

附属書 II

小水力発電プレ・フィージビリティ調査

第 1 章 序

1.1 調査の目的

本調査の全体目的は、ラパス県とオルコ県における再生可能エネルギー利用による地方電化実施計画の形成である。この中で小水力発電に関する調査の目的は以下の通りである。

- 1) 小水力発電インベントリー・リストの再確認と小水力開発可能地点の確認
- 2) 小水力発電の優先開発地点の選定とその建設費の経済性評価。選定された小水力プロジェクトは「地方電化実施計画」に含まれる。
- 3) 優先順位の高い 2 地点をプレ F/S 調査地点として選定し、プレ F/S を実施する。

1.2 調査の概要

現地調査は 1999 年 8 月 7 日から 2001 年 9 月 7 日まで間に、以下に示す数回の調査段階に分け実施した。

- 1) 第 1 次現地調査 : 1999 年 8 月 7 日 - 1999 年 9 月 20 日
- 2) 第 2 次現地調査 : 2000 年 1 月 5 日 - 2000 年 2 月 12 日
- 3) 第 3 次現地調査 (1) : 2000 年 5 月 15 日 - 2000 年 6 月 14 日
第 3 次現地調査 (2) : 2000 年 9 月 2 日 - 2000 年 9 月 22 日
- 4) 第 4 次現地調査 : 2001 年 1 月 5 日 - 2001 年 2 月 15 日
- 5) 第 5 次現地調査 : 2001 年 5 月 10 日 - 2001 年 6 月 8 日
- 6) 第 6 次現地調査 : 2001 年 8 月 27 日 - 2001 年 9 月 7 日

上記期間に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
- 小水力優先プロジェクトの選定 (ラパス県 1 箇所、オルコ県 2 箇所) およびその技術的調査

- 選定した優先プロジェクト・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)

このほか、カウンターパートへの技術移転についても調査機関中に実施し、2回の技術移転セミナーを2000年1月と2001年9月に実施した。

第 2 章 現地調査・流量観測および地形測量

2.1 資料収集

第 1 次現地調査時に、地形、気象・水文、地質等の資料とその他関係資料について、ラパス・オルコ県のカウンターパートとともに収集した。また、小水力発電所のインベントリー・リスト(既設・計画)についても主にエネルギー炭化水素庁(VMEH)より収集した。

2.1.1 地形図

地形図はボリヴィア国軍地理院(IGM :Institute Geographico Militar)より収集した。地形図の入手状況は以下の通りである。

- 1/500,000 地形図 : 全 19 枚中 6 枚が入手可能、基本図は 1/250,000 図
- 1/250,000 地形図 : 全 85 枚中 61 枚が入手可能、基本図は 1/50,000 図
- 1/50,000 地形図 : 全 2,349 枚中 1,657 枚が入手可能。ラパス県北部は入手不可(未作成)
- その他縮尺地形図 : 主要地域のみ 1/100,000 縮尺地形図が 9 枚入手可能。このほか IGM では航空写真(1/10,000 - 1/3,000,000 縮尺)やデジタルマップ(CD-Rom)も入手可能である。

ラパス・オルコ県のおもな地形的特長は以下の通りである。

- 1) ラパス県は大きく 2 流域(アマゾン河流域および海に流れ込まない内部河川流域)に区分され、オルコ県全域は内部河川流域のみに属する。
- 2) 図 2.1 に示される通り、ラパス県北部はアマゾン河流域に属する。このラパス県内のアマゾン河支川群は、コルディエラ・リアル山脈を源流とし、概ね南から北へ流れる。その標高差は、標高約 6,000m から標高 180m まで実に約 5,800m もの落差を流下することとなる。ラパス県の最高標高は 6,429m で流域南部に位置する。
- 3) ラパス県南西部からオルコ県中部にかけての地域は“アルティプラノ”と呼ばれる高標高の平原地域である。

地形的には、ラパス・オルコ両県の水力ポテンシャルの高い地域は以下の地域といえる(図 2.2 参照)。

- 1) ラパス・オルコ両県の西端の西アンデス (“ Occidental de Los Andes ”) 山脈沿いの地域
- 2) オルコ県東部の アザナケス (“ Azanaques ”) 山脈沿いの地域
- 3) ラパス県南東から県中央にかけるリアル山脈 (“ Cordillera Real ”) 沿い地域

2.1.2 気象資料

降水量、気温、湿度、蒸発量などの気象データは国立気象・水文局 SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorologia e Hidrologia)、各地空港および大学研究機関などから収集した。収集した主な気象データは以下の通りである。

- SENAMHI 気象観測所リスト (表 2.1 および表 2.2)
- ボリヴィア全国等雨量線図 (図 2.3)
- ボリヴィア全国平均気温分布図 (図 2.4)

ボリヴィア全国等雨量線図に示されるように、多降水量地域はラパス県北東部およびコチャバンバ県に位置する。ラパス県のアマゾン河流域の地域は年降水量が多い。

ボリヴィア国の 51% は森林地帯である。熱帯・亜熱帯樹林地帯は全国の 37% を占める。ボリヴィア国内のアマゾン河の流域は 162,000 km² にもおよぶ。(参考: ボリヴィア全体国土面積=1,098,581 km², ラパス県= 133,985 km², オルコ県= 53,588 km²)

これらアマゾン河流域の樹林地帯での年間雨量は、2,000mm/年以上であるが、一方、ラパス県南部およびオルコ県のアルティプラノ地域の年降水量は 200 ~ 400mm/年程度と対照的である。一般に、降水は短い夏季(雨季)に集中的に降り流出率が高いのが特徴といえる。気象データからは、ラパス・オルコ両県の水力ポテンシャルの高い地域は以下の地域といえる。

- 1) ラパス県のリアル山脈より北部の地域(西アンデス山脈沿い)
- 2) 高標高山岳地帯
- 3) オルコ県東端(コチャバンバ県境付近)

2.1.3 水文資料

ボリヴィア国河川流域図(図 2.1)に示されるように、河川流域は大きく次の3流域に大別される1)アマゾン河流域、2)ラプラタ河流域、3)内部閉鎖性流域(海に流下せず、湖沼を形成し蒸発する大陸内部閉鎖流域)。

河川水位および流量等の水文データは、SENAMHI、ボリヴィア国海軍、サン・アンドレス大学水理水文研究所 (UMSA) および電力会社等から入手した。ボリヴィア海軍はチチカカ湖や主要大河川における舟運管理の目的で水位観測を行っている。この他、水管理公団 (SIRESE :Sistema de Regulación Sectorial, the Water Superintendence) は都市部の水道供給に関するデータを所有している。

SENAMHI の水文観測所は表 2.3 に示す通りであり、その入手可能期間は表 2.4(ラパス県)と表 2.5(オルロ県)に示す通りである。SENAMHI から収集した水文データの概要は以下の通りである。

収集水文資料

No.	観測所名	県	河川名	水位	流量	H-Q	CR	期間
1	アバロア	ラパス	マウリ	○	○	○	○	1965-99
2	コンサタ	ラパス	リカ(Llica)	○	x	x	x	1979-81
3	サンタ・リタ・ブエノス・アイレス	ラパス	コロイコ	○	○	○	○	1974-99
4	シルバヤ	ラパス	ウンドゥアビ	○	○	○	○	1979-99
5	トーラ	ラパス	ティプアニ	○	x	x	○	1969-76
6	ヴィリヤ・バリエントス	ラパス	タマンパヤ	○	○	○	○	1975-99
7	ヴィリヤ・バリエントス	ラパス	ソラカマ	○	○	○	○	1975-99
8	サカバヤ	オルロ	サハマ	○	○	○	○	1973-98

出典: 国立気象・水文局 (SENAMHI)

注: H-Q: 水位－流量関係曲線、CR: 河道横断測量データ

2.1.4 地質図

第 1 次現地調査期間中に、以下の地質図を国立地質鉱物局 (SERGEOMIN) より入手した。

- ボリヴィア国地質全図, 縮尺 1:1,000,000, YPFB およびボリヴィア国立地質鉱物局 (1996年)
- 地質図(縮尺 1:100,000) カンカス、プエルト・アコスタ、アロ、ソラ、イクシアス、サカバヤ、サマ , ボリヴィア国立地質鉱物局, (1965).

ボリヴィア国の地質概要を図 2.5 に示す。小水力発電計画では、大構造物を建造することはあまりないため、地質的条件が制約になることは少ない。

2.1.5 その他の関連資料

小水力発電に関するその他の情報として、カントン別人口・世帯数データ、電化率データなどを VMEH および国立統計局 (INE) より入手した。これらのデータは「国家電化計画」(PRONER, VMEH, 1998) のデータベースにも含まれている。

2.2 現地調査

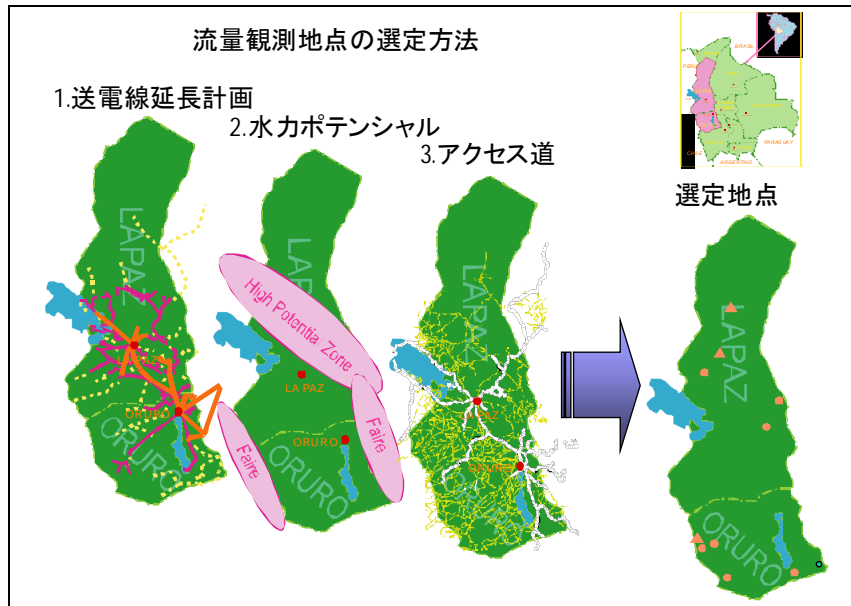
収集したデータ・情報に基づき、送電線延長計画等を考慮したうえで、小水力発電計画のための現地観測地点を選定した。選定した各地点において JICA 調査団は河川流量観測を実施した。さらに、河川日水位把握および日流量の推定を目的として、サン・アンドレス大学の協力を得て、合計 4 箇所 quantity 標を設置し、1999 年 10 月より日水位観測を開始した。

2.2.1 流量観測地点の選定

河川流量観測地点の選定に際し、以下を考慮した。

- 世帯数規模
- 送電線延長の計画外
- アクセス道路の状況
- 水力ポテンシャルの有無 (流量・落差)

選定手順の概要は図の通りである。



なお、候補地点の選定にあたっては、JICA 調査団と VMEH、ラパス・オルロ県庁と協議するとともに、ボリヴィア国側の要請も考慮して決定した。

2.2.2 流量観測

選定地点での現地調査は、ラパス・オルロ両県のカウンターパートおよびサン・アンドレス大学のスタッフ等とともに共同で実施した。調査地点を以下に示す。

Departamento La Paz		流量観測地点 (ラパス県)		
No.	州	郡	カントン	河川名
1	南ユガス	ラ・アスタ	ヤナマユ	ヤナマユ川
2	サアベドラ	クルバ	カラヤ	オビヌヤ川
3	サアベドラ	G. J. J. ベレス	アマレテ	アマレテ川
4	ムネカス	アヤタ	カマタ(A)	キラワヤ川
5	ムネカス	アヤタ	カマタ(B)	カマタ村水路
6	フランツ・タマヨ	アボロ	アボロ	トゥリアブ川
				マチャリアブ川
				ピリビサ川
7	イトゥラルデ	サン・ブエナベントゥーラ	イクシアマス	テケヘ川
8	南ユガス	バロス・フランコス	バロス・フランコス	コベンド川

流量観測地点 (オルロ県)				
No.	州	郡	カントン	河川名
1	サハマ	グアラテ・カシガス	サハマ/カペ	トマビ川
2	サハマ	グアラテ・カシガス	サハマ	サハマ川
3	サハマ	グアラテ・カシガス	サハマ	シユニ川
4	サハマ	トルコ	チヤヤコマニ	ハルマ川
5	サハマ	トルコ	チヤヤコマニ	チボソ川
6	サハマ	トルコ	チヤヤコマニ	サハマ川
7	サハマ	トルコ	チヤヤコマニ	タボ・ケマート川
8	サハマ	サカバヤ	マカヤ	ラカ川
9	アタアルパ	コプキンテア	アロー	パコガア川
10	アパロア	サトアリホ・デ・キラカ	ソラガ	マイカ川

流量観測結果の概要を表 2.6 に示す。現地調査時の写真を以下に示す。

小水力発電計画現地調査状況

(第1次現地調査, 1999年9月)

	
1. ヤナマユ川 [1999年8月29日] (ラパス県/ 南ユンガス州/ ヤマ) 標高 = 935 m, 流量 = 0.67 m ³ /s	2. オピヌワヤ川 [1999年9月3日] (ラパス県/ サパトラ州/ クルパ) 標高 = 3,650 m, 流量 = 0.32 m ³ /s
	
3. アマレテ川 [1999年9月3日] (ラパス県/ サパトラ州/ アマレ) 標高 = 3,400 m, 流量 = 0.41 m ³ /s * 既存小水力調査(D/D)有(1994), 220kW, US\$ 505,000- (EU), 世帯数 = 200 世帯	4. トマラアピ川 [1999年9月7日] (オロモニア県/ サハラ州/ トマラ) 標高 = 4,350 m, 流量 = 0.10 m ³ /s
	
5. サハマ川 [1999年9月8日] (オロモニア県/ サハラ州/ サハマ) 標高 = 4,380 m, 流量 = 0.39 m ³ /s	6. ハルマ川 [1999年9月9日] (オロモニア県/ サハラ州/ チャチャコニ) 標高 = 4,400 m, 流量 = 0.05 m ³ /s

小水力発電計画現地調査状況

(第3次現地調査, 2000年6月)

	
<p>7. トゥリアプ川 [2000年6月3日] (ラパス県/ フランツ・タマヨ州/ アポロ) 標高 = 1,585 m, 流量 = 2.50 m³/s</p>	<p>8. トゥリアプ川 [2000年6月1日] 既存計画取水地点における簡易測量 標高 = 1600m, 水路長 = 362m, 総落差 = 6.8m, 推定出力 = 85kW</p>
	
<p>9. マチャリアプ川 [2000年6月2日] (ラパス県/ フランツ・タマヨ州/ アポロ)</p>	<p>10. マチャリアプ川 [2000年6月2日] (ラパス県/ フランツ・タマヨ州/ アポロ)</p>
	
<p>11. テケヘ川 [2000年6月16日] (ラパス県/ イウララ州/ イシマス)</p>	<p>12. テケヘ川 [2000年6月16日] (ラパス県/ イウララ州/ イシマス)</p>

小水力発電計画現地調査状況

(第3次現地調査, 2000年6月)

	 <p>Intake(Río Covendo)</p>	 <p>Power House</p>
<p>13. コベンド川 [2000年6月18日] (ラパス県/ 南ユンガス州/ パロス・ブランコス郡/コベンド) 標高 = 755 m, 流量 = 2.42 m³/s</p>	 <p>Canal</p>	 <p>Turbine and Generator (2.7 kW)</p>
<p>15. タンボ・ケマード川[2000年6月9日] (オロロ県/ サハラ州/ タンボ・ケマード) 標高 = 4,600 m, 流量 = 0.068 m³/s</p> 	<p>14. コベンド川 [2000年6月18日] (ラパス県/ 南ユンガス州/ パロス・ブランコス郡/コベンド) 既設小水力発電所(改良案)</p> 	
<p>17. サハマ川 [2000年6月10日] (オロロ県/ サハラ州/ チャチャコラ)</p> 	<p>16. タンボ・ケマード川[2000年6月9日] (オロロ県/ サハラ州/ タンボ・ケマード) 計画取水地点</p> 	
<p>17. サハマ川 [2000年6月10日] (オロロ県/ サハラ州/ チャチャコラ)</p>	<p>18. サハマ川 [2000年6月10日] (オロロ県/ サハラ州/ チャチャコラ)</p>	

2.2.3 量水標の設置および河川水位観測

日流量の推定を目的として、選定した合計4河川(ラパス県2、オルロ県2)において、ラパス・オルロ両県のカウンター・パートおよびサン・アンドレス大学のスタッフの協力を得て、量水標を設置するとともに河川水位観測を実施した。

量水標の設置および水位・流量を観測した地点は下表および添付現地写真の通りである。

No	地点名	県	州	郡	カントン (村落名)	世帯数	河川名	量水標 設置箇所	量水標 設置日	日水位 観測	流量観測 (開始日)
1	アポロ	ラパス	フランツ・タマヨ	アポロ	アポロ	580 (1977)	トゥリアブ	アポロ町南10km(インカ橋)	○ (14-17 Oct. 99)	○	○ (14 Oct. 99-)
2	イクシアマス	ラパス	イトラレデ	プエナヘントケーラ	イクシアマス	650	テケヘ	イクシアマス町南西 10km	○ (23-25 Oct. 99)	○	○ (23 Oct. 99-)
3	チャチャコマニ ハルマ川	オルロ	サハマ	トゥルコ	チャチャコマニ	240	ハルマ	クイムサ・ハック村南西 4.5km	○ (6-7 Nov. 99)	○	○ (6 Nov. 99-)
4	タンボ・ケマード	オルロ	サハマ	トゥルコ	チャチャコマニ (タンボ・ケマード)	45 + 11 事務所	タンボ・ケマード	タンボ・ケマード町東 1.4km	○ (1 July, 2000)	○	○ (9 Jun, 2000)

(1) トマラピ川 (ラパス県 / アポロ)

a) 量水標の設置

トマラピ川には高さ合計 3m 分の量水標を設置した。河道横断測量および流量観測は、量水標を設置した同一断面にて実施した。量水標設置地点は、アポロ市街より南 10km にあるインカ橋の 100m 上流に設置した (図 2.6)。河道横断測量結果を図 2.7 に示す。

b) 水位観測員

水位観測員として量水標より下流 200m の地点に住む村人を雇用した。観測員は毎日朝 6 時および夕方 6 時の一日 2 回水位を観測することとした。日水位は、量水標を設置した 1999 年 10 月 14 日から 2001 年 4 月 24 日までの 19 ヶ月間継続して観測された。

c) 流量観測

同地点での河川流量観測は以下の 6 回実施した。

- 1) 1999 年 10 月 14 日 : $Q = 1.99 \text{ m}^3/\text{sec}$, $H = 0.39 \text{ m}$
- 2) 2000 年 1 月 21 日 : $Q = 24.16 \text{ m}^3/\text{sec}$, $H = 1.02 \text{ m}$
- 3) 2000 年 6 月 3 日 : $Q = 4.97 \text{ m}^3/\text{sec}$, $H = 0.66 \text{ m}$
- 4) 2000 年 7 月 24 日 : $Q = 3.32 \text{ m}^3/\text{sec}$, $H = 0.50 \text{ m}$

5) 2000年9月15日 : $Q = 1.75 \text{ m}^3/\text{sec}$, $H = 0.35 \text{ m}$

6) 2001年4月23日 : $Q = 11.20 \text{ m}^3/\text{sec}$, $H = 0.89 \text{ m}$

注) Q: 観測流量, H: 量水標水位

(2) テケヘ川 (ラパス県 / イクシアマス)

a) 量水標の設置

テケヘ川には高さ合計4m分の量水標を設置した。量水標は、トゥムパサ - イクシアマス道路のテケヘ川橋(2001年完成新橋)より約400m上流に設置した。量水標設置位置図を図2.8に示す。

