ボリビア国
環境・水省 飲料水・基礎衛生次官室

ボリビア国
効果的な診断・改修による
井戸の長寿命化普及・実証事業

業務完了報告書

平成31年1月
(2019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(先)
18-245

ボリビア国
環境・水省 飲料水・基礎衛生次官室

ボリビア国
効果的な診断・改修による
井戸の長寿命化普及・実証事業

業務完了報告書

平成31年1月
（2019年）

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

株式会社レアックス

＜本報告書の利用についての注意・免責事項＞

・本報告書の内容は、JICA が受託企業に作成を委託し、作成時点で入手した情報に基づくものであり、その後の社会情勢の変化、法律改正等によって本報告書の内容が変わる場合があります。また、掲載した情報・コメントは受託企業の判断によるものが含まれ、一般的な情報・解釈がこのとおりであることを保証するものではありません。本報告書を通じて提供される情報に基づいて何らかの行為をされる場合には、必ずご自身の責任で行ってください。

・利用者が本報告書を利用したことから生じる損害に関し、JICA 及び受託企業は、いかなる責任も負いかねます。

<Notes and Disclaimers>

・ This report is produced by the trust corporation based on the contract with JICA. The contents of this report are based on the information at the time of preparing the report which may differ from current information due to the changes in the situation, changes in laws, etc. In addition, the information and comments posted include subjective judgment of the trust corporation. Please be noted that any actions taken by the users based on the contents of this report shall be done at user's own risk.

・ Neither JICA nor the trust corporation shall be responsible for any loss or damages incurred by use of such information provided in this report.

目次

巻頭写真 i
略語表 iii
地図 v
図表番号 vi
案件概要 ix
要約 x
1.　事業の背景 1
（１）事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認 1
① 事業実施国の政治・経済の概況 1
② 対象分野における開発課題 3
③ 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）および法制度 4
④ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析 5
（２）普及・実証を図る製品・技術の概要 7
2.　普及・実証事業の概要 9
（１）事業の目的 9
（２）期待される成果 9
（３）事業の実施方法・作業工程 10
（４）投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他） 11
（５）事業実施体制 11
（６）事業実施国政府機関の概要 15
3.　普及・実証事業の実績 26
（１）活動項目毎の結果 26
（２）事業目的の達成状況 75
（３）開発課題解決の観点から見た貢献 77
（４）日本国内の地方経済・地域活性化への貢献 79
（５）事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について 79
（６）今後の課題と対応策 80
4.　本事業実施後のビジネス展開計画 81
（１）今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定 81
① マーケット分析（競合製品及び代替製品の分析を含む） 84
② ビジネス展開の仕組み 92
③ 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール 93

④ ビジネス展開可能性の評価 95
（２）想定されるリスクと対応 96
（３）普及・実証において検討した事業化による開発効果 98
（４）本事業から得られた教訓と提言 99
① 今後海外展開を検討する企業へ向けた教訓..... 99
② JICA や政府関係機関に向けた提言 99
③ ボリビア側 C/P 機関等に向けた提言..... 100
参考文献 103
添付資料 103

巻頭写真

写真 1 ラパス市・エルアルト市上下水道公社(EPSAS)との協議（2017 年 3 月）

写真 2 ラガルディア水組合との協議（2017 年 3 月）

写真 3　予備診断（オルロ県）（2017 年 7 月）

写真 4　予備診断（チュキサカ県）（2017 年 7 月）

写真 5 座学研修(チュキサカ県)(2017 年 5 月)

写真 6 座学研修(サンタクルス県)(2017 年 5 月)

写真 7 改修・ジェッティング法（サンタクルス県）(2017 年 9 月)

写真 8 改修・エアーリフト（チュキサカ県）(2017 年 10 月)

写真 9 井戸カメラによる診断(チュキサカ県)(2017 年 10 月)

写真 10 改修前後の診断（チュキサカ県）(2017 年 10 月)

Tecnología japonesa será transferida a Bolivia

Endoscopía de pozos

El 30% de los pozos en el país tiene más de 10 años de antigüedad, las perforaciones se obstruyen después de los 15 años de funcionamiento.

写真 11　現地の新聞による本事業紹介記事（2017 年 7 月）

写真 12 シンポジウムの開催・成果発表(ラパス市)(2018. 7 月)

略語表

略語	正式名称	日本語名称
ANESAPA	Asociación Nacional de Empresas e Instituciones de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado	全国上下水道公社協会
ASVI	Agua es Salud y Vida	生命の水プロジェクト
Bs. (BOB)	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
CNPV	Censo Nacional de Población y Vivienda	全国人口・居住センサス
COFADENA	Corporación de las Fuerzas Armadas para el Desarrollo nacional	国家開発軍公社
COSAALT	Cooperativa de Servicios de Agua y Alcantarillado de Tarija	タリハ市上下水道組合
CP	Counterpart	相手国実施機関
CPE	Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia	ボリビア多民族国憲法
CT	Centro Tecnologico ASVI-JICA	JICA 生命の水技術センター
CTB	Cooperación Técnica de Bélgica	ベルギー技術協力公社(BTC)
DASAR-JICA	Desarrollo de Aguas Subterráneas para el Área Rural - JICA	オルロ県 JICA 村落部地下水開発事業課
DCRH	Direccion de Cuencas y Recursos Hidoricos、Gobierno Autónomo de Chuquisaca	チュキサカ県流域・水資源課
EDALP	Empresa Pública Estratégica Departamental de Aguas La Paz	ラパス県水戦略公社
ELAPAS	Empresa Local de Agua Potable y Alcantarillado de Sucre	スクレ市上下水道公社
EMAGUA	Entidad Ejecutora de Medio Ambiente y Agua	環境と水の実施機関
EPSA	Empresa Pública Social de Agua	水道公社
EPSAS	Empresa Pública Social de Agua y Saneamiento	ラパス市・エルアルト市上下水道公社
FEDECAS	Federación de cooperativas de agua de Santa Cruz	サンタクルス県水道組合連盟
GAD	Gobierno Autónomo Departamental	自治県政府
GAM	Gobierno Autónomo Municipal	自治市政府
INE	Instituto Nacional de Estadísticas	国家統計局
JICA	Japan International Cooperatin Agency	国際協力機構
MDRyT	Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras	地方・土地開発省
M/M	Minutes of Meeting	協議議事録

略語	正式名称	日本語名称
MMAyA	Ministerio de Medio Ambiente y Agua	環境・水省
OJT	On the Job Training	実地訓練
PGSA	Plan de Gestión Sostenible de Acuíferos	持続的帯水層管理計画
PROASU-JICA	Proyecto de Agua Subterranea – JICA	サンタクルス県 JICA 地下水事業課
PRODASUB-JICA	Proyecto de Desarrollo de Agua Subterranea - JICA	チュキサカ県 JICA 地下水開発事業チーム
PROEPPAS	Proyecto de Exploración y Perforación de Pozos de Aguas Subterraneas	チュキサカ県地下水探査・井戸掘削プロジェクト
PSD-SB	Plan Sectorial de Desarrollo de Saneamiento Básico	基礎衛生開発セクター計画
RM	Resolución Ministerial	大臣決議
SAGUAPAC	Servico de Agua Potable y Alcantarillado de Santa Cruz	サンタクルス市上下水道公社
SEAPAS	Servicio de Agua Potable y Alcantarillado Saneamiento	エルトルノ市上下水道組合
SeLA	Servicio Local de Acueductos y Alcantarrillado (Oruro)	オルロ市上下水道公社
SEMAPA-CBBA	Servicio Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario - Cochabamba	コチャバンバ市上下水道公社
SERGEOMIN	Servicio Geológico Minero	工業地質公社
SIASBO	Sistema de Información de Agua Subterrána de Bolivia	ボリビア地下水情報システム
UNASBVI	Unidad de Agua, Saneamiento Básico y Vivienda	（県）水・基礎衛生・住宅課
USD	US Dollar	米国ドル*
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）
VRH y R	Viceministro(terio) de Recursos Hídricos y Riegp	環境・水省水資源・かんがい次官（室）

＊ Bs.1=16.56929 円（JICA 換算レート 2017 年 7 月）

USD1=112.185 円（JICA 換算レート 2017 年 7 月）

地図

出典： SRTM (Shuttle Radar Topography Mission:スペースシャトル立体地形データ)

図表番号

図－2.1　本事業の実施体制 14
図－2.2　MMAyA 組織図 16
図－2.3　EPSAS 組織図 17
図－2.4　ラパス県組織図 18
図－2.5　EDALP 組織図 18
図－2.6　オルロ県組織図 19
図－2.7　オルロ県 DASAR-JICA 組織図 20
図－2.8　SeLA 組織図 21
図－2.9　チュキサカ県組織図 22
図－2.10　チュキサカ県 DCRH 組織図 22
図－2.11　サンタクルス県組織図 23
図－2.12　サンタクルス県 PROASU-JICA 組織図 23
図－2.13　ラガルディア市水組合組織図 24
図－3.1　予備診断井位置図（全体） 34
図－3.2　改修前後の孔内状況比較（ラパス県 EPSAS-A11 井） 37
図－3.3A　改修前後の揚水試験結果（EPSAS A11 井） 43
図－3.3B　改修前後の揚水試験結果（EPSAS B1-II 井） 43
図－3.3C　改修前後の揚水試験結果（EPSAS A15-II 井） 44
図－3.3D　改修前後の揚水試験結果（SeLA PP9 井） 44
図－3.3E　改修前後の揚水試験結果（SeLA PP11 井） 44
図－3.3F　改修前後の揚水試験結果（SeLA 2 井） 45
図－3.3G　改修前後の揚水試験結果（SeLA 3 井） 45
図－3.3H　改修前後の揚水試験結果（Mojotoro 24 井） 45
図－3.3I　改修前後の揚水試験結果（Barranca 12 井） 46
図－3.3J　改修前後の揚水試験結果（La Guardia 8 井） 46
図－3.3K　改修前後の揚水試験結果（El Torno 9 井） 46
図－3.4A　揚水量経年変化のモデル化（EPSAS A11 井） 51
図－3.4B　揚水量経年変化のモデル化（EPSAS B1-II 井） 51
図－3.4C　揚水量経年変化のモデル化（EPSAS A15-II 井） 51
図－3.4D　揚水量経年変化のモデル化（SeLA PP9 井） 51
図－3.4E　揚水量経年変化のモデル化（SeLA PP11 井） 52
図－3.4F　揚水量経年変化のモデル化（SeLA 2 井） 52
図－3.4G　揚水量経年変化のモデル化（Barranca 12 井） 52
図－3.4H　揚水量経年変化のモデル化（La Guardia 8 井） 52

図－3.4I　揚水量経年変化のモデル化（El Torno 9 井）..... 52
図－3.5A　改修による既存井戸の長寿命化と井戸新設の効果比較（EPSAS A11 井）... 53
図－3.5B　改修による既存井戸の長寿命化と井戸新設の効果比較（EPSAS B1-II 井）. 53
図－3.5C　改修による既存井戸の長寿命化と井戸新設の効果比較（EPSAS A15-II 井）　54
図－3.5D　改修による既存井戸の長寿命化と井戸新設の効果比較（SeLA PP9 井）.... 54
図－3.5E　改修による既存井戸の長寿命化と井戸新設の効果比較（SeLA PP11 井）... 54
図－3.5F　改修による既存井戸の長寿命化と井戸新設の効果比較（SeLA 2 井）..... 54
図－3.5G　改修による既存井戸の長寿命化と井戸新設の効果比較（Barranca 12 井）. 55
図－3.5H　改修による既存井戸の長寿命化と井戸新設の効果比較（La Guardia 8 井）　55
図－3.5I　改修による既存井戸の長寿命化と井戸新設の効果比較（El Torno 9 井）.. 55
図－4.1A　全国各地域における井戸年齢構成（その１）..... 86
図－4.1B　全国各地域における井戸年齢構成（その２）..... 87
図－4.2　競合他社製品の撮影画像比較..... 90
図－4.3　ビジネス展開の仕組み概念図..... 92

表－1.1　ボリビアの県別人口(2012 年)..... 1
表－1.2　ボリビアの経済指標..... 2
表－1.3　我が国の援助実績..... 6
表－2.1　各成果の確認のための指標・確認方法..... 9
表－2.2　本事業における作業工程の当初予定及び実績比較表..... 12
表－2.3　本事業における投入要員の当初予定及び実績比較表..... 13
表－2.4　VAPSB の規模..... 15
表－2.5　EPSAS の規模..... 16
表－2.6　オルロ県 UNASBVI の規模..... 19
表－2.7　SeLA の規模..... 20
表－2.8　チュキサカ県 DCRH の規模..... 21
表－2.9　ラガルディア市水組合の規模..... 24
表－2.10　エルトルノ市水組合の規模..... 25
表－3.1A　エルアルト市ティラタ井戸群（ライン A）の揚水量経年変化..... 27
表－3.1B　エルアルト市ティラタ井戸群（ライン B）の揚水量経年変化..... 28
表－3.1C　エルアルト市ティラタ井戸群（ライン C）の揚水量経年変化..... 29
表－3.2　SeLA 管理井の揚水量経年変化..... 30
表－3.3　チュキサカ県 DCRH による井戸掘削・建設の実績..... 31
表－3.4　エルトルノ市水組合管理井の概要..... 32
表－3.5　井戸予備診断結果一覧..... 35

表－3.6　改修対象井戸の諸元..... 36
表－3.7　改修方法一覧..... 38
表－3.8　改修結果（改修前後の揚水試験結果）..... 42
表－3.9　井戸の改修費用（関係者からの聞き取り情報）..... 56
表－3.10　井戸の新設費用（関係者からの聞き取り情報）..... 58
表－3.11　井戸の改修及び新設による効果比較..... 59
表－3.12　水道公社における飲料水の単位売上高..... 60
表－3.13　技術研修（座学）の実施結果概要..... 61
表－3.14　技術研修（座学）の計画と実績..... 62
表－3.15　予備的診断時における井戸カメラの操作及び保守管理 OJT の計画と実績... 63
表－3.16　予備診断実施時における技術研修（OJT）の参加者..... 64
表－3.17　診断・改修実証活動時における OJT の計画と実績..... 65
表－3.18　診断・改修実証活動時における技術研修（OJT）の参加者..... 66
表－3.19　技術セミナーの開催概要..... 68
表－3.20　期待される成果の達成状況..... 75
表－4.1　SWOT 分析..... 82
表－4.2　全国の公共機関所管井の井戸年齢構成..... 85
表－4.3　全国の公共機関所管井の年齢 10 年以上及び 15 年以上の占有割合..... 85
表－4.4　全国の公共機関所管井の診断・改修に必要な機材数（推計）..... 88
表－4.5　競合他社製品の特徴比較..... 91
表－4.6　生産・販売計画..... 93
表－4.7　メンテナンス研修項目..... 94
表－4.8　収支計画 94
表－4.9　ビジネス展開スケジュール..... 95

案件概要

ボリビア

効果的な診断・改修による井戸の長寿命化普及・実証事業

株式会社レアックス（北海道）

ボリビア国の開発ニーズ

- 適切な維持管理及び機能回復による井戸の長寿命化
- 地方部及び都市周辺部における給水サービスの改善
- 安全な水へのアクセス率改善
- 気候変動の影響により減少傾向にある水資源の有効利用

普及・実証事業の内容

- 実証活動を通じて提案製品である井戸カメラを用いた井戸診断および診断に基づく井戸改修方法の選定・改修の有効性を検証する。
- ボリビアの井戸管理関係者への技術移転を通じた普及方法を検討する。

提案企業の技術・製品

ボアホールカメラi-Do300FⅡ

ー井戸内部の状態を画像・映像により診断し、変状や破損個所を特定し、機能不全の原因を解明する水中カメラ。

ー直接目視では確認できない地下構造を明らかにできる。

事業概要

相手国実施機関：環境・水省 飲料水・基礎衛生次官室

事業期間：2017年1月～2019年2月

事業サイト：ラパス県ラパス市・エルアルト市、オルロ県オルロ市、チュキサカ県スクレ市、サンタクルス県ラガルディア市・エルトルノ市

ボリビア側に見込まれる成果

- 機能診断に基づく適切な改修により井戸が長寿命化し、地下水資源の保全と持続的利用が可能になる。
- 既存井戸の揚水量回復により給水サービス及び安全な水へのアクセス率が改善する。
- 維持管理能力向上により、我が国の協力による井戸開発効果が持続する。

日本企業側の成果

現状

- 製品のチュキサカ県及び井戸業者への販売実績（合計2セット）

今後

- 中央政府機関、県給水部門、水道公社、民間井戸業者への販売が拡大。
- ボリビア国内の給水以外の分野（鉱業、建設業等）及び周辺国への展開。

要約

Ⅰ．提案事業の概要	
案件名	（和文）効果的な診断・改修による井戸の長寿命化普及・実証事業 （英文）Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for The Project for Well Life Extension Utilizing Effective Well Diagnosis and Rehabilitation Technologies
事業実施地	ボリビア多民族国／ラパス県ラパス市・エルアルト市、オルロ県オルロ市、チュキサカ県スクレ市、サンタクルス県ラガルディア市・エルトルノ市
相手国政府関係機関（以下、C/P 機関）	環境・水省（以下、MMAyA)飲料水・基礎衛生次官室(以下、VAPSB)
事業実施期間	2017 年 1 月～2019 年 2 月
契約金額	99,955,080 円（税込）
事業の目的	実証活動を通じて提案製品である井戸カメラを用いた井戸診断および診断に基づく井戸改修方法の選定・改修の有効性を検証し、ボリビアの井戸管理関係者への技術移転を通じた普及方法を検討する。
事業の実施方針	既存井戸の長寿命化の観点から一連の技術である診断と改修の有効性を実証し、その診断における井戸カメラの有用性を明らかにし、提案製品の普及方法について検討する。 本事業における成果及び各成果に係る活動は以下に示すとおりである。 **成果①：井戸カメラを用いた診断が実施され、井戸の機能低下の状況が明らかになる。** 活動 1-1：井戸管理者への聞き取りにより実証活動対象地区の井戸の機能低下状況を詳しく調査し、実証対象候補井を抽出する。 活動 1-2：製作・輸送した提案製品を使用し、実証対象候補井の予備的診断を行い、対象井を最終確定する。 活動 1-3：最終確定した 4 地域・10 か所の対象井について、井戸カメラによる内部の撮影を行う。 活動 1-4：撮影結果を基に井戸の機能低下の状況を診断・分析する。 **成果②：診断に基づき井戸改修の方法選択・実施が行われ、井戸カメラを用いた診断の有効性が実証される。**

	活動 2-1：診断結果に基づき改修方法を選択し、決定する。 活動 2-2：改修の手順及び必要な資機材を決定する。 活動 2-3：改修を実施する。（現地業者への再委託、工事監理） 活動 2-4：改修効果を評価（揚水試験、井戸カメラ導入の費用対効果を検証）する。 活動 2-5：診断・改修実証により得られた井戸維持管理の課題を分析する。 活動 2-6：長寿命化モデル（診断・改修・維持管理を含む）を作成、検討する。 **成果③：診断から改修までの井戸の長寿化に関する一連の技術モデルが示され、ボリビア側に技術移転がなされる。** 活動 3-1：井戸診断・改修及び井戸維持管理の技術一般に係る研修資料を作成する。 活動 3-2：井戸診断・改修及び井戸維持管理の技術一般に係る技術研修（座学）を実施する。 活動 3-3：現地関係者を対象とした、実証対象候補井の予備的診断時における井戸カメラの操作及び保守管理の OJT を実施する。 活動 3-4：現地関係者を対象とした、実証活動時における診断・改修の OJT を実施する。 活動 3-5：技術一般に係る研修資料及び診断・改修実証の成果を基に井戸診断・改修マニュアルを作成する。 活動 3-6：診断・改修実証の成果及び井戸診断・改修マニュアル(案)を基に技術セミナーを開催する。 **成果④：井戸カメラの普及と提案企業のビジネス展開のための計画が策定される。** 活動 4-1：マーケット分析により今後の対象国におけるビジネス展開の仕組み、計画・スケジュール、可能性評価を行う。 活動 4-2：想定されるリスクと対応を検討する。 活動 4-3：事業化による開発効果を検討する。 活動 4-4：ビジネス展開及び普及計画を作成する。
実績	本事業では、改修により効率良く井戸の機能回復が図れること、それには井戸カメラを利用した診断が有効なことを 4 地域 11 井において実証した。座学研修、井戸の維持管理マニュアル(案)、セミナーでの実証成果の報告等を通じて、井戸管理関係者の間で既存井の維持管理及び長寿命化の有効性ならびに井戸カメラの有用性について認識が進んだ。一方、2016 年の深刻な水不足を契機に、政府

	内で地下水保全の取り組みが進められおり、井戸の維持管理、ひいては井戸カメラの有効活用を促進する環境が整ってきた。こうしたビジネス展開環境、提案製品の強みと弱み、マーケット規模等を分析して、生産・販売計画等、今後のビジネス展開を計画した。 **1. 実証・普及活動** (1) 機材設置状況 機材（井戸カメラ i-Do300FⅡ）2 セットを製作・輸送し、2017 年 7～12 月の期間に現地における実証活動（予備診断、改修前後の診断）に利用した後、MMAyA に引渡して MMAyA が保管。 (2) 事業実施国政府機関との協議状況 現地調査の度ごとに、C/P 機関（VAPSB）及びサブ C/P 機関への作業内容・工程の説明、結果報告・意見交換、事業の進め方協議等を行った。 (3) 座学研修の実施 対象 4 県の県庁所在地にて各 1 回、合計 116 名の参加者（C/P 機関、県給水関連部署、都市部の水道公社・水組合）を対象に、現場の井戸維持管理者に対する診断・改修技術の紹介をセミナー形式で実施した。井戸カメラによる井戸内部の撮影画像を初めて見る参加者もいて、先ずは井戸カメラで井戸の中がどこまで観察できるのかを理解し、エアーリフトしか改修方法を知らない多くの参加者が数種の改修方法を学ぶ機会となった。 また、関係機関 8 か所において給水事業の戦略・計画作成に従事する管理責任者合計 27 名を対象に、井戸長寿命化の有効性評価方法を紹介。本事業における情報収集及び実証活動の意味について、理解が進んだ。 (4) 予備診断の実施 診断・改修の実証活動候補井合計 30 井（ラパス県 8 井、オルロ県 12 井、チュキサカ県 4 井、サンタクルス県 6 井）について予備診断を実施した。ラパス県及びサンタクルス県ではスクリーンのスケール[1]付着が多く、エアーリフトによる洗浄だけでは不十分でありジェッティングによる洗浄[2]が必要と診断した。オルロ県及びチュキサカ県ではスケールの付着

1 ある種のバクテリアによるスライムなど、物理的、化学的、生物学的に起因して発生したスクリーン等の付着物質。

2 エアーリフトは、主に井戸内の堆積物の浚渫に用いられ、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み、エアー吹き出し口と堆積物との間で生ずる圧力低下によって堆積物を揚砂管に吸い上げる洗浄方法。ジェッティングは、ノズルから高圧の水を噴射し、スクリーン部の目詰まりを除去する洗浄方法。

	は比較的少なく、エアーリフトによる洗浄が有効と考えられた。オルロ県 UNASBVI 関係の井戸は PVC 管にスリットを入れたスクリーンを用いているものが多いが、スリット[3]が大きく土砂の流入・堆積が顕著であった。 (5) 改修の実施 予備診断で得た候補井 30 井について、機能低下の要因がスクリーンの目詰まりと考えられること、改修によって機能回復の可能性があること、当該井戸の維持管理を所管する機関の要望に沿うこと等を勘案して 10 井を改修対象として選定した。その後、オルロ市上下水道公社（SeLA）の強い要望に応じて SeLA の古い井戸を 1 井加えたので、最終的に合計 11 井を対象に改修作業を実施した。作業は、サンタクルス県（2 井）→チュキサカ県（2 井）→オルロ県（4 井）→ラパス県（3 井）の順序で実施した。改修の前後で井戸カメラによる撮影及び揚水試験を行い、外観による改修効果ならびに揚水量の増加及び水位の回復（上昇）の測定値に基づく改修効果について評価した。作業期間中は作業の監理と並行して、井戸の維持管理を担当する責任者や技術者に対して、井戸カメラの操作方法・撮影画像の評価方法を始め、改修方法別の特質、落下物の回収方法、適正な揚水方法・流入砂防止等の技術について OJT を実施した。なお、改修・揚水試験の作業は、現地井戸業者に再委託した。 (6) セミナー・シンポジウムの開催 本事業の対象地域内の 4 都市（ラパス市、オルロ市、スクレ市、サンタクルス市）において、県庁及び市上下水道公社の井戸の維持管理実務者ならびに中央政府諸機関、全国の県政府、市政府、市上下水道公社、大学等の関係者を対象に技術セミナーを開催し、2017 年 7 月に実施した予備診断及び同年 9～12 月に実施した診断・改修の実証結果報告を中心に発表を行った。 オルロ、スクレ、サンタクルスの 3 市では、井戸カメラの特長と Raax 社製品・技術全般の紹介、実証活動結果と井戸管理・改修方法、井戸の長寿命化の効果に関する発表を行い、県庁及び市上下水道公社の井戸の維持管理実務者 30～40 名が参加した。

[3] 鋼管やプラスティック管を利用したスリット形スクリーンの縦方向に切った幅 1～2mm 程度の縦溝。

ラパス市では、C/P 機関である MMAyA の主催、JICA 及びベルギー技術協力公社（以下、CTB）の後援による「地下水及び適用技術に関する全国シンポジウム」の形式となり、中央政府諸機関を始め、全国の県政府、市政府、市上下水道公社、大学等の関係者 70 名以上の参加があった。内容も本事業関係の他、ボリビア国中央政府諸機関及び近隣国（ペルー、コロンビア）の関係機関から多くの発表が行われた。

(7) 実証・普及活動

宣伝活動：　提案製品の特長をまとめたパンフレット（西語版）を作成し、C/P 機関及びサブ C/P 機関に提供するとともにセミナーの場で配布した。サンタクルスでは、ボリビア衛生・環境技術者協会支部の座談会において、水道公社、水組合、井戸業者を含む 100 名を超える参加者に対して提案製品のプレゼンテーションを行った。また、JICA 事務所の計らいにより、新聞や協会誌に本事業の紹介記事を掲載した。

座学研修及び OJT 成果をマニュアル化：　診断・改修の実証活動結果を基に、実務的な普及版とすべく内容を整理し、「井戸カメラを利用した井戸の診断・改修マニュアル（案）」（西語版）として、ボリビア側 C/P 及びサブ C/P に提供した。

長寿命化モデルの作成、検討：　診断・改修の実証活動結果を基に、井戸の改修効果、コスト等を整理して、井戸カメラによる診断を考慮した長寿命化モデルを作成し、その費用対効果を分析・評価した。

2.　ビジネス展開計画

井戸管理者及び井戸業者に対する聞き取り調査を行い、井戸の維持管理の必要性及び長寿命化についての認識や意向、井戸カメラによる診断の必要性、既にボリビアで利用されている井戸カメラの価格・仕様、利用者としての要望・意見、井戸の掘削や改修に要する費用等を聴取した。その結果から、ビジネス展開環境ならびに提案製品の強みと弱みを分析し、課題を整理して今後のビジネス展開を計画した。

なお、全国の井戸データから、各地域において 5 年～10 年に 1 回の診断・改修を行うのに必要な井戸カメラの台数を試算し、潜在需要を推計した。その結果、5 年間で 40 台（官需 22 台、民需 18 台）を販売目標とし、生産・販売・収支等について計画した。

課題	1.　**実証・普及活動** ボリビアにおいては、5,000 を超える井戸が建設されているといわれているが、その多くの井戸においてスクリーンの目詰まり等により揚水量低下が生じても改修による機能回復が図られていない。揚水量が激減した時点で廃井され、新たに井戸が建設され、井戸が使い捨て状態にあるといえる。このため、井戸カメラの普及を図るには、いきなりカメラの有用性の強調から始めても効果が薄いと考えられた。改修により揚水量の回復が見込まれ、改修による回復の可能性や適切な改修方法を探るためには診断が必要であり、正しい診断を行うためには井戸カメラによる観察が不可欠であることを井戸管理者に理解してもらうことが本事業における重要課題であった。 そこで、診断から改修までを含む実証活動を行い、多くの井戸において明らかな改修効果が得られ、新設井よりも高い費用対効果が期待できることが実証された。 2.　**ビジネス展開計画** 数少ないが、既にボリビアに導入されている井戸カメラがあり、主に米国製で画像の鮮明度等の機能面は提案製品より劣るものの、価格が USD20,000～30,000 と提案製品に比べて２分の１以下である。初期の段階では、これら競合他社製品と同等の性能と価格の(株)レアックス製品（スマートカメラ）の販売も併せて進める必要がある。 上記の競合他社製品を導入した水道公社では、故障したが修理されないまま放置されている状況にあり、パーツの供給も含めて現地おけるメンテナンス・サービス体制の確立がビジネス展開を有利に進める上での課題となる。 提案製品は注文生産が基本であるため、納品に 5 か月以上かかることが顧客に敬遠される可能性があり、現地販売代理店に在庫を持ってもらい対応する必要がある。 早い段階で井戸カメラの需要が高まるためには、井戸カメラを利用した診断について中央政府の指示や指導等が発せられ、それが動機付けとなることが必要と考えられる。MMAyA では地下水保全の計画・規制に係るガイドライン類を作成中であるが、井戸カメラによる診断が明記され、早急に施行されるよう、MMAyA を支援する必要がある。

事業後の展開	今後のビジネス展開の実施体制は、基本的には現地販売代理店契約済みの SUIGEN SRL.による委託販売とする。同社は既に提案製品 1 台を購入し、水組合から受託した井戸改修業務に活用している。今後もこうした業務の受託実績を積み上げていき、機材のメンテナンスへの対応能力及び提案製品の活用方法の具体的提案能力を高めることにより、提案製品の導入・販売への貢献が期待される。メンテナンス・サービスについては、早急に同社の技術者に対して日本での技術研修を実施するなどして、現地代理店体制を確立する。 当面は、井戸カメラの購入を検討している県給水関係部署及び水道公社等の官需を対象に、現地代理店を通じて入札に積極参加し、価格競争力のあるスマートカメラを中心に販売実績を増やしていく。スマートカメラは、深度 200m までの観察が可能な軽量・小型の前方視（ミラーの装着で側方観察も可能）カラーテレビカメラであり、スクリーン設置位置、目詰まりの概観、落下物等の確認に適する。また、水道公社や水組合からの井戸カメラを利用した診断・改修業務の受託をねらう井戸業者を対象に民需への営業・販売を進める。井戸カメラによる診断が井戸の維持管理のルーチンとして定着し始めた段階で、診断の高度化を売り物として営業・販売の主力を提案製品の i-Do300FII に移していく。 上述した MMAyA が策定を進めているガイドライン類について、日本における事例を基に、今後とも技術情報の提供等の支援を継続して実施し、その施行を促進する。 長期的には、ボリビア国内の他分野（鉱業、建設業等）を対象に、井戸カメラに限らず、ボーリング坑内カメラ等の他機種の自社製品の販売拡大を目指すほか、ペルー等の周辺国を含めた他国に対して、ボリビアでの実績をモデルとしてビジネス展開を図る。また、熱帯低地や半乾燥地の深井戸対応としてケーブル長の 400m への延長、及び製造コスト低減策としてウィンチの現地調達化等、ボリビア向け仕様の検討・開発を進める。
Ⅱ．提案企業の概要	
企業名	株式会社レアックス
企業所在地	札幌市東区北 24 条東 17 丁目 1 番 12 号
設立年月日	1988 年 4 月 11 日
業種	製造業、サービス業
主要事業・製品	事業：計測機器の開発・製造・販売、環境／地盤調査 製品：BIP シリーズ（ボーリング孔内カメラ）および i-Do300 シリ

	ーズ（井戸カメラ）
資本金	5,000 万円（2018 年 9 月時点）
売上高	52,661 万円（2018 年 9 月時点）
従業員数	33 名（2018 年 9 月時点）

1. 事業の背景

（1）事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認

① 事業実施国の政治・経済の概況

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、国土は高山地域、渓谷地域及び熱帯地域からなり、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[1)]。

2012年実施の最新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、県別内訳は表-1.1 に示すとおりである。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。基礎衛生開発セクター計画（以下PSD-SB）2016-2020によると、2015年及び2020年の総人口は、それぞれ10,389,658人及び11,457,742人と予測されている[2)]。

表-1.1 ボリビアの県別人口（2012年）

県	人口(人)	県	人口(人)
ラパス	2,719,344	オルロ	494,587
サンタクルス	2,657,762	タリハ	483,518
コチャバンバ	1,762,761	ベニ	422,008
ポトシ	828,093	パンド	110,436
チュキサカ	581,347	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）
下線の県：本事業の対象県

政治体制としては、ボリビア初の先住民出身で社会主義運動（MAS）党のエボ・モラレス大統領が2006年1月に就任して以来、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て、同大統領が率いる政権が3期13年に亘って今日まで続いている。

2009年1月に新憲法制定の是非を問う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61.43%の支持を得て、同年2月に発布された。これに伴い、2009年3月に国名が「ボリビア共和国」から「ボリビア多民族国」に変更された。2009年12月には、新憲法に基づく大統領選挙および総選挙が実施され、モラレス大統領が64.22%の支持率を獲得し再選され、2010年1月に、モラレス大統領の第二期新政権（任期5年）が発足した。2010年4月以降、モラレス大統領に対する支持率は30～35%まで低下したが、2012年末には55%程度まで回復している。

2013年5月、モラレス大統領が2014年大統領選挙に再立候補することを可能とする内容の法案が公布され、2014年10月12日、総選挙第1回投票が実施され、モラレス大統領の三選が確定した。加えて、MAS党は上下両院でそれぞれ3分の2以上の議席を維持した。2015年1月、モラレス大統領第三期（現行憲法下では第二期）政権が発足

した。21 名の閣僚中 13 名を交代するという大幅な閣僚交代を実施し、政権内の世代交代も図りながら、13 年 8 月に発表した「祖国の長期的発展のためのアジェンダ」の実施等に努めている。2019 年 10 月に大統領選挙が行われる予定であるが、2016 年 2 月にモラレス大統領の四選を可能とするための憲法改正の是非を問う国民投票が実施され、僅差で否決された。

従来、ボリビアは近隣諸国及び米国をはじめとする先進諸国との関係強化を外交の基本としてきたが、モラレス政権の下、対米関係、地域統合等に関し路線変更（米州自由貿易地域（FTAA）への消極的対応、ベネズエラやキューバへの接近）が行われるほか、新たなパートナー（イラン、中国、ロシア等）との関係を強化している。[3)]

経済面では、天然ガス、鉱業（亜鉛、銀、鉛、錫）、農業（大豆、砂糖、トウモロコシ）がボリビアの主要産業であり、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である。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 [3)]

経済指標	データ
GNI	378 億 USD（2017 年, IMF）
一人当たり GDP	3,410 USD（2017 年, IMF）
GDP 成長率	4.2%（2017 年, IMF）
物価上昇率	2.8%（2017 年, IMF）
失業率	4.0%（2017 年, IMF）
総貿易額 輸出（天然ガス、亜鉛、金（地金）、大豆、銀等） 輸入（機械、化学品、自動車、食品・飲料等）	 79.86 億 USD（2017 年, INE） 92.88 億 USD（2017 年, INE）
対日貿易 輸出（亜鉛、鉛、銀、銅、ごま、キヌア等） 輸入（自動車・自動車部品、電気機械、一般機械等）	（日本財務省貿易統計） 148.7 億円（2017 年） 383.2 億円（2017 年）
対外債務	94.28 億 USD（2017 年 12 月, 中銀）
日本の援助実績（2016 年度までの累計） 有償資金協力 無償資金協力 技術協力	 1,110.06 億円（E/N ベース） 916.19 億円（E/N ベース） 735.11 億円（JICA 実績ベース）
二国間主要援助国(2015 年, DAC 集計)	スイス（42.40 百万 USD） ドイツ（31.80 百万 USD） デンマーク（24.04 百万 USD） スウェーデン（23.14 百万 USD） 韓国（21.67 百万 USD）
日本からの直接投資	70 万 USD（2017 年, 中銀）

財政難の打開策として、天然ガスの対米輸出を推進しようとする政府に対し、天然ガス収入が国民に還元されるよう、議会は 2005 年 5 月に天然ガス関係外資企業に対し

より高率の税を課す、新炭化水素法を採択した。これにより歳入は大幅に増大し、財政収支が黒字に転換した。2006 年には、「炭化水素資源国有化」を導入し、株式の過半数を国が取得することによって資源の国家管理の強化を図る方針が打ち出された。2006 年以降の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（ここ数年は平均 5%程度）、外貨準備高増大（2016 年 7 月時点で 115.5 億ドル、ボリビア中央銀行）、財政黒字等のマクロ経済面での健全化が達成された。この保守的なマクロ経済運営が評価され、国際的な格付会社各社はボリビアの格付を軒並み上方修正した。2016 年までの 10 年間で、一人あたりの GDP（国内総生産）は約 1,000 米ドルから約 3,000 米ドルまで増大した。他方、2014 年後半以降、天然ガス（輸出額の 40%以上を占める）の国際価格急落を受け、ボリビア政府は、借款増加による多額の公共投資の維持、国内産業の多角化、外国投資の積極的誘致等の政策を進めている。[3)]

近年では、ウユニ塩湖に世界のリチウム埋蔵量の約 50%が存在するとも言われており、各国の注目を集めている。リチウムは、ハイブリッド車や電気自動車、さらにパソコンや携帯電話などに使用されている二次電池に必要不可欠な材料で、将来的に多くの需要が予想されているものの、リチウム抽出には高度な技術が必要であるため、ボリビア政府は、各国にその研究への協力と将来のリチウム産業化への協力を呼びかけている[4)]。

② 対象分野における開発課題

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 83%（2015 年）[2)]であるが、人口 2,000 人未満の村落部では 66%（2015 年）と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[2)]。

また、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[1)]。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策モデルの開発」[5)]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。2016 年には、前年 12 月から 3 月にかけての少雨により、ラパス県、オルロ県、コチャバンバ県、チュキサカ県、タリハ県、ポトシ県では深刻な水不足となって断水や干ばつが発生し、大統領により「水不足に係る国家非常事態宣言」が発出され（2016 年 11 月 21 日）、近年、国家的課題として持続的な水資源管理に特に焦点が当てられている。

我が国は 1988 年以降の無償資金協力により井戸の掘削に係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）」（以下、ASVI）等にて、組織能力強化や維持管理能力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、ラパス県及びオルロ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ると考えられているが、老朽化診断と同様に新設井の仕上がり状況（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。

③ 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）および法制度

2009年2月制定のボリビア多民族国憲法（以下、CPE）により人権に関わる基本的サービスが取り決められており、これらのサービスはビジネスではなく、個人的な利益や貧困層を犠牲にした利益を生むために民営化されてはならないとされている。公平な条件の下で、母なる大地と調和して、国民がこれらのサービスに十分にアクセスすることを保証することは国に課せられた義務であるとされ、保健、教育等とともに、給水がそのサービスの一つとして含まれている。

ボリビア国政府は「国家開発計画（2006年～2011年）」（以下、PND）の下、持続的な経済成長を実現するための取組みを進めてきた。PNDは、給水・基礎衛生サービスを改善・拡大することを目的の一つとして明記しており、人権としての安全な水と衛生のサービスを実施してすべての国民の要求をカバーし、“Vivir Bien”（尊厳ある生活）の枠組みの中で、CPEの負託を果たしている。

給水分野の戦略的枠組みとして、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、同アジェンダは2015年1月に国家法No.650になった。項目2「尊厳ある生活のための主権を有する基本的サービスの社会化及び普及」で給水サービスに触れており、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、「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として位置付けている。

PNDには以下の4つの柱が示されており、これらを実現することでボリビア国民の「Vivir Bien（尊厳ある生活）」を目指している。[6)]

A)　尊厳のあるボリビア
B)　生産的なボリビア
C)　自主独立のボリビア
D)　民主的なボリビア

B)の柱の中には、セクター戦略に基づく天然資源の形質転換の一つとして、「みんなのための水」政策がある。そして、この政策では以下の3つの戦略が示されている。

・ 公平、持続的、参加型、分野横断的、統合的な、水資源管理の確立
・ 水資源の環境管理

・ 水資源管理における調整、社会市民組織との相談、分野間相談のメカニズム構築

総合的水資源利用政策策定の役割を担う中央政府省庁である MMAyA は、この国家政策 PND を具体化するために、上下水道に関わる国家政策・計画として「基礎衛生開発セクター計画（2016～2020）」（以下、PSD-SB）を策定しており、全国の給水普及率を現在（2015 年）の 82.6%（都市部 90.3%、村落部 65.7%）から 2020 年までに 91%（都市部 95%、村落部 80%）まで向上させるとしている。[2)]

また、MMAyA は大臣決議として「尊厳ある生活のための飲料水有効利用の国家方針」(RM No.336, 2015 年 9 月)を打ち出すほか、「人間が消費する水の水質に係る国家方針」(RM No.272, 2015 年 9 月)を打ち出している。現在、この方針の下で地下水保全の計画・規制戦略に注力しており、「物理探査及び井戸掘削に係る技術ガイドライン」及び「ボリビアにおける地下水資源の持続的管理計画策定に係る方法論指針」（一環として「持続的帯水層管理計画（PGSA）策定指針」がある）を策定中である。

地方自治体の関わりとして、「自治権と地方分権法（No.031, 2010 年 7 月）」は地方政府への分権化を確立する上での重要な足がかりとなっており、同法によって県政府は技術的助言を与えるだけでなく、国家組織や市政府と共に、給水及び衛生プロジェクトに投資する権限を持っている。

④ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の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-1.3 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 ASVI 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、本事業において実施した診断・改修の対象井は、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」及び 1996～2001 年に実施された「第一次、第二次地方地下水開発計画」により建設された井戸である。

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、ベルギー政府、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、中国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 VAPSB 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。

VAPSB 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。なお、ベルギー政府（CTB）の支援により、MMAyA が地下水保全の計画・規制戦略に沿って「物理探査及び井戸掘削に係る技術ガイドライン」及び「ボリビアにおける地下水資源の持続的管理計画策定に係る方法論指針」を策定中である。

表-1.3　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、チュキサカ、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、チュキサカ県を対象とした、井戸掘削機材の供与と井戸・給水施設建設を通した技術指導
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・給水施設建設を通した技術指導
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（ASVI）（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
ベニ県及びパンド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、パンド県を対象とした、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
ベニ県及びパンド県村落地域飲料水供給計画	無償	2012-2015 年	ベニ県及びパンド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
ポトシ県南西部基礎インフラ整備促進プロジェクト	技プロ	2015-2018 年	ポトシ県南西部を対象とした給水分野を含む基礎インフラ整備促進に係る技術指導
コチャバンバ県統合水資源管理能力強化プロジェクト	技プロ	2016-2020 年	コチャバンバ県における水資源の適正利用を図るための統合水資源管理能力の指導・強化

（出典：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）、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）、対ボリビア国別援助方針事業展開計画（2016年4月））

（２）普及・実証を図る製品・技術の概要

名称	ボアホールカメラ i-Do300FⅡ
スペック（仕様）	システム構成機材：プローブ、ケーブルウインチ、コントローラ **1. プローブ（カメラ）** 適応温度：0～60℃、 適応井戸口径：φ66～400mm、 有効画素数：38 万画素、 観察方向:前方／側方(直視, 360 度)、 照明：LED、　映像方式：カラー、 フォーカス調整：可 **2. ケーブルウインチ** ケーブル材質：ケブラー検層用ケーブル（ポリウレタン被覆)、 ケーブル破断強度：140kg、 電源：AC100～240V **3. コントローラ** モニタ：5 インチ LCD モニタ、 画像表示：深度・日時・孔番・テキスト情報、 外部出力:コンポジット映像(1)、USB(1)、電源:AC100～240V
特徴	・プローブは凹凸の無い一体構造であり、孔内で引っかかりにくい。側方カメラは 360 度回転可。ノイズに強いツイストペアを採用、鮮明な画像を提供。高性能モーターにより安定動作・高速昇降が可能。 ・PC との接続・専用ソフトで静止画キャプチャーが可能。
競合他社製品と比べた比較優位性	・ボアホールカメラ BIP シリーズの開発（1988 年）から 30 年、BIP シリーズから派生した井戸カメラとしても開発(2002 年)から 16 年の実績があり、装置の小型化、データ処理の性能向上を経て、操作性、画像の品質、維持管理の容易さ、野外使用に対する耐久性等の面で他社製品より優れている。 ・提案製品はフォーカス機能により、井戸の取水部であるスクリーンの表面だけでなく、背後の充てん砂利の空隙まで撮影することができ、改修による洗浄効果を詳細に確認することができる。 ・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を使用しており、ケーブルの信頼性が高い。
国内外の販売実績	国内： 民間業者 14 社 7,000 万円 海外： スーダン 7 台 3,500 万円（水資源・電力・灌漑省、州水公社（4 州))、ボリビア 2 台 1,000 万円（チュキサカ県、民間企業 1 社)
サイズ	プローブ（カメラ）：外径φ60 ㎜、長さ 700mm、重量 5kg ケーブルウインチ：(W)520mm×(D)500mm×(H)400mm、ケーブル長 300m、重量 40kg プーリー：φ180mm、重量 5kg コントローラ：(W)270mm×(D)230mm×(H)170mm、重量 4kg
設置場所	事業終了後の機材の保管場所は基本的に MMAyA とし、需要の高さに応じて、先ずラパス市・エルアルト市上下水道公社 (EPSAS)

名称	ボアホールカメラ i-Do300FⅡ
	及びタリハ市上下水道組合（COSAALT）に各１台の３年間貸与を予定している。
今回提案する機材の数量	2セット
価格	１台（１式）当たりの販売価格：550万円（国内販売価格）

2. 普及・実証事業の概要

（１）事業の目的

実証活動を通じて提案製品である井戸カメラを用いた井戸診断および診断に基づく井戸改修方法の選定・改修の有効性を検証し、ボリビアの井戸管理関係者への技術移転を通じた普及方法を検討する。

（２）期待される成果

成果①： 井戸カメラを用いた診断が実施され、井戸の機能低下の状況が明らかになる。

成果②： 診断に基づき井戸改修の方法選択・実施が行われ、井戸カメラを用いた診断の有効性が実証される。

成果③： 診断から改修までの井戸の長寿化に関する一連の技術モデルが示され、ボリビア側に技術移転がなされる。

成果④： 井戸カメラの普及と提案企業のビジネス展開のための計画が策定される。

なお、各成果の確認のための指標・確認方法については表－2.1 に示すとおりである。

表－2.1　各成果の確認のための指標・確認方法

成果	指標・確認方法
①井戸カメラを用いた診断が実施され、井戸の機能低下の状況が明らかになる。	➢ 井戸の機能低下概況に関する聞き取り調査記録（建設年、仕様、揚水量変化傾向、機能低下状況と推定要因、改修実績） ➢ 診断・改修の実証候補井の抽出（位置図、諸元） ➢ 井戸カメラを用いた予備診断（撮影画像、機能低下状況と推定要因） ➢ 対象井の確定（ラパス県 3 井、オルロ県 3 井、チュキサカ県 2 井、サンタクルス県 2 井） ➢ 対象 10 井における井戸カメラによる内部撮影（詳細撮影画像）
②診断に基づき井戸改修の方法選択・実施が行われ、井戸カメラを用いた診断の有効性が実証される。	➢ 改修方法の選択（方法、選択理由） ➢ 改修の実施（作業記録） ➢ 改修による機能回復効果算定（改修前後の揚水量変化） ➢ 改修による経済的効果算定（診断・改修コスト、改修による経済的効果）
③診断から改修までの井戸の長寿化に関する一連の技術モデルが示され、ボリビア側に技術移転がなされる。	➢ 井戸の長寿命化モデル作成（図表） ➢ 座学形式による井戸維持管理技術に関する現地研修（回数、場所、対象者、内容） ➢ 予備診断時における井戸カメラの操作および保守管理の 0JT（回数、場所、対象者、内容） ➢ 診断・改修実証時における診断・改修の 0JT（回数、場所、対象者、内容）

成果	指標・確認方法
	➢ 井戸診断・改修マニュアル（案）の作成（部数、内容、配布先） ➢ 技術セミナーの開催（回数、場所、対象者、内容）
④井戸カメラの普及と提案企業のビジネス展開のための計画が策定される。	➢ マーケット調査記録（市場規模、競合製品、流通価格） ➢ ビジネス展開・普及計画（仕組み、スケジュール、可能性評価） ➢ リスクの想定（内容、対応策）

（３）事業の実施方法・作業工程

前述の期待される成果ごとに以下の活動を行うことにより、事業を実施した。

成果①に係る活動

1-1 井戸管理者への聞き取りにより実証活動対象地区の井戸の機能低下状況を詳しく調査し、実証対象候補井を抽出する。

1-2 製作・輸送した提案製品を使用し、実証対象候補井の予備的診断を行い、対象井を最終確定する。

1-3 最終確定した 4 地域・10 か所の対象井について、井戸カメラによる内部の撮影を行う。

1-4 撮影結果を基に井戸の機能低下の状況を診断・分析する。

成果②に係る活動

2-1 診断結果に基づき改修方法を選択し、決定する。

2-2 改修の手順及び必要な資機材を決定する。

2-3 改修を実施する。（現地業者への再委託、工事監理）

2-4 改修効果を評価（揚水試験、井戸カメラ導入の費用対効果を検証）する。

2-5 診断・改修実証により得られた井戸維持管理の課題を分析する。

2-6 長寿命化モデル（診断・改修・維持管理を含む）を作成、検討する。

成果③に係る活動

3-1 井戸診断・改修及び井戸維持管理の技術一般に係る研修資料を作成する。

3-2 井戸診断・改修及び井戸維持管理の技術一般に係る技術研修（座学）を実施する。

3-3 現地関係者を対象とした、実証対象候補井の予備的診断時における井戸カメラの操作及び保守管理の OJT を実施する。

3-4 現地関係者を対象とした、実証活動時における診断・改修の OJT を実施する。

3-5 技術一般に係る研修資料及び診断・改修実証の成果を基に井戸診断・改修マニュアル（案）を作成する。

3-6 診断・改修実証の成果及び井戸診断・改修マニュアル(案)を基に技術セミナーを開催する。

成果④に係る活動

4-1 マーケット分析により今後の対象国におけるビジネス展開の仕組み、計画・スケジュール、可能性評価を行う。

4-2 想定されるリスクと対応を検討する。

4-3 事業化による開発効果を検討する。
4-4 ビジネス展開及び普及計画を作成する。

これまでの作業の当初予定及び実績の比較は表－2.2 に示すとおりである。

（４）投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）

本事業で投入した要員について、当初予定及び実績の比較は表－2.3 に示すとおりである。

また、本事業で投入した機材は以下に示すとおりである。

機材名	型番	数量	納入年月	設置先
井戸カメラ	i-Do300F-II	2	2017 年 6 月	MMAyA 本部（ラパス市）

・事業実施国政府機関側の投入

事業実施国政府機関側の投入実績としては、C/P である VAPSB における本事業調整担当責任者の配置、サンタクルス県を除く対象 3 県のサブ C/P との合意書締結。サブ C/P においては本事業への協力体制の構築（人材（調整者、支援技術者）、機材（クレーン等）の投入）、資料提供、井戸予備診断及び診断・改修実証活動への協力、対象井の提供、診断及び改修作業の準備・実施支援・原状回復、研修（座学）及び技術セミナー開催への協力、研修（座学、OJT）及び技術セミナーへの参加等の投入があった。

（５）事業実施体制

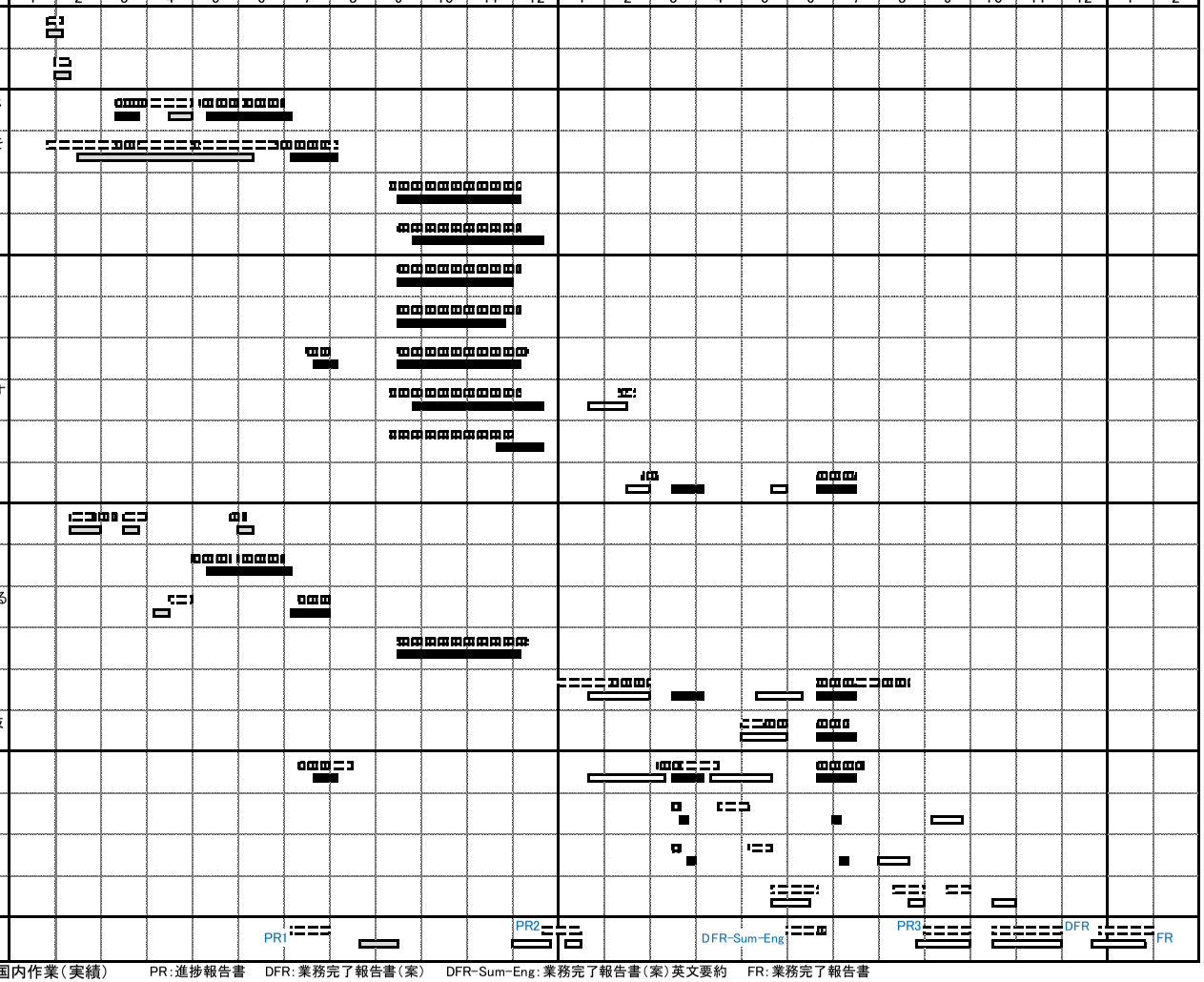
本事業の実施体制は図－2.1 に示すとおりである。日本側調査チームは、提案企業である株式会社レアックスを中核として、これを調査運営面で支援するコンサルタントである株式会社地球システム科学、及び診断・改修の一連の流れに関する技術を支援する井戸改修専門業者であるアーストラストエンジニアリング株式会社の外部人材から構成される。

これに対してボリビア側の実施体制は、VAPSB を C/P として、対象 4 県の給水事業部署及びラパス市・エルアルト市及びオルロ市の上下水道公社をサブ C/P とする。VAPSB は、本事業の実施に当たって JICA との間で交わした協議議事録（以下、M/M）及び各県知事（ラパス県については EPSAS 総裁）との間で交わした合意書（サンタクルス県は署名せず）に基づいて、本事業の実施に当たってサブ C/P との調整を図り、日本側調査チームに対する協力・支援を行った。

サブ C/P である 2 上下水道公社（EPSAS、SeLA）とサンタクルス市近郊の 2 市（ラガルディア市、エルトルノ市）の水組合は給水サービス提供事業者であり、水源である井戸の管理者であることから、診断・改修の対象となる井戸の提供ならびに作業の準備及び必要機材の提供を行った。オルロ、チュキサカ、サンタクルスの 3 県の給水事業部署は、井戸を直接管理していないが、市町村の井戸の掘削･維持管理を支援している立場から、診断・改修の対象となる井戸の提供ならびに作業の準備を斡旋した。また、オルロ県及

表－2.2　本事業における作業工程の当初予定及び実績比較表

成果 番号	成果 内容	活動 番号	活動 内容
	準備作業		業務計画書の作成
			準備
①	井戸カメラを用いた診断が実施され、井戸の機能低下の状況が明らかになる。	1-1	井戸管理者への聴き取りにより実証活動対象地区の井戸の機能低下状況を詳しく調査し、実証対象候補井を抽出する。
		1-2	製作・輸送した提案製品を使用し、実証対象候補井の予備的診断を行い、対象井を最終確定する。
		1-3	最終確定した4地域・10か所の対象井について、井戸カメラによる内部の撮影を行う。
		1-4	撮影結果を基に井戸の機能低下の状況を診断・分析する。
②	診断に基づき井戸改修の方法選択・実施が行われ、井戸カメラを用いた診断の有効性が実証される。	2-1	診断結果に基づき改修方法を選択し、決定する。
		2-2	改修の手順及び必要な資機材を決定する。
		2-3	改修を実施する。（現地業者への再委託、工事監理）
		2-4	改修効果を評価（揚水試験、井戸カメラ導入の費用対効果を検証）する。
		2-5	診断・改修実証により得られた井戸維持管理の課題を分析する。
		2-6	長寿命化モデル(診断・改修・維持管理を含む)を作成、検討する。
③	診断から改修までの井戸の長寿化に関する一連の技術モデルが示され、ボリビア側に技術移転がなされる。	3-1	井戸診断・改修及び井戸維持管理の技術一般に係る研修資料を作成する。
		3-2	井戸診断・改修及び井戸維持管理の技術一般に係る技術研修（座学）を実施する。
		3-3	現地関係者を対象とした、実証対象候補井の予備的診断時における井戸カメラの操作及び保守管理のOJTを実施する。
		3-4	現地関係者を対象とした、実証活動時における診断・改修のOJTを実施する。
		3-5	技術一般に係る研修資料及び診断・改修実証の成果を基に井戸診断・改修マニュアル（案）を作成する。
		3-6	診断・改修実証の成果及び井戸診断・改修マニュアル（案）を基に技術セミナーを開催する。
④	井戸カメラの普及と提案企業のビジネス展開のための計画が策定される。	4-1	マーケット分析により今後の対象国におけるビジネス展開の仕組み、計画・スケジュール、可能性評価を行う。
		4-2	想定されるリスクと対応を検討する。
		4-3	事業化による開発効果を検討する。
		4-4	ビジネス展開および普及計画を作成する。
	報告書の作成		報告書作成・現地説明



国内作業（予定）　国内作業（実績）　PR：進捗報告書　DFR：業務完了報告書（案）　DFR-Sum-Eng：業務完了報告書（案）英文要約　FR：業務完了報告書

現地作業(予定)　現地作業（実績）

表－2.3　本事業における投入要員の当初予定及び実績比較表

担当	氏名	所属	予実	2017年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	2018年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	2019年 1月	2月	人・月計 現地	人・月計 国内
業務主任者	鈴木 利実	(株)レアックス	予定	5日		20日				21						10	3	20		2	4	23 1	7		5		10			84日 2.80	52日 2.60
			実績	5		20			2	3 21		3			7	3		20			6	23 1	3	4	5		7	3		84 2.80	52 2.60
機材調達	最上 哲弥	(株)レアックス	予定			20																								0 0.00	20 1.00
			実績		6	2	2	5	5																					0 0.00	20 1.00
ビジネス展開計画	成田 昌幸	(株)レアックス	予定		10						10								14				4							0 0.00	38 1.90
			実績		4	2		2		2	2					2	3	6	3	3	3			3	3					0 0.00	38 1.90
井戸診断・機材保守管理	喜多 淳滋	(株)レアックス	予定		5		7 24	5		24						5					2	3								48 1.60	27 1.35
			実績		5		7	24	5	24					3	2					2		3							48 1.60	27 1.35
チーフアドバイザー	栗原　努	(株)地球システム科学	予定		5	20			28								3	27		2		30 5		4						105 3.50	19 0.95
			実績		5	20			28			14					3	20			4	23	3		4					105 3.50	19 0.95
井戸維持管理計画	福島 世志徳	(株)地球システム科学	予定		4	4 12	5 12 9	21	21 4			11	13				20 9			3	5 13		2							101 3.37	67 3.35
			実績		4	6 9		14 4	16 4 5 6 9 7 1 3			12 11 1 1	3	2 1 7 4				6 11 2			4 8 6 3		2							113 3.77	59 2.95
普及活動	佐々木 新	(株)地球システム科学	予定			6			5 30					30		8					6		2	3						60 2.00	30 1.50
			実績			6			5 30					30		8					8		3							60 2.00	30 1.50
井戸改修技術1	福井　亮	アーストラストエンジニアリング(株)	予定		3			31			2		50				3			2		23								104 3.47	10 0.50
			実績		3			31			2		50			3				2		23								104 3.47	10 0.50
井戸改修技術2	出口 千裕	アーストラストエンジニアリング(株)	予定		3	2				33				50			5													83 2.77	10 0.50
			実績		3	2				32				51			5													83 2.77	10 0.50

受注企業　人・月計(予定)	4.40	6.85
人・月計(実績)	4.40	6.85
外部人材　人・月計(予定)	15.11	6.80
人・月計(実績)	15.51	6.40
合計　人・月計(予定)	19.51	13.65
人・月計(実績)	19.91	13.25

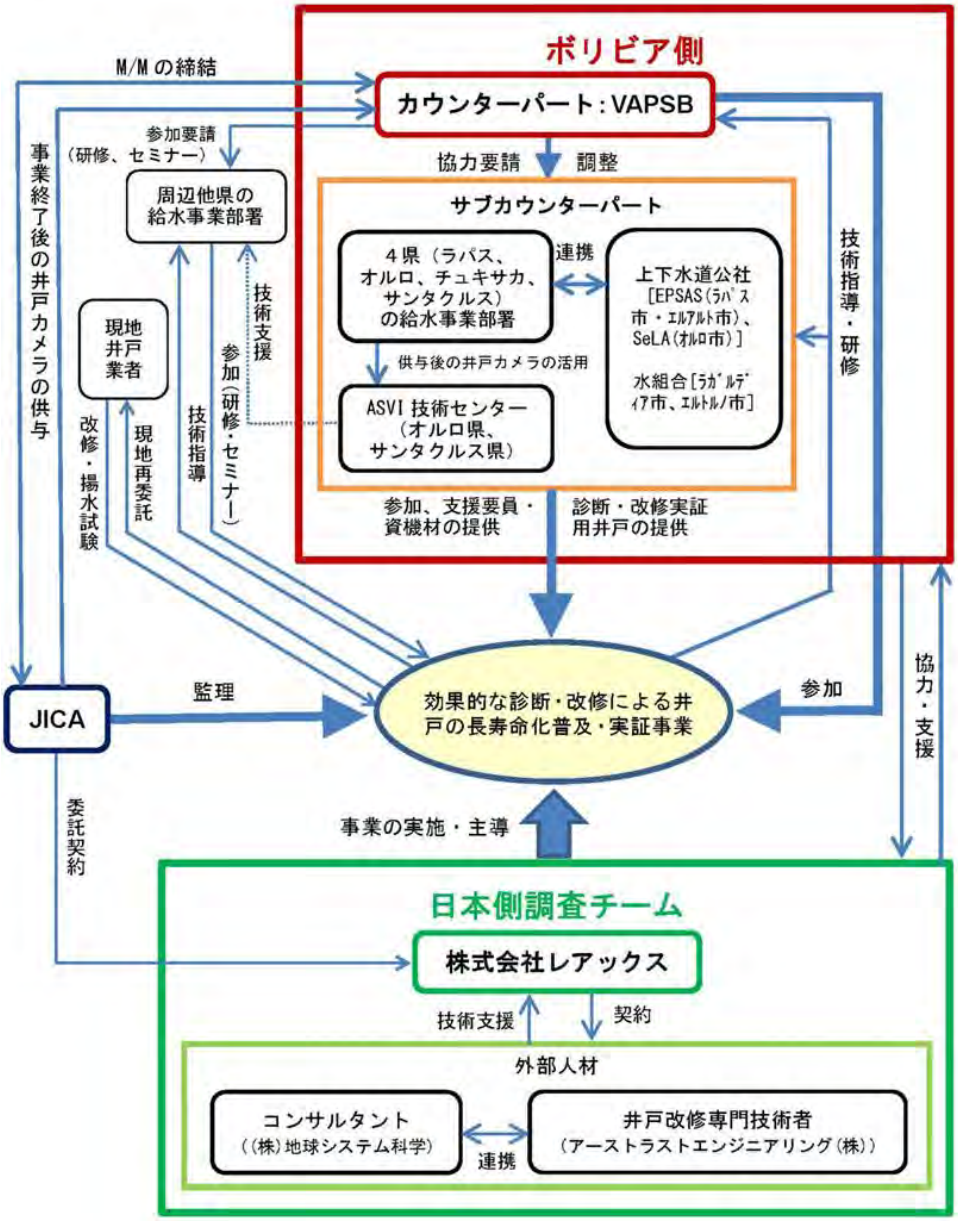
現地作業

国内作業

びサンタクルス県の ASVI-CT は、提案製品供与後の活用の主体となって、周辺県の技術支援を担うことが期待されるが、当面はサンタクルス県の協力を得ることは困難である。

日本側調査チームは、研修（座学及び OJT）及び技術セミナーを通じて、ボリビア側に井戸の診断・改修・長寿命化の技術指導を行った。C/P 機関及び全てのサブ C/P 機関は、本事業における研修やセミナーに参加・協力するほか、周辺他県の給水事業担当部署にも参加を促した。

井戸の診断・改修実証活動については、日本側調査チームの専門技術者が診断・改修の一連の技術的な判断、作業監理、技術指導を担ったが、改修及び揚水試験の実作業については現地井戸業者への再委託により実施した。



図－2.1　本事業の実施体制

（６）事業実施国政府機関の概要

本事業のC/P機関及びサブC/P機関の概要は以下のとおりである。

1) C/P機関

名称： 環境・水省飲料水・基礎衛生次官室 Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico (VAPSB), Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA)

所在地：Calle Capitán Castrillo No.434 esq. Av. 20 de Octubre, La Paz

設立年：2009年

組織の規模：過去5年間の年間予算及び職員数を以下の表－2.4に示す。国の会計年度は1月から12月である。県庁における年間予算作成スケジュールは、8月に予算（案）を作成・申請、9月に中央政府が承認、10月に県庁予算が確定する。なお、年度途中であっても追加予算申請が可能である。機材の購入については、基本的には毎年の予算に含まれていないが、緊急時対応として随意契約での調達が可能である。地下水保全の計画・規制関係のガイドライン類に、井戸カメラによる診断が盛り込まれれば予算化が可能になるとのこと。

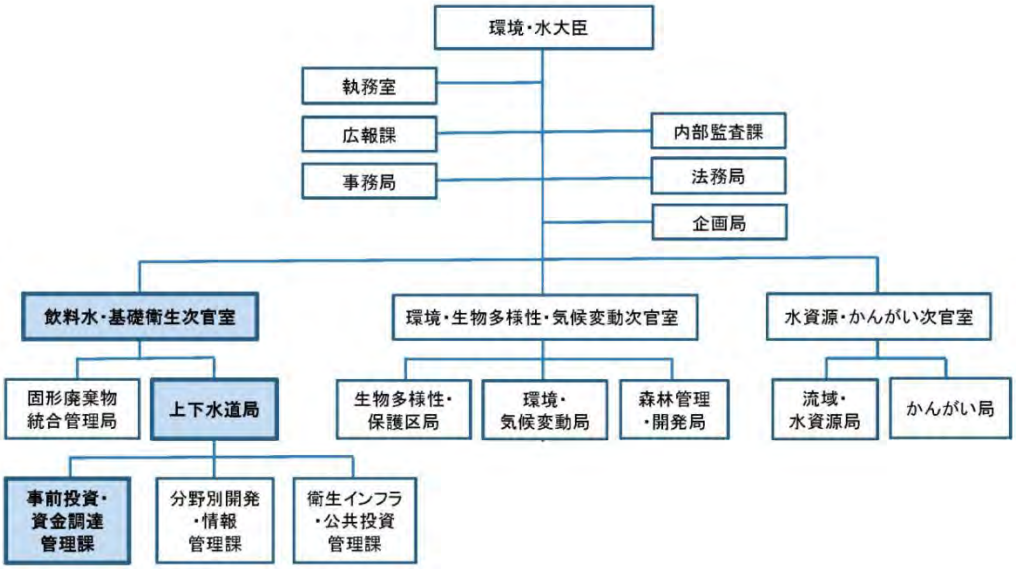
表－2.4　VAPSBの規模

年度	年間予算（Bs.）	職員数（人）
2017	38,263,268	79（うち、45が技術者）
2016	50,884,654	81（うち、45が技術者）
2015	46,638,939	86（うち、53が技術者）
2014	54,482,319	73（うち、39が技術者）
2013	62,226,875	83（うち、46が技術者）

組織の目的：　飲料水供給体制整備及び廃棄物管理等の衛生環境整備

主な業務内容：上記目的に係る中央政府の基準・規則の策定、衛生・上水道プログラムの実施、プロジェクトの実施可能性審査と資金調達、プロジェクトのモニタリング

組織図：　MMAyA及びVAPSBの組織図を以下の図－2.2に示す。



図－2.2　MMAyA 組織図

2) サブ C/P 機関

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

所在地：Av. Las Américas No.705, Villa Fátima, La Paz

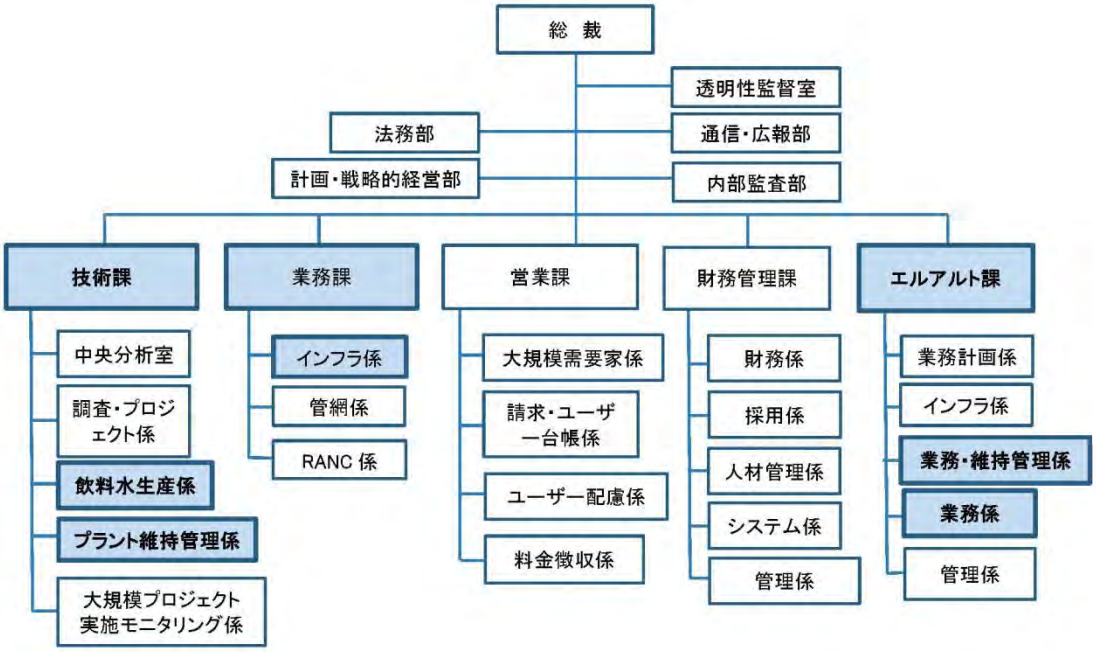
設立年：1997 年

組織の規模：過去 5 年間の年間予算及び職員数を以下の表－2.5 に示す。EPSAS の予算はすべて自ら賄っている。86%が水道料金収入、残り 14%が特殊サービス（タンク車による給水や新規水道接続等）料金収入からなる。ODA 事業等の外部調達予算に対しては、EPSAS 側としてカウンターパート資金は予算化するが、事業予算本体は政府が管理し、政府から現物が供給される。機材の維持管理費用は運転費用(Gastos Operativos)に含まれている。2017 年の場合、全体経費のうち約 60%が運転費用で、残り 40%が投資費用(Gastos Inversion)であった。井戸の改修工事そのものは運転費用であり、ポンプの新設は投資費用として計上される。通常は、ポンプ等の購入に USD200,000～500,000 くらいの年間予算を組んでいる。

表－2.5　EPSAS の規模

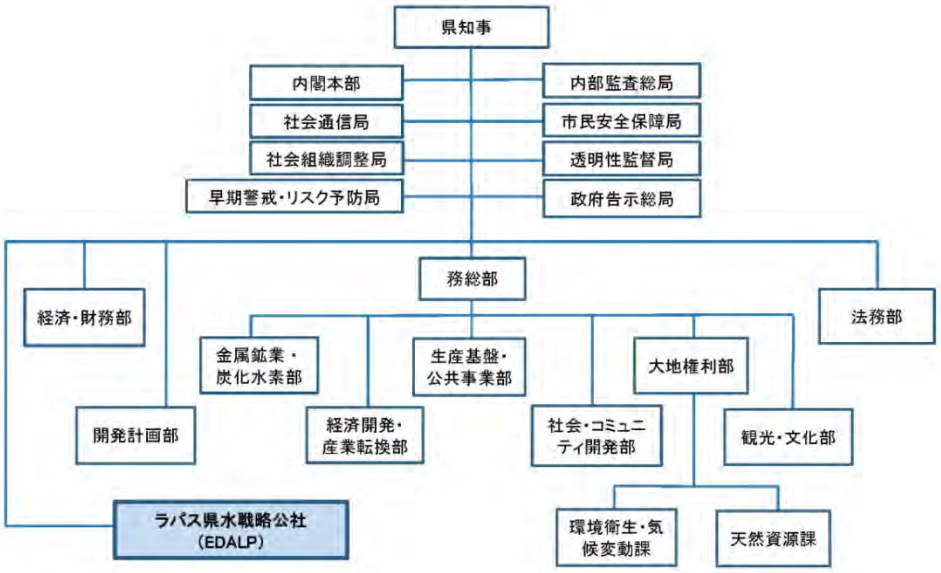
年度	年間予算（Bs.）	職員数（人）
2017	320,789,510	正職員 460＋臨時雇用 150、うち 472 が技術者
2016	302,980,082	正職員 474＋臨時雇用 240、うち 472 が技術者
2015	285,230,711	正職員 480＋臨時雇用 123、うち 552 が技術者
2014	290,731,046	正職員 475＋臨時雇用 97、うち 467 が技術者
2013	254,940,556	正職員 493＋臨時雇用 91、うち 443 が技術者

組織の目的：　ラパス市及びエルアルト市の市街地における上下水道サービスの提供
主な業務内容：　上下水道システムの整備、給水、井戸を含む上下水道施設の運転・維持管理、料金徴収
組織図：EPSAS の組織図を以下の図－2.3 に示す。

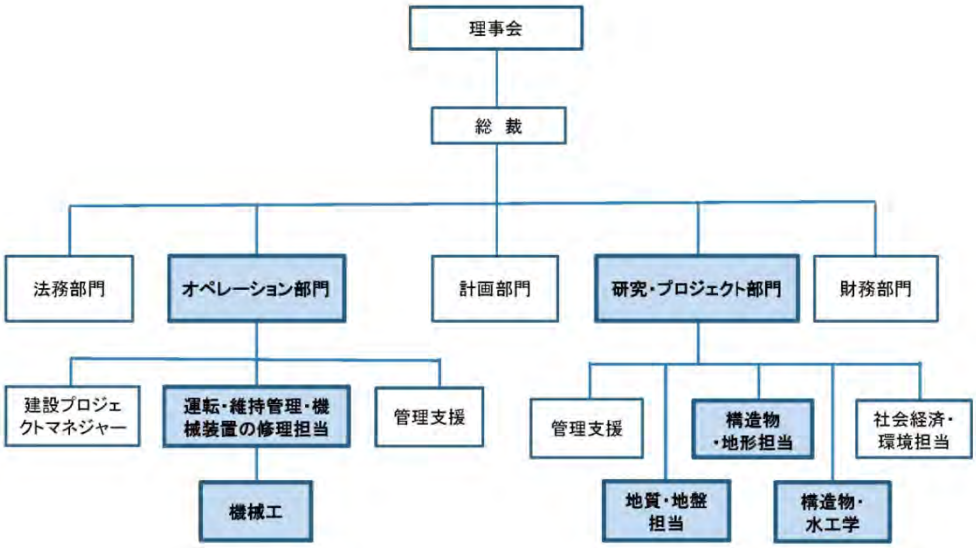


図－2.3　EPSAS 組織図

名称：　ラパス県水戦略公社 Empresa Pública Estratégica Departamental de Aguas La Paz (EDALP), Gobierno Autónomo de La Paz
所在地：ラパス県エルアルト市
設立年：2015 年
組織の規模：年間予算は約 Bs.400,000 規模
組織の目的：地方部の市町村における給水事業の支援。ラパス県の直属組織であった給水事業部門を、サービス対価を受け取れるようにした自営組織
主な業務内容：　地方部の市町村の依頼に応じた井戸の掘削、井戸を含めた既存給水施設の改修等の維持管理支援であり、主に貧困層を対象として 115 コミュニティに対する支援を行っている。
組織図:ラパス県及び EDALP の組織図を以下の図－2.4 及び図－2.5 にそれぞれ示す。



図－2.4　ラパス県組織図



図－2.5　EDALP 組織図

名称：オルロ県水・基礎衛生・住宅課 Unidad de Agua, Saneamiento Básico y Vivienda (UNASBVI), Gobierno Autónomo de Oruro

所在地：オルロ県オルロ市

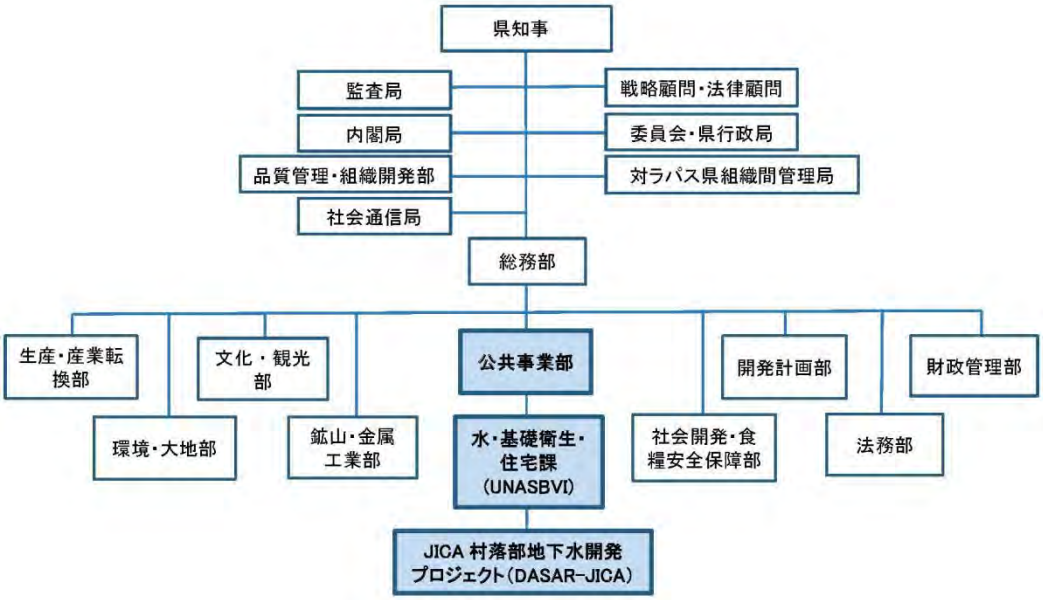
組織の規模：過去5年間の年間予算及び職員数を以下の表－2.6に示す。予算はDASAR等のプロジェクト単位となっていて、プロジェクト予算から必要な工事や機材調達を行っている。DASARは5年間のプロジェクトであり、毎年変更要請ができるので、必要に応じて工事費や機材費を要請している。DASARに対しては、2017～2020年でBs.21,000,000の予算がついており、

県予算から割り当てられる。県が関係する井戸の掘削費は、県が 70～85%、市が 15～30%を負担し、市は現物（燃料、ベントナイト等）支給で負担している。

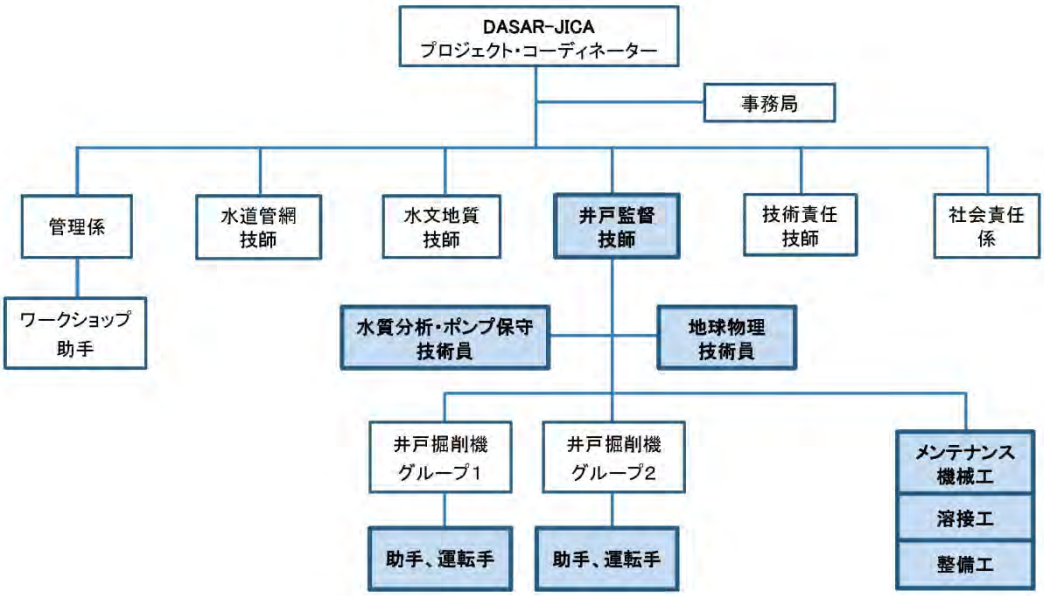
表－2.6　オルロ県 UNASBVI の規模

年度	年間予算（Bs.）	職員数（人）
2016	4,043,097	36
2015	2,816,920	35
2014	9,332,111	36
2013	1,763,724	33
2012	1,922,614	41

組織の目的：市町村における給水事業、廃棄物管理等の衛生環境整備、住環境の支援
主な業務内容：　市町村の依頼に応じた井戸の掘削、井戸を含めた既存給水施設の改修等の維持管理支援
組織図：UNASBVI 及び所管プロジェクト DASAR の組織図を以下の図－2.6 に示す。



図－2.6　オルロ県組織図



図－2.7　オルロ県 DASAR-JICA 組織図

名称：オルロ市上下水道公社 Servicio Local de Acueductos y Alcantarrillado (SeLA), Oruro

所在地：Av. Villarroel No.222 y Brasil, Oruro

設立年：1964 年

組織の規模：過去 5 年間の年間予算及び職員数を表－2.7 に示す。予算については、水道料金収入により 100%賄っている。2017 年は運転予算が投資予算をやや上回り、2018 年は水中ポンプの更新が予定されているため、投資予算がやや上回っている。運転予算で水道管の更新をしており、実質的な投資予算はこの数字より少し多い。プロジェクトで井戸カメラを購入する場合は投資予算から、またそのメンテは運転予算から支出されるが、プロジェクト以外で購入する場合には、すべて運転予算からとなる。

表－2.7　SeLA の規模

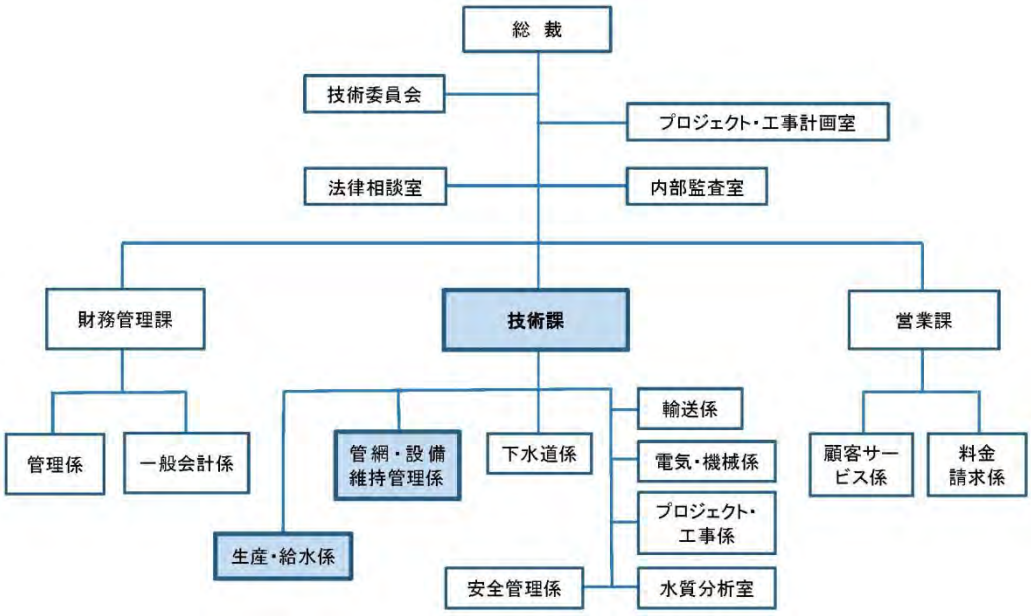
年度	年間予算（Bs.）	職員数（人）
2017	51,444,031	286（うち技術職 192）
2016	46,615,771	198（うち技術職 133）
2015	41,781,861	187（うち技術職 126）
2014	37,570,794	184（うち技術職 124）
2013	34,558,777	184（うち技術職 133）
2012	29,083,082	183（うち技術職 124）

