

# 鉱工業プロジェクト形成基礎調査


## (ボツワナ国太陽光発電利用農村電化計画)

### 調査報告書

1998年11月

国際協力事業団  
鉱工業開発調査部

CS LIBRARY



J 1146881(6)

鉱調査
JR
98-152

鉱工業プロジェクト形成基礎調査 (ボツワナ国太陽光発電利用農村電化計画) 調査報告書  
1998年11月  
J 1146881(6)



1146881 [6]

鉍工業プロジェクト形成基礎調査  
(ボツワナ国太陽光発電利用農村電化計画)

調査報告書

1998年11月

国際協力事業団  
鉍工業開発調査部

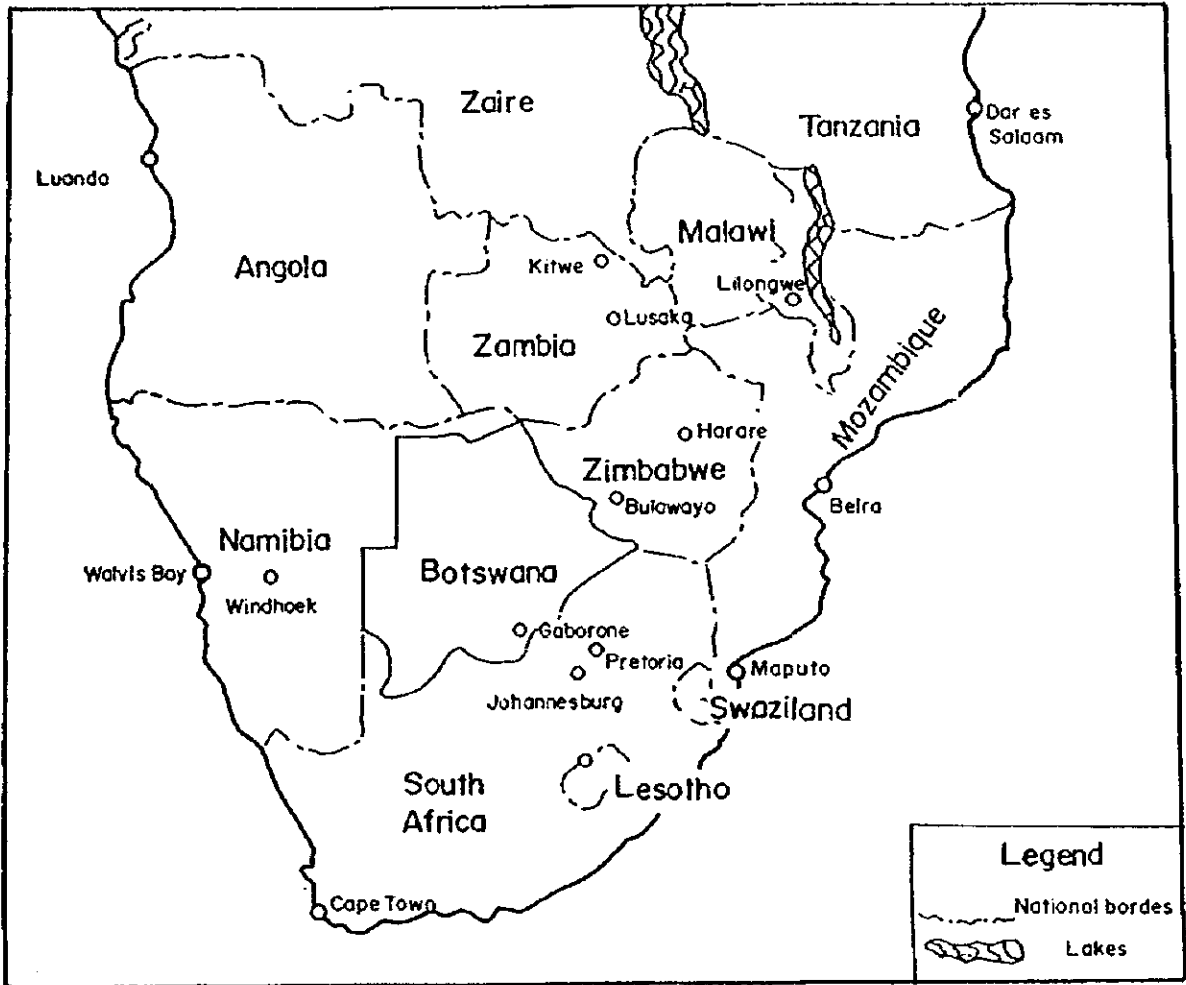


図 3-1 ボツワナ位置図

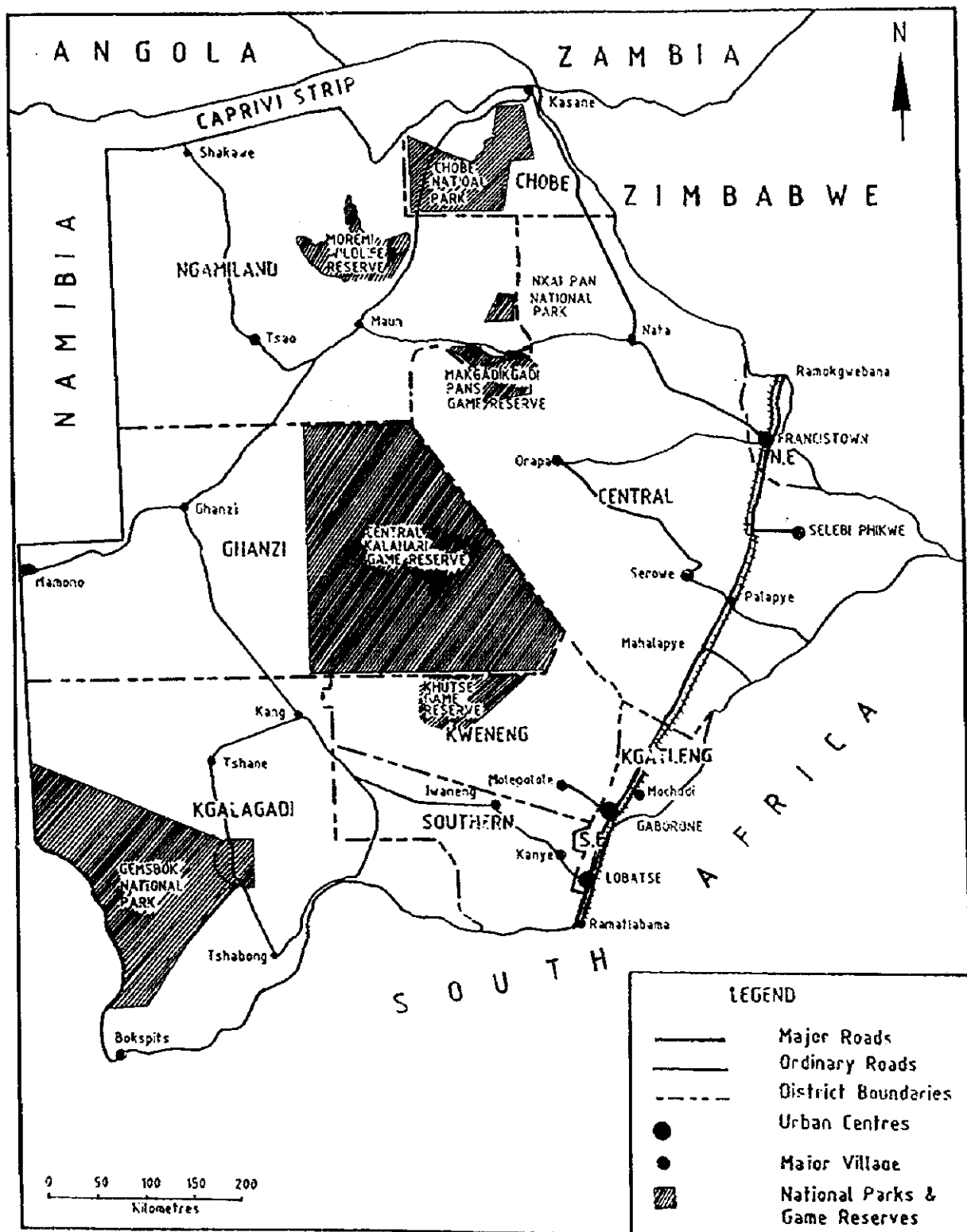


図 3-2 ボツワナ地図



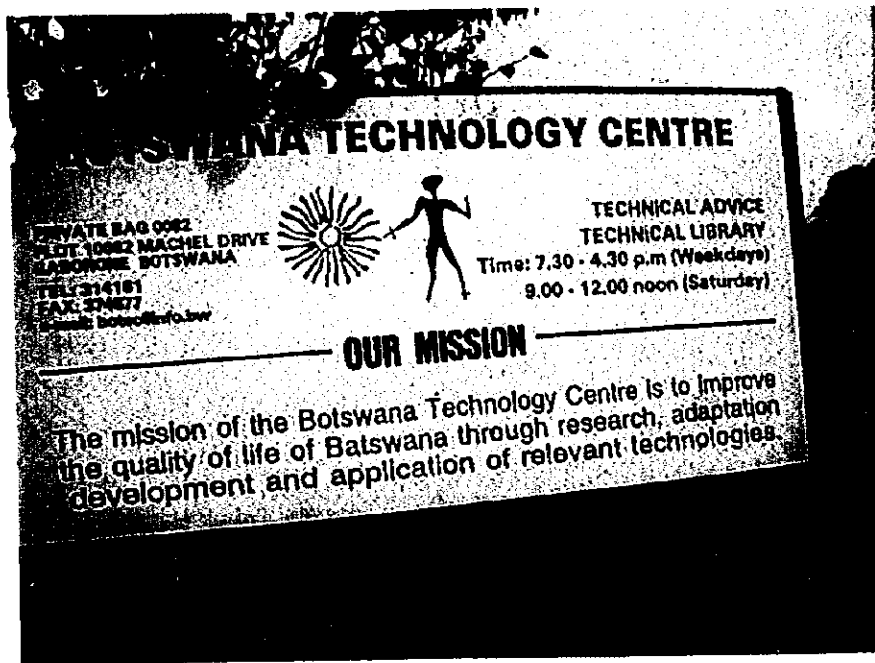
エネルギー局協議



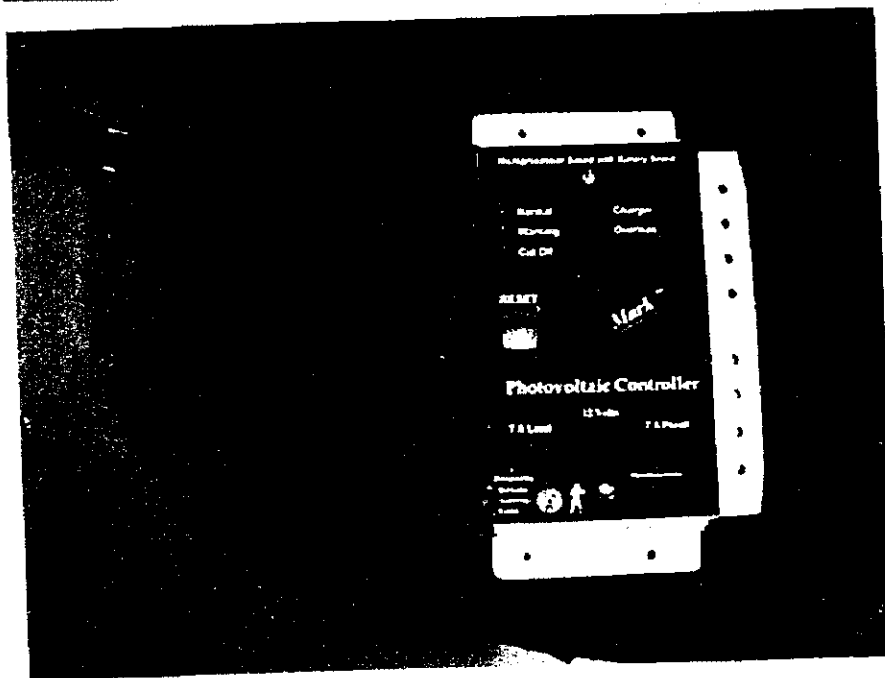
関係機関合同協議



財政開発計画省協議

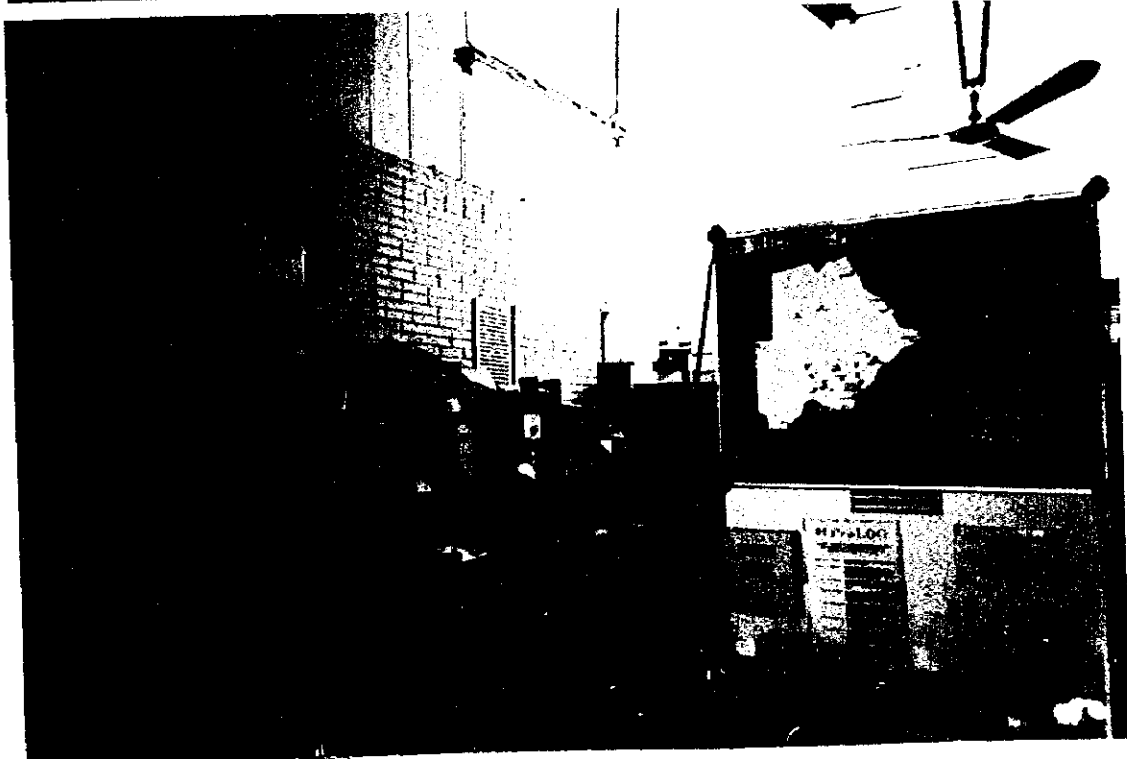


ボツワナ技術センター



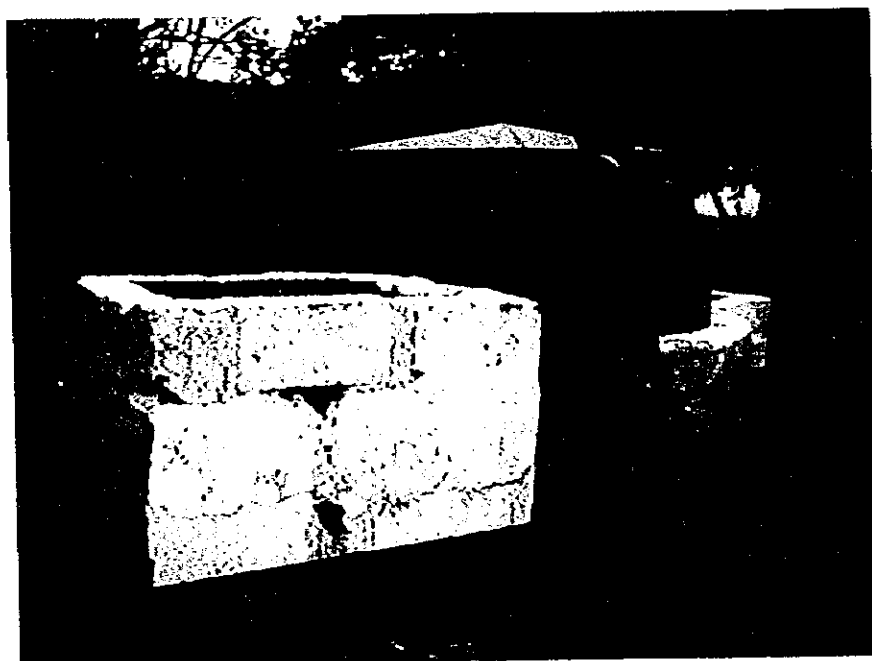
独自開発した  
マーク7コントローラー

研究室





農村工業開発センター  
風力発電施設



バイオガス施設



大型太陽熱調理器





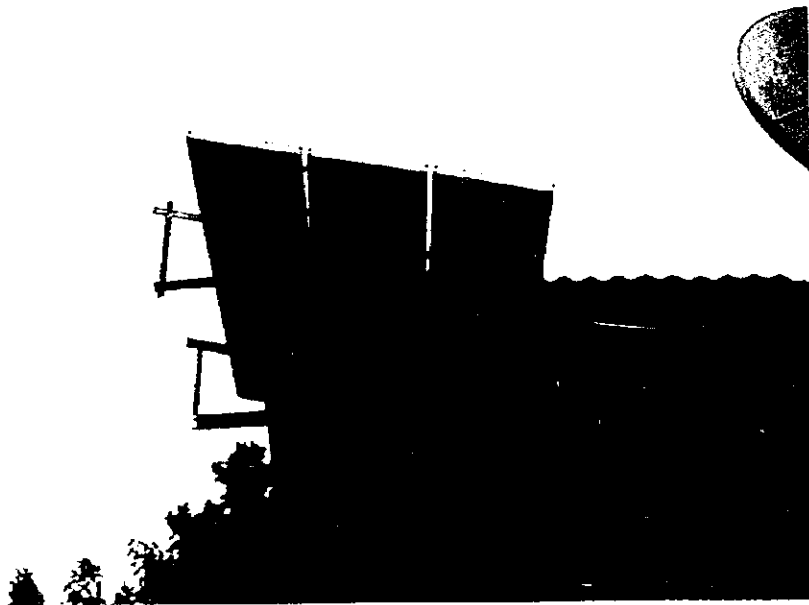
太陽光電池



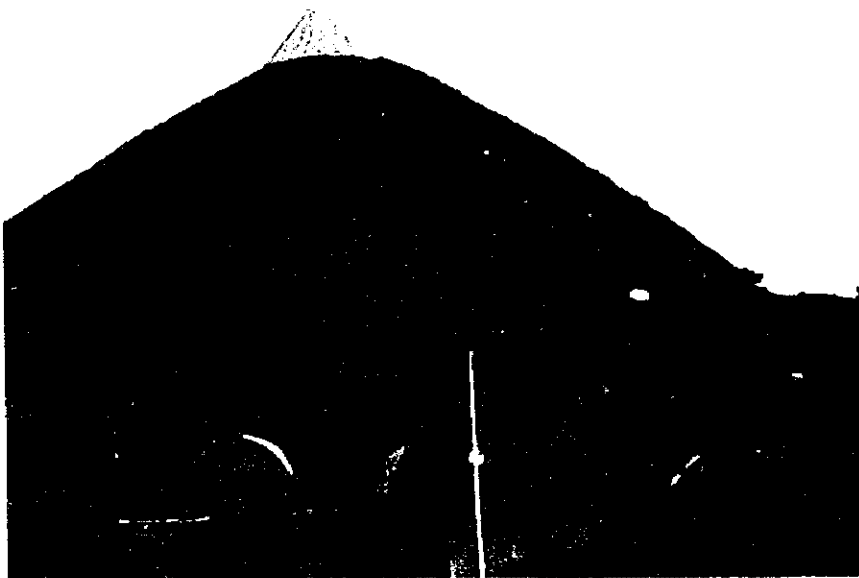
太陽光発電脱塩装置



農機具製造場



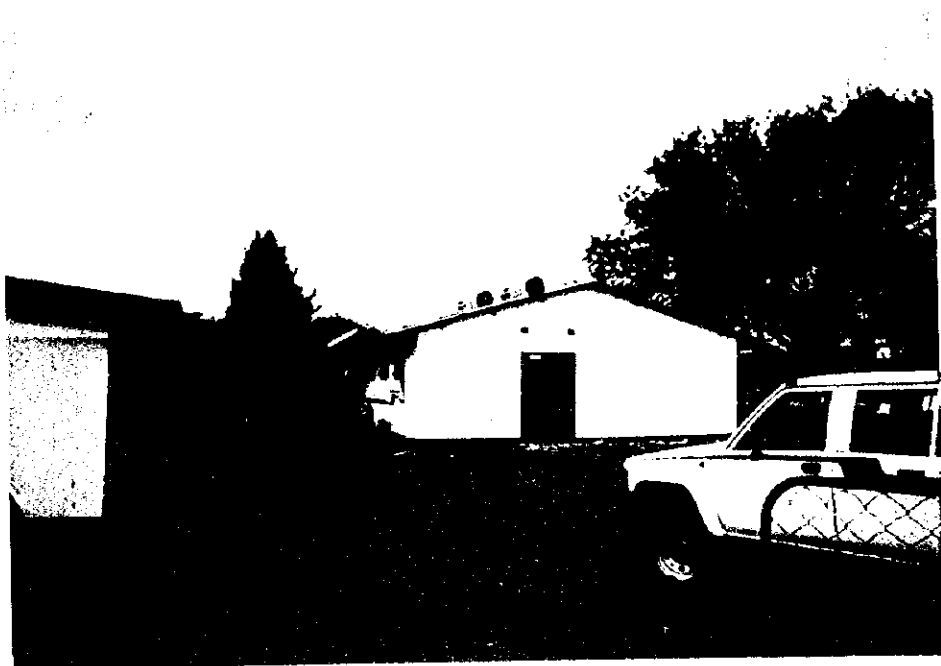
マニャナ村  
村長宅太陽電池パネル



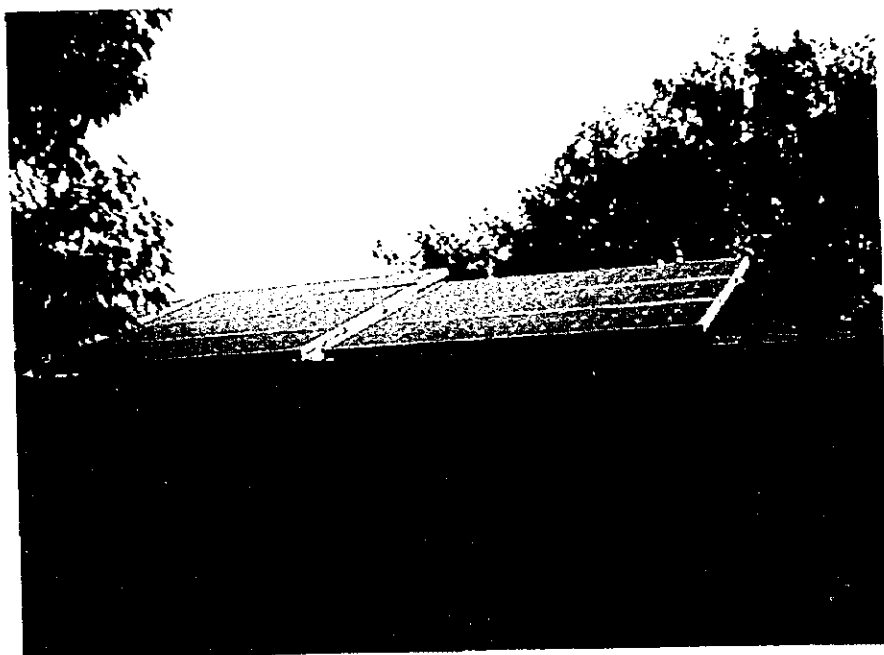
小規模太陽光発電パネル



太陽光発電街路灯



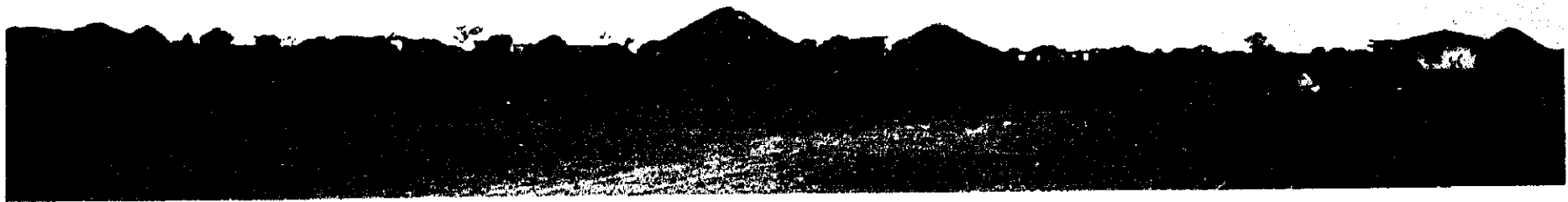
クリニック全景



クリニック  
太陽電池パネル



クリニック  
バッテリーボックス



レフェベ村風景

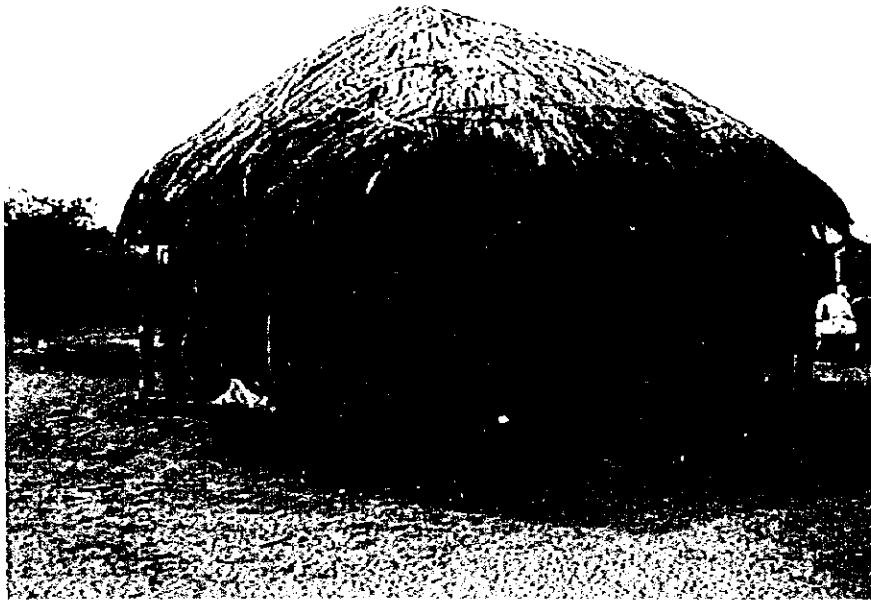


通信施設用  
太陽光発電装置

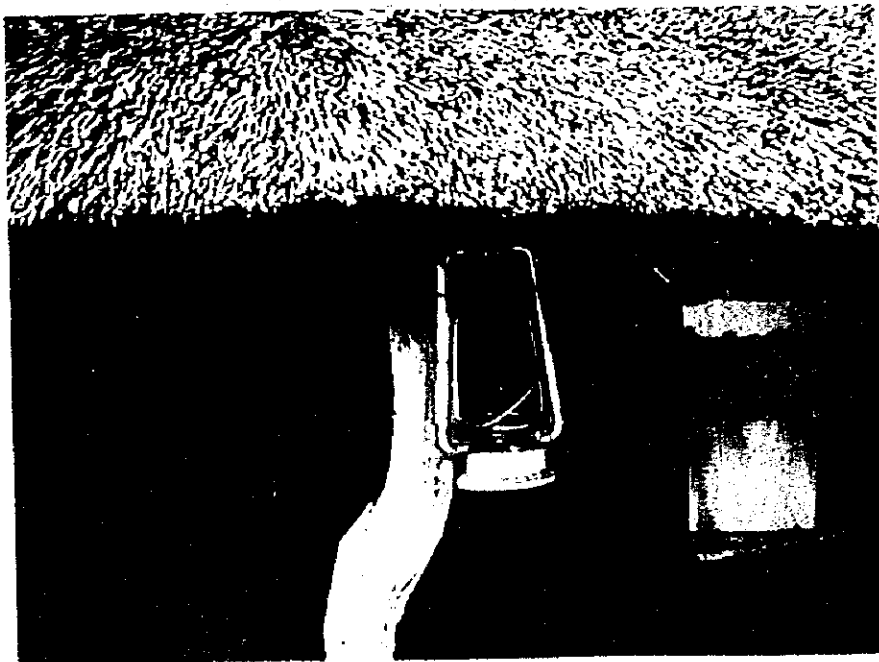




面接調査（主婦）



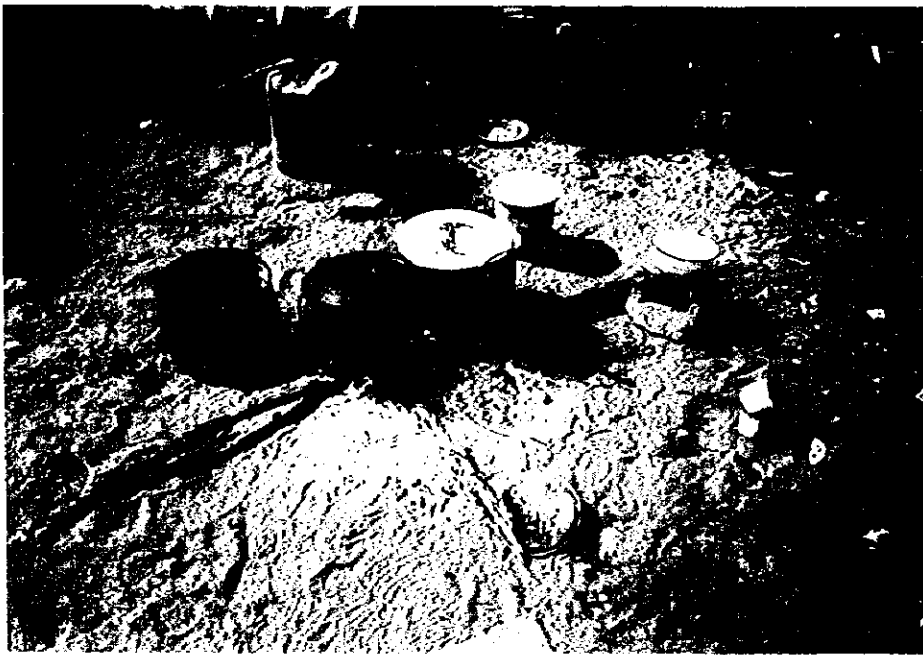
調査対象者の家



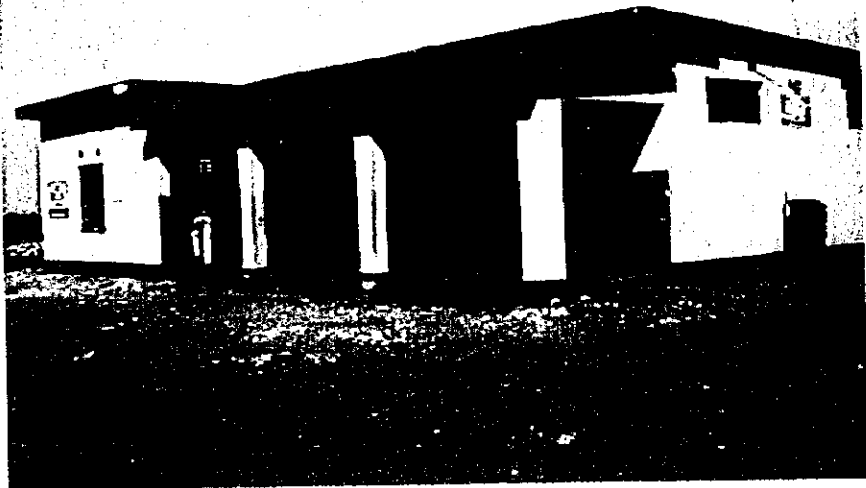
パラフィンランプ



面接調査（村長）



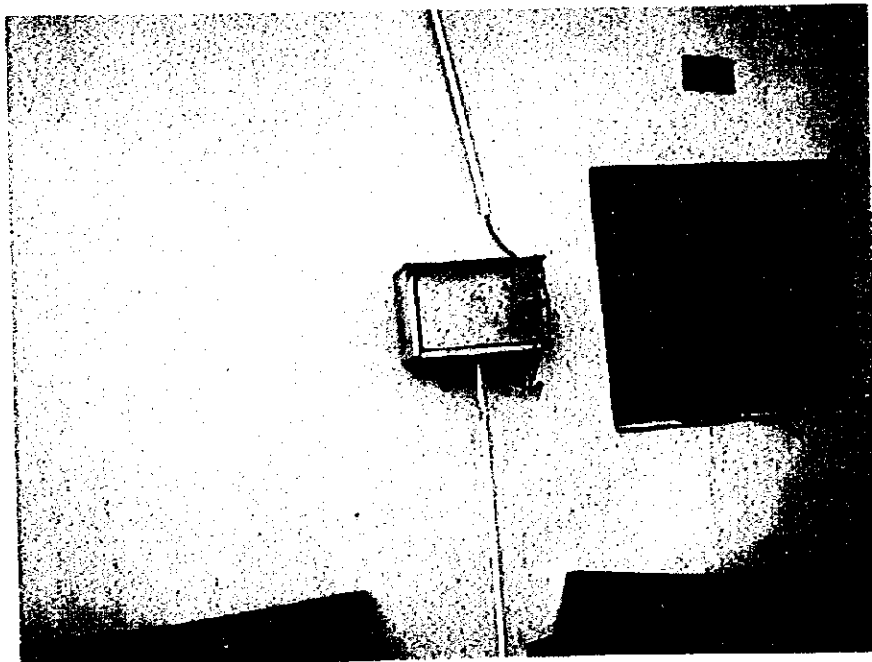
屋外調理場



レストラン



面接調査



ディーゼル発電  
電気引込み口



クリニック

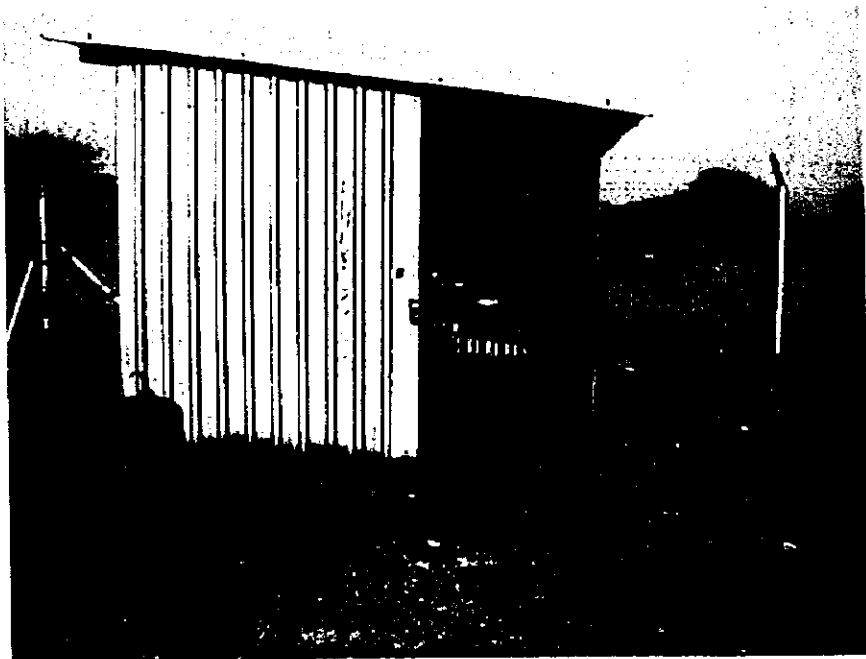


面接調査（女医）



バッテリーボックス





地下水汲上げポンプ室



水道蛇口



水運搬用タンク及び台車

# 目 次

写真、地図等	
第1章 総論	1
1.1 調査の背景・経緯	1
1.2 予備調査の目的と調査方針	1
1.3 調査事項	2
1.4 調査団構成	3
1.5 調査日程	3
1.6 主要面会者	3
第2章 調査結果	5
2.1 団長所感	5
2.2 協議結果	6
2.3 本格調査の枠組み案（M/Mに記載）	11
第3章 ボツワナの社会・経済	14
3.1 概要	14
3.2 経済	26
第4章 電力政策及び地方電化	28
4.1 エネルギーセクターの概要	28
4.2 電力政策の枠組み及び電力需給	35
4.3 地域電力協力	37
4.4 地方電化計画	38
4.5 他援助機関・NGO等の地方電化・再生可能エネルギーに関わる活動	39
第5章 再生可能エネルギー利用の現状	41
5.1 ローカルエネルギーの需給及び利用状況	41
5.2 太陽光発電に係る導入促進政策及び制度	45
5.3 太陽光発電導入状況と終了済みプロジェクト概要	51
第6章 現地踏査	57
6.1 現地踏査したサイト位置図	57
6.2 マニャナ（Manyana）パイロットプロジェクト現地調査	58
6.3 未電化農村レフェベ村（Lephepe）現地調査	59
6.4 農村工業開発センター（RIIC）見学調査	61
資料1. 署名したM/M	67
資料2. 財政開発計画省組織図	73
資料3. 全国農村太陽光発電電化プログラム1998年度予算申請書	74
資料4. 全国農村太陽光発電電化プログラム申請書書式	81
資料5. 全国農村太陽光発電電化プログラム入札説明書類	83
資料6. Code of Practice Photovoltaic Energy Installation in Botswana	97
資料7. 再生可能エネルギー設備業者リスト	100
資料8. 家計消費支出関係資料	102
資料9. エネルギー消費支出	106
資料10. 入手資料リスト	109

# 第1章 総論

## 1.1 調査の背景・経緯

ボツワナ国の電化率は、都市部では24%、農村部では3%と地域間の格差がきわめて大きい。これは、主として人口密度が低い農村部への配電線網の拡張が運営・資金的に困難であるためである。これに対して政府は分散型エネルギーの利用に力を注いでいる。1997年3月で完了した第7次国家開発計画においても、農村部での再生可能エネルギーに焦点を当て、技術開発・研究及び普及のための国家太陽光発電(PV)利用電化計画を進めてきた。この結果、ボツワナ国では現在までに約15,000(40Wp換算)のPVシステムが設置された。

98年4月から始まった第8次国家開発計画では、全体的に貧困・社会的不平等の解消を目指しており、特に太陽光発電に関しては、技術水準の向上、技術訓練の充実、保守管理体制の確立、国民への知識の普及を従来以上に重視していく方針である。このように政府は太陽光発電にいつそう力を入れようとしているが、実際にはPVの維持管理体制・組織の未整備、システム構成技術の不足、普及促進のための基本的枠組みの欠如、技術を有する人材の不足等により、具体的かつ持続的な方策を含めた形で実施計画を策定するまでには至っていない。したがって、現状ではさらなるPVの自立のかつ持続的な普及は困難であるとみられる。

こうした状況下で、1997年度末に実施した「在外公館を通じた再生可能エネルギーに係る質問調査」の結果では、ボツワナ政府は太陽光発電分野に係るJICAの協力を強く要望し、さらに昨年度に実施した在外プロ形においても、ボツワナ国における太陽光発電プロジェクトの実施可能性及び実施による効果の高さが示された。

本件開発調査は、以上の点を鑑み、ボツワナ国において農村電化を促進するために、太陽光発電による電化手法の枠組みの形成を目指すものである。調査の過程でPVシステムを試験的に設置し、それらを組織的に運営管理し、それらに対して技術・組織・制度面から評価することにより最適なPV電化実施手法を確立する。最終的に、系統網と太陽光の両者のバランスの取れた農村電化計画を策定することをめざす。

