

ネパール連邦民主共和国
給水省 (MoWS)
ネパール水道公社 (NWSC)

ネパール国
ビラトナガル上水道改善計画
準備調査報告書
(先行公開版)

2021 年 11 月

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

八千代エンジニアリング株式会社
株式会社 TEC インターナショナル

環境
JR (P)
21 - 074

ネパール連邦民主共和国
給水省 (MoWS)
ネパール水道公社 (NWSC)

ネパール国
ビラトナガル上水道改善計画
準備調査報告書
(先行公開版)

2021 年 11 月

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

八千代エンジニアリング株式会社
株式会社 TEC インターナショナル

要約

1. 国の概要

ネパール連邦民主共和国（以下、ネパール）は、東、西、南の三方をインドに、北方を中国チベット自治区に接する西北から東南方向に細長い内陸国であり、人口約 2,649 万人（ネパール中央統計局、2011 年人口調査）、一人当たり GDP1,179USD（2018 年、IMF 統計）となっている。

国土は、世界最高地点エベレスト（サガルマータ）山を含むヒマラヤ山脈および中央部丘陵地帯と、南部のタライ平原から成る。このため、ヒマラヤ登山の玄関口としての役割を果たしている。面積は約 14.7 万 km² で北海道の約 1.8 倍である。

多民族・多言語国家（インド・アリア系の民族と、チベット・ビルマ系民族）であり、民族とカーストが複雑に関係し合っている。また、宗教もヒンドゥー教（元国教）、仏教、アニミズム等とその習合が混在する。

2. プロジェクトの背景、経緯及び概要

ビラトナガル市は、ネパールの第 3 の規模の経済都市で、人口は 300 千人（2019 年推定）を越える。市内では、NWSC 及び 3 つの WUSC が給水活動を実施している。しかし、給水人口は 90 千人余りであり、各戸給水の普及率は約 30% に留まる。ネパールの SDGs は、2030 年までに各戸給水率を 90% にするとしており、目標と現況のギャップは非常に大きい。なお、市域全般には公共／自家用のハンドポンプ井戸が広く普及しており、ほとんどの市民はハンドポンプの水で生活をしている。

このような背景のもと、ネパール政府は水道施設の整備により、ビラトナガル市における給水サービスの向上を図るため、第一次現地調査（2019 年 11 月）及び第二次現地調査（2020 年 1 月から 3 月）において協力準備調査団が派遣され、調査を行った。2 回における調査結果概要は、以下のとおりである。

市内の地下水は現在の社会経済活動に必要な水量を十分に賄えるレベルにあると考えられるが、地下水に含まれる鉄及びマンガンの濃度が飲料水水質基準を超えており、そのままでは飲用に適さない。また、ハンドポンプ井戸の水は行政による消毒管理が行き届かないため、ほとんどの市民は安全性が保証された水を享受することができない。そのため、上水道の基幹サービスプロバイダである NWSC には安全な水の安定給水が求められているが、2019 年に実施された 17 ヶ所の蛇口での水質サンプル中、大腸菌群（うち 4 ヶ所は糞便性大腸菌を含む）が 13 ヶ所で、飲料水水質基準を超える濃度の鉄／マンガンが 13 ヶ所で検出される等、飲料水水質基準を満足していない。なお、ネパールの SDGs では、2030 年までに大腸菌リスクをゼロにするとしており、水質面でも目標と現況のギャップは非常に大きい。

この背景の下、市民の健康及び衛生的な生活環境を維持するために、NWSC の上水道水質を改善して安全で安定した給水を維持する体制を段階的に整備するとともに、市民の上水道への接続を促進する活動が必要であり、NWSC は 2027 年までに残留塩素・鉄・マンガンに関する水質基準を満たした安全な水を約 93,000 人に給水出来るように目標を設定した。

3. 調査結果の概要とプロジェクトの内容

協力準備調査において、NWSC 及びビラトナガル市との協議から、人口密度が高く、配水管網が既に整備されている裨益効果の高い市内中心地の 4 つの配水区を対象地域とした。目標年次は 2027 年とし、計画給水人口は、93,720 人とした。

対象地域の東側は、既存の 3 箇所の PS (Devkota, Tinpaini, Munal Path) の 3 配水区とし、西側は、ビラトナガル市が準備した施設建設候補地のうち、市内に最も近い New No.5 を利用して新たな配水区を設定した。同 New No.5 配水区は、未給水エリアへの配水に対する将来ポテンシャルが高いため NWSC の開発要望が高く、浄水施設の用地確保が出来ない既存の Pichara、BFM の配水区も包括した新しい配水区として計画している。

対象地区の水源は地下水であるが、市内の地下水は、飲料水水質基準を超える鉄・マンガンを含んでおり、鉄・マンガン除去する浄水施設で処理した後に塩素で消毒することで飲用可能になる。このため、本プロジェクトでは、安全な水を提供するために鉄・マンガン除去する浄水施設を設置することとした。

浄水施設を通した処理水は、一旦浄水池に貯めて、高架タンクへ揚水する必要がある。既存の高架タンクは活用するものとするが、容量が小さいため新たに建設する浄水池と合わせ合計 8 時間分の容量を確保するものとした。

配水管は、各配水区で原則分離出来るように計画を行い、連絡管で融通する。NWSC との協議により老朽化された管や漏水が多い管を優先的に更新するものとした。市場性と経済性を考慮し、200mm 以下は HDPE 管、それを超える口径を DI 管とした。各戸給水は、NWSC によって行われるが、日本側は取り出しまでの小口径管を設置しておくものとする。

以上により、本プロジェクトは、井戸／浄水施設の新設／更新と老朽化した配水管／給水管の更新に必要な施設の建設、機材調達及び給水事業を行うものである。これにより、NWSC の浄水給水能力が一日平均で 15,652m³/日 (2027 年) になることが期待されている。この中において、協力対象事業は、井戸 PS の新設 1 ヶ所 (能力 4,075m³/日)、同更新 3 ヶ所 (合計能力 11,577m³/日) 及び送配水管を建設し、給水管敷設用のミニバックホウ 2 台と水質分析機器を調達するものである。

これらの調査結果から上水道施設の改善必要性を確認し、NWSC の施設運営・維持管理能力を踏まえたうえで、ソフトコンポーネント計画を含む概略設計案を作成した。JICA はこの概略設計案に関して、2021 年 8 月 31 日から 9 月 3 日において NWSC に対し、計画内容の説明・協議を行った。

準備調査に基づく施設建設及びソフトコンポーネントの計画概要は、表-1 及び表-2 の通りである。

表-1 本プロジェクトの施設コンポーネント及び仕様

各施設	施設構成	
	Devkota 配水区／Tinpaini 配水区／Munal Path 配水区	New No.5 配水区
井戸施設	生産井 (掘削深 150m) : 3 基／各 PS 井戸ポンプ : 1.2m ³ /分／各 PS 導水管、計装設備 : 1 式／各 PS	生産井 (掘削深 150m) : 3 基／PS 井戸ポンプ : 1.2m ³ /分／PS 導水管、計装設備 : 1 式／PS

各施設	施設構成	
	Devkota 配水区／Tinpaini 配水区／Munal Path 配水区	New No.5 配水区
浄水施設	開放型鉄筋コンクリート製構造（着水井、ろ過池）：3.6m ³ /分／各 PS	開放型鉄筋コンクリート製構造（着水井、ろ過池）：3.6m ³ /分／PS
	マンガン砂、集水設備、洗浄・排水設備、計装設備（流量計）：1式／各 PS	マンガン砂、集水設備、洗浄・排水設備、計装設備（流量計）：1式／PS
浄水池/ポンプ棟	（浄水池） 鉄筋コンクリート製構造半地下タンク：1,200m ³ /各 PS （ポンプ棟） 鉄筋コンクリート製構造ラーメン（レンガ壁）：239m ² /各 PS	（浄水池） 鉄筋コンクリート製構造半地下タンク：450m ³ /PS （ポンプ棟） 鉄筋コンクリート製構造ラーメン（レンガ壁）：182m ² /PS
	片吸込み渦巻きポンプ：3基／各 PS 塩素タンク：2基／各 PS 塩素注入設備、計装設備（水位計、流量計）、建築設備、受配電設備、制御盤：1式／各 PS	片吸込み渦巻きポンプ：3基／PS 塩素タンク：2基／PS 塩素注入設備、計装設備（水位計、流量計）、建築設備、受配電設備、制御盤：1式／PS
高架タンク	（既設利用） 計装設備（水位計・流量計）／各 PS	鉄筋コンクリート製構造 高さ 25m 容量 1,200m ³ /PS 計装設備（水位計、流量計）：1式／PS
管理棟	（既設利用）	鉄筋コンクリート製ラーメン（レンガ構造）：72m ² /PS 建築設備、汚水処理施設：1式／PS
配水管	配水本管 10”- 12”（DIP）延長 4.92km 配水支管 3”- 8”（HDPE）延長 61.87km 給水引出管 2”（HDPE）延長 10.94km	配水本管 10” - 12”（DIP）延長 3.82km 配水支管 3” - 8”（HDPE）延長 26.49km 給水引出管 2”（HDPE）延長 4.26km
機材調達	ミニバックホウ：2式	
	水質分析器：1式	

出典：JICA 調査団

表-2 本プロジェクトのソフトコンポーネントの内容

項目	活動内容及び研修項目
成果-1 適切な水質管理を行い、良質な水を継続的に生産することが出来る。	（座学）：マニュアルを活用した座学を行う。 - 原水水質と浄水プロセスの理解 - 各施設の機能の理解、及び運転維持管理方法 - 水質分析機器の使用方法的理解 （実習）：施設を活用した実習および実習を通じたマニュアルの改訂を行う。 - 塩素注入施設の操作 - 鉄・マンガン除去施設の運転・維持管理方法習得 - 水質測定機器の操作 - 水質試験の記録と分析 （対象）：Manager/Operator 他計 5名
成果-2 井戸及び給水システム全体の送配水量を適切に管理し、収集データを施設運転に活用することが出来る	（座学）：マニュアルを活用した座学を行う。 - 地下水揚水量及び配水量のモニタリング手法の理解 - 地下水位、配水施設の水位のモニタリング手法の理解 - 配水システムの機能の理解、及び運転維持管理方法 （実習）：施設を活用した実習および実習を通じたマニュアルの改訂を行う。 - 各施設の水量測定・水位測定と記録 - データ分析と配水状況の把握 - 配水ネットワークと顧客データの記録 （対象）：Manager/Operator 他計 5名

出典：JICA 調査団

4. プロジェクトの工期及び概略事業費

本プロジェクトの概略事業費は、施工・調達業者契約認証まで非公開である。プロジェクト実施に必要な工期は、実施設計として7ヶ月、入札手続として3ヶ月、建設工事および機材調達として24ヶ月、ソフトコンポーネント実施を含む全体工期は約34ヶ月である。ネパール国側負担分は約0.44億円と見込まれる。

5. プロジェクトの評価

以下に示すとおり、本案件の妥当性は高く、また有効性が見込まれると判断される。

(1) 妥当性

本プロジェクトの妥当性は、以下のように整理される。

- ネパールでは、社会経済開発の進捗を目指す中、上水道開発は重要な項目の一つであり、適切な品質で簡易なアクセスの飲料水サービスの提供で国民の健康と生活レベルの改善を図ることとしている。本プロジェクトは、適切に浄水された安全な水を市民へ提供するものであり、これらの上位計画と一致しており、プロジェクト実施の必要が高い。
- プロジェクト対象区域は、市内の中心部であり、上水道施設開発のインパクトは大きく、NWSCの信頼回復への足掛かりとしての効果や周辺への波及効果も高い。

(2) 有効性

1) 定量的効果

本プロジェクトでは、水質改善を最重要課題とし施設改善を行うことで、NWSCの信頼回復と市民へのサービス向上を目標にしている。浄水プロセスと浄水の水質管理を適切に行うことで、各戸での給水水質を確保する必要がある。本プロジェクトを実施することで、以下の定量的効果が見込まれる。

表-3 本プロジェクト対象地の定量的効果指標

指標名	基準値 (2019年実績値)	目標値(2027年) 【事業完成3年後】
給水水質 (残留塩素、鉄、マンガン) (mg/l) ※1	残留塩素：0.1以下 鉄：最大0.53 マンガン：最大0.48 (ネパール飲料水水質基準に 不適合)	残留塩素：0.1以上 鉄：0.3以下 マンガン：0.2以下 (ネパール飲料水水質基準を 満たす)
給水人口(人) ※2	約52,000	約93,000
一日平均給水量(m ³ /日) ※3	約9,000	約15,000

※1：目標値は、ネパール飲料水水質基準値。水質は水道蛇口にて検査を実施。

※2：事業対象地域である4つの配水区の給水人口から推定。

※3：事業対象地域内のポンプ場における井戸ポンプ運転時間から推定。

出典：JICA調査団

2) 定性的効果

定性的効果としては、以下のとおりである。

(a) 水因性疾病の減少

ビラトナガル市が属している Morang District が、医療機関からの情報に基づき、2014 年から水因性疾病症例数データ管理を実施している。同情報によれば、水因性疾病の症例は少なくなく、腸チフスが約 16,000 例、急性胃腸炎が約 14,000 例（共に 2019 年）等、確認されている。本プロジェクトにより、適切な水質管理が実施され安全な水の提供により、水因性疾病の減少に期待できる。

(b) 市民の上水道サービスへの満足度向

2019 年に実施した社会条件調査によれば、NWSC 給水世帯の約 85%が水道水への不満を感じており、特に水質に関する不満が多く、次いで、給水時間、水圧の不満と続く。2014 年 4 月に大量のウイルス性肝炎罹患者が発生し、これらが NWSC の水道水に起因するといった風評もあり、NWSC の水道水の市民による信頼性は現状で低い。本プロジェクトにより、水質改善を主として水道サービスの向上が図られ、NWSC の水道水の満足度の回復が期待できる。

(c) 市民の生活環境改善

NWSC の上水道および家庭にあるハンドポンプから汲み上げられる地下水には鉄とマンガンを多く含むため、飲料水はもとより生活用水としても満足が高いものではない。浄水された安全な水の提供は、ビラトナガル市民の生活環境の改善への寄与が期待できる。

目 次

要約

目次

位置図

完成予想図

写真

図表リスト

略語集

第1章 プロジェクトの背景・経緯	1
1-1 当該セクターの現状と課題	1
1-1-1 現状と課題	1
1-1-1-1 ビラトナガル市の水道サービス	1
1-1-1-2 給水普及率	3
1-1-1-3 給水水質	4
1-1-1-4 施設構造上の課題	7
1-1-1-5 地下水揚水における地盤沈下発生の可能性について	12
1-1-1-6 生活用水の使用実態及び住民の信頼度	16
1-1-1-7 水因性疾患の状況	20
1-1-2 開発計画	21
1-1-3 社会経済状況	23
1-2 無償資金協力の背景・経緯及び概要	24
1-3 我が国の援助動向	25
1-4 他ドナーの援助動向	25
第2章 プロジェクトを取り巻く状況	27
2-1 プロジェクトの実施体制	27
2-1-1 組織・人員	27
2-1-2 財政・予算	30
2-1-3 技術水準	32
2-1-3-1 NWSC ビラトナガル支所の運営維持管理状況	32
2-1-4 既存施設・機材	33
2-1-4-1 NWSC の基幹施設概況	33
2-1-4-2 NWSC 施設の給水量	41
2-1-4-3 NWSC 管轄地域の使用水量	42
2-1-4-4 想定使用水量	44
2-1-4-5 NWSC 管轄施設の無収水率	44
2-1-4-6 課題	46

2-2	プロジェクトサイト及び周辺の状況	46
2-2-1	関連インフラの整備状況	46
2-2-1-1	道路状況	46
2-2-1-2	電力配電状況	49
2-2-1-3	電話線等の埋設状況	50
2-2-2	自然条件	50
2-2-3	環境社会配慮	55
2-2-3-1	環境影響評価	55
2-2-3-1-1	環境社会影響を与える事業コンポーネントの概要	55
2-2-3-1-2	ベースとなる環境社会の状況	56
2-2-3-1-3	相手国の環境社会配慮制度・組織	60
2-2-3-1-4	代替案（事業を実施しない場合を含む）の比較検討	66
2-2-3-1-5	スコーピング及び環境社会配慮調査の TOR	67
2-2-3-1-6	環境社会配慮調査結果（予測結果を含む）	69
2-2-3-1-7	影響評価	71
2-2-3-1-8	緩和策および緩和策実施のための費用	72
2-2-3-1-9	環境管理計画・モニタリング計画（実施体制、方法、費用など）	73
2-2-3-1-10	ステークホルダー協議	76
2-2-3-2	用地取得・住民移転	77
2-2-3-3	苦情処理メカニズム	77
2-2-3-4	その他	77
2-2-3-4-1	モニタリングフォーム案	77
2-2-3-4-2	環境チェックリスト	78
2-3	当该国における無償資金協力事業実施上の留意点	78
2-4	その他	78
2-4-1	ジェンダーの視点	78
第3章	プロジェクトの内容	79
3-1	プロジェクトの概要	79
3-2	協力対象事業の概略設計	80
3-2-1	設計方針	80
3-2-1-1	基本方針	80
3-2-1-2	自然環境条件に対する方針	81
3-2-1-3	社会経済条件に対する方針	82
3-2-1-4	建設事情/調達事情及び現地業者の活用に対する方針	83
3-2-1-5	運営・維持管理に対する方針	83
3-2-1-6	施設・機材のグレード設定に係る方針	83
3-2-1-7	工法/調達方法、工期に係る方針	84
3-2-1-8	施工監理に係る方針	84
3-2-1-9	安全対策に係る方針	84

3-2-2	基本計画（施設計画／機材計画）	84
3-2-2-1	長期的な課題および計画人口	84
3-2-2-2	協力対象事業の基本計画	89
3-2-2-3	PS 施設計画	96
3-2-2-4	設計条件等	99
3-2-2-5	水源施設計画	104
3-2-2-6	浄水施設	110
3-2-2-7	配水池計画	118
3-2-2-8	機械・電気設備計画	121
3-2-2-9	ポンプ棟の計画	126
3-2-2-10	管理棟の計画	127
3-2-2-11	管路施設	129
3-2-2-12	付帯施設・機材	140
3-2-3	概略設計図	142
3-2-4	施工計画／調達計画	157
3-2-4-1	施工方針／調達方針	157
3-2-4-2	施工上／調達上の留意事項	158
3-2-4-3	施工区分／調達・据付区分	159
3-2-4-4	施工監理計画／調達監理計画	160
3-2-4-5	品質管理計画	164
3-2-4-6	資機材等調達計画	164
3-2-4-7	初期操作指導・運用指導等計画	166
3-2-4-8	ソフトコンポーネント計画	167
3-2-4-9	実施工程	168
3-2-5	安全対策計画	169
3-3	相手国側分担事業の概要	170
3-4	プロジェクトの運営・維持管理計画	171
3-4-1	基本方針	171
3-4-2	定期点検項目	172
3-4-3	予備品購入計画	173
3-4-4	運営維持管理体制	173
3-5	プロジェクトの概略事業費	174
3-5-1	協力対象事業の概略事業費	174
3-5-2	運営・維持管理費	175
3-5-2-1	運営・維持管理費	175
3-5-2-2	本事業に関わる維持管理費の確保と将来的な財務の見通し	176
第4章	プロジェクトの評価	182
4-1	事業実施のための前提条件	182
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	182

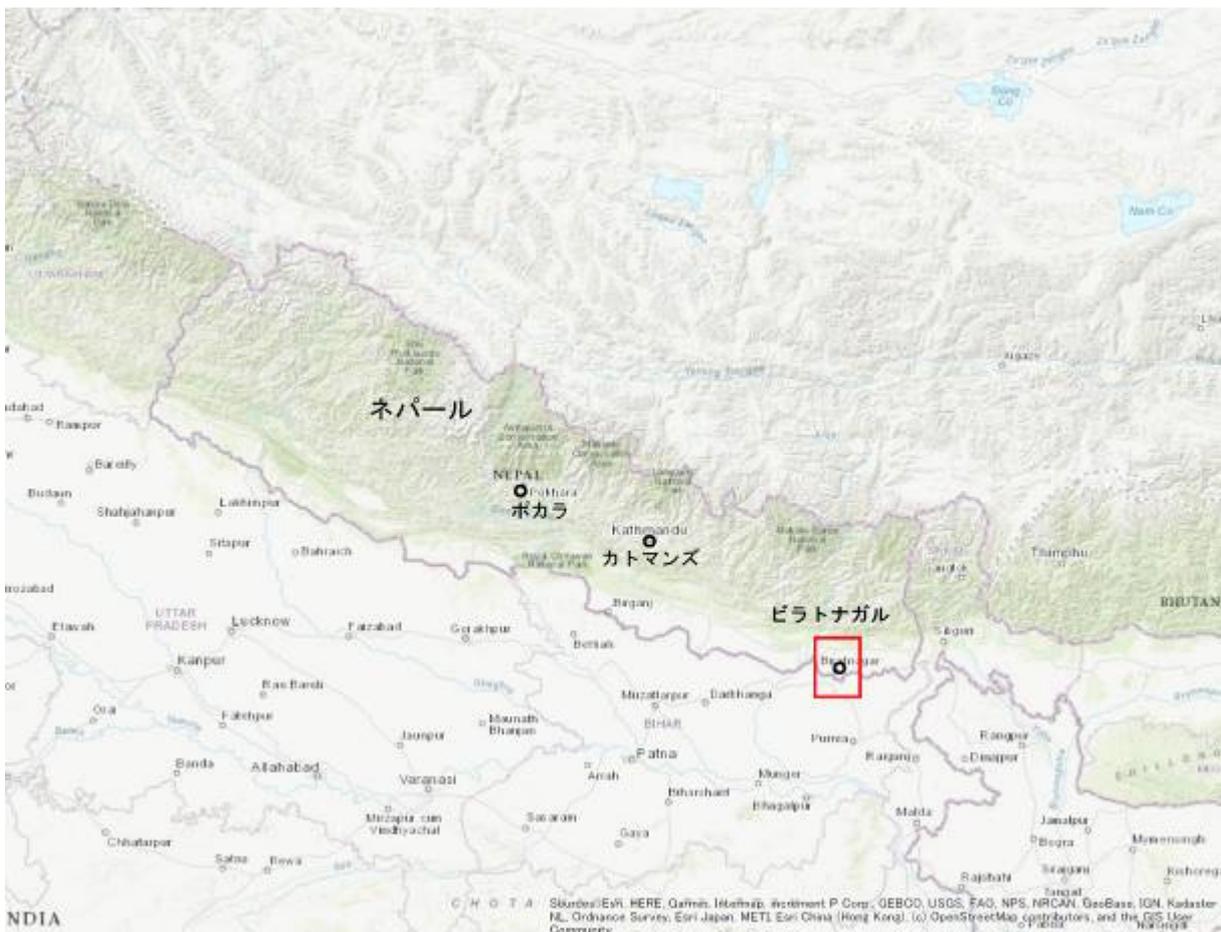
4-3	外部条件	182
4-4	プロジェクトの評価	182
4-4-1	妥当性	182
4-4-2	有効性	183

[資料]

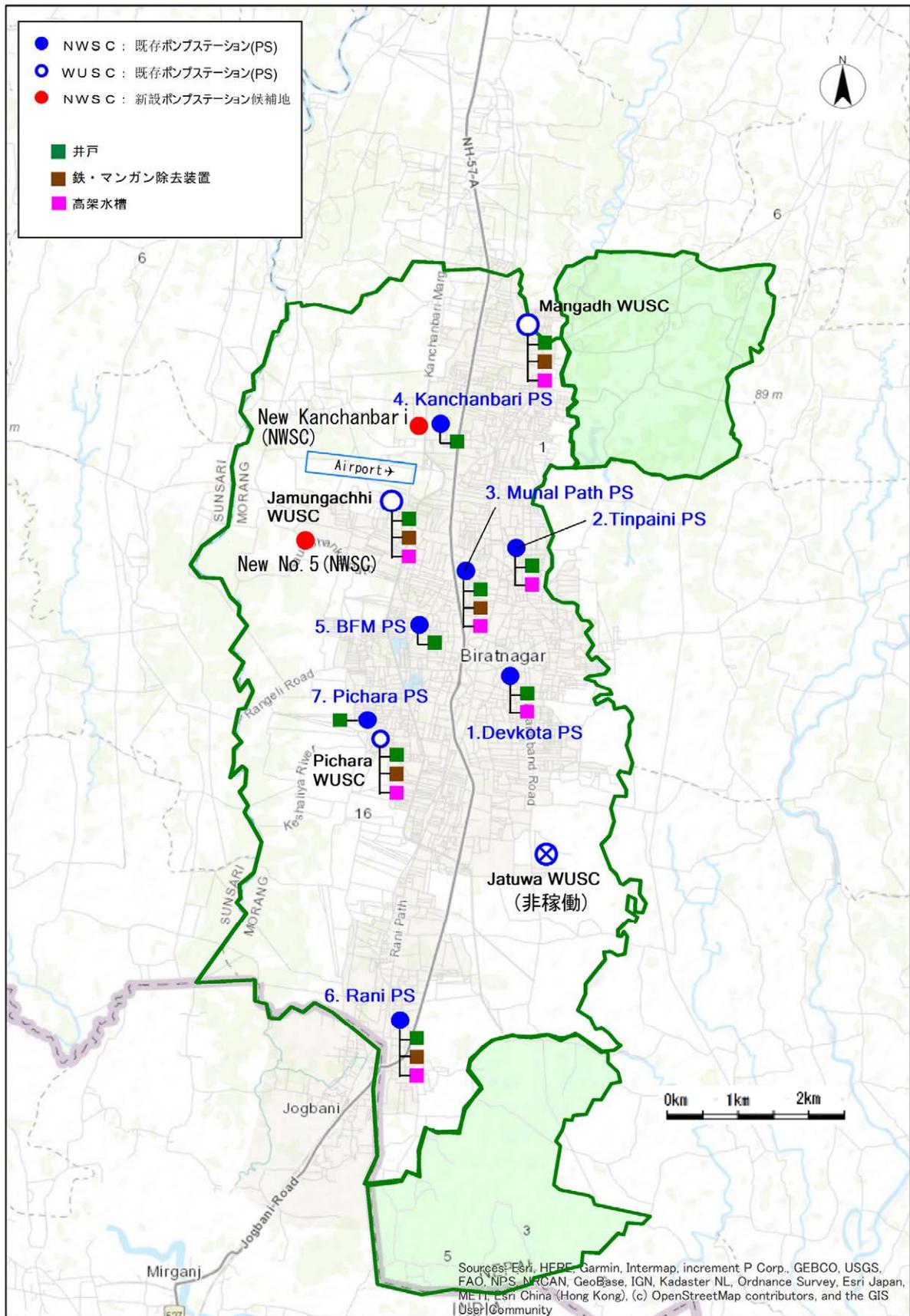
資料-1	調査団員・氏名
資料-2	調査行程
資料-3	関係者（面会者）リスト
資料-4	協議議事録（M/D）
資料-4-1	第1回現地調査協議議事録（M/D）
資料-4-2	第2回現地調査協議議事録（M/D）
資料-4-3	概略設計概要説明協議議事録（M/D）
資料-5	ソフトコンポーネント計画書
資料-6	参考資料
資料-6-1	水質調査結果
資料-6-2	測量調査結果
資料-6-3	土質調査結果
資料-6-4	垂直電気探査結果
資料-6-5	井戸掘削調査結果
資料-6-6	試掘調査結果
資料-6-7	社会条件調査結果
資料-6-8	モニタリングフォーム案
資料-6-9	環境チェックリスト
資料-6-10	IEE 調査結果
資料-6-11	事業進捗報告書（Project Monitoring Report）の初版



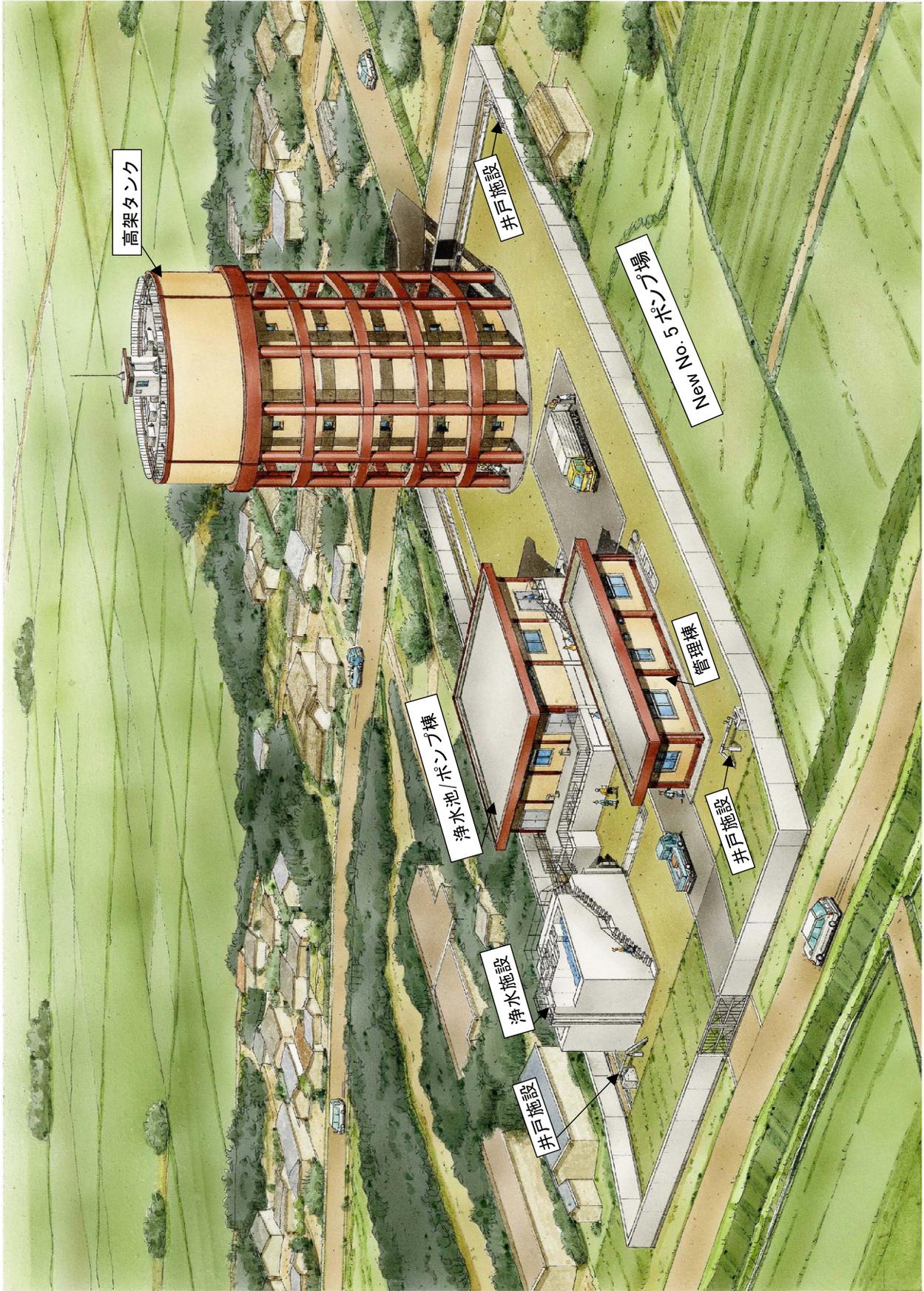
■ネパール国と周辺地図



■本プロジェクト対象地域位置図（ビラトナガル）



■本プロジェクト ポンプ場 配置図 (ビラトナガル)



完成予想図

写 真



1-1 Devkota ポンプ場
(高架水槽から配水している)



1-2 Devkota ポンプ場
(井戸水にポンプで塩素注入している)



2-1 Tinpaini ポンプ場
(井戸状況 流量計不稼働)



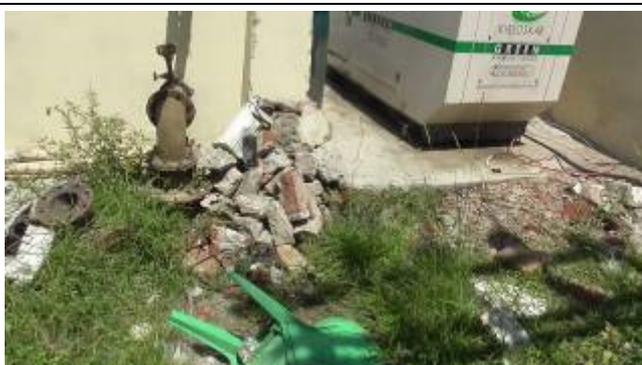
2-2 Tinpaini ポンプ場
(さらし粉溶解槽 ポンプ注入している)



3-1 Munal Path ポンプ場
(高架水槽から配水している)



3-2 Munal Path ポンプ場
(鉄・マンガン除去装置を使用中)



4-1 Kanchanbari ポンプ場
(井戸状況 清掃ができていない)



4-2 Kanchanbari ポンプ場
(電気室状況 管理室にもなっている)



5-1 BFM ポンプ場
(井戸状況 配水池無しで直接配水する)



5-2 BFM ポンプ場
(変圧器 水道事業者側で設置が必要)



6-1 Rani ポンプ場
(鉄・マンガン除去装置を使用中)



6-2 Rani ポンプ場
(鉄・マンガン除去装置のばっ気用コンプレッサー)



7-1 Pichara ポンプ場
(直接配水している 建屋中に井戸有)



7-2 Pichara ポンプ場
(井戸の水に鉄とみられる色が出ている)



8-1 市内の路側に設置されているハンドポンプ



8-2 市内の路側に設置されているハンドポンプ



9-1 NWSC 以外の簡易水道
(Jamungachhi WUSC 高架水槽)



9-2 NWSC 以外の簡易水道
(Jamungachhi WUSC 鉄・マンガン除去装置)



10-1 NWSC 以外の簡易水道
(Pichara WUSC 井戸 NWSC と比較すると清掃が行き届いている)



10-2 NWSC 以外の簡易水道
(Pichara WUSC 鉄・マンガン除去装置)



11-1 NWSC 以外の簡易水道
(Mangadh WUSC 無償資金協力で建設された)



11-2 NWSC 以外の簡易水道
(Mangadh WUSC 高架水槽から配水される)



11-3 NWSC 以外の簡易水道
(Mangadh WUSC 井戸状況)



11-4 NWSC 以外の簡易水道
(Mangadh WUSC 日々の水質を顧客窓口で掲示している)



12-1 Munal Path ポンプ場の鉄・マンガン除去装置の維持管理状況（ろ過砂が流出しており、内部にろ材が無い）



12-2 Rani ポンプ場の鉄・マンガン除去装置の維持管理状況（錆が目立つ、ろ材洗浄が不十分）



13-1 家庭に設置されている貯水タンク（給水された水を貯水している）



13-2 自家用のハンドポンプ（家庭敷地内にハンドポンプが普及している）



13-3 家庭に設置されている浄水器（ハンドポンプの水を家庭で浄水している）



13-4 家庭に設置されている浄水器（ハンドポンプの水を家庭で浄水している）



14-1 給水管敷設例（地表面に配管され、排水溝上にある 汚水混入のリスクがある）



14-2 給水管敷設例（排水溝横の地表面に近くに配管されており、損壊・漏水のリスクがある）



15-1 市内幹線道路
(舗装済み 幅広く交通量多い)



15-2 市内街路
(未舗装路が比較的多い 交通混雑する)



16-1 井戸掘削工事
井戸掘削時の施工の様子 (150m)



16-2 土質調査
ボーリング工事の様子 (15m)



16-3 試掘調査
市道における試掘の様子



16-4 測量調査
路線測量の様子

図表リスト

表 1-1-1	ビラトナガル市の既存 PS 一覧	1
表 1-1-2	NWSC の接続顧客数 (2019 年 11 月)	3
表 1-1-3	WUSC の接続顧客数 (2019 年 11 月)	3
表 1-1-4	ビラトナガル市の各戸給水普及率	4
表 1-1-5	各水質試験対象における水質傾向	4
表 1-1-6	井戸ポンプ修理・購入記録 (会計年度 2016-2019)	8
表 1-1-7	WUSC 施設の稼働開始年	10
表 1-1-8	ビラトナガル市周辺の長期地下水位観測井戸観測期間	14
表 1-1-9	調査世帯数	16
表 1-1-10	調査項目	17
表 1-1-11	給水世帯・未給水世帯における収入および支出	18
表 1-1-12	Morang District の水因性疾病の症例数	21
表 1-1-13	第 14 次 3 ヶ年計画の概要 (上水道分野)	22
表 1-1-14	ネパールの SDG-6 の目標及び達成状況	22
表 1-1-15	給水の普及目標レベル	23
表 1-1-16	ネパールの基礎的な経済データ	24
表 1-3-1	ネパールにおける上水道に係る我が国の資金協力事業・技術協力事業	25
表 1-4-1	ADB の実施中案件	26
表 2-1-1	NWSC の支所リスト	27
表 2-1-2	NWSC 全体職員数	28
表 2-1-3	NWSC ビラトナガル支所職員数	29
表 2-1-4	NWSC の収支状況 (単位: NPR)	30
表 2-1-5	NWSC 水道料金	31
表 2-1-6	NWSC ビラトナガル支所の収支状況 (単位: NPR)	32
表 2-1-7	NWSC の配水時間	32
表 2-1-8	NWSC の基幹施設と理論値揚水量	33
表 2-1-9	各 PS の実測揚水量	34
表 2-1-10	NWSC の基幹施設と実測値揚水量	34
表 2-1-11	除鉄・除マンガンと酸化剤の関係	35
表 2-1-12	鉄・マンガンの水質基準比較	35
表 2-1-13	除鉄・除マンガン施設を有する各 PS の鉄・マンガン濃度	36
表 2-1-14	NWSC 既存配水管データ (管径別、使用年別及び材質別)	39
表 2-1-15	NWSC 想定給水量	42
表 2-1-16	NWSC の使用水量実績 (1 年間分)	43
表 2-1-17	NWSC の実使用水量	44
表 2-1-18	無収水の定義	44
表 2-1-19	無収水率の定義	45

表 2-2-1	道路整備プロジェクト基本諸元	47
表 2-2-2	ビラトナガル市の気温及び降雨量	51
表 3-1-1	本プロジェクトの施設コンポーネント及び仕様	79
表 3-1-2	本プロジェクトのソフトコンポーネントの内容	80
表 3-2-1	現状と長期課題	84
表 3-2-2	人口傾向曲線	87
表 3-2-3	推計式の定数値	87
表 3-2-4	人口推計(2011～2026)	88
表 3-2-5	人口推計(2027～2035)	89
表 3-2-6	検討対象地域内におけるワード毎人口の推定	93
表 3-2-7	無償資金協力 基本計画(人口・計画給水量)	93
表 3-2-8	無償資金協力対象区域における給水人口および計画給水量	94
表 3-2-9	各 PS における浄水施設規模一覧	95
表 3-2-10	時間最大配水量	95
表 3-2-11	ネパール国飲料水水質基準一覧	99
表 3-2-12	各 PS における土性値の概要	101
表 3-2-13	構造別係数	103
表 3-2-14	井戸の計画数量	104
表 3-2-15	ビラトナガル市周辺の長期地下水位観測井戸観測期間	107
表 3-2-16	既存井戸の揚水量	108
表 3-2-17	本プロジェクトにおける計画浄水量	111
表 3-2-18	鉄・マンガンの水質基準比較	112
表 3-2-19	各 PS およびハンドポンプでの鉄・マンガン濃度	112
表 3-2-20	既存 PS の状況、及び問題	113
表 3-2-21	ろ過池の逆洗法に関する比較	117
表 3-2-22	ろ過池洗浄排水 TSS 濃度と TSS 排水基準	118
表 3-2-23	配水池計画概要一覧	118
表 3-2-24	浄水池の形式、寸法及び材料	119
表 3-2-25	浄水池の基礎形式、地耐力及び排水方式	119
表 3-2-26	高架タンクの形状、高さ及び材料	120
表 3-2-27	井戸ポンプ仕様	121
表 3-2-28	揚水ポンプ仕様	122
表 3-2-29	変圧器容量	124
表 3-2-30	電気設備の区分表	125
表 3-2-31	既存 PS の非常用発電設備の設置状況	126
表 3-2-32	部屋の構成と配置する設備	126
表 3-2-33	構造及び仕上げ	126
表 3-2-34	各ポンプ棟の床面積	126
表 3-2-35	部屋の構成と配置する設備	128
表 3-2-36	構造及び仕上げ	128

表 3-2-37	各管理棟の床面積	128
表 3-2-38	計画管路延長	132
表 3-2-39	各戸接続方法の分類	139
表 3-2-40	ネパール国飲料水水質基準値と水質検査頻度	141
表 3-2-41	施設建設に係る両国間負担分担	159
表 3-2-42	日本人施工管理体制	161
表 3-2-43	品質管理計画の内容	164
表 3-2-44	施設建設材料（主要資機材）の調達区分	165
表 3-2-45	輸入資機材の所要輸送日数	166
表 3-2-46	ソフトコンポーネント投入計画	168
表 3-2-47	ソフトコンポーネント全体実施工程（暫定）	168
表 3-2-48	業務実施工程表	170
表 3-3-1	相手国側分担事業の項目と実施時期	170
表 3-3-2	相手国（NWSC）分担事業の概算事業費	171
表 3-4-1	本プロジェクト施設の運営・維持管理の主な項目	172
表 3-4-2	浄水施設の標準的な定期点検及び維持管理項目	172
表 3-4-3	ポンプ設備の標準的な定期点検項目	173
表 3-4-4	受変電設備の標準的な定期点検項目	173
表 3-4-5	上水道施設の運転・維持管理体制	174
表 3-5-1	本プロジェクト実施後の年間運営・維持管理費	176
表 3-5-2	本プロジェクトにおける機材の更新時期	176
表 3-5-3	NWSC の収支状況（単位：NPR）	177
表 3-5-4	NWSC 水道料金	178
表 3-5-5	NWSC ビラトナガル支所の収支状況（単位：NPR）	178
表 3-5-6	プロジェクト実施によって増加する収入予測	179
表 3-5-7	Kanchanbari 配水区と Rani 配水区を含めた NWSC 配水区全体での料金収入試算	180
表 3-5-8	プロジェクト実施後の NWSC ビラトナガル支所の収支予測（単位：NPR）	181
表 4-4-1	本プロジェクト対象地の定量的効果指標	183
図 1-1-1	ビラトナガル市の上水道事業者の給水区域	2
図 1-1-2	PS 及びハンドポンプの水質検査結果分布図	6
図 1-1-3	Pichara WUSC の PS ブロックフロー	9
図 1-1-4	NWSC 及び WUSC 施設の既存配管網の復元図	11
図 1-1-5	地盤沈下発生の原因模式図	12
図 1-1-6	既往地下水位連続観測井戸位置	13
図 1-1-7	既往地下水位変動グラフ	14
図 1-1-8	一般的な年の年間降水量変化	15
図 1-1-9	入手した井戸データに基づく各井戸の地質状況と井戸構造	15
図 1-1-10	給水世帯水源及び未給水世帯水源	17

図 1-1-11	給水サービス満足度	18
図 1-1-12	NWSC 接続回答者の給水への苦情	19
図 1-1-13	各 Ward の水質の苦情件数／ヒアリング数の割合	19
図 1-1-14	各 Ward の給水時間の苦情件数／ヒアリング数の割合	19
図 1-1-15	各 Ward の水圧の苦情件数／ヒアリング数の割合	20
図 1-1-16	水因性疾患ヒアリング結果	20
図 2-1-1	NWSC 本部組織図	28
図 2-1-2	NWSC ビラトナガル支所組織図	29
図 2-1-3	Munal Path PS ブロックフロー	36
図 2-1-4	Rani PS ブロックフロー	37
図 2-1-5	NWSC 既存主要配水管網図	40
図 2-2-1	ADB 資金による道路整備プロジェクトの工事進捗状況	47
図 2-2-2	国道の標準断面	48
図 2-2-3	市内道路標準断面（道路 10m 幅のケース）	48
図 2-2-4	下水道用汚水柵（Sewer Inlet Chamber）設置断面	49
図 2-2-5	No.5 PS 電柱位置図 1（NEA 協議資料）	50
図 2-2-6	ビラトナガル市の気温及び月平均降水量グラフ	51
図 2-2-7	ネパールにおける自然保護区域	57
図 2-2-8	Koshi Tappu Wildlife Reserve	58
図 2-2-9	Dharan Forest	58
図 2-2-10	ビラトナガル市の土地利用図	59
図 2-2-11	ビラトナガル市における業種別の事業者数及び雇用者数（2018 年）	60
図 2-2-12	BES、EIA 及び IEE の手続きフロー	61
図 3-2-1	2035 年の配水区計画	86
図 3-2-2	人口推計	88
図 3-2-3	検討対象地域（2027 年）	90
図 3-2-4	計画目標年 2027 年の配水区計画	92
図 3-2-5	対象事業の配水区及び PS の位置（Devkota PS）	96
図 3-2-6	協力対象事業の主要施設配置図（Devkota PS）	96
図 3-2-7	協力対象事業の主要施設配置図（Tinpaini PS）	97
図 3-2-8	協力対象事業の主要施設配置図（Munal Path PS）	97
図 3-2-9	協力対象事業の主要施設配置図（New No.5 PS）	98
図 3-2-10	給水システム基本フロー	98
図 3-2-11	試掘調査地点	100
図 3-2-12	固有周期と地盤条件による標準せん断力係数	102
図 3-2-13	地域別に想定すべき地震力に係る地域係数	103
図 3-2-14	ネパールの地形区分	105
図 3-2-15	長期地下水位連続観測井戸位置	106
図 3-2-16	長期地下水位観測井戸の地下水位変動グラフ	107
図 3-2-17	新規建設井戸基本構造図	110

図 3-2-18	浄水プロセスの基本フロー	111
図 3-2-19	システムフロー図	114
図 3-2-20	井戸ポンプの運転制御	122
図 3-2-21	揚水ポンプの運転制御	123
図 3-2-22	PS における概略単線結線図	124
図 3-2-23	電気設備の区分図	125
図 3-2-24	ポンプ棟レイアウト	127
図 3-2-25	管理棟レイアウト	128
図 3-2-26	配水管路敷設計画フロー	130
図 3-2-27	NWSC 配水区における全体管路計画図	131
図 3-2-28	Devkota エリア管網解析結果	133
図 3-2-29	Tinpaini エリア管網解析結果	134
図 3-2-30	Munal Path 管網解析結果	135
図 3-2-31	New No.5 エリア管網解析結果	136
図 3-2-32	国道における配水管敷設位置	138
図 3-2-33	市道における配水管敷設位置	138
図 3-2-34	下水汚水枘設置部における配水管敷設位置	139
図 3-2-35	NWSC と日本側の各戸接続の所掌境界	140
図 3-2-36	施設建設請負業者の実施体制	160
図 3-2-37	事業実施関係図	162
図 3-4-1	施設管理フロー図	171

略 語 集

BES	Brief Environmental Study	簡易環境調査
BMC	Biratnagar Metropolitan City	ビラトナガル市
BOD	Biochemical Oxygen Demand	生物化学的酸素要求量
COD	Chemical Oxygen Demand	化学的酸素要求量
DI	Ductile Iron	ダクタイル鋳鉄
E.coli	Escherichia coli	大腸菌
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EPR	Environmental Protection Rules	環境保護規則
GI	Galvanized Iron	亜鉛メッキ鋼
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
IEE	Initial Environment Examination	初期環境調査
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人 国際協力機構
MoF	Ministry of Finance	財務省
MoFE	Ministry of Forest and Environment	森林・環境省
MoLRM	Ministry of Land Reform and Management	土地改革管理省
MoHA	Ministry of Home Affairs	内務省
MoWS	Ministry of Water Supply	給水省
NEA	Nepal Electricity Authority	ネパール電力公社
NPR	Nepalese Rupee	ネパールルピー
NRW	Non Revenue Water	無収水
NTU	Nephelometric Turbidity Unit	比濁計濁度単位
NWSC	Nepal Water Supply Corporation	ネパール上水道公社
PS	Pump Station	ポンプ場
SD	Scoping Documents	環境影響評価方法書
SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標
TDS	Total Dissolved Solids	総溶解固形分
ToR	Terms of Reference	委託条件書
TSS	Total Suspended Solids	全浮遊物質
WUSC	Water User and Sanitation Committee	水利用衛生委員会

