

ニカラグア国
マナグア市送配水改善計画
準備調査報告書

(先行公開版)

2022年2月

独立行政法人 国際協力機構 (JICA)

株式会社 建設技研インターナショナル
株式会社 日水コン
株式会社 地球システム科学

環境
JR(P)
22-063

ニカラグア国
マナグア市送配水改善計画
準備調査報告書

(先行公開版)

2022年2月

独立行政法人 国際協力機構(JICA)

株式会社 建設技研インターナショナル
株式会社 日水コン
株式会社 地球システム科学

通貨換算率 (2021年6月)
1.00USD=109.97円=35.02C\$ (コルドバ)
1.00C\$ (コルドバ) =3.14円=0.0286USD

序 文

独立行政法人国際協力機構は、ニカラグア国のマナグア市送配水改善計画にかかる協力準備調査を実施することを決定し、同調査を株式会社建設技研インターナショナル、株式会社日水コン及び株式会社地球システム科学から構成される共同企業体に委託しました。

調査団は、令和3年5月から令和3年11月まで、ニカラグアの政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地踏査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

令和4年2月

独立行政法人国際協力機構
地球環境部
部長 岩崎 英二

要 約

1. ニカラグア国の概要

ニカラグアは人口約 662 万人（2020 年世界銀行）、国土面積約 13 万 km²（北海道と九州を合わせた広さ）を有している。また、ニカラグアの実質 GDP は 126.2 億ドル（2020 年世界銀行）、一人あたりの GNI は 1,850 ドル（2020 年世界銀行）であり、実質経済成長率（GDP）は-2.0%（2020 年ニカラグア中央銀行）とマイナス成長となっている。これは、新型コロナウイルス感染拡大による影響のみならず、2018 年に発生したニカラグア社会保険制度をめぐる暴動による社会情勢の悪化が要因とされており、2018 年暴動以降の実質経済成長率（GDP）は、マイナス成長となっている。物価上昇率および失業率は各々-2.9%、5.0%（2020 年ニカラグア中央銀行）となっており、物価安定や貧困削減等も課題のひとつとなっている。特に、上下水道セクターは教育や保健と並び貧困削減に資する重要な開発分野として位置づけられている。

本案件の調査対象地域が位置するマナグア市はニカラグアの首都であり、マナグア湖の南岸に位置し、人口約 150 万人（2016 年マナグア市役所）を有する。人口増加とともに急速な都市化、居住エリアの拡大化による環境悪化、インフラ整備が課題となっている。

2. プロジェクトの背景、経緯及び概要

首都マナグア市では、年 4%の人口増加に伴い、水需要が急増しているが、24 時間給水を受けている地区は全体の 50%に過ぎず、利用者の約 14%は 1 日の給水時間が 8 時間以下であり、感染症対策含む公衆衛生確保のための水の安定的な供給が課題となっている。その原因としては、水源及び配水池容量の不足に加えて、施設老朽化や水圧管理能力不足による漏水が挙げられる。また、漏水に加えて、マナグア市の主要な水源である地下水の揚水に必要な電力料金が大きな負担であり、首都圏の上下水道事業を担う上下水道公社（ENACAL）の財務状況を圧迫し、給水サービス改善のための資金確保を困難にしている。

このような中で、ニカラグア政府は「国家人間開発計画（PNDH）2018-2021」にて、水・衛生サービスのエリアの拡大、水質の改善に加えて、既存のインフラ維持管理を重要課題と位置づけ、上に述べた課題に対応する方針を示している。また ENACAL の「組織開発戦略計画（PEDI）2020-2025」においても、無収水率の低下、電力費用等の運転コストの削減、及び ENACAL の長期的な財政安定化を図り、社会的脆弱層を含む全住民に対する公平な水・衛生サービスの提供が目標として掲げられている。

これまで JICA は、開発調査「マナグア市中長期上水道施設改善計画調査」（2005 年）にて、「井戸の改修・更新及び水質保全」、「無収水削減」、「送配水システムの効率化」並びに「経営基盤の強化」という 4 つの方針に基づくマスタープランを策定した。その後、技術協力プロジェクト「マナグア市無収水管理能力強化プロジェクト」（以下、無収水技プロ）（2020 年）にて、無収水削減に必要な ENACAL の計画策定能力、漏水削減の実施能力の強化並びに資機材調達計画の策定支援に取り組んでいる。その取り組みを通じて、50%を超える無収水率を 2035 年までに約 25%まで削減する長期計画及びアクションプランを策定し、現在はそのアクションプランに沿って米州開

発銀行（以下、IDB）及びドイツ国際協力公社（以下、GIZ）が施設整備のための資金供与、組織能力強化に向けた支援を行っている。

本事業はマナグア市において、漏水削減、エネルギー効率化に必要な資機材及び配水池を整備することにより、運転維持管理費の削減及び送配水の効率化を図り、もって対象地域の給水サービスの安定化及び住民の生活・衛生環境の改善に寄与する。

3. 調査結果の概要とプロジェクトの内容

JICA は 2021 年 5 月 10 日～5 月 21 日に協力準備調査団を現地に派遣し、相手国政府関係者との協議、サイト調査を通じて、当該セクター・地域の現状、プロジェクトの背景、目的、内容、実施体制を確認した。また、プロジェクトの全体計画と本無償資金協力の位置付けを検討するとともに、無償資金協力事業の概略設計に必要な情報・資料を収集した。帰国後、国内解析作業を経て、協力事業の内容、規模等を計画し、その効果と妥当性を検証した。さらに概略設計概要説明のため、2021 年 11 月 16 日に調査団はオンラインを活用した遠隔協議を実施し、概略設計の内容についてニカラグア国側の合意を得た。

当初要望のあった内容と調査実施後に合意したプロジェクト内容を以下に示す。

当初要望のあった内容		プロジェクト内容	
インバータ	30~50 台	インバータ	28 台
組立式配水池	2 基	組立式配水池	1 基
送水ポンプ	8 台	送水ポンプ	7 台
バタフライ弁	10 箇所	流量調整弁	1 箇所
減圧弁	8 箇所		
漏水補修用機材	1 箇所	漏水補修用機材	3 個
機材修理ワークショップ機材	1 式	機材修理ワークショップ機材	1 式
		無収水削減活動に資する機材	1 式

(1) 機材選定に対する方針

インバータ：ENACAL が管理する 182 箇所の井戸取水ポンプ場のうち配水管網に直接配水している井戸機場を選択し、取水ポンプ能力 (Hp)、取水流量 (m³/h)、受益者数 (人) を評価し、優先度の高い 28 箇所の井戸を対象とした。各取水井戸ポンプは既設を継続的に使用することから、インバータ出力とポンプのモータ容量との整合性に留意し、インバータ機器の仕様を決定した。インバータ装置の温度上昇による誤動作、故障を防止するため、井戸取水ポンプ起動盤内の換気に留意し、換気ファンの取付け等、適切な対応を施す。新設する操作室内にポンプ起動盤を設置する。

組立式配水池：施工性、維持管理性、耐久性、耐震性、防水性等に富んだステンレス構造の組立式配水池を採用する。対象地域は、アソソスカ・アルタ・マクロセクターとし、一日最大給水量の 8 時間分の容量を確保するため、有効容量 4,600m³ とする。

送水ポンプ：送水ポンプの状態評価、裨益人口、設置年度、緊急性、施工性等を総合的に評価し、更新対象は 6 ポンプ場の合計 7 台とする。事業効果が最大化されるために送水ポンプのみならず、配管、フランジアダプター、可とう管、電動機、弁類、起動盤も更新対象とする。

漏水補修用機材：漏水補修用機材について、既存の水管橋は更新せずに、漏水箇所のみ補修できるような機材とし、既存トラス構造の安全性に対応可能な機材とするとともに、主要送水管であることから、不断水での施工が可能な機材とする。

機電修理ワークショップ用機材：現状の修理作業内容に求められる機能を集約しつつコンパクト化を図り、動線を整理し効率的な作業が可能となるようにする。調達機材は、類似施設の活動内容および運用・操作にあたる修理工の技術レベルを踏まえて選定した。

無収水削減活動用機材：ENACAL 無収水課が実施する無収水削減活動において必要であること、使用方法を熟知していること、無収水削減活動の展開に必要な機材であることを基本方針として選定した。

(2) 機材調達方針

対象機材は、消耗品の必要性、交換部品の入手事情、故障時の修理対応等を考慮し、機材調達後の運営・維持管理が現状の運営システムから大きく乖離せず、既存人員にて運転できることを重視した体制を基本方針とする。

本事業の実施に伴う据付工事等の付帯工事は、現地業者を活用する方針とするものの、据付工事においては、現地労務の活用が難しいことから、本邦または第三国から十分な技能を持つ技術者を派遣する方針とする。組立式配水池、送水ポンプ、インバータ、漏水補修機材及び機電修理ワークショップ（一部機材）の据付工事においては、メーカー等から本邦技術者を派遣させる方針とする。

(3) ソフトコンポーネント計画における基本方針

本事業にて調達した機材を有効的に活用し、適切な配水管理を確実に実施することによって ENACAL の給水サービスの向上につながる。そのためには、機材の調達のみならず、適切な配水計画を立案し、現状の配水計画を改善することが必要となることから、ソフトコンポーネントとして「配水管理能力強化」を実施する。特に、支援の必要性の高いインバータ設置井戸における配水管理能力の強化及び送水ポンプ場の運転・維持管理能力強化の支援を行う。

ソフトコンポーネント	成果
配水管理能力の強化	インバータ設置井戸において定期的にモニタリングが実施され、適切な配水管理業務が実施される
送水ポンプ場の運転・維持管理能力強化	送水ポンプの適切な運転維持管理手法が理解できる

4. プロジェクトの工期及び概算事業費

(1) プロジェクトの工期

本事業の実施期間は、入札業務を含む実施設計に 6.5 ヶ月、据付工事を含む機材調達及びソフトコンポーネント実施に 15.0 ヶ月を要し、全体で 21.5 ヶ月である。

(2) 概略事業費

本協力対象事業を我が国の無償資金協力にて実施する場合に必要な概略事業費は、調達業者契約認証まで非公表とする。

5. プロジェクトの評価

5.1 妥当性

- 本事業は上水道整備事業として、マナグア市の貧困層を含む一般市民（約 107 万人）が直接的または間接的に裨益する。
- 本事業は、50%を超える無収水率を有するマナグア市の上水道サービスの無収水量の削減とともに、財務状況を圧迫する高額な電力使用料金の削減という喫緊の課題に対し即効性を有しており、上水道サービスの改善にも貢献する。
- ENACAL は組織開発戦略計画（PEDI）の中で、マナグア市及びその他地域の水道システムにおける無収水量の削減、電力消費費用の削減を戦略目標として掲げており、本事業との整合性が確保されている。
- ニカラグアに対する我が国の援助方針の事業展開計画（2020 年 4 月）では、経済社会開発の促進と環境・防災へ支援し、「経済開発の促進に向けた基盤づくり」を援助の重点分野の一つとし、都市インフラの整備を通じた SDGs 達成への貢献を方針としており、本事業の実施は我が国の援助政策と整合性がある。

5.2 有効性

プロジェクトの有効性を評価するため、本事業の実施により期待されるアウトプットを測る指標を、定量的効果と定性的効果に分けて以下のとおり記載する。

(1) 定量的効果

No.	指標	基準値 (2020年実績)	目標値(2027年) 【事業完成3年後】
1	マナグア市における本事業による無収水削減量(千m ³)	0	5,992 ¹
2	単位生産量当たりの電力使用量(kWh/m ³)	0.80 ²	0.77 ³
3	配水池設置系統における平均給水時間(時間/日)	9.0	17.0

(2) 定性的効果

給水サービスが改善・安定化されマナグア市の衛生環境が改善される。

¹ 本事業分のみを単独で算出することは困難なため、無収水技プロにより正確なデータ収集を開始した2017年と2027年のマナグア市における無収水量の比較により計算する。ただし、ENACAL自身のオペレーションによる2017年から2027年までの推計削減量(4,904千m³) (2017-2020年の削減量実績による年間削減量490千m³を基に算出)も別途勘案して評価する。なお、目標値である年あたりの無収水削減量5,992千m³は約57,214人分/日の水使用量と同程度である。
(本事業による無収水削減量5,992,370m³) / 365日 / (200L/人/日) * (1-漏水率30.3%) = 57,214人

² 電力使用量164,958,598kWh/生産水量204,921,300m³

³ 電力使用量156,853,132kWh/生産水量204,921,300m³。基準年の電力使用量と比較した電力使用量の削減量は8,105,466kWhであるため、電力料金2.93コルドバ(C\$)/kWh、1C\$=3.14円を考慮すると、年間約74,572千円の費用削減が想定される。

目 次

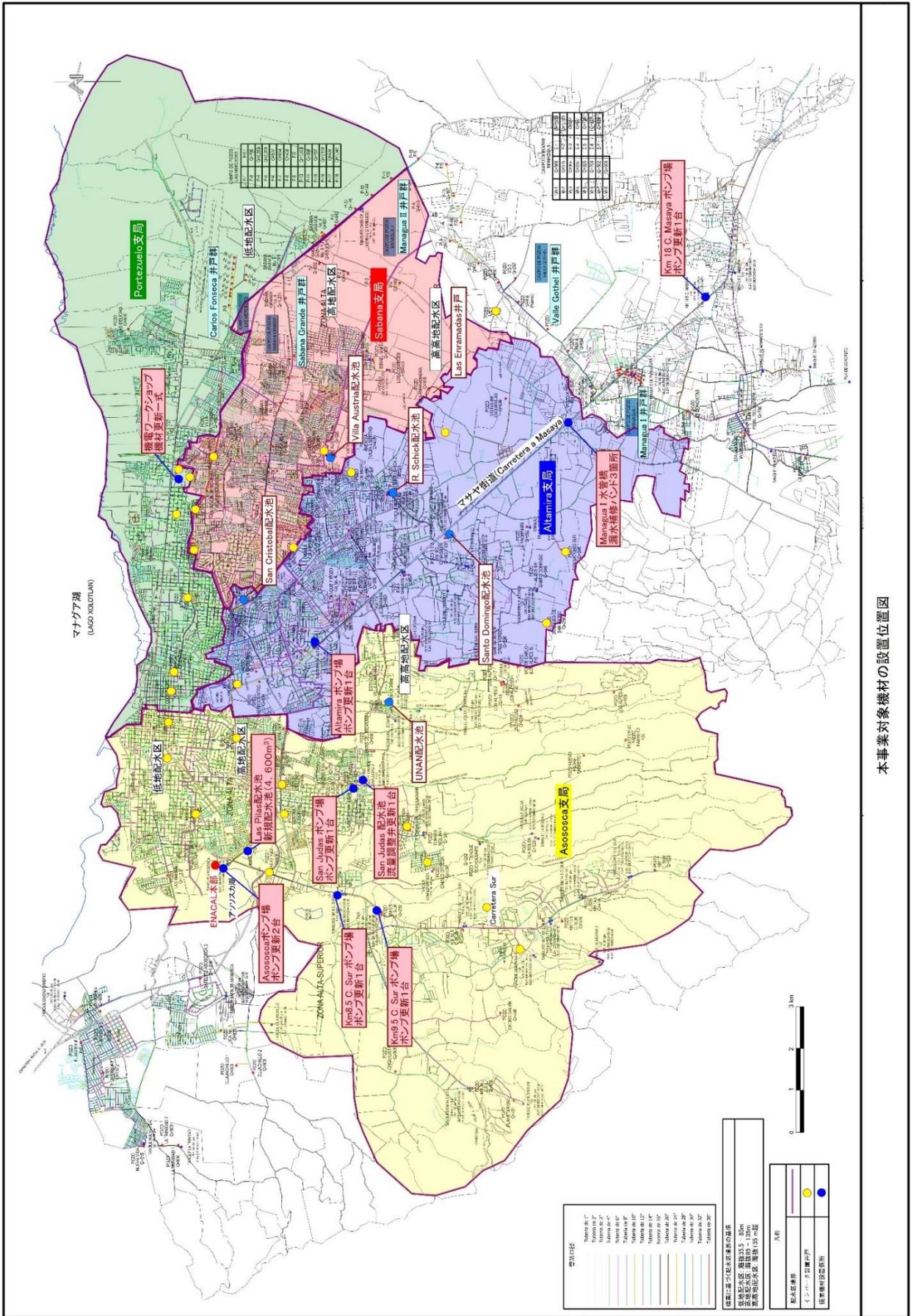
序文	
要約	
目次	
位置図／写真	
図表写真リスト／略語集	
第1章 プロジェクトの背景・経緯	1-1
1.1 当該セクターの現状と課題	1-1
1.1.1 現状と課題	1-1
1.1.2 開発計画	1-2
1.1.3 社会経済状況	1-3
1.2 無償資金協力の背景・経緯及び概要	1-3
1.3 我が国の援助動向	1-5
1.4 他ドナーの援助動向	1-6
第2章 プロジェクトを取り巻く状況	2-1
2.1 プロジェクトの実施体制	2-1
2.1.1 組織・人員	2-1
2.1.2 財政・予算	2-2
2.1.3 技術水準	2-3
2.1.4 既存施設・機材	2-4
2.2 プロジェクトサイト及び周辺状況	2-5
2.2.1 関連インフラの整備状況	2-5
2.2.2 自然条件	2-5
2.2.3 環境社会配慮	2-13
2.3 当該国における無償資金協力事業実施上の留意点	2-13
2.4 その他（グローバルイシュー等）	2-13
2.4.1 気候変動対策	2-13
2.4.2 ジェンダーの主流化	2-14
第3章 プロジェクトの内容	3-1
3.1 プロジェクトの概要	3-1
3.2 協力対象事業の概略設計	3-2
3.2.1 設計方針	3-2
3.2.2 基本計画	3-13
3.2.2.1 井戸ポンプにおけるインバータの設置	3-13

3.2.2.2	組立式配水池の整備	3-21
3.2.2.3	送水ポンプの更新	3-23
3.2.2.4	流量調整弁	3-31
3.2.2.5	漏水補修材	3-31
3.2.2.6	機電修理ワークショップ	3-32
3.2.2.7	無収水削減活動に資する機材	3-39
3.2.3	概略設計図	3-42
3.2.4	施工計画／調達計画	3-43
3.2.4.1	施工方針／調達方針	3-43
3.2.4.2	調達／据付上の留意事項	3-43
3.2.4.3	調達／据付区分	3-43
3.2.4.4	調達監理計画／据付監理計画	3-44
3.2.4.5	品質管理計画	3-45
3.2.4.6	資機材等調達計画	3-46
3.2.4.7	初期操作指導・運用指導等計画	3-48
3.2.4.8	ソフトコンポーネント計画（※ソフトコンポーネント計画は別添）	3-48
3.2.4.9	実施工程	3-48
3.2.5	安全対策計画	3-51
3.3	相手国側負担事業の概要	3-52
3.4	プロジェクトの運営・維持管理計画	3-53
3.5	プロジェクトの概略事業費	3-59
3.5.1	協力対象事業の概略事業費	3-59
3.5.2	運営・維持管理費	3-60
第4章	プロジェクトの評価	4-1
4.1	事業実施のための前提条件	4-1
4.2	プロジェクト全体計画達成のために必要な相手方投入（負担）事項	4-1
4.3	外部条件	4-2
4.4	プロジェクトの評価	4-2
4.4.1	妥当性	4-2
4.4.2	有効性	4-3
第5章	地下水賦存量調査	5-1
5.1	既存資料の収集・整理	5-1
5.1.1	マナグア市における地下水開発・管理計画	5-1
5.1.2	全国水資源計画	5-1
5.1.3	地下水位調査	5-2

5.1.4	マナグア湖の水質調査.....	5-2
5.2	モデルの構築方針及び実施方法.....	5-2
5.2.1	モデルの目的.....	5-3
5.2.2	モデルの種類及び使用ソフトウェア.....	5-3
5.2.3	計算方法他.....	5-6
5.2.4	解析範囲.....	5-6
5.3	地下水モデルの構築.....	5-8
5.3.1	モデル化の手順.....	5-8
5.3.2	MODFLOW コード.....	5-9
5.3.3	水文地質パラメータ.....	5-10
5.3.4	地下水モデルの構造.....	5-16
5.3.5	三次元流動モデルの境界条件.....	5-20
5.3.6	初期水位.....	5-21
5.4	地下水涵養量の推計.....	5-23
5.4.1	タンクモデルによる地下水涵養量の推計.....	5-23
5.4.2	降水による地下水涵養量の推計.....	5-31
5.4.3	漏水による地下水涵養量の推計.....	5-33
5.5	地下水揚水量の推計.....	5-34
5.6	地下水シミュレーション結果.....	5-36
5.6.1	現況解析.....	5-36
5.6.2	予測解析.....	5-42
5.7	地下水シミュレーションに係る研修及びワークショップ.....	5-66
5.7.1	地下水シミュレーションソフトの研修.....	5-66
5.7.2	地下水シミュレーション結果のワークショップ.....	5-66
5.8	マナグア湖水質調査結果.....	5-67

[資料]

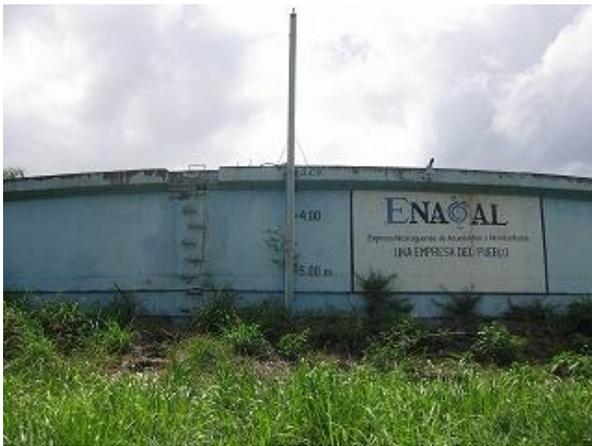
1. 調査団員・氏名	A1-1
2. 調査行程	A2-1
3. 関係者（面会者）リスト.....	A3-1
4. 討議議事録（M/D）	A4-1
4.1 討議議事録（M/D）（2021年5月17日）.....	A4-1
4.2 討議議事録（M/D）（2021年11月19日）.....	A4-25
5. ソフトコンポーネント計画書.....	A5-1
6. 参考資料（収集資料リスト）	A6-1
7. その他の資料・情報	
7.1 テクニカルノート	A7-1-1
7.2 概略設計図	A7-2-1
7.3 プロジェクトモニタリングレポート	A7-3-1



プロジェクト位置図

本事業対象機材の設置位置図

写真集 (1/2)



従来型のコンクリート製配水池



従来型の鋼製配水池



アルタミラポンプ場



アソソスカポンプ場



パイロットによるインバータ設置井戸



インバータ設置井戸 (Las Brisas 井戸)
(左)従来 of 制御盤 (右)インバータ設置後の制御盤

写真集 (2/2)



既存取水井戸



機電修理ワークショップ



機電修理ワークショップ作業状況



機電修理ワークショップ内のポンプ揚水試験場



マナグア I 無償で建設した水管橋



水管橋の漏水状況

目 次

図 2.1.1	ENACAL の組織図.....	2-1
図 2.1.2	オペレーション統括局の組織図.....	2-2
図 2.2.1	ボーリング 調査結果.....	2-7
図 2.2.2	地下水位調査井戸位置図.....	2-8
図 2.2.3	水質調査 調査地点図.....	2-10
図 3.2.1	マナグア市内の支局管理範囲.....	3-2
図 3.2.2	配水圧力調査結果.....	3-4
図 3.2.3	機電修理ワークショップ平面.....	3-9
図 3.2.4	常駐とシフトマネージャーによる巡回による維持管理者従事状況.....	3-17
図 3.2.5	井戸取水ポンプ制御概略図.....	3-19
図 3.2.6	操作室平面図・外観図.....	3-20
図 3.2.7	操作室概略位置図.....	3-21
図 3.2.8	機電修理ワークショップにおける作業概要.....	3-34
図 3.4.1	ENACAL 本部オペレーション統括局の組織図.....	3-53
図 5.2.1	INETER モデル（2020）の概要.....	5-4
図 5.2.2	既存文献におけるラス・シエラス帯水層の範囲.....	5-7
図 5.2.3	地下水モデル解析地域.....	5-7
図 5.3.1	モデル化の手順.....	5-8
図 5.3.2	MODFLOW 三次元モデルのグリッド区分.....	5-10
図 5.3.3	主な地層の透水係数の範囲.....	5-12
図 5.3.4	既存資料によるラス・シエラス帯水層の水平方向透水係数分布.....	5-13
図 5.3.5	ラス・シエラス帯水層の水平方向透水係数の初期値分布.....	5-13
図 5.3.6	非定常状態における比湧出量と貯留係数、透水量係数との関係.....	5-15
図 5.3.7	シミュレーション解析グリッド.....	5-17
図 5.3.8	第一帯水層が分布しないグリッドの考え方.....	5-18
図 5.3.9	カルデラ地形のグリッドの考え方.....	5-18
図 5.3.10	第三帯水層の下面深度分布.....	5-19
図 5.3.11	第三帯水層の層厚分布.....	5-19
図 5.3.12	既知水頭（固定水頭）設定グリッド（■）.....	5-20
図 5.3.13	一般水頭境界設定グリッド（■）.....	5-21
図 5.3.14	既往資料から作成した地下水位分布.....	5-22
図 5.3.15	現況計算に用いた初期水位.....	5-22
図 5.4.1	タンクモデルの例.....	5-23
図 5.4.2	本調査で採用したタンクモデル構造.....	5-25
図 5.4.3	気象観測地点.....	5-26
図 5.4.4	不圧地下水位観測地点.....	5-27
図 5.4.5	Santa Clara（Granada）（気象データ：MASAYA）.....	5-27
図 5.4.6	Los Placeres（気象データ：MASAYA）.....	5-28
図 5.4.7	Hda El Panama（気象データ：AEROPUERTO INTERNACIONAL MANAGUA）.....	5-28
図 5.4.8	地下水涵養率の地域区分.....	5-32
図 5.4.9	マナグア市内の Macro sector 区分.....	5-33
図 5.5.1	2016 年地下水揚水量の ENACAL 集計値と本案件による推計値の比較.....	5-35
図 5.5.2	月別揚水量推計結果（第三帯水層）.....	5-36
図 5.6.1	キャリブレーションに用いた地下水位観測地点.....	5-37
図 5.6.2	キャリブレーション結果.....	5-38
図 5.6.3	2019 年 12 月の地下水位の再現.....	5-38
図 5.6.4	解析（計算）範囲全域（全層）の地下水収支（2011 年 1 月～2019 年 12 月）.....	5-39
図 5.6.5	PNRH のラス・シエラス帯水層域（全層）の地下水収支.....	5-40
図 5.6.6	PNRH のラス・シエラス帯水層域（第三帯水層）の地下水収支.....	5-40

図 5.6.7	現況計算で決定した水平方向透水係数分布（第三帯水層）	5-42
図 5.6.8	キャリブレーション地点の地下水位変動予測	5-44
図 5.6.9	JICA プロジェクト地点の地下水位変動予測	5-45
図 5.6.10	2021 年の井戸分布と主要井戸群	5-46
図 5.6.11	シナリオ 1：地下水位分布予測	5-47
図 5.6.12	シナリオ 1：2019 年 12 月の地下水位分布との比較	5-47
図 5.6.13	シナリオ 2：地下水位分布予測	5-48
図 5.6.14	シナリオ 2：2019 年 12 月の地下水位分布との比較	5-48
図 5.6.15	シナリオ 2：シナリオ 1 の地下水位分布との比較	5-48
図 5.6.16	シナリオ 3：地下水位分布予測	5-49
図 5.6.17	シナリオ 3：2019 年 12 月の地下水位分布との比較	5-49
図 5.6.18	シナリオ 3：シナリオ 1 の地下水位分布との比較	5-49
図 5.6.19	シナリオ 4：地下水位分布予測	5-50
図 5.6.20	シナリオ 4：2019 年 12 月の地下水位分布との比較	5-50
図 5.6.21	シナリオ 4：シナリオ 1 の地下水位分布との比較	5-51
図 5.6.22	シナリオ 5：地下水位分布予測	5-51
図 5.6.23	シナリオ 5：2019 年 12 月の地下水位分布との比較	5-52
図 5.6.24	シナリオ 5：シナリオ 1 の地下水位分布との比較	5-52
図 5.6.25	シナリオ 1：解析（計算）範囲全域（全層）の地下水収支	5-53
図 5.6.26	シナリオ 1：PNRH のラス・シエラス帯水層域（全層）の地下水収支	5-53
図 5.6.27	シナリオ 1：PNRH のラス・シエラス帯水層域（第三帯水層）の地下水収支	5-54
図 5.6.28	シナリオ 2：解析（計算）範囲全域（全層）の地下水収支	5-54
図 5.6.29	シナリオ 2：PNRH のラス・シエラス帯水層域（全層）の地下水収支	5-55
図 5.6.30	シナリオ 2：PNRH のラス・シエラス帯水層域（第三帯水層）の地下水収支	5-55
図 5.6.31	シナリオ 3：解析（計算）範囲全域（全層）の地下水収支	5-56
図 5.6.32	シナリオ 3：PNRH のラス・シエラス帯水層域（全層）の地下水収支	5-56
図 5.6.33	シナリオ 3：PNRH のラス・シエラス帯水層域（第三帯水層）の地下水収支	5-56
図 5.6.34	シナリオ 4：解析（計算）範囲全域（全層）の地下水収支	5-57
図 5.6.35	シナリオ 4：PNRH のラス・シエラス帯水層域（全層）の地下水収支	5-57
図 5.6.36	シナリオ 4：PNRH のラス・シエラス帯水層域（第三帯水層）の地下水収支	5-58
図 5.6.37	シナリオ 5：解析（計算）範囲全域（全層）の地下水収支	5-58
図 5.6.38	シナリオ 5：PNRH のラス・シエラス帯水層域（全層）の地下水収支	5-59
図 5.6.39	シナリオ 5：PNRH のラス・シエラス帯水層域（第三帯水層）の地下水収支	5-59
図 5.6.40	キャリブレーション地点及び主要 JICA プロジェクト地点	5-60
図 5.6.41	シナリオ 1 における地下水位変動	5-61

表 一 覧

表 1.3.1	我が国の技術協力支援実績（給水分野）	1-6
表 1.3.2	我が国の無償資金協力実績（給水分野）	1-6
表 1.4.1	IDB による援助実績（給水分野）	1-7
表 1.4.2	世界銀行による援助実績（給水分野）	1-8
表 2.1.1	2018 年～2020 年の ENACAL の損益計算書（単位：百万コルドバ）	2-3
表 2.1.2	2018 年～2020 年の ENACAL のキャッシュフロー計算書(単位：百万コルドバ)	2-3
表 2.2.1	地形測量概要	2-6
表 2.2.2	機械ボーリング実施概要	2-6
表 2.2.3	地下水位調査結果	2-9
表 2.2.4	水質検査サンプル採取地点と深度	2-11
表 2.2.5	水質調査の結果	2-12
表 3.1.1	本協力対象事業の内容	3-1
表 3.2.1	調達予定機材とその効果	3-3

表 3.2.2	ENACA が有するマナグア市内の既設ポンプ場及びポンプリスト	3-6
表 3.2.3	機電修理ワークショップの現状と課題	3-9
表 3.2.4	インバータ設置の対象井戸	3-13
表 3.2.5	電源品質測定結果表	3-14
表 3.2.6	停電時間記録表 (2021 年 7 月)	3-15
表 3.2.7	既設ポンプ設備一覧表	3-16
表 3.2.8	既設ポンプ場の維持管理状況	3-17
表 3.2.9	既設モーター容量及び新設インバータ装置対応表	3-19
表 3.2.10	インバータ装置に必要な交換部品	3-20
表 3.2.11	新設配水池の構造比較	3-22
表 3.2.12	既設ポンプ場とポンプ仕様	3-25
表 3.2.13	ENACAL から要請されたポンプ場の概要	3-25
表 3.2.14	既設ポンプ場における現地調査結果	3-26
表 3.2.15	更新対象ポンプと選定理由	3-27
表 3.2.16	ポンプ定格点の計画	3-29
表 3.2.17	ポンプ更新の工事方法	3-30
表 3.2.18	主要工作機械及び移動車両の機能と作業内容	3-35
表 3.2.19	機材調達することにより期待される効果	3-36
表 3.2.20	機電修理ワークショップにおける調達機材リスト	3-37
表 3.2.21	調達機材リスト (無収水削減活動に資する機材)	3-40
表 3.2.22	図面リスト	3-42
表 3.2.23	両国政府の負担区分	3-44
表 3.2.24	各機材の品質管理確認項目	3-46
表 3.2.25	据付工事における材料の品質管理項目	3-46
表 3.2.26	各機材の調達先選定理由	3-47
表 3.2.27	初期操作指導・運用指導計画	3-48
表 3.2.28	実施工程表	3-50
表 3.4.1	井戸取水ポンプ場維持管理項目	3-54
表 3.4.2	配水池の点検の実施頻度	3-55
表 3.4.3	配水池の運転・維持管理項目	3-56
表 3.4.4	送水ポンプ場施設の維持管理項目	3-56
表 3.4.5	流量調整弁の点検項目	3-57
表 3.4.6	漏水補修機材を含めた水管橋の維持管理項目	3-57
表 3.4.7	機電修理ワークショップの維持管理項目	3-58
表 3.4.8	無収水削減活動関連機材の維持管理項目	3-58
表 3.5.1	ニカラグア側負担費用内訳	3-59
表 3.5.2	インバータ設置による使用電力量の変化	3-60
表 3.5.3	対象井戸の年間電力使用量	3-61
表 3.5.4	対象井戸における年間運転維持管理費用 (想定)	3-62
表 3.5.5	組立式配水池の業務内容と必要な人員体制	3-62
表 3.5.6	組立式配水池における年間運転維持管理費用 (想定)	3-62
表 3.5.7	既存送水ポンプの効率低下	3-63
表 3.5.8	送水ポンプ更新による改善電力消費量	3-63
表 3.5.9	対象ポンプ場における年間運転維持管理費用 (想定)	3-64
表 3.5.10	流量調整弁の年間運転維持管理費用 (想定)	3-64
表 4.4.1	事業実施による定量的効果	4-3
表 5.2.1	ニカラグアで地下水解析に使用されているソフトウェアの例	5-3
表 5.2.2	関係機関の要望するソフトウェア	5-5
表 5.2.3	Visual MODFLOW Pro のタイプ・ライセンス管理の比較	5-5
表 5.3.1	モデル化の手順	5-8
表 5.3.2	MODFLOW シミュレーションに必要な基本パラメータ	5-10

表 5.3.3	比貯留量の範囲.....	5-16
表 5.3.4	比産出率の範囲.....	5-16
表 5.3.5	帯水層区分	5-17
表 5.3.6	湖及び水系の水位と水深.....	5-20
表 5.4.1	タンクモデルのパラメータ	5-23
表 5.4.2	月別地下水涵養量 (Santa Clara)	5-29
表 5.4.3	月別地下水涵養量 (Los Placeres)	5-30
表 5.4.4	月別地下水涵養量 (Hda El Panama)	5-31
表 5.4.5	タンクモデル解析で推定した 3 地点の地下水涵養量の平均.....	5-32
表 5.4.6	地下水涵養量率の地域区分.....	5-32
表 5.4.7	漏水に起因する地下水涵養量.....	5-34
表 5.6.1	現況解析に必要なデータの収集状況.....	5-36
表 5.6.2	解析 (計算) 範囲全域 (全層) の年間地下水収支.....	5-41
表 5.6.3	PNRH のラス・シエラス帯水層域 (全層) の年間地下水収支	5-41
表 5.6.4	PNRH のラス・シエラス帯水層域 (第三帯水層) の年間地下水収支	5-41
表 5.6.5	MODFLOW シミュレーションに必要な基本パラメータ	5-42
表 5.6.6	地下水涵養条件.....	5-43
表 5.6.7	地下水揚水条件.....	5-43
表 5.6.8	予測解析シナリオ.....	5-43
表 5.6.9	キャリブレーション地点の 2019 年 12 月との地下水位差予測	5-45
表 5.6.10	キャリブレーション地点のシナリオ 1 との地下水位差予測	5-45
表 5.6.11	JICA プロジェクト地点の 2019 年 12 月との地下水位差予測.....	5-46
表 5.6.12	JICA プロジェクト地点のシナリオ 1 との地下水位差予測	5-46
表 5.6.13	解析 (計算) 範囲全域 (全層) の年間地下水収支予測.....	5-61
表 5.6.14	PNRH のラス・シエラス帯水層域 (全層) の年間地下水収支予測	5-62
表 5.6.15	PNRH のラス・シエラス帯水層域 (第三帯水層) の年間地下水収支予測	5-62
表 5.6.16	各シナリオにおける地下水位及び地下水流向予測.....	5-63
表 5.7.1	地下水シミュレーションソフト研修内容.....	5-66
表 5.7.2	地下水シミュレーションソフト研修参加者リスト.....	5-66
表 5.7.3	地下水シミュレーション結果のワークショップ	5-66
表 5.8.1	化学的酸素要求量による水の区分.....	5-68

写 真 一 覧

写真 2.2.1	地形測量実施状況.....	2-6
写真 2.2.2	ボーリング調査実施状況.....	2-7
写真 2.2.3	水質調査の状況.....	2-11
写真 3.2.1	既存ポンプの偏心配管.....	3-7
写真 3.2.2	水管橋の漏水.....	3-8
写真 3.2.3	機電修理ワークショップ.....	3-10

略 語 集

A/P	Authorization to Pay	支払授權書
ANA	Autoridad Nacional del Agua	国家水庁
ASSHOTO	American Association of State Highway and Transportation Officials	アメリカ各州道路交通行政官協会
ASTM	American Society for Testing and Materials	米国材料試験協会
B/A	Banking Arrangement	銀行取決め
BCN	Banco Central de Nicaragua	ニカラグア中央銀行
CIRA	Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua	ニカラグアの水資源研究センタ
COD	Chemical Oxygen Demand	化学的酸素要求量
CVV	Control-use Vinyl insulated Vinyl sheathed cable	制御用ビニル絶縁ビニルシース
DMA	District Metered Area	分離化された配水区画
E/N	Exchange of Note	交換公文
ENACAL	Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios	ニカラグア上下水道公社
EU	European Union	欧州連合
FISE	Nicaragua Emergency Social Investment Fund	ニカラグア緊急社会投資基金
G/A	Grant Agreement	贈与契約
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GIZ	Deutsche Gesellschaft fuer Internationale Zusammenarbeit	ドイツ国際協力公社
GNI	Gross National Income	国民総所得
HDPE	High Density Polyethylene	高密度ポリエチレン
Hp	Horse Power	馬力
IDB	Inter-American Development Bank	米州開発銀行
INETER	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales	ニカラグア国土調査院
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
kW	kilowatt	キロワット
MAG	Ministerio Agropecuario	農業省
MARENA	Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales	環境天然資源省
MEM	Ministerio de Energía y Minas	エネルギー・鉱山省
MHPC	Ministerio de Hacienda y Crédito Público	財務省
MINSA	Ministerio Salud	保健省
PC	Prestressed Concrete	プレストレスト コンクリート
PEDI	Plan Estratégico de Desarrollo Institucional de ENACAL	ENACAL 組織開発戦略計画
pH	Hydrogen Ion Exponent	水素イオン指数
PISASH	Programa Integral Sectorial de Agua y Saneamiento Humano de Nicaragua	上下水道セクター統合プログラム
PNDH	Plan Nacional de Desarrollo Humano	国家人間開発計画
PNRH	Plan Nacional de Recursos Hídricos	ニカラグア国家水資源計画
PVC	Polyvinyl Chloride	塩化ビニル
RC	Reinforced Concrete	鉄筋コンクリート
SINAPRED	Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres Nicaragua	ニカラグアの災害の予防及び軽減のための国家システム
SS	Suspended Solids	浮遊物質
SUS	Steel Use Stainless	ステンレス鋼
UNAN	Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua	ニカラグア国立自治大学
USB	Universal Serial Bus	シリアルバス規格の1つ
VAT	Value Added Tax	付加価値税

第1章 プロジェクトの背景・経緯

1.1 当該セクターの現状と課題

1.1.1 現状と課題

ニカラグア共和国（以下、ニカラグア）の首都マナグア市では年4%の人口増加に伴い、水需要も拡大を続けている。然しながら、24時間給水を受けている地区はマナグア市全体の50%に留まっており、水道利用者の約14%は1日の給水時間が8時間に満たない。

こうした水道サービスの低下をもたらす大きな要因としては、水源及び配水池容量の不足に加えて、施設の老朽化や不適切な水圧管理による漏水があげられている。さらに、マナグア市の水源の大部分は地下水に依存しており、揚水に必要な電力料金の負担はニカラグア上下水道公社(ENACAL)の財務状況を圧迫しており、施設の抜本的な改善に向けた設備投資が困難な状況にある。

ENACALの累積赤字は2020年度末で380億円に達しており、これを改善するためには、毎年10～20億円の赤字が計上される損益収支を均衡させなければならない。このような赤字経営のENACALの財務状況を改善し、給水時間の向上を図るために必要な投資資金を確保するためには、無収水率を低下及び電力費用を削減させることが最優先課題として認識されている。

JICAは2005年に開発調査「マナグア市中長期水道施設改善計画調査」を実施し、当時のマナグア市の水道事業の抱える問題を分析し、①水源の改修・保全、②送配水システムの効率化、③無収水の削減、④経営基盤強化という4つの主要な課題を取り上げ、それらの課題に対して2015年までの具体的な改善策を提示した基本計画を策定している。

この基本計画のコンセプトは、現有する施設を維持しながら、新規水源の開発なしに2015年までの水需給をバランスさせるものであり、さらに将来の施設整備に備えるため、ENACALの経営基盤を強化するための施策が示されている。

ニカラグア上下水道公社(ENACAL)は、基本計画で示された中・長期的なアクションプランに基づき、各ドナーと連携して、給水量拡大に向けた水源の開発・改修、送配水システムの拡張などの多くの事業を進めてきた。この結果、マナグア市におけるENACALによる給水能力は大きく改善したものの、水道サービス全体では未だに多くの課題が残されていた。

特に、2012年推定で40～50%とされている無収水率を効果的に削減するためには、ENACAL内で組織横断的な実施体制を構築し、ENACALがマナグア市における無収水を継続的に削減するための中長期計画を策定する必要があり、JICAは2017～2020年にかけて「無収水管理能力強化プロジェクト」（以下、無収水技プロ）を実施した。

この無収水技プロによってENACALの無収水削減に向けた計画策定能力、漏水削減の実施能力の強化が大きく進み、2035年までに無収水率を25%まで削減することを目標とした中長

期計画及びアクションプランが策定された。現在は、このアクションプランに従って、米州開発銀行（IDB）及びドイツ国際協力公社（GIZ）が施設整備に必要な資金協力に加え、ENACALの組織能力のさらなる強化に向けた支援を実施している。

このように、中長期的な計画に基づく支援は上記開発パートナーの協力の下で進められる環境が整いつつあるものの、必要な施設整備・更新への対応は十分に実施されているとはいえない。特に、既存配水管網や老朽化が進んだ施設に対して、ENACALが急務とする「漏水対策」や「運転維持管理費の削減」を実現するための支援は他ドナーによりカバーできていない。従って、これら2つの問題に対して、短期的かつ即効性のある対策をとることが喫緊の課題となっている。

1.1.2 開発計画

ニカラグア政府は「国家人間開発計画（PNDH）2018-2021」にて、水・衛生サービスのエリアの拡大、水質の改善に加えて、既存のインフラ維持管理を重要課題と位置づけ、上に述べた課題に対応する方針を示している。ENACALの事業戦略は、「ENACAL組織開発戦略計画2013-2017」（PEDI: Plan Estratégico de Desarrollo Institucional de ENACAL）及び「ENACAL組織開発戦略計画2020-2025」に基づいて実施されている。さらに、2017年にはこれらを補完するための「戦略的強化計画2017-2021」（Plan Estratégico de Fortalecimiento 2017-2021）が策定されている。PEDIにて、無収水率の低下、電力費用等の運転コストの削減及びENACALの長期的な財政安定化を図り、社会的脆弱層を含む全住民に対する公平な水・衛生サービスの提供が目標として掲げられている。

上記PEDIの主な目的は、過去の教訓を活かしつつ、ENACALが効率的かつ自立した公的組織として強化されるために必要な手段を明確に示すことであり、国家計画である「国家人間開発計画」（PNDH: Plan Nacional de Desarrollo Humano）及びセクター開発計画「上下水道セクター統合プログラム」（PISASH: Programa Integral Sectorial de Agua y Saneamiento Humano de Nicaragua）に基づいて策定されたものである。PEDIにて以下の7つの戦略目標を掲げ、水道サービスの改善に向けた取り組みが進められている。

ENACALの戦略目標

- 1) マナグア市及びその他地域の水道システムにおいて、無収水量を削減する。
- 2) 電力消費費用を削減する。
- 3) 長期的に企業体としての財政の持続性、短期的に運営の独立採算を達成する。
- 4) 公共サービス提供者の各々がマネージメントの高い基準を満たし、サービス受益者のすべての住民の利益に貢献できるよう組織能力を強化する。
- 5) ENACALが対応するすべての住民に対する上下水道サービスを改善する。
- 6) 水資源に対して、現在及び将来の世代に対して保障すべく、環境の保全・保護に貢献する。
- 7) 水衛生サービスのアクセスにおいて、正義と社会的公平を達成する。

1.1.3 社会経済状況

ニカラグアは人口約 662 万人（2020 年世界銀行）、国土面積約 13 万 km²（北海道と九州を合わせた広さ）を有している。また、ニカラグアの実質 GDP は 126.2 億ドル（2020 年世界銀行）、一人あたりの GNI は 1,850 ドル（2020 年世界銀行）であり、実質経済成長率（GDP）は -2.0%（2020 年ニカラグア中央銀行）とマイナス成長となっている。これは、新型コロナウイルス感染拡大による影響のみならず、2018 年に発生したニカラグア社会保険制度をめぐる暴動による社会情勢の悪化が要因とされており、2018 年に発生した社会情勢の悪化以降の実質経済成長率（GDP）は、マイナス成長となっている。物価上昇率および失業率は各々 -2.9%、5.0%（2020 年ニカラグア中央銀行）となっており、物価安定や貧困削減等も課題のひとつとなっている。特に、上下水道セクターは教育や保健と並び貧困削減に資する重要な開発分野として位置づけられている。

本案件の調査対象地域が位置するマナグア市はニカラグアの首都であり、マナグア湖の南岸に位置し、人口約 150 万人（2016 年マナグア市役）を有する。人口増加率は概ね 0.7%を推移しており、人口増加とともに急速な都市化、居住エリアの拡大化による環境悪化、インフラ整備が課題となっている。

1.2 無償資金協力の背景・経緯及び概要

前述のしたように、ENACAL は開発パートナーの支援を活用しつつ、無収水技プロで示されたアクションプランに従って、中長期的な視点の下で無収水対策を進めている。しかしながら、アクションプランで示されたすべての施策に対して実現の見通しが立っているわけではない。

飲料水源の 9 割以上を地下水で賄っていることから、その揚水に必要な電力費の支出は ENACAL の経営にも大きな負担となっており、運転維持管理費用の約 4 割を占めている。しかし、既存井戸の多くのポンプは老朽化が進み、非効率な運転に伴う電力消費を余儀なくされているほか、配水管網の過剰な水圧が漏水の発生を助長してしまうといった複合的な問題に直面している。

また、過去に我が国の支援を通じて整備された送配水施設、その他付帯設備の老朽化も大きく進んでおり、ENACAL の技術力や資金力では、それらの既存施設から発生している漏水を効果的に防止するための対策をとることができていない。

このような現状を踏まえ、我が国は ENACAL に対する支援の必要性を認識し、ニカラグア政府と協議の結果、2020 年に無償資金協力の活用を想定した協力準備調査の実施を決定した。

調査を通じて確認された重要課題は以下の 3 つに集約される。無収水技プロで示されたアクションプランにおいて示された施策のうち、即効性のある無収水対策としての漏水防止、既存井戸の運転管理費の低減、そしてワークショップにおける維持管理体制の改善に向けた実効性のある支援を行う必要性が確認された。

(1) 漏水量の削減

上述のとおり、無収水技プロでは、2035年を目標年次としたアクションプランを策定しており、そこで提案された施策に対して IDB や GIZ による支援が行われている。しかし、同アクションプランの中で、緊急性が高い即効性のある無収水対策としてあげられた、基幹送水管の漏水修繕及び既存配水池周辺で発生しているバルブ周りの漏水修繕といった取組みは、他ドナーの支援対象となっておらず、いまだに対策が採られる見通しが立っていない。

マナグア市内には現在約 180 本の深井戸が存在し、その多くは配水管網に直結されている。配水管網の水理的独立化は不完全な状態に置かれ、ENACAL の本部と支局間の運転管理の責任分担が明確に定まっていないこともあり、水需要の変動に応じた適切な配水管理が実施されていない。

特に、配水管網内の水圧管理が十分にできていないため、夜間の水使用量が少ない時間においても井戸ポンプの定常的な運転が続き、配水管網内の過剰な水圧と漏水発生をもたらしている。

無収水技プロにおけるパイロットプロジェクトの結果、水圧の適正化が無収水削減に大きな効果があることが実証されており、ENACAL にとっても配水圧の適正管理に対するニーズは高い。

(2) 運転維持管理費用の削減

ENACAL は電力費用の削減を事業戦略計画の一つに掲げている。運転維持管理費用の削減に向けて実効性のある対策は、既存井戸及び送水ポンプの運転効率を改善し、エネルギー効率の最適化を図ることである。

2015 年には世界銀行の支援の下、ENACAL のポンプ場の運転効率化のための基本計画調査を実施し、既存の井戸及び送水ポンプ場を対象として、エネルギー効率化に向けたアクションプランが提案されている。その中でも、インバータ制御による運転管理、高効率の電動機を備えたポンプの更新の必要性が特に強く推奨されている。

既存井戸の多くは配水管網に直結されており、そのポンプ設備の老朽化が進んでいる。このため、台数制御や水圧に応じた運転管理ができておらず、水需要量の変動にかかわらず 24 時間運転を続けることによって、非効率な運転と電力の使用を余儀なくされている。

従って、既存井戸の運転効率の改善ニーズは極めて高く、これらのニーズに対応した資機材を整備することで、即効性のある運転管理費用の削減が可能となる。

(3) 迅速な維持管理体制の構築

ENACAL が運転管理する水道施設のほとんどは、直営の修理班によって維持・修繕される。小規模な水道メータの修理・検定のみならず、井戸ポンプ、送水ポンプ、電動機、制御盤に至る機電設備についても、不具合の生じた施設のほとんどをワークショップに持

ちこみ、自力で修理を行っている。しかしながら近年、その運転維持管理費用についても経営負担となっており、効率的な維持管理体制の構築が急務となっている。

設備の修繕に必要な部品の加工、部材の製作に欠かせない工具・機械が老朽化し、やむを得ず外部委託に頼ることも多いが、国内に対応できる業者もないため、大きな時間を要する。また、ワークショップ内の荷役用機材の不具合に伴い、クレーン車や運搬機械をリースすることによる経営負担は年々大きくなっており、これらは迅速な修繕・維持管理を阻害する要因となっている。

さらに、年間約 70 台に及ぶポンプ・電動機の修繕は、ワークショップの主要な活動となっているが、維持修繕に用いる設備の老朽化は著しく、保有機材の機能低下・能力不足もあり、修繕作業において十分な品質を確保することが困難である。これによって、修繕後の機電設備を所定の精度や能力を有する状態に回復することができず、結果として、低効率下での運転を余儀なくされ、運転維持管理費用の増大にもつながっている。

従って ENACAL の維持管理体制を効率的にするため、ワークショップの設備を強化するニーズは極めて高く、これに対する協力は ENACAL の経営改善の一助となる。

本事業は、マナグア市における漏水削減及びエネルギーの効率的利用に必要となる資機材調達及び配水池の整備を通じて、ENACAL の運転維持管理費用の削減及び効率的な送配水システムの実現を図り、もって対象地域の給水サービスの安定と住民の生活・衛生環境の改善に寄与するために実施される。

本事業の協力対象は以下に示すとおりである。これらによって漏水削減と運転維持管理費用の削減を実現し、もって ENACAL の経営負担を軽減させることができる。

- 既存井戸ポンプの運転条件を水圧に応じて適切に制御するためのインバータの設置
- 既存送水ポンプの老朽化したポンプ設備の更新
- 適正な水圧と効率的な配水条件を実現するための組立式配水池の設置
- 基幹送水管で発生している漏水修繕のための資機材調達と据付
- 既存配水池流入点におけるオーバーフローによる無収水削減のための機材調達
- 迅速で効率的な施設の補修を可能とするワークショップの整備
- 無収水削減活動を活性化するための機材調達

1.3 我が国の援助動向

ニカラグアに対する給水分野に関連する我が国の過去の援助実績は、表 1.3.1 及び表 1.3.2 に示す。ニカラグアに対する我が国の円借款事業は実施されていない。

表 1.3.1 我が国の技術協力支援実績（給水分野）

協力内容	実施年度	案件名／その他	概要
技術協力プロジェクト	2017～2020	マナグア市無収水管理能力強化プロジェクト	2035年までに25%まで無収水削減を達成するための長期計画及びアクションプランを策定。また、パイロットエリア 2 箇所ですべて平均 21.6%の無収水を削減。
専門家派遣	2013～2016	指導科目：無収水対策 人数：第三国専門家 1 名	ENACAL 職員の無収水削減対策における計画・実施能力を強化することを目的に実施された技術協力で、ブラジル国から第三国専門家が派遣された。
開発調査	1991～1993	マナグア市上水道整備計画調査	マナグア市の水道水源として、2000 年を目標とした市全域とその周辺の地下水開発量の評価及び地下水開発計画の策定。
	2004～2005	マナグア市中長期上水道施設改善計画調査	マナグア市において、安全な飲料水の持続的かつ効率的な供給を図ることを目標とし、2015 年を目標年次とするマナグア市上水道の中長期計画の策定。

表 1.3.2 我が国の無償資金協力実績（給水分野）

実施年度	案件名／その他	概要
1995～1997	第一次カラソ台地地下水開発計画	供与限度額：16.11 億円 マナグア市南東部のカラソ台地上のヒノテペ市、サン・マルコス市、ラ・コンセプション市及びその周辺地域を対象とした 12 本の深井戸建設及び給水施設建設。計画取水量 11,600m ³ /日、裨益人口約 156,000 人。
1995～1997	マナグア市上水道整備計画（マナグア I）	供与限度額：35.64 億円 マナグア市南部のティクアンテペ地区における 15 本の井戸群、送水ポンプ場、受水槽、配水池及び送水管路の建設。計画取水量 71,000m ³ /日、裨益人口 227,000 人。
1998～2000	第二次カラソ台地地下水開発計画	供与限度額：16.11 億円 第 1 次カラソ台地に隣接する地区を対象とする 7 地区 7 給水システムに係る深井戸建設及び給水施設建設。計画取水量 7,955m ³ /日、裨益人口 125,900 人。
1999～2001	第二次マナグア市上水道整備計画（マナグア II）	供与限度額：28.67 億円 マナグア I に隣接する地区を対象とする深井戸 15 本、取水施設、導水・送水施設及び送配水施設の建設。計画取水量 60,000m ³ /日、裨益人口 374,681 人。

1.4 他ドナーの援助動向

国際機関としては、IDB と世界銀行が上水道セクターに対する支援を行っており、二国間機関としてスペイン開発庁や GIZ が支援を実施してきている。2005 年以降は、JICA の実施した「マナグア市中長期上水道施設改善計画調査」結果に基づき、IDB 及び世界銀行が主体となり、給水量拡大と配水網のマクロ・ミクロ化を行ってきた。以下に、ドナー機関毎に上水道分野における支援実績を示す。

(1) IDB による支援

IDB は、上水道分野に係る支援を数多く実施してきている。下表に 2000 年以降の給水分野の支援実績を示す。特に、NI-L1145 プロジェクトにおいては、ENACAL に対し、

マナグア市アルタミラ支局の組織体制強化の他、無取水技プロにて提言された支局の水理的分離化、マクロセクター化を支援している。

表 1.4.1 IDB による援助実績（給水分野）

プロジェクト番号	プロジェクト名	金額 (百万ドル)	状況(種類)	承認日
NI-T1299	Support for Strengthening the Water and Sanitation Sector in Nicaragua	0.34	実施中 (技術協力)	Jun 22, 2021
NI-T1298	Young People Working to Improve Access to Water and Sanitation in Rural Communities in Nicaragua	0.30	実施中 (技術協力)	Apr 28, 2021
NI-T1277	Support for the Preparation and Initial Execution of the Potable Water and Rural Sanitation Program NI-L1154	0.30	実施中 (技術協力)	Oct 29, 2019
NI-L1145	Project for the Improvement and Sustainable Management of Drinking Water and Sanitation Services in Urban and Periurban Areas	72.00	実施中 (融資)	Nov 29, 2017
NI-T1247	Support for the Design and Implementation of the Projects for the Improvement and Sustainable Management of Potable Water and Sanitation Services in Urban and Periurban Areas (NI-L1145)	0.42	実施中 (技術協力)	Nov 17, 2017
NI-T1205	Technical Assistance to ENACAL in Planning, Scheduling and Execution of Works in Water and Sanitation	0.45	実施中 (技術協力)	Mar 25, 2015
NI-G1002	Drinking Water Project in the City of Bilwi (Puerto Cabezas)	31.40	実施中 (融資)	Dec 16, 2014
NI-T1180	Preparation Support of Water and Sanitation Program in Puerto Cabezas	0.87	終了 (技術協力)	Nov 8, 2013
NI-G1004	San Jacinto-Tizate Community Water Rehabilitation Project	0.33	実施中 (無償)	Nov 1, 2012
NI-L1029	Water Supply Program for Managua	30.00	実施中 (融資)	Dec 1, 2010
NI-L1017	Potable Water and Sanitation Investment Program	30.00	終了 (融資)	Oct 4, 2006
NI-T1045	Final Potable Water Designs and Sanitation in Intermediate Cities	0.49	終了 (技術協力)	Sep 22, 2006
NI-T1021	Water and Sewerage Final Design and Study of Masaya City	0.12	終了 (技術協力)	Oct 6, 2005
TC0003009	Institutional Strengthening for INAA (Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado Sanitario)	0.70	終了 (技術協力)	Oct 25, 2000

出所：IDB ウェブサイト

(2) 世界銀行による支援

世界銀行も、給水分野に係る支援を実施してきおり、下表に 2000 年以降の給水分野の支援実績を示す。その中には、大マナグア都市圏を対象地域とする上下水道施設整備プログラム（プロジェクト番号 P110092）が含まれている。このプログラムは、PRASMA と呼ばれており、2008 年に承認され、2015 年終了した案件である。近年は、地方都市を対象とした給水サービス改善事業を多く実施している。

表 1.4.2 世界銀行による援助実績（給水分野）

事業名	事業番号	融資額 (百万ドル)	状況	承認日/終了日
NI Sustainable Rural Water Supply and Sanitation Sector	P147006	30.0	実施中	2014年3月/ 2020年3月
NI AF Rural Water Supply and Sanitation	P132102	6.0	終了	2013年1月/
Adaptation of Nicaraguas Water Supplies to Climate Change	P127088	6.0	実施中	2012年11月/ 2018年6月
NI Greater Managua Water and Sanitation (PRASMA)	P110092	40.0	終了	2008年12月/ 2015年2月
NI Rural Water Supply and Sanitation Project (PRASNICA)	P106283	20.0	終了	2008年6月/ 2015年3月

出所：世界銀行ウェブサイト

(3) GIZによる支援

GIZは、2011年から2018年にかけて「上下水道分野技術支援プログラム (PROATAS)」により、上下水道分野の支援を実施した。特に、ENACAL 組織戦略計画の策定、組織再編計画策定等の ENACAL の組織能力強化を図った。また、12 地方支局を対象都市して、水道事業サービス改善を目的とした運営効率化、料金徴収能力強化を実施した。GIZ による支援は、ENACAL 本部の組織改編の他は、地方における運営・維持管理能力の強化を対象としている。

第2章 プロジェクトを取り巻く状況

2.1 プロジェクトの実施体制

2.1.1 組織・人員

本事業の実施機関は、ENACAL であり、本事業により調達される機材は総括部のオペレーション統括局が主となり運転維持管理を行う。ENACAL は図 2.1.1 に示すとおり最高決定機関である理事会、総裁室の下に、総括部と財務管理部の二つの総局が置かれその下に各部局が組織されている。

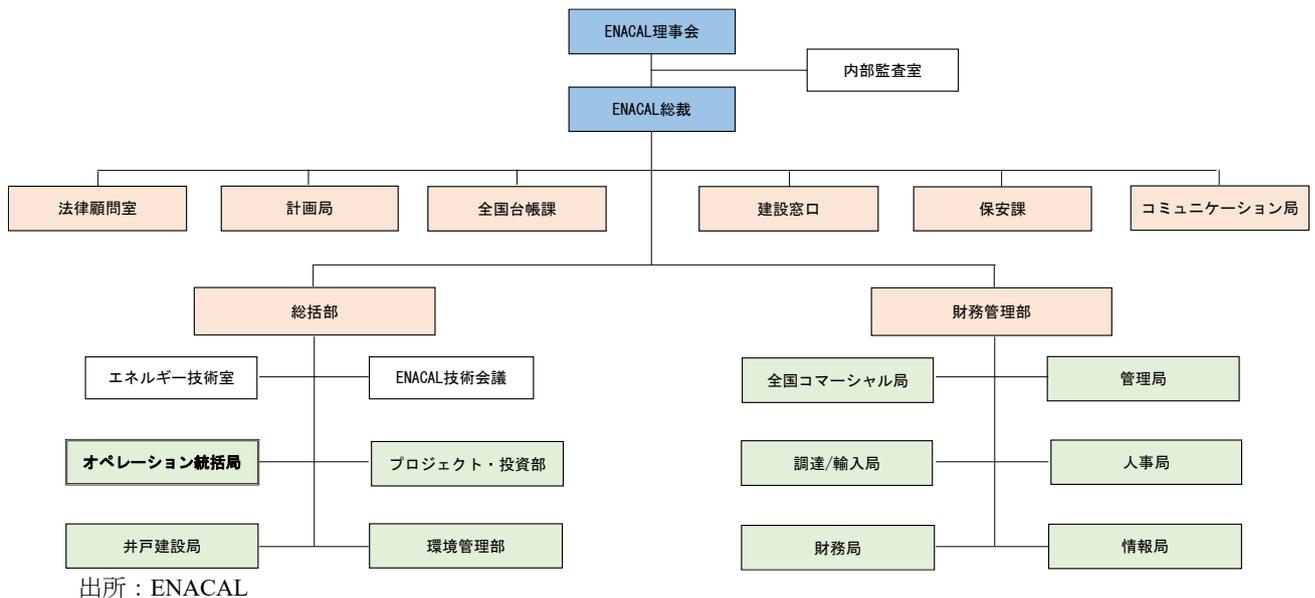
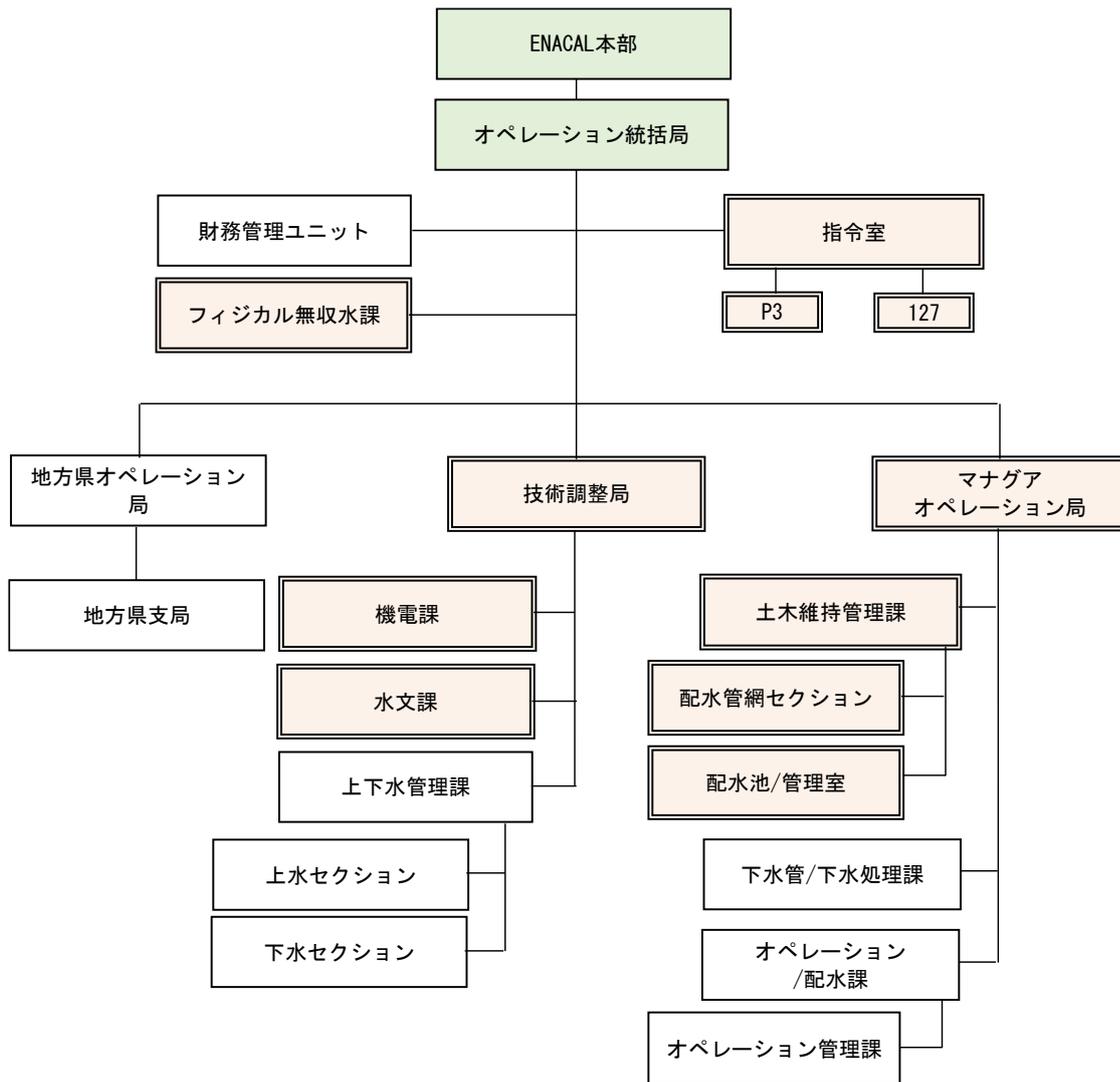


図 2.1.1 ENACAL の組織図

オペレーション統括局の組織図を図 2.1.2 に示す。調達機材のうち、インバータ、組立式配水池、送水ポンプ、流量調整弁、漏水補修バンドについては指令室の管理の下、マナグアオペレーション局が運転・維持管理の実業務を担当する。機電修理ワークショップ機材は、技術調整局機電課が実作業を担当する。また、漏水探知機等無収水対策用資機材は、フィジカル無収水課が管理を担当する。



出所：ENACAL

図 2.1.2 オペレーション統括局の組織図

2.1.2 財政・予算

に ENACAL の 2018～2020 年の 3 会計年度の損益計算書の概要を示す。総収入が総費用の 9 割程度しかカバーできておらず、年間 11 億円（2019 年度）～17 億円（2020 年度）という巨額の損失が連続で発生し、損失の規模は増加傾向にある。また、総費用に占める電気料金の割合も 4 分の 1 を占め、使用電力量の低減が喫緊の課題となっている。

一方、ENACAL の過去 3 年間のキャッシュフロー計算書を表-11 に示す。2020 年は新型コロナウイルスの影響もあり、営業活動のキャッシュフローはマイナスであるが、それ以外の年は、黒字を示している。つまり、赤字経営ではあるものの、減価償却費等を除く費用については日常の運転・維持管理を行うのに必要なキャッシュを確保して経営している状況にある。

表 2.1.1 2018年～2020年のENACALの損益計算書（単位：百万コルドバ）

項目	会計年度		
	2018	2019	2020
総収入 (A)	3,256	3,685	3,505
上下水道料金収入	2,964	3,059	3,207
金融収益	133	84	55
その他の収入	159	542	243
総費用 (B)	3,719	4,039	4,038
営業経費	519	606	632
維持管理費用	221	252	266
登録及び徴収費用	605	736	644
管理費用	1,083	954	912
電気料金	940	1,039	994
減価償却	351	452	590
損益収支 (A - B)	- 463 (-1,454 百万円)	- 354 (-1,112 百万円)	- 533 (-1,674 百万円)

出所：ENACAL

表 2.1.2 2018年～2020年のENACALのキャッシュフロー計算書（単位：百万コルドバ）

項目	会計年度		
	2018	2019	2020
営業活動のキャッシュフロー	513	889	-586
投資活動のキャッシュフロー	-2,755	-3,658	-2,825
財務活動のキャッシュフロー	2,050	2,280	3,424
合計(ネット)キャッシュフロー	-192	-489	13
期末の現金残高	2,195 (6,892 百万円)	1,706 (5,357 百万円)	1,719 (5,398 百万円)

出所：ENACAL

2.1.3 技術水準

ENACALの総職員数は6,030人(2020年11月現在)である。そのうち、マナグア市内に従事する職員数は、2,170人となっている。ENACALの上下水道サービスの運転維持管理は、ENACAL職員の他に、ENACAL傘下のセキュリティ部門であるEMPROSA所属のポンプオペレーターが行っている。取水井戸、配水池及びポンプ場の運転維持管理は経験豊富な技能職員が実施しており、ENACAL本部指令室管理の下、適切に実施されている。また、運転時間及び配水池の水位等は運転記録として定期的にモニタリングしている。

一方、機電修理ワークショップの職員はENACAL所属職員から成り、事務職員を含めて89名が配属されている。機電修理ワークショップは、各種ポンプ、電動機及び制御盤等は可能な限りENACAL自身によって修理・オーバーホールしており、年間の修理/オーバーホール数は約70台である。そのほかに、電気盤類、配管資機材加工や自動車修理、ENACAL保有の設備・機材の維持管理全般に関する業務を担当している。また、機電修理ワークショップ構内には水中ポンプの試験用ピットが併設されており、オーバーホールの完了したポンプの流量、圧力、その他電力データを計測することで修理したポンプの性能評価を実施している。技術レベルとしては、日本での研修を受講した技術職員もおり高いレベルを有し、かつ、分野別に経験を有

する職員によって構成されているものの、修理技術に見合う工作機械、工具類の拡充が課題となっている。

ENACAL 本部無収水課は、無収水技プロによって無収水削減活動の技術移転を実施しており、十分な技術レベルを有している。

2.1.4 既存施設・機材

ENACAL はマナグア市内に 182 本の取水井戸を有しており、マナグア市水源の約 90%を地下水に依存している。そのうち、82 本の井戸が直接配水管網に直結されており、配水管網に直結されている井戸は、流量制御あるいは圧力制御されることなく 24 時間連続運転されている。また、周囲に配水池が存在しない地域や配水池があっても十分な容量を有していない地域が多く存在する。

ポンプ場はマナグア市内に 21 機あり、故障等により全く機能していないポンプも含めて合計 60 台の送水ポンプを有している。稼働ポンプのうち古いものは設置後 20 年以上経過しているポンプが多く存在する。ポンプの老朽化とともに、既存ポンプの問題点として、ポンプの出入口のセンターと配管のセンターが大きく偏心した状態で設置されていることが挙げられる。この状態では漏水リスクが増加するほか配管損失が生じることから、非効率な運転が実施されている状況にある。

機電修理ワークショップにおいては、保有機材の老朽化及び不足により十分な精度の修理が実施できていない状況にあるほか、部材の加工等を外部委託して製作せざるをえず、運営コストを圧迫している。十分な精度を確保できていない修理したポンプ等の機材を現場で利用するため、故障の発生頻度が増し悪循環に陥っている。

2.2 プロジェクトサイト及び周辺の状況

2.2.1 関連インフラの整備状況

マナグア市はニカラグアの首都であるとともに、マナグア首都圏の最大都市であり、政治、経済、社会、文化の中心的な役割を担っている。マナグア市の周辺都市は主要幹線で結ばれており、都市間は通勤・通学者、観光客、物流等の往来が活発に行われている。特に国道1号（パンアメリカンハイウェイ）及び国道4号（マサヤ街道）がマナグア市と周辺の諸都市を結んでおり、重要な街道となっている。マナグア市内の道路は整備されている状況にあり、住宅街の道路状況も良好である。

マナグア市の土地利用は多岐にわたっており、住宅・商業・工業を含む市街地はマナグア湖畔の歴史地区を中心に市内に幅広く広がっている。商業地区は中心部および主要幹線道路沿いに分布しており、工業地区は空港周辺および国道1号線・パンアメリカンノース沿いに集積する傾向にある。一方、森林や草地を含む緑地は市の南側、農地は市東側に分布している。現状では市街地の93%が4階以下の建築許可規制がかけられており、これにより幹線道路沿いを除く市街地の高密度利用が促進されていない一因となっている。また、これら規制が低密度利用による都市域の拡大にも影響していると想定され、市外縁の緑地帯にまで開発が進行してきており、2005年から2015年にかけて約863haの緑地面積が減少している。

ニカラグアの電力発電は、火力発電が全体の約70%を占め、その他の資源である水力、地熱、バイオマス等の占める割合は極めて少ない状況である。2004年に「国家開発計画」において当時の大統領により再生可能エネルギーの利用を優先する法案が承認され、2013年までに炭化水素の利用を3%まで削減する目標を掲げ、再生可能エネルギーの導入を推進してきた。マナグア市内では、電力が十分に整備されているものの、電力使用料金が住民の収入と比較すると高額であることから、住民の大きな負担となっている。

2.2.2 自然条件

マナグア市は熱帯性気候に属し、周辺を山と湖に囲まれ、平坦な土地に市街地が形成されている。また、平均年間降雨量は約1,204mmであり、5月から10月の雨季に発生する。年間通して、平均最高気温30度以上、平均最低気温20度以上である。

ニカラグア国は、カリブプレート上に位置しており、マナグア市内にも15の活断層が南西から北東の方向に走っている。このため、地震はマナグア市の深刻な天災の1つと考えられており、大規模地震は50年周期で発生する傾向にある。直近の大規模震災は1972年に起きたマグニチュード6.2の地震であり、マナグア市および周辺地域に大きな災害をもたらした。

(1) 地形測量

組立式配水池設置予定箇所の地形および地下埋設状況を確認するため、Las Pilas 配水池及び Seminario 配水池において地形測量を実施した。表 2.2.1 に地形測量概要をまとめ、写真 2.2.1 に測量実施状況を示す。

表 2.2.1 地形測量概要

工種	場所	数量	備考
平面測量	Las Pilas	0.9 ha	20cm コンタ
	Seminario	0.6 ha	
試掘調査	Las Pilas	03 箇所 (1.5m x 1.0m x 1.5m)	既存配管の確認
	Seminario	04 箇所 (1.5m x 1.0m x 1.5m)	

出所: 調査団



Las Pilas における測量状況



Las Pilas における測量状況

出所: 調査団

写真 2.2.1 地形測量実施状況

(2) 地質調査 (ボーリング調査)

組立式配水池設置予定箇所の計画・設計及び施工計画に必要となる地質状況を把握するため、機械ボーリング調査及び室内土質試験を実施した。地質調査結果は、埋立て方法の検討、埋立土量の推算及び基礎形式の検討及び杭基礎となる場合の支持力の検討などに利用される。

表 2.2.2 に機械ボーリング実施概要を、写真 2.2.2 にボーリング調査実施状況を示す。ボーリング実施中には、4種類の原位置試験を実施すると共に、攪乱資料及び不攪乱資料を採取して、室内土質試験を実施した。

表 2.2.2 機械ボーリング実施概要

工種	場所	数量	備考
ボーリング調査	Las Pilas	1 site	30m depth, SPT included, Stop N \geq 30 continues more than 5m
	Seminario	1 site	
ラボラトリー分析	Las Pilas	5 試料	Cohesive soil (natural water content, liquid limit test, plastic limit test, specific gravity test, compressive strength, consolidation test) Sandy soil (natural water content, particle size analysis, Permeability test)
	Seminario	5 試料	

出所: 調査団



ボーリング状況



ボーリング 地質状況

出所: 調査団

写真 2.2.2 ボーリング調査実施状況

Las Pilas 配水池のボーリング調査の原位置試験における標準貫入試験結果 (N 値) をまとめ、下図に示す。地盤高-2.5m にて N 値が 50 を超えて岩盤に着岩しており、十分な地盤であることが確認できる。

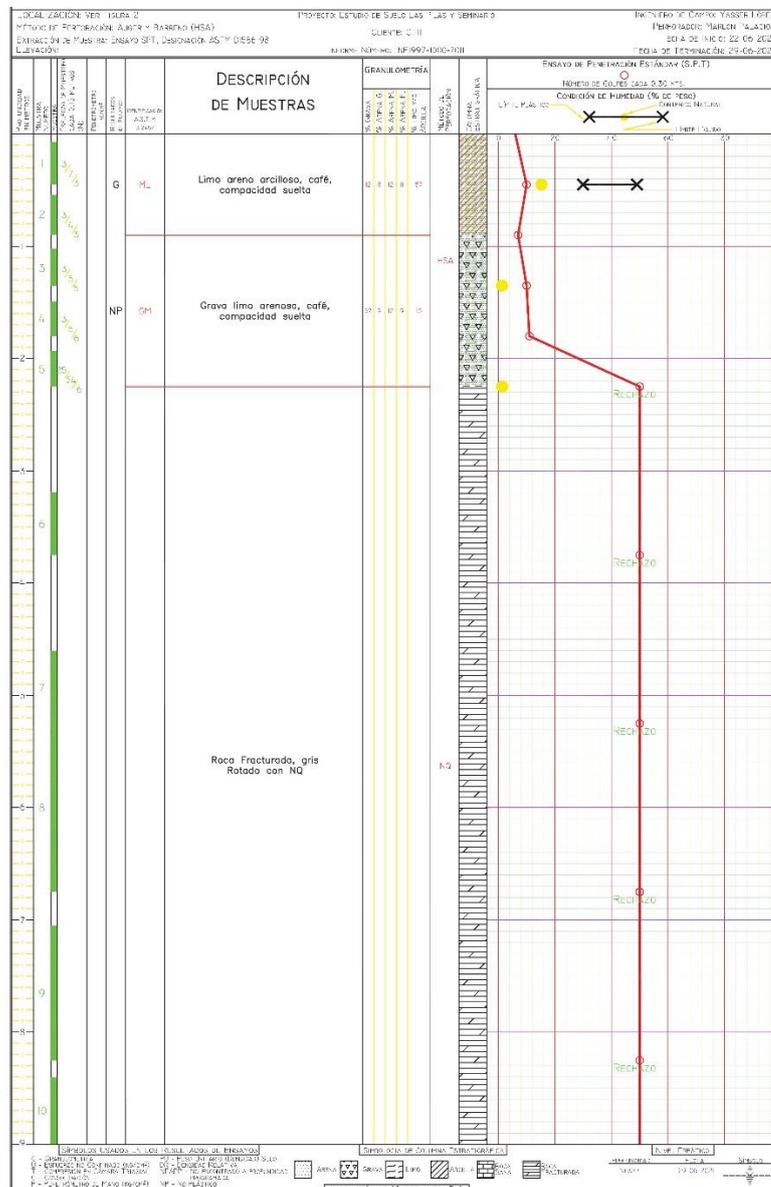


図 2.2.1 ボーリング 調査結果

(3) 地下水位調査

地下水シミュレーションのため、地下水位の現状を把握する目的で地下水位調査を実施した。また、ENACAL の協力により詳細な地下水位の分布を把握するために ENACAL 独自による調査も同時に実施した。地下水位調査の対象井戸の位置図を下図に示し、調査結果を表 2.2.3 に示す。本調査にて実施した簡易水質検査においては、pH、水温、電気伝導度ともに問題ないことが確認された。地下水位測定結果は、第 5 章に示す地下水賦存量調査のシミュレーションに活用した。本調査は、ENACAL 独自による調査も同時に実施され、地下水のモニタリングが重要であることが理解された。ENACAL 及びニカラグア国内の水資源開発に係る関係機関による継続的なモニタリングが実施されることを期待する。

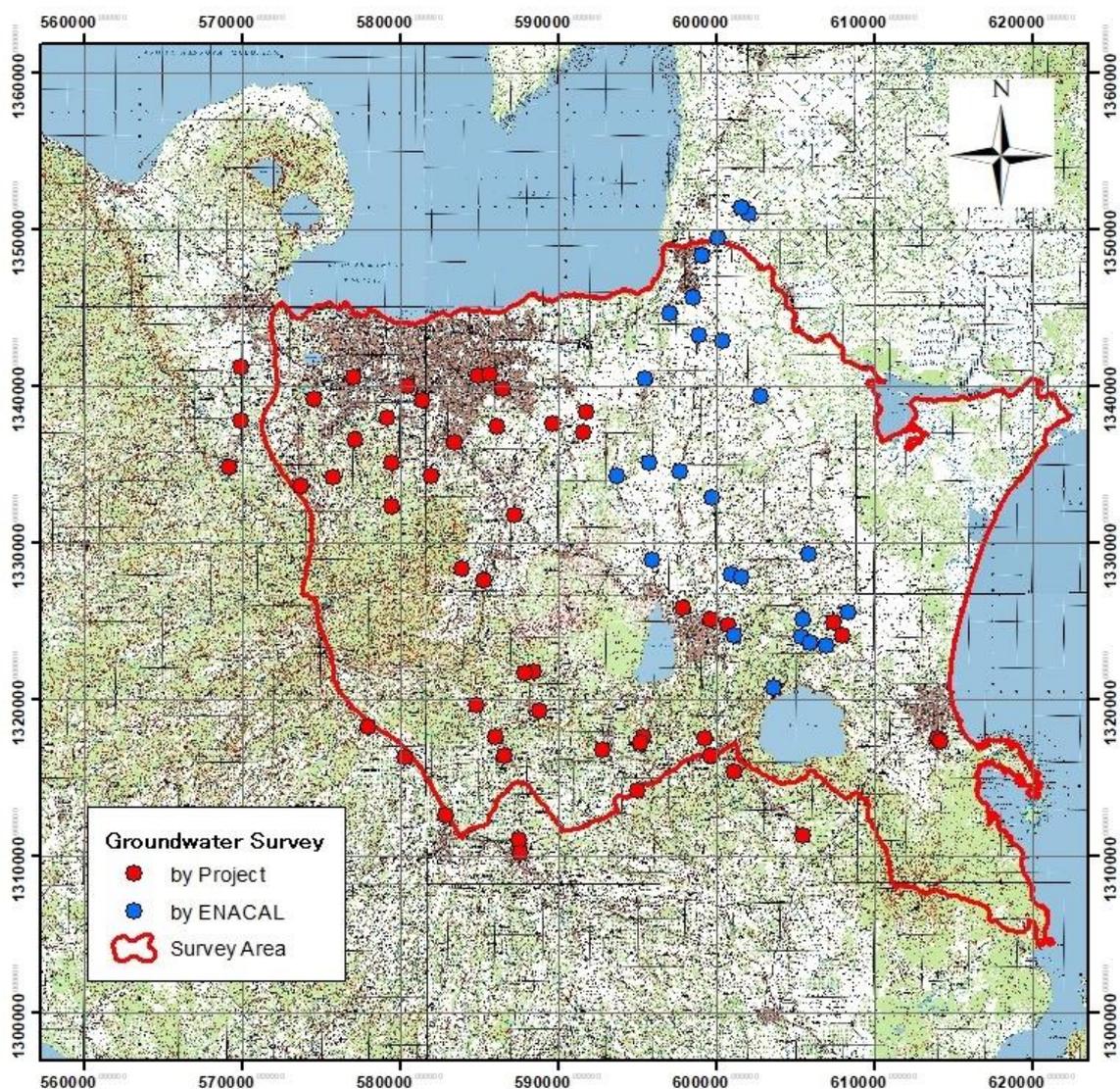


図 2.2.2 地下水位調査井戸位置図

表 2.2.3 地下水位調査結果

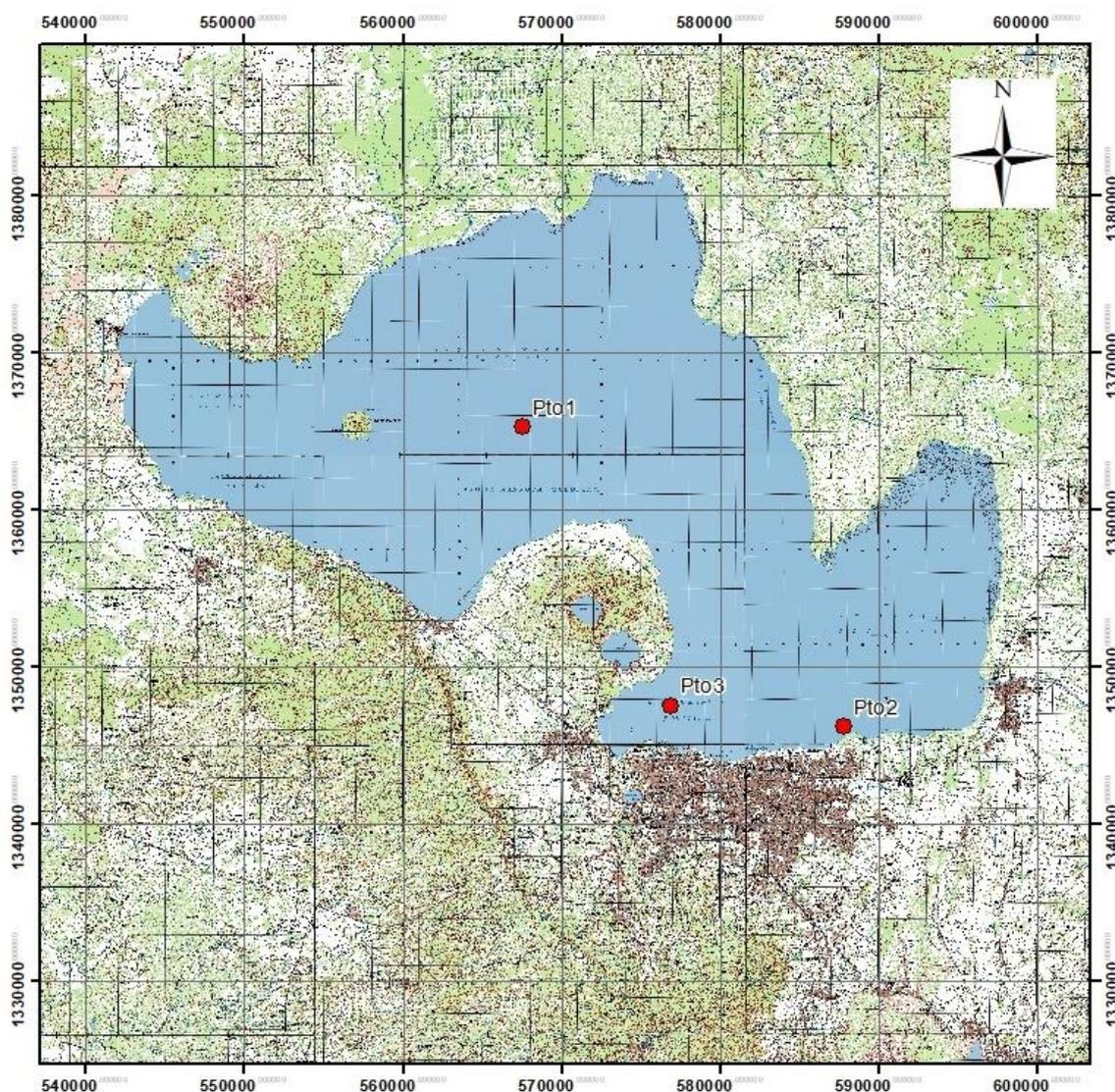
No	井戸名	Coordinate WGS 84		標高 (m)	pH	水温 (°C)	電気伝導度 (µS/cm)	静水位 (m)	動水位 (m)	Q (gpm)	調査日	備考
		Easting	Northing									
1	Cuajachillo No.2	569,981	1,341,238	163	7.44	32.4	540	122.79	172.06	476.00	01/Jul/2021	プロジェクト調査
2	Chiquilistagua	569,982	1,337,782	260	7.22	31.2	560	151.67	160.81	329.00	01/Jul/2021	プロジェクト調査
3	Planetarium	569,270	1,334,837	406	7.26	28.3	490	139.24	153.50	438.00	01/Jul/2021	プロジェクト調査
4	San Patricio km 8 C. Sur	574,611	1,339,123	203	7.79	27.5	450	162.82	197.63	412.15	02/Jul/2021	プロジェクト調査
5	Julio Martinez	577,142	1,340,523	144	7.88	27.8	480	106.38	124.50	714.00	02/Jul/2021	プロジェクト調査
6	Km 13.5 C. Sur	573,767	1,333,619	420	7.65	29.0	530	253.50	268.71	429.00	02/Jul/2021	プロジェクト調査
7	La Bolsa	575,763	1,334,181	420	7.68	26.2	390	301.84	306.23	210.57	13/Jul/2021	プロジェクト調査
8	Padre Fabreto	577,173	1,336,560	300	7.86	27.3	400	248.66	275.45	714.00	03/Jul/2021	プロジェクト調査
9	UNAN Viejo	579,198	1,337,979	217	7.79	27.5	220	156.95	-	-	03/Jul/2021	プロジェクト調査
10	Altamira No.5 (old)	580,510	1,339,994	142	7.42	28.6	410	94.34	-	-	28/Jun/2021	プロジェクト調査
11	Centro America No.4	581,415	1,339,070	165	8.91	26.4	160	101.82	109.27	260.00	05/Jul/2021	プロジェクト調査
12	Valencia	584,979	1,340,666	119	-	-	-	-	-	-	-	プロジェクト調査
13	Villa Venezuela (new)	585,700	1,340,780	113	7.42	28.6	410	94.34	-	-	28/Jun/2021	プロジェクト調査
14	Villa Libertad No. 1 (Not active)	586,551	1,339,814	130	-	-	-	-	-	-	28/Jun/2021	プロジェクト調査
15	Villa Libertad No. 2	586,551	1,339,814	130	8.34	30.5	260	84.76	144.32	-	28/Jun/2021	プロジェクト調査
16	Managua II P-13	591,799	1,338,363	92	7.49	31.1	1,069	39.30	44.98	842.00	29/Jun/2021	プロジェクト調査
17	P-8 sustitución p-16	591,650	1,337,069	106	6.71	36.0	720	51.86	56.80	875.00	03/Jun/2021	プロジェクト調査
18	Managua PP-4	589,699	1,337,622	116	8.15	28.2	490	56.21	61.76	897.00	29/Jun/2021	プロジェクト調査
19	Enramadas No.2	586,145	1,337,420	182	8.12	28.5	480	114.66	173.46	247.00	05/Jul/2021	プロジェクト調査
20	Santo Domingo No.1	583,473	1,336,387	247	7.96	27.2	420	165.86	177.88	508.00	05/Jul/2021	プロジェクト調査
21	Alpes N° 2	579,507	1,335,093	385	7.74	25.8	380	315.72	-	-	13/Jul/2021	プロジェクト調査
22	Alpes N° 4	579,487	1,332,328	530	7.84	24.6	320	420.52	-	-	13/Jul/2021	プロジェクト調査
23	La Hollada No.1	582,029	1,334,271	359	7.90	26.8	370	254.03	272.40	522.00	06/Jul/2021	プロジェクト調査
24	Managua I W-6	587,324	1,331,792	220	6.23	27.2	690	124.84	-	-	13/Jul/2021	プロジェクト調査
25	Crucero No.3	583,921	1,328,313	340	8.01	27.0	340	205.37	208.39	155.88	06/Jul/2021	プロジェクト調査
26	La Borgoña	585,304	1,327,615	327	7.86	25.1	450	192.87	218.18	595.00	06/Jul/2021	プロジェクト調査
27	La Barranca N° 2	597,905	1,325,855	246	7.89	28.0	610	132.95	133.24	570.00	08/Jul/2021	プロジェクト調査
28	Inca N° 4	599,677	1,325,104	244	8.21	27.5	390	149.35	-	-	08/Jul/2021	プロジェクト調査
29	Bosco Monje N° 2	600,789	1,324,700	240	7.10	28.5	560	145.27	-	-	08/Jul/2021	プロジェクト調査
30	Capulin # 1	607,437	1,324,947	117	7.88	31.0	350	63.00	83.38	502.72	30/Jun/2021	プロジェクト調査
31	Capulin # 2	608,003	1,324,112	124	7.90	30.9	330	70.04	80.06	656.00	30/Jun/2021	プロジェクト調査
32	Quinta Ena No.2	614,054	1,317,506	60	6.91	31.0	300	29.80	-	-	30/Jun/2021	プロジェクト調査
33	Quinta Ena No.1	614,262	1,317,334	56	6.71	31.9	630	25.03	39.19	1,198.00	30/Jun/2021	プロジェクト調査
34	Regla N° 1	605,561	1,311,328	290	7.25	29.0	250	135.23	155.86	283.00	08/Jul/2021	プロジェクト調査
35	San Juan de Oriente	601,189	1,315,346	450	7.53	28.0	330	236.81	249.16	495.00	29/Jun/2021	プロジェクト調査
36	Niquinohomo N° 1	599,675	1,316,383	478	7.11	28.0	350	261.82	-	-	08/Jul/2021	プロジェクト調査
37	Catarina N° 1	599,295	1,317,533	460	7.68	26.6	370	0.00	-	228.00	08/Jul/2021	プロジェクト調査
38	Mata de Guayabo	595,012	1,314,207	470	7.84	26.7	300	260.61	-	239.63	12/Jul/2021	プロジェクト調査
39	Tanque N° 2	595,391	1,317,615	448	-	-	-	-	-	-	12/Jul/2021	プロジェクト調査
40	Oficina de Nandasmó	595,217	1,317,238	450	7.75	26.3	270	-	266.01	-	12/Jul/2021	プロジェクト調査
41	EI Mondongo	592,833	1,316,765	448	7.91	26.4	310	263.23	-	-	09/Jul/2021	プロジェクト調査
42	La Bolsa	588,899	1,319,280	508	7.68	27.0	360	292.30	-	-	09/Jul/2021	プロジェクト調査
43	San Juan de La Concha N° 2	588,496	1,321,804	435	7.85	25.7	630	247.70	-	183.62	05/Jul/2021	プロジェクト調査
44	Martinez N° 2	587,905	1,321,648	450	7.40	26.5	380	262.13	-	-	05/Jul/2021	プロジェクト調査
45	Los Moncada	584,887	1,319,612	625	7.76	26.0	410	360.66	-	200.00	05/Jul/2021	プロジェクト調査
46	San Leonardo	586,099	1,317,618	563	7.90	25.2	290	285.66	-	-	05/Jul/2021	プロジェクト調査
47	La Normal	586,625	1,316,370	560	7.61	26.8	350	274.48	-	260.00	05/Jul/2021	プロジェクト調査
48	Ana Virgen Noble	587,580	1,310,995	577	7.44	26.0	200	243.59	-	-	05/Jul/2021	プロジェクト調査
49	EI Calvario	587,685	1,310,231	559	7.27	25.9	350	231.24	-	-	05/Jul/2021	プロジェクト調査
50	Regina N° 1	582,932	1,312,613	612	7.39	25.6	300	219.51	-	317.00	05/Jul/2021	プロジェクト調査
51	Marvin Corrales	580,310	1,316,324	698	7.81	25.1	400	-	-	-	05/Jul/2021	プロジェクト調査
52	La Chona	578,038	1,318,219	778	8.30	24.3	270	353.36	-	-	05/Jul/2021	プロジェクト調査
53	Bismark Martínez	600,122	1,349,399	51	-	-	-	14.22	-	-	22/Jun/2021	ENACAL調査
54	Pozo Cristo Rey	602,102	1,351,038	66	-	-	-	26.00	30.00	300.00	22/Jun/2021	ENACAL調査
55	Pablo Reyes	601,660	1,351,346	67	-	-	-	21.42	-	-	22/Jun/2021	ENACAL調査
56	PLOCAP (Cruz Negra)	595,959	1,328,898	228	-	-	-	87.65	89.14	216.65	22/Jun/2021	ENACAL調査
57	EI Portillo	593,748	1,334,253	137	-	-	-	91.46	121.95	100.00	23/Jun/2021	ENACAL調査
58	San Joaquin (Mamonal)	595,772	1,335,135	201	-	-	-	99.90	105.76	41.66	23/Jun/2021	ENACAL調査
59	Guanacastillo	597,740	1,334,502	193	-	-	-	-	-	92.47	23/Jun/2021	ENACAL調査
60	San Jose de Las Pilas	599,768	1,332,873	118	-	-	-	-	-	41.70	23/Jun/2021	ENACAL調査
61	Ceibita y Montaña 1 y 2	600,974	1,327,963	250	-	-	-	150.05	176.82	166.67	24/Jun/2021	ENACAL調査
62	EI Comején y Las Cortezas	601,664	1,327,765	237	-	-	-	130.50	131.15	125.00	24/Jun/2021	ENACAL調査
63	EI Palenque(Aguas del Sur)	605,927	1,329,305	131	-	-	-	58.76	59.51	190.44	24/Jun/2021	ENACAL調査
64	San Luis	598,916	1,343,218	94	-	-	-	36.48	37.99	56.00	12/Jul/2021	ENACAL調査
65	San Ramón No.1	602,799	1,339,357	90	-	-	-	28.84	32.29	250.00	12/Jul/2021	ENACAL調査
66	La Garza	605,385	1,323,949	181	-	-	-	110.00	SD	SD	14/Jul/2021	ENACAL調査
67	AUSAR (La Reforma)	605,997	1,323,640	194	-	-	-	114.66	129.00	-	14/Jul/2021	ENACAL調査
68	EI Edén	601,147	1,324,052	253	-	-	-	137.23	137.60	277.41	15/Jul/2021	ENACAL調査
69	Laguna No.1(Plan de Hule)	603,630	1,320,751	325	-	-	-	599.15	688.15	150.00	15/Jul/2021	ENACAL調査
70	CAP-CSB (Capulin 2)	607,034	1,323,446	105	-	-	-	113.89	130.00	130.00	15/Jul/2021	ENACAL調査
71	La Ardilla	605,488	1,325,085	168	-	-	-	89.71	98.60	120.00	16/Jul/2021	ENACAL調査
72	San Blas-Capulin No.1	608,415	1,325,526	113	-	-	-	43.27	SD	SD	16/Jul/2021	ENACAL調査
73	Tanque La Villa (1°Mayo)	599,142	1,348,331	66	-	-	-	25.50	42.90	SD	13/Jul/2021	ENACAL調査
74	La Majada	598,579	1,345,625	78	-	-	-	23.05	64.35	SD	13/Jul/2021	ENACAL調査
75	Zambrano	600,393	1,342,893	69	-	-	-	20.50	40.20	SD	13/Jul/2021	ENACAL調査
76	San Rafael de Tipitapa	597,097	1,344,662	70	-	-	-	17.95	25.35	SD	13/Jul/2021	ENACAL調査
77	Cofradia No.4	595,482	1,340,468	84	-	-	-	20.19	22.50	540.00	13/Jul/2021	ENACAL調査

出所: 調査団

(4) 水質調査

本事業は、取水井戸インバータの設置、送水ポンプの更新及び組立式配水池の整備等、継続的に地下水を水源として利用する機材の調達であるものの、その妥当性を確認するための代替水源案としてマナグア湖を表流水利用の水源候補とする検討を行うためにマナグア湖の水質調査を実施した。

マナグア湖は過去に工場排水の流入による水銀汚染が報告されていることから、検査項目にニカラグア国飲料水水質基準の全項目と総水銀ならびにアルキル水銀に関して検査を行った。水質調査はマナグア湖を対象に以下の図 2.2.3 に示す個所にて試料を採取した。表 2.2.4 に試料の採取深度と検査項目、表 2.2.5 に水質調査結果を示す。水質結果の考察を第5章 5.7 に示す。



出所: 調査団

図 2.2.3 水質調査 調査地点図

表 2.2.4 水質検査サンプル採取地点と深度

採取場所	採水深度	サンプル名	検査項目
Bahia Norte Frente a Momotombo (北湾 Momotombo 火山前付近)	表層：0m 中層：9m 低層：16m	Pto 1 (0m) Pto 1 (9m) Pto1 (16m)	<ul style="list-style-type: none"> ニカラグア国飲料水 水質基準の全項目、 温度、pH、溶存酸素、 SS、COD、総水銀、アルキル水銀
Frente a PTAR (下水処理場排水地点付近)	表層：0m 中層：1m 低層：2m	Pto 2 (0m) Pto 2 (1m) Pto 2 (2m)	<ul style="list-style-type: none"> pH、溶存酸素、SS、 COD、総水銀、アルキル水銀
Frente a Penwalt (工場排水の流入による水源汚 染箇所付近)	表層：0m 中層：3m 低層：5m	Pto 3 (0m) Pto 2 (3m) Pto 2 (5m)	<ul style="list-style-type: none"> pH、溶存酸素、SS、 COD、総水銀、アルキル水銀

出所: 調査団



サンプラー投入



サンプル採水



現地測定 (水温、pH、電気伝導度等)



