

3.2.3 資機材調達に関する基本計画

(1) 井戸掘削機及び掘削ツールズ類

井戸掘削機の選定は、掘削対象となる地域の地質、掘削深度、自然条件を考慮して行なう。計画対象地域の地質概況は地表付近が主に砂礫、粘土、シルト等の第四紀堆積物で構成され、下部層は第三紀堆積物や古生層が占めている。一部地域では砂礫層に玉石が混在しており高度な掘削能力が要求される。こうした地質条件に最も適した掘削機はロータリー方式であり、さらに操作性や掘削効率の観点からはロータリー方式のトップヘッドドライブ型が望ましい。一方、火成岩等の基盤岩の掘削では、ハンマーによる衝撃掘削が適しており、ロータリー方式との併用が可能であるダウンザホール(DTH)エア掘削工法を選定する。

表 3.24 掘削方法と機種の関係

工法・地質等		トップヘッド ドライブ ロータリー	ロータリー テーブル タイプ	スピンドル タイプ (ロータリー)	ケーブル タイプ (ロータリー)
適応地質	粘土及びシルト(第四紀堆積物)				
	砂層(第四紀堆積物)				
	れき層(第四紀堆積物)				
	玉石				
	基盤岩				×
適応掘削工法	トリコビットによる泥水掘削				不可
	トリコビットによるエア掘削				不可
	DTHエア掘削方法				不可
	リバーサキュレーション工法			×	不可
掘削精度	垂直性				×
	孔壁保護性				
掘削土砂の排出		連続で早い	連続で早い	連続で早い	不連続で遅い
操作性					
掘削速度					
ビット荷重の制御					
掘削準備及び撤去の容易性					
掘削効率					×

本対象地域の平均掘削深度はラパス県で 95m、ポトシ県で 74m であり、最も深い井戸では 120m が予定深度となる。一方、物理探査調査には測定誤差があることから、安全側を考慮して 150m を最大予定深度として掘削機器並びにツールズを選定する。尚、掘削機の巻き上げ能力は掘削中の事故に対する処理能力を見込む必要があることから、150m 付近での事故を想定して 200m まで巻き上げ可能な機種を選定する。

掘削機は以下に示す理由により、基本的にトラック搭載型とする。

現地に掘削機を積み下ろしするトレーラー等の重機はない。

搭載型の場合、掘削機動力にトラックのエンジンを利用できるため、発電機等の機材は不要となる。

マッドポンプ等の機材類も搭載可能となるため、機動性の面で優れている。

表 3.25 掘削関連機材の仕様

掘削機	掘削機種	車両搭載型トップヘッドドライブ式ロータリー掘削機 (泥水/DTH 掘削併用型)
	搭載機器	マスト、泥水ポンプ、インジェクションポンプ等
	掘削能力	4-3/4” ドリルパイプ、口径 10~14”で 150m
	駆動形式	掘削機、搭載トラック併用型
	車輪駆動形式	6×4(後軸駆動)
掘削用ツール	掘削孔径	14-3/4”、10-5/8”
	ケーシング口径	12”、6”
	ツール内容	掘削機用アクセサリ、泥水/DTH 共通ツール、泥水掘削用ツール、DTH 用ツール、ケーシングツール、支援機材
高圧エアコンプレッサー	吐出空気量	25m ³ /分以上、2.35Mpa 以上
	運搬形式	トラック搭載型
	車輪駆動形式	4×2(後軸駆動)
井戸仕上用ツール	仕上深度	150m
	構成機材	エアリフトパイプ、揚水パイプ、ベイラー等

【掘削機巻上げ能力】

最大掘削深度を 150m 程度の場合、主な掘削ツールは次のとおりとなる。

ツール類のみの重量が最大 7,000kg となり、ツール類の落下事故や事故時の対応を考慮すると、ドローワークスの巻き上げ能力（ベアドラム）は 8,000kg 以上が要求される。シングルライン巻き上げ能力を 3,000kg とした場合、3 本掛け（トリプルライン）での巻き上げ能力は 3,000kg×3×0.95×0.95=8,122kg が確保されることから、ベアドラム巻き上げ能力はシングルライン時 3,000kg 以上とする。

	1 本当たり重量	数量	重量
・ 4-3/4”ドリルパイプ（6m/本）	26.4kg/m×6m=158.4kg/本	23	3,643kg
・ 8”ドリルカラー（6m/本）	224.7kg/m×6m=1348.2kg/本	2	2,696kg
・ クロスオーバーサブ	55kg/本	1	55kg
・ 6-5/8”ビットサブ	130kg/本	1	130kg
・ 12-1/4”スタビライザ（1m/本）	218kg/本	1	218kg
		合計	約 7,000kg

【マッドポンプ能力】

泥水掘削の場合、ドリルロッドと孔壁の間に通る泥水の流速（環状部流速）は 18~36m/分以上が理想であるが、対象地域の地層状況を考慮すると、泥水管理により、16m/分程の流速でも孔壁崩落を防ぎつつ掘削を行なうことは可能と考えられる。従って、マッドポンプ吐出量は最低限必要とされる 730 ㍓/分以上とした。掘削孔径 10-5/8”（26.99cm）、ロッド外径 12.07cm、流速を 16m/分とした場合、

$$\text{吐出流量 } Q = V \times (D^2 - d^2) \pi / 4 = 15 \times (0.2699^2 - 0.1207^2) \times 3.14 / 4 = 732 \text{ ㍓/分}$$

【トラックエンジン出力】

掘削機搭載トラックのエンジンを使用しPTO（Power Transmission Operation System）にて

駆動される。通常の概算の必要馬力は以下のとおり、**150PS**となる。また、対象地区の標高を考慮すると、日本工業規格（JIS）では温度10℃、湿度40%における出力低下率は標高3000mで71%、4000mでは62%となる。このため、トラックエンジンの馬力は70%までの出力低下を考慮して**215PS**以上とした。

$$\text{ロータリーヘッド (60PS) + マッドポンプ (40PS) + フィードシステム (10PS)} \\ = \text{リグ最大所要馬力 (110PS)}$$

$$\text{リグ最大所要馬力 (110PS) } \div 0.75 \sim 0.80 \text{ (効率) } \approx \text{150PS}$$

【掘削仕様】

掘削対象村落の必要揚水量と全揚程を考慮して、ケーシング及びスクリーンサイズを**6**インチとした。地質は砂礫の未固結層が主なことから、掘削口径は口元で**14-3/4**インチを確保し、掘削孔径は**10-5/8**インチとする。従って掘削能力は孔径**10~14**インチで深度**150m**、ドリルロッドは**4-3/4**インチとする。

【駆動形式】

井戸建設村落へのアクセスは極めて厳しい場合が多く、丘陵地や山岳地も含まれている。また、主要幹線道路以外は全て未舗装の悪路が続くこと、ワジ（涸河）の通過が想定されることから、掘削機を含めた車両は全て全輪駆動型が望ましい。しかし、標高**4000m**の高地での使用では、燃焼条件が厳しくエンジン効率が極めて低下し（約**60%**の出力低下）する。このため、**6×6WD**及び**4×4WD**用トラックに搭載されるエンジンでは高地対応としての技術的保証がなされない可能性がある。**2**輪駆動となることで悪路の走行性は低下するが、エンジン馬力自体の低下はなく、掘削作業時の効率には影響は及ぼさないことから、各車両の駆動形式は**6×4WD**とする。

【工具、アクセサリ、掘削ツールズ】

掘削のための必需品として工具及びアクセサリ類を各掘削機につき**1**セット装備する。また、掘削ツールズの数量は深度**150m**までの掘削に対応できることを考慮して算定する。

【井戸仕上機材】

掘削後、孔内にたまった泥水や泥壁を十分除去するための機材であり、以下の作業に使用する。これらの作業機材は、エアリフトパイプ、揚水パイプ、パイプエレベーター、ベイラー等からなる。

- ・スワッピング : ケーシング内にピストン状の工具を降下させ、上下運動による吸引力で細かい帯水層の砂粒子を引き出し、地下水の誘導を図る。
- ・ジェッティング : エアーコンプレッサーによりスクリーン内部から外部に向けて高圧水を噴射させ、スクリーンの目詰まりを取り除くことで、地下水の誘導を図る。

(2) 高圧エアークンプレッサー(車載型)

高圧エアークンプレッサーは、DTH ハンマーへの圧縮空気の供給、スライム（掘削屑）排出、及び井戸洗浄に不可欠となる。スライム（掘り屑）を孔内からスムーズに排除するための環状部の流速は1000～1500m/分が理想とされ、必要空気量は以下の式により算定できる。

$$Q:\text{必要空気量 (m}^3\text{/分)} = V \times A$$

$$A:\text{環状部断面積 (m}^2\text{)} \quad A = \pi (D^2 - d^2) / 4$$

D:孔径 (m)、 d:ロッド径 (m)、 V:環状部流速 (m/分)

孔径		ロッド径		断面積	環状部流速	必要空気量
D (inch)	D (m)	D (inch)	D (m)	A (m ²)	V (m/分)	Q (m ³ /分)
6	0.152	4.75	0.121	0.0066	1200	7.9
8-5/8	0.219	4.75	0.121	0.0262	1200	31.44

ロッド孔径4-3/4”を使用し、ハンマービット孔径8-5/8”での岩盤掘削を想定した場合、上記の結果より約30m³の空気吐出量が必要となるが、発泡剤の使用など掘削技術が向上していることを考慮すれば、25 m³以上が必要空気量となる。

エアークンプレッサーの重量は約6トンとなり、仮に積み下ろしを想定する場合は操作の安全性を考慮して7.5トン以上のクレーン車が必要となる。しかし市場の一般クレーン車は13.5トン対応でかつ特殊車両に相当することを考慮すると、トラック搭載型が最も経済的で利便性にも優れている。また、トラックの積載重量は予備燃料の重量分を考慮して7トン以上とする。