技術者は 60～70%

組織の目的：オルロ市の市街地における上下水道サービスの提供

主な業務内容： 上下水道システムの整備、給水、井戸を含む上下水道施設の運転・維持管理、料金徴収

組織図：SeLA の組織図を以下の図－2.8 に示す。



図－2.8　SeLA 組織図

名称： チュキサカ県流域・水資源課 Direccion de Cuencas y Recursos Hidoricos (DCRH), Gobierno Autónomo de Chuquisaca

所在地：Pasaje Gandarillas s/n Zona la Madona, Sucre, Chuquisaca

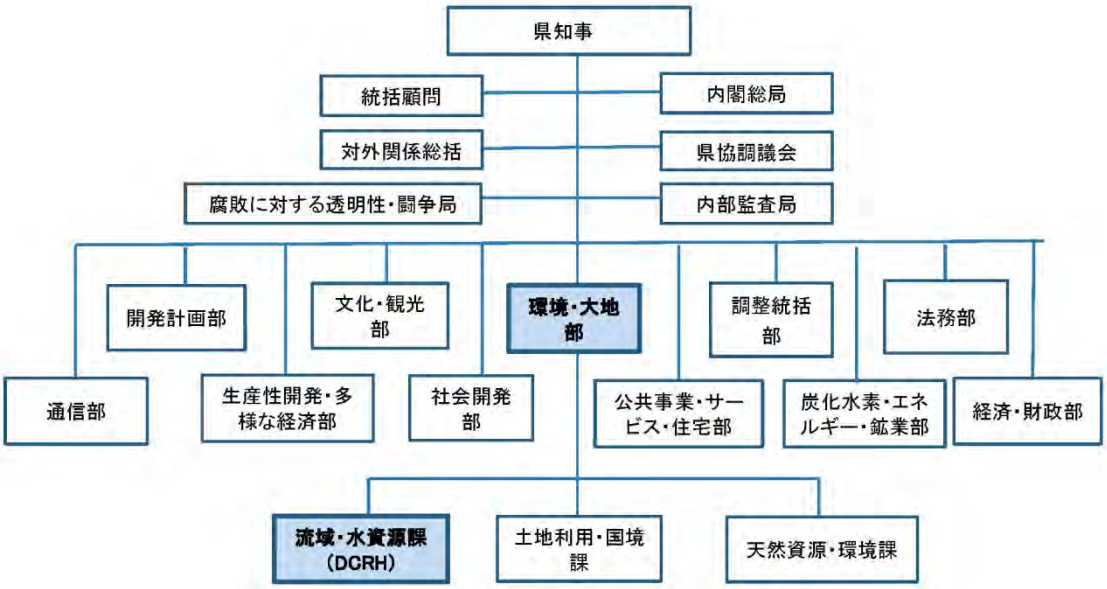
組織の規模： 過去 5 年間の DCRH 内のプロジェクト PROEPPAS の年間予算及び職員数を以下の表－2.8 に示す。

表－2.8　チュキサカ県 DCRH の PROEPPAS の規模

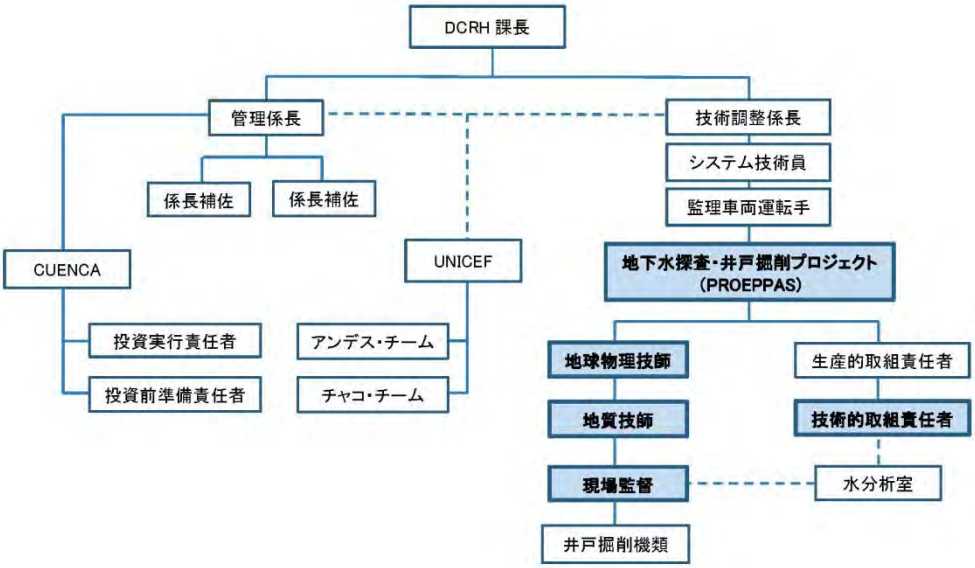
年度	年間予算（Bs.）	職員数（人）
2017	3,760,109	45(うち技術職 35)
2016	3,595,867	47(うち技術職 37)
2015	8,511,532	45(うち技術職 43)
2014	5,395,711	45(うち技術職 33)
2013	不明	不明

県 DCRH では、井戸掘削等の実働要員はプロジェクトにより雇用されており、これを県 DCRH 職員が監督者・専門家として管理している。井戸掘削、維持管理及び機材調達の予算も PROEPPAS、UNICEF、CUENCA といったプロジェクト単位となっている。

組織の目的：市町村における給水事業の支援。
主な業務内容：市町村の依頼に応じた井戸の掘削、井戸を含めた既存給水施設の改修等の維持管理支援
組織図：チュキサカ県及び DCRH の組織図を以下の図－2.9 及び図－2.10 に示す。



図－2.9　チュキサカ県組織図



図－2.10　チュキサカ県 DCRH 組織図

名称：　サンタクルス県 JICA 地下水事業課 Proyecto de Agua Subterranea - JICA (PROASU-JICA)，Gobierno Autónomo de Santa Cruz

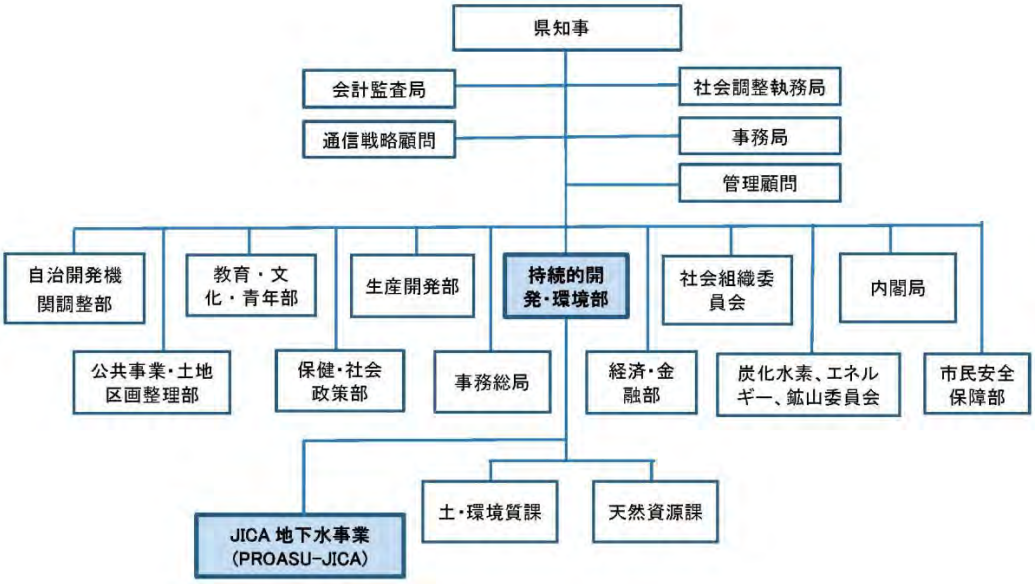
所在地：サンタクルス県サンタクルス・デ・ラ・シエラ市

組織の規模：年間予算は、2014 年に 35,000,000 だったが、2017 年には Bs.2,000,000 にまで激減しているとのことだが、詳細は不明。

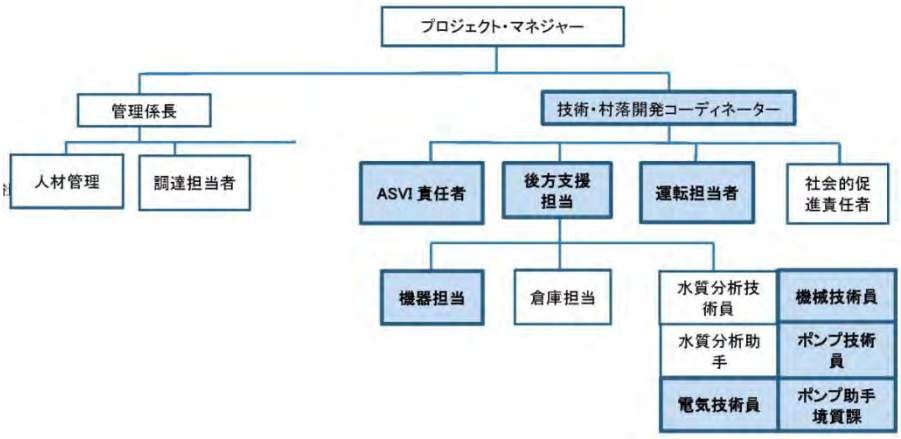
組織の目的：市町村における給水事業の支援。

主な業務内容：市町村の依頼に応じた井戸の掘削、井戸を含めた既存給水施設の改修等の維持管理支援

組織図：サンタクルス県及び PROASU の組織図を図－2.11 及び図－2.12 に示す。



図－2.11　サンタクルス県組織図



図－2.12　サンタクルス県 PROASU-JICA 組織図

名称：サンタクルス県ラガルディア市水組合

所在地： Calle 24 de Septiembre / Bolivar, Barrio 3 de Mayo, La Guardia, Santa Cruz

設立年：1966 年

組織の規模：過去 5 年間の年間予算及び職員数を以下の表－2.9 に示す。予算はすべて水道料金収入で賄っている。投資予算の比率は約 30%であり、井戸の新設等に支出している。不足する分は国及び市が支援している。

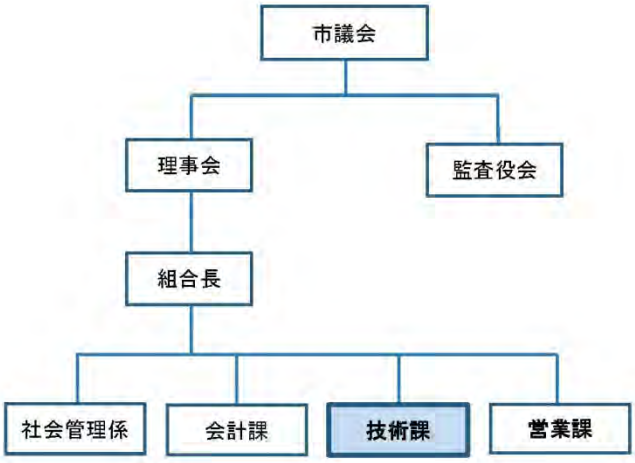
表－2.9　ラガルディア市水組合の規模

年度	年間予算（Bs.）	職員数（人）
2017	3,210,040	16
2016	2,896,768	16
2015	2,715,755	14
2014	1,959,622	14
2013	2,226,802	14

組織の目的：ラガルディア市における上水道サービスの提供

主な業務内容： 上水道システムの整備、給水、井戸を含む上水道施設の運転・維持管理、料金徴収

組織図：ラガルディア市水組合の組織図を以下の図－2.13 に示す。



図－2.13　ラガルディア市水組合組織図

名称：サンタクルス県エルトルノ市水組合 Servicio de Agua Potable y Alcantarillado Saneamiento (SEAPAS), El Torno

所在地：Calle 6 de Agosto No.7, Barrio Bolivia, El Torno, Santa Cruz

設立年：1972 年

組織の規模：過去 5 年間の年間予算及び職員数を以下の表－2.10 に示す。予算はすべて料金収入で賄っている。

表－2.10　エルトルノ市水組合の規模

年度	年間予算（Bs.）	職員数（人）
2016	2,876,055	16
2015	2,637,496	15
2014	2,297,036	15
2013	2,115,382	15
2012	1,994,973	14

組織の目的：　エルトルノ市中心部における上下水道サービスの提供

主な業務内容：　上下水道システムの整備、給水、井戸を含む上下水道施設の運転・維持管理、料金徴収

組織図：SEAPAS の組織図はラガルディア市水組合と同様。

3. 普及・実証事業の実績

（１）活動項目毎の結果

成果①：井戸カメラを用いた診断が実施され、井戸の機能低下の状況が明らかになる。

活動 1-1： 井戸管理者への聞き取りにより実証活動対象地区の井戸の機能低下状況を詳しく調査し、実証対象候補井を抽出する。（2017 年 3～6 月）

実証活動対象地区の井戸の機能低下状況については、第 1 回現地調査（2017 年 3 月）及び第 3 回現地調査（2017 年 6 月）を通じて、各地区の井戸管理者より資料提供及び聞き取り情報を得た。その結果を以下に示す。

1）ラパス県ティラタ地区（管理者：EPSAS）

EPSAS が管理しているエルアルト市ティラタ地区の井戸群は、1990 年に掘削・建設されたライン A の 15 本とライン B の 15 本との合計 30 本が基本であり、2016 年に新たにライン C の 7 本が開発されている。1990 年の新設以降、井戸の洗浄・改修を行っておらず、揚水量が相当低下していたため、2000 年当時、5 井の洗浄（エアーリフト）をラパスの井戸業者に発注したが、回復効果が得られなかった。その後、2007～2008 年までには揚水量の減少が顕著となり（17,400L/min→7,800L/min）、隣接した場所に新たに井戸を建設する計画が立てられ、2010 年に 3 井を新設した。その後、揚水量が 50%以下に低下した井戸を対象に 2010～2011 年に 16 井を、2014 年には 4 井を新設した。

各井戸の揚水量及び水位の経年変化は表－3.1A～表－3.1C に示すとおりであり、2007 年まではこうしたモニタリングが実施されていなかったが、2008 年、2010 年、2014 年に計測が行われ、2015 年以降は毎月の揚水量が計測・記録されるようになった。

ライン A、ライン B ともに建設から 18 年後の 2008 年には、多くの井戸で揚水量が当初の 30～50%に低下しており、新たに建設された井戸についても 10 年を経ないうちに揚水量が当初の 30%以下となったものが 8 井ある。一方、B-14 井のように建設後 26 年を経ても揚水量がほとんど低下しない井戸もある。

なお、聞き取り情報は、Mr. Tomas Quisbert Guarachi（技師長）, Ms. Ivette Arias（戦略・企画部長）, Mr. Marco A. Sonco（施設維持管理部長）, Mr. René Espejo（ティラタ配水場長）より得たものである。

表－3.1A　エルアルト市ティラタ井戸群（ライン A）の揚水量経年変化

井戸 (m)	口径 (インチ)	建設時					経年変化												
							2008年6月				2010年10月			2014年10月			2016年1～12月	
		年	深さ (m)	揚水量 (lit./min)	静水位 (m)	動水位 (m)	揚水量 (lit./min)	静水位 (m)	動水位 (m)	対建設時の揚水量比	揚水量 (lit./min)	静水位 (m)	動水位 (m)	揚水量 (lit./min)	静水位 (m)	動水位 (m)	揚水量(平均) (lit./min)	対建設時の揚水量比
A1	10	1990	90	700	13.06	43.50	343	30.46	―	49.0%	318	29.36	―	238	27.50	41.45	238	34.0%
A2	10	1990	90	500	20.00	32.25	―	19.11	―	―	新設	―	―	―	―	―	―	―
A2-II	8	2010	92								389	28.20	35.30	220	35.35	43.33	225	57.8%
A3	10	1990	90	700	16.07	40.95	291	28.54	52.40	41.6%	―	20.85	―	新設	―	―	―	―
A3-II	8	2010	75											446	34.50	49.20	437	98.0%
A4	10	1990	90	500	14.75	29.80	262	16.7	47.00	52.4%	179	14.43	―	新設	―	―	―	―
A4-II	8	2010	95											569	22.30	47.20	462	81.2%
A5	10	1990	90	700	12.58	25.00	325	18.59	42.76	46.4%	新設	―	―	―	―	―	―	―
A5-II	8	2010	95								753	13.91	―	885	19.05	27.30	819	108.8%
A6	10	1990	78	700	12.70	33.70	327	16.45	―	46.7%	360	15.38	―	新設	―	―	―	―
A6-II	8	2010	83											921	20.31	34.05	830	90.1%
A7	10	1990	91	700	11.48	20.23	337	13.19	―	48.1%	新設	―	―	―	―	―	―	―
A7-II	8	2010	110								696	14.90	―	944	20.95	35.68	854	122.7%
A8	10	1990	90	700	12.60	28.50	519	14.61	―	74.1%	240	16.65	―	226	19.75	47.90	192	27.4%
A9	10	1990	90	700	10.80	46.24	161	12.64	54.70	23.0%	新設	―	―	―	―	―	―	―
A9-II	8	2010	123								569	15.73	―	596	18.70	27.75	595	104.6%
A10	10	1990	111	670	10.90	56.70	―	12.47	―	―	新設	―	―	―	―	―	―	
A10-II	8	2010	113								661	16.45	―	563	19.84	26.25	485	73.4%
A11	10	1990	70	700	11.90	31.23	226	15.51	―	32.3%	88	19.27	―	76	23.20	43.70	64	9.1%
A12	10	1990	70	400	11.03	57.70	―	12.95	―	―	502	23.52	―	新設	―	―	―	―
A12-II	8	2010	112											378	30.60	45.30	323	85.4%
A13	10	1990	72	264	14.34	49.50	70	25.27	61.57	26.5%	―	21.32	―	新設	―	―	―	―
A13-II	8	2010	110											481	32.60	43.82	389	80.9%
A14	10	1990	60	700	10.50	34.58	256	20.13	―	36.6%	280	25.85	―	新設	―	―	―	―
A14-II	8	2010	不明											479	38.70	48.94	418	87.3%
A15	10	1990	59	282	5.12	49.22	107	13.08	―	37.9%	140	12.33	―	新設	―	―	―	―
A15-II	8	2010	不明											255	30.50	41.06	224	87.8%

注）　井戸番号-II は各井戸に隣接して新設された井戸を示す。

表－3.1B　エルアルト市ティラタ井戸群（ライン B）の揚水量経年変化

井戸 (m)	口径 (インチ)	建設時					経年変化											
							2008年6月				2010年10月			2014年10月			2016年1～12月	
		年	深さ (m)	揚水量 (lit./min)	静水位 (m)	動水位 (m)	揚水量 (lit./min)	静水位 (m)	動水位 (m)	対建設時の揚水量比	揚水量 (lit./min)	静水位 (m)	動水位 (m)	揚水量 (lit./min)	静水位 (m)	動水位 (m)	揚水量(平均) (lit./min)	対建設時の揚水量比
B1	10	1990	90	672	10.40	29.40	134	11.36	－	19.9%	新設	－	－	－	－	－	－	－
B1-II	8	2010									519	12.86	－	186	13.44	45.85	141	27.2%
B2	10	1990	80	562	10.10	31.60	116	10.86	－	20.6%	－	10.33	－	新設	－	－	－	－
B2-II	8	2010												363	15.60	36.60	400	110.2%
B3	10	1990	90	640	11.50	35.50	248	12.55	59.30	38.8%	194	11.46	－	新設	－	－	－	－
B3-II	8	2010												498	18.65	32.28	461	92.6%
B4	10	1990	81	540	10.70	25.20	－	10.08	－	－	新設	－	－	－	－	－	－	－
B4-II	8	2010									596	11.10		377	15.40	38.00	471	79.0%
B5	10	1990	90	590	10.10	39.10	213	10.21	45.00	36.1%	新設	－	－	－	－	－	－	－
B5-II	8	2010									190	10.50	－	519	13.72	36.10	467	245.8%
B6	10	1990	90	1,002	8.00	29.00	380	9.22	－	37.9%	407	9.10	－	296	12.42	37.30	225	22.5%
B7	10	1990	90	420	8.30	34.30	118	24.71	－	28.1%	－	9.55	－	新設	－	－	－	－
B7-II	8	2010											－	349	14.69	47.40	504	144.4%
B8	10	1990	90	672	8.58	50.08	209	10.21	－	31.1%	160	8.22	－	170	14.37	42.38	167	24.9%
B9	10	1990	90	492	9.20	13.90	297	13.29	51.70	60.4%	380	13.53	－	新設	－	－	－	－
B9-II	8	2010											－	978	18.60	31.75	820	83.8%
B10	10	1990	90	540	8.80	14.00	303	15.66	－	56.1%	290	15.34	－	新設	－	－	－	－
B10-II	8	2010											－	336	22.40	40.95	349	103.9%
B11	10	1990	96	858	9.45	25.45	191	18.57	54.60	22.3%	－	17.20	－	新設	－	－	－	－
B11-II	8	2010												937	24.71	33.53	788	84.1%
B12	10	1990	90	1,152	8.52	23.52	863	19.83	56.80	74.9%	642	18.32	－	570	24.07	42.26	664	57.6%
B13	10	1990	90	1,188	6.80	20.80	487	17.06	34.05	41.0%	443	15.35	－	243	19.45	31.04	119	10.0%
B14	10	1990	69	732	7.20	21.30	781	16.64	32.30	106.7%	727	15.62	－	742	19.00	33.25	688	94.0%
B15	10	1990	90	1,002	6.50	17.50	280	17.49	26.97	27.9%	－	15.44	－	－	17.35	－	－	－

注）　井戸番号-II は各井戸に隣接して新設された井戸を示す。

表－3.1C　エルアルト市ティラタ井戸群（ライン C）の揚水量経年変化

井戸 (m)	口径 (ｲﾝﾁ)	建設時					経年変化 2016年		
		年	深さ (m)	揚水量 (lit./min)	静水位 (m)	動水位 (m)	対象期間 (lit./min)	揚水量(平均) (lit./min)	対建設時の揚水量比
C1	8	2016	不明	650	―	―	3～12月	647	99.5%
C2	8	2016	不明	667	―	―	5～12月	665	99.7%
C3	8	2016	不明	667	―	―	5～12月	663	99.4%
C4	8	2016	不明	683	―	―	3～12月	670	98.1%
C5	8	2016	不明	667	―	―	9～12月	666	99.9%
C6	8	2016	不明	667	―	―	10～12月	661	99.1%
C7	8	―	―	―	―	―	―	―	―

注）建設年が 2016 年であり、入手した揚水量データが当該年のみなので、正確には経年変化ではなく、2016 年内の変化である。

2) オルロ県オルロ市（管理者：SeLA）及び近隣市町村（管理支援者:県 UNASBVI）

SeLA 所管の水源の 93%は井戸であり、残りの 7%が表流水である。現在、23 本の生産井があり、5 井が揚水量低下やポンプ故障等の機能低下により稼働してない状況である。各井戸の生産ポテンシャルは 1,200～1,800L/min あるが、送水管の能力が低く取水が制限されている。

SeLA 保有の井戸データを整理したものが表－3.2 である。1980 年代に建設された井戸が多いがモニタリングデータは残っておらず、2008 年になって月毎の動水位、生産量等のデータを残すようにしている。2008～2016 年の経年変化によると、PP-11 井及び PP-20 井で顕著な生産量低下が見られるほか、SeLA-6 井及び PP-17 井でも生産量の低下が見られる。聞き取り情報によると、PP-9 井は 1983 年に建設された井戸だが、初期の揚水能力 1,500L/min が現在では 300L/min に低下している。

他の井戸については、生産量低下が見られない。上述したように生産量が送水能力により制限されており、揚水能力以下の生産をしているため経年劣化傾向が明確ではないが、1969 年に建設された SeLA2 井が 2016 年現在、生産量が 1,320L/min と良好なことから、同じアンデス高地にある EPSAS の井戸に比べ、SeLA の井戸の経年劣化は遅く寿命が長いと考えられる。

なお、聞き取り情報は、Mr. Rolando Herrera (総裁), Mr. Gary Terceros Cossío (技師長), Ms. Lourdes España (生産課長), Ms. Raquel Pinaya Céspedes (事業・工事課長)より得たものである。

オルロ県 UNASBVI は、県内の市町村の要請に応じて井戸の掘削・建設を行い、建設後の維持管理は当該市町村の水組合／水委員会が行うが、井戸の維持管理に関する助言・指導に対応している。県が掘削した井戸は全体で約 350 井あるが、年間 10 井程度についてエアーリフトによる洗浄を実施している。聞き取り情報によると、県内の井戸の平均寿命は約 20 年であるが、井戸建設時のケーシング背後の充てん砂利の粒径・施工もしくはスクリーン開口部の大きさの不適切さに起因すると考えられる、顕著な土砂の堆積と高い濁度の対応が問題となっている。

なお、聞き取り情報は、Mr. Edwin Lazarte Condori (UNASBVI 課長), Ms. Maria Mamani

Quispe（井戸管理者）より得たものである。

表－3.2　SeLA 管理井の揚水量経年変化

地区	井戸名	諸元	単位	年度								
				2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
チャリャパンピータ	SeLA2	L:年平均動水位	m	24.6	24.2	25.2	24.0	25.0	23.7	22.3	24.5	25.1
		Q:年平均揚水量	lit/min	434	1,000	897	962	1,054	1,061	1,131	1,215	1,324
	SeLA6	L	m	27.5	26.8	27.6	27.7	27.4	25.7	22.6	26.3	25.1
		Q	lit/min	889	734	811	824	788	627	624	613	616
チャリャパンパ・グランデ（カラカハ）	PP-7	L	m	18.4	21.7	24.2	23.6	25.3	24.3	23.3	20.8	24.0
		Q	lit/min	2,032	2,014	2,376	2,425	2,292	2,230	1,867	1,823	1,984
	PP-9	L	m	–	–	–	–	11.6	18.2	19.1	15.3	–
		Q	lit/min	–	–	–	–	211	254	229	211	–
	PP-10	L	m	30.1	31.8	30.1	30.9	30.6	29.9	29.1	25.7	21.4
		Q	lit/min	908	979	771	995	980	900	1,044	979	1,171
	PP-11	L	m	22.9	25.0	21.4	20.5	19.6	19.5	21.2	25.0	24.2
		Q	lit/min	3,179	2,978	2,822	2,520	2,370	1,852	1,443	1,393	617
	PP-14	L	m	18.8	18.8	18.8	19.5	20.3	27.6	24.2	17.1	16.9
		Q	lit/min	2,130	2,092	2,264	2,068	2,356	2,979	2,704	2,692	2,663
	PP-15	L	m	15.9	16.4	16.7	17.8	17.4	17.5	17.2	16.7	16.8
		Q	lit/min	1,651	1,711	1,903	1,930	1,958	2,476	2,246	2,236	2,068
	PP-17	L	m	20.8	21.6	23.0	25.6	23.4	21.0	16.3	17.7	15.8
		Q	lit/min	1,825	1,846	2,033	1,954	1,814	1,765	1,462	1,428	1,556
	PP-20	L	m	15.6	16.0	16.6	16.1	16.8	16.3	17.0	16.0	15.7
		Q	lit/min	2,779	2,798	2,556	2,068	1,555	1,553	1,521	1,525	1,477
	PP-21	L	m	–	–	19.9	21.2	20.7	17.3	18.0	15.6	14.9
		Q	lit/min	–	–	623	1,031	1,313	1,333	1,061	1,184	1,196
	PP-22	L	m	–	–	–	13.6	21.5	18.0	27.3	17.9	18.4
		Q	lit/min	–	–	–	835	793	719	1,108	986	1,056
	PP-23	L	m	–	–	–	–	–	–	23.8	24.3	
		Q	lit/min	–	–	–	–	–	–	1,611	1,132	
	PP-24	L	m	–	–	–	–	–	–	27.4	25.2	23.7
		Q	lit/min	–	–	–	–	–	–	1,621	1,625	1,623
	PP-27	L	m	–	–	–	–	–	–	–	22.8	9.9
		Q	lit/min	–	–	–	–	–	–	–	894	1,217
サンタロサ	BP107	L	m	6.8	7.1	7.0	7.3	7.2	7.7	7.5	7.3	7.8
		Q	lit/min	561	573	544	577	567	554	569	574	575
エルカルメン	CARMEN	L	m	9.9	8.8	9.0	9.8	9.3	8.4	9.5	9.6	9.4
		Q	lit/min	542	574	527	506	493	518	535	550	574
ロスアンヘルスCIO	ANGELES	L	m	–	8.4	8.2	8.8	8.6	7.4	8.0	8.2	8.2
		Q	lit/min	–	171	195	361	453	478	505	639	432
サンイシドロ	SAN ISIDRO	L	m	–	–	–	–	7.0	6.0	5.5	16.0	15.7
		Q	lit/min	–	–	–	–	99	139	271	401	494
ペドロイフェラリ	PEDRO FERRARI	L	m	–	–	–	–	–	–	–	18.4	15.7
		Q	lit/min	–	–	–	–	–	–	–	427	357

3）チュキサカ県スクレ市近隣市町村（管理支援者:県 DCRH）

スクレ市の水道公社（ELAPAS）の水源は表流水であり、井戸を所有していない。県の DCRH は、市町村の要請に基づいて主に井戸の掘削・建設をしているが、建設後の維持管理は市町村の水組合/水委員会が行っている。これらの水組合等から井戸の改修（洗浄）の要請があり、DCRH として対応している。

DCRH は、1998 年に日本の無償資金協力を得て井戸の掘削を始めてから約 20 年が経過しており、診断・改修が必要と考えているが、井戸の揚水量等のモニタリングをしておらず経年変化が不明である。表－3.3 は、これまで DCRH が掘削・建設してきた井戸の数であるが､22%が廃井となっている｡一般的には井戸の寿命は 20 年程であるが、チャコ地方では粘土層や細砂層が多く寿命が 1.5 年程度の井戸があり、目詰まりではなく土砂の孔内堆積が原因と考えられている。

井戸管理者からの聞き取り情報によると、ある井戸では 2001 年の建設時に揚水能力が 180L/min であったが 2012 年には 120L/min に低下し、エアーリフトによる洗浄を行った結果、150L/min まで回復したが、2017 年には再び 120L/min に低下したという、大よその経年変化がみられるとのことである。県全体では、2010～2016 年に 21 井に対してエアーリフトによる洗浄を行い、2 井を除いて建設時の機能を回復した。

なお、聞き取り情報は、Mr. Wenceslao Simón Torrez Espada (部長), Mr. Florencio Garabito (地質専門職), Mr. Franklin Vela Mamani (物理探査専門職)より得たものである。

表－3.3　チュキサカ県 DCRH による井戸掘削・建設の実績

年	掘削総数	登録井	廃井
1998	34	21	13
1999	10	7	3
2000	18	14	4
2001	22	20	2
2002	8	7	1
2003	11	9	2
2004	13	12	1
2005	19	14	5
2006	15	11	4
2007	16	12	4
2008	12	8	4
2009	25	18	7
2010	24	17	7
2011	35	29	6
2012	33	28	5
2013	18	15	3
2014	30	26	4
2015	13	10	3
合計	356	278	78
		78.1%	21.9%

4) サンタクルス県サンタクルス市近隣市町村（管理者:ラガルディア市水組合及びエルトルノ市水組合、管理支援者:県 PROASU)

他の県と同様に、建設後の維持管理は当該市町村の水組合/水委員会が行い、サンタクルス県 PROASU は県内の市町村の要請に基づいて井戸の掘削・建設及びエアーリフトによる洗浄を行っている。井戸の診断・改修の対象井の提供元として、PROASU よりラガルディア市水組合とエルトルノ市水組合の 2 か所の水組合の紹介を受けた。

ラガルディア市水組合が管理している生産井は稼働中のものが 5 井であり、そのうち No.4、No.6、No.8 の 3 井が問題となっている。組合長・技術班長への聞き取りによる各井の問題および情況は以下のとおりである。

No.4： 1999 年建設、深さ 184m、初期静水位[4]18m、初期動水位 75m、初期揚水量 360L/min、口径 8 インチ、水が臭いとの苦情あり、水中ポンプと揚水管が落下したため上部に新たにポンプと揚水管を設置して運転中。水の臭いが水質汚染によるものだとすると、地表付近の下水等で汚染された地下水が不透水層の切れ目（水みち）を通って深層の地下水に侵入する、あるいはケーシング背後の遮水処理が不十分なため汚染された表層部の地下水が深層部に侵入する等の原因が考えられる。

No.6： 2000 年建設、深さ 190m、初期静水位 23m、初期動水位 90m、初期揚水量 600L/min、口径 10 インチ、2，3 か月で 50%くらい機能低下するがエアーリフトによる洗浄で機能回復するので、1 年に 2 回エアーリフト実施。短期間で機能低下するのは、不適切な充填砂利の粒径・施工あるいはケーシングの破損による細砂の流入に起因すると考えられる。

No.8： 2010 年建設、深さ 207m、初期揚水量 1,500L/min、建設後約 2 週間稼働したが、シルトによる濁りが発生して揚水量も 900L/min に低下したため現在はほとんど停止中。汚染されているとの苦情あり。2015 年にエアーリフト洗浄したが効果なし。汚染されているとの苦情は濁度が高いことによるものと考えられ、不適切な充填砂利の粒径・施工あるいはケーシングの破損による細砂の流入に起因すると考えられる。

エルトルノ市水組合が管理する井戸は 6 井であり、その概要は表－3.4 のとおりである。No.2 井は土砂の流入があり濁度が高く、揚水時に約 30 分汲み続けないと澄んだ水にならないが、ラガルディア市水組合の N0.6 井及び No.8 と同様に不適切な充填砂利の粒径・施工あるいはケーシングの破損による細砂の流入に起因すると考えられる。No.3 は、鉄、マンガンによるスケールでスクリーンが詰まっているようである。

なお、聞き取り情報は、Mr. Clodo Rodriguez Mendoza（組合長）より得たものである。

表－3.4　エルトルノ市水組合管理井の概要

井戸名	建設年	深さ (m)	口径 (インチ)	揚水量(lit/min)	
				建設時	現在(2017年)
2	1989	160	10 & 8	900	505
3	1986	149	8 & 6	1,020	515
7	2007	198	10 & 8	1,800	640
8	2010	207	8	1,500	940
F1	2013	158	6	780	482
9	2015	168	8	1,800	684

活動 1-2： 製作・輸送した提案製品を使用し、実証対象候補井の予備的診断を行い、対象井を最終確定する。(2017 年 7 月)

資機材リストにある提案製品（井戸カメラ i-Do300FⅡ）2 セットについて、2017 年

[4] 自然水位のことであり、井戸においてポンプを使用して汲み上げる前の自然状態の水位のこと。

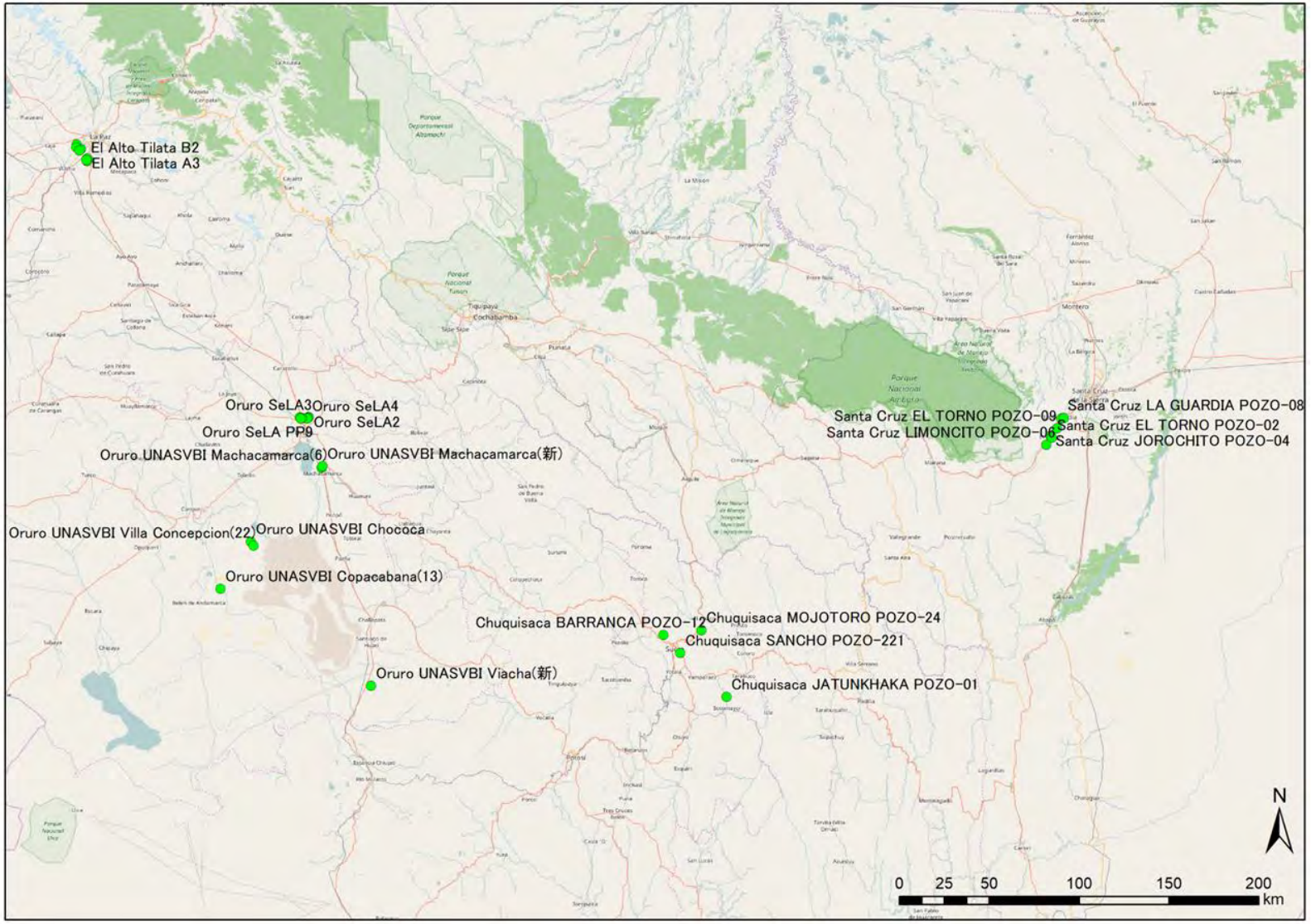
5 月末までに製作を終え、6 月 5 日にボリビアに向けて発送（精密機器のため空輸）した。サンタクルス市にて必要な通関手続きの後、6 月 29 日に荷受人宛てに配送された。なお、本件では C/P 機関が荷受人となれないこと、ボリビアにおいては通関業者を荷受人とすることが禁止されていること、JICA 事務所を荷受人とした場合には使用目的が事務所自身による利用に限られ、C/P 側への供与ができないことから、販売代理店候補の現地民間企業を荷受人として通常の輸入通関を行った。しかし、このままでは機材が当該民間企業の資産となってしまうため、JICA 及び当該企業の両者から機材を C/P 機関宛てに供与する旨の合意文書を JICA 事務所に作成してもらい（事務所顧問弁護士の指導による）、対応することとした。

稼働確認の後、本提案製品を用いて 7 月 10～25 日の期間、診断・改修の実証活動候補井合計 30 井（ラパス県 8 井、オルロ県 12 井、チュキサカ県 4 井、サンタクルス県 6 井）の予備診断を実施した。候補井については、サブ C/P 機関と協議の上、アクセスの容易さ、特徴的な機能低下状況を有すること、当該サブ C/P 機関の要望に沿うこと、作業に支障がないこと、周辺住民への影響がないこと等を勘案して選定した。

予備診断対象井の位置図は図－3.1 に、診断結果は表－3.5 に示すとおりである。また、提案機材で撮影した孔内写真を含めた井戸別の診断結果を添付資料（予備診断結果シート）に示した。ラパス県及びサンタクルス県ではスクリーンのスケール付着が多く、エアーリフトによる洗浄だけでは不十分であり、ジェッティングによる洗浄が必要である。オルロ県及びチュキサカ県ではスケールの付着は比較的少なく、エアーリフトによる洗浄が有効と考えられる。オルロ県 UNASBVI 関係の井戸は PVC 管にスリットを入れたスクリーンを用いているものが多いが、スリットが大きく土砂の流入・堆積が顕著である。

予備診断で得た候補井 30 井について、機能低下の要因がスクリーンの目詰まりと考えられること、改修によって機能回復の可能性があること、サブ C/P 機関等、当該井戸の維持管理を所管する機関の要望に沿うこと等を勘案して 10 井を改修対象として選定した。選定した対象井は表－3.5 に着色して示した。

その後、改修を実施する過程で、オルロ県において SeLA 側より PP11 井の機能回復を優先したいことから、PP11 井の追加あるいは SeLA3 井との取り替えについて強い要望があった。PP11 井は(掘削時の記録により)1980 年に建設され、当初揚水量 3,000L/min だったが、現在 1,200～1,320L/min に低下して全体の生産量に大きな影響を与えているため、優先的に機能回復したいとのことであった。PP11 井は予備診断を行ってないので、先ずは予定通り SeLA3 井を改修し、時間的余裕があれば PP11 井の改修を追加することとした。その結果、最終的に合計 11 井を診断・改修に関する実証活動の対象井とした。



図－3.1　予備診断井位置図（全体）

表－3.5　井戸予備診断結果一覧

県名	井戸名	実施日	井戸の破損	スケール量	目詰まり	ケーシング口径	観察深度	その他
ラパス	A2-II	2017年7月13日	あり	少ない	少ない	8"	90.3m	目地から水漏れを確認。
	A3-II	2017年7月10日	なし	多い	多い	8"	67.3m	
	A11	2017年7月11日	なし	多い	多い	10"	67.6m	
	B1-II	2017年7月11日	なし	少ない	多い	8"	87.6m	
	B2-II	2017年7月11日	なし	少ない	多い	8"	64.0m	
	B10-II	2017年7月10日	なし	多い	多い	8"	106m	
	B13	2017年7月13日	なし	多い	多い	10"	72.4m	
	A15-II	2017年7月27日	なし	少ない	多い	8"	82.2m	
	A8	中止						ポンプを抜くことができないため中止 ただし、井戸診断は2015年に実施しているため、そのデータを用いることができる。
オルロ	PP9	2017年7月17日	なし	少ない	多い	12"→10"	67.0m	
	PP26	2017年7月17日	なし	少ない	少ない	12"→10"→8"	63.2m	
	PP27	2017年7月21日	なし	少ない	少ない	12"→10"	63.9m	スクリーン途中で埋没確認。
	SeLA 2	2017年7月18日	なし	少ない	多い	12"	55.7m	深度40.6m, 50.5mにて異物有り。深度48.2mからボトムまで3/4"程度のパイプ落下。また、ボトムに黒色の異物が落下。
	SeLA 3	2017年7月18日	なし	少ない	多い	12"	56.8m	全体的に白いスケールが付着しており、スクリーン部の目詰まりも多い。 深度40.0m, 43.5m, 44.5mにて異物有り。深度51.4mからボトムまで3/4"程度のパイプ落下。
	SeLA 4	2017年7月18日	なし	多い	多い	12"	48.9m	全体的に黒いスケールが付着しており、スクリーン部の目詰まりも多い。 上部は水に濁りがあり、視界不良区間が多い。深度9.5m付近に異物を確認。
	DASAR 6 Machacamarca	2017年7月20日	なし	多い	少ない	6"	23.1m	19m以深より、ゼリー状のスケールが多量に付着し、内径が狭くなっている模様。 深度5.6m、9.7mにて異物確認。スクリーン位置不明確。
	DASAR 6 Machacamarca(新)	2017年7月19日	なし	少ない	少ない	6"	28.6m	ボトムに異物(ベルトのような繊維状のもの)有り。
	DASAR Viacha(新)	2017年7月19日	なし	少ない	少ない	6"	27.7m	ボトムに異物(ベルトのような繊維状のもの)有り。
	13 Copacabana	2017年7月25日	なし	少ない	少ない	6"	29.4m	
	22 Villa Concepcion	2017年7月24日	なし	少ない	少ない	6"	24.7m	スクリーン途中で埋没確認。
	Chococa	2017年7月25日	なし	少ない	少ない	6"	30.9m	
	Sica Ullami	中止						ポンプを抜くことができないため中止
	DASAR 8 Viacha	中止						ポンプを抜くことができないため中止
チュキサカ	MOJOTORO POZO-24	2017年7月20日	なし	少ない	少ない	8"	127.7m	
	BARRANCA POZO-12	2017年7月21日	なし	少ない	少ない	6"	133.0m	
	JATUN KHAKA POZO-01	2017年7月24日	あり	多い	多い	6"	75.5m	44.9～45.2mフィルターの柱が破損
	SANCHO POZO-221	2017年7月25日	なし	少ない	少ない	6"	90.8m	目地はほとんどの部分で確認出来る。 スクリーン区間は一部を除き、目詰まりは少ない。
サンタクルス	LA GUARDIA POZO-08	2017年7月12日	なし	多い	多い	6"	198.1m	20m台は濁りにより大部分観察不能 目地は確認できない区間が多い。 スクリーン区間は目詰まりが多い。
	LA GUARDIA POZO-06	2017年7月13日	あり	多い	多い	10"	182.9m	水面に樹脂製ホースが30m程度落下しており、回収後に観察。そのため、25～40mは濁りにより大部分観察不能。 観察孔底付近に破損。落下物の可能性あり。
	LIMONCITO POZO-06	2017年7月14日	なし	多い	多い	10"	127.7m	下側のスクリーンが破損したためセメントを入れたとのこと。 孔口から投下したため、ターゲット深度以外の箇所もセメントが付着していた。 目地はほとんどの区間で確認できる。 スクリーン区間は目詰まりが多い。
	EL TORNO POZO-02	2017年7月15日	あり	多い	多い	10"→8"	151.5m	
	JOROCHITO POZO-04	2017年7月17日	なし	多い	多い	8"	137.6m	
	EL TORNO POZO-09	2017年7月18日	なし	多い	多い	8"	117.4m	

診断・改修実証活動対象井(暫定)

活動 1-3： 最終確定した 4 地域・10 か所の対象井について、井戸カメラによる内部の撮影を行う。（2017 年 9～12 月）

予備診断結果により選定した 10 井に、1980 年建設の古い井戸である PP11 井を加えた合計 11 井について、改修作業の前後に井戸カメラによる画像撮影を行った。対象井の諸元は表－3.6 に示すとおりである。

表－3.6　改修対象井戸の諸元

県	井戸名	諸元				
		建設年	深さ（m）	口径（インチ）	スクリーン材質	初期揚水量（lit/min）
ラパス	A11	1990	70	10	亜鉛メッキ	700
	B1-II	2010	87	8	亜鉛メッキ	519
	A15-II	2014	91	8	亜鉛メッキ	255
オルロ	PP9	1980	75	12&10	ステンレス	1,038
	PP11	1980	88	12&10	ステンレス	3,429
	SeLA2	1969	70	12	亜鉛メッキ	1,266
	SeLA3	1969	60	12	亜鉛メッキ	不明
チュキサカ	Mojotoro 24	1998	130	6	亜鉛メッキ	120
	Barranca 12	1998	133	6	亜鉛メッキ	140
サンタクルス	La Guardia 8	2010	207	8	亜鉛メッキ	1,500
	El Torno 9	2015	168	8	亜鉛メッキ	1,800

井戸カメラ撮影結果による改修前後の孔内概観比較図については、ラパス県 EPSAS-A11 井に関するものを一例として図－3.2 に示し、全 11 井に関するものを添付資料（改修結果シート）に示す。

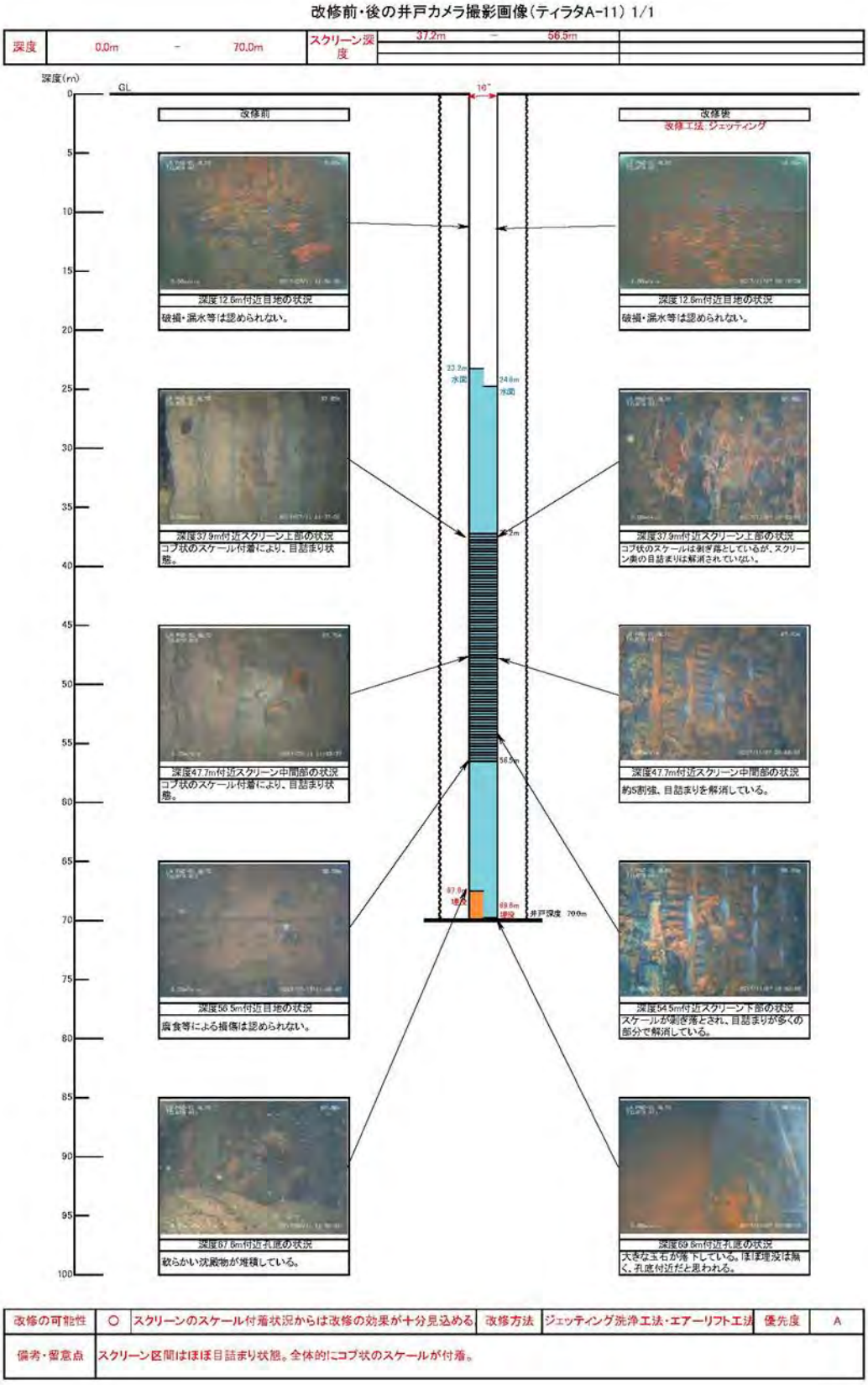
活動 1-4： 撮影結果を基に井戸の機能低下の状況を診断・分析する。（2017 年 9～12 月）

ラパス県

A11 井は 1990 年建設の 28 年経過の古い井戸であり、上層から下層までスクリーンにスケールがこぶ状に固着しており、スクリーンの開口部が全く見えないほどの目詰まりが見られ、機能低下の激しさがうかがえた。B1-II は 2010 年に建設された 8 年経過の井戸であり、A11 井ほどの激しいこぶ状のスケールの固着はみられないが、上層から中層にかけてスクリーンの目詰まりが顕著であった。A15-II 井は 2014 年建設の 4 年経過の比較的新しい井戸であるが、B1-II 井と同様に上層から中層にかけてスクリーンの目詰まりがみられるとともに、底部に沈殿物（埋没）が厚く（約 8m）堆積していた。

オルロ県

PP11 井は 1980 年建設の 38 年経過の古い井戸であるが、スクリーン開口部が確認できるように目詰まりはあまり激しくなく、スケールもこぶ状ではなく薄くスクリーンを覆っている程度であった。同様に、PP9 も 38 年経過の古い井戸であるが、スクリーンを覆うスケールが薄く、目詰まりも激しくなく、PP9 と同様にスクリーンの材質がステンレスであることの効果と考えられる。一方、SeLA2 及び SeLA3 は 1969 年建設の 49 年経過の非常に古い井戸で、スクリーンの材質も亜鉛メッキであり、目詰まりが顕著



図－3.2　改修前後の孔内状況比較（ラパス県 EPSAS-A11 井）

であった。ただ、ラパス県の井戸に比べるとスケールの固着が激しくなかった。また、PP11、SeLA2、SeLA3 と、4 井中の 3 井で落下異物が発見され、維持管理の作業手順に課題が多いと考えられる。

チュキサカ県

Mojotoro24 井及び Barranca12 ともに 1998 年建設の 20 年経過の井戸であるが、スクリーンのスケール付着は少なく、スクリーン開口部が確認でき、目詰まりは激しくないことから機能低下はあまり激しくなく、改修により比較的容易に機能回復が図れると推察された。

サンタクルス県

La Guardia 8 井は 2010 年建設の 8 年経過、El Torno 9 井は 2015 年建設の 3 年経過の比較的新しい井戸だが、両井ともにスクリーンのスケールの付着が多く、目詰まりが顕著であり、比較的短期間で井戸機能が低下することが認められた。

成果②：診断に基づき井戸改修の方法選択・実施が行われ、井戸カメラを用いた診断の有効性が実証される。

活動 2-1： 診断結果に基づき改修方法を選択し、決定する。（2017 年 9～12 月）

各井に採用した改修方法とその選定理由は表－3.7 に示すとおりである。改修方法は、原則としてボリビアで一般的に利用されている技術を用い、C/P 機関や関係機関に説明・協議の上、決定した。

表－3.7　改修方法一覧

県	井戸名称	改修時期	改修方法	改修方法の選定理由
ラパス	A11	2017/11/20～22	ジェッティング＋エアーリフト	1990年建設の古い井戸であり、スクリーン部分がほぼ目詰まり状態であり、全体的にこぶ状のスケールの固着がみられるため、スケールの破砕効果が高く改修効果が高いジェッティング法を採用。
	B1-II	2017/11/23～27	ブラッシング＋スワビング＋エアーリフト	比較的新しい井戸（2010年建設）であり、全体的に目詰まりは多いがスケール量はさほど多くないため、機械操作が比較的容易なブラッシング法とスワビング法の組み合わせを採用。
	A15-II	2017/11/28～12/4	ジェッティング＋エアーリフト	B1-IIと同様に新しい井戸（2014年建設）であるが、B1-11との対比の意味でジェッティング法を採用。
オルロ	PP9	2017/10/24～31	ジェッティング＋エアーリフト	古い井戸（1980年建設）であり、スクリーンのスケールが多いことから、スケールの破砕効果が高く改修効果が高いジェッティング法を採用。
	PP11	2017/11/1～9	ジェッティング＋エアーリフト	古い井戸（1980年建設）であり、改修効果の高いジェッティング法を採用。
	SeLA2	2017/11/9～15	ジェッティング＋エアーリフト	古い井戸（1969年建設）であり、スクリーンのスケールが多いことから、スケールの破砕効果が高く改修効果が高いジェッティング法を採用。
	SeLA3	2017/10/31～11/10	ブラッシング＋スワビング＋エアーリフト	古い井戸（1969年建設）であるが、全体的にスケールの量が少なく、SeLA2との対比の意味でブラッシング法とスワビング法の組み合わせを採用。
チュキサカ	Mojotoro24	2017/10/9～11	ブラッシング＋スワビング＋エアーリフト	全体にスケール、目詰まりとも少なく、機械操作が比較的容易なブラッシング法とスワビング法の組み合わせで十分洗浄効果が得られると考え、同組合せ法を採用。
	Barranca12	2017/10/12～18	ブラッシング＋スワビング	同上
サンタクルス	ラガルディア8	2017/9/26～29	ジェッティング＋エアーリフト	スクリーン部のスケール、目詰まりともに多いので、改修効果の高いジェッティング法を採用。
	エルトルノ9	2017/10/2～4	ブラッシング＋スワビング＋エアーリフト	スクリーン部のスケール、目詰まりともに多いが、ラガルディア8との対比の意味でブラッシング法とスワビング法の組み合わせを採用。

ジェッティング：ノズルから高圧の水を噴射し、スクリーン部の目詰まりを除去する洗浄方法 [8)、9)]

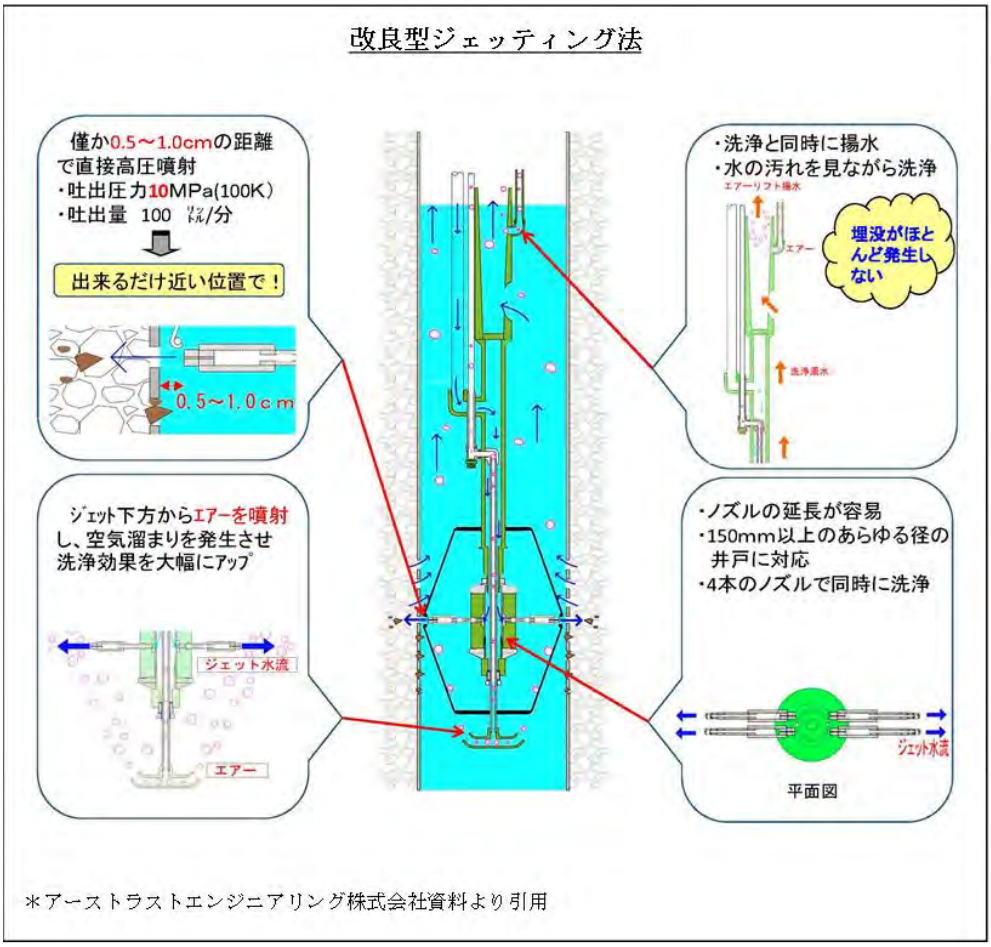
ブラッシング：　ケーシング内径よりやや大きいワイヤーブラシを上下させ、スクリーンおよびケーシング内部の付着物を掻き落とし除去する工法

スワビング：　井戸の中をシリンダーと考え、ピストン状の機具を上下させ、特に上げる時に生ずる負圧によって井戸外側の泥壁や目詰まりを除去し、地下水を誘導する工法

エアーリフト：主に井戸内の堆積物の浚渫に用いられ、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み、エアー吹き出し口と堆積物との間で生ずる圧力低下によって堆積物を揚砂管に吸い上げる洗浄方法

活動 2-2： 改修の手順及び必要な資機材を決定する。（2017 年 9～12 月）

改修作業は、サンタクルス県（2 井）→チュキサカ県（2 井）→オルロ県（4 井）→ラパス県（3 井）の順序で実施した。改修の前後で井戸カメラによる孔内撮影及び揚水試験を行い、外観による改修効果ならびに揚水量の増加及び水位の回復（上昇）の測定値に基づき改修効果を評価した。作業期間中は作業の監理と並行して、井戸の維持管理を担当するボリビア側の責任者や技術者に対して、井戸カメラの操作方法・撮影画像の評価方法を始め、改修方法別の特質、落下物の回収方法、適正な揚水方法等の井戸の維持管理技術について OJT を実施した。



ジェッティング法については、必要となる高圧ポンプ、コンプレッサー等の機材はすべて現地再委託業者が用意できるものを利用しながらも、洗浄効果が高くなるよう、ジェット水流の吹き出しノズル部分についてのみ、日本側チーム内の井戸改修専門業者アーストラストエンジニアリング社が開発した機材を用いた。このノズル部分は、従来のジェッティング法が持つ弱点（空気中ではジェット水流が威力を発揮するが、水中では水の抵抗が強く吹き出し口を離れると一気にジェット水流の水圧が弱まる）

を解消すべく、水流の吹き出し口が洗浄対象のスクリーンに近接するようノズルを延長可能にしたこと、吹き出し口周辺に空気だまりを作ってジェット水流の圧力減衰を防ぐようにしたこと等の工夫により、高い洗浄効果が得られるようにした改良型である。また、本機材は構造が比較的シンプルで材料費が安価であることから、現地でも製作・導入可能と考えられることから利用した。実際、今回の改修作業においては、当該機材の現地適合性を高めるため、ラパスの鉄工所に当該機材の改造やパーツの製作を依頼したが、容易に対応可能であった。

活動 2-3： 改修を実施する。（現地業者への再委託、工事監理）（2017 年 7～8 月）

改修・揚水試験の作業は、現地井戸業者に再委託して実施し、日本側チームの井戸改修専門技術者が全作業期間に亘って現場に常駐し、井戸カメラによる診断を行いながら、改修機材の準備・操作、揚水試験、全体の工程管理等の作業監理を行うとともに現地再委託業者に対して技術的助言を与えた。作業期間中は、現場において C/P 機関及び関係機関の管理責任者の視察ならびに井戸管理実務担当者の支援があった。なお、OJT として、井戸管理者及び作業補助の井戸管理実務担当者に対し、診断結果と改修方法の特長、作業要領、改修効果の評価方法等の理解促進のために、実地の説明・指導を行うほか、現場での留意事項や目詰まり以外の機能低下の対策等についても説明・実地指導を行った。また、現地再委託業者は、スワビング、ブラッシング、エアーリフトによる改修及び揚水試験の実務に通じており、日本側の作業内容・工程の微調整指示に対して柔軟に対応したが、ジェッティング法については経験が浅かったため、日本側の専門技術者が適宜助言を行った。

活動 2-4： 改修効果を評価（揚水試験、井戸カメラ導入の費用対効果を検証）する。（2017 年 9～12 月）

1）改修前後の井戸カメラによる観察及び揚水試験による改修効果の評価

改修効果については、改修前後の井戸カメラの撮影画像による概観比較及び揚水試験による揚水量・動水位[5]の比較から評価した。

揚水試験は既設の水中ポンプを利用し、ポンプが外されている場合は用意した水中ポンプを用いて揚水を行い、電極式水位計で水位を測定し、1～2 時間で水位が安定したら段階的に揚水量を増やし、安定する水位を求める操作を繰り返した。こうして得た揚水量と水位のデータを以下に示す揚水試験の要領にしたがって整理した。対象 11 井の揚水試験結果は図－3.3A ～図－3.3K に示すとおりである。

次に、表－3.8 に示すように、改修前・後の揚水試験結果から最大可能揚水量（Q_{max}）の変化を比較することにより改修効果を定量評価した。

表－3.8 は改修評価結果を地域別に整理したものであるが、改修効果について地域別の特徴は明確ではない。

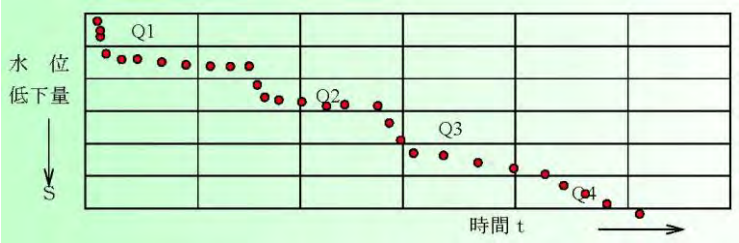
ラパスの井戸は、おおむね回復率が高く、回復率１が 16～1,845%、回復率２が 23～86%である。1990 年建設の A11 井の回復率が最も高く、2010 年以降に新設の２井(B1-II、

[5] 揚水水位のことであり、水中モーターポンプを稼働させて井戸水を汲み上げている状態の水位。

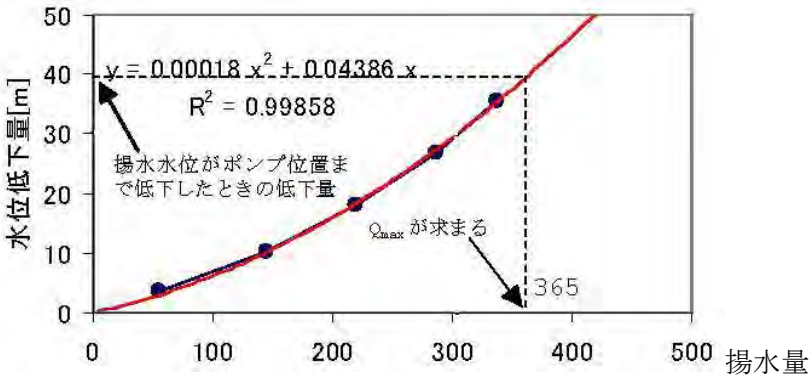
A15-II）の回復率を上回ったのが特徴的である。A11 井はカメラによる目視でもスケールの除去が奏効した様子がうかがえた。B1-II 井はブラッシング＋スワビング法により回復率１が 16%、回復率２が 23%であり、A15-II 井はジェッティング法により回復率１が約 70%であり、カメラによる目視でもスケールの除去がある程度奏効した様子がうかがえた。ジェッティング法による回復率は、回復率１が 70%以上、回復率２が 80%以上である。

揚水試験（段階揚水試験）[10)]

井戸の予想最大揚水量を数段階に区分した揚水量（Q_i）で段階的に揚水を行い、各揚水量に対する水位降下量(S_i)を測定し、揚水量と水位低下量との関係を用いてグラフ(Q-S 曲線)を作成する。各段階の揚水時間は 1～2 時間程度を目安とする。



次に両対数グラフに各揚水量（Q）とその水位低下量（s）をプロットすると限界揚水量付近でグラフは折れ曲がり急勾配になる。この変曲点を限界揚水量とし、その値から「適正揚水量」を推定する。しかし、この手法（折れ曲がり法）は海外では用いられておらず、我が国でも疑問を呈している文献があることから、揚水試験の解析には、従来の折れ曲がり法による「適正揚水量」に代わる井戸能力の指標として，物理的に揚水可能な最大量（揚水水位がポンプ位置まで低下した場合の揚水量）を「最大可能揚水量 Qmax」として定義する。なお、個々の井戸で持続的に揚水可能な水量はこの値以下となる。



段階揚水試験からの最大可能揚水量の推定

（原点を通る 2 次曲線で近似し，水位が静水位からポンプ位置まで低下した時の揚水量を最大可能揚水量とする）

表－3.8　改修結果（改修前後の揚水試験結果）

県	井戸名	水中ポンプ深度（m）	スクリーン上端深度（m）	改修方法	改修効果 揚水量（lit/min） ① 初期	② 改修前	③ 機能低下量 =①-②	④ 改修後	⑤ 機能回復量 =④-②	回復率（%） 1 =⑤/②	2 =⑤/③
ラパス	A11	37.0	37.2	J	700	31	669	603	572	1,845	86
	B1-II	43.0	30.1	B+S	519	307	212	355	48	16	23
	A15-II	38.0	19.1	J	255	365	－	628	263	72	－
オルロ	PP9	36.0	26.4	J	1,038	399	639	666	267	67	42
	PP11	27.0	36.8	J	3,429	2,679	750	3,394	715	27	95
	SeLA2	31.0	23.5	J	1,266	862	404	944	82	10	20
	SeLA3	16.5	18.4	B+S	不明	592	－	676	84	14	－
チュキサカ	Mojotoro 24	37.5	72.2	B+S	120	322	－	395	73	23	－
	Barranca 12	125.8	121.8	B+S	140	30	110	66	36	120	33
サンタクルス	La Guardia 8	96.0	113.0	J	1,500	311	1,189	505	194	62	16
	El Torno 9	48.0	85.4	B+S	1,800	796	1,004	948	152	19	15

J: ジェッティング法、 B+S: ブラッシング法＋スワビング法

回復率１：改修前の揚水量②に対する、改修による揚水回復量⑤の割合

回復率２：建設時から改修前までの揚水低下量（③）に対する、改修による揚水回復量⑤の割合

Mojotoro24 井及び EPSAS-A15-II 井の回復率２： 建設時の揚水能力①が過小評価であったことから、揚水試験から得られた改修前の揚水能力②が①より大きく、③がマイナスとなるため空欄とし、改修効果は回復率１で評価することとした。

SeLA3 井の回復率２： 建設時の揚水能力①が不明であることから、③の値が得られないため空欄とし、改修効果は回復率１で評価することとした。

オルロの井戸は、PP ラインの 2 井と SeLA ラインの 2 井とで回復率に大きな相違がみられる。SeLA ラインの井戸は 2 井ともに 1969 年建設の約 50 年を経た井戸であるが、PP ラインの 2 井も 1980 年建設の約 40 年を経た井戸であり、古いことに変わりはない。カメラによる撮影画像では、SeLA ライン 2 井のスクリーンにはスケールの固着が見られるが、PP ライン 2 井のスクリーンはスケールが薄く付着しているだけであり、スクリーンの材質（SeLA ライン 2 井は亜鉛メッキ、PP ライン 2 井はステンレス）による相違を反映した結果だと考えられる。SeLA2 はジェッティング法、SeLA3 はブラッシング＋スワビング法であるが、回復率には改修方法による相違が反映されていない。ブラッシング＋スワビング法による回復率は、回復率１が 14%、建設時の揚水量が不明であるため回復率２は不明。ジェッティング法による回復率は、回復率１が 10～67%、回復率２が 20～95%である。

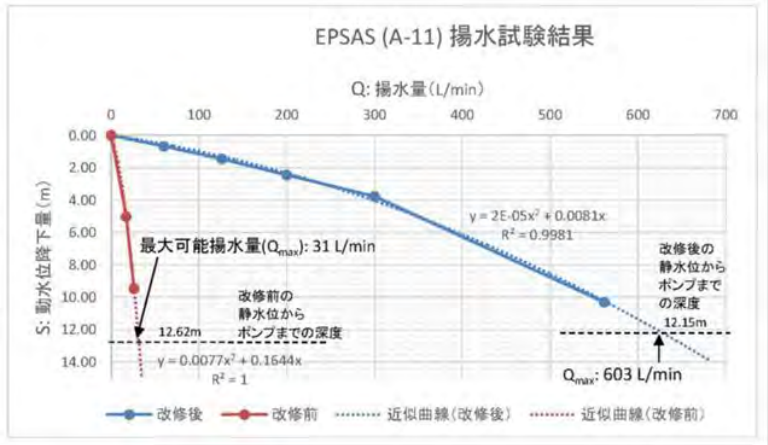
チュキサカの井戸は、カメラによる予備診断でスケールの付着は比較的少なく、ブラッシング＋スワビング法で十分な改修効果が得られると考え、2 井ともに同法を採用した。Barranca12 井は回復率１が 120%、回復率２が 33%であった。Mojotoro24 井は、井戸本来の揚水能力に比べて既設の水中ポンプの能力が低く、段階揚水試験による最大可能揚水量の推計が困難であったため、揚水量約 160L/min での改修前・後の比湧出量の比較から改修効果を推定し、回復率１が 23%との結果を得た。なお、建設時からの揚水量変化が不明なため回復率２は推計できない。

サンタクルスの井戸は、カメラによる予備診断で両井ともスケールの固着が見られ

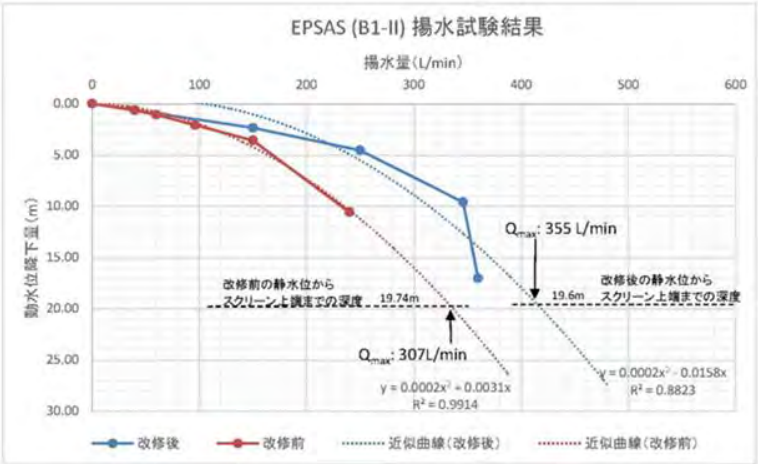
たが、改修効果の比較のため、ラガルディア８井はジェッティング法、エルトルノ９井はブラッシング＋スワビング法とした。ラガルディア８井は回復率１が 62%、回復率２が 16%、エルトルノ９井は回復率１が 19%、回復率２が 15%との結果を得た。

改修方法別にみると、ジェッティング法による効果は回復率１が 10～1,845%（中央値 65%）、回復率２が 15～95%（中央値 45%）と推計され、ブラッシング＋スワビング法による効果は回復率１が 16～120%（中央値 19%）、回復率２が 15～33%（中央値 25%）と推計される。

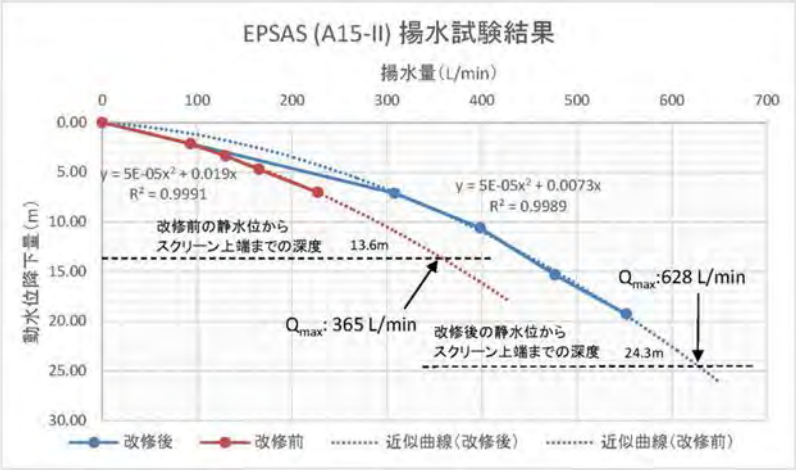
改修効果については、建設時期（井戸年齢）別の特徴は明確ではないが、20～40 年前の井戸に比べて、10 年以内の井戸は経過年数が少ないわりに改修効果が低い。これは、ラパス県とサンタクルス県の井戸ではスクリーンへの鉄、マンガンによるスケールの付着が激しく、短期間で揚水量低下が生じ、頻繁に改修を行わないとスケールの固着により揚水量回復が難しくなる傾向があるためと推測される。なお、ラガルディア８井については、全 11 井の中にあって最初の作業対象井であり、作業が軌道に乗った上での作業とはならず、高圧ポンプ等の機材に若干の不具合があって十分な圧力が得られなかったことなどから改修効果が低かったものと考えられる。



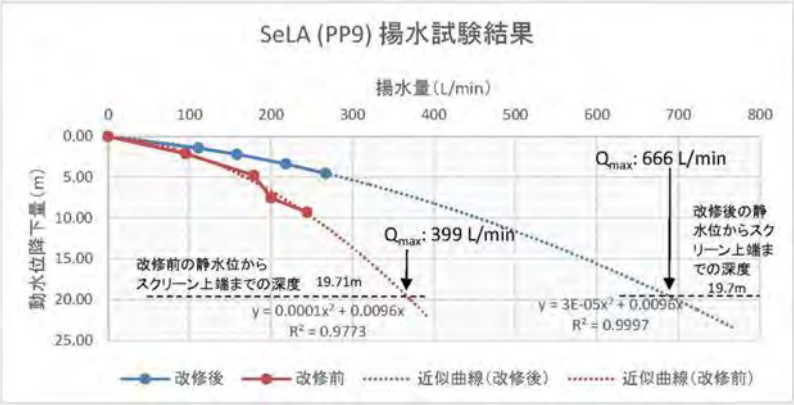
図－3.3A　改修前後の揚水試験結果（EPSAS A11 井）



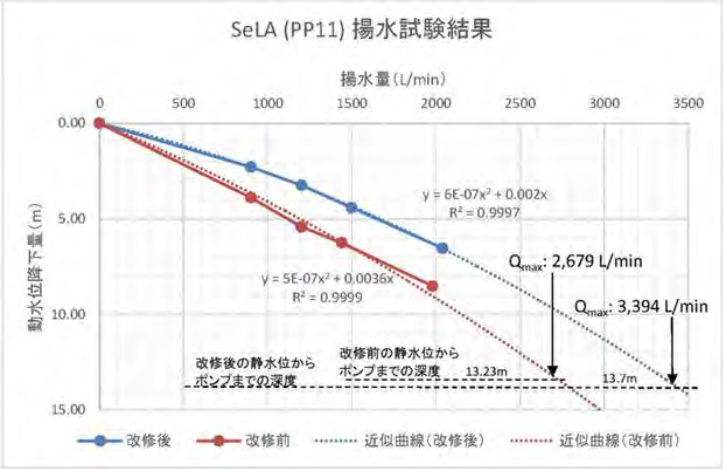
図－3.3B　改修前後の揚水試験結果（EPSAS B1-II 井）



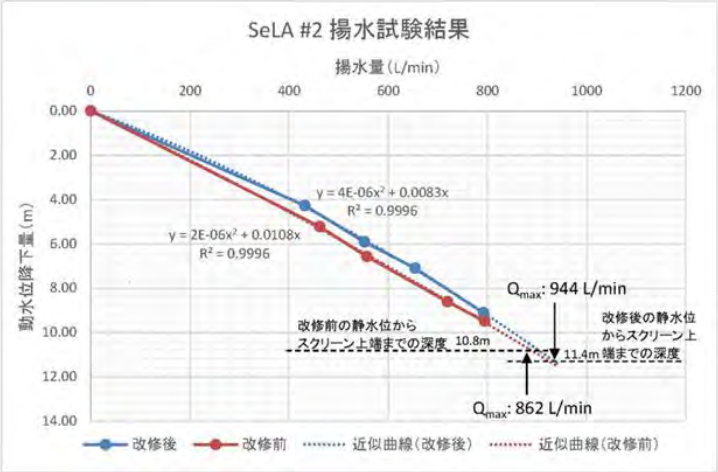
図－3.3C　改修前後の揚水試験結果（EPSAS A15-II 井）



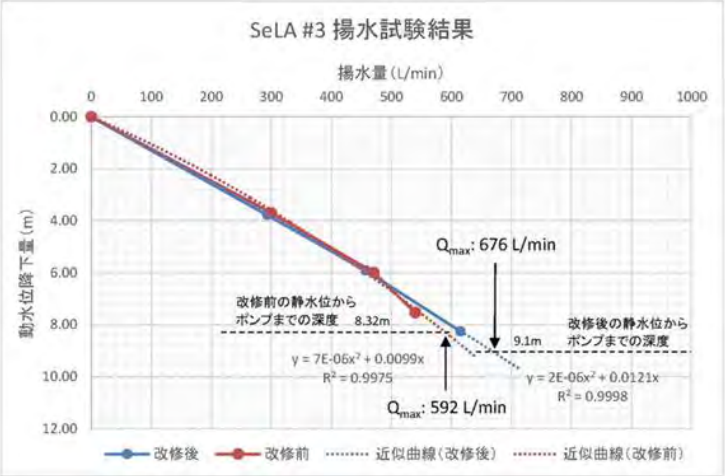
図－3.3D　改修前後の揚水試験結果（SeLA PP9 井）



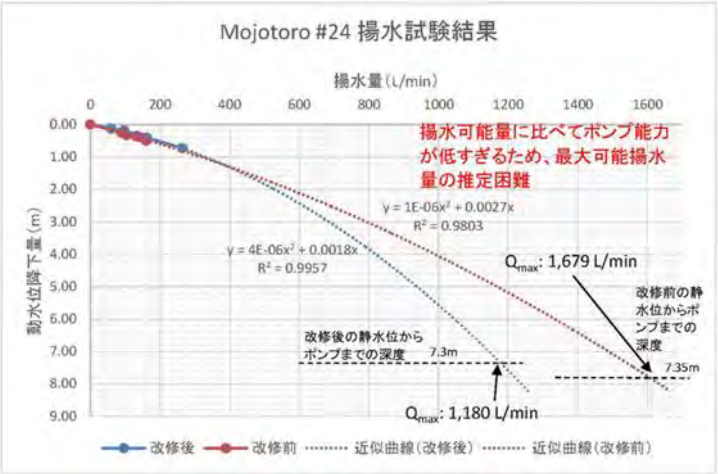
図－3.3E　改修前後の揚水試験結果（SeLA PP11 井）



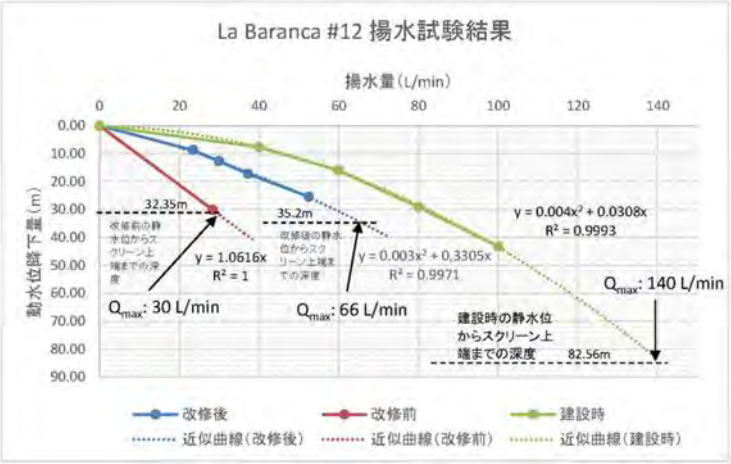
図－3.3F　改修前後の揚水試験結果（SeLA 2 井）



図－3.3G　改修前後の揚水試験結果（SeLA 3 井）

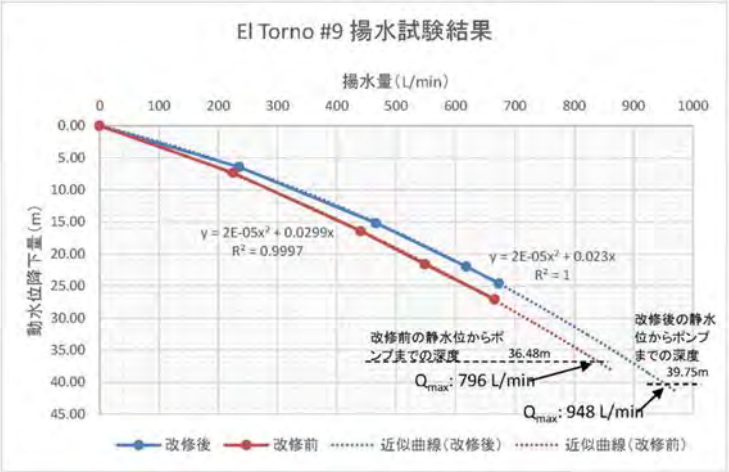


図－3.3H　改修前後の揚水試験結果（Mojotoro 24 井）



図－3.3I　改修前後の揚水試験結果（Barranca 12 井）

図－3.3J　改修前後の揚水試験結果（La Guardia 8 井）



図－3.3K　改修前後の揚水試験結果（El Torno 9 井）

2) 井戸カメラによる診断費用

ボリビアにおいて、提案製品の井戸カメラによる診断を導入した場合の費用を以下のとおり推定した。なお、作業時間・期間は、井戸の深さのほか、診断のみの場合と改修を伴う場合とで異なり、費用も異なることから、井戸の深さを 100～200m とし、診断のみの場合、診断及び改修（揚水試験なし）、診断及び改修（改修前後の揚水試験あり）の場合に分けて標準的な作業時間・期間を設定した。

