

ボリビア多民族国
井戸診断による長寿命化に関する
案件化調査

業務完了報告書

平成27年8月
(2015年)

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

株式会社レアックス

国内
JR
15-044

要約

1. ボリビア国の現状

1) 給水分野における開発課題

ボリビア多民族国（以下、ボリビア）において「安全な水にアクセスできる人口」は全国で 88%（2010 年）であり、ミレニアム開発目標である全国給水率 78.5%は達成された（出典：対ボリビア国別援助方針 2012 年 6 月）。しかし、地方部での整備不足が依然顕著であり、都市周辺部では地方からの人口流入が激しく、給水サービスが立ち遅れている。

我が国は、1988 年以降の無償資金協力により井戸の掘削にかかる機材供与と技術移転を実施し、さらに 2005 年から 2011 年にわたる「生命の水プロジェクト(フェーズ 1, フェーズ 2)」等にて、組織能力強化や維持管理能力の向上等の技術移転を行った結果、約 2,000 本の井戸が掘削されてきた。しかし、これらの井戸の約 40%が 10 年以上経過しているが、揚水量の低下に対して井戸の機能診断はほとんど実施されていない。既存の井戸施設の老朽化による機能不全も飲料水供給率を停滞させる大きな要因である。

これら約 2,000 本の井戸のうち、建設後の揚水能力の低下に関するデータが記録されているのは、1990 年に日本の無償資金協力事業で建設され、現在 EPSAS が管理するエルアルト市ティラタ地区の 30 本の井戸のみであり、既存資料からはボリビア全国の井戸について機能低下の地域的特徴を見出すことはできない。

ティラタ地区の井戸については、未改修¹のまま 25 年が経過して機能低下が著しく、揚水量が 30/s 前後にまで低下し、合計 22 井（73%）が建設から 20～24 年後に廃井され、同じ敷地内に新たな井戸 21 井が建設されている。

2) 給水分野における組織・体制

ボリビアの給水事業は、国では環境・水省の飲料水・基礎衛生次官室（VAPSB）、県では水・基礎衛生・住宅部課（UNASBVI）、市レベルでは技術課（UTIM）が所管している。本来、地方分権化により村落給水の支援義務は市が担っているものの、中小規模の市は資金・技術力不足から国・県からの支援を受けているのが現状である。ボリビアでは人口 2 千人以上の地域を都市部、2 千人未満の地域を村落部と分類しており、実務を行う給水事業者として、都市部では市の監督下にある水道公社、水道組合があり、村落部では村落の水委員会（CAPyS）がある。村落の水委員会は、通常地元住民で構成されている。都市部及び村落部の給水事業関係者の組織図を図-1 及び図-2 に示す。

¹ 改修を施していないこと。井戸は完成直後最大の能力を持っていて、この能力は、揚水を継続することにより取水量の減少、井戸水位の低下、スクリーン目詰まり等、種々の障害により減退していく。改修とは、このような井戸の能力の減退を出来る限り完成時と同等に戻す、あるいは改修工事を定期的を実施することにより、井戸能力の減退を極力小さくすること。

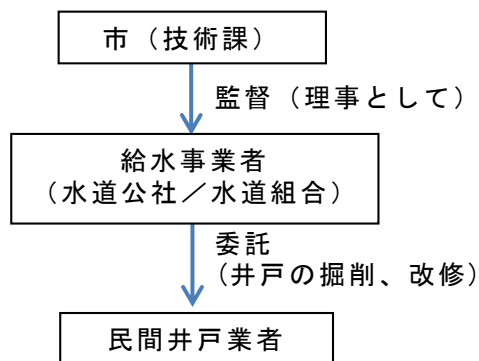


図-1 都市部の給水事業関係者組織図

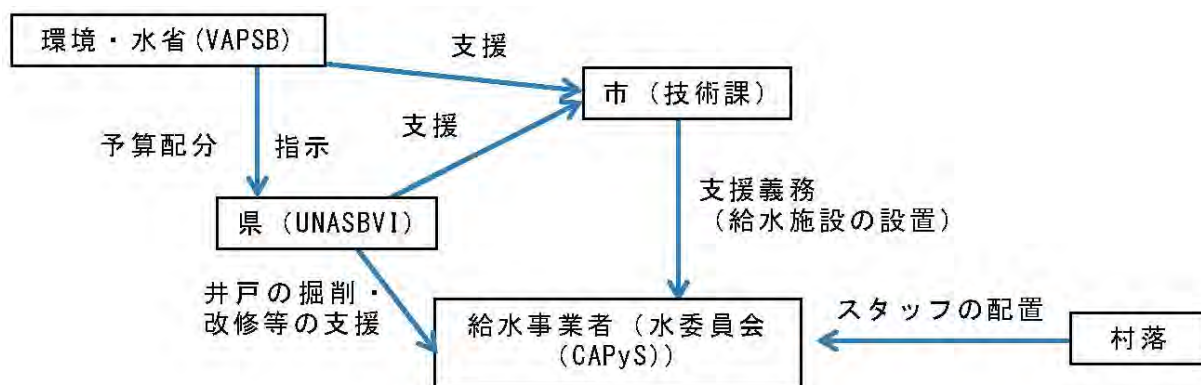


図-2 村落部の給水事業関係者組織図

2. 提案企業の製品・技術の活用可能性

提案企業である㈱レアックスは1988年に創業し、BIP（Borehole Image Processing）システムを始めとする最新の調査ツールを開発・生産・販売・レンタルするほか、これらのツールにより取得した高度地質情報を基に様々な地質・コンサルティング関連業務に携わっている。

活用予定の製品は、提案企業が開発したボアホールカメラ BIP シリーズの中の【井戸カメラ i-Do300FⅡ】であり、2002年に開発され、図-3に示すように井戸内部の状態を画像・映像により診断し、井戸の破損個所の特定や機能不全の原因を解明する水中用のカメラである。前方カメラ及び側方カメラを随時切り替えるとともに、左右任意の方向に回転させることができ、人が直接目視では確認できない地下の状況や構造を明らかにする優れた製品である。

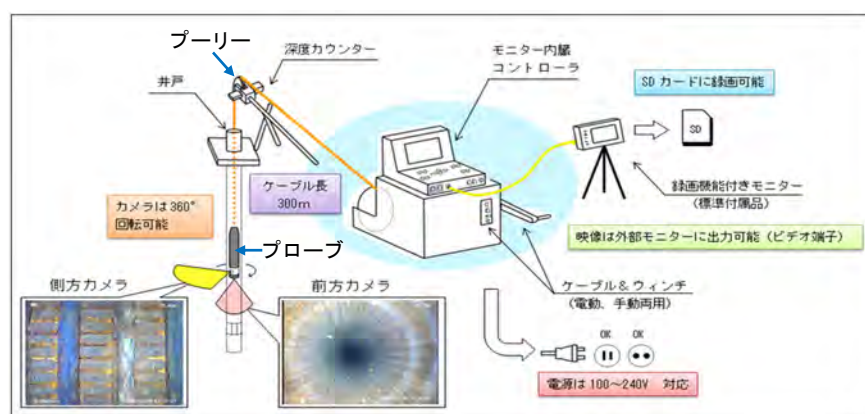


図-3 井戸カメラ i-Do300F II での測定の概要

3. 活用が見込まれる製品・技術に関する調査及び活用可能性の検討結果

1) 製品・技術の検証活動

第1回現地調査(2014年12月実施)においては、現地関係者への聞き取りにより、主に本製品をどの給水事業関係機関がどのような調達方法で購入する可能性があるかについて調査した。その結果、村落給水を支援する各県のUNASBVIが年次予算に井戸カメラの購入経費を追加計上し、国内発注システム(SICOES)に入札図書を公開し競争入札を行うことにより購入ができることが分かった。また、UNASBVIには改修工事班が組織されており、村落からの要請により井戸洗浄を実施しているほか、調査・測定機器や井戸掘削機材の操作に習熟した要員を擁し、井戸カメラによる診断及び改修を行う体制を整えることが可能であることから、提案する井戸カメラを用いた診断技術を実証し、普及させる事業のカウンターパートとして適任であると考えられる。

第2回現地調査(2015年2月下旬～3月下旬)における実証デモは、カウンターパートを含む給水事業関係者を招き、EPSASが管理するエルアルト市ティラタ地区井戸群のうち、建設後25年が経過し揚水能力が著しく低下している井戸(A8)と5年前(2010年)に新規に建設された井戸(A9-II)の合計2か所の井戸を用いて行った。その井戸諸元、改修前後の揚水量・水位及び用いた改修方法は表-1に示すとおりである。

表-1 実証デモ対象井の諸元及び改修結果(エルアルト市ティラタ地区)

井戸番号	A8	A9-II
井戸深	90m	123m
ケーシングパイプ直径	250mm (10in.)	200mm (8in.)
スクリーンタイプ スロット幅	ジョンソン 0.3 mm	ジョンソン 1.0 mm
初期揚水量	11.7 ㍓/s (1990年)	18 ㍓/s (2010年)
初期静水位	-12.90m (1990年)	-11.95m (2010)
初期動水位	-25.40m (1990年)	-29.47m (2010年)
改修前(2015年3月)の揚水量	3.1 ㍓/s	9.7 ㍓/s

改修前（2015 年 3 月）の静水位	-19.60m	-19.98m
改修前（2015 年 3 月）の動水位	-47.45m	-29.87m
改修方法	ブラッシング（上下方向のみ）、ジェッティング、エアーリフト	ブラッシング、衝撃波法（窒素ガス）、エアーリフト
改修後（2015 年 3 月）の揚水量	3.0 ℓ/s	16.0 ℓ/s
改修後（2015 年 3 月）の静水位	-20.17m	-16.40m
改修後（2015 年 3 月）の動水位	-36.74m	-27.24m

実証デモの結果は、A8 井では改修前の診断では写真-1 に示すように、スクリーンの確認ができないほどスケールの付着が激しく、一般的な改修方法では表面のスケールを除去したに過ぎず、目詰まりの改善がほとんど見られなかった。25 年間も未改修のままであった井戸は、特殊な改修技術を用いない限り機能回復は困難であることが明らかになった。

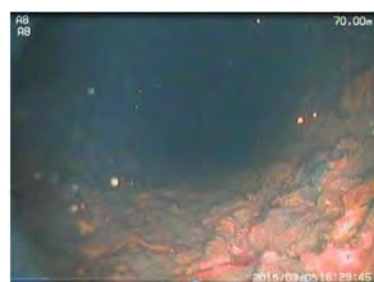
一方、A9-II 井は、写真-2 に示すように、改修前の井戸カメラでの観察ではスクリーンが確認でき、A8 井に比べてスケールの付着は激しくなく、改修効果が期待された。改修の結果、見た目も水位・揚水量の計測結果からも機能回復が明らかであった。

こうして、井戸カメラにより井戸内の状況、特に目詰まりの状況と改修による回復の可能性を直接的に観察でき、改修効果も評価できることが実証され、ボリビア側の関係者の関心を集めることができた。

前方カメラで観たスクリーン（改修前）



前方カメラで観たスクリーン（改修後）



側方カメラで観たスクリーン（改修前）



側方カメラで観たスクリーン（改修後）



写真-1 井戸カメラによる改修効果の確認実証（A8 井）

側方カメラで観たスクリーン（改修前）



側方カメラで観たスクリーン（改修後）



写真-2 井戸カメラによる改修効果の確認実証（A9-II井）

技術紹介セミナーは、ラパス県、オルロ県、サンタクルス県の3か所で、それぞれ半日程度の時間をかけて JICA、環境・水省、各県との共催の形で実施した。セミナーの招待者は、環境・水省、各県の UNASBVI、都市部水道公社、各援助機関、大学等の研究者、民間井戸業者を対象とした。セミナーでは、主に実証デモの成果を報告するほか、改修の費用対効果の側面を解説した。技術紹介セミナーでは、井戸カメラによる診断から改修までの技術全般について、ボリビア側参加者の高い関心が示され、井戸カメラの活用可能性が明らかとなった。

2) 製品・技術の現地適合性検証

ボリビアではスクリーンの目詰まり対策としてエアリフトやブラッシング等の一般的な改修技術のほか、衝撃波法のような特殊な改修技術もある。各県の UNASBVI や民間井戸業者の多くは、エアリフトの技術と機材を有しているが、井戸の機能低下の原因は何か、改修すべきか否か、あるいはどの改修方法を採用すべきか、といった判断根拠を与える井戸診断の手段が定着・普及していないことが問題となっている。

一方、ごく少数ながらも井戸カメラを利用して診断・改修サービスを提供している民間井戸業者があり、このサービスを利用している都市部の水道公社があることも調査の結果から明らかになっている。こうした背景から、井戸カメラによる診断は現地ボリビアで受容される技術であるといえる。

3) 製品・技術のニーズの確認

現地調査の結果、関係者との面談、実証デモ、技術紹介セミナー等を通じて、ボリビアの国や県の給水事業責任者が、井戸診断のために井戸カメラが有効であり、適切な改修方法を用いれば新規井戸建設よりも改修による長寿命化の方が費用対効果が高いことを認識していることが明らかとなった。給水率の向上のために安定的な水源確保を図る上から、機能低下した井戸の診断技術と診断に基づいた適切な改修方法の選定・実施へのニーズが高まっている。

村落部においては、給水施設の維持管理は村落の水委員会から要請を受けた県の UNASBVI が実務を行っており、井戸カメラを購入して村落部の井戸診断・改修に利用するのは県の UNASBVI であると考えられる。現地調査において、MMAyA、ラパス県、チュキサカ県、SeLA 等から、カメラ購入の予算計上をするために、詳細仕様と見積価格

を提示するよう要請があった。こうした要請があるということは具体的にニーズが高く、しかも早い段階での購入が検討されているものと考えられる。

各機関の給水事業予算の規模については、表-2 に示すとおりであり、USD903/井・回の井戸診断を実施することが可能であるし、井戸カメラの調達（USD66,366/台）は井戸掘削機材等と同様に別途予算請求し、承認されれば翌年度に実施することが可能である。チュキサカ県の場合も、昨年別途予算請求して今年度調達を行ったし、MMAyAも今年度別途予算請求して来年度の調達を計画している。

表-2 各機関の給水事業予算（2011 年度）

給水事業関係機関名	年間予算規模 (USD/年)
環境・水省(MMAyA)	40,327,219
サンタクルス県JICA地下水事業(PROASU-JICA)	78,651,685
チュキサカ県流域水資源課(DACRH)	505,618
タリハ県水・基礎衛生課(UNASBVI)	505,618
オルロ県水・基礎衛生・住宅課(UNASBVI)	159,551
ラパス県水・基礎衛生・住宅課(UNASBVI)	174,157
ポトシ県水・基礎衛生・住宅課(UNASBVI)	95,506
ベニ県水・基礎衛生・住宅課(UNASBVI)	112,360
パンド県居水・基礎衛生・住宅課(UNASBVI)	151,685
コチャバンバ県水・基礎衛生・住宅課(UNASBVI)	28,090

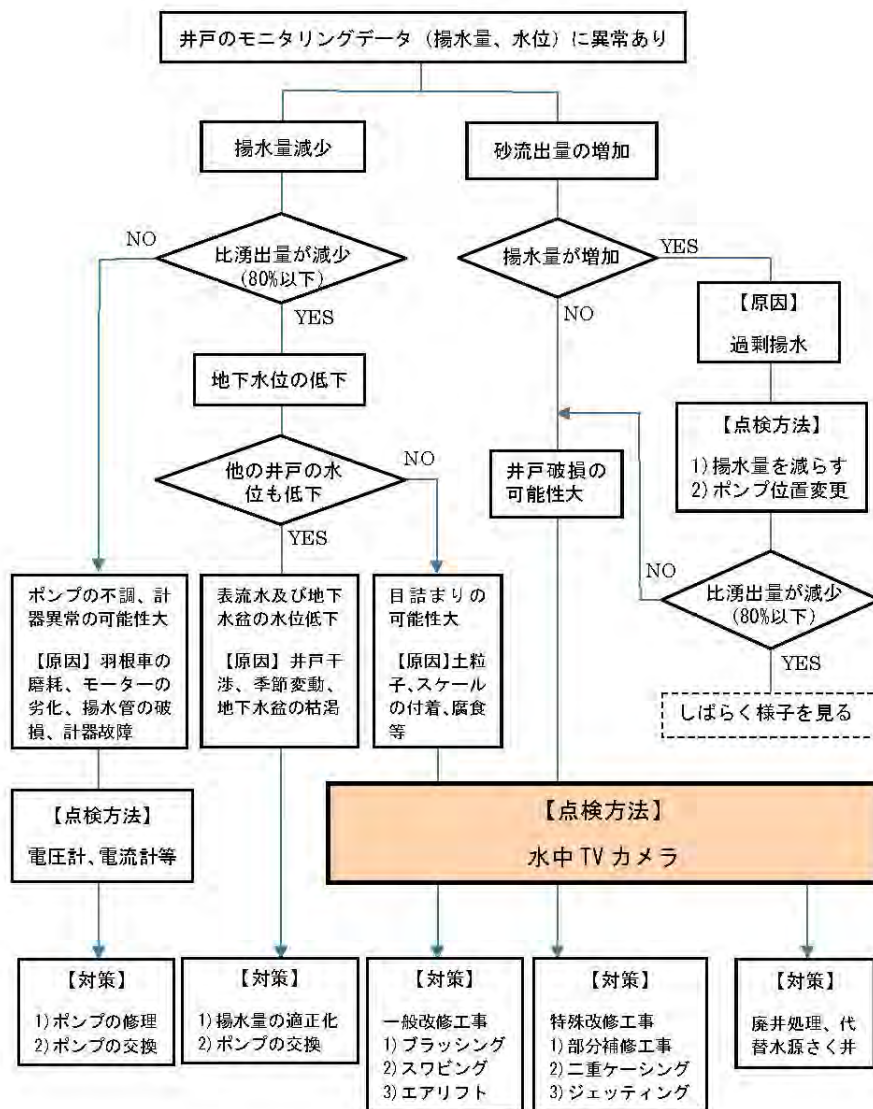
(出典: VAPSB/MMAyA及び各県のUNASBVI)

4) 製品・技術と開発課題との整合性及び有効性

井戸の機能低下対策は、図-4 の深井戸診断のフローチャートに示すように、スクリーンの目詰まり除去のほか、揚水ポンプの修理・交換、揚水量の適正化、井戸破損対策（部分補修工事、二重ケーシング²⁾）等がある。このうち井戸カメラによる診断が有効なのはスクリーンの目詰まり除去及び井戸破損対策であるが、二重ケーシング等による井戸破損対策はボリビアでは一般的ではなく、スクリーンの目詰まり除去のみが対象となる。

以下、提案製品を利用した井戸診断に基づく改修の有効性及び開発課題との整合性について検討する。

²⁾深井戸から砂の流入防止対策として、既設のケーシングの中に直径が約 10cm 小さなケーシング及びスクリーン管を挿入し、環状間隙には小砂利を充てんする改修工事。



（出典：井戸等の管理技術マニュアル、（社）日本水道協会、1999 年）

図-4 深井戸の診断フローチャート³⁴

a. 井戸カメラによる診断費用

提案製品の井戸カメラによる診断を導入した場合の診断単価を以下のとおり推定した。カメラによる診断は改修前後の正味 2 日間だが、同じ技術者が井戸診断及び改修の双方を実施するので、減価償却や維持管理費の負担額の計算にはカメラの現場拘束

³比湧出量：個々の井戸について、揚水量を水位降下量（自然水位－揚水水位）で割った値である。単位は $\text{m}^3/\text{day}/\text{m}$ であり、揚水量に関して、簡単な井戸機能診断の指標となる。一般的に、比湧出量が井戸建設時の 80% 程度まで低下したならば、改修工事等により機能回復を検討する必要がある。

⁴スワビング：井戸内にピストン状のもの（スワブ玉）を入れ、このピストンを上下させることによって水の動揺を大きくし、その衝撃作用によってストレーナ周辺の地層の閉塞を除去する方法である。

期間を診断から改修が終了するまでの 10 日間とした。

$$\begin{aligned} \text{診断費用} &= \text{井戸カメラの減価償却} + \text{診断実施費用（人件費、備車費、消耗品費、電気料金）} + \text{維持管理費（人件費、消耗品費）} \\ &= \text{USD903/回} \end{aligned}$$

b. 井戸改修費用

平均的なスクリーンの目詰まり除去の改修費用は表-3 に示すとおり、地質構造が異なると目詰まりの原因が異なり、適切な改修方法も異なるので、平均的な井戸改修費が地域によって異なる。また、ボリビア国内で採用されている改修方法に関して、方法別の改修費用（一式）は表-4 に示すとおりである。

表-3 既存井戸（深度 100m 級）の平均的改修費用

地 域	西部地区 （ラパス市・エルアルト市）	東部地区 （サンタクルス県）
井戸 1 本、1 回当たりの 平均的な改修費用 (USD)	11,119 （エアリフト、スワビング、ブラッシング等の一般改修工事及びジェットティング（高圧水）、衝撃波法等の特殊改修工事を含む）	2,381 （エアリフト、スワビング、ブラッシング等の一般改修工事を含む）

データの出処： ラパス市・エルアルト市は EPSAS、東部地区はサンタクルス県の井戸業者からの聞き取り調査による平均的な数値

改修費用： 井戸カメラによる診断費用を除いて、機材損料、作業員人件費、燃料費等のすべてを含んだ費用

表-4 既存井戸（深度 100m 級）の方法別改修費用
（井戸 1 本、改修 1 回当たり）

改修方法	方法別単価 (USD)
エアリフト	2,857
ジェットティング	1,429
ジェットティング（高圧水）	2,857
スワビング	1,607
ブラッシング	4,286
化学薬品洗浄	762
高圧スケール除去（衝撃波法）	5,655

データの出処： EPSAS、サンタクルス県の井戸業者からの聞き取りによる平均的な数値

改修費用： 井戸カメラによる診断費用を除いて、機材損料、作業員人件費、燃料費等のすべてを含んだ費用一式

井戸カメラを利用した診断を導入することで改修が多少割高（USD903）となるが、一方法当たりの費用が多少高くても、井戸カメラを用いた正確な井戸診断に基づいて予め適切な方法を選択して改修を行うのと、一方法当たりの費用が安くても目詰まり

の状況や原因が不明なまま多くの手法を試行錯誤で行うのとでは、後者の場合の方が割高になることがあり得る。

さらに、井戸建設時の竣工検査が不十分なことから、スクリーンの位置が図面と実際の施工結果とで異なる場合が少なくなく、スクリーンではない場所を洗浄した結果、選択した手法が正しかったとしても全く改修効果が得られず、経費の無駄遣いになることがあり得る。

c. 井戸新設費用

井戸 1 本当たりの新規井戸の建設費用は表-5 に示すとおりであり、改修費用と同様に地質構造が異なると新規井戸の建設費が異なる。

それぞれの地区における平均的な改修費用（表-3）に対する新規井戸建設費の割合は、西部地区では 3.6 倍、東部地区では 7.5 倍である。この費用だけの単純比較では、機能低下対策としての井戸新設をする予算で目詰まり除去の改修を西部地区で 3 回、東部地区で 7 回実施することができる。

表-5 新規井戸（深度 100m 級）の建設費用

地 域	西部地区 (ラパス市・エルアルト市)	東部地区 (サンタクルス県)
井戸 1 本当たりの 新規建設費用 (USD)	40,179	17,857

（データの出处：ラパス市・エルアルト市は EPSAS、東部地区はサンタクルス県の井戸業者からの聞き取りによる平均的な数値）

d. 井戸の機能低下

ボリビアでは、井戸の維持管理者が井戸の経年的な機能低下をモニタリングし、記録することを実施しておらず、井戸の機能低下の実態を正確に把握することは困難である。そこで、本調査で実施した実証デモの結果を基に、A9-II 井をモデル井戸とし、経年的な機能低下の状況を以下の数式を用いて推定した。

$$Q_n = Q_0 \times d^{(n-1990)}$$

ここに、 Q_n : 西暦 n 年の揚水能力
 Q_0 : 初期（1990 年）の揚水能力
 d : 年平均機能低下率

A9-II 井の建設時（2010 年）の揚水量が 18ℓ/s であり、5 年後の 2015 年には 9.7ℓ/s に減少していることから、年平均機能低下率（ d ）は上述の式から 88.4%/年である。6 年目以降の機能低下については A9-II 井のデータがないことから、同じくティラタ井戸群の A ライン及び B ラインの井戸の建設時（1990 年）から 2008 年までの年平均機能低下率 95%を用いることとする。また、モデル井はティラタ井戸群と同様に 25 年目には廃井とする。

e. 機能低下対策の効果

以下、井戸の機能低下対策としての井戸新設とスクリーンの目詰まり除去を目的とした改修との効果を比較する。上述のように、費用だけの比較では新規井戸建設よりも改修による既存井戸の回復の方が有利であるといえる。しかし、既存井戸の機能回復による効果と廃井・井戸新設による効果とを比較しないと、本当の意味で井戸の長寿命化による効果の評価をしたことにはならない。

そこで、上述のモデル井戸について、以下のケース1の25年目の井戸新設から50年目の廃井までの効果（水の総売上高）と、ケース2のように既設の井戸を定期的な改修をしながら機能回復を図って50年間運転した場合の長寿命化による効果（水の総売上高の増加額）を推定して比較する。また、それぞれの効果（金額）を費やした費用で除し、費用対効果を算定して比較した。

ケース1： 井戸を建設したが、改修を一度も実施しなかったため、建設後24年が経過してスクリーンの目詰まりによる揚水量低下が著しくなり、25年目には廃井となった。その直後、同じ能力の井戸を新設し、同様に一度も改修をせず、49年目には再び廃井となった。

ケース2： ケース1と同じ能力の既存井戸を、10年目及び20年目に合計2回の改修を行い、機能（揚水量）の回復により廃井をせずに50年間運転を続けて長寿命化を達成した。

まず、ケース1の場合は、前述4)の機能低下曲線が当てはまり、新設の度にこの曲線が立ち上がることになる。これをグラフ化したのが以下の図-5である。25年目の井戸の新設から49年目の廃井まで未改修の井戸の24年間の水の総生産量（総揚水量）が井戸新設の効果である。

次に、ケース2の場合は、既存井が建設後10年、20年経った時点で改修を行ったため、11年目、21年目と揚水量が一定程度回復し、25年目以降も廃井されることがなく、50年間使用可能となって長寿命化する。

改修による回復程度については、ボリビアでは既存データが整理されておらず入手できなかったため、本調査における実証デモで得られたデータ（揚水量の回復率75.9%）をモデル井戸の10年目及び20年目の改修にも適用し、高度な改修方法による回復率を75.9%、一般的な改修方法の回復率を1/2の38.0%とする。

以上の想定に基づいて、2回の改修（高度法）を経たモデル井の揚水量の経年変化をグラフ化したのが図-6であり、10年目及び20年目の改修による既存井戸の生産量（揚水量）の50年目までの回復総量が改修による効果である。

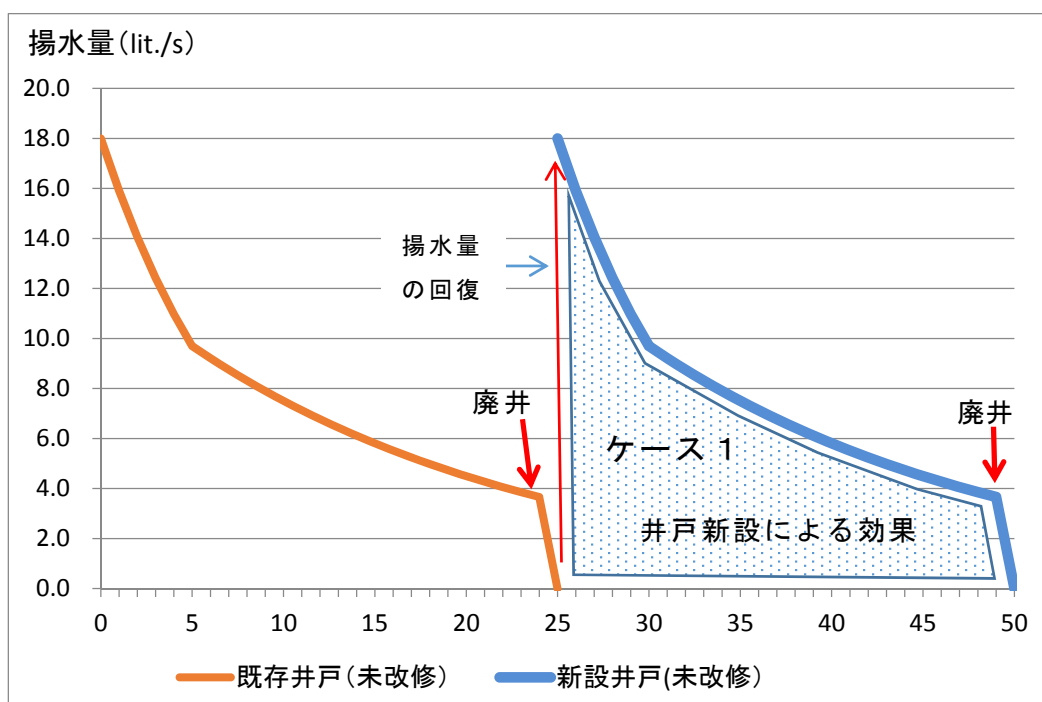


図-5 井戸新設による機能低下対策効果の概念図（ケース1）

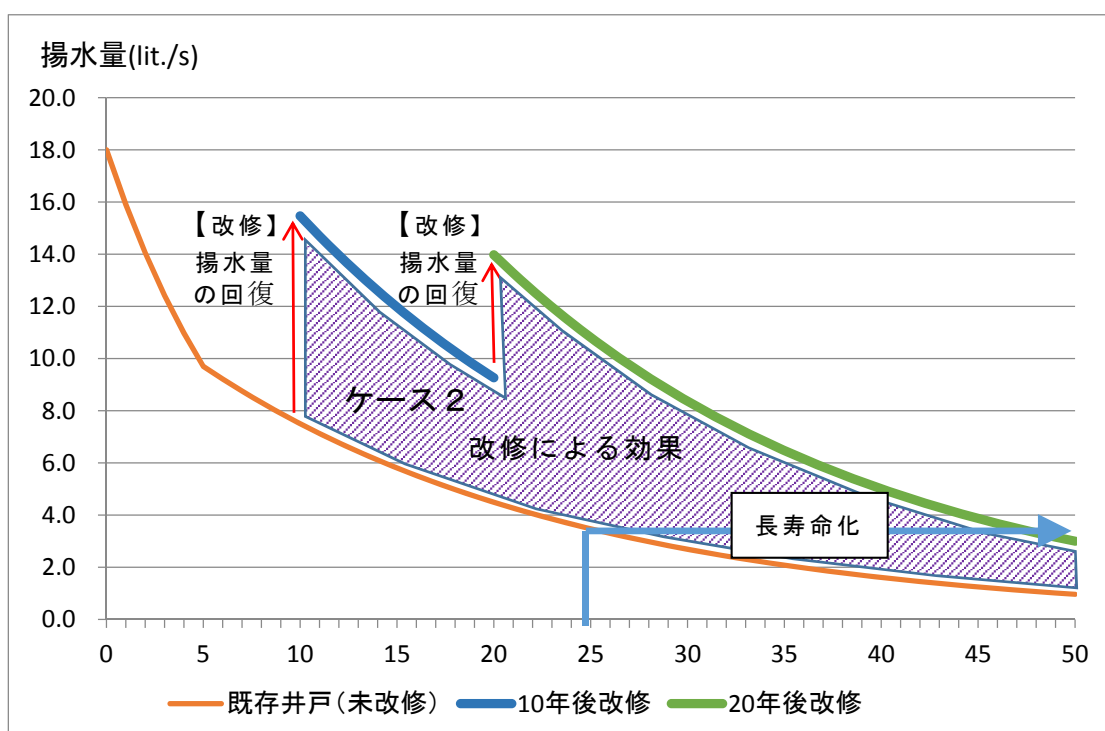


図-6 井戸改修による機能低下対策効果の概念図（ケース2）

インフレ、水販売単価の変動、廃井経費を無視し、上述の生産量ベースの効果に水

道料金単価（45 セント/m³）及び料金徴収率（60%）を乗じて水売上高とすれば、それぞれの効果を貨幣価値に置き換えることができ、それぞれに要した費用で除した値を費用対効果とする。

効果及び費用対効果の検討結果をまとめたのが表-6 であり、地域別の費用の相違を考慮し、井戸の機能低下対策の費用対効果を比較すると、西部地区では井戸カメラによる診断に基づいて高度な改修を行っても、井戸新設に比べておよそ 140%費用対効果が上回る。また、東部地区では井戸カメラによる診断に基づいて一般的な改修方法を用いれば、井戸新設に比べておよそ 25%費用対効果が上回るものと推定される。

表-6 既存井戸の機能低下対策の費用及び効果の比較（井戸 1 本当たり）

井戸の機能低下 対策方法	効 果 ※)		費用総額 (USD) ※)		費用対効果 ※)	
	水生産量 (m ³ /50 年)	売上高 (USD/50 年) (@USD 0.45/m ³)	西部 地区	東部 地区	西部 地区	東部 地区
新規井戸建設、 未改修	5,891,386	1,590,674	40,179	17,857	39.6	89.1
改修（高度）2 回 回復率 76% ※)	6,544,701	1,767,069	18,830	—	93.8	—
改修（一般）2 回 回復率 38% ※)	3,091,970	834,832	—	7,520	—	111.0
比較（井戸新設 との比較）	改修（高度）：1.11 倍 改修（一般）：0.52 倍		改修 （高度） 0.47 倍	改修 （一般） 0.42 倍	改修 （高度） 2.37 倍	改修 （一般） 1.25 倍

※) 効果：50 年間に井戸機能低下対策（井戸新設、改修（高度）、改修（一般）の 3 ケース）によってもたらされる、飲料水の生産増加量合計あるいは売上増加額合計

費用総額：50 年間に井戸機能低下対策に要した費用の合計。改修費用には井戸カメラを利用した診断費用（USD903/回）を含む。

費用対効果：効果÷費用総額

改修（高度）：衝撃波法及びエアリフトの組み合わせによる改修。井戸カメラによる診断及び改修効果確認を含む。

改修（一般）：エアリフトによる改修。井戸カメラによる診断及び改修効果確認を含む。

f. 製品・技術と開発課題との整合性及び有効性

上述のように、提案製品である井戸カメラによる診断が加わることにより改修費用が 20～60%程度増加することになるため、スクリーンの目詰まりの原因と対策が明確な地域では井戸カメラの導入は不要である。しかし、ボリビアではこのようなケースは少なくスクリーンの目詰まりの形態が多様であるうえ、図面と実際のスクリーンの位置が食い違うというケースが多いようであり、井戸改修作業による効果を一層不確実なものにしている。ボリビアでは、こうした改修効果の不確実性から、減少した取水量を確実に回復させるため、機能が著しく低下した既存井の代わりに隣接地に新規に井戸を建設する方法が一般的にとられてきた。

ボリビアの井戸管理責任者の認識ならびに上述の既存井戸のスクリーンの目詰まり除去を目的とした改修効果の評価結果に示されるように、井戸の特徴に応じて予め適切な改修方法を選定して改修を行うことができれば、既存井戸の長寿命化は新規に井戸を建設するよりも費用対効果が大きいことが分かる。このことは限られた予算、限られた水源の利用可能量の中で、効率よく水資源を確保し、開発課題である地方部や都市周辺部で整備が遅れている給水サービスの向上を図る上で既存井戸の回復・長寿命化が不可欠であることを示すものである。そして、予め適切な改修方法を選定するために、提案製品のような井戸内の鮮明な画像を容易に撮影して視認できる井戸カメラを利用した診断技術の適用・普及が有効である。

既存井戸の機能低下対策として、新規井戸の建設を対象として効果を検討したが、岩盤地帯では井戸の成功率が問題となり、成功率が低い場合には水資源開発の不確実性が増し、建設費用が割高になる。一方、既存井戸の改修においては、地下水盆の枯渇傾向が見られなければ、改修により揚水能力が回復する可能性が高く、井戸新設に比べて対策の確実性が高い。

また、井戸の乱開発により廃井処理が適切になされないままに放棄されると、廃井から水質汚染が帯水層に及び、地下水資源全体の利用ポテンシャルを減少させるリスクがある。既存井戸の改修に重点を置き、できるだけ廃井を減らすことは、地下水資源管理の上で重要なことである。

限りある地下水資源を保全し、持続的に有効利用するためには、良質の井戸を建設し、これを適切に維持管理して長年に亘って利用していくことが肝要である。そのためにも、井戸カメラによる竣工検査により悪質な井戸の排除、井戸カメラによる診断技術の普及により井戸改修の適切化と井戸機能の回復・長寿命化は、統合的水資源管理能力の向上に資するものである。

5) 実現可能性の検討

a. ODA 案件化における実現可能性

本調査を通じて明らかになった問題は、機能回復のためには改修をすれば良いのか、廃井にして新規井戸を建設すれば良いのか、どのような改修方法を採用すれば良いのか等の判断を下すに当たっての根拠が明確でないことである。この問題を解決するには、機能低下の状況を的確に判断し、それぞれの状況に合った対策を選択していくことであり、井戸の水位・揚水量の経年変化等の基礎データをしっかりと記録・分析し、さらに井戸カメラにより井戸内を詳しく観察することにより、適正な対策を選定し対処する一連のシステムが重要になる。このシステムをボリビア側で確立するためには、ODA による必要機材の供与、関連技術の指導・移転が有効である。とりわけ、井戸診断と改修方法選定を組み合わせることで技術移転をしていくことが有効である。

幸い、ボリビアでは、日本が長年に亘って、全国規模で給水分野の無償資金協力や技術協力プロジェクトを実施してきた経緯があり、これら事業を通じて育成された人材や

相互信頼を基に構築されたネットワークがあることから、中央政府の環境・水省を始めとして全国の給水事業関係者の協力・支援が得やすい環境がある。

b. 事業展開における実現可能性

まずは井戸改修及びその前提となる的確な井戸診断の必要性を認識している県レベル以上の公的給水事業機関に井戸カメラを購入してもらい、その有効性への認識が広まれば、都市部の水道公社の改修工事に採用されるようになり、その工事を受託する民間井戸業者での購入につながるものと考えられる。

チュキサカ県は、本年（2015 年）3 月に井戸カメラ調達の入札を行い、本提案製品 1 セットを購入している。井戸カメラの必要性ならびに本提案製品の優位性を認めてもらった第 1 号の事例となったことは、最初の高いハードルを越えることができたと言え、今後、他の県や環境・水省への営業・販売もやりやすくなると期待している。

また、チュキサカ県で提案製品の利用が始まったことにより、ボリビアにおいて機材の操作性や保守管理で留意すべき点等が整理・蓄積され、より現地に適合したボリビア仕様といったものが具体的になる。このことで一部仕様の省略や変更により製品価格の低減を図ることができれば、競合他社との価格競争に有利となるだけでなく、提案製品を利用する民間井戸業者の井戸診断等の技術サービスの対価低減につながり、提案製品の導入・普及に弾みがつくと考えられる。

4. ODA 案件化の具体的提案

1) ODA 案件概要

本提案製品を活用した ODA 案件については、普及・実証事業、無償資金協力のフォローアップ、技術協力プロジェクトの 3 つのスキームの可能性を検討した。無償資金協力のフォローアップは上限 USD200,000 で 1 回のみのものであるため、単独の事業では十分な実証・普及活動が難しいと思われる。また、技術協力プロジェクトは、ヒアリングの結果、単純な給水分野は今後の JICA の対ボリビア技プロ対象分野に含まれておらず、ボリビアでは実現が難しいと思われる。

一方、普及・実証事業はボリビア側のニーズが高く、これまでの日本の ODA による給水分野に対する支援実績から、カウンターパート機関の協力も得やすく、実証事業の対象地に関する情報も十分であり、実施可能性が高いと思われる。このため、普及・実証事業を先行させて、その他の ODA スキームとの効果的な組み合わせを考えるのが有効と考えられる。

上述の ODA 案件メニューのうち、実施可能性が高く、早ければ今年度内の実施を想定する「普及・実証事業」についての具体的な内容を以下に示す。その他 ODA スキームとの具体的な組合せについては、研修スキームを利用し、普及・実証事業の最終段階においてペルー、パラグアイ等の周辺国の井戸管理者をボリビアに招いて研修を行い、井戸

の維持管理に関する意見や情報交換の場とすることを提案する。この研修では、普及・実証事業の成果を報告することにより、提案製品の周辺国への普及を図る。

2) 具体的な協力計画及び開発効果

a. 案件名：「効果的な診断・改修による井戸の長寿命化」普及・実証事業

b. 目標

上位目標：適切な診断・改修技術の定着・普及による既存井戸の長寿命化を通じた必要給水量の安定的確保

プロジェクト目標：提案製品の井戸カメラを利用した井戸診断及び改修方法の選定が有効であることがボリビア各地で実証され、ボリビア側井戸管理者に技術移転される。

c. 活動内容

① 一年目

- 井戸診断・改修システムを構成する井戸カメラ関連機材 2 セット及び改修関連主機材（コンプレッサー、高圧ポンプ、発電機等）1 セットを日本において調達し、システムとして組み立てる。その後、ボリビアに輸送する。また、ボリビア国内で調達可能なその他関連機材（ロッド等）を購入する。クレーン付きトラックに載せ、車載型可搬システムとして組み立て・加工する。
- この間、C/P 機関における井戸の維持管理担当者を対象に、井戸診断、改修方法の選定、改修技術について座学による技術指導を行う。また、予算措置を含めた井戸の長寿命化の計画手法、計画作成に不可欠な井戸機能の経年変化モニタリング・分析手法等についても座学にて技術指導する。

② 二年目

- 井戸管理者への聴き取りにより実証デモ対象地区の井戸の機能低下状況を詳しく調査し、実証デモ対象井を抽出する。
- 一年目で輸送した井戸カメラ 2 セットを使用し、実証デモ対象井の予備的診断を行い、対象井を最終確定する。併せて、当該井戸を管理する C/P 関係者を対象として井戸の診断技術に関する OJT を実施する。
- 一年目で調達した機材一式を、現地調達したクレーン付きトラックに載せ、車載型可搬システムとして組み立てる。その後、実証対象サイトに移動して井戸診断→改修方法の選定→改修までの一連の作業を実施し、その結果をその都度現地関係者に報告するなどの実証活動を行う。併せて、主に県の UNASBVI の井戸維持管理者を対象として、井戸カメラの維持管理を含む井戸の診断から改修までの一連の技術に関する OJT を実施する。この実証活動をすべての事業対象サイトで実施する。

③ 三年目

- 二年目の実証デモの成果を基に、地域別、井戸構造別に井戸診断、改修方法の選択、改修方法等を井戸診断・改修メニュー（マニュアル）の形に整理する。
- 二年目での実証デモの成果を基に、西部及び東部地域の活動拠点（オルロ市、サンタクルス市）で井戸の診断・改修技術向上を目的とした技術セミナーを開催する。

d. 成果

- ① 井戸カメラを用いた診断技術が、ボリビア各地で実証される。
- ② 井戸診断に基づく適正な改修方法の選定及び改修効果が、ボリビア各地で実証される
- ③ 上記の井戸診断から改修までの一連の技術がボリビア側の井戸維持管理者に技術移転される。

e. 指標

成果①に関して

指標①：ボリビアの多様な地形、気候、地質条件を代表する3地域の複数の既存井戸において、井戸カメラを用いた診断技術の実証デモが実施される。

成果②に関して

指標②：上記の3地域における実証デモにより、井戸診断に基づいて改修方法が選定され、改修が実施され、改修効果が確認される。

成果③に関して

指標③-1：各地における実証デモの際に、カウンターパートに対する一連の技術のOJTが毎回実施される。

指標③-2：実証デモの後に、カウンターパートを含むボリビア側の井戸維持管理者とともに井戸診断及び改修の技術・効果について検討・評価を行うために、各地域ごとに結果報告会が開かれる。

指標③-3：実証デモの終了後に、すべての結果を整理した井戸診断・改修メニュー（マニュアル）が作成される。

指標③-4：事業の終了時点では、活動拠点2か所において、広く井戸維持管理者を招いて技術セミナーが1回ずつ開催される。

f. 投入

日本側

- ① 日本人技術者
業務主任、チーフアドバイザー、井戸診断技術者、井戸改修技術者、研修運営・マニュアル作成、コーディネーター
- ② 材料
井戸診断・改修システム（井戸カメラ２セット、改修機材１セット（コンプレッサー、高圧ポンプ、発電機等）、その他関連機材）の製造・購入・組立・輸送
- ③ 日本人技術者の旅費・交通費、現地活動費等（車両借上げ、傭人費、現地交通費、現地再委託費、その他）

ボリビア側

- ① カウンターパート要員の配置
プロジェクト責任者、プロジェクト管理者、コーディネーター、井戸管理者、井戸維持管理技術者、実証活動補助員
- ② プロジェクト運営に要する施設及び資機材
実証活動対象の井戸、説明会・セミナー会場、実証活動の作業用地、実証活動に必要な支援車両・補助機材・電気・水の用意・提供
- ③ 日本側が投入する機材の保管・維持管理
- ④ ボリビア側の事業への協力に必要な予算確保
- ⑤ プロジェクト運営のための便宜供与
 - 実証活動における井戸の用意・後始末（既存設備の一時撤去・再設置）
 - 実証活動に必要な許認可取得
 - 実証活動対象井戸の周辺住民への配慮
 - 関係者への協力要請
 - 事業実施のためにボリビア国外から持ち込む機材に対する免税措置
 - 事業実施に必要な情報及びデータの提供

g. カウンターパート

- ① 環境・水省飲料水・基礎衛生副大臣室 (VAPSB/MMAyA)
- ② プロジェクトサイトを所管する県（オルロ県、サンタクルス県、チュキサカ県）の水・基礎衛生・住宅部課 (UNASBVI)
- ③ サブカウンターパートとして都市部の水道公社（SeLA（オルロ市）、COSMOL（モンテロ市））

h. カウンターパート機関等との協議状況

別添資料１の面談記録にもあるように、環境・水省では飲料水・基礎衛生次官 VAPSB（副大臣）が井戸の維持管理における揚水量の減少問題とその対策としての改修・揚水能力の回復の重要性をよく理解していて、井戸カメラの購入も検討している。この

ため、本調査の実施に当たっては、普及・実証事業の C/P として、関係各方面に本調査の重要性を訴えるとともに、必要な協力を要請する支援レター（別添資料 6 参照）を発出したほか、以下の役割などの強い協力・支援を受けた。VAPSB は、普及・実証事業においても本案件化調査と同様に、上記のボリビア側の投入を自ら負うほか、関係者に指示・要請を発する等、カウンターパート・リーダーとしての役割が期待される。

- ・ 技術紹介セミナーを共催。
- ・ 同セミナーの冒頭に再度本件調査の重要性を説明する。
- ・ 実証デモの対象井戸の提供及び必要な準備を EPSAS に指示し、各県の UNASBVI に対して実証デモへの参加を呼び掛ける。

また、VAPSB では、全国規模の井戸診断と改修技術を合わせた技術協力を日本政府に要請するべく準備を進めているとのことであったが、給水分野の技術協力プロジェクトは難しいことを伝えた。一方、提案が採択されればという前提条件で、当次官室に対して、次の段階で計画している普及・実証事業の中で実証デモを通じてある程度の井戸診断及び改修に関する技術指導・移転が可能であることを伝え、事業の実施計画について折に触れて同室スタッフと意見を交換してきた。その結果、次の段階での普及・実証事業の提案内容に賛意を示し、事業の推進に必要な協力・支援を惜しまない旨の申し出があった。

県や都市部の水道公社のレベルの井戸管理者に対しては、実証デモや技術紹介セミナーへの協力・準備について打合せ・協議をした折に井戸の機能低下の問題についてしばしば意見交換をした。実証デモや技術紹介セミナーの際に、井戸の診断と改修についての日本の技術協力の可能性に関する質問が複数あったので、その折に普及・実証事業のスキームと構想を説明した。その結果、さらに詳細に井戸カメラによる診断の効果を実証する普及・実証事業に協力することについては基本的に同意が得られたが、井戸カメラによる診断だけでなく、改修方法の適切な選定及び改修の実施についての技術移転を含めたプロジェクト（普及・実証事業）を実施するよう要請を受けた。

給水率の向上を迫られる一方で井戸の機能低下による揚水量の減少は給水事業者にとって深刻な問題であり、井戸改修は切実な課題として認識されている。しかし、自らの目で確認することのできない地下での出来事に対して、どのように対処して良いか分からず途方に暮れているというのが、ボリビア側の給水事業関係者の共通した意見であった。よって、協議において、井戸カメラによる井戸の機能低下に関わる診断から改修等の対策方法の選定及び対策実施に至る一連の技術とその効果に関する実証活動と技術移転が強く望まれており、これまでの日本の ODA による給水分野に対する支援実績から、カウンターパート機関の協力も得やすく、実証事業の対象地に関する情報も十分であり、普及・実証事業の実施可能性が高いことが確認できた。

i. 実施体制及びスケジュール

計画する普及・実証の実施体制は図-7 に示すとおりであり、本調査の実施体制を基礎に改修技術を加え、地質・地形及び気候等の自然条件が多岐にわたるボリビアにおいて、自然条件の違いに対応した井戸診断・改修方法をまとめるべく、同国を代表する西部高原地域、東部熱帯平原地域、半乾燥地域（グランチャコ）で広範囲な実証活動を行える体制とする。

日本側の体制は、提案企業に外部人材として井戸改修業者を加えて、井戸診断・改修の一連の技術に対処できる機材、要員を投入することとする。具体的には、提案企業と同様に札幌市に本社を置き、スケールの付着の激しい温泉井の改修にも実績を有するアーストラストエンジニアリング株式会社の投入を考えている。

ボリビア側のカウンターパートは、環境・水省を代表機関として、村落水道の支援をしている各県庁の給水事業担当部局（UNASBVI）は実証デモ等の実務面の協力を担う機関とし、実証デモ用の井戸を提供し民間井戸業者への普及を期待する都市部の水道公社をサブカウンターパートとする。

井戸カメラが導入された場合は、維持管理は UNASBVI の責任と予算で行うことになり、診断等の作業及び井戸カメラや改修機材の保守管理は UNASBVI の改修工事班（井戸洗浄班）が行うことになる。現在、改修工事班はラパス県、サンタクルス県、オルロ県、ベニ県、チュキサカ県に設置されており、この改修作業班との協働で実証デモを行う計画である。また、プロジェクト実施中の連絡、事務処理、資機材保管等のために拠点が必要となることから、サンタクルス・デ・ラ・シエラ市及びオルロ市の ASVI-JICA 技術センターをそれぞれ東部地域の拠点、西部地域の拠点とする。

実施スケジュールは表-7 に示すとおりであり、全体を 3 段階に分けて、一年目を主に井戸診断・改修に必要な機材を製作・購入・組立・輸送する機材調達期間とし、二年目を井戸診断・改修の実証デモを行う実証活動期間とし、三年目をマニュアル作成や技術セミナーを行う整理・報告期間とする。2016 年 3 月の事業開始から 2018 年 6 月の完了報告書提出まで、全期間 28 か月の工程とする。