(3) 井戸掘削支援車両

井戸掘削作業には、掘削機付属品、消耗品(ベントナイト、調泥材、トリコンビット、ハンマービット等)、掘削作業に必要な資機材運搬用の支援車両が必要となる。

表 3.26 井戸掘削支援車両の概要

機材名	用途	仕様
1)長尺重量物運搬用トラック	長尺重量物や井戸用ケーシングパイプの運搬、積み降ろしに使用する。さく井現場内では掘削機の補助でドリルパイプ等の吊り上げやケーシングパイプの挿入作業に使用する。このトラックは常に掘削機と同一行動をとる。	駆動方式 : 6×4 後軸駆動型、標準カーゴ仕様 エンジン出力 : 230PS 標高 4,000m 対応 荷台長さ : 6.2m 以上 クレーン : 最大吊り上げ荷重 3 トン 左ハンドル
2) 中型資機材運搬用トラック	大型、重量貨物以外の掘削用ツールズ、燃料、泥水材料等掘削作業時に頻繁に使用される資機材の運搬、積み降ろしに使用する。また揚水試験用として、発電機、ポンプの運搬挿入等に携わる他、常設用のポンプ据付け作業に使用する。このトラックは掘削機移動後の揚水試験、ポンプ据付け等に必要となるものである。	駆動方式 : 4×2 後軸駆動型、標準カーゴ仕様 エンジン出力 : 200PS 標高 4,000m 対応 荷台長さ : 4.2m 以上 クレーン : 最大吊り上げ荷重 3 トン 左ハンドル

機材名	用途	仕様
③給水車	掘削工事に必要な作泥用水、掘削後の井戸洗浄用水、作業用水の現場供給に使用する。	駆動方式 : 4×2 後輪駆動型、清水運搬用 エンジン出力 : 200PS 以上 タンク容量 : 8.0m ³ 標高 4,000m 対応 ポンプ付 左ハンドル
④小型作業車	精密測定機器（孔内検層機、水質試験器等）の運搬、水理地質技師による掘削中のスライムの分析、揚水試験後の水質分析及び孔内検層作業に携わる。更に孔内検層班等の作業員の輸送、サイトの連絡管理用に用いる。	駆動方式 : 4WD、ダブルキャビン・ピックアップ エンジン出力 : 80PS 以上 標高 4,000m 対応 左ハンドル
⑤小型作業車	掘削用消耗品（ビット類、ベントナイト、調泥剤）、作業用品等の運搬、掘削班作業員の輸送用。	駆動方式 : 4WD、シングルキャビン・ピックアップ エンジン出力 : 80PS 以上 標高 4,000m 対応 左ハンドル
⑥小型作業車	物理探査班の現場踏査、移動車両、作業スペースのほか、社会調査、衛生指導、水質分析等の活動用に使用される。	駆動方式 : 4WD、ステーションワゴン エンジン出力 : 80PS 以上 標高 4,000m 対応 左ハンドル

1) 長尺重量物運搬用トラック

長尺重量物運搬用トラックは基本的に掘削機と同一行動をとり、掘削用ツールの中でも中型トラックでは運搬が困難な長尺重量物や、井戸用ケーシングパイプ等の運搬・荷降ろしに使用する。さく井現場内では、これら重量物の移設のほか、ドリルパイプ等のアクセサリ類の吊上げやケーシングパイプの挿入作業において掘削機を補助する。深度 150m の掘削を想定した場合、主な長尺重量物の種類は次のとおりであり、搭載クレーンの荷重、路面条件及び積載余裕を考慮した場合でも、最低 10 トンの積載能力は必要となる。また、荷台寸法は最も長い機材がドリルパイプの 6m であるため、余裕を見込み 6.2m 以上とする。

・ 4-3/4"ドリルパイプ(6m/本)	26.4kg/m×6m/本×23	=	3,643kg
・ 8"ドリルカラー(6m/本)	224.7kg/m×6m/本×2本	=	2,696kg
・ 揚水管(SGP65mm)	7.5kg/m×5.5m/本×27本	=	1,114kg
・ その他(口元ケーシング、エアパイプ等)		=	1,500kg
	合計	=	約 9,000kg

2) 中尺重量物運搬用トラック

大型重量貨物以外の掘削用ツール（ドリルパイプやケーシングパイプの昇降用付属品）、泥水循環用ホース類、マッドミキサー、ビット、DTH ハンマー、セメント、燃料、泥水材料等資機材の運搬や積降ろしに使用される。また、揚水試験時には発電機、揚水試験用ポンプの運搬・挿入等に携わる他、常設用のポンプ据付にも使用される。

3) 給水車

泥水掘削において多量の水を必要とするため、給水車で輸送を行なう。掘削準備中に調泥を行い、ピット中に泥水を準備するが、掘削孔が深くなるにしたがって泥水の補給は頻繁に行

なう必要がある。掘削日数を4日とし、給水地点から現場まで1日2往復する場合、井戸100mの必要水量は $57.5\text{m}^3 \div 4 \div 2 = 7.2\text{m}^3$ となり、機動性の優れたタンク容量8m³の給水車が必要となる。

泥水掘り：	$1/4 \times \pi \times 0.3112^2 \times 10.00$	=	0.761 m ³
洗浄：	1.8 m ³ /時×3.0hr	=	5.400 m ³
DTH：	1.8 m ³ /時×8hr×0.8×4日	=	46.08 m ³
その他：	上記計の10%	=	5.224 m ³
合計		=	57.465 m ³

4) 4WDピックアップ(ダブルキャビン)

掘削担当班の移動車両として、作業員の移動が主な目的である。基本的に掘削機と常に同一行動をとるが、現場とベースキャンプ間の連絡、消耗品、作業用品、緊急資材の輸送にも使用される。

5) 4WDピックアップ(シングルキャビン)

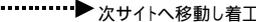
揚水試験班の車両として、要員の移動及び資機材運搬が主な目的となり、掘削担当車両とは別行動をとる。掘削準備期間中は補助作業員の移動にも使用される。

6) 4WDステーションワゴン

物理探査担当班の移動車両として、物理探査機器やバッテリー、付属資機材等の精密機器の輸送を行なうためワゴン型車両が必要となる。現場への作業員の運搬に加え、現場での探査作業スペースとしても利用される他、社会状況調査、衛生指導、水質分析作業等にも活用される。

表 3.27 車両運行例

1サイト当たりの 主な作業内容	物理探査・ 現地踏査	移動・組立・ 準備	掘削作業	検層作業	ケーシング挿 入	グラベル充填・ 井戸仕上げ	揚水試験	水質試験	ポンプ据付
作業日数	10~15	5~6	10~20	2~3	1~2	1~2	3~5	2~3	1~2
掘削機 最大深度150m									▶
小型作業車輛 (掘削班)									▶
高圧エアコンプレッ サー(車載型)									▶
長尺重量物運搬用トラッ ク(3tクレーン付)									▶
小型作業車輛 (揚水試 験班)									▶
中型資機材運搬用トラッ ク(3tクレーン付)									▶
水タンク車(8m ³)									▶
別サイト調査・探査結果解析									▶
小型作業車輛 (調査専 用班)									▶

凡例：  主稼動  稼動  次サイトへ移動し着工
 小型作業車輛 (調査専用班)は、掘削作業工程とは別行動をとり、物理探査、社会状況調査、衛生教育等を行う。

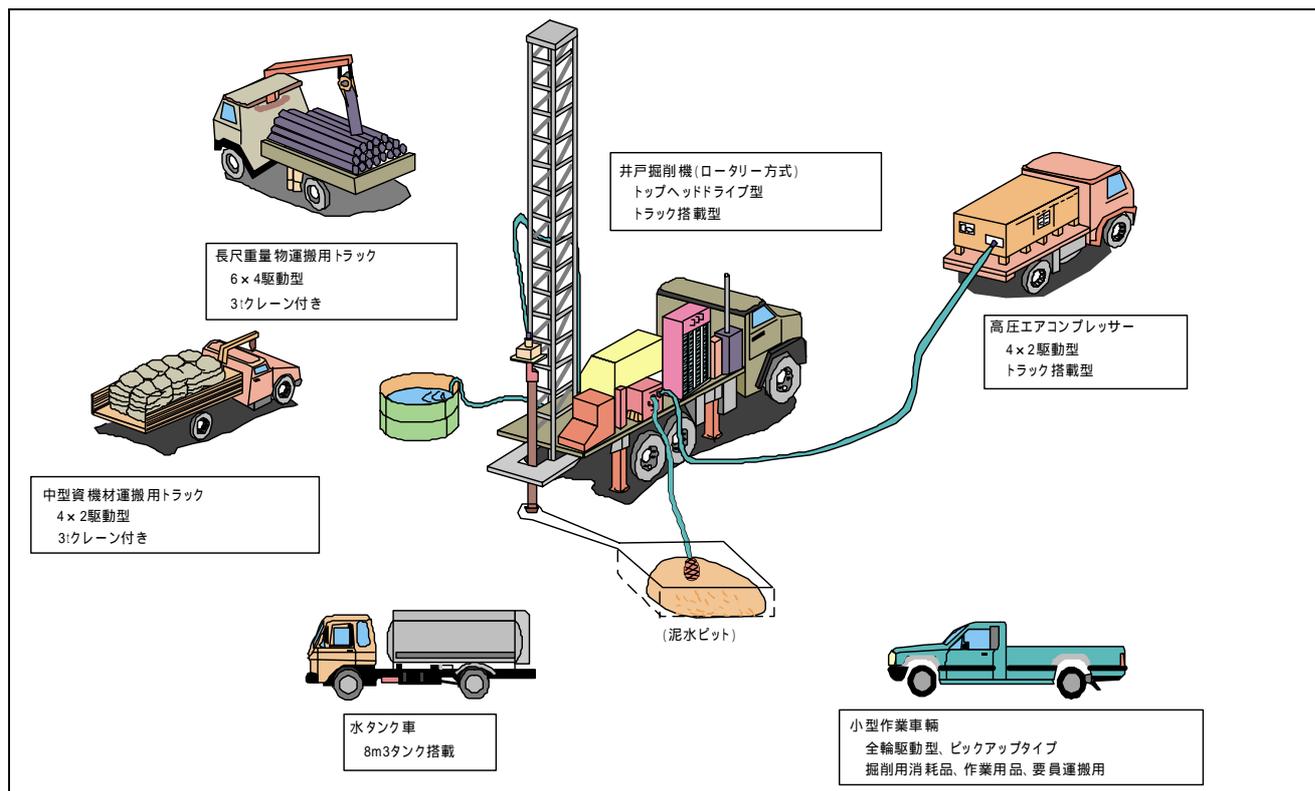


図 3.5 井戸掘削機及び支援車輛構成

【クレーンの定格荷重】

最も吊り上げ荷重を必要とする作業は、揚水試験時の揚水管挿入時であり、深度 150m を想定した場合の資材重量は以下のとおりである。

揚水管(SGP65mm) :	$7.5\text{kg/m} \times 5.5\text{m/本} \times 27\text{本}$	=	1,114kg
水中ポンプ(揚程 120m, 揚水量 400 ㍈/分)		=	80kg
付属施設(吐出管、継ぎ手)		=	100kg
ケーブル(2PNCT 3 芯 30mm, 1.6kg/m×150m)		=	240kg
	合 計	=	1,534kg