試料採取

出所: 調査団

写真 2.2.3 水質調査の状況

表 2.2.5 水質調査の結果

Parameter Parametro	Unit Unidad	Limit or range of detection / quantification Limite o rango de detección / cuantificación	Result / Resultado									Maximum admissible values / Valores má ximos admisibles CAPRE	
			Pto 1 Bahia Norte Frente a Monotombo			Pto 2 Frente a PTAR			Pto 3 Frente Descarga de Penwalt				
			0m	9m	16m	0m	1m	2m	0m	3m	5m		
A) Parameter Analysed in Laboratory / Parametros Analisados en Laboratorio													
1	Total Coliforms Coliforme Totales	NMP/100ml	<1.8	3.30E+01	---	---	3.50E+05	---	---	1.30E+02	---	---	Negative / Negativo
2	Fecal coliforms Coliformes Fecales	NMP/100ml	<1.8	<1.8	---	---	3.50E+05	---	---	7.90E+01	---	---	Negative / Negativo
3	pH (25°C)		4.00 - 10.00	8.89	9.00	8.98	8.96	8.98	9.03	9.03	9.01	9.02	Sin referencia
4	Electric Conductivity (25°C) Conductividad Eléctrica (25°C)	µS/cm	100.00-1,413.00	1,661.00	1,657.50	1,660.00	1,652.00	1,669.00	1,679.00	1,669.00	1,670.00	1,664.50	Sin referencia
5	True Color Color Verdadero	mg/l Pt-Co	5.0 - 100.0	20.00	15.00	15.00	---	---	---	---	---	---	15.00 mg/l Pt-Co
6	Turbidity Turbiedad	UNT	0.00 - 999	20.75	16.75	21.35	---	---	---	---	---	---	5.00 UNT
9	Total Dissolved Solids (180°C) Sólidos Disueltos Total (180°C)	mg/l	Up to / hasta 20,000.00	1,020.00	985.00	973.00	---	---	---	---	---	---	1,000.00 mg/l
10	Sodium Sodio	mg/l	10.00 - 1,000.00	301.97	298.24	294.56	---	---	---	---	---	---	200.00 mg/l
11	Potassium Potasio	mg/l	0.10	26.06	25.65	26.48	---	---	---	---	---	---	10.00 mg/l
12	Magnesium Magnesio	mg/l	0.15	23.58	23.09	22.61	---	---	---	---	---	---	50.00 mg/l
13	Calcium (Ca) Calcio	mg/l	0.12	23.81	24.60	25.39	---	---	---	---	---	---	Sin referencia
14	Chlorides Cloruros	mg/l	0.25	199.91	200.05	199.99	---	---	---	---	---	---	250.00 mg/l
15	Nitrate (NO3-) Nitratos	mg/l	0.25	<0.25	<0.25	<0.25	---	---	---	---	---	---	50.00 mg/l
16	Sulfates (SO4) Sulfatos	mg/l	0.25	110.68	109.91	110.20	---	---	---	---	---	---	250.00 mg/l
17	Carbonate Carbonato	mg/l	6.00	61.20	57.60	57.60	---	---	---	---	---	---	Sin referencia
18	Bicarbonate (HCO3-) Bicarbonatos	mg/l	2.25	439.34	445.45	445.45	---	---	---	---	---	---	Sin referencia
19	Total Hardness as CaCO3 Dureza Total como CaCO3	mg/l	0.19	156.42	156.42	156.42	---	---	---	---	---	---	Sin referencia
20	Nitrite (NO2-) Nitritos	mg/l	0.023	<0.023	<0.023	<0.023	---	---	---	---	---	---	0.10 or 3.00 mg/l ³¹
21	Total Iron Hierro Total	mg/l	0.03	1.06	1.16	1.28	---	---	---	---	---	---	0.30 mg/l
22	Fluoride Fluoruro	mg/l	0.25	0.29	0.37	0.43	---	---	---	---	---	---	0.70 - 1.50 mg/l
23	Ammonium (Ammoniacal Nitrogen) Amonio (Nitrógeno como amonio)	mg/l	0.021	0.027	0.038	0.030	---	---	---	---	---	---	0.50 mg/l as NH4
24	Hydrogen Sulfide Sulfuro de Hidrógeno	mg/l	0.04	<0.04	<0.04	<0.04	---	---	---	---	---	---	0.05 mg/l
25	Total Cyanide Cianuro Total	mg/l	0.03	<0.03	<0.03	<0.03	---	---	---	---	---	---	0.05 mg/l
26	Dissolved oxygen (DO) Oxígeno Disuelto (OD)	mg/l	0.20 - 25.00	7.17	7.37	6.87	4.04	4.65	4.95	6.67	7.78	7.58	Sin referencia
27	Total Suspended Solids (SS) Sólidos Totales Suspensos	mg/l	Up to / hasta 20,000.00	58.00	59.00	68.00	91.00	87.00	108.00	70.00	71.00	70.00	Sin referencia
28	Chemical Oxygen Demand (COD) Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	10.00	44.03	38.99	45.95	47.87	51.69	44.03	49.78	49.78	51.69	Sin referencia
29	Ion Balance Balance iónico	%		0.74	1.17	1.60	---	---	---	---	---	---	
30	Total Aluminum Aluminio Total	µg/l	12.00	1,164.00	1,193.00	2,254.00	---	---	---	---	---	---	
31	Total Copper Cobre Total	µg/l	25.00	<25.00	<25.00	<25.00	---	---	---	---	---	---	
32	Total Zinc Zinc Total	µg/l	5.00	11.00	6.00	13.00	---	---	---	---	---	---	
33	Total Manganese Manganeso Total	µg/l	4.00	26.00	26.00	31.00	---	---	---	---	---	---	
34	Total Arsenic Arsénico Total	µg/l	5.00	22.00	22.00	22.00	---	---	---	---	---	---	
35	Total Cadmium Cadmio Total	µg/l	7.00	ND	ND	<7.00	---	---	---	---	---	---	
36	Total Chrome Cromo Total	µg/l	3.00	ND	<3.00	<3.00	---	---	---	---	---	---	
37	Total Nickel Níquel Total	µg/l	5.00	<5.00	ND	<5.00	---	---	---	---	---	---	
38	Total Lead Plomo Total	µg/l	0.20	0.87	ND	ND	---	---	---	---	---	---	
39	Total Antimony Antimonio Total	µg/l	12.00	<12.00	<12.00	<12.00	---	---	---	---	---	---	
40	Total Selenium Selenio Total	µg/l	1.19	<1.19	<1.19	<1.19	---	---	---	---	---	---	
41	Total Mercury Mercurio Total	µg/l	0.07	<0.07	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
42	Alkylmercury Alquir Mercurio	mg/l	0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	
B) Parameter Measured in the Field / Parametros Medidos en el Campo													
1	Temperature Temperatura	°C		29.40	28.90	28.80	29.00	29.10	29.00	29.20	29.00	29.10	
2	pH			8.67	8.62	8.61	8.52	8.55	8.62	8.66	8.71	8.73	
3	Electric Conductivity (25°C) Conductividad Eléctrica (25°C)	µS/cm		1,632.00	1,632.00	1,632.00	1,623.00	1,638.00	1,653.00	1,640.00	1,640.00	1,650.00	
4	Residual Chlorine Cloro Residual	mg/l		0.31	0.31	0.32	0.31	0.36	0.39	0.24	0.38	---	
5	Dissolved oxygen (DO) Oxígeno Disuelto (OD)	mg/l		7.71	6.64	6.63	4.46	4.69	6.80	7.82	7.75	7.67	
6	Oxygen Saturation Saturación de Oxígeno	%		101.30	86.60	86.40	58.10	61.10	88.50	102.10	101.00	100.30	

出所: 調査団

2.2.3 環境社会配慮

本事業においては「JICA 環境社会配慮ガイドライン（2010年4月）」に基づくカテゴリーはCと位置付けられている。現地調査の結果、特に変更はなくCの位置づけである。

また、ニカラグアにおける環境社会配慮に関する法律は、「DECRETO EJECUTIVO N° .20-2017（2017年11月）」が該当する。同法律は、天然資源の持続可能な使用のための許可及び認可の環境評価システムを規制する法令を指す。同法律に基づくと、本対象機材のうち、配水池の設置が中規模工事であると判断され、環境管理計画の作成および/または環境管理計画の更新を必要となる。本事業の配水池の設置予定地は既存配水池が存在しており、同配水池の設置工事において、ENACALが、環境管理計画を策定しているとのことであり、本事業においても必要な申請及びモニタリングは、ENACALの責任下にて実施されることで合意した。

2.3 当該国における無償資金協力事業実施上の留意点

本事業の実施にあたり、入札前までにインバータ設置井戸の操作室設置箇所及び組立式配水池設置予定地の整地が必要となる。更に、水管橋における漏水補修機材の据付工事には、道路占有の許認可、組立式配水池の設置においては、環境管理計画のモニタリングが必要となる。以上のようなニカラグア国側による負担事項が確実に実施され、プロジェクトが遅延なく実施されるように実施機関に働きかけを行うように留意する。

2.4 その他（グローバルイシュー等）

2.4.1 気候変動対策

電気使用量の増加は、その発電元において石油や天然ガス・石炭などの化学燃料の消費を増加させることになり、これらを燃やすことで温室効果ガスである二酸化炭素（CO₂）を排出することになる。このため、温室効果ガスによる気候変動対応として、電力消費量を抑制することが重要である。

本事業は機材調達により電力消費量を低減し、電力使用料金を削減することが目的の一つとなっている。本事業にて想定される年間あたりの削減電力量は以下のとおりである。

- 1) インバータの設置による年間削減電力量は、7,576,216kWh
- 2) 送水ポンプの更新に伴う年間削減電力量は、529,250kWh

上記より、CO₂削減量を算出すると、インバータ設置に伴うCO₂削減量は、2,583 トン-CO₂、送水ポンプの更新に伴うCO₂削減量は、180 トン-CO₂となり、本事業による気候変動の緩和効果は2,763 トン-CO₂である。

2.4.2 ジェンダーの主流化

ニカラグア側及び日本側は、本事業に実施においてジェンダーの主流化が適切に実施されるべきであることを確認し、以下に示す要素を事業実施において組み込むことに合意した。

- 同一労働同一賃金を徹底する（男女間に根拠のない賃金差を付けない等）
- 女性の雇用を促進する方策（女性労働者用施設（トイレ・更衣室等）の整備等）
- ソフトコンポーネントにおける ENACAL の女性職員の参加奨励及び参加割合の設定

第3章 プロジェクトの内容

3.1 プロジェクトの概要

本事業は、第1章「1.2」に記載した目的を達成するために、漏水削減、エネルギー効率化に必要な資機材及び配水池を整備することにより、運転維持管理費の削減及び送配水の効率化を図り、もって対象地域の給水サービス安定化及び住民の生活・衛生環境の改善に寄与するものである。これにより、マナグア市内の送配水効率化及び ENACAL の運転維持管理費用の削減が見込まれ、給水サービスが改善されることが期待されている。

本協力対象事業は ENACAL に対し緊急性・必要性の高い下記の機材を調達するとともに、ソフトコンポーネントを実施することにより本事業にて供与される機材が計画的、かつ持続的に運転維持管理できるよう技術支援を行う予定としている。

プロジェクトの概要を表 3.1.1 に示す。

表 3.1.1 本協力対象事業の内容

コンポーネント	事業概要		
機材調達	インバータ（井戸取水ポンプ用）	：	28 箇所
	組立式配水池（Asososca Alta マクロセクター）	：	1 基
	送水ポンプ	：	7 台
	流量調整弁	：	1 台
	漏水補修用機材	：	3 個
	機電修理ワークショップ（荷役機材、機械加工機材、電気機材、車両、ポンプ性能装置）	：	1 式
	無収水削減活動に資する機材 （漏水探知機、超音波流量計、ボーリングバー等）	：	1 式
技術支援	ソフトコンポーネント <ul style="list-style-type: none"> ・インバータ設置井戸における配水管理能力の強化 ・送水ポンプ場の運転維持管理能力強化 		

出所：調査団

3.2 協力対象事業の概略設計

3.2.1 設計方針

本協力対象事業は、無収水技プロにおいて策定されたマナグア市を対象とした無収水削減実施計画に示されたアクションプランに沿って、マナグア市の漏水削減及びエネルギー効率化に必要な資機材を整備することによりマナグア市の給水サービス及び住民の生活・衛生環境の改善を期するものである。

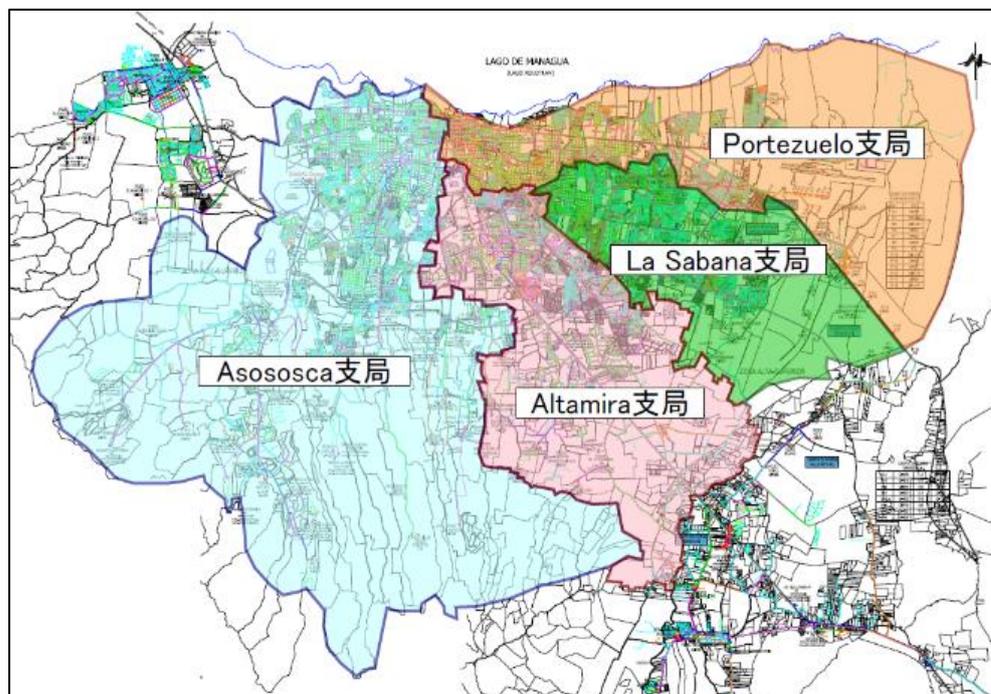
設計の基本方針として、ENACAL からの要望に基づいての検討を前提とし、現地調査結果を踏まえ、本事業による効果を最大限発現させる機材の整備及びソフトコンポーネント内容を立案するものとした。

(1) 対象地域の選定に係る基本方針

本事業の対象候補機材は多機種かつ設置場所も分散されることから、本事業成果を最大化するため、機材選定において特定の地域へ投入を集中させることを基本方針とする。

図 3.2.1 に示すとおり、ENACAL はマナグア市を 4 つの管理支局に分割して管理している。4 つの支局のうち Altamira 支局及び Asososca 支局に人口及び商業施設が密集しており市内の中心エリアとなっている。そのため、他の 2 支局と比較して 1.5～2 倍の水が使用されている。

また、ENACAL は無収水プロにて策定されたアクションプランに沿って、IDB、欧州連合 (EU) 及び JICA の支援を受けて整備事業を進めている。特に IDB は Altamira 支局を中心に支援しており、水理的分離化事業及び支局組織体制強化を行っている。



出所: 調査団

図 3.2.1 マナグア市内の支局管理範囲

以上のことから、本事業の対象を Altamira 支局及び Asososca 支局管理下の水道施設を中心に整備する方針とする。特に IDB は Altamira 支局にてアクションプランに準じた整備事業を支援しており、同支局の無収水削減及び給水サービスの改善において相乗効果が期待される。

(2) 調達機材の選定に係る基本方針

本事業の目的である漏水削減及びエネルギー効率化に関する成果を最大化するため、ENACAL の当初要望機材及び第一次現地調査によって、その妥当性を検討した結果、表 3.2.1 に示す機材を本事業の調達予定機材とすることに合意した。

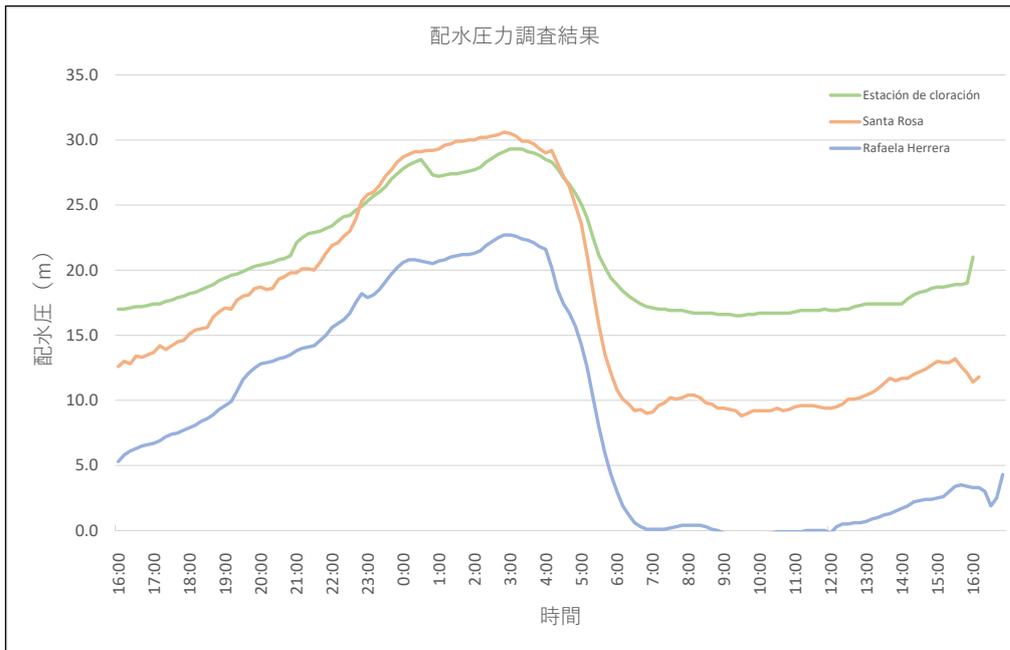
表 3.2.1 調達予定機材とその効果

課題	対応策	効果
漏水の削減	取水井戸ポンプへのインバータ設置	- インバータを設置して取水ポンプの回転数を制御することで、夜間時の水使用量が少ない時間に発生する高水圧を低減し、高水圧に起因した漏水を削減できる。
	配水池の設置	- 配水池を設置することにより、配水池管理区域内の配水圧が安定的、適正な配水圧管理が可能となり、漏水が削減できる。 - ピーク時間に発生していた水量不足が軽減される。 - 給水時間が延長可能となる。
	漏水補修機材の設置	- 既存水管橋にて発生している漏水が削減できる。 - 漏水の発生が予防できる。
	流量調整弁の設置	- 老朽化による漏水発生が防止できる。 - 配水池と連動した流量調整弁を設置することにより、配水池への越流水（無収水）を削減できる。
	無収水削減活動に必要な機材の調達	- 無収水削減活動の活性化により、漏水量が削減できる。
エネルギー効率化	取水井戸ポンプへのインバータ設置の設置	- インバータの設置により、回転数を制御することで、取水ポンプの運転が適切に管理（水使用量の少ない夜間帯の電力削減）されるため、電力費用が削減できる。
	送水ポンプの更新	- 老朽化したポンプを更新することにより、送水ポンプの効率が改善され、電力使用量が低減でき、運転維持管理費用が削減可能。 - 高効率の電動機を搭載したポンプに更新することにより、電気使用量が改善される。
	機電修理ワークショップの機材更新 ¹	- 保有するポンプ・モータの修理の精度が向上し、保有資機材が効率的に活用され、運転維持管理費用が削減できる。

¹ エネルギー効率化以外の影響について、外部委託していた業務（クレーン車両のリース、加工部品の製作委託等）が独自で実施可能となりワークショップ運営費が削減できること、故障したポンプ等の修理期間を短縮し、安定給水に資することなども考えられる。

(a) 井戸ポンプにおけるインバータ設置

ENACAL が管理している取水井戸はマナグア市内に現在 182 本存在し、そのうち 82 本の井戸が配水管網に直結されている。配水管網に直結されている井戸は、流量制御あるいは圧力制御されることなく 24 時間連続運転されている。そのため、夜間の水使用量が少ない時間帯に配水管の過大な水圧上昇が生じ、漏水発生の一因とされている。現地調査時に測定したマナグア市内配水圧力を図 3.2.2 に示す。深夜 23 時～早朝 5 時にかけて水圧が上昇していることが分かる。



出所: 調査団

図 3.2.2 配水圧力調査結果

過大水圧による漏水を防止するためには、適切な配水圧力により給水することが必要不可欠となる。そのため、既存取水井戸ポンプにインバータを設置し、圧力管理によってポンプ回転数を制御することで適切な水圧を確保することが可能となり、過大水圧による漏水が削減される。加えて、取水ポンプの回転数を制御することにより、取水ポンプの電力使用量が大幅に削減されるため、ENACAL の財務状況を圧迫する電力使用料金も削減可能となる。

以上のことから、本事業の整備対象として、マナグア市内の配水管網に直結する取水井戸ポンプを対象にインバータを設置し配水圧力の適正化による漏水の削減及びエネルギーの効率化を図る。

(b) 組立式配水池の整備

上述したように、マナグア市内には配水管網に直結されている取水井戸が多く、周囲に配水池が存在しない地域や配水池があっても十分な容量を有していない地域が多く存在する。一般的に配水池は配水圧力を確保するほかに、一日の水需要の変化に対して配水量を調整する役割及び緊急時の応急措置に対応するための貯水機能の役割を担っ

ている。

現地調査の結果、Asososca 支局 Asososca Alta マクロセクター¹ の給水は、Asososca 湖を水源として Asososca ポンプ場から送水ポンプにて直接配水管網に配水されている。同マクロセクターには既存の Las Pilas 配水池が設置されているものの、既存送水ポンプの能力不足により活用されていない状況にある。そのため、同地域の給水時間は一日あたり 9 時間程度に留まっている。さらに、時間ピークにも対応できない状況にある。

同マクロセクターに組立式配水池を整備することにより、配水圧の安定化を図るとともに時間ピークへの対応及び給水時間の延長に寄与できることから、本事業の対象とする。

(c) 送水ポンプの更新

ENACAL が管轄するポンプ場はマナグア市内に 21 機場あり、故障等により全く機能していないポンプも含めて合計 60 台の送水ポンプを有している（表 3.2.2 参照）。その多くが GOULDS 社、Worthington 社、American Marsh 社の製品である。稼働ポンプのうち古いものは設置後 20 年以上経過しているポンプが多く存在する。ポンプの老朽化とともに、既存ポンプの問題点として、ポンプの出入口のセンターと配管のセンターが大きく偏心した状態で設置されていることが挙げられる（写真 3.2.1 参照）。この状態では漏水リスクが増加するほか配管損失が生じることから、非効率な運転が実施されている状況にある。

¹ 複数のマイクロセクターから構成され、流入量と消費量が常に把握できている区画であり、無収水量の地域的発生状況を把握するために活用される。

表 3.2.2 ENACA が有するマナグア市内の既設ポンプ場及びポンプリスト

機場名	メーカー	揚程 feet	流量 (GPM)	設置年度	馬力 HP	回転 RPM	電圧 VOLT
ASOSOSCA ALTO #1	GOULD	150	2400	1998	125	1800	460
ASOSOSCA ALTO #2	GOULD	150	2400	1998	125	1800	460
ASOSOSCA ALTO #3	GOULD	236	3400	2000	300	1785	460
ASOSOSCA ALTO #4	GOULD	150	2400	1998	125	1800	460
ASOSOSCA SUPERIOR #1	GOULD	285	1400	2001	250	1785	460
ASOSOSCA SUPERIOR #2	GOULD	285	1400	1998	250	1785	460
ASOSOSCA SUPERIOR #3	GOULD	285	3200	1998	450	1785	460
ALTAMIRA # 1	WORTHINGTON	280	2200	1998	150	1800	460
ALTAMIRA # 2	WORTHINGTON	262	3400	1998	250	1786	460
ALTAMIRA # 4	WORTHINGTON			2002			
ALTAMIRA # 5	WORTHINGTON	300	3200	2002	350	1785	460
KM 8 CARRETERA A MASAYA #1	GOULD	285	1400	2001	250	1800	460
KM 8 CARRETERA A MASAYA #2	AMERICAN	400	2000	2001	-	1760	460
KM 8 CARRETERA A MASAYA #3	GOULD	106m	341m ³ /h		160 KW	1786	460
SAN JUDAS #1	AMERICAN	350	510		100	3500	460
SAN JUDAS #2	GOULDS	350	1000		150	3500	460
SAN JUDAS #3	GOULDS	350	1000		150	3500	460
KM 18 CARRETERA A MASAYA #1	GOULD	270	1500		360	1800	460
KM 18 CARRETERA A MASAYA #2	JACUZZY	270	800		75	1800	460
KM 9.5 CARRETERA SUR # 1	GOULDS	285	1400	1998	250kW	1800	460
KM 9.5 CARRETERA SUR # 2	GOULDS	350	1000	2001	125kW	3500	460
KM 9.5 CARRETERA SUR # 3	GOULDS	350	1000	2001	125kW	3500	460
KM 8.5 CARRETERA SUR # 1	WORTHINGTON	167	1100	1997	75	1785	460
KM 8.5 CARRETERA SUR # 2	GOULDS	167	1000	1997	75	3500	460
KM 8.5 CARRETERA SUR # 3	GOULDS	167	1000	1997	75	3500	460
11.5 CARRETERA SUR #1	WORTHINGTON	360	300		75	3500	460
11.5 CARRETERA SUR #2	GOULD	360	600		90	3500	460
11.5 CARRETERA SUR #3	CENTURY	360	400		75	3500	460
KM 13.5 CARRETERA SUR #1	WORTHINGTON	150	150		20	3500	460
KM 13.5 CARRETERA SUR #2	WORTHINGTON	150	150		20	3500	460
KM 13.5 CARRETERA SUR #3	GOULD	200	230		30	3500	460
KM 14.5 CARRETERA SUR # 1	GOULD	260	250		60	3500	460
KM 14.5 CARRETERA SUR # 2	GOULD	260	800		60	3500	460
UNAN #1	GOULD	200	230		25	3500	230/460
UNAN #2	GOULD	200	200		25	3500	230/460
CLORINACION #1	U.S	150	150		7.5	3500	460
CLORINACION #2	WORTHINGTON	150	150		7.5	3500	460
TORRE MOLINA #1	GOULDS	280	350		50	3500	460
TORRE MOLINA #2	GOULDS	300	300		50	3500	460
POCHUCAPE #1	GOULDS	275	150		25	3500	460
POCHUCAPE #2	GOULDS	275	150		25	3500	460
SILVIA FERRUFINO #1	GOULDS	210	220		30	3500	460
SILVIA FERRUFINO #2	GOULDS	210	200		25	3500	460
KM 14.5 CARRETERA A MASAYA #1	GOULDS	385	1400		250	1800	460
KM 14.5 CARRETERA A MASAYA #2	AMERICAN MARCH	350	510		75	3500	460
KM 14.5 CARRETERA A MASAYA #3	GRUNFOS	340 M	106M		160 KW	1800	460
KM 14.5 CARRETERA A MASAYA #4	WORTHINGTON	341 M	106M		161 KW	1800	460
MIRADOR #1	GRUNFOS	360	900		90 KW	3500	460
MIRADOR #2	WORTHINGTON						
MIRADOR #3	GRUNFOS	360	900		90 KW	3500	460
RAFAELA HERRERA #1	WORTHINGTON	260	3150		300	1800	460
RAFAELA HERRERA #2	WORTHINGTON	260	3150		450	1800	460
RAFAELA HERRERA #3	WORTHINGTON	260	3150		300	1800	460
RAFAELA HERRERA #4	WORTHINGTON	260	3150		350	1800	460
MIGUEL BONILLA #1	DEMING	140	150		18 KW	3500	230/460
MIGUEL BONILLA #2	DEMING	140	150		7.5	3500	230/460
VILLA PANAMA #1	GOULD	230	500		75	3500	460
VILLA PANAMA #2	AMERICAN	350	510		100	3500	460
SERRANIA #1	AMERICAN	430	200		40	3500	230/460
SERRANIA #2	AMERICAN	430	200		40	3501	230/461



出 所: 調査団 (2021 年 4 月)

写真 3.2.1 既存ポンプの偏心配管

ポンプの修理に関しては、重故障したポンプはそのまま放置され一部鋳物部品は他のポンプへ再利用されている。軽微な故障は機電修理ワークショップに持ち込み修理しているが十分な性能回復は望めない状況である。また、絶縁低下により焼損した電動機は機電修理ワークショップでコイルの巻替えを手作業により実施しエポキシ絶縁作業を行っているものの、ワークショップの機材設備が十分でなく修理精度が低く、焼損事故を繰り返している。そのため、既存の多くのポンプと電動機の総合効率はかなり低下していることが推測できる。

以上のことから、本事業によって老朽化したポンプ、電動機及び偏心した配管を更新することにより、送水ポンプの効率が高まり、運転維持管理費用の削減に貢献できる。

(d) 流量調整弁の整備

我が国の無償資金協力マナグア I 事業にて建設された Santo Domingo 配水池から各配水池への送水は、自然流下によって Reparto Shick、Km 8 Carretera Masaya、UNAN、San Judas 及び Altamira 配水池へ送水されている。同施設は建設後 20 年以上経過しており老朽化が進んでいる。特に各配水池の流入点においては、老朽化とともに設計当初の計画送水量が周辺の開発により大きく変化したことから運転状況が変化し、弁類の不具合により漏水が発生している。現地調査の結果、流入点のバルブ周辺からの激しい漏水が発生していた Altamira 配水池及び Km 8 Carretera Masaya 配水池の流入点は、早急な対応が必要であったため、ENACAL 独自の予算によって緊急的にバルブ類及び配管が更新された。

同様に他の 3 カ所の配水池流入点においても老朽化が進んでおり、漏水防止の観点から更新が必要とされる。現地調査の結果、Reparto Shick 配水池及び UNAN 配水池は将来的にマナグア I 送水系統からの分離が計画されていることから、San Judas 配水池の流入点におけるバルブの更新を対象とする。また、既存のバタフライ弁から配水池の水位と連動した流量調整弁に変更することにより、配水池にてオーバーフローしていた越流水（無収水）を削減することが可能となる。

(e) 漏水補修機材の設置

我が国の無償資金協力「マナグア市上水道施設整備計画」（1994年～1997年）（以下、マナグア I 無償）は、増大するマナグア市の水需要に対応するため新規水源として 14本の井戸から成る Managua I 井戸群の建設、送水ポンプ場及び Santo Domingo 配水池の新設、Reparto Shick 及び San Judas 配水池の増設並びに各配水池を結ぶ送水管の敷設が実施された。施設建設から 20 年以上が経過し、これまでの維持管理が不十分であったことから、Managua I 井戸群から Santo Domingo 配水池へ向かう送水ルート上の水管橋から漏水が発生している（写真 2.2 参照）。



マナグア I 無償によって建設された水管橋

水管橋の漏水（フランジ接続部）

出 所: 調査団（2021年4月）

写真 3.2.2 水管橋の漏水

ENACAL は 2020 年 8 月に送水を短時間停止し、漏水が発生している継手劣化部の溶接補強を実施したことにより漏水量は 28.8m³/日（2018年）から 1.2m³/日（2021年）に改善された。しかしながら、一時的な漏水量の減少を図る応急措置にとどまり、根本的解決には至っていない。

同送水管は、マナグア市中心部への主要管路であり適切な修繕が喫緊の課題となっている。また、主要幹線であることから大規模な断水を伴う補修工事ができないため、不断水での対応策が必要とされる。不断水工法での漏水修理技術は、我が国が強みとしている技術であり、本邦技術を活用した本事業による整備が必要とされる。

(f) 機電修理ワークショップの更新

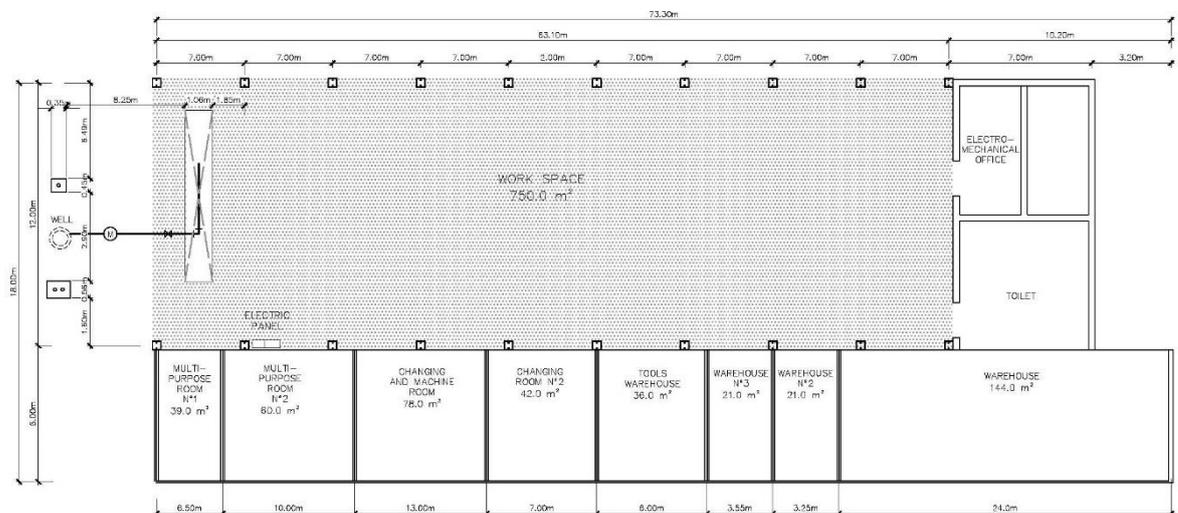
ENACAL は、水道メータの修理・検定用のワークショップ及びポンプ・電動機等の修理のための機電修理ワークショップを有し、故障した水道メータ、流量計、各種ポンプ、電動機及び制御盤等は可能な限り ENACAL 自身によって修理している。

機電修理ワークショップでは、各種ポンプ及び電動機の修理やオーバーホールを担っており、年間の修理／オーバーホール数は約 70 台である。そのほかに、電気盤類、配管資機材加工や自動車修理、ENACAL 保有の設備・機材の維持管理全般に関する業務を担当している。また、機電修理ワークショップ構内には水中ポンプの試験用ピットが併設されており、オーバーホールの完了したポンプの流量、圧力、その他電力データを計測することで修理したポンプの性能評価を実施している。

機電修理ワークショップの現状と課題を次表に整理する。

表 3.2.3 機電修理ワークショップの現状と課題

項目	現状	課題
施設概要	<p>【問題点：構内資機材の移動と動線の整理】</p> <ul style="list-style-type: none"> - 施設完成後約 50 年経過しており、建屋自体は 19cm 角鋼材で屋根を支持する簡易構造であり側壁は無く外部に開放である。 - 施設面積は約 1300m²あり、うち作業場面積 750 m²である。その一角に、水中ポンプ試験用ピットおよび関連電気設備が設置されている。(別図参照) - 場内は雑然としており、作業区画や加工材/試験体、修理部品等の動線が悪い。(写真参照) 	<ul style="list-style-type: none"> - 構内における資機材の移動が多いため、荷役及び移動用機材の拡充。 - 構内の整理整頓、作業エリアの明確な区分け、作業効率化のための作業スペースの配置
保有機材	<p>【問題点：老朽化に起因する作業効率低下と作業内容の制約】</p> <ul style="list-style-type: none"> - 保有する主要設備・工作機械・電動工具類は、水中ポンプテストピット、電力データ収集パネル、長尺物加工用旋盤 2 台、フライス盤、ボール盤、電動ベンチグラインダー、溶接機等。 - 大半の工作機械は経年変化による劣化が激しく、故障あるいは稼働するものの作業精度を確保するのが困難な状況。 - 旧ソ連製の工作機械が多く、大半は生産中止となっている旧型機であり維持管理が困難。 - 旋盤、フライス盤等は老朽化によって限定された作業のみが可能な状態であるため、部品の加工修正や新規製作が困難。 - 複雑かつ精密な加工はできないので、必要に応じて外部ワークショップに加工を委託している。 	<ul style="list-style-type: none"> - 保有機材の更新 - 外部委託の加工作業の削減 - 保有機材の維持管理の徹底 - 保有機材のインベントリ整理
組織/職員	<p>【問題点：潜在能力の活用不足】</p> <ul style="list-style-type: none"> - 職員数は約 90 名であり、電気機械技術者や技能工、その他補助職員として従事 - 技術者養成機関としての機能を有しており、適時、内部教育・研修を実施。 	<ul style="list-style-type: none"> - 分野別に経験を有する職員によって構成されているが、それに見合う工作機械、工具類の拡充 - 研修観点からも、機材品目・数量の見直し
活動内容	<p>【問題点：作業方法の見直しと適正機材の整備】</p> <ul style="list-style-type: none"> - 修理内容は電動機巻き線加工、水中ポンプオーバーホールと調整が主な作業内容。 - 手動コイル巻き機とその後の樹脂乾燥には 1m 角の覆いに発熱ランプ 2 台という簡易な方式を採用。 	<ul style="list-style-type: none"> - 機器類修理やオーバーホール能力の改善のための適正な工作機械、測定機器、工具類の導入



出所: 調査団

図 3.2.3 機電修理ワークショップ平面図



機電修理ワークショップ内部

機電修理ワークショップ外部

水中ポンプ試験用操作盤

水中ポンプ試験用ピット/専用クレーン

出 所: 調査団 (2021 年 4 月)

写真 3.2.3 機電修理ワークショップ

保有機材の老朽化及び不足により十分な精度の修理が実施できていない状況にあるほか、部材の加工等を外部委託して製作せざるをえず、運営コストを圧迫している。十分な精度を確保できていない修理したポンプ等の機材を現場で利用するため、故障の発生頻度が増し悪循環に陥っている。ワークショップの機材を更新・整備することにより、修理精度を確実に高めるとともに ENACAL が保有する資機材を効率的に活用することができ、送配水の効率化及び ENACAL の運転維持管理費用の削減に寄与できる。

(g) 無収水削減活動に資する機材

無収水技プロにて実施した無収水削減活動を ENACAL は全国展開する計画としている。同活動は、無収水技プロにて技術移転を行った ENACAL 本部のフィジカル無収水課の職員が、地方支局へ出向いて地方支局職員に技術移転を行うものである。無収水技プロが終了した 2020 年には、マナグア市近郊のグレナダ支局にて同活動を実施し支局職員への技術移転を行った。2021 年には北部のヒノテガ支局、ハラッパ支局、ウメガスゴリア支局、マダガルバ支局にて無収水削減活動の技術移転を予定している。ニカラグア北部の支局が選定されている理由は、マクロセクター化、ミクロセクター化が進んでいるためである。しかしながら、ENACAL フィジカル無収水課による技術移転活動は、本部の無収水課が実施しているマナグア市内の無収水削減活動と並行して行われるため、無収水課が保有する機材だけでは十分とは言えず、市内の無収水削減活動に支障をきたしていることから、同削減活動の機材の増強が課題となっている。よって、本事業にて無収水削減活動に資する機材を整備することにより、ENACAL の無収水削減活動の全国展開及びマナグア市内における無収水削減活動を促進することができ漏水削減に大きく貢献できる。

(3) 調達事情に対する方針

本事業は、組立式配水池関連機材とそれに付随する土木・据付工事、送水ポンプ・インバータ等の関連機材とそれに付随する建築工事（インバータ操作室の建設）、機電修理ワークショップ向けの各種機材・車両の調達、無収水関連機材の調達など、多岐にわたる機材の調達と付帯工事が発生する。機材の種類が多岐にわたることから、調達方式は日本法人の商社を対象とする。また、付帯工事の発生があることから類似業務経験を有することが望まれる。

機材は原則として日本調達または現地調達とする。原産国については、仕様・品質を満たしていれば第三国で製造・組立したものを認める。

(4) 現地業者の活用に係る方針

本事業の実施に伴う据付・付帯工事は、現地業者を活用する方針とする。本事業で発生する土木工事、建築工事、据付工事のほとんどが現地業者及び労務の活用によって実施可能である一方、本邦技術を用いるステンレス配水池の溶接に関しては、現地労務の活用が難しいことから、本邦または第三国から十分な技能を持つ技術者を派遣する方針とする。送水ポンプ、インバータ、漏水補修機材、機電修理ワークショップ等の一部機材の据付においては、メーカーから日本人技術者を派遣させる方針とする。

(5) 自然環境条件に対する方針

ニカラグアは全土が熱帯性の気候に属しており、マナグアの年間平均最低気温は 22℃、年間平均最低気温は 32℃であり、一年を通して温暖な気候となっている。雨季は 5 月から 10 月であり、年間降水量の 90%以上を占めている。本事業においては、コンクリート工事、溶接工事のほか、水管橋における漏水補修機材は河川横断箇所にて作業を行うため、雨水対策に配慮した設置工事を計画する。

(6) 運営・維持管理に対する方針

本事業は機材の更新であるため、機材の調達に伴い新たに増員する必要性はない。そのため、ENACAL が現在運営・維持管理している本部マナグアオペレーション局、機電課、フィジカル無収水課の職員が運営・維持管理を行う。

調達機材の選定にあたっては、消耗品の必要性、交換部品の入手事情、故障時の修理対応等を考慮し、機材調達後の運営・維持管理が現状の運営システムから大きく乖離せず、既存人員にて運転できることを重視した体制を基本方針とする。

(7) ソフトコンポーネントの基本方針

本事業にて調達した機材を有効的に活用し、適切な配水管理を確実に実施することによって、本事業の目的である ENACAL の給水サービスの向上につながる。そのためには、機材の調達のみならず、適切な配水計画を立案し、現状の配水計画を改善することが必要となる。本事業において調達する 7 種類の機材のうちソフトコンポーネントの必要性を検討した結果、支援の必要性の高いインバータ設置井戸における配水管理能力の強化及び送

水ポンプ場の運転維持管理能力強化の支援をソフトコンポーネントとして実施する。ソフトコンポーネントの目標を「ENACAL が適切な配水管理を行うとともに保有機材を有効的に活用し、効率的かつ効果的な水道サービスを提供すること」と設定する

▶ **インバータの配水管理能力強化：**

【成果】インバータ設置井戸において定期的にモニタリングが実施され、適切な配水管理業務が実施される

取水井戸ポンプの配水量は、設置当初のポンプ能力と運転時間から算出しており、ポンプ効率の低下や劣化などによって実際の配水量と大きな差異が生じている。また、配水区域の水圧を計測・モニタリングしていないため、配水圧の管理が行われていない状況にある。

インバータ設置後には、ポンプの回転数を制御することで水圧の適正化を図ることが本事業の目的であるが、配水圧の測定・モニタリングの経験を有しておらず、適切な運転維持管理の実施に向けた技術支援が必要である。そのため、本ソフトコンポーネントにおいて、配水量・配水圧のモニタリング手法を指導し、その結果を配水計画に反映することによって本事業の効果が最大化できるようにする。

また、設置したインバータが継続的に活用されるためには、故障等のトラブル発生時に適切な対応を実施する必要があることから、ENACAL の保有資機材の修理を担当する機電修理ワークショップの修理工に対してインバータの点検・整備・修理手法について指導する。

▶ **送水ポンプの維持管理能力強化：**

【成果】送水ポンプの適切な運転維持管理手法が理解できる

送水ポンプは故障するまでに定期的な点検・整備は実施されず、維持管理に重要となる流量・水圧・電圧・電流・電力等の測定及び記録も実施されていない。そのため、ポンプ運転領域や吐出し量が管理されないために効率低下を招いている。調達したポンプが長期的に運用されるために、運転状況を理解するための測定方法、ポンプの点検・整備手法を指導し、送水ポンプの適切な運転維持管理手法を理解して実施することにより調達機材の持続性が担保されるようにする。

また、点検・整備方法の指導は主に送水ポンプを実施するポンプオペレーターを対象に実施するものの、機電修理ワークショップの修理工もソフトコンポーネントの対象とし、点検・整備方法のほか修理手法について指導する。

3.2.2 基本計画

3.2.2.1 井戸ポンプにおけるインバータの設置

(1) 対象井戸の選定

ENACAL が管理しているマナグア市内に設置されている井戸取水ポンプ場は 182 箇所ある。井戸取水ポンプ場は流量制御あるいは圧力制御されることなく、24 時間連続運転されており、特に夜間の配水量は需要を上回っており、井戸取水ポンプの運用を見直すことにより、配水圧の適正化及びで電力使用量の削減が求められている。

ENACAL が管理する 182 箇所の井戸取水ポンプ場のうち、配水管網に直接配水している井戸機場を選択し、取水ポンプ能力 (Hp)、取水流量 (m3/h)、受益者数 (人) のデータを抽出し、各々の値を 10 段階で評価し順位付けを行った。その結果、優先度の高い 34 箇所の井戸を選定し、現場調査及び事業計画を確認した (表 3.2.4 参照)。その結果、34 箇所のうち 1 箇所は ENACAL によるパイロット事業によってインバータが設置済み (No.10) であり、5 箇所 (No.6, 20, 22, 27, 34) は、IDB によって整備される予定であることから、これら 6 カ所を除いた 28 箇所を本事業対象とする。

表 3.2.4 インバータ設置の対象井戸

No.	ID	ポンプ場名称	取水ポンプ能力		ポンプ取水流量		受益者		総合評価点 ①+②+③	備考
			Hp	評価点 ①	m3/h	評価点 ②	人数	評価点 ③		
1	ID_00072	Bello Horizonte	150	8	260.5	9	4,704	10	27	
2	ID_00087	Rafaela Herrera	150	8	263.4	9	4,222	9	26	
3	ID_00159	Buenos Aires	150	8	197.4	7	4,357	9	24	
4	ID_00083	Monseñor Lezcano	125	7	229.9	8	3,833	8	23	
5	ID_00091	Mercado Oriental	125	7	225.1	8	2,771	6	21	
6	ID_00079	Shell Metrocentro	125	7	181.3	7	2,787	6	20	IDB
7	ID_00158	Santa Rosa (B.Horizonte #2)	150	8	166.3	6	2,969	6	20	
8	ID_00025	Bertha Calderón	150	8	163.6	6	2,612	6	20	
9	ID_00176	Portezuelo N° 02	125	7	122.4	5	3,137	7	19	
10	ID_00084	Las Brisas	125	7	205.6	7	2,065	5	19	2019年3月INV設置
11	ID_00090	Olof Palme	125	7	172.5	6	2,833	6	19	
12	ID_00026	Veléz Paíz	150	8	146.5	5	2,744	6	19	
13	ID_00034	30 de Mayo #2	175	9	157.7	6	1,567	4	19	
14	ID_00041	M.T.I.	100	5	172.4	6	3,312	7	18	
15	ID_00089	San Antonio	100	5	202.0	7	2,573	6	18	
16	ID_00088	Tenderí	125	7	148.6	5	2,659	6	18	
17	ID_00082	Julio Martínez	150	8	134.2	5	2,494	5	18	
18	ID_00175	Portezuelo N° 01	100	5	171.6	6	2,787	6	17	
19	ID_00074	Parque Las Madres	100	5	153.3	6	2,787	6	17	
20	ID_00166	Jorge Dimitrov	100	5	155.2	6	2,527	6	17	IDB
21	ID_00085	Los Gauchos	125	7	137.4	5	2,230	5	17	
22	ID_00169	La Luz	125	7	137.1	5	2,177	5	17	IDB
23	ID_00066	Loma Linda (Sierra Maestra)	200	10	63.1	3	1,692	4	17	
24	ID_00023	Hospital del niño	125	7	117.7	4	2,144	5	16	
25	ID_00120	La Merced	150	8	127.8	5	1,220	3	16	
26	ID_00035	San Antonio Sur	150	8	107.0	4	1,979	4	16	
27	ID_00022	Rpto. Schick N° 4	175	9	60.5	2	2,091	5	16	IDB
28	ID_00042	Bosques de San Isidro	200	10	86.5	3	1,049	3	16	
29	ID_00099	Serrania	200	10	56.4	2	1,682	4	16	
30	ID_00164	Donatello	125	7	82.0	3	2,002	5	15	
31	ID_00174	Milagro de Dios	125	7	69.3	3	2,002	5	15	
32	ID_00161	Camilo Ortega #2	175	9	80.1	3	1,392	3	15	
33	ID_00180	Ticomó Sur	175	9	64.3	3	1,385	3	15	
34	ID_00024	Manolo Morales	100	5	104.2	4	1,834	4	13	IDB

出 所: ENACAL オペレーション部のデータを基に調査チーム作成

(2) インバータ設置の可否について

(a) 井戸取水ポンプ場の電源品質とインバータ装置の設置環境

インバータ装置を安定的に運用するためには、電源品質と環境について以下の条件を満たすことが求められる。これらの条件について、井戸取水ポンプ場の上位 2 機場につ

いて測定を実施した。電源品質アナライザの測定結果を表 3.2.5 に示す。

表 3.2.5 電源品質測定結果表

項目	許容値	井戸取水ポンプ場 / 測定日時	
		Bello Horizonte 2021/05/20 9:15:00 ~ 24H	Rafaela Ferrera 2021/05/21 10:12:00 ~ 24H
交流電圧 許容変動値	323V~528V ^{※1}	U12:452.06V~468.09V U23:452.55V~469.41V U31:454.94V~470.60V	U12:450.90V~469.32V U23:449.89V~469.06V U31:451.37V~469.12V
周波数 許容変動	±5% ^{※1}	-0.11~+0.11%	-0.25%~+0.14%
電圧不平衡率	30%以下 ^{※2}	零相：0.00%~0.00% 逆相：0.23%~0.60%	零相：0.00%~0.64% 逆相：0.01%~0.29%
相回転	正回転	正回転	正回転
周囲温度	-20℃~+50℃ ^{※1}	操作室内：31.6℃ 既設盤内：35.5℃	操作室内：34.2℃ 既設盤内：32.9℃

※1 参照 三菱汎用インバータ FREQROL-F700P カタログ

※2 参照 内線規定 1305-1 不平衡負荷の制限

なお、電源品質は HIOKI 社製電源品質アナライザ(PW3198)、相回転は HIOKI 製検相器(PD3129-10)、環境測定(温度)は HIOKI 社製非接触温度計(FT3701)を使用し測定した。測定の結果から、両機場ともインバータ装置の設置に問題はないと判断できる。

(b) 電力網と停電対応

該当する井戸取水ポンプ場の電源となる配電網、停電状況及び停電時の対応について ENACAL エネルギー担当者である Ramiro Sanchez Bojorge 氏に聞き取り調査を実施し、以下の回答を得た。

電力網

マナグア市内の存在する ENACAL の配電公社が所有する内、9カ所の変電所の配電網に井戸取水ポンプ場が接続されている。9カ所の変電所に接続されていない井戸取水ポンプ場は、配電会社 Disnorte/Dissul (2020年まで民間会社、現在は国営企業) から電力の供給を受けている。変電所の電力容量は、ENACAL が所有する変電所で変電所容量の約5%であり、各取水井戸ポンプ場で1%未満である。また、ENACAL が所有する変電所の上位変電所を所有する ENATREL は所有する変電所容量増強の過程にあるとのことである。また、Disnorte/Dissul からの電力は低電圧の発生がないことを ENACAL 側で監視しており、現在のところ問題は発生していないとのことである。これらの事から、各取水井戸ポンプ場の電源容量は十分であると判断できる。

停電状況及び停電時の対応

聞き取り調査によると、電線への鳥や枝の接触、強風による断線等の外部要因による停電は各井戸取水ポンプ場で週に1回程度発生しているとのことではあるが、維持管理上の記録は存在していない。また、過去に電気機器の故障等による内部要因による停電は発生していない。外部要因により井戸取水ポンプ場で停電が発生すると、現場の管理員から ENACAL 本部指令室部 (P3) に状況を報告し、修理担当の ENATAL へ連絡し、

現場へ赴き対応する。およそ 30 分で復旧する。また、停電後は 30 分程度で復電が可能なることから、現在、非常用発電機の設置はなく、ENACAL 側からの設置希望はない。一方、落雷による停電についても、同様に記録は存在していない。そのため、2021 年 7 月 1 日から 31 日までの 1 ヶ月間の井戸取水ポンプ場の停電時間について記録を取得するよう ENACAL 管理部に依頼した。その結果を表 3.2.6 に示す。

表 3.2.6 停電時間記録表 (2021 年 7 月)

No.	ID	ポンプ場名称	2021年7月 停電時間 00hMM																															回数 (個/月)	1ヶ月計 00hMM	1回平均 00hMM	備考		
			1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	8日	9日	10日	11日	12日	13日	14日	15日	16日	17日	18日	19日	20日	21日	22日	23日	24日	25日	26日	27日	28日	29日	30日	31日						
1	ID_00072	Bello Horizonte															0:45	1:49															2	2:34	1:17				
2	ID_00087	Rafaela Herrera															0:45	1:49															2	2:34	1:17				
3	ID_00159	Buenos Aires								0:40						0:49	4:30																4	6:54	1:43				
4	ID_00083	Monseñor Lezcano				1:30					1:00	2:00																					4	6:39	1:39				
5	ID_00091	Mercedal Oriental									0:19																						2	1:19	0:39				
6	ID_00079	Shell Metrocentro					5:00				0:19																						3	6:19	2:06	IDB			
7	ID_00158	Santa Rosa (B.Horizonte #2)					1:55																										2	8:44	4:22				
8	ID_00025	Bertha Calderón															0:45	1:49															2	2:34	1:17				
9	ID_00176	Portezuelo N° 02																															0	-	-				
10	ID_00084	Las Brisas									1:00	2:00																					3	5:00	1:40	2019年3月INV設置			
11	ID_00090	Olof Palme									0:19																						2	1:19	0:39				
12	ID_00026	Velez Paiz									3:30	2:00																						3	8:15	2:45			
13	ID_00034	30 de Mayo #2						1:49			0:40	2:45					0:49	4:30															6	11:48	1:58				
14	ID_00041	M.T.4										1:00	2:00																					3	5:00	1:40			
15	ID_00089	San Antonio										1:00	2:00																						3	5:00	1:40		
16	ID_00088	Trenderf									0:19																							2	1:19	0:39			
17	ID_00082	Julio Martínez										0:34																						1	0:34	0:34			
18	ID_00175	Portezuelo N° 01																4:34																1	4:34	4:34			
19	ID_00074	Parque Las Madres					5:00				0:19																							3	6:19	2:06			
20	ID_00166	Jorge Dimitrov																																0	-	-	IDB		
21	ID_00085	Los Granchos					5:00				0:19																							4	7:44	1:56			
22	ID_00169	La Lar					1:00																											1	1:00	1:00	IDB		
23	ID_00066	Loma Linda (Sierra Maestra)																																	1	1:19	1:19		
24	ID_00023	Hospital del niño									0:19																								2	1:19	0:39		
25	ID_00120	La Merced																																	0	-	-		
26	ID_00035	San Antonio Sur									7:30	0:30	7:00																					3	15:00	5:00			
27	ID_00022	Rpto. Schack N° 4									3:30						0:49	2:00																	3	6:19	2:06	IDB	
28	ID_00042	Bosques de San Isidro					4:40		1:00	2:00																									5	11:40	2:20		
29	ID_00099	Serrama					3:30		3:49																										3	8:53	2:57		
30	ID_00164	Donatello																																	0	-	-		
31	ID_00174	Milagro de Dios																																	0	-	-		
32	ID_00161	Camilo Ortega #2					1:49	6:20	1:19																											6	17:02	2:50	
33	ID_00180	Ticomo Sur									1:40						1:15																			4	6:10	1:32	
34	ID_00024	Manolo Morales										0:30	4:10																						2	4:40	2:20	IDB	

出 所: ENACAL エネルギー課

落雷による 7 時間以上の停電が発生した井戸取水ポンプ場も存在するが、復電まで待機し、復電後、維持管理担当者により、ポンプの運転が再開される。この期間中の停電による電気機器類の故障はなく、復電による不具合は発生していない。

(3) 運転・維持管理状況について

井戸取水ポンプのモーター形式とモーターの起動方式を表 3.2.7 に示す。主に、陸上立型ポンプはオートトランスによる起動方式、水中ポンプはソフトスタータによる起動方式が採用されている。各々の機器はポンプ起動盤に組み込まれており、とりわけ古い San Antonio 井戸 (オートトランス 1980 年設置) を除き、おおよそ 10 年以内に設置されている。

ポンプ起動盤内は埃や塵が多く蓄積している機器があり、また小動物の端子への接触による焼損も見受けられた。聞き取り調査によると 6 カ月に 1 回程度、盤内清掃しているとのことではあるが、多量の埃の蓄積による短絡事故も考えられるため、事故防止のためにも清掃の頻度を上げることが望ましい。

表 3.2.7 既設ポンプ設備一覧表

No.	ID	ポンプ場名称	既設モータ形式		既設モータ起動方式				起動機器 設置年	備考
			陸上	水中	ソフト スタータ	オート トランス	直入	その他		
1	ID_00072	Bello Horizonte	✓			✓			2015	
2	ID_00087	Rafaela Herrera		✓		✓			2018	
3	ID_00159	Buenos Aires	✓		✓				2011	
4	ID_00083	Monseñor Lezcano	✓			✓			2016	
5	ID_00091	Mercado Oriental	✓			✓			2016	
6	ID_00079	Shell Metrocentro	✓			✓			2006	IDB
7	ID_00158	Santa Rosa (B.Horizonte #2)		✓	✓				2014	
8	ID_00025	Bertha Calderón		✓	✓				2016	
9	ID_00176	Portezuelo N° 02	✓			✓			2016	
10	ID_00084	Las Brisas	✓					INV	2019	2019年3月設置
11	ID_00090	Olof Palme	✓			✓			2011	
12	ID_00026	Veléz Paíz		✓	✓				2011	
13	ID_00034	30 de Mayo #2		✓	✓				2019	
14	ID_00041	M.T.I.	✓		✓				2015	
15	ID_00089	San Antonio	✓			✓			1980	
16	ID_00088	Tenderí	✓			✓			2011	
17	ID_00082	Julio Martínez		✓		✓			2013	
18	ID_00175	Portezuelo N° 01		✓	✓				2017	
19	ID_00074	Parque Las Madres	✓		✓				2019	
20	ID_00166	Jorge Dimitrov		✓	✓				2017	IDB
21	ID_00085	Los Gauchos	✓			✓			2011	
22	ID_00169	La Luz		✓	✓				2017	IDB
23	ID_00066	Loma Linda (Sierra Maestra)		✓	✓				2016	
24	ID_00023	Hospital del niño		✓	✓				2019	
25	ID_00120	La Merced		✓	✓				2011	
26	ID_00035	San Antonio Sur		✓		✓			2017	
27	ID_00022	Rpto. Schick N° 4		✓	✓				2021	IDB
28	ID_00042	Bosques de San Isidro		✓	✓				2010	
29	ID_00099	Serrania		✓	✓				2011	
30	ID_00164	Donatello		✓	✓				2017	
31	ID_00174	Milagro de Dios		✓	✓				2010	
32	ID_00161	Camilo Ortega #2		✓		✓			2018	
33	ID_00180	Ticomo Sur		✓	✓				2017	
34	ID_00024	Manolo Morales		✓			✓		2018	IDB

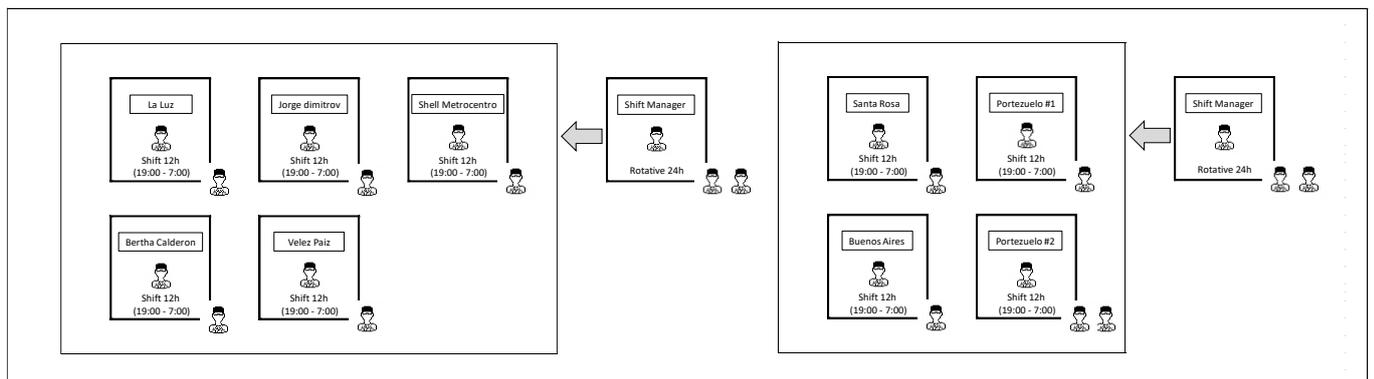
出 所: ENACAL 機電課、オペレーション部

また、各井戸取水ポンプ場の維持管理担当者の従事状況を表 3.2.8 に示す。維持管理担当者は ENACAL 組織内のセキュリティ部門である EMPROSA に所属している。各井戸取水ポンプ場で聞き取り調査を行ったところ、維持管理担当者の従事状況は 3 パターンあることが判明した。各井戸取水ポンプ場について、1) 常駐、2) 巡回、3) 常駐と巡回の組合せである。各ポンプ場において常駐、巡回とも 2 人から 4 人の担当者が交代で従事している。一方、Shell Metrocentro 井戸や Buenos Aires 井戸については、図 3.2.4 に示すように、夜間常駐とシフトマネージャーと言われる巡回担当者により従事している井戸取水ポンプ場もある。対象井戸取水ポンプ場においては、インバータ装置の導入により新たな管理担当者の増員といった維持管理体制を変更する必要はないと判断できる。

表 3.2.8 既設ポンプ場の維持管理状況

No.	ID	ポンプ場名称	維持管理担当者従事状況				備考
			24時間 常駐	12時間 常駐	巡回	12時間常駐 +巡回	
1	ID_00072	Bello Horizonte	✓				
2	ID_00087	Rafaela Herrera	✓				
3	ID_00159	Buenos Aires				✓	※3
4	ID_00083	Monseñor Lezcano			✓		2回/日
5	ID_00091	Mercado Oriental			✓		2回/日
6	ID_00079	Shell Metrocentro				✓	※2 IDB
7	ID_00158	Santa Rosa (B.Horizonte #2)				✓	※3
8	ID_00025	Bertha Calderón				✓	※2
9	ID_00176	Portezuelo N° 02				✓	※3
10	ID_00084	Las Brisas	✓				INV2019年3月設置
11	ID_00090	Olof Palme			✓		2回/日
12	ID_00026	Veléz Paíz				✓	※2
13	ID_00034	30 de Mayo #2	✓				
14	ID_00041	M.T.I.			✓		2回/日
15	ID_00089	San Antonio			✓		2回/日
16	ID_00088	Tenderí			✓		
17	ID_00082	Julio Martínez		✓			6:00-18:00、18:00~6:00 2交代
18	ID_00175	Portezuelo N° 01				✓	※3
19	ID_00074	Parque Las Madres	✓				
20	ID_00166	Jorge Dimitrov				✓	※2 IDB
21	ID_00085	Los Gauchos	✓				
22	ID_00169	La Luz				✓	※2 IDB
23	ID_00066	Loma Linda (Sierra Maestra)	✓				
24	ID_00023	Hospital del niño			✓		3回/日
25	ID_00120	La Merced	✓				
26	ID_00035	San Antonio Sur	✓				
27	ID_00022	Rpto. Schick N° 4	✓				IDB
28	ID_00042	Bosques de San Isidro	✓				
29	ID_00099	Serrania	✓				
30	ID_00164	Donatello	✓				
31	ID_00174	Milagro de Dios	✓				
32	ID_00161	Camilo Ortega #2	✓				
33	ID_00180	Ticomó Sur	✓				
34	ID_00024	Manolo Morales			✓		3回/日 IDB

出 所: ENACAL 機電課、オペレーション部



出 所: ENACAL 機電課、オペレーション部

図 3.2.4 常駐とシフトマネージャーによる巡回による維持管理者従事状況

(4) インバータ装置の方針

(a) ポンプ起動盤の設計方針

各井戸取水ポンプは既設を継続的に使用することから、インバータ出力とポンプのモーター容量との整合性に留意し、インバータ機器を選定する。

インバータ装置の温度上昇による誤動作、故障を防止するため、井戸取水ポンプ起動盤内の換気に留意し、換気ファンの取付け等、適切な対応を施す。

新設する操作室内にポンプ起動盤を設置する。操作室は既設操作室にできるだけ近い位置に設置する。また、操作室内の換気が可能となるようガラリを取り付ける。

(b) 計装機器類の設計方針

インバータ装置による井戸取水ポンプの圧力一定運転制御を行うため、ポンプ起動盤内にデジタルコントローラと井戸取水ポンプの配水管に圧力伝送器を設置する。また、井戸水位の低下によるポンプの取水不能を防ぐため、適切な運転水位に投げ込み式レベルスイッチを設置する。

(c) インバータ装置調達に対する基本方針

インバータ装置は日本を含め、欧米の電気機器メーカーから調達できるが、維持管理性を考慮し、ニカラグア国内でインバータ本体並びに交換部品の入手が可能な製品とする。

(d) ポンプ起動盤の設置工事の基本方針

各井戸取水ポンプは 24 時間連続運転により市内の需要者へ直接給水を行っていることから、既設ポンプ起動盤との切換工事を短時間かつ確実にできるよう工事方法を検討する。また、ポンプ起動盤を設置する井戸取水ポンプ場は複数となることから、全体工期短縮のために同時進行の工事工程を立案する。そのため、工事体制はもちろんのこと、施工管理体制に十分配慮した要員配置を検討する。

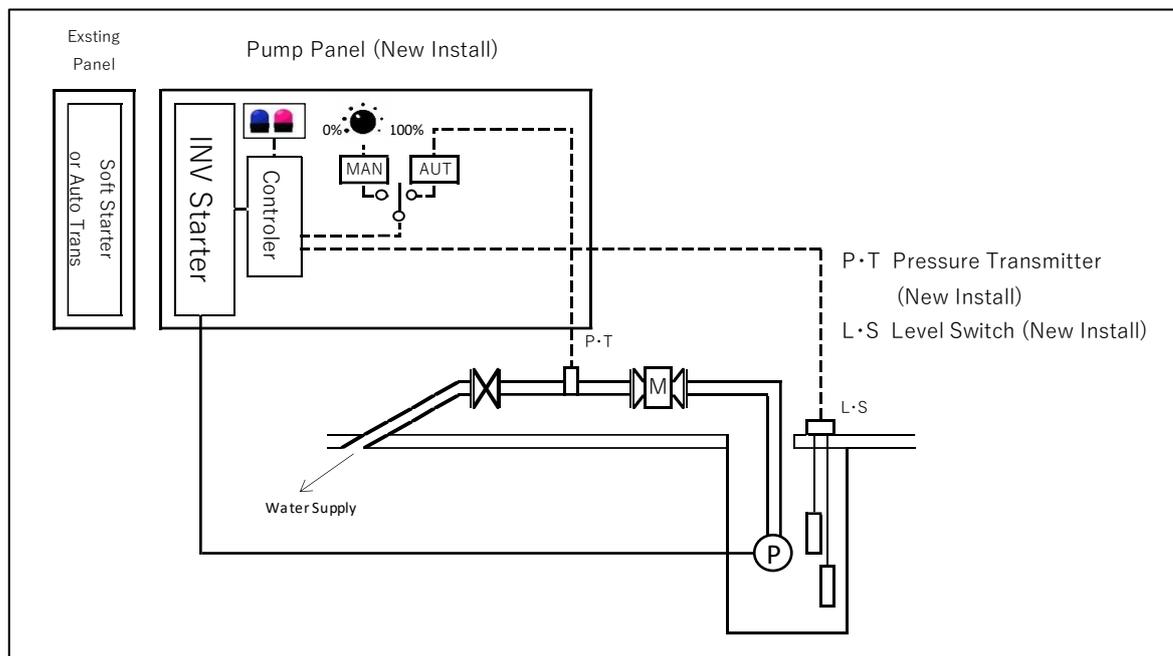
(5) 井戸取水ポンプ起動盤の運転制御

本事業で計画している井戸取水ポンプの制御方法の概略図を図 3.2.5 に示す。新設する盤には、インバータ装置を組み込み、インバータ装置による圧力一定制御での取水井戸ポンプの自動運転を行う。また、選択スイッチ切換により、操作員による手動運転も実施できるようにする。

乾季の期間に井戸水位がポンプの運転範囲を下回ることによるポンプの空転防止のため、井戸に水位レベル機器を設置し、水位低下による警報が発報された場合には、ポンプは自動的に停止させる。

圧力一定制御による取水井戸ポンプ運転のため、配水管に設置した圧力発信器の値を制御に使用するが、この圧力値は各機場により設定しなければならない。インバータ装置の新設による井戸取水ポンプの運転開始時に、流量および圧力測定を実施し、井戸取水ポン

プ場のごとの適切な圧力設定値を決定する必要がある。そのため、ソフトコンポーネントにおいて、同作業の能力強化を実施する。



出 所: 調査団

図 3.2.5 井戸取水ポンプ制御概略図

(6) インバータ装置の基本仕様

対象井戸 28 箇所のモーター容量とインバータ装置の出力との対応を表 3.2.9、必要な交換部品を表 3.2.10 に示す。また、インバータ設置に際しては、高調波を抑制する対策を施す。

表 3.2.9 既設モーター容量及び新設インバータ装置対応表

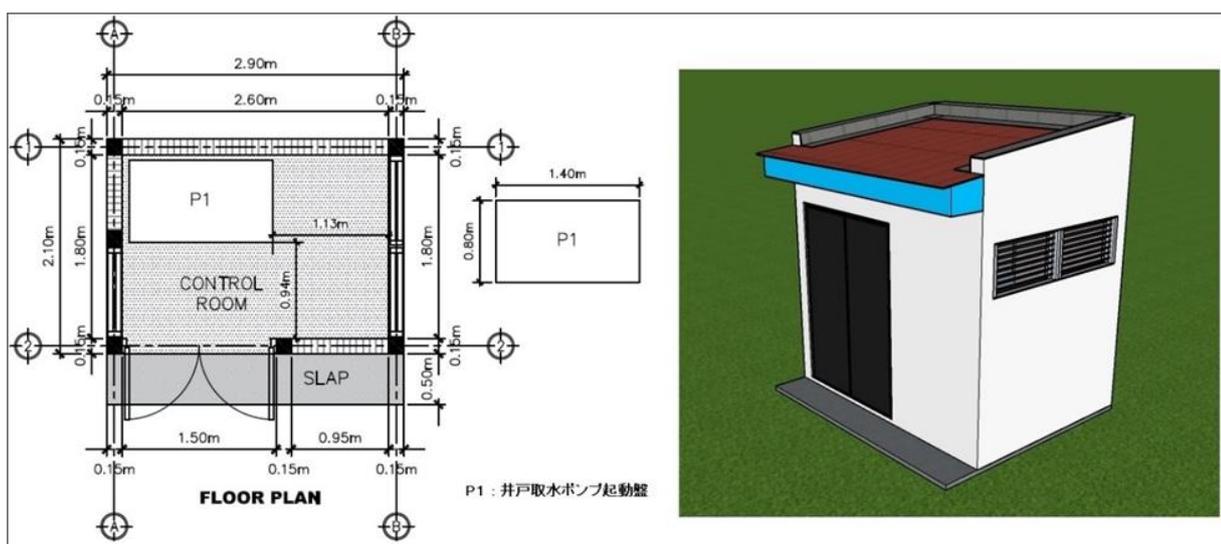
既設井戸取水ポンプモータ容量			新設インバータ装置出力	
Hp	(Hp*1.1)kW	台数	k W	台数
100	82	4	110	13
125	103	9		
150	123	9	132	9
175	144	3	185	6
200	164	3		
計		28	計	28

表 3.2.10 インバータ装置に必要な交換部品

部品名	台数	数量
110kW用 交換用主基板	13	台数の10%(最小個数1面分)
110kW用 交換用ファン	13	台数の10%(最小個数1面分)
132kW用 交換用主基板	9	台数の10%(最小個数1面分)
132kW用 交換用ファン	9	台数の10%(最小個数1面分)
185kW用 交換用主基板	6	台数の10%(最小個数1面分)
185kW用 交換用ファン	6	台数の10%(最小個数1面分)

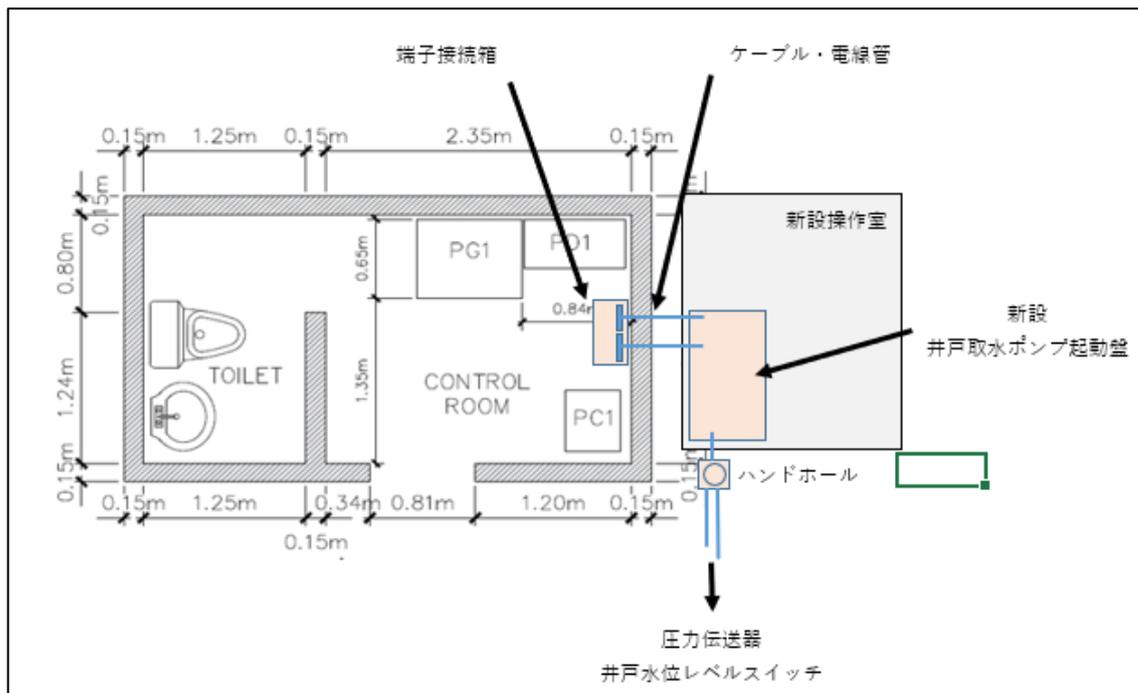
(7) 操作室の新設

既設ポンプ起動盤との切換工事の時間短縮と確実性を担保するために、新たに操作室を設置し、その室内に井戸取水ポンプ起動盤を設置する。想定する操作室の平面図及び外観図を図 3.2.6、操作室概略位置図を図 3.2.7 に示す。また、同様の理由からケーブル工事においては、事前に端子台を取り付けた接続箱を既設操作室内に設置し、新設のポンプ起動盤から電源ケーブルとポンプケーブルを接続箱内で接続しておく。



出 所: 調査団

図 3.2.6 操作室平面図・外観図



出 所: 調査団

図 3.2.7 操作室概略位置図

3.2.2.2 組立式配水池の整備

(1) 組立式配水池設置に係る基本方針

組立式配水池設置に係る基本方針は以下の通りである。

- a) 配水池の設置により配水圧を安定させ、漏水量の削減に寄与するとともに、時間ピーク流量への対応、電力消費量の削減等を目的とする。
- b) 地震国であるニカラグア国の状況を勘案して、耐震性に優れた施設形態とする。
- c) 水圧、土圧、地盤反力、地震力、風圧等に対して耐力を有する施設とする。
- d) 工場で部材加工が可能で、かつ、軽量で施工性の良い部材を適用する。
- e) 通常の清掃の他は、極力メンテナンスフリーな施設形態とする。
- f) 配水池本体、基礎工事、既存配管への繋ぎ込みや流入出弁等の設置は本邦負担工事とするが、配水池計画地点の造成、外溝、フェンス等の工事はニカラグア国の負担事項とする。

(2) 配水池容量の検討

ENACAL から収集した最新の月当たりの Asososca 支局における請求水量は、 $2,525,282.4\text{m}^3/\text{月}$ (974.3l/s) となっており、2017 年時点の請求水量 841.8l/s と比較すると 15%程度請求水量が増加している。この情報を基に Asososca Alta マクロセクターにおける配水池容量を検討する。

Asososca Alta においては、既存の Las Pilas 配水池に隣接して有効容量 $4,600\text{m}^3$ の配水

池を計画する。この配水池は、一日最大給水量の 8 時間分の容量を確保することとする。

2021 年における Asososca Alta の請求水量は、249.4 L/s であり、一日最大給水量の 8 時間分の配水池を計画する場合の配水池の容量は、以下のように計算される。

$$249.4 \text{ L/s} \times 1/0.7 \times 3600 \times 8 \div 1000 = 10,272 \text{ m}^3$$

新設配水池の容量は、上記の一日最大給水量 10,272 m³ から、既存の Las Pilas 配水池の有効容量 5,700 m³ を差し引いて、10,272 - 5,700 = 4,600 m³ (有効容量) の配水池を追加でもう 1 基整備することとする。

一方、この時の一日最大給水量は、

$$249.4 \text{ L/s} \times 1/0.7 \times 3600 \times 24 \div 1000 = 30,784 \text{ m}^3$$

となり、取水量は一日最大給水量の 10%であることから、30,784 x 1.1=33,863 m³/日となる。

これにより、現在配水池が稼働していない状況の中での Asososca 湖からの取水量は、時間係数を 1.4 とすると、最大 47,400 m³/日程度 (=33,863 m³/日 x 1.4) に及んでいるものと考えられる。しかし、本件の実施により配水池が稼働されることで時間ピーク配水対応の影響が軽減され、一日平均給水量から一日最大給水量の季節変動に応じて概ね 23,700～33,863 m³/日の範囲で取水量が抑制されることが想定される。

(3) 配水池の形式選定

配水池は、鉄筋コンクリート、プレストレストコンクリート、ステンレス (SUS) 等で造られる。構造は堅牢で、満水時の地震力、基礎の耐力、防水、防食等について考慮する必要がある。本事業では、施工性、維持管理性、耐久性、耐震性、防水性等に富んだステンレス構造の配水池を採用する。配水池の構造比較を表 3.2.11 に示す。

表 3.2.11 新設配水池の構造比較

	Case1 鉄筋コンクリート	Case2 プレストレストコンクリート	Case3 ステンレス (SUS) 構造
写真			
材料	コンクリート、鉄筋が主材料となる。	高強度コンクリート、PC 鋼材、鉄筋が主材料となる。	SUS329, SUS444 等を用いる。
特徴	梁構造、フラットスラブ構造が一般的で、屋根、側壁、底版とも RC 構造である。コンクリートの引張り力への耐力確保のため、壁厚が厚くなり、鉄筋量も多くなる。重量が重く、基礎構造が大掛りとなる。	側壁のみ PC 構造で、屋根および底版は RC 構造となる。PC 棒鋼でプレストレスを導入し、外加重により発生する応力に対処する。部材厚を薄くできるため、大規模となるとスケールメリットがある。	鋼板は、圧縮・引張力に有効なため、最小板厚での設計が可能。軽量化が可能。小型のものは、工場加工可能で安価となるが、大型のものは現場加工が必要となる。

	Case1 鉄筋コンクリート	Case2 プレストレストコンクリート	Case3 ステンレス (SUS) 構造
施工性、工期	現場の型枠組み、生コン打設等、手間を要する。コンクリートの養生期間が必要であり、工期が長くなる場合が多い。	現場打ち、ポストテンション式のPC工法となる。工期はRCとSUS製の中間程度。	工場部材加工可能なため、工期短縮可能。部材が軽量で施工性が良い。大規模構造で溶接が必要となる場合は、適切な溶接管理が必要。
水密、防水性	コンクリートの硬化収縮による亀裂発生の可能性有り。継目処理要管理。コンクリート中性劣化防止のため、内面ライニング塗装が必要。	プレストレス導入により、硬化亀裂は少ない。継目処理要管理。コンクリート中性劣化防止のため、内面ライニング塗装が必要。	材料の耐食性が高いことから、防食塗装が不要。
耐久性、維持管理	コンクリート収縮によるひび割れ、漏水により、鉄筋腐食が発生し、耐久性に影響を与える可能性がある。定期的な内外面塗装、防水塗装が必要となる。	ひび割れが発生し難いため、RCほどの維持管理は不要であるが、内面防水、外面耐食塗装の維持管理は必要である。	定期的な清掃のみで、塗装の補修等の維持管理が不要。更新時には、リサイクルが可能である。
耐震性	耐震性確保のために、部材厚が厚くなるとともに、基礎構造も大掛かりとなる。地震による衝撃でひび割れ発生の可能性が高い。	RC構造と比べ、部材の亀裂は発生し難いが、地震に伴う変形により、継ぎ目からの漏水の可能性が高い。	ステンレスの設計基準強度はコンクリートの10倍以上であり、また靱性（粘り強さ）に富んでおり、弾力性がある。衝撃力を吸収し、耐震性に富んでいる。
経済性	最も経済的である。	経済性は、中位である。	経済性は、他案に比べ割高となる。
適用			○

(4) 組立式配水池の設置箇所

現地調査によって配水池の妥当性を検討した結果、ENACAL より当初要望にあった配水池の設置要望箇所と同様に Asososca Baja マクロセクターと Asososca Alta マクロセクターの2箇所となった。Asososca Baja マクロセクターにおける新規配水池は既存配水管を活用することを想定しているが、既存配水管は施工不良に伴い現在使用できない状況にある。ENACAL は既存配水管の改善を実施する計画を有しているものの、既存配水管の改修は本事業実施のための前提条件であり、仮にニカラグア国側の改修工事に遅延が生じた場合、本プロジェクトの効果発現が不確実となる可能性がある。また、Asososca Baja については、井戸水源の水量が限られているため、仮に配水池を設置しても、1日の水需要変動に対応できる配水池を有効活用することができない。更に、本事業予算、対象地域の裨益者人口、他調達機材との必要性・効果を総合的に評価した結果、組立式配水池は、Asososca Alta マクロセクター (4,600m³) 1箇所とする。

3.2.2.3 送水ポンプの更新

(1) 送水ポンプ更新に係る基本方針

(a) 更新ポンプの選定基本方針

ポンプ更新の妥当性は以下の基準に従い総合的に判断して決定する。

- a) 管轄エリアの給水栓数（水使用量）
- b) ワークショップの修理担当技術者からの意見
- c) 現地調査による状態評価
 - 運転状態から健全運転寿命に配慮する（突然の故障による長時間断水発生リスクの低減）
 - 故障しており、機場で必要とされる送水量を満たしていない

(b) 送水ポンプ調達に対する基本方針

ポンプはアメリカやメキシコなどの周辺国でも製作されているが、維持管理面で優位性が発揮できるように、オーダー管理、完成図書の提供、部品管理、製作図管理などの提供ができる本邦ポンプ業者から調達する。また、維持管理コスト低減のため、耐久性と高寿命が期待できる材質や構造に配慮する。本邦業者から据付指導員の派遣を行い、更新工事が確実に実施できるようにすると同時に、ENACAL ワークショップの修理技術者へ据付指導を実施する。

ポンプ予備品はニカラグア国内で調達が困難とされる部品を対象として、5年程度の消耗部品及び高額な羽根車や主軸部品とする。

(c) ポンプ定格点決定の基本方針

既設ポンプが実際に運転している圧力と水量範囲内に可能な限りポンプの最大効率点を持つポンプを選定し、消費電力低減に配慮する。

(d) ポンプ起動盤の設計基本方針

ポンプ業者から起動盤を含めて調達することで、ポンプ運転や保護に支障を来さないように配慮する。ポンプ起動方式は起動電流の低減を図るため、既設で多用されているソフトスタート方式を採用した手動操作自立盤とする。既設ポンプ盤には取り付けされていないが、ポンプの空運転防止用に満水検知器を取り付ける。

(e) 更新設備範囲の基本方針

更新ポンプは既設ポンプと寸法が異なることから、接続に必要な配管、伸縮可とう管、フランジアダプターを供与範囲とする。また、動力配線と制御配線を含めることでポンプ設置後速やかに起動確認が出来るように配慮する。さらに、機能不全となっている弁類は更新の対象とする。

(f) 更新工事工法選択の基本方針

現在稼働中のポンプであることから、更新工事において断水時間を出来るだけ短縮できるように更新工事方法を検討する。また、ポンプの更新機場は複数となることから、全体工期短縮のために同時進行の工事工程を立案する。そのため、工事体制はもちろんのこと、施工管理体制に十分配慮した要員配置を検討する。

(2) 既設ポンプ場及び既設ポンプの仕様

ENACAL が保有する既設ポンプは設置してからの経過年数が耐用年数とされている 20 年を大幅に超えている。それらのポンプの中から、ENACAL が要望する更新優先順位と更新対象のポンプ（下表のうち●印）を表 3.2.12 に示す。第一次現地調査にて ENACAL に確認したところ、当初より 5 台追加され計 12 台のポンプが要望するポンプとなった。

表 3.2.12 既設ポンプ場とポンプ仕様

優先順位	更新対象	機場名	揚程 feet	流量 (GPM)	設置年度	馬力 HP
1		ASOSOSCA ALTO #1	150	2400	1998	125
		ASOSOSCA ALTO #2	150	2400	1998	125
		ASOSOSCA ALTO #3	236	3400	2000	300
	●	ASOSOSCA ALTO #4	150	2400	1998	125
		ASOSOSCA SUPERIOR #1	285	1400	2001	250
		ASOSOSCA SUPERIOR #2	285	1400	1998	250
	●	ASOSOSCA SUPERIOR #3	285	3200	1998	450
1	●	ALTAMIRA # 1	280	2200	1998	150
	●	ALTAMIRA # 2	262	3400	1998	250
		ALTAMIRA # 4			2002	
	●	ALTAMIRA # 5	300	3200	2002	350
1	●	KM 8 CARRETERA A MASAYA #1	285	1400	2001	250
		KM 8 CARRETERA A MASAYA #2	400	2000	2001	-
	●	KM 8 CARRETERA A MASAYA #3	106m	341m ³ /h		160 KW
2		SAN JUDAS #1	350	510		100
	●	SAN JUDAS #2	350	1000		150
	●	SAN JUDAS #3	350	1000		150
2	●	KM 18 CARRETERA A MASAYA #1	270	1500		360
		KM 18 CARRETERA A MASAYA #2	270	800		75
3		KM 9.5 CARRETERA SUR # 1	285	1400	1998	250kW
		KM 9.5 CARRETERA SUR # 2	350	1000	2001	125kW
	●	KM 9.5 CARRETERA SUR # 3	350	1000	2001	125kW
4	●	KM 8.5 CARRETERA SUR # 1	167	1100	1997	75
		KM 8.5 CARRETERA SUR # 2	167	1000	1997	75
		KM 8.5 CARRETERA SUR # 3	167	1000	1997	75

出 所: ENACAL オペレーション部

(3) 要望のあった対象ポンプの概要

ENACAL から更新の要望があったポンプ機場の概要とその理由を下表に示す。

表 3.2.13 ENACAL から要望されたポンプ場の概要

機場名	Altamira	KM 8 C. Masaya	Asososca	San Judas	KM 8.5 C. Sur	KM 9.5 C. Sur	KM 18 C. Sur
現状	1 系統: 2 台 (全台稼働可) 2 系統: 2 台 全台故障 4 年以上放置	3 台 稼働	1 系統: 4 台(1 台故障) 2 系統: 2 台(全台故障) 3 系統: 1 台(稼働可)	3 台 全台稼働	3 台 全台稼働	3 台 2 台故障	2 台 全台稼働
要望ポン プ台数	1 系統: 2 台	3 台	1 系統: 1 台 3 系統: 1 台	2 台	1 台	1 台	1 台
管轄支局	Altamira 支局	Altamira 支局	Asososca 支局	Altamira 支局	Asososca 支局	Asososca 支 局	Altamira 支局

機場名	Altamira	KM 8 C. Masaya	Asososca	San Judas	KM 8.5 C. Sur	KM 9.5 C. Sur	KM 18 C. Sur
水源	Managua I 井戸群 + Altamira 井戸	Managua I 井戸群	Asososca 湖	Managua I 井戸群	Asososca 湖 +井戸	Asososca 湖 +井戸	Managua I 井戸群
管轄エリア 接続数	24,634	15,240	33,124	20,947	6,214	6,214	15,240
水使用量 m ³ /月	909,829	481,555	1,040,293	524,493	187,229	187,229	481,555
ENACAL 更新要望 の理由	1 系統ポンプ 1998 年設置 故障リスク回 避 2 台更新	2001 年設 置 故障停止 リスク回 避 2 台更新	1 系統:Altamira 高地 へ送水のため 1998 年 設置ポンプの揚程を上 げ 1 台更新 3 系統:1998 年設置 故障停止リスク回避 1 台更新	稼働率が高 い 故障停止 リスク回 避 2 台更新	故障停止リ スク回避 少なくとも 1 台更新	故障機 1 台 を復旧させ、 送水量確保	故障停止 リスク回 避 少なくと も 1 台更新

出 所: ENACAL オペレーション部

また、第一次現地調査にて要望のあった送水ポンプのうち主要な送水ポンプの現地調査を実施した。測定したポンプ軸受温度、振動値、電動機絶縁を表 3.2.14 に示す。配水池残存量低下やポンプの状態を配慮して長時間の連続運転が行えないことから、測定データはサチュレート後の状態ではない。そのためカッコ内軸受温度は参考値である。

表 3.2.14 既設ポンプ場における現地調査結果

機場名 ポンプ番号	ポンプ軸受 振動速度 (mm/sec)	ポンプ軸受 温度 (°C)	電動機絶縁	備考
Asososca #3	悪い (8.1)	72	問題無し	電動機の騒音が大きい
Asososca #4	-	-	-	既存ポンプなし
Altamira #1	やや悪い (5.2)	(58)	問題無し	
San Judas #2	やや悪い (4.5)	(45)	未確認	
KM8.5 C. Sur #1	やや悪い (2.8)	(47)	未確認	75kW の小型ポンプ
KM9.5 C. Sur #3	-	-	未確認	故障中
KM18 C. Masaya #1	悪い (7.2)	68	未確認-	バルブで絞り運転中

出 所: 調査団

(4) 更新対象ポンプの決定

第一次現地調査によって得た情報を基に、更新対象としたポンプとその選定理由を表 3.2.15 に示す。

表 3.2.15 更新対象ポンプと選定理由

優先順位	更新要請	機場名	揚程 feet	水量 (GPM)	馬力 HP	設置 年度	振動 速度 (mm/sec)	更新根拠	最終更新 可否判定
1		ASOSOSCA ALTO #1	150	2400	125	1998		既設#4ポンプを移設利用	×
		ASOSOSCA ALTO #2	150	2400	125	1998		継続運用可能	×
	●	ASOSOSCA ALTO #3	236	3400	300	1998		高高地送水用として高揚程ポンプを新設済	×
	●	ASOSOSCA ALTO #4	150	2400	125	1998		・#3ポンプとの2台並列運転送水のため、#3と同仕様の高揚程ポンプの増設を要望 ・既設ポンプは#1へ移設され再利用れる 判定：Las Pitas 配水池へ給水不足を解消させるため増設	○
		ASOSOSCA SUPERIOR #1	285	1400	250	2001		・非常時用として運用、電動機新設済 ・更新要望なし	×
		ASOSOSCA SUPERIOR #2	285	1400	250	1998		・非常時用として運用、電動機新設済 ・更新要望なし	×
	●	ASOSOSCA SUPERIOR #3	285	3200	450	1998	8.1	・激しい騒音と振動があり、老朽化が顕著である ・ポンプの性能低下測定は出来ていないが、大型ポンプのため、更新による省エネ効果化が期待できる ・更新の要望が強い 判定：更新基礎構築のため大規模な工事が必要となるが、省エネ効果が大きいことから更新	○
1	●	ALTAMIRA # 1	180	1800	150	1998	5.2	・稼働可なれど老朽化は顕著 ・ポンプ特性測定が出来ていないため性能低下率は不明 判定：接続数と水使用量が多いことから安定給水確保のため1台のみ更新する	○
	●	ALTAMIRA # 2	180	1800	150	1998	5.1		×
		ALTAMIRA # 4				2000	-	・利用予定がなく、更新の要望なし	×
		ALTAMIRA # 5	300	3200	350	2002	-	・4年前に故障、重要性に欠ける	×
1	●	KM 8 CARRETERA A MASAYA #1	285	1400	250	1996	3.8	・稼働可、高効率化のため更新希望あり ・新設された高揚程ポンプ#2との並列運転する場合は高揚程ポンプへの更新が望ましいが、高揚程化する根拠がない 判定：高揚程化の根拠が無く、既設ポンプの状態が良いことから更新を見送る	×
	●	KM 8 CARRETERA A MASAYA #2	400	2000	-	2021	-	故障に伴い手配済の高揚程ポンプに交換予定あり	×
	●	KM 8 CARRETERA A MASAYA #3	350	1500	250	2001	4.1	判定：上記#1ポンプと同じ理由で更新を見送る	×
2		SAN JUDAS #1	350	510	100			・3台共稼働可なれど老朽化顕著	×
	●	SAN JUDAS #2	350	1000	150			・ポンプ特性測定が出来ていないため、性能低下率は不明 ・10hrs/日以上運転と利用度が高い 判定：故障リスクを軽減し、安定給水を図るため1台更新	○
	●	SAN JUDAS #3	350	1000	150				×
2	●	KM 18 CARRETERA A MASAYA #1	300	1500	160kW			・#1ポンプ羽根車複数回修理（内容不明） ・#1機は圧力が高いため、配管損傷を防ぐため吐出弁で絞り運転をしている 判定：ポンプ吐出圧を実運転仕様へ変更して更新することで省エネ効果があるため、大ポンプ更新	○
		KM 18 CARRETERA A MASAYA #2	270	800	75				×
3		KM 9.5 CARRETERA SUR # 1	285	1400	250kW			・#1ポンプ稼働可、#2、#3故障のため故障機の更新が必要 判定：送水量を復活させるため故障ポンプ1台を更新する	×
		KM 9.5 CARRETERA SUR # 2	350	1000	125kW				×
	●	KM 9.5 CARRETERA SUR # 3	350	1000	125kW				○
3	●	KM 8.5 CARRETERA SUR # 1	167	1000	75	1997		・3台稼働可なれど老朽化顕著 ・ポンプ特性測定が出来ていないため、性能低下率は不明 判定：故障リスクを軽減し、安定送水を図るため1台更新する	○
		KM 8.5 CARRETERA SUR # 2	167	1000	75	1997			×
		KM 8.5 CARRETERA SUR # 3	167	1000	75	1997			×

(5) ポンプの更新に伴い必要となる付帯機材

対象ポンプの多くが、既設配管とポンプ出入り口のセンターが偏心している状態にある。ポンプ基礎レベルを調整したとしても同芯（直線）とすることは困難であると想定されるため、伸縮可とう管とフランジアダプターを挿入し接続することで対応する。ポンプ更新に必要となる機材は次図の青色で示す部分となる。

<p>Asosca #3</p> <p>① 鋼製伸縮可とう管 ND400x500L ② 両フランジテーパ管 ND400xND250x200L ③ ポンプ 250kW, ND250 ④ 両フランジテーパ管 ND350xND150x200L ⑤ 鋼製伸縮可とう管 ND350x500L ⑥ フランジアダプター ND350x300L</p>	
<p>Asosca #4</p> <p>① 鋼製伸縮可とう管 ND350x600L ② 両フランジテーパ管 ND350xND250x200L ③ ポンプ 220kW, ND250 ④ 両フランジテーパ管 ND300xND150x200L ⑤ 鋼製伸縮可とう管 ND300x500L ⑥ フランジアダプター ND300x300L</p>	
<p>Altamira #1</p> <p>① 鋼製伸縮可とう管 ND300x700L ② 両フランジテーパ管 ND300xND250x200L ③ ポンプ 90kW, ND250 ④ 両フランジテーパ管 ND200xND150x200L ⑤ 鋼製伸縮可とう管 ND200x800L</p>	
<p>San Judas #2</p> <p>① フランジアダプター ND300x300L ② 両フランジテーパ管 ND300xND200x200L ③ ポンプ 132kW, ND200 ④ 両フランジテーパ管 ND150xND125x200L ⑤ 鋼製伸縮可とう管 ND150x1000L</p>	
<p>KM 8.5 C. Sur #1</p> <p>① フランジアダプター ND150x300L ② 両フランジテーパ管 ND200xND150x200L ③ ポンプ 55kW, ND200 ④ 両フランジテーパ管 ND125xND150x200L ⑤ 鋼製伸縮可とう管 ND150x700L</p>	

<p>KM 9.5 C. Sur #3</p> <p>① 両フランジテーパ管 ND200xND150x200L ② ポンプ 132kW, ND200 ③ 両フランジテーパ管 ND125xND150x200L ④ 鋼製伸縮可とう管 ND150x1000L ⑤ 逆止弁 ND150 ⑥ 溶接フランジ ND150</p>	
<p>KM 18 C. Masaya #1</p> <p>① 溶接フランジ ND250 ② 両フランジテーパ管 ND250xND200x200L ③ フランジアダプター ND200x300L ④ ポンプ ND200, 132kW ⑤ 曲管 ND125x90 ⑥ 両フランジテーパ管 ND125xND150x500L ⑦ 鋼製伸縮可とう管 ND150x1100L</p>	

(6) ポンプ定格点の計画

本第一次現地調査にて得た結果に基づいて決定したポンプの定格点表 3.2.16 に示す。

表 3.2.16 ポンプ定格点の計画

対象ポンプ	定格水量 (m ³ /min)	定格全揚程 (m)	回転数 (min ⁻¹)	電動機出力 (kW)
Asososca #3	12.1	86	1475	250
Asososca #4	12.9	72	1475	220
Altamira #1	6.8	55	1475	90
Sun Judas #2	4.5	107	1475	132
KM 8.5 C. Sur #1	4.5	51	1475	55
KM 9.5 C. Sur #3	4.5	107	1475	132
KM 18 C. Masaya #1	5.67	91	1475	132

(7) 電動機

消費動力低減させるため、電動機は外気温とダストに対応した屋内全閉外線カゴ型、F種、B-ライズ、高効率電動機を採用する。

(8) 配管仕様の選定

配管材質は既設と同じ鋼管とし、フランジ規格は現地で採用されている ANSI#150 とする。

(9) 弁類

既設の仕切弁は、開閉操作は機能していることから更新対象から除外する。なお、損傷している KM 9.5 C. Sur #3 の逆止弁は更新する。既設逆止弁は緩速閉鎖機能を持ったベルマド製の特殊弁が採用されているが、維持管理が比較的難しく故障が多いことから実際には殆ど緩速閉鎖機能が動作していない状況である。そのため、維持管理不要のカウンターウエイト付緩閉逆止弁を採用する。

(10) ポンプ保護方式の検討

ポンプ起動時における空運転を防止するため、満水検知器を取り付けポンプの起動条件に組み込む。

(11) 電気設備の選定

更新対象ポンプは電動機出力を変更し、さらに保護装置を追加しているため、対象更新ポンプの起動盤は全て更新対象とする。ポンプ起動方式は起動時の電圧降下を防ぐため、現地で多用されているソフトスタート方式を採用する。

保護装置としては、過負荷・欠相継電器 (2 E)、零相変流器、熱動形継電器、電流計、電圧計、出力計、運転時間計を取り付けたコンパクト型の屋内設置自立盤とする。

(12) 配線材料の選定

動力ケーブル (CVV) と満水検知器用制御ケーブル (CVV)、電線管、フレキシブルチューブ、接続端子を付属させる。

(13) 据付工事方法の検討

ポンプ更新工事に伴う断水期間短縮として、下表に工事工法案を示す。工事工法は①案を採用する予定であるが、断水期間の確認とバイパス仮設スペースの検討をした結果を基に、ENACAL と協議して最終決定する。

表 3.2.17 ポンプ更新の工事方法

工事方法	① 既設コンクリート基礎部を出来るだけ流用する	② バイパス配管を設置して、断水期間を可能な限り短縮する
特徴	更新ポンプのコンクリート基礎にボルトの箱穴を形成する時間を省き、ポンプ撤去後の既設基礎にコンクリートを被せ、ケミカルアンカーボルトを打ち込み、ポンプを設置する。既設バルブの移設を行わないため、既設と同様にポンプ出入り口のセンターとバルブのセンターに偏芯が生じる。	バイパス配管を設置するためのスペースを確保できることが必須となる。 仮設として配管、弁類、動力配線、仮設基礎が必要となる。 既設配管と弁類の移動ができ、更新ポンプ用基礎構築ができるため弁類とポンプの出入り口センターの偏芯量をかなり低減出来る。
デメリット	屈折部の損失が増え、漏水リスクは高まる。	工事期間が長くなり、仮設材料として配管バルブが必要となることから工事コストが高くなる。 経験を有する施工技術者が必要となる。
断水期間	12 日	5 日
全工事期間	17 日	34 日

3.2.2.4 流量調整弁

(1) 流量弁設置に係る基本方針

流量調整弁に係る基本方針は以下の通りである。

- a) 既存配水池流入点に設置されている仕様に準じた規格とする。
- b) 本邦製品での対応可能製品の種類は少なく、現地調達により実施可能であることから、基本的に現地調達とする。
- c) 既存の弁室に収まるような構造とする。

(2) バルブの仕様

ENACAL は同様の流量調整弁を Altamira 配水池、KM8 C. Masaya 配水池に設置していることから、運営維持管理の観点から同仕様の機材とする。配水池水位と連動するためにパイロット式定水位弁とし、維持管理の観点から調整弁前後にバタフライ弁を設置する。

既存配管は口径 350mm であるが、平均流量からバルブ口径を設定し、PN10 とする。

また、San Judas 配水池はマナグア I 系統の末端配水池であり、その高低差は 45m 程度あることからそれら水圧に対応する仕様とする。

(3) 据付工事の検討

同設置工事に関しては断水を伴うことから、ENACAL と協議をするとともに断水時間が最小限となるよう工事方法及び工程を検討する。また、送水ポンプ据付工事等の同送水系統での断水を伴う工事が本事業にあることから、同時期での施工とすることで工事による断水回数が最低限となるように計画する。

3.2.2.5 漏水補修材

(1) 漏水補修機材設置に係る基本方針

漏水補修機材に係る基本方針は以下の通りである。

- a) 既存の水管橋は更新せずに、漏水箇所のみ補修できるような機材とする。
- b) 既存トラス構造の安全性に対応可能な機材とする。
- c) 主要送水管であることから、不断水での施工が可能な製品とする。

(2) 漏水補修バンドの仕様

現地調査の結果を基に対応可能な漏水補修機材を検討した。検討するに当たり以下の点に留意した。

- 不断水による施工方法であること
- 完全に止水可能であること
- 既存水管橋の荷重に影響を及ぼさないこと
- 水管橋のトラスの強度に影響を与えないこと（トラスの切断等）
- 施工しやすいこと

- 既存送水管（口径 800mm、鋼管、PN10）に対応可能であること

対応可能な機材を検討した結果、日本メーカーの製品のみであったことから、本機材は銘柄指定による機材調達を基本方針とする。

(3) 既存トラス構造への影響

既存水管橋は、鋼製三角トラス水管橋であり、水道管も構造材として活用されている状況である。現地にて収集した資料では、構造計算書等の情報が入手できなかったものの、完成図と設計図面を基に、既存トラス構造への影響について検討した。漏水補修機材の重量は、1 個当たり 121.2kg であり漏水補修機材は水管橋に 3 個設置するため、その総重量は 363.6kg であり非常に軽量である。既存水管橋は両端固定支持構造であり、トラス補剛部材により断面の剛性不足を補強したたわみ量が基準値以内となるような構造である。収集資料を基に、同機材の設置後の荷重を考慮した上部構造の影響について強度計算を実施し、同機材の設置に問題がないことが確認された。なお、水管橋の塗装工事及び管理用通路の補修は相手国負担とし、水管橋の管理（老朽化・腐食等の点検及び修繕）は ENACAL が実施する。