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

ビラトナガル市は、ネパール連邦民主共和国（以下「ネパール」という。）の南東部に位置する、人口約 21 万人（2011 年）のカトマンズ、ポカラに次ぐ第三の都市である。インドとの国境に位置し、インドのコルカタ港ともつながるネパール唯一の貨物駅が建設中であり、当国の物流拠点、及び産業拠点の一つとして、さらなる発展が見込まれている。

ビラトナガル市の水道施設は、深井戸を水源にし、2019 年時点で人口の 30%をカバーしている。残る 70%のうち、多くの住民は浅井戸等を利用しているが、鉄・マンガンに加えて大腸菌が検出されており、2015 年に水系感染症が原因で複数の住民が死亡する等の健康被害が発生していることから、安全かつ安定的な給水が喫緊の課題となっている。

1-1-1-1 ビラトナガル市の水道サービス

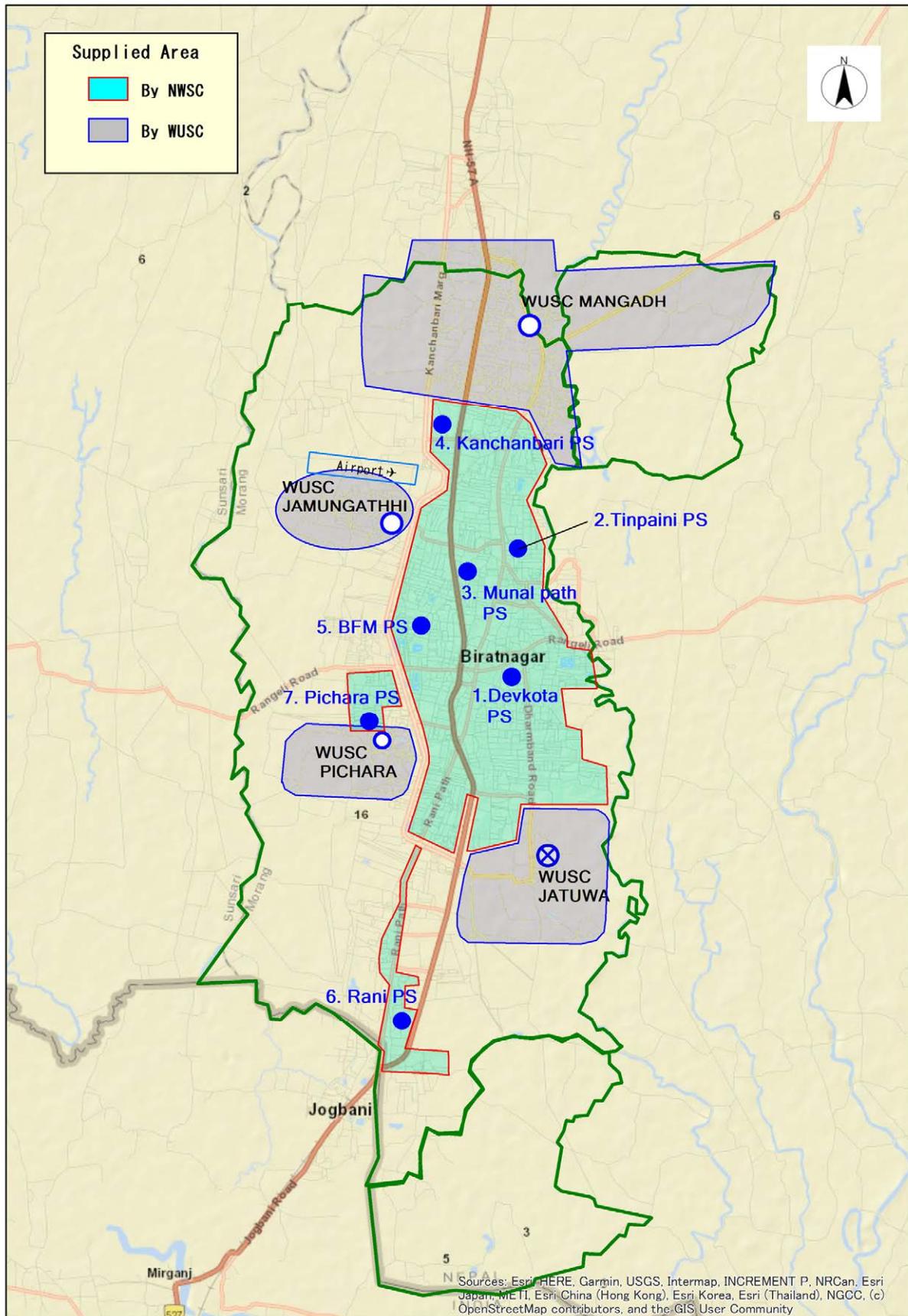
ネパールでは、連邦制移行に伴い自治体制度が見直され、水道事業は地方政府が行っていくことになっている。ビラトナガル市政府（Biratnagar Metropolitan City：以下 BMC という）も同自治体が水道を管轄していくという構想（Single Governing Modality）を持っているが、現状は水道事業運営の能力はない状態にある。

ビラトナガル市では、ネパール水道公社（Nepal Water Supply Corporation：以下 NWSC という）が基幹サービスプロバイダとして給水事業を実施する一方、水利用衛生委員会（Water User and Sanitation Committee 以下、WUSC という）が運営する簡易水道に類似した小規模給水事業がある。稼働中の WUSC は 3 事業に及ぶものの、各戸給水の普及率は市域全体で約 30%と非常に低く、市民のほとんどはハンドポンプ井戸の水を利用している。各水道事業者は、主に水源である井戸と高架タンクからなるポンプ場からそれぞれの給水区域で給水事業を実施している。各事業者の概ねの給水区域を図 1-1-1 に示す。ビラトナガル市の既存ポンプ場（Pump Station、以下、PS という）の一覧を表 1-1-1 に示す。

表 1-1-1 ビラトナガル市の既存 PS 一覧

NWSC		WUSC	
1	Devkota PS	1	Jamungachhi WUSC PS
2	Tinpaini PS	2	Pichara WUSC PS
3	Munal Path PS	3	Jatuwa WUSC PS (稼働中止中)
4	Kanchanbari PS	4	Mangadh WUSC PS
5	Pichara PS		
6	BMF PS		
7	Rani PS		

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 1-1-1 ビラトナガル市の上水道事業者の給水区域

1-1-1-2 給水普及率

(1) 人口

ネパールの国勢調査は10年ごとに実施されており、直近では2011年に行われている。この際の人口は、現在の市域で換算すると218,526人（2011年）と推定される。また2019年に連邦総務省の指示の下で国勢調査に準じた方法で人口調査を実施している。この際の人口は305,098人（2019年）であり、増加傾向である。

(2) 給水普及率

NWSCの2019年における接続契約数及び推定給水人口は表1-1-2のとおり、約56,900人と推定される。なお、平均家族数は2019年のピラトナガル市の調査に基づき各顧客管理ゾーンで推定した。また、顧客管理ゾーンは、行政管理のWardとは異なり、NWSC独自の区分である。なお、顧客管理ゾーンは、複数のWardにまたがっているケースもあり、Ward毎の契約接続数は集計されていない。

表 1-1-2 NWSCの接続顧客数（2019年11月）

顧客管理ゾーン	包括するWard	契約接続数	平均閉栓率	推定実接続数	平均家族数(人)	給水人口(人)
1	1	1,070	5.4107%	1,012	5.66	5,728
2	2	685	5.4107%	648	6.11	3,959
3	2	618	5.4107%	585	6.11	3,574
4	3	1,256	5.4107%	1,188	6.28	7,461
5	4	349	5.4107%	330	5.64	1,861
6	5	897	5.4107%	848	5.17	4,384
7	6	536	5.4107%	507	4.72	2,393
8	7	203	5.4107%	192	2.59	497
9	7	291	5.4107%	275	2.59	712
10	7	681	5.4107%	644	2.59	1,668
11	8	1,292	5.4107%	1,222	4.77	5,829
12	9	1,027	5.4107%	971	4.53	4,399
13	10	1,440	5.4107%	1,362	4.81	6,551
14	9	332	5.4107%	314	4.53	1,422
15	11	665	5.4107%	629	4.16	2,617
16	12,13	537	5.4107%	508	5.13	2,606
17	14, 15, 16, 17	270	5.4107%	255	4.86	1,239
18	Governmental	173	5.4107%	164		
Public Tap		24	5.4107%	23		
Total		12,346		11,677		56,900

データ出典：NWSC

また、各WUSCの2019年における接続契約数及び推定給水人口は表1-1-3のとおりである。

表 1-1-3 WUSCの接続顧客数（2019年11月）

WUSC	接続数	平均家族数	給水人口
Jamungachhi WUSC	700	4.96	3,472
Pichara Biratnagar WUSC	775	5.58	4,325
Mangadh WUSC	4,500	5.89	26,505
合計	5,975		34,302

データ出典：各WUSC

表 1-1-2、表 1-1-3 より NWSC と WUSC を合わせた給水人口は 91,202 人となる。

上述の NWSC 及び WUSC の給水人口から、2019 年時点のビラトナガル市全体での各戸給水普及率は、表 1-1-4 のように 30%と推定される。ネパールでは、持続可能な開発目標（Sustainable Development Goals 以下、SDGs という）に「2030 年までに各戸給水普及率を 90%にする」という目標が含まれており、同目標と現在の普及率とのギャップが大きい。ビラトナガル市においては、各戸給水率の向上が大きな課題である。なお、SDGs についての詳細は、後述する。

表 1-1-4 ビラトナガル市の各戸給水普及率

WUSC	給水人口		人口	普及率
NWSC	56,900	91,202	305,098	30%
Jamungachhi WUSC	3,472			
Pichara Biratnagar WUSC	4,325			
Mangadh WUSC	26,505			

出典：JICA 調査団

1-1-1-3 給水水質

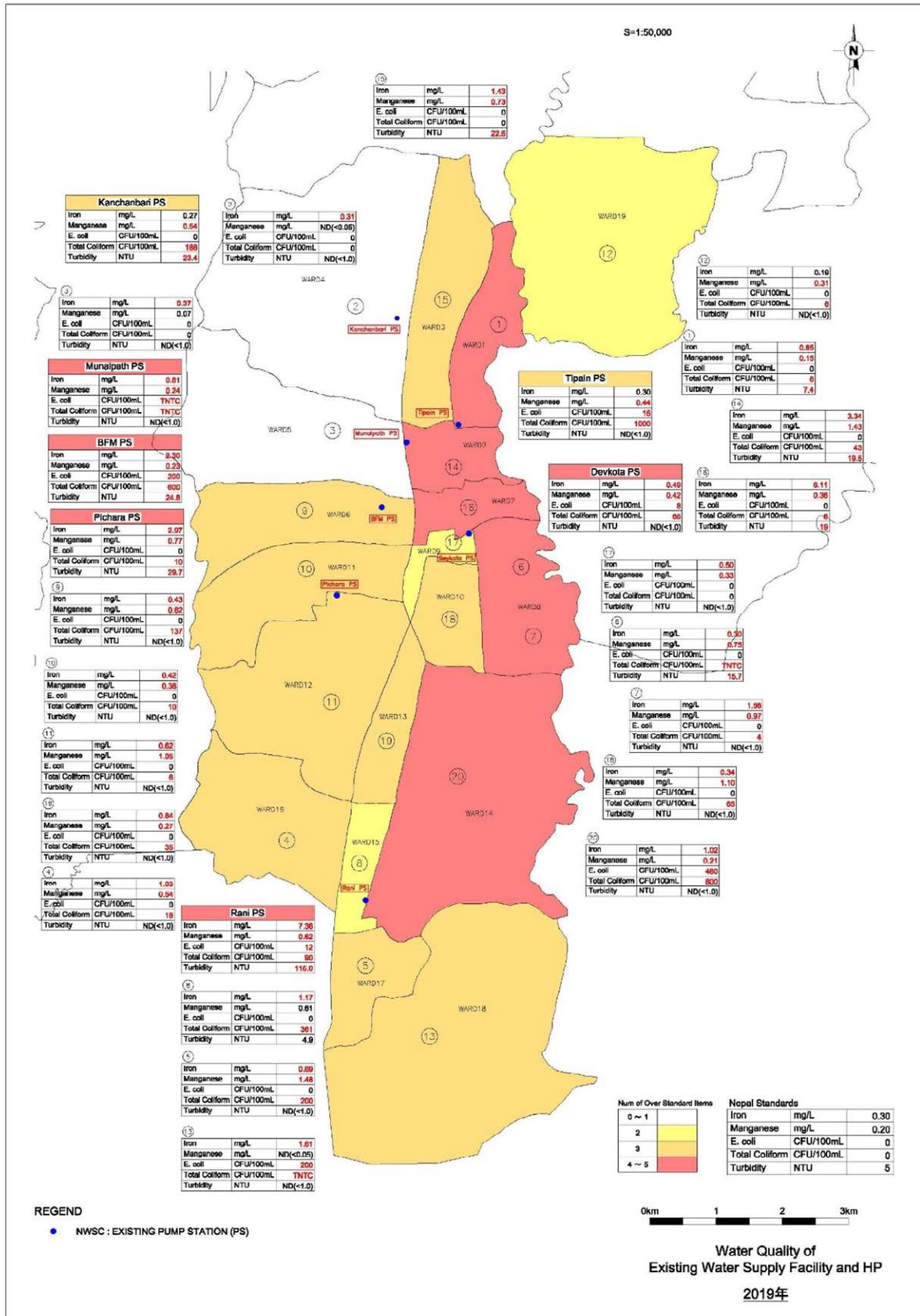
再委託により水質試験を実施し、NWSC 井戸水源、NWSC 水道蛇口、ハンドポンプにおける水質の傾向を確認した。表 1-1-5 に、対象ごとの全体傾向および注視すべき個別傾向を整理した。試験結果の一覧表は添付資料（6-1）に示す。

表 1-1-5 各水質試験対象における水質傾向

試験対象	全体傾向	個別傾向
NWSC 井戸水源	17 地点のうち、14 地点から基準値を上回る鉄・マンガンが検出され、金気臭や水の変色が懸念された。一部の井戸原水では大腸菌汚染が確認されたが、配水時の全試料から大腸菌は検出されなかった。従って、配水時点での水質は、色・臭いの問題はあるが塩素の効果は出ていると考えられる。	①Munal Path PS：3 つの井戸原水から大腸菌が検出された。鉄・マンガンは、基準値以上の数値を示し、除去施設の処理効果は不十分である。 ②BFM PS：井戸原水の大腸菌濃度が高く、濁度も高いことから土砂や排水混入の可能性がある。 ③Rani PS：2 つの井戸原水から高濃度の鉄・マンガンが検出され、飲料水基準を満たすには、除去施設の処理効果が不十分である。
NWSC 水道蛇口	17 地点のうち 14 地点から残留塩素が検出されず、注入塩素濃度の管理が適切に行われていないことが示唆された。また、多くの地点で基準値以上の鉄・マンガンが確認された。	①Kanchanbari PS：鉄・マンガンは基準値以上の値を示した。また糞便性大腸菌が検出されており、健康リスクがある。 ②Munal Path PS：糞便性大腸菌が検出されており、健康リスクがある。 ③Pichara PS：鉄・マンガン濃度が特に高く、金気臭が懸念された。また、濁度が高く土砂等の混入が疑われる。
ハンドポンプ	多くの地点で、基準値以上の鉄・マンガンが検出された。また、多くの地点から大腸菌群が検出されたが、糞便性大腸菌は少ないことから、糞便由来の汚染可能性は低いと考えられる。	①HP-13 (Ward18), HP-20 (Ward14)：基準値以上の鉄が確認された。また大腸菌群、及び糞便性大腸菌が検出されたことから、健康リスクがある。 ② HP-14 (Ward2), HP-15 (Ward3), HP-16 (Ward7)：基準値以上の鉄が特に高く確認された。また濁度が特に高い値を示したことから、飲用水に適していない可能性がある。

出典：JICA 調査団

図 1-1-2 は各 PS 及びハンドポンプにおいて、鉄・マンガン・糞便性大腸菌・大腸菌群・濁度の 5 項目のうち基準値以上を示した項目数に基づき、水質リスクの色分けをおこなった分布図である。この結果より、本プロジェクトサイトの東エリアが特に水質リスクの高い地域であることが分かった。このエリアは特に、人口密度が高い地域であることから安全な飲料水の供給にむけた改善が望まれる。



出典：JICA 調査団

図 1-1-2 PS 及びハンドポンプの水質検査結果分布図

1-1-1-4 施設構造上の課題

(1) 井戸および井戸ポンプ

1) 井戸

ビラトナガル市の水道サービスは、すべて地下水源で賄われている。既往井戸の状況および今回再委託により実施した電気探査の結果からは、ビラトナガル周辺では地表から 50~100m および 100m 以深に地下水揚水の対象として期待できる帯水層が分布している。また、NWSC 及び WUSC のほとんどの井戸で 15~24L/秒以上の揚水が行われている。

基本的な井戸構造については特に問題があるとは考えられないが、既存資料によればケーシングの周りは周辺の地質（粘性土、砂質土、礫質土など）にかかわらず地表部から深度 5m 程度までのグラベルパックが施工されており、地表部の 5m 程度が細粒分などでの埋め戻しである。このような構造の場合、上部の細粒分がグラベルパックのグラベル間に侵入し、スクリーン区間のグラベルパックの透水性に悪影響を与えたり、スクリーンを通して細粒分（細粒砂を含む）が孔内に侵入し井戸内に堆積するなど、井戸の機能や寿命に影響を与える。浅い深度は、ベントナイト等による埋め戻しを施工し、グラベルパックの区間に上位の地層を構成する細粒分や汚水が侵入しないようにする必要がある。

また、一部の井戸では、コンクリートフェーシングが施工されていない。施工されているケースでも、これらが薄いため何らかの原因で写真のように割れ、孔口周辺に雨水がたまりやすい状況となっているところがある。このような井戸では、孔口部にたまった雨水や濁水が井戸孔壁とケーシングパイプの間に侵入する、あるいは電源ケーブル用の穴等から雨水・濁水が井戸内に直接侵入し、結果として井戸周辺の地下水を汚染させる可能性があるため、適切なコンクリートフェーシングが必要である。

また、BFM PS 及び Pichara PS は、水処理や貯水施設を伴わず、井戸から直接ネットワークへ配水されている状況であり、水道設備として、改善の余地がある。



コンクリートフェーシングが薄いケース



コンクリートフェーシングが薄いケース



出典：JICA 調査団

写真 1-1-1 既存井戸の孔口例

2) 井戸ポンプ

NWSC の給水地区内に既存井戸ポンプが 12 カ所に設置されている。これらの井戸ポンプは、表 1-1-6 に示す通り、数年ごとに修理・更新されている。ポンプは老朽化していると言ほどの年数が経過していないが、後述する流量実測結果に表れているように、既存井戸ポンプの多くは設計揚水量に達していない。

表 1-1-6 井戸ポンプ修理・購入記録（会計年度 2016-2019）

項目	1 台当たり平均コスト	台数*
Motor pump repair	80,000 – 100,000 NPR per unit	2016/2017: 3 units 2017/2018: 4 units 2018/2019: 13 units
Motor pump installation	150,000 NPR per unit (including accessories and VAT)	2017/2018: 3 units 2018/2019: 8 units
New motor pump procurement	300,000 – 400,000 NPR per unit (including tendering and publication cost)	2016/2017: 3 units 2017/2018: 2 units 2018/2019: 3 units

*各項目の平均発注額により台数を算出。

出典：NWSC

過去 3 年度の修理・調達記録によると、この間に 20 台の井戸ポンプが修理され、8 台が新規に購入されている。単年度あたりでは、平均的に 7 台のポンプが修理され、新しいポンプが 2~3 台購入されていることになる。これは、1 年間に 12 カ所の井戸ポンプのうち、10 台が更新されるか、修理されていることを示す。別な見方をすると、1 台の井戸ポンプは、平均 1.8 年に 1 回修理され、4.5 年で更新している。

既存井戸ポンプの現況調査から、以下の点がポンプ寿命を短くし、効率を低下させていると想定される。

- 井戸水に含まれる微細な砂がポンプのインペラー・ブッシュを摩耗している。
- 過流量によるキャビテーションがポンプを損傷している。
- 供給電源の過剰な変動がモータ寿命を短くしている。

このような現況を改善するためには、以下の対応が求められる。

- 井戸に適切なケーシングパイプの設置（開口サイズ等）。

- 井戸や揚水先状況に適合するポンプの選定。
- 過剰な変動のある供給電源からのモータ保護装置の設置。

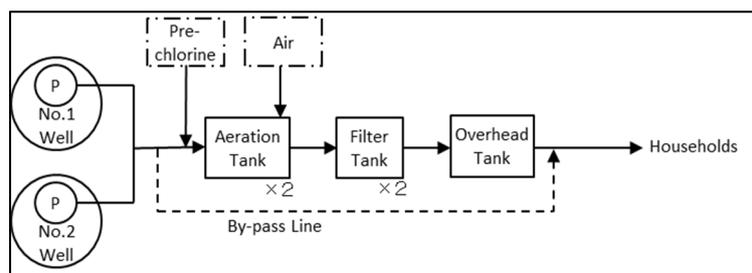
これらの問題は、既存ポンプの選定・設置方法や井戸の老朽化に起因すると考えられるため、井戸・ポンプの更新が必要である。

3) 維持管理上の課題

NWSC 及び WUSC の PS は、いずれの PS でも地下水位観測用の井戸はない。そのため、揚水停止時の静水位および揚水時の動水位はいずれの PS でもモニタリングされていない。また、井戸の運転記録（運転時間と消費燃料の記録）は取られていたが、各井戸からの揚水量や PS からの配水量の記録はされていない。各井戸の揚水量を聞き取りした結果は、ポンプの能力から計算された揚水量であり、流量計がない井戸も多く、実際の井戸からの揚水量が確認、記録されていない。

(2) 浄水設備

NWSC では、Munal Path PS と Rani PS に、WUSC では、Jamungacchi WUSC PS、Pichara WUSC PS、Mangadh WUSC PS に鉄・マンガン除去施設が設置され使用されている。このうち、Mangadh WUSC PS は、2007 年に我が国の無償資金プロジェクトにより建設され、比較的良好に運転されている。一方、その他の施設では、ろ過砂が流出したり、ろ過砂の洗浄が出来ていないことが確認でき、運転維持管理が適切に行われていない状況と言える。その理由に、ろ過後に浄水池がなく、井戸用水中ポンプの圧送により処理水を鉄・マンガン除去施設を通して高架タンクまで一気に通貫で送水を行っており、揚水量の変動が比較的生じやすく、設備内圧が高くなることがあげられる。また、圧力タンクのため、タンク内部の状況が確認できず、維持管理を難しくしている。図 1-1-3 は、ピラトナガル市の典型的なシステムフローであり、浄水施設がない。一方、適切に運転維持管理が行われている Mangadh WUSC PS は、浄水池を備えている。NWSC の施設詳細状況は、後述する。



(Mangadh WUSC PS を除く Biratnagar 市の鉄・マンガン除去施設を有する PS の典型的なフロー)

出典：JICA 調査団

図 1-1-3 Pichara WUSC の PS ブロックフロー



出典：JICA 調査団

写真 1-1-2 Pichara WUSC の PS 鉄・マンガン除去設備

(3) 送配水設備（高架タンク、送・配水管）

NWSC の Pichara PS、BMF PS、Kanchanbari PS には、高架タンクが備わっていない。高架タンクがある他 PS でも、揚水ポンプ、高架タンクには流量計がないため、正確な揚水量及び配水量が把握できない。また、高架タンクの容量は、ポンプ能力の 1.5 時間から 3 時間程度しかなく、時間最大給水量へ対応する貯水能力としては不十分である。

また、既設管の配水管網図は存在しないが、ヒアリングによる管網図の再現により、以下の状況であることが言える。

1) NWSC

管種は、DI (Ductile Iron) 管と GI (Galvanized Iron) 管に大きく分かれ、GI 管が総じて建設年度が古い。総延長約 139km の内、約 58km が 30 年以上経過しており、そのほとんどが GI 管である。老朽化が進んでいるうえに、2017 年からの ADB の道路改良プロジェクトによる破損事故が重なり、漏水事故が多発している。漏水による損失水量詳細は不明であるが、NWSC 管轄での無収水率は約 40%と推定される。これらの詳細は、後述する。

2) WUSC

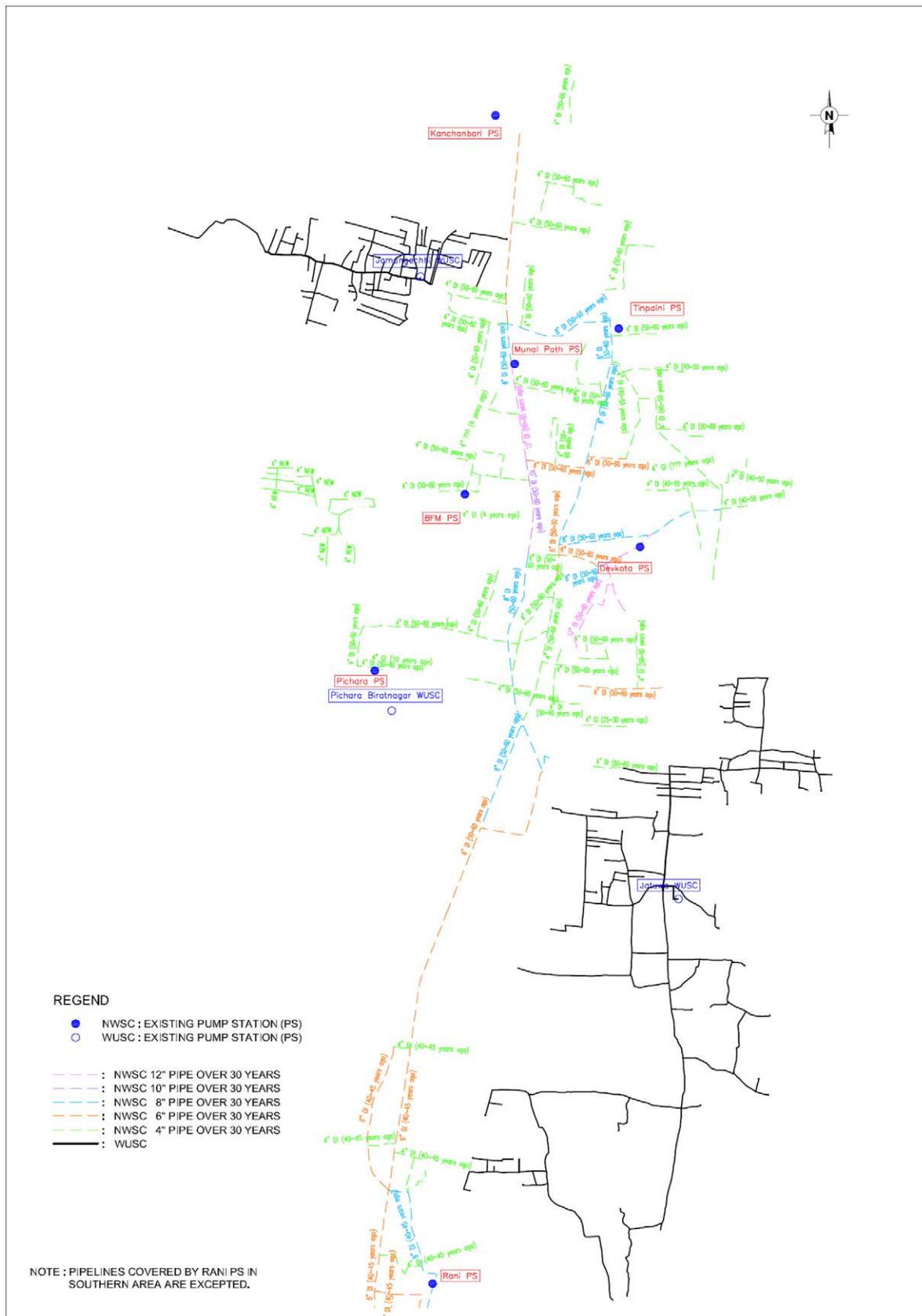
WUSC 施設の稼働開始年は、表 1-1-7 に示すとおり比較的新しく、更新の必要性は低い。管路の材質は、Jamungachhi WUSC では GI 管が主に使用されているが、他の WUSC では送水管（井戸から高架タンクまで）は DI 管、高架タンク以降の配水管は HDPE 管（高密度ポリエチレン管）である。なお、Jatuwa WUSC の配水管は、道路工事で管路の半分以上が破損され、現在、使用されていない。各 WUSC の配管網は、CAD 図により整備されたデータはないため、入手出来た Jamungachhi WUSC 及び Jatuwa WUSC に係るスケッチ図面と地形図から調査団が復元した。

表 1-1-7 WUSC 施設の稼働開始年

WUSC	稼働開始年
Jamungachhi WUSC	2012 年
Pichara WUSC	2019 年
Mangadh WUSC	当初 2005 年 (我が国の無償資金協力 2007 年)
Jatsuwa WUSC	

出典：JICA 調査団

NWSC 及び WUSC の配水管を復元した図面は、図 1-1-4 である。



出典：JICA 調査団

図 1-1-4 NWSC 及び WUSC 施設の既存配管網の復元図

(4) ハンドポンプ

ビラトナガル市の多くの市民はハンドポンプ井戸を利用している。ハンドポンプは市域全体に普及しており、各家庭の敷地内に設置されている。また、NWSC や WUSC の上水道接続契約者の家庭においても利用されている。これは、NWSC の提供する水道を信頼していないこと、水道サービスの低さが理由としてあげられる。また、上水道接続契約者もハンドポンプ井戸を利用しているため、上水道の水使用量は、必ずしも各世帯で必要としている水需要とは言えない。

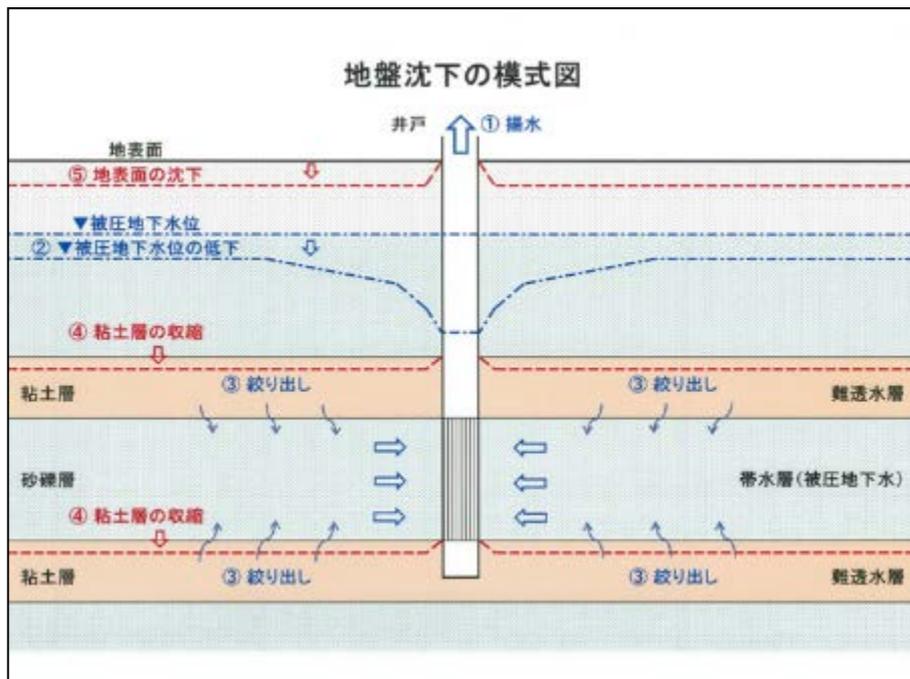
なお、市民からのヒアリングでは、ハンドポンプ井戸の水量に係る特段の不满はないと考えられ、上水道接続していない家庭でも、50LCD 以上の平均一人一日給水量は確保できていると推定される。

また、ハンドポンプ井戸の水質に関しては、一部を除き、ほとんどのエリアで水質に問題があり、各家庭で市販のろ過フィルターを通して飲料水として利用されている。また、家庭飲料水として市販の飲料水を必要最低限購入しているという世帯も確認できた。

1-1-1-5 地下水揚水における地盤沈下発生の可能性について

(1) 地盤沈下発生の原因

図 1-1-5 は、地盤沈下発生の原因を模式的に示している。



出典：アサノ大成基礎エンジニアリング Web サイト

図 1-1-5 地盤沈下発生の原因模式図

同図に示すように、地盤沈下は次のような過程を経て、未固結の粘土層を挟在する地層中で発生する。

- ① 井戸による地下水の過剰揚水
- ② 過剰揚水に伴う被圧帯水層の地下水位の低下
- ③ 粘土層中からの地下水の絞り出し
- ④ 地下水の絞り出しによる粘土層の収縮
- ⑤ 地層中の粘土層が収縮することにより地表面の低下→地盤沈下の発生

従って、地盤沈下が発生するためには以下の要因が不可欠となり、これらの要因がそろわなければ地盤沈下は発生しない。

- ・過剰な地下水位揚水により帯水層の地下水位が著しく低下すること
- ・帯水層を形成する砂層や礫層などの高透水性ゾーンの上に、収縮して地盤沈下の原因となる粘性土（不透水層/難透水層）が分布すること

(2) 長期地下水位観測結果

ビラトナガル周辺での地下水揚水によって発生が懸念される地盤沈下について検討するために、ビラトナガル市周辺の長期地下水位モニタリング井戸の観測データを入手した。

a) 長期地下水位観測井戸位置

ビラトナガル市周辺で継続して地下水位観測を実施している 3 孔の井戸の地下水位観測データを収集することができた。

図 1-1-6 は、FM/STW、UN/ATW および UN/DTW の 3 孔の既存地下水位観測井戸位置を示している。



出典：JICA 調査団

図 1-1-6 既往地下水位連続観測井戸位置

b) 長期地下水位観測結果

表 1-1-8 は、これら 3 地点の観測井戸地点名と、各々の観測井戸の地下水位観測期間を示している。UN/DTW は 2012 年以降に観測を実施しているが、7 年間の継続観測期間がある。他の 2 か所の観測地点についても、一部欠測期間があるものの、2008 年から観測データがある。

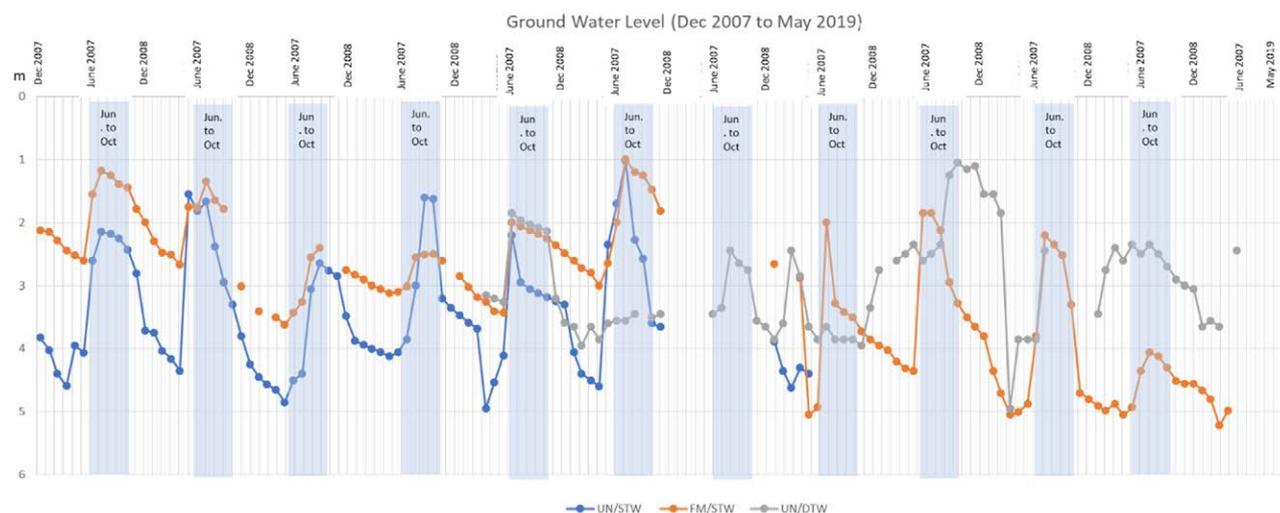
表 1-1-8 ビラトナガル市周辺の長期地下水位観測井戸観測期間

観測井戸名	観測期間	備考
UN/STW: Rani Sikiyahi	2008年 1月～2013年 12月 2015年 1月～5月	
FM/STW: Jhapa Baijhanathpur	2008年 1月 2013年 12月 2015年 1月～2019年 5月	2015年1月～2019年5月はやや欠測もあるが、断続的に長期観測となっている
UN/DTW: Amaduwa	2012年 4月～2019年 6月	欠測もあるが、断続的に長期観測となっている。

出典：JICA 調査団（データ出典：エネルギー水資源・灌漑省）

図 1-1-7 は、エネルギー水資源・灌漑省ビラトナガル支所から入手したこれらの各井戸の地下水位継続観測結果に基づいて調査団が作成した地下水位変動図を示している。

このグラフでは、左側の縦軸は0が地表であり、5は地表から5mの深度を示している。従って、観測井戸の地下水位は雨期—乾季で変動はあるものの、雨季には地表から1～2mの深度にあり、乾季には地表から3～5mの深度にあることを示しており、雨季と乾季で場所により異なるが、地下水位は全般に高く、地表部にある高い地下水位が年間雨季-乾季で1～3m程度変動していることを示している。

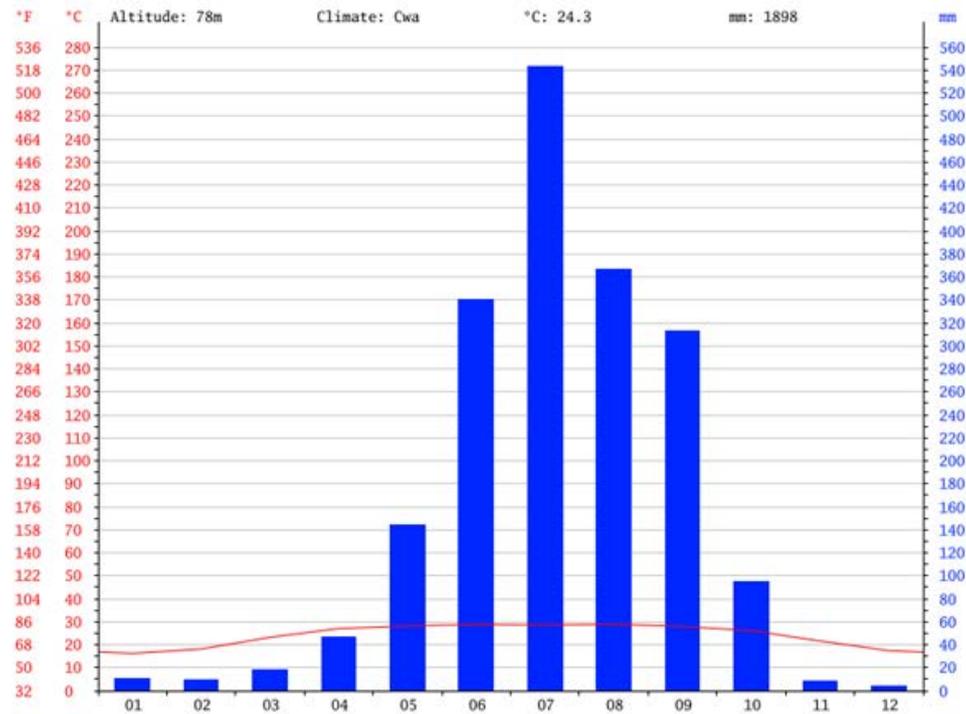


出典：JICA 調査団（データ出典：エネルギー水資源・灌漑省）

図 1-1-7 既往地下水位変動グラフ

図 1-1-7 からは、雨季と乾季で地下水位の変動はやや大きいものの、経年での地下水位が低下している傾向は全く見られない。このことは、現在も井戸による地下水揚水が行われているビラトナガル市周辺の地下水位が低下していないことを示している。

図 1-1-8 は、ビラトナガル市の一般的な年の年間降水量の各月の変化について示している。この図からは、5月～9月が雨季で、特に6月～9月の間には降水量が多い傾向が認められ、主に年ごとの雨季の降水量の変化が年間の降水量グラフの各年のばらつきの主な原因となっているものと考えられ、乾季の基底地下水位は年間、観測期間を通じて安定している。

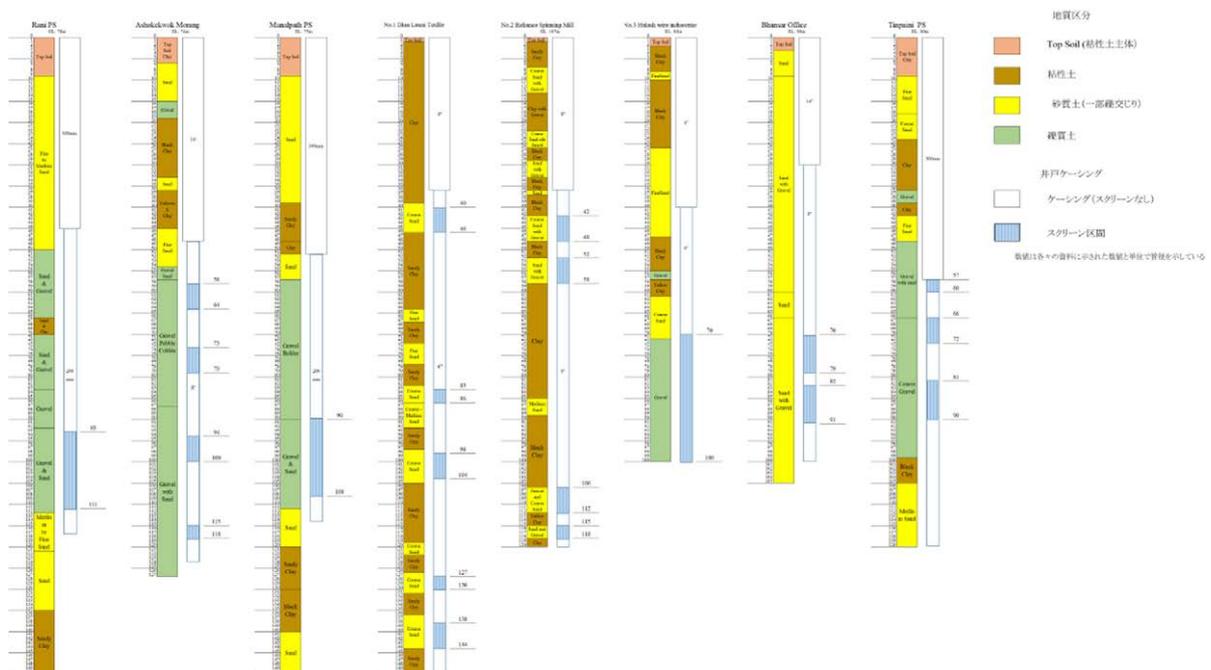


出典：JICA 調査団

図 1-1-8 一般的な年の年間降水量変化

(3) 既往井戸の地質状況

入手した既往井戸のボーリング結果、スクリーン深度及びボーリングログに基づいて作成した各井戸の地質状況と井戸構造を図 1-1-9 に示す。



出典：JICA 調査団

図 1-1-9 入手した井戸データに基づく各井戸の地質状況と井戸構造

(4) 現時点での地盤沈下発生について

地盤沈下に影響を与える要因のうち、粘性土の分布について前出の図 1-1-9 に示しているように、ビラトナガル既存井戸の地質状況からは、帯水層を形成している礫層あるいは砂層の上、あるいは下側に粘性土層が分布している地点も認められる。しかしながら、(2) で記述したように地下水位の低下傾向が全く認められないことから、ビラトナガル周辺では地下水揚水による地盤沈下は現時点では発生していないと判断される。

(5) ビラトナガル市での新規井戸建設による地盤沈下発生について

ビラトナガル地域は広域には北側の標高 8,000m 級の山々が連なるヒマラヤ山脈を分水界とする広大な流域であり、これらのヒマラヤ山脈からテライ平原までの間で涵養された地下水がビラトナガルを流下し、さらにインドへと流下している。

ビラトナガル地域は、このような広大な流域での地下水涵養により地下水が供給されており、今後の新規地下水開発に当たっては、新規に開発する各井戸での適正揚水量を確認し、適切な井戸間隔を確保することにより地盤沈下の発生は防止できるものと考えられる。また、新規に井戸を開発する場合には、地下水位モニタリングを行い地下水位の変化を確認する必要がある。

1-1-1-6 生活用水の使用実態及び住民の信頼度

ビラトナガル市の全 19 地区の住民に対し、生活用水の使用実態を確認し、住民の意識や要望を本プロジェクトに反映するため、社会条件調査を実施した。

調査は、以下に示す 2 つのカテゴリ別の質問票を用いたインタビュー形式で行った。

- NWSC 又は WUSC の給水サービスを受けている：給水世帯
- NWSC 又は WUSC の給水サービスを受けていない：未給水世帯

(1) 調査対象世帯数

調査対象世帯数につき、表 1-1-9 に示す通り、合計 160 世帯を訪問した。各 Ward での調査数は、人口で按分した値であり、給水世帯：未給水世帯=3:1 程度で調査した。

表 1-1-9 調査世帯数

Ward	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	合計
給水世帯	7	5	9	8	8	11	5	8	4	7	8	10	4	6	7	4	4	0	3	118
未給水世帯	2	2	3	3	3	3	1	2	1	2	2	3	1	2	2	1	2	6	1	42
合計	9	7	12	11	11	14	6	10	5	9	10	13	5	8	9	5	6	6	4	160

出典：JICA 調査団

(2) 調査項目

今回の調査内容を表 1-1-10 に示す。

表 1-1-10 調査項目

給水世帯	未給水世帯
利用水源	
使用水量	
世帯収入	
水道料金支払額	—
給水サービスへの満足度	—
水因性疾患の有無	
給水サービスへの苦情内容	—
給水サービス改善後の支払い意思額	

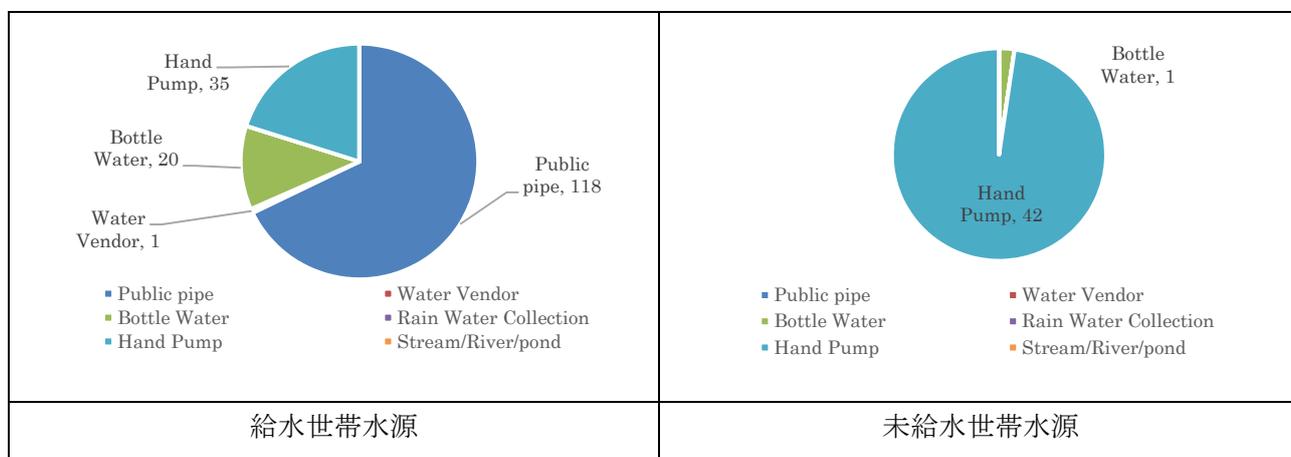
出典：JICA 調査団

(3) 調査結果

1) 回答者が使用する水源

給水世帯及び未給水世帯の水源の調査結果は図 1-1-10 に示すとおりである。給水世帯では、全 118 件がパイプラインを利用しているが、ハンドポンプ併用が 35 件 (29%)、ボトルウォーター併用が 20 件 (16%) ある。