この他、ドリルパイプ、ケーシング、その他資材の運搬、積み降ろしを行なう場合は、3 トンクレーンが最も効率的であるため、長尺及び中尺重量物運搬用トラックには、定格荷重 3 トンのクレーンを取付けることとする。

【駆動形式】

掘削機の仕様の項でも述べたとおり、車両の駆動形式は全輪駆動型が望ましい。大型トラックの場合、6×6WD あるいは 4×4WD 用のエンジンでは燃焼条件が厳しく、高地対応としての技術的保証がなされない。このため、トラック車輛の駆動形式は 6×4WD 又は 4×2WD とする。

(4) 無線機

各県ベース基地より村落までの距離は、**40～200km** の間に広範囲に分布している。地方村落では通信事情が悪いため、掘削作業中の定期連絡、車両故障の際の連絡、支援要請等のためには、無線通信機器が不可欠となる。形式は操作が簡易で周波数帯が特定された業務用無線機とし各県本部にベース基地用**1**基、移動車両用に**3**基が最低必要となる。

距離**100km**以上であれば周波数**HF**帯(短波帯)の無線機で対応できるが、電離反射での通信となるため、**30～100km**区間では理論上電離層に反射した電波が地上にこない(不感地帯)。従って、**100km**未満の区間での通信用として**VHF**帯無線機、**100km**以上対応として**HF**帯無線機の**2**種類を準備する。

(5) ワークショップ機材

井戸掘削機や支援車両のメンテナンス用に修理用機材が必要となる。修理用機材は定期的を実施する機材のメンテナンスに必要であり、その内容として溶接用機材、給油用機材、電動工具類、ディーゼルエンジン及びガソリンエンジン修理用工具類、タイヤ修理用機材、機械工具セット等を選定する。また、機材の保管、盗難防止、劣化防止に加えて、実施機関の作業スペースの確保も考慮してワークショップとして機能するコンテナ収容型とする。

(6) 試験・測定機器

試験・測定機器は帯水層と推定される地層の種類、厚さ、分布範囲、難透水層や基盤岩の位置等を調べる物理探査と、掘削孔内で帯水層の確認を行いスクリーンの位置を決めるための孔内検層、適正揚水量を確認するための揚水試験、及び水質試験に必要な機材を選定した。試験・測定機器の仕様を表**3.28**に示す。

表 3.28 試験・測定機器の仕様

機材	目的と仕様	
電気探査器	地質構造を明らかにし、地下水開発の可能性の判断及び井戸掘削地点の位置決定を行なうために必要とされる。地中に人工的に電流を流し、地層の比抵抗値を測定する。	
	探査方法	垂直探査比抵抗法シュランベルジャー式、2次元探査
	探査深度	150m
	付属品	データ解析のためのソフトウェア(比抵抗2次元探査)
孔内検層器	帯水層の分布状況を把握し、スクリーンの設置深度を決定するために井戸口壁の電気抵抗、自然電位等を深度方向に連続して測定する。	
	検層方式	デジタル検層
	検層項目	比抵抗、自然電位、自然放射能、電気伝導度、温度
	検層深度	150m以上
付属品	データ収録再生機能付き	
GPS	物理探査地点及び井戸掘削地点の位置を測定する。	
	測定項目	緯度、経度、高度
	本体	携帯型、防水フロータイプ、デジタルディスプレイ

機材	目的と仕様	
省電力トランシーバー	電気探査実施時の作業員同士の通信(1km 以内)に使用する。	
	本体	携帯型、防水タイプ
水質分析器	温度、pH、濁度、色度、全アルカリ度、臭気、塩素、銅、亜鉛、フッ素、全硬度(カルシウム、マグネシウム)、ナトリウム、全鉄、マンガン、アンモニア性窒素、硝酸性窒素、亜硝酸性窒素、TDS、硫酸塩、硫化物、一般細菌、大腸菌、及び電気伝導度、塩分濃度が測定可能なもの。	
揚水試験用ポンプ・ディーゼル発電機	掘削完了後の揚水試験に用いる水中ポンプ（揚水試験は適正揚水量を確認するため、段階揚水試験、連続揚水試験、水位回復試験を行なう）	
	水中モーターポンプ	90m、揚水能力 390 ㎥/分、3 相、220V、11kW 100m、揚水能力 160 ㎥/分、3 相、220V、5.5kW
	発電機	ポータブル型ディーゼル、45 kVA、220V、50Hz
三角堰	ステンレス製 LWH: 1,800mm x 900mm x 900mm 以上	
水位測定器	投込みロープ式、ブザー検知型 測定深度 150m	
パーソナルコンピュータ	物理探査、水質試験、揚水試験等のモニタリング、データベース作成。	
	本体	プロセッサ: Pentium4 2.0GH 以上、RAM256MB 以上、ハードディスク: 40GB 以上、デスクトップ、15 “モニター、CD-RW、FDドライブ
	付属品	OS: Windows 2000 Professional、ワープロソフト、表計算ソフト、スキャナー、プリンター、

1) 電気探査器

電気探査器は地質構造や帯水層深度、層厚を把握する機器であり、150mまで探査可能なシステムとする。また解析ソフトと併せ、近年新たな解析技術として一般的に広まっている水平 2 次元解析が可能なタイプとする。

2) 孔内検層器

孔内検層器は帯水層の位置を判定するために不可欠であり、これによりケーシングプログラムが策定される。最も一般的な項目である比抵抗、自然電位、自然放射能、電気伝導度、温度、が測定可能で、深度が 150m まで測定可能なものとする。

3) GPS

電気探査地点や井戸掘削地点の位置を測定する機器である。測定項目は緯度、経度及び高度であり、これらの測定データは井戸台帳の基礎資料となる。

4) 省電力トランシーバー

電気探査時の作業員同士の通信手段としてトランシーバーを利用し、測定中心部 1 台、各測線上の作業員分 2 台が必要となる。

5) 水質分析器

水質分析器の測定項目は、WHO や「ポ」国水道基準の基本項目が測定できるもので、簡易式ポータブル型分析器とする。項目は、温度、pH、濁度、色度、全アルカリ度、臭気、塩化物、銅、亜鉛、フッ素、全硬度(カルシウム、マグネシウム)、ナトリウム、全鉄、マンガン、アンモニア性窒素、硝酸性窒素、亜硝酸性窒素、TDS、硫酸塩、硫化物、一般細菌、大腸菌、及び電

気伝導度、塩分濃度とする。

試薬の使用期限を3年、1年当たりの掘削本数が15本程度、1サイト2検体として供与試薬は100検体分とする。

6) 揚水試験用ポンプ

揚水試験用の水中モーターポンプは、揚水能力を計画揚水量の1.5倍程度とする。従って、揚水量は75ℓ/分～390ℓ/分と想定されることから、100m程度の揚程で揚水量の異なる2種類の水中モーターポンプを選定する。また、これらの動力源として、モーター出力11kWに対応した発電機1台が必要となる。

7) ディーゼル発電機

・始動時容量

ディーゼル発電機の必要容量は、負荷設備の許容電圧変動値と発電機過渡時最大電圧降下より決定され、始動時容量を満たさなくてはならない。これに加えて標高による出力低下を考慮して必要容量を算定する。

$$PG2 \text{ (kVA)} = \{X'd (1 - \Delta E) / \Delta E\} \times P_m \times B \times C$$

ΔE : 瞬時電圧降下率 (0.30)

$X'd$: 発電機の過渡リアクタンス (0.21)

P_m : 最大電動機出力 kW

B : P_m (kW) の電動機 1kW 当たりの始動容量 (7.2)

C : 電動機の始動方法により定まる係数 (直入始動 1.0、Y- Δ 始動 0.67)

・エンジン出力

発電機用エンジンの定格出力は以下の式で求められる。

$$P_s = KVA \times \alpha / (\eta G \times 0.736)$$

P_s : 必要エンジン出力

KVA : 発電機容量

α : 係数 (0.8)

ηG : 発電機効率 (0.85)

表 3.29 発電機容量算出表

No	村落名	標高 (m)	出力 低下 (%)	モーター 出力 (kW)	始動時 容量 (KVA)	補正後 出力 (KVA)	発電機定格出力		
							KVA	kW	
ラパス 県幹部	15	Huajruma	3810	64	1.5	5.3	8.3	10.5	8.4
	19	Chocorosi	4110	61.5	1.5	5.3	8.6	10.5	8.4
		揚水試験用	3800	64	11.0	26.0	40.6	45.0(※2)	36.0
ポトシ県	7	Buey Tambo	3260	68	11.0	26.0	38.2	45.0(※2)	36.0
	14	Huaycaya	3570	66	15.0	35.5	53.7	58.5(※2)	46.8
	15	Sepulturas	3560	66	5.5	19.4	29.4	27.0(※2)	21.6
	32	Molle	3260	68	1.5	5.3	7.8	10.5	8.4
	33	Kepallo	3690	65	7.5	26.5	40.7	45.0(※2)	36.0
		揚水試験用	3300	68	11.0	26.0	38.2	45.0(※2)	36.0

※1 モーター出力 7.5kW 以下は直入始動とする。

※2 50Hz 220V の場合、定格出力が 10%低下するためメーカーカタログ記載値の 90%値とした。

8) 三角堰

揚水試験実施に当たり現場での流量測定に使用する。

堰式流量計 : LWH: 1,800mm x 900mm x 900mm 以上

9) 水位測定器

掘削終了後の井戸水位の測定や定期的なモニタリング業務において使用する。測定結果は井戸データベースとして管理される。

・投げ込みロープ式 ブザー検知型 測定深度 150m

10) パーソナルコンピューター

電気探査の結果はコンピューターソフトによる解析を経て、地下水開発の基礎資料となる。近年のコンピュータ機器の能力向上に伴い、物理探査の分野では、水平探査を用いて地下水脈をより高精度に探査することが可能となっている。

上記の解析技術の指導に加えて、水質試験や揚水試験等のモニタリング、井戸データベースの作成、地下水開発調査資料の作成などにも利用するため、カラープリンター、スキャナーを付属したものとする。

(7) 井戸建設資機材

井戸建設資機材の使用は表-30 に示すとおりである。調達する井戸建設資機材として、「ボ」国地下水開発 5 ヵ年計画で第 1~3 年次に予定しているサイトに対して、ケーシング、スクリーン類、ポンプ設備、ベントナイト、調泥材が挙げられるが、第 2~3 年次に予定しているサイトに対してはケーシング、スクリーン、ボトムプラグ、セントライザーのみの調達とする。なお、ケーシ