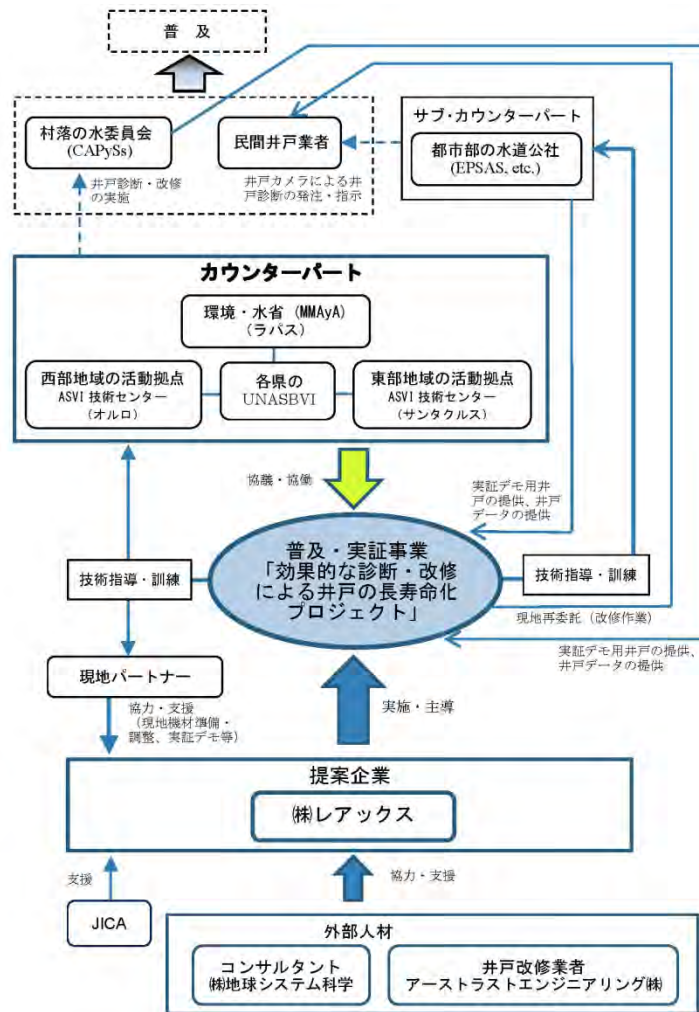


図-7 普及・実証事業の実施体制

表-7 普及・実証事業実施工程（案）

年目	活動内容	年 月	2016年												2017年												2018年					
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
1	改修機材の仕様決定																															
	機材類の調達																															
	井戸診断・改修システムの組み立て																															
	輸送・通関																															
	井戸長寿命化計画に係る技術指導																															
2	実証デモ対象井の抽出																															
	井戸カメラによる実証デモ井候補の予備診断																															
	実証デモ対象井の決定、実証デモ開始準備																															
	井戸診断・改修の実証デモ実施																															
3	井戸診断・改修メニュー(マニュアル)作成																															
	現地技術セミナーの開催																															
	報告書作成																															

凡例: ■ 現地作業 □ 国内作業

j. 協力額概算

提案する普及・実証事業の協力概算金額は総額 10,000 万円である。

k. 具体的な開発効果

普及・実証事業の実施により、実証に基づき井戸カメラを利用した井戸の診断方法が明らかになる。さらに、廃井・新規井の建設の判断も含めて、診断結果に基づいて適正かつボリビアで実施可能な井戸機能回復方法が明らかにされることで、廃井の判断も含めて、これまで手探りで実施してきた井戸の機能回復方法に選定の根拠が与えられる。この結果、MMAyA、県 UNASBVI 及び水道公社等の井戸管理者が言っているような、まだ使える井戸を廃棄してしまったり、試行錯誤により改修に経費を使い過ぎてしまうといった無駄が省ける可能性がある。また、実証活動が全国的に実施されることで、井戸診断・改修技術に関する地域的な特徴が明らかとなり、当該技術が全国に普及するきっかけとなる。

普及・実証活動では井戸の長寿命化の計画手法、計画作成に不可欠な井戸機能の経年変化モニタリング・分析手法等の技術指導を行う。ボリビアで実施可能な井戸の改修方法が適切に選定されるようになり、井戸機能モニタリング及び長寿命化の計画手法が定着すれば、井戸の改修と新規井戸建設と費用対効果を比較検討する等により、限られた予算の中で需要量に応じた給水量を安定確保するために最適な方法を計画することができる。

前述のように、井戸の改修による費用対効果は井戸新設のそれに比べて西部地区で 2.4 倍、東部地区で 1.3 倍と算定される。言い換えれば、10 本の新規井戸を建設する予算を改修に流用すれば西部地区では 24 本の井戸を建設するのと同じ経済効果が、また東部地区では 13 本の井戸を建設するのと同じ経済効果が生まれることになる。こうした考え方が定着すれば、給水計画とリンクした経済効率の高い合理的な井戸の維持管理計画を立てることが可能となり、特に県が支援している村落給水事業において給水率ならびに給水サービスの向上が図られる。

3) 対象地域及びその周辺状況

実証デモ活動の対象サイトとしては、現段階ではオルロ県オルロ市、サンタクルス県モンテロ市、チュキサカ県マチャレティ市（チャコ地方）の 3 市を想定している。これらの市は、ボリビアの国土を特徴づける西部高原地域、東部熱帯平原地域、半乾燥地域（グランチャコ）の 3 地域をそれぞれ代表する市である。なお、具体的な対象地域・対象井は、一時休止に伴う給水サービス地域全体への影響や作業をする上での制限要因等の詳細について、今後、C/P 側との協議を経て決定する。

4) ODA 案件形成における課題

井戸の機能回復に対するボリビア側のニーズは高いが、井戸カメラによる診断方法の

定着・普及だけでは十分とはいえ、あくまで適切な改修方法の選定から効率的な改修までの一連の技術の定着・普及であることが本調査により明らかになった。このため、普及・実証事業では、井戸カメラによる診断を踏まえて現在、ボリビアで採用されている改修方法の選定・実施を実証するほか、それらの方法で対処しきれない井戸に対して有効な日本の優れた技術を紹介することとする。

ボリビアは地形・地質及び気候等の自然条件が多様であり、地下水の性質及び井戸の機能低下の現れ方も多様であることが知られている。このため、ある程度全国規模で実証活動を実施しないと、井戸カメラによる診断も普及しない可能性がある。

限りある地下水資源の量と質を保全し、持続的に有効利用するためには、良質の井戸を建設し、これを適切に維持管理して長年に亘って利用していくことが基本である。そのためにも、井戸カメラによる竣工検査により施工不良の井戸を排除し、井戸カメラによる診断に基づく井戸改修の適切化と井戸機能の回復・長寿命化により地下水資源の持続的利用を図ることは、統合的水資源管理の一環と思料する。

5) 環境社会配慮にかかる対応

デモンストレーション効果をねらって都市部の既存井戸を対象とするが、改修作業ではエアコンプレッサー等の大型機材の発する騒音と井戸洗浄後の濁水の排出が発生することから、周囲に家屋が建て込んでいる井戸は避けることとする。また、事前にカウンターパートに周辺住民の事前了解を取付けてもらうこととするが、了解が得られない井戸は実証デモ対象から除外する。

5. ビジネス展開の具体的計画

1) 市場分析結果

競合製品としては、ボリビアでは欧米メーカーの製品が知られている。これらの製品の販売代理店はボリビアでは確認できなかったが、インターネット上での見積り価格は約 USD25,000～30,000 である。都市部の水道公社への聞き取りでは、井戸カメラを購入・所有して井戸診断技術サービスを行っている民間業者はコチャバンバに事務所を置く 1 社（HIDRO DRLL）のみである。

サンタクルス県の給水事業担当課（PROASU-JICA）では技術サービスを利用しようと考えているが、対価が高く、実施には至っていないとのことであった。一方、ラパス市・エルアルト市の EPSAS では、HIDRO DRLL 社に井戸診断に改修を加えた技術サービスを委託している。地域によって対応に相違があるが、当該技術サービスを利用しようとする意向が生まれている。

井戸カメラを購入し、井戸診断を行う可能性があるのは、村落給水事業を支援する全国 9 県の UNASBVI と都市部の水道公社から井戸改修業務を受託している民間井戸業者である。

県の UNASBVI が支援する村落水道の約 2,600 井を 10 年間に（1 井あたり 10 年に 1 回の頻度で）診断して改修するには、1 回の診断・改修に要する日数を 10 日、休日を考慮した年間の稼働日数を 250 日と考えると、1 台のカメラが年間に診断・改修に利用される回数は 25 回であり、最低 11 台の井戸カメラが必要となる。各県の井戸数は一定ではないが、全国に 9 県があり、全国の給水事業を管理・監督する立場にある MMAyA を加えると 10 機関となり、各々が最低 1 台の井戸カメラを所持し、互いに融通し合えば 1 井当たり 10 年に 1 回の井戸診断・改修がほぼ可能となる。これに各機関に対して予備 1 台を加えることができれば、MMAyA 及び 9 県の UNASBVI 向けに 20 台の販売を見込むことができる。

一方、民間井戸業者は県から井戸改修を請け負うことはないことから、県が井戸カメラを保有するようになって、それによって民間井戸業者が井戸カメラを必要としなくなることはない。むしろ、県が支援する村落の井戸で井戸カメラによる診断に基づく改修が普及することで、都市部の水道公社も井戸カメラの利用による診断や改修効果評価を民間井戸業者に求めるようになると考えられる。また、MMAyA によって、井戸カメラによる診断と改修効果の評価ならびに井戸カメラによる新設井戸の竣工検査がガイドライン等により義務付けられるようになれば、民間井戸業者の井戸カメラに対するニーズが一気に高まることが考えられる。MMAyA に対しては、こうしたガイドライン化を促す活動を行う。民間井戸業者は全国で約 150 社程度存在するので、このうち 30% が井戸カメラを用いた井戸診断サービスを実施するようになると、約 50 台のカメラの販売が可能になることから、50 台程度の販売・普及を目標とする。

2) 想定する事業計画及び開発効果

a. 想定する海外ビジネス展開の実施体制

基本的には、現地販売代理店を通しての委託販売を考えており、自社資本での販売ネットワークの構築などの新たな投資は現段階では想定していない。当面は国や県の給水事業関係機関を対象に販売営業を進めていくこととし、販売代理店を通じた入札に積極参加していく方針である。

b. 普及に向けたスケジュール

<2015 年～2018 年>

先ず現地パートナーと正式に販売代理店契約を結び販売体制を整える。2015 年中には、販売代理店に対して保守点検技術の研修プログラムを受けさせ、アフターサービス体制を構築する。次に、競合製品との価格競争に負けないよう低価格化を目指して提案製品 i-D0300F II のスペックを見直し、2016 年半ばころを目途に設計変更・試作品完成を目指す。

2016 年から 2018 年にかけては、普及・実証事業を提案・受託し、実施する。この

期間では、普及・実証事業のカウンターパート機関を中心に各県の給水事業部署を対象に、これらの部署が所管する全国合計約 2,500 本の井戸を診断・点検する必要最低限の台数として各県 2 台、環境・水省 2 台の合計 20 台の井戸カメラの販売を目指す。

<2019 年～>

ODA 案件で実証された井戸カメラによる診断から改修までの一連の技術システムの有効性と実績を元にして、村落水道の維持管理を支援している県庁の井戸維持管理部署、ならびに都市部で水道公社等から井戸の維持管理技術サービスを受託している民間業者への販売を強化していく。

並行して、井戸カメラ以外のボアホールカメラシリーズの販売を目指して、給水事業以外の分野で井戸利用や調査ボーリングを行っているボリビア国内の公共分野及び民間分野（工場、農場、鉱山、建設会社等）への営業展開を図っていく。また、ペルー、パラグアイ等の周辺諸国に対する販売ルートを開拓する。

c. 想定する開発効果

提案製品の活用により、井戸の機能診断が詳細に行われ（すなわち、深井戸診断フローチャートで欠落していた「【点検方法】水中 TV カメラ」の部分が埋まり）、マニュアル化されることにより、対策の範囲、時期、方法、費用等について適切な判断・計画がなされるようになる。

井戸診断・点検により状況を正確に把握し、廃井を含めて講じるべき対策を明らかにすることにより、限られた予算の中でも必要とされる給水量の確保及び井戸の乱開発の防止に配慮した水源井の適切な維持管理が実現できるようになる。特に、県が支援する村落給水事業における給水サービスが向上する。

d. 現地パートナーの見通し

販売代理店として機能する現地パートナーには、サンタクルス・デ・ラ・シエラ市に本社を置くスイゲン社（SUIGEN SRL）を考えている。同社は、井戸の掘削・維持管理、施設建設等を得意としており、プロジェクト契約社員を含めて総勢 58 人（うち常勤の技師 8 人、機械工 3 人、事務職 5 人）を擁している。ボリビア国内の井戸事情に明るく、給水事業に関連する諸機関や民間業者とのネットワークがある。また、日本企業とも取引があり、地質調査用機器の販売代理店も務めていて信頼度が高い。

同社は、本調査での協議を通じて提案製品である井戸カメラ 1 台を購入して、井戸診断及び改修の技術サービスを展開するべく準備中であり、これら技術サービスの実績を積むことにより、製品の操作あるいは点検・維持管理に精通することが期待できるため、アフターサービスを含めて販売代理店として頼りになると期待している。

3) 事業展開におけるリスクと課題

経済動向では最近、機械類の輸入関税が高くなる傾向があり、これも輸入価格を押し

上げるリスクである。井戸カメラとして必要不可欠な機能のみ残し、スペックダウンによる全体価格の低減を図って対処する。

機材の故障への対応については、提案製品は開発から年数を経て改良を重ねてきており、故障発生が極めて少ない機材であり、通常の利用・維持管理をしている限りでは故障のリスクは低い。販売代理店に機材の保守管理プログラムを受けさせて、ある程度の修理を現地で対処できる体制を布く。

案件化調査 ボリビア国井戸診断による長寿命化に関する案件化調査

企業・サイト概要

- 提案企業：株式会社レアックス
- 提案企業所在地：北海道札幌市
- サイト／C/P機関：ラパス県、サンタクルス県、オルロ県／環境・水省、各県水・衛生担当部署 (UNASBVI)、ラパス・エルアルト市上下水道公社



ボリビア国の開発課題

- 飲料水供給率が低い一方で、井戸の多くが適切に維持管理されず機能低下が進行している。
- 村落部での給水率が低く、都市周辺部では地方からの人口流入が激しく、給水サービスが立ち遅れている。
- ボリビアは複雑な地形であるため気候変動の影響を受けやすく、氷河の後退・消失により多くの地域で水源確保が困難になっており、水の有効利用への対策が急務である。

中小企業の技術・製品

- 井戸内部の状態を画像・映像により診断し、変状や破損箇所を特定し、機能不全の原因を解明する水中カメラ。
- 直接目視では確認できない地下構造を明らかにできる。
- 測定深度、操作性、画像の品質の面で他製品より優れており、先進国では既に多分野での導入事例があり、技術的な信頼度が高い。
- 目詰まり除去などの改修後の効果を視認できる。

調査を通じて提案されているODA事業及び期待される効果

- 普及・実証事業を通じて、カメラを利用した井戸機能診断・改修方法選定の有効性がボリビア国内各地で実証され、井戸管理者に技術移転される。
- 普及・実証事業を通じて、井戸機能診断→改修方法選定→改修の一連の技術がマニュアル化・技術移転されることにより提案製品が普及するきっかけとなる。

日本の中小企業のビジネス展開

ODA案件で実証された井戸カメラによる診断から改修までの一連の井戸維持管理システムの有効性と実績を元にして、全国の給水事業者及び民間井戸業者への販売・営業を強化していく。並行して、ボリビア国内では給水事業以外の民間分野への営業展開を図るとともに、周辺諸国（ペルー、パラグアイ等）への販売ルートを開拓する。

目 次

要約

目次

調査対象地位置図

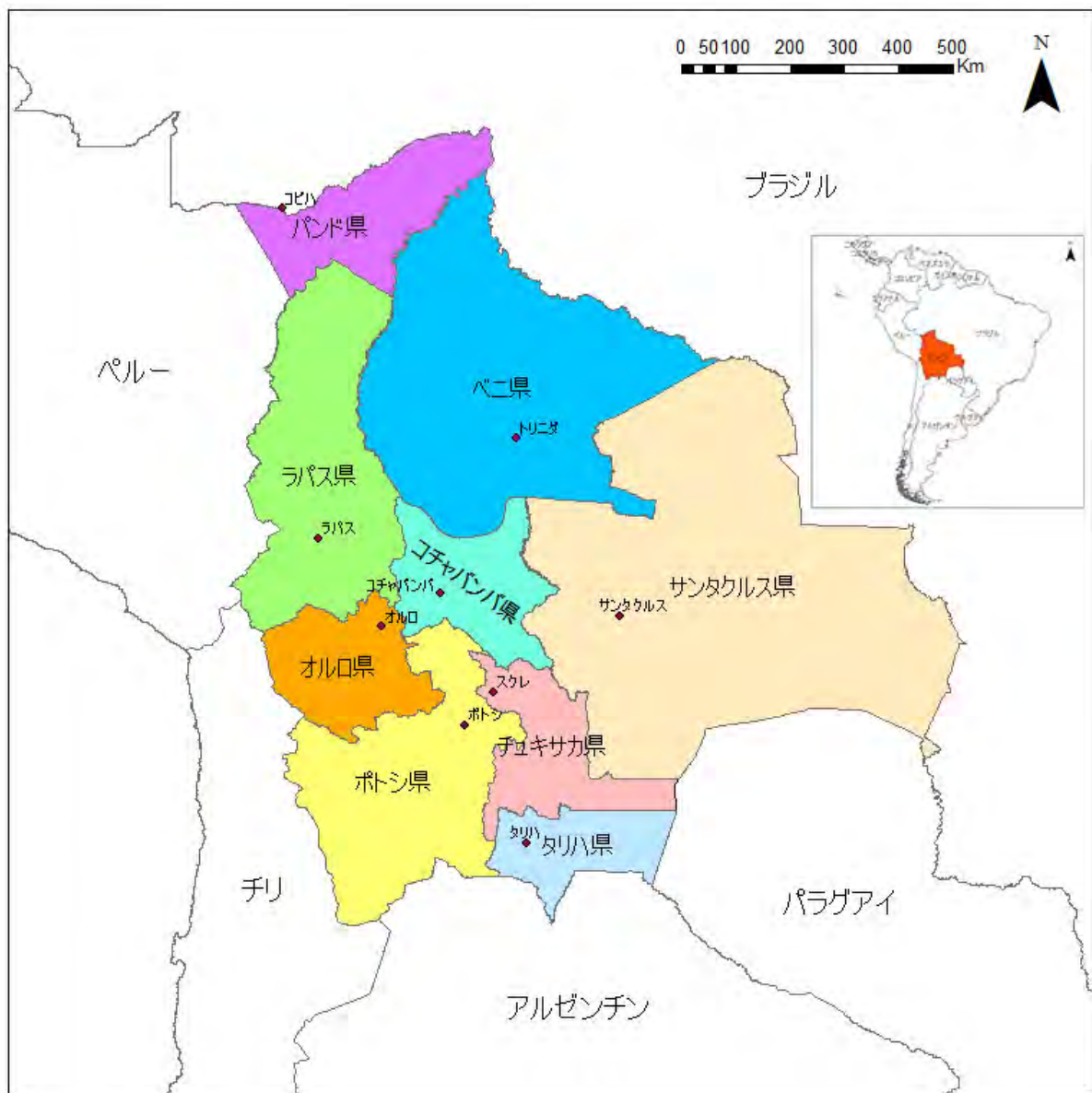
図表リスト

略語表

外貨交換レート表

	頁
1. ボリビアの現状	1
ア. 政治・社会経済概況	1
イ. 給水分野における開発課題	3
ウ. 給水分野における開発計画、関連計画、政策及び法制度	7
エ. 給水分野における ODA 事業の先行事例分析及び他ドナーの分析	9
オ. ビジネス環境の分析	11
2. 提案企業の製品・技術の活用可能性及び海外事業展開の方針	15
ア. 提案企業及び活用が見込まれる製品・技術の特長	15
イ. 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ	18
ウ. 提案企業の海外進出による我が国地域経済への貢献	19
3. 活用が見込まれる製品・技術に関する調査及び活用可能性 の検討結果	19
ア. 製品・技術の検証活動	19
イ. 製品・技術の現地適合性検証	24
ウ. 製品・技術のニーズの確認	26
エ. 製品・技術と開発課題との整合性及び有効性	27
オ. 実現可能性の検討	36

4. ODA 案件化の具体的提案	38
ア. ODA 案件概要	38
イ. 具体的な協力計画及び開発効果	40
ウ. 対象地域及びその周辺状況	47
エ. 他 ODA 案件との連携可能性	48
オ. ODA 案件形成における課題	48
カ. 環境社会配慮にかかる対応	49
5. ビジネス展開の具体的計画	49
ア. 市場分析結果	49
イ. 想定する事業計画及び開発効果	51
ウ. 事業展開におけるリスクと課題	53



調査対象地位置図

図表リスト

図一覧

	頁
図-1.1 都市部の給水事業者組織図	7
図-1.2 村落部の給水事業者組織図	7
図-2.1 井戸カメラ i-Do300F IIによる診断の概要	15
図-3.1 実証デモ対象井の位置図	21
図-3.2 深井戸の診断フローチャート	28
図-3.3 モデル井戸における機能低下曲線	32
図-3.4 井戸新設による機能低下対策効果の概念図（ケース1）	33
図-3.5 井戸改修による機能低下対策効果の概念図（ケース2）	34
図-4.1 普及・実証事業の実施体制	46

表一覧

	頁
表-1.1 ボリビアの県別人口	1
表-1.2 ボリビアの経済指標	2
表-1.3 エル・アルト市ティラタ井戸群における揚水量の経年変化	5
表-1.4 ティラタ井戸群（Aライン）の機能低下状況	6
表-1.5 ティラタ井戸群（Bライン）の機能低下状況	6
表-1.6 県庁所在地の水道公社一覧	8
表-1.7 各県 UNASBVI における給水施設維持管理技術者の数（2015 年）	9
表-1.8 我が国の援助実績	10
表-2.1 i-Do300F II（レアックス社）と競合他社製品との比較表	16
表-2.2 販売代理店に対する井戸カメラ保守点検トレーニングの内容	18
表-3.1 実証デモ対象井の諸元（エルアルト市ティラタ地区）	21
表-3.2 既存井戸（深度 100m 級）の平均的改修費用	30
表-3.3 既存井戸（深度 100m 級）の方法別改修費用（井戸 1 本、改修 1 回当たり）	30
表-3.4 新規井戸（深度 100m 級）の建設費用	31
表-3.5 既存井戸の機能低下対策の費用及び効果の比較（井戸 1 本当たり）	35
表-4.1 想定される ODA 案件の概要	38
表-4.2 普及・実証事業実施工程（案）	46
表-5.1 各機関の給水事業予算（2011 年度）	50

略語表

略語	正式名	日本語
ASVI	Agua es Salud y Vida	生命の水プロジェクト
Bs.	Bolivianos	ボリビアーノス（ボリビアの通過単位）
CAPyS	Comité de Agua Potable y Saneamiento	水衛生委員会
CIF	Cost, Insurance and Freight	運賃、保険料込み条件
COATRI	Corporativa de Agua, Trinidad	トリニダ市水道組合
CT	Centro Tecnológico ASVI-JICA	JICA 生命の水技術センター
DASAR-JICA	Desarrollo de Aguas Subterráneas para el Área Rural - JICA	JICA 村落部地下水開発プロジェクト
EDALP	Empresa Pública Estratégica Departamental de Aguas La Paz	ラパス県水戦略公社
EPSAS	Empresa Pública Social de Agua y Saneamiento	ラパス市・エルアルト市上下水道公社
FOB	Free on Board	本船甲板渡し条件（本船渡し）」
GADO	Gobierno Autónomo Departamental de Oruro	オルロ県自治政府
JICA	Japan International Cooperatin Agency	国際協力機構
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau	ドイツ復興金融公庫
MMayA	Ministerio de Medio Ambiente y Agua	環境・水省
OJT	On the Job Training	実地訓練
PROASU-JICA	Proyecto de Agua Subterránea - JICA	サンタクルス県 JICA 地下水プロジェクト
SAGUAPAC	Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Santa Cruz	サンタクルス市上下水道公社
SeLA	Servicio Local de Acueductos y Alcantarillado (Oruro)	オルロ市上下水道公社
UNASBVI	Unidad de Agua, Saneamiento Básico y Vivienda	（県）水・基礎衛生・住宅課
UNICEF	United Nation Children' s Fund	国際連合児童基金
UTIM	Unidad Técnica Interna Municipal	技術課
VAPSB	Viceministro(-terio) de Agua Potable y Saneamiento Básico	環境・水省飲料水・基礎衛生次官（室）

外貨換算レート表（2015 年 4 月）

通貨	レート（1USD 当たり）
日本円（円）	119.64
ボリビアーノ（Bs.）	6.72

（出典：JICA 平成 27 年度精算レート表）

1. ボリビアの現状

ア. 政治・社会経済概況

ボリビア多民族国（以下、ボリビア）は富の不平等な分配が歴史上長く続き、今日でも南米で最も所得格差が大きい。国民の 60%以上が貧困層に属し、南米で最も所得水準の低い国の一つである。また、国土は西部高原地域、東部熱帯平原地域、半乾燥地域（グランチャコ）からなり、複雑な地形及び内陸国であることが国の発展にとり大きな阻害要因となっている。（外務省対ボリビア多民族国 国別援助方針（平成 24 年 6 月）より）

表-1.1 に示す 2012 年実施の国勢調査データによると、ボリビアの総人口は 10,059,856 人であり、県別内訳は以下のとおりである。2001 年の総人口は 8,274,325 人であったことから、11 年間で 21.5%（年平均 1.8%）増加したことになる。

表-1.1 ボリビアの県別人口

県	人口(人)	県	人口(人)
ラパス	2,719,344	サンタクルス	2,657,762
コチャバンバ	1,762,761	ポトシ	828,093
チュキサカ	581,347	オルロ	494,587
タリハ	483,518	ベニ	422,008
パンド	110,436	全国総人口	10,059,856

出典：2012 年国勢調査データ（INE；2013 年 7 月公表、2014 年 7 月修正）

政治体制としては、2006 年 1 月に就任して以来、社会主義運動（MAS）党のモラレス大統領率いる政権が 3 期 9 年に亘って今日まで続いている。モラレス大統領は、貧富格差の是正、先住民の権利拡大を掲げ、新憲法制定の実現を目指した。また、米国主導の麻薬撲滅政策や急速な経済自由化に強く反対し、天然資源による収益のボリビア国民への一層の還元を主張した。新憲法制定に反対し地方自治の強化要求をする野党や比較的豊かな東部 4 県との対立を経て、2009 年 1 月に国民投票が実施され、先住民の権利拡大、地方分権推進、農地改革・土地所有制限、天然資源の国家による所有等を定めた新憲法が支持を得て、同年 2 月に発布された。現在は、新憲法に基づいて具体的な政策が実施されている。なお、新憲法の発布に伴い、2009 年 3 月に国名を「ボリビア共和国」から「ボリビア多民族国」に変更した。2 期目（2010 年 1 月～）には内政問題の悪化等でモラレス大統領の支持率が一時低下したが、順調な経済状況等もあり、2012 年末には回復し、2014 年 10 月の総選挙を経て、2015 年 1 月に新たに第 2 期政権⁵が発足し、現在に至っている。（外務省各国情勢基礎データより）

天然ガス、亜鉛、スズ等の鉱業や、大豆、木材、砂糖等の農業が主要産業となってい

⁵ 2009 年の新憲法で大統領再選が可能となり、憲法改正以前のモラレス大統領の任期（2006 年～2009 年、事実上の第 1 期）はカウントしないという法的判断がなされたため、公式には 2015 年 1 月からの政権は第 3 期ではなく、第 2 期ということになっている。

るほか、近年ではリチウム、タングステン等のレアメタルが豊富に存在していることで注目を集めている。産業別就業者の割合は、全国では第一次産業である農牧林水産業が 36.1%、次いで鉱工・製造業が 19.7%、サービス業が 44.2%である（2007 年）。

ボリビアは、農業（大豆、砂糖等）、天然資源（亜鉛、銀、天然ガス等）を中心とする一次産品への依存度が総輸出の約 8 割を占め、国際価格の影響を受けやすい経済構造となっている。モラレス政権下では、天然資源国際価格の上昇を背景に安定した経済成長、外貨準備高増大、財政黒字等のマクロ経済面での健全化が達成されている。モラレス政権は、資源収入のボリビア国民へのより多くの還元を強く主張し、資源ナショナリズム色の強い政策を展開している。特に 2006 年 5 月の「炭化水素資源国有化」に係る最高政令発出およびこれに伴うガス輸出価格大幅引き上げの意図表明は内外の大きな波紋を呼んだ。その他、電力部門の国有化、鉱業部門や農地の扱い（外国人の土地所有制制限等）についても新政策の導入が行われつつある。ボリビアのリチウムは全世界の埋蔵量の約 50%を占めると言われ、ボリビア政府はリチウムを戦略的資源と規定し、政府がその開発を主導する旨明言しているため、その動向に注目が集まっている。経済指標等は、以下の表-1.2 とおりである。

表-1.2 ボリビアの経済指標

経済指標	データ
GNI	252 億 USD（2012 年）
一人当たり GDP	3,035 USD（2014 年）
GDP 成長率	5.5%（2014 年）
物価上昇率	5.19%（2014 年）
失業率	3.2%（都市部のみ、2014 年）
総貿易額	
輸出（天然ガス、金、大豆、亜鉛、銀等）	129.91 億 USD（2014 年）
輸入（機械、化学品、石油製品、自動車等）	104.92 億 USD（2014 年）
対日貿易	
輸出（亜鉛、鉛、錫、ごま等）	361.1 億円（2014 年）
輸入（自動車・自動車部品、電気機器、一般機械等）	290.2 億円（2014 年）
対外債務	56.20 億 USD（2014 年 11 月末）
日本の援助実績（2012 年度までの累計）	
有償資金協力	470.26 億円（E/N ベース）
無償資金協力	910.03 億円（E/N ベース）
技術協力	686.22 億円（JICA 実績ベース）
二国間主要援助国	ドイツ（39.18 百万 USD）、スウェーデン（38.13 百万 USD）、スイス（31.62 百万 USD）、米国（26.78 百万 USD）、オランダ（21.23 百万 USD）（2013 年）
日本からの直接投資	200,000USD（2012 年）

出典：外務省各国情勢基礎データ

経済状況はここ数年来、比較的順調に推移しつつあるが、最大の国内問題である貧困緩和の解決にはほど遠く、極度の貧困層が 37.7%、貧困層が 59.9%、18 歳から 24 歳の国民の 9.8% が失業中であり、同国の厳しい現実を示している。都市部における非正規労働者の比率は 60% にも及び、慢性的貧困が都市部においても増加する傾向にある。（「南米資源国 BOP ビジネス技術に関する調査研究報告書」（平成 23 年 3 月、（財）国際経済交流財団）より）

イ．給水分野における開発課題

南米の最貧国であり、南米で最も国内の所得格差が大きいボリビアにおいて、同国政府は「国家開発計画（2006 年～2011 年）」の下、持続的な経済成長を実現するための取組を進めてきた。2013 年 1 月には 13 項目からなる新たな国家計画「愛国アジェンダ 2025」を発表し、2025 年までに貧困をなくし、水や衛生へのアクセスを始めとする公共サービスをすべての国民に提供することを目標としており、「水と衛生分野」は現在及び今後にわたってボリビア政府が注力していく重点分野である。

ボリビアにおいて「安全な水にアクセスできる人口」は全国で 88%（2010 年）であり、ミレニアム開発目標である全国給水率 78.5% は達成された（出典：対ボリビア国別援助方針 2012 年 6 月）。しかし、地方部での整備不足が依然顕著であり、都市周辺部では地方からの人口流入が激しく、給水サービスが立ち遅れている。安全な飲料水にアクセスできない住民は、河川、湖、浅井戸等の衛生的でない水源を利用しているため、地域によっては生活排水や家畜のし尿による汚染が見られ、水因性疾患や高い乳幼児死亡率の原因となっている。また、飲料水を確保するための水汲みに対する労働は主に婦女子の役割となっている。このため、「安全な水へのアクセス率」の改善は衛生面の改善だけでなく、ジェンダーへの配慮や貧困対策などを含めた最重要課題の一つである。（「ベニ県及びパンド県村落地域飲料水供給計画協力準備調査報告書」（2011 年 3 月、JICA・（株）協和コンサルタンツ））

また、対ボリビア国別援助方針（2012 年 6 月）では、ボリビアは複雑な地形であるため気候変動の影響を受けやすく、近年、洪水、渇水、干ばつなどの被害が多く、水・基礎衛生分野を含め、環境・気候変動を考慮した支援が必要であるとされている。都市部を含め多くの地域で氷河の雪解け水を飲料水等の水源として利用しており、気候変動の影響による氷河の後退・消失により水源確保が困難になっている。地球規模課題対応国際科学技術協力「氷河減少に対する水資源管理適応モデルの開発」によると、利用可能水量の減少傾向がみられ、水の有効利用への対策が急務であるとされている。

我が国は 1988 年以降の無償資金協力により井戸の掘削にかかる機材供与と技術移転を実施し、さらに 2005 年から 2011 年にわたる「生命の水プロジェクト（フェーズ 1、フェーズ 2）」等にて、組織能力強化や維持管理能力の向上等の技術移転が行われ、合計 1,936 本の井戸が掘削された（出典：生命の水プロジェクトフェーズ 2 終了時評価 2013 年）。しかし、これらの井戸の約 40% が 10 年以上経過しているが（一般にスクリーンの目詰まりは 15 年以上で顕在化する）、揚水量の低下を想定した井戸の機能診断は

実施されていない。

既存の給水施設の老朽化による機能不全も飲料水供給率を停滞させる大きな要因である。また、環境・水省やラパス県での聞き取り調査によると、新規井戸建設の施工不良が少なくなく、井戸の機能低下を一層早めていると考えられているが、老朽化診断と同様に新設井戸の仕上がり状況（施工品質）をチェックする能力に欠けるため、これを十分に管理できていない現状がある。

井戸の現状については、本調査において環境・水省を通じて、主に我が国の無償資金協力等を通じて建設された全国の井戸について、全国各県が保有する諸元、揚水能力等に関するデータの収集・整理を行った。その結果、別添資料 2 に示すように、コチャバンバ県及びパンド県を除く 7 県及びラパス県エルアルト市及びベニ県トリニダ市における合計 2,652 本の井戸に関するデータが収集され、試験用井戸や汚染されている井戸を除く 2,595 本の井戸データについて整理した。このうち、エルアルト市の EPSAS が管理するティラタ井戸群を除いて、建設後の揚水能力の低下が記録されておらず、地域的な井戸の機能低下の特徴を見出すことはできないが、井戸の建設時期を始め、初期の揚水能力や井戸の深さ等の井戸の仕様を知ることができる。

井戸の深度については、全国規模でみると 50～100m の井戸が最も多く 43% であり、次いで 100～200m の井戸が 30% を占めている。0～50m は 19%、200～300m は 5%、300m 以上は 2% となっている。タリハ県、サンタクルス県及びチュキサカ県では 200m を越える深い井戸が比較的多く、チュキサカ県では 400m を越える井戸もみられる。

井戸の建設後経過年数の分布については、全国規模では 5 年～10 年の井戸が最も多く 42%、次いで 10 年～15 年の井戸が 21% を占めている。5 年未満の井戸は 26%、15 年以上の井戸は 11% となっている。地域別ではベニ県、タリハ県、サンタクルス県、チュキサカ県及びオルロ県は 10 年以上の井戸の割合が高い。

EPSAS のティラタ井戸群は、30 本の井戸が全て 1990 年に日本の無償資金協力事業で建設されたものである。表-1.3 に示すように、未改修⁶のまま 25 年が経過して機能低下が著しく、揚水量が 30/s 前後にまで低下し、合計 22 井（73%）が建設から 20～24 年後に廃井され、同じ敷地内に新たな井戸 21 井が建設されている。

表-1.4 及び表-1.5 は、エルアルト市のティラタ井戸群におけるデータを参考に、井戸の機能低下傾向を探るために整理したものである。揚水量のデータが建設当初（1990 年）、2010 年時点、2014 年時点と限られており、2010 年以降は多くの井戸が廃井された。このため、既存データだけでは機能低下傾向を示す揚水量の低下曲線を描くには不十分であることから、毎年の機能低下率を一定として、以下の式で機能低下曲線を近似すると、平均的な機能低下率は A ライン、B ラインともに 95% 前後である。

⁶ 改修を施していないこと。井戸は完成直後最大の能力を持っていて、この能力は、揚水を継続することにより取水量の減少、井戸水位の低下、スクリーン目詰まり等、種々の障害により減退していく。改修とは、このような井戸の能力の減退を出来る限り完成時と同等に戻す、あるいは改修工事を定期的を実施することにより、井戸能力の減退を極力小さくすること。

$$Q_n = Q_0 \times d^{(n-1990)}$$

ここに、 Q_n : 西暦 n 年の揚水能力
 Q_0 : 初期（1990 年）の揚水能力
 d : 年平均機能低下率

表-1.3 エル・アルト市ティラタ井戸群における揚水量の経年変化

ライン	井戸 No.	建設時			その後の揚水量 (ℓ/s)				推定寿命 (年)
		年	深度 (m)	揚水量 (ℓ/s)	2008年6月	2010年4月	2010年10月	2014年10月	
A	1	1990	90	11.7	5.7	5.8	5.3	4.0	24以上
	2	1990	90	8.3	-	-	新規建設	新規建設	不明
	3	1990	90	11.7	4.9	5.0	-	新規建設	20
	4	1990	90	8.3	4.4	3.1	3.0	新規建設	24
	5	1990	90	11.7	5.4	3.9	新規建設	新規建設	20
	6	1990	78	11.7	5.4	5.9	6.0	新規建設	24
	7	1990	91	11.7	5.6	3.1	新規建設	新規建設	20
	8	1990	90	11.7	8.7	6.7	4.0	3.8	24以上
	9	1990	90	11.7	2.7	2.9	新規建設	新規建設	20
	10	1990	111	11.2	-	-	新規建設	新規建設	不明
	11	1990	70	11.7	3.8	1.7	1.5	1.3	24以上
	12	1990	70	6.7	-	1.6	新規建設	新規建設	20
	13	1990	72	4.4	1.2	1.3	-	新規建設	20
	14	1990	60	11.7	4.3	4.7	4.7	新規建設	24
	15	1990	59	4.7	1.8	2.2	2.3	新規建設	24
B	1	1990	90	11.2	2.2	2.3	新規建設	新規建設	20
	2	1990	80	9.4	1.9	1.9	-	新規建設	20
	3	1990	90	10.7	4.1	4.1	3.2	新規建設	24
	4	1990	81	9.0	-	-	新規建設	新規建設	不明
	5	1990	90	9.8	3.6	3.6	新規建設	新規建設	20
	6	1990	90	16.7	6.3	7.4	6.8	4.9	24以上
	7	1990	90	7.0	2.0	1.7	-	新規建設	20
	8	1990	90	11.2	3.5	3.8	2.7	2.8	24以上
	9	1990	90	8.2	5.0	6.0	6.3	新規建設	24
	10	1990	90	9.0	5.1	4.8	4.8	新規建設	24
	11	1990	96	14.3	3.2	1.7	-	新規建設	20
	12	1990	90	19.2	14.4	11.0	10.7	9.5	24以上
	13	1990	90	19.8	8.1	7.5	7.4	4.1	24以上
	14	1990	69	12.2	13.0	11.7	12.1	12.4	24以上
	15	1990	90	16.7	4.7	0.8	-	-	20

(出典：EPSAS)

表-1.4 ティラタ井戸群（Aライン）の機能低下状況

井戸名	建設年	揚水能力 (m3/時) ⁷		年平均機能低下率 (%/年) ⁸ 1990～2008 年
		初期	2008 年	
A1	1990	42.12	20.58	96.1
A2	1990	29.88	—	—
A3	1990	42.12	17.46	95.2
A4	1990	29.88	15.72	96.5
A5	1990	42.12	19.48	95.8
A6	1990	42.12	19.59	95.8
A7	1990	42.12	20.21	96.0
A8	1990	42.12	31.16	98.3
A9	1990	42.12	9.63	92.1
A10	1990	40.32	—	—
A11	1990	42.12	13.59	93.9
A12	1990	24.12	—	—
A13	1990	15.84	4.19	92.9
A14	1990	42.12	15.35	94.5
A15	1990	16.92	6.43	94.8
平均値（最大値及び最小値を除いて計算）				95.2

（出典：EPSAS）

表-1.5 ティラタ井戸群（Bライン）の機能低下状況

井戸名	建設年	揚水能力 (m3/時)		年平均機能低下率 (%/年) ^{*)} 1990～2008 年
		初期	2008 年	
B1	1990	40.32	8.07	91.5
B2	1990	33.72	6.93	91.6
B3	1990	38.40	14.86	94.9
B4	1990	32.40	—	—
B5	1990	35.40	12.78	94.5
B6	1990	60.12	22.83	94.8
B7	1990	25.20	7.07	93.2
B8	1990	40.32	12.53	93.7
B9	1990	29.52	17.84	97.2
B10	1990	32.40	18.19	96.8
B11	1990	51.48	11.46	92.0
B12	1990	69.12	51.76	98.4
B13	1990	71.28	29.23	95.2
B14	1990	43.92	46.83	100.4
B15	1990	60.12	16.81	93.2
平均値（最大値及び最小値を除いて計算）				94.6

（出典：EPSAS）

⁷ 揚水能力とは、単位時間に井戸の水を汲み上げることが出来る量を指す。

⁸ 年平均機能低下率とは、建設直後の揚水能力を Q_0 とし、毎年一定の比率で揚水量が減衰していくと仮定した場合、 n 年後の揚水能力 Q_n は予測式 $Q_n = Q_0 \times d^n$ で表すことができるが、この時の d の値を指す。式を変形して $d = (Q_n \div Q_0)^{(1/n)}$ とすれば、表-1.1 の初期揚水能力 (Q_0)、18 年後 ($n=18$) の 2008 年の揚水能力 (Q_n) を式に代入することで、年平均機能（揚水量）低下率 d を算定できる。

ウ. 給水分野における開発計画、関連計画、政策及び法制度

南米の最貧国である一方、南米で最も国内の所得格差が大きいボリビアにおいて、同国政府は「国家開発計画」の下、「人として尊厳のある生活の回復」を国家重点政策の一つとして取り上げ、持続的な経済成長を実現するための取組を進めている。その一環として、上下水道セクターへの開発を推進することとしており、環境・水省(MMAyA)では、この国家政策を具体化するために、「国家基礎衛生開発計画(2011～2015年)」を策定し、全国の給水普及率を現在(2007年)の74.5%(都市部87.5%、村落部50.3%)から2015年までに90%(都市部95%、村落部80%)まで向上させるとしている。

ボリビアの給水事業に関わる機関は、国レベルでは環境・水省(MMAyA)の飲料水・基礎衛生次官室(VAPSB)、県レベルでは水・基礎衛生・住宅部課(UNASBVI)、市レベルでは技術課(UTIM)が担当している。本来、地方分権化により村落給水の実施義務は市が担っているものの、資金・技術力不足から国・県からの支援を受け村落開発を実施しているのが現状である。井戸を含む給水施設の運営・維持管理については、実務は水道事業者が担っている。ボリビアでは人口2千人以上の地域を都市部、2千人未満の地域を村落部と分類しており、都市部では市の監督下にある水道公社、水道組合があり、村落部では村落の水委員会(CAPyS)等がある。村落の水委員会は、通常地元住民で構成されている。都市部及び村落部の給水事業者の組織図は図-1.1及び図-1.2にそれぞれ示すとおりである。

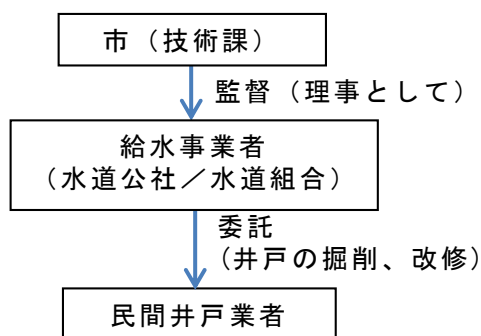


図-1.1 都市部の給水事業者組織図

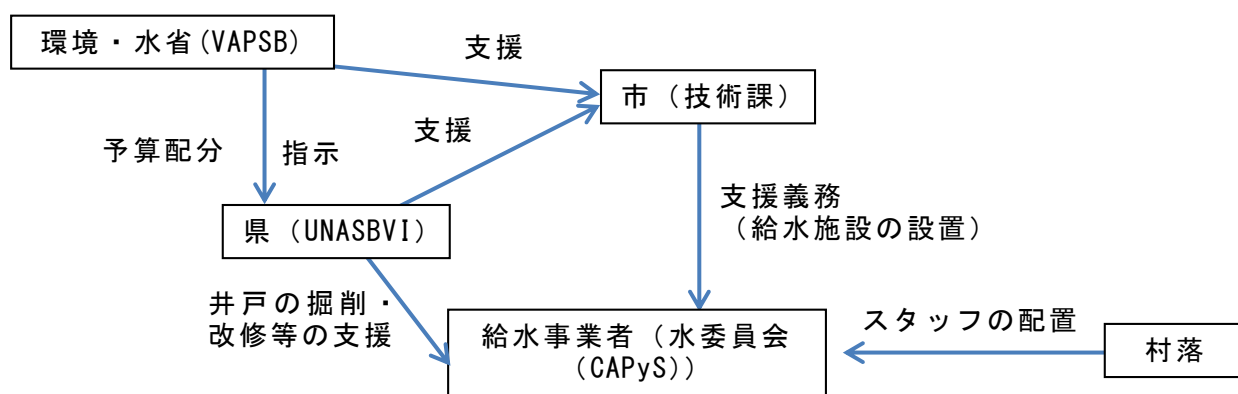


図-1.2 村落部の給水事業者組織図

県庁所在地の水道公社には表-1.6 に示すものがあるが、維持管理に関してはポンプ揚水量及び水質の管理を行っているのみで、井戸掘削及び井戸改修等の実作業は外部の民間業者に委託している。主要都市におけるこれら民間業者の数は、別添資料 3 に示すように、商工会議所に登録している範囲でラパス県 27 社、サンタクルス県 70 社、コチャバンバ県 29 社、オルロ県 8 社、チュキサカ県 3 社、タリハ県 12 社、ベニ県 7 社である。このうち、2014 年 12 月現在で井戸カメラを所有しているのはコチャバンバとサンタクルスに拠点を持つ HIDRO DRILL 社 1 社のみのようである。

表-1.6 県庁所在地の水道公社一覧

公社名	所在都市	水源の割合 (%)	
		井戸	表流水
EPSAS	ラパス	15	85
SAGUAPAC	サンタクルス	100	0
SEMAPA	コチャバンバ	20	80
AAPOS	ポトシ	0	100
ELAPAS	スクレ	0	100
SeLA	オルロ	80	20
COSAALT	タリハ	65	35
COATRI	トリニダ	100	0
Unidad de Servicios de Agua Potable de Cobija	コビハ	15	85

村落の給水事業に当たっては、水委員会（CAPyS）を組織し、給水サービスの運営・維持管理を実施しなければならないことになっている。水委員会は 7、8 人からなる体制であり、水委員会の役割に関しては、環境・水省が発行している水衛生委員会規則（2002）で規定されている。本来、水委員会は独立採算による自主運営が原則であるものの、十分な料金徴収がされていないことやオーナーシップの欠如により、水中ポンプや発電機等の故障への対応ができず放棄されている施設が多い。また、ハンドポンプなど動力を必要としない施設の場合には水委員会自体が形成されていないケースがあるほか、設備が故障する度に県庁や市役所に修繕要請するケースも多い。

聞き取り調査による各県の UNASBVI における施設維持管理技術者の数は表-1.7 に示すとおりである。UNASBVI には改修工事班（井戸洗浄班）のほか調査班が組織されており、物理探査、検層、水質分析等の井戸関係の調査を日常的に実施しているため、調査・測定機器の取り扱いに慣れていることから、井戸カメラの操作も初期の操作指導を受ければ容易に習熟できる能力を有すると考えられる。また、改修工事班及び井戸掘削班は揚水試験及びエアーリフト⁹等の改修工事の経験を有しているほか、改修工事より

⁹元々は井戸底部の沈積砂の浚渫方法。地上部のエアーコンプレッサーから、高圧の圧縮空気を送り込むと、「エアー吹き出し口と沈積砂の間で生ずる圧力低下」によって、沈積砂が揚砂管に吸い上げられることを利用したもので、地上には砂が地下水に混じった状態で排出される。揚砂管は普通、ボーリングロッドを用い、これを継ぎ足して砂浚渫を進める。

技術的にレベルの高い掘削技術をベースに、専門技術者による技術指導を受ければ未経験の特殊改修工事ができるようになると考えられる。

表-1.7 各県 UNASBVI における給水施設維持管理技術者の数（2015 年）

県名	UNASBVI の各県における 正式名称	維持管理技術者の数
ラパス	ラパス県水戦略公社 (EDALP)	15（契約） 60（左官、重機運転手等）
サンタクルス	サンタクルス県 JICA 地下水 プロジェクト (PROASU-JICA)	65
コチャバンバ	コチャバンバ県水・基礎衛 生・住宅課 (UNASBVI)	3
ポトシ	ポトシ県水・基礎衛生課 (UNASBA)	26
チュキサカ	流域・水資源課 (DCRH)	38
オルロ	オルロ県水・流域・かんがい 課 (UACR)	35
タリハ	タリハ県水・基礎衛生課 (UNASBA)	26
ベニ	ベニ県水・基礎衛生・住宅課 (UNASBVI)	31
パンド	居住条件計画課 (PLAHAB)	22

（各県 UNASBVI への聞き取り調査による）

現地調査における聞き取りによると、ボリビア国内では多くの井戸で老朽化による機能低下が生じているが、給水関係行政機関ではその井戸内の状態を揚水量の低下、水位の低下、井戸底の上昇を計測して知る程度であり、機能低下の原因を特定する診断が実施できていないという認識がある。ボリビアでは、明確な根拠もなく手探りで改修を行ったものの期待した効果が得られないケースや改修による機能回復の可能性が分からないまま当該井戸を放棄して新たに井戸を掘るケースが多く、経済効率の悪さを認識している。VAPSB(MMAyA)によると、改修により機能回復の可能性のある井戸を井戸カメラによる適切な井戸診断で選定できれば、1本に井戸を新たに掘る費用で10本の井戸が再生できるという意見があった。また、新たに掘った井戸が施工不良で所定の機能を満たせないケースが少なくなく、工事後の竣工検査に井戸カメラを用いた井戸診断技術を用いたいという意見もあった。このため、VAPSB(MMAyA)は井戸の診断能力を上げることには給水事業の経済効率を高めることであり、井戸診断技術の向上に投資をしても良いという認識を持っている。