未給水世帯が、利用している水源はハンドポンプ 42 件 (98%) であり、次いでボトルウォーター 1 件 (2%) である。



出典：JICA 調査団

図 1-1-10 給水世帯水源及び未給水世帯水源

2) 水使用量

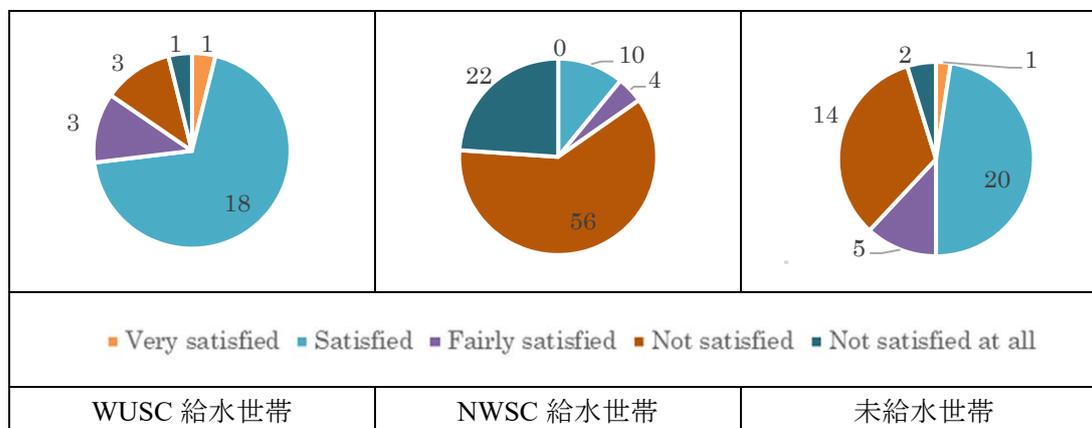
給水世帯及び未給水世帯について、平均的な推定水使用量は、給水世帯が 24 m³/月、未給水世帯が 25 m³/月程度であり、未給水世帯も給水世帯と同等の水量を得られていると考えられる。

3) 給水サービスへの満足度

給水世帯 (WUSC26 世帯、NWSC92 世帯) 及び未給水世帯 (42 世帯) に対し、給水サービスの満足度 (とても満足、満足、やや満足、不満、とても不満の 5 段階) を質問した。結果を図 1-1-11

に示す。WUSC 給水世帯は 22 件 (85%) が満足しているのに対し、NWSC 給水世帯は 78 件 (85%) 不満に感じており、また未給水世帯は満足している割合のほうがやや多かった。

ヒアリングでは、管路の老朽化により NWSC の給水サービスを信頼しておらず、敷設替えすべきという声が多かった。



出典：JICA 調査団

図 1-1-11 給水サービス満足度

4) 水料金の支払い能力

給水世帯・未給水世帯における収入および支出を表 1-1-11 に示す。収入および支出ともに、給水世帯のほうが若干多い。

表 1-1-11 給水世帯・未給水世帯における収入および支出

単位：NPR/月

給水世帯		未給水世帯	
収入	支出	収入	支出
46,870.65	31,030.57	45,232.46	28,359.65

出典：JICA 調査団

給水世帯の月の水料金の支払いは平均 390NPR であり、収入の約 0.8%程度である。給水サービス改善後の支払い意思額は 234NPR であり、収入の約 0.5%程度を望んでいる。

未給水世帯のほぼ全てがハンドポンプを使用している。未給水世帯の支払い意思額は平均 203NPR であり、収入の約 0.5%程度を望んでいる。

5) NWSC 接続世帯の NWSC への苦情

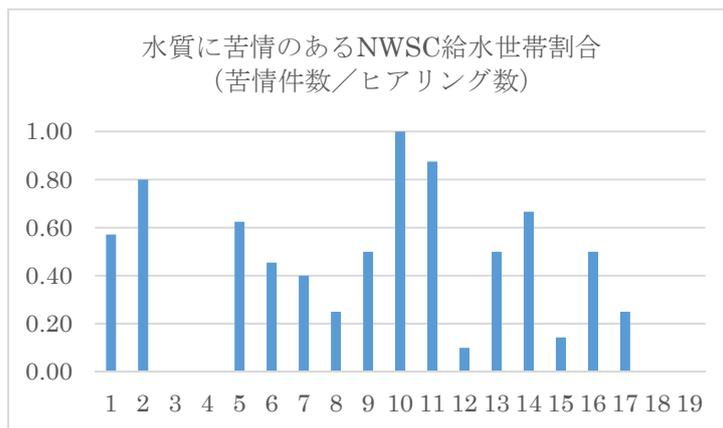
NWSC の給水システムに接続している回答者の内、75 件が水質に不満があると回答した (図 1-1-12 参照)。次いで、給水時間 (49 件)、水圧 (29 件) である。



出典：JICA 調査団

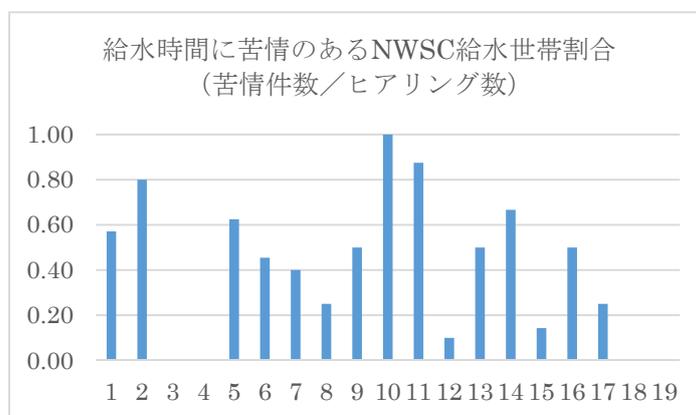
図 1-1-12 NWSC 接続回答者の給水への苦情

また、特に不満の多い項目（水質、給水時間、水圧）について、苦情件数／ヒアリング数を算出したところ、Ward 2、9、10、11 が特に不満が多いことがわかる（図 1-1-13 から図 1-1-15 参照）。



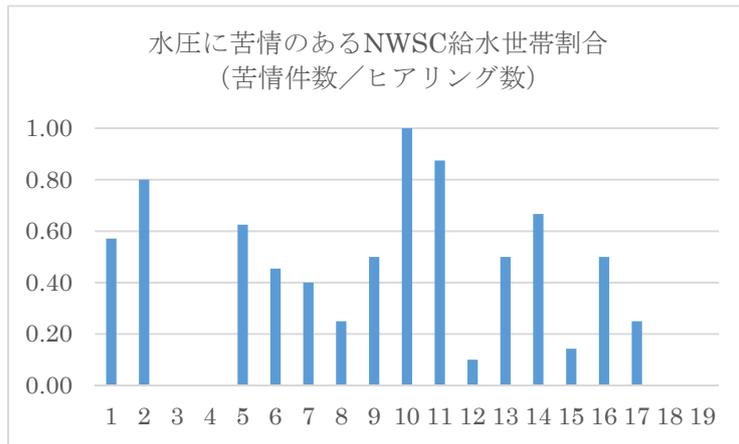
出典：JICA 調査団

図 1-1-13 各 Ward の水質の苦情件数／ヒアリング数の割合



出典：JICA 調査団

図 1-1-14 各 Ward の給水時間の苦情件数／ヒアリング数の割合

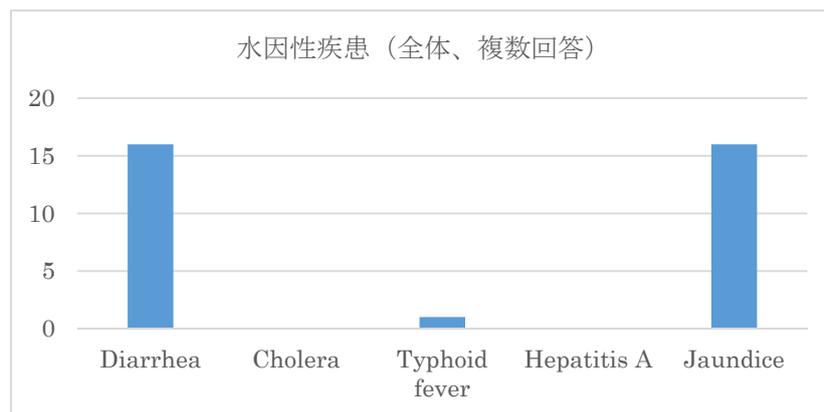


出典：JICA 調査団

図 1-1-15 各 Ward の水圧の苦情件数/ヒアリング数の割合

6) 水因性疾患

180 世帯を対象に、水因性疾患の有無を質問した。下痢 (16 件)、黄疸 (16 件)、腸チフス (1 件) の疾患が過去にあったとの回答であった (図 1-1-16 参照)。



出典：JICA 調査団

図 1-1-16 水因性疾患ヒアリング結果

(2) 社会条件調査結果における総括

NWSC 給水世帯の、水質に対する苦情が多く、Ward ごとの苦情の割合では Ward 2、9、10、11 が特に多かった。これは既存の Tinpains PS 及び Devkota PS、また新規 No.5 PS の給水エリアに該当するため、本プロジェクトでの PS の新規建設及び改修が特に重要であるといえる。

NWSC 給水世帯の水質の改善の優先度が高く、また NWSC 給水エリアにおける老朽化した配管の敷設替えも喫緊の課題であるといえる。

1-1-1-7 水因性疾患の状況

ビラトナガル市では、2014 年 4 月に大量のウイルス性肝炎罹患者が発生した。Morang District Public Health Office によれば、当時の状況は以下のとおりである。

- ・ 罹患者数は2,466人に上り、12人が死亡した。
- ・ 原因は明らかになっていないが、当時の保健当局が飲料水を検査したところ、多くのサンプルから大腸菌群が検出された。
- ・ NWSCの給水から大腸菌群が検出されたことから、ビラトナガル市周辺では、NWSCの上水道水に汚水が混入したことがウイルス性肝炎の大量発生の原因と言われるようになった。
- ・ 市民の多くは、このことを契機により飲料水水質に気を配るようになった。(NWSCは信頼性を落とした。)

なお、ビラトナガル市では水因性疾病を含む疾病症例数のデータ管理を実施していないが、Morang Districtが医療機関からの情報に基づき、2014年から疾病症例数データ管理を実施している。そのデータから飲料水と関係が深い疾病の症例数を抽出したものを表1-1-12に示す。なお、ビラトナガル市の人口は、Morang Districtの約22%であるため、同表の数値の約22%がビラトナガル市での症例数と推定される。

表 1-1-12 Morang Districtの水因性疾病の症例数

病名	2014/2015	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019
腸チフス	15,234	18,277	28,255	24,742	16,101
急性胃腸炎	18,630	16,034	18,677	20,462	14,400
アメーバ赤痢	9,475	11,238	10,486	10,295	8,949
細菌性赤痢	4,045	5,637	4,436	5,141	4,138
下痢	9,870	10,794	9,412	10,476	11,288
コレラ	585	519	148	28	175
回虫	19,028	15,914	15,087	12,961	11,555
A型肝炎	144	459	44	77	62

出典：Morang District Public Health Office

1-1-2 開発計画

ネパールの国家開発は、調査時の2019年時点で、第14次3ヶ年計画(2016/17-2018/19)の下で実施されている。前段の第13次3ヶ年計画の期間内には、2015年のネパール大地震などがあり、国家開発の進捗に遅れが生じた。上水道の分野では、2017年までにベーシックレベルの給水普及率を96.3%にすることが目標とされていた。しかし、推定普及率は83.6%に留まる結果になった。その一方、中程度以上(一人一日平均給水量で65LCD以上)の給水普及率は、目標の15%に対して15.8%になり、目標を達成した。汚水処理面では、基本的な衛生設備普及率が目標の90.5%に対し、81%に留まる結果になった。

第13次3ヶ年計画中に生じた社会経済開発の遅れを取り戻すことを期し、第14次3ヶ年計画では、社会経済開発の進捗を上げることが主眼に置かれている。この背景の下、上水道分野での第14次3ヶ年計画の目標は、表1-1-13のように設定されている。ベーシックレベルの上水道サービスの整備は、第14次3ヶ年計画に沿った開発である。

表 1-1-13 第 14 次 3 ヶ年計画の概要（上水道分野）

項目	内容
ビジョン	適切な品質で信頼できるとともに簡易にアクセス可能な飲料水と衛生サービスを通じて、国民の健康と生活レベルの改善を図る。
目標	ベーシックレベルの給水と衛生サービスを全ての国民に提供する。
成果（上水道）	ベーシックレベルの給水普及率を、1 年目、2 年目、3 年目において、それぞれ 86%、88%、90%にする。 中程度以上の給水普及率を、1 年目、2 年目、3 年目において、それぞれ 20%、25%、30%にする。

出典：第 14 次 3 ヶ年計画から抜粋

ネパールにおける上水道に係る SDGs の目標及び達成状況は表 1-1-14 に示すとおりである。給水管による各戸給水普及率は、90%の目標に対して 2015 年の達成状況が 49.5%である。

なお、ビラトナガル市の達成率は、各戸給水普及率において約 30%と推定される。水質面では、井戸や給水栓で大腸菌群が検出されていることや残留塩素がほとんど検出されていないため、大腸菌リスクに係るゼロという目標とのギャップは大きい。また、無収水率も推定 40%であり、目標とのギャップは大きい。このため、ビラトナガル市の上水道改善は、SDGs 達成に大きく寄与するものと考えられる。

表 1-1-14 ネパールの SDG-6 の目標及び達成状況

SDG No.	目標（2030）	目標（2030）	達成状況（2015）
6.1.1	パイプによる各戸給水普及率	90%	49.5%
6.1.2	ベーシックレベルの給水普及率	99%	87%
6.1.3	家庭用水に大腸菌リスクがある家庭率	0%	82.2%
6.1.4	水源に大腸菌リスクがある家庭率	0%	71.1%
6.1.5	安全な水を使っている人口	90%	15%
6.1.6	給水の濁度	5NTU	30NTU
6.4.5	無収水率	5%	20%

出典：Sustainable Development Goals Baseline Report, National Planning Commission, 2017

MoWS は、SDGs 達成のための行動方針計画として、ネパール給水・衛生セクター開発計画（Nepal Water Supply, Sanitation and Hygiene Sector Development Plan）を 2015 年に策定した。ここでは、以下を目的とした計画がまとめられており、その中で、表 1-1-15 に示す目標水使用量が示されている。

- ・ 給水や衛生設備へのアクセス格差削減
- ・ 不平等なサービスの改善
- ・ 水質、システムの機能性や持続可能性確保
- ・ サービスの品質等向上

表 1-1-15 給水の普及目標レベル

区分	レベル	内容
上水道	High クラス	一人一日平均水使用量が 100-150LCD
	Middle クラス	一人一日平均水使用量が 65-100LCD
	Basic クラス	一人一日平均水使用量が 45-65LCD
	Substandard クラス	一人一日平均水使用量が 25-45LCD

出典：Nepal Water Supply, Sanitation and Hygiene Sector Development Plan, 2015, Ministry of Water Supply

また、同書の中に、連邦制を考慮した関係機関の責任分担の明確化が示されており、以下のよう
に要約される。

- 給水省（以下、MoWS という）の上下水道管理局（以下、DWSSM という）が方針・政策を
策定する
- 各州の上下水道局と各州の DWSSM 支局がインフラ整備を実施する
- 各市町村及び地域の上下水道管理委員会（WSMB）がオペレーターとして施設・事業の運営・
維持管理を実施する
- 全国の中大規模都市で上水道事業を運営・維持管理しているネパール上水道公社（以下、
NWSC）については、各支局を市町村ベースの地域事業運営主体者に位置づける

1-1-3 社会経済状況

(1) 政治社会情勢

1996 年からネパール統一共産党毛沢東主義派（マオイスト）が武力闘争を行い情勢が不安定化
していたが、2006 年には包括和平が締結された。2008 年に王政が廃止され連邦共和民主制に移行
したが、その後もマルクス・レーニン主義派とマオイスト派、それぞれの共産主義思想を巡る対
立が散見された。しかし、2018 年には両思想を代表する連立与党が形成され、新たにネパール共
産党が発足して現在の政権となっている。

(2) 経済状況

表 1-1-16 示すように、2013 年に 4.1%、2014 年に 6.0%の成長をしていた GDP は、2015 年に発
生したネパール大地震に対する復興事業の遅れと、同年 9 月 20 日の憲法公布直後に発生したイン
ドの国境封鎖の影響によって落ち込み、2016 年度の成長率は 0.6%を記録した。しかし、翌年には
復興事業やインドとの国境道路の状況が回復し、例年よりも高い経済成長率を記録した。

他国との経済関係は、ネパールは南アジア地域協力連合、ベンガル湾多分野経済協力イニシア
ティブに加盟し、域内全体の経済力を強化する取り組みを行ってきている。特に、国境を隣接す
るインドとは 1991 年よりインド・ネパール貿易協定を締結しており、輸出入が無関税である。ま
た、中国に関しては 2016 年度より自由貿易協定に向けたフィージビリティスタディを実施中であ
る。なお、自国内経済力の強化と海外投融資推進を目的として、2017 年 9 月から経済特区開発機
構法及び経済特区委員会規則を施行している。同規則では国内に 14 カ所の経済特区を設置す
ることが計画されている。ただし、貿易赤字状態であり、2016/2017 年度においては、貿易赤字が 917,064
百万 NPR（出典：Statistical Year Book 2017）に上っている。

外貨流入の面では、2007/2008 年度の 236,927 百万 NPR から 2016/2017 年度の 934,909 百万 NPR

に大きく伸びているが、海外就労者等からの送金に依存している面があり、2016/2017年には海外からの送金が外貨収入の64%を占めている（以上のデータ出典：Statistical Year Book 2017）。

表 1-1-16 ネパールの基礎的な経済データ

項目	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
名目 GDP (単位：百万 USD)	19,271	20,003	21,411	21,186	24,888
GDP年間成長率 (%)	4.1%	6.0%	3.3%	0.6%	7.9%
PPPによる一人あたり GNI (単位：USD)	720	730	740	730	800
外国直接投資、純流入額 (BoP、 単位：百万 USD)	74	30	51	105	196
政府開発援助純受入額 (単位：百万 USD)	873	883	1,224	1,063	1,258

注：GNI：国民総所得、PPP：購買力平価、BoP：国際収支統計

ネパールにおける一人あたり GNI は 2011 年の国勢調査の人口により算出されている
出典：世界銀行、「世界開発指標」

1-2 無償資金協力の背景・経緯及び概要

ビラトナガル市は、ネパールの第3の規模の経済都市で、人口は300千人（2019年推定）を越える。市内では、NWSC及び3つのWUSCが給水活動を実施している。しかし、給水人口は90千人余りであり、各戸給水の普及率は約30%に留まる。ネパールのSDGsは、2030年までに各戸給水率を90%にするとしており、目標と現況のギャップは非常に大きい。なお、市域全般には公共/自家用のハンドポンプ井戸が広く普及しており、ほとんどの市民はハンドポンプの水で生活をしている。

このような背景のもと、ネパール政府は水道施設の整備により、ビラトナガル市における給水サービスの向上を図るため、第一次現地調査（2019年11月）及び第二次現地調査（2020年1月から3月）において協力準備調査団が派遣され、調査を行った。2回における調査結果概要は、以下のとおりである。

市内の地下水は現在の社会経済活動に必要な水量を十分に賄えるレベルにあると考えられるが、地下水に含まれる鉄及びマンガンの濃度が飲料水水質基準を超えており、そのままでは飲用に適さない。また、ハンドポンプ井戸の水は行政による消毒管理が行き届かないため、ほとんどの市民は安全性が保証された水を享受することができない。そのため、上水道の基幹サービスプロバイダであるNWSCには安全な水の安定給水が求められているが、2019年に実施された17ヶ所の蛇口での水質サンプル中、大腸菌群（うち4ヶ所は糞便性大腸菌を含む）が13ヶ所で、飲料水水質基準を超える濃度の鉄/マンガンが13ヶ所で検出される等、飲料水水質基準を満足していない。なお、ネパールのSDGsでは、2030年までに大腸菌リスクをゼロにするとしており、水質面でも目標と現況のギャップは非常に大きい。

この背景の下、市民の健康及び衛生的な生活環境を維持するために、NWSCの上水道水質を改善して安全で安定した給水を維持する体制を段階的に整備するとともに、市民の上水道への接続を促進する活動が必要であり、NWSCは2027年までに残留塩素・鉄・マンガンに関する水質基準を満たした安全な水を約93,000人に給水出来るように目標を設定した。

本プロジェクトは、上記目標を達成するために、井戸/浄水施設の新設/更新と老朽化した配

水管／給水管の更新に必要な施設の建設、機材調達及び給水事業を行うものである。これにより、NWSCの浄水給水能力が一日平均で15,652m³/日（2027年）になることが期待されている。この中において、協力対象事業は、井戸PSの新設1ヶ所（能力4,075 m³/日）、同更新3ヶ所（合計能力11,577m³/日）及び送配水管を建設し、給水管敷設用のミニバックホウ2台と水質分析機器を調達するものである。

1-3 我が国の援助動向

我が国は、ネパールにおいて様々な上水道に係る協力事業を行っている。代表的な事業を表1-3-1に示す。

表 1-3-1 ネパールにおける上水道に係る我が国の資金協力事業・技術協力事業

種別	事業名	供与／借款金額	協力期間
無償資金協力	ボカラ上水道改善計画	48.13 億円（供与金額）	2017年～2022年
有償資金協力	メラムチ給水事業	54.94 億円（借款金額）	2001年～2018年
技術協力プロジェクト	地方都市における水道事業強化プロジェクト（フェーズ2）	-	2016年～2021年
	カトマンズ盆地水道公社水道サービス向上プロジェクト	-	2018年～2023年

出典：JICA 調査団

1-4 他ドナーの援助動向

ネパールでは、ADBが都市部のインフラ整備に広く支援を実施している。2019年現在、ADBは、表1-4-1に示す給水・汚水処理関係のプロジェクトを実施しており、このうちNo.7において、ビラトナガル市へ道路・下水道・雨水排除施設整備を支援している。なお、上水道分野においては、他のドナーを含め、ビラトナガル市への支援は実施されていない。

表 1-4-1 ADB の実施中案件

No	プロジェクト名	開始	終了予定	内容
1.	Melamchi Drinking Water Project (with Additional Financing)	24-Jan-2001	30-Jun-2019 (延長予定)	対象都市：カトマンズ盆地及び周辺 - メラムチ導水トンネル・メラムチ浄水場・配水設備の建設 - 汚水処理設備の建設 - 民間連携制度再構築支援
2.	Secondary Towns Integrated Urban Environmental Improvement (STIUEIP)	26-Oct-2010	31-Dec-2019	対象都市：地方部 6 都市 - 給水/下水道・雨水排除施設建設
3.	Kathmandu Valley Water Supply Improvement Project (with Additional Financing)	10-Nov-2011	31-Dec-2020	対象都市：カトマンズ盆地 - バルク給水システム改善 - KUKL/KVWSMB の能力開発 - NRW 削減計画作成支援 - アセットマネジメント計画作成支援 - GIS システム改善 - 住民啓発支援
4.	Integrated Urban Development Project (IUDP)	8-May-2012	31-Dec-2019	対象都市：地方部 4 都市 - 給水/下水道・雨水排除/固形廃棄物処理改善
5.	Kathmandu Valley Wastewater Management Project	3-Jul-2013	30-Jun-2021	対象都市：カトマンズ盆地 - 下水道のリハビリ・拡張 - インターセプター下水道建設 - 下水処理場建設 - KUKL/KVWSMB の能力開発 - 住民啓発支援
6.	Third Small Town Water Supply and Sanitation Sector Project	25-Nov-2014	31-Jul-2021	対象都市：地方部 20 都市 - 浄水設備を含む給水施設建設 - 腐敗槽を備えた戸別便所の設置 - 腐敗槽汚泥処理施設建設・機材調達 対象都市：その他 24 都市の既存施設リハビリ
7.	Regional Urban Development Project	27-Dec-2017	30-Jun-2023	対象都市：ピラトナガル及び他地方部 5 都市 - ピラトナガルの道路・下水道・雨水排除施設建設 - 他 5 都市の道路・下水道・雨水排除/腐敗槽汚泥処理改善
8.	Urban Water Supply and Sanitation Sector Project	26-Nov-2018	30-Apr-2024	対象都市：地方部 23 都市 - 浄水設備を含む給水施設建設 - 戸別便所の設置（ジェンダー・障害者配慮施設含む） - 下水道・雨水排除施設建設 - WUSC の料金計画作成支援 - 水・衛生の住民啓発キャンペーン

出典：ADB 提供一覧表

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

(1) NWSC 全体組織

NWSC は表 2-1-1 に示すようにネパール全国の 22 都市にて、上水道事業を実施しており、本部はカトマンズ市内に設置されている。本プロジェクトの運営維持管理実務は同表に示すビラトナガル支所が担当する。また、図 2-1-1 に NWSC 本部組織図を示す。本部では、NWSC 全体の総務・財務管理に加え、設計や施設建設・資機材調達の外部委託管理や支所への運営維持管理の技術的指導を実施している。なお、Dharan 支所は 2021 年 2 月に給水管理委員会 (Water Supply Management Board : WSMB) に移管された。

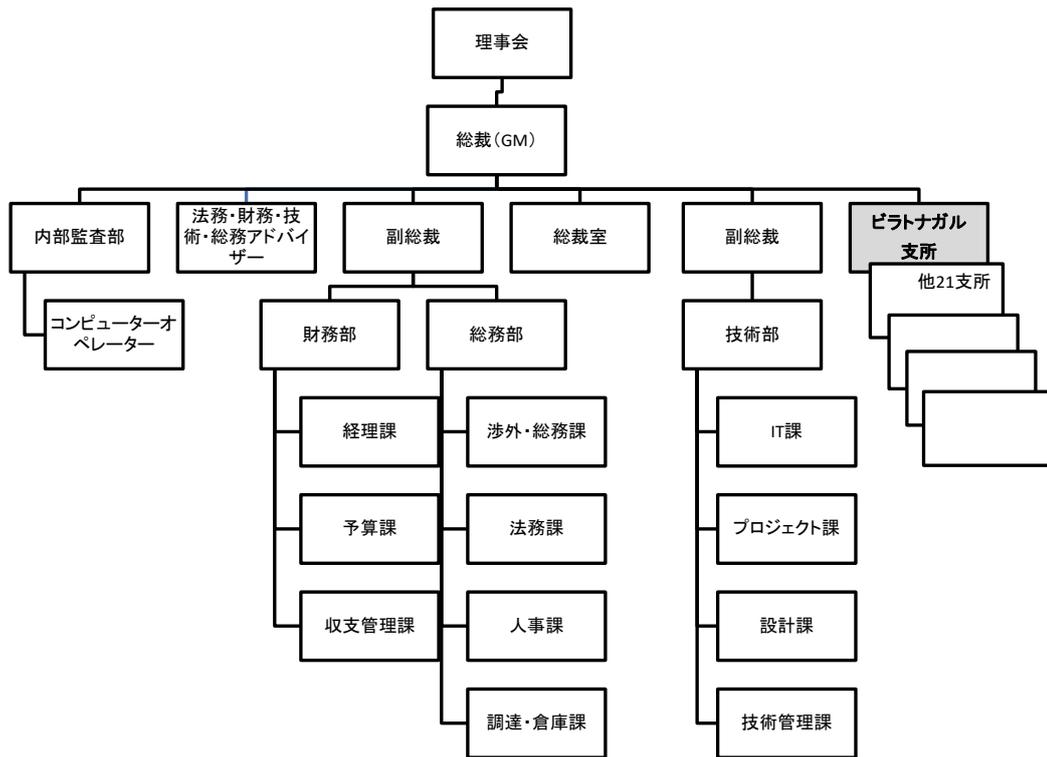
全体では、表 2-1-2 に示す 565 人で上水道事業を運営しているが、計画要員数は 921 人であり、計画に対する不足数は 356 人である。このため、要員増の手続きを実施中である。要員増については、面接試験が終了した 50 名について雇用手続き中であり、別途 150 名の採用計画があり、筆記試験までを終了させている。同時に、現場作業の中心になる等級 1、2、3 の職員数が大きく不足しているため、同レベルに対する有期契約社員を 132 人採用する計画で手続きを実施している。これらの新規採用計画が完了すると、332 人増になり、計画要員数充足率が 97%になる。

なお、新規に雇用した人材は我が国が無償資金協力を実施しているポカラ支所や本プロジェクト対象のビラトナガル支所に優先的に配置する予定である。

表 2-1-1 NWSC の支所リスト

No	都市	No	都市	No	都市
1	Bhadrapur	9	Malangawa	17	Taulihawa
2	Biratnagar (ビラトナガル)	10	Gaur	18	Krishnanagar
3	Dharan	11	Kalaiya	19	Nepalganj
4	Rajbiraj	12	Birganj	20	Dhangadhi
5	Lahan	13	Pokhara	21	Mahendranaga
6	Janakpur	14	Hemja	22	Banepa and Panauti
7	Jaleswor	15	Butwal		
8	Gaushala	16	Bhirahawa		

出典：NWSC



出典：NWSC

図 2-1-1 NWSC 本部組織図

表 2-1-2 NWSC 全体職員数

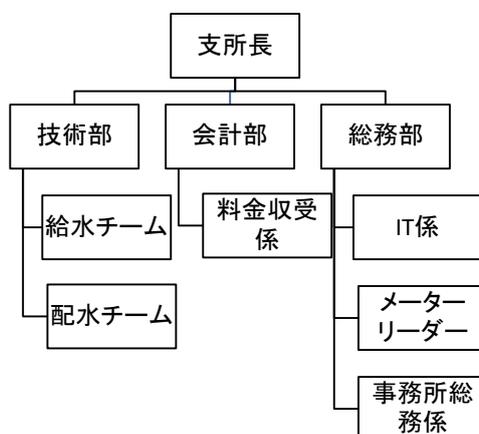
No.	部所／支所	認可済み計画数	現在の要員数			不足数
			正規職員	有期契約	合計	
1	本部	43	24	13	37	6
2	Bhadrapur	23	8	13	21	2
3	Biratnagar (ピラトナガル)	67	18	22	40	27
4	Dharan	99	27	26	53	46
5	Rajbiraj	20	9	8	17	3
6	Lahan	20	8	2	10	10
7	Janakpur	26	24	5	29	-3
8	Jaleswor	15	6	1	7	8
9	Gaushala	10		1	1	9
10	Malangawa	16	7	7	14	2
11	Gaur	18	7	5	12	6
12	Kalaiya	18	6	6	12	6
13	Birganj	53	16	12	28	25
14	Pokhara	159	33	42	75	84
15	Hemja	11	3	2	5	6
16	Butwal	100	28	38	66	34
17	Bhirahawa	32	12	10	22	10
18	Taulihawa	21	4	5	9	12
19	Krishnanagar	17	9	6	15	2
20	Nepalganj	36	7	16	23	13
21	Dhangadhi	37	7	11	18	19
22	Mahendranaga	21	7	9	16	5
23	Banepa and Panauti	41	6	23	29	12

No.	部所／支所	認可済み計画数	現在の要員数			不足数
			正規職員	有期契約	合計	
24	ミネラル水プロジェクト	18	1	5	6	12
Total		921	277	288	565	356

出典：NWSC

(2) NWSC ビラトナガル支所組織

NWSC ビラトナガル支所の組織図を図 2-1-2 に示す。また、職員数を表 2-1-3 に示す。職員数は認可済みの計画数 67 人に対して 40 人しか在籍しておらず、27 人の不足になっている。等級 6 号以上の管理職級の職員と等級 4 号以下の現場作業員クラスの職員の不足が目立つ。なお、1,000 接続当たりの職員数は 3.4 人であり、JICA の「途上国の都市水道セクター及び水道事業体に対するキャパシティ・アセスメントのためのハンドブック（2010 年）」に基づき、1,000 接続当たり 5 人を標準的とするならば、不足傾向にあると考えられる。この要員不足については、新たに雇用することで解決することを NWSC は計画している。



出典：NWSC からの聴取結果に基づき JICA 調査団作成

図 2-1-2 NWSC ビラトナガル支所組織図

表 2-1-3 NWSC ビラトナガル支所職員数

No.	ポスト	等級	専門	認可済み計画数	現在の要員数		不足数
					正規職員	有期契約	
1	Assistant Manager (Civil)	8	Civil	1	1		0
2	Civil Engineer	7	Civil	1			1
3	Section Officer	7	Administration	1			1
4	Account Officer	7	Account	1			1
5	Assistant Account Officer	6	Account	1			1
6	Sub-engineer	5	Civil	1	1		0
7	Supervisor	5	Civil	1			1
8	Accountant	5	Account	0	1		-1
9	Supervisor	5	Electro-mechanical	1	1		0
10	Computer Operator	4	Computer	1		1	0
11	Meter Mechanics	4	Electro-mechanical	1	1		0
12	Senior Meter Reader	4	Administration	2		2	0
13	Senior Plumber	4	Civil	3			3
14	Assistant	4	Administration	4		3	1
15	Assistant Accountant	4	Account	7	2	2	3

No.	ポスト	等級	専門	認可済み 計画数	現在の要員数		不足数
					正規職員	有期契約	
16	Pump Operator	4	Electro-mechanical	3	2	1	0
17	Junior Plumber	3	Civil	3		1	2
18	Light Driver	3	Driver	1		1	0
19	Junior Assistant	3	Administration	5	1	3	1
20	Meter Reader	3	Administration	7	2	4	1
21	Assistant Pump Operator	3	Electro-mechanical	2	2		0
22	Plant Attendant	3	Civil	1			1
23	Lab Boy	3	Quality	1			1
24	Helper	3	Electro-mechanical	4	2	2	0
25	Office Helper	1	Administration	14	2	2	10
合計				67	18	22	27
					40		

出典：NWSC からの聴取結果に基づき JICA 調査団作成

2-1-2 財政・予算

(1) NWSC 全体財務状況

各支所の料金収入は、NWSC 全体の収入として一括集計される。その後、各支所に予算として振り分けられる。そのため、各支所の料金収入がそのまま各支所の運営維持管理費に充当される形式ではない。

NWSC 全体の収支面では、表 2-1-4 に示すように料金収入は継続的に伸びている。しかし、ローンを財源にした設備投資も実施されているため、利息や減価償却の負担も増加している。結果的には、毎年の純利益が赤字であり、累積赤字が積みあがっている。このため、NWSC では、効率化と料金改定案を含めたビジネスプランの作成中である。ただし、上水道事業にかかる取水・浄水・配水等の運営費や人件費等の日常的な経費については、料金収入で賄える範囲にあり、施設建設等のインフラ整備費負担が累積赤字の主要因になっていると言える。

なお、ネパールでは NWSC を含む公益法人が施設整備を実施する際、政府が建設費を支弁するケースが多いものの、その費用は貸付金として処理されている。これは、我が国の無償資金協力でも同様であり、本プロジェクトを無償資金協力で実施する場合、その費用は政府から NWSC への貸付金として処理されるため、NWSC は政府への返済義務（7 年間の返済免除期間の後に 30 年間で返済）を負うことになる。

また、毎年度の赤字については、上述の政府への返済を繰り延べしてもらう形で会計処理されるため、累積赤字が積みあがる状態といえる。

表 2-1-4 NWSC の収支状況（単位：NPR）

分類		2015/2016	2016/2017	2017/2018
収入	料金収入	496,860,084.55	541,606,141.09	581,340,256.18
	その他	65,803,307.01	72,842,842.73	94,512,541.96
	計	562,663,391.56	614,448,983.82	675,852,798.14
支出	取水・浄水	138,551,644.28	164,335,102.61	182,762,855.09
	配水	62,700,876.25	67,738,526.04	76,573,930.68
	水質管理	2,973,065.51	3,371,043.55	3,747,042.90
	給水装置	52,800,092.67	62,457,861.19	62,560,131.47
	総務費	105,697,787.49	133,365,335.64	137,464,896.63

分類		2015/2016	2016/2017	2017/2018
	株式手数料	8,350,854.97	5,010,170.40	2,860,125.04
	割引手形手数料	6,313,920.03	5,293,694.49	5,079,727.64
	退職金・報奨金	41,789,087.84	188,022,288.78	18,155,957.30
	労災保険	1,173,965.80	557,690.12	205,251.71
	計	420,351,294.84	630,151,712.82	489,409,918.46
営業利益		142,312,096.72	-15,702,729.00	186,442,879.68
ローン返済・利息		-96,553,263.20	-117,508,676.35	-184,928,859.91
減価償却費		-58,057,715.64	-58,624,647.71	-65,074,388.29
減価償却引当金		1,949,044.79	1,949,044.79	1,949,044.79
純利益		-10,349,837.33	-189,887,008.27	-61,611,323.73
昨年度調整金額		101,346.08	-47,421.30	-4,574,746.11
累積赤字		-993,835,255.98	-1,004,083,747.23	-1,194,018,176.80
累積赤字(対財務諸表)		-1,004,083,747.23	-1,194,018,176.80	-1,260,204,246.64

出典：NWSC 発行「Annual Report 2075」を元に調査団作成

NWSC では、全国同一の水道料金を採用している。NWSC の水道料金を表 2-1-5 に示す。水道料金の改定に当たっては給水料金設定委員会からの承認が必要であり、審査に時間も要するため、頻繁な料金改定は困難である。また水源や必要な電力費・人件費等、各支所の固有の事情を鑑みて支所別に料金体系を決定しているわけではないため、各支所における給水コストに見合った料金体系になっていない。

料金は従量制を基本とするが、聞き取り調査と顧客台帳によると、水道メータ破損・不備が全国平均で約 25%程度あり、メータ破損の契約者からは基本料金や推定料金を収受する。また、メータ無しの契約者は固定料金である。これらは、契約者の節水意識向上の障害であるとともに実際の使用量が想定水量を上回るリスクが大きく、収入減になっていると懸念される。そのため、水道メータを完備することが急務である。

なお、料金表には下水道料金が含まれているが、NWSC は下水道事業を開始していないため、下水道料金は請求されていない。

表 2-1-5 NWSC 水道料金

No.	接続口径 (inch)	基本料金 基準使用水量 (Litres)	水道メータ料金		水道メータ無料金
			基本料金 (NPR)	1,000 リットル当 り追加料金 (NPR)	月額固定料金 (NPR)
1	1/2"	10,000	110	25	200
2	3/4"	27,000	1,490	40	1,600
3	1"	56,000	3,420	40	2,700
4	1 1/2"	155,000	9,600	40	6,500
5	2	320,000	21,600	40	12,000
6	3	881,000	49,500	40	33,000
7	4	1,810,000	97,200	40	62,000
下水道料金			上水道料金の 50%		

出典：NWSC

(2) NWSC ビラトナガル支所の収支状況

表 2-1-6 に NWSC ビラトナガル支所の収支状況を示す。前述のように、料金収入は本部で一括管理されるため、同表中の収入は、直接的にはビラトナガル支所の運営経費予算にはならない。

なお、同支所の支出額は料金収入より大きく、赤字状態である。ただし、赤字の原因は施設整備に係る投資・減価償却費によるものであり、日常的な運営経費は料金収入額の範囲内にある。

表 2-1-6 NWSC ビラトナガル支所の収支状況（単位：NPR）

項目		2015/2016	2016/2017	2017/2018
収入	料金収入	39,491,466.27	42,883,875.12	46,696,706.00
	(請求書発行金額)	44,126,041.00	45,661,462.00	50,989,769.00
	料金収受率	0.89	0.94	0.92
支出	給与	14,122,423.44	16,701,927.12	14,584,743.56
	総務費	1,319,328.84	1,678,695.60	1,893,088.77
	燃料費・電気代	7,860,283.43	9,380,414.51	10,632,813.59
	水質管理	131,932.77	304,456.14	261,097.95
	維持管理	6,094,342.30	4,478,766.82	6,999,253.23
	投資・減価償却費	36,905,536.23	22,528,263.19	13,449,291.42
総支出		66,433,847.01	55,072,523.38	47,820,288.52
収支		-26,942,380.74	-12,188,648.26	-1,123,582.52

出典：NWSC

2-1-3 技術水準

2-1-3-1 NWSC ビラトナガル支所の運営維持管理状況

(1) 揚水量・配水量管理

各井戸ポンプの運転時間は、「2-1-4-1 NWSC の基幹施設概況」で述べる通り、12 時間から 18 時間である。ポンプの運転時間は記録されているものの、データが支所に集約されるシステムは整っていない。また、ほとんどの施設で流量計測はされておらず、各井戸施設での給水量の管理はできていない。

各井戸施設から配水される時間は、表 2-1-7 の通りであり、すべての施設で共通である。また、Rani PS を除くすべての施設のネットワークは接続されており、実質 2 つの配水区により配水されている。従って現状は、無処理で直接ポンプ配水する水と浄水施設を通した水がネットワーク上で混じり合うシステムとなっている。また、給水量管理と同様に、配水量管理もされていない。

表 2-1-7 NWSC の配水時間

時期	時間
朝	4:00 – 9:00
昼	12:00 – 14:00
夜	16:00 – 20:00

出典：NWSC

各家庭の使用量は、水道メータの読み取りによって行われているが、約 20%が故障している状況で請求金額は推定値で管理されている。水道メータは、NWSC が一括購入したものが本来設置されることになっているが、市場には Class A の安価な水道メータも出回っており、顧客がそれを NWSC に設置させるといった問題もある。

(2) 漏水管理

漏水は、顧客クレームが支所に入った時点で確認作業と修理を行う。修繕チームがあり、配水管理部門が担当している。また、修理の基本情報（場所、日時）は、記録として残される。一方、定例パトロールによる漏水管理などは実施されておらず、能動的な漏水管理にはなっていない。

(3) 水質管理

濁度、残留塩素、鉄・マンガン等の基本的な水質項目の日常管理はされておらず、水質管理方法は確立されていない。予算に合わせて、年に2回ほど水質検査を外部委託しているとのことであるが、2018年5月の記録しか入手できなかった。なお、ネパールの水質基準の全項目を実施する検査機関はピラトナガルにはないため、主要な水質項目の検査のみを実施している。

2-1-4 既存施設・機材

2-1-4-1 NWSCの基幹施設概況

(1) 既存水源

NWSCは表2-1-8に示す7ヶ所のPSから給水しており、概ね一日に12～18時間の揚水を実施している。合計では、一日平均給水量が15,000m³/日程度と推定される。なお、各施設には流量計が不備であり、流量は計測されていない。そのため、表2-1-8に記載の揚水量はポンプ能力と稼働時間から算出した推定値である。

また、計算上給水量は15,000m³/日レベルになるが、NWSCは実揚水量を計算値の7割程度である10,000m³/日レベルと推定している。この理由は、①トラブル等でのポンプ休止がある、②高架タンクが小さいため（ポンプ能力の1.5～3時間分）オーバーフロー防止でポンプを止めることにある。

表 2-1-8 NWSCの基幹施設と理論値揚水量

No	PS	揚水ポンプ			平均揚水量 m ³ /日	高架タンク 容量 m ³
		No	能力 L/min	稼働時間 h/日		
1	Devkota PS	1	1,700	18	1,836	450
		2	1,700	18	1,836	
		3	1,400	18	1,512	
2	Tinpaini PS	1	1,600	18	1,728	450
		2	1,700	18	1,836	
3	Munal Path PS 鉄マンガン除去装置有	1	1,800	19	1,634	450
		2	1,400			
		3	1,100			
4	Kanchanbari PS	1	1,200	13	936	無 直接配水
5	BFM PS	1	1,400	16	1,344	無 直接配水
6	Rani PS 鉄マンガン除去装置有	1	1,400	12	1,008	450
		2	1,300	12	936	
7	Pichara PS	1	1,200	14	1,008	無 直接配水
合計					15,614	1,800

出典：NWSC（揚水量はポンプ能力と稼働時間からの計算値）

上記を踏まえ調査団が超音波流量計を用いて流量測定を行った。その結果を表2-1-9に示す。調

査期間中に新しいポンプに更新された Tinpains PS の No.2 PS 以外は、すべて定格揚水量よりも下回る結果となった。

表 2-1-9 各 PS の実測揚水量

PS	No	圧力 (Kg/cm ²)	超音波流量計による 実測流量 (調査団) (L/min)	機械式流量 計による実 績流量 (NWSC) (L/min)	備考
Devkota	1	2.2	1,680	非稼働	
	2	3.5	1,560	非稼働	
	3	2.0	1,050	非稼働	
Tinpains	1	2.2	2,060	非稼働	調査期間中にメンテナ ンスのためポンプが更 新された
	2	2.0	1,320	非稼働	
Munal Path	1	3.5	1,410	非稼働	
	2	2.7	960	非稼働	
	3	1.0	-	非稼働	井戸の状態が悪く測定 不可
Kanchanbari	1	未設置	840	1,150	
BFM	1	2.6	1,020	非稼働	
Rani	1	3.5	1,150	970	
	2	3.5	1,180	1,146	
Pichara	1	未設置	510	非稼働	0

出典：JICA 調査団

表 2-1-10 は揚水実測値を元に表 2-1-8 を修正したものである。ポンプの運転時間については、維持管理のための運転停止時間や高架タンクのオーバーフローを防ぐための運転停止時間を考慮して、表 2-1-10 に記載の運転時間の 90%の値とした。

表 2-1-10 NWSC の基幹施設と実測値揚水量

No	PS	揚水ポンプ			平均揚水量 m ³ /日	高架タンク 容量 m ³
		No	能力 L/min	稼働時間 h/日		
1	Devkota PS	1	1,680	16.2	1,632	450
		2	1,560	16.2		
		3	1,050	16.2		
2	Tinpains PS	1	2,060	16.2	2,002	450
		2	1,320	16.2		
3	Munal Path PS (with Fe/Mn facility)	1	1,410	17.1	998	450
		2	960			
		3	550 (設計能力の半分と想定)			
4	Kanchanbari PS	1	840	11.7	589	Non
5	BFM PS	1	1,020	14.4	881	Non
6	Rani PS (with Fe/Mn facility)	1	970	10.8	628	450
		2	1,146	10.8	742	
7	Pichara PS	1	510	12.6	385	Non
合計					11,676	1,800

出典：JICA 調査団

(2) 除鉄・除マンガン施設

ビラトナガルの地下水の多くは、鉄とマンガンの含有量が飲料水基準を超える。このため、多くの PS で除鉄・除マンガン施設を必要とする。

除鉄・除マンガンの処理としては、物理・化学的処理が広く行われており、NWSC の既存除鉄・除マンガン施設もこれに当たる。この除鉄、除マンガン処理には酸化処理が必要で、除鉄には溶存酸素、除マンガンには塩素が酸化剤として必要となる。従って、水に溶存している鉄、2 価鉄イオン・3 価鉄イオンはエアレーションもしくは塩素による酸化処理により 3 価の粒状水酸化鉄として過処理で除去する。一方、マンガンは塩素により酸化させた後、マンガン砂を自触媒として処理が必要となる。

除鉄・除マンガンと酸化剤の関係を表 2-1-11 に示す。

表 2-1-11 除鉄・除マンガンと酸化剤の関係

項目	酸化剤	
	溶存酸素	塩素
除鉄 (Fe ²⁺)	○ ※自触媒 (γ-FeOOH) を 利用する方法あり	△
除マンガン (Mn ²⁺)	× (ほとんど反応せず)	○ (自触媒 : MnO ₂ ・ mH ₂ O)

○：酸化可能でコストメリットあり、△：酸化可能だがコストメリットなし、

×：酸化不可

出典：高井雄、中西弘著 「用水の除鉄・除マンガン処理」より JICA 調査団作成

1) 鉄・マンガンの水質基準・濃度

鉄・マンガンの水道水質基準等の比較表を表 2-1-12 に示す。また、表 2-1-13 にビラトナガル市内で除鉄・除マンガン施設を有する PS の水質データを示す。

表 2-1-12 鉄・マンガンの水質基準比較

項目	WHO ガイドライン	水道水質基準 (日本)	ネ国飲料水水質基準 (NDWQS)
鉄 (mg/l)	— * (受容レベル : 0.3 以下)	0.3 以下	0.3 以下
マンガン (mg/l)	— * (受容レベル : 0.1 以下)	0.05 以下	0.2 以下

* 飲料水中で受容性（臭い・味・外観に関して感覚的に許容できる程度）の問題を起こすレベルでは健康影響はないため、ガイドライン値は設定されていない。表では、ガイドライン記述の受容レベルを記載。