グ、スクリーン類については、「ボ」で一般的に用いられている規格が望ましく、アメリカ石油協会(API)基準に基づいたものとする。

表 3.30 井戸建設資機材の仕様

機材名	仕 様	
①井戸用ケーシングパイプ	井戸用掘削孔の保護用管材	
	材 質	炭素鋼鋼管(ASTM)、両側単ネジ、片側カップリング付き
	ケーシング口径	6" (水中ポンプが十分に納まる口径)
	口元ケーシング	12"
②井戸用スクリーン	材質	ステンレス製
	スリット幅	1.0mm
	開孔率	20%以上
③セントライザー、ボトムプラグ	セントライザー	スチール製
	ボトムプラグ	スチール製
④水中ポンプ及び付帯設備	ラバス県：11式 (仕様は表 3.19 を参照) ボトシ県：19式 (仕様は表 3.19 を参照)	
⑤発電機	ラバス県：3式 (仕様は表 3.29 を参照) ボトシ県：6式 (仕様は表 3.29 を参照)	
⑥配管バルブ類	揚水管、ケーブル、電極、吐出曲管、空気弁、逆止弁、圧力計、制水弁、流量計等から構成される。	
⑦ベントナイト	ロータリー方式での掘削時に、孔壁の崩壊防止とスライム(掘削屑)の排出に必須となる。	

1) ケーシングパイプ

掘削仕様にあわせて 6 インチ(API 規格では 6-5/8)とする。「ボ」国でも一般的に用いられ、十分な強度のある炭素鋼鋼管とし、片側カップリング付きケーシングとする。スクリーンは地質状況を勘案して井戸深度の 30%を想定しているため、井戸深度 70%分をケーシング延べ数量とする。また、各井戸 30m 分は口元保護のため、12 インチのケーシングも利用するが、引き抜き後の再使用も可能であるため歩掛に基づき算定される数量の半分とする。

2) スクリーン

掘削完了後に行われる孔内検層の結果に基づいて、帯水層位置に設置される集水用のパイプである。電触等による劣化防止と井戸の耐用年数を出来る限り向上させるため、材質はステンレス製とし、以下の点に留意する。なお、従来の「ボ」国における地下水開発の実績を考慮して、スクリーンの数量は井戸深度の 30%を見込むことが妥当と判断する。

- ・ 井戸内への細砂の流入、スクリーンの目詰まりを防ぎ、開孔面積の割合を大きく取るために、開孔部は V 型連続巻線形状のものとする。
- ・ 強度、耐久性に優れ、耐酸性であること。
- ・ スリット幅は 1.0mm とし、開孔率は 20%とする。
- ・ ケーシングと連続できる短ネジ加工カップリング付きであること。

3) セントライザー及びボトムプラグ

セントライザーはケーシングが孔芯に併せて設置できるための資材であり、ボトムプラグは井戸の底部に設置するスチール製のカップである。

4) 水中モーターポンプ

水中モーターポンプのポンプ仕様は計画揚水量、推定動水位、配水池高等を考慮して決定した。また、ポンプ制御盤はポンプ制御小屋が建設されることを前提とし、室内タイプとした。

商用電力が利用可能な場合は、受電盤、ポンプ制御盤がポンプ制御小屋に設置される。商用電力はサイトによって単相 220V と 3 相 220V に分かれ、既存送電線が単相の場合、水中モーターポンプは単相 220V 対応となる。また、既存電力が単相で、5.5kW 以上の水中モーターポンプが必要となる村落も 3 相 220V 対応とする。

商用電力の利用が不可能な場合は、発電機による電力供給とし、水中モーターポンプは 3 相 220V 対応とする。また、ポンプは 12 時間運転として計画する。

尚、水中モーターポンプは低水位運転防止リレー付とし、井戸元付帯設備（揚水管、連成計、吐出管、流量計、弁類）を備えたものとする。

5) ベントナイト

ベントナイト製造業者は、現在「ボ」国内に 1 社しかなく、良質な泥水調整に必要となる調泥材も併せると、国内消費用の安定した供給は期待できない。このため、5 ヵ年計画のうち第 1 年次のみ必要数量を調達するものとする。

(8) 調達資機材の概要

要請資機材と検討結果から策定した調達資機材の内容を表 3.31 に取りまとめた。また、調達資機材仕様の概要を表 3.32 に取りまとめた。

表 3.31 要請資機材と計画資機材

資機材名	要請数量		計画数量		備考		
	仕様	ラパス県 ポトシ県	仕様	ラパス県 ポトシ県			
1. 井戸資機材	(1)井戸掘削機、	300m 深度 1 台	2 台	1 台	1 台	地下水調査結果より予定深度が浅くなった。ポトシ県は 1 台による実施が可能と判断された。 井戸掘削数量減による数量の調整による。 井戸掘削数量減による数量の調整による。 搭載荷重検討結果による。 搭載荷重検討結果による。 搭載荷重検討結果による。 井戸掘削作業時に必要となる車輛の組合せ検討結果による。 井戸掘削資機材数量の減に伴う調整による。	
	(2)上記以外類		2 台	1 台	1 台		
	(3)車輛搭載エアコンプレッサー		2 台	1 台	1 台		
	(4)支援 1)長尺機材用トラック 2)中程度資機材用トラック 3)給水車 4)ピックアップ	6×6, 6t クレーン 4×4, 3t クレーン 4×4, 16m ³ 4×4	1 台 1 台 1 台 2 台	2 台 2 台 2 台 4 台	1 台 1 台 1 台 1 台 1 台 1 台 1 台		1 台 1 台 1 台 1 台 1 台 1 台 1 台
	(5)通信機器		4 式	4 式	1 式		1 式
	(6)ワークショップ工具類		4 式	4 式	1 式		1 式
	(1)電気探査機		2 セット	2 セット	1 セット		1 セット
	(2)GPS		2 台	2 台	1 台		1 台
	(3)電気検層機		2 式	2 式	1 式		1 式
	(4)井戸試験機		2 式	2 式	1 式		1 式
(5)水質試験器		1 式	1 式	1 式	1 式		
3. 井戸資材	(1)水中ポンプ		20 式	1 1 式	19 式	第 1 年次サイト数の減による調整。 第 1 年次サイト数における電化状況による。 第 1～3 年次対象村落の井戸深度からの必要本数。	
	(2)発電機		14 台	2 台	6 台		
	(3)ケーシングパイプ	6' × 5.5m 11' × 5.5m	419 本 1,320 本	6' × 5.5m 12' × 5.5m	467 本 91 本		692 本 152 本
(4)スクリーン		600 本	353 本	524 本			
(5)セントラライザー		180 ケ	160 ケ	242 ケ			
(6)ポトムブラグ			38 ケ	61 ケ			
4. スペアパーツ	(1)掘削リグ用		2 式	1 式	1 式	井戸掘削資機材数量の減に伴う調整による。	
	(2)エアコンプレッサー用		2 式	1 式	1 式		
	(3)支援車輛		2 式	1 式	1 式		
	(4)ワークショップ工具		2 式	1 式	1 式		
	(5)電気探査機用		2 式	1 式	1 式		
	(6)電気検層機用		2 式	1 式	1 式		
	(7)井戸試験		2 式	1 式	1 式		
	(8)水質試験機用		1 式	1 式	1 式		
	(9)水中ポンプ及び発電機用		2 式	1 式	1 式		

表 3.32 調達資機材リスト

項目		仕様	数量	
			ラパス県	ポトシ県
1) 井戸掘削機材	①井戸掘削機材	<ul style="list-style-type: none"> ・トラック搭載型、150m 掘削用 ・高圧エア-エア-コンプレッサー、トラック搭載型 ・掘削用ツールズ ・井戸仕上用機材 ・スペアパーツ 	1台 1台 1式 1式 1式	1台 1台 1式 1式 1式
	②井戸掘削支援機材	<ul style="list-style-type: none"> ・長尺重量物運搬トラック 3t クレーン付 ・中型資機材運搬トラック 3t クレーン付 ・給水車 8 m³タンク ・小型作業車輻(ダブルキャビンピックアップ) ・小型作業車輻(シングルキャビンピックアップ) ・小型作業車両(ステーションワゴン) 	1台 1台 1台 1台 1台 1式	1台 1台 1台 1台 1台 1式
2) 試験・測定機器	①物理探査機器	・電気探査、解析ソフト、スペアパーツ	1台	1台
	②孔内検層器	・自然電位、比抵抗、自然放射能測定可	1台	1台
	③GPS	・緯度、経度、高度測定可、携帯型	1台	1台
	④水質試験器	・WHO 基本項目測定可	1台	1台
	⑤揚水試験用機材	<ul style="list-style-type: none"> ・中型水中ポンプ(390 ㎥/分×90m×11kw) ・小型水中ポンプ(160 ㎥/分×100m×5.5kw) ・ディーゼル発電機 45kVA, 220V ・スペアパーツ 	1台 1台 1台 1台	1台 1台 1台 1台
	⑥パーソナルコンピューター	パソコン、プリンター、スキャナー、解析ソフト	1式	1式
3) 井戸建設資機材	①ケーシング	<ul style="list-style-type: none"> ・サイズ 12"×5.5m ・サイズ 6"×5.5m 	91本 467本	152本 692本
	②スクリーン	・サイズ 6"×3.0m	353本	524本
	③セントラライザー		160個	242個
	④ボトムプラグ	6"	38個	61個
	⑤ポンプ設備	<ul style="list-style-type: none"> ・水中モーターポンプ及び付帯設備 ・ディーゼル発電機 ・スペアパーツ 	11式 2台 1式	19式 6台 1式
	⑥ベントナイト	・1年次分	37トン	54トン

3.2.4 技術トレーニングによる技術支援に関する基本計画

(1) 技術支援の留意点

- ①本プロジェクトは最大深度 120m程度の深井戸を水源とする地下水開発を含む村落給水事業であり、日本国側が行なう技術支援は、「ボ」国側実施機関が地下水開発を含む村落給水事業を独自に行なえることを目標とする。技術支援を実施するに当たっては、支援期間に限りがあることから、可能な限り効率的に行なう必要がある。従って、技術支援の実施前に「ボ」国側受入機関並びに実施機関と実務者招聘やトレーニング用施設の準備を完了させる。
- ②将来的に「ボ」国が独自に技術セミナーや技術交換会を継続し、技術力を向上していくことが必要となることから、トレーニングは将来のトレーナ候補の育成も兼ねる。従って、ラパス県及びポトシ県実施機関技術者のみならず、第一次及び第二次計画実施機関技術者のトレーニングへの参加を促す。
- ③トレーニングは第一次トレーニングと第二次トレーニングに分ける。第一次トレーニングは、ラパス県及びポトシ県技術者並びに第一次及び第二次計画技術者を一同に集めて、ラパス県庁エルアルト支局にて室内講義を中心としたトレーニング形式で行なう。また、第二次トレーニングは実際に対象村落において調達資機材を用いた地下水開発を **on-the-job-training (OJT)** 形式にて行なう。尚、ラパス県における最初の対象村落 (**Vilaque** 村) における地下水開発まで合同トレーニングとし、その後、ラパス県及びポトシ県においてトレーニングを継続する。