エ. 給水分野における ODA 事業の先行事例分析及び他ドナーの分析

我が国の給水分野に関する援助実績は表-1.8 に示すとおりであり、これまでボリビアに対して「貧困削減のための社会開発支援」の一環として上水道及び村落給水に関する支援を継続して実施してきている。技術協力プロジェクト「生命の水プロジェクト」では、県・市・村落の協働体制が構築され、村落における井戸を含む給水施設の運営・維持管理体制が構築・継続されている。なお、本調査で実施する予定である実証デモの

対象井は、1988～1989 年に実施された無償資金協力事業「エルアルト市地下水開発計画」により建設された井戸である。

表-1.8 我が国の援助実績

案件名	援助形態	実施期間	概要
エルアルト市地下水開発計画	開調	1986-1987 年	ラパス市エルアルト地区における生活用水供給を目的とした地下水開発計画の策定
エルアルト市地下水開発計画	無償	1988-1989 年	取水から主配管までの施設及び井戸建設に必要な機材の供与
コチャバンバ市上水道整備計画	無償	1991年	地下水開発に必要な井戸掘削機、関連機器、車両及び新設井戸用揚水機材、送水管及び送水ポンプ、既存井戸の揚水ポンプの取り換え、受電設備用変圧器の設置等に必要な資機材の供給
地方地下水開発調査	開調	1994-1996 年	5 県（サンタクルス、チュキスカ、タリハ、オルロ、ラパス）を対象とした地下水を水源とした飲料水開発計画の策定
地方地下水開発計画	無償	1996-1999 年	サンタクルス県、チュキスカ県を対象とした、井戸掘削機材の供与と井戸・給水施設建設を通じた技術指導
第二次地方地下水開発計画	無償	1999-2001 年	オルロ県、タリハ県を対象とした、井戸掘削機材の供与と井戸・給水施設建設を通じた技術指導
第三次地方地下水開発計画	無償	2003-2005 年	ラパス県、ポトシ県を対象とした、井戸掘削機材の供与とソフトコンポーネント形式による技術指導
生命の水プロジェクト（フェーズ1、フェーズ2）	技協	2005-2011 年	環境水資源省、地方自治体、および水道事業体に対する研修実施体制の確立、水委員会への持続的支援体制強化等
ベニ県及びパント県における村落地域飲料水供給計画調査	開調	2007-2009 年	ベニ県、パント県を対象とした、本計画のベースとなる村落に対する飲料水開発5か年計画の策定
コチャバンバ市南東部上水道施設改善計画	無償	2008-2009 年	コチャバンバ市に対する浄水場の拡張、送水管、一次配管の整備と二次配水管、給水装置の調達
ポトシ市リオ・サンファン系上水道施設整備計画	無償	2008-2009 年	ポトシ市に対する浄水場、取水口、導水管の改修
ベニ県及びパント県村落地域飲料水供給計画	無償	2012-2015 年	ベニ県及びパント県において井戸掘削のための機材や資材等の供与と技術指導

（出典：ベニ県及びパント県村落地域飲料水供給計画協力準備調査報告書（2011年3月、JICA）、水道分野のODA 方針検討会報告書-水道分野の国別援助の方向-（2004年1月、JICWELS））

ボリビアの給水セクターでは、世界銀行、UNICEF、IDB（米州開発銀行）、CAF（アンデス開発公社）、kfw（ドイツ復興金融公庫）、AFCID（スペイン開発協力局）、EU、カナダ政府、スウェーデン政府、オランダ政府、フランス政府、スペイン政府など様々な機関が支援をしている。国際機関による給水事業は基本的に環境・水省によって監理・調整が行われるが、小規模の村落給水事業を実施している UNICEF の事業は県の水・基礎衛生部課（UNASBVI）レベルによる監理・調整となる。なお、環境・水省によると、現段階では他ドナーによる既存井戸の診断・改修を対象とした支援事業はないとのことである。

オ. ビジネス環境の分析

1) 概況

ボリビアのビジネス環境については、消費動向、投資状況を指数化し経済環境指数を四半期毎にランキングを行う経済調査機関（ブラジルのジェットリオ・バルガス財団(FGV)）によると、2013年7月期で中南米主要11か国中第4位であり、近年は常にチリとともに上位クラスにランクされる。鉱工業への期待からビジネス環境は良好で、今後も期待できる国とされる。日本との友好関係は良く、2012年には日本との経済交流を目的とした日本ボリビア商工会議所がラパスとサンタクルスで発足し、また同年、在日ボリビア商工会議所が発足しており、ビジネス関係を構築する素地は固まりつつある。（ジェットロセンサー（2013年11月号）より）

独立以来、富の不公平分配により国民の大半が貧困層に属し、厳しい生活を強いられてきた歴史がある。しかし、近年に至り、天然ガス、鉄鉱石、リチウム等の資源が国際的注目を集めるようになり、これらを梃子にして経済的困窮から脱する機会として捉えており、ボリビアには大きな投資チャンス、ビジネスチャンスが存在すると言える。

ボリビアの北部や東部低地においてみられる Agro-Industria（農業関連産業）は、先住民による小規模零細農業と異なり、穀物、大豆、綿、木材、砂糖等の輸出型商品作物の大規模生産を目指すもので、近年著しい成長が見られる。その中心地であるサンタクルス県の役割が大きく、同県の政治的、経済的重要性が顕著になってきている。（「南米資源国 BOP ビジネス技術に関する調査研究報告書」（平成23年3月、(財)国際経済交流財団）より）

ボリビアには11,350人（外務省各国情勢基礎データによる）の日系人が居住しており、勤勉と創意工夫により独創的な農業開拓に成功し、ボリビア国民から称賛され尊敬されている。このような日系人の活躍がボリビアと日本との友好関係を良くし、日本及び日本人の技術・製品に対する信頼を生んでいると言える。

一方、モラレス政権は、資源収入をボリビア国民により多く還元することを強く主張し、資源ナショナリズム色の強い政策を展開している。特に2006年5月の炭化水素資源国有化に係る大統領令発出及びこれに伴うガス輸出価格大幅引き上げの意図表明は内外の大きな波紋を呼んだ。その他、電力部門の完全国有化、鉱業部門や農地の扱い（外国人の土地所有制限等）についても新政策の導入が行われつつある（外務省各国情勢基礎データより）。経済活動への国家介入や法的枠組みの不透明さ等による不十分な投資環境により、Doing Business 2014（世銀）ではビジネスを行う容易さを示すランキングが189か国中162位となっている。

また、経済を支える柱の一つである国内輸送の主体は道路で、自動車による輸送が大半であるが、道路舗装率が極めて低く（国道レベル30%以下）、また雨期になると各地の道路網が寸断され、交通が途絶する地域も多い。交通インフラの整備が経済発

展を図る上での大きな課題となっている。（「南米資源国 BOP ビジネス技術に関する調査研究報告書」（平成 23 年 3 月、（財）国際経済交流財団）より）

2) 法律による投資に係る基本理念ならびに投資家の権利及び義務

現投資法（1990 年 9 月 17 日制定。法律 1182）には以下の理念が盛り込まれている。

- ① 国家はボリビアの経済及び社会の発展のため、国内国外の投資家を問わず投資を奨励し保証する。
- ② 外国投資家には、国内投資家と同等の権利、義務を与え保証する。
- ③ 民間投資については、法に定める以上の承認あるいは登録を求めない。

また、すべての外国投資家は次のような権利及び義務を有する。

- ① 法が規定する制限以外の制限を持たない所有権
- ② 民間による独占は一切認めない。
- ③ 資本の出入に制限を加えない。
- ④ 法律と納税義務を遵守する限りにおいては、技術移転やその他の商業コンセプトに則った配当金や利子、ロイヤリティの国外送付を規制しない。
- ⑤ 司法行為や事業、契約は国内通貨もしくは国際通貨で支払いが可能である。また、労働契約の締結や解除は自由にこれを実施できる。また被雇用者や労働者への報酬は双方によって決められる。
- ⑥ 投資保険は国内または国外で自由にこれを契約できる。
- ⑦ 国家は国内外の融資を保証しない。
- ⑧ 輸出、流通用の非課税工業地区や倉庫ターミナル、行政府が認可する一時輸入制度は、租税や関税における賦課免除の原則に則って機能する。
- ⑨ 公衆衛生や国家保証を脅かす財やサービスを除き、輸出入と生産製造、値段設定の自由を保証する。
- ⑩ 投資家間で問題が発生した場合は、調停裁判所に申し立てることができる。

一方、新憲法（2009 年 2 月発布）第 320 条では、以下のような外国投資に対する制限が設けられている。

- ① ボリビアの国内投資は外国からの投資に対して優先される。
- ② 外国からの投資は、すべて司法管轄権と法律及びボリビア当局に従うものであり、何人も優遇措置を得る目的で例外を求めたり、外交手段に訴えることはできない。

- ③ 外国の国家や企業との経済関係は、独立と相互間の尊重と平等という条件に則って成立するものである。外国の国家や企業に対して、ボリビア国民に対して規定された福祉利益以上の条件を譲与することはできない。
- ④ 国家は国内の経済政策のあらゆる決定において独立しており、ボリビアや外国の政府、銀行、金融機関、多国間機関や多国籍企業からの圧力や条件を受け入れない。
- ⑤ 公共政策はボリビア国内で生産された製品の国内消費を奨励する。

(以上、「ボリビアの投資環境調査」(2011.1 金属資源レポート p.79-91、JOGMEC)より)

3) 法人組織設立手続き

海外からの投資家はすべて以下の手順に従い、ボリビア国内での法人設立手続きを行わなければならない。

- ① ボリビア国内での法人設立登記申請
- ② ボリビア国内税務当局への登録

租税局に登録する。条件を満たせば、直ちに納税身分証明番号 (NIT) 証書が発行される。その後、設立された会社は活動開始を示す開業時貸借対照表を提出しなければならない。

- ③ ボリビア商業登録、株式登録

商業・株式会社登録局に登録する。あらゆる会社形態に対応する諸条件を満たすと、商業・株式会社登録局は局令を発し、操業登録番号を発行する。この登録番号発行から 30 日以内に企業が行う活動部門の会議所に登録を行う。

- ④ 自治体での登録
- ⑤ 会社が展開する活動内容に応じて、関係地区の会議所に登録する。会議所は地方ごとに同類の職種の企業をまとめており、団体に所属するためには以下の書類を提出しなければならない。

個人営業の場合： 開業時貸借対照表、NIT、該当する自治体の登録証

株式会社の場合： 開業時貸借対照表、NIT、該当する自治体が発行する営業許可証、会社設立証書、会社設立証書を掲載した新聞広告、代理人委任状

(以上、「ボリビアの投資環境調査」(2011.1 金属資源レポート p.79-91、JOGMEC)より)

4) 税制

① 法人税 (IUE)

第 843 法において以下のとおり規定されている。

- 固有、民間、株式会社、官民複合体、共同組合、有限会社などあらゆる形態の企業は法人税の納付を義務付けられている。
- 国外の企業の場合、ボリビア国家に帰する課税ベースを算定するため、本社とは独立した会計を置くことが求められる。
- 法人税は 1 年毎の性格のものであり、粗利益から活動・維持にかかる必要経費を差し引いた所得額に課せられる。
- 法人税率は 25% である。ただし、最終納税額は月毎に納付されている追加法人税等を考慮して算出される。
- 利益を外国に送金する場合、外国送金税として 12.5% が課せられ源泉徴収される。

② 付加価値税 (IVA)

法人税と同様に第 843 法において規定されている。すべての動産・物品売買、労働契約、サービス提供、輸入などに賦課され、これらの総価格に対し税率 13% で課税される。税の納付は月毎であるが、購入品と販売品に掛る付加価値税を相殺することができる。購入品の納税額が多い場合は、翌月に組み入れて計算できる。輸出品の場合は、この税は課せられず、輸出に際し国内で物品購入時に課せられた付加価値税は申請により還付される。

③ 商取引税 (IT)

第 843 法において規定されており、すべての物品の販売、サービス提供等に関して、各々の総売上額に対し 3% が商取引税として課税される。

④ 配当税

国内株主への配当については配当税は課せられず、配当を受ける側の所得税として課税される。海外株主への配当については 12.5% が課税され源泉徴収される。

⑤ 関税

関税法第 25 条に規定されているが、輸入品については関税と付加価値税が課税される。関税については、輸入品の形態により、大統領令に基づき輸入当局が決定する。

⑥ 減価償却

法人税に関する大統領令 NO. 24051 第 20 条によれば、利益を生み出すために使用される消耗品は償却額を控除することで補償される。第 22 条によれば、固定資産の償却はその耐用年数と規則によって定められる償却率により計算される。

(以上、「ボリビアの投資環境調査」(2011.1 金属資源レポート p.79-91、JOGMEC) より)

2. 提案企業の製品・技術の活用可能性及び海外事業展開の方針

ア. 提案企業及び活用が見込まれる製品・技術の特長

提案企業である㈱レアックスは 1988 年に創業し、BIP (Borehole Image Processing) システムを始めとする最新の調査ツールを開発・生産・販売・レンタルするほか、これらのツールにより取得した高度地質情報を基に様々な地質・コンサルティング関連業務に携わっている。井戸カメラを含むボアホールカメラの売り上げでは、日本国内で 70% のシェアを占めている。

活用予定の製品は、提案企業が開発したボアホールカメラ BIP シリーズの中の【井戸カメラ i-Do300F II】であり、2002 年に開発され、図-2.1 に示すように井戸内部の状態を画像・映像により診断し、井戸の破損個所の特定や機能不全の原因を解明する水中用のカメラである。価格は、2015 年 5 月現在、標準システムが 5,190 千円、録画装置等のオプションが 360 千円である。

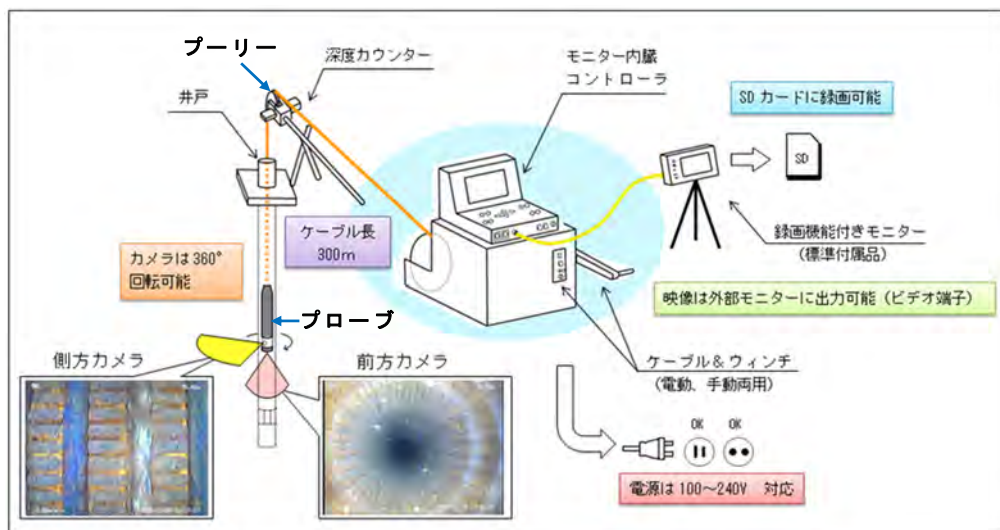


図-2.1 井戸カメラ i-Do300F II による診断の概要

一般に、飲料水供給用の井戸は、素掘りの井戸を除き、深井戸と呼ばれ、深度 100m を越える地点で地下水をくみ上げており、掘削機を用いて開発されている。井戸の揚水

機能低下は、内部のスクリーン¹⁰に付着した汚れや粘土の粒子による目詰まりによって引き起こされることが多いが、このような井戸の口径は 50mm～300mm と狭いため、井戸の内部の状況を知ることは容易ではない。本製品は、このような井戸の診断に適しており、前方カメラ及び側方カメラを随時切り替えるとともに、左右任意の方向に回転させることができる。また、深度が cm 単位で画像に表示されることから、既存の井戸柱状図と対比しながら施工の実態を把握することも可能である。このように、本提案製品は人が直接目視では確認できない地下の状況や構造を明らかにする優れた製品である。

なお、本製品はオリジナルバージョンに比べて、IT 技術を駆使しており、装置の小型化、データ処理の分野で飛躍的な性能向上が図られている。取得した画像・映像情報はアナログ TV イメージ（前方、側方回転）で解析することができ、不具合の原因・場所等、井戸機能について詳細なプロファイルを作成し、データベース化することが可能となる。

提案企業は、円錐鏡を利用したボアホールカメラ観察システム（BIP）を世界で初めて完成させた企業であり、90 年代よりオーストラリアなど世界の調査研究機関から高い評価を得ている。スマートカメラ、簡易型カメラ等の類似製品があるが、測定深度、操作性、画像の品質の面で他製品より優れており、1994 年にはアメリカ地質調査所の正式調査機器に採用された。最新バージョンである提案商品の他社製品との比較優位性は、画像の鮮明度であり、スクリーンの洗浄前後の確認が画面で容易にできるところにある。表-2.1 は、国の内外の同業他社の類似製品と本提案製品 i-Do300F II との比較をしたものである。

表-2.1 i-Do300F II（レアックス社）と競合他社製品との比較表

分 類	品 目	株式会社キューアイ WTC-310	株式会社興和 小型井戸カメラ調査	LAVAL (アメリカ) Rcam-1000 Dual Cam System	ALLEGHENY 社 Dual-Scan Micro	株式会社レアックス i-Do300F-II
プローブ	外径	Φ90mm	Φ23mm	Φ50mm	Φ29mm	Φ60mm
	長さ・重量		420mm	510mm	680mm, 1.6Kg	700mm, 5Kg
	適応温度	0℃～50℃		0℃～65℃	-40℃～50℃	0～60℃
	適応口径	Φ100mm～350mm	Φ100mm～350mm	Φ75mm～500mm	(不明)	Φ66～Φ400mm
	有効画素数		41万画素		380万画素	380万画素
	観察方向	前方/側方	前方/側方	前方/側方	前方/側方(鏡をとおして取得)	前方/側方(側方カメラで直視)
	照明	LED	LED	LED	LED	LED
	映像方式	カラー	カラー	カラー	カラー	カラー
	回転機能(360°)	○	×	○	○	○
	照明ON/OFF	○(調光可能)		○	○	×
ウインチ	フォーカス調整	○	○ ※側方のみ		×	○
	ケーブル長	400m	100m	300m	600m(最大)	300m
	ケーブル		Φ8mm	Φ5.9mm	ポリエチレン	ケーブル・換層用ケーブル(ポリウレタン被覆)
	ケーブル破断強度				68Kg	140Kg
	電源				AC240V	AC100～240V
	重量				44Kg(制御部含む)	42Kg
コントローラ	その他					
	モニター			5.6インチ	オプションにより選択	5インチLCDモニター
	電源				ウインチ共通	AC100～240V
	外部出力				コンポジット映像(2)、音声(2)	コンポジット映像(1)、USB(1)
その他	画像表示	深度	深度	深度	深度	深度、日時、孔番、テキスト情報
	その他					
総合比較評価		この3機種の中で弊社i-Doに一番近い製品。 ウインチ、コントローラの情報なく、想像ではあるが、プローブ径が大きいことからシステム全体も大きく、重量もあるのではないかと推察。	小口径に特化したカメラ。回転機能が無く、井戸内部の全周観察は不可。ポンプなどが入っている隙間の無い井戸を対象としているカメラを思われる。	ウインチ、コントローラ、プローブ一体型システム。コンパクトなシステムのため、耐久性や強度はあまり無い印象を受ける。	プローブに凹凸があり、孔内で引っかかる心配がある。鏡を通しての側方撮影のため、映り込みあり。ケーブル強度がi-Do300F-IIの半分以下。	凹凸の無い一体構造により、孔内で引っかかりづらい。側方カメラ360°回転。高強度で知られるパラ系アラミド繊維「ケブラーケーブル」使用。ノイズに強いツイストペアを採用。クリアな画像を提供。日本国産モーターにより、安定動作・高速昇降が可能。モニター標準搭載。深度情報の他、日付・時間・孔番を設定・表示可能。PCとの接続により専用ソフトで静止画キャプチャーが可能。
(各社ホームページより)						

¹⁰地下水を取水するため、井戸を土圧から保護するパイプや鉄筋コンクリートの井戸側に設けられた、地下水を井戸内に流入する開口部であり、その大きさは砂の流入がない程度の間隔と強度が必要である。種類はスリット型、丸孔巻線型、巻線型Vスロット、補強リング付き巻線型等がある。

提案製品はフォーカス機能により井戸のスクリーン背後の充てん砂利¹¹の洗浄効果まで確認できるため、洗浄効果がスクリーン表面だけの目詰まり除去なのか、それとも背後の充てん砂利を含めた十分な目詰まり除去かの違いを確認できる。画像の鮮明度が低いと、スクリーン表面の見かけの洗浄効果だけに目を奪われ、洗浄効果を見誤る可能性がある。

この診断技術を導入するメリットは、井戸内部を可視化することで給水事業者にとって適切な改修方法を選択することができることである。すなわち、図-3.2 に示す井戸診断フローチャートに示すように、水位や揚水量等の井戸管理データによる基本的な井戸診断結果に基づいて、スクリーンの目詰まりや井戸破損の可能性が大きい場合には井戸カメラによる点検・診断を行い、目詰まりに対してはエアリフト等の改修、ケーシングの破損に対しては部分補修、障害の程度が重大で改修が不可能と判断される場合にはやむを得ず廃井処理をして代替井を新たに建設する等、それぞれの状況に応じた適切な対策が選択できるようになる。

スクリーンの目詰まりや井戸内部破損の場合、井戸カメラによる点検・診断ができなければ、問題となっている機能低下の場所や状況を特定できず、特定しないまま改修を行えば、経費がかさむのみで機能の回復ができないこととなる。カメラによる点検によって、まずは機能回復の可能性を探り、可能であれば次に最適な改修方法を選択し、不可能であれば廃井処理をして代替水源井を新たに掘削するという判断が可能になる。こうした合理的な診断に基づき、改修あるいは更新対象となる井戸の優先順位、工程、予算等を付して、効率的な維持管理ひいては将来における水需要予測に応じた水資源確保を、単に新規水源の開発のみに頼るのではなく、既存井戸の改修による長寿命化を含めた費用対効果の高い給水計画を立てることができるようになる。

一方、上記のような機能回復の可能性が評価できなければ、機能低下した井戸を早い段階で廃棄して新たな水源井の開発を行う等、無駄に井戸が掘削されるようになる。この場合、岩盤地帯においては地下水の流れや水量のバランスを損ない、地下水資源の更なる枯渇につながる事となる。

メンテナンスについては、通常は使用前及び使用後に動作確認を、使用後に洗浄を行うこととなっており、日本においては機材の交換を要するまでの故障は発生していない。今回提案する製品は、顧客からの要請のみならず提案企業自らが実施する調査への利用経験を通じて、厳しい自然環境あるいは多少の雑な取り扱いにも耐えるよう工夫・改良を重ねてきており、故障発生の可能性は低いと考えられる。実際に、2010 年よりスーダンに納入した 7 台の機材などについても、日本から技術者を派遣して操作・メンテナンスの指導を行ったため、現在まで故障は発生していない。

ボリビアでは日本で行っているメンテナンス、アフターサービスが行えるように、以下のような対策を考えている。基本的には本製品を導入した井戸維持管理者によるメン

¹¹ さく井したときに掘削した裸孔とケーシングとの環状間隙に充てんする砂利。井戸を固定させるほか、砂の流入を防ぐ機能を持つ。

テナンスが可能なように、本調査で把握した現地で発生しやすい誤操作の傾向等を参考にして、スペイン語版の操作マニュアル及びメンテナンスマニュアルを整備し、現地代理店を通じて条件の異なる井戸3、4本を対象に井戸カメラ操作専任技術者に実地指導する。消耗品などの予備品（ポリカーボネイト側方カメラ窓、止水用Oリング）は、現地で交換できるよう予め製品本体とともに納品する。

また、故障が発生した場合に備えて、現地代理店で一般的な修理対応ができるよう、代理店スタッフに対して表-2.2 に示すトレーニングを行う。トレーニングは、納品先における通常時の操作・メンテナンスに対する指導、簡単な故障時の修理方法に関するもので、スペイン語のマニュアルを用意し、代理店スタッフを日本に招いて約2週間程度の座学及び演習を行う。また、マニュアルから外れる故障発生時には、Eメール等を利用して、写真や動画の修理手順を送るなどの遠隔サポートを行うが、現地で修理不可能な故障が発生した場合は（株）レアックス本社に輸送して修理を行う。

表-2.2 販売代理店に対する井戸カメラ保守点検トレーニングの内容

点検機材	点検項目	不具合発生時の点検項目	修理・部品交換手順
地上 ユニット	・外観検査 ・画像入力確認 ・各種ボタン動作確認 ・外部ビデオ端子動作確認	・内部配線 ・液晶モニター配線	・ユニット分解・組立て ・各種ボタン・スイッチ・コネクタ交換 ・内臓液晶モニター交換
ケーブル & ウインチ	・外観検査 ・各種スイッチ・ダイヤル動作確認 ・ドラムロックピン動作確認 ・ケーブル外観確認	・ケーブル&ウインチ ・ケーブル被覆外観 ・各種配線	・ウインチ分解・組立て ・ギア・モーター交換 ・ケーブル張り替え ・ケーブル浸水時の対応
プローブ	・外観検査 ・照明点灯確認 ・回転機構動作確認 ・ピント調整動作確認	・コネクター導通 ・各種配線	・プローブ分解・組立て ・観察窓交換 ・LED照明交換 ・カメラ交換 ・止水用Oリング交換 ・プローブ浸水時の対応
プーリー	・外観検査 ・深度カウント確認	・エンコーダーケーブル導通	・メカニカルカウンター分解・組立て ・コネクター分解・組立て
録画装置	・外観検査 ・画面表示確認 ・録画・再生動作確認	・メーカー発行の取扱説明書による	・メーカー発行の取扱説明書による

イ. 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ

提案企業は、これまで海外への業務展開は先進国を中心に行ってきた。発展途上国を対象としたビジネス展開の可能性に着目したのは、JICA がスーダン国で実施中の「水供給人材育成プロジェクト」、「カッサラ州基本行政サービス向上による復興支援プロジェクト」、「ダルフル及び暫定統治三地域人材育成プロジェクト」（いずれも技術協力プロジェクト）において、今回提案している井戸カメラ合計7台を研修用機材として納

品し、現地関係機関から高い評価を受けたことがきっかけである（同国のカッサラ州水公社からは感謝状が授与されている）。この経験から、給水施設の維持管理能力が未成熟な発展途上国において提案製品の導入・普及を行うことにより、井戸診断技術を用いた井戸の改修能力の向上、ひいては給水事業者の能力強化に寄与したいと考えるに至り、これが提案企業の海外進出の動機となっている。

前述のスーダンでの好評を踏まえ、発展途上国における提案製品を活用した既存井戸の機能診断及び長寿命化の潜在的なニーズは高いと考え、地下水開発による給水率向上を開発課題として抱えるアフリカや中南米諸国への展開を海外経営戦略のひとつとして位置付けている。

ウ．提案企業の海外進出による我が国地域経済への貢献

1) 現時点における提案企業の地元経済・地域活性化への貢献

北海道では地域産業振興策として、「北海道 IT アジャイル戦略」や「北海道バイオ産業成長戦略」を制定している。北海道の情報産業は、売上高が 4,000 億円の規模を誇り、地域を代表する主要産業として、一層の成長が期待されている。北海道経済産業局では、IT 分野を道内経済の成長エンジンと位置付け、情報産業の振興や、食や観光を始めとする各産業の IT 利活用を通じた競争力強化に向けた取組を推進している。提案企業は北海道の IT 産業の先駆けとして、地域産業振興への貢献を継続して行っている。

2) 本調査で検討する ODA 案件化及び海外展開を実施することで見込まれる地元経済・地域活性化への貢献

北海道では、IT 産業の世界展開として、「世界に通用する IT ベンチャー創出」を掲げている。提案企業の井戸カメラは、最近の技術改良により、小型で機能性に優れ、低価格な井戸カメラ i-Do300F II 型へと進化しており、井戸管理、地盤診断、トンネル・橋梁の緩み診断等多くの分野への適用性が高い。ボアホールカメラが北海道発の IT 技術製品として、世界に普及すれば、北海道の地域産業振興の活性化につながる。

提案企業の製品を利用して改修工事の前後に井戸内の撮影を行い、適切な井戸診断に基づく改修方法の選定を行い、改修効果を可視化して発注者側に報告している井戸改修業者が多数存在する。本製品が海外で信頼を得て広く利用されることで、これら改修業者の技術に対する評価が高まる。

3. 活用が見込まれる製品・技術に関する調査及び活用可能性の検討結果

ア．製品・技術の検証活動

第 1 回国内作業及び第 1 回現地調査（2014 年 12 月実施）においては、主に既存資料の収集・分析と現地関係者への聞き取りにより、給水分野に係る政策、組織・制度、

開発計画、課題、他ドナーの動向、井戸の維持管理の現状と課題について把握した。主に、都市部や村落部のレベル別に井戸の管理形態を分類し、本製品をどの給水事業関係公的機関がどのような調達方法で購入できるか、また、本製品の利用が可能な体制や技術者の有無を確認し、提案する井戸カメラによる診断技術を普及させるカウンターパートとその窓口を明らかにし、交渉を行った。訪問し、協議した主な現地関係者との面談記録は別添資料 1 に示す。

その結果、村落給水を支援する各県の UNASBVI が年次予算に井戸カメラの購入経費を追加計上し、国内発注システム(SICOES)に入札図書を公開し入札を行うことにより購入ができ、また、UNASBVI は調査・測定機器や井戸掘削機材の操作に習熟した要員を擁し、井戸カメラによる診断及び改修が可能であることから、提案する井戸カメラを用いた診断技術を普及させるカウンターパートであると考えられる。

第 2 回現地調査（2015 年 2 月下旬～3 月下旬）においてはラパス県エルアルト市の既存井戸での実証デモを実施し、第 3 回現地調査（2015 年 4 月中旬～下旬）においては全国 3 か所の県庁所在地（ラパス市、オルロ市、サンタクルス・デ・ラ・シエラ市）での技術紹介セミナーを実施することにより、製品・技術のニーズを確認するとともに有効性及び現地適合性を検証した。なお、実証デモにおける揚水試験及び改修作業を、また実証デモの時に撮影した動画をベースにしたセミナー用のプロモーション動画制作を現地再委託により実施した。

実証デモは、第 2 回現地調査（2015 年 2 月下旬から 3 月下旬）において、カウンターパートである環境・水省、ラパス県を始めとする各県の水・基礎衛生・住宅部課（UNASBVI）、ラパス・エルアルト市上下水道公社（EPSAS）の関係者を招き、EPSAS が管理するエルアルト市ティラタ地区井戸群のうち、建設後 25 年が経過し揚水能力の低下が著しい井戸（A8）と 5 年前（2010 年）に新規に建設された井戸（A9-Ⅱ）の合計 2 か所の井戸を用いて行った。その井戸諸元、改修前後の揚水量・水位及び用いた改修方法は表-3.1 に、各井戸の位置図は図-3.1 にそれぞれ示すとおりである。

実証デモの結果の詳細は別添資料 4 に示しているが、井戸カメラにより井戸内の状況、特に目詰まりの状況と回復の可能性を直接的に観察でき、改修効果も評価できることが明らかになり、ボリビア側の関係者の関心を引くことができた。また、本調査の直接的な目的ではないが、井戸の改修については A8 井ではほとんど改修効果が見られず、25 年間未改修のままであったため、特殊な改修技術を用いない限り機能回復は困難であると考えられる。一方、A9-Ⅱ井は改修前の井戸カメラでの観察でもスケールの付着は著しくなく改修効果が期待されたが、改修の結果、見た目も計測結果からも機能回復が明らかであった。

表-3.1 実証デモ対象井の諸元（エルアルト市ティラタ地区）

井戸番号	A8	A9-II
井戸深	90m	123m
ケーシングパイプ直径	250mm (10in.)	200mm (8in.)
スクリーン タイプ スロット幅	ジョンソン 0.3 mm	ジョンソン 1.0 mm
初期揚水量	11.7 ㍁/s (1990 年)	18 ㍁/s (2010 年)
初期静水位	-12.90m (1990 年)	-11.95m (2010)
初期動水位	-25.40m (1990 年)	-29.47m (2010 年)
改修前 (2015 年 3 月) の揚水量	3.1 ㍁/s	9.7 ㍁/s
改修前 (2015 年 3 月) の静水位	-19.60m	-19.98m
改修前 (2015 年 3 月) の動水位	-47.45m	-29.87m
改修方法	ブラッシング ¹² (上下方向のみ)、ジェッティング ¹³ 、エアールフト	ブラッシング、衝撃波法 ¹⁴ (窒素ガス)、エアールフト
改修後 (2015 年 3 月) の揚水量	3.0 ㍁/s	16.0 ㍁/s
改修後 (2015 年 3 月) の静水位	-20.17m	-16.40m
改修後 (2015 年 3 月) の動水位	-36.74m	-27.24m

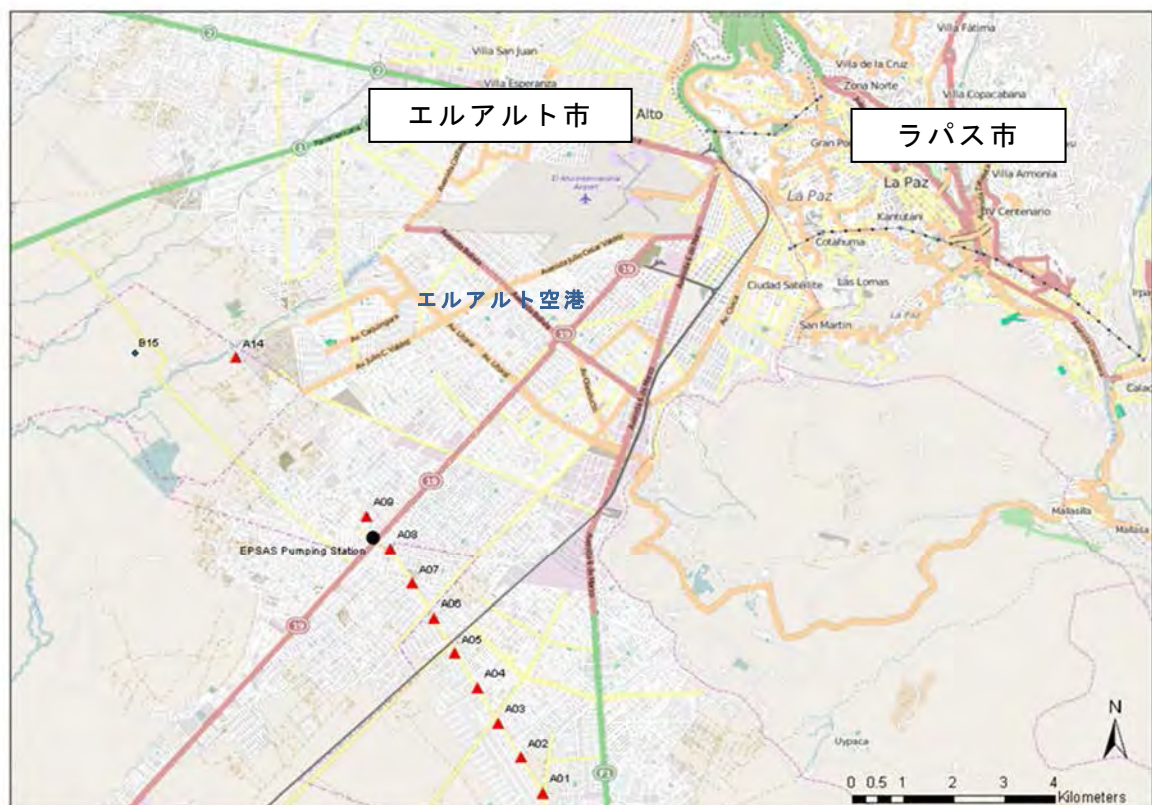


図-3.1 実証デモ対象井の位置図

¹² ケーシング内径よりやや大きいワイヤブラシを上下させ、スクリーンおよびケーシング内部の付着物を掻き落とし除去する工法。

¹³ スクリーンの内部から外部に向けて水を噴射させ、スクリーンの孔を開け、地下水を誘導する工法。

¹⁴ スクリーンに高圧の窒素ガス等を吹き付け、固着したスケールを浮かせて除去する方法。

A8 井の外観



ブラッシング



ジェッティング



エアールフト



井戸スクリーン（改修前）



井戸スクリーン（改修後）



写真-1 実証デモの様子（A8 井）

A9-Ⅱ井の井戸カメラ実証デモの様子



改修装置（衝撃波法）



井戸スクリーン（改修前）



井戸スクリーン（改修後）



井戸スクリーン（改修前）



井戸スクリーン（改修後）



写真-2 実証デモの様子（A9-Ⅱ井）

技術紹介セミナーは、第3回現地調査（2015年4月20日～同月24日）において、ラパス県、オルロ県、サンタクルス県の3か所で、それぞれ半日程度の時間をかけてJICA、環境・水省、各県との共催の形で実施した。セミナーの招待者は、環境・水省、各県の水・基礎衛生・住宅部課（UNASBVI）、都市部水道公社、各援助機関、大学等の研究者、民間業者を対象とした。セミナーでは、実証デモで井戸カメラで撮影した画像を用いた井戸診断や改修の効果を示した動画を紹介するほか、改修の費用対効果の側面を解説した。また、井戸カメラ以外にも、提案企業が開発した地質構造解析のためのボアホールカメラの紹介も行った。なお、セミナー用の動画は現地業者への再委託により、実証デモの時に撮影した井戸診断や改修作業の様子や実証デモ参加者のコメントを基にして、スペイン語の解説を付ける等の編集を行い、プロモーション用ビデオとして技術紹介セミナーにおいても活用した。

技術紹介セミナーの実施状況は別添資料5に示す通り、3か所におけるセミナーで行政機関より77名、その他72名、合計149名が集まった。ボリビア側の参加者は、井戸カメラによる診断から改修までの技術、改修の費用対効果をよく理解し、提案製品に高い関心を示した。井戸カメラの購入を前提にした価格見積り要求2件という成果もあった。

イ．製品・技術の現地適合性検証

ボリビアでは、スクリーンの目詰まり対策としてエアリフトやブラッシング等の一般的な改修技術のほか、衝撃波法のような特殊改修技術がある。各県の井戸管理部署（UNASBVI）や民間井戸業者の多くは、エアリフトの技術と機材を有している。また、本調査結果から、MMayA、各県 UNASBVI 及び水道公社等の井戸管理者は、適切な方法を用いることができれば、新規井戸建設よりも改修による機能回復・長寿命化の方が費用対効果が高いこと、井戸の機能低下状況や適切な対策を講じるための井戸診断には井戸カメラが必要なことを認識していることが明らかになった。少数ながらも井戸カメラを保有して診断・改修サービスを提供している民間業者があり、この井戸診断・改修サービスを利用し始めている EPSAS のような給水事業者があることから、井戸カメラによる診断技術は現地ボリビアで受容される技術であると考えられる。

実証デモにおける A8 井のように、25 年もの間、未改修のままであった井戸の改修はエアリフトやブラッシングのような一般的な手法では効果が得られないが、スクリーンの目詰まり除去を目的とした改修では、改修の頻度を増やすことにより一般的な手法でも効果を得られる可能性が高い。しかし、何年ごとに井戸改修をすべきかについては、当該地域の地質や水質等の条件によって異なるので一概に言えないが、少なくとも10年に1回程度の頻度でブラッシングやジェットティングのような手法によって改修を行えば効果があると考えられる。すなわち、全国の県 UNASBVI が支援する村落水道の約 2,600 井のうち建設後 10 年以内の約 1,700 井（65%）については、こうした

手法での井戸の機能回復が見込まれる。また、ほとんどの県 UNASBVI が技術を有するエアーリフトでは、少なくとも 5 年に 1 回程度の改修を行えば機能回復効果があると考えられ、2,600 井のうち建設後 5 年以内の約 660 井（25%）については、エアーリフト法での井戸の機能回復が見込まれる。

実証デモを通じて、提案製品のボリビアへの適用に当たって概ね支障がないことが明らかになった一方、若干の改良点も明らかになった。カメラを井戸内に吊り下げるために現地調達した単管鉄パイプを組んだ三脚を使用するが、三脚を固定するクランプがボリビアでは入手困難であることが分かり、穴を開け、ボルトで固定する方法を採ったが、しっかりとした固定が難しいほか、着脱が容易ではなく設置・撤去の際に時間を要する等の難点があった。このため、販売時にはクランプを標準部品として加えることにした。また、撮影した画像を記録するモニター付き録画装置はオプションで約 20 万円とやや高価であり、同等の製品がボリビアでは市販されていないが、モニターをパソコンで代用すれば、ボリビアで市販されている USB ビデオキャプチャー（価格約 4 千円）で代替可能であり、販売価格を若干抑えられることが分かった。その他、井戸小屋で使用している商用電源からの電力を利用すると時々漏電が生じ、大きな支障にはならなかったものの、コントローラー等の装置が異音を発するなどしたため、実証デモでは可搬型の発電機を用意して対応した。販売に当たっては、ユーザーに対して、電源のチェックや発電機利用を勧めることとする。

提案企業にとって最大の課題は、現地代理店を通じた販売形態をとる場合、ある程度現地で機器のメンテナンスを行う体制を築くことである。この点、井戸カメラのユーザーとなることが期待される各県の給水事業担当部局では、井戸の掘削・維持管理部署が設けられており、物理探査や井戸計測のための精密機器を取り扱う専任技術者が配置されて日常的にこれらの機器を操作していて精密機器の取り扱いに慣れていることから、誤操作による井戸カメラの深刻な故障の発生可能性は低いと考えられる。こうした専任技術者は井戸内の水中ポンプの点検・修理・交換にも関与しており、同じ要領で井戸カメラも操作できることから、この井戸管理専任技術者が井戸カメラの操作に当たることになるはずである。また、給水事業担当部局では機械技術者及び電気技術者を配置し、ワークショップも備えていることから、一定程度の機器の修理を含めた井戸カメラの保守管理能力を担わせることができる。提案製品は開発から 10 年以上が経過したものであり、故障の発生確率は低いといえる。

ただ、販売台数が増すにつれ、多少の故障や不具合が発生しないとは言えず、すべての修理を日本で行うことは現実的ではなく、機器の中核部分を除く修理対応を現地で行う体制は不可欠である。販売代理店として正式契約を結ぶ予定の現地パートナーは、これまでに井戸カメラを自主製作する等の技術力を有する井戸業者であり、本調査実施中に自社で技術サービスをするために提案製品 1 セットを購入して利用している等、機械・電気等の基礎的な技術力や機器の操作経験については不安がない。後は提案企業が通常代理店に課す一定期間の機器メンテナンスに関する日本での研修プログラムへの参加を実現することで、メンテナンス体制を確立する方針である。

ウ. 製品・技術のニーズの確認

ボリビアでは日本等の ODA を通じて井戸掘削機材が供与され、多くの深井戸が掘削されてきており、水源としての井戸への依存度は高く、井戸の掘削技術も十分あると考えられる。一方、洗浄・改修等の井戸の維持管理技術については不十分であり、未改修のまま早い段階で廃棄される井戸や適切な改修方法が選定できずに闇雲に改修をして効果が得られない井戸が多いのが現状である。また、近年、新規井戸建設において施工不良により、建設して間もなく機能不全を起こす井戸も増えているとのことである。こうした状況下にあつて、機能低下した井戸の診断と適切な改修方法の適用への現地ニーズが高まっている。

第 1 回現地調査にてラパスの水道公社 EPSAS 及びオルロの水道公社 SeLA に対して聞き取り調査を行った結果、都市部では井戸を含む給水施設の維持管理については、水道公社や水道組合に委託された民間業者が実務を行っている。このため、都市部では、直接井戸カメラを購入して井戸診断に利用するのは水道公社ではなく、水道公社から井戸の維持管理を受託している民間業者である。民間業者にとっては、診断と改修を組み合わせた井戸維持管理技術サービス全体の質の向上を図り付加価値を上げる道具として、井戸カメラが受容され普及していくと考えられる。第 1 回現地調査では、ラパスの水道公社 EPSAS 及びオルロの水道公社 SeLA が、自ら井戸カメラを購入する考えはないものの、井戸カメラを利用した民間業者の井戸診断・改修の技術サービスのための予算計上をしたいとの意思表示があった。事実、EPSAS では過去（2002～2004 年ころ）に井戸カメラによる診断技術導入について、民間業者にティラタの既存井戸において実証デモを委託した時の動画記録を所持していた。この時は映像が不鮮明であつて同技術サービスの導入を見送ったようであるが、関心が高いことには変わりがないとのことであつた。

一方、村落部においては、給水施設の維持管理は村落の水委員会から要請を受けた県の UNASBVI が実務を行っており、井戸カメラを購入して井戸診断・改修に利用するのは県の UNASBVI であると考えられる。8 公的機関に聞き取り調査した結果、環境・水省及びラパス県 EDALP から、井戸維持管理のための井戸カメラ購入の予算化をするために、詳細仕様と見積価格を提示するよう要請があったほか、第 1 回現地調査終了後にチュキサカ県からも同様な要請があった。いずれも 2015 年度予算に計上するための見積価格提示要請であるし、国内発注システム(SICOES)に入札図書を公開し入札を行うことにより購入を進めるための詳細仕様の提供要請であると考えられることから、具体的にニーズが高く、しかも早い段階での購入が検討されていると考えられる。事実、本調査実施中の 2015 年 3 月にチュキサカ県で井戸カメラ調達の入札があり、現地パートナーが代理店として提案製品で応札し、5 月に正式契約・納品に至った。これに倣う他の県が出てくることが期待される。

各県が掘削・維持管理を支援している村落給水用の井戸は、別添資料 2 に示すとおり全国で約 2,600 本ある。そのうち、定期的な（10 年に 1 度くらい）改修が必要となつてきている建設後 5 年～10 年の井戸が 1,048 か所（40%）、早急に改修が必要となる

建設後 10 年～15 年の井戸が 516 か所（20%）、一般にスクリーンの目詰まりが顕在化するといわれる建設後 15 年以上の井戸が 279 か所（11%）ある。これに対して、井戸の改修の実績は、2014 年でサンタクルス県で約 10 井、ベニ県で十数井、ポトシ県で 3 件が知られており、年間 30 井（1%）程度であることから、多くの井戸が建設後一度も改修が行われていないと推定され、井戸洗浄・改修のニーズが高いと考えられる。

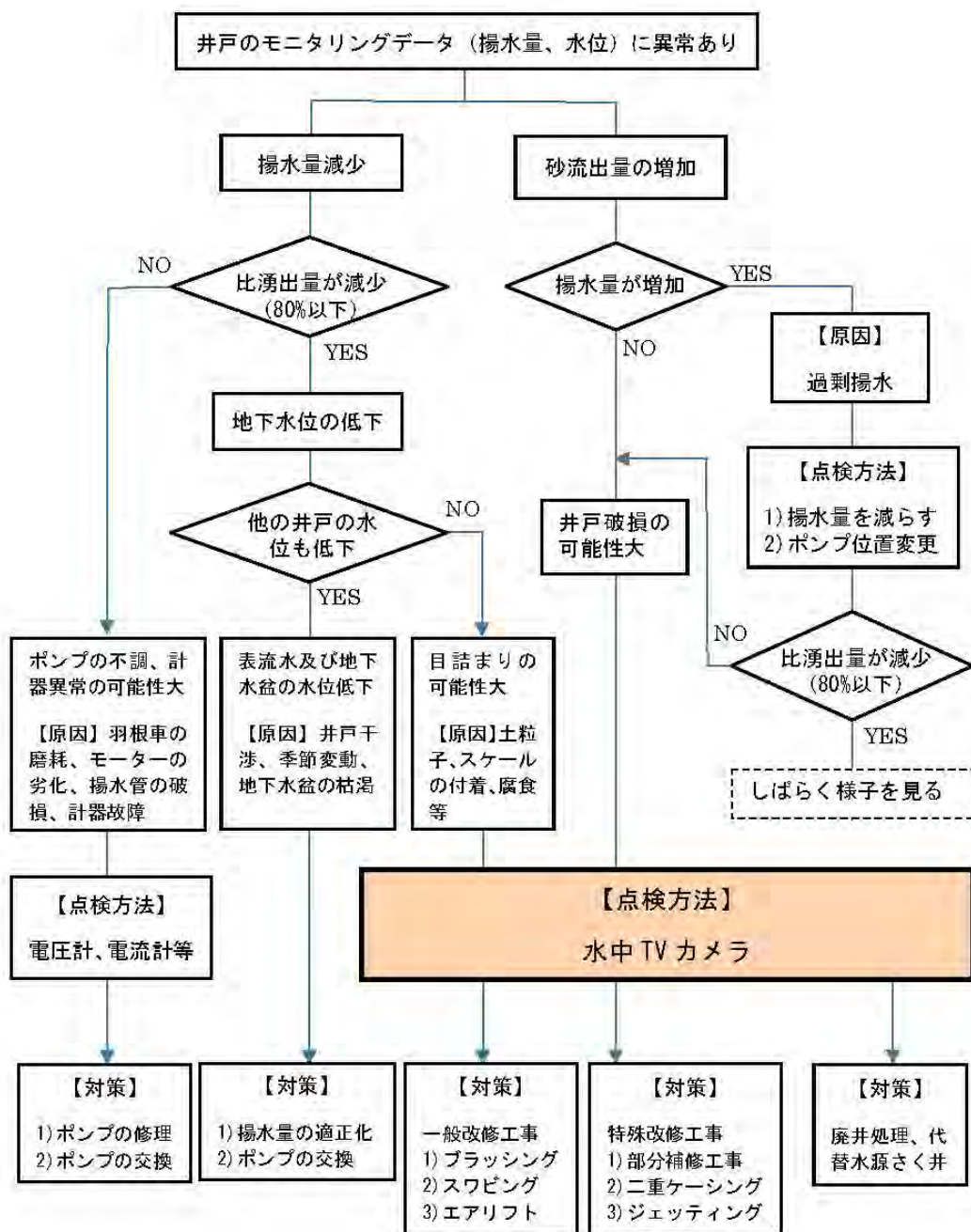
第 2 回現地調査におけるラパス県エルアルト市の既存井戸での実証デモ及び第 3 回現地調査における全国 3 か所の県庁所在地（ラパス市、オルロ市、サンタクルス・デ・ラ・シエラ市）での技術紹介セミナーでは、幅広くボリビア側関係者の考えを聴く機会に恵まれたが、井戸の改修による長寿命化へのニーズは高く、そのつながりで井戸カメラによる井戸診断の重要性への理解が深まったと考えられる。

エ. 製品・技術と開発課題との整合性及び有効性

井戸の機能低下対策は、図-3.2 の深井戸診断のフローチャートに示すように、スクリーンの目詰まり除去のほか、揚水ポンプの修理・交換、揚水量の適正化、井戸破損対策（部分補修工事、二重ケーシング¹⁵）等がある。このうち井戸カメラによる診断が有効なのはスクリーンの目詰まり除去及び井戸破損対策であるが、二重ケーシング等による井戸破損対策はボリビアでは一般的ではなく、スクリーンの目詰まり除去のみが対象となる。