3.2.2.6 機電修理ワークショップ

(1) 機電修理ワークショップ機材更新に係る基本方針

ENACAL の機電修理ワークショップは建設から 50 年以上が経過し、甚だしい老朽化によって加工精度の確保できない工作機械、安全性に問題のある溶接機類、ポンプ・電動機等の重量物の運搬移動時の危険及び多大な労力を必要とする荷役機械等、国際水準より大きく立ち遅れている機材である。さらに、その非効率性のために、所属する技術職員のマンパワーを投入しても十分な効果を得られず、ENACAL の組織運営と財政面にも影響を及ぼしている。このような状況を改善するために、主要機材の更新及び測定具類・工具類を整備することにより、その修理、点検、試験評価能力等の総合的な底上げを図り、ENACAL の既存施設全体の稼働率向上につなげるとともに、将来的な自立可能な組織運営に資することを目的とするものである。以上を踏まえ、機電修理ワークショップに係る基本方針は以下のとおりである。

(a) 機電修理ワークショップの全体方針

- 現状の作業内容に求められる機能を集約しつつコンパクト化を図るために、機材計画についても、必要な品目および数量に限定する。
- 限られた施設面積のため、品目・数量の整理のみならず機材レイアウトを工夫することにより動線を整理し、効率的な作業が可能となるようにする。
- 機材の内容については、類似施設の活動内容および運用・操作にあたる要員の技術レベルを踏まえて、適切な品目・数量とする。
- 既存の施設内容および設備容量等を念頭に計画を策定するものとし、これにそぐわないと判断される分野（自動車整備、木工等）については、必要最小限もしくは

は対象から除外する。

(b) 機材構成・品目に関する個別方針

- これまでの活動内容（ポンプ、電動機、電気盤類の修理保全、部品・施設部材の製作供給、研修等）と能力を生かしてワークショップにおける一連の作業に支障を及ぼさぬように品目・数量を決定した。調達機材に、通常の修理やオーバーホールに必要な工具類、汎用工作機械や乾燥炉等含めることによって必要な作業がワークショップ内にて完結できるように配慮する。
- 既存建築物との整合性（限られた面積や施設構造）からの過剰な機材および設備内容（天井クレーン、空気配管等ユーティリティ配置）を回避することでコスト削減を図る。一方、効率的な運営のための同時並行作業を阻害するボトルネックが生ぜぬように荷役機械等も加えた品目構成とする。
- ENACAL は、既に製造中止となり純正部品の入手が不可能なポンプ・電動機類を多数保有することから、旋盤、フライス盤等の汎用の工作機械を含める。これによって現物合わせによる一品部品製作にも対応できることから、旧式設備類の耐用年数を延長することが可能となる。

(2) 機電修理ワークショップの作業概要

機電修理ワークショップにおける作業内容のうち、最も頻度の高い水中ポンプ及び電動機類のオーバーホールにおける作業手順について、聴き取り調査を実施したところ、その作業内容及び作業に必要な関連機材については、次図のように整理される。

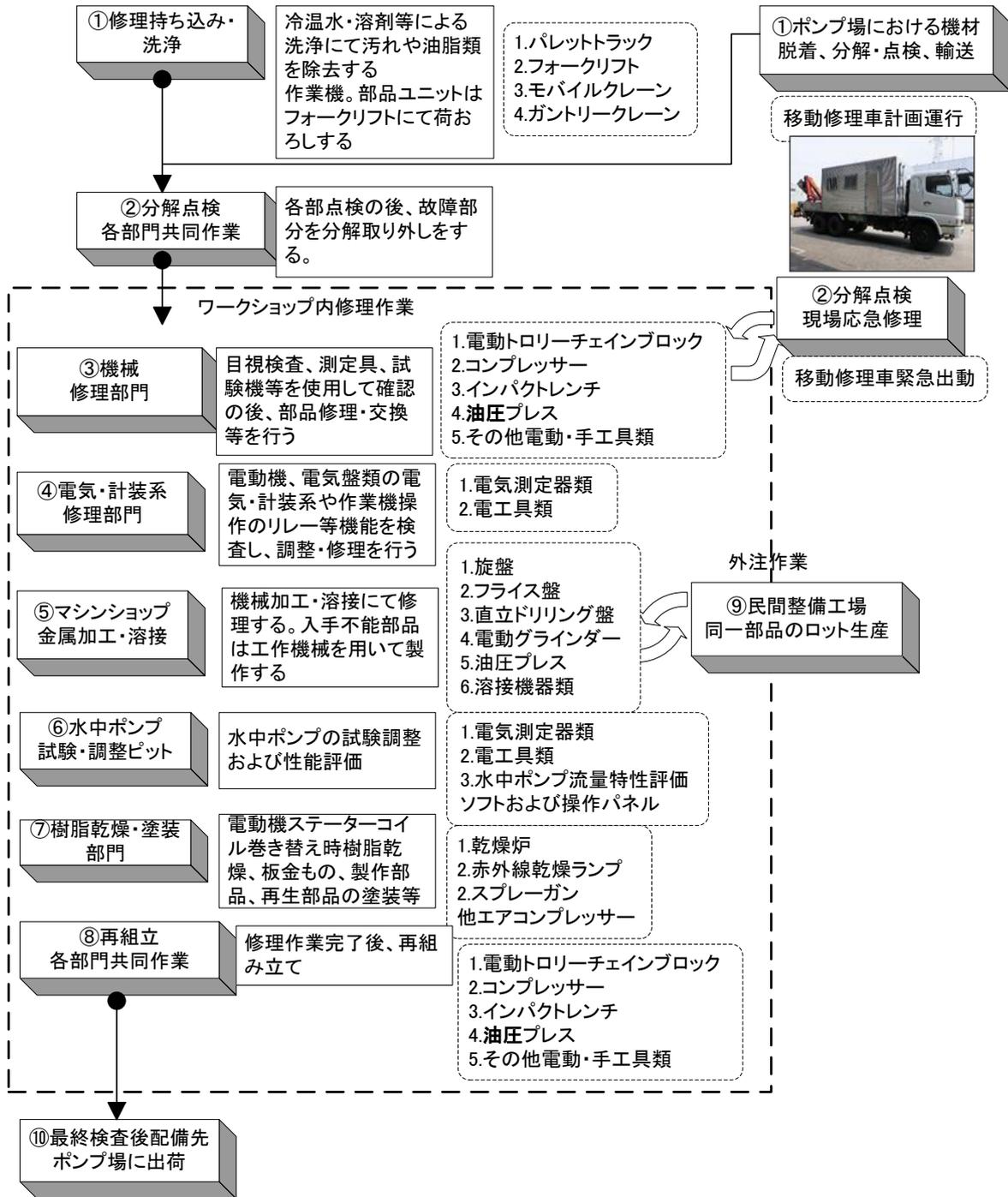


図 3.2.8 機電修理ワークショップにおける作業概要

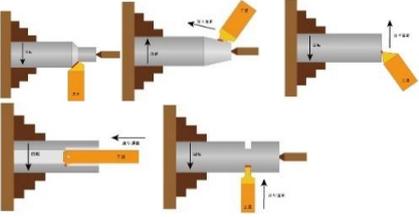
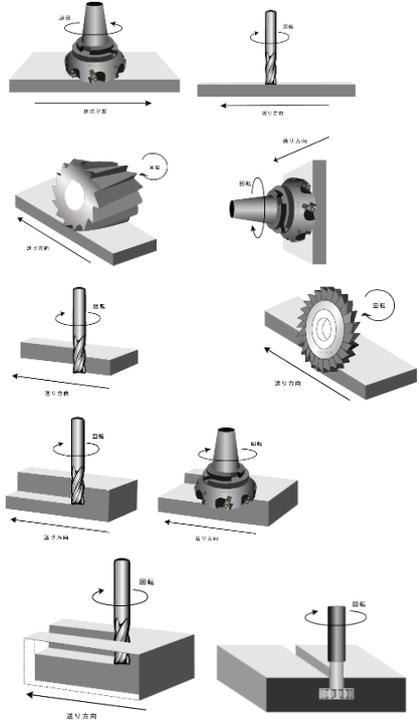
(3) 主用機材の役割と作業内容

上述したように、機電修理ワークショップの既存機材老朽化が著しく十分に機能していないため、修理に必要な部品を製作することができず、民間業者へ外注している。その金額は、1年間に1,000,000～1,600,000 ニカラグア・コルドバ（約314～502万円/年）の費用が掛かっている。また、故障したポンプの引き上げにクレー付きトラックをレンタルする等、運営コストが高いため、適切なワークショップの運営ができていない状況にある。本

事業にて調達する機材のうち、同コストを削減するための主要な機材について以下にその機能を整理した。

次表に示すように、旋盤、フライス盤の主要工作機械に溶接機他周辺電動/手工具による加工を組み合わせることで、廃番となって入手不能な部品の一品制作が可能となる。また、移動修理車については、当該車両のみで一連の作業プロセス（移動、荷上げ下ろし、運搬、現場修理）を完遂させることができる。したがって、老朽化によって所定の性能を發揮できない既存工作機械を更新することによりワークショップ機能を回復させるとともに、移動修理車の新規導入によって、ポンプ場におけるポンプ、電動機、電気設備類の脱着と輸送を効率的することとの相乗効果によって、作業時間の短縮と設備稼働率の大幅な向上及び機電修理ワークショップの運転コスト削減を図る。

表 3.2.18 主要工作機械及び移動車両の機能と作業内容

品名	主な機能	可能なワーク事例
<p>1. 旋盤</p>  <p>加工適応部品： シャフト、ピン、ボス、ノズル、ニップル、スパーサー、カラー、ブッシュ、スリーブ、ニードル、リング、ワッシャー、ブッシュ他内外面ねじ切り</p>	<p>旋削加工(加工物を回転させながら切削する)</p> 	<p>主に汎用旋盤&一部ボール盤での加工事例</p> 
<p>2. フライス盤</p>  <p>加工適応部品： ギヤ類、フランジ、ステータ、サポート、ハンガー、リンク、ヒンジ、ケーシング、ハウジング、インペラ、ヒートシンク、ジョイント、プレート、その他各種加工（旋盤、溶接、研削/研磨、穴あけ/タッピング、放電）と組み合わせるとで、複雑かつ多様な部品の一品制作が可能となる。</p>	<p>素材の外側切削、内側切削、ねじ切り等</p> 	<p>主にフライス盤&一部旋盤他での加工事例</p>  <p>主にフライス盤&一部溶接での加工事例</p>  <p>旋盤・フライス・溶接加工構造物</p> 
<p>3. 移動修理車</p>	<p>主要装備：クレーン、ワークスペース&基本工具、電動工具、ディーゼル発電機/溶接機やエアコンプレッサー等</p>	<p>下記作業を兼務できる多機能型車両</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 現場への自走 2. 故障したポンプ、電動機類の吊り上げと積み込みおよび運搬

品名	主な機能	可能なワーク事例
	 	<ol style="list-style-type: none"> 後部伸縮クレーン能力 2.5t/3.9m 貨物積載量 重量5トン ワークショップでの積み下ろし ワークスペース&搭載工具類での現場応急修理や部品洗浄(エア、洗浄油)とオーバーホール

(4) 調達機材に期待される効果

機電修理ワークショップ機能の充実によって、これまで既存の工作機械においては、加工精度の確保が困難であったため不可能であった部品制作の内作することにより、以下のような効果が期待できる。

表 3.2.19 機材調達することにより期待される効果

項目	内容	備考
1. 既存機材（ポンプ、電動機類）の有効活用	<ol style="list-style-type: none"> 欠品、廃番となった旧型ポンプ、電動機類の部品を内作することで、部品破損によって放置状態にあるものを復活させることができる。 摩耗が激しい、または繰り返し荷重によって破損の頻度が高くかつ入手困難（海外発注取り寄せ、高額、在庫希少等）な部品を適時制作することで、本体の稼働状態を保持することができる。例：ポンプシャフト、ベアリングレース、ワッシャ、スリーブ類 その他創意工夫による使い勝手の向上（レバー、ハンドル類の改良や追加による操作性改善等） 	ENACAL の既存機材については、導入後 20～30 年以上経過したものが大半であり、修理サービスや部品供給を受けられない状況にある。
2. ポンプ場や電気計装設備の改造・改良への対応	<ol style="list-style-type: none"> 適宜必要な部品を制作することで、柔軟な配管・配線改造（フランジ交換、計装取り出し用ボス・ブッシュ類追加）、配管・計装類増設（ステー・サポート・ハンガー・レストレイント他架台設置による）が可能。 電気・計装盤類の修理・改造への対応（取り付けステー類、放熱用ヒートシンク、スリーブ、スペーサ類の制作による） 	現状ポンプ場においては、流量計や圧力計が正常に作動することは少なく、運転は勘と経験に依存する。ブルドン管圧力計取り付け等、手近な作業より着手することが推奨される。
3. 修理コストの削減と修理・オーバーホール期間の短縮	<ol style="list-style-type: none"> 一品あるいは少量制作の外注の頻度が少なくなるため、外注費の大幅削減となる。 内作の場合に必要なのは、材料費、電気等ユーティリティ料金、人件費のみとなるが、人件費については既存技能工の活用のみで増員する必要はない。 加工精度の高い新型機材と測定具／計測器類の活用で、不良品制作の頻度が下がることで、材料の無駄や手戻りが少なくなる。 部品加工 	一般的に、一品制作の場合の外注コストは、加工時間に比例し、US\$1/分程度である。（大半は設備償却と管理費用であり、材料費、人件費、ユーティリティは相対的に少ない）つまり、簡易な円筒類で US\$60、数種複合加工品で US\$500 と高額である。
4. 移動修理車による作業効率の改善	<ol style="list-style-type: none"> 一貫した作業サイクルによる作業時間短縮 荷役や運搬に伴う作業の省力化／軽労化 現場即応体制による、修理・維持管理体制の強化 	その他、クレーンや運搬車両のレンタル費等も不要となる。
5. 技術人材の活用と修理技術・ノウハウの蓄積および安全作業への寄与	<ol style="list-style-type: none"> 加工精度向上による作業能率が向上するとともに、技能工職員のモチベーションの向上につながる。 荷役や運搬に伴う作業の省力化／軽労化とともに、一貫した作業手順を確立することで、安全な作業につながる。 これまでの外注作業に伴う書類手続き、図面やスケッチ作成、相手任せの納期等を解消することで、煩雑な手間が解消され、制作期間が短縮される。 一品生産の場合は、技能工の勘と経験に依存する部分 	摩耗による誤差の大きい工作機械を日々の手入れによって、だましつ作業をしている状態である。刃具の突然のブレによって、加工途中で不合格品（おしゃか）となった場合の徒労感など、経費のみならずメンタル面の影響もみられる。

項目	内容	備考
	も少なくないが、ENACALの専任技術スタッフによって実施されることにより、加工技能の習得に留まらず、内部での技術的知見やノウハウの蓄積につながり、意識面も含めた人材レベルの底上げにつながる。	

(5) 機電修理ワークショップの調達機材

ENACALにおける既存機材の現況調査より判明した老朽度や作動状況及び担当者との協議結果より、対象分野毎における整備すべき機材品目および内容構成は表 3.2.20 のとおりとする。調達機材は、「荷役」、「機械加工」、「電気工事」、「支援車両」の4分野の機材とする。

表 3.2.20 機電修理ワークショップにおける調達機材リスト

No.	分野	品目構成	概略仕様	数量	備考
1	荷役	1) 電動トロリー／チェーンブロック	吊上荷重 5t,	1 式	修理／試験対象水中ポンプ荷下ろし／試験ピット据え付け用
		2) 移動式ガントリー（門型）クレーン	吊上荷重 3t,	1 台	構内重量物（電動機、ポンプ類）吊り上げ用
		3) 移動式フロアクレーン	吊上荷重 1t,	1 台	構内中軽量物（修理部品、加工材料）吊り上げ・移動用
		4) ハンドウインチ（荷締め機ロープ付）	最大荷重 1t,	1 台	構内中軽量物（修理部品、加工材料）移動用
		5) レバブロック	最大荷重 1.6t	1 個	構内中軽量物（修理部品、加工材料）移動用
		6) 玉掛作業用品	スリング、ワイヤー、シヤックル他	1 式	上記クレーン類使用に伴う、玉掛作業用
		7) パレットトラック	積載荷重 1,500kg パレット 10 枚付	1 式	ワークショップ構内外荷物運搬用支援機材
		8) マシンローラおよび爪付きジャッキ	ローラ積載荷重 3t 5t ジャッキ 1 台	1 式	構内重量物（工作機械類）移動用
		9) 台車	積載荷重 150kg, 500kg	1 式	構内中軽量物（修理部品、加工材料）移動用
2	機械加工	1) 油圧プレス機	489N, 中型、アクセサリ一式	1 式	ベアリング圧入脱着、固着部品の分解、金属曲げ加工等
		2) 汎用旋盤	心間距離 1,500mm、アクセサリ一式	1 台	ポンプ・電動機類回転部品および管材等修理と新規製作
		3) 直立ドリリング盤	穿孔能：鋼板φ32mm ねじ立能：鋼板 M16	1 台	鋼材等金属材料の穿孔とねじ立て加工
		4) フライス盤	ユニバーサル、アクセサリ一式	1 台	切削加工によるポンプ・電動機部品、管材等修理と新規製作
		5) 卓上ボール盤	穿孔能：鋼板φ23mm 電動機出力 400W	1 台	鋼材等の穿孔加工用卓上機
		6) 高速カッター	切断能φ75mm 丸棒、110mmx110mm L字鋼	1 台	太い金属管、電線、鋼材などの切断加工
		7) ディーゼルエンジン溶接／発電機	10kVA, 280A 溶接棒径φ2.0-6.0mm	1 式	屋内外における修理作業での金属類の溶接および部品加工
		8) ガス溶断器セット	ガス、レギュレータトーチ類、保護具等	1 式	屋内外における鋼材加工、ろう付け、仮溶接用
		9) 石筆	ろう石/滑石(タルク) 80mm 長さ 50 本組	1 式	鋼材の溶接・溶断のための印付けをする石材筆記具
		10) 両ロスバナセット	5 個組、クロム・バナジウム鋼等	10 組	六角ボルトやナット、四角止めネジの締緩
		11) 両口オフセットボックスレンチ	4 個組、クロム・バナジウム鋼等	10 組	同上
		12) 調節式パイプレンチ	大中小各 1 個、炭素鋼等	10 個	水道管（給水、配水、送水）等管材類の締緩

No.	分野	品目構成	概略仕様	数量	備考
		13) チェーンレンチ	大中小各1個、クロム・バナジウム鋼等	10 個	小中径管の締め付けやボアリング(鑿泉)のロッド接合等
		14) ボルト切断機	クロム・バナジウム鋼等、刃部熱処理	1 個	棒鋼材、硬銅線、ケーブルワイヤロープ等の切断
		15) 精密機械工具セット	セット内容約 48 点 基本工具セット	1 組	ワークショップ内における軽修理およびメンテナンス
		16) 電動ディスク グラインダー	大中小各1台	1 式	ドリル刃、たがね、鋼材等の研削
		17) 卓上電動 グラインダー、三相	砥石 φ 205mm x19mm 厚 x16mm 穴径	1 台	同上
		18) エアコンプレッサー	最高圧力 1.0 Mpa 吐出空気 730ℓ/分以上	1 台	ワークショップ内の空圧工具、塗装具用圧縮空気の製造機
		19) エアインパクトレンチ	ソケット大中小各1組 他アクセサリ類	1 式	圧縮空気利用によるボルト・ナットの取り外し及び締め付け
		20) 熱乾燥炉	内容量 2,000L 内側素材 ステンレス	1 台	電動機固定子・回転子の巻き線絶縁樹脂硬化/塗装後の乾燥
		21) 赤外線ランプスタンド	外線ランプ 3 個 消費電力 3.3kW	1 台	電動機固定子・回転子の巻き線絶縁樹脂硬化/塗装後の乾燥
		22) ノギス	通常、ダイヤル、デジタル式各1個	1 式	内寸および外寸測定器
		23) 外寸マイクロメータ	通常、アンビル式中小各1個	1 式	外寸精密測定器
		24) 機械工具セット	本格機械工具セット キャビネット付	1 式	ワークショップ内における修理およびメンテナンス作業
		25) トルクレンチ ダイヤル式	各トルクレンジ毎計 6 種類	1 式	適正な締め付け管理のためのトルク測定レンチ
3	電気 工事	1) アナログ式テスター)	AC/DC 電圧、DC 電流、 抵抗値	1 式	電気回路の基本計測用
		2) デジタルマルチメータ	AC/DC 電圧・電流、抵抗値	2 個	同上
		3) クランプテスター	AC/DC 電流、抵抗値、 周波数	1 個	交流電流の測定他電気計測
		4) 絶縁抵抗計	試験電圧 DC500V 測定 抵抗 1000MΩ	1 個	絶縁抵抗の計測
		5) 検相器	三相三線動力電源の回転方向測定用	1 個	検相(正相, 逆相)チェック
		6) 接地抵抗計	測定範囲 20 -/2000 Ω, 地電圧測定 0-30Vrms	1 個	接地された導体と大地間の電気抵抗の測定
		7) 検電器	ポケットサイズ 使用 電圧範囲 AC80-7000V	1 個	電気回路の帯電の判別
		8) 検電器 ((AC/DC 高 圧))	AC: 6600V/ DC: 1000-7000V	1 個	同上
		9) ウォータープライヤー	呼びサイズ 300mm 最大開口寸法 55mm	2 個	ワークショップ内における修理/メンテナンスおよび配管工事に用
		10) 電線被覆剥し器	適用径絶縁端子 WG : 22-10(0.5-6mm ²)	4 個	ワークショップでの修理/メンテナンスおよび現場配線工事に用
		11) ラジオペンチ	呼び寸法 : 150 全 長 : 165mm	4 個	ワークショップでの修理/メンテナンスおよび現場工事に用
		12) ペンチ	呼び寸法 : 200 全 長 : 215mm	4 個	ワークショップ内および現場における配線電工用
		13) ニッパー	呼び寸法 : 175 全 長 : 185mm	4 個	同上
		14) 圧着工具	裸圧着端子・裸圧着ス リープ用	4 個	電気盤類工事に用
		15) ケーブルカッター	呼び寸法 : 175 能力, IV, CV 線 60mm ²	4 個	同上
		16) ボルト切断器	呼び寸法 900/ 切断能 HRC 20 棒鋼 12mm ²	4 個	ワークショップでの修理/メンテナンスおよび現場工事に用
		17) バッテリー駆動ドリル	穿孔能 : 鋼材 13mm, ネ ジ締能 : 小ねじ M6	2 個	ワークショップ内および現場 d での鋼材・木材等の穿孔加工

No.	分野	品目構成	概略仕様	数量	備考
		18) インパクトドライバ	ネジ締能 ボルト M6～M14, 小ねじ 4-8mm	2 個	ワークショップ内および現場におけるネジ締緩
		19) 電動振動ドリル	穴開能 鋼 13mm, 木 25mm, コンクリ 18mm	2 組	ワークショップ内および現場における各種材料の穿孔加工
		20) 穴あけ鋸セット	鋸刃径 19、22、29、35、44、51、64 (mm)	3 組	ワークショップ内および現場における薄鋼管の穿孔加工
		21) 油圧穴パンチ器	穿孔 軟鋼板 3.2mm、ステンレス板 1.5mm	1 個	薄鋼管用の穿孔加工機
		22) LED 携帯充電式ランプ	定格光束 Lm 2500Lm 1m 照度 Lx 95000Lx	5 個	工事現場等における仮設照明
		23) プラズマ切断機	エアコンプレッサー併用プラズマ切断	1 台	ワークショップ内および現場における鋼材等金属類の切断
		24) アーク溶接機	定格電圧 DC23V 定格電流 300A	1 台	ワークショップ内における鋼材等金属類の溶接
		25) ガス溶断器カート付	一体型可搬式、酸素/アセチレン 3.5L 容量	2 台	屋内外における鋼材加工、ろう付け、仮溶接用
		26) 半田ごて	一般半田/ガン型半田ごて、やに入り半田	1 式	ワークショップ内および現場における金属類のはんだ付
		27) 携帯電工具セット	セット内容 約 20 点ハンディタイプ	5 組	ワークショップ内における軽修理およびメンテナンス
		28) 電工具セットタイプ1およびタイプ2	タイプ1 約 30 点/組 タイプ2 約 60 点/組	1 式	ワークショップ内における各種修理およびメンテナンス
		29) 電工ノギス	ダイヤル/デジタル式 測定範囲 0-200 mm	1 式	内寸および外寸測定器
		30) 電工外寸マイクロメータ	測定範囲 50～75 mm 最小目盛 0.01 mm	1 個	外寸精密測定器
		31) 振動計	加速度、速度、変位測定 デジタル振動計	1 個	ポンプ・電動機等運転時の振動測定
		32) 放射温度計	測定範囲-30～500 deg 測定距離-0.1～1.25 m	1 個	ポンプ・電動機等運転時の温度測定
		33) レーザー距離計	測定範囲 5 - 600m 測定誤差±1m<100m	1 個	ワークショップおよび現場における距離測定
		34) 水中ポンプ流量特性解析ソフト	修理/OH 後性能評価用アプリケーション	1 式	ソフト開発および操作パネル製作および付帯配管類
4	車両	1) 移動修理車 3t クレーン付きトラック 搭載アルミバン	モノレール室内クレーン、発電機/溶接機、エアコンプレッサー、手工具、作業台等一式	1 台	井戸巡回の予防保全作業、電動機・モーター取り外し修理と運搬用、ENACAL 本部常駐用 1 台および全国出張修理用 1 台計 2 台
		2) フォークリフト	荷揚げ能力 4t、エンジン 60kW	1 台	ワークショップ構内での荷上り下り・運搬作業用

3.2.2.7 無収水削減活動に資する機材

無収水削減活動に資する機材に係る基本方針は以下のとおりである。

- a) ENACAL 本部フィジカル無収水課が実施する無収水削減活動において必要となる機材であること。
- b) ENACAL 本部フィジカル無収水課の職員が使用方法を熟知している機材であること。
- c) ENACAL 本部フィジカル無収水課の無収水削減活動の国内展開に必要な機材であること。
- d) ニカラグア国内で修理が対応可能な機材であること。

無収水削減活動に資する機材として、表 3.2.21 に示す機材を調達機材とする。調達機材は、ENACAL 本部無収水課が活用することを想定しており、無収水技プロにて技術移転した機材

使用方法及び活用目的が認識され、適切に活用されるものを選定する。また、維持管理の観点から、ニカラグア国内にて修理の対応が可能な代理店等を有する機材メーカーを優先する。

表 3.2.21 調達機材リスト（無収水削減活動に資する機材）

No.	機材	数量
1	デジタル式漏水探知機（配水管用）	2 台
2	ボーリングバー	4 台
3	多点相関式（ラップトップ PC 含む）	2 台
4	超音波流量計	2 台
5	漏水探知機（給水管・水道メータ用）	4 台
6	手動コンクリート（アスファルト）カッター	2 台
7	排水ポンプ	2 台

(1) デジタル式漏水探知機（配水管用）

漏水調査活動において必要不可欠な機材である音聴棒は、漏水音の判断において経験が必要であり、調査人の技術によって漏水発生箇所が発見されないことがある。漏水音を可視化することにより、経験の浅い職員でも漏水発生箇所が判断できるようにするため、デジタル式漏水探知を調達する。また、フィルター機能を有する漏水探知機とし、種類の異なる管材に対応可能なものとする。

(2) ボーリングバー

漏水調査活動において活用し、漏水の疑われる箇所を掘削するための機材である。簡易的な掘削により漏水の有無を確認するための機材である。既存配水管の深度は最大 2m 程度であることから、ボーリングバーの深度は 1.5m とする。

(3) 多点相関式漏水探知機

漏水探知業務における業務の効率性、ENACAL の作業能力を考慮し、相関式漏水探知機は、二点相関ではなく多点相関式漏水探知機とする。ENACAL 無収水課が実施している漏水探知作業規模を考慮し、ロガーは 8 個以上とする。また、相関式漏水探知機の調達にあたっては、同国内の電波法の基準を満たすものとする。

(4) 超音波式流量計

超音波流量計は、無収水削減活動時に DMA 内に入出入りする配水量の測定及び夜間最小流量調査の測定時に必要な機材である。既存配水管の口径を考慮し、測定可能な口径を 50mm～500mm とし、対応可能な管材は、ダクタイル鋳鉄管、鋼管、HDPE 管、PVC 管に対して対応可能なものとする。

(5) 漏水探知機（給水管・水道メータ用）

漏水探知機（給水管・水道メータ用）は、各家庭への接続となる給水管及び水道メータ周辺の漏水音を調査することを目的とした機材である。配水管用漏水探知機同様に、漏水音を可視化することにより、経験の浅い職員でも漏水発生箇所が判断できるようにするためにデジタル式、かつノイズフィルター機能付きの機材とする。

(6) 手動コンクリート（アスファルト）カッター

漏水修理作業時において、道路アスファルトを切断するための機材である。ENACAL 無収水課は発電機等を有していないため、エンジン付きのカッターとする。

(7) 排水ポンプ

漏水修理作業において、漏水箇所を掘削した後は、漏水箇所からの水が噴き出ている状況となり、配水系統への汚水の混入を防ぐとともに漏水修理作業のために、掘削孔内の水を排出する必要がある。そのため、漏水修理時の排水のための排水ポンプを調達する。コンクリートカッター同様、エンジン機能付き排水ポンプとし、ポンプ口径 100mm、最大揚程 20m、排水ホース（50m）の仕様とする。

3.2.3 概略設計図

機器据付図面は資料 7.2 に添付する。図面リストを以下に示す。

表 3.2.22 図面リスト

図面番号	図 面 名
001	インバータ 単線結線図
002	インバータ 計装フロー図
003	インバータ 操作室概略図
004	インバータ 操作室概略図
005	組立式配水池 概略配置図
006	漏水修理機材 参考組立図
007	機電修理ワークショップ 施設概要図

3.2.4 施工計画／調達計画

3.2.4.1 施工方針／調達方針

本協力対象事業が実施される場合の基本事項は次のとおりである。

- 協力対象事業は、日本政府とニカラグア政府間で本計画に係る無償資金協力の交換公文（Exchange of Notes: E/N）、贈与契約（Grant Agreement: G/A）が締結された後、日本政府の無償資金協力の制度に従って実施される。
- 協力対象事業の実施機関は、ENACAL である。
- 協力対象事業の詳細設計、入札関連業務および調達監理業務に係るコンサルタント業務は、本邦のコンサルタントがニカラグア政府とのコンサルタント契約に基づき実施する。

協力対象事業の調達・据付にあたっての基本方針は次のとおりである。

- 本プロジェクトにおける機材の調達方針は、良好な品質であり、耐久性の高い機材を調達することである。調達機材は原則的に日本調達とし、新たに設置する組立式配水池に接続する配管材やバルブ類は、既存配水池でも使用されているため現地調達とする。
- 調達された機材は、指定場所に納入し、動作確認を実施したのちに相手国実施機関に引き渡しを行う。据付を伴う機材は、現場状況の確認、設備および据付けの設計から製造、輸送、据付けまで一貫した品質と工程管理が要求される。さらに、据付け後の動作確認までの品質を納入業者が保証する必要がある。
- 据付工事、初期操作指導などが必要な機材については、メーカーから技術者を派遣する計画とする。
- 据付工事、付帯工事の実施に関し、可能な限り現地調達（再委託）とする。現地で調達できない場合は、所要の品質、供給能力が確保される範囲で最も確実かつ経済的となる第三国または日本からの調達とする。なお、据付・付帯工事の施工にあたっては、現地の気候、地形、地質等の自然条件に合致した施工方法とする。特に、河道に仮設工事を要する漏水補修用機材の設置は、乾期に実施するものとする。
- 据付工事、付帯工事の必要な機材が多岐にわたっていることから、調達業者は現地に常駐し、工程管理、安全管理を徹底する。また、可能な限り特殊な機材や技術を必要としない一般的で容易な工法を計画する。

3.2.4.2 調達／据付上の留意事項

対象サイトの雨期は5月から10月である。本事業で調達する機材のうち、漏水補修機材は水管橋の補修を行うための機材であり、据付工事を行う際は河道に仮設足場を設置する必要がある。そのため、漏水補修機材の据付は11月～4月までの乾期に実施する必要がある。その他の機材の据付工事は通年にわたり実施できるが、工事の安全性、円滑性を確保するとともに、据付工事・付帯工事の実施時には、建設に必要となる仮設を低減し経済性を図る計画とする。

3.2.4.3 調達／据付区分

両国政府が分担すべき事項は、次表のとおりである

表 3.2.23 両国政府の負担区分

No	機材	本邦負担	相手国負担
1	インバータ	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 基盤小屋の設置 ➤ インバータ設置工事 ➤ 配線工事 ➤ 水圧計の設置 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 設置個所の確保 ➤ 整地
2	送水ポンプ	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 据付工事（ポンプ、モーター、パネル、バルブ、配管） ➤ 基礎工事（ポンプ、モーター、基盤） 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 接続管の配管 ➤ 配線工事 ➤ 既存機材の撤去
3	組立式配水池	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 基礎工事 ➤ 設置工事 ➤ 配管工事（既設との接続） 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EIA 申請（既存更新） ➤ EIA モニタリング ➤ 土工事（整地）
4	漏水補修機材	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 仮設工事（足場） ➤ 設置工事 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 道路使用許可の取得 ➤ 管渠の清掃 ➤ 塗装 ➤ 管理用通路の補修
5	機電修理ワークショップ	<ul style="list-style-type: none"> ➤ クレーン・機材基礎工事 ➤ 据付工事 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 手工具、測定具、電子計測器類の保管と在庫管理 ➤ 電動工具類の据え付けと保管 ➤ 既存機材の撤去 ➤ 受電設備の増設
6	共通事項		<ul style="list-style-type: none"> ➤ 必要な許可の取得 ➤ 通関・免税手続

3.2.4.4 調達監理計画／据付監理計画

本邦コンサルタントがニカラグア政府とのコンサルタント業務契約に基づき、実施設計業務、入札関連業務及び調達監理業務の実施にあたる。

(1) 実施設計業務

コンサルタントが実施する詳細設計業務の主な業務内容は以下のとおりである。

- ニカラグア国実施機関との着手協議、現地調査
- 詳細設計、入札図面作成
- 事業費積算

詳細設計業務の所要期間は、約 2.5 ヶ月である。

(2) 入札関連業務

入札公示から工事契約までの期間に行う主な業務は次のとおりである。

- 入札図書の作成（上記、詳細設計と並行して作成）
- 入札公示
- 入札業者の事前資格審査
- 入札実施
- 応札書類の評価
- 契約促進業務

入札関連業務の所要期間は、約 4.0 ヶ月である。

(3) 調達監理業務

業者が機材の調達を実施するにあたり、コンサルタントは品質や工程管理が適正に行われているかを監理するとともに、現地に納入された機材の据付けと調整が正しく行われていることを確認する。

本事業の実施にあたり、調達する機材の据付け工事が発生することから、据付け工事及び付帯工事のための監理業務が必要となる。特に、土木工事・建築工事・仮設工事等、工種が多岐にわたっているほか、高所での作業も発生することから、据付け工事実施時には安全管理を十分に行う必要がある。

調達監理に係る主な業務内容は以下のとおりである。

- 調達業者との協議
- 工場・出荷前検査の立会と船積み前検査の管理、船積みの確認
- ENACAL および関係諸機関との協議・打合わせ
- 相手国負担事業の現場確認
- 機材調達状況の確認
- 機材の通関手続きに係る業務進捗の確認とフォローアップ
- 機材検査および据付け工事の実施監理および検査立会い
- 証明書の発行
- 報告書等の提出

調達関連業務の所要期間は、約 15.0 ヶ月である。

調達監理業務は、日本人常駐監理技術者 1 名、工事技術者（現地傭人）1 名を配置する計画とする。また、業務主任者は着工支援、竣工検査等を担当するとともに、瑕疵検査時には技師を派遣する。

3.2.4.5 品質管理計画

機材製作前に納入業者とメーカーを集め、各機材の仕様の詳細と品質管理方法について綿密な打合せを行う。機材は船積み前の工場立会い検査の下、アイテムや数量等の確認を行うと同時に品質・性能等の保証を得る。機材は輸送中に損傷を受けないよう梱包方法等にも注意を払う必要がある。特に現地到着後の内陸輸送については予め業者から輸送方法やスケジュールを提出させる。

機材は高温の炎天下や埃の多い場所で保管されないように適切な保管場所を準備し、業者の責任者が常時同行して管理にあたるものとする。また、機材は据付け終了後、保守・点検作業と試運転操作が行われるため、不具合が発見された場合はその場で直ちに対応可能な体制を整えておく必要がある。各機材の品質管理確認項目は基本的に仕様に示すものであるが、重点確認項目を次表に示す。

表 3.2.24 各機材の品質管理確認項目

機材名	品質確認項目
配水池(配管含む)	漏水有無、タンク容量、排水、流出入管の確認
漏水修理用機材	漏水有無の確認
機電修理ワークショップ	各種機器・機械の運転確認、規定荷重の釣上、油圧オイルの漏れ、
移動修理車、フォークリフト	寸法、動作確認、油圧オイルの漏れ、車両の走行具合等の確認
インバータ	インバータによる運転制御状況、流量、水圧、電圧等の確認
送水ポンプ	ポンプの運転を一定時間行い振動、発熱、圧力等の確認
流量調整弁	流量、圧力の確認
無収水削減活動に資する機材	各機材の動作確認、車両の走行具合等の確認

これらの確認は初期操作指導前に調達業者及びコンサルタント立会いのもと行う。また、瑕疵検査時においても確認する。また、上記以外に一般的な確認事項として傷の有無、寸法、燃費、異音の有無、各種測定機器の作動確認、スペアパーツの確認などを引渡時に実施する。

本調達業務では、据付工事を行う際に発生する付帯工事においては、以下の項目について品質管理が必要である。

- コンクリート工
- 鉄筋工及び型枠工
- インバータ小屋の建築工事

付帯工事は、現地建設会社への再委託により実施される。以下に、代表的な品質管理項目であるコンクリート工の品質管理計画を示す。再委託先に対し、品質管理を十分に行うよう協議・指導する。

表 3.2.25 据付工事における材料の品質管理項目

項目	試験項目	試験方法 (仕様書)	試験頻度
混和材	品質試験	ASTM C494	試験練り前に1回、その後必要と判断されるごと (ミルシート)
コンクリート	スランプ試験	AASHTO T119	1回/75m ³ または1打設区画
	エア量試験	AASHTO T121	1回/75m ³ または1打設区画
	圧縮強度試験	AASHTO T22	打設毎に6本の供試体、1回の打設数量が大きい場合には75m ³ 毎に6本の供試体(7日強度:3本、28日強度:3本)
	温度	ASTM C1064	1回/75m ³ または1打設区画

3.2.4.6 資機材調達計画

調達機材は日本調達または現地（ニカラグア）調達である。原産国が第三国である機材はあるものの、日本及びニカラグアの代理店で調達可能である。表 3.2.26 に各機材の調達先選定理由を示す。

表 3.2.26 各機材の調達先選定理由

No.	機材名	調達先	調達選定理由
1	配水池	日本	メンテナンスの必要性が低いステンレス製のパネル式配水池は本邦技術であり、現地では調達不可能であるため、本邦調達とする。
	管材・バルブ	ニカラグア	既存配水池における管材・バルブ類は現地調達品であり、ENACAL が調達を行っているものである。したがって、新規配水池に設置する管材・バルブ類は現地調達とする。
2	漏水修理用機材	日本	漏水補修バンドは本邦技術の 1 つであり、現地での調達は困難であるため本邦調達とする。技術協力プロジェクトにおいて本邦研修を実施した際、ENACAL の職員が工場見学を行い、購入を検討したこともあったが、ENACAL の資金不足により購入には至らなかった。
3	機電修理ワークショップ	日本/ ニカラグア	<p>【荷役機材】 各種組み合わせにて使用するものであるため、能力、容量等各仕様の整合性あるものを一括調達する。 据え付け基礎工事を要する電動トローリー式チェーンブロックは、基礎と支柱部分のみ現地業者の施工による。</p> <p>【機械加工機材】 各種組み合わせにて使用するものであるため、能力、容量等各仕様の整合性あるものを一括調達する。 据え付け工事を要す汎用旋盤、フライス盤等重量物については、調整作業含めて本邦より派遣の指導員による施工による。</p> <p>【電気関連機材】 水中ポンプ流量特性解析装置等据え付けを伴うシステム物含めて各種組み合わせにて使用するものであるため、能力、要領等各仕様の整合性あるものを一括調達する。ただし、水中ポンプ解析装置に付帯する管材・バルブ類は現地調達とする。</p> <p>【支援車両】 クレーン付移動修理車は架装作業伴う特殊車両であり、設計・品質保持の便宜による。フォークリフトは、現地調達が可能であることから現地調達とする。</p>
4	インバータ	日本/ ニカラグア	インバータが故障した場合、部分的な交換というのは一般的ではなく、インバータの基盤を一式交換することになる。ニカラグアにはインバータを制作している企業はなく、現地調達とした場合は第三国が原産国となる。インバータ制作にあたっては、調達業者と制作者間でのコミュニケーションが不可欠であるため、第三国で制作するよりも日本で制作する方が望ましい。また、現地には本邦電気機器メーカーの製品を取り扱っている代理店があることから、将来、必要に応じて ENACAL が調達を行うことも可能である。
5	送水ポンプ	日本	ENACAL では、アメリカに本社を置く企業の送水ポンプが使われている一方、井戸ポンプは日本製が多く使用されており、日本製に対する信頼性は高い。ポンプのスペアパーツはニカラグアでも調達可能なことから、送水ポンプは日本製とする。
6	流量調整弁	ニカラグア	設置対象となっている San Judas 配水池には、25 年前に無償資金協力事業で設置したバタフライ弁が現在も使用されている。新規に調達予定の流量調整弁は、ENACAL が他の配水池で導入している仕様の機材を要望していることから、修理対応も可能となる現地調達とする。
7	無収水削減活動に資する機材	日本/ ニカラグア	<p>本事業で調達予定の機材のうち、一部の機材は技術協力プロジェクトを通じて日本製を供与した実績があり、ENACAL はその取扱いに付いて熟知している。</p> <p>ENACAL の所有している無収水削減活動に資する機材は、主に本邦または他ドナーの支援により調達されたものが多く、現地での調達が難しいため、無収水削減活動に資する機材は本邦調達とする。</p> <p>一方、漏水修理工事のためのコンクリートカッター及び配水ポンプは現地調達可能であることから、現地調達とする。</p>

3.2.4.7 初期操作指導・運用指導等計画

本事業で調達する機材の多くは、ENACAL のオペレーター/修理工が扱ったことのある機材であるが、インバータ等についてはニカラグアでも実績が少ないことと機材の殆どが新たに日本製となることから、機材の初期操作指導を行い ENACAL 職員の習熟を図る。運転操作に関する指導の必要ではない機材についても、調達機材が有効的に活用されるため日点検や消耗部品交換などについて指導を実施する。初期操作指導・運用指導計画の具体的方法は表 3.2.27 に示す。

表 3.2.27 初期操作指導・運用指導計画

機 材 名	指導項目と指導方法
インバータ	取水井戸ポンプのオペレーター及びシフトマネージャーを対象に、インバータの設置が一部完了した時点で、基盤の操作方法（手動/自動）について操作方法の指導を行う。また、修理方法や点検方法について指導を行う。これらの指導は、日本メーカーからの技術者を派遣し指導する。 なお、圧力制御による配水管理手法に関しては、ソフトコンポーネントにより技術移転を実施する。
組立式配水池	バルブ操作方法、日常点検方法、清掃方法について、日本メーカーからの技術者を派遣し指導する。設置工事完了時には、漏水確認のため満水とすることから、試験時に既存配水池オペレーターと本部指令室（P3）を対象とする。
送水ポンプ	既存ポンプ場のオペレーターを対象に、運手方法、修理方法や点検方法について指導を行う。これらの指導は、日本メーカーからの技術者を派遣し指導する。 なお、ポンプ性能の確認や送水ポンプを効率ための維持管理能力強化についてはソフトコンポーネントにて実施する。
流量調整弁	ENACAL 保有機材ではあるが、同配水池オペレーターには初めての機材であることから、設置後、運転方法や定期点検方法、運転・故障・修理記録などの管理方法について指導する。
漏水補修用機材	特になし
機電修理ワークショップ	多種多様な機材が調達されることに加え、修理作業の一貫性を図る必要性から初期操作指導と使用頻度の多い機材について運用操作指導を行う。操作指導は、日本メーカーが実施し、ワークショップ職員/修理工を対象に実施する。
無取水削減活動に資する機材	特になし

3.2.4.8 ソフトコンポーネント計画(※ソフトコンポーネント計画は別添)

本事業にて調達した機材を有効的に活用し、適切な配水管理を確実に実施することによって、本事業の目的である ENACAL の給水サービスの向上につながる。そのためには、機材の調達のみならず、適切な配水計画を立案し、現状の配水計画を改善することが必要となることから、ソフトコンポーネントとして「配水管理能力強化」を実施する。特に、支援の必要性の高いインバータ設置井戸における配水管理能力の強化及び送水ポンプ場の運転維持管理能力強化の支援を行う。

3.2.4.9 実施工程

本計画は、日本政府とニカラグア政府の間で交換公文（E/N）が締結された後、JICA とニカラグア政府による贈与契約（G/A : Grant Agreement）に基づき、日本の無償資金協力事業によって実施される。事業の実施には、E/N 締結後から入札業務を含む実施設計に 6.5 ヶ月、その

後、業者契約、機材調達、据付工事、ソフトコンポーネントを含む調達に 15 ヶ月を要し、全体で 21.5 ヶ月である。

第 3.3 に示す相手国側負担事項のうち、据付工事工程に大きな影響を受ける工種は、「インバータ・組立式配水池設置個所の整地」である。同工事はニカラグア側の負担事項として実施することが合意されており、入札公示前までに実施することが確認されている。

本事業のうち、水管橋における漏水補修機材の据付工事は、河道に仮設足場を設置して工事を実施することから、降雨の影響を大きく受ける。同河川は、乾季においては涸れ川となっており、可能な限り降雨量及び河川流量が少ない時期に嫉視する必要がある。

また、送水ポンプ、インバータ、流量調整弁の設置工事においては、一時的な断水が伴うことから、住民への影響を最小限にするため適切な施工方法、断水時間帯を ENACAL とともに検討し計画する必要がある。

表 3.2.28 実施工程表

暦年 会計年度	2021年												2022年												2023年												2024年	
	令和3年度				令和4年度				令和5年度				令和6年度				令和7年度				令和8年度				令和9年度													
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2										
契約																																						
関係決定(A/C)、交換公文締結(E/N)																																						
無償資金拠出協定締結(G/A)																																						
コンサルタント契約(V/C)																																						
PMRの作成・提出																																						
インフラ・配水池設置箇所の整地																																						
据付工事場所における電力・水道・排水設備の整備																																						
機電修理ワークショップの工具保管棚の確保																																						
水管橋の管理用通路の補修・塗装工事																																						
ソフトコンポーネント実施の支援																																						
現地調査(計画内容最終確認、現地協議)																																						
国内解析・詳細設計・機材仕様のレビュー																																						
入札図書作成																																						
入札図書承認																																						
公示																																						
図騰し・現説																																						
入札																																						
入札評価																																						
業者契約																																						
機材発注準備・製作図作成																																						
機材製作																																						
船積前機材照合検査																																						
海上輸送・内陸輸送																																						
付帯土木工事																																						
据付・調整・試運転・初期操作指導・運用指導																																						
ソフトコンポーネント																																						
検査・検収・引渡																																						

機材調達期間 15.0ヶ月

3.2.5 安全対策計画

本事業を実施するにあたり、据付・付帯工事が長期間、多岐にわたって発生するため、調達業者からは管理技術者を、コンサルタントからは常駐監理者を1名、現地で工事が発生する期間、常に配置する計画とする。特に留意すべき点を以下に示す。

- 配水池：据付・組立において発生する高所作業
- 漏水修理用機材：河道での仮設工事および高所作業、道路占有を行う場合の事故防止対策
- 機電修理ワークショップ：支柱、レール鋼材、汎用旋盤、フライス盤等の重量物の設置作業
- インバータ・送水ポンプ：電力入れ替え時の感電及び漏電の発生

また、現在は新型コロナウイルス（以下、COVID-19）の発生に伴う感染リスクがある。本事業実施時には、定期的な消毒、マスク着用、邦人のワクチン接種等、COVID-19対策を行うとともに、感染した場合の対応策についても十分に考慮する。

3.3 相手国側負担事業の概要

本事業実施に際して相手国側に求められる措置及び作業は、以下のとおりである。

(1) 無償事業実施全般における基本的負担事項

- 日本の無償資金協力として実施するための条件として、ニカラグア政府は本事業実施に係る全ての要員の安全を確保する。
- ニカラグア政府は銀行取極め（B/A）を行い、B/A を締結した銀行に対し、支払い授權書（A/P）の通知手数料および支払い手数料を負担する。
- 本事業で調達される機材の陸揚げ、輸入通関に係る手続き、および関税の免税措置を速やかに実施する。
- 本事業実施に関わる邦人の役務遂行を円滑にするため、ニカラグアへの入国および滞在に必要な便宜を与える。
- 本事業実施に際し、ニカラグアで邦人に課せられる付加価値税（VAT）、関税、および、その他の税金を免除する。
- 本事業実施に関し、必要とされる情報およびデータを提供する。
- 本事業の実施に必要な土地を確保し整地する。
(組立式配水池設置予定地：面積 40m×40m、計画地盤高+158.0m)
(インバータ設置箇所：28 箇所：4m×3m = 12m²)
- 本事業で調達された機材を適性かつ効果的に維持管理し、使用する。
- 本事業実施における施設建設、機材の運搬および据付けに必要な費用のうち、無償資金協力でカバーできない全ての経費を負担する。
- 本事業において調達された資機材はニカラグアより輸出／再輸出されてはならない。

(2) 本無償資金協力事業の実施に特有の負担事項

- ENACAL の管理下にある施設内に、調達業者およびコンサルタントが現地事務所を開設するための場所を無償で提供する。
- 配水池の満水試験時、ポンプ・インバータ試運転時、その他機材の試運転・調整時にかかる水道料金、人件費、電気料金等を負担する。
- 本事業を実施するために必要な許認可証明書等の発行、環境に係る承認、河道内工事許可、土工事許可、工事中の交通規制許可等を行う。
- 既存機材（配水ポンプ、制御盤、ワークショップ内の機材等）の撤去・処分に係る一連の費用、また、新規機材設置後の現況復旧のために必要な費用を負担する。
- 調達車両のパーキングエリア、スペアパーツの保管倉庫の整備を行う。
- 土工事の際に発生する残土の処分費用、及び、据付・付帯工事時に発生する排水処理費用を負担する。

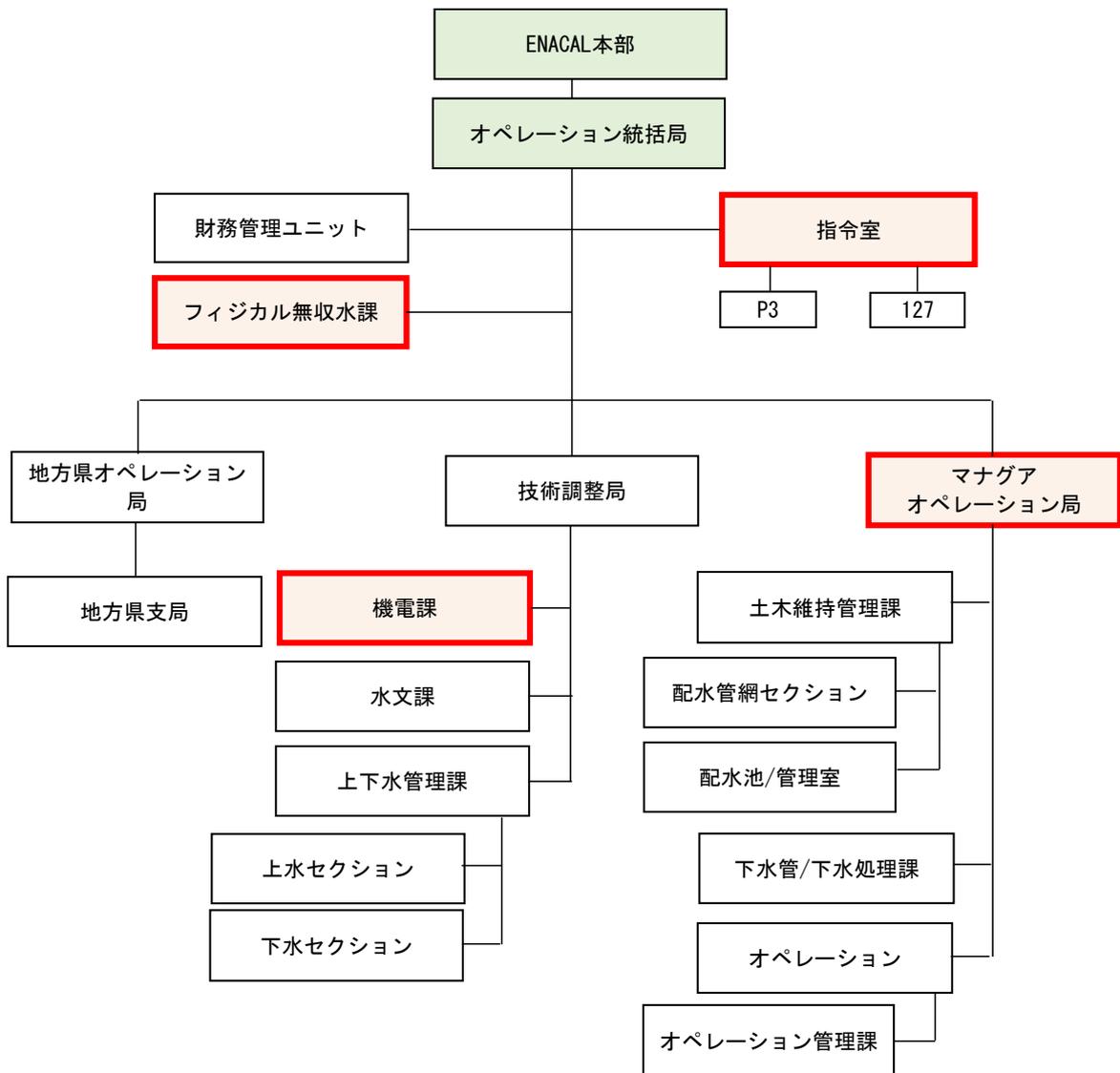
3.4 プロジェクトの運営・維持管理計画

(1) 運営・維持管理体制

本事業で調達される機材の運営・維持管理の実作業は、ENACAL 本部オペレーション統括局傘下の指令室、フィジカル無収水課、マナグアオペレーション局、機電課が行う（図 3.4.1 参照）。

調達機材のうち、インバータ、組立式配水池、送水ポンプ、流量調整弁、漏水補修用機材については指令室の管理の下、マナグアオペレーション課が運転・維持管理の実業務を実施する。機電修理ワークショップ機材は、技術調整局機電課が実作業を担当する。また、無収水削減活動に資する機材は、フィジカル無収水課が実務を担当する。

本事業で調達する機材の多くは更新であり、新規に設置する機材においても既存施設に併設するものであり、調達機材の運営・維持管理において新たな職員の増員の必要はない。



出所：ENACAL 本部

図 3.4.1 ENACAL 本部オペレーション統括局の組織図

(2) 運営・維持管理方法

(a) 井戸ポンプ

(i) 維持管理担当者

現在は施設の保安及びポンプ運転操作を担う維持管理担当者が各井戸取水ポンプ場に駐在または巡回により維持管理を実施している。各井戸施設の維持管理担当者によって施設の維持管理、停電時や故障時の対応を行っている。設備の異常や故障が発生した場合には ENACAL 管理部（指令室 P3）へ連絡して指示を仰いでいる。

本事業でインバータ装置が新設される井戸取水ポンプ場が増えることから、インバータ装置の基本的な扱い及びインバータ装置を含めた電気機器類の日常点検、月点検、年点検を実施する必要があることから、維持管理担当者へ教育・訓練が必要となる。そのため、ソフトコンポーネントにおいて、維持管理担当者への教育・訓練を実施する。

(ii) 維持管理項目

井戸取水ポンプ場の維持管理項目を表 3.4.1 に示す。

表 3.4.1 井戸取水ポンプ場維持管理項目

業務内容	頻度	備考
井戸取水ポンプ運転・停止	必要に応じて	通常は 24 時間連続運転 停電時・故障時は連絡を受けて操作
運転操作及び点検記録	毎日 交代勤務者毎	運転記録簿に記入 ・電圧、電流、電力等電気に係わる表示値 ・操作室内、ポンプ起動盤内の温度 ・盤内の異音、異臭、変色の確認
設備清掃	月 1 回 必要な際は随時	ポンプ起動盤内 (小動物、埃、塵等の除去)
試験測定記録	年 1 回	試験測定記録簿に記入 ・絶縁抵抗測定 ・接地抵抗測定
非常時対応	異常発生確認時	ENACAL 本部へ連絡

(b) 組立式配水池

(i) 点検・整備

- 塩素ガスによる水槽内面の非接触面の劣化の有無確認のため、年に 1 回程度は池内の水を空にして点検、調査することが望ましい。特に、本体と多柱支持部などは定期的に点検する。
- 配水池の補修に当たっては、構造物に発生した変状をできるだけ調査し、損傷の内容を正確に把握して原因を究明し、補修・補強方法の検討を行う。運用中の配水池は、長期間断水することが困難であり、補修も短期間で行わなければならないため、施工方法、所要時間、使用材料が水質に与える影響などをあら

かじめ検討して工事に着手する。

- 配水池には、流入管、流出管、排水管等に各々バルブがあり、緊急遮断弁など常時使用しないバルブも多い。また水位計等の計測機器等定期的に点検し故障したものは直ちに修理する。
- 鋼材の腐食状況や溶接箇所は、鋼材の部材厚測定法等により調査し、必要に応じて診断・評価する。また、鋼構造物は、基礎の不同沈下により生じる応力が、構造物の安全性に大きく関係するため、基礎構造や基礎地盤の変位に留意する。
- 鋼構造物は、これらの劣化の把握を目的として、初期・日常・定期・臨時・緊急点検を行う。点検によって腐食、塗装の損傷、溶接箇所の損傷、き裂、変位等が確認された場合には、詳細調査を実施し、必要に応じて応急措置を施す。

表 3.4.2 配水池の点検の実施頻度

種類	内容	実施頻度
初期点検	構造物の初期状態を把握するために実施する。構造物全体の目視点検、簡易な計測等による現地調査及び設計・施工に関する書類等の調査を行う。	改修を含めた構造物の供用開始時や保全管理計画策定時
日常点検	損傷・劣化の有無や程度を把握するために、巡視時に目視で行う。	数週間から数ヶ月に1回程度
定期点検	日常点検で確認できない損傷・劣化の有無や程度を詳細に把握するために、目視点検や板厚検査、溶接部検査等を実施する。	5年から10年に1回程度。但し、劣化が顕在化しにくい供用初期は、点検の間隔を長くし、劣化が顕在化すると想定される段階では、間隔を短くするほか、5年に一度の点検では、調査項目や調査範囲を限定し、10年に一度の点検では調査項目を多くし、より広範囲で実施するなど柔軟に対応する。
臨時点検	地震等の偶発的な外力が作用した直後に、構造物の状態を把握するために実施する。調査方法は、保全管理計画であらかじめ定めておく。	地震時の偶発的な外力が発生した直後
緊急点検	構造物で事故や損傷が生じた場合に、同種の構造物や同様な条件下の構造物で同様な事故や損傷が生じていないかを確認するために実施する。	同種の構造物等や同様な条件下の構造物で事故や損傷が生じた場合

(ii) 汚濁防止・安全対策

- 越流管、人孔、監視廊の入口、水位計、排水管等は、外部から塵芥、雨水、汚水等が入らないような状態に保たなければならない。
- 構内には、無断で一般の人が立ち入らないようにするため、周囲に柵を設置す

る。また人孔、監視廊等、外部からの出入りができる場所は常に施錠しておく。

- 配水池を新設または補修した場合は、内面を高圧ジェット水などで清掃し、次いで浄水でよく洗浄した後、10mg/l程度の遊離残留塩素を含む浄水を計画高水位まで満たす。

以上を踏まえ、組立式配水池の運転・維持管理内容は以下の通りである。

表 3.4.3 配水池の運転・維持管理項目

施設区分	業務区分	業務内容	頻度
組立式配水池	運転管理業務	配水位データ記録	毎日
		残留塩素濃度記録	毎日
	維持管理業務	池内清掃	1回/年
		バルブ、計測機器類の点検	1回/年
		池内面鋼材の腐食・劣化状況、多柱支持部の確認、部材厚測定	1回/2年
		基礎構造や基礎地盤の変位	1回/2年

(c) 送水ポンプ

(i) 維持管理担当者

現在は防犯上の観点から保安員兼ポンプ運転員が駐在している。駐在するポンプ運転員がポンプの起動停止を実施し、故障が発生した場合には機電修理ワークショップへ連絡して修理を行っている。しかし、機場毎または地域毎に日常点検、月点検、年点検を実施する必要があることから、維持管理要員への育成が必要となる。そのため、ソフトコンポーネントにて、機電修理ワークショップ修理工を含む常駐するポンプ運転員の訓練・教育を実施する。

(ii) 維持管理項目

送水ポンプ場施設の維持管理項目を下表に示す。

表 3.4.4 送水ポンプ場施設の維持管理項目

業務内容	頻度	備考
送水ポンプ運転・停止	毎日	連絡を受けて操作
ポンプグラウンド部漏確認	毎日	グラウンドの締め付け調整とパッキン交換
ポンプ・電動機の振動・異音確認	毎日	記録 ワークショップへ連絡
運転記録	毎日	ポンプ運転時間と故障記録
施設清掃	随時	
非常時対応	異常発生確認時	ENACAL 本部へ連絡

(d) 流量調整弁

本事業で調達される機材のうち、流量調整弁は San Judas 配水池に設置される。同機材の管理は、ENACAL オペレーション部（San Judas 配水池）のオペレーターが管理している。調達機材は、ENACAL の既存配水池に設置されているシステムと同様のため、特別高度な維持管理技術を必要とするものは無いものの定期的な点検が必要となる。維持管理項目は以下のとおりである。点検実施後は、点検記録表を記録するとともに、異常事態等が発生している場合には、本部指令室（P3）及び機電課機電修理ワークショップと連携し、その対応策について協議する。

表 3.4.5 流量調整弁の点検項目

点検種類	頻度	点検項目
日常点検	毎日	<ul style="list-style-type: none">・目視により外観の確認・漏水の有無の確認・全閉時の止水（音聴棒にて確認）・開放ギアの駆動部（潤滑、土埃、錆等）・開閉操作の確認
緊急時点検	随時	大雨や地震発生後においては、必ず目視にて点検を行う。

(e) 漏水補修機材

本事業で調達される機材のうち、漏水補修機材は水管橋に設置される。同機材の管理は、ENACAL 指令室（P3）が実施する。調達機材には、特別高度な維持管理技術を必要とするものは無いものの、水管橋は建設後 20 年以上経過していることから、漏水補修機材のみならず水管橋を含めた定期的な点検が必要となる。また、高所施設であることから点検に際しては安全管理には万全を期すことが不可欠である。維持管理項目は以下のとおりである。

表 3.4.6 漏水補修機材を含めた水管橋の維持管理項目

点検項目	頻度	備考
目視点検	毎月	目視にて水管橋の異常を確認
ボルトの締付具合	毎月	漏水補修機材とともに管材・支持金具のボルトの締付を確認
塗装状況	毎月	結露と乾燥により、水管橋の塗装は過酷な条件下にあるため、定期的な点検と塗り替え塗装が必須
橋台・橋脚	毎月	国道沿いで交通量も多いことから車両の振動の影響を受けやすい。沈下、コンクリートのひび割れ、土留壁・防護壁の状況の確認
緊急時点検	随時	大雨や地震発生後においては、必ず目視にて点検を行う。

(f) 機電修理ワークショップ

本事業で調達される機材のうち、機電修理ワークショップに係る機材の運営・維持管理は、ワークショップ自身で行うこととなる。調達機材には、特別高度な維持管理技術が必要とするものは無く、既存機材と同様な機材であることから、技術面に問題点はなく、保守、修理を含めた維持管理に必要な体制は、機電修理ワークショップ所属の修理工は維持管理の経験も十分にあることから、現体制で可能である。ただし、安全管理には万全を期すことが不可欠である。主要機材の維持管理項目は以下のとおりである。

表 3.4.7 機電修理ワークショップの維持管理項目

品目	頻度	内容
旋盤、フライス盤等工作機械類	毎日	回転、摺動部分の清掃（切り粉除去）、注油 アクセサリ、ツール類の保管 運転記録、点検簿等整備
手工具、測定具、玉掛用品類	使用時	員数確認および所定の保管場所にて管理
電気・電子測定器類	使用時	所定の保管場所にて管理、バッテリー・充電器等の状態確認、校正
ディーゼルエンジン溶接機	適時	燃料、オイル量確認、フィルター類交換、 作業安全遵守（含有資格者操作、定期点検等）
車両類（フォークリフト、移動修理車）	毎日	燃料、オイル量確認、フィルター類交換、 運転記録、点検簿等整備
荷役機材類（電動トロリーチェーンブロック、ガントリークレーン、モバイルクレーン）	使用時	チェーン、フック等異常の有無確認、過負荷防止、 作業安全遵守（含有資格者操作、定期点検等）
溶接機類（交流アーク、ガス）、プラズマ切断機	使用時	作業安全遵守（含有資格者操作、定期点検等）、 電撃防止、火災防止

(g) 無収水削減活動に資する機材

本事業で調達される機材のうち、無収水削減活動に資する機材の運営・維持管理は、フィジカル無収水課が担当する。無収水技プロにおいて、無収水削減活動の一環として漏水探知活動及び漏水修理手法を指導し、フィジカル無収水課職員の無収水削減実施能力の強化を実施している。本事業で調達する機材は、使用方法・管理方法について十分に理解されており、新たな教育の必要はない。ただし、漏水探知機や超音波流量計等の精密機械においては、ニカラグア国内で故障時の対応が困難であることから、アフターサービスや近隣国の代理店との連絡が可能となるような体制を構築する必要がある。以下に関連機材の維持管理項目を示す。

表 3.4.8 無収水削減活動関連機材の維持管理項目

品目	頻度	内容
漏水探知機（相関式、配水管用、給水管用）、超音波流量計	使用時	所定の保管場所にて管理、バッテリー・充電器等の状態確認、液晶パネルの点検、 アクセサリ、ツール類の保管、 運転記録、点検簿等整備
ボーリングバー、手動コンクリートカッター、工所用排水ポンプ	使用時	燃料、オイル量確認、フィルター類交換、 作業安全遵守（含有資格者操作、定期点検等） 運転記録、点検簿等整備

3.5 プロジェクトの概略事業費

3.5.1 協力対象事業の概略事業費

(1) 日本側負担経費

調達業者契約認証まで非公表

(2) ニカラグア国負担経費

表 3.5.1 ニカラグア側負担費用内訳

項目	金額(USD)	換算額(千円)
銀行手数料	7,200	792
既存機材の撤去工事、撤去処分費用	25,700	2,826
満水試験時などの水道、電気料金	82,230	9,043
配水池設置個所の土工事	123,656	13,598
機電修理ワークショップにおける保管棚	1,250	137
水管橋の管理用通路の補修、塗装工事	6,753	743
インバータ操作室の確保・整地	700	77
合計	247,489	27,217

注：上記金額は、2021年6月情報による。1ドル=109.97円として換算。

(3) 積算条件

①積算時点 : 2021年6月

②為替交換レート : 1 US\$ = 109.97 円 (アメリカドル対日本円)

為替交換レートは、2021年3月1日～2021年5月31日の平均値 (TTS レート) とした。

③施工・調達期間 : 入札業務等の実施設計、機材調達・据付けに係る期間は、実施工程に示したとおりである。

④その他 : 積算は、日本国政府の無償資金協力の制度を踏まえて行うこととする。

3.5.2 運営・維持管理費

(1) 井戸ポンプ

(a) インバータ設置による電力使用料金の削減

ENACAL は 2019 年 3 月に ENACAL 本部の近隣にある Las Brisas 井戸取水ポンプ場において試験的にインバータ装置を設置し、その効果を確認している。表 3.5.2 にインバータ設置前後の使用電力量の結果を示す。ENACAL によるパイロットの結果、インバータ設置による使用電力量の削減率は 34.8%であることが判明した。

表 3.5.2 インバータ設置による使用電力量の変化

年月	使用電力量 (kWh)	インバータ設置前後の 平均使用電力量 (kWh/月)	
2018年7月	46,947	設置前	45,223
2018年8月	47,296		
2018年9月	40,741		
2018年10月	45,935		
2018年11月	45,595		
2018年12月	44,851		
2019年1月	47,522		
2019年2月	42,895		
2019年3月	30,521	設置後	29,483
2019年4月	32,280		
2019年5月	30,319		
2019年6月	27,884		
2019年7月	26,409		
削減率		-34.8%	

(b) インバータ設置後の電力使用料金

インバータを設置する 28 個所の井戸取水ポンプ場の年間電力使用量を表 3.5.3 に示す。

表 3.5.3 対象井戸の年間電力使用量

No.	ID	ポンプ場名称	集計年	年間電力使用量 (kWh)	備考
1	ID_00072	Bello Horizonte	2016	859,860	
2	ID_00087	Rafaela Herrera	2016	924,280	
3	ID_00159	Buenos Aires	2016	881,813	
4	ID_00083	Monseñor Lezcano	2016	763,660	
5	ID_00091	Mercado Oriental	2016	632,450	
6	ID_00079	Shell Metrocentro			IDB
7	ID_00158	Santa Rosa (B.Horizonte #2)	2020	498,820	
8	ID_00025	Bertha Calderón	2017	1,006,500	
9	ID_00176	Portezuelo N° 02	2016	472,080	
10	ID_00084	Las Brisas			2019年3月INV設置
11	ID_00090	Olof Palme	2016	523,040	
12	ID_00026	Veléz Paiz	2020	877,840	
13	ID_00034	30 de Mayo #2	2016	839,510	
14	ID_00041	M.T.I	2016	562,240	
15	ID_00089	San Antonio	2016	470,200	
16	ID_00088	Tenderí	2016	656,167	
17	ID_00082	Julio Martínez	2017	947,120	
18	ID_00175	Portezuelo N° 01	2020	1,120,000	
19	ID_00074	Parque Las Madres	2016	642,480	
20	ID_00166	Jorge Dimitrov			IDB
21	ID_00085	Los Gauchos	2016	735,596	
22	ID_00169	La Luz			IDB
23	ID_00066	Loma Linda (Sierra Maestra)	2017	556,520	
24	ID_00023	Hospital del niño	2016	816,160	
25	ID_00120	La Merced	2020	1,129,240	
26	ID_00035	San Antonio Sur	2020	1,021,580	
27	ID_00022	Rpto. Schick N° 4			IDB
28	ID_00042	Bosques de San Isidro	2020	1,129,600	
29	ID_00099	Serrania	2016	810,320	
30	ID_00164	Donatello	2020	799,120	
31	ID_00174	Milagro de Dios	2020	756,280	
32	ID_00161	Camilo Ortega #2	2020	1,007,860	
33	ID_00180	Tícomo Sur	2020	330,400	
34	ID_00024	Manolo Morales			IDB
合計				21,770,736	

出所：ENACAL 本部エネルギー課

対象井戸 28 個所の井戸取水ポンプ場の電力量が Las Brisas と同様にインバータ運転に切り替えることによって年間使用電力量は、

$$21,770,736 \text{ kWh} \times \text{削減率 } 34.8 \% = 7,576,216 \text{ kWh}$$

の削減が可能である。ニカラグアにおける電力料金単価は、2.93 C\$ (コルドバ) /kWh であることから、

$$\text{年間削減電力量 } 7,576,216 \text{ kWh} \times \text{電力料金単価 } 2.93 \text{ C\$/kWh} = 22,198,313 \text{ C\$}$$

の電力料金削減が期待される (円換算：約 7,000 万円/年)。この削減金額は、ENACAL の 2020 年の年間電気請求料金 (999,067,996 C\$) の約 2%に相当する。

(c) 対象井戸の運転維持管理費用

インバータ設置後に新たに必要となる運転維持管理費用は発生しない。機材調達前の人件費及び地下水揚水のための電力使用料金が、インバータ設置個所の運転維持管理費用となる。なお、前述したとおり、インバータ設置に伴い電力使用料金は削減されることが想定される。また、インバータに発生する修理費用等は、現状より故障発生頻度は減少すると想定される。

表 3.5.4 対象井戸における年間運転維持管理費用（想定）

項目・費目	運転維持管理費用（コルドバ）
人件費	4,730,880
電力使用料金	41,589,943
年間修理費用（井戸ポンプ含む）	353,000

出所：ENACAL 本部エネルギー課、機電課、オペレーション課

(2) 組立式配水池

(a) 運転維持管理に必要な人員

本事業にて設置する組立式配水池は、既存配水池 Las Pilas と同敷地に設置する予定である。以下の人員が必要となるものの、現在の運営体制から増員の必要はなく既存人員によって管理されることを想定する。

表 3.5.5 組立式配水池の業務内容と必要な人員体制

業務区分	業務内容	頻度	要員数
運転管理業務	配水位データ記録	毎日	2 人工
	残留塩素濃度記録	毎日	2 人工
維持管理業務	池内清掃	1 回/年	5 人工
	バルブ、計測機器類の点検	1 回/年	3 人工
	池内面鋼材の腐食・劣化状況、多柱支持部の確認、部材厚測定	1 回 2/年	3 人工
	基礎構造や基礎地盤の変位	1 回/2 年	2 人工

(b) 組立式配水池の運転維持管理費用

機材調達後の運転維持管理費用は、人件費（既存配水池の管理体制）及び前の人件費及び地下水揚水のための電力使用料金が、インバータ設置個所の運転維持管理費用となる。なお、前述したとおり、インバータ設置に伴い電力使用料金は削減されることが想定される。また、インバータに発生する修理費用等は、現状より故障発生頻度は減少すると想定される。

表 3.5.6 組立式配水池における年間運転維持管理費用（想定）

項目・費目	運転維持管理費用（コルドバ）
人件費	675,840
年間修理費用	84,480

出所：ENACAL 本部オペレーション課

(3) 送水ポンプ

(a) 送水ポンプの更新に伴う電力使用量の削減

既存送水ポンプは設置されてから 20 年以上経過しており、ポンプ及びモーターの詳細な規格・仕様が確認できない状況にある。また、既存ポンプの性能特性カーブが保存されていないため、ポンプの効率低下を定量的に正確に評価することが困難である。加えて、耐用年数を超えた一般的な水道用横軸ポンプの効率低下基準がないことから、20 年を超えるポンプの効率低下を下表のように推定する。

表 3.5.7 既存送水ポンプの効率低下

部品	耐用年数	条件	想定効率低減評価
羽根車	10 年	キャビテーション損傷は軽微と推定できるが、比速度が 100~200 と小さい（外径が大きく出口幅が小さい）ため、効率低下はより大きい。	大（▲2~3%）
ケーシング	20 年	内面塗装の完全剥離により錆が発生し、摩擦損失が増加している。	小（▲1%）
ライナーリング	5 年	更新されていないことから、クリアランスの拡大による逆流が大きくなり、大きな効率低下が生じる。	大（▲5~10%）
電動機	15~20 年 絶縁 40,000hr	ENACAL は 20 年を超える電動機は絶縁低下のため巻線替えを実施しているが、現状の機電修理ワークショップでの完全な復元は困難であり、大きな効率低下が予想される。	大（▲2~5%）

上記より、既存送水ポンプの総合効率は 10%以上低下していることが容易に推測できる。また、日本製トップランナー電動機を採用することにより更に 2~3%の効率向上が期待されるから、ポンプ及びモーターの更新は運転維持管理費低減に大きく寄与できる。

Asososca ポンプ場の圧力増強ポンプを除いた送水ポンプ 6 台は、ポンプ効率が現状の 70%から 83%に改善が見込まれる。このことから、ポンプの更新によりポンプ効率は、

$$83\% \div 70\% = 1.185 \text{ 倍}$$

改善されることとなり、既存モーター出力の 16%が改善されることとなる。年間改善電力使用量は以下のとおりである。

表 3.5.8 送水ポンプ更新による改善電力消費量

ポンプ場	モーター出力	年間使用電力量 (全ポンプ対象)	改善消費電力	年間改善消費電力 (1日10時間運転)
Asososca	335 kw	12,921,258 kw	54 kw	197,100 kw
Altamira	110 kw	1,128,400 kw	18 kw	65,700 kw
KM 18 C. Masaya	160 kw	705,040 kw	26 kw	94,900 kw
KM 9.5 C. Sur	125 kw	1,303,020 kw	20 kw	73,000 kw
San Judas	110 kw	1,105,200 kw	18 kw	65,700 kw
KM 8 C. Sur	55 kw	346,880 kw	9 kw	32,850 kw
合計		17,509,798 kw		529,250 kw

出所：ENACAL 本部オペレーション課

以上より、 $529,250 \text{ kWh} \times 2.93 \text{ コルドバ/kWh} = 1,550,703 \text{ コルドバ}$ (円換算：約 500 万円/年) の電力料金削減が期待される。

(b) 対象ポンプ場の運転維持管理費用

送水ポンプの更新に際し、新たに必要となる運転維持管理費用は発生しない。機材調達前の人件費及び送水のための電力使用料金が、対象ポンプ場の運転維持管理費用となる。前述のとおり、送水ポンプ更新に伴い電力使用料金は削減されることが想定される。また、インバータに発生する修理費用等は、現状より故障発生頻度は減少すると想定される。

表 3.5.9 対象ポンプ場における年間運転維持管理費用 (想定)

項目 ・ 費目	運転維持管理費用 (コルドバ)
人件費	3,379,200
電力使用料金	49,753,005
年間修理費用	168,960

出所：ENACAL 本部エネルギー課、機電課、オペレーション課

(4) 流量調整弁

流量調整弁を設置するに当たり増員は必要なく、現在配置されている San Judas 配水池のオペレーターが定期転勤を実施し管理することとなる。

表 3.5.10 流量調整弁の年間運転維持管理費用 (想定)

項目 ・ 費目	運転維持管理費用 (コルドバ)
人件費	506,880

出所：ENACAL 本部オペレーション課

(5) 漏水補修機材

漏水補修機材を設置する水管橋の維持管理は、ENACAL 本部指令室 (P3) が実施している。特に増員の必要はなく、設置に伴う人件費の増加も発生しない。

(6) 機電修理ワークショップ

機電修理ワークショップに係る機材調達後の運営維持管理は ENACAL 本部機電課 (機電修理ワークショップ) が行う。現在管理部門も含め約 90 名の職員が配置されており、本事業によって調達された機材のために新たな人員の増加は必要としない。本事業によって必要となる維持管理費用は、移動修理車及びフォークリフトの燃料費、保険費用である。

移動修理車に必要な燃料費は、燃費約 4km/L、使用頻度 4 回/月 (1 回あたり往復 400km)、ディーゼル価格 32.1 コルドバ/L (2021 年 9 月) であることから、

$$400\text{km} \times 4 \text{ 回/月} \times 12 \text{ 月/年} \times 4\text{km/L} \times 32.1 \text{ コルドバ/L} = 154,080 \text{ コルドバ}$$

一方、フォークリフトは 1 時間当たり 1.9L/h 必要であり、一日の作業量を 1 時間とすると、

$$\underline{1.9\text{L/h} \times 1\text{h/日} \times 20\text{日/月} \times 12\text{月/年} \times 32.1\text{コルドバ/L} = 14,637\text{コルドバ}}$$

以上のことから、年間 17,600 コルドバの移動修理車用の保険を含め、本事業にて新たに必要な年間運営維持管理費用は、186,317 コルドバ/年となる。

本事業で調達する旋盤及びフライス盤等の加工機材を更新することにより、現在 ENACAL が外注している部品加工（年間 1,000,000～1,200,000 コルドバ）の多くを削減できることから、現在の運転維持管理予算を増やすことなく運営維持管理が可能である。

(7) 無収水削減活動に資する機材

本事業にて調達する無収水削減活動に資する機材は、ENACAL 本部フィジカル無収水課が運転維持管理を行う。フィジカル無収水課は、マクロメータ計測/減圧弁維持管理班、漏水修理班、漏水探知班 3 班の合計 5 班体制で業務を進めている。無収水技プロにて技術支援を受けたことから、漏水削減（漏水探知及び漏水修理）活動をマナグア市内の他支局及び地方へとその活動を拡大するため、フィジカル無収水課がマナグア市内の支局及び地方支局へ技術指導を行っている。無取水技プロにて供与した機材を含めた無収水削減活動に資する保有機材は、フィジカル無収水課が管理している。特に超音波流量計・漏水探知機を含めた電子機器は、衝撃や水に脆弱であることから十分に注意して管理しなければならない。

本事業にて調達する機材の運営維持管理費用は、漏水修理用のエンジン付きコンクリートカッター及びエンジン付き排水ポンプの燃料費のみである。使用頻度は多くないことから、現在の予算にて十分に活用できる。

第4章 プロジェクトの評価

4.1 事業実施のための前提条件

(1) 工事用の許認可の取得

水管橋における漏水修理機材を設置する際には、主要国道であるマサヤ街道の一部に大型クレーンを設置して、設置工事を実施する計画であることから、運輸インフラ省または道路管理者からの道路占用許可が必要となる。また、同設置工事においては、河道に足場を設置するため、河川管理者からの許可も必要となってくる。

多くの機材が更新や補修であるが、組立式配水池は既存配水池を拡張する形で同敷地内にステンレス製配水池 1 基を設置するものである。環境影響評価及び環境モニタリング計画は既存の資料を更新する必要がある。同更新は ENACAL が実施し、関連機関からの許可を取得する。

(2) 組立配水池設置個所の盛土工事

組立配水池の設置を予定している Las Pilas 配水池には既存配水池が存在し、既存配水池に隣接する用地に、本事業にて組立式配水池を設置する計画である。設置予定地は緩やかな傾斜面であるとともに管材等の資材置き場となっている。事業開始までに、整地および盛土工事（計画地盤高）はニカラグア国側での負担工事となっており、本事業実施にあたり前提条件となる。

4.2 プロジェクト全体計画達成のために必要な相手方投入（負担）事項

(1) 免税措置

機材調達業者に対する免税措置について、ニカラグア側が側面支援を行う。

(2) 既存機材の撤去

本事業において、機電修理ワークショップの旋盤・フライス盤、送水ポンプ及び付帯資材、起動盤等は更新とするため、既存機材は今後の維持管理で不要となる。これらの撤去及び処分に係る一連の費用はニカラグア国側が負担する。加えて、ポンプや機電ワークショップにおける既存基礎コンクリートの撤去・処分、土工事における発生土の処分もニカラグア国側の負担である。

(3) 契約電力量の確認

本事業にて調達する機材のうち、インバータ、送水ポンプ及び機電修理ワークショップ用機材（旋盤、フライス盤、ポンプ性能テスト盤）の使用には電力が必要となる。既存機材の更新であることから契約電力量については増大する必要はないものの、機電修理ワークショップでは現契約電力量が最大使用時（保有機材を同時に使用した場合）に対応でき

ない容量であることから、現契約電力量の増大を検討する。

(4) 水管橋の管理用通路・塗装

漏水修理機材を設置する水管橋の点検用通路の一部が欠損しているために、水管橋全体を通行することができていない。また、水管橋の鋼管の塗装が剥がれていることから、それらの修繕が必要であり、ニカラグア国側の負担事項とする。

(5) 機電修理ワークショップにおける管理・収納棚

機電修理ワークショップに対しては、工具、測定具、電気計測機器等の小さな機材を調達する。それらの小さな機材を適切に管理するためには、収納するための工具棚や倉庫が必要不可欠であることから、管理・整理整頓用の工具棚はニカラグア国側の負担とする。

(6) インバータ操作室設置スペースの確保

28カ所の取水ポンプ場の敷地は ENACAL の保有土地であり十分な敷地を有している。既存ポンプ操作室とは別に本事業ではインバータ操作室を設置することから、対象取水ポンプ場において、インバータ操作室の設置スペースの確保及び整地をニカラグア国側の負担で実施する。

4.3 外部条件

プロジェクトの効果を発現かつ、その効果を持続させることで本プロジェクトの目標が達成される。そのための外部条件は、下記のとおりである。

- 本事業地域を含めたニカラグア国の治安が悪化しないこと
- ENACAL 及びニカラグア国政府の財政事情が極端に悪化しないこと
- 天候不順・大地震等の大規模な自然災害が発生しないこと
- 既存の取水能力が維持されること

4.4 プロジェクトの評価

4.4.1 妥当性

- 本事業は上水道整備事業として、マナグア市の貧困層を含む一般市民（約 107 万人）が直接的または間接的に裨益する。
- 本事業は、50%を超える無収水率を有するマナグア市の上水道サービスの無収水量の削減とともに、財務状況を圧迫する高額な電力使用料金の削減という喫緊の課題に対し即効性を有しており、上水道サービスの改善にも貢献する。

- ENACAL は組織開発戦略計画（PEDI）の中で、マナグア市及びその他地域の水道システムにおける無収水量の削減、電力消費費用の削減を戦略目標として掲げており、本事業との整合性が確保されている。
- ニカラグアに対する我が国の援助方針の事業展開計画（2020年4月）では、経済社会開発の促進と環境・防災へ支援し、「経済開発の促進に向けた基盤づくり」を援助の重点分野の一つとし、都市インフラの整備を通じた SDGs 達成への貢献を方針としており、本事業の実施は我が国の援助政策と整合性がある。

4.4.2 有効性

(1) 定量的効果

本事業の実施により、下表に示すような効果が期待できる。

表 4.4.1 事業実施による定量的効果

No.	指標	基準値 (2020年実績)	目標値(2027年) 【事業完成3年後】
1	マナグア市における本事業による無収水削減量(千m ³)	0	5,992 ¹
2	単位生産量当たりの電力使用量(kWh/m ³)	0.80 ²	0.77 ³
3	配水池設置システムにおける平均給水時間(時間/日)	9.0	17.0

出典：調査団

(2) 定性的効果

給水サービスが改善・安定化されマナグア市の衛生環境が改善される。

¹ 本事業分のみを単独で算出することは困難なため、無収水技プロにより正確なデータ収集を開始した2017年と2027年のマナグア市における無収水量の比較により計算する。ただし、ENACAL自身のオペレーションによる2017年から2027年までの推計削減量(4,904千m³) (2017-2020年の削減量実績による年間削減量490千m³を基に算出)も別途勘案して評価する。

なお、目標値である年あたりの無収水削減量5,992千m³は約57,214人分/日の水使用量と同程度である。

(本事業による無収水削減量5,992,370m³) / 365日 / (200L/人/日) * (1-漏水率30.3%) = 57,214人

² 電力使用量164,958,598kWh/生産水量204,921,300m³

³ 電力使用量156,853,132kWh/生産水量204,921,300m³。基準年の電力使用量と比較した電力使用量の削減量は8,105,466kWhであるため、電力料金2.93コルドバ(CS)/kWh、1CS=3.14円を考慮すると、年間約74,572千円の費用削減が想定される。

第5章 地下水賦存量調査

マナグア市内の水源は90%以上を地下水に依存している状況にあり、本無償資金協力事業で調達する機材の妥当性を確認するのみならず、継続的に地下水を利用することの妥当性を確認するために、事業対象地域に分布するラス・シエラス帯水層等の帯水層を対象とした地下水モデルを構築し、地下水解析による地下水賦存量の確認を行った。また、将来的に地下水の比較代替水源を検討する際、表流水利用の水源候補となり得るマナグア湖に係る水質の情報について収集・整理を実施した。

地下水モデルを構築するにあたっては地下水、水理地質関連等の情報はENACAL、INETER、ANA等関係省庁、大学研究機関及びこれまでJICA、他開発パートナーが実施してきた調査・事業等の既存情報を収集・整理し地下水モデル構築に活用した。また、現状における対象地域の地下水位の状況を把握する目的で現地再委託による地下水位調査を実施した。

マナグア湖の水質の情報については、既存情報がほとんどなかったことから現地再委託によりマナグア湖の水質調査を実施した。

5.1 既存資料の収集・整理

5.1.1 マナグア市における地下水開発・管理計画

1993年にJICAが実施した「上水道整備計画調査」によりマナグア市における地下水開発・管理計画が策定され、ENACALは同計画に沿って事業を進めてきたが、その進捗状況に関する情報は確認できない。また、同計画の更新及び新たな地下水開発計画は策定されていない状況にある。

5.1.2 全国水資源計画

2017年1月～2017年7月に世界銀行の技術協力により「ニカラグア国家水資源計画」（以下、PNRH）が策定された。同技術協力はニカラグアにおける水資源の現状を把握し、問題の特定とPNRHの戦略方針（案）を示す目的で実施された。

問題の特定と戦略方針の提案を行うため、各関連機関が所有し系統的に保管されておらず散在する膨大な情報が収集・整理され、その既存資料を基に以下の活動が実施された。

- 表流水、地下水の既存水源のインベントリー
- 水質評価
- 需要と供給の評価
- リソースと需要のバランス
- 水文リスクの分析（干ばつと洪水）
- 水セクターの経済、財務の分析
- 組織・制度の分析

PNRH の策定に当たっては ENCAL が主導し、水資源機関委員会（Comite Inetrinstitucional de Recursos Hidricos）のメンバー（ANA、ENACAL、INETER、MAG、MARENA、MEM、FISE）ならびに水セクターに重要な役割を果たしてきた BCN、MHPC、MIFIC、MINSA 及び SINAPRED の協力の下実施された。

PNHR の策定における分析結果から明らかとなった問題点を解決するため、以下に示す 6 つの戦略が提案されている。

- LE1：水に関する情報の改善
- LE2：水資源、リスク軽減に関する計画と管理のためのツールの開発
- LE3：様々な水利用者の水の安全を改善するためのプログラムとプロジェクトの開発
- LE4：水質の改善
- LE5：組織強化
- LE6：水セクターの金融システムの改善

なお、PNRH の作成は 2017 年 10 月に完成したが、正式承認までは至っていない状況にある。

5.1.3 地下水位調査

調査対象地域における地下水位の現状を把握する目的で地下水位調査を実施した。また、ENACAL の協力により詳細な地下水位の分布を把握するために ENACAL 独自による調査も同時に実施した。地下水位調査の対象井戸の位置図を第 2 章「図 2.2.2」に示し、調査結果を第 2 章「表 2.2.3」に示す。

5.1.4 マナグア湖の水質調査

本事業は、取水井戸インバータの設置、送水ポンプの更新及び組立式配水池の整備等、継続的に地下水を水源として利用する機材の調達であるものの、その妥当性を確認するための代替水源案としてマナグア湖を表流水利用の水源候補とする検討を行うためにマナグア湖の水質調査を実施した。

マナグア湖は過去に工場排水の流入による水銀汚染が報告されていることから、検査項目にニカラグア国飲料水水質基準の全項目と総水銀ならびにアルキル水銀に関して検査を行った。水質調査はマナグア湖を対象に以下の第 2 章「図 2.2.3」に示す個所にて試料を採取した。第 2 章「表 2.2.4」に試料の採取深度と検査項目、第 2 章「図 2.2.5」に水質調査結果を示す。

水質調査結果については、5.7 項に整理する。

5.2 モデルの構築方針及び実施方法

ENACAL 及び関連機関との協議・意見交換結果及び上節の既存資料の整理結果等に本調査の業務期間を加味して、構築する地下水モデルの概要を以下に示す。

5.2.1 モデルの目的

地下賦存量及び取水可能量を把握することを地下水モデル解析の目的とする。

5.2.2 モデルの種類及び使用ソフトウェア

本調査で構築する地下水モデルは三次元地下水流動モデルとし、使用ソフトウェアは下記の理由により Visual MODFLOW とする。なお、水温・水質変化は、粒子追跡モデルにより対象となる水の流れの範囲を確定するまでにとどめる。

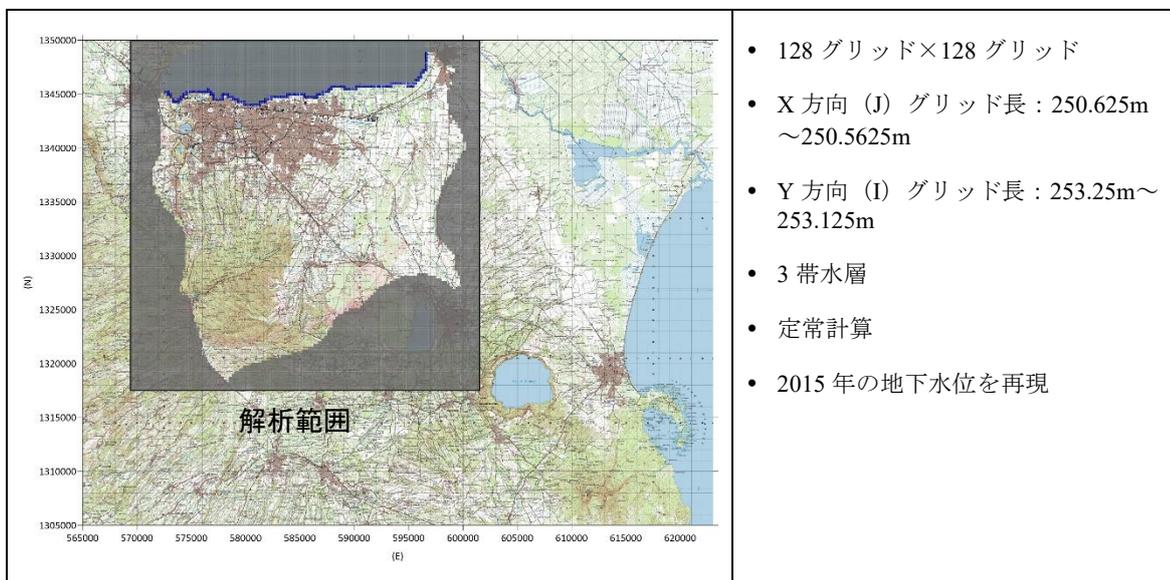
(1) ニカラグアで使用されているソフトウェア

公開されているニカラグア国内で地下水に係る調査・解析で使用されたソフトウェア及び 2020 年に INETER でモデルが構築された際に使用されたソフトウェアを表 5.2.1 に示す。

表 5.2.1 ニカラグアで地下水解析に使用されているソフトウェアの例

地下水に係る調査・解析	解析地域／帯水層	モデルのタイプ	解析プログラム	
			コード	ソフトウェア
Calderón Palma, Heyddy (2003) Numerical modeling of the groundwater flow system in a sub-basin of the Leon-Chinandega aquifer, Nicaragua. MSc Thesis, University of Calgary.	太平洋沿岸から Leon-Chinandega 平野を経て海拔 900 メートルの Marrabios Cordillera に向かって伸びる地域 / Leon-Chinandega 帯水層	地下水流動モデル	MODFLOW	Visual MODFLOW
Calderón Palma, Heyddy (2004) Modelación numérica del flujo de agua subterránea en una sub-cuenca de el acuífero León-Chinandega. In: XIII Congreso Científico UNAN-Managua, 13-14 de Mayo, 2004, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.				
Calderón Palma, Heyddy and Bentley, Laurence R. (2007) A regional-scale groundwater flow model for the Leon-Chinandega aquifer, Nicaragua. Hydrogeology Journal, 15 (8).				
Flores Meza, Yelba (2004) Criterios hidrogeológicos para la formulación del plan de gestión en el acuífero del valle de Sébaco. Masters thesis, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.	Sébaco 溪谷 (マナグア湖の北 40km) の沖積帯水層	地下水流動モデル	MODFLOW	Visual MODFLOW
Porras, E.A., Tanaka, T., Fujii, H. and Itoi, R. (2005) Numerical modeling of the Momotombo geothermal system, Nicaragua. Proceedings World Geothermal Congress 2005.	マナグア湖の北西岸 / Momotombo 地熱地帯	熱源モデル	AUTOUGH2、iTOUGH2	
Martínez Poveda, Róger (2005) Balance de la subcuenca central del acuífero de Managua utilizando software Flowpath II. UNI. Managua, Nicaragua.	マナグア帯水層の中央サブ・ベースン	水収支モデル	FLOWPATH II	
MacNeil, Richard Eric (2006) Geophysical Investigations and Groundwater Modeling of	マサヤカルデラ / マサヤ火山	地下水流動モデル	MODFLOW	MODFLOW-2000

地下水に係る調査・解析	解析地域／帯水層	モデルのタイプ	解析プログラム	
			コード	ソフトウェア
the Hydrologic Conditions at Masaya Caldera, Nicaragua. Graduate Theses and Dissertations. University of South Florida.				
Arriola Picado, Manuel Salvador (2012) Modelación numérica de la dinámica de flujo subterráneo del acuífero de Tisma, para evaluar la conectividad entre los Lagos Xolotlán y Cocibolca. Masters thesis, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.	マナグアから東に約 15km のところに位置する Tisma Interlagos 帯水層	地下水流動モデル	MODFLOW	Visual MODFLOW
INETER モデル (2020)	PNRH で「ACUÍFERO LAS SIERRAS」とされている地下水流域	地下水流動モデル	MODFLOW	Visual MODFLOW



出所: INETER

図 5.2.1 INETER モデル (2020) の概要

(2) 全国水資源計画 (PNRH : PLAN NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS DE NICARAGUA) で紹介されているソフトウェア

PNRH の「ANEXO 2 COMPONENTE AGUAS SUBTERRÁNEAS」の中に、次の記載があり、PMWIN (Processing Modflow) と Visual MF (Visual MODFLOW) が紹介されている。

ANEXO 2、129 頁

Los ficheros .EXT o .MDL del paquete WEL1 (PMWIN) son generados con los datos que necesita el programa para analizar sus resultados. El formato es el caudal inyectado (+) o extraído (-) por unidad de volumen de acuífero en cada pozo de extracción o inyección (punto x,y,z). Estos ficheros permiten además realizar y guardar gráficos de la variación del caudal en tres formatos. El formato exacto varía ligeramente dependiendo del software empleado (PMWIN, Visual MF, etc.).

