

国際協力事業団

ボリヴィア共和国エネルギー炭化水素庁

ボリヴィア共和国  
再生可能エネルギー利用  
地方電化計画調査

要 約

2001年9月

株式会社コーエイ総合研究所  
日本工営株式会社

**換算レート**

(2001年5月)

US\$1 = ¥120.5

US\$1 = Bs 6.53

Bs 1 = ¥18.5



# Location Map, Oruro

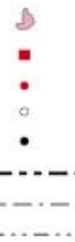


South America



## REFERENCE

- Capital of Department
- Capital of Province
- Capital of Sección
- Cantón
- Major City/Town
- International Border
- Department Border
- Province Border



Bolivia

Scale: 1: 1,209,000



ボリヴィア共和国  
再生可能エネルギー利用地方電化計画調査

要 約

目 次

|                                   | 頁  |
|-----------------------------------|----|
| 位置図                               |    |
| 第 1 章 序 .....                     | 1  |
| 第 2 章 ボリヴィアにおける電力業界 .....         | 2  |
| 2.1 法的枠組み .....                   | 2  |
| 2.2 政府関連機関 .....                  | 2  |
| 2.3 ボリヴィア国電力供給システム .....          | 3  |
| 第 3 章 ボリヴィアにおける地方電化 .....         | 5  |
| 3.1 エネルギー炭化水素庁の政策 .....           | 5  |
| 3.2 PRONER の進捗状況 .....            | 5  |
| 3.3 地方電化への投資 .....                | 6  |
| 3.4 地方電化の関連組織 .....               | 6  |
| 3.5 国際機関の活動 .....                 | 7  |
| 第 4 章 ラパス県とオルコ県の地方電化 .....        | 8  |
| 4.1 地方電化の動向 .....                 | 8  |
| 4.2 地方電化の現況 .....                 | 8  |
| 4.3 地方電化の対象戸数と潜在需要量 .....         | 9  |
| 4.4 実施組織と維持管理組織 .....             | 10 |
| 第 5 章 太陽光発電パイロット試験の概要 .....       | 12 |
| 5.1 これまでに実施した調査の概要 .....          | 12 |
| 5.2 太陽光発電パイロット試験に関するシステムの設置 ..... | 12 |
| 5.3 維持管理システム .....                | 13 |
| 5.4 電気料金システム .....                | 14 |
| 5.5 モニタリングと分析 .....               | 14 |
| 5.6 太陽光発電システムの技術評価 .....          | 17 |
| 5.7 維持管理の評価 .....                 | 19 |

---

|               |  |           |
|---------------|--|-----------|
| 5.8           | 使用済み蓄電池の回収.....  | 20        |
| <b>第 6 章</b>  | <b>小水力発電計画妥当性予備調査の概要 .....</b>                           | <b>21</b> |
| 6.1           | 調査の概要.....   | 21        |
| 6.2           | 妥当性予備調査事業の選定 .....                                       | 21        |
| 6.3           | ラパス県アポロ小水力発電計画妥当性予備調査 .....                              | 21        |
| 6.4           | オルロ県タンボ・ケマード小水力発電計画妥当性予備調査 .....                         | 25        |
| <b>第 7 章</b>  | <b>風力発電プロジェクトの要約 .....</b>                               | <b>29</b> |
| 7.1           | 調査と調査結果:.....  | 29        |
| 7.2           | 風況観測装置の据付地点選定と据付工事 .....                                 | 29        |
| 7.3           | 計画妥当性予備調査の優先プロジェクトの選定 .....                              | 30        |
| 7.4           | 計画妥当性予備調査風力発電プロジェクト.....                                 | 30        |
| <b>第 8 章</b>  | <b>ラパス県・オルロ県の再生可能エネルギー利用地方電化計画<br/>(2002～2011) .....</b> | <b>35</b> |
| 8.1           | 再生可能エネルギーとポテンシャルの評価.....                                 | 35        |
| 8.2           | 地方電化計画策定に係る方法論.....                                      | 36        |
| 8.3           | 地方電化計画(2002 - 2011) .....                                | 38        |
| 8.4           | 実施構造.....  | 46        |
| 8.5           | 地方電化に対する資金計画 .....                                       | 48        |
| <b>第 9 章</b>  | <b>再生可能エネルギーを利用した地方電化の促進に関わる組織制度支援 .....</b>             | <b>51</b> |
| 9.1           | 計画能力の改善 .....  | 51        |
| 9.2           | 地方自治体と民間部門との協力体制の改善.....                                 | 52        |
| 9.3           | 調査研究・訓練 .....  | 52        |
| 9.4           | 財政支援.....  | 53        |
| 9.5           | 環境へのインパクト.....   | 54        |
| <b>第 10 章</b> | <b>勧告 .....</b>  | <b>56</b> |
| 10.1          | 技術的事項に関する勧告 .....  | 56        |
| 10.2          | 組織制度強化に関する勧告 .....                                       | 56        |

## 付図目次

|        |                                      |    |
|--------|--------------------------------------|----|
| 図 4.1  | ラパス県既存送配電網図 ( as of Early 2001 )     | 58 |
| 図 4.2  | オルロ県既存送配電網図 ( as of Early 2001 )     | 59 |
| 図 6.1  | アポロ小水力発電所計画施設配置図 (Río Machariapu)    | 60 |
| 図 6.2  | タンボ・ケマード小水力発電所計画施設配置図                | 61 |
| 図 7.1  | 風力・太陽光ハイブリッド・システム、<br>ラパス県チャラーニャ     | 62 |
| 図 7.2  | 風力・太陽光ハイブリッド・システム配置図<br>ラパス県チャラーニャ   | 63 |
| 図 7.3  | 風力・太陽光ハイブリッド・システム、オルロ県カリペ            | 64 |
| 図 7.4  | 風力・太陽光ハイブリッド・システム配置図、<br>オルロ県カリペ     | 65 |
| 図 7.5  | 風力・太陽光ハイブリッド・システム、<br>オルロ県チャチャコマニ    | 66 |
| 図 7.6  | 風力・太陽光ハイブリッド・システム配置図、<br>オルロ県チャチャコマニ | 67 |
| 図 8.1  | ラパス県小水力発電ポテンシャル地図                    | 68 |
| 図 8.2  | オルロ県小水力発電ポテンシャル地図                    | 69 |
| 図 8.3  | ラパス県風力発電ポテンシャル地図                     | 70 |
| 図 8.4  | オルロ県風力発電ポテンシャル地                      | 71 |
| 図 8.5  | ラパス県太陽光発電ポテンシャル地図                    | 72 |
| 図 8.6  | オルロ県太陽光発電ポテンシャル地図                    | 73 |
| 図 8.7  | 2006 年までのラパス県送配電網拡張計画予測図             | 74 |
| 図 8.8  | 2006 年までのオルロ県送配電網拡張計画予測図             | 75 |
| 図 8.9  | 2011 年までのラパス県送配電網拡張計画予測図             | 76 |
| 図 8.10 | 2011 年までのオルロ県送配電網拡張計画予測図             | 77 |
| 図 8.11 | 再生可能エネルギー開発のための事業実施構造                | 78 |
| 図 9.1  | 地方電化開発部組織図案                          | 79 |

## 略語と頭字語

### (1) 国内組織・機関

|            |   |
|------------|---|
| CINER      | Centro de Información en Energías Renovables          |
| CNDC       | National Committee of Electricity Supply              |
| COSUDE     | Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación     |
| CRE        | Cooperativa Rural de Electrificación, Santa Cruz      |
| DUF        | Directorio Unico de Fondos                            |
| ECOTEC     | Ecotecnologías Energéticas y Productivas              |
| EDU        | Energy Development Unit, VMEH                         |
| EDESER     | Empresa de Servicios                                  |
| EFP        | Facilitator Team of PRONER Program                    |
| ELECTROPAZ | Electricidad de La Paz S.A.                           |
| ELFA       | Empresa de Luz y Fuerza Aroma                         |
| ELFEC      | Empresa de Luz y Fuerza de Cochabamba                 |
| ELFEO      | Empresa de Luz y Fuerza Electrica de Oruro, S.A.      |
| ENDE       | National Electric Company                             |
| ENERGÉTICA | Energía para el Desarrollo                            |
| ESAND      | Energía Solar Andina S.R.L.                           |
| FNDR       | National Fund of Regional Development                 |
| FPS        | National Fund of Productive and Social Investment     |
| IGM        | Instituto Geográfico Militar                          |
| IHH        | Instituto de Hidraulica e Hidrologia, UMSA            |
| INE        | National Statistics Institute                         |
| MDE        | Ministry of Economic Development                      |
| MDSP       | Ministry of Sustainable Development and Planning      |
| NOGUB      | Programa de Apoyo a Organizaciones no gubernamentales |
| PRONER     | National Program of Rural Electrification             |
| SE         | Superintendencia de Electricidad                      |
| SENAMHI    | Servicio Nacional de Meteorologia e Hidrologia        |
| SERGEOMIN  | Servicio Nacional de Geologia y Minería               |
| SERNAP     | Servicio Nacional de Areas Protegidas, MDSP           |
| SIN        | National Interconnected System                        |
| STI        | Interconnected Trunk System                           |
| TDE        | Transportadora de Electricidad                        |
| UMSA       | Universidad Mayor de San Andres                       |



---

|         |  |
|---------|--|
| VIPFE   | Vice Ministry of Public Investment and External Financing                    |
| VMARNDF | Vice Ministry of Environmental Natural Resources and Forestry<br>Development |
| VMEH    | Vice Ministry of Energy and Hydrocarbons                                     |

**(2) 国際・海外組織・機関**

|       |  |
|-------|--|
| AECI  | Spanish International Cooperation Agency         |
| ESMAP | Energy Sector Management Program, World Bank     |
| GEF   | Global Environmental Facility, World Bank        |
| GTZ   | German Technical Cooperation                     |
| IDB   | Inter-American Development Bank                  |
| JICA  | Japan International Cooperation Agency           |
| KfW   | German Financial Cooperation                     |
| NRECA | National Rural Electric Cooperative Association  |
| UNDP  | United Nations Development Program               |
| UNEP  | United Nations Environmental Program             |
| UNDCP | United Nations Drug Control Program              |
| USAID | The US Agency for International Development, USA |
| WB    | World Bank                                       |

**(3) その他**

|         |                               |
|---------|-------------------------------|
| GDP     | Gross Domestic Product        |
| NGO     | Non Governmental Organization |
| O&M,O/M | Operation and Maintenance     |
| VAT     | Value Added Tax               |

**(4) 技術的専門用語**

|                 |                         |
|-----------------|-------------------------|
| AC              | Alternative Current     |
| CO <sub>2</sub> | Carbon Dioxide          |
| DC              | Direct Current          |
| FC              | Fuel Cell               |
| Grid            | Transmission Line       |
| H               | Head (m)                |
| Hyd             | Hydraulic Generator     |
| LDC             | Load Dispatching Center |
| MHP             | Micro Hydro Power       |

---

|    |                      |
|----|----------------------|
| PV | Photovoltaic         |
| Q  | River Flow Discharge |
| WG | Wind Generator       |

**(5) 単位**

|                   |                              |
|-------------------|------------------------------|
| mm                | millimeter                   |
| m                 | meter                        |
| km                | kilometer                    |
| El.m              | Elevation in meter           |
| l/s               | liter per second             |
| m/s               | meter per second             |
| m <sup>3</sup> /s | cubic meter per second       |
| mm <sup>2</sup>   | square millimeter            |
| km <sup>2</sup>   | square kilometer             |
| mg                | milligram                    |
| ton, t            | metric ton                   |
| V                 | Volt                         |
| W                 | Watt                         |
| kW                | kilowatt                     |
| MW                | Megawatt                     |
| Wp                | Watt peak                    |
| kWp               | kilowatt peak                |
| GWh               | Gigawatt hour                |
| kWh               | Kilowatt hour                |
| MVA               | Megavolt ampere              |
| KVA               | Kilovolt ampere              |
| Ah                | ampere hour                  |
| Hz                | Hertz                        |
| RPM               | Revolution (revs) per minute |
| %                 | percentage                   |

**(6) 通貨単位**

|        |                              |
|--------|------------------------------|
| Bs     | Boliviano, Bolivian Currency |
| US\$   | US Dollar                    |
| M.US\$ | Million US Dollar            |
| US ’   | US cent                      |

## 第1章 序

調査の目的は、ラパスとオルコにおける再生可能エネルギーを利用した地方電化実施計画を策定することである。本計画は2002年から2011年までを対象としており、再生可能エネルギーによる発電と送配電網の拡張という両者の調和が取れた地方電化の促進を目的としている。

ボリヴィア側カウンターパート職員に対する技術移転もまた本調査の重要な目的であり、再生可能エネルギー、維持管理、計画手法等といった技術が対象となっている。

本調査は1999年7月、株式会社コーエイ総合研究所と日本工営株式会社の共同企業体に委託され、6人の専門家によって構成されるJICA調査団が結成された。

効率的な調査の実施のため、ボリヴィア側ではエネルギー炭化水素庁、ラパス県庁、オルコ県庁それぞれの代表者による調整グループが結成された。エネルギー炭化水素庁や関連機関のカウンターパートから成る作業グループも、調査を共同で実施するとともに効果的な技術移転が行われるために結成された。

JICA調査団は、1999年8月から第1次現地調査を開始し、2001年9月まで作業を実施した。

## 第 2 章 ボリヴィアにおける電力業界

### 2.1 法的枠組み

ボリヴィアでの地方電化に欠かせない法的枠組みには、新電気法、地方電化細則、地方電化情報システム、環境法がある。地方電化は、住民参加法や貧困削減戦略ペーパーといった関連法律や規則にも考慮しなければならない。地方電化事業は、このような法的枠組みの下で実施されなければならない。

### 2.2 政府関連機関

中央政府は、1994 年新電気法の執行後、エネルギー事業実施には直接的に関与していない。地方電化に関係する中央政府機関には、エネルギー炭化水素庁、電気監督局、国家電力供給委員会がある。中央政府の役割は、地方電化の促進に限られている。

#### (1) エネルギー炭化水素庁

エネルギー炭化水素庁は経済開発省内にあり、ボリヴィアにおけるエネルギー分野の最高機関である。エネルギー炭化水素庁は、副大臣を先頭に 12 の部局で構成されている。地方電化に関係する主要部局は、エネルギー開発部である。

エネルギー開発部は、地方電化の指導的役割を担っている。この部は、部長と 3 人の技術者、そして UNDP の財政支援による PRONER を促進する 5 人の専門家から成る EFP チームで構成されている。

#### (2) 電気監督局

電気監督局は、国内の電気産業活動を規制する権限を持つ機関である。1994 年の新電気法に伴い経済開発省の下に 1996 年に設立された機関である。

#### (3) 国家電力供給委員会

国家電力供給委員会は、国家相互接続システム内において発電、送電、配電を最小コストに抑えるため新電気法第 18 条の第 1604 項目に従って設立された。

## 2.3 ボリヴィア国電力供給システム

### (1) 全国レベルのシステム

ボリヴィアの電力供給システムは、全国相互接続システム、独立系統、その他小規模独立系統、自家発電業者で構成されている。

全国相互接続システムは、連係基幹系統で発電、送電及び配電網を統合させた電力供給システムである。全国相互接続システムは、総設備容量の約 83%、総発電量の 89% を占め、ボリヴィア国総人口の約 40% に電力を供給している。

全国相互接続システムに繋がっていない電力供給系統は独立系統と呼ばれている。その他、有効設備容量を 1,000kW 以下しか持たない小規模独立系統と自家発電業者が自己のニーズを満たすことを主な目的として発電している。