① 前提条件の設定

減価償却費 ＝ 現地販売価格÷5 年

＝ （日本国内販売価格＋輸送費・保険料＋関税・通関手数料等＋現地販売代理店利益）÷5 年

＝ 5,500,000 円/台×1.53÷5 年

＝ 1,683,000 円/台/年

＝ USD41/台/日

輸送費･保険料及び関税･通関手数料等の比率は本事業での実例による。

診断実施費用＝ 人件費＋消耗品費＋傭車費＋電気使用料

＝ USD219/回＋USD20/回＋USD200/回＋USD0.24～0.72/回

＝ USD439.24～439.72/回

人件費 ＝ （技師 1 名＋助手 1 名）×稼働日数

＝ (USD55/人/日×1 人＋USD18/人/日×1 人）×3 日/回

＝ USD219/回

人件費は、EPSAS 及び SeLA からの聞き取り情報（オペレータークラス Bs.5,000～10,000/人/月、助手クラス Bs.2,500/人/月）に基づいて設定した。稼働日数は、現場作業 2 日及び室内作業 1 日の合計 3 日/回

消耗品費 ＝ USD20/回

消耗品は、撮影画像記録用 DVD 等とする。

傭車費 ＝ USD100/台/日×1 台×稼働日数（2 日/回）

＝ USD200/回

傭車費は、ピックアップトラック 1 台で燃料代込みとして設定した。

電気使用料 ＝ 消費電力×電気料金単価

＝ 400W×4～6 時間/日（深さ 100～200m）×1～2 日/回（診断のみの場合は 1 日、改修前後の診断の場合は 2 日）×USD0.15/kWh

＝ USD0.24～0.72/回

井戸カメラを用いた 1 度の診断に要する時間は、深度 100m の井戸の場合が約 4 時間、深度 200m の井戸の場合が約 6 時間である。診断度数（日数）は、診断のみの場合が 1 度（日）、改修を伴う場合はその前後で 2 度（日）である。電気料金単価は、井戸業者 SUIGEN での聞き取り情報（年間の電気使用総量と料金支払総額から、事務所での単価 Bs.0.91/kWh、家庭での単価 Bs.1.07/kWh）に基づいて設定した。

維持管理費 ＝ 人件費＋消耗品費

＝ USD9/回＋USD0.88/日×拘束日数/回

人件費 ＝ 助手１名×稼働日数
＝ USD18/人/日×1 人×0.5 日/回
＝ USD9/回
消耗品費＝ 価格÷耐用年数×拘束日数/回
＝ 72,000 円÷2 年×拘束日数/回
＝ USD0.88/日×拘束日数/回
維持管理費は、井戸カメラ保管場所における使用前後の点検及び清掃であり、消耗品はポリカーボネイト製の側方カメラ窓（2 年に 1 度交換）

②１井、１回の改修作業における井戸カメラの診断費用

診断費用 ＝ 減価償却費×拘束日数＋診断実施費用＋維持管理費

<u>診断のみの場合</u>：移動及び準備・撤収作業を含めた現場拘束日数は 2 日とする。

減価償却費 ＝ USD41/台/日×2 日＝USD82
診断実施費用＝ USD219＋USD20＋USD200＋USD0.24～0.36
＝ USD439.24～439.36
維持管理費 ＝ USD9＋USD0.88/日×2 日=USD10.76
⇓
診断費用 ＝ USD82＋USD439.24～439.36＋USD10.76
＝ USD532.00～532.12/回

<u>診断及び改修（揚水試験なし）の場合</u>： 移動、準備・撤収、改修作業を含めた現場拘束日数は 4 日とする。

減価償却費 ＝ USD41/台/日×4 日＝USD164
診断実施費用＝ USD219＋USD20＋USD200＋USD0.48～0.72
＝ USD439.48～439.72
維持管理費 ＝ USD9＋USD0.88/日×4 日=USD12.52
⇓
診断費用 ＝ USD164＋USD439.48～439.72＋USD12.52
＝ USD616.00～616.24/回

<u>診断及び改修（揚水試験あり）の場合</u>：移動、準備・撤収、改修作業、揚水試験を含めた現場拘束日数は、深さ 100m の場合は 5 日、深さ 200m の場合は 6 日とする。

減価償却費 ＝ USD41/台/日×（5～6 日）＝USD205～246
診断実施費用 ＝ USD219＋USD20＋USD200＋USD0.48～0.72
＝ USD439.48～439.72
維持管理費 ＝ USD9＋USD0.88/日×（5～6 日）=USD13.40～14.28
⇓
診断費用 ＝ USD246＋USD439.48～439.72＋USD13.40～14.28
＝USD698.88～700.00/回

ラパスの井戸業者 MAYA 社の提供情報によると、井戸カメラによる井戸診断の料金は、100m 以浅の場合約 Bs.5,000(USD738)/井であり、上記推定は妥当なものと考えられる。

3）井戸カメラ導入による費用対効果

「活動 2-6：長寿命化モデル（診断・改修・維持管理を含む）を作成、検討する」で後述するが、長寿命化モデルを利用した検討結果によると、改修による井戸の回復効果として、飲料水の生産量増加効果とそれに伴う売上増加効果については新設の方が 1 回の改修を上回る。一方、費用対効果については、一定以上の回復率が得られれば改修による既存井戸の長寿命化の方が新設を上回る。表－3.11 の比較結果からは、高速ジェッティングでは 40%以上、ブラッシング＋スワビング法では 15%以上の回復率が得られれば、改修による井戸の長寿命化の方が新設よりも有利となる。

また、表－3.11 の改修費用には井戸カメラによる診断の費用（USD620～700/回（改修前後の計二度の診断）と推定）が含まれているが、この診断を実施しないと、改修による長寿命化の費用対効果が、ジェッティング法の場合 8%程度、ブラッシング＋スワビング法の場合 16%程度向上する。しかし、カメラによる診断を行わないまま手探りで改修を行った場合は、適切な改修方法がなかなか見つからない、あるいはそもそも改修が見込めないような状況であることが見過ごされる可能性がある。その場合には、複数の方法を実施する結果となり改修費用が倍増するか、あるいは期待する効果がほとんど得られないことになり、結局は費用対効果が激減することになって、かえって高コストな結果となってしまう。

活動 2-5： 診断・改修実証により得られた井戸維持管理の課題を分析する。（2017 年 9～12 月）

ボリビアではほとんどの井戸で水位、揚水量の定期モニタリングが行われておらず、「適切な井戸の維持管理のために行う診断」の実施に必要な基本条件が整っておらず、井戸の機能低下の傾向や要因が把握できず、井戸の診断・改修・長寿命化の必要性・方針が把握できていない。改修実証の対象井の中には、ポンプの設置水深と動水位との間に余裕がない井戸が複数あったが、できれば毎日、少なくとも週 1 回の動水位、揚水量、砂の混入のモニタリング、月 1 回の静水位のモニタリングが望ましい。

背後の充てん砂利の粒径が適切でないことや PVC フィルター[6]のスリット幅が過大なことに起因すると考えられる、背後からの砂の流入が見られる井戸があり、適切な粒径の砂利充填や適切なスリット幅のフィルターの施工が必要である。ラガルディア 8 井は比較的濁度が高かったが、井戸カメラによる観察により水深 188m 以深のスクリーンからの排砂が確認されたため、水深 188m 以深のスクリーンをセメントで埋設することを水組合に提案し、実施してもらった結果、排砂が止まった。こうした排砂の原因の見極めとその対策に関する経験と技術が井戸の維持管理者に不足している。

各県には井戸の掘削チームはあるが、維持管理チームがない。人材・予算の確保とともに経験と技術の蓄積が必要である。今回の実証活動を通じて診断・改修の効果が認識され、チュキサカ県、オルロ市 SeLA では維持管理チーム設置の意向がある。

オルロ県では落下物が放置されている井戸が多く、工具類を井戸に落下させない作

6 PVC 管に高速カッター等により縦溝を開けたタイプのスクリーン

業上の工夫及び落下物の回収方法について、経験と技術が不足している。

過剰揚水とは逆に、揚水能力を過小評価している井戸も見られた。新たに井戸を建設するよりも、このような井戸についてポンプの能力を増強し揚水量を増やすことが経済的である。

なお、診断・改修においては、井戸の維持管理者に対して、井戸カメラの操作や改修の実施要領を指導するだけでなく、以下に示すように、気が付いた井戸の維持管理上の改善点も指摘した。

- 安全に対する心構え（手袋、ヘルメットの着用等）
- ポンプ引き上げ等の作業時に井戸内に物を落とさないための作業要領及び落下物の回収方法
- 他地域の井戸管理者との情報共有（1 年に 1 回程度の技術情報交換会の開催）

適切な井戸の維持管理のために行う診断 [9)]

深井戸の維持管理のために行う診断の対象は、比湧出量の減少、砂の流出、水質の悪化である [9)]。その手順を以下に示す。

1．管理台帳でこれまでの定期モニタリングで得た比湧出量（=揚水量/水位低下量）や水質データをチェックする。
2．異常がなければ、当該井戸の機能診断は行わない。
3．揚水量が減少傾向を示していれば、比湧出量が竣工当時に比べて 80%以下に低下していることを確認する。
  1) 比湧出量が 80%以下の場合は、自然水位及び揚水水位の傾向をチェックする。低下していれば周辺の深井戸も水位状況について調査する。
  2) 同様に水位が低下していれば地域全域の問題であり、低下していなければ、当該深井戸のみの現象でスクリーンの目詰まりの可能性が高い。
  3) 比湧出量が急激に 80%以上に低下した場合は、水中ポンプの磨耗や測定機器の異常の可能性が高い。
4．揚水した水に砂が混入する、又は増加した場合は、揚水量が増加しているかどうかを調査する。
  1) 揚水量が増加している場合は、過剰揚水によって帯水層内の集水流速が砂の限界流速を上回ったもの、又はスクリーンに水中ポンプが近接しているものと思われる。
  2) 揚水量が増加していない場合は、ケーシング及びスクリーンの破損の可能性がある。
5．深井戸の内部の点検は、水中ポンプを引上げ、井戸カメラでスクリーンの目詰まり状態や破損個所を詳細に確認する。

活動 2-6：長寿命化モデル（診断・改修・維持管理を含む）を作成、検討する。

1）井戸機能の経年劣化のモデル化

井戸は新設時をピークに揚水能力が経年的に劣化していく。この傾向を定期モニタリングによる連続データで把握していれば、その井戸の今後の生産能力の低下傾向、寿命、改修のタイミング等の予測が可能となり、合理的な飲料水の生産計画及び井戸の維持管理計画が立てやすくなる。

しかし、ボリビアでは最近まで、多くの井戸において水位や揚水量等の定期モニタリングが実施されていなかった、あるいは計測データの整理・保管が不十分で揚水能力の経年劣化傾向を把握できる井戸がほとんどないのが現状である。このため、建設時及び最近の限られた計測データから以下のような指数関数を用いた近似式を求め、近似式で表現されるグラフを井戸の機能劣化曲線とするモデル化を行った。

$Q=Q_0 \exp(-ct)$

ただし、

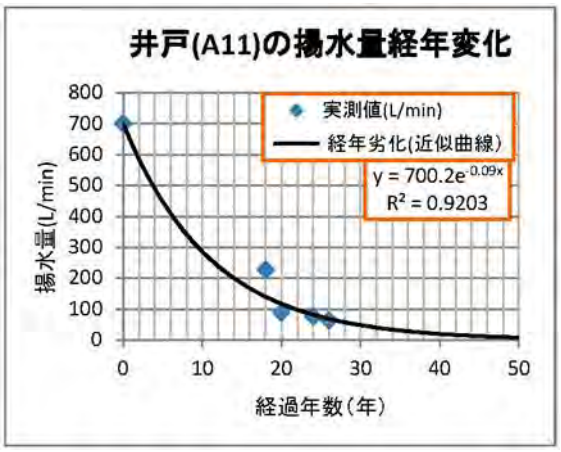
t：　井戸建設時からの経過時間（年）

Q：　建設 t 年後の揚水能力（L/min）

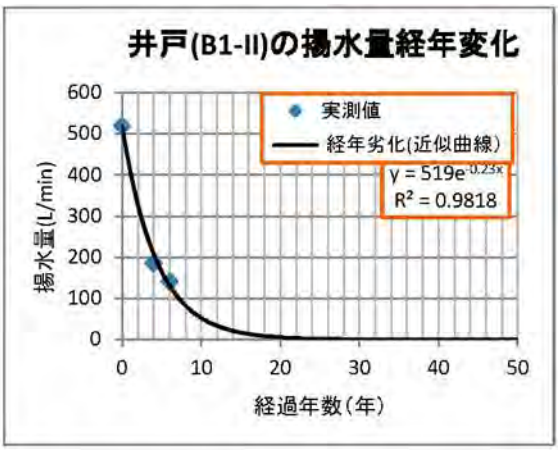
Q_0：建設時（t=0）の揚水能力（L/min）

c：　定数

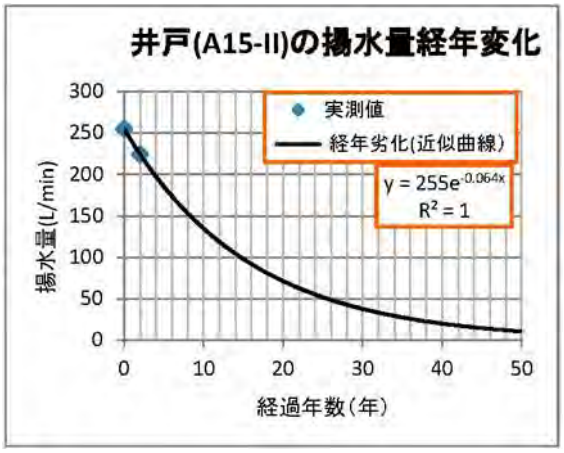
図－3.4A～図－3.4I（経年変化グラフ）に示すように、対象 11 井のうち 9 井について、このモデル化を行ったが、建設時と以後の揚水量が不明な SeLA3 及び建設時以降の揚水量が不明な Mojotoro24 はモデル化が困難であった。また、PP11 及び SeLA2 については、近似式の相関係数が低いが、近似式をそのまま適用して回復効果を定量化するベースとなる機能劣化曲線とした。



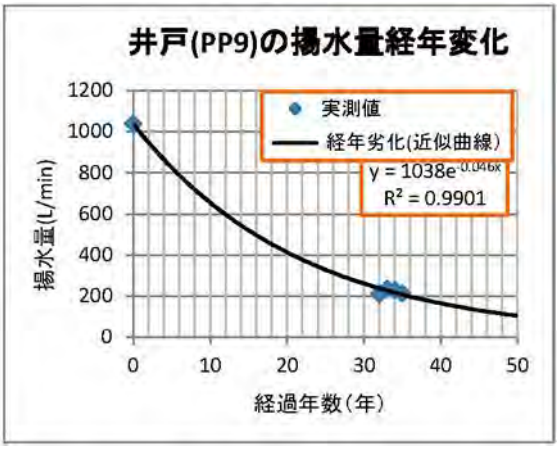
図－3.4A 揚水量経年変化のモデル化
(EPSAS A11 井)



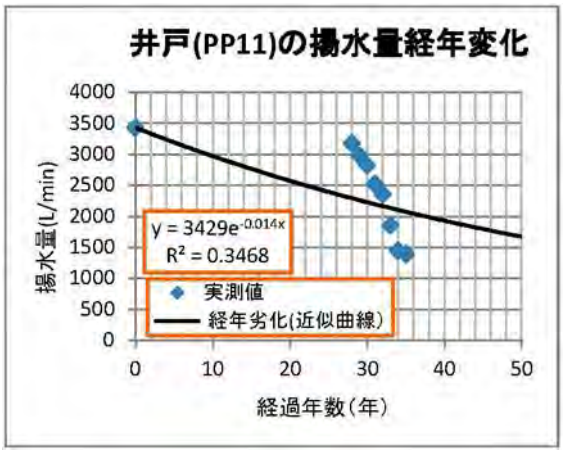
図－3.4B 揚水量経年変化のモデル化
(EPSAS B1-II 井)



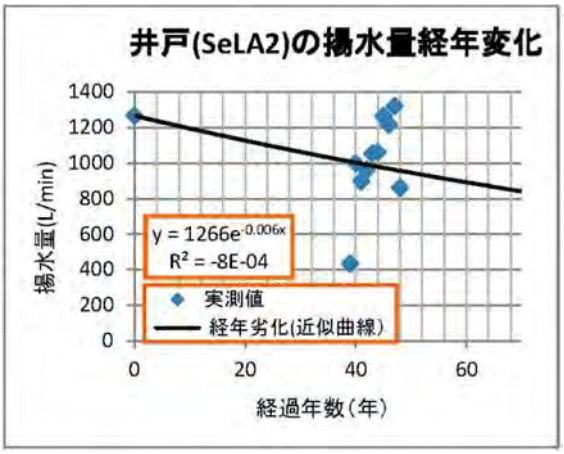
図－3.4C 揚水量経年変化のモデル化
(EPSAS A15-II 井)



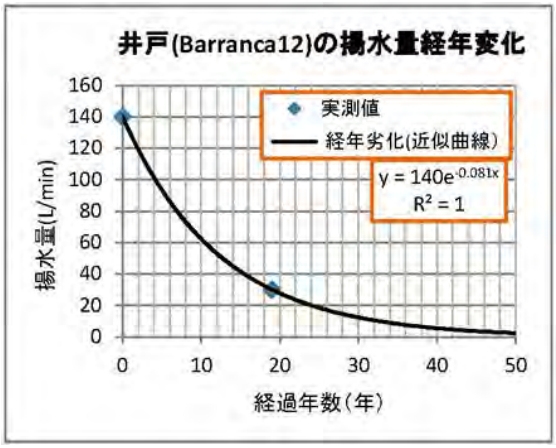
図－3.4D 揚水量経年変化のモデル化
(SeLA PP9 井)



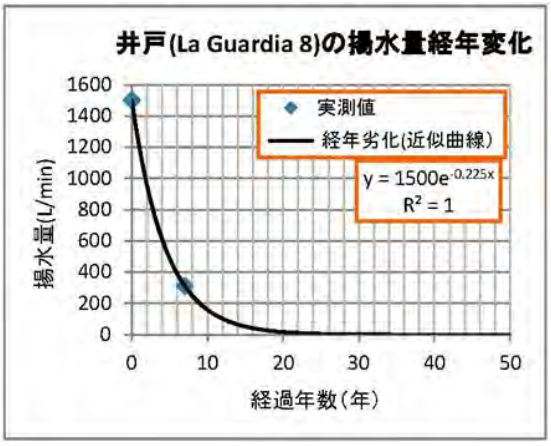
図－3.4E 揚水量経年変化のモデル化
(SeLA PP11 井)



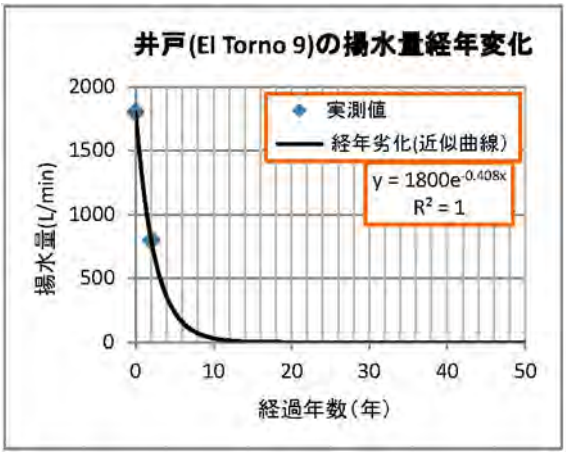
図－3.4F 揚水量経年変化のモデル化
(SeLA 2 井)



図－3.4G 揚水量経年変化のモデル化
(Barranca 12 井)



図－3.4H 揚水量経年変化のモデル化
(La Guardia 8 井)

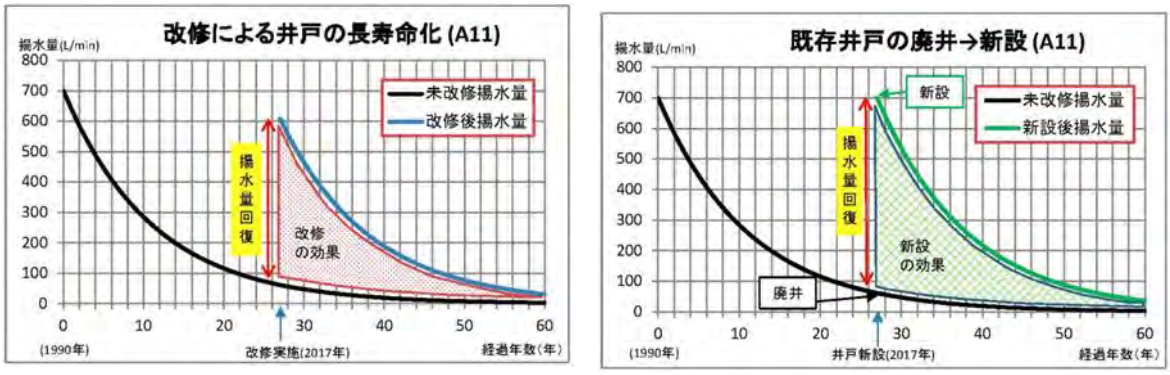


図－3.4I　揚水量経年変化のモデル化（El Torno 9 井）

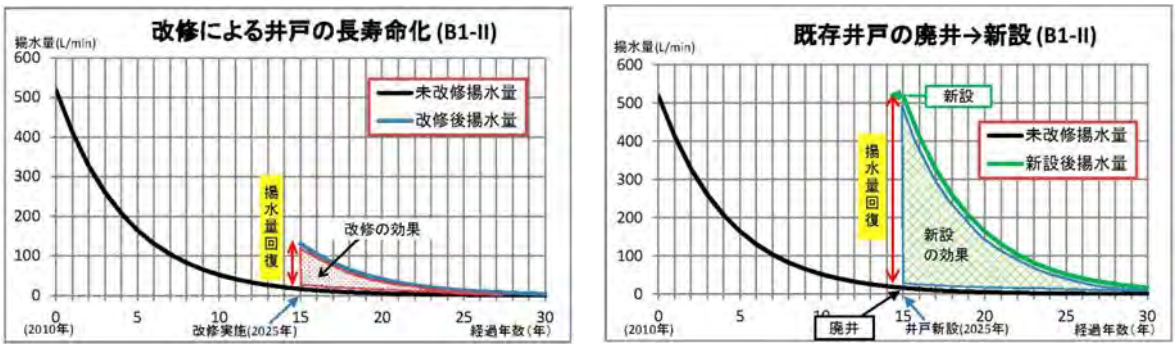
2） 改修効果のモデル化

次に、図－3.5A～図－3.5I の左側のグラフ（改修効果モデル図）に示すように、モデル化した機能劣化曲線（未改修揚水量の経年変化曲線）を用いて、2017 年に実施した改修での回復率を用いて改修後の機能劣化曲線を描き、未改修のままの機能劣化曲線との差異から井戸長寿命化の効果を定量化した。この差異は、揚水量（L/min）の回復分を評価対象期間について積分したものであるから、これに 60 分×24 時間×365 日を乗じることにより飲料水生産量（m^3・年）の増加効果とすることとした。さらに、水の「年間売上高／年間生産量」の割合を乗ずることにより、貨幣価値に置き換えた。

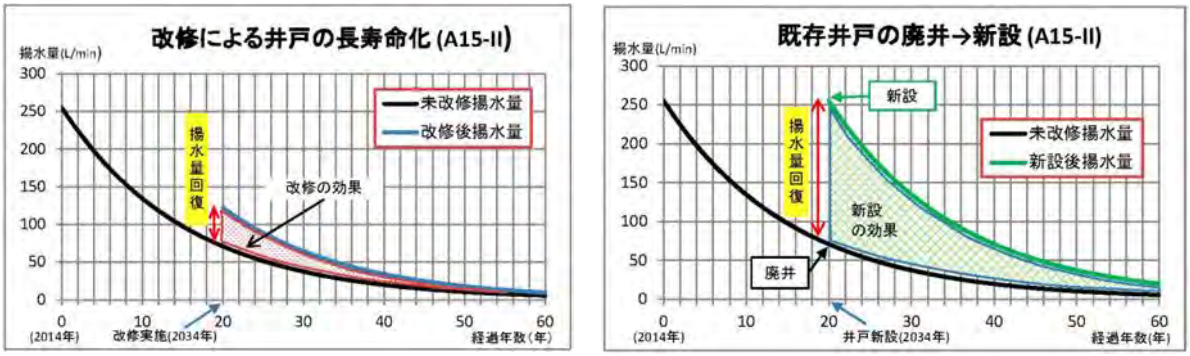
一方、未改修のまま機能が一定程度低下すると、一般的に、当該井戸を放棄して近接した箇所に井戸を新設することが行われている。この場合、図－3.5A～図－3.5I の右側のグラフに示すように、新設井が新たに生み出す揚水量と仮に既存井戸を未改修のまま使用し続けた場合の揚水量との差異が新設井の効果となる。



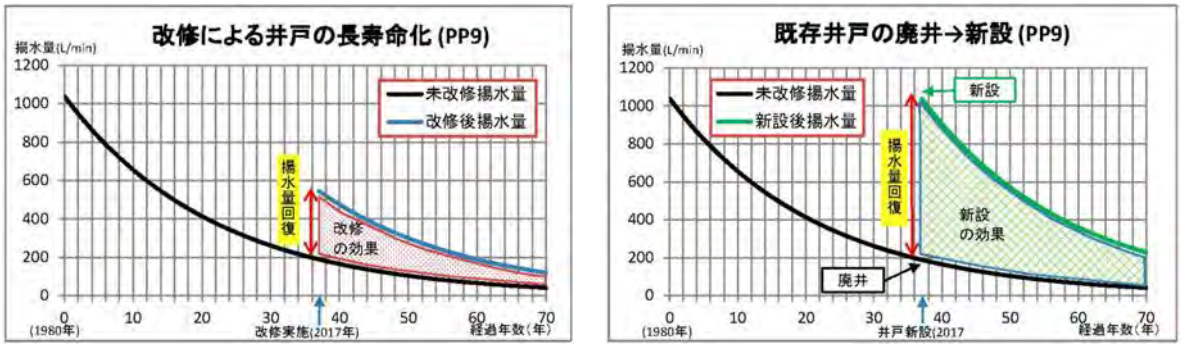
図－3.5A　改修による既存井戸の長寿命化と井戸新設の効果比較（EPSAS A11 井）



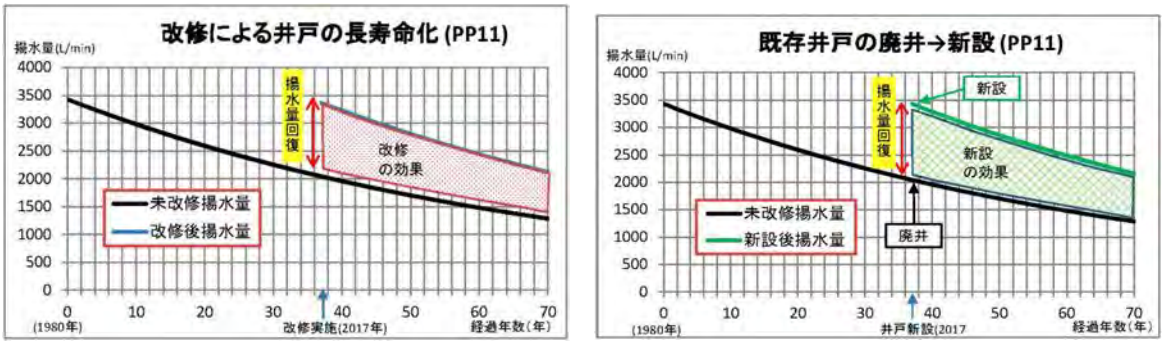
図－3.5B　改修による既存井戸の長寿命化と井戸新設の効果比較（EPSAS B1-II 井）



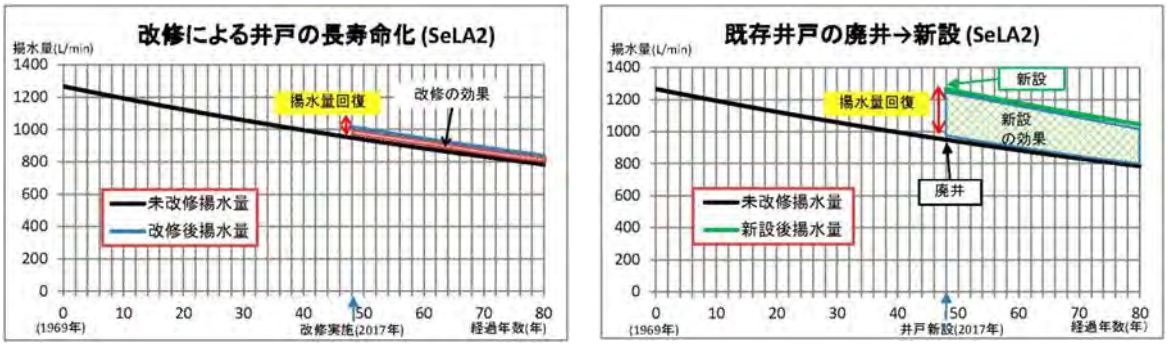
図－3.5C　改修による既存井戸の長寿命化と井戸新設の効果比較（EPSAS A15-II 井）



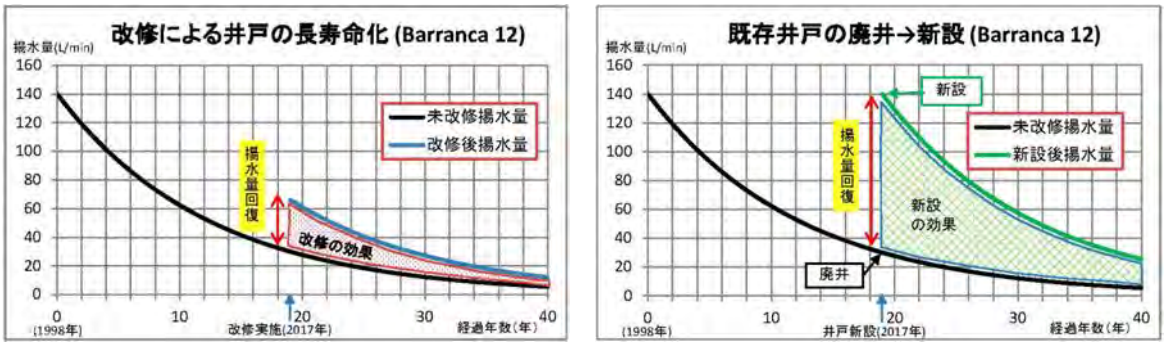
図－3.5D　改修による既存井戸の長寿命化と井戸新設の効果比較（SeLA PP9 井）



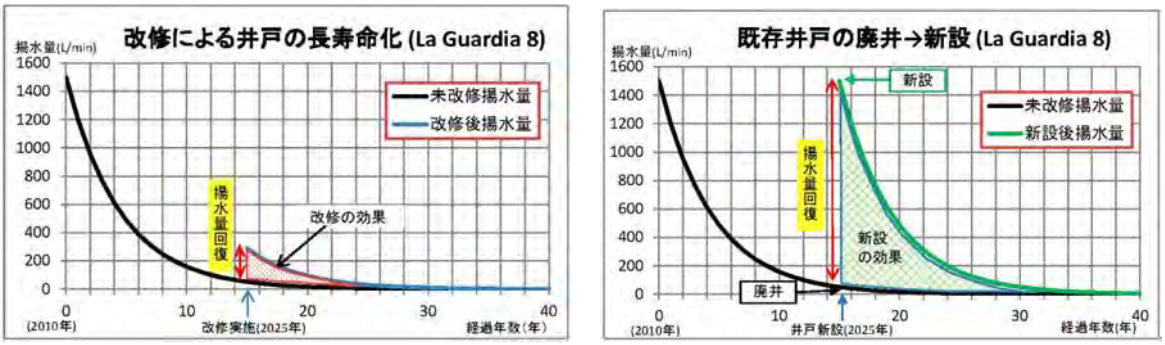
図－3.5E　改修による既存井戸の長寿命化と井戸新設の効果比較（SeLA PP11 井）



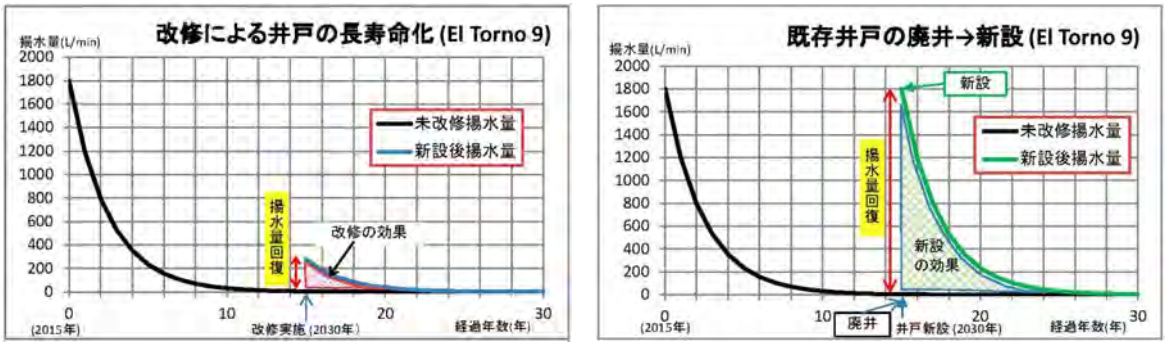
図－3.5F　改修による既存井戸の長寿命化と井戸新設の効果比較（SeLA 2 井）



図－3.5G　改修による既存井戸の長寿命化と井戸新設の効果比較（Barranca 12 井）



図－3.5H　改修による既存井戸の長寿命化と井戸新設の効果比較（La Guardia 8 井）



図－3.5I　改修による既存井戸の長寿命化と井戸新設の効果比較（El Torno 9 井）

3）井戸改修費用の推定

表－3.9 に示すように、本事業におけるサブカウンターパートである各県の給水事業部署及び水道公社、実証活動のための井戸を提供してくれた水組合、そして民間井戸業者からの聞き取り情報を基に費用を推定した。

表－3.9　井戸の改修費用（関係者からの聞き取り情報）

県	情報元	井戸カメラによる診断	改修方法	揚水試験	1井、1回当たりの費用（USD）	実施時期	実施者	備考
ラパス	EPSAS	○	ブラッシング、スワビング、エアーリフト、化学法、衝撃波法	×	平均 4,430	2015年全期間	井戸業者（コチャバンバ）	井戸深度60～110m、口径10インチ、鉄管
		○	ブラッシング、スワビング、エアーリフト、化学法、衝撃波法	×	5,610	2015年最終段階	同上	
		×	エアーリフト	×	平均 1,480	2000年	井戸業者（ラパス）	
	MAYA（ラパスの井戸業者）	○	×	×	平均 740	不明	MAYA	井戸深度100m以下
		×	ブラッシング、エアーリフト	×	5,170	不明	MAYA	井戸深度100m以下、口径8インチ、鉄管
オルロ	県UNASBVI	×	エアーリフト	×	1,200	推定	県UNASBVI	井戸仕様不明
		×	エアーリフト	×	1,990	推定	井戸業者	井戸仕様不明
チュキサカ	県DCRH	×	エアーリフト	×	800	推定	県DCRH	井戸仕様不明
		×	エアーリフト	×	3,500	見積段階	井戸業者（コチャバンバ）	井戸深度100m、口径4～6インチ、鉄管
サンタクルス	La Guardia水組合	×	エアーリフト	×	2,660～2,950	不明	井戸業者（サンタクルス）	井戸深度190m、口径10インチ、鉄管
	SUIGEN（サンタクルスの井戸業者）	○	スワビング、エアーリフト	×	平均 5,000	2017年	SUIGEN	井戸深度（平均180m, 最大300m）、口径8インチ、鉄管
		○	ジェッティング	○	9,000～11,000	推定	SUIGEN	井戸深度100～200m、口径6～10インチ、鉄管
	H_2O（サンタクルスの井戸業者）	×	スワビング、エアーリフト	×	2,000	推定	H_2O	井戸仕様不明
	CAPTA AGUA（サンタクルスの井戸業者）	○	×	×	1,500～2,000	推定	他井戸業者（外注）	井戸仕様不明
		×	エアーリフト	×	2,500～3,500	推定	CAPTA AGUA	井戸仕様不明

ラパス県：　ブラッシング、スワビング、エアーリフトの組み合わせ法の改修費用について、民間井戸業者によるものは60～110mの鉄管井戸がUSD4,400～5,600/井（井戸カメラによる診断を含む）であり、エアーリフトのみの改修費用については、井戸業者によるものがUSD1,500/井である。また、井戸業者による井戸カメラを使用した診断のみの費用は、100m以深の井戸がUSD740/井である。

オルロ県：　エアーリフトのみによる改修費用については、井戸業者によるものがUSD2,000/井。県自営のものがUSD1,200/井であり、井戸業者に比べて40%低い。

チュキサカ県：　エアーリフトのみによる改修費用については、井戸業者によるものが見積価格でUSD3,500/井。県自営のものがUSD800/井であり、井戸業者に比べて70%以上低い。。

サンタクルス県：　ブラッシング、スワビング、エアーリフトの組み合わせ法の改修費用について、民間井戸業者によるものは180～200mの鉄管井戸がUSD5,000/井（井戸カメラによる診断を含む）。エアーリフトのみの改修費用については、USD2,500～3,500/井である。ジェッティング法については、見積価格でUSD9,000～11,000/井（井戸カメラによる診断及び改修前後の揚水試験を含む）である。

また、他業者への外注による、井戸カメラを使用した診断のみの費用はUSD1,500～2,000/井である。

4）井戸新設費用の推定

改修費用の推定と同様に、表－3.10に示す、C/P機関、サブC/P機関、水組合及び民間井戸業者からの聞き取り情報を基に費用を推定した。

ラパス県: 民間井戸業者によるものは100m以浅の鉄管の井戸がUSD37,000/井、100m以深の鉄管の井戸がUSD52,000～59,000/井。

オルロ県:

井戸業者によるもの：　PVCの井戸はUSD19,000～27,000/井、　鉄管の井戸はUSD54,000/井

県自営のもの：　100m以浅のPVCの井戸はUSD13,000～18,000/井であり、井戸業者によるものに比べて30～40%程度低い。

チュキサカ県：　PVCの井戸の掘削単価は、県自営のもので100m以浅の場合がUSD210/m/井、100m以深の場合がUSD280/m/井。鉄管の井戸の掘削単価は、県自営の200m以深の場合がUSD340/m/井。

サンタクルス県：　PVCの井戸の掘削単価は、井戸業者によるもので200m以浅の場合がUSD300～350/m/井、200m以深の場合がUSD200～400/m/井。鉄管の井戸の掘削単価は、井戸業者によるもので200m以浅の場合がUSD300/m/井、200m以深の場合がUSD300～500/m/井である。

表－3.10　井戸の新設費用（関係者からの聞き取り情報）

県	情報元	井戸の仕様			1井、1回当たりの費用(USD)		実施者	備考
		深度（m）	口径（インチ）	材質	掘削費	建設費（付帯設備込）		
ラパス	VAPSB	105	8	鉄管	56,125	－	井戸業者	－
	EPSAS	100～120	8	鉄管	51,690～59,080	+10,340	井戸業者	付帯施設：ポンプ、揚水管、制御盤等
	井戸業者MAYA	100以下	不明	不明	36,920	－	井戸業者	EPSASの発注事例
オルロ	県UNASBVI	60	6	PVC	13,290～17,720	－	県UNASBVI	－
					22,150～26,590	－	井戸業者	－
	SeLA	120	12-10	鉄管	53,500	－	井戸業者	－
		150	6	PVC	26,180	－	井戸業者	－
		100	6	PVC	20,680	－	井戸業者	－
		51	6	PVC	18,720	－	井戸業者	－
		80	12-10-8	鉄管	－	147,700	井戸業者	付帯施設：ポンプ、揚水管、ポンプ小屋、制御盤、送水管等
チュキサカ	県DCRH	80～100	6	PVC	210	－	県DCRH	1m当たりの単価、県北部及び中部
		150～200	6	PVC	280	－	県DCRH	1m当たりの単価、チャコ地方
		200以上	6	鉄管	340	－	県DCRH	1m当たりの単価、チャコ地方
サンタクルス	La Guardia水組合	190	10	鉄管	30,000	－	井戸業者	掘削時期：2,000年
		290	8-6	鉄管	35,000	75,200	井戸業者	－
	El Torno水組合	210	10	PVC	－	78,000	井戸業者	－
	SUIGEN（サンタクルスの井戸業者）	200以下	10	PVC	345	－	SUIGEN	1m当たりの単価、一般地域
		200以下	8	PVC、鉄管	300	－	SUIGEN	1m当たりの単価、一般地域
		200以上	10(100m)&8(150)	PVC	400	－	SUIGEN	1m当たりの単価、一般地域
		320	8	鉄管	500	－	SUIGEN	1m当たりの単価、玉石混じり地域
	H_2O（サンタクルスの井戸業者）	200	10	PVC	280	－	H_2O	1m当たりの単価、県北部
		250～300	6	PVC	200	－	H_2O	1m当たりの単価、県南部
		300	6	鉄管	300	－	H_2O	1m当たりの単価、タリハ県
		不明	8	不明	400	－	H_2O	1m当たりの単価、La Guardia地域（玉石混じり）
		280	6	不明	140,000	－	H_2O	La Guardia地域（玉石混じり）
	CAPTA AGUA（サンタクルスの井戸業者）	160	8	鉄管	130,000	－	CAPTA AGUA	SAMUSUNGの工場
		300	6	不明	60,000	－	CAPTA AGUA	市南部のパシリオ地区
		260	8	不明	98,000	－	CAPTA AGUA	市西部のエルカルメン地区
全国	MDRyT地下水開発国家プロジェクト	不明	不明	不明		48,000	同プロジェクト	全国平均

5) 井戸の改修及び新設の費用対効果

表－3.11 に示すように、既存井の改修効果と新設井の効果を比較し、さらにそれぞれに要する費用から費用対効果を求めて、費用対効果の比較を行った。

回復効果として、飲料水の生産量増加効果とそれに伴う売上増加効果は、新設の方が 1 回の改修を上回るが、費用対効果は一定以上の回復率が得られれば改修による既存井戸の長寿命化の方が新設を上回る。表－3.11 の比較結果からは、高速ジェッティングでは 40%以上、ブラッシング＋スワビング法では 15%以上の回復率が得られれば、改修による井戸の長寿命化の方が新設よりも有利となる。

表－3.11　井戸の改修及び新設による効果比較

県	井戸名	機能回復方法	回復率（%）	改修・新設時期	評価期間（年）	回復効果 ① 水生産増加量（m^3）	② 売上増加（USD）	③ 費用（USD）	④ 費用対効果 =②/③
ラパス	A11	J	86	2,017	60	3,026,027	1,513,013	10,000	151
		新設	100			3,540,240	1,770,120	45,000	39
	B1-II	B+S	23	2,025	30	252,864	126,432	5,000	25
		新設	100			1,116,818	558,409	45,000	12
	A15-II	J	*72	2,034	60	387,247	193,623	10,000	19
		新設	100			1,395,522	697,761	45,000	16
オルロ	PP9	J	42	2,017	70	3,164,709	1,582,354	10,000	158
		新設	100			7,573,966	3,786,983	45,000	84
	PP11	J	95	2,017	70	18,357,534	9,178,767	10,000	918
		新設	100			19,256,155	9,628,077	45,000	214
	SeLA2	J	20	2,017	80	984,014	492,007	10,000	49
		新設	100			4,848,070	2,424,035	45,000	54
ﾁｭｷｻｶ	Barranca 12	B+S	33	2,017	40	190,997	95,498	5,000	19
		新設	100			583,601	291,801	45,000	6
ｻﾝﾀｸﾙｽ	La Guardia 8	J	16	2,025	40	552,485	276,243	10,000	28
		新設	100			3,386,108	1,693,054	45,000	38
	El Torno 9	B+S	15	2,030	30	354,350	177,175	5,000	35
		新設	100			2,340,576	1,170,288	45,000	26

J: ジェッティング法、 B+S: ブラッシング法＋スワビング法

注）回復率は回復率2を用いたが、A15-II井は回復率2が求められないことから回復率1を用いた。

なお、比較検討に用いた諸条件は、前項で推定した井戸の改修費用及び新設費用に基づいて以下のとおり設定した。

改修費用（井戸カメラの診断を含む）：

USD5,000/回（ブラッシング＋スワビング＋エアーリフト法）

USD10,000/回（高速ジェッティング法）

井戸新設費用： USD45,000/井

年間売上高／年間生産量の割合： 0.5USD/m^3

水道公社 EPSAS 及び SeLA の年間飲料水生産量及び売上高は表-3.12 に示すとおりであり、このデータから飲料水の単位売上高（年間売上高／年間生産量

の割合）を設定した。

表-3.12　水道公社における飲料水の単位売上高

公社	EPSAS			SeLA		
年度	生産量 (m^3/年)	売上高 (USD/年)	単位売上高 (USD/m^3)	生産量 (m^3/年)	売上高 (USD/年)	単位売上高 (USD/m^3)
2016	76,900,551	37,824,119	0.49	11,604,831	6,003,354	0.52
2015	70,739,340	36,404,983	0.51	11,402,406	5,542,303	0.49
2014	74,961,788	34,202,241	0.46	11,086,408	4,503,506	0.41
2013	73,191,600	32,060,334	0.44	10,882,604	4,392,027	0.40
2012	－	－	－	10,714,806	4,000,514	0.37

成果③：診断から改修までの井戸の長寿化に関する一連の技術モデルが示され、ボリビア側に技術移転がなされる。

活動 3-1：　井戸診断・改修及び井戸維持管理の技術一般に係る研修資料を作成する。（2017 年 2～6 月）

座学研修用の資料として 3 テーマのプレゼンテーション資料（日本語・西語）を作成した。1 番目のテーマは提案製品の操作使用方法及びメンテナンスについてまとめた「i-Do300F-Ⅱの使用方法・メンテナンス」、2 番目は井戸の診断及び改修技術についてまとめた「井戸を適正に利用するために」、3 番目は井戸の長寿命化の効率性評価方法を提示した「井戸の長寿命化による効果」である。

活動 3-2：　井戸診断・改修及び井戸維持管理の技術一般に係る技術研修（座学）を実施する。（2017 年 5～7 月）

提案製品の操作方法・メンテナンス及び井戸の診断・改修技術について、2017 年 5 月 16 日～26 日の期間に、対象 4 県の県庁所在地（ラパス市、オルロ市、スクレ市、サンタクルス・デ・ラ・シエラ市）において各 1 回、主に井戸維持管理の現業に従事する技術者計 116 名の参加者（C/P 機関、県水・基礎衛生・住宅課(以下、UNASBVI)、都市部の水道公社・組合）を対象に、診断・改修技術の紹介をセミナー形式で実施した。

井戸カメラによる撮影画像を見たことがない研修参加者も多く、机上でのカメラの操作や保管の方法の説明については理解度が高いとは言えないが、動画も提示したので撮影画像からカメラを使った診断の有効性は理解した様子であった。改修については、エアーリフトによる洗浄しか知らない参加者が多く、各種手法の適用性と日本の技術に関心があるようだった。なお、保守管理については、機材のメンテナンス、機器の清掃方法とその注意点、ケーブルの巻き直し、側方窓の交換、Oリンググリスアップ、機材の収納・保管について説明を行った。

また、井戸の長寿命化の効率性評価方法については、2017 年 6 月 14 日～7 月 5 日の期間に、対象 4 県の県庁所在地の関係機関 8 か所において、主に給水事業の戦略・計

画作成に従事する管理者合計 27 名を対象に、打合せ・協議の延長の形で井戸長寿命化の効率性評価方法の紹介を行い、研修を実施した。対象を管理責任者及び計画担当者に絞ったことから、長寿命化の効果を貨幣価値で評価することに違和感がなく、また、対座方式でその都度質問に対応して納得してもらったので、効率性評価方法について一定の理解を得たと考えられる。水道公社 2 社の研修参加者は、井戸のモニタリングとデータの蓄積の必要性を改めて認識した様子であった。

以上の座学研修の実施結果の概要は表－3.13 に示すとおりである。また、当初の計画と実績との対比は表－3.14 に示すとおりである。

表－3.13　技術研修（座学）の実施結果概要

日　時	場　所	研修テーマ	参加人数	主な参加者の所属機関
2017 年 5 月 16 日 8:30～12:30	EPSAS アチャチカラ浄水場会議室（ラパス市）	井戸カメラの操作・メンテナンス技術、井戸の診断・改修技術	30	MMAyA、MDRyT、EPSAS, EDALP
2017 年 5 月 19 日 8:30～12:30	SeLA 会議室（オルロ市）	同上	19	SeLA、UNASBVI、MMAyA
2017 年 5 月 23 日 8:30～12:30	チュキサカ県庁会議室（スクレ市）	同上	37	DCRH、UNASBVI、ELAPAS、ポトシ県 UNASBA
2017 年 5 月 26 日 8:30～12:30	サンタクルス県環境教育センター・セミナー室（サンタクルス市）	同上	30	PROASU、水組合（ワルネス、オキナワ、コトカ、エルカルメン、ポルタチュエロ、リモンシット、サンファン）
2017 年 6 月 14 日 14:30～15:30	VAPSB 会議室（ラパス市）	井戸の長寿命化の効率性評価方法	5	VAPSB 調査・計画・資金調達課
2017 年 6 月 16 日 12:00～12:30	EPSAS アチャチカラ浄水場（ラパス市）	同上	2	EPSAS プラント維持管理部
2017 年 6 月 20 日 9:30～10:30	SeLA 会議室（オルロ市）	同上	10	SeLA 総裁、技術課、コンサルタント
2017 年 6 月 20 日 15:15～16:15	県 UNASBVI 課長室（オルロ市）	同上	4	UNASBVI、DASAR
2017 年 6 月 22 日 17:30～18:00	DCRH（スクレ市）	同上	2	DCRH 専門家
2017 年 6 月 27 日 11:30～12:00	ラガルディア市水組合会議室	同上	2	組合長、技術課
2017 年 6 月 28 日 15:50～16:20	エルトルノ市水組合組合長室	同上	1	組合長
2017 年 7 月 5 日 10:30～11:00	EPSAS 計画・戦略的経営部	同上	1	部長

表－3.14　技術研修（座学）の計画と実績

	項目	形態	内容（計画）	内容（実績）
1回目	井戸の維持管理技術一般および井戸カメラによる井戸診断	講義	・井戸の診断・点検フローチャート ・井戸のモニタリング（水位・揚水量等） ・モニタリング結果を用いた一次的井戸診断 ・井戸カメラを用いた二次的診断 ・井戸カメラの操作・保守管理方法 ・改修技術全般の紹介	・井戸維持管理のフロー ・井戸のモニタリング（水位・揚水量・水質） ・井戸管理台帳による井戸データの記録・集約 ・既存データによる一次的井戸診断 ・過去の揚水試験結果を用いた井戸機能の診断方法 ・長期的な水位の低下予測 ・井戸の診断・調査方法 ・井戸カメラを用いた二次的井戸診断 ・井戸カメラの操作・保守管理方法 ・改修技術全般の紹介
2回目	井戸の長寿命化	講義	・長寿命化の意義 ・長寿命化モデルの概念 ・長寿命化モデル作成のために必要なデータ ・長寿命化計画	・長寿命化の意義 ・長寿命化モデルの概念 ・長寿命化モデル作成方法と必要なデータ ・長寿命化の費用対効果の推定

研修の効果を測るため、井戸診断、井戸改修の一連の活動が終了した 2017 年 12 月に、座学、OJT 双方の研修参加者を対象として、電話および面談によるアンケート調査を実施した。

座学研修参加者 127 名（重複を除く）のうち、31 名から有効回答を得ることができた。以下にその結果を示す。

質問項目	そう思う	まあそう思う	そう思わない	「そう思う」「まあそう思う」の割合
1. 井戸カメラを用いた井戸診断とメンテナンスの内容について理解できた。	31	0	0	100%
2. 井戸のメンテナンスを行うことのコスト面での優位性について理解できた。	31	0	0	100%
3. 自分の所属する組織が管理する井戸について、井戸診断とメンテナンスの実施を進めたいと思う。	30	1	0	100%
4. あなたの所属する組織で、井戸診断、メンテナンスに必要な機材について購入することが可能だと思う。	6	4	4	32%
5. 井戸診断、メンテナンスに関する研修をさらに受講したい。	23	－	0	74%

アンケート結果からは、井戸カメラを用いた井戸診断、メンテナンスの内容やその

有効性については非常によく理解されていることがわかる。また、さらなる研修への参加意欲も74%とかなり高いことがわかった。

一方、「4. あなたの所属する組織で、井戸診断、メンテナンスに必要な機材について購入することが可能だと思う。」との問いに対しては、「そう思う」「まあそう思う」が 32%に止まっている。この質問に対して、「そう思わない」と答えた回答者に対し、「あなたの所属する組織で機材の購入が難しいと思われる理由は何か？」との質問をしたところ、「予算が確保できない」という回答が100%であった。他の選択肢は「井戸診断、メンテナンスには効果がないと思う。」だが、回答率は0%であった。

このアンケート結果からは、座学研修参加者が、「井戸診断、メンテナンスの内容を理解し、その効果を非常に好意的に捉えていること」「井戸診断、メンテナンスの実施意欲は高く、さらなる知見の取得への意欲も高いが、必要な機材への投資の可能性については懐疑的であること」が窺える。

活動3-3： 現地関係者を対象とした、実証対象候補井の予備的診断時における井戸カメラの操作及び保守管理のOJTを実施する。（2017年7月）

2017年7月10～25日の予備診断の期間、予備診断作業を通じて、主に井戸の維持管理の現業に従事する技術者を対象に井戸カメラの操作・保守管理（機器の清掃方法と注意点、ケーブルの巻き直し、側方窓の交換、Oリンググリスアップ、機材の収納・保管）及び井戸診断の方法を実地指導した。OJTは、座学で説明した主要な操作・手順を参加者に直接体験してもらう形で、4県で実質合計59人に対して実施した。また、モニター画面を通じて、井戸の状況をどう診断するか説明を加えた。当初の計画と実績との対比は表－3.15に示すとおりである。

表－3.15　予備的診断時における井戸カメラの操作及び保守管理OJTの計画と実績

項目	形態	内容（計画）	内容（実績）
井戸カメラの操作･保守管理方法および井戸カメラを用いた診断技術	実演	・井戸カメラの操作方法 ・井戸カメラ使用時の準備および使用後の始末 ・井戸カメラの日常の保守点検方法 ・井戸カメラを用いた井戸の機能診断 ・撮影動画像の記録と静止画作成方法 ・現場での留意事項（誤操作の事例と注意）	・コントローラによる井戸カメラの操作方法 ・機材の現場組立、ケーブル類の正しい接続、カメラの井戸内吊り下げ・吊り上げのためのウィンチの操作、使用後の後始末 ・日常の保守点検・管理方法 ・モニター画面を通じて、井戸の状況をどう診断するかを現場で説明 ・撮影画像のPC等への取り込み方法及び静止画作成方法 ・特にケーブル類の接続時の誤操作と留意点について説明

各県における予備診断時のボリビア側の参加者は表－3.16 に示すとおりである。なお、この参加人数は延べ人数である。チュキサカ県においては、県DCRHのOJT参加者が多く、井戸を管理する水組合からも複数の参加があった。県DCRHでは、県内市町村

からDCRHが掘削した井戸の維持管理の支援要請が多く、本提案製品1台を既に購入していることもあり、その操作・保守管理（機器の清掃方法と注意点、ケーブルの巻き直し、側方窓の交換、Oリンググリスアップ、機材の収納・保管）及び活用の方法について関心が高いためと考えられる。

表－3.16　予備診断実施時における技術研修（OJT）の参加者

県名	井戸名	実施日	参加者
ラパス	A2-II	2017年7月13日	EPSAS: 1名
	A3-II	2017年7月10日	EPSAS: 1名
	A11	2017年7月11日	EPSAS: 1名
	B1-II	2017年7月11日	EPSAS: 1名
	B2-II	2017年7月11日	EPSAS: 1名
	B10-II	2017年7月10日	EPSAS: 1名
	B13	2017年7月13日	EPSAS: 1名
	A15-II	2017年7月27日	EPSAS: 1名
	A8	中止	ー
オルロ	PP9	2017年7月17日	SeLA: 3名
	PP26	2017年7月17日	SeLA: 1名
	PP27	2017年7月21日	SeLA: 1名
	SeLA 2	2017年7月18日	SeLA: 1名
	SeLA 3	2017年7月18日	SeLA: 1名
	SeLA 4	2017年7月18日	SeLA: 1名
	DASAR 6 Machacamarca	2017年7月20日	オルロ県庁: 1名
	DASAR 6 Machacamarca(新)	2017年7月19日	オルロ県庁: 1名
	DASAR Viacha(新)	2017年7月19日	オルロ県庁: 1名
	13 Copacabana	2017年7月25日	オルロ県庁: 2名
	22 Villa Concepcion	2017年7月24日	オルロ県庁: 2名
	Chococa	2017年7月25日	オルロ県庁: 2名
	Sica Ullami	中止	ー
	DASAR 8 Viacha	中止	ー
チュキサカ	MOJOTORO POZO-24	2017年7月20日	チュキサカ県庁: 11名 Mojotoro水組合: 3名
	BARRANCA POZO-12	2017年7月21日	チュキサカ県庁: 20名 Barranca水組合: 5名
	JATUN KHAKA POZO-01	2017年7月24日	チュキサカ県庁: 15名
	SANCHO POZO-221	2017年7月25日	チュキサカ県庁: 5名
サンタクルス	LA GUARDIA POZO-08	2017年7月12日	La Guardia水組合: 3名
	LA GUARDIA POZO-06	2017年7月13日	La Guardia水組合: 7名
	LIMONCITO POZO-06	2017年7月14日	Limoncito水組合: 3名
	EL TORNO POZO-02	2017年7月15日	El Torno水組合: 5名
	JOROCHITO POZO-04	2017年7月17日	Jorochito水組合: 3名
	EL TORNO POZO-09	2017年7月18日	El Torno水組合: 3名

県DCRHでは、2015年に案件化調査で実施したラパス県EPSAS管理の2井に対する診断・改修実証活動に技術責任者を派遣・参加したことをきっかけに、井戸カメラを使用した井戸診断の有用性に関心を持ち 1 台の調達を決め、同年、入札を実施した。販売代理店候補の現地企業が本提案製品で応札し、落札した。画像の鮮明度（画素数）、水平・垂直 2 方向のカメラ、オートフォーカス機能等のカメラのスペック面で優位性があったようである。

サンタクルス県内の水組合においては、井戸カメラによる診断実務に接した経験がないことから関心が高く、水組合から複数の参加者があった。ラパス県、オルロ県においては、水道公社が井戸カメラによる診断を民間業者に委託した経験があることからか、参加者がやや少なかった。

活動 3-4： 現地関係者を対象とした、実証活動時における診断・改修の OJT を実施する。（2017 年 9～12 月）

診断・改修の作業現場においては、井戸管理機関の責任者及び実務担当者を対象に、改修方法の特長と診断結果に基づく改修方法、改修方法の実施手順・作業要領・必要な資機材、揚水試験、改修効果の評価方法を実施指導した。現場での留意事項としては、事例の多い井戸内埋没や落下物の除去方法及び揚水量と動水位の適正管理方法等を指導した。また、井戸カメラによる改修効果の確認があるので、井戸カメラの操作方法や画像データの取得方法についても繰り返し指導をした。さらに、井戸の維持管理の基本的条件としての水位、揚水量の定期モニタリングの意味・重要性についても現場の井戸状況に合わせて具体的に説明した。当初の計画と実績との対比は表－3.17 に示すとおりである。

各県における診断・改修実証活動の実施期間中におけるボリビア側の OJT 参加者の述べ人数は表－3.18 に示すとおりである。なお、実質的には合計 94 名が参加したことになる。ラパス県では井戸管理者である EPSAS のほか地方・土地開発省（以下、MDRyT）が参加し、井戸カメラ導入の意向を示すなど強い関心を示した。SeLA は連日多くの関係者が作業現場を訪れ、一連の作業に強い関心を示した。チュキサカ県 DCRH は自らの県での OJT に多数が参加したほか、サンタクルス県における OJT にも関係者を派遣・参加させるなど診断・改修技術への関心度の高さを示した。

表－3.17　診断・改修実証活動時における OJT の計画と実績

項目	形態	内容(計画)	内容（実績）
井戸カメラによる診断から改修に至る一連の技術	実演	・診断結果に基づく改修方法の選定 ・選定された改修方法の実施手順 ・改修に必要な資機材 ・揚水試験 ・改修効果の評価手法 ・現場での留意事項	・井戸カメラの操作方法 ・画像データの取得方法 ・揚水量及び水位の定期モニタリングの必要性 ・画像による井戸診断方法 ・改修方法の特長 ・改修方法の作業要領 ・改修に必要な資機材 ・揚水試験による改修効果の評価方法 ・画像による改修効果の評価方法 ・井戸内の埋没や落下物の除去方法 ・揚水量と動水位の適正管理

表－3.18　診断・改修実証活動時における技術研修（OJT）の参加者

県名	井戸名	実施日	参加者
ラパス	B1-II	2017/11/20～22	EPSAS：3 名 地方・土地開発省：3 名
	A11	2017/11/23～27	EPSAS：3 名 地方・土地開発省：3 名
	A15-II	2017/11/28～12/4	EPSAS：3 名 地方・土地開発省：3 名
オルロ	PP9	2017/10/24～31	SeLA：30 名
	PP11	2017/11/1～9	SeLA：26 名 オルロ県 UNASBVI：3 名
	SeLA 2	2017/11/9～15	SeLA：23 名 VAPSB：1 名
	SeLA 3	2017/10/31～11/10	SeLA：26 名 オルロ県：2 名
チュキサカ	MOJOTORO 24	2017/10/9～11	チュキサカ県庁：11 名 Mojotoro 水委員会：4 名
	BARRANCA 12	2017/10/12～18	チュキサカ県庁：12 名 Barranca 水委員会：5 名
サンタクルス	LA GUARDIA 08	2017/9/26～29	La Guardia 水組合：14 名 チュキサカ県庁：3 名
	EL TORNO 09	2017/10/2～4	El Torno 水組合：4 名

活動 3-3 の予備診断、活動 3-4 の診断・改修実証活動の技術研修（OJT）の効果を測るため、井戸診断、井戸改修の一連の活動が終了した 2017 年 12 月に、座学、OJT 双方の研修参加者を対象として、電話および面談によるアンケート調査を実施した。
OJT 参加者 106 名（重複を除く。また、座学研修と OJT 両方に参加した者は座学に含め、OJT 研修参加者の集計からは除外した。）のうち、78 名から有効回答を得ることができた。以下にその結果を示す。

質問項目	そう思う	まあそう思う	そう思わない	「そう思う」「まあそう思う」の割合
1．井戸カメラを用いた井戸診断とメンテナンスの内容について理解できた。	78	0	0	100%
2．井戸のメンテナンスを行うことのコスト面での優位性について理解できた。	78	0	0	100%
3．自分の所属する組織が管理する井戸について、井戸診断とメンテナンスを実施を進めたいと思う。	78	0	0	100%
4．あなたの所属する組織で、井戸診断、メンテナンスに必要な機材について購入することが可能だと思う。	14	7	5	27%
5．井戸診断、メンテナンスに関する研修をさらに受講したい。	74	-	0	95%

アンケート結果からは、座学研修参加者と同様に、井戸カメラを用いた井戸診断、メンテナンスの内容やその有効性については非常によく理解されていることがわかる。また、さらなる研修への参加意欲も 95%と非常に高く、これは座学研修参加者に比べても高い。

一方、「4. あなたの所属する組織で、井戸診断、メンテナンスに必要な機材について購入することが可能だと思う。」という問いに対しては、「そう思う」「まあそう思う」が 27%に止まっている。これは座学研修参加者に比べてもやや低い数字である。この質問に対して、「そう思わない」と答えた回答者に対し、「あなたの所属する組織で機材の購入が難しいと思われる理由は何か？」という質問をしたところ、「予算が確保できない」という回答が 100%であった。他の選択肢は「井戸診断、メンテナンスには効果がないと思う。」であるが、回答率は 0%であった。この傾向は、座学研修参加者へのアンケート結果と全く同じである。

このアンケート結果からは、OJT 参加者が、「井戸診断、メンテナンスの内容を理解し、その効果を非常に好意的に捉えていること」「井戸診断、メンテナンスの実施意欲、技術の取得への意欲は非常に高いが、必要な機材への投資の可能性については座学研修参加者に比べ、より懐疑的であること」が窺える。

現場の技術者クラスが多い OJT 参加者は、水管理組織の幹部クラスの多い座学研修参加者に比較して意欲が高いにも関わらず、必要な機材の調達に関して、より悲観的である、ということは興味深いところである。予算は、専ら県では部長、水道公社では総裁、水組合では組合長等の組織のトップクラスが立てることになっているため、現場の技術者レベルでは必要機材の購入の可否について判断できないことから悲観的な反応を示したものと考えられる。このため、本事業における実証活動から得た井戸カメラによる診断の有用性、改修による井戸機能回復効果等を分かりやすい形（添付資料に示したパンフレット、井戸の診断・改修マニュアル(案)等）にまとめて各機関の幹部クラスに配布し、提案製品の導入を繰り返し訴えかけた。

活動 3-5： 技術一般に係る研修資料及び診断・改修実証の成果を基に井戸診断・改修マニュアルを作成する。

診断・改修に先だって実施した座学研修に用いた資料及び診断・改修実証で得られた成果を基に、以下の内容からなる「井戸カメラを利用した井戸の診断・改修マニュアル(案)」を作成し、C/P 機関及びサブ C/P 機関に説明・配布した。なお、マニュアル(案)は添付資料に示した。

i. 井戸の維持管理
ii. 井戸のモニタリングと点検
iii. 井戸の診断
iv. 井戸の改修
v. 改修（目詰まり除去）効果の評価
vi. 井戸の長寿命化の費用対効果
vii. 井戸カメラの操作方法

活動 3-6： 診断・改修実証の成果及び井戸診断・改修マニュアル(案)を基に技術セミナーを開催する。

表－3.19 技術セミナーの開催概要

開催都市	会場	日時	発表内容	参加者
ラパス市	プレジデントホテル 集会室	2018月7月6日 9:00～17:30	「地下水管理戦略、水分野の現行規則」(MMAyA) 「水文地質サービス」(SERGEOMIN) 「我らが井戸プログラム」(MDRyT) 「比抵抗断面図法による地下水開発」(COFADENA) 「水の脆弱性」(コロンビア国カトリック大学マニサレス校) 「過剰揚水帯水層の地下水管理」(ペルー国家水道局) 「井戸カメラの特長とRaax製品・技術全般の紹介」(鈴木) 「実証活動結果、井戸管理・改修方法」(福井) 「井戸の長寿命化がもたらす効果」(栗原)	合計 76名 MMAyA: 15名 MDRyT: 3名 SERGEOMIN: 4名 COFADENA: 2名 EMAGUA: 2名 サンアンドレス大学: 1名 ラパス県: 6名 オルロ県: 5名 チュキサカ県: 6名 タリハ県: 2人 Barra Vira市: 1名 El Torno市: 2名 Sacaba市: 1名 Tapacari市: 1名 Tiquipaya市: 1名 SEMAPA: 3名 SeLA: 2名 COSAALT: 2名 ELAPAS: 2名 JICA事務所: 3名 CTB: 1名 調査チーム: 4名 その他: 5名 コロンビア及びペルーの発表者: 2名(インターネットを通じた参加)
オルロ市	SeLA セミナー室	2018年6月29日 9:30～12:30	「井戸カメラの特長とRaax製品・技術全般の紹介」(鈴木) 「実証活動結果、井戸管理・改修方法」(福井) 「井戸の長寿命化がもたらす効果」(栗原)	合計 46名 県UNASBVI: 4名 SeLA: 38名 調査チーム: 4名
スクレ市	チュキサカ県DCRH 会議室	2018年7月3日 9:00～12:00	同上	合計 35名 県DCRH: 2名 PROEPPAS: 29名 調査チーム: 4名
サンタクルス市	SAGUAPAC セミナー室	2018年7月11日 9:00～12:00	同上	合計 34名 SAGUAPAC: 7名 水組合: 20名(12組) 新聞社: 2名 井戸業者: 1名 調査チーム: 4名

本事業の対象地域内の 4 都市（ラパス市、オルロ市、スクレ市、サンタクルス市）において技術セミナーを開催し、2017 年 7 月に実施した予備診断及び同年 9～12 月に実施した診断・改修の実証結果報告を中心に発表を行った。セミナーの開催概要は表－3.19 に示すとおりである。

オルロ、スクレ、サンタクルスの 3 市では、県庁及び市上下水道公社の井戸の維持

管理実務者 30～40 名を対象に井戸カメラの特長と Raax 社製品・技術全般の紹介、実証活動結果と井戸管理・改修方法、井戸の長寿命化の効果に関する発表を行った。

ラパス市では、C/P 機関である MMAyA の主催、JICA 及びベルギー技術協力公社（以下、CTB）の後援による「地下水及び適用技術に関する全国シンポジウム」の形となり、中央政府諸機関（MMAyA、MDRyT、SERGEOMIN、COFADENA、EMAGUA）を始め、全国の県政府、市政府、市上下水道公社、大学等の関係者 70 名以上の参加があった。内容も本事業関係の他、ボリビア国中央政府諸機関（MMAyA、MDRyT、SERGEOMIN、COFADENA）及び近隣国の関係機関（ペルー国家水道局、コロンビア国カトリック大学）から多くの発表が行われた。なお、このシンポジウムの場において、本事業で使用した機材のボリビア側への引渡書が JICA 及び MMAyA の間で取り交わされた。

成果④：井戸カメラの普及と提案企業のビジネス展開のための計画が策定される。

活動 4-1： マーケット分析により今後の対象国におけるビジネス展開の仕組み、計画・スケジュール、可能性評価を行う。（2017 年 7～8 月）

これまでの現地調査において、C/P 機関、サブ C/P 機関、民間井戸業者への聞き取りにより、多くの井戸の揚水能力が経年劣化を起こしていること、その要因分析と対策の必要性が高まっているが診断及び改修の技術が不十分なことが明らかになっている。

上水道分野における井戸の維持管理者は、都市部では水道公社や水組合であり、村落部では水衛生委員会（以下、CAPyS）である。維持管理の一環である診断・改修の実務については、一定の水道料金収入があって資金的に余裕のある都市部の水道公社や水組合では民間井戸業者に委託するか自ら所有の機材を使用して実施するかし、資金的に余裕のない地方部の CAPyS では当該村落を所管する市及び県に依頼するのが一般的である。したがって、提案製品である井戸カメラの販売対象としては、これら診断・改修の実務者である水道公社、民間井戸業者及び UNASBVI 等の県の給水部門である。

一方、一部の先進的な業者を除いて、一般の民間井戸業者は、発注者が井戸カメラによる診断・改修の有用性を理解し、発注仕様で指示するようにならないとカメラを購入・所持しようとしない。このため、先ずは水道公社を販売対象とし、そこから民間業者への販売・普及を図ることとする。

ボリビアにおいては、EPSAS、SeLA、サンタクルス市上下水道公社（以下、SAGUAPAC）等の主要都市水道公社は、井戸カメラによる診断の必要性を認識してカメラの利用を始めている。SAGUAPAC は、自ら井戸カメラを所有して診断や日常的な点検に利用していた（現在は故障中）ほか、カメラによる診断を前提とした改修を民間業者に発注しているようである。

これまで、ボリビアにおける井戸カメラの活用については、一般的には試験的な利用の域を出ておらず、カメラによる診断と改修が井戸の維持管理に不可欠な一連の技術として定着しているとは言いがたい。SeLA は井戸カメラによる観察を 2015 年に民間業者に発注したが、必ずしも改修の前提となる診断が目的ではなく、単なる観察が目的であった。

このため、本事業の実証活動においては、当面の販売対象となる水道公社である EPSAS や SeLA に対して、井戸カメラによる診断及び改修技術の実際とその有用性を十

分示すことによって理解を深めるよう努めた。また、カメラによる井戸診断やエアーリフトを除く井戸改修に関する技術の知見がなかった県の給水部門や水組合に対しても、実証活動を通じて理解を進めるよう努めた結果、提案製品への関心をより具体的にすることができたと考えている。

ボリビアにおいては、これまで2台の提案製品を販売した実績があり、1台はチュキサカ県DCRH、もう1台は現地販売代理店であるサンタクルス県の民間井戸業者が購入し、所有している。チュキサカ県DCRHでは、2015年に競争入札に基づく公共調達により提案製品が導入されている。落札価格は約USD148,000であり、井戸カメラ関係（撮影画像処理装置類（ハードウェア、ソフトウェア）を含む）がUSD89,000、その他機材（水位計等の計測器、工具類、電気探査機材の修理費等を含む）が USD59,000 であった。主に、提案製品のもつオートフォーカス機能による画像の鮮明度、水平・垂直 2方向のカメラによる半球状の広い撮影範囲等のスペック面での優位性が評価されたようである。民間井戸業者の方は、サンタクルス市近郊の水組合から井戸の改修業務を受託し、改修前の診断と改修後の効果報告に利用するほか、新たな顧客に井戸カメラによる診断・改修方法を積極提案しているとのことである。こうした実績を参考に、県の給水部門や主要都市の水道公社に対しては、井戸カメラの導入を促し、代理店を通じた公共調達への参加により販売を実現していき、民間井戸業者に対しては、発注者である水道公社や水組合による井戸カメラによる診断のスペックインを促して民間業者への販売を実現していく戦略を想定している。

現在、MMAyAでは地下水保全の計画・規制に係るガイドライン類を作成中であるが、その一つである「物理探査及び井戸掘削に係る技術ガイドライン」の素案について、井戸の開発・管理の関係者にヒアリングをして内容の加筆・修正及び再検討をしている。当該ガイドラインは井戸建設の前・中・後の全段階を網羅した内容であり、建設後の井戸の診断・改修における井戸カメラの利用を盛り込むために、本事業で作成した「井戸カメラを利用した井戸の診断・改修マニュアル(案)」を引用したい旨の要請を受けて、同マニュアル（案）の電子データをMMAyAに提供した。また、MMAyAはこのガイドラインの仕上げに対する協力をJICAに要請し、JICA事務所は国家基準局と連携して2019年3月終了を目途に仕上げ作業を実施中であり、その後、約半年に亘る法的手続きを経て、2019 年内に国家基準(NB)として発効の見込みとなっている。このガイドラインが発効すれば、井戸の維持管理において井戸カメラによる診断が励行されることになる。

隣国ペルーにおける井戸カメラの普及状況はボリビアとほぼ同様であり、リマ市の3社への聞き取り調査によると、全国で50社程度の井戸改修業者があるが、井戸カメラで診断を行っているのは先進的な５、６社のみである。カメラによる診断については顧客からの要望が多く、カメラ診断による問題の特定が非常に重要だと考えているとのこと。使用しているカメラは米国製（LAVAL 社、ARIES 社）で、価格はUSD20,000～25,000 であるが、360 度の視野ではなく、オートフォーカス機能はない。その他の米国製として R-CAM 社製（R-CAM1000XLT：日本国内販売価格 220 万円、前方・側方カメラ（切替式）、フォーカス機能なし、ケーブル長300m）がペルーでは使用されており、リマ市上下水道公社(SEDAPAL)が所有しているとのことである。

提案製品の優位点は、撮影画像の鮮明さ、堅牢で野外での操作性が良い等の機材の性能の良さであり、提案製品に比べて競合他社製品はいずれも画像が鮮明とは言えず、このことが井戸カメラによる診断を前提とした改修がまだ定着しない原因となっていると考えられる。

一方、ボリビアや隣国ペルーにおける井戸業者が所有する既存の井戸カメラは米国製が多く、価格がおよそ USD20,000～30,000 である。ボリビアでは輸入に約 30%の関税・付加価値税がかかるため、本提案製品は約 2 倍の価格となってしまう。このため、フォーカス機能や撮影画像の鮮明さ等、機材の性能で優位性があっても、単に日本で製作した製品を代理店を通じて販売するだけでは、価格面で競争力が低いと考えられる。また、ユーザー側からは、価格よりも修理への対応やパーツの供給体制が重要との意見もあることから、現地におけるメンテナンス体制確立について留意する。

活動 4-2： 想定されるリスクと対応を検討する。

本事業での実証及び普及活動の結果を踏まえて、当初想定したリスクの内容及び対応策について再検討した。

① 政治的リスク

中央政府と県知事との間に政治的軋轢があると、中央政府からの予算配分削減等の問題が発生し、県側は中央政府の意向に従わなくなる等の行政面の影響がある。

本事業では、2015 年 3 月 29 日の県知事選挙（同年 5 月 31 日より就任、任期 5 年）の結果、サンタクルス県では反政府系知事体制の継続が影響して本事業についての MMAyA 大臣と県知事との間の協力同意書が未締結のままであったため、案件化調査の時と異なり、情報提供を含めてサンタクルス県 PROASU からの協力が限定的であった。、ラパス県では親中央政府の知事から反政府系の知事への交代があり、協力同意書は県知事とではなく、EPSAS 総裁との間で結ばれ、県 EDALP からの協力は得られなかった。

このため、サンタクルス県では、ラガルディア市やエルアルト市の水組合の協力を得て井戸の診断・改修の実証活動を行った。また、2018 年 3 月の現地調査の際（3 月 28 日）にはボリビア衛生・環境技術者協会サンタクルス支部の協力を得て座談会（左写真）に参加させてもらい提案製品の紹介をするほか、2018 年 7 月の際にはサンタクルス市 SAGUAPAC の協力を得てセミナーを開催し、県水組合連盟（FEDECAS）に参加を呼びかけ幅広い井戸関係者に対して井戸の長寿命化と井戸カメラ利用の有効性を紹介した。

ラパス県では、JICA 事務所の計らいにより全国上下水道公社協会（ANESAPA）の協会誌 No.43(2018)に提案製品及び本事業に関する記事（以下写真）を掲載したほか、2018 年 7 月のラパス市でのシンポジウムでは、MMAyA の主催として中央政府関係者及びラパス県を含む高山地域や渓谷地域の県・市・水道公社の関係者を幅広く招いて、

本事業の成果と提案製品・技術の紹介を行った。

また、井戸診断・改修技術を移転しても、県知事の交代による担当者の配置転換や解雇があると、それらの技術が普及しないこともあり得る。こうした政治的リスクへの対応として、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）への座学や OJT を行うほか、その研修内容を井戸の維持管理マニュアルの形にして配布し、今後も技術が引き継がれるように材料を提供した。

② 経済的リスク

本事業では実物を確認できなかったがブラジルやアルゼンチン等の競合製品があるということであり、こうした近隣諸国からの輸入品は関税が優遇されるので、価格競争の面で不利となるリスクがある。さらに機械類の輸入関税率が上がる傾向があるようだが、水関連の専用調査・研究機材として輸入すれば低い輸入関税率が適用されるとのことであり、輸出入の手続きに当たって輸入関税の優遇措置が得られるよう工夫する必要がある。

③ 知的財産権保護上のリスク

井戸カメラそのものは特殊な機器ではなく、提案機材も他社製品にはない特殊な要素を多く組み込んだものではないことから、提案機材は特許を取得していない。提案機材の比較優位性は、ボーリング孔カメラも含めて 20 年以上にわたり自ら地質調査や井戸診断に利用してきた経験に基づいて、耐久性や使い勝手を重視した工夫が要所に施されているところにあると認識している。このため、外観から模倣しても、同等の性能は容易には発揮されないと考えている。

実際、本事業を通して現地で確認した他社製品は基本的には提案製品と同じ要素から成り立っており、外観上の模倣は容易である。事実、本事業で見たサンタクルスの業者が自作した井戸カメラは外観上は提案製品とほぼ同様なものであるが、オートフォーカス機能の有無により画像の鮮明さに大きな相違がある。一方、オルロ市及びサンタクルス市の上下水道公社 SeLA 及び SAGUAPAC は競合他社の井戸カメラを所有しているものの、いずれも故障して使用できない状態であり、耐久性に問題があると考えられが、長年の経験と実績に基づいて築いてきた提案製品の耐久性の工夫は外観からは簡単には見分けられず品質も含めた模倣は困難だと考えている。

④ 競合リスク

井戸カメラの導入を考えている機関や民間井戸業者は、一般的に現地代理店経由ではなく、インターネットを通じて欧米の競合他社から直接、製品、価格情報を得ているようであり、直接販売で調達するようになると競合する他社が多数になる。対応策としては、インターネット販売では得られない、代理店によるメンテナンス・サービス等の付加価値を考える。

一方、上述したように、SeLA 及び SAGUAPAC では、競合他社の井戸カメラを所有しているものの、いずれも故障したままで修理をしていないが、インターネットを通じた直接購入の場合、故障時の修理対応等、メンテナンス・サービスに問題があるようである。現地代理店に対するきめ細かいメンテナンス技術指導により、現地代理店によるメンテナンス・サービス体制を強化していく。

本事業での聞き取り調査結果によると、ボリビアでは井戸カメラの利用はまだ日が浅く、その利用目的はスクリーンの目詰まりの概観確認、落下物の確認、孔底堆積状況の確認等が主であり、現段階では必ずしも提案製品 i-Do300F II の持つ能力・精度のすべてを求めているわけではなく、望ましい価格帯は USD30,000 以下であることが分かった。そこで、井戸カメラを未利用な客先に対しては、A.先ずは米国等の競合他社製品と同程度の機能及び価格である、i-Do300FⅡの簡易型のスマートカメラを所有してもらい、B.それを利用した診断が有効であることを実感してもらい、C.2 台目からはより精度の高い提案製品 i-Do300FII に目が向くよう、同機種を所有して活用している現地代理店の実績を利用して宣伝・営業を強化する、という 3 段階の販売戦略を採る。また、井戸カメラを利用（外注も含めて）したことがある客先には、A.及び B.の段階を省いて C.から営業活動を図る考えである。

その一方、i-Do300FⅡについては仕様を見直し、ウィンチ等の部分は現地製作が可能であり、現地調達による製造コストの削減を図る。現地調査の結果からはプローブ部分は無理だとしても、ウィンチ部分を現地調達することは可能と考えられ、将来的には現地調達を少しでも増やして価格を抑えるよう工夫する。ウィンチ部分の現地調達により約 40%のコストダウンが可能と推定され、「2 倍以上」の価格が「2 倍以下」になるので購買心理への好影響はあると考えられる。

⑤ 市場規模リスク

ボリビアには、公共機関が管理する井戸がおよそ 3,500 井、民間所有のものがその同数以上あるといわれている。第 4 章で後述するように、井戸カメラによる診断の作業時間や稼働率を考慮すると、これらの井戸の診断には、公的機関が管理する井戸の場合 30～40 台、民有の井戸を含めるとその 2 倍の 50～85 台が必要になると推測され、これが潜在的な市場規模と考えられる。しかし、井戸の維持管理・診断、そして改修して長寿命化しようとする動機付けがなければ、実際の市場規模の拡大が望めない。現在、MMAyA は地下水保全の計画・規制に係るガイドラインの策定を進めており、このガイドラインが上記の動機付けになると考えられ、実効が上がれば市場規模の拡大が期待できるので、本事業終了後も引き続きガイドライン作成に関して MMAyA を支援していく。

また、ボリビア国内のみでは、さらなる市場規模が望めないため、ボリビアでの販売が軌道に乗った時点から、ペルー等の周辺諸国への営業・販売を図っていく。その

際、ボリビアで好評を得ていることが前提となるので、周辺国の給水事業関係機関と情報交換をしているMMAyA(VAPSB)の協力を得て、ボリビアでの成功事例と実績を周辺国の関係者へ紹介してもらい、ボリビアの現地代理店を通じた宣伝・営業を進める。

⑥ 地理的要因リスク

提案製品は注文生産が基本であり、生産に5か月前後の時間を要するが、これに輸送・通関に要する時間を加えると空輸でも6～7か月の時間がかかることになり、顧客の意向に沿えず、契約に至らないリスクがある。本事業で聞き取り調査した結果、納期は通常は1～2か月であり、3か月が限度とのことであった。現地代理店に1、2台程度の在庫を確保してもらい対応する等の対応が必要である。

活動4-3： 事業化による開発効果を検討する。

本事業における井戸管理者に対する聞き取り調査や研修後のアンケート調査では、井戸の維持管理の適正化及び長寿命化の重要性については認識されているが、井戸の機能低下の診断・評価方法、洗浄・改修による機能回復方法について知見が不足しており、揚水量回復策としては既存井の機能回復ではなく、既存井に代わる井戸を新設する方法を多用し、結果的に井戸を使い捨てにしているのが一般的な現状である。

このため、本事業では単に井戸カメラによる井戸診断技術の紹介に止まらず、井戸カメラによる診断の目的、診断結果の評価・活用方法、揚水量回復のための改修方法とその効果について実例を示すべく、4県11井の既存井戸について実証活動を実施した。その結果、目視では直接確認できない井戸内部の状態を井戸カメラによる撮影映像を通して視認することにより、変状や破損個所を特定し、機能不全の原因を解明することができることをボリビア側の井戸管理関係者に示すことができた。さらに、井戸の長寿命化と新設の費用対効果を比較することにより、井戸カメラを利用した診断結果に基づいて適切な改修を実施すれば、代替井戸を新設するよりも効率よく揚水量回復が可能なことを示すことができた。