河道横断測量および流量観測は、量水標設置地点と同一断面にて実施した。河道横断測量結果を図2.9に示す

b) 水位観測員

水位観測員は、量水標より下流400m(テケヘ川橋)付近に村人を雇用した。観測員は毎日朝6時および夕方6時の一日2回水位を観測することとした。日水位は、量水標を設置した1999年10月25日から2001年4月30日までの19ヶ月間継続して観測された。

c) 流量観測

同地点での河川流量観測は以下の3回実施した。

1) 1999年10月23日 : $Q = 2.86 \text{ m}^3/\text{sec}$, $H = 0.32 \text{ m}^*$

2) 2000年1月21日 : $Q = 16.70 \text{ m}^3/\text{sec}$, $H = 0.96 \text{ m}$

3) 2000年6月16日 : $Q = 26.24 \text{ m}^3/\text{sec}$, $H = 1.12 \text{ m}$

注) Q: 観測流量, H: 量水標水位, *: 1999年10月25日観測水位

(3) ハルマ川 (オルロ県 / チャチャコマニ)

a) 量水標の設置

ハルマ川には金属製支柱とともに高さ1m分の量水標を設置した。量水標設置位置図を図2.10に示す。

河道横断測量および流量観測は、量水標設置地点と同一断面にて実施した。河道横断測量結果を図2.11に示す。

b) 水位観測員

量水標設置地点付近に民家が無かったため、水位観測はハルマ川の北約 5.5km のタンボ・ケマード村の住民（毎日交代で観測）に依頼した。観測当番等の管理者としてタンボ・ケマード村の村長を雇用し、毎日朝 7 時頃および夕方 6 時頃の日 2 回水位を観測することとした。

日水位は、量水標を設置した 1999 年 11 月 7 日から 2000 年 10 月 31 日までの 12 ヶ月間継続して観測された。

c) 流量観測

同地点での河川流量観測は以下の 6 回実施した。

- 1) 1999 年 9 月 9 日 : $Q = 0.040 \text{ m}^3/\text{sec}$, 量水標未設置
- 2) 1999 年 11 月 7 日 : $Q = 0.056 \text{ m}^3/\text{sec}$, $H = 0.06 \text{ m}$
- 3) 2000 年 1 月 30 日 : $Q = 0.072 \text{ m}^3/\text{sec}$, $H = 0.11 \text{ m}$
- 4) 2000 年 6 月 10 日 : $Q = 0.027 \text{ m}^3/\text{sec}$, $H = 0.09 \text{ m}$
- 5) 2000 年 9 月 9 日 : $Q = 0.008 \text{ m}^3/\text{sec}$, $H = 0.05 \text{ m}$
- 6) 2001 年 1 月 20 日 : $Q = 26.24 \text{ m}^3/\text{sec}$, $H = 0.09 \text{ m}$

注) Q: 観測流量, H: 量水標水位

(4) タンボ・ケマード川 (オルロ県 / タンボ・ケマード)

a) 量水標の設置

タンボ・ケマード川では高さ 1m 分の量水標がタンボ・ケマード村住民により 2000 年 7 月 1 日に設置された。

b) 水位観測員

水位観測は、タンボ・ケマード村の住民が自主的に実施し、観測管理はタンボ・ケマード村長により行われた。観測は毎日朝 7 時頃および夕方 6 時頃の日 2 回水位実施された。

日水位は、量水標が設置された 2000 年 7 月 1 日から 2000 年 8 月 31 日までの 2 ヶ月間のみ観測された。

c) 流量観測

同地点での河川流量観測は以下の 3 回実施した。

- 1) 2000 年 6 月 9 日 : $Q = 0.072 \text{ m}^3/\text{sec}$, 量水標未設置

2) 2000年9月9日 : $Q = 0.056 \text{ m}^3/\text{sec}$, $H = 0.09 \text{ m}$

3) 2001年1月20日 : $Q = 0.092 \text{ m}^3/\text{sec}$, $H = 0.23 \text{ m}$

注) Q: 観測流量, H: 量水標水位

(1) トゥリアプ川 (ラパス県アボロ) 【1999年10月14日】

	
1. トゥリアプ川下流方向を望む	2. トゥリアプ川量水標の設置 (左岸)
	
3. トゥリアプ川における流量観測 観測流量 = 1.99 m ³ /s	4. トゥリアプ川における流量観測 観測流量 = 1.99 m ³ /s
	
5. トゥリアプ川における流量観測	6. 水位観測員の教育・訓練

(2) テケヘ川 (ラパス県 / イクシアマス) 【1999年10月23日】

	
7. テケヘ川上流方向を望む	8. 量水標の設置
	
9. 量水標の設置	10. 量水標の設置
	
11. 河道横断測量 (量水標設置断面)	12. 流量観測 観測流量 = 2.63 m ³ /s
	
13. 水位観測員の教育・訓練	14. テケヘ川水位観測所全景

(3) ハルマ川 (オルロ県チャチャコマニ / カランガス) 【1999年11月6日】

	
15. 量水標の設置	16. 流量観測 観測流量 = $0.055 \text{ m}^3/\text{s}$
	
17. 流量観測 観測流量 = $0.055 \text{ m}^3/\text{s}$	18. 河道横断測量 (量水標設置断面)
	
19. 水位観測員の教育・訓練	20. 水位観測員の教育・訓練

2.2.4 地形測量および地形図作成

地形測量調査は、ラパスおよびオルロ両県の以下に示す 2 地点において、2000 年 9 月から 2001 年 1 月までの期間で実施した。

No	地点名	県	州	郡	カントン	河川名	地点
1	アポロ	ラパス	フランツ・タマヨ	アポロ	アポロ	マチャリアプ川	アポロ町の北東12km
2	タンボ・ケマード	オルロ	サハマ	トゥルコ	チャチャコマニ	タンボ・ケマード川	タンボ・ケマード村の西約3 km

地形測量作業は現地再委託により SGE (Servicios Generales en Electricidad)社に委託し、同社が実施した。作業監理は 2000 年 9 月に JICA 調査団員が現地にて実施した。

実施した測量作業内容は以下の通りである。

- 1) 基準点測量
- 2) 河川縦断測量
- 3) 河道横断（深浅）測量
- 4) 水準およびトラバース測量（地形測量）
- 5) 地形図図化

測量成果の確認は、第 4 次現地調査時に JICA 調査団員が実施し、必要な修正等を行った。

第 3 章 小水力発電インベントリーと送電線の現況

3.1 小水力発電インベントリー

ラパス・オルコ両県の既存および計画中の小水力発電プロジェクト・インベントリーに関する情報は、VMEH、ラパス・オルコ県庁、サン・アンドレス大学および電力会社等から収集した。主な小水力発電計画のインベントリーは、CINER および VMEH が 1998 年に作成した「ボリヴィア国小水力発電プロジェクト・インベントリー」を基にした。この他、調査団は小水力に関する既存調査レポートも収集した。

作成した小水力発電プロジェクトのインベントリーの概要を表 3.1 および表 3.2 に示す。既設の小水力発電所はラパス県で 23 箇所、オルコ県で 2 箇所である。また、既設小水力発電所の設備容量および受益世帯数はそれぞれラパス県で合計 1,084 kW , 7,161 世帯、オルコ県では 200 kW , 170 世帯である。

一方、計画中の小水力プロジェクトは、ラパス県全体で合計 3,800 kW、オルコ県で合計 650 kW となっている。

ラパス・オルコ両県の既存および計画の小水力プロジェクトの位置を図 3.1 および図 3.2 に示す。

3.2 送電線

ラパス県およびオルコ県における送電線の現況に関する情報は、政府出版物等を参照するとともに、VMEH、県、送配電会社などへの聞き取り調査を通じて収集した。ラパス・オルコ県の送配電線の現況を図 3.3 および図 3.4 に示す。

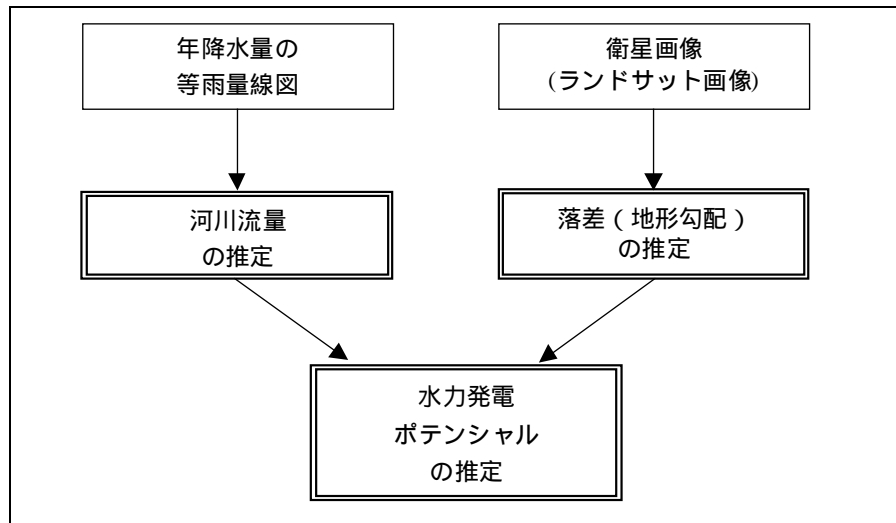
ラパス県における送配電線は、県庁所在地であるラパス市より、北東、北西、南東、南西の各方向へ延びている。ラパス県の中では、ラパス市を通る北西から南西方向の線沿いの一帯が最も送配電網の発達した地域である。

オルコ県では、オルコ市中心から、西、南西および南の 3 方向へ送電線の幹線が延びている。しかしながら、オルコ県西端の地域一帯は、人口面積率が少ないため、大部分が送配電線の未普及区域となっている。

第4章 水力発電ポテンシャルおよび 優先開発小水力プロジェクトの選定

4.1 水力発電ポテンシャル

小水力発電プロジェクトの確認のため、ラパス・オルコ両県の水力発電ポテンシャルを調査した。水力発電ポテンシャルの評価は、以下の手順により行った。



水力発電ポテンシャルは河川流量および落差より求められる。河川流量の評価は年降水量の等雨量線図を用いて行い、落差については衛星画像より判断した。

ラパス・オルコ両県の年降水量の等雨量線図および落差(地形勾配)推定図を図4.1および図4.2に示す。

作成したラパス・オルコ両県の水力発電ポテンシャル図を、図4.3および図4.4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、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。

4.2 優先開発プロジェクトの選定

4.2.1 優先開発プロジェクトの選定方法

小水力発電プロジェクトの優先開発候補地の判定は、作成した水力発電ポテンシャル図と得られた小水力インベントリーを基に行った。得られた小水力発電プロジェクトのインベントリーは、収集した資料や現地調査・流量観測結果などを基に、確認・修正した。

地方電化における小水力発電は基本的に分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の小水力プロジェクトは候補リストから除いた。インベントリー・リストに示された小水力プロジェクトの各数値（設備容量，受益世帯数等）の大部分は、既存調査レポート等の数値と同一であるが、現地調査の結果等を基に一部変更・修正した。

上記手順により、表 4.1 および表 4.2 に示したように、最終的にラパス県で 30 箇所、オルロ県で 3 箇所地方電化のための優先開発小水力発電プロジェクトを選定した。選定した優先プロジェクトの総設備容量は、ラパス県で 2,316 kW、オルロ県で 102 kW となった。

4.2.2 優先開発プロジェクトの選定基準

優先小水力発電プロジェクトの選定に当たっては、各プロジェクトについて、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。送電線延長よりも経済的に優位な小水力プロジェクトのみを優先開発プロジェクトとして選定し、2011 年までの地方電化実施計画に含めた。これは、経済的であれば、地方電化に地域固有の再生可能エネルギー利用の可能性を調査したいという VMEH の意向とも一致している。

優先開発候補小水力プロジェクトと送電線とのコスト比較は、以下の手順により行った。

(1) 小水力の発電原価の算定

小水力プロジェクトの発電原価(US\$/kWh)の算定に当たっては、以下のパラメータを用いた。

日有効稼働時間（平均需要）	8 時間/日
設備利用率	0.95
設備耐用年数 n	20 年
割引率 (Discount Rate)	10 %
資本回収係数 (Capital Recovery Factor)	0.1175
運営・維持管理費（総投資額に対する%）	1.8 %

(2) 送電線の発電原価の算定

送電線プロジェクトの発電原価(US\$/kWh)の算定に当たっては、以下のパラメータを用いた。

日有効稼働時間 (平均需要)	8 時間/日
設備耐用年数 n	20 年
割引率 (Discount Rate)	10 %
資本回収係数 (Capital Recovery Factor)	0.1175
維持管理費 (総投資額に対する%)	2.5 %
単位世帯当たり電力需要量	300 ヲット/世帯
単位世帯当たり接続費	100 US\$/世帯
単位世帯当たり最大投資額	1,200 US\$/世帯

送電線の投資額算定のため、近傍既設送電線から各プロジェクトの対象村落までの距離を地形図により測定した。送電線延長の単位キロメートル当たりの建設単価は、以下の値を用いた。

送電容量	位相	送電線延長建設費 平均単価の適用地域	送電線延長 建設単価
34.5kV	3	山岳(コガス) 僻地(アマゾン地域)	US\$ 18,000 / km
24.9kV	3	平地地帯(アルティプラノ地域)	US\$ 8,500 / km
19.2kV	1	山岳(コガス) 僻地(アマゾン地域)	US\$ 12,000 / km
14.4kV	1	平地地帯(アルティプラノ地域)	US\$ 6,000 / km
6.9kV	3	平地地帯(アルティプラノ地域)	US\$ 5,000 / km
380V	3	山岳(コガス) 僻地(アマゾン地域)	US\$ 5,000 / km
230V	1	コガス,アマゾンおよびアルティプラノ地域	US\$ 3,000 / km

出典:ラパス県庁

上記の建設単価は、材料費、人件費、工事管理費、税、その他諸費用等を含む事業費の価格である。上記建設単価を用いる際には、プロジェクト対象地域までの地形条件を考慮し、補正係数を設定して適用した。送電線延長による受益世帯数は、各プロジェクトの対象村落のみならず、想定した送電線延長ルート上にある村落にも新たに電力を供給することと仮定し、これらの村落の世帯数も受益世帯数に含めた。

(3) 小水力および送電線プロジェクトの発電原価の比較

算定した各小水力発電プロジェクトの発電原価(US\$/kWh)と、代替送電線延長の発電原価(US\$/kWh)を比較し、送電線よりも経済的に安価な小水力プロジェクトを優先開発候補として調査団が選定した。選定した優先開発プロジェクトの概要を表 4.1 および表 4.2 に示す。また、その位置を図 4.5 および図 4.6 に示した。

4.2.3 選定プロジェクトの段階的实施計画

選定した優先開発小水力プロジェクトの優先順位判定のため、以下の基準を適用した。

- 既設送電線端からの距離
- 事業費の相対的経済性：送電線事業費 ÷ 小水力事業費
- 小水力発電による受益世帯数
- プロジェクト成熟度（調査段階）

上記の基準を適用し、選定した優先プロジェクトの点数化を行った。

上述の優先順位検討結果に基づき、選定した小水力プロジェクトを、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。

小水力発電プロジェクト案（ラパス県）

段階 (フェーズ)	実施予定年	受益世帯数 (世帯)	設備容量 (kW)	投資額 (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

小水力発電プロジェクト案（オルロ県）

段階 (フェーズ)	実施予定年	受益世帯数 (世帯)	設備容量 (kW)	投資額 (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4.3に示したように、ラパス県では選定された合計30の小水力プロジェクトのうち、13プロジェクトが第1段階に、17プロジェクトが第2段階に実施するよう提案され、オルロ県では、合計3つの小水力プロジェクトが選定された。

計画総設備容量はラパス県で合計2,316 kW、計画受益者数は合計7,730世帯となった。一方、オルロ県では、計画総設備容量は102 kWと少なく、計画受益者数も209世帯となっている。

4.2.4 妥当性予備調査プロジェクトの選定

本調査で実施する、小水力発電計画の妥当性予備調査（プレ・フィージビリティ調査）の対象プロジェクトの選定は、上記の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。

選定したラパス県およびオルコ県における妥当性予備調査を実施する小水力プロジェクトは、以下の2プロジェクトである。

- 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）

第 5 章 ラパス県アポロ小水力発電計画妥当性予備調査(プレ F/S)

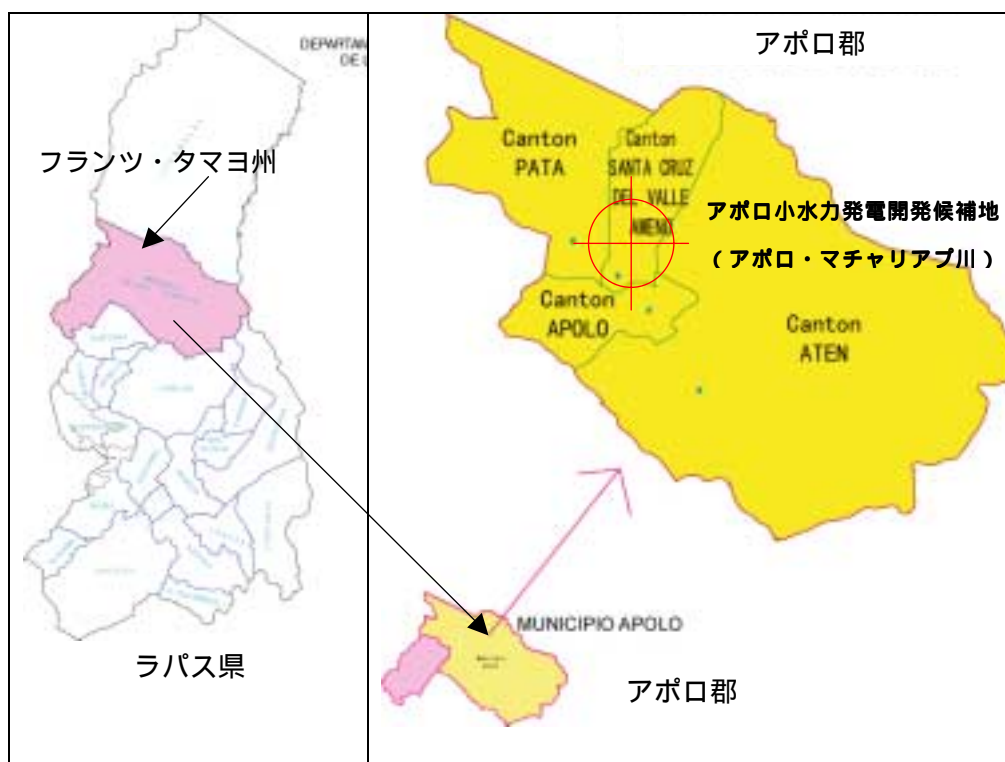
5.1 位置、地形・地質および水文

5.1.1 位置および地形

(1) 位置

小水力発電プロジェクト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。アポロ郡は、さらに 4 つのカントンに分けられ、そのうちアポロ・カントンは都市地域を含んだ比較的大きなカントンで 39 村をから構成される。提案する小水力発電計画により電化される予定の地域は、アポロおよびサンタ・クルス・デル・ヴァリエ・アメーノの 2 つのカントンである。小水力発電開発候補地とアポロ郡の行政区域図を以下に示す。