出典：JICA 調査団

表 2-1-13 除鉄・除マンガン施設を有する各 PS の鉄・マンガン濃度

水質項目	区分	NWSC *1		WUSC (参考)	
		Munal Path	Rani *2		Mangadh *3
鉄 (mg/l)	原水	0.81	7.36	4.40	—
	処理水	0.37	0.91		0.3
マンガン (mg/l)	原水	0.24	0.62	0.56	—
	処理水	0.48	0.18		0.2

*1 JICA 調査団による簡易水質試験結果

*2 第二次現地調査以降、本プロジェクト調査対象エリア外

*3 MangadhWUSC 外部委託水質試験結果

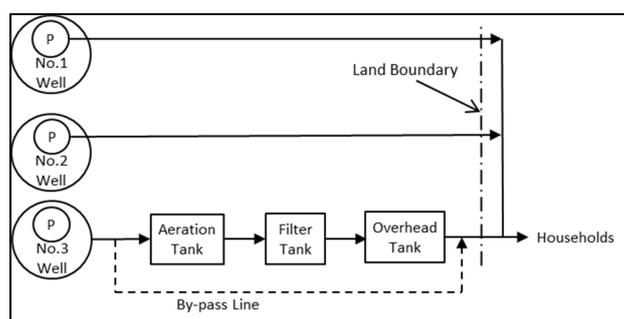
出典：JICA 調査団

2) NWSC 既存除鉄・除マンガン施設の状況

NWSC ビラトナガル支所では、管轄する 7 つの PS のうち、Munal Path PS、Rani PS の 2 つの PS に除鉄・除マンガン施設を設置し使用している。各施設状況は次に述べる。

また、下記の NWSC の PS の処理システムにおいては、ろ過後に浄水池がなく、井戸用水中ポンプの圧送により処理水を除鉄・除マンガン設備を通して高架タンクにまで一気通貫で送っている。この状態では、日常的に井戸、除鉄・除マンガン装置の個別の状態を確認できず、運転維持管理の観点から問題が多い。

a) Munal Path PS



出典：JICA 調査団

図 2-1-3 Munal Path PS ブロックフロー



出典：JICA 調査団

写真 2-1-1 Munal Path PS 除鉄処理設備

Munal Path PS では使用井戸 3 つのうち 1 つのみ、ろ過設備と接続されている。

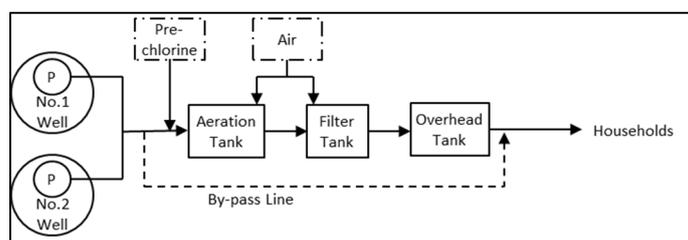
原水水質（鉄・マンガン）は、2018 年 NWSC 実施結果、本水質調査結果とも、一部基準値を超過していた。

処理設備の横にはコンプレッサーが置いてある。このコンプレッサーは、2016 年の建設当初より置いてあるとのことで、鉄の空気酸化を目的として処理設備に付随して導入されたと思われるが、単に置いてあるのみで現在も処理設備へは接続されておらず、使用されていない。

ろ過器は、内部を確認したところ、ろ過砂の大半が流出していた。NWSC のスタッフによれば、運転開始当初からろ過器の砂が流出して高架タンクに溜まるため、砂が溜まらなくなるまでの約 1 年間、3 ヶ月に 1 回程度の頻度で高架タンク内の清掃を実施していたとのことである。これは、ろ過器のろ過砂を保持している下部集水装置が破損し、ろ過砂が流出したことが原因であると考えられる。なお、ろ過器の洗浄は、これまでタンク内部を点検していなかったため（ろ過砂が無いことに気づいていなかったため）、ろ過砂が無いにも関わらず、1 日 1 回、夜間に実施していた。

また、エアレーションタンクのドレン先に細かい砂が確認され、設置井戸ポンプの能力が過剰で揚水時に砂を取り込んでいることが推察されることから、過大なポンプ能力による高圧力が下部集水装置の破損原因の 1 つとして考えられる。

b) Rani PS



出典：JICA 調査団

図 2-1-4 Rani PS ブロックフロー



出典：JICA 調査団

写真 2-1-2 Rani PS 除鉄・除マンガン設備

水質調査において、原水水質は鉄、マンガンとも飲料水水質基準を超過していた。なお、処理水水質では、鉄濃度は水質基準を満たさないまでも、大きく低減している事が確認された。

エアレーションタンクにはマンガン除去を目的とした前塩素注入設備が付帯しているが、前塩素注入設備は使用されていなかった。なお、PSには塩素剤の在庫がなかった。

ろ過器は、ピンホールが発生し、そこから処理水が漏れ、タンク外側に赤錆が広範に付着していた。内部を確認すると、砂層上層には大量の赤錆が溜まっていた。赤錆層と砂層との境は不明瞭であったが、上層より10~20cm程度掘るとろ過砂が確認できたため、赤錆層は10~20cm程度と思われた。したがって、ろ過砂については、流出は少なく、ある程度保持されていると思われる。上層10~20cm程度の赤錆は、原水中の鉄が酸化され、ろ過器で捕捉されてはいるが、ろ過器洗浄が適切に行えず、除去されず、堆積したものと考えられる。

ろ過器ピンホールについては、第二次現地調査時(2020年2月)に確認したところ、修繕工事が実施され、ピンホールが塞がりタンクからの水漏れがなくなっていた。

(3) 配水管網

1) 既存配水管網

第一次現地調査で、NWSC本部及びビラトナガル支所には、既存配水管の現況を表した管網図が無いことが判明した。しかし、現況評価及び改善計画策定のためには、既存管網図が必須であることから、完全な既存管網図の再現は困難であるが、NWSCビラトナガル支所で15年間にわたり既設配水管の維持管理に携わってきた配水管維持管理スタッフから、配水管の材質、管径、建設年代をヒアリングで調査した。この情報を、ビラトナガル市から入手した道路デジタル地図上に記載し、既存配水管網図を作成した。

更に、第二次現地調査時に、NWSCの維持管理スタッフ及びアジア開発銀行(Asia Development Bank以下、ADBという)資金による道路整備プロジェクトのプロジェクトマネージャーに上記の既存配水管管網図を確認した結果、以下の3項目が判明したのでこれらを反映し、既存配水管網図を完成させた。

- ・第1次現地調査時のデータの一部修正分が必要な点
- ・第1次現地調査で見落とされていた末端部分の比較的小口径管
- ・ADB資金による道路整備工事中に損傷した既存配水管に代わり、更新した配水管

2) 既存配水管データ

今回の調査で判明した既存配管情報を以下の表2-1-14に示す。また、図2-1-5に主要な配水管(口径100mm以上)の管路図を示す。図面上から主要管路延長を算出すると、表2-1-14に示すように、口径100mm以上の管の総管路延長は約58.6kmであり、この内、30年以上の使用年数を経た管路延長は約44.1kmである。

使用年数30年以上かつ口径100mm以上の主要管路の内訳は、DI管(ダクタイル鋳鉄管)が約43.8km、GI管(鋼管)が約0.3kmである。

なお、使用年数30年以上で口径100mm未満の小口径管路は、表2-1-14に示すように、DI管が

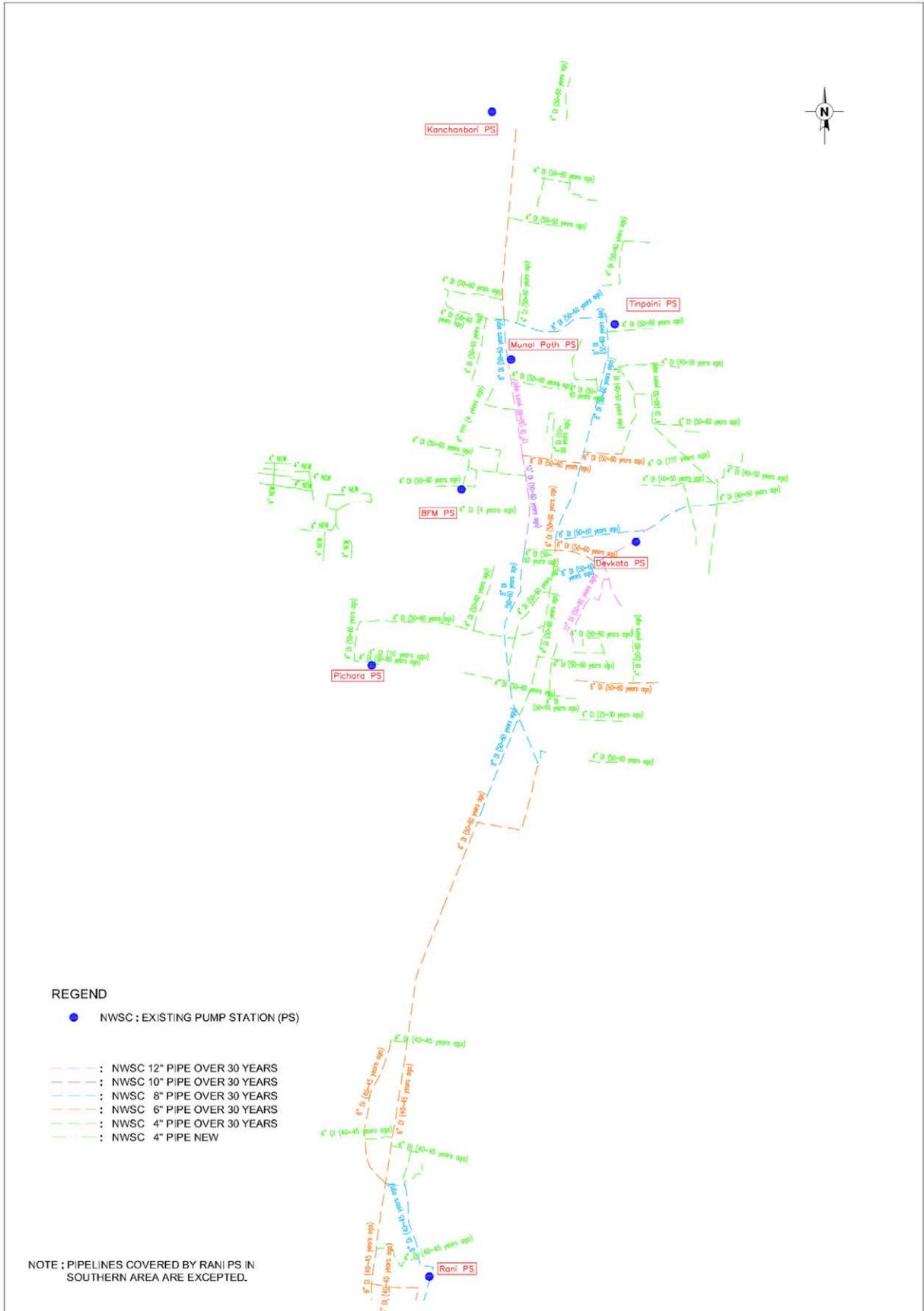
約 14.1km、GI 管が約 0.1km である。

表 2-1-14 NWSC 既存配水管データ（管径別、使用年別及び材質別）

区分	管径 (インチ)	使用年数 (年)	DI 管 (m)	GI 管 (m)	合計 (m)
主要管路	12 (300mm)	30 年未満	0	0	0
		30 年以上	2,227	0	2,227
	10 (250mm)	30 年未満	902	0	902
		30 年以上	721	0	721
	8 (200mm)	30 年未満	0	0	0
		30 年以上	8,556	0	8,556
	6 (150mm)	30 年未満	3,369	5,897	9,266
		30 年以上	10,455	0	10,455
	4 (100mm)	30 年未満	236	4,149	4,385
		30 年以上	21,798	329	22,127
	小計	30 年未満	4,507	10,046	14,553
		30 年以上	43,757	329	44,086
主要管路合計延長 (m)					58,639
小口径管路	3 (75mm)	30 年未満	0	18,101	18,101
		30 年以上	14,092	63	14,155
	2 (50mm)	30 年未満	0	41,510	41,510
		30 年以上	0	0	0
	1.5 (38mm)	30 年未満	0	6,764	6,764
		30 年以上	0	0	0
	小計	30 年未満	0	66,375	66,375
		30 年以上	14,092	63	14,155
小管路合計延長 (m)					80,530
既設管路総合計延長 (m)					139,169

出典：JICA 調査団

復元した管網図をモデル化して、既存配水管の配水能力の検証を行った。解析は、小口径（2~3 インチ）も考慮して、日平均給水量が 11 時間で配水されるという条件で、流量配分した。図 2-1-5 大半の給水エリアは 20m 以上の水圧があり、十分な給水能力を備えていることが確認されたが、Tinpain PS、Munal Path PS、Devkota PS 周辺の一部地域は低水圧であり、市の中心部で需要が多いことや、管径の小さい管路（2~3 インチ）が敷設しているためである。以上から、市内中心部の小口径管は、管路の敷設替えが必要とされる。



出典：JICA 調査団

图 2-1-5 NWSC 既存主要配水管網図

3) 2-1 既存配水管の埋設深度

管路の土被りは、以下のとおりである。

- ・建設年の新しい管：1m～1.5m
- ・建設年の古い管：2m

ビラトナガル市内の道路は、市が管理する市内道路と Ministry of Infrastructure and Transport の道路局 (Department of Roads) が管理する国道の 2 種類がある。特に、国道下部に敷設された既存配水管は、これまでの道路の拡幅や嵩上げ工事に伴い、結果的に道路中央側に位置することとなり、かつ、埋設深度が最低 2m 程度に深くなった結果、交通量の激しい道路下での深い掘削を余儀なくされ、給水管接続や維持管理が困難な状態である。このようなことは、市内の主要道路にも発生し、建設年の古い管の埋設深度は深く、給水管接続や維持管理に問題が生じている。

一方、小口径の給水管は、土被りがほとんど無いか、地上配管が多く、ADB の道路プロジェクトにおける道路排水側溝工事中の破損事故が多数報告されている。

4) 既存配水管の漏水頻度

上述のように、NWSC の既存配水管は、GI 管、DI 管等が混在しており、ほとんどの管は約 30 年以上経過している。老朽化が進んだ上に、2017 年からの ADB の道路改良プロジェクトによる管路の破損事故が重なり、以下に示すような漏水事故が発生している。

- ・主要既設管 (口径 80mm～150mm)：道路工事中の破損による漏水事故件数、月に 8～10 回。
- ・小口径各戸給水管 (口径 13mm)：車両引っ掛け事故による漏水事故件数、月に 8～10 回。
- ・小口径各戸給水管 (口径 13mm)：老朽化などによる漏水事故件数、多数。

2-1-4-2 NWSC 施設の給水量

NWSC の各施設からの給水量は、浄水施設の逆洗や清掃等の用水に必要な水を下記のように想定し、これらの場内利用水を差し引いて算出した。

- ・浄水施設が設置されている施設について揚水量の 5.0%を場内利用水とする。
- ・浄水施設が設置されていない施設について揚水量の 1.0%を場内利用水とする。

上記の想定を元に平均揚水量から算出すると、全施設の給水量の合計は 11,500m³/日となった。表 2-1-15 に計算結果を示す。

表 2-1-15 NWSC 想定給水量

No	PS	ポンプ仕様			平均揚水量 m ³ /d	効率	平均給水量 m ³ /d
		No	能力 L/min	運転時間 h/d			
1	Devkota PS	1	1,680	16.2	1,632	99%	1,615
		2	1,560	16.2	1,516	99%	1,500
		3	1,050	16.2	1,020	99%	1,009
2	Tinpaini PS	1	2,060	16.2	2,002	99%	1,981
		2	1,320	16.2	1,283	99%	1,270
3	Munalpath PS (with Fe/Mn facility)	1	1,410	17.1	998	95%	948
		2	960				
		3	550 (設計能力の半分と想定)				
4	Kanchanbari PS	1	840	11.7	589	99%	583
5	BFM PS	1	1,020	14.4	881	99%	872
6	Rani PS (with Fe/Mn facility)	1	970	10.8	628	95%	596
		2	1,146	10.8	742	95%	704
7	Pichara PS	1	510	12.6	385	99%	381
合計					11,676		11,459

出典：JICA 調査団

2-1-4-3 NWSC 管轄地域の使用水量

(1) 登録使用水量

NWSC 側で把握している登録使用水量については 2018 年 8 月中旬から 2019 年 8 月中旬までの 1 年間の使用水量実績を元に算出する。これによれば一日平均使用水量は約 5,700m³/日である。

表 2-1-16 NWSCの使用水量実績（1年間分）

Zone	2018 Aug- Sep	2018 Sep- Oct	2018 Oct- Nov	2018 Nov- Dec	2018 Dec- Jan	2019 Jan- Feb	2019 Feb- Mar	2019 Mar- Apr	2019 Apr- May	2019 May- June	2019 June- July	2019 July- Aug
Domestic												
1	20,198	9,885	24,058	20,231	13,662	12,672	13,502	16,143	17,580	19,016	20,279	19,105
2	12,337	10,627	11,191	13,803	8,526	7,813	9,402	9,739	10,807	9,575	11,600	11,681
3	13,106	12,545	13,268	10,863	10,183	10,309	10,342	10,253	14,009	12,075	9,916	14,364
4	13,384	15,697	13,633	13,789	13,545	14,105	12,775	14,768	18,736	16,125	18,073	23,876
5	4,264	5,054	4,185	5,748	4,909	4,193	2,784	8,737	5,767	5,910	7,072	3,878
6	7,046	6,565	14,226	6,252	5,998	6,057	4,646	8,641	7,056	8,003	5,899	6,876
7	5,971	6,102	5,897	7,228	4,781	6,194	3,925	8,257	6,226	7,899	7,962	8,395
8	2,316	2,906	2,440	2,566	3,678	1,936	1,193	3,561	2,585	3,182	3,194	2,201
9	6,852	6,633	2,271	3,325	5,231	5,612	2,798	5,803	3,681	8,253	11,082	9,364
10	11,945	9,823	8,526	9,827	8,491	7,476	15,210	7,993	10,440	11,426	8,803	15,979
11	23,250	20,484	18,645	12,531	16,854	14,308	14,473	21,704	121,240	19,829	20,430	22,174
12	9,315	10,161	8,970	3,910	12,698	8,261	6,456	7,409	7,665	8,254	8,805	9,655
13	26,852	26,069	21,871	21,844	22,826	17,021	16,191	21,666	22,577	23,903	23,675	14,722
14	2,041	1,702	3,050	1,943	1,469	1,315	1,098	1,482	1,103	2,181	2,106	1,844
15	5,589	5,259	5,312	5,205	4,431	4,051	4,010	4,675	4,343	4,814	4,212	5,490
16	6,060	5,857	6,026	5,769	5,899	5,178	4,560	7,004	6,680	5,137	4,542	6,667
17	2,473	5,516	4,269	4,056	3,613	3,588	3,064	4,133	4,349	3,244	4,892	4,664
Sub Total	172,999	160,885	167,838	148,890	146,794	130,089	126,429	161,968	264,844	168,826	172,542	180,935
Average Monthly Consumption for 1 year (2018-2019)												
Average Consumption per day (m ³ /day) for 1 years.												
166,920												
5,564												
Governmental												
18	5,073	6,099	5,160	4,877	5,207	3,515	3,002	3,769	3,385	3,969	2,071	5,682
Sub Total	5,073	6,099	5,160	4,877	5,207	3,515	3,002	3,769	3,385	3,969	2,071	5,682
Average Monthly Consumption for 1 year (2018-2019)												
Average Consumption per day (m ³ /day) for 1 years.												
4,317												
144												
Grand Total												
Grand Total	178,072	166,984	172,998	153,767	152,001	133,604	129,431	165,737	268,229	172,795	174,613	186,617
Average Monthly Consumption for 1 year (2018-2019)												
Average Consumption per day (m ³ /day) for 1 years.												
171,237												
5,708												

出典：JICA 調査団

2-1-4-4 想定使用水量

NWSC 側で登録している水量だけでは、水を使用しているがメータ故障のため使用水量が不明な場合や、公共水栓の使用水量を反映できない。このためこれらの要素を勘案した想定使用水量を算出する。

想定使用水量の算出のために 2019 年 11 月中旬から 2020 年 2 月中旬までの 3 か月のデータ（約 12,000 接続）を元に分析を行った。NWSC は水道料金額の台帳への記帳の際に使用水量も併せて記帳している。しかしながら、水道メータが破損し使用水量が読み取れないケースでは、使用水量を記帳せずに水道料金のみを記帳している。

解析の結果、登録された使用水量とは別に、登録使用水量の約 20%程度が、メータ破損等で使用水量が読み取れない未登録水量であった。

さらに 1 か所当たりの公共水栓の料金は 1 ヶ月あたり 1,600NPR が徴収されていたが、使用水量については記帳されていなかった。NWSC は 12 箇所の公共水栓の使用水量について一か所あたり一日 2m³ が使用されていると観測している。この観測に基づく、公共水栓の実使用水量について一日当たり 24m³ を考慮する必要がある。

未登録水量の想定を上記とした場合の使用水量を表 2-1-17 に示す。

表 2-1-17 NWSC の実使用水量

No	項目	使用水量 (m ³ /d)
1	平均登録使用水量	5,708
2	平均未登録使用水量 (項目 1 の 20%)	1,142
3	公共水栓使用水量	24
4	合計 (実使用水量)	6,874

出典：JICA 調査団

2-1-4-5 NWSC 管轄施設の無収水率

(1) 無収水率の定義

無収水率の算出にあたり国際水協会の定義を表 2-1-18 に示す。

表 2-1-18 無収水の定義

System Input Volume システム投入水量	Authorized Consumption 認定使用水量	Billed Authorized Consumption 認定請求水量	Revenue Water 有収水量
		Unbilled Authorized Consumption 認定非請求水量	Non-Revenue Water 無収水量
	Water Losses 損失水量	Apparent Losses 見かけ損失水量	
		Real Losses 実損失水量	

出典：JICA 調査団

(2) システム投入水量

システム投入水量は PS からの給水量と同値であり、11,459m³/日である。

(3) 認定請求使用水量

認定請求水量は公共水栓の使用水量と水道メータ破損個所等の未登録水量を考慮した実使用水量である 6,874m³/日を採用する。

(4) 認定非請求使用水量

認定非請求水量には PS の場内利用水や料金請求されていない政府施設や公共水栓等が該当する。場内利用水についてはシステム投入水量算出の際に既に差し引かれている。今回は政府施設及び公共水栓も料金徴収されており、認定非請求水量は 0m³/日となる。

(5) 実損失水量、見かけ損失水量

実損失水量の主な要因は漏水であり、見かけ損失水量の主な要因は水道配管への違法接続や水道メータ値の読み間違いや誤動作である。NWSC は発見された漏水量に関する記録を保有しているが継続的に記録されたものではなく損失水量を試算しても信ぴょう性が不十分である。そのため世界銀行の発表論文である” The Challenge of Reducing Non-Revenue Water in Developing Countries (2006)” に記載された実損失水量と見かけ損失水量の値を採用する。この論文によれば実損失水量が 60%、見かけ損失水量が 40%となる。

(6) NWSC 管轄地域の無収水率

前述の想定を元に無収水率の表を更新すると表 2-1-19 のように無収水率は 40%と想定される。ビラトナガル市ではハンドポンプが普及しているため水道管への違法接続が多いとは考えにくい。未登録使用水量が 20%もある事を考慮すると、この見かけ損失水量はメータの誤動作やメータ値の読み誤りに起因していると想定される。

表 2-1-19 無収水率の定義

System Input Volume システム投入水量 11,459m ³ /d 100%	Authorized Consumption 認定使用水量 6,874m ³ /d 60%	Billed Authorized Consumption 認定請求水量 6,874m ³ /d 60%	Revenue Water 有収水量 6,874m ³ /d 60%
		Unbilled Authorized Consumption 認定非請求水量 0m ³ /d 0%	Non-Revenue Water 無収水量 4,585m ³ /d 40%
	Water Losses 損失水量 4,585m ³ /d 40% (100%)	Apparent Losses 見かけ損失水量 1,834m ³ /d 16% (40%)	
		Real Losses 実損失水量 2,751m ³ /d 24% (60%)	

出典：JICA 調査団

2-1-4-6 課題

ビラトナガル市の給水状況の課題は、以下のように要約される。

- ・ 各戸給水率は、目標の 90%に対して 30%程度と推定される。目標とのギャップは大きく、早期の改善が必要である。このためには、既存施設の改善やリハビリに加え、新たな水源及び配水施設の開発を必要とする。
- ・ 市民の多くはハンドポンプ井戸の水を利用しているものの、大腸菌群以外にも飲料水基準を超える鉄・マンガンが含有されており、飲用には適さない。上水道への転換を含む改善が必要である。
- ・ NWSC の上水道施設や給水栓において、飲料水基準を超える大腸菌群・鉄・マンガンが検出されており、既存施設や運転方法の改善が必要である。
- ・ NWSC の無収水率は、約 40%に達しており、目標の 5%とのギャップが大きいいため、早期の改善が必要である。
- ・ 市民の NWSC の水道への不信感が依然として大きく、水質改善を通じた水道事業サービスの向上を行い、市民の信頼回復が必要である。

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

2-2-1-1 道路状況

ビラトナガル市では、次のステップに従って、ADB 資金による下水道整備プロジェクト及び道路整備プロジェクトが進められている。

- 第1段階:ADB 資金による SITUEIP (Secondary Town Integrated Urban Environmental Improvement Project) による下水処理場と下水道管路の建設。
- 第2段階: ADB 資金による RUDP (Regional Urban Development Project) による舗装、排水側溝などを含む道路の整備。

第1段階の下水道整備は、ほぼ終了し稼働中である。現在、国道と市内の主要道路の整備である第2段階工事が最終段階に差し掛かっているが、完工は、当初計画の 2019 年 11 月 1 日から、大きく遅れ 2021 年 2 月になった。

表 2-2-1 に道路整備工事の基本諸元を示す。また、図 2-2-1 に ADB 資金による道路整備プロジェクトエリアの 2020 年 1 月時点の道路排水側溝及び舗装工事進捗状況図面を示す。

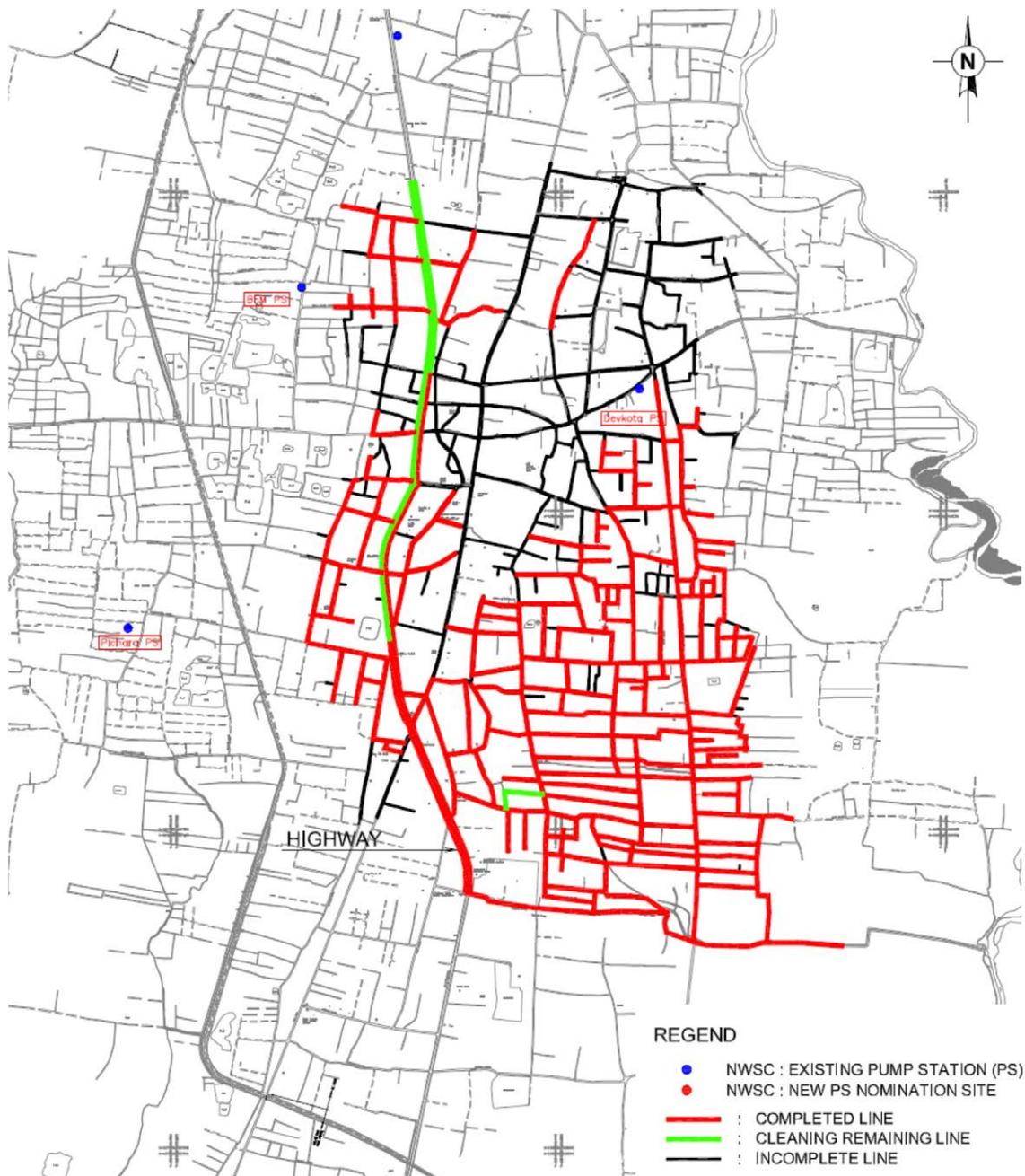
図 2-2-1 において、赤色ラインが施工の完了している箇所であり、黒色のラインが未完了の箇所である。図 2-2-1 に示すように、本プロジェクトエリアは主にビラトナガル市の中東部の市街地を網羅しており、既設 PS では、Devkota PS、BFM PS、Munal Path PS、Tinpaini PS がプロジェクトエリア付近に位置している。

また、図 2-2-2 に国道の標準断面、図 2-2-3 に市内道路の標準断面を示す。

表 2-2-1 道路整備プロジェクト基本諸元

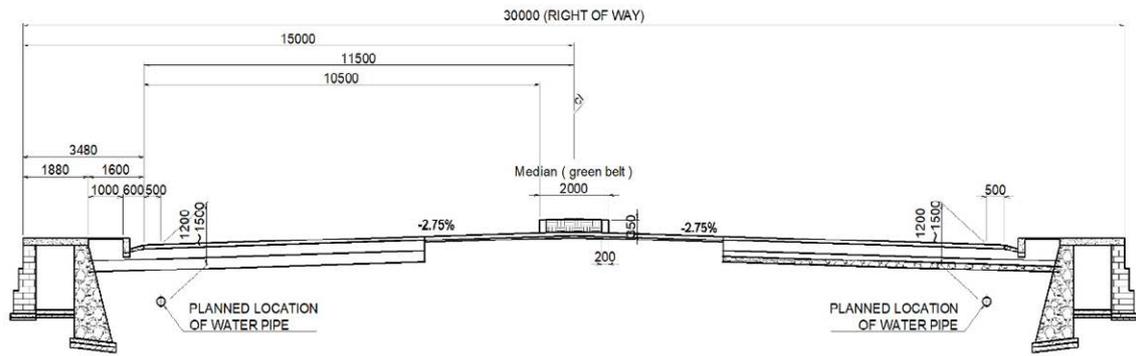
項目	内容
プロジェクト名	地域都市開発プロジェクト (RUDP)
施主	ネパール政府 都市開発省 都市開発建設局 (DUDBC)
実施機関	ビラトナガル市
融資機関	アジア開発銀行 (ADB)
施工業者	ZHONGHENG Con. Group Int. Eng. Co. Ltd. (中国のコントラクター)
工事開始日	2017年11月2日
工事完工日	2021年2月11日 (当初予定は、2019年11月1日)

出典：ビラトナガル市



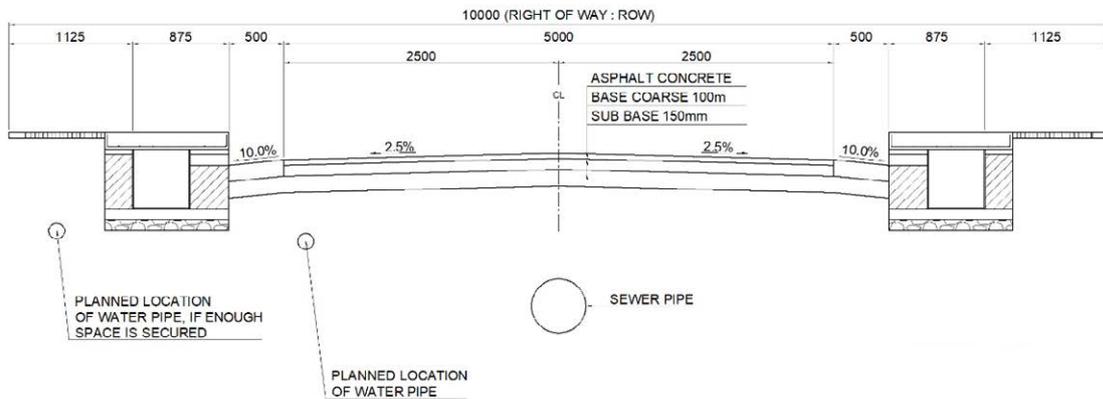
出典：ビラトナガル市

図 2-2-1 ADB 資金による道路整備プロジェクトの工事進捗状況



出典：道路局

図 2-2-2 国道の標準断面



出典：ビラトナガル市

図 2-2-3 市内道路標準断面（道路 10m 幅のケース）

(1) 道路舗装構成

上記の図 2-2-3 は、道路幅が 10m の場合の配水管、下水管、排水側溝の横断方向の位置及び舗装構成を示した標準断面図である。

標準の舗装構成は、次のとおりである。

➤ 国道

- ・ 路床 (Sub base) : 300mm
- ・ 路盤 (Base course) : 275mm
- ・ アスファルト (Asphalt concrete) : 100 mm

➤ 市内道路

- ・ 路床 (Sub base) : 150mm
- ・ 路盤 (Base course) : 100~150mm
- ・ アスファルト (Asphalt concrete) : 40mm

(2) 各種埋設管位置

ビラトナガル市が指定する配水管の敷設箇所は、以下のとおりである。

- ・ 配水管は道路の両側に敷設する。敷設箇所は、道路用地（Right of Way : RoW）内の排水側溝の外側とし、極力、舗装下は避けること。
- ・ 排水側溝の外側に管路を設置する場所がない場合は、舗装下でも可とする。
- ・ 道路両側の管を連結する場合の道路横断方向の舗装掘削は問題ない。
- ・ 舗装掘削部の舗装復旧を行うこと。

下水管、電気、通信ケーブルの敷設箇所については以下のように規定されている。

- ・ 下水管：道路中央部
- ・ 通信ケーブル：排水側溝の内側（舗装下）

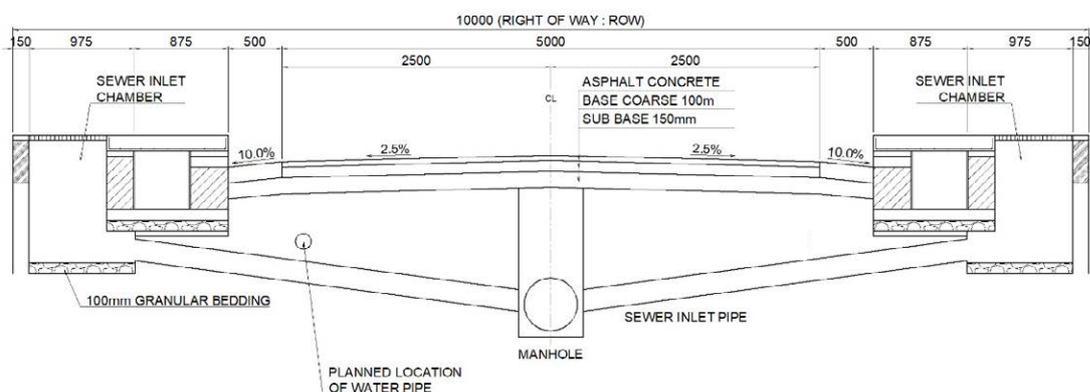
(3) 道路管理者

ビラトナガル市内の国道は、Rani から Dharan 市につながる一路線である。これは、道路局によって管理されている。

一方、市内道路は、ビラトナガル市によって管理されている。

(4) 下水管路整備状況

下水道用マンホールと汚水柵（Sewer Inlet Chamber）の標準断面を図 2-2-4 に示す。汚水柵は、道路排水溝と私有地境界との間の狭いスペースに設置されているため、ビラトナガル市が求めている新規配水管を道路排水溝の外側に設置するには不十分である。



出典：ビラトナガル市

図 2-2-4 下水道用汚水柵（Sewer Inlet Chamber）設置断面

2-2-1-2 電力配電状況

ネパール電力公社（Nepal Electricity Authority: 以下 NEA という）のビラトナガル支所の配電能力は 80MVA であり、このうち約 70MVA が既存需要量であるため 10MVA の余裕がある。本プロジェクトの PS では、最大でも 1 施設あたり 0.5MVA となり、全体でも 2.5MVA 程度の使用量増と考えられる。10MVA の余力容量があれば問題ない。

後述する新設予定の No.5 PS の既設配電網を確認したところ、No.5 PS のそばには既設電柱が存在せず、直近の既設電柱からは数十メートル離れている。このため、電柱の新設が 1 本必要であるがこの電柱の供給及び建設費用については NEA が負担する事を確認した。また、この電柱から PS 内の変圧器までのケーブルは NWSC が供給及び建設について負担する。図 2-2-5 に、新設予定である No.5 PS 施設周辺の既設電柱配置状況を示す。

なお、配電線はすべて架空線であるため、送配水管工事敷設工事への影響はない。



図 2-2-5 No. 5 PS 電柱位置図 1 (NEA 協議資料)

2-2-1-3 電話線等の埋設状況

電話線は、光ファイバーの幹線が地中埋設されている。そのため、上水道管を敷設する際には、ネパールテレコムとの占用位置に係る協議が必要である。

なお、電話の支線は全て架空線であるため、本プロジェクトへの影響はない。

2-2-2 自然条件

(1) 地形

ネパールは、ヒマラヤ山脈に沿い、北側を中国、東・西・南側をインドに面した内陸国である。また、バングラデシュからはインド西ベンガルの狭隘地シリグリ回廊地帯により、ブータンからはインド・シッキム州により分断されている。

ネパールは、山岳、高地、テライと呼ばれる平原部から成り、これら 3 つの地形が東西を帯状に構成し、国内の大部分の河川は北から南へと横断する。

ビラトナガル市はカトマンズ、ポカラに次ぐネパール第三の都市であり、テライ平原の低地に位置するため、地形の起伏はほとんどなく、北から南へなだらかの勾配（南北 10km で 10m 程度の差）がついている。

(2) 気象

ネパールでは 5 つの季節：夏、モンスーン、秋、冬と春があり、ヒマラヤ山脈が、冬の中央アジアからの寒風を防ぎ、モンスーンの暴風の北限となっている。

ビラトナガル市の 2014 年～2019 年 6 月の気温、月平均降雨量データ及びこの間の過去最大月間

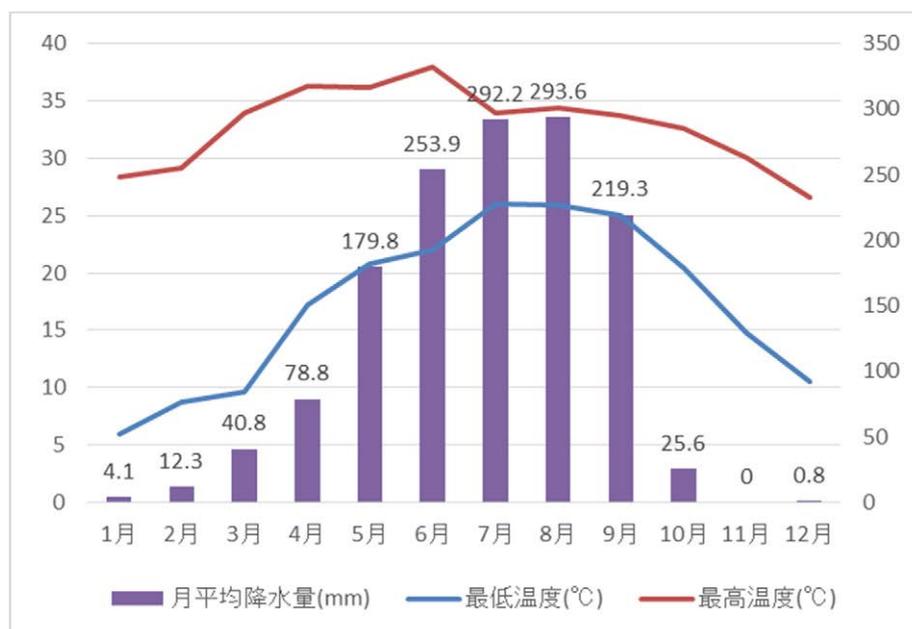
降水量の集計を表 2-2-2 及び図 2-2-6 に示す。

夏季（5月～11月）は気温が高く約20℃～35℃、冬季は（12月～2月）は昼夜の気温差が大きく約5℃～25℃である。2014年から2019年の年平均降水量は約1,400mmであり、雨期は、例年4月から9月頃である。特に、7月、8月の降水量は多く、月平均降水量が約300mm、最大日降水量は100mmを超えている。市内の雨水排水機能の脆弱性から、5月から8月に発生する集中豪雨により、極稀に市中洪水が起きる。

表 2-2-2 ビラトナガル市の気温及び降雨量

月	最低温度(°C)	最高温度(°C)	月平均降水量(mm)	過去最大月間降水量(mm)	最大日降水量(mm)
1月	6	28.4	4.1	19.7	3.8
2月	8.8	29.2	12.3	27.2	18.1
3月	9.6	33.9	40.8	142.7	12.8
4月	17.2	36.3	78.8	249.2	64.5
5月	20.8	36.2	179.8	301.2	66.4
6月	22	38	253.9	427.2	49.4
7月	26	33.9	292.2	526.8	132.1
8月	25.9	34.4	293.6	430.4	116.6
9月	25	33.7	219.3	431.5	61.9
10月	20.4	32.6	25.6	57.1	8.5
11月	14.8	30	0	0	0
12月	10.5	26.6	0.8	4	4

出典：エネルギー・水資源・灌漑省 気象部局



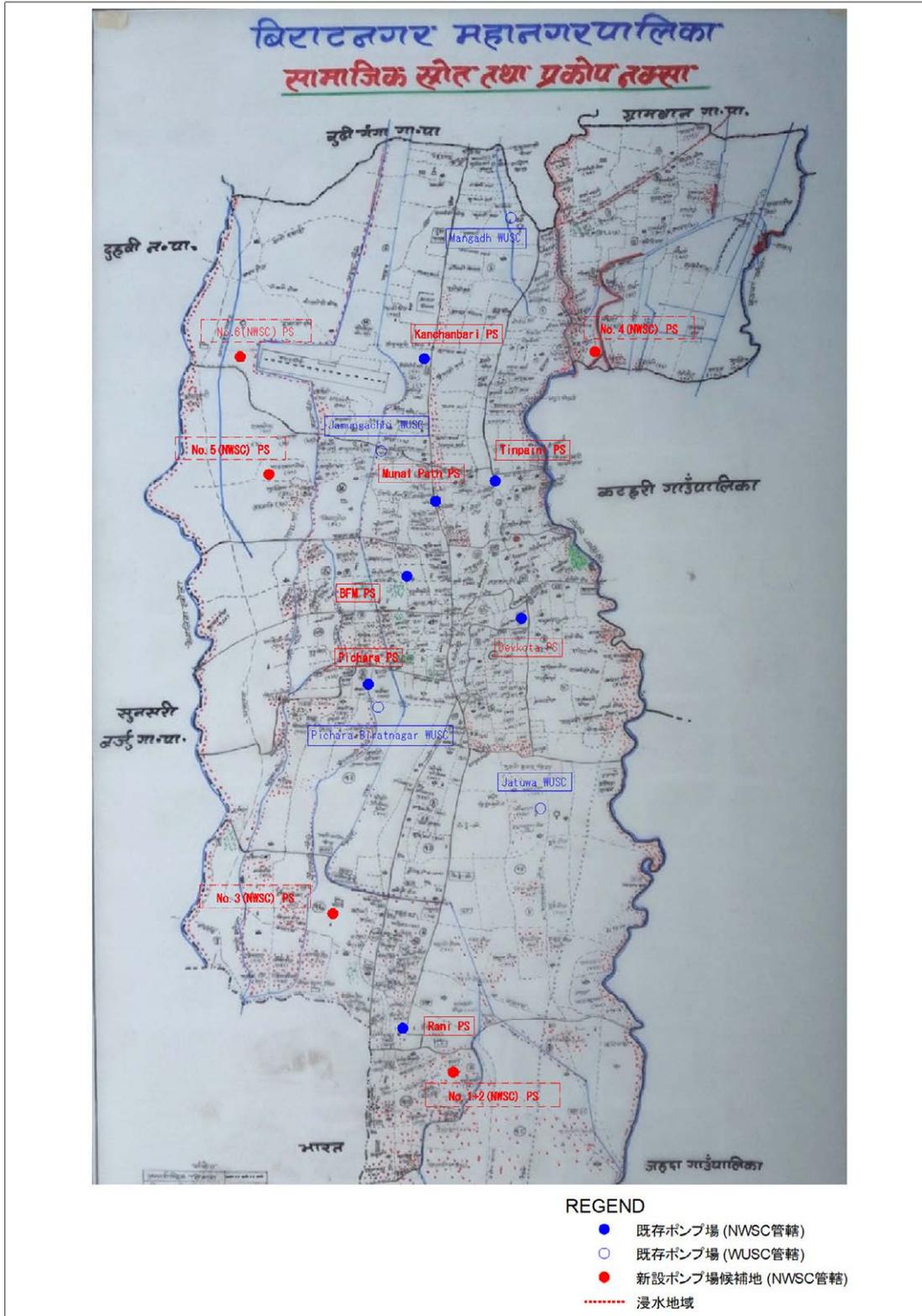
出典：エネルギー・水資源・灌漑省 気象部局

図 2-2-6 ビラトナガル市の気温及び月平均降水量グラフ

また、ビラトナガル市の「Local Disaster and Climate Resilience Plan 2019,7」中に、日本の地方自治体が発行しているハザードマップに相当する浸水地区が図示されている。同図から河川沿いや灌漑用の運河に沿った地区、また低地と思われる箇所など、ほぼ全地域に浸水危険地域が散らばっている。道路工事の影響とは別に、浸水が各所で発生していることがわかる。

図 2-2-8 に同ハザードマップと既存 PS、新設 PS 候補位置を重ね合わせた図を掲載する。また、表 2-2-3 に既存 PS 及び新規 PS 候補地の冠水経験等についてヒアリングを行った結果を示す。

ビラトナガル市が本プロジェクトのために提示した新設 PS の候補予定の内、No.1、No.3、No.5、No.6 の位置は洪水を示す赤丸が比較的無い位置であり、No.2、4 の位置は比較的赤丸が多く、水害の面で注意を要する。事業対象地とする場合は、用地の盛土や、特に電気施設の浸水対策を行う必要がある。