### (2) 電力供給構造

#### 1) 発電

全国相互接続システムには、1999 年末現在で、7 つの発電会社が存在する。それらは Cobee (Compania Boliviana de Energia Electrica), Corani S.A., Guaracachi S.A., Valle Hermoso S.A., Hidroelectrica Bolivia S.A., Rio Electrico S.A. and Synergia S.A. and Rio Electrico S.A である。これら発電業者の持つ発電施設全て連係基幹系統に繋がれ、CNDC の規制・監督のもと運営を行い、中央給電センター国家電力供給委員会に電力を供給しなければならない。

下表は、電源別設備容量の伸びを示す。

#### 電源別設備容量の伸び

(MW)

|                     | 1995  | 1996  | 1997  | 1998  | 1999  |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Hydroelectric power | 306.4 | 318.4 | 336.4 | 341.9 | 393.1 |
| Share               | 37.0% | 31.6% | 32.9% | 32.8% | 31.1% |
| Growth rate         | 6.0%  | 3.9%  | 5.7%  | 1.6%  | 15.0% |
| Thermal power       | 521.5 | 688.9 | 687.3 | 700.9 | 872.5 |
| Share               | 63.0% | 68.4% | 67.1% | 67.2% | 68.9% |
| Growth rate         | 4.8%  | 32.1% | -0.2% | 2.0%  | 24.5% |
| Total               | 827.9 | 1,007 | 1,024 | 1,043 | 1,266 |
| Growth rate         | 5.2%  | 21.7% | 1.6%  | 1.9%  | 21.4% |

出典：ボリヴィア電力セクター年次統計書 1999, VMEH

## 2) 送電

Empresa Transportadora de Electricidad (TDE) は、国唯一の送電会社として送電運営を行っている。

連係基幹系統は、全国相互接続システムの一部を構成し、発電施設と主要な国内需要地を繋ぐ送電線及び変電所を結んでいる。連係基幹系統に接続している送電線総延長は、以下のとおりである。

### 全国相互接続システムに接続する送電線の延長と電圧

|            |       |       |       |
|------------|-------|-------|-------|
| 電圧レベル (kV) | 230   | 115   | 69    |
| 総延長 (km)   | 535.5 | 863.0 | 100.0 |

出典：ボリヴィア電力セクター年次統計書 1999, VMEH

## 3) 配電

全国相互接続システムにおける電力卸売り市場では、6つの配電会社が運営を行っている。それらは、ラパスの ELECTROPAZ、オル口の ELFEO、コチャバンバの ELFEC、サンタ・クルスの CRE、スクレの CESSA、ポトシの SEPSA である。ボリヴィアの配電電圧は、44kV、24.9kV 及び 6.6kV であり、更にラパスでは 230/115V、その他地域では 380/220V まで低圧される。

## 第3章 ボリヴィアにおける地方電化

### 3.1 エネルギー炭化水素庁の政策

ボリヴィア政府は都市部並びに農村部間の均衡のとれた開発には地方電化が重要であり、エネルギー炭化水素庁の電力政策においても地方電化が重要な課題であると認識している。これを受け、エネルギー炭化水素庁は1998年にPRONER（国家地方電化計画）と呼ばれる地方電化促進5ヶ年プログラムを開始した。PRONERの最終的な目標は、農村部の生活水準及び経済活動の改善に資することで、農村部の社会経済開発を支援することである。より具体的には、エネルギー炭化水素庁はPRONERを通じて、電化率を13.7%から2002年までに28%に上げ、11万戸、45万人に電力を提供することを目標として掲げている。

エネルギー炭化水素庁は、輸出可能な資源の利用を控え、二酸化炭素排出量の削減を促すため、太陽光、小水力、風力等の環境に優しい再生可能エネルギーの利用を勧めている。加えてPRONERでは、3つの事業モデルを設定し、民間資金の活用を通じた地方電化も推奨している。

なおボリヴィアにおける地方電化では、村落住民自身により設立された電化組合や委員会が電化事業の掘り起し、実施を自ら行っている事例が多くある。エネルギー炭化水素庁は受益者である村落住民のより積極的な事業参加を期待しており、そこでは、機材費、建設または取付け費を住民間で共同負担し、施設の維持管理に責任を有する仕組み造りが求められている。

### 3.2 PRONERの進捗状況

下表は、PRONERの進捗状況を示している。

ボリヴィア国における地方電化率

|      | 1997    | 1998    | 1999    | 2000    |
|------|---------|---------|---------|---------|
| 総戸数  | 866,714 | 882,113 | 892,809 | 885,454 |
| 電化戸数 | 118,482 | 152,500 | 183,223 | 197,239 |
| 電化率  | 13.7%   | 17.3%   | 20.5%   | 22.3%   |

注：2000年数値は予測値

出典：VMEH

現行のPRONERは2002年8月には完了する予定である。しかし、政府は地方電化に高い優先度を付けており、資金が在る限り2002年後も継続して促進するものと考えている。地方電化事業に民間資金を活用させるPRONER事業モデルは今後も継続するものと考えられる。

### 3.3 地方電化への投資

下表は、過去 6 年間におけるボリヴィアのエネルギー電化・地方電化を含む公共資本投資額を示している。

#### ボリヴィア公共資本投資額の推移

(US\$ 1,000)

|                                 | 1995      |          |          | 1996      |          |          | 1997      |          |          |
|---------------------------------|-----------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
|                                 | Total     | Internal | External | Total     | Internal | External | Total     | Internal | External |
| Energy                          | 40,641    | 13,221   | 27,420   | 26,245    | 5,948    | 20,297   | 13,930    | 8,925    | 5,005    |
| Generation of Electric Energy   | 26,815    | 5,168    | 21,647   | 18,953    | 2,121    | 16,832   | 75        | 75       | 0        |
| Transmission of Electric Energy | 10,714    | 5,264    | 5,450    | 5,601     | 2,396    | 3,205    | 5,879     | 1,593    | 4,286    |
| Rural Electrification           | 2,435     | 2,435    | 0        | 1,157     | 1,155    | 2        | 7,105     | 6,993    | 112      |
| Other Energy                    | 677       | 354      | 323      | 534       | 276      | 258      | 871       | 264      | 607      |
| Alternative Energy              | -         | -        | -        | -         | -        | -        | -         | -        | -        |
| Transportation                  | 156,979   | 45,475   | 111,504  | 184,551   | 45,067   | 139,484  | 162,797   | 82,298   | 80,499   |
| Communications                  | 5,134     | 4,113    | 1,021    | 0         | 0        | 0        | 0         | 0        | 0        |
| Hydraulic Resources             | 5,564     | 2,760    | 2,804    | 4,851     | 2,382    | 2,469    | 4,108     | 2,360    | 1,748    |
| Total Infrastructure Investment | 208,318   | 65,569   | 142,749  | 215,647   | 53,397   | 162,250  | 180,835   | 93,583   | 87,252   |
| GDP                             | 6,700,000 |          |          | 7,200,000 |          |          | 7,800,000 |          |          |
| Total Investment as % of GDP    | 3.1%      |          |          | 3.0%      |          |          | 2.3%      |          |          |

|                                 | 1998      |          |          | 1999      |          |          | 2000    |          |          |
|---------------------------------|-----------|----------|----------|-----------|----------|----------|---------|----------|----------|
|                                 | Total     | Internal | External | Total     | Internal | External | Total   | Internal | External |
| Energy                          | 10,144    | 6,046    | 4,098    | 8,327     | 6,205    | 2,122    | 8,520   | 8,206    | 314      |
| Generation of Electric Energy   | 370       | 370      | 0        | -         | -        | -        | 107     | 107      | 0        |
| Transmission of Electric Energy | 2,397     | 809      | 1,588    | 2,018     | 2,018    | 0        | 954     | 954      | 0        |
| Rural Electrification           | 6,379     | 4,486    | 1,893    | 4,634     | 3,925    | 709      | 7,262   | 7,005    | 257      |
| Other Energy                    | 998       | 381      | 617      | 873       | 69       | 804      | 112     | 112      | 0        |
| Alternative Energy              | -         | -        | -        | 802       | 193      | 609      | 85      | 28       | 57       |
| Transportation                  | 140,481   | 66,098   | 74,383   | 148,805   | 66,033   | 82,772   | 171,922 | 77,434   | 94,488   |
| Communications                  | 29        | 29       | 0        | -         | -        | -        | -       | -        | -        |
| Hydraulic Resources             | 4,413     | 2,020    | 2,393    | 2,134     | 1,877    | 257      | 5,839   | 3,223    | 2,616    |
| Total Infrastructure Investment | 155,067   | 74,193   | 80,874   | 159,266   | 74,115   | 85,151   | 186,281 | 88,863   | 97,418   |
| GDP                             | 8,088,000 |          |          | 8,351,000 |          |          | -       |          |          |
| Total Investment as % of GDP    | 1.9%      |          |          | 1.9%      |          |          | -       |          |          |

出典：VIPFE、世界銀行

### 3.4 地方電化の関連組織

#### (1) 地方自治体、配電会社、機器設置会社

1991 年に発布された住民参加法と地方分権法の立法後、県庁、市町村といった地方自治体は地方電化において重要な役割を担っている。再生可能エネルギーを利用した地方電化事業は、配電会社や機器設置会社といった民間部門と協力しながら住民参加を通じて地方自治体が先導して実施してきた。

##### 1) ラパス県庁・オルコ県庁

インフラストラクチャー開発部の中にあるエネルギー局は、ラパス県での地方電化に関する責務を担っている。当局は、局長、電気技術者 2 人、電気工 2 人、秘書の計 6 人で構成されている。オルコ県庁ではインフラストラクチャー開発部の中にエネルギー



一局が地方電化の責務を担っている。当局は局長、電気技術者 5 人、電気工、地形学技術者、運転手 2 人によって構成されている。

## 2) 市町村

貧困削減戦略ペーパーの執行後、市町村は地方電化事業の実施組織としてより重要な役割を担うことを期待されている。しかしながら、地産電化事業を効率的に実施するためには外部の人的資源を利用するとともに組織の本質的な強化を図ることが必要であると考えられる。

## 3) 配電会社

配電会社は、ラパス県に 5 社、オルコ県に 5 社が存在する。配電会社は、発電会社から電気を購入し、自社の配電網あるいは県所有の配電網を用いて電気を消費者へ提供する。配電会社は、電気監督局から送配電線拡張の認可をとっており、送配電網拡張による地方電化に関する責務を担っている。

## (2) 資金機関

農村開発のために海外援助機関から供出される国家基金のほとんどは、貧困削減戦略ペーパーの手順に従って総括基金を経由することになる。総括基金は、地方電化事業において主要な資金機関となると想定される。

国内基金機関もまた地方電化を支援することが期待されている。

- UNDP 事業に関する回転資金
- ボリヴィア地方電化基金

## 3.5 国際機関の活動

多国間援助機関は、送電線拡張ばかりでなく再生可能エネルギーによる地方電化の促進のために地方自治体、中央政府に対して技術的・財政的支援を提供している。現在活動している他国間援助機関は、世界銀行、国連開発計画、米州開発銀行である。2 国間援助機関としては、スペイン国際協力庁、ドイツ技術協力公社、オランダ援助機関が援助を実施してきている。

## 第 4 章 ラパス県とオルロ県の地方電化

### 4.1 地方電化の動向

ラパス、オルロ県におけるエネルギー炭化水素庁発表の地方電化事業とその投資額動向を下表に示す。数値は予測値であるが、2000 年度時点で地方電化率はラパス県で 25.5%、オルロ県で 15.4%まで増加している。

ラパス県、オルロ県の地方電化率

|               | 1998   | 1999   | 2000   |
|---------------|--------|--------|--------|
| ラパス県          |        |        |        |
| 地方電化率 (%)     | 18.6%  | 22.5%  | 25.5%  |
| 電化戸数          | 45,237 | 54,906 | 59,515 |
| 投資額 (千 US ドル) | 6,073  | 2,672  | 1,138  |
| オルロ県          |        |        |        |
| 地方電化率 (%)     | 10.3%  | 12.6%  | 15.4%  |
| 電化戸数          | 6,437  | 7,894  | 9,634  |
| 投資額 (千 US ドル) | 648    | 2,905  | 1,355  |

出典：エネルギー炭化水素庁

### 4.2 地方電化の現況

#### (1) 送配電線の延長

図 4.1 並びに 4.2 にそれぞれラパス、オルロ県の送電線 (69kV、115kV、230kV) 高圧配電線 (10kV、14.4kV、24.9kV、34.5kV) を対象とした 2001 年時点の延長図を示す。

#### (2) 再生可能エネルギー源 (小水力と太陽光)

現在、ラパス、オルロ両県の再生可能エネルギーの利用は小水力及び太陽光に限られている。ラパスの総地方電化戸数のうちわずか 2% だけが再生可能エネルギーによって電化されており、オルロは 19% であった。

##### 1) 小水力発電インベントリー

ラパスでは 23 の小水力発電所が稼働しており、総設備容量は 1,084kW に上り、7,161 戸に電力を供給している。一方、オルロ県では僅か 2 つの小水力発電所が稼働するのみであり、総設備容量は 200kW、170 戸に電力を供給している。

## 2) 太陽光発電システム・インベントリー

ラパス、オルコ両県に設置されている PV システムは、主に家庭照明用のソーラー・ホーム・システムである。これとソーラー・ポンプ用以外の PV システムは 両県共に確認されていない。

戸別太陽光発電システムは、ラパス、オルコ両県で総計 1,526 基が設置されており、2001 年 6 月現在で約 80kW 分に達している。

## 4.3 地方電化の対象戸数と潜在需要量

### (1) 地方電化の対象戸数

下表は、2000 年時点における地方電化対象戸数と未電化戸数を示す。

農村部の対象戸数と未電化戸数 (2000 年)

|                    | ラパス     | オルコ    |
|--------------------|---------|--------|
| 調査対象戸数<br>(農村部総戸数) | 233,202 | 62,566 |
| 未電化戸数 (農村部)        | 174,724 | 53,690 |

出典：エネルギー炭化水素庁

注： 上記は各カントンの数値を合計した数値であり、エネルギー炭化水素庁公表数値と若干の相違がある。

下表のとおり、過去の動向を踏まえると今後、対象農村戸数は減少すると予測される。

農村部総戸数の予測

|     | 2002    | 2006    | 2011    |
|-----|---------|---------|---------|
| ラパス | 232,629 | 231,879 | 231,669 |
| オルコ | 61,981  | 60,846  | 59,473  |

出典：JICA 調査団

### (2) 電力需要

ラパス、オルコ両県地方部の電力需要は将来家庭戸数を基に、以下の仮定、条件に基づいて予測した。

- 1) 電化済み家庭における現時点の電力需要は、以下の単位量を電化戸数に掛けて求めた。
  - グリッド接続、ディーゼル、小水力発電により電化されている家庭：  
300kWh/年

- PV システムにより電化されている家庭：65kWh/年
- 2) 2000 年時点で既に電化されている家庭の電力需要量は、2002 年後以降毎年 2% の増加率で増加する。
- 3) 未電化家庭の潜在電力需要量は、一戸当り 300 kWh とした。
- 4) 有効需要量は潜在需要量の 60% と仮定した。
- 5) 総電力需要量は、既に電化されている家庭の需要量と上記有効需要量の合計とした。