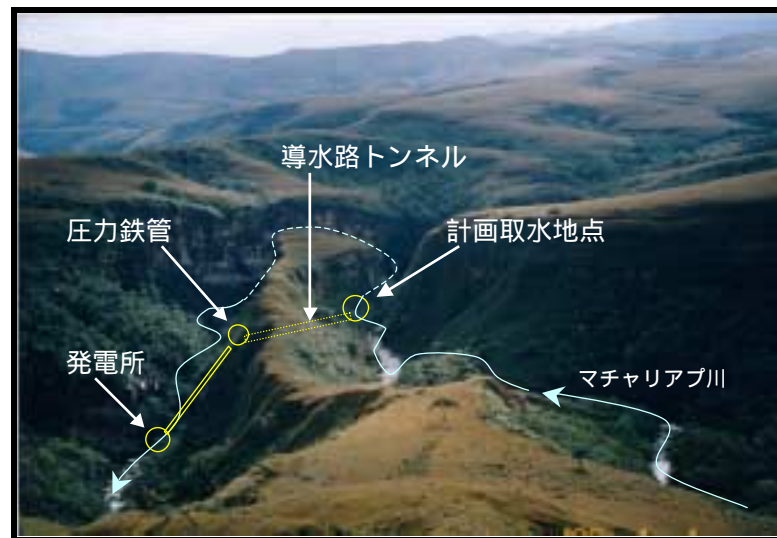


アポロ行政区域および小水力開発候補地

(2) 地形

アポロ町周辺の地形は、なだらかな波状起伏のある丘陵地形であり、一帯は森林の伐採のため草原地帯となっている。

小水力開発候補地点は、南緯 14 度 36 分、西経 68 度 23 分に位置する。計画取水地点および発電所は、マチャリアプ川の深い峡谷状をなす中にある。計画取水地点と放流口地点の間には、急峻な薄い尾根がある。



計画地点の全景 (ラパス県フランツ・タマヨ州アポロ)

5.1.2 地質

ボリヴィア国立地質・鉱物局 (SERGEOMIN) において、以下に示すアポロ付近の地質図を入手した。

- 「アポロ地質図」(出典: カイザー・ジオボルセンサー応用研究, ラパス県自然資源総合調査, 地質編, 解説および編集: ラウル・パロン・アイリオン, 1985 年 5 月)

小水力開発候補地周辺の地質図を図 5.1 に示す。この地質図によれば、候補地点の地質は、図中"C"で示される主に石炭紀(約 3 億年前)の地質とされている。この石炭期の主な地質構成は以下の通りとなっている。

"C": 石炭紀 [Carbonifero] (3.5 ~ 2.7 年前)

- a) 砂岩, 石灰岩等 (アルティプラ平原およびオリエンタル山脈付近)
- b) 石灰岩, 砂岩, 上位砂礫互層等 (北パンドンイノ付近)

石炭紀の下層またはその付近では、さらに古いデボン紀およびオルドビス紀に区分される地層が存在する。それぞれの主な地質構成は以下の通り。

"D": デボン紀 [Devonico] (4.0 ~ 3.5 億年前)

頁岩、砂岩、石灰岩

"O": オルドビス紀 [Ordovicico] (4.9 ~ 4.3 億年前)

頁岩、砂岩、石灰岩

2000年6月9日に実施した現地調査の結果、計画取水地点付近の岩盤地質は、主に砂岩、風化石灰岩および頁岩（泥岩）であることが明らかとなった。候補地の岩盤は、トンネル工事等の際に比較的容易な掘削が可能である一方、十分な強度が得られるものと判断された。



計画取水地点



計画導水トンネル坑口

計画取水地点および導水トンネル坑口 (マチャリアプ川・アポロ)

5.1.3 水文

(1) 気温

1977年から1996年まで（20年間）のアポロにおける月最高気温の平均は27.8℃、月最低気温の平均は12.9℃（7月）であった。アポロにおける月平均気温および湿度の観測記録を表5.1に示す。

月最高気温（アポロ）

年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1986	26.8	26.2	26.0	27.5	27.1	26.1	25.1	27.5	27.4	28.0	29.4	29.0
1987	26.9	28.6	28.8	28.5	25.4	25.6	27.4	28.2	27.4	29.1	28.0	28.7
1988	29.4	27.6	27.4	27.1	25.7	25.2	24.8	27.8	26.9	27.8	27.4	27.4
1989	27.5	26.7	26.7	26.5	24.4	26.2	25.7	27.6	27.4	28.7	28.9	27.9
1990	27.5	26.7	28.9	28.2	26.0	24.2	23.6	27.3	27.6	28.6	27.8	27.8
1977-1996年 (20年間)平均	26.6	26.3	26.4	26.1	25.3	24.3	24.5	26.1	26.9	27.8	27.4	27.4

出典: ボリヴィア国立気象・水文局 (SENAMHI) アポロ観測所 (1996年)

月最低気温 (アポロ)

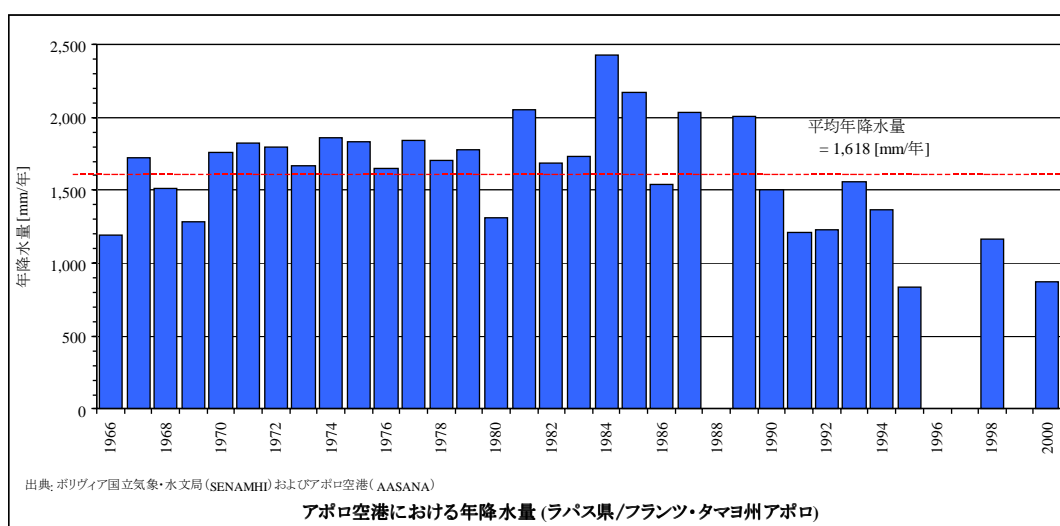
年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1986	17.5	17.0	17.2	17.3	17.1	15.9	14.9	16.0	16.1	16.6	17.0	17.6
1987	17.4	17.2	16.7	16.9	15.3	13.8	14.8	14.1	15.0	15.8	18.0	17.0
1988	17.9	17.3	17.6	17.3	16.0	14.0	12.7	14.9	14.2	15.5	16.2	16.5
1989	16.6	16.4	16.2	15.9	14.6	14.7	12.3	13.8	14.5	15.7	16.1	16.9
1990	16.5	16.8	17.1	16.4	14.1	13.7	12.7	13.6	14.8	15.9	16.8	16.9
1977-1996年 (20年間)平均	16.5	16.1	16.1	15.6	14.8	13.5	12.9	13.8	14.2	15.5	16.2	16.5

出典: ボリヴィア国立気象・水文局 (SENAMHI) アポロ観測所 (1996年)

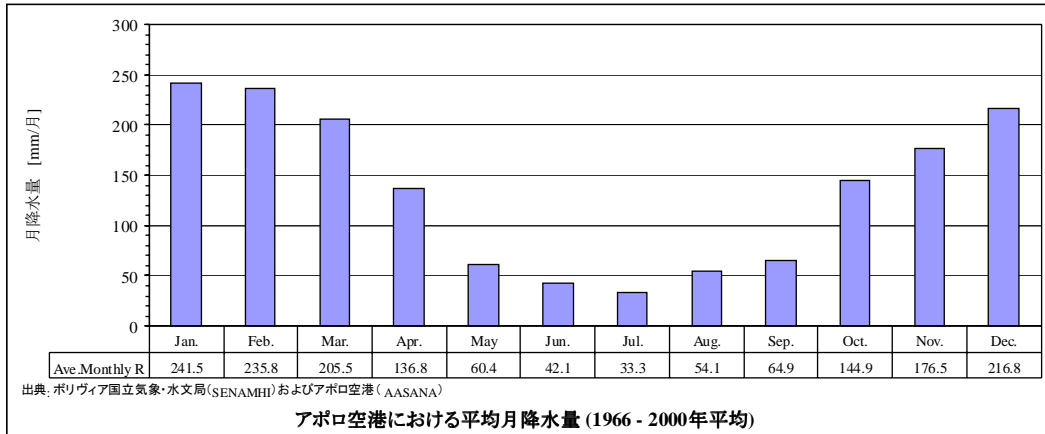
(2) 降水量

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。ボリヴィア国立気象・水文局 (SENAMHI) による観測データによると、アポロの平均年間降水量は 1,618 mm/年 である。年降水量の約 76% が 10 月から 3 月までの雨季に降る。最大月間雨量は 1 月の 242 mm/月 であり、最低は 6 月の 33 mm/月である。アポロにおける月降水量記録を表 5.2 に示す。

アポロ空港 (AASANA, 標高 1,406 m) における 1966 年から 2000 年までの降水量記録によれば、水位観測が実施された 2000 年の年間降水量は、下図に示すように、過去 31 年の観測記録の中で第 2 位の渇水年であった。



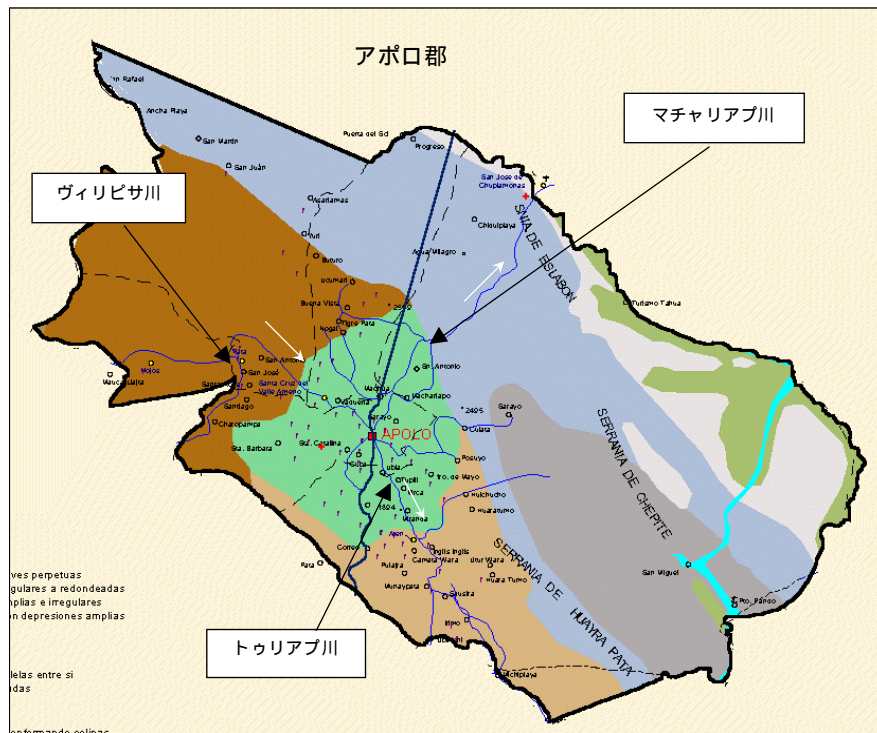
アポロ空港における平均月降水量は下図の通りである。



(3) 河川流量

アポロ周辺の河川は、以下の2つのベニ川支川流域に大別される。

- 1) 支川トゥリアブ川流域 : アポロ町南トゥリアブ川及び南西クリサ川
- 2) 支川マチャリアブ川流域 : アポロ町北マチャリアブ川及び北西ヴィリピサ川



アポロ周辺の河川位置図

アポロ地域における河川流況の把握を目的として、第1次現地調査時にトゥリアブ川を選定し、同川インカ橋上流に量水標を設置し、日水位観測を実施した。

トゥリアプ川およびマチャリアプ川で実施した河川流量観測の結果は、下表の通りである。

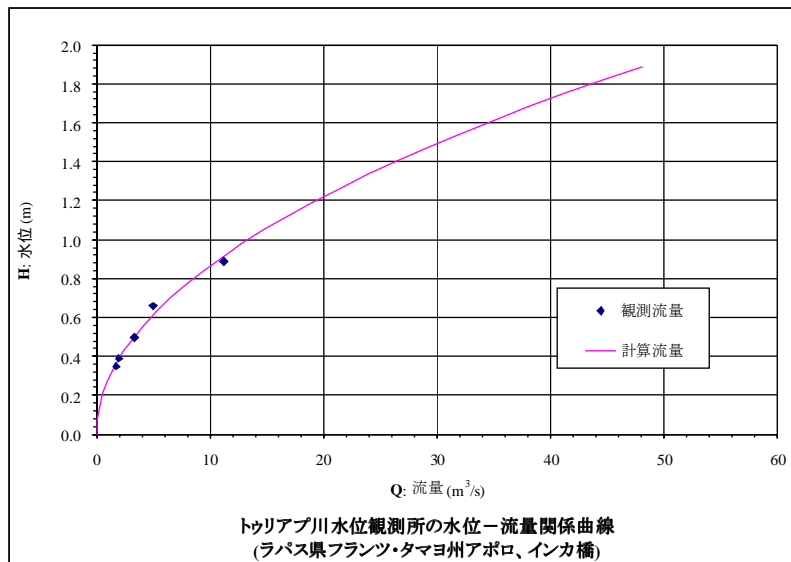
県	州	郡	カントン
ラパス	ツランツ・タマヨ	アボロ	アボロ

河川名 観測所名	観測日 (年/月/日)	観測流量 (m ³ /s)	量水標水位 (m)
トゥリアプ川 水位観測所 (インカ橋上流) (C.A. = 274.42 km ²)	1999/10/14	1.99	0.39
	2000/1/21	* 24.16	* 1.02
	2000/6/3	4.97	0.66
	2000/7/24	3.32	0.50
	2000/9/15	1.75	0.35
	2001/4/23	11.20	0.89
マチャリアプ川 計画取水地点 (C.A. = 371.15 km ²)	2000/7/23	3.59	-
	2000/9/14	2.67	-
	2001/4/24	6.67	-

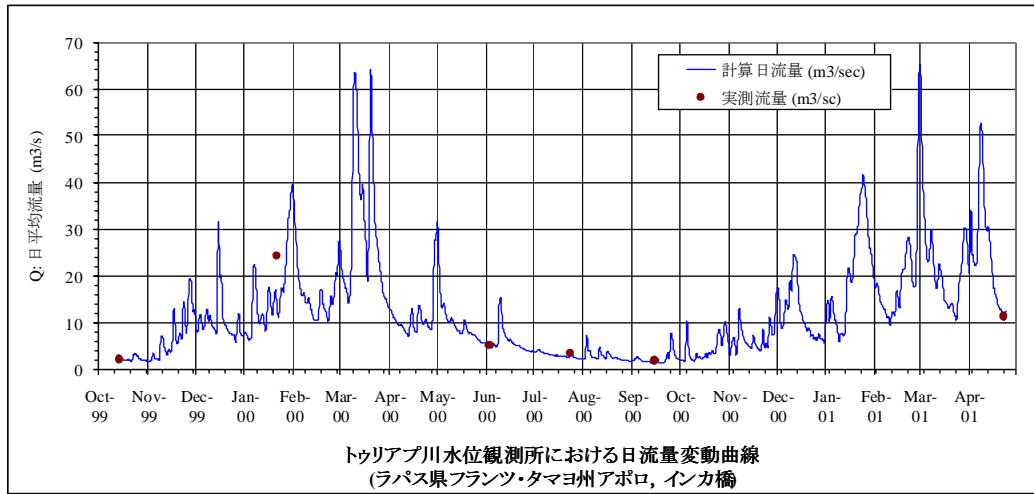
出典: JICA調査団

注) *: 2000年1月21日の河川流量観測は高水位のため浮子法により実施した。このため、この日のデータは水位-流量曲線の作成には使用しなかった。

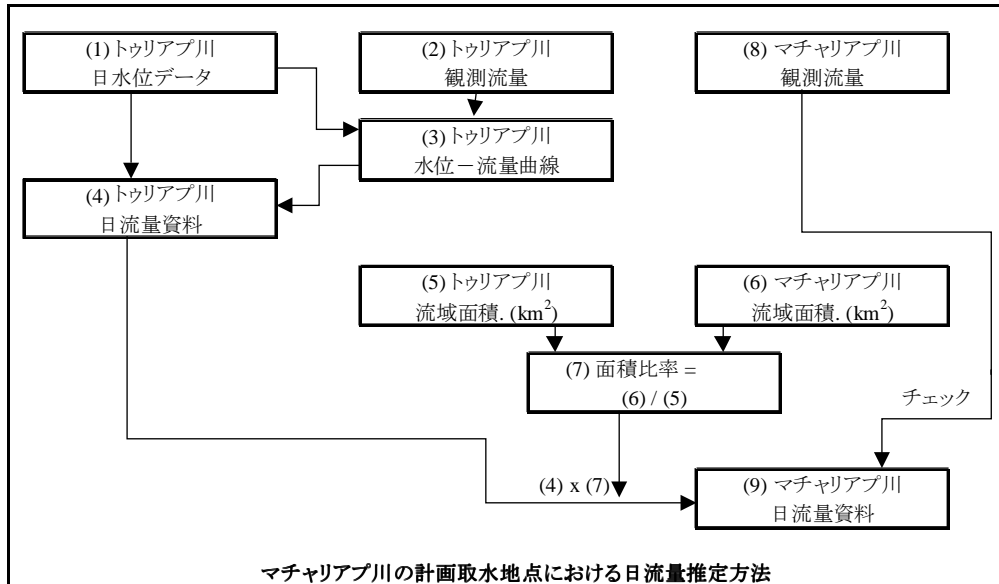
観測したデータを用いて、下図に示すようなトゥリアプ川水位観測所の水位 - 流量関係曲線を作成した。



作成した水位 - 流量関係曲線を用いて、下図に示すトゥリアプ川の日流量変動曲線(ハイドロ・グラフ)を求めた。



アポロの小水力開発候補地として最終的にマチャリアプ川を第 3 次現地調査時に選定した。このため、マチャリアプ川での日水位観測は実施されていないことから、マチャリアプ川の日流量は、上記で算定したトウリアプ川の日流量を用いて推定することとした。推定方法を下図に示す。