以下、スクリーンの目詰まり除去を目的とした井戸改修の有効性を評価するために、本調査で唯一建設後の揚水量及び水位の変化に関するデータが入手できたエルアルト市のティラタ井戸群の経年変化（機能低下）及び本調査の実証デモにより得られた改修工事による機能回復効果をモデルとして、井戸カメラによる診断及びその診断に基づく改修の有効性について評価を行った。

¹⁵深井戸から砂の流入防止対策として、既設のケーシングの中に直径が約 10cm 小さなケーシング及びスクリーン管を挿入し、環状間隙には小砂利を充てんする改修工事。



（出典：井戸等の管理技術マニュアル、（社）日本水道協会、1999 年）

図-3.2 深井戸の診断フローチャート¹⁶¹⁷

¹⁶比湧出量：個々の井戸について、揚水量を水位降下量（自然水位－揚水水位）で割った値である。単位は $\text{m}^3/\text{day}/\text{m}$ であり、揚水量に関して、簡単な井戸機能診断の指標となる。一般的に、比湧出量が井戸建設時の 80% 程度まで低下したならば、改修工事等により機能回復を検討する必要がある。

¹⁷スワビング：井戸内にピストン状のもの（スワブ玉）を入れ、このピストンを上下させることによって水の動揺を大きくし、その衝撃作用によってストレーナ周辺の地層の閉塞を除去する方法である。

1) 井戸カメラによる診断費用

提案製品の井戸カメラによる診断を導入した場合の診断単価を以下のとおり推定した。カメラによる診断は改修前後の正味 2 日間だが、同じ技術者が井戸診断及び改修の双方を実施するので、減価償却や維持管理費の負担額の計算にはカメラの現場拘束期間を診断から改修が終了するまでの 10 日間とした。

■ 減価償却： 現地販売価格÷5 年

= (カメラ 1 台の CIF 価格+通関関係費用(関税、国内輸送費を含む)
+販売代理店利益) ÷5 年

= (5,400,000 円+2,000,000 円+540,000 円) ÷5 年

= 7,940,000 円/年=USD66,370/年 ⇒USD36/日

■ 診断実施費用： 人件費+消耗品+備車費(燃料代を含む)+電気料金

= (技師 1 名+補助 1 名) ×2 日 (改修前 1 日+改修後 1 日) +
映像記録用 DVD 等+ピックアップトラック 1 台×2 日+消費電
力×電気料金単価

= (USD90/日+USD50/日) ×2 日+USD10+USD100/日×2 日+340W
×2.5 時間/日×2 日×USD0.09/kWh

= USD490/回

■ 維持管理費： 人件費(使用前の点検及び使用後の清掃)+消耗品

= 技師 1 名×0.5 日+ポリカーボネイト製側方カメラ窓(2 年に 1
回交換)

= USD90/日×0.5 日+USD602÷(2 年×365 日)×拘束期間(日)

= USD45+USD0.82×拘束期間(日)

■ 1 回の改修作業(準備・移動期間を含めて 10 日間/回)における井戸カメラに
よる診断費用：減価償却+診断実施費用+維持管理費

= USD36/日×10 日+USD490+(USD45+USD0.82×10 日)

= USD903

2) 井戸改修費用

平均的な改修費用は表-3.2 に示すとおり、地質構造が異なると目詰まりの原因が異なり、適切な改修方法も異なるので、平均的な井戸改修費が地域によって異なる。西部地区はスケールの付着が激しく改修が難しいケースが多く、複数の方法の組み合わせによる改修が行われる結果、東部地区に比べて改修費が 4 倍以上高い。

ボリビア国内で採用されているスクリーンの目詰まり除去の改修方法に関して、方法別の改修費用(一式)は表-3.3 に示すとおりである。本調査において A9-II 井の実証デモで適用した衝撃波法は、エアーリフトやジェッティング等の一般的な改修方法の約 2 倍の費用がかかる。しかし、一方法当たりの費用が多少高くても、井戸カメラを用いた正確な井戸診断に基づいて予め適切な方法を選択して改修を行

うのと、一方法当たりの費用が安くても目詰まりの状況や原因が不明なまま多くの手法を試行錯誤で行うのとでは、後者の場合の方が割高になることがあり得る。

たとえば、井戸カメラによる診断により、スクリーンにスケールが厚く付着していて、一般的な改修方法では効果が小さいと判断され、衝撃波法（エアリフトとの組合せ）が選択・実施された場合、井戸診断から改修までの費用は、USD903+USD5,655+USD2,857=USD9,415 である。一方、井戸カメラによる診断を行わず、試行錯誤でエアリフトを行ったものの、顕著な効果が得られず、ジェットイング（高圧水）及びブラッシングを組み合わせようやく効果が得られた場合の費用は、USD2,857+USD2,857+USD4,286=USD10,000 となり、割高になる。

さらに、井戸建設時の竣工検査が不十分なことから、スクリーンの位置が図面と実際の施工結果とで異なる場合が少なくなく、スクリーンではない場所を洗浄した結果、選択した手法が正しかったとしても全く改修効果が得られず、経費の無駄遣いになることがあるようである。

表-3.2 既存井戸（深度 100m 級）の平均的改修費用

地 域	西部地区 （ラパス市・エルアルト市）	東部地区 （サンタクルス県）
井戸 1 本、1 回当たりの 平均的な改修費用（USD）	11,119 （エアリフト、スワビング、ブラッシング等の一般改修工事及びジェットイング（高圧水）、衝撃波法等の特殊改修工事を含む）	2,381 （エアリフト、スワビング、ブラッシング等の一般改修工事を含む）

データの出処： ラパス市・エルアルト市は EPSAS、東部地区はサンタクルス県の井戸業者からの聞き取り調査による平均的な数値

改修費用： 井戸カメラによる診断費用を除いて、機材損料、作業員人件費、燃料費等のすべてを含んだ費用

表-3.3 既存井戸（深度 100m 級）の方法別改修費用
（井戸 1 本、改修 1 回当たり）

改修方法	方法別単価 (USD)
エアリフト	2,857
ジェットイング	1,429
ジェットイング（高圧水）	2,857
スワビング	1,607
ブラッシング	4,286
化学薬品洗浄	762
高圧スケール除去（衝撃波法）	5,655

データの出処： EPSAS、サンタクルス県の井戸業者からの聞き取りによる平均的な数値

改修費用： 井戸カメラによる診断費用を除いて、機材損料、作業員人件費、燃料費等のすべてを含んだ費用

3) 井戸新設費用

井戸 1 本当たりの新規井戸の建設費用は表-3.4 に示すとおりであり、改修費用と同様に地質構造が異なると新規井戸の建設費が異なる。新規井戸の建設費用は、ラパス・エルアルトに代表される高地の西部地区は平原の東部地区に比べて 2 倍以上高い。

それぞれの地区における平均的な改修費用（表-3.2）に対する新規井戸建設費の割合は、西部地区では 3.6 倍、東部地区では 7.5 倍である。この費用だけの単純比較では、機能低下対策としての井戸新設をする予算で目詰まり除去の改修を西部地区で 3 回、東部地区で 7 回実施することができる。

表-3.4 新規井戸（深度 100m 級）の建設費用

地 域	西部地区 (ラパス市・エルアルト市)	東部地区 (サンタクルス県)
井戸 1 本当たりの 新規建設費用 (USD)	40,179	17,857

（データの出処：ラパス市・エルアルト市は EPSAS、東部地区はサンタクルス県の井戸業者からの聞き取りによる平均的な数値）

4) 井戸の機能低下

ボリビアでは、井戸の維持管理者が井戸の経年的な機能低下をモニタリングし、記録することを実施しておらず、井戸の機能低下の実態を正確に把握することは困難である。そこで、本調査で実施した実証デモの結果を基に、A9-II 井をモデル井戸とし、経年的な機能低下の状況を以下の数式を用いて推定した。

$$Q_n = Q_0 \times d^{(n-1990)}$$

ここに、 Q_n ：西暦 n 年の揚水能力
 Q_0 ：初期（1990 年）の揚水能力
 d ：年平均機能低下率

表-3.1 の井戸諸元に示すように、A9-II 井の建設時（2010 年）の揚水量が 180/s であり、5 年後の 2015 年には 9.70/s に減少していることから、年平均機能低下率（ d ）は上述の式から 88.4%/年である。6 年目以降の機能低下については A9-II 井のデータがないことから、表-1.4 及び表-1.5 に示されるように、同じくティラタ井戸群の A ライン及び B ラインの井戸の建設時（1990 年）から 2008 年までの年平均機能低下率 95%を用いることとする。

また、モデル井はティラタ井戸群と同様に 25 年目には廃井とする。モデル井は建設後 5 年間は機能低下率 88.4%/年で、6 年目以降は機能低下率 95%/年で経年劣化していき、25 年目に廃井になるが、これをグラフ化したのが図-3.3 である。

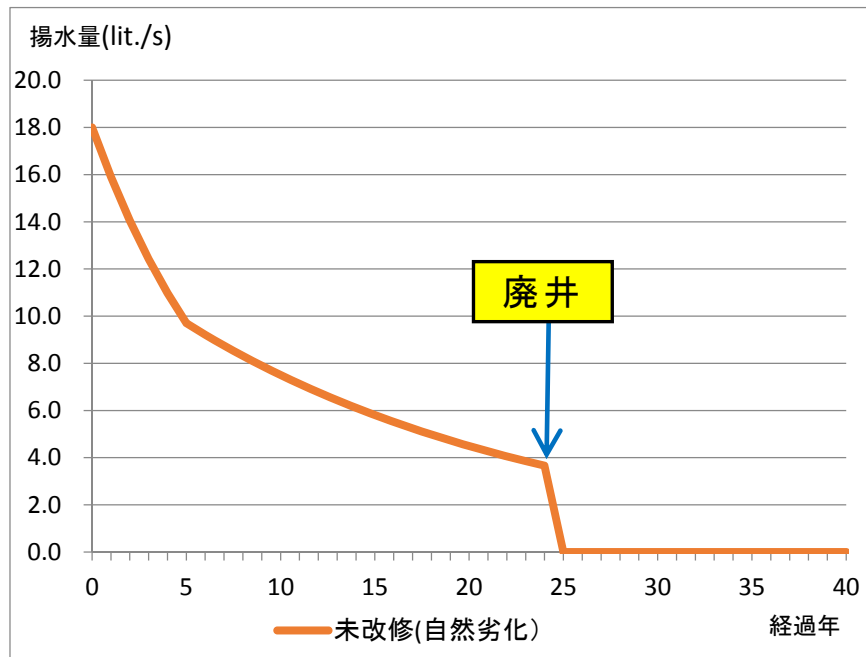


図-3.3 モデル井戸における機能低下曲線

5) 機能低下対策の効果

以下、井戸の機能低下対策としての井戸新設とスクリーンの目詰まり除去を目的とした改修との効果を比較する。上述のように、費用だけの比較では新規井戸建設よりも改修による既存井戸の回復の方が有利であるといえる。しかし、既存井戸の機能回復による効果と廃井・井戸新設による効果とを比較しないと、本当の意味で井戸の長寿命化による効果の比較をしたことにならない。

そこで、上述のモデル井戸について、以下のケース1のように既設の井戸が改修を一度も実施しないまま25年目に廃井になった後、同じ仕様・能力の井戸を新設し、やはり一度も改修をしなかった場合の25年目の井戸新設から50年目の廃井までの効果（水の総売上高）と、ケース2のように既設の井戸を定期的な改修をしながら機能回復を図って50年間運転した場合の長寿命化による効果（水の総売上高の増加額）を推定して比較する。また、それぞれの効果（金額）を費やした費用で除し、費用対効果を算定して比較した。

ケース1： 井戸を建設したが、改修を一度も実施しなかったため、建設後24年が経過してスクリーンの目詰まりによる揚水量低下が著しくなり、25年目には廃井となった。その直後、同じ能力の井戸を新設し、同様に一度も改修を行わず、49年目には再び廃井になった。

ケース2： ケース1と同じ能力の既存井戸を、10年目及び20年目に合計2回の

改修を行い、機能（揚水量）の回復により廃井をせずに 50 年間運転を続けて長寿命化を達成した。

地質構造が異なると目詰まりの原因すなわち適切な改修方法が異なるとともに、新規井戸の掘削単価も異なるため、ラパス・エルアルト市に代表される西部地区とサンタクルス市に代表される東部地区に分けて効果を検討する。

まず、ケース 1 の場合は、図-3.3 の機能低下曲線が当てはまり、新設の度にこの曲線が立ち上がることになる。これをグラフ化したのが以下の図-3.4 である。25 年目の井戸の新設から 49 年目の廃井まで未改修の井戸の 24 年間の水の総生産量（総揚水量）が 井戸新設の効果 である。

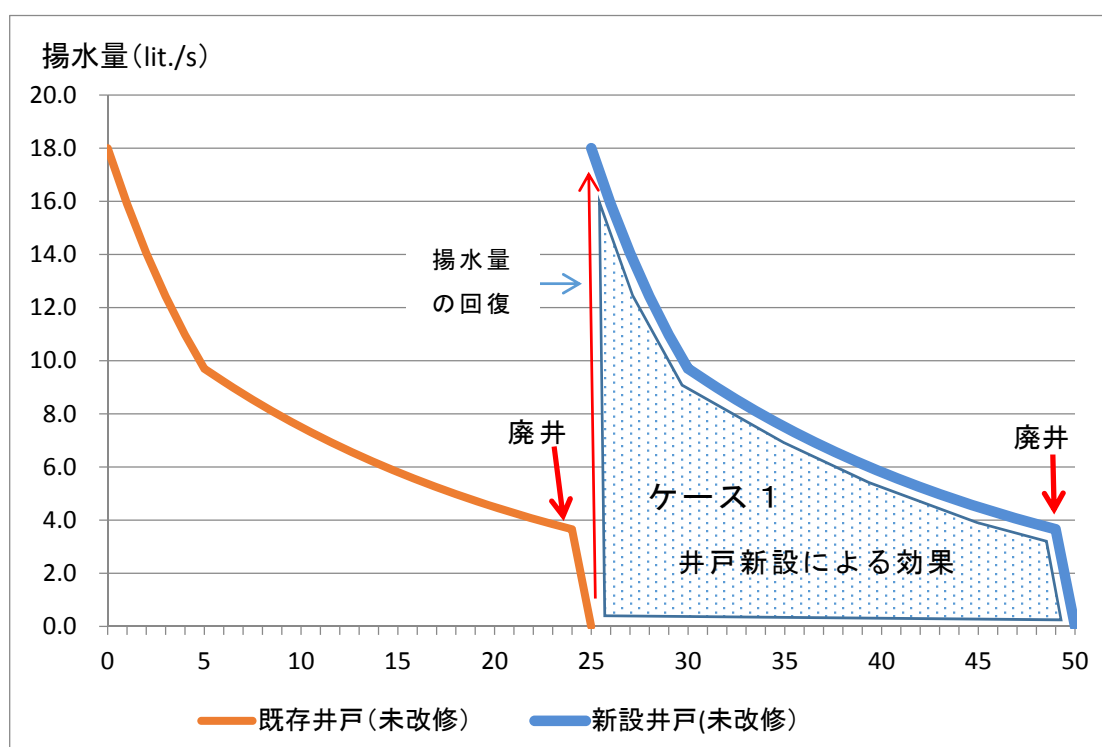


図-3.4 井戸新設による機能低下対策効果の概念図（ケース 1）

次に、ケース 2 の場合は、既存井が建設後 10 年、20 年経った時点で改修を行ったため、11 年目、21 年目と揚水量が一定程度回復し、25 年目以降も廃井されることなく、50 年間使用可能となって長寿命化する。

改修による回復程度については、ボリビアでは既存データが整理されておらず入手できなかったため、本調査における実証デモで得られたデータを利用することとする。実証デモで行った改修（衝撃波法とエアリフトの組み合わせ）により井戸の揚水能力が 9.7ℓ/s から 16ℓ/s に回復したことから、揚水量の低下量に対する回復量の比率、すなわち回復率は以下の式から 75.9% となり、これをモデル井戸の 10

年目及び 20 年目の改修にも適用し、高度な改修方法による回復率を 75.9%、一般的な改修方法の回復率を 1/2 の 38.0%とする。

$$\text{改修による井戸の回復率} = (16\text{l/s} - 9.7\text{l/s}) / (18\text{l/s} - 9.7\text{l/s})$$

以上の想定に基づいて、2 回の改修（高度法）を経たモデル井の揚水量の経年変化をグラフ化したのが図-3.5 であり、10 年目及び 20 年目の改修による既存井戸の生産量（揚水量）の 50 年目までの回復総量が改修による効果である。

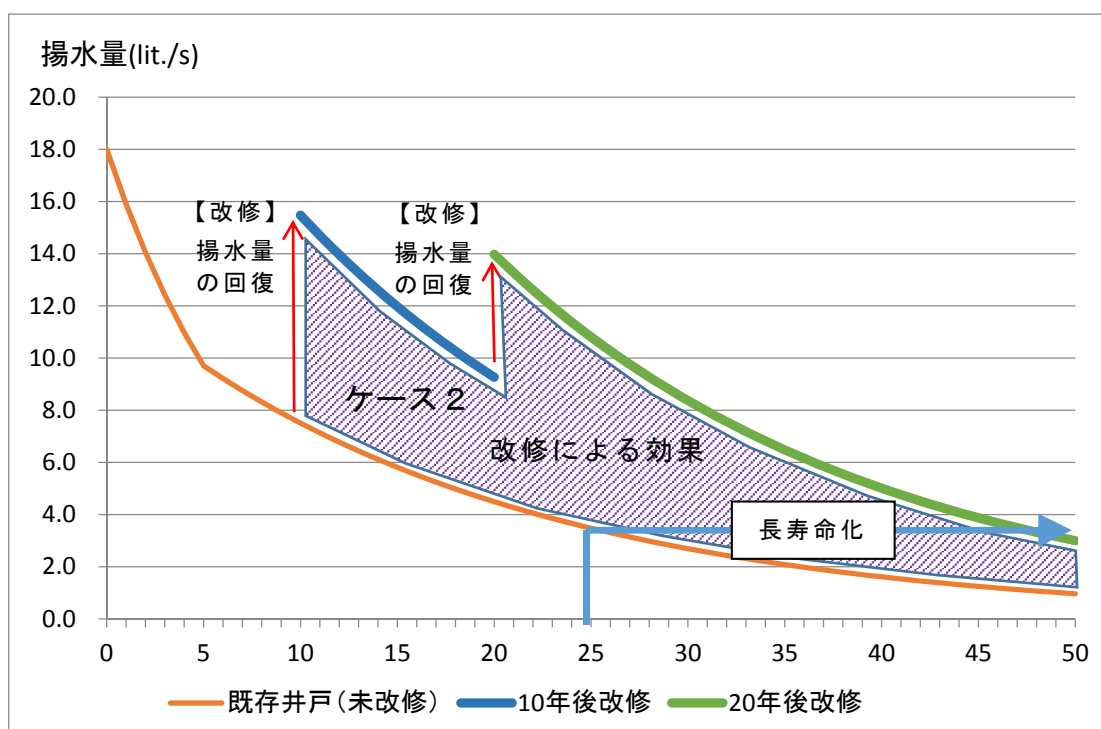


図-3.5 井戸改修による機能低下対策効果の概念図（ケース 2）

インフレ、水販売単価の変動、廃井経費を無視し、上述の生産量ベースの効果に水道料金単価（45 セント/m³）及び料金徴収率（60%）を乗じて水売上高とすれば、それぞれの効果を貨幣価値に置き換えることができ、それぞれに要した費用で除した値を費用対効果とする。

効果及び費用対効果の検討結果をまとめたのが表-3.5 であり、高度な改修（衝撃波法とエアーリフトの組み合わせ）による井戸機能低下対策効果は井戸新設による効果を 10%程度上回るが、一般的な改修（エアーリフト）の効果は井戸新設による効果のおよそ 50%である。地域別の費用の相違を考慮し、井戸の機能低下対策の効果をそれぞれの費用で除した費用対効果を比較すると、西部地区では井戸カメラによる診断に基づいて高度な改修を行っても、井戸新設に比べておよそ 140%費用対効

果が上回る。また、東部地区では井戸カメラによる診断に基づいて一般的な改修方法を用いれば、井戸新設に比べておよそ 25%費用対効果が上回るものと推定される。

表-3.5 既存井戸の機能低下対策の費用及び効果の比較（井戸 1 本当たり）

井戸の機能低下 対策方法	効 果 ※)		費用総額 (USD) ※)		費用対効果 ※)	
	水生産量 (m ³ /50 年)	売上高 (USD/50 年) (@USD 0.45/m ³)	西部 地区	東部 地区	西部 地区	東部 地区
新規井戸建設、 未改修	5,891,386	1,590,674	40,179	17,857	39.6	89.1
改修（高度）2 回 回復率 76% ※)	6,544,701	1,767,069	18,830	—	93.8	—
改修（一般）2 回 回復率 38% ※)	3,091,970	834,832	—	7,520	—	111.0
比較（井戸新設 との比較）	改修（高度）：1.11 倍 改修（一般）：0.52 倍		改修 （高度） 0.47 倍	改修 （一般） 0.42 倍	改修 （高度） 2.37 倍	改修 （一般） 1.25 倍

※) 効果：50 年間に井戸機能低下対策（井戸新設、改修（高度）、改修（一般）の 3 ケース）によってもたらされる、飲料水の生産増加量合計あるいは売上増加額合計

費用総額：50 年間に井戸機能低下対策に要した費用の合計。改修費用には井戸カメラを利用した診断費用 (USD903/回) を含む。

費用対効果：効果÷費用総額

改修（高度）：衝撃波法及びエアリフトの組み合わせによる改修。井戸カメラによる診断及び改修効果確認を含む。

改修（一般）：エアリフトによる改修。井戸カメラによる診断及び改修効果確認を含む。

6) 製品・技術と開発課題との整合性及び有効性

上述のように、提案製品である井戸カメラによる診断が加わることで改修費用が 20～60%程度増加することになるため、スクリーンの目詰まりの原因と対策が明確な地域では井戸カメラの導入は不要である。しかし、ボリビアではこのようなケースは少なくスクリーンの目詰まりの形態が多様であるうえ、図面と実際のスクリーンの位置が食い違うというケースが多いようであり、井戸改修作業による効果を一層不確実なものにしている。ボリビアでは、こうした改修効果の不確実性から、減少した取水量を確実に回復させるため、機能が著しく低下した既存井の代わりに隣接地に新規に井戸を建設する方法が一般的にとられてきた。

ボリビアの井戸管理責任者の認識ならびに上述の既存井戸のスクリーンの目詰まり除去を目的とした改修効果の評価結果に示されるように、井戸の特徴に応じて予め適切な改修方法を選定して改修を行うことができれば、既存井戸の長寿命化は新規に井戸を建設するよりも費用対効果が大きいことが分かる。このことは限られた予算、限られた水源の利用可能量の中で、効率よく水資源を確保し、開発課題である地方部や都市周辺部で整備が遅れている給水サービスの向上を図る上で既存井戸の回復・長寿命化が不可欠であることを示すものである。そして、予め適切な

改修方法を選定するために、提案製品のような井戸内の鮮明な画像を容易に撮影して視認できる井戸カメラを利用した診断技術の適用・普及が有効である。

既存井戸の機能低下対策として、新規井戸の建設を対象として効果を検討したが、岩盤地帯では井戸の成功率が問題となり、成功率が低い場合には水資源開発の不確実性が増し、建設費用が割高になる。一方、既存井戸の改修においては、地下水盆の枯渇傾向が見られなければ、改修により揚水能力が回復する可能性が高く、井戸新設に比べて対策の確実性が高い。

また、井戸の乱開発により廃井処理が適切になされないままに放棄されると、廃井から水質汚染が帯水層に及び、地下水資源全体の利用ポテンシャルを減少させるリスクがある。対ボリビア国別援助方針別添の事業展開計画にある開発課題への対応方針では「表流水や水質が不明な井戸など、必ずしも安全性が担保されていない水を使用せざるを得ない地域も見受けられることから、統合的水資源管理能力の向上にかかる支援を通じ、飲料水供給や衛生環境の改善を図っていく」とあるが、既存井戸の改修に重点を置き、できるだけ廃井を減らすことは、地下水資源管理の上で重要なことである。

限りある地下水資源を保全し、持続的に有効利用するためには、良質の井戸を建設し、これを適切に維持管理して長年に亘って利用していくことが肝要である。そのためにも、井戸カメラによる竣工検査により悪質な井戸の排除、井戸カメラによる診断技術の普及により井戸改修の適切化と井戸機能の回復・長寿命化は、統合的水資源管理能力の向上に資するものである。

オ．実現可能性の検討

1) ODA 案件化における実現可能性

本調査を通じて明確になったのは、ボリビア側の給水事業関係者が、給水サービスの向上のために、水資源の安定確保の一環として井戸の維持管理、とりわけ目詰まりによる機能低下を起こしている既存井戸の回復に強い関心を持っていることである。問題は、機能回復のためには改修をすれば良いのか、廃井にして新規井戸を建設すれば良いのか、どのような改修方法を採用すれば良いのか等の判断を下すに当たっての根拠が明確でないことにある。

この問題を解決するには、機能低下の状況を的確に判断し、それぞれの状況に合った対策を選択していくことであり、井戸の水位・揚水量の経年変化等の基礎データをしっかりと記録・分析し、さらに井戸カメラにより井戸内を詳しく観察することにより、適正な対策を選定し対処する一連のシステムが重要になる。このシステムをボリビア側で確立するためには、ODA による必要機材の供与、関連技術の指導・移転が有効である。とりわけ、井戸診断と改修方法選定を組み合わせることで技術移転をしていくことが有効である。

前述のとおり、ボリビアでは、日本が長年に亘って、全国規模で給水分野の無償資金協力や技術協力プロジェクトを実施してきた経緯があることから、これら事業を通じて育成された人材や相互信頼を基に構築されたネットワーク、さらに中央政府の環境・水省を始めとして全国の給水事業関係者の協力・支援が得やすい環境がある。本調査でも、実証デモ及び3都市での技術紹介セミナーの実施に当たっては、こうした協力・支援を受けることができ、調査を円滑に進めることができた。

一方、今後追加投入していくべき改修技術については、提案製品であるレアックス社の井戸カメラを利用している日本の井戸改修業者は多く、これらの業者から必要な機材や専門技術の提供を受けることが可能である。したがって、上述の井戸の維持管理を目的とした普及・実証事業等の ODA 案件の実現可能性は高い。

2) 事業展開における実現可能性

井戸カメラの価格（FOB）は、本提案製品が約 USD43,000、欧米メーカーの製品では USD25,000～30,000 の価格であり、高価であることは否めず、今回の調査でもその必要性は理解してもらったが価格を知るとそれ以上話が進まない場面も少なからずあった。民間井戸業者においても、井戸カメラを所有して実際に井戸診断の技術サービスをしている会社は1社しか確認できず、カメラを用いた井戸診断をこの井戸業者に試験的にせよ発注しているのはラパス市やサンタクルス市等の大都市の水道公社のみで、業者の必要性の認識もいまだ低い。

このように市場はまだ十分な状況ではないが、井戸カメラの技術に関しては、同国で過去に試行された井戸診断における水中カメラ映像と比べても画像の鮮明度は高く、フォーカス機能を始め本提案製品の優位性は疑いないものと言える。また、製品価格や井戸診断技術サービスの対価については、今後の普及・実証事業等の ODA による支援を通じて、環境・水省や各県等の政府機関に対して、井戸の機能回復効果の方が新規井戸建設より効果が大きいことを示せば各県への導入につながると考える。

また、環境・水省、ラパス県、チュキサカ県、ベニ県、SeLA 等は井戸改修の必要性を強く認識していて井戸診断の実施を予算に計上する意向を示しており、これら機関からは提案企業に対して提案製品の仕様と見積金額の提示要請が合計5件あった。まずは井戸改修及びその前提となる的確な井戸診断の必要性を認識している県レベル以上の公的給水事業機関に井戸カメラを購入してもらい、その有効性への認識が広まれば、都市部の水道公社の改修工事に採用されるようになり、その工事を受託する民間井戸業者での購入につながるものと考えられる。

なお、チュキサカ県では、本年（2015年）3月に井戸カメラ調達の入札が行われ、当調査期間内で落札し、本提案製品1セットの売買に至っている。井戸カメラの必要性ならびに本提案製品の優位性を認めてもらった第1号の事例となったことは、最初の高いハードルを越えることができたと言え、今後、他の県や環境・水省への営業・販売もやりやすくなると期待している。

チュキサカ県で提案製品の利用が始まったことにより、今後、ボリビアにおいて機材の操作性や保守管理で留意すべき点等が整理・蓄積され、より現地に適合したボリビア仕様といったものが具体的になる。このことで一部仕様の省略や変更により製品価格の低減を図ることができれば、競合他社との価格競争に有利となるだけでなく、提案製品を利用する民間井戸業者の井戸診断等の技術サービスの対価低減につながり、提案製品の導入・普及に弾みがつくと考えられる。

また、現地パートナーである SUIGEN 社は、提案企業が提案した井戸カメラによる診断と改修を組み合わせた技術サービスが今後ボリビアで普及するとの見通しに賛同し、本年（2015 年）1 月に本提案製品 1 セットの購入を決め、井戸診断と改修をセットにした技術サービスを主要都市の水道公社に売り込んでいくことを決めた。

さらに、本調査における聞き取り調査、実証デモ、技術紹介セミナーにおいては、ボリビアの給水事業者の間で既存井戸の改修の必要性が強く認識されており、井戸カメラを用いた井戸診断技術のニーズが高いことが明らかになった。

4. ODA 案件化の具体的提案

ア. ODA 案件概要

本提案製品を活用した ODA 案件については、表-4.1 に示すものを想定しているが、無償資金協力のフォローアップは上限 USD200,000 で 1 回のみのものであるため、単独の事業では十分な実証・普及活動が難しいと思われる。また、技術協力プロジェクトはボリビア側のニーズは高いものの、ヒアリングの結果、単純な給水分野は今後の JICA の対ボリビア技プロ対象分野に含まれておらず、ボリビアでは実現が難しいと思われる。一方、普及・実証事業はボリビア側のニーズが高く、これまでの日本の ODA による給水分野に対する支援実績から、カウンターパート機関の協力も得やすく、実証事業の対象地に関する情報も十分であり、実施可能性が高いと思われる。

このため、普及・実証事業を先行させて、その他の ODA スキームとの効果的な組み合わせを考えるのが有効と考えられる。

表-4.1 想定される ODA 案件の概要

スキーム	普及・実証事業	無償資金協力のフォローアップ	技術協力プロジェクト
目 標	提案製品の井戸カメラを利用した井戸診断及び改修方法選定が有効であることがボリビア各地で実証され、ボリビア側井戸管理者に技術移転される。	無償資金協力を通じて開発した井戸の診断技術が強化される。	都市部及び村落部の水道事業における井戸維持管理能力が強化される。
投入	【日本側】 1) 日本人技術者及びコンサルタントの配置	【日本側】 1) 日本人技術者の配置（井戸カメラ操作、	【日本側】 1) 専門家及びコンサルタントの配置

	a. 日本人技術者（業務主任、チーフアドバイザー、井戸診断、井戸改修、その他） b. ローカルコンサルタント（井戸改修、揚水試験、その他） 2) 機材（井戸カメラ、改修機材、発電機、コンプレッサ、高圧ポンプ、その他） 3) その他（機材輸送費、日本人技術者の旅費・交通費・現地活動費等） 【ボリビア側】 1) カウンターパート(C/P)の配置 a. 環境・水省 b. 各県の水・基礎衛生・住宅課 (UNASBVI) c. 事業対象井を管理する水道公社・水道組合生産部 2) 実証デモ対象の既存井戸の提供 3) その他（支援資機材、作業支援労力、C/P活動費等）	その他） 2) 機材（井戸カメラ、その他） 3) その他（機材輸送費、日本人技術者活動費等） 【ボリビア側】 1) カウンターパート(C/P)の配置 a. 環境・水省 b. 対象県の水・基礎衛生・住宅課 (UNASBVI) 2) その他（支援資機材、作業支援労力、C/P活動費等）	a. 日本人専門家（業務主任、井戸維持管理計画、井戸診断、井戸改修、その他） b. ローカルコンサルタント（コーディネーター、井戸改修、機械、その他） 2) 機材（井戸カメラ、改修機材、発電機、コンプレッサ、高圧ポンプ、その他） 3) その他（機材輸送費、専門家の旅費・交通費・現地活動費等） 【ボリビア側】 1) カウンターパート(C/P)の配置 a. 環境・水省 b. 各県の水・基礎衛生・住宅課 (UNASBVI) c. 都市部の水道公社・水道組合生産部 2) 機材（井戸改修用機材、その他） 3) その他（支援資機材、作業支援労力、C/P活動費等）
協力内容	井戸カメラ及び井戸改修機材一式を車載して、3県（サンタクルス、オルロ、チュキサカ）において、既存井を対象に本製品を活用した井戸診断及び改修技術選定・実施のデモを行い、その効果を実証するとともに、主にC/P機関の井戸維持管理技術者を対象に技術移転を図る。	我が国の無償資金協力を通じて開発してきた井戸の適切な改修・再生のために不可欠な機材の一つとして本製品を調達する。	普及・実証事業あるいはフォローアップで調達した製品及び技術移転した井戸診断技術を活かして、井戸の改修技術及び長寿命化の訓練・指導を行うとともに、既存井戸の効率的利用を目指した維持管理の計画手法を指導する。
実施体制	本提案企業を中心として、現地パートナー及び外部人材（井戸診断・改修技術者等）の支援を得て実施。ボリビア側は、関係機関の調整を MMAyA が、実証デモや報告会・研修の支援を各県の UNASBVI がそれぞれ担う。宣伝・普及効果を考慮して、実証デモの対称井はできるだけ都市部の井戸	本提案企業は本製品を納品するとともに、C/P機関の井戸維持管理者に操作・保守管理の技術移転を行う。	コンサルタントの井戸維持管理専門家を中心に実施。本提案企業は製品の保守管理の面で支援。都市部、村落などの井戸を診断し改修を行う責任者、中長期的な給水計画の立案者等のレベルを対象に、維持管理組織形態別に井戸診断＋改修技術、井戸の長寿命化の視点を取り入れた給水計画

	とするため、都市部の水道公社から井戸の提供を受ける。		立案等の技術移転、人材育成を行う。
スケジュール	2016 年 3 月 ～2018 年 6 月 (本案件化調査で試験的な実証デモを実施しており、カウンターパート機関の協力体制、実証事業の対象地に関する十分な情報等を得やすく、環境が整っている。また、当該事業は要請方式ではなく提案方式であるため事業採択までの手続きに要する時間が短く、2015 年度中の事業着手も可能と考えている。)	2018 年 11 月 ～2019 年 3 月 (このフォローアップ事業では、井戸カメラによる診断技術の指導・移転までは可能であるが、改修の実施に至るまでの技術の指導・移転が難しい。このため、C/P 機関に対して、先ず普及・実証事業での実証デモを通じて、ある程度の技術指導・移転を行っておく必要から、普及・実証事業の終了後の実施とした。)	2019 年 6 月 ～2021 年 12 月 (このプロジェクトの要請から採択までには手続きに時間を要する。また、この技術プロジェクトを円滑に進めるために、普及・実証事業及びフォローアップ事業で井戸カメラを始め機材が整い、C/P 機関にある程度の技術移転がされていることが望ましい。このため、普及・実証事業及びフォローアップ事業の終了後の実施とした。)
具体的な開発効果	井戸の機能低下の原因を特定し、然るべき対策(改修)を選定する技術が実証され、普及する。これにより、新規井戸を建設しなくても、井戸の改修・長寿命化により必要な給水量をより低コストで安定確保できるようになり、特に村落部において給水率・給水サービスの向上が図られる。	我が国の無償資金協力を通じて開発してきた井戸が適切に維持管理されやすくなり、井戸の長寿命化が図られ、事業の開発効果が持続する。	計画的・効率的な改修・再生により井戸の長寿命化が図られ、給水施設の維持管理能力の向上ならびに水資源の効率的な利用・保全が図られる。
環境社会配慮検討事項	井戸診断作業時の日常給水能力低下の有無。また、周辺環境影響(交通障害、騒音・振動、濁水の排出等)の有無。	特になし	井戸診断・改修作業時の日常給水能力低下の有無。また、周辺環境影響(交通障害、騒音・振動等)の有無。
実施可能性	ボリビア側のニーズが高く、これまでの日本の ODA による給水分野に対する支援実績から、カウンターパート機関の協力も得やすく、実証事業の対象地に関する情報も十分であり、実施可能性は高いと思われる。	ヒアリングの結果、上限 20 万 USD で 1 回のみの事業であるため、単独の事業では十分な実証・普及活動が難しいと思われる。	ボリビア側のニーズは高いが、ヒアリングの結果、単純な給水分野は、今後の JICA の対ボリビアの技プロ対象分野に含まれておらず、ボリビアでは実現が難しいと思われる。

イ. 具体的な協力計画及び開発効果

上述の ODA 案件メニューのうち、実施可能性が高く、早ければ今年度内の実施を想定する「普及・実証事業」についての具体的な内容を以下に示す。その他 ODA スキームとの具体的な組合せについては、研修スキームを利用し、普及・実証事業の最終段階にお

いてペルー、パラグアイ等の周辺国の井戸管理者をボリビアに招いて研修を行い、井戸の維持管理に関する意見や情報交換の場とすることを提案する。この研修では、普及・実証事業の成果を報告することにより、提案製品の周辺国への普及を図る。

1) 案件名

「効果的な診断・改修による井戸の長寿命化」普及・実証事業

2) 目標

上位目標： 適切な診断・改修技術の定着・普及による既存井戸の長寿命化を通じた必要給水量の安定的確保

プロジェクト目標： 提案製品の井戸カメラを利用した井戸診断及び改修方法の選定が有効であることがボリビア各地で実証され、ボリビア側井戸管理者に技術移転される。

3) 活動内容

① 一年目

- 井戸診断・改修システムを構成する井戸カメラ関連機材 2 セット及び改修関連主機材（コンプレッサー、高圧ポンプ、発電機等）1 セットを日本において調達し、システムとして組み立てる。その後、ボリビアに輸送する。また、ボリビア国内で調達可能なその他関連機材（ロッド等）を購入する。クレーン付きトラックに載せ、車載型可搬システムとして組み立て・加工する。
- この間、C/P 機関における井戸の維持管理担当者を対象に、井戸診断、改修方法の選定、改修技術について座学による技術指導を行う。また、予算措置を含めた井戸の長寿命化の計画手法、計画作成に不可欠な井戸機能の経年変化モニタリング・分析手法等についても座学にて技術指導する。

② 二年目

- 井戸管理者への聴き取りにより実証デモ対象地区の井戸の機能低下状況を詳しく調査し、実証デモ対象井を抽出する。
- 一年目で輸送した井戸カメラ 2 セットを使用し、実証デモ対象井の予備的診断を行い、対象井を最終確定する。併せて、当該井戸を管理する C/P 関係者を対象として井戸の診断技術に関する OJT を実施する。
- 一年目で調達した機材一式を、現地調達したクレーン付きトラックに載せ、車載型可搬システムとして組み立てる。その後、実証対象サイトに移動して井戸診断→改修方法の選定→改修までの一連の作業を実施し、その結果をその都度現地関係者に報告するなどの実証活動を行う。併せて、主に県の UNASBVI の井戸維持管理者を対象として、井戸カメラの維持管理を含む井戸の診断から改修までの一連

の技術に関する OJT を実施する。この実証活動をすべての事業対象サイトで実施する。

③ 三年目

- 二年目の実証デモの成果を基に、地域別、井戸構造別に井戸診断、改修方法の選択、改修方法等を井戸診断・改修メニュー（マニュアル）の形に整理する。
- 二年目の実証デモの成果を基に、西部及び東部地域の活動拠点（オルロ市、サンタクルス市）で井戸の診断・改修技術向上を目的とした技術セミナーを開催する。

4) 成果

- ① 井戸カメラを用いた診断技術が、ボリビア各地で実証される。
- ② 井戸診断に基づく適正な改修方法の選定及び改修効果が、ボリビア各地で実証される。
- ③ 上記の井戸診断から改修までの一連の技術がボリビア側の井戸維持管理者に技術移転される。

5) 指標

成果①に関して

指標①：ボリビアの多様な地形、気候、地質条件を代表する3地域の複数の既存井戸において、井戸カメラを用いた診断技術の実証デモが実施される。

成果②に関して

指標②：上記の3地域における実証デモにより、井戸診断に基づいて改修方法が選定され、改修が実施され、改修効果が確認される。

成果③に関して

指標③-1：各地における実証デモの際に、カウンターパートに対する一連の技術のOJTが毎回実施される。

指標③-2：実証デモの後に、カウンターパートを含むボリビア側の井戸維持管理者とともに井戸診断及び改修の技術・効果について検討・評価を行うために、各地域ごとに結果報告会が開かれる。

指標③-3：実証デモの終了後に、すべての結果を整理した井戸診断・改修メニュー（マニュアル）が作成される。

指標③-4：事業の終了時点では、活動拠点2か所において、広く井戸維持管理者を招いて技術セミナーが1回ずつ開催される。

6) 投入

日本側

① 日本人技術者

業務主任、チーフアドバイザー、井戸診断技術者、井戸改修技術者、研修運営・マニュアル作成、コーディネーター

② 材料

井戸診断・改修システム（井戸カメラ 2 セット、改修機材 1 セット（コンプレッサー、高圧ポンプ、発電機）、その他関連機材）の製造・購入・組立・輸送

③ 日本人技術者の旅費・交通費、現地活動費（車両借上げ、備人費、現地交通費、現地再委託費、その他）

ボリビア側

① カウンターパート要員の配置

プロジェクト責任者、プロジェクト管理者、コーディネーター、井戸管理者、井戸維持管理技術者、実証活動補助員

② プロジェクト運営に要する施設及び資機材の用意

実証活動対象の井戸、説明会・セミナー会場、実証活動の作業用地、実証活動に必要な支援車両・補助機材・電気・水の用意・提供

③ 日本側が投入する機材の保管・維持管理

④ ボリビア側の事業への協力に必要な予算確保

⑤ プロジェクト運営のための便宜供与

- 実証活動における井戸の用意・後始末（既存設備の一時撤去・再設置）
- 実証活動に必要な許認可取得
- 実証活動対象井戸の周辺住民への配慮
- 関係者への協力要請
- 事業実施のためにボリビア国外から持ち込む機材に対する免税措置
- 事業実施に必要な情報及びデータの提供

7) カウンターパート

① 環境・水省飲料水・基礎衛生副大臣室 (VAPSB/MMAyA)

② プロジェクトサイトを所管する県（オルロ県、サンタクルス県、チュキサカ県）の水・基礎衛生・住宅部課 (UNASBVI)

③ サブカウンターパートとして都市部の水道公社（SeLA（オルロ市）、COSMOL（モンテロ市））

8) カウンターパート機関等との協議状況

別添資料 1 の面談記録にあるように、環境・水省では飲料水・基礎衛生次官 VAPSB

（副大臣）が井戸の維持管理における揚水量の減少問題とその対策としての改修・揚水能力の回復の重要性をよく理解しており、井戸カメラ購入も検討している。このため、本調査の実施に当たっては、普及・実証事業の C/P として、関係各方面に本調査の重要性を訴えるとともに、必要な協力を要請する支援レター（別添資料 6 参照）を発出したほか、以下の役割などの強い協力・支援を受けた。VAPSB は、普及・実証事業においても本案件化調査と同様に、上記のボリビア側の投入を自ら負うほか、関係者に指示・要請を発する等、カウンターパート・リーダーとしての役割が期待される。

- ・ 技術紹介セミナーを共催。
- ・ 同セミナーの冒頭に再度本件調査の重要性を説明する。
- ・ 実証デモの対象井戸の提供及び必要な準備を EPSAS に指示し、各県の UNASBVI に対して実証デモへの参加を呼び掛ける。

また、VAPSB では、全国規模の井戸診断と改修技術を合わせた技術協力を日本政府に要請するべく準備を進めているとのことであったが、給水分野の技術協力プロジェクトは難しいことを伝えた。一方、提案が採択されればという前提条件で、当次官室に対して、次の段階で計画している普及・実証事業の中で実証デモを通じてある程度の井戸診断及び改修に関する技術指導・移転が可能であることを伝え、事業の実施計画について折に触れて同室スタッフと意見を交換してきた。その結果、次の段階での普及・実証事業の提案内容に賛意を示し、事業の推進に必要な協力・支援を惜しまない旨の申し出があった。

県や都市部の水道公社のレベルの井戸管理者に対しては、実証デモや技術紹介セミナーへの協力・準備について打合せ・協議をした折に井戸の機能低下の問題についてしばしば意見交換をした。実証デモや技術紹介セミナーの際に、井戸の診断と改修についての日本の技術協力の可能性に関する質問が複数あったので、その折に普及・実証事業のスキームと構想を説明した。その結果、さらに詳細に井戸カメラによる診断の効果を実証する普及・実証事業に協力をするということについては基本的に同意が得られたが、井戸カメラによる診断だけでなく、改修方法の適切な選定及び改修の実施についての技術移転を含めたプロジェクト（普及・実証事業）を実施するよう要請を受けた。

給水率の向上を迫られる一方で井戸の機能低下による揚水量の減少は給水事業者にとって深刻な問題であり、井戸改修は切実な課題として認識されている。しかし、自らの目で確認することのできない地下での出来事に対して、どのように対処して良いか分からず途方に暮れているというのが、ボリビア側の給水事業関係者の共通した意見であった。よって、協議において、井戸カメラによる井戸の機能低下に関わる診断から改修等の対策方法の選定及び対策実施に至る一連の技術とその効果に関する実証活動と技術移転が強く望まれており、これまでの日本の ODA による給水分野に対する支援実績から、カウンターパート機関の協力も得やすく、実証事業の対象地に関する情報も十分であり、普及・実証事業の実施可能性が高いことが確認できた。

9) 実施体制及びスケジュール

計画する普及・実証の実施体制は図-4.1に示すとおりであり、本調査の実施体制を基礎に改修技術を加え、地質・地形及び気候等の自然条件が多岐にわたるボリビアにおいて、自然条件の違いに対応した井戸診断・改修方法をまとめるべく、同国を代表する西部高原地域、東部熱帯平原地域、半乾燥地域（グランチャコ）で広範囲な実証活動を行える体制とする。

日本側の体制は、提案企業に外部人材として井戸改修業者を加えて、井戸診断・改修の一連の技術に対処できる機材、要員を投入することとする。具体的には、提案企業と同様に札幌市に本社を置き、スケールの付着の激しい温泉井の改修にも実績を有するアーストラストエンジニアリング株式会社の投入を考えている。

ボリビア側のカウンターパートは、環境・水省を代表機関として、村落水道の支援をしている各県庁の給水事業担当部局（UNASBVI）は実証デモ等の実務面の協力を担う機関とし、実証デモ用の井戸を提供し民間井戸業者への普及を期待する都市部の水道公社をサブカウンターパートとする。

井戸カメラが導入された場合は、維持管理は UNASBVI の責任と予算で行うことになり、診断等の作業及び井戸カメラや改修機材の保守管理は UNASBVI の改修工事班（井戸洗浄班）が行うことになる。現在、改修工事班はラパス県、サンタクルス県、オルロ県、ベニ県、チュキサカ県に設置されており、この改修作業班との協働で実証デモを行う計画である。また、プロジェクト実施中の連絡、事務処理、資機材保管等のために拠点が必要となることから、サンタクルス・デ・ラ・シエラ市及びオルロ市の ASVI-JICA 技術センターをそれぞれ東部地域の拠点、西部地域の拠点とする。

実施スケジュールは表-4.2に示すとおりであり、全体を3段階に分けて、一年目を主に井戸診断・改修に必要な機材を製作・購入・組立・輸送する機材調達期間とし、二年目を井戸診断・改修の実証デモを行う実証活動期間とし、三年目をマニュアル作成や技術セミナーを行う整理・報告期間とする。2016年3月の事業開始から2018年6月の完了報告書提出まで、全期間28か月の工程とする。

10) 協力額概算

提案する普及・実証事業の協力概算金額は以下のとおりである。

総額 10,000 万円

内訳	人件費：	3,400 万円
	機材製造・購入・輸送費：	3,300 万円
	旅費：	700 万円
	現地活動費：	1,330 万円
	管理費：	530 万円
	消費税：	740 万円

表-4.2 普及・実証事業実施工程（案）

年目	活動内容	年 月	2016年												2017年												2018年					
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
1	改修機材の仕様決定																															
	機材類の調達																															
	井戸診断・改修システムの組み立て																															
	輸送・通関																															
	井戸長寿命化計画に係る技術指導																															
2	実証デモ対象井の抽出																															
	井戸カメラによる実証デモ井候補の予備診断																															
	実証デモ対象井の決定、実証デモ開始準備																															
	井戸診断・改修の実証デモ実施																															
3	井戸診断・改修メニュー（マニュアル）作成																															
	現地技術セミナーの開催																															
	報告書作成																															

凡例: 現地作業 国内作業

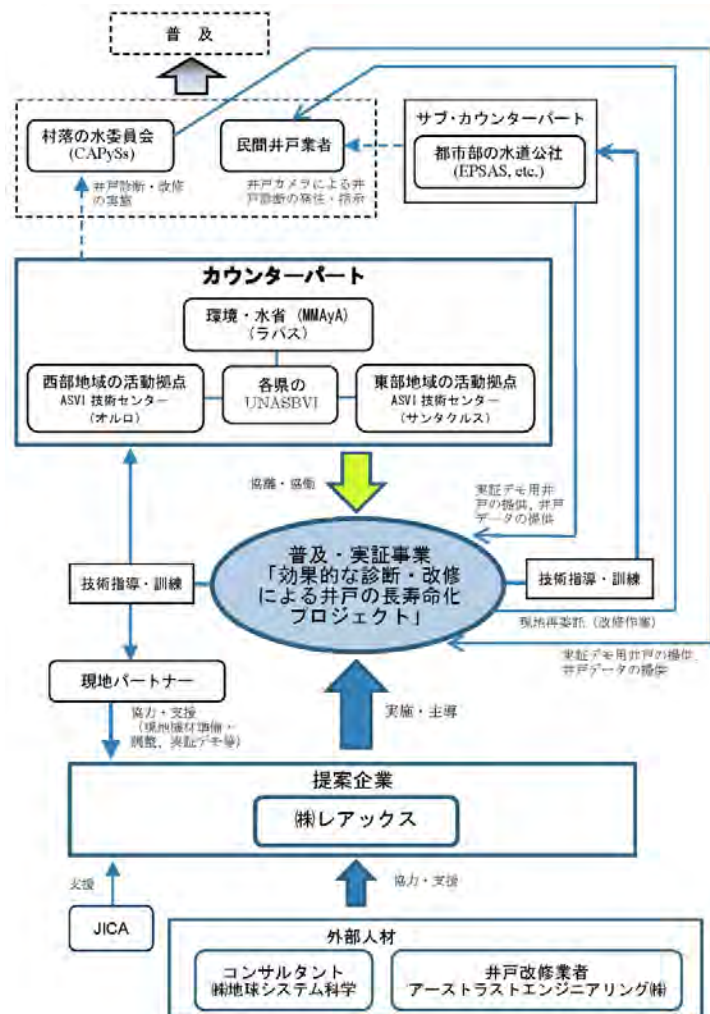


図-4.1 普及・実証事業の実施体制

11) 具体的な開発効果

普及・実証事業の実施により、実証に基づき井戸カメラを利用した井戸の診断方法が明らかになる。さらに、廃井・新規井の建設の判断も含めて、診断結果に基づいて適正かつボリビアで実施可能な井戸機能回復方法が明らかにされることで、これまで手探りで実施してきた井戸の機能回復方法に選定の根拠が与えられる。この結果、MMAyA、県 UNASBVI 及び水道公社等の井戸管理者が言っているような、まだ使える井戸を廃棄してしまう、また試行錯誤により改修に経費を使い過ぎてしまうといった無駄が省ける可能性がある。また、実証活動が全国的に実施されることで、井戸診断・改修技術に関する地域的な特徴が明らかとなり、当該技術が全国に普及するきっかけとなる。