(3) 関係機関の要望するソフトウェア

実施機関である ENACAL をはじめ、関係機関と協議を行い、確認した結果、ニカラグア国内の関係機関が要望する解析ソフトウェアは、下表のとおりである。

表 5.2.2 関係機関の要望するソフトウェア

機関	解析プログラム	
	コード	ソフトウェア
ENACAL	MODFLOW	—
ANA	MODFLOW	Visual MODFLOW
CIRA	MODFLOW	Visual MODFLOW Flex
INETER	MODFLOW	—

(4) 本調査にて使用するソフトウェア

上記(1)～(3)の結果とともに、①本調査の解析目的が地下水の賦存量解析であり流動モデルを構築する、②将来は水質解析（物質（溶質）移動モデル）及び水温解析（熱輸送モデル）に発展させる（密度流解析が可能、例えば、MODFLOW においては SEAWAT の機能が使用可）、③ENACAL の複数の職員がモデリングに関与する（ライセンス管理が容易で、1 ライセンスのソフトウェアを複数の PC で交代に使用可）、等を鑑みて、以下のソフトウェアを地下水モデル解析に使用する。

- 使用ソフトウェア：Visual MODFLOW
- バージョン：最新版（Visual MODFLOW Flex 7.0）
- タイプ：Stand-Alone Pro
- ライセンス管理：USB Hardkey Dongle

表 5.2.3 Visual MODFLOW Pro のタイプ・ライセンス管理の比較

タイプ	ライセンス管理	1 ライセンスで同時に使用できる PC の台数	プラス面	マイナス面	価格 (USD\$)
Stand-Alone Pro	Softkey	1 台	1 台の PC でソフトを使用する場合、最初の設定を行うと、その後のライセンス管理は基本的に不要となる。	最初にライセンス登録した PC から他の PC にライセンスを移行する際の手続きが煩雑である。	4,455.00
	USB Hardkey Dongle	1 台	ライセンス管理が容易で、複数の PC にソフトをインストールした後、dongle をライセンスキーとして USB に挿入することでソフトを使用できる。	dongle の適切な管理が必要である。Softkey によるライセンス管理と比較して少し割高となる。	4,605.00
Team Pro	Softkey	1 台	LAN を利用して、複数の PC でソフトを交代で使用できる（ソフトを常時使用するわけではない使用者が複数名いる場合のライセンス管理が容易であ	機関内の LAN が必要で、ネットワークシステムの適切な管理が必要となる。LAN に接続されている場所以外で使用する場合にはリモート環境の整	6,682.50

タイプ	ライセンス管理	1ライセンスで同時に使用できるPCの台数	プラス面	マイナス面	価格(USD\$)
			る)。	備も必要となる。 Stand-Alone と比較して、価格が 1.5 倍である。	
	USB Hardkey Dongle	1 台	開発・販売元は、Team Pro では、dongle によるライセンス管理を想定していない。		6,832.50

5.2.3 計算方法他

(1) 計算方法と計算単位

非定常計算による解析を実施する。また、計算単位は月とする。

(2) 予測計算のシナリオ

涵養量及び揚水量の変化を想定する。

(3) 計算結果の揭示

地下水位分布、地下水流動方向、地下水位変化、必要とされる地域毎の地下水収支を計算結果として図表類に提示する。

5.2.4 解析範囲

(1) 解析地域

ラス・シエラス帯水層の流域に関して、PNRH では図 5.2.2 の左図のような範囲が設定されており、INETER の地下水モデルも同じ範囲で構築されている。一方で、右図のような図幅も作成されており、組織間や技術者間でラス・シエラス帯水層の流域範囲の統一はとれていない。これは、流域を区分する明瞭な水理地質構造が存在しない中で、地下水の流動方向等に従って区分を行おうとしているためである。

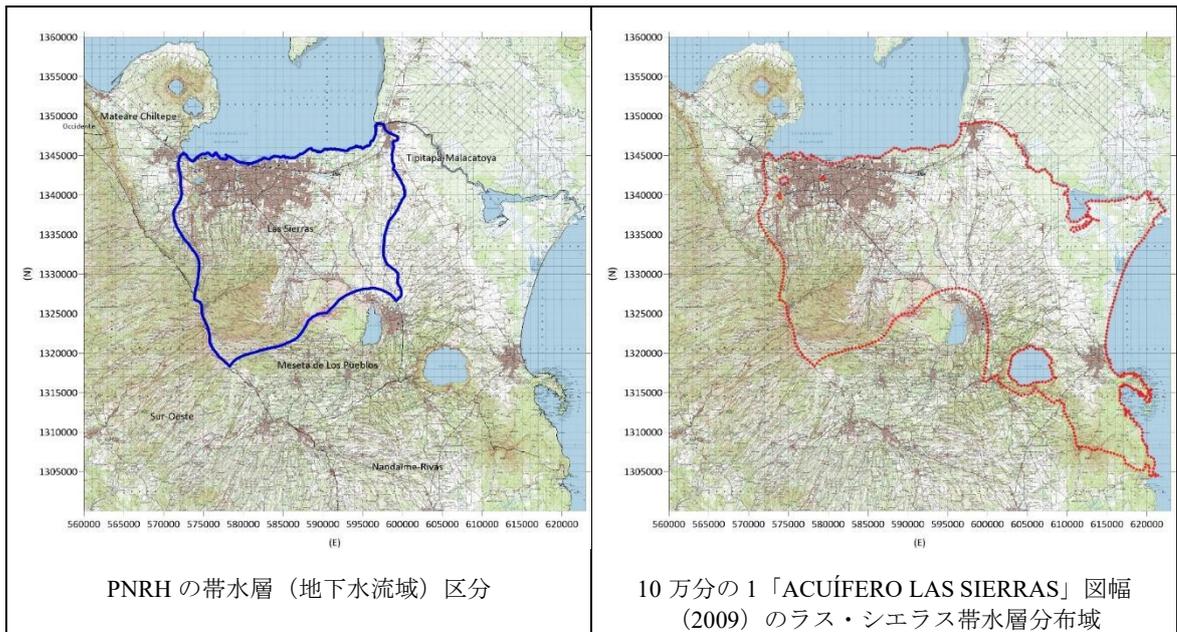


図 5.2.2 既存文献におけるラス・シエラス帯水層の範囲

本調査においては、上記の流域範囲と ENACAL の希望するマサヤ湖を含む南部地域を含んだ下図の赤色で示した地域を解析範囲とする。

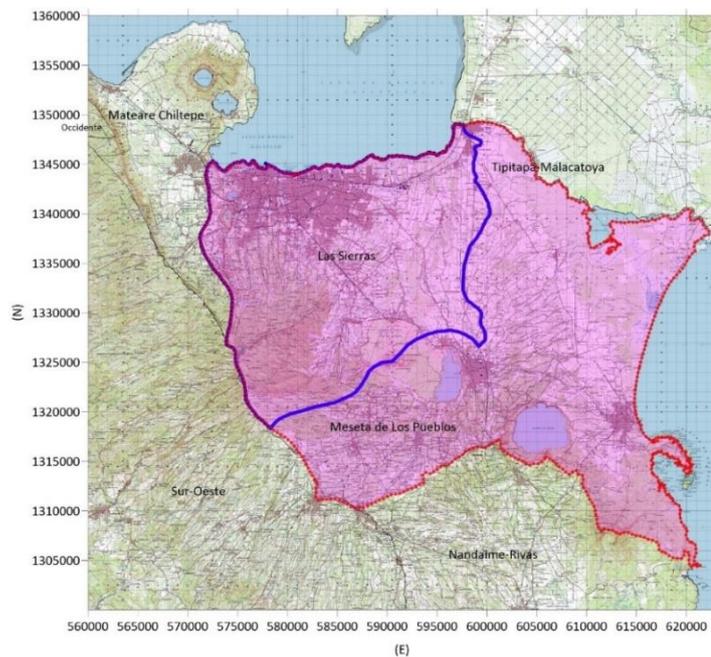


図 5.2.3 地下水モデル解析地域

(2) 鉛直方向

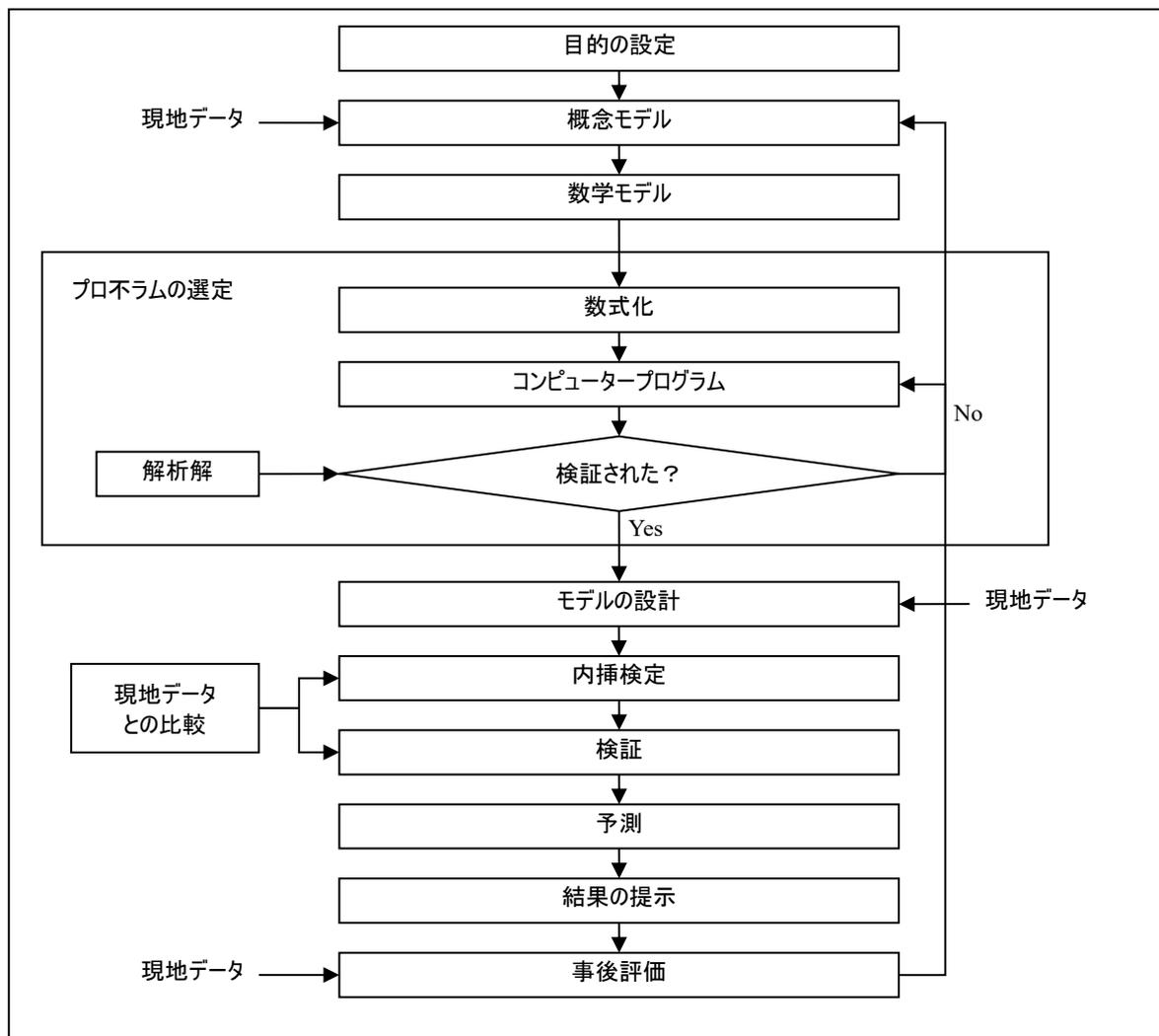
ラス・シエラス帯水層の下位層を水理地質基盤として、下記の 4 層構造とする。

- 第一帯水層：完新世未固結堆積層
- 第二帯水層：第四紀火山岩類
- 第三帯水層：ラス・シエラス帯水層
- 第四帯水層：水理地質基盤岩類

5.3 地下水モデルの構築

5.3.1 モデル化の手順

地下水モデルのモデル化は次のような手順で行われ、本調査においては結果の揭示までを行う。この後は、10年単位程度でモデルの見直しを行っていくのが一般的である(図 5.3.1 参照)。



出所: 地下水モデル (p6、藤縄克之監訳、1994)

図 5.3.1 モデル化の手順

表 5.3.1 モデル化の手順

①	目的の設定	モデルの目的を確立し、支配方程式と選定すべきプログラムを決定する。
②	概念モデル	システムの概念モデルを作成する。水文地質単位とシステムの境界を決定し、水収支に関する情報、帯水層定数などのデータを組み込む。
③	プログラムの選定	支配方程式とプログラム(コード)を選定する。本プロジェクトでは、前記したように地下水流動シミュレーション解析に MODFLOW コードを選定し、前処理・後処理などを含む統合ソフト「Visual MODFLOW」(Waterloo Hydrogeologic 社製)を解析に使用した。

④	モデルの設計	概念モデルをモデル化に適するような形で表現する。この段階で、格子の設計、時間刻みの選定、境界条件と初期条件の選定、帯水層定数と水文学的負荷のおおよその値の選定を行う。
⑤	内挿検定・検証	内挿検定によって、現地で実測された水頭や流量と近似できる帯水層定数と水文学的負荷の値を求める。内挿検定は試行錯誤法によるパラメータの調整か、あるいは自動パラメータ推定プログラムによって行うが、本プロジェクトでは試行錯誤法により行った。
⑥	予測	予測は、将来の出来事に対する地下水系の応答を定量化するものである。内挿検定されたパラメータ値をもとに作成したモデルに変化する将来の負荷値を投入して将来の負荷の評価を行う。
⑦	結果の表示	モデル化の作業を効果的に伝えるために、モデルの設計と結果を明確に提示する。
⑧	事後評価	事後評価はモデル化が終了して数年後に実施する。新しい現地データを収集して、予測が正しかったかどうかを決定する。もしモデルの予測が正確であるならば、その特定の現地に対するモデルは確定されたことになる。

5.3.2 MODFLOW コード

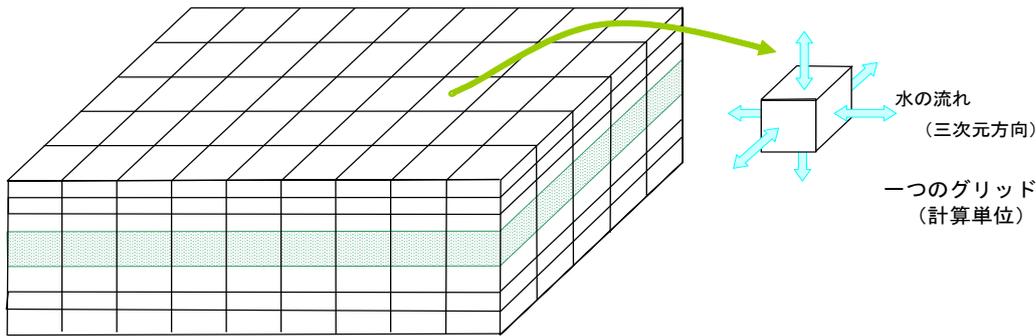
地下水流動シミュレーション解析には MODFLOW コードを使用している。MODFLOW コードは世界的に広く利用されている解析コードであり、各種入出力用ソフトも開発されている。

MODFLOW (McDonald and Harbaugh, 1988) は、米国地質調査所で開発された三次元地下水流動解析コードである。MODFLOW は、次の偏微分方程式で表される三次元地下水流動を差分法で解く。

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - W = S_s \frac{\partial h}{\partial t} \quad (\text{式 5-1})$$

ここに、 K_{xx} 、 K_{yy} 、および K_{zz} はそれぞれ x 、 y 、 z 軸方向の透水係数（次元は LT⁻¹）、 h は被圧地下水頭（L）、 W は単位体積あたりの水の流入または流出量（T⁻¹）、 S_s は比貯留量（L⁻¹）、そして t は時間（T）である。

MODFLOW では、三次元の計算領域を図 5.3.2 に示すような立方体あるいは直方体のグリッド（計算単位、セル、要素あるいは計算单元とも呼ばれる）に分割し、それぞれのグリッドの中心点にグリッド全体の性質を代表させる单元中心グリッドシステムを採用している。



三次元モデルの要素区分

図 5.3.2 MODFLOW 三次元モデルのグリッド区分

実際の計算は、分割されたグリッドごとに x、y、z 方向の水の流出入量を差分法で解く。なお、MODFLOW コードは二次元平面や二次元断面モデル、準三次元モデルにも適用することができ、二次元の場合の計算グリッドは正方形または長方形となる。

MODFLOW には本体の地下水流動計算コードだけではなく、河川パッケージや水路パッケージ、一般水頭境界パッケージなど様々なサブルーチンコードが付属している。これらのパッケージを使用することにより、各種の外部境界条件下での水の流出入を計算することができる。

5.3.3 水文地質パラメータ

(1) MODFLOW シミュレーションに必要なパラメータ

MODFLOW では、モデルの形状、帯水層の種類、境界条件、初期条件、時間、水文地質特性、および関連パッケージに関する様々なパラメータを設定する必要がある。表 5.3.2 に、本調査で実施する MODFLOW シミュレーションに必要な基本的なパラメータをまとめる。

表 5.3.2 MODFLOW シミュレーションに必要な基本パラメータ

種類	名称	内容	備考
モデル形状	モデル構造	行・列数 平面グリッドの大きさ モデル層数	
	水文地質構造	層別上面標高 層別下面標高	グリッド別に指定
帯水層の特徴	帯水層の種別	被圧、不圧、被圧/不圧 (透水量係数一定)、 被圧/不圧 (透水量係数変化)	層別に指定
	異方性比	水平方向の異方性比	
	水文地質定数の計算方法	透水量係数 漏水係数 貯留係数	
	オプション	Interbed Storage 考慮の有無	
境界条件	基本境界条件	計算グリッド 非計算グリッド 固定水頭グリッド	グリッド別に指定 固定水頭グリッドは初期水頭で固定
初期条件	地下水流動初期条件	初期水頭	グリッド別に指定

種類	名称	内容	備考
時間	計算方法	定常、非定常の選択	
	時間単位	時間単位の選択	
	計算ステップ	長さ、分割ステップ数等	非定常計算の場合はステップごとに指定
水文地質特性	透水特性	横方向透水係数（透水量係数） 縦方向透水係数（縦方向漏水係数）	() はユーザー指定の場合
	貯留特性	比貯留量（貯留係数） ⁽¹⁾ 有効空隙率 比産出率 ⁽²⁾	() はユーザー指定の場合 ⁽¹⁾ 定常計算では不要 ⁽²⁾ 被圧では不要

このうち、水文地質特性に関するパラメータは、透水性を表すものと貯留性を表すものに細分される。透水性を表すパラメータには、①横方向の透水係数と②縦方向の透水係数があり、これを MODFLOW に入力すれば、MODFLOW が自動的に帯水層厚あるいは飽和帯の厚さを掛けて透水量係数や縦方向の漏水係数を計算する。なお、MODFLOW ではユーザーが透水量係数や縦方向の漏水係数を独自に準備して直接モデルに入力することもできる。

一方、貯留性を表すパラメータには①比貯留量（貯留係数）、②有効空隙率、および③比産出率があるが、比貯留量は層厚を考慮した貯留係数としても入力することができる。なお、比産出率は帯水層の種類が不圧あるいは被圧/不圧の場合に入力する必要がある。

このほか、MODFLOW には様々な関連パッケージが用意されているが、このうち本プロジェクトのシミュレーションで使用したパッケージは、かん養、井戸、既知水頭（固定水頭）、および一般水頭境界の 4 種類である。これらのうち、一般水頭境界のパッケージについては、「5.3.5(3)：一般水頭境界」でその利用方法を概説する。

また、次項に水文地質特性を示すパラメータの初期値の決定方法について記す。

(2) 透水量係数と透水係数

透水量係数は帯水層の能力を表す最も重要なパラメータであり、被圧帯水層の場合は次式で定義される。

$$T = k \cdot b \quad \text{(式 5-2)}$$

ここに、T は透水量係数[L²T⁻¹]、k は透水係数[LT⁻¹]、b は帯水層の層厚[L]である。この式からも明らかなように、透水量係数は単に帯水層を構成する地層の透水性だけでなく、その層厚を乗ずることにより、帯水層全体の能力を表している。なお、不圧帯水層の場合の透水量係数は、次式で定義されている。

$$T = h \cdot b \quad \text{(式 5-3)}$$

ここに、h は不圧帯水層中の飽和部の厚さ[L]である。したがって、不圧帯水層の場合や、MODFLOW で帯水層の種類を「被圧/不圧（透水量係数変化）」とした場合には、同じ帯水層でも透水量係数は水位により変化することに注意する必要がある。

主な地層の透水係数の一般値として、図 5.3.3 のような範囲が示されている。また、既存資料では、ラス・シエラス帯水層の透水係数分布が図 5.3.4 のように示されている。これらの資料より、ラス・シエラス帯水層の水平方向透水係数の初期値を図 5.3.5 のように設定した。

また、鉛直方向の透水係数は、上記水平方向透水係数の 1/5 の値とした。

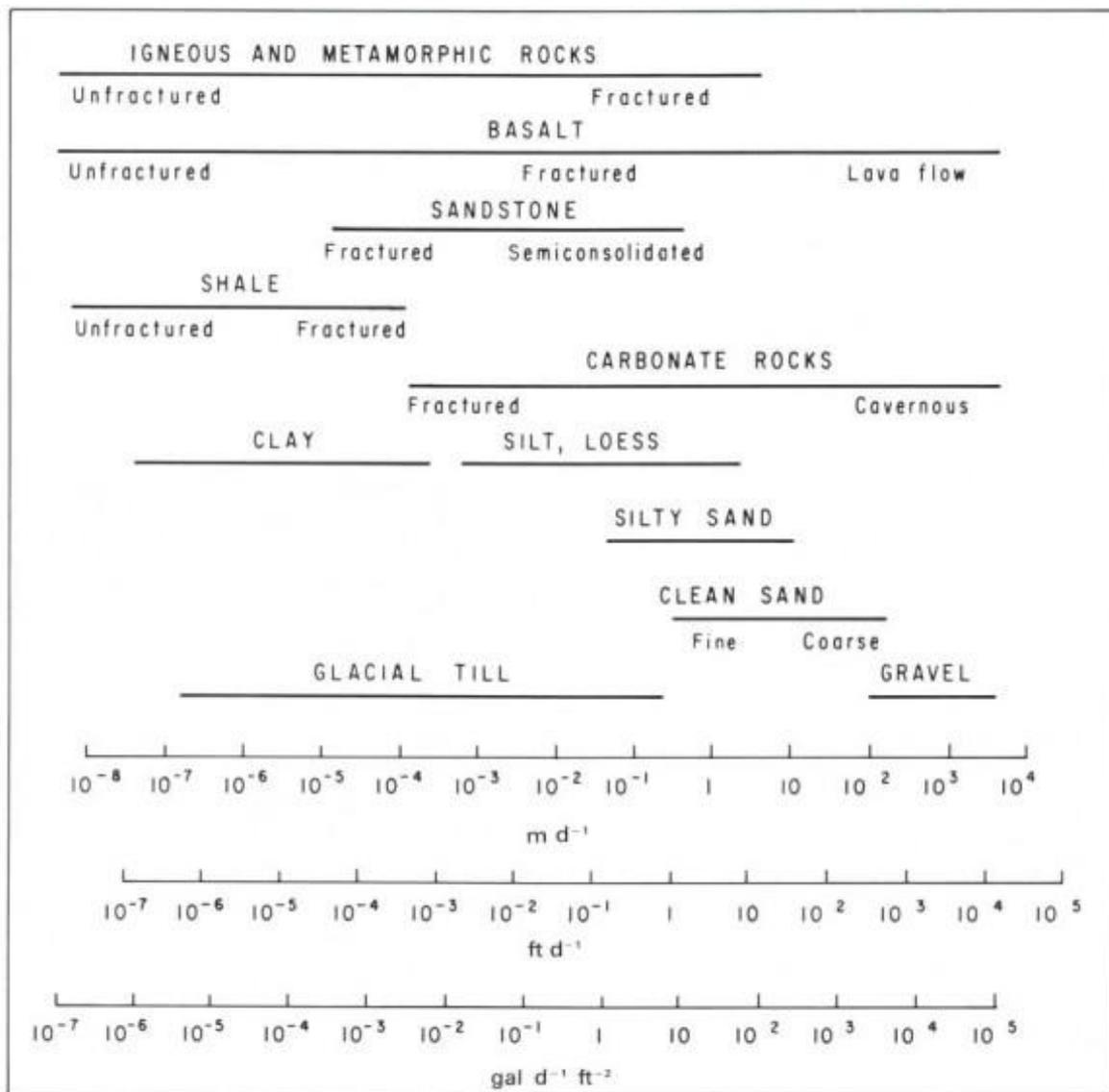


図 5.3.3 主な地層の透水係数の範囲¹

¹ RALPH C. HEATH (2009): Basic Ground-Water Hydrology, U.S.GEOLOGICAL SURVEY WATER-SUPPLY Paper

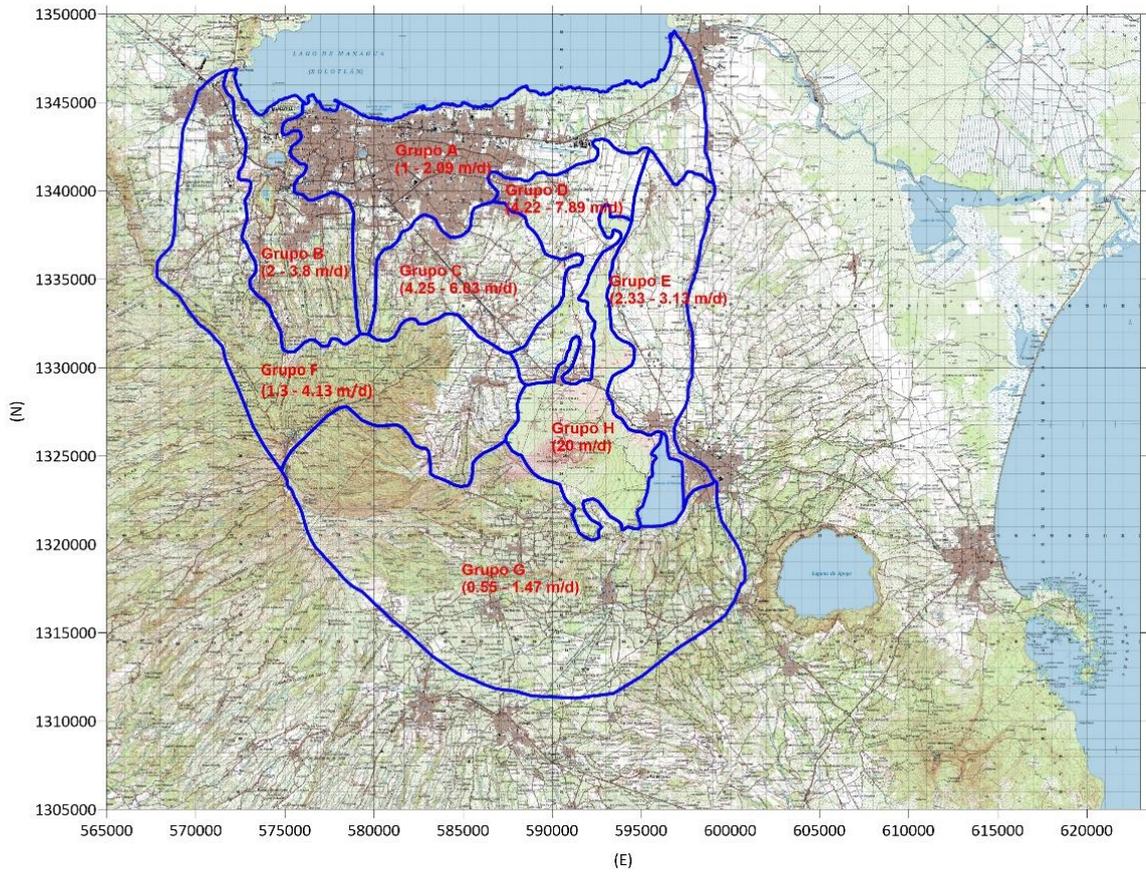


図 5.3.4 既存資料によるラス・シエラス帯水層の水平方向透水係数分布

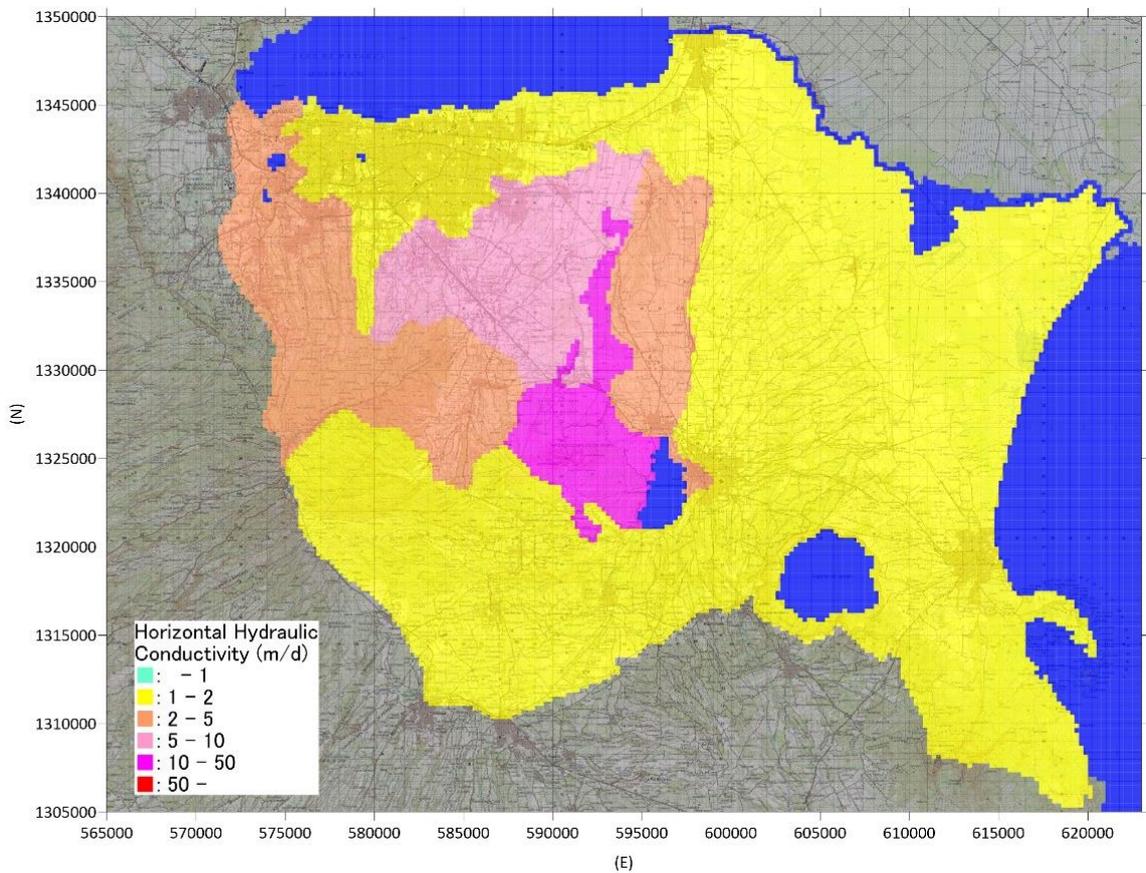


図 5.3.5 ラス・シエラス帯水層の水平方向透水係数の初期値分布

(3) 貯留係数

貯留係数は帯水層の貯留能力を示すパラメータであるが、その値は被圧帯水層と不圧帯水層の場合では大きく異なり、前者の値は後者の値よりも極めて小さい。これは、被圧帯水層では水頭が低下しても常に帯水層は地下水で飽和されているのに対し、不圧帯水層では地下水位の低下とともに飽和帯の層厚が減少し、排出される水量が多いためである。したがって、不圧帯水層の場合、貯留係数は有効空隙率（≒比産出率）にほぼ等しい。

貯留係数の把握には揚水井と観測井を設置した本格的な連続揚水試験が必要であるが、既存資料にはこのような方法で貯留係数を求めた例は少ない。ただし、以下に記すように、貯留係数の変化が比湧出量に与える影響は小さく、地下水シミュレーションモデルにおいても、貯留係数の計算水位に与える影響は、透水量係数のそれに比べて小さいことから、計算の初期値には一般的な値を用いることとする。

(a) 貯留係数の特徴

Cooper and Jacob (1946) は非定常流被圧完全井から地下水を揚水した場合、その水位降下量は次のように簡略化して表されるとした。

$$s = \frac{Q}{4\pi T} \left[\ln \left(\frac{4Tt}{r^2 S} \right) - 0.5772 \right] \quad (\text{式 5-4})$$

ここに、 s は水位降下量[L]、 Q は揚水量[L³T⁻¹]、 T は透水量係数[L²T⁻¹]、 t は時間[T]、 r は井戸半径[L]、そして S は貯留係数[無次元]である。(式 5-4) を常用対数に直し、貯留係数の変化が比湧出量に及ぼす影響を検討するために書き換えると、次式のようなになる。

$$Sc = \frac{Q}{s} = \frac{4\pi T}{2.30 \log(2.25Tt/r^2 S)} \quad (\text{式 5-5})$$

ここに、 Sc は比湧出量[L²T⁻¹]である。この式によると、理論的には比湧出量は透水量係数に比例して大きくなるのに対し、 $\log t$ や $\log(1/r^2)$ 、 $\log(1/S)$ とは反比例の関係にあることがわかる。(式 5-5) で表される比湧出量と貯留係数の関係をグラフで表すと図 5.3.6 のようになる。

この図は時間 t を 1 日、井戸半径 r を 0,1 m、井戸効率を 100% と仮定して作成したものであるが、貯留係数が大きく変化しても、それが比湧出量に与える影響は極めて小さいことがわかる。したがって、地下水シミュレーションモデルにおいても、貯留係数の計算水位に与える影響は、透水量係数のそれに比べて小さいことになる。

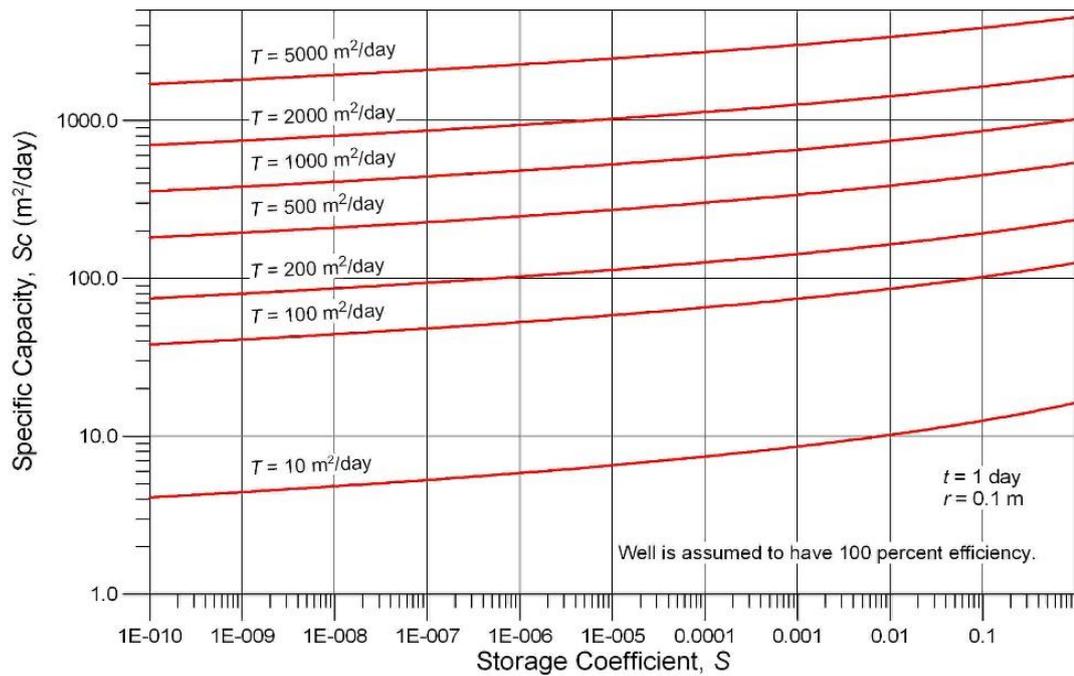


図 5.3.6 非定常状態における比湧出量と貯留係数、透水量係数との関係

(b) 地下水モデルへの入力値

日本地下水学会 (2010)² は、経験的な値として、貯留係数は被圧帯水層で 5.0E-03 から 5.0E-05、不圧帯水層で 4.0E-01 から 5.0E-02 の範囲をとると指摘している。したがって、地下水シミュレーションモデルに初期値として入力する貯留係数は被圧帯水層の代表値である 1.0E-03 とし、モデルの検証過程において実測の地下水変動を再現できるように妥当な範囲で貯留係数を変化させればよいことになる。

なお、貯留係数も帯水層の層厚を考慮したパラメータであり、単位層厚あたりの貯留係数は比貯留量と呼ばれる。

$$S = S_s \cdot b \quad (\text{式 5-6})$$

ここに、 S は貯留係数[無次元]、 S_s は比貯留量[L-1]、 b は帯水層の層厚[L]である。ラス・シエラス層の比貯留量の初期入力値は、上記の貯留係数 1.0E-03 に層厚を考慮して 1.0E-05 m⁻¹ とした。

なお、比貯留量及び比産出率の範囲として、下表のような値が示されており、内挿検定の際の検討材料とする。

² 日本地下水学会 地下水流動解析基礎理論のとりまとめに関する研究グループ編 (2010) : 地下水シミュレーション、技報堂出版、p232

表 5.3.3 比貯留量の範囲³

地質	Ss (m ⁻¹)
可塑性粘土	$2.0 \times 10^{-2} \sim 2.6 \times 10^{-3}$
硬い粘土	$2.6 \times 10^{-3} \sim 1.3 \times 10^{-3}$
やや硬い粘土	$1.3 \times 10^{-3} \sim 9.2 \times 10^{-4}$
しまっていない砂	$1.0 \times 10^{-3} \sim 4.9 \times 10^{-4}$
密な砂	$2.0 \times 10^{-4} \sim 1.3 \times 10^{-4}$
密な砂礫	$1.0 \times 10^{-4} \sim 4.9 \times 10^{-5}$
割れ目のある岩石	$6.9 \times 10^{-5} \sim 3.3 \times 10^{-6}$
固結した岩石	3.3×10^{-6} 以下

出所: Domenico (1972) を修正

表 5.3.4 比産出率の範囲³

物質	測定数	値	単純平均	
堆積物	砂岩 (細粒)	47	0.02 ~ 0.40	0.21
	砂岩 (中粒)	10	0.12 ~ 0.41	0.27
	シルト岩	13	0.01 ~ 0.33	0.12
	砂 (細粒)	287	0.01 ~ 0.46	0.33
	砂 (中粒)	297	0.16 ~ 0.46	0.32
	砂 (粗粒)	143	0.18 ~ 0.43	0.30
	礫 (細粒)	33	0.13 ~ 0.40	0.28
	礫 (中粒)	13	0.17 ~ 0.44	0.24
	礫 (粗粒)	9	0.13 ~ 0.25	0.21
	シルト	299	0.01 ~ 0.39	0.20
粘土	粘土	27	0.01 ~ 0.18	0.06
	石灰岩	32	0 ~ 0.36	0.14
	風成岩	レス	5	0.14 ~ 0.22
風成岩		14	0.32 ~ 0.47	0.38
岩石	片岩	11	0.22 ~ 0.33	0.26
	凝灰岩	90	0.02 ~ 0.47	0.21

出所: Morris Johnson (1967)

5.3.4 地下水モデルの構造

広域三次元モデルのモデル平面グリッドは、前記した図 5.2.3 に示す解析範囲をカバーするように設定した。モデルグリッドは世界測地系 WGS84 の UTM 座標系第 16 帯を基準として、各グリッドの平面サイズは INETER モデルとほぼ同じ 250m×250m とした (X 方向: 232 グリッド、Y 方向: 180 グリッド)。図 5.3.7 に解析グリッドと計算領域の表層地質分布を示す。

³ 藤縄克之 監訳 (1994) : 地下水モデル 実践的シミュレーションの基礎、共立出版、p246

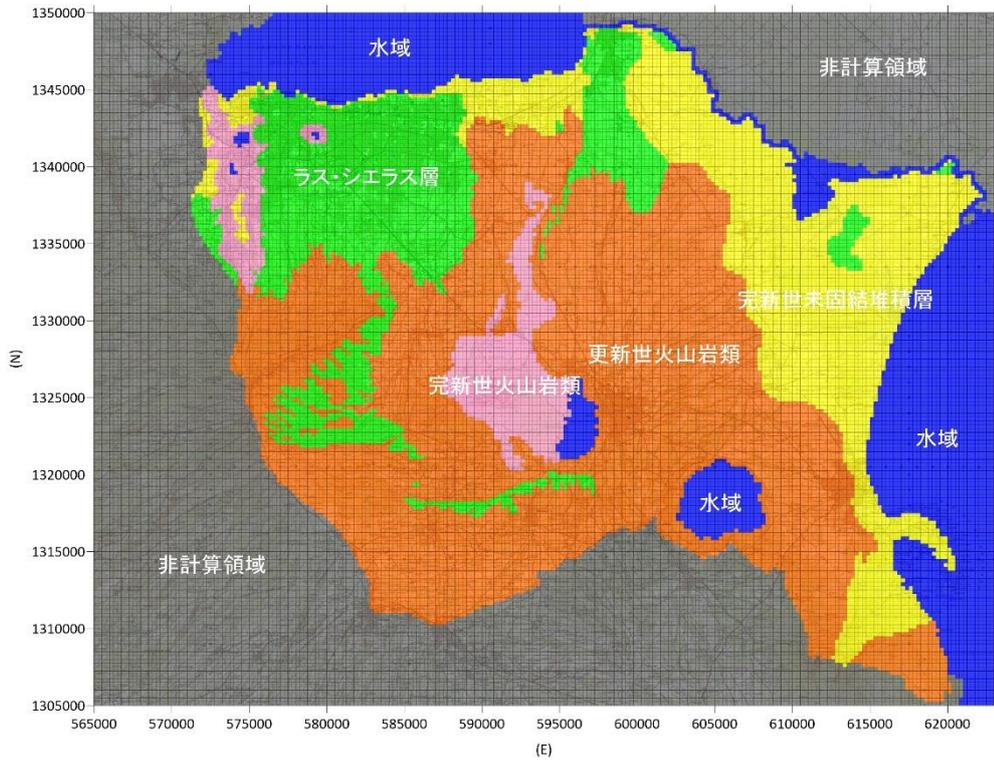


図 5.3.7 シミュレーション解析グリッド

また、鉛直方向は、ラス・シエラス帯水層の下位層を水理地質基盤として、下表の4層構造モデルとした。ただし、図 5.3.8 に示した第一帯水層及び第二帯水層が分布しないグリッドにおいても両層の層厚を0としないで、1m程度の層厚を持たせて水理地質パラメータで調整することとした。また、小火口丘（カルデラ地形）部も同様に第一帯水層～第四帯水層が分布することとして、貫入岩体に対応した水理地質パラメータを入力することで調整を取った。

表 5.3.5 帯水層区分

第一帯水層	完新世末固結堆積層	カルデラ等の貫入岩体
第二帯水層	完新世火山岩類 更新世火山岩類	
第三帯水層	ラス・シエラス層 (鮮新-更新世火山岩類)	
第四帯水層	水理地質基盤	

1m程度の層厚を持たせ、水理地質パラメータで調整

貫入岩体の水理地質パラメータで調整

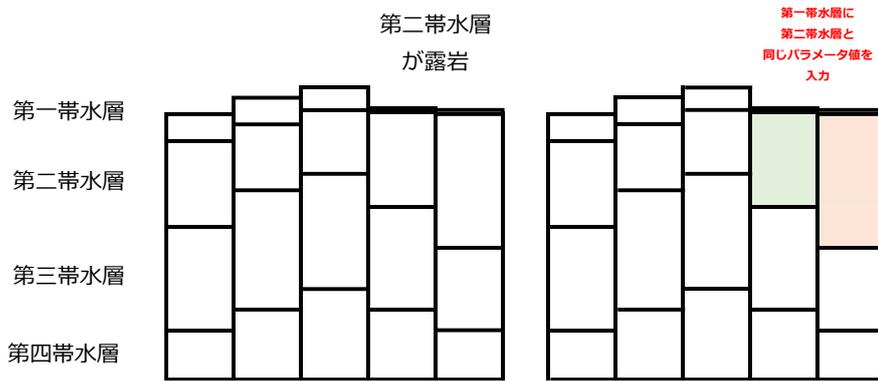


図 5.3.8 第一帯水層が分布しないグリッドの考え方

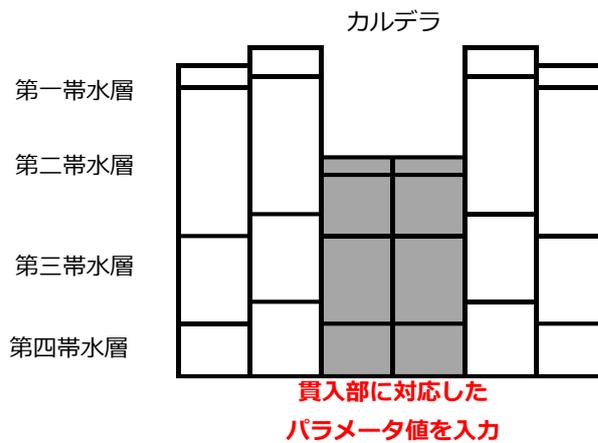


図 5.3.9 カルデラ地形のグリッドの考え方

各帯水層の層厚は、JICA (1993)、Arriola Picado, Manuel Salvador (2012)、Jesse Stimson & Martha Espinoza Ruiz (2000)、INETER モデル、ENACAL 及び ANA から提供地質柱状図等から推定した。ただし、解析範囲の南東部に関しては、第三帯水層の下限に関する既存資料が無いため、Jesse Stimson & Martha Espinoza Ruiz (2000)の「ラス・シエラス層内の最大井戸深度は 150m」の記載に基づき、第三帯水層が 150m 以上の層厚を有するように設定した。

図 5.3.10 に第三帯水層の下面深度、図 5.3.11 に第三帯水層の層厚を示す。

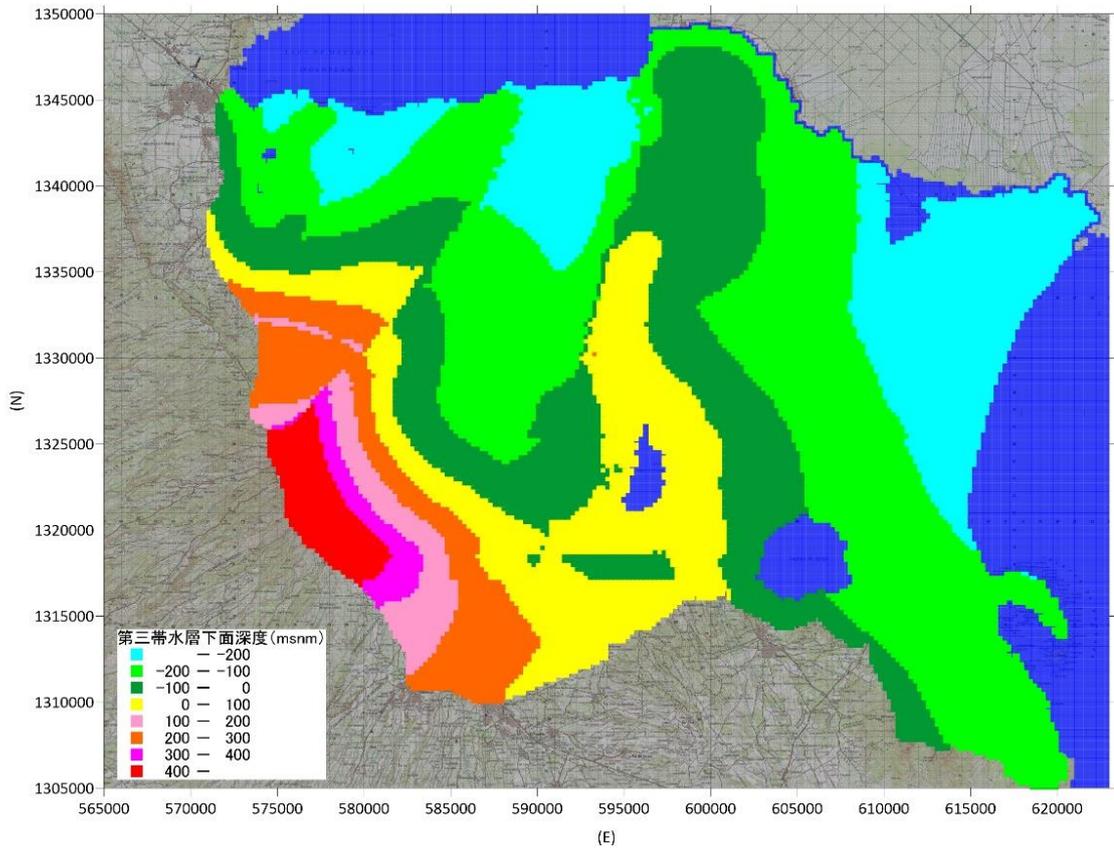


図 5.3.10 第三帯水層の下面深度分布

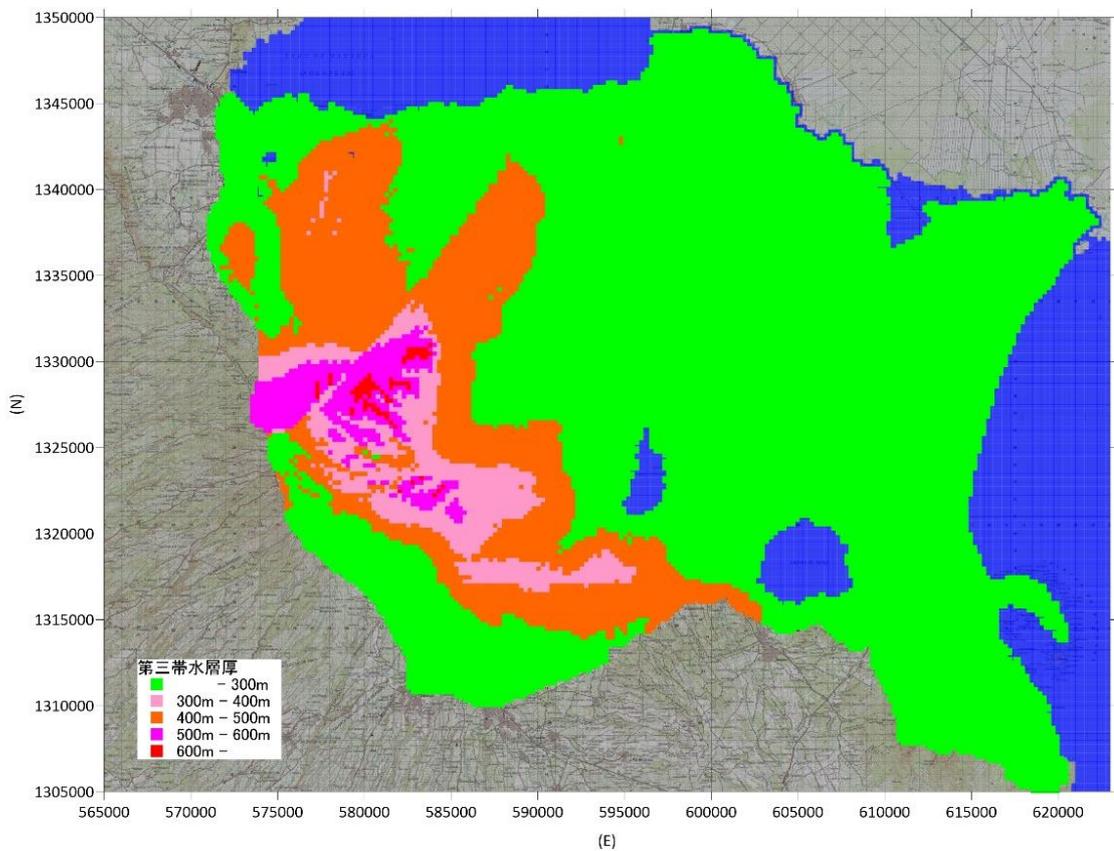


図 5.3.11 第三帯水層の層厚分布

5.3.5 三次元流動モデルの境界条件

シミュレーションモデルでは、水文地質条件を考慮した境界条件の設定が必要である。本プロジェクトでは、以下の境界条件を設定している。

(1) 閉鎖境界

閉鎖境界は、これを境にして内側と外側との間で地下水流動が発生しない境界のことであり、三次元流動モデルではモデルの底面を閉鎖境界とした。また、解析範囲外のグリッドはモデル上では「Inactive Cell」(不透水計算セル)として扱い、計算領域から除外した。

(2) 既知水頭 (固定水頭) 境界

図 5.3.12 に示す湖及び水系を既知水頭 (固定水頭) として設定した。また、それぞれの水位等は既存資料より表 5.3.6 に示すとおりとした。

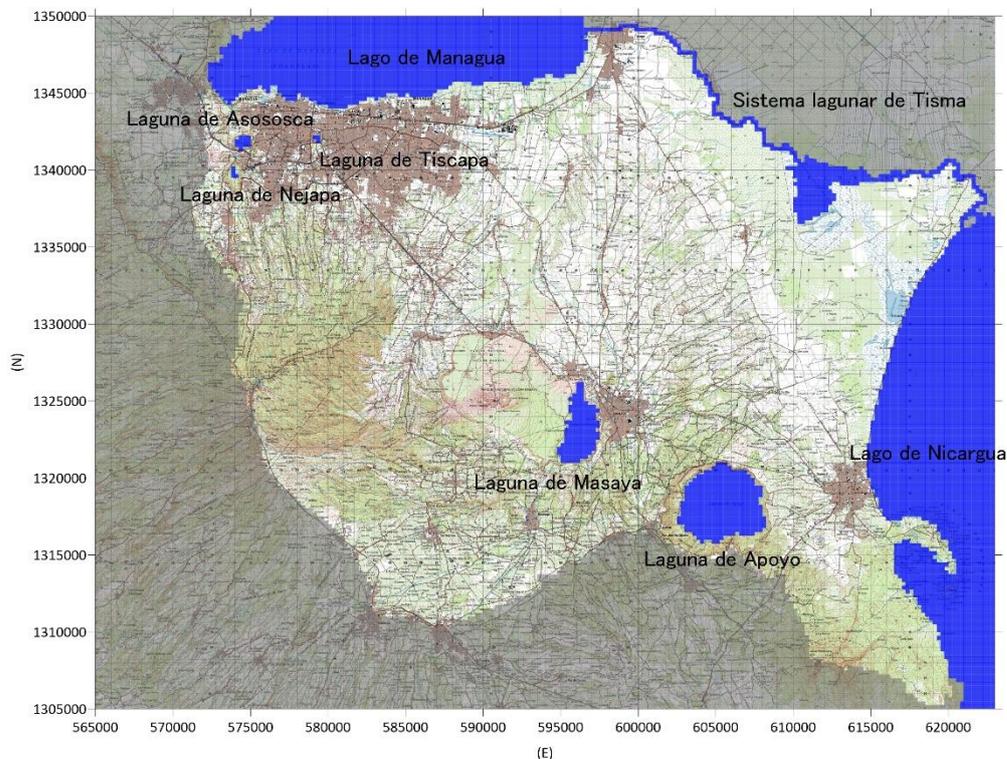


図 5.3.12 既知水頭 (固定水頭) 設定グリッド (■)

表 5.3.6 湖及び水系の水位と水深

	Nivel del espejo de agua	Profundidad promedio	Fuente
Lago de Managua	39 msnm	7.8 m	ENACAL (2007) in Manuel Arriola Picado (2012)
Lago de Nicaragua	31 - 32 msnm	13.2 m	ENACAL (2007) in Manuel Arriola Picado (2012)
Laguna de Asososca	36.5 msnm	95 m	Érika Sánchez Alemán (2020)
Laguna de Tiscapa	48.53 msnm	40.6 m	Érika Sánchez Alemán (2020)
Laguna de Nejapa	42.49 msnm	3.5 m	Érika Sánchez Alemán (2020)
Laguna de Masaya	119 msnm	73 m	Vázquez-Prada Baillet, D. et al. (2008)
Laguna de Apoyo	72 msnm	175 m	Jesse Stimson 1 & Martha Espinoza Ruíz (2000) Heyddy Calderón Palma y Yelba Flores Meza (2010)
Sistema lagunar de Tisma	Aster GDEM 3		Aster GDEM 3

(3) 一般水頭境界

一般水頭境界は、設定したグリッドを既知水頭として、かつシミュレーションの進行にあわせて変化させることが可能な境界条件である。一般水頭境界における計算は、特定のグリッドの外側に固定水頭境界があり、そのグリッドと固定境界との間に一定の水理コンダクタンス (Cb) を有する物質が存在すると仮定した条件で行われる。

三次元流動モデルでは、図 5.3.7 に示したシミュレーション解析範囲の西側及び南側に於いて、解析範囲グリッドの一つ外側のグリッドに一般水頭境界を設定した(図 5.3.13)。このグリッドを既知水頭とし、既存資料 (JICA (1993)、Jesse Stimson & Martha Espinoza Ruiz (2000) 等) から水位を推定した。

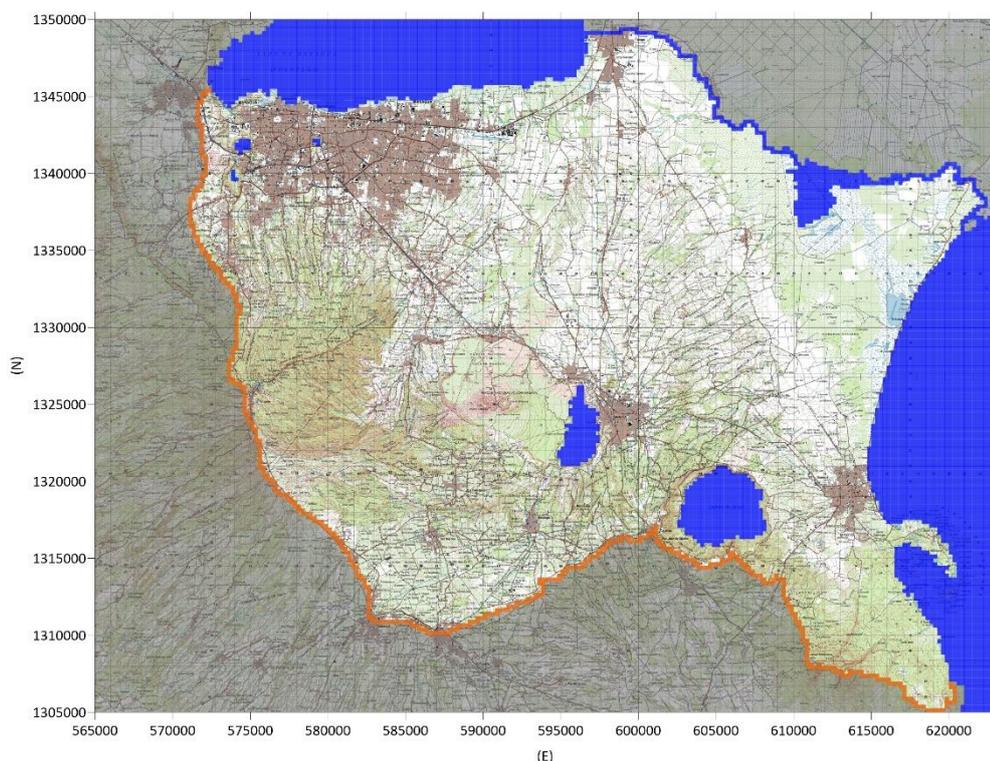


図 5.3.13 一般水頭境界設定グリッド (■)

5.3.6 初期水位

第三帯水層に関しては、既往資料 (JICA (1993)、Arriola Picado, Manuel Salvador (2012)、Jesse Stimson & Martha Espinoza Ruiz (2000)) から地下水位分布図を作成した (図 5.3.14)。この地下水位分布は、以下のように使用した。

➤ ステップ 1 : 既往調査や一般値から求めた水理地質パラメータを用いて定常計算を行うことに、大略の地下水位分布を再現できるようパラメータ値の修正計算 (2019 年 12 月の揚水量値及び涵養量値を用いた 36500 日の定常計算) を行う際の初期水位。

➤ ステップ 2 : 現況計算の初期水位を設定するための 2011 年 1 月の揚水量値及び涵養量値を用いた 7300 日の非定常計算を行う際の初期水位。

また、現況計算（2011年1月から2019年12月までの非定常計算（108 period））を行う際の初期水位は、上記ステップ2の計算の6205日目（1993年から約17年経過）の水位を用いた（図 5.3.15）。

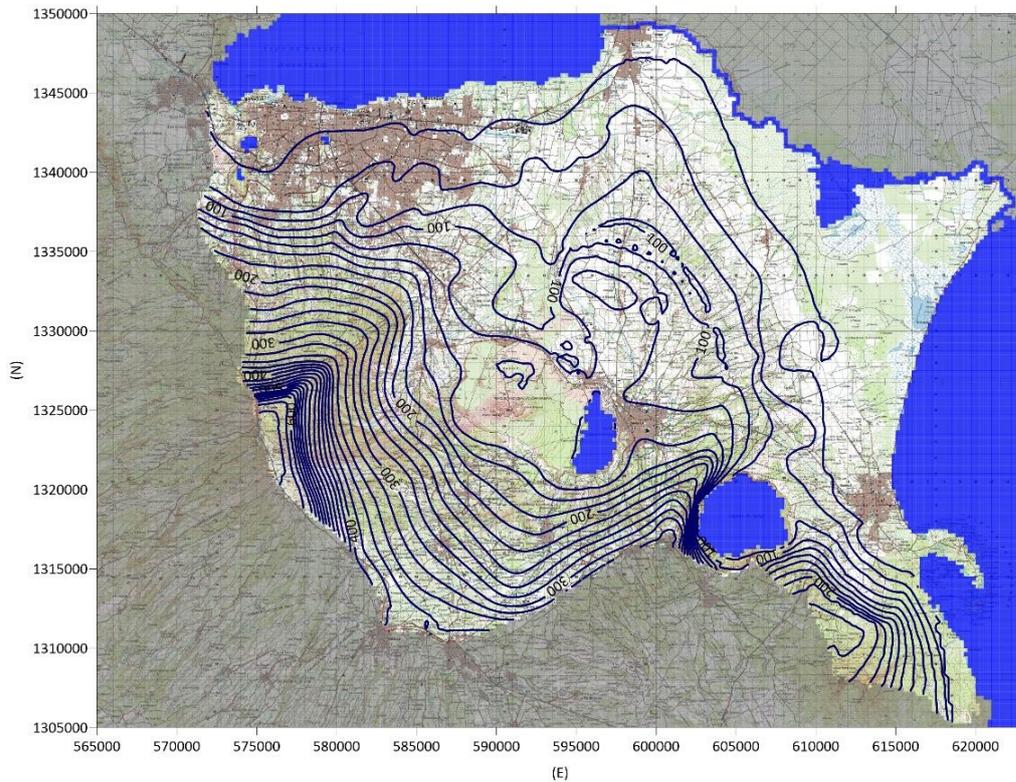


図 5.3.14 既往資料から作成した地下水位分布

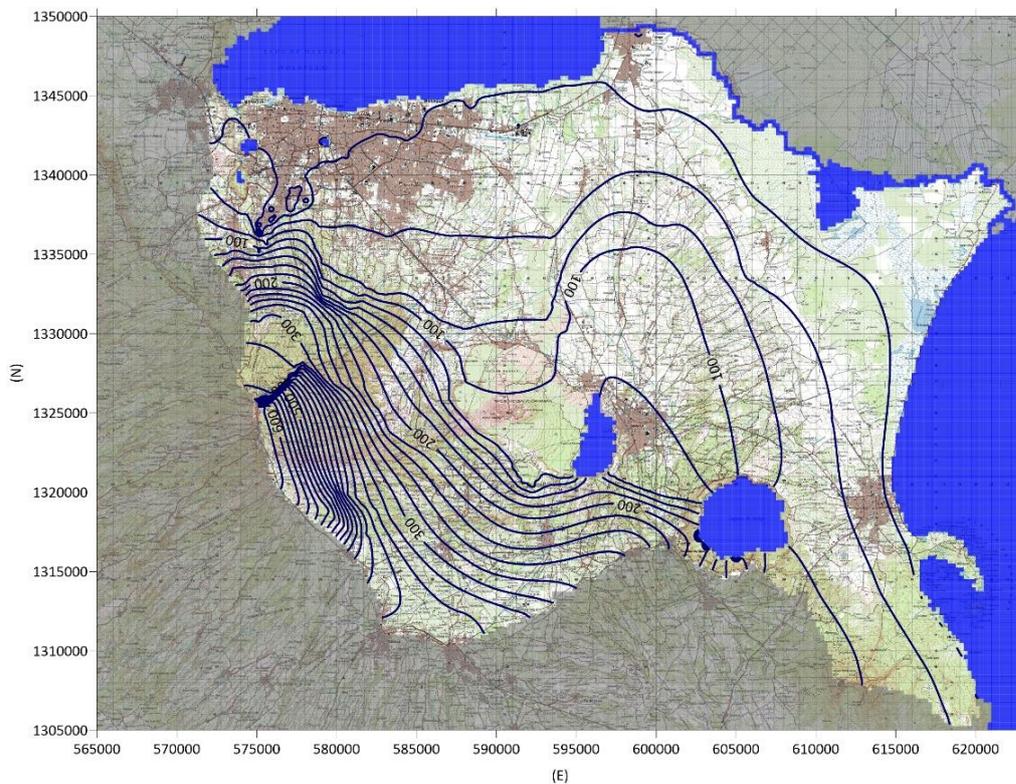


図 5.3.15 現況計算に用いた初期水位

5.4 地下水涵養量の推計

5.4.1 タンクモデルによる地下水涵養量の推計

(1) タンクモデルの構造と計算方法

タンクモデル法は、菅原（1972）⁴ によって開発された河川の流出解析法である。ある流域内の水の挙動を扱うことができることから、地下水の解析にも適用されている。

タンクモデルは、右図に示すように貯水タンクを直列に繋げた構造を流域に見立て、他流域からの流入は考慮しない垂直方向の流れを基本としたモデルである。また、構築したタンクモデルは、未固結層の不圧部への地下水涵養量の推計を目的としており、この不圧帯水層と側方の帯水層との間の流入・流出は想定していない。

上の方のタンクは地表面近くの水の流れを表し、下の方に行くほど地下深くの水の流れを表現している。各タンクの貯留高（水深）は地中の水の貯留量を表し、雨が降れば水深は増加し蒸発散、流出、浸透などがあれば水深は減少する。

タンクの側方についた流出口が河川への流出を表し、タンクの底の流出口はより深い地下への下方浸透を表している。また、各タンクからの流出量・浸透量はタンク内の貯留高に比例する。右図に示す 3 段構造のタンクモデルでは、2 段目のタンクの底の流出口から 3 段目のタンクに落ちていく浸透量を地下水涵養量と見なすことができる。計算は、通常日単位で行い、図に示した各記号の意味は、表 5.4.1 のとおりである。

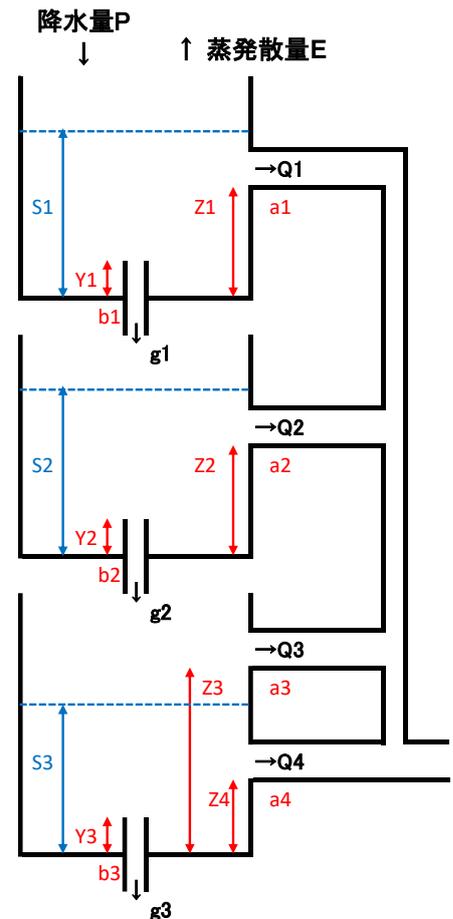


図 5.4.1 タンクモデルの例

表 5.4.1 タンクモデルのパラメータ

記号	名称	単位
a1～a4	流出孔係数	1/日
Z1～Z4	流出孔高さ	mm
b1～b3	浸透孔係数	1/日
Y1～Y3	浸透孔高さ	mm
g1～g3	浸透量	mm/日
S1～S3	貯留高（水深）	mm
Q1～Q4	流出量	mm/日

⁴ 菅原正巳（1972）：水文学講座 7 流出解析法、共立出版

流出孔係数 a 及び浸透孔係数 b はそれぞれタンクからの流出量、浸透量の大きさを決めるもので係数の値が大きい程、流出量・浸透量は大きくなる。 Z は流出孔・浸透孔の高さを表しており、貯留高が孔の高さよりも低い位置にあれば流出は 0 となる。

タンクモデルの計算手順は、以下の通りである。

計算開始日を 1 日目とし、1 日単位で地下水位を計算する。

i 日目の降水量を $P(i)$ 、蒸発散量を $E(i)$ 、流出量を $Q(i)$ 、前日のタンクの貯留高に降水量を足して、蒸発散量を引いた貯留高を $S1(i) \sim S3(i)$ 、浸透量を $g1(i) \sim g3(i)$ 、流出孔からの流出量を $Q1(i) \sim Q4(i)$ とする。また、前日 ($i-1$ 日目) の各タンクの貯留高を $S'1(i-1) \sim S'3(i-1)$ と表すこととする。

はじめに、 i 日目の 1 段目の (一番上) のタンクの前日の貯留高 $S'1(i-1)$ に降水量 $P(i)$ を足し、タンクから蒸発散量 $E(i)$ を引いて水深 $S1(i)$ を求める。

$$S1(i) = S'1(i-1) + P(i) - E(i)$$

蒸発散量は、後述するソーンスウェイト法によって求めた可能蒸発散量とし、一段目のタンクの貯留高が可能蒸発散量以下の場合には貯留高を実蒸発散量とする ($S(i) \geq 0$)。

この貯留高 $S1(i)$ に比例した量の水が流出孔及び浸透孔から流れ出るとする。ただし、貯留高が流出孔・浸透孔の高さよりも低い位置にあれば、流出量・浸透量は 0 となる。

$$Q1(i) = a1 \times (S1(i) - Z1)$$

$$g1(i) = b1 \times (S1(i) - Y1)$$

2 段目のタンクの貯留高 $S2(i)$ は、前日の $S'2(i-1)$ に雨の代わりに 1 段目からの浸透量 $g1(i)$ を加える。この貯留高 $S2(i)$ から流出量 $Q2(i)$ と $g2(i)$ を引いて $S'2(i)$ を求める。

$$S'2(i) = S2(i) - Q2(i) - g2(i)$$

2 段目のタンクの貯留高 $S2(i)$ は、前日の $S'2(i-1)$ に雨の代わりに 1 段目からの浸透量 $g1(i)$ を加える。この貯留高 $S2(i)$ から流出量 $Q2(i)$ と $g2(i)$ を引いて $S'2(i)$ を求める。

$$S2(i) = S'2(i-1) + g1(i)$$

以下同様にして、3 段目まで計算し、 $g2(i)$ を地下水涵養量、 $Q1(i)$ から $Q4(i)$ の合計を河川への流出量とする。また、3 段目タンクの貯留高が流域の地下水位貯留量に相当するとし、3 段目タンクの貯留高変化を有効空隙率で除した値を地下水位変化に相当するものとする。

なお、本案件のタンクモデル解析では、上記のタンク構造より 1 段目及び 2 段目の側方孔の数を増やした構造とした (図 5.4.2)。また、計算及び検証に必要な気象データや不圧地下水位測定結果を十分に入手できなかったため、月単位の計算とした。

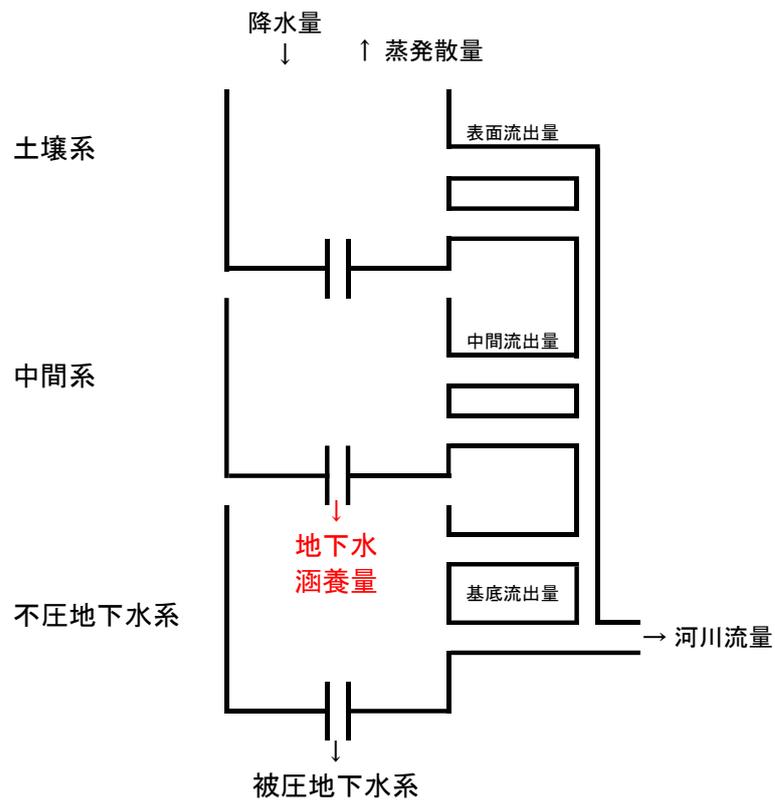


図 5.4.2 本調査で採用したタンクモデル構造

(2) 気象データと可能蒸発散量の推計

図 5.4.3 に示す 3 観測所の 2006 年から 2019 年の月降水量と月平均気温を収集整理し、月平均気温からゾーンスウェイト法を用いて可能蒸発散量を推定した。

気象データを収集整理し、可能蒸発散を推計した 3 観測所：

- AEROPUERTO INTERNACIONAL MANAGUA (A.C. Sandino)
- MASAYA (L. OXIDACION)
- CAMPOS AZULES (Masatepe)

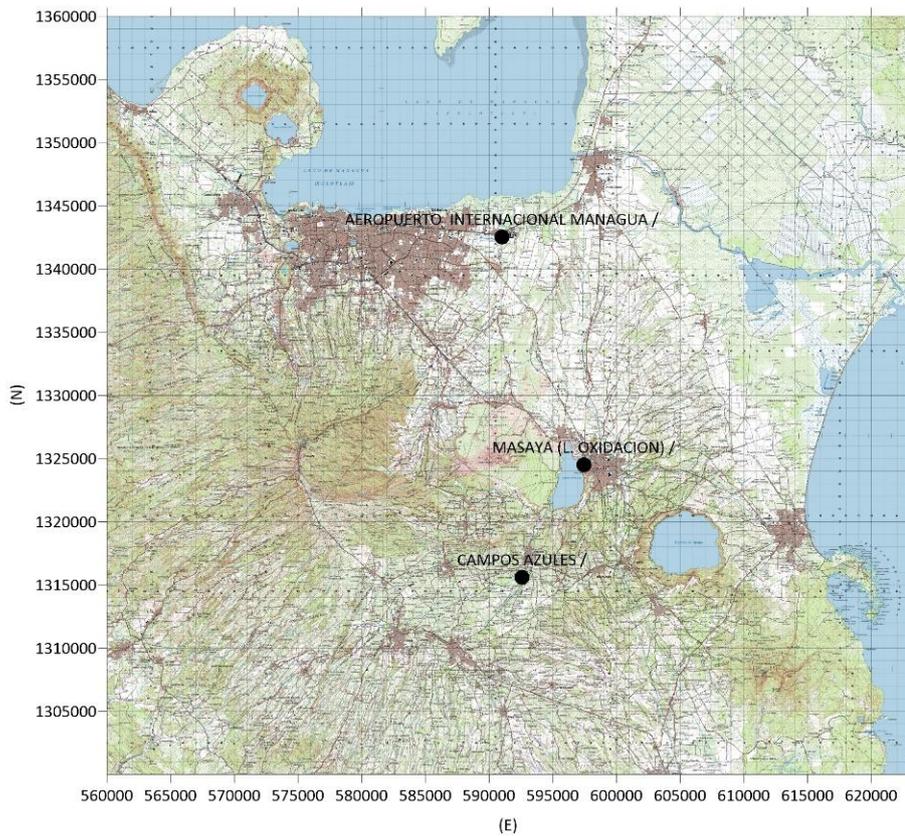


図 5.4.3 気象観測地点

(3) 検証用不圧地下水位データ

ENACAL から提供を受けた図 5.4.4 に示す 6 地点の PNRH 用浅井戸の地下水位データの内、赤枠を付した 3 地点の地下水位データをタンクモデル解析による計算水位の検証データとして用いた。

地下水位データを検証材料とした 3 観測所：

- Santa Clara (Granada)
- Los Placeres
- Hda EL Panama

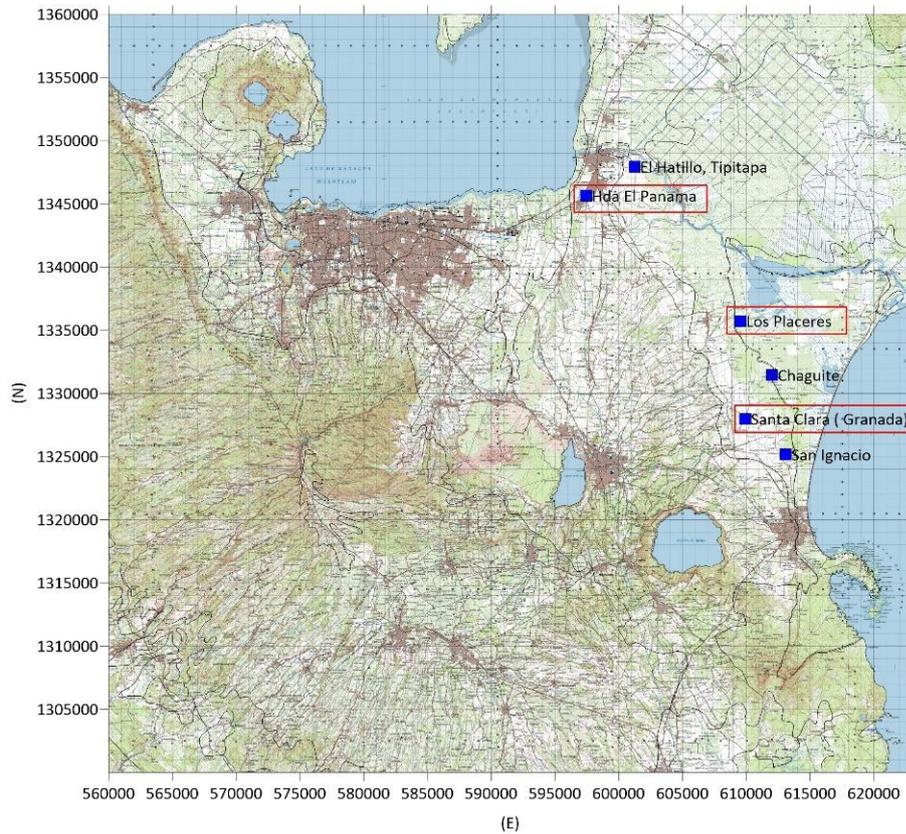


図 5.4.4 不圧地下水位観測地点

(4) タンクモデル解析結果

(3)項で記した不圧地下水位観測 3 地点のタンクモデル計算検証結果を図 5.4.5～図 5.4.7に示す。また、この 3 地点の月毎の地下水涵養量を表 5.4.2～表 5.4.4 に示す。なお、タンクモデル解析に於いては、前期にタンクに残存する水量により、当期の降雨量よりも地下水涵養量の方が大きくなる場合もあり、また、降雨が無い場合でも地下水涵養量が生じることがある。

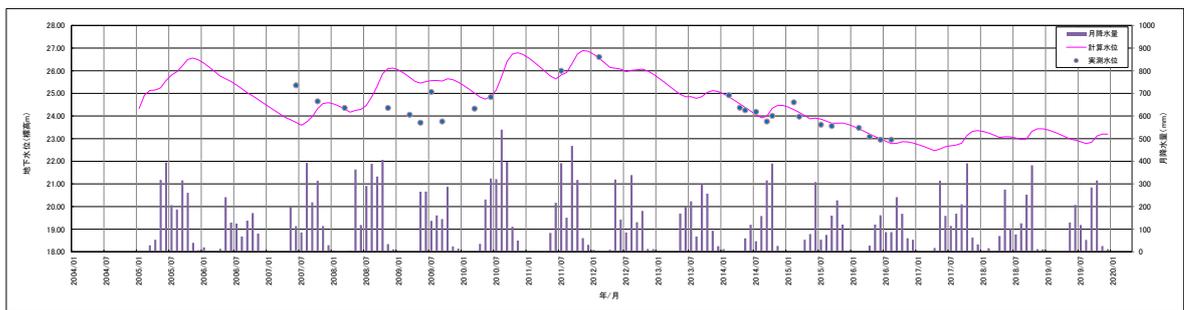


図 5.4.5 Santa Clara (Granada) (気象データ : MASAYA)

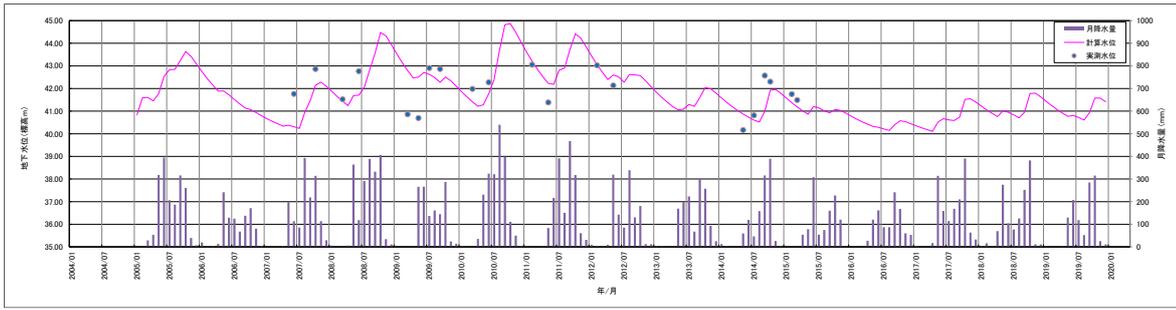


図 5.4.6 Los Placeres (気象データ : MASAYA)

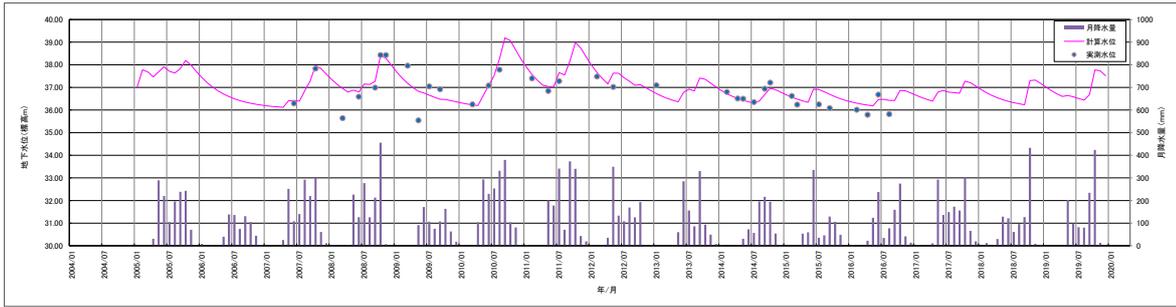


図 5.4.7 Hda El Panama (気象データ : AEROPUERTO INTERNACIONAL MANAGUA)

表 5.4.2 月別地下水涵養量 (Santa Clara)

		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2006年	降水量(mm)	19.70	3.00	4.60	13.20	241.40	129.00	124.70	67.40	137.70	171.40	80.40	4.20
	涵養量(mm)	14.05	8.43	5.06	3.04	14.67	13.12	7.87	4.72	2.83	6.80	4.08	2.45
	涵養率	71.33%	281.04%	109.97%	22.99%	6.08%	10.17%	6.31%	7.01%	2.06%	3.97%	5.08%	58.32%
2007年	降水量(mm)	0.50	1.70	0.00	4.30	200.10	113.60	85.70	393.00	218.60	314.40	113.90	29.20
	涵養量(mm)	1.47	0.88	0.53	0.32	6.72	4.03	2.42	43.21	55.64	76.26	58.22	31.11
	涵養率(mm)	293.94%	51.87%		7.38%	3.36%	3.55%	2.82%	11.00%	25.45%	24.25%	51.11%	106.53%
2008年	降水量(mm)	6.40	0.30	0.50	6.20	363.90	118.50	290.90	388.60	332.80	406.60	34.40	11.10
	涵養量(mm)	17.55	10.53	6.32	3.79	35.16	31.08	50.33	82.44	95.57	113.62	67.99	36.00
	涵養率(mm)	274.28%	3510.81%	1263.89%	61.16%	9.66%	26.23%	17.30%	21.22%	28.72%	27.94%	197.65%	324.28%
2009年	降水量(mm)	1.10	0.40	0.00	1.90	265.80	266.10	136.50	161.00	144.90	287.20	23.80	14.30
	涵養量(mm)	20.00	12.00	7.20	4.32	19.63	41.00	36.04	32.85	26.99	45.94	24.97	14.49
	涵養率(mm)	1817.97%	2999.65%		227.34%	7.39%	15.41%	26.40%	20.40%	18.62%	16.00%	104.92%	101.30%
2010年	降水量(mm)	1.50	0.10	0.00	35.20	231.30	324.00	321.10	539.50	398.30	110.60	49.80	3.60
	涵養量(mm)	8.69	5.21	3.13	1.88	13.37	45.24	69.28	118.03	131.07	85.50	46.11	25.05
	涵養率(mm)	579.42%	5214.74%		5.33%	5.78%	13.96%	21.57%	21.88%	32.91%	77.30%	92.58%	695.92%
2011年	降水量(mm)	2.60	0.00	0.00	2.00	83.30	216.40	391.30	150.90	467.80	317.70	60.70	30.80
	涵養量(mm)	14.53	8.72	5.23	3.14	1.88	13.18	56.99	49.08	90.53	99.39	60.73	32.36
	涵養率(mm)	558.72%			156.89%	2.26%	6.09%	14.56%	32.53%	19.35%	31.28%	100.05%	105.08%
2012年	降水量(mm)	8.60	3.90	0.70	9.50	319.50	142.40	85.60	338.80	130.70	181.00	12.80	12.20
	涵養量(mm)	18.18	10.91	6.55	3.93	28.28	28.71	16.36	41.75	37.01	38.13	21.07	12.53
	涵養率(mm)	211.42%	279.73%	935.09%	41.34%	8.85%	20.16%	19.11%	12.32%	28.31%	21.07%	164.59%	102.73%
2013年	降水量(mm)	3.90	3.10	1.80	0.00	169.30	200.30	223.20	67.70	299.40	257.30	93.10	25.10
	涵養量(mm)	7.52	4.51	2.71	1.62	2.14	11.52	28.11	16.16	38.24	55.20	40.30	22.15
	涵養率(mm)	192.82%	145.55%	150.40%		1.27%	5.75%	12.59%	23.87%	12.77%	21.45%	43.29%	88.25%
2014年	降水量(mm)	12.30	3.40	0.00	0.00	59.30	119.50	46.70	158.40	315.80	389.70	26.30	5.00
	涵養量(mm)	13.08	7.85	4.71	2.82	1.69	1.02	0.61	1.98	32.30	75.29	44.48	24.24
	涵養率(mm)	106.30%	230.74%			2.86%	0.85%	1.31%	1.25%	10.23%	19.32%	169.12%	484.78%
2015年	降水量(mm)	0.40	0.00	0.10	53.60	78.30	308.40	53.80	74.90	159.70	227.50	120.60	1.20
	涵養量(mm)	14.12	8.47	5.08	3.05	1.83	26.27	15.13	9.08	8.52	21.04	21.22	12.61
	涵養率(mm)	3529.88%		5083.02%	5.69%	2.34%	8.52%	28.13%	12.12%	5.33%	9.25%	17.60%	1050.98%
2016年	降水量(mm)	0.30	0.50	0.20	27.10	120.60	161.70	87.10	87.00	241.20	168.20	60.20	52.90
	涵養量(mm)	7.57	4.54	2.72	1.63	0.98	3.20	1.92	1.15	18.10	27.23	15.70	9.42
	涵養率(mm)	2522.35%	908.05%	1362.07%	6.03%	0.81%	1.98%	2.20%	1.32%	7.50%	16.19%	26.07%	17.80%
2017年	降水量(mm)	4.70	0.00	1.50	16.80	314.30	158.70	114.40	168.40	209.90	391.10	63.10	32.50
	涵養量(mm)	5.65	3.39	2.03	1.22	26.11	29.60	22.62	20.62	28.25	68.31	44.35	24.18
	涵養率(mm)	120.23%		135.62%	7.27%	8.31%	18.65%	19.77%	12.25%	13.46%	17.47%	70.29%	74.39%
2018年	降水量(mm)	2.90	15.60	0.20	69.80	274.70	104.20	76.70	125.80	252.00	382.40	11.50	10.90
	涵養量(mm)	14.09	8.45	5.07	3.04	22.08	17.47	10.48	6.29	23.47	67.21	35.61	19.80
	涵養率(mm)	485.82%	54.19%	2535.96%	4.36%	8.04%	16.77%	13.67%	5.00%	9.31%	17.58%	309.62%	181.68%
2019年	降水量(mm)	0.40	0.00	0.00	2.50	129.90	207.40	118.20	52.30	284.50	315.40	25.40	11.50
	涵養量(mm)	11.88	7.13	4.28	2.57	1.54	9.93	6.36	3.81	25.78	58.06	31.31	17.66
	涵養率(mm)	2970.43%			102.66%	1.19%	4.79%	5.38%	7.29%	9.06%	18.41%	123.28%	153.54%

表 5.4.3 月別地下水涵養量 (Los Placeres)

		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2006年	降水量(mm)	19.70	3.00	4.60	13.20	241.40	129.00	124.70	67.40	137.70	171.40	80.40	4.20
	涵養量(mm)	1.80	0.63	0.22	0.08	31.34	8.03	2.20	0.75	0.26	12.53	3.33	1.03
	涵養率	9.14%	21.00%	4.79%	0.58%	12.98%	6.23%	1.77%	1.11%	0.19%	7.31%	4.14%	24.45%
2007年	降水量(mm)	0.50	1.70	0.00	4.30	200.10	113.60	85.70	393.00	218.60	314.40	113.90	29.20
	涵養量(mm)	0.36	0.13	0.04	0.02	15.92	4.17	1.24	102.22	86.51	114.24	51.37	13.04
	涵養率(mm)	71.89%	7.40%		0.36%	7.95%	3.67%	1.45%	26.01%	39.58%	36.34%	45.10%	44.65%
2008年	降水量(mm)	6.40	0.30	0.50	6.20	363.90	118.50	290.90	388.60	332.80	406.60	34.40	11.10
	涵養量(mm)	3.45	1.06	0.37	0.13	80.19	30.97	73.42	133.08	139.72	169.12	43.22	11.00
	涵養率(mm)	53.98%	352.87%	74.10%	2.09%	22.04%	26.13%	25.24%	34.25%	41.98%	41.59%	125.65%	99.11%
2009年	降水量(mm)	1.10	0.40	0.00	1.90	265.80	266.10	136.50	161.00	144.90	287.20	23.80	14.30
	涵養量(mm)	2.95	0.93	0.33	0.11	41.57	66.20	29.31	21.74	10.81	65.87	16.66	4.36
	涵養率(mm)	267.75%	232.83%		6.00%	15.64%	24.88%	21.47%	13.50%	7.46%	22.93%	70.01%	30.49%
2010年	降水量(mm)	1.50	0.10	0.00	35.20	231.30	324.00	321.10	539.50	398.30	110.60	49.80	3.60
	涵養量(mm)	1.29	0.45	0.16	0.06	29.85	86.67	111.06	205.12	200.67	72.52	18.32	4.78
	涵養率(mm)	85.67%	449.79%		0.16%	12.91%	26.75%	34.59%	38.02%	50.38%	65.57%	36.80%	132.67%
2011年	降水量(mm)	2.60	0.00	0.00	2.00	83.30	216.40	391.30	150.90	467.80	317.70	60.70	30.80
	涵養量(mm)	1.39	0.49	0.17	0.06	0.02	29.37	115.67	54.79	149.95	143.44	36.50	9.32
	涵養率(mm)	53.42%			2.98%	0.03%	13.57%	29.56%	36.31%	32.05%	45.15%	60.13%	30.26%
2012年	降水量(mm)	8.60	3.90	0.70	9.50	319.50	142.40	85.60	338.80	130.70	181.00	12.80	12.20
	涵養量(mm)	2.52	0.83	0.29	0.10	63.22	29.34	7.53	79.92	37.30	35.49	9.07	2.46
	涵養率(mm)	29.36%	21.19%	41.31%	1.07%	19.79%	20.60%	8.80%	23.59%	28.54%	19.61%	70.84%	20.18%
2013年	降水量(mm)	3.90	3.10	1.80	0.00	169.30	200.30	223.20	67.70	299.40	257.30	93.10	25.10
	涵養量(mm)	0.81	0.28	0.10	0.03	2.86	24.96	48.18	12.24	72.67	84.08	26.52	6.82
	涵養率(mm)	20.78%	9.15%	5.52%		1.69%	12.46%	21.58%	18.08%	24.27%	32.68%	28.48%	27.19%
2014年	降水量(mm)	12.30	3.40	0.00	0.00	59.30	119.50	46.70	158.40	315.80	389.70	26.30	5.00
	涵養量(mm)	1.90	0.67	0.23	0.08	0.03	0.01	0.00	3.94	75.68	140.80	35.39	9.04
	涵養率(mm)	15.46%	19.57%			0.05%	0.01%	0.01%	2.49%	23.96%	36.13%	134.58%	180.87%
2015年	降水量(mm)	0.40	0.00	0.10	53.60	78.30	308.40	53.80	74.90	159.70	227.50	120.60	1.20
	涵養量(mm)	2.46	0.81	0.28	0.10	0.03	61.36	15.53	4.08	8.70	38.42	15.18	3.99
	涵養率(mm)	613.97%		283.14%	0.18%	0.04%	19.90%	28.88%	5.45%	5.45%	16.89%	12.59%	332.46%
2016年	降水量(mm)	0.30	0.50	0.20	27.10	120.60	161.70	87.10	87.00	241.20	168.20	60.20	52.90
	涵養量(mm)	1.19	0.42	0.15	0.05	0.02	6.36	1.79	0.63	42.65	35.06	8.96	2.44
	涵養率(mm)	397.46%	83.47%	73.03%	0.19%	0.01%	3.94%	2.05%	0.72%	17.68%	20.84%	14.88%	4.60%
2017年	降水量(mm)	4.70	0.00	1.50	16.80	314.30	158.70	114.40	168.40	209.90	391.10	63.10	32.50
	涵養量(mm)	0.80	0.28	0.10	0.03	61.87	33.80	8.65	11.68	33.37	118.72	29.87	7.66
	涵養率(mm)	17.10%		6.56%	0.21%	19.68%	21.30%	7.56%	6.93%	15.90%	30.36%	47.35%	23.58%
2018年	降水量(mm)	2.90	15.60	0.20	69.80	274.70	104.20	76.70	125.80	252.00	382.40	11.50	10.90
	涵養量(mm)	2.11	0.72	0.25	0.09	49.40	12.55	3.33	1.03	48.37	126.37	31.79	8.14
	涵養率(mm)	72.79%	4.63%	126.48%	0.13%	17.99%	12.04%	4.34%	0.82%	19.19%	33.05%	276.41%	74.70%
2019年	降水量(mm)	0.40	0.00	0.00	2.50	129.90	207.40	118.20	52.30	284.50	315.40	25.40	11.50
	涵養量(mm)	2.23	0.75	0.26	0.09	0.03	21.97	5.69	1.62	57.82	102.70	25.87	6.66
	涵養率(mm)	557.62%	#DIV/0!	#DIV/0!	3.69%	0.02%	10.59%	4.81%	3.09%	20.32%	32.56%	101.85%	57.93%

表 5.4.4 月別地下水涵養量 (Hda El Panama)

		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2006年	降水量(mm)	8.10	0.20	2.70	0.10	40.20	138.20	136.40	74.60	130.90	105.00	44.20	2.70
	涵養量(mm)	1.93	0.77	0.31	0.12	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	涵養率	23.89%	386.96%	11.47%	123.83%	0.12%	0.01%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2007年	降水量(mm)	0.00	0.00	0.80	25.80	251.90	108.70	140.30	292.00	219.60	300.00	61.30	11.50
	涵養量(mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	30.28	7.86	2.96	52.55	57.24	89.33	19.67	5.73
	涵養率(mm)			0.00%	0.00%	12.02%	7.23%	2.11%	18.00%	26.07%	29.78%	32.08%	49.85%
2008年	降水量(mm)	2.00	0.70	2.40	3.40	226.10	126.30	276.80	125.70	213.00	455.60	7.20	0.30
	涵養量(mm)	2.29	0.92	0.37	0.15	21.62	6.12	47.91	16.89	32.96	134.23	28.65	7.53
	涵養率(mm)	114.67%	131.05%	15.29%	4.32%	9.56%	4.85%	17.31%	13.43%	15.48%	29.46%	397.87%	2509.77%
2009年	降水量(mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	91.30	171.10	106.60	75.30	107.40	163.20	63.40	17.80
	涵養量(mm)	2.86	1.14	0.46	0.18	0.07	6.26	2.48	0.99	0.40	6.46	2.54	1.02
	涵養率(mm)					0.08%	3.66%	2.32%	1.32%	0.37%	3.96%	4.00%	5.70%
2010年	降水量(mm)	0.00	0.00	0.00	103.70	293.20	229.70	253.40	331.70	379.30	103.90	80.90	0.20
	涵養量(mm)	0.41	0.16	0.06	0.03	47.57	53.91	62.05	99.10	131.01	41.20	10.04	3.61
	涵養率(mm)				0.03%	16.22%	23.47%	24.49%	29.88%	34.54%	39.66%	12.41%	1806.14%
2011年	降水量(mm)	3.60	0.00	0.20	0.00	200.90	177.50	341.00	70.90	372.90	340.10	43.20	19.40
	涵養量(mm)	1.44	0.58	0.23	0.09	11.95	17.30	78.13	17.43	88.01	117.42	25.28	6.86
	涵養率(mm)	40.14%		115.59%	#DIV/0!	5.95%	9.75%	22.91%	24.58%	23.60%	34.52%	58.53%	35.34%
2012年	降水量(mm)	3.00	1.90	0.00	35.40	349.20	133.50	108.90	169.20	125.70	193.20	2.50	3.50
	涵養量(mm)	2.66	1.06	0.43	0.17	66.56	26.25	7.05	8.58	3.17	20.24	5.85	2.34
	涵養率(mm)	88.57%	55.94%		0.48%	19.06%	19.66%	6.47%	5.07%	2.53%	10.48%	233.94%	66.84%
2013年	降水量(mm)	1.10	0.90	0.00	0.00	60.00	285.30	156.10	85.90	330.20	93.80	49.20	7.90
	涵養量(mm)	0.94	0.37	0.15	0.06	0.02	47.06	26.98	7.20	71.05	17.97	5.39	2.16
	涵養率(mm)	85.07%	41.59%			0.04%	16.50%	17.29%	8.38%	21.52%	19.16%	10.96%	27.31%
2014年	降水量(mm)	3.10	0.70	0.00	0.00	31.10	73.20	57.00	196.00	216.50	193.80	54.00	0.20
	涵養量(mm)	0.86	0.35	0.14	0.06	0.02	0.01	0.00	14.26	35.39	38.01	9.40	3.42
	涵養率(mm)	27.84%	49.31%			0.07%	0.01%	0.01%	7.27%	16.35%	19.61%	17.41%	1710.20%
2015年	降水量(mm)	0.30	0.10	0.60	53.40	59.40	335.30	35.30	46.20	128.90	105.80	48.50	0.00
	涵養量(mm)	1.37	0.55	0.22	0.09	0.04	62.58	14.32	4.66	1.87	0.75	0.30	0.12
	涵養率(mm)	456.05%	547.26%	36.48%	0.16%	0.06%	18.66%	40.56%	10.09%	1.45%	0.71%	0.62%	
2016年	降水量(mm)	0.00	0.00	0.50	22.20	123.80	237.80	34.70	77.40	159.60	275.10	41.50	13.50
	涵養量(mm)	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	30.56	7.91	2.97	5.87	51.63	12.13	4.23
	涵養率(mm)			1.53%	0.01%	0.00%	12.85%	22.80%	3.84%	3.68%	18.77%	29.22%	31.30%
2017年	降水量(mm)	1.40	0.00	0.30	10.90	292.80	136.40	148.90	172.80	156.10	303.60	66.00	19.80
	涵養量(mm)	1.69	0.68	0.27	0.11	46.23	19.65	7.01	10.38	10.41	64.81	14.76	4.75
	涵養率(mm)	120.72%		90.14%	0.99%	15.79%	14.40%	4.71%	6.01%	6.67%	21.35%	22.37%	24.00%
2018年	降水量(mm)	0.40	12.30	0.00	29.80	128.60	121.40	61.10	96.20	126.80	433.00	8.70	4.60
	涵養量(mm)	1.90	0.76	0.30	0.12	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	110.02	23.80	6.56
	涵養率(mm)	475.23%	6.18%		0.41%	0.04%	0.02%	0.01%	0.00%	0.00%	25.41%	273.60%	142.62%
2019年	降水量(mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	202.80	97.80	82.30	80.40	234.30	423.90	13.00	1.70
	涵養量(mm)	2.57	1.03	0.41	0.16	13.85	4.57	1.83	0.73	31.29	120.10	25.82	6.96
	涵養率(mm)					6.83%	4.67%	2.22%	0.91%	13.35%	28.33%	198.62%	409.65%

5.4.2 降水による地下水涵養量の推計

上記のタンクモデル解析結果を基に、以下の方法でモデル解析地域全域の地下水涵養量を推定した。

- ① タンクモデル解析による3地点の月毎の推定地下水涵養量の平均値を原単位とする(表 5.4.5)。
- ② 既往調査(JICA(1993)、Roger Martinez, Poveda(2005))で示されている表層地質毎の涵養量の割合を基に、上記3地点が位置する完新世末固結堆積層と他の地層対比を行う。
- ③ 後述する地下水シミュレーション解析で現況地下水位を再現できない程、地下水位の高低差がある場合には、②の対比結果の見直しを行う(表 5.4.6、図 5.4.8)。

表 5.4.5 タンクモデル解析で推定した3地点の地下水涵養量の平均

		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2011年	涵養量(m/日)	0.00019	0.00011	0.00006	0.00003	0.00016	0.00067	0.00271	0.00129	0.00367	0.00387	0.00137	0.00052
2012年	涵養量(m/日)	0.00026	0.00014	0.00006	0.00003	0.00171	0.00093	0.00032	0.00142	0.00087	0.00100	0.00040	0.00019
2013年	涵養量(m/日)	0.00010	0.00007	0.00003	0.00003	0.00006	0.00093	0.00110	0.00039	0.00203	0.00168	0.00080	0.00032
2014年	涵養量(m/日)	0.00016	0.00011	0.00006	0.00003	0.00003	0.00000	0.00000	0.00023	0.00160	0.00274	0.00097	0.00039
2015年	涵養量(m/日)	0.00019	0.00011	0.00006	0.00003	0.00003	0.00167	0.00048	0.00019	0.00023	0.00065	0.00040	0.00019
2016年	涵養量(m/日)	0.00010	0.00007	0.00003	0.00003	0.00000	0.00043	0.00013	0.00006	0.00073	0.00123	0.00040	0.00016
2017年	涵養量(m/日)	0.00010	0.00004	0.00003	0.00000	0.00145	0.00093	0.00042	0.00045	0.00080	0.00271	0.00100	0.00039
2018年	涵養量(m/日)	0.00019	0.00011	0.00006	0.00003	0.00077	0.00033	0.00013	0.00006	0.00080	0.00326	0.00103	0.00039
2019年	涵養量(m/日)	0.00019	0.00011	0.00003	0.00003	0.00016	0.00040	0.00016	0.00006	0.00127	0.00303	0.00093	0.00035

表 5.4.6 地下水涵養量率の地域区分

	既存資料による涵養量率	第四紀未固結堆積層を1とした時の比率	補正	備考
非計算領域	0%	0		
水域	0%	0		
第四紀未固結堆積層	20%	1		
完新世火山岩類	40%	2		
更新世火山岩類	25-15%	1.25		
ラス・シエラス層	15-10%	0.75		
Granada南部 (Mombanncho volcano)			2.5	Jesse Stimson & Martha Espinoza Ruiz (2000)の地下水位参照

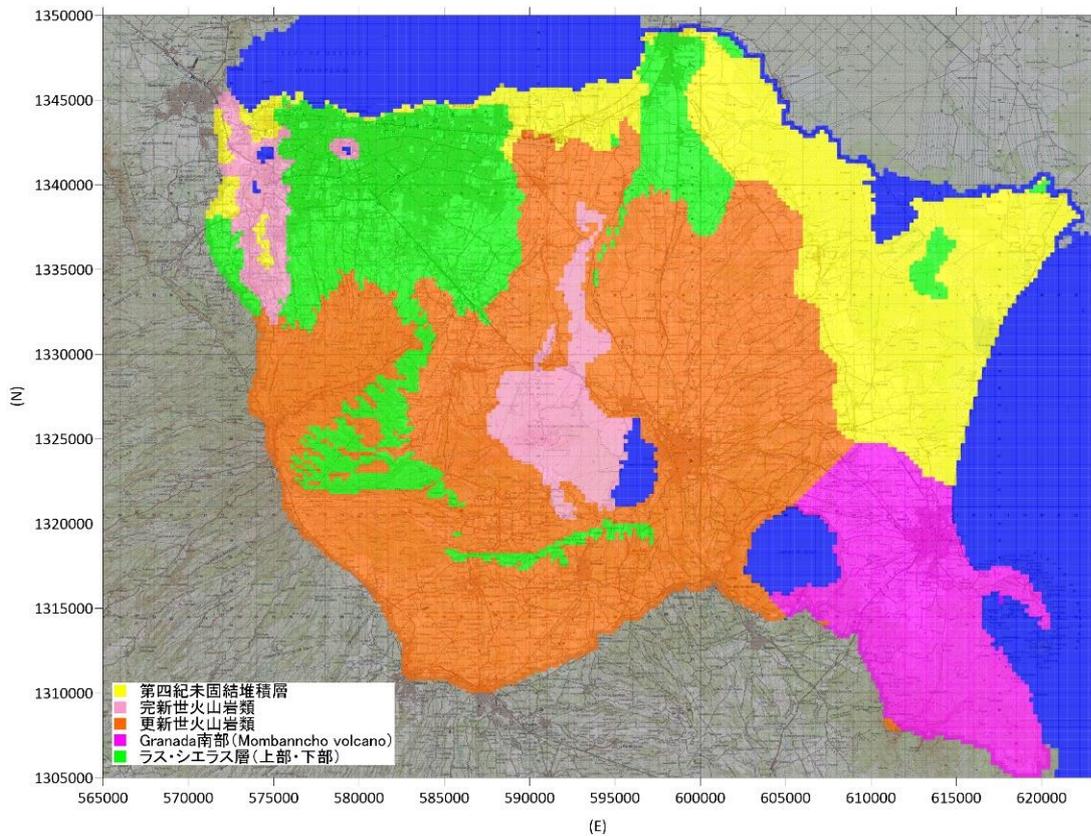


図 5.4.8 地下水涵養率の地域区分

5.4.3 漏水による地下水涵養量の推計

マナグア市に於いては、上水道設備の老朽化と不適正な水圧管理による漏水等により無収水の割合が高く約 50%と推定されている。また、「マナグア市無収水管理能力強化プロジェクト」では、パイロット地区で無収水量の 64.4%が漏水によるものと解析している。

