村落および小集落は、将来グリッド電化される恩恵には与えられないと考えられる。

社会平等を改善していくという国家政策を達成する為には、PV 電化はグリッド電化に代替する実施可能性がある解決策と考えられる。その理由は次の通りである。

- 1) 大部分の小集落や未電化村へのグリッド延長コストは、既存グリッドからの距離が遠いことおよび需要家の密度が低いことにより、極めて高コストである。
- 2) かくしてオフグリッド電化は、グリッド電化に対し明確にコスト利点を示す。
- 3) 種々のオフグリッド電化法の中で、PV 電化は環境に優しい技術であり、長期的にみて低コストである。

この様な要素を勘案し、PV 電化は社会平等を、国家経済に最小コストで改善する最も有効な手段であると考えられる。

この PV 電化実施の結果、2012 年においてグリッドおよび PV 電化がおよぶ村落／小集落の総世帯数は 307,800 世帯と想定され、ボツワナ全村落部総世帯数 364,200 の 84.5%に電化の機会が与えられることになる。そのうちの PV 電化の貢献は 8.7%、グリッドの貢献は 75.8%である。

3.2 PV 地方電化の目標

エネルギー政策および地域開発に関連した国家政策は、第 2 章、に述べられているが、これらを考慮に入れて、PV 地方電化マスタープランは次の主要な目標を追求すべきである。国家政策と「目標」および「サブ目標」の関連性については、図 3.3-1 に示す。

目標-1 PV による地方電化は社会的平等の改善の一環として実施すべきである

電気は、ボツワナの社会、経済の長期的発展のために必須な基本的エネルギーサービスであり、この供給は社会的平等の改善の一つの要素として必須なものである。しかし、PV 地方電化事業は、ボツワナの地方の現状（村落世帯の支払能力等）から判断すると、平均的村落世帯が支払可能な条件でサービスを提供するためには、国家からの補助が必須であり、それ無しには実施事業体の採算性は成立せず、持続的サービス供給は不可能である。

目標-2 PV 地方電化は地域の経済的発展に寄与すべきものである

PV 地方電化事業単独では、地域の経済的発展に寄与する所は限定的である。地方では、不足しているインフラストラクチャーが多く残されており、PV 地方電化事業は、これらのプロジェクトと併せ実施されて、大きな効果をあげることができる。さらに、地域経済の発展は住民の支払能力を増大させ、事業展開を持続的あるものとし、採算性の向上に寄与することができる。

3.3 PV 地方電化の目標を達成する為の目的（サブ目標）と戦略

PV 地方電化マスタープランの目標を達成する為、次の四つのサブ目標を設定する。

- サブ目標-1 グリッド電化および他のエネルギーサービスの恩恵を受けられない地域の世帯に太陽光電力を早期に、受け入れやすい条件で供給する。
- サブ目標-2 PV 地方電化事業が他の選択肢に比し最小コストで、より速やかで容易な選択であり、事業が採算性、持続性のあるものである。
- サブ目標-3 PV 電化が、地域の開発とエンパワーメントに必要とされるインフラストラクチャープロジェクトと関連性を持って実施される。
- サブ目標-4 環境にやさしいエネルギー利用拡大を促進する。