出典：ビラトナガル市

図 2-2-8 洪水ハザードマップと PS 位置関係

表 2-2-3 既存 PS 及び新規 PS 候補地の洪水情報等（冠水経験のヒアリング結果）

	PS 名称	洪水深さ (m)	備考
NWSC	Kanchanbari PS	冠水経験無し	
	Tinpaini PS	冠水経験無し	
	Munal Path PS	水深 20cm くらいの冠水経験があるが、特に問題なかった。	非常用電源等の電気施設の設置高さに注意を要する。
	BFM PS	冠水経験無し	PS の裏手は、滞留し汚濁した排水路に囲まれている。
	Devkota PS	冠水経験無し	
	Pichara PS	冠水経験無し	
	Rani PS	豪雨時には、水深が 60cm～90cm くらいになり、2 か月くらい続くことがある。非常に問題である。	敷地は道路より 60cm 程度低い。Highway に面していることから、道路嵩上げにより、敷地が低くなった。
	No.1 & No.2 候補地	冠水情報無し	敷地は道路より 60cm 程度低い農地、敷地は川（幅 6～8m）に面している。PS を建設する場合は、盛土造成が必要である。
	No.3 候補地	冠水情報無し	農地、水田地区。PS を建設する場合は、造成が必要である。
	No.4 候補地	冠水経験無し	Singhyahi River の支川（幅約 10m 両岸はかなりえぐられている）から、約 80m の距離に位置する。
	No.5 予定地	12 年に 1 回程度洪水が起きるが、浸水高さはそれほど高くない。	敷地は道路より 80cm 程度低い。PS を建設する場合は、盛土造成が必要である。
No.6 候補地	冠水経験無し	高さ約 2m の塀に囲まれている。	
New Metropolitan Development Area	若干の冠水地区、計画道路より 20cm 程度低い	高さ約 2m の塀に囲まれている。	
WUSC	Mangadh WUSC PS	冠水経験無し	
	Jamungachhi WUSC PS	冠水経験有り	
	Pichara WUSC PS	冠水経験無し	
	Jatuwa WUSC PS	冠水情報無し	

注：新規 PS 予定地である No.5 の他、新規 PS 候補地であった No.1、No.2、No.3、No.4 及び No.6 の情報を含む。

出典：JICA 調査団

(3) 地形測量

本計画でピラトナガル市内の既設配水管及び新設の配水管敷設を予定している路線、既設 PS 及び新規に建設を予定している PS を対象として、配水管、井戸施設、浄水施設、高架タンク等の設計精度を確保すると共に、施工方法の選定を含めた事業費積算精度を高めるため、建設予定地の管路路線距離、敷地面積、地盤高さ、既存施設の位置関係等を適正に把握することを目的として、地形測量調査を実施した。

1) 調査内容

- ・路線測量、平面測量、縦断測量、横断測量、平板測量の実施。

2) 調査方法

- ・路線測量：総延長約 130km
- ・平面測量 S=1:2,000
- ・縦断測量 H:S=1:2,000、V:S=1:200

- ・横断測量 S=1:100/50m
- ・平板測量 (A=24,500 m²。S=1:200、等高線間隔 20cm)

3) 測量調査結果

測量結果は、添付資料 6-2 のとおりである。

(4) 土質及び地下埋設物調査

本計画でビラトナガル市内に建設が予定されている既設 PS 及び新規に建設を予定している PS を対象として、浄水施設、浄水池及び高架タンク等の設計精度を確保すると共に施工方法の選定を含めた事業費積算精度を高めるため、建設予定地の地盤強度状況を適正に把握することを目的として、土質調査を実施した。更に、既設配水管の敷設位置及び深さ、管径、管材、老朽化度合、管路敷設付近の土質状況等を確認する目的で地下埋設物調査を行った。

1) 調査内容

【土質調査】

既存施設サイト 3 箇所+新規施設サイト候補 2 箇所に対して、ボーリング試験 (計 12 本)、平板載荷試験 (計 12 箇所) を実施した。

【地下埋設物調査】ビラトナガル市内の国道 2 箇所、市道 8 箇所の計 10 箇所で地下埋設物調査を実施した。

2) 調査方法

【土質調査】

- ・ボーリング長 15m×10 箇所 50m×2 箇所の計 250m、ボーリング孔径 φ 65mm 以上、1m 毎に標準貫入試験を行う
- ・調査地点の地下水位及び地盤高の確認。(標高値で管理)
- ・室内土質試験
 - i) 物理試験 (土粒子の密度試験、湿潤密度試験、含水比試験、粒度試験、液性限界・塑性限界試験等) 各ボーリングにつき 4 層で実施。
 - ii) 力学試験 (一軸圧縮試験) 各ボーリングにつき 2 層で実施。
 - iii) 化学的性質試験 (硫酸塩含有量試験等)

【地下埋設物調査】

- ・掘削範囲 : (土被り 1.2m 箇所) 1.0 m (W) x 1.0 m (L) x 1.5 m (Dep) 、(土被り 2.0m 箇所) 1.5 m (W) x 1.5 m (L) x 2.0 m (Dep)

3) 調査結果

土質及び地下埋設物調査結果は、添付資料 6-3 のとおりである。

2-2-3 環境社会配慮

2-2-3-1 環境影響評価

2-2-3-1-1 環境社会影響を与える事業コンポーネントの概要

本プロジェクトの事業コンポーネント及び想定される環境影響は、表 2-2-4 のとおりである。

表 2-2-4 事業コンポーネントの概要

大分類	中分類 (目的)	要請施設・内容	想定される 主な環境社会影響
施設建設計画概要			
施設建設	上水道施設の建設	深井戸、高架タンク、浄水施設	工事中：排ガス、濁水、騒音、地下水位の低下、事故 供用時：事故
機材調達計画概要			
機材調達	上水道施設の機材調達	ミニバックホウ、水質分析機器	工事中：事故 供用時：排ガス
ソフトコンポーネント計画概要			
ソフトコンポーネント	運営・維持管理指導	水質モニタリングを含む処理プロセスの維持管理、地下水位の監視と地下水管理、及び配水管理に係る運用指導	なし

出典：JICA 調査団

2-2-3-1-2 ベースとなる環境社会の状況

(1) 用地取得

新規に建設する井戸 PS は、No.5 が予定されている。

No.5 PS の建設予定地周辺には、学校や住居が点在している状況である（写真 2-2-1 参照）。

なお、Tinpaini PS, Munal Path PS 及び Devkota PS がプロジェクトに含まれるが、既存施設の改修であるため、特段の環境社会的な影響は生じないと考える。

配水管を敷設する道路は、南北を横断する幹線道路（Koshi Highway）が道路局（Department of Road）、その他が Local Government である BMC の所掌であり、いずれも用地取得の必要はない。





出典：JICA 調査団

写真 2-2-1 No.5 PS 予定地（新規）及び Munal Path, Tinpaina, Devkota PS（既存）

(2) 自然環境、動植物・植生

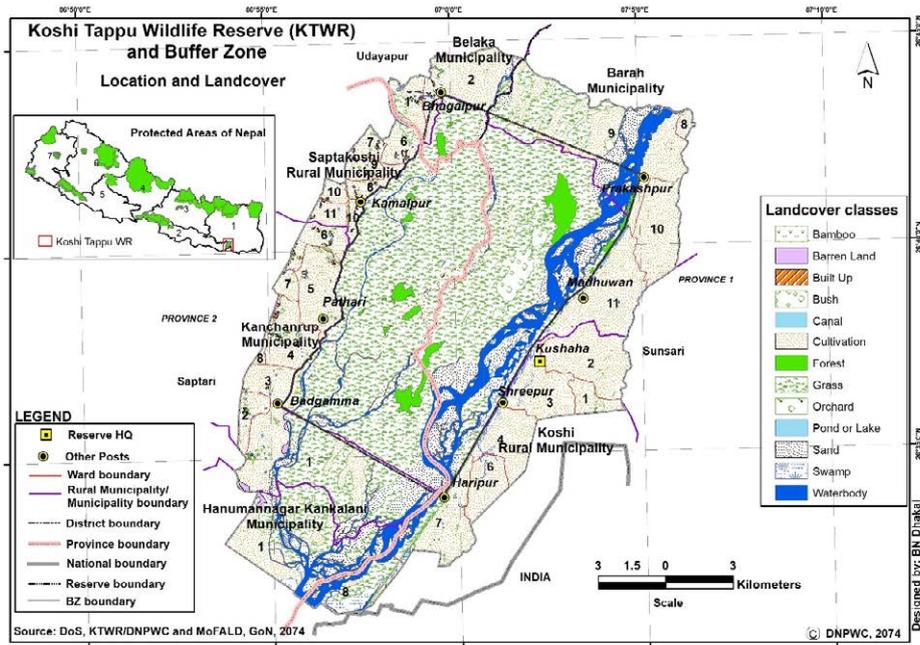
ネパールにおける自然保護区域は、図 2-2-7 に示すとおりである。施設建設予定地には、影響を受ける自然保護区域は存在しない。



出典：Department of National Parks and Wildlife Conservation, Ministry of Forests and Environment

図 2-2-7 ネパールにおける自然保護区域

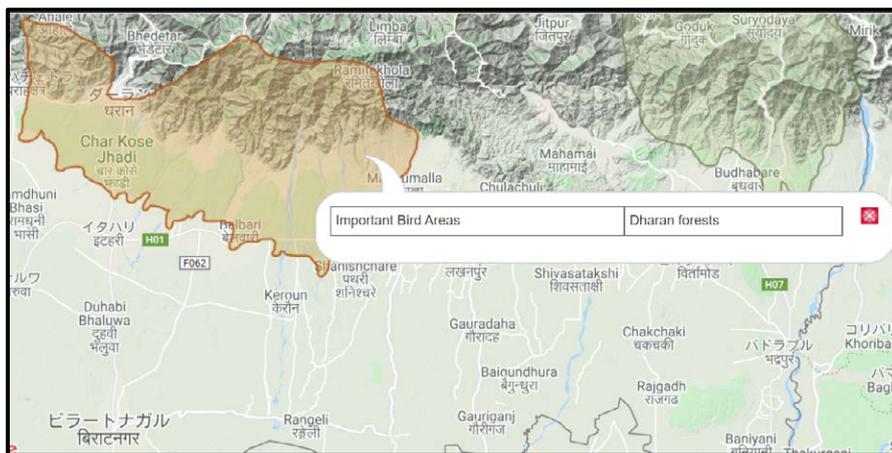
施設建設予定地から西に約 20km に位置する Koshi Tappu Wildlife Reserve (図 2-2-8) は、1976 年に、野生の水牛、アルナ (*Bubalus arnee*) 等の生息地を保護するために 176km² が指定された。1987 年には、ラムサール条約湿地に指定された。



出典：Ministry of Forests and Environment, Department of National Parks and Wildlife Conservation

図 2-2-8 Koshi Tappu Wildlife Reserve

また、施設建設予定地から北に約 40km に位置する Dharan Forest (図 2-2-9) は、サラソウジュ (Sal Shorea) 等の熱帯常緑樹種から成り、面積は約 50,000 ha である。約 300 種の鳥がこの森林で生息していると推定されている。



出典：<http://datazone.birdlife.org/site/factsheet/dharan-forests-iba-nepal>

図 2-2-9 Dharan Forest

(3) 動植物・生態系

ネパールにおける IUCN レッドリストには、9つの植物相、55種の哺乳類、149種の鳥類、15種の両生類、21種の魚類が含まれている。

対象地域内には、軽度懸念 (LC) のネズミ耳コウモリ (Nepalese Whiskered Bat ヒマラヤイモリ (Lototriton verrucosus) 等が確認されているが、準絶滅危惧種 (NT) 以上の種は確認されていない

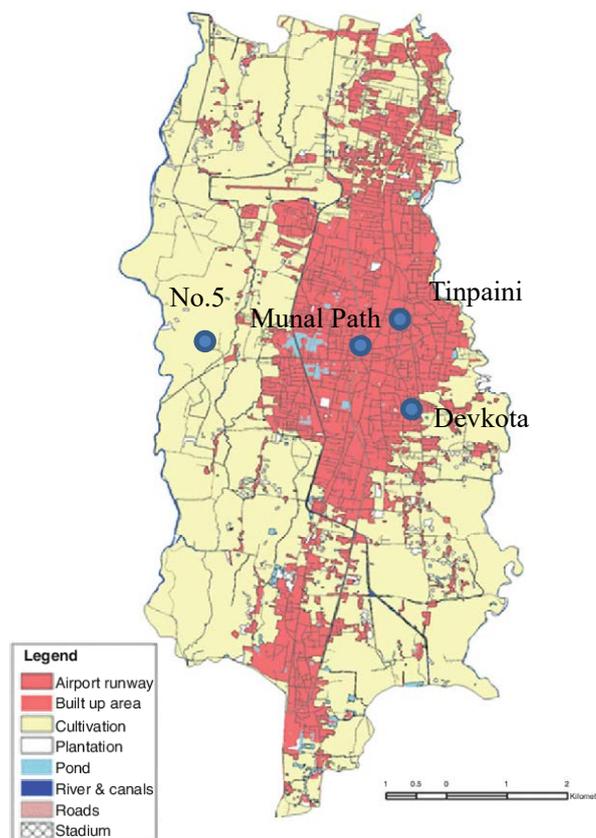
い。

(4) 交通

PS のアクセス道路の幅員は大型車両の往来に十分であるが、工事中は施設近隣の交通渋滞を招く恐れがある。このため、特定の時間帯に集中しないよう、車両の時間管理を適切に行う必要がある。

(5) 土地利用

土地利用を図 2-2-10 に示す。No.5 は耕作地 (Cultivation)、既存 3 PS は市街地 (Built up Area) である。



出典 : <https://www.adb.org/sites/default/files/project-document/75215/36188-01-nep-tacr-17.pdf>

図 2-2-10 ビラトナガル市の土地利用図

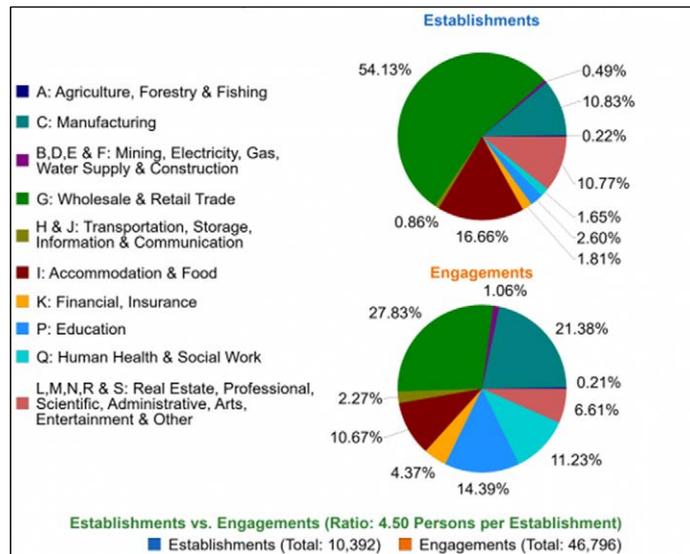
(6) 先住民族

ネパールは多様な先住民族 (ジャティ) から成る国で、2011 年のセンサスによると 126 の定義されたジャティとその他未定義のジャティが報告されている。

チェットリ (総人口の 16.6%)、ブラーミン (同 12.2%) 等が主要なジャティである。

(7) ビラトナガル市の社会経済状況

図 2-2-11 に示す全国経済センサス (2018) によれば、ビラトナガル市には 10,392 の事業者、46,796 の雇用者が存在する。卸売・小売業の事業者が半数を占め、雇用者は卸売・小売業が最も多く、次いで製造業である。



出典：Central Bureau of Statistics, National Economic Census 2018

図 2-2-11 ビラトナガル市における業種別の事業者数及び雇用者数（2018年）

2-2-3-1-3 相手国の環境社会配慮制度・組織

ネパールにおける環境影響評価（Environmental Impact Assessment、以下 EIA という）は、環境保護法（Environmental Protection Act, 2076（2019）、以下 EPA という）及び環境保護規則（Environmental Protection Rules 2076(2020)、以下 EPR という）で規定されている。監督省庁は、森林・環境省（Ministry of Forest and Environment、以下 MoFE という）である。

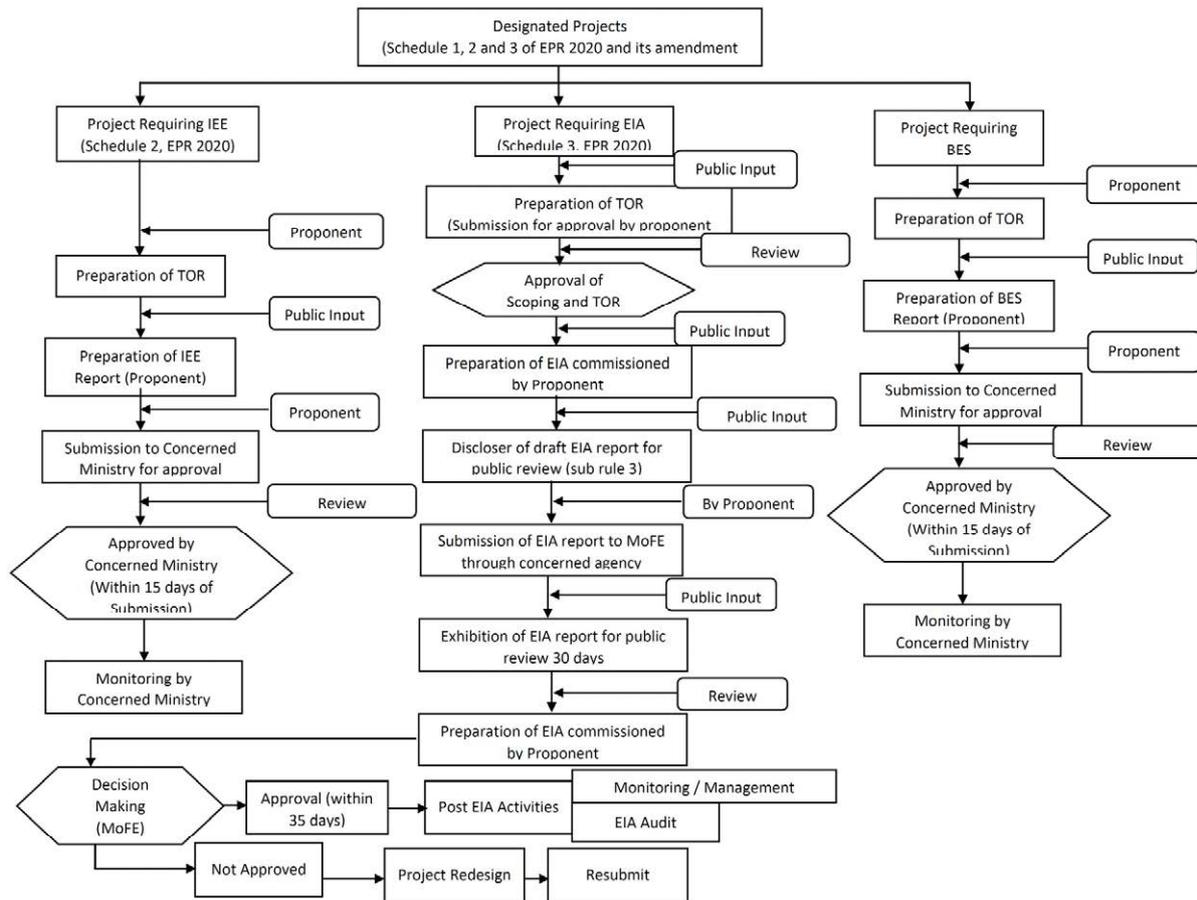
EPR の Schedule-1 に該当する場合、簡易環境調査（Brief Environmental Study、以下 BES という）の審査、同 Schedule-2 に該当する場合、初期環境調査（Initial Environment Examination、以下 IEE という）の審査、同 Schedule-3 に該当する場合、EIA の審査を受けることとなる。

IEE の承認機関は、所轄官庁若しくは地方自治体（Local Government）、EIA の承認機関は MoFE である。ただし、森林関連事業は規模によらず MoFE が承認する。

2019 年の EPA 改定により、戦略的環境アセスメント（Strategic Environmental Assessment、以下 SEA という）の規定が追加された。これは中央政府レベルの政策や計画に適用されるものであり、本プロジェクトには適用されない。

(1) 環境社会配慮承認の手順

BES、EIA 及び IEE の手続きフローを図 2-2-12 に示す。



出典：EPR 2020 をもとに調査団作成。

図 2-2-12 BES、EIA 及び IEE の手続きフロー

(2) BES/EIA/IEE の対象事業

上水道に関連する BES、EIA 及び IEE の対象事業を表 2-2-5 に示す。本プロジェクトは、IEE (Schedule-1) の 8.飲料水の供給に該当する。本プロジェクトでは、NWSC の監督機関である給水省 (Ministry of Water Supply、以下 MoWS) が承認する。

表 2-2-5 EIA 及び IEE の対象事業

項目	BES(Schedule-1)	IEE(Schedule-2)	EIA(Schedule-3)
【上水道関連】 EPR rule-3			
1.雨水の収集、及び同区域内の水源（湧泉、湿地）利用		100haを超え500 ha以下の区域	500 haを超える区域
2.乾季における100L/sを超える地表水の利用		地表水の50%を超え75%以下の利用	地表水75%を超える利用
3.水処理		100L/sを超えるもの	—
4.地下水源の開発のための全帯水層の涵養		50%を超え75%以下	75%を超えるもの
5.水トンネルの建設。		1 kmを超え3 km以下	3 kmを超えるもの
6.給水計画を運営するための住民移転		25人を超え100人以下のもの	100人を超えるもの
7.水源の上流への居住		500人以下のもの	500人を超えるもの
8.飲料水の供給		給水人口50,000~200,000人	200,000人をこえるもの
9.飲料水の供給（新しい水源への接続）		50,000人~200,000人	200,000人を超えるもの

項目	BES(Schedule-1)	IEE(Schedule-2)	EIA(Schedule-3)
10.河川の改修、流用		1kmを超え3km以下	3kmを超えるもの
11.下水処理を含む水供給システム		人口100,000人あたり5MLD以下のもの	人口100,000人あたり5MLDを超えるもの —
12.生物学的又は化学的に汚染された箇所、及びその影響を受けた箇所の地下水源の採掘		—	全て
13. 水供給の水源地域内での活動		—	全て

出典：EPR Schedule-1, Schedule-2 及び Schedule-3 をもとに調査団作成

(3) 大気質に係る基準

大気質にかかる環境基準は、表 2-2-6 に示すとおりである。WHO ガイドラインと比較すると、同等または厳しい基準となっている。

表 2-2-6 大気質に係る環境基準

項目	環境基準値	参考：WHO ガイドライン	単位	試験方法	
全浮遊粒子 TSP	24 時間値	230	-	µg/m ³	ハイボリウムサンプラー
PM ₁₀	24 時間値	120	70	µg/m ³	ローボリウムサンプラー
二酸化硫黄 SO ₂	年平均値	50	-	µg/m ³	拡散サンプラー
	24 時間値	70	125	µg/m ³	
二酸化窒素 NO ₂	年平均値	40	40	µg/m ³	拡散サンプラー
	24 時間値	80	-	µg/m ³	
一酸化炭素 CO	8 時間値	10,000	-	µg/m ³	非分散型赤外線吸収法
	15 分間値	100,000	-	µg/m ³	簡易サンプリング
鉛	年平均値	0.5	0.5	µg/m ³	原子吸光度法
ベンゼン	年平均値	20	-	µg/m ³	拡散サンプラー

注注) 24 時間値は年間の 95%値とする。18 日間 (5%) の値は 2 日間連続しないこと。

出典: National Ambient Air Quality Standards for Nepal, 2003, WHO Air quality guidelines 2005

(4) 騒音・振動に係る基準

騒音に係る環境基準は、表 2-2-7 に示すとおりである。地域区分は、BMC が決定する。同市によれば、本プロジェクトでは Mixed Residential Area の基準が適用される。WHO ガイドラインと比較すると、同等または厳しい基準となっている。なお、振動にかかる基準は存在しない。

表 2-2-7 騒音に係る環境基準

単位：デシベル

地域	昼間(9時-18時)	夜間(18時-9時)	参考：WHO ガイドライン	
			昼間(7時-22時)	夜間(22時-7時)
Silent Zone	50	40	-	-
Industrial Area	75	70	70	70
Business Area	65	55	70	70
Rural Residential Area	45	40	50-55	
Urban Residential Area	55	50		
Mixed Residential Area	63	55		

出典：Gazette Notification by Ministry of Environment, Science and Technology 2069/07/13 (2012), WHO Guidelines for Community Noise in 1999

(5) 水質汚濁に係る基準

ネパールにおける排水基準は、EPR 第 15 条に基づき、に示す 3 種類の基準が設定されている。本事業では、PS からの排水は側溝を通して公共用水域（河川）に流すため、公共下水道の基準が適用される。EU の排水基準と比較してやや緩い基準となっているが、排水基準を遵守し生活環境の保全に寄与する。

表 2-2-8 排水基準

項目	単位	排水先		下水処理場から 内陸水	参考：EU の都 市下水処理指令 (91/271/EEC)
		内陸水	公共下水道		
全浮遊物質 (TSS)	mg/L	30-200	600	50	35
全浮遊物質 (TSS) 粒径	—	850µm 以下	—	850µm 以下	—
pH	—	5.5-9.0	5.5-9.0	5.5-9.0	—
温度	—	排水口から 15m 以内の下流で 40°Cを超えない こと	45	排水口から 15m 以内の下流で 40°Cを超えないこ と	—
全クロム	mg/L	—	2	—	—
硫酸塩 (SO ₄)	mg/L	—	500	—	—
TDS	mg/L	—	2100	—	—
BOD ₅ at 20°C	mg/L	50	400	50	25
油類	mg/L	10	50	10	—
フェノール類	mg/L	1	10	1	—
シアン化合物	mg/L	0.2	2	0.2	—
硫化化合物	mg/L	2	2	2	—
放射物 質	アルファ線 放出のもの	c/mL	10 ⁻⁷	10 ⁻⁷	—
	ベータ線放 出のもの	c/mL	10 ⁻⁸	10 ⁻⁸	—
殺虫剤	—	不検出	不検出	不検出	—
残留塩素	mg/L	1	—	1	—
フッ化物	mg/L	2	10	2	—
ヒ素	mg/L	0.2	1	0.2	—
カドミウム	mg/L	2	2	2	—
六価クロム	mg/L	0.1	—	0.1	—
銅	mg/L	3	3	3	—
鉛	mg/L	0.1	0.1	0.1	—

項目	単位	排水先		下水処理場から 内陸水	参考：EU の都 市下水処理指令 (91/271/EEC)
		内陸水	公共下水道		
ニッケル	mg/L	3	3	3	—
セレン	mg/L	0.05	0.05	0.05	—
亜鉛	mg/L	5	5	5	—
水銀	mg/L	0.01	0.01	0.01	—
鉱物油	mg/L	—	10	—	—
硝化阻害物質 at 200 ml/l	—	—	<50%	—	—
アンモニア態窒素	mg/L	50	50	50	—
COD _{Cr}	mg/L	250	1000	250	125
銀	mg/L	0.1	0.1	0.1	—

出典: Notification published in the Gazette published on 17 Baishakh 2058.

(6) 廃棄物

ネパールにおける廃棄物収集・処理については、廃棄物管理法 (Solid Waste Management Act 2068 (2011)) で規定されている。この中で、廃棄物の収集、処理、処分の責任は地方自治体にあると規定されている。本事業で発生する廃棄物においては、BMC の管理する処分場 (Tankisinuwari を想定) にて適切に処分する。

(7) JICA 環境社会配慮ガイドラインとネパール法令とのギャップ分析及び対応方針

JICA 環境社会配慮ガイドライン (以下、JICA ガイドラインという) とネパール法令との EIA に関するギャップ分析及び対応方針を表 2-2-9 に示す。

表 2-2-9 JICA ガイドラインとネパール法令との EIA に関するギャップ分析及び対応方針

対象事項	JICAガイドライン	ネパール制度	ギャップの有無及び対応方針
基本的 事項	<ul style="list-style-type: none"> - 本プロジェクトを実施するに当たっては、その計画段階で、本プロジェクトがもたらす環境や社会への影響について、できる限り早期から、調査・検討を行い、これを回避・最小化するような代替案や緩和策を検討し、その結果を本プロジェクト計画に反映しなければならない。(JICA ガイドライン、別紙 1.1) 	個別プロジェクトに適用される EIA 及び IEE は、EPA 及び EPR で規定されている。	スクリーニング、スコーピングや環境影響評価のプロセス等は、ネパールの制度で定義されている。
情報公開・住民協議	<ul style="list-style-type: none"> - 環境アセスメント報告書(制度によっては異なる名称の場合もある)は、本プロジェクトが実施される国で公用語または広く使用されている言語で書かれていなければならない。また、説明に際しては、地域の人々が理解できる言語と様式による書面が作成されねばならない。 - 環境アセスメント報告書は、地域住民等も含め、本プロジェクトが実施される国において公 	本プロジェクトでは IEE が適用され、15 日間新聞に縦覧され、ステークホルダーが意見を述べる事が出来る。	JICA ガイドライン及びネパールの制度の両方に情報公開・住民協議の実施が記載されている。

対象事項	JICAガイドライン	ネパール制度	ギャップの有無及び対処方針
	<p>開されており、地域住民等のステークホルダーがいつでも閲覧可能であり、また、コピーの取得が認められていることが要求される。(JICA ガイドライン、別紙2)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 特に、環境に与える影響が大きいと考えられる本プロジェクトについては、本プロジェクト計画の代替案を検討するような早期の段階から、情報が公開された上で、地域住民等のステークホルダーとの十分な協議を経て、その結果が本プロジェクト内容に反映されていることが必要である。(JICA ガイドライン、別紙1、社会的合意.1) - 環境アセスメント報告書作成に当たり、事前に十分な情報が公開されたうえで、地域住民等のステークホルダーと協議が行われ、協議記録等が作成されていないといけない。 - 地域住民等のステークホルダーとの協議は、本プロジェクトの準備期間・実施期間を通じて必要に応じて行われるべきであるが、特に環境影響評価項目選定時とドラフト作成時には協議が行われていることが望ましい。(JICA ガイドライン、別紙 2.カテゴリーA に必要な環境アセスメント報告書) 		
影響評価対象項目	<ul style="list-style-type: none"> - 環境社会配慮に関して調査・検討すべき影響の範囲には、大気、水、土壌、廃棄物、事故、水利用、気候変動、生態系及び生物相等を通じた、人間の健康と安全及び自然環境への影響（越境の又は地球規模の環境影響を含む）並びに以下に列挙する様な事項への社会配慮を含む。非自発的住民移転等人口移動、雇用や生計手段等の地域経済、土地利用や地域資源利用、社会関係資本や地域の意思決定機関等社会組織、既存の社会インフラや社会サービス、貧困層や先住民族など社会的に脆弱なグループ、被害と便益の分配や開発プロセスにおける公平性、ジェンダー、子どもの権利、文化遺産、地域における利害の対立、HIV/AIDS 等の感染症、労働環境（労働安全を含む）。(JICA ガイドライン、別 	EPA 及び EPR の中で IEE レポートに記載すべき項目は、降雨、温度、風向の状況、大気、水質、地形、地すべりや土壌浸食、地表水・地下水、植生、保護区、ジェンダーの状況、カーストの有無、保健衛生の状況等である。	ネパールの制度は、環境社会配慮を実施する十分な項目を持つと判断されるため、ネパールの制度に沿って進める。

対象事項	JICAガイドライン	ネパール制度	ギャップの有無及び対処方針
	紙 1. 検討する影響のスコープ.1) - 調査・検討すべき影響は、本プロジェクトの直接的、即時的な影響のみならず、合理的と考えられる範囲内で、派生的・二次的な影響、累積的影響、不可分一体の事業の影響も含む。また、本プロジェクトのライフサイクルにわたる影響を考慮することが望ましい。(JICA ガイドライン、別紙1、検討する影響のスコープ.2)		
モニタリング、苦情処理等	- モニタリング結果を、本プロジェクトに関わる現地ステークホルダーに公表するよう努めなければならない。(JICA ガイドライン、別紙1、モニタリング.3) - 第三者等から、環境社会配慮が十分でないなどの具体的な指摘があった場合には、本プロジェクトに関わるステークホルダーが参加して対策を協議・検討するための場が十分な情報公開のもとに設けられ、問題解決に向けた手順が合意されるよう努めなければならない。(JICA ガイドライン、別紙1、モニタリング.4)	モニタリング：環境社会影響があると判断された項目は、環境管理計画を策定し、モニタリングを行うこととされている。 苦情処理：EIA 調査結果に不満がある者は、公開後 15 日以内に MoFE の Director General に苦情を申し立てることが出来るとされている。	JICA ガイドライン及びネパールの制度の両方にモニタリング、苦情処理の方法が定義されているため、ネパールの制度に沿って進める。
生態系及び生物相	- 本プロジェクトは、重要な自然生息地または重要な森林の著しい転換または著しい劣化を伴うものであってはならない。	EPA では、環境と開発のバランスを適切に管理し、環境及び生物多様性への影響を低減させることとしている。	ネパールの制度に自然環境への配慮が記載されているため、ネパールの制度を採用する。
先住民	- 本プロジェクトが先住民に及ぼす影響は、あらゆる方法を検討して回避に努めねばならない。このような検討を経ても回避が可能でない場合には、影響を最小化し、損失を補填するために、実効性ある先住民のための対策が講じられなければならない。	126 の定義された先住民(ジャティ)とその他未定義のジャティが報告されているが、建設予定地周辺には先住民が存在しない。	建設予定地周辺には先住民が存在しない。

出典：JICA 調査団

2-2-3-1-4 代替案（事業を実施しない場合を含む）の比較検討

事業を実施しない場合を含む事業計画比較結果は、表 2-2-10 のとおりである。

表 2-2-10 事業計画比較表

代替案	プロジェクトコンポーネント	技術的・環境的等評価
事業を実施しない場合	PS を新規建設せず、既存 PS の改修も行わない。	ハンドポンプを使用することにより、水質の悪い飲料水を飲み続けることにより、水因性疾患を及ぼす。

代替案	プロジェクトコンポーネント	技術的・環境的等評価
Plan-1	PS 及び浄水施設を建設する。	水質が確保された飲料水が行き渡り、給水率が向上する。
Plan-2	PS を建設するが、浄水施設を建設しない。	給水率は向上するが、水質が悪いため、安全な飲料水が行き渡らない。
評価	技術的、環境的観点から、Plan-1 が最適であると評価する。	

出典：JICA 調査団

2-2-3-1-5 スコーピング及び環境社会配慮調査の TOR

JICA ガイドラインに基づくスコーピング及び必要な環境社会配慮調査の TOR は、表 2-2-11 及び表 2-2-12 に示すとおりである。

表 2-2-11 スコーピング

分類		影響項目	選定状況		選定理由
			工事中	供用時	
自然環境	1	大気汚染	✓		工事中：建設機械・発電機からの排ガスの影響が考えられる。 供用時：なし。ポンプ等は商用電力から供給されるため大気汚染は発生しない。
	2	水質汚濁	✓		工事中：工事により発生する濁水の影響が考えられる。 供用時：なし。PSからの排水は柵で沈殿させて上澄みを放流する。
	3	土壌汚染			工事中：なし。有害な化学物質は使用されない。 供用時：なし。有害な化学物質は使用されない。
	4	廃棄物	✓		工事中：工事に伴う廃棄物が排出される。 供用時：なし。施設管理者等からの一般ごみの発生が想定されるが、通常の一般ごみと同様に処理される。
	5	騒音・振動	✓		工事中：工事に伴う騒音・振動が発生する。 供用時：供用時に発生する騒音・振動は極めて少ない。
	6	地盤沈下		✓	工事中：なし。工事に必要な水は既存の配水網から供給する。 供用時：ポンプ容量が地下水の適正揚水量を超えないように制御する。
	7	悪臭			工事中：なし。悪臭は発生しない。 供用時：なし。悪臭は発生しない。
	8	地形、地質			工事中：なし。地形改変は行わない。 供用時：なし。地形改変は行わない。
	9	土壌浸食			工事中：なし。土壌浸食を伴う活動はない。 供用時：なし。土壌浸食を伴う活動はない。
	10	底質堆積物	✓		工事中：濁水が発生する。 供用時：なし。濁水は発生しない。
	11	地下水		✓	工事中：なし。工事に必要な水は既存の配水網から供給する。 供用時：ポンプ容量が地下水の限界揚水量を超えないように制御する。
	12	湖沼・湿地・河川流況			工事中：なし。湖沼や湿地、河川流況を改変する活動は行わない。 供用時：なし。湖沼や湿地、河川流況を改変する活動は行わない。
	13	海岸・海域			工事中：なし。海岸・海域に影響を及ぼす活動は行わない。

分類	影響項目	選定状況		選定理由
		工事中	供用時	
				供用時：なし。海岸・海域に影響を及ぼす活動は行わない。
	14 動植物・生態系			工事中：なし。動植物・生態系に影響を及ぼす活動は行わない。 供用時：なし。動植物・生態系に影響を及ぼす活動は行わない。
	15 気象			工事中：なし。気象に影響を及ぼす活動は行わない。 供用時：なし。気象に影響を及ぼす活動は行わない。
	16 景観		✓	工事中：なし。工事による景観への影響はない。 供用時：新規の高架タンク建設により景観に影響が生じるが、建設予定地は景観上重要な地域ではない。
	17 事故	✓	✓	工事中：工事による事故が考えられる。 供用時：運転機器の取り扱い事故が想定される。
	18 地球温暖化	✓		工事中：建設機械や車両からの排ガスが考えられる。 供用時：なし。事業による地球温暖化は想定されない。
社会環境	19 非自発的住民移転			工事中：なし。施設建設予定地に住民は存在しない。用地はBMC所有である。 供用時：なし。施設建設予定地に住民は存在しない。用地はBMC所有である。
	20 雇用や生計手段等の地域経済			工事中：雇用が創出される。 供用時：施設運営のための雇用機会が創出される。
	21 土地利用や地域資源利用			工事中：なし。新規PS建設予定地はBMC所有であり、土地使用許可についてはBMCが手続きを進める。 供用時：なし。新規PS建設予定地はBMC所有であり、土地使用許可についてはBMCが手続きを進める。
	22 社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織			工事中：なし。新規PS建設予定地はBMC所有であり、土地使用許可についてはBMCが手続きを進める。 供用時：なし。新規PS建設予定地はBMC所有であり、土地使用許可についてはBMCが手続きを進める。
	23 既存の社会インフラや社会サービス	✓		工事中：車両による渋滞が考えられる。 供用時：なし。
	24 地域分断			工事中：なし。工事による地域分断はない。 供用時：なし。PSの運営による地域分断はない。
	25 貧困層・先住民・少数民族			工事中：なし。施設建設予定地は、貧困層・先住民・少数民族の居住地に位置しない。 供用時：なし。施設建設予定地は、貧困層・先住民・少数民族の居住地に位置しない。
	26 被害と便益の偏在			工事中：なし。工事による被害と便益の偏在はない。 供用時：なし。飲料水は一般公衆にとって公平に配水される。
	27 地域内の利害対立			工事中：なし。工事による被害と便益の偏在はない。したがって、地域内の利害対立は想定されない。 供用時：なし。公衆衛生はプロジェクト対象エリア内で公平に向上される。
	28 水利用・水利権			工事中：なし。工事に必要な水は既存の配水網から供給する。 供用時：ポンプ容量が地下水の限界揚水量を超えないように制御する。
	29 ジェンダー			工事中：なし。ジェンダーに影響を及ぼす活動はない。 供用時：なし。ジェンダーに影響を及ぼす活動はない。

分類	影響項目	選定状況		選定理由
		工事中	供用時	
30	子どもの権利			工事中 ：なし。子どもの権利に影響を及ぼす活動はない。 供用時 ：子どもの権利に影響を及ぼす活動はない。子どもの公衆衛生が向上する。
31	文化遺産			工事中 ：なし。施設建設予定地に文化遺産は存在しない。 供用時 ：なし。施設建設予定地に文化遺産は存在しない。
32	保健・衛生 HIV/AIDS 等の感染症			工事中 ：なし。感染性の物質は使用されない。 供用時 ：なし。感染性の物質は使用されない。公衆衛生が向上する。

出典：JICA 調査団

表 2-2-12 環境社会配慮調査の TOR

環境項目	調査項目	調査手法
大気汚染	・環境基準等の確認（ネパールの環境基準、WHO基準等） ・工事中の影響	・環境基準等の確認 ・工事の内容、建設機械の種類、ポンプの種類等の確認
水質汚濁	・工事中の影響	・現地調査及びヒアリングによる周辺環境確認 ・工事の内容、本施設の供用による排水状況の確認
廃棄物	・建設廃棄物の処理方法	・現地調査及びヒアリング
騒音・振動	・環境基準等及びWHO基準等 ・工事中の影響	・現地調査、ヒアリング、文献調査による周辺環境確認
地盤沈下	・供用時の影響	・施設運営計画の確認
底質堆積物	・工事中の影響	・工事内容の確認
地下水	・供用時の影響	・施設運営計画の確認
景観	・施設の存在による影響	・本施設の外観確認
事故	・工事中・供用時に生じる可能性のある事故内容	・工事中・供用時に生じる可能性のある事故内容及び対策検討
地球温暖化	・工事中の影響	・工事の内容、建設機械の種類、ポンプの種類等の確認
既存の社会インフラや社会サービス	・工事用車両による影響	・現地調査及びヒアリング

出典：JICA 調査団

2-2-3-1-6 環境社会配慮調査結果（予測結果を含む）

(1) 大気汚染

工事中に建設機械の稼働で排ガスが発生する。排ガスの影響は、アイドリングストップや工事工程の平準化で軽減できる。また、低排出ガス型建設機械の活用を奨励し、影響の更なる低減化を図る。粉塵が発生しやすい工事の際は、適宜散水を実施し、湿潤状態での実施に努める必要がある。なお、必要に応じて、防塵シート等の活用を建設業者へ義務づける。

供用時は、非常用発電機の稼働により排ガスが発生するが、非常時のみであるため、大気質への影響は極めて小さい。

このため、大気汚染への影響は小さいと考えられる。

(2) 水質汚濁

工事中は、土木工事の現場から濁水が発生する可能性がある。そのため、側溝及び柵を設置して浮遊物の沈殿後に排水する。

供用時も、PS からの排水は、側溝及び柵を設置して浮遊物の沈殿後に排水する。

このため、水質汚濁への影響は小さいと考えられる。

(3) 廃棄物

工事中に発生する廃棄物は、工事業者が BMC 所有の処分場で適切に処理する。

供用時は、施設管理者等からの一般ごみの発生が想定されるが、通常の一般ごみと同様に処理される。

(4) 騒音・振動

工事中は、建設機械による騒音・振動が発生する。騒音の環境基準は、表 2-2-7 に示した通り、Mixed Residential Area の昼間（午前 9 時から午後 6 時まで）の値である 63dB が適用される。また、振動に係る基準はない。なお、工事中は、防音壁の設置、低騒音・低振動型の建設機械の使用、騒音・振動が集中しない工事工程の策定等による措置を講じる。

PS 内では、著しい騒音・振動を発生させる機械の設置・稼働はないため、供用時には騒音・振動の発生は少ない。

このため、騒音・振動への影響は小さいと考えられる。

(5) 地盤沈下・地下水

工事中は、工事に必要な水は既存の配水網から供給する。

供用時は、ポンプ容量が地下水の適正揚水量を超えないように制御する。

(6) 底質

工事中は、施設建設予定地での掘削により濁水が発生するため、川へ排出する前に、前述(2)水質汚濁の項に従って処理する。

したがって、底質への影響は極めて少ない。

(7) 景観

工事中は、景観への影響はない。

供用時には、新規の高架タンク建設により景観に影響が生じるが、建設予定地は景観上重要な地域ではない。

(8) 事故

交通事故を含む事故は、工事中、供用時ともに発生すると想定される。事故を防止するため、保護具（手袋、安全靴やヘルメット等）の着用や、工事や車両運転に係る安全指導等が望まれる。

したがって、事故の影響は、工事中、供用時ともに低減される。

(9) 地球温暖化

排ガスが工事中に発生するが、前述(1)大気汚染の項の対策により影響が低減される。

PSの稼働に必要な電力は、既存の送電網から供給する。発電機は非常時を除いて使用しないため、排ガスは適切に規制される。) よって望ましくない影響は最小限であると判断される。

(10) 雇用や生計手段等の地域経済

工事により、ビラトナガル市内及び近隣の雇用機会が生まれるため、工事中においては正の影響が想定される。

本プロジェクトでは、PSを新規建設することにより、施設運営のための雇用機会が生まれるため、供用時においても正の影響が想定される。

(11) 既存の社会インフラや社会サービス

工事中は、工事車両による交通渋滞が悪化する可能性があるため、車両の時間管理を適切に行うことにより、交通渋滞の影響は低減される。

(12) 子どもの権利

本事業では、安全な飲料水を供給するため、居住区の公衆衛生が向上する。供用時においては、正の影響が想定される。

(13) 保健・衛生、HIV/AIDS等の感染症

本事業では感染性の物質は使用しない。公衆衛生が向上するため、本事業は正の影響が想定される。

2-2-3-1-7 影響評価

調査結果及びガイドラインに基づき、環境社会への影響程度は、表 2-2-13 及び表 2-2-14 のとおり要約される。

表 2-2-13 環境への影響評価

No.	影響項目	評価		評価理由
		工事中	供用時	
自然環境への影響				
1	大気汚染	B-	D	工事中 ：車両や建設機械からの排気ガスが発生するが、車両や建設機械のアイドリングの中止等により排ガスの低減化を図る。また、粉塵の発生する工種については、適宜散水を行う。 供用時 ：非常用発電機の稼働により排ガスが発生するが、非常時のみであるため、大気質への影響は極めて小さい。
2	水質汚濁	B-	D	工事中 ：工事中に発生する濁水は、側溝及び柵を設置して浮遊物沈殿後に適切に排水するため、濁水の排出は防止される。 供用時 ：PSからの排水は、側溝及び柵を設置して浮遊物の沈殿後に排水する。

No.	影響項目	評価		評価理由
		工事中	供用時	
3	騒音・振動	B-	D	工事中 ：工事作業に伴う騒音・振動は発生するが、工事業者が、最小となるように適切な防音措置（壁の設置、低騒音型機械）を実施するため、その影響は小さい。 供用時 ：本施設の稼働による騒音・振動の影響は極めて少ない。
4	地盤沈下	D	B-	工事中 ：なし。工事に必要な水は既存の配水網から供給する。 供用時 ：ポンプ容量が地下水の適正揚水量を超えないように制御する。
5	地下水	D	B-	工事中 ：なし。工事に必要な水は既存の配水網から供給する。 供用時 ：ポンプ容量が地下水の限界揚水量を超えないように制御する。
6	事故	B-	B-	工事中 ：保護具の着用等、工事中の事故防止を図るとともに、適切なモニタリングを行う。 供用時 ：安全指導を行い、トラックの運行状況のモニタリングを行う。

A+/-：重大な正/負の影響が予想される。

B+/-：一定程度の正/負の影響が予想される。

C+/-：正/負の影響の程度は不明である。（さらなる調査が必要であり、調査により影響を明らかにする。）

D：影響は予想されない。

出典： JICA 調査団

表 2-2-14 社会への影響評価結果

No.	影響項目	評価		評価理由
		工事中	供用時	
社会環境				
1	雇用や生計手段等の地域経済	B+	B+	工事中 ：本事業により雇用が創出される。 供用時 ：PS を新規建設することにより、施設運営のための雇用機会が創出される。
2	既存の社会インフラや社会サービス	B-	D	工事中 ：工事車両による渋滞が予想されるため、車両の時間管理を適切に行う。 供用時 ：施設の稼働による社会インフラへの影響はない。
3	子どもの権利	D	B+	工事中 ：子どもの権利への影響は想定されない。 供用時 ：本事業により、子どもの公衆衛生が向上する。
4	保健・衛生 HIV/AIDS 等の感染症	D	B+	工事中 ：感染性の物質は使用されない。公衆の健康や衛生への影響は極めて少ない。 供用時 ：感染性の物質は使用されない。公衆衛生が向上するため、健康や生活環境への正の影響が期待できる。

A+/-：重大な正/負の影響が予想される。

B+/-：一定程度の正/負の影響が予想される。

C+/-：正/負の影響の程度は不明である。（さらなる調査が必要であり、調査により影響を明らかにする。）

D：影響は予想されない。

出典： JICA 調査団

2-2-3-1-8 緩和策および緩和策実施のための費用

施設や工事に対応可能な環境影響については、その対応により環境影響を最小化する。状況に応じてNWSCが指導を行う。工事中及び供用時における緩和策は表 2-2-15 に示すとおりである。

表 2-2-15 工事中及び供用時における緩和策

分類	環境項目	緩和策	実施対象	費用
工事中	1.大気汚染	散水の実施 低排出ガス建設機械の使用	工事業者	建設費に含む
	2.水質汚濁	側溝及び枳の設置による適切な排水	工事業者	建設費に含む