また、漏水が発生している管路等を詳細に把握することはできないため、以下の方法で、漏水に起因する地下水涵養量を推定した。

- ① 本モデルに於いては図 5.4.9 に示す Macro sector が区分されている地域で漏水量を検討し、モデルに涵養量として入力するものとする。
- ② Macro sector 毎に、ENACAL 井戸の月別揚水量を集計し、その 32.2% (=50%×64.4%)を漏水量とする。
- ③ ②で算出した Macro sector 毎の月別漏水量をその地域の全てのグリッドに均等に振り分け、1 メッシュ面積 (250m×250m) で除した値 (単位: m/day) を漏水による地下水涵養量とする。
- ④ 5.4.2 項で検討した降水による地下水涵養量に③で計算した地下水涵養量を加えて値を、本モデルの地下水涵養量とする。

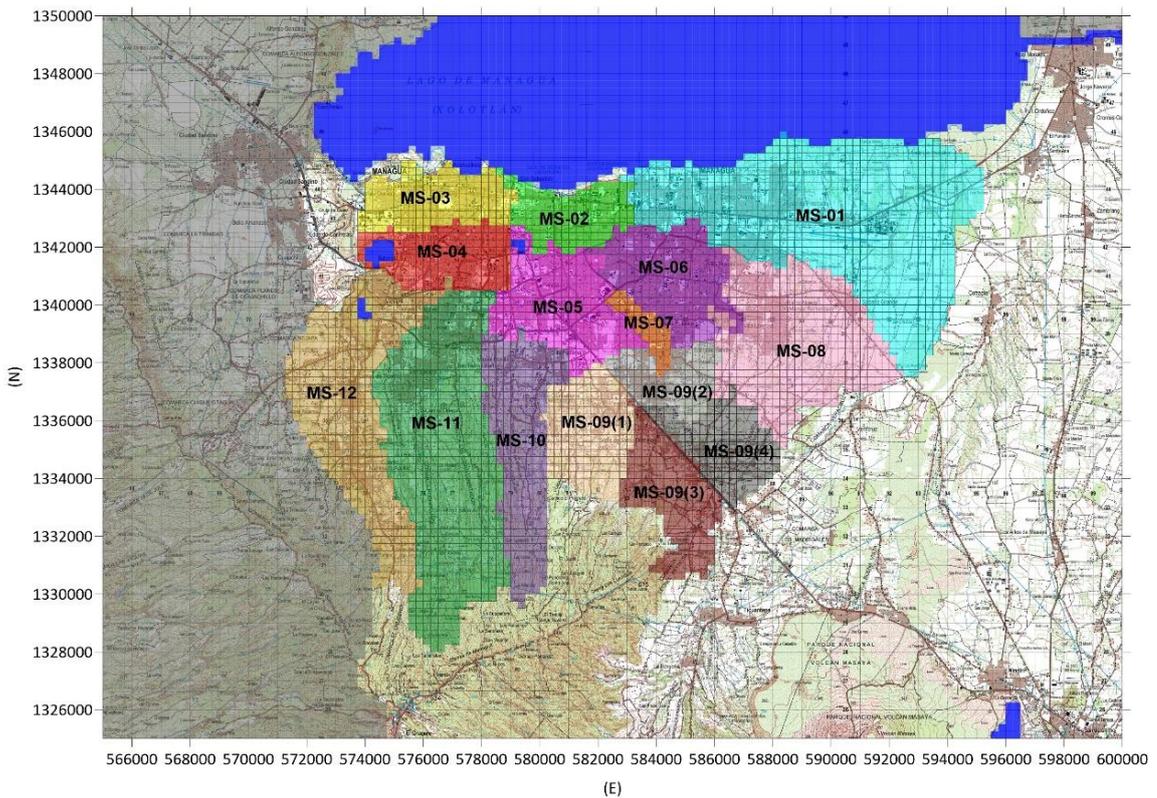


図 5.4.9 マナグア市内の Macro sector 区分

Macro sector 毎の漏水による地下水涵養量の年平均値を次表に示す。

表 5.4.7 漏水に起因する地下水涵養量

(単位: m/day)

	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年
MS-1	0.0006534	0.0006534	0.0006468	0.0006711	0.0006664	0.0006029	0.0006408	0.0006191	0.0005151	0.0005060	0.0004658
MS-2	0.0006864	0.0006864	0.0006863	0.0006863	0.0006710	0.0006605	0.0006602	0.0006314	0.0006198	0.0006189	0.0006553
MS-3	0.0010688	0.0010688	0.0011079	0.0011626	0.0011626	0.0009995	0.0009854	0.0010666	0.0009092	0.0008942	0.0006657
MS-4	0.0007926	0.0007926	0.0007734	0.0007465	0.0007617	0.0007256	0.0007570	0.0007602	0.0007151	0.0007110	0.0005002
MS-5	0.0012034	0.0012034	0.0012138	0.0012284	0.0012267	0.0010355	0.0011788	0.0010273	0.0008856	0.0008739	0.0007540
MS-6	0.0009709	0.0009709	0.0010051	0.0010530	0.0009914	0.0009984	0.0010125	0.0009768	0.0007151	0.0006918	0.0007988
MS-7	0.0017225	0.0017225	0.0017313	0.0017437	0.0016426	0.0016206	0.0016206	0.0015900	0.0015554	0.0015525	0.0012232
MS-8	0.0008518	0.0008518	0.0008817	0.0009237	0.0008805	0.0008295	0.0008884	0.0007789	0.0007516	0.0007502	0.0006156
MS-9(1)	0.0004462	0.0004462	0.0004604	0.0004803	0.0004805	0.0004986	0.0005003	0.0004781	0.0004762	0.0004762	0.0003933
MS-9(2)	0.0001838	0.0001838	0.0001834	0.0001827	0.0002496	0.0002246	0.0002222	0.0002675	0.0002704	0.0002704	0.0002790
MS-9(3)	0.0003957	0.0003957	0.0003959	0.0003961	0.0003915	0.0003662	0.0003121	0.0003905	0.0003257	0.0003192	0.0004356
MS-9(4)	0.0003896	0.0003896	0.0003896	0.0003896	0.0003896	0.0002758	0.0002641	0.0003041	0.0003091	0.0003091	0.0002472
MS-10	0.0001939	0.0001939	0.0001961	0.0001983	0.0002448	0.0002427	0.0002456	0.0002534	0.0002538	0.0002538	0.0002208
MS-11	0.0003054	0.0003054	0.0003076	0.0003107	0.0003180	0.0002751	0.0003445	0.0002853	0.0002827	0.0002825	0.0002237
MS-12	0.0002805	0.0002805	0.0002619	0.0002637	0.0002907	0.0002845	0.0002832	0.0002461	0.0002431	0.0002431	0.0002441

5.5 地下水揚水量の推計

(1) 地下水揚水量の推計方法

本モデル構築地域に於いては、上水道用井戸は ENACAL により管理され、その他の井戸は取水量を ANA が管理している。

ENACAL 管理井戸と ANA 管理井戸の地下水揚水量を、それぞれ以下の方で推定した。

- ENACAL 管理井戸：2010 年、2013 年（8 月－9 月）、2015 年（3 月、7 月、8 月、9 月）、2016 年、2018 年、2020 年の井戸データ、比湧出量調査の際の揚水量及び ENACAL 集計揚水量データ等から、個々の井戸の月別揚水量を推計する。
- ANA 管理井戸：2011 年から 2020 年までの許可読水量及び実測揚水量データから個々の井戸の月別揚水量を推計。揚水量報告データに基づき、実測データが無い場合には、許可揚水量の 52.2%を実揚水量とした。

また、2021 年の揚水量を以下のように推定し、後述する予測解析用揚水量の基本データとした⁵。

- ENACAL 管理井戸：1 月から 8 月までは ENACAL 集計データとし、9 月から 12 月は 1 月から 8 月までの揚水量の平均値とした。
- ANA 管理井戸：2020 年の揚水量と同じとした。

(2) 推計方法の妥当性評価

取得できた 2010 年以降の ENACAL による揚水量集計データは、2016 年と 2021 年（1 月－8 月）のみである。その他の年月に関しては、比湧出量調査の際の揚水量と推定揚水

⁵ 2021 年の ENACAL 集計データでは、それ以前の井戸データと比較して揚水を休止している井戸も多い。これらの井戸に関しては、揚水を再開せず廃棄する計画との情報を ENACAL より得たため、2021 年 8 月までのデータを予測解析用揚水量の基本とした。

時間から1日の揚水量を推定した。このため、個々の井戸の2016年の年間揚水量について、「ENACAL集計データ」と「比湧出量調査の際の揚水量×推定揚水時間」を比較して、揚水量推定方法の妥当性を検討した。

図 5.5.1 において、Y切片を0とした時の両者の近似式は、

$$\text{「比湧出量調査の際の揚水量×推定揚水時間」} = 0.9811 \times \text{「ENACAL集計データ」}$$

となり、大略再現できていると評価できる。また、両者の値が大きく異なる井戸は、2016年内に井戸が休止したり再開したりした井戸であり、その情報の欠如に起因して違いが生じている。

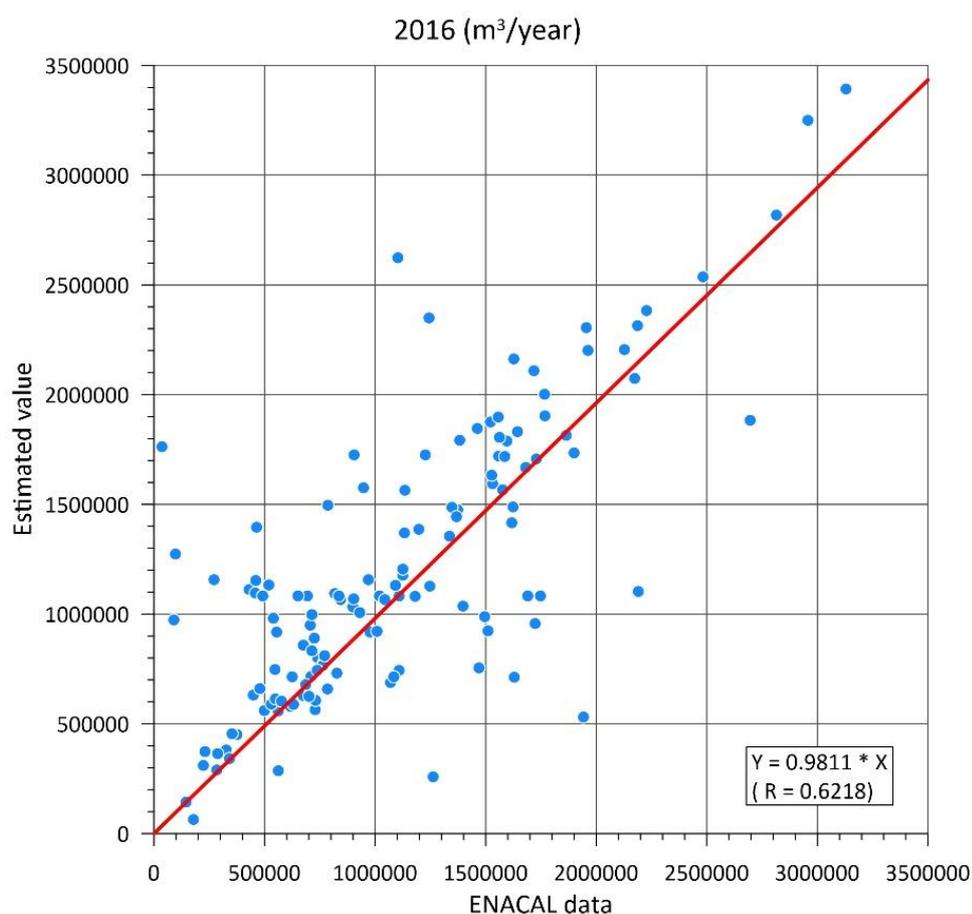


図 5.5.1 2016年地下水揚水量のENACAL集計値と本案件で用いた方法による推計値の比較

このようにして本案件で推定した地下水揚水量の変化を図 5.5.2 に示す。なお、2016年12月の揚水量が他と比べて大きくなっているが、ENACALデータ及びANAデータともに個々の井戸のデータに異常値は認められなかったため、そのまま採用している。

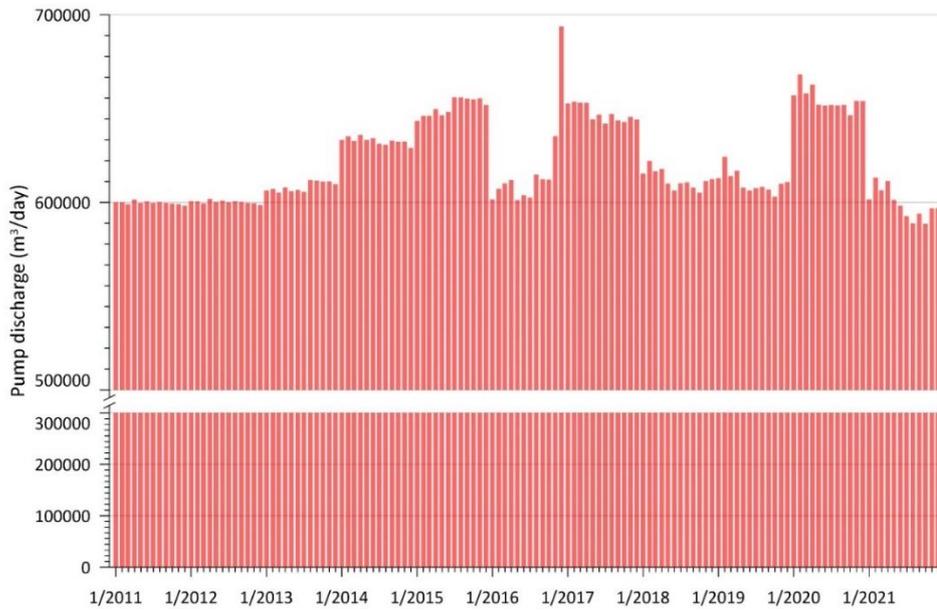


図 5.5.2 月別揚水量推計結果（第三帯水層）

5.6 地下水シミュレーション結果

5.6.1 現況解析

(1) 現況解析期間

下表に示す解析に必要なデータの収集状況を鑑みて、2011年1月から2019年12月までを現況解析期間とする。

表 5.6.1 現況解析に必要なデータの収集状況

気象データ (降水量・気温)	INDE (年間統計書)	2005年～2019年 3観測所の月データが揃う
	INETER	1963年から2020年のデータ提供を受けるが、観測所毎にデータ期間が異なり、2010年代後半のデータが少ない
揚水量データ	ENACAL (比湧出量算出データ)	1995年以降のデータ提供を受けるが、不規則な散発的なデータ
	ENACAL (揚水量集計データ)	2003年、2016年、2021年(1月～8月)集計データ
	ANA	2011年～2020年 許可揚水量・実績揚水量データ(但し、データが揃っているのは年許可揚水量)。
地下水位連続観測データ	ENACAL	比較的連続して観測している期間は、2014年8月から2017年5月

(2) キャリブレーション

キャリブレーションに用いた地下水位観測地点を図 5.6.1 に示す。また、キャリブレーション結果を図 5.6.2 に示す。

なお、各井戸の位置標高に関しては、ENACAL データの標高と ASTER データから算出した位置座標の標高が大きく異なる井戸もあるため、実測データは両者を基準とする地下水位を併記した。

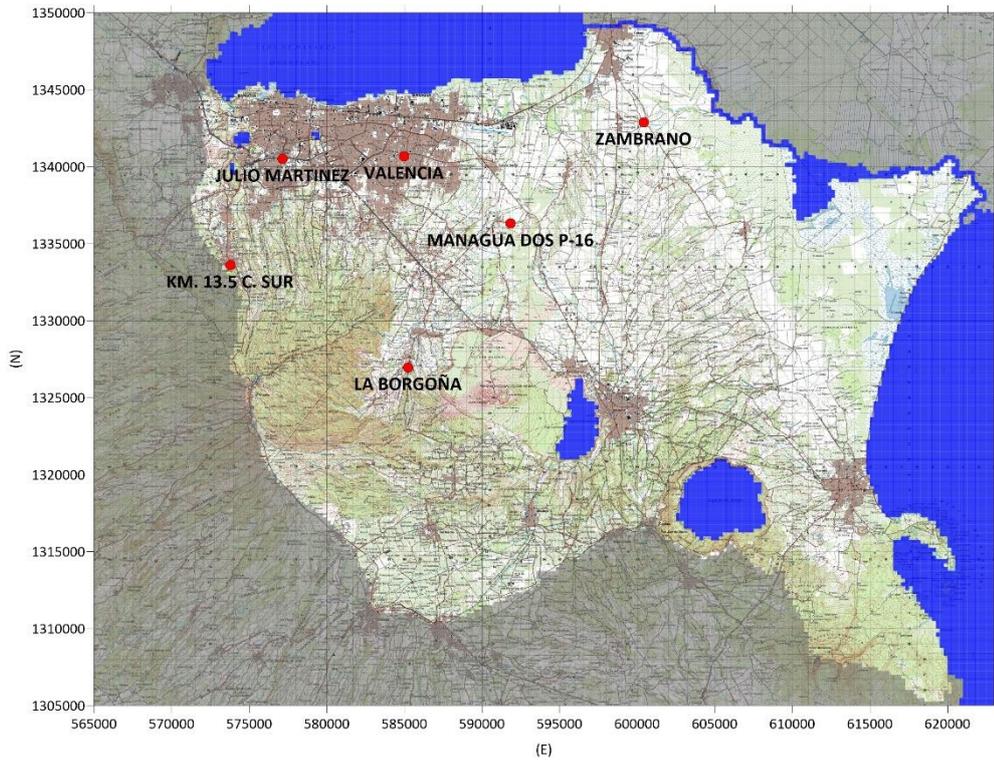
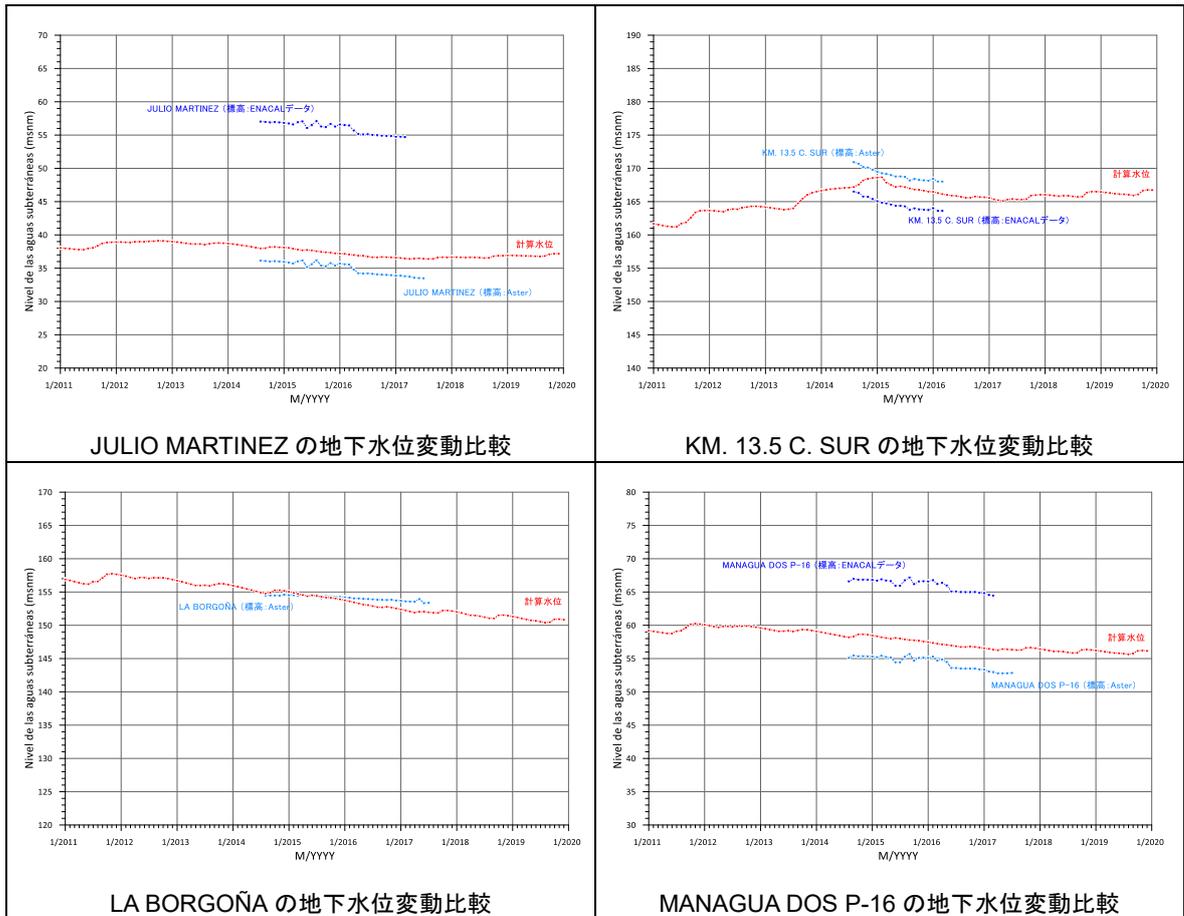


図 5.6.1 キャリブレーションに用いた地下水位観測地点



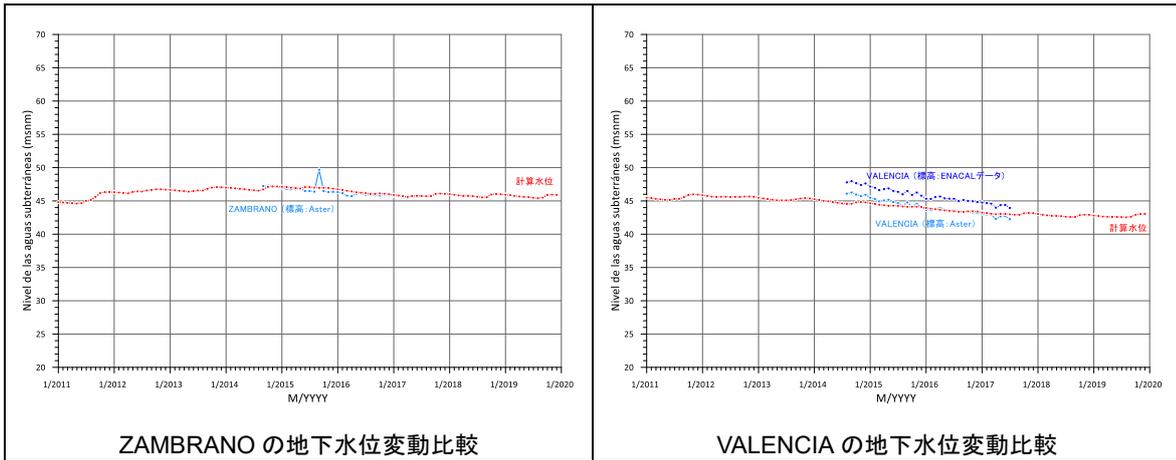


図 5.6.2 キャリブレーション結果

キャリブレーション計算の最終 period である 2019 年 12 月の地下水位分布及び地下水流向を図 5.6.3 に示す。この地下水位分布は、次節で記す予測解析の際の初期水位として使用する。

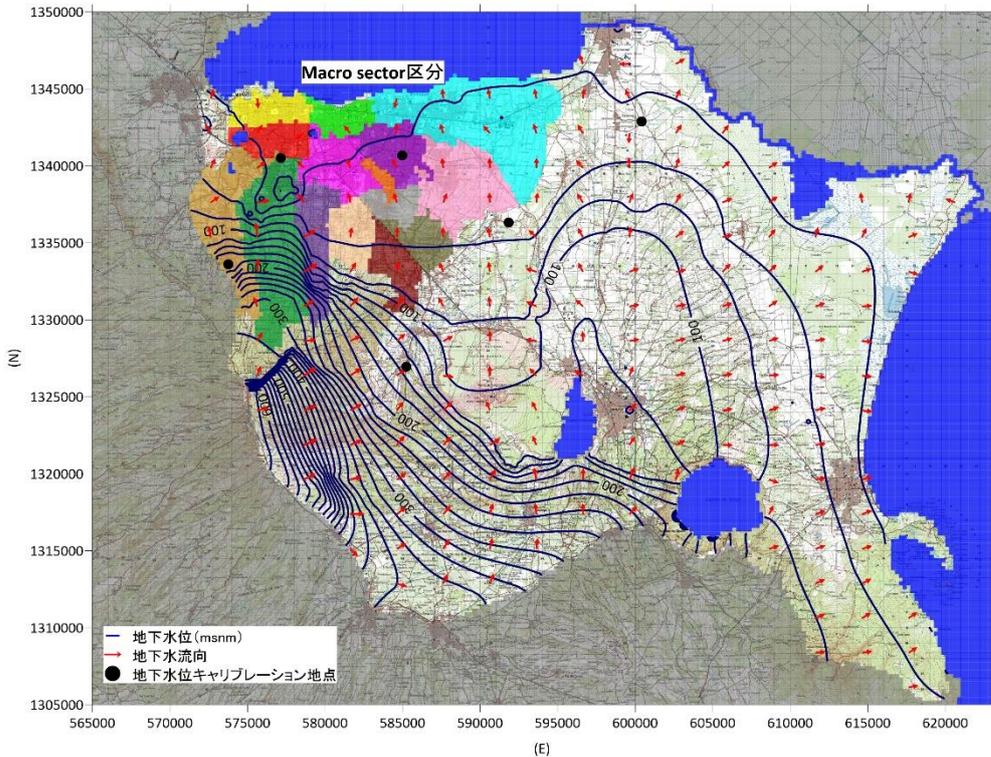


図 5.6.3 2019 年 12 月の地下水位の再現

(3) 地下水収支

現況解析期間(2011 年 1 月～2019 年 12 月)の以下の 3 種類の計算地下水収支を図 5.6.4～図 5.6.6 に示す。

- 解析(計算)範囲全域(全層)
- PHRH のラス・シエラス帯水層域(全層)
- PHRH のラス・シエラス帯水層域(第三帯水層)

また、下図の凡例に示した地下水収支に関連する項目は、下記のとおりである。

- Recharge : 地下水涵養量 (IN)
- Well (Pump discharge) : 地下水揚水量 (OUT)
- Constant Head : 固定水頭セルからの流入量 (IN) または固定水頭セルへの流出量 (OUT)。本モデルでは固定水頭セルに設定した湖・水系 (表 5.3.6 参照) とその隣接セルとの間の地下水の出入りを示す
- Head dep Bounds : 解析範囲外からの流入量 (IN) または、解析範囲外への流出量 (OUT)。本モデルでは一般水頭境界に設定したセル (図 5.3.13 参照) と解析範囲の間の地下水の出入りを示す
- Horiz. Exchange : 同一帯水層の隣接するセルからの流入量 (IN) または隣接セルへの流出量 (OUT)。下掲グラフではラス・シエラス帯水層域とその周辺域との間の水平方向の地下水の出入りを示す
- Exchange Upper : 上位の帯水層からの流入量 (IN) または上位の帯水層への流出量 (OUT)
- Exchange Lower : 下位の帯水層からの流入量 (IN) または下位の帯水層への流出量 (OUT)
- Storage : セル内部の貯留量の増加量 (OUT) または減少量 (IN)

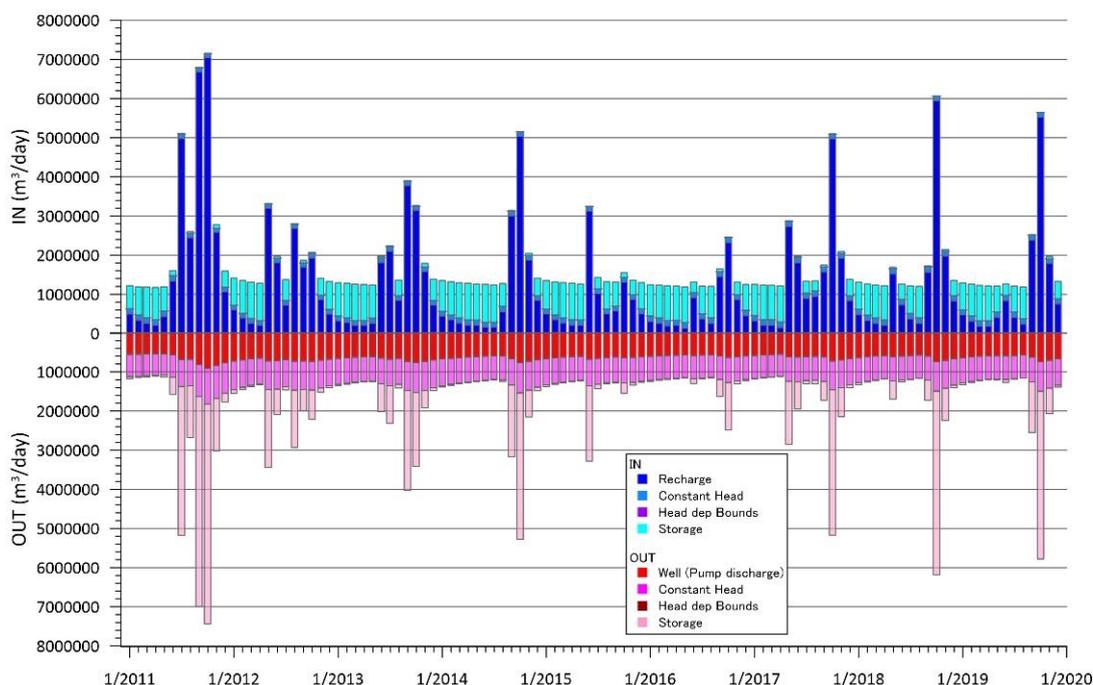


図 5.6.4 解析 (計算) 範囲全域 (全層) の地下水収支 (2011 年 1 月～2019 年 12 月)

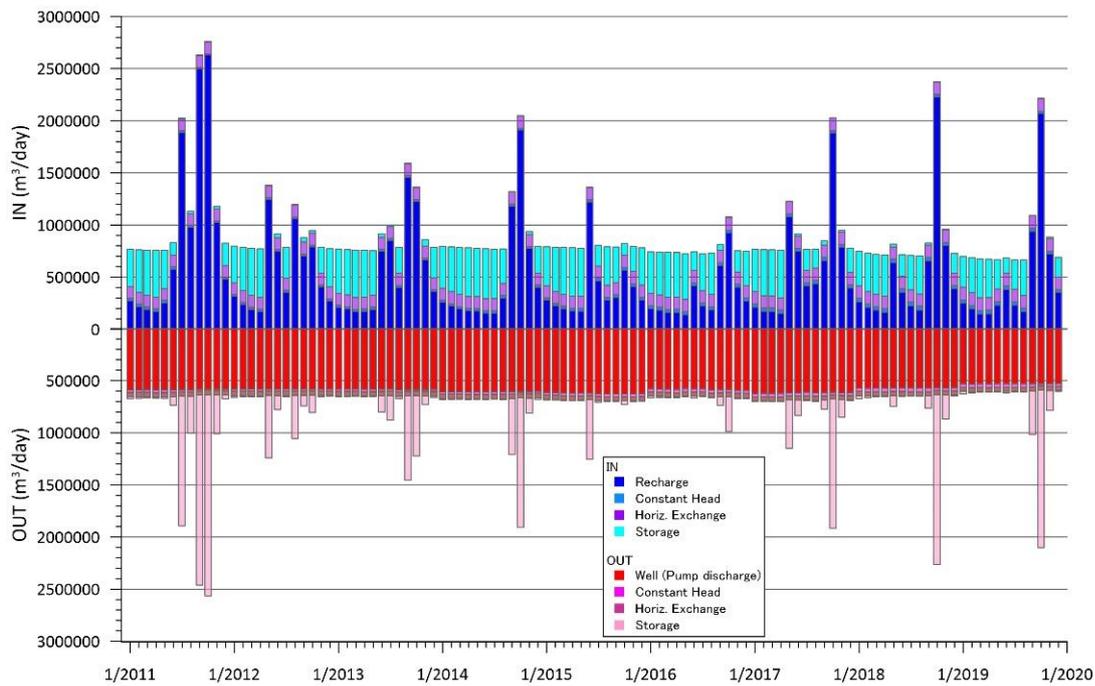


図 5.6.5 PNRH のラス・シエラス帯水層域（全層）の地下水収支

(2011年1月～2019年12月)

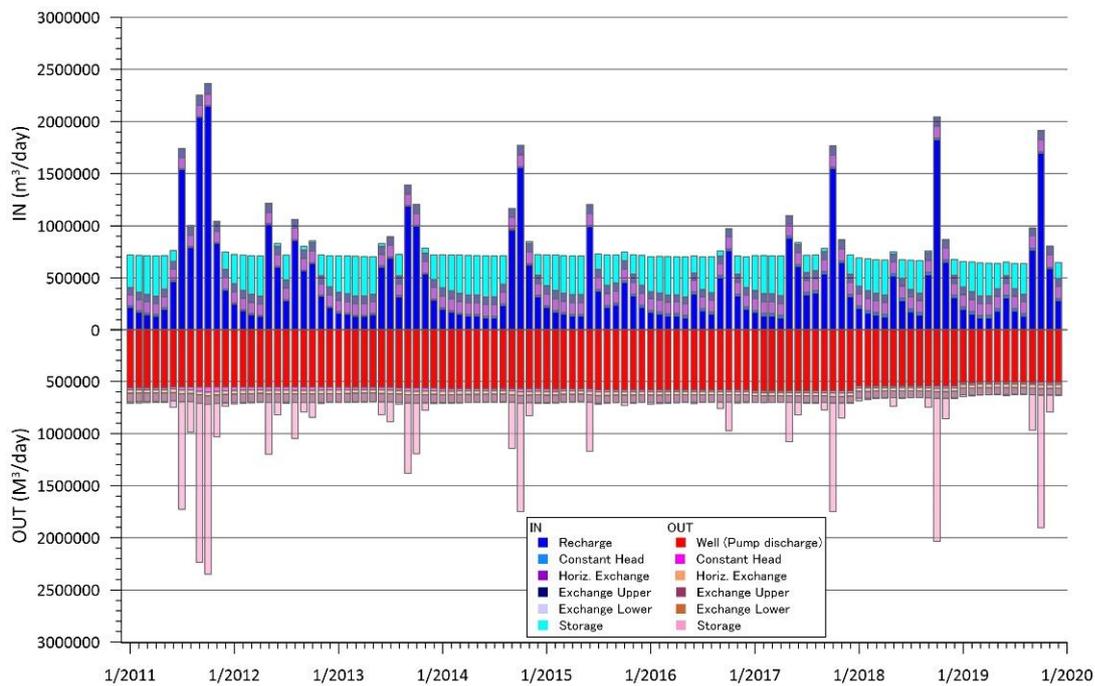


図 5.6.6 PNRH のラス・シエラス帯水層域（第三帯水層）の地下水収支

(2011年1月～2019年12月)

上図は計算単位である月別の地下水収支であり、乾季には涵養量以上の揚水を行っており、各セルの貯留量の変化により収支の平衡を保っていることが分かる。また、年間の地下水収支を表 5.6.2～表 5.6.4 に示す。

三つの年間地下水収支計算に於いて、範囲全体の流入量の流出量の差は流入量に対して

最大でも 0.25%でありモデル計算が正しく行われていることを示している。解析範囲外（解析範囲の西及び南側）からの流入量は解析範囲全体の流入量から見ると 0.1%程度であるが、流入が流出を大きく上回っており、地下水の流れの上流側に位置する解析範囲外側（西側及び南側）の水位が低下すると解析範囲の水位も低下することを表している。

涵養量と揚水量の比較では、解析範囲全域における収支はプラスであるが、収支量は豊水年である 2011 年と渇水年である 2016 年では 50 倍以上の違いがあり、2016 年では涵養量の約 95%の揚水を行っている。PNRH のラス・シエラス帯水層域においては、2011 年以外は涵養量と揚水量の収支がマイナスとなっており、この地域外からの流入量の大小がこの地域の地下水位に大きな影響を与えることを示している。

表 5.6.2 解析（計算）範囲全域（全層）の年間地下水収支

(単位：千 m³/年)

	範囲全体 (IN)	範囲全体 (OUT)	範囲全体 (収支)	外部域 (IN)	外部域 (OUT)	外部域 (収支)	涵養量 (IN)	揚水量 (OUT)	涵養－揚水 (収支)
2011 年	1,026,356	1,023,917	2,439	736	45	691	852,994	220,223	632,771
2012 年	657,473	656,855	578	721	50	670	455,922	219,544	236,379
2013 年	676,953	676,365	588	720	51	669	465,069	221,896	243,173
2014 年	671,794	670,883	911	720	52	668	400,596	230,767	169,829
2015 年	548,491	548,135	355	720	52	668	286,483	237,515	48,968
2016 年	503,438	503,210	228	731	50	681	236,186	224,118	12,068
2017 年	695,770	694,949	821	731	50	682	508,619	236,283	272,236
2018 年	662,607	661,509	1,098	728	51	677	443,798	223,360	220,438
2019 年	650,723	649,669	1,054	726	51	674	413,255	220,123	193,132

注) 外部域は一般水頭境界に設定したセルとの流入・流出関係を示す。

表 5.6.3 PNRH のラス・シエラス帯水層域（全層）の年間地下水収支

(単位：千 m³/年)

	範囲全体 (IN)	範囲全体 (OUT)	範囲全体 (収支)	外部域 (IN)	外部域 (OUT)	外部域 (収支)	涵養量 (IN)	揚水量 (OUT)	涵養－揚水 (収支)
2011 年	463,167	462,901	266	40,742	15,842	24,901	342,001	214,086	127,915
2012 年	329,674	329,615	59	42,029	16,025	26,004	199,285	213,232	-13,946
2013 年	338,046	337,982	63	41,996	15,767	26,229	202,729	213,730	-11,001
2014 年	345,345	345,255	90	42,116	15,833	26,333	180,458	221,725	-41,267
2015 年	306,077	306,035	43	42,721	15,398	27,323	139,344	227,611	-88,267
2016 年	283,105	283,075	30	42,912	15,007	27,905	118,703	214,084	-95,381
2017 年	345,590	345,497	93	42,973	14,892	28,080	217,763	225,785	-8,021
2018 年	327,727	327,610	118	43,353	14,712	28,642	192,864	208,783	-15,919
2019 年	313,868	313,793	76	44,666	14,958	29,708	178,289	194,092	-15,803

注) 外部域はラス・シエラス帯水層域の周囲セルとの流入・流出関係を示す。

表 5.6.4 PNRH のラス・シエラス帯水層域（第三帯水層）の年間地下水収支

(単位：千 m³/年)

	範囲全体 (IN)	範囲全体 (OUT)	範囲全体 (収支)	外部域 (IN)	外部域 (OUT)	外部域 (収支)	涵養量 (IN)	揚水量 (OUT)	涵養－揚水 (収支)
2011 年	414,908	414,794	113	38,759	12,207	26,552	342,001	211,286	130,715
2012 年	302,537	302,512	25	40,063	12,321	27,742	199,285	210,424	-11,138
2013 年	310,489	310,456	33	40,123	12,129	27,983	202,729	210,930	-8,201
2014 年	317,548	317,502	46	40,361	12,262	28,099	180,458	218,925	-38,467
2015 年	286,484	286,487	-4	40,976	11,887	29,088	139,344	224,811	-85,466
2016 年	267,136	267,182	-46	41,242	11,586	29,655	118,703	211,276	-92,573
2017 年	318,874	318,841	34	41,355	11,551	29,805	217,763	222,984	-5,221
2018 年	302,783	302,722	61	41,771	11,402	30,369	192,864	205,975	-13,111
2019 年	292,172	292,137	35	42,297	12,138	30,159	178,289	194,085	-15,796

注) 外部域はラス・シエラス帯水層域の周囲セルとの流入・流出関係を示す。また、涵養量は第三帯水層への直接涵養量ではなく、全層への涵養量を示す。

(4) 水理地質パラメータ

現況計算結果により決定した第三帯水層の水理地質パラメータ値は、下表のとおりである。

表 5.6.5 MODFLOW シミュレーションに必要な基本パラメータ

水理地質パラメータ	値
水平方向透水係数 (HHC)	図 5.6.7 参照
垂直方向透水係数 (VHC)	HHC の 1/5
比貯留量 (Ss)	0.000001 - 0.0005 (m/day)
有効空隙率及 (Ep) び比産出量 (Sy)	0.2 - 0.25
一般水頭境界 導水係数 (Cb)	0.1 (m/day)

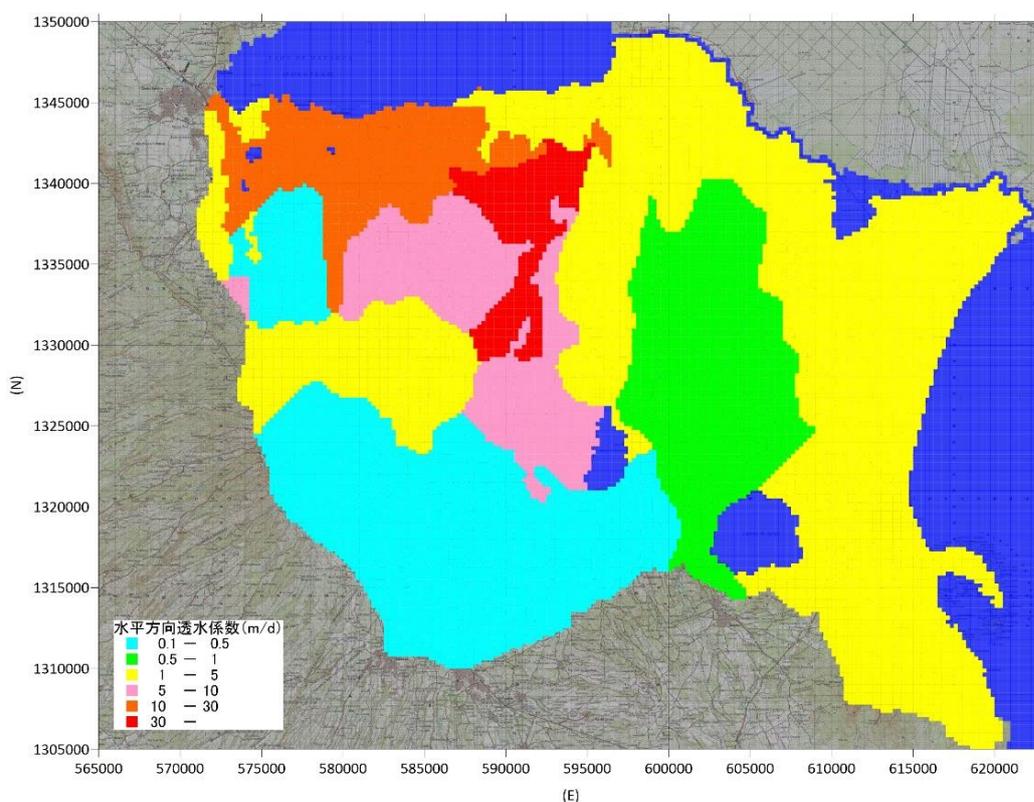


図 5.6.7 現況計算で決定した水平方向透水係数分布 (第三帯水層)

5.6.2 予測解析

(1) 予測解析シナリオ

(a) 予測計算期間

現況解析終了後の 2020 年 1 月から 2040 年 12 月までの 21 年間とする。

(b) 地下水涵養条件

下表の 5 条件を設定する。

表 5.6.6 地下水涵養条件

ケース	降水による地下水涵養	漏水による地下水涵養
Case-R1	2011年1月から2019年12月までの月毎の地下水涵養量平均値を2020年1月から2040年12月まで繰り返す。	地下水揚水条件 Case-W1 に対応した漏水量とする。地下水揚水量に対する漏水の割合は現況計算と同じ32.2%とする。
Case-R2	Case-R1と同様に月毎の地下水涵養量平均値を繰り返すが、2025年と2035年に渇水を想定し、この2年は2011年から2019年の間で年間涵養量が最も小さい2016年の涵養量とする。	Case-R1と同じ。
Case-R3	Case-R1と同じ。	地下水揚水量に対する漏水の割合が、2022年から2030年の間に現況の75%、2031年から2040年の間に現況の50%となる。それぞれの期間の減少の割合は同一とする。
Case-R4	Case-R1と同じ。	地下水揚水条件 Case-W2 に対応した漏水量とする。地下水揚水量に対する漏水の割合は現況計算と同じ32.2%とする。
Case-R5	Case-R1と同じ。	地下水揚水条件 Case-W3 に対応した漏水量とする。地下水揚水量に対する漏水の割合は現況計算と同じ32.2%とする。

(c) 地下水揚水条件

下表の3条件を設定する。

表 5.6.7 地下水揚水条件

ケース	地下水揚水量
Case-W1	2020年は月毎の推定地下水揚水量、2021年以降は2021年の月毎の地下水揚水量を2021年1月から2040年12月まで繰り返す。
Case-W2	2020年及び2021年の地下水揚水量はCase-W1と同様であるが、2030年の揚水量が2021年の10%増、2040年の揚水量が2021年の20%増となる。それぞれの期間の増加の割合は同一とする。
Case-W3	2020年及び2021年の地下水揚水量はCase-W1と同様であるが、2030年の揚水量が2021年の10%減、2040年の揚水量が2021年の20%減となる。それぞれの期間の増加の割合は同一とする。

(d) 予測解析シナリオ

上記地下水涵養条件と地下水揚水条件を組み合わせた5つのシナリオを設定する。

表 5.6.8 予測解析シナリオ

シナリオ	地下水涵養量	地下水揚水量	備考
Scenario-1	Case-R1	Case-W1	平均的な気象条件で、現況の揚水量が継続。
Scenario-2	Case-R2	Case-W1	10年に1回程度の割合で渇水が発生、現況の揚水量継続。
Scenario-3	Case-R3	Case-W1	平均的な気象条件で、現況の揚水量が継続。漏水対策が進行。
Scenario-4	Case-R4	Case-W2	平均的な気象条件で、揚水量が増加。
Scenario-5	Case-R5	Case-W3	平均的な気象条件で、揚水量が減少。

(2) 予測解析結果

(a) キャリブレーション地点の地下水位変動

キャリブレーションに用いた6地点（図 5.6.8 参照）の上記5シナリオでの地下水位変動予測を次図に示す。

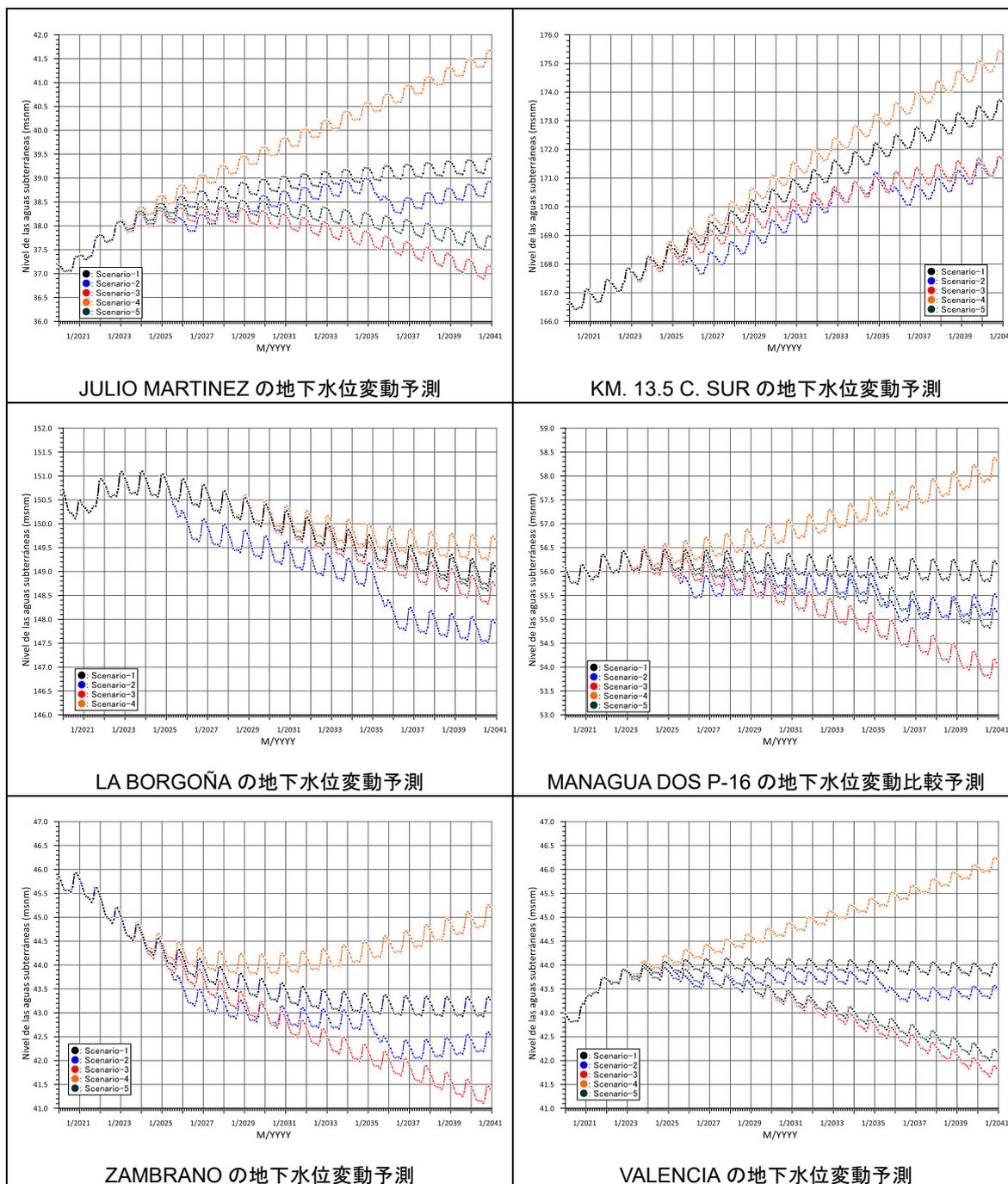


図 5.6.8 キャリブレーション地点の地下水位変動予測

また、上記6地点の地下水位について、2019年12月の地下水位との比較を表 5.6.9 に、シナリオ1とシナリオ2~5の地下水位の比較を表 5.6.10 に示す。

表 5.6.9 キャリブレーション地点の2019年12月との地下水位差予測

z	2019年12月	2030年12月					2040年12月				
		Scenario-1	Scenario-2	Scenario-3	Scenario-4	Scenario-5	Scenario-1	Scenario-2	Scenario-3	Scenario-4	Scenario-5
Julio Martines	37.18	39.03	38.72	38.48	38.24	39.84	39.40	38.93	37.78	37.15	41.68
	—	1.85	1.54	1.30	1.06	2.66	2.22	1.75	0.60	-0.03	4.50
KM. 13.5 C. Sur	166.74	170.92	169.85	170.33	170.22	171.52	173.68	171.72	171.48	171.70	175.41
	—	4.18	3.11	3.59	3.48	4.78	6.94	4.98	4.74	4.96	8.67
La Borgoña	150.84	150.20	149.55	150.21	150.15	150.31	149.12	147.93	149.00	148.72	149.68
	—	-0.64	-1.29	-0.63	-0.69	-0.53	-1.72	-2.91	-1.84	-2.12	-1.16
Managua Dos P-16	56.15	56.32	55.90	56.01	55.65	57.03	56.17	55.47	55.16	54.09	58.34
	—	0.16	-0.26	-0.15	-0.51	0.87	0.01	-0.69	-1.00	-2.07	2.18
Zambrano	45.92	43.57	43.09	43.57	42.97	44.40	43.28	42.55	43.25	41.40	45.22
	—	-2.35	-2.83	-2.35	-2.95	-1.52	-2.64	-3.37	-2.67	-4.52	-0.70
Valencia	43.04	44.1	43.83	43.43	43.37	44.87	44.00	43.54	42.19	41.84	46.60
	—	1.06	0.79	0.39	0.33	1.83	0.96	0.50	-0.85	-1.20	3.56

上段：地下水位 (msnm)

下段：2019年12月との地下水位差 (m)

表 5.6.10 キャリブレーション地点のシナリオ1との地下水位差予測

井戸名	2030年12月				2040年12月			
	Scenario-2	Scenario-3	Scenario-4	Scenario-5	Scenario-2	Scenario-3	Scenario-4	Scenario-5
Julio Martines	-0.31	-0.55	-0.79	0.81	-0.47	-1.62	-2.25	2.28
KM. 13.5 C. Sur	-1.07	-0.59	-0.70	0.60	-1.96	-2.20	-1.98	1.73
La Borgoña	-0.65	0.01	-0.05	0.11	-1.19	-0.12	-0.40	0.56
Managua Dos P-16	-0.42	-0.31	-0.67	0.71	-0.70	-1.01	-2.08	2.17
Zambrano	-0.48	0.00	-0.60	0.83	-0.73	-0.03	-1.88	1.94
Valencia	-0.27	-0.67	-0.73	0.77	-0.46	-1.81	-2.16	2.60

(単位：m)

(b) 主要な既往 JICA プロジェクト地点の地下水位変動

主要な JICA プロジェクト実施地点である「Managua I」及び「Managua II」付近の地下水位の変動予測結果を図 5.6.9 及び表 5.6.11～表 5.6.12 に示す。

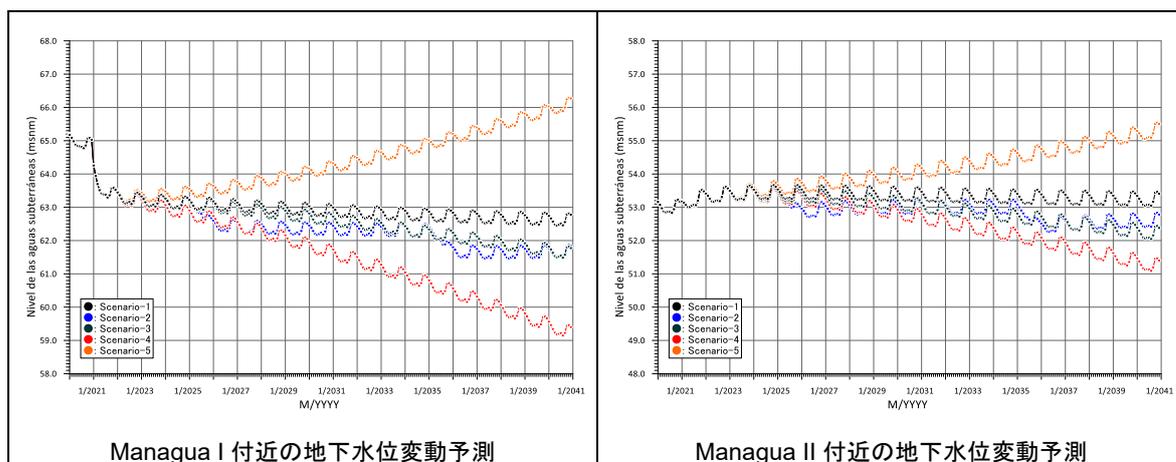


図 5.6.9 JICA プロジェクト地点の地下水位変動予測

表 5.6.11 JICA プロジェクト地点の 2019 年 12 月との地下水位差予測

井戸群	2019 年 12 月	2030 年 12 月					2040 年 12 月				
		Scenario-1	Scenario-2	Scenario-3	Scenario-4	Scenario-5	Scenario-1	Scenario-2	Scenario-3	Scenario-4	Scenario-5
Managua I	65.25	63.06	62.50	62.79	61.83	64.35	62.78	61.84	61.78	59.40	66.27
	—	-2.19	-2.75	-2.46	-3.42	-0.90	-2.47	-3.42	-3.48	-5.85	1.02
Managua II	53.24	53.55	53.17	53.22	52.89	54.24	53.41	52.78	52.38	51.40	55.50
	—	0.30	-0.07	-0.03	-0.36	1.00	0.16	-0.46	-0.86	-1.84	2.26

上段：地下水位 (msnm)

下段：2019 年 12 月との地下水位差 (m)

表 5.6.12 JICA プロジェクト地点のシナリオ 1 との地下水位差予測

井戸群	2030 年 12 月				2040 年 12 月			
	Scenario-2	Scenario-3	Scenario-4	Scenario-5	Scenario-2	Scenario-3	Scenario-4	Scenario-5
Managua I	-0.56	-0.27	-1.23	1.29	-0.94	-1.00	-3.38	3.49
Managua II	-0.37	-0.33	-0.66	0.70	-0.63	-1.03	-2.01	2.09

(単位：m)

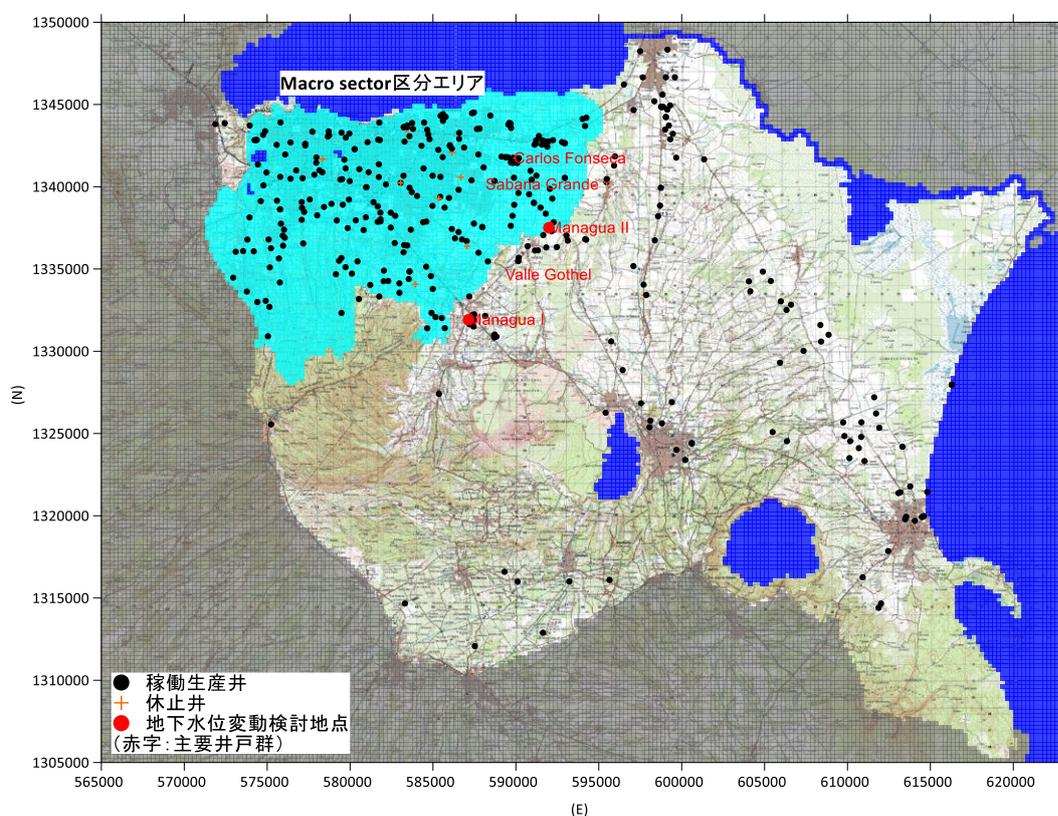


図 5.6.10 2021 年の井戸分布と主要井戸群

(c) 地下水位変動量

各シナリオの 2030 年 12 月と 2040 年 12 月の地下水分布を示すとともに、以下の地下水位分布の比較を行う。

- 各シナリオの 2030 年 12 月と現況解析の最終地下水位 (2019 年 12 月) の比較
- 各シナリオの 2040 年 12 月と現況解析の最終地下水位 (2019 年 12 月) の比較
- シナリオ 2~5 とシナリオ 1 の 2030 年 12 月の地下水分布の比較
- シナリオ 2~5 とシナリオ 1 の 2040 年 12 月の地下水分布の比較

(i) シナリオ 1

シナリオ 1 は、「平均的な涵養量で、現況の揚水量が継続する」ことを想定したシナリオである。本シナリオの 2030 年 12 月と 2040 年 12 月の地下水分布 (図 5.6.11) と、それらと現況解析の最終地下水位 (2019 年 12 月) との比較 (図 5.6.12) を以下に示す。

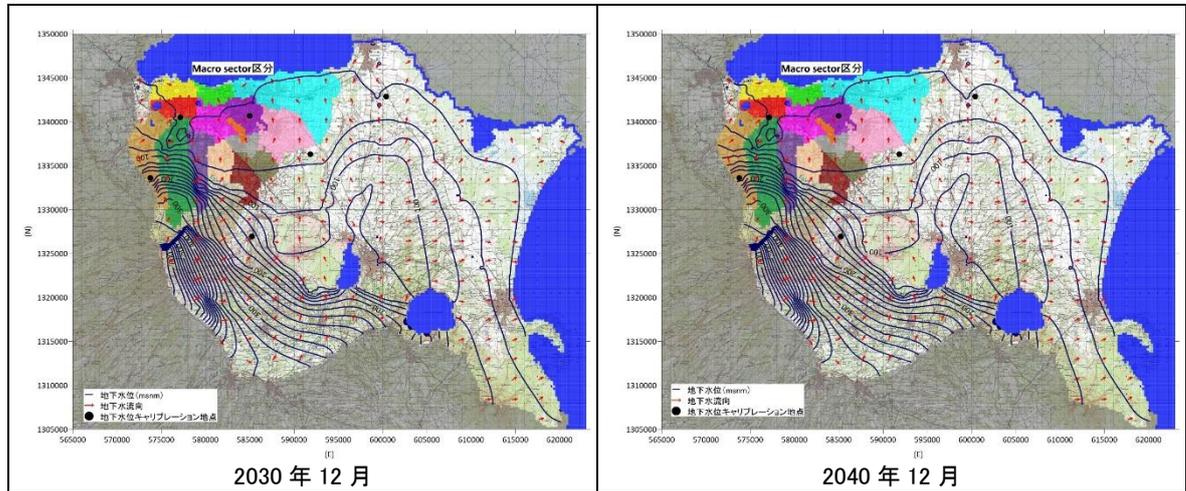


図 5.6.11 シナリオ 1 : 地下水位分布予測

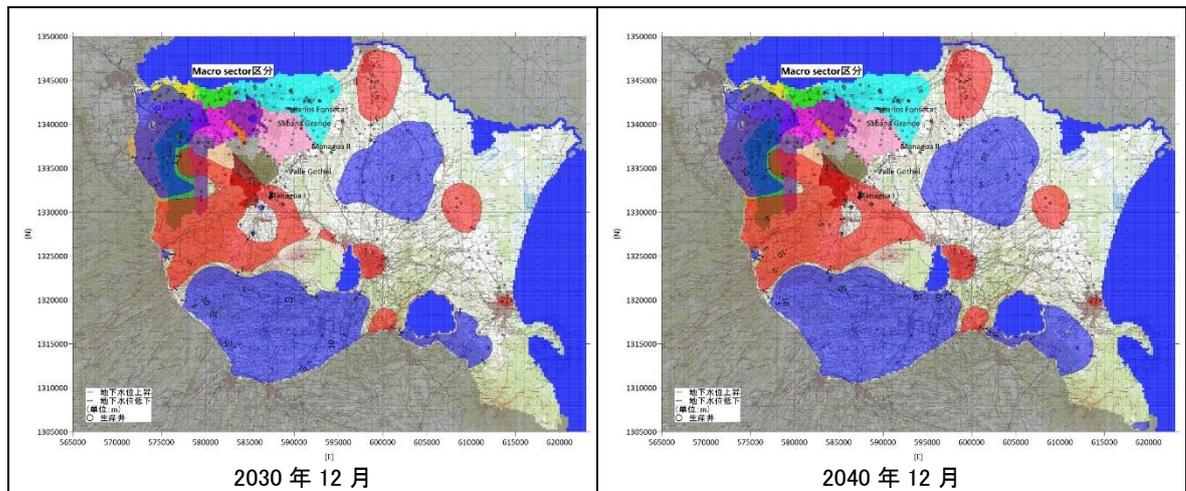


図 5.6.12 シナリオ 1 : 2019 年 12 月の地下水位分布との比較

(ii) シナリオ 2

シナリオ 2 は、「現況の揚水量が継続する状況で、10 年に 1 回の頻度で渇水が発生する」ことを想定したシナリオである。本シナリオの 2030 年 12 月と 2040 年 12 月の地下水分布 (図 5.6.13) と、それらと現況解析の最終地下水位 (2019 年 12 月) との比較 (図 5.6.14) 及びシナリオ 1 の地下水位との比較 (図 5.6.15) を次頁に示す。

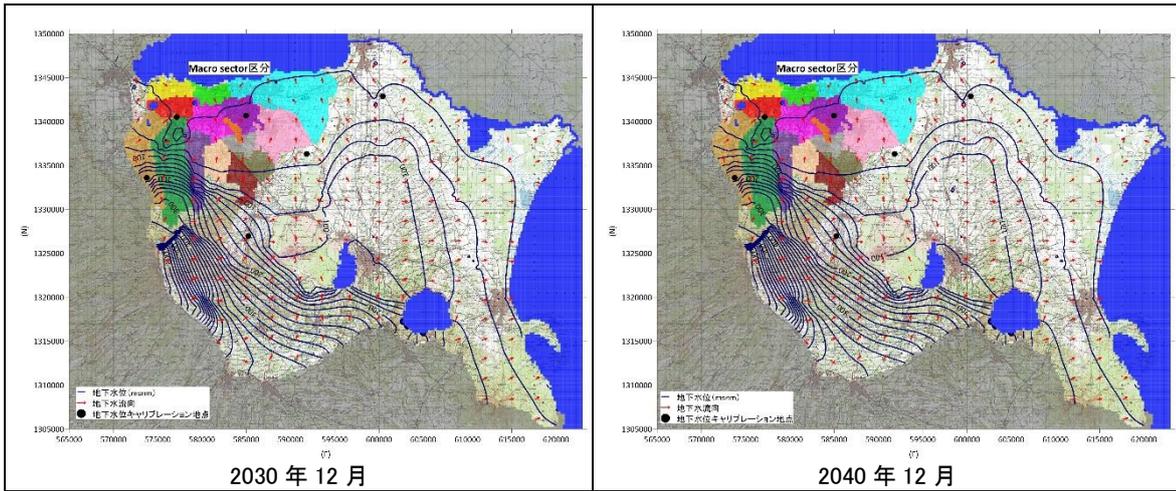


図 5.6.13 シナリオ 2 : 地下水位分布予測

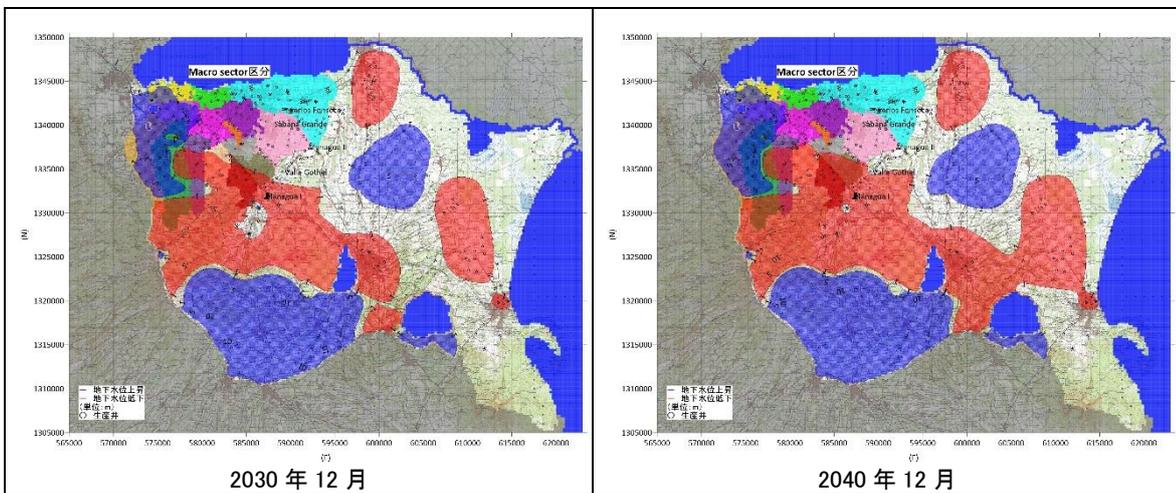


図 5.6.14 シナリオ 2 : 2019年12月の地下水位分布との比較

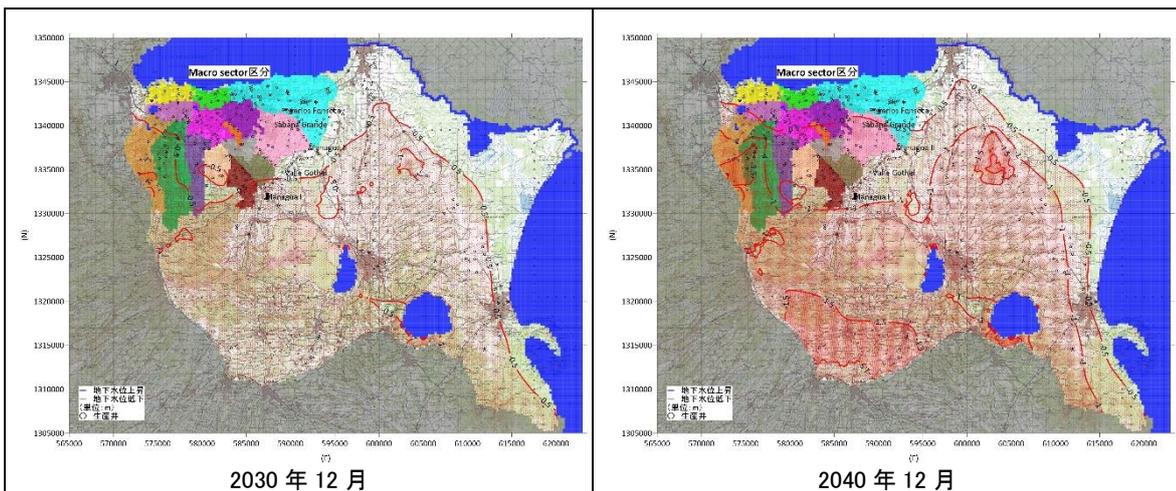


図 5.6.15 シナリオ 2 : シナリオ 1 の地下水位分布との比較

(iii) シナリオ 3

シナリオ 3 は、「平均的な涵養量で、揚水量が増加する」ことを想定したシナリオである。本シナリオの 2030 年 12 月と 2040 年 12 月の地下水分布 (図 5.6.16)

と、それらと現況解析の最終地下水位（2019年12月）との比較（図 5.6.17）及びシナリオ1の地下水位との比較（図 5.6.18）を以下に示す。

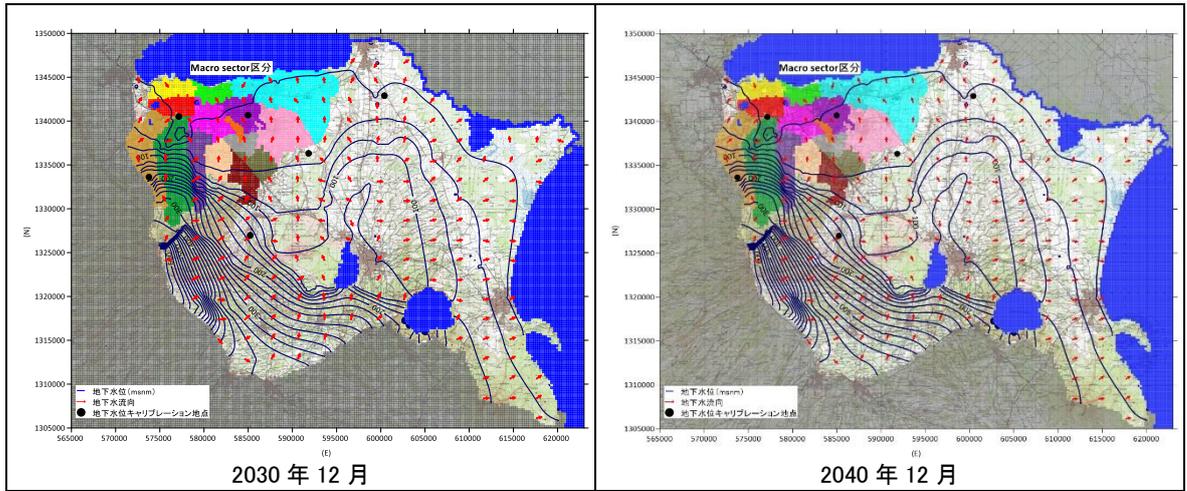


図 5.6.16 シナリオ3：地下水位分布予測

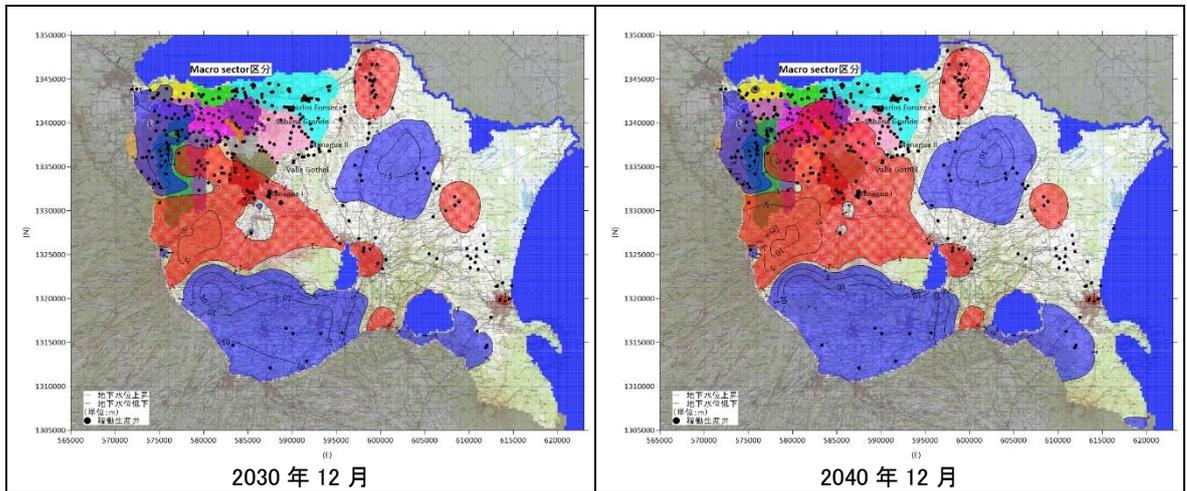


図 5.6.17 シナリオ3：2019年12月の地下水位分布との比較

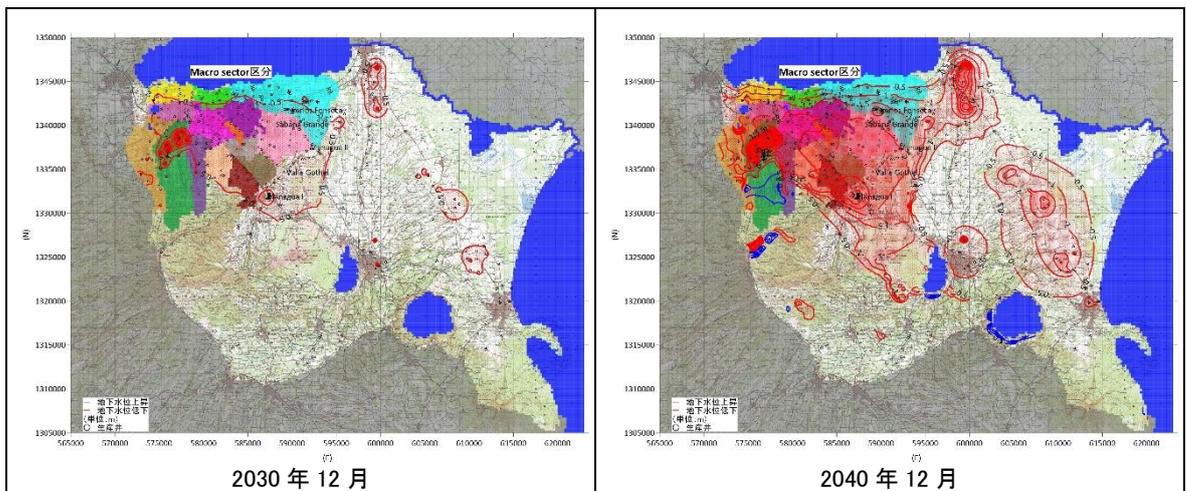


図 5.6.18 シナリオ3：シナリオ1の地下水位分布との比較

(iv) シナリオ 4

シナリオ 4 は、「平均的な涵養量で、揚水量が減少する」ことを想定したシナリオである。本シナリオの 2030 年 12 月と 2040 年 12 月の地下水分布（図 5.6.19）と、それらと現況解析の最終地下水位（2019 年 12 月）との比較（図 5.6.20）及びシナリオ 1 の地下水位との比較（図 5.6.21）を以下に示す。

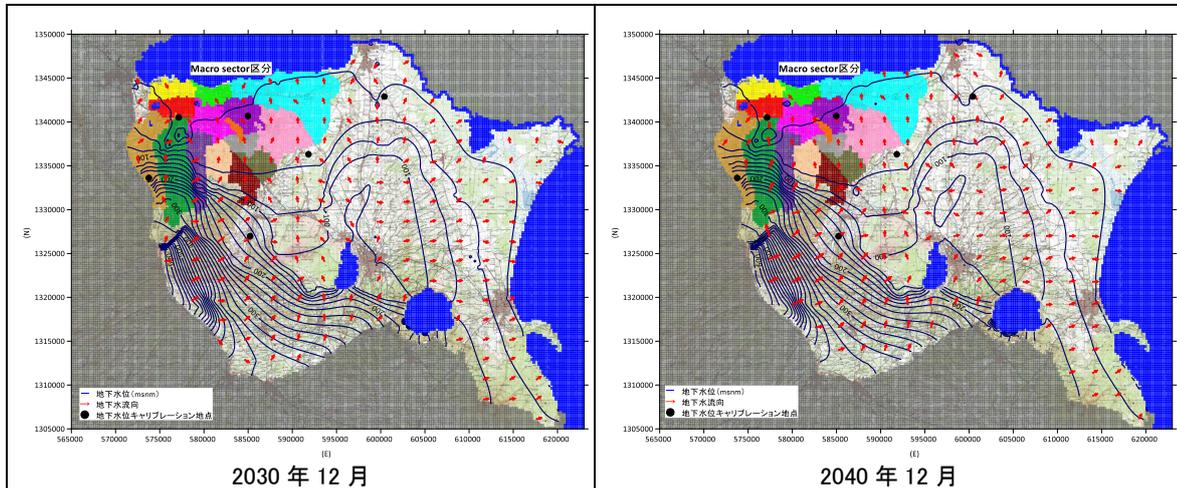


図 5.6.19 シナリオ 4：地下水水位分布予測

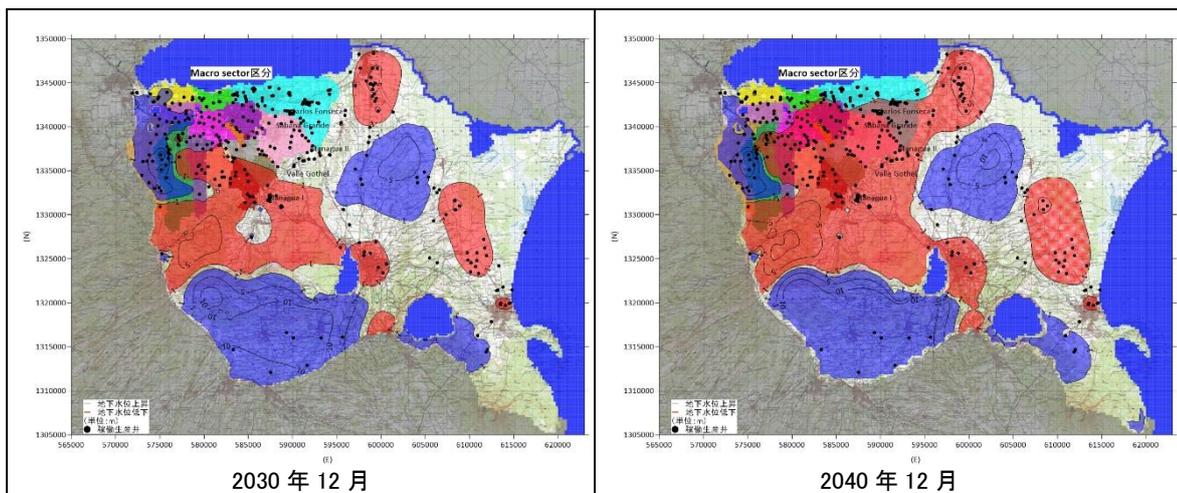


図 5.6.20 シナリオ 4：2019 年 12 月の地下水水位分布との比較

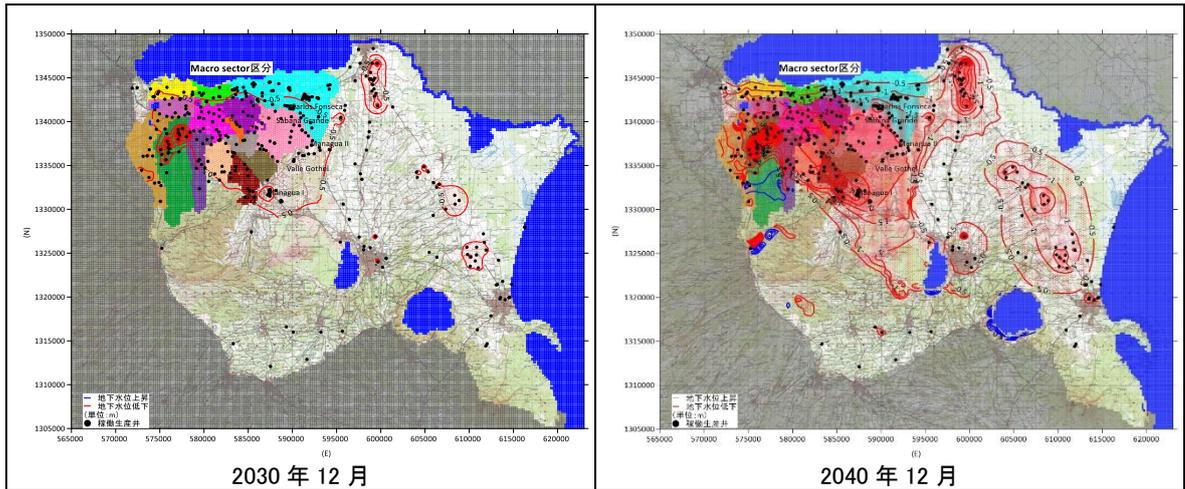


図 5.6.21 シナリオ 4：シナリオ 1 の地下水位分布との比較

(v) シナリオ 5

シナリオ 5 は「平均的な涵養量で、現況の揚水量が継続する状況の中で、Macro sector 設定地域で漏水量が減少する」ことを想定したシナリオで、2030 年 12 月と 2040 年 12 月の地下水分布（図 5.6.22）、それらと現況解析の最終地下水位（2019 年 12 月）との比較（図 5.6.23）及びシナリオ 1 の地下水位との比較（図 5.6.24）を以下に示す。

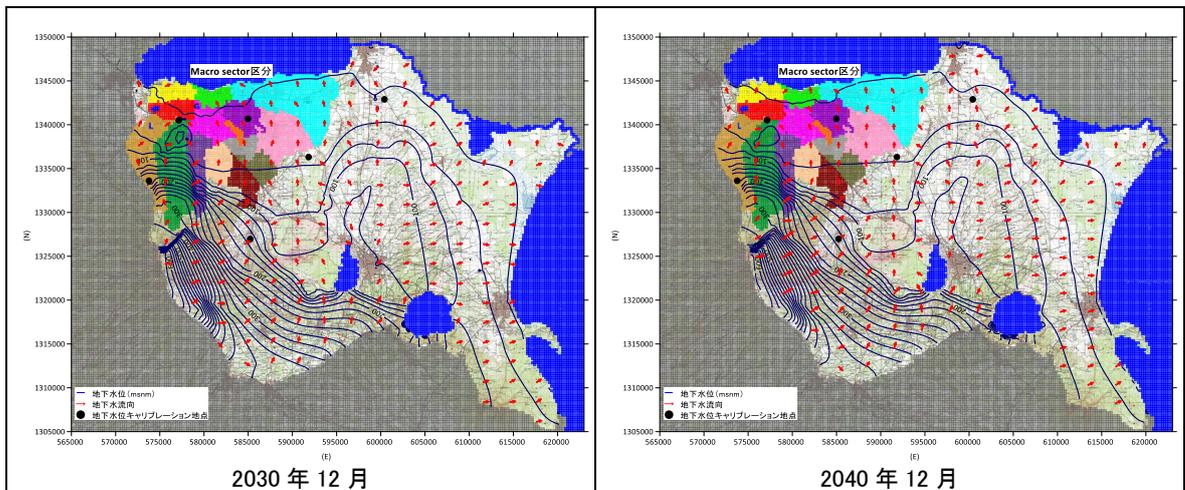


図 5.6.22 シナリオ 5：地下水位分布予測

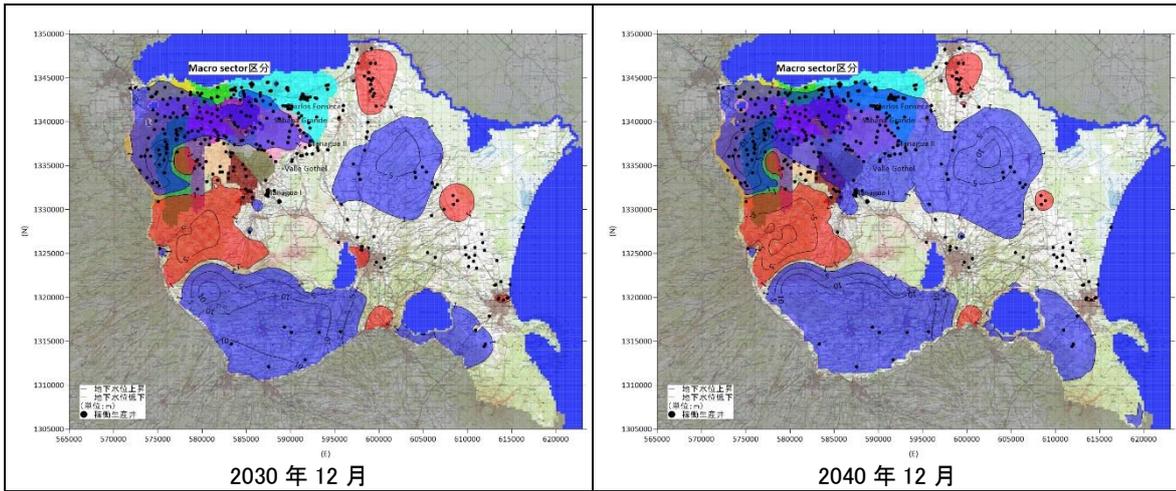


図 5.6.23 シナリオ 5 : 2019 年 12 月の地下水位分布との比較

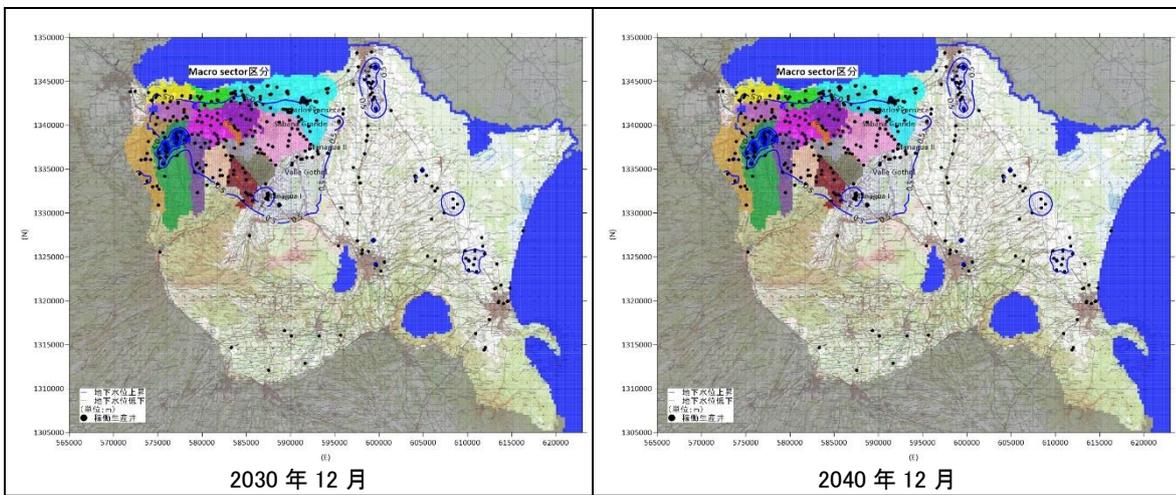


図 5.6.24 シナリオ 5 : シナリオ 1 の地下水位分布との比較

(d) 地下水収支

現況解析と同様に、シナリオ 1 からシナリオ 5 の以下の 3 種類の地下水収支結果を以下に示す。

- 解析（計算）範囲全域（全層）
- PHRH のラス・シエラス帯水層域（全層）
- PHRH のラス・シエラス帯水層域（第三帯水層）

(i) シナリオ 1

「平均的な涵養量で、現況の揚水量が継続する」ことを想定したシナリオでの 2020 年 1 月から 2040 年 12 月までの地下水収支予測を図 5.6.25～図 5.6.27 に示す。

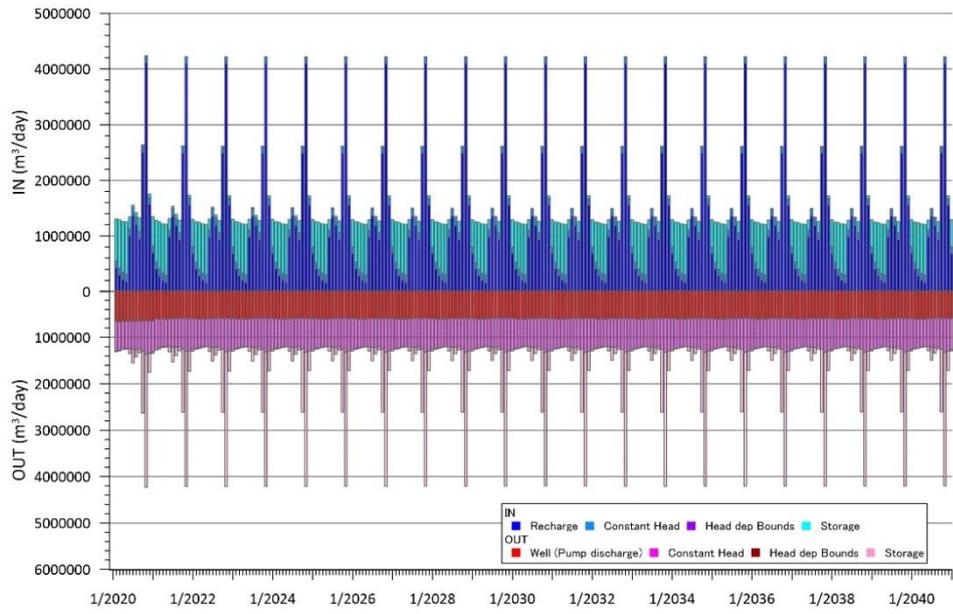


図 5.6.25 シナリオ 1 : 解析 (計算) 範囲全域 (全層) の地下水収支

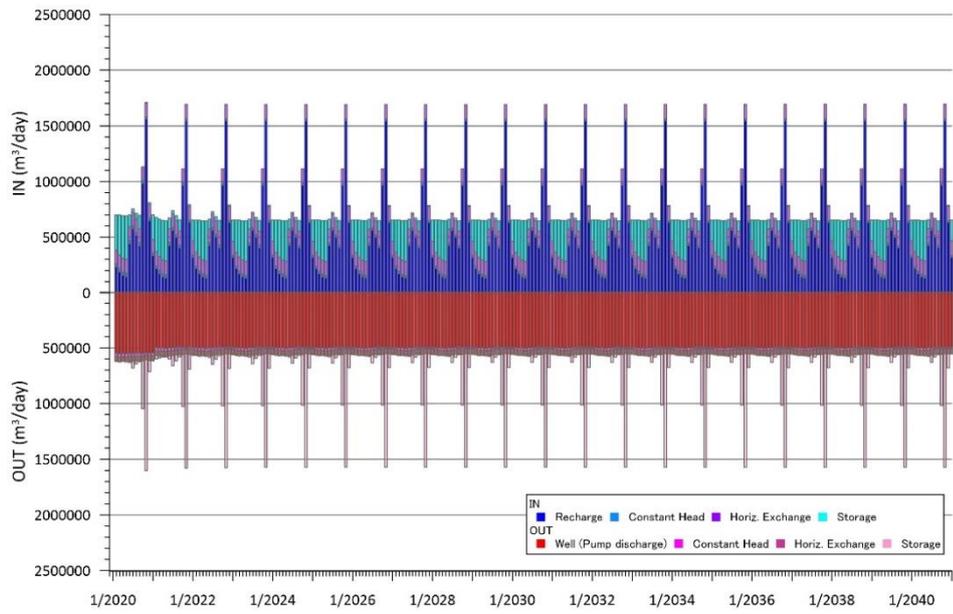


図 5.6.26 シナリオ 1 : PNRH のラス・シエラス帯水層域 (全層) の地下水収支

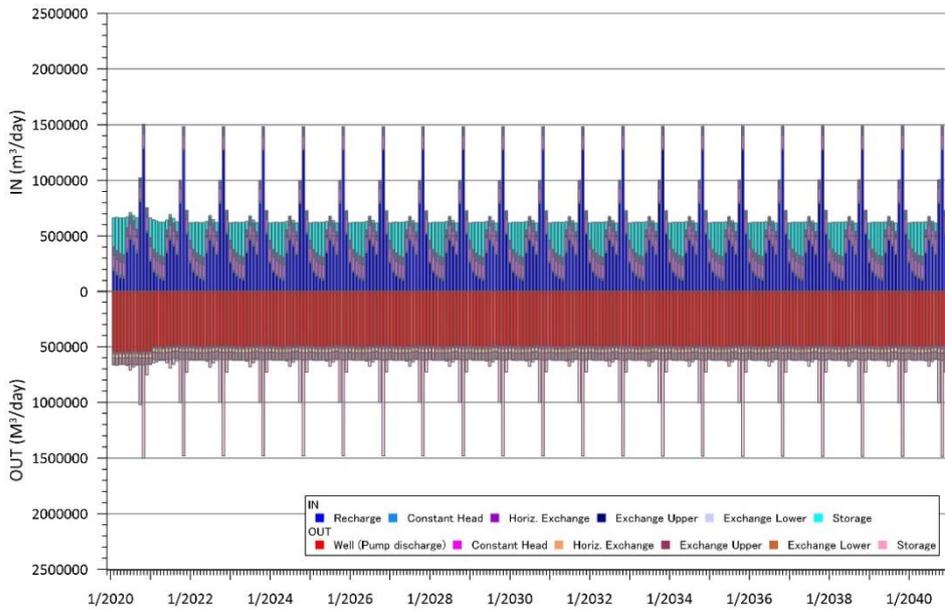


図 5.6.27 シナリオ 1 : PNRH のラス・シエラス帯水層域（第三帯水層）の地下水収支

(ii) シナリオ 2

「現況の揚水量が継続する状況で、10年に1回の頻度で湧水が発生する」ことを想定したシナリオでの2020年1月から2040年12月までの地下水収支予測を図5.6.28～図5.6.30に示す。

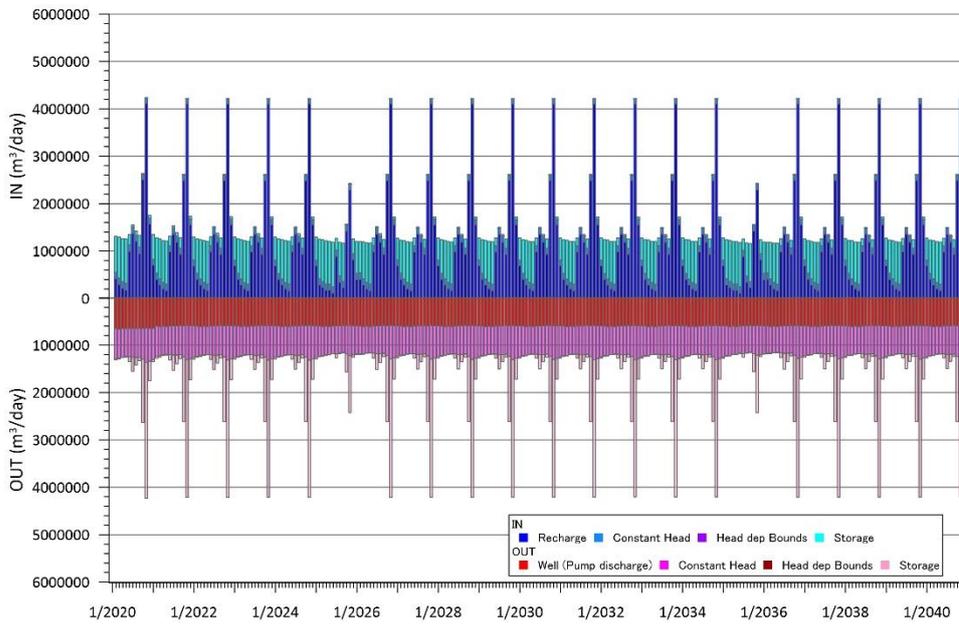


図 5.6.28 シナリオ 2 : 解析（計算）範囲全域（全層）の地下水収支

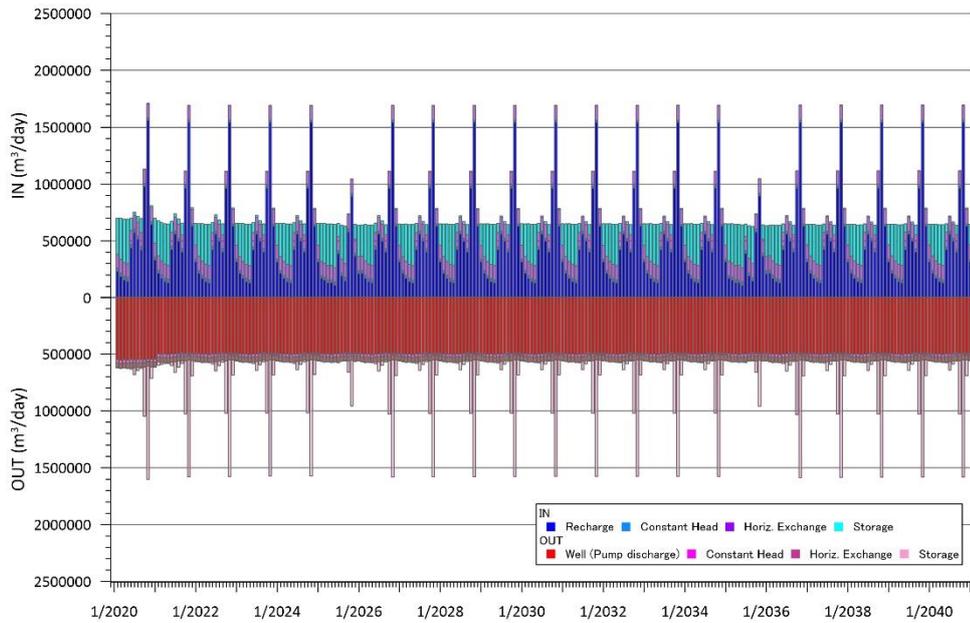


図 5.6.29 シナリオ 2 : PNRH のラス・シエラス帯水層域 (全層) の地下水収支

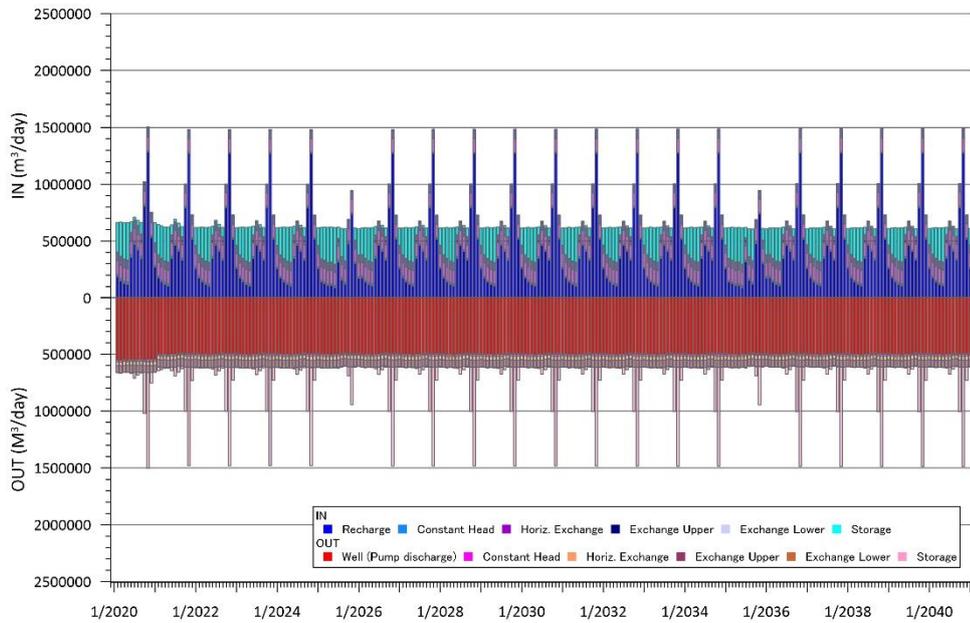


図 5.6.30 シナリオ 2 : PNRH のラス・シエラス帯水層域 (第三帯水層) の地下水収支

(iii) シナリオ 3

「平均的な涵養量で、現況の揚水量が継続する状況の中で、Macro sector 設定地域で漏水量が減少する」ことを想定したシナリオでの 2020 年 1 月から 2040 年 12 月までの地下水収支予測を図 5.6.31～図 5.6.33 に示す。