したがって、今後の事業展開により井戸カメラを利用した井戸診断が普及すれば、新設井に比べて経済的に効率の良い既存井の改修による取水能力向上が図られるほか、新規の井戸建設に当たって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することにより取水能力向上が図られ、開発課題となっている地方部および都市周辺部における給水サービスの向上に貢献できる。また、井戸の長寿命化を促進して廃井の増加を抑えることは、廃井経由の帯水層の水質汚染リスクを軽減し、安全な水へのアクセス率の改善に貢献することができる。

活動4-4： ビジネス展開及び普及計画を作成する。

SWOT分析により、提案製品・技術の強みと弱み、外部環境の機会と脅威を整理し、好機に強みをいかに活用するか、弱みをいかに修正して好機に活かすか、競合他社の存在等の脅威に対していかに強みを活かすか、脅威の下でいかに弱みを克服するか等の検討を行った。分析結果を基に、マーケットの現状及び動向に係る収集情報を精査し、提案製品の普及・販売戦略等のビジネス展開の仕組み、具体的な展開計画（販売計画・収支計画）・スケジュール等を作成した。

（２）事業目的の達成状況

事業目的の達成状況については、以下の表－3.20 に示すように期待される成果の確認により評価することとする。

表－3.20　期待される成果の達成状況

成果	指標・確認方法及び実績
①井戸カメラを用いた診断が実施され、井戸の機能低下の状況が明らかになる。	➢ 井戸の機能低下概況に関する聞き取り調査記録（建設年、仕様、揚水量変化傾向、機能低下と推定要因、改修実績） ⇒【実績】資料・情報を収集・整理し、本報告書に記載。 ➢ 診断・改修の実証候補井の抽出（位置図、諸元） ⇒【実績】予備診断候補井を抽出し、本報告書に位置図、諸元を記載。 ➢ 井戸カメラを用いた予備診断（撮影画像、機能低下状況と推定要因） ⇒【実績】予備診断を実施し、結果を本報告書に記載。 ➢ 対象井の確定（ラパス県 3 井、オルロ県 3 井、チュキサカ県 2 井、サンタクルス県 2 井） ⇒【実績】日本側チームとして対象井の選定を行い、ボリビア側への再確認をした後に、合計 11 井（ラパス県 3 井、オルロ県 4 井、チュキサカ県 2 井、サンタクルス県 2 井）が確定した。 ➢ 対象井における井戸カメラによる内部撮影（詳細撮影画像） ⇒【実績】11 井を対象に、2017 年 9 月～12 月に改修作業の前後に井戸内の撮影を行い、詳細画像データを取得。画像の一部を添付資料「改修結果シート」に示す。
②診断に基づき井戸改修の方法選択・実施が行われ、井戸カメラを用いた診断の有効性が実証される。	➢ 改修方法の選択（方法、選択理由） ⇒【実績】実施済み。結果は表－3.7 参照。 ➢ 改修の実施（作業記録） ⇒【実績】実施済み。 ➢ 改修による機能回復効果算定（改修前後の揚水量変化） ⇒【実績】実施済み。結果は表－3.8 参照。 ➢ 改修による経済的効果算定（診断・改修コスト、改修による経済的効果

成果	指標・確認方法及び実績
	⇒【実績】実施済み。長寿命化モデルを作成し、モデルに基づき分析・検討した。結果は、表－3.11 参照。
③診断から改修までの井戸の長寿化に関する一連の技術モデルが示され、ボリビア側に技術移転がなされる。	➢ 井戸の長寿命化モデル作成（図表） ⇒【実績】実施済み。結果は図－3.4 及び図－3.5 参照。 ➢ 座学形式による井戸維持管理技術に関する現地研修（回数、場所、対象者、内容） ⇒【実績】実施済み。日時、場所、参加人数等については表－3.13、内容については表－3.14 参照。 研修の理解度を測るために、診断・改修実証活動が終了した時点（2017 年 12 月）で、研修(座学)に参加した関係者を対象に、電話及び面談によるアンケート調査を実施した。井戸カメラを用いた井戸の診断と維持管理の有効性については非常によく理解していて、さらなる研修への参加意欲も高い（74%）ことがわかった。 ➢ 予備診断時における井戸カメラの操作および保守管理の OJT（回数、場所、対象者、内容） ⇒【実績】実施済み。日時、場所、参加人数については表－3.16、内容については表－3.15 参照。 ➢ 診断・改修実証時における診断・改修の OJT（回数、場所、対象者、内容） ⇒【実績】実施済み。日時、場所、参加人数については表－3.18、内容については表－3.17 参照。 研修の理解度を測るために、診断・改修実証活動が終了した時点（2017 年 12 月）で、予備診断及び診断・改修実証の OJT に参加した関係者を対象に、電話及び面談によるアンケート調査を実施した。座学研修の参加者同様、井戸カメラを用いた診断と改修の有効性について非常によく理解していて、さらなる研修への参加意欲も非常に高い(95%)ことがわかった。 ➢ 井戸診断・改修マニュアル（案）の作成（部数、内容、配布先） ⇒【実績】C/P 機関、サブ C/P 機関、水組合に各 3 部を配布。内容は井戸の維持管理、モニタリングと点検、診断、改修の一般的事項に本事業で実施した改修効果の評価、井戸長寿命化の費用対効果、井戸カメラの操作方法からなる。

成果	指標・確認方法及び実績
	➢ 技術セミナーの開催（回数、場所、対象者、内容） ⇒【実績】実施済み。ラパス市、オルロ市、スクレ市及びサンタクルス市で各 1 回開催。日時、場所、参加者、内容については表－3.19 参照。
④井戸カメラの普及と提案企業のビジネス展開のための計画が策定される。	➢ マーケット調査記録（市場規模、競合製品、流通価格） ⇒【実績】ボリビア国内における販売先候補、井戸カメラを利用した診断のニーズ、価格や機能等の希望、競合製品の普及度合いと価格・機能、井戸カメラの潜在需要について聞き取り調査・分析を実施。隣国ペルーについても、民間井戸業者に対して、井戸カメラを利用した診断のニーズ、競合製品の普及度合いと価格・機能について聞き取り調査を実施。 ➢ ビジネス展開・普及計画（仕組み、スケジュール、可能性評価） ⇒【実績】普及活動として、提案製品を広く紹介するためのパンフレット（西語版）や井戸の診断・改修マニュアル（案）（西語版）を作成し、C/P 機関やサブ C/P 機関に説明し、配布した。パンフレット、マニュアル(案)ともに本報告書に添付した。また、技術セミナーや水道関係者の集会にて提案製品のプレゼンテーションを行うほか、JICA ボリビア事務所の計らいで新聞や協会誌に提案製品の紹介記事を掲載した。 また、ビジネス展開の仕組み・スケジュール、生産・販売計画、収支計画、ビジネス展開可能性の評価について検討し、本報告書に記載した。 ➢ リスクの想定（内容、対応策） ⇒【実績】政治的リスク、経済的リスク、知的財産権保護上のリスク、競合リスク、市場規模リスク、地理的要因リスクについて、本事業の調査結果を基に想定されるリスクの内容とその対応について検討し、本報告書に記載した。

（３）開発課題解決の観点から見た貢献

以下の貢献が想定される。

① 現場レベルへの貢献

井戸カメラにより診断が容易になることにより、井戸の維持管理能力が向上し、機能低下要因・程度に応じた適正な改修が実施され、既存井戸の長寿命化に貢献することが

できる。また、井戸の新設に当たって、井戸カメラを利用してスクリーンが所定の位置に設置されているか否か等のチェックが容易となり、施工品質の改善に貢献することができる。既存井戸の長寿命化や新設井建設の適正化により、井戸からの取水能力が上がり、開発課題となっている水資源の有効利用、地方部および都市周辺部における給水サービスの向上による安全な水へのアクセス率改善への貢献ができる。

② 政策レベルへの貢献

活動 2-6（長寿命化モデルの作成・検討）における試算によると、井戸カメラによる診断を導入することで改修の効率が上がり、結果として井戸の維持管理コスト削減が図れるほか、ある程度の揚水量回復率が得られるならば、既存井戸の長寿命化の方が廃井して新設するより費用対効果が高いと考えられる。すなわち、限られた給水事業予算の有効活用に貢献することが可能である。

ボリビアでは一般的に、既存井戸の機能回復の可能性を検討せずに安易に井戸を新設しているのが現状であるが、既存井に蓋をするなど適切に処理されないまま廃棄されると、様々な廃棄物が井戸内に投棄され、ごみ、人畜のし尿、農薬等の汚染物質の混入により水質汚染が帯水層に拡散し、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。ボリビアにおいては、廃井の処理について特に規則や行政による指導がなく、この種のリスクがあると考えられる。

また、井戸の施工不良により新設井が期待どおりの揚水能力を満たさない事例が少なからずあるが、新設井の施工品質を管理する方法がない現状がある。2017 年 7 月に本事業で実施した予備診断では、オルロの県が掘削した地方部の井戸について、新しく建設した井戸（22 Villa Concepcion, 2016 年建設）に裏込砂利の流出が見られたが、PVC 管にノコギリでスリットを入れた手作りスクリーンであり、スリット幅に過大な箇所があることが原因と考えられる。また、案件化調査時（2014 年 12 月）に、C/P 機関 VAPSB の当時の次官（Mr. Rubén Mendez Estrada）からは「ボリビアでは新設井戸のスクリーンが図面どおりに帯水層位置に設置されておらず、期待された揚水量が得られないケースが少なからずあって問題となっており、こうした施工不良の問題を解決するために井戸カメラを竣工検査にも利用したい」という意見があったが、井戸カメラの活用も施工品質向上の一手段と考えられる。

このため、井戸カメラによる新設井の竣工検査により施工不良の井戸を排除し良質な井戸を建設した上で、井戸の長寿命化を推進し、廃井の増加を抑えることは、安全な水にアクセスできる割合の向上、限られた水資源の効率的な活用および地下水資源の保全に貢献することができる。

本事業における座学研修及び OJT の成果を、既存の日本の井戸維持管理マニュアル [9] のフローに沿って整理し、「井戸カメラを利用した井戸の診断・改修マニュアル(案)」の形にして C/P 機関である VAPSB を始め関係諸機関に提供したことが、政策レベルへの具体的な貢献策となる。特に、C/P 機関が属する MMAyA は現在、地下水保全の計画・規制に係るガイドライン類を策定中だが、井戸の維持管理も項目として含まれることになっており、同マニュアル（案）を引用すると聞いている。MMAyA が同マニュアル(案)を国家レベルのガイドラインや指針として組み入れることになれば、井戸の開発・維持管理の実務を担う側及びそれを管理・監督する側の双方にとって共通かつ明確な井戸診断

に係る技術指針ができ、上記のような地下水資源利用の経済性、井戸の維持管理、新設井建設の品質管理等に係る課題の解決に向けて、施策が実施しやすくなると考えられる。

（４）日本国内の地方経済・地域活性化への貢献

以下の貢献が想定される。

① 地元経済への貢献

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。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。

JICA の業務を北海道の中小企業である株式会社レアックスが受託し、地球の反対側に位置する南米ボリビア国において、その保有技術が当該国の開発課題の解決に貢献していることは、新聞や雑誌で大きく取り上げられ、業界団体はもちろん、ステークホルダーからの評価も高くなり、ひいては(株)レアックスの製品に対する信頼性や企業の CSR（社会的責任における役割）も高い評価を得ている。特に資金面で支援を受けている金融機関からは、海外で活躍する北海道の中小企業に対する支援として、融資の枠や金利の面で有利な条件提示をうけられるようになった。このことは、長期間にわたって活動資金が必要となる JICA の中小企業海外展開支援事業を中小企業が実施するに当たって、資金調達による費用負担の軽減に大きく寄与している。こうした経験と実績は、今後、海外展開を目指す北海道の中小企業の後押しとなることは疑いなく、北海道の地域産業の活性化に貢献すると考えられる。

② 関連産業への貢献

提案製品を利用して井戸改修の品質向上に努めている井戸業者が日本全国に 50 社以上あるが、その多くが中小企業であり、技術力に対する自負があるものの具体的な海外展開戦略を立てている企業は稀である。本提案製品を用いた井戸診断から改修に至る一連の技術が海外に普及すれば、提案製品のみならず日本の優れた井戸機能回復技術の海外展開にもつながり、国内市場だけでは限界のある市場規模拡大を図ることができる。

（５）事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について

MMAyA に供与された井戸カメラ 2 台の活用については、東部地域（サンタクルス県、コチャバンバ県、ベニ県、パンド県）と西部地域（ラパス県、オルロ県、チュキサカ県、ポトシ県、タリハ県)のそれぞれを代表する県庁に各１台を３年間無償貸与するのがMMAyAの基本方針である。生命の水プロジェクトの継続性からも、この基本方針が望ましい。

しかしながら、貸与される側が井戸カメラを十分に活用し、適切に維持管理するには、カメラを用いた井戸診断の需要、予算規模及び技術力が高いことが必要である。MMAyA は、先ずこうした条件を満たす都市部の上下水道公社に優先度順に貸与を行っていき、その間に他の県・水道公社等が緊急なカメラ使用を必要とする場合には臨時にカメラを移動（再貸与）する考えである。貸出先の優先度は、①ラパス市・エルアルト市上下水道公社(EPSAS)、②タリハ市上下水道公社(COSAALT)、③コチャバンバ市上下水道公社(SEMAPA)、④サンタクルス県の水組合(El Torno, La Guardia 等)、⑤オルロ市上下水道公社(SeLA)となっている。

貸与条件としては、緊急時には地域内の他県や他水道公社・水組合も利用できるようにし、維持管理コストを自己負担し、返却時には元の状態で返すことを前提とする。貸与に当たっては、MMAyA と貸与先が協定を結び、カメラの状態を定期的に（1、2 回/年）MMAyA と JICA に報告することを義務づけることになる。

また、機材の貸与とは別に、MMAyA では供与機材を利用して、全国を対象に 20 か所程度の井戸の診断を行い、地下水保全の計画・規制戦略の基礎資料とする計画である。

一方、これまで県の給水部門は井戸掘削・建設が中心で、所属する技術者には井戸診断や改修の専任技術者がいないのが一般的である。これまで既存井戸の維持管理や長寿命化が重要であることは何となく理解していても、具体的な活動が分からないまま放置されてきた傾向があったが、本事業の実証活動を通じて井戸の診断・改修の実務に接し、チュキサカ県のように維持管理チームを新たに作ろうとする動きも出てきた。こうした動きが他の県にも広がり、井戸カメラを活用した診断方法が普及することが期待されている。

（６）今後の課題と対応策

- 供与機材の活用方法として、MMAyA が全国の水道公社等に井戸カメラ活用の計画書を提出させて需要及び維持管理能力を評価し、優先度順に各機関に 3 年間貸与することになっている。有効利用を促すために、活用度合い及び他機関への再貸出し状況等について、折に触れて MMAyA に確認する。
- 事業終了後は、現地ビジネスパートナーを販売代理店とした委託販売を検討しており、現地メンテナンス・サービス体制の確立が必要である。このため、2019 年の早い時期に現地販売代理店の担当者を招き、提案製品のメンテナンスに関する技術研修を実施する。また、現地代理店での修理範囲など、故障発生時の対応について具体案を作成し、合意しておく。
- MMAyA は、策定中の地下水保全の計画・規制に係るガイドライン類に対する今後の協力を要請してきている。このガイドライン・指針には井戸カメラ活用による井戸診断が含まれる予定であり、需要喚起の重要なきっかけになりえることから、日本における事例紹介等の技術情報の提供を通じて、今後とも MMAyA を支援していく。
- ボリビアでは熱帯低地や半乾燥地域における井戸には 300m を超える深井戸があり、これに対応するためには、現在の最大観察深度（i-Do300FII が 300m、スマートカメラが 200m）を延長して 400m にすることが必要となる。また、製造コスト削減のためには、ウィンチ等、現地製作が可能な部分について現地調達する必要がある。これらの仕様変更は部分的なものであってもシステム全体に影響するので、今後、検証試験を重ねて詳細に仕様変更の可能性を検討していく。

4. 本事業実施後のビジネス展開計画

（1）今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定

「既存井戸の長寿命化を促進し、井戸の診断に用いる提案製品を普及させる」という目標を達成するため、表－4.1 に示すように SWOT 分析手法を用いて外部環境や内部環境を「強み(S)」、「弱み(W)」、「機会(O)」、「脅威(T)」の 4 つのカテゴリーで要因分析し、本事業実施後のビジネス展開における課題を整理した。その上で、積極攻勢「強み×機会」、弱点克服「弱み×機会」、差別化「強み×脅威」、防衛・撤退「弱み×脅威」の課題別にビジネス展開方針を決め、マーケット分析、ビジネス展開の仕組み、具体的な展開計画・スケジュール等を検討した。

積極攻勢「強み×機会」

- ボリビアには 5,000 本を超える既存井戸があるといわれており、診断・改修の対象となる井戸の数は多いが、本業務を通じて得た公共機関所管の井戸データ（井戸数、井戸年齢分布等）及び井戸カメラを購入・維持可能な公共機関の情報を基に井戸カメラの潜在需要を推定し、販売対象を特定する。その上で、販売対象となる県及び水道公社、もしくはこれら水道公社や水組合が診断・改修業務を委託する井戸業者を中心に提案製品の営業・販売を進める。
- 井戸業者でもあり、提案製品を活用している現地販売代理店に対しては、診断・改修業務の発掘・受注に当たって提案製品の利用を提案し、提案製品の利用実績を拡大するよう求める。また、顧客に対しては、井戸の改修や新設を民間業者に委託する際に仕様書に井戸カメラによる診断を含めることを、現地代理店を通して勧める。
- MMAyA が策定中の地下水保全の計画・規制戦略に係るガイドライン類の中に井戸カメラによる診断が確実に含まれるよう、関連情報提供等の支援を続けて本事業で築いた MMAyA との良好な関係を維持していく。
- 上記のガイドライン・指針が発効し、井戸カメラによる診断が井戸管理者に広く認知されるようになると、県等、村落の水衛生委員会のために井戸を掘削し、その維持管理を支援する公共機関は、診断に必要な井戸カメラを装備する必要が生じるので、チュキサカ県の実績と本事業で得た知名度を基に、これら公共機関が行う井戸カメラ調達の入札に積極参加していく。
- 上記のガイドライン類が発効し、井戸カメラによる診断がルーチンとして定着するようになると、水道公社及び水組合は井戸の改修や新設業務を民間井戸業者に委託する際に、井戸カメラによる診断を義務付けるようになるため、井戸業者は自ら井戸カメラを購入するか、診断作業をカメラを所有する他業者に外注することになる。現地販売代理店を通じて、こうした業務発注の動向から井戸業者の需要を的確にとらえて提案製品を営業・販売していく。

弱点克服「弱み×機会」

- ボリビアにおいて井戸カメラによる診断が普及し始めるまでは、カメラの利用目的に応じて、必ずしも高い画像精度を必要としてない場合には、提案製品（i-Do300FII）に比べて機能は劣るが競合他社製品と同等の性能・品質であり、より低額な(株)レアックス製品（製品名：スマートカメラ）の販売も併せて進める。スマートカメラ

表－4.1 SWOT 分析

	貢献（ポジティブ）	障害（ネガティブ）
内部環境	「強み」 ・ オートフォーカス機能による高い画像の鮮明度により、スクリーンの表面だけでなく、背後の充てん砂利の空隙まで撮影可能 ・ 水平・垂直 2 方向のカメラによる半球状の広い視野での観察・撮影が可能 ・ 開発から 10 年を超える実績があり、堅牢で故障が少なく、野外作業での操作性が良い。 ・ すでにボリビアで 2 台の販売実績（県、民間業者）がある。 ・ 現地販売代理店は井戸業者であり、診断・改修・掘削の実務を通じた知見が豊富であり、顧客に対する提案力がある。 ・ 本事業において、セミナーや新聞・雑誌記事を通じて知名度が上がっている。 ・ 本事業を通じて、公共機関が所管するほぼ全国の井戸データ及び井戸の維持管理機関等の情報を把握している。 ・ 本事業で供与された井戸カメラが、MMAyA から県や水道公社に貸与され、活用される。	「弱み」 ・ 競合他社製品（米国製等）に比べて価格が高い。 ・ 現地メンテナンスサービス体制がない。 ・ 注文生産であり、製造から納品まで 5 カ月以上を要する。 ・ ケーブル長が 300m であり、熱帯低地や半乾燥地（チャコ地方）にある 300m以深の井戸の診断に不適。
外部環境	「機会」 ・ 既存井戸の維持管理が十分でなく、スクリーンの目詰まり等で多くの井戸の揚水能力が低下している。 ・ 井戸の機能劣化の診断と改修等の対策の必要性が高まっている。 ・ 井戸管理責任者の多くが、新設より既存井の改修の方が経済的に有利なことを認識している。 ・ 都市部の水道公社では、自ら井戸カメラの所有を考えているほか、カメラによる診断を前提とした改修を業者に発注し始めている。 ・ 都市部の水道公社では、井戸掘削の竣工検査にカメラを利用し始めている。 ・ 2016 年の深刻な水不足の経験から、水資源の持続的利用・管理の重要性が認識され、MMAyA は地下水保全の計画・規制に係るガイドライン類を策定中であり、井戸カメラによる診断・改修を盛り込む予定である。	「脅威」 ・ 遠距離にあり、輸送に時間を要するほか、言語や商習慣の違いがある。 ・ 一部の水道公社や民間井戸業者において、USD20,000～30,000 の米国等の競合他社の製品が使用されている。 ・ 井戸カメラを導入している井戸業者は、メンテナンス体制やパーツ供給体制を重視。 ・ 井戸が詰まったら、また掘れば良いという使い捨て感覚が依然残っている。 ・ 一般に改修技術が低く、診断・改修による井戸の長寿命化への期待度が低い。 ・ カメラによる診断と改修が一連の技術として定着してない。

は、深度 200m までの観察が可能な軽量・小型の前方視（ミラーの装着で側方観察も可能）カラーテレビカメラであり、スクリーン設置位置、目詰まりの概観、落下物等の確認に適する。

- 現地販売代理店に対しては、折に触れてメンテナンス・トレーニングを行い、メンテナンスサービス体制を確立する。当該代理店は、(株)レアックス製品を所有し、それを活用した井戸の診断・改修業務を請け負う井戸業者の側面もあるので、代理店の所有機材をモデルとしてメンテナンスのノウハウを蓄積してもらう。
- 提案製品は注文生産が基本であるため、受注から納品までの期間が長く、納期の面で顧客から敬遠される可能性が高いことから、現地代理店に在庫を１、２台持ってもらい、不測の注文に対処する。

- サンタクルス県、ベニ県、チュキサカ県及びタリハ県では200m以深の井戸があるので、これらの井戸の診断需要に応じて、ケーブル長延長の検討・改善を行う。

差別化「強み×脅威」

- 本事業における実証結果、新聞・雑誌での紹介記事、MMAyA に供与した機材の活用実績、井戸業者としての現地代理店によるボリビアでの提案製品の利用実績等を利用して、提案製品による撮影画像の鮮明さに基づく診断の正しさやそれに基づく適正な改修による回復効果を伝えていくことで、井戸の長寿命化の有効性、新設井に対する比較優位性をアピールしていく。こうしたアピールを通して、価格だけでない製品としての完成度の高さで競合他社製品との差別化を図る。
- 現地代理店のメンテナンス・サービス体制の確立により、メンテナンス体制やパーツ供給体制に重きを置く顧客の要求を満たす。

防衛・撤退「弱み×脅威」

- 現地販売代理店との情報交換を密にし、代理店を通じた営業活動を強化することにより、直接営業が難しい弱点を補う。
- 輸送に時間（約1カ月）を要する点については、納期の問題の一部として、代理店に在庫を持ってもらうことで対処する。
- 顧客が品質よりも価格を重視する場合には、より低額な(株)レアックス製品（スマートカメラ）を提案製品の代替として提案・販売する。
- 現地代理店のメンテナンス・サービス体制の確立により、現地である程度の修理を可能にする。重度の障害が生じた場合には、日本において修理を行う。

① マーケット分析（競合製品及び代替製品の分析を含む）

表－4.2及び図－4.1は、全国の県、市、水道公社、水道組合が建設した井戸、もしくは管理している井戸の建設後経過年数（井戸年齢）の構成について、ASVI プロジェクトでの収集データに、その後独自に収集したデータを加えて集計したものである。

一般的に井戸のスクリーンの目詰まりは、メンテ無しでは井戸年齢15年以上で顕在化するといわれている。各地の年齢 15 年以上の井戸の占有割合については、表－4.3に示すように都市部の上下水道公社の井戸、ベニ県及びコチャバンバ県の井戸について 50%以上となっており、これらの地域では長寿命化のために診断及び改修が急務であることがうかがえる。また、ここ数年のうちに診断・改修が必至となるであろう年齢10年以上15年未満の井戸を加えて年齢10年以上の占有割合をみると、その割合は急増してラパス県、オルロ県及びパンド県を除く各地で 50%を超え、ほとんどの地域で診断・改修の潜在的ニーズが高いことが推察される。

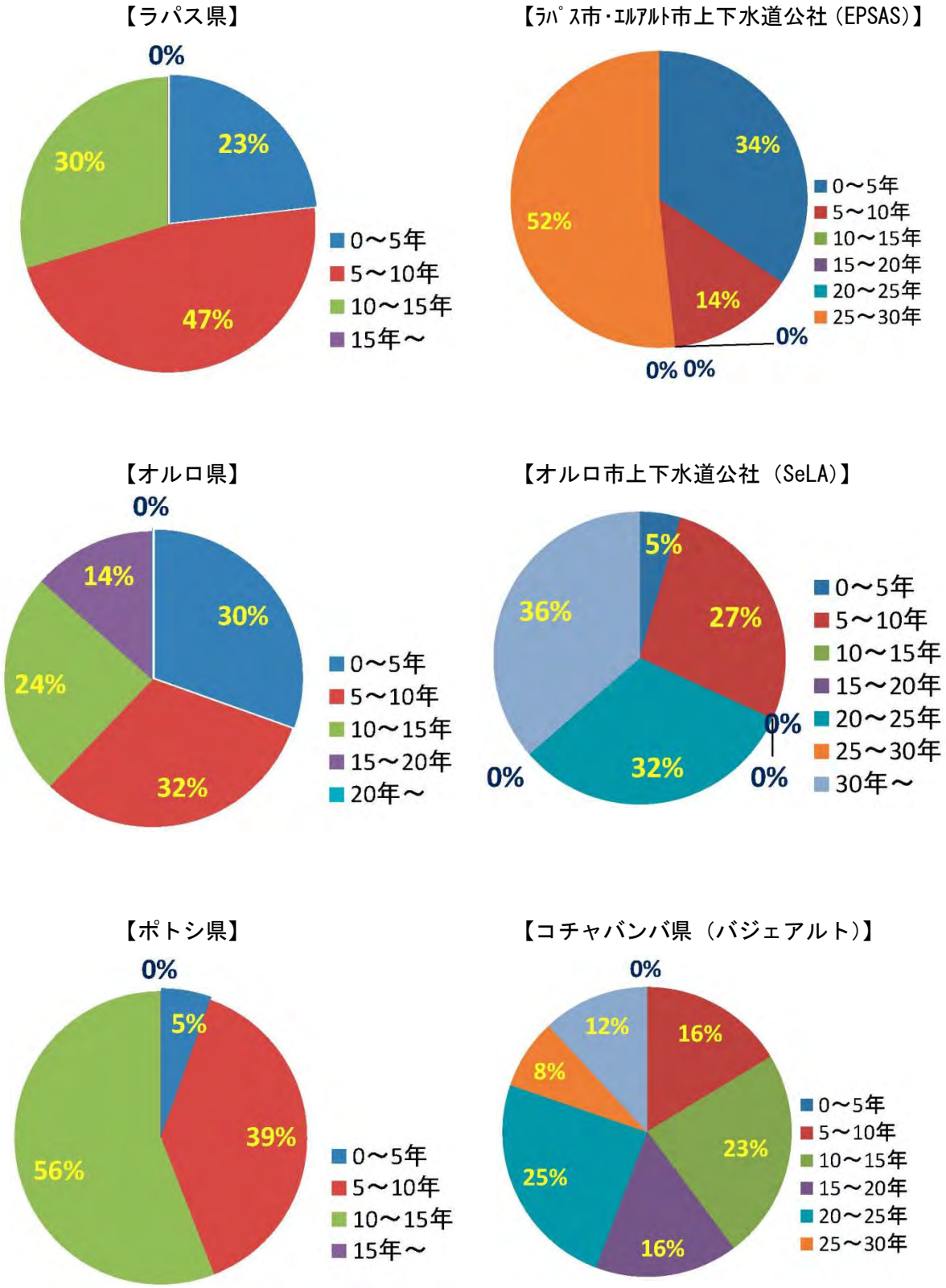
一方、エルアルトのEPSASの井戸のように年齢10年以内でも目詰まりが著しく、揚水量低下が顕著な井戸もある。このため、井戸を長寿命化して持続的に有効利用するためには、できれば5年に1回程度、少なくとも10年に1回程度の頻度で診断・改修するのが望ましい。この頻度での診断・改修を行うために、各地域の井戸管理機関が用意すべき機材の数量を試算したのが表－4.4である。

表－4.2　全国の公共機関所管井の井戸年齢構成

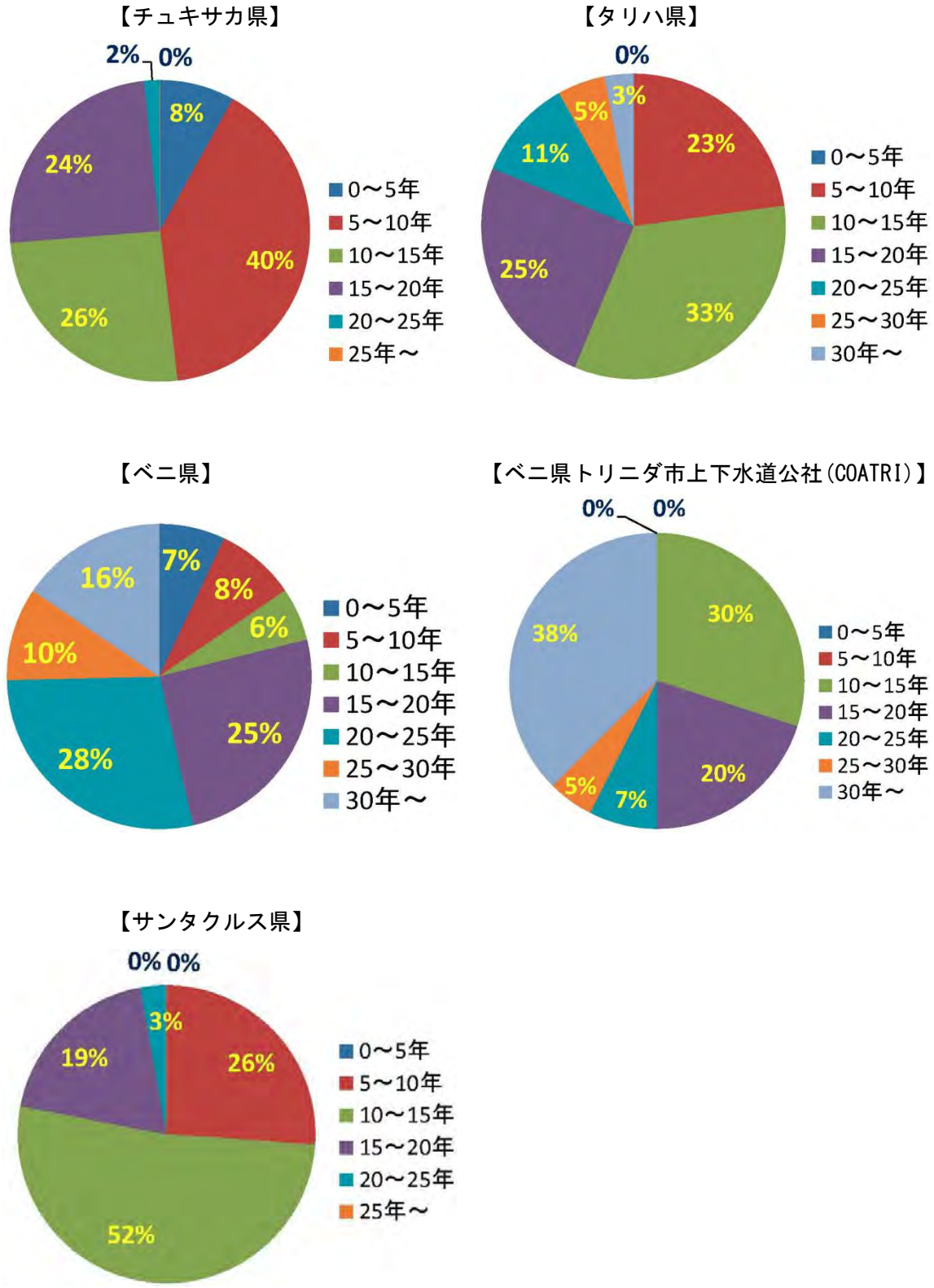
地　域	登録井戸総数	0～5年	5～10年	10～15年	15～20年	20～25年	25～30年	30年～	集計井戸総数
		5年未満	5年以上10年未満	10年以上15年未満	15年以上20年未満	20年以上25年未満	25年以上30年未満	30年以上	
ラパス県	330	75	152	96	0	0	0	0	323
		23.2%	47.1%	29.7%	0%	0%	0%	0%	100%
ラパス市・エルアルト市上下水道公社(EPSAS)	58	20	8	0	0	0	30	0	58
		34.5%	13.8%	0%	0%	0%	51.7%	0%	100%
オルロ県	313	95	99	76	42	0	0	0	312
		30.4%	31.7%	24.4%	13.5%	0%	0%	0%	100%
オルロ市上下水道公社(SeLA)	27	1	6	0	0	7	0	8	22
		4.5%	27.3%	0%	0%	31.8%	0%	36.4%	100%
ポトシ県	128	7	49	71	0	0	0	0	127
		5.5%	38.6%	55.9%	0%	0%	0%	0%	100%
コチャバンバ県（バジェアルト）	783	0	48	69	47	72	23	35	294
		0%	16.3%	23.5%	16.0%	24.5%	7.8%	11.9%	100%
チュキサカ県	350	24	119	76	73	5	0	0	297
		8.1%	40.1%	25.6%	24.6%	1.7%	0%	0%	100%
タリハ県	243	0	45	66	49	21	10	6	197
		0%	22.8%	33.5%	24.9%	10.7%	5.1%	3.0%	100%
パンド県	12	12	0	0	0	0	0	0	12
		100%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100%
ベニ県	74	5	6	4	18	20	7	11	71
		7.0%	8.5%	5.6%	25.4%	28.2%	9.9%	15.5%	100%
ベニ県トリニダ市上下水道公社(COATRI)	57	0	0	12	8	3	2	15	40
		0%	0%	30.0%	20.0%	7.5%	5.0%	37.5%	100%
サンタクルス県	861	0	225	447	165	24	0	0	861
		0%	26.1%	51.9%	19.2%	2.8%	0%	0%	100%
計	3,236	239	757	917	402	152	72	75	2,614
		9.1%	29.0%	35.1%	15.4%	5.8%	2.8%	2.9%	100%

表－4.3　全国の公共機関所管井の年齢 10 年以上及び 15 年以上の占有割合

地　域	集計井戸総数	年齢15 年以上		年齢10 年以上	
		井戸数	占有割合	井戸数	占有割合
ラパス県	323	0	0.0%	96	29.7%
ラパス市・エルアルト市上下水道公社(EPSAS)	58	30	51.7%	30	51.7%
オルロ県	312	42	13.5%	118	37.8%
オルロ市上下水道公社(SeLA)	22	15	68.2%	15	68.2%
ポトシ県	127	0	0.0%	71	55.9%
コチャバンバ県（バジェアルト）	294	177	60.2%	246	83.7%
チュキサカ県	297	78	26.3%	154	51.9%
タリハ県	197	86	43.7%	152	77.2%
パンド県	12	0	0.0%	0	0.0%
ベニ県	71	56	78.9%	60	84.5%
ベニ県トリニダ市上下水道公社(COATRI)	40	28	70.0%	40	100.0%
サンタクルス県	861	189	22.0%	636	73.9%
計	2,614	701	26.8%	1,618	61.9%



図－4.1A　全国各地域における井戸年齢構成（その１）



図－4.1B　全国各地域における井戸年齢構成（その２）

なお、本事業における実証活動の経験から、井戸の診断から回収効果確認のための揚水試験を含む改修までを行うには、移動や準備作業を含めて井戸 1 か所当たり 5, 6 日間が必要であると考えられる。機材の年間稼働率を日本の実例と同程度の 30%として、井戸カメラとスクリーン洗浄機材 1 セット当たりの年間の診断・改修数を 365 日/年÷6 日/井×0.3≒20 井/年と推定した。

表－4.4　全国の公共機関所管井の診断・改修に必要な機材数（推計）

地　域	登録井戸総数	機材1セットによる診断・改修に必要な年数（年）	診断・改修に必要な機材数（セット）	
			5年に1回の実施	10年に1回の実施
ラパス県	330	16.5	4	2
ラパス市・エルアルト市上下水道公社(EPSAS)	58	2.9	1	1
オルロ県	313	15.7	4	2
オルロ市上下水道公社(SeLA)	27	1.4	1	1
ポトシ県	128	6.4	2	1
コチャバンバ県（バジェアルト）	783	39.2	8	4
チュキサカ県	350	17.5	4	2
タリハ県	243	12.2	3	2
パンド県	12	0.6	1	1
ベニ県	74	3.7	1	1
ベニ県トリニダ市上下水道公社(COATRI)	57	2.9	1	1
サンタクルス県	861	43.1	9	5
計	3,236		39	23

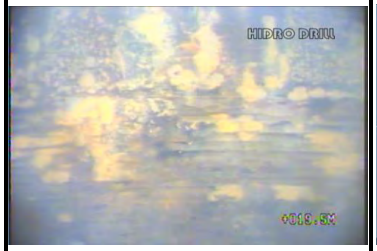
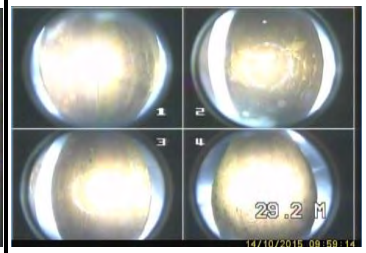
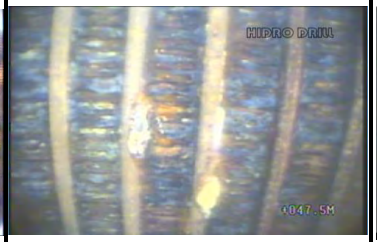
表－4.4 の推定結果に、コチャバンバ県バジェアルト地域以外の約 200 井、サンタクルス市内の約 100 井を加えると、公的機関における井戸カメラの潜在的ニーズは 26～43 台となる。これに民間所有の井戸を含めると、ボリビア全国には 5,000 を超える（MMAyA）、あるいは約 10,000 の井戸があるともいわれており、ここで取り上げた公共機関関係の井戸総数（約 3,500 井）のおよそ 2 倍の井戸があり、民間所有の井戸を加えた井戸カメラの潜在的ニーズは 50～85 台と推定される。

本事業における調査・分析の結果、ボリビアにおいては給水事業に関わる国・県等の政府機関及び都市部の水道公社や水組合は、的確な井戸診断に基づく改修の有効性をおおむね認識していることが明らかになった。チュキサカ県のように提案製品を購

入した県、SeLAやSAGUAPACのように米国製の井戸カメラを購入した都市部の水道公社、カメラ導入のための調達予算計上のために見積要請をしてきたオルロ県、SeLA、MDRyT等がその良い例である。また、EPSASやSAGUAPACのような大都市の水道公社では、井戸の改修や掘削を井戸業者に委託するに当たって井戸カメラの利用を含めており、サンタクルス市、ラパス市、コチャバンバ市には、既に井戸カメラを導入している、もしくは導入を検討している民間井戸業者が現れてきている。

提案製品（i-Do300FII）の優位点は、撮影画像の鮮明さ、堅牢で野外での操作性が良い等の性能の良さであり、競合他社製品との撮影画像比較を図－4.2に、特徴の比較を表－4.5 に示す。撮影画像については、本事業の実証活動で撮影したもののほか、EPSAS、SeLAが民間業者に委託して撮影したものを図－4.2に載せたが、提案製品に比べて競合他社製品はいずれも画像が鮮明とは言えず、このことが井戸カメラによる診断を前提とした改修がまだ定着しない一因となっていると考えられる。本事業では、診断・改修実証、配布したパンフレット類及び技術紹介セミナーを通じて、目詰まり、スケール付着、破損、堆積、落下物等の井戸内の状況や改修効果を多くの関係者に映像で見せて来たので、井戸カメラによる診断及び改修が井戸の維持管理における一連の技術という理解が進むと同時に、提案製品の特長についての認識が進んだと考えられる。

一方、ボリビアやペルーで使用されている米国等の製品の流通価格はおよそUSD20,000～30,000 であり、日本からの完成品の輸入になると約 30%の関税・付加価値税が加わるため、提案製品のボリビアでの価格がこれら競合他社製品価格の 2 倍以上となり、価格面で競争力が低くなる。ただ、井戸カメラの需要の中には、スクリーンの設置位置、スクリーンの目詰まりの概観、井戸底部の堆積状況、落下物の確認等、必ずしも提案製品のような高精度を必要としない利用目的もあり、これには(株)レアックス製ボアホールカメラシリーズの中の「スマートカメラ」が適合する。提案製品i-Do300FⅡの簡易型であり、日本国内での販売価格が約 1,400,000 円と、輸入税や代理店経費を加えても USD20,000 で現地販売が可能であることから、利用目的に応じてスマートカメラの販売も併せて進めていく方針である。

メーカー：Raax	メーカー：不明（ブラジル製）	メーカー:不明(米国製)	メーカー:不明
井戸業者：A社（サンタクルス） 対象井：EPSAS A11	井戸業者：B社（サンタクルス） 対象井：EPSAS A2	井戸業者：C社（コチャバンバ） 対象井：EPSAS A12	井戸業者：D社（サンタクルス） 対象井：SeLA PP10
撮影年：2017年	撮影年：2015年	撮影年：2010年	撮影年：2015年
特徴 下方向と横方向のカメラを切り替えて撮影する。横方向のカメラは水平に回転可能。横方向・下方向とも画像は鮮明である。	特徴 カメラは横方向のみ撮影可能である。横方向のカメラは水平に回転可能。画像は鮮明であるが、下方向の撮影ができない。（現在は改良されて下方向の撮影可）	特徴 1台のカメラが下方向・横方向に可動式になっている。上下方向に可動するためか、画像が不鮮明である。	特徴 カメラは下方向に1つと、横方向に4つ付いており、切換えながら撮影する。画像は不鮮明である。
〈横方向の画像〉	〈横方向の画像〉	〈横方向の画像〉	〈横方向の画像〉
			
			
〈下方向の画像〉	〈下方向の画像〉 （撮影不可） （現在は改良されて下方向の撮影可）	〈下方向の画像〉	〈下方向の画像〉

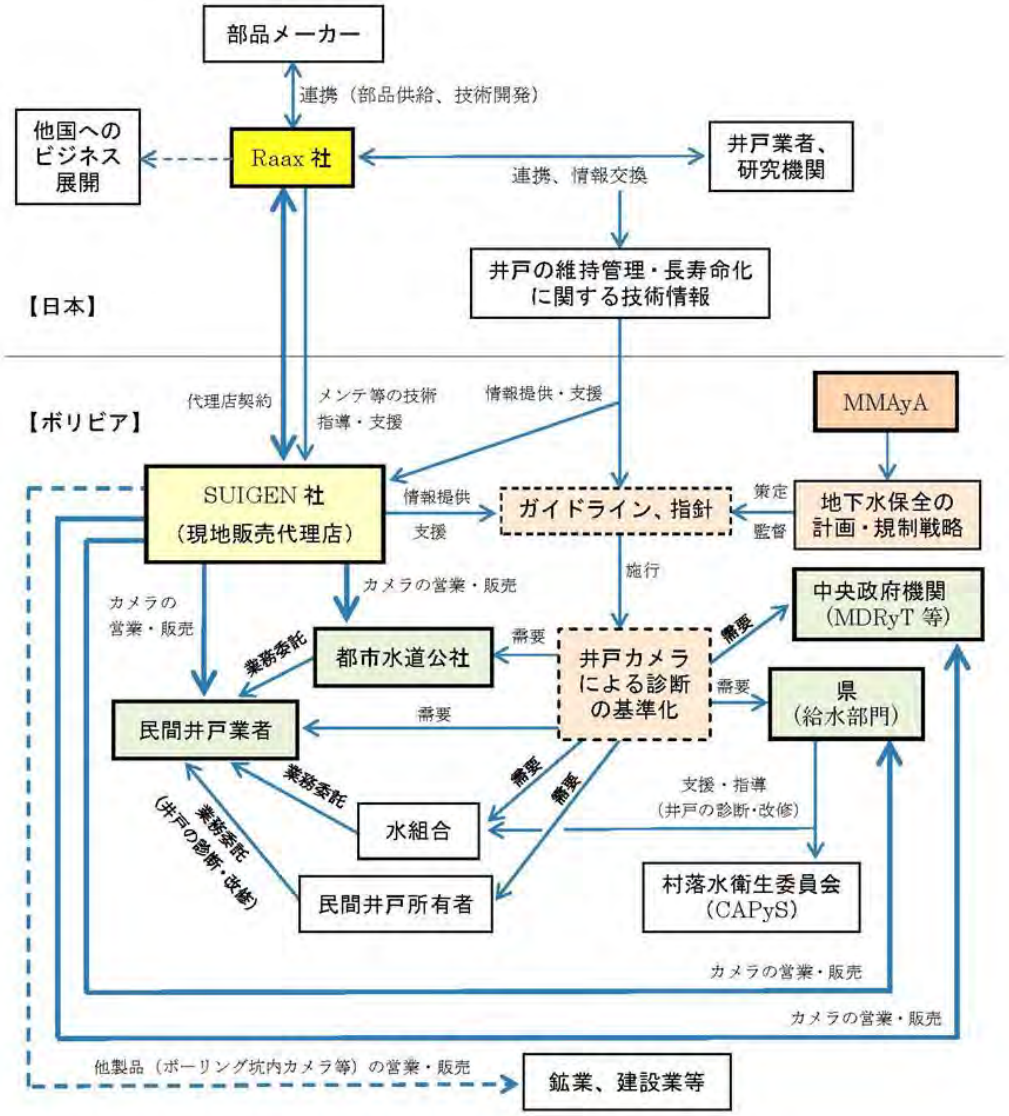
図－4.2　競合他社製品の撮影画像比較

表－4.5　競合他社製品の特徴比較

分類	品目	X社（日本）	Y社（日本）	Z社（米国）
プローブ	外径	Φ90mm	Φ23mm	Φ50mm
	長さ・重量		420mm	510mm
	適応温度	0℃～50℃		0℃～65℃
	適応口径	Φ100mm～350mm	Φ100mm～350mm	Φ75mm～500mm
	有効画素数		41万画素	
	観察方向	前方/側方	前方/側方	前方/側方
	照明	LED	LED	LED
	映像方式	カラー	カラー	カラー
	回転機能（360°）	○	×	○
	照明ON/OFF	○（調光可能）		
	フォーカス調整	○	○ ※側方のみ	
	耐水圧	400m	100m	1,000psi(30Bar)
ウインチ	ケーブル長		100m	300m
	ケーブル		Φ8mm	Φ5.9mm
	ケーブル破断強度			
	電源			
	重量			
	その他			
コントローラ	モニタ			5.6インチ
	電源			
	外部出力			
	画像表示	深度	深度	深度
	その他			
コメント （i-Do300F-II との比較）		この3機種の中で提案製品i-Do300F-IIに一番近い製品。 ウインチ、コントローラの情報がなく、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量する。	小口径に特化したカメラ。 回転機能が無く、井戸内の全周観察は不可。 ポンプなどが入っていて隙間の無い井戸を対象としているカメラと思われる。	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、耐久性や強度は高くない印象を受ける。

② ビジネス展開の仕組み

ボリビアにおけるビジネス展開の仕組みは図－4.3 に示すとおりであり、ビジネス展開の実施体制は、基本的には現地代理店による委託販売としており、自社資本での現地生産体制及び販売ネットワークの構築等の新たな投資は現段階では想定していない。



図－4.3　ビジネス展開の仕組み概念図

現地パートナー企業の SUIGEN SRL. とは 2018 年 7 月に代理店契約を締結したが、それに先立つ 2017 年 5 月に提案製品 1 台を納品しており、同社はサンタクルス県内の水組合から委託された井戸改修業務に活用しており、機材のメンテナンスへの対応ならびに提案製品の活用方法の具体的提案等の面で、今後の貢献が期待される。これまでも現地において、機材の操作及びメンテナンスについて若干の指導を行ったが、今後は代理店契約の締結条件の一つでもある日本での提案製品のメンテナンス技術研修を早急に実施し、現地メンテナンスサービス体制を確立する。

当面は、井戸カメラを用いた診断の有効性を認識していて、カメラの購入を考えて

いる県及び水道公社の官需を対象に、現地代理店を通じて入札に積極参加して、スマートカメラを中心に販売数を増やしていく。また、水道公社及び水組合の求めに応じるために井戸カメラを所有して診断・改修業務の受託をねらう民間井戸業者を対象に、営業・販売を進める。

他方、MMAyA が進めている地下水保全の計画・規制戦略に係るガイドライン類の策定に対して、日本における事例を基に技術情報の提供等、直接もしくは代理店を通じた支援を継続して行い、これらのガイドライン類に井戸カメラの活用が確実に含まれるようにするとともに、その施行を促進する。ガイドライン類の施行により既存井戸の長寿命化及び適切な井戸建設が要求されるようになると、既存井戸の適正な診断・改修を行うため、あるいは新設井の竣工検査のために井戸カメラを利用することが一般化すると予想される。そうなれば、民間を含む井戸管理者の需要が高まり、ひいては診断・改修を受託する井戸業者の需要増が期待され、その機をとらえて診断の高度化を売り物として提案製品 i-Do300FII を含めた官需、民需の販売台数の増加を図る。

長期的には、ボリビア国内の鉱業、建設業を対象に、井戸カメラに限らず、ボーリング坑内カメラ等の他機種の販売拡大を目指すほか、ペルー等の周辺国を含めた他国に対して、ボリビアでの実績をモデルとしてビジネス展開を図る。

③ 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール

原材料・資機材の調達計画

当面は、すべて日本国内での生産とし、原材料・資機材は日本での調達とする。長期的には、提案製品 i-Do300FII の価格競争力を上げるため、ウィンチ部分の現地調達を計画する。ウィンチそのものは現地調達が可能であることを確認しているが、今後、カメラ部分やコントローラとの組合せの適合性について詳細に検討する必要がある。

生産・流通・販売計画

上記のマーケット分析から、ボリビア国内における民間所有の井戸を加えた井戸カメラの潜在的ニーズは 50～85 台と推定されるが、他社製品との競合等を考えて、生産・販売目標を 5 年間で 40 台（官需 22、民需 18）と計画する。年別の生産・販売計画は表－4.6 に示すとおりであり、初年度は県や都市部の水道公社等の官需を対象にスマートカメラ 3 台程度の生産・販売とし、翌年から大都市の井戸業者の民需にも対象を広げていき、MMAyA の地下水保全の計画・規制に係るガイドライン類が発効するであろう 3 年目からは需要増が見込まれることから、i-Do300FII を含めた販売を進め、5 年間に目標の合計 40 台を達成する計画である。

表－4.6　生産・販売計画

マーケット	機種	単価	2019年		2020年		2021年		2022年		2023年	
		（千円/台）	販売数（台）	売上高（千円）	販売数（台）	売上高（千円）	販売数（台）	売上高（千円）	販売数（台）	売上高（千円）	販売数（台）	売上高（千円）
官需	スマートカメラ	1,400	3	4,200	3	4,200	4	5,600	3	4,200	3	4,200
	i-Do300-FII	5,500					1	5,500	2	11,000	3	16,500
	小計		3	4,200	3	4,200	5	11,100	5	15,200	6	20,700
民需	スマートカメラ	1,400			3	4,200	3	4,200	3	4,200	3	4,200
	i-Do300-FII	5,500					1	5,500	2	11,000	3	16,500
	小計			0	3	4,200	4	9,700	5	15,200	6	20,700
合　計			3	4,200	6	8,400	9	20,800	10	30,400	12	41,400

要員計画・人材育成計画

現地販売代理店のメンテナンス・サービス体制を確立するために、早い段階で代理店の機材メンテナンス要員を(株)レアックスに招いて、以下の表－4.7 に示す研修項目について約 2 週間の技術研修を行う。それ以降は、当該要員を窓口として、折に触れて機材メンテナンスに関する相談や技術指導に応じていく。

表－4.7　メンテナンス研修項目

No	研修項目	作業内容
1	ケーブル交換	ケーブル取り外し、ケーブルヘッド分解・清掃、ウインチドラム分解、交換ケーブルドラム内部配線、ウインチドラム組込み、ケーブル巻きつけ、ケーブルヘッド再接続（モールド処理）
2	ケーブル切詰め（断線）修理	ケーブル切断、ケーブルヘッド分解・清掃、ケーブルヘッド再接続（モールド処理）
3	LED照明交換	LED基板取り外し、LED照明取り外し・交換（ハンダ付け）、再組立て
4	カメラ交換	カメラ取り外し、配線取り付け、カメラ取り付け、フォーカス等動作確認
5	スイッチ交換	スイッチ取り外し、配線ハンダ付け、スイッチ組込み
6	モータドライバ用電源交換	ウインチ分解、モーター交換・再組立て
7	コントローラ電源交換（1箇所）	電源取り外し、配線取り付け、電源取り付け、出力確認
8	ウインチコネクタ交換	コネクタ取り外し、交換コネクタ配線ハンダ付け・固定
9	ビデオコネクタ交換	コネクタ取り外し、交換コネクタ配線ハンダ付け・固定
10	電源ケーブル/エンコーダーケーブル切詰め修理	コネクタ取り外し、ケーブル切断、コネクタ配線ハンダ付け・固定
11	プローブトップ/ケーブルヘッドコネクタ交換	コネクタ取り外し、交換コネクタ配線ハンダ付け・固定
12	映像のちらつき	カメラコネクタ（接点）クリーニング

収支計画・資金調達計画

非公開

ビジネス展開スケジュール

本事業実施後のビジネス展開スケジュールは表－4.9 に示すとおりである。

初年度は、早い段階で日本における現地販売代理店に対する機材メンテナンス研修を実施し、本事業による MMAyA への供与機材及び販売代理店所有の井戸カメラのメンテナンスを支援することを含めて、現地メンテナンス・サービス体制を確立する。その上で、県、水道公社等の官需に対し、現地代理店を通じて製品の営業・販売を強化していく。また、MMAyA のガイドライン類策定に対して、本事業を通じて提供した「井戸カメラを利用した井戸の診断・改修マニュアル（案）」の補足情報を提供する等の支援を継続して、井戸カメラの利用による診断が明確に記載されるよう MMAyA に働き

かけて井戸カメラの需要増の動機付けを図る。

2年目からは、ガイドライン類の発効に伴う水道公社や水組合の井戸診断の外注件数増加のタイミングを図り、民間井戸業者への営業・販売を強化していく。

販売が軌道に乗るのを見計らって、4年目からケーブル長を400mに延長することやウィンチを現地調達すること等、ボリビア向け仕様の検討及び技術開発を進める。また、5年目からは、鉱業や建設業等の給水以外の分野に対して、ボアホールカメラ・シリーズ全般の営業活動を進めるほか、ボリビアでのビジネス展開をモデルとしてペルー、パラグアイ等の周辺諸国への販売ルートを開拓し、ビジネス拡大を図る。

表－4.9　ビジネス展開スケジュール

項　目	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年
現地メンテナンス・サービス体制の確立	■				
MMAyAに対するガイドライン及び指針の策定支援	■	■			
県、水道公社への販売営業強化		■	■	■	■
民間井戸業者への販売営業強化			■	■	■
ボリビア向け仕様の検討		■	■		
他分野（鉱工業、建設業等）向けの営業活動推進					■
周辺諸国（ペルー等）への販売ルート開拓					■

④ ビジネス展開可能性の評価

ボリビアにおいては、一般に井戸の改修効果に対する信頼性が低いこともあって、これまで使い捨てのような感覚で、井戸を改修して長寿命化させようという意識が薄く、新設に重きが置かれる傾向があった。本事業における井戸管理責任者への聞き取り調査によると、これは改修方法としてエアーリフト法が多用されたが、改修効果が低く、改修による既存井戸の長寿命化への期待感が薄かったためと考えられる。したがって、先ず改修による既存井戸の機能回復の有効性が実証されないと、井戸カメラによる診断への需要も喚起できないことが判明した。こうした背景の下で、本事業で井戸カメラによる井戸の機能低下状況と対策についての診断ならびに対策としての改修の実証活動を通じて、井戸管理者の間で井戸カメラの有用性及び既存井戸の長寿命化の有効性に対する理解が進んだと考えられる。

一方、2016 年の高山地域及び渓谷地域における深刻な水不足を契機に水資源の保全と有効利用が大きな課題となっており、地下水資源の保全も重要課題であり、中央政府機関として水資源の利用と保全に責任を有する MMAyA では地下水保全の計画及び規制戦略に沿ったガイドライン類の策定が進められている。MMAyA は、無制限な新規井戸の開発を規制し、既存井戸の適切な維持管理による長寿命化及び新規井戸建設の適正

化により、地下水の保全を図ろうとしているが、本事業で作成した「井戸カメラを利用した井戸の診断・改修マニュアル（案）」をガイドライン・指針に利用しようと電子データの提供を要請してきた。

このように、ボリビアでは既存井戸の改修による長寿命化が進み、それに伴い井戸カメラの利用が進む環境が整いつつあり、潜在ニーズから 5 年間で売上 1 億円を超えるビジネス展開の可能性があると考えられる。現在は、井戸カメラを所有している井戸管理機関や民間井戸業者は少数であり、井戸カメラによる診断の実施例は少ない上、カメラを所有していても故障したまま利用されていないケースもある。このため、撮影画像の精度云々よりも井戸カメラによる診断の普及を図ることが先決であり、先ず競合他社製品と比較して価格競争力のある製品（スマートカメラ）を投入することがビジネス戦略の面から重要である。この間、メンテナンス・サービスに注力して顧客満足を得ながら、井戸カメラの普及が進み、井戸カメラの性能・精度への要求が高くなってきた時点から精度がより優れた製品として提案製品（i-Do300FII）を投入していくことで同製品の販売可能性を高くすることが可能と考えられる。

現地販売代理店には井戸業者を選んだが、単に販売だけでなく、診断・改修サービスを自ら提供した経験に基づいて井戸カメラの仕様・性能等についての改善提案をするほか、顧客のニーズを的確に把握してくれるという期待がある。

なお、井戸カメラのリース・レンタルについても、その需要について調査したが、なじみの薄い機械をいきなりリース・レンタルして自ら利用する人はおらず、それよりは操作ができる井戸業者に外注することになるだろうから、当面は成り立たないと考えられる。

（２） 想定されるリスクと対応

① 政治的リスク

大統領や県知事の交代により中央政府と県知事との間に政治的軋轢が生じると、本事業におけるサンタクルス県とラパス県の場合のように中央政府の意向に従わない事態が生じる。この場合、MMAyA が策定する計画や基準類に盛り込まれたとしても、井戸カメラ利用による診断に関する指導・監督が効力を発せず、また、前知事時代の井戸カメラ調達計画が破棄されること等が起こり得る。

こうした政治的影響を考慮して、中央政府や県だけでなく、独立性が高く比較的政治的影響から遠い水道公社、水道関係団体に対しても井戸カメラの営業活動を進める。

また、井戸カメラの操作及び保守管理の技術を県の担当者に移転しても、県知事の交代による担当者の配置転換や解雇があるとカメラを利用できなくなり、２台目以降の調達につながらなくなる。こうした政治的リスクへの対応として、本事業で作成したマニュアル及び現地代理店のメンテナンス・サービスを通じて、新たな県側担当者を支援することで対処する。

② 経済的リスク

機械類の輸入関税が上がり、提案製品のボリビアにおける輸入価格が上がるリスクがある。水関連の専用調査・研究機材として輸入すれば輸入関税の優遇が得られる可

能性があることから、輸出入の手続きを工夫すること等により影響を軽減する。

③ 知的財産権保護上のリスク

井戸カメラそのものは特殊な機器ではなく、提案機材も他社製品にはない特殊な要素を多く組み込んだものではない。提案機材の比較優位性は、ボーリング孔カメラも含めて 20 年以上にわたり自ら地質調査や井戸診断に利用してきた経験に基づいて、耐久性や使い勝手を重視した工夫が要所に施されているところにあると認識している。このため、外観から模倣しても、同等の性能は容易には模倣できないと考えている。

④ 競合リスク

井戸カメラの導入を考えている機関や民間井戸業者は、一般的に現地代理店経由ではなく、インターネットを通じて欧米の競合他社から直接、製品、価格情報を得ているようであり、直接販売で調達するようになると競合する他社が多数になるリスクがある。現地代理店に対する機材メンテナンス技術指導を強化し、メンテナンス・サービスの付加価値で差別化を図る。

なお、ボリビアでは井戸カメラの利用が始まって間もないこともあり、望ましい価格帯は USD30,000 以下で、求める精度は必ずしも高くないことから、当初は提案製品 i-Do300FII の簡易型であるスマートカメラを主力として価格及び機能の両面で顧客ニーズに応えることにより、他社製品との競合に対処する。井戸カメラが普及し始めると精度への要求も高くなると考えられることから、その時点から i-Do300FII を投入していく。また、i-Do300FII のウィンチ部分が現地製作可能であり、検証試験を重ねてシステム全体への影響を詳細に検討し、これを現地調達することで価格の低減を図るほか、観察深度を 400m まで延長する等のボリビア仕様の技術開発を長期的に実施していく。

⑤ 市場規模リスク

ボリビアでは公共機関関係の井戸が約 3,500、民間所有の井戸を含めるとおよそ 2 倍の井戸が存在していると推測され、これを診断する井戸カメラの必要台数 50～85 台が潜在的な市場規模だと考えられる。しかし、現況からは、これだけの潜在的市場規模が自然に現実の需要につながるとは考えられず、何らかの動機付けがなければ市場規模拡大が難しいと考えられる。

現在、MMAyA が地下水資源の持続的利用・管理のガイドライン化を進めているが、この中に井戸カメラによる診断が含まれる予定であり、このガイドラインが上記の動機付けとなると考えられる。このため、本事業終了後も引き続き MMAyA のガイドライン策定作業を支援する。

また、ボリビア国内のみでは長期的な市場拡大が望めないので、ボリビアにおける販売が軌道に乗った時点から、ペルー等の周辺諸国への販売ルート開拓を図っていく。

⑥ 地理的要因リスク

提案製品は注文生産が基本であり、製作から輸送・通関までに要する時間が 6～7 か月となって、最大 3 ヵ月以内の納品という顧客の意向に沿えないことになる。現地代理店に１、2 台の在庫を確保してもらって納期を守るべく対応する。

（３）普及・実証において検討した事業化による開発効果

今後の事業展開により井戸カメラが普及すれば、多くの井戸管理関係者が、直接視認できない井戸内部の状態をカメラの撮影画像を通して診断することにより、スクリーンの目詰まりや破損個所を特定し、機能不全の原因を解明して対策を講じることが可能となる。その結果、機能回復可能な既存井戸を廃止して代替井を新設するよりも経済効率の良い既存井戸の改修による長寿命化が広く実施されるようになり、井戸からの取水能力が回復する。

井戸の機能回復策としての代替井新設と診断・改修の経済性については、本事業では費用対効果（対策費用に対する、貨幣価値で表した対策効果の割合）を比較することで評価した。

費用対効果＝対策効果／対策費用

（ただし、対策効果＝水道水の売上回復額の対象期間累計）

費用対効果を左右する主な要素は、対象とする井戸の揚水能力の経年劣化傾向及び各方法による揚水能力の回復効果・費用である。本事業における実証活動の結果からは、ジェッティング法の場合には 40%以上、ブラッシング法＋スワビング法による場合には 15%以上の揚水能力の回復率（初期から改修前までの揚水能力低下量に対する、改修による揚水能力回復量の割合）が得られれば、改修による井戸の長寿命化の方が費用対効果が高く、経済性が高いといえる。井戸新設の場合には、揚水能力の回復率を 100%としても費用がかさむことから、その費用対効果は、改修により一定以上の回復率が得られる場合に比べて低くなる。

地域全体の取水能力が回復・増加すれば、給水サービスの立ち遅れている地方部や都市周辺部において「安全な水へのアクセス率」が改善し、衛生面を始めジェンダーへの配慮や貧困対策への貢献が大きいと考えられる。

我が国は、1980 年代後半からの無償資金協力や技術協力を通じて、地下水開発のための井戸掘削機材供与や関連する技術移転を実施し、その結果、今日までに約 2,000 本の井戸が掘削されてきた。これらの井戸の多くは建設後 10 年以上経過して揚水量の低下がみられるが、井戸の機能診断及び改修はほとんど実施されてないのが実状である。今後の事業展開により井戸カメラが普及すれば、これらの井戸の診断により適切な改修が実施されて揚水量が回復することにより、これまでの我が国の協力による開発効果が持続することになる。

既存井戸の施設老朽化による機能不全は飲料水供給率向上を阻害する要因であるが、井戸建設の施工不良事例が少なくなく、井戸の機能低下を一層早めているといわれている。老朽化による機能低下に対する診断と同様に、スクリーンと帯水層との位置関係が適切か等、井戸カメラを用いて新設井の仕上がり状況（施工品質）をチェックすることにより、急速な井戸の機能低下を防ぐことができる。

また、ボリビアでは、気候変動による氷河の後退・消失等により利用可能水源の減少傾向があり、2016 年の高山地域及び渓谷地域における深刻な水不足もあって、水資源の持続的利用及び管理を目的とした計画・法規制が急務となっている。今後の事業展開により井戸カメラが普及すれば、井戸の診断が的確に行われ、井戸の維持管理能力が向上し、地下水資源の持続的利用・管理を図ることが可能となる。

（４）本事業から得られた教訓と提言

① 今後海外展開を検討する企業へ向けた教訓

MM 署名交渉

本業務の開始に当たっては、C/P 機関である MMAyA と JICA との間の M/M の締結に半年以上の時間を要した。この間、2016 年の深刻な水不足に関して、大統領による国家非常事態宣言が発出されたほか、MMAyA 大臣が辞任を余儀なくされ、事前調整の担当者の辞任、後任者の異動等の混乱があり、それが M/M の締結を遅らせた主因と考えられる。また、ボリビアでは大臣署名の文書類はすべて法務部局の審査を受けることになっており、この審査に時間を要したことも遅れの要因である。事前調整は MMAyA の給水分野担当部局である VAPSB の次官以下と行って来たが、国家間の M/M の署名者は大臣となり、その文面・内容について法務部局の入念なチェックを受ける必要があることの認識が欠けていた。事前調整の段階から VAPSB 次官から MMAyA 大臣及び法務部局への本事業の説明を密に行っていれば、M/M 署名に要する時間が短縮できた可能性がある。

また、M/M 締結後にボリビア側の投入を確実にする手続きとして、MMAyA 大臣とサブ C/P である各県の知事との間の合意書の締結が必要とされたが、この締結にも半年以上の時間が必要であった。この合意書はボリビア側関係者内で必要とされた手続きのため、本事業では実務上の問題は生じてないが、県側の投入が大きくなる時期を合意書の締結後とするなど、事業の日程調整に留意する必要があった。なお、サンタクルス県との間の合意書は結局締結されなかったほか、当初ラパス県のサブ C/P として県 EDALP を想定していたが、MMAyA の意向で EPSAS に変更になった。これらは中央政府と県知事との間の政治的あつれきに起因するものと考えられる。給水事業、井戸維持管理の担当部署レベルではこのあつれきが顕在化してないが、C/P である VAPSB との距離感と各県給水部門との距離感を等しくとるよう努めるなどのバランス調整が必要になる。

② JICA や政府関係機関に向けた提言

機材輸送

機材の所有者（JICA）と荷送人（(株)レアックス）が異なること、及びボリビア側 C/P と JICA 事務所が荷受人となれないことの背景事情があった。一般的な輸出手続きが通用しないと考え、早い段階から JICA 本部に相談し、他事例の紹介等の助言を得て、当初現地通関業者を荷受人とする輸送を考えていた。しかし、JICA ボリビア事務所に本件について確認したところ、ボリビアでは通関業者による代理通関が認められていない上、JICA 事務所を荷受人とした場合、その用途が事務所専用に限定され、ボリビア側への供与ができなくなることが判明し、方法としては荷受人を現地法人とするしかないとの助言を得た。

このため、現地パートナーの民間企業宛てに輸送したが、ボリビア国内ではこの機材は当該企業が輸入したものであり、当該企業の資産として見なされることが判明した。このため、JICA 事務所に相談したところ、弁護士と協議した結果として、機材供

与に際しては、輸入代行をした当該民間企業と JICA の双方からの供与とするという判断を得た。機材引渡書の署名者についても、供与する側は JICA 事務所長と当該民間企業代表者、供与を受ける側はMMAyA大臣ということになった。事後ではあったが、JICA 本部からは荷送人に“on behalf of JICA”を付すと良いとの助言を得た。

また、関税については、提案製品のうちカメラの部分は給水関連専用機材として、ウィンチ等の部分は一般機材として異なる税率（前者 5%、後者 10%）の適用を受けたが、輸送用の書類にすべて給水関連専用機材一式としておけばすべて低い税率の適用を受けられた可能性があった。

本事業のスキームは一般的な ODA 事業のスキームと異なり、それぞれの国ごと、案件ごとに個別な対応が必要となるので、特に本業務のスキームに応じた機材の通関や関税等の課税に関する留意点について、現地事情を反映した現地 JICA 事務所の的確な助言・指導を早い段階から受けることが重要である。

JICA の他案件との連携

本事業では、これまで長年に亘る日本の ODA の実績がある地下水を水源とした給水分野を対象にしているため、JICA 事業としてボリビア側の理解と協力を得やすいメリットがあった。特に、ASVI プロジェクトによる支援効果が持続しており、その延長線上に本事業があると認識しているボリビア側関係者も多く、診断対象の井戸の提供、準備作業や研修への人員の投入などが、日本側の要請どおり順調に実施された。オルロ市の SeLA では総裁、技師長が日本での JICA 研修経験者であり、本事業への参加度合ならびに協力度合がひときわ大きかった。

前述したように、現在、MMAyA は地下水保全の計画・規制戦略に沿ってガイドライン及び指針を策定中であり、このガイドライン類の内容の充実ならびに実効が上がることにより、井戸カメラの普及も進むことが期待されている。ガイドライン類の中に「地下水資源の持続的管理計画策定に係る方法論指針」があるが、この地下水資源の持続的管理計画は、技術ツールとしての「水資源評価」と管理ツールとしての「持続的帯水層管理（PGSA）」からなる。技術ツールには涵養域・流出域の保護、モニタリング網の構築、水理地質モデルの作成、水収支評価等が含まれ、管理ツールには帯水層の合理的利用、法規制、組織強化、帯水層の協同管理等が含まれる。素案に対する関係者ヒアリングが始まっているが、現実を知らない法律家の作文との批判が技術者の間で多いようである。多岐にわたる項目について、概念だけの方法論に終始するのでは実効が上がらないことから、特定の帯水層を選んでパイロット事業を実施し、その知見・経験に基づいた具体性のあるガイドラインとすることが望ましい。

今後も MMAyA を支援していく意向だが、一民間企業のできることには限界があり、このガイドライン策定を支援する技術協力を、我が国の ODA 案件として実施していただくことを希望する。ボリビアにおける地下水分野の協力では、実績の面で日本の ODA が他の援助国・援助機関をリードしており、ボリビア側の期待も大きい。

③ ボリビア側 C/P 機関等に向けた提言

井戸の維持管理

ボリビアでは、井戸台帳が作成されておらず、水位や揚水量等の定期的モニタリングが実施されていない井戸が多く、井戸の長寿命化の有効性及び可能性が把握できていないのが一般的である。適切な井戸の維持管理のためには、添付資料「４．井戸カメラを利用した井戸の診断・改修マニュアル（案）」に示した手順に従って維持管理を実施する必要がある。特に、井戸諸元、検層データ、建設時の揚水能力、処置履歴に加えて、少なくとも週１回の動水位・揚水量・砂の混入及び月１回の静水位のモニタリングを行い、データを井戸台帳として継続的に整理・蓄積することが重要である。

その上で、井戸台帳上の情報に基づいて井戸の機能劣化要因・傾向を分析し、適切な対策を計画し、適切なタイミングで実施することが、井戸の長寿命化を可能にする。例えると、病院において患者の年齢、体格、既往症等に基づくカルテを作成し、体温・血圧等の定期的な測定結果を加えて一次的な診断をし、さらに内視鏡検査により詳細な診断を行い、病変に適切に対処し、患者の長寿を保つことと同様である。

MMAyA は、地下水保全の計画・規制に係る規範やガイドライン類を作成中である。本事業で作成・提供した「井戸カメラを利用した井戸の診断・改修マニュアル（案）」を活用し、井戸カメラを利用した適切な診断・改修による井戸の長寿命化の有効性ならびに長寿命化のための具体的な井戸維持管理の方法及び手順を作成中の規範やガイドラインに明記し、早急に施行することが望まれる。

一般に、県の給水部門には井戸掘削の専門チームが組織されているが、維持管理の専門チームはない。本事業を通じて維持管理チーム設置を構想する県もあるが、多くの井戸管理者が維持管理専門チームを設置し、早急に具体的な活動を始めることが期待される。MMAyA はチームの設置と活動の支援をすることが期待される。

本事業における実証活動の結果からは、改修により一定以上の揚水能力の回復率が得られる場合には、その費用対効果は井戸新設による場合よりも高いといえる。このことから、地下水資源取水量の回復を図る場合には、先ず井戸カメラを利用して既存井戸の診断を行い、経済性評価も含めて改修による揚水能力回復の実現可能性を検討することが望ましい。

本事業で検討した診断・改修による費用は 10%前後の井戸カメラによる診断費用を含んでいる。計算上は、この診断費用を含まなければ費用対効果は増加するが、井戸カメラによる診断を行わずに、いわば手探りで改修を行った場合には、適切な方法を見誤る、あるいはそもそも改修の見込みがないことを見過ごす可能性が高い。こうした場合には、複数の改修方法を試行錯誤で実施する結果となり、改修費用が倍増してかえって高コストとなるか、あるいは期待する効果が得られないことになり、結局は費用対効果が激減してしまうことに留意する必要がある。

供与機材の活用

供与された井戸カメラを活用して診断事例を増やし、井戸機能低下の要因や特徴を分類・整理する必要がある。また、改修方法による揚水能力回復効果の相違も整理し、診断により適切な改修方法を選定する際の参考情報とする必要がある。

本事業では、井戸診断に基づいてスクリーンの目詰まり除去を行った以外、落下物の確認と回収、スクリーンのスリット幅の評価、スクリーンからの砂の流入の確認と

対策提案等も行ったが、井戸カメラにより維持管理能力の飛躍的拡大が可能になるので、維持管理技術の向上・普及を目的として、供与された 2 台の有効活用が望まれる。

その他

その他、本事業で気づいた点として、落下異物がある井戸が多かったことがある。ポンプ引き上げ等の井戸内での作業時に落下物を生じない作業要領と落下物の回収技術について現状の改善が望まれる。

参考文献

1) 対ボリビア多民族国 国別援助方針. 外務省, 2012

2) Plan Sectorial de Desarrollo de Saneamiento Básico 2016-2020. Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2015, 113p.

3) ボリビア多民族国基礎データ. 外務省. 2018-10-19. http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/bolivia／index.hdml,(参照 2019-01-17)

4) “ボリビア～リチウム資源開発に託す夢” . わかる！国際情勢 Vol.68. 外務省. 2011-01-14. http://www.mofa.go.jp/mofaj/press/pr/wakaru/topics/vol68/index.html, (参照 2017-11-24)

5) 田中仁. 「氷河減少に対する水資源管理適応策モデルの開発」. 地球規模課題対応国際科学技術協力（SATREPS）分野・領域「気候変動の適応又は緩和に資する研究」終了報告書, 2015, 87p.

6) JICA. “コチャバンバ県統合水資源管理能力強化プロジェクト詳細計画策定調査報告書”, 2016, 368p.

7) JICA, ㈱協和コンサルタンツ. “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.

8) 国際協力事業団無償資金協力調査部監修. 無償資金協力地下水開発案件に係る用語集. 財団法人日本国際協力システム, 1996, 129p.）

9) 井戸等の管理技術マニュアル. 社団法人日本水道協会, 1999, 233p.

10) 地下水の適正な揚水量の算定手法について. 東北農政局. www.maff.go.jp/j/nousin/noukan/tyotei/t_seika/pdf/h20seika_10.pdf, (参照 2018-1-7)

添付資料

１． 英文要約
２． 予備診断結果シート
３． 改修結果シート
４． 井戸カメラを利用した井戸の診断・改修マニュアル（案）
５． 提案製品（i-Do300FII）のパンフレット

添付資料

1．英文要約

Vice Minister's Office of Drinking Water and Basic Sanitation, Ministry of Environment and Water

Summary Report

Plurinational State of Bolivia

Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for Well Life Extension Utilizing Effective Well Diagnosis and Rehabilitation Technologies

January, 2019

Japan International Cooperation Agency

Raax Co., Ltd.

CONTENTS

1. BACKGROUND 1

2. OUTLINE OF THE PILOT SURVEY FOR DISSEMINATING SME'S TECHNOLOGIES 2
(1) Purpose 2
(2) Activities 2
(3) Information of Product/ Technology to be Provided 3
(4) Counterpart Organization 5
(5) Target Area and Beneficiaries 5
(6) Duration 5
(7) Progress Schedule 6
(8) Manning Schedule 6
(9) Implementation System 7

3. ACHIEVEMENT OF THE SURVEY 8
(1) Outputs and Outcomes of the Survey 8
(2) Self-reliant and Continual Activities to be Conducted by Counterpart Organization 13

4. FUTURE PROSPECTS 14
(1) Impact and Effect on the Concerned Development Issues through Business Development of the Product/ Technology in the Surveyed Country 14
(2) Lessons Learned and Recommendation through the Survey 15

ATTACHMENT: OUTLINE OF THE SURVEY 17

Abbreviations

ASVI	JICA Technical Cooperation Project “Water is health and life”
COFADENA	Armed Forces Corporation for National Development
C/P	Counterpart
CT	Technology Center
CTB	Belgian Technical Cooperation Agency
EMAGUA	Executing Entity for Environment and Water
EPSAS	Public Company of Water and Sanitation, La Paz City - El Alto City
JICA	Japan International Cooperation Agency
lit/min	Liter per minute
MDRyT	Ministry of Rural Development and Lands
MMAyA	Ministry of Environment and Water
SeLA	Local Water Supply and Sewerage Service, Oruro City
SERGEOMIN	Mining Geological Services
SME	Small and Medium Enterprise
UNASBVI	Unit of Water, Basic Sanitation and Housing
USD	US Dollar
VAPSB	Vice Minister’s Office of Drinking Water and Basic Sanitation

1. BACKGROUND

Under the "National Plan for Basic Sanitation 2008-2015", the policy goal of Ministry of Environment and Water (MMAyA), the Government of Bolivia has raised the slogan "expanding access to clean water supply" and been tackling improvement of accessibility to safe water. As a result, the access rate to safe water in Bolivia reached 83% in 2015 (source: Plan Sectorial de Desarrollo de Saneamiento Básico 2016-2020, MMAyA), and the drinking water supply rate of the whole country has been significantly improved. However, water supply services are lagging behind in urban fringe areas due to intense population influx from rural areas, and it has become a problem that water supply services and maintenance capacity of facilities have still been underdeveloped in rural areas.

On the other hand, Bolivia is susceptible to climate change due to its complex terrain and it has become difficult to secure water resources in many areas due to retreat and disappearance of glaciers. Thus urgent measures are needed for effective use of water resources. As groundwater is one of major water resources in Bolivia, proper maintenance of wells is indispensable for sustainable water supply services. Malfunction of well facilities due to aging becomes a major factor in the stagnation of water supply rate.

One of the major problems in well maintenance is that a well is constructed underground and there are no clear grounds for making decisions; whether the existing well can be rehabilitated or a new well should be constructed instead or what rehabilitation method should be applied to recover the function of the well. To solve the problems, the most effective way is to visualize the inside of a well by using a video camera. Once visual information is acquired, it would be easy to understand the causes of malfunction and select proper measures.

The product proposed for the Survey is the "Borehole camera i-Do300FII" which was developed as a well camera in 2002 from the BIP Series. It provides very clear image, is portable, and durable. It thoroughly photographs the inside of a well and identifies the cause of problems or malfunction like an endoscope in medical inspection. It is equipped with dual camera systems which can be switched from the front to the side or from the side to the front at any time as well as horizontally rotates in any direction. With these features it is able to acquire detailed information inside of a well by taking the video-images from every angle.

In order to disseminate the well diagnosis technology using the proposed well camera in Bolivia, a systematic approach seems to be effective. Therefore the title survey (hereinafter referred to as "the Survey") will introduce and transfer a series of well life extension technologies ranging from diagnosis to rehabilitation to the Bolivian side. Effectiveness of the technologies will be demonstrated in four prefectures of three areas that characterize

the geographical features of Bolivia; the western highland, the eastern tropical plain and the intermediate valley area.

2. OUTLINE OF THE PILOT SURVEY FOR DISSEMINATING SME'S TECHNOLOGIES

(1) Purpose

It is verified that the diagnosis technology using the proposed well camera is effective for selecting appropriate rehabilitation techniques and carrying out the rehabilitation. In addition, the way of disseminating the technologies is reviewed through technology transfer to the Bolivian officials engaged in well maintenance/management.

(2) Activities

1) Diagnoses using the proposed well camera were carried out and situations of malfunctioning wells were identified.
   - 1-1 To examine situations of malfunctioning wells through interviews of officials engaged in well maintenance or management in target areas of the Survey, and select candidate wells for the technology demonstration
   - 1-2 To carry out preliminary diagnoses of the candidate wells and determine the target wells using the well camera manufactured in Japan and transported to Bolivia
   - 1-3 To record the inside of ten target wells in four areas on video using the camera
   - 1-4 To diagnose and analyze situations of malfunctioning wells based on the video recording
2) Rehabilitation techniques were appropriately selected and carried out based on the diagnoses, and it was verified that the diagnosis technology using the proposed well camera is effective.
   - 2-1 To select and determine appropriate rehabilitation techniques based on the above diagnoses
   - 2-2 To determine procedures and necessary equipment/materials for the rehabilitation
   - 2-3 To carry out rehabilitation. (The JICA Survey Team subcontracted the work to a local contractor and supervised it.)
   - 2-4 To evaluate the effects of the rehabilitation (by pumping test and by verification of the cost-effectiveness of the diagnosis using well camera)
   - 2-5 To analyze the challenges of well maintenance/management found out through the demonstration
   - 2-6 To develop and examine a model of well life extension (including diagnosis,

rehabilitation and maintenance)

3) A set of technologies ranging from diagnosis to rehabilitation is demonstrated as a model of well life extension and transferred to the Bolivian side.
   - 3-1 To prepare training (lecture-type) materials of general technologies related to diagnosis, rehabilitation and maintenance/management of well
   - 3-2 To carry out the above trainings
   - 3-3 To carry out on-the-job trainings of techniques related to operation and maintenance of well camera during the preliminary diagnoses for local officials engaged in well maintenance or management
   - 3-4 To carry out on-the-job trainings of techniques related to diagnosis and rehabilitation of well during the on-site demonstration activities for local officials engaged in well maintenance or management
   - 3-5 To prepare a technical manual of diagnosis and rehabilitation of well based on the above training materials and the results of the on-site demonstration
   - 3-6 To hold technical seminars to report the results of on-site demonstration and to introduce the above technical manual
4) A plan was developed for disseminating the proposed well camera and expanding the Raax's business.
   - 4-1 To plan a framework and a time schedule of Raax's business development in Bolivia for the future based on the marketing analysis, and assess the feasibility
   - 4-2 To consider the expected risks and the countermeasures
   - 4-3 To consider the development effects of commercialization
   - 4-4 To plan Raax's business development and technology dissemination in Bolivia

(3) Information of Product/Technology to be Provided

Provided products are two sets of Borehole Camera [i-Do300F-II]. This product is capable of diagnosing deep wells. It can shoot videos in any direction and can focus through the manipulation of a controller. The camera can acquire detailed information inside a well. Although there are other similar products, the proposed product is superior to other manufacturers' products in terms of measuring depth, operability and sharpness of image. In some developed countries, the proposed product has been introduced in many sectors.

As this product has been improved and devised to endure harsh natural conditions and some sloppy handling through not only users' requests but also the manufacturer's own experience of surveys, failure is unlikely to occur. However, taking unexpected error in operation into account, an operation and maintenance manual in Spanish will be provided and after-sales services will be prepared by educating and training staff of local sales agent.