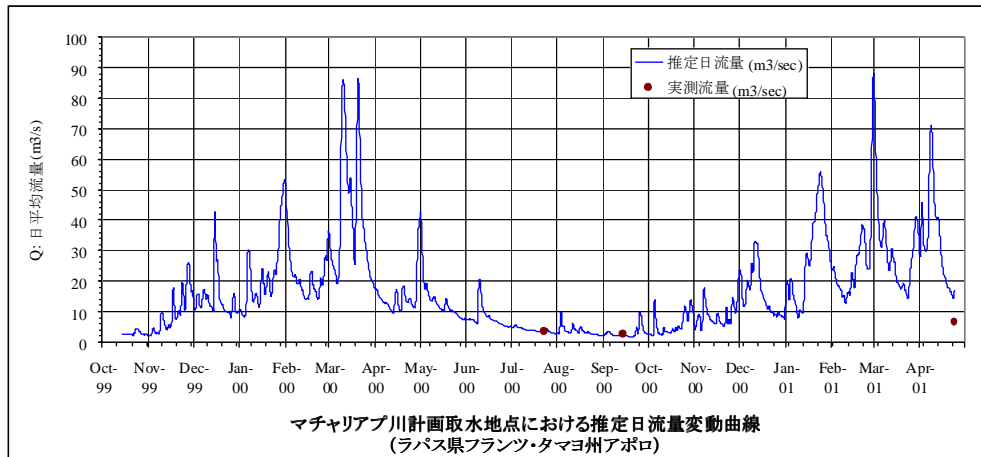


トウリアプ川とマチャリアプ川の流域面積は、以下の通りである。

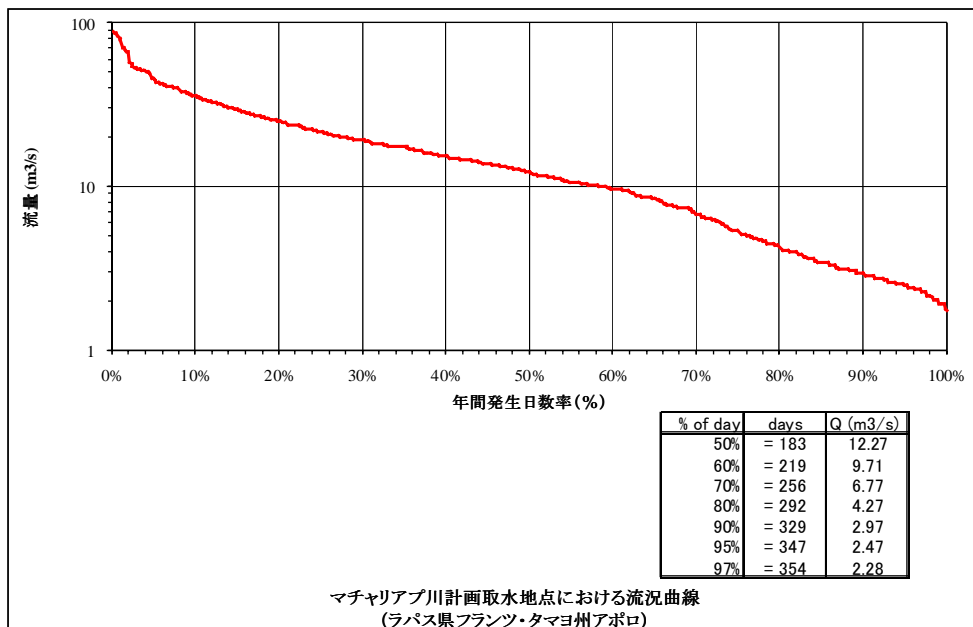
トウリアプ川 水位観測所流域面積	: 274.42 km ²
マチャリアプ川 小水力計画取水地点流域面積	: 371.15 km ²

両地点の集水区域を図 5.2 に示した。

上記流域面積を用いたマチャリアプ川における小水力発電計画取水地点における推定日流量曲線（ハイドログラフ）は以下の通りである。



計画取水地点における流況曲線は以下の通りである。



1999年10月に、調査団はアポロ・トゥリアプ川のインカ橋地点に量水標を設置した。この量水標を用いた日水位観測は1999年10月14日から2001年4月24日まで(計18ヶ月間)観測された。

5.2 社会経済条件と電力需要

5.2.1 社会経済条件

アポロの社会経済データの収集するため、JICA 調査団は 2000 年 6 月～9 月までの期間に現地にて社会経済調査を実施した。アポロにおける社会経済調査の項目は以下の通りである。

- 位置およびアクセス
- 世帯数および人口
- 主要産業・収入源
- 経済基盤
- 社会基盤

実施した社会経済調査の結果の概要は以下の通りである。

(1) 人口

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。この郡全体人口の約 54% の 6,989 人が、中心市街地を含むアポロ・カントンに集中している。

アポロ郡の人口構成 (1992 年)

カントン	人口 (1992)
アポロ	6,989
サンタ・クルス・デル・ヴァリエ・アメリ	2,361
アテン	3,272
パタ	235
合計	12,857

出典: INE (1992)

(2) 地域経済

当地域の地域経済の中心は農業である。郡全体面積の約 46% が牧草地として利用され、約 14% が農用地として利用されている。バナナ、柑橘類、キャッサバが主要農産物である。

アポロの土地利用 (1992 年)

土地利用 (1992 年)	ha (%)
牧草地	5,669 (46)
農耕地	1,703 (14)

山 林	2,150	(17)
休閑地	1,125	(10)
その他	1,653	(13)
合 計	12,300	(100)

アポロの穀物生産量 (1992 年)

穀物種	耕作面積 (ha)	生産量 (M.T)
バナナ	205	1,768
柑橘類	92	624
キャッサバ	417	4,210
コカ	208	180
コーヒー	268	214

出典: アポロ小水力発電計画調査(トゥリアフ川), 最終報告書(1994), CORDEPAZ, Ingenieria Politecnica Americana SRL

(3) 電力

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。電気料金が高価であること、ならびに電力供給が 3 時間と限定されたサービスであるため、約 300 世帯(市街地人口の約 50%)のみが利用しているのが現状であり、ピーク電力需要量も 60 kW 程度でしかない。ディーゼル発電機の発電能力(220 kW)はフル稼働していない。

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・ブソ) 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。従って、大部分の住民にとっては、電気は高価なものとなされている。

(4) 陸上輸送

アポロへの陸上輸送網の現状は下表の通りとなっている。

ルート名	総延長 (km)	舗装道延長 (km)	近傍市場までの 距離 (km)
カラナビ	382	176	382 ラパス市
ソラタ	420	184	335 アチャカチ
チャラサニ	444	150	274 エスコマ
ペレチュオ	485	136	274 プルト・アコタ

出典: アポロ小水力発電計画調査(トゥリアフ川), 最終報告書(1994), CORDEPAZ, Ingenieria Politecnica Americana SRL

ラパス市からアポロまで繋がる上記 4 ルートの道路は、概ね乾季のみ通行が可能である。各ルートとも総延長のうち半分以下しか舗装されていないのが現状である。

5.2.2 電力需要

一般に、小水力発電プロジェクト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。マチャリアブ川は流量（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。

プロジェクトの規模は将来の電力需要から決定される。将来電力需要は、人口と収入の増加により左右される。本調査では、“住民”はすなわち全て顧客であると考えたとともに、将来の電力購買力が現在のレベルとほぼ同じであると仮定した。

(1) 対象地区

現在、アポロ町の都市域のごく一部のみが電化されている。ここ以外の地区、すなわち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。

ブロック名	ブロック内の村落名	村落数	
		都市域	農村
A	アポロ中心市街地	1	0
B	アポロ中心市街地 + 空港 + サタ・テレサ	1	7
C	サタ・クルス・デル・ヴァリエ・アメーノ	0	15
D	サント・ドミンゴ	0	7
E	インカおよびサン・ペドロ	0	8
F	サンホセ・デ・マヨ	0	5
G	サンマルコおよびアルトゥンカマ	0	2
	合計 (ブロック B~G)	1	44

注) ブロック B はブロック A を含む

詳細な計画電化対象村落位置図を図 5.3 に示す。対象 7 ブロックの合計村落は 45 であり、その内訳は 1 都市域および 44 地方村落である (表 5.3 および表 5.4 の通り)。

(2) 2005 年の世帯数推計

a) 推定方法

ボリヴィア国家統計局 (INE) によれば、アポロ郡の 1995 年～2000 年の人口は以下のように推定されている。

年	1995	1996	1997	1998	1999	2000
人口	14,059	14,099	14,133	14,162	14,185	14,203

出典: ボリヴィア国家統計局 (INE)

1995年～2000年のアポロ郡全体の人口はほぼ同じ比率で人口が増加しているとみられる。上記6つの人口データを基に作成した予測曲線を用いて、電化対象地区の将来人口を推定した。

b) 推定した2005年の世帯数

一世帯当たりの平均人口が将来も変わらないものと仮定し、将来の世帯数は、人口の増加に合わせて増加させた。各ブロックの将来(2005年)の世帯数は下表のように推定した。

ブロック	世帯数					
	1999(実績)			2005(推定)		
	都市域	農村	合計	都市域	農村	合計
A	580	0	580	587	0	587
B	580	251	831	587	253	840
C	0	336	336	0	338	338
D	0	229	229	0	230	230
E	0	335	335	0	337	337
F	0	214	214	0	216	216
G	0	32	32	0	32	32
合計(B~G)	580	1,397	1,977	587	1,406	1,993

ブロックB～Gの合計世帯数は、1999年に1,977世帯であったのに対し、2005年には1,993世帯になると推定した。

(3) 需要予測

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。

a) 家庭用需要

家庭用電力需要の推定のため、一世帯当たりの単位電力消費量を、都市域の家庭と農村部の家庭に分けて設定した。都市域および農村部それぞれについて電気機器(照明用電球、ラジオなど)の平均設備数、普及率および接続率を仮定し、ピーク時間帯における一世帯当たりの単位電力消費量は、都市域で267ワット、農村部で135ワット

と算定された。算定に当たっては、1日を、夜間、深夜、昼間の3つの時間帯に分けて推定した。接続率（何時間電気が消費されるのか）は、それぞれの時間帯毎に設定した。推定した単位電力消費量は以下に要約する通りである。

一世帯当たりの単位電力消費量（家庭用需要）

	都市域			農 村		
	夜間	深夜	昼間	夜間	深夜	昼間
ピーク電力消費量(ワット)	267	7	30	153	0	10.8

推定結果の詳細は表 5.5 に示した。

対象地区における家庭用電力需要量は、上記の一世帯当たりの単位電力消費量に世帯数を乗じて求めた。家庭用電力需要の算定結果の概要は以下に示す通りとなった。

(kW)

ブロック	都市域			農 村			ピーク 需要量
	夜間	深夜	昼間	夜間	深夜	昼間	
A	157.0	4.1	17.7	0	0	0	157.0
B	157.0	4.1	17.7	34.2	0	2.7	191.2
C	0	0	0	45.7	0	3.6	45.7
D	0	0	0	31.1	0	2.5	31.1
E	0	0	0	45.5	0	3.6	45.5
F	0	0	0	29.2	0	2.3	29.2
G	0	0	0	4.3	0	0.3	4.3
合計(B~G)	157.0	4.1	17.7	190.0	0	15.0	347.0

b) 非家庭用需要

非家庭用の電力需要量についても家庭用需要推定と同様の方法で推定した。非家庭用の単位電力需要量は、商業用、工業用、公共用の3つに分類して推定した。

推定した単位電力需要量を表 5.6 に示すとともに、以下に要約を示した。都市域の単位電力需要量はアポロ町（ブロック A）に適用し、農村用の単位電力需要量はその他のブロック（B-G）に適用した。

分 類		都市域			農 村		
		夜間	深夜	昼間	夜間	深夜	昼間
商業用	kW/ブロック	14.00	0.81	1.33	9.57	0.44	1.00
工業用	kW/ブロック	35.23	0.88	47.74	13.50	0.25	29.65

公共用 (公共施設)	kW/ブロック	37.06	0.27	28.68	1.47	0.22	7.45
小 計	kW/ブロック	86.29	1.96	77.75	24.54	0.91	38.10
公共用 (街灯)	kW/km/世帯	0.04	0.04	0	0.06	0.06	0

c) 総需要

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。推定結果を表 5.7 および下表に示す。

(kW)

ブロック	都市域			農 村			ピーク 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。

対象地区合計のピーク電力需要量は、2005年時点で約700kWと推定された。

5.3 最適開発規模の検討

5.3.1 最適開発規模の検討方法

小水力発電計画の最適開発規模の検討手順を図 5.4 に示した。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、広域に電力供給が可能である。最適開発規模の選定のため、さまざまなプロジェクト規模のケースに対し、増加する費用と便益を算定した。

本プロジェクトによる電化対象地域は広範囲であり、7つの地区から成る。ここで、「最適」とは、プロジェクトが生み出す最大純便益(B-C)のことと定義する。プロジェクトの規模は電力需要から決定される。最適開発案の選定は、以下のケースを比較して決定した。

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 + 小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 (サン・ピ) (合計受益者 = 1,056 世帯)
- ケース-4 : ケース-3 + ブロック D (サンタ・ド・ミンゴ) (合計受益者 = 1,286 世帯)
- ケース-5 : ケース-4 + ブロック C (サンタ・クルス・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 (サン・ペドロ) (合計受益者 = 1,961 世帯)
- ケース-7 : ケース-6 + ブロック G (サン・マルス) (合計受益者 = 1,993 世帯)

各ケースの電力需要量は以下のように推定した。

アポロ小水力発電プロジェクトの最適規模検討ケースの電力需要量

電化対象地区 (ブロック)	ブロック名 (主要村落名)	村落数					世帯数 (将来予測2005年)		送電線延長距離 (km)	世帯数/延長比率	優先順位	ピーク時総電力需要量 (kW)	ケース-1	ケース-2	ケース-3	ケース-4	ケース-5	ケース-6	ケース-7		
		都市域		農村		計	i	j=h/i					k	l	ブロックA	ブロックB	B+F	+D	+C	+E	+G
		a	b	f	g										h=f+g	(kW)	(kW)	(kW)	(kW)	(kW)	(kW)
A	アポロ中心市街地のみ	1	0	587	0	587	15.0	39.13	-	270	270										
B	ブロックA + 空港 + 送電線沿の村落 (サンタ・ピサ村等)	1	7	587	253	840	27.5	30.55	1	340		340	340	340	340	340	340	340			
C	サンタ・クルス・デル・ヴァリエ・アメリ地区	0	15	0	338	338	35.3	9.58	4	90				90	90	90	90	90			
D	サンタ・ド・ミンゴ地区	0	7	0	230	230	17.0	13.53	3	70			70	70	70	70	70	70			
E	インカ村およびサン・ペドロ地区	0	8	0	337	337	35.4	9.52	5	90					90	90	90	90			
F	サン・ホセ地区〜ウ・デ・マヨ地区	0	5	0	216	216	13.5	16.00	2	70			70	70	70	70	70	70			
G	サン・マルコス村およびアルトカマ地区	0	2	0	32	32	8.9	3.60	6	40								40			
	合計 (ブロックB〜G)	1	44	587	1,406	1,993	137.6	14.48	-	700	270	340	410	480	570	660	700	700			

出典: JICA調査団

アポロ小水力発電計画が実施されない場合、アポロ地域では、ディーゼル発電が分散型 (送電線以外の) 電源として最も適当であると考えられる。この代替ディーゼル発電への投資削減額を (小水力による) 事業便益とみなす。

コストおよび便益は現在価値とするため、両者とも資本の機会費用による割引額とし、各ケースに対して純便益 (B-C) を算定することとした。純便益 (B-C) が最大となるケースを最適開発計画とした。

5.3.2 最適開発規模の選定

本事業計画の最適開発規模選定のため、費用および便益は以下の方法により算定した。

(1) 費用 (概算事業費)

事業費は 1)発電施設工事費、2)送配電施設工事費、3)運用・維持管理費の 3 つから成る。

a) 工事費

工事費 (土木工事、発電・機器、送配電施設) は、日本の発電計画工事費積算基準の数表^{*1} を用いて概算数量を算出し、現地価格を適用して工事費を算出した。各ケースの小水力発電に係わる概算工事費算定結果を表 5.8 に示す。

b) 運営・維持管理費

運営・維持管理費は、上記で算定した工事費に基づき概算した。

算出した工事費および運営・維持管理費を含む総事業費は下表に要約する通りである。

アポロ小水力発電計画の最適規模検討ケースと概算事業費

(US\$)

	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 7
工事費(土木費および発電・機器設備費)	1,630,700	1,763,000	2,047,300	2,175,800	2,378,400	2,562,400	2,657,300
工事費 (送配電線施設)	142,000	311,900	431,500	574,900	848,900	1,123,300	1,183,300
総工事費	1,772,700	2,074,900	2,478,800	2,750,700	3,227,300	3,685,700	3,840,600
運営・維持管理費	12,002	17,218	23,227	27,923	36,049	44,371	46,409

(2) 便益

日負荷曲線

現状の日負荷曲線を基に、将来 (対象年 2005 年) の発電需要量 (kW) および電力需要量 (kWh) を、図 5.5 に示すように各ケース毎に推定した。日負荷のパターンはどのケースも等しい。

便益

便益は、代替ディーゼル発電の費用削減額として算定し、以下の構成要素から成る。

a) ディーゼル発電機の設備費

ディーゼル発電機の費用は、設備容量と、設備容量 kW 当たりの単価から算定した。

*1 : 未開発地点開発最適化調査発電計画工事費積算基準, 平成 6 年 3 月, 通商産業省資源エネルギー庁

b) 送配電線の設備費

ディーゼル発電による送配電線の設備費は、小水力発電の場合と同様に算定した。

c) 燃料費

必要発電量 (kWh) は、各ケース毎の日負荷曲線に基づき算定した。ディーゼルの燃料費は、この必要発電量に、燃料単価 (US\$/リットル) とエンジン燃料消費量 (リットル/kWh) を乗じて算定した。

d) 運営・維持管理費

ディーゼル発電の運営・管理費は、ディーゼル発電器設備費の 5%、送配電線設備費の 2.5% が毎年かかるものと仮定した。

算定した代替ディーゼル発電コストによる便益は以下に要約される。

アポロ小水力発電計画の最適規模検討ケースと便益費 (代替火力：ディーゼル)

(US\$)

	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 7
工事費 (土木費および発電・機器設備費)	206,827	259,327	311,827	364,327	431,827	499,327	529,327
工事費 (送配電線施設)	50,157	281,313	400,900	544,317	818,271	1,092,667	1,164,896
総工事費	256,984	540,640	712,727	908,644	1,250,098	1,591,994	1,694,223
運営・維持管理費	242,392	288,547	322,572	373,517	425,309	475,029	501,628

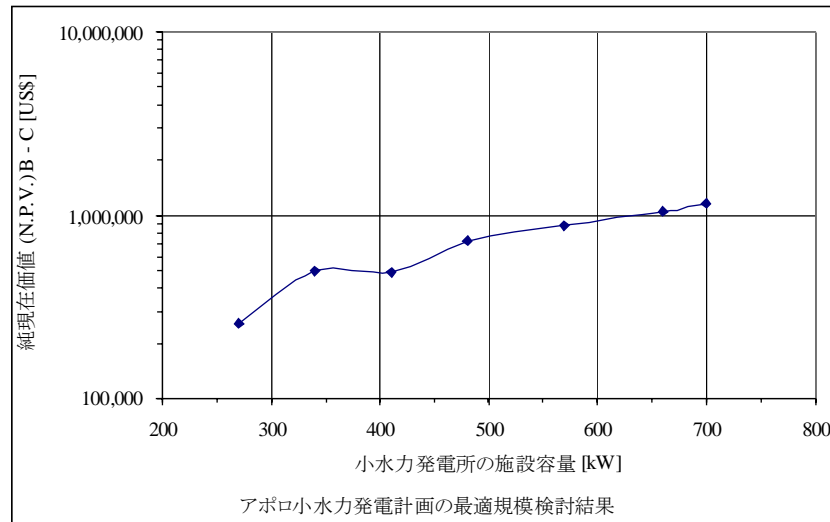
概算事業費・便益算定の詳細は表 5.9 に示す通りである。

(3) 最適開発規模の選定

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。経済評価の結果は表 5.10 および下表に要約する通りである。

ケース番号	1	2	3	4	5	6	7
設備容量(kW)	270	340	410	480	570	660	700
内部収益率 EIRR(%)	12.4%	14.2%	13.6%	14.9%	15.3%	15.7%	16.1%
純現在価値 NPV (純便益 B-C)(US\$)	257,164	496,836	485,726	718,560	878,442	1,040,111	1,154,299
便益費用比率 B/C	1.17	1.27	1.22	1.29	1.3	1.31	1.33

各ケースの 20 年間の純便益 (B-C)の合計を割引率で現在の価値とした純現在価値 (N.P.V.)は下図の通りである。



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。

ここで、計画地点のマチャリアプ川の潜在発電可能量は、年間 95% 保証流量において 1.0 ムガワット(MW)以上であることが推定される。しかしながら本調査では、以下の理由から、700 ムワット(kW)以上の開発規模については検討していない。

- 1) 仮に 700kW 以上の開発をした場合、送配電線の費用増に対し、対象地域の人口面積率が低く受益世帯が効率的に増加しない。
- 2) 取水地点下流の環境への影響を軽減するため、ある程度の河川維持流量を放流する必要がある (河川水の全量取水は好ましくない) と考えられる。