普及・実証活動では井戸の長寿命化の計画手法、計画作成に不可欠な井戸機能の経年変化モニタリング・分析手法等の技術指導を行う。ボリビアで実施可能な井戸の改修方法が適切に選定されるようになり、井戸機能モニタリング及び長寿命化の計画手法が定着すれば、井戸の改修と新規井戸建設との費用対効果を比較検討する等により、限られた予算の中で需要量に応じた給水量を安定確保するための最適な方法を計画することができる。

前述のように、井戸の改修による費用対効果は井戸新設のそれに比べて西部地区で 2.4 倍、東部地区で 1.3 倍と算定される。言い換えれば、10 本の新規井戸を建設する予算を改修に流用すれば西部地区では 24 本の井戸を建設するのと同じ経済効果が、また東部地区では 13 本の井戸を建設するのと同じ経済効果が生まれることになる。こうした考え方が定着すれば、給水計画とリンクした経済効率の高い合理的な井戸の維持管理計画を立てることが可能となり、特に県が支援している村落給水事業において給水率ならびに給水サービスの向上が図られる。

最終段階で、証活動の結果を基にボリビア国内で国内及び近隣国から井戸の維持管理関係者を招聘して技術セミナーを開催するが、ボリビア国内で適切な井戸の維持管理が理解され普及すれば、井戸の乱開発を防ぎ水資源の保全にもつながる。

ウ. 対象地域及びその周辺状況

実証活動の拠点とするオルロ市及びサンタクルス・デ・ラ・シエラ市は、生命の水プロジェクトにおいて全国 9 県の中から選び抜かれて ASVI 技術センター (CT) が設置された県都であり、オルロ市にある CT を高地に代表される西部地域の、そしてサンタクルス・デ・ラ・シエラ市にある CT を東部平原に代表される東部地域のそれぞれの拠点として活動を行うのにふさわしい都市である。

実証デモ活動の対象サイトとしては下記条件が当てはまる地域が適当と考えられる。現段階ではオルロ県オルロ市、サンタクルス県モンテロ市、チュキサカ県マチャレティ市 (チャコ地方) の 3 市を想定している。なお、具体的な対象地域・対象井は、一

時休止に伴う給水サービス地域全体への影響や作業をする上での制限要因等の詳細について、今後、C/P 側との協議を経て決定する。

- ① 飲料用水源として地下水の利用比率の高い地域
- ② 多様なボリビアの地下水資源の特徴を代表する地域
- ③ 実証活動をする上で、アクセスが容易でデモンストレーション効果が高い地域
- ④ 井戸に関する基本データが整備されている地域
- ⑤ 過去の我が国の技術協力を通じて井戸の開発及び維持管理に関する技術移転や人材育成が実施された地域であり、当該人材の活用を通じて技術協力の継続が図られる地域

エ．他 ODA 案件との連携可能性

現在、給水分野では我が国の無償資金協力事業により「ベニ県及びパンド県村落地域飲料水供給計画」が実施されている。同プロジェクトとの連携により、計画する普及・実証事業においても同プロジェクトにカウンターパートとして参加した人員の協力を得る、両県が管理する井戸の情報・データを提供してもらう、同プロジェクトで開発した井戸の中からモデル井を抽出し、定期的に水位・揚水量等の変動を計測・記録し、当該地域の井戸機能の経年変化を記録し、提供してもらう等の協力が得られると考えられる。また、将来的にも、定期的に井戸内にカメラを入れてスケールの付き方、目詰まりの様子を観察する等を行えば、当該地域の井戸診断の根拠を与えるモデル井となり得る。

オ．ODA 案件形成における課題

井戸の機能回復に対するボリビア側のニーズは高いが、井戸カメラによる診断方法の定着・普及だけでは十分とはいえず、あくまで適切な改修方法の選定から効率的な改修までの一連の技術の定着・普及であることが本調査により明らかになった。このため、普及・実証事業では、井戸カメラによる診断を踏まえて現在、ボリビアで採用されている改修方法の選定を実証するほか、それらの方法で対処しきれない井戸に対して有効な日本の技術を紹介することとする。

ボリビアは地形・地質及び気候等の自然条件が多様であり、地下水の性質及び井戸の機能低下の表れ方も多様であることが本調査により明らかになった。ある程度、全国規模で実証活動を実施しないと井戸カメラによる診断も普及しない可能性がある。このため、ボリビアの国土を特徴づける西部高原地域、東部熱帯平原地域、半乾燥地域（グランチャコ）の3地域を代表する地域で実証活動することとする。

既存井戸の回復ポテンシャルを潜在的な地下水開発ポテンシャルとみなし、これまで2014年度に国別援助方針別添の「事業展開計画」に変更があり、水資源分野への支援については、「安全な水の確保」より「統合水資源管理」に重点が移っている。の新規井戸建設に偏っていた水資源開発を見直すことは、統合的水資源管理の一環であると考えられる。井戸カメラによる診断技術の普及に基づく適切な井戸改修の実施による既存

井戸の揚水能力回復、ひいては井戸の長寿命化は、既存井戸の回復ポテンシャルの増加に寄与する直接的な効果である。また、間接的には、井戸の新設に代わるオプションとして井戸の改修が重要視されるようになり井戸の乱開発が抑制されると、処理が不十分な廃井を通じた地下水帯水層全体の水質汚染リスクを軽減する効果があり、地下水資源の水質保全の面で統合的水資源管理に寄与すると考えられる。

限りある地下水資源の量と質を保全し、持続的に有効利用するためには、良質の井戸を建設し、これを適切に維持管理して長年に亘って利用していくことが基本である。そのためにも、井戸カメラによる竣工検査により施工不良の井戸を排除し、井戸カメラによる診断に基づく井戸改修の適切化と井戸機能の回復・長寿命化により地下水資源の持続的利用を図ることは、統合的水資源管理の一環と思料する。

カ．環境社会配慮にかかる対応

本調査ではデモンストレーション効果をねらって都市部の既存井戸を対象としたが、改修作業ではエアコンプレッサー等の大型機材の発する騒音と井戸洗浄後の濁水の排出が発生することから、周囲に家屋が建て込んでいる井戸は避けることとする。また、地方からの人口流入が激しい地域では電気、水道等の基本的な公共サービスが追い付いておらず、公共サービス担当機関に対する厳しい見方をしている場合があり、こうした地域にある井戸はカウンターパートに周辺住民の事前了解の取付けを依頼するが、了解が得られない井戸は実証デモ対象から除外することとする。

5．ビジネス展開の具体的計画

ア．市場分析結果

現地調査では市場調査を行い、ボリビアで知られている他国製の競合製品とそれらを所有して井戸診断技術サービスを行っているボリビア企業の存在を調査した。競合製品としては、ボリビアでは米国の Allegheny Instruments Inc. 製の GeoVISION 及び英国の Robertson Geologging Ltd. 製の井戸カメラが知られている。これらの製品の販売代理店はボリビアでは確認できなかったが、インターネット上での見積り価格（FOB 価格）は約 USD25,000～30,000 である。都市部の水道公社への聞き取りでは、井戸カメラを所有して井戸診断技術サービスを行っている民間業者はコチャバンバに事務所を置く 1 社（HIDRO DRLL）のみである。

提案製品の日本での販売価格は約 USD43,400（FOB 価格）であるが、スペックの見直しによりこの価格を USD30,000～35,000 程度に抑えるべく設計変更を行う計画である。これにより、輸送費や関税等を加えて、現地では USD47,000～54,000 で販売できると考えている。

サンタクルス県の給水事業担当課（PROASU-JICA）では技術サービスを利用するべ

く見積りを求めたが、対価が高く（1式USD3,000）、実施には至っていないとのことであった。一方、ラパス市・エルアルト市のEPSASでは、対価USD3,700でHIDRO DRLL社の井戸診断に改修を加えた技術サービスを委託している。この相違は、ラパス市のある西部高原地域では、本調査の実証デモの時に経験したように、金属性のスケールが付着しやすく井戸の改修が容易ではないことから、改修作業に比較的多額の費用を支払うが、東部熱帯平原地域では井戸の機能低下の主な原因が土砂による目詰まりであり、改修が比較的容易であり費用をかけていないという地域的な相違からくるものと考えられる。この傾向は前出した表-3.2でも明らかである。

井戸カメラを購入し、井戸診断を行う可能性があるのは、村落給水事業を支援する全国9県のUNASBVIと都市部の水道公社から井戸改修業務を受託している民間井戸業者である。

県のUNASBVIが支援する村落水道の約2,600井を10年間に（1井あたり10年に1回の頻度で）診断して改修するには、1回の診断・改修に要する日数を10日、休日を考慮した年間の稼働日数を250日と考えると、1台のカメラが年間に診断・改修に利用される回数は25回であり、最低11台の井戸カメラが必要となる。各県の井戸数は一定ではないが、全国に9県があり、全国の給水事業を管理・監督する立場にあるMMAyAを加えると10機関となり、各々が最低1台の井戸カメラを所持し、互いに融通し合えば1井当たり10年に1回の井戸診断・改修がほぼ可能となる。これに各機関に対して予備1台を加えることができれば、MMAyA及び9県のUNASBVI向けに20台の販売を見込むことができる。

各機関の給水事業予算の規模については、表-5.1に示すとおりであり、USD903/井・回の井戸診断を実施することが可能であるし、井戸カメラの調達（USD66,366/台）は井戸掘削機材等と同様に別途予算請求し、承認されれば翌年度に実施することが可能である。チュキサカ県の場合も、昨年別途予算請求して今年度調達を行ったし、MMAyAも今年度別途予算請求して来年度の調達を計画している。

表-5.1 各機関の給水事業予算（2011年度）

給水事業関係機関名	年間予算規模 (USD/年)
環境・水省(MMAyA)	40,327,219
サンタクルス県JICA地下水事業(PROASU-JICA)	78,651,685
チュキサカ県流域水資源課(DACRH)	505,618
タリハ県水・基礎衛生課(UNASBVI)	505,618
オルロ県水・基礎衛生・住宅課(UNASBVI)	159,551
ラパス県水・基礎衛生・住宅課(UNASBVI)	174,157
ポトシ県水・基礎衛生・住宅課(UNASBVI)	95,506
ベニ県水・基礎衛生・住宅課(UNASBVI)	112,360
パンド県居水・基礎衛生・住宅課(UNASBVI)	151,685
コチャバンバ県水・基礎衛生・住宅課(UNASBVI)	28,090

（出典：VAPSB/MMAyA及び各県のUNASBVI）

一方、民間井戸業者は県から井戸改修を請け負うことはないことから、県が井戸カメラを保有するようになって、それによって民間井戸業者が井戸カメラを必要としなくなることにはならない。むしろ、県が支援する村落の井戸で井戸カメラによる診断に基づく改修が普及することで、都市部の水道公社も井戸カメラの利用による診断や改修効果評価を民間井戸業者に求めるようになると考えられる。また、MMAyAによって、井戸カメラによる診断と改修効果の評価ならびに井戸カメラによる新設井戸の竣工検査がガイドライン等により義務付けられるようになれば、民間井戸業者の井戸カメラに対するニーズが一気に高まることが考えられる。MMAyA に対しては、こうしたガイドライン化を促す活動を行う。民間井戸業者は全国で約 150 社程度存在するので、このうち 30% が井戸カメラを用いた井戸診断サービスを実施するようになると、約 50 台のカメラの販売が可能になることから、50 台程度の販売・普及を目標とする。

イ. 想定する事業計画及び開発効果

1) 想定する海外ビジネス展開の実施体制

基本的には、現地販売代理店を通しての委託販売を考えており、自社資本での販売ネットワークの構築などの新たな投資は現段階では想定していない。ボリビアでは井戸の維持管理は、都市部においては水道公社及び水道組合、村落部においては各村落の水委員会の所管であるが、都市部では民間業者が水道公社から実務を請け負っており、村落部では水委員会の要請に応じて各県の UNASBVI が自ら実務を行っている場合が多い。

民間業者は、まだ井戸カメラが欧米メーカーの製品も含めて高価なものという印象を持っているため普及が進まないと考えられる。一方、国や県等の政府機関では的確な井戸診断に基づく改修の重要性を認識しており、早急な井戸カメラの導入を検討していることが本調査で明らかになった。このため、当面は国や県の給水事業関係機関を対象に販売営業を進めていくこととし、チュキサカ県での受注成功を弾みとして販売代理店を通じた入札に積極参加していく方針である。

2) 普及に向けたスケジュール

＜2015 年～2018 年＞

先ず現地パートナーと正式に販売代理店契約を結び販売体制を整える。2015 年中には、販売代理店に対して日本国内で実施する井戸カメラの保守管理に関する技術研修プログラムを受けさせ、アフターサービス体制を構築する。次に、競合製品との価格競争に負けないよう価格 USD30,000～35,000 を目標として、提案製品 i-D0300F-II のスペックを見直し、2016 年半ばごろを目途に設計変更・試作品完成を目指す。

2016 年から 2018 年にかけては、普及・実証事業を提案・受託し、井戸カメラを利用した診断、的確な改修方法の選定、改修の一連のシステムとしての技術の実証活動を全国的に展開し、国及び県レベルの給水事業関係機関の間にその有用性の認識を広め普及を図る。普及・実証の最終段階では、ペルー、パラグアイ等の周辺諸国から給

水事業関係機関の代表者を招聘したセミナーを開催し、意見・情報の交換を通じてニーズを探るとともに、これら諸国への提案製品の普及活動のきっかけを作る。

この期間では、普及・実証事業のカウンターパート機関を中心に各県の給水事業部署を対象に、これらの部署が所管する全国合計約 2,500 本の井戸を診断・点検する必要最低限の台数として各県 2 台、環境・水省 2 台の合計 20 台の井戸カメラの販売を目指す。20 台の販売による売上げはおよそ USD860,000、粗利益はおよそ USD260,000 を見込む。

並行して都市部の水道公社・水道組合に対して、井戸の改修業務を民間井戸業者に発注する際に発注仕様に井戸カメラによる診断を加えて改修方法を選定することを標準化するよう働きかける。

<2019 年～>

ODA 案件で実証された井戸カメラによる診断から改修までの一連の技術システムの有効性と実績を元にして、村落水道の維持管理を支援している県庁の井戸維持管理部署、ならびに都市部で水道公社等から井戸の維持管理技術サービスを受託している民間業者への販売を強化していく。

並行して、井戸カメラ以外のボアホールカメラシリーズの販売を目指して、給水事業以外の分野で井戸利用や調査ボーリングを行っているボリビア国内の公共分野及び民間分野（工場、農場、鉱山、建設会社等）への営業展開を図っていく。また、周辺諸国に対する販売ルートを開拓する。周辺国としては、ボリビアに隣接するペルー、パラグアイ等を想定している。

3) 想定する開発効果

上述したように、過去に開発された井戸のなかには 15 年以上経過して老朽化等による機能低下の時期を迎えているものがある。給水施設管理者はこれらの設備更新や既存施設改修等の対策に関して、その必要性、方法、時期等について、給水事業の持続性確保の観点から適切な判断を下さねばならない。しかし、ボリビアでは改修のための資機材や技術があるにもかかわらず、井戸の機能低下の状況や原因を診断する技術が定着・普及していない手探り状態のため、適切な改修方法の選定ができず、改修効果が上がらないケースや多くの方法を試して費用が高くなるケースが多いのが現状である。

提案製品の活用により、井戸の機能診断が詳細に行われ（すなわち、図-3.2 の深井戸診断フローチャートで欠落していた「【点検方法】水中 TV カメラ」の部分が埋まり）、対策の範囲、時期、方法、費用等について適切な判断・計画がなされるようになる。一般に 10 年に 1 度くらいの頻度で改修を行うことで井戸の長寿命化を図ることができると考えられるが、障害の程度によっては改修が困難であり、廃井して新たに掘削する方が経済的に有利であるという判断に至ることもある。いずれにしても、井戸診断・点検により状況を正確に把握し、廃井を含めて講じるべき対策を明らかにするこ

とにより、必要とされる給水量の確保及び井戸の乱開発の防止に配慮した水源井の適切な維持管理が実現できるようになる。

4) 現地パートナーの見通し

販売代理店として機能する現地パートナーには、サンタクルス・デ・ラ・シエラ市に本社を置くスイゲン社（SUIGEN SRL）を考えている。同社は、井戸の掘削・維持管理、施設建設等を得意としており、プロジェクト契約社員を含めて総勢 58 人（うち常勤の技師 8 人、機械工 3 人、事務職 5 人）を擁している。ボリビア国内の井戸事情に明るく、給水事業に関連する諸機関や民間業者とのネットワークがあり、日本企業とも取引があり、地質調査用機器の販売代理店も務めていて信頼度が高い。

また、同社は第 1 回現地調査での協議を通じて提案製品である井戸カメラ 1 台を購入して、井戸診断及び改修の技術サービスを展開するべく準備中であり、これら技術サービスの実績を積むことにより、製品の操作あるいは点検・維持管理に精通することが期待できるため、販売代理店として頼りになると期待している。

2015 年 3 月のチュキサカ県の井戸カメラ調達に係る入札に応募するため、スイゲン社が財務諸表等の必要な書類を提案企業である(株)レアックスに提出し、現在、暫定的な代理店契約を結んでいる。今後、(株)レアックス本社で行う機材の保守管理プログラムへの参加等、残りの手続きを経て 2015 年内に正式な代理店契約を結ぶ予定である。日本での保守管理プログラムへの参加費用は、渡航費を始め基本的にスイゲン社が負担し、(株)レアックスは通訳の手配や宿舍の提供等の便宜をはかる予定である。

ウ. 事業展開におけるリスクと課題

想定されるリスクとしては、第一に政治的リスクがある。中央政府と県知事との間に政治的あつれきがあると中央からの予算の配分が削減され、井戸の維持管理予算が確保できない等の影響がある。サンタクルス県の場合はこのケースに相当し、水源の多くが井戸である同県は井戸診断・改修のニーズが高いと考えられるが給水事業全体の予算が削減傾向にある。また、井戸診断・改修技術を移転しても、県知事が変われば配置転換や解雇もあり得るので、技術の継承が難しい点がある。こうした政治的リスクへの対応は予測がつかず難しいが、エンジニアクラスへの技術移転のみではなく、政治的影響を受けにくい技術員（テクニコ）クラスへの技術移転に重きを置くことで対処する。

経済動向では最近、機械類の輸入関税が高くなる傾向があり、これも輸入価格を押し上げるリスクである。井戸カメラとして必要不可欠な機能のみ残し、スペックダウンによる全体価格の低減を図って対処する。

機材の故障への対応については、提案製品は開発から年数を経て改良を重ねてきており、故障発生が極めて少ない機材であり、通常の利用・維持管理をしている限りでは故障のリスクは低いが、操作方法に通じた技術者以外の者が操作をするような環境下では、想定外の誤操作による深刻な故障発生のリスクが高まる。機材の操作及び日常の維持管理を明確にしたマニュアルの整備ならびに操作指導を受けた専任技術者の配置と徹底し

た機材管理により対応することになる。さらに、販売代理店に表-2.2に示すような機材保守管理プログラムを受けさせて、ある程度の修理を現地で対処できる体制を布く。

別添資料

- 1：関係者との面談記録
- 2：全国の井戸データの集計結果
- 3：給水事業関係機関の組織図及び主な井戸業者
- 4：実証デモンストレーションの実施状況
- 5：技術紹介セミナーの実施状況
- 6：本件調査開始に当たって環境・水省が関係諸機関に宛てて発出したレター類 [P2](#)

関係者との面談記録

訪 問 先： 環境・水省 飲料水・基礎衛生副大臣室(Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico (VAPSB), Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA))

日 時： 2014 年 12 月 8 日 (月) 10:30～12:00

面談相手： Mr. Rubén Mendez Estrada (Viceministro), Ms. Pamela Flores Ayaviri (responsable proyecto inversión), Mr. Abel Sangueza (responsable pozos VAPSB), Ms. Victoria Caudi Cutipa Lopez (responsable pozos VAPSB)

調査団員： 成田昌幸(Raax)、栗原 努(ESS)、福島世志徳(ESS)

議事／コメント：

- (調査団側より) 調査の趣旨、提案製品の機能・特長説明。カウンターパートとしての本調査に対する協力の要請。
- 本件事業の重要性を理解している。既存井戸の洗浄で機能回復をはかるなど、井戸の維持管理をボリビアにおける水戦略の一つにしたいと考えている。
- 上下水道公社 (EPSAS) の Tilata の井戸で診断・回復の実験をすることであるが、その成果を期待している。
- 新規の井戸掘削ばかりに重点が置かれていて維持管理が無視されているため、多くの井戸で揚水量の減少が見られている。揚水量の減少は不良な井戸建設も一因である。
- 提案製品のスペックと価格を提供してもらえば、環境・水省及び各県庁での購入を検討する。
- 提案製品の実証デモ及び技術紹介セミナーについては、全国の関係者の参加を促したい。関係者への招待レターは環境・水省から発出するよう手配する。
- 井戸診断・回復技術の全国普及について、日本政府に対する支援要請書を準備しているところである。



訪 問 先： JICA ボリビア事務所

日 時： 2014 年 12 月 8 日（月）15:30～16:30

面談相手： 久保倉 健氏、Ms. Mónica Okabe (Oficial de Programas)

調査団員： 成田昌幸(RAAX)、栗原 努(ESS)、福島世志徳(ESS)

議事／コメント：

- （調査団側より）現地調査の予定、提案製品の機能・特長説明。
- ODA 案件化のスキームとしては、上限 20 万ドルで 1 回のみであるが無償のフォローアップ、周辺国を対象とした第三国研修、日本での国別研修、SATREPS 等が考えられる。
- 純粋な技プロは難しいかもしれない。国際研修との組み合わせ、他ドナーとの連携等の一工夫が必要である。
- フォローアップ＋普及・実証事業、フォローアップ＋研修等、ODA スキームの効果的な組み合わせを考えると良いのではないか。
- 提案製品である井戸カメラがボリビア政府の認証を得られるようにすることが肝要である。

訪 問 先： ラパス市・エルアルト市上下水道公社(Empresa Pública Social de Agua y Saneamiento (EPSAS))

日 時： 2014 年 12 月 9 日 (月) 10:00～11:00

面談相手： Mr. Gary Rodríguez (Gerente Técnico a.i), Ms. Ivette Arias (Jefe de Departamento de Regulación y Planificación Estratégica), Mr. René Espejo (Jefe Planta Tilata), Ms. Luz Pinedo (Jefe de Producción)

調査団員： 成田昌幸(Raax)、栗原 努(ESS)、福島世志徳(ESS)

議事／コメント：

- (調査団側より) 調査の趣旨・工程、提案製品の機能・特長説明。実証デモに対する協力の要請。
- 本件調査に対しては協力を惜しまない。これまでの日本の協力に感謝しているし、機能低下した井戸の回復を強く願っている。井戸データも提供を約束する。
- 2 局 (生産局、維持管理局) 3 名をカウンターパートとして配置する。
- 実証デモの候補としている Tilata の井戸群は、日本の無償資金協力で 1980～1991 年に掘削したもので、そのうち A 8 井は当初 45m³/時の揚水能力だったが、現在では 10m³/時に低下している。機能低下の原因は多分スクリーンの目詰まりだと思うが、水源として現在も用いている。他の候補 A11 井、B6 井も同様な状態である。
- 2002～2004 年に、この Tilata の井戸において、サンタクルスの井戸改修専門業者に井戸カメラによる診断を委託したが、画像が不鮮明で良い結果が得られなかった。この時の動画が保存されているので、参考にコピーを提供する。(⇒ 映像を確認したが、使用したカメラにフォーカスを微調整する機能がないために鮮明な画像が得られなかったのではないかとと思われる。)
- 明日(12/10)の実証デモ候補井戸の現場確認については、午前 9 時に Tilata のポンプ場に集合し、Mr. René Espejo が現場に案内することとする。
- 提案製品の価格は？ (⇒ 日本市場での販売価格は約 5 万ドルと回答)



訪 問 先： ラパス県水戦略公社(Empresa Pública Estratégica Departamental de Aguas La Paz (EDALP))

日 時： 2014 年 12 月 9 日 (月) 15:00～16:00

面談相手： Mr. Venancio Tazola Quispe (Gerente General), Mr. Tito Ovidio Mamani (Encargado de Construcción), Mr. Oliver A. Villarreal (Residente de Obra)

調査団員： 成田昌幸(Raax)、栗原 努(ESS)、福島世志徳(ESS)

議事／コメント：

- (調査団側より) 調査の趣旨・工程、提案製品の機能・特長説明。実証デモ、技術セミナー開催に対する協力の要請。
- 日本の ODA により 2004 年に井戸を掘り始めて以来、揚水量が減少する等、色々と問題が生じてきたが、良い解決法を提案してもらったと思う。
- 非常に興味深い技術であり、この技術を使えば EDALP も井戸の維持管理の面で稼げると思う。
- 濁度の高い井戸に適用できるか。(⇒ 濁度が高い原因は、井戸の建設が悪いこと以外には考えられない。)



訪 問 先： Tilata 井戸群

日 時： 2014 年 12 月 10（水） 9:00～12:00

案 内 人： Mr. René Espejo (EPSAS), Mr. Carlos Antonio Maida Iriarte (EDALP), Mr. Tito Ovidio Mamani (Encargado de Construcción-EDALP)

調査団員： 成田昌幸(Raax)、栗原 努(ESS)、福島世志徳(ESS)

所 感：

- 実証デモ用の候補 3 井（A8, B6, A11）を現場確認したが、日本の無償資金協力で建設した井戸であり、堅牢な小屋に設備が収納されており、管理状態も悪くない。商用電力の供給もあり、実証デモの時にも利用できると考えられる。
- 周辺は広い空地が広がっており、実証デモに際して、揚水試験やエアリフトの作業、機材の搬入・設置をするのに十分なスペースがあり、見学者も数多く集められる。また、周辺住民に与える環境影響もほとんどないと考えられる。
- 井戸カメラを支える三脚、大型外部モニター、ラップトップなど、ボリビア側 C/P に準備を依頼する項目をリストアップして早めに提示することが必要。

A8 井外観



A11 井外観



B6 井外観



B6 井小屋内部



訪 問 先： オルロ県水・基礎衛生・住宅課(Unidad de Agua, Saneamiento Básico y Vivienda (UNASBVI), Oruro)

日 時： 2014 年 12 月 11 (木) 11:00～12:00

面談相手： Mr. Oscar Copa M. (Jefe Unidad), Ms. Vitalia Quispe A. (Técnico, Sanitario y Hidraulico), Ms. Carla N. Quispe C. (Técnico)

調査団員： 成田昌幸(Raax)、栗原 努(ESS)、福島世志徳(ESS)

議事／コメント：

- (調査団側より) 調査の趣旨・工程、提案製品の機能・特長説明。技術セミナー開催に対する協力の要請。
- この地方(オルロ県)では地下水量が豊富で、既存の揚水能力の 10%程度しか利用していないので、揚水量低下による給水能力不足という問題は生じていない。オルロ市上下水道公社(SeLA)管内では、揚水量低下で使用できなくなった井戸が 2、3 あると聞いている。
- 提案製品の価格は？ (⇒ 日本市場で約 5 万ドルだが、井戸の長寿命化による新規井戸掘削コストの低減効果を考慮すると、高い買い物ではない。)
- 他の利用方法があるか？ (⇒ 別仕様となるが、地質ボーリングやトンネル孔の内部観察に利用できる製品もある。)
- 当該製品については魅力があるが、総じて日本製品は引き渡し時払いが利かず、想定程度の前渡し払いを要求されるので、それが問題である。
- 本調査への協力は惜しまない。井戸データも提供するし、4 月の技術紹介セミナーの時は、当事務所(UNASBVI)の会議室を提供する。



訪 問 先： オルロ市上下水道公社(Servisio Local de Agua y Alcantarillado (SeLA), Oruro)

日 時： 2014 年 12 月 11 (木) 14:00～15:00

面談相手： Mr. Juan Carlos Verduguez Vargas (Gerente General), Mr. Rolando Herrera (Gerente Técnico), Mr. Fernando Vacaflor (Profesional I)

調査団員： 成田昌幸(Raax)、栗原 努(ESS)、福島世志徳(ESS)

議事／コメント：

- (調査団側より) 調査の趣旨・工程、提案製品の機能・特長説明。
- SeLA 管内の水源の 93%は地下水であり、一部地域で井戸の揚水量低下が発生している。オルロ市はこの 2, 3 年で人口が 4 万人も増え、未給水地域が急増した。このため、揚水量低下は深刻な問題であり、問題解決のために提案製品は利用したい機器である。
- 実証デモをオルロでやってくれないか？ (⇒ 本調査では時間と予算が限られているので、エルアルトの井戸のみを対象とした実証デモしかできない。その代わり、その実証デモを動画に撮るほか、日本や他国での事例を 4 月にオルロ市内で開催する技術紹介セミナーで紹介する予定である。是非、参加してほしい。)
- 価格は？ (⇒ 日本市場で約 5 万ドル、輸入となると輸送費や関税が加わって 7 万ドルくらい)
- 現在は、その価格では購入が難しいが、当該製品を用いた井戸メンテ・サービスであれば是非実施したい。来年度にも予算化したいので、その技術サービスの見積りがほしい。
- 井戸データの提供については協力する。後日、送る。



訪 問 先： 環境・水省 飲料水・基礎衛生副大臣室(Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico (VAPSB), Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA))

日 時： 2014 年 12 月 16 日（火）11:30～12:00

面談相手： Ms. Pamela Flores Ayaviri (responsable proyecto inversión)

調査団員： 栗原 努(ESS)、福島世志徳(ESS)

議事／コメント：

- 井戸の維持管理に関する国際協力は日本くらいで、他ドナーによる支援は現在のところない。
- MMAyA に対して中国から井戸掘削機材の供与があったが、2013 年に COFADENA(軍の井戸掘削会社) と協定を結んで移管した。
- 井戸開発に関する事業は、政府主導のプログラムである MiAgua があり、かんがい用水と飲料水の開発を行っている。飲料水については給水施設建設が主であり、水源に地下水が含まれる。管理は FPS(Fondo Desarrollo Productivo Social)が行っている。他にはプロジェクトは ASBVI-JICA しかなく、これが最大となっている。
- 他のドナーの水関係の協力は CAF（アンデス共同体）の借款があり、主に給水施設に金をつけているが、各フェーズで 10 百万 US ドルが与えられ、各市に 30 万 US ドルが行き渡るようになっている。現在は第 4 フェーズで、金利は約 6%である。

訪 問 先： トリニダ市水道組合(Corporativa de Agua, Trinidad (COATRI))

日 時： 2014 年 12 月 17 (水) 15:00～15:30

面談相手： Mr. William Suaréz S. (Gerente General), Mr. Walter Cocarico R. (Jefe Planta Agua), Mr. Franck Cicer Arriaza M. (Jefe UNASBVI, Beni)

調査団員： 栗原 努(ESS)、福島世志徳(ESS)

議事／コメント：

- (調査団側より) 調査の趣旨・工程、提案製品の機能・特長説明。
- かつては自分達で井戸の洗浄をやっていたが、今は機械が壊れてしまってやっていない。診断から改修まですべてをやってくれるサービス会社を探している。

(印象としては、あまり予算も力も持っていない様子。KfW の借款で浄水場がまもなく完成の予定だが、常に給水量が不足しており、時間給水が続いている。)



訪 問 先： ベニ県水・基礎衛生・住宅課(Unidad de Agua, Saneamiento Básico y Vivienda (UNASBVI), Beni)

日 時： 2014 年 12 月 17 (水) 16:00～17:00

面談相手： Mr. Franck Cicer Arriaza M. (Jefe UNASBVI), Mr. Guillermo Da Silva (Consultor Hidrogeologo), Mr. Daniel Nunez Linarez (Ingeniero Supervisor de Obras), Mr. Carlos Bejarano (Tecnico y Chofer).

調査団員： 栗原 努(ESS)、福島世志徳(ESS)

議事／コメント：

- (調査団側より) 調査の趣旨・工程、提案製品の機能・特長説明。
- とても良い技術であり、(パンフレットの診断画像を見て) そこまで診断できれば素晴らしい。
- 来年度の予算に組み入れたいので、価格とスペックを提供されたし。(この面談とは別途、12/18(木)にサンタクルス市で県の局長(?)である Mr. José Esteban Calderón Cuéllar に面談した時の話)



訪 問 先： サンタクルス県 JICA 地下水事業課 (Proyecto de Agua Subterranea – JICA (PROASU-JICA)、Santa Cruz)

日 時： 2014 年 12 月 19 (金) 14:30～15:30

面談相手： Mr. Jose Luis Pelaez S. (Coordinador de Ingenieria a.i.)、 Mr. Luis Antunez (Tecnico Ingeniero)

調査団員： 栗原 努(ESS)、福島世志徳(ESS)

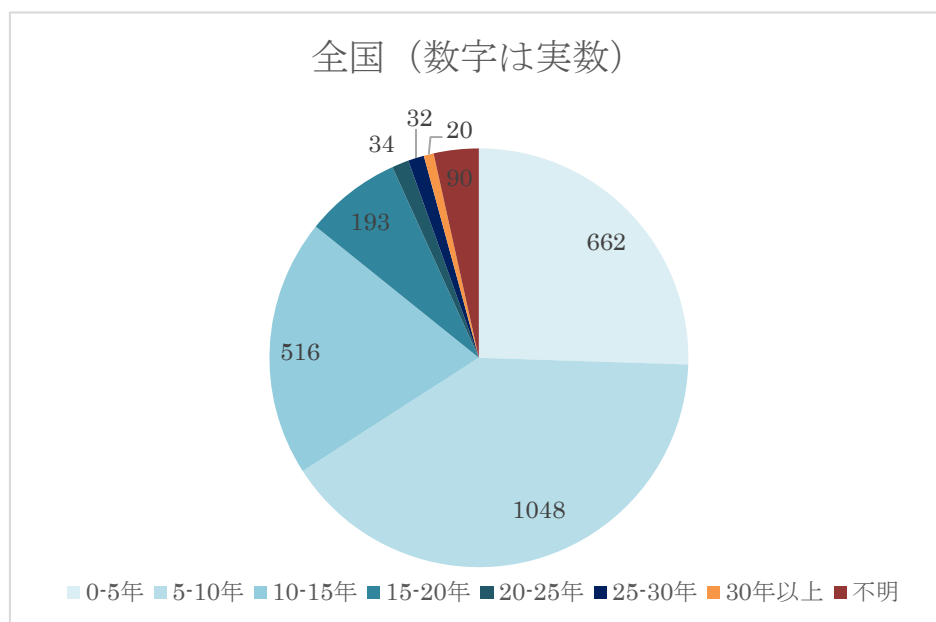
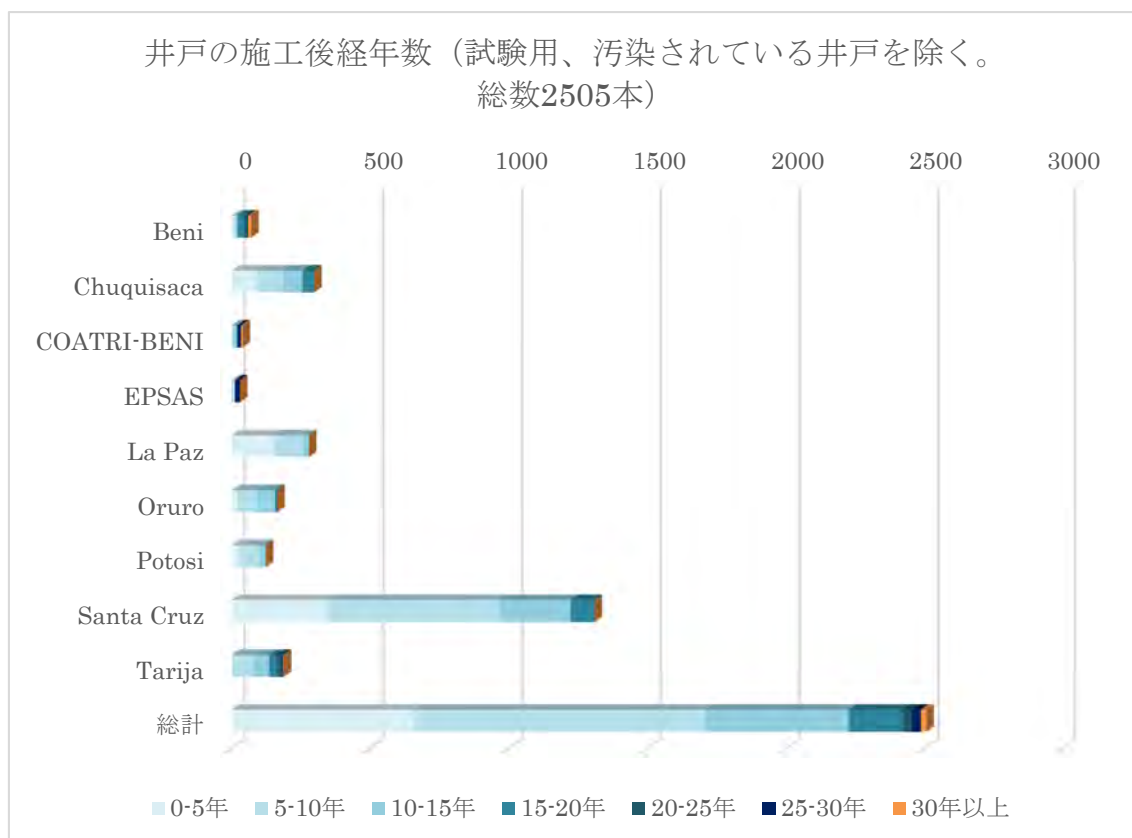
議事／コメント：

- (調査団側より) 調査の趣旨・工程、提案製品の機能・特長説明。技術セミナー開催に対する協力の要請。
- 1988 年から井戸台帳を作成しており、新規に井戸を掘削する場合には、この資料を参考にして効率的な井戸開発を行っている。
- 古い井戸は(施設の老朽化のため)エアーリフトをかけて改修することが怖い、この井戸カメラを使えば井戸診断が正確にできて改修に有用。
- 一方、中央政府に予算を大幅に削られており、緊急要請にしか対応しておらず、維持管理が十分に行われていない状況である。このため、当課 (PROASU-JICA) としてこの井戸カメラを購入することは難しい。
- 診断と改修を合わせた技術サービスなら受け入れられる余地がある。以前に国内の民間業者からこの種のサービスの見積りを取ったが、米国製のカメラを使った診断で一式 US3,000 ドルと高く、実施に至らなかった。
- 井戸データの提供と 4 月の技術セミナー開催への協力は約束する。セミナーは CEA(Centro Educacion Ambiente)のセミナールームを使うのが良い。
- 遅れていた水技術センターのラボ等の施設を建築中であり、2015 年 2 月に完成予定。見学して行ってほしい。

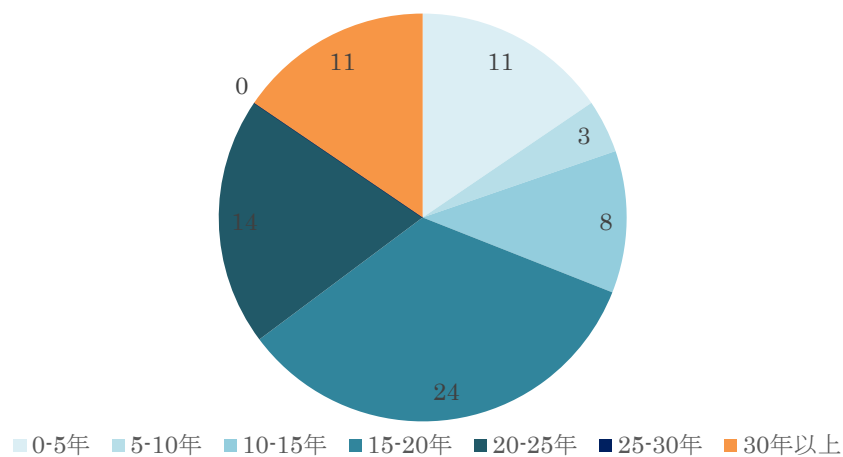


全国の井戸データの集計結果

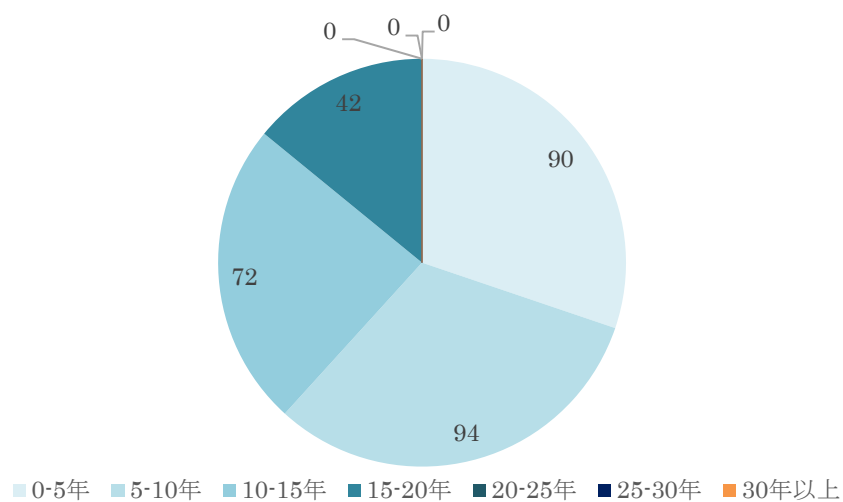
I. 井戸の施工後経年数（県別・事業者別にデータを集計）



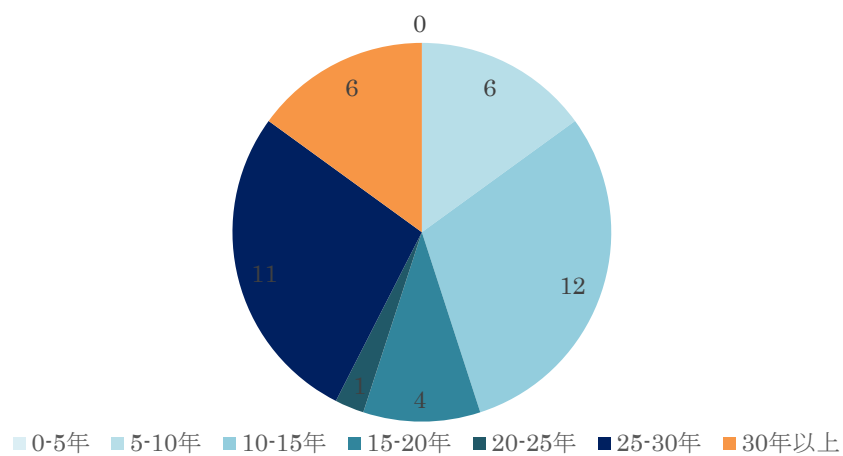
Beni（数字は実数）



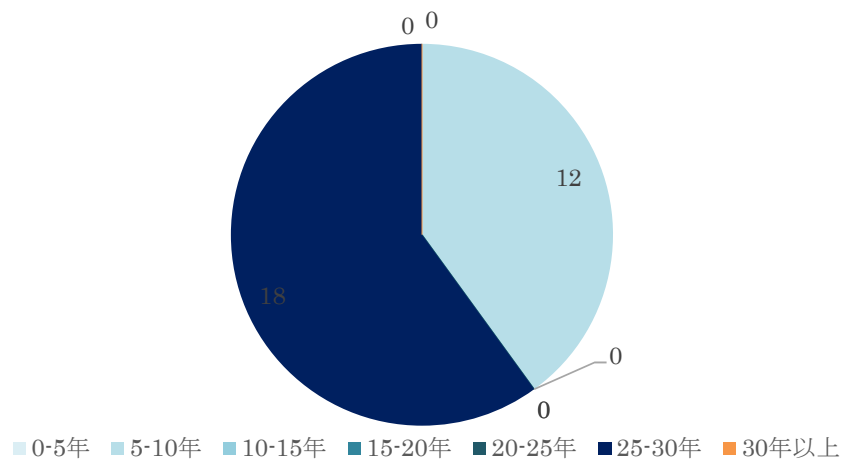
Chuquisaca（数字は実数）



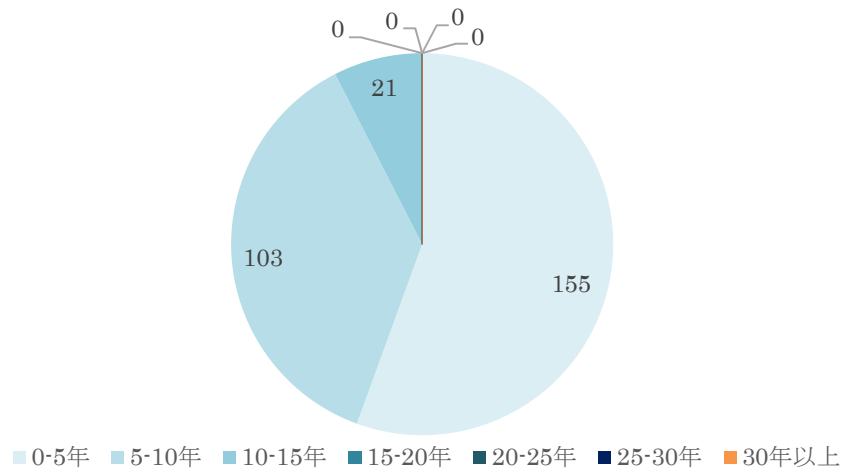
COATRI-BENI（数字は実数）



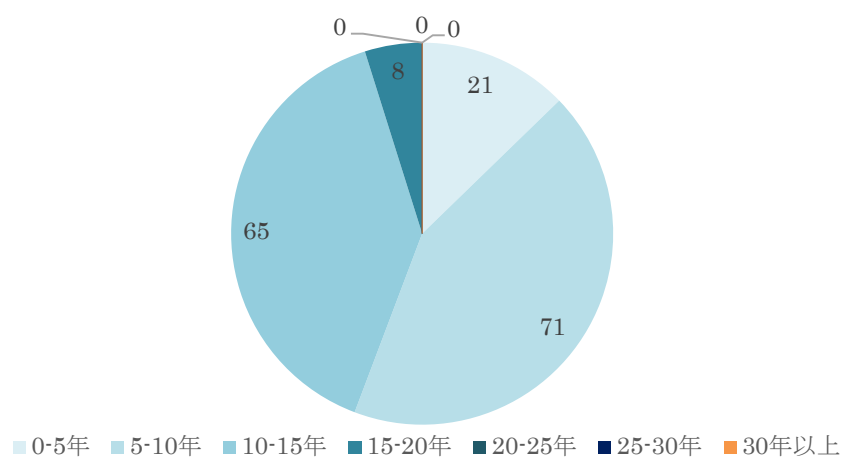
EPSAS（数字は実数）



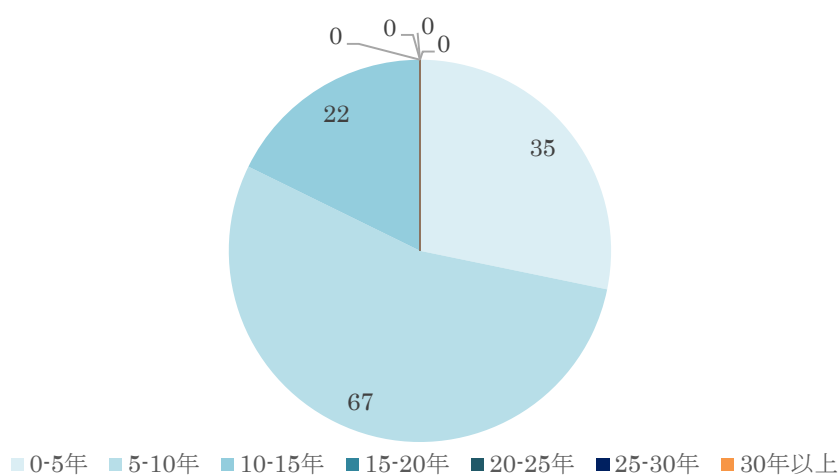
La Paz（数字は実数）



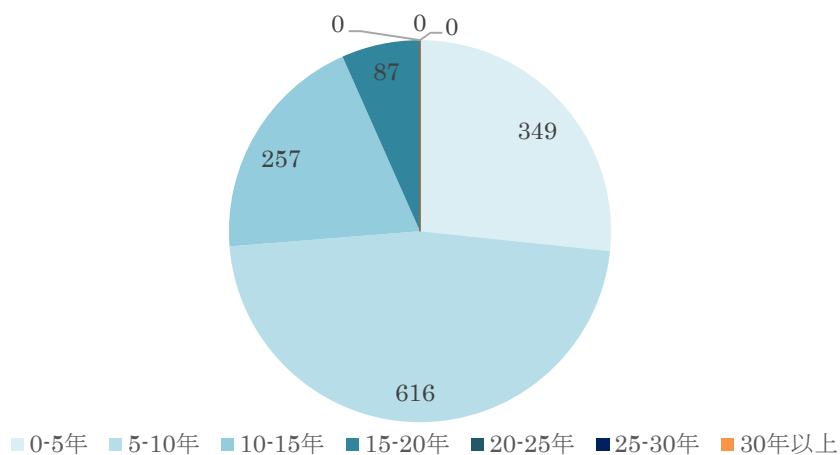
Oruro（数字は実数）



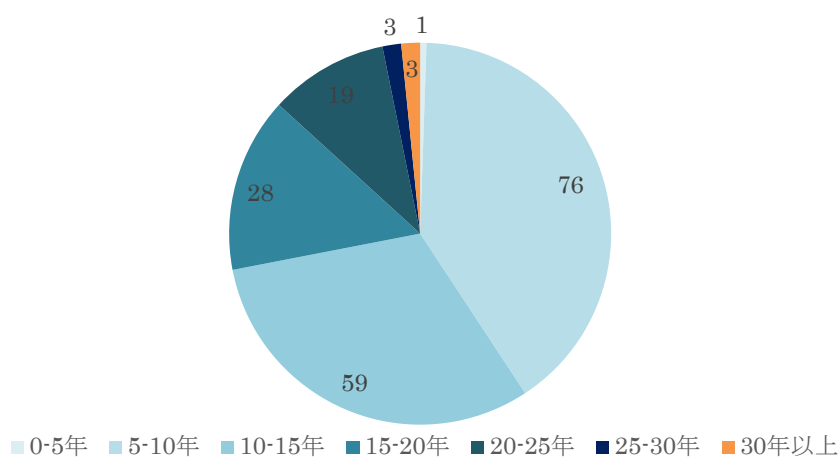
Potosi (数字は実数)