Name	Borehole Camera i-Do300F Ⅱ
Specification	**System configuration: Probe, Cable & Winch and Controller** **1. Probe（Camera）** Applicable max. well diameter: φ66～400mm, Observation direction: Frontward and Lateral (360° Rotation), Focus: Adjustable, Effective number of pixels: 380,000, Water temperature: 0℃～60℃, Lighting: White LED, Image: Color **2. Cable & Winch** Cable: Outer diameter 5.6mm, Length:300m (5 core logging), Lifting and loading: Dual systems (electric/manual), Lifting speed: 0～5m/min, Cable rupture strength:140kg, Power supply: AC100～240V **3. Controller** Monitor: 5 inches LCD Monitor, Screen display data: Depth, date, code, text Output terminal: Composite(1), USB(1), Power supply: AC100～240V
Features	・Probe is an integrated structure with no irregularities and it is unlikely to get caught in the well hole. ・Lateral camera rotates 360 degrees. ・Clear images are provided by a twisted pair cable that is insusceptible to noise. ・High performance motor enables stable operation and high-speed lifting and loading. ・Special software enables the camera to capture a still image by connecting the controller with PC.
Advantages in comparison with competitor products	・Thirty years have passed since the development of the series of BIP borehole cameras in 1988 and sixteen years have passed since the development of i-Do300F Ⅱ in 2002 as a well camera derived from the series of BIP bore hole cameras. The product has a proven track record enough to optimize the system and improve the data processing performance. That is the reason why i-Do300F Ⅱ is superior to rival companies' products in terms of operability, image quality, ease of maintenance, durability against outdoor use, etc. ・With the focus function of i-Do300F Ⅱ, it is possible to shoot not only the surface of the well screen, which is the water intake section of the well, but also the voids of backfilling gravel behind. As a result, it is possible to check the cleaning effect in detail. ・Para-aramid fiber "Kevlar", which is known for its high strength, is

	used for the cable, and the cable is highly reliable.
Dimensions and Weight	Probe(Camera): Outer diameter φ60mm, Length 700mm, Weight 5kg Cable & Winch: (W)520mm×(D)500mm×(H)400mm, Cable length 300m, Weight 40kg Pulley: Outer diameter φ180mm, Weight 5kg Controller: (W)270mm×(D)230mm×(H)170mm, Weight 4kg
Installation Location	The home office of MMAyA is going to keep, maintain and utilize two sets of i-Do300F Ⅱ granted to MMAyA. MMAyA plans to lend them to water supply sectors for three years depending on the height of demand. EPSAS, a water supply corporation of La Paz and El Alto cities, is the first priority and COSALT, a water supply corporation of Tarija city, is the second for the time being.
Quantity	2 sets

(4) Counterpart Organization

Vice Minister's Office of Drinking Water and Basic Sanitation (VAPSB), Ministry of Environment and Water (MMAyA)

(5) Target Area and Beneficiaries

1) Target Areas (the location map is shown in Figure-1):

La Paz Prefecture: La Paz City and El Alto City

Oruro Prefecture: Oruro City

Chuquisaca Prefecture: Sucre City

Santa Cruz Prefecture: La Guardia City and El Torno City

2) Beneficiaries

Prefectural officials and the staff of public corporations and cooperatives engaged in water supply, and residents who are supplied water from wells

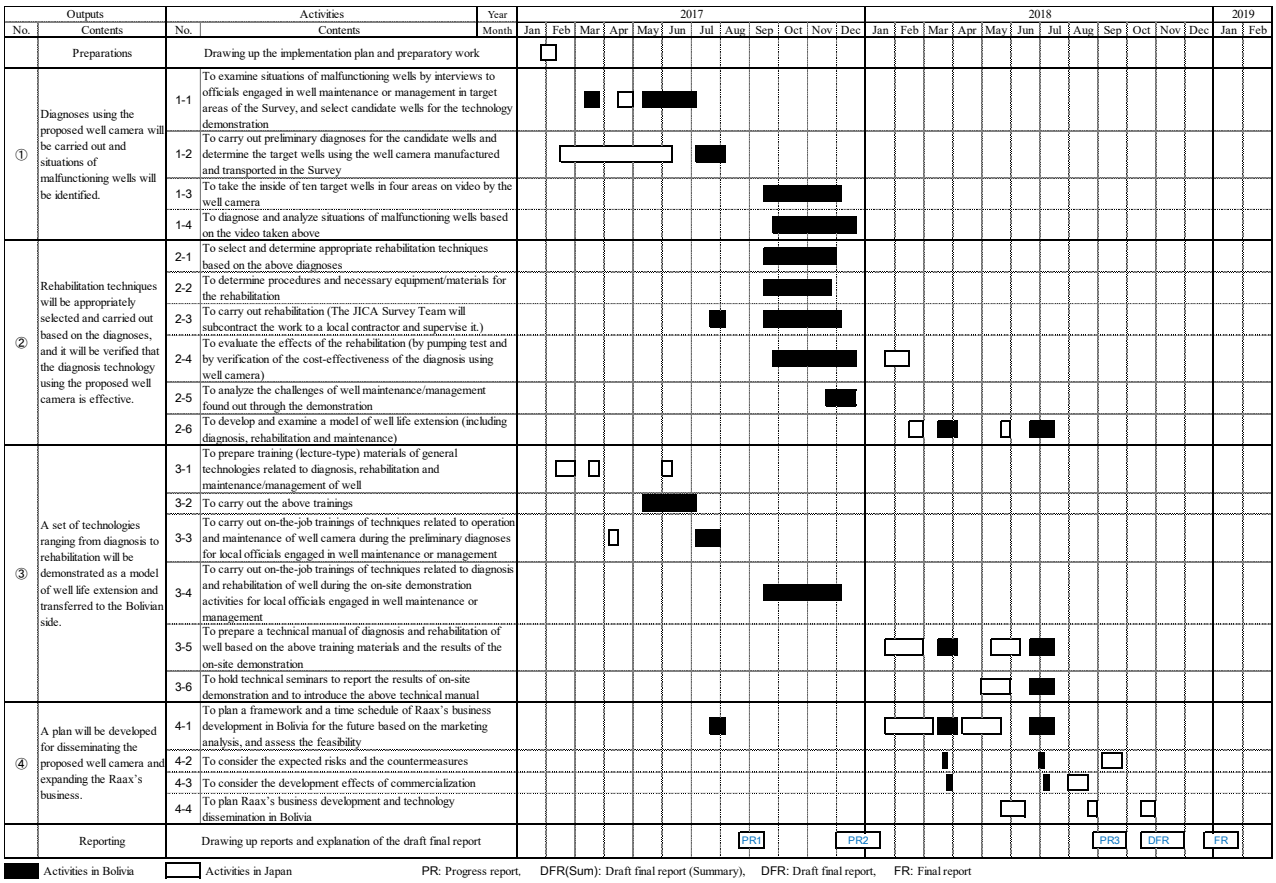
Source: Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)

Figure-1 Location Map of the Target Areas

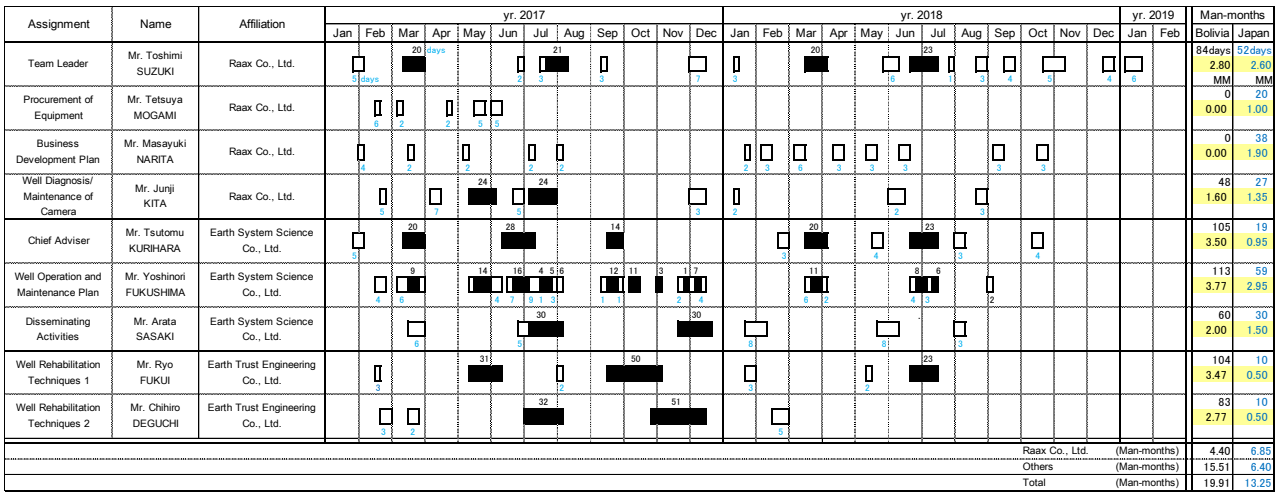
(6) Duration

From January 2017 to February 2019

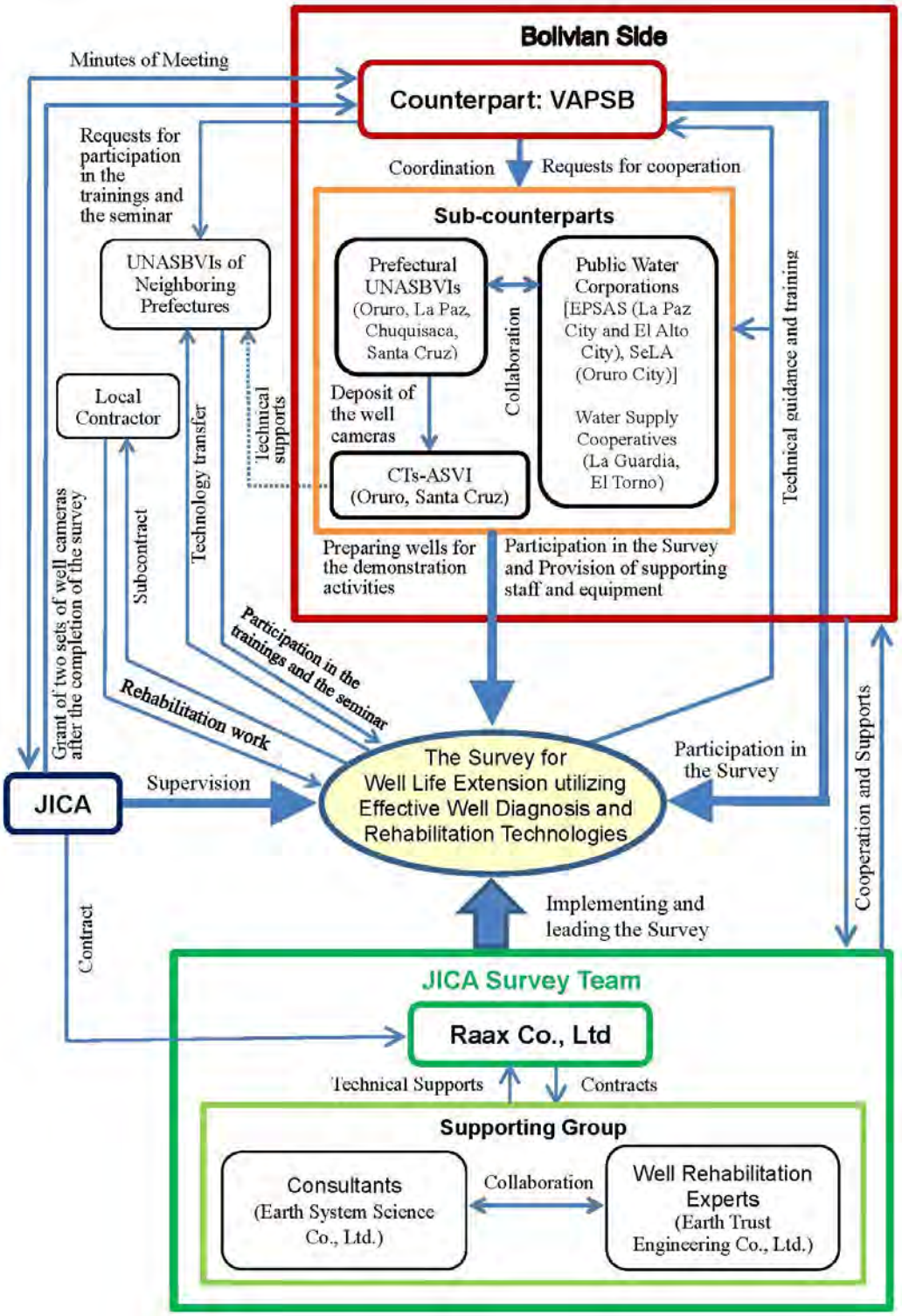
(7) Progress Schedule



(8) Manning Schedule



(9) Implementation System



3. ACHIEVEMENT OF THE SURVEY

(1) Outputs and Outcomes of the Survey

1) Diagnoses using the proposed well camera were carried out and situations of malfunctioning wells were identified.
   - Two sets of the proposed products, the well camera i-Do300FII, were manufactured in Japan and transported to Bolivia for the Survey. During the period from July 10 to 25, 2017, preliminary diagnoses were carried out for 30 candidate wells; eight wells in La Paz Prefecture, 12 wells in Oruro Prefecture, four wells in Chuquisaca Prefecture, and six wells in Santa Cruz Prefecture.
   - The results of the diagnoses showed that well screens seriously clog due to scale sticking and that the well function deteriorates in a relatively short period in La Paz Prefecture and Santa Cruz Prefecture. It suggested that the airlifting method is not so effective and that the jetting method should be applied for cleaning the screen.
   - It was also recognized that scale sticking on the screen is not so serious and that general cleaning methods such as airlifting, brushing or swabbing are likely effective in Oruro Prefecture and Chuquisaca Prefecture.
   - The wells constructed by UNASBVI of Oruro prefectural government have PVC screens with slits. It was found that some slits are too wide to prevent the inflow of sediment and significant amount of deposits were observed at the bottoms of some wells.
   - Video images were shot before and after cleaning work for 11 wells selected through the preliminary diagnoses.
2) Rehabilitation techniques were appropriately selected and carried out based on the diagnoses, and it was verified that the diagnosis technology using the proposed well camera is effective.
   - In total, 11 wells were diagnosed by the proposed well cameras and rehabilitated. The work was carried out in two wells in Santa Cruz Prefecture, two wells in Chuquisaca Prefecture, four wells in Oruro Prefecture, and three wells in La Paz Prefecture. Before and after the rehabilitation work, diagnoses using the well camera and pumping tests (step drawdown tests) were carried out, and the rehabilitation effect was evaluated by analyzing the appearance of video images and recovery of pumping rate and dynamic water level[1].
   - As shown in Table-1, the rehabilitation effect was evaluated comparing the maximum possible pumping capacities (Q_{max}) from the pumping test results before and after the rehabilitation

[1]The groundwater level when a motor pump is drawing water from the well

Table-1 Rehabilitation Effects (from the pumping test results before and after the rehabilitation)

Prefecture	Name of Well	Depth of Sub-mersible Pump (m)	Depth of the top of screen (m)	Rehabili-tation Method	Rehabilitation Effect						
					Pumping Capacity (lit/min)					Recovery Rate (%)	
					①	②	③	④	⑤	1	2
					Initial Stage	Before Rehabi-litation	Reduced Pumping Capacity =①-②	After Rehabi-litation	Recovered Pumping Capacity =④-②	=⑤/②	=⑤/③
La Paz	A11	37.0	37.2	J	700	31	669	603	572	1,845	86
	B1-II	43.0	30.1	B+S	519	307	212	355	48	16	23
	A15-II	38.0	19.1	J	255	365	-	628	263	72	-
Oruro	PP9	36.0	26.4	J	1,038	399	639	666	267	67	42
	PP11	27.0	36.8	J	3,429	2,679	750	3,394	715	27	95
	SeLA2	31.0	23.5	J	1,266	862	404	944	82	10	20
	SeLA3	16.5	18.4	B+S	n/a	592	-	676	84	14	-
Chuquisaca	Mojotoro 24	37.5	72.2	B+S	120	322	-	395	73	23	-
	Barranca 12	125.8	121.8	B+S	140	30	110	66	36	120	33
Santa Cruz	La Guardia 8	96.0	113.0	J	1,500	311	1,189	505	194	62	16
	El Torno 9	48.0	85.4	B+S	1,800	796	1,004	948	152	19	15

J: Jetting、 B+S: Brushing+Swabbing

Recovery rate-1: The rate of recovered pumping capacity (⑤) to pumping capacity before rehabilitation (②)

Recovery rate-2: The rate of recovered pumping capacity (⑤) to reduced pumping capacity from the time of construction to the time just before rehabilitation (③)

Recovery rate-2 of Well-Mojotoro24 and Well-EPSAS/A15-II: As the pumping capacity ① at the time of construction had been undervalued, the pumping capacity ② before the rehabilitation was larger than ① and the value of ③ was minus. Therefore the ③ was left blank and the rehabilitation effect was evaluated with the recovery rate-1.

Recovery rate-2 of Well-SeLA3 : Since the pumping capacity ① at the time of construction was unknown, the value of ③ could not be obtained. Therefore the ③ was left blank and the rehabilitation effect was evaluated with the recovery rate-1.

- Regarding the rehabilitation effect, characteristics by region were not clear. Regarding the rehabilitation effect by cleaning method, the effect by the jetting method was that the recovery rate-1 was 10 to 1,845% (median value 65%) and the recovery rate-2 was 15 to 95% (median value 45%), and the effect by the brushing+swabbing method was that the recovery rate-1 was 16 to 120% (median value 19%) and the recovery rate-2 was 15 to 33% (median value 25%)
- Based on the aging deterioration trend of well pumping capacity and the rehabilitation effect, a well life extension was modeled as shown in the left diagram of Figure-2.
- On the other hand, when the pumping rate of the existing well decreases to a certain extent without rehabilitation, it is generally decided to abandon it and construct a new well instead in an adjacent place. It was modeled assuming the recovery rate-2 as 100% as shown in the right diagram of Figure-2.
- In the graph of Figure-2, the difference (hatched part in Figure-2) between the pumping capacity recovered by the rehabilitation of existing well or the construction of new well and the pumping capacity when the existing well

continues to be used without rehabilitation shows the effects of rehabilitation or construction.

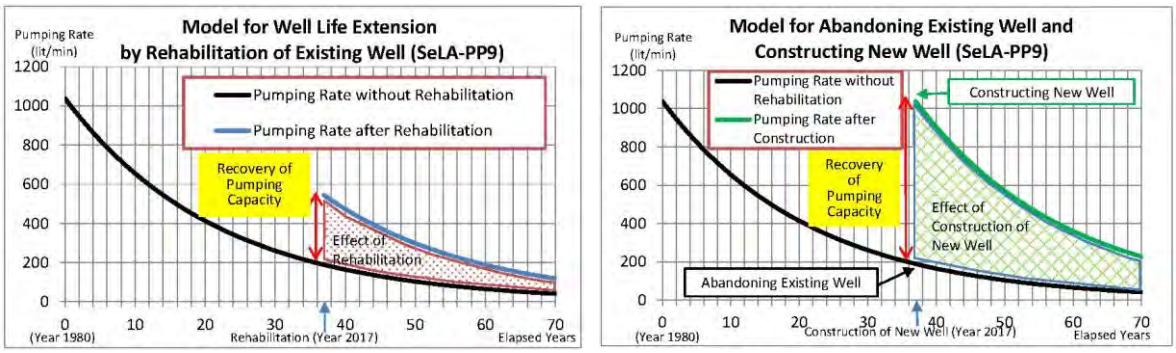


Figure-2 Comparison of the effects of rehabilitation and construction of new well (Well-SeLA/PP9)

- As shown in Table-2, the effects of rehabilitation and construction were replaced with increasing sales of tap water, and each cost-effectiveness was analyzed and evaluated from the rate of the increasing sales to the cost.

Table-2 Comparison of the effects of rehabilitation and construction of new well

Prefecture	Name of Well	Rehabi-litation Method	Reco-very Rate (%)	Year of Rehabi-litation and Const-ruction	Evalua-tion Period (Year)	Rehabilitation Effect ① Increase of Drinking Water Production (m^3)	② Increase of Drinking Water Sales (USD)	③ Cost (USD)	④ Cost Effect-iveness =②/③
La Paz	A11	J	86	2017	60	3,026,027	1,513,013	10,000	151
		New	100			3,540,240	1,770,120	45,000	39
	B1-II	B+S	23	2025	30	252,864	126,432	5,000	25
		New	100			1,116,818	558,409	45,000	12
	A15-II	J	*) 72	2034	60	387,247	193,623	10,000	19
		New	100			1,395,522	697,761	45,000	16
Oruro	PP9	J	42	2017	70	3,164,709	1,582,354	10,000	158
		New	100			7,573,966	3,786,983	45,000	84
	PP11	J	95	2017	70	18,357,534	9,178,767	10,000	918
		New	100			19,256,155	9,628,077	45,000	214
	SeLA2	J	20	2017	80	984,014	492,007	10,000	49
		New	100			4,848,070	2,424,035	45,000	54
Chuquisaca	Barranca 12	B+S	33	2017	40	190,997	95,498	5,000	19
		New	100			583,601	291,801	45,000	6
Santa Cruz	La Guardia 8	J	16	2025	40	552,485	276,243	10,000	28
		New	100			3,386,108	1,693,054	45,000	38
	El Torno 9	B+S	15	2030	30	354,350	177,175	5,000	35
		New	100			2,340,576	1,170,288	45,000	26

J: Jetting, B+S: Brushing+Swabbing, New: Construction of new well
*): Recovery Rate-2s were applied as Recovery Rates. Regarding the Well-EPSAS/A15-II, the Recovery Rate-1 was applied because the Recovery Rate-2 could not be obtained.

- According to the results of the analysis using the well life extension model, the effect of the increase in production volume of drinking water and the effect of the increase in sales amount resulting from the construction of new well are better than the rehabilitation of existing well. However, regarding cost-effectiveness, the effect of rehabilitation exceeds the effect of construction if certain levels of recovery rate-2 exceeding 40% in case of jetting or 15% in case of brushing+swabbing are achieved. Therefore, in order to recover water intake capacity from groundwater resources, it is recommended to firstly diagnose existing wells using a well camera and examine the feasibility of rehabilitation including economic evaluation.

3) A set of technologies ranging from diagnosis to rehabilitation was demonstrated as a model of well life extension and transferred to the Bolivian side.
   - At the beginning of the Survey during May to June 2017, diagnosis and rehabilitation technologies using well camera were introduced at the workshops to the operators in charge of well maintenance at the sites. The workshops were held at the target four prefectures. A total of 116 people participated from the counterpart organization, water supply departments of prefectural governments, water supply corporations and cooperatives.
   - How to evaluate the effectiveness of well life extension was also introduced to a total of 27 managers of eight organizations who are responsible for strategies and plans for water resources development or water supply services.
   - At the final stage of the survey during June to July 2018, technical seminars were held in four cities. In three cities, Oruro, Sucre and Santa Cruz de la Sierra, Raax's overall products and technologies, general methods of maintenance and rehabilitation of wells, the results of the Survey and the effectiveness of well life extension were presented to 30 to 40 operators of the prefectural government and water supply public corporation at each seminar.
   - In La Paz, the "National Symposium on Groundwater and Applied Technology" sponsored by MMAyA, JICA and Belgian Technical Cooperation Agency (CTB), was held in July 2018. There were more than 70 participants from the central governmental organizations such as MMAyA, MDRyT, SERGEOMIN, COFADENA and EMAGUA. Local officials from the prefectural governments, the municipal governments, water supply corporations, universities, etc. all over the country were also in attendance. At the symposium, various presentations were made by related national and international organizations including Peru National Water Authority and Catholic University of Colombia.
   - Pamphlets (Spanish version) were prepared summarizing the features of the

proposed product, and distributed to C/P and sub C/P organizations and to the participants of the seminars.

- Draft technical manual (Spanish version) of diagnosis and rehabilitation of wells was prepared based on the results of the Survey. Copies were distributed to C/P and sub C/P organizations. It organized the following contents so as to be a practical and popular:
  - i. Maintenance and management of wells
  - ii. Monitoring and inspection of wells
  - iii. Diagnosis of wells
  - iv. Rehabilitation of wells
  - v. Evaluation of rehabilitation (removal of clogging) effect
  - vi. Cost-effectiveness of well life extension
  - vii. How to operate a well camera

4) <u>A plan was developed for disseminating the proposed well camera and expanding the Raax's business</u>

- It is likely that there are 5,000 to 10,000 wells including private sectors' wells throughout Bolivia. It suggests that the potential demand for well camera is 50 to 85 units throughout the country, if it is assumed that diagnosis and rehabilitation of a well is performed once every five to ten years.
- Based on this potential demand, the target of production, sales and income was planned to sell 40 cameras (22 for public sector demand and 18 for private sector demand) in five years.
- The strength of the proposed product (i-Do300FII) is its good performance such as sharpness of the shot images as shown in the following pictures, durability and good operability in the field.

【Observation of filled gravel behind the screen】

【Confirmation of leakage from fine damaged portion of casing pipe】

- On the other hand, the price of the proposed product may be more than doubled when import tax and value added tax are added, compared with US competitors' products which costs USD 20,000 to 30,000. Therefore, this shows that the proposed product is not price advantageous.
- At the moment, among the demands for well cameras, sharp shot images are not necessarily required for some purposes such as checking the installation of screen, overviewing the clogging or confirming falling objects. It seems important to firstly disseminate diagnosis using a well camera rather than ensure accuracy of shot images. Therefore, it should be a practical strategy to introduce the Smart Camera, which is a simplified version of the i-Do300FII and is price competitive. This should be done at the early stage.
- The Survey planned the sales schedule as follows:
  - ✓ About three units of Smart Camera will be sold in the first year to the public sectors such as prefectural governments or urban water supply corporations,
  - ✓ In the following year, the sales target will be expanded to the private sectors such as well rehabilitation contractors in urban areas,
  - ✓ The demand is expected to increase from the third year when MMAyA's guidelines or norms on plan and regulation for groundwater conservation will come into effect. Seizing the opportunity, the sales including i-Do300FII will be promoted using the catchphrase to advance diagnosis technique, and
  - ✓ In five years, a total of 40 well cameras will be sold and the goal will be achieved.
- The basic concept of business development in Bolivia is sales by consignment through a local sales agent. In the first year, maintenance training for the local agent will be implemented at the Raax's headquarters in Japan, not only to maintain two sets of well cameras granted to MMAyA but also to establish a local maintenance service system.
- For the time being, the proposed product will be produced domestically in Japan. Raw materials and equipment will be procured in Japan. In the long term, a part of the system such as the winch, will be procured locally to improve the price competitiveness of the i-Do300FII.

(2) Self-reliant and Continual Activities to be Conducted by Counterpart Organization

- Regarding the utilization of two sets of well camera granted to the Bolivian side,

MMAyA plans to review the proposals submitted by the prefectural governments and water supply corporations/cooperatives that wish to use the cameras and to lend them for three years in order of priority.

- The MMAyA shall impose the following basic conditions for lending the well camera: the organization should be able to properly maintain the camera, bear the costs of maintenance, and return it in the original state. Upon lending, MMAyA and a borrower will conclude an agreement that obligates the borrower to report the state of the camera regularly (once or twice a year) to MMAyA and JICA office. For emergencies, the borrower should ensure that other organizations can temporarily use the camera.
- Apart from lending the well cameras, MMAyA plans to use them to diagnose about 20 wells throughout the country in order to collect information for planning and regulation of groundwater conservation.
- Until now, water supply departments of prefectural governments have prioritized development over maintenance as a policy of groundwater use. It has been usual not to assign full-time engineers or technicians for well diagnosis and rehabilitation. On the other hand, some prefectural governments have understood that well life extension through diagnosis and rehabilitation is effective and important through demonstration activities of the Survey, and they are trying to organize maintenance teams. Guidance and support of MMAyA is expected so that this movement will spread to other prefectures and that diagnosis and rehabilitation using a well camera will also spread.
- Currently, MMAyA is preparing the guidelines related to the plan and regulation of groundwater conservation. One of them is "Technical Guideline on Geophysical Exploration and Well Drilling" which covers all stages of groundwater use, namely, preparatory stage of groundwater development, drilling and construction stage of new wells, and maintenance stage of existing wells. Upon request, the Survey provided MMAyA with "Manual for Diagnosis and Rehabilitation of Well using Well Camera (Draft)"
- It is expected that the above mentioned MMAyA's technical guideline clearly states the effectiveness of well life extension by appropriate diagnosis and rehabilitation using a well camera as well as concrete methods and procedures of well maintenance. The guideline is expected to come into force as a national standard within 2019.

4. FUTURE PROSPECTS

(1) Impact and Effect on the Concerned Development Issues through Business Development of the Product/ Technology in the Surveyed Country

- Increase of diagnosis capacity by using the well camera will make it possible to improve the capacity for maintenance and management of wells, which enables well management organizations to carry out proper rehabilitation depending on cause and extent of functional deterioration and to contribute to extension of existing wells' lives.
- The well camera will also make it easy to check whether screens are installed at the designated right positions, which contributes to improve the construction quality of wells.
- Well life extension and appropriate construction of new wells will improve the capacity of taking water from wells, which contributes to effective use of limited water resources and improvement of accessibility to safe water in rural areas and urban fringe areas that are major development issues in Bolivia.
- Diagnosis using the well camera will increase the efficiency of rehabilitation of existing well, which will reduce maintenance costs as a result. Extending existing well life is more cost-effective than constructing new well when a certain recovery rate can be achieved by the rehabilitation. Then proper diagnosis and rehabilitation will contribute to efficient use of limited budget related to water supply.
- Promoting extension of existing well life will reduce the number of abandoned wells, which will reduce the risk of water pollution of aquifers through the abandoned wells and contribute to improvement of accessibility to safe water.

(2) Lessons Learned and Recommendation through the Survey

- First of all, basic information about existing wells should be arranged and analyzed to perform proper maintenance and management of wells, as shown in the appendix 4, "Manual for Diagnosis and Rehabilitation of Well using Well Camera (Draft)". Generally in Bolivia, well ledgers have not been prepared, water level and pumping rate have not been regularly monitored, and necessary information for understanding effectiveness and feasibility of well life extension is lacking. The well ledger should include and accumulate monitoring data such as weekly dynamic water level, pumping rate and sediment inflow and monthly static water level at least. The data such as specifications of well, geophysical logging data, pumping capacity at the initial stage and treatment history should also be included.
- As a primary diagnosis, the causes and trends of functional deterioration of a well are analyzed based on the well ledger. Following it, detailed diagnosis is carried out using a well camera, and appropriate measures can be planned and implemented at the right time to extend the well life. For example, in a hospital, a medical chart is prepared based on the

patient's age, physique, anamnesis, etc., periodical measurement data such as body temperature and blood pressure are added, and primary diagnosis is carried out. Further detailed diagnosis is carried out by endoscopic examination, the lesion is properly treated, and finally, the patient’s life is extended.

- The results obtained from the demonstration activities of the Survey showed that extending existing well life is cost-effective and better than constructing new well when a certain recovery rate can be achieved through rehabilitation. Therefore, in order to recover pumping rate of existing well, it is important to firstly diagnose the well using a well camera and examine the feasibility of the rehabilitation including economic evaluation.
- The rehabilitation cost examined in the Survey includes diagnosis cost of around 10% of the total by using the well camera. This means that the overall cost will increase. However, without the diagnosis using the well camera, rehabilitation by trial and error will likely be the regular approach. In this case, multiple methods maybe tried resulting to higher cost of rehabilitation and possibly doubling the cost. The trial and error approach may not successfully identify the appropriate rehabilitation method. This approach will not determine, at the outset, whether rehabilitation is required. Thus, it will incur unnecessary costs. Meanwhile, performing the diagnosis can immediately identify whether rehabilitation work will be required for well recovery. As stated, the cost may increase by 10%, but in the end, it will be more cost-effective by avoiding the multiple costs of trial and error.
- It is necessary to increase the cases of diagnoses by utilizing the well cameras granted to the Bolivian side and classify and organize causes and features of the functional deterioration. It is also necessary to list the differences of recovery rate of pumping capacity by rehabilitation method and use it as reference information for selecting an appropriate rehabilitation method through diagnosis.
- Based on the diagnoses of wells, the Survey carried out not only the removal of the clogging of screens but also the observation and recovery of falling objects, evaluation of slit width of the screen, checking the sediment inflow from the screen and suggestion of countermeasures, etc.. As the well camera will dramatically improve the capacity for well maintenance, the Bolivian side is expected to utilize the granted well cameras aiming for improvement and promotion of well maintenance and management technology
- It is remarkable that there are many wells with falling objects. Current maintenance procedure for wells such as lifting a pump should be improved not to drop objects such as a pump into the well, and the techniques to recover falling objects should be improved.

ATTACHMENT: OUTLINE OF THE SURVEY

Bolivia

Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese technologies for Well Life Extension Utilizing Effective Well Diagnosis and Rehabilitation Technologies

Raax Co., Ltd., Sapporo, Japan

Concerned Development Issues in Bolivia

- Well life extension by proper maintenance and rehabilitation
- Improvement of water supply services in rural and peri-urban areas
- Improvement of access rate to safe water
- Effective use of water resources that is shrinking due to the impact of climate change

Implemented Activities in the Survey

- Through the demonstration activities, it was verified that a set of technologies consisting of well diagnosis utilizing the proposed well camera and effective rehabilitation based on the diagnosis.
- It was considered how to disseminate the technologies through technology transfer to Bolivian officials in charge of well management.

Proposed Products/Technologies

Borehole Camera i-Do300F II

- A submersible camera which diagnoses the inside of a well with video images and identifies clogging or damaged parts and cause of malfunction of the well.
- It visualizes underground geological features.

Survey Overview

Name of Counterpart: Vice Minister's Office of Drinking Water and Basic Sanitation (VAPSB), Ministry of Environment and Water (MMAyA)

Survey duration: Jan. 2017 – Feb. 2019

Survey Area: La Paz City & El Alto City, Oruro City, Sucre City, La Guardia City, El Torno City

Impact on the Concerned Development Issues in Bolivia

- Proper rehabilitation based on systematic diagnosis using the well camera will enable conservation and sustainable use of groundwater resources.
- Recovery of pumping rate capacity of existing well will improve water supply services and access rate to safe water.
- Improvement of well maintenance and management capacity will sustain the effects of groundwater development through Japan's ODA.

Outputs and Outcomes of the Survey

Present

- Totally two sets of the product were sold to Chuquisaca Prefecture and a well rehabilitation contractor.

Future

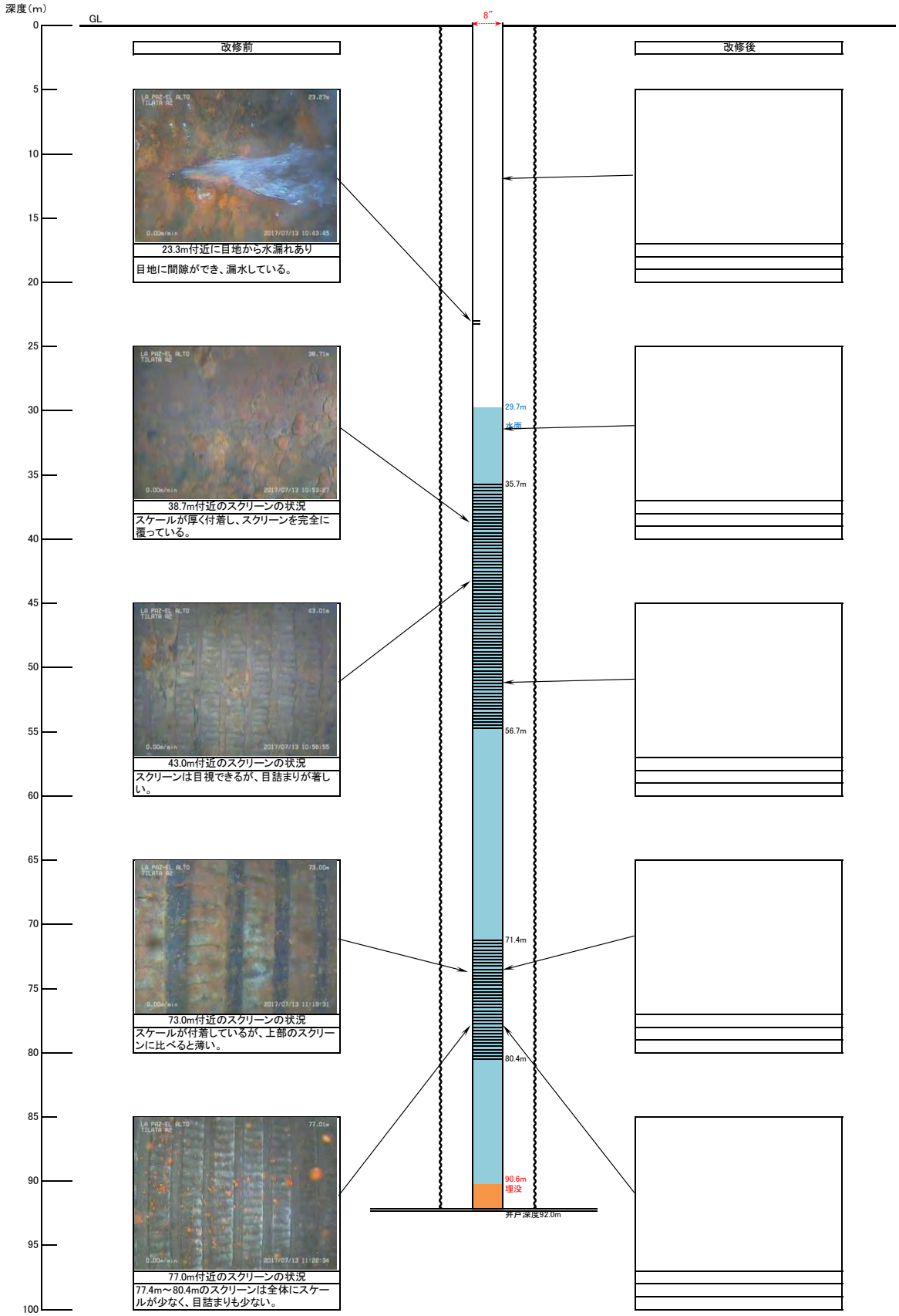
- Based on the verification through the Survey, the sales will be expanded to nationwide water supply authorities and well rehabilitation contractors.
- Sales will be expanded to other sectors (mines, construction, etc.) in Bolivia and to neighboring countries.

添付資料

2. 予備診断結果シート

La Paz El Alto Tilata A-2 (II)（予備診断結果）

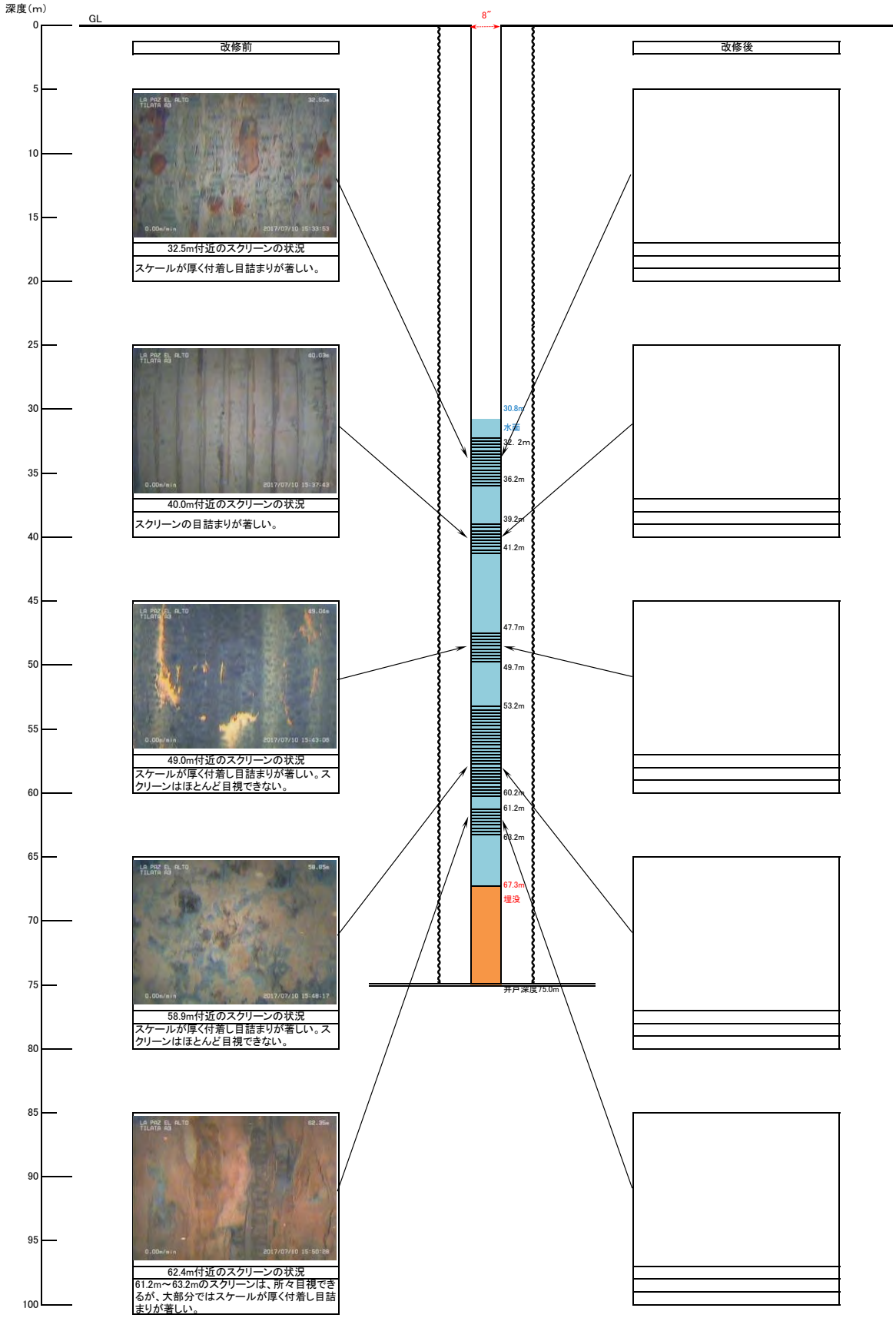
深度	0.0m	－	92.0m	スクリーン深度	35.7m	－	56.7m
					71.4m	－	80.4m



改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める。	改修方法	ジェッティング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	B
備考・留意点	深度23.3m付近の目地に破損がある。ジェッティング洗浄工法はストレーナー区間のみに適用する。					

La Paz El Alto Tilata A-3 (II)（予備診断結果）

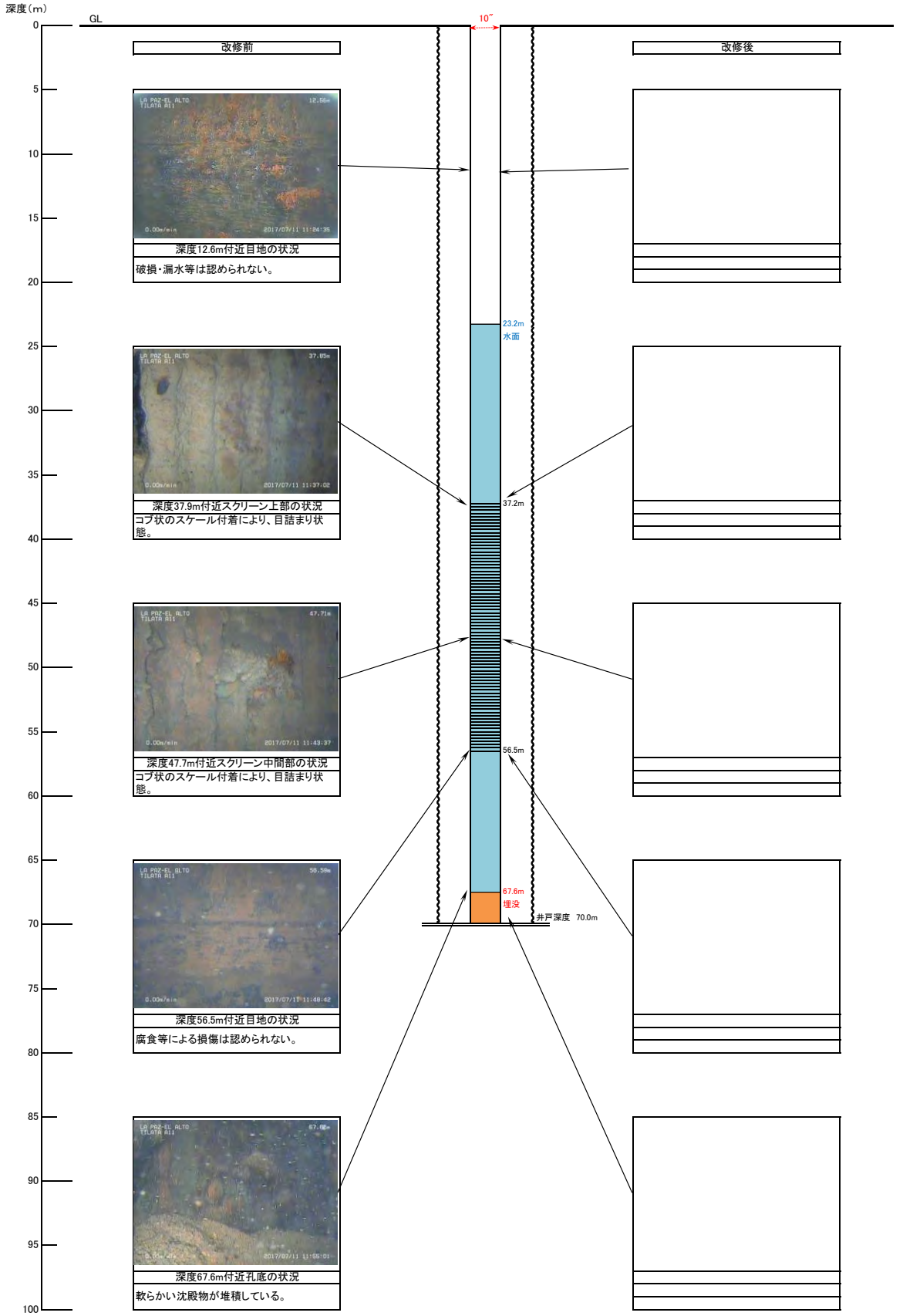
深度	0.0m	－	75.0m	スクリーン深度	32.2m	－	36.2m	53.2m	－	60.2m
					39.2m	－	41.2m	61.2m	－	63.2m
					47.7m	－	49.7m			



改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める。	改修方法	ジェッティング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	B
備考・留意点	スクリーン区間はほぼ全域でスケールが厚く付着している。					

La Paz El Alto Tilata A-11（予備診断結果）

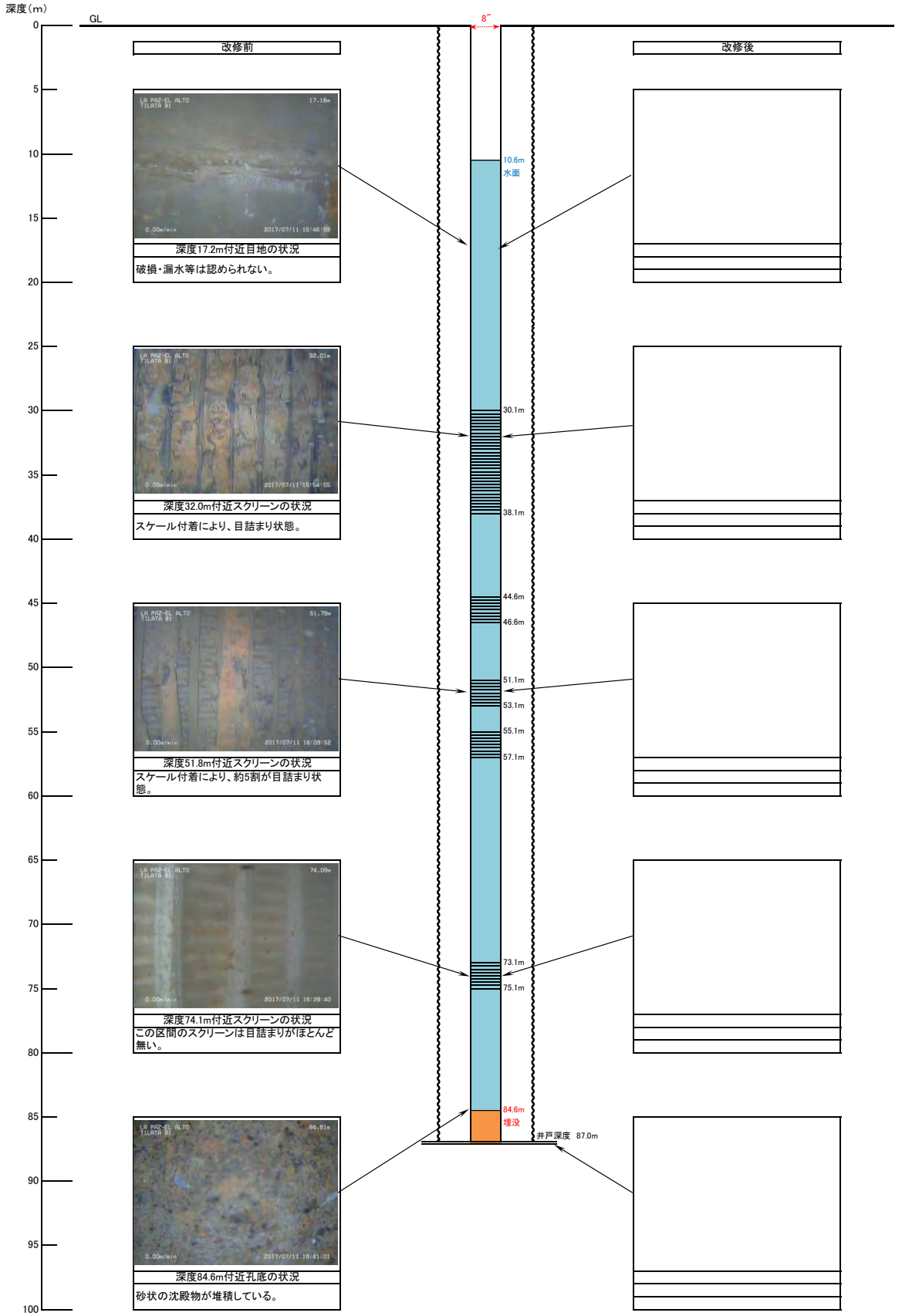
深度	0.0m	－	70.0m	スクリーン深度	37.2m	－	56.5m



改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める	改修方法	ジェッティング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	A
備考・留意点	スクリーン区間はほぼ目詰まり状態。全体的にコブ状のスケールが付着。					

La Paz El Alto Tilata B-1 (II)（予備診断結果）

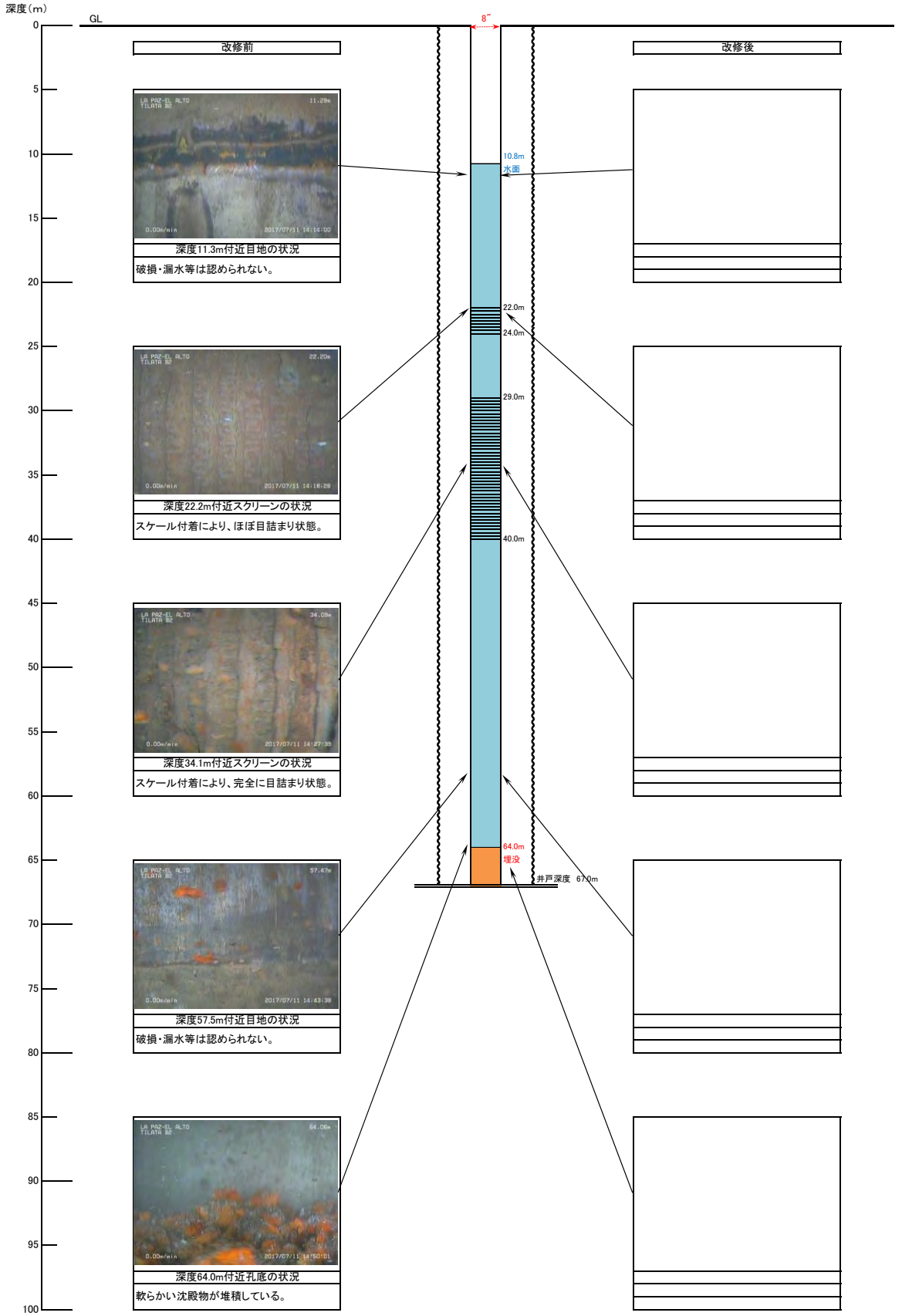
深度	0.0m	－	87.0m	スクリーン深度	30.1m	－	38.1m	55.1m	－	57.1m
					44.6m	－	46.6m	73.1m	－	75.1m
					51.1m	－	53.1m			



改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める	改修方法	ジェッティング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	A
備考・留意点	全体的にスケール量はさほど多くないが、目詰まりは目立つ。特に深度73.1～75.1m間のスクリーンはほとんど目詰まりが無いが、他の区間ではコブ状のスケールが付着し、目詰まりを起こしている。目地はほとんど確認することが出来たが、75m以深で、濁りにより確認出来ない区間有り。					

La Paz El Alto Tilata B-2 (II)（予備診断結果）

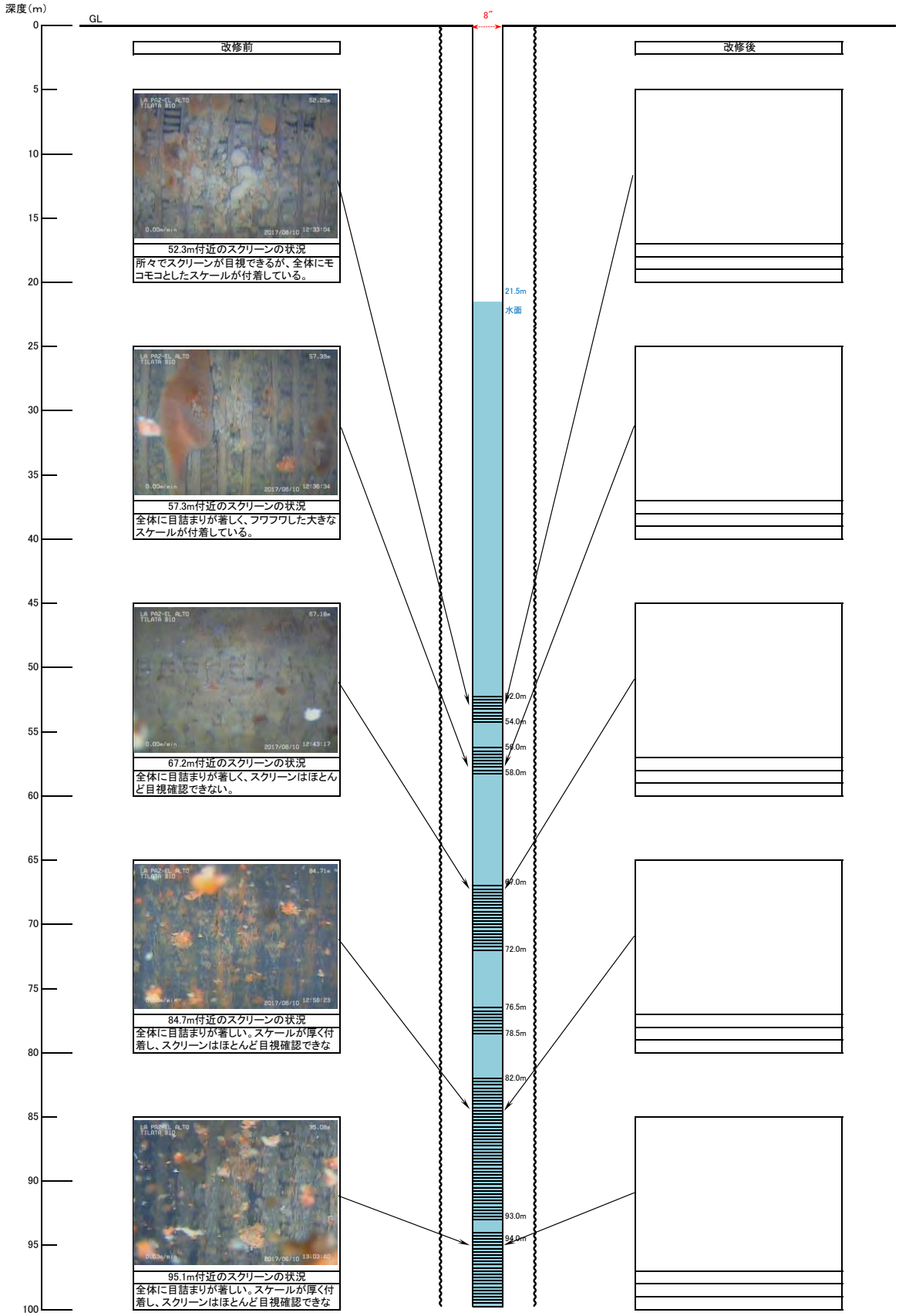
深度	0.0m	－	67.0m	スクリーン深度	22.0m	－	24.0m
					29.0m	－	40.0m



改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める	改修方法	ジェッティング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	B
備考・留意点	全体的にスケールの付着は少ないが、スクリーン部のほとんどが目詰まり状態。					

La Paz El Alto Tilata B-10 (II)（予備診断結果）

深度	0.0m	－	106.2m	スクリーン深度	52.0m	－	54.0m	76.5m	－	78.5m
					56.0m	－	58.0m	82.0m	－	93.0m
					67.0m	－	72.0m	94.0m	－	105.0m



改修の可能性	○	スケールが厚く付着しているが、改修の効果は見込める。	改修方法	ジェッティング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	B
備考・留意点	部分的にスクリーンが目視できないほど厚くスケールが付着している。下部にはフワフワとしたスケールが多く、これらはエアーリフトによる洗浄の効果が見込めるが、ほとんどのスクリーン区間はジェッティングによる洗浄が必要だと判断される。					

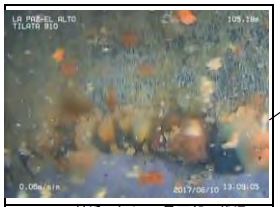
La Paz El Alto Tilata B-10 (II)（予備診断結果）

深度	0.0m	－	106.2m	スクリーン深度	52.0m	－	54.0m	76.5m	－	78.5m
					56.0m	－	58.0m	82.0m	－	93.0m
					67.0m	－	72.0m	94.0m	－	105.0m

深度（m）

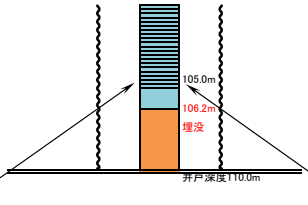
100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200

改修前



105.2m付近スクリーン最下部の状況

スクリーン区間は最下部までスケールが厚く付着している。

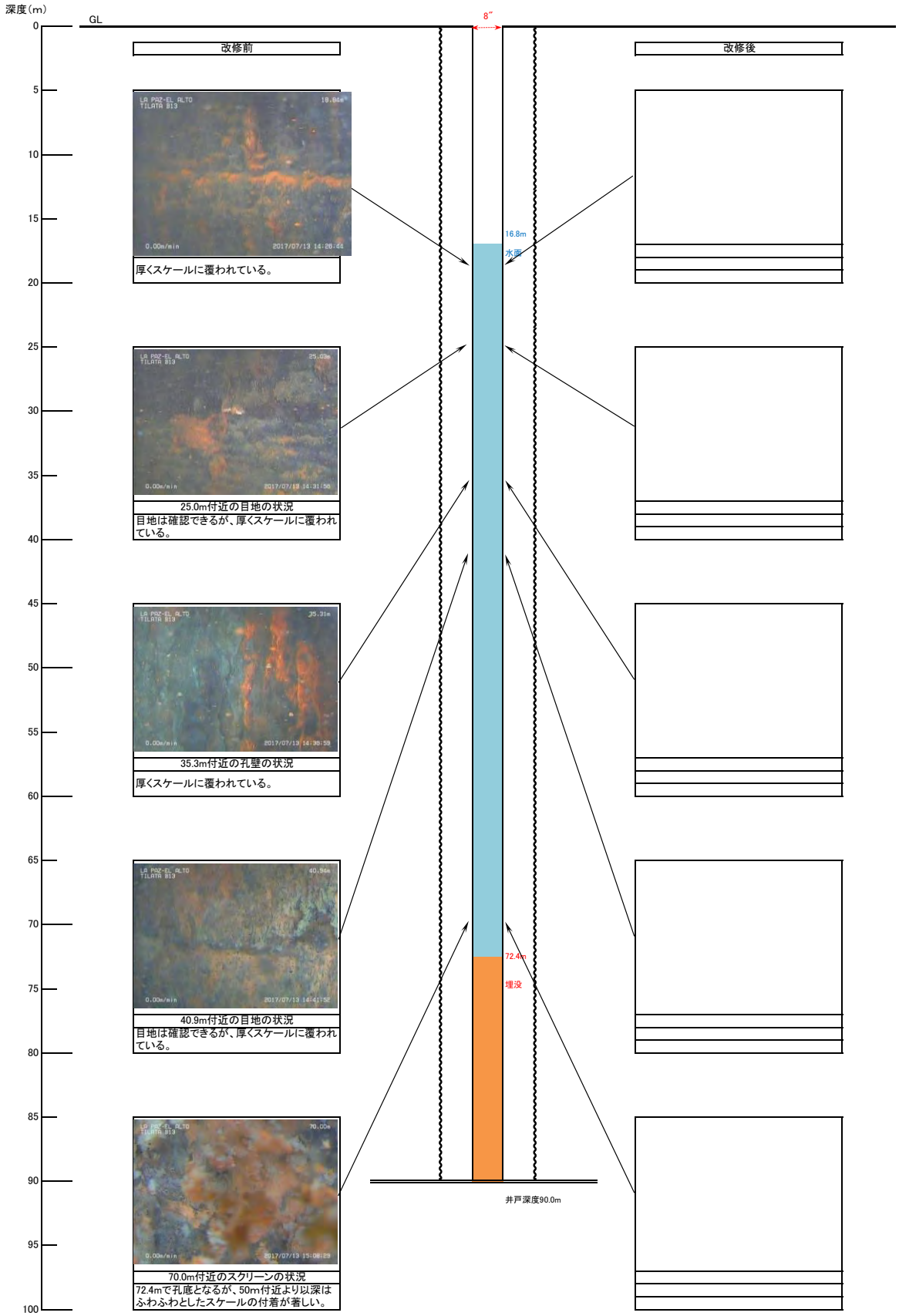


改修後

改修の可能性	○	スケールが厚く付着しているが、改修の効果は見込める。	改修方法	ジェッティング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	B
備考・留意点	部分的にスクリーンが目視できないほど厚くスケールが付着している。下部にはフワフワとしたスケールが多く、これらはエアーリフトによる洗浄の効果が見込めるが、ほとんどのスクリーン区間はジェッティングによる洗浄が必要だと思われる。					

La Paz El Alto Tilata B-13（予備診断結果）

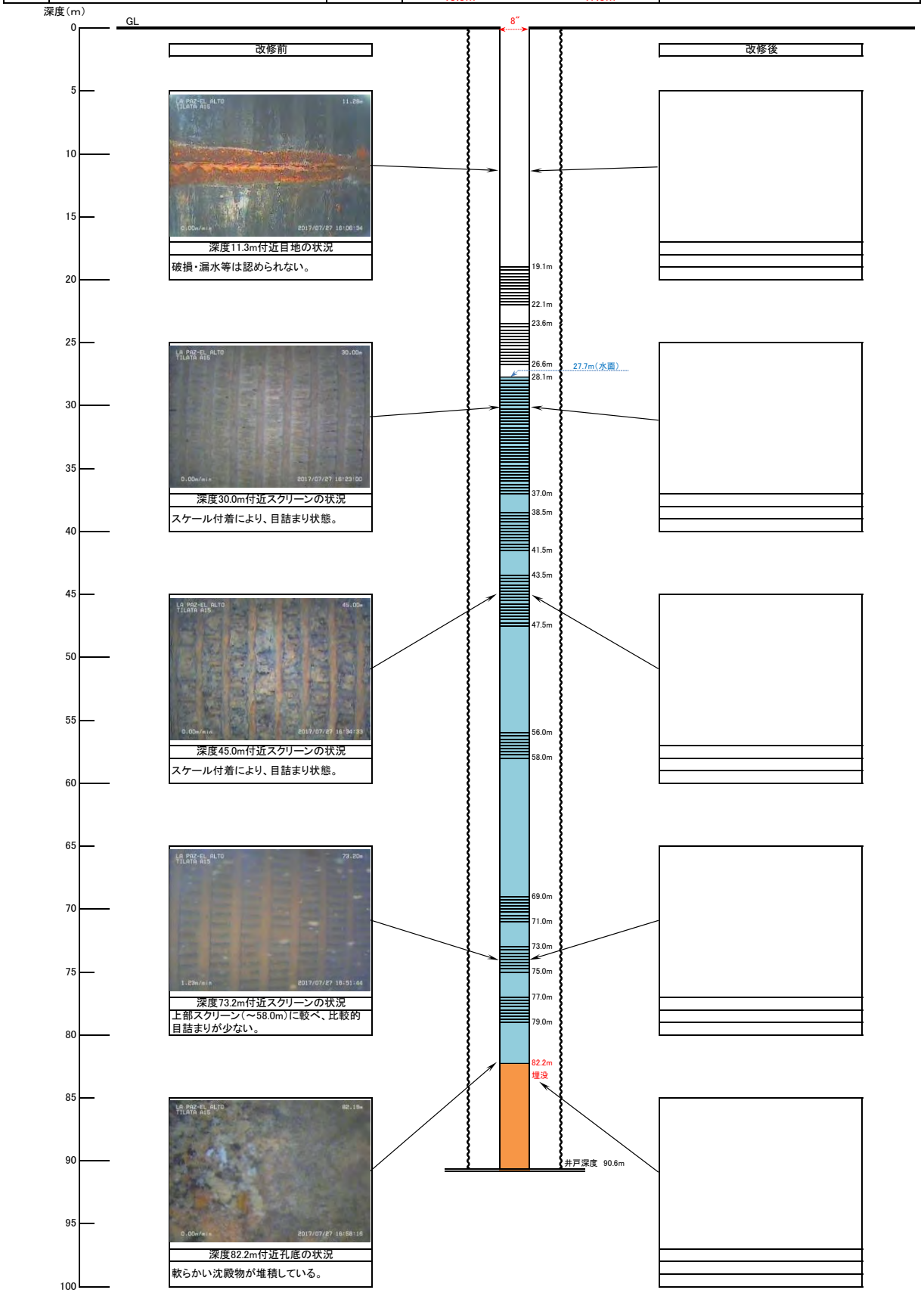
深度	0.0m	－	90.0m	スクリーン深度	目視で確認できず



改修の可能性	○	スクリーンの位置が目視確認できないが、改修の効果は見込める。	改修方法	ジェッティング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	B
備考・留意点	スクリーンが目視できないほど厚くスケールが付着している。井戸カメラによる診断ではスクリーンの位置が確認できないため、洗浄時には既存資料でスクリーンの位置を確認する必要がある。					

La Paz El Alto Tilata A-15 (II)（予備診断結果）

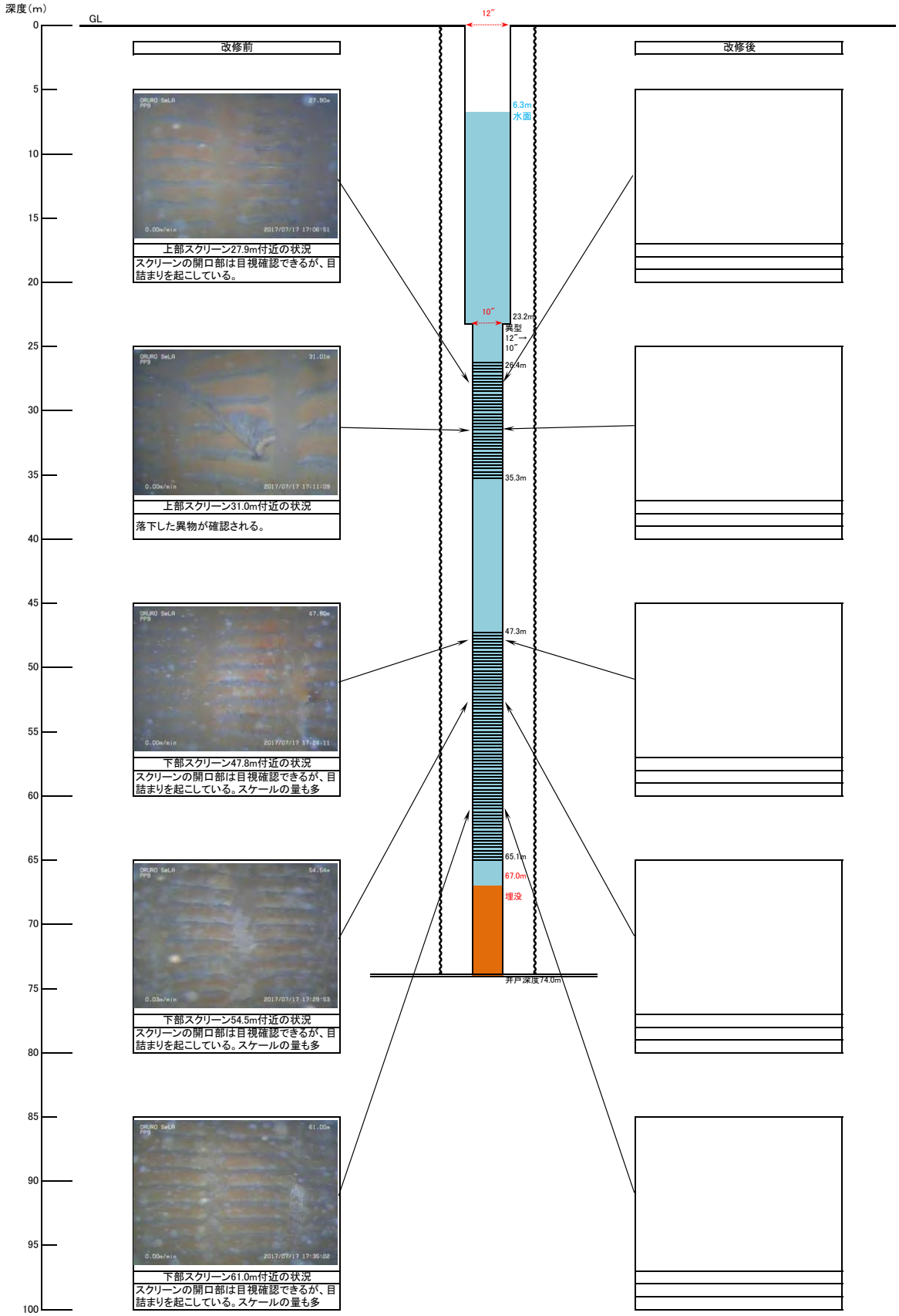
深度	0.0m	－	90.6m	スクリーン深度	19.1m	－	22.1m	56.0m	－	58.0m
					23.6m	－	26.6m	69.0m	－	71.0m
					28.1m	－	37.0m	73.0m	－	75.0m
					38.5m	－	41.5m	77.0m	－	79.0m
					43.5m	－	47.5m			



改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める	改修方法	ジェッティング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	A
備考・留意点	特に上部スクリーン区間(～58.0m)の目詰まりが多い。埋没約8m有り。					

Oruro SeLA PP9（予備診断結果）

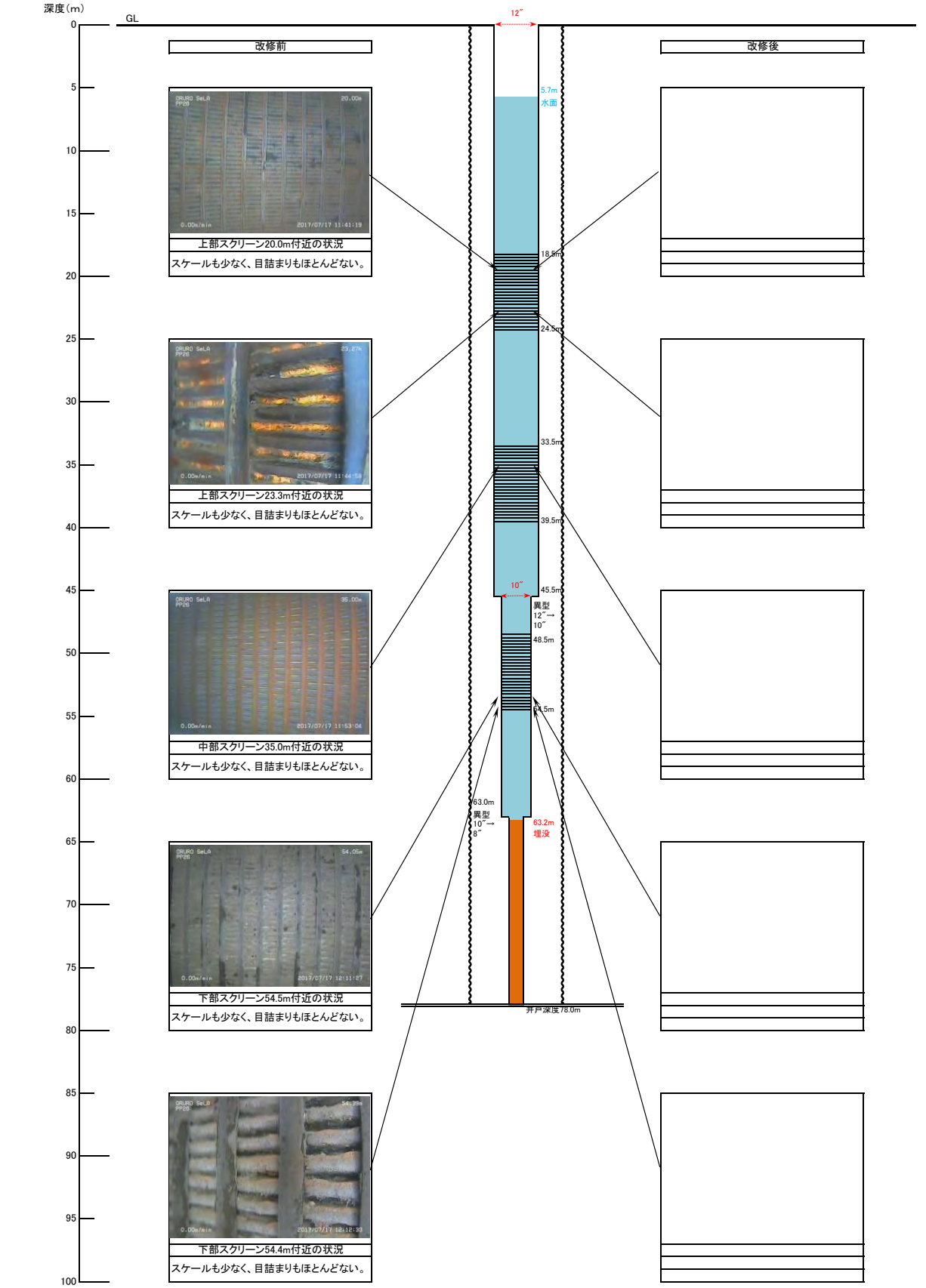
深度	0.0m	－	74.0m	スクリーン深度	26.4m	－	35.3m	－
					47.3m	－	65.1m	－
						－		－



改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める。	改修方法	ジェッティング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	A
備考・留意点	深度31.0m付近に落下した異物が確認されるため、ジェット洗浄実施前に除去する必要がある。					

Oruro SeLA PP26（予備診断結果）

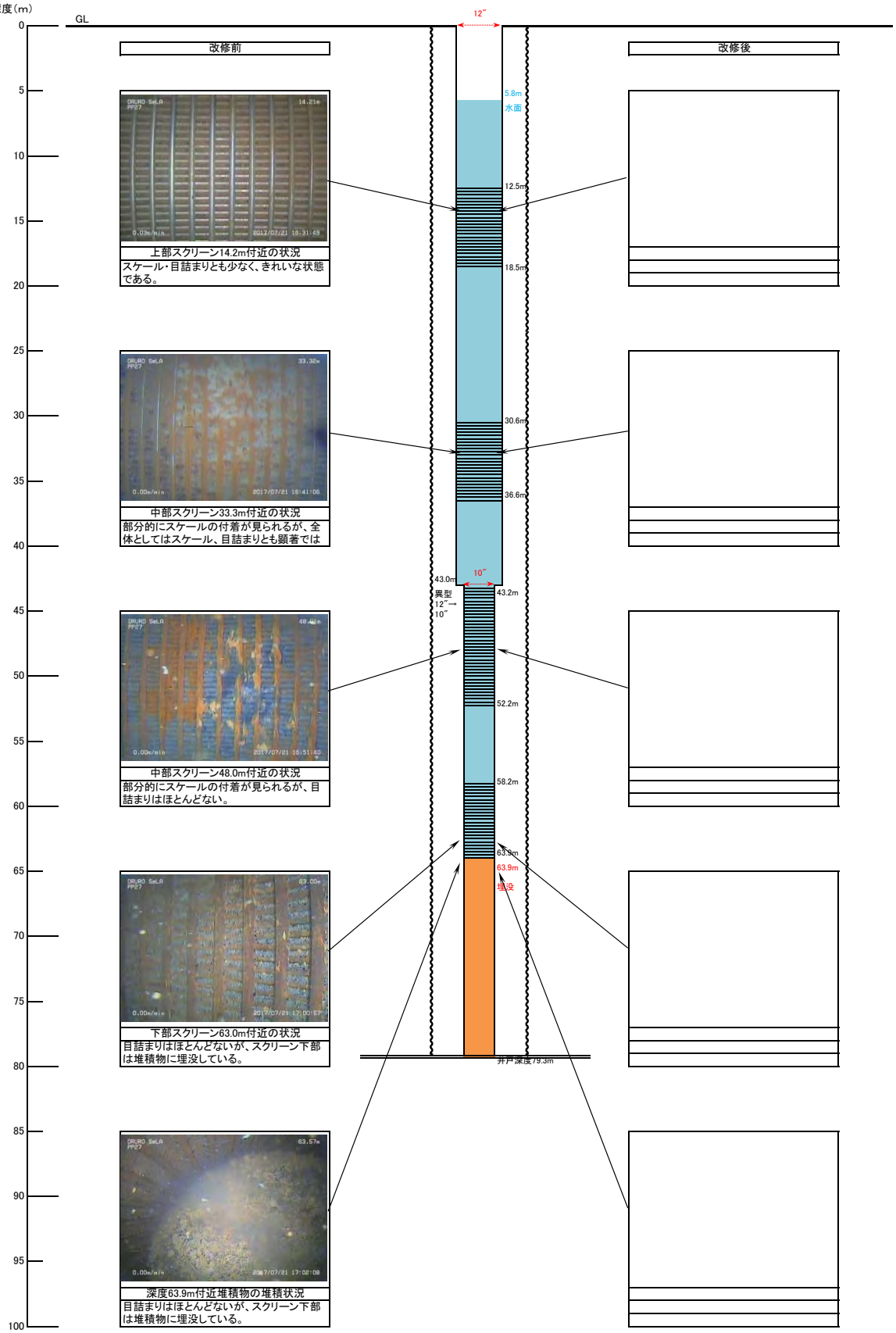
深度	0.0m	－	78.0m	スクリーン深度	18.5m	－	24.5m
					33.5m	－	39.5m
					48.5m	－	54.5m



改修の可能性	△	スケールの付着状況、目詰まりの程度からは改修の効果は十分に見込めるが、改修の必要性はそれほど高くない。	改修方法	ジェッティング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	C
備考・留意点	・全体にスケールの付着は少なく、目詰まりも少ないため、現時点での改修の必要性はそれほど高くないと思われる。					

Oruro SeLA PP27（予備診断結果）

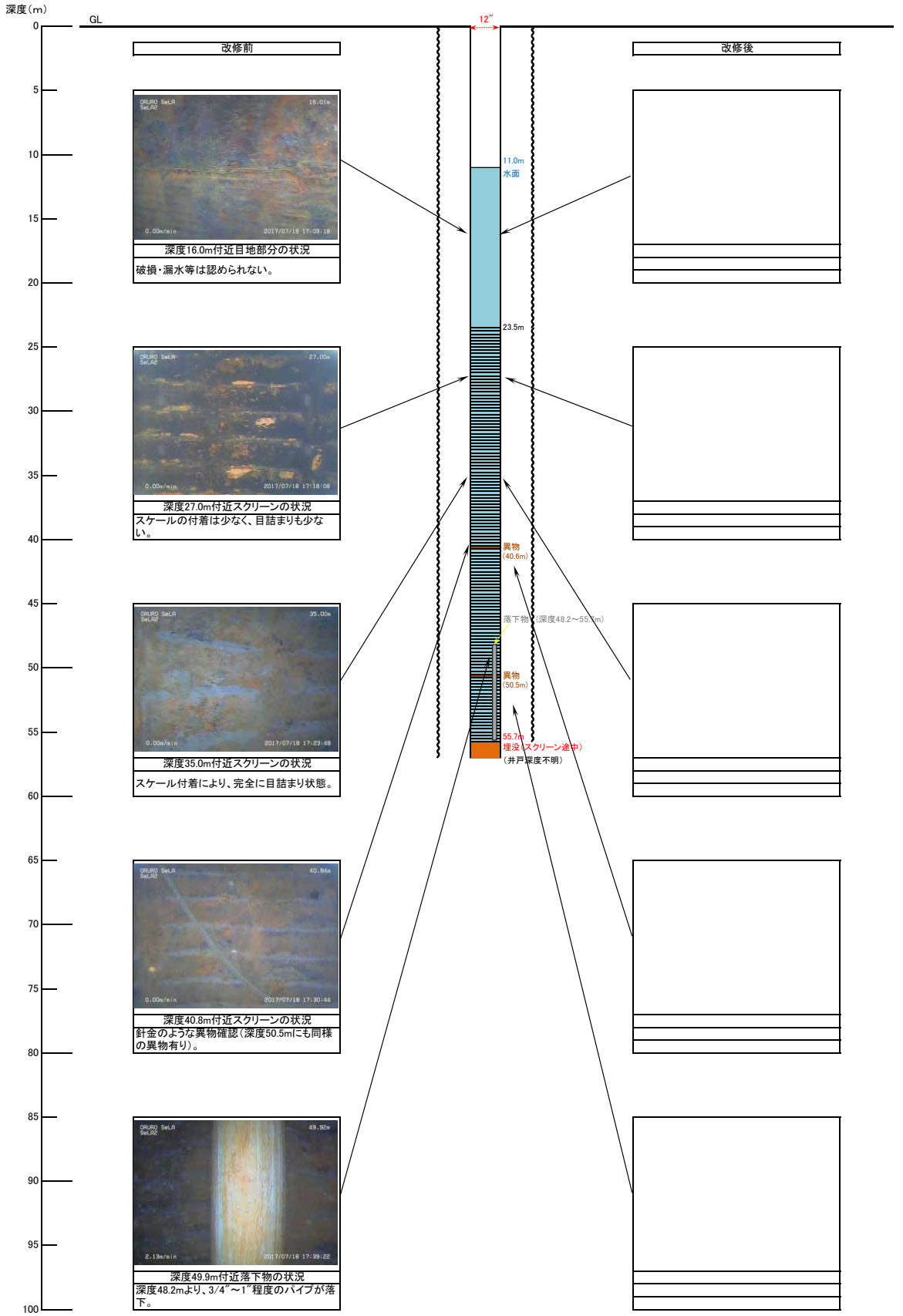
深度	0.0m	－	79.3m	スクリーン深度	12.5m	－	18.5m	58.2m	－	63.9m
					30.6m	－	36.6m			
					43.2m	－	52.2m			



改修の可能性	△	スケールの付着状況、目詰まりの程度からは改修の効果は十分に見込めるが、現時点での改修の必要性はそれほど高くない。	改修方法	ジェッティング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	C
備考・留意点	全体にスケールの付着は少なく、目詰まりも少ないため、現時点での改修の必要性はそれほど高くないと判断される。					