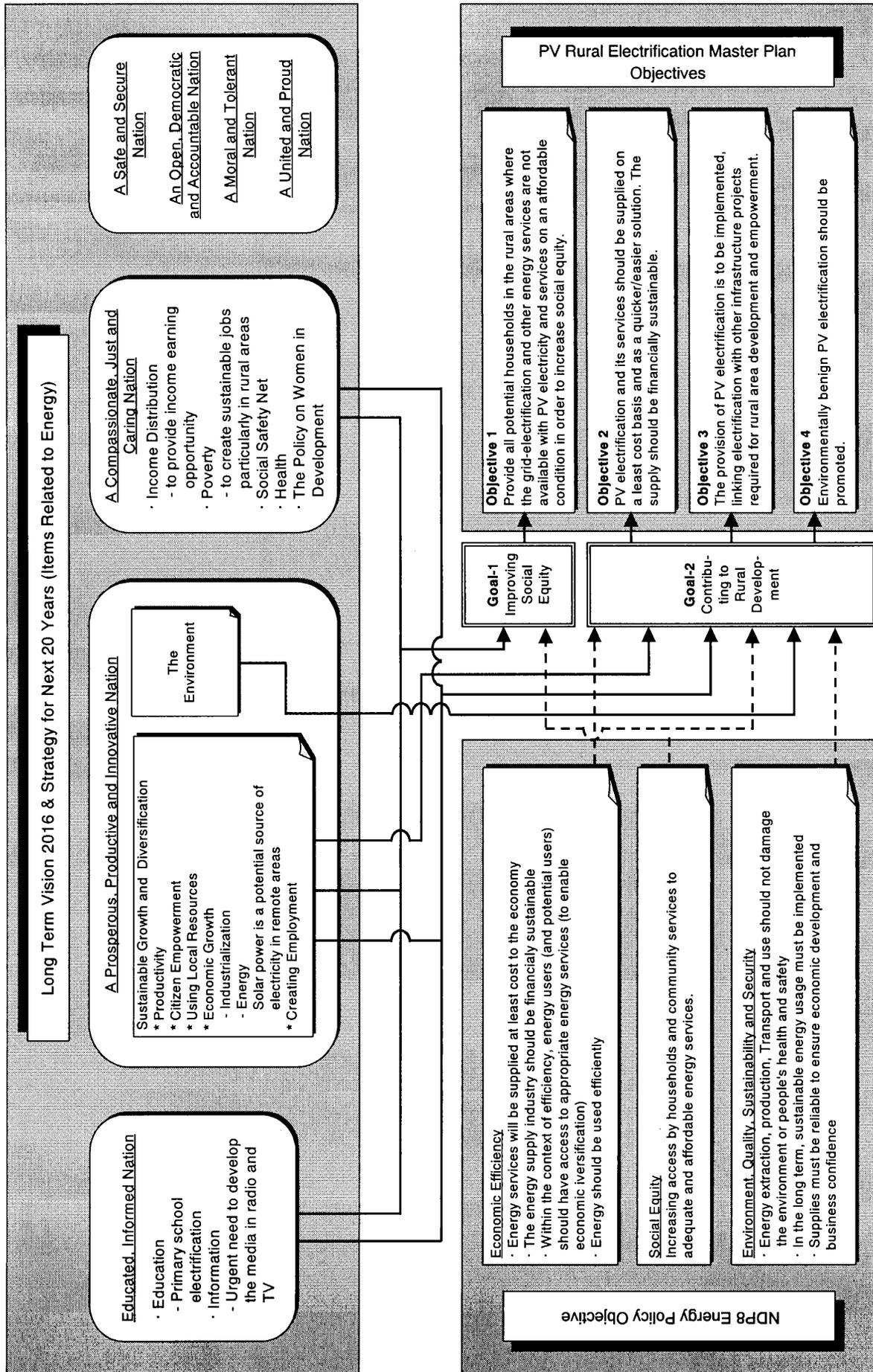


図 3.3-1 PV 地方電化の目標

第4章 PV 地方電化マスタープラン策定のプロセス

第4章 PV 地方電化マスタープラン策定のプロセス

PV 地方電化マスタープランの策定プロセスの概要を図 4.1-1 に示す。

本マスタープランは、実施可能な PV 地方電化事業計画策定にそのまま利用されることを意図している。ボツワナで現在までに実施されてきた PV プロジェクトの諸問題を分析し、その反省のもとに、新たにとるべき PV 地方電化推進体制、PV 電化の方式、事業の運営管理方式等を推奨している。PV 電化すべき村落の選定については、PV 電化が最少コストの選択であるような村落を選定すべく、選定基準を作って選定を行っている。目標電化率、料金体系等については、選定された 10 村落において実施した村落社会経済調査および本マスタープランで推奨された諸施策を検証するため、実証プロジェクトを選定された 3 村落で実施し、そのモニタリング結果を反映して策定している。以上のプロセスで想定された諸要素を包括する PV 地方電化事業計画を策定し、その財務、経済分析を行って、本事業が持続可能な運営を継続するために必要な政府の支援対策を明らかにしている。