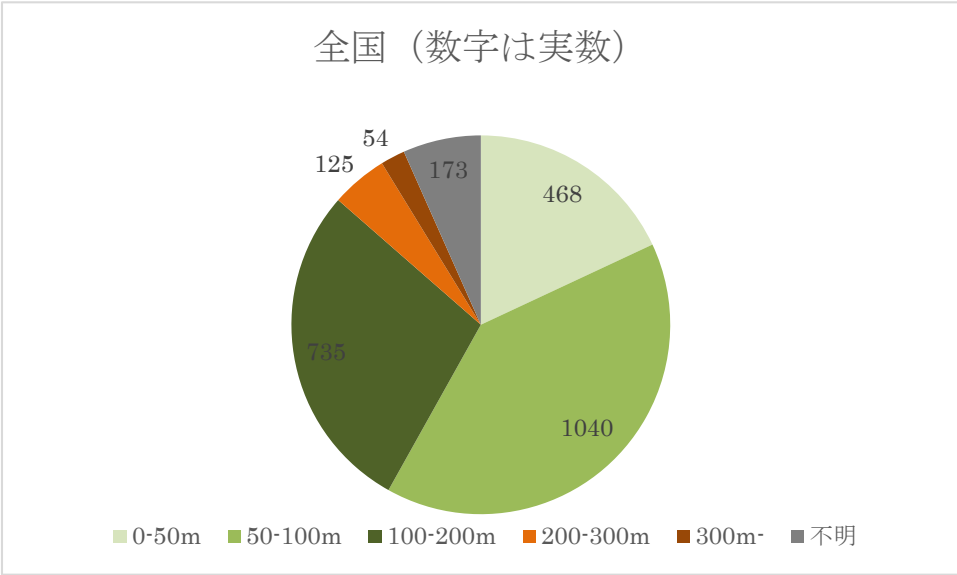
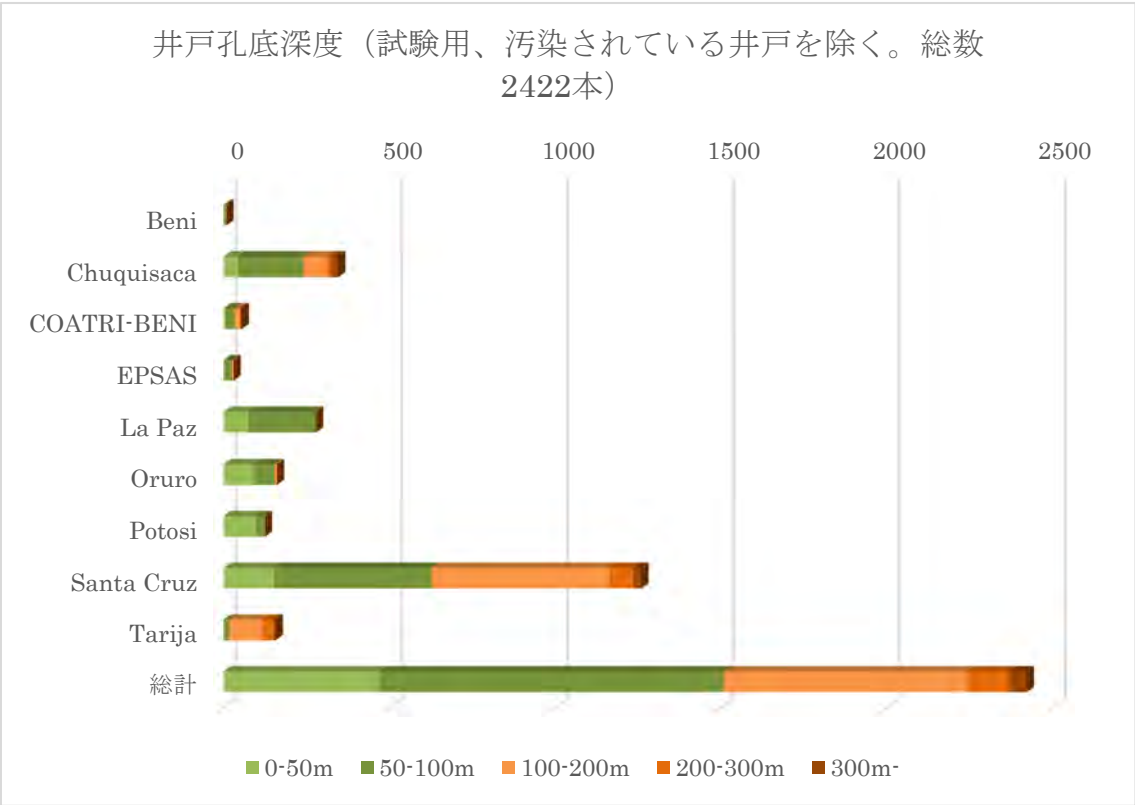
Santa Cruz (数字は実数)



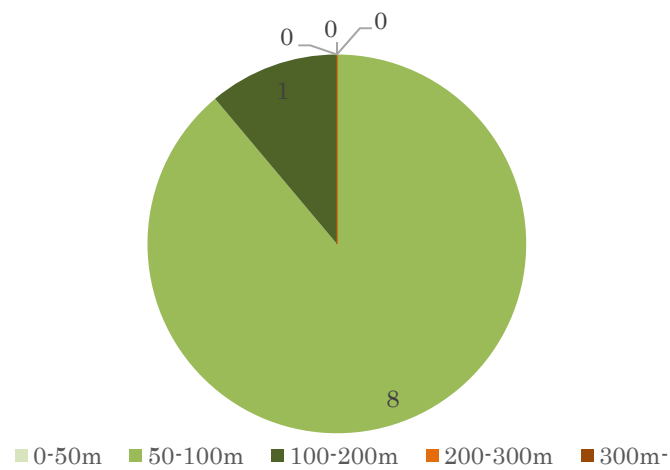
Tarija (数字は実数)



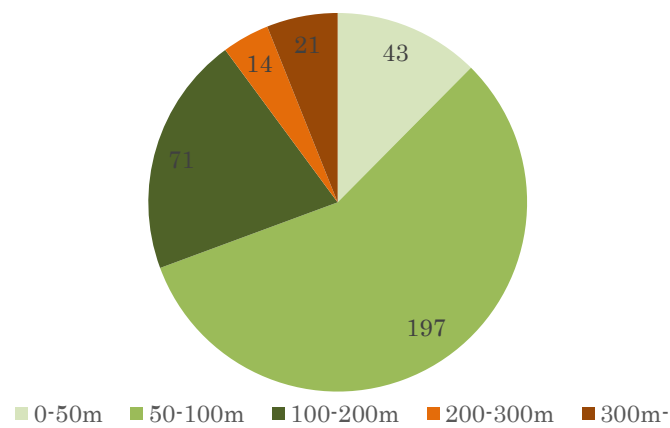
II. 井戸孔底深度（県別・事業者別にデータを集計）



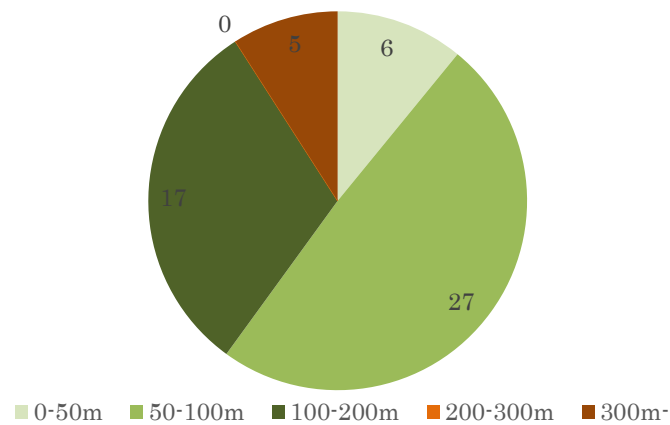
Beni (数字は実数)



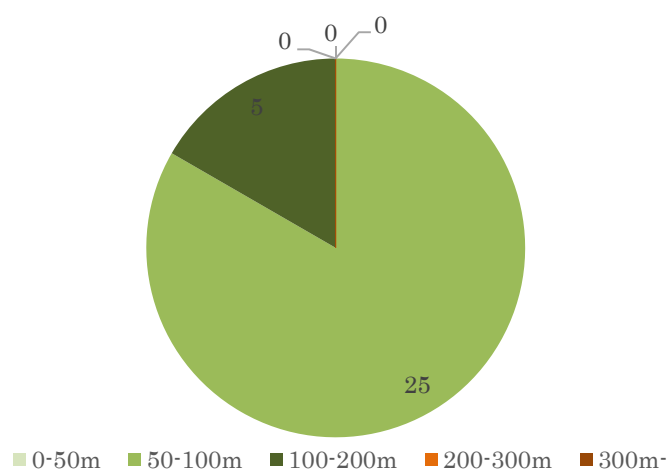
Chuquisaca (数字は実数)



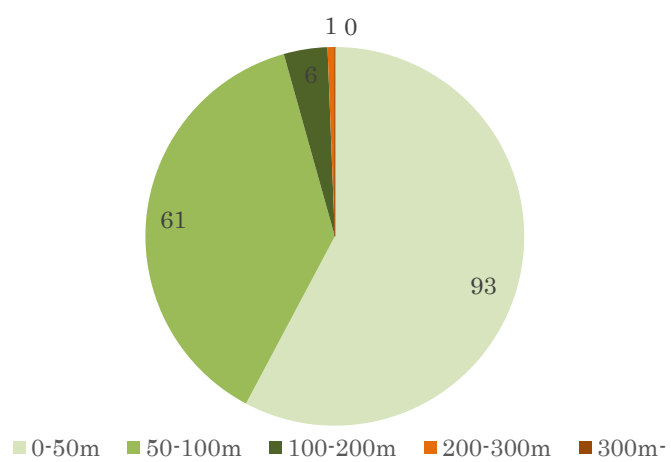
COATRI-BENI (数字は実数)