上記を勘案し、アポロ小水力発電計画の設備容量は 700 kW が最適であると判断した。

5.4 予備設計および工事費算定

5.4.1 予備設計

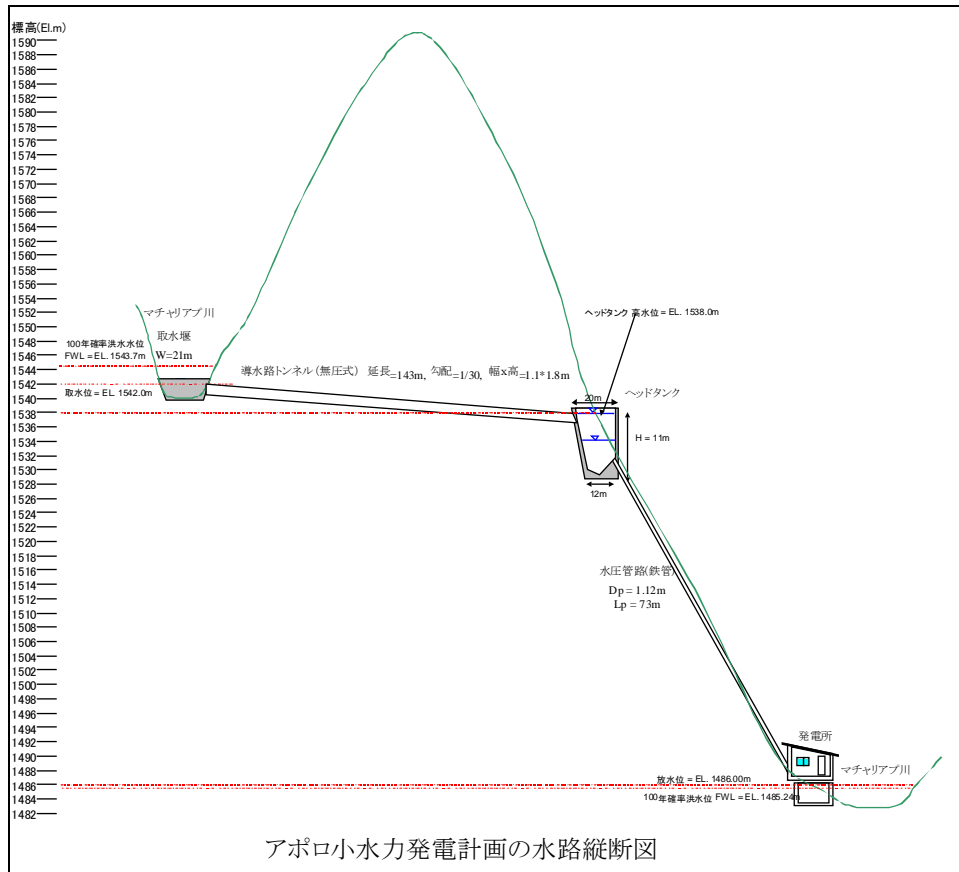
アポロ小水力発電計画の施設配置計画図および予備設計図を図 5.6 に示す。予備設計における主要項目の概要を以下に述べる。

(1) 全体レイアウトの検討

アポロ小水力発電計画プロジェクトの全体レイアウトは以下の項目を検討し決定した。

- 流域面積
- 取水地点の地形および地質条件
- 総落差
- 水路延長
- 掘削量および水路構造（開渠またはトンネル式、無圧式/圧力式）

決定した水路縦断図を以下に示す。



(2) 発電計画諸元

以下に本プロジェクトの発電計画諸元を示す。

アポロ小水力発電プロジェクト計画諸元

項目	記号	単位	数量	備考
流域面積	C.A.	Km ²	371.15	
流量				
最大使用水量	Qmax	m ³ /s	1.815	
常時使用	Qfirm	m ³ /s	1.815	97%(354日)保証流量
水位				
取水位	N.W.L	EL.m	1,542.00	
放水位	T.W.L	EL.m	1,485.50	
落差				
総落差	Hg	m	56.50	N.W.L - T.W.L
有効落差	He	m	51.70	
最大出力	P	kW	700	350 kW x 2 台
年間可能発生電力量	E	MWh	6,132	

(3) 主要構造物設計

1) 取水堰および取水口

取水堰の計画地点は、河床が安定しており、かつ付近に強固な岩盤の露頭がみられ、導水路延長の短縮可能な位置とした。

- 取水方式：底面取水型（チロリアン・タイプ）
- 設計洪水量：240 m³/s (100年確率洪水流量)
- 堤頂標高（越流部）：El. 1,542 m
- 堤頂長：約 21 m (ストップ・ロク部=11.5m, チロリアン型底面取水部=10m)
- 最大取水量 = 1.815 m³/s

2) 沈砂池

水槽と取水口が近接しているため、流入土砂を水槽まで運搬し水槽に沈砂池機能を持たせ、沈砂池を省略した。

3) 導水路 (トンネル)

導水路は当該サイトにおける地形・地質条件を考慮し検討した結果、トンネル形式を「採用した。流入土砂の掃流力を確保するため、導水路トンネルの動水勾配は 1/60 とした。

- 導水路形式：トンネル (無圧式)
- 内空寸法：1.8m(高さ)×1.1m(高さ)
- 延長 / 勾配：L=143m / I= 1/60
- 掘削工法：発破掘削、人力ずり出し

ボリヴィア国は鉱山が多く、豊富なトンネル掘削経験・技術をもっている。本計画では導水路を無圧トンネルとすることとした。掘削方法は、発破および人力掘削による。

4) ヘッドタンク

前述のとおり、本計画ではヘッドタンクに沈砂池機能を持たせることとした。負荷遮断による水撃圧および水量変動の調整に必要な容量を持たせた。また、定常運転時の水面の急激な変動や波立ち軽減のため、水槽の湛水面積は最大使用水量の 40 倍とした。

5) 水圧管路

最大使用水量と有効落差を考慮し、水圧管材質として鋼管を採用した。

- 形式：露出型 (明かり式)
- 材質：鋼材 (SM400 相当), ベンディングロールタイプ
- 内径：1.1m (経験式)
$$Dm = 0.888 \times Q_{pmax}^{0.370} = 1.1 \text{ m}$$
- 延長：74 m

6) 発電所

発電機室の床高は洪水による電気設備の浸水を防ぐ理由から洪水位の上に設定した。発電機室の平面積は 2 台の水車・発電機と配電盤のスペースを考慮し決定した。発電所上屋の高さは水車・発電機の据付・交換に必要な高さを確保した。発電所基礎の高さは基礎の条件、放水池の容量とドラフトチューブの寸法を考慮し決定した。

a. 発電所上屋

- 構造様式 : 鉄骨構造
- 寸法 : 8.0m (幅) x 23m (延長) x 12m (高さ)
- b. 発電所基礎
 - 構造様式 : 無筋コンクリート構造
 - 寸法 : 8.0m (幅) x 23m (延長) x 5.5 (高さ)

7) 放水路

発電に使用した水は放水庭より直接河川へ放流可能である理由から、放水路を省略した。

(4) 水車・型式の選定

前述の最大使用水量と有効落差から水車型式をフランス水車とする。なお、水車発電器の維持管理の容易さと、事業を 2 期に分けて投入する計画案とすることから、水車台数は 2 台(350kW + 350kW)とした。

本発電計画は系統から独立した計画である為、発電機型式として単独系統でも運転可能な三相交流同期式発電機を採用した。

5.4.2 工事費算定

(1) 算定条件

工事費は以下の仮定および条件に基づき算定した。

- 1) すべてのコストは 2001 年 6 月時点の価格で算定する
- 2) 機器および材料費 (輸入品を含む) は税金等を含む
- 3) 建設工事は住民負担(住民が工事に参加し労働提供する)方式ではなく、契約型工事方式の金額として見積もる
- 4) 施工管理および技術費は直接工事費の約 9%を見込む
- 5) ボリヴィア国の付加価値税(IVA,13%)および取引税(3%)は、地方税として加える
- 6) 適用した外貨交換レートは US\$ = Bs 6.53 とする。

(2) 総工事費

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であり、総工事費は約 400 万 US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)	
	予費設計 (700kW)	Unit : US\$
1. 準備工事	625,300	
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
2. 土木工事	562,500	
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	
3. 水力・電気機器	2,379,600	
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
4. 運搬費	110,100	(2.+3.2+3.3)*5% (La Paz - Apolo - Site)
5. 直接工事費	3,677,500	1.+2.+3.+4.
6. 管理費及び技術費	323,000	(管理費:(1.+2.+3.)*6% + 詳細設計費:US\$20,000)*138%
総 工 事 費	4,000,500	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

土木工事費、水力・電気機器工事費の詳細は表 5.11 に示す通りである。

5.5 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。すなわち、第 1 期の建設工事は、水力発電所に関わる全土木工事、水車・発電器 1 台(350kW)およびブロック A と B 地区の送配電線工事を含む。第 2 期は、2 台目の水車・発電器(350kW)の追加およびブロック C~G 地区の送配電線工事である。

一方、工事計画立案に当たっては、アポロにおける雨季の激しい降雨を考慮する必要がある。提案する工事計画案では、主要土木工事は乾季に実施することとした。

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、プロジェクト全体の実施期間は、図 5.7 のスケジュール案に示すように約 4 年間と想定される。

5.6 実施組織と維持管理（案）

5.6 実施組織と維持管理

以下の実施構造は、既存の小水力発電事業の組織を参考にして、アポロ小水力発電事業の持続可能な開発のために提案するものである。

5.6.1 実施組織

貧困削減戦略ペーパーの下、アポロ小水力発電事業の事業実施のために提案する組織（案）を図 5.6 に示す。アポロ郡庁は、事業実施の責務を負う。関係機関の役割を要約すると以下の通り考えられる。

総括基金（資金源）

- エネルギー炭化水素庁と協力して、アポロ郡庁より申請された事業計画を評価、承認し、融資すること。

エネルギー炭化水素庁（技術支援）

- 総括基金が市町村庁より申請された事業計画を評価する際、総括基金に対して地方電化事業に関する指導をすること。

アポロ郡庁（実施主体）

- 受益者に対して事業計画や初期投資、月額徴収料金等の受益者にかかる負担の説明をすること。コンサルタント/NGO に業務委託することも可能である。
- 地方電化委員会/協同組合からの地方電化事業の要請を受けて、地方電化委員会/協同組合との間で合意文書を結ぶこと。
- ラパス県庁やコンサルタント/NGO の技術的支援を受けながら事業計画を作成し、総括基金に融資を申請すること。
- 総括基金による事業計画の承認後、実施主体として事業実施全体を運営・管理するコンサルタント/NGO を選出すること。

コンサルタント/NGO（施工管理、設置、維持管理訓練）

- 施工管理、システムの設置を行い、受益者と地方電化委員会/協同組合の技術補助員に対して維持管理に関する訓練を実施すること。

地方電化委員会/協同組合（受益者）

- アポロ郡庁やコンサルタント / NGO を通じて、事業計画や初期投資、月額徴収料金等の受益者にかかる負担の説明を受けた後、受益者組織としての地方電化委員会 / 協同組合を組織すること。
- アポロ郡庁に地方電化事業を要請し、郡庁との間で合意文書を結ぶこと。
- 受益者は設置作業のために労働力と村落内で得られる建築資材を提供すること。
- 受益者及び地方電化委員会 / 協同組合の技術補助員は、設置業者から維持管理に関する訓練を受けること。

ラパス県庁（技術支援 / 実施主体）

- 総括基金に融資を申請するために作成する事業計画の技術的支援をアポロ郡庁に対して行うこと。
- 総括基金の融資を受けない場合には、事業の実施主体として、従来の経験を活かし、エネルギー炭化水素庁と協力して事業全体を監督すること。

5.6.2 維持管理システム

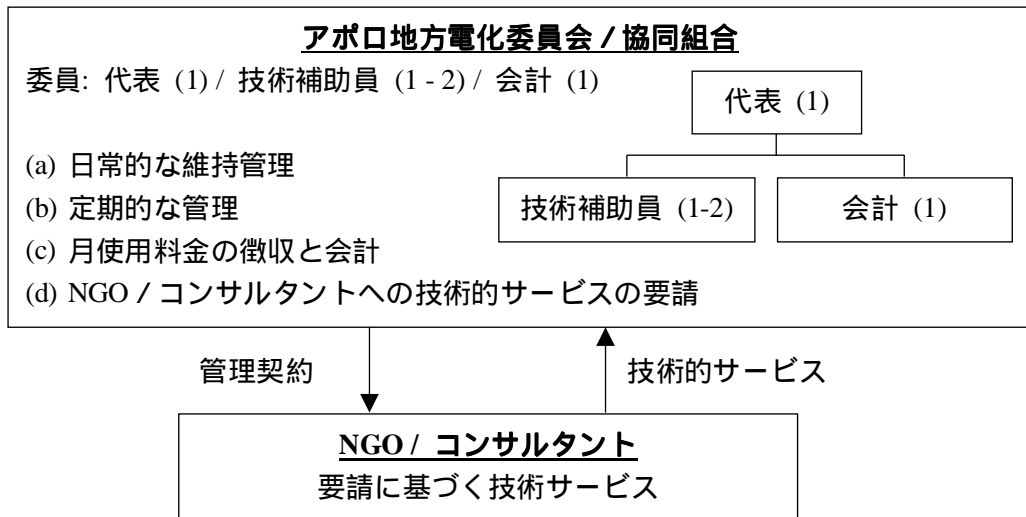
アポロ小水力発電事業に関して提案される維持管理システムは、既存システムに通じたものである。つまり、小水力発電事業の維持管理は、経験豊かなコンサルタント / NGO の協力を通じて、よく組織化されたシステムが既に確立されているのである。

地方電化委員会 / 協同組合の技術者は、事業実施中に設置工事を受け持った NGO / コンサルタントによって維持管理に関して訓練されなければならない。NGO / コンサルタントは、地方電化委員会 / 協同組合の要請により特殊な管理作業を行う。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。

- a) 地方電化委員会 / 協同組合
 - 日常的な維持管理の遂行
 - 定期的な管理の実施
 - 月使用料金の徴収と会計
 - NGO / コンサルタントへ技術的なサービスの要請

b) NGO / コンサルタント

- 要請があった場合、地方電化委員会 / 協同組合へ管理作業契約の下での技術的なサービスの提供



水力発電所の運転・保守に当たっては、発電所の運転操作要領並びに土木・電気・通信設備の保守・点検等に関する基本的事項について記載した要領をあらかじめ定め、これらに基づいて運転・保守業務を遂行する。

(1) 運転

運転操作は、平常時の運転操作手順及び異常時の対応処置などについて定める運転操作要領に基づいて行うこととする。一般には次の事項を心得ておく必要がある。

- 常に発電所内外の送電系統並びに負荷の状況を明確に把握し、事故発生の場合に敏速かつ適切な処置がとれるようにする。
- 機器の操作は必ず運転責任者が確認する。
- 機器の操作の前後には必ず関係計器、表示ランプ及び表示器を確認する。
- 常に安全に関する諸規則を遵守し、人身事故の未然防止に努め、必要に応じて設備の改良を行う。

a) 通常運転の留意事項

運転中には各種計器類の監視の他に、少なくとも 1 日に 1 回は所内巡視を行う必要がある。通常運転時に際して留意する事項は以下の通りである。

- 機器の振動、異常音の有無
- 潤滑油、冷却水の量及び温度
- 計器指示値の異常の有無
- 発電機の電圧、電流、出力などの負荷状況
- コンプレッサー、圧油ポンプの動作状況
- 所内外機器、その他工作物の異常の有無

b) 起動前の留意事項

点検補修作業などで長期間運転休止していた場合に水車発電機を再起動するに当たっては、必ず外観点検及び簡便な試験を行い必要がある。起動前の主な留意事項は以下の通りである。

- 水管、軸受面の発錆、漏油の有無
- 異物混入
- 作業中の誤結線等のチェック、各回路の絶縁抵抗の測定
- 冷却装置、ブラシ、調整器類、圧油装置及び调速機周辺の点検

なお、事故等で発電機が停止した場合は、その事故の原因を調査したうえ当該部分を修理し、完全に回復したことを確認した後に、運転を再開する。

c) 停止時の留意事項

- 解列時には電流ゼロで遮断する。
- 停止時のブレーキは定格回転速度の 1/3 程度でかけ、長時間の低回転速度運転は避ける。
- 冷却水を止め、発電機風道のシャッター類は閉める。
- 停止後に所内巡視を行う。
- 長期間の停止時には、結露防止対策を行う。

d) 災害時の対策

洪水時には、水路内への土砂・流木等が流入しないように発電機を停止し、取放水口ゲートを閉鎖する事が望ましい。

また、地震の場合は、その程度により影響が施設全体に及ぶものであり、従って全施設について点検（構造物のクラック及び破損傾斜、水車及び発電機軸芯、電気機器、送配電線、その他施設）が必要である。

e) その他の留意事項

- 極端な小水量時は運転を停止し、極力、水車のランナーを損耗させないように留意する。複数台の水車がある場合は、特に少ない水量での運転を避けるため、流入量に応じて運転台数を調整するものとする。
- また、複数台の水車がある場合は、負荷変動に応じて運転台数を調整する等きめ細かな配慮が必要であり、運転操作要領を定める必要がある。
- 本計画のように単独系統の発電所で発電開始する場合は、負荷を切り分けて段階的に投入することが望ましい。全負荷を一度に投入すると、発電機が瞬間的な過負荷により保護停止（トリップ）することがある。

(2) 保守

水力発電所の安定した運用を図るために、土木・電気設備の巡視、点検を定期的を実施し、定められた様式に基づいて、それらを記録・保管し、その傾向を把握することが重要である。

なお、定期点検のうち、水車・発電機の停止を伴うものについては、極力同時に行うなど、停止期間を短縮する方策を図るものとする。

a) 巡視

前項(1)-a)で述べたように、土木施設及び電気設備の異常の有無を把握することを目的とし、外観上の損傷、異音、異臭、異常振動等に注意して、あらかじめ巡視コースを定め、少なくとも1日に1回は所内巡視を実施することが望ましい。

b) 点検

土木設備及び電気設備の保守点検はそれぞれ下記のように分類される。

土木設備の点検分類と頻度

分 類		内 容		頻 度
点検	定期点検	外観点検	各施設の異常を目視で確認	1月に1回程度
		内部点検	放水した状態で水路内部の異常の確認	1年に1回程度
	臨時点検	臨時点検	地震・洪水・大雨の後、その他必要に応じて実施	随時
		臨時詳細点検	巡視、定期・臨時点検の結果、更に詳細な点検が必要な場合に実施	随時

電気設備の点検分類と頻度

分 類		内 容		頻 度
点検	定期点検	外観点検	水車・発電機を停止し異常の有無を確認	1年に1回程度
		内部点検	水車・発電機全般の分解点検・手入れ	5年に1回程度
	臨時点検	臨時点検	機器の異常・故障が生じた際に水車・発電機を停止して実施	随時