分類	環境項目	緩和策	実施対象	費用
	3.騒音・振動	防音壁や低騒音・低振動型建設機械の使用	工事業者	建設費に含む
	4. 事故	安全保護具（手袋、ヘルメット、安全ベルト等）の着用 安全管理会議の実施	工事業者	建設費に含む
	5. 既存の社会インフラや社会サービス	適切な工事車両工程管理の実施	工事業者	建設費に含む
供用時	1.水質汚濁	PS からの排水は、側溝及び柵を設置して浮遊物の沈殿後に排水する。	運営・維持管理会社 (NWSC)	維持管理費に含む
	2.地盤沈下・地下水	地下水位を測定し、取水量を適切に管理する。	運営・維持管理会社 (NWSC)	維持管理費に含む

出典：JICA 調査団

2-2-3-1-9 環境管理計画・モニタリング計画（実施体制、方法、費用など）

MoWS の環境審査後に発給される環境許認可証に基づき、施設建設時及び事業の運営・維持管理時に所定の環境管理活動及びモニタリングを実施する。また、想定される環境影響事項に基づき、表 2-2-16 の項目にかかる環境管理が必要と考えられる。環境管理計画（案）と日常活動に係るモニタリング計画（案）は、それぞれ、表 2-2-17 及び表 2-2-18 のとおりである。

表 2-2-16 環境管理が必要な項目

項目	工事前・工事中	運営・維持管理中
施設や工事仕様で対応するもの	- 工事車両等の排気ガスや粉塵の低減化	- N/A
日常活動で対応するもの(モニタリング対象)	- 工事車両等の排気ガスや粉塵の低減 - 工事排水に起因する水質汚濁の防止 - 建設機械の稼働による騒音・振動の低減 - 工事中の事故防止 - 工事車両に起因する交通渋滞の低減	- PS からの排水に起因する水質汚濁の防止 - 地下水位の測定

出典：JICA 調査団

表 2-2-17 環境管理計画（案）

番号	項目	影響	管理項目	(1) 責任組織 (2) 監督官庁	費用負担組織
工事中					
1	大気汚染	工事車両・機械により排ガスが発生する。	散水により大気汚染は最小化される。工事業者は低排出ガスの建設機械を使用する。	(1) 工事業者 (2) コンサルタント及びNWSC	建設費に含む
2	水質汚濁	濁水が河川に放流される。	側溝及び柵を設置し、濁水対策を行う。	(1) 工事業者 (2) コンサルタント及びNWSC	建設費に含む
3	騒音・振動	工事車両・機械により騒音・振動が発生する。	防音壁や低騒音・振動型に建設機械を使用する。	(1) 工事業者 (2) コンサルタント及びNWSC	建設費に含む
4	既存の社会イン	工事車両により交	特定の時間帯に工事車両が集	(1) 工事業者	建設費に含む

番号	項目	影響	管理項目	(1) 責任組織 (2) 監督官庁	費用負担組織
	フラや社会サービス	通渋滞が発生する。	中しないよう、適切な工事車両管理を行う。	(2) コンサルタント及びNWSC	
5	事故	工事中に事故が発生する可能性がある。	労働安全衛生基準に基づき、保護ベルト等を着用する。また、車両事故防止のための指導を行う。	(1) 工事業者 (2) コンサルタント及びNWSC	建設費に含む
供用時					
1	水質汚濁	PS からの排水	PS からの排水は、排水基準に適合させて河川に放流する。	(1) NWSC	維持管理費用に含む
2	地盤沈下・地下水	PS からの取水による地下水位の低下	地下水位を測定し、取水量を適切に管理する。	(1) NWSC	維持管理費用に含む

出典：JICA 調査団

表 2-2-18 環境モニタリング計画 (案)

時期	分類	モニタリング項目	観測地点	頻度	方法	責任主体	費用
工 中	1. 水質汚濁	SS	公共用水域への合流 前及び合流後	建設期間中 週1回	採水し、ポータブルメ ータで計測	工事業者 NWSC	建設費に含 む
	2. 既存の社会インフラや社会サービス	車両運行状況	建設地	建設期間中必要に 応じて	目視、写真、月例報告	工事業者 NWSC	建設費に含 む
	3. 事故	事故防止のための教育	建設地現場事務所	建設期間中必要に 応じて	目視、写真、月例報告	工事業者 NWSC	建設費に含 む
供 時	1. 水質汚濁	SS	公共用水域への合流 前及び合流後	週1回	採水し、ポータブルメ ータで計測	NWSC	NWSC 維持管理費
	2. 地下水	地下水位	本プロジェクト対象 地域内の試掘井戸	月1回	触針式水位計により 計測	NWSC	NWSC 維持管理費

出典：JICA 調査団

2-2-3-1-10 ステークホルダー協議

2020年3月までに以下の協議が実施された。

(1) NWSC、BMC 及び Ward 代表者との協議

2020年2月27日に、NWSC、BMC 及びピラトナガル市内の Ward 代表者との協議を行った。概要は表 2-2-19 のとおりである。

表 2-2-19 NWSC、BMC 及び Ward 代表者との協議

<p>場所：ピラトナガル市役所 参加者：NWSC、BMC、Ward 代表者合計 26 名</p> <ul style="list-style-type: none">・市民は平等な給水サービスを受けるべきであるので、全ての WUSC 及び NWSC は市の管理のもと、統一されたシステムで給水サービスが行われるべきである。・NWSC の配水管からの漏水は老朽化していることにより生じている。排水管への汚濁物質混入の恐れがあるので、水質を維持するためには敷設替えが必要である。・予算の制約により、配水管網を全域カバーすることは難しいことは理解するが、カバー区域を増やしてほしい。・配水管は、管路の長寿命化のため、道路の脇に敷設されるべきであり、舗装された道路（車道）上は可能な限り避けるべきである。

(2) No. 5 PS の位置する Ward No.5 の住民ヒアリング

2020年3月2日に、No. 5 PS の位置する Ward No.5 の住民ヒアリングを行った。概要は表 2-2-20 のとおりである。

表 2-2-20 Ward No. 5 の住民ヒアリング

<p>場所：No.5 PS 建設予定地 住民参加者：37 名</p> <ul style="list-style-type: none">・PS を建設するのであれば、パイプラインに接続したい。・水道メータによるパイプラインからの水道代を請求されることに抵抗はない。・計画地の一部を使用する可能性があるので、施設は土地の中央ではなく端部に建設してほしい。・地下水の揚水、高架タンクの建設について、特段の異論はない。・12年に1回程度洪水が起きるが、浸水高さはそれほど高くない。・Ward No.5 には約 3,300 世帯が居住し、計画地近隣には約 2,500 世帯が居住する。・貧困層にパイプライン接続のために補助金を出すことを希望する。
--

(3) Ward No.4 の住民ヒアリング

2020年3月5日に、Ward No.4 の住民ヒアリングを行った。概要は表 2-2-21 のとおりである。

表 2-2-21 Ward No. 4 の住民ヒアリング

場所：No.4 Ward Office 住民参加者：7名

- ・建設予定地周辺に約 200 世帯が居住しており、当該世帯への配水を希望する。
- ・水質が良い水であれば、パイプラインへの接続による水道代を請求されることに抵抗はない。
- ・地下水の揚水、高架タンクの建設について異論はなく、必要な協力を行う準備がある。
- ・モンスーンの時季には 1 フィート（30cm）程度の浸水が起きている。これは排水が不十分であるため起きているので、排水を確実に行ってほしい。
- ・貧困層に対しては、上水道料金の補助、またはコミュニティへの公共水栓設置で、対応してほしい。

以上を踏まえ、以下の項目を計画に反映する。

- ・NWSC と協議の上、老朽化した配水管の敷設替えを行う。
- ・PS 付近で家屋が存在する箇所は本プロジェクトで送水管の分岐を設け、今後 NWSC の自助努力により配水管の敷設を行ってもらおう。

2-2-3-2 用地取得・住民移転

新規 PS 建設予定地は BMC 所有である。NWSC は、BMC と土地リース料について協議し、支払う。施設建設予定地には、非自発的移転が発生するような住民は存在しない。

2-2-3-3 苦情処理メカニズム

ネパールでは、土地取得法の第 11 条において、用地取得プロセスに不満のある者が異議申し立てを行うことが可能であることを規定している。

土地取得は、Chief District Officer により、新聞で公告される。その際、対象となった土地の所有者は、土地収用の公告から 7 日以内に、Chief District Officer を通じて内務省（Ministry of Home Affairs, 以下 MoHA という）に対して、その理由を付して異議申し立てを行うことができる。なお、MoHA は、土地所有者が正式に異議申し立てを行う前に、Chief District Officer と相談することが望ましいとしている。

苦情受付の後、内務省は、地方裁判所に、土地の調査、証人の召喚、発言の記録、資料収集の権限を付与し、地方裁判所が審議を実施する。なお、内務省が苦情を受理した日から 15 日以内に苦情に対する決定を一般に公開する制度になっている。

2-2-3-4 その他

2-2-3-4-1 モニタリングフォーム案

資料 6-8 に示す。

2-2-3-4-2 環境チェックリスト

資料 6-9 に示す。

2-3 当該国における無償資金協力事業実施上の留意点

(1) 国道掘削に伴う供託金（デポジット）免除の対応

管路工事に伴う国道の掘削許可は、公共事業省の部局（Department of Road）が行い、供託金が必要とされている。通常、1m³当たり NPR10,000 の供託金が必要であり、これらはネパール側負担とするか、免除とする必要がある。本調査において同方針はネパール側と基本的な合意されているが、工事開始前までには、免除またはネパール側負担の手続きを完了する必要がある。

(2) 給水各戸接続の実施

ネパールにおいて、給水装置の所有権は顧客である。NWSC は、顧客からの新規接続依頼に合わせ、水道メータを設置する。通常、顧客は水道メータと設置費用を NWSC に支払うが、一部の顧客は、市場に流通する安価な水道メータを自身で調達し、NWSC に接続費用だけ支払うケースがある。こうした各戸接続のほとんどが民地での工事となり、無償資金協力事業で実施することは、工事工程に大きな影響を与えるため、先方負担工事としている。一方で、接続工事を実施しないと十分に裨益効果が発現しないため、NWSC 側への実施促進が必要である。

2-4 その他

2-4-1 ジェンダーの視点

現地ヒアリング結果より、ハンドポンプからの取水作業は、男女差別なく行われている。一方、給水能力の向上と長期の持続的成長を目的として立てられた Water Resource Strategy（2002 :His Majesty's Government of Nepal Under Water and Energy Commission Secretariat）では、基礎的なレベルでの水供給とともに、女性の地位向上を伴う経済成長を促すことを目標としている。

本プロジェクトにより、NWSC の給水の質及び各戸給水率が向上し、ハンドポンプ使用の回数も少なくなり、男女の差別なく便益を受けることとなる。また、本事業により NWSC の経営が改善され、給水エリア・普及率が拡張した際にも、女性に裨益することとなる。

第3章 プロジェクトの内容

3-1 プロジェクトの概要

ネパールの SDGs では、2030 年までに各戸給水率を 90%とし、大腸菌リスクをゼロにするとしているが、各戸給水の普及率のみならず、水質面でも目標と現況のギャップは非常に大きい。

このような背景の下、市民の健康及び衛生的な生活環境を維持するために、NWSC の上水道水質を改善して安全で安定した給水を維持する体制を段階的に整備するとともに、市民の上水道への接続を促進する活動が必要であり、NWSC は 2027 年までに残留塩素・鉄・マンガンに関する水質基準を満たした安全な水を約 93,000 人に給水出来るように目標を設定した。

本プロジェクトは、上記目標を達成するために、井戸／浄水施設の新設／更新と老朽化した配水管／給水管の更新に必要な施設の建設、機材調達及び給水事業を行うものである。

プロジェクト対象区域は市内の中心部であり、本プロジェクトを実施することによる上水道施設開発のインパクトは大きく、NWSC 信頼回復への足掛かりとしての効果や周辺への波及効果も高い。

本プロジェクトの協力対象事業として表 3-1-1 に施設コンポーネント及び仕様を、また、表 3-1-2 にソフトコンポーネントの内容を示す。

表 3-1-1 本プロジェクトの施設コンポーネント及び仕様

各施設	施設構成	
	Devkota 配水区／Tinpaini 配水区／Munal Path 配水区	New No.5 配水区
井戸施設	生産井 (掘削深 150m) : 3 基／各 PS 井戸ポンプ : 1.2m ³ /分／各 PS 導水管、計装設備 : 1 式／各 PS	生産井 (掘削深 150m) : 3 基／PS 井戸ポンプ : 1.2m ³ /分／PS 導水管、計装設備 : 1 式／PS
浄水施設	開放型鉄筋コンクリート製構造 (着水井、ろ過池) : 3.6m ³ /分／各 PS マンガン砂、集水設備、洗浄・排水設備、計装設備 (流量計) : 1 式／各 PS	開放型鉄筋コンクリート製構造 (着水井、ろ過池) : 3.6m ³ /分／PS マンガン砂、集水設備、洗浄・排水設備、計装設備 (流量計) : 1 式／PS
浄水池 / ポンプ棟	(浄水池) 鉄筋コンクリート製構造半地下タンク : 1,200m ³ ／各 PS (ポンプ棟) 鉄筋コンクリート製構造ラーメン (レンガ壁) : 239m ² ／各 PS 片吸込み渦巻きポンプ : 3 基／各 PS 塩素タンク : 2 基／各 PS 塩素注入設備(※1)、計装設備 (水位計、流量計)、建築設備、受配電設備、制御盤 : 1 式／各 PS	(浄水池) 鉄筋コンクリート製構造半地下タンク : 450m ³ ／PS (ポンプ棟) 鉄筋コンクリート製構造ラーメン (レンガ壁) : 182m ² ／PS 片吸込み渦巻きポンプ : 3 基／PS 塩素タンク : 2 基／PS 塩素注入設備 (※1)、計装設備 (水位計、流量計)、建築設備、受配電設備、制御盤 : 1 式／PS
高架タンク	(既設利用) 計装設備 (水位計・流量計) / 各 PS	鉄筋コンクリート製構造 高さ 25m 容量 1,200m ³ ／PS 計装設備 (水位計、流量計) : 1 式／PS
管理棟	(既設利用)	鉄筋コンクリート製ラーメン (レンガ構造) : 72m ² ／PS 建築設備、汚水処理施設 : 1 式／PS
配水管	配水本管 10”- 12” (DIP) 延長 4.92km 配水支管 3” - 8” (HDPE) 延長 61.87km 給水引出管 2” (HDPE) 延長 10.94km	配水本管 10” - 12” (DIP) 延長 3.82km 配水支管 3” - 8” (HDPE) 延長 26.49km 給水引出管 2” (HDPE) 延長 4.26km

各施設	施設構成	
	Devkota 配水区／Tinpaini 配水区／Munal Path 配水区	New No.5 配水区
機材調達	ミニバックホウ：2 式	
	水質分析器：1 式	

出典：JICA 調査団

表 3-1-2 本プロジェクトのソフトコンポーネントの内容

項目	活動内容及び研修項目
成果-1 適切な水質管理を行い、良質な水を継続的に生産することが出来る。	(座学)：マニュアルを活用した座学を行う。 - 原水水質と浄水プロセスの理解 - 各施設の機能の理解、及び運転維持管理方法 - 水質分析機器の使用方法の理解 (実習)：施設を活用した実習および実習を通じたマニュアルの改訂を行う。 - 塩素注入施設の操作 - 鉄・マンガン除去施設の運転・維持管理方法習得 - 水質測定機器の操作 - 水質試験の記録と分析 (対象)：Manager/Operator 他計 5 名
成果-2 井戸及び給水システム全体の送配水量を適切に管理し、収集データを施設運転に活用することが出来る	(座学)：マニュアルを活用した座学を行う。 - 地下水揚水量及び配水量のモニタリング手法の理解 - 地下水位、配水施設の水位のモニタリング手法の理解 - 配水システムの機能の理解、及び運転維持管理方法 (実習)：施設を活用した実習および実習を通じたマニュアルの改訂を行う。 - 各施設の水量測定・水位測定と記録 - データ分析と配水状況の把握 - 配水ネットワークと顧客データの記録 (対象)：Manager/Operator 他計 5 名

出典：JICA 調査団

3-2 協力対象事業の概略設計

3-2-1 設計方針

3-2-1-1 基本方針

ネパールでは、2015 年のネパール大地震で国家開発に遅れが見られ、第 14 次 3 ヶ年計画(2016/17～2018/19) (調査時の 2019 年時点)において社会経済開発の進捗を上げることに主眼が置かれている。その中で上水道の開発は重要な項目の一つであり、適切な品質で簡易なアクセスの飲料水サービスの提供で国民の健康と生活レベルの改善を図ることとしている。なお、前述のように、SDGs においては、2030 年までに各戸給水普及率を 90%にするとともに大腸菌リスクがゼロの飲料水サービスの達成を目標にしている。

他方、我が国は、ネパールへの国別開発協力量針で「経済成長や国民生活の改善に直結する社会・経済基盤整備」を重点分野の一つとしており、経済成長や民間セクター開発、及び国民生活の改善に直結する運輸交通・電力・都市環境などの社会基盤・制度整備を支援することを目標にしている。

本プロジェクトは、これらの開発目標・協力目標に寄与すべく、各戸給水普及率が約 30%と低

い上、ほとんどの上水道施設で飲料水水質基準を満足しない水を利用せざるを得ない状態にあるビラトナガル市で、適切に浄水された安全な水を市民へ提供するものである。協力対象事業の範囲は、NWSC 及びビラトナガル市と合意されている市域中心部に絞ら込むものとし、同地域で給水活動を実施している基幹サービスプロバイダの NWSC の給水区を対象とする。なお、既存の上水道施設が事業活動を実施しているため、可能な限り既存施設の利用と更新を実施することで対応し、施設の新設ヶ所数を減じる措置をとる。

3-2-1-2 自然環境条件に対する方針

(1) 気温・降雨・洪水に対する方針

本プロジェクト対象の既存 PS 及び新規 PS 付近でのヒアリング結果では、水深 20cm 程度の冠水経験がある箇所や冠水経験はないものの敷地が隣接する道路より低い箇所がある所もあり、場内の雨水排水や電気施設の浸水対策を考慮しておく必要がある。また、新規の井戸は、洪水対策として高さ 1m 程度のコンクリート保護を行い雨水や雑排水の混入を防ぐ方針とする。

(2) 風力に対する方針

ネパールでは、国内でのデータ不足により、インドの基準を参考に風速 47m/s を適用することとしている。本プロジェクトでも、新規の高架タンクや建屋の設計には風速 47m/s を適用する。

(3) 地震に対する方針

上水道施設に対する地震の基準はないが、地震係数については、Nepal Building Code (以下 NBC という) 105 に記述されている。NBC105 は基本的に建築構造物の申請用の基準であるが、上水道施設の土木構造物の設計についても NBC105 が適用される。建築物や土木構造物の設計には、NBC105 で規定されている地域係数、国立地震センター (National Seismological Centre, Department of Mines and Geology, Ministry of Industry, Commerce and Supplies) 発行のネパールの震災ハザードマップや震源地マップに基づいて得られた設計水平震度 $K_h=0.23$ を適用する。

各 PS で行った地盤調査結果から、地表から 9m 程度までは細粒分含有率が高い粘性土層やシルト性土層であり、10m 以深は N 値が 50 以上の固い砂層である。また、上記のハザードマップや震源地マップでは、ビラトナガル市は、地震多発地帯からは外れており、液状化の懸念はないと判断する。

(4) 土質に対する方針

ビラトナガル市はテライ平原と呼ばれる平野部の低地に位置するため、地形の起伏はほとんどなく、北から南へなだらかな勾配 (南北 10km で 10m 程度の差) がついている。地盤は、概ね GL-1m から 2m にルーズな砂 (N 値 10 程度)、GL-2m~10m に中位な砂質シルト/シルト質砂 (N 値 15 程度) を挟み、約 10m の深度に基礎となる硬質な砂土層 (N 値 50 以上) で構成されており、比較的安定地盤と評価できる。土質調査における地下水位は GL-3m~5m 程度である。このため、市内の建物の基礎はほとんど直接基礎である。ただし、新規計画の高架タンク等の重要構造物の基礎は、浅層部にある比較的中位の土層に位置することから地盤改良を必要とする。

また、配水管の計画路線の掘削計画を検討するため、試掘調査を実施した。主要管路路線における試掘調査の結果、管路路線の土質は、ほとんどが砂質粘土であり、地下水位も確認されなかつ

たことから、岩掘削等の特別な措置は必要ないと判断する。

(5) 水道水源及び地下水量に対する方針

ビラトナガル市では、砂礫質の地層が南部では GL-35m 程度から、それ以外では概ね GL-100m 以深に分布しており、概ね、地上から 50m～100m 以深に揚水対象にできる帯水層がある。また、既存の長期観測データでは、雨季・乾季の地下水位変動が見られるが、長期的な地下水位の低下傾向は見られない。これまでにビラトナガル地域で実施された井戸揚水試験では、限界揚水量が確認されていない。しかし、720 分の 20L/秒の連続揚水試験では、定常状態が確認されている。さらに、既存の NWSC の井戸での揚水水量からも、1ヶ所の井戸における 20L/秒（1,200L/分、1,728m³/日）の揚水は対応可能かつ安全な範囲と考えられる。

他方、市内近郊に水道水源として利用可能な河川等の表流水源がないため、市内で揚水可能な地下水を本プロジェクトで活用する水道水源とする。

本プロジェクトの準備調査では、限界揚水量や適正揚水量算出のための試験井戸掘削を実施した。しかし、同試験井戸掘削作業中に 2020 年 3 月に顕著になった Covid-19 の感染拡大の影響によりネパール全土でロックダウンが施行され、同井戸の仕上げ作業を中止せざるを得なくなった。作業休止期間は約 6 ヶ月間に及び、作業再開時には泥水による目詰まりで井戸としての回復困難な状況になり、限界揚水量や適正揚水量の確認ができなくなった。

このため、本プロジェクトの準備調査の段階では、これまで NWSC ビラトナガルで建設された井戸の土質状況、井戸揚水試験結果および JICA が実施した既往テライ平原地下水開発による水理地質検討結果を参考として検討を行い、適正揚水量を上述の 20L/秒と想定し、概略設計を実施する。

井戸建設事業では井戸掘削時に揚水試験を実施し、井戸の適正揚水量、各井戸の水位低下量および PS の既往井戸での地下水位低下の確認等を行い、適正揚水量や揚水による地下水位低下の確認の評価・検証を実施する方針とする。

(6) 地下水質に対する方針

市内の地下水は、資料 6-1 に示すように飲料水水質基準を超える鉄・マンガンを含んでいる。しかし、有害レベルのヒ素等の重金属は検出されていないため、鉄・マンガンを除去する浄水施設で処理した後に塩素で消毒することで飲用可能になる。したがって、本プロジェクトでは、安全な水を提供するために鉄・マンガンを除去する浄水施設を設置し、上水道水質の改善を図る方針とする。

3-2-1-3 社会経済条件に対する方針

市民は、既存の NWSC の給水の水質が飲料に不適切なため、NWSC の水道への接続意識が低い。そのため、本プロジェクトで水質改善を図り、安全・安定給水を実現することで NWSC の信頼回復と市民へのサービス向上を目標の主眼に置く。

現時点では、水質等の問題で市民の接続意識が低い。そのため、本プロジェクトでは SDGs で要求される 90%の普及率を目標にせず、中間目標として 50%に設定する。

市民の接続意識向上の確認後に普及率 90%までの施設拡張をする方針にする。

3-2-1-4 建設事情/調達事情及び現地業者の活用に対する方針

ネパールには、多くの建設会社が存在し、ほとんどの土木資材が現地調達可能である。主要な材料のうちダクタイル鋳鉄管については、現在ネパールでは生産されておらず、インドからの輸入品が流通しているため本プロジェクトでもインド製を用いる。生コンクリート工場は、ビラトナガルに隣接するイタハリ市に 2 社あるが、工場で提供可能な量が限定的であり、輸送距離を考慮すると現実的でないため、ビラトナガル市内に仮設プラントを設置し、オンサイトでコンクリートを製造する。

本プロジェクトの重要な位置づけとなる鉄・マンガン除去システムに必要なマンガン砂や集水トラフ、塩素注入関連施設は、日本からの輸入とする。

また、各戸給水設備は、民地内の工事が多くなり日本国業者では地権者や家屋所有者との調整に時間を要することから、早期の効果発現のためにネパール側の負担とする。ネパール側の効果的な給水管工事を実施するため、小型のバックホウが必要であるが、ビラトナガル支所では所有していないため、本プロジェクトで調達を行い、ネパール側での実施を支援する。

なお、ネパールにおける建設事業者における労働時間は、1 日 8 時間、週 6 日間の合計週 48 時間の稼働であり、この労働時間に基づき工程を計画する。

3-2-1-5 運営・維持管理に対する方針

NWSC ビラトナガル支所は、支所長の下 1) 技術部、2) 会計部、3) 総務部の大きな 3 部門に分かれており、技術部で給配水施設の運転維持管理を行い、会計部で料金徴収を行っている。職員数は、認可済みの計画数 67 人に対して 40 人にしか在籍しておらず職員数の不足に直面しているが、NWSC では新たに雇用する手続きを実施している。

また、濁度、残留塩素、鉄・マンガン等の基本的な水質項目の日常管理はされておらず、水質管理方法は、確立されていない。給配水施設の漏水管理についても、定例パトロールによる漏水管理などは実施されておらず、能動的な漏水管理方法は、確立されていない。このため、浄水施設を含む水質管理や配水管理の基本的な管理方法の技術支援が必要であり、特に鉄・マンガン除去施設の適切な水質管理と運転管理技術の習得は不可欠であるため、施設供用時に必要な運転維持管理支援をソフトコンポーネントで対応する。なお、水質管理に必要な最低限の水質分析機材は、本プロジェクトにて調達を行うこととする。

3-2-1-6 施設・機材のグレード設定に係る方針

前述のように、地下水（井戸）を水源にし、鉄・マンガン除去を目的とする浄水施設をすべての井戸に併設する。また、安全な給水を実現するために、全施設に適切な塩素消毒設備を設置する。なお、可能な限り、既存施設の更新で対応することにする。

安定給水を実現するために、すべての井戸・浄水施設には十分な容量の浄水池／配水池を設置

する。

井戸、浄水池、高架タンクでは、水槽からのオーバーフローや、揚（導）水量過多によるポンプ空運転を防止するため、井戸ポンプ、揚水ポンプの運転は、井戸および各水槽の水位に連動させた自動制御を基本とする。なお、手動操作回路を併設する事で、ポンプ・配管の整備や、緊急運用を行う際に、手動操作によるポンプの運用を可能とする。

3-2-1-7 工法/調達方法、工期に係る方針

(1) 工法/調達方法

主要な工種は、井戸掘削工、コンクリート工及び配管工であり、特殊な工種はない。配水管路や比較的浅い基礎部の土質は、シルト混じりの砂層／粘土層であることから掘削法面は比較的安定するため、土留め材を使用しない開削工法とする。なお、新規計画の高架タンク等の重要構造物の基礎は、地盤改良を必要とし、一般的なセメントによるバックホウ混合工法で対応可能である。

一方、浄水施設を建設するにあたり、水処理システムとしての品質を確保するために、水処理に関わる資機材は、日本調達とする。

(2) 工期

協力対象施設の建設工事は、詳細設計を含め E/N から約 34 ヶ月を要すると考えられる。したがって、国債事業制度の適用が必要である。

3-2-1-8 施工監理に係る方針

施工監理は、常駐施工監理者 1 名の他、専門的技術観点から必要不可欠なスポット監理者として、井戸施設管理者、浄水施設技術者、給配水管路技術者、機械電気設備技術者の 4 名を配置する。

3-2-1-9 安全対策に係る方針

工事に際し、特段の治安措置は不要である。ただし、2021 年現在は、新型コロナウイルスが蔓延しているため、JICA ガイドラインに則り、新型コロナ対策防疫費を計上しておくものとする。

3-2-2 基本計画（施設計画／機材計画）

3-2-2-1 長期的な課題および計画人口

(1) 長期的な課題と基本方針

NWSC 及び BMC は、将来にわたり上水道施設の開発をするために、15 年後の 2035 年の開発計画の策定を要望した。このため、2035 年の概略開発計画を策定したうえで、協力対象事業を設定することにする。現状と長期的な課題は、表 3-2-1 のように整理できる。

表 3-2-1 現状と長期課題

項目	現況(2019)	国の目標	将来像(2035)
平均使用水量	100LCD-120LCD 程度	135LCD(NWSC) 100-150LCD(国のセクター開発計画)	135LCD ※1
各戸給水普及率	30%	90%	90%
飲料水水質 (大腸菌リスク)	76%(NWSC 蛇口) 80%(ハンドポンプ)	0%	各戸給水は 0%
飲料水水質 (鉄・マンガン汚染)	76%(NWSC 蛇口) 100%(ハンドポンプ)	—	各戸給水は 飲料水基準以下
飲料水水質 (濁度)	平均 9.2NTU (NWSC 蛇口) 平均 4.2NTU (ハンドポンプ)	5NTU	各戸給水は 5NTU 以下 (飲料水基準以下)
無収水率	40%(NWSC) 20%-30%(WUSC)	5%	15% ※2 (調査団推奨値)
配水時間	13 時間(NWSC) 11 時間-20 時間(WUSC)	—	24 時間

※1：NWSC が独自に目標としている平均水使用量である。LCD は、リットル/人/日。

※2：SDGs で 2030 年までに無収水率を 5%とする目標値があるが、すべての既存管路の布設替えは難しく、達成困難と言える。漏水が多い既存管路の敷設替えを積極的に行い、同時に NWSC による漏水修繕及び無収水削減対策を行うことで、現状無収水率の半減以上である 15%を目標値に設定した。

出典：JICA 調査団

この長期課題に沿って設定した 2035 年の配水区計画を図 3-2-1 に示す。既存 PS 他、計画中 PS を含む新規 PS を配置して、市域全体に給水する計画にする。

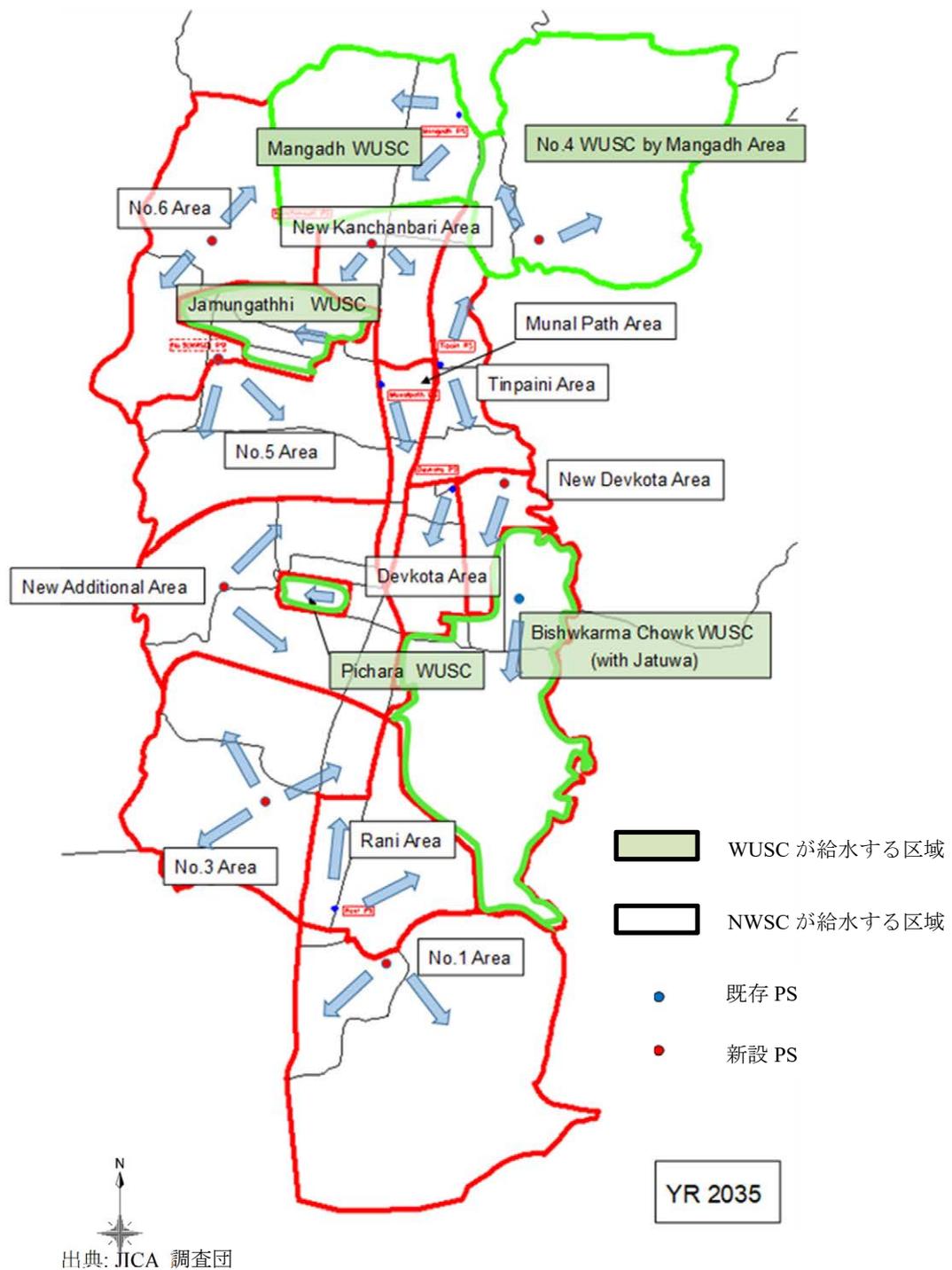


図 3-2-1 2035 年の配水区計画

なお、本プロジェクトは、2035年に市域全体の90%において安全な水の24時間給水を達成するという長期目標に資するため、本プロジェクトの施設完成の3年後である2027年を目標に、水質リスクの高い市域中心部において50%の住民に安全な水の24時間給水を達成するために必要な施設を整備する。

(2) 計画目標年次及び人口推計年次

本プロジェクトの施設完成の3年後である2027年を、計画目標年次及び人口推計年次とする。

一方、水道施設設計指針には、「将来予測の確実性、施設整備の合理性および経営状況を踏まえ、できるだけ長く設定することが望ましい」、「計画策定時から10～20年程度を標準とする」との記載があり、今回は上記の中央値である15年後を採用し2035年の人口値も鑑みながら計画策定を行う。

(3) 人口データ

ネパールの国勢調査は10年ごとに実施されており、直近では2011年に行われている。この際の人口は、現在の市域で換算すると218,526人（2011年）と推定される。また2019年に連邦総務省の指示の下で市域の開発計画の策定が着手され、その中で国勢調査に準じた方法で人口調査を実施している。この際の人口は305,098人（2019年）であり、増加傾向が見て取れる。今回の人口推計ではこれらのデータを元に行う。

(4) 人口推計方法

人口推計の方法としては、日本の水道施設設計指針2012年に掲載されている、人口の時系列傾向分析に用いる傾向曲線を使用する。前述のように人口の増加傾向が読み取れるため、人口が増加する際に適用される以下の傾向曲線に基づき人口推計を行う。

表 3-2-2 人口傾向曲線

式名称	推計式	式の傾向	適用性
①平均増加数式	$y=ax+b$	同じ割合の数が増加する。	直線的に増加する場合
②年平均増加率式	$y=y_0(1+r)^x$	同じ増加率が継続する。	相当の期間同じ増加率を持続している場合
③修正指数曲線式	$y=K-ab^x$	飽和値Kに漸近して増加する。	増加傾向時にある場合
④べき曲線	$y=y_0+Ax^a$	増加を続け、変化率が年とともに増加を続ける。	増加を続け、変化率が年とともに増加を続ける場合
⑤ロジスティック曲線式	$y=K/(1+e^{(a-bx)})$	無限年前は一定値となり、年とともに漸増した後、無限年後に飽和値に達する。	増加傾向時にある場合

※y:推計年度の値、 y_0 =基準年度の値、x:基準年からの経過年数に対応する値、

A,a,b,c,r:定数 e:自然対数の底 K:飽和値

出典：水道施設設計指針2012年版／社団法人 日本水道協会

上記の推計式に基づき、2019年及び2011年の人口値の連立方程式を解析し、両年の人口値に近似するように定数を算出した。結果を表3-2-3に示す。

表 3-2-3 推計式の定数値

式名称	推計式	定数1		定数2		定数3	
①年平均増加数式	$y=ax+b$	a	10,821.50	b	207,704.50		
②年平均増加率式	$y=y_0(1+r)^x$	y_0	209,597.48	r	0.04		
③修正指数曲線式	$y=K-ab^x$	K	46,621.21	a	-166,616.44	b	1.05
④べき曲線	$y=y_0+Ax^a$	y_0	220,478.51	A	7,547.58	a	1.10
⑤ロジスティック曲線式	$y=K/(1+e^{(a-bx)})$	K	540,224.35	a	0.58	b	0.09

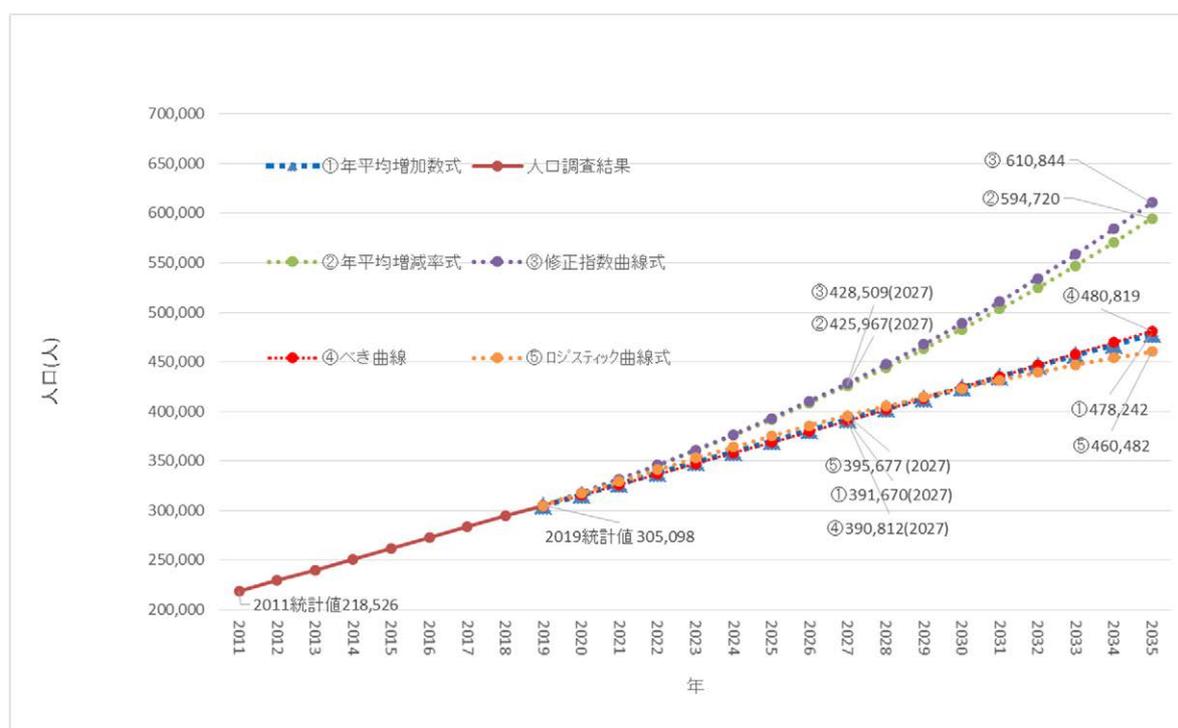
出典：水道施設設計指針2012年版／社団法人 日本水道協会

(5) 人口推計結果

前述の条件に基づいた 2035 年までの人口推計グラフを図 3-2-2 に示す。また、2035 年までの各傾向曲線の人口を表 3-2-4 と表 3-2-5 に示す。

5つの推計式において人口増加幅の観点で大きく2つに大別される。「②年平均増加率式」「③修正指数曲線式」は特に人口増加幅が大きく、2035年において60万人程度の人口予測値となった。一方「①年平均増加数式」「④べき曲線」「⑤ロジスティック曲線式」は比較的人口増加幅が緩やかで2035年においても50万人を下回る予測値となった。本プロジェクト地域は既存市街地であり、人口増加幅の傾向としては比較的緩やかになると考えられる。よって「②年平均増加率式」「③修正指数曲線式」は、本プロジェクトの人口推計にそぐわないと判断した。

従って、本プロジェクトに適用する推計式は、「①年平均増加数式」「④べき曲線」「⑤ロジスティック曲線式」のいずれかになり、この中で今回採用する推計式としては、供用開始年度である2027年及び、2035年において中央値である「①年平均増加数式」を採用する。



出典：JICA 調査団

図 3-2-2 人口推計

表 3-2-4 人口推計(2011~2026)

項目	2011	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
・人口調査結果2011	218,526	-	-	-	-	-	-	-	-
・人口調査結果2019	-	305,098	-	-	-	-	-	-	-
①年平均増減数式	-	-	315,919	326,741	337,562	348,384	359,205	370,027	380,848
②年平均増減率式	-	-	318,095	331,645	345,773	360,502	375,859	391,870	408,563
③修正指数曲線式	-	-	318,022	331,592	345,840	360,801	376,510	393,005	410,324
④べき曲線	-	-	315,496	325,999	336,598	347,286	358,056	368,903	379,824
⑤ロジスティック曲線式	-	-	317,405	329,513	341,376	352,950	364,198	375,086	385,587

出典：JICA 調査団

表 3-2-5 人口推計(2027~2035)

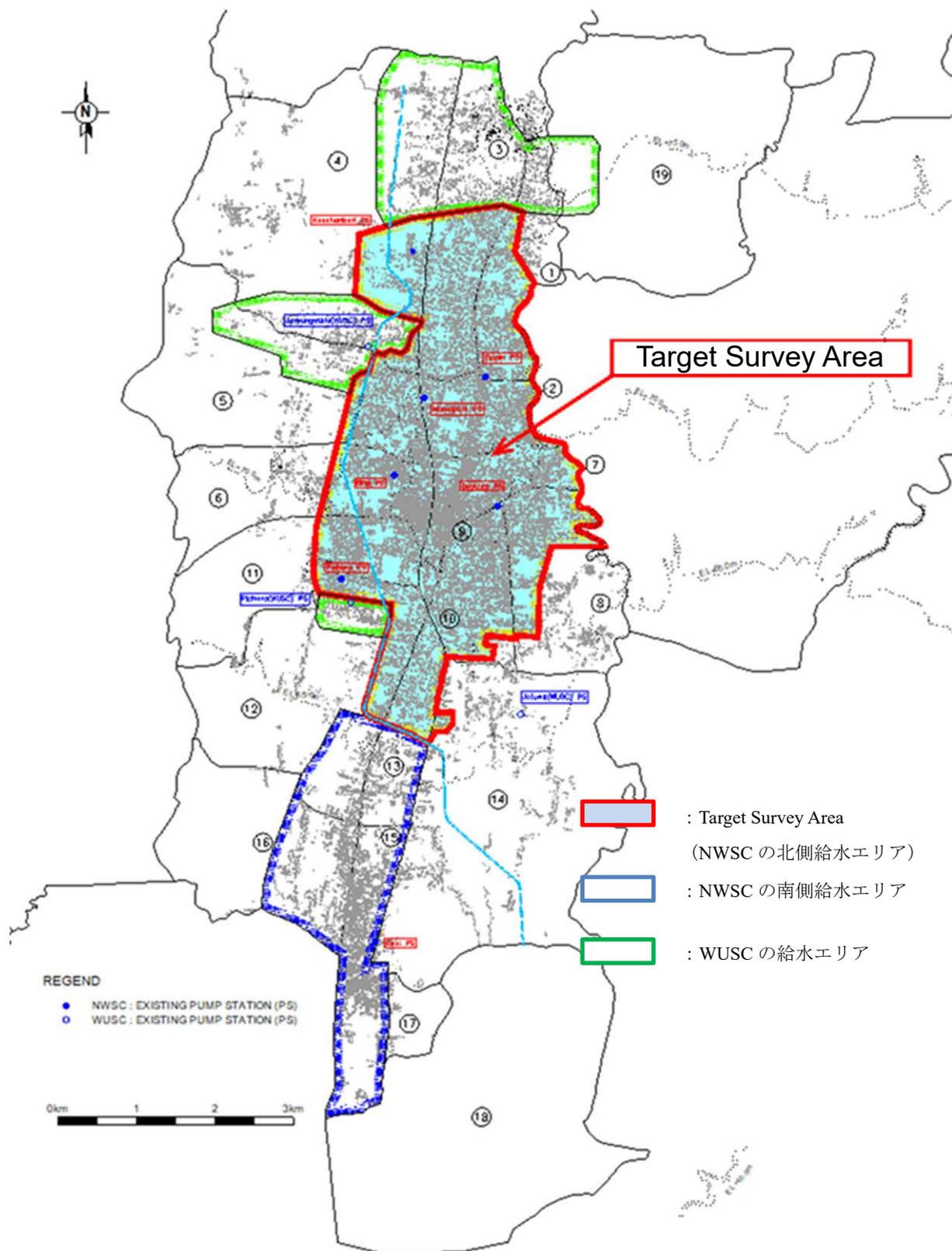
項目	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
・人口調査結果 2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-
・人口調査結果 2019	-	-	-	-	-	-	-	-	-
①年平均増減数式	391,670	402,491	413,313	424,134	434,956	445,777	456,599	467,420	478,242
②年平均増減率式	425,967	444,112	463,031	482,755	503,320	524,761	547,115	570,421	594,720
③修正指数曲線式	428,509	447,604	467,653	488,704	510,808	534,018	558,388	583,976	610,844
④べき曲線	390,812	401,866	412,981	424,154	435,384	446,668	458,003	469,387	480,819
⑤ロジスティック曲線式	395,677	405,339	414,561	423,334	431,654	439,524	446,946	453,929	460,482

出典：JICA 調査団

3-2-2-2 協力対象事業の基本計画

(1) 協力対象事業の対象地域

NWSC 及びピラトナガル市との協議から、人口密度が高く、配水管網が既に整備されている裨益効果の高い市内中心地を検討対象地域とし、NWSC が担当する配水区を対象とする。ただし、南側の Rani 配水区は、人口密度が低く、NWSC が独自で開発できる地域であることから検討対象地域から除外する。図 3-2-3 に示す Target Survey Area が本件の検討対象地域として NWSC、及び BMC と合意されたものである。本プロジェクトでは、2027 年に同区域で必要な施設整備を計画する。



出典: JICA 調査団

図 3-2-3 検討対象地域 (2027 年)

(2) 協力対象事業の配水区

配水区は、1つのPSから配水可能で、独立した配水が出来る区域にすることを原則とする。また、既存のPSを活用する観点から、既存PSの位置をベースに設置する。

ただし、西側の既存PSには浄水施設や配水池を設置するために必要な用地がないため、BMCが提供できる新規施設用地に浄水施設・配水池等を改めて新設して配水区を設定する。