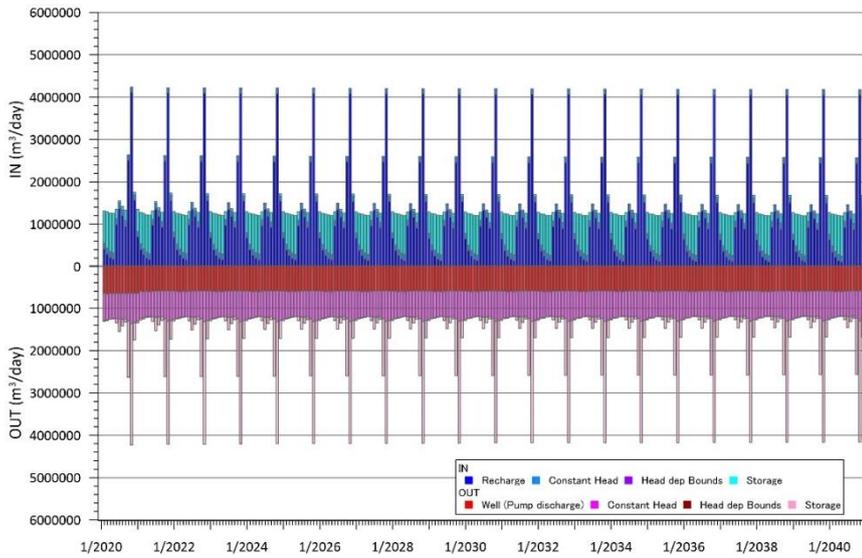


図 5.6.31 シナリオ 3 : 解析 (計算) 範囲全域 (全層) の地下水収支

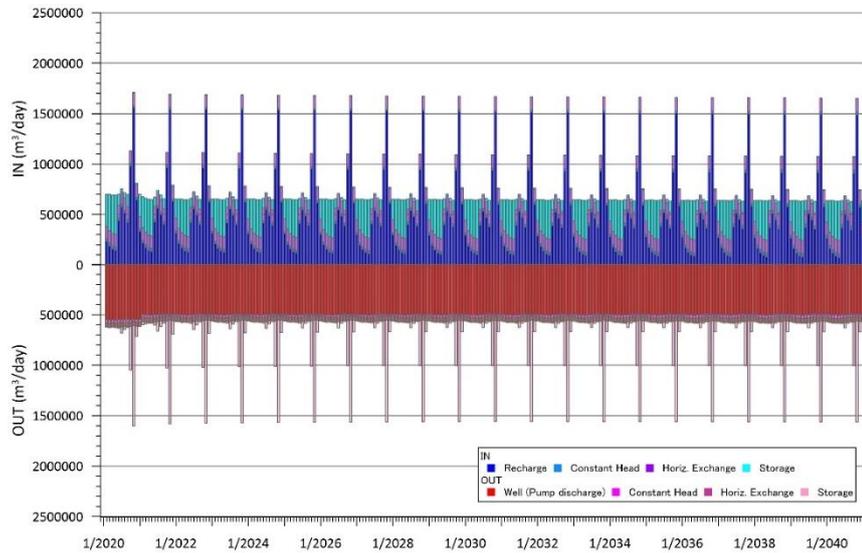


図 5.6.32 シナリオ 3 : PNRH のラス・シエラス帯水層域 (全層) の地下水収支

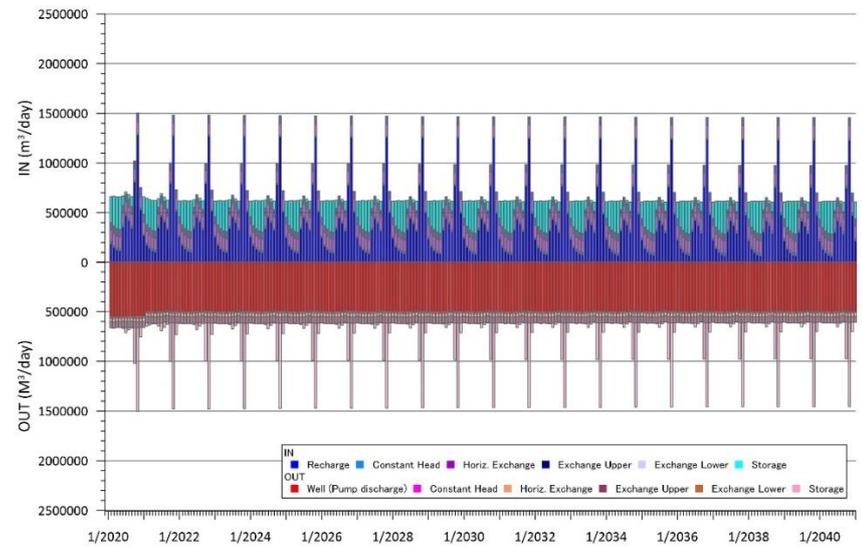


図 5.6.33 シナリオ 3 : PNRH のラス・シエラス帯水層域 (第三帯水層) の地下水収支

(iv) シナリオ 4

「平均的な涵養量で、揚水量が減少する」ことを想定したシナリオでの 2020 年 1 月から 2040 年 12 月までの地下水収支予測を図 5.6.34～図 5.6.36 に示す。

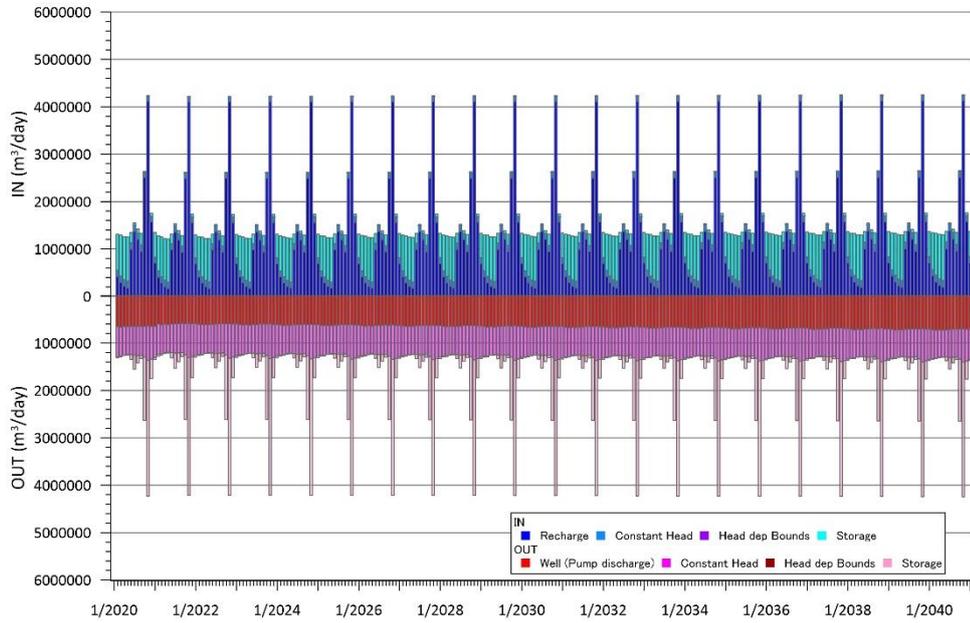


図 5.6.34 シナリオ 4：解析（計算）範囲全域（全層）の地下水収支

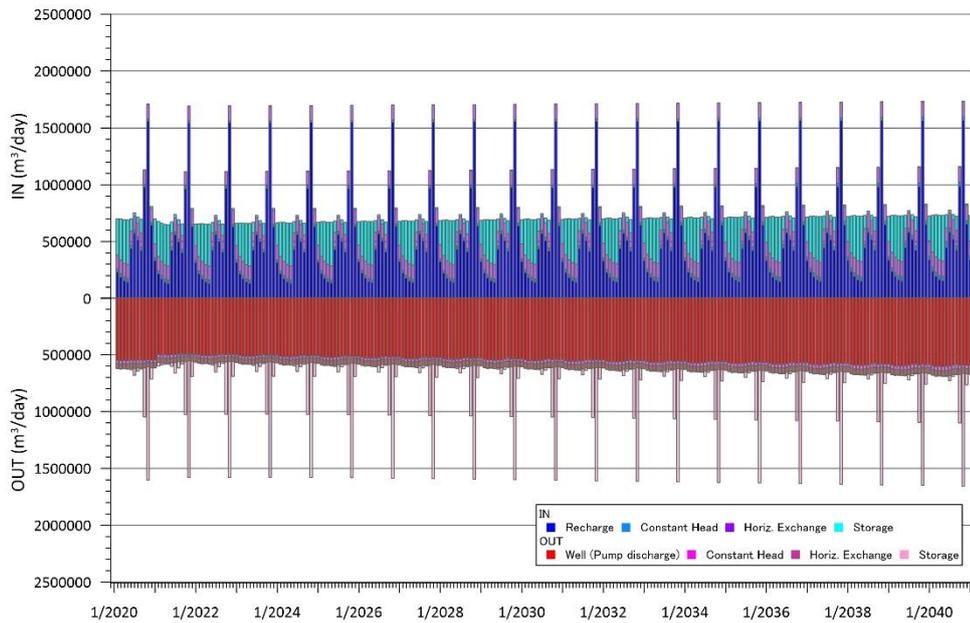


図 5.6.35 シナリオ 4：PNRH のラス・シエラス帯水層域（全層）の地下水収支

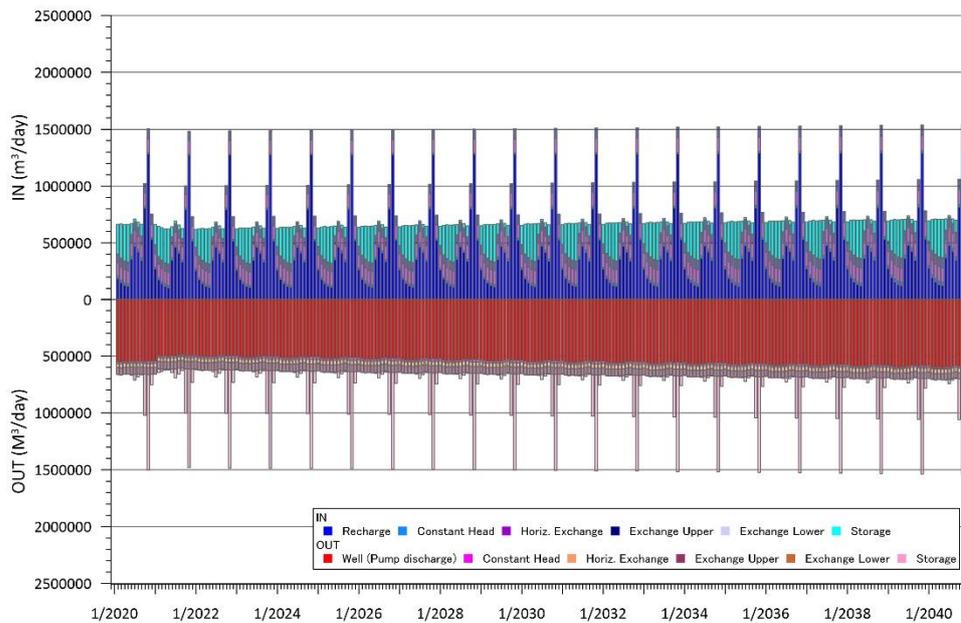


図 5.6.36 シナリオ 4 : PNRH のラス・シエラス帯水層域 (第三帯水層) の地下水収支

(v) シナリオ 5

「平均的な涵養量で、揚水量が減少する」ことを想定したシナリオでの 2020 年 1 月から 2040 年 12 月までの地下水収支予測を図 5.6.37～図 5.6.39 に示す。

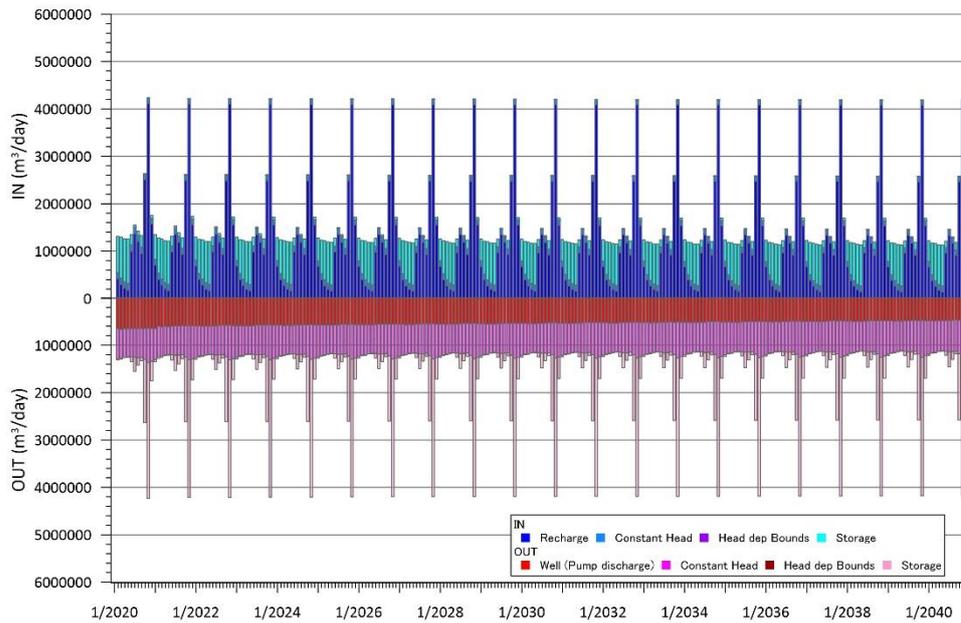


図 5.6.37 シナリオ 5 : 解析 (計算) 範囲全域 (全層) の地下水収支

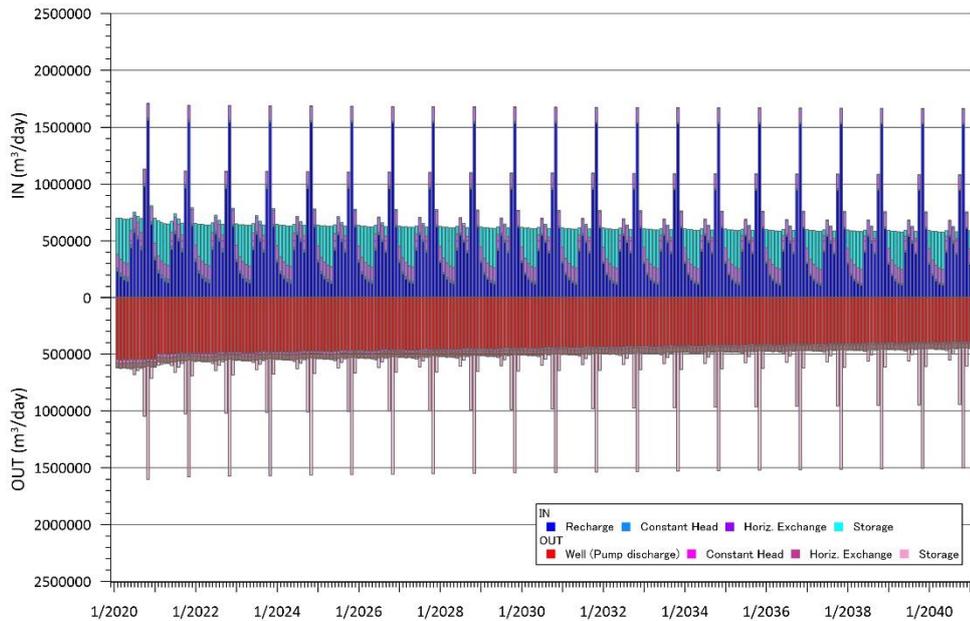


図 5.6.38 シナリオ 5 : PNRH のラス・シエラス帯水層域 (全層) の地下水収支

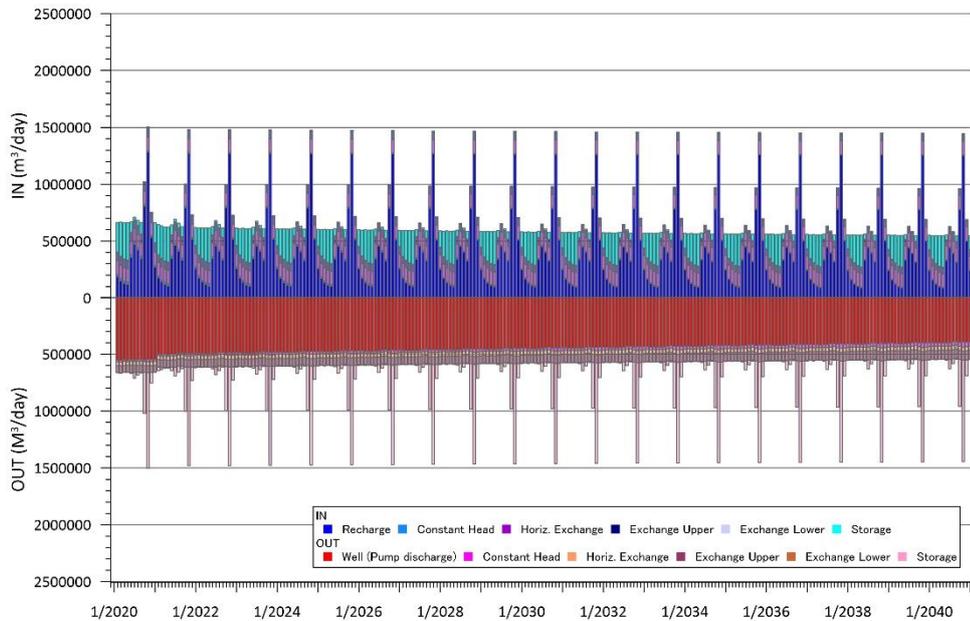


図 5.6.39 シナリオ 5 : PNRH のラス・シエラス帯水層域 (第三帯水層) の地下水収支

(3) 総合解析

本解析は限られた時間内で、既往調査資料を中心に実施したものであり、地域間の精度に高低があることは否めないが、将来予測解析結果から以下のことが言える。

(a) キャリブレーション地点及び主要 JICA プロジェクト地点の地下水位変動

キャリブレーションに使用した 6 地点及び JICA プロジェクト地点 (Managua I、Managua II) においては、平均的な涵養量で 2021 年の揚水量が継続する (シナリオ 1) と以下のような水位変動が発生する。

- Julio Martinez : 2040 年までに 2m 程度の水位上昇が予測される。ただし、2030

年から 2040 年の水位上昇は 0.5m 程度と平衡状態に近づく。

- KM. 13.5 C. Sur : 水位の上昇が続き、2040 年までに 7m 程度の上昇が予測される。この地域は西側境界からの流入の影響が大きく、地下水位の上昇・低下はこの流入量に支配されている（流入量を 0 とすると、井戸枯れが起こる計算グリッドが発生する）。
- La Borgoña : 初期は水位が上昇するが、周辺の水位低下の影響を受けて水位の低下に転じ、2040 年までに 2m 程度の水位低下が予測される。
- Managua Dos P-16 を含む Managua II 井戸群 : ほぼ現状の水位が維持される。
- Zambrano : 2030 年までに 2.5m 程度の水位低下が予測されるが、その後は平衡状態に近づき 2030 年から 2040 年までの水位低下は 0.3m 程度に留まる。
- Valencia : 初期に水位が 1m 程度上昇し、その後はその水位をほぼ維持する。
- Managua I 井戸群 : 2021 年に揚水量が増加しているため、予測解析当初に地下水位が低下するが、その後はその水位がほぼ維持される。

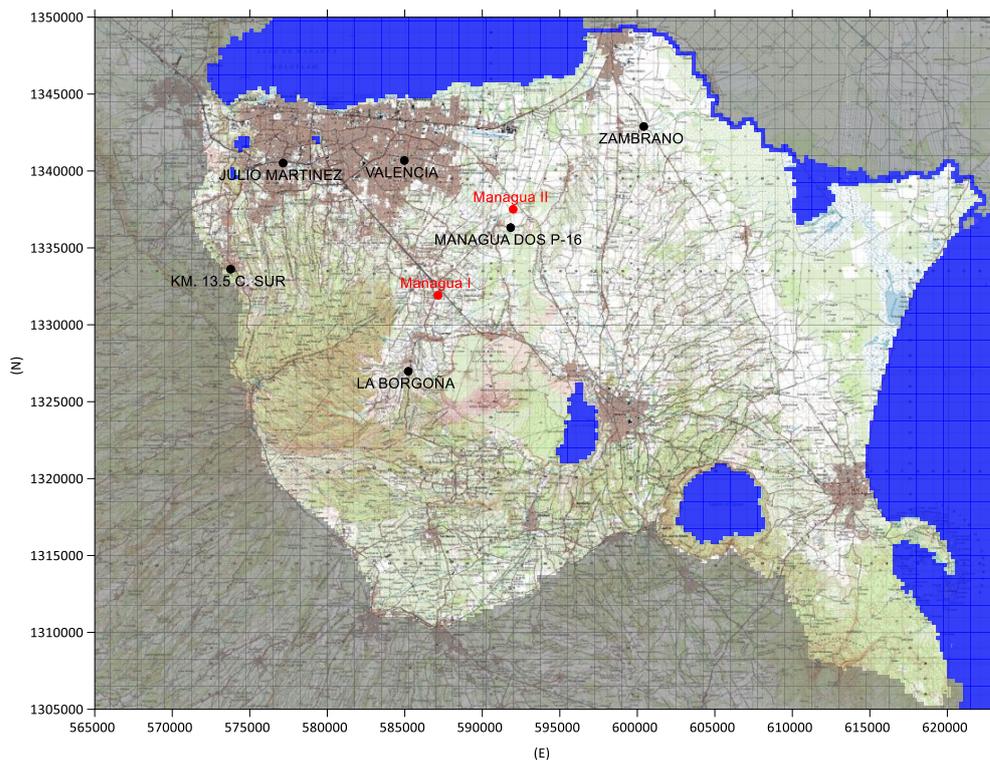


図 5.6.40 キャリブレーション地点及び主要 JICA プロジェクト地点

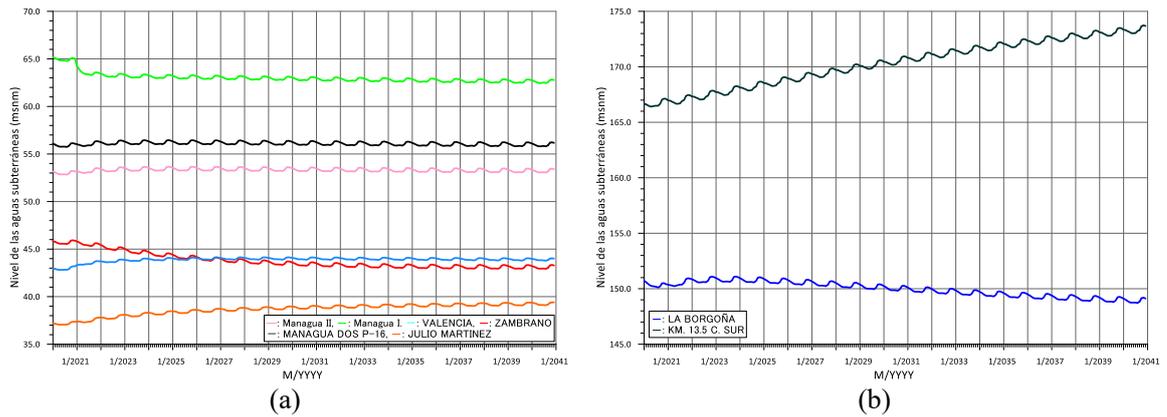


図 5.6.41 シナリオ 1 における地下水位変動

(b) 地下水収支予測

解析範囲全域と PNRH のラス・シエラス帯水層域（全層及び第三帯水層）の 2025 年、2030 年、2035 年、2040 年の年間地下水収支予測を表 5.6.13～表 5.6.15 に示す。外部域との地下水流入・流出関係（一般水頭境界に設定したセルとの流入・流出関係及びラス・シエラス帯水層域の周囲セルとの流入・流出関係）に大きな変化は認められず、地下水流向に変化を与えるような事象は予測されない。

涵養量と揚水量の関係では、解析範囲全域ではいずれのシナリオでも涵養量が揚水量を上回るが、2016 年のような渇水が発生すると涵養量の約 97%の揚水が予測される。また、解析範囲全域では涵養量が揚水量を上回るが、揚水井は地域全体に分布するわけではなく局所的に集中して分布しているため、次項で記すような地下水位が上昇する地域と低下する地域が発生することに注意しなくてはならない。

一方、PNRH のラス・シエラス帯水層域において、地域内の平均的な涵養量と 2021 年の揚水量がほぼ等しい（涵養量の約 98.6%を揚水）関係にあることから、シナリオ 2,3,4 では揚水量が涵養量を上回ることでより周辺からの地下水流入量が増加しても地下水位の低下が危惧される。

表 5.6.13 解析（計算）範囲全域（全層）の年間地下水収支予測

	範囲全体 (IN)	範囲全体 (OUT)	範囲全体 (収支)	外部域 (IN)	外部域 (OUT)	外部域 (収支)	涵養量 (IN)	揚水量 (OUT)	涵養－揚水 (収支)
(単位：千 m ³ /年)									
シナリオ 1：平均的な涵養量で、現況の揚水量が継続する。									
2025 年	615,507	614,885	622	706	59	647	438,553	217,327	221,225
2030 年	614,173	613,353	820	689	65	624	438,553	217,327	221,225
2035 年	613,450	612,691	759	673	72	601	438,553	217,327	221,225
2040 年	614,236	613,495	741	661	82	580	438,833	217,937	220,896
シナリオ 2：現況の揚水量が継続する状況で、10 年に 1 回の頻度（2025 年、2035 年）で渇水が発生する。									
2025 年	492,071	491,655	416	710	57	652	224,323	217,327	6,996
2030 年	612,087	611,362	725	698	62	636	438,553	217,327	221,225
2035 年	488,624	488,111	513	684	67	617	224,323	217,327	6,996
2040 年	611,172	610,339	833	675	74	601	438,833	217,937	220,896
シナリオ 3：平均的な涵養量で、現況の揚水量が継続する中で、Macrosector 設定地域の漏水量が減少（2040 年に現在の 50%）する。									
2025 年	613,940	613,320	620	706	59	647	434,000	217,327	216,672
2030 年	610,267	609,454	813	689	65	624	428,309	217,327	210,981
2035 年	607,283	606,515	768	673	71	602	423,187	217,327	205,859

2040年	605,635	604,909	727	662	80	582	418,289	217,937	200,353
シナリオ4：平均的な涵養量で、揚水量が増加（2040年に現在の20%増）する（揚水量の増加に伴い漏水涵養量も増加する）。									
2025年	622,428	621,808	620	706	59	647	444,374	226,987	213,387
2030年	628,869	628,033	836	689	65	624	442,650	239,060	203,590
2035年	634,581	633,843	738	673	71	601	444,699	249,926	194,772
2040年	641,647	640,912	734	661	80	581	447,051	261,524	185,527
シナリオ5：平均的な涵養量で、揚水量が減少（2040年に現在の20%減）する（揚水量の減少に伴い漏水涵養量も減少する）。									
2025年	609,647	609,032	615	706	59	647	436,731	207,668	229,064
2030年	601,923	601,118	805	688	65	623	434,455	195,595	238,860
2035年	596,656	595,862	793	671	73	599	432,406	184,728	247,678
2040年	593,316	592,431	885	659	83	576	430,616	174,349	256,266

注) 外部域は一般水頭境界に設定したセルとの流入・流出関係を示す。

表 5.6.14 PNRH のラス・シエラス帯水層域（全層）の年間地下水収支予測

(単位：千 m³/年)

	範囲全体 (IN)	範囲全体 (OUT)	範囲全体 (収支)	外部域 (IN)	外部域 (OUT)	外部域 (収支)	涵養量 (IN)	揚水量 (OUT)	涵養-揚水 (収支)
シナリオ1：平均的な涵養量で、現況の揚水量が継続する。									
2025年	291,103	291,044	59	45,918	15,864	30,054	183,969	181,415	2,554
2030年	290,819	290,774	45	46,519	16,064	30,455	183,969	181,415	2,554
2035年	290,744	290,705	39	47,235	16,184	31,051	183,969	181,415	2,554
2040年	291,441	291,396	45	48,088	16,304	31,784	184,142	181,918	2,224
シナリオ2：現況の揚水量が継続する状況で、10年に1回の頻度（2025年、2035年）で濁水が発生する。									
2025年	250,926	250,889	36	45,616	15,780	29,836	106,919	181,415	-74,496
2030年	290,124	290,066	58	46,021	15,978	30,043	183,969	181,415	2,554
2035年	249,883	249,857	26	46,474	16,009	30,465	106,919	181,415	-74,496
2040年	290,144	290,076	67	47,125	16,125	31,000	184,142	181,918	2,224
シナリオ3：平均的な涵養量で、現況の揚水量が継続する中で、Macrosector 設定地域の漏水量が減少（2040年に現在の50%）する。									
2025年	289,328	289,271	57	45,902	15,846	30,056	179,417	181,415	-1,999
2030年	286,527	286,464	63	46,548	15,990	30,558	173,726	181,415	-7,690
2035年	284,010	283,967	43	47,317	16,035	31,282	168,604	181,415	-12,812
2040年	282,181	282,131	50	48,212	16,069	32,143	163,598	181,918	-18,320
シナリオ4：平均的な涵養量で、揚水量が増加（2040年に現在の20%増）する（揚水量の増加に伴い漏水涵養量も増加する）。									
2025年	297,042	296,983	60	46,122	16,005	30,117	185,791	189,479	-3,688
2030年	303,775	303,721	54	47,186	16,421	30,765	188,067	199,557	-11,490
2035年	309,666	309,626	40	48,377	16,763	31,614	190,116	208,628	-18,512
2040年	316,278	316,234	44	49,687	17,118	32,569	192,360	218,302	-25,942
シナリオ5：平均的な涵養量で、揚水量が減少（2040年に現在の20%減）する（揚水量の減少に伴い漏水涵養量も減少する）。									
2025年	285,801	285,739	62	45,636	15,726	29,910	182,148	173,352	8,796
2030年	279,484	279,428	56	45,710	15,709	30,001	179,872	163,274	16,598
2035年	274,863	274,809	53	45,868	15,609	30,259	177,823	154,203	23,620
2040年	271,542	271,471	71	46,169	15,507	30,661	175,925	145,534	30,390

注) 外部域はラス・シエラス帯水層域の周囲セルとの流入・流出関係を示す。

表 5.6.15 PNRH のラス・シエラス帯水層域（第三帯水層）の年間地下水収支予測

(単位：千 m³/年)

	範囲全体 (IN)	範囲全体 (OUT)	範囲全体 (収支)	外部域 (IN)	外部域 (OUT)	外部域 (収支)	涵養量 (IN)	揚水量 (OUT)	涵養-揚水 (収支)
シナリオ1：平均的な涵養量で、現況の揚水量が継続する。									
2025年	270,419	270,382	37	43,833	13,433	30,400	183,969	181,404	2,565
2030年	270,234	270,214	20	44,455	13,668	30,787	183,969	181,404	2,565
2035年	270,251	270,242	10	45,142	13,783	31,359	183,969	181,404	2,565
2040年	270,979	270,961	18	45,945	13,882	32,062	184,142	181,907	2,235
シナリオ2：現況の揚水量が継続する状況で、10年に1回の頻度（2025年、2035年）で濁水が発生する。									
2025年	237,759	237,753	6	43,572	13,362	30,209	106,919	181,404	-74,485
2030年	269,650	269,621	30	44,026	13,604	30,423	183,969	181,404	2,565
2035年	237,074	237,065	9	44,497	13,644	30,852	106,919	181,404	-74,485
2040年	269,980	269,945	35	45,139	13,752	31,388	184,142	181,907	2,235
シナリオ3：平均的な涵養量で、現況の揚水量が継続する中で、Macrosector 設定地域の漏水量が減少（2040年に現在の									

の 50%) する。									
2025 年	269,171	269,139	33	43,848	13,411	30,437	179,417	181,404	-1,988
2030 年	267,411	267,389	22	44,544	13,591	30,952	173,726	181,404	-7,679
2035 年	265,960	265,949	10	45,324	13,633	31,691	168,604	181,404	-12,801
2040 年	265,187	265,176	11	46,211	13,649	32,563	163,598	181,907	-18,309
シナリオ 4：平均的な涵養量で、揚水量が増加（2040 年に現在の 20%増）する（揚水量の増加に伴い漏水涵養量も増加する）。									
2025 年	276,535	276,501	35	44,023	13,584	30,439	185,791	189,467	-3,677
2030 年	284,035	284,018	17	45,078	14,051	31,027	188,067	199,545	-11,478
2035 年	290,887	290,877	10	46,222	14,395	31,827	190,116	208,615	-18,499
2040 年	298,544	298,537	7	47,466	14,735	32,731	192,360	218,289	-25,929
シナリオ 5：平均的な涵養量で、揚水量が減少（2040 年に現在の 20%減）する（揚水量の減少に伴い漏水涵養量も減少する）。									
2025 年	264,713	264,671	43	43,629	13,278	30,351	182,148	173,341	8,807
2030 年	257,809	257,782	28	43,808	13,281	30,527	179,872	163,264	16,608
2035 年	252,590	252,566	24	44,027	13,165	30,862	177,823	154,194	23,629
2040 年	248,674	248,631	43	44,371	13,037	31,334	175,925	145,526	30,399

注) 外部域はラス・シエラス帯水層域の周囲セルとの流入・流出関係を示す。また、涵養量は第三帯水層への直接涵養量ではなく、全層への涵養量を示す。

(c) 地下水位分布及び地下水流向予測

各シナリオにおける地下水位及び地下水流向の変化の予測を表 5.6.16 にまとめる。

表 5.6.16 各シナリオにおける地下水位及び地下水流向予測

シナリオ		予測結果
シナリオ-1	平均的な涵養量で、現況の揚水量が継続する	<ul style="list-style-type: none"> 解析範囲の中一東部、Tipitapa の南、Tisma の南、Masaya、Granada 市街地の一部、Apoyo 湖の西で 1m 以上の水位低下が予測される。 一方、解析範囲の南西部で大きな水位上昇が予測される。これは、この地域の動水勾配が非常に大きく、地下水環境の小さな変化が水位に大きな影響を与えるため、南側境界からの流入の影響を受けている。ただし、南部地域については解析に必要なデータが乏しいため、この上昇の精度は低くなっている。
シナリオ-2	現況の揚水量が継続する状況で、10 年に 1 回の頻度で渇水が発生する。	<ul style="list-style-type: none"> 10 年に一度の干ばつ発生でも、基本的にはシナリオ 1 の地域を中心により拡大した範囲で水位が低下し続ける。 また、シナリオ 2 とシナリオ 1 を比較すると、Tisima 付近の水位低下がより深刻となる。
シナリオ-3	平均的な涵養量で、現況の揚水量が継続する中で、Macrosector 設定地域の漏水量が減少（2040 年に現在の 50%）する	<ul style="list-style-type: none"> Macrosector の設定地域で漏水率が現状の 50% になった場合、その中心部で 2m 以上の水位低下が予想される。この地域の水位低下による影響は、周辺地域（Macrosector 外）の水位低下も引き起こす。
シナリオ-4	平均的な涵養量で、揚水量が増加（2040 年に現在の 20%増）する（揚水量の増加に伴い漏水涵養量も増加する）	<ul style="list-style-type: none"> 地下水の揚水量が増加した場合には、既存の井戸がある地域を中心に、広い範囲で水位が 1m 以上低下することになる。シナリオ 1 と比較すると、特に Nejapa 湖の南東部、Tipitapa の南側での水位低下が深刻である。
シナリオ-5	平均的な涵養量で、揚水量が減少（2040 年に現在の 20%減）する（揚水量の減少に伴い漏水涵養量も減少する）	<ul style="list-style-type: none"> 地下水の揚水量を減少させた場合でも、Nejapa 湖の南東地域と Tipitapa の南地域で 1m 以上の水位低下が発生することが予想される。 一方、シナリオ 1 と比較すると、上記両地域とも水位上昇が大きく、シナリオ 5 よりも揚水量を減らせば水位は維持されることが推測される。
シナリオ-1~5		<ul style="list-style-type: none"> 地下水の流動方向としては、Masaya 湖から Managua マナグア市の主要な井戸群へ向かう流れと、Apoyo 湖から Granada 市街地へ向かう流れが再現される。 これらの流れに沿った熱水流体や汚染物質の流れに関する調査結果を踏まえて、地下水の開発・管理を行う必要がある。

(d) 本無償資金協力事業にて調達する機材の妥当性

本無償資金協力事業で調達する機材の設置後、持続可能な使用を確認するために、本賦存量調査を実施した。上述したシナリオは5ケースあるものの、現状の揚水量が継続されるシナリオ1においては、年間地下水収支はプラスとなっている。また、将来的に無収水量を削減されることにより、より十分な地下水量が確保される。よって、本無償資金によって調達する機材の継続的な使用は担保される。

しかしながら、水需要の増加等により、ENCAL が将来的に水源開発する際には、急激な地下水低下の影響が大きくなるように5.6.2 項(1)(c)に示す図の青色の箇所（地下水位の上昇が発生する地域）にて地下水開発を実施することが望まれる。

(e) 本モデルの問題点と今後の課題

本モデルの問題と今後改善すべき課題について、以下にまとめる。

- ▶ 今回のモデル解析は、今後の活動に必要な事項を明らかにするために、既存の資料を用いて短期間で行われたものがある。そのため、過去に詳細な調査が行われた地域では精度が高く、行われていない地域では精度が低くなっている。
- ▶ ENACAL をはじめとする地下水管理に関わる機関は多くのデータを保有しているにもかかわらず、これらの貴重なデータが十分にデータベース化されていないため、データの利用効率が悪いという問題がある。
- ▶ モデルの精度を上げるためには、以下の事項が必要である。
 - 地質・井戸柱状図を再整理し、水理地質構造が十分に把握できていない地域の解析を進める必要がある。
 - ラス・シエラス層群は、明確に定義された地下水盆にのみ分布しているわけではない。本分析地域の西部と南部については、境界域をより詳細に調査し、地下水の流れに関するデータを蓄積する必要がある。
 - 揚水試験の結果は、水理地質学的なパラメータを検討する上で重要な資料となるが、必要とするパラメータ値の精度は試験方法に依存する。今後、揚水試験データをより詳細に整理・分析することが必要である。
 - 地下水モニタリング体制の脆弱性により、地下水位・水質・水温の連続観測が行われておらず、地下水流動、物質移動、地熱現象のモデル開発の障害となっている。今後、目的を明確にした地下水モニタリングシステムの構築が望まれる。
 - また、地熱（熱水）モデルを構築するためには、水温の3次元分布に関する基礎データ（少なくとも水温分布の断面図が作成できるデータ）が必要である。
 - 地下水の涵養については、降水による涵養と漏水による涵養の両方につ

いて、推定方法の検討も含め、さらなる検討が必要である。

- 地下水揚水量については、井戸スクリーン位置の再整理と各井戸の取水層ごとの取水量の再検討が必要である。
- 地下水揚水量については、井戸スクリーン位置の再整理と各井戸の取水層ごとの取水量の再検討が必要である。

(f) 本モデルの活用に関する提言

- ENACAL は地下水モデル解析の経験に乏しい。一方、INETER や ANA には解析経験を有する技術者が在職している。地下水モデルの構築や改善にあたっては、関連機関のデータ共有が必要であるが、関係機関がより親密な関係を築き協力して、モデルの構築・改善・活用を行うことが望ましい。
- INETER は過去に PNRH のラス・シエラス帯水層域で地下水モデル解析を行っているが、これは定常計算であり非定常計算までは行っていない。必要であれば、研究機関（例えば、UNAN：ニカラグア自治大学）等からの助言を受けながら活動を行うことが望ましい。
- ENACAL の技術者より現在水源としている Asososca 湖の重要性から、この湖への地下水の流入及び湖からの排出・取水等をモデルに組み入れて欲しい意向が示されたが、本モデルのような広域モデルでは解析セルの形状作成の制限等から中途半端な解析になる恐れがあるため、Asososca 湖周辺に特化した詳細モデルを構築することが望ましい。
- INETER の技術者より、ニカラグアでも地盤沈下や塩水侵入の問題があり、これらの解析に必要なデータに係る問いがあった。塩水侵入のモデルと熱水モデルの基本は同じであり、今回供与したソフトウェアが持つ機能の一つである「SEAWAT」を用いた密度流計算により両者の解析が可能である。本調査で実施した地下水シミュレーション研修で配布した SEAWAT の演習問題等も参考にしながら、本地域でも熱水モデルの構築に取り組んでもらい、ニカラグア全土の課題解決のツールとしてソフトウェアを活用してもらいたい。

5.7 地下水シミュレーションに係る研修及びワークショップ

5.7.1 地下水シミュレーションソフトの研修

2022年1月に以下の内容にて、本調査で実施した地下水シミュレーションソフトの研修を実施した。本研修の目的は、本調査にて供与される地下水シミュレーションソフト「Visual MODFLOW」の使用方法を理解し、本調査にて構築した地下水モデルを ENACAL 独自によって作業できるようにすることである。研修内容及び研修参加者を以下に示す。

表 5.7.1 地下水シミュレーションソフト研修内容

月日	研修項目
2022年 1月14日(金)	<ul style="list-style-type: none"> 水理地質パラメータ(数式演習) 地下水モデルの基礎(地下水の基本的概念、モデリング手法の基礎、地下水モデルの種類、流域の地下水モデル、モデル構造)
1月17日(月)	<ul style="list-style-type: none"> Visual MODFLOW 演習(数値モデル)
1月18日(火)	<ul style="list-style-type: none"> Visual MODFLOW 演習(概念モデル) マナグアモデル(使用データ)
1月19日(水)	<ul style="list-style-type: none"> マナグアモデル(数値計算用データ)

表 5.7.2 地下水シミュレーションソフト研修参加者リスト

名前	所属		地下水モデル解析経験の有無
Carlos R Chévez	INETER	Especialista en Hidrogeología	有(INETERが構築したラス・シエラス帯水層のモデル解析に参加)
Eduardo Soza Ferrufino	ANA	Especialista en Cuencas	少し有
Roberto Alvarado	ENACAL	Sueprvisor de Proyectos	無
Engels López	ENACAL	Hidrogeólogo	無
Jesse Calderón	ENACAL	Jefe Técnico A	無
Benjamin Berríos	ENACAL	Hidrologo	少し有(FLOWPATH)
Amilcar Ramos	ENACAL	Jefe Departamento de Hidrología	少し有

注) Amilcar Ramos氏は1日のみ参加。

5.7.2 地下水シミュレーション結果のワークショップ

2022年1月20日に地下水シミュレーション結果のワークショップを下記のとおり開催した。

表 5.7.3 地下水シミュレーション結果のワークショップ

開催日時	2022年1月20日 AM9時~AM11時
開催場所	ENACAL 本部 Eco de Las Victorias
出席者	ENACAL 職員 26名 ANA 職員 5名 INETER 職員 5名 JICA ニカラグア事務所 2名

5.8 マナグア湖水質調査結果

(1) 水温

水温は 28.8～29.4 °Cを示し、最低及び最高水温はそれぞれ Pto 1 (Bahia Norte Frente a Momotombo) の低層 (15m) と表層 (0m) で測定された。水温差は比較的小さく、その要因として湖に吹く風の影響により湖水が攪拌されているためであると考えられる。

(2) 溶存酸素

溶存酸素は 4.04～7.78 mg/l (試験室における結果) の範囲で検出され、その飽和率は 51.75～99.57 %であった。「NTON 09-003-99, INAA,2001 (水供給と飲料水の設計のための技術基準)」の基準によれば、飽和率が 60 %以上で飲料水として使用する場合は、ろ過及び消毒を行う必要がある水源に分類される。

(3) pH

pH は 8.89～9.03 の範囲で測定され、マナグア湖の水はアルカリ性であることが示された。「NTON 09-003-99」では飲料水としての基準が 6.5～8.5 の範囲であることから、飲料水としては不適合となり、利用するには処理または消毒が必要となる場合がある。

(4) 電気伝導度

電気伝導度は 1,652～1,679 $\mu\text{S}/\text{cm}$ の範囲で測定され、「NTON 09-003-99」が推薦する 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ を大きく上回る結果となった。

(5) 浮遊物質 (SS)

浮遊物質は 58～108 mg/l の範囲で検出され、その最高値は Pto 2 (Frente a PTAR) の表層および低層でそれぞれ 91mg/l と 108 mg/l であった。これは下水処理場からの処理水の影響によるものであると考えられる。

(6) 残留塩素

残留塩素は 0.24～0.39mg/l の範囲でそれぞれ Pto 3 (表層) と Pto 2 (低層) で検出され、下水処理場の処理水が塩素消毒されてマナグア湖に配水されていること、COVID-19 の影響により湖周辺の家庭及び商業施設等における塩素消費が増えたことに要因があると考えられる。

(7) 化学的酸素要求量 (COD)

COD は 38.99～51.69 mg/l の範囲で検出され、「NTON 09-003-99」に基準はないものの、次項のメキシコの水質管理局が定める基準を参考とすると、Pto 1 (中層) でのみ 40 mg/l 以下が検出され、その他の地点では基準値を上回り「汚染された水」として分類される。本調査結果によれば、飲料水として利用する場合には、COD を下げるために特別な処理または消毒等を行う必要があると考えられる。

表 5.8.1 化学的酸素要求量による水の区分

COD < 10 mg/l	: 非常に良質な水
10 > COD < 20 mg/l	: 良質な水
20 > COD < 40 mg/l	: 許容できる
40 > COD < 200 mg/l	: 汚染された水
COD > 200 mg/l	: 非常に汚染された水

出所 : Conagua, Semarnat. (2014) Estadísticas del agua en México. Gerencia de Calidad del Agua

(8) 濁度

濁度は 16.75~21.35 NTU の範囲で最低値は中層 (9m) と最高値は低層 (16m) で検出された。「NTON 09-003-99」の基準である 5 NTU を上回り、さらに 10~250 NTU の範囲内にあることから、ろ過、消毒等の処理が必要であると分類される。

(9) 蒸発残留物 (TDS)

TDS は 973 mg/l~1,020 mg/l の範囲で最低値は低層 (16m) と最高値は表層 (0m) で検出され、低層では「NTON 09-003-99」の基準値である 1,000 mg/l をわずかに上回る結果となった。

(10) ナトリウム (Na)、カリウム (K)、カルシウム (Ca)、マグネシウム (Mg)

- ナトリウム (Sodium, Na) は 294.56~301.97 mg/l の範囲でそれぞれ低層と表層で検出された。「NTON 09-003-99」の基準値である 200 mg/l を上回る結果となった。
- カリウム (Potassium, K) は 25.65~26.48 mg/l の範囲でそれぞれ中層と低層で検出された。「NTON 09-003-99」の基準値である 10 mg/l を上回る結果となった。なお、WHO 飲料水水質ガイドライン (第 4 版、2011) では「飲料水中の濃度は、健康影響となる濃度よりずっと低い」との理由からガイドライン値は設定されていない。
- カルシウム (Ca) は 23.81~25.39 mg/l の範囲でそれぞれ表層と低層で検出された。「NTON 09-003-99」の基準値である 100 mg/l を下回る結果となった。
- マグネシウム (Mg) は 22.61~23.58 mg/l の範囲でそれぞれ低層と表層で検出された。「NTON 09-003-99」の基準値である 50 mg/l を下回る結果となった。

(11) 炭酸水素塩 (HCO₃⁻)、塩化物 (Cl⁻)、硫酸塩 (SO₄²⁻)

- 炭酸水素塩 (Bicarbonate, HCO₃⁻) は 439.34~445.45 mg/l の範囲で表層と中層、低層で検出された。「NTON09-003-99」では基準が設定されていない。
- 塩化物 (Chloride, Cl⁻) は 199.1~200.05mg/l の範囲でそれぞれ表層と中層で検出された。「NTON 09-003-99」の基準値である 250 mg/l を下回る結果となった。
- 硫酸塩 (Sulfate, SO₄²⁻) は 109.91~110.68 mg/l の範囲でそれぞれ中層と表層で検出された。「NTON 09-003-99」の基準値である 250 mg/l を下回る結果となった。

(12) 硬度

硬度 (Total hardness) は全深度で 156.42 mg/l が検出され、「NTON 09-003-99」の基準値である 400 mg/l を下回る結果となった。

(13) 鉄 (Fe) とフッ素 (F)

- 鉄は 1.06～1.28 mg/l の範囲でそれぞれ表層と低層で検出された。「NTON 09-003-99」の基準値である 0.3 mg/l を上回る結果となった。
- フッ素 (Fluoride) は 0.29～0.43 mg/l の範囲でそれぞれ表層と低層で検出された。「NTON 09-003-99」が定める最大許容範囲である 0.7～1.5 mg/l を下回る結果となったため、フッ素の添加を行うことが推奨される。

(14) アンモニア (NH₃-N)、亜硝酸塩 (NO₂⁻)、硝酸塩 (NO₃⁻)

- アンモニア (Ammonical Nitrogen, NH₃-N) は 0.027～0.038 mg/l の範囲でそれぞれ低層と中層で検出された。「NTON 09-003-99」の基準値である 0.5 mg/l を下回る結果となった。
- 亜硝酸塩 (Nitrite, NO₂⁻) は全深度で定量下限値である 0.023 mg/l 以下で検出されなかった。
- 硝酸塩 (Nitrate, NO₃⁻) は全深度で定量下限値である 0.25 mg/l 以下で検出されなかった。

(15) シアン (CN⁻)

シアン (Cyanide, CN⁻) は全深度で定量下限値である 0.03 mg/l 以下で検出されなかった。

(16) 硫化水素 (H₂S)

硫化水素 (Hydrogen Sulfide, H₂S) は全深度で定量下限値である 0.04 mg/l 以下で検出されなかった。

(17) 大腸菌群、糞便性大腸菌

- 大腸菌群 (Total Coliforms) は全 3 地点で 33～350,000 NMP/100 ml の範囲でそれぞれ Pto 1 (表層) と Pto 2 (表層) で検出された。
- 糞便性大腸菌 (Fecal Coliforms) は全 3 地点で 1.8 以下～350,000 NMP/100 ml それぞれ Pto 1 (表層) と Pto 2 (表層) で検出された。

(18) 重金属類

- アンチモン (Antimony, Sb)、カドミウム (Cadmium, Cd) 銅 (Copper, Cu)、クロム (Chrome, Cr)、ニッケル (Nickel, Ni)、鉛 (Lead, Pb)、セレン (Selenium, Se)、は全深度で定量下限値以下で検出されなかった。

- アルミニウム (Aluminium, Al) は 1,164~2,254 $\mu\text{g/l}$ の範囲でそれぞれ表層と低層で検出された。NTON 09-003-99」の基準値である 200 $\mu\text{g/l}$ を上回る結果となった。
- ヒ素 (Arsenic, As) は全深度 22.0 $\mu\text{g/l}$ 検出された。NTON 09-003-99」の基準値である 10.0 $\mu\text{g/l}$ を上回る結果となった。
- マンガン (Manganese, Mn) は 26.0~31.0 $\mu\text{g/l}$ の範囲でそれぞれ表層、中層と低層で検出された。NTON 09-003-99」では基準値は設定されていないが、「CAPRE,1994」では 500.0 $\mu\text{g/l}$ を最大許容値として設定しており、本調査結果はその基準値を下回る結果となった。
- 亜鉛 (Zinc, Zn) は 6.0~13.0 mg/l の範囲でそれぞれ中層と低層で検出された。NTON 09-003-99」の基準値である 3,000.0 $\mu\text{g/l}$ を下回る結果となった。

(19) 水銀、アルキル水銀

3 地点、全深度で検査を実施した。

- 水銀 (Mercury, Hg) は定量下限値以下で検出されなかった。
- アルキル水銀 (Alkylmercury) は全試料の検査結果が定量下限値以下で検出されなかった。

【結論】

- 物理化学的項目の検査結果によるとマナグア湖を水源とする場合、水質基準を満たすためには従来型の凝固、凝集、沈降、ろ過及び塩素処理を行う必要があることを示唆する。
- 金属類については、ヒ素の除去対策が必要となるため、処理費用単価が高くなってしまふことが想定される。

[資 料]

資料編 1. 調査団員・氏名

(1) 第一次現地調査

氏名	担当	所属	現地調査期間
横田 義昭	団長	JICA 地球環境部 国際協力専門員	2021年5月10日～ 2021年5月21日
百貫 優斗	計画管理	JICA 地球環境部 水資源第二チーム	2021年5月10日～ 2021年5月21日
羽田 智	業務主任/給水計画 1/ 無収水管理	(株)建設技研インターナショナル	2021年4月19日～ 2021年6月5日
今野 秀紀	副業務主任/給水計画 2	(株)建設技研インターナショナル	2021年4月25日～ 2021年5月21日
松本 裕一	管路・配水施設	(株)日水コン	2021年4月19日～ 2021年6月5日
八木 正男	電気/エネルギー効率化	(株)日水コン	2021年4月19日～ 2021年6月1日
佐藤 修二	機械/設備	(株)建設技研インターナショナル	2021年4月19日～ 2021年5月18日
植松 政郎	水理地質	(株)地球システム科学	2021年5月10日～ 2021年6月8日
木原 茂樹	地下水シミュレーション	(株)地球システム科学 (補強)	2021年5月10日～ 2021年6月8日
松尾 直樹	調達計画/積算	(株)建設技研インターナショナル	2021年5月10日～ 2021年6月8日

(2) DOD 説明協議 (オンラインによる遠隔協議)

氏名	担当	所属	現地調査期間
横田 義昭	団長	JICA 地球環境部 国際協力専門員	2021年11月16日
百貫 優斗	計画管理	JICA 地球環境部 水資源第二チーム	2021年11月16日
羽田 智	業務主任/給水計画 1/ 無収水管理	(株)建設技研インターナショナル	2021年11月16日
今野 秀紀	副業務主任/給水計画 2	(株)建設技研インターナショナル	2021年11月16日
松本 裕一	管路・配水施設	(株)日水コン	2021年11月16日
八木 正男	電気/エネルギー効率化	(株)日水コン	2021年11月16日
佐藤 修二	機械/設備	(株)建設技研インターナショナル	2021年11月16日

(3) 第二次現地調査 (地下水シミュレーションワークショップ)

氏名	担当	所属	現地調査期間
羽田 智	業務主任/給水計画 1/ 無収水管理	(株)建設技研インターナショナル	2022年1月10日～ 2022年1月24日
木原 茂樹	地下水シミュレーション	(株)地球システム科学 (補強)	2022年1月10日～ 2022年1月24日

資料編 2. 調査行程

(1) 第一次現地調査

月日	曜日	JICA 団長	JICA 計画管理	業務主任/給水計画/無収水管理	羽田 智	副業務主任/給水計画2	今野 秀紀	管格・配水施設	松本 裕一	電気/エネルギー効率化	八木 正男	機械/設備	佐藤 修二	調査計画/積算	砂尾 直樹	水理地質	植松 政郎	地下水シミュレーション	木原 茂樹
4月19日	月	横田 義昭	百眞 優斗	東京発→ →マナグア着	東京発→ →マナグア着	JICA 事務所・ENACAL 協議(インセプション協議) 既存ポンプ場に関する調査 機材設備ワークショップ に関する調査	東京発→ →マナグア着												
4月20日	火																		
4月21日	水																		
4月22日	木																		
4月23日	金																		
4月24日	土																		
4月25日	日																		
4月26日	月																		
4月27日	火																		
4月28日	水																		
4月29日	木																		
4月30日	金																		
5月1日	土																		
5月2日	日																		
5月3日	月																		
5月4日	火																		
5月5日	水																		
5月6日	木																		
5月7日	金																		
5月8日	土																		
5月9日	日																		
5月10日	月																		
5月11日	火																		
5月12日	水																		
5月13日	木																		
5月14日	金																		
5月15日	土																		
5月16日	日																		
5月17日	月																		
5月18日	火																		
5月19日	水																		
5月20日	木																		
5月21日	金																		
5月22日	土																		
5月23日	日																		

2.調査行程

曜日	JICA 団長	JICA 計画管理	業務主任/給水計画1/ 無設水管理	副業務主任/ 給水計画2	管轄・配水施設	電気/ エネルギー効率化	機械/設備	調査計画/積算	水理地質	地下水シミュレーション
5月24日	横田 義昭	百貫 健斗	羽田 智	今野 秀紀	松本 裕一	八木 正男	佐藤 修二	松尾 直樹	植松 政郎	木原 茂樹
5月25日										
5月26日			送水管・配水池・送配水 ポンプに関する詳細調査		送水管・配水池・送配水 ポンプに関する詳細調査	インフラネットワーク設置非戸 における詳細調査		免税処理・輸送事情・通 関手続きに関する調査	地下水モデル構築のための資料収集、 関係機関との協議、 再委託(水質、地下水位)の進捗管理	
5月27日										
5月28日										
5月29日										
5月30日			収集資料・データ整理		収集資料・データ整理	マナグラフ発→			収集資料・データ整理	
5月31日			ENACAL調査報告		ENACAL調査報告	移動				
6月1日			JICA報告		JICA報告	→東京着		現地調査、第三国製品 に関する価格調査	地下水モデル構築のための資料収集 再委託(水質、地下水位)の進捗管理	
6月2日			マナグラフ発→		マナグラフ発→					
6月3日			移動		移動					
6月4日			→東京着		→東京着					
6月5日										
6月6日										
6月7日										
6月8日										

(2) 第二次現地調査（地下水シミュレーションワークショップ）

月日	曜日	業務主任/給水計画1/ 無取水管理	地下水シミュレーション
		羽田 智	木原 茂樹
1月10日	月	東京発→	東京発→
1月11日	火	→マナグア着	→マナグア着
1月12日	水	JICA・ENACAL協議	
1月13日	木	研修準備	研修準備
1月14日	金	地下水解析(実地研修1日目)	地下水解析(実地研修1日目)
1月15日	土	書類整理	研修準備
1月16日	日	書類整理	書類整理
1月17日	月	地下水解析(実地研修2日目)、 OD積み残し確認	地下水解析(実地研修2日目)
1月18日	火	地下水解析(実地研修3日目)、 OD積み残し確認	地下水解析(実地研修3日目)
1月19日	水	地下水解析(実地研修4日目)	地下水解析(実地研修4日目)
1月20日	木	地下水シミュレーションのワークショップ	
1月21日	金	JICA・ENACAL協議、PCR検査	
1月22日	土	マナグア発→	
1月23日	日	移動	
1月24日	月	→東京着	

資料編 3. 関係者（面会者）リスト

氏名（敬称略）	役職	所属
<u>ニカラグア上下水道公社（ENACAL）</u>		
Ervin Barreda R.	Presidente Ejecutivo	ENACAL
Jader Grillo	Gerente de Operaciones	ENACAL
Iván García Olivera	Director de Planificación	ENACAL
Junior Cardoza Mejía	Jefe de Departamento Agua No Facturada (PhisycalFísico)	ENACAL
Francisco Reyes Salas	Vice-Gerente de Operaciones	ENACAL
Perfecto Ramiro Sánchez	Jefe del Departamento de Energía	ENACAL
Ariel Rondón Mejía	Jefe del Departamento de Electromecánica	ENACAL
Arellis Váldez López	Jefe de Centro de Control Maestro - Acueducto de Managua	ENACAL
Amilcar Ramos Valle	Jefe Departamento de Hidrología	ENACAL
Benedicto Valdez	Hidrogeólogo	ENACAL
Carmen María Roa	Jefe de Departamento Agua No-Facturada (Comercial)	ENACAL
Juan Carlos Bermudez	Ingeniero asistente de ANF	ENACAL
Ivan Patricios	Ingeniero asistente de Electromecánica	ENACAL
Harold Monge	Técnico de Electromecánica	ENACAL
<u>米州開発銀行（IDB）</u>		
Nelson Mauricio Estrada	Especialista Sectorial Agua y Saneamiento	IDB
<u>ドイツ国際協力公社（GIZ）</u>		
Gereon Hunger	Programa de Asistencia Técnica en Agua y Saneamiento	GIZ
<u>国家水庁（ANA）</u>		
Carlos Aguirre López	Director General de Recursos Hídricos	ANA
Enoc Castillo	Responsable Hidrogeología	ANA
Ervin Rueda	GIS	ANA
<u>ニカラグア国土調査院（INETER）</u>		
Isolina Gutierrez	Servicio de datos meteorológicos	INETER
<u>ニカラグア自治大学水資源研究センター（CIRA/UNAN）</u>		
Selvia Flores	Director	CIRA
Luis Moreno Delgado	Vice Director	CIRA
<u>JICA ニカラグア事務所</u>		
Hajime Takasago	Representante	JICA Nicaragua
Akihiko Yamada	Representante Asistente	JICA Nicaragua
Ayumi Takebayashi	Asesora en Formulación de Proyectos	JICA Nicaragua
Omar Bonilla	Oficial de Programa	JICA Nicaragua
Pamela Quezada	Oficial de Administración	JICA Nicaragua

資料編 4. 討議議事録 (M/D) (機材選定)

República de Nicaragua
Estudio Preparatorio del Proyecto para
Mejoramiento del Suministro de Agua en la Ciudad de Managua

Minuta de Discusiones

En respuesta a la solicitud del Gobierno de la República de Nicaragua (en adelante referido como "Nicaragua"), el Gobierno del Japón decidió realizar el Estudio Preparatorio del "Proyecto para Mejoramiento del Suministro de Agua en la Ciudad de Managua" (en adelante, "el Proyecto") y confió dicho estudio a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (en adelante, "JICA").

En consecuencia, JICA envió a la República de Nicaragua una Misión del Equipo del Estudio liderado por el Ingeniero Yoshiaki Yokota, y la Misión del Equipo del Estudio discutió con las autoridades concernientes de Nicaragua y realizó los estudios de campo en los sitios del Proyecto. En el proceso de discusiones, ambas partes han confirmado los asuntos descritos en los Anexos.

Managua, 17 de mayo de 2021



Ing. Yoshiaki Yokota

Líder

Equipo del Estudio Preparatorio

Agencia de Cooperación Internacional de Japón



Ing. Ervin Enrique Barreda Rodríguez

Presidente Ejecutivo

Empresa Nicaragüense de Acueductos y

Alcantarillados Sanitarios (ENACAL)

Documentos Anexos

1. Objetivos del Proyecto

El objetivo del Proyecto es equipar la Ciudad de Managua con los equipos y materiales necesarios para reducir los costos de operación y mantenimiento a través de la reducción de las fugas de agua, la mejora de la eficiencia energética y otras medidas con el fin de mejorar el servicio de suministro de agua y la situación financiera del organismo ejecutor.

2. Denominación del Proyecto

Ambas partes acordaron que la denominación del Proyecto será el "Proyecto para Mejoramiento del Suministro de Agua en la Ciudad de Managua".

3. Sitios del Proyecto

Los sitios del Proyectos se indican en el mapa de la Ciudad de Managua del Anexo 1.

4. Organismo ejecutor

El organismo ejecutor y las instituciones relacionadas al Proyecto son los siguientes.

Organismo ejecutor:	Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ENACAL)
Instituciones relacionadas:	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) y Autoridad Nacional del Agua (ANA)

El organigrama de ENACAL se muestra en el Anexo 2.

5. Equipos solicitados por parte de Nicaragua y resultados del Estudio de campo

En el Anexo 3, se muestran los equipos a adquirir propuestos por parte de Japón como resultado del análisis de la solicitud inicial por parte de Nicaragua y de su relevancia en el presente Estudio de campo. Ambas partes acordaron que los equipos adquiridos por el presente Proyecto serán los equipos propuestos por Japón de acuerdo a los resultados del Estudio de campo.

Asimismo, ambas partes confirmaron que el contenido final del Proyecto será decidido por parte de Japón.

6. Procedimientos y principios básicos del esquema del proyecto de Cooperación Financiera No Reembolsable del Japón

6-1. Nicaragua ha sido informada por la Misión del Equipo del Estudio sobre el esquema de Cooperación Financiera No Reembolsable del Japón como se describe en el Anexo 4 y

acordó que dicho esquema será aplicado al presente Proyecto.

6-2. Nicaragua acordó tomar las medidas necesarias descritas en el Anexo 5 a fin de obtener una buena ejecución del Proyecto.

7. Cronograma del Estudio Preparatorio

7-1. Los miembros consultores de la Misión del Equipo del Estudio continuarán el Primer estudio de campo en Managua hasta el 6 de junio del 2021.

7-2. Sobre la base de los resultados del Primer estudio de campo, se realizarán trabajos de diseño y estimación de costos en Japón a más tardar a finales de septiembre del 2021.

7-3. La Misión del Equipo del Estudio elaborará el Informe del Estudio Preparatorio (borrador) en español y enviará la próxima Misión a finales de octubre del 2021 para explicar su contenido a las autoridades de Nicaragua.

7-4. Una vez aprobado el Informe del Estudio Preparatorio (borrador) por parte de Nicaragua y aceptada la implementación del Proyecto, la Misión del Equipo del Estudio finalizará el Informe y enviará el Informe a Nicaragua alrededor de marzo del 2022.

8. Otros puntos de discusión

8-1. Facilidades que esperamos que nos brinde Nicaragua

- (1) Proporcionar datos, información y documentos necesarios para el estudio.
- (2) Responder el cuestionario entregado por el Equipo del Estudio.
- (3) Asignar a los funcionarios de ENACAL cuando el Equipo del Estudio ejecuta los siguientes trabajos durante su estadía en Nicaragua.
 - Coordinar reuniones y concertar citas con los ministerios y otras instituciones del gobierno, organismos, empresas y otras organizaciones necesarias para el estudio.
 - Acompañar al Equipo del Estudio en las visitas de campo y otros.
 - Proporcionar al Equipo del Estudio un espacio para oficina, de tamaño adecuado y ubicado en un lugar adecuado.
 - Brindar apoyo al Equipo del Estudio para que pueda obtener documento, datos e informaciones necesarias.
- (4) Garantizar que el Equipo del Estudio tenga permiso necesario para ingresar a las propiedades privadas y las áreas restringidas para cumplir con el estudio.
- (5) Tomar las medidas necesarias para garantizar la seguridad de los integrantes del Equipo del Estudio.
- (6) Cuando la misión del Equipo del Estudio lleve a Japón los mapas, datos y documentos relacionados con el estudio necesarios para el análisis y la elaboración de informes en Japón, si es necesario contar con el permiso del Gobierno de Nicaragua, obtener el permiso.

yh

- (7) Prestar equipos en posesión de ENACAL para el estudio del volumen de distribución y presión de agua que pretende realizar el Equipo del Estudio, incluyendo caudalímetros ultrasónicos, presiómetros, registrador de datos (Datalogger), etc.
- (8) Para realizar la capacitación en simulación de agua subterránea, proporcionar un lugar de capacitación, así como las computadoras necesarias.

8-2. Administración de seguridad y medidas de prevención para prevenir el contagio del coronavirus

Durante el Estudio Preparatorio y durante la implementación del Proyecto, Nicaragua tomará todas las medidas para garantizar la seguridad de las personas involucradas. Asimismo, tomará las medidas adecuadas para prevenir el contagio del coronavirus.

8-3. Asuntos a cargo del país receptor

La Misión del Equipo del Estudio explicó a Nicaragua que el presente Proyecto se implementa a través del esquema del proyecto de Cooperación Financiera No Reembolsable de Japón para donar equipos, por lo tanto, básicamente las obras necesarias, incluyendo garantizar espacios para instalar los equipos, preparación del terreno (obras civiles) donde se instalarán los reservorios, obras de instalación eléctrica para instalar las bombas de transmisión, obras de conexión con los equipos nuevos, obras de remoción de los equipos existentes, obtención de permisos necesarios para las obras de instalación, realización de la EIA (evaluación de impacto ambiental), traslado de energía y otras obras, estarán a cargo de Nicaragua. Nicaragua comprendió y acordó que asumirá las responsabilidades de realizar las obras secundarias. Asimismo, la demarcación exacta de las responsabilidades será consensuada en la Nota técnica al finalizar el Primer estudio de campo.

Por otro lado, Nicaragua acordó que finalizará las siguientes obras antes de la fecha límite establecida y que iniciará una adecuada operación y mantenimiento.

- Obras de reparación de fugas en el reservorio de Altamira (antes de finales de septiembre del 2021)
- Obras de reparación de tuberías en el reservorio de Seminario (antes de finales de noviembre del 2021)

8-4. Componentes no estructurales

La Misión del Equipo del Estudio explicó que el Proyecto incluye la capacitación en operación inicial de los equipos donados, etc. con el fin de brindar apoyo para una buena operación. Referente a la necesidad y el contenido del apoyo en componentes no estructurales, se revisará durante el Estudio Preparatorio.

8-5. Permiso de Libre de impuestos

Los impuestos que se generen durante la implementación del Proyecto incluyendo el IVA, los aranceles aduaneros y otros impuestos serán libres de impuestos, y Nicaragua será responsable de garantizar el permiso de libre de impuestos. Nicaragua deberá llevar a cabo todos los trámites necesarios para la exoneración.

8-6. Permisos y autorizaciones necesarias

Ambas partes acordaron que los permisos y autorizaciones necesarias en caso de la implementación del Proyecto (garantizar el terreno, consideraciones socioambientales, permiso de construcción, permiso de uso de las calles, solicitud de energía eléctrica, etc.) son responsabilidad de Nicaragua.

Los impuestos que se generen durante la implementación del Proyecto incluyendo el IVA, los aranceles aduaneros y otros impuestos serán libres de impuestos, y Nicaragua será responsable de garantizar el permiso de libre de impuestos. Nicaragua deberá llevar a cabo todos los trámites necesarios para la exoneración.

8-7. Confidencialidad del Proyecto

La Misión del Equipo del Estudio explicó que el Informe del Estudio Preparatorio que se elabora al final del Estudio Preparatorio será publicado, como regla general, al público en general en Japón. Sin embargo, el Equipo explicó que las partes confidenciales que podrían afectar el trabajo de licitación incluyendo los precios estimados no deberán ser públicas hasta que se finalice la licitación.

8-8. Publicidad del Proyecto

Nicaragua acordó que realizará publicidad de manera activa sobre el presente Proyecto y que se realizará activamente la campaña implementada por JICA "¡Todos juntos a lavarse las manos por la salud y la vida!".

8-9. Adición del firmante de la Minuta

Nicaragua acordó que agregará al Ministerio de Relaciones Exteriores de Nicaragua (MINREX) como firmante de la Minuta a partir del Segundo estudio de campo.

yh



Anexo 1: Sitios del Proyecto

Anexo 2: Organigrama de ENACAL

Anexo 3: Equipos solicitados y equipos a adquirir

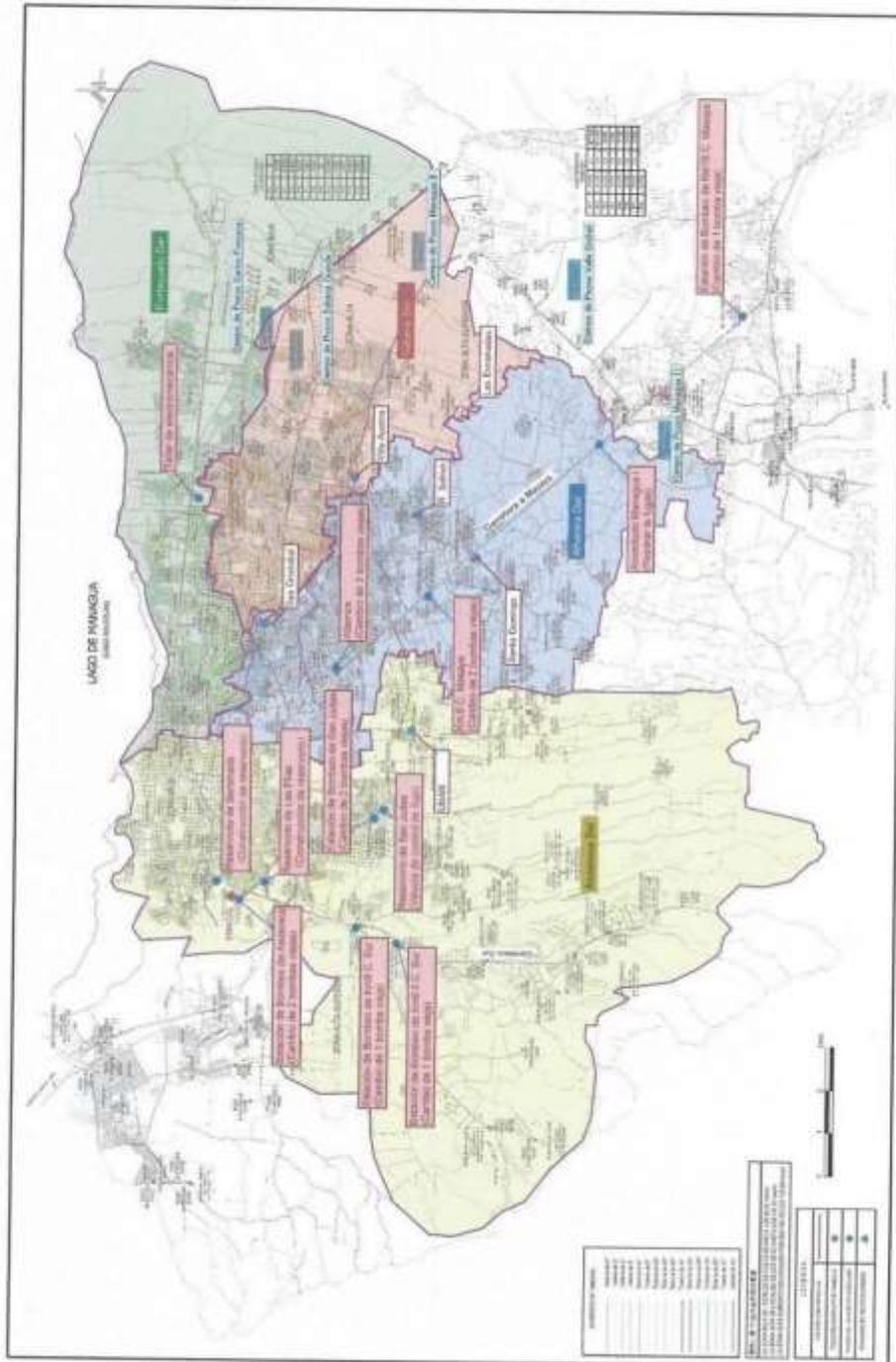
Anexo 4: Esquema de Cooperación Financiera No Reembolsable

Anexo 5: Responsabilidades de ambos países en el esquema de Cooperación Financiera No Reembolsable

Y.G.



Anexo 1: Sitios del Proyecto



yy.

Anexo 3: Equipos solicitados y equipos a adquirir

Equipos solicitados por ENACAL		Equipos a adquirir según los resultados del Estudio de campo		Cambios y sus razones	
Reservorios (Dentro de la estación de bombeo de Asosoca, dentro de la propiedad del Pozo Enramadas No.3)	2 lugares	Reservorios (macrosector Asosoca Alta, macrosector Asosoca Baja)	2 lugares		Ante la solicitud de cambiar los lugares para instalar, se analizó todo el sistema de distribución. Como resultado, cambiaron a los sitios considerados más efectivos para la gestión y operación.
Equipos de reparación de fugas (Puente acueducto de Managua 1 donde hay fugas de agua)	1 lugar	Equipos de reparación de fugas (Puente acueducto donde hay fugas de agua)	3 unidades		Se determinó que es necesario reparar todas las 3 juntas donde posiblemente se producirán o volverán a producir fugas.
Válvulas de control (Puente acueducto de Managua 1 donde hay fugas de agua)	2 unidades	-	-		Se eliminan porque se instalarán en el paso vehicular de la Carretera a Masaya que implicará una obra de gran magnitud con restricciones de tráfico.
Remodelación del Taller de electromecánica	1 lugar	Remodelación del Taller de electromecánica (equipos de carga y descarga, equipos de mecanizado, equipos eléctricos y vehículos)	1 lugar		Dado que en este momento se están revisando los detalles de los equipos a adquirir, estos serán consensuados en la Nota técnica al finalizar el Primer estudio de campo.
Inversores (Pozos directamente conectados con las redes de distribución)	30-50 lugares	Variadores (Los detalles de los lugares donde se instalarán variadores serán consensuados en la Nota técnica al finalizar el Primer estudio de campo)	25-35 lugares		-
Bombas de transmisión de agua (Altamira, Asosoca y Km8 Carretera a Masaya)	8 unidades	Bombas de transmisión de agua (3 bombas en la Estación de bombeo de Altamira, 2 en Asosoca, 2 en Km8 Carretera a Masaya, 2 en San Judas, 1 en Km18 Carretera Masaya, 1 en Km8.5 Carretera Sur y 1 en Km9.5 Carretera Sur)	12 unidades		Ante la solicitud adicional, se analizaron de forma integral los resultados del estudio de campo, entrevistas a los operadores, confirmación del estado de funcionamiento de las bombas, mejora prevista de la función de suministro de las bombas, instalación y otros factores. Como resultado, se determinó lo indicado en la columna Izquierda.

Valvulas de mariposa (Sistema de transmisión de Managua I)	10 lugares	Válvula de control de caudal (Reservorio San Judas)	1 lugar	Se consideró la respuesta de ENACAL con fondos propios y la operación de suministro como el aislamiento de los sistemas de distribución. Como resultado, se determinó lo indicado en la columna izquierda.
Valvulas reductoras de presión (Sistema de transmisión de Managua I)	8 lugares			
-	-	Equipos para contribuir a las actividades de reducción de ANF	1 juego	Continúa el desarrollo de la descentralización del plan de transferencia tecnológica en temas de ANF basado en los logros de Progestión, y se espera que se utilicen los equipos para estas actividades.

5.9

Anexo 4: Esquema de Cooperación Financiera No Reembolsable**DONACIÓN JAPONESA**

La Donación Japonesa es un fondo no reembolsable provisto a un país receptor (en adelante se denominará "el Receptor") para adquirir los productos y/o servicios (servicios de ingeniería y transporte de productos, etc.) para su desarrollo económico y social en concordancia con las leyes y regulaciones relevantes de Japón. A continuación se mencionan los aspectos básicos de las donaciones para proyectos operados por JICA (en adelante se denominarán "Donaciones para Proyectos").

1. Procedimientos de las Donaciones para Proyectos

Las Donaciones para Proyectos se conducen a través de los siguientes procedimientos (véase "PROCEDIMIENTOS DE LA DONACIÓN JAPONESA" para más detalles):

(1) Preparación

- El Estudio Preparatorio (en adelante denominado "el Estudio") conducido por JICA

(2) Evaluación

- Evaluación por el Gobierno de Japón (en adelante denominado "GOJ") y JICA, y aprobación por el Gabinete japonés

(3) Implementación**Intercambio de Notas Reversales**

- Las Notas intercambiadas entre el GOJ y el Gobierno del Receptor

Acuerdo de Donación (en adelante denominado "el A/D")

- El acuerdo firmado entre JICA y el Receptor

Convenio Bancario (en adelante denominado "el C/B")

- Apertura de una cuenta bancaria por el Receptor en un banco en Japón (en adelante denominado "el Banco") para recibir la donación

Trabajos de construcción/adquisiciones

- Implementación del proyecto (en adelante denominado "el Proyecto") sobre la base del A/D

(4) Seguimiento y evaluación posteriores

- Seguimiento y evaluación en la etapa posterior a la implementación

2. Estudio Preparatorio**(1) Contenido del Estudio**

El objetivo del Estudio es proveer los documentos básicos necesarios para la evaluación del Proyecto realizados por el GOJ y JICA. El contenido del Estudio es como se indica a continuación:

- Confirmación del trasfondo, los objetivos, los beneficios del Proyecto y también la capacidad institucional necesaria para la implementación del Proyecto de las agencias relevantes del Receptor.
- Evaluación de la factibilidad del Proyecto a ser implementado bajo la Donación Japonesa desde los puntos de vista técnico, financiero, social y económico ambiental.
- Confirmación de los asuntos acordados entre ambas partes respecto al concepto básico del Proyecto.
- Preparación del Diseño Marco del Proyecto.
- Estimación de los costos del Proyecto.
- Confirmación de las consideraciones ambientales y sociales.

El contenido de la solicitud original del Receptor no es necesariamente aprobado en su forma inicial. El Diseño Marco del Proyecto se confirma según las directrices de la Donación Japonesa.

JICA solicita al Receptor que tome las medidas necesarias para alcanzar su autonomía en la implementación del Proyecto. Dichas medidas deben ser garantizadas a pesar de que caigan fuera de la jurisdicción de la agencia ejecutora del Proyecto. Por lo tanto, el contenido del Proyecto se conforma por todas las organizaciones relevantes del Receptor en base al Acta de Discusiones.

(2) Selección de los consultores

Para una implementación armoniosa del Estudio, JICA celebra contratos con una o varias consultoras. JICA selecciona la/las firma(s) en base a las propuestas presentadas por las consultoras interesadas.

(3) Resultado del Estudio

JICA examina el informe sobre los resultados del Estudio y recomienda al GOJ evaluar la implementación del Proyecto luego de confirmar la viabilidad del mismo.

3. Principios Básicos y Donaciones para Proyectos

(1) Etapa de implementación

1) El C/N y el A/D

Después de que el Proyecto sea aprobado por el Gabinete de Japón, se firmará el Canje de Notas (en adelante denominado "el C/N") entre el GOJ y el Gobierno del Receptor para

yg.



realizar un compromiso de asistencia, el cual será seguido por la firma del A/D entre JICA y el Receptor para definir los artículos necesarios para implementar el Proyecto, en concordancia con el C/N, tales como las condiciones del desembolso, las responsabilidades del Receptor, y las condiciones de las adquisiciones. Las cláusulas y condiciones generalmente aplicables a la Donación Japonesa están estipuladas en las "Cláusulas y Condiciones Generales para la Donación Japonesa (enero de 2016)".

- 2) Convenio Bancario (C/B) (véase el "Flujo Financiero de la Donación Japonesa (Tipo A/P)" para más detalles)
 - a) El Receptor, en principio deberá abrir una cuenta o hacer que la autoridad designada abra una cuenta bajo el nombre del Receptor en el Banco. JICA desembolsará la Donación Japonesa en yenes japoneses para el Receptor a fin de cubrir las obligaciones contraídas por el Receptor bajo los contratos verificados.
 - b) La Donación Japonesa se desembolsará cuando las solicitudes de pago sean presentadas por el Banco a JICA bajo una Autorización de Pago (A/P) emitida por el Receptor.
- 3) Procedimiento de adquisición
Los productos y/o servicios necesarios para la implementación del Proyecto deberán ser adquiridos en concordancia con las directrices de adquisición de JICA como se estipula en el A/D.
- 4) Selección de los consultores
Para mantener una consistencia técnica, la/las consultora(s) que haya/hayan realizado el Estudio será/serán recomendada(s) por JICA al Receptor para continuar los trabajos en la implementación del Proyecto después del C/N y el A/D.
- 5) País de origen elegible
Los países de origen elegibles para la adquisición de los productos y/o servicios utilizando la Donación Japonesa desembolsada por JICA, serán Japón y/o el Receptor. La Donación Japonesa será utilizada para la adquisición de los productos y/o servicios de un tercer país que será elegible si fuese necesario, teniendo en cuenta la calidad, la competitividad y la racionalidad económica de los productos y/o servicios necesarios para lograr el objetivo del Proyecto. Sin embargo, los contratistas principales, a saber, las firmas de construcción y adquisición, y la consultora principal, quienes firmarán contratos con el Receptor, en principio, se limitan a "nacionales japoneses".
- 6) Contratos y conformidad por parte de JICA
El Receptor firmará contratos con denominación de valores en yenes japoneses con nacionales japoneses. Dichos contratos tendrán la conformidad de JICA para ser verificados como elegibles para utilizar la Donación Japonesa.

7) Seguimiento

Se requiere que el Receptor tome iniciativa propia para realizar un cuidadoso seguimiento del progreso del Proyecto a fin de asegurar su implementación armoniosa como parte de su responsabilidad en el A/D, e informar con frecuencia a JICA sobre su estado utilizando el Informe del Seguimiento del Proyecto (ISP).

8) Medidas de seguridad

El Receptor debe aseverar que la seguridad sea respetada durante la implementación del Proyecto.

9) Reunión de Control de Calidad de la Construcción

La Reunión de Control de Calidad de la Construcción (en adelante denominado "la Reunión") será celebrada para el aseguramiento de la calidad y una implementación armoniosa de los trabajos en cada etapa de los mismos. Los miembros de la Reunión se componen por el Receptor (o agencia ejecutora), el Consultor, el Contratista y JICA. Las funciones de la Reunión son las siguientes:

- a) El Contratista comparte la información sobre el objetivo, el concepto y las condiciones del diseño, antes del comienzo de la construcción.
- b) Se discutirán los asuntos que afectan los trabajos tales como la modificación del diseño, los test, las inspecciones y controles de seguridad y las obligaciones del Cliente durante la construcción.

(2) Etapa de seguimiento y evaluación posteriores

- 1) Luego de la terminación del proyecto, JICA continuará manteniendo estrecho contacto con el Receptor para realizar un seguimiento relativo a que los productos del Proyecto se utilizan y mantienen adecuadamente para obtener los resultados esperados.
- 2) En principio, JICA realizará una evaluación posterior del Proyecto después de tres años desde la terminación. Se requiere que el Receptor facilite cualquier información necesaria que JICA razonablemente solicite.

(3) Otros

1) Consideraciones ambientales y sociales

El Receptor considerará cuidadosamente los impactos ambientales y sociales del Proyecto y debe cumplir con las regulaciones ambientales del Receptor y las Directrices de JICA para las Consideraciones Ambientales y Sociales (abril de 2010).

2) Principales compromisos a tomar por el Gobierno del Receptor

Para una implementación armoniosa y adecuada del Proyecto, se requiere que el Receptor tome las medidas necesarias incluyendo la adquisición de terrenos, y se haga cargo de la Comisión por el aviso de la A/P y que las comisiones de pago se paguen al Banco como se

acordó con el GOJ y/o JICA. El Gobierno del Receptor asegurará que los derechos aduaneros, los impuestos internos y otras cargas fiscales que sean impuestas en el Receptor con respecto a la adquisición de los productos y/o servicios serán exentos o asumidos por su autoridad designada sin utilizar la Donación ni sus intereses acumulados, debido a que los fondos de la donación provienen de los contribuyentes japoneses.

3) Uso adecuado

Se requiere que el Receptor mantenga y utilice apropiada y efectivamente los productos y/o servicios bajo el Proyecto (incluyendo las instalaciones construidas y el equipo adquirido), asigne el personal necesario para esta operación, y mantenga y cargue con todos los gastos excepto los cubiertos por la Donación Japonesa.

4) Exportación y re-exportación

Los productos adquiridos bajo la Donación Japonesa no deben ser exportados o re-exportados por parte del Receptor.

yy



Anexo 5: Responsabilidades de ambos países en el esquema de Cooperación Financiera No Reembolsable

PROCEDIMIENTOS DE LA DONACIÓN JAPONESA

Etapas	Procedimientos	Observaciones	Gobierno receptor	Gobierno Japonés	JICA	Consultores	Contratistas	Banco Agente
Solicitud oficial	Solicitud de donaciones a través de medios diplomáticos	La solicitud debe ser presentada antes de la etapa de evaluación.	x	x				
1. Preparación	(1) Estudio Preparatorio Preparación del Diseño Marco y costos estimados		x		x	x		
2. Evaluación	(2) Estudio Preparatorio Explicación del Diseño Marco borrador, incluyendo costos estimados, compromisos, etc.		x		x	x		
	(3) Acuerdo de las condiciones para la implementación	Las condiciones se explicarán con los borradores del Canje de Notas (C/N) y del Acuerdo de Donación (A/D) que serán firmados antes de la aprobación por el Gobierno japonés.	x	x (C/N)	x (A/D)			
	(4) Aprobación por el Gabinete japonés			x				
3. Implementación	(5) Canje de Notas (C/N)		x	x				
	(6) Firma del Acuerdo de Donación (A/D)		x		x			
	(7) Convenio Bancario (C/B)	Se necesita informar a JICA.	x					x
	(8) Contrato con el Consultor y emisión de la Autorización de Pago (A/P)	Se requiere la conformidad de JICA.	x			x		x
	(9) Diseño Detallado (D/D)		x			x		
	(10) Preparación de los documentos de licitación	Se requiere la conformidad de JICA.	x			x		
	(11) Licitación	Se requiere la conformidad de JICA.	x			x	x	
	(12) Contrato con el Contratista/Proveedor y emisión de la A/P	Se requiere la conformidad de JICA.	x					x
4. Seguimiento y evaluación posteriores	(13) Trabajos de construcción/adquisiciones	Se requiere la conformidad de JICA para más modificaciones del diseño y correcciones de los contratos.	x			x	x	
	(14) Certificado de terminación		x			x	x	
4. Seguimiento y evaluación posteriores	(15) Seguimiento posterior	Generalmente, a ser implementado después de 1, 3, 10 años de la terminación. Sujeto a cambios.	x		x			
	(16) Evaluación posterior	Básicamente, a ser implementado después de 3 años de la terminación.	x		x			

Notas:

1. Se debe presentar a JICA el Informe de Seguimiento del Proyecto y el Informe sobre la Terminación del Proyecto como se acordó en el A/D.
2. Se requiere la conformidad de JICA para la asignación de la donación para montos remanentes y/o contingencias como se acordó en el A/D.

WJ

資料編 4. 討議議事録 (M/D) (機材選定) 和文

ニカラグア国マナグア市送配水改善計画準備調査

協議議事録

ニカラグア国政府(以下、ニカラグア)の要請に応じて、日本政府は、「マナグア市送配水改善計画」(以下、プロジェクト)に係る準備調査を実施することを決定し、独立行政法人国際協力機構(以下、JICA)に調査の実施を委託した。

JICA は横田義昭を総括とした調査団をニカラグアに派遣し、調査団はニカラグア関係者との協議、対象地域での現地調査を実施した。協議の過程で、両者は添付に記載された事項について確認した。

Managua, 2021 年 5 月 17 日

Ing. Yoshiaki Yokota

Líder

Equipo del Estudio Preparatorio
Agencia de Cooperación Internacional de Japón

Ing. Ervin Enrique Barreda Rodríguez

Presidente Ejecutivo

Empresa Nicaragüense de Acueductos y
Alcantarillados Sanitarios (ENACAL)

添付資料

1. プロジェクトの目的

プロジェクトの目的は、マナグア市において、漏水削減、エネルギー効率改善等による運転維持管理費低減に必要な資機材を整備することにより、給水サービス及び実施機関の財務状況を改善すること。

2. プロジェクト名

両者は、「マナグア市送配水改善計画」をプロジェクト名とすることに合意した。

3. プロジェクトサイト

プロジェクトサイトは、マナグア市内の別添資料 1 に示すとおり。

4. 実施機関

プロジェクトの実施機関及び関係機関は以下のとおり。

実施機関: ニカラグア上下水道公社 (ENACAL)

関係機関: ニカラグア国土調査院 (INETER)、国家水庁 (ANA)

また、ENACAL の組織図を別添資料 2 に示す。

5. ニカラグア国側の要請機材及び現地調査結果

ニカラグア国側の当初要請機材及び本現地調査によってその妥当性を検討した結果、日本側として提案する調達機材を別添資料 3 に示す。両者は、現地調査結果に基づいた日本側提案機材を本事業の調達予定機材とすることに合意した。

なお、プロジェクトの最終的な内容は、日本側によって決定されることを両者は確認した。

6. 日本の無償資金協力事業の手続きと基本原則

6-1. ニカラグア国側は、別添資料 4 に記載されているように、調査団が説明した日本の無償資金協力のスキームを理解し、同スキームが本プロジェクトに適用されることに合意した。

6-2. ニカラグア国側は、プロジェクトの円滑な実施のために、別添資料 5 に記載されている必要な措置を講じることに合意した。

7. 準備調査の工程

7-1. 調査団のコンサルタント団員は、2021 年 6 月 6 日まで、マナグアにて第一次現地調査を続ける。

7-2. 第一次現地調査の結果に基づき、2021 年 9 月末までに日本にて設計・積算業務を実施する。

7-3. 調査団は、スペイン語で準備調査報告書(案)を作成し、その内容を説明するため 2021 年 10 月下旬にミッションを派遣する。

7-4. 準備調査報告書(案)がニカラグア国側に承認され、プロジェクトの実施を受け入れた場合、調査団は報告書を完成させ、2022 年 3 月頃にニカラグア国側に送付する予定である。

8. その他協議事項

8-1. ニカラグア国側へ期待する便宜供与

- (1) 調査の実施に必要なデータ、情報及び資料を提供すること。
- (2) 調査団が提示した質問書に回答すること。
- (3) 調査団のニカラグア滞在中、下記業務を遂行するために ENACAL 職員を配置させること。
 - 調査に必要な関連省庁、機関、局、企業等の協議調整やアポイントの取得
 - 現場視察及び他視察時の調査団への同行
 - 適切な広さ・場所の事務スペースの提供
 - 調査団が必要とする資料・データ・情報の取得支援
- (4) 調査のために必要な私有地や立入制限地区に入る許可を確保すること。
- (5) 調査団員の安全確保のために必要な措置をとること。
- (6) 調査団が日本での検討や報告書作成時に必要とされる、調査に関連する地図やデータ、資料を日本へ持ち帰る際、ニカラグア政府の許可が必要な場合にはその許可を取得すること。
- (7) 調査団が実施する配水量・水圧調査において、ENACAL が保有する超音波流量計、圧力計、データロガー等の機材を貸与すること。
- (8) 地下水シミュレーションの研修に際して、研修場所及び必要なコンピュータを提供すること。

8-2. 安全管理及びコロナ感染予防対策

ニカラグア国側は、プロジェクトの準備調査及び実施中に関係者の安全を確保するためにあらゆる可能な措置を講じる。また、コロナ感染対策として適切な対策を講じる。

8-3. 先方負担事項

調査団は、本プロジェクトが日本無償資金協力事業の機材無償案件であり、機材設置スペースの確保、配水池設置個所の整地(土工事)、送水ポンプ設置に伴う配線工事、取り付け管接続工事、既存機材の撤去工事、設置工事に伴う必要な許可の取得、EIA 取得、電力移設等はニカラグア国側の責任であることを説明した。ニカラグア国側は、付帯工事の責任について理解し、合意した。また、負担事項に関する詳細な工事境界については、第一次現地調査終了時にテクニカルノートにて合意する。

また、本事業の実施にあたり、ニカラグア国側は、以下の工事について 2021 年 9 月末までに業務を完成させ、適切な運転維持管理を開始することに合意した。

- アルタミラ配水池の漏水補修工事
- セミナリオ配水池の配管修理工事

8-4. ソフトコンポーネント

調査団は、円滑な運用をサポートするために調達機材の運転維持管理に関する初期運転指導等がプロジェクトに含まれることを説明した。支援の必要性及び内容については、準備調査にて検討される。

8-5. 免税措置

プロジェクト実施に際して発生する付加価値税、関税、その他税金は免税として取

り扱われ、ニカラグア国側の責任によって保障される。ニカラグア国側は、免税措置に必要な手続きをとる必要がある。

8-6. 必要な許認可

両者は、プロジェクトが実施される場合に必要となる許認可(土地確保、環境社会配慮、工事許可、道路使用許可、電力申請等)は、ニカラグア国側の責任であることを確認した。

プロジェクト実施に際して発生する付加価値税、関税、その他税金は免税として取り扱われ、ニカラグア国側の責任によって保障される。ニカラグア国側は、免税措置に必要な手続きをとる必要がある。

8-7. プロジェクトの守秘義務

調査団は、準備調査の最後に作成される準備調査報告書は、原則として日本で一般公開されることを説明した。ただし、調査団は、積算価格等の入札業務に影響を与える可能性のある機密部分は、入札が完了するまで非公開にしておく必要がある旨説明した。

8-8. プロジェクトの広報

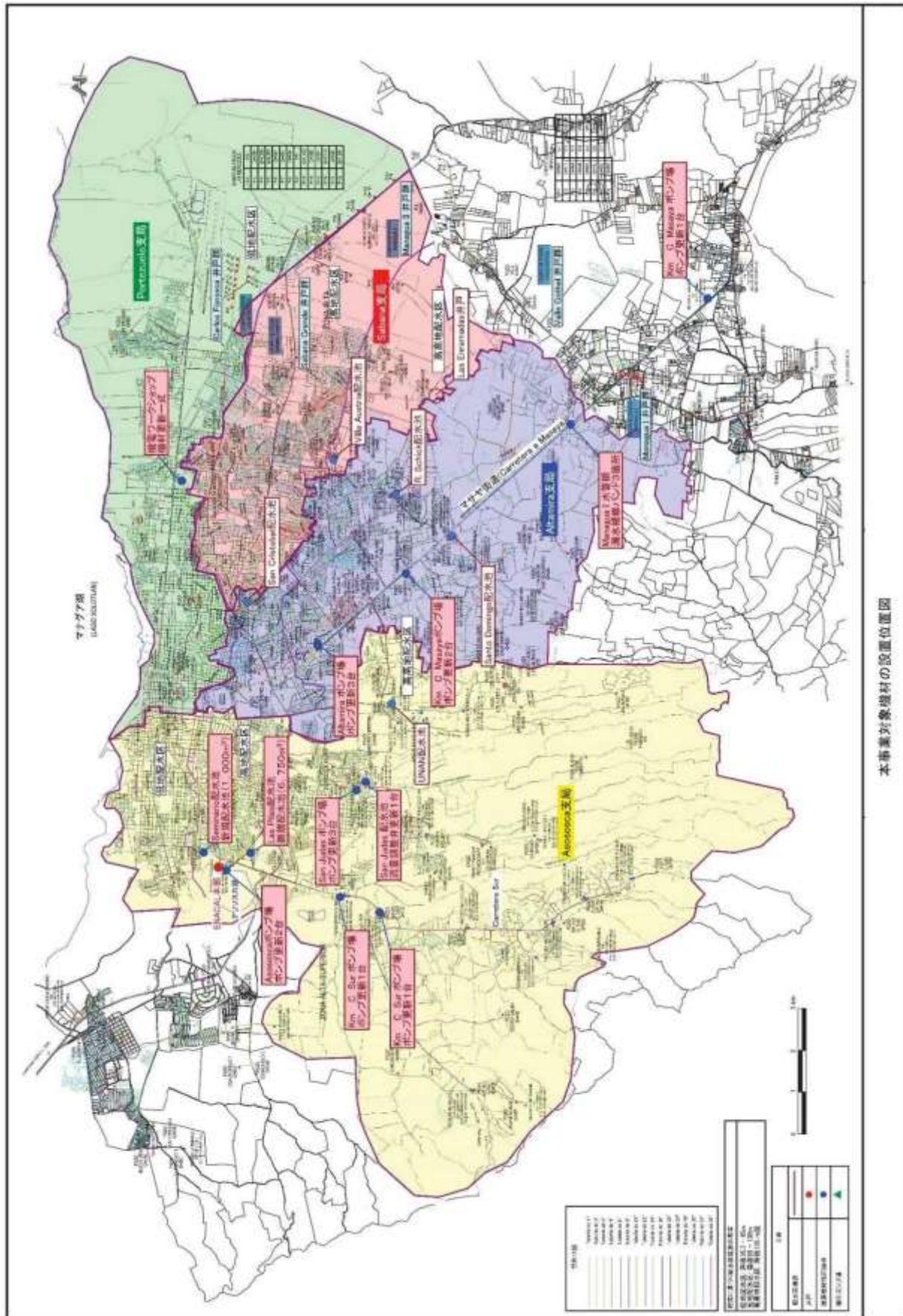
ニカラグア国側は、本プロジェクトについて積極的に広報すること、及びJICAが実施している「健康と命のための手洗い運動」キャンペーンを積極的に実施することに合意した。

8-9. ミニッツ署名者の追加

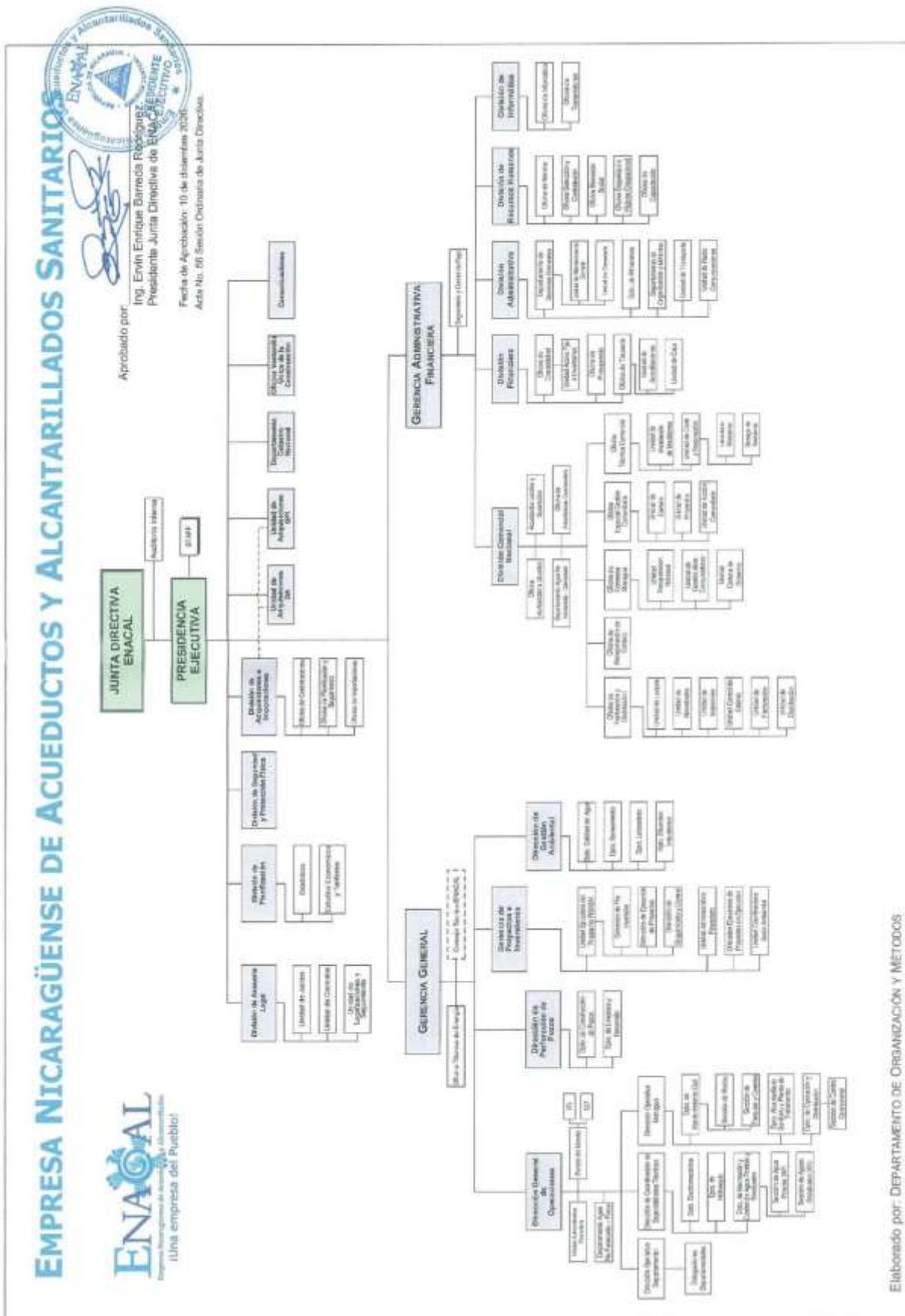
ニカラグア国側は、第2回現地調査時以降、ミニッツ協議の署名者にニカラグア国外務省(MINREX)を追加することに合意した。

- Anexo1 : プロジェクトサイト
- Anexo 2 : ENACAL 組織図
- Anexo 3 : 要請機材及び調達機材
- Anexo 4 : 無償資金協カスキーム
- Anexo 5 : 無償資金協カ事業における両国の負担事項

Anexo 1 : プロジェクトサイト



Anexo 2 : ENACAL 組織図



Elaborado por: DEPARTAMENTO DE ORGANIZACIÓN Y MÉTODOS

Anexo 3 : 要請機材と調達機材

ENACAL 要望機材		現地調査結果に基づく 調達予定機材		変更事項・理由
組立式配水池 (Asososca ポンプ場内、 Enramadas No.3 井戸用地 内)	2 箇 所	組立式配水池 (Asososca Alta マクロセク ター、Asososca Baja マクロ セクター)	2 箇 所	設置箇所変更の要望に基づき全 体の配水システムの管理・運用を 検討した結果、より効果的なサイト であると判断された箇所に変更
漏水修理機材 (Managua I 水管橋漏水箇 所)	1 箇 所	漏水補修用機材 (水管橋漏水箇所)	3 個	漏水が発生・再発する可能性のあ る3か所のジョイント部全て補修が 必要と判断したため
制水弁 (Managua I 水管橋漏水箇 所)	2 個	-	-	設置箇所がマサラ街道車道内に なり大規模工事・交通規制が必要 となるため除外
機材修理ワークショップ改 修	1 箇 所	機材修理ワークショップ (荷役機材、機械加工機 材、電気機材、車両)	1 箇 所	現時点で詳細な対象機材は検討 中のため、第1次現地調査終了 時にテクニカルノートにて合意す る
インバータ (配水管網に直結井戸)	30~50 箇所	インバータ (設置箇所詳細は、第1次 現地調査終了時にテクニ カルノートにて合意)	25 ~ 35 箇 所	-
送水ポンプ (Altamira 地区、Asososca 地区、Km8 Masaya 地区)	8 台	送水ポンプ (Altamira ポンプ場 3 台、 Asososca ポンプ場 2 台、 Km 8 C. Masaya ポンプ場 2 台、San Judas ポンプ場 2 台、Km 18 C. Masaya ポン プ場 1 台、Km 8.5 C. Sur ポンプ場 1 台、Km 9.5 C. Sur ポンプ場 1 台)	12 台	追加の要望に基づき、現地調査、 オペレーターからの聞き取り、ポン プ稼働状態の確認、設置に伴う 送配水機能の改善等を総合的に 判断した結果、左記のとおり変 更。
バタフライ弁 (Managua I 送水系統)	10 箇 所	流量調整弁 (San Judas 配水池)	1 箇 所	ENACAL の自己資金による対応 状況や配水系統の分離など送配 水のオペレーションを考慮した結 果、左記のとおり変更
減圧弁 (Managua I 送水系統)	8 箇 所			
-	-	無収水削減活動に資する 機材	1 式	PROGESTION の成果に基づき、 引き続き無収水技術の移転を中 央から地方へ展開を進める計画 が進展しており、その活動への活 用が期待されるため。

資料編 4. 討議議事録(M/D)(DOD 協議)

**MINUTA DE DISCUSIONES SOBRE
EL ESTUDIO PREPARATORIO DEL “PROYECTO PARA
MEJORAMIENTO DEL SUMINISTRO DE AGUA EN LA CIUDAD DE MANAGUA”
ENTRE
EL GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE NICARAGUA
Y
LA AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON**

De acuerdo con la Minuta de Discusiones firmada el 17 de mayo de 2021 entre la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (en adelante “ENACAL”) y la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (en adelante “JICA”) y en respuesta a la solicitud del Gobierno de la República de Nicaragua (en adelante “Nicaragua”), JICA y las autoridades nicaragüenses respectivas (en adelante “la parte nicaragüense”) han sostenido una serie de reuniones telemáticas para confirmar el contenido del borrador del Informe del Estudio Preparatorio del “Proyecto para Mejoramiento del Suministro de Agua en la Ciudad de Managua” (en adelante “el Proyecto”).