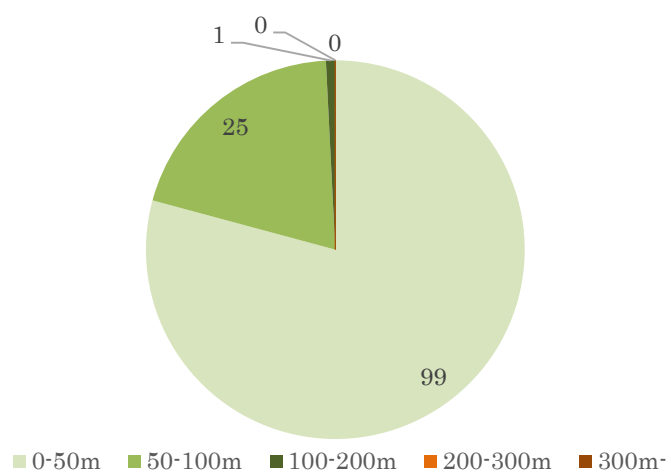
EPSAS（数字は実数）



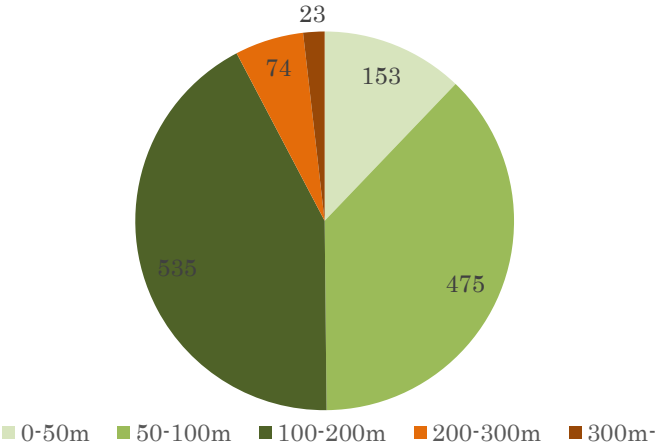
Oruro（数字は実数）



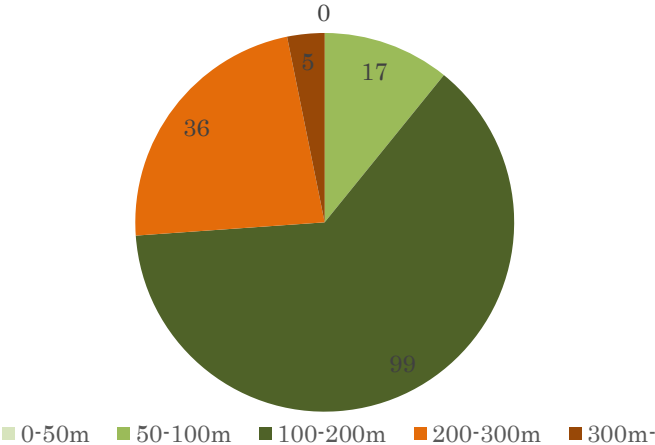
Potosi（数字は実数）



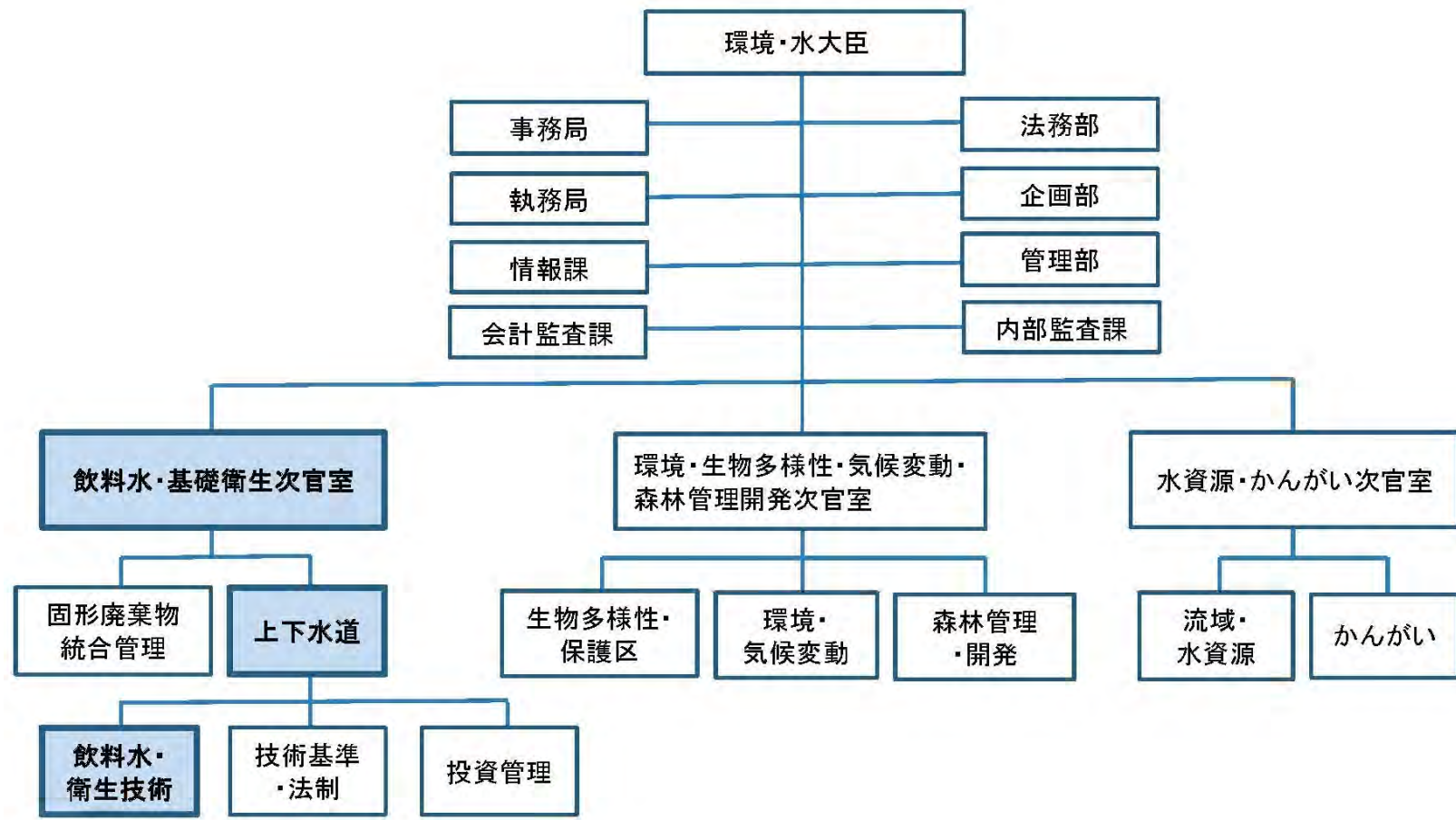
Santa Cruz（数字は実数）



Tarija（数字は実数）

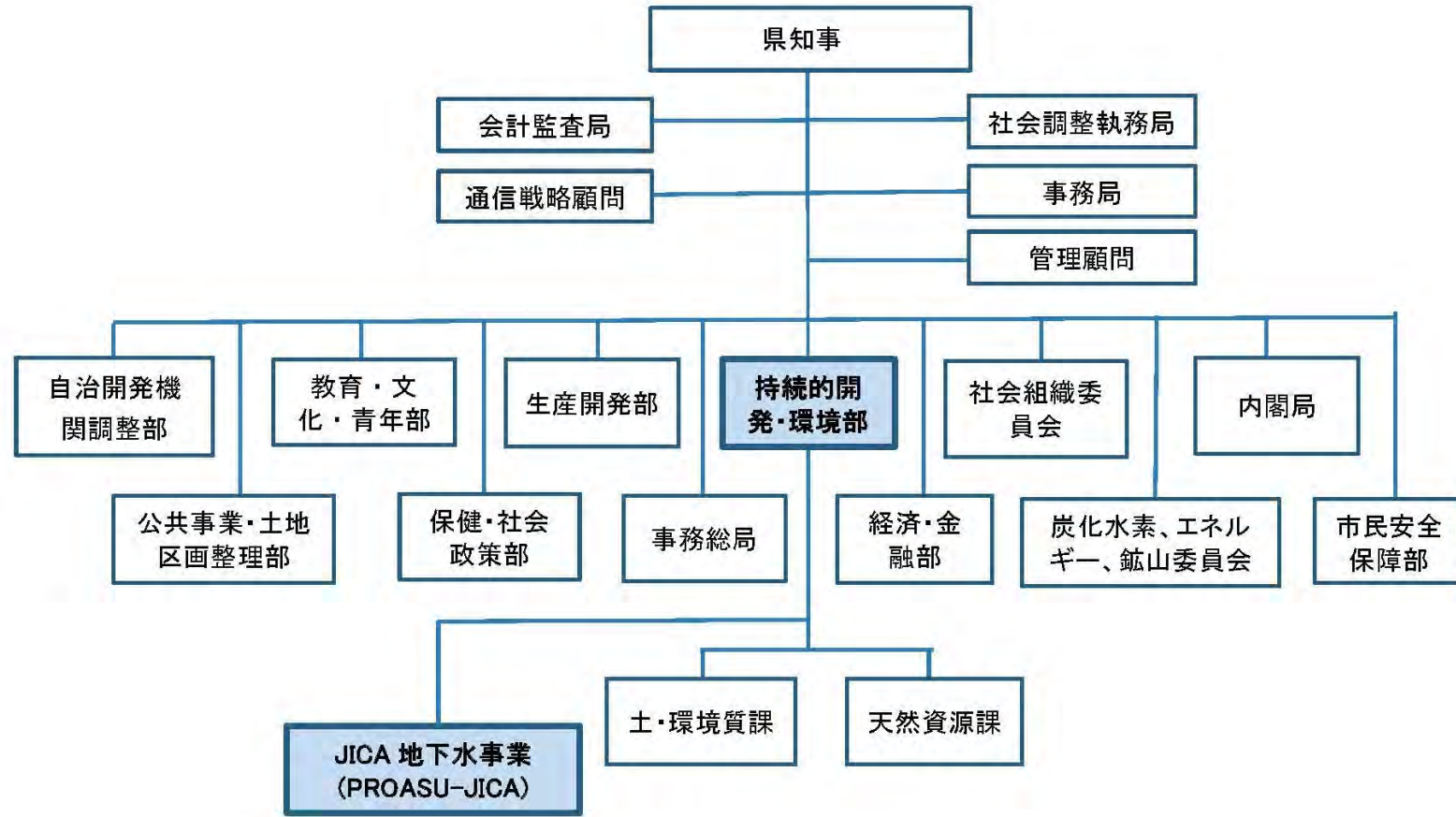


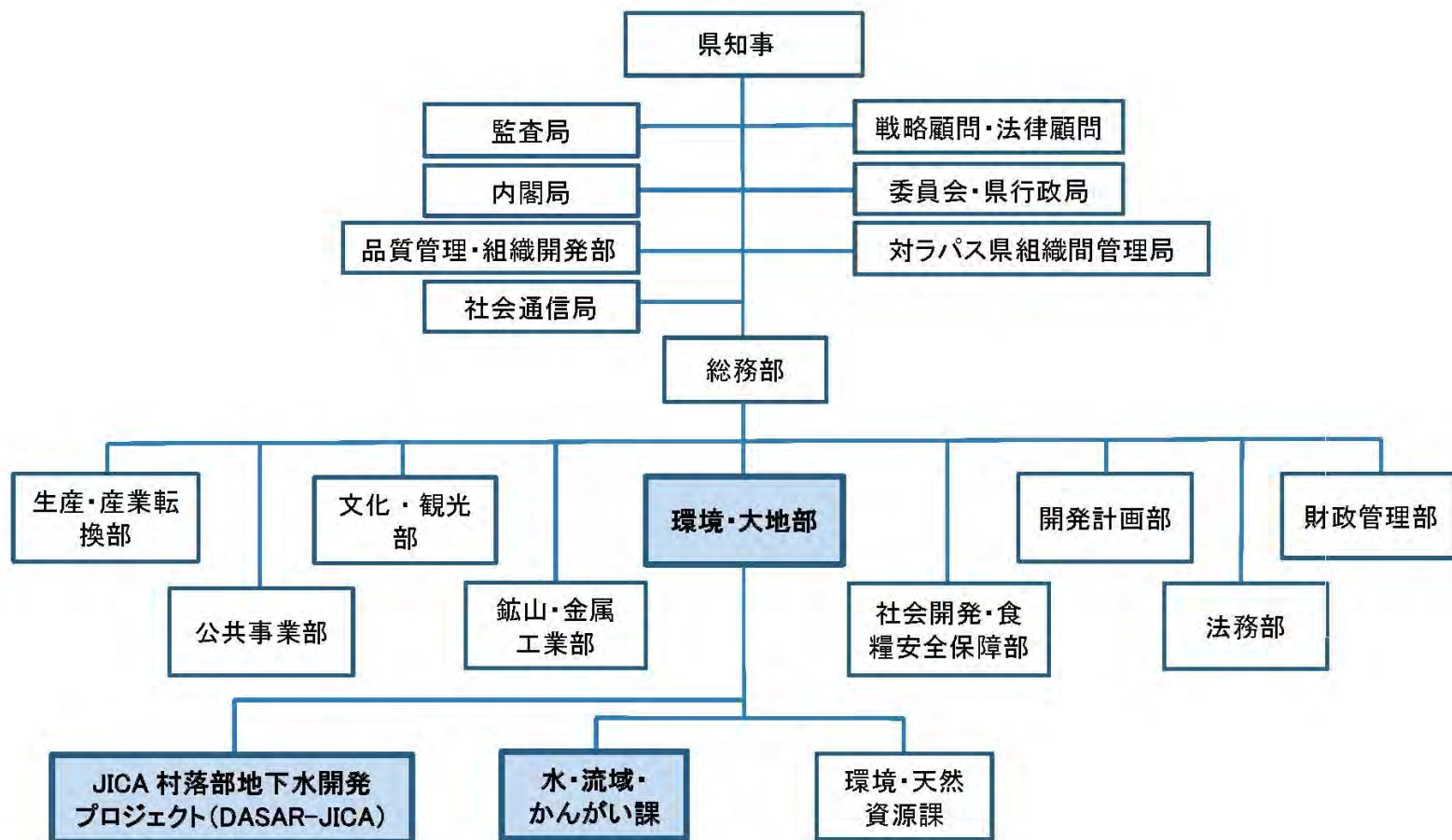
給水事業関係機関の組織図及び主な井戸業者

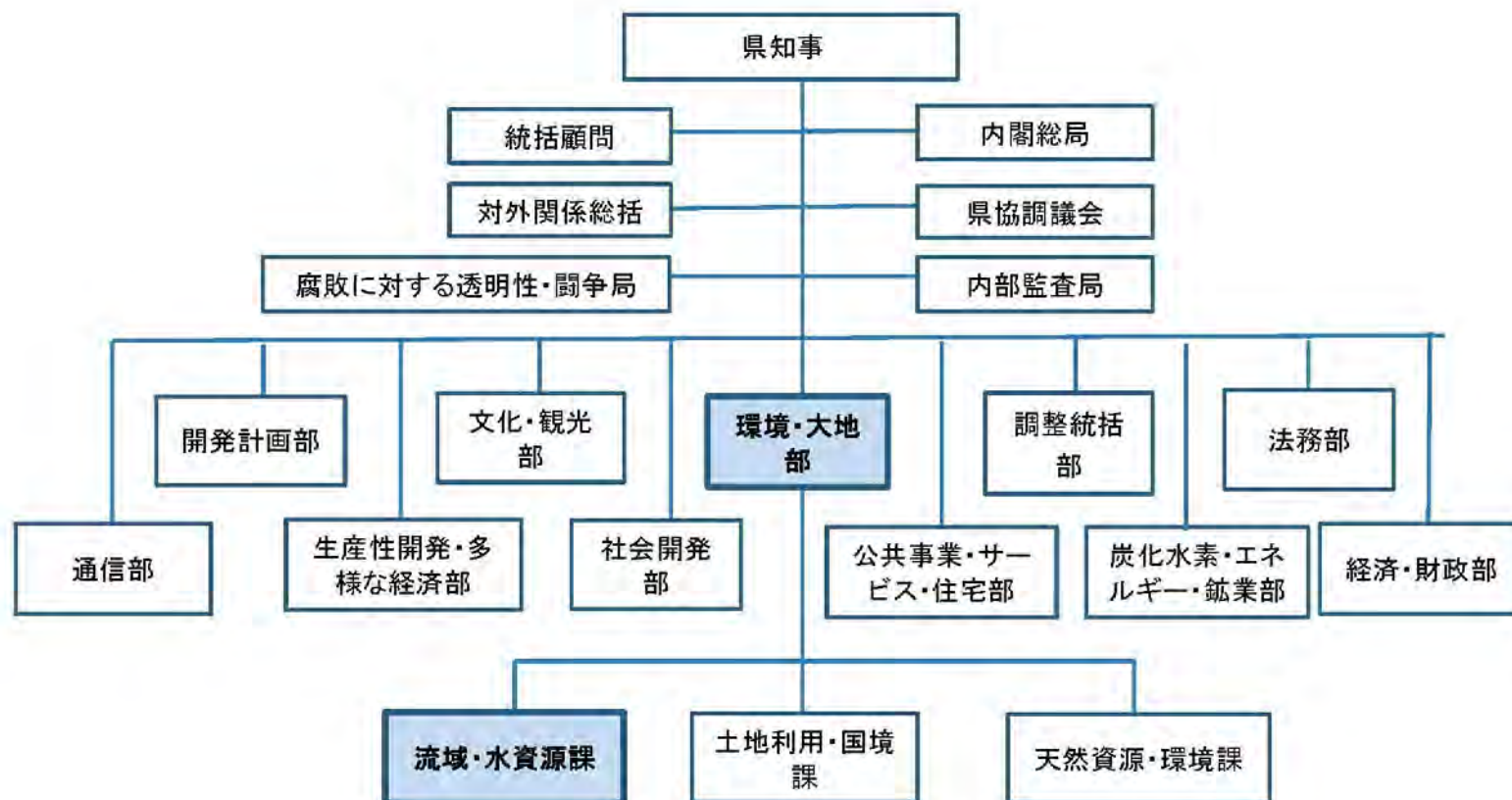


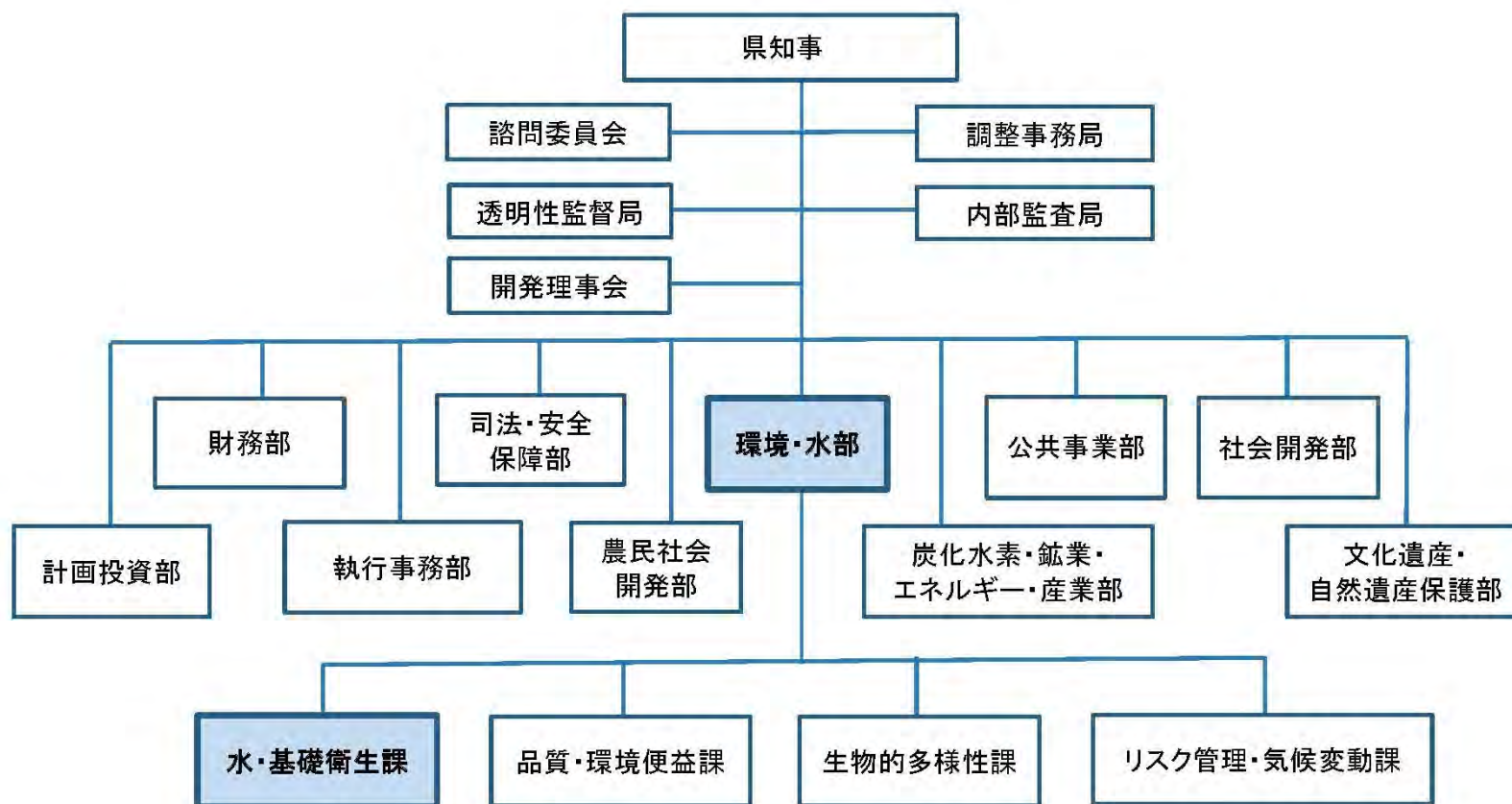
② 各県の組織図及び給水部局の位置づけ

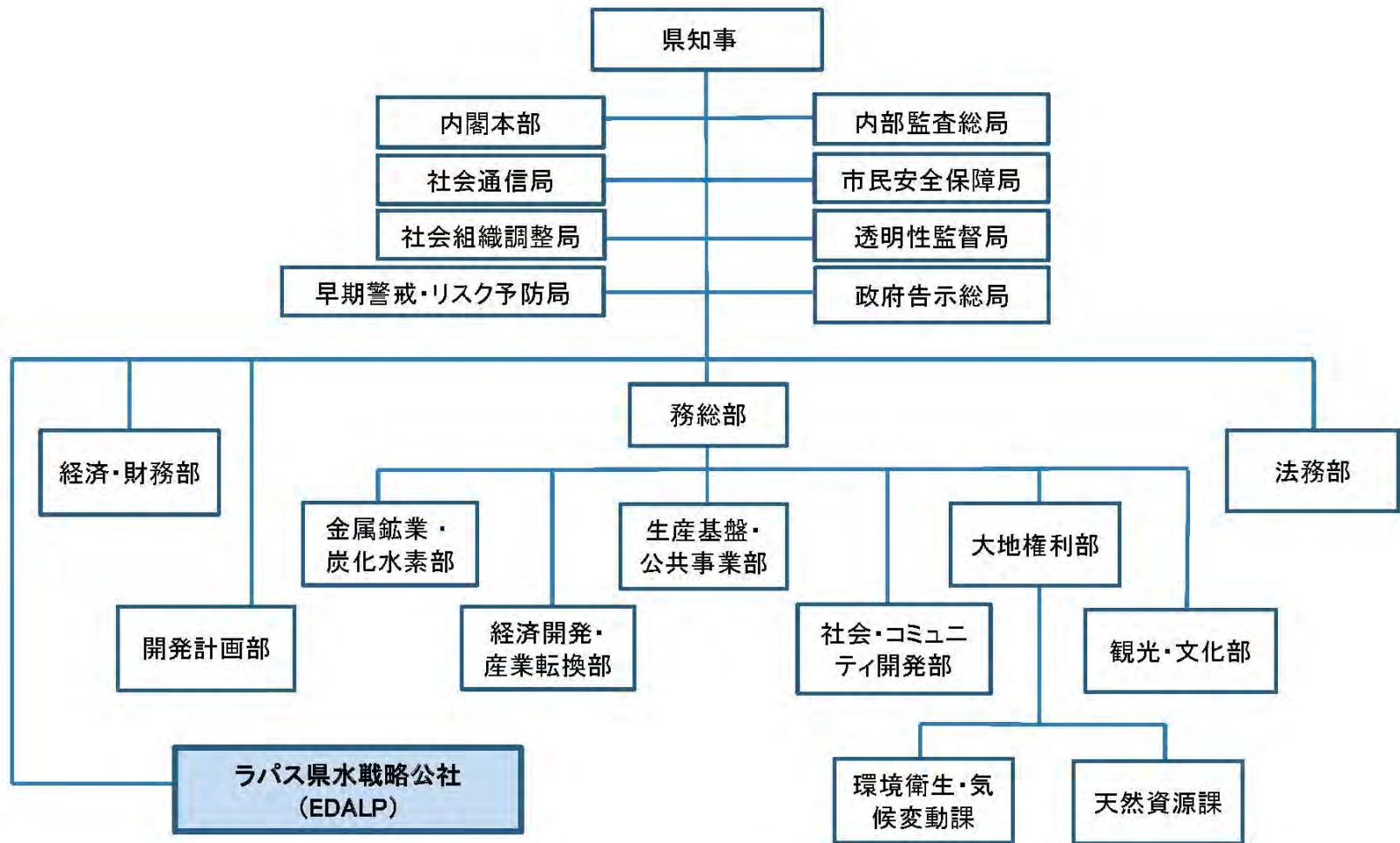
サントクルス県庁組織図

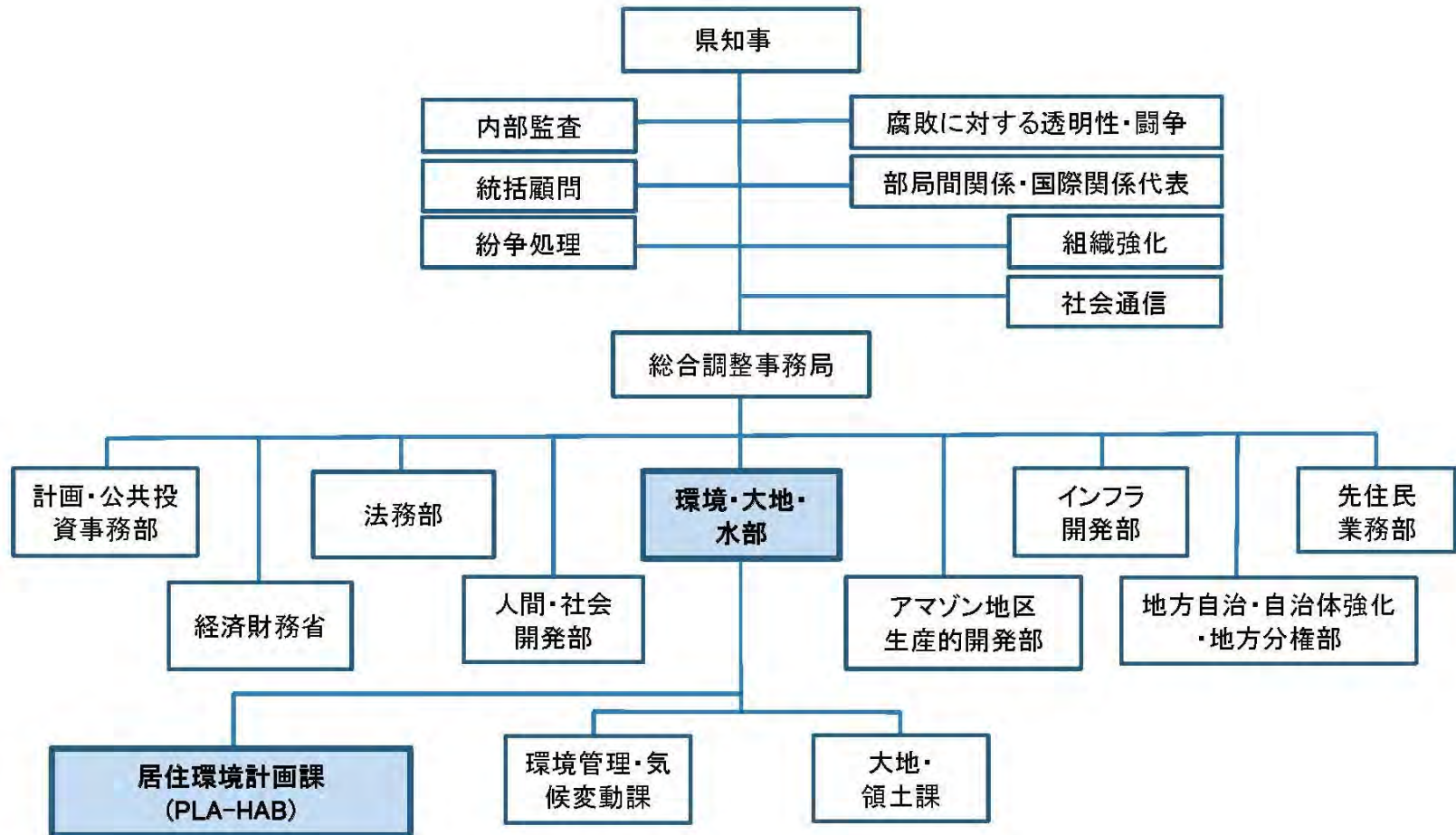


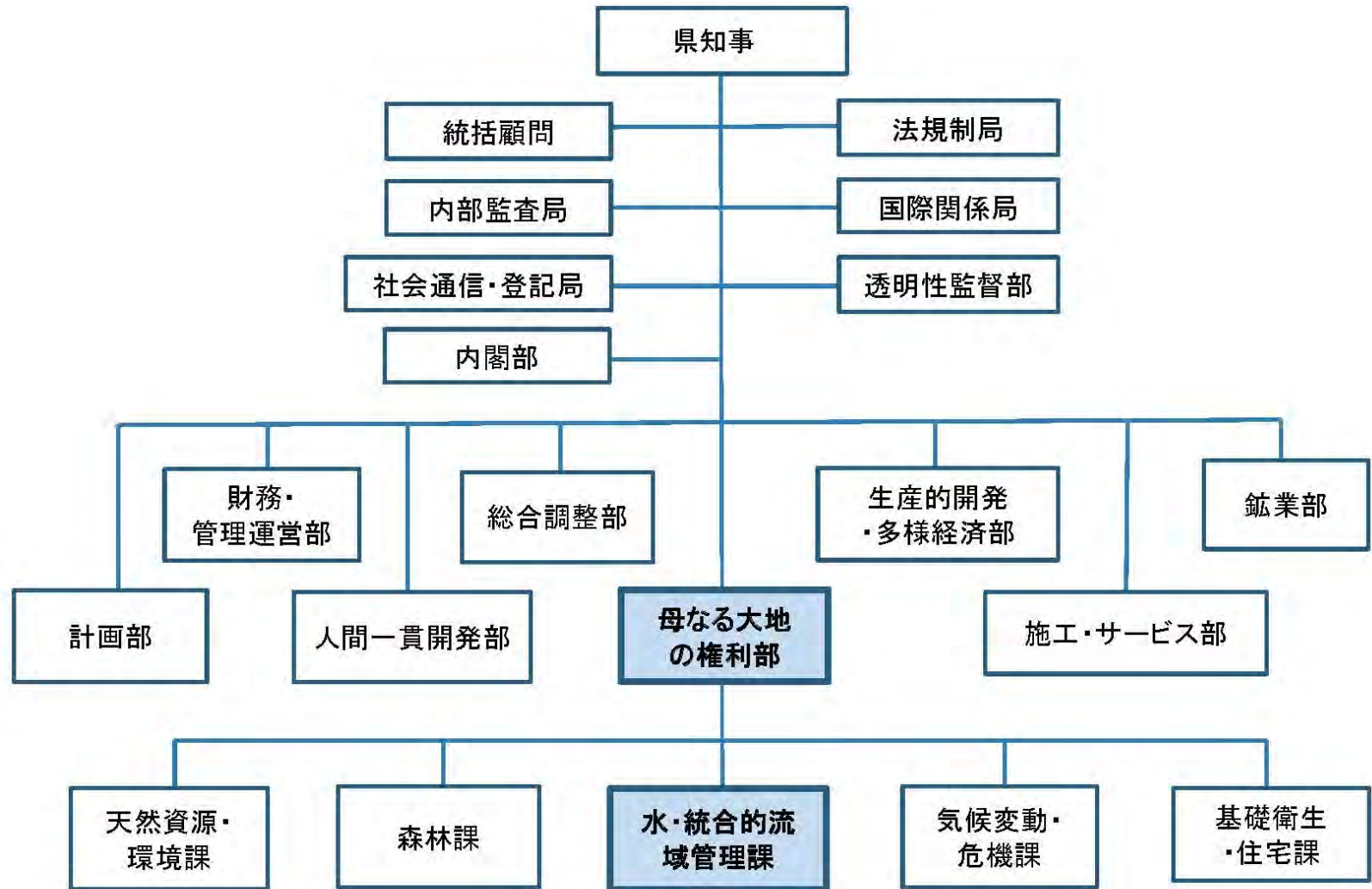






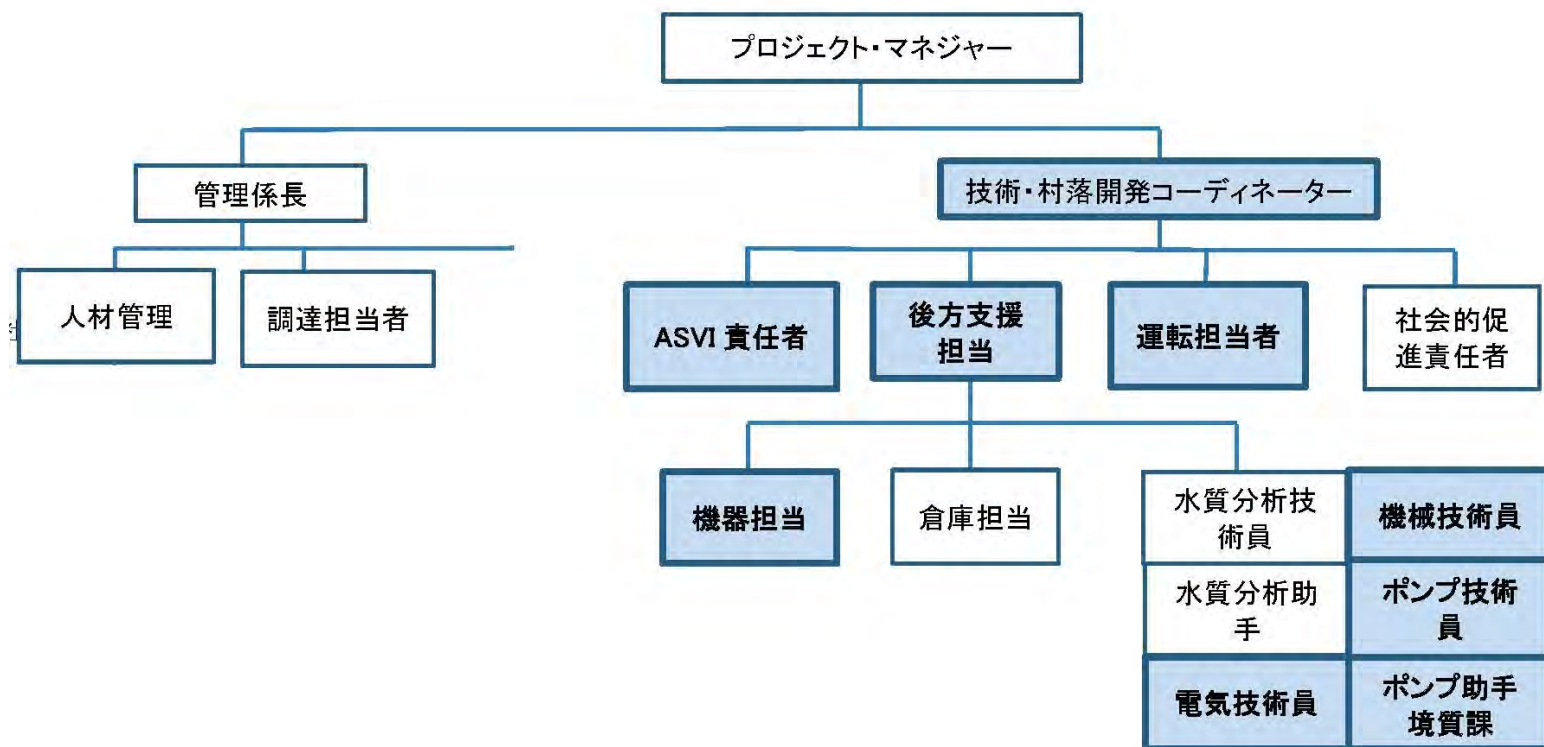


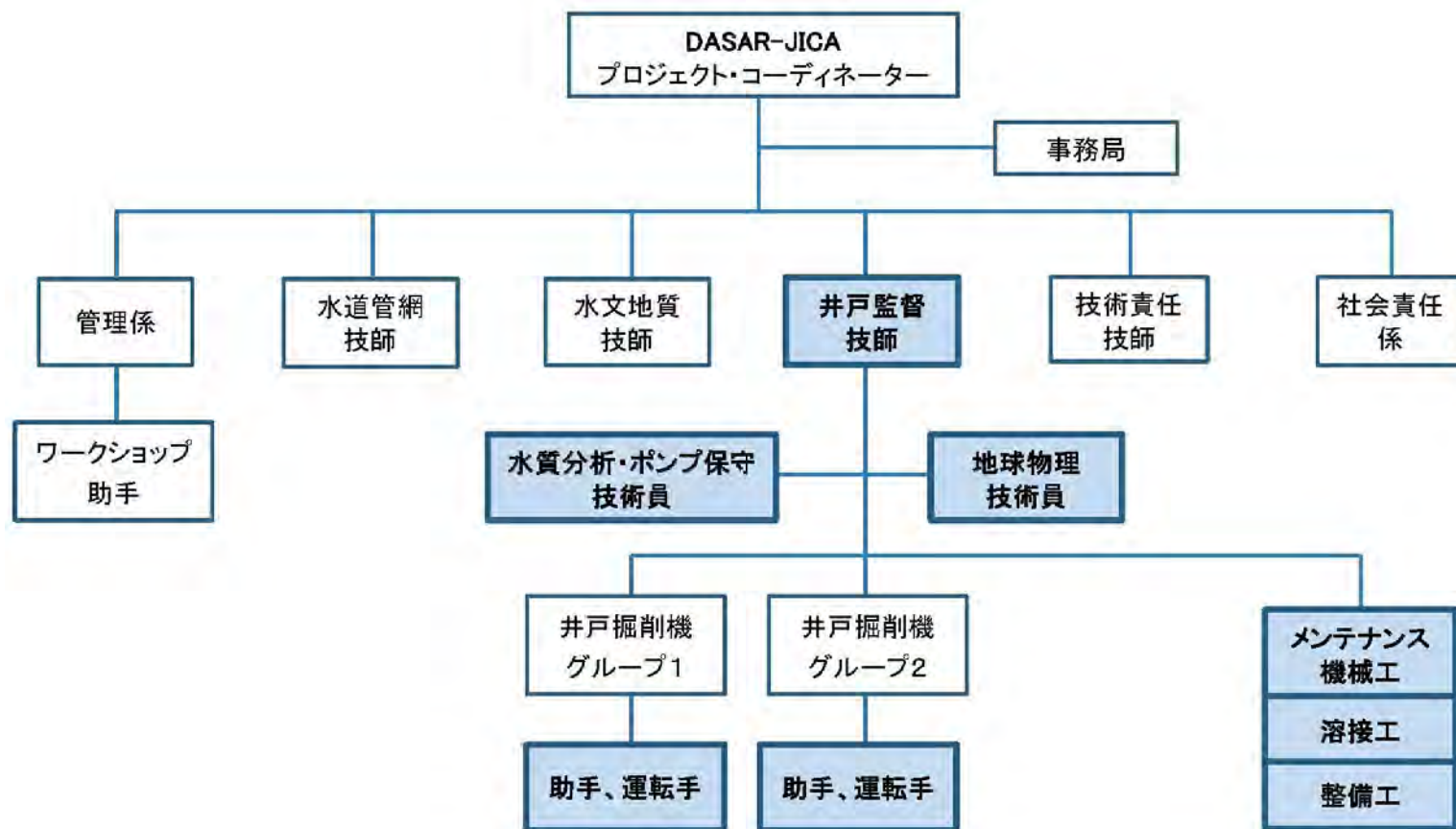


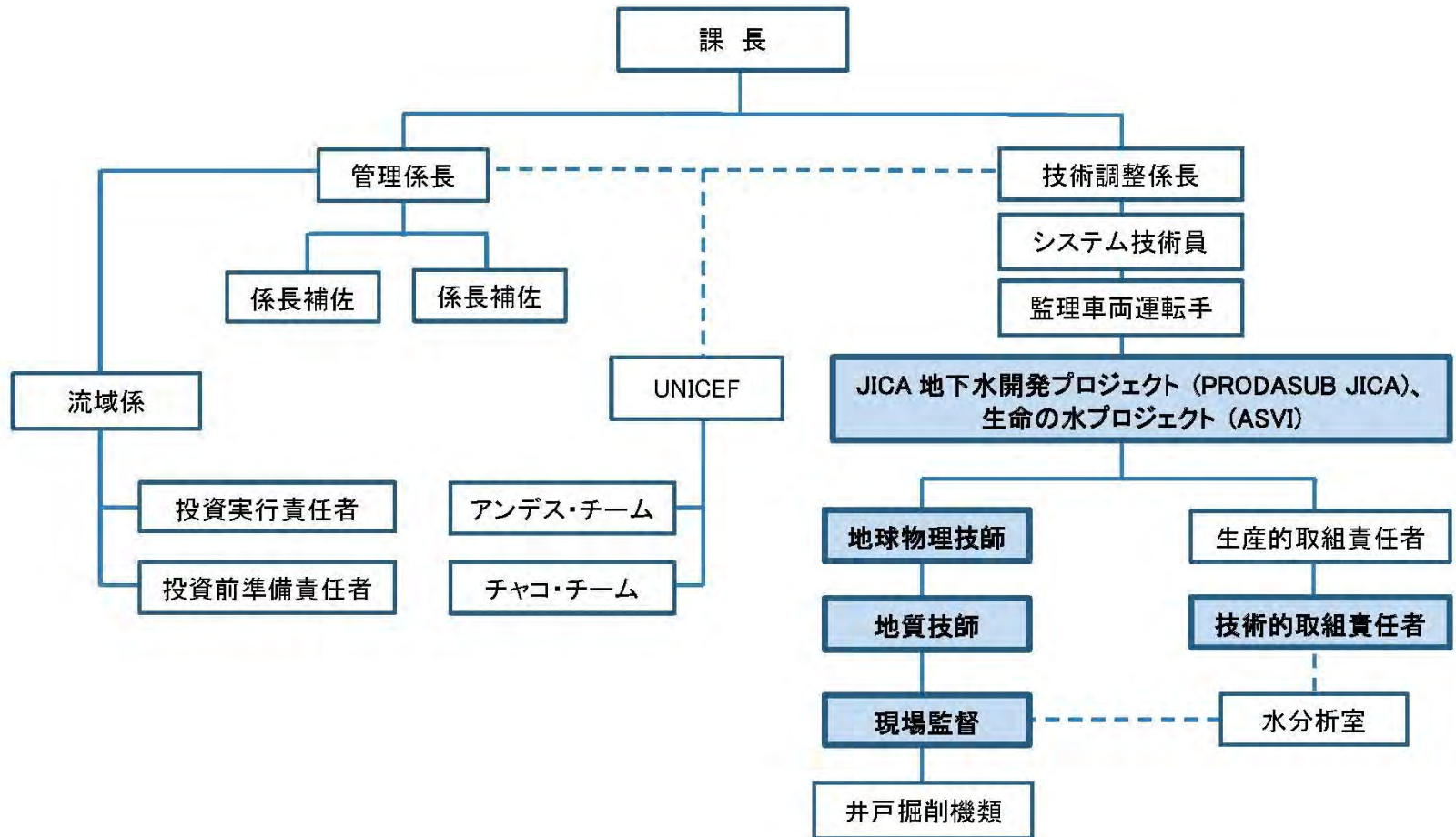


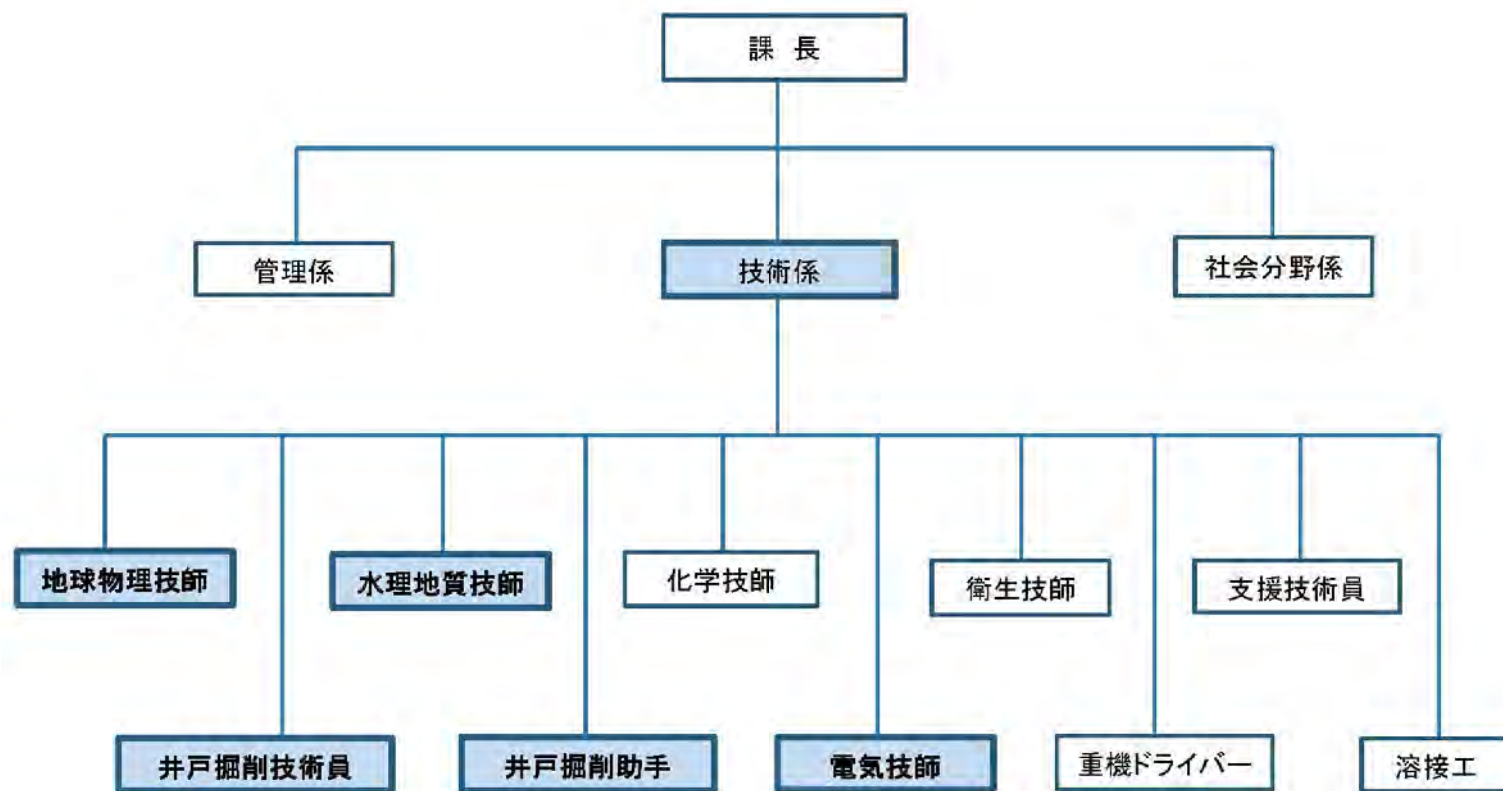
③ 各県の UNASBVI の内部組織図

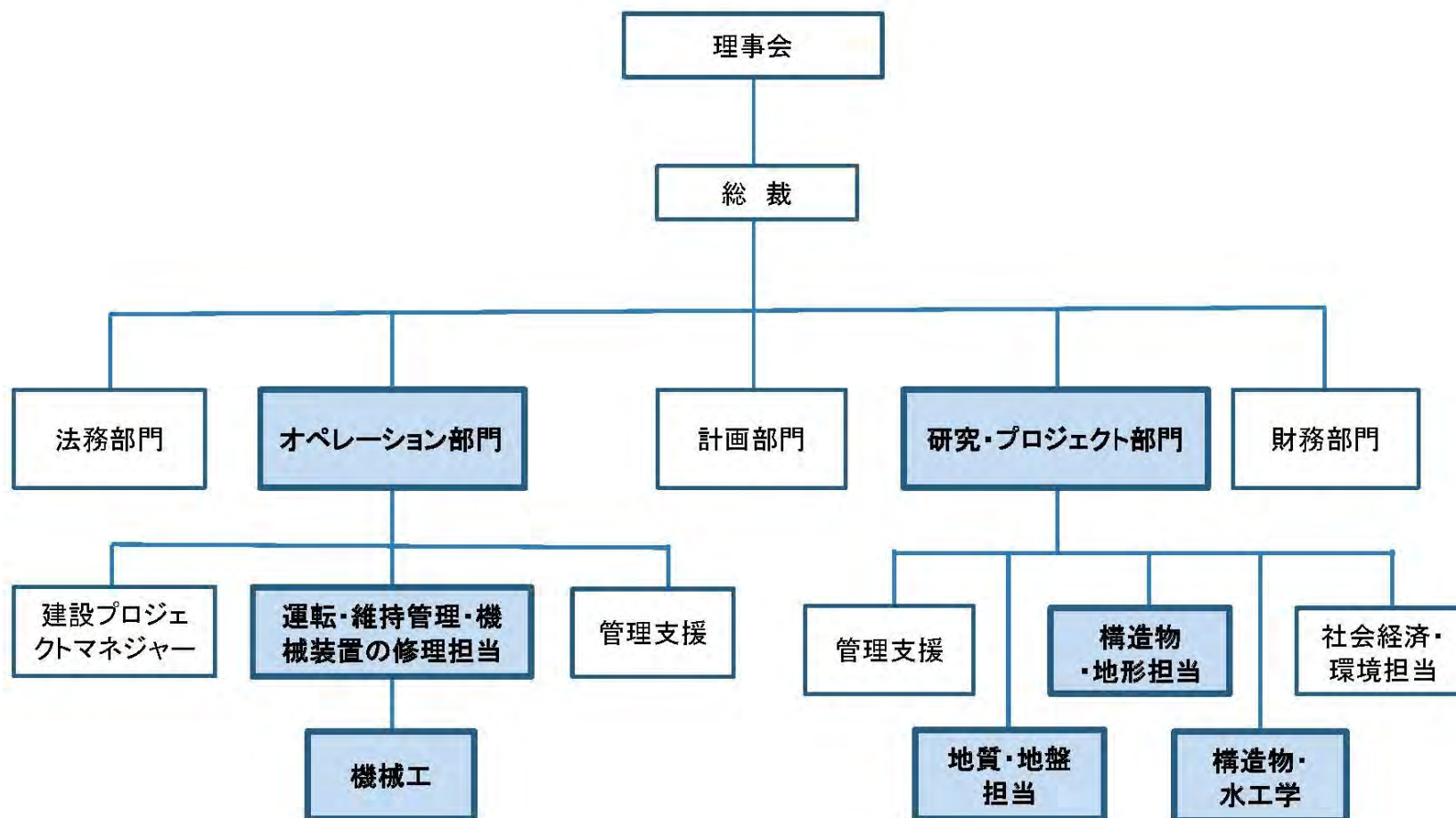
サンタクルス県 PROASU - JICA 組織図

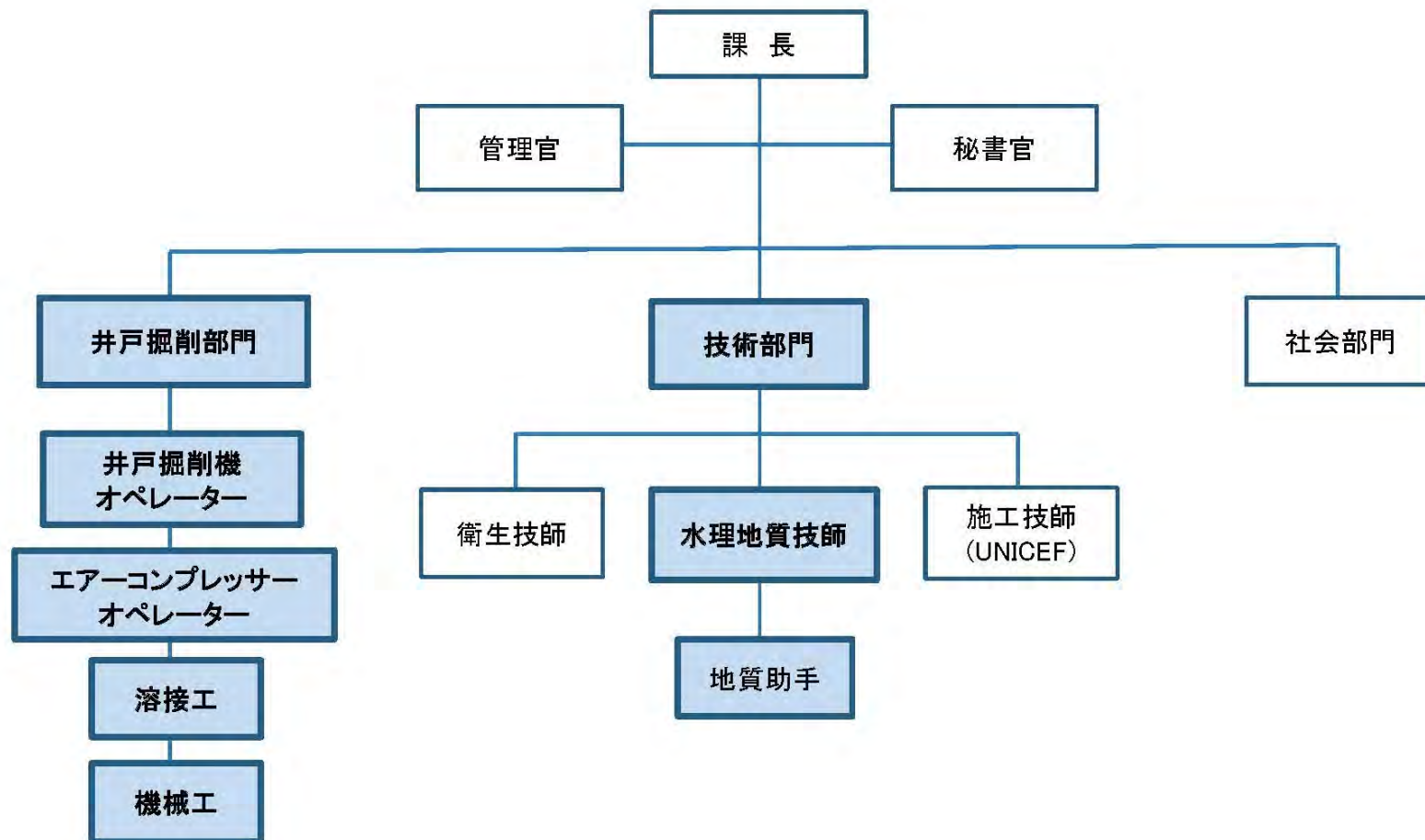


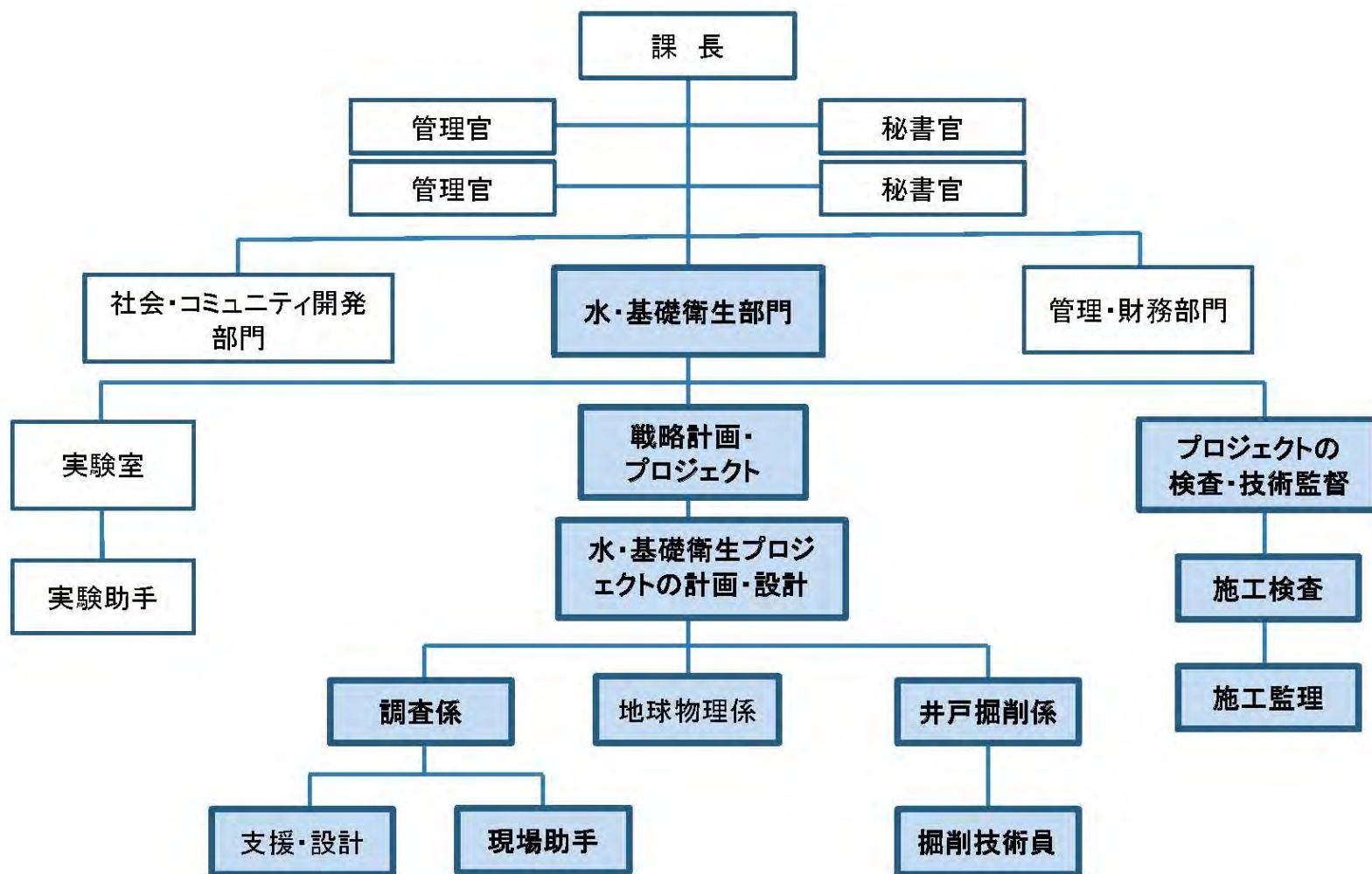


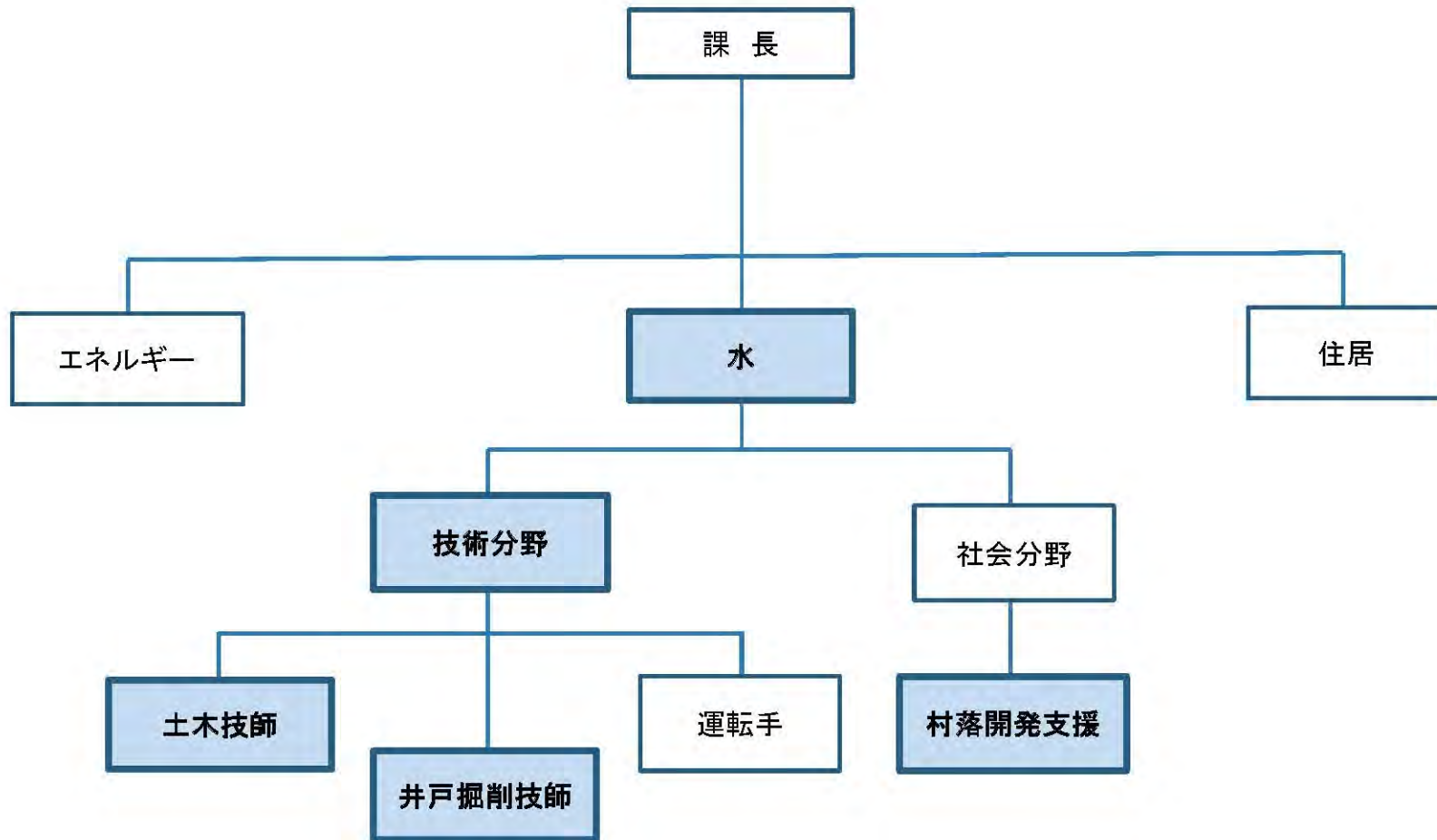










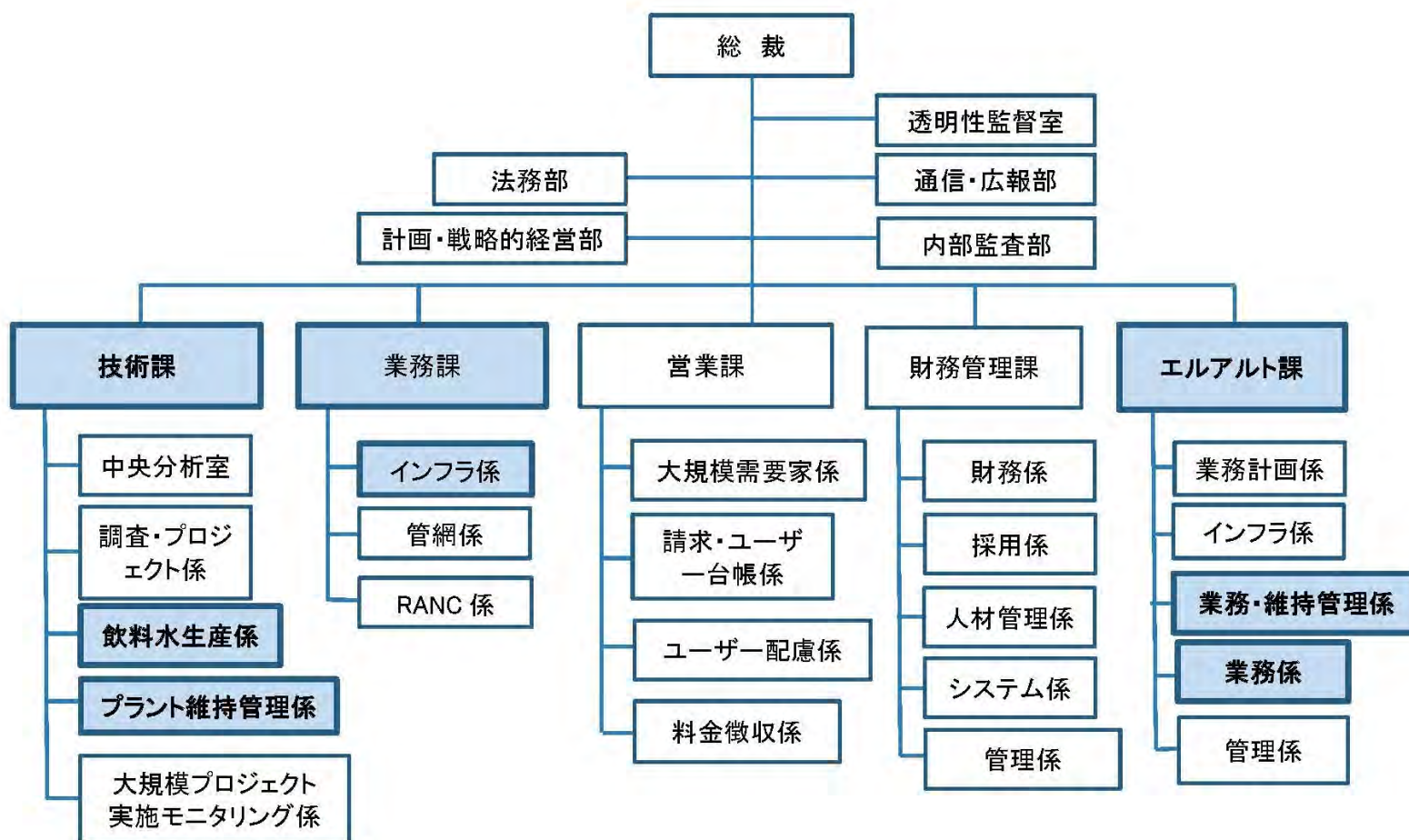


④ 各都市（県庁所在地クラス）の水道公社、水道組合

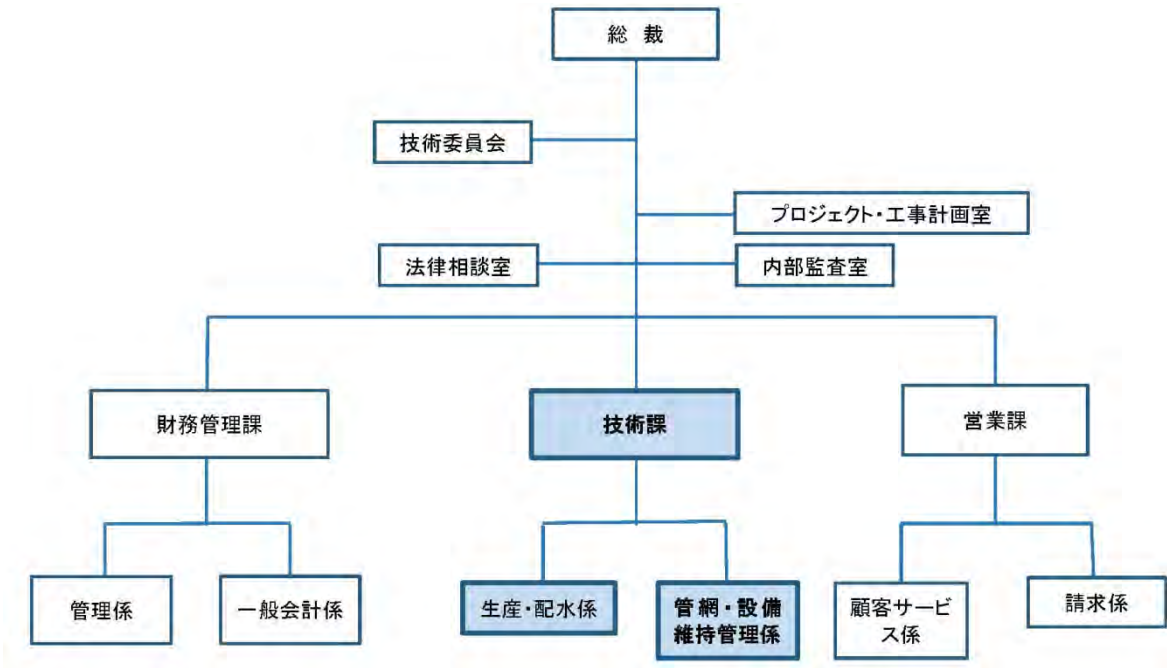
水道公社名・都市・住所・連絡先（電話番号）

EMPRESAS DE AGUA			
EMPRESA	CIUDAD	DIRECCION	TELEFONO
ELAPAS	Sucre	Calle Uriolagoitia N° 150	(4) 6453151-6455038
EPSAS (Empresa Pública Social de Agua y Saneamiento)	La Paz	Av. De Las Americas N° 705 Villa F	2213357
SeLA	Oruro	Av. Villamoel entre Brasil	(2) 5112497-524184-5241041-5
SEMAPA	Cochabamba	Calle Tupac Yupanqui N° 2336	44472108-44472109
AAPOS	Potosí	Calle Bustillos N° 1251	26226773-26229714-26226770
COASAALT	Tarja	Calle Ingavi N° 675	6630593-6642567
EMAAB	Bermejo		
EMSABAV	Villazón		
COSAPAC	Caranavi	Calle Tocopilla	8232258
EMAPYC	Yacuiba	Calle Cecilio Choque	6823033-6822374
SAGUAPAC	Santa Cruz	Av. Perimetral Tanque Elevado s/n	(3) 3522323-3522526
COOPLAN	Santa Cruz	Zona Plan 3000	3623945
COSCHAL	Santa Cruz	Plaza Principal Barrio los Chacos	3625840
COOPAPPI	Santa Cruz	Carretera a Cotoca	3487771
COSPAIL	Santa Cruz	Km. 6 carretera Ant. Cbba.	3553536
LIMONCITO	Santa Cruz	Km. 37 ant. Carretera Cbba	3822096
COSEP-W	Wames	Calle Romulo Herrera N° 16	92322177
COOPAGAL	Camiri	Calle Comercio N° 89	(3) 9522578-9522925
COSPAS	Guarayos	Av. German Busch	9667007
COSMOL	Montero	Calle Isaias N° 219	9220212-9220334
OKINAWA	Okinawa	Carretera Río Grande	9237067-9237067
COSMIN	Santa Cruz		
COSPAS	Santa Cruz		
COATRI	Trinidad	Calle La Paz, Esq. Ejército N° 281	(3) 4622118-4620368
CAPAG	Guayaramerín	Calle Oruro	(3) 8553362-8558700
UNIDAD DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE DE COBUIA (*)	Cobija		

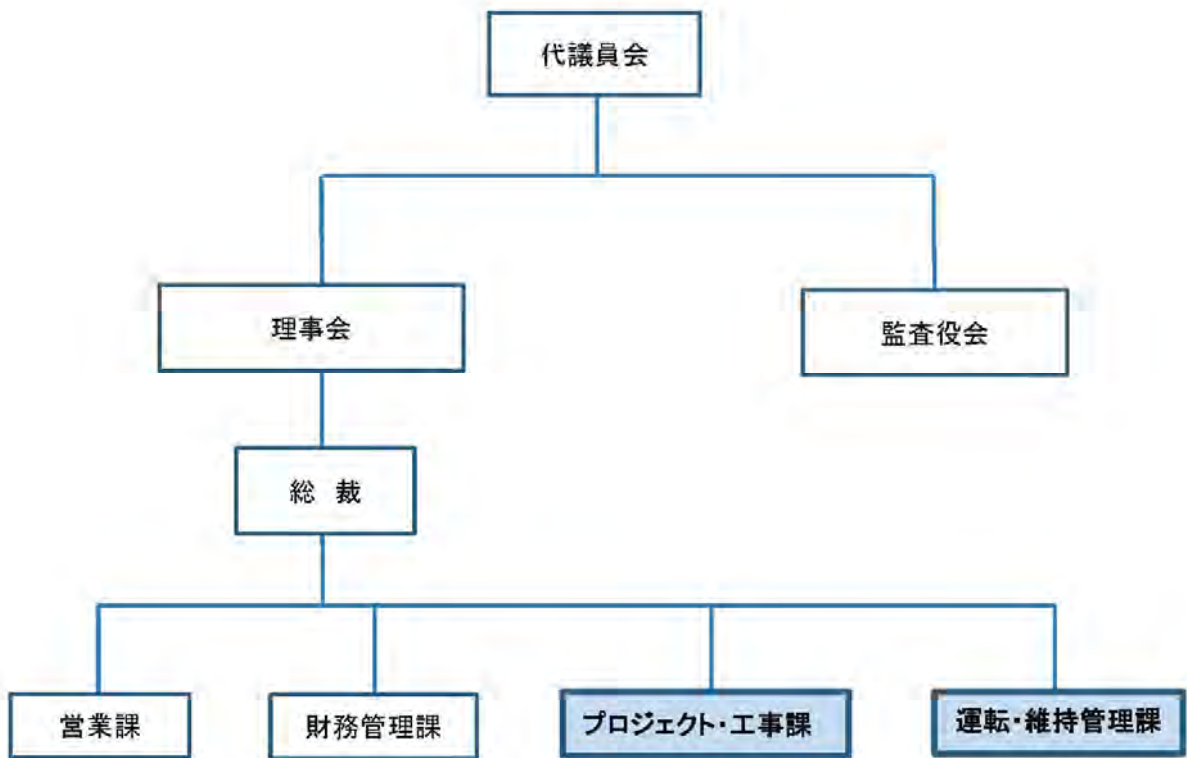
○の水道公社は組織図を添付



オルロ市 SeLA 組織図



サンタクルス市 SAGUAPAC 組織図



⑤ 井戸の診断・改修工事ができる民間業者（県庁所在地ごと）

サンタクルス市

NOMBRE DE LA EMPRESA	DIRECCION	TELEFONO	REPRESENTANTE LEGAL
YERKO PERFORACIONES	RADILA 19 UV. 53 MZ. 2	3522473	GUILLERMO BELTRAN MORENO
DRAGON LTDA.		77039461	JULIO MENDEZ ANTELO
LINCE S.A.	AV. MAMERTO CUELLAR S/N 2DO. ANILLO (DENTRO DE Y.P.F.B.)	3579282	PETER TERAN PEREZ
AGRORIEGO DEL ORIENTE	AV. ALEMANA N° 2130	3491002	MARIO LEON S.
GEOHIDRO	AV. VIEDMA N° 333	3329468	FARY ABIDAR GIL
HIDRO DRILL			
EMPRESA DE SERV. G&M	AV. RADIL 10 Y 4TO ANILLO	3482732	WILLY MENDEZ VILLAROEL

サンタクルス県

SANTA CRUZ	
No.	NOMBRE DE LA EMPRESA
1	"EMPRESA DE PERFORACIONES H2O S.R.L."
2	"NEPTUNO SERVICES" S.R.L.
3	"SIPSC BOLIVIA S.R.L."
4	AGLOTERRA SERVICIOS PETROLEROS S.R.L.
5	AGRORIEGO DEL ORIENTE S.R.L.
6	ARCOBOL EMPRESA CONSTRUCTORA S.R.L.
7	BAKER HUGHES INTERNATIONAL BRANCHES INC. SUCURSAL BOLIVIA
8	BGP BOLIVIA S.R.L.
9	BOLAR INGENIERIA - JORGE ALBERTO FASULO
10	CHANGOIL
11	CONSULTORA FRECORZ
12	EFLOPPAS
13	EMPRESA DE SERVICIOS ACUATRANS
14	EMPRESA DE SERVICIOS E IMPORTACIONES CAPTAGUA LTDA.
15	EMPRESA DE SERVICIOS GENERALES EL OBRERO
16	ESTRELLA PETROLERA DE BOLIVIA SOCIEDAD ANONIMA (ESTRELLA S.A.)
17	FIRE MASTER S.R.L.
18	HALLIBURTON LATIN AMERICA S.R.L.(SUCURSAL BOLIVIA)
19	HELEN SUAREZ VACA
20	HIDROMAR
21	HUGO FRANCO GARCIA
22	IMPORTADORA BITSON
23	INGENIERIA Y SERVICIOS INSEPE
24	INTERGAS SERVICIOS PETROLEROS S.A.
25	JESUS SOLANO VARGAS
26	JORGE MARISCAL SANDOVAL
27	JOSE LUIS JUSTINIANO ARAUZ
28	JULIO FLORES BONILLA
29	KITERGEO S.R.L.
30	LA TUCANGUIRA
31	
32	VEGA ENGENHARIA AMBIENTAL S.A. (SUCURSAL BOLIVIA)
33	"AGUA E INGENIERIA"
34	"ASESORES BOLIVIANOS PETROLEROS" A.B.P. EMPRESA DE SERVICIOS S.R.L.
35	"EMPRESA DE SERVICIOS PETROLEROS GEOLOGOS PETROLEROS ASOCIADOS SOCIEDAD DE RESPONSABILIDAD LIMITADA" GPA S.R.L.
36	"MENDOZA & MENA CONSTRUCCIONES " S.R.L.
37	"P & P" EMPRESA DE SERVICIO DE PERFORACIONES DE POZOS DE AGUA Y CONSTRUCCION DE ATAJADOS
38	"SERPESIS" S.R.L.
39	ACUATEC
40	AGROAGUAS
41	AGROFAMA S.R.L.
42	AHITOB SERVICES S.R.L.
43	ANTUNES & ANEZ S.R.L.
44	ASUNCION SERVICES HOLE DRILL S.R.L.
45	BITS & MORE S.R.L.
46	COMERCIO, PETROLEO Y MINERIA S.R.L. (COPEMIN S.R.L.)
47	COMPANIA DE PERFORACIONES RIO COLORADO S.A. (SUCURSAL BOLIVIA)
48	CONSTRUCTORA TRATEX S.A. (SUC. BOLIVIA)
49	DARINCA PAZ ENDARA
50	DESMONTADORA CANADIAN AGRO S.R.L.
51	EMPRESA DE TRANSPORTES Y PERFORACIONES WITOL
52	ESM IMPORTACIONES REPRESENTACIONES
53	INTERCONTINENTAL DRILLING SERVICES IDS LTDA.
54	MACRUZ CONSTRUCCION Y PERFORACION
55	PERFOMAN
56	PERFORACION DE AGUAS SUBTERRANEAS PERFAS S.R.L.
57	PERFORACION Y CONSTRUCCIONES NOVAS AGUAS
58	PERFOSUB
59	SANTOS & CALDERON S.R.L.
60	SERVICIO DE PERFORACION Y SANEAMIENTO BASICO DRAGON LTDA.
61	SERVICIOS DE MANTENIMIENTO Y CONSTRUCCIONES S.R.L
62	SERVICIOS GENERALES PAUROKA
63	SERVICIOS PETROLEROS BOLIVIANOS DE PERFORACIONES S.A. (SERPETBOL PERFORACIONES S.A.)
64	SERVICIOS PETROLEROS SANTA CRUZ LTDA.
65	SIGLO NUEVO
66	SMART LOGGING SERVICES S.R.L.
67	TATCO BOLIVIA LTDA.
68	WITOL - PERFORACIONES S.R.L. - WILTOPER
69	WORLD SHINE GEOSERBO LTDA.

ラパス県

LA PAZ	
No.	Nombre de la Empresa
1	"APERVOL S.R.L." en La Paz
2	"EXPERT DRILLING B&O S.R.L" en La Paz
3	"I-DESC" S.R.L. en La Paz
4	AGUASUBT S.R.L. en La Paz
5	BEKARLEY - BOLIVIA en La Paz
6	CHARLY DRILLING en La Paz
7	COMETEC en La Paz
8	CONSTRUCTORA Y CONSULTORA DFCONSTRUER en La Paz
9	CONSTRUCTORA Y CONSULTORA SU TEOCEPA en La Paz
10	EDGAR CHOQUE POCORI en La Paz
11	EMPRESA DE INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES CIVILES PERSEO S.R.L. en La Paz
12	INGENIERIA Y CONSTRUCCION VENITEC S.R.L. en La Paz
13	JCRS & ASOCIADOS S.R.L. en La Paz
14	MAYA CONSTRUCCION Y SERVICIOS en La Paz
15	MOLBRAK PERFORACIONES MINERAS S.R.L. en La Paz
16	SOCIEDAD CONSTRUCTORA & CONSULTORA "CARRETERAS" S.R.L. en La Paz
17	STARTEL BOLIVIA INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES S.A. en La Paz
18	TECSOMIN S.R.L. (TECNICOS EN SONDAJES MINEROS S.R.L.) en La Paz
19	YOKUMIZU S.R.L. en La Paz
20	" EL AMBAIBO S.R.L." en La Paz
21	"EMPRESA CONSTRUCTORA CONSULTORA "COROVILLA" S.R.L. SOCIEDAD DE INGENIEROS CIVILES Y ARQUITECTOS DE BOLIVIA" en La Paz
22	"QUINTANA WELLPRO S.R.L." en La Paz
23	AGUA "REI" en La Paz
24	ASKI LURAWI S.R.L. en La Paz
25	COMPANIA DE PERFORACIONES S.A. en La Paz
26	CONSTRUCTORA GCM en La Paz
27	Y.P.F.B SERVICIOS E INDUSTRIAS PETROLERAS S.A. en La Paz

コチャバンバ県

No.	NOMBRE DE LA EMPRESA
1	ALBINO PEREZ FLORES en Cochabamba
2	ARISU COREA en Cochabamba
3	CAROLA VIVIANA GIACOMAN DE REICHL en Cochabamba
4	DANIEL CRUZ MORALES en Cochabamba
5	EL CAINE S.R.L. en Cochabamba
6	ELECTROTECNIA WEG en Cochabamba
7	EMPRESA CONSTRUCTORA ARNECO en Cochabamba
8	EMPRESA HANKUK S.S. en Cochabamba
9	FREDDY CUESTAS VARGAS en Cochabamba
10	GEO AGUAS SUBTERRANEAS S.R.L. en Cochabamba
11	HIDRO DRILL DE RODOLFO VALENTIN SOLIS SANCHEZ en Cochabamba
12	INGENIERIA Y SERVICIOS JOSE LUIS ROJAS en Cochabamba
13	JESUS RENE ROJAS MERIDA en Cochabamba
14	PERFORACIONES EL CARMEN en Cochabamba
15	PERFORACIONES SAN RAFAEL S.R.L. en Cochabamba
16	PERVAL en Cochabamba
17	RHSS RECURSOS HIDRICOS SAN SEVERINO en Cochabamba
18	ROMERH COMERCIO Y SERVICIOS en Cochabamba
19	ROMERTEC en Cochabamba
20	ROTATEC en Cochabamba
21	RUBEN JULIO GUTIERREZ ONA en Cochabamba
22	DRILLTEC en Cochabamba
23	EMPRESA DE PERFORACIONES H & C en Cochabamba
24	FLORES CESPEDES CONST. S.R.L. en Cochabamba
25	LAYNE DE BOLIVIA S.R.L. en Cochabamba
26	SERGEO EMPRESA DE SERVICIOS GEOLOGICOS en Cochabamba
27	SERVICIOS INTEGRALES LOZANO BUSTAMANTE en Cochabamba
28	SERVISAGUA en Cochabamba
29	SONTEC en Cochabamba

オルロ県

ORURO	
No.	NOMBRE DE LA EMPRESA
1	ALEJANDRO CESPEDES GALBARRO en Oruro
2	CONSTRUCCIONES Y SERVICIOS EZEMAR S.R.L. en Oruro
3	CONSTRUCTORA CONSULTORA MULTIDISCIPLINARIA CIVXEL S.R.L. en Oruro
4	EMPRESA CONSTRUCTORA CERRO HERMOSO S.R.L. en Oruro
5	EMPRESA CONSULTORA CONSTRUCTORA H & K en Oruro
6	PERFORACION DE POZOS FLORES en Oruro
7	EMPRESA CONSTRUCTORA FEPCA SRL en Oruro
8	OSVALDO QUISPE MAMANI en Oruro

チュキサカ県

	CHUQUISACA
No.	NOMBRE DE LA EMPRESA
1	AGUA CRISTALINAS en Chuquisaca
2	COLQUEVIA SRL. en Chuquisaca
3	EMPRESA CONSTRUCTORA VELA MAMANI en Chuquisaca

タリハ県

	TARIJA
No.	NOMBRE DE LA EMPRESA
1	CONSTRUCCION Y PERFORACIONES FTY en Tarija
2	CONSTRUCTORA ACUASUR S.R.L. en Tarija
3	E.S.L.A.V. en Tarija
4	EMPRESA DE SERVICIOS GEOSUR en Tarija
5	GEOTEC DRILLING S.R.L. en Tarija
6	HIDROCHACO S.R.L. en Tarija
7	LUZAM S.R.L. en Tarija
8	PERTERSER BOLIVIA SOCIEDAD DE RESPONSABILIDAD LIMITADA en Tarija
9	SERVIKLASSEN en Tarija
10	"EL CARDON" SERVICIOS DE PERFORACION DE POZOS en Tarija
11	CONSTRUCTORA DANEMARHU S.R.L. en Tarija
12	EMPRESA DE SERVICIOS PERCONTEC en Tarija

ベニ県

	BENI
No.	NOMBRE DE LA EMPRESA
1	EMPRESA MULTISERVICIO DIEGO TUMIRI MAMANI en Beni
2	MULTISERVICIOS MARIN en Beni
3	AGUA DULCE en Beni
4	EL AGUATERO en Beni
5	INGENIERIA CIVIL BROCSA en Beni
6	JIGON CONSTRUCCIONES en Beni
7	PERFORACIONES DE POZO "DON AUGUSTO" en Beni

実証デモンストレーションの実施状況

井戸カメラによる井戸診断及び改修作業の効果確認のための 実証デモンストレーションの実施状況

1. 実施の経緯と概要

(1) デモンストレーション実施の経緯

実証デモは、第2回現地調査（2015年2月下旬から3月下旬）において、カウンターパートである環境・水省、ラパス県、チュキサカ県、ポトシ県、ラパス・エルアルト市上下水道公社（EPSAS）、民間井戸業者等の関係者を招き、EPSASが管理するエルアルト市ティラタ地区井戸群のうち、揚水能力の低下している2か所の井戸を用いて行った。

当初は、EPSASが対象候補として挙げた、1990年に日本の無償資金協力事業で建設された3本の井戸A8、A11、B6のうちから2本を選定して実証デモを実施する予定であった。しかし、井戸カメラを用いてA8の診断を行ったが、金属類スケールが井戸孔内に厚く付着しており、エアリフトやジェッティングのような一般的な方法を試みたものの、改修効果がほとんど見られないことが明らかとなった。

このため、同じ条件の井戸での実証を繰り返していても、改修効果をカメラで容易に確認できるデモ効果が得られないと判断し、比較的最近建設され、ある程度目詰まりしているものの改修が容易と考えられる井戸に変更することとした。また、A8のようにレンガ小屋内に納められている井戸は、井戸直上に掘削リグややぐらを据えた作業が行えないことから候補から外した。こうして、機能低下が著しいA9井の代わりに2010年にA9井に隣接して掘削されたA9-II井を二番目の実証デモ対象井とし、改修方法も効果の高いと言われている窒素ガスを用いた衝撃波法を加えた複合的方法を採用した。

関係者を招待しての実証デモは、改修効果が顕著なことが期待されたA9-II井の診断・改修の時に、カウンターパートである環境・水省、ラパス県を始めとする各県の水・基礎衛生・住宅部課（UNASBVI）、ラパス・エルアルト市上下水道公社（EPSAS）の関係者を招いて実施した。また、実証デモの際には、第3次現地調査（2015年4月下旬）の技術紹介セミナー用のプロモーション動画制作のための撮影を行った。揚水試験を含む井戸の改修作業ならびにプロモーション動画制作は、現地専門業者への再委託により実施した。

(2) 実証デモの目的と結果

実証デモの主な目的と、その結果の概要は、以下のとおりである。実証デモの実施結果の詳細については、次章（2. 実施の結果）に示す。

- 1) 内視鏡検査のように、井戸カメラにより井戸内を隈なく撮影することにより、井戸の機能低下の状況及び原因を確認することが、適切な洗浄・改修方法を探る上で有効なことを実際の作業を通じて示す。

➤ 実証デモの結果、2 か所の対象井ともに、井戸の洗浄・改修方法を選定するために十分な品質の画像を得ることができ、井戸カメラによる診断が有効であることが示された。

- 2) ボリビアで実施されている井戸改修を実際の井戸で行い、その前後の井戸内の画像を井戸カメラで撮影し比較することにより、その改修効果を容易用意に確認することができることを示す。

➤ 実証デモの結果、2 か所の対象井ともに、井戸改修前後の相違を判別するのに十分な品質の画像を得ることができ、井戸カメラによる観察が、改修効果の有無の確認に有効であることが示された。（図-2、図-6 参照）

- 3) 実証デモを通じて、現地関係者の抱える井戸の維持管理上の課題やニーズを確認する。

➤ 実証デモの結果、ボリビア側の給水事業関係者が、機能低下を起こしている既存井戸の回復に強い関心を持っていることが明らかになった。ただし、現状では改修の必要性や、改修方法の判断の根拠に乏しいため、効果的、効率的に対処することが難しい。井戸カメラによる観察や、基礎データの分析などを組み合わせた、対処方針判断のための総合的なシステムの確立が必要である。

- 4) 実証デモを通じて、提案製品の現地適合性ならびに技術面の課題を確認する。

➤ 実証デモの結果、上記 1)、2) で示した通り、井戸カメラによる診断の有効性は明らかになったものの、3) で示したとおり、井戸カメラによる診断と基礎データの分析を組み合わせた、総合的な判断システムを確立することが望ましい。さらに、建設から 5 年程度の井戸に対しては、現地の井戸改修技術で

も効果的な改修を行えるが、25年もの間未改修で、機能低下が著しい井戸では、現地の改修技術では改修の効果が得られないことが明らかになり、井戸改修技術の改善についても大きなニーズがあることが確認された。改修方針判断システムの確立が喫緊の課題であると同時に、改修技術にも改善の余地が多分にある。井戸改修技術については、本邦に優れた技術を持つ井戸改修業者があり、これらの業者から必要な機材や専門技術の提供を受けることも検討する必要がある。

(3) 実証デモの実施日時、場所等

デモンストレーションの対象井戸は、建設から25年を経て揚水量の減少が顕著なA8井と、建設後5年で、比較的新しく改修効果が見込めるA9-II井の2箇所を選定した。2か所の井戸の位置は図-1に示すとおりである。