Oruro SeLA2（予備診断結果）

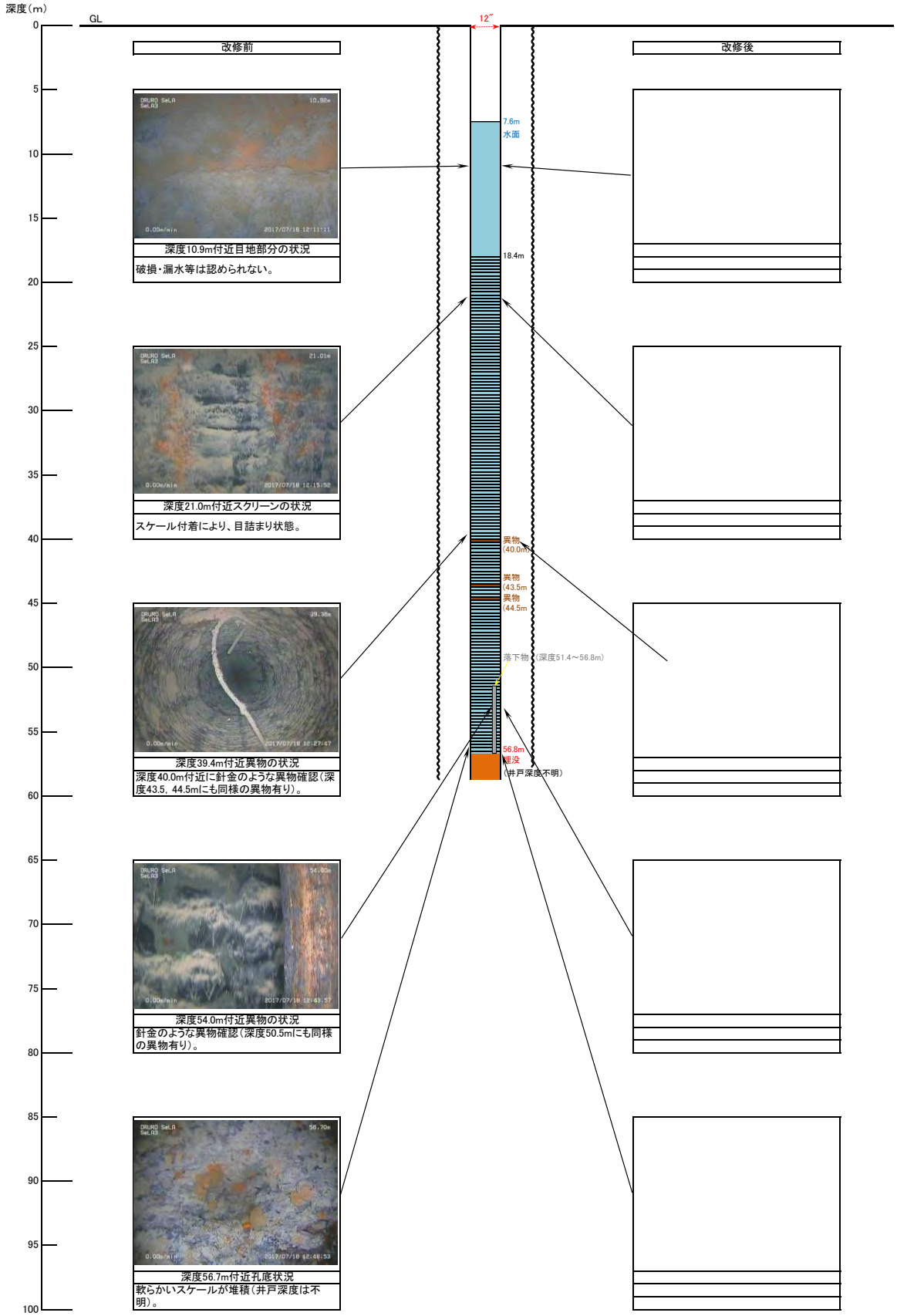
深度	0.0m	－	55.7m（観察深度）	スクリーン深度	23.5m	－	55.7m



改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める	改修方法	ジェッティング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	A
備考・留意点	全体的にスケールが付着しており、スクリーンの目詰まりも多い。深度40.6m，50.5m付近にて異物有り（井戸カメラは通過可能）。深度48.2mからボトム（深度55.7m）まで3/4″～1″程度のパイプが落下。また、ボトムに黒色のベルト素材の異物が落下。					

Oruro SeLA3（予備診断結果）

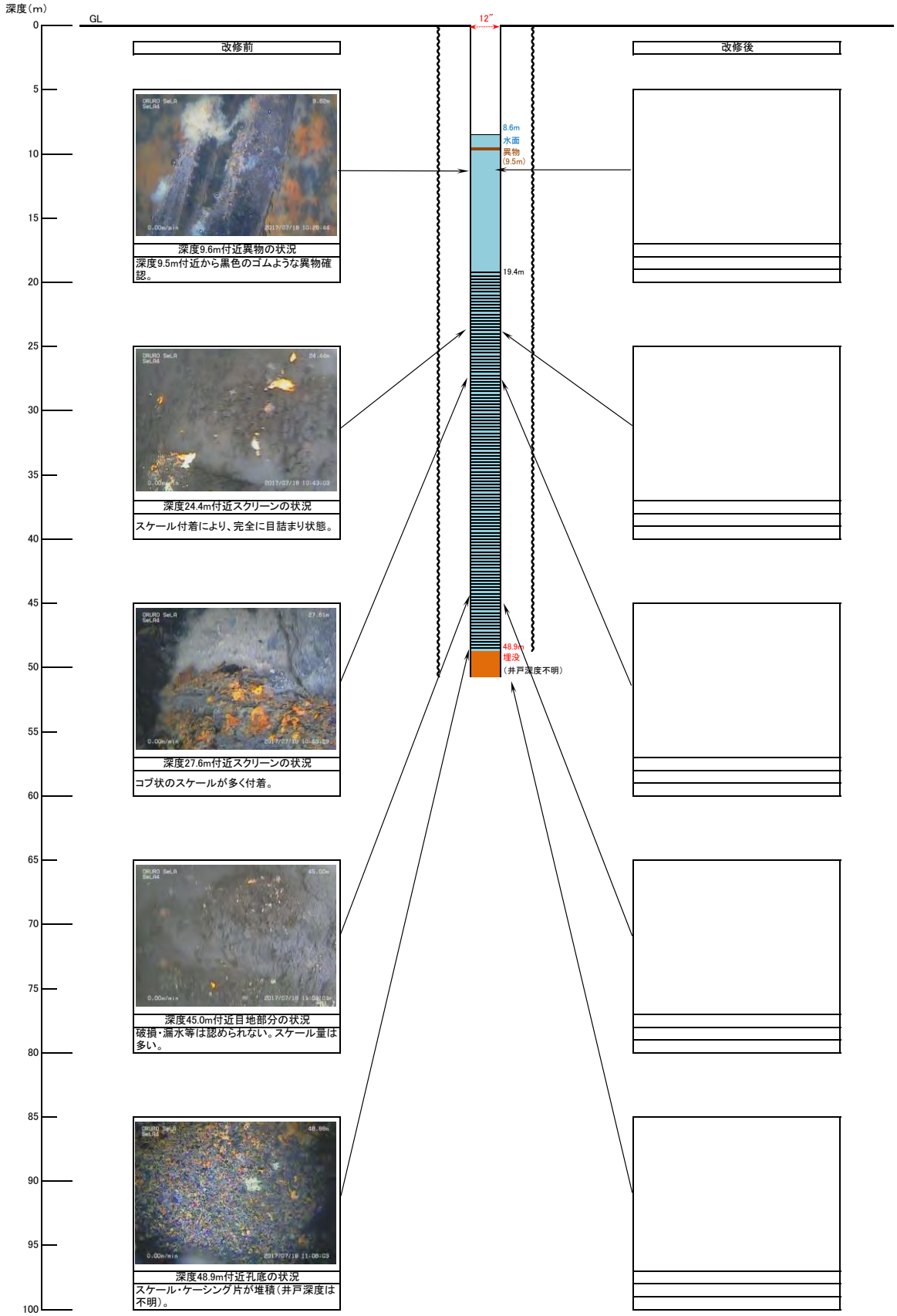
深度	0.0m － 56.8m（観察深度）	スクリーン深度	18.4m － 56.8m



改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める	改修方法	ジェッティング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	A
備考・留意点	全体的にスケールの量は少ないが、スクリーン部の目詰まりは多い。深度40.0m，43.5m，44.5mにて異物有り（井戸カメラは通過可能）。深度51.4mからボトム（深度56.8m）まで3/4″～1″程度のパイプが落下。					

Oruro SeLA4（予備診断結果）

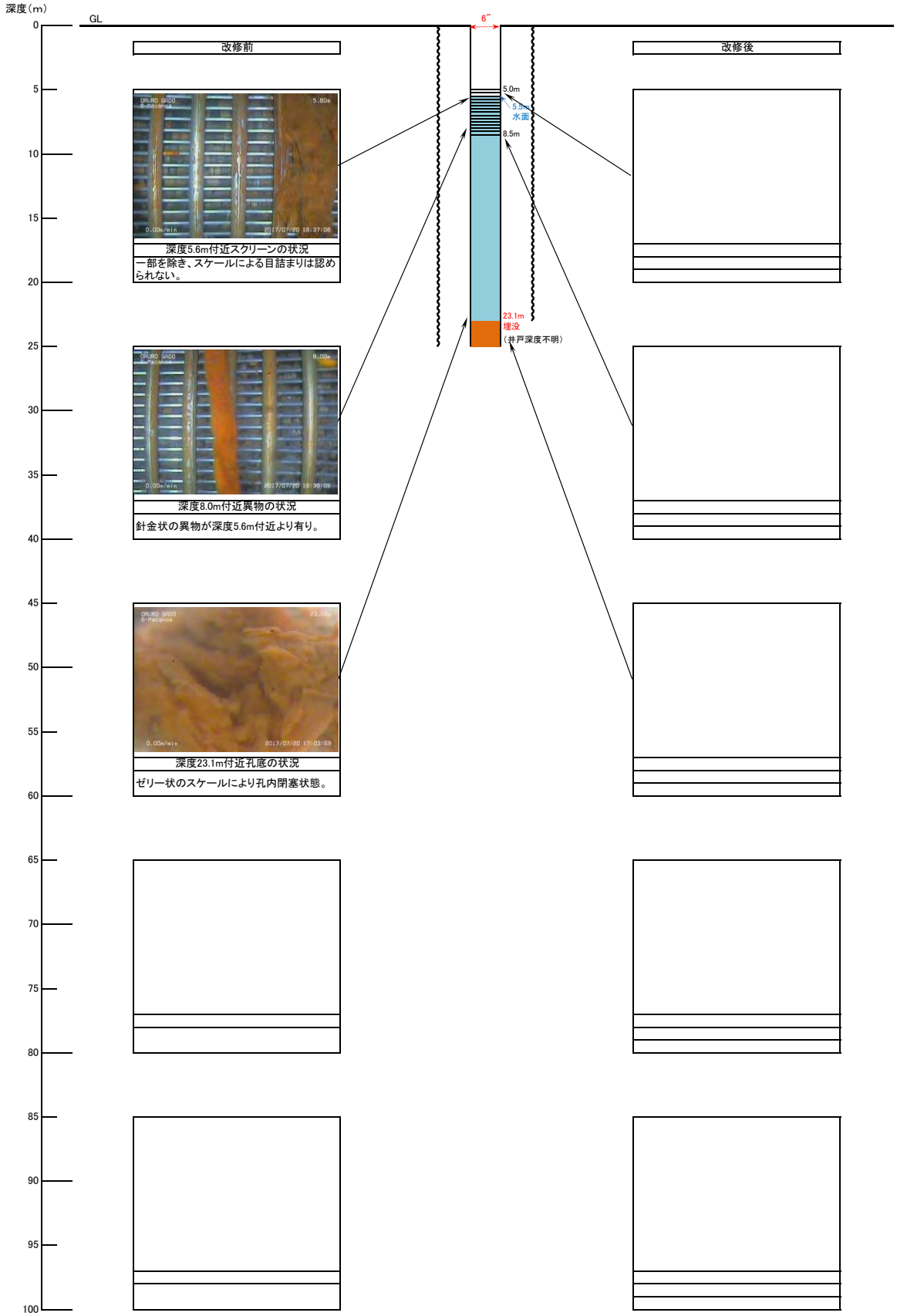
深度	0.0m	－	48.9m（観察深度）	スクリーン深度	19.4m	－	48.9m



改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める	改修方法	ジェッティング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	B
備考・留意点	全体的に黒色のスケールの量が多く、スクリーン部の目詰まりも多い。深度9.5m付近に異物有り。					

Oruro UNASVBI Machacamarca (6)（予備診断結果）

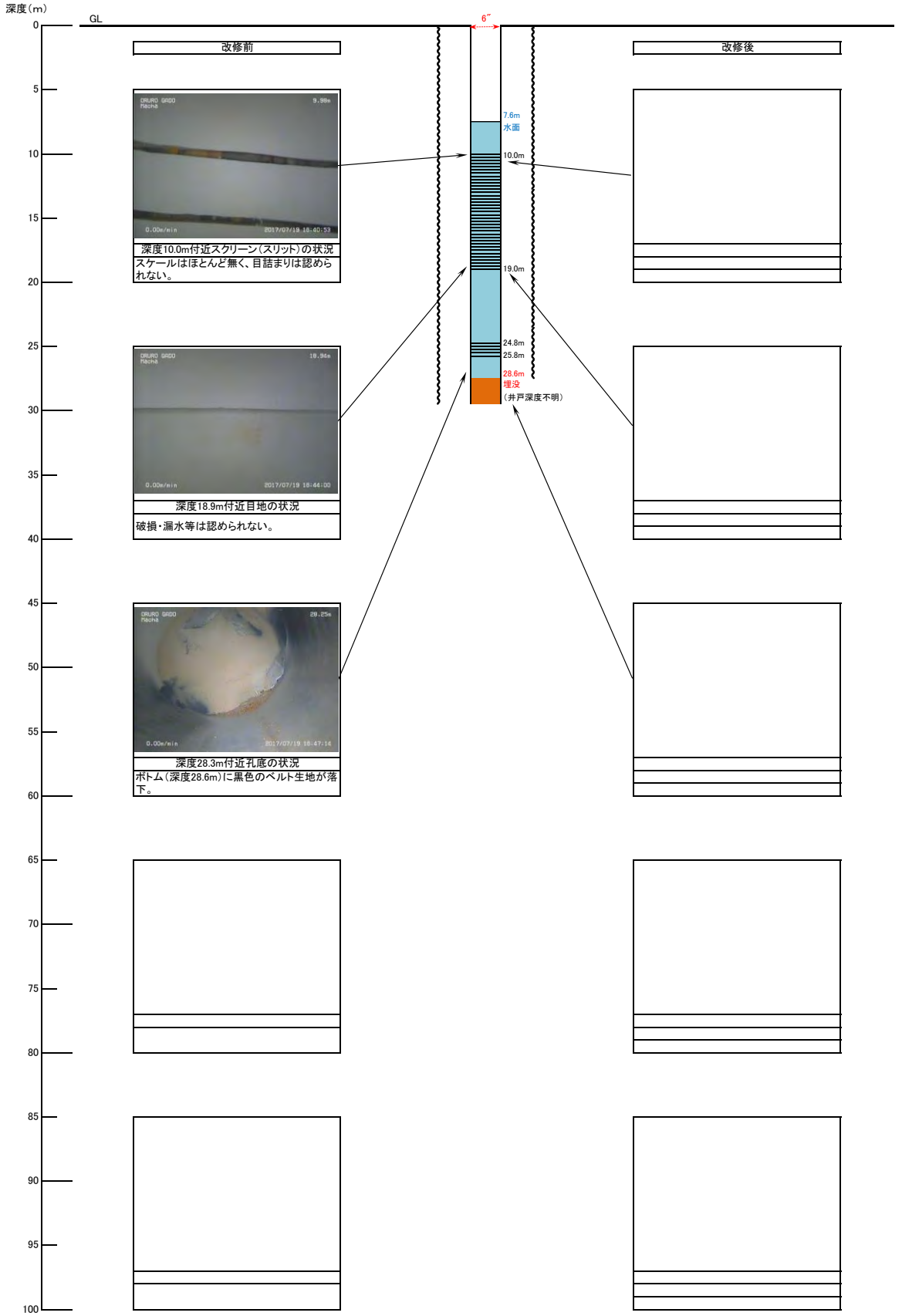
深度	0.0m	－	23.1m（観察深度）	スクリーン深度	5.0m	－	8.5m



改修の可能性	△	スケール、目詰まりとも少ないため、現状では改修する必要はない。	改修方法	－	優先度	C
備考・留意点	19m以深より、ゼリー状のスケールが多量に付着し、井戸の内径が狭くなっている印象。深度5.6～9.7mにて針金状の異物落下確認。視界不良によりスクリーン位置が若干不明確。					

Oruro UNASVBI Machacamarca（新）（予備診断結果）

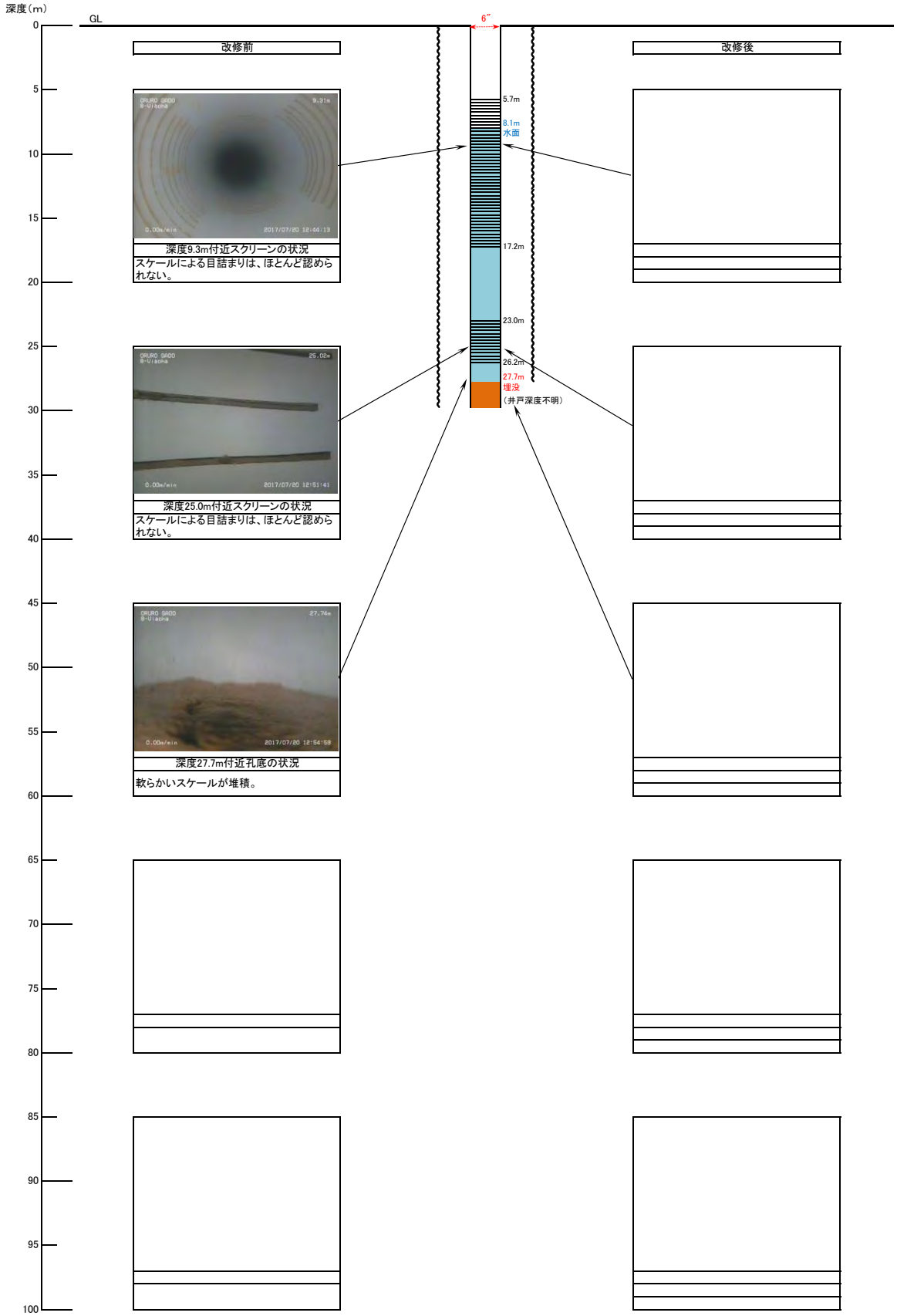
深度	0.0m	－	28.6m（観察深度）	スクリーン深度	10.0m	－	19.0m
					24.8m	－	25.8m



改修の可能性	×	スケールの付着も目詰まりも認められないため、改修する必要はない。	改修方法	－	優先度	D
備考・留意点	全体的にスケールの付着および目詰まりはほとんど認められない。ボトムに黒色のベルト生地が落下。					

Oruro UNASVBI Viacha（新）（予備診断結果）

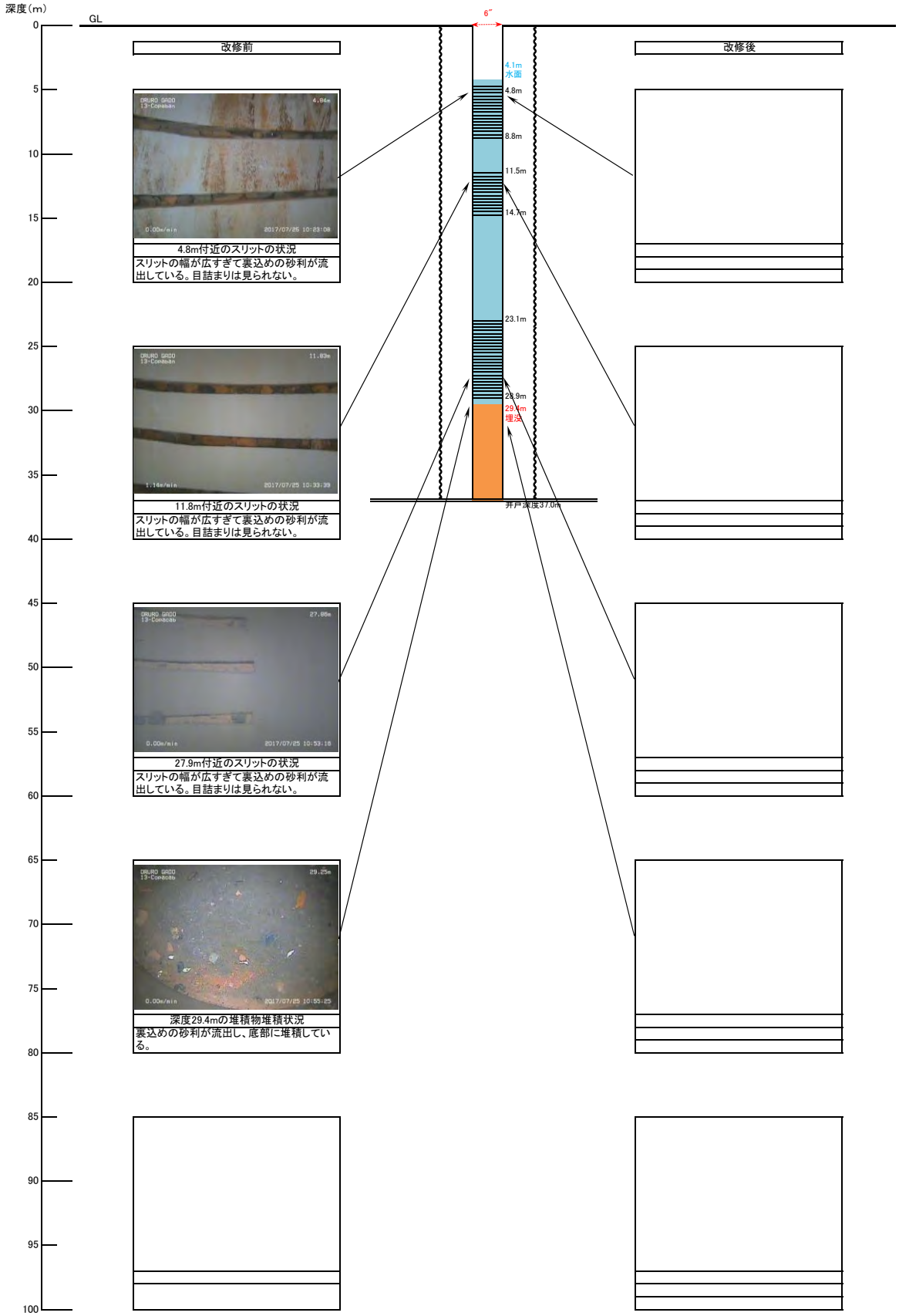
深度	0.0m	－	27.7m（観察深度）	スクリーン深度	5.7m	－	17.2m
					23.0m	－	26.2m



改修の可能性	×	スケールの付着も目詰まりも認められないため、改修する必要はない。	改修方法	－	優先度	D
備考・留意点	全体的にスケールの付着およびスクリーン（スリット）の目詰まりは、ほとんど認められない。					

Oruro UNASVBI Copacabana (13)（予備診断結果）

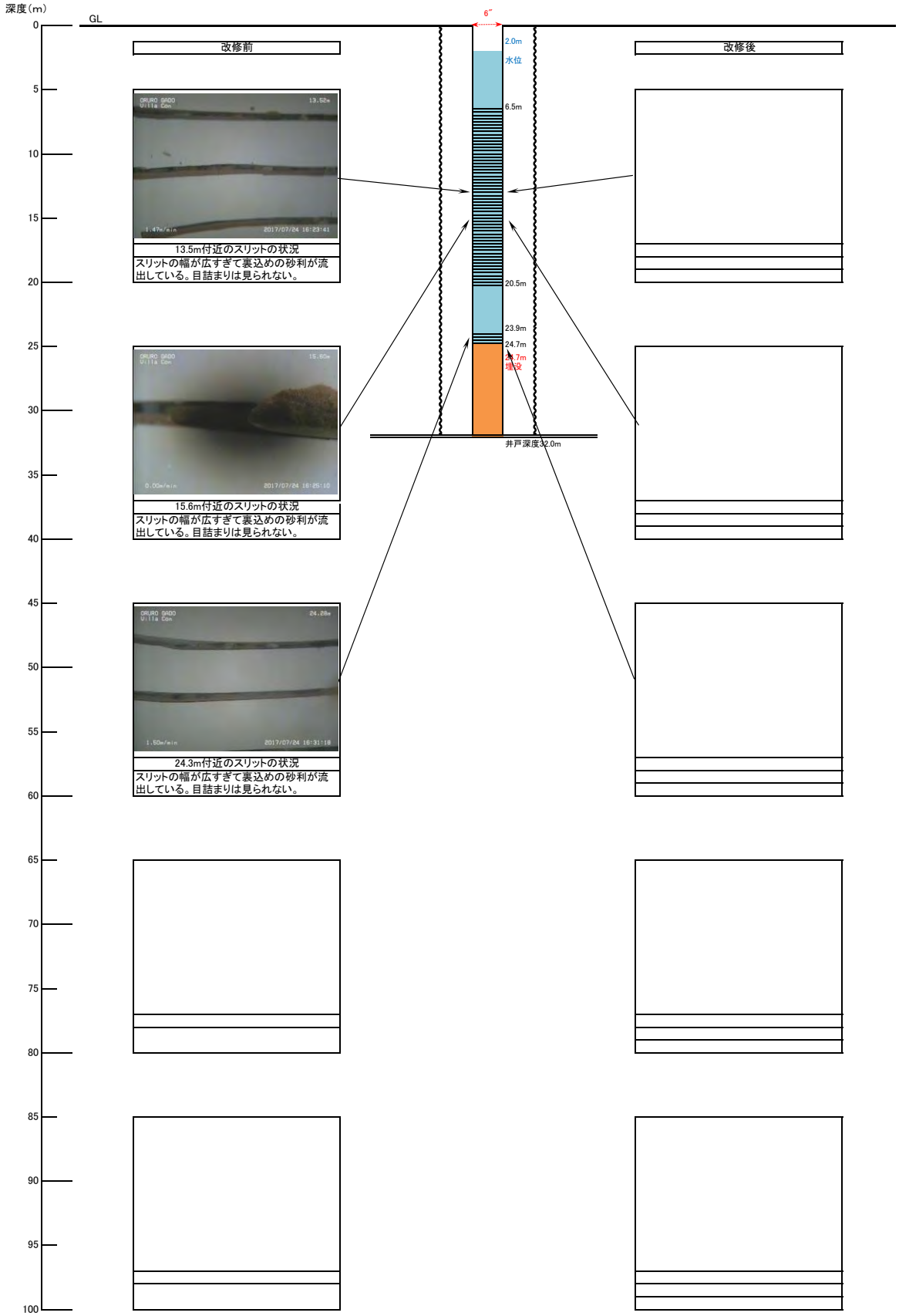
深度	0.0m	－	37.0m	スクリーン深度	4.8m	－	8.8m
					11.5m	－	14.7m
					23.1m	－	28.9m



改修の可能性	×	スケールの付着も目詰まりも認められないため、改修する必要はない。	改修方法	－	優先度	D
備考・留意点	全体的にスケールの付着およびスクリーン（スリット）の目詰まりは、ほとんど認められない。スリットの幅が広すぎて裏込めの砂利が流出している。					

Oruro UNASVBI Villa Concepcion (22)（予備診断結果）

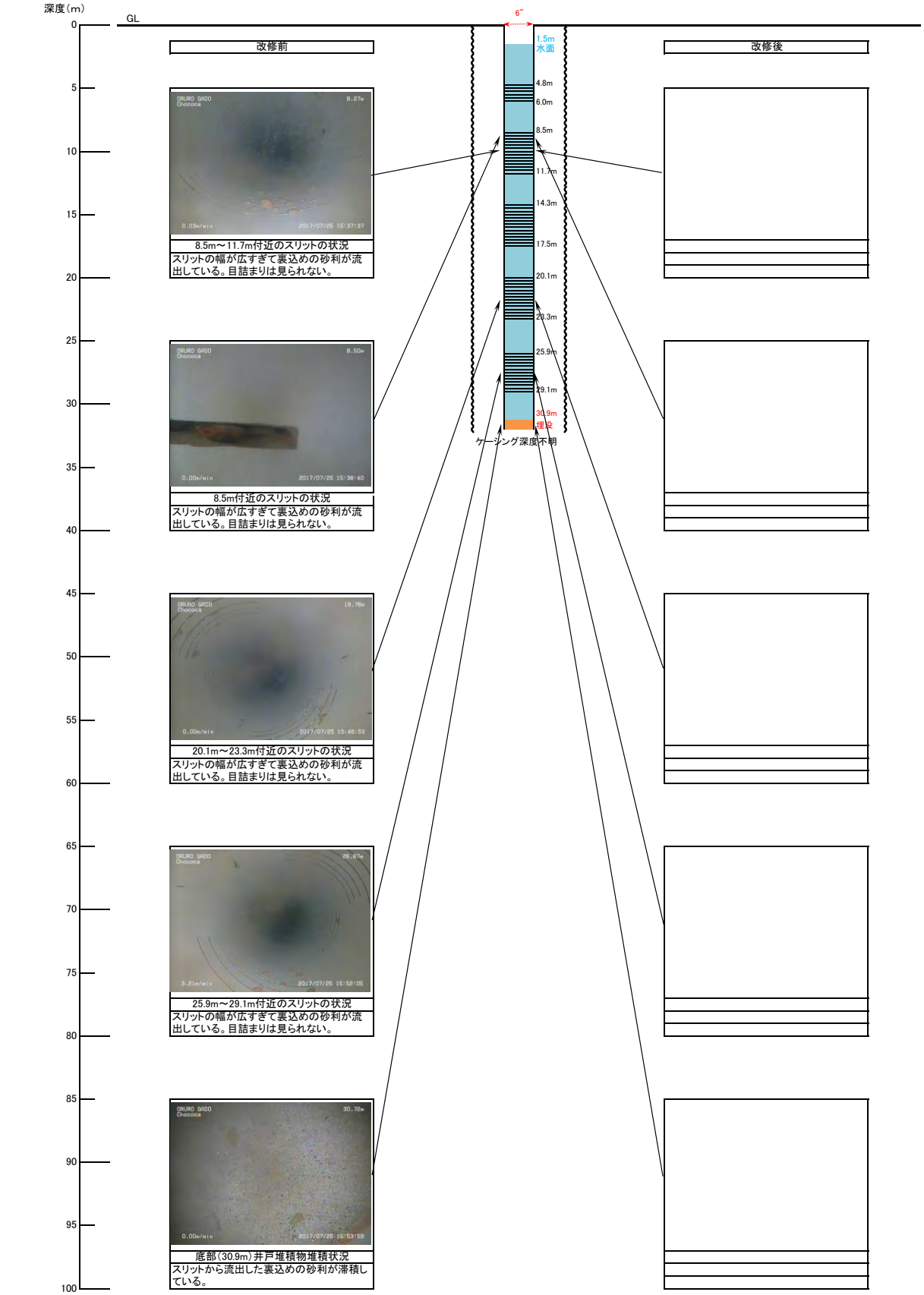
深度	0.0m	－	32.0m	スクリーン深度	6.5m	－	20.5m
					23.9m	－	24.7m



改修の可能性	×	スケールの付着も目詰まりも認められないため、改修する必要はない。	改修方法	－	優先度	D
備考・留意点	全体的にスケールの付着およびスクリーン（スリット）の目詰まりは、ほとんど認められない。スリット幅が広すぎて、裏込めの砂利が流出している。					

Oruro UNASVBI Chococa（予備診断結果）

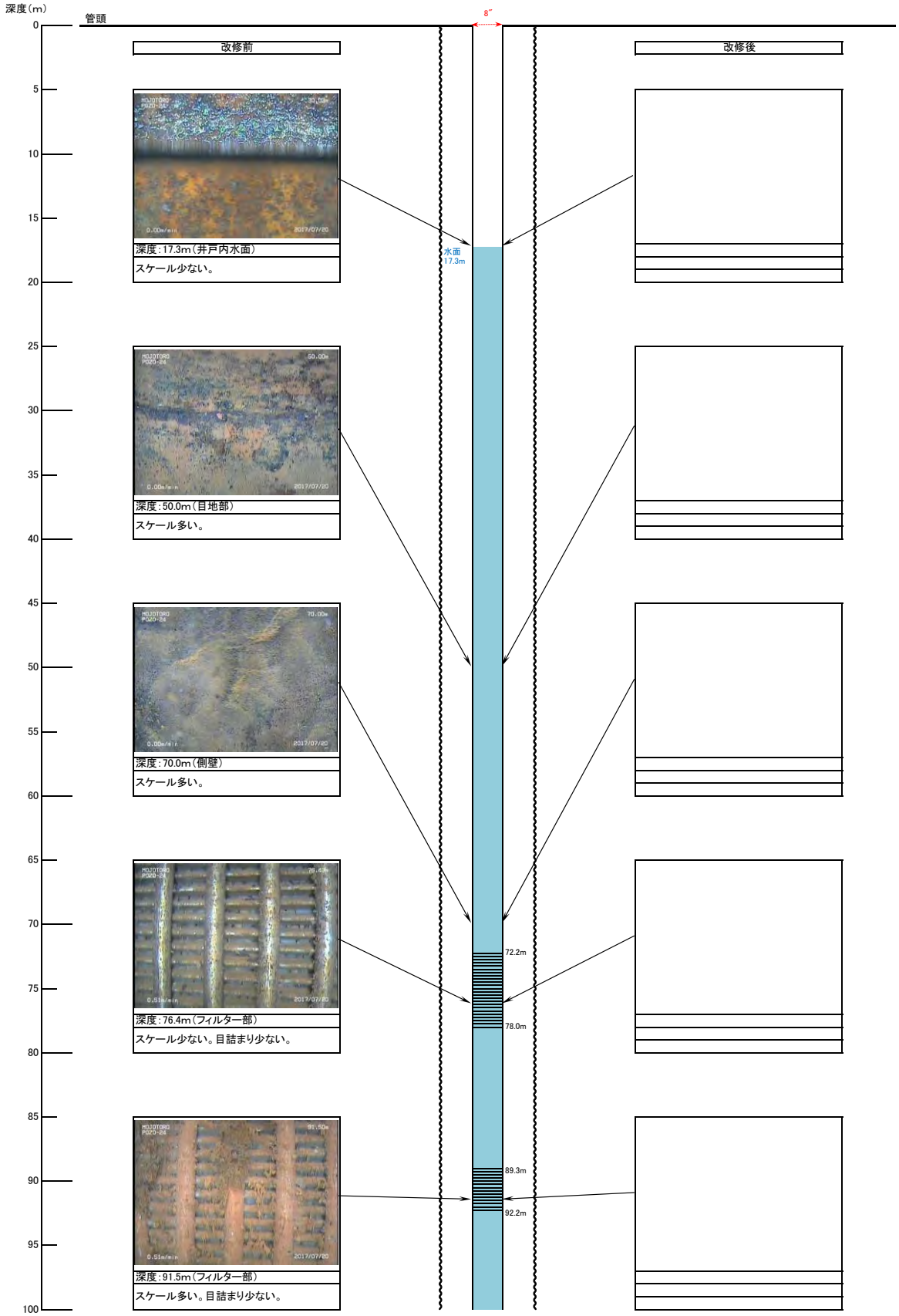
深度	0.0m	－	30.9m（観察深度）	スクリーン深度	4.8m	－	6.0m	20.1m	－	23.3m
					8.5m	－	11.7m	25.9m	－	29.1m
					14.3m	－	17.5m		－	



改修の可能性	×	スケールの付着も目詰まりも認められないため、改修する必要はない。	改修方法	－	優先度	D
備考・留意点	全体的にスケールの付着およびスクリーン（スリット）の目詰まりは、ほとんど認められない。スリット幅が広すぎて、裏込めの砂利が流出している。					

Chuquisaca MOJOTORO POZO-24（予備診断結果）

深度	0.0m	－	130.3m	スクリーン深度	72.2m	－	78.0m	122.9m	－	125.8m
					89.3m	－	92.2m			
					103.3m	－	106.2m			



改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める。	改修方法	エアーリフト工法	優先度	A
備考・留意点	全体にスケール、目詰まりとも少なく、エアーリフト工法の洗浄効果が見込める。					

Chuquisaca MOJOTORO POZO-24（予備診断結果）

深度	100.0m	－	130.3m	スクリーン深度	72.2m	－	78.0m	122.9m	－	125.8m
					89.3m	－	92.2m			
					103.3m	－	106.2m			

深度（m）

100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200

改修前

深度：104.7m（フィルター部）

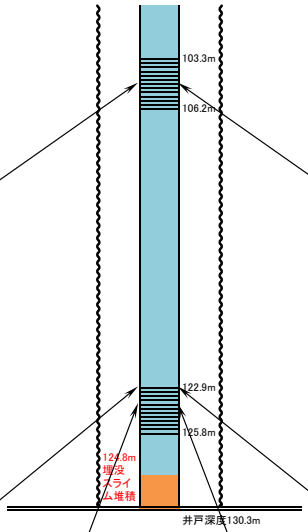
スケール少ない。目詰まり少ない。

深度：123.0m（フィルター部）

スケール多い。目詰まり多い。

深度：124.8m（フィルター部）

スケール少ない。目詰まり少ない。

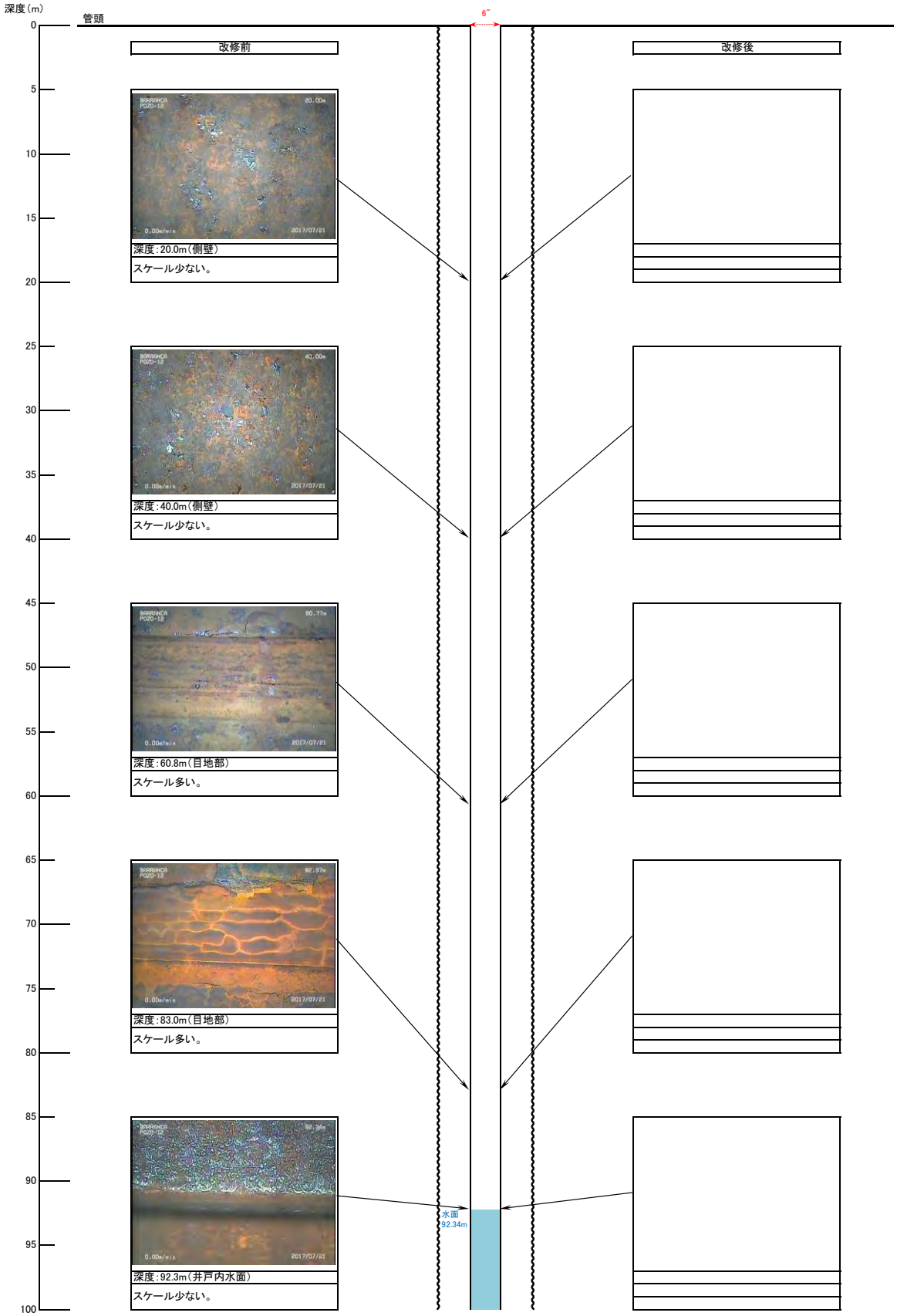


改修後

改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める。	改修方法	エアーリフト工法	優先度	A
備考・留意点	全体にスケール、目詰まりとも少なく、エアーリフト工法の洗浄効果が見込める。					

Chuquisaca BARRANCA POZO-12（予備診断結果）

深度	0.0m	－	133.0m（観察深度）	スクリーン深度	121.8m	－	124.8m



改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める。	改修方法	エアーリフト工法	優先度	A
備考・留意点	特になし					

Chuquisaca BARRANCA POZO-12（予備診断結果）

深度	0.0m	－	133.0m（観察深度）	スクリーン深度	121.8m	－	124.8m

深度（m）

100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200

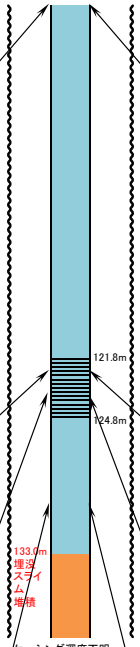
改修前

深度：100.0m（側壁）
スケール少ない。

深度：122.0m（フィルター部）
フィルターには部分的にスケール、目詰まりが認められるが、全体としては少ない。

深度：123.1m（フィルター部）
フィルターには部分的にスケール、目詰まりが認められるが、全体としては少ない。

スケール多い。

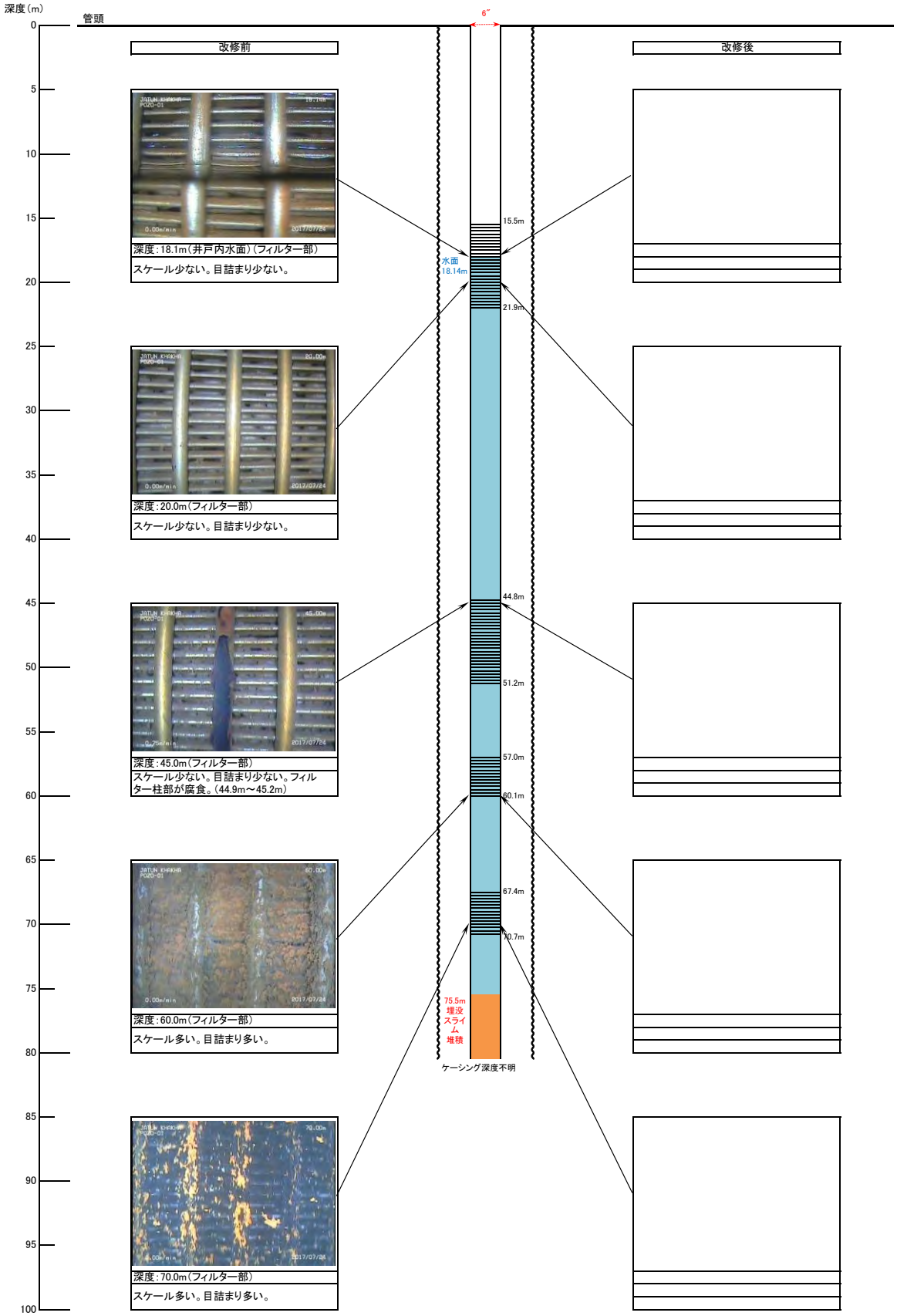


改修後

改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める。	改修方法	エアーリフト工法	優先度	A
備考・留意点	特になし					

Chuquisaca JATUNKHAKA POZO-01（予備診断結果）

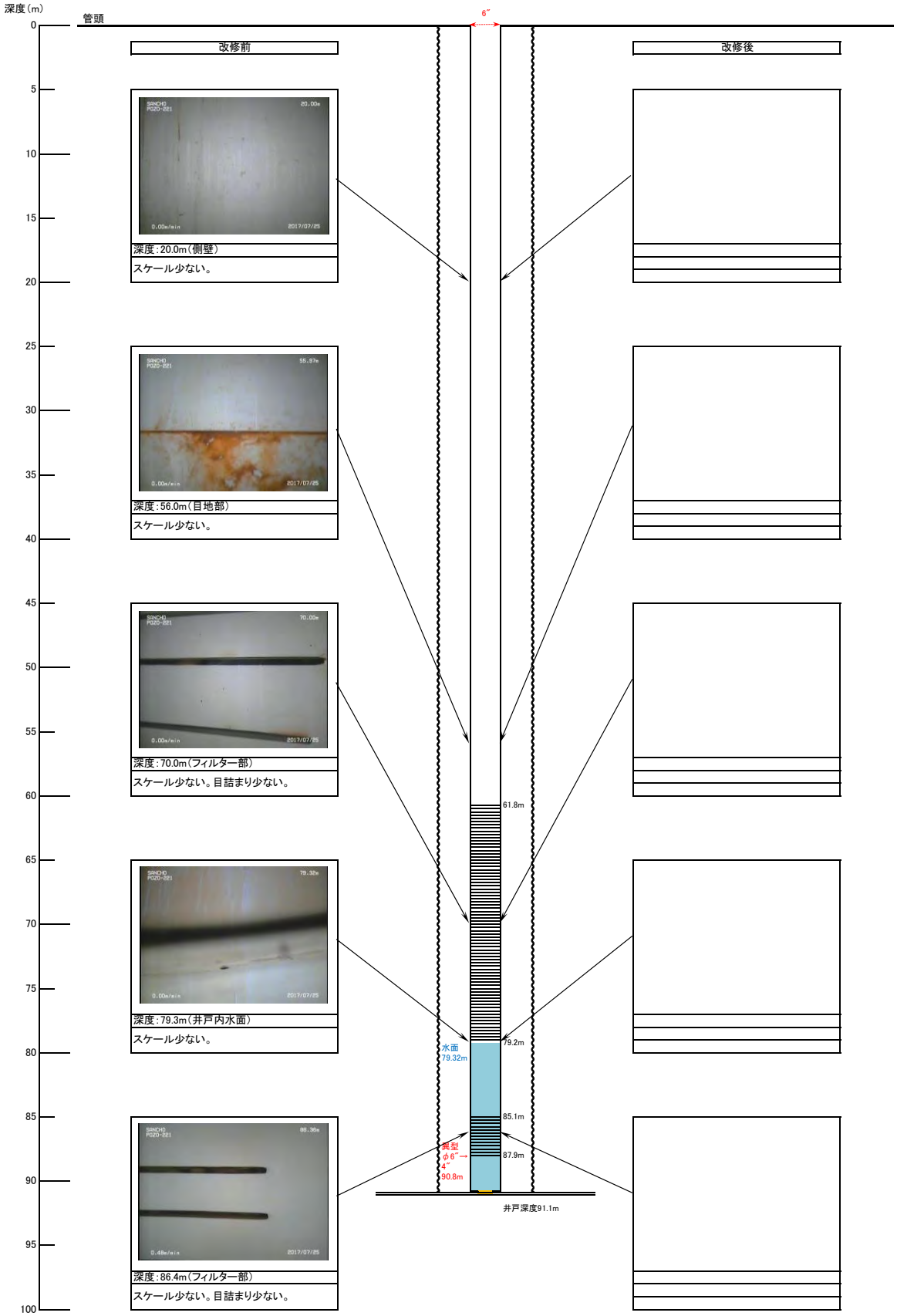
深度	0.0m	－	75.5m（観察深度）	スクリーン深度	15.5m	－	21.9m	67.4m	－	70.7m
					44.8m	－	51.2m			
					57.0m	－	60.1m			



改修の可能性	△	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める。	改修方法	ジェッティング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	C
備考・留意点	44.9m～45.2mの区間でフィルターの柱が腐食し破損しているため、洗浄時には注意が必要である。					

Chuquisaca SANCHO POZO-221（予備診断結果）

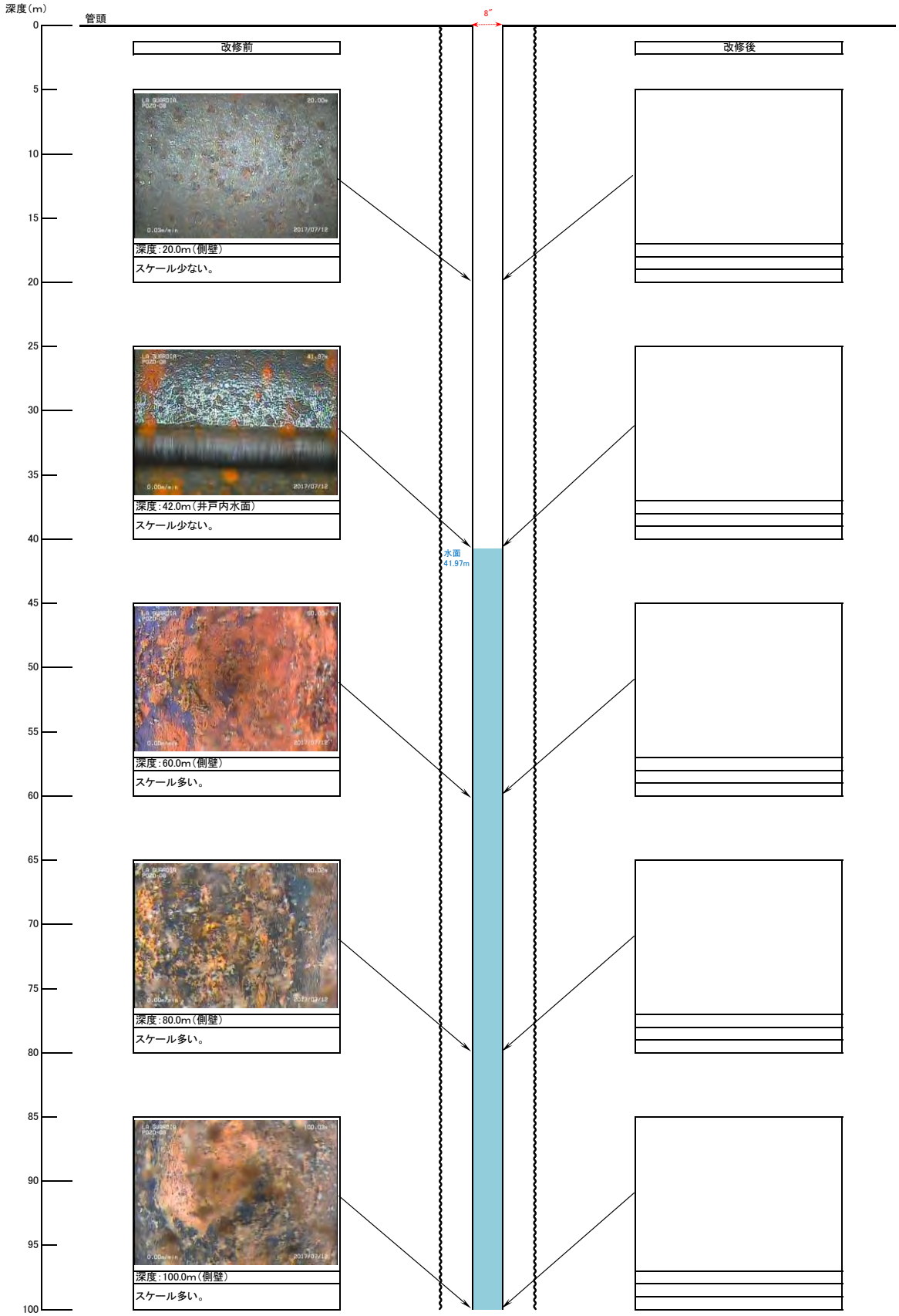
深度	0.0m	－	91.1m	スクリーン深度	61.8m	－	79.2m
					85.1m	－	87.9m



改修の可能性	×	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が見込めない。	改修方法	―	優先度	D
備考・留意点	・スリット開口幅が広く、スケールの付着も目詰まりも認められない。					

Santa Cruz LA GURDIA POZO-08（予備診断結果）

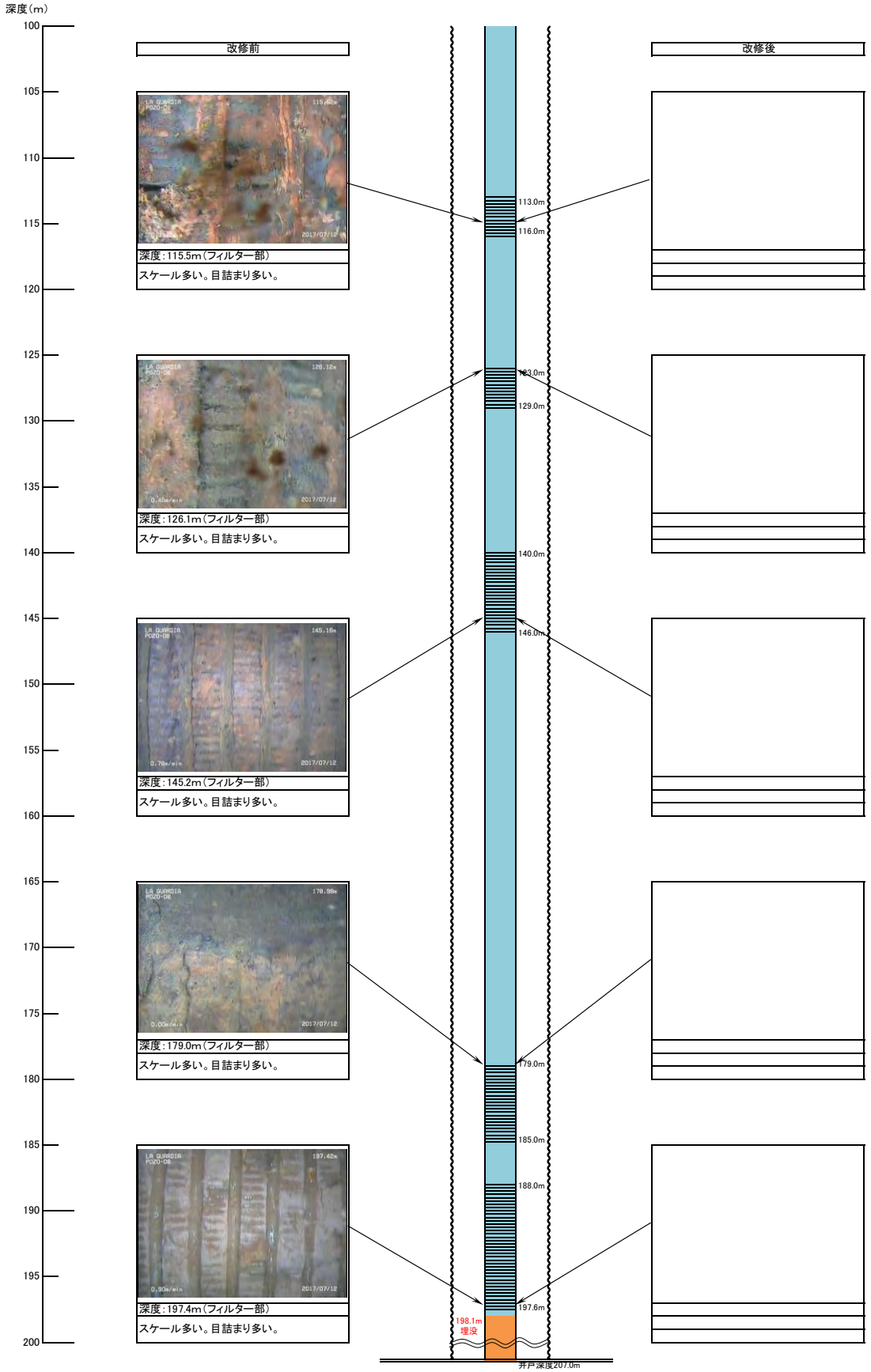
深度	0.0m	－	207.0m	スクリーン深度	113.0m	－	116.0m	179.0m	－	185.0m
					126.0m	－	129.0m	188.0m	－	197.6m
					140.0m	－	145.9m			



改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める。	改修方法	エアーリフト工法	優先度	A
備考・留意点	特になし					

Santa Cruz LA GURDIA POZO-08（予備診断結果）

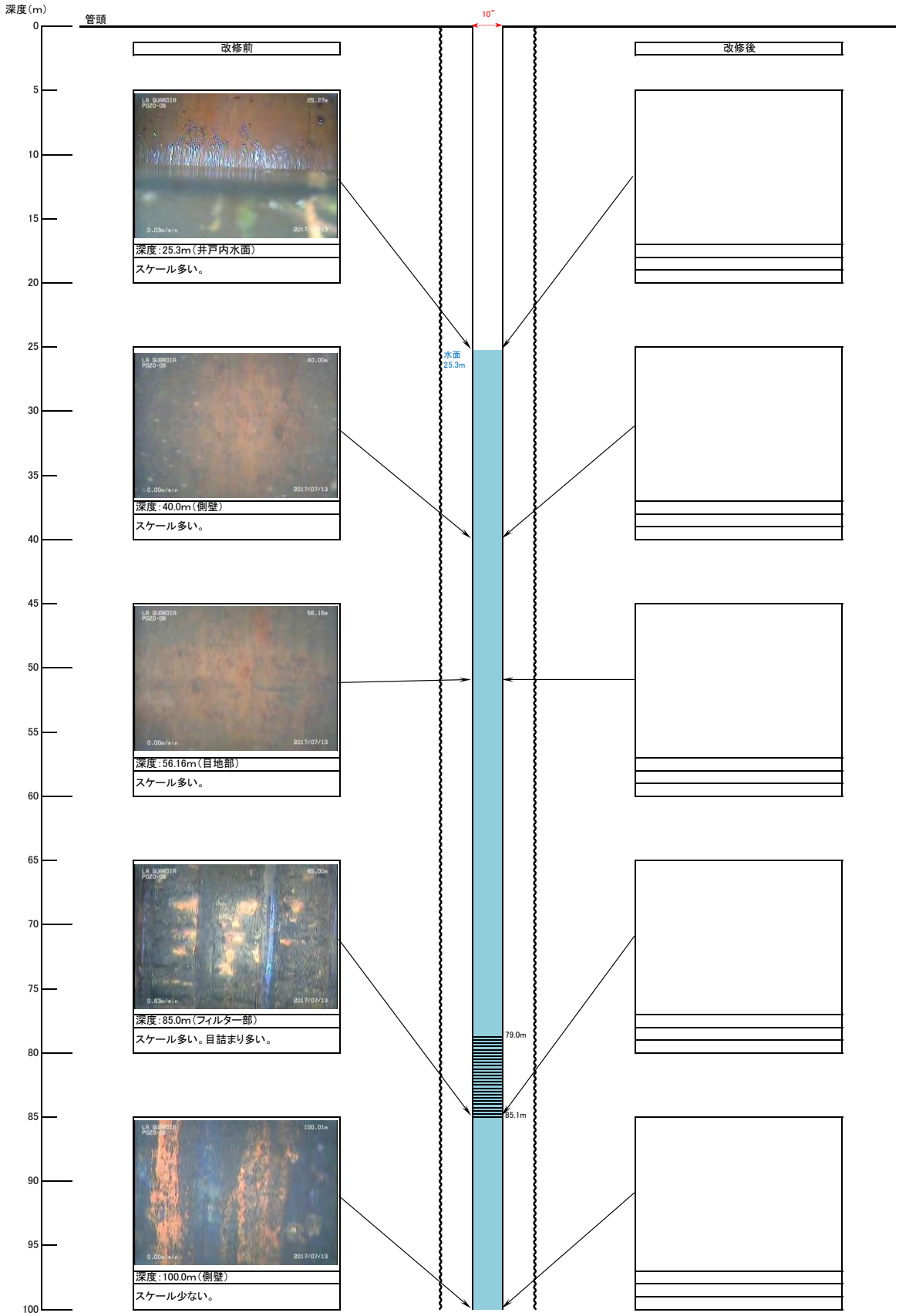
深度	0.0m	－	207.0m	スクリーン深度	113.0m	－	116.0m	179.0m	－	185.0m
					126.0m	－	129.0m	188.0m	－	197.6m
					140.0m	－	145.9m			



改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める。	改修方法	ジェッティング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	A
備考・留意点	特になし					

Santa Cruz LA GURDIA POZO-06（予備診断結果）

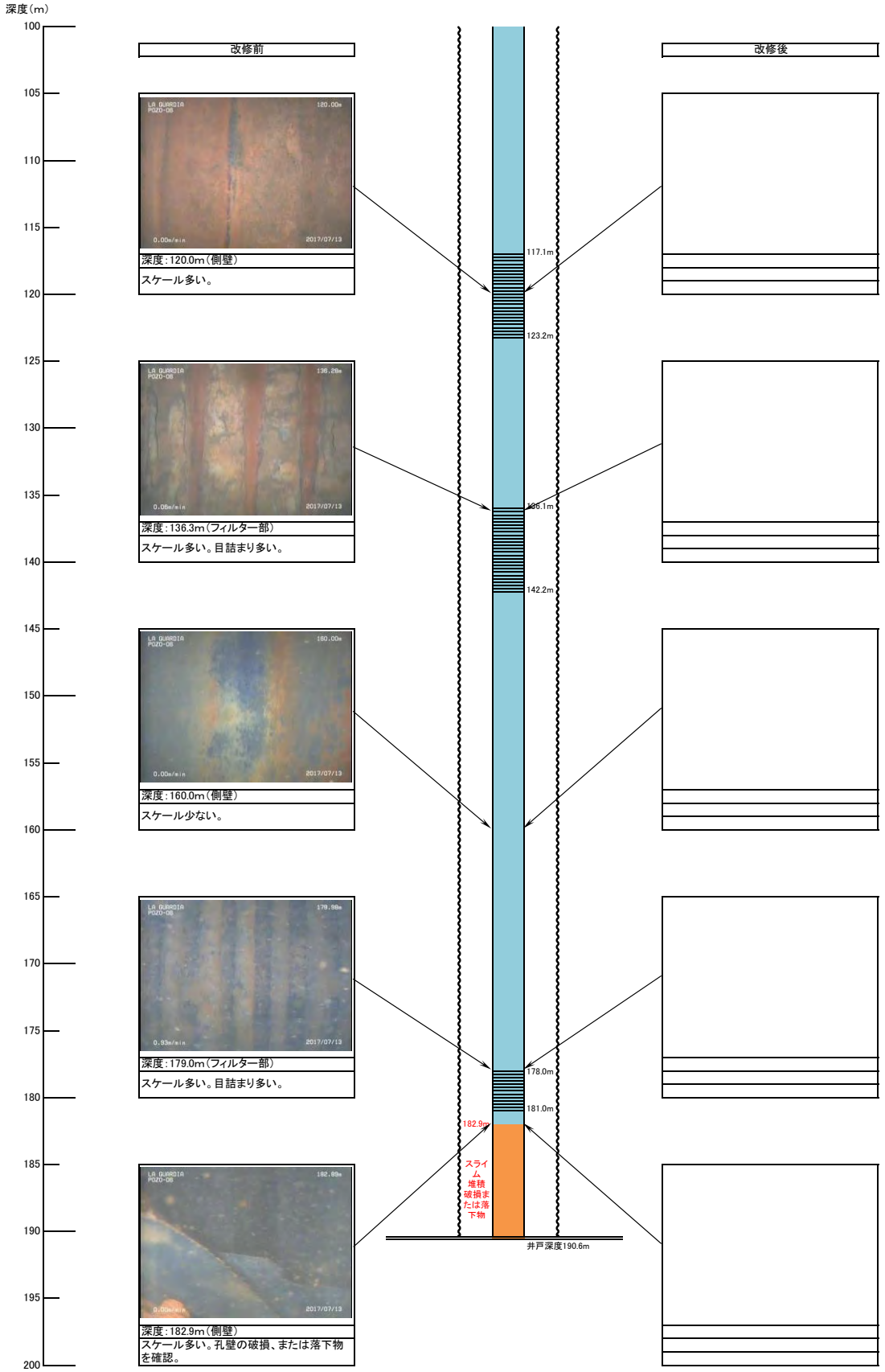
深度	0.0m	－	190.6m	スクリーン深度	79.0m	－	85.1m	178.0m	－	181.0m
					117.1m	－	123.2m			
					136.1m	－	142.2m			



改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める。	改修方法	ジェッティング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	B
備考・留意点	・深度182.9mのスライム溜りにて孔壁の破損または落下物とみられる変状を確認した。					

Santa Cruz LA GURDIA POZO-06（改修前/改修後　比較）

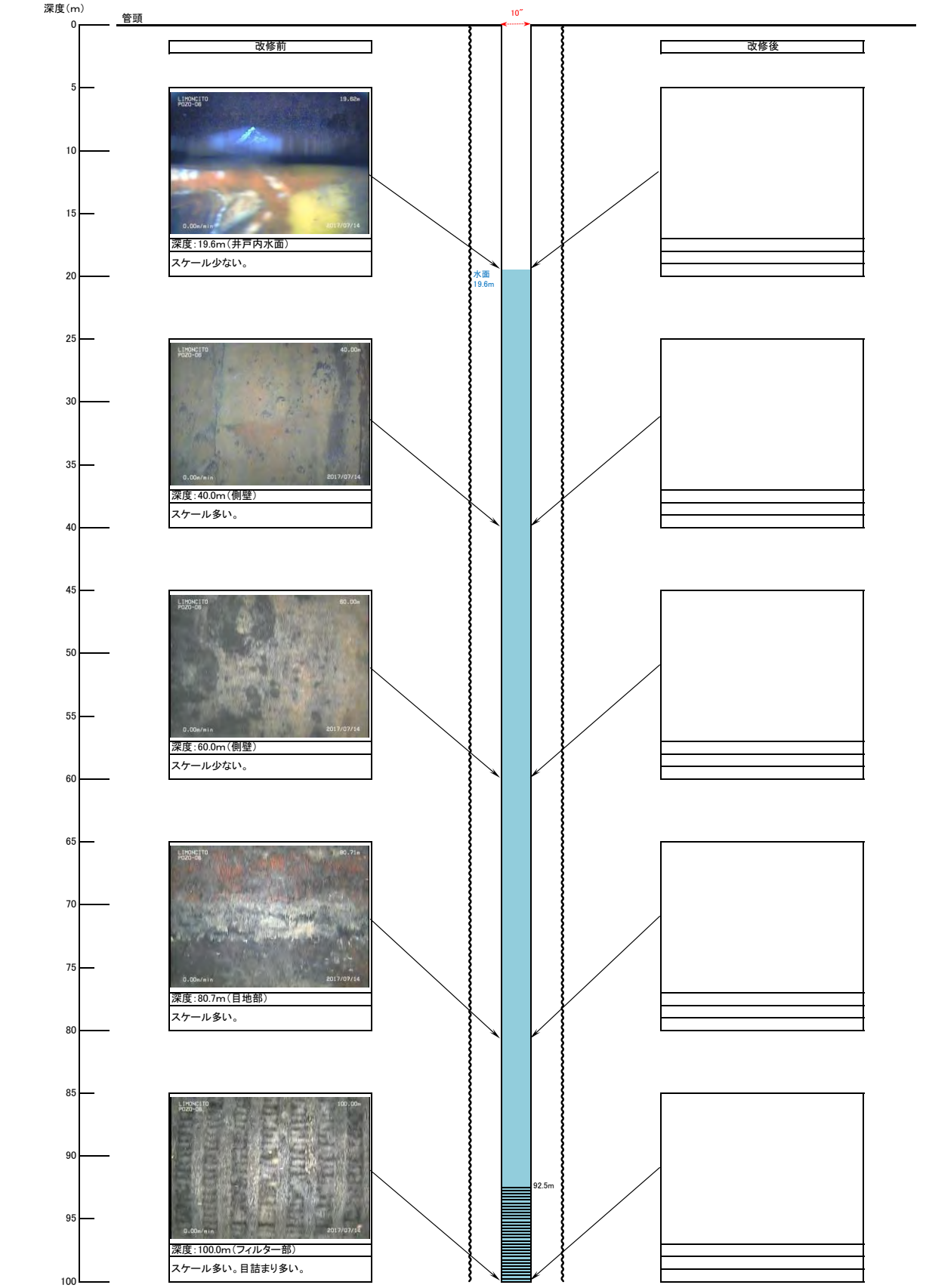
深度	0.0m	－	190.6m	スクリーン深度	79.0m	－	85.1m	178.0m	－	181.0m
					117.1m	－	123.2m			
					136.1m	－	142.2m			



改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める。	改修方法	ジェッティング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	B
備考・留意点	・深度182.9mのスライム溜りにて孔壁の破損または落下物とみられる変状を確認した。					

Santa Cruz LIMONCITO POZO-06（予備診断結果）

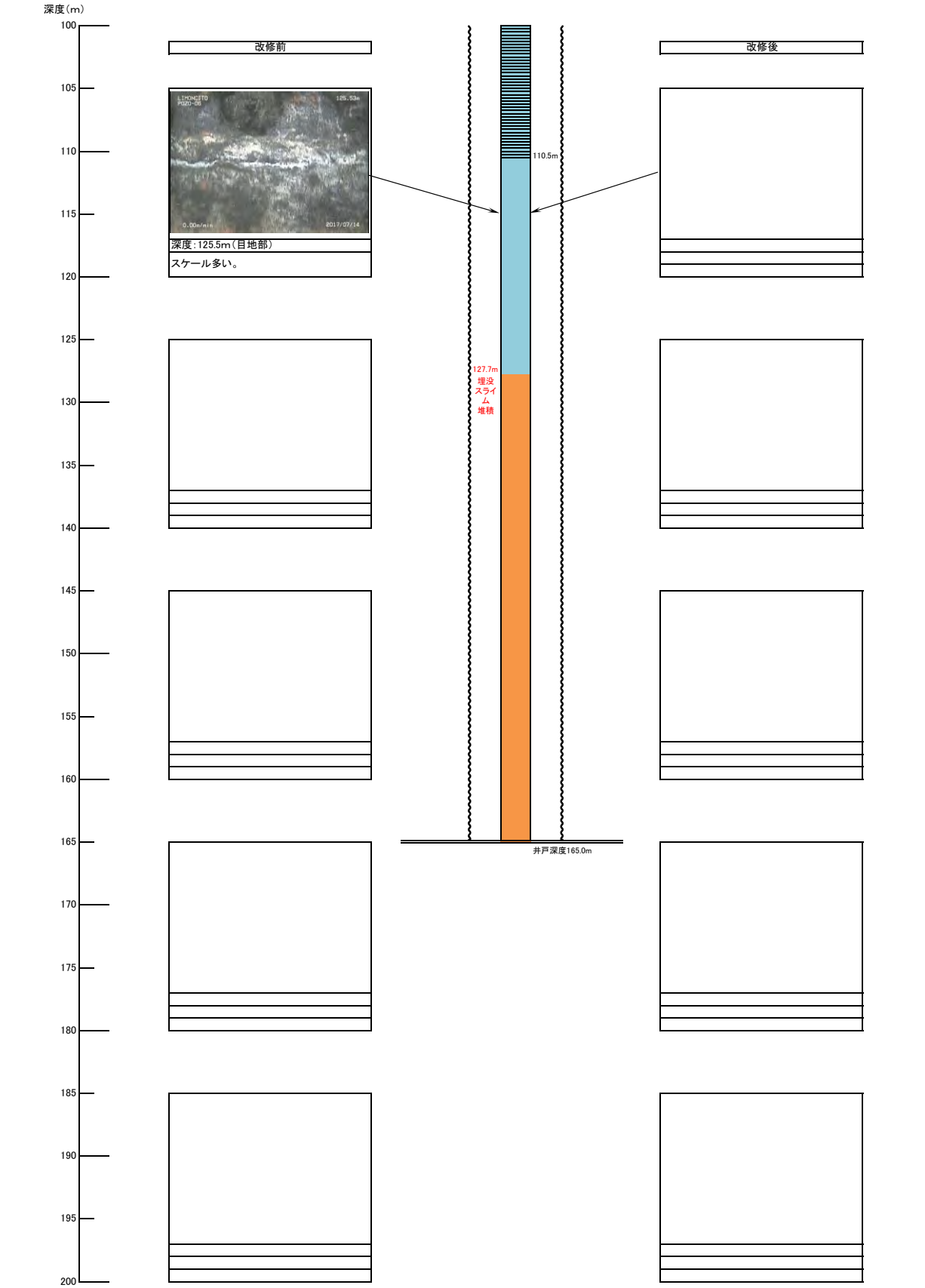
深度	0.0m	－	165.0m	スクリーン深度	92.5m	－	110.5m



改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める。	改修方法	ジェッティング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	B
備考・留意点	下側のスクリーンが破損したためセメントを入れたとのこと。孔口から投下したため、ターゲット深度以外の箇所もセメントが付着していた。					

Santa Cruz LIMONCITO POZO-06（予備診断結果）

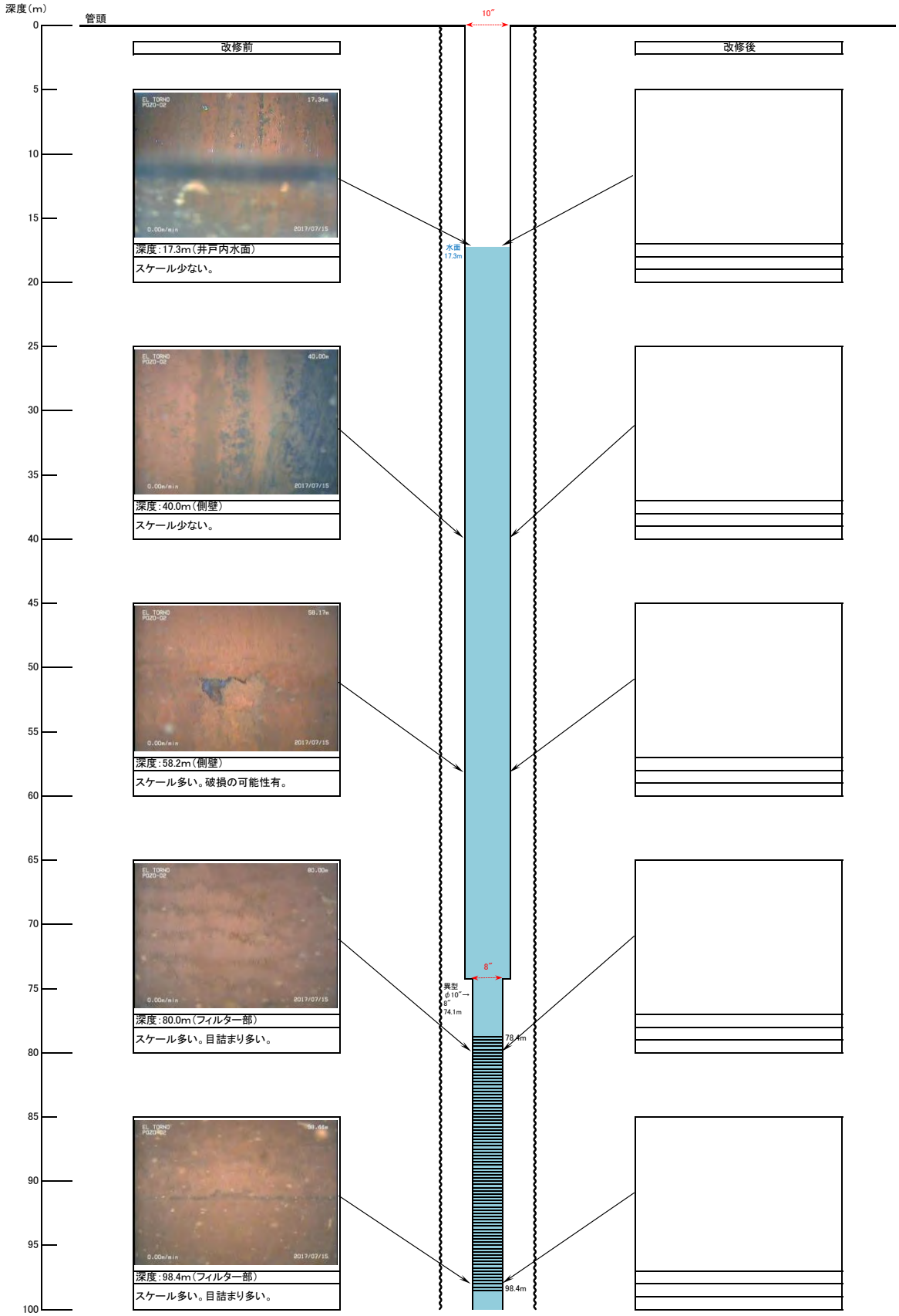
深度	0.0m	－	165.0m	スクリーン深度	92.5m	－	110.5m



改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める。	改修方法	ジェッティング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	B
備考・留意点	・下側のスクリーンが破損したためセメントを入れたとのこと。孔口から投下したため、ターゲット深度以外の箇所もセメントが付着していた。					

Santa Cruz EL TORNO POZO-02（予備診断結果）

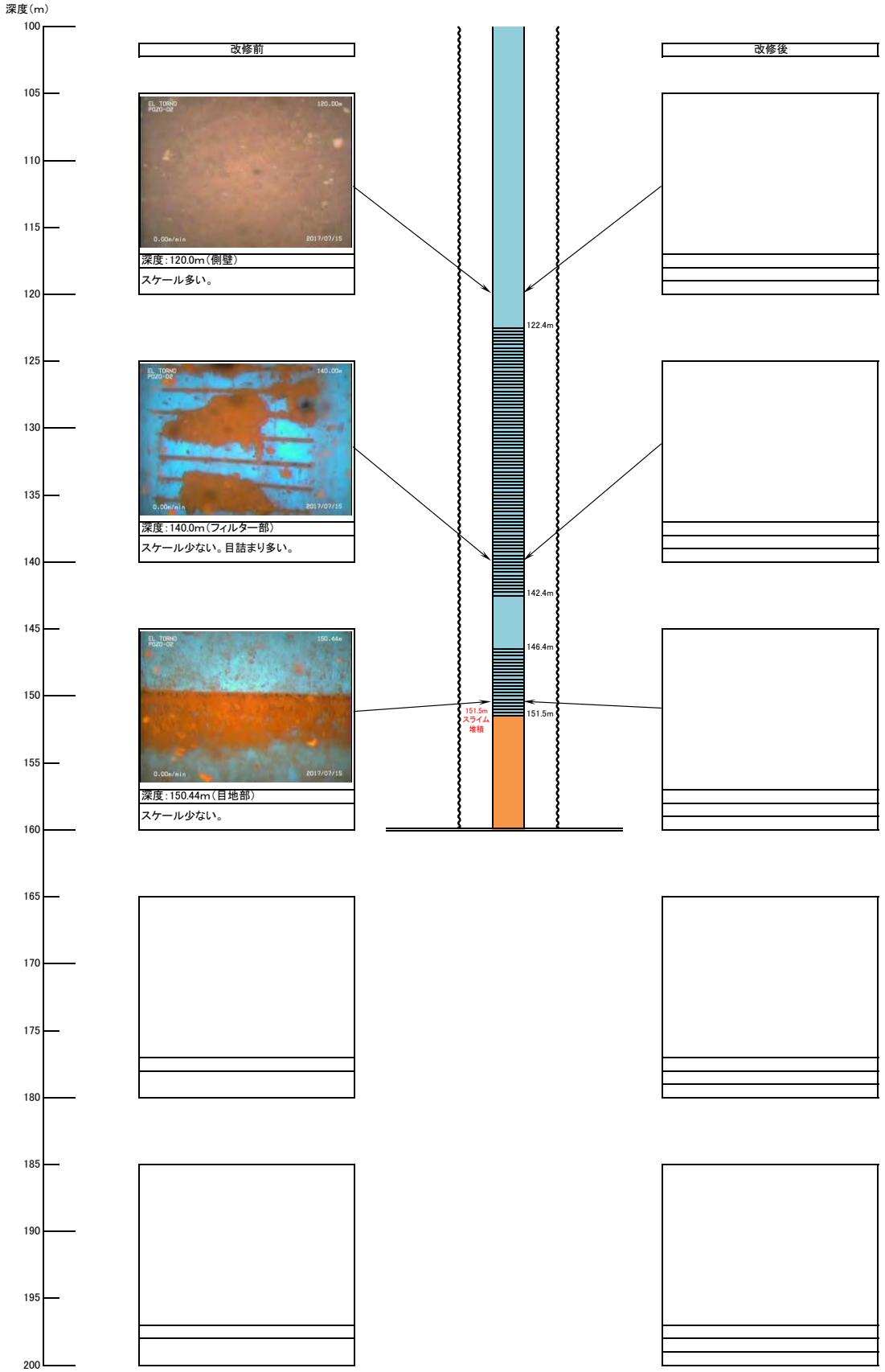
深度	0.0m	－	160.0m	スクリーン深度	78.4m	－	98.4m
					122.4m	－	142.4m
					146.4m	－	151.5m



改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める。	改修方法	ジェッティング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	B
備考・留意点	・58.2mのスケール剥離箇所は孔外から水が流入しているようにみえる。目視確認できないがスケールの裏側に穴が開いていることが予想される。 ・74.1mでφ10″からφ8″に変化する。					