## 1.2 予備調査の目的と調査方針

(1) 本件プロジェクト形成調査では、上述した開発調査を念頭におき、その実施可能性を現地踏査及び先方との協議により確認し、より効果的な開発調査のフレームワーク(内容、実施時期、実施期間、試験設置対象地域等)を形成することを目的とする。

(2) 調査実施上の基本方針は以下の通り。

- ア 先方はJICAの開発調査のスキームに慣れていないので、調査団の方から開発調査の目的、内容、進め方、成果等について基本的な説明を行い、先方の理解を促す。
- イ 太陽光発電技術を利用してボツワナ国内の電化を進めていくという全体目的について先方の理解を得た上で、本件開発調査の目的、内容、実施手法について了解を得る。
- ウ 受け入れ体制
  - ・本件の担当官庁はEADであるが、本件開発調査ではPVシステム設置テストの実施を想定しているため、維持管理面やモニタリング試験評価、料金徴収での協力体制の確立が求められる。従って、これに係わるBPC、RIIC及びBTCを含めて4者からなるステアリングコミッティを設置するよう、先方に要望する。
- エ 太陽光発電による戸別電化を進めるにあたり、維持管理体制及び料金徴収体制などのソフト面での制度構築の重要性を先方に示し、これに係る先方の協力体制の確立を要請す

る。

オ 調査スケジュール

- ・プロ形調査以降のスケジュールとしては、今年度 S/W 調査団派遣を予定しているため、要請書の早期作成・提出を先方に働きかける。
- ・S/W 調査団の派遣時期については、要請書の作成・提出期間を考慮した上で、先方の受入可能な時期について協議する。

カ M/M 調印

- ・先方 C/P との協議事項を M/M にまとめ調印する。

### 1.3 調査事項

#### (1) 現地調査の流れ

- ・JICA 全体概要、開発調査スキームについての概略説明
- ・本件調査内容の趣旨説明
- ・受入機関の実施体制の確認、ステアリングコミッティの設置要請
- ・下記の事項についての情報収集
- ・C/P が希望する PV パイロット試験候補地の現地踏査
- ・必要機材 (PV システム等) の仕様概略検討
- ・本格調査スケジュール及び調査内容の検討
- ・協議事項に関しての M/M 調印

#### (2) 調査項目

##### [基本事項]

- ア 社会経済基礎情報及び国家開発政策の把握と整理
- イ 先方の開発政策の中での本調査の位置づけ確認
- ウ 先方実施体制の確認
- エ 本件プロジェクト外 (目的、内容、時期等) の妥当性の確認

##### [電力セクター関連]

- ア 電力政策の枠組みの把握と整理
- イ 電力事業の枠組みの把握と整理
- ウ 地方電化計画の実施状況
- エ 他援助機関、NGO の地方電化に係わる活動の把握と整理
- オ 本件プロジェクトの地方電化計画に対する位置づけ

##### [エネルギー関連]

- ア エネルギー政策・制度の現状の把握と整理
- イ エネルギーバランス
- ウ エネルギー利用実態の把握
- エ 再生可能エネルギー関連設備設置実績、

##### [PV パイロット試験関連]

- ア 太陽光発電の実施機関の検討
- イ PV システム設置試験の実施可能性 (一般世帯、公共施設) の検討
- ウ 太陽光発電導入によって生じるインパクトについての基本的検討
- エ PV システム (試験設置用) の基本仕様 (容量) の検討

オ 太陽光発電普及を促進するための制度・政策の検討  
 カ PV システム試験設置対象最適地域・サイトの概略検討

#### 1.4 調査団構成

- |             |       |                       |
|-------------|-------|-----------------------|
| (1) 総括/団長   | 永田 邦昭 | JICA 鉱工業開発調査部資源開発調査課長 |
| (2) 電力行政    | 黒木 誠  | 資源エネルギー庁電力技術課環境保全官    |
| (3) 調査企画    | 星野 明彦 | JICA 鉱工業開発調査部資源開発調査課  |
| (4) 太陽光発電設備 | 湯本 登  | プロアクトインターナショナル株式会社    |

#### 1.5 調査日程

- | 月日         | 行 | 程   |
|------------|---|---|
| (1) 7月19日  | 日 | 成田 11:00(BA006)→ロンドン 15:30。   |
| (2) 7月20日  | 月 | IT パワー社面談(11:40)。ロンドン 22:05(BA055)→。  |
| (3) 7月21日  | 火 | →ハポローネ 12:25。   |
| (4) 7月22日  | 水 | JICA ボツワナ調整員事務所、財務開発計画省(MFDP)、<br>鉱物水資源エネルギー省(MMEWA)エネルギー局(EAD)。                |
| (5) 7月23日  | 木 | 電力公社(BPC)、ボツワナ技術センター(BTC)、<br>自治省(MLGLH)面談。MMEWA 次官補表敬。                         |
| (6) 7月24日  | 金 | 農村産業革新センター(RHC)面談。現地踏査 (Manyana<br>PV プロジェクトサイト)。                               |
| (7) 7月25日  | 土 | レベベ村現地踏査 (未電化世帯・未電化クリニック)。  |
| (8) 7月26日  | 日 | 資料整理、M/M 原案作成。  |
| (9) 7月27日  | 月 | EAD 打ち合わせ。M/M 協議(EAD, RHC, BTC, BPC, DEMS)。                                     |
| (10) 7月28日 | 火 | M/M(MFDP, EAD, RHC, BTC, BPC, DEMS, MLGLH)。                                     |
| (11) 7月29日 | 水 | JICA ボツワナ事務所調査報告。ハポローネ 15:10(SA1768)<br>→ヨハネスバーグ 16:10。ヨハネスバーグ (車) →プレトリア。      |
| (12) 7月30日 | 木 | JICA 南ア事務所(9:00)、大使館表敬(10:00)。<br>プレトリア (車) →ヨハネスバーグ。ヨハネスバーグ 13:35<br>(CX748)→。 |
| (13) 7月31日 | 金 | →香港 08:55。香港 14:55(CX500)→成田 19:50。   |

#### 1.6 主要面会者

##### (1) 財務開発計画省 (MFDP)

Ms.B.K.Molosiwa, Director of Development Program

Ms.Gaetsewe

Ms.B.P.John

Mr. S.M.Sekwakwa

##### (2) 鉱物水資源エネルギー省 (Ministry of Minerals, Energy and Water Affairs)

Mr. Fanile Mathangwane, Principal Energy Officer, Energy Affairs Division (EAD)