A8井は3月上旬（3月4日～3月10日）に、A9-II井は3月中旬（3月11日～3月20日）にそれぞれ実証デモを実施した。

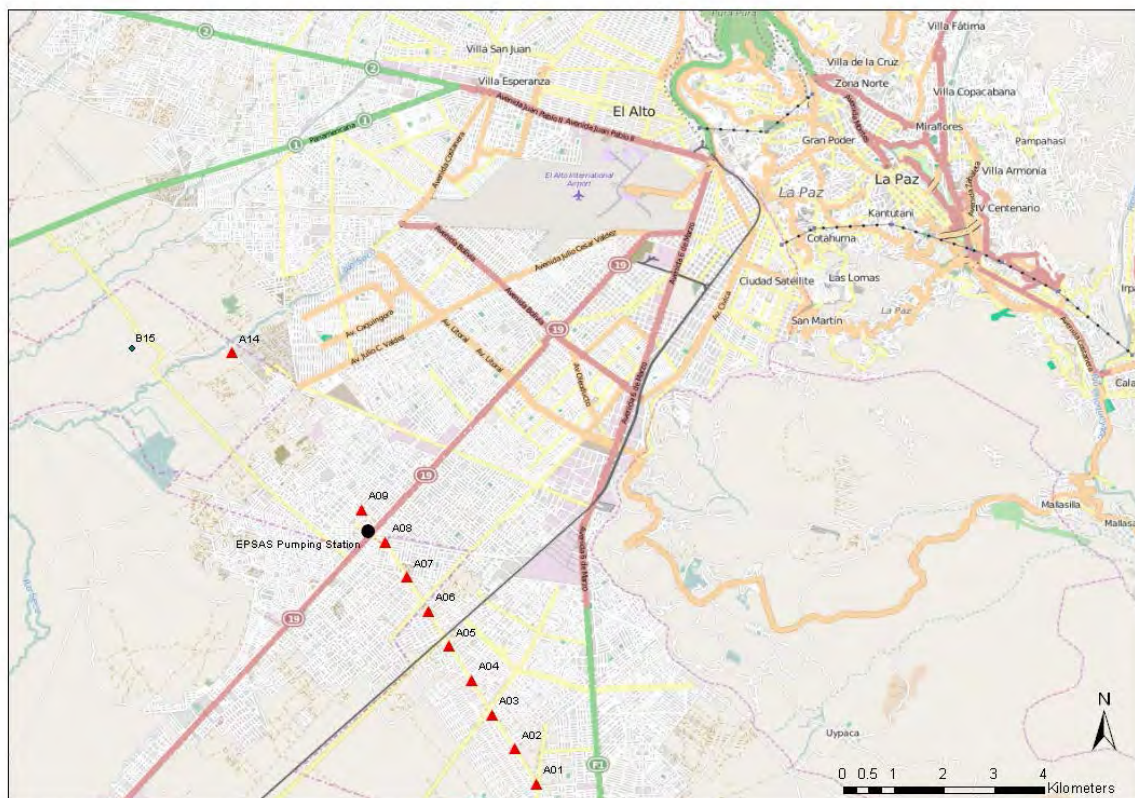


図-1 井戸診断・改修実証デモ対象井位置図

2. 実施の結果

(1) 1 番目の対象井 : A8

最初のデモンストレーションの対象井である A8 井は、建設から 25 年を経て揚水量の減少が顕著なものであるが、ボリビアにおいて既に行われている一般的な改修方法により「井戸カメラによる診断→井戸改修→井戸カメラによる効果の確認」という一連の井戸改修を実施した。改修前の井戸カメラによる診断の結果から、ケーシングに金属性のスケールがコブ状に厚くこびりついていることが確認できたため、エアリフトにブラッシングを加えた改修作業を実施した。

図-2に示すように、エアリフトで吹き上げられた濁水や孔内堆積物の残滓には、剥がれ落ちたスケールが多数含まれており、一見すると洗浄効果があるという期待を抱かせたが、井戸カメラで確認したところ、スケールの表面を薄く剥がした程度で、スリットを露出させるには至らず、表-1 及び図-5 に示すように、試験前の水位との比較では動水位には改善が見られたものの、揚水量、静水位に改善は見られないことから、当該手法による改修効果はなかったという結果に終わった。



井戸改修のブラッシング



エアリフト

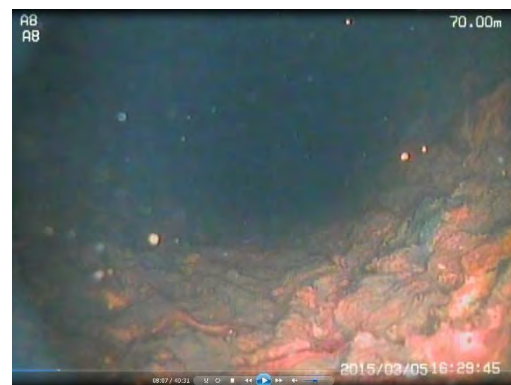


井戸改修によって除去されたスケール

フロントカメラによる画像比較 (深度 70.0m 付近の状況)



改修前



改修後

サイドカメラによる画像比較 (深度 56.5m 付近の状況)



改修前



改修後

図-2 A8 井を対象とした第 1 回実証デモの様子

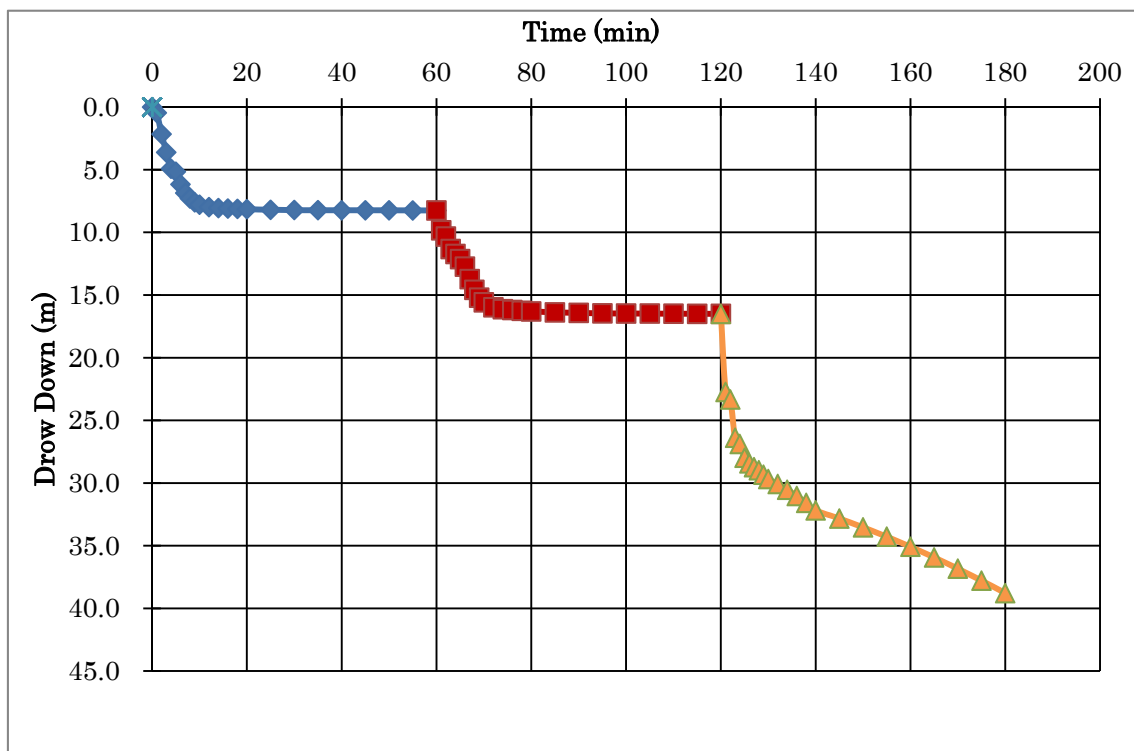


図-3 段階揚水試験結果（A 8 井）

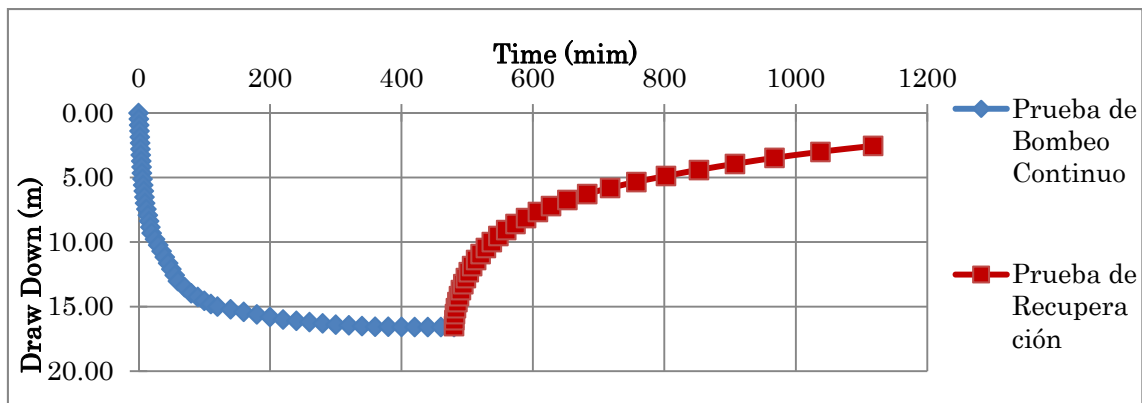


図-4 連続揚水試験と回復試験結果（A 8 井）

表-1 井戸改修効果の判定（改修前後の比較）（A 8 井）

	揚水量		静水位		動水位	
	実測値(L/s)	比率	実測値(m)	前後比(m)	実測値(m)	前後比(m)
改修前	3.1	1	19.6	0	47.45	0
改修後	3	0.97	20.17	-0.57	36.74	10.71

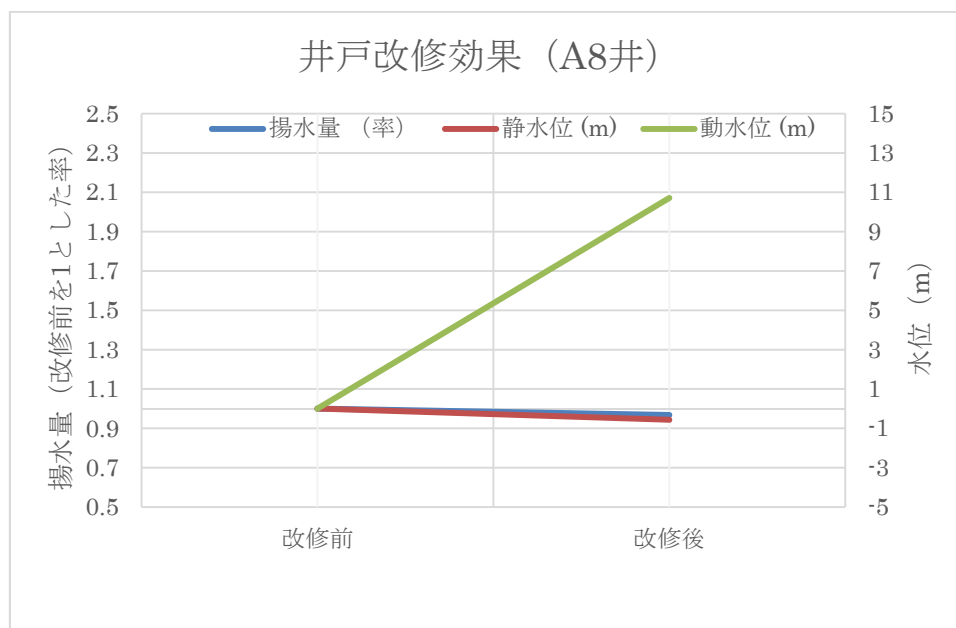


図-5 井戸改修効果の判定（改修前後の比較）

(2) 2 番目の対象井：A9-Ⅱ

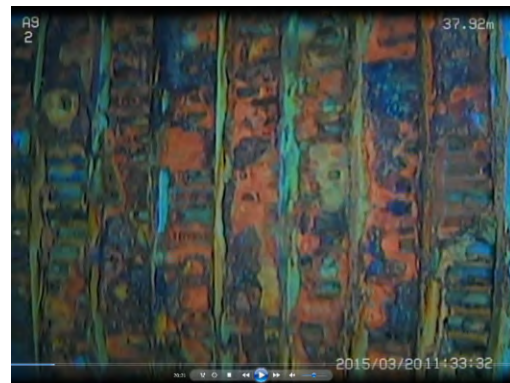
1 番目の井戸（A8）と同様に「井戸カメラによる診断→井戸改修→井戸カメラによる効果の確認」という一連の井戸診断・改修作業を実施した。ただし、改修方法については、EPSAS 及び EPSAS の委託業者 Hidro Drill の助言を得て、より高い効果を期待して、ボリビアではまだ一般的ではないが、より高い効果が期待できる窒素ガスを利用した、衝撃波法（通称ピストル法）を用いた。

井戸カメラを用いた改修前の井戸診断を 3 月 11 日、改修後の効果の確認を 3 月 20 日に実施した。改修前・後の画像を比較したところ、図-6 に示すように、見た目にも改修効果があったことが認められたほか、表-2 及び図-9 に示すように、水位、揚水量の回復も著しいことが確認された。デモンストレーションには、ラパス県や EPSAS を始めとする複数の水道事業者、環境・水省、民間井戸業者の参加があり（表-3 及び表-4 に参加者リストを示す）、高性能な井戸カメラを用いることで井戸内部状況が容易に把握できることと、適切な井戸改修の実施により井戸の寿命を延ばすことが出来ることが示されたことにより、参加者からはこれら一連の井戸診断・改修システムの導入に前向きな反応が見られた。

サイドカメラによる画像比較 (深度 37.5m 付近の状況)



改修前



改修後

サイドカメラによる画像比較 (深度 40.5m 付近の状況)



改修前



改修後



図-6 A9-II 井を対象とした第2回実証デモの様子

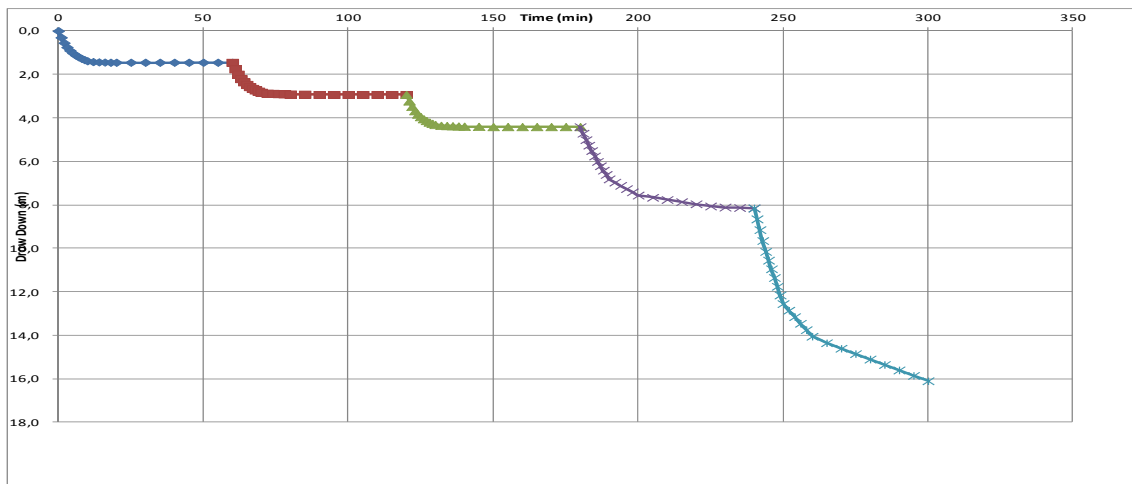


図-7 段階揚水試験結果（A9-Ⅱ井）

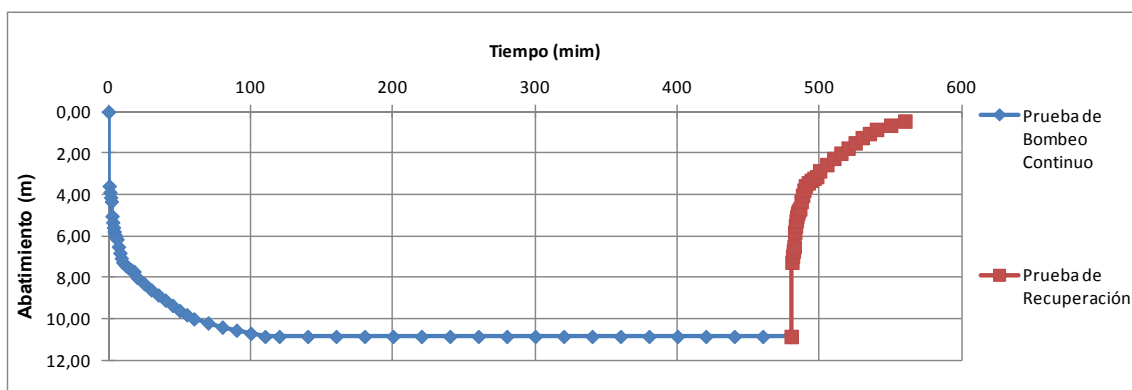


図-8 連続揚水試験と回復試験結果（A9-Ⅱ井）

表-2 井戸改修効果の判定（改修前後の比較）（A9-Ⅱ井）

	揚水量		静水位		動水位	
	実測値(L/s)	比率	実測値(m)	前後比(m)	実測値(m)	前後比(m)
建設時	18	1	11.95	0	29.47	0
改修前	9.7	0.54	19.98	-8.03	29.87	-0.4
改修後	16	0.89	16.4	-4.45	27.24	2.23

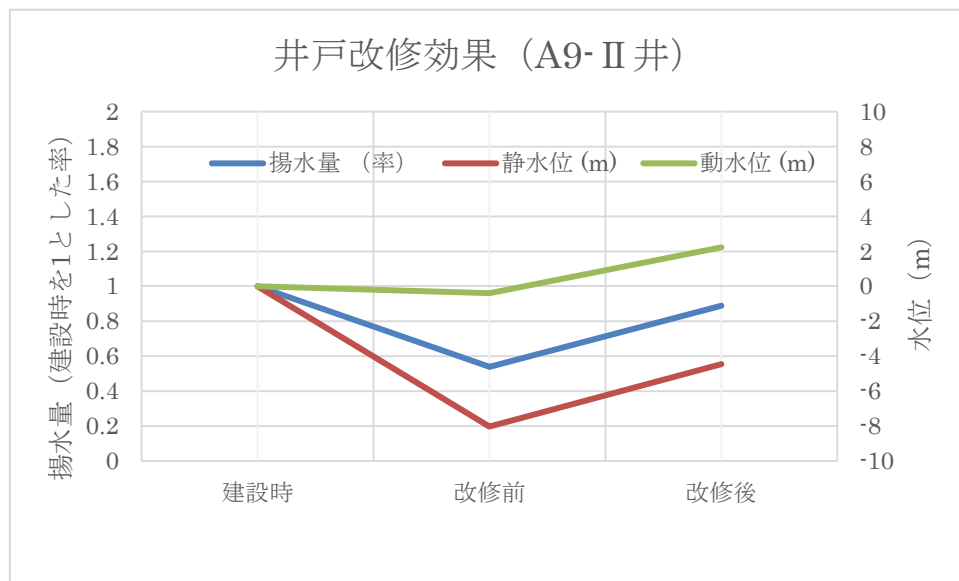


図-9 井戸改修効果の判定 (改修前後の比較)

表-3 第2回デモンストレーション1日目（2015年3月11日実施）参加者リスト

LISTA DE PARTICIPANTES

TALLER PRACTICO – ENDOSCOPIA DE POZO A9– II EPSAS TILATA EL ALTO

FECHA: 11 DE MARZO DE 2015 Hora: 9:30 a 13:00

No.	NOMBRE	INSTITUCION	CARGO
1	René Espejo	EPSAS	Jefe Planta Tilata
2	Maykol Paredes	EPSAS	Pers. Planta
3	Modesto Garnica	EPSAS	Pers. Planta
4	Franklin Vela	GD-Chuquisaca	Jefe Perforaciones
5	Alejandro Diaz	GD-Chuquisaca	Encargado
6	Tito Ovidio Mamani	GD-La Paz– EDALP	Geofisico
7	Mario Flores	GD-La Paz– EDALP	Pers. Grua
8	Jose Chirinos	GD-La Paz– EDALP	
9	Juan Loza	ExGDALP	Ing. Sistema–Geofisica
10	Fredy Choque	ExGDALP	Administrador
11	Santiago Zambrana	HidroDril	Perforista
12	Toribio Vasquest	HidroDril	Encargado Limpieza Pozo
13	Marcel Angulo	HidroDril	Ayte. Limpieza
14	Nadia Arze	Prod. Nociones	GG–Audio Visual
15	Marcelo	Prod. Nociones	GG–Audio Visual
16	Karen Sanjines	Particular	Base de Datos
17	Edwin Aguirre	SUIGEN	Perforista
18	Junji Kita	Raax	Responsable Camara
19	Arata Sasaki	ESS	Responsble Datos
20	Yoshinori Fukushima	ESS	Coord. Gral. Proyecto

表-4 第2回デモンストレーション2日目（2015年3月20日実施）参加者リスト

LISTA DE PARTICIPANTES

TALLER PRACTICO – ENDOSCOPIA DE POZO A9- II EPSAS TILATA EL ALTO

FECHA: 20 DE MARZO DE 2015

Hora: 9:30 a 13:00

No.	NOMBRE	INSTITUCION	CARGO
1	Ceferino Gonzales Q.	GADP-Potosí UNASBA	Responsble Geofísica
2	Nadia Arze	Prod. Nociones	GG-Audio Visual
3	Abel Sangueza A	MMAY-A-VAPSB	Resp. Aguas Subterráneas
4	Victoria Candy Cutipa López	MMAY-A-VAPSB	Geologa
5	Carla Argandoña Rojas	MMAY-A-VAPSB	Unidad Técnica
6	Fernando Cardenas López	MMAY-A-VAPSB	Unidad Técnica
7	Edwin Aguirre	Privado-SUIGEN	Tec. Perforista
8	Ken Kubokura	JICA	Asistente Sector
9	Monica Okabe	JICA	Asistente
10	Hilario Choque	Privado-SUIGEN	Técnico
11	Marcel Angulo	HidroDril	Ayte. Limpieza
12	Toribio Vasquest	HidroDril	Encargado Limpieza Pozo
13	Santiago Zambrana	HidroDril	Perforista
14	Marcelo	Prod. Nociones	GG-Audio Visual
15	René Espejo	EPSAS	Jefe Planta Tilata
17	Yoshinori Fukushima	ESS	Coord. Gral. Proyecto
18	Arata Sasaki	ESS	Responsble Datos
19	Karen Sanjines	Particular	Base de Datos
20	Maykol Paredes	EPSAS	Pers. Planta

技術紹介セミナーの実施状況

技術紹介セミナーの実施状況

1. 2015 年 4 月 20 日 ラパス市

(ラパス県庁舎 (Edificio Central Gobierno Autonomo Departamental La Paz, Plaza Murillo) 内会議室)

プログラム

- 1) ラパス県における井戸施設の維持管理の課題及び井戸診断・改修技術のニーズ (EDALP)
- 2) ラパス市・エルアルト市における井戸施設の維持管理の課題及び井戸診断・改修技術のニーズ (EPSAS)
- 3) ボリビアの給水事業に対する日本の協力の歴史と今後の方向性 (JICA)
- 4) 井戸カメラを使った井戸診断技術及びその他の応用技術 (Raax)
- 5) Tilata 井戸群における井戸カメラによる井戸診断実証結果 (Raax (ESS))

↓

9:30~10:00 開会のあいさつ (JICA, MMAyA)

10:00~10:20 演目 1)

10:20~10:40 演目 2)

10:40~11:00 演目 3)

11:00~11:15 休憩

11:15~12:30 演目 4) , 5)

12:30~12:40 閉会のあいさつ (MMAyA)



質疑応答

Q（ラパス県）：直接購入できない、あるいは予算がない場合に、この技術を取り入れる方法を教示されたい。どのような要請をすれば支援が可能か。

A（調査団）：今回の調査では井戸カメラを利用した井戸の機能低下の診断技術を紹介している。可能であれば、次の段階では診断技術と改修技術とをセットにした技術紹介をし、少し時間をかけてボリビア側に技術の移転を図りたいと考えている。他のメーカーのカメラが市場にあるが、本製品は耐久性・信頼性に優れている。

Q（ラパス県飲料水・衛生管理官）：3Dシミュレーションプログラムについての相談。ソフトウェアで直接、ボリビアの帯水層の水量の検索ができるプログラムの費用、どのようなデータの入力が必要か。これらによって井戸の持続性を図りたい。

A（調査団）：基本的には地下水シミュレーションを行う場合に不可欠なのは、入力すべき井戸の水位、揚水量、水質、帯水層に関する基礎データを整備することであり、井戸カメラだけでなく、レアックス社の岩盤用のボアホールカメラ・システムを利用して帯水層データ等を取得することでシミュレーションの精度を上げることが可能となる。また、井戸の分布地域の情報ばかりでなく、水収支の観点から地下水涵養域のデータ取得が重要である。

Q（EPSAS）：井戸カメラ用のウインチと岩盤ボアホールカメラ用のウインチは同じものか、カメラ本体は違うものか。また、井戸カメラの付帯装置としてストレーナーの目詰まりの原因物質を小さなバケットで採取することができれば良いと思うが、こうしたサンプル採取器を取り付けることは可能か。

A（調査団）：岩盤用と井戸用とではウインチもカメラ本体も異なる。サンプル採取器の取付は現状では無理である。検討を要する。

Q（Valle 大学）：紹介のあった実証デモのビデオでは、改修後もまだ目詰まりが見られるが、もっと洗浄したら鏽等が取れてきれいになるのか。

A（調査団）：これはカメラによる井戸診断技術を紹介するビデオであり、優れた改修技術の紹介を目的としたものではないので、特に A8 井では古い井戸にもかかわらず一般的な改修方法しか用いなかったため、改修後も目詰まりがある。本来は、井戸カメラで目詰まりの原因を正確に把握して、最適な洗浄方法を適用すればきれいにすることは可能。ただ、洗浄方法は改修効果とコストとの費用対効果を勘案して決定することになる。

Q（EPSAS）：井戸カメラで、口径の小さい岩盤ボーリング孔の調査ができるか。

A（調査団）：できない。調査ボーリング孔用には専用に開発された別のカメラを使用する必要がある。カメラ自体の写りも井戸カメラよりも良質なものがようになる。レアックス社は、元々はこのボーリング孔用のカメラを開発し、その応用で井戸カメラも開発した経緯がある。

Q（日本大使館）：ODA で掘削した 2,500 本の井戸データは全て所有しているか。それを参考にして大使館側の予算でプロジェクトに対して資金提供できる可能性がある。

A（調査団）：井戸データは、1998 年の第 1 次から第 3 次までの地下水開発計画に従い記録されてきた。井戸深度や掘削年度が記録されており、出版され公表されている。しかし、目詰まりに関するデータ（水位・揚水量の経年変化）は、現在知る限りでは、EPSAS の井戸（Tilata）のみである。そのほかの井戸については聞き取り情報のみである。

参加者リスト (1/3)

番号	名前	所属	役職
1	Masahiro Oshima	Embajada del Japón	Primer Secretario
2	Hiroki Ishibashi	Embajada del Japón	Segundo Secretario
3	Consuelo Fernández	Embajada del Japón	Consultora
4	Hirokazu Watanabe	Embajada del Japón	Consultor
5	Ceferino González	Gobierno Autónomo departamental de Potosí	Geólogo UNASBA Potosí
6	Juan Carlos Vela Mendoza	Universidad del Valle (UNIVALLE)	Ing. Civil
7	Rubén Álvaro Sarzuri Cachi	Universidad del Valle (UNIVALLE)	Ing. Civil
8	Pedro Flores Cruz	Universidad del Valle (UNIVALLE)	Ing. Civil
9	Cesar Tumir Suntura	Universidad del Valle (UNIVALLE)	Ing. Civil
10	Gisela Mamani Chambi	Universidad del Valle (UNIVALLE)	Ing. Civil
11	Rubén Felipez Valdivieso	Dirección General de Riego/ Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego	Ing. Civil / MMAy A
12	Daniel Linares Siñani	Universidad del Valle (UNIVALLE)	Ing. Civil
13	Juan Pedro Ortiz Urquidi	Universidad del Valle (UNIVALLE)	Ing. Civil
14	Robert Anthony Rebollo Oporto	Universidad del Valle (UNIVALLE)	Ing. Civil
15	Wheeler Ariel Canqui Quispe	Autoridad de Agua Potable y Saneamiento (AAPS)	Analista Técnico
16	José Luis Mayta Michel	Autoridad de Agua Potable y Saneamiento (AAPS)	Analista Técnico
17	Ricardo Calizaya Valdez	Universidad del Valle (UNIVALLE)	Ing. Civil
18	Roberto Oscar Soria Román	Universidad del Valle (UNIVALLE)	Ing. Civil
19	Carlos Marcelo Capcha Monasterios	Universidad del Valle (UNIVALLE)	Ing. Civil
20	Gustavo Michel Villavicencio	Universidad del Valle (UNIVALLE)	Ing. Civil
21	Carlos Héctor Espinoza Choque	Universidad del Valle (UNIVALLE)	Ing. Civil
22	David De La Torre Jurado	Embajada de España (AECID)	Responsable Proyectos Agua y Saneamiento
23	Roly Yujra Tapia	Universidad del Valle (UNIVALLE)	Ing. Civil
24	Jherman Daniel Cachaga Fernández	Universidad del Valle (UNIVALLE)	Ing. Civil
25	Luis Fernando Flores Martínez	Universidad del Valle (UNIVALLE)	Ing. Civil

参加者リスト (2/3)

番号	名前	所属	役職
26	Erick Vladimir Delgado Chávez	Universidad del Valle (UNIVALLE)	Ing. Civil
27	Walter Mauricio Chavarría Panique	Universidad del Valle (UNIVALLE)	Ing. Civil
28	Karen Salazar Pairumani	Empresa Departamental de Agua La Paz (EDALP) / Gobierno Autónomo Departamental de La Paz	Técnica
29	Carlos Maida Iriarte	Empresa Departamental de Agua La Paz (EDALP) / Gobierno Autónomo Departamental de La Paz	Técnico
30	Ana Franco Canaw	Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) La Paz	Estudiante
31	Karen Sanjinés Jiménez	RAAX- Local	Consultora
32	Tomas Quisbert	Empresa Pública Social de Agua y Saneamiento (EPSAS)	Gerente de Producción
33	Patricia Caballero	Privado	
34	Esther C. López Z.	Servicio Nacional de Riego (SENARI)	Responsable de Capacitación
35	Franz Mamani Ventura	Servicio Nacional de Riego (SENARI)	Responsable de Evaluación de Proyectos
36	Nicole Villena Medina	Gobierno Autónomo Departamental de La Paz	Dirección de Comunicación
37	Ken Kubokura	JICA	Representante
38	Tsutomu Kurihara	ESS	Director
39	Carol Viviana Tapia Agudo	Universidad de Aquino-Bolivia (UDABOL)	Estudiante
40	Jaram DeakHyum Eam Aguilera	Universidad de Aquino-Bolivia (UDABOL)	Estudiante
41	Mariela Sempertegui	Agencia Boliviana de Información (ABI),	Periodista
42	Abel Sanguenza Antezana	Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento VAPS/ MMAyA	Consultor
43	Ai Kato	Embajada del Japón	Investigadora
44	Masayuki Narita	RAAX	Director
45	Mika Yamamoto	JICA	Directora
46	Alberto Yapuchura	Prensa Cambio	Periodista
47	Jonathan Jacob Granados Flores	Universidad del Valle (UNIVALLE)	Ing. Civil
48	Mónica Okabe	JICA	Oficial de Programa
49	Zulema Chura Roque	Universidad de Aquino-Bolivia (UDABOL)	Estudiante
50	René Espejo L.	Empresa Pública Social de Agua y Saneamiento (EPSAS)	Jefe de Planta
51	Yoshinori Fukushima	ESS	Coordinador

参加者リスト (3/3)

番号	名前	所属	役職
52	Rafael Santiago Flores Mejía	Privado	
53	Rubén Méndez Estrada	Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento VAPS/ MMAyA	Viceministro

2. 2015 年 4 月 22 日 オルロ市 (ASVI 技術センター (CT: Centro Tecnológico) 内会議室)

プログラム

- 1) オルロ県における井戸施設の維持管理の課題及び井戸診断・改修技術のニーズ (UNASBVI)
- 2) オルロ市における井戸施設の維持管理の課題及び井戸診断・改修技術のニーズ (SeLA)
- 3) ボリビアの給水事業に対する日本の協力の歴史と今後の方向性 (JICA)
- 4) 井戸カメラを使った井戸診断技術及びその他の応用技術 (Raax)
- 5) Tilata 井戸群における井戸カメラによる井戸診断実証結果 (Raax (ESS))

↓

9:30~9:45 開会のあいさつ (UNASBVI)

9:45~10:15 演目 1)

10:15~10:45 演目 2)

10:45~11:15 演目 3)

11:15~11:30 休憩

11:30~12:30 演目 4), 5)

12:30~12:40 閉会のあいさつ (UNASBVI)



質疑応答

Q（オルロ県庁）：井戸カメラの費用対効果は検討しているか。

A（調査団）：井戸カメラの診断に基づく井戸改修の費用対効果という形で検討している。

Q（民間）：東部地域と西部地域のコスト比較について聞きたい。

A（調査団）：改修については、東部ではほとんどエアリーフトのみである。西部では目詰まりの原因が多様であり、EPSAS のように色々な改修方法を利用している。新規井戸の建設については、東部の地質は粘土・砂であり、西部では砂利・岩等があるので、西部の方が 1m 当たりの単価が高い。

Q（SeLA）：改修では、工事費用を民間業者が見積もるが、本当に必要かどうかについては詳細な井戸診断情報が無い限り判断できない。したがって、この井戸カメラによる診断技術は非常に有用である。

EPSAS の A8 井の改修が成功しなかった技術的な理由は何か。

A（調査団）：井戸が小屋の中にあり、大型ボーリングマシンの据付ができずブラッシング等における回転駆動が与えられず、クレーンでブラシを吊って上下動のみのブラッシング、ジェットイング及びエアリーフトしか適用できなかった。また、25 年にも亘って改修を行ってこなかったことも問題だと思う。この種のスケールが厚く付着してしまった井戸では、A9-II で適用したような窒素ガスを用いた衝撃波法等、もっと激しい洗浄方法が必要だが、本来は少なくとも 10 年に 1 度くらいの改修をしてスケールの付着を深刻なものとしないうちに維持管理が望ましい。

Q（民間）：計画的な井戸の維持管理及び年間モニタリングに井戸カメラを使用することの意義は。

A（調査団）：計画的な維持管理には、井戸に関する水位、揚水量等の基礎データのモニタリング及び記録が不可欠であるが、このデータに井戸カメラによる観察・診断情報が加わることにより各井戸の洗浄時期と方法をより適正に計画することができ、その費用が効果に見合う金額かどうかについても検討できる。この意味で井戸カメラの役割は大きく、計画的な維持管理に大いに貢献できる。

Q（オルロ県庁）：どのような手続きを行えば JICA の支援を継続できるか。

A（調査団）：今回の調査は、これまでの要請に基づいた支援とは異なり、日本の中小企業の提案により、当該企業が有する優れた技術を普及することで給水分野の開発効果を高めることを JICA が支援するものである。今回の調査で、ボリビアにおいて井戸カメラを使った診断技術と改修技術のニーズが高く、井戸カメラを適用し普及できることが明らかとなった。今後は、次の段階を支援する JICA の事業に対して、井戸診断と掘削を組み合わせた技術の実証及び普及活動を提案する考えである。この件は環境・水省とも議論した結果、賛同して

いただき、応援をしてもらえることとなった。この事業提案が JICA で採択されれば、各県にも連絡し、事業を共に進めていきたいと思っている。

Q（ボリビア土木学会）：いつも支援は、ラパス、コチャバンバ、サンタクルスの 3 県を対象にしているが、オルロ県も井戸の長寿命化を検討する必要があるので考慮してほしい。

A（調査団）：それは誤解である。全国 2 か所にある ASVI-JICA 技術センターのうち、西部地域を代表するものとして、オルロ県にそのうちの一つを設立した。オルロ県はいつも熱心であるので考慮している。

Q（SeLA）：今日のプレゼンテーションを聴き、この井戸カメラの必要性が良く分かった。この機械により計画的に井戸の状況が把握でき、維持管理も計画できる。また、そのために 93% の水源が井戸である SeLA の井戸モニタリングデータの記録が必要であることがよく理解できたので、これらデータを送信する。これが次の段階でのプロジェクト提案に貢献し、環境に優しいよう、新たな井戸掘削を抑えて維持管理に力を入れるべく、先ず最低限必要とする機材の投入を希望する。SeLA では井戸カメラによる井戸診断のため、今年度 USD25,000 を予算計上しているが、レアックス社の見積りをいただきたい。

A（調査団）：建設年度、サイト名等の基本データだけでも良いので井戸データの提供をお願いする。カメラの見積りは、後日送付する。

Q（オルロ県庁）：実証デモは非常に興味深い内容である。しかし、井戸の維持管理の方法論と相補的に重要であり、単に診断に終わらず、県庁として重要なツールであるように、県庁の（村落給水に対する）ケアを改善するために、独自の機器を装備できればサービスが改善する。次の段階のプロジェクトが実施できれば大きなツールになり、我々の目的に貢献できる。

A（調査団）：そのとおり。現段階の構想では、井戸カメラと改修機材を一体の機器としてトラックに搭載し、各地の井戸を巡回して改修を行うことを考えている。これに対し、人材配置も考慮していただく必要がある。

参加者リスト (1/2)

番号	名前	所属	役職
1	Melodi Bueno Suarez	Sociedad de Ingenieros de Bolivia (SIB)	Ingeniera Asociada
2	Yoshinori Fukushima	ESS	Coordinador
3	Rafael Santiago Flores Mejía	Privado	
4	Tsutomo Kurihara	ESS	Director
5	Johnny Duran	Privado	
6	Amanda Vincenty F.	Gobierno Autónomo Departamental de Oruro (GADO)	Técnico
7	Karen Sanjinés Jiménez	RAAX	Consultora
8	Cesa Lugo Callahuara	Gobierno Autónomo Departamental de Oruro (GADO)	Practicante
9	Edwin Lazarte	Gobierno Autónomo Departamental de Oruro (GADO)	Técnico Sanitario Hidráulico
10	Boris Ninoja Huaygua	Gobierno Autónomo Departamental de Oruro (GADO)/ UNASBVI	Supervisor
11	Mario Ramírez Villarroel	Privado	
12	Rudy Molina Baltazar	Gobierno Autónomo Departamental de Oruro (GADO)/ UNASBVI	Ayudante Supervisor
13	Eduardo García Condori	Gobierno Autónomo Departamental de Oruro (GADO)/ Desarrollo de Aguas Subterráneas para el Área Rural (DASAR-JICA)	
14	Julio Cesar Vásquez	Gobierno Autónomo Departamental de Oruro (GADO)/ UNASBVI - ASVI	Coordinador - Fiscal
15	Julieta J. Choque Peñafiel	Gobierno Autónomo Departamental de Oruro (GADO)/ UNASBVI – CT ASVI JICA	Supervisor CT ASVI-JICA
16	Daysi Figueredo Herrera	Gobierno Autónomo Departamental de Oruro (GADO)/ Desarrollo de Aguas Subterráneas para el Área Rural (DASAR-JICA)	Técnico Geóloga
17	Vitalia Quispe Alegría	Programa UNASBVI	Supervisor
18	Oscar Copa Mamani	Gobierno Autónomo Departamental de Oruro (GADO)/ UNASBVI	Jefe de UNASBVI
19	María Mamani	Gobierno Autónomo Departamental de Oruro (GADO)/ Desarrollo de Aguas Subterráneas para el Área Rural (DASAR-JICA)	Técnico Análisis de Agua y Bombeo
20	Irma Ortiz Arias	Gobierno Autónomo Departamental de Oruro (GADO)/ UNASBVI	Técnico II, Supervisión Innovaciones Tecnológicas
21	Víctor Llave Aguilar	Gobierno Autónomo Departamental de Oruro (GADO)/ UNASBVI	Técnico Social

参加者リスト (2/2)

番号	名前	所属	役職
22	Nelson Huanca Rosas	Gobierno Autónomo Departamental de Oruro (GADO)/ Desarrollo de Aguas Subterráneas para el Área Rural (DASAR-JICA)	Técnico Social
23	Rolando Herrera O.	Servicio Local de Acueductos y Alcantarillado de Oruro. (SeLA)	Gerente Técnico
24	Lourdes España R.	Servicio Local de Acueductos y Alcantarillado de Oruro. (SeLA)	Producción
25	Fernando Vacaflor R.	Servicio Local de Acueductos y Alcantarillado de Oruro. (SeLA)	Jefe de Planificación
26	Efraín Vargas Q.	Servicio Local de Acueductos y Alcantarillado de Oruro. (SeLA)	Encargado Técnico Mecánico
27	Rolando Alarcón M.	Gobierno Autónomo Departamental de Oruro (GADO)/ Desarrollo de Aguas Subterráneas para el Área Rural (DASAR-JICA)	Técnico Geofísico
28	Moisés R. Merlos Jiménez	Gobierno Autónomo Departamental de Oruro (GADO)/ Desarrollo de Aguas Subterráneas para el Área Rural (DASAR-JICA)	Chofer de equipo pesado
29	Felipe Ramírez Marca	Gobierno Autónomo Departamental de Oruro (GADO)/ Desarrollo de Aguas Subterráneas para el Área Rural (DASAR-JICA)	Ayudante de Perforación
30	Marisol Quispe C.	Gobierno Autónomo Departamental de Oruro (GADO)/ Desarrollo de Aguas Subterráneas para el Área Rural (DASAR-JICA)	Encargada de Proyectos
31	Anabel Nuñez Cadiz	Gobierno Autónomo Departamental de Oruro (GADO)/ Desarrollo de Aguas Subterráneas para el Área Rural (DASAR-JICA)	Profesional Administrativo
32	Marlen Machicado	Servicio Local de Acueductos y Alcantarillado de Oruro. (SeLA)	Control de Calidad
33	Silvia Moller Choque	Colegio de Ingenieros Civiles de Oruro (CICO)	Técnico
34	Víctor Rocha Bustamante	Colegio de Ingenieros Civiles de Oruro (CICO),	Técnico
35	Benjo Alarcón Rodríguez	Comité de Agua de Corque	Responsable Técnico
36	Masayuki Narita	RAAX	Director

3. 2015 年 4 月 24 日 サンタクルス・デ・ラ・シエラ市

(シモンパティニーニョセンター(Centro Simon Patino)内会議室)

プログラム

- 1) サンタクルス県における井戸施設の維持管理の課題及び井戸診断・改修技術のニーズ (PROASU-JICA)
- 2) サンタクルス市における井戸施設の維持管理の課題及び井戸診断・改修技術のニーズ (市水道公社 SAGUAPAC)
- 3) ボリビアの給水事業に対する日本の協力の歴史と今後の方向性 (JICA)
- 4) 井戸カメラを使った井戸診断技術及びその他の応用技術 (Raax)
- 5) Tilata 井戸群における井戸カメラによる井戸診断実証結果 (Raax (ESS))

↓

9:15~9:30 開会のあいさつ (PROASU-JICA)

9:30~10:00 演目 1)

10:00~10:30 演目 2)

10:30~11:00 演目 3)

11:00~11:15 休憩

11:15~12:30 演目 4), 5)

12:30~12:40 閉会のあいさつ (PROASU-JICA)



質疑応答

Q（サンタクルス県庁）：(ODA 全般に関して) 日本の協力を得るにはどのような手続きが必要か。すべての話は環境・水省としなければいけないのか。

A（調査団）：そのとおり。ODA は両国の協定に従い実施するものなので、中央の関連省庁から要請を発してもらうことになる。

Q：ストレーナーの目詰まり洗浄には、どのような化学薬品が使用されるか。

A（調査団）：色々なものがあるが、ボリビアでは酢酸とトリポリリン酸ナトリウムがよく使われると聞いている。

Q：井戸診断により、どのような場合に井戸改修に投資してよいと判断できるのか。

A（調査団）：一般的には、改修費用が新規井戸建設費用の 10～20%以内の時には改修をしても良いと言われる。しかし、井戸の寿命と揚水量とを比較し、エルアルト市の EPSAS みたいな場合は、この割合を 30%まで引き上げても良いと思う。

Q：実証デモを撮影したビデオの提供をお願いしたい。

A（調査団）：各組織当たり 1 枚の DVD を今日配布したが、宛先を教えてもらえば後日、コピーを送付する。

参加者リスト (1/3)

番号	名前	所属	役職
1	Román Salas S.	Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz-Programa de Agua Subterránea (PROASU)	Encargado de Informática y Sistemas
2	Ricardo Oveyai H.	Cooperativa de Servicios Públicos Ascensión de Guarayos (COSPAS)	Técnico
3	Francisco Céspedes M	Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz-Programa de Agua Subterránea (PROASU)	Promoción Social
4	Luis Antúnez	Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz-Programa de Agua Subterránea (PROASU)	Técnico
5	Christian Sanjinés J.	SUIGEN S.R.L	Gerente Administrativo
6	Masayuki Narita	RAAX	Director
7	Tsutomo Kurihara	ESS	Director
8	Yoshinori Fukushima	ESS	Coordinador
9	Juan Carlos Villarroel	SUIGEN S.R.L	Administrador Contable
10	Manabu Fukushima	ESS-Bolivia	Gerente
11	Gabriel Omar Copa Tirado	Cooperativa de Servicios Públicos de Agua Potable San Julián (COSAJU LTDA)	Responsable Técnico
12	Silvio Panoso Escalera	Cooperativa de Servicios Públicos de Agua Potable San Julián (COSAJU LTDA)	Vocal
13	Juvenal Álvarez R.	Cooperativa de Servicios Públicos de Agua Potable San Julián (COSAJU LTDA)	Responsables de Pozos
14	Patricia Medrano López	Gobierno Autónomo Departamental de Pando	Técnica
15	Marcela Sarzuri P.	Gobierno Autónomo Departamental de Pando	Técnica
16	Erwin Salinas R.	Cooperativa de Servicios Públicos La Porteña Ltda.	Presidente
17	José Luis Gutiérrez J.	Cooperativa de Servicios Públicos La Porteña Ltda.	Jefe de Operaciones
18	Lorgui Salgueiro Márquez	Cooperativa de Servicios Públicos Humberto Leigue (COSPHUL LTDA)	Jefe Técnico
19	Juan Carlos Lijeron	Unidad Técnica Municipal de Agua y Saneamiento (UTMAS)	Administrativo
20	David Yovio Iriarte	Cooperativa de Servicios Públicos La Porteña Ltda.	Gerente
21	Jaime O. Colque Leyva	Cooperativa de Servicios Públicos Plan Tres Mil (COOPLAN LTDA.)	Jefe de Producción
22	Ronny Bruun A.	Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz-Programa de Agua Subterránea (PROASU)	Evaluación de Proyectos
23	Paulo Cesar Jáuregui Paz	Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz	Ambientalista

参加者リスト (2/3)

番号	名前	所属	役職
24	Rilver Molina Gareca	Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz-Programa de Agua Subterránea (PROASU)	Promotor Social
25	Julio Guzmán	Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz-Programa de Agua Subterránea (PROASU)	Director PROASU
26	Mónica Guzmán Rojo	Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz - Red de Monitoreo Agua Subterránea	Responsable Hidrogeóloga
27	Fabiola Zabala Leos	Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz - Red de Monitoreo Agua Subterránea	Geóloga
28	Francisco J. Moscoso Robles	Cooperativa de servicio de Agua y Alcantarillado de Camiri. (COOPAGAL LTDA.)	Responsable Técnico
29	Carla M. Roque Azurduy	Autoridad de Agua Potable y Saneamiento (AAPS)	Técnico de calidad
30	Franz Tito Anivarno	Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz- Red de Monitoreo Agua Subterránea	Coordinador de Proyecto
31	Fernando Abularach Selum	Gobierno Autónomo Departamental de Beni/ UNASBVI	Técnico I
32	Orlando Orosco	Cooperativa Simón Bolívar (COSIMBO LTDA)	Presidente
33	José Apodaca Torrez	Cooperativa Simón Bolívar (COSIMBO LTDA)	Administrador
34	Clodo Rodríguez	Cooperativa de Servicios Públicos El Torno Santa Cruz (SEAPAS)	Gerente
35	Lorgio Vaca Moreno	Cooperativa Servicios Públicos Los Chacos Ltda. (COSCHAL)	Presidente
36	Ignacio S. Jsutori	Cooperativa Servicios Públicos Los Chacos Ltda. (COSCHAL)	Plomero
37	Milton Fernando Morales	Cooperativa de Servicios Públicos Andrés Ibáñez (COSPAIL)	Director Departamento Técnico
38	Ángel Caladro García	Cooperativa de Servicios Públicos San Juan Bautista Ltda. (SAJUBA)	Técnico
39	Renan Secos	Cooperativa de Servicios Públicos El Torno Santa Cruz (SEAPAS)	Vicepresidente Consejo Administrativo
40	Juan Carlos Ojopi	Cooperativa de Servicios Públicos de Santa Cruz Ltda. (SAGUAPAC)	Jefe de Sección
41	Richard Jiménez	Gobierno Autónomo Municipal de Santa Cruz	Proyecto y Monitoreo Técnico
42	Carmen Escudero	Cooperativa de Servicios Públicos Buena Vista (COOPAGUAB)	Gerente
43	Juanito Vaca López	Cooperativa de Servicios Públicos La Guardia	Presidente Consejo Administrativo
44	Edgar Céspedes	Cooperativa de Servicios Públicos La Guardia	Presidente

参加者リスト (3/3)

番号	名前	所属	役職
45	Rilver Molina Gareca	Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz-Programa de Agua Subterránea (PROASU)	Promotor Social
46	Julio Guzmán	Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz-Programa de Agua Subterránea (PROASU)	Director PROASU
47	Carlos Omoya	JICA	Jefe de Programa
48	Nelson Macías Villarpando	Cooperativa de Servicios Públicos San Juan Bautista Ltda. (SAJUBA)	Jefe de Producción
49	Gloria Becerra	Cooperativa de Servicios Públicos Minero (COSMIN).	Presidenta
50	Gumerindo Gabriel	Cooperativa de Servicios Públicos Minero (COSMIN).	Vicepresidente
51	Martin Camacho	Cooperativa de Servicios Públicos Minero (COSMIN).	Presidente de Consejo
52	David Pacheco	Cooperativa de Servicio Públicos 1° de Mayo Ltda. (COOPAGUAS)	Gerente Técnico
53	Pascual Villalba	Cooperativa de Servicios Públicos San Juan Bautista Ltda. (SAJUBA)	Vicepresidente
54	Jorge Sattor	Cooperativa de Servicios Públicos La Fuente Ltda.	Gerente
55	Sipriano Arrueta E.	Cooperativa de Servicios Públicos La Fuente Ltda.	Secretario de Hacienda
56	Jaime Jurfest	Cooperativa de Servicios Públicos de Santa Cruz Ltda. (SAGUAPAC)	Unidad de Obras
57	José Daniel Medrano B	Cooperativa de Servicios Públicos de Santa Cruz Ltda. (SAGUAPAC)	Planificación Técnica
58	Juan Carlos Vargas Suarez	Cooperativa de Servicios Públicos de Santa Cruz Ltda. SAGUAPAC	Jefe de Mantenimiento
59	Ricardo Zurita	Cooperativa de Servicios Públicos de Santa Cruz Ltda. (COOPAPI)	Jefe de Mantenimiento
60	Rusia Sánchez Chávez	Cooperativa de Servicios Públicos de Santa Cruz Ltda. (COOPAPI)	Ingeniero Técnico
61	Grover Calicho Céspedes	SUIGEN	Gerente
62	Rodolfo Cruz Flores	Cooperativa de Servicios Públicos Germán Busch Ltda. (COSPUGEBUL)	Gerente