下表は、両県農村部の電力需要量を要約したものである。

#### ラパス県地方部電力需要量の予測 (MWH/年)

|  | 2000    | 2002    | 2006    | 2011    |
|--|---------|---------|---------|---------|
| Total Number of Rural HHs                    | 233,202 | 232,629 | 231,879 | 231,669 |
| Existing No. of Electrified HHs              | 59,039  | 58,894  | 58,704  | 58,651  |
| Demand from Existing Electrified HHs         | 16,972  | 16,930  | 18,267  | 20,150  |
| Potential No. of Rural HHs to be Electrified | 174,163 | 173,735 | 173,175 | 173,018 |
| Effective Demand for Electricity             | 31,349  | 31,272  | 33,741  | 34,385  |
| Total Demand for Electricity                 | 48,321  | 48,202  | 52,008  | 54,534  |

#### オルコ県地方部電力需要量の予測 (MWH/年)

|  | 2000   | 2002   | 2006   | 2011   |
|--|--------|--------|--------|--------|
| Total Number of Rural HHs                    | 62,566 | 61,981 | 60,846 | 59,473 |
| Existing No. of Electrified HHs              | 8,887  | 8,804  | 8,643  | 8,448  |
| Demand from Existing Electrified HHs         | 2,281  | 2,260  | 2,402  | 2,592  |
| Potential No. of Rural HHs to be Electrified | 53,679 | 53,177 | 52,203 | 51,025 |
| Effective Demand for Electricity             | 9,662  | 9,572  | 10,171 | 10,140 |
| Total Demand for Electricity                 | 11,944 | 11,832 | 12,573 | 12,732 |

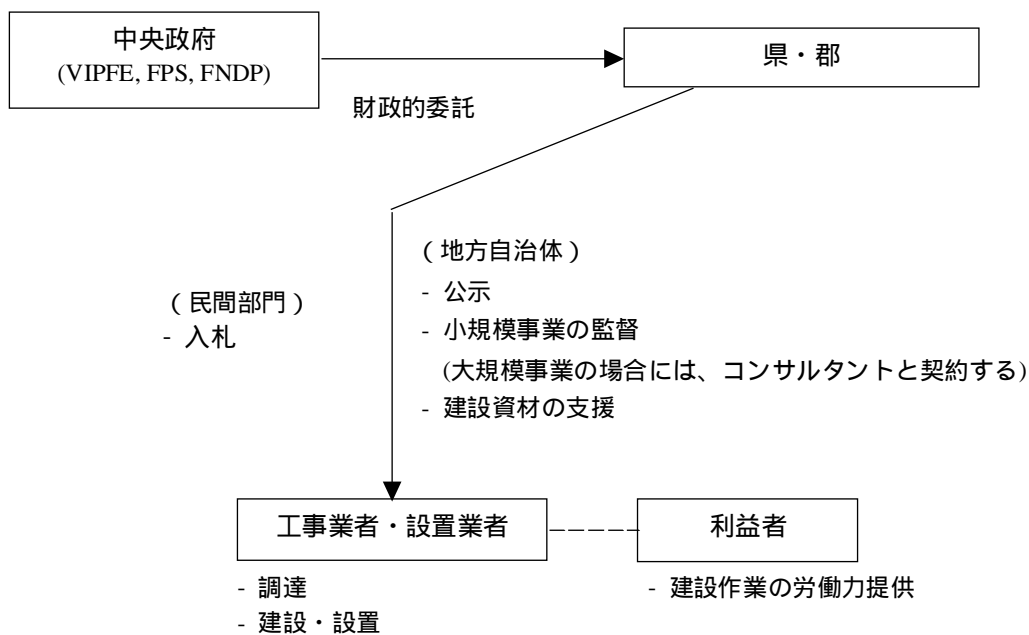
出典：JICA 調査団並びにエネルギー炭化水素庁

#### 4.4 実施組織と維持管理組織

##### (1) 実施組織

国家開発戦略である住民参加の促進に沿って、県や郡といった地方自治体の実質的な地方電化の実施組織を担っている。利用者は地方電化委員会/協同組合を組織し、郡を通じて地方電化事業を県に対して要請する。事業の実施は、財政的調整後、以下の過程で実施される。

### 地方電化のための事業実施の過程



## (2) 維持管理組織

以下の組織は、地方自治体から地方電化の維持管理に対して責任を任されている。

| エネルギー源 | 維持管理組織                 |
|--------|------------------------|
| 配電網    | 送配電会社、電化協同組合           |
| ディーゼル  | 市町村、電化協同組合             |
| 小水力    | 電化協同組合、地方電化委員会         |
| 太陽光発電  | 電化協同組合、地方電化委員会、NGO、利用者 |

## 第5章 太陽光発電パイロット試験の概要

### 5.1 これまでに実施した調査の概要

現地調査は1999年8月7日に開始し、2001年の9月7日まで断続的に行われた。実施した調査内容は以下の通りである。

- 太陽光発電に関するデータおよび情報の収集
- 太陽光発電パイロット試験地の選定
- 太陽光発電システムの設置に関する検査
- 維持管理システムの組織化と維持管理に関する指導
- パイロット試験のモニタリング及び太陽光発電に関するデータ回収と分析
- 太陽光発電ポテンシャル地図の作成と地方電化計画のための優先地域確定

### 5.2 太陽光発電パイロット試験に関するシステムの設置

#### (1) パイロット試験地の選定

現地調査ならびにエネルギー炭化水素庁、ラパス県、オルロ県との協議を通じて、太陽光発電システムの試験地は最終的に以下の地域に選定した。

#### ラパス県

- 1) カルテッカ
- 2) カラカチ、サンチアゴ・デ・リャリャグア、カニユマ
- 3) ムルチャピ、チャルマニ・チャコマ、カタビ、ミリヨ、クリ・クリ・アルト
- 4) サンチアゴ・デ・イルヨ、サンフランシスコ・デ・リャリャグア、シペ・シペ

#### オルロ県

- 1) パリア・パンピータ
- 2) ラグナ・アンココタ
- 3) ミリュニ

## (2) 太陽光発電システムの構成

パイロット試験に採用された太陽光発電システムは、太陽光発電パネル、コントローラー、蓄電池、3本の蛍光灯から構成されたものである。

## (3) 太陽光発電システムの設置

検査計画は、1999年10月から12月にかけて行われた設置作業に基づいて、JICA 専門家との協議の上、現地設置業者によって作成された。2000年1月に実施された第2次現地調査では、ラパス、オルコ両県に設置済みである太陽光発電システムが、JICA 調査団とオペレーターによって検査が行われた。

検査後、現地設置業者は、コーディネーティング・グループ及びマネージメント・ユニットの指示を受けて2000年2月から太陽光発電システムの改善を開始した。現地設置業者は、2000年4月に再設置作業を完了した。

## 5.3 維持管理システム

### (1) 維持管理組織

太陽光発電パイロット試験における持続可能な維持管理組織としてマネージメント・ユニットを組織した。同ユニットは、利用者を代表する地方電化委員会、オペレーター、県庁によって構成された。地方電化委員会は、村落単位で利用者によって組織された。太陽光発電パイロット試験のためのオペレーターとして、ラパス県では配電会社の ELFA、オルコ県では電化協同組合の COSEP が選任された。ラパス県庁、オルコ県庁はともに各県内のすべてのマネージメント・ユニットに参画した。

エネルギー炭化水素庁 - 県 - JICA 調査団は調整グループを構成し、パイロット試験の包括的な維持管理に関する責任を負った。

### (2) 利用者ガイドとメンテナンス・マニュアル

JICA 調査団は、日常生活におけるシステム利用のために、利用者に対して太陽光発電システムに関する基本的知識を紹介することを目的とした利用者ガイドを作成し、配布した。

ラパス県では ELFA が、オルコ県では COSEP が、それぞれオペレーターとして太陽光発電システムの維持管理を行っている。JICA 調査団は維持管理のために維持管理マニュアルを作成した。

## 5.4 電気料金システム

初期投資額は Bs.700 と設定された。これは、太陽光発電システムコストの利用者分担金であるが、設置費用込みのシステム費用総額 Bs.5,300(US\$886)の 13% である。

受益者は、太陽光発電システムの維持管理費用として月額 Bs.30 の Monthly Fee を支払う。その後、利用者の支払能力を改めて勘案し、料金システムを見なおした。

## 5.5 モニタリングと分析

### (1) 維持管理のモニタリング

太陽光発電システムの維持管理の実態、利用者の料金支払い状況を見ることは重要なことである。パイロット試験では、次の 3 点についてモニタリングを実施した。

- (1) データ・ロガーを使用してのシステム利用状況
- (2) オペレーターの行う維持管理
- (3) 料金支払い

太陽光発電システムの稼働状況と、関連する気象データを観測するため、ラパスに 2 ヶ所、オルロに 1 ヶ所データ・ロガーを設置した。オペレーターの維持管理に関しては、モニタリングシートを使用した。ここでは、オペレーターの実施した維持管理に関するモニタリングの結果について報告する。

#### 1) オペレーターによる維持管理のモニタリング

モニタリングの集計結果は次の表のとおりである。



### 維持管理のモニタリング結果

(2000年8月～10月)

(単位：世帯数)

| Community     | Household | Equipments                |                   |                    |                    | Number of Additional Loads |        |
|---------------|-----------|---------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|----------------------------|--------|
|               |           | Number Defective Lamp (1) | Blackish Bulb (2) | Noise on Radio (3) | Battery Water *(4) | Radio Cassette (5)         | TV (6) |
| <b>La Paz</b> |           |                           |                   |                    |                    |                            |        |
| Calteca       | 10        | 1                         | 2                 | 3                  | 3                  | 8                          | -      |
| Chiarumani    | 6         | 1                         | 3                 | 2                  | 2                  | 5                          | -      |
| Muruchapi     | 22        | 2                         | 5                 | 20                 | 8                  | 20                         | -      |
| Millo         | 30        | 4                         | 8                 | 25                 | 12                 | 27                         | -      |
| Catavi        | 12        | 1                         | 3                 | 10                 | 5                  | 10                         | -      |
| C.C. Alto     | 3         | -                         | 1                 | 3                  | 1                  | 3                          | 1      |
| Hiruyo        | 19        | 2                         | 2                 | 15                 | 6                  | 18                         | -      |
| Llallagua     | 14        | 1                         | 4                 | 13                 | 9                  | 14                         | -      |
| Calacachi     | 32        | -                         | -                 | 2                  | -                  | 32                         | 3      |
| <b>VMEH</b>   | 1         | -                         | 1                 | -                  | -                  | -                          | -      |
| <b>Oruro</b>  |           |                           |                   |                    |                    |                            |        |
| P.Pampita     | 16        | 3                         | 2                 | 13                 | 5                  | 15                         | 1      |
| Milluni       | 23        | 5                         | 8                 | 22                 | 16                 | 23                         | -      |
| L.Ancocota    | 44        | 9                         | 12                | 38                 | 39                 | 40                         | -      |
| Minas         | 5         | 1                         | 2                 | 1                  | 2                  | 5                          | -      |
| Total         | 238       | 35                        | 53                | 167                | 108                | 220                        | 5      |

\*(4) Battery Water: 蓄電池への水補充の回数  
出典: JICA 調査団

上記のような若干の問題はあったものの、総じて太陽光発電システムの稼働状況は良好で、利用者も満足しており、オペレーターの維持管理の結果も満足すべきものであった。

#### 2) 料金支払いに関するモニタリング

2000年5月の料金回収結果は、満足できる状況でなかった。初期投資額が8.0%、月額徴収料金が5.5%に過ぎなかった。オルロでも初期投資額が11.0%、月額徴収料金が8.6%という結果であった。

これらの状況をふまえ、支払い遅延の理由、支払い促進について協議し以下のような対策を講じた。

- 利用者へのオリエンテーションの再実施  
第4次現地調査において、JICA調査団はオペレーターとともに3つの村落を訪れ、利用者にパイロットテストの内容、維持管理、料金制度等について再度説明を行い、誤解を取り除くことで、支払いの促進を図った。

- 支払額の削減  
月額徴収料金と初期投資額を減額した。
- 利用者に関わる維持管理の変更  
オペレーターを補佐するために、各コミュニティごとにテクニカル・アシスタントを選任し、次の業務を任せることとした。

オリエンテーションの再実施、料金改定により支払状況は以下の通り少しずつ好転した。

### 料金回収率 (回収額/規定の回収額)

(単位: %)

| Month     | La Paz          |             | Oruro           |             |
|-----------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|
|           | Initial Payment | Monthly Fee | Initial Payment | Monthly Fee |
| May 2000  | 8.0             | 5.5         | 11.0            | 8.6         |
| July 2000 | 16.9            | 28.5        | 19.6            | 25.9        |
| Dec. 2000 | 38.7            | 56.2        | 47.7            | 46.3        |
| Apr. 2001 | 42.4            | 67.2        | 51.1            | 41.4        |

出典: JICA 調査団

## (2) 利用者のモニタリング

### 利用者に関する調査

太陽光発電パイロット事業の設置後、モニタリング調査を実施した。調査の主な目的は、以下の点を監視することであった。

- 太陽光発電システム導入後の利用者の生活変化
- 初期投資と月支払料金の支払状況
- 維持管理の状況

#### 1) 家庭におけるエネルギー利用状況の変化

蛍光灯を利用した平均時間は、第3次調査時点で Calteca の2.5時間から Paria Pampita の3.2時間であった。利用時間は、第1次調査から第3次調査までほとんど変化がなかった。

ラジオ聴取平均時間は、第3次調査時点では Calteca の 1.6 時間から Paria Pampita の 2.5 時間であった。この平均時間は、第1次・2次調査時とほとんど変化はなかった。

## 2) 利用者負担料金の財源の変化

初期投資と月支払料金の主な財源は、初期に実施した農村社会調査で示した結果通り農産物および家畜の販売であった。Muruchapi の約 42% の利用者、Paria Pampita の 25%、Calteca の 16% がじゃがいも、チューニヨ、人参、タマネギといった農産物を販売した。Paria Pampita の約 58% の利用者、Muruchapi の 42%、Calteca の 33% が羊、リヤマ、牛といった家畜を販売した。

## 3) 生活の変化

総利用者のうち、Paria Pampita の 91% の利用者、Muruchapi の 87%、Laguna Ancocota の 85%、Calteca の 83% は、太陽光発電システムを使い始めて日常生活が改善されたと認識していた。生活が良くなったと考える主な理由は、夜間の環境が改善されたことである。総利用者のうち 18% は変化がないと考えていた。

## 4) 利用者による維持管理

蓄電池の水レベルは、すべての利用者によって維持されていた。太陽光発電システムが問題を起こした時には、通常、利用者は地方電化委員会の代表者に連絡していた。代表者は、オペレーターに連絡し、修理を要請する。

## 5.6 太陽光発電システムの技術評価

JICA 調査団とオペレーターは、設置した太陽光発電システムの稼働状況について調査を行った。その結果、システムの稼働は以下のように満足すべきものであった。

- 55W の太陽光発電パネルは 100Ah の蓄電池を充電するのに十分な発電を行う。
- コントローラーは過充電防止、過放電防止の機能を十分に発揮した。
- 100Ah の蓄電池は設置された負荷の標準的な仕様に十分な容量であった。

おおきなトラブルもなく、また予想された山岳地における雷の被害もなかった。したがって技術的には、設置されたシステムは適正なものであったとみなされる。

当調査で経験した結果のうち、将来の事業実施に役立つと思われる事項について以下に説明する。

## (1) 技術的な問題点と解決策

維持管理のモニタリングを通じての問題点は以下の通りである。

- 黒ずんだ蛍光灯
- バラストの欠陥
- ラジオの雑音

### 黒ずんだ蛍光灯

ラパス、オルコ両県でこの問題が発生した。JICA 調査団は両県のオペレーターに、黒ずんだ蛍光灯を回収し供給業者に交換を求めよう指示をした。交換は 2001 年 4 月に完了した。