特に洪水の後は、取水堰、取水口、導水路、水槽（ヘッドタンク）に土砂・落葉、流木などが流入するため、頻繁にこれらを除去する必要がある。

土木設備および電気設備の点検内容は下表の通りである。

土木設備の点検内容

設 備	対象工作物	内 容
1. 取水堰	堰堤体	損傷、凍害、ひび割れ等
	周辺地山	亀裂、崩壊、地滑り、洗掘等
	その他設備	損傷、喪失、発錆等
2. 水 路		
(1) 取水口		損傷、変形、ひび割れ、凍害、摩耗、洗掘、スクリーン目詰まり等
(2) 導水路	周辺地山	崩壊、地滑り、湧水等
	水路内部	漏湧水、ひび割れ、洗掘、肌落ち変形、堆砂、塗膜の劣化等
(3) 水槽(ハット・タカ)	本体	損傷、変形、ひび割れ、凍害、摩耗、洗掘等
	周辺地山	崩壊、地滑り、湧水等
(4) 水圧管・余水路	鉄管路	損傷、変形、沈下等
	水圧鉄管・余水路	管胴及び支承部の損傷、変形、振動、漏水、塗膜の劣化等
	周辺地山	崩壊、地滑り、湧水等
3. 発電所		
(1) 発電所	基礎・周辺構造物	変形、ひび割れ、湧水等
(2) 放水路	本体	損傷、変形、ひび割れ、湧水等
4. その他工作物		
(1) 土捨場	周辺地山	崩壊、地滑り、湧水等
(2) 進入道路		路面の状態、よう壁、橋梁等の構造物の異常等
(3) スクリーン	本体	損傷、変形、取付ボルトのゆるみ、塗膜の劣化等
(4) ゲート	戸当り	損傷、変形等
	扉体・巻上機	損傷、変形、摩耗、給油、塗膜の劣化等
	操作盤(自動制御の場合)	操作盤端子の締付、配線、電磁開閉器リレーの動作、絶縁抵抗等の有無および状況
	その他機器(自動制御の場合)	各機器の指示計、スイッチ類、表示ランプの状況

電気設備の点検内容 (外部定期点検)

機器名	点検名	点検内容
1. 水車	内部点検	ランナ、ガイドベーン、ケーシング内部の摩耗、亀裂、壊食、発錆の点検、軸受潤滑油の油質検査
2. 调速装置	機構部点検	可動部の摩耗、ワイヤ・レバー等の緩み、ストレーナー分解点検
	制御部点検	プリント板、位置検出器の状況、絶縁抵抗測定
3. 入口弁	内部点検	漏水測定、摩耗、壊食の点検、シート面隙間測定、位置開閉器状況
4. 圧油潤滑油装置	性能点検	負荷運転時間測定、油質試験
	油濾過	油質試験
5. 給排水装置	ストレーナー分解点検	摩耗、壊食
6. 水車自動制御装置	動作試験	各種継電器動作試験
7. 発電機	内部点検	電器回路端子の緩み、巻線の変色、はく脱・緩み、スリップリングの摩耗・傷、回転部の緩み・発錆、ブラシ接触圧、絶縁抵抗測定
	制動装置点検	摩耗量、動作状況
	接地抵抗器点検	抵抗測定、絶縁抵抗測定

5.7 経済・財務評価

5.7.1 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、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。

(1) 前提及び仮定条件

1) 事業の対象期間

提案されている事業の対象期間は、主要設備であるタービン、発電機の耐用年数を考慮し、3年間の建設期間終了後より20年間とした。

2) 価格基準年及び物価上昇

事業の費用及び便益共に2001年6月時点の価格を基準として見積もりを行った。物価上昇はその影響をEIRRの算定結果より取り除くため、考慮しないものとした。

3) 外国為替レート

本事業の評価においては以下の為替レートを適用し、USドル表示で行った。

$$1\text{USドル} = 120.5\text{円} = 6.53\text{ボリヴィアーノス (Bs)}$$

4) 経済費用

財務費用より補助金、国内諸課税等を控除し経済費用を求めた。

経済的事業費用

本事業の経済費用を表5.12に示すとともに、その結果を下表に要約する。

アポロ小水力発電事業の経済費用（税抜き、USドル）

準備工事、取付道路工事費等	539,000
土木工事費	484,900
水力・電気機器費	633,600
送配電施設費	1,183,300
水力機器	189,400
運搬費	94,900
管理費及び技術費	278,400
合計	3,403,500

出典: JICA 調査団

小水力発電システムの経済的設備耐用年数

主要設備、機器の経済的耐用年数は以下のとおりとした。

経済的設備耐用年数

タービン/発電機	20年
送配電設備	20年

全設備は耐用年数終了まで使い切るものとして、残余価値はゼロとした。

経済的維持管理(O&M)費用

年間の事業施設維持管理費用は次のとおりとした。

タービン/発電機：	費用の2%
土木工事部分：	費用の0.5%
送配電設備：	投資費用の2.5%

算定したアポロ小水力発電計画の経済的事業費用および維持管理(O&M)費用を表 5.13 に示す。

5) 経済便益

経済便益も、経済費用同様に、財務価格より補助金、構内諸課税等を控除した求めた。表 5.14 に算定結果を示す。

本小水力発電システムにとっての最小費用代替システム、すなわち提案されている小水力発電システムと同じ電力発電容量を持つディーゼル発電システム開発、運営に係るコストを経済便益と考えた。

ディーゼル発電システムに対する投資費用

代替システムであるディーゼル発電システムに対する投資費用は以下のとおりである。

ディーゼル発電システムに対する投資費用

	単位	単価 (US\$)	数量	金額 (US\$)
ディーゼル発電機の設備容量	kW	750	700	525,000
自動移転スイッチ	-	1,910	1	1,910
保護用ボックス	-	917	1	917
発電所建物	-	1,500	1	1,500
送電線	km	5,833	141	822,425
配電線	km	3,417	100	340,471
合計				1,694,223

出典: JICA 調査団

維持管理(O&M)費用

ディーゼル発電システムに係る年間の事業施設維持管理費用は次のとおりである。

ディーゼル発電システム	:	投資費用の 5%
送配電設備	:	投資費用の 2.5%

ディーゼル・オイルに係る費用

アポロ地域におけるディーゼル・オイルの経済費用はリッター当たり 3.88Bs である。年間のディーゼル・オイルに係る経済費用は年間発電量を基に求められる。

年間発電量とディーゼル・オイル費用

発電量 (kWh / 年)	2,680,925
燃料消費量 (リットル / 年)	750,805
ディーゼル・オイル費用 (US ドル / 年)	446,114

ディーゼル発電システムの経済的設備耐用年数

主な設備の経済的耐用年数は以下のとおりである。

経済的設備耐用年数

ディーゼル発電機	10 年
自動移転スイッチ	10 年
保護用ボックス	10 年
発電所建物	10 年
送配電設備	20 年

各設備は各耐用年数終了まで使い切るものとして、残余価値はゼロとした。

(2) 経済評価の結果

1) 経済的内部収益率 (EIRR)

上述した前提条件等に基づいて算定したアポロ小水力発電事業の EIRR は 19.2%である(表 5.15 を参照)。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) 感度分析

諸条件の変化に対する提案事業の経済性の頑健性を検討するため、以下のとおり主な事業要素、条件の悪化を想定し感度分析を行った。以下想定した範囲での条件悪化に対しても、本事業は強い経済性を有するものと判断される。

ケース I	(投資費用が 10% 増加並びにディーゼル燃料費用が 10% 低下)	16.6%
ケース	(投資費用が 20% 増加並びにディーゼル燃料費用が 20% 低下)	14.5%

5.7.2 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(O&M)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。

(1) 前提及び仮定条件

財務評価は、以下の与件データ、手順により分析検討した。なお、事業対象期間、価格基準、物価上昇、外国為替レート、設備耐用年数及び維持管理(O&M)費用に係る条件は、経済評価の場合と同様である。

1) 財務的事業費用

本事業の財務費用は以下のとおりである。

アポロ小水力発電事業の財務費用 (税込み、US ドル)

準備工事、取付道路工事費等	625,300
土木工事費	562,500
水力・電気機器費	740,000
送配電施設費	1,419,900
水力機器	219,700
運搬費	110,100
管理費及び技術費	323,000
合計	4,000,500

出典: JICA 調査団

財務費用においては課税部分を含んで見積りを行ったが、目的別諸税率は以下のとおりである。

国内財・サービスに係る課税

付加価値税 (VAT) : 全財・サービス価格に対して 13%
取引税 : 全財・サービス価格に対して 3%

輸入財・サービスに係る課税

実効付加価値税率 : 全財・サービス価格に対して 14.94%
輸入関税 : 5% (タービン/発電機)
20%* (送配電設備)

* 送配電設備を構成する各種製品を考慮した税率

2) 電力需要量

電力需要量を次表に要約する。

電力需要 (kWh/年)

	一般家庭	非一般家庭	合計
需要家数	1,993	-	-
単位需要量	322	-	-
総需要	642,400	2,038,525	2,680,925

3) 投下資本投資費用及び維持管理(O&M)費用を回収する電力料金の算定

投下資本投資費用及び維持管理(O&M)費用を回収する一般家庭需要家向け最低電力料金は以下のとおり算定された。なお、非一般家庭の電力料金は一般家庭向け電力料金の 1.5 倍とした。

最低電力料金は、資本投資費用を以下のそれぞれの割引率で求めた資本回収係数 (CRF) にて年経費化したものに、維持管理(O&M)費用を加え、年間電力需要量で除して算出した。

投下資本投資費用及び維持管理(O&M)費用を回収する最低電力料金 (US ドル)

割引率	10%	20%
一般家庭向け料金/kWh	0.05	0.08
月当り電力料金	1.27	2.12

(2) 財務評価の結果

現在、アポロ地域のディーゼル発電組合はディーゼル・オイル 1 リッター当り 3.45 Bs の補助を受けているが、一般家庭需要家のディーゼル発電システム利用者は、電力供給サービスに対し月当り 30 Bs (4.59 US ドル) を支払っているのが現状である。一方、本小水力発電事業の各家庭需要家は年間 322 kWh の電力を消費すると予測されており、割引率を 20% として求めた最低料金を適用する場合でも本小水力発電事業における月当たり電力料金支払い額は 2.12 US ドル ($0.08 \text{ US ドル/kWh} \times 322 \text{ kWh} \div 12 \text{ ヶ月}$) と推定される。これは現在ディーゼル発電システムにて支払っている額の 50% 以下であり、上記最低料金を適用する場合、受益者の支払い能力から見ても本小水力発電事業は財務的にも実施可能であると判断される。

5.8 初期環境評価

初期環境評価 (IEE) 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。予期される環境への影響は下表の通りである。本地域住民は地方電化ばかりでなく、以下の社会経済利益を受け取るであろう。

- 現金収入をもたらすポンプ水汲み上げ式灌漑農業および家内工業の促進
- 地域住民に対して教育や公衆衛生といったより利便な公共サービスの提供
- 農村生活における夜間の安全性の向上

アポロ川の水量減少により水文状況の変化が中庸な影響として、川辺の限られた地域の植生にわずかに影響を及ぼすことが予期される。事業実施組織や維持管理組織は、工事及び操業期間中、事業地周辺の自然状況を監視しなければならない。

ラパス県アポロ小水力事業に関する初期環境評価

評価項目		評価	備考
社会環境	1 住民舞芸	-	
	2 経済活動	○	ポンプ水汲み上げ式灌漑農業および家内工業の促進
	3 交通生活施設	○	公共施設(学校診療所)の電化
	4 地域分断	-	
	5 遺跡・文化財	-	
	6 水利権入会権	-	
	7 保健衛生	○	ポンプ汲み上げ式システムによる衛生的な水の供給
	8 廃棄物	-	
	9 災害	○	電灯による農村生活での夜間安全性の向上
自然環境	10 地形・地質	△	事業地周辺での緩やかな地盤変化
	11 土壌侵食	-	
	12 地下水	-	
	13 湖沼・河川・流況	□	河川水量の減少
	14 海岸・海域	-	
	15 動植物	△	川辺の植生への限定的影響
	16 気象	-	
	17 景観	-	
汚染	18 大気汚染	-	
	19 水質汚濁	-	
	20 土壌汚染	-	
	21 騒音・振動	△	工事期間中における騒音発生の可能性
	22 地盤沈下	-	
	23 悪臭	-	

注 ○= 正の影響 - = 無見できる影響 △= 軽微な影響 □= 中庸な影響 ×= 重大な影響 ?= 不明
本環境影響評価は、持続開発計画省に登録されている環境コンサルタントによって2001年5月に実施された。
本環境影響評価の報告書は、エネルギー・炭化水素庁を通じて持続開発計画省に提出された。

出典: JICA調査団

第6章 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(プレ F/S)

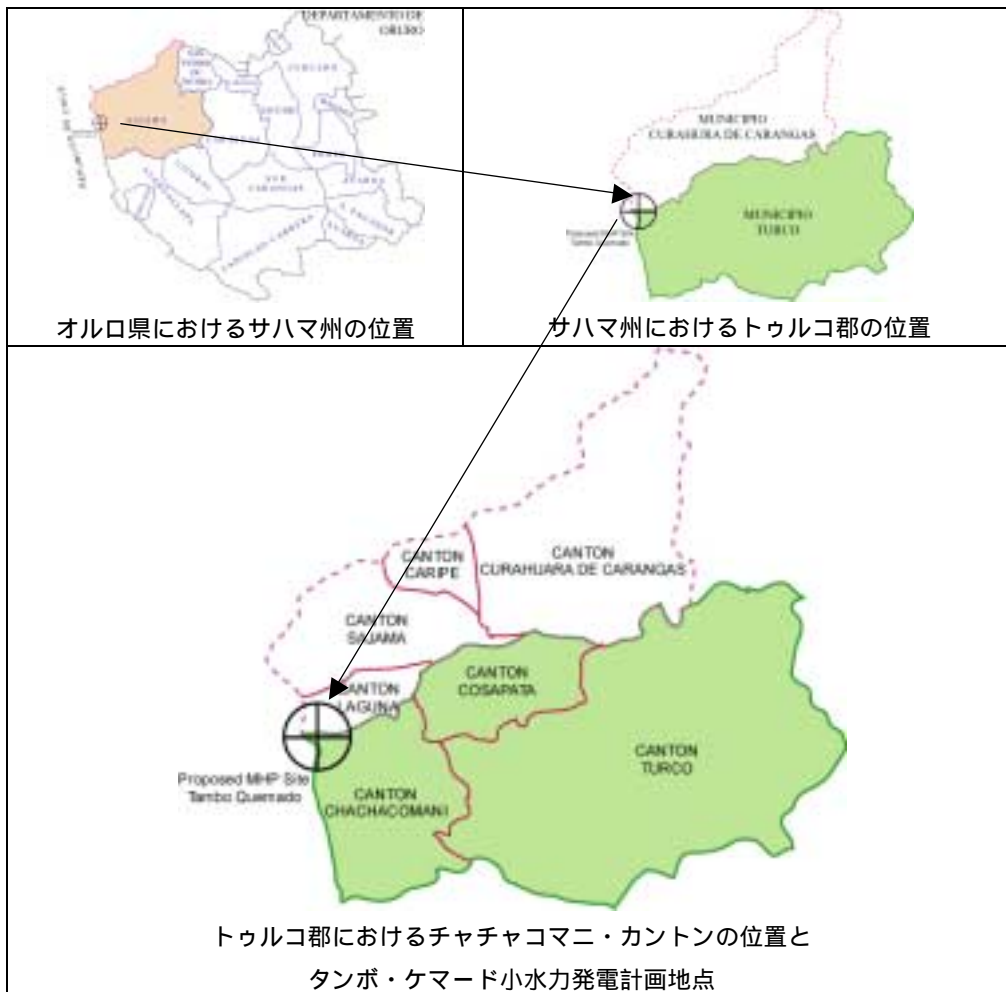
6.1 位置、地形・地質および水文

6.1.1 位置および地形

(1) 位置

タンボ・ケマード小水力発電プロジェクトサイトは、オルロ市の西約 200km に位置し、陸路（車）で約 5 時間の距離にある。

タンボ・ケマードはオルロ県サハマ州トゥルコ郡に位置する。トゥルコ郡はさらに、トゥルコ、コサパタ、チャチャコマニという 3 つのカントンに分けらる。タンボ・ケマード町が、本調査で提案する小水力発電計画により電化される予定地区である。タンボ・ケマード周辺を含む行政区域図および小水力発電開発候補地を以下に示す。



タンボ・ケマード小水力発電計画地点

(2) 地形

タンボ・ケマード小水力発電計画地点は、南緯 18 度 17 分、西経 69 度 2 分に位置し、サハマ国立公園内に含まれる。サハマ国立公園は、万年雪に覆われたサハマ山(標高 6,542m)を含む。計画取水地点の標高は約 4,500m である。



タンボ・ケマード小水力発電計画地点の全景
(オルロ県サハマ州トゥルコ郡チャチャコマニ・カントン)

6.1.2 地質

計画地点における現地踏査は 2000 年 9 月および 2001 年 1 月に実施した。計画取水地点の地質は、主に火山性堆積物の砂または岩、および泥炭からなる。候補地周辺の地質図を図 6.1 に示した。



第 1 取水地点候補地 (左支川)



第 2 取水地点候補地 (右支川)

タンボ・ケマード小水力発電計画の取水地点候補地

6.1.3 水文

(1) 気温

1960 年から 1990 年までサハマ村で観測されたボリヴィア国立気象・水文局 (SENAMHI) の気象データによれば、年最高月平均気温は 11 月の 6.8 °C であり、最低は 6 月の 1.9 °C である。

(2) 降水量

同様に SENAMHI の降水量観測記録によれば、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。月降水量の最大は 1 月の 108mm/月であり、6 月から 8 月までは降水が全くなかった。なお、サハマ気象観測所における観測は 1990 年以降中止されている。

サハマ気象観測所の月降水量および月平均気温・湿度・風速 (30 年間平均)

観測所名 : サハマ 標高 : 4,220 m 観測期間 : 1960 - 1990年
緯度 : 南緯18度 8分 経度 : 西経68度 59分

	単位	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年間
降水量	mm	108	80	49	2	1	0	0	0	1	9	20	57	327
気温(平均)	°C	5.3	5.3	4.9	3.7	2.5	1.9	2.7	3.0	4.6	5.4	6.8	6.0	4.3
相対湿度	%	53	53	52	50	50	47	43	43	43	43	47	48	47.7
風速	m/s	2.8	2.8	2.8	2.8	3.2	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.2	3.2	3.2

出典: ボリヴィア国立気象・水文局 (SENAMHI) および

「サハマ国立公園管理計画」- 水文調査 -, 最終報告書, ホルヘ・モリーナ・カルピオ, ラパス, 1996年6月17日

(3) 河川流量

第 1 次現地調査後の 1999 年 11 月にハルマ川に量水標を設置した。ハルマ川における日水位観測は 2000 年 10 月まで 1 年間実施された。

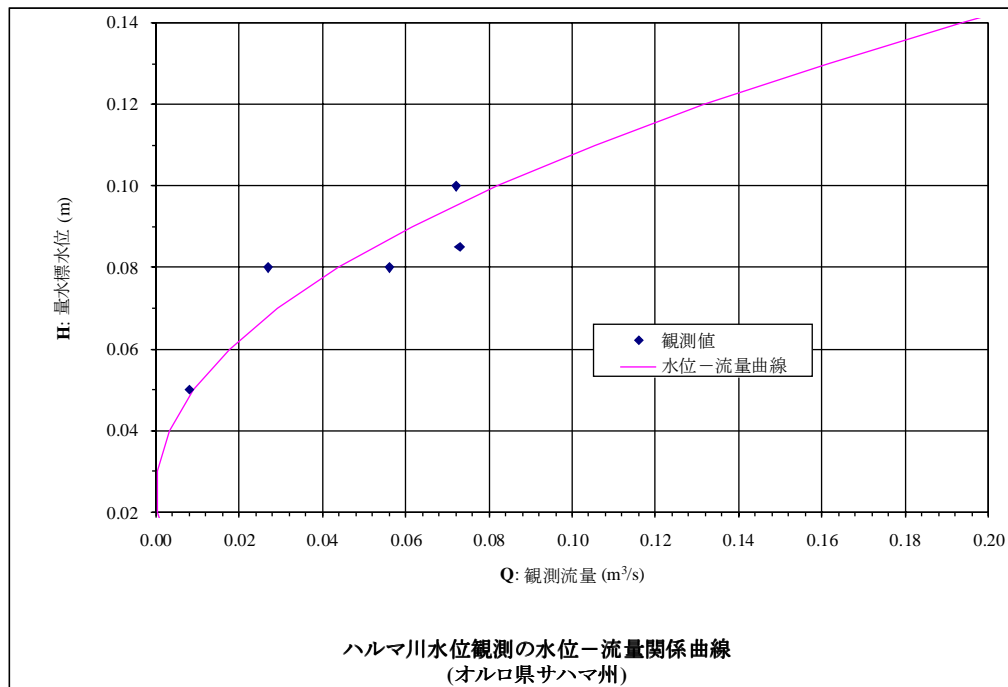
また、ハルマ川およびタンボ・ケマード川で実施した流量観測結果は、下表に要約する通りである。