Mr. Buti Mogotsi, Senior Energy Officer, EAD

Mr. Midas M Sekgabo, Energy Officer, EAD

- Ms. A.K. Leipego, Principale Energy Officer, EAD  
Ms.Maphorisa  
Ms.T.S.Mokgatlhe
- (3) ボツワナ技術センター(Botswana Technology Center)  
Mr.H.T.Tumisang, Principal Renewable Energy Engineer  
Ms. T.S.Kesupile, Principal Economist
- (4) 農村産業革新センター(Rural Industries Innovation Center)  
Mr.Oercy Maribe, Acting General Manager  
Mr. Joe K. Malongo, Chief Engineer, Project Research and Development Department  
Mr. Ndindoga John Geche, Coordinator of National PV Electrification  
Mr. Joseph Malone  
Mr. Jackso Maleke
- (5) ボツワナ電力公社(Botswana Power Corporation)  
Mr. John T. Kaluzi, Distribution Manager  
Mr.S.T. Hlambelo, Acting Communication Manager  
Mr.Alban M.Motsepe, Divisional Distribution Engineer(South)
- (6) 自治省 (Ministry of Local Government, Land and Housing)  
Mr.Kenneth Diphoro
- (7) 運輸情報公共工事省電気機械サービス局(Department of Electrical and Mechanical Services,  
Ministry of Works, Transport and Communications)  
Mr. P.O. Gotlop, Superintendent of Works, DEMS  
Mr. K.K. Singh, Senior Mechanical Engineer, DEMS
- (8) IT Power 社  
Bernard McNelis, Managing Director  
Anthony Derrick, Director  
Peter L Frankel, Technical Director
- (9) 在南アフリカ日本大使館  
大塚公使  
うつほ三等書記官  
北川専門調査員
- (10) JICA 英国事務所  
中村職員
- (11) JICA ボツワナ調整員事務所  
内田 C.C.
- (12) JICA 南アフリカ事務所  
下村所長  
中村職員

## 第2章 調査結果

### 2.1 団長所感

(1) ボツワナ共和国は1966年に英国から独立したが、1970年代のダイヤモンドの発見により、それまでの貧しい国から急激な経済成長を遂げ現在では一人当たりG N Pで3020US\$ (1995年) をこす中所得国となっており、首都ハボローネの人々の生活を見る限りアフリカのみならずその他の地域の途上国と比べても生活レベルの高さとゆとりが感じられる。

一方、ボツワナは国土面積が約58万km<sup>2</sup> (日本の約1.6倍) で、その85%がカラハリ砂漠におおわれており、年間雨量も200~600mmの乾燥地帯にある。人口は約150万人で、その多くはカラハリ砂漠を取り囲む国の東側に集中しているが、首都の人口が15万人程度であり、他の人々は大小さまざまな村落に居住している。

ボツワナの現在の電力供給状況を見ると電化率は25%、都市部でも24%、農村部ではわずか3%であり、また、主要な発電設備も石炭火力発電所132MWが1基のみ (電力需要の約半分は南ア、ジンバブエなどからの輸入) というきわめて貧弱な状態である。その大きな理由としては、この国は数多くの広く分散した集落からなっており、その一つ一つの村の規模が小さく、所得レベルの低い人々からなっているため、従来型の送配電網の拡充による電化が困難であることがあげられる。

(2) ボツワナは世界でも有数の太陽エネルギーに恵まれた国であり、太陽熱を使った温水器 (Solar Water Heater) がすでにたくさん普及している。また、上記のような電力供給上の課題を解決するために豊富な太陽エネルギーを利用した Photovoltaic (PV) System の導入についても、ボツワナ政府は積極的に取り組んでいる。

鉱物水資源エネルギー省のエネルギー局を中心として複数の政府関係機関が独自予算でパイロットプロジェクトの実施とその評価やいくつかの村でのフィージビリティ調査を行っている。また、PVシステムの重要なコンポーネントであるチャージコントローラの技術開発も独自に進め、国産品を製造している他、クレジット方式によるPVシステムの普及を促進するプログラムが開始されるなど、PVシステムの開発・普及に関する取り組みにおいては、他の途上国より一歩先を進んでいる状況にある。

しかしながら、国としての明確なPV普及の目標と戦略がないままに複数の機関がバラバラに施策やプロジェクトを実施しているのが現状であり、この国における太陽エネルギー利用の重要性を考えると、PVシステムによる農村を中心とした電化促進計画のための具体的な目標、戦略、アプローチと方法を定めて、総合的に取り組むことが必要であり、これを策定するためのマスタープラン策定調査の意義は極めて高いと思料される。

(3) PVシステムによる電化のマスタープランと言った場合、大型の水力や火力発電所を対象とした国家電源開発マスタープランの作成とは異なった難しさがある。つまり、後者の場合には、これを担当する機関が国のエネルギー省あるいは電力公社で、これら事業体が自らの予算で一元的 (独占的) に実施していくケースが多いため、電力需要想定を行った上で最低費用法に基づく供給計画の策定が比較的容易に作成できる。(もっとも最近では、世界的な民営化の流れの中で、IPP (独立電気事業者) 方式が導入されている途上国も増えているので、国が策定する長期マスタープランと採算ベースで事業を展開する民間事業者の投資計画の整合性をいかにとるかという問題があると思われるが。)

一方、PV電化の場合には小規模分散型でその普及手段として利用者の買い取り方式（各種クレジットの供与を含む）、電気事業者による電力供給サービス方式、PVシステムのリース方式など様々な形態があるため、プロジェクトに関与する様々な利益団体（政府機関、電力公社、民間事業者、需要家等）の個々の事情も考慮した上で、国としての開発戦略をいかにつくるかという難しさがある。また、PVシステムの普及形態が様々であるためにシステムの所有権の問題、利用者の支払額をいくらにするか、さらに誰がメンテナンスをするかといったことを含めてその制度的仕組みと管理メカニズムをどのように最適化するかという問題もある。

今回提案するPV農村電化計画のマスタープラン調査では、ボツワナの地理的、気象的事情のために、その拡充が限られている従来型の電化方式に対して、同国がその有利性を生かして太陽光発電による農村電化をどのような村に広めていけばよいかを全国レベルでの調査を行い、インベンリーとしてまとめることを考えている。つまり、地理的な開発戦略をつくることが一つの目標となろう。併せて、現在バラバラに行われているPV普及開発体制において、関係機関の役割を明確にして、より効率的かつ効果的な実施体制を提案すること。さらに、デモンストレーションプロジェクトを通じて、PV電化普及のための持続可能な仕組みと運営管理システムをつくることを目指している。

(4) ボツワナに対する日本の援助は、これまで円借款と研修員受け入れ、協力隊の派遣を中心に行ってきた。開発調査については、1979～82年の北東部地域資源開発調査1件のみで、今回、本件開発調査が実現すれば第2号となる。従って、援助窓口である財務開発計画省はじめカウンターパート機関となるであろう鉱物水資源エネルギー省に対して、JICA及び開発調査の仕組み等について十分説明を行ったつもりであるが、まだまだ日本の援助にはなじみが薄いといった感じである。

しかしながら、我々調査団に対するエネルギー局、他の関係機関の対応はきわめて真摯かつ誠意のあるものであった。ほとんどが欧米に留学したことのある職員であり、我々の説明あるいは提案に対しても、論理的かつ自由闊達に議論をする雰囲気があり、きわめて建設的に協議を進めることができた。たとえば、我々の調査の中でパイロットプロジェクトを提案したのに対して、既にいくつかのパイロットプロジェクトを実施して評価まで行っているのに、新たにどのような目的意識を持って行うのか、そして本件調査は実際的かつ具体性のあるデモンストレーション段階とみなすべきであり、その方向性を明確にする必要があるといったコメントもなされた。このようなカウンターパートの期待と姿勢を裏切らないためにも、今後調査のデザインをしっかりと行うことが必要であり、本件が実現した場合には有能なコンサルタントの選定が不可欠である。

## 2.2 協議結果

### (1) 財政開発計画省 (MFDP)

■日時：1998年7月22日（水）11:30 at MFDP

■出席者：(MFDP) Ms.B.K.Molosiwa, Ms.Gaetsewe, Ms.B.P.John, Mr. S.M.Sekwakwa  
調査団全員

■協議内容：先方は、援助案件の窓口はMFDPであり、それぞれ各省庁との協議の後政府としての対応が決まるという手続きについて調査団に説明した後、本件再生可能エネルギー関連プロジェクトの重要性に言及し、先般行われた在外プロ形報告書で示された3プロジェクトについてどれが適当か調査団の見解を求めた。調査団は、第1案を選定した理由を述べ、その実施のた



めに必要な体制（ステアリングコミッティの設置）の確立を要請した。これに対し、MFDPは調整機関でありその役割を果たすとコメント。本現地調査の最終段階（7月29日）に関係者をすべて集めてラップアップミーティングを設定することで合意。

#### （2）鉱物水資源エネルギー省エネルギー局 (EAD)

■日時：1998年7月22日（水）14:40 at EAD Office

■出席者：(EAD) Mr.Fanile Mathangwane, Mr.Midas M Sekgabo, Mr.Buti Mogotsi, Ms.Maphorisa, Ms.T.S.Mokgatle, 調査団全員

■協議内容：先方はまず、政府がPVを最重視していることを表明し、在外プロ形の3つのプロジェクトに対する見解を求め、調査団はPVマスタープランを選定したい旨を説明。先方はこれに対し、PV給水に係る調査の実施及びDWAへのヒアリング実施を要請。調査団は、給水の重要性を十分理解しているが、調査対象としてPVに焦点を絞りたいと返答。

EADは現在取り組んでいる次の3件のプロジェクト(a)Industrial Institution, b)College Education, c)NyamanyaPV Pilot Project について説明。また、PV普及促進を担う組織としてどこか(BPC, BTC, RHC) 最適かについて検討中であると説明。

#### （3）鉱物水資源エネルギー省 (MMEWA)

■日時：1998年7月23日（水）15:35-16:00 at MMEWA Head Quarter

■出席者：(EAD) Mr.Fanile Mathangwane, Mr.Midas M Sekgabo, Mr.Buti Mogotsi, Ms.Maphorisa, Ms.T.S.Mokgatle, 調査団全員

■協議内容：調査団から日本の技術協力、プロジェクトに係る背景・概要について説明した後、局長は、日本の援助に感謝を表明し、農村電化の困難性について言及し、本件プロジェクトに大きく期待する旨表明。本件プロジェクトの具体的イメージに係る説明に対しても、局長は歓迎すると述べた。なお、局長は給水の重要性を強調したが、給水を調査対象とすることは困難であるとの調査団の説明に対し、理解を示した。

#### （4）ボツワナ電力公社 (BPC)

■日時：1998年7月23日（木）8:15-10:00 at BPC Head Quarter

■出席者：(BPC) Mr.John T.Kaluzi, Mr.Alban M.Motsepe

(EAD) Mr.Fanile Mathangwane, Mr.Midas M Sekgabo, Ms.Maphorisa, Ms.T.S.Mokgatle  
調査団全員

■協議内容：調査団から調査の背景、目的について説明した後、先方から以下のコメントを得た。先方はPVパイロットテストの内容等について詳細な質問をしたが、先方が本件PVプロジェクトに対してどの程度の期待を抱き、先方がどういう役割を果たせるのかについて十分確認することはできなかった。

○集中型PVシステムについて、現在パイロットテストを準備中。

○どこの組織がPV電化を実質的に進めていくことになるのかについては、EADはまだ検討段階であり、RHCやBTCとの今までの協力はあくまで一時的なものであると回答。

○クレジットなどについて細部までデザインしてくれるのか。(→本格調査の中でデザインすると回答。)

○揚水ポンプはこの国できわめて重要であり、現在ディーゼルでやっているところをPVで代替

できれば効果的ではないか。

○NDPと本件M/Pとではどこが違うのか。(→NDPは数値的目標がなく基本的な方向性を示すものであるが、本件M/Pは数値目標も含めてもっと具体的かつ詳細な計画であるとEADが回答。)

#### (5) ボツワナ技術センター(BTC)

■日時：1998年7月23日(木) 11:30-12:45 at BTC Head Office

■出席者：(BTC) Mr.H.T.Tumisang

(EAD) Mr.Midas M Sekgabo, Ms.Maphorisa, Ms.T.S.Mokgatle

調査団全員

■協議内容： 調査団から調査の背景、目的について説明した後、先方から以下のコメントを得た。先方は調査団と同じ問題意識(維持管理が重要など)を持っており、調査の方向性について先方の十分な理解を得た。協議の後、先方のワークショップを見学したが、かなりの種類の測定器具が整然と並んでおり、技術レベルの高さがうかがえた。

○BTCが関与した、もしくはしているPV関連プロジェクトは次の4ヶ。

- ・ PV Power Station Project
- ・ National PV Rural Electrification Project の Technical Committee に参加。
- ・ Village A Reading Room プロジェクトに関与。
- ・ Design and Development

○各プロジェクトは、まず企画した後、財務開発計画省に実施申請をし、承認がおりて開始される。一つのプロジェクトが終了したら、また次のプロジェクトにとりかかる。

○BTCはチャージコントローラの開発を行ってきており、古いのは設置してから14年間稼働している。開発したチャージコントローラは、民間会社に権利を売却して、製造させている。

○PVについても力を入れたいが、資金と人材が不足しているのが問題である。

○PVポンプの経験はない。

#### (6) 自治省 (MLGLH/Ministry of Local Government, land and Housing)

■日時：1998年7月23日(木) 14:15-15:00 at MLGLH Head Quarter

■出席者：(MLGLH) Mr.Kenneth Diphoro、(EAD) Mr.Midas M Sekgabo、Ms.Maphorisa、Ms.T.S.Mokgatle、調査団全員

■協議内容： 調査団から本件調査の背景・経緯および目的について説明した後、先方から以下のコメントを聴取。

○クリニックの電化、未電化の比率は現在調査中で、本年8月にデータがでてくる。

○すべての公立小学校は自治省の監督下にある。

○電源を公共施設に設置した場合、維持管理を行う人材がいなのが問題。

○PVを公共施設に導入する場合、維持管理者に対する訓練及びPV供給側がトータルな維持管理に責任を持つことが必要。

○PVを公共施設に導入する際、上記の維持管理体制が確立している条件において運転維持管理費用を確保することは可能。

#### (7) 農村産業革新センター(RIIC)

■日時：1998年7月24日（木）10:00-14:00 at RIIC Head Quarter in Kanye

■出席者：(RIIC) Mr.Oercy Maribe, Mr. Joseph Malone, Mr. Jackso Maleke, Mr. John Geche  
(EAD) Mr.Midas M Sekgabo, Ms.Maphorisa, Ms.T.S.Mokgatle  
調査団全員

■協議内容： 調査団から本件調査の背景・経緯および目的について説明した後、先方は下記について発言。先方はPVプロジェクトに関する経験が豊富でかつ現在融資によるPV供給プログラムを実施中であるため、本件調査の内容に関して十分な理解を得ることができた。

○RIICは、次の4分野に関する活動を行っている。

- ・研究開発と新技術の適用研究
- ・技術移転
- ・職工に対する訓練
- ・所得向上活動（小規模産業育成）

○具体的に扱っている技術は、淡水化装置、太陽熱温水器、太陽熱調理器、PV（設置及び普及促進のみ）、風力揚水ポンプ、バイオガス等であるが、これからPVに一層力を入れていく方針である。

○本年2月より全国PV電化計画\*を開始しており、この6カ月でPVシステムを120基設置した（詳細内容については後記）。プロジェクト予算は4年間で440万ブラである。

（\*この計画の中心的活動は、PV購入用クレジットの供与である。）

○ソーラーポンプについて強い関心があり、サイジング等の技術を要している。

#### (8) 電気機械サービス局(DEMS/ Department of Electrical and Mechanical Services, Ministry of Works, Transport and Communications)

■日時：1998年7月28日（月）11:15-12:10 at DEMS Office

■出席者：(DEMS) Mr.P.O. Gotlop, Mr. K.K. Singh  
(EAD) Mr.Midas M Sekgabo, Ms.Maphorisa, Ms.T.S.Mokgatle  
調査団全員

■協議内容： 調査団から本件調査の背景・経緯および目的について説明した後、先方は下記について発言。

○未電化地域の政府系公共施設に対するディーゼル発電器、太陽熱温水器の設置、メンテナンスを担当。

○現在小規模ディーゼルと集中型ディーゼル（現在1カ所のみ）をあわせて500以上の設備を管理。

○ディーゼル発電の設備コストは1,500P/kVAで、初期投資と運転費用は公共施設側の負担。メンテナンス、補修費用はDEMS負担。

○設置対象の選定等は業務範囲でなく、それぞれの施設を監督する省庁からの要請に応じて設置が行われる。

○PVに関する実績、経験はないが将来的に扱ってみたい。PVとディーゼルのハイブリッドも試したい。現在、農業省がPV家畜移動防止柵の見積もり提出を求めてきている。

#### (9) グローバルミーティング

■日時：1998年7月28日（月）15:15-16:50 at EAD

■出席者：(EAD) Mr. Buti Mogotsi, Mr. Midas M Sekgabo, Ms. Maphorisa, Ms. T.S. Mokgalle, (BTC) Mr. H.T. Tumisang, Ms. T.S. Kesupile, (RIIC) Mr. Oercy Maribe, Mr. N.J. Geche (BPC) Mr. S.T. Hlambelo, Mr. Alban M. Motsepe, (DEMS) Mr. K.K. Singh、調査団全員

■協議内容： 調査団は、作成した M/M の Draft を用いて、本現地調査で確認した事項ならびに想定しうる本格調査内容について説明した。主席者は調査団の提示した案にはほぼ同意を示しつつも、以下のような意見・質問を發した。

○従来のパイロットプロジェクトと異なる点として Institution、Management に焦点を当てることを M/M に記載した方がよい。

○本件調査は、正式にオーソライズされ具体的内容が定まってはいない段階であり、今後各段階でこのようなミーティングを行い情報交換を進めていった方がよい。

○今回の M/M で記載された調査内容に若干の変更を加えて要請書を作成しても良いのか。(→良いと回答)

○OPV を供与、維持管理する際の Financing 方式として代替案から選択は可能なのか(もう既に決定されているのか)。(→決まっていないが、従来の経験から購買方式よりも組織的に維持管理を行う方式の方がサステイナブルである。)

#### (10) ラップアップミーティング

■日時：1998年7月29日(火) 15:00-16:50 at MFDP

■出席者：(MFDP) Ms. B.K. Molosiwa, Ms. Gaetsewe, Ms. B.P. John, Mr. S.M. Sekwakwa (EAD) Mr. Buti Mogotsi, Mr. Midas M Sekgabo, Ms. Maphorisa, Ms. T.S. Mokgalle, (BTC) Mr. H.T. Tumisang, Ms. T.S. Kesupile, (RIIC) Mr. Oercy Maribe, Mr. N.J. Geche (BPC) Mr. S.T. Hlambelo, Mr. Alban M. Motsepe, (DEMS) Mr. K.K. Singh、調査団全員

■協議内容： 調査団は M/M の第2次案を提示し、出席者との間で基本的な方向性の点で合意し、29日に M/M を調印することを確認。出席者から出された意見、コメントは以下の通り。

○このミーティングは、これからの協力の初期段階であるため、M/M ではおおよその方向性が提示されていれば十分。詳しい調査内容については今後協議していくべきだ。(→その通りと回答。)

○ボツワナ・エネルギー・マスタープランとの本件調査で策定するマスタープランの位置づけを明確化していくべきだ。

○OPV パイロットテストは必要か？(→従来のパイロットテストは、主として購買方式で行ってきたが、これはサステイナビリティの点で問題がある。本調査では、効率的・効果的な組織、制度に焦点を当てるため、ある程度の規模で PV 設置試験を行う必要がある。)

#### (11) 在南アフリカ共和国 日本大使館

■日時：1998年7月30日(木) 10:00-11:00 於大使館

■出席者：大塚公使、うつぼ三等書記官、北川専門調査員、調査団全員

■協議内容： 調査団から本件調査の背景・経緯(外務省、通産省、JICA の参加で行った PV 勉強会、昨年度実施した在外プロ形結果、ボツワナ選定の理由等) および本件調査目的そして先方との協議内容について説明した。大使館からの主なコメントは以下の通り。(→は調査団からの回答)。

○ザンビア、マダガスカルに対しては実施するのか？(→マダガスカルは基礎調プロ形が行われ

る予定であるが、開発調査としては今年度は対象としない。)

○大規模な電化の可能性は？ (→PVの今までの経験からすると小規模の分散型が有効であるため、集中型は念頭に置かない。)

○他のドナーの動向は？ (→過去にGTZやUSAIDが協力していたが現在ではドナーによる協力は行われていない)

○ボツワナは、太陽光発電案件対象国として適しているようだ。

○南アの風力発電F/S案件を検討してほしい。

#### (11) IT Power 社

■日時：1998年7月20日(月) 11:40-16:30 at IT Power 社

■出席者：Mr. Peter Frankel, Bernard McNelis, Anthony Derrich、中村職員(JICA ロンドン事務所)、調査団全員

■協議内容：調査団から在外プロ形調査以降の本案に関わる経過について説明した後、IT Power 社に対してボツワナの詳細状況を確認し、さらにボツワナにおいて太陽光発電利用マスタープラン調査が果たすべき役割と必要な調査項目について意見交換を行った。先方の主な発言は以下の通り。

○ボツワナは、PVの経験も豊富で、しかも政治的にも安定しているため、PV電化促進を図るのに最適なモデル国である。

○現在ボツワナでは、RIICを主体としてNational PV Planが動き始めているが、電力公社が関与していない。電力公社はPVの利用価値(僻地での)を理解しているが、今までに経験がない。従って、本格調査では、EAD及び電力公社の役割(PV電化促進のための)を明確化する必要がある。

○National PV Planでは少数のPVシステムを広い地域に供給しているため維持管理などの問題がある。小さな地域で集中的にPVを設置し、維持管理をいかにするかを実証する必要がある。

○現在、地域毎の電化手法は決められていないため、本格調査では地域毎に電化手法なり電化担当組織なりを決めていくことが目的の一つとなる。

○公共施設のPV電化も検討すべき課題であり、これは多くの省庁(教育省等)が関わっている。このためマスタープランでは、各省庁の位置づけ(PV電化に対する)をはっきりさせ、いかなる方法でPV電化を進めていくのかを示すことが求められる。

○既存の資料で明らかにされている農村住民の所得は決して高くないが、これは都市に在住する家族からのレミッタンスが含まれていない。レミッタンスを含めた実際の可処分所得はかなり高いと思われる。

### 2.3 本格調査の枠組み案(M/Mに記載)

#### (1) 調査目的

PVを利用した農村電化マスタープランを作成することを調査目的とする。

#### (2) カウンターパート機関

鉱物水資源エネルギー省のエネルギー局がカウンターパート機関である。

#### (3) ステアリングコミッティ

本格調査を効果的に進めるために、ステアリングコミッティを設置する。設置・運営主体はエネルギー局とし、財務開発計画省、RIIC、BFC、BFC、DEMS、MLGLHの参加を

得ることとする。

(4) 調査地域

組織・制度的側面についてはボツワナ国全体を調査対象とし、PV デモンストレーションに関しては複数の村落を調査対象とする。

(5) 調査範囲

1) 基礎調査段階

- ア データ・情報収集
- イ 開発フレームワークの見直し
- ウ 地方電化に係る基本方針、地方電化実施上の RIIC、BTC、BPC の役割の見直し
- エ 未電化世帯、未電化公共施設の状況確認
- オ PV デモンストレーションの運営基本枠組みの設定
- カ PV デモンストレーション実施村落の選定
- キ デモンストレーション用の PV システム仕様の決定
- ク ローカルエネルギー需給状況の評価

2) PV デモンストレーション段階

- ア PV システム、計測機材の設置
- イ 農村世帯、公共施設に係る社会経済評価
- ウ PV デモンストレーション基本運営枠組みに対する持続性、実効性の見地からの評価
- エ PV システムに係るユーザー側維持管理技術の評価ならびに訓練手法の提言
- オ PV 電化に係る組織・制度基盤の評価と効果的かつ運用可能な基盤の提言
- カ PV 供給側の技術評価と改善提案
- キ PV 農村電化促進のためのインセンティブ検討
- ク 対象地域における PV 電化需要予測
- ケ 技術移転及びキャパシティビルディング