### バラストの欠陥

ラパス、オルコ両県で点灯しない蛍光灯が散見されたので、JICA 調査団はオペレーターと協議をし、バラストを取り替えることとした。取替えは 2001 年 4 月に完了した。

### ラジオの雑音

点灯した蛍光灯の近くのラジオから出る雑音について、利用者から苦情が出た。JICA 調査団は関係者と協議の末、雑音防止用のフィルターを取り付けることとし、2001 年 4 月にフィルターの取り付けを完了した。フィルターの取り付けにより雑音は概ねなくなった。

## (2) システムの規模

いくつかの村落で、当パイロット試験で取り扱わなかった太陽光発電システム設置の要望が出された。内容は以下の通りである。

- 家畜の安全確認のための屋外灯
- 学校用のテレビ、コンピューター、ビデオデッキを使用できるような規模のシステム
- 飲料水、灌漑のための太陽光発電ポンプシステム

これらのシステムは、収入および生産性の増大を意図するものでこれらの設置を望むのは向上心の旺盛な積極的な人々である。一方では、月額 US\$3 の支払さえ出来ないようなぎりぎりの生活を余儀なくされている人々が多いというのも現実である。

このような状況において、システムの規模に利用者の選択幅を設けることができれば、利用者は支払能力と自分の要望するシステムの用途を考慮して選択できるので、利用者の満足度が高まり、結果として料金支払も促進されるはずである。

## 5.7 維持管理の評価

### (1) オペレーターの実績評価

維持管理に関するモニタリングの結果、オペレーターによる維持管理は概ね満足すべきものであったが、次のような問題点も確認された。

- 1) オペレーターの巡回検査の回数が当初の計画を下回った。これはパイロット試験サイトの立地がアクセス困難な地域であったことと、巡回したときに住民が不在であることが多かったことにもよる。
- 2) 県、エネルギー炭化水素庁に期待された維持管理に関する調整業務は、充分には実施されなかったが、これは、スタッフの不足と関係者間の日常の接触が充分でなかったことによる。
- 3) 利用者の料金支払は遅れ気味で回収率は 50% 程度であるが、制度の改定による効果が現れ改善された結果である。支払遅延の理由は次の通りであった。
  - 住民の間に、太陽光発電システムが JICA の寄付であるとの誤解が広まった。
  - 収入が定期的でなく、その額も低い。
  - 設置された太陽光発電システムのパワーに対する過剰な期待があった。

### (2) 改善策の提案

前項で述べたような維持管理に関する一連の問題点の解決を目的とし、次の様な改善策が協議されたが、これらのうちの一部は既に実施された。

#### 1) 利用者/REC による維持管理

オペレーターは村落電化委員会 (REC) にテクニカル・アシスタントを選任し、技術的な訓練をしたうえで、オペレーターの維持管理業務を利用者/REC に委譲する。大きなトラブルが生じた場合、あるいは機材の取り替え等に関しては、利用者/REC との契約に従ってオペレーターの技術サービスが提供される。

## 2) 維持管理への市町村の参画

市町村の代表者を、太陽光発電システムの維持管理の調整役に加え、県、エネルギー炭化水素庁の足りないところを補うこととする。市町村は対象村落に近いという地理的かつ地縁的な有利さから、維持管理への参画により適した存在となりうる。さらに、PRSP の実施に伴い、地方開発、地方電化を担う窓口が市町村とされたことから、効果を期待してよいだろう。ただし、そのためには市町村の組織拡充とスタッフ増員が不可欠である。

## 3) 料金システムの改善

支払を促進するために Monthly Fee の低減は有効である。Monthly Fee の賄う範囲を蓄電池の蒸留水の代金とテクニカル・アシスタントの person 費に限定すればかなり低額の料金体系にできる。しかしながら、故障の修理、5年から7年ごとに行う蓄電池、コントローラーの取り替え等に伴う費用に関して、発生の都度利用者に一時払いの義務が生じることとなり、その支払が出来る利用者は多くはいないはずである。

これには、Initial Payment の活用を含め、地方電化のためのマイクロ・クレジットの創設が必要とされよう。

## 5.8 使用済み蓄電池の回収

使用済みの蓄電池の再生処理は COMMETAL という別の民間企業が請け負っているが、同社は BATEBOL のグループ会社で経営者は同一人物である。COMMETAL はボリヴィアの蓄電池の 40%を回収し、ボリヴィア唯一の使用済み蓄電池のリサイクルセンターとして無くてはならない存在である。同社は、現在年間 400,000 個の使用済み蓄電池を再生処理するだけの設備能力を持っている。

当調査でとりまとめられた太陽光発電システムによる地方電化計画が実施された場合、Phase (2002~2006年)で 2,895 基、Phase (2007~2011年)で 7,998 基の SHS の設置が行われることになるが、これらに 2001 年現在の既設システムに伴うものを加えても、COMMETAL の設備は、全ボリヴィアの蓄電池の再生処理に必要なだけの能力を十分に保有している。

## 第 6 章 小水力発電計画妥当性予備調査の概要

### 6.1 調査の概要

実施した調査内容は以下の通りである。

- 流量観測地点の選定
- 量水標の設置（ラパス県 2 箇所、オルコ県 2 箇所）
- 上記地点における日水位観測
- 小水力優先事業の選定（ラパス県 1 箇所、オルコ県 2 箇所）およびその技術的調査
- 選定した優先事業・サイト（2 地点）における地形測量および図化
- 選定した 2 地点におけるプレ F/S 調査と初期環境調査(IEE)

### 6.2 妥当性予備調査事業の選定

本調査で実施した小水力発電計画の妥当性予備調査の対象事業の選定は、優先順位検討結果を基にするとともに、VMEH およびラパス・オルコ両県との協議により決定した。選定した妥当性予備調査実施小水力発電事業は、以下の 2 事業である。

- 1) ラパス県： アポロ小水力発電計画（マチャリアプ川、フランツ・タマヨ州アポロ郡）
- 2) オルコ県： タンボ・ケマード小水力発電計画（サハマ州トゥルコ郡）

### 6.3 ラパス県アポロ小水力発電計画妥当性予備調査

#### (1) 位置および水文

小水力発電事業として提案するアポロは、ラパス市の北 382 km に位置し、陸路（車）で約 14 時間の距離にある。アポロ郡はラパス県フランツ・タマヨ州に位置する。

アポロの降水パターンは雨季と乾季の 2 シーズンに明確に区分される。アポロの平均年間降水量は 1,618 mm/年 である。アポロ小水力発電事業の計画取水地点における流域面積は 371.15 km<sup>2</sup> である。

マチャリアプ川の計画取水地点における日流量は、トゥリアプ川水位観測所で 1999 年 10 月から 2001 年 4 月まで観測された日水位データを用いて推定した。

## (2) 社会経済条件と電力需要

### 1) 社会経済条件

1992 年統計調査時点におけるアポロ郡全体人口は 12,857 人であった。当地域の地域経済の中心は農業である。アポロの都市域には、協同組合によって管理されているディーゼル発電機(222 kW,中古)がある。電力供給は夜 7 時から 10 時までの 3 時間に限定されている。アポロ町の一戸あたりの平均月収入は、約 Bs. 500 ~ 800(ボリヴィアノ)程度と低いのに対し、一戸あたりの平均月電気料金は約 Bs. 30 ~ 40 となっている。

### 2) 電力需要

一般に、小水力発電事業により電化される対象地区は、水力ポテンシャルにより決定される。マチャリアプ川は流量(水力ポテンシャル)が豊富な為、電化対象地区はアポロ市街地のみならず、その周辺の村々も電化対象とすることができる。

アポロ町の他の地区を含む周辺村落は全て未電化区域である。潜在電化対象地区は、未電化村落が多いアポロおよびサンタ・クルス・デル・ヴァリエ・アメーノの 2 カントンとした。本小水力発電計画の電化対象地区を以下の 7 ブロックに区分した。

対象地区の将来における電力需要予測は、家庭用需要および非家庭用(商業用・工業用・公共用)需要に分けて推定した。需要量予測の対象年は 2005 年とした。

家庭用および非家庭用それぞれの需要量を合計し、アポロ地域の電力総需要量を推定した。推定結果の概要は下表の通り。

| ブロック     | 都市域 |    |     | 農村  |     |     | ピーク<br>需要量 |
|----------|-----|----|-----|-----|-----|-----|------------|
|          | 夜間  | 深夜 | 昼間  | 夜間  | 深夜  | 昼間  |            |
| A        | 267 | 30 | 95  | 0   | 0   | 0   | 270        |
| B        | 267 | 30 | 95  | 75  | 17  | 41  | 340        |
| C        | 0   | 0  | 0   | 92  | 23  | 42  | 90         |
| D        | 0   | 0  | 0   | 70  | 16  | 41  | 70         |
| E        | 0   | 0  | 0   | 92  | 22  | 42  | 90         |
| F        | 0   | 0  | 0   | 68  | 15  | 40  | 70         |
| G        | 0   | 0  | 0   | 31  | 3   | 38  | 40         |
| 合計 (B-G) | 270 | 30 | 100 | 430 | 100 | 240 | 700        |

注) 合計およびピーク需要量の各数値は四捨五入した。



上記分析から、アポロ小水力発電事業の最適規模は、ケース7の700kWと推定された。

### (3) 最適開発規模の検討

アポロ小水力プロジェクト(マチャリアプ川)は、豊富な流量が安定して得られるため、広域な電力供給が可能である。電化対象地域を以下のように増加させるケースを検討した。プロジェクトの最適開発規模は、各ケースを比較して選定した。

| ケース    | 電化対象地区   |
|--------|--|
| ケース-1: | アポロ町中心市街地(合計受益者=587世帯)                             |
| ケース-2: | ケース-1 + 空港 + 所為水力発電所からアポロ町までの送電線沿いの村落(合計受益者=840世帯) |
| ケース-3: | ケース-2 + ブロックF(サ・枕)(合計受益者=1,056世帯)                  |
| ケース-4: | ケース-3 + ブロックD(サ・ド・ミゴ)(合計受益者=1,286世帯)               |
| ケース-5: | ケース-4 + ブロックC(サ・クル・デル・ヴァリエ・アメリ)(合計=1,624世帯)        |
| ケース-6: | ケース-5 + ブロックE(サ・パドロ)(合計受益者=1,961世帯)                |
| ケース-7: | ケース-6 + ブロックG(サ・マルス)(合計受益者=1,993世帯)                |

各ケースの電力需要量は概算事業費を基にして推定した。工事費(土木工事、発電・機器、送配電施設)は、工事単価を用いて概算した。運営・維持管理費は工事費に基づき概算した。便益は、代替ディーゼル発電の費用削減額として算定した。

算定した概算事業費および便益を基に、本事業の最適開発規模選定のため、経済評価を行った。経済評価の結果は下表の通りである。

| ケース番号                        | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6         | 7                |
|------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|------------------|
| 設備容量(kW)                     | 270     | 340     | 410     | 480     | 570     | 660       | <b>700</b>       |
| 内部収益率<br>EIRR(%)             | 12.4%   | 14.2%   | 13.6%   | 14.9%   | 15.3%   | 15.7%     | <b>16.1%</b>     |
| 純現在価値 NPV<br>(純便益 B-C)(US\$) | 257,164 | 496,836 | 485,726 | 718,560 | 878,442 | 1,040,111 | <b>1,154,299</b> |
| 便益費用比率 B/C                   | 1.17    | 1.27    | 1.22    | 1.29    | 1.30    | 1.31      | <b>1.33</b>      |

上述の経済評価の結果から、ケース7をアポロ小水力発電計画の最適開発規模として選定した。

### (4) 予備設計および工事費算定

アポロ小水力発電所の施設配置計画および予備設計図を図6.1に示す。算定したアポロ小水力発電計画の工事費(財務価格)は下表に要約される通り、約400万米ドルと算定された。

### アポロ小水力発電計画の工事費総括表 (予備設計)

| 項 目                | 財務費用 (税含む)       |   | Unit : US\$. |
|--------------------|------------------|---|--------------|
|                    | 予費設計 (700kW)     | 摘 要   |              |
| <b>1. 準備工事</b>     | <b>625,300</b>   |   |              |
| 1.1 建設所設備          | 294,200          | (2.+3.)*10%                                 |              |
| 1.2 取付道路           | 325,500          | 砂利簡易舗装、道路幅=4m (サンタ・テレサ村 ~ 計画サイト間新設)         |              |
| 1.3 環境対策費          | 5,600            | 2.*0.01                                     |              |
| <b>2. 土木工事</b>     | <b>562,500</b>   |   |              |
| 2.1 取水堰            | 19,300           |   |              |
| 2.2 取水口            | 19,600           |   |              |
| 2.3 沈砂池            | 0                |   |              |
| 2.4 導水路            | 195,200          |   |              |
| 2.5 ヘッドタンク (調整水槽)  | 112,600          |   |              |
| 2.6 水圧管路           | 35,300           |   |              |
| 2.7 余水路            | 12,600           |   |              |
| 2.8 発電所            | 153,700          |   |              |
| 2.9 放水路            | 14,200           |   |              |
| 2.10 放水口           | 0                |   |              |
| <b>3. 水力・電気機器</b>  | <b>2,379,600</b> |   |              |
| 3.1 水車・発電器類        | 740,000          | 350kW x 2台、税金、運搬費、据付費を含む                    |              |
| 3.2 送配電線施設         | 1,419,900        |   |              |
| 3.3 水力機器           | 219,700          | ゲート、スクリーン、鉄管                                |              |
| <b>4. 運搬費</b>      | <b>110,100</b>   | (2.+3.2+3.3)*5% (La Paz - Apolo - Site)     |              |
| <b>5. 直接工事費</b>    | <b>3,677,500</b> | 1.+2.+3.+4.                                 |              |
| <b>6. 管理費及び技術費</b> | <b>323,000</b>   | {管理費:(1.+2.+3.)*6% + 詳細設計費:US\$20,000}*138% |              |
| <b>総 工 事 費</b>     | <b>4,000,500</b> | 4. + 5.                                     |              |

注) 取付道路建設費 = 山岳道路部分(岩盤掘削): 9.1km x 30,000 US\$/km + 平坦部分(通常掘削): 3.5km x 15,000US\$/km

#### (5) 工事計画

アポロの現在の電化状況および必要資金を考慮し、本計画を 2 期に分割して開発することを提案する。基本設計および詳細設計に要する期間は 6 ヶ月間を予定し、事業全体の実施期間は、約 4 年間と想定した。

#### (6) 経済・財務評価

##### 1) 経済評価

アポロ小水力発電事業の経済的実施可能性については、経済費用と経済便益を前提条件にして経済的内部収益率 (EIRR) をもって検討した。

算定したアポロ小水力発電事業の EIRR は 19.2% である。従って、提案事業は十分な経済的実施可能性を有するものと判断される。

## 2) 財務評価

アポロ小水力発電事業の財務評価においては、本事業において投下される資本投資費用並びに維持管理費用を回収するために必要な最低の適用電力料金を算定した。この結果、提案事業は十分な財務的实施可能性を有するものと判断される。

投資費用と維持管理費用を回収するために必要な月額電力料金は、1戸当たり 1.27US ドルと算定された。これは、現在支払っている料金の半額以下である。

## (7) 初期環境評価

初期環境評価に関する調査は、2001年5月、第5次現地調査時に行われた。調査結果によると、本小水力発電事業の実施において重大な影響は予期されない。

## 6.4 オルコ県タンボ・ケマード小水力発電計画妥当性予備調査

### (1) 位置と水文

タンボ・ケマード小水力発電事業サイトは、オルコ市の西約 200km に位置し、陸路(車)で約 5 時間の距離にある。タンボ・ケマードは、オルコ県サハマ内のトゥルコ郡に位置する。