県	州	郡	カントン
オルロ	サハマ	トゥルコ	チャチャコマニ

河川名 (地点名)	観測日 (年/月/日)	観測流量 (m ³ /s)	量水標水位 (m)
ハルマ川 水位観測所 (集水面積 = 19.5 km ²)	1999/9/9	0.04	量水標未設置
	1999/11/6	0.06	0.08
	2000/1/30	0.07	0.10
	2000/6/10	0.03	0.08
	2000/9/9	0.01	0.05
	2001/1/20	0.07	0.09
タンボ・ケマード 計画取水地点 (集水面積 = 15.2 km ²)	2000/6/9	0.07	量水標未設置
	2000/9/9	0.06	0.09
	2001/1/20	0.09	0.23

出典: JICA調査団

ハルマ川およびタンボ・ケマード川で実施した流量観測の数は、両川の水文解析を行うには充分とは言えず、今後も両川での水位・流量観測の継続が望まれる。現時点における、観測したデータを基に作成したハルマ川の水位 - 流量関係曲線は以下に示す通りである。



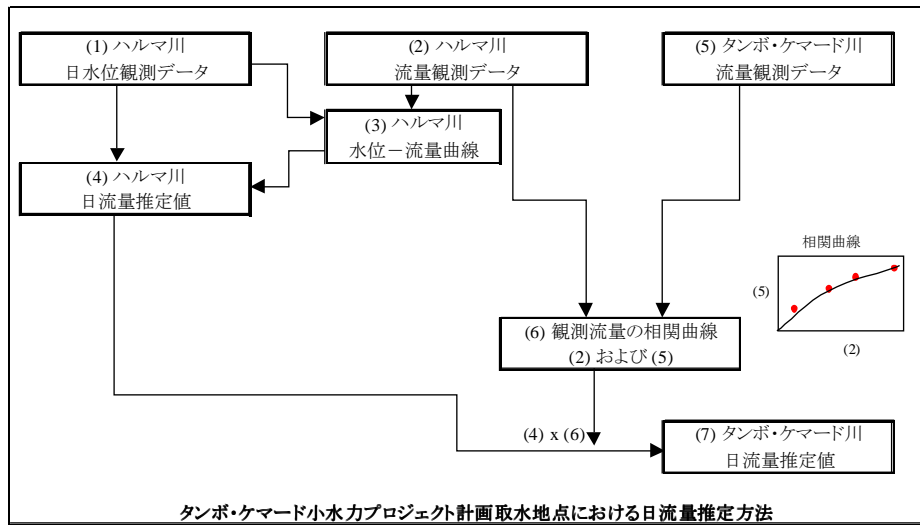
オルロ県の小水力発電計画妥当性予備調査 (プレ F/S) の実施地点としてタンボ・ケマード川を選定したのは第 3 次現地調査時であった。タンボ・ケマード川における日水位観測は実施していなかった。このため、タンボ・ケマード小水力発電計画地点における河川流量は、ハルマ川での観測データを基に推定することとした。

両地点の流域面積は以下のように計測された。

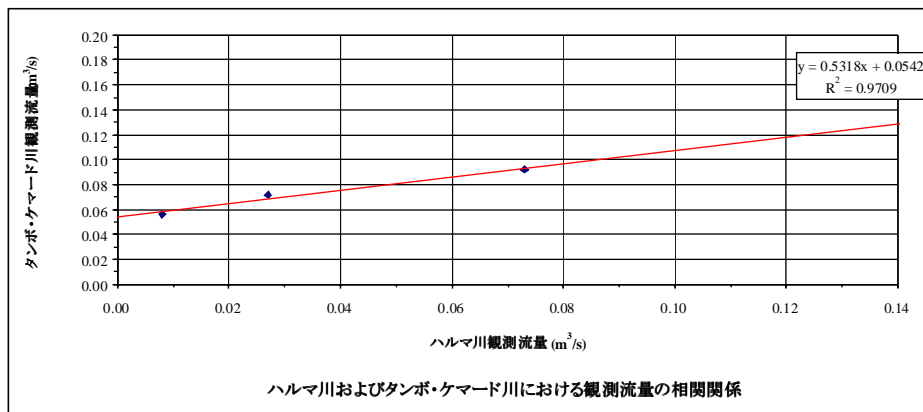
ハルマ川水位観測所流域面積	: 19.5 km ²
タンボ・ケマード小水力発電計画取水地点流域面積	: 15.2 km ²

上記 2 地点の流域位置図を図 6.2 に示す。

ハルマ川水位観測所の流域面積は、タンボ・ケマード計画取水地点の流域面積よりも大きいにもかかわらず、ハルマ川の観測流量は、同日のタンボ・ケマード川の観測流量よりも小さかった。従って、タンボ・ケマード川の流量推定は単純な流域面積比率を用いた推定はできず、以下の手順により推定することとした。



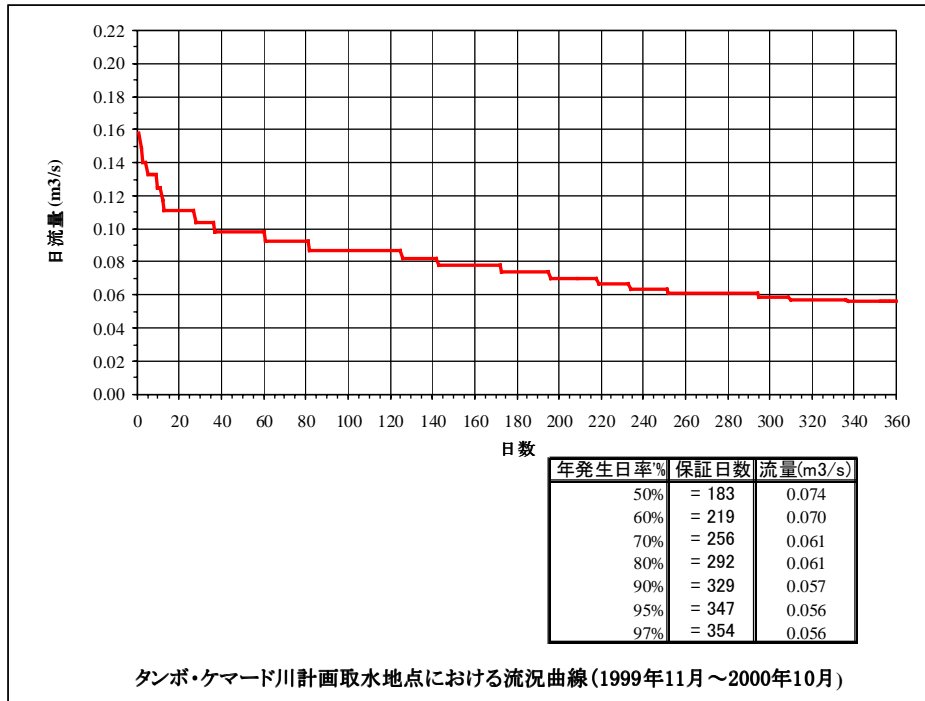
ハルマ川およびタンボ・ケマード川における観測流量の相関関係は下図の通りである。



上記の相関関係を用いて、タンボ・ケマード川の日流量を下図のように推定した。



上記で推定した日流量から作成したタンボ・ケマード川の流況曲線は以下のようになつた。



6.2 社会・経済条件と電力需要

6.2.1 社会・経済条件

タンボ・ケマードの社会・経済データの収集するため、調査団は2000年6月～9月までの期間に現地にて社会・経済調査を実施した。タンボ・ケマードにおける社会経済調査の主な項目は以下の通りである。

- 位置およびアクセス
- 世帯数および人口
- 主要経済
- 経済基盤
- 社会基盤

実施した社会経済調査の結果の概要は以下の通りである。

(1) 人口

1992 年に実施された国民統計調査によれば、トゥルコ郡全体の人口および世帯数はそれぞれ 3,799 人 1,159 世帯であった。ボリヴィア国家統計局(INE)による 2000 年現在のトゥルコ郡の人口は 3,716 人と推定されている。

タンボ・ケマードはトゥルコ郡に位置する小さな町である。タンボ・ケマード町の 2000 年現在の世帯数は 55 世帯（一般家庭 45 世帯 + 事務所関連 10 世帯）である。トゥルコ郡の平均世帯人口 3.3 人/世帯を用いて、タンボ・ケマードの人口を推定すると約 235 人（一般家庭 150 人 + 事務所関連 90 人）となる。

(2) 地域経済

タンボ・ケマード町はチリ国との国境に位置し、主要幹線道路沿いの町であるため、主要経済活動は、税関業務に関連するものである。

他の主要経済活動としては、広大な草原における牧畜（リヤマ・アルパカ）である。一般家庭の一世帯当たりの平均年間収入は 600 ボリビアペソ（約 100USドル）程度である。

現在、タンボ・ケマードにおける飲料水は、町から 2km 離れた小川から取水している。この給水システムの運営・管理は町の共同体により行われている。

(3) 電力

現在、タンボ・ケマード町は、設備容量 112kW のディーゼル発電機による電力供給がなされている。配電線は町の中心街道沿いに延ばされ、朝 7:30 から夜 1:30 頃まで約 17 ~ 18 時間電気が供給されている。主要需要家は、税関関連業務取扱業者と国の事務所（出入国管理事務所、軍・警察、通関、検疫などの事務所）である。

一般家庭の一世帯当たりの平均電気料金は 25 ボリビアペソ/月程度である。

6.2.2 電力需要

(1) 対象地区および需要量推定方法

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。

電力需要量の推定方法は以下の通りとした。

- 1) タンボ・ケマードにおける現状の電力需要の推定
- 2) 将来（対象年：2005年）の人口・世帯数および産業の推定
- 3) 将来（2005年）における電力需要量の推定

(2) 需要予測

タンボ・ケマードにおける社会・経済調査結果に基づき、需要家当たりの電力消費量を時間単位で推定した。需要予測に際しては、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。

世帯数および商工業・事務所数から推定した現在の電力需要量は135kWh/日であり、ピーク需要は42kWと推定した。現況電力需要算定の詳細は表6.1および表6.2に示す通りである。

将来電力需要算定のため、世帯数および商工業・公共施設の将来数を、これまでのタンボ・ケマード町における経年変化より推定した。2005年時点において、世帯数は現状の55世帯から69世帯になると予測され、商・工業、公共施設数は現状21から37に増加すると予測された。

これらの予測結果を基に、表6.3および表6.4に示すように将来電力需要を推定した。算定した2005年時における電力需要量は、下表に要約されるように276kWh/日、ピーク需要62kWになると予測された。

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

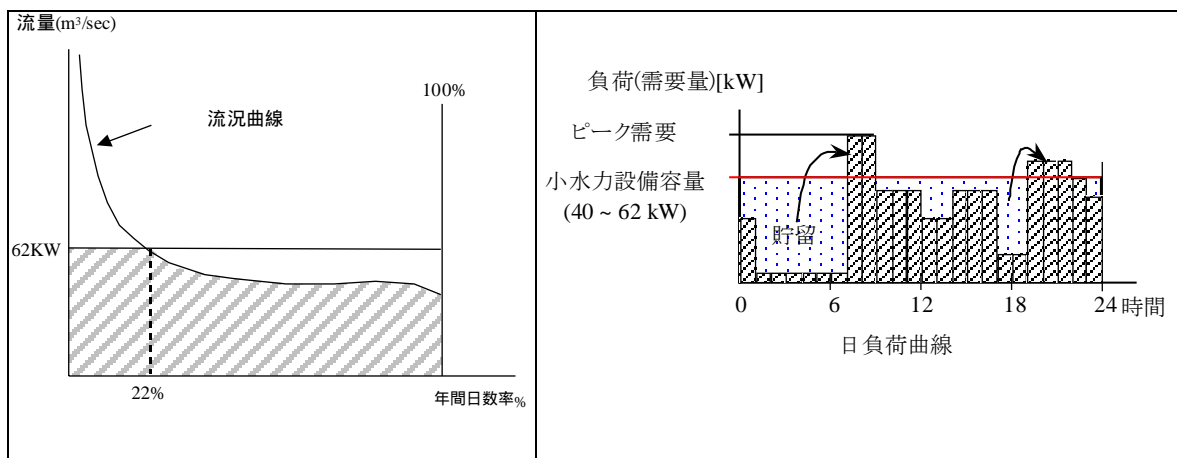
(3) 日負荷曲線

現況の日負荷曲線に基づき、将来（対象年：2005年）時点における電力(kW)および電力量(kWh)の需要を推定した。将来の推定日負荷曲線を図6.3に示す。

6.3 最適開発規模の検討

6.3.1 最適開発規模の検討方法

前述のように、タンボ・ケマード川の流量は限られている。水文調査結果（流況曲線）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し（夜間に河川水を貯留）することが必要となる。



本調査では、利用可能な河川流量の制約を受け、どのように方法で需要に対応するかという概念の下で、代替開発案を検討した。

上記を勘案し、以下の 5 ケースの代替開発計画案を作成し比較した。

- ケース 1 : 小水力 40kW (Q_{100%}) + ディーゼル (22kW)
- ケース 2 : 小水力 50kW (Q_{54%}) + ディーゼル(22kW)
- ケース 3 : 小水力 50kW (Q_{54%}) (調整池付き) + ディーゼル(12kW)
- ケース 4 : 小水力 62kW (Q_{22%}) + ディーゼル(25kW)
- ケース 5 : 小水力 62kW (Q_{22%}) (調整池付き) のみ (ディーゼルなし)

6.3.2 最適開発規模の選定

本事業の最適開発規模の選定のため、上記 5 ケースの費用と便益を算定した。比較ケースの評価に当たっては、経済的内部収益率(EIRR)と純現在価値(NPV)の指標を用いた。

(1) 費用 (概算事業費)

事業費は 1)発電施設工事費、2)送配電施設工事費、3)運用・維持管理費の 3 つから成る。

a) 発電施設工事費

発電施設工事費は、土木工事費、水力機器・電気機器費、設置費を含む。これらの工事費は、日本の発電計画工事費積算基準の数表^{*1}を用いて概算数量を算出し、ボリヴィア国の単価を適用して工事費を算出した。

b) 送配電線施設工事費

送電線の距離は、地形図を基に測定した。タンボ・ケマード町は配電線は整備済みであるので、工事費には含めていない。

算定した発電施設および送配電線施設工事費を表 5.6 に示す。

c) 運営・維持管理費

運営・維持管理費は、上記で算定した工事費を基に算定した。

発電施設・送配電施設工事費、運営・維持管理費を含む総事業費の詳細を表 6.6 に示すとともに、下表にその概要を示す。

タンボ・ケマード小水力発電計画の最適規模検討ケースと概算事業費

(US\$)

	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5
工事費 (土木費および発電・機器設備費)(小水力発電施設)	142,900	151,100	158,700	171,400	185,600
工事費 (土木費および発電・機器設備費)(ディーゼル発電施設)	20,827	20,827	13,327	23,077	0
工事費 (送電線施設)	21,800	21,800	21,800	21,800	21,800
総工事費	185,527	193,727	193,827	216,277	207,400
運営・維持管理費	18,583	18,051	17,523	18,002	1,703

*1: 未開発地点開発最適化調査発電計画工事費積算基準, 平成 6 年 3 月, 通商産業省資源エネルギー庁

(2) 便益

便益は、代替ディーゼル発電の費用削減額として算定し、以下の構成要素から成る。

- a) ディーゼル発電器の設備費
- c) 燃料費
- d) 運営・維持管理費

各適規模検討ケースに対する便益は、下表に要約され、詳細は表 6.7 に示す通りである。

タンボ・ケマード小水力発電計画の最適規模検討ケースと事業便益（代替ディーゼル） (US\$)

	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5
工事費（土木費および発電・機器設備費）(ディーゼル発電施設)	50,827	50,827	50,827	50,827	50,827
総工事費（ディーゼル）	50,827	50,827	50,827	50,827	50,827
運営・維持管理費（ディーゼル）	35,185	35,185	35,185	35,185	35,185

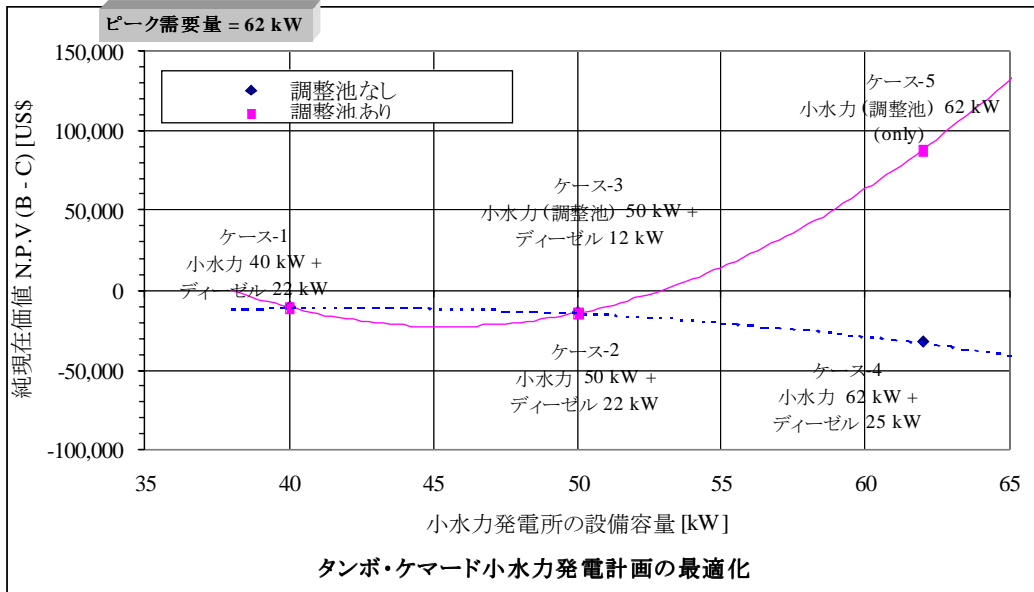
(3) 最適開発規模の選定

タンボ・ケマード小水力発電計画の経済評価

上記概算事業費および便益を基に、タンボ・ケマード小水力発電計画の最適開発規模選定のため、表 6.8 および下表に示す経済評価を行った。なお、純現在価値 NPV（純便益 B-C）の算定では割引率を 10%とした。

ケース番号	ケース 1	ケース 2	ケース 3 (調整池付き)	ケース 4	ケース 5 (調整池付き)
設備容量（小水力）	40 kW	50 kW	50 kW	62 kW	62 kW
設備容量（ディーゼル）	22 kW	22 kW	12 kW	25 kW	0 kW
経済的内部収益率(EIRR) (%)	9.0%	8.7%	8.7%	7.2%	16.2%
純現在価値 NPV (純便益 B-C)(US\$)	-10,721	-14,062	-14,250	-32,927	88,408
便益費用比率 B/C	0.964	0.954	0.953	0.898	1.438

各ケースの純現在価値 NPV（純便益 B-C）は下図のようになった。



各ケースの経済性の比較検討の結果から、ケース 5 の調整池機能を持つ小水力発電設備容量 62kW ケースが最適な開発規模であると判断される。本調査では、ディーゼル発電の排気ガスによる環境への悪影響と、予測される将来需要量の増大への対応等を勘案し、ケース 5 を最終的な最適開発規模として選定した。