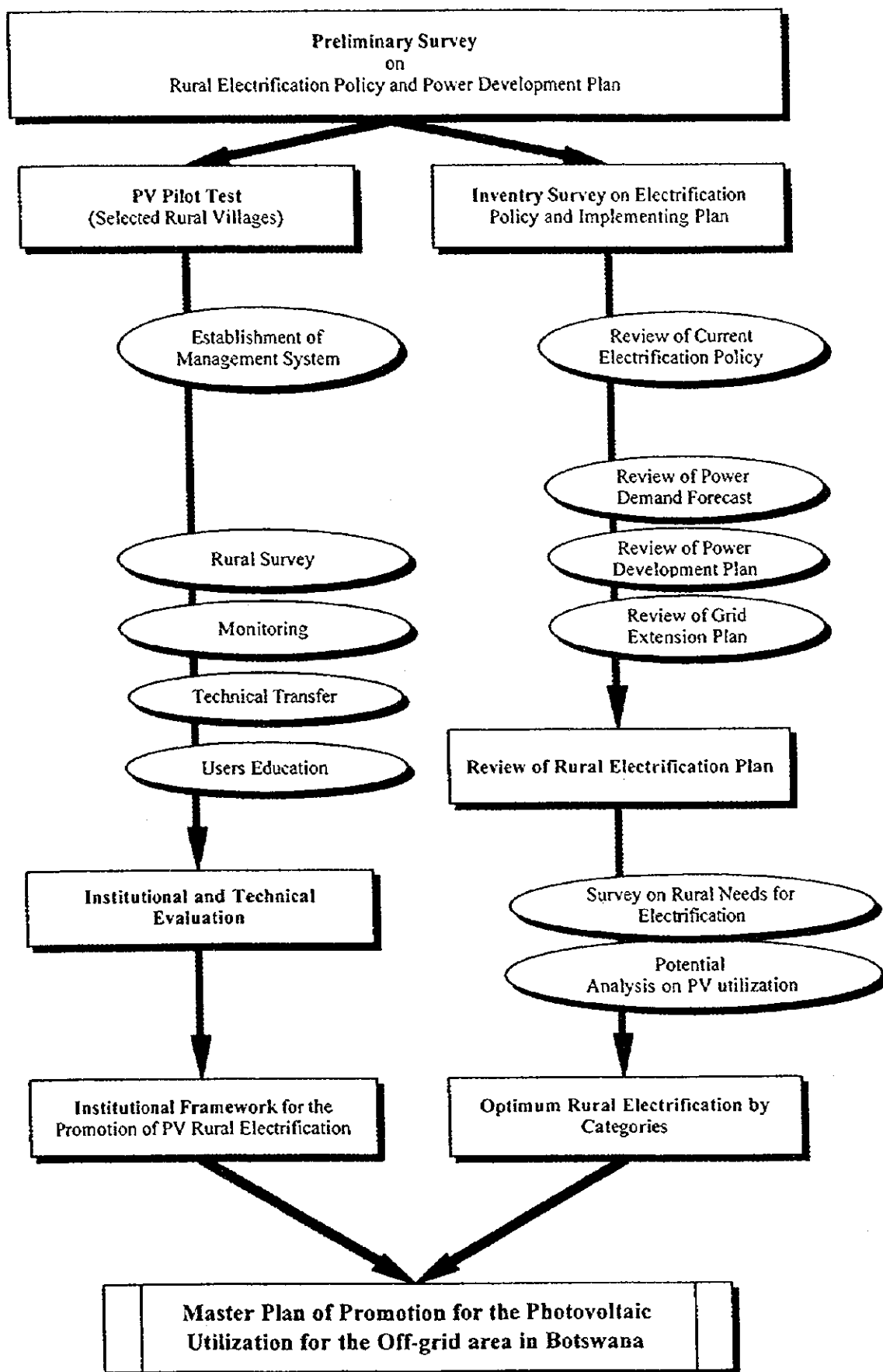
3) マスタープラン作成調査段階

PV デモンストレーションを含めたこれまでの調査結果より、PV を利用した地方電化のポテンシャルを経済、財務、組織・制度、技術的側面から評価し、マスタープランを作成する。マスタープランには以下の事項が含まれる。

- ア 計画目標
- イ PV を利用した電化の地域展開計画
- ウ PV 農村電化のための組織・制度的枠組み、運営管理手法
- エ 実行スケジュールとプロジェクト費用見積
- オ 経済評価
- カ 政策提言

(6) 想定できる調査フロー案（次頁）

**Project Flow of The Master Plan Study on Promotion of Photovoltaic Utilization for the Off-grid area in Botswana**







## 第3章 ボツワナの社会経済

### 3.1 概要

#### (1) 概要

ボツワナ共和国は南アフリカ、ジンバブエ、ナミビア、ザンビアに囲まれた内陸国である。1966年に英国から独立したが、1970年代にダイヤモンドが発見されるまでは世界の最貧国の1つであった。ダイヤモンドの発見以降急激な経済成長を遂げており、現在では国民一人当たりGNPが3020ドル(1995年)と中所得国となっている。日本の約1.6倍の国土に約147万人(1994年)が住んでいる。国土の85%はカラハリ砂漠で、年間降水量は200~600mmと乾燥地帯にある。

人種的にはバツワナ人(Batswana)が人口の半数以上を占めている。言語は英語およびツワナ(Setswana)語で、宗教的にはキリスト教と伝統宗教である。

政治的には日本同様に議員内閣制を採用しており、一院制を採用している。社会的には昔の部族制度が残っており、特に村落の運営では伝統的な村落の長が現在でも指導的な役割を果たしている。

経済的には南アフリカ、レソト、ナミビア、スワジランドと共に南部アフリカ関税同盟(SACU)を結成しており、域内の貿易は無関税で行われている。また、南部アフリカ12ヵ国で構成する南部アフリカ開発機構(SADC)のメンバーであり、同機構の本部はボツワナの首都ハポローネに置かれている。

#### (2) 民族

ボツワナはバツワナ人の土地という意味であるように、人口の半数以上はバツワナ人である。バツワナ人の歴史は14世紀半ばに現在の南アフリカのプレトリア近くのMagaliesberg地方に住んでいた部族の一部が西部トランスバル地方のZeerust(ボツワナ国境近くの南アフリカ国内)に移住したことにはじまる。その後3世紀にわたり集合離散、他の部族との統合等を繰り返し、8つのグループに集約された。ボツワナ国外のバツワナ人のグループにはBatawana, Bakgatla, Barolong, Balete, Batlokwaがある。バツワナ人の部族はリーダーであるkgosiとその一族、使用人で構成されており、kgosiは部族内部の争い事の裁判・調停、防衛、雨をもたらすこと(水の確保)、健康、財産管理に責任を有している。バツワナ人は牧畜民族であり、人々の財産は所有する牛の数で評価されている。バツワナ人の言語はセツワナ語で、現在ではボツワナの国語となっている。なお、バツワナ人の4分の3は現在も南アフリカ領内に住んでいる。

2番目に人口が多い人種はBakalanga人であり、北部のフランシスタウンを中心とする地域に住んでおり、国境をはさんでジンバブエにも住んでいる。Bakalanga人はバツワナ人と異なり、農業を主とする民族であり、農耕が最も重要な役割を果たしている。

サン(San)は2万5千年から4万年前に中央アフリカからボツワナに移住してきたものと考えられており、サンが残した2千年以上前の岩の彫刻が残されている。また、コイ(Khoi)はサンと同じ系統の民族であり、多くはドイツの植民地戦争時代にナミビアから南西部のBokspitsやKgalagadi District北部のMatsheng周辺に移住してきたものである。

このほかに北部のオカバンゴ(Okavango)周辺に、Ovaherero, Bayei, Hambukushuの民族が住んでいる。また、カラハリ砂漠周辺にBakhalagari人が1700年代から住んでおり、チョベ(Chobe)地域にはBasubiya人が住んでいる。

### (3) 歴史

ヨーロッパからの商人、宣教師等は 1806 年からボツワナに進出し始めた。1836 年に約 2 万人のボーア人が海岸沿いのケープ地区からボツワナ人が住むバール川北部に移住し、ボツワナ人に助けられて Mzilikazi が興した Ndebele 国を破りこの地に定住した。この結果、ボツワナ人の土地は皮肉にもボーア人のものになり、以降現在に至るまでボーア人とボツワナ人の土地をめぐる争いは南アフリカで続いている。この結果、ボツワナ人はボーア人を憎むようになり、イギリスを頼るようになった。一方、イギリスにとっては南アフリカ地域は土着民やボーア人との戦争等で費用がかさむ地域であり、領土の拡張に熱心ではなかったが、ドイツがナミビアを植民地化してさらに東部地域を窺い、ジンバブエとの交通を遮断する恐れがでてきたため、1885 年 3 月に現在のボツワナにあたるベチュアナランド (Bechuanaland) 全域を保護領とした。その後、英国南アフリカ会社総裁のセシル・ローズはベチュアナランドをローデシアに併合して自身がその支配者になることを計画し、イギリスもベチュアナランドをローズに引き渡すつもりにしていたが、1895 年にボツワナの 3 人の酋長がイギリスにわたりこれを阻止するように嘆願した結果、この計画は中止され、その後引き続き 70 年間イギリスが統治することになった。1965 年にボツワナ人による政府が認められ、翌年の 1966 年 9 月 30 日に正式に独立した。

### (4) 気候・地理

北部は熱帯性気候であるが、それ以外の地域は亜熱帯性気候である。最も暑い月は 1 月で、平均最高気温は摂氏 30 度から 36 度、最も涼しい月は 7 月で 1 度から 8 度である。雨期は 10 月後半から 4 月であり、その他の時期はほとんど雨は降らない。降水量は南西部に向かうにつれて減少する。最も北東部にある Kasane の年間降水量は約 690mm であるのに対し、南西部のカラハリ砂漠では 230mm 以下である。

国土面積は 58 万 1730 km<sup>2</sup> で、平均標高は約 1,000m である。北西部では、オカバンゴ川がアンゴラからオカバンゴデルタに向かって流れている。国土は全体に平坦で、カラハリ砂漠が国土の約 85% を占めている。

### (5) 人口

ボツワナは独立後の 1971 年以来 10 年ごとに国勢調査を実施しており人口統計は良く整備されている。この調査によると 1971 年の人口 57 万 4094 人に対して、1981 年には 94 万 1027 人、1991 年には 132 万 6796 人に増加している。1981 年から 1991 年までの年平均人口増加率は 3.5% である。1991 年の総世帯数は 27 万 6209 世帯で、1 世帯あたりの平均構成員数は 4.73 人 (都市部 : 4.22 農村部 : 5.27) となっている。都市部の人口比率は調査ごとに増加しており、1971 年の 9.5% から 1991 年には 45.7% に増加しており都市部への人口集中が顕著になっている。第 8 次全国開発計画によると計画初年度にあたる 1997 年度の総人口を 153 万 3 千人と見積もっている。

将来の人口予測によると 1991 年から 2001 年までに年平均 2.5% 増加して、2001 年には 170 万人に達するものと予測されている。なお、同国ではエイズ感染が大きな社会問題になっており、1995 年の調査では人口の約 13% がエイズ感染者となっている。このため人口予測においてもエイズの影響について分析が行われている。

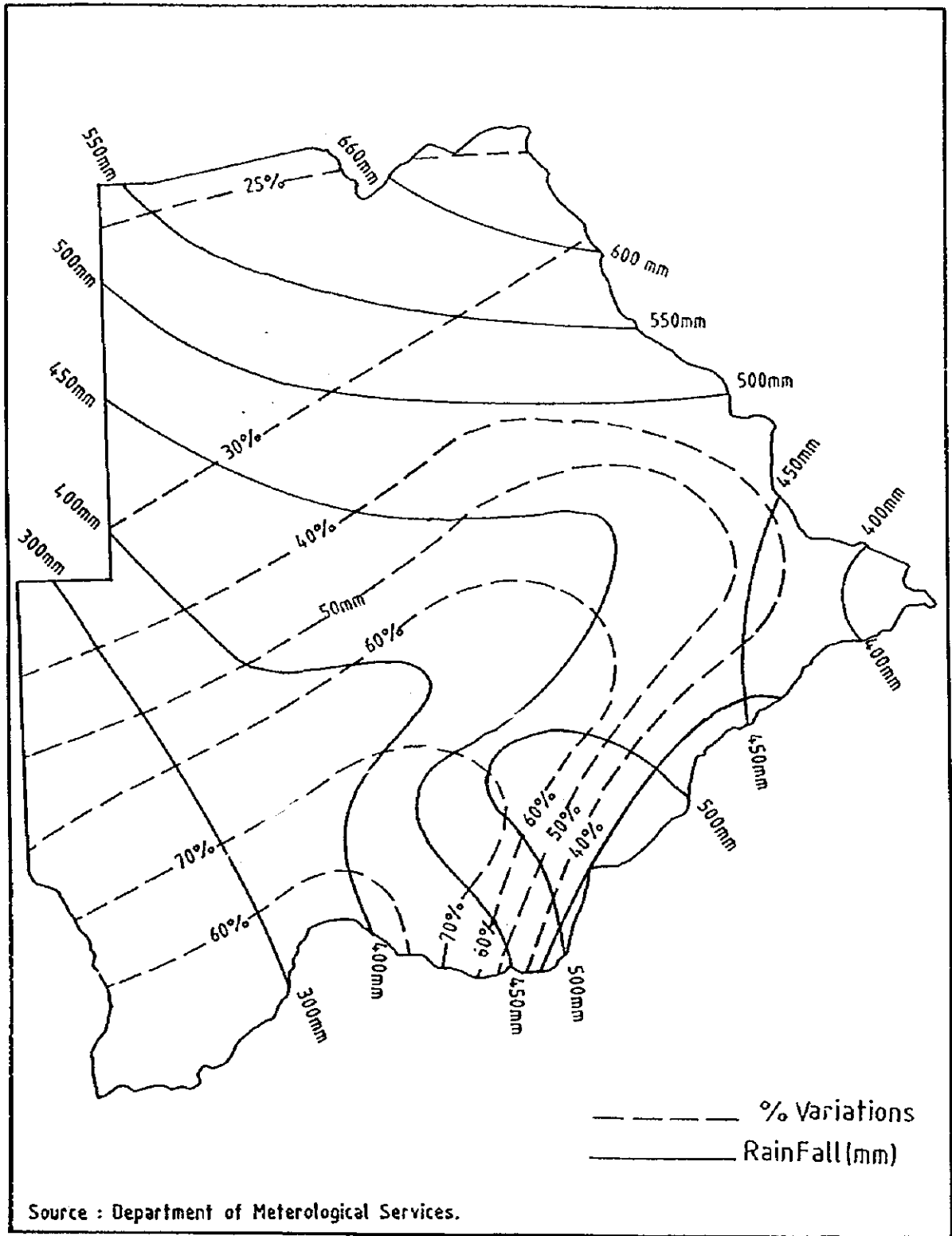


图 3-3 降雨量分布图

表 3-1 地域別人口動態

	1971		1981		1991	
	人口	構成比	人口	構成比	人口	構成比
都市						
Gaborone	17,718	3.1	59,657	6.3	133,468	10.1
Francistown	18,613	3.2	31,065	3.3	65,244	4.9
Lobatse	11,936	2.1	19,034	2.0	26,052	2.0
Selebi-Philwe	4,940	0.9	29,469	3.1	39,772	3.0
Orapa	1,209	0.2	5,229	0.6	8,827	0.7
Jwaneng	-	-	5,567	0.6	11,188	0.8
Sowa Town	-	-	-	-	2,228	0.2
地区						
Southren DC	81,531	14.2	119,653	12.7	147,389	11.1
Ngwaketse	70,558	12.3	104,182	11.1	128,989	9.7
Barolong	10,973	1.9	15,471	1.6	18,400	1.4
South East DC	20,090	3.5	30,648	3.3	43,584	3.3
Kweneng DC	65,251	11.4	117,127	12.4	170,437	12.8
Kgatleng DC	31,150	5.4	44,461	4.7	57,770	4.4
Central DC	216,058	37.6	323,329	34.4	430,332	32.4
North East DC	25,806	4.5	36,636	3.9	43,354	3.3
Ngamiland DC	47,723	8.3	68,063	7.2	94,534	7.1
Chobe DC	5,097	0.9	7,934	0.8	14,126	1.1
Ghanzi DC	11,835	2.1	19,096	2.0	24,719	1.9
Kgalagadi DC	15,137	2.6	24,059	2.6	31,134	2.3
都市人口	54,416	9.5	150,021	15.9	606,239	45.7
農村人口	519,678	90.5	791,006	84.1	720,557	54.3
全国人口	574,094	100.00	941,027	100.00	1,326,796	100.00

注：都市の定義は人口が5000人以上で、農業従事人口が25%未満の村落。1971年の調査では表の上位5都市が都市として扱われた。1981年の調査では、JwanengとTlokweng, Palapyeの2村落が都市の区分に追加された。1991年の調査では、都市のほか19村落が都市として区分された。

また、1991年国勢調査に基づきGuide to the Villages of Botswanaが作成されている。この報告では各村落ごとに水供給の状況、学校、医療施設、輸送サービス、電力供給、公共施設、スポーツ施設等の整備状況が記載されている。

Scale 1:2,000,000

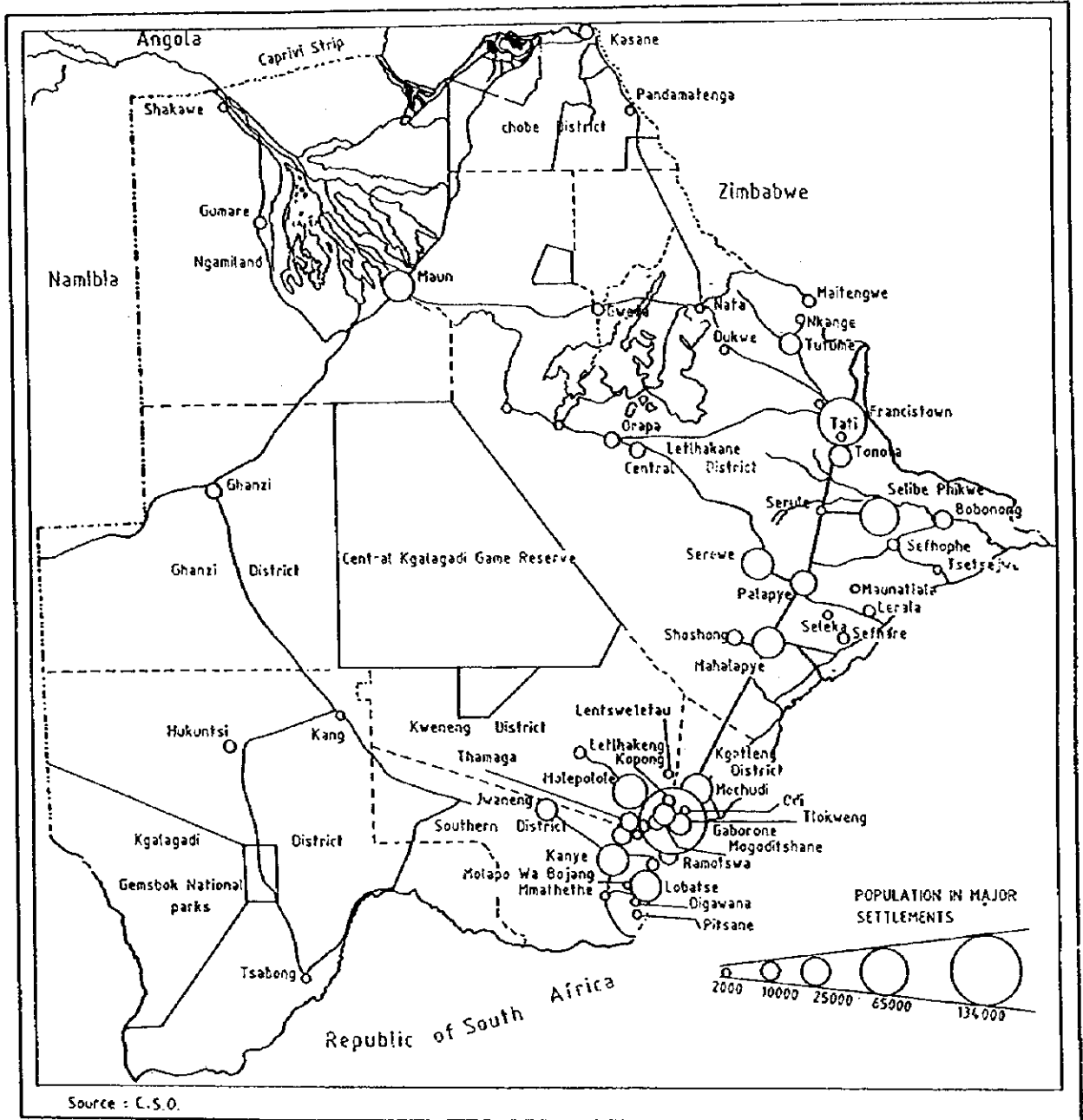


图3-4 人口分布图

## (6) 政治及び行政組織

ボツワナは一院制 (National Assembly) で、大統領は大統領候補者 (議員以外) の中から (選挙で選ばれた) 34人の議員による選挙で選出され、その任期は議員の任期(5年)と同じである。選挙権は21歳以上のすべての国民に与えられている。議会は選挙で選ばれる34人の議員と大統領が指名する4人の議員、大統領、議長で構成される。このほかに15人のメンバー (8人の主要部族の酋長と7人のその他メンバー) で構成される House of Chiefs がある。House of Chiefs は議会に対して憲法や部族の問題に関連する法律について意見を述べることになっているが強制力は有していない。司法権は議会及び行政から独立している。

大統領は副大統領と大臣、副大臣を原則として議員から指名し内閣を組織する。政府の組織は図3-2に示す通りである。各省庁の組織は、大臣、副大臣の下に行政官の事務次官 (Parmanent Secretary) をトップとする構造となっている。

地方自治体は9のディストリクトと6つの市に分けられている。各自治体には以下の4つの意志決定機関が設けられている。

### ①ディストリクト及びタウン・カウンスル (県・市議会)

小学校、ヘルスケア、近隣道路、水供給、衛生管理、地域社会開発などに責任を有している。議員は選挙で選ばれるが、中央政府が指名する議員を追加することができる。

### ② Tribal Administration

酋長、村長、行政官、地方警察によって構成され、伝統的な分野や開発に責任を有している。特に司法の分野では、村長が取り仕切る伝統的な裁判によって刑事犯罪の85%、生活犯罪の90%が処理されている。

### ③ Tribal Land Boards

Tribal land Act of 1970に基づいて設立されており、全国で12の委員会が設けられている。(ディストリクトの分類とは必ずしも一致しない。) その業務は tribal land を用途別に分配することである。メンバーは半分は選挙で選ばれ、残りの半分は政府が専門知識のある人を指名することになっている。

### ④ディストリクト・アドミニストレーション

ディストリクト・コミッショナーを長とする中央政府の業務を行うアドミニストレーション (行政府) が設けられている。なお、Ngamiland DC と Chobe DC は独立した議会を持たずに North West District Council が管轄しているが、行政府は別々にある。