計画地域の年平均降水量は 327mm/年である。このうち 97%が 10 月から 3 月までの雨季に降り、4 月から 9 月までは年降水量の 3% しか降らない。タンボ・ケマード川の河川流量は、ハルマ川での観測データを基に推定した。

### (2) 社会・経済条件と電力需要

#### 1) 社会・経済条件

タンボ・ケマード町の 2000 年現在 55 世帯、約 235 人である。主要経済活動は、税関業務に関連するものである。他の主要経済活動は牧畜である。一般家庭の一世帯当たりの平均年間収入は 600 ボリヴィア・ブス (約 100 米ドル) 程度である。

現在、タンボ・ケマード町は、設備容量 112kW のディーゼル発電器による電力供給がなされている。「フロンテラ」という通関業務請負業者が、1997 年より電気の供給を行っている。主要需要家は、税関関連業務取扱業者と国の事務所である。一般家庭の一世帯当たりの平均電気料金は 25 ボリヴィア・ブス/月程度となっている。

## 2) 電力需要

タンボ・ケマード川の水力ポテンシャルは極めて限られているため、電化対象地区は、タンボ・ケマード町のみ限定される。

需要予測は、需要家を家庭用および非家庭用の2つの需要区分に分類して推定した。家庭用需要とは、世帯当たりの需要量である。また、非家庭用需要はさらに、商・工業用および公共用に分けて推定した。

2005年時における電力需要量は、下表に要約されるようにピーク需要62kWになると予測した。

| 分類  | 現況 (2001年) |             | 将来 (2005年) |             |
|-----|------------|-------------|------------|-------------|
|     | 世帯数・施設数    | ピーク需要量 (kW) | 世帯数・施設数    | ピーク需要量 (kW) |
| 家庭用 | 55         | 40.2        | 69         | 58.8        |
| 商業用 | 20         | 1.6         | 34         | 2.8         |
| 工業用 | 0          | 0.0         | 2          | 0.0         |
| 公共用 | 2          | 0.0         | 1          | 0.0         |
| 合計  | 77         | 41.8        | 106        | 61.6        |

### (3) 最適開発規模の検討

水文解析の結果から、将来ピーク需要62kWを発電可能な日数は、下図に示すように年間の22%しかない。残りの年間78%の期間におけるピーク需要に対応するためには、電力の不足分をディーゼル発電によるか、または、小水力発電に貯水池等を建設することが必要となる。

上記を勘案し、以下の3ケースの代替開発計画案を作成し比較した。

|        |  |
|--------|--|
| ケース A: | 小水力 40kW (Q <sub>100%</sub> ) + ディーゼル (22kW)       |
| ケース B: | 小水力 50kW (Q <sub>54%</sub> ) (調整池付き) + ディーゼル(12kW) |
| ケース C: | 小水力 62kW (Q <sub>22%</sub> ) (調整池付き) のみ (ディーゼルなし)  |

最適開発規模の選定のため、上記3ケースについて概算事業費とその便益を算定し比較した。

タンボ・ケマード小水力発電計画の経済評価結果は以下の通りである。

| ケース番号                        | ケース A   | ケース B<br>(調整池付き) | ケース C<br>(調整池付き) |
|------------------------------|---------|------------------|------------------|
| 設備容量 (小水力)                   | 40 kW   | 50 kW            | 62 kW            |
| 設備容量 (ディーゼル)                 | 22 kW   | 12 kW            | 0 kW             |
| 経済的内部収益率(EIRR) (%)           | 9.0%    | 8.7%             | <b>16.2%</b>     |
| 純現在価値 NPV<br>(純便益 B-C)(US\$) | -10,721 | -14,250          | <b>88,408</b>    |
| 便益費用比率 B/C                   | 0.964   | 0.953            | <b>1.438</b>     |

評価の結果、調整池付きの 62kW 設備容量が最適である。最終的にケース C を最適開発規模として選定した。

#### (4) 予備設計および工事費算定

タンボ・ケマード小水力発電計画の施設配置計画および予備設計図を図 6.2 に示す。算定したアポロ小水力発電計画の工事費は下表に要約される通り、239,700 米ドルと算定された。

#### タンボ・ケマード小水力発電計画の工事費総括表 (予備設計)

| 財務費用 (税含む)         |                | (小水力設備容量=62kW) | Unit : US\$. |
|--------------------|----------------|----------------|--------------|
| Item               | Cost           | Note           |              |
| <b>1. 準備工事</b>     | <b>2,224</b>   |                |              |
| 1.1 建設所設備          | 1,112          | 2.*0.01        |              |
| 1.2 取付道路           | 0              |                |              |
| 1.3 環境対策費          | 1,112          | 2.*0.01        |              |
| <b>2. 土木工事</b>     | <b>111,195</b> |                |              |
| 2.1 取水堰            | 133            |                |              |
| 2.2 取水口            | 113            |                |              |
| 2.3 沈砂池            | 0              |                |              |
| 2.4 導水路            | 77,873         |                |              |
| 2.5 ヘッドタンク(調整水槽)   | 29,717         |                |              |
| 2.6 水圧管路           | 943            |                |              |
| 2.7 余水路            | 450            |                |              |
| 2.8 発電所            | 1,904          |                |              |
| 2.9 放水路            | 62             |                |              |
| 2.10 放水口           | 0              |                |              |
| <b>3. 水力・電気機器</b>  | <b>94,626</b>  |                |              |
| 3.1 水車・発電機類        | 38,700         |                |              |
| 3.2 送配電線施設         | 26,056         |                |              |
| 3.3 水力機器           | 29,870         |                |              |
| <b>4. 運搬費</b>      | <b>10,291</b>  | (2.+3.)*5%     |              |
| <b>5. 直接工事費</b>    | <b>218,336</b> | 1.+2.+3.+4.    |              |
| <b>6. 管理費及び技術費</b> | <b>21,366</b>  | 6.*9.8%        |              |
| <b>総工事費</b>        | <b>239,700</b> | 4.+5.          |              |

#### (5) 工事計画

基本設計および詳細設計に 4 ヶ月間を予定し、事業全体の実施期間は約 10 ヶ月間を予定する。

## (6) 経済・財務評価

### 1) 経済評価

タンボ・ケマード小水力発電事業の経済的実施可能性については、経済費用と経済便益を基にして算定する経済的内部収益率（EIRR）をもって検討した。

タンボ・ケマード小水力発電事業の EIRR は 16.4%である。従って提案事業は十分な経済的実施可能性を有するものと判断される。

### 2) 財務分析

タンボ・ケマード小水力発電事業の財務評価においては、本事業において投下される本事業費用を回収するに必要な最低の適用電力料金を算定した。

算定の結果、維持管理費用と投資費用を回収可能にする電力料金は、現在住民が支払っている料金よりも少ないものとなった。

## (7) 初期環境評価

2001年5月の第5次現地調査時において、初期環境評価に関する調査が行われた。調査結果によると、本小水力発電事業の実施は、事業周辺地域に重大な影響を与えないと预期される。

## 第7章 風力発電プロジェクトの要約

### 7.1 調査と調査結果:

風力発電開発に関して実施された調査内容は、以下の通りである。

- 既存の風況データと情報の収集
- 風況観測地点の選定
- 資材調達と再委託および据付工事の監督
- 風況観測装置のモニタリング、データ収集および分析
- 風力開発のプロジェクト計画
- プロジェクトの優先順位、および経済・財務分析

### 7.2 風況観測装置の据付地点選定と据付工事

ラパス県とオルコ県において、各県 5 地点に風況観測装置の据付けを行なうために据付け地点の選定を行なった。

#### (1) ラパス県

- |                    |              |
|--------------------|--------------|
| 1) アチリ             | : カキアビリ郡     |
| 2) チャラーニャ          | : チャラーニャ郡    |
| 3) ラモン・ゴンザレス       | : G.J.J.ペレス郡 |
| 4) タキーリ島           | : マンコ・カパック郡  |
| 5) サンティアゴ・デ・ジャジャグア | : コルケンチャ郡    |

#### (2) オルコ県

- |                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| 1) コムホ・コイパサ         | : コイパサ郡             |
| 2) カリペ              | : C.カランガス郡          |
| 3) チャチャコマニ          | : トウルコ郡             |
| 4) サリナス・デ・ガルチ・メンドーサ | : サリナス・デ・ガルチ・メンドーサ郡 |
| 5) セバルヨ             | : S.キジャカス郡          |

風況観測装置の据付工事は2000年1月に始まり2月に終了した。据付工事は予定時期より、通関の時間が長引いたため遅く始まった。

### 7.3 計画妥当性予備調査に関する優先プロジェクトの選定

ラパス県とオルロ県について、各3つの開発優先地域が、これまでに行なわれた一年間の風況観測と社会経済のデータから選出された。選択の基準として、風力ポテンシャル、カントン人口および県の開発優先地域が考慮された。

以上の結果をもとに、以下の3つのカントン、ラパス県から1つオルロ県から2つ、が計画妥当性予備調査の候補地点として選出された。

|      |   |         |
|------|---|---------|
| ラパス県 | 1 | チャラーニャ  |
| オルロ県 | 1 | チャチャコマニ |
|      | 2 | カリペ     |

### 7.4 計画妥当性予備調査風力発電プロジェクト

#### (1) 位置と社会経済状況

チャラーニャは、ボリヴィアとチリの国境に位置する町である。人口は、1992年に1,037人で2000年には1,016人に減少している。チャラーニャの主要な経済活動は、税関とそれに関する活動である。畜産もまた主要な経済活動である。チャラーニャでは、電力はディーゼル発電で供給されている。ディーゼル発電機の設備容量は135kVAで、80の世帯に対して電力供給を行なっている。このディーゼル発電機はカントンにより、運営されている。

カリペはオルロ県北部に位置している。人口は、1992年に208人で2000年には206人に減少している。カリペの主要な経済活動は畜産である。一世帯あたり約300頭の牛を所有しており、住民は比較的裕福である。カリペは、人口規模が小さいため電力需要は小さくなっている。カリペには電力供給のサービスがない。

チャチャコマニは、オルロ県北部に位置している。人口は、1992年に476人で2000年には470人に減少している。主要な経済活動は畜産である。多くに住民が、チャチャコマニから15km離れた、チリ国境の町であるタンボ・ケマードで仕事をしている。チャチャコマニに



は、電力供給のサービスがない。住民は、ローソク、灯油ランプおよびガスランプを電気の変わりに用いている。

## (2) 電力需要

電力需要はコミュニティ・インタビュー調査結果をもとに行なった。一般世帯に加えて産業および公共施設があるため、電力需要は産業活動および公共施設の電力需要を別々に推定した。電力需要の推定は2005年を基準に行なった。

推定したピーク需要は、チャラーニャで26 kW、カリペで4.9 kWそしてチャチャコマニで9.7 kWである。

月別電力需要も下表に示すとおりに算出された。総電力需要は、チャラーニャで65,678 kWh、カリペで9,951kWh、チャチャコマニで20,440kWhと推定された。

### 月別電力需要

|       | Power Demand (kWh/Mo.) |        |              |
|-------|------------------------|--------|--------------|
|       | Charana                | Caripe | Chachacomani |
| Jan.  | 5,328                  | 845    | 1,736        |
| Feb   | 4,812                  | 763    | 1,568        |
| Mar   | 5,626                  | 845    | 1,736        |
| Apr   | 5,445                  | 818    | 1,680        |
| May   | 5,626                  | 845    | 1,736        |
| Jun   | 5,445                  | 818    | 1,680        |
| Jul   | 5,626                  | 845    | 1,736        |
| Aug   | 5,626                  | 845    | 1,736        |
| Sep   | 5,445                  | 818    | 1,680        |
| Oct   | 5,626                  | 845    | 1,736        |
| Nov   | 5,445                  | 818    | 1,680        |
| Dec   | 5,626                  | 845    | 1,736        |
| Total | 65,678                 | 9,951  | 20,440       |

出典: JICA 調査団

## (3) 最適開発計画の形成

### チャラーニャ

チャラーニャにおける最適発電計画作成のため、風力分析の結果から5つの計画が形成された。チャラーニャの近くには小水力発電の利用に適している地域がない。それゆえに、チャラーニャでは、風力とPVのハイブリッド発電システムを計画した。風力データ分析から、太陽光発電の最小設置許容量は、80%の日時間需要が保証されている。

比較の結果、風力発電 80kW と太陽光発電 16kWp の組合せが最小投資額の最適計画として選択された。

### カリペ

カリペにおける最適発電計画作成のため、風力分析の結果から 2 つの計画が形成された。カリペ の近くには小水力発電の利用に適している地域がない。それゆえに、カリペでは、風力と PV のハイブリッド発電システムを計画した。各計画の投資額を推定し比較を行った。比較の結果、風力発電 10kW と太陽光発電 4kWp の組合せが最小投資額の最適計画として選択された。

### チャチャコマニ

チャチャコマニでは、水力ポテンシャルがあるため、風力・PV ハイブリッド発電と風力・小水力 ハイブリッド発電の 2 つのハイブリッドシステムが計画された。

2 つのハイブリッド発電システムの最適組合せは：

- 1) 風力・小水力 ハイブリッド発電: 風力 20 kW、小水力 3 kW
- 2) 風力・PV ハイブリッド発電: 風力 40 kW、PV 9kWp

推定コストは、風力・小水力 ハイブリッド発電が US\$ 252,969、風力・PV ハイブリッド発電が US\$347,066 であり、風力・小水力 ハイブリッド発電が適していることを示している。さらに、風力と小水力を組合せることによりバッテリーの容量を風力と PV の組合せと比較して、小さくできるため、メンテナンス費用を低く抑えることが出来る。

以上の分析から、風力・小水力 ハイブリッド発電システムが最終的にチャチャコマニ風力発電プロジェクトの最適電化計画に選択された。

## **(4) 風力発電の初期設計と見積り費用**

### 1) 風力発電計画

上記において説明されたように、チャラーニャとカリペのシステムは風力発電と太陽光発電から構成されている。チャチャコマニのシステムは、風力発電と小水力発電で構成される。チャラーニャでは、既存するディーゼル発電機は、バックアップ用発電機として利用することが計画されている。VMEH の開発方針によれば、ディーゼル発電による電化計画は推薦されていない。しかしながら、チャラーニャのような電力需要の大きい町では、バックアップの発電機が定期点検の間、もしくは予測していない

急激な電力需要の増大に備えるために必要である。チャチャコマニでは、ハイブリッド発電システムの投資額を減らすためには、小水力発電は年間を通じて安定した発電量が得られるように設計した。最適計画として、小水力発電の設備容量は3kWと設計された。チャラーニヤ、カリペ およびチャチャコマニのレイアウト・プランは図 7.1 から 7.6 の通りである。

## 2) 積算コスト

コストの推定は、小水力発電の仮定および条件を適用して行った。

風力発電開発計画の推定コストは、下表の通りチャラーニヤで US\$ 817,798、カリペで US\$ 147,296、およびチャチャコマニで US\$ 294,674 となっている。