(2) 各分野の実施体制

1) 第一次トレーニング

- ①調達資機材のうち物理探査機器や孔内検層機器については、事前に電気系統の不具合（フューズ、電灯類、ケーブル類、通電状況等）を確認する必要がある。これらの点検は、コンサルタント側の水理地質技術者が地下水調査トレーニングの開始前に行なう。
- ②調達資機材のうち、井戸掘削機械は機器の性格上、「ボ」国に到着後に組立及び調整が必要となる。この組立及び調整は本邦業者から派遣された技術者が対応することとする。また、リグ部の操作や保守点検マニュアルも本邦業者側が用意すべき内容に含まれることから、点検及び修理に関するトレーニング及び井戸掘削技術トレーニングも本邦業者の派遣技術者による対応とする。
- ③上記以外の分野である村落給水計画、地域開発に関しては、コンサルタント技術者各々1名とし、電気・機械に関しては本邦業者の派遣技術者による対応とする。

2) 第二次トレーニング

①地下水調査に関するトレーニングは、調査内容が水理地質調査及び物理探査(機械操作)に分かれることから、水理地質技術者(コンサルタント)と物理探査技術者(本邦業者派遣)の2名による体制にて行なう。

②井戸掘削技術に関するトレーニングは、ラパス県及びポトシ県にて同時に行なわれることから各県1名ずつの配置とする。

(3) 技術支援実施の流れ

技術支援は次の流れに沿って行なうこととする。

1) 日本国内事前準備

コンサルタント技術者は資機材調達の入札終了後、本邦業者が派遣する技術者とともに本邦業者が準備する操作マニュアル並びに保守点検マニュアルを確認するとともに、現地で行なう操作方法及び保守点検トレーニングの内容を協議する。

2) 「ボ」国内事前準備

本邦業者側より派遣された技術者並びにコンサルタント技術者(統括監理、水理地質)は、資機材の到着にあわせ、「ボ」国入りし、機材の員数検査を行なう。その後、本邦業者側技術者は井戸掘削機材の組立、セッティング、調整を行なう。この間、コンサルタント水理地質技術者は、「ボ」国側受入機関と研修生の招聘状況やトレーニングルーム等の準備状況を確認するとともに、第一次トレーニングに使用するテキストの準備もあわせて行なう。これらの準備に必要となる期間は1ヶ月を要する。

尚、コンサルタント技術者は第二次トレーニングにおける実施機関技術者のトレーニングに関する目標達成度の確認に使用するチェックシートをこの事前準備期間内に準備する。

3) 第一次トレーニング

上記準備状況を確認した後、ラパス県庁エルアルト支局にて第一次トレーニングを開始する。第二次トレーニングはOJT方式にて行なうことから、第一次トレーニングでは基本知識から応用的な知識の習得を講義形式にて行なう。

4) 第二次トレーニング

第二次トレーニングは対象村落の第二次スクリーニングで選定された村落において、OJT方式にて行なう。

5) 技術支援達成度の確認

コンサルタント及び本邦業者派遣の各分野担当が、チェックシートを用いてOJT実施期間中

の成果を評価し、最終的にコンサルタント側統括監理は技術支援報告書に取りまとめ、「ボ」国側受入機関並びに実施機関に配布する。

(4) 技術支援に使用するテキスト等

技術支援に使用するテキスト等は次のとおりとなる。尚、これらのテキスト等は最終的に技術支援結果に基づき、内容の調整を行い、「ボ」国受入機関並びに実施機関に納品することとなる。

表 3.33 技術支援に用意されるテキスト等

分野	テキスト等
1.地下水調査	①地下水調査マニュアル ②物理探査実施マニュアル ③電気検層実施マニュアル
2.井戸掘削技術	①ボーリングマニュアル ②品質管理マニュアル
3.村落給水計画	①水道施設設計マニュアル ②水道施設維持管理マニュアル ③水道施設施工管理マニュアル
4.電気・機械	①電気基礎知識に関するテキスト
5.地域開発	①社会調査方法マニュアル（参加型社会調査方法も含む） ②衛生啓蒙活動マテリアル

(5) 第一次トレーニングにおける各分野の技術支援内容

技術支援の概要を以下に示すとともに具体的なトレーニング内容を次の表 3.34 に取りまとめた。

1) 地下水開発(コンサルタント)

深井戸建設サイトの選定から井戸仕様決定（深度、スクリーン長）までを的確に実行できるように基本的な知識から応用的な知識までを体系的に得られる講義とする。この講義は研修生を一同にラパス県エルアルト支局に招聘した上で、コンサルタント水理地質技術者が行なう。

2) 井戸掘削技術(本邦業者派遣技術者)

本邦業者から派遣された技術者が井戸掘削機の操作方法や保守点検方法について指導する。その後、本邦業者の派遣技術者がトレーニングを引継ぐ形で、ボーリング理論やボーリング管理等について講義を行なう形式にて行なう。

3) 村落給水計画(コンサルタント)

村落給水に関する水道施設の設計方法並びに施工管理方法について講義を行なう。設計方法はラパス県対象村落の Vilaque 村の施設設計を例としたケーススタディを行なう。

また、村落住民による水道施設の維持管理方法を決定するための社会調査方法の基礎とその応用について講義を行なう。

4) 電気・機械(本邦業者派遣技術者)

水中モーターポンプや発電機の維持管理を中心として、電気の基礎知識、ポンプの分解・組立、並びに配電盤からポンプ施設までの配線までの電気系統に関する知識を講義する。

5) 地域開発(コンサルタント)

水管理組合設立の基礎資料となる村落住民の社会調査方法並びに設立後に組織強化に必要な啓蒙活動について講義を行なう。社会調査方法については従来の質問紙調査に加え、参加型手法である PCM(Project Cycle Management)ワークショップに関するトレーニングとし、ラパス県で最初に OJT が行われる村落 Vilaque において実施される。

表 3.34 第一次トレーニングの具体的な内容

分野	主なトレーニング内容	指導担当
1.地下水調査	①予備調査（地形図の判読、地質図の判読、航空写真の判読、地表踏査、水収支） ②物理探査結果からの帯水層評価方法 ③電気検層結果に基づく物理探査の整合性 ④電気検層結果に基づくケーシングプログラムの作成方法 ⑤揚水試験実施方法と適正揚水量の決定方法 ⑥井戸建設データの活用とデータベース作成方法	・水理地質技術者 1 名
2.井戸掘削技術	①掘削機械の運転・維持管理・整備方法 ②支援車輛の運転・維持管理・整備方法 ③掘削技術及び掘削管理方法 ④安全管理方法	・井戸掘削技術者 1 名
3.村落給水計画	①水道施設設計技術 ②水道施設維持管理方法（深井戸管理、配水施設管理） ③水質分析 ④水量管理方法と水質管理方法 ⑤参加型社会調査結果の水道計画への利用方法	・水道技術者 1 名
4.電気・機械	①電気の基礎知識(シーケンス図の理解) ②水中ポンプ分解・組立て ③水中ポンプとコントロールパネルの維持管理方法 ④発電機の維持管理方法	・電気機械技術者 1 名
5.地域開発	①社会調査方法として質問紙調査並びに PCM ワークショップとその利用方法 ②住民との合意形成方法と水管理組合設立に関する活動 ③衛生啓蒙活動	・社会開発専門家 1 名

(6) 第二次トレーニングにおける技術支援の内容

第一次トレーニング終了後、第二次トレーニング（OJT）をラパス県及びポトシ県の対象村落 10 村落にて行なうが、ラパス県最初の対象村落 Vilaque 村において行なう OJT には、ラパス県、ポトシ県、第一次、第二次、及び受入機関関係者が参加する。その後、ラパス県実施機関担当者はラパス県対象村落において地下水開発を継続し、ポトシ県実施機関担当者はポトシ県に戻り、同様に地下水開発を行なう。対象村落 10 村落の地下水開発終了後、井戸掘削機械の整備を行なう。

以下に各分野の第二次トレーニングの実施方法を述べる。

1) 地下水調査(コンサルタント及び本邦業者派遣技術者)

第一次トレーニングにおいて習得した知識に基づき、基本設計調査団がどのような過程で井戸地点並びに深度を設定したのかを実際の OJT を通して確認する。指導項目は以下のとおり。

- ①探査実施方法（地表踏査並びに物理探査）
- ②物理探査・及び孔内検層機器の操作、探査測定技術とその応用策
- ③探査・測定データの解釈と利用法（物理探査及び電気検層機器）
- ④ケーシングプログラム作成方法
- ⑤揚水試験結果と適正揚水量の決定方法

2) 井戸掘削技術(本邦業者派遣技術者)

第一次トレーニングで実施した講習内容をもとに、研修生が本邦業者派遣技術者の指導のもと、独自に掘削機械設置から掘削までを行なう。指導項目は以下のとおり。

- ①掘進方法の選択
- ②掘削中の孔壁防護の泥水管理
- ③掘削中の落下時等の事故対応策
- ④グラベルパッキングの効果的な充填方法
- ⑤井戸仕上げ

3) 村落給水計画(コンサルタント)

地下水調査グループがラパス県対象村落 Vilaque 村にて行なう地表踏査において、実施機関の村落給水計画グループは地下水調査グループと合同トレーニングとして、配水施設や地域の面から最適となる井戸掘削地点の選定に関するトレーニングを行なう。

(7) 技術支援の目標達成度確認

コンサルタント及び本邦業者の各技術者は、実施機関技術者のトレーニング目標達成度を確認し、その結果を取りまとめる。コンサルタント側統括監理は、各分野のトレーニング結果を最終報告書として取りまとめ、「ボ」国受入機関並びに実施機関に提出する。各分野の技術支援の目標とその達成度に関する確認項目を表 3.35 に示し、目標達成度の確認方法を以下に述べる。