Como resultado de las discusiones, ambas partes han acordado los términos principales descritos en los documentos anexos.

Managua, 19 de noviembre de 2021

高砂

Sr. Hajime Takasago
Representante
JICA Nicaragua



[Signature]

Sra. Arlette Cristina Marengo Meza
Vice-Ministra General
Ministerio de Relaciones Exteriores
Republica de Nicaragua



[Signature]

Sr. Ervin Enrique Barreda Rodriguez
Presidente Ejecutivo
Empresa Nicaragüense de Acueductos y
Alcantarillados Sanitarios
Republica de Nicaragua



Documentos anexos

1. Objetivo del Proyecto

El objetivo del Proyecto es mejorar la eficiencia del suministro de agua y el estado financiero del organismo ejecutor, mediante la dotación de los equipos y materiales necesarios, incluyendo un reservorio de agua prefabricado, para la reducción de fugas de agua y la optimización de la eficiencia energética, con el fin de contribuir al mejoramiento del servicio de abastecimiento de agua, del entorno de vida y de saneamiento de los residentes del área de intervención del presente Proyecto en la ciudad de Managua.

2. Nombre del Proyecto

Ambas partes han acordado que el título del Proyecto será el "Proyecto para Mejoramiento del Suministro de Agua en la Ciudad de Managua".

3. Sitio del Proyecto

Ambas partes han acordado que el sitio del Proyecto estará ubicado en la ciudad de Managua, como se muestra en el Anexo 1.

4. Organismo ejecutor

El organismo ejecutor y las instituciones relacionadas con el Proyecto son los siguientes:

Organismo ejecutor:	Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ENACAL)
Instituciones relacionadas:	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), Autoridad Nacional del Agua (ANA), Ministerio de Hacienda y Crédito Público (MHCP) y Ministerio de Relaciones Exteriores (MINREX)

El organigrama de ENACAL se muestra en el Anexo 2.

5. Contenido del Informe del Estudio Preparatorio (borrador)

La parte nicaragüense ha aceptado la explicación del contenido del Informe del Estudio Preparatorio por parte del Equipo del Estudio. En base a los puntos confirmados, JICA finalizará el Informe del Estudio Preparatorio. El Informe será enviado a la parte nicaragüense en marzo de 2022.

6. Montos aproximados

La parte nicaragüense ha acordado que los montos explicados por el Equipo del Estudio, incluidos los costos preliminares, son tentativos y serán examinados más a fondo para la



aprobación del Gobierno de Japón. Los costos preliminares se refieren a los gastos adicionales por desastres y condiciones naturales imprevistas.

7. Confidencialidad de los montos y las especificaciones técnicas
La parte nicaragüense ha acordado que los montos y las especificaciones técnicas del Proyecto no se revelarán a ningún tercero hasta que se hayan firmado todos los contratos del Proyecto.
8. Procedimientos y principios básicos de la Cooperación Financiera No Reembolsable de Japón
La parte nicaragüense ha entendido el esquema de la donación japonesa explicado por el Equipo del Estudio, tal como se describe en el Anexo 4, y ha acordado que dicho esquema será aplicado al presente Proyecto. La parte nicaragüense también se ha comprometido a tomar las medidas necesarias descritas en el Anexo 6 para una buena ejecución del Proyecto.
9. Equipos de adquisición
En base a los equipos solicitados por Nicaragua y los resultados del estudio de campo realizado por el Equipo del Estudio, la parte japonesa JICA propone adquirir los equipos que se muestran en el Anexo 3. Ambas partes han acordado que los equipos propuestos por la parte japonesa, basados en los resultados del estudio de campo, serían los que se adquirirían para el Proyecto.
10. Calendario de ejecución del Proyecto
El Equipo del Estudio ha explicado a la parte nicaragüense que el cronograma del Proyecto es el que está descrito en el Anexo 5.
11. Resultados esperados e indicadores
Ambas partes han acordado que los indicadores clave de los resultados esperados son los siguientes. La parte nicaragüense será responsable de lograr los indicadores clave en 2027, tres años después de la finalización del Proyecto, y hará seguimiento del estado de avance para la evaluación ex-post basada en dichos indicadores.

【Indicadores cuantitativos】

Indicadores	Valor de referencia (2020)	Valor meta (2027) 【3 años después de finalizar el Proyecto】
Reducción de ANF en la Ciudad de Managua (m ³)	1,471,172 ¹	10,896,275 ²
Consumo de energía eléctrica por unidad de agua producción (kWh/m ³)	0.80 ³	0.77
Tiempo medio de suministro de agua en el sistema del nuevo reservorio (horas/día)	9	17

【Indicador cualitativo】

Se mejorarán los servicios de suministro de agua y el entorno sanitario en la ciudad de Managua, mediante el aumento del tiempo de suministro de agua y la optimización de la presión de agua.

12. Evaluación ex-post

En principio, JICA llevará a cabo una evaluación ex-post con cinco criterios (relevancia, efectividad, eficiencia, impacto y sostenibilidad), tres años después de la finalización del Proyecto. Los resultados de la evaluación se harán públicos y se requiere que la parte nicaragüense brinde el apoyo necesario para la recolección de datos.

13. Componentes no estructurales

Con vistas a una gestión sostenible de operación y mantenimiento de los productos y servicios implementados en el marco del Proyecto, está prevista la siguiente asistencia técnica en el Proyecto. La parte nicaragüense ha confirmado que asignará el número requerido de personal adecuado y competente, de acuerdo con los objetivos de los componentes no estructurales descritos en el borrador del Informe del Estudio Preparatorio.

13-1 Fortalecimiento de capacidades de gestión de distribución de agua para los pozos con el variador instalado

El objetivo es fortalecer las capacidades de gestión de distribución de agua, como la medición de la presión y el caudal, el monitoreo y el uso de los resultados de la medición para el plan de distribución de agua, con el fin de hacer una eficiente gestión de distribución

¹ Valor de referencia: El volumen de ANF reducido de 2017 a 2020

² El volumen de ANF reducido de 2017 a 2027. La reducción por la implementación del presente Proyecto será de 5,992,369m³. Se evaluará, sin incluir el volumen reducido por las medidas tomadas por ENACAL de 4,903,906m³.

³ Consumo de energía 164,958,598kWh / Volumen de agua de producción 204,921,300m³

de agua y controlar de forma adecuada la rotación de la bomba en función de la presión terminal para los pozos con el variador instalado.

13-2 Fortalecimiento de capacidades de gestión de operación y mantenimiento de bombas de transmisión

El objetivo es operar y mantener de forma sostenible las bombas de transmisión, dando capacitación sobre los métodos de medición del caudal para identificar condiciones de funcionamiento de las bombas, así como los métodos de inspección y mantenimiento para la gestión de operación y mantenimiento.

14. Responsabilidades asumidas por la parte nicaragüense

Ambas partes han confirmado los asuntos a cargo de la parte nicaragüense del presente Proyecto descritos en el Anexo 6. Con respecto a la exoneración de los aranceles aduaneros, impuestos internos y otros gravámenes fiscales descritos en el Anexo 6 (el número correspondiente que describe exoneraciones en el Anexo), ambas partes han confirmado que dichos aranceles aduaneros, impuestos internos y otros recargos fiscales serán especificados por ENACAL en los documentos de licitación durante la fase de implementación del Proyecto.

La parte nicaragüense se ha comprometido a tomar las medidas necesarias y hacer las coordinaciones requeridas, incluyendo la asignación presupuestaria que es un requisito previo para la ejecución de este Proyecto.

También ha acordado que los montos presentados han sido calculados provisionalmente en la etapa del Diseño Marco. Los costos más precisos se calcularán en la fase del Diseño Detallado.

Igualmente, ambas partes han confirmado que se utilizará el Anexo 6 como un documento adjunto al Acuerdo de Donación (G/A).

De acuerdo con el Anexo 6, ambas partes han confirmado que ENACAL tomará las medidas necesarias, en cooperación con la policía y otras autoridades pertinentes, para garantizar y mantener la seguridad del sitio del Proyecto y de aquellos involucrados en la implementación del Proyecto.

15. Monitoreo durante la implementación del Proyecto

Este Proyecto será monitoreado por el organismo ejecutor y reportado a JICA, utilizando el formulario del Informe de Seguimiento del Proyecto (en adelante "PMR" por sus siglas en inglés) adjunto al Anexo 7. La presentación del informe PMR se describe en el Anexo 6.

16. Finalización del Proyecto

Ambas partes han confirmado que el Proyecto finalizará cuando se confirme que todos los materiales y equipos adquiridos e implementados por el presente Proyecto de donación están en funcionamiento. El organismo ejecutor informará a JICA de la finalización del Proyecto con prontitud y, en cualquier caso, dentro de los seis meses posteriores a la finalización del Proyecto.

17. Consideraciones ambientales y sociales

JICA ha explicado que se aplicarán a este Proyecto las "Directrices para las Consideraciones Ambientales y Sociales de JICA, abril de 2010" (en adelante "Directrices"). De acuerdo con este documento, este Proyecto está clasificado en la categoría "C", al considerar que el Proyecto da un impacto ambiental mínimo.

18. Otros

18-1. Uso eficaz de los recursos financieros generados por la reducción de costos

Ambas partes han confirmado que se reducirán los costos de operación y mantenimiento al disminuir las fugas de agua y el consumo eléctrico por la implementación de los equipos del Proyecto. Asimismo, la parte nicaragüense ha confirmado que la capacidad financiera generada será destinada eficazmente para mejorar la gestión de ENACAL y sus servicios de abastecimiento de agua.

18-2. Adaptación y mitigación del cambio climático

Ambas partes han confirmado que el suministro estable de agua mediante la reducción de fugas por la implementación de los equipos del Proyecto contribuye a la adaptación del cambio climático y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por el menor consumo eléctrico coadyuva a mitigar el cambio climático.

18-3. Incorporación de la perspectiva de género

Ambas partes han confirmado que se debe implementar adecuadamente la incorporación de la perspectiva de género en la ejecución del Proyecto. En concreto, han acordado incorporar los siguientes elementos a las actividades del Proyecto.

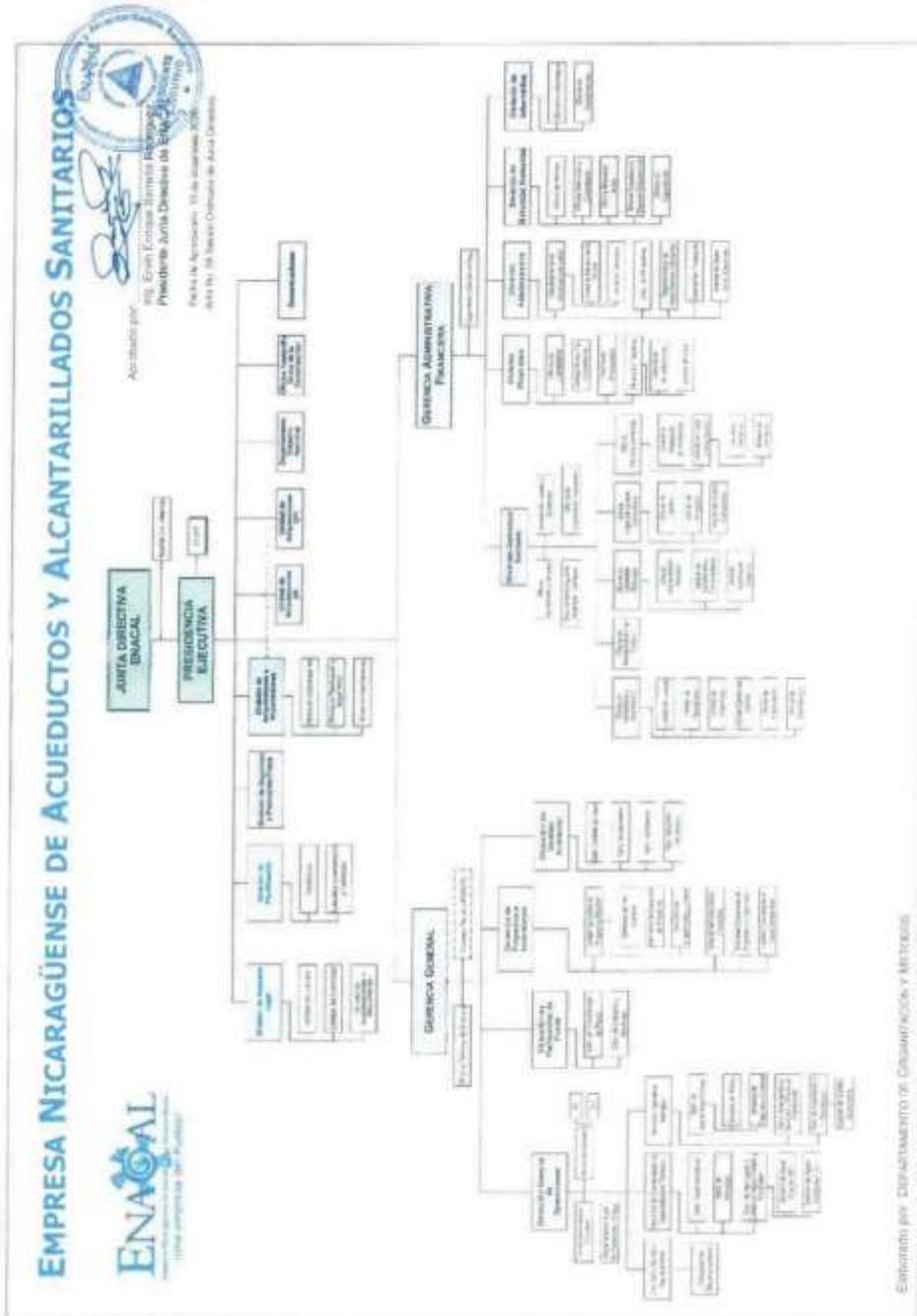
- Garantizar la igualdad de retribución por un mismo trabajo (que no haya diferencias salariales entre mujeres y hombres sin fundamentos justificables).
- Medidas para promover el empleo de las mujeres, por ejemplo, provisión de instalaciones para las trabajadoras (aseos, vestuarios, etc.)
- Fomentar la participación de las empleadas de ENACAL en los componentes no estructurales o fijar una cuota de participación femenina.



- Anexo 1 : Sitios del Proyecto
- Anexo 2 : Organigrama de ENACAL
- Anexo 3 : Equipos solicitados y equipos a adquirir
- Anexo 4 : Esquema de Cooperación Financiera No Reembolsable
- Anexo 5 : Calendario de ejecución del proyecto
- Anexo 6 : Responsabilidades de Nicaragua
- Anexo 7 : Informe de Seguimiento del Proyecto (PMR)

Three handwritten signatures in blue ink are located at the bottom right of the page. The first signature is a simple, stylized mark. The second is a more complex, cursive signature. The third is a shorter, more compact signature.

Anexo 2 : Organigrama de ENACAL



(Handwritten signatures and initials)

Anexo 3 : Equipo solicitado y equipo de adquisición

Equipos solicitados por ENACAL		Equipos a adquirir según los resultados del Estudio de campo		Cambios y sus razones
Reservorios (Dentro de la estación de bombeo de Asososca, dentro de la propiedad del Pozo Enramadas No.3)	2 lugares	Reservorios (macrosector Asososca Alta, 4600m ³)	1 lugar	Ante la solicitud de cambiar los lugares para instalar, se analizó todo el sistema de distribución. Como resultado, cambiaron a los sitios considerados más efectivos para la gestión y operación.
Equipos de reparación de fugas (Puente acueducto de Managua I donde hay fugas de agua)	1 lugar	Equipos de reparación de fugas (Puente acueducto donde hay fugas de agua)	3 unidades	Se determinó que es necesario reparar todas las 3 juntas donde posiblemente se producirán o volverán a producir fugas.
Válvulas de control (Puente acueducto de Managua I donde hay fugas de agua)	2 unidades	-	-	Se eliminan porque se instalarán en el paso vehicular de la Carretera a Masaya que implicará una obra de gran magnitud con restricciones de tráfico.
Remodelación del Taller de electromecánica	1 lugar	Remodelación del Taller de electromecánica (equipos de carga y descarga, equipos de mecanizado, equipos eléctricos y vehículos)	1 lugar	-
Variadores (Pozos directamente conectados con las redes de distribución)	30-50 lugares	Variadores	28 lugares	-
Bombas de transmisión de agua (Altamira, Asososca y Km8 Carretera a Masaya)	8 unidades	Bombas de transmisión de agua (1 bomba en la Estación de bombeo de Altamira, 2 en Asososca, 1 en San Judas, 1 en Km18 Carretera Masaya, 1 en Km8 Carretera Sur y 1 en Km9.5 Carretera Sur)	7 unidades	Ante la solicitud adicional, se analizaron de forma integral los resultados del estudio de campo, entrevistas a los operadores, confirmación del estado de funcionamiento de las bombas, mejora prevista de la función de suministro después de la instalación y otros factores. Como resultado, se determinó lo indicado en la columna izquierda.
Válvulas de mariposa (Sistema de transmisión de Managua I)	10 lugares	Válvula de control de caudal (Reservorio San Judas)	1 lugar	Se consideró la respuesta de ENACAL con fondos propios y la operación de suministro como el aislamiento de los sistemas de distribución. Como resultado, se determinó lo indicado en la columna izquierda.
Válvulas reductoras de presión (Sistema de transmisión)	8 lugares			

Equipos solicitados por ENACAL		Equipos a adquirir según los resultados del Estudio de campo		Cambios y sus razones
de Managua I)				
-	-	Equipos para contribuir a las actividades de reducción de ANF	1 juego	Continúa el desarrollo de la descentralización del plan de transferencia tecnológica en temas de ANF basado en los logros de Progestión, y se espera que se utilicen los equipos para estas actividades.

Anexo 4 : Esquema de Cooperación Financiera No Reembolsable

DONACIÓN JAPONESA

La Donación Japonesa es un fondo no reembolsable provisto a un país receptor (en adelante se denominará "el Receptor") para adquirir los productos y/o servicios (servicios de ingeniería y transporte de productos, etc.) para su desarrollo económico y social en concordancia con las leyes y regulaciones relevantes de Japón. A continuación, se mencionan los aspectos básicos de las donaciones para proyectos operados por JICA (en adelante se denominarán " Donaciones para Proyectos").

1. Procedimientos de las Donaciones para Proyectos

Las Donaciones para Proyectos se conducen a través de los siguientes procedimientos (véase "PROCEDIMIENTOS DE LA DONACIÓN JAPONESA" para más detalles):

(1) Preparación

- El Estudio Preparatorio (en adelante denominado "el Estudio") conducido por JICA

(2) Evaluación

- Evaluación por el Gobierno de Japón (en adelante denominado "GOJ") y JICA, y aprobación por el Gabinete japonés

(3) Implementación

Intercambio de Notas Reversales

- Las Notas intercambiadas entre el GOJ y el Gobierno del Receptor

Acuerdo de Donación (en adelante denominado "el A/D")

- El acuerdo firmado entre JICA y el Receptor

Convenio Bancario (en adelante denominado "el C/B")

- Apertura de una cuenta bancaria por el Receptor en un banco en Japón (en adelante denominado "el Banco") para recibir la donación

Trabajos de construcción/adquisiciones

- Implementación del proyecto (en adelante denominado "el Proyecto") sobre la base del A/D

(4) Seguimiento y evaluación posteriores

- Seguimiento y evaluación en la etapa posterior a la implementación

2. Estudio Preparatorio

(1) Contenido del Estudio

El objetivo del Estudio es proveer los documentos básicos necesarios para la evaluación del Proyecto realizados por el GOJ y JICA. El contenido del Estudio es como se indica a continuación:

- Confirmación del trasfondo, los objetivos, los beneficios del Proyecto y también la capacidad institucional necesaria para la implementación del Proyecto de las agencias relevantes del Receptor.
- Evaluación de la factibilidad del Proyecto a ser implementado bajo la Donación Japonesa desde los puntos de vista técnico, financiero, social y económico ambiental.
- Confirmación de los asuntos acordados entre ambas partes respecto al concepto básico del Proyecto.
- Preparación del Diseño Marco del Proyecto.
- Estimación de los costos del Proyecto.
- Confirmación de las consideraciones ambientales y sociales.

El contenido de la solicitud original del Receptor no es necesariamente aprobado en su forma inicial. El Diseño Marco del Proyecto se confirma según las directrices de la Donación Japonesa.

JICA solicita al Receptor que tome las medidas necesarias para alcanzar su autonomía en la implementación del Proyecto. Dichas medidas deben ser garantizadas a pesar de que caigan fuera de la jurisdicción de la agencia ejecutora del Proyecto. Por lo tanto, el contenido del Proyecto se conforma por todas las organizaciones relevantes del Receptor en base al Acta de Discusiones.

(2) Selección de los consultores

Para una implementación armoniosa del Estudio, JICA celebra contratos con una o varias consultoras. JICA selecciona la/las firma(s) en base a las propuestas presentadas por las consultoras interesadas.

(3) Resultado del Estudio

JICA examina el informe sobre los resultados del Estudio y recomienda al GOJ evaluar la implementación del Proyecto luego de confirmar la viabilidad del mismo.

3. Principios Básicos y Donaciones para Proyectos

(1) Etapa de implementación

1) El C/N y el A/D

Después de que el Proyecto sea aprobado por el Gabinete de Japón, se firmará el Canje de

Notas (en adelante denominado "el C/N") entre el GOJ y el Gobierno del Receptor para realizar un compromiso de asistencia, el cual será seguido por la firma del A/D entre JICA y el Receptor para definir los artículos necesarios para implementar el Proyecto, en concordancia con el C/N, tales como las condiciones del desembolso, las responsabilidades del Receptor, y las condiciones de las adquisiciones. Las cláusulas y condiciones generalmente aplicables a la Donación Japonesa están estipuladas en las "Cláusulas y Condiciones Generales para la Donación Japonesa (enero de 2016)".

- 2) Convenio Bancario (C/B) (véase el "Flujo Financiero de la Donación Japonesa (Tipo A/P)" para más detalles)
 - a) El Receptor, en principio deberá abrir una cuenta o hacer que la autoridad designada abra una cuenta bajo el nombre del Receptor en el Banco. JICA desembolsará la Donación Japonesa en yenes japoneses para el Receptor a fin de cubrir las obligaciones contraídas por el Receptor bajo los contratos verificados.
 - b) La Donación Japonesa se desembolsará cuando las solicitudes de pago sean presentadas por el Banco a JICA bajo una Autorización de Pago (A/P) emitida por el Receptor.
- 3) Procedimiento de adquisición
Los productos y/o servicios necesarios para la implementación del Proyecto deberán ser adquiridos en concordancia con las directrices de adquisición de JICA como se estipula en el A/D.
- 4) Selección de los consultores
Para mantener una consistencia técnica, la/las consultora(s) que haya/hayan realizado el Estudio será/serán recomendada(s) por JICA al Receptor para continuar los trabajos en la implementación del Proyecto después del C/N y el A/D.
- 5) País de origen elegible
Los países de origen elegibles para la adquisición de los productos y/o servicios utilizando la Donación Japonesa desembolsada por JICA, serán Japón y/o el Receptor. La Donación Japonesa será utilizada para la adquisición de los productos y/o servicios de un tercer país que será elegible si fuese necesario, teniendo en cuenta la calidad, la competitividad y la racionalidad económica de los productos y/o servicios necesarios para lograr el objetivo del Proyecto. Sin embargo, los contratistas principales, a saber, las firmas de construcción y adquisición, y la consultora principal, quienes firmarán contratos con el Receptor, en principio, se limitan a "nacionales japoneses".
- 6) Contratos y conformidad por parte de JICA
El Receptor firmará contratos con denominación de valores en yenes japoneses con nacionales japoneses. Dichos contratos tendrán la conformidad de JICA para ser verificados como elegibles para utilizar la Donación Japonesa.

- 7) Seguimiento
Se requiere que el Receptor tome iniciativa propia para realizar un cuidadoso seguimiento del progreso del Proyecto a fin de asegurar su implementación armoniosa como parte de su responsabilidad en el A/D, e informar con frecuencia a JICA sobre su estado utilizando el Informe de Seguimiento del Proyecto (PMR).
- 8) Medidas de seguridad
El Receptor debe aseverar que la seguridad sea respetada durante la implementación del Proyecto.
- 9) Reunión de Control de Calidad de la Construcción
La Reunión de Control de Calidad de la Construcción (en adelante denominado "la Reunión") será celebrada para el aseguramiento de la calidad y una implementación armoniosa de los trabajos en cada etapa de los mismos. Los miembros de la Reunión se componen por el Receptor (o agencia ejecutora), el Consultor, el Contratista y JICA. Las funciones de la Reunión son las siguientes:
- a) El Contratista comparte la información sobre el objetivo, el concepto y las condiciones del diseño, antes del comienzo de la construcción.
 - b) Se discutirán los asuntos que afectan los trabajos tales como la modificación del diseño, los test, las inspecciones y controles de seguridad y las obligaciones del Cliente durante la construcción.
- (2) Etapa de seguimiento y evaluación posteriores
- 1) Luego de la terminación del proyecto, JICA continuará manteniendo estrecho contacto con el Receptor para realizar un seguimiento relativo a que los productos del Proyecto se utilizan y mantienen adecuadamente para obtener los resultados esperados.
 - 2) En principio, JICA realizará una evaluación posterior del Proyecto después de tres años desde la terminación. Se requiere que el Receptor facilite cualquier información necesaria que JICA razonablemente solicite.
- (3) Otros
- 1) Consideraciones ambientales y sociales
El Receptor considerará cuidadosamente los impactos ambientales y sociales del Proyecto y debe cumplir con las regulaciones ambientales del Receptor y las Directrices de JICA para las Consideraciones Ambientales y Sociales (abril de 2010).
 - 2) Principales compromisos a tomar por el Gobierno del Receptor
Para una implementación armoniosa y adecuada del Proyecto, se requiere que el Receptor tome las medidas necesarias incluyendo la adquisición de terrenos, y se haga cargo de la Comisión por el aviso de la A/P y que las comisiones de pago se paguen al Banco como se

acordó con el GOJ y/o JICA. El Gobierno del Receptor asegurará que los derechos aduaneros, los impuestos internos y otras cargas fiscales que sean impuestas en el Receptor con respecto a la adquisición de los productos y/o servicios serán exentos o asumidos por su autoridad designada sin utilizar la Donación ni sus intereses acumulados, debido a que los fondos de la donación provienen de los contribuyentes japoneses.

3) Uso adecuado

Se requiere que el Receptor mantenga y utilice apropiada y efectivamente los productos y/o servicios bajo el Proyecto (incluyendo las instalaciones construidas y el equipo adquirido), asigne el personal necesario para esta operación, y mantenga y cargue con todos los gastos excepto los cubiertos por la Donación Japonesa.

4) Exportación y re-exportación

Los productos adquiridos bajo la Donación Japonesa no deben ser exportados o re-exportados por parte del Receptor.



Anexo 4
Apéndice 1

PROCEDIMIENTOS DE LA DONACIÓN JAPONESA

Fase	Procedimientos	Comentarios	Gobierno Receptor	Gobierno de Japón	JICA	Consultores	Contratistas	Banco Agencie
Solicitud Oficial	Solicitud de donaciones por vía diplomática	La solicitud se presentará antes de la etapa de evaluación.	x	x				
1. Preparación	(1) Estudio Preparatorio Preparación del diseño conceptual y estimación de costos	—	x		x	x		
	(2) Estudio Preparatorio Explicación del borrador del diseño conceptual, incluyendo la estimación de costos, compromisos, etc.		x		x	x		
2. Valoración	(3) Acuerdo sobre condiciones de ejecución	Las condiciones se explicarán con el borrador de las notas (E/N) y el Acuerdo de donación (G/A) que se firmarán antes de la aprobación del gobierno japonés.	x	x (E/N)	x (G/A)			
	(4) Aprobación por el gabinete japonés	—		x				
3. Ejecución	(5) Intercambio de Notas (E/N)		x	x				
	(6) Firma del Acuerdo de Donación (G/A)		x		x			
	(7) Acuerdo Bancario (B/A)	Necesita ser informado a JICA	x					x

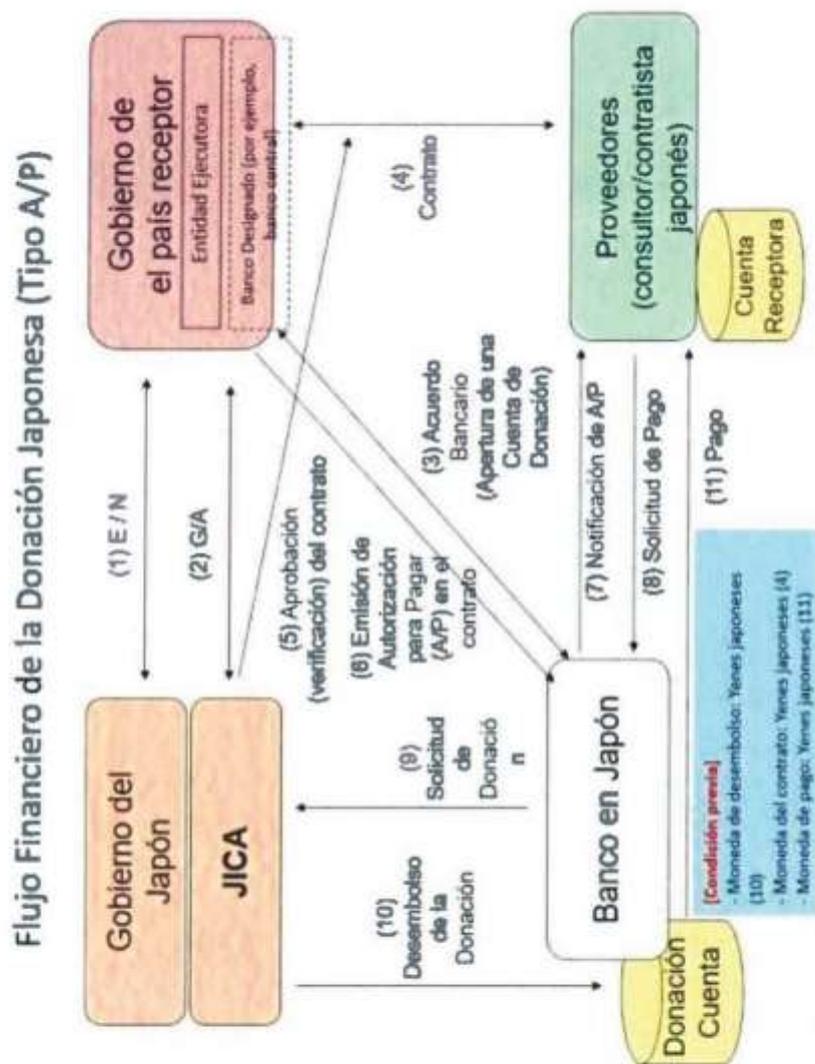
  

Fase	Procedimientos	Comentarios	Gobierno Receptor	Gobierno de Japón	JICA	Consultores	Contratistas	Banco Agente
	(8) Contratación con el consultor y emisión de la Autorización de Pago (A/P)	Se requiere la aprobación de JICA	x			x		x
3. Ejecución	(9) Diseño Detallado (D/D)	—	x			x		
	(10) Preparación de los documentos de licitación	Se requiere la aprobación de JICA	x			x		
	(11) Licitación	Se requiere la aprobación de JICA	x		—	x	x	
	(12) Contratación con el contratista/proveedor y emisión de A/P	Se requiere la aprobación de JICA	x				x	x
	(13) Obras de construcción/adquisiciones	Se requiere la aprobación de JICA para modificaciones importantes de diseño y enmiendas de contratos.	x				x	x
	(14) Certificado de finalización	—	x				x	x
4. Monitoreo y evaluación ex post	(15) Monitoreo ex post	Se implementará generalmente después de 1, 3, 10 años de finalización, sujeto a cambios	x		x			
	(16) Evaluación ex post	Para ser implementado básicamente después de 3 años de finalización	x		x			

Notas:

1. El Informe de Seguimiento del Proyecto y el Informe de Finalización del Proyecto se presentarán a JICA según lo acordado en el G/A.
2. Se requiere la aprobación de JICA para la asignación de la donación para el monto restante y/o contingencias según lo acordado en el G/A.

Anexo 4
Apéndice 2



[Handwritten signatures]

Anexo 5 : Calendario de ejecución del proyecto

Actividad	Año 2021			2022												2023												2024		
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2		
Contratación	Aprobación del Gobierno (M/G), Área del Cuerpo de Indios (C/I)																													
	Firma de Acuerdo de Donación (M/D)																													
	Firma del Acuerdo de Servicio de Consultoría (M/C)																													
	Estado de liberación (segundo fase del contrato del Proyecto) y desarrollo de los equipos																													
	Análisis de datos, revisión del Diseño (Detalle) y de las especificaciones de los equipos																													
Obra de Ejecución	Elaboración de las bases de licitación																													
	Aprobación de las bases de licitación																													
	Anuncio público de licitación																													
	Firma de la base de licitación y publicación en Nicaragua																													
	Licitación																													
	Evaluación de la licitación																													
	Verificación del Contrato de Suministro																													
Entrega del Burocracia	Preparación del plan, parámetros de los datos de licitación de transición																													
	Fabricación de los equipos																													
	Inspección previa al montaje de los equipos																													
	Transporte marítimo y terrestre																													
	Obras complementarias de suministro																													
	Instalación, puesta a punto de equipos, operación en la planta piloto y capacitación al uso																													
	Completación de actividades																													
	Inspección, operación y cierre																													

Anexo 6 : Responsabilidades de la parte nicaragüense

(1) Responsabilidades de la parte nicaragüense antes de anuncio público de licitación

NO	Responsabilidades de la parte nicaragüense	Fecha límite	Responsable	Monto (USD)
1	La parte nicaragüense tramitará el Arreglo Bancario (A/B) con un banco en Japón.	Dentro de 1 mes después de firmar el A/D	MHCP	
2	Para el pago al consultor, emitirá la Autorización de Pago (A/P) al banco con el que haya tramitado el A/B, con el fin de otorgarle el derecho a ejecutar el procedimiento de pago.	En un plazo de 1 mes desde la firma del contrato de consultoría	MHCP	
3	Presentación del Informe de Seguimiento del Proyecto (PMR).	Antes de anuncio de licitación	ENACAL	
4	Para asegurar y despejar las siguientes tierras: • Sitio de instalación del reservorio de agua prefabricado. (El reservorio Las Pilas: 40m x 40m = 1600m ² y terraplenado Nivel de terreno +158m) • Sitio de instalación del variador (28 : 4m x 3m = 12m ²)	Julio de 2022	ENACAL	123.656 700

(2) Responsabilidades de la parte nicaragüense durante la implementación del Proyecto

NO	Responsabilidades de la parte nicaragüense	Fecha límite	Responsable	Monto (USD)
1	Para el pago al proveedor, emitirá la Autorización de Pago (A/P) al banco japonés con el que haya tramitado el A/B, con el fin de otorgarle el derecho a ejecutar el procedimiento de pago.	En un plazo de 1 mes desde la firma del contrato de proveedor	MHCP	
2	Pagar comisiones en concepto de servicios bancarios basados en el A/B.		MHCP	
	(1) Tasa de emisión del A/P.	En un plazo de 1 mes desde la firma del contrato de proveedor	MHCP	30.000
	(2) Comisión de pago relacionada con el A/P.	Por cada pago	MHCP	
3	Colaboración en materia de trámites aduaneros y tratamientos arancelarios para la importación de los equipos y materiales del Proyecto, así como apoyo para el transporte interior sin retraso.	Durante la implementación del Proyecto	MHCP	
4	Para otorgar a las personas físicas japonesas y/o personas físicas de terceros países cuyos servicios pueden ser necesarios en relación con el suministro de los productos y los servicios, las instalaciones que sean necesarias para su entrada en el país del Destinatario y permanecer allí para el desempeño de su trabajo	Durante la implementación	MHCP	
5	Para garantizar que los derechos de aduana, los impuestos internos y otros gravámenes fiscales que puedan imponerse en el país del Destinatario con respecto a la compra de los productos y / o servicios estén exentos.	Durante la implementación	MHCP	
6	Pagar todos los gastos, excepto los cubiertos por la Donación, necesarios para la ejecución del Proyecto	Durante la implementación	ENACAL	

NO	Responsabilidades de la parte nicaragüense	Fecha límite	Responsable	Monto (USD)
7	Proporcionar instalaciones para la distribución de electricidad, suministro de agua y drenaje y otras instalaciones accesorias necesarias para la implementación del Proyecto fuera del sitio (s) (1) Electricidad (suministro de energías eléctricas necesarias para las obras). (2) Agua (suministro de aguas necesarias para las obras). (3) Drenaje (para aguas residuales generadas por las obras).	Antes de comenzar la instalación	ENACAL	
8	Garantizar la seguridad de las personas involucradas en la implementación del Proyecto.	Durante el Proyecto	ENACAL	
9	En caso de que se produzca algún accidente durante la ejecución del Proyecto, o cualquier daño o accidente a terceros, a los vecinos o al medio ambiente local, se informará inmediatamente a JICA.	Durante la implementación	ENACAL	
10	Presentación del Informe de Seguimiento del Proyecto (PMR) (al finalizar: el embarque de cada equipo, la entrega, obras de instalación y la capacitación para la puesta en marcha).	Una vez finalizada cada tarea	ENACAL	
11	Presentación del Informe de Finalización del Proyecto.	En un plazo de 6 meses desde la finalización del Proyecto	ENACAL	
12	Adquisición de los permisos necesarios durante la ejecución de las obras (control de tráfico, permiso de obras civiles, permiso para obras en el cauce del río, etc.).	Antes de comenzar la instalación	ENACAL	
13	Retirada y disposición de los equipos existentes (bombas de distribución, paneles de control, equipos para el taller de capacitación, etc.).	Durante la ejecución	ENACAL	25.700
14	Instalación de estanterías para guardar las herramientas para el taller de reparación electromecánica.	Antes de la entrega de los equipos relacionados con el taller	ENACAL	1.250
15	Reparación y pintura de la pasarela de inspección del puente acueducto.	Durante la ejecución	ENACAL	6.753
16	Disposición de tierras residuales generadas por el movimiento de tierra y tratamiento de aguas residuales generadas durante la instalación y obras complementarias.	Durante la ejecución	ENACAL	
17	Asumir los costos de agua, mano de obra y electricidad para la prueba de llenado del reservorio, la prueba de funcionamiento de la bomba y el variador, la puesta en marcha y el ajuste de otros equipos.	Durante la ejecución	ENACAL	82.230
18	Proporcionar los espacios para la oficina local de consultores y proveedores.	Durante la ejecución	ENACAL	
19	Asignar participantes al curso de componentes no estructurales, proporcionar el lugar de capacitación y cubrir los costos.	Durante la ejecución	ENACAL	
20	Apoyar el control de tráfico y la gestión de seguridad vial durante las obras de instalación.	Durante la ejecución	ENACAL	

(3) Responsabilidades de la parte nicaragüense después de la implementación del Proyecto

NO	Responsabilidades nicaragüenses	Fecha límite	Responsable	Monto (USD)
1	<p>Los equipos adquiridos por la cooperación financiera no reembolsable serán operados y mantenidos de forma adecuada y eficaz.</p> <p>(1) Asegurar los costos de operación y mantenimiento. (2) Establecimiento del sistema de operación y mantenimiento. (3) Implementación de inspecciones diarias y periódicas.</p>	Una vez finalizado el Proyecto	ENACAL	

Anexo 7 : Informe de Seguimiento del Proyecto (PMR)

Fecha:
Ref. No.

Agencia de Cooperación Internacional de Japón
JICA XXX Oficina
[Address specified in the Article 5 of the Grant Agreement]

Atención: Principal representante

Damas y Caballeros:

AVISO SOBRE EL PROGRESO DEL PROYECTO

Referencia : Acuerdo de subvención, fechado (fecha de firma del A/Sub), por (nombre del proyecto)

De acuerdo con el Artículo 6 (3) del Acuerdo de Subvención, nos gustaría informar sobre el progreso del Proyecto hasta las siguientes etapas:

[Común]

- Preparación de documentos de licitación - resultado del diseño detallado
- Finalización de las obras finales en construcción / contrato de adquisición

[Construcción]

- Progreso Mensual [Mes/Año]

[Adquisición de equipos]

- Envío / entrega, recepción (toma de control) de equipo
- Trabajos de instalación
- Entrenamiento operacional

- Otros _____

Consulte los detalles según el Informe de Seguimiento del Proyecto adjunto. (PMR).

Atentamente,



[Firma] _____

[Nombre del Firmante]

[Puesto del Firmante]

[Nombre de la agencia ejecutora]

cc:

Director General

Departamento de Implementación de Cooperación Financiera

Agencia de Cooperación Internacional de Japón

[Address specified in the Article 5 of the Grant Agreement]



Annex 1
 G/A NO. XXXXXXXX
 PMR prepared on DD/MM/YY

<p><u>Informe de Seguimiento del Proyecto (PMR)</u> de <u>Nombre del proyecto</u></p> <p>4. <u>Acuerdo de subvención No. XXXXXXXX</u> 20XX, Mes</p>
--

Información Organizacional

Firmante del acuerdo de Subvención (Recipiente)	_____ Persona Encargada: (Designación) _____ _____ Contacto Dirección: _____ _____ Tel/FAX: _____ _____ Email: _____ _____
Agencia Ejecutora	_____ Persona Encargada: (Designación) _____ _____ Contacto Dirección: _____ _____ Tel/FAX: _____ _____ Email: _____ _____
Ministerio de Línea	_____ Persona Encargada: (Designación) _____ _____ Contacto Dirección: _____ _____ Tel/FAX: _____ _____ Email: _____ _____

G/A NO. XXXXXXXX
 PMR prepared on DD/MM/YY

Información General:

Título del Proyecto	
E/N	Fecha de firma: Duración:
G/A	Fecha de firma: Duración:
Fuente Financiamiento de	Gobierno de Japón: Sin exceder JPY _____ mil. Gobierno de (_____): _____

G/A NO. XXXXXXX
 PMR prepared on DD/MM/YY

1: Descripción del Proyecto

1-1 Objetivos del Proyecto

--

1-2 Justificación del proyecto

- Objetivos de nivel superior a los que contribuye el proyecto (políticas y estrategias nacionales / regionales / sectoriales)
- Situación de los grupos beneficiarios a los que se dirige el proyecto

--

1-3 Indicadores para la medición de la "eficacia"

Indicadores cuantitativos para medir la consecución de los objetivos del proyecto		
Indicadores	Base (Yr)	Objetivo (Yr)
Indicadores cualitativos para medir la consecución de los objetivos del proyecto		

2: Detalles del Proyecto

2-1 Ubicación

Componentes	Base <i>(propuesto en el diseño del esquema)</i>	Actual
1.		

2-2 Alcance del trabajo

Componentes	Base <i>(propuesto en el diseño del esquema)</i>	Actual
1.		



G/A NO. XXXXXXXX
 PMR prepared on DD/MM/YY

Razones para la modificación del alcance (si corresponde).

(PMR)

2-3 Calendario de implementación

Ítems	Original		Actual
	(propuesto en el diseño del esquema)	(en el momento de la firma del acuerdo de subvención)	

Razones de cualquier cambio en el cronograma y sus efectos en el proyecto (si corresponde)

2-4 Obligaciones del destinatario

2-4-1 Progreso de las obligaciones específicas

Ver Adjunto 2.

2-4-2 Actividades

Ver Anexo 3.

2-4-3 Informe sobre RD

Ver Anexo 11.

2-5 Costo del Proyecto

2-5-1 Costo soportado por la subvención (confidencial hasta la licitación)

Componentes			Costo (Millón Yen)	
	Original (propuesto en el diseño del esquema)	Actual (en caso de alguna modificación)	Original ^{(1),(2)} (propuesto en el diseño del esquema)	Actual
	I.			
	Total			

G/A NO. XXXXXXX
 PMR prepared on DD/MM/YY

Nota: 1) Fecha de estimación:
 2) Tipo de cambio: 1 US Dólar = Yen

2-5-2 Costo a cargo del destinatario

Componentes			Costo (1,000 Taka)	
	Original <i>(propuesto en el diseño del esquema)</i>	Actual <i>(en caso de alguna modificación)</i>	Original ^{1),2)} <i>(propuesto en el diseño del esquema)</i>	Actual
	1.			

Nota: 1) Fecha de estimación:
 2) Tipo de cambio: 1 US Dólar =

Razones de las diferencias notables entre el costo original y real, y las contramedidas (si las hubiera)

(PMR)

2-6 Agencia Ejecutora

- Función de la organización, posición financiera, capacidad, recuperación de costos, etc.,
- Organigrama que incluye la unidad a cargo de la implementación y el número de empleados.

Original *(en el momento del diseño del esquema)*

nombre:
 papel:
 situación financiera:
 arreglo institucional y organizativo (organigrama):
 recursos humanos (número y capacidad del personal):

G/A NO. XXXXXXXX
 PMR prepared on DD/MM/YY

Actual (PMR)

2-7 Impactos ambientales y sociales

- Los resultados del monitoreo ambiental basado en el Anexo 5 (de acuerdo con el Anexo 4 del Acuerdo de Subvención).
- Los resultados del monitoreo social con base en el Anexo 5 (de acuerdo con el Anexo 4 del Acuerdo de Subvención).
- Divulgar información relacionada con los resultados del seguimiento ambiental y social a los grupos de interés locales (cuando corresponda).

3: Operación y Mantenimiento (O&M)

3-1 Arreglos Fisicos

- Plan de O&M (número y habilidades del personal en la división o sección responsable, disponibilidad de manuales y guías, disponibilidad de repuestos, etc.)

Original <i>(en el momento del diseño del esquema)</i>
Actual (PMR)

3-2 Disposición presupuestaria

- Costo de O&M requerido y asignación presupuestaria real para O&M

Original <i>(en el momento del diseño del esquema)</i>
Actual (PMR)

4: Riesgos potenciales y medidas de mitigación

- Riesgos potenciales que pueden afectar la implementación del proyecto, la consecución de objetivos, la sostenibilidad.
- Medidas de mitigación correspondientes a los riesgos potenciales

G/A NO. XXXXXXXX
 PMR prepared on DD/MM/YY

Evaluación de riesgos potenciales (en el momento del diseño del esquema)

Riesgo Potencial	Evaluación
1. (Descripción del Riesgo)	Probabilidad: Alta / Moderada / Baja
	Impacto: Alta / Moderada / Baja
	Análisis de probabilidad e impacto:
	Medidas de atenuación:
	Acción requerida durante la etapa de implementación:
	Plan de contingencia (si corresponde):
2. (Descripción del Riesgo)	Probabilidad: Alta / Moderada / Baja
	Impacto: Alta / Moderada / Baja
	Análisis de probabilidad e impacto:
	Medidas de atenuación:
	Acción requerida durante la etapa de implementación:
	Plan de contingencia (si corresponde):
3. (Descripción del Riesgo)	Probabilidad: Alta / Moderada / Baja
	Impacto: Alta / Moderada / Baja
	Análisis de probabilidad e impacto:
	Medidas de atenuación:
	Acción requerida durante la etapa de implementación:
	Plan de contingencia (si corresponde):

G/A NO. XXXXXXX
 PMR prepared on DD/MM/YY

Situación Actual y contramedidas (PMR)	

5: Plan de evaluación y seguimiento (después de la finalización del trabajo)

5-1 Evaluación global

Describa su evaluación general del proyecto.

5-2 Lecciones aprendidas y recomendaciones

Por favor, plantee las lecciones aprendidas de la experiencia del proyecto, que podrían ser valiosas para la asistencia futura o tipos similares de proyectos, así como cualquier recomendación que pueda ser beneficiosa para una mejor realización del efecto del proyecto, el impacto y la garantía de sostenibilidad.

5-3 Plan de seguimiento de los indicadores para la posevaluación

Por favor describa los métodos de monitoreo, sección (es) / departamento (s) a cargo del monitoreo, frecuencia, el término para monitorear los indicadores estipulados en 1-3.

G/A NO. XXXXXXX
PMR prepared on DD/MM/YY

Adjuntos

1. Mapa de ubicación del proyecto
2. Obligaciones específicas del Beneficiario que no serán financiadas con la Subvención
3. Informe mensual presentado por el consultor
Apéndice: fotocopia del informe de progreso del contratista (si corresponde)
 - Lista de miembros consultores
 - Lista de personal principal del contratista
4. Lista de verificación del contrato (incluido el registro de enmienda del contrato / acuerdo y el calendario de pago)
5. Formulario de monitoreo ambiental / Formulario de monitoreo social
6. Ficha de seguimiento de precio de materiales especificados (Trimestral)
7. Informe sobre la proporción de adquisiciones (país receptor, Japón y terceros países) (solo PMR (final))
8. Imágenes (por estilo JPEG por CD-R) (solo PMR (final))
9. Lista de equipos (solo PMR (final))
10. Dibujo (solo PMR (final))
11. Informe sobre RD (después del proyecto)



Ficha de seguimiento sobre precio de materiales especificados

1. 1. Condiciones iniciales (confirmadas)

Elementos de materiales especificados	Volumen Inicial A	Precio unitario inicial (¥) B	Precio total inicial C=AxB	1% del precio del contrato D	Condición de pago Precio (Decreased) E=C-D	Condición de pago Precio (Increased) F=C+D
1 Item 1	●●●	●	●	●	●	●
2 Item 2	●●●	●	●	●		
3 Item 3						
4 Item 4						
5 Item 5						

2. Seguimiento del precio unitario de los materiales especificados

(1) Método de seguimiento : ●●

(2) Resultado de la encuesta de seguimiento del precio unitario de cada material especificado

Elementos de materiales especificados	1st Mes, 2015	2nd Mes, 2015	3rd Mes, 2015	4th	5th	6th
1 Item 1						
2 Item 2						
3 Item 3						
4 Item 4						
5 Item 5						

(3) Resumen de la discusión con el contratista (si es necesario)

✓
:
:



Informe sobre la proporción de adquisiciones (país receptor, Japón y terceros países)
(Gasto real por construcción y equipo cada uno)

	Adquisiciones nacionales (País receptor) A	Contratación extranjera (Japón) B	Contratación extranjera (Terceros Países) C	Total D
Costo de Construcción	(A/D%)	(B/D%)	(C/D%)	
Costos directos de Construcción	(A/D%)	(B/D%)	(C/D%)	
Otros	(A/D%)	(B/D%)	(C/D%)	
Costos de Equipamiento	(A/D%)	(B/D%)	(C/D%)	
Costos de Diseño y Supervisión	(A/D%)	(B/D%)	(C/D%)	
Total	(A/D%)	(B/D%)	(C/D%)	

資料編 4. 討議議事録 (M/D) (DOD 協議) 和文

ニカラグア国共和政府と国際協力機構(JICA)による
ニカラグア国マナグア市送配水改善計画準備調査プロジェクトの
協議議事録

2021年5月17日に、ニカラグア上下水道公社(以下、「ENACAL」という)と独立行政法人国際協力機構(以下「JICA」という)の間で締結されたミニッツ及びニカラグア共和国政府(以下、「ニカラグア」という。)からの要請を受けて、JICA とニカラグア国側は「マナグア市送配水改善計画」における協力準備調査報告書(案)(以下、「準備調査報告書(案)」という)の内容の確認のためにオンラインでの協議を実施した。

協議の結果、別紙に記載されている主な事項について合意した。

Managua, 2021年11月19日

Sr. Hajime Takasago

Representante

JICA Nicaragua

Sra. Arlette Cristina Marengo Meza

Vice-Ministra General

Ministerio de Relaciones Exteriores
Republica de Nicaragua

Sr. Ervin Enrique Barreda Rodríguez

Presidente Ejecutivo

Empresa Nicaragüense de Acueductos y
Alcantarillados Sanitarios
Republica de Nicaragua

添付資料

1. プロジェクトの目的

プロジェクトの目的は、マナグア市において、漏水削減及びエネルギー効率化に必要な資機材並びに配水池を整備することにより、送配水の効率化及び実施機関の財務状況の改善を図り、もって対象地域の給水サービス及び住民の生活・衛生環境の改善に寄与するものである。

2. プロジェクト名

両者は、「マナグア市送配水改善計画」をプロジェクト名とすることに合意した。

3. プロジェクトサイト

両者はプロジェクトサイトを、Annex1 に示すとおりマナグア市内とすることに合意した。

4. 実施機関

プロジェクトの実施機関及び関係機関は以下のとおり。

実施機関: ニカラグア上下水道公社 (ENACAL)

関係機関: ニカラグア国土調査院 (INETER)、国家水庁 (ANA)、ニカラグア外務省 (MHCP)、ニカラグア外務省 (MINREX)

また、ENACAL の組織図を Annex2 に示す。

5. 準備調査報告書(案)の内容

ニカラグア国側は調査団による準備調査報告書(案)の内容の説明について、その内容に同意した。確認された項目に基づいて、JICA は準備調査報告書を確定する。報告書はニカラグア国側に 2022 年 3 月ごろに送付される予定である。

6. 概算金額

ニカラグア国側は、調査団が説明した予備的経費を含む金額が暫定的なものであり、日本政府の承認のためにさらに検討されることを合意した。

予備的経費とは、自然災害や予期せぬ自然条件などに対する追加費用を指す。

7. 金額及び技術仕様の機密保持

ニカラグア国側は、本プロジェクトの金額と技術仕様は、本プロジェクトの全ての契約が締結されるまで、いかなる第三者にも開示されないことを合意した。

8. 日本の無償資金協力事業の手続きと基本原則

ニカラグア国側は、Annex4 に記載されているように、調査団が説明した日本の無償資金協力のスキームを理解し、同スキームが本プロジェクトに適用されることに合意した。また、ニカラグア国側は、プロジェクトの円滑な実施のために、Annex6 に記載されている必要な措置を講じることに合意した。

9. 調達機材

ニカラグア国側の要請機材及び本現地調査によってその妥当性を検討した結果、日本側として提案する調達機材を Annex3 に示す。両者は、現地調査結果に基づいた日

本側提案機材を本プロジェクトの調達予定機材とすることに合意した。

10. プロジェクト実施のスケジュール

調査団は、ニカラグア国側に、プロジェクトのタイムラインが、Annex5 のとおりであることを説明した。

11. 期待される成果と指標

両者は、期待される成果に関する主要な指標が以下の通りであることに合意した。ニカラグア国側は、事業完了から3年後である2027年時点における主要指標の達成に責任を負い、それらの指標に基づく事後評価のための進捗状況を監視する。

【定量指標】

指標名	基準値 (2020年)	目標値(2027年) 【事業完成3年後】
マナグア市における無収水削減量 (m ³)	1,471,172 ¹	10,896,275 ²
単位生産量当たりの電力使用量 (kWh/m ³)	0.80 ³	0.77
配水池設置システムにおける平均給水時間 (時間/日)	9	17

【定性指標】

給水時間の増加、給水圧の適正化により給水サービス及びマナグア市の衛生環境が改善される。

12. 事後評価

JICAは、原則としてプロジェクト終了後3年後に、5つの評価項目(妥当性、有効性、効率性、インパクト、持続性)について事後評価を行う。評価の結果は公表され、ニカラグア国側はデータ収集のために必要な支援を行うことが求められる。

13. ソフトコンポーネント

本プロジェクトで整備される製品・サービスの持続的な運転維持管理を考慮し、本プロジェクトでは以下のような技術支援が計画されている。ニカラグア国側は、準備調査報告書案に記載されたソフトコンポーネントの目的に基づき、適切かつ有能な人員を必要数配置することを確認した。

13-1 インバータ設置システムにおける配水管理能力強化

インバータ設置システムにおける末端水圧に応じた適切なポンプの回転数制御及び配

¹ 基準値：2017年～2020年までの無収水削減量

² 2017年から2027年までの無収水削減量、ただし本事業単独での目標は5,992,369m³でENACALオペレーションによる削減量4,903,906m³は除いて評価

³ 電力使用量164,958,598kWh/生産水量204,921,300m³

水管理を実施するため、水圧・流量の測定、モニタリング、測定結果の配水計画への反映等の配水管理能力を強化することを目的とする。

13-2 送水ポンプの維持管理能力強化

ポンプの運転状況を理解するための流量等測定方法、及び維持管理のための点検・整備手法を指導し、送水ポンプを持続的に運転、維持管理させることを目的とする。

14. 先方負担事項

両者は、Annex6 に記載された本プロジェクトの負担事項を確認した。両者は、ENACAL が実施段階で入札書類に明示する関税、内国税及びその他の財政的課徴金を確認した。両者は、このような関税、内国税、その他の財政的課徴金については、本プロジェクトの実施段階において、ENACAL が入札書類で明確にすることを確認した。

ニカラグア国側は、本プロジェクトの実施の前提となる必要な予算の割り当てを含む必要な措置と調整を行うことを確約した。さらに、この費用は OD レベルでの暫定のものであることにも合意した。より正確なコストは DD の段階で算出される。

また、Annex6 は G/A の添付資料として使用することを確認した。

Annex6 のとおり、両者は、ENACAL が警察等の関係当局と協力して、プロジェクトサイトおよびプロジェクト実施関係者の安全を確保・維持するために必要な措置を講じることを確認した。

15. 実施中のモニタリング

本プロジェクトは、実施機関がモニタリングを行い、Annex7 に添付された Project Monitoring Report (PMR) の様式を用いて JICA に報告される。PMR の提出時期は Annex 6 に記載されている。

16. プロジェクトの完了

両者は、本無償によって調達・整備された資機材のすべての稼働が確認された時点をもって、プロジェクトが完了することを確認した。プロジェクトの完了は、実施機関が速やかに、いかなる場合でもプロジェクト完了後 6 ヶ月以内に JICA に報告する。

17. 環境・社会配慮について

JICA は、本プロジェクトには「JICA 環境社会配慮ガイドライン(2010年4月)」(以下、ガイドライン)が適用される旨説明した。本プロジェクトは、ガイドラインにおいて環境への悪影響が最小限であると考えられるため、C に分類されている。

18. その他

18-1. 削減費用の有効的な活用

両者は機材整備による漏水削減及び電力消費量削減によって、運転維持管理費用が削減されることを確認し、ニカラグア国側は生じた財務余力を ENACAL の経営改善及び更なる給水サービスの改善に有効活用することを確認した。

18-2. 気候変動への適応と緩和

機材整備により漏水削減をとおして水を安定的に供給することで気候変動への適応

に資するとともに、電力消費量削減に伴う温室効果ガス(GHG)排出量削減をとおして気候変動の緩和に資すると位置づけられる旨確認した。

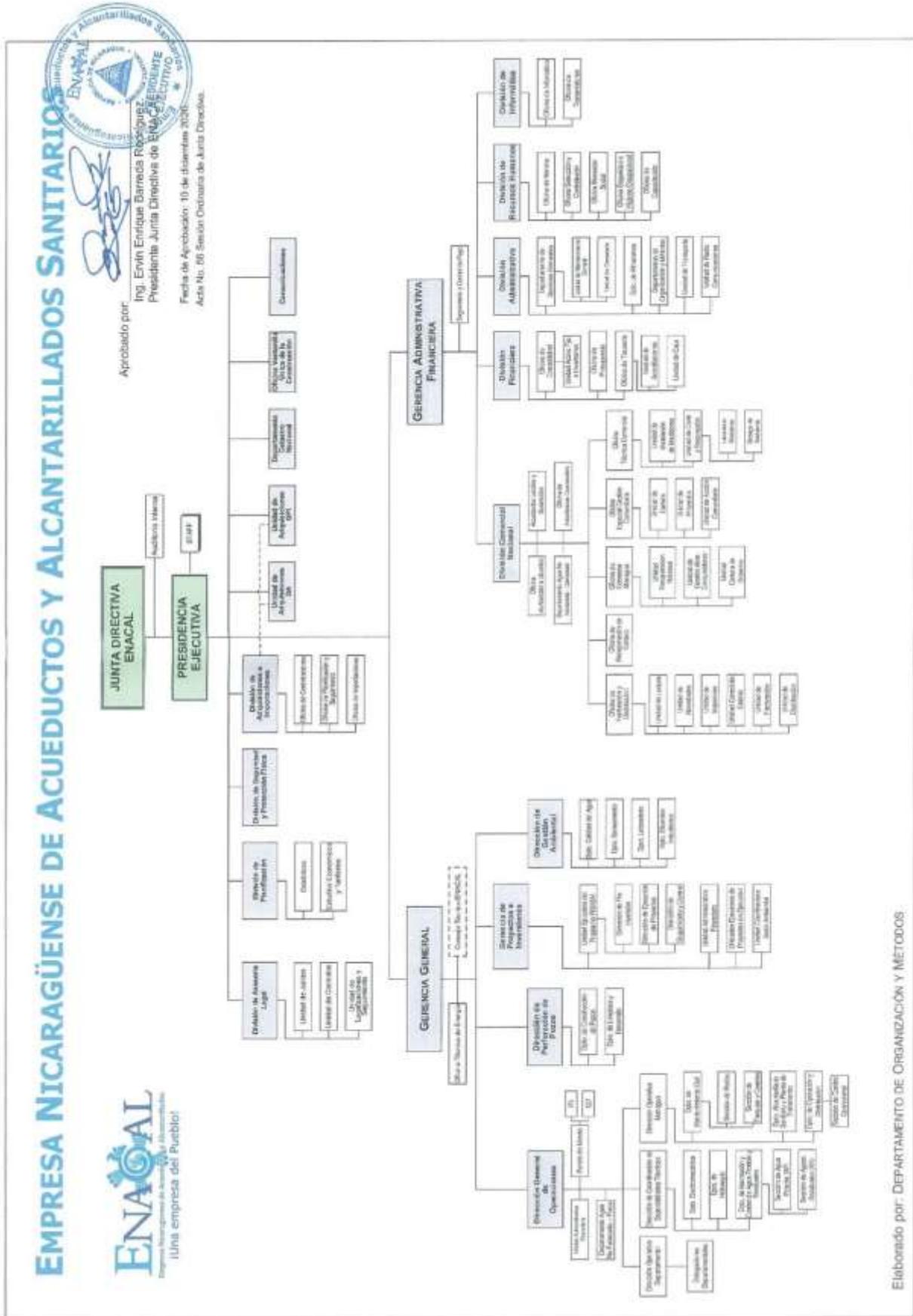
18-3. ジェンダーの主流化

両者は、プロジェクトの実施において、ジェンダーの主流化が適切に実施されるべきであることを確認した。具体的には、以下のような要素をプロジェクト活動に組み込むことに合意した。

- 同一労働同一賃金を徹底する(男女間に根拠のない賃金差を付けない)。
- 女性の雇用を促進する方策(女性労働者用施設(トイレ・更衣室等)の整備等)
- ソフトコンポーネントにおける、上下水道公社の女性職員の参加奨励及び参加割合の設定

- Anexo 1 : プロジェクトサイト
- Anexo 2 : ENACAL 組織図
- Anexo 3 : 対象資機材
- Anexo 4 : 無償資金協カスキーム
- Anexo 5 : プロジェクト実施工程
- Anexo 6 : ニカラグア国側の先方負担事項
- Anexo 7 : Project Monitoring Report(PMR)

Anexo 2 : ENACAL 組織図



Anexo 3 : 要請機材と調達機材

ENACAL 要望機材		現地調査結果に基づく調達予定機材		変更事項・理由
組立式配水池 (Asososca ポンプ場内、 Enramadas No.3 井戸用地 内)	2 箇 所	組立式配水池 (Asososca Alta マクロセク ター)	1 箇 所	現地調査結果に基づき全体の配 水システムの管理・運用を検討し た結果、より効果的なサイトである と判断された箇所に変更
漏水修理機材 (Managua I 水管橋漏水箇 所)	1 箇 所	漏水補修用機材 (水管橋漏水箇所)	3 箇 所	漏水が発生・再発する可能性のあ る3か所のジョイント部全て補修が 必要と判断したため
制水弁 (Managua I 水管橋漏水箇 所)	2 個	-	-	設置箇所がマサヤ街道車道下にな り大規模な土木工事・交通規制 が必要となるため除外
機材修理ワークショップ改 修	1 箇 所	機材修理ワークショップ (荷役機材、機械加工機 材、電気機材、車両)	1 箇 所	機材詳細は準備調査報告書(案) に記載
インバータ (配水管網に直結井戸)	30~50 箇所	インバータ (設置箇所詳細は、第1次 現地調査終了時にテクニ カルノートにて合意)	28 箇 所	-
送水ポンプ (Altamira 地区、Asososca 地区、Km8 Masaya 地区)	8 台	送水ポンプ (Altamira ポンプ場 2 台、 Asososca ポンプ場 1 台、 San Judas ポンプ場 1 台、 Km 18 C. Masaya ポンプ 場 1 台、Km 8.5 C. Sur ポ ンプ場 1 台、Km 9.5 C. Sur ポンプ場 1 台)	7 台	追加の要望に基づき、オペレータ ーからの聞き取りやポンプの稼働 状態の検査、設置に伴う送配水機 能の改善等を総合的に判断した 結果、左記のとおり変更。
バタフライ弁 (Managua I 送水系統)	10 箇 所	流量調整弁 (San Judas 配水池)	1 箇 所	ENACAL の自己資金による対応 状況や配水系統の分離など送配 水のオペレーションを考慮した結 果、左記のとおり変更
減圧弁 (Managua I 送水系統)	8 箇 所			
-	-	無収水削減活動に資する 機材	1 式	PROGESTION の成果に基づき、 引き続き無収水技術の移転を中 央から地方へ展開を進める計画 が進展しており、その活動への活 用が期待されるため。

Anexo 4 : 無償資金協カスキーム

DONACIÓN JAPONESA

La Donación Japonesa es un fondo no reembolsable provisto a un país receptor (en adelante se denominará "el Receptor") para adquirir los productos y/o servicios (servicios de ingeniería y transporte de productos, etc.) para su desarrollo económico y social en concordancia con las leyes y regulaciones relevantes de Japón. A continuación se mencionan los aspectos básicos de las donaciones para proyectos operados por JICA (en adelante se denominarán "Donaciones para Proyectos").

19. Procedimientos de las Donaciones para Proyectos

Las Donaciones para Proyectos se conducen a través de los siguientes procedimientos (véase "PROCEDIMIENTOS DE LA DONACIÓN JAPONESA" para más detalles):

(1) Preparación

- El Estudio Preparatorio (en adelante denominado "el Estudio") conducido por JICA

(2) Evaluación

- Evaluación por el Gobierno de Japón (en adelante denominado "GOJ") y JICA, y aprobación por el Gabinete japonés

(3) Implementación

Intercambio de Notas Reversales

- Las Notas intercambiadas entre el GOJ y el Gobierno del Receptor

Acuerdo de Donación (en adelante denominado "el A/D")

- El acuerdo firmado entre JICA y el Receptor

Convenio Bancario (en adelante denominado "el C/B")

- Apertura de una cuenta bancaria por el Receptor en un banco en Japón (en adelante denominado "el Banco") para recibir la donación

Trabajos de construcción/adquisiciones

- Implementación del proyecto (en adelante denominado "el Proyecto") sobre la base del A/D

(4) Seguimiento y evaluación posteriores

- Seguimiento y evaluación en la etapa posterior a la implementación

20. Estudio Preparatorio

(1) Contenido del Estudio

El objetivo del Estudio es proveer los documentos básicos necesarios para la evaluación del Proyecto realizados por el GOJ y JICA. El contenido del Estudio es como se indica a continuación:

- Confirmación del trasfondo, los objetivos, los beneficios del Proyecto y también la capacidad institucional necesaria para la implementación del Proyecto de las agencias relevantes del Receptor.

- Evaluación de la factibilidad del Proyecto a ser implementado bajo la Donación Japonesa desde los puntos de vista técnico, financiero, social y económico ambiental.
- Confirmación de los asuntos acordados entre ambas partes respecto al concepto básico del Proyecto.
- Preparación del Diseño Marco del Proyecto.
- Estimación de los costos del Proyecto.
- Confirmación de las consideraciones ambientales y sociales.

El contenido de la solicitud original del Receptor no es necesariamente aprobado en su forma inicial. El Diseño Marco del Proyecto se confirma según las directrices de la Donación Japonesa.

JICA solicita al Receptor que tome las medidas necesarias para alcanzar su autonomía en la implementación del Proyecto. Dichas medidas deben ser garantizadas a pesar de que caigan fuera de la jurisdicción de la agencia ejecutora del Proyecto. Por lo tanto, el contenido del Proyecto se conforma por todas las organizaciones relevantes del Receptor en base al Acta de Discusiones.

(2) Selección de los consultores

Para una implementación armoniosa del Estudio, JICA celebra contratos con una o varias consultoras. JICA selecciona la/las firma(s) en base a las propuestas presentadas por las consultoras interesadas.

(3) Resultado del Estudio

JICA examina el informe sobre los resultados del Estudio y recomienda al GOJ evaluar la implementación del Proyecto luego de confirmar la viabilidad del mismo.

21. Principios Básicos y Donaciones para Proyectos

(1) Etapa de implementación

1) El C/N y el A/D

Después de que el Proyecto sea aprobado por el Gabinete de Japón, se firmará el Canje de Notas (en adelante denominado "el C/N") entre el GOJ y el Gobierno del Receptor para realizar un compromiso de asistencia, el cual será seguido por la firma del A/D entre JICA y el Receptor para definir los artículos necesarios para implementar el Proyecto, en concordancia con el C/N, tales como las condiciones del desembolso, las responsabilidades del Receptor, y las condiciones de las adquisiciones. Las cláusulas y condiciones generalmente aplicables a la Donación Japonesa están estipuladas en las "Cláusulas y Condiciones Generales para la Donación Japonesa (enero de 2016)".

2) Convenio Bancario (C/B) (véase el "Flujo Financiero de la Donación Japonesa (Tipo A/P)" para más detalles)

a) El Receptor, en principio deberá abrir una cuenta o hacer que la autoridad designada abra una cuenta bajo el nombre del Receptor en el Banco. JICA desembolsará la Donación Japonesa en yenes japoneses para el Receptor a fin de cubrir las obligaciones contraídas por el Receptor bajo los contratos verificados.

b) La Donación Japonesa se desembolsará cuando las solicitudes de pago sean presentadas por el Banco a JICA bajo una Autorización de Pago (A/P) emitida por el

Receptor.

- 3) Procedimiento de adquisición
Los productos y/o servicios necesarios para la implementación del Proyecto deberán ser adquiridos en concordancia con las directrices de adquisición de JICA como se estipula en el A/D.
 - 4) Selección de los consultores
Para mantener una consistencia técnica, la/las consultora(s) que haya/hayan realizado el Estudio será/serán recomendada(s) por JICA al Receptor para continuar los trabajos en la implementación del Proyecto después del C/N y el A/D.
 - 5) País de origen elegible
Los países de origen elegibles para la adquisición de los productos y/o servicios utilizando la Donación Japonesa desembolsada por JICA, serán Japón y/o el Receptor. La Donación Japonesa será utilizada para la adquisición de los productos y/o servicios de un tercer país que será elegible si fuese necesario, teniendo en cuenta la calidad, la competitividad y la racionalidad económica de los productos y/o servicios necesarios para lograr el objetivo del Proyecto. Sin embargo, los contratistas principales, a saber, las firmas de construcción y adquisición, y la consultora principal, quienes firmarán contratos con el Receptor, en principio, se limitan a "nacionales japoneses".
 - 6) Contratos y conformidad por parte de JICA
El Receptor firmará contratos con denominación de valores en yenes japoneses con nacionales japoneses. Dichos contratos tendrán la conformidad de JICA para ser verificados como elegibles para utilizar la Donación Japonesa.
 - 7) Seguimiento
Se requiere que el Receptor tome iniciativa propia para realizar un cuidadoso seguimiento del progreso del Proyecto a fin de asegurar su implementación armoniosa como parte de su responsabilidad en el A/D, e informar con frecuencia a JICA sobre su estado utilizando el Informe del Seguimiento del Proyecto (ISP).
 - 8) Medidas de seguridad
El Receptor debe aseverar que la seguridad sea respetada durante la implementación del Proyecto.
 - 9) Reunión de Control de Calidad de la Construcción
La Reunión de Control de Calidad de la Construcción (en adelante denominado "la Reunión") será celebrada para el aseguramiento de la calidad y una implementación armoniosa de los trabajos en cada etapa de los mismos. Los miembros de la Reunión se componen por el Receptor (o agencia ejecutora), el Consultor, el Contratista y JICA. Las funciones de la Reunión son las siguientes:
 - a) El Contratista comparte la información sobre el objetivo, el concepto y las condiciones del diseño, antes del comienzo de la construcción.
 - b) Se discutirán los asuntos que afectan los trabajos tales como la modificación del diseño, los test, las inspecciones y controles de seguridad y las obligaciones del Cliente durante la construcción.
- (2) Etapa de seguimiento y evaluación posteriores
 - 1) Luego de la terminación del proyecto, JICA continuará manteniendo estrecho contacto con el Receptor para realizar un seguimiento relativo a que los productos del Proyecto se utilizan y mantienen adecuadamente para obtener los resultados esperados.
 - 2) En principio, JICA realizará una evaluación posterior del Proyecto después de tres años

desde la terminación. Se requiere que el Receptor facilite cualquier información necesaria que JICA razonablemente solicite.

(3) Otros

1) Consideraciones ambientales y sociales

El Receptor considerará cuidadosamente los impactos ambientales y sociales del Proyecto y debe cumplir con las regulaciones ambientales del Receptor y las Directrices de JICA para las Consideraciones Ambientales y Sociales (abril de 2010).

2) Principales compromisos a tomar por el Gobierno del Receptor

Para una implementación armoniosa y adecuada del Proyecto, se requiere que el Receptor tome las medidas necesarias incluyendo la adquisición de terrenos, y se haga cargo de la Comisión por el aviso de la A/P y que las comisiones de pago se paguen al Banco como se acordó con el GOJ y/o JICA. El Gobierno del Receptor asegurará que los derechos aduaneros, los impuestos internos y otras cargas fiscales que sean impuestas en el Receptor con respecto a la adquisición de los productos y/o servicios serán exentos o asumidos por su autoridad designada sin utilizar la Donación ni sus intereses acumulados, debido a que los fondos de la donación provienen de los contribuyentes japoneses.

3) Uso adecuado

Se requiere que el Receptor mantenga y utilice apropiada y efectivamente los productos y/o servicios bajo el Proyecto (incluyendo las instalaciones construidas y el equipo adquirido), asigne el personal necesario para esta operación, y mantenga y cargue con todos los gastos excepto los cubiertos por la Donación Japonesa.

4) Exportación y re-exportación

Los productos adquiridos bajo la Donación Japonesa no deben ser exportados o re-exportados por parte del Receptor.

Anexo 4
Apéndice 1

PROCEDIMIENTOS DE LA DONACIÓN JAPONESA

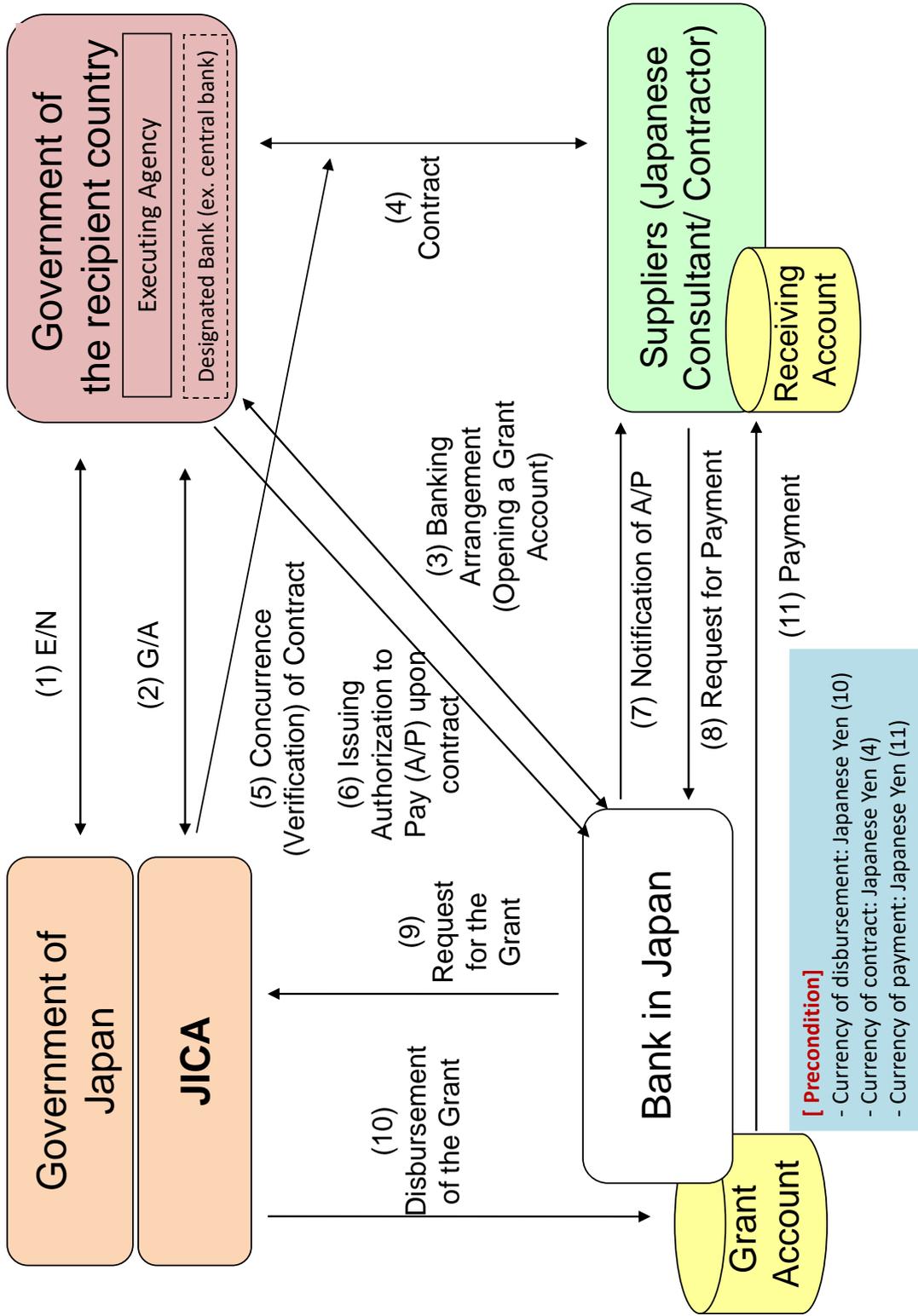
Fase	Procedimientos	Comentarios	Gobierno Receptor	Gobierno de Japón	JICA	Consultores	Contratistas	Banco Agente
Solicitud Oficial	Solicitud de donaciones por vía diplomática	La solicitud se presentará antes de la etapa de evaluación.	x	x				
1. Preparación	(1) Estudio Preparatorio Preparación del diseño conceptual y estimación de costos	—	x		x	x		
2. Valoración	(2) Estudio Preparatorio Explicación del borrador del diseño conceptual, incluyendo la estimación de costos, compromisos, etc.		x		x	x		
	(3) Acuerdo sobre condiciones de ejecución	Las condiciones se explicarán con el borrador de las notas (E/N) y el Acuerdo de donación (G/A) que se firmarán antes de la aprobación del gobierno japonés.	x	x (E/N)	x (G/A)			
	(4) Aprobación por el gabinete japonés	—		x				
3. Ejecución	(5) Intercambio de Notas (E/N)		x	x				
	(6) Firma del Acuerdo de Donación (G/A)		x		x			
	(7) Acuerdo Bancario (B/A)	Necesita ser informado a JICA	x					x
	(8) Contratación con el consultor y emisión de la Autorización de Pago (A/P)	Se requiere la aprobación de JICA	x			x		x
	(9) Diseño Detallado (D/D)	—	x			x		
	(10) Preparación de los documentos de licitación	Se requiere la aprobación de JICA	x			x		
	(11) Licitación	Se requiere la aprobación de JICA	x		—	x	x	
	(12) Contratación con el contratista/proveedor y emisión de A/P	Se requiere la aprobación de JICA	x				x	x
	(13) Obras de construcción/adquisiciones	Se requiere la aprobación de JICA para modificaciones importantes de diseño y enmiendas de contratos.	x			x	x	

Fase	Procedimientos	Comentarios	Gobierno Receptor	Gobierno de Japón	JICA	Consultores	Contratistas	Banco Agente
	(14) Certificado de finalización	—	x			x	x	
4. Monitoreo y evaluación ex post	(15) Monitoreo ex post	Se implementará generalmente después de 1, 3, 10 años de finalización, sujeto a cambios	x		x			
	(16) Evaluación ex post	Para ser implementado básicamente después de 3 años de finalización	x		x			

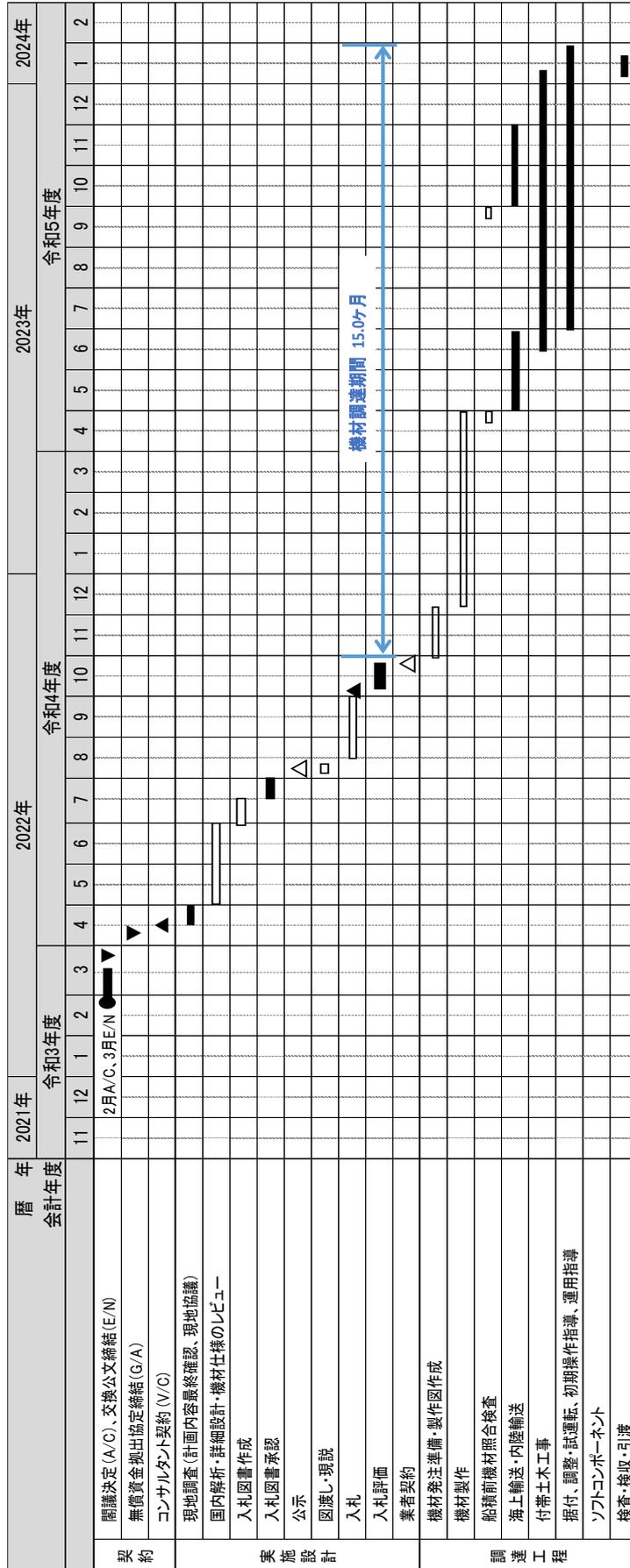
Notas:

1. El Informe de Monitoreo del Proyecto y el Informe de Finalización del Proyecto se presentarán a JICA según lo acordado en el G/A.
2. Se requiere la aprobación de JICA para la asignación de la donación para el monto restante y/o contingencias según lo acordado en el G/A.

Financial Flow of Japanese Grant (A/P Type)



Anexo 5 : プロジェクト実施工程



Anexo 6 : ニカラグア国側の先方負担事項

(1) 入札業務実施前までに必要な負担事項

NO	先方負担事項	期日	担当	金額 (USD)
1	日本にある銀行と銀行取決め(Banking Arrangement:B/A)を締結する。	G/A署名後 1カ月以内	財務省 (MHCP)	
2	コンサルタントへの支払いのため、B/Aを締結した銀行に対し、支払い手続きの執行権を当該銀行に授与する旨の支払授權(Authorization to Pay:A/P)を発給する。	コンサルタント 契約後 1カ月以内	財務省 (MHCP)	
3	プロジェクトモニタリング報告書(Project Monitoring Report:PMR)の提出	入札公示前まで	ENACAL	
4	以下の土地の確保及び整地 ・配水池設置予定地 (Las Pilas配水池 40mx40m=1600m ² 、盛土GL+158m) ・インバータ設置井戸(28箇所:4mx3m=12m ²)	2022年7月	ENACAL	123,656 700

(2) 事業実施中に必要な負担事項

NO	先方負担事項	期日	担当	金額 (USD)
1	調達業者(サプライヤー)への支払いのため、B/Aを締結した日本の銀行に対し、支払い手続きの執行権を当該銀行に授与する旨の支払授權(A/P)を発給する。	業者契約締結後 1カ月以内	財務省 (MHCP)	
2	B/Aに基づく銀行業務のために手数料を負担する。		財務省 (MHCP)	30,000
	(1) 授權書(A/P)発給のための手数料	業者契約締結後 1カ月以内		
	(2) A/Pに基づく支払手数料	支払い毎		
3	本プロジェクトの資機材輸入の関税負担措置、通関手続き及び速やかな内陸輸送措置への協力	事業実施中	財務省 (MHCP)	
4	本プロジェクトに従事する日本人及び第三人のニカラグア国への入国及び滞在するために必要な法的措置への協力	事業実施中	財務省 (MHCP)	
5	製品及びサービスの購入に関して課せられるニカラグア国の関税、内税及びそのた課税の免除措置にへの協力	事業実施中	財務省 (MHCP)	
6	本プロジェクトの実施に必要となる経費のうち、日本の無償資金協力によるもの以外の経費の負担	事業実施中	ENACAL	
7	据付工事場所における電気、水道及び配水施設の提供 (1) 電気(工事に必要な電力の提供) (2) 水道(工事に必要な水の提供) (3) 排水(工事で発生する排水の処理)	据付工事開始前 まで	ENACAL	
8	プロジェクト従事者の安全の確保	事業実施中	ENACAL	
9	業務実施中の事故、第三者、近隣住民及び地域環境への損害・事故等が発生した場合には、速やかにJICAに報告すること。	事業実施中	ENACAL	
10	プロジェクト進捗報告書(PMR)の提出(各機材の船積み、引渡し、据付工事、初期運転指導終了時)	各業務完了後	ENACAL	
11	プロジェクト完了報告書の提出	業務完了から 6カ月以内	ENACAL	

12	工事実施中に必要な許認可の取得（交通規制、土木工事許可、河道内工事許可等）	据付工事開始前まで	ENACAL	
13	既存機材（配水ポンプ、制御盤、ワークショップ内の機材等）の撤去・処分	業務実施中	ENACAL	25,700
14	機電修理ワークショップにおける工具類管理のための保管棚の設置	ワークショップ関連機材引き渡し前まで	ENACAL	1,250
15	水管橋における管理用通路の補修及び塗装工事	業務実施中	ENACAL	6,753
16	土工事の際に発生する残土の処分及び据付・付帯工事時に発生する排水処理	業務実施中	ENACAL	
17	配水池の満水試験時、ポンプ・インバータ試運転時、その他機材の試運転・調整時にかかる水道料金、人件費、電気料金の負担	業務実施中	ENACAL	82,230
18	調達業者およびコンサルタントが現地事務所を開設するための場所の提供	業務実施中	ENACAL	
19	ソフトコンポーネント参加者の確保と研修に伴う会場・費用負担	業務実施中	ENACAL	
20	据付工事実施中の交通処理・誘導・安全管理について支援を行うこと	業務実施中	ENACAL	

(3) 供与開始後に必要な負担事項

NO	先方負担事項	期日	担当	金額 (USD)
1	無償資金協力事業によって調達された機材が正しく効果的に運用され、維持管理されること。 (1) 運営維持管理費用の確保 (2) 運営維持管理体制の構築 (3) 日常点検/定期点検の実施	事業完了後	ENACAL	

資料編 5. ソフトコンポーネント計画書

マナグア市送配水改善計画準備調査
ソフトコンポーネント計画書

2021年8月

目 次

1. ソフトコンポーネントを計画する背景	1
1.1. プロジェクトの背景.....	1
1.2. 上位計画とプロジェクト目標.....	2
1.2.1. 上位計画.....	2
1.2.2. プロジェクト目標.....	2
1.3. プロジェクトの概要.....	2
1.4. ソフトコンポーネントの必要性.....	3
1.5. ソフトコンポーネントの実施対象者.....	4
2. ソフトコンポーネントの目標	6
3. ソフトコンポーネントの成果	7
4. 成果達成度の確認方法	8
5. ソフトコンポーネントの活動（投入計画）	9
5.1. 投入方針	9
5.2. ソフトコンポーネントの投入計画.....	9
6. ソフトコンポーネントの実施リソースの調達方法	13
7. ソフトコンポーネントの実施工程	13
8. ソフトコンポーネントの成果品	14
9. ソフトコンポーネントの概略事業費	14
10. 相手国側の責務	14

1. ソフトコンポーネントを計画する背景

1.1. プロジェクトの背景

首都マナグア市では、年4%の人口増加に伴い、水需要が急増しているが、24時間給水を受けている地区は全体の50%に過ぎず、利用者の約14%は1日の給水時間が8時間以下であり、感染症対策含む公衆衛生確保のための水の安定的な供給が課題となっている。その原因としては、水源及び配水池容量の不足に加えて、施設老朽化や水圧管理能力不足による漏水が挙げられる。また、漏水に加えて、マナグア市の主要な水源である地下水の揚水に必要な電力料金が大きな負担であり、首都圏の上下水道事業を担う上下水道公社(ENACAL)の財務状況を圧迫し、給水サービス改善のための資金確保を困難にしている。

このような中で、ニカラグア政府は「国家人間開発計画(PNDH)2018-2021」にて、水・衛生サービスのエリアの拡大、水質の改善に加えて、既存のインフラ維持管理を重要課題と位置づけ、上に述べた課題に対応する方針を示している。またENACALの「組織開発戦略計画(PEDI)2020-2025」においても、無収水率の低下、電力費用等の運転コストの節減、及びENACALの長期的な財政安定化を図り、社会的脆弱層を含む全住民に対する公平な水・衛生サービスの提供が目標として掲げられている。

これまでJICAは、開発調査「マナグア市中長期上水道施設改善計画調査」(2005年)にて、「井戸の改修・更新及び水質保全」、「無収水削減」、「送配水システムの効率化」並びに「経営基盤の強化」という4つの方針に基づくマスタープランを策定した。その後、技術協力プロジェクト「マナグア市無収水管理能力強化プロジェクト」(以下、無収水技プロ)(2020年)にて、無収水削減に必要なENACALの計画策定能力、漏水削減の実施能力の強化並びに資機材調達計画の策定支援に取り組んでいる。その取り組みを通じて、50%を超える無収水率を2035年までに約25%まで削減する長期計画及びアクションプランを策定し、現在はそのアクションプランに沿って米州開発銀行(以下、IDB)及びドイツ国際協力公社(以下、GIZ)が施設整備のための資金供与、組織能力強化に向けた支援を行っている。

本事業はマナグア市において、漏水削減、エネルギー効率化に必要な資機材及び配水池を整備することにより、送配水の効率化及び実施機関の財務状況の改善を図り、もって対象地域の給水サービス及び住民の生活・衛生環境の改善に寄与するものである。

1.2. 上位計画とプロジェクト目標

1.2.1. 上位計画

ENACAL の事業戦略は、「ENACAL 組織開発戦略計画 2013-2017」(PEDI: Plan Estratégico de Desarrollo Institucional de ENACAL) 及び「ENACAL 組織開発戦略計画 2020-2025」に基づいて実施されている。さらに、2017 年にはこれらを補完するための「戦略的強化計画 2017-2021」(Plan Estratégico de Fortalecimiento 2017-2021) が策定されている。

上記 PEDI の主な目的は、過去の教訓を活かしつつ、ENACAL が効率的かつ自立した公的組織として強化されるために必要な手段を明確に示すことであり、国家計画である「国家人間開発計画」(PNDH: Plan Nacional de Desarrollo Humano) 及びセクター開発計画「上下水道セクター統合プログラム」(PISASH: Programa Integral Sectorial de Agua y Saneamiento Humano de Nicaragua) に基づいて策定されたものである。PEDI にて以下の7つの戦略目標を掲げ、水道サービスの改善に向けた取り組みが進められている。

ENACAL の戦略目標

- 1) マナグア市及びその他地域の水道システムにおいて、無収水量を削減する。
- 2) 電力消費費用を削減する。
- 3) 長期的に企業体としての財政の持続性、短期的に運営の独立採算を達成する。
- 4) 公共サービス提供者の各々がマネージメントの高い基準を満たし、サービス受益者のすべての住民の利益に貢献できるよう組織能力を強化する。
- 5) ENACAL が対応するすべての住民に対する上下水道サービスを改善する。
- 6) 水資源に対して、現在及び将来の世代に対して保障すべく、環境の保全・保護に貢献する。
- 7) 水衛生サービスのアクセスにおいて、正義と社会的公平を達成する。

1.2.2. プロジェクト目標

マナグア市において、漏水削減、運転維持管理費低減に必要な資機材を整備することにより、給水サービス及び実施機関の財務状況の改善を図り、もって対象地域の生活・衛生環境改善に寄与すること。

1.3. プロジェクトの概要

本事業は表 1.1 に記載した機材を供与する無償資金協力事業である。

表 1.1 調達予定機材

No.	機材	数量
1	インバータ (井戸取水ポンプ用)	28 箇所
2	組立式配水池 (Asosocsa Alta マクロセクター)	1 基
3	送水ポンプ	7 台
4	流量調整弁	1 台
5	漏水補修用機材	3 個
6	機材修理ワークショップ (荷役、機械加工、電気機材、車両)	1 式
7	無収水量削減活動に資する機材 (漏水探知機、超音波流量計等)	1 式

1.4. ソフトコンポーネントの必要性

JICA ソフトコンポーネント・ガイドラインによると、ソフトコンポーネント実施の目的を、①プロジェクト（特に相手側実施事業）が円滑に立ち上がること、②協力成果の持続性を最低限確保することと規定している。本事業において調達を予定している機材について、上記の観点からソフトコンポーネントの必要性について整理した。なお、調達予定機材の初期操作方法の指導・維持管理手法の説明は、本体事業に含まれることからソフトコンポーネントの対象としない。

表 1.2 ソフトコンポーネントの必要性

No.	機材	ソフトコンポーネントの必要性	
1	インバータ	インバータ設置の最大の目的は、水使用量が少ない夜間帯に井戸ポンプの回転数を下げることにより、配水管網の圧力を適正な値となるよう調整し、漏水量の削減及び電気使用量の低減を図ることである。 インバータを設置した井戸では、回転数の制御の基準となる吐出圧を設定する必要がある。その作業では、現状の配水圧を24時間以上連続測定し、水圧変動の実態を確認した上で、近隣井戸や配水管網との調整を行いながら、最も効率的な配水条件となる吐出圧の上限値を設定する必要がある。 ENACAL は配水圧のモニタリングを実施しておらず、水圧変動の計測結果を配水計画に反映する経験を有していない。そのため、調達機材が効果的に活用されるために、配水量・配水圧の測定、モニタリングとそれら結果を踏まえた配水計画の立案を実施するための能力が必要である。	必要性：高
2	組立式配水池	配水池の運転維持管理については、配水池の水位を定期的に記録し、オペレーション本部へ報告している。インバータを設置する井戸と同様に、配水量や配水区域内の水圧のモニタリングは実施されていない。新設する配水池の運転が、配水量や水圧変動の計測結果とどのように関係しているかを定量的データから把握し、効率的かつ効果的な運転に反映できる技術強化が必要である。	必要性：中
3	送水ポンプ	現状、送水ポンプは故障した際に修理するという対症療法的な対策しかとられておらず、日常点検・定期点検に基づく適切な更新計画が検討されていない。 調達した送水ポンプが持続的に活用されるためにも、ポンプの点検・整備体制を整備する必要がある。特に、日常点検・定期点検・測定の手法を習得し、現在の維持管理体制を強化する必要がある。	必要性：高
4	流量調整弁	配水池流入部にある老朽化したバタフライ弁を配水池水位と連動した動作が可能な流量調整弁に更新する。 マナグア市内には同様の流量調整弁が設置されている配水池が存在し、ENACAL によって問題なく運転維持管理が行われており、機材供与後の技術支援は必要ない。	必要性：低
5	漏水補修用機材	水管橋の漏水補修のための機材であり、機材設置後に維持管理のために特別な技術が必要としない。機材は継続的かつ効果的に活用されることは担保される。	必要性：低
6	機材修理ワークショップ機材	ENACAL では修理工の育成体制は十分整備され、修理記録の作成、消耗品の管理等の業務品質は十分確保できている。 老朽化機材の劣化や故障が最大の問題であり、調達機材を供与することにより、ワークショップ活動が活性化することが期待でき、協力成果の持続性は担保される。	必要性：低

No.	機材	ソフトコンポーネントの必要性
7	無取水削減活動に資する機材	JICA 無取水技術プロにて無取水削減活動の一環として漏水探知や削減の実践的技術が移転された。ENACAL は習得した技術を地方展開しており、本事業で供与する機材は、ENACAL の無取水削減活動の活性化に大きく寄与する。 現在の ENACAL の活動は、無取水技術プロの成果によりその持続性は高く、今回供与する機材の適切な管理と運用は十分可能である。

本事業にて調達した機材を有効的に活用し、適切な配水管管理を確実に実施することによって、本事業の目的である ENACAL の給水サービスの向上につながる。そのためには、機材の調達のみならず、適切な配水計画を立案し、現状の配水計画を改善することが必要となることから、ソフトコンポーネントとして「配水管理能力強化」を実施する。特に、支援の必要性の高いインパータ設置井戸における配水管理能力の強化及び送水ポンプ場の運転維持管理能力強化の支援を行う。

1.5. ソフトコンポーネントの実施対象者

ソフトコンポーネント対象者は、ENACAL 本部の配水計画・管理を担当する部署及びマナグア市内の4支局の配水関連部署の職員、インパータ設置取水井戸オペレーター、ポンプ場オペレーター及び機電修理ワークショップの修理工とする。ENACAL 本部のオペレーション統括局の組織図及びソフトコンポーネント対象部署を図 1.1、マナグア市内の支局の技術ユニットの組織図及びソフトコンポーネント対象部署を図 1.2 に示す。