### 積算プロジェクト・コスト

(unit: US dollar)

| Item                                       | Charana        | Caripe         | Chachacomani   |
|--|----------------|----------------|----------------|
| 1. Wind generator, PV system, etc.         | 478,822        | 88,405         | 209,242        |
| 2. Distribution Line                       | 35,885         | 11,040         | 15,000         |
| 3. Installation Works                      | 144,000        | 21,000         | 30,000         |
| 4. Transportation                          | 92,946         | 14,938         | 16,598         |
| 5. Direct Cost Total                       | 751,653        | 135,382        | 270,840        |
| 6. Administration and Engineering Service. | 66,145         | 11,914         | 23,834         |
| <b>Total Construction Cost</b>             | <b>817,798</b> | <b>147,296</b> | <b>294,674</b> |

出典：JICA 調査団

## (5) 経済・財務評価

### 1) 経済評価

3つの風力発電事業の経済的実施可能性については、以下の前提条件において算定する経済的内部収益率（EIRR）をもって検討した。

費用及び便益に基づいて算定した3風力発電事業のEIRRは下表に示すとおりである。

### 風力発電事業の EIRR

| チャラーニヤ | カリペ  | チャチャコマニ |
|--------|------|---------|
| -2.6%  | 1.0% | -0.9%   |

3つの風力発電事業のEIRRはカリペを除き全て負の値である。しかしながら、ウィンド・タービン、インバータ、コンバータ及びPVシステムの価格は将来に亘り低下することが期待されている。仮に風力発電システムに対する需要が将来的に拡大するのであれば、これら設備の価格はかなり低下するものと考えられる。

## 2) 財務評価

3つの風力発電事業の財務評価においては、本事業における維持管理費用を回収するために必要な最低の適用電力料金を算定した。

### a) チャラーニャ

算定された月当たり電力料金支払い額は2.65USドルである。これは現在支払っている額以下である。維持管理費と部分的な投資額が利用者に課されるとすれば、チャラーニャにおける風力発電事業は、財務的にも持続可能であると判断される。

### b) カリペ

算定された月当たり電力料金支払い額は3.15USドルである。これは現在の支払額以下である。維持管理費と部分的な投資額が利用者に課されるとすれば、カリペにおける風力発電事業は、財務的にも持続可能であると判断される。

### c) チャチャコマニ

算定された月当たり電力料金支払い額は4.73USドルである。これは現在支払っている額より僅かに多い額である。しかしながら、1日24時間稼働の風力発電システムより受けるサービス内容と便益は、ケロシン・ランプの利用とは比較にならないと考える。従って、維持管理費が電気料金によって賄えれば、チャチャコマニにおける風力発電事業は財務的にも持続可能であると判断される。

## (6) 初期環境評価

初期環境評価に関する調査は、2001年5月、第5次現地調査時に行われた。調査結果は、チャラーニャ、カリペ、チャチャコマニの各風力発電事業実施において社会環境、自然環境に対する負の影響は予期されないことを示した。

予期される騒音問題と景観の障害は、発電所が町の郊外に設置されることから社会環境にほとんど影響を及ぼさないであろう。

## 第 8 章 ラパス県・オルコ県の再生可能エネルギー利用地方電化計画 (2002～2011)

### 8.1 再生可能エネルギーとポテンシャルの評価

#### (1) 対象とする再生可能エネルギー源

ラパス県、オルコ県の地方電化計画の対象となる再生可能エネルギーは次の 3 つである。

- 1) 小水力エネルギー (MHP)
- 2) 風力エネルギー
- 3) 太陽光エネルギー (太陽光発電)

バイオマス・エネルギーは本計画の対象としない。2002 年から 2011 年にかけての地方電化計画では、小水力、風力、太陽光といった再生可能エネルギーの利用と送電網延長を組合せた計画が策定される。

#### (2) 潜在エネルギー源

##### 1) 小水力発電ポテンシャル

小水力発電事業の確認のため、ラパス・オルコ両県の水力発電ポテンシャルを調査した。

作成したラパス・オルコ県の水力発電ポテンシャル図を、図 8.1 および図 8.2 に示す。

同図に示すように、水力発電ポテンシャルの高い地域は、ラパス県では、北西から南東へ連なるオリエンタル・ロス・アンデス山脈沿いの地域であり、一方、オルコ県では、全体に水力ポテンシャルは低く、水力ポテンシャルのある地域はごく一部の地域に限定されている。

##### 2) 風力発電ポテンシャル

本調査で収集した風況データや利用可能な地形データによって作成した風力ポテンシャル地図は、図 8.3 及び図 8.4 に示す。この風力ポテンシャル地図では、全体的にラパスよりもオルコにおいてポテンシャルが高く、特にオルコ西部、ラパス南西部において風力ポテンシャルが高いことを示している。

### 3) 太陽光発電ポテンシャル

太陽光発電及び風況観測サイトで収集したデータに基づき、かつGTZの放熱量データを補足しながら作成した太陽光発電ポテンシャル地図を図8.5、図8.6に示す。

地図に示すとおり、ラパスよりオルロ県の方が高い太陽光発電ポテンシャルを有している。

### (3) 再生可能エネルギー源別のコスト比較

再生可能エネルギーを利用する際の発電コストと送電網延長及びディーゼル発電によるコストを比較した。

取り纏めた分析結果を以下に示す。

#### エネルギー源別電力コスト

(米国ドル/kWh)

|      | 送電網延長 |      | 太陽光発電 | 小水力  | 風力   | ディーゼル |
|------|-------|------|-------|------|------|-------|
|      | 小規模   | 大規模  |       |      |      |       |
| 経済価格 | 0.15  | 0.17 | 1.60  | 0.16 | 0.58 | 0.18  |
| 財務価格 | 0.16  | 0.18 | 1.90  | 0.18 | 0.70 | 0.21  |

出典：JICA 調査団

## 8.2 地方電化計画策定に係る方法論

### (1) エネルギー炭化水素庁の政策

エネルギー炭化水素庁は、ポテンシャルを有する地域での再生可能エネルギー利用による発電事業を推進しているが、送電網延長のコスト優位性により、地方電化のほとんどは送電網延長により進められているのが現状である。エネルギー炭化水素庁の政策とコスト比較の結果より、ラパス県及びオルロ県の地方電化計画策定においては、予算との兼ね合いを計りながら、送電網延長を最大限に適用し、補完的に再生可能エネルギーを活用するものとする。

3.1 項の説明のとおり、エネルギー炭化水素庁は受益者自身がより活発に、地方電化事業に参加することを期待している。農村部の住民が、据え付け及び設備費用を共同負担し、発電システムの維持管理により責任を持って従事することが期待されている。

## (2) 地方電化への投資

ラパス及びオルロ県における地方電化の進展は、年間予算の配分額に大きく依存している。電化計画策定の枠組みを設定するうえで、過去4年間の平均年間投資実績額より2002年における年間投資所用額を求めた。これが2011年まで年平均3.6%増加<sup>1</sup>すると仮定した。

### 2002年における地方電化事業に対する年間投資額の予測

ラパス： 270万USドル

オルロ： 160万USドル

ラパス県では、2002年から2006年にかけて総投資額の65%が送電網延長に充当され、2007年から2011年にかけては総投資額の60%が充当される。オルロ県では、2002年から2006年にかけて総投資額の70%が送電網延長に充当され、2007年から2011年にかけては総投資額の60%が充当される。

## (3) 再生可能エネルギー開発及び送電網延長計画の策定

### 1) 小水力発電及び風力発電

小水力及び風力発電は資源志向型のエネルギー・システムである。従って、これらエネルギーの開発については、発電ポテンシャルが存在する地域に計画が進められる。水力及び風力に関する収集データの分析に始まり、これらエネルギーの発電事業は以下の手順にて計画策定された。

- ポテンシャルの評価と候補地の抽出
- 将来送電網延長が予定されている事業地域の除外
- 候補事業費用の予備見積り
- 送電網延長との経済性比較による優先事業の選定
- 選定された実施事業の優先度付け

### 2) 太陽光発電

太陽光エネルギーによる発電コストは最も高価であるため、太陽光発電システムの取付けは、他に経済的なエネルギー源が利用不可能で、将来的にも送電網延長の計画対

<sup>1</sup> 貧困削減戦略報告書 (PRSP) によるボリヴィア国の1人当たりGDP成長率予測値

象外である遠隔地域においてのみ計画されていた。観測データ、送電網延長事業の優先度に係る分析に始まり、事業候補地の確認を以下の手順にて行った。

- 太陽光発電ポテンシャル地域の評価
- 将来も送電網延長計画の対象外である遠隔地域からの太陽光発電事業候補地の選定

太陽光発電事業の数は小水力及び風力発電に配分される投資予定額を控除した残りの投資額の範囲で決定されるものとする。

### 3) 送電網延長

将来の拡張に係る予測を以下の手順にて行った。

- エネルギー炭化水素庁及び両県の配分予算と計画に基づいた、2002年から2006年にかけての送電網の延長予測
- 2006年時点の送電網配置図と対象カントン間の優先度付けに基づいた、2007年から2011年にかけての送電網の延長予測

## 8.3 地方電化計画 (2002 - 2011)

### (1) 小水力発電開発計画

#### 1) 候補事業の選定

小水力発電事業の優先開発候補の判定は、作成した水力発電ポテンシャル地図と得られた小水力インベントリーを基にして行った。

地方電化のための小水力発電は、基本的に散型電源として用いられるため、送電線の延長計画のある地域あるいは近い将来に送電線が延長されることが予測される地域の小水力事業は候補リストから除いた。

#### 2) 優先事業の選定

優先小水力発電事業の選定に当たっては、各事業について小水力による電化を行った場合と送電線による電化を行った場合の両者のコスト比較を行い評価した。



ここでは、送電線延長よりも経済的に優位な小水力事業のみを優先開発事業として選定し、2011年までの地方電化実施計画に含めた。

上記により、最終的にラパス県で31箇所、オルコ県で3箇所地方電化のための優先開発小水力発電事業を選定した。合計設備容量は、ラパス県で2,316 kW、オルコ県で102 kWとなった。

### 3) 選定事業の段階的実施計画

優先順位検討結果に基づき、選定した小水力事業を、下表のように第1段階（2002年～2006年実施予定）と第2段階（2007年～2011年実施予定）に分配した。詳細は表4.3に示す通りである。

小水力発電事業案（ラパス県）

| 段階<br>(フェーズ) | 実施予定年         | 受益世帯数<br>(世帯) | 設備容量<br>(kW) | 投資額<br>(US\$) |
|--------------|---------------|---------------|--------------|---------------|
| 第1段階         | 2002 - 2006   | 4,240         | 1,096        | 3,496,000     |
| 第2段階         | 2007 - 2011   | 3,490         | 1,220        | 3,541,000     |
| 合計           | (2002 - 2011) | 7,730         | 2,316        | 7,037,000     |

小水力発電事業案（オルコ県）

| 段階<br>(フェーズ) | 実施予定年         | 受益世帯数<br>(世帯) | 設備容量<br>(kW) | 投資額<br>(US\$) |
|--------------|---------------|---------------|--------------|---------------|
| 第1段階         | 2002 - 2006   | 45            | 62           | 240,000       |
| 第2段階         | 2007 - 2011   | 140           | 40           | 128,000       |
| 合計           | (2002 - 2011) | 185           | 102          | 368,000       |

表に示したように、ラパス県では選定された合計30の小水力事業のうち、13事業が第1段階に、17事業が第2段階に実施するよう提案され、オルコ県では、合計3つの小水力事業が選定された。

## (2) 風力発電開発計画

### 1) 候補地の選定

事業候補地域を決定するために、風力ポテンシャル地図と風況データの再検討を行った。

ラパス県から12地点、オルコ県から5地点が選択された。各地点に風力発電開発計画を作成するために、一般世帯、産業および公共施設をふくめた電力需要を推定した。次

に、太陽光あるいは小水力と組合せた最適のハイブリッド方式を、各サイトにおける開発計画の形成後に決定した。ほとんどの風力発電開発事業は、小水力と組合せた 1 地点を除いて、太陽光とのハイブリッド方式である。

選択された風力発電事業については、さらに系統延長事業とのコスト比較をおこなった。系統延長より経済性のある事業が、地方電化実施計画に含まれる風力発電の優先事業として最終的に選出された。ラパス県では、10 の風力発電事業が選択され設備容量は 386kW である。また、オルロ県では、4 の風力発電事業が選択され設備容量は 135kW である。

## 2) 事業実施の優先順位

上記の事業の優先評価にしたがって、全ての風力発電事業は 2 つの段階に分けて行われる。フェーズ I (2002-2006)では、ラパス県 4 地点、オルロ県 3 地点の合計 7 地点で設備容量 279kW の風力発電事業が実施される。また、フェーズ II (2007-2011)では、ラパス県 6 地点、オルロ県 1 地点の合計 7 地点で設備容量 242kW の風力発電事業が実施される。

**風力発電開発計画 (Phase I: 2002 2006)**

|        | Canton       | Objective HHs | Capacity (kW) | Investment Cost (US\$) |
|--------|--------------|---------------|---------------|------------------------|
| La Paz | OKORURO      | 48            | 36            | 251,624                |
|        | CHARANA      | 150           | 96            | 678,437                |
|        | CHINOCABI    | 44            | 26            | 198,042                |
|        | RIO BLANCO   | 36            | 24            | 172,464                |
|        | (Sub Total)  | 278           | 182           | 1,300,567              |
| Oruro  | CARIPE       | 30            | 14            | 122,364                |
|        | COSAPA       | 146           | 60            | 432,575                |
|        | CHACHACOMANI | 70            | 23            | 267,426                |
|        | (Sub-Total)  | 246           | 97            | 822,365                |
| Total  |              | 524           | 279           | 2,122,932              |

出典：JICA 調査団

風力発電開発計画 (Phase II: 2007 2011)

|        | Canton         | Objective HHs | Capacity (kW) | Investment Cost (US\$) |
|--------|----------------|---------------|---------------|------------------------|
| La Paz | E.ABARO        | 32            | 22            | 150,150                |
|        | GREAL. PEREZ   | 30            | 22            | 149,062                |
|        | LADISLAO CABRE | 34            | 22            | 150,150                |
|        | CATACORA       | 74            | 56            | 363,140                |
|        | PAIRUMANI GRAN | 46            | 36            | 250,536                |
|        | POJO PAJCHIRI  | 60            | 46            | 303,030                |
|        | (Sub-Total)    | 276           | 204           | 1,366,068              |
| Oruro  | LAGUNAS        | 62            | 38            | 273,938                |
| Total  |                | 338           | 242           | 1,640,006              |

出典：JICA 調査団

(3) 太陽光発電開発計画

1) 太陽光発電優先地域の選定

発電コストの比較の結果が示すように、再生可能エネルギーのうちでも太陽光発電システムは最も高いエネルギーコストと見なされている。従って、太陽光発電システムは小水力、風力のポテンシャルが無いところで、アクセスの非常に悪い地域に設置すべきである。

太陽光発電システムの優先地域は送電線延長計画に示されている送電線延長の優先地域地図を用いて選択された。図 8.9、図 8.10 が示す通り、C と D に属するグループのカントンは、ラパス、オルロ両県における太陽光発電システムの優先サイトとして選定された。しかしながら、送電線がカントンに延長され、カントンの一部だけが電化されている状況では、A と B に属するグループのカントンの孤立地域もまた太陽光発電システムのポテンシャル地域として考慮されるべきである。

2) 太陽光発電実施計画

経済比較の結果によると、電化計画のより高い優先権は、再生可能エネルギー内では小水力や風力に与えられるべきである。従って、太陽光発電を用いた電化実施計画は、一戸当たり 800 米ドルという太陽光発電投資費用の仮定によってすべての再生可能エネルギー開発のために割り当てられた基金の枠組み内（あるいは再生エネルギーのための総割当基金から小水力と風力の投資額を引いた額を用いて）で形成された。