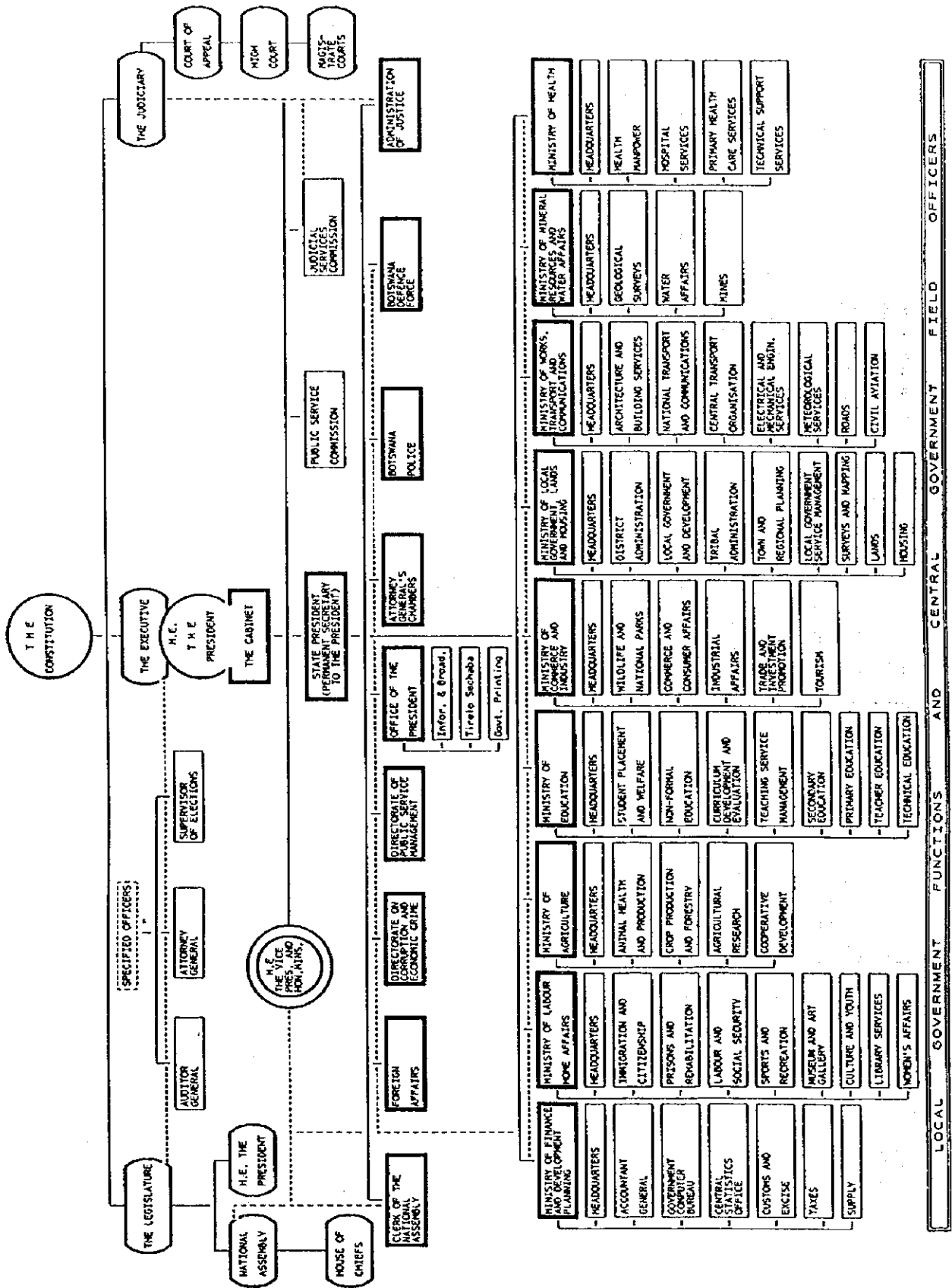


图 3-5 中央政府組織圖

表 3-2 地方自治体一覧

Urban Councils	District Councils	Land Boards
Gaborone	Central	Ngwato
Lobatse	North West	Ngwaketse
Francistown	kweneng	Rolong
Selbi-phikwe	kgatleng	Kweneng
Jwaneng	South East	Ghanzi
Sowa(Township)	Southern	kgalagadi
	Ghanzi	Chobe
	kgalagadi	kgatleng
	North East	Tlokweng
		Tati
		Tawana
		Maletle

(7) 天然資源及びエネルギー

ボツワナの主要な鉱物資源はダイヤモンド、銅、ニッケル、ソーダ灰である。特にダイヤモンドは世界最大の産出国であり、ダイヤモンド算出からの税収は国家収入の 50%に達している。ダイヤモンドの生産はデビアスとボツワナ政府の合弁会社である Debswana 社が一元的に行っている。

主要なエネルギー資源としては石炭がある。各鉱物資源の産出量は表 3-3 に示す通りである。

表 3-3 鉱物資源産出状況

単位：ダイヤモンドはカラット、その他はトン

	銅	ニッケル	ダイヤモンド	ソーダ灰	塩	石炭
1990	20,612	19,022	17,350	-	-	794,401
1991	20,576	19,294	16,541	63,154	2,684	783,873
1992	20,413	18,873	15,978	122,367	54,224	901,452
1993	21,621	20,132	14,731	126,000	98,000	890,497
1994	22,780	19,041	15,540	174,222	185,986	900,298
1995	21,029	18,672	16,674	201,641	392,258	898,376
1996	23,268	23,294	17,707	117,739	107,961	765,030

ボツワナの 1995 年度の総 1 次エネルギー供給は 94,336 テラジュール（石油換算で約 314 万 kl）で、燃料種別に見ると 57.4%が木質燃料（まき）、次いで石炭が 23.2%、石油系燃料が 17.9%を占めている。木質燃料は主として農村部を中心に住宅用に利用されており、逆に工業、商業、輸送、農業部門は非木質燃料の約 85%を消費している。

ボツワナ国内のエネルギー鉱物資源は石炭のみであり、石油は全量を輸入に頼っている。石炭の埋蔵量



は約 2120 億トンと推定されており主に東部地域に賦存している。現在石炭鉱山は 1 箇所とその生産能力は年間約 90 万トンで、国内需要のほぼ全量を賅っており、国内電力の大半もこの石炭を燃料とする石炭火力発電所で発電されている。

1996 年度の総電力供給量は 15 億 1538 万 kwh で、その 53% はジンバブエ及び南アフリカから輸入されている。国内の発電設備はボツワナ電力会社が 13 万 2 千 kw の石炭火力発電所を有しており、そのほかに小規模なディーゼル発電機が合計で約 3 万 kw となっており、不足分は輸入電力により賅われている。

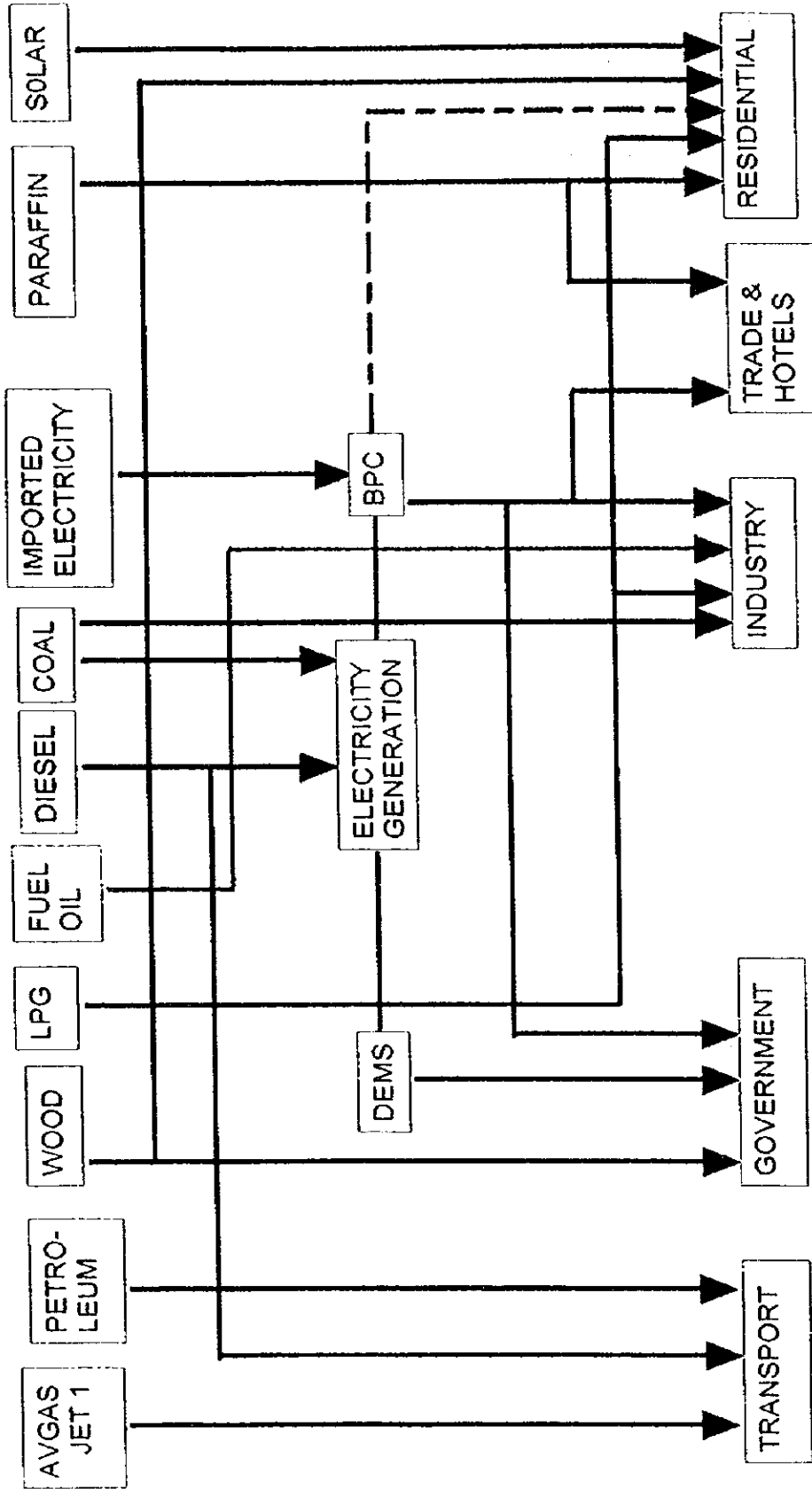


図3-6 エネルギーフローチャート

表 3.4 エネルギー供給バランス (量ベース)

	NATIONAL ENERGY BALANCE													Other RE TJ
	Original Units													
	Year: 1995													
Conversion Tj/Original Units	Coal kt	LPG t	AvGas kl	Jet A kl	Petrol kl	Paraffin kl	Diesel kl	Fuel Oil kl	Lubes kl	Electr. GWh	Wood kt	Solar TJ		
1. Primary Production	698													
2. Imports	14	10612	3063	7773	260855	20962	177864	4108	6633	392	3382	21	1	
3. Stockpiling														
4. Exports														
5. Stockpiling	912	10612	3063	7773	260855	20962	177864	4108	6633	392	3382	21	1	
6. Primary Supply (1+2+3+4-5)														
8. Transformation Inputs(9+10+11+12+13)	774						8241	1302	241					
9. Coal Upgrading														
10. Steam Power Plants(Grd)	630						206	1302						
11. Diesel Power Plants (BPC)							817							
12. Diesel Power Plants(DEMS)							7218							
13. Self Generation	143									1086				
14. Transform. Outputs(15+16+17+18+19)														
15. Coal Upgrading										1017				
16. Steam Power Plants										2				
17. Diesel Power Plants(BPC)										22				
18. Diesel Power Plants(DEMS)										45				
19. Self Generation										126				
20. Consumption of Transf. Plants										89				
21. Transm. & Distrib. Losses														
22. Net Supply (6-8+14-20-21)	136	10612	3063	7773	260855	20962	169623	2806	6392	1263	3382	21	1	
23. Stat.Differences (22-24)		-913				7017					1756			
24. Total Final Consumption	136	11525	3063	7773	260855	13945	169623	2806	6392	1263	1626	21	1	
25. Non-energy Consumption	138	11525	3063	7773	260855	13945	169623	2806	6392	1263	1626	21	1	
26. Final Energy Consumption	2	10564				13434				161	1293	19		
27. Residential (28+29)	2	10149				8868				86	270	19		
28. Urban						4566				75	1013			
29. Rural		415			550									
30. Agriculture(31+32)					300									
31. Crop farming					250									
32. Livestock production					50									
33. Industry(34+35+36+37+38+39)	130	643	20	251	3734	405	38335	2723	663	738	0			
34. Diamonds		547	10	251	1922	159	29141	649	102	224				
35. BCL	113	1			269	246	6146	1875	369	354				
36. Other Mining		4	10		474		1009		162	84				
37. Manufacturing	9	36			228		1055		5	59				
38. Construction					750		800							
39. Meat and Meat Products	8	55			91		183			17				
40. Trade and Hotels						0				264				
41. Transport(42+43)														
42. Rail														
43. Other														
44. Social & Private services	7	219			14000	30	9100	82	6	13	10			
45. Government						76				86				

表 3-5 エネルギー供給バランス (カロリーベース)

	Year: 1995													Total
	Terajoule													
	Coal	LPG	AvGas	JetA	Petrol	Paraffin	Diesel	Fuel Oil	Lubes	Electr.	Wood	Solar	Other	TJ
	kt	t	kl	kl	kl	kl	kl	kl	kl	GWh	kt	TJ	TJ	TJ
Conversion TJ/Original Units	24.00	0.05	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	3.60	16.00	1.00	1.00	1.00
1. Primary Production	21552	482	101	271	8504	736	6403	156	242	1412	54116	21	1	75668
2. Imports	336													18668
3. Stocklifting														
4. Exports														
5. Stockpiling	21888	482	101	271	8504	736	6403	156	242	1412	54116	21	1.0	94336
6. Primary Supply (1+2+3+4+5)														18922
8. Transformation inputs(9+10+11+12+13)	18566						297	50	9					15187
9. Coal Upgrading							7	50						30
10. Steam Power Plants(G/d)	15100						29		1					268
11. Diesel Power Plants(BPC)							260		8					3437
12. Diesel Power Plants(DEMS)														3910
13. Self Generation	3437									3910				3661
14. Transfom. Outputs(15+16+17+18+19)										3661				9
15. Coal Upgrading										9				78
16. Steam Power Plants										78				162
17. Diesel Power Plants(BPC)										162				454
18. Diesel Power Plants(DEMS)										454				322
19. Self Generation										322				454
20. Consumption of Transf. Plants										322				322
21. Transm. & Dislrib. Losses										454				454
22. Net Supply (6-8+14+20-21)	3322	482	101	271	8504	736	6106	108	233	4546	54116	21	1	78548
23. Stat Differences (22-24)		-41				246					28103			29307
24. Total Final Consumption	3322	523	101	271	8504	489	6106	108	233	4546	26014	21	1	50241
25. Non-energy Consumption											4839			4839
26. Final Energy Consumption	3322	523	101	271	8504	489	6106	108	233	4546	21175	21	1	45402
27. Residential (28+29)	48	480									20527	19		22126
28. Urban	48	481									4316	19		5456
29. Rural		19									16211		1	16660
30. Agriculture(31+32)					18		475		27					521
31. Crop farming					10		252		15					276
32. Livestock production					8		223		12					245
33. Industry(34+35+36+37+38+39)					8		223		12					7451
34. Diamonds					14		1360	105	24	2657	0			1984
35. BCL					6		1049	33	4	807				4320
36. Other Mining					9		221	72	13	1276	0			361
37. Manufacturing					0		36	36	6	302	0			465
38. Construction					15		36	36	0	211				53
39. Meat and Meat Products					24		29	7	0	61				256
40. Trade and Hotels					3		7	0	1	950	488	1		1444
41. Transport(42+43)					0		3924	0	182					12376
42. Rail					101		493		1	937				1504
43. Other					263		3430		161	47	160			11870
44. Social & Private services					263		328	3	0	311				208
45. Government	163	10			456		3	3	0	1				1275

### 3.2 経済

#### (1) 経済情勢

ボツワナのGDPは1995年度には146億プラ、国民一人当たりDGP約9,800プラと約3,000ドル近くに達している。

ボツワナ経済は伝統的な産品である牛と鉱物資源であるダイヤモンド、銅・ニッケル、ソーダ灰に大きく依存しているためこれらの市場の影響を大きく受ける体質を有している。独立以来、ダイヤモンドの産出により順調な経済成長を続けてきたボツワナも1991年度～1995年までの4年間の年平均実質GDP成長率は3.5%と独立以来最も低い成長率を記録している。特に1992年度は実質0.1%のマイナス成長となっている。このように近年の経済成長が低下している原因は、世界的な景気低迷に加え、1991年度の大かんばん、繊維産業の不振、政府の建設投資の減少等である。その後、経済は緩やかに回復しつつあり、実質経済成長率は1993年度は4.1%、1994年度は3.1%、1995年度は7.0%となっている。

表3-6 分野別経済成長

単位：百万プラ、成長率は%

分野	1991	1992	1993	1994	1995	平均成長率
農業	366.2	443.9	455.2	520.6	563.1	11.4
鉱業	3,125.9	3,042.3	3,932.3	4,086.3	4,859.0	11.7
工業	1,481.0	1,584.3	1,796.5	2,057.9	2,326.4	12.0
政府	1,307.6	1,565.3	1,846.7	2,159.0	2,544.5	18.1
サービス	2,091.8	2,490.0	3,044.3	3,706.5	4,338.0	20.0
合計GDP	8,372.5	9,126.0	11,115.0	12,530.3	14,631.0	-
GDP成長率	12.0	9.0	21.8	12.7	16.8	15.0
実質GDP成長率	6.3	-0.1	4.1	3.1	7.0	3.5

注：年は4月～3月の会計年度

物価上昇率は1991年3月から1996年3月の5年間の平均で12.5%であった。失業率は1991年度の14%から1994年度には21%に上昇した。

政府の財政運営は極めて堅実であり、収入と支出は概ね均衡しており、最近6年間は毎年度黒字となっている。また、政府は財政の健全性を評価する指標として非投資的支出が非鉱物財政収入に占める比率を用いており、当初の第7次国家開発計画（1991/1992～1996/1997）では96会計年度には1.31に達する見通しが現実には0.82にとどまっております計画よりも健全な財政を維持している。

#### (2) 産業

ボツワナのGDPに占める農業の比率は独立当初は約40%であったが第7次開発計画期間では約4%まで低下している。しかしながら農村部を中心に依然として農業は社会的に極めて重要な役割を果たしている。農業部門は商業化された大規模農業と伝統的な農業に大別される。1993年に大規模農家は507とボツワナの農家数の1%以下であったが、14%の牛を所有し、穀物生産の37%を占めている。一方、伝統的な小規模農業は10万927農家で、86%の牛、98%のやぎ、83%の羊を所有している。年々牛を所有する農家数減少しており、95年には牛を所有しない農家数は49%に達しており、1～40頭の牛を所有する農家数も25%に減少している。

ボツワナの1994年の牛の総数は280万頭、やぎは248万頭、羊は34万頭である。また1993年度の穀物生産はソルガムが4万400トン、メイズが5100トンであった。

鉱業はボツワナの経済成長を支える最も重要な産業である。ボツワナの鉱業生産はアフリカのなかで南アフリカ、ザイールに次ぐ3番目の地位を占めている。鉱業の中でもダイヤモンドは1996年度には17,707カラットを算出しており外貨収入の70%を占めている。ボツワナでは2つのダイヤモンドカット・研磨工場が操業している。1つはDebswana社の子会社のTeemane社で1992年からSeroweで操業している。もう1社は、米国のLazare Kaplan International社で1993年にMolepololeに工場を開設している。銅・ニッケルについてはFalconbridge社との長期契約に基づいてノルウェーとジンバブエで精練されている。

工業はGDPの5%弱であるが1980年代から1990年代前半に急速に成長した。特に輸出型の繊維産業は急激な成長を示したが、国内市場の低迷とジンバブエの対ドルレート引き下げにより業績は低迷している。韓国の現代自動車は自動車組立て工場を有しており、ボツワナから南アフリカ等に輸出している。

### (3) 貿易

1996年の輸出総額は81億42百万ブラ、輸入総額は57億29百万ブラで貿易収支は24億13百万ブラの黒字となっている。1996年の主要な輸出物資はダイヤモンドが70.3%、自動車・自動車部品が14.1%、銅・ニッケル鉱石が5.5%、繊維製品が2.4%、肉及び加工品が2.5%を占めている。輸入については食料品が16.9%、機械・電気機器が16.0%、車・輸送機器が14.1%、化学品が10.2%を占めている。

貿易相手別に見ると、輸出については英国が37.4%、その他のヨーロッパ諸国が22.4%、南アフリカ関税同盟域内が18.3%であるの対し、輸入は南アフリカ関税同盟域内が78.1%と圧倒的に多い。

## 第4章 電力政策及び地方電化

### 4.1 エネルギーセクターの概要

#### ① 鉱物資源水資源エネルギー省

ボツワナにおいては鉱物資源水資源エネルギー省（鉱物資源水資源省の名称であったが、本年から、エネルギーが名称に加わり、鉱物資源水資源エネルギー省となった。）がエネルギー政策全般を担当しており、その監督のもとでボツワナ電力公社が電力供給を行っている。同省においてエネルギー政策を担当している部局はエネルギー局である。図4-1に同省の組織図を示す。

#### ② ボツワナ電力公社

電力供給は国営のボツワナ電力公社が担当している。同社の概要は次の通りである。

表4-1 ボツワナ電力公社の概要

	1995	1996	1997
売上げ (千ブラ)	234,265	242,435	262,352
純利益 (千ブラ)	60,205	76,134	72,392
資本収益率	8.3	7.2	5.7
総販売電力量 (百万 kWh)	1,112	1,197	1,307
総発電電力量 (百万 kWh)	1,321	1,409	1,538
社員数	1,754	1,733	1,693
契約顧客数	44,164	49,465	54,440
発電設備能力 (MW)	155	155	132
最大需要電力 (MW)	194.7	204.9	222.6
平均販売電力料 (テベ/kWh)	21.1	20.3	20.0

同社の送電線延長は22万KVラインが1007km、13万2千KVラインが1243kmである。図4-2にボツワナ電力公社の送電網を、表4-1に電力料金表を示す。

#### ③ 石油・石炭業界

ボツワナの石油供給のほぼ100%近くが南アフリカからの輸入である。これらの石油は多国籍の石油会社であるBP社、シェル社、カルテックス社、トータル社、エンジェン社の5社を通じて輸入されている。政府は石油、ディーゼルオイル、パラフィン油について小売価格の統制を行っている。

石炭掘削及び供給についても民間企業が実施している。

#### ④ 木質燃料供給

木質燃料については農務省の穀物生産林業局が主たる責任を有しており、鉱物資源水資源エネルギー省等と分担して政策を実施している。農村部では木質燃料は各家庭が自分で集めて使用している。東部の一部の地域では需要がバイオマス供給量を上回り木質燃料の供給が厳しくなりつつある。