Santa Cruz EL TORNO POZO-02（予備診断結果）

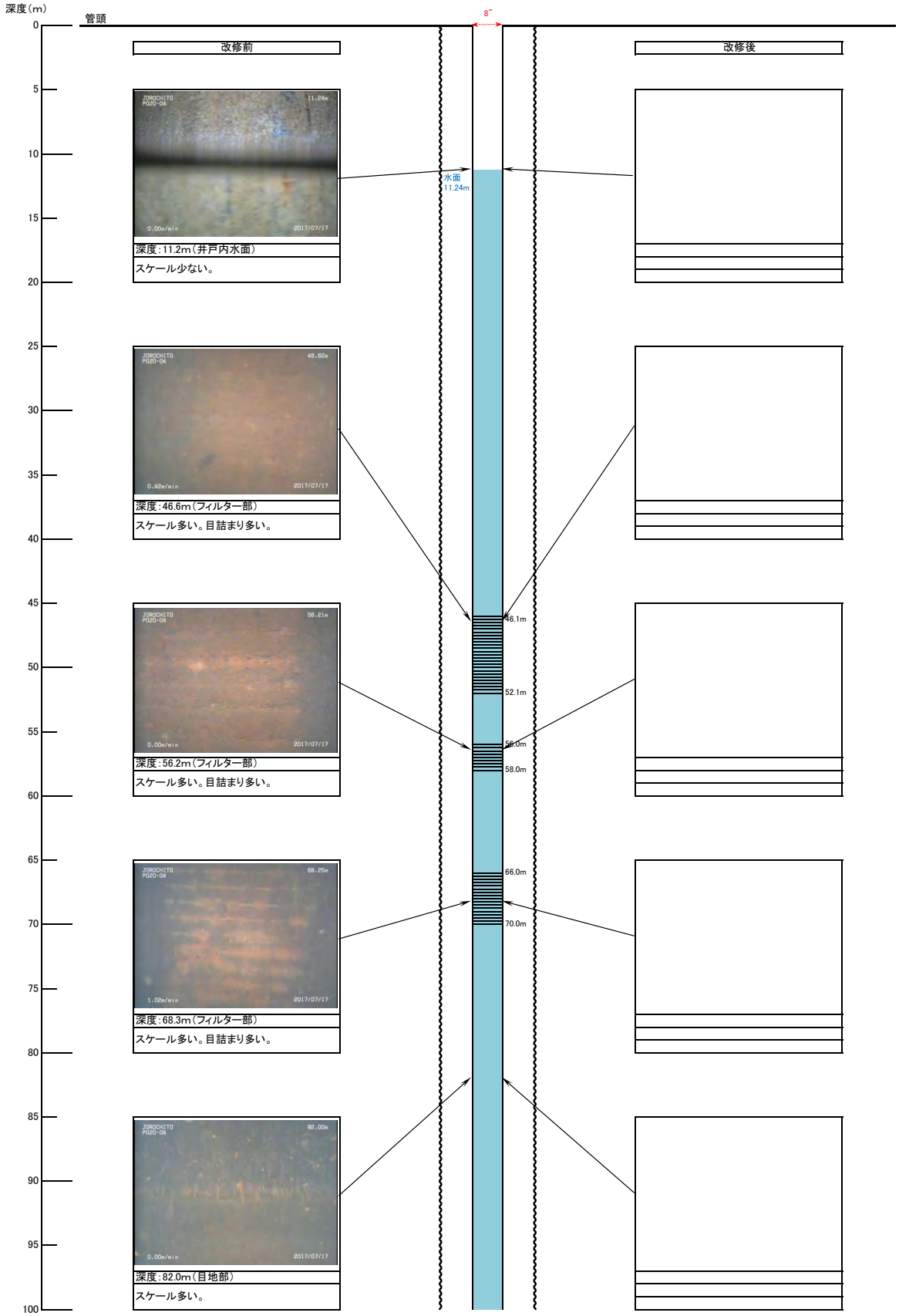
深度	0.0m	－	160.0m	スクリーン深度	78.4m	－	98.4m
					122.4m	－	142.4m
					146.4m	－	151.5m



改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める。	改修方法	ジェッティング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	B
備考・留意点	・58.2mのスケール剥離箇所は孔外から水が流入しているようにみえる。目視確認できないがスケールの裏側に穴が開いていることが予想される。 ・74.1mでφ10″からφ8″に変化する。					

Santa Cruz JOROCHITO POZO-04（予備診断結果）

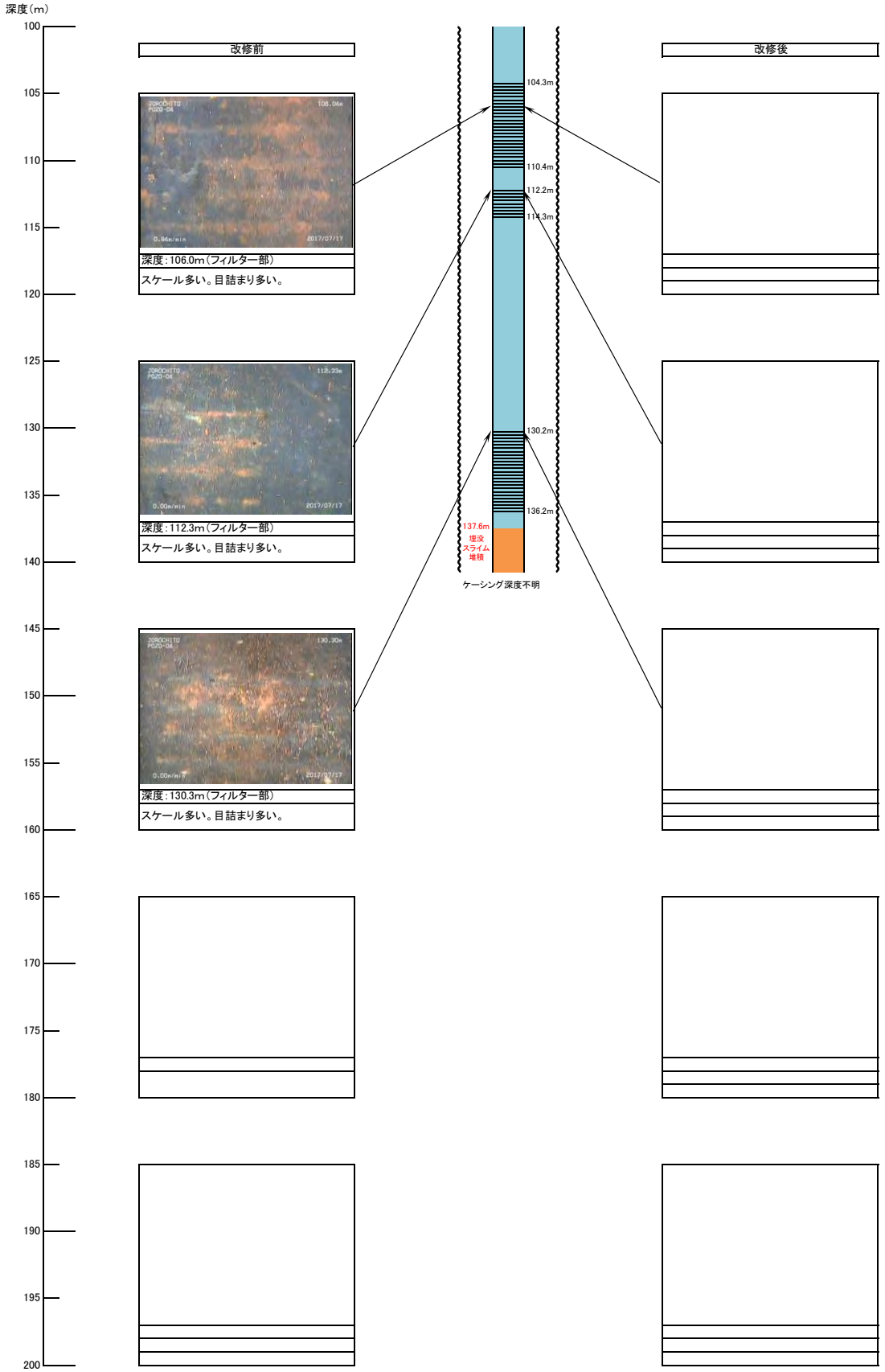
深度	0.0m	－	137.6m（観察深度）	スクリーン深度	46.1m	－	52.1m	104.3m	－	110.4m
					56.0m	－	58.0m	112.2m	－	114.3m
					66.0m	－	70.0m	130.2m	－	136.2m



改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める。	改修方法	ジェッティング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	B
備考・留意点	20m台は濁りにより大部分観察不能					

Santa Cruz JOROCHITO POZO-04（予備診断結果）

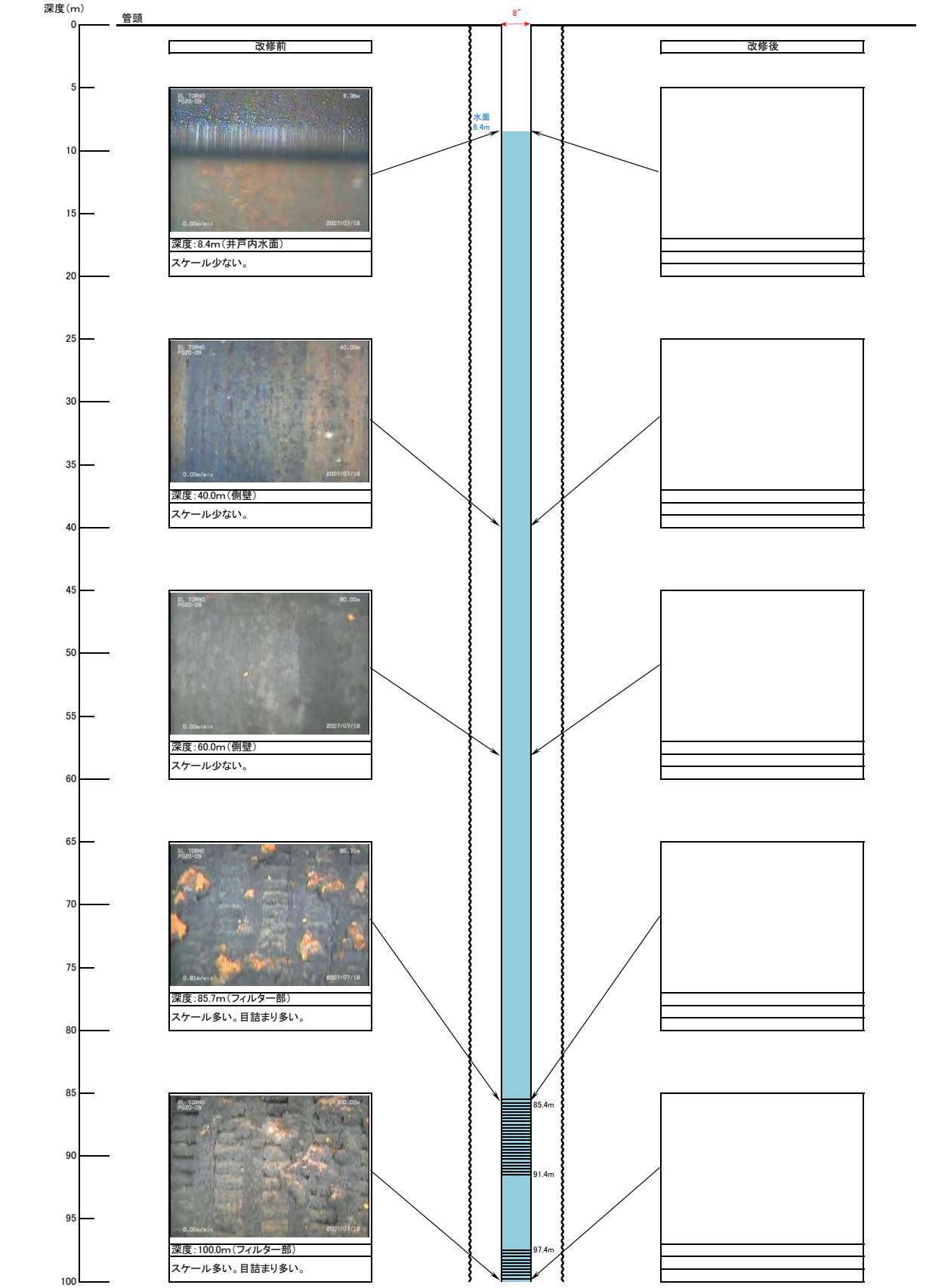
深度	0.0m	－	137.6m（観察深度）	スクリーン深度	46.1m	－	52.1m	104.3m	－	110.4m
					56.0m	－	58.0m	112.2m	－	114.3m
					66.0m	－	70.0m	130.2m	－	136.2m



改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める。	改修方法	ジェッティング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	B
備考・留意点	20m台は濁りにより大部分観察不能					

Santa Cruz EL TORNO POZO-09（予備診断結果）

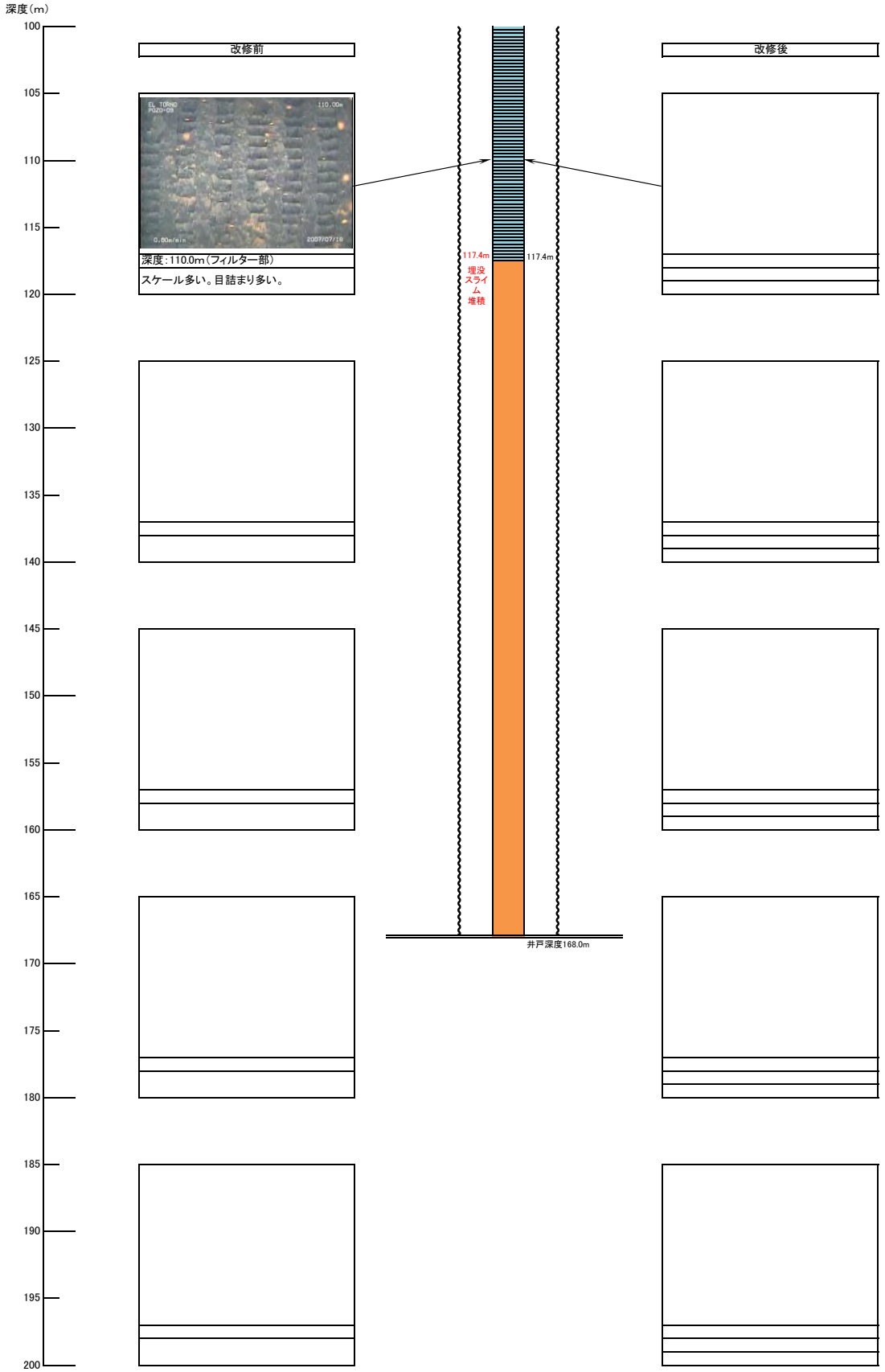
深度	0.0m	－	168.0m	スクリーン深度	85.4m	－	91.4m
					97.4m	－	117.4m



改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める。	改修方法	ジェッティング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	A
備考・留意点	特になし					

Santa Cruz EL TORNO POZO-09（予備診断結果）

深度	0.0m	－	168.0m	スクリーン深度	85.4m	－	91.4m
					97.4m	－	117.4m



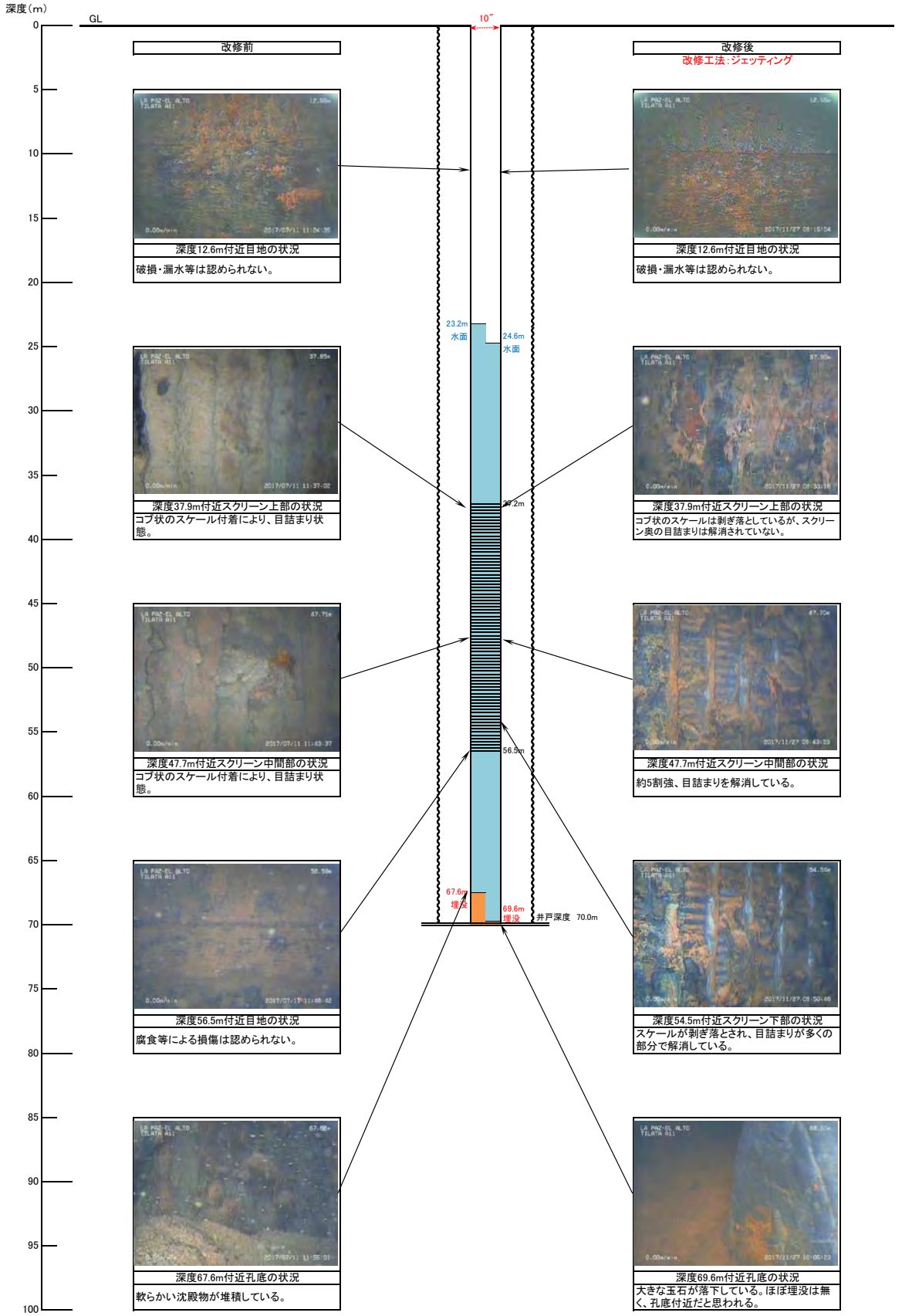
改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める。	改修方法	ジェッティング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	A
備考・留意点	特になし					

添付資料

3. 改修結果シート

改修前・後の井戸カメラ撮影画像（ティラタA-11）1/1

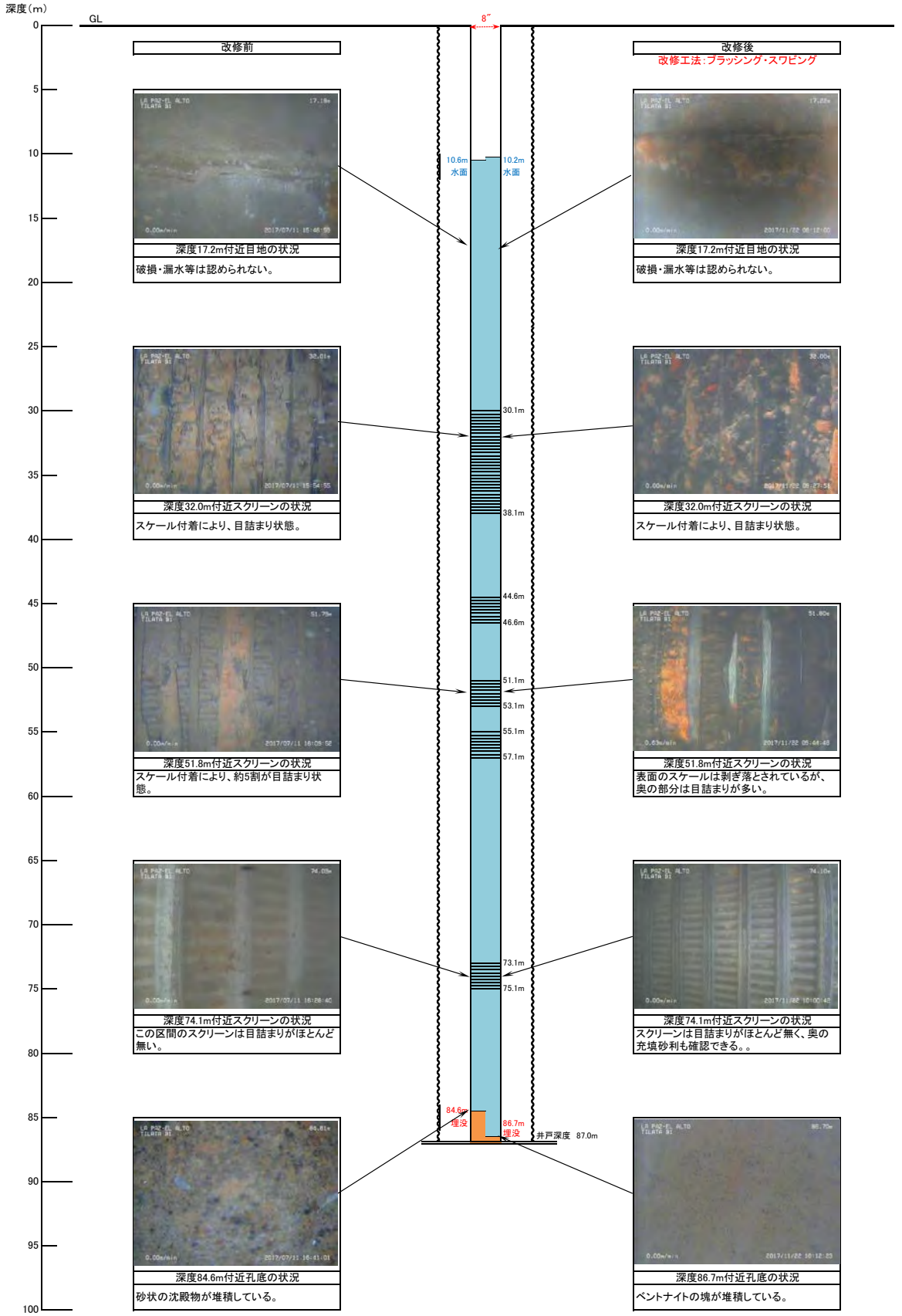
深度	0.0m	－	70.0m	スクリーン深度	37.2m	－	56.5m



改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める	改修方法	ジェッティング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	A
備考・留意点	スクリーン区間はほぼ目詰まり状態。全体的にコブ状のスケールが付着。					

改修前・後の井戸カメラ撮影画像（Tilata B-1 (II)）1/1

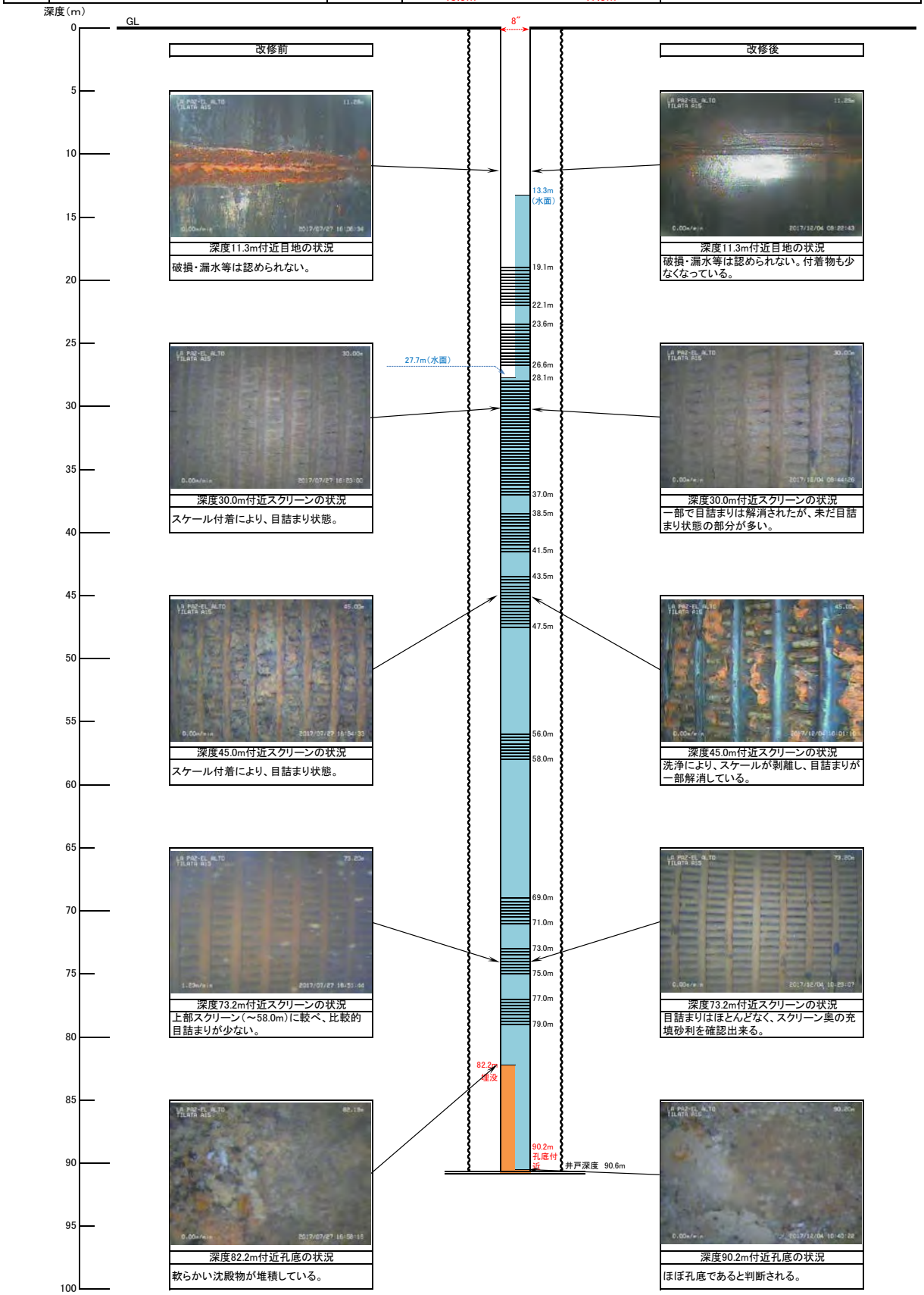
深度	0.0m	－	87.0m	スクリーン深度	30.1m	－	38.1m	55.1m	－	57.1m
					44.6m	－	46.6m	73.1m	－	75.1m
					51.1m	－	53.1m			



改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める	改修方法	ブラッシング・スワビング・エアーリフト工法	優先度	A
備考・留意点	全体的にスケール量はさほど多くないが、目詰まりは目立つ。特に深度73.1～75.1m間のスクリーンはほとんど目詰まりが無いが、他の区間ではコブ状のスケールが付着し、目詰まりを起こしている。目地はほとんど確認することが出来たが、75m以深で、濁りにより確認出来ない区間有り。					

改修前・後の井戸カメラ撮影画像（Tilata A-15 (II)）

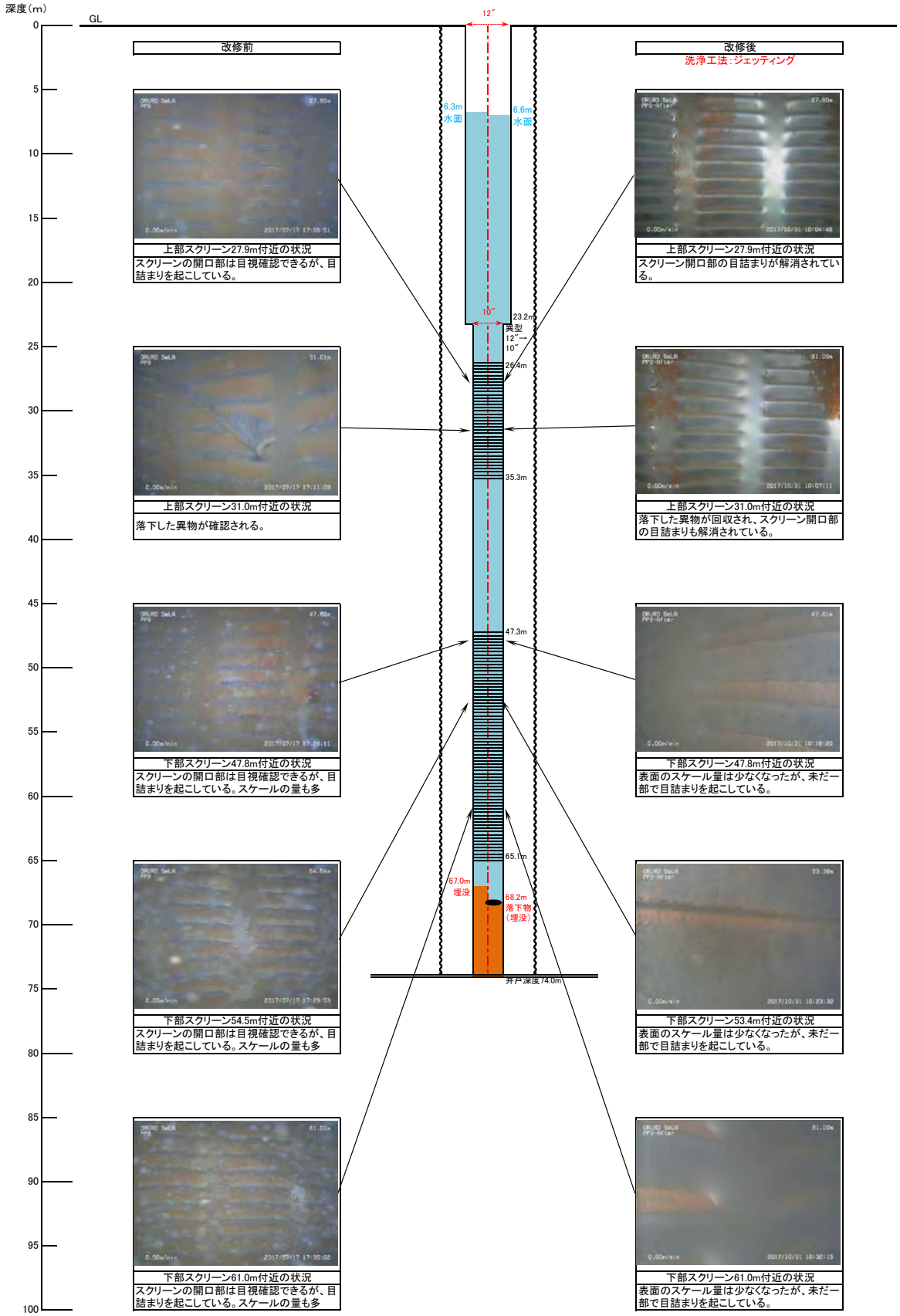
深度	0.0m	－	90.6m	スクリーン深度	19.1m	－	22.1m	56.0m	－	58.0m
					23.6m	－	26.6m	69.0m	－	71.0m
					28.1m	－	37.0m	73.0m	－	75.0m
					38.5m	－	41.5m	77.0m	－	79.0m
					43.5m	－	47.5m			



改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める	改修方法	ジェッティング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	A
備考・留意点	特に上部スクリーン区間（～58.0m）の目詰まりが多い。埋没約8m有り。					

改修前・後の井戸カメラ撮影画像（オルロ PP9）1/1

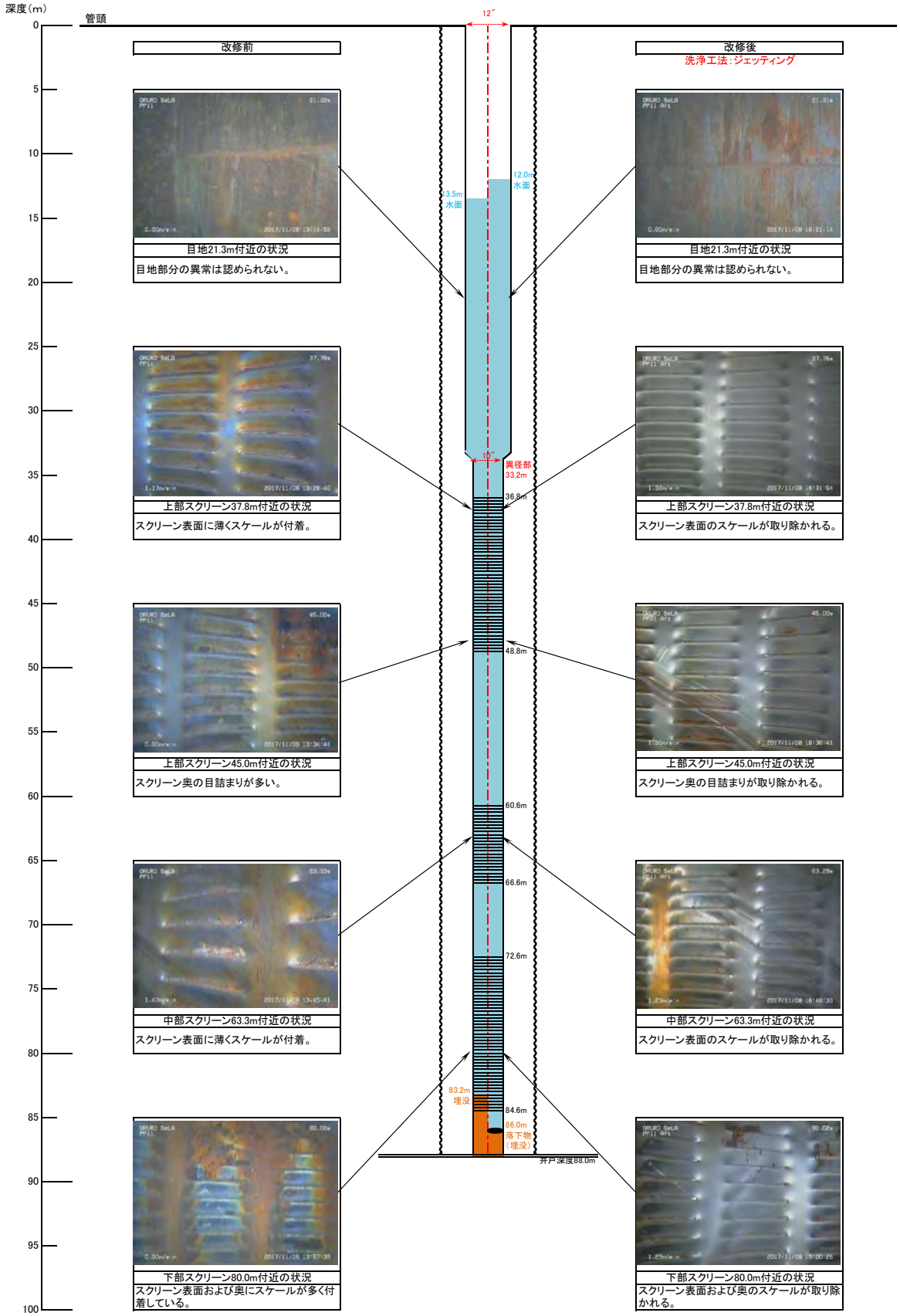
深度	0.0m	－	74.0m	スクリーン深度	26.4m	－	35.3m	－
					47.3m	－	65.1m	－
						－		－



改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める。	改修方法	ジェッティング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	A
備考・留意点	深度31.0m付近に落下した異物が確認されるため、ジェット洗浄実施前に除去する必要がある。					

改修前・後の井戸カメラ撮影画像（オルロ PP11） 1/1

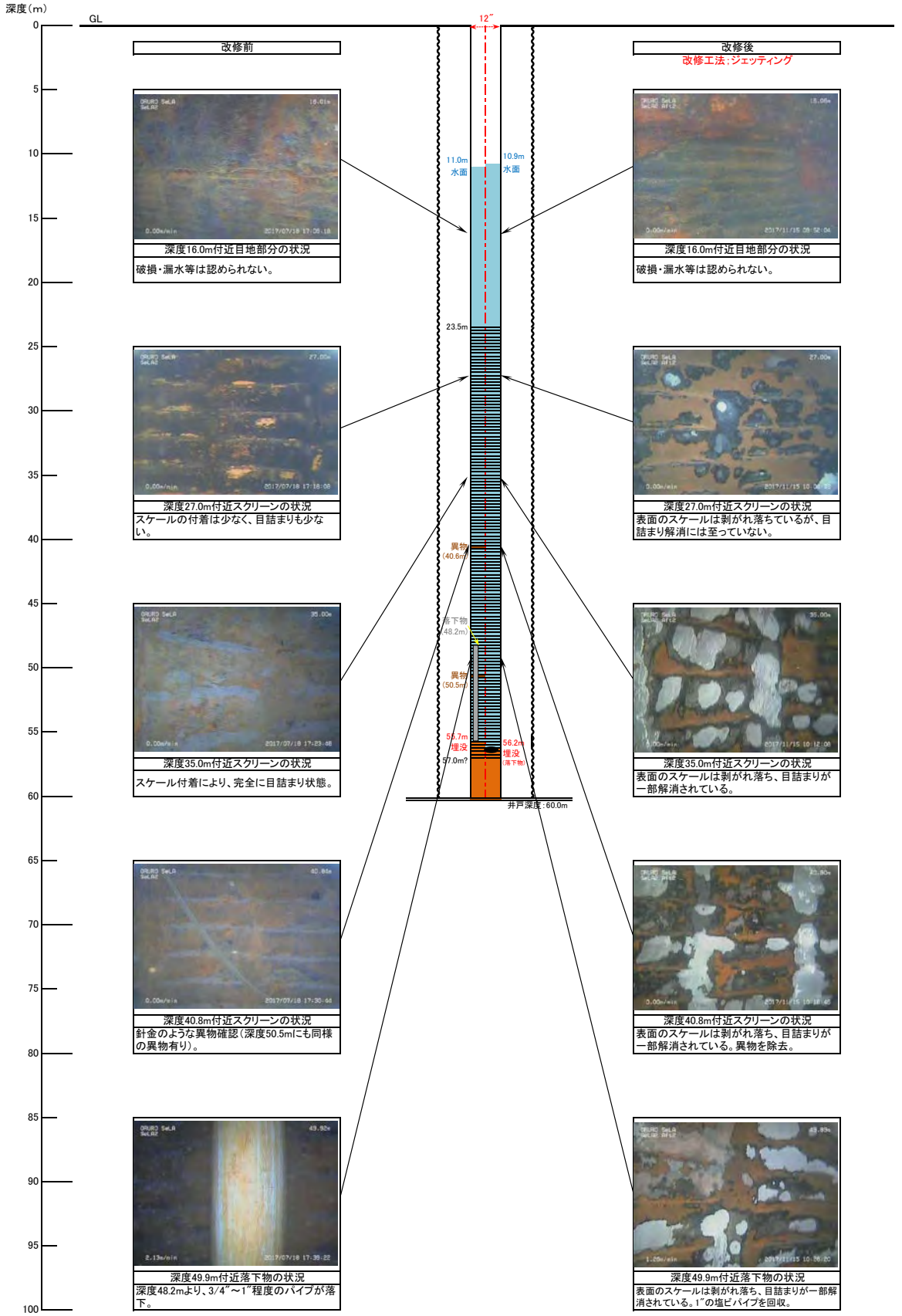
深度	0.0m	－	88.0m	スクリーン深度	36.8m	－	48.8m	－
					60.6m	－	66.6m	－
					72.6m	－	84.6m	－



改修の可能性			改修方法	ジェッティング工法	優先度	
備考・留意点						

改修前・後の井戸カメラ撮影画像（SeLA2）1/1

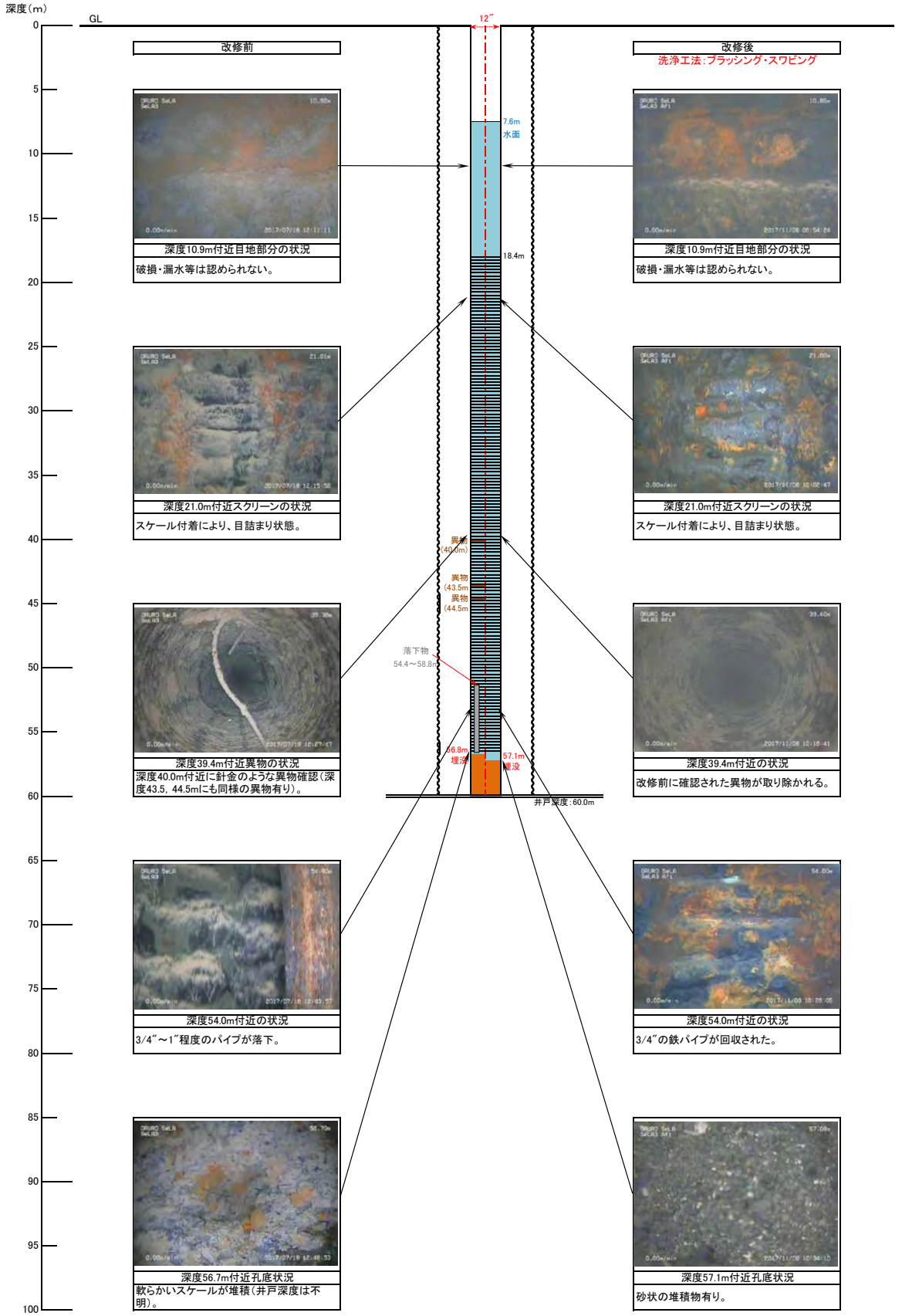
深度	0.0m － 56.2m（観察深度）	スクリーン深度	23.5m － 57.0m?



改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める	改修方法	ジェッティング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	A
備考・留意点	全体的にスケールが付着しており、スクリーンの目詰まりも多い。深度40.6m，50.5m付近にて異物有り（井戸カメラは通過可能）。深度48.2mからボトム（深度55.7m）まで3/4″～1″程度のパイプが落下。また、ボトムに黒色のベルト素材の異物が落下。					

改修前・後の井戸カメラ撮影画像（オルロ SeLA3）1/1

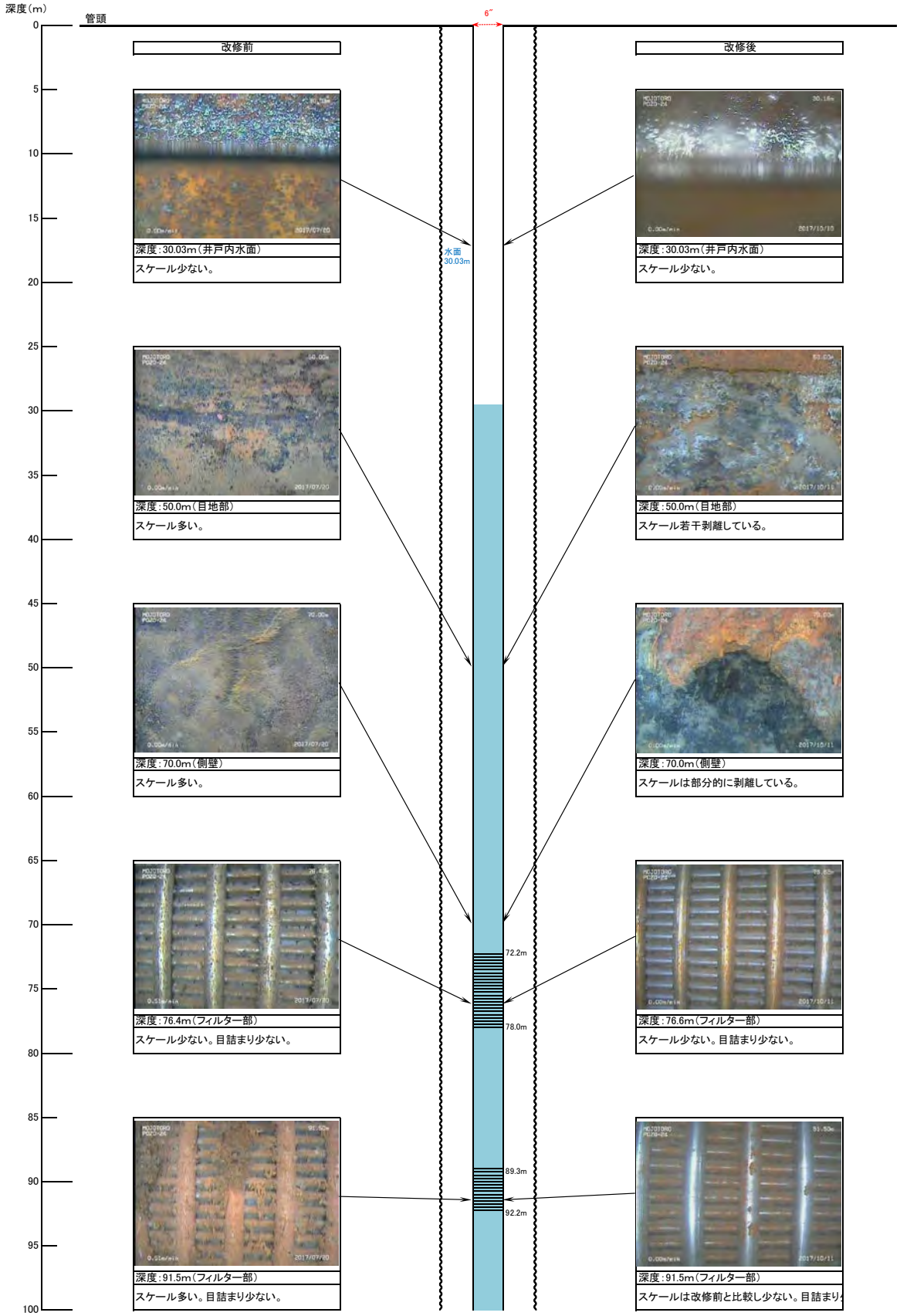
深度	0.0m － 56.8m（観察深度）	スクリーン深度	18.4m － 56.8m



改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める	改修方法	ブラッシング・スワビング・エアーリフト工法	優先度	A
備考・留意点	全体的にスケールの量は少ないが、スクリーン部の目詰まりは多い。深度40.0m，43.5m，44.5mにて異物有り（井戸カメラは通過可能）。深度51.4mからボトム（深度56.8m）まで3/4″～1″程度のパイプが落下。					

改修前・後の井戸カメラ撮影画像（MOJOTORO 24）1/2

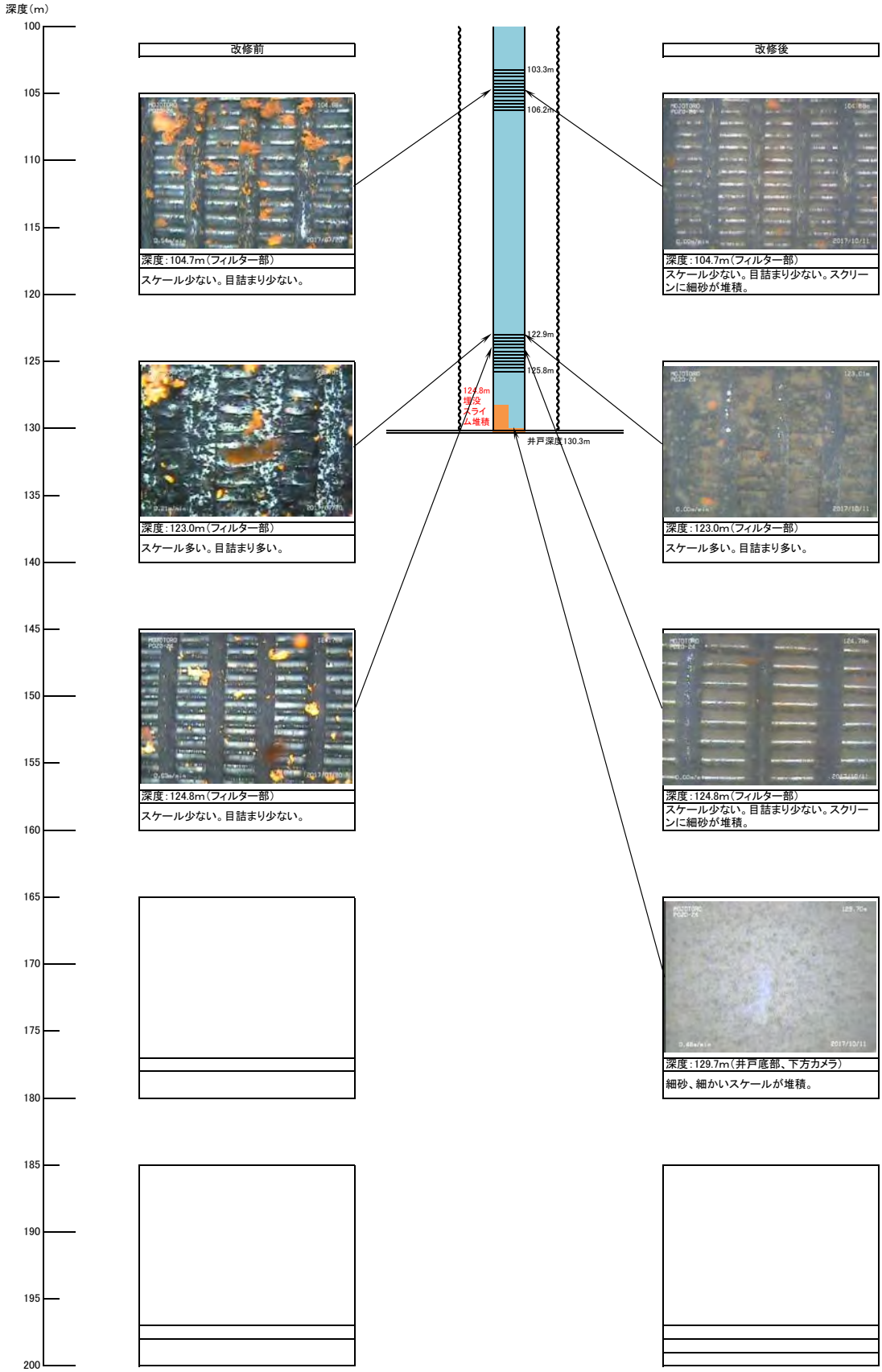
深度	0.0m	－	130.3m	スクリーン深度	72.2m	－	78.0m	122.9m	－	125.8m
					89.3m	－	92.2m			
					103.3m	－	106.2m			



改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める。	改修方法	ブラッシング・スワビング・エアーリフト工法	優先度	A
備考・留意点	全体にスケール、目詰まりとも少なく、エアーリフト工法の洗浄効果が見込める。					

改修前・後の井戸カメラ撮影画像（MOJOTORO 24）2/2

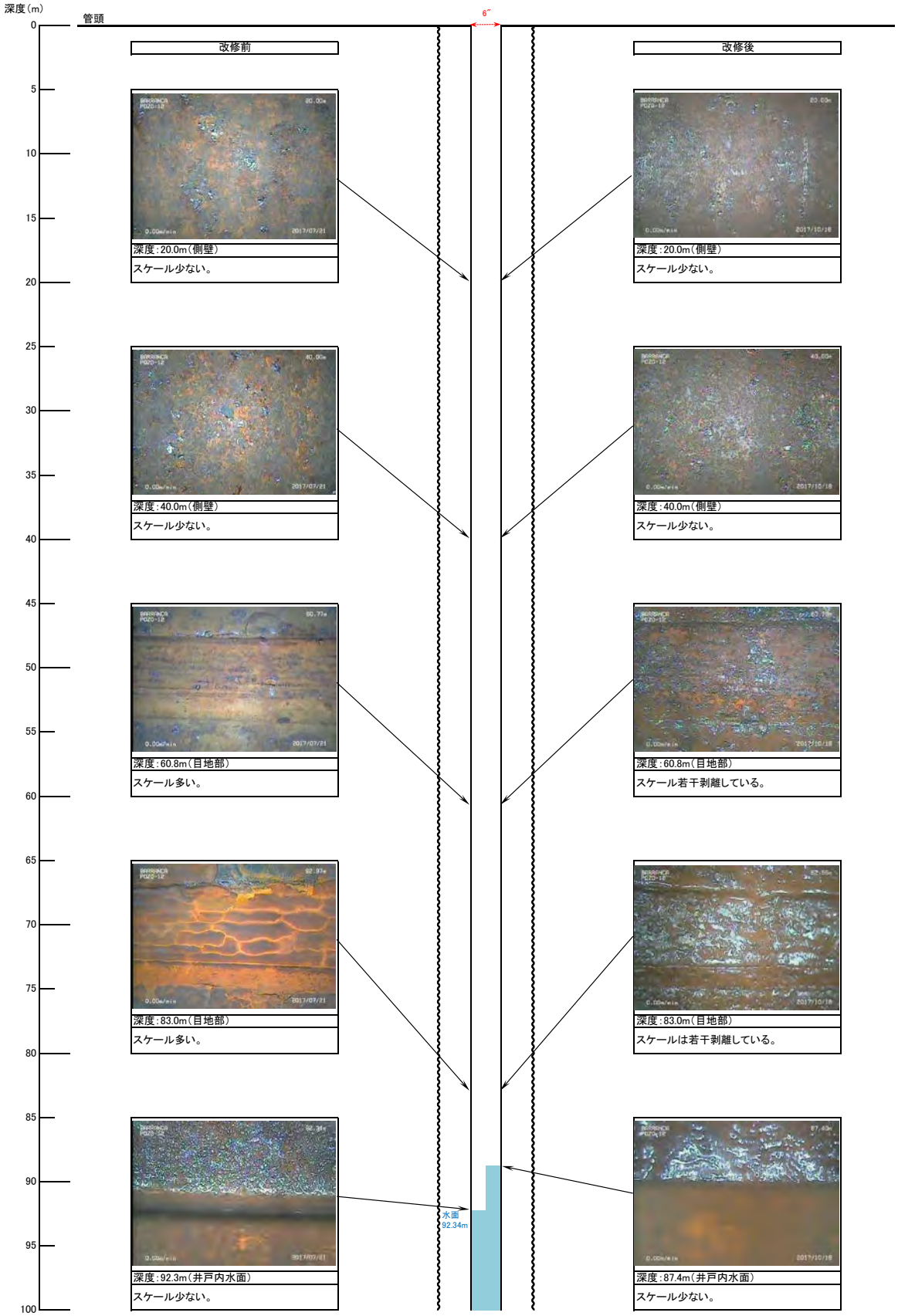
深度	100.0m	－	130.3m	スクリーン深度	72.2m	－	78.0m	122.9m	－	125.8m
					89.3m	－	92.2m			
					103.3m	－	106.2m			



改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める。	改修方法	ブラッシング・スワビング・エアーリフト工法	優先度	A
備考・留意点	全体にスケール、目詰まりとも少なく、エアーリフト工法の洗浄効果が見込める。					

改修前・後の井戸カメラ撮影画像（BARRANCA 12）

深度	0.0m	－	133.0m（観察深度）	スクリーン深度	121.8m	－	124.8m



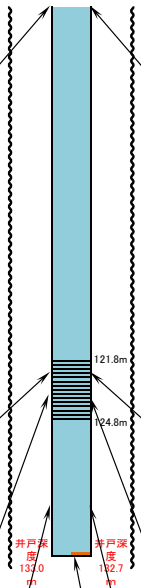
改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める。	改修方法	エアーリフト工法	優先度	A
備考・留意点	特になし					

改修前・後の井戸カメラ撮影画像（BARRANCA 12）

深度	－ 133.0m（観察深度）	スクリーン深度	121.8m － 124.8m	

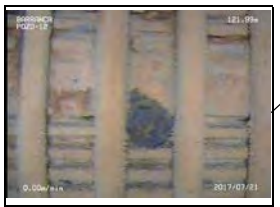
深度（m）

100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200



改修前

深度：100.0m（側壁）
スケール少ない。



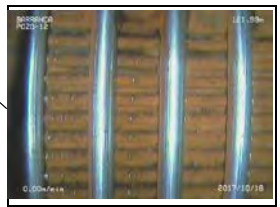
深度：122.0m（フィルター部）
フィルターには部分的にスケール、目詰まりが認められるが、全体としては少ない。

深度：123.1m（フィルター部）
フィルターには部分的にスケール、目詰まりが認められるが、全体としては少ない。

スケール多い。

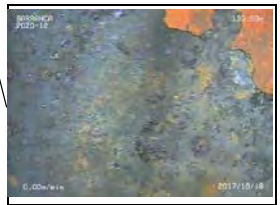
改修後

深度：100.0m（側壁）
スケール少ない。



深度：122.0m（フィルター部）
フィルターには部分的にスケール、目詰まりが認められるが、全体としては少ない。

深度：123.1m（フィルター部）
若干スケールはあるが、目詰まりはほとんどなく全体としては少ない。



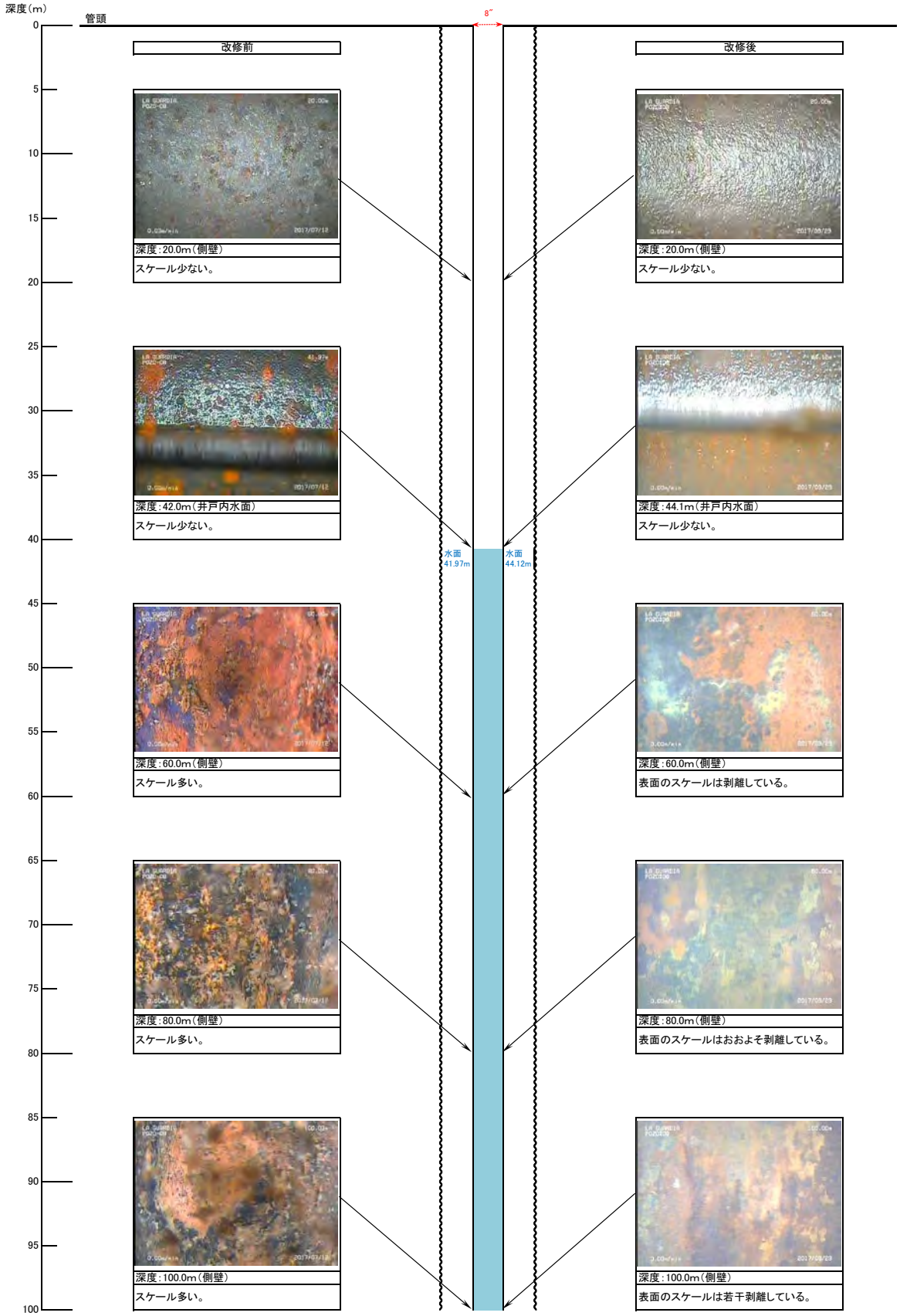
深度：130.0m（側壁）
スケール多くは剥離している。

深度：132.6m（下方）
剥離したスケールが堆積している。

改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める。	改修方法	エアーリフト工法	優先度	A
備考・留意点	特になし					

改修前・後の井戸カメラ撮影画像（ラガルディア8）1/2

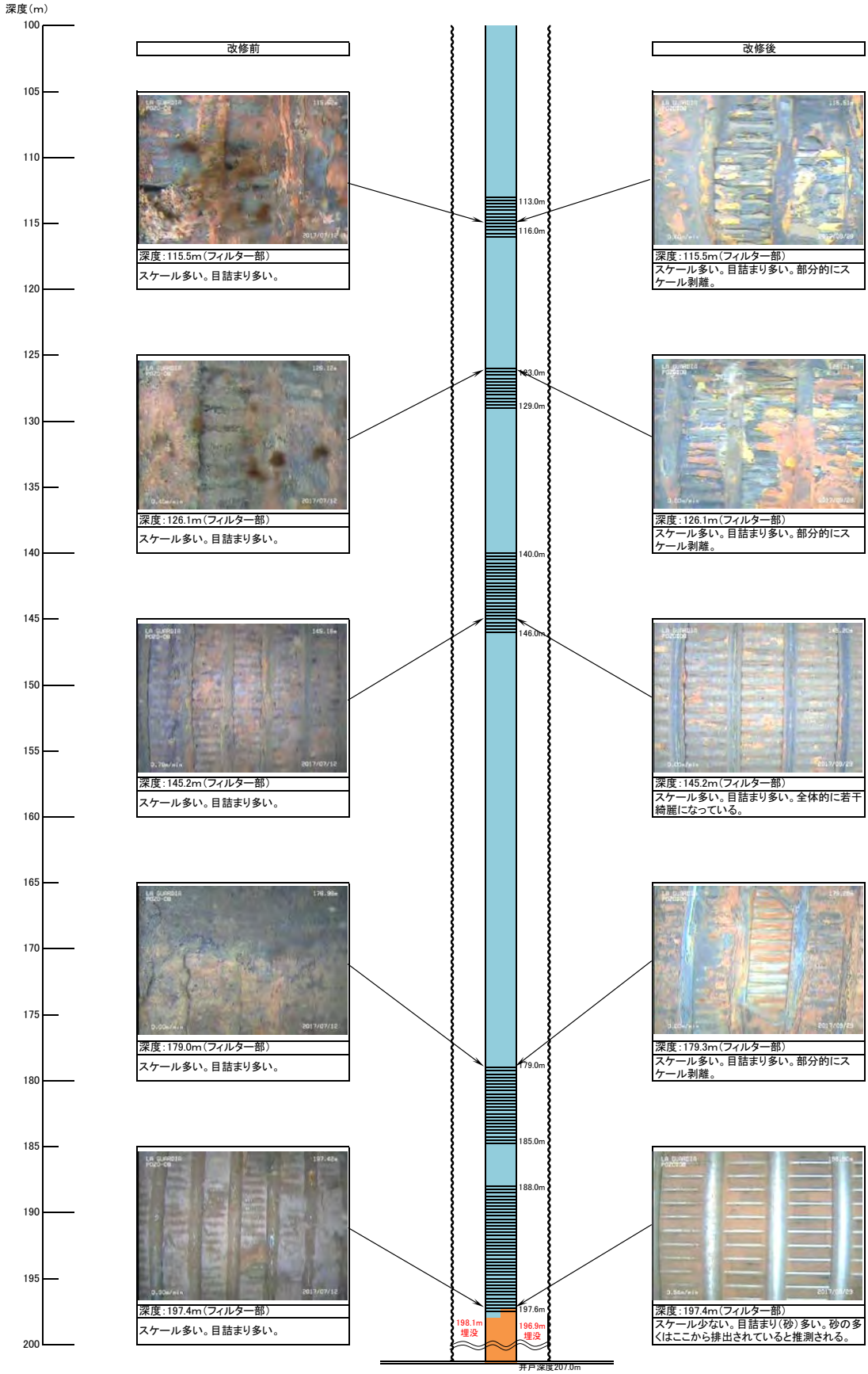
深度	0.0m	－	207.0m	スクリーン深度	113.0m	－	116.0m	179.0m	－	185.0m
					126.0m	－	129.0m	188.0m	－	197.6m
					140.0m	－	145.9m			



改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める。	改修方法	ジェッティング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	A
備考・留意点	特になし					

改修前・後の井戸カメラ撮影画像（ラガルディア8）2/2

深度	0.0m	－	207.0m	スクリーン深度	113.0m	－	116.0m	179.0m	－	185.0m
					126.0m	－	129.0m	188.0m	－	197.6m
					140.0m	－	145.9m			



深度：115.5m（フィルター部）
スケール多い。目詰まり多い。

深度：115.5m（フィルター部）
スケール多い。目詰まり多い。部分的にスケール剥離。

深度：126.1m（フィルター部）
スケール多い。目詰まり多い。

深度：126.1m（フィルター部）
スケール多い。目詰まり多い。部分的にスケール剥離。

深度：145.2m（フィルター部）
スケール多い。目詰まり多い。

深度：145.2m（フィルター部）
スケール多い。目詰まり多い。全体的に若干綺麗になっている。

深度：179.0m（フィルター部）
スケール多い。目詰まり多い。

深度：179.3m（フィルター部）
スケール多い。目詰まり多い。部分的にスケール剥離。

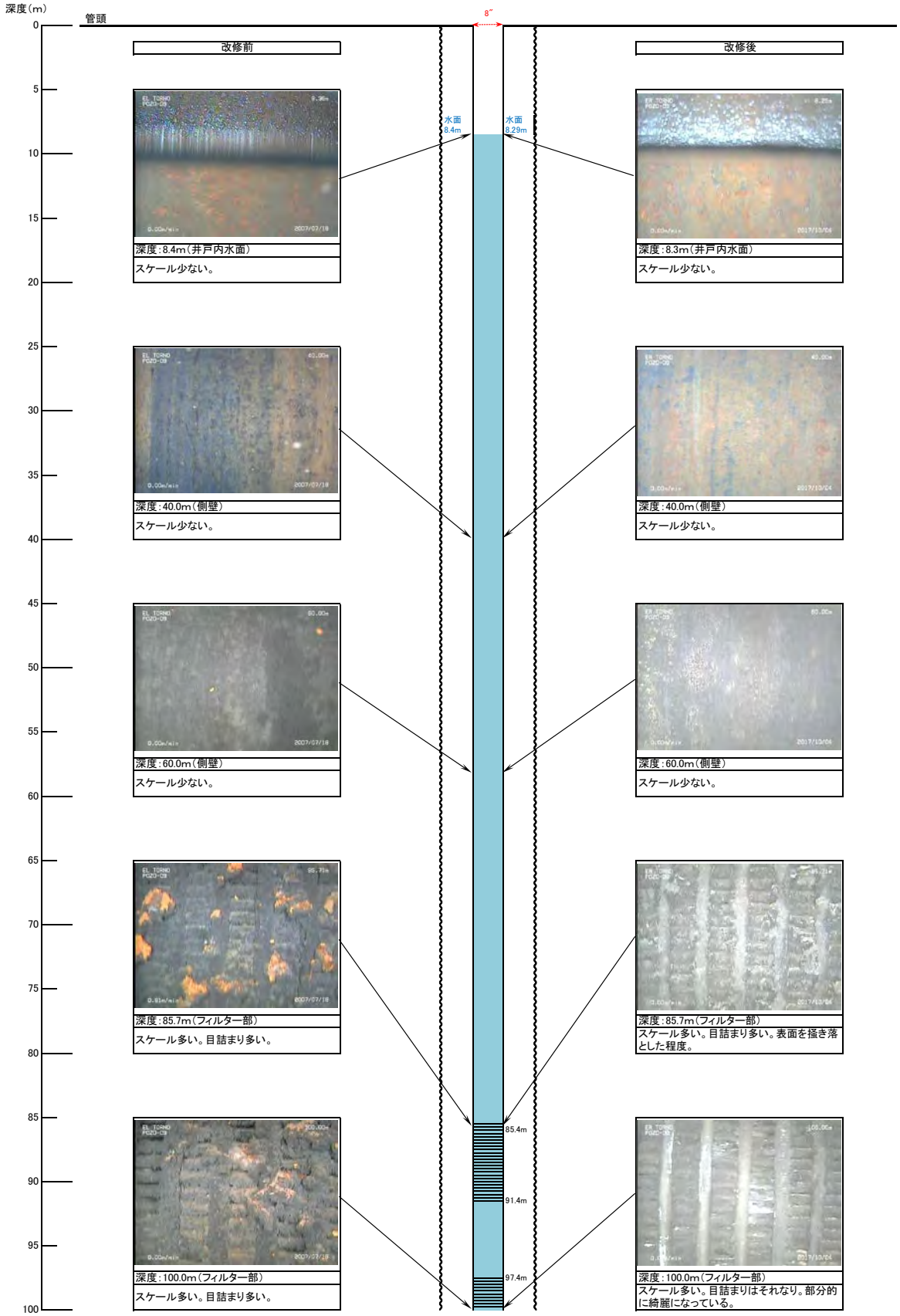
深度：197.4m（フィルター部）
スケール多い。目詰まり多い。

深度：197.4m（フィルター部）
スケール少ない。目詰まり（砂）多い。砂の多くはここから排出されていると推測される。

改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める。	改修方法	ジェッティング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	A
備考・留意点	特になし					

改修前・後の井戸カメラ撮影画像（エルトルノ9） 1/2

深度	－ 168.0m	スクリーン深度	85.4m － 91.4m 97.4m － 117.4m	



深度：8.4m（井戸内水面）
スケール少ない。

深度：8.3m（井戸内水面）
スケール少ない。

深度：40.0m（側壁）
スケール少ない。

深度：40.0m（側壁）
スケール少ない。

深度：60.0m（側壁）
スケール少ない。

深度：60.0m（側壁）
スケール少ない。

深度：85.7m（フィルター部）
スケール多い。目詰まり多い。

深度：85.7m（フィルター部）
スケール多い。目詰まり多い。表面を掻き落とした程度。

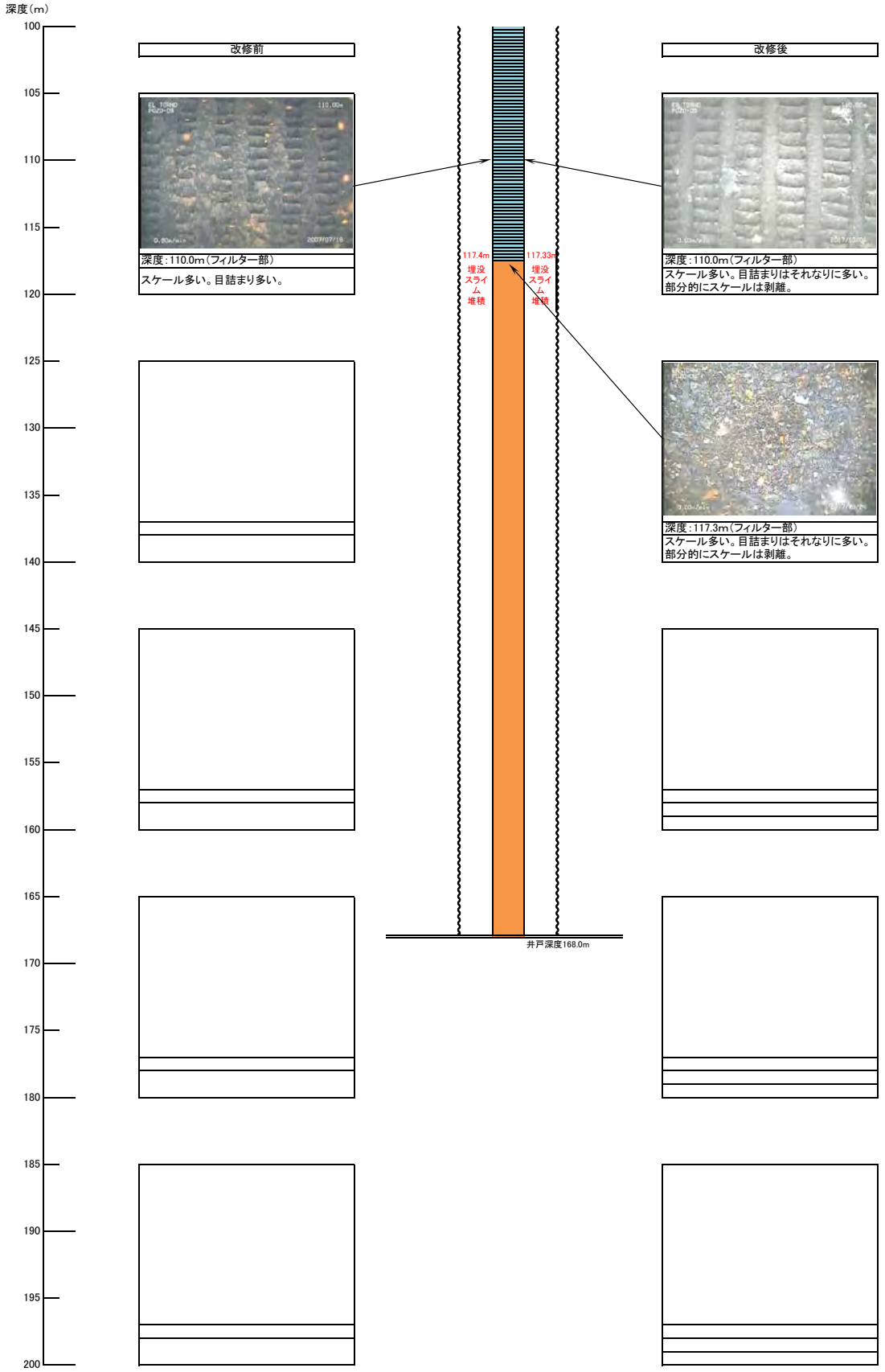
深度：100.0m（フィルター部）
スケール多い。目詰まり多い。

深度：100.0m（フィルター部）
スケール多い。目詰まりはそれなり。部分的に綺麗になっている。

改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める。	改修方法	ブラッシング・スワビング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	A
備考・留意点	特になし					

改修前・後の井戸カメラ撮影画像（エルトルノ9） 2/2

深度	0.0m	－	168.0m	スクリーン深度	85.4m	－	91.4m
					97.4m	－	117.4m



改修の可能性	○	スクリーンのスケール付着状況からは改修の効果が十分見込める。	改修方法	ブラッシング・スワビング洗浄工法・エアーリフト工法	優先度	A
備考・留意点	特になし					

添付資料

4．井戸カメラを利用した井戸の診断・改修マニュアル（案）

MANUAL DE DIAGNÓSTICO Y REHABILITACIÓN DE POZOS CON EL USO DE CÁMARA DE POZOS

Junio de 2018

RaaX Co. LTD.

Tabla de contenido

１．**OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE POZOS** 1

2. Monitoreo e inspección de pozos 2

1) Nivel Estático del agua de pozo 2

2) Nivel Dinámico del agua de pozo 3

3) Caudal de Bombeo 3

4) Volumen de descarga específica (Capacidad Específica) 3

3. Diagnóstico del Pozo 3

1) Diagnóstico del Volumen de bombeo y la Caída de Niveles de agua 3

2) Diagnóstico de escorrentía de arena fina 6

4. Rehabilitación de Pozo 7

1) Eliminación de las incrustaciones y obstrucciones en los filtros 7

2) Prevención de flujo de arena fina 9

3) Dragado 9

4) Reparación y reemplazo de bomba sumergible 10

5) Prevención de la contaminación del agua subterránea 11

6) Control de calidad de la construcción 11

5. Evaluación de resultados de la Rehabilitación de Pozo (Eliminación de incrustaciones) 11

1) Evaluación general con la cámara de pozo 11

2) Evaluación cuantitativa mediante prueba de bombeo 13

6. Beneficio de costo de extender la vida útil de un pozo 13

1) Modelación del deterioro de un pozo 13

2) Cuantificación de los efectos al prolongar la vida útil de un pozo 14

7. Método de operación y manejo de la cámara de pozo 17

1) Presentación de la cámara de pozo i-Do300F-Ⅱ 17

2) Manejo de la cámara de pozo i-Do300F-Ⅱ 20

MANUAL DE DIAGNÓSTICO Y REHABILITACIÓN DE POZOS CON EL USO DE CÁMARA DE POZOS

1．OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE POZOS

En este manual, se resumen las técnicas relacionadas con el diagnóstico / rehabilitación centradas en el uso de la cámara de pozo para la operación y mantenimiento de pozo profundo.

Los pozos profundos, se refiere a pozo de diámetros de 300mm (12”) perforados con maquinaria, por lo general pozos de más de 30 metros de profundidad. (Citado del glosario relacionado con el proyecto de desarrollo de agua subterránea de la Cooperación No Reembolsable).

De esta manera, un pozo profundo tiene la capacidad de bombeo más alto en el momento de la construcción, pero como los años se nota un deterioro por corrosión y la calidad de agua del propio acuífero y los filtros se incrustan y produce un deterioro de la tubería (ademe). Aunque estos pueden ser restaurados hasta cierto punto mediante trabajos de rehabilitación, etc., al final tendrán su vida útil.

Para que un pozo dure más tiempo, es muy importante conocer bien sus características (particularidad) y administrarlo adecuadamente. Sus características, ya casi establecida en el momento de la construcción del pozo, se determinarán durante el período comprendido entre la planificación inicial hasta el final a través de estudios y de su propia construcción. Como sus características no se pueden cambiar, la forma de operación y mantenimiento afectará la vida útil del pozo una vez completado.

Lo básico para mantener y administrar pozos profundos es asegurar el volumen de agua bombeada dentro del rango del balance hídrico del agua subterránea. El bombeo excesivo de los pozos profundos (sobre explotación), el nivel del agua baja con la velocidad de flujo de carga en el pozo, este fenómeno producirá un ingreso de arena fina y limo, además al sobre bombeo los filtros quedan vacíos (nivel dinámico por debajo de los filtros) la parte de los filtros pueden oxidar y acelerará el incrustaciones.

Es decir, un aumento en la caída de nivel de agua del pozo, no sólo va afecta al aumento de costo de energía, sino que conduce a un aumento en la elevación de la bomba, también se produce en el pozo profundo una variedad de anormalidades tales como:

① Aumento de la velocidad de captación de agua

② Generación de flujo turbulento en la parte del filtro

③ Obstrucción de la pantalla con partículas de arena fina y limo

④ Originan incrustaciones e ingreso de limo alrededor de los filtros

⑤ Hundimiento debido al bombeo excesivo por la presión de deshidratación de la capa de arcilla

⑥ Incremento en el costo de energía

⑦ Obstrucciones por incrustaciones por sobre bombeo dejando vacío los filtros.

Por lo tanto, el bombeo excesivo (sobre explotación) de pozos profundos no solo induce a la bajada del nivel dinámico del agua sino también varios perjuicios, por lo que es indispensable desde el punto de vista de conservación de pozos profundos operar por debajo del caudal óptimo de bombeo diseñado.

2. Monitoreo e inspección de pozos

Para gestionar adecuadamente un pozo, es tener registrados todos los datos del pozo.

“Datos sobre pozos son (ubicación de filtros y otros): tipos de bombas sumergible, resultados de las pruebas de bombeo, resultados de calidad del agua, presencia / ausencia de trabajos de reparación, método de trabajo de reparación, etc.” ⇒ Crear registro de gestión de pozos (Ver ejemplo en la Figura 1)

EJ. REGISTRO DE POZOS

Fecha Perforación		Año	Mes	Día								
Tubería	Diámetro	mm			Resultado Prueba de Bombeo	Fecha						Otros
	Profundidad	m				Nombre	Caudal ℓ/min	Nivel NS-m	Caudal ℓ/min/m	Tiempo min	Temperatura ℃	
	Materiales					N.Estático						
						1°Escalón						
						1°Escalón						
Filtros	Tipo					1°Escalón						
	Materiales					1°Escalón						
	Ubicación					1°Escalón						
					Gráfico P Bombeo					Nota		
Bomba Sumergible	Tipo											
	# Fabricación											
	Diámetro	mm										
	Ubicación	m										
	Caudal	ℓ/分										
	Ubicación	m										
	Potencia	kW										
	Voltaje	V			C.Agua	C.Totales	C.Fecales			Fe y otros	Ion sodio	
	Frrecuencia	Hz										
	Amperaje	A				Bacterias	p H	Sabor	Olor	Color	Turbiedad	

Figura-1. Libro Mayor de Control de Pozos (Ejemplo)

Para mantener un bombeo estable de los pozos, es importante medir periódicamente los niveles de agua estáticos y dinámicos, y bombear sin causar turbulencias para que la arena fina no fluya dentro del rango de caudal determinada. Además, el control de calidad de agua se lleva a cabo periódicamente, y cuando se descubre la contaminación del agua, es necesario responder con prontitud y precisión.

Para comprender la tendencia del cambio anual, es importante organizar y almacenar los datos obtenidos por inspección como una base de datos.

Los elementos principales que se verificarán mediante un monitoreo regular son los siguientes.

1) Nivel Estático del agua de pozo

El nivel hidrostático se refiere al nivel de agua (nivel de agua natural) en estado natural antes de bombear usando una bomba sumergible en un pozo. La medición del nivel estático del agua sirve como un estándar para la operación y mantener pozos profundos y es un dato valioso para considerar el balance hídrico del agua subterránea. Existen las dos formas siguientes de registrar el nivel de agua medido.