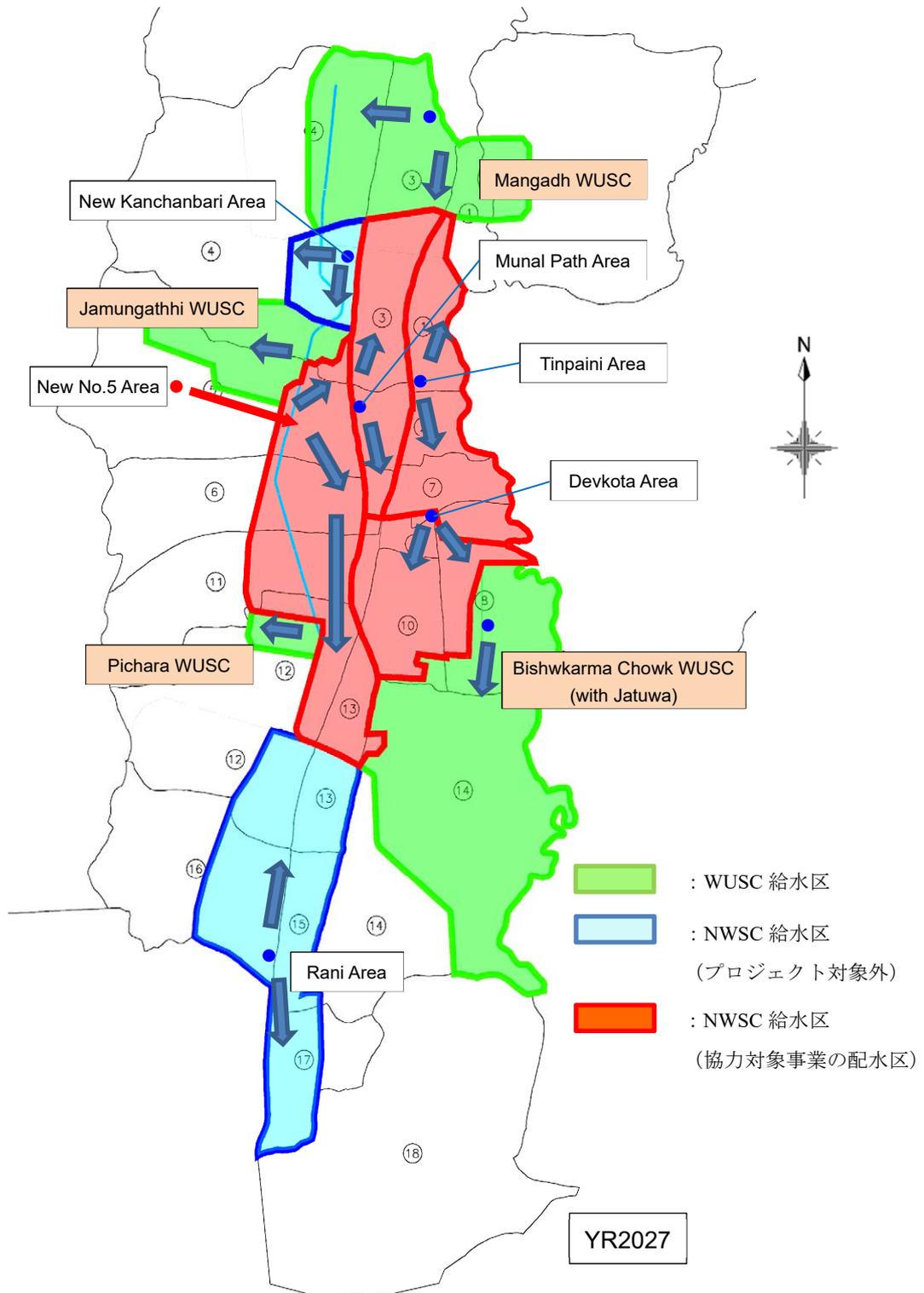
このような観点から、検討対象区域内で計画し得るPSは以下の5箇所である。

- 既存 Devkota PS
- 既存 Tinpaini PS
- 既存 Munal Path PS
- New Kanchanbari PS
- New No5 PS

上記のPS候補に対して、計画目標年2027年の配水区の整備方針を以下の通りとする。

- 東側は、既存の3箇所のPS（Devkota, Tinpaini, Munal Path）の3配水区に分割する。
- 西側は、ビラトナガル市が準備した施設建設候補地のうち、協力対象事業対象地に最も近いNew No.5を利用して配水区を設定する。
- New No.5 PSは、未給水エリアへの配水に対する将来ポテンシャルが高いためNWSCの開発要望が高く、浄水施設の用地確保が出来ない、既存のPichara、BFMの配水区も包括した、新しい配水区として計画する。
- 西側にあるNew Kanchanbari PSは、比較的ハンドポンプ井戸の水質が良いこと、また、既存配水区に近い小配水区であり将来NWSCによる開発が可能であることから、協力対象地域から外すこととする。

上述より、計画目標年2027年の協力対象事業の計画配水区を図3-2-4に示す。



出典: JICA 調査団

図 3-2-4 計画目標年 2027 年の配水区計画

(3) 計画給水人口・計画給水量

各配水区の計画給水量を設定するため、Ward 毎の人口と協力対象事業の地域内の人口を表 3-2-6 に整理した。Ward 毎の人口は、2019 年にビラトナガル市が実施した各 Ward の人口をベースに前述の人口推定式から設定した。検討対象地域内の人口は、各 Ward の人口密度を用いて面積から設定した。

表 3-2-6 検討対象地域内におけるワード毎人口の推定

Ward	市内全人口（人）			協力対象事業の地域内人口		
	2019 年	2027 年	2035 年	2019 年	2027 年	2035 年
1	18,506	23,062	27,619	9,253	11,531	13,809
2	18,647	23,203	27,760	18,647	23,203	27,760
3	25,350	29,906	34,463	12,675	14,953	17,231
4	27,777	32,333	36,890	0	0	0
5	20,558	25,114	29,671	13,363	16,324	19,286
6	18,975	23,531	28,088	12,334	15,295	18,257
7	11,612	16,168	20,725	11,612	16,169	20,725
8	25,185	29,741	34,298	15,111	17,845	20,579
9	11,966	16,522	21,079	11,966	16,523	21,079
10	19,554	24,110	28,667	17,599	21,699	25,800
11	14,870	19,426	23,983	9,665	12,627	15,589
12	20,895	25,451	30,008	10,447	12,726	15,004
13	9,911	14,467	19,024	4,956	7,234	9,512
14	12,333	16,889	21,446	0	0	0
15	13,559	18,115	22,672	0	0	0
16	8,414	12,970	17,527	0	0	0
17	11,050	15,606	20,163	0	0	0
18	9,344	13,900	18,457	0	0	0
19	6,592	11,148	15,705	0	0	0
Total	305,098	391,670	478,242	147,628	186,129	224,631

出典: JICA 調査団

また、2019 年と 2027 年の各配水区における人口と給水人口は表 3-2-7 とおりであり、2019 年の検討対象地域の給水普及率 35%を 2027 年に 50%へ引き上げる計画とする。

表 3-2-7 無償資金協力 基本計画(人口・計画給水量)

エリア	2019 年				2027 年			
	現況配水区 (※1)	配水区 人口(人)	給水人口 (人)	普及率 (%)	新配水区	配水区 人口(人)	給水人口 (人)	普及率 (%)
東側	Devkota	38,692	15,291	40	Devkota	48,929	24,464	50
	Tinpani	24,383	11,509	47	Tinpani	41,589	22,874	55
	Munal Path	33,788	15,000	44	Munal Path	31,405	21,984	70
	小計	96,863	41,800	43	小計	121,923	69,322	57
西側	BMF Pichara	50,765	10,697	21	New No.5	64,206	24,398	38
	合計	147,628	52,497	35	合計	186,129	93,720	50

*1: 現況配水区は 1 配水区であるが、便宜上 2027 年の配水区毎に人口配分した。

出典: JICA 調査団

1) 一人一日平均給水量

現況の一人一日消費量は約 120LCD であり、これを 2027 年に 125LCD に引き上げるものとする。これは、ネパール給水・衛生セクター開発計画：2015 年（Nepal Supply, Sanitation and Hygiene Sector Development Plan 2015）における High クラスレベルの平均値であり、短期目標としては妥当である。また、本プロジェクトでは、改善後の無収水率の目標値を 25%とする。後述するように、全体管路の約 50%程度を新設管路とし、見かけ損失水量を含めた無収水率を短期的に 50%削減できたとしても、水道メータや管路の経年劣化、違法接続などにより同削減率（無収水率を現況の 40%から 20%へ改善）を維持することは難しい。このため、無収水率の目標値は、管路更新だけでは改善が困難な点を加味して 25%とする。そのため、一人一日計画給水量は 167LCD (=125LCD / 0.75)と設定する。

2) 一人一日最大給水量

NWSC 配水地域における給水量の季節変動実績（2018 年 8 月中旬から 1 年間のデータ）から季節変動係数は約 1.14 である。本プロジェクトでは、一人一日最大給水量を、一人一日平均給水量の 120%として計画する。以下の設備は、一人一日最大給水量の 200LCD (=167LCD×120%)に基づき設計する。

- 井戸、浄水施設
- 高架タンク、浄水池などの貯水施設

以上により、協力事業対象の配水区における計画給水量は、以下の通りとなる。

表 3-2-8 無償資金協力対象区域における給水人口および計画給水量

エリア	配水区	給水人口 (人) (A)	計画給水量 (日平均) m ³ /日 (B) = A x 167L	計画給水量 (日最大) m ³ /日 (C) = B x 1.2
東側	Devkota	24,464	4,086	4,903
	Tinpani	22,874	3,820	4,584
	Munal Path	21,984	3,671	4,406
	小計	69,322	11,577	13,893
西側	New No.5	24,398	4,075	4,889
	小計	24,398	4,075	4,889
合計		93,720	15,652	18,782

出典: JICA 調査団

(4) 計画浄水量の設定

計画浄水量は、一日最大計画給水量以上とする。また、洗浄排水として約 5%の余裕を見ておくものとする。各配水区の計画給水量は、4,400m³/日から 4,900m³/日と同程度であり、維持管理作業の共通性確保の視点から、各 PS の施設規模を同規模にすることが望ましい。後述する井戸の揚水量も踏まえ、浄水施設の規模は表 3-2-9 のとおりとする。

表 3-2-9 各 PS における浄水施設規模一覧

エリア	配水区	計画給水量 (日最大)	必要浄水量 (洗浄排水 5%を考慮)	井戸施設	浄水施設
東側	Devkota PS	4,903 m ³ /日	5,148 m ³ /日	1,200L/分 ×3 本 (更新)	3,600L/分 (5,184m ³ /日) (新設)
	Tinpani PS	4,584 m ³ /日	4,813 m ³ /日	1,200L/分 ×3 本 (更新)	3,600L/分 (5,184m ³ /日) (新設)
	Munal Path PS	4,406 m ³ /日	4,626 m ³ /日	1,200L/分 ×3 本 (更新)	3,600L/分 (5,184m ³ /日) (新設)
	小 計	(13,893 m ³ /日)	(14,587 m ³ /日)		
西側	New No.5 PS	4,889 m ³ /日	5,133 m ³ /日	1,200L/分 ×3 本 (新設)	3,600L/分 (5,184m ³ /日) (新設)
	小 計	(4,889 m ³ /日)	(5,133 m ³ /日)		
合 計		(18,782 m ³ /日)	(19,720 m ³ /日)		

出典: JICA 調査団

(5) 時間最大配水量

24 時間給水では、水需要量の時間変動を考慮しなければならないが、現在 NWSC では時間給水を行っているため、時間変動のデータが集積されていない。日本の水道施設設計指針によると、住宅と商・工業混在地域の時間最大係数は、以下の式により算定される。

$\text{時間最大係数 } K = 1.8665 (Q / 24)^{-0.0214}$ $Q = \text{一日最大給水量 (m}^3\text{/日)}$
--

出典：水道施設設計指針 2012 年／社団法人 水道水道協会

前述の一日最大給水量 Q を 18,800 m³/日とすると、時間最大係数 K は 1.62 となる。これにより、各配水区の時間最大配水量を表 3-2-10 の様に設定し、以下の施設設計時に使用する。

- 高架タンクへの揚水ポンプ
- 配水管

表 3-2-10 時間最大配水量

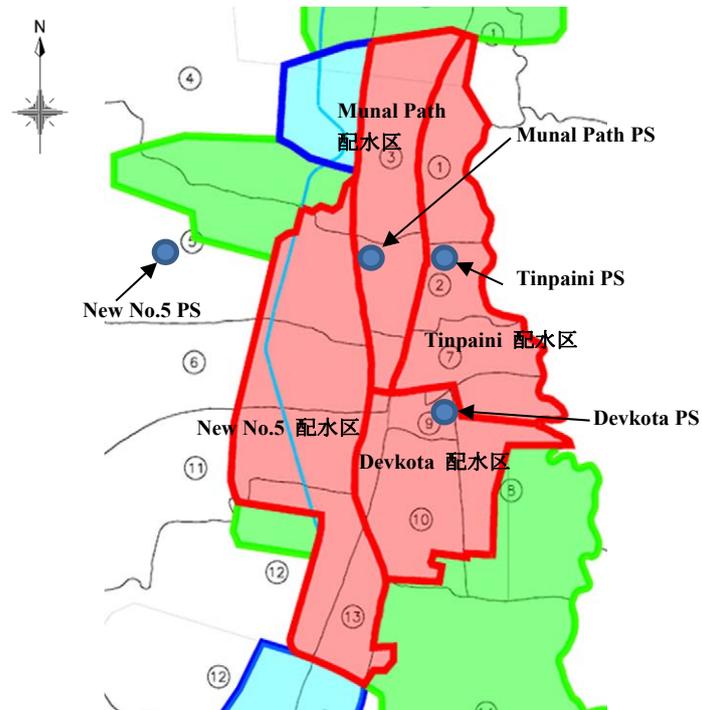
エリア	配水区	時間最大配水量
東側	Devkota PS	8,398 m ³ /日 (5,832L/分)
	Tinpani PS	8,398 m ³ /日 (5,832L/分)
	Munal Path PS	8,398 m ³ /日 (5,832L/分)
西側	New No.5 PS	8,398 m ³ /日 (5,832L/分)

出典: JICA 調査団

3-2-2-3 PS 施設計画

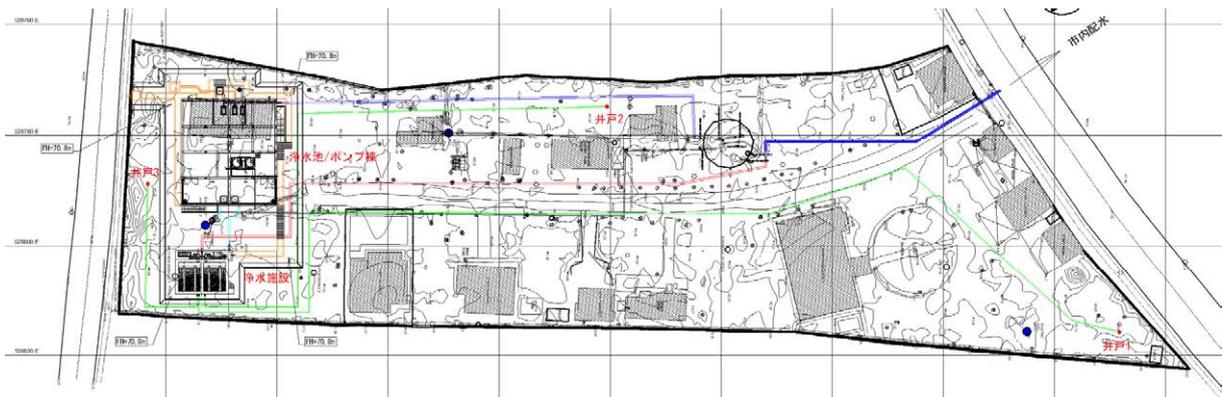
(1) PS 施設配置

本プロジェクトにおける PS 内主要施設の配置を図 3-2-5～図 3-2-9 に示す。



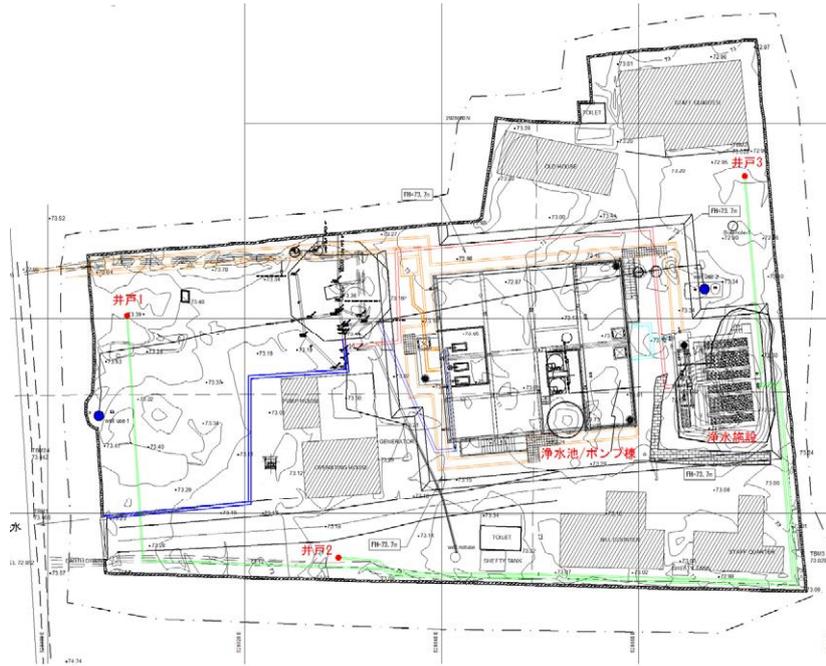
出典: JICA 調査団

図 3-2-5 対象事業の配水区及び PS の位置 (Devkota PS)



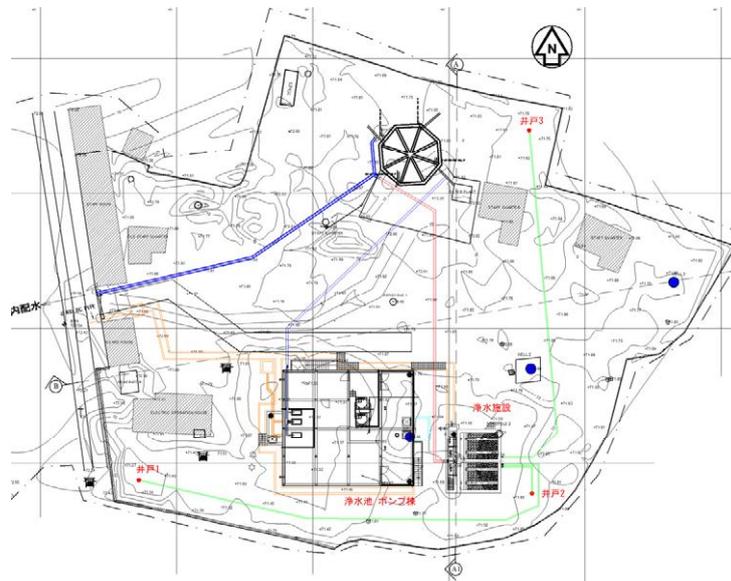
出典: JICA 調査団

図 3-2-6 協力対象事業の主要施設配置図 (Devkota PS)



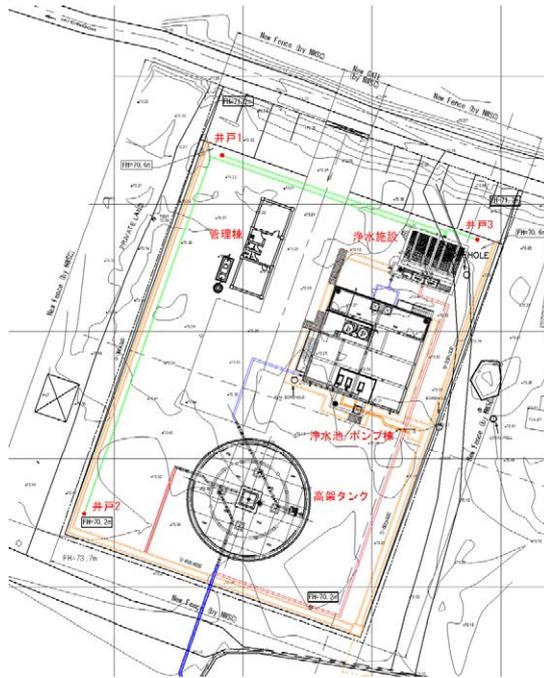
出典: JICA 調査団

図 3-2-7 協力対象事業の主要施設配置図 (Tinpains PS)



出典: JICA 調査団

図 3-2-8 協力対象事業の主要施設配置図 (Munal Path PS)

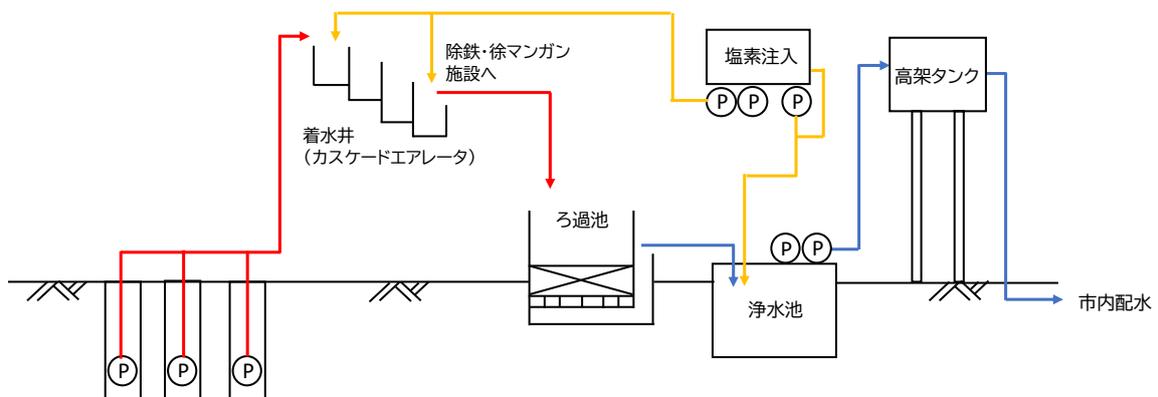


出典: JICA 調査団

図 3-2-9 協力対象事業の主要施設配置図 (New No. 5 PS)

(2) 給水システム基本フロー

前述のように協力事業対象地域には十分な地下水が存在するため、水源は井戸とする。ただし、同地下水の鉄・マンガン濃度が飲料水水質基準を満たさないため、鉄・マンガンの除去を目的にした浄水施設を井戸に併設する。同施設で浄水された水を塩素消毒して浄水池に貯水する。配水には一定の給水圧を簡易かつ常時確保できる高架タンクを活用した自然流下式を採用する。この基本フローは図 3-2-10 のようになり、協力対象事業の4ヶ所のPSのすべてに適用する。なお、浄水池から高架タンクへは、高架タンクの水位に応じてポンプで送水する。



出典: JICA 調査団

図 3-2-10 給水システム基本フロー

3-2-2-4 設計条件等

(1) 計画水質

表 3-2-11 に示す、ネパールの飲料水質基準に適合する上水道施設を計画する。

表 3-2-11 ネパール国飲料水水質基準一覧

項目	単位	ネパール飲料水基準
濁度	NTU	5
pH	-	6.5-8.5
色度	TCU	5
味と匂い	-	確認されないこと
総溶解固形物	mg/l	1000
電気伝導度	μc/cm	1500
鉄	mg/l	0.3
マンガン	mg/l	0.2
砒素	mg/l	0.05
カドミウム	mg/l	0.003
クロム	mg/l	0.05
シアン化物	mg/l	0.07
フッ化物	mg/l	0.5-1.5
鉛	mg/l	0.01
アンモニア	mg/l	1.5
塩化物	mg/l	250
硫酸塩	mg/l	250
硝酸塩	mg/l	50
銅	mg/l	1
全硬度	mg/l	500
カルシウム	mg/l	200
亜鉛	mg/l	3
水銀	mg/l	0.001
アルミニウム	mg/l	0.2
残留塩素	mg/l	0.1-0.2
糞便性大腸菌	MPN/100ml	0
大腸菌群	MPN/100ml	サンプルの 95%

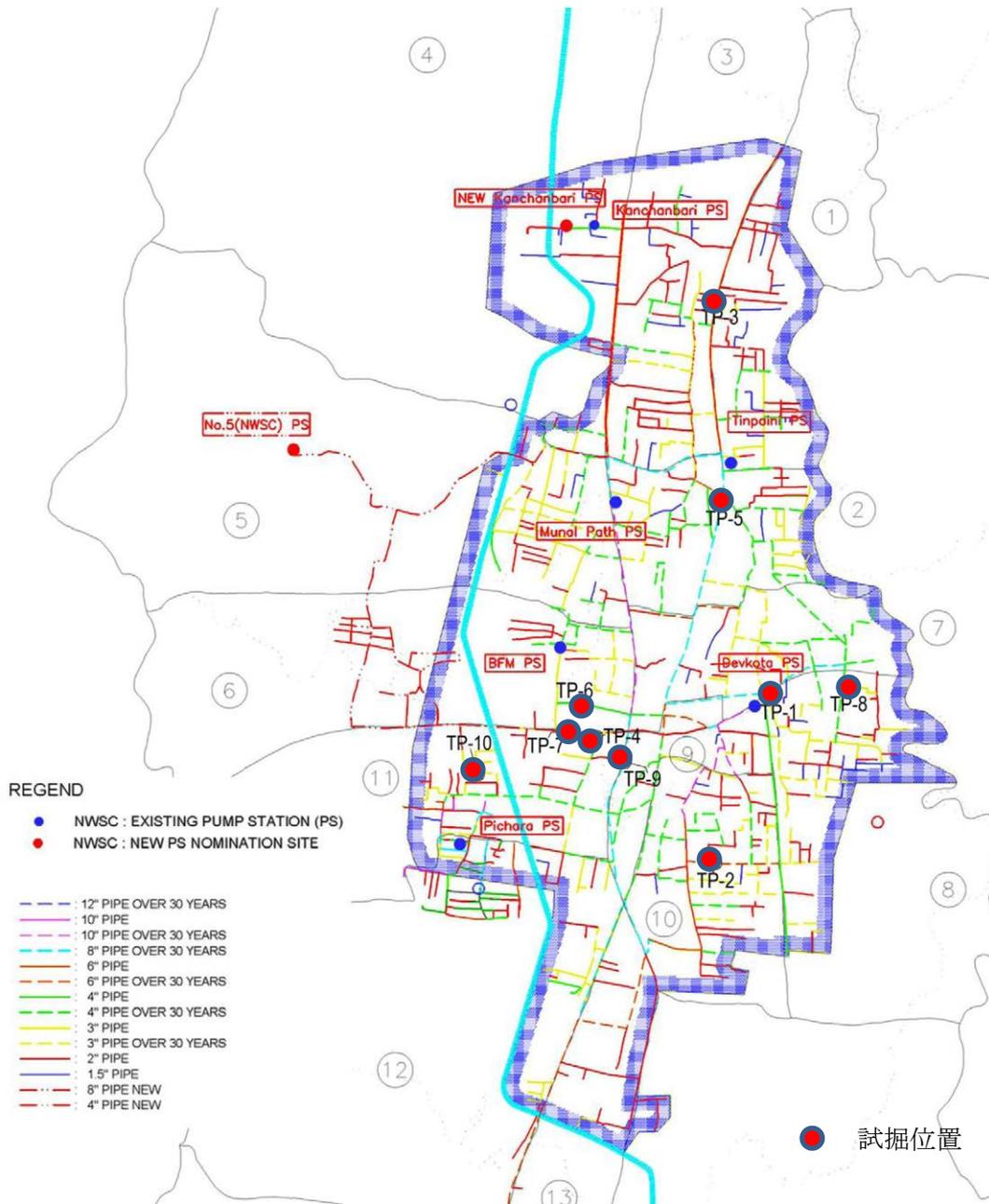
出典：NWSC

(2) 土質条件

各配水区の配水管の新設・更新及び各 PS 内の高架タンク、浄水施設や浄水池等の更新を検討するため、試掘調査と地盤調査を実施した。同調査の結果を以下に示す。

1) 試掘調査

図 3-2-11 に主要管路路線における試掘調査地点を示す。路線沿線の 10 箇所を試掘調査した。調査の結果、地上から深度 2m 以内に敷設される管路路線の土質は、基本的にシルト混じりの砂層/粘土層であると判明した。従って、管路掘削について特段特殊な配慮は必要ない。



出典: JICA 調査団

図 3-2-11 試掘調査地点

2) 地盤調査

4 箇所の PS 予定地において、合計 10 箇所（Devkota PS、Munal Path PS 及び Tinpains PS:各々2 箇所、New No.5 PS: 3 箇所）において、地盤調査を行った。地盤調査結果から得られた本プロジェクトの土性値を表 3-2-12 に示す。

以下のような理由から液状化の懸念はないと判断するが、地上高約 30m の高架タンクや地上高約 7m の浄化設備のように地上から突出する基礎については、基礎の根入れが地上から 2~4m であり、この範囲の N 値が 10~14 程度であることから、地耐力が十分ではない。従って、これらの構造物に対して地盤改良を行う。

- ▶ ハザードマップや震源地マップによると、ビラトナガル市は地震多発地帯から外れている。
- ▶ 計画対象である3箇所の既設PS（Devota PS／Tinpaini PS／Munal Path PS）地点は、地表から2m～9m程度までN値10～20の細粒分含有率が高い粘性土層であり、深さ約10m以深はN値が50程度の固い砂層である。
- ▶ 新規PS（New No.5 PS）地点は、地表から2m～9mまでN値20～25のシルト混じりの砂層であり、深さ約10m以深はN値が50程度の固い砂層である。

表 3-2-12 各PSにおける土性値の概要

PS名	ボーリング番号	土質	N値 GL-3m～ 4m	ふるい分け試験結果 (%)			地下水位	10m以深 のN値 及び土質
				粘性土	シルト	砂		
Devkota PS	BH-1	Loose to medium dense clay with sand	10～11	0.7	2.53	96.57	GL-3.0m	50以上の 固結砂層
	BH-2	Loose to medium dense clay with sand	14	25.16	41.52	33.33	GL-3.0m	
Munal Path PS	BH-1	Medium dense silty sand	11～13	20.86	39.6	39.54	GL-4.0m	50以上の 固結砂層
	BH-2	Medium dense silty sand	11～13	32.37	40.47	27.16	GL-4.0m	
Tinpaini PS	BH-1	Loose to medium dense silty clay	8-9	20.69	62.63	16.68	GL-3.0m	50以上の 固結砂層
	BH-2	Loose to medium dense silty clay	9	14.59	52.39	32.36	GL-3.0m	
New No.5 PS	BH-1	Medium dense silty sand	10～19	9.03	32.76	58.21	GL-4.7m	50以上の 固結砂層
	BH-2	Medium dense sandy silt	14	6.43	19.46	74.11	GL-4.7m	
	BH-3	Loose to medium silty fine sand	13	4.9	8.08	87.02	GL-4.7m	

出典：JICA調査団

(3) 気象条件

「3-2-1-2 自然環境条件に対する方針」で示した通り、ビラトナガル市の気温は、夏季（5月～11月）は気温が高く約20℃～35℃程度、冬季（12月～2月）は昼夜の気温差が大きく約5℃～25℃程度である。2014年から2019年の年平均降水量は約1,400mmであり、雨期は、例年4月から9月頃である。本プロジェクトでは、物理化学処理を用いた急速ろ過処理法が適用されるため、降雨量や気温の変化等の気象条件は、浄水プロセスに特段影響を与えない。

(4) 地震荷重

上水道施設に対する地震の基準はないが、地震係数については、NBC105に記述されている。NBC105は基本的に建築構造物の申請用の基準であるが、上水道施設の土木構造物の設計についてもNBC105に準拠する。

1) 設計水平震度算出用基本式

NBC105基準による設計水平震度の算出方法を以下に示す。

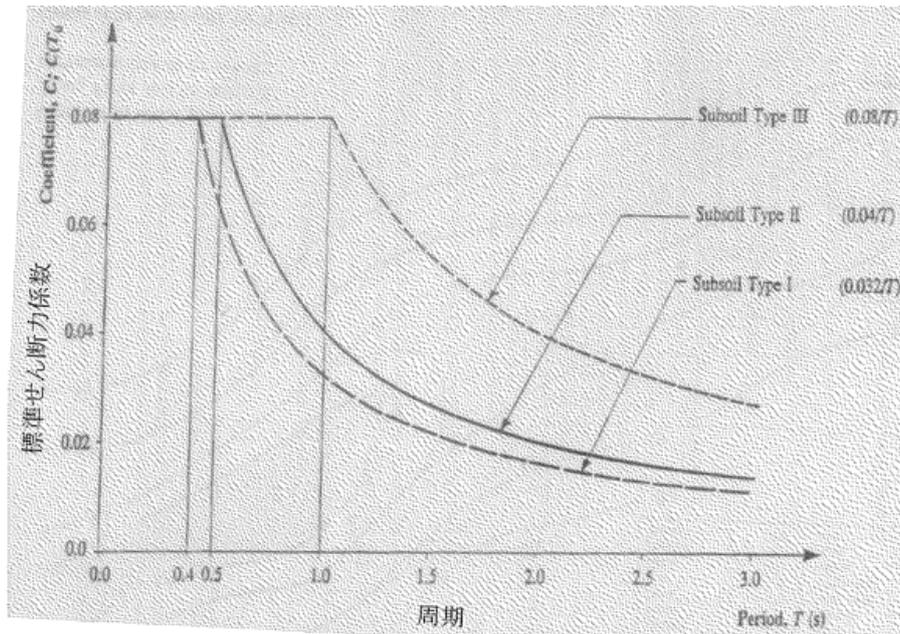
$$V = C_d * W_t \quad (V: \text{地震力、} C_d: \text{設計水平震度、} W_t: \text{建物重量})$$

$$C_d = C * Z * I * K \quad (C : \text{標準せん断力係数、} Z : \text{地域係数、} I : \text{重要度係数、} K : \text{構造別係数})$$

各々の係数に関する規定を以下に示す。

2) 標準せん断力係数 (C)

以下の図 3-2-12 から、標準せん断力係数は、固有周期と地盤の種類により決まる。固有周期は安全側を見て 0.0 とし、地盤条件を通常地盤～硬質地盤と仮定すると、標準せん断力係数は 0.08 となる。

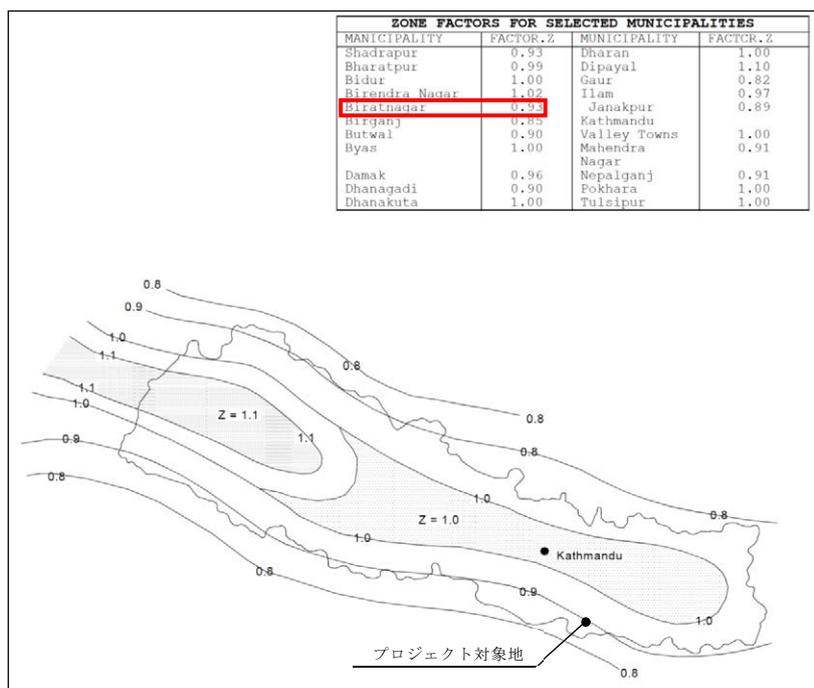


出典：NBC105

図 3-2-12 固有周期と地盤条件による標準せん断力係数

3) 地域係数 (Z)

NBC105 で規定されている地域係数図 (図 3-2-13 参照) から、ビラトナガルの地域係数は 0.93 となる。なお、国立地震センター (National Seismological Centre, Department of Mines and Geology, Ministry of Industry, Commerce and Supplies) から入手したネパールの震災ハザードマップや震源地マップからも、ビラトナガルは地震多発地帯から外れている。



出典：NBC105

図 3-2-13 地域別に想定すべき地震力に係る地域係数

4) 重要度係数 (I)

上水道施設や給水塔は重要施設として規定され、重要度係数は 1.5 である。

5) 構造別係数 (K)

構造タイプにより、以下の表 3-2-13 に示す構造別係数が設定されている。本プロジェクトの建築物は鉄筋コンクリート製ラーメン構造にレンガ積壁としているため、NBC105 によると、構造別係数は 2.0 となる。土木構造物もこれに準ずる。

表 3-2-13 構造別係数

構造タイプ	係数
制震構造フレーム、もしくは耐力壁を伴う鉄筋コンクリート製ラーメン構造	1.0
鉄筋コンクリート製ラーメン構造+鋼製ブレイス設置、もしくは鉄筋コンクリート製ラーメン構造に鉄筋コンクリート製パネルをはめた場合	1.5
鉄筋コンクリート製ラーメン構造+組積造壁の場合	2.0
対角線上にブレイスをかけた鋼構造	2.0
ケーブルで支えられた支柱構造物	3.0
柔軟性がない、上記に当てはまらない鉄筋コンクリート製構造物	4.0

出典：NBC105

以上の条件により、建築物や土木構造物の設計に考慮すべき設計水平震度を計算すると、以下のようになり、0.23 となる。

$$Cd = 0.08 * 0.93 * 1.5 * 2.0 = 0.2232 \Rightarrow \mathbf{0.23}$$

(5) 風荷重

風荷重は、NBC104 に規定されているが、ネパール国内のデータ不足により、インドの基準を参考に、風速 47m/s を適用することとしている。本プロジェクトでは、この風速 47m/s を適用する。

(6) 鉄筋コンクリート条件

本プロジェクトで使用するコンクリートや鉄筋の仕様を以下に示す。

1) コンクリートの設計圧縮強度

NBC205 によると、建物の最小コンクリート圧縮強度は 15 N/mm² (Mpa) であるが、処理施設や配水池などの水密性が要求されるコンクリートは、より高い強度とする必要がある。日本の「道路橋示方書・同解説、IV 下部構造編 (社団法人日本道路協会)」や「鉄筋コンクリート構造、計算基準・同解説 (日本建築学会)」基準に基づき、本プロジェクトの設計圧縮強度の基本方針を以下とする。

-無筋コンクリート/シンダーコンクリートなど : 18 N/mm²

-構造用鉄筋コンクリート : 24 N/mm²

2) 鉄筋

異形鉄筋の最小降伏強度は、NBC205 に準拠し 415 N/mm² を適用する。

3) 構造設計方法

土木構造物および建築構造物の設計方針は、日本の基準に基づいた「許容応力度法」に従う。

3-2-2-5 水源施設計画

(1) 井戸の概略設計

前述の計画浄水量を満たすために必要な井戸として、表 3-2-14 に示す井戸の建設を計画する。検討経緯は次項以降に記述する。なお、既存 PS 内にある既存井戸については、能力の保証が困難なため本プロジェクトでは計画に組み込まず、予備水源として NWSC が管理/利用する計画とする。

表 3-2-14 井戸の計画数量

PS	計画井戸本数	井戸 1 本当たり平均計画揚水量	PS 当たり計画揚水量
Devota PS	3 本	1,200L/分	3,600L/分
Tinpaini PS	3 本	1,200L/分	3,600L/分
Munal Path PS	3 本	1,200L/分	3,600L/分
New No.5 PS	3 本	1,200L/分	3,600L/分

出典 : JICA 調査団

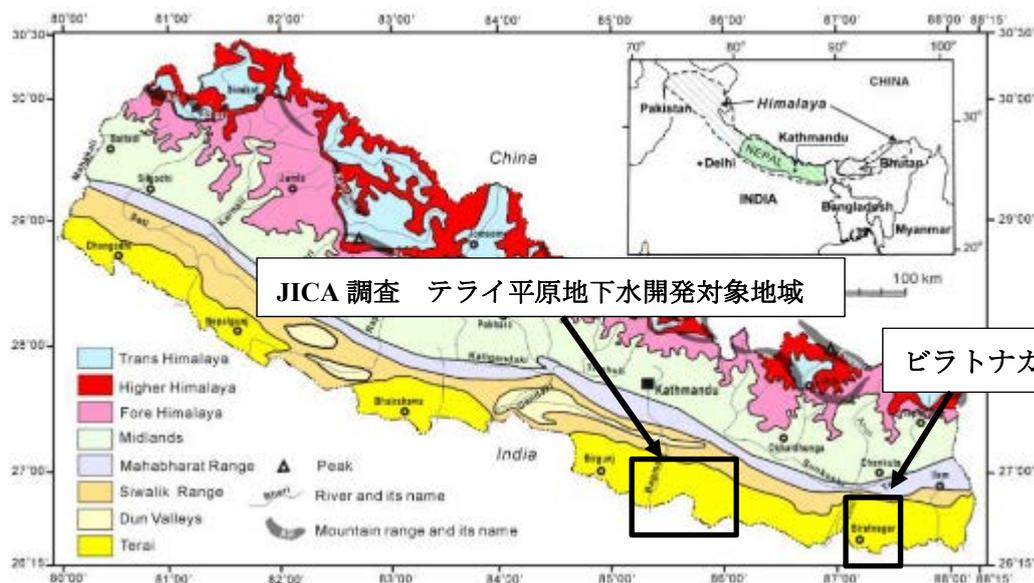
(2) 対象地域の水理地質概要

1) 広域の概要

本対象地域であるピラトナガルは、ネパールの南東部、インドとの国境に接しており、インドの

北部からネパール南部のヒマラヤ山脈、シワリク山地の麓に広大に広がるテライ平原に位置する。

テライ平原は、ヒマラヤ山脈から流下するガンジス川などの大河川により第四紀完新世に形成された（ガンジス沖積帯：川平（1992） ネパール・ヒマラヤの地形と地質より）砂層、砂礫層、礫層を主体とし、シルト・粘土などからなる粘性土が挟在する。



出典：国際応用地質学会第 11 回アジア地域会議（ARC-11）ネパールの応用地質（日本応用地質学会）

図 3-2-14 ネパールの地形区分

2) JICA テライ平原地下水開発計画調査結果による開発対象地域の水理地質特性の概要

既往水理地質調査資料として JICA がテライ平原 Janakpur にて実施した以下の報告書を確認した。

- ネパール国 テライ地下水開発計画事前調査報告書 昭和 61 年 10 月
- ネパール国 テライ地下水開発計画基本設計調査報告書 フェーズ I 昭和 62 年 6 月
- ネパール国 テライ地下水開発計画基本設計調査報告書 フェーズ II 昭和 63 年 7 月

フェーズ II 報告書には、フェーズ I およびフェーズ II で実施した既存深井戸 30 井についての揚水量確認調査の結果、「地下水賦存量」として示されており、対象地域では実績としてほとんどの地域で 15～24L/秒以上の揚水が行われている。また、深井戸対象層として地表から 20～300m 程度の深さの地層が挙げられている。

3) ビラトナガル地域の水理地質概要

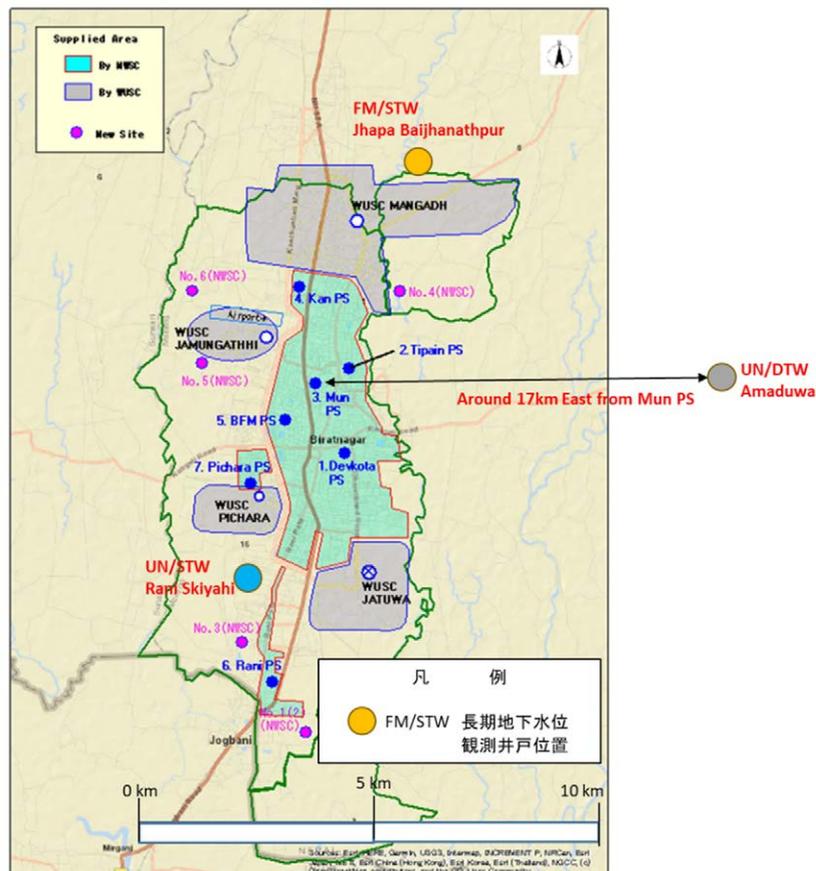
ビラトナガル地域の土質、水理地質概要を把握する目的で、井戸建設地点の既往ボーリング結果の分析、ならびにビラトナガル地域を概ねカバーする範囲で電気探査を実施した。

既存井戸では井戸の深さが 100～150m、スクリーン区間が深さ 40m～100m 区間に設置されている井戸が多く、礫質層主体のゾーンからの揚水されている井戸が多い。一方、本調査で実施した電気探査の結果からは、地表から 100m 以深にも礫質土からなる比抵抗値の高い、地下水揚水の

対象として期待できる帯水層が分布していると考えられ、既往井戸の揚水状況も考慮すると地表から 50m 以深に地下水揚水の対象となる帯水層が分布するものと想定される。

4) ビラトナガル地域の地下水位観測結果

ビラトナガル市周辺で継続して地下水位観測を実施している 3 孔の井戸の地下水位観測データを収集することができた。図 3-2-15 には FM/STW、UN/ATW および UN/DTW の 3 孔の既存地下水位観測井戸位置を示している。



出典：JICA 調査団

図 3-2-15 長期地下水位連続観測井戸位置

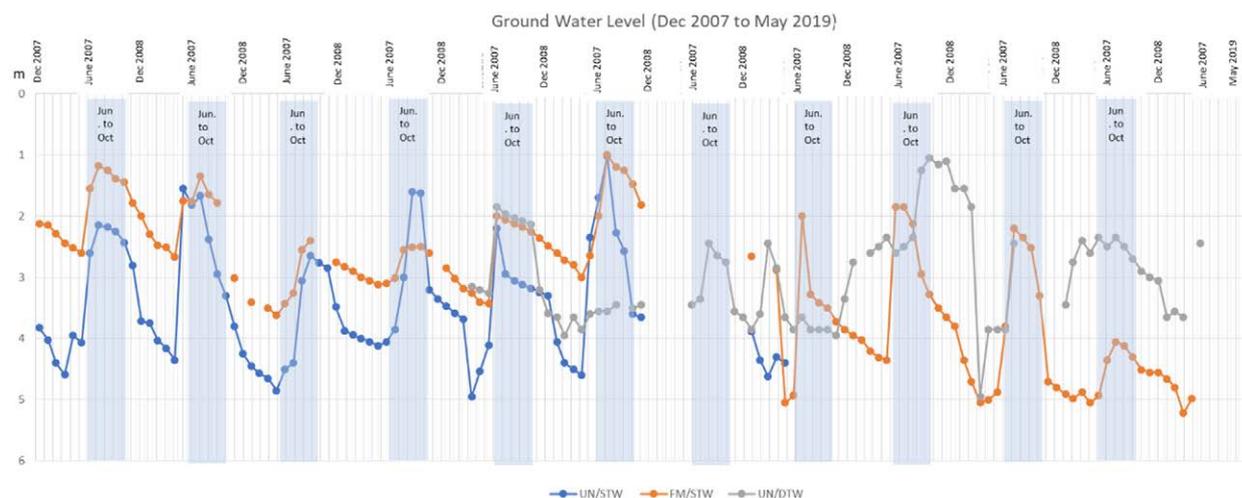
表 3-2-15 は、各々の観測井戸の地下水位観測期間であり、一定期間欠測となっているものの、継続的な地下水位観測期間を示している。図 3-2-16 は、これらの観測データによる地下水位変動図を示している。図によれば観測井戸の地下水位は雨季—乾季で変動はあるものの、雨季には地表から 1~2m の深度にあり、乾季には地表から 3~5m の深度にあることを示しており、雨季と乾季で場所により異なるが、地下水位は全般に高い。

2019 年 7 月 11 日（雨季）にビラトナガル最南部にある Rani PS にて調査団が現在使用されていない井戸の地下水位を観測した結果、地下水位が地表から 2.0m の深度であった。このことは、現在も井戸による地下水揚水が行われているビラトナガル市周辺の地下水位は長期的に低下する傾向はないことを示している。