1) 地下水調査

地下水調査の分野は、コンサルタント及び本邦業者の技術者が実施機関担当者の作成する「 ρ -a 曲線及び比抵抗柱状図」や「ケーシングプログラム」について正確度をチェックする。例えば物理探査の場合は、探査技術の正確さ(電極配置と展開、測定データの良否、妨害要員の判断等)を照査し、測定技術の運用計画やその応用度をチェックする。また、水理地質は「 ρ -a 曲線及び比抵抗柱状図」から決定した井戸深度の正確度であり、電気検層では検層結果から作成したケーシングプログラムにおけるスクリーンの予想設置長さの適正度を総合的に判断する。上記技術者は、第一次トレーニング前に準備したチェックシートに判定結果を記入する。各村落での調査ごとにこの判定を行なうとともに、その内容に応じて、適切なアドバイスを行なう。

2) 井戸掘削技術

井戸掘削技術は本邦業者による派遣技術者の目視により、作業状況を判定することとなる。具体的には泥水管理状況、グラベルパッキングの充填状況が挙げられ、適正に行なわれないと予測された場合は、その場で作業の修整等のアドバイスを与える。各村落での作業終了毎にチェックシートを用いて作業に要した日数から習得度を判定する。

3) 村落給水計画

水道技術における施設設計については、ラパス県 Vilaque 村に関する施設設計をケーススタディとして行い、実施機関技術者が設計した施設仕様と調査団が設計した施設仕様と比較し、その適正度を判定する。

4) 電気・機械

電気機械は、水中ポンプの分解・組立の正確さ、その他機器の構造理解、シーケンス図の作成結果等から達成度を確認する。

5) 地域開発

ラパス県 Vilaque 村にて行なった質問紙調査とワークショップから得た結果から、トレーニングの目標達成度を評価する。具体的には、質問紙調査から得られる結果は、村落の社会状況、水道料金の支払意思額、支払可能額となる。また、ワークショップからは Community Map、Seasonal Calendar、PDM (Project Design Matrix) となる。

表 3.35 技術支援目標達成度の確認

分野	トレーニングの最終目標	達成度の確認項目
地下水調査	地下水調査方法の習得	①「 ρ -a 曲線及び比抵抗柱状図」が的確に作成できるかどうか ②水平探査の「解析断面図」が的確に作成できるかどうか ③電気検層結果と物理探査結果との整合性も評価できるかどうか ④ケーシングプログラムが的確に作成できるかどうか ⑤揚水試験結果からの適正揚水量値が的確に決定できるかどうか
井戸掘削技術	井戸建設技術の習得	①地質条件に適した掘削方式の選択ができるかどうか ②泥水管理が適切に実施できるかどうか ③サンプリングからの地質柱状図が作成できるかどうか ④グラベルパッキング作業が迅速かつ適切にできるかどうか ⑤井戸仕上げ作業が適切に実施できるかどうか
村落給水計画	村落水道施設の設計及び施工管理技術の習得	①村落状況に適した施設設計画図が計画できるかどうか ②施設設計計算が正確にできるかどうか ③コンクリート強度簡易試験結果の正確な判断と応用
電気・機械	水中モーター-ポンプと発電機に関する取扱いの習得	①電気シーケンス図の作成ができるかどうか ②ポンプ取扱いが的確におこなえるかどうか ③発電機取扱いが的確におこなえるかどうか
地域開発	PCM を含む参加型社会調査方法の習得	①Community Map が作成できるかどうか ②Seasonal Calendar が作成できるかどうか ③質問紙調査の実施と分析が適切にできるかどうか ④PDM (Project Design Matrix) の作成ができるかどうか ⑤村落の問題点の把握と解決策が提示できるかどうか

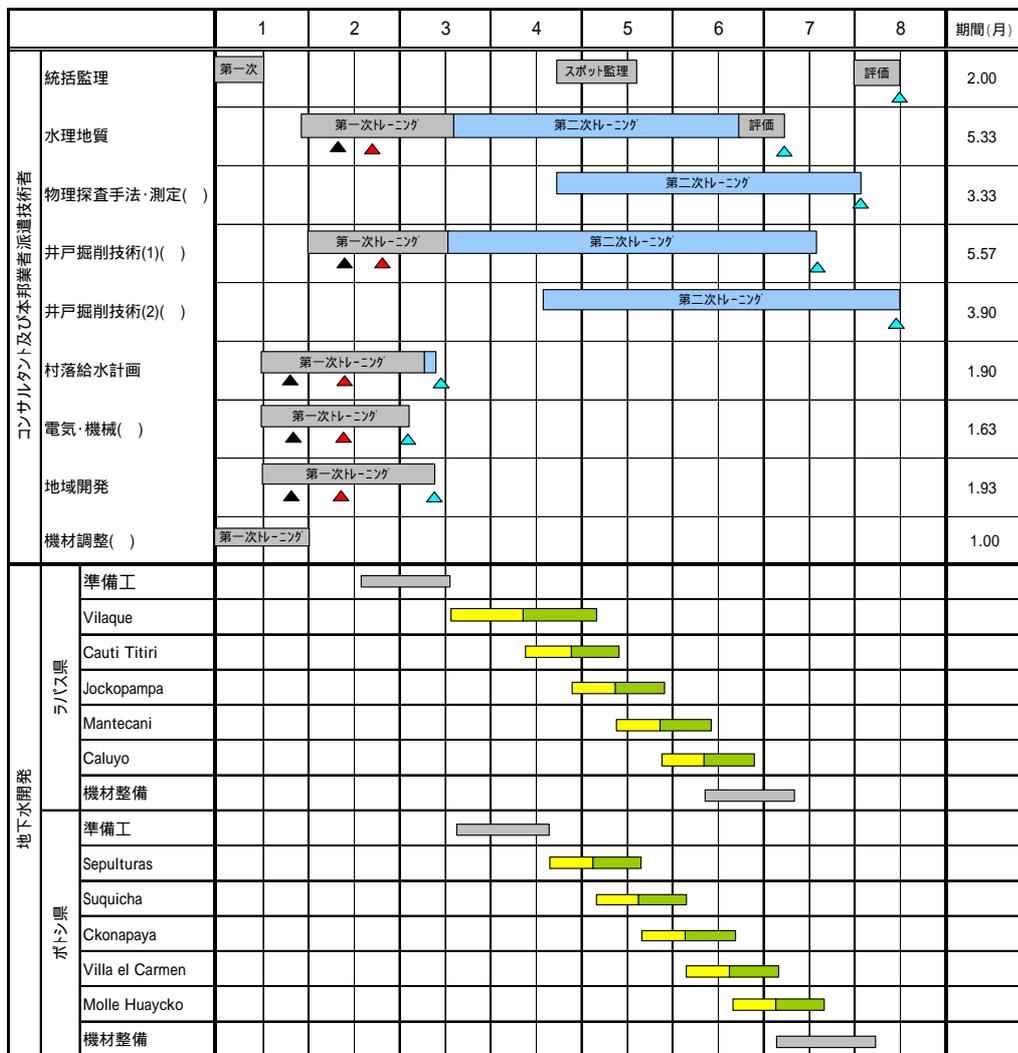
(8) 技術支援の全体工程

対象サイトの井戸深度は最大 120mと予想され、深井戸建設は約 1.0 ヶ月/井を要するものと見積もられる。しかしながら、最初の Vilaque 村における地下水開発は合同 OJT を兼ねて、①井戸機械の操作、②井戸掘削中の泥水管理、③井戸仕上げ等のトレーニングを詳細に行なうことから、約 1.5 ヶ月を要するものと見積もられる。

また、井戸工事は大きく井戸掘削機械による工程と支援車輛（クレーン付トラック等）により行なう工程に分けられる。掘削機械は据付からケーシング挿入までを終了すると次のサイトに移動し、同じ作業を継続する。支援車輛による作業は揚水試験からポンプ据付までを行い、井戸掘削機械と同様に次のサイトに移動し、同じ作業を行なう。なお、各県における井戸掘削開始前には、「ボ」国側による準備工(井戸建設予定地までのアクセス道路の建設)が実施されなければならない。

技術支援にかかる全工程は次の表 3.36 に示すように約 7.5 ヶ月を要する。

表 3.36 技術支援の全体工程



井戸掘削機による作業
 コニックによる作業
 ▲ チェックシート作成 ▲ テキスト作成 ▲ 評価報告書作成
 印は本邦業者による派遣技術者

3.2.5 プロジェクト実施にかかる基本計画

(1) 実施手順と実施体制

事業実施の手順は基本的に従来どおり、事業実施に関する交換公文（E/N）が両国政府間で調印され、その後本邦コンサルタントと「ボ」国政府実施機関である住居・生活基盤整備省生活基盤整備局（MVSB）との間でコンサルタント業務契約が結ばれることとなる。「ボ」国側は E/N 締結直後直ちに銀行取極め（B/A）を行なう。その後、本プロジェクトの進捗に従って、日本関係者や調達資機材等の必要な関税・国内税の免除等に対する処置を行なうこととなる。

コンサルタントの業務内容は、①入札図書作成、②資機材調達業者の入札代行業務、③調達資機材の現地搬入までの管理、④技術支援の実施等となる。従って、プロジェクトの実施体制は次の図に示す体制によって実施されることとなる。

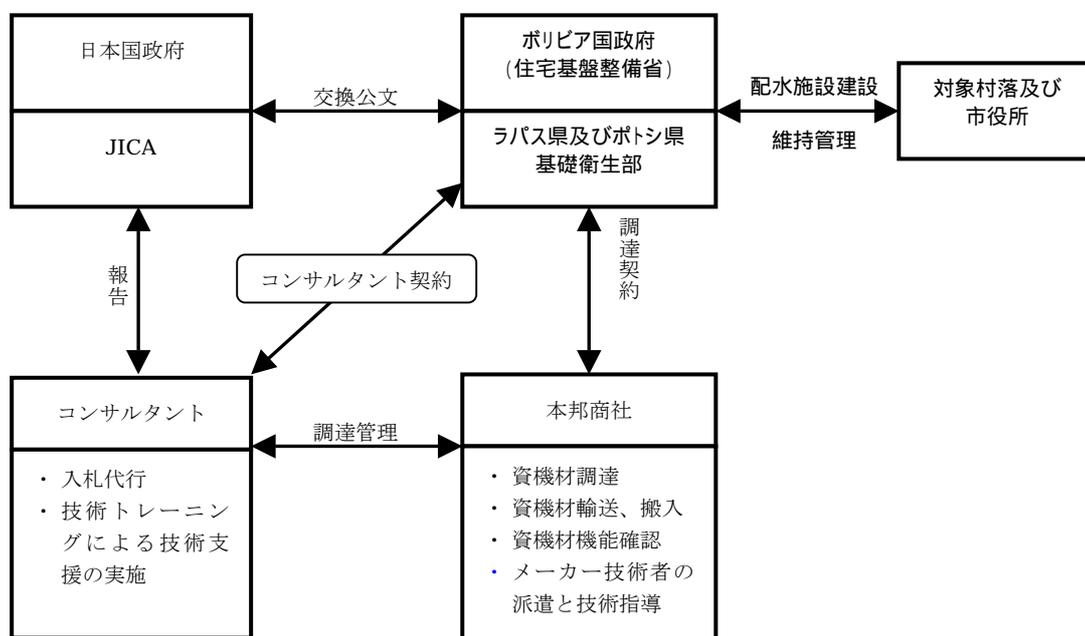


図 3.6 プロジェクト実施体制

(2) 事業実施工程

1) 資機材調達にかかる工程

資機材調達にかかる工程は約 10 ヶ月を要し、資機材調達は次に示すとおり製作、輸送及び検査及び調整に分けられる。

表 3.37 資機材調達の主な内容

項 目	内 容	期 間
機材製作・調達	井戸掘削機材 : 調達・製作 支援車両 : 調達・製作	約 5.0ヶ月
資機材輸送	・海上輸送+陸上輸送 ・日本～チリ国アリカ港～ラパス県及びポトシ県機材倉庫等	約 2.0ヶ月
資機材検査及び調整	・員数検査 ・機材調整（機材に問題が生じた場合、クレーム処理手続きを行なう） ・各県 UNASBVI への引渡し ・メーカー技術者の派遣と掘削機械の操作並びに維持管理指導	約 1.0ヶ月