① Método para mostrar la profundidad desde la superficie del suelo de cada pozo hasta la superficie del agua subterránea en estado natural sin bombeo.

② Método de mostrar el nivel del agua subterránea reemplazando por la altitud barométrica.

Aunque es deseable utilizar el método ② es más conveniente para comparar y examinar la tendencia del nivel del agua de pozo, incluso si se controla mediante el método de ①, se convierte a la altitud una vez al año en la

medición mensual, dibujando una línea de nivel de agua de pozo y conviértalo en un material para evaluar el nivel de agua subterránea en un área amplia. El período de medición se mide mensualmente o al menos una vez cada seis meses.

2) Nivel Dinámico del agua de pozo

El nivel de agua dinámico significa el nivel de agua (nivel de agua de bombeo) en un estado donde se opera la bomba sumergida y existe una descarga del agua de pozo. La medición del nivel dinámico de agua, puede realizar la relación entre el volumen de agua bombeada y el nivel dinámico de agua, como la caída del nivel desde el nivel estático, se convierte en un material necesario para el mantenimiento adecuado de la bomba sumergible de pozo profundo, registrarla y guardarla en almacenamiento.

3) Caudal de Bombeo

Dado que el nivel de agua de bombeo varía mucho según el caudal de bombeo, el volumen de descarga (bombeado) de agua se mide todos los días, el nivel dinámico se mide al mismo tiempo con el volumen de agua bombeada y se mide periódicamente al menos cada mes. Según este valor medido se debe tener precaución en el bombeo y al descenso excesivo del nivel de agua. Además, analice completamente el contenido del informe de la prueba de bombeo, etc. en la inicial (en el momento de la construcción) y compárelo con el nivel de agua dinámico actual característica del pozo (relación del nivel dinámico y volumen de bombeo, etc.) y el volumen de agua bombeada, y realice el tratamiento adecuado para preservar el pozo.

4) Volumen de descarga específica (Capacidad Específica)

Con respecto al caudal de bombeo, el índice de Capacidad específica (Capacidad específica) es un indicador para el diagnóstico simple de la capacidad del pozo. La cantidad de descarga específica muestra la capacidad del pozo (descarga de agua por 1m de la caída del nivel de agua (abatimiento)), y es la volumen obtenida por el volumen de descarga ÷ el abatimiento (nivel hidrostático - nivel dinámico). A medida que el nivel dinámico disminuye, el abatimiento es mayor y la Capacidad Específica disminuye. En Japón, se debe considerar la recuperación funcional mediante trabajos de reparación, etc., si la capacidad específica ha disminuido a aproximadamente 80% del momento de la construcción. Si la capacidad específica baja al 50%, incluso si se rehabilita, a menudo no se puede esperar su recuperación.

3. Diagnóstico del Pozo

El diagnóstico de pozo profundo es como se muestra en la Figura-2, Diagrama de flujo.

El diagnóstico del pozo se lleva a cabo contra anormalidades tales como volumen de bombeo, niveles de agua, etc. comparados con datos en la etapa inicial (en el momento de la construcción o rehabilitación).

1) Diagnóstico del Volumen de bombeo y la Caída de Niveles de agua

1) Se puede verificar con el diagnóstico del pozo si existe una reducción mayor (al 80% en Japón) al nivel estándar de la capacidad específica.

(1) Cuando la capacidad específica no ha disminuido

Aunque la capacidad específica no haya disminuido, pero en caso que el volumen de bombeo está

disminuyendo, existe la posibilidad de una anormalidad de la instalación de bombeo siguiente.

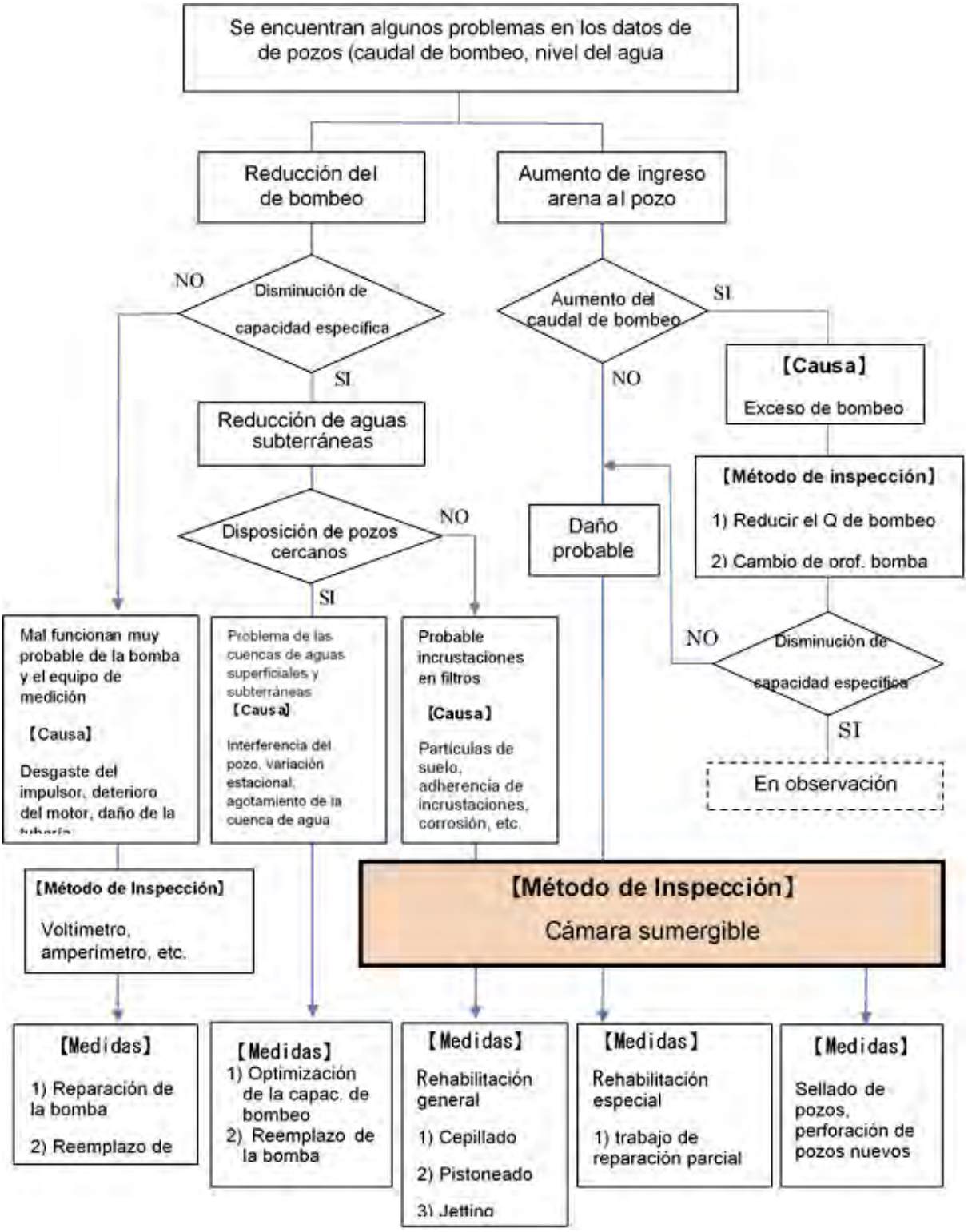
① Desgaste del impulsor de la bomba

② Degradación del motor

③ Rotura de la tubería de bombeo

④ Falla del equipo de medición

En estos e casos, verifique el voltímetro, amperímetro, resistencia de aislamiento del motor de la bomba sumergible etc., del panel de control.



(Fuente: "Manual técnico para la gestión de pozos", Japan Water Works Association, 1999)

Figura-2 Flujograma del Diagnóstico de Pozos Profundos

(2) Cuando la capacidad específica está disminuyendo

En muchos casos, el nivel del agua subterránea (especialmente el nivel dinámico) disminuye, la capacidad específica disminuye, y la profundidad de la bomba es insuficiente, por lo que se reduce el volumen de agua bombeada.

Si el nivel dinámico de agua es bajo a pesar del volumen de bombeo del pozo en cuestión, se de detener la bomba y medir el nivel estático del agua. Si existiese un pozo que se descarga del mismo acuífero en las cercanías, también se debe investigar el nivel del agua de pozo. Si el nivel de agua del pozo no disminuye, es un fenómeno solo en el pozo objetivo, y el filtro (rejilla), el acuífero y la apertura del filtro se haya producido muy probablemente una obstrucción. Las siguientes causas pueden considerarse como obstrucciones (incrustaciones), pero se deben inspeccionar y confirmar mediante una observación con una cámara de pozo (cámara de video sumergible.

① Obstrucción por partículas del suelo

② Adhesión de incrustaciones

③ Corrosión

④ Crianza de Bacterias

⑤ Burbujas y óxidos debido a la exposición de la rejilla

Si el nivel del agua subterránea se reduce no solo en el pozo objetivo sino también en los pozos cercanos, existe la posibilidad de que el nivel de agua en toda el área haya disminuido. Particularmente cuando los pozos están cerca el uno del otro, es concebible que el nivel de agua disminuya por interferencia mutua. Incluso si no es una interferencia mutua directa de los pozos, puede ser que el balance entre la recarga de aguas subterráneas y la cantidad de agua bombeada en toda el área se colapsa, el volumen de agua subterránea almacenada en toda la cuenca de agua subterránea disminuye, el balance de agua disminuye y el nivel de agua baja.

2) Diagnóstico de escorrentía de arena fina

Cuando existe el ingreso de arena fina, los pozos se colapsan, lo que reduce la altura de la bomba debido al desgaste de la bomba sumergible, la obstrucción del acuífero y de los filtros, etc.

Como la causa del aumento de ingreso de arena fina se debe al aumento del volumen de agua bombeada y a la rotura del filtro, en estos casos se debe regular el caudal de bombeo para que no se extraiga arena. Si la arena figue fluyendo, es necesario inspeccionar con cámara de pozo teniendo en cuenta el daño de los filtros del ademe.

Si el ingreso de arena fina no se detiene desde el principio, o la graba seleccionada de empaque, existe la posibilidad de que la abertura de los filtros sea demasiado grande.

4. Rehabilitación de Pozo

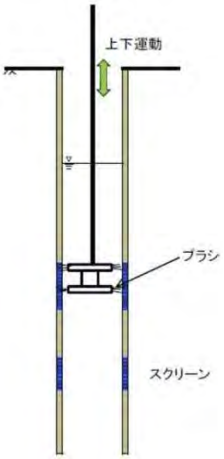
1) Eliminación de las incrustaciones y obstrucciones en los filtros

Se requieren trabajos de rehabilitación si el caudal de bombeo, el nivel dinámico del agua se reduce o la calidad del agua cambia y se considera que la rejilla del pozo está bloqueada. Si la capacidad de bombeo diaria y registrada disminuye de manera sucesiva desde el momento de la construcción, se puede suponer que la causa es la obstrucción de la rejilla o causa similar. En tal caso, investigue el interior del pozo con una cámara sumergible, etc. y, si se confirma la obstrucción de la rejilla, realice el trabajo de rehabilitación de la siguiente manera. En muchos casos, estos métodos se combinan.

- Método de cepillado
- Método de pistoneado
- Método de inyección de agua a alta presión (Jetting)
- Método de limpieza de tipo inverso
- Método con tratamiento químico

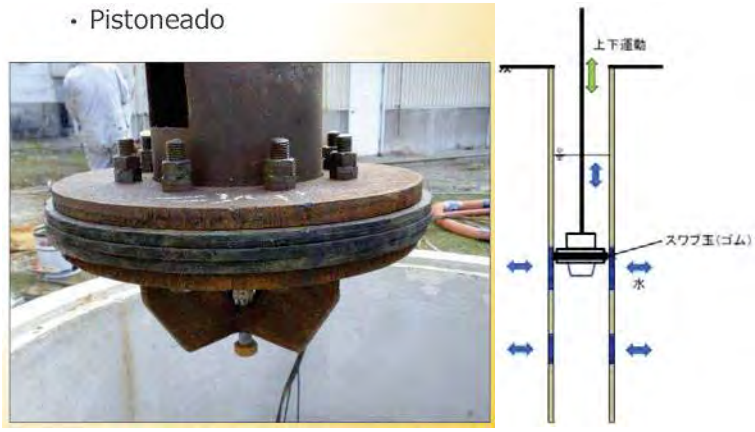
① Método de cepillado

Un método que consiste en mover axialmente un cepillo de alambre (u otro material) un poco más grande que el diámetro interno de la tubería, raspando y eliminando las incrustaciones en la rejilla (filtro) y la superficie de la tubería. Es efectivo para eliminar y limpiar las obstrucciones en la superficie de la tubería de revestimiento, pero es difícil eliminar las incrustaciones duras, remover el empaque de grava y la obstrucción sedimentadas en los filtros.



② Método de pistoneado

Considerando la tubería como un cilindro, es un método para descender una herramienta similar a un pistón (pistón) colgaba con un cable (cañería), aumentando la fluctuación del agua mediante el movimiento axial para eliminar la incrustación y los granos de arena alrededor de la rejilla. Existe peligro de rotura si la rejilla y otros están corroída o deteriorada considerablemente.

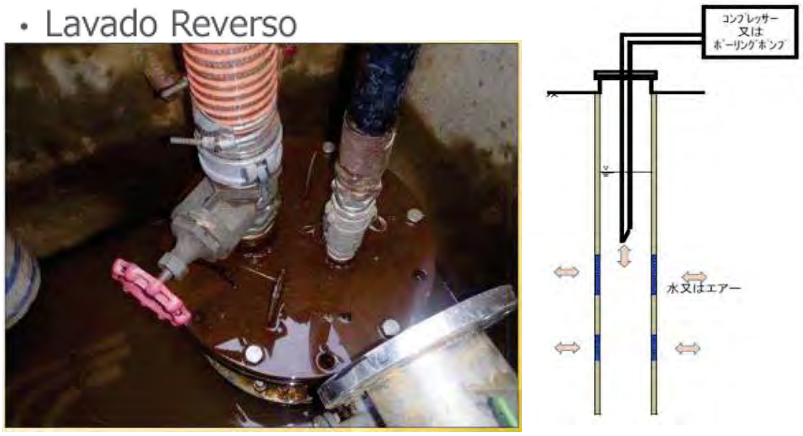


Método de Inyección de agua a alta presión

Un método que se inyecta agua a alta presión desde el interior hacia el exterior de la rejilla para eliminar las incrustaciones de la rejilla y eliminar la obstrucción.

③ Método de lavado inverso

En la rejilla obstruida, varias veces se produce una acción repetida de lavado inverso con la operación repetitiva en la que el aire o el agua fluyen repentinamente al pozo para elevar el nivel de agua en la tubería de inmediato y las sustancias que obstruyen la rejilla y el empaque de grava se agitan y remueven.



④ Método con tratamiento químico

Para eliminar la obstrucción de la parte de la rejilla, inyecte productos químicos en el pozo, disuelva el producto, disuelva el óxido de metal y elimine la incrustación de la superficie de la tubería. Es difícil decir si es efectivo o no, y a menudo es difícil juzgar el efecto.

2) Prevención de flujo de arena fina

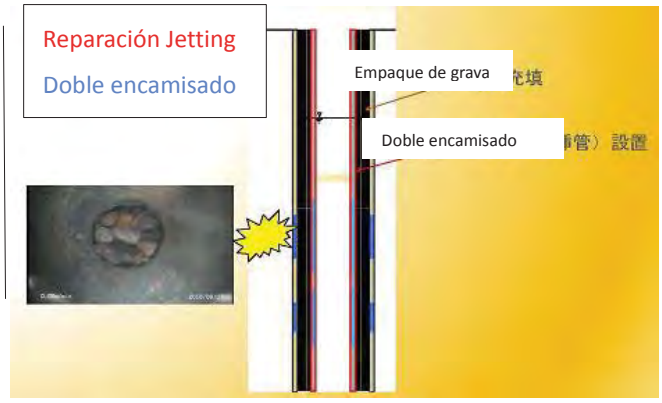
Existen tres causas principales del fenómeno de flujo de salida (ingreso) de arena fina mezclado con limo durante el bombeo.

① Por bombeo excesivo o funcionamiento intermitente de la bomba sumergible.

② Debido a la rotura por desgaste o por corrosión de la parte de las juntas de la tubería ciega y la rejilla o filtro.

Debido a la obstrucción de filtros y acuíferos, por el aumento de la velocidad del flujo de captación.

Debido a estos fenómenos, la arena, la grava y materiales similares del acuífero pueden fluir hacia el pozo, lo que puede provocar la falla de la bomba sumergible, el colapso del pozo, el colapso del pozo y otros daños similares. Como medida, si la arena y limo se mezcla durante la inspección de bombeo que se realiza en el patrullaje diario, y el porcentaje de mezcla está aumentando, investigue el estado de la tubería / filtros utilizando una cámara sumergible, etc. Es necesario realizar un tratamiento adecuado, como un encamisado doble. En el encamisado doble, se inserta una tubería que tiene un diámetro menor que la tubería instalada, y se llena cemento fino en la ranura anular para fijar la tubería y evitar la salida de arena y materias similares.

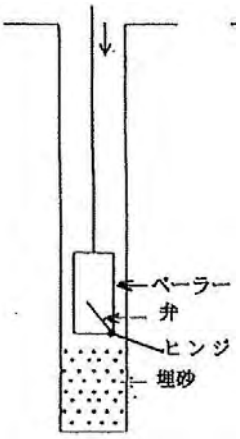


3) Dragado

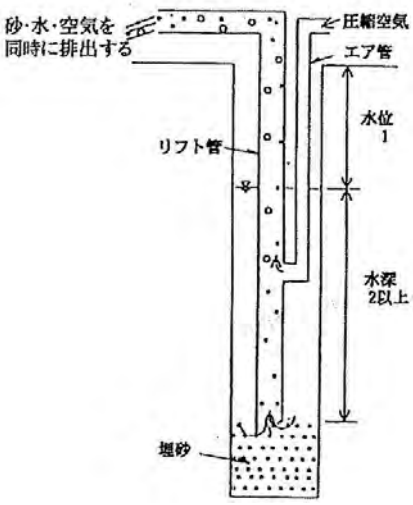
El dragado es un proceso de descarga de arena cuando la arena que fluye desde la rejilla se acumula en un depósito de arena en el fondo del pozo. En el caso de detectar arena fina en el bombeo de agua, también es posible que se acumule en el fondo del pozo, de modo que eleve la bomba sumergible y mida la profundidad del pozo. El dragado es necesario porque la rejilla inferior puede ser enterrada por la sedimentación.

Existen los dos métodos para eliminar sedimentos, ① es adecuado para recuperar sedimentos relativamente blandos, ② se utiliza para arena y grava relativamente compactas que son los siguientes.

① Eliminación de depósitos por empacadoras o cucharón



② Eliminación de sedimentos por método de compresorado



4) Reparación y reemplazo de bomba sumergible

En muchos casos, la degradación de la capacidad de bombeo de agua se debe a un deterioro de la bomba sumergible. El deterioro del motor puede verificarse con un medidor de resistencia de aislamiento. Si el valor de la resistencia de aislamiento es de 1 MΩ o menos, medido con 500 V, es necesario repararlo o reemplazarlo lo antes posible

Como el deterioro de la bomba aparece como una caída en el cabezal de la bomba, se compara con el valor inicial y se lleva a cabo la reparación y el reemplazo de las piezas dañadas.

5) Prevención de la contaminación del agua subterránea

Como un caso donde el agua subterránea está contaminada con sustancias que no se encuentran en la naturaleza, la contaminación secundaria de agua subterránea de depresión contaminada o agua subterránea no presurizada contaminada puede ocurrir a lo largo de la pared del pozo profundo como invasión a través infiltraciones. En este caso, se inyecta lechada de cemento desde la superficie mediante el método de inyección de lechada, llenando el espacio que se convierte en la ruta de contaminación y realizando un trabajo de bloqueador de ingreso del agua.

Para el ingreso de agua contaminada de la parte defectuosa de la unión soldada de la tubería, se debe verificar mediante una cámara de pozo las uniones, y en su caso solucionar con un combinado del método de doble entubado y cementación.

Además, para evitar que los pozos profundos causen la difusión de la contaminación del agua subterránea, cuando se utilizan pozos profundos como pozos de desechos, se inyecta lechada de cemento (cementación) desmontando el tubo Tremy en el pozo y las partes de la rejilla, partes rotas, etc. Es necesario instalarlo para que esté completamente bloqueado.

6) Control de calidad de la construcción

Con el fin de preservar la cantidad y calidad de los recursos limitados de agua subterránea y hacer un uso efectivo de manera sostenible, es esencial construir primero un pozo y mantenerlo adecuadamente y usarlo durante muchos años. . La Figura 2 muestra el flujo de diagnóstico para el mantenimiento y la gestión según el lugar, pero los esfuerzos de mantenimiento y gestión se desperdician si existen fallas en la construcción de modo que la rejilla no cumple la función por su mala ubicación predeterminada desde el inicio de la construcción del pozo. Para evitar esto, es posible excluir pozos con una construcción deficiente realizando una inspección de finalización que confirma si la construcción se ha ejecutado de acuerdo con el diseño de pozo utilizando una cámara de pozo.

5. Evaluación de resultados de la Rehabilitación de Pozo (Eliminación de incrustaciones)

En cuanto al resultado de la mejora del pozo (eliminación de obstrucciones), el efecto de rehabilitación se evalúa a partir de una evaluación general, comparando las imágenes fotografiadas con la cámara de pozo antes y después de la rehabilitación y de la evaluación cuantitativa por comparación de los resultados de la prueba de bombeo.

1) Evaluación general con la cámara de pozo

Como se muestra en el ejemplo de la Fig. 3, compare las imágenes antes y después de la rehabilitación de cada pozo, como una rejilla en un plano de la sección del pozo, tenga en cuenta el efecto de la eliminación de obstrucciones. En el caso en que sea difícil juzgar solo con las imágenes fijas, compare en detalle y evalúe con el video de la parte correspondiente.

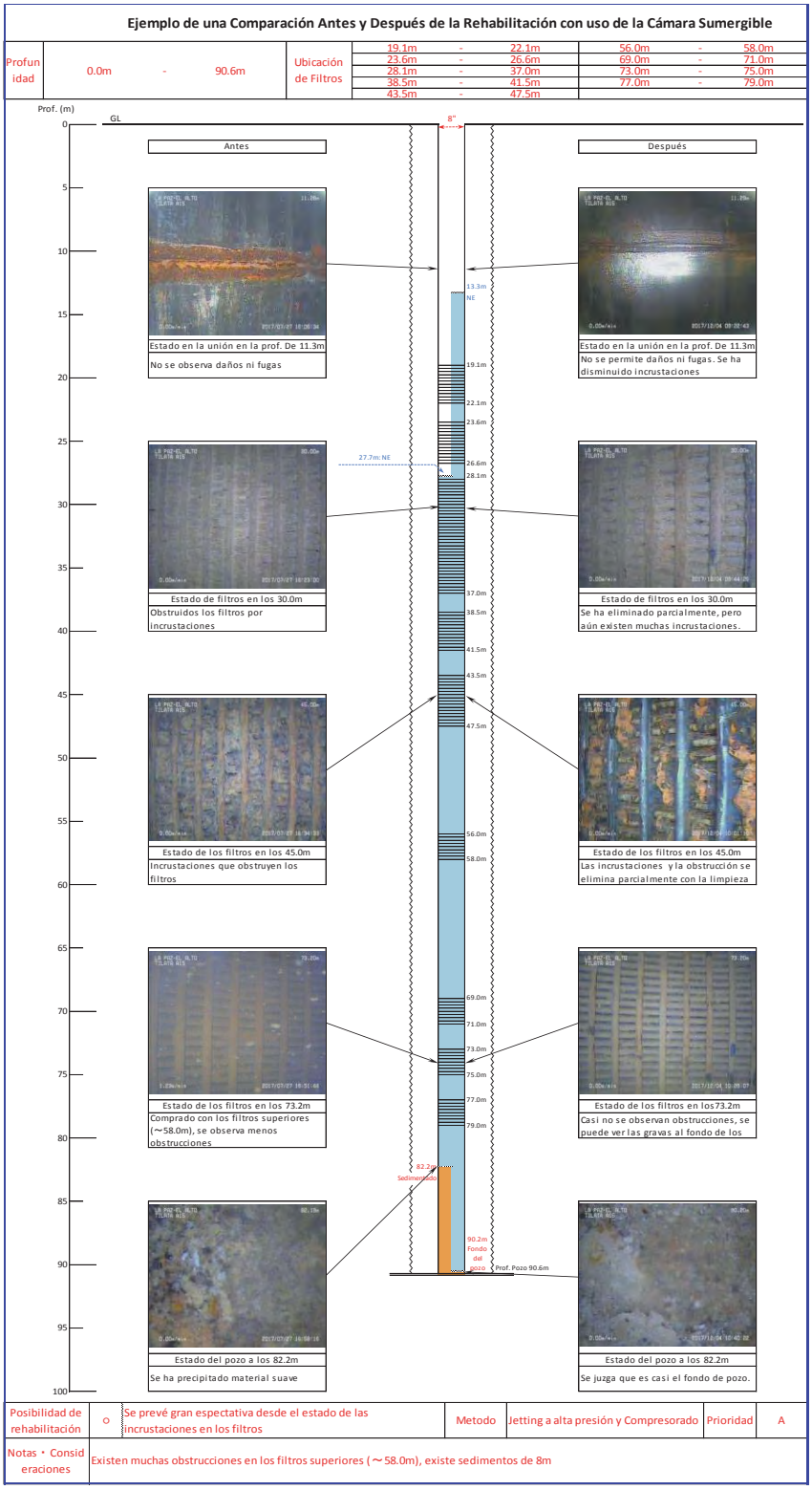


Figura-3 Imagen fotográfica en el pozo antes y después de la rehabilitación con cámara de pozo (ej.)

2) Evaluación cuantitativa mediante prueba de bombeo

La figura 4 muestra un ejemplo de evaluación cuantitativa mediante la prueba de bombeo.

Primero, realizamos una prueba de bombeo antes y después de la rehabilitación, con estos resultados graficamos la caudal de bombeo (Q) y el abatimiento (s: diferencia entre el nivel estático y dinámico), luego se halla la fórmula de aproximación de la curva Q-s. A continuación, se estima el caudal máximo de bombeo (Qmax) que viene a ser la profundidad más arriba del 1er filtro o en su caso más arriba de la ubicación de la bomba sumergible. El resultado de la rehabilitación es el índice o porcentaje de recuperación obtenida de la comparación de Qmax de la prueba de bombeo antes y después de la rehabilitación o bien con el Qmax de la construcción del pozo. En el ejemplo mostrado en la Fig. 4, el Qmax (66 L / min) después de la rehabilitación que recuperó en 36 L/min en comparación con el Qmax (30 L/min) antes de la rehabilitación, por lo que la tasa de recuperación es del 120 % (Tasa de recuperación 1 = 36 l/min ÷ 30 l/min). Además, dado que la caída del caudal (caída del Qmax) desde la inicial (140 L/min) hasta antes de la rehabilitación es 110 (= 140-30) L/min, la tasa de recuperación (tasa de recuperación 2 = 36 L/min ÷ 110 L/min) se evalúa como un 33%.

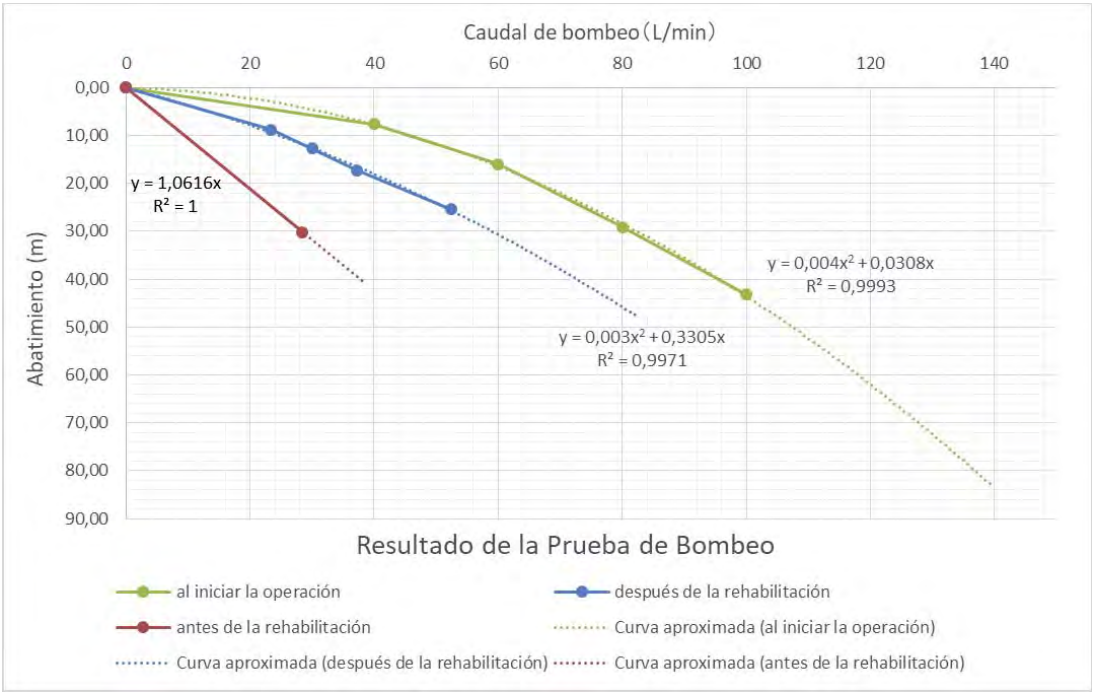


Fig. 4 Diagrama comparativo de resultados de la prueba de bombeo en el momento de la construcción del pozo, inmediatamente antes y después de la rehabilitación (ej.)

6. Beneficio de costo de extender la vida útil de un pozo

1) Modelación del deterioro de un pozo

Normalmente, se considera que los pozos tienen su punto máximo en el momento de su construcción, y la capacidad de bombeo se va deteriorando con el tiempo. Al registrar este deterioro y al graficarlo, podemos obtener una curva de deterioro de la capacidad de bombeo del pozo y predecir si podemos seguir usándolo durante aproximadamente un año más.

Sin embargo, si no se registran los niveles de agua y los volúmenes bombeados periódicamente o si los datos de medición se han perdidos, se debe obtener mínimamente los datos de la perforación del pozo y algunos datos medidos últimamente, con estos estimar la curva de deterioro o estimar de otros pozos, si no se realiza una modelación del deterioro del pozo no se puede determinar la vida útil del mismo. En la Figura 5 se muestra un ejemplo de modelo de deterioro de un pozo.

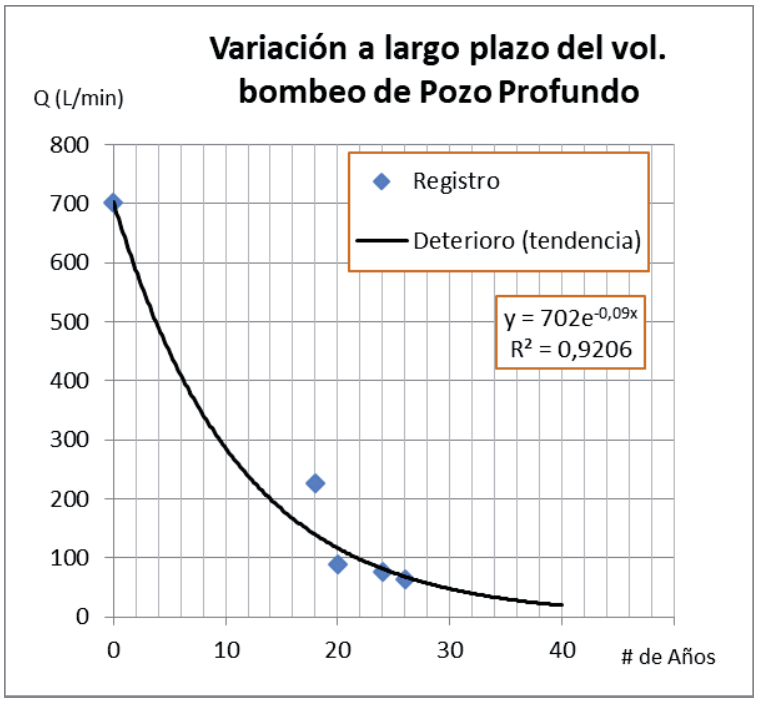


Figura 5 Modelo de deterioro de un pozo (ej.)

2) Cuantificación de los efectos al prolongar la vida útil de un pozo

Con los métodos y estimaciones para estimar y evaluar la relación costo-efectividad al cuantificar el efecto de la vida útil prolongada mediante la rehabilitación de pozos utilizando el modelo de deterioro se muestran a continuación.

Si rehabilitamos 27 años después de la construcción y asumimos que el 50% de la tasa de recuperación (tasa de recuperación 2) fue efectiva, si graficamos el deterioro hasta 60 años (2050) después de la construcción como se muestra en la Figura 6. El deterioro en el caso de no realizar ninguna rehabilitación está representada con la curva negra, y el cambio después de la rehabilitación está representada con una curva azul. Por lo tanto, la diferencia entre ambas curvas es el efecto de recuperación del caudal de bombeo, y la sección achurada (magenta) muestra el efecto de la mejora durante la vida útil prolongada del pozo por la rehabilitación.

Este efecto es un aumento en la producción de agua, alcanza a 1.774.670 m3 en 60 años. Dado que el volumen de ventas / producción de agua de la EPSA de Bolivia se estima en alrededor de 0.5$US/m 3, si este aumento en la producción se convierte en valor monetario, será de $US.887.335.

Figura-6. Resultado de la prolongación de la vida útil del pozo y recuperación de caudal mediante la rehabilitación del pozo

Por otro lado, suponiendo que un pozo de 27 años de vida no se ha realizado ninguna rehabilitación y se lo descarta, se lo sustituye por otro nuevo, se asume que el pozo hasta, si prolongamos la utilidad del pozo antiguo hasta los 60 años (2050), lo graficando los resultados de degradación se muestra en la Figura 7. El deterioro del pozo existente está representado por una curva negra, y el cambio del nuevo pozo está representado por una curva verde. Por lo tanto, el caudal de bombeo originado recientemente por el nuevo pozo, es decir, la parte con el sombreado (azul) muestra el efecto por la construcción de un nuevo pozo.

Este efecto es un aumento en la producción de agua, que es de 3.891.978 m3 hasta el 2050. Como en el caso de la rehabilitación, cuando este efecto de aumento de volumen se convierte en valor monetario, significa en USD 1.945.989.

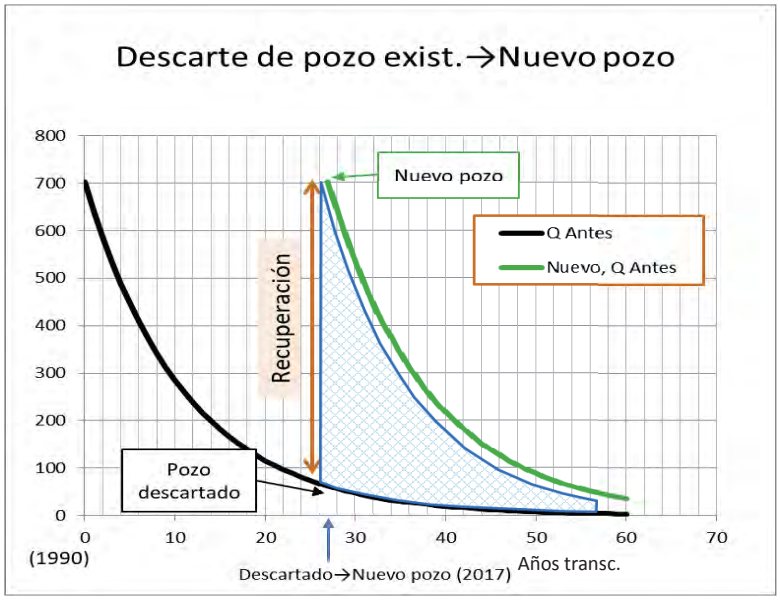


Fig. 7 Efectos de la recuperación del caudal de bombeo mediante la construcción de un nuevo pozo

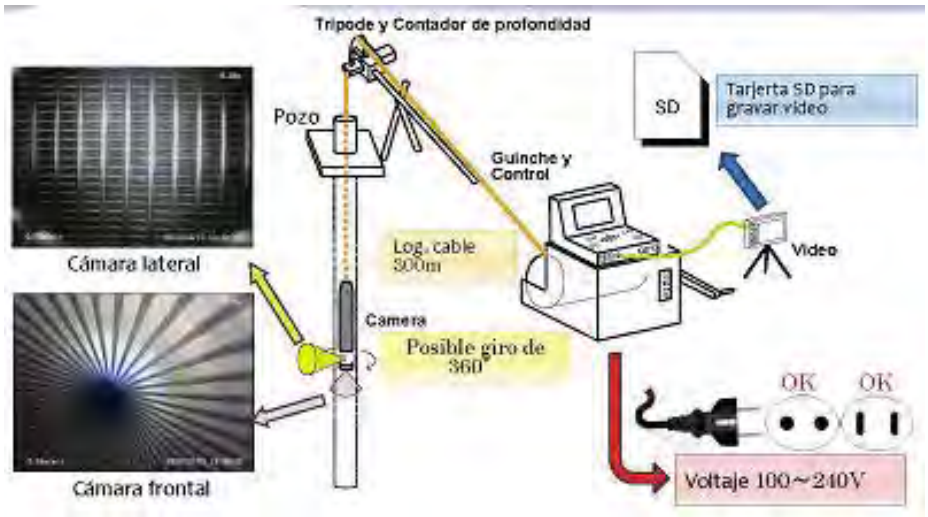
Tanto para rehabilitación como para casos de pozos nuevos, se estima que el costo requerido es de aproximadamente USD 9.000 para la rehabilitación (incluido el diagnóstico mediante cámara de pozo) y aproximadamente USD 30.000 para construcción de pozo, por lo que la rentabilidad de ambos casos, el valor calculado de rehabilitación se estima en 99 y la cantidad de pozos de renovación es de 59, y la rehabilitación es más ventajosa.

Sin embargo, dado que el resultado de este ejercicio depende de las condiciones tales como el método de rehabilitación, la tasa de recuperación, el momento de implementación, la profundidad del nuevo pozo, diámetro, condiciones geológicas, etc., es necesario ingresar valores numéricos concretos para pozos similares para determinar cuál es más ventajoso. Aunque es necesario verificar cada vez, es vital establecer un plan de mantenimiento y un plan de prolongación de la vida útil razonable para un pozo utilizando el método de evaluación anterior.

7. Método de operación y manejo de la cámara de pozo

1) Presentación de la cámara de pozo i-Do300F-Ⅱ

Componentes del equipo

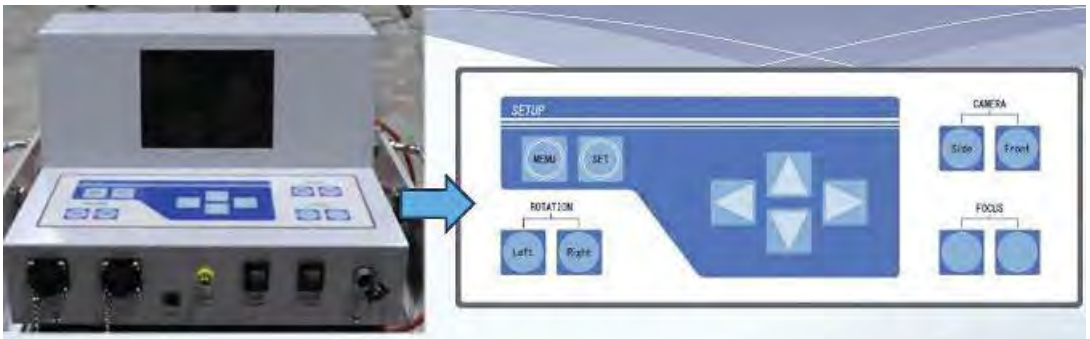


② Especificaciones del Equipo

【Sonda】

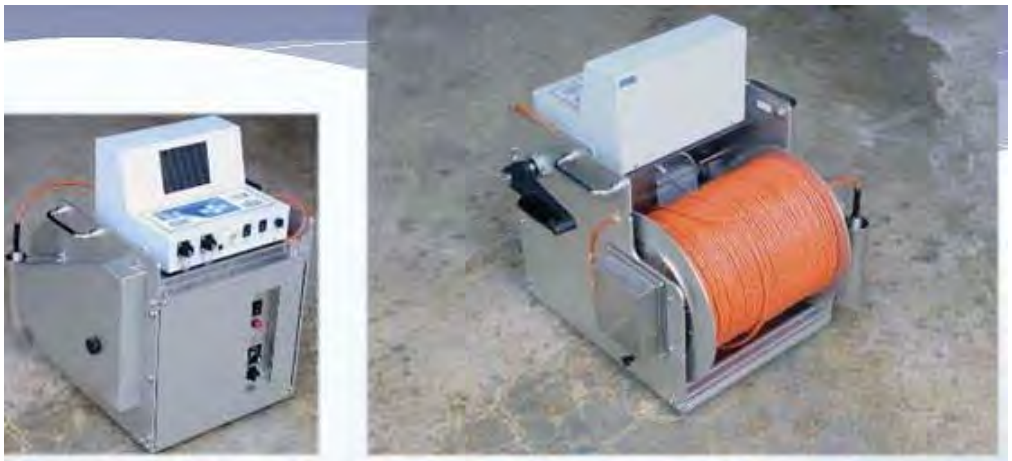
Ítem		Especificaciones
Sonda	Dimensiones externas	Diámetro 60 mm L=700 mm
	Peso	5.0 kg (Cable de Cabezal no incluido)
	Diámetro del pozo	66 a 300mm
	Ambiente operación	0 a 60℃ (Sin condensación), Presión-resistente 3MPa
	Material	Acero inoxidable (Ventala lateral no incluida)
	Resolución de Camera	Línea Horizontal 330TV (efectivo 380,000 pixeles, total 410,000 pixeles)
	Señal de Video	NTSC
	Iluminación	LED blanca
	Rotación	Cámara lateral: horizontal 360 grados (control manual)

【Control】



Item		Especificaciones
Control	Dimensiones externas	W270×D230×H170 mm: Proyecciones no incluidas
	Peso	4.0 kg
	Ambiente operación	0 to 40℃ (Sin condensación)
	Alimentación	AC100/240V, 50Hz, Monofásica
	Monitor	5 pulg. LCD Monitor a Color

【Guinche】



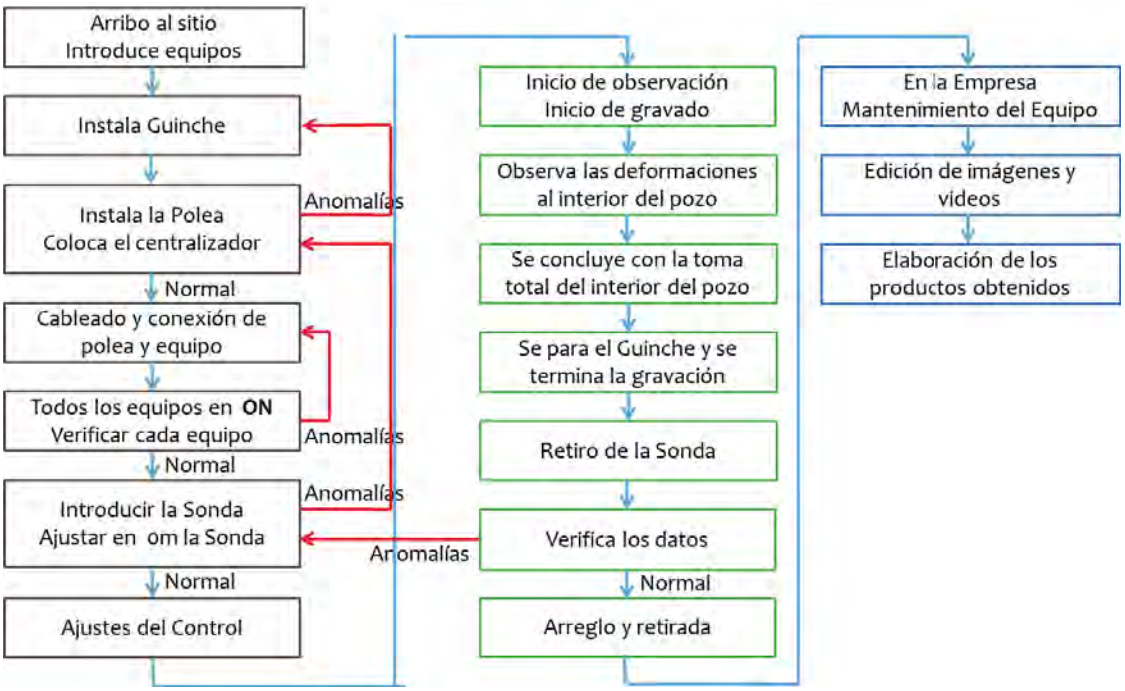
Item		especificaciones
Guinche	Dimensiones externas	(W)520×(D)500×(H)400 mm: (Controller not included)
	Peso	35.0 kg
	Longitud del Cable	330 m (Long. Efectiva de 300 m)
	Ambiente de Operación	0 to 40℃ (Sin condensación)
	Alimentación	AC100/240V, 50Hz, Monofásico

【Polea y Video】

Item		Especificaciones
Polea	Dimensiones externas	Diámetro 180mm
	Peso	5.0 kg
	Medición mínima	1mm
Video		Video línea de salida (conectores RCA),USB

2) Manejo de la cámara de pozo i-Do300F-Ⅱ

① Flujograma para el diagnóstico de un pozo



② Preparativos antes de su uso

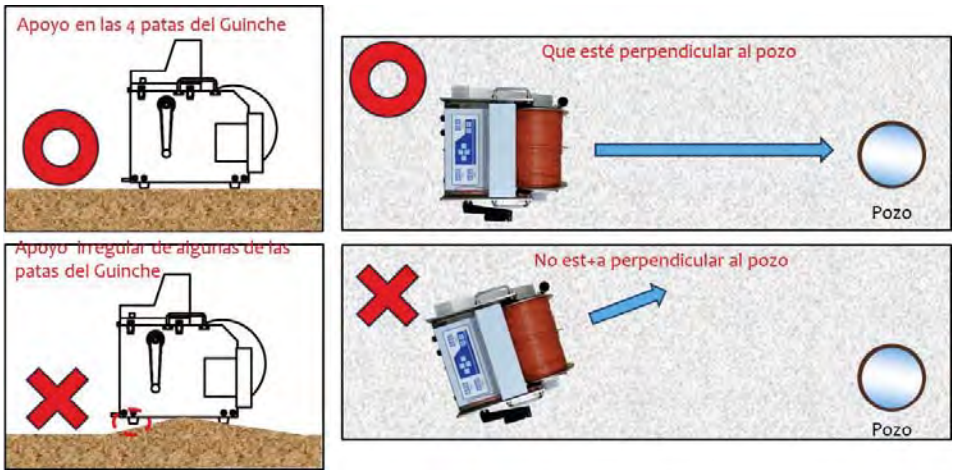
【Verificación de la situación del sitio】

○Preparar corrientes. (Tablero de energía, generador, etc.)
※En caso de utilizar la energía del stio, verificar si es posible su uso.

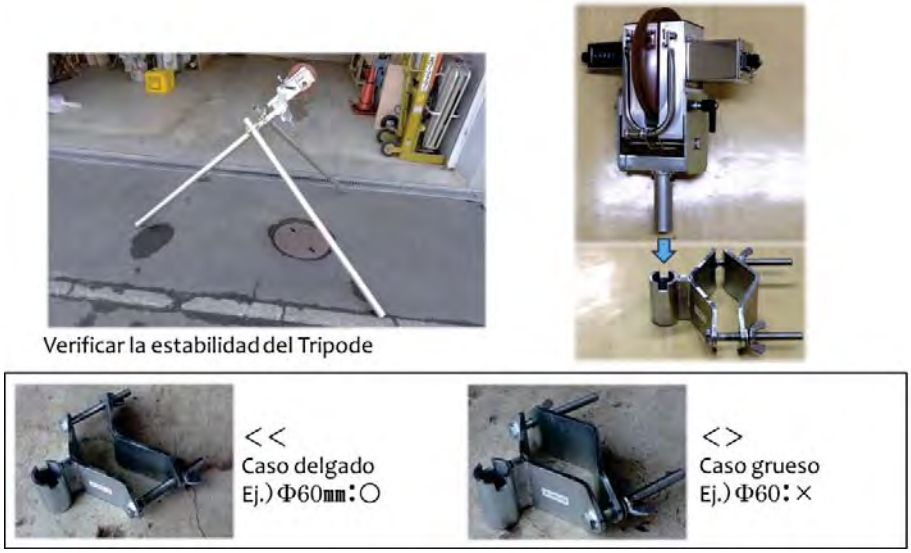
- Voltaje es 100V～240V(220V:OK)
- Estabilidad de la energía.(Estabilizador)
- Que no haya Fuga de corriente.
  (toma a tierra)

○ Que no llegue agua al equipo.
(Si existe pronostico de lluvia, suspender en lo posible

【Instalación del Guinche】

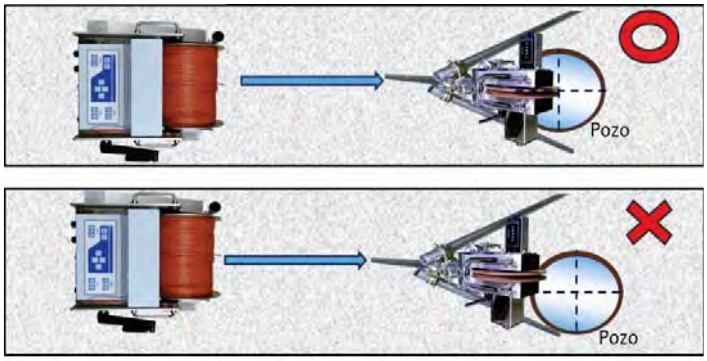


【Instalación de la polea】

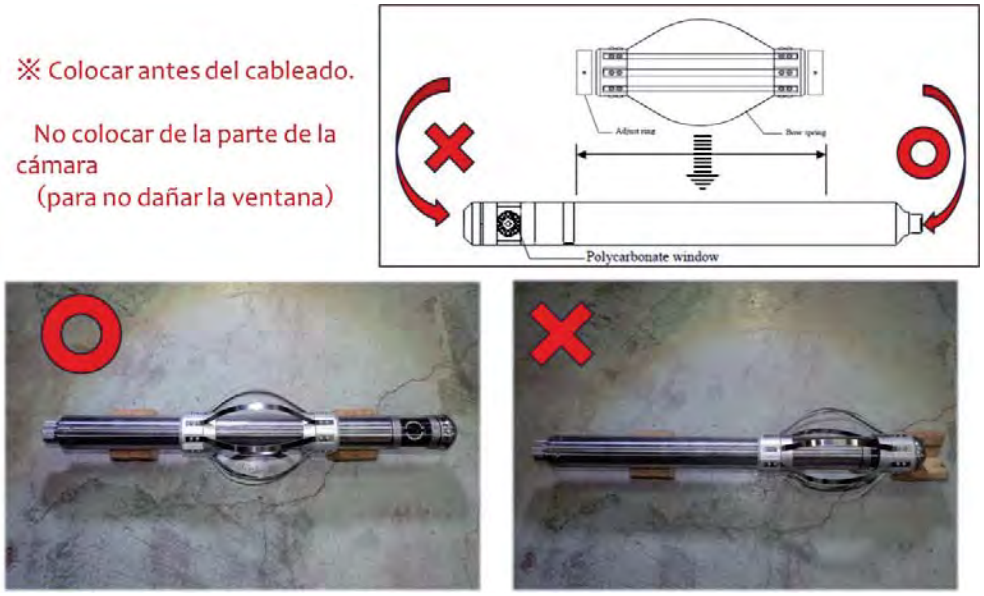


② Preparativos antes de la observación (Instalar Polea)

Instalar para que quede al centro del pozo
Ej.) Visto de arriba debe estar al centro

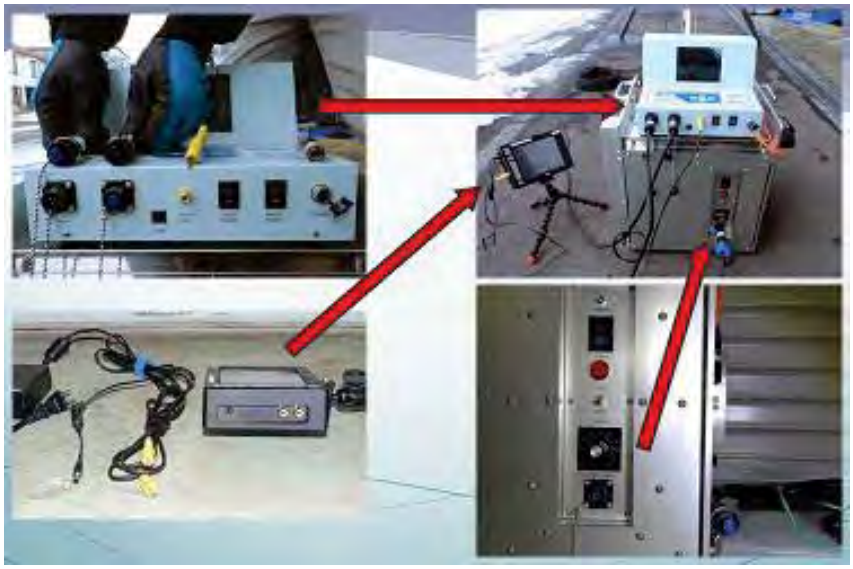


【Instalación del centralizador】

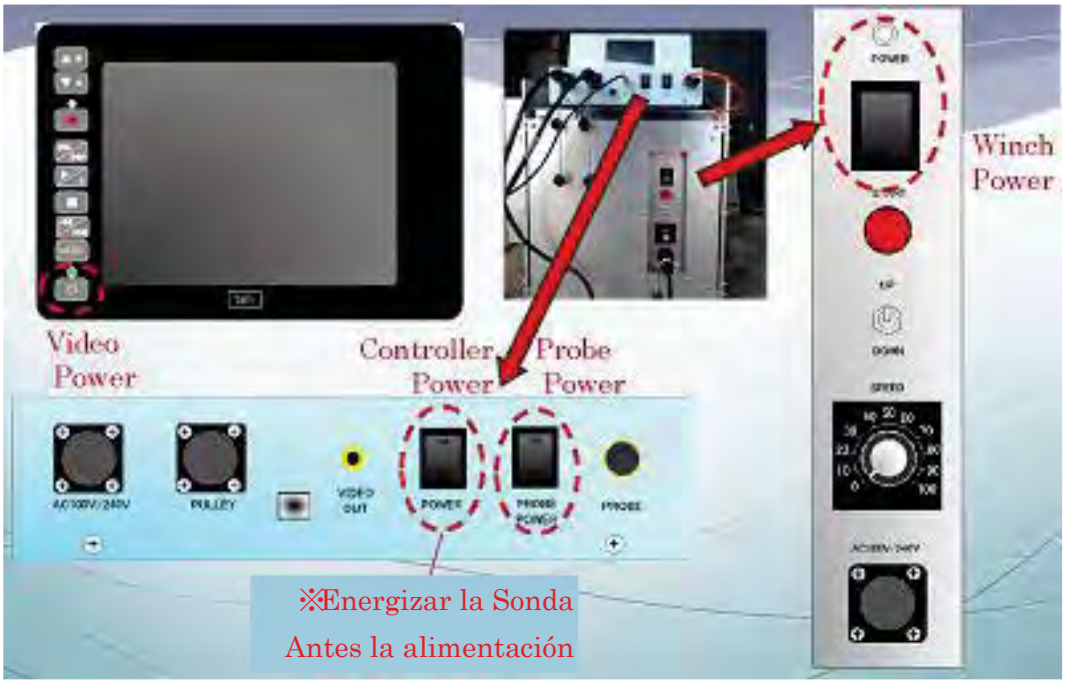


【Conexión de cables (Polea⇔Sonda】

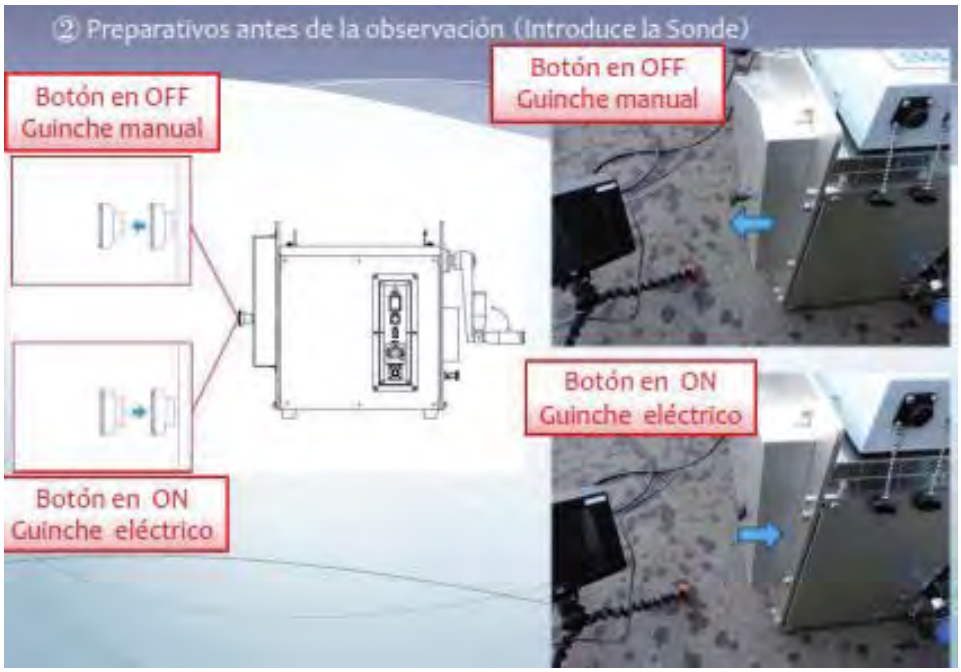
【Conexión de cables (Guinche⇔Control⇔Video Monitor】



【Encendido ON】

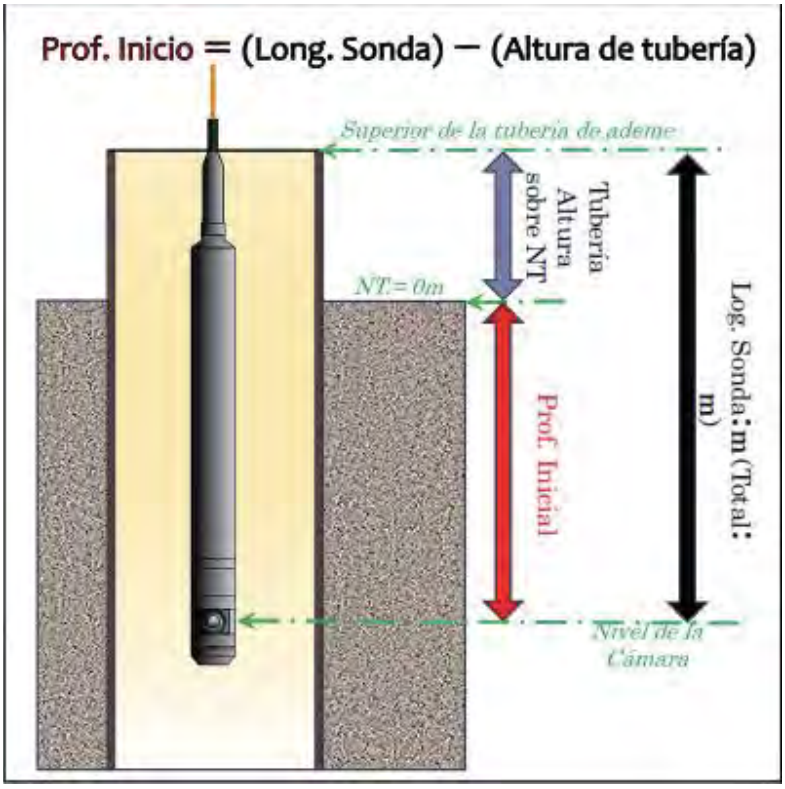


【Configuración del Guinche】

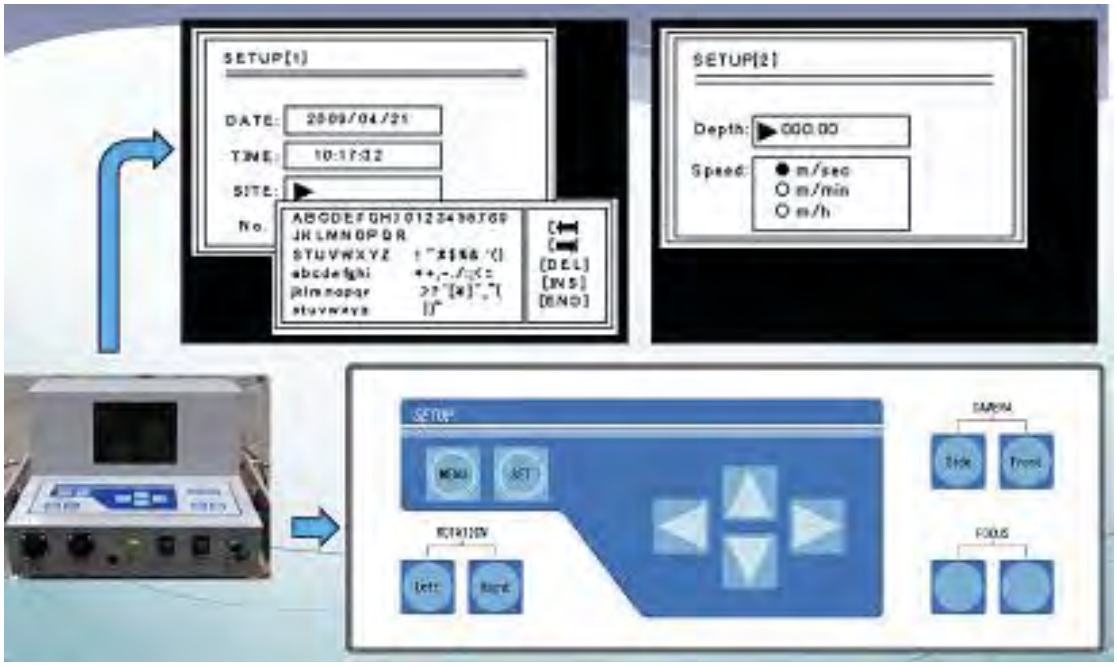


【Preparar la sonda para introducir al pozo】

【Configura la profundidad a 0m】



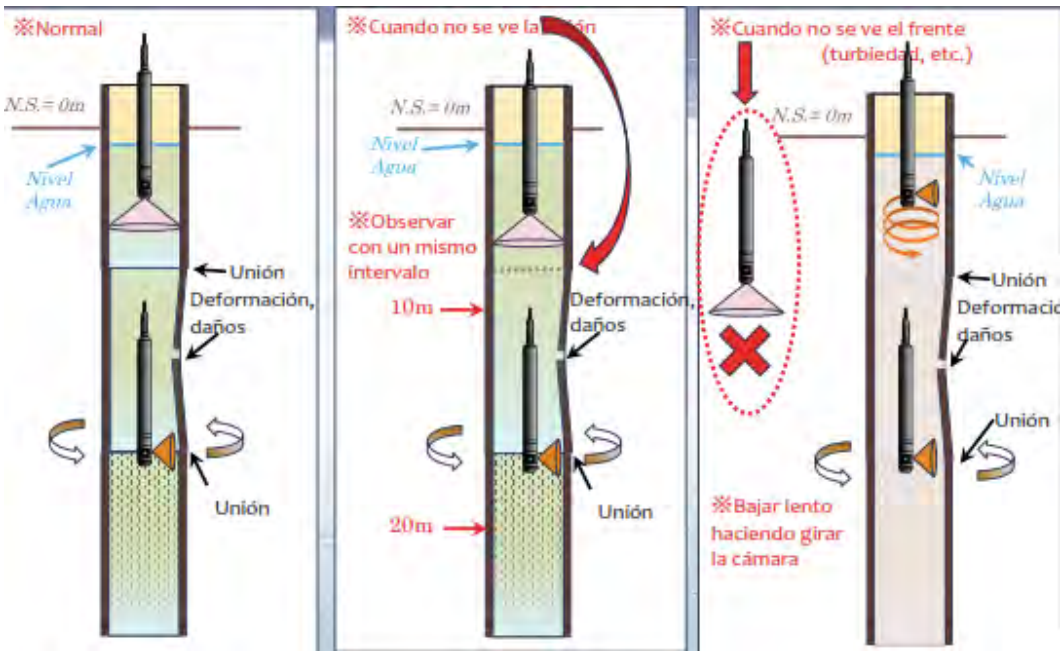
【Configurar el Tablero de Control】



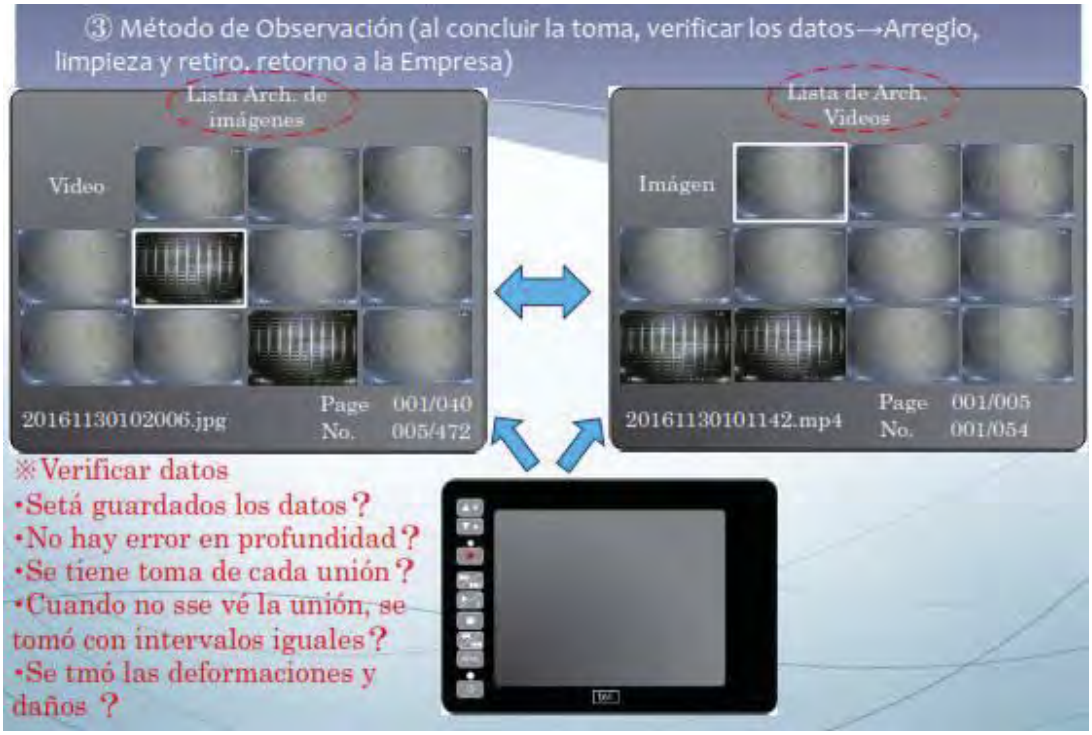
③Método de inspeccionar un pozo

【Operación del equipo】

【Puntos a tener en cuenta al observar un pozo】

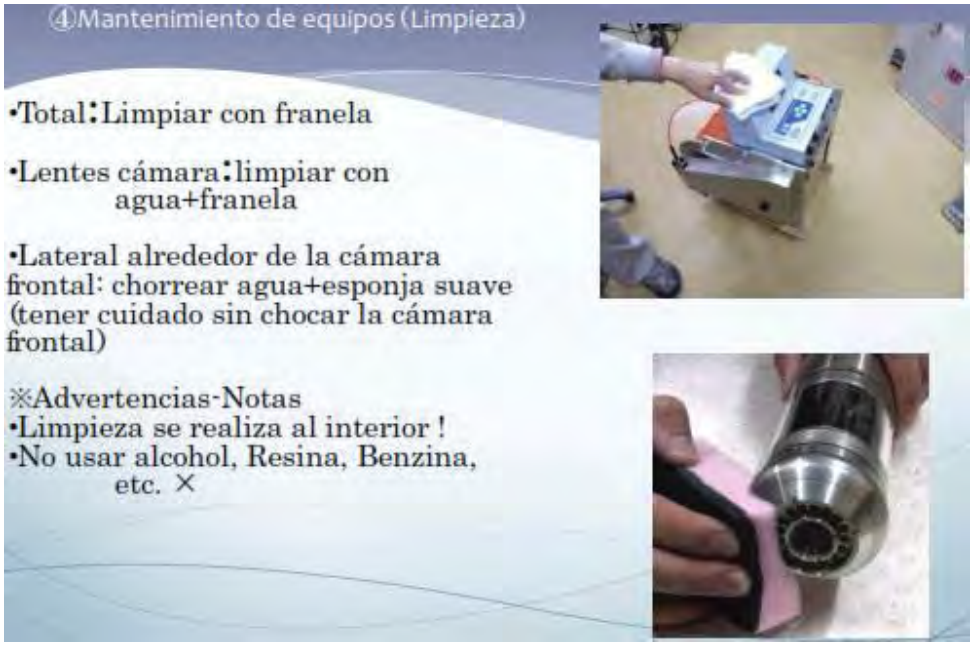


【Verificar datos al momento de su conclusión】



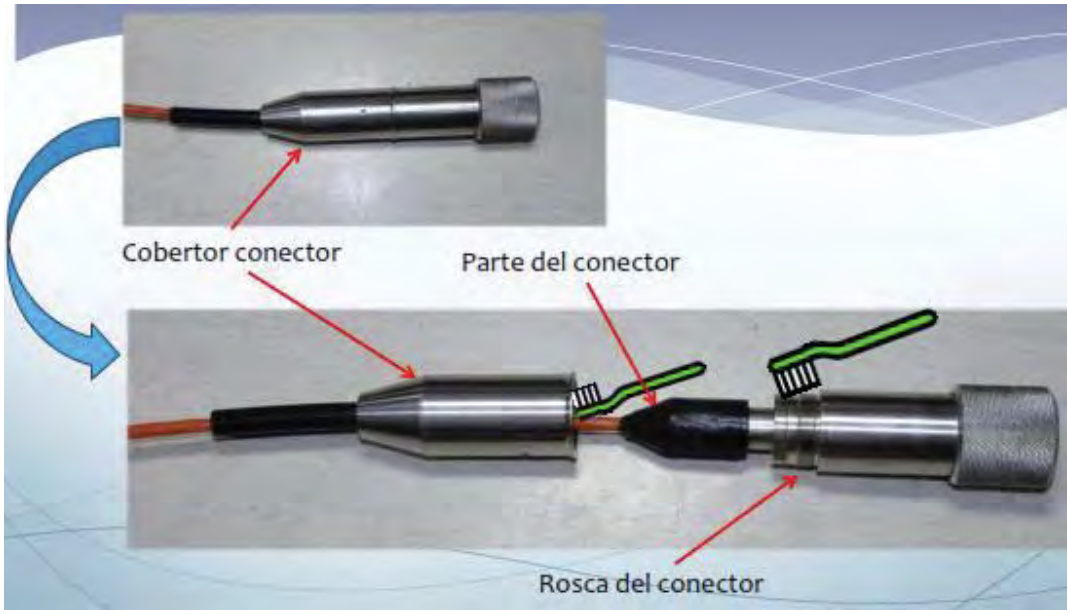
④ Administración y almacenamiento del equipo

【Limpieza posterior a la conclusión de la inspección】

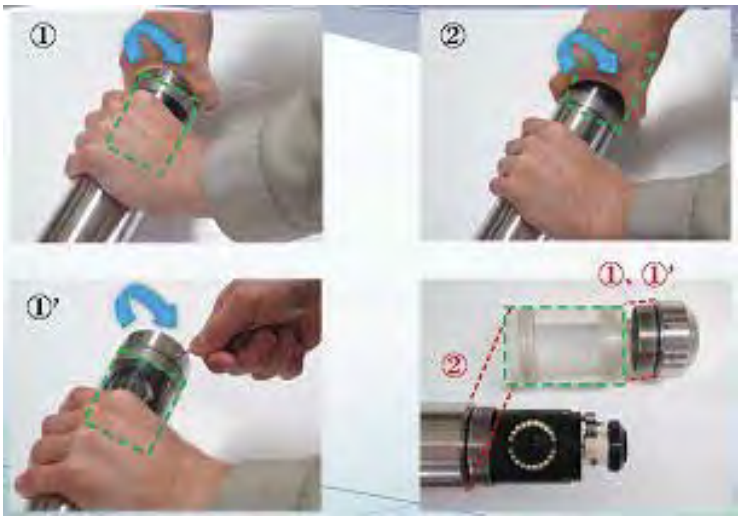


【Limpieza de cables】

【Limpieza de una parte del protector】



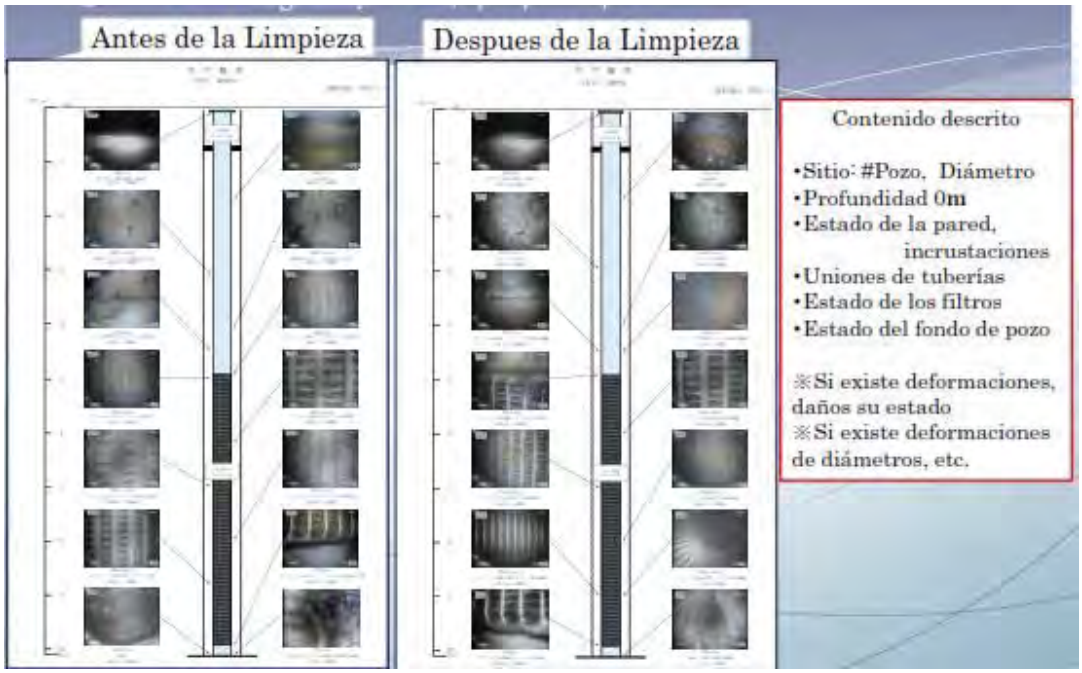
【Cambio del protector laterales】



【Mantenimiento de O-ring】

⑤ Ordenamiento de las imágenes

【Edición de imágenes captadas】



【Elaboración de informes】

■ FABRICANTE de la Cámara de Pozo: **RaaX Co., Ltd.**

1-12, kita-24, Higashi-17, Higashi-ku, Sapporo, 065-0024, JAPAN

Tel:Int+81-11-780-2222

Email:eigyo@raax.co.jp

Web:http://www.raax.co.jp

■ REPRESENTANTE EN BOLIVIA: **Construction and Services SUIGEN S.R.L.**

Los Angeles Avenue # 4　Neighborhood Unit 119

Barrio California, Santa Cruz, Bolivia

Tel:+591-3-3544430

Email：suigen@cotas.com.bo

添付資料

5．提案製品（i-Do300FII）のパンフレット

RAAX Co.,Ltd.
http://www.raax.co.jp

Cámara para Mantenimiento de pozo

i-Do300F-Ⅱ

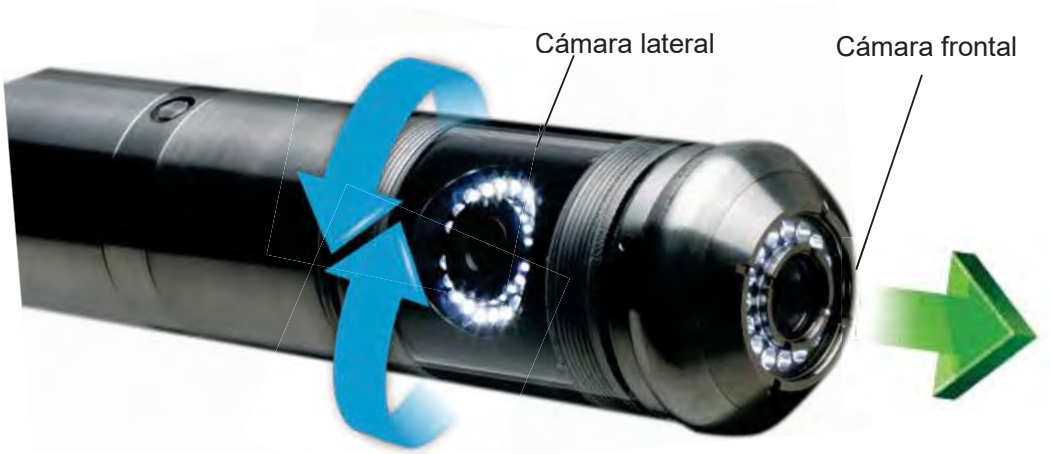
Puede observar con precisión el interior del pozo con una operación fácil, última cámara para mantenimiento de pozo.

Es una cámara pozo que capta imágenes claras con cámaras frontal y lateral. La cámara tiene una rotación de 360°, regula el enfoque, se puede captar imágenes y observar las obstrucciones, incrustaciones daños, etc. de la rejilla. La operación se la hace con un controlador terrestre y la grabación y toma de imágenes se la realiza con el video grabador adjunto.

Esquema del dispositivo

●Sonda

- **La cámara tipo doble, captura el objetivo frontal / lterales**
- **Cámara giratoria de 360°**
- **Función de enfoque**



Dimensiones externas：Diámetro 60mm, L=700mm
Resolución de Cámara efectivo：380,000 Pixels
Iluminación：LED blanca
Ambiente operación：0 a 60ºc

- **Control & Guinche**

Longitud del Cable 300m
Peso：35Kg
Alimentación：AC100-240V

- **Polea**

Visualización de profundidad en iempo real
Peso：5Kg
Resolución: 1mm

- **Video**

Grabador incorporado en el monitor
Medios de grabación: tarjeta SD
Grabador: MP4 Imagen fija: JPEG

Usos

- Verificar resultados de la limpieza antes y después
- Verificar la ubicación y profundidad de los filtros
- Verificar las incrustaciones en los filtros
- Verificar la situación de deformación / daño dentro del pozo
- Inspección de las condiciones de construcción de un pozo nuevo
- Además de pozos, puede ser ampliamente utilizado, para la verificación de grietas de la roca y observación del estado de pilotes

Imagen capturada

Lateral

Antes

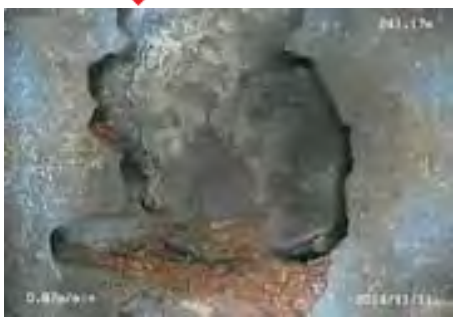
Después

Lateral

Frontal

Estado al interior

Daño de la tubería



Lateral

Lateral

Grava atrás del filtro

Objetos que caídos

Frontal

Con la función de enfoque, se puede observar hasta el empaque de grava en el fondo！

Ejemplo de estudio

Se ejecuta el Estudio de Diagnóstico con la cámara de pozo en Bolivia, según los resultados se seleccionó el método de limpieza y rehabilitación de pozos. El área del Estudio son 4 Departamentos, La Paz, Oruro, Chuquisaca y Santa Cruz donde se ejecuta el Diagnóstico y Rehabilitación, se ha verificado el efecto del aumento en el nivel y de bombeo y la recuperación del nivel de agua al eliminar la obstrucción en el filtro, lo que causa el mal funcionamiento.

PROCESO DEL ESTUDIO CON LA CÁMARA DE POZO

Diagnóstico antes de la rehabilitación
Se aclara el estado al interior del pozo, incrustaciones y otras.

Selección del método
Selección del método según el diagnóstico

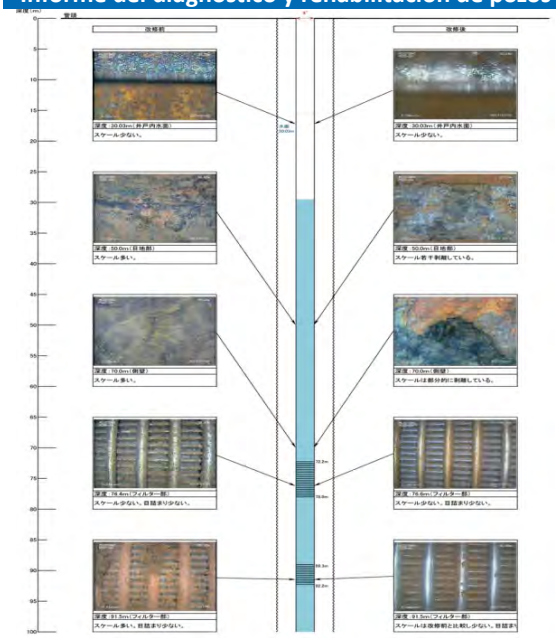
Ejecución de la rehabilitación
Ejecución con el met. seleccionado

Diagnóstico después de la reha.
Para verificar los efectos se realiza nuevamente la toma

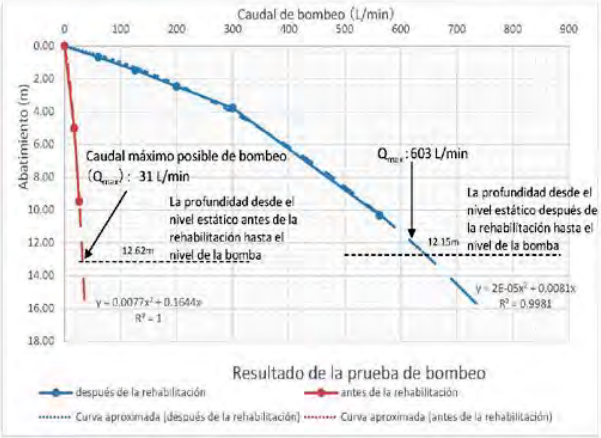
Verificación de los efectos
Se verifica los resultados con la prueba de bombeo

Resultado/informe

Informe del diagnóstico y rehabilitación de pozos



Resultado de la prueba de bombeo



Al comprador de la cámara de pozo, se le proporcionan los siguientes manuales elaborados de acuerdo a la ejecución de Estudio.

- Manual de diagnóstico de pozos
- Manual de trabajo de rehabilitación
- Ejemplos de informes de diagnóstico de pozos

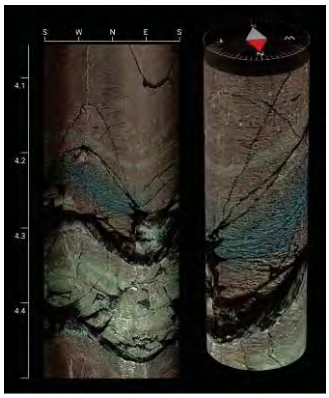
Respecto a RaaX

Nuestra Empresa se inició hace 30 años con el desarrollo de equipo para estudio geológico, se tiene un historial probado de más de 10 años desde el desarrollo de la cámara para pozos.
Se tiene un historial de muchas ventas al extranjero. Nuestra tecnología de la cámara ha ganado el "Premio de Ciencia y Tecnología" otorgado por el gobierno japonés.

Equipos de estudios fuera de la cámara de pozos

Cámara para pozos para estudios geológicos BIPS

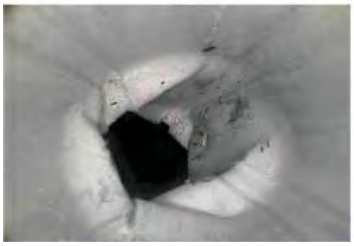
La Cámara BIPS, es un sistema que capta y registra en forma continua las paredes del pozo perforado.
Se puede registrar la inclinación más pronunciada y precisa de la discontinuidad, como las grietas.



Izq.) Imagen de expandida de la pared del pozo en 360°.
Der.) Imagen desarrollada en 3D.

Cámara para inspección al interior de pozos “Cámara inteligente”

La cámara inteligente es una cámara de visión directa de ϕ38 mm.
Se puede observar a una profundidad de 200 m con un sistema compacto y liviano.



Se observa la deformación de la tubería

Parte de la cámara

RaaX Co.,Ltd.
1-12,kita-24,Higashi-17,Higashi-ku,Sapporo
065-0024,JAPAN
Tel:Int+81-11-780-2222　Email:eigyo@raax.co.jp
Web:http://www.raax.co.jp

Edificio y Oficina Central y de ventas de RaaX