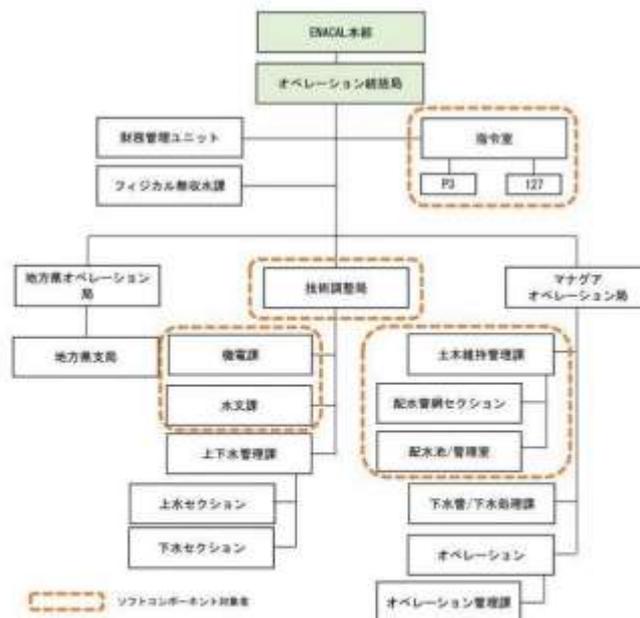


図 1.1 ENACAL 本部オペレーション統括局の組織図

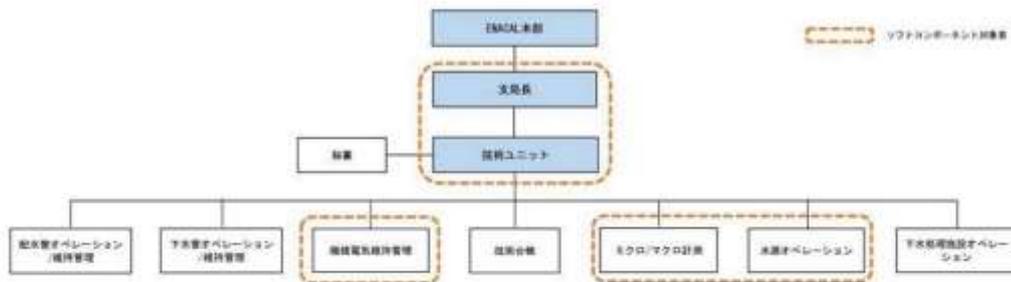


図 1.2 ENACAL マナグア市内の支局技術ユニットの組織図

また、ソフトコンポーネント対象者のうち実務者レベルであるインバータ設置取水井戸オペレーター、更新ポンプ場オペレーター、ワークショップ修理工の人員を以下に示す。なお、取水井戸オペレーター及びポンプ場オペレーターは、ENACAL 組織内のセキュリティ部門である EMPROSA 所属となっている。

表 1.3 インバータ設置取水井戸の管理体制及びソフトコンポーネント対象者

インバータ設置取水井戸の管理体制		ソフトコンポーネント対象者	
24 時間常駐	15 箇所	オペレーター	16 名
夜間常駐＋昼巡回	6 箇所	オペレーター	6 名
		シフトマネージャー	3 名
巡回のみ	7 箇所	シフトマネージャー	3 名
合計	28 箇所	合計	28 名

出典：ENACAL 本部 マナグアオペレーション局

表 1.4 送水ポンプ場のソフトコンポーネント対象者

送水ポンプ場	ソフトコンポーネント対象者
Asososca ポンプ場	オペレーター 4 名
Altamira ポンプ場	オペレーター 4 名
San Judas ポンプ場	オペレーター 3 名
Km 18 Carretera Masaya ポンプ場	オペレーター 3 名
Km 9.5 Carretera Sur ポンプ場	オペレーター 3 名
Km 8.5 Carretera Sur ポンプ場	オペレーター 3 名
	合計 20 名

出典：ENACAL 本部 指令室

表 1.5 機電修理ワークショップの職員構成及びソフトコンポーネント対象者

職種	人数	内訳/備考
電気機械技術職員	37	技術指導者 8、技術者 10、見習い 19
技能工（工作機械）	6	旋盤工、フライス工他各種金属加工
溶接工	2	電気アーク溶接、アセチレンガス溶接/切断
車両運転兼助手	15	小型車、大型車、特殊車両等
クレーンオペレータ	2	トラッククレーン等
ポンプ技術者	13	ポンプオーバーホール/調整等
その他技術系	7	井戸掘削、塩素滅菌、電動機巻き線/調整
管理要員	7	在庫管理、購買、経理、総務等
合計	89	

* ソフトコンポーネント対象者

出典：ENACAL 本部 技術調整局 機電課

なお、後述するソフトコンポーネント活動で実施する研修とその対象者を以下に示す。基礎研修及び維持管理・修理・交換方法による研修は、対象者の通常業務に支障がないように2回に分けて実施し、対象者全員が参加できるように配慮する。なお、対象者への連絡・ロジ手配は ENACAL の責任下にて実施する。

表 1.6 ソフトコンポーネントにて実施する各研修の対象者

ソフトコン	研修内容	研修対象者	備考
配水計画	配水管理に関する基礎研修	【技術職員（管理職員）】 本部指令室、技術調整局、オペレーション局の技術職員 支局技術ユニットの技術職員 【技能職員】 表 1.3 に示すオペレーター及びシフトマネージャー28名	通常業務に支障がないよう2回に分けて実施
	24時間流量・水圧測定	【技術職員（管理職員）】 本部指令室、技術調整局、オペレーション局の技術職員 支局技術ユニットの技術職員	技術職員（管理職員）との OJT を想定
	インバータの維持管理・修理・交換手法に関する研修	【技術職員（管理職員）】 本部指令室、技術調整局、オペレーション局の技術職員 支局技術ユニットの技術職員 【技能職員】 表 1.3 に示すオペレーター及びシフトマネージャー28名 表 1.5 条枠内に示す技能職員 65 名	通常業務に支障がないよう2回に分けて実施
機電	送水ポンプの維持管理に関する基礎研修	【技術職員（管理職員）】 本部指令室、技術調整局、オペレーション局の技術職員 支局技術ユニットの技術職員 【技能職員】 表 1.4 に示すオペレーター20名	通常業務に支障がないよう2回に分けて実施
	24時間流量・水圧・電力・電圧・電流測定	【技術職員（管理職員）】 本部指令室、技術調整局、オペレーション局の技術職員 支局技術ユニットの技術職員	技術職員（管理職員）との OJT を想定

ソフトコン	研修内容	研修対象者	備考
	送水ポンプの維持管理・修理・交換手法に関する研修	【技術職員（管理職員）】 本部指令室、技術調整局、オペレーション局の技術職員 支局技術ユニットの技術職員 【技能職員】 表 1.4 に示すオペレーター 20 名 表 1.5 赤枠内に示す技能職員 65 名	通常業務に支障がないよう 2 回に分けて実施

なお、室内研修（座学）は ENACAL 本部の講堂、実地研修は機電修理ワークショップ及びインバータ設置井戸での実施を予定する。

2. ソフトコンポーネントの目標

本ソフトコンポーネントは、「ENACAL が適切な配水管理を行うとともに保有機材を有効的に活用し、効率的かつ効果的な水道サービスを提供すること」を目標とする。

3. ソフトコンポーネントの成果

本ソフトコンポーネントの成果を下記のとおり設定し、その現状を述べる。

- インバータ設置井戸において定期的にモニタリングが実施され、適切な配水管理業務が実施される**

現在の井戸ポンプの配水量は、井戸機場に流量計が設置されていない、または故障しているため、設置当初のポンプ能力と運転時間から算出しており、ポンプ効率の低下や劣化等によって実際の配水量と大きな差異が生じている。また、配水区域の水圧を計測・モニタリングしていないため、配水圧の管理が行われていない状況にある。

インバータ設置後には、ポンプの回転数を制御することで水圧の適正化を図ることが本事業の目的であるが、配水圧の測定・モニタリングの経験を有しておらず、適切な運転維持管理の実施に向けた技術支援が必要である。そのため、本ソフトコンポーネントにおいて、配水量・配水圧のモニタリング手法とともにインバータ制御の設定方法について指導し、その結果を配水計画に反映することによって本事業の効果が最大化できるようにする。

また、設置したインバータが継続的に活用されるためには、故障等のトラブル発生時に適切な対応を実施する必要があることから、ENACAL の保有資機材の修理を担当する機電修理ワークショップの修理工に対してインバータの点検・整備・修理手法について指導する。

- 送水ポンプの適切な運転維持管理手法が理解できる**

前述のとおり、送水ポンプは故障するまでに定期的な点検・整備は実施されず、維

持管理に重要となる流量・水圧・電圧・電流・電力等の測定及び記録も実施されていない。そのため、ポンプ運転領域や吐出し量が管理されないために効率低下を招いている。調達したポンプが長期的に運用されるために、運転状況を理解するための測定方法、ポンプの点検・整備手法を指導し、送水ポンプの適切な運転維持管理手法を理解して実施することにより調達機材の持続性が担保されるようにする。

また、点検・整備方法の指導は主に送水ポンプを実施するポンプオペレーターを対象に実施するものの、機電修理ワークショップの修理工もソフトコンポーネントの対象とし、点検・整備方法のほか修理手法について指導する。

4. 成果達成度の確認方法

本ソフトコンポーネントの達成度確認方法について表 4.1 に示す。

表 4.1 成果達成度の確認方法

成果	確認事項	確認方法
インバータ設置井戸において定期的にモニタリングが実施され、適切な配水管理業務が実施される	<ul style="list-style-type: none"> インバータ設置井戸において配水量及び吐出水圧が計測される インバータ設置井戸の配水区域において給水圧が計測される 流量・水圧の計測結果が分析できるようになる 分析結果に基づいて、インバータ設置した井戸の回転数の制御基準値を設定し、配水計画を立案できるようになる インバータ設置前後の電力消費量及び配水量の減少量を把握し、インバータによる効果を定量的に示すことができるようになる インバータの点検・整備修理方法を理解し、実施することができる 	<ul style="list-style-type: none"> 配水量の計測記録 水圧計測記録 測定結果報告書 インバータ制御を考慮した配水計画書 研修記録
送水ポンプの適切な運転維持管理手法が理解できる	<ul style="list-style-type: none"> ポンプの運転維持管理に必要な日常点検、定期点検を理解し、実施することができる 日常点検、定期点検の SOP が作成され、ENACAL 職員によって運用される。 水位・流量・圧力、電流・電圧・電力、振動・温度等の計測・記録・分析が実施できるようになる ポンプ運転時の異常現象を理解し、主要な原因や対応策が理解できる 送水ポンプの点検・整備手法及び修理方法を理解し、実施することができる 	<ul style="list-style-type: none"> 研修記録、点検記録 点検 SOP 測定結果報告書 研修記録 研修記録

5. ソフトコンポーネントの活動（投入計画）

5.1. 投入方針

本ソフトコンポーネントは、日本人専門家による直接支援型とし、技術移転に必要な通訳、スペイン語の研修資料の作成支援のため、現地傭人を活用する。日本人専門家は、インバータの配水管理能力強化のための配水計画担当、送水ポンプの維持管理能力強化のための機電担当の2名を派遣する。

5.2. ソフトコンポーネントの投入計画

本ソフトコンポーネントの活動（投入計画）を表 5.1 に示す。また、各成果における現地活動詳細計画を表 5.2、表 5.3 に示す。

表 5.1 ソフトコンポーネントの活動（投入計画）

成果	活動内容	必要な投入
インバータ設置井戸において定期的にモニタリングが実施され、適切な配水管理業務が実施される	<ul style="list-style-type: none"> 配水管理に関する基礎知識の室内研修を実施する。 （パイロットとして）インバータを設置したポンプのうち数カ所において 24 時間配水量（井戸揚水量）を測定する。また、対象井戸の配水エリアの給水管を活用して必要な数の給水管にて 24 時間水圧を測定する。 測定結果を整理し、視覚的に理解できるようにグラフ化するとともに、測定結果の分析・考察を行い、測定結果報告書を作成する。 分析結果に基づいて、インバータによる制御度合いを設定した後、再度流量・水圧を計測し、その変化を確認する。最適なインバータ制御度合いを設定し、配水計画を作成する。 ENACAL が残りのインバータ設置個所においても、独自にできるように実施計画を作成し、適切な配水管理が実施できるように指導する。 ソフトコンポーネント報告書及び本案件のための運転維持管理マニュアルを作成する。 インバータの保守・点検・修理手法について指導する。 	日本人専門家 1.50MM 現地傭人 1.33MM
送水ポンプの適切な運転維持管理手法が理解できる	<ul style="list-style-type: none"> 送水ポンプの維持管理に関する基礎知識、維持管理方法、点検・整備について室内研修を実施する。 各ポンプ場に合わせた形で、配水池、ポンプ、モータ、配電盤を含めた日常点検表を作成する。 同様に、定期点検表を作成するとともに、ポンプ場の運転維持管理における標準作業手順書（SOP）を作成する。 適切な維持管理を実施するための測定方法について、水量・圧力、電圧・電流・電力を計測する。 計測結果を整理し、視覚的に理解できるようにグラフ化するとともに、測定結果からポンプの効率や原単位電力量を算出し、結果の分析・考察を行い、測定結果報告書を作成する。 ソフトコンポーネント報告書及び本案件のための運転維持管理マニュアルを作成する。 送水ポンプの点検・整備・修理手法について指導する。 	日本人専門家 1.60MM 現地傭人 1.43MM

表 5.2 現地活動詳細計画（配水計画）

日数	曜日	活動内容
1	土	移動日
2	日	移動日
3	月	・ENACAL本部とのソフトコンポーネント実施概要の説明・協議 ・JICAニカラグア事務所への着任報告、活動内容説明
4	火	・「配水管理に関する基礎研修」の研修資料作成 ・「配水管理に関する基礎研修」実施のための協議（参加者・場所・ロジ）
5	水	・「配水管理に関する基礎研修」の研修資料作成
6	木	・「配水管理に関する基礎研修」の実施
7	金	・「配水管理に関する基礎研修」の実施
8	土	休日
9	日	休日
10	月	・インバータ設置個所の24時間測定計画の作成・協議・説明
11	火	・測定場所の現地調査、測定に必要な資機材の準備
12	水	・24時間流量・水圧測定の実施（パイロット箇所A開始）
13	木	・24時間流量・水圧測定の実施（パイロット箇所A終了、パイロット箇所B開始）
14	金	・24時間流量・水圧測定の実施（パイロット箇所B終了、パイロット箇所C開始）
15	土	・24時間流量・水圧測定の実施（パイロット箇所C終了）
16	日	休日
17	月	・24時間流量・水圧測定結果の整理・分析
18	火	・24時間流量・水圧測定結果の整理・分析、報告書の作成
19	水	・24時間流量・水圧測定結果に基づいたインバータの制御設定
20	木	・24時間流量・水圧測定結果に基づいたインバータの制御設定に関する基本研修準備
21	金	・24時間流量・水圧測定結果に基づいたインバータの制御設定に関する基本研修
22	土	休日
23	日	休日
24	月	・24時間流量・水圧測定の実施（制御設定後）（パイロット箇所A開始）
25	火	・24時間流量・水圧測定の実施（制御設定後） （パイロット箇所A終了、パイロット箇所B開始）
26	水	・24時間流量・水圧測定の実施（制御設定後） （パイロット箇所B終了、パイロット箇所C開始）
27	木	・24時間流量・水圧測定の実施（制御設定後）（パイロット箇所C終了）
28	金	・24時間流量・水圧測定結果（制御設定後）の整理・分析
29	土	休日
30	日	休日
31	月	・24時間流量・水圧測定結果（制御設定後）の整理・分析、報告書の作成
32	火	・24時間流量・水圧測定結果に基づいたインバータの制御再設定
33	水	・インバータ設置個所（残り25箇所）における実施計画書の立案
34	木	・インバータ設置個所（残り25箇所）における実施計画書の立案
35	金	・インバータ設置個所（残り25箇所）における実施計画書の立案
36	土	休日
37	日	休日
38	月	・インバータの維持管理・修理・交換手法に関する研修のための準備
39	火	・インバータの維持管理・修理・交換手法に関する研修
40	水	・インバータの維持管理・修理・交換手法に関する研修
41	木	・ソフトコンポーネント報告書の作成
42	金	・ENACAL本部とのソフトコンポーネント実施結果の報告 ・JICAニカラグア事務所への活動報告
43	土	移動日
44	日	移動日
45	月	移動日

表 5.3 現地活動詳細計画（機電）

日数	曜日	活動内容
1	日	移動日
2	月	移動日
3	火	・ENACAL本部とのソフトコンポーネント実施概要の説明・協議 ・JICAニカラグア事務所への委任報告、活動内容説明
4	水	・「送水ポンプの維持管理に関する基礎研修」の研修資料作成 ・上記研修実施のための協議（参加者・場所・ロジ）
5	木	・「送水ポンプの維持管理に関する基礎研修」の研修資料作成
6	金	・「送水ポンプの維持管理に関する基礎研修」の研修資料作成
7	土	休日
8	日	休日
9	月	・「送水ポンプの維持管理に関する基礎研修」の実施
10	火	・「送水ポンプの維持管理に関する基礎研修」の実施
11	水	・送水ポンプ更新箇所の実地調査（7箇所）
12	木	・日常点検表の作成・定期点検表の作成
13	金	・日常点検表の作成・定期点検表の作成
14	土	休日
15	日	休日
16	月	・送水ポンプの24時間測定計画の作成・協議・説明
17	火	・24時間流量・水圧・電力・電圧・電流測定の実施（送水ポンプA開始）
18	水	・24時間流量・水圧・電力・電圧・電流測定の実施 （送水ポンプA終了、送水ポンプB開始）
19	木	・24時間流量・水圧・電力・電圧・電流測定の実施 （送水ポンプB終了、送水ポンプC開始）
20	金	・24時間流量・水圧・電力・電圧・電流測定の実施 （送水ポンプC終了、送水ポンプD開始）
21	土	・24時間流量・水圧・電力・電圧・電流測定の実施（送水ポンプD終了）
22	日	休日
23	月	・24時間流量・水圧・電力・電圧・電流測定の実施（送水ポンプE開始）
24	火	・24時間流量・水圧・電力・電圧・電流測定の実施 （送水ポンプE終了、送水ポンプF開始）
25	水	・24時間流量・水圧・電力・電圧・電流測定の実施 （送水ポンプF終了、送水ポンプG開始）
26	木	・24時間流量・水圧・電力・電圧・電流測定の実施（送水ポンプG終了）
27	金	・24時間流量・水圧・電力・電圧・電流測定結果の整理・分析
28	土	休日
29	日	休日
30	月	・24時間流量・水圧・電力・電圧・電流測定結果の整理・分析、報告書の作成
31	火	・24時間流量・水圧・電力・電圧・電流測定結果の整理・分析、報告書の作成
32	水	・運転維持管理SOPの作成
33	木	・運転維持管理SOPの作成
34	金	・運転維持管理SOPの作成 ・送水ポンプの維持管理・修理・交換手法に関する研修のための準備
35	土	休日
36	日	休日
37	月	・運転維持管理SOPの作成 ・送水ポンプの維持管理・修理・交換手法に関する研修のための準備
38	火	・送水ポンプの維持管理・修理・交換手法に関する研修のための準備
39	水	・送水ポンプの維持管理・修理・交換手法に関する研修
40	木	・送水ポンプの維持管理・修理・交換手法に関する研修
41	金	・ソフトコンポーネント報告書の作成
42	土	休日
43	日	休日
44	月	・ソフトコンポーネント報告書の作成
45	火	・ENACAL本部とのソフトコンポーネント実施結果の報告 ・JICAニカラグア事務所への活動報告
46	水	移動日
47	木	移動日
48	金	移動日

投入要員は、日本人専門家と現地備人とし、その業務区分はおおむね以下のとおりとする。

表 5.4 投入要員の業務区分

投入要員	業務内容
日本人専門家 (配水計画、機電)	<ul style="list-style-type: none"> • ENACAL 本部との協議・説明及び調整 • 各分野の総括、研修資料の作成、研修の実施（講師） • 流量計測計画の策定、計測記録及び測定結果報告書のフォーマット作成 • インバータ制御を考慮した配水計画書、ポンプ点検 SOP の作成 • 現状オペレーション内容、業務量の分析、改善点の提案 • 成果達成度の評価
現地備人 (配水計画、機電)	<ul style="list-style-type: none"> • カウンターパートとの連絡調整 • 日本人専門家が作成した研修資料の翻訳（英語⇒西語） • 日本人専門家活動時の通訳（英語⇒西語） • 各研修支援 • 流量・水圧計測時の機材管理、計測準備支援

表 5.5 にソフトコンポーネントの投入計画を示す。配水計画は、敷力所においてインバータの設置が完了した段階で派遣し、機電はすべての送水ポンプの設置が完了した段階で派遣する。

表 5.5 ソフトコンポーネントの投入計画

投入	2023						2024		人/月	
	7	8	9	10	11	12	1	2	現地	国内
日本人専門家										
配水計画			■	■					1.50	0.00
機電					■	■			1.60	0.00
合計									3.10	0.00
現地備人										
配水計画			■	■					1.33	0.00
機電					■	■			1.43	0.00
合計									2.76	0.00

6. ソフトコンポーネントの実施リソースの調達方法

ソフトコンポーネントは以下の理由により、本邦コンサルタントによる直接支援型で行い、円滑な業務運営のため通訳・翻訳・資料作成補助等のため現地雇人を活用する。

- ニカラグア国では水道事業の運転維持管理は、ENACAL が実施しており、水道施設の運転維持管理経験を有する現地コンサルタント等の人材が不足している。
- 計画に基づき作業の進捗を厳しく管理できる技術者が不足している。
- 日本の水道施設における運転維持管理に係る知見・経験を ENACAL が期待している。

7. ソフトコンポーネントの実施工程

ソフトコンポーネントの全体実施工程（案）は以下のとおりである。

表 7.1 実施工程（案）

年/月	2023												2024	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
延月数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
機材調達														
機器製作	████████████████████													
機器輸送						████████	████████							
据付工事・付帯工事							████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████		
検収・引渡し等													██████████	██████████
ソフトコンポーネント														
配水計画									████████	████████				
機電												████████	████████	

表 7.2 ソフトコンポーネント実施工程（案）

延月数	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
1 配水計画	███ 移動・報告								███ 報告・移動	███
(1) 配水管理に関する基礎研修	████████████████									
(2) 24時間配水量・水圧測定（確保）		████████████████								
(3) 測定結果の分析・報告書の作成			████████████████							
(4) インバータの制御設定、再測定、配水計画の作成				████████████████						
(5) 既配水区域における実施計画の作成						████████████████				
(6) インバータの点検・整備・修理方法に関する研修							████████████████			
2 機電	███ 移動・報告									███ 報告・移動
(1) 送水ポンプの維持管理に関する基礎研修	████████████████									
(2) 設置点検書の作成、定期点検書の作成		████████████████								
(3) 水量・圧力、電圧・電流・電力の測定			████████████████							
(4) 測定結果の分析・考察、報告書の作成				████████████████						
(5) 送水ポンプの点検・整備・修理方法に関する研修						████████████████				
(6) 運転維持管理計画の作成							████████████████			

8. ソフトコンポーネントの成果品

ソフトコンポーネント業務の成果品は以下に示すとおりである。なお、ソフトコンポーネント完了報告書は、「ソフトコンポーネント・ガイドライン（第4版）」（2020年11月）に準じるものとする。

- ソフトコンポーネント完了報告書
- 研修資料
- 測定結果報告書、インバータ制御を考慮した配水計画書
- 送水ポンプ運転維持管理 SOP（日常点検表、定期点検表含む）

9. ソフトコンポーネントの概略事業費

ソフトコンポーネントの投入は、配水計画専門家 1.50MM、機電専門家 1.60MM、現地備人合計 2.76MM となる。概算事業費を表 9.1 に示す。

表 9.1 ソフトコンポーネントの概算事業費

非公開

10. 相手国側の責務

ソフトコンポーネントの実施に関するニカラグア側の責務は以下の通りである。

- 測定に必要な機材の提供：
本ソフトコンポーネントで実施する流量・水圧・電流・電圧・電力測定は、ENACAL が保有する電磁・超音波流量計、圧力計・データロガー、クランプメータ、マルチメータ等の機材を提供する。
- ソフトコンポーネント実施に伴うロジの調整及び予算確保：
本ソフトコンポーネントで実施する研修は、座学研修と実地研修を予定している。研修参加者の最終選定、研修参加者への通知、研修参加に伴う交通費、研修会場費及び軽食費用等の研修実施に伴う費用は ENACAL が負担する。
- 適切な配水管理の実施と技術力の継承：
ENACAL はソフトコンポーネントの実施により習得した知識・技術を利用して、適切な配水管理を実施する。また、ENACAL の関連技術職員に対して、配水施設の運転維持管理に関する技術を継承できるように組織内の技術移転制度を構築し、その技術力を維持する。

- 継続的な活動の実施及び報告・監理体制の構築：
ソフトコンポーネント期間の終了後も、ENACAL が持続的に適切な送配水施設の運転維持管理、活動記録の作成/更新、活動報告を実施するように ENACAL 上層部への定期的かつ自律的な作業実施報告体制、監理体制を構築する。

資料編 6. 収集資料リスト

番号	資料	形態	オリジナル・ コピー	発行機関	発行年
		図書・ビデオ 地図・写真			
1	NIV VOL LAGUNA DE ASOSOSCA-34 POZOS- 6 Est Rebombeo y #Emp en 09 Estacion.	Excel	コピー	ENACAL	2021
2	Datos de flujo de agua en pozos	Excel	コピー	ENACAL	2021
3	全国水資源計画	Word、PPT、Excel	コピー	ENACAL	2020
4	Diagrama unifilar circuito ENACAL Altamira	PDF	コピー	ENACAL	N/A
5	Planta Electromecanica de la Estacion de Relevo	PDF	コピー	ENACAL	N/A
6	PLANOS ELECTRICOS	PDF	コピー	ENACAL	2021
7	ARCHIVO EXPORTA FUENTES Y TANQUES 220521 avance	Excel	コピー	ENACAL	2021
8	INTERVENCIONES CON BID MAY 220521	PDF	コピー	ENACAL	2021
9	Archivos PDF Tanque Las Pilas	PDF	コピー	ENACAL	2012
10	Diseño tanque Las Pilas y sustitucion de equipos de bombeo Asososca	Word	コピー	ENACAL	2020
11	Estaciones de Rebombeo	Excel	コピー	ENACAL	2021
12	Volumen de Producción y Horas de Pozos. Laguna Asososca y Estaciones de Rombeo-Mensual2020	Excel	コピー	ENACAL	2020
13	Organigrama de ENACAL	PDF	コピー	ENACAL	2021
14	Mapa topográfico	PDF	コピー	INETER	N/A
15	Elevación del terreno	PDF	コピー	INETER	N/A
16	Mapa geologico	Información digital	コピー	INETER,ANA,	1990- 2021
17	Diagrama de facies	Información digital	コピー		
18	Mapa hidrogeológico	Información digital	コピー		
19	Distribución del acuífero	Información digital	コピー		
20	Aburrido/registro de pozo	Información digital	コピー		
21	Informe de Estados Financieros	PDF	コピー	ENACAL	2015- 2020

資料編 7-1. テクニカルノート

NOTAS TÉCNICAS
EN
EL ESTUDIO PREPARATORIO DEL PROYECTO
PARA MEJORA DEL SUMINISTRO DE AGUA EN LA CIUDAD DE MANAGUA
EN LA REPÚBLICA DE NICARAGUA

Con base en el Acta de Discusiones (en adelante "M / D") del Estudio Preparatorio del Proyecto de Mejoramiento del Abastecimiento de Agua en la Ciudad de Managua en la República de Nicaragua (en adelante "el Proyecto") firmado en mayo 17 de 2021 entre la Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (en adelante "JICA") y la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (en adelante "ENACAL"), del Gobierno de Nicaragua, los miembros consultores de la Encuesta Preparatoria de JICA El equipo (en lo sucesivo, "el equipo") tuvo una serie de discusiones y realizó encuestas de campo desde el 21 de abril y continuará hasta el 5 de junio de 2021.

Como resultado de las discusiones y las encuestas, ambas partes (ENACAL y el Equipo) confirmaron las condiciones técnicas descritas en las hojas adjuntas de esta nota.

Cabe señalar que esta nota técnica no implica el compromiso del alcance del proyecto, implementación del proyecto, diseño y método a implementar. El alcance final del proyecto, la implementación del proyecto, los diseños, etc. serán decididos por el Gobierno de Japón.

junio 01^{ro}, 2021



Iván García Olivera
Director de Planificación
ENACAL



Jader Grillo
Gerente de Operaciones
ENACAL





Mr. HADA Satoru
Chief Consultant
JICA Study Team

ADJUNTOS

Ambas partes acordaron y confirmaron los siguientes puntos.

1. Lista de equipo

En el M / D, JICA y ENACAL han acordado la lista de Equipos que se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Lista de equipo

No	Equipos	Cantidad
1	Reservorios (macrosector Asososca Alta, macrosector Asososca Baja)	2 lugares
2	Equipos de reparación de fugas (Puente acueducto donde hay fugas de agua)	3 unidades
3	Remodelación del Taller de electromecánica (equipos de carga y descarga, equipos de mecanizado, equipos eléctricos y vehículos)	1 lugar
4	Variadores (Los detalles de los lugares donde se instalarán variadores serán consensuados en la Nota técnica al finalizar el Primer estudio de campo)	25-35 lugares
5	Bombas de transmisión de agua (3 bombas en la Estación de bombeo de Altamira, 2 en Asososca, 2 en Km8 Carretera a Masaya, 2 en San Judas, 1 en Km18 Carretera Masaya, 1 en Km8 Carretera Sur y 1 en Km9.5 Carretera Sur)	12 unidades
6	Válvula de control de caudal (Reservorio San Judas)	1 lugar
7	Equipos para contribuir a las actividades de reducción de ANF	1 juego

(1) Variadores

El equipo explicó la ubicación candidata para instalar los inversores (consulte el ANEXO-1). La ubicación final la decidirá el análisis en Japón. El Equipo sugirió a ENACAL lo siguiente.

- Iniciar la operación de nuevas instalaciones de bombeo en Shell Metrocentro hasta finales de septiembre.
- Reemplazar la bomba de motor vertical a bomba sumergible en la medida de lo posible, porque la bomba de motor vertical tiene un ciclo de vida más bajo en comparación con la bomba sumergible.
- Informar al equipo cuando la bomba candidata pueda quedar fuera de funcionamiento.

(2) Taller de electromecánica

El Equipo explicó la lista detallada de equipos (borrador) a ENACAL (consulte el ANEXO-2). Tanto ENACAL como el Equipo acordaron el borrador de la lista de equipamiento del Taller de electromecánica. La lista final se decidirá mediante el análisis en Japón. El Equipo solicitó a ENACAL lo siguiente.

- Retirar los equipos existentes y preparar espacios libres cuando se implementen las obras de instalación (2022).
- Para preparar los bancos de trabajo para la taladradora de banco y la amoladora de banco
- Para preparar el estante de almacenamiento para almacenar adecuadamente varias herramientas manuales, pequeñas herramientas eléctricas, herramientas de medición,

herramientas de medición electrónicas, etc.

2. Investigaciones técnicas

El Equipo está implementando investigaciones técnicas mediante la subcontratación a empresas locales. El Equipo solicitó a ENACAL las asistencias necesarias para obtener permiso para ingresar a sus parcelas, permiso para excavar para perforación geológica. Las investigaciones técnicas en curso se muestran en la Tabla-2.

Tabla 2: Lista de investigaciones

No	Investigaciones	Compañías Subcontratadas
1	levantamiento topográfico	ING. Jairo Camilo Perez Pastrana
2	levantamiento geográfico	Ingeniería de Materiales, S.A. - nicaSolum
3	Análisis de la calidad del agua	
4	Investigación del nivel del agua	

3. Área de responsabilidad de las partes

Como acordamos en M / D, el Equipo propuso el área de responsabilidad para la realización de los trabajos que se muestran en la Tabla 3. Los detalles de los compromisos para el reemplazo de las bombas de distribución se muestran en ANEXO-3.

Tabla 3: Área de responsabilidad de las partes

No	Equipamiento	Responsabilidad de Nicaragua	Responsabilidad de Japon
1	Variadores	Asegurar el espacio de instalación y la nivelación	Instalación de un cobertizo Instalación de inversores Conexión de cables Instalación de manómetro
2	Bombas de transmisión de agua	Instalación de tuberías de conexión, Conexión de cables, Eliminación de instalaciones existentes	Instalación de bombas, motores, paneles, válvulas y tuberías. Fundación de bombas, motores y paneles
3	Reservorios	Garantizar instrumentos ambientales, seguimiento Preparación del terreno (movimientos de tierra)	Trabajos de cimentación, Trabajos de instalación Trabajos de conexión de tuberías, incluidas válvulas
4	Equipos de reparación de fugas	Solicitud de permiso de carretera para instalación de grúas	Trabajos de andamios, Trabajo de instalación, Limpieza de tuberías, Pintura e instalación de barandas de inspección.
5	Remodelación del Taller de electromecánica	Asegurar el espacio de instalación, Eliminación de instalaciones existentes	Trabajos de cimentación para grúas y tornos Instalación del panel
6	Obras Comunes	Adquisición de los permisos necesarios, Asistencias de exención fiscal	

Además, el Equipo recuerda a ENACAL los trabajos relacionados con la ejecución de ENACAL los cuales se acuerdan en M / D. Los siguientes trabajos se completarán en la fecha prometida.

- Obras de reparación de fugas en el reservorio de Altamira (antes de finales de septiembre del 2021)
- Obras de reparación de tuberías en el reservorio de Seminario (antes de finales de noviembre del 2021)

4. Adquisición de datos

El Equipo está solicitando los datos, información, dibujos e informes a ENACAL. ENACAL acordó preparar los datos solicitados lo antes posible.

El equipo planea tener datos de referencia en las estaciones de bombeo. El equipo solicitó a ENACAL el permiso para implementar una prueba de flujo de agua / presión / consumo de energía en las estaciones de bombeo propuestas.

5. Consideraciones sociales y ambientales

ENACAL acordó desempeñar el papel principal de realizar las actividades de Autorización Ambiental seguido por el decreto ejecutivo No. 20-2017 aprobado el 28 de noviembre de 2017. Ambas partes confirmaron que el reasentamiento no ocurriría en la implementación del proyecto. Ambas partes confirmaron que las ubicaciones propuestas para la instalación del tanque reservorio están ubicadas en terrenos propios de ENACAL. ENACAL proporcionará el informe catastral al Equipo.

6. Componente blando

En cuanto a la gestión de operación y mantenimiento del Taller e Inversores, se introducirán de nuevo los equipos y sistemas a adquirir / instalar. Por lo tanto, es necesario educar y capacitar al personal actual sobre cómo usar el equipo y cómo administrar el sistema de distribución. Ambas partes acordaron que la capacitación del equipo recién instalado / adquirido se llevará a cabo en el Proyecto.

7. Estudio de abundancia de agua subterránea

El equipo ahora está adquiriendo los datos necesarios, información de ENACAL, organizaciones relacionadas e investigaciones del sitio. La simulación de agua subterránea se analizará en Japón utilizando datos adquiridos. El seminario de capacitación y taller se llevará a cabo en octubre cuando el Equipo regresará a Nicaragua. Ambas partes confirmaron que el software de simulación de aguas subterráneas debe ser considerado de uso sostenible en ENACAL. El software se decidirá en la discusión entre los Ingenieros de ENACAL y los Expertos del Equipo.

El Equipo solicitó a ENACAL seleccionar a las personas adecuadas (5-6) para participar en la capacitación que se realizará en octubre. Los alumnos serán las personas que realicen el análisis y la planificación de los trabajos.

Anexo-1: Ubicación candidata para la instalación de variadores

No.	ID	Nombre del pozo	Capacidad de la bomba		Producción de agua		Beneficiarios	Evaluación TOTAL	Nota	
			HP	Eval. ①	m ³ /h	Eval. ②				Número de personas
1	ID_00072	Bello Horizonte	150	8	260.5	9	4,704	10	27	HP 0~20 21~40 41~80 81~100 101~120 121~140 141~160 161~180 181~200
2	ID_00087	Rafaela Herrera	150	8	263.4	9	4,222	9	26	0~30 31~60 61~90 91~120 121~150 151~180 181~210 211~240 241~270 271~300
3	ID_00159	Buenos Aires	130	8	197.4	7	4,357	9	24	Personas 0~500 501~1000 1001~1500 1501~2000 2001~2500 2501~3000 3001~3500 3501~4000 4001~4500 4501~5000
4	ID_00083	Monseñor Lencinas	125	7	229.9	8	3,833	8	23	
6	ID_00091	Mercado Oriental	125	7	225.1	8	2,771	6	21	
7	ID_00079	Shell Microcentro	125	7	181.3	7	2,787	6	20	IDB
8	ID_00158	Santa Rosa (B. Horizonte #2)	150	8	166.3	6	2,969	6	20	
9	ID_00025	Bertha Calderón	150	8	163.6	6	2,612	6	20	
10	ID_00176	Puerto Nuevo N° 02	125	7	122.4	5	3,137	7	19	
-	ID_00084	Las Brisas	125	7	205.6	7	2,065	5	19	Insaludado
11	ID_00090	Oleof Palmes	125	7	172.5	6	2,833	6	19	
12	ID_00026	Velez Ruiz	150	8	146.5	5	2,744	6	19	
13	ID_00034	30 de Mayo #2	175	9	157.7	6	1,567	4	19	
14	ID_00041	M.T.I.	100	5	172.4	6	3,312	7	18	
15	ID_00089	San Antonio	100	5	202.0	7	2,573	6	18	
16	ID_00088	Tenderf	125	7	148.6	5	2,659	6	18	
17	ID_00082	Juho Martínez	150	8	134.2	5	2,494	5	18	
18	ID_00173	Puerto Nuevo N° 01	100	5	171.6	6	2,787	6	17	
19	ID_00074	Parque Las Madres	100	5	153.3	6	2,787	6	17	
20	ID_00166	Jorge Dimitrov	100	5	155.2	6	2,527	6	17	IDB
21	ID_00085	Los Gascos	125	7	137.4	5	2,230	5	17	
22	ID_00169	La Luz	125	7	137.1	5	2,177	5	17	IDB
23	ID_00066	Loma Linda (Sierra Muestra)	200	10	63.1	3	1,692	4	17	
24	ID_00023	Hospital del niño	125	7	117.7	4	2,144	5	16	
25	ID_00120	La Mercedes	150	8	127.8	5	1,220	3	16	
26	ID_00035	San Antonio Sur	150	8	107.0	4	1,979	4	16	
27	ID_00022	Rtto. Sebick N° 4	175	9	60.5	2	2,091	5	16	IDB
28	ID_00042	Bosques de San Isidro	200	10	86.5	3	1,049	3	16	
29	ID_00099	Serranía	200	10	56.4	2	1,682	4	16	
30	ID_00164	Donatello	125	7	82.0	3	2,002	5	15	
31	ID_00174	Milagro de Dios	125	7	69.3	3	2,002	5	15	
32	ID_00161	Cumilo Ortega #2	175	9	80.1	3	1,392	3	15	
33	ID_00180	Tiromo Sur	175	9	64.3	3	1,385	3	15	
34	ID_00024	Masolo Morales	100	5	104.2	4	1,834	4	13	IDB

Anexo-2: Lista de equipos para Taller de electromecánica

No.	Categoría	Artículo	Especificaciones	Cantidad	Observación
1	Equipo de manejo de materiales	1) Bloque de cadena eléctrico con carro motorizado 2) Grúa pórtico portátil 3) Grúa de piso móvil 4) Suministros de trabajo con cabestrillo 5) Equipo de apoyo al transporte	Capacidad 5t, Capacidad 3t, Capacidad 1t, Eslinga de nailon, alambre, grillete, etc. Pales, transpaletas, carros, pinzas de carga, gatos hidráulicos, etc.	1 unidad 1 unidad 1 unidad 5 juegos 1 juego	Para reparación / prueba de descarga de bomba sumergible / instalación de pozo de prueba Para levantar objetos pesados (motores, bombas) en las instalaciones. Para levantar artículos de peso medio y ligero (piezas de repuesto, materiales procesados) en las instalaciones. Para trabajos de eslinga con el uso de las grúas anteriores. Equipo de apoyo al taller para llevar equipaje dentro y fuera de las instalaciones.
2	Mecanizado	1) Prensa hidráulica 2) Torno de uso general 3) Mandriles de torno, mordeduras de herramientas 4) Fresadora, Universal 5) Tornillo de banco de fresado (base giratoria) y herramientas de corte para fresadora 6) Taladro vertical 7) Herramienta de corte de taladro dedicada mencionada anteriormente, mandíbula 8) Taladradora de sobremesa / accesorios 9) Cortadora abrasiva de alta velocidad 10) Tipo accionado por motor diesel del generador del motor 11) Varillas de soldadura, herramientas y dispositivos de protección de seguridad dedicados	Capacidad 489N Accesorios de prensa incluidos La distancia entre corazones es de unos 1.500 mm Refinado por la investigación continua Vertical y Horizontal Hay fresas, sierras de corte de metal, fresas laterales, fresas lisas, fresas de engranajes, etc. Capacidad de taladrado (en robo) 6mm 32 Capacidad de roscado (en robo) M16 Hoja de taladro, hoja roscadora, tornillo de banco fijo Diámetro de perforación 13 mm Barras de diámetro de corte de acero 75 mm 10kVA, 280A Cables, varillas de soldadura diversas, superficies de soldadura, etc.	1 unidad 1 unidad 1 juego 1 juego 1 unidad 1 juego 1 unidad 1 juego 1 unidad 1 juego 1 unidad 1 unidad 1 unidad 1 juego	Montaje a presión de cojinetes, desmontaje de piezas fijas, etc. Reparación y nueva producción de piezas rotativas para bombas Lo mismo que arriba El fresado es el proceso de mecanizado que utiliza cortadores giratorios para eliminar material haciendo avanzar un cortador en una pieza de trabajo. Se determinarán los detalles Perforación / roscado de acero Perforación de acero de pequeño diámetro Para trabajos ligeros Para corte de acero Para diversos trabajos de soldadura en interiores y exteriores

No.	Categoría	Artículo	Especificaciones	Cantidad	Observación
2	Mecanizado	anteriormente			
		12) Juego de soldador a gas	Reguladores, linternas, equipos de protección, etc. Para llenado de gas, con carro	1 juego	Para procesamiento de acero, soldadura fuerte, soldadura con gas Lo mismo que arriba
		13) Igual que el cilindro de acetileno / oxígeno anterior		1 juego	
		14) Herramientas de mano y cajas de almacenamiento	Varias llaves, destornilladores, herramientas de medición	Múltiple para cada artículo	Herramientas básicas esenciales y herramientas de medición.
		15) Herramientas manuales de uso general / especiales, herramientas grandes	Llave para tubos, cortadora de pernos, llave inglesa, etc.	Múltiple para cada artículo	Para trabajos generales en las instalaciones
		16) Herramientas / accesorios eléctricos de uso general	Amoladora eléctrica (de escritorio, portátil)	1 juego	Lo mismo que arriba
		17) Compresor de aire	11kW, 0.95Mpa	1 unidad	Limpieza de aire de piezas y fuente de aire de eficiencia de trabajo Lo mismo que arriba
		18) Accesorios y herramientas para lo mismo que el anterior.	Mangueras, llaves de impacto, pistolas de aire	1 juego	
		19) Horno de secado de pintura	Volumen interno de unos 2 metros cúbicos.	1 unidad	Curado de secado de resina después del reemplazo del devanado del motor Lo mismo que arriba
		20) Soporte de lámpara de infrarrojos para secar	Tipo de 4 lámparas	1 unidad	
		21) Herramientas de medición	Calibradores, micrómetro, calibre de altura, etc.	2 juegos	Varias medidas durante trabajos de reparación y procesamiento de piezas
		22) Instrumentos de medida electrónicos	Vibrómetro, telémetro láser, termómetro	1 juego	Monitoreo de condición durante el funcionamiento del motor, etc.
		23) Llave de torsión	Varios rangos y tamaños de apriete	2 juegos	Para comprobar el par al apretar varios pernos
3	Electricidad	1) Probador de circuitos (analógico)	Voltaje CA / CC, corriente CC, valor de resistencia	2 unidades	Para medición eléctrica general
		2) Multímetros digitales	Voltaje CA / CC, corriente CC, valor de resistencia	2 unidades	Lo mismo que arriba
		3) Probador de abrazadera	Corriente CA / CC, valor de resistencia, frecuencia	4 unidades	Lo mismo que arriba
		4) Probador de resistencia de aislamiento	500V/1000M	4 unidades	Lo mismo que arriba
		5) Detector de fase	Para la medición de fase de la fuente de alimentación trifásica de tres hilos	2 unidades	Lo mismo que arriba
		6) Medidor de resistencia de tierra	Medición de la resistencia de puesta a tierra en varios trabajos de puesta a tierra	1 unidad	Lo mismo que arriba

No.	Categoría	Artículo	Especificaciones	Cantidad	Observación		
3	Electricidad	7) Electroscopio (para baja tensión)	Para comprobar el estado de carga	2 unidades	Lo mismo que arriba		
		8) Electroscopio (para alto voltaje)	Lo mismo que arriba	2 unidades	Lo mismo que arriba		
		9) Varias herramientas manuales (pequeñas)	Alicates, tenazas, alicates	2 juegos	Herramientas básicas de trabajo eléctrico esencial		
		10) Varias herramientas manuales (grandes)	Cortadores de cables, cortadores de pernos	2 juegos	Lo mismo que arriba		
		11) Taladro eléctrico	Pequeña computadora de mano	2 juegos	Para diversos trabajos eléctricos		
		12) Taladro eléctrico a batería	Lo mismo que arriba	2 juegos	Lo mismo que arriba		
		13) Conductor impactante	Lo mismo que arriba	2 juegos	Lo mismo que arriba		
		14) Juego de sierra de perforación	Accesorio para taladro eléctrico	3 juegos	Para la construcción de cuadros eléctricos		
		15) Perforadora hidráulica	Tipo de punzón hidráulico	1 juego	Para diversos trabajos eléctricos		
		16) Linterna LED (recargable)	Unidad principal, cargador, batería, etc	5 juegos	Lo mismo que arriba		
		17) Máquina de corte por plasma portátil	Para cortar placas de metal, combinado con compresor de aire	1 unidad	Para diversos trabajos eléctricos		
		18) Soldador de arco (tamaño pequeño)	accesorios incluidos	1 juego	Lo mismo que arriba		
		19) Equipo de soldadura a gas	Lo mismo que arriba	2 juegos	Lo mismo que arriba		
		20) Soldador	Soldadura incluida	1 juego	Lo mismo que arriba		
		21) Soldador tipo pistola	Lo mismo que arriba	2 juegos	Lo mismo que arriba		
		22) Juego de herramientas de electricidad (básico)	práctico	5 juegos	Herramientas de mano para trabajo de campo		
		23) Juego de herramientas de electricidad (aplicación)	Juego completo	2 juegos	Herramientas estacionarias de taller		
		24) Herramientas de medición	Calibradores, micrómetro, calibre de altura, etc.	1 juego	Varias medidas durante trabajos de reparación y procesamiento de piezas		
		25) Instrumentos de medida electrónicos	Vibrómetro, telémetro láser, termómetro	1 juego	monitoreo de condición durante el funcionamiento del motor, etc.		
		26) Software de análisis de características de caudal de bomba sumergible	Solicitud de evaluación del rendimiento después de la reparación / OH	1 juego	Bajo investigación para disponibilidad		
		4	Vehículos de apoyo	1) Taller móvil	Un conjunto de generador / soldador, compresor de aire, herramientas manuales, banco de trabajo, etc.	2 unidades	Trabajos de mantenimiento preventivo para patrullaje de pozos, reparación y transporte de remoción de bombas / motores, 1 unidad para residente de la sede de ENACAL y 1 unidad para reparación in situ a nivel nacional, 2 unidades en total
				2) Máquina elevadora	Capacidad de descarga 5t, motor 66kW	1 unidad	Para trabajos de carga y descarga y transporte en las instalaciones del taller.

Anexo-3: Responsabilidad del compromiso de sustitución de bombas de distribución

No.	Nombre de la estación de bombeo	Motor y Bomba	Repuestos de Bomba	Válvula antirretorno	Válvula de descarga	Tuberías	Panel de arranque
1	Asosoca Alta #4	JICA	JICA				JICA
2	Asosoca Alta Superior #3	JICA	JICA				JICA
3	Altamira #1	JICA	JICA			JICA	JICA
4	Altamira #2	JICA	JICA			JICA	JICA
5	Altamira #5	JICA	JICA	JICA		JICA	JICA
6	Km 8 C. Masaya #1	JICA	JICA	JICA	JICA	JICA	JICA
7	Km 8 C. Masaya #3	JICA	JICA	JICA	JICA	JICA	JICA
8	San Judas #2	JICA	JICA				
9	San Judas #3	JICA	JICA				
10	Km 18 C. Masaya #1	JICA	JICA				JICA
11	Km 9.5 C. Sur #3	JICA	JICA	JICA	JICA	JICA	JICA
12	Km 8 C. Sur #1	JICA	JICA				JICA

Repuestos de Bomba

Repuestos	Cantidad	Repuestos	Cantidad
Impulsor	2	Balnera P	4
Anillo de revestimiento	4	Balnera M	4
Balneras	4	Anillo de aceite	8
Manga	4	Soporte de glándula	2
Empaquetadura de glándula	8	Escurreidor	2
Anillo de sellado de agua	2	Tuerca del eje principal	4

資料編 7-1. テクニカルノート（仮訳）

TECHNICAL NOTES
ON
THE PREPARATORY SURVEY ON THE PROJECT
FOR IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY IN MANAGUA CITY
IN THE REPUBLIC OF NICARAGUA

Based on the Minutes of Discussions (hereinafter referred to as "M/D") on the Preparatory Survey on the Project for Improvement of Water Supply in Managua City in the Republic of Nicaragua (hereinafter referred to as "the Project") signed on May 17th, 2021 between Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA") and E Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (hereinafter referred to as "ENACAL"), of the Government of Nicaragua, the consultant members of the JICA Preparatory Survey Team (hereinafter referred to as "the Team") had a series of discussions and conducted field surveys from April 21st and will continue until June 05th, 2021.

As a result of the discussions and the surveys, both sides (ENACAL and the Team) confirmed the technical conditions described in the attached sheets of this note.

It should be noted that this technical note does not mean the commitment of the project scope, project implementation, design and method to be implemented. The final project scope, project implementation, designs, etc. will be decided by the Government of Japan.

June 01st, 2021

Iván García Olivera
Director de Planificación
ENACAL

Jader Grillo
Gerente de Operaciones
ENACAL

Mr. HADA Satoru
Chief Consultant
JICA Study Team

ATTACHMENT

Both sides agreed upon and confirmed the following items.

1. List of Equipment

In the M/D, JICA and ENACAL have agreed on the list of Equipment shown in Table 1.

Table 1: List of Equipment

No	Equipment	Qty
1	Reservoirs (Asososca Alta macro-sector, Asososca Baja macro-sector)	2 tanks
2	Leak repair equipment (Aqueduct at Managua I)	3 sets
3	Electromechanical workshop (Loading/unloading equipment, Machining equipment, Electrical equipment and Vehicles)	1 set
4	Inverters (Selection of Wells to be installed will be decided on technical note meeting)	25-35 Wells
5	Transmissison pumps (3 pumps in Altamira, 2 in Asososca, 2 in Km8 Carretera a Masaya, 2 in San Judas, 1 in Km18 Carretera Masaya, 1 in Km8 Carretera Sur and 1 in Km9.5 Carretera Sur)	12 pumps
6	Flow control valve (San Judas reservoir)	1 valve
7	Equipment for contributing the NRW reduction activities	1 set

(1) Inverters

The Team explained the candidate location to be installed inverters (refer to **ANNEX-1**). The final location will be decided by the analysis in Japan. The Team recommended to ENACAL as followings.

- To start the operation of new pump facilities in Shell Metrocentro until the end of September.
- To replace the vertical motor pump to Submerged pump as far as possible because the vertical motor pump has lower lifecycle comparing to Submerged pump.
- To inform to the Team when the candidate pump may become un-functional condition.

(2) Electromechanical Workshop

The Team explained the detailed equipment list (draft) to ENACAL (refer to **ANNEX-2**). Both ENACAL and the Team agreed on draft equipment list for Electromechanical Workshop. The final list will be decided by the analysis in Japan. The Team requested to ENACAL as followings.

- To remove the existing equipment and prepare free spaces when installation works will be implemented (2022).
- To prepare the workbenches for bench drilling machine and bench grinder
- To prepare the storage shelf for properly storing various hand tools, small power tools, measuring tools, electronic measuring tools, etc.

2. Technical Investigations

The Team is implementing technical investigations through subcontracting to local companies. The Team requested to ENACAL to necessary assistances for permission to enter into their plots, permission to excavate for geological boring. The ongoing technical investigations are shown in Table-2.

Table 2: List of Investigations

No	Investigations	Subcontracted Compnay
1	Topographic survey	ING. Jairo Camilo Perez Pastrana
2	Geographic survey	Ingenieria de Materiales, S.A. - nicaSolum
3	Water quality analysis	
4	Water level survey	

3. Area of Responsibility of undertakings

As we agreed on M/D, the Team proposed the area of responsibility undertaking of works shown in Table 3. Details of undertakings for replacement of distribution pumps is shown in ANNEX-3.

Table 3: Area of Responsibility of undertakings

No	Equipment	Responsibility of Nicaragua	Responsibility of Japan
1	Inverters	Securing installation space and leveling	Installation of a shed Installation of inverters Connection of cables Pressure gauge installation
2	Transmission Pump	Connection pipes installation, Connection of cables, Removal of existing facilities	Installation of pumps, motors, panels, valves and pipes Foundation of pumps, motors and panels
3	Reservoirs	EIA application, monitoring Land preparation (earth work)	Foundation work, Installation Works Pipe connection works including valves
4	Leak repair Equipment	Application of road permit for crane installation	Scaffolding Works, Installation work, Cleaning pipe flange, Painting, and installation of inspection passage
5	Electromechanical Workshop	Securing installation space, Removing existing facilities	Foundation Works for cranes and lathes Installation of Panel
6	Common Works	Acquisition of necessary permissions, Assistances of tax exemption	

In addition, the Team reminds to ENACAL relating works implementing by ENACAL which is agreed on M/D. The following works shall be completed by promised date.

- Obras de reparación de fugas en el reservorio de Altamira (antes de finales de septiembre del 2021)
- Obras de reparación de tuberías en el reservorio de Seminario (antes de finales de noviembre del 2021)

4. Data provision

The Team is requesting the data, information, drawings and reports to ENACAL. ENACAL agreed to prepare the requested data as soon as possible.

The team is planning to have baseline data in pumping stations. The team requested to ENACAL the permission for implementing a water flow/pressure/power consumption test in proposed pumping stations.

5. Social and Environmental Considerations

ENACAL agreed to play the main role of conducting Environmental Authorization activities followed by executive decree No. 20-2017 approve on November 28, 2017. Both sides confirmed that the resettlement would not occur in the project implementation. Both sides confirmed that the proposed locations to be installed reservoir tank are located in ENACAL own land. ENACAL will provide the land register report to the Team.

6. Soft Component

Regarding the operation and maintenance management of the Workshop and Inverters, the equipment to be procured/installed and systems will be newly introduced. Therefore, it needs to be educated and

trained the current staff how to use the equipment and how to manage the distribution system. Both sides agreed that the training of newly installed/procured equipment shall be held in the Project.

7. Study of the available volume of groundwater in the Grupo Las Sierras aquifer area

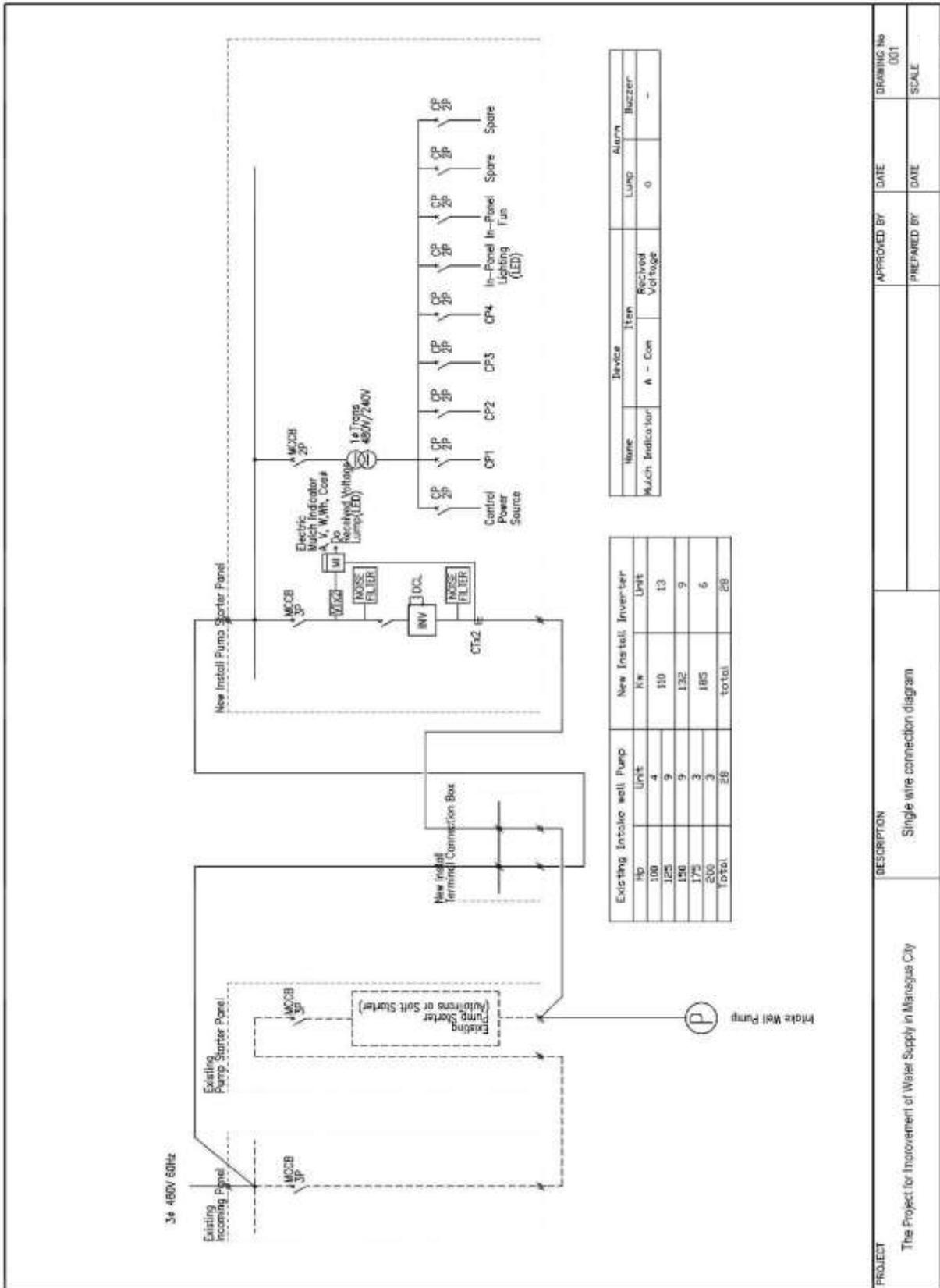
The team is now acquiring necessary data, information from ENACAL, related organizations and site investigations. The groundwater simulation will be analyzed in Japan using acquired data. The training and workshop seminar will be held on October when the Team will come back to Nicaragua.

Both sides confirmed that the software of groundwater simulation must be considered sustainable use in ENACAL. The software will be decided the discussion between Engineers from ENACAL and the Experts from the Team.

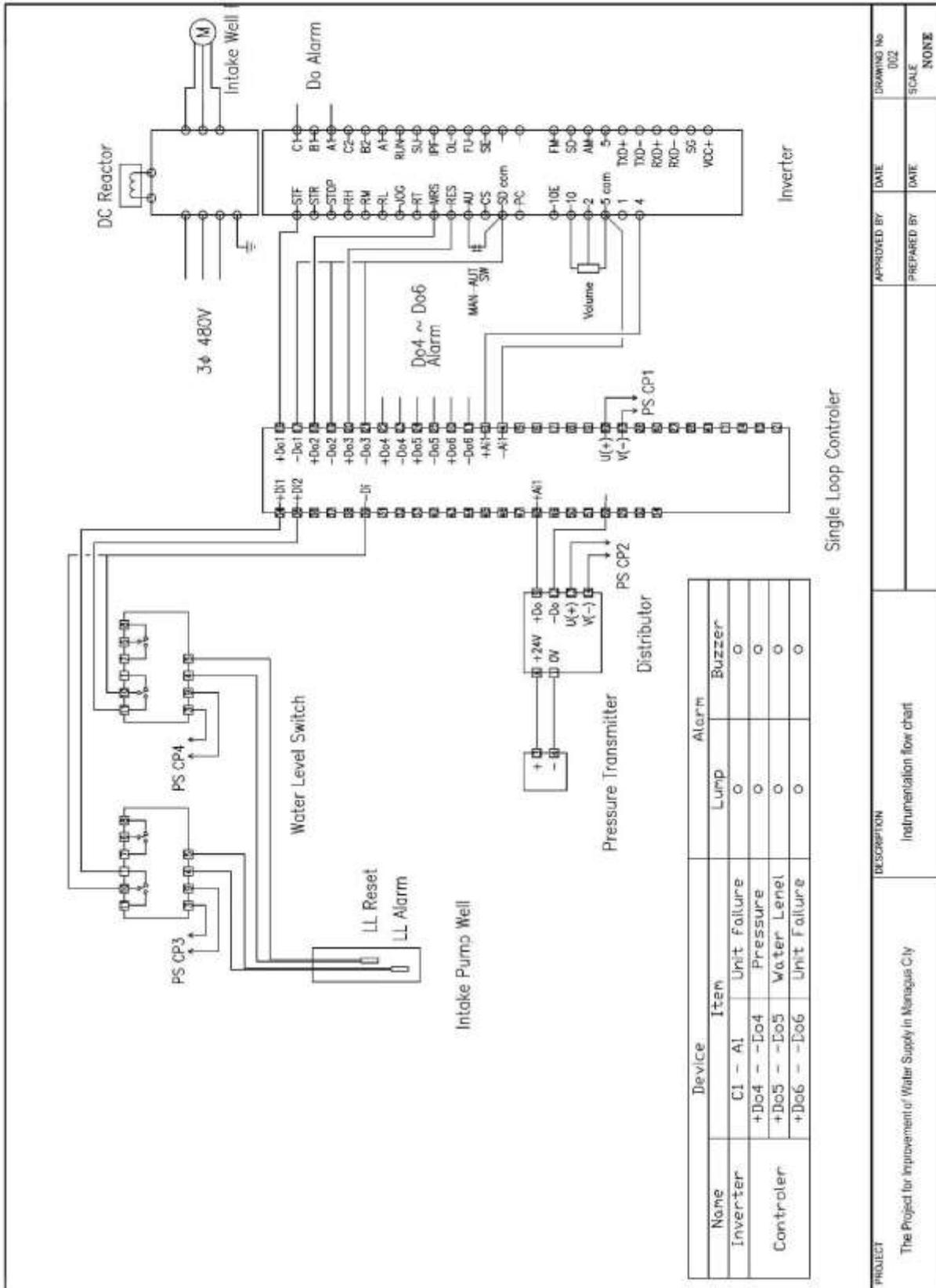
The Team requested to ENACAL to select right persons (5-6) to be participated in the training to be held on October. The trainees shall be the persons doing actual analysis, planning works.

資料編 7-2. 概略設計図

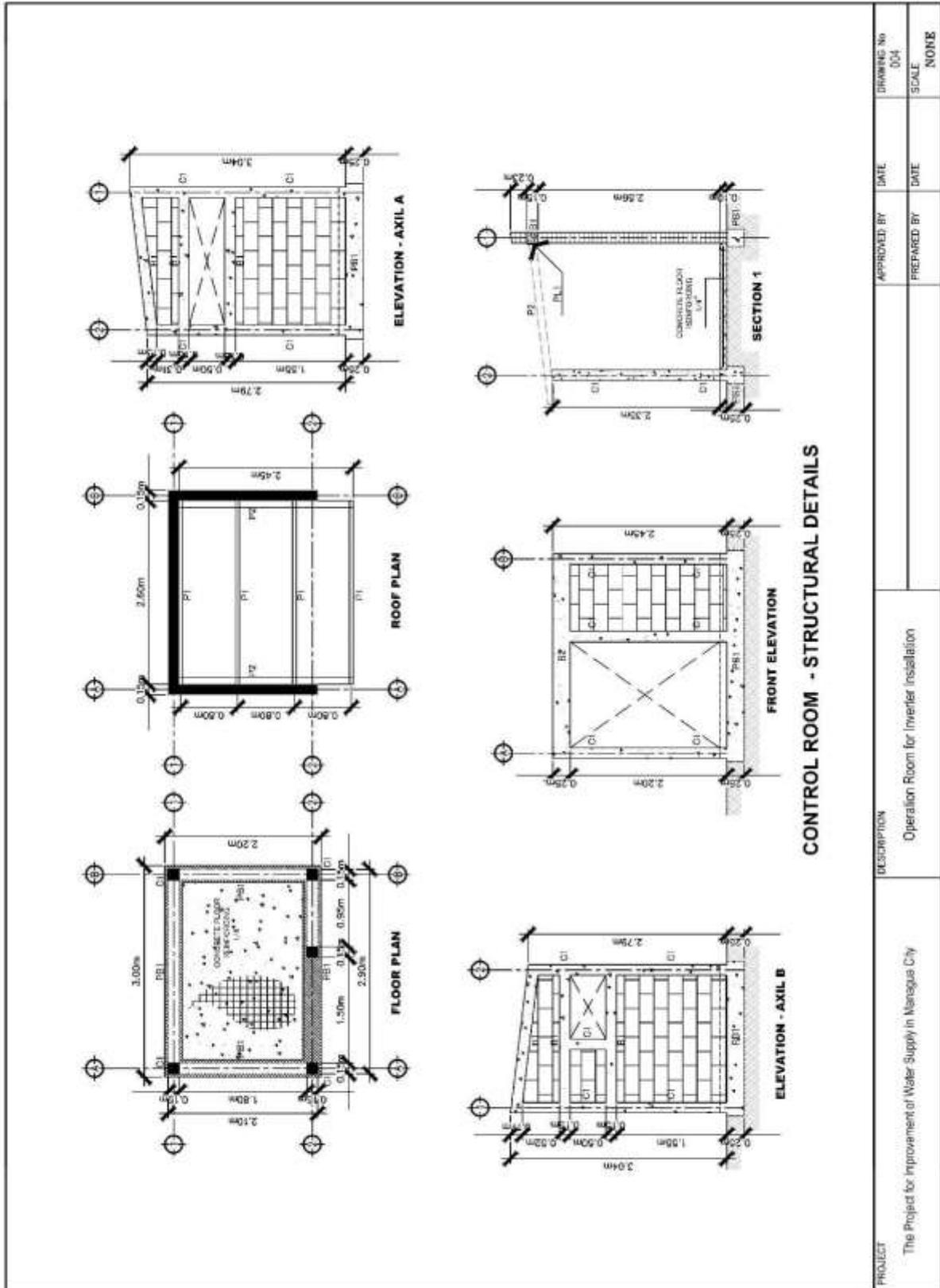
図面番号	図 面 名
001	インバータ 単線結線図
002	インバータ 計装フロー図
003	インバータ 操作室概略図
004	インバータ 操作室概略図
005	組立式配水池 概略配置図
006	漏水修理機材 参考組立図
007	機電修理ワークショップ 施設概要図



PROJECT	DESCRIPTION		DRAWING No
The Project for Improvement of Water Supply in Marousi City	Single wire connection diagram		DC1
	APPROVED BY	DATE	SCALE
	PREPARED BY	DATE	

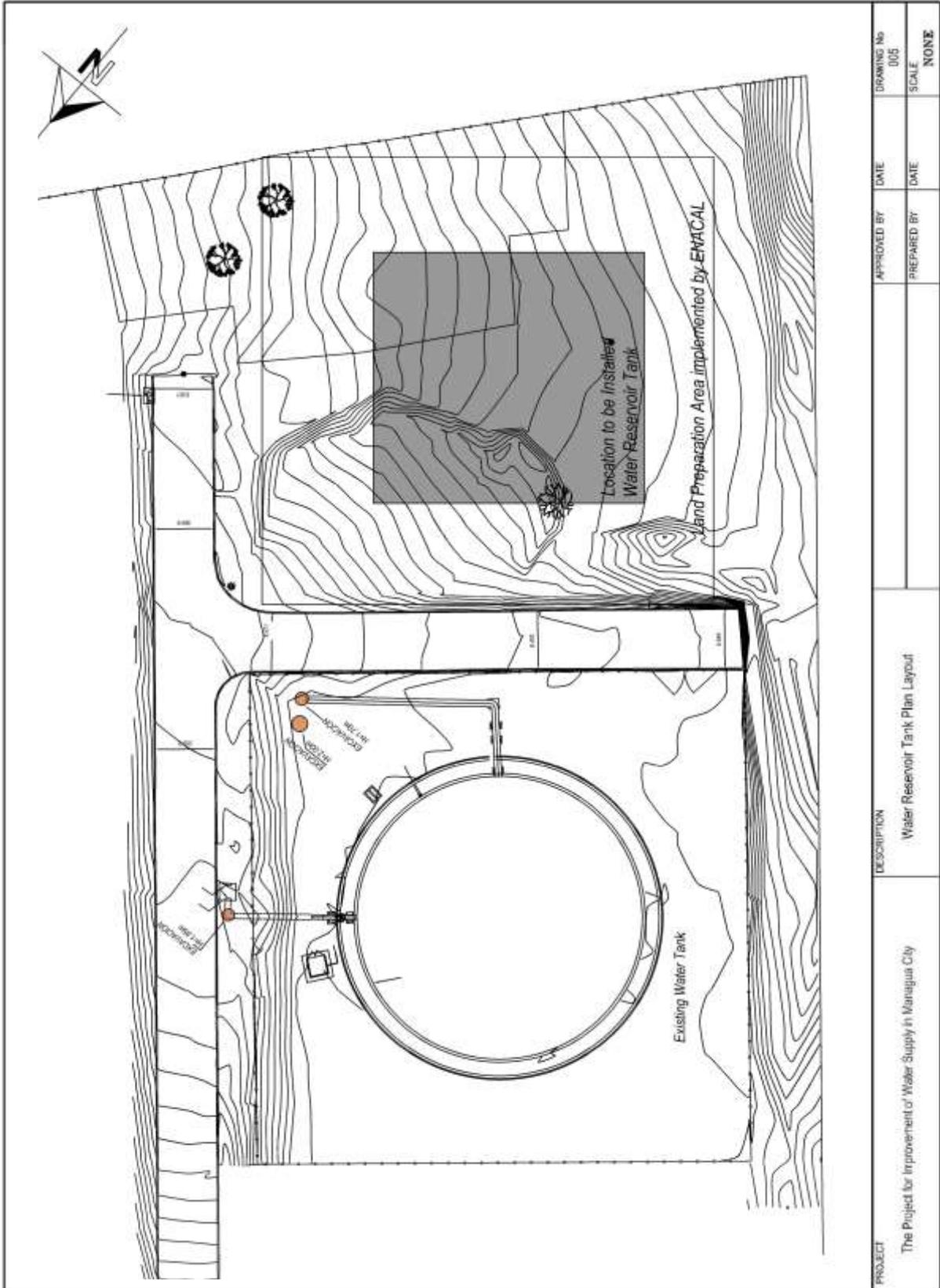


PROJECT	DESCRIPTION	APPROVED BY	DATE	DRAWING No
The Project for Improvement of Water Supply in Managua City	Instrumentation flow chart	PREPARED BY	DATE	002
				SCALE
				NONE

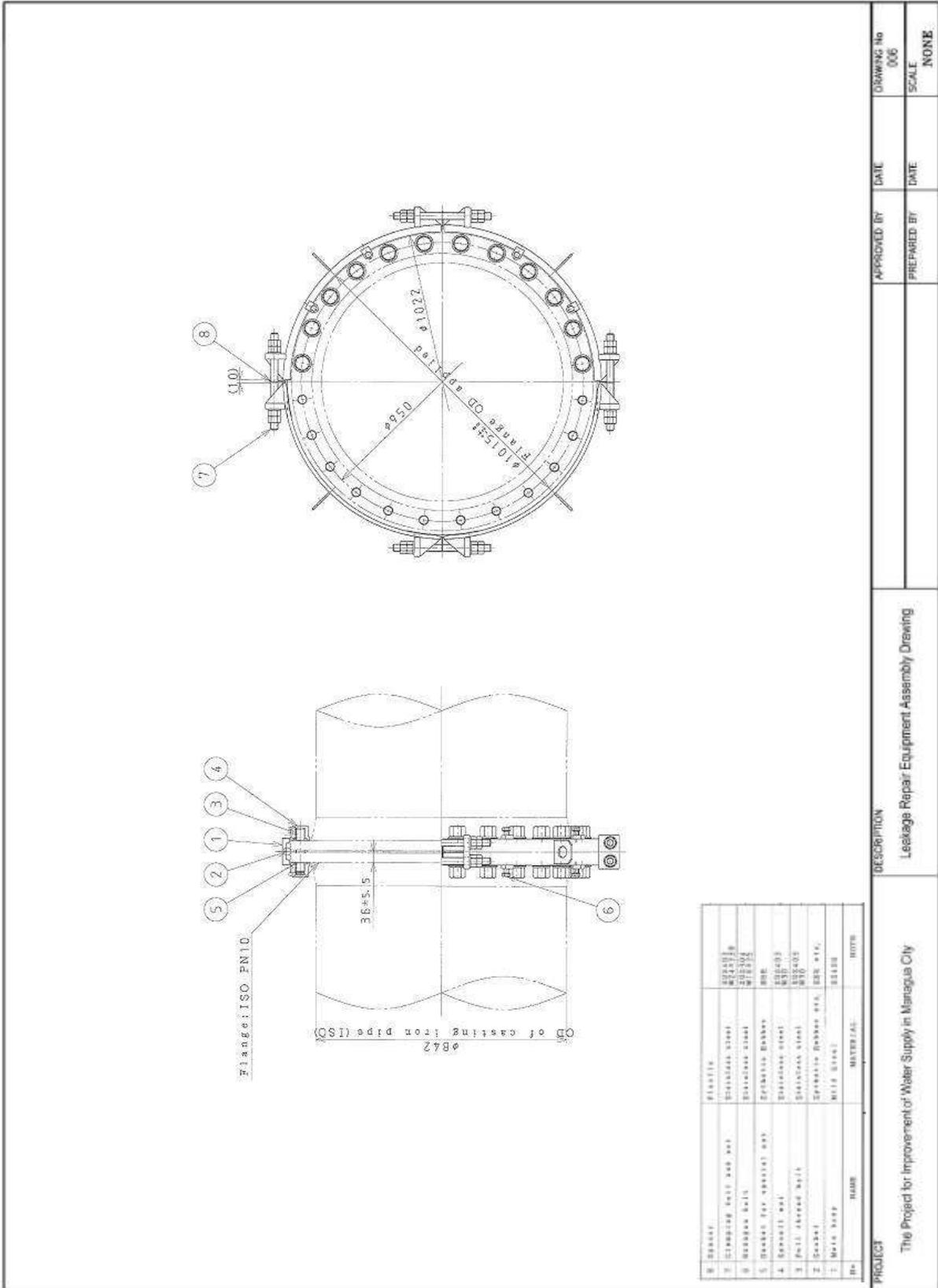


CONTROL ROOM - STRUCTURAL DETAILS

PROJECT	DESCRIPTION	APPROVED BY	DATE	DRAWING No
		PREPARED BY	DATE	SCALE
The Project for Improvement of Water Supply in Managua City				004
Operation Room for Inverter Insulation				NONE



PROJECT	DESCRIPTION	APPROVED BY	DATE	DRAWING No.
		PREPARED BY	DATE	SCALE
The Project for Improvement of Water Supply in Managua City	Water Reservoir Tank Plan Layout			005
				NONE



G/A NO. XXXXXXX
PMR prepared on DD/MM/YY

1: Project Description	
-------------------------------	--

1-1 Project Objective

To reduce operation and maintenance costs and improve the efficiency of water supply and distribution by developing materials and equipment and distribution reservoir tank necessary for water leakage reduction and energy efficiency improvement in Managua City, thereby stabilizing water supply services in the target area. And those that contribute to the improvement of the living and sanitary environment of the residents.

1-2 Project Rationale

- Higher-level objectives to which the project contributes (national/regional/sectoral policies and strategies)
- Situation of the target groups to which the project addresses

[Higher-level objectives]

ENACAL's business strategy is implemented based on "ENACAL Organization Development Strategy Plan 2013-2017" (PEDI: Plan Estratégico de Desarrollo Institucional de ENACAL) and "ENACAL Organization Development Strategy Plan 2020-2025". Furthermore, in 2017, the "Strategic Strengthening Plan 2017-2021" (Plan Estratégico de Fortalecimiento 2017-2021) was formulated to complement these.

PEDI has set the following seven strategic goals and is working to improve water services.

1. Reduce non-revenue water in water systems in Managua and other regions
2. Reduce energy consumption costs
3. Achieve financial sustainability as a corporate entity in the long term and independent profitability of operation in the short term
4. Strengthen organizational capacity so that each public service provider meets high management standards and contributes to higher services to all residents.
5. Improve water and sewerage services for all residents supported by ENACAL
6. Contribute to the conservation and protection of the environment in order to guarantee water resources for current and future generations.
7. Achieve justice and social equity in access to water hygiene services.

[Situation of the target groups/area]

In the capital city of Managua, water demand is increasing rapidly with a 4% annual population increase, but only 50% of the areas receive 24-hour water supply. In addition, about 14% of customers have a daily water supply time of 8 hours or less. Therefore, the stable water supply has become an urgent issue for ensuring public health, including measures against infectious diseases.

The causes include insufficient water source and distribution reservoir capacity, as well as water leakage due to aging facilities and insufficient water pressure management capacity. In addition to water leakages, the electricity costs required to pump groundwater, which is the main water source of Managua, are a heavy burden, putting pressure on the financial situation of ENACAL, which is responsible for the water and sewage business in Nicaragua. It makes difficult to secure funds for improving water supply services.

G/A NO. XXXXXXX
PMR prepared on DD/MM/YY

1-3 Indicators for measurement of "Effectiveness"

Quantitative indicators to measure the attainment of project objectives		
Indicators	Original (Yr: 2020)	Target (Yr: 2027)
Volume of NRW reduction by this Project in Managua City	0	5,992 (thousand m ³) ¹
Electricity consumption per unit production volume	0.80 ²	0.77 ³
Average water supply hours in the target area for installation of water reservoir tank	9.0	17.0
<p>1. Since it is difficult to calculate the amount for this project alone, it will be calculated by comparing the amount of NRW in Managua City in 2017 and 2027, when accurate data collection was started by PROGESTION. However, the estimated reduction amount from 2017 to 2027 by ENACAL's own operation (4,904 thousand m³) (calculated based on the annual reduction amount of 490,000 m³ based on the actual reduction amount from 2017 to 2020) will also be considered separately.</p> <p>2. Electricity consumption / Production water amount (164,958,598kWh / 204,921,300 m³)</p> <p>3. Electricity consumption / Production water amount (156,853,132kWh / 204,921,300m³). Since the amount of power consumption reduction compared to the base year power consumption is 8,105,466 kWh, considering the power charge 2.93 Cordoba (C \$) / kWh, it is expected that the annual cost reduction will be about 23.7 million C \$.</p>		
Qualitative indicators to measure the attainment of project objectives		
Water supply services will be improved and stabilized, and the sanitary environment of Managua will be improved.		

2: Details of the Project

2-1 Location

Components	Original <i>(proposed in the outline design)</i>	Actual
1. Managua City	Managua City	

2-2 Scope of the work

Components	Original <i>(proposed in the outline design)</i>	Actual
1. Inverter	<p>28 locations</p> <p>Bello Horizonte</p> <p>Rafaela Herrera</p> <p>Buenos Aires</p> <p>Monseñor Lezcano</p> <p>Mercado Oriental</p> <p>Santa Rosa (B.Horizonte #2)</p> <p>Bertha Calderón</p> <p>Portezuelo N° 02</p> <p>Olof Palme</p> <p>Veléz Paíz</p> <p>30 de Mayo #2</p> <p>M.T.I.</p>	

7.3. Project Monitoring Report

G/A NO. XXXXXXX
PMR prepared on DD/MM/YY

	San Antonio Tenderi Julio Martínez Portezuelo N° 01 Parque Las Madres Los Gauchos Loma Linda (Sierra Maestra) Hospital del niño La Merced San Antonio Sur Bosques de San Isidro Serrania Donatello Milagro de Dios Camilo Ortega #2 Ticoma Sur	
2. Water reservoir tank	Asososca Alta (Las Pilas) 4.600m ³	
3. Water pump	7 water pumps Asososca #3 Asososca #4 Altamira #1 San Judas #2 KM8.5 C. Sur #1 KM9.5 C. Sur #3 KM18 C. Masaya #1	
4. Flow control valve	1 valve San Judas water reservoir tank	
5. Leakage repair equipment	At Leakage points in Aqueeduct 3 leakage repair equipment	
6. Equipment for electromechanical workshop	1. Electric trolley type chain block (1set) 2. Mobile gantry crane (1set) 3. Mobile floor crane (1set) 4. Hand winch (load tightening machine) with rope (1set) 5. Lever block (1unit) 6. Hanging tool for slinging work (1set) 7. Pallet truck (1set) 8. Machine rollers and jacks with claws (1set) 9. Bogie (1set) 10. Hydraulic press (1unit) 11. Lathe (1unit) 12. Upright drilling board (1unit) 13. Milling machine (1unit) 14. Desktop drilling machine (1unit) 15. High speed cutter (1unit) 16. Diesel engine welding / generator (1set) 17. Gas fusing device set (1set) 18. Stone brush (1set) 19. Double-ended wrench set	

G/A NO. XXXXXXX
PMR prepared on DD/MM/YY

	<p>(10units)</p> <p>20. Double-ended offset box wrench (10units)</p> <p>21. Adjustable pipe wrench (10units)</p> <p>22. Chain wrench (10units)</p> <p>23. Bolt cutting machine (1unit)</p> <p>24. Precision machine tool set (1set)</p> <p>25. Electric disc grinder (1set)</p> <p>26. Desktop electric grinder, three-phase (1unit)</p> <p>27. Air compressor (1unit)</p> <p>28. Air impact wrench (1set)</p> <p>29. Heat drying furnace (1unit)</p> <p>30. Infrared lamp stand (1unit)</p> <p>31. Caliper (1set)</p> <p>32. External micrometer (1set)</p> <p>33. Machine tool set (1set)</p> <p>34. Torque wrench dial type (1set)</p> <p>35. Analog tester (1set)</p> <p>36. Digital multi-tester (2units)</p> <p>37. Clamp meter (1unit)</p> <p>38. Insulation resistance tester (1unit)</p> <p>39. Phase detector (1unit)</p> <p>40. Ground resistance meter (1unit)</p> <p>41. Electroscopes (1unit)</p> <p>42. Electroscopes (AC / DC high voltage) (1unit)</p> <p>43. Water pliers (2units)</p> <p>44. Wire coating stripper (4units)</p> <p>45. Needle-nose pliers (4units)</p> <p>46. Pliers (4units)</p> <p>47. Nippers (4units)</p> <p>48. Crimping tool (4units)</p> <p>49. Cable cutter (4units)</p> <p>50. Bolt cutter (4units)</p> <p>51. Battery-powered drill (2units)</p> <p>52. Impact driver (2units)</p> <p>53. Electric vibration drill (2sets)</p> <p>54. Drilling saw set (3sets)</p> <p>55. Hydraulic hole puncher (1unit)</p> <p>56. LED mobile rechargeable lamp (3sets)</p> <p>57. Plasma cutting machine (1unit)</p> <p>58. Arc welder (1unit)</p> <p>59. With gas blower cart (2units)</p> <p>60. Soldering iron (1set)</p> <p>61. Portable power tool set (5sets)</p> <p>62. Electric tool set (type 1 and type 2) (1set)</p> <p>63. Calipers for electricians (1set)</p> <p>64. External micrometer for electrical work (1unit)</p>	
--	---	--

7.3. Project Monitoring Report

G/A NO. XXXXXXX
PMR prepared on DD/MM/YY

	65. Vibration meter (1unit) 66. Radiation thermometer (1unit) 67. Laser rangefinder (1unit) 68. Mobile repair car (1unit) 69. Forklift (1unit) 70. Submersible pump flow rate characterization system (1set)	
7. Equipment for NRW reduction activities	1. Digital leak detector (2 sets) 2. Boring bar (4sets) 3. Multiple correlation leak detector (2 sets) 4. Ultrasonic flow meter (2 sets) 5. Leak detector for service connection (4 sets) 6. Concrete cutter (2 sets) Drainage pump (2 sets)	

Reasons for modification of scope (if any).

(PMR)

2-3 Implementation Schedule

Items	Original		Actual
	(proposed in the outline design)	(at the time of signing the Grant Agreement)	
Cabinet approval	02/2022		
E/N	03/2022		
G/A	04/2022		
Detail Design	04/2022 – 07/2022		
Tender Notice	07/2022		
Tender	10/2022		
Award to Contract	10/2022		
Completion of Contract	02/2023		
Project Completion	02/2023		

Reasons for any changes of the schedule, and their effects on the project (if any)

2-4 Obligations by the Recipient

2-4-1 Progress of Specific Obligations

See Attachment 2.

2-4-2 Activities

See Attachment 3.

2-4-3 Report on RD

See Attachment 11.

2-5 Project Cost

2-5-1 Cost borne by the Grant(Confidential until the Bidding)

G/A NO. XXXXXXX
PMR prepared on DD/MM/YY

Components			Cost (Million Yen)	
	Original (proposed in the outline design)	Actual (in case of any modification)	Original ^{1),2)} (proposed in the outline design)	Actual
Procurement Services	1. Equipment Cost 2. Transportation Cost 3. Installation Cost 4. Supervision Cost			
Consulting Services	1. Detail Design 2. Supervision Service 3. Soft Component			
Total				

Note: 1) Date of estimation: June 2021
2) Exchange rate: 1 US Dollar = 109.97 Yen

2-5-2 Cost borne by the Recipient

Components			Cost (USD)	
	Original (proposed in the outline design)	Actual (in case of any modification)	Original ¹⁾ (proposed in the outline design)	Actual
1	Banking fee		7,200	
2	Removal work of existing equipment, removal disposal cost		25,700	
3	Water and electricity charges for filling water tests, etc.		82,230	
4	Soil work at the water reservoir installation site		123,656	
5	Storage shelves in mechanical and electrical repair workshops		1,250	
6	Repair and painting of aqueduct management passages		6,753	
7	Securing and leveling the inverter operation room		700	
			237,489	

Note: 1) Date of estimation: June 2021

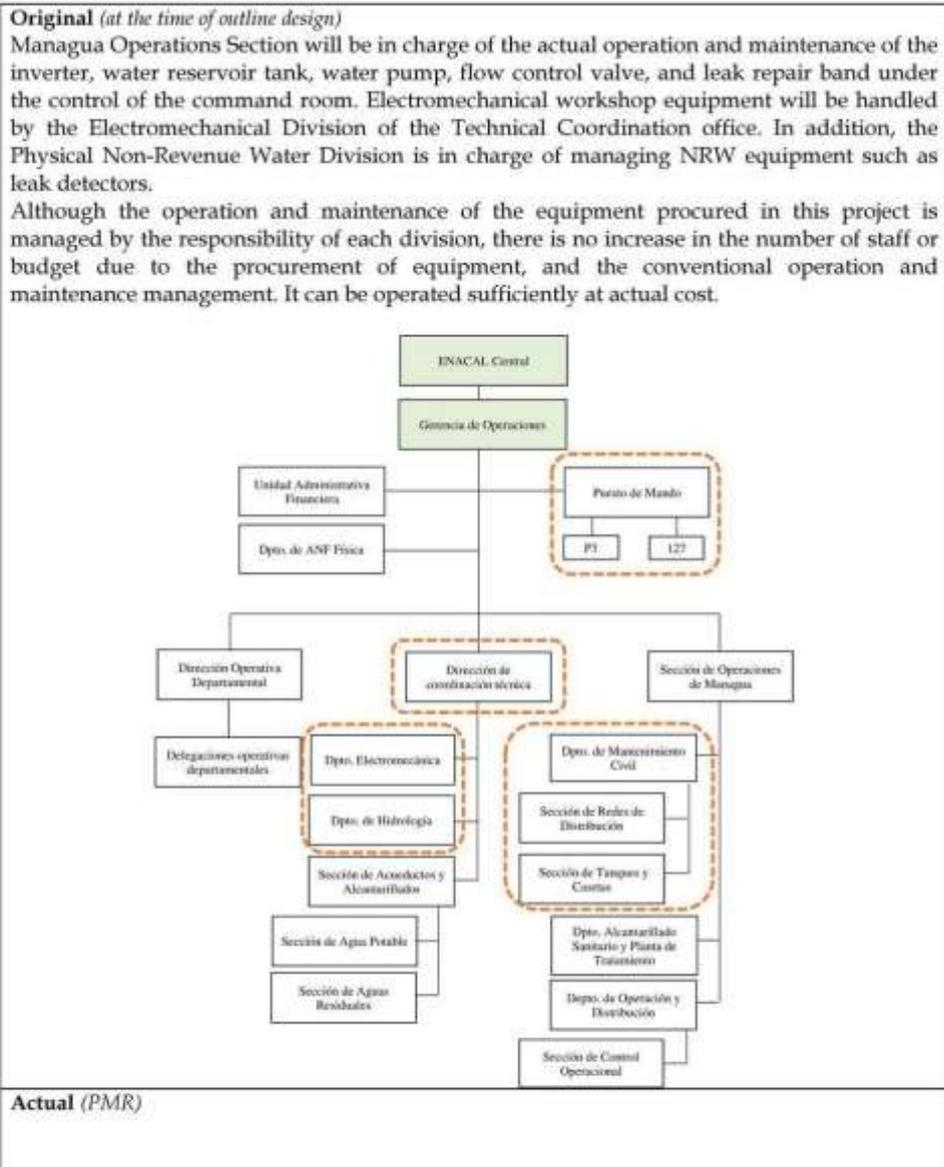
Reasons for the remarkable gaps between the original and actual cost, and the countermeasures (if any)

(PMR)

2-6 Executing Agency

- Organization's role, financial position, capacity, cost recovery etc,
- Organization Chart including the unit in charge of the implementation and number of employees.

G/A NO. XXXXXXX
 PMR prepared on DD/MM/YY



3-2 **Budgetary Arrangement**
 - Required O&M cost and actual budget allocation for O&M

G/A NO. XXXXXXX
PMR prepared on DD/MM/YY

Original (at the time of outline design)		
Estimated O&M cost is as followings.		
Equipment	Item.	Annual Cost (C\$)
Inverter	Labor costs	4,730,880
	Electricity Charge	41,589,943
	Annual repair cost (inc. well pump)	353,000
Water reservoir tank	Labor costs	675,840
	Annual repair cost	84,480
Water pump	Labor costs	3,379,200
	Electricity Charge	49,753,005
	Annual repair cost	168,960
Flow control valve	Labor costs	506,880
Actual (PMR)		

4: Potential Risks and Mitigation Measures

- Potential risks which may affect the project implementation, attainment of objectives, sustainability
- Mitigation measures corresponding to the potential risks

Assessment of Potential Risks (at the time of outline design)

Potential Risks	Assessment
1. To secure and clear land preparation for water reservoir tank	Probability: High/Moderate/Low
	Impact: High/Moderate/Low
	Analysis of Probability and Impact:
	The soil work will be required prior to the bidding announcement to commence the construction work smoothly.
	Mitigation Measures:
	Discussion of the soil work in well advance so that the securing of land preparation could complete prior to the bidding announcement.
	Action required during the implementation stage:
	The land preparation of water reservoir tank is required prior to the bidding announcement.
2. To obtain the necessary permission for installation work	Contingency Plan (if applicable):
	N/A
	Probability: High/Moderate/Low
	Impact: High/Moderate/Low
	Analysis of Probability and Impact:
	Mostly the project area is inside of ENACAL own plots. However, when the leakage repair equipment will be installed, we need to obtain the permission from road management authority due to truck crane will be occupied in the national road.
	In addition, EIA procedure will be needed for Water reservoir tank installation.
	Mitigation Measures:
Discussion of obtaining the necessary permissions in	

G/A NO. XXXXXXX
 PMR prepared on DD/MM/YY

	well advance so that installation work will be managed smoothly prior to the installation works
	Action required during the implementation stage:
	Obtaining necessary permissions is required prior to installation work.
	Contingency Plan (if applicable):
Actual Situation and Countermeasures	
(PMR)	

5: Evaluation and Monitoring Plan (after the work completion)

5-1 Overall evaluation

Please describe your overall evaluation on the project.

--

5-2 Lessons Learnt and Recommendations

Please raise any lessons learned from the project experience, which might be valuable for the future assistance or similar type of projects, as well as any recommendations, which might be beneficial for better realization of the project effect, impact and assurance of sustainability.

--

5-3 Monitoring Plan of the Indicators for Post-Evaluation

Please describe monitoring methods, section(s)/department(s) in charge of monitoring, frequency, the term to monitor the indicators stipulated in 1-3.

--

7.3. Project Monitoring Report

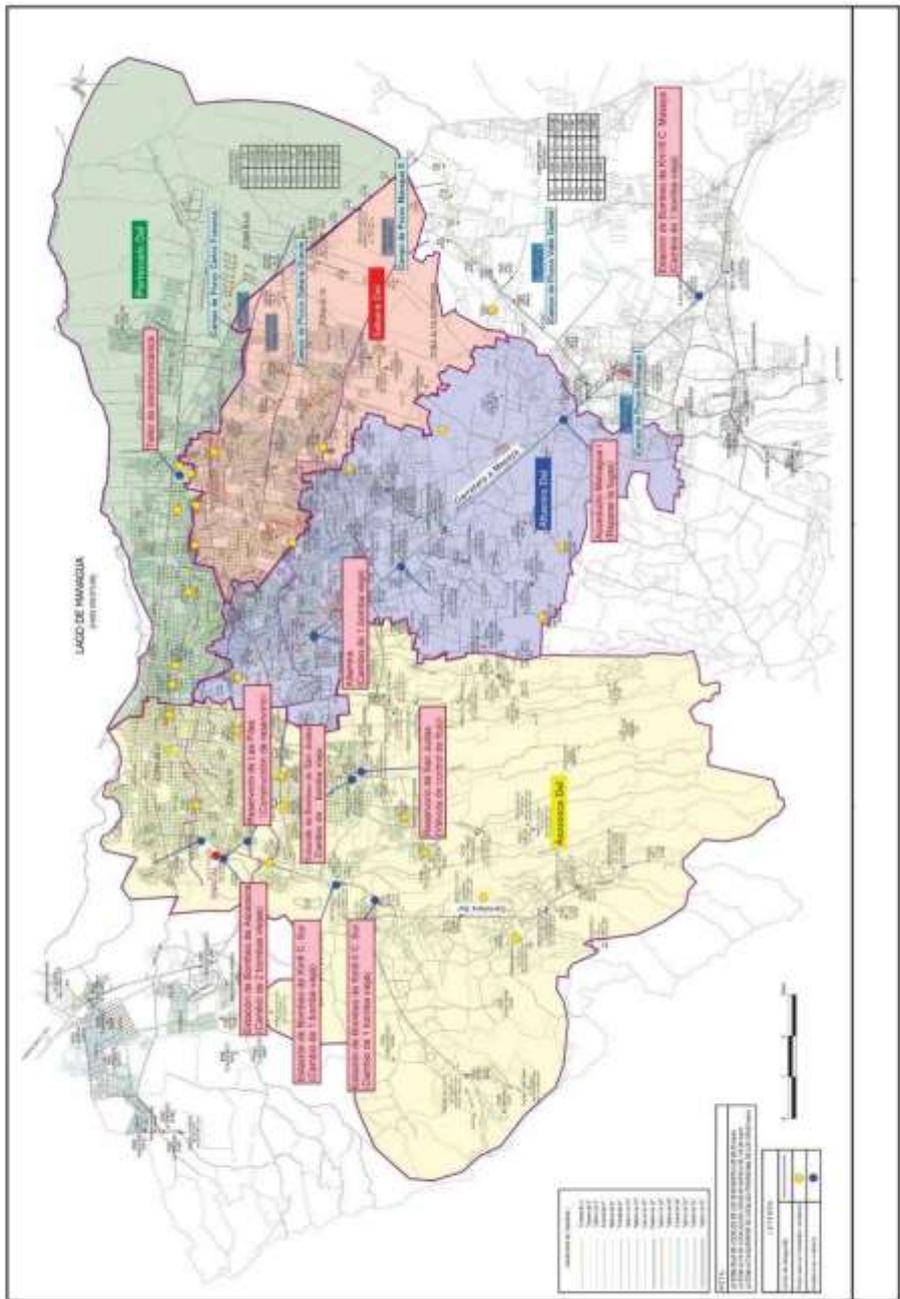
G/A NO. XXXXXXX
PMR prepared on DD/MM/YY

Attachment

1. Project Location Map
2. Specific obligations of the Recipient which will not be funded with the Grant
3. Monthly Report submitted by the Consultant
- Appendix - Photocopy of Contractor's Progress Report (if any)
 - Consultant Member List
 - Contractor's Main Staff List
4. Check list for the Contract (including Record of Amendment of the Contract/Agreement and Schedule of Payment)
5. Environmental Monitoring Form / Social Monitoring Form
6. Monitoring sheet on price of specified materials (Quarterly)
7. Report on Proportion of Procurement (Recipient Country, Japan and Third Countries) (PMR (final) only)
8. Pictures (by JPEG style by CD-R) (PMR (final) only)
9. Equipment List (PMR (final) only)
10. Drawing (PMR (final) only)
11. Report on RD (After project)

G/A NO. XXXXXXX
 PMR prepared on DD/MM/YY

Attachment I Project Location Map



G/A NO. XXXXXXX
PMR prepared on DD/MM/YY

Attachment 2 Specific obligations of the Government of Nicaragua which will not be funded with the Grant

(1) Before the Tender

NO	Items	Deadline	In charge	Estimated Cost	Ref.
1	To sign the banking arrangement (B/A) with a bank in Japan (the Agent Bank) to open bank account for the Grant	within 1 month after the signing of the G/A	MHCP		
2	To issue A/P to a bank in Japan (the Agent Bank) for the payment to the consultant	within 1 month after the signing of the contract	MHCP		
3	To implement social monitoring, and to submit the monitoring results to JICA, by using the monitoring form, on a quarterly basis as a part of Project Monitoring Report	before notice of the bidding document(s)	ENACAL		
4	To clear, level and reclaim the following sites <ul style="list-style-type: none"> ➤ Land to be installed water reservoir tank (Las Pilas, 40mx40m = 1600m², GL+158m) ➤ Land to be installed inverters (28 sites, 4mx3m=12m²) 	July 2022	ENACAL	\$123,656 \$700	

(2) During the Project Implementation

NO	Items	Deadline	In charge	Estimated Cost	Ref.
1	To issue A/P to the Agent Bank for the payment to the supplier	within 1 month after the signing of the contract	MHCP		
2	To bear the following commissions to the Agent Bank for the banking services based upon the B/A <ul style="list-style-type: none"> 1) Advising commission of A/P 2) Payment commission for A/P 	within 1 month after the signing of the contract every payment	MHCP MHCP	\$7,200	
3	To ensure prompt unloading and customs clearance at ports of disembarkation in the country of the Recipient and to assist the Supplier(s) with internal transportation therein	during the Project	MHCP		
4	To accord Japanese physical persons and/or physical persons of third countries whose services may be required in connection with the supply of the products and the services such facilities as may be necessary for their entry into the country of the Recipient and stay therein for the performance of their work	during the Project	MHCP		
5	To ensure that customs duties, internal taxes and other fiscal levies which may be imposed in the country of the Recipient with respect to the purchase of the products and/or the services be exempted by its designated authority without using the Grant	during the Project	MHCP		
6	To bear all the expenses, other than those covered by the Grant, necessary for the implementation of the Project	during the Project	ENACAL		
7	To provide facilities for distribution of electricity, water supply and drainage and other incidental facilities necessary for the implementation of the Project outside the site(s) <ul style="list-style-type: none"> 1. Electricity (distributing line to the site) 2. Water Supply (city water distribution main to the site) 3. Drainage (city drainage main to the site) 	before start of the installation work	ENACAL		
8	To ensure the safety of persons engaged in the implementation of the Project	during the Project	ENACAL		
9	To notify JICA promptly of any incident or accident, which has, or is likely to have, a significant adverse effect on the	during the Project	ENACAL		

7.3. Project Monitoring Report

G/A NO. XXXXXXX
PMR prepared on DD/MM/YY

	environment, the affected communities, the public or workers.				
10	To submit Project Monitoring Report after each work under the contract(s) such as shipping, hand over, installation and operational training	within 1 month after completion of each work	ENACAL		
11	To submit a report concerning completion of the Project	within 6 months after completion of the Project	ENACAL		
12	To obtain necessary permits during installation works such as traffic control, civil works, and river works etc.	before start of the installation work	ENACAL		
13	To remove/dispose the existing equipment (water pumps, control panels, equipment in the workshop, etc.)	during the Project	ENACAL	\$25,700	
14	To install storage shelves for tool management in electromechanical workshops	before handover of the equipment	ENACAL	\$1,250	
15	To repair and paint the management passages in aqueduct	during the Project	ENACAL	\$6,753	
16	To dispose residual soil generated during earthworks and to discharge wastewater generated during installation and incidental works	during the Project	ENACAL		
17	To bear water charges, labor costs, and electricity charges for the water filling test of the water reservoir tank, the trial run of the pump / inverter, and the trial run / adjustment of other equipment.	during the Project	ENACAL	\$82,230	
18	To provide place for suppliers and consultants to open site offices	during the Project	ENACAL		
19	To secure participants for soft components and paying venues and costs associated with training	during the Project	ENACAL		
20	To support traffic processing, guidance, and safety management during installation work	during the Project	ENACAL		

(3) After the Project

NO	Items	Deadline	In charge	Estimated Cost	Ref.
1	To maintain and use properly and effectively the facilities constructed and equipment provided under the Grant Aid 1) Allocation of maintenance cost 2) Operation and maintenance structure 3) Routine check/Periodic inspection	after completion of the construction	ENACAL		

Attachment 6 Monitoring sheet on price of specified materials

1. Initial Conditions (Confirmed)

Items of Specified Materials	Initial Volume A	Initial Unit Price (¥) B	Initial total Price C=A×B	1% of Contract Price D	Condition of payment Price (Increased) E=C-D	Condition of payment Price (Increased) F=C+D
1 Item 1	●●t	●	●	●	●	●
2 Item 2	●●t	●	●	●		
3 Item 3						
4 Item 4						
5 Item 5						

2. Monitoring of the Unit Price of Specified Materials

(1) Method of Monitoring : ●●

(2) Result of the Monitoring Survey on Unit Price for each specified materials

Items of Specified Materials	1st month, 2015	2nd month, 2015	3rd month, 2015	4th	5th	6th
1 Item 1	●	●	●			
2 Item 2						
3 Item 3						
4 Item 4						
5 Item 5						

(3) Summary of Discussion with Contractor (if necessary)

·

·

Attachment 7

Attachment 6 Report on Proportion of Procurement (Recipient Country, Japan and Third Countries)
 (Actual Expenditure by Construction and Equipment each)

	Domestic Procurement (Recipient Country) A	Foreign Procurement (Japan) B	Foreign Procurement (Third Countries) C	Total D
Construction Cost	(A/D%)	(B/D%)	(C/D%)	
Direct Construction Cost	(A/D%)	(B/D%)	(C/D%)	
others	(A/D%)	(B/D%)	(C/D%)	
Equipment Cost	(A/D%)	(B/D%)	(C/D%)	
Design and Supervision Cost	(A/D%)	(B/D%)	(C/D%)	
Total	(A/D%)	(B/D%)	(C/D%)	