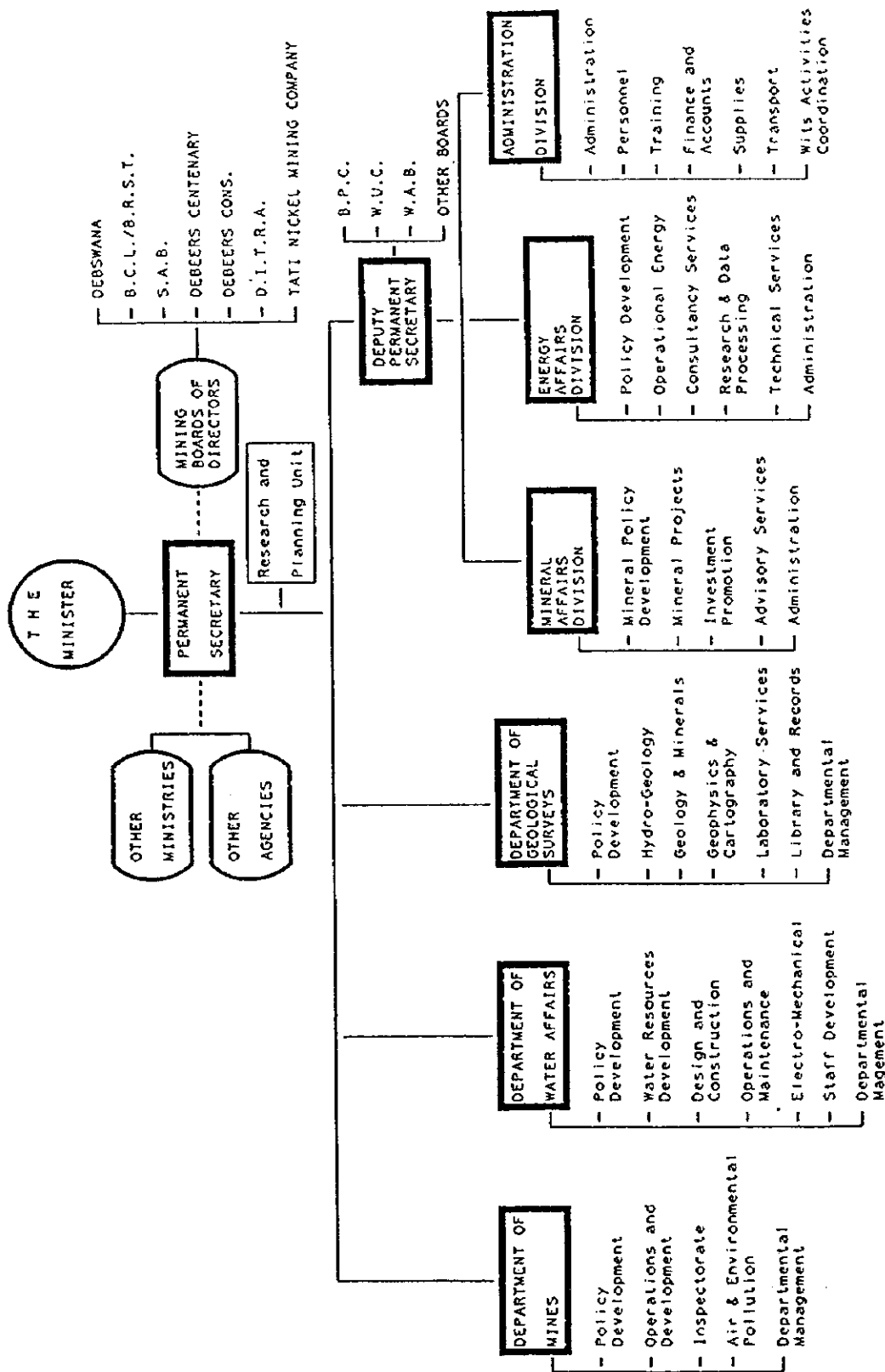


图 4-1 矿物资源水資源エネルギー省組織図



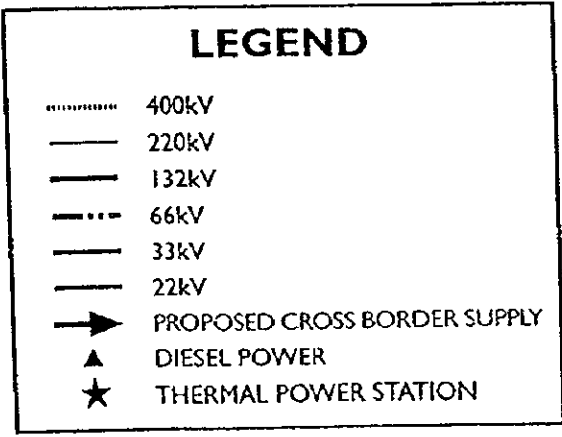


図4.2 ボツワナ電力公社送電網

表 4-2 電力料金表

**EFFECTIVE FROM OCTOBER 1995**

CHARGES PAYABLE MONTHLY	DOMESTIC (T.O.U.4)	BUSINESS (T.O.U.6)	BUSINESS 2 (T.O.U.7)	BUSINESS 3 (T.O.U.8)	GOVERNMENT (T.O.U.2)	WATER PUMPING (T.O.U.1)
Fixed charge (per month)	P7.00	P17.00	P17.00	P17.00	P17.00	P17.00
Energy charge (per kwh)	P0.2403	P0.2493	P0.1152	P0.1152	P0.3230	P0.2542
Demand charge (per kw)	none	none	P30.60	P28.80	none	none

TOU = Type of User

**THE DEFINITIONS OF THE TARIFF CATEGORIES ARE:**

- DOMESTIC** All consumers using electricity supplied at 230 Volts single phase, or 400 Volts three-phase, and not exceeding 60 Amps per phase for domestic purposes only.
- BUSINESS 1** All business consumers supplied with electricity not exceeding 400 Volts, and in respect of loads not exceeding 35 kilowatts.
- BUSINESS 2** All business consumers supplied with electricity not exceeding 400 Volts, and in respect of loads that exceeds 35 kilowatts.
- BUSINESS 3** All business consumers supplied with electricity at or above 11000 Volts.
- GOVERNMENT** All Government, Municipal and street lighting installations.
- WATER PUMPING** A special tariff for consumers with water pumping applications. Please contact the Commercial Department for advice on this tariff.



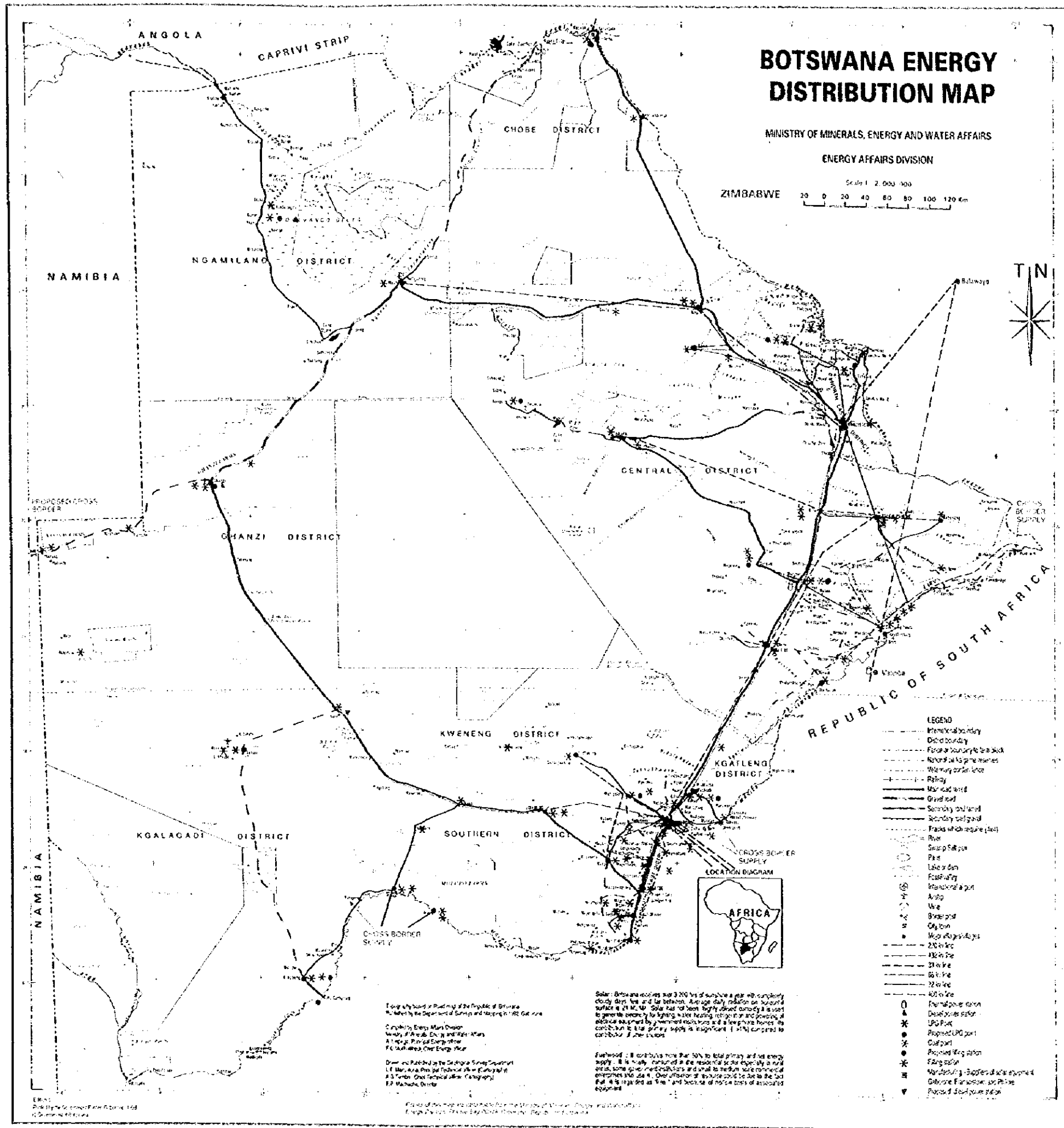


図4-3 ボツワナエネルギー施設配置図







#### 4.2 電力政策の枠組み及び電力需給

ボツワナは1992年に国内電力需要が国内発電能力を上回るまで電力は国内で自給するという政策を実施してきた。しかしながらその後の南部アフリカの地域協力の進展を踏まえ現在は電力自給政策を放棄している。ボツワナ電力公社のモルプール石炭火力発電所は33MWの発電機4台であり、65MW発電機6台を有する南アフリカのマティンバ発電所と比較してスケールメリットにおいてとても太刀打ちできない状況にある。経済性を比較すると、マルプール発電所の発電原価0.037USD/kwhに対して南アフリカの電力供給料金は0.005USD/kwhとマルプール発電所の発電原価は著しく割高なものとなっている。

このような電力自給政策転換の背景には、ドイツの技術協力の下に実施されたエネルギーマスタープラン調査の第2期調査における電力セクターの政策評価があるものと思われる。この評価では電力需要の予測を行い、これに基づいて電源開発のあり方についての検討を実施している。以下にその概要を示す。

##### 電力需要予測：

電力需要予測の前提となる経済予測についてはMacro-Economic Model of Botswana(MEMBOT)を前提とした。長期の需要予測に当たっては第7次国家開発計画に示された長期経済予測を前提とした。予測の前提となるエネルギー消費データは1991年実績を基準とした。電力需要の30%はダイヤモンド鉱山、40%はニッケル銅鉱山が占めており、これに引き続いて住宅が9%、政府が7.5%となっている。

##### 予測シナリオ：

主要需要部門別の年平均電力需要伸び率を次の通り仮定した。

表 4-3 部門別電力需要伸び率のシナリオ

	基本ケース	低成長ケース	高成長ケース
住宅部門	5%	3%	7%
ニッケル・銅鉱山	5%	-20%	5%
政府部門	5%	5%	7%
ダイヤモンド部門	5%	0%	5%
その他	5%	3%	7%

注：低成長ケースではニッケル・銅鉱山の操業縮小を見込んでいる。

##### 予測結果：

表 4-4 電力需要予測

		1992	1995	2000	2004
電力量 (GWh)	基本	824	954	1218	1480
	低成長	793	753	664	678
	高成長	831	985	1310	1647
最大電力 (MW)	基本	189	219	279	339
	低成長	182	172	152	155
	高成長	190	226	300	377



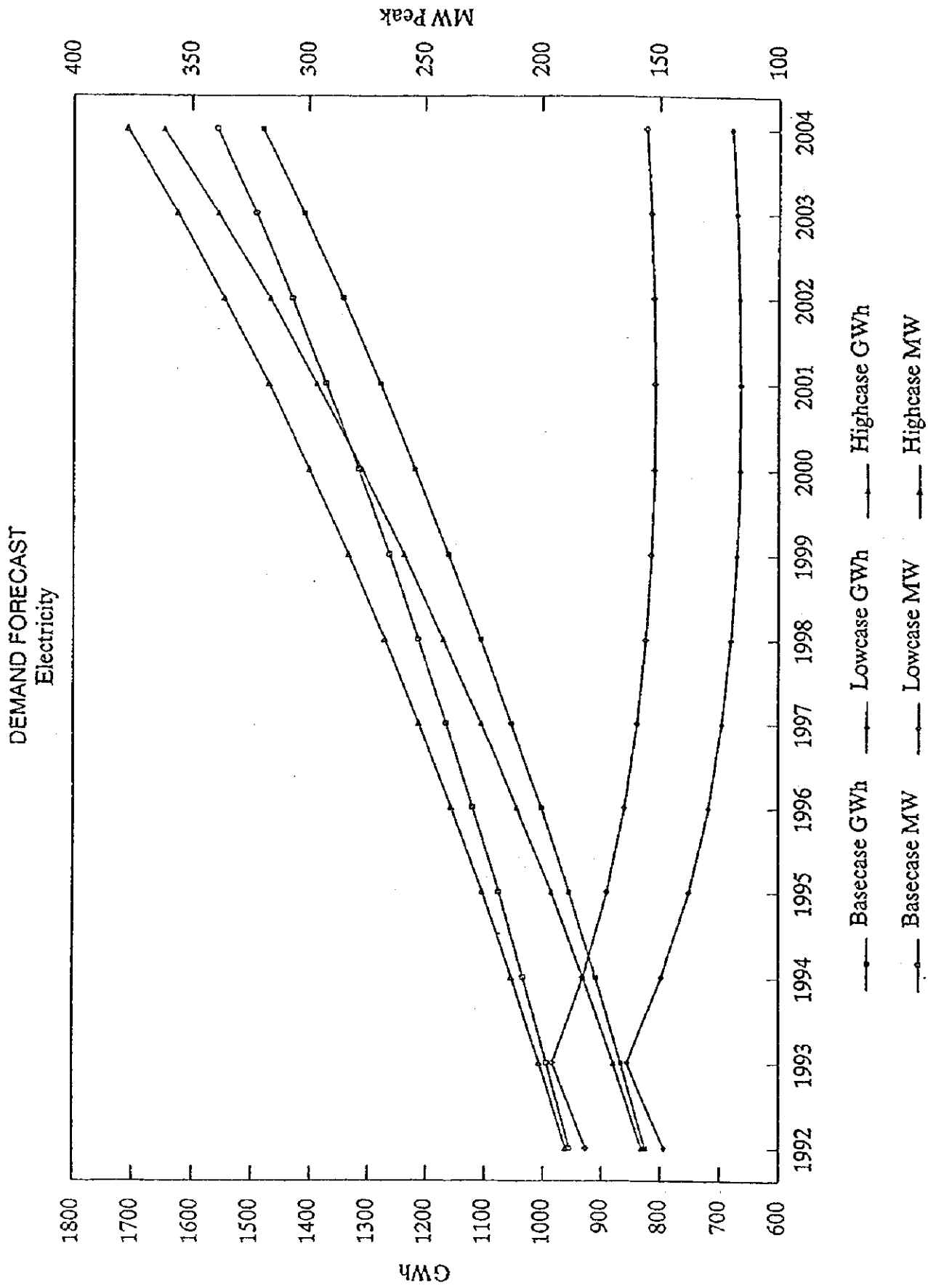


图 4-4 电力需要预测

電源開発の検討：

表 4-4 に示す 3 つの代替案について検討を行った。その結果によれば、地域強力を推進して電力の安定供給を図る案が最も妥当であると評価される。

表 4-5 電源開発の代替案比較

代替案	A 案	B 案*	C 案
	輸出用の大規模発電所を開発する。	南部・中央アフリカの地域間協力を進め、国内発電所の建設を見合わせる。	国内需要専用の小規模発電所を建設する。
設備能力 (MW)	2400 (600×4)	200	200(100~120MW×2)
運転開始時期	2004	1997	2000
設備投資額 百万 P	6,000	50	400
平均費用 (P/kWh)	0.10	0.10	0.14
電力自給率	100%	30%	90%

\* 1993年2月にSADCはMatimba-Selibe Phikwe-Bulawayo 域内送電線(40万V)の建設を決定している。この計画では送電線の運転開始は1995年で、1997年以降ボツワナは最大で200MWの電力をこの送電線から受電できることになっている。

上記の検討結果を踏まえ現在の第8次国家開発計画では電力政策について次のような目標を掲げている。

- ・最も電力料金が安くなるような供給構成になるように、南部アフリカ電力プール(SAPP)、その他の供給源から電力を調達する。
- ・SAPPが安定的に最もコストが安く供給できるように支援する。
- ・輸入電力交渉、国内発電設備投資における交渉能力を高めるため、ボツワナ電力公社に十分な資金を内部留保する。
- ・国内発電コストの割高分の影響を小さくするための新たな価格戦略を検討する。

また、輸入電力に依存することの価格変動等のリスクを低減するために、地域全体の状況を注意深く見守るとともに輸入電力料金は少なくとも4年以上の長期契約にするようにする。このような措置を講じれば輸入電力費用が国内での新たな発電所建設費用を上回るようになった時に十分な時間的な余裕を持って国内発電所建設を行って対応することができるとしている。

#### 4.3 地域電力協力

ボツワナ電力公社は南アフリカの Eskom 社との協定、南部アフリカ電力プールを通じて電力輸入を安定的に行なえるように地域間電力協力を推進している。

##### ① Eskom 社との協定

エスコム社とボツワナ電力公社は1993年3月から「Time of Use」購入契約を締結している。これまで両社の間では協定に基づき、13万2千Vの送電線3本を利用して電力購入は効果的に実施されてきている。2003年まで有効な新規の協定では、1998年から Phokoje 変電所での40万V送電線を通じての電力

輸入が追加された。

## ② 南部アフリカ電力プール (SAPP)

SAPPは計画、運転、環境の3つの常設委員会を有している。計画委員会は米国のパーデュー大学と協力して計画に関する調査を開始している。計画に関するデータはすでに収集されており近々公表される予定である。運転委員会は運転規則を作成するとともに、電力プールの調整センターをハラレに設置することを提案している。また、各国の給電センター間の連絡を改善してきている。これらの活動の中で、ボツワナ電力公社は自動発電制御に関して、ボツワナ電力公社が固有の制御地域を設定するか或いはエスコムの制御地域に含まれるようにするかの意志決定が必要になっている。

なお、ジンバブエの Bulawayo からボツワナの Selebi Phikwe を経由して南アフリカの Matimba に至る 40 万ボルト送電線の建設も SAPP の計画として実施されている。

## 4.4 地方電化計画

ボツワナ政府は 1975 年以来、地方の経済活動を活性化して雇用の増大、都市への人口集中の防止、生活水準の向上を図るため、地方電化に積極的に取り組んでいる。このためボツワナ電力公社は地方電化を推進するための系統拡大を推進している。第 7 次国家開発計画期間において 45 村が新たに系統に連系された結果、これまでに 72 村が連系されており、第 8 次国家計画期間中 (1997/1998~2002/2003) にさらに年間 14 村落ずつ連系していく計画である。また、1983 年以来接続費用の分割払い方式を採用してきたがこの制度を 1989 年度に廃止し、1990 年度から新たに農村電化共同スキームを導入した。この制度は 4 人以上が共同で接続を申請する場合に申請者が接続費用の 40% を頭金として支払い、残りを政府が負担して 10 年間の分割払いで申請者から回収するものであった。しかしながらこのような措置を講じても接続負担金が高いため表 4-5 に示すように連系済み地域における電化率はかなり低いままに留まっている。この結果、ボツワナ電力公社の連系済み地域内に約 7 万戸の未接続住宅が残された状態となっている。

表 4-6 都市・農村別住宅電化率 (1993 年エネルギーマスタープラン報告書推定値)

	住宅数	電化住宅数	電化率
全国	265,748	26,366	10%
都市部	75,153	19,666	26%
農村部	190,595	6,700	4%
1989 年連系地域図			
Gaborone	32,370	11,650	36%
Francistown, Lobatse	19,660	5,900	30%
Jwaneng, Orapa(Diamond towns)	4,900	4,700	96%
other small towns	40,790	1,200	3%

このような状態を解消し、電化を促進するため、1995 年 10 月に上記制度を見直し、接続費用の頭金を従来の 40% から 10% に減らし 10 年間で残金を返済する仕組みを導入した。この結果、このスキームを利用した系統への接続件数は年率で 68% も増加し、これまでに 7242 戸がこの改定後の農村電化共同スキーム

ムを活用して連系への接続を行っている。また同時に電気料金についても10%の引き下げを実施している。さらにボツワナ電力公社は14の主要村落で系統への接続を拡大するための送配電網の拡充工事を開始している。このような対策の結果、1991年以降の系統への接続件数は年平均で21%ずつ増加している。しかしながら第7次国家開発計画終了時点においても住宅の電化率は都市部で21%、農村部で3%に留まっている。

第8次国家開発計画ではファイナンスと技術の両面からの総合的な電化促進対策を推進することにしており、このため、ボツワナ電力公社は次の条件を満たす村落について引き続き系統拡大を図ることになっている。

- ・既存の送電線や変電所から50km以内であること。
- ・村落の人口が2000人以上であること。
- ・初年度の販売電力の50%以上が産業及び政府機関によって利用される計画であること。
- ・今後20年間で毎年5%以上の需要の伸びがあること。
- ・経済的な実現可能性を決定するためのキャッシュフローの割引率を6%とする。

また、系統から離れた地域において政府機関向けにディーゼル発電による集中電力供給を政府の電気機械サービス局が行っており、これらのサービスは地域の電力需要が増大するとボツワナ電力公社に移管することになっている。第8次国家開発計画期間中にKangとGumareについてはボツワナ電力公社への移管を検討し、新たにHukuntsiとRakopsに電気機械サービス局がサービスを開始する予定である。

表4-7 農村電化予算（第8次国家開発計画）

単位：千プラ、実質ベースは1997/98価格

	1997/98	1998/99	1999/2000	2000/2001	2001/2002	2002/2003	合計
名目ベース	24,000	25,000	25,000	25,000	25,000	11,000	135,000
実質ベース	24,000	22,936	21,240	19,670	18,349	7,555	113,750

#### 4.5 他援助機関・NGO等の地方電化・再生可能エネルギーに関わる活動

ボツワナに対する1984年から1994年までの海外からの援助動向を見ると、1987年をピークに減少しつつある。特に無償資金援助については1989年以降年々減少してきており特に1993年以降激減しており1994年の無償資金援助総額は5270万ドルとなっている。一方、ローンについては明確な減少傾向は見られないが1994年のローン総額は1490万ドルと前年に比べて激減している。このようにボツワナに対する援助が近年急速に減少している理由は同国が最貧国から中所得国に移行したことにより他の開発途上国に比べて援助のプライオリティーが低下したためである。

このような全体的な援助全体の動向を反映してエネルギー関連部門に対する援助も90年代に入り減少しており、1993年は22000ドル、1994年は8000ドルに留まっている。過去の調査資料及びUNDPの援助年報（1993及び1994年版）によれば電力及び再生可能エネルギー関連の援助案件は次のようなものがある。なお、わが国からの援助案件としては、モルプール石炭火力発電所建設事業に対する総額21億円の資金協力が行われている。

### ①エネルギーマスタープラン

1985年から1996年までの12年間にわたりドイツ技術協力庁（Germany Agency for Technical Cooperation, GTZ）がBotswana Ministry of Mineral Resources and Water Affairsに対して効率的かつ環境的に健全なエネルギー政策を支援するための総合的なエネルギー計画作りを目的に技術援助を行っている。援助総額は137万9千ドル（1985～1993年までの分でそれ以降の援助分は含んでいない）である。