ラパス県、オルロ県の太陽光発電システム実施計画は、以下の通り取り纏められる。

## 太陽光発電 実施計画

(単位: 世帯数)

| Phase<br>県 | Phase<br>(2002-2006) | Phase<br>(2007-2011) | 計      |
|------------|----------------------|----------------------|--------|
| ラパス        | 177                  | 3,361                | 3,538  |
| オルコ        | 2,235                | 4,637                | 6,872  |
| 計          | 2,412                | 7,998                | 10,410 |

出典: JICA 調査団

### (4) 送電網延長計画

#### 1) 2002年～2006年における送電網延長計画

エネルギー炭化水素庁及び両県の将来に亘る電力事業を鑑み、2002年～2006年における送電網の延長を、2001年の送電網配置図を基に予測を試みた。2006年までの送電網延長計画を図8.7及び8.8に示す。

#### 2) 2007年～2011年における送電網延長計画

ラパス、オルコ両県の未電化カントンに対する優先度付けを行い、2007年から2011年にかけての送電網の延長計画を策定した。優先度付けは以下に説明する手順に従い実施した。

2006年における未電化カントン数はラパスで184、オルコで49あると予測される。

未電化カントンをランク付けし、送電網延長事業を優先度付けするのに用いた3つの基準は、1)人口密度、2)既存送電網からの距離、3)基本的ニーズの3事項である。上記した基準3項目に基づいて、各未電化カントんに点数付けを行い、総点数を求めた。そして総点数に従い、カントンはAからDの4グループに選別した。Aグループは送電網延長に対して最も高い優先度を付与されたカントンであり、Dは最も低い優先度を付与されたグループである。カントンのグループ配分を要約すると以下のとおりである。

優先度が付与されたグループA及びBのカントンは、原則的に2011年までに既存送電網に接続されるものと計画する。

上記優先付けの結果と2011年における送電網延長計画を図8.9及び8.10に示す。

### (5) 地方電化事業全体の予測

2002年から2011年にかけてのラパス及びオルロ県における地方電化の将来予測は、記述の開発計画案と以下の小水力発電と風力発電による新規受益戸数の追加仮定に基づいてなされた。

小水力及び風力発電事業による新規受益者戸数

|     |     | 2001 | 2002～2006 | 2007～2011 |
|-----|-----|------|-----------|-----------|
| 小水力 | ラパス | 779  | 4,240     | 3,490     |
|     | オルロ | 0    | 45        | 140       |
| 風力* | ラパス | 0    | 278       | 276       |
|     | オルロ | 0    | 246       | 62        |

\*風力発電事業は太陽光発電または小水力との併用となる。

出典：JICA 調査団

予測結果を以下に要約する。

#### 1) 新規受益者戸数

ラパスにおける新規受益家庭の総戸数は2002年から2006年の間では14,212戸、2007年から2011年の間では17,611戸であり、オルロではそれぞれ、8,610戸、11,060戸である。

#### 2) 地方電化率の推移予測

下表にラパス及びオルロ県の地方電化率予測を示す。ラパスにおける地方電化率は2006年には36.4% (84,321戸) に、2011年には43.9% (101,643戸) に到達する。オルロ県では、それぞれ30.8% (18,746戸)、50% (29,739戸) に到達すると予測される。

## 地方電化率の推移予測

### ラパス

|  | 2000    | 2002    | 2006    | 2011    |
|--|---------|---------|---------|---------|
| Total No. of Rural Households                | 233,202 | 232,629 | 231,879 | 231,669 |
| Existing No. of HHs with Electricity         | 54,906  | 70,673  | 81,436  | 97,916  |
| New Beneficiary HHs with Electricity         | 4,323   | 2,724   | 2,969   | 3,771   |
| Decrease in No. of Electrified HHs by Diesel | -190    | -145    | -85     | -43     |
| Total No. of Rural HHs with Electricity      | 59,039  | 73,252  | 84,321  | 101,643 |
| Rural Electrification Rate (%)               | 25.3%   | 31.5%   | 36.4%   | 43.9%   |

### オルロ

|  | 2000   | 2002   | 2006   | 2011   |
|--|--------|--------|--------|--------|
| Total No. of Rural Household                 | 62,566 | 61,981 | 60,846 | 59,473 |
| Existing No. of HHs with Electricity         | 7,908  | 10,268 | 16,955 | 27,303 |
| New Beneficiary HHs with Electricity         | 1,023  | 1,739  | 1,810  | 2,445  |
| Decrease in No. of Electrified HHs by Diesel | -44    | -34    | -20    | -10    |
| Total No. of Rural HHs with Electricity      | 8,887  | 11,973 | 18,746 | 29,739 |
| Rural Electrification Rate (%)               | 14.2%  | 19.3%  | 30.8%  | 50.0%  |

出典：エネルギー炭化水素庁及び JICA 調査団

### 3) 総受益者数とエネルギー源毎の内訳

下表に総受益者数とそのエネルギー源毎の内訳を示す。

#### 総受益者数とエネルギー源毎の内訳

### ラパス

|                        |       | 2000   | 2002   | 2006   | 2011    |
|------------------------|-------|--------|--------|--------|---------|
| PV                     | Total | 693    | 916    | 1,070  | 4,431   |
|                        | Share | 1.2%   | 1.2%   | 1.3%   | 4.4%    |
| Micro-hydro            | Total | 516    | 2,195  | 5,535  | 9,025   |
|                        | Share | 0.9%   | 3.0%   | 6.6%   | 8.9%    |
| Wind                   | Total | 0      | 30     | 278    | 554     |
|                        | Share | 0.0%   | 0.0%   | 0.3%   | 0.5%    |
| Total Renewable Energy | Total | 1,209  | 3,141  | 6,883  | 14,010  |
|                        | Share | 2.0%   | 4.3%   | 8.2%   | 13.8%   |
| Grid Extension         | Total | 56,510 | 69,102 | 76,848 | 87,332  |
|                        | Share | 95.7%  | 94.3%  | 91.1%  | 85.9%   |
| Diesel                 | Total | 1,320  | 1,010  | 591    | 302     |
|                        | Share | 2.2%   | 1.4%   | 0.7%   | 0.3%    |
| Total                  | Total | 59,039 | 73,252 | 84,321 | 101,643 |
|                        | Share | 100%   | 100%   | 100%   | 100%    |

## オルロ

|                        |       | 2000  | 2002   | 2006   | 2011   |
|------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|
| PV                     | Total | 1,352 | 2,355  | 3,984  | 8,621  |
|                        | Share | 15.2% | 19.7%  | 21.3%  | 29.0%  |
| Micro-hydro            | Total | 365   | 365    | 410    | 550    |
|                        | Share | 4.1%  | 3.0%   | 2.2%   | 1.8%   |
| Wind                   | Total | 0     | 0      | 246    | 308    |
|                        | Share | 0.0%  | 0.0%   | 1.3%   | 1.0%   |
| Total Renewable Energy | Total | 1,717 | 2,720  | 4,640  | 9,479  |
|                        | Share | 19.3% | 22.7%  | 24.8%  | 31.9%  |
| Grid Extension         | Total | 6,860 | 9,016  | 13,968 | 20,189 |
|                        | Share | 77.2% | 75.3%  | 74.5%  | 67.9%  |
| Diesel                 | Total | 310   | 237    | 138    | 71     |
|                        | Share | 3.5%  | 2.0%   | 0.7%   | 0.2%   |
| Total                  | Total | 8,887 | 11,973 | 18,746 | 29,739 |
|                        | Share | 100%  | 100%   | 100%   | 100%   |

出典：JICA 調査団

ラパス県では、送電網により電力を供給される戸数の占める割合が2000年の95.7%より2011年には85.9%まで低下すると予測される。主に小水力発電によって取って替わられ、その割合は同期間で0.9%から8.9%にまで拡大する。太陽光発電による受益家庭も同期間で、1.2%から4.4%にまで拡大する。なお、風力発電の占める割合は、2011年に至っても依然0.5%と低い数値に留まる。総電化戸数のうち、再生可能エネルギーによる電力供給を受ける割合は、2000年の2%より、2006年に8.2%、2011年には13.8%まで増加する。

オルロ県でも、送電網により電力を供給される戸数の占める割合が2000年の77.2%より2011年には67.9%まで低下すると予測される。一方、太陽光発電による電化戸数は2000年の15.2%より2011年には29.0%まで急激に増加する。この間、小水力発電による電化戸数は4.1%から1.8%にまで低下するが、これは総受益戸数が増加することの影響が大きい。風力発電の占める割合は、2011年には1.0%に到達する。総電化戸数のうち、再生可能エネルギーによる電力供給を受ける割合は、2000年の19.3%より、2006年に25.0%、2011年には32.0%まで増加する。

#### 4) 電力消費量の予測

2002年から2011にかけての電化率予測を基に、電力消費量の将来予測を行い、結果を以下に要約する。ラパス県では、電力消費量が2002年の21,377MWhより、2006年には26,608MWh、2011年には34,558MWhまで増加する。オルロ県では、2002年の2,874MWhより、2006年には4,835MWh、2011年には7,951MWhまで増加する。

## 5) 電力需要量予測との比較

本調査で提案する地方電化計画は、以下の割合の需要量に応える電力量と合致せねばならない。

本地方電化計画で満たされる電力需要量の割合

|     | 2002 年 | 2006 年 | 2011 年 |
|-----|--------|--------|--------|
| ラパス | 44.3%  | 51.2%  | 63.4%  |
| オルロ | 24.3%  | 38.5%  | 62.4%  |

## 8.4 実施構造

### (1) 実施組織

貧困削減戦略ペーパーの実施において市町村庁が実施組織として中心的な役割を担うことになる。この動向に対応する形で、海外援助機関が市町村庁の実施能力に関する人的資源を強化する予定であり、市町村庁は本計画実施においても実施主体になり得ることが期待される。但し、市町村庁の人的資源には質的にも量的にも限界があることから、少なくとも民間請負業者や NGO に業務を委託し、管理できる能力を持たなければならない。

太陽光や小水力の民間請負業者や NGO は、GTZ の支援による再生可能エネルギーに関する技術移転等の訓練を受講後、海外援助機関からの委託事業を実施し、実施機関及び支援機関として重要な役割を担っている。従って、現地民間実施業者や NGO が本計画の実施においてもその役割を担うことは可能である。風力の場合、これまでボリヴィア国において実績がなく、風力に関する知識と経験をもつ現地コンサルタント、NGO は存在しないことから、風力に詳しい海外のコンサルタント、NGO が事業初期に雇用される。

実施形態は、公的主導型と民間主導型に大別される。

#### 1) 公的主導型

公的主導型とは、市町村庁が実施主体として主に総括基金の資金源を活用し、地方電化事業を実施する事業形態である。対象地域は、政府財政支援なしには再生可能エネルギーによる地方電化が普及し難い貧困な地域である。貧困削減戦略ペーパーの下、図 8.11 に示す実施体制図が提案される。



## 2) 民間主導型

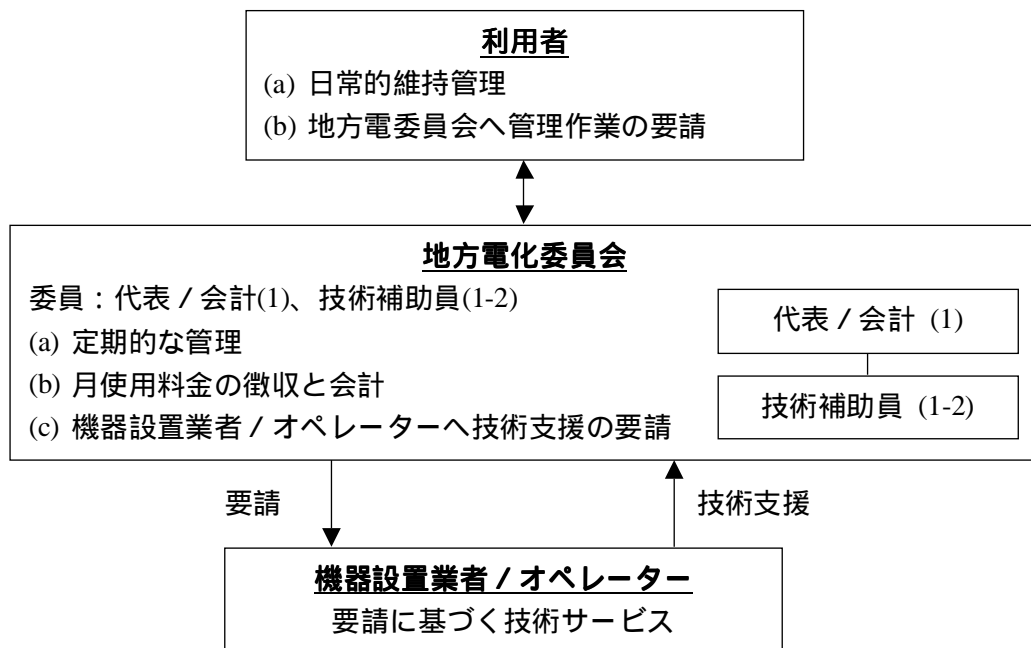
民間主導型とは、太陽光発電機器設置業者が実施主体となり、民間事業として機器を購入可能な比較的裕福な人々を対象として適用される。貧困削減戦略ペーパー実施後も、設置業者が実施主体となり、民間事業として進められると想定する。

### (2) 維持管理システム

#### 1) 太陽光発電システム

太陽光発電パイロット事業の経験を踏まえて、利用者と地方電化委員会は、太陽光発電システムの日常的な維持管理を実施すべきである。利用者と地方電化委員会の技術補助員に対する初期訓練は、持続可能な維持管理のために重要である。

訓練は、事業実施中に機器設置業者あるいはオペレーターによって行われるべきである。太陽光発電に関わる維持管理システム案は、以下の通りである。

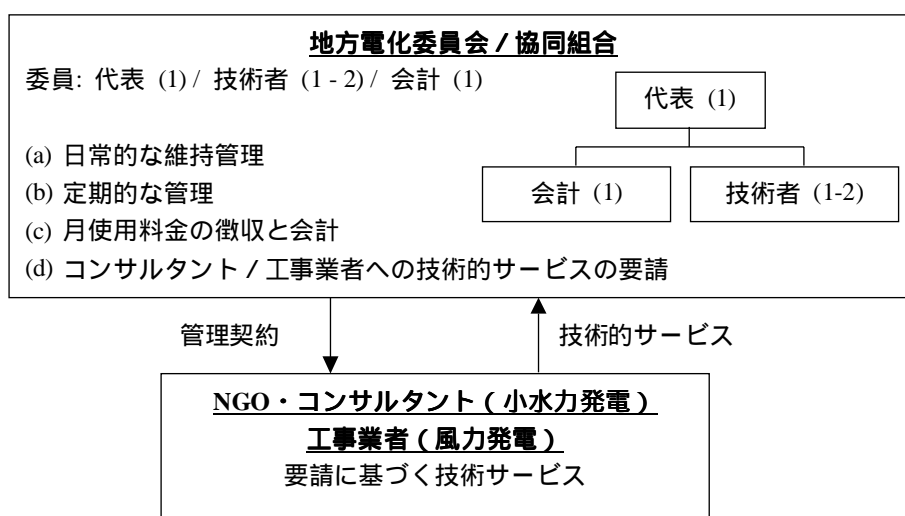


#### 2) 小水力発電と風力発電

小水力発電事業の維持管理に関する経験豊かな NGO やコンサルタントとの協力を通じて既によく組織されたシステムが確立している。NGO・コンサルタントによって訓練された地方電化委員会・協同組合は、日常的維持管理を管理している。NGO・コンサルタントは、地方電化委員会の要請により特殊な管理サービスを行う。