表 3-2-15 ビラトナガル市周辺の長期地下水位観測井戸観測期間

観測井戸名	観測期間	備考
UN/STW: Rani Sikiyahi	2008年1月～2013年12月 2015年1月～2015年5月	
FM/STW: Jhapa Baijhanathpur	2008年1月～2013年12月 2015年1月～2019年5月	2015年1月～2019年5月はやや欠測もあるが、断続的に長期観測となっている
UN/DTW: Amaduwa	2012年4月～2019年6月	欠測もあるが、断続的に長期観測となっている。

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 3-2-16 長期地下水位観測井戸の地下水位変動グラフ

5) まとめ

広域のテライ平原地下水開発の結果と本調査で収集した既往井戸掘削資料、本調査で実施した試掘井戸ボーリング時の土質データおよび電気探査の結果から、ビラトナガル周辺は地域的な違いはあると考えられるが、ヒマラヤ山脈から供給された豊富な地下水を胚胎した砂質、砂礫質あるいは礫質が厚い帯水層を形成して分布しているものと考えられる。

(3) 井戸からの揚水量の想定

前述のように本調査では、井戸掘削を行ったが揚水試験が実施できなかったため、ビラトナガルの既存 PS で稼働している既存井戸の揚水量を確認し、広域的な水理地質特性を加味しテライ平原で既往検討例による既存井戸からの揚水量を参考として、ビラトナガル PS に新規に建設する井戸からの揚水可能量を推定した。

1) ビラトナガル既存 PS の既往井戸の揚水量

表 3-2-16 には、既存井戸に設置されている井戸揚水ポンプの揚水量および本調査で超音波計測により観測した揚水量の結果を各井戸の仕様と併せて示している。

表 3-2-16 既存井戸の揚水量

Name of Pump Station	No.	Well		1. Submersible Pump			2. Flow by Ultrasonic Flow Meter
		Depth	Constructed Year	Power	Flow (L/min)	Flow (L/sec)	(L/min)
Devkota*	1	(150-200m)	(1984)	20HP	1,400	23.3	1,050
	2		(2012/2016)	35HP	1,700	28.3	1,560
	3			35HP	1,700	28.3	1,680
Tinpaini	1	120m	2019	35HP	1,700	28.3	-
	2	150m	2015	25HP	1,600	26.7	1,320
Munalpath	1	150m	2008	15HP	1,100	18.3	-
	2	150m	2012	15HP	1,400	23.3	-
	3	150m	2016	30HP	1,800	30	1,410
Kanchanbari*	1	(150m)	2007	No Info.	1,200	20	840
BFM	1	150m	2012	No Info.	1,400	23.3	1,020
Pichara*	1	(150m)	2011	No Info.	1,200	20	510
Average							1,168

注) *の()内の情報は以下のレポートに基づいている

Report on Situation Analysis of Water Supply in Biratnagar, Augsut, 2019 NWSC Biratnagar

出典：JICA 調査団

各井戸には、表中に示すように 1,200L/分 (20L/秒) 以上の仕様のポンプが設置されている。本調査時に既存井戸のうち揚水試験結果のデータを入手できたものは少ないが、井戸建設時には揚水試験を実施し、適正揚水量を把握したうえでこれらのポンプを設置していると考え、いずれの既存井戸でも 1,200L/分 (20L/秒) の揚水は可能であると判断していたものと推定される。一方、表中②に示している調査団が各井戸で観測した揚水量にばらつきはあるものの平均値として 1,200L/分 (20L/秒) 程度となっている。既往井戸では、その維持管理状況、維持管理が不十分でないための井戸の経年劣化等の原因により当初想定していた揚水量を下回っている井戸があるものと考えられるが、これらの既存 PS の各井戸の状況から平均 1,200L/分/本は各井戸の揚水量として十分期待できると判断した。

2) JICA テライ平原地下水開発計画調査 (テライ平原 Junakpur 地域) 結果

前述のようにテライ平原地下水開発計画調査の結果、対象地域では実績としてほとんどの地域で 15~24L/秒以上の揚水が行われており、深井戸対象層として地表から 20~300m 程度の深さの地層が挙げられている。また、前述のように Junakpur 地域は、地域的に多少の相違点はあること考えられるものの、基本的な地質形成時期・形成過程が共通しており、その結果としての地域の水理地質状況、水理地質的特性もピラトナガル地域と共通点は多いものと考えられる。従って、本地下水開発計画の結果からもピラトナガル地域にて平均 1,200L/分/本の揚水は十分に可能であると考える。

(4) 井戸干渉による地下水位低下の検討

各井戸からの揚水量平均 1,200L/分、各 PS からの計画供給量としては 3,600L/分と想定している。そのため、同一の井戸ステーション (PS) において 3 本の井戸で同時に平均 1,200L/分、合計 3,600L/分の井戸揚水を行った場合の井戸干渉による地下水位の低下について検討を行った。

Dequit の式および水位低下式による 3 井戸同時揚水時の井戸干渉による地下水位低下量を検討した結果、井戸干渉による水位低下量は 5m～12m 程度と算出された。

対象地域の帯水層は、得られた既往井戸の土質データおよび本調査で実施した電気探査の結果から、その厚さは 100m 以上の厚さを有していると考えられ、各井戸での井戸干渉による 5～12m 程度の水位低下は井戸からの揚水に支障をきたすことはないと考えられ、同一の PS にて平均 1,200L/分/井戸 x 3 井戸 = 合計 3,600L/分 の揚水は問題なく行えるものとする。また、ビラトナガル地域全体の水理地質状況から、新規井戸建設を計画している 4 地点の PS でも同様であるとする。

なお、これらの検討は既往揚水試験結果等を参考として検討したものであることから、新しく建設される各井戸建設時には揚水試験を実施し、限界揚水量および適正揚水量を確認する必要がある。また、その際には同じ PS 内にある既存井戸あるいは先に建設された新規井戸の地下水位変化について確認することが望ましい。これらによって、本検討結果の妥当性を検証することが必要である。また、ビラトナガル対象地域での季節変動、気候変動を含めた長期的な地下水位の変化を継続して観測するための地下水観測網を構築し、長期的なモニタリングを実施することが望ましい。

(5) 井戸の基本構造

新期建設井戸の基本構造図を図 3-2-17 に示す。

a) 井戸の深さ：150m

b) 対象とする帯水層とスクリーン位置：

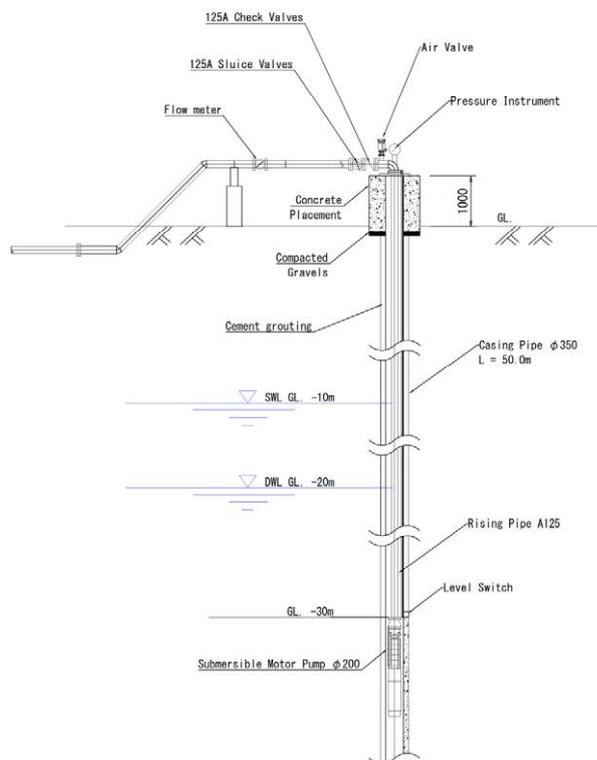
地表からの深度 50～150m に分布する不圧帯水層を対象とする。スクリーン設置深度は、その帯水層中に井戸建設時に実施する孔内電気検層の結果により決定する。

c) 想定する静水位：GL-10m

長期地下水位観測結果では周辺の地下水位は GL-5m 程度と考えられるが、安全側に設定する。

d) 動水位とポンプ設置深度：

動水位は、GL-20m とする。ポンプ設置深度は、想定する静水位から本検討結果による井戸干渉を考慮した動水位に対して余裕をみて GL-30m に設置する。



出典：JICA 調査団

図 3-2-17 新規建設井戸基本構造図

(6) 井戸の成功率

ビラトナガル地域は、テライ平原の水理地質状況とビラトナガルの各 PS の各既往井戸の揚水状況から、対象 PS にて 1,200L/分/本の揚水量を満足する井戸の建設は問題なく行えると考え。ただし、全てが成功井になるとは限らないため、新規井戸建設における成功率は、95%と想定する。

3-2-2-6 浄水施設

(1) 浄水プロセス基本フロー

ビラトナガルにおける多くの地下水からは、ネパール国飲料水水質基準（鉄：0.3mg/L 以下、マンガン：0.2mg/L 以下）を超える、鉄およびマンガンの含有が確認されている。NWSC の所有する既存施設では、物理・化学的処理による除鉄・除マンガン施設が稼働しており、本プロジェクトの対象となる PS でも同様に、鉄・マンガン除去を目的とした施設構成を採用することで、水質の改善による清潔な水のアクセスを展開する。

鉄およびマンガンの除去プロセス

除鉄には溶存酸素または塩素、除マンガンには塩素が酸化剤として必要となる。

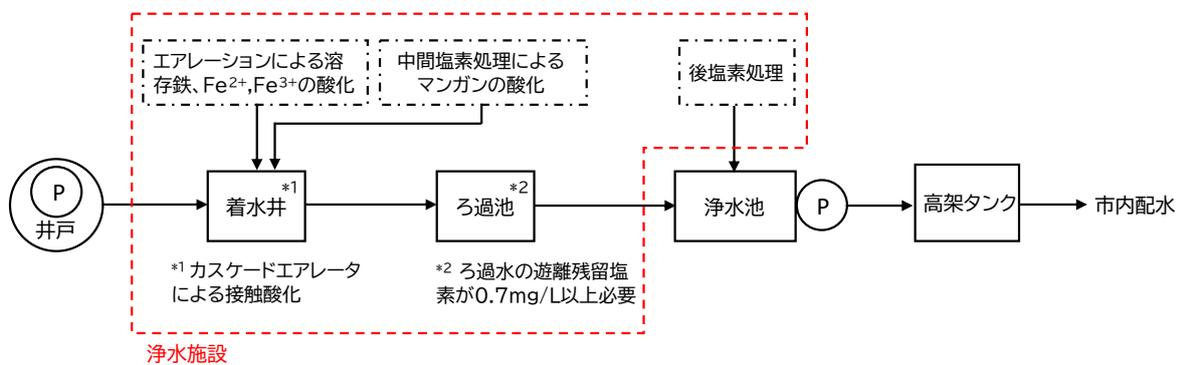
(1) 鉄の除去反応

原水に溶存している鉄、2 価鉄イオン・3 価鉄イオンはエアレーションもしくは塩素による酸化処理により 3 価の粒状水酸化鉄としてろ過処理で除去する。

(2) マンガンの除去反応

塩素により酸化させた後、マンガン砂を自触媒として処理する。

以上に基づき、本事業で適用する浄水プロセスの基本フローを図 3-2-18 に示す。



出典：JICA 調査団

図 3-2-18 浄水プロセスの基本フロー

(2) 1PS 当たりの計画浄水量

本プロジェクトの対象となる各配水区の人口および計画給水量より、設計諸元として、各 PS に設置される浄水施設の計画浄水量を下表に整理する。

除鉄・除マンガンのプロセスにかかる諸元は次のとおりであり、Devkota、Tinpani、Munal Path および New No.5 の各 PS で採用するシステムや構成機器の仕様を共通化することで、運転・維持管理における NWSC 内での共有および技術移転の平易化が可能となるほか、予備品の共有により、機械・電気機器に故障が発生した場合の緊急保全としての優位性を保つことが可能となる。

表 3-2-17 本プロジェクトにおける計画浄水量

エリア	配水区	計画給水量 (日最大)	計画取水量	計画浄水量
東側	Devkota PS	4,903 m ³ /日	3,600L/分 (5,180 m ³ /日)	3,600L/分 (5,180 m ³ /日)
	Tinpani PS	4,584 m ³ /日	3,600L/分 (5,180 m ³ /日)	3,600L/分 (5,180 m ³ /日)
	Munal Path PS	4,406 m ³ /日	3,600L/分 (5,180 m ³ /日)	3,600L/分 (5,180 m ³ /日)

エリア	配水区	計画給水量 (日最大)	計画取水量	計画浄水量
西側	New No.5 PS	4,889 m ³ /日	3,600L/分 (5,180 m ³ /日)	3,600L/分 (5,180 m ³ /日)

出典：JICA 調査団

(3) 浄水施設が除去対象にする水質項目

鉄およびマンガンを浄水施設での除去対象水質項目とする。鉄・マンガンの水道水質基準等の比較表を表 3-2-18 に示す。また、表 3-2-19 に既存 PS、および New No.5 PS 近隣ハンドポンプで測定された、鉄・マンガンの水質データを示す。New No.5 PS 近隣のハンドポンプでは、基準値以下のマンガン濃度が検出されているが、ビナトナガルの地下水に含まれるマンガン濃度は全体的に高く、マンガン除去を想定した施設構成とする。

表 3-2-18 鉄・マンガンの水質基準比較

項目	WHO ガイドライン	水道水質基準 (日本)	ネパール国飲料水水質基準 (NDWQS)
鉄 (mg/l)	— * (受容レベル：0.3 以下)	0.3 以下	0.3 以下
マンガン (mg/l)	— * (受容レベル：0.1 以下)	0.05 以下	0.2 以下

*受容性（臭い・味・外観に関して感覚的に許容できる程度）の問題を起こすレベルでは健康影響はないため、ガイドライン値は設定されていない。表では、ガイドライン記述の受容レベルを記載。

出典：JICA 調査団

表 3-2-19 各 PS およびハンドポンプでの鉄・マンガン濃度

項目			Tinpaini PS		Munal Path PS			Devkota PS			New No.5 近隣 ハンドポンプ
水質 項目	単位	ネ国 水質 基準	井戸 -1	井戸 -2	井戸 -1	井戸 -2	井戸 -3	井戸 -1	井戸 -2	井戸 -3	HP-3 (Ward5)
鉄	mg/L	0.3	0.30	0.17	1.53	0.52	0.81	0.36	0.49	0.29	0.37
マンガン	mg/L	0.2	0.44	0.49	0.65	0.61	0.24	0.16	0.42	0.24	0.07

出典：JICA 調査団

(4) 浄水プロセスの選定

1) 計画方針

NWSC ビラトナガル支所の所轄する Munal Path PS、および Rani PS に設置している既存の除鉄・除マンガン施設において、運転維持管理上の問題点が、現地調査を通じて明らかとなった。浄水施設を保有する既存 PS の問題点を表 3-2-20 に示す。これらの問題等について、対処療法的な対策では再び問題が生じる可能性が高いことから、抜本的な対策として、Munal Path PS においても浄水施設の更新を実施する。その他の PS については、浄水施設を新設する方針として計画する。

表 3-2-20 既存 PS の状況、及び問題

項目	内 容
浄水システム	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ろ過機のろ過損失水頭が増すにつれ、ポンプの揚水量が変動することから、水質管理に影響を及ぼす。
エアレーションタンク（曝気槽）	<ul style="list-style-type: none"> ➤ コンプレッサーが未接続で、空気の未供給により、水中に溶存している鉄の酸化が期待できない。（Munal Path PS）
ろ過器の除鉄・除マンガン	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 設計又は製造上の欠陥によるろ過器下部集水装置の損傷、もしくは設置井戸ポンプの揚水能力過大に由来するろ過砂の流出が認められる。（Munal Path PS） ➤ 砂層表面に 20cm 以上の赤鉄錆が堆積しており、逆流洗浄の効果が乏しい。（Rani PS） ➤ 鋼製タンク外面、ピンホールからの漏水。（Rani PS）
薬品注入	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 消毒用塩素剤の注入が適切に行われていない。 ➤ 全ての既存 PS で残留塩素濃度の管理が行われていない。

出典: JICA 調査団

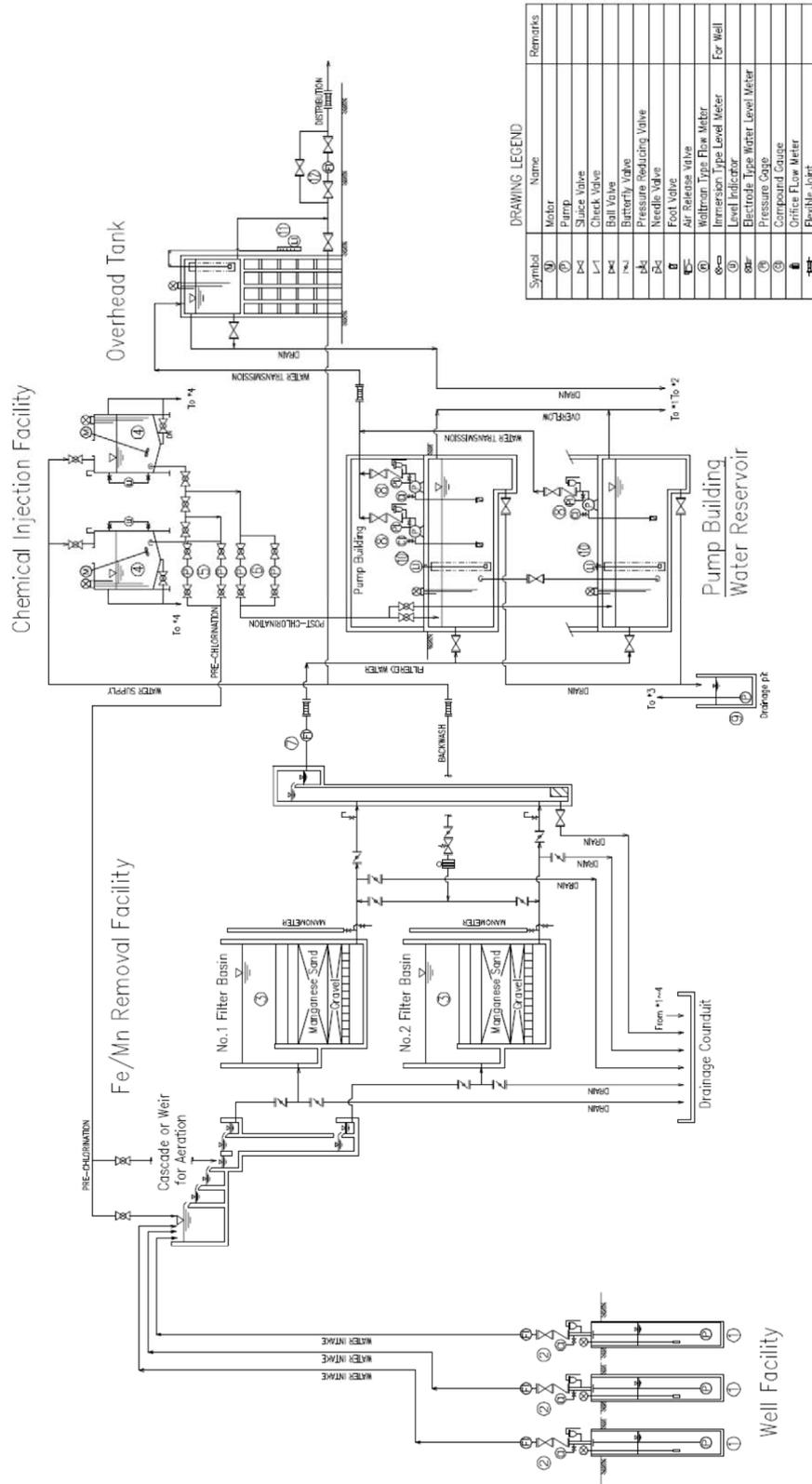
上述の問題点を考慮し、新規浄水施設の計画方針を以下のとおりとする。

- 揚水直後に一旦大気開放することによりポンプ揚水量の変動要因（ろ過抵抗等）を削減し、井戸からの揚水量をより安定させる。
- 施設異常を早期発見できる様に、ろ過池は開放型とする。また、ピンホール発生による漏水が生じない様、ろ過池を鉄筋コンクリート構造とする。
- ろ過池下部集水装置は、耐食、耐久ならびに耐圧性に富んだ材質かつ、ろ過水の集水、逆流洗浄水の均等配分の機能を併せ持つ製品を採用することで、破損によるろ材の流出やろ層の閉塞等を防止する。
- 浄水処理プロセスは、カスケードエアレーターの採用により塩素使用量をできる限り抑えるものとする。
- 現地の運転・維持管理状況、及びスタッフのレベルに合わせ、できるだけ保守作業を容易にする。

2) 浄水施設システム

新規浄水施設の浄水処理システムフロー図を図 3-2-19 に示す。メンテナンス時に施設の全休を避けるため、2 系列のシステムにする。この浄水処理システムでは、原水（井戸）ポンプの揚水量を安定させるため、カスケードエアレーターで大気開放する。ろ過池については、施設異常を早期発見するため、開放型とする。鉄、マンガンの処理について、鉄は空気、マンガンは塩素を基本として酸化処理を行う。

SYSTEM FLOW DIAGRAM



DRAWING LEGEND

Symbol	Name	Remarks
①	Motor	
②	Pump	
③	Sluice Valve	
④	Check Valve	
⑤	Ball Valve	
⑥	Butterfly Valve	
⑦	Pressure Reducing Valve	
⑧	Needle Valve	
⑨	Foot Valve	
⑩	Air Release Valve	
⑪	Waterman Type Flow Meter	For Well
⑫	Immersion Type Level Meter	
⑬	Level Indicator	
⑭	Electrode Type Water Level Meter	
⑮	Pressure Gauge	
⑯	Compound Gauge	
⑰	Orifice Flow Meter	
⑱	Flexible Joint	

FACILITY / EQUIPMENT LIST

No.	1	2	3	4	5	6
Item	Well Pump	Well Pump, Flow Meter	Sand Filter	Chlorine Tank	Pre-chlorination Pump	Post-chlorination Pump
Type	Submersible	Waterman Type	-	Cylindrical, PE Tank	Diaphragm Type	Diaphragm Type
Qty	3	3	2	2	2	2
No.	7	8	9	10	11	12
Item	Filtered Water Flow Meter	Lift Pump	Drain Pump	Water Level Meter	Water Level Meter	Distribution Flow Meter
Type	Waterman Type	For-Submer. Centrifugal Pump	Submersible Pump	Flat Type, Wettable Measure	Flat Type, Board Measure	Waterman Type
Qty	1	3	1	2	1	1

図 3-2-19 システムフロー図

(5) 各設備容量の選定

本概略設計における各設備の容量は、以下の様に纏められる。

1) 着水井

カスケードエアレーターは、階段状の水路により、原水に溶存している鉄、2価鉄イオン、3価鉄イオンを酸化することを主目的として設置する。このプロセスは、重力に基づく自然流下で行われ、高い表面積で大気との接触を図ることで、大半の鉄の処理が期待できる。残存した原水中の鉄については、塩素で酸化処理される。なお、本仕様は各施設で共通とする。

- ・ 方式 : 鉄筋コンクリート造
- ・ 寸法 : 幅 2.1m x 長さ 4.65m x 4 段
- ・ 数量 : 1 池

分配井は、導水される原水の水位変動を安定させ、塩素混和水を 2 系列それぞれのろ過池へ均等分配するために着水井の後段に配置される。分配井では、マンガン処理のために中塩素注入を行う。形状は、角形水槽型とする。本施設の主要諸元は以下のとおりである。なお、本仕様は各施設で共通とする。

- ・ 方式 : 鉄筋コンクリート造
- ・ 計画容量 : 0.80m³
- ・ 数量 : 1 池

2) ろ過池

ろ過池の方式には、重力式と圧力方式がある。本プロジェクトではろ過池内部の維持管理の容易性から、開放型の重力ろ過方式を採用する。本施設の主要諸元は、以下のとおりであり、本仕様は各施設で共通とする。

- ・ ろ過方式 : 重力式急速ろ過方式
- ・ ろ過池洗浄方式 : 逆流洗浄方式
- ・ ろ過面積 : 幅 4.0m x 長さ 4.4m = 17.6m²/池
- ・ 数量 : 2 池
- ・ 計画水量 : 3,600L/min (5,180m³/日)
- ・ ろ過速度 : 147.3m³/m²/日 (2 池運転時)

(a) 規模規定

- ・ ろ過速度 : 120~150m/日 (水道施設設計指針、日本水道協会)
5,180m³/日 ÷ 17.6m²/池 ÷ 2 池 = 147.2m/日 → OK
- ・ 逆流速度 : 0.6~0.9m³/m²・分 (水道施設設計指針、日本水道協会)
- ・ 逆流時間 : 4~6 分を標準とする (水道施設設計指針、日本水道協会)

(6) 薬品注入設備容量の選定

本計画の浄水処理システムでは、ネパールにおける流通事情を考慮し、酸化剤・消毒剤として、有効塩素濃度 35%のさらし粉 Ca (ClO)₂ を使用する。

塩素注入は、原則、中塩素＋後塩素の組み合わせの注入を行い、原水に多量に含まれる鉄・マンガンの酸化、および殺菌・消毒を主な目的とする。但し、原水の溶性ケイ酸濃度が高く（30mg/L以上）、鉄の酸化処理に障害を生じる場合には、前塩素＋後塩素の組み合わせに切り替え処理を行う。施設内に保管されるさらし粉は、塩素タンク内で水に溶解し、有効塩素濃度3～10%の溶液として管理する。採用する注入方式はポンプ圧送を基本とし、故障による注入不良の危険性を分散させるため、予備機を配置する。注入方式は、「薬品貯蔵＋希釈＋注入」方式とする。また、以下に記載する機器仕様は、各既存井戸の鉄・マンガンの水質試験結果等に基づき設定したものであり、各浄水施設で共通である。

1) さらし粉貯留槽

- ・ 型式 : 密閉丸形・完全液出しタイプ
- ・ 材質 : ポリエチレン
- ・ 容量 : 2.0m³
- ・ 数量 : 2基
- ・ 付属品 : 液位電極、攪拌機、ドレイン口等

2) 前塩素/中塩素注入機

- ・ 型式 : ダイヤフラム式ポンプ
- ・ 数量 : 2台（内予備1台）

(a) 規模規定

- ・ 水量 (Q) : 3,600L/分 (5,180m³/日)
- ・ 前塩素/中塩素注入率
水質試験結果を参考にして塩素注入率を設定した。
前 (中) 塩素注入率 : 最大 14.2mg/L
平均 9.2mg/L
- ・ 前塩素注入量 (有効塩素濃度 10%の場合)
前 (中) 塩素 (最大時) $5,180 \times 14.2 \times 100/35 \times 100/10 \times 1/1.05 \times 1/1440 = 1,390\text{mL/min}$
前 (中) 塩素 (平均時) $5,180 \times 9.2 \times 100/35 \times 100/10 \times 1/1.05 \times 1/1440 = 901\text{mL/min}$

3) 後塩素注入機

- ・ 型式 : ダイヤフラム式ポンプ
- ・ 数量 : 2台（内予備1台）

(a) 規模規定

- ・ 水量 (Q) : 3,600L/分 (5,180m³/日)
- ・ 後塩素注入率
後塩素注入率 : 最大 2.0mg/L
平均 1.0mg/L
- ・ 後塩素注入量 (有効塩素濃度 10%の場合)
後塩素 (最大時) $5,180 \times 2.0 \times 100/35 \times 100/10 \times 1/1.05 \times 1/1440 = 196\text{mL/min}$

後塩素（平均時） $5,180 \times 1.0 \times 100/35 \times 100/10 \times 1/1.05 \times 1/1440 = 98\text{mL}/\text{min}$

(7) ろ過砂

ろ過砂は、マンガンの自触媒反応を利用して除マンガン処理を行うためマンガン砂を用いる。マンガン砂は、水道用ろ過砂の表面に二酸化マンガンを被覆させたもので、その被覆物の主成分は二酸化マンガンである。

(8) ろ過池逆洗設備

浄水設備に導入するろ過池の逆洗方法に関する比較を表 3-2-21 に示す。洗浄方法は追加設備が少なく保守作業が最も容易な高架タンクを用いる方法を採用する。

表 3-2-21 ろ過池の逆洗法に関する比較

項目	高架タンクを用いる方法	逆洗ポンプを用いる方法	逆洗タンクを用いる方法
模式図			
推奨ろ過池形式	開放型 / 密閉型	開放型 / 密閉型	密閉型
逆洗に必要な施設・設備	<ul style="list-style-type: none"> 高架タンク 減圧弁 	<ul style="list-style-type: none"> 逆洗ポンプ 	<ul style="list-style-type: none"> 逆洗タンク
建設費	低 ※3PS で既存高架タンクを利用	低	高
保守・点検	◎	○	△
留意事項	<ul style="list-style-type: none"> 減圧弁を用いるため、その分エネルギーロスを生じる 	<ul style="list-style-type: none"> 逆洗ポンプのメンテナンスが必要 	<ul style="list-style-type: none"> 施設規模が大きくなり、必要面積増加 ろ過池内部の確認が容易でない

出典: JICA 調査団

(9) 基礎地盤・基礎形状

各 PS のろ過池の基礎地盤は、底版下端位置での N 値が 10~13 程度で砂分が多く、基礎底面は地表から-50cm 程度の浅い層に位置することから、地耐力が不足する。このため、表層 3m のセメントによる浅層改良を計画する。

ろ過池の基礎形式については、支持層が 3m 程度と浅いこと、浅層改良を行った場合の地耐力の概略検討の結果、ろ過池の荷重に対し地耐力が十分にあることが確認されたことから、直接基礎（べた基礎形式）を採用する。以下に地耐力の概略検討結果を示す。

ろ過池荷重 : 約 90kN/m²
 ろ過池面積全体の許容支持力（各 PS） : 約 104kN/m²

安全率

: 3.0

(10) 排水設備

本計画浄水施設において発生する排水は主にろ過池の逆流洗浄水であり、その成分は主に濁度及び鉄で、排水基準では全浮遊物質（以下、TSS）として計測される。想定原水水質からろ過池逆流洗浄排水の TSS 濃度を算出し、その結果を下表に示す。算出結果では洗浄排水の TSS 濃度は排水基準を十分下回っていることから、処理過程で発生する排水は、側溝及び柵を設置して浮遊物を沈殿させた後、PS の敷地外へ放流する。

表 3-2-22 ろ過池洗浄排水 TSS 濃度と TSS 排水基準

区分	洗浄条件 (回/池/日)	洗浄排水 TSS 濃度	排水基準-TSS
ケース 1	洗浄流速：0.6m/min 洗浄時間：10min	83mg/L	600mg/L
ケース 2	洗浄流速：0.8m/min 洗浄時間：10min	62mg/L	

*1 処理水量：5,180m³/d/PS、想定原水水質：濁度 1NTU、鉄 1.6mg/L

*2 適用排水基準：公共用水域へ排出される工業排水のネパール排水基準

出典: JICA 調査団

3-2-2-7 配水池計画

配水池は、浄水処理後の浄水池と高架タンクで構成される。既存の PS（Devkota PS／Tinpaini PS／Munal Path PS）については、既存の高架タンクを生かす計画とし、新規 No5 PS については、新規高架タンクを建設する。配水池容量は、浄水池と高架タンク全体で一日最大の 8 時間以上を確保することとする。

また、高架タンクの容量だけではピーク時間に対応できないことも想定し、浄水池からの高架タンクへの揚水ポンプは、時間最大に対応した容量とする。浄水池の池数は、維持管理を考慮し、隔壁による 2 池とする。各 PS の貯水施設の計画概要（案）は、以下の通りである。

表 3-2-23 配水池計画概要一覧

PS	計画一日最大給水量	高架タンク	浄水池	合計
Devkota PS	4,903m ³ /日	450m ³ (既存)	1,200m ³ (新規)	1,650m ³ (約 8 時間分)
Tinpaini PS	4,584m ³ /日	450m ³ (既存)	1,200m ³ (新規)	1,650m ³ (約 8 時間分)
Munal Path PS	4,406m ³ /日	450m ³ (既存)	1,200m ³ (新規)	1,650m ³ (約 8 時間分)
New No 5 PS	4,889m ³ /日	1,200m ³ (新規)	450m ³ (新規)	1,650m ³ (約 8 時間分)

出典: JICA 調査団

(1) 浄水池

安定した水質と高架タンクへの送水量を確保するために、浄水された水を浄水池に一旦貯水す

る。なお、前述した後塩素は浄水池で添加する。

浄水池は、以下の条件を考慮して決定する。

- 既設の3箇所のPS（Devota PS／Tinpaini PS／Munal Path PS）及び新設の1箇所のPS（New No.5 PS）の4箇所に計画するが、4PS共に敷地面積が狭いことから省スペース化を図ると共に、洪水対策の観点から、地上から2m程度立ち上がった半地下方式とし、浄水池の頂板上にポンプ棟を設置し、この中に電気関連施設を設置する。
- 各浄水池にオーバーフローを設置し、浄水池回りに設置するU字側溝に排出する。
- ポンプ棟内に設置する揚水ポンプの運転制御のため、各浄水池に水位計を設置する。

各浄水池の形式、寸法及び材料は表 3-2-24 のとおりである。

表 3-2-24 浄水池の形式、寸法及び材料

No.	浄水池名	計画浄水池容量 (m ³)	形式	有効寸法 (LxWxH) (m)	材料	形状
1	Devota PS	1,200	半地下式	8.0 x 17.5 x 4.3 x 2 池	鉄筋コンクリート	矩形
2	Tinpaini PS	1,200	半地下式	8.0 x 17.5 x 4.3 x 2 池	鉄筋コンクリート	矩形
3	Munal Path PS	1,200	半地下式	8.0 x 17.5 x 4.3 x 2 池	鉄筋コンクリート	矩形
4	New No 5 PS	450	半地下式	7.32 x 13.9 x 2.25 x 2 池	鉄筋コンクリート	矩形

注) H: 有効水深

出典: JICA 調査団

また、各浄水池の基礎形式、地耐力及び排水方式は、表 3-2-25 のとおりである。

表 3-2-25 浄水池の基礎形式、地耐力及び排水方式

No.	浄水池名	基礎形式及び地耐力	排水方式	敷地造成
1	Devota PS	直接基礎方式。 根入れが4m程度ある半地下式であり、底盤がN値10~13程度の砂混じり粘性土に位置し、根入れ効果により十分な支持力が期待できる。	浄水池回りに設置するU字側溝に集水し、既設の排水側溝に排出する。維持管理時に発生する浄水池底板部のドレインは、ドレインピットに集水した後、ポンプによりU字側溝に排出する。	既設PS敷地には勾配が無いため、雨水を新規浄水池周辺に設けるU字側溝から既設排水側溝に流出できない。このため、新規浄水施設や浄水池周辺に50cm程度の盛土を行う。
2	Tinpaini PS	同上	同上	同上
3	Munal Path PS	同上	同上	Munal Path PS回りの既設排水側溝が十分に深いため、浄水場回りの新規排水側溝からの排水が可能であることから、盛土は不要である。
4	New No.5 PS	直接基礎方式。 根入れが4m程度ある半地下式であり、底盤がN値10~19程度の中位のシルト質砂層に位置し、根入れ効果により十分な支持力が期待できる。	浄水池回りに設置するU字側溝に集水した後、河川まで排水管により排出する必要があるが、敷地外の排水管はNWSC負担工事である。維持管理時に発生する浄水池底板部	PS用敷地は道路から80cm程度低い位置にあるため、道路からのアクセスや排水勾配を確保する目的で、新規PS全体に対して50cm程度の盛土を行う。

No.	浄水池名	基礎形式及び地耐力	排水方式	敷地造成
			のドレインは、ドレインピットに集水した後、ポンプにより U 字側溝に排出する。	

出典：JICA 調査団

(2) 高架タンク

1) Devota PS/Tinpaini PS/Munal Path PS

3 箇所の既存高架タンクの建設年度は、以下に示すとおりである。また、全ての高架タンクには、水位計が備わっていない。

- Devkota PS 用高架タンク: 1984 年 (約 36 年前に建設)
- Tinpaini PS 用高架タンク: 1964 年 (約 56 年前に建設)
- Munal Path PS 用高架タンク: 2014 年 (約 6 年前に建設)

特に、Tinpaini PS 用高架タンクは、建設から約 56 年を経えており、維持管理用の鉄筋コンクリート造階段の老朽化が進んでおり、踊場床版スラブはコンクリートが剥がれ、鉄筋がむき出しになり腐食が進んでいると思われる箇所が見受けられる。早急な補修が必要である。一方、目視では、本体構造物の柱などには、コンクリートの剥がれは見受けられない。

Devkota PS 用高架タンクは、建設から約 36 年を経ているが、2020 年に延命化に向け鉄筋コンクリート表面の塗装作業を実施した。

NWSC は、Tinpaini PS 用高架タンクについて、本プロジェクトの目標年度である 2027 年に向けてコンクリートの老朽化診断を行うと共に、早急に補修を行う必要がある。また、長期目標である 2035 年に向け、新規に建設する方向で予算化措置を講ずる必要がある。なお、NWSC は、老朽化した高架タンクの補修の必要性を理解しており、早期に補修することとしている。

上述のことから、3 箇所の PS 共に、既存高架タンクを活用する。なお、新規ポンプ棟内に設置する揚水ポンプから既存高架タンクに送水するポンプの運転制御のため、既存高架タンクに新規の水位計を設置する。

2) New No.5 PS

New No.5PS 高架タンクの形状、高さ及び材料は表 3-2-26 のとおりである。

表 3-2-26 高架タンクの形状、高さ及び材料

No.	高架タンク名	計画容量 (m ³)	高さ (m)	水槽有効寸法 (A x H) (m)	材料
1	New No.5 PS	1,200	25	244m ² x 5.0m	鉄筋コンクリート

注) A: 有効面積 H: 有効水深

出典：JICA 調査団

新規計画の高架タンクの基礎の深さは地下 3.6m であり、2m~10m にある中位な砂質シルト/シルト質砂 (N 値 15 程度) の土層に位置することから地耐力は不十分である。したがって、地盤改

良が必要である。地盤改良の方法は、一般的なバックホウによるセメント混合方式とする。

既存 PS 同様、新規ポンプ棟内に設置する揚水ポンプから既存高架タンクに送水するポンプの運転制御のため、新規高架タンクに水位計を設置する。オーバーフロー、排水管は場内排水側溝へ接続する計画とする。また、高架タンクから市内に配水される水量は、タービン式流量計により積算容量として管理する。

3-2-2-8 機械・電気設備計画

(1) 井戸ポンプ

井戸から取水した原水は、導水管を通して浄水施設に導かれる。導水される原水量は各井戸ポンプに付帯するタービン式流量計で管理する。

本プロジェクトで建設する井戸ポンプに必要な実揚程は約 26.8m であり、圧送による配管損失を考慮して、ポンプ全揚程を 33m として計画する。水需要に対応する導水を行う必要があることから、ポンプの稼働台数は 3 本の井戸に対して全台運転（3 台運転）を計画する。この場合想定されるポンプの容量・型式は以下のとおりである。

表 3-2-27 井戸ポンプ仕様

PS	計画取水量	井戸ポンプ能力		
		ポンプ仕様	台数	合計導水量
Devkota PS	3,600 L/分 (5,180 m ³ /日)	型式：深井戸ポンプ 導水量：1.2 m ³ /分 揚程：33 m	3 台	3,600L/分 (3.6 m ³ /分) (5,180 m ³ /日)
Tinpaini PS	3,600 L/分 (5,180 m ³ /日)	型式：深井戸ポンプ 導水量：1.2 m ³ /分 揚程：33 m	3 台	3,600L/分 (3.6 m ³ /分) (5,180 m ³ /日)
Munal Path PS	3,600 L/分 (5,180 m ³ /日)	型式：深井戸ポンプ 導水量：1.2 m ³ /分 揚程：33 m	3 台	3,600L/分 (3.6 m ³ /分) (5,180 m ³ /日)
New No.5 PS	3,600 L/分 (5,180 m ³ /日)	型式：深井戸ポンプ 導水量：1.2 m ³ /分 揚程：33 m	3 台	3,600L/分 (3.6 m ³ /分) (5,180 m ³ /日)

出典：JICA 調査団

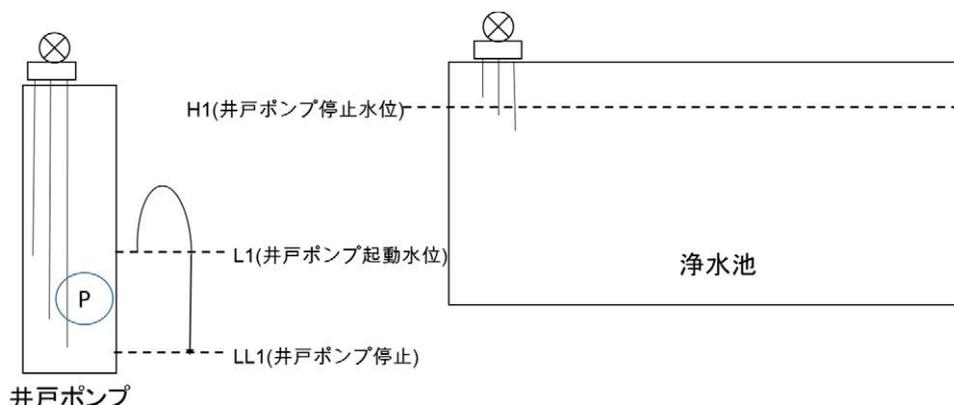
1) 井戸ポンプの運転制御

図 3-2-20 に揚水ポンプの運転制御方法を示す。井戸ポンプは、井戸の水位および浄水池の水位に連動させた自動制御を基本とする。井戸ポンプの容量は地下水の適正揚水量を超えないように設定されるため、原則的に、各井戸の水位はポンプを稼働しても大きく変動する事はない。ただし、万が一井戸の水位が低くなりすぎた場合には、ポンプの空転により電動機の焼損を生じさせる可能性があるため、井戸ポンプ停止水位（図中 LL1）を設定し、水位低下の検知後、強制的にポンプを停止させる。また、地下水位が安定し、井戸ポンプ起動水位（図中 L1）以上を検知した場合、ポンプの再起動が可能となる。

浄水池側でも同様、原水の汲み上げにより浄水池でオーバーフローが生じない様に、浄水池に井戸ポンプ停止水位（図中 H1）を設定し、この水位に達した場合には、井戸ポンプを強制的に停

止させる。

以上の様に、井戸の水位と浄水池の水位をバランスさせることで、安定した原水の供給を可能にさせる。また、手動操作回路を設ける事で、システムの整備や、緊急運用を行う際、手動運転により井戸ポンプの運用を制御することが可能となる。



出典: JICA 調査団

図 3-2-20 井戸ポンプの運転制御

(2) 揚水ポンプ

揚水ポンプは高架タンクへの安定供給が、その役割であり、市内配水における水消費需要の時間変動に対する対応ができるものとする。すなわち、時間最大給水量に相当する水量を高架タンクへ供給する能力が求められる事から、最大揚水量は以下として計画する。

- ・ 本プロジェクトで建設する施設の計画揚水量：5.84m³/分

$$Q = 3,600\text{L/分 (浄水能力)} \times 1.62 \text{ (時間最大係数)} \times 60 = 349,920\text{L/時間 (5,832L/分)}$$

また、本プロジェクトで建設する揚水ポンプに必要な実揚程は約 28.8m であり、浄水池からの圧送による配管損失を考慮して、ポンプ全揚程を 35m として計画する。

上述水需要に対応する揚水を行う必要があることから、ポンプの稼働台数は 2 台運転とし、故障時における危険分散の観点から、1 台の予備機を設置する計画とする。この場合想定されるポンプの容量・型式は下表のとおりである。

表 3-2-28 揚水ポンプ仕様

PS	計画時間 最大配水量	揚水ポンプ能力		
		ポンプ仕様	台数	合計揚水量
Devota PS	349.9 m ³ /時間 (5.84 m ³ /分)	型式：片吸込み渦巻きポンプ 揚水量：2.92 m ³ /分 揚程：35 m	3 台 (1 台予備)	349.9 m ³ /時間 (5.84 m ³ /分)
Tinpaini PS	349.9 m ³ /時間 (5.84 m ³ /分)	型式：片吸込み渦巻きポンプ 揚水量：2.92 m ³ /分 揚程：35 m	3 台 (1 台予備)	349.9 m ³ /時間 (5.84 m ³ /分)
Munal Path PS	349.9 m ³ /時間 (5.84 m ³ /分)	型式：片吸込み渦巻きポンプ 揚水量：2.92 m ³ /分 揚程：35 m	3 台 (1 台予備)	349.9 m ³ /時間 (5.84 m ³ /分)
New No.5 PS	349.9 m ³ /時間	型式：片吸込み渦巻きポンプ	3 台	349.9 m ³ /時間

PS	計画時間 最大配水量	揚水ポンプ能力		
		ポンプ仕様	台数	合計揚水量
	(5.84 m ³ /分)	揚水量：2.92 m ³ /分 揚程：35 m	(1 台予備)	(5.84 m ³ /分)

出典: JICA 調査団

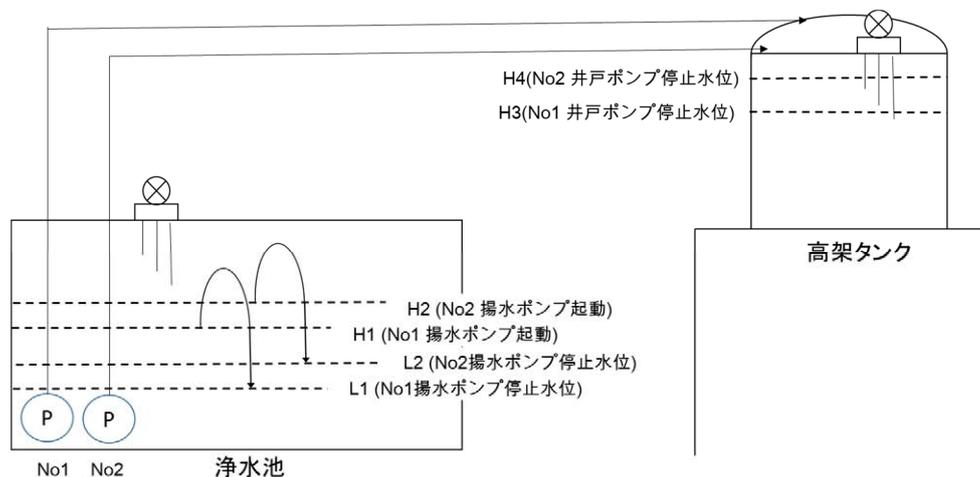
1) 揚水ポンプの運転制御

図 3-2-21 に揚水ポンプの運転制御方法を示す。揚水ポンプは浄水池および高架タンクの水位に連動させた自動制御を基本とする。

本プロジェクトでは、浄水施設の稼働による 24 時間連続給水を可能とする計画である。水需要の高まりにより一時的に浄水池の水位が低くなった場合、揚水ポンプの空運転を防止するために、揚水ポンプ停止水位（図中 L1、L2）を設定し、揚水ポンプを強制的に停止させる。ポンプ停止に伴い、浄水池の水位が高くなった場合は、揚水ポンプ起動水位（図中 H1、H2）でポンプを再起動させる。なお、揚水ポンプは複数台設置されるが、複数台の機械が同時に起動する場合に生じる、急激な水位変動による揚水ポンプの発停の頻発を防ぎ、また電源容量の不足を回避するために、各揚水ポンプの起動水位をずらして設定する。

高架タンク側でも同様に、浄水の汲み上げにより高架タンクでオーバーフローが生じない様に、高架タンクに揚水ポンプ停止水位（図中 H3、4）を設定しこの水位に達した場合は揚水ポンプを強制停止する。

以上、井戸ポンプの運転制御と同様に、浄水池の水位と高架タンクの水位をバランスさせることで、安定した給水の実現を可能とする。また、手動操作回路を設ける事で、システムの整備や、緊急運用を行う際、手動運転により揚水ポンプの運用を制御することが可能となる。



出典: JICA 調査団

図 3-2-21 揚水ポンプの運転制御

(3) 受変電設備