2) 「ボ」国側負担工事にかかる工程

「ボ」国側負担工事は、実施機関が行なう地下水開発と対象地域の市役所が行なう配水施設工事に分けられる。第一次及び第二次計画では、掘削機械1台当たり年平均12井の深井戸を建設している。各県の第1年次対象村落のうち、各5村落がトレーニングを兼ねたプログラムで地下水開発が実施されることから、その後、実施機関が自主的に地下水開発を行なう村落数はラパス県51村落、ポトシ県87村落となる。ラパス県及びポトシ県も同様に年平均12井が実施可能と考えられることから、実施機関が行なう地下水開発は、ラパス県で約4年、ポトシ県で約7年の期間を要するものと判断される。

配水施設は基本的にはFPSの資金を用いて建設されることとなるが、FPSへの申請には井戸が建設されていることが条件となっており、申請期間も毎年8月～11月と決まっている。また、申請書の受理後、承認までに半年以上の期間を要している。以上のことを踏まえると、配水施設の建設は深井戸建設後、はやくても2年後の見込みとなる。

3.2.6 プロジェクト実施上の留意事項

プロジェクト実施にあたっては次のような留意事項に配慮する必要がある。

①実施機関による技術者の雇用

「ボ」国側実施機関は、技術トレーニングの開始に支障が生じないようにE/N交換までに確実に技術者の雇用を行なうことが求められる。

②E/N期限内の「ボ」国側負担工事

日本側のプロジェクト・コンポーネントは資機材調達及び自立支援のための技術トレーニングに分けられ、E/N期限内に円滑に全てが完了することが求められる。従って、「ボ」国側受入機関並びに実施機関が計画どおりに地下水開発を行なうことが求められる。

③トレーニング中の事故及び工事の瑕疵に関する責任

本プロジェクトは技術支援として、コンサルタント及び本邦業者派遣技術者が実施機関技術者にトレーニングを行い、「ボ」国実施機関が地下水開発を実施することとなる。従って、トレーニン

グ期間中の事故責任や瑕疵に関しては「ボ」国側が負う。

技術支援実施期間中、最もトラブル回避に重点を置く分野は、井戸掘削技術である。事業費の中でも井戸掘削機械が最も高い金額を占めており、トレーニング中においてドリルパイプやケーシングパイプの落下等による機材の損失が技術支援の実施スケジュールに影響することから、「ボ」国側は安全管理に対して十分な配慮を払う必要がある。

④技術支援プログラムの構築

現地調査の結果、過去実施された地方地下水開発計画の技術支援は井戸掘削技術に重点が置かれたため、地下水調査や村落給水としての地下水開発という面で適切に行なわれていないことを確認した。本プロジェクトでは水源を地下水とした村落給水というテーマの技術支援を行なうこととするが、将来的にはこの技術支援が「ボ」国側技術者で継続可能なトレーニング内容となるように努める。

⑤招聘技術者の招聘にかかる経費の負担

実施機関実担当者を一同に集めて行なう技術支援は、ラパス県実施機関所有地で行なうことを予定するが、技術支援に参加する他県の技術者の招聘と宿泊にかかる負担は「ボ」国側の負担となる。

⑥配水施設建設申請手続き

「ボ」国側実施機関並びに市役所は対象地域の配水施設建設を効果的な時期に行なえるよう、各対象村落における地下水開発の終了後、直ちに FPS への配水施設建設申請手続きの準備を行なう必要がある。

3.2.7 実施区分

本プロジェクトにおける実施区分は表 3.38 のとおりとなる。

表 3.38 実施区分表

プロジェクト・コンポーネント	日本国側の負担	「ボ」国側の負担
資機材調達	①井戸掘削機材 ②掘削機支援機材 ③試験・測定機器 ④井戸建設資機材(1~3年次) ⑤上記スペアパーツ ⑥井戸建設ベントナイト(1年次)	①資機材保管用地の確保、整備 ②車輜修理工場の確保、整備 ③資機材技能工、技術員、管理者の雇用 ④井戸建設にかかる消耗品の調達 ⑤調達資機材の適切な利用と維持管理
技術トレーニングによる技術支援	①地下水調査トレーニングの実施 ②井戸掘削技術トレーニングの実施 ③村落給水計画トレーニングの実施 ④電気・機械トレーニングの実施 ⑤地域開発トレーニングの実施	①室内トレーニング用施設及び備品の確保 ②コンサルタント技術者用ワーキングスペース及び備品の確保 ③上記利用にかかる光熱費の負担 ④トレーニング円滑実施のための業務調整員1名の配置 ⑤技術トレーニングトレーナ候補の選定と確保 ⑥招聘技術者の宿泊・日当の負担 ⑦各トレーニングにかかる補助員の配置

プロジェクト・コンポーネント	日本国側の負担	「ボ」国側の負担
		⑧ トレーニング用マテリアル作成カウンターパートの派遣 ⑨ 井戸建設予定地までのアクセス道路建設
プロジェクト実施にかかる事項		① 関税・国内税の免税措置 ② 日本人プロジェクト関係者に対する便宜供与 ③ 銀行取極の為の銀行手数料の負担
その他		① 実施機関による水管理組合のモニタリングと支援 ② 受入機関による実施機関のモニタリングと支援 ③ プロジェクト終了後、受入機関主催による地下水開発の事例を活用したセミナー並びにフォローアップ研修開催 ④ ラバス県及びボトシ県第1年次対象村落の施設建設 ⑤ ラバス県及びボトシ県2～3年次対象村落の機材調達（水中ポンプ）と施設建設 ⑥ 5カ年計画対象村落のFPS申請手続きを指導

3.2.8 業務実施計画

(1) 業務内容

本プロジェクトにおけるコンサルタントの業務内容は次のとおりとなる。

表 3.39 コンサルタントの業務内容

業務項目		主な内容
1. 資機材調達	(1) 現地調査	① 資機材調達内容確認 ② 実施機関における技術者雇用に進捗状況確認 ③ 実施機関の井戸掘削班の整備準備状況、機材保管場所、修理工場の準備状況
	(2) 国内作業	① 資機材調達入札図書作成 ② 入札業務（入札代行、入札結果評価、業者契約締結補助） ③ 機材製作の承認業務 ④ 資機材出荷前の検査 ⑤ 機材製作進捗状況確認及び「ボ」国側への報告 ⑥ 調達資機材の検査
	(3) 現地作業	① 資機材員数検査への立会い ② 「ボ」国側への資機材引渡しへの立会い
2. 技術トレーニングによる技術支援	現地作業	(コンサルタント担当分野に対する) ① テキストの作成 ② 講義形式によるトレーニングの実施 ③ OJT形式によるトレーニングの実施

(2) 業務担当者

上記業務実施のため、次の技術者と専門職を配置する。

表 3.40 配置される技術者

専門職 (各 1 名)		業務内容
実施設計	業務主任	<ul style="list-style-type: none"> プロジェクトの調達業務全般を管理及び実施促進 受入機関及び実施機関 UNASBVI との協議
	機材計画	<ul style="list-style-type: none"> 機材仕様の作成と確認 製品検査、資機材輸送到着後の員数検査
	積算	<ul style="list-style-type: none"> 基本設計時積算の見直しや変更に伴う積算調整
	入札図書作成	<ul style="list-style-type: none"> 入札用図書や契約書の作成
資機材調達・監理	調達管理(※)	<ul style="list-style-type: none"> 調達機材の員数検査及び組立調整
	統括監理	<ul style="list-style-type: none"> 受入機関及び実施機関 UNASBVI との協議並びに事前準備 実施機関技術者のトレーニング習得度の評価
	機材計画	<ul style="list-style-type: none"> 製品検査
技術トレーニングによる技術支援	水理地質	<ul style="list-style-type: none"> 第一次及び第二次トレーニングの実施
	物理探査手法・測定(※)	<ul style="list-style-type: none"> 第二次トレーニングの実施
	井戸掘削技術(1)(※)	<ul style="list-style-type: none"> 第一次及び第二次トレーニングの実施
	井戸掘削技術(2)(※)	<ul style="list-style-type: none"> 第二次トレーニングの実施
	村落給水計画	<ul style="list-style-type: none"> 第一次トレーニングの実施 第二次トレーニングの実施
	電気・機械(※)	<ul style="list-style-type: none"> 第一次トレーニングの実施
	地域開発	<ul style="list-style-type: none"> 第一次トレーニングの実施

※印は本邦業者による派遣技術者

3.2.9 資機材調達計画

本プロジェクトで調達される資機材は「ボ」国における建設事情、井戸建設事情等を勘案して、次に示す調達先とする。尚、「ボ」国ではアメリカ石油協会（API）やアメリカ材料試験協会（ASTM）に基づいたケーシング、フィルター類を水井戸や油井戸に用いており、これら材料のストックを有しているサプライヤーが確認されている。日本側の自立支援に関する協力が終了後、実施機関はこれらの現地サプライヤーからケーシング類を購入し、プロジェクトを続行することから、ケーシングやスクリーン等は現地調達とした。