ボリヴィアには風力発電事業の経験がない。現地コンサルタント・工事業者は、事業実施段階において経験豊かな海外コンサルタントから維持管理に関する技術移転を受け、風力発電事業の継続的な維持管理に関するノウハウを蓄積しなければならない。

地方電化委員会・協同組合の技術補助員は、事業実施中に設置工事を担うコンサルタントや工事業者によって維持管理に関する訓練を受けるべきである。地方電化委員会・協同組合は、以下のシステムに沿って維持管理を行うべきである。



## 8.5 地方電化に対する資金調達

### (1) 資金調達計画

所要投資額の予測、過去の公共投資の趨勢を基に、公的資金需要額を外部調達分、自己資金充当分に分け算定した。地方電化計画の財政的実現性は、フェーズにおいて両県がこれら所要投資額を準備調達可能かどうかを確認することで検討した。

#### 地方電化事業に対する所要投資額

(千 US ドル)

|         | フェーズ<br>(2002-2006) | 割合    |
|---------|---------------------|-------|
| 公共投資分   | 14,594              | 62.5% |
| うち、外部調達 | 7,297               | (50%) |
| うち、自己資金 | 7,297               | (50%) |
| 民間投資分   | 8,739               | 37.5% |
| 合計      | 23,333              | 100%  |

### 1) 外部調達による資金

上表に示すとおり、フェーズ I において外部資金源より調達すべき公的資金総額は、730 万 US ドルと見積もられた。

1996 年から 2001 年の間、ボリヴィアは 7,000 万 US ドルを対エネルギー部門向けに投資した。そのうち、ラパス及びオルコ県に 33%<sup>1</sup> の資金が振り当てられ、又、エネルギー部門公共投資額のうち 44%<sup>2</sup> が地方電化事業に充当されたものと仮定した場合、1,020 万 US ドルがラパス及びオルコ県における地方電化事業に使用されたことになる。

一方、ボリヴィアは様々な外部資金提供者と交渉を行っており、現段階でも 2002 年から 2005 年にかけて、対エネルギー部門向け資金 2,300 百万 US ドルに及ぶ外部資金調達の目途をつけている。過去の実績から推定すると、両県に対して 330 万 US ドル相当が本地方電化計画フェーズ I に充当される可能性が強いものと期待される。

更に、国際復興開発銀行 (IBRD) では、およそ 2,000 万 US ドルの財政支援を計画しており、うち約 3 分の 2 の資金が地方電化に充当されるものと言われている。これまでの実績から、概算で 440 万 US ドル相当は本地方電化計画フェーズ I に充当される可能性が強いものと期待される。

従って、およそ 770 万 US ドル (330 万 US ドル + 440 万 US ドル) 相当に上る外部調達資金が本地方電化計画 (フェーズ I) に導入されるものと考えられる。この額は本地方電化計画の所要投資支出額である 730 万 US ドルを十分カバーするものである。

### 2) 自己充当による資金

フェーズ I において、公共側内部で自己調達されるべき (主に税収) 資金総額は 730 万 US ドルである。過去 5 年間 (1996 年より 2000 年) の地方電化事業向け投資額は 2,360 万 US ドルであった。うち、概算で 780 万 US ドルがラパス及びオルコ県の地方電化事業に充当されたものと推定される。この額は自己資金による調達必要額 730 万 US ドルを僅かに超える額である。

### 3) 民間資金

フェーズ I において、民間部門より資金調達されるべき総額は 880 万 US ドルである。ボリヴィア地方電化基金 (BREF) も、一部民間の支援を受け 2001 年中頃設立される

<sup>1</sup> 1998 年から 2000 年までの累積実績を基に推定

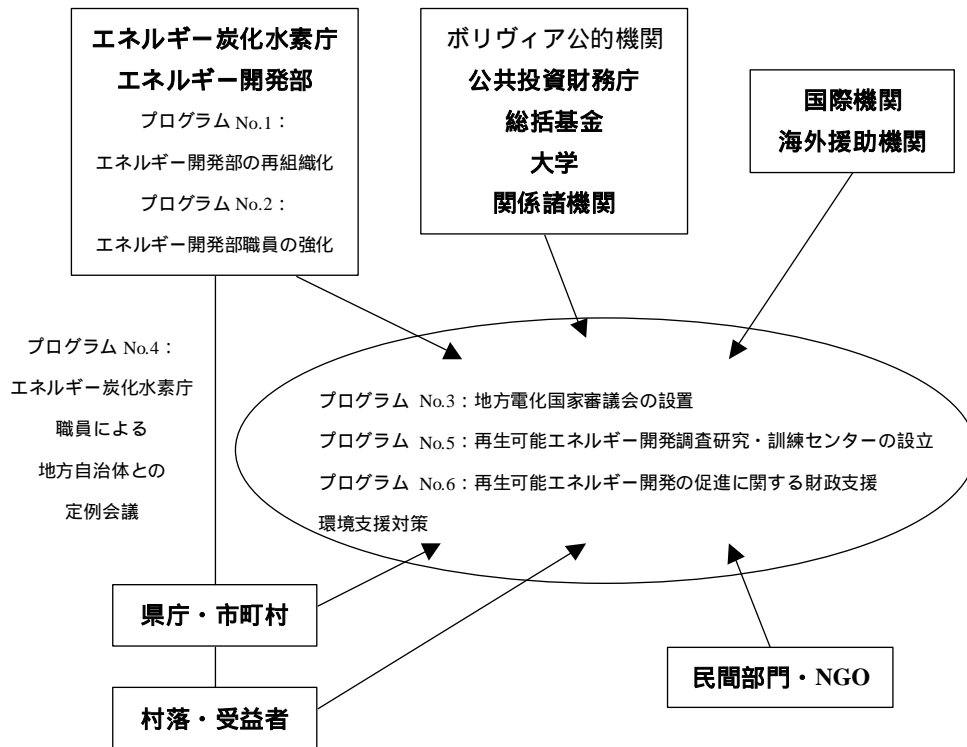
<sup>2</sup> 1998 年から 2000 年までの累積実績を基に推定

予定にある。一方民間企業の側は、今後も採算性の高い事業への資金投資を継続するであろう。これら与件を考慮するに、民間資金による所要投資額は、それほどの困難もなく調達されるものと判断される。

これまでに述べた分析結果より、提案されている地方電化計画は深刻な財政上それ程困難なく実施されるものと判断される。

## 第9章 再生可能エネルギーを利用した地方電化の促進に関わる 組織制度支援

以下の組織制度強化に関する支援は、ボリヴィア国の再生可能エネルギーを利用した地方電化の促進に必要である。



### 9.1 計画能力の改善

エネルギー炭化水素庁エネルギー開発部は、ボリヴィアにおける地方電化全体計画の策定を担っている。要請される機能の点から鑑みると、エネルギー炭化水素庁、特にエネルギー開発部の組織構造は弱体であり、強化する必要がある。

#### (1) プログラム No.1 : エネルギー開発部の再組織化

エネルギー開発部は、エネルギー炭化水素庁エネルギー部門長官の下、再組織化し、職員数を増員する。新規組織は、図 9.1 の通り、適当な職員数と機能を有した 5 課によって成る。

## (2) プログラム No.2 : エネルギー開発部職員の強化

エネルギー開発部職員の計画能力は、地方電化に関わる海外専門家による技術援助によって強化される。本プログラムを通じて、エネルギー開発部職員は再生可能エネルギーを利用した地方電化に関して県エネルギー局を訓練する。

専門家は国際機関およびまたは海外援助機関より派遣される。

## 9.2 地方自治体と民間部門との協力体制の改善

エネルギー炭化水素庁と地方自治体間のより密接な協力体制が地方電化促進のために期待される。公的機関ばかりでなく地方自治体とのより強固な協力体制の必要性は、地方電化を含んだ農村開発における住民参加の進展に伴い増大している。地方電化は実質的には民間の送配電会社や設置業者による送配電網整備を通じて実施されていることから、民間部門との協力体制もまたエネルギー炭化水素庁にとって非常に重要である。

### (1) プログラム No.3 : 地方電化国家審議会の設置

エネルギー炭化水素庁は地方電化の指導者として地方電化に関係する組織間の関係・連絡の維持を継続的に行うため地方電化国家審議会を設立する。国家審議会の会議は、年 2 回実施される。

期待される参加者は、地方電化に関連したエネルギー炭化水素庁、公共投資庁、総括基金、県庁といった公共機関、国際援助機関、民間部門である。

### (2) プログラム No.4 : エネルギー炭化水素庁職員による地方自治体との定例会議

現在、エネルギー炭化水素庁エネルギー開発部と県庁や市町村といった地方自治体間での会議は十分に行われていない。密接な協力体制を築くために、エネルギー炭化水素庁職員により頻繁な県庁への訪問が必要とされている。

地方電化専門家を含むエネルギー開発部職員は、3 ヶ月に 1 度すべての県庁を訪問すべきであり、地方電化の進捗状況と関連問題について協議する会議を持つ。市町村の代表者もまた会議に招集される。

## 9.3 調査研究・訓練

ボリヴィアには、再生可能エネルギーに関する総合的な調査研究体制が存在しない。現在、小水力発電に関する調査研究は UMISA といった大学やコンサルタント・NGO が先端を行っ

ている。太陽光発電システムに関する技術については機器設置業者によって個々に積み上げられている。

再生可能エネルギーを利用した地方電化を促進するために、調査研究・訓練はエネルギー炭化水素庁の支援によって確立される。再生可能エネルギーに関する調査研究と地方電化委員会・協同組合および公共・民間部門への訓練は持続可能な開発を実現するために不可欠である。

#### (1) プログラム No.5：再生可能エネルギー開発調査研究・訓練センターの設立

再生可能エネルギー開発調査研究・訓練センターは、再生可能エネルギー開発分野において経験豊かな大学やコンサルタント・NGO との協力によってエネルギー炭化水素庁によって設立される。プログラムの目的は以下の通りである。

- 再生可能エネルギーに関する総合的調査研究の実施
- 一般市民への調査研究の報告
- 地元利用者と地方電化委員会・協同組合およびコンサルタントや NGO といった民間部門に対する維持管理技術の訓練

再生可能エネルギー開発調査研究・訓練センター設立のための基本計画は、関連大学とコンサルタントとの協力を得て、エネルギー炭化水素庁によって準備する。

#### 9.4 財政支援

再生可能エネルギー開発のための財政支援は、まだしっかりと確立されていない。利用可能な資金は限られており、特にエネルギー炭化水素庁が管理する特別資金は存在しない。エネルギー炭化水素庁の自己資金の欠如は、再生可能エネルギー開発のために民間部門や NGO を支援し難たくなっている。

再生可能エネルギーに関する資機材は、政府の財政支援なしには農村地域で広く普及するには未だ高価である。

## (1) プログラム No. 6 : 再生可能エネルギー開発の促進に関する財政支援

### 1) コンポーネント No.1 : 再生可能エネルギー資機材に関する税金減額

再生可能エネルギーを利用した地方電化をさらに促進するため、以下に提示されている通り、エネルギー炭化水素庁は資機材に課されている税金を減額するために主導権を持つ必要がある。

| 税金  | 現在の税率   | 新規税率 (案)                      |
|-----|---|-------------------------------|
| 輸入税 | - 太陽光発電関連製品 10%,<br>- 10,000 kW 以上の小水力関連製品 0%<br>- 10,000 kW 未満の小水力関連製品 5%<br>- 風力関連製品 5% | 再生可能エネルギーに関連するすべての生産物を 0% にする |

### 2) コンポーネント No.2: エネルギー炭化水素庁再生可能エネルギー事業リボルビング・ファンド

リボルビング・ファンドは、エネルギー炭化水素庁の監督の下、地方電化事業の促進のために組織される。本資金は、農村部での再生可能エネルギーを利用した地方電化に適用されるだろう。資金源は、国際機関の無償資金協力で実施される地方電化事業のための利用者から供給される。

## 9.5 環境へのインパクト

### (1) 環境影響測定に係る方法

提案計画内容と代替案を適用した場合に排出される二酸化炭素量 (CO<sub>2</sub>) を比較して本地方電化計画の環境面への影響に係る検討を行った。この検討での代替案として、ガス火力発電システムにおける送電網延長事業を想定した。小水力、風力、太陽光等の再生可能エネルギー利用による発電システムの稼働においては、二酸化炭素は全く排出されない。従って、代替案にて排出されるものと予測される二酸化炭素量が、提案地方電化計画の実施によって回避、削減され则认为。

### (2) CO<sub>2</sub>削減量の算定

代替案による二酸化炭素排出量、つまり本地方電化計画の実施効果である二酸化炭素排出削減量を求めた。計画案実施による二酸化炭素排出削減量はフェーズ I で 5,390 トン、フェーズ II にて 12,552 トンと算定された。



### 本地方電化計画による CO<sub>2</sub> 削減量

#### ラパス

(トン/5年間)

|             | Phase I (2002-2006) | Phase II (2007-2011) |
|-------------|---------------------|----------------------|
| PV          | 232                 | 781                  |
| Micro-hydro | 3,739               | 8,631                |
| Wind        | 132                 | 488                  |
| Total       | 4,104               | 9,900                |

#### オルコ

(トン/5年間)

|             | Phase I (2002-2006) | Phase II (2007-2011) |
|-------------|---------------------|----------------------|
| PV          | 743                 | 1,692                |
| Micro-hydro | 431                 | 598                  |
| Wind        | 95                  | 347                  |
| Total       | 1,269               | 2,637                |

出典：JICA 調査団

## 第 10 章 勧告

本調査において提案された地方電化計画の再生可能エネルギー開発と持続可能な実施に関する継続調査のために、以下の行動がエネルギー炭化水素庁、ラパス県、オルコ県、関連機関によって取られることを勧告する。

### 10.1 技術的事項に関する勧告

(太陽光発電システム)

- 1) エネルギー炭化水素庁とラパス・オルコ両県は、ラパス、オルコ県に設置した太陽光発電システムの維持管理を特に以下の点に関して追求する。
  - オペレーターによる利用者と技術補助員のための追加訓練の実施
  - 初期投資の厳格な管理

(小水力発電)

- 2) ラパス県とオルコ県は、選定した 2 つの優先事業地の継続的な水文観測を実施する。

(風力発電)

- 3) ラパス県とオルコ県は、モニタリングおよび風力データ収集、特に新規に設置した 4 つのモニタリング対象地において継続的に実施する。
- 4) エネルギー炭化水素庁は、風力発電の技術開発と促進のために民間部門を支援する。

### 10.2 組織制度強化に関する勧告

- 1) エネルギー炭化水素庁エネルギー開発部の機能は、再組織化および人的資源強化によってさらに強化される。
- 2) エネルギー炭化水素庁と県・市町村間の協力体制は、国家地方電化審議会の設立やエネルギー開発部職員の県への訪問頻度を多くすることによって高める。
- 3) 調査研究と訓練に関する機能は、エネルギー炭化水素庁の基本計画策定に基づいて再生可能エネルギー開発調査研究・訓練センターの設立によって強化する。
- 4) エネルギー炭化水素庁の財政支援機能は、地方電化のための回転資金や信用貸し・助成金システムの整備を通じて強化する。

- 5) エネルギー炭化水素庁及びラパス、オルコ県庁は、総括基金と市町村との連携の調整役を担うとともに、十分な実施能力をもたない市町村に対しては継続的な技術支援を行う。