6.4 予備設計および工事費算定

6.4.1 予備設計

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 6.4 に示す。予備設計における主要項目の概要を以下に述べる。

(1) 全体レイアウトの検討

タンボ・ケマード小水力発電計画の全体レイアウトは以下の項目を検討し決定した。

- 流域面積
- 取水地点の地形および地質条件
- 総落差
- 水路延長
- 掘削量および水路構造（開渠または暗渠、無圧式または圧力式）

(2) 発電計画諸元

以下に本プロジェクトの発電計画諸元を示す。

タンボ・ケマード小水力発電プロジェクト計画諸元

項目	記号	単位	数量	備考
流域面積	C.A.	Km ²	15.2	
使用水量				
最大使用水量	Qmax	m ³ /s	0.0879	
常時尖頭使用水量	Qpfirm		0.0879	100%保証,尖頭2時間
常時使用水量	Qfirm	m ³ /s	0.056	97%(354日)保証流量
水位				
取水位	N.W.L	EL.m	4,500.80	
放水位	T.W.L	EL.m	4,395.00	
落差				
総落差	Hg	m	105.80	N.W.L - T.W.L
有効落差	He	m	99.18	
最大出力	P	kW	62	
年間可能発生電力量	E	MWh	451	

(3) 主要構造物設計

1) 導水路

導水路にはPVCパイプを使用する計画とした。ボリヴィア国では、PVCパイプの費用は、現場打ちコンクリートによる水路の建設費よりも若干高くなるが、現地の状況から、土砂・落石等の水路への混入の防止と、流水の凍結防止等を勘案し、導水路の素材をPVCパイプとした。また、PVCパイプの方が建設工事も水路の維持管理も容易であると判断される

- 形式 : 埋設式
- 材質 : PVC パイプ
- 内径 : 0.4m (水深/内空高 < 0.8)
- 延長 : 2,400

2) ヘッドタンク

ヘッドタンクは水車制御に必要な負荷遮断による水撃圧および水量変動の調整にひつような容量に加え、調整運転に必要な容量を確保した。定常運転時の水面の急激な変動や波立ち軽減のため、水槽の湛水面積は最大使用水量の40倍とした。

- ピーク継続時間 : 2 時間
- 設計容量 : 230 m³ 以上 (調整池部分)
$$V = (\text{最大使用水量} - \text{常時使用水量}) \times 2 \text{ hr} \times 60\text{min} \times 60 \text{ sec}$$
$$= (0.0879 - 0.056) \times 2 \times 60 \times 60 = 230\text{m}^3$$
- 設計湛水面積 : 4 m² (> 0.0879 x 40, ヘッドタンク部分)

3) 水圧管路

最大使用水量と有効落差を考慮し、水圧管材として鋼管を採用した。

- 形式 : 埋設型
- 材質 : PVCパイプ(上部)及び鋼管(SM400相当,下部)
- 内径 : 0.36 m (経験式)
$$D_m = 0.888 \times Q_{\text{max}}^{0.370} = 0.36 \text{ m}$$
- 延長 : 300 m

4) 発電所

発電機室の床高は洪水による電気設備の浸水を防ぐ理由から洪水位の上に設定した。発電機室の平面積は水車・発電機と配電盤のスペースを考慮し決定した。発電所上屋の高さは水車・発電機の据付・交換に必要な高さを確保した。発電所基礎の高さは基礎の条件と放水池の容量を考慮し決定した。

a. 発電所上屋

- 構造様式 : 鉄骨構造
- 寸法 : 5.5m (幅) x 6.5m (延長) x 4.5m (高さ)

b. 発電所基礎

- 構造様式 : 無筋コンクリート構造
- 寸法 : 5.5m (幅) x 6.5m (延長) x 2.2 (高さ)

5) 放水路

発電所からの放水量は極めて少量で、放水後は流量を確保する必要はない等の理由から、放水路は素堀水路を採用した

(4) 水車・型式の選定

前述の最大使用水量と有効落差から水車型式をペルトン水車とする。

本発電計画は系統から独立した計画である為、発電機型式として単独系統でも運転可能な三相交流同期式発電機を採用した。

6.4.2 工事費算定

(1) 算定条件

工事費は以下の仮定・条件に基づき算定した。

- 1) すべてのコストは 2001 年 6 月時点の価格で算定する
- 2) 機器および材料費 (輸入品を含む) は税金等を含む
- 3) 建設工事は住民負担(住民が工事に参加し労働提供する)方式ではなく、契約型工事方式の金額として見積もる
- 4) 施工管理および技術費は直接工事費の約 10% を見込む
- 5) ボリヴィア国の付加価値税(IVA,13%)及び取引税(3%)は、地方税として加える
- 6) 適用した外貨交換レートは US\$ = Bs 6.53 とする。

(2) 総工事費

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であり、総工事費は239,700US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
1. 準備工事	2,224	
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
2. 土木工事	111,195	
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	
3. 水力・電気機器	94,626	
3.1 水車・発電器類	38,700	
3.2 送配電線施設	26,056	
3.3 水力機器	29,870	
4. 運搬費	10,291	(2.+3.)*5%
5. 直接工事費	218,336	1.+2.+3.+4.
6. 管理費及び技術費	21,366	6.*9.8%
総工事費	239,700	4.+5.

土木工事費、水力・電気機器工事費の詳細は表 6.9 に示す通りである。

6.5 工事計画

基本設計および詳細設計に4ヶ月間を予定し、プロジェクト全体の実施期間は、図 6.5 のスケジュール案に示すように約10ヶ月間を予定する。

6.6 実施組織と維持管理（案）

以下の実施構造は、既存の小水力発電事業の組織を参考にして、タンボ・ケマード小水力発電事業の持続可能な開発のために提案するものである。

6.6.1 実施組織

貧困削減戦略ペーパーの下、タンボ・ケマード小水力発電事業の事業実施のために提案する組織を図 6.6 に示す。タンボ・ケマード町、郡庁は、事業実施の責務を負う。関係機関の役割を要約すると以下の通り考えられる。

総括基金（資金源）

- エネルギー炭化水素庁と協力して、タンボ・ケマード町、郡庁より申請された事業計画を評価、承認し、融資すること。

エネルギー炭化水素庁（技術支援）

- 総括基金が市町村庁より申請された事業計画を評価する際、総括基金に対して地方電化事業に関する指導をすること。

タンボ・ケマード町、郡庁（実施主体）

- 受益者に対して事業計画や初期投資、月額徴収料金等の受益者にかかる負担の説明をすること。コンサルタント/NGO に業務委託することも可能である。
- 地方電化委員会/協同組合からの地方電化事業の要請を受けて、地方電化委員会/協同組合との間で合意文書を結ぶこと。
- オルコ県庁やコンサルタント/NGO の技術的支援を受けながら事業計画を作成し、総括基金に融資を申請すること。
- 総括基金による事業計画の承認後、実施主体として事業実施全体を運営・管理するコンサルタント/NGO を選出すること。

コンサルタント/NGO（施工管理、設置、維持管理訓練）

- 施工管理、システムの設置を行い、受益者と地方電化委員会/協同組合の技術補助員に対して維持管理に関する訓練を実施すること。

地方電化委員会/協同組合（受益者）

- タンボ・ケマード町、郡庁やコンサルタント/NGO を通じて、事業計画や初期投資、月額徴収料金等の受益者にかかる負担の説明を受けた後、受益者組織としての地方電化委員会/協同組合を組織すること。

- タンボ・ケマード町、郡庁に地方電化事業を要請し、町、郡庁との間で合意文書を結ぶこと。
- 受益者は設置作業のために労働力と村落内で得られる建築資材を提供すること。
- 受益者及び地方電化委員会 / 協同組合の技術補助員は、設置業者から維持管理に関する訓練を受けること。

オルコ県庁（技術支援 / 実施主体）

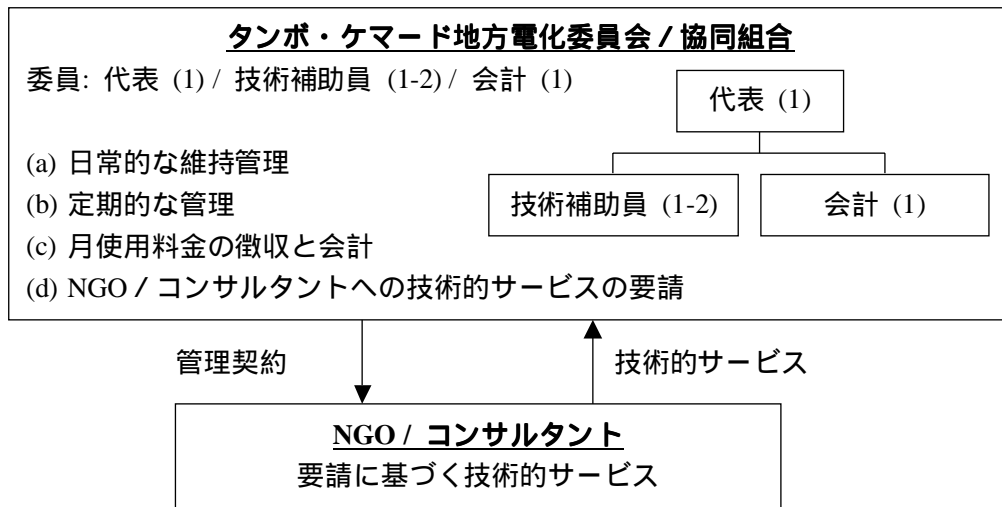
- 総括基金に融資を申請するために作成する事業計画の技術的支援をタンボ・ケマード町、郡庁に対して行うこと。
- 総括基金の融資を受けない場合には、事業の実施主体として、従来の経験を活かし、エネルギー炭化水素庁と協力して事業全体を監督すること。

6.6.2 維持管理システム

小水力発電事業の維持管理は、経験豊かなコンサルタント / NGO の協力を通じてよく組織化されたシステムが既に確立されている。タンボ・ケマード小水力発電事業に関して提案される維持管理システムは、既存システムに通じたものである。

NGO / コンサルタントによって維持管理に関する訓練を受けた地方電化委員会 / 協同組合の技術者が、日常的な維持管理を行う。NGO / コンサルタントは、地方電化委員会 / 協同組合の要請により特殊な管理作業を行う。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り、小水力発電に関する詳細内容は、本付属書 5.6.2 に提示してある。

- a) 地方電化委員会 / 協同組合
 - 日常的な維持管理の遂行
 - 定期的な管理の実施
 - 月使用料金の徴収と会計
 - NGO / コンサルタントへ技術的なサービスの要請
- b) NGO / コンサルタント
 - 要請があった場合、地方電化委員会 / 協同組合へ管理作業契約の下での技術的なサービスの提供



6.7 経済・財務評価

6.7.1 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、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。

(1) 前提及び仮定条件

1) 事業の対象期間

提案されている事業の対象期間は、主要設備であるタービン、発電機の耐用年数を考慮し、1年間の建設期間終了後より20年間とした。

2) 価格基準年及び物価上昇

事業の費用及び便益共に2001年6月時点の価格を基準として見積もりを行った。物価上昇はその影響をEIRRの算定結果より取り除くため、考慮しないものとした。

3) 外国為替レート

本事業の評価においては以下の為替レートを適用し、USドル表示で行った。

$$1 \text{ USドル} = 120.5 \text{ 円} = 6.53 \text{ ボリヴィアーノス (Bs)}$$

4) 経済費用

財務費用より補助金、国内諸課税等を控除し経済費用を求めた (表 6.10 参照)。

経済事業費用

本事業の経済費用を下表に要約する。

タンボ・ケマード小水力発電事業の経済費用（税抜き、USドル）

準備工事、取付道路工事費等	2,000
土木工事費	95,800
水力・電気機器費	33,100
送配電施設費	21,700
水力機器	25,800
運搬費	8,900
管理費及び技術費	18,400
合計	205,700

出典: JICA 調査団

小水力発電システムの経済的設備耐用年数

主要設備、機器の経済的耐用年数は以下のとおりとした。

経済的設備耐用年数

タービン/発電機	20年
送配電設備	20年

全設備は耐用年数終了まで使い切るものとして、残余価値はゼロとした。

経済 O&M 費用

年間の事業施設維持管理費用は次のとおりとした。

タービン/発電機：	投資費用の 2%
土木工事部分：	費用の 0.5%
送配電設備：	投資費用の 2.5%

5) 経済便益

経済便益も、経済費用同様に、財務価格より補助金、国内諸課税を控除して求めた。

本小水力発電システムにとっての最小費用代替システム、すなわち提案されている小水力発電システムと同じ電力発電容量を持つディーゼル発電システム開発、運営に係るコストを経済便益と考えた。

ディーゼル発電システムに対する投資費用

代替システムであるディーゼル発電システムに対する投資費用は以下のとおりである。

ディーゼル発電システムに対する投資費用*

	単位	単価 (US\$)	数量	金額 (US\$)
ディーゼル発電機の設備容量	kW	750	62	46,500
自動移転スイッチ	-	1,910	1	1,910
保護用ボックス	-	917	1	917
発電所建物	-	1,500	1	1,500
送電線	km	5,833	0	0
配電線	km	3,417	0	0
合計				50,827

出典: JICA 調査団

- * 2000 年に新規ディーゼル発電システム、送配電線が据え付けられており、これら設備に係る当初資本投資費用は便益計算より除外した。従ってこれら設備の取り替え費用のみ考慮に入れている。

O&M 費用

ディーゼル発電システムに係る年間の事業施設維持管理費用は次のとおりである。

ディーゼル発電システム :	投資費用の 5%
送配電設備 :	投資費用の 2.5%

ディーゼル・オイルに係る費用

タンボ・ケマード地域におけるディーゼル・オイルの経済費用はリットル当り 3.28Bs である。年間のディーゼル・オイルに係る経済費用は年間発電量を基に求めた。

年間発電量とディーゼル・オイル費用

発電量 (kWh/年)	181,147
燃料消費量 Consumption (リットル/年)	65,137
ディーゼル・オイル費用 (US ドル/年)	32,718

ディーゼル発電システムの経済的設備耐用年数

主な設備の経済的耐用年数は以下のとおりである。

経済的設備耐用年数

ディーゼル発電機	10年
自動移転スイッチ	10年
保護用ボックス	10年
発電所建物	10年
送配電設備	20年

各設備は各耐用年数終了まで使い切るものとして、残余価値はゼロとした。

(2) 経済評価の結果

1) 経済的内部収益率 (EIRR)

上述した前提条件等に基づいて算定したタンボ・ケマード小水力発電事業の EIRR は 16.4% である (表 6.11、6.12 を参照)。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) 感度分析

諸条件の変化に対する提案事業の経済性の頑健性を検討するため、以下のとおり主要事業要素、条件の悪化を想定し感度分析を行った。以下想定した範囲での条件悪化に対しても、本事業は強い経済性を有するものと判断される。

ケース I	(投資費用が 10% 増加並びにディーゼル燃料費用が 10% 低下)	14.6%
ケース	(投資費用が 20% 増加並びにディーゼル燃料費用が 20% 低下)	13.1%

6.7.2 財務評価

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。

(1) 前提及び仮定条件

財務評価は、以下の与件データより分析検討した。なお、事業対象期間、価格基準、物価上昇、外国為替レート、設備耐用年数及び O&M 費用に係る条件は、経済評価の場合と同様である。

1) 財務的事業費用

本事業の財務費用は以下のとおりである。

タンボ・ケマード小水力発電事業の財務費用（税込み、US ドル）

準備工事、取付道路工事費等	2,224
土木工事費	111,194
水力・電気機器費	38,700
送配電施設費	26,056
水力機器	29,870
運搬費	10,291
管理費及び技術費	21,366
合 計	239,700

出典: JICA 調査団

財務費用においては課税部分を含んで見積りを行ったが、目的別諸税率は以下のとおりである。

国内財・サービスに係る課税

付加価値税（VAT）	:	全財・サービス価格に対して 13%
取引税	:	全財・サービス価格に対して 3%

輸入財・サービスに係る課税

実効付加価値税率	:	全財・サービス価格に対して 14.94%
輸入関税	:	5%（タービン/発電機） 20%*（送配電設備）

* 送配電設備を構成する各種製品を考慮した調整税率

2) 電力需要量

電力需要量を次表に要約する。

電力需要（kWh/年）

	家庭用	家庭用以外	合 計
総電力需要	66,609	114,538	181,147

(2) 投下事業費用を回収する電力料金の算定

投下事業費用を回収する一般家庭需要家向け最低電力料金は以下のとおり算定された。なお、非一般家庭の電力料金は一般家庭及び一般家庭兼事務所向け電力料金の 1.5 倍とした。

投下資本投資費用及び O&M 費用を回収する一般家庭需要家向け最低電力料金は次のとおり算定した。最低電力料金は、資本投資費用を以下のそれぞれの割引率で求めた資本回収係数 (CRF) にて年経費化したものに、O&M 費用を加え、年間電力需要量で除して算出した。

投下資本投資費用及び O&M 費用を回収する最低電力料金 (US ドル)

割引率	10%
一般家庭向け料金/kWh	0.13
月当り電力料金	3.2

(3) 財務評価の結果

事業対象地域の一般家庭需要家のディーゼル発電システム利用者は、電力供給サービスに対し月当り平均で 25 Bs (3.83 US ドル) を支払っているのが現状である。一方、本小水力発電事業の各家庭需要家は年間 300kWh の電力を消費すると予測されており、割引率を 10% として、本小水力発電事業の総投下資本及び O&M 費用を回収するに必要な最低料金を適用する場合であれば、月当たり電力料金支払い額は 3.2 US ドル (0.13 US ドル/kWh × 300 kWh ÷ 12 ヶ月) と推定される。これは現在ディーゼル発電システムにて支払っている額以下であり、上記条件で料金を設定、適用する場合、受益者の支払い能力から見ても本小水力発電事業は財務的にも実施可能であると判断される。

6.8 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(IEE)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予期される。予期される環境への影響は下表の通りである。本事業は現地村落のために地方電化ばかりでなく以下のような社会経済利益をもたらすであろう。

- ボリヴィア・チリ国境における商業の発展及び農村地域での家内工業の促進
- 地域住民に対して社会環境や社会福祉の向上をもたらすより質の高い公共サービスの提供
- 夜間の治安と安全の維持

しかしながら、自然環境に関わる影響に対して適当な環境配慮が必要である。事業実施者は、タンボ・ケマード川が事業完了後に水量減少の恐れがあることから事業地周辺の自然環境、特に植生に対して考慮しなければならない。

オルロ県タンボ・ケマード小水力事業に関する初期環境評価

評価項目		評価	備考
社会環境	1 住民移転	-	
	2 経済活動	○	商業および家内工業の促進
	3 交通・生活施設	○	公共施設(学校・診療所)の電化
	4 地域分断	-	
	5 遺跡・文化財	-	
	6 水利権・入会権	-	
	7 保健衛生	○	ポンプ汲み上げシステムによる衛生的な水の供給
	8 廃棄物	-	
	9 災害	○	電灯による農村生活での夜間安全性の向上
自然環境	10 地形・地質	-	
	11 土壌浸食	-	
	12 地下水	-	
	13 湖沼・河川流況	□	河川水量の減少
	14 海岸・海域	-	
	15 動植物	△	川辺のコケ植物への限定的な影響
	16 気象	-	
	17 景観	△	送配電線によるサハマ山眺望の障害
汚染	18 大気汚染	-	
	19 水質汚濁	-	
	20 土壌汚染	-	
	21 騒音・振動	△	工事期間中における騒音発生の可能性
	22 地盤沈下	-	
	23 悪臭	-	

注: ○= 正の影響、- = 無視できる影響、△ = 矮小な影響、□ = 中庸な影響、× = 重大な影響、? = 不明
 本環境影響評価は、持続開発計画省に登録されている環境コンサルタントによって2001年5月に実施された。
 本環境影響評価の報告書は、エネルギー・炭化水素庁を通じて持続開発計画省に提出された。

出典: JICA調査団