第1期の調査（1985～1987）ではボツワナのエネルギー資源と技術の評価、エネルギー需給分析を実施し、その結果を1987年3月に報告書を取りまとめている。引き続き第2期（1989～1993）では第1期のデータベースの修正、エネルギー関連プロジェクトの評価、エネルギー政策の検討を行い1993年7月に報告書を作成している。第3期（1995～1996）はエネルギー政策の優先度の評価、具体的な実施方法を中心に検討を行い1996年6月に報告書を作成している。

### ②都市住宅エネルギー戦略調査

スウェーデン国際開発庁（Swedish International Development Agency, SIDA）の資金援助でBotswana Ministry of Mineral Resources and Water AffairsとUNDP/World Bank Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP)が都市住宅部門に対する初めての戦略作成調査を実施し、1991年5月に報告書を作成した。この調査は、ドイツの技術協力で実施されたエネルギーマスタープラン調査を補完する調査として位置付けられている。

### ③農村におけるエネルギー利用と需要調査

英国海外開発庁（UK Overseas Development Administration）の資金でBotswana Ministry of Mineral Resources and Water Affairsに対してERL Energy Resources Lmd.が現在及び将来の農村部におけるエネルギー需給の動向を調査した。報告書は1985年12月に作成されている。

### ④地熱開発調査

英国海外開発庁（UK Overseas Development Administration）が1987年から1993年にかけてBotswana Ministry of Mineral Resources and Water Affairsに対して総額7万9千ドルの地熱開発技術協力を行っている。

### ⑤電源開発

英国海外開発庁（UK Overseas Development Administration）が1987年から1994年にかけてBotswana Ministry of Mineral Resources and Water Affairsに対して総額2万4千ドルの技術援助を実施しているが内容は不明である。

### ⑥ボツワナ再生可能エネルギープロジェクト（BRET）

1980年から1985年8月まで米国USAIDと鉱物資源・水資源省がボツワナに再生可能エネルギー技術を導入することを目的にボツワナ再生可能エネルギープロジェクトが実施されている。この一環で風力技術の導入も試みられた。また、このプロジェクトに関連してスウェーデンのSIDAの資金協力で気象観測局、ボツワナ技術センター、水資源局が参加してボツワナ全土の風況調査も実施されている。

## 第5章 再生可能エネルギー利用の現状

### 5.1 ローカルエネルギーの需給及び利用状況

ボツワナのローカルエネルギーは木質燃料（まき）が中心であり、1次エネルギー供給全体の57.4%を占めている。太陽エネルギー、風力、バイオガス、水力発電等のその他のローカルエネルギーの利用は現状では少なく1次エネルギーバランス上は無視できる程である。

#### （1）木質燃料

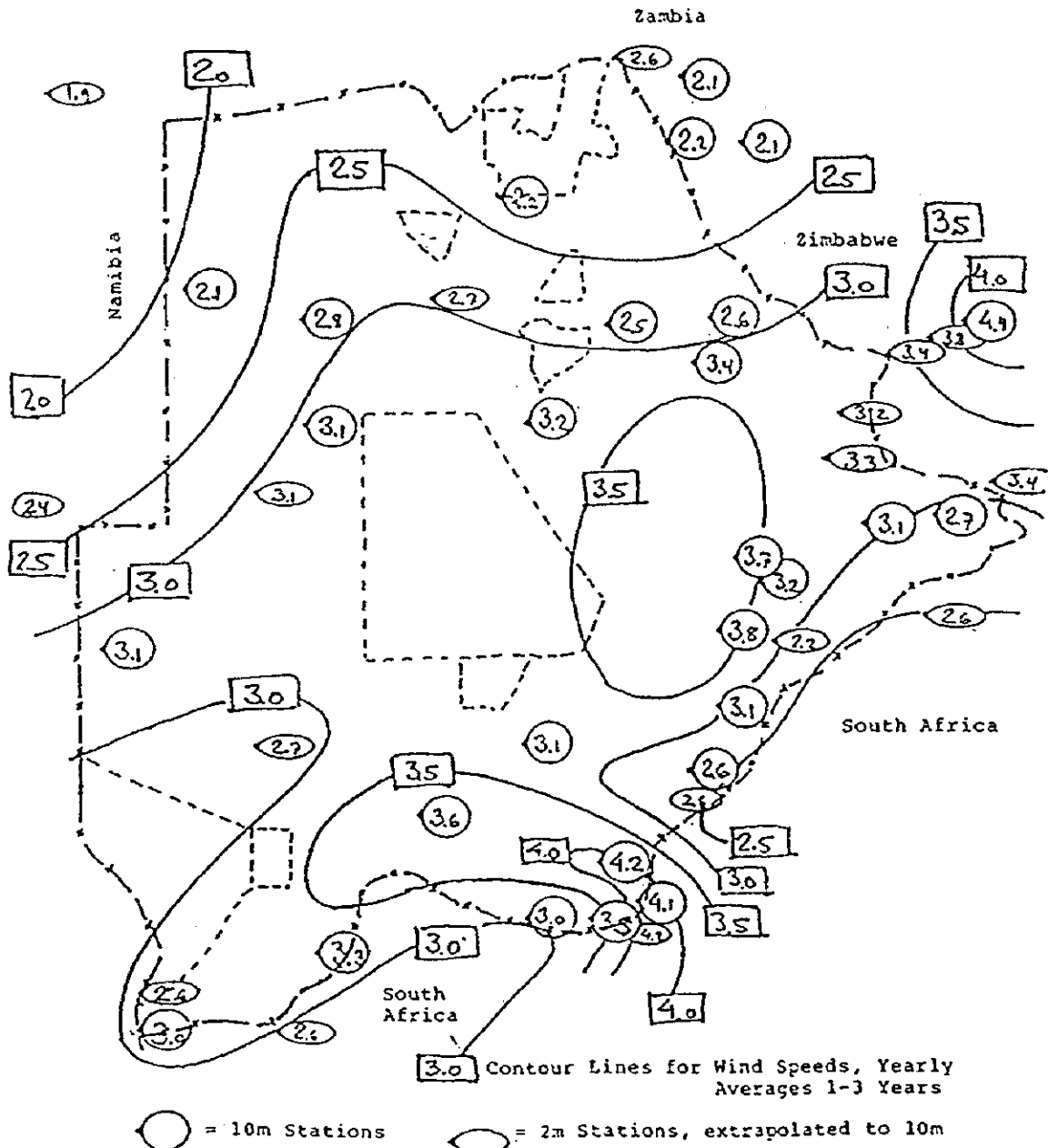
木質燃料についてはボツワナ国全体で見ると需要を賅うのに十分な再生産量がある。ボツワナ全体のバイオマス（木材）生育量は年間で5千万トンと見積もられているのに対して、実際に利用されているバイオマス量は年間約180万トン程度である。しかしながら、人口が多い東南部地区や4000戸以上の大規模集落では木質燃料がバイオマス生産量に対して需要超過になっている地区が生じている。

#### （2）バイオガス

家畜のふん尿等から生産されるバイオガスの利用については、農村工業革新センター（RIIC）やボツワナ技術センターが研究開発等を実施した。1994年5月に作成された東部及び南部アフリカにおける再生可能エネルギー調査（スウェーデンの資金援助で実施された調査）によれば、ボツワナではこれまでに12のバイオガスプラントが設置され、そのうち9プラントは稼働を続けている。ボツワナは牛の飼育等の牧畜が盛んであることからこれらのふん尿を利用するバイオガスは可能性があるエネルギーと考えられたが、現実には牛等は放牧されているためふん尿は分散してしまいこれを経済的に集めることが困難なためほとんど利用は進んでいない。

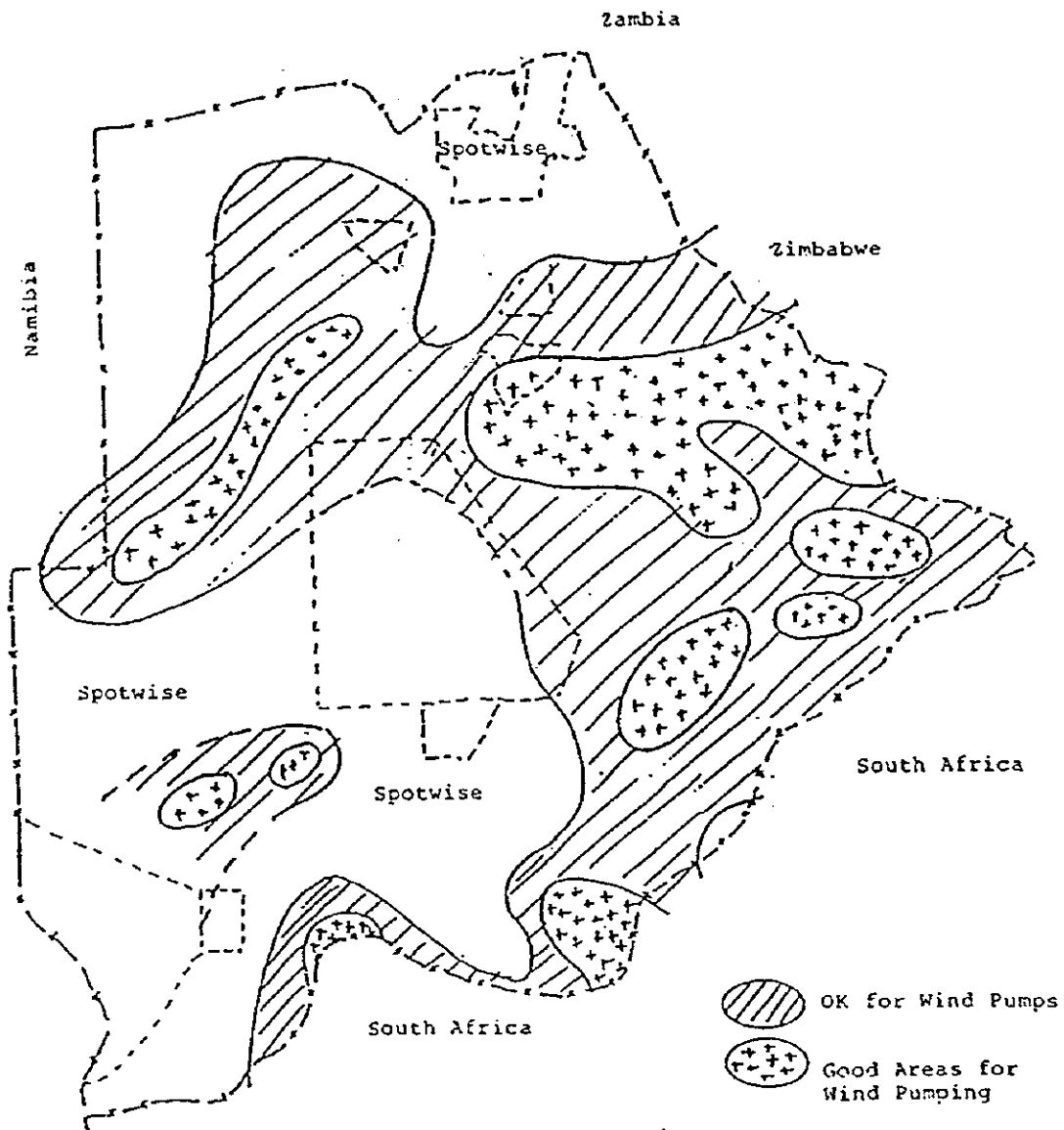
#### （3）風力・水力



風力についてはボツワナの自然条件では風が弱くあまり有利な状況にはない。ボツワナの年間平均風速は一般的には3m/秒以下であるため、ローカルエネルギーの供給源としては多くを期待できない。農村工業革新センターが唯一風力技術に取り組んでいる。同センターが開発したロータリー式風車はこれまでに25台導入されている。ボツワナにおける風力利用としては風車を利用した揚水ポンプがもっとも期待されており、比較的風が強い地区で、地下水位が40m以浅、汲み上げ水量1日5m<sup>3</sup>以下の場合には風力利用が最も経済的に有利になる可能性がある。水力についても乾燥地域という自然条件から利用可能性はほとんどない状態である。



Source: Larsson, Fritz. Wind Resources in Botswana. Gaborone, Botswana: Ministry of Mineral Resources & Water Affairs.

图 5-1 风速分布图



Combined Areas Where		SWL	$\bar{v}$ Year
	where	20m	3.5 m/sec
		40m	3.0 m/sec
		60m	3.5 m/sec
	where	20	3.0
		50	3.5

Source: Larsson, Fritz. Wind Resources in Botswana. Gaborone, Botswana: Ministry of Mineral Resources & Water Affairs.

FRITZ LARSSON  
P. Bag 1  
KANYE  
BOTSWANA

図5-2 風力揚水ポンプ可能地域



#### (4) 太陽エネルギー

ボツワナにおいて最も有望なローカルエネルギーは太陽エネルギーである。ボツワナの年間日照時間は3000時間以上であり、平均日射量が6.0~6.5kWh/m<sup>2</sup>/日と世界で最も太陽エネルギー利用に適した地域の1つである。日射量等の計測については、次のような調査がこれまでに行われている。

- ・農業研究局 (Department of Agricultural Research at Sebele)及び気象サービス局が日照時間の実測を全国23箇所で実施している。幾つかの観測局は10年以上の観測記録を有している。
- ・全日射量の調査は2箇所で行われている。Sebeleにおいては水平日射量が、ボツワナ技術センターでは水平及び北向き30度の2つの傾斜での日射量が測定されている。
- ・幾つかの地点で Andringa, Bhalotra 等により日照時間から日射量が計算による算出されている。その結果は表5.1に示すようになっている。

表5.1 年間平均日射量試算

地名	年間晴天日数	1日当たり日照時間	年間日照時間	全水平日射量 (MJ/m <sup>2</sup> /日)
ハポローネ	304	9.0	3230	20.8
フランシスタウン	282	8.7	3070	21.3
Chanzi	316	9.2	3390	21.8
Kasane	.....	8.2	.....	20.8
Mahalapye	296	8.5	3120	20.7
Maun	306	8.9	3320	21.7
Sebele	314	.....	3320	19.6
Shakawe	299	8.6	3130	21.3
Tsabong	330	9.7	3510	22.0
Tshane	324	9.4	3460	21.8

地域的な日射量の変化を見ると、南部のTsabongでは平均全日射量(水平面)が6月の13.5MJ/m<sup>2</sup>/日から12月の27.5MJ/m<sup>2</sup>/日の間で変動するのに対し、北部のShakaweでは6月の16.7MJ/m<sup>2</sup>/日から12月の22.3MJ/m<sup>2</sup>/日へと比較的季節変動が小さくなっている。年間平均日射量は北部(Tsabong)と南部(Shakawe)はほぼ21MJ/m<sup>2</sup>/日と同程度であるのに対し、東部(Mahalapye)は19.6MJ/m<sup>2</sup>/日と少し小さい傾向にある。日射角度別に見ると年間トータルで日射量が最大になる角度はほぼ緯度と一致しており、ハポローネで25度、北部のShakaweで18度である。ただし年間日射量の日射角度による変動は小さくあまり有意な差はない。

表5-2 ハボローネにおける角度別月別日射量

単位: MJ/m/日

角度	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	夏平均	冬平均	年平均
0	23.9	22.9	20.0	18.6	16.3	14.7	15.6	18.4	21.2	23.6	24.0	25.1	23.3	17.5	20.4
10	23.3	22.9	20.6	20.1	18.5	20.4	22.2	20.4	22.2	23.7	23.5	24.3	23.1	19.4	21.2
20	22.2	22.3	20.8	21.1	20.3	19.3	20.0	21.9	22.8	23.4	22.6	23.0	22.4	20.9	21.6
30	20.8	21.3	20.5	21.7	21.6	20.9	21.5	22.8	22.9	22.5	21.2	21.4	21.3	21.9	21.6
40	19.0	19.9	19.7	21.7	22.4	21.9	22.5	23.2	22.4	21.2	19.4	19.4	19.8	22.3	21.1
45	17.9	19.9	19.2	21.6	22.6	22.3	22.8	23.2	22.0	20.4	18.4	18.3	19.0	22.4	20.7
50	16.9	18.1	18.6	21.3	22.6	22.4	22.9	23.0	21.4	19.5	17.4	17.1	17.9	22.3	20.1

このような恵まれた日射条件を利用して太陽熱温水器の利用が進められている。1994年5月のRenewable Energy Technologies in Botswanaによれば15,000台の太陽熱温水器が利用されている。最大の利用者はボツワナ住宅公社で、次いで鉱山会社やクリニック、病院等の政府機関の建物が主要な利用者になっている。また、1993年のボツワナエネルギーマスタープラン報告書では10,000台以上の温水器が設置されていると述べており、数字に多少の開きはあるがいずれにしてもかなりの数の温水器が利用されている。これらの温水器は国産又は南アフリカ、オーストラリアからの輸入品である。太陽熱温水器については、部品が不良であったり、据付け工事の不備、硬水に起因するスライムの発生等により多くのトラブルが発生している。このような設置技術、維持管理の不良等に伴う故障を減らすため、ボツワナ政府は太陽熱温水器設置基準 (Code of Practice for Solar Water Heaters) を1990年に作成している。

太陽光発電についても1993年の上記マスタープラン報告書によると600kW相当の設備がすでに設置されている。

このほかの太陽エネルギーの利用としては太陽熱調理器、太陽熱脱塩装置等の開発が進められている。

## 5.2 太陽光発電に係る導入促進政策及び制度

### (1) 太陽光発電導入政策

ボツワナ政府は太陽エネルギーをボツワナにおける最も有望な再生可能エネルギーとして位置付け積極的にその導入促進を図ってきている。第7次国家開発計画(1991/1992~1996/1997)においては新・再生可能エネルギー開発について次の3つの目標を掲げて取り組んできた。

- ・農村部のエネルギー需要に焦点を当てた技術開発と普及
- ・新・再生可能エネルギー機器を製造し、組み立てし、設置し、販売し、維持・修理を行う事業の起業を支援するための技術的援助
- ・様々レベルにおける職業訓練

この目標に従って第7次計画期間中に太陽光発電と太陽熱温水器の設置技術基準が作成され、現在国家標準にする作業が行われている。マニヤナ村において1992年に太陽光発電による住宅電化等のパイロットプロジェクトを実施し、さらに1994年に実施した評価分析においてその効果を確認した。これに引き続く、3村をモデルに太陽光発電導入の意思と支払能力に関する市場調査を実施した。これらの成果を踏まえて新たな太陽光発電購入のための資金助成プログラムを導入した。また、コントローラーや太陽光発電補聴器を開発し、民間企業にライセンスを供与して生産開始させた。Madeba Brigades (brigadesは

コミュニティ単位の職業訓練施設)は太陽光発電の設置と維持管理に関する研修コースを提供している。このような第7次開発計画中の各種の取組にもかかわらず太陽光発電普及に関してまだ多くの問題が残されている。具体的には普及促進活動を行うのに十分な知識を持った人材の不足、農村部における設置費用の高さ、政府機関への導入において太陽光発電等は維持費用が不要であるとの誤解に基づく維持管理予算不足、技術者の不足である。

このような第7次国家開発計画期間中における問題点を踏まえ、1997会計年度から始まった第8次国家開発計画においては新・再生可能エネルギー導入政策の目標を次のように設定するとともに具体的な施策について以下のように述べている。また、第7次計画では新・再生可能エネルギー全般の開発が目標とされていたが、第8次計画ではバイオガスや風力エネルギー利用が限定的である実態を踏まえ太陽エネルギーに焦点を明確に絞っており、その中でも太陽光発電については遠隔地における発電に利用する旨の方向性を明確に打ち出している。

- ・適切な調整、組織的な支援、ファイナンス、技術基準について整合性を持った対応をとり太陽光発電の利用促進を図る。
- ・適切な場所において太陽温水器の利用を促進する。
- ・地域的、国際的な研究開発の成果を利用する。

この目標を達成するため持続性のある太陽光発電電化計画を推進する。技術基準の整備と普及、技術訓練の拡大、効果的な維持管理体制、適切なファイナンスメカニズム、関係者への情報提供に重点的に取り組む。マニヤナパイロットプロジェクトを全国に普及させるため、新たなファイナンスメカニズムを導入しており、第8次開発計画期間を通じてこのメカニズムを実施していく。さらにSADCの小規模利用者向けのエネルギーサービスに対するファイナンスプログラムも実施される予定である。

また、太陽光発電に対する住民の理解を促進するため農村部を対象にデモンストレーション設備を設置していく。中央政府及び地方自治体に訓練を受けた職員を配置し、地方自治体等が太陽光発電の維持管理資金を確保する必要性を理解するように努力する。地方行政土地住宅省は引き続き読書室に太陽光発電を設置する計画を推進し、さらに他の政府組織にも拡大する。標準局は機器の設計、設置にかかる技術基準の整備、普及、遵守を推進する。

太陽光発電電化計画は国家的な必要性を明確にするため全国電化計画にも反映させる。太陽光発電電化に責任を有する適切な機関を選定しその実行に必要な能力を確保していく。適切な体制を整備するため、ボツワナ電力公社、地方行政土地住宅省、公共工事運輸通信省、教育省、ボツワナ技術センター、農村工業開発公社等と協議して事務的な手順を明らかにする。

大統領のタスクグループが1997年9月に取りまとめた独立50周年の2016年を目標としたボツワナの長期ビジョンにおいてもエネルギーについて次のように将来の方向を指摘している。

「エネルギーは工業化を成功させるための前提条件である。それゆえボツワナは価格優位性のあるエネルギー開発を進めるとともに電力の発電及び供給においてスケールメリットを享受できるように近隣諸国との協力を追求する。ボツワナは豊富な太陽エネルギーを有しており、電力系統に接続されない農村社会のためにこれを開発しなければならない。ボツワナは太陽エネルギー技術のセンターオブエクセレンスになるべきである。太陽エネルギーは遠隔地の学校における有力な電力源である。」

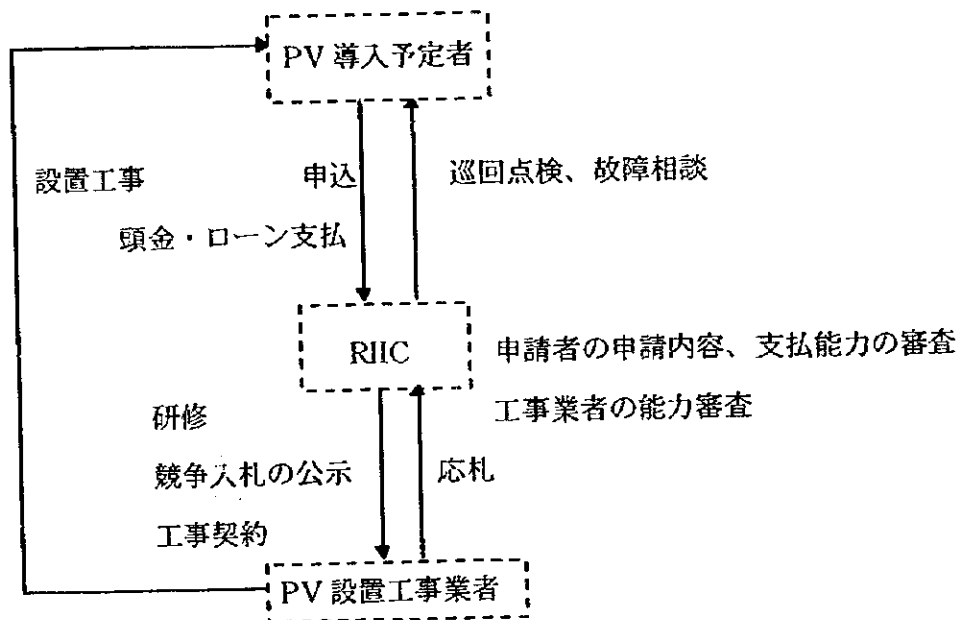
表 5-3 再生可能エネルギー導入促進予算（第 8 次国家開発計画）

注：単位千プラ、実質ベースは 1997/98 価格

	1997/98	1998/99	1999/2000	2000/2001	2001/2002	2002/2003	合計
名目ベース	650	965	250	250	250	1,335	3,700
実質ベース	650	885	212	197	184	917	3,045