上述の諸要素決定の妥当性については、上述の如く実証プロジェクトの運営を通してモニタリングされ、その結果をマスタープランに反映させている。

今後のマスタープランの実施、見直しにおいて同様のプロセスが用いられ、実施されるべきである。

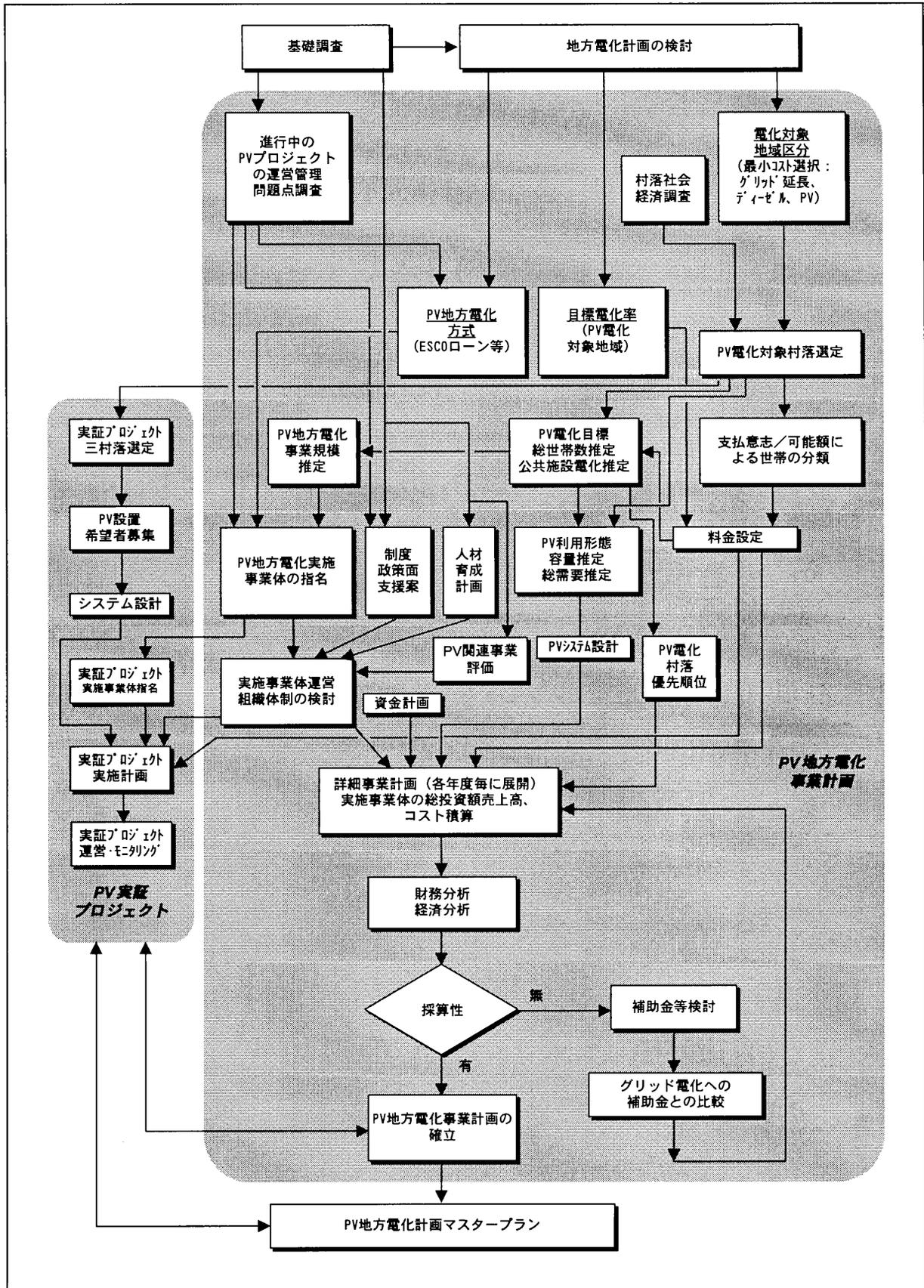


図 4.1-1 PV 地方電化マスタープラン策定のプロセス