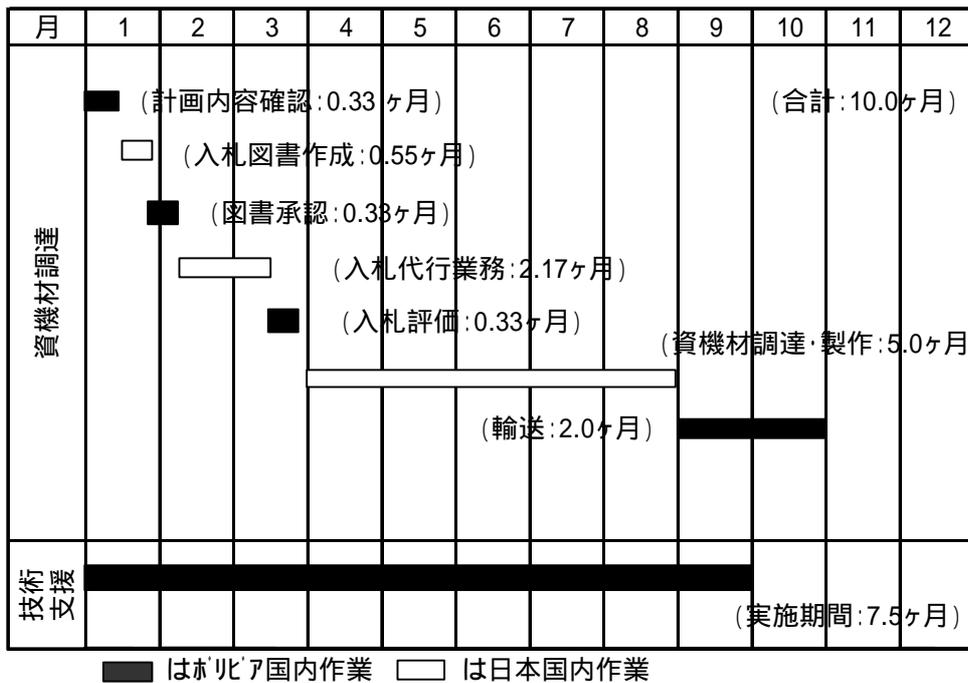
表 3.41 資機材調達先リスト

資機材項目	「ボ」国	日本国	第三国
井戸掘削機材（掘削リグ、エアーコンプレッサー等）		○	
井戸掘削支援機材	ユニック車、給水車	○	
	ピックアップ、ステーションワゴン	○	
試験・測定機器		○	○
井戸建設資機材	ケーシング、フィルター、	○	
	水中ポンプ		○
井戸建設資材	充填砂利	○	
	ベントナイト		○
土木建設資材（砂、骨材、セメント、木材）	○		

3.2.10 実施工程

本プロジェクトにかかる実施工程を次に示す。

表 3.42 実施工程



3.3 「ボ」国側負担事項

本プロジェクト実施に際し、「ボ」国側が行なうべき負担事項は以下のとおりとなる。

表 3.43 「ボ」国側負担事項

プロジェクト・コンポーネント等	内 容
1.資機材調達	資機材保管用地の確保、整備 車輛修理工場の確保、整備 資機材技能工（ドリラー、メカニック、電工）技術員、管理者の雇用 井戸建設にかかる消耗品（燃料、セメント等）の調達 調達資機材の適切な利用と維持管理
2.技術トレーニングによる技術支援	室内トレーニング用施設及び備品（机、椅子、複写機、プロジェクター、黒板等）の確保 コンサルタント技術者用ワーキングスペース及び備品（机、椅子）等の確保 上記利用にかかる光熱費の負担 トレーニング円滑実施のための業務調整員 1 名の配置 技術トレーニングトレーナー候補の選定と確保 実施機関より招聘する技術者の宿泊・日当の負担 各トレーニングにかかる補助員と消耗品（燃料、資材等）の調達 トレーニング用マテリアル作成カウンターパートの派遣 井戸建設予定地までのアクセス道路建設
3.プロジェクト実施にかかる事項	プロジェクトの持ち込まれた資機材の関税・国内税の免税とその措置 日本人プロジェクト関係者に対する出入国や安全な環境での滞在の為の便宜供与 銀行取極の為の銀行手数料の各県による負担
4.その他	実施機関による水管理組合のモニタリングと支援 受入機関による実施機関のモニタリングと支援 プロジェクト終了後、受入機関主催による地下水開発の事例を活用したセミナー並びにフォローアップ研修開催 ラバス県 1 年次対象村落の施設建設 ラバス県 2～3 年次対象村落の機材調達と施設建設 ポトシ県 1 年次対象村落の施設建設 ポトシ県 2～3 年次対象村落の機材調達と施設建設 5 年計画対象村落の FPS 申請手続きを指導

3.4 概算事業費

3.4.1 概算事業費

本プロジェクトを我が国の無償資金協力により実施する場合、事業費総額は約 18.24 億円と見積もられ、日本国側負担は約 9.67 億円、「ボ」国側負担は約 8.57 億円（5,337 万 Bs）と見積もられる。

3.4.2 日本国側負担経費

日本国側負担経費は資機材調達並びに設計監理費に分けられ、以下にそれらの費用を示す。

表 3.44 日本側負担経費

事業費区分	金額(億円)
1) 資機材調達	9.12
2) 設計監理費	0.55
計	9.67

3.4.3 「ボ」国側負担経費

「ボ」国側負担経費は資機材調達、技術支援にかかる経費、並びに対象村落における地下水開発費と配水施設建設費に分けられる。資機材調達に関しては、資機材用保管倉庫や車輛修理工場は既に準備済みであることから、地下水開発計画費、配水施設建設費、並びに技術支援にかかる経費が「ボ」国側負担経費となる。

日本国側の調達資機材には第1年次から第3年次までのケーシング類並びに第1年次対象村落の水中モーターポンプまで含まれる。この条件における「ボ」国側の負担経費は、下記の表に示すとおりとなる。配水施設建設については、第1年次は配水施設建設工事にかかる費用が必要となり、第2年次から3年次は全配水施設工事に加え、水中モーターポンプの調達費用が必要となる。地下水開発にかかる費用は、地下水調査、井戸建設、電気工事となる。

技術支援に関しては、ラパス県の保有するエルアルト市に位置する支所事務所と倉庫用地が室内トレーニング用に利用可能であることから、負担経費は実施機関技術者招聘にかかる費用や訓練用消耗品代等となる。

表 3.45 「ボ」国側負担経費

項 目		経費	
技術支援(実施機関技術者宿泊費及び日当(ポトシ県他4県)、コピー機消耗品)		Bs 273,000	(438万円)
ラパス県	1年次対象10村落における地下水調査、井戸工事、電気工事	Bs 270,000	(433万円)
	2~3年次対象22村落における地下水調査、井戸・電気工事	Bs 594,000	(953万円)
	1年次対象村落の配水施設建設	Bs 4,650,000	(7,463万円)
	2~3年次対象村落の水中ポンプ調達と配水施設建設	Bs 11,682,000	(18,750万円)
	消耗材料(セメント・砂利・タイヤ・トラック部品等)	Bs 324,000	(520万円)
	技術員・職員の雇用(1~3年次)	Bs 3,298,000	(5,295万円)
	小 計	Bs 21,091,000	(33,865万円)
ポトシ県	1年次対象17村落における地下水調査、井戸工事、電気工事	Bs 459,000	(736万円)
	2~3年次対象36村落における地下水調査、井戸・電気工事	Bs 972,000	(1,559万円)
	1年次対象村落の配水施設建設	Bs 7,905,000	(12,688万円)
	2~3年次対象村落の水中ポンプ調達と配水施設建設	Bs 19,116,000	(30,586万円)
	消耗材料(セメント・砂利・タイヤ・トラック部品等)	Bs 536,000	(860万円)
	技術員・職員の雇用(1~3年次)	Bs 3,298,000	(5,295万円)
	小 計	Bs 32,286,000	(51,840万円)
合 計	Bs 53,377,000	(85,705万円)	

3.4.4 積算条件

- (1) 積算時点 平成 15 年 1 月
- (2) 為替交換レート 1 US \$ = 121.87 円
1 US \$ = 7.59 Bs.
1 Bs. = 16.05 円
- (3) 施工期間 プロジェクトは単年度にて実施され、実施内容別の期間は事業実施工程図に示した通りである。
- (4) その他 本プロジェクトは日本国政府の無償資金協力の制度に従い実施される。

3.5 運営・維持管理計画

調達資機材のうち、維持管理に関連する機材は井戸掘削機が該当する。掘削機は車輛部分については、実施機関の保有する修理工場にて点検・整備されることから、維持管理費用に人件費のみとなり、対象外となる。さらに、ボーリング部分についても、修理に当たるのは実施機関の整備工と井戸技能工が行なうことから、消耗品並びにパーツ類が該当する。

始動前点検用のグリスアップ等消耗品の費用が毎年 6 万 Bs. (96.3 万円) 必要となる。また、3 年毎に発生するオーバーホール用スペアパーツの費用が約 37 万 Bs. (約 600 万円) 必要となる。従って、維持管理費は通常時に 6 万 Bs. (96.3 万円)、3 年毎に 43 万 Bs. (696.3 万円) と見積られる。

これに加えて、5 ヶ年計画のうち 4~5 年次については、ケーシングや水中ポンプ等の資機材調達から給水施設建設までを「ボ」国側が独自で実施することとなる。これらの概算経費を表 3.46 に示す。

表 3.46 運営維持管理の必要経費

項 目		経 費	
県 パス ポ	4 年次対象 11 村落における地下水調査、井戸工事、電気工事	Bs 297,000	(477 万円)
	4 年次対象 11 村落のスクリーン・ケーシング・水中ポンプ調達と配水施設建設	Bs 6,941,000	(11,140 万円)
	5 年次対象 13 村落における地下水調査、井戸工事、電気工事	Bs 351,000	(563 万円)
	5 年次対象 13 村落のスクリーン・ケーシング・水中ポンプ調達と配水施設建設	Bs 8,203,000	(13,166 万円)
	小計	Bs 15,792,000	(25,346 万円)
県 シ ン ポ	4 年次対象 20 村落における地下水調査、井戸工事、電気工事	Bs 540,000	(887 万円)
	4 年次対象 20 村落のスクリーン・ケーシング・水中ポンプ調達と配水施設建設	Bs 12,620,000	(20,255 万円)
	5 年次対象 19 村落における地下水調査、井戸工事、電気工事	Bs 513,000	(823 万円)
	5 年次対象 19 村落のスクリーン・ケーシング・水中ポンプ調達と配水施設建設	Bs 11,989,000	(19,242 万円)
	小計	Bs 25,662,000	(41,207 万円)
合計		Bs 41,454,000	(66,553 万円)