(2) 全国農村太陽光発電電化プログラム

ボツワナ政府は農村工業開発センター（RIIC）を事業主体として、1997年2月から太陽光発電設備を導入しようとする個人を対象に頭金15%、4年間のローン制度を中心とするプログラムを導入している。現在までにこの制度の申請者は600世帯で、すでに120戸がこの制度を利用して太陽光発電装置を設置している。ローン金利はプライムレートで、発足以来14%となっている。このプログラムの仕組みは次の通りある。



PVの設置希望者は原則として5人以内のグループで申込を行うことになっているが、1人でも止むを得ない場合には受け付けている。PV設置工事業者は出来るだけ地元業者育成の観点からRIICが技術トレーニング等を行っている。また、設置工事に関してはRIICが責任を持ち申請者は設置業者と直接交渉する必要はない。設置後の維持管理は基本的には各設置者の責任で行うが、RIICは故障等について相談を受けるとともに定期的に巡回点検を行っている。技術的な仕様は50W多結晶パネルを基本としている。アモルファス電池については経年劣化の問題があるため採用しないことにしている。技術基準は次の通りである。

表5-1 技術基準

機器	仕様
モジュール	50W、充電電流3A、17V オープンサーキット多結晶シリコン
バッテリー	12V/102Ah、メンテナンスフリー、80%放電可能
レギュレーター	12V/5A、9.6V load disconnect
インバーター	150W、Square wave、surge protected
ライト	12V/9W for DC
ペンダント	220V/9W for AC

このプログラムを実施するため RIIC は専任のコーディネーターを配置し技術者等を含め3人で担当している。年間予算は約100万プラで1997会計年度から2000会計年度（RIICの会計年度は7月～6月、1997年度は変則的に5月から4月で予算を計上しており、1998年6、7月分はブリッジ予算を確保。）の4年間で445万プラを予定している。1998年度予算ではには250世帯に太陽光発電を設置するため65万プラ（1世帯あたり2600プラ）の設備費（設置費用を含む）の予算を要求している。しかしながらこれまでの設置実績から見ると予想よりも大規模なシステムの設置を希望するケースが多く1世帯あたり単価はこの予算を大きく上回っている。RIICが本年5月に実施した競争入札資料から見ると申請者（35世帯）の希望システムは次のようになっている。

電灯の数 : 4以下 8世帯、5～9 19世帯 10以上 8世帯  
 ラジオとテレビ : 32世帯  
 ファン : 6世帯

現在までのところ本制度は順調に進捗しているが、問題点としては、本制度の発足により太陽光発電装置の需要が増加したため設置工事費用が値上がりしていること、予想よりも大規模な設備を希望するケースが多く予算不足が懸念されることである。

### （3）太陽光発電設置技術基準

また、ポツワナ技術センターは1992年に太陽光発電設備の設置基準を作成しており、現在この基準を国家基準にする手続きが進行中である。この設置基準には太陽光発電装置の各部品や材料、設計、表示、試験・検査方法、維持管理や補修部品等の技術的基本事項が記述されている。

### （4）太陽光発電導入可能性調査の実施

鉱物水資源エネルギー省は1996年6月に下記のような太陽光発電農村電化可能性調査報告書を作成している。この調査を参考に上記の全国農村太陽光発電電化プログラムが創設されている。

#### ① 調査目的

家庭用の太陽光発電照明システム（2灯及び4灯システム）に対する住民のニーズ及びポツワナ電力公社が進めている農村電化計画と同様の形で太陽光発電導入のための住民グループを形成することへの住民の賛否を調査することを目的に3つの異なった条件の村でアンケート調査を実施した。

② 調査対象村落

調査対象村落名	位置	人口	家族数	系統との連系	調査対象戸数
Manyana	Southern District 首都から 50km	2,511	690	連系済み 連系戸数：6戸 PV 導入済み：42戸	99戸
Melepole	Kweneng District 首都から 50km	36,900	8,919	連系済み 連系戸数は4%以下 主要照明用エネルギー源 はパラフィン及びロウソ ク (92%)	257戸
Takatokwane	Kweneng District 首都から 200km	1,113	247	連系の予定なし 主要照明エネルギー源は パラフィン67%、まき 21%。	50戸

③ 調査方法

- ・ボツワナ大学の学生5人を使ったインタビュー調査。
- ・テスト調査を行い、質問の難易度等をチェックし、調査表を修正。所要時間は1戸あたり20～30分。
- ・所要日数  
Manyana : 5日  
Melopolole : 2週間  
Takatokwane : 2日

④ 調査結果

- ・購入意欲  
直ちに利用したい：161戸  
PVを購入したい：269戸  
ローンを組みたい：311戸
- ・購入希望システムの規模

	2灯システム	4灯システム	6灯以上	合計
Manyana	55	25	8	88
Molepolole	116	65	43	224
Takatokwane	24	10	3	37
計	195	100	54	349

・支払い能力

	支払い可能	ローンを利用したい	頭金をすぐに支払える
Manyana	75	78	40
Molepolole	209	185	98
Takatokwane	29	28	23
計	313	291	161

・グループ化に対する支持

Manyana	: 66.7%
Molepolole	: 75.5%
Takatokwane	: 66%

(5) 再生可能エネルギー職業訓練可能性調査の実施

鉱物水資源エネルギー省は再生可能エネルギー導入の問題点として専門技術者の不足等の人材不足が指摘されていることを踏まえ、1997年10月に Study to Assess New and Renewable Sources of Energy (NRSE) Training in Technical Schools in Botswana 調査をとりまとめた。この調査の目的は職業訓練教育のニーズ、既存の教育システムの評価、望ましい職業訓練プログラムと必要な訓練施設に関する提言をまとめることであった。この調査の結果、NRSEに関する専門家は管理職クラスから職人に至るすべてのクラスで不足しており、現時点で200人の職人/技能者、40人の監督者・教育者、30人の意志決定者、10人の専門家が不足しているとしている。既存の職業訓練施設については現在はNRSEの教育はどこも行っていない。Madiba Brigades (Mahalapye) 及びPalapye VTC (Vocational Training Center)はこの問題を認識して一部の教育プログラムが提供されている。今後の職業教育のありかたについては次のような提言をとりまとめている。

- ・ Brigades 及び VTC において、太陽熱温水器の訓練は水道等の配管工事の教育と関連させ、太陽光発電の訓練は電気工事の教育と関連させて実施すること。  
(BrigadesはC及びB級の職人用教育機関、VTCは国家技能者を養成する教育機関)
- ・ 太陽エネルギー技術に特化した国家技能者用のプログラムを創設すること。
- ・ 監督者及び Brigades/VTC の教育指導者養成のためにエネルギー技術に特化した上級国家資格の取得プログラムを創設すること。
- ・ NRSE 分野において研究開発能力を有する専門家を養成するため、工学部学生に対して各種のエネルギー教育の機会を提供すること。
- ・ 中高等学校の科学担当教員に対して適切な実用的な内容を持ったNRSE技術コースを提供すること。
- ・ 管理職クラスを対象に2～3週間の短期教育コースを設けること。
- ・ 当面緊急に必要な技能者、Brigades/VTC の教育指導者を養成するため、2～3ヶ月の短期養成コースを設けること。
- ・ NRSE の利用に関して消費者の教育、訓練、啓蒙を行う手段を講じること。
- ・ 風力及びバイオガスに関しては当面、職業訓練は必要ない。
- ・ エネルギー技術に特化した学位、修士課程のプログラムは必要ない。

このような提言を実行するため、実験施設等の施設整備に277万5千ブラ、教育スタッフの人件費等に年間74万5千ブラ、現在予測されている人数の教育を行うのに862万3千ブラの費用がそれぞれ必要である。

### 5.3 太陽光発電導入状況と終了済みプロジェクト概要

#### (1) 太陽光発電導入状況

ボツワナでは1993年のエネルギーマスタープラン調査においてすでに600kWの太陽光発電設備が導入されていると報告されている。主要な導入分野としては、ボツワナ電話会社が電話中継局用に大量に導入しており、地方行政土地住宅省が農村部の学校に読書室を設けるプロジェクトを推進しており、水資源局は太陽光発電による揚水ポンプ設置を、エネルギー局は太陽光発電住宅電化パイロットプロジェクトを実施してきている。分野別の導入・状況は次の通りである。(特に断わりがない限り1993年時点)

##### ・ボツワナ電話会社

最大の太陽光発電利用者であり、電話中継局の電源をディーゼル発電機から太陽光発電に切り替えている。出力200W～880Wの太陽光発電設備を140基導入している。最大の太陽光発電装置は10kWのものがマイクロウェーブ基地局用に使用されている。また公衆電話の電源にも太陽光発電を導入している。

##### ・ボツワナ鉄道

ボツワナ鉄道は遠隔の信号設備の電源として8基の300W太陽光発電を導入している。またベアリングの過熱監視装置及び無線通信の電源にも利用している。

##### ・ボツワナ警察

警察無線の中継局電源として50W～180Wの太陽光発電装置13台を導入している。

##### ・ボツワナ国立図書館サービス

1986年から小学校に太陽光発電による照明を導入する計画を開始し、現在(1997年)までに61村に導入済みである。今後、第8次開発計画期間中に毎年3村落ずつ新規に導入を図ることにしている。平均的な規模は2灯又は4灯である。

##### ・ディストリクト・カウンセル

クリニックや行政機関建物で太陽光発電の導入を進めている。例えばCentral District Councilは1997年時点で管内のクリニック、官庁施設、学校等合計168箇所(1箇所当たり10灯以内程度の規模)に太陽光発電照明装置を導入している。33箇所のクリニックの無線装置の電源は太陽光発電が使われている。

#### (2) 小学校読書室電化パイロットプロジェクト

1984年にKgatleng Districtにおいて米国(USAID)の寄付で、太陽光発電を利用して19の小学校に照明のある読書室(reading room)を設けるパイロットプロジェクトが実施された。このシステムは1～2枚の太陽光パネル、バッテリー、充電コントローラー、1本15Wの蛍光灯を6～12本組み合わせたものである。このプロジェクトは当初ボツワナ技術センターが担当したが、その後小学校を所管しているディストリクト・カウンセルに移管している。ボツワナ技術センターは設備移管後も2年に1回は巡回点検を行っており、これまでにバッテリーを2～3回交換しただけで現在も順調に動いている。



### (3) Manyanaパイロットプロジェクト

鉱物資源水資源省はハボローネから50kmの無電化村(当時) Manyanaにおいて、1992年に42の住宅、7基の街路灯、クリニックの照明及びワクチン冷蔵庫用の合計50基の太陽光発電装置と6台の太陽熱温水器を導入した太陽光発電パイロットプロジェクトを実施した。このパイロットプロジェクトの目的は太陽光発電と太陽熱温水器導入の社会経済的価値を評価すること、再生可能エネルギーを体系的に導入するための行動計画作成のためのデータを取得すること、プロジェクトを通じて啓蒙普及を図ることであった。このプロジェクトに参加する住宅については地方政府が選定しており、多くの参加者は当初はこのプロジェクトになんらの期待も有していなかった。利用料金については、15年間リース方式として毎月のリース料金は既存のケロシン油やロウソクの値段と見合うようにとの配慮から2灯システムが5ブラ、4灯システムが7ブラと設定された。

このパイロットプロジェクトの評価報告書が1994年7月に作成されている。その結果は次の通りである。(％は回答者の比率を示す。)

#### 太陽光発電導入に対する評価：

ケロシン油、ロウソクの使用量の減少.....	94%
バッテリーの利用減少.....	44%
読書時間が多くとれるようになった。.....	83%
他人とつきあう時間が多くとれるようになった。.....	25%
調理が簡単になった。.....	17%

#### 太陽光発電を使いたい用途：

照明.....	88%
ラジオ.....	8%
ファン.....	3%
テレビ.....	3%

#### 経済的な効果分析(単位はブラ)

	2灯システム	4灯システム
平均燃料支出(ケロシン、ロウソク、バッテリー)	21.62	25.95
ケロシン節約効果	6.40	11.30
ロウソク節約効果	2.72	6.00
バッテリー節約効果	6.54	8.80
平均燃料費節約効果(合計)	13.83	20.51
燃料費節約額最大値	27	39
最小値	5	2.5

太陽光発電装置導入による所得増加効果としては、工芸品製作(趣味によるものも含む)17%、編み物6%、パネル製作3%等となっている。教育への効果としては全員が子供の勉強に効果があったと回答している。読書時間の増加を指摘したものも77%にのぼっている。

技術的な評価については次の通りである。最もトラブルが多かったのは蛍光灯で、1ヶ月に最高10本の蛍光灯が交換されている。ランプについては1994年3月には4個のランプが交換されている。パネルは20Wのアモルファスパネルを利用しているが調査の時点で交換を要するものはなかった。充電コントローラーは12V15アンペアのものを利用しているが、あまり良い結果ではなく、すでに45台のうち7台が交換されている。バッテリーは50AH自動車用バッテリーを利用しており、1台のバッテリーが交換を要した。電解液のレベルはかなり低くなっており、維持管理が十分行われていないようであった。電池の使用状況を見ると、2灯システムでは設計値の1日120whに対して実際には平均57.5wh、4灯システムでは240whの設計に対して134whと設計値の範囲内で利用されていた。太陽電池設備の設置にあたっては、設置工業者が15分間の事前説明を利用者に行っているが、利用者の太陽光発電の限界に対する理解が十分でないため出力について過大な期待を抱き結果的に失望するケースをもたらしている。このプロジェクトでは維持管理担当職員1人が毎月設置箇所を巡回して点検と料金回収を行っている。維持管理要員の手に負えない故障の場合には修理に時間(数週間)を要している。

#### (4) 集中供給型太陽光発電パイロットプロジェクト

ボツワナ電力公社とBTCは送電線があるSeroweから20km離れたMatshegaletauにおいて公共施設と住宅等を対象に集中型の5.7kwの太陽光発電所(直流)のパイロットプロジェクトを進めている。

#### (5) Khakheaパイロットプロジェクト

ボツワナ電力公社は送電線があるJwanengから80km離れたKhakheaにおいて個別住宅単位の太陽光発電システムのパイロットプロジェクトを準備中である。

### 5.4 太陽光発電普及への問題点及び検討課題

#### (1) 太陽光発電導入促進機関の役割分担

ボツワナでは太陽光発電に関連する行政機関は図5-3に示すように多くの省庁及び機関にわたっている。このなかで電力供給に責任を有しているボツワナ電力公社と遠隔地の政府施設への電力供給を担当している電気機械サービス局は太陽光発電についての技術的能力及びパイロットプロジェクト等の実績を有していない。また、ボツワナ電力公社にとってボツワナの産業競争力を確保するため南アフリカ等に比べて割高な電気料金を引き下げることが最大の課題となっており、農村部における太陽光発電導入促進することにはあまり積極的に取り組んでいない。すでに系統と連系済みの地域においても、接続工事料金が高いため低所得者は低価格の太陽光発電を指向する傾向にあり、系統接続と太陽光発電が競合している。この結果、国民経済的に見ると系統拡大のための設備投資が十分に利用されない結果をもたらしている。ボツワナ電力公社自身が農村部の太陽光発電電化に積極的に取り組むためには、政府が産業競争力確保のための電気料金引き下げ、電化地域内における系統接続率の向上、太陽光発電による電化促進の3つの政策課題についての総合的かつ整合性のある政策を示し、その中でボツワナ電力公社の役割を明確化する必要がある。一方、ボツワナ技術センター及び農村工業開発センターは太陽光発電技術に関して能力も高く多くのプロジェクトに参加してきた実績を有しているが、いずれの組織も規模が小さく全国的に太陽光発電による電化を推進するには組織力、マンパワーの面では力不足である。このため、今後、太陽光発電による農村電化を全国的に展開するためにはどのような組織体制で実施すべきかが大きな課題となっている。

この際、ボツワナが長期ビジョンで太陽エネルギー技術のセンターオブエクセレンスをめざすことにし

ていることに留意すると、南部アフリカ全体を視野に入れた太陽光発電を中心とする太陽エネルギー利用の研究開発、啓蒙、導入促進、教育等を総合的に実施する中核機関の設立可能性についても検討を行うことが期待される。

表 5-3 電力政策の課題と政策実施状況

政策課題	実施中の政策	太陽光発電導入促進のための検討課題
電気料金引き下げ	新規石炭火力発電所の開発延期。 南部アフリカ電力プールの活用による低廉な電力の輸入。	太陽光発電と系統電力との住宅部門における経済性総合比較の実施。(地域、消費量区分別)
系統連系地域内における系統接続の促進	長期(10年)低利融資制度の導入。 連系地域内における送配電網の拡充による接続費用低減。	太陽光発電利用者の系統接続可能性の検討。(経済的及び技術的) 住宅用電気料金制度、接続費用回収の仕組みについての検討
電化地域拡大  ・ 電力系統拡大 ・ 太陽光発電農村電化	系統拡大(年間14村落ずつ連系)。 RIICによる低利融資制度の導入。	系統拡大と太陽光発電電化との役割分担の明確化(地域的、時間的)

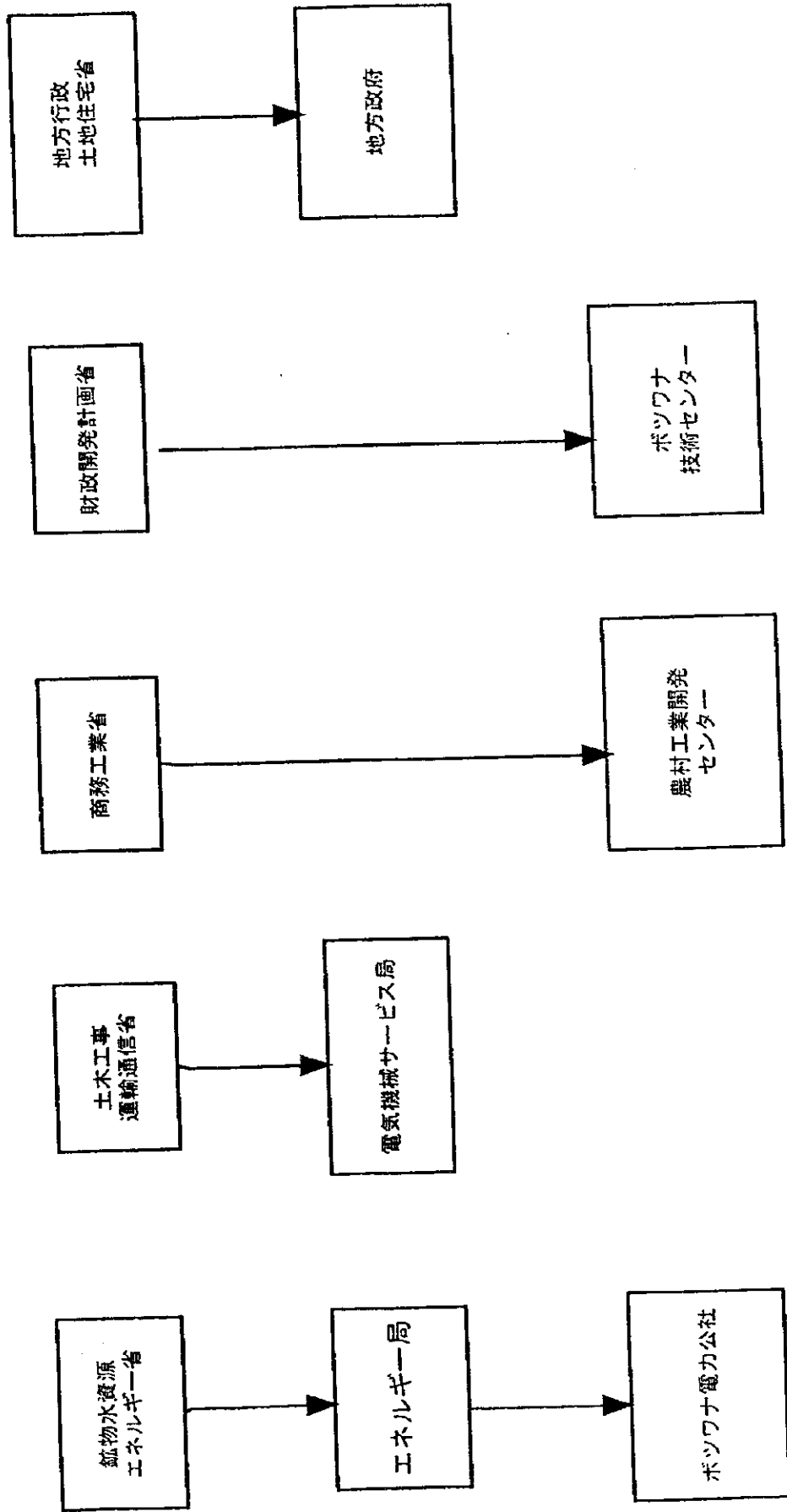


図 5-3 太陽光発電関係機関

## (2) ファイナンス・料金制度

太陽光発電導入促進のため、全国農村太陽光発電電化プログラムが実施され、4年間の低利融資制度が導入されている。この制度について実施状況の評価を実施するとともに、融資期間の延長の可能性、リース制度や電気料金としての回収等の他の費用回収方式との比較検討を維持管理の仕組みと併せて検討する必要がある。この際、電化地域内における接続料金、電気料金との負担の公平性についても評価を行うことが期待される。

## (3) 維持管理体制

全国農村太陽光発電電化プログラムでは融資期間中は設備の所有権はRIICにあるため維持管理についてRIICが関与していくことが可能であるが、融資期間終了後における維持管理を所有者が適切に行なえるかどうかは今後の課題である。特にバッテリー、コントローラーについては維持管理は欠かせない問題であり、有料の維持管理サービスの導入等を含め上記のファイナンス・料金制度の検討と併せた適切な方法の検討が必要である。

## (4) 専門家養成／職業訓練

再生可能エネルギー職業訓練可能性調査において指摘されているように、太陽光発電に関する指導者クラスから職人クラスに至る教育訓練制度の確立は急務である。

## (5) 消費者への普及・啓蒙

今回の無電化村における面接調査でも明らかになったように、無電化地域の住民は太陽光発電の存在は知っているものの、その利便性、特性、費用等についての知識はほとんど有していない。今後、農村部で太陽光発電電化を進めるためには、全国的に村落単位でのデモンストレーションを展開する等の普及・啓蒙活動の展開が急務と考えられる。

また、これまでのパイロットプロジェクトの状況から、利用者自身の太陽光発電の特性に関する知識の不足がバッテリーの寿命低下等の原因になっている事例も見られるため、利用方法に関する消費者への啓蒙活動も重要である。

## (6) 機器産業等関連産業の育成

ポツワナ技術センター及びRIICは太陽光発電の製造業者、設置業者への技術移転、技術指導に努めているが依然として同国の太陽光発電機器産業は十分な技術的、経営能力を有しているとはいえない状況である。特に全国農村太陽光発電電化プログラム開始により太陽光発電装置の需要が増加すると価格が上昇する等供給能力の底は浅い。ポツワナではあまり特定産業をターゲットにした産業政策は採用されていないようであるが、今後、本格的な太陽光発電の普及を図り、適切な維持管理を継続的に行うためには国内において関連産業の育成を図る必要がある。基本的には市場の拡大に伴い関連産業が発展するものと予想されるが、産業の立上げ期に産官学の連携等なんらかの政策的な仕組みが必要か否か検討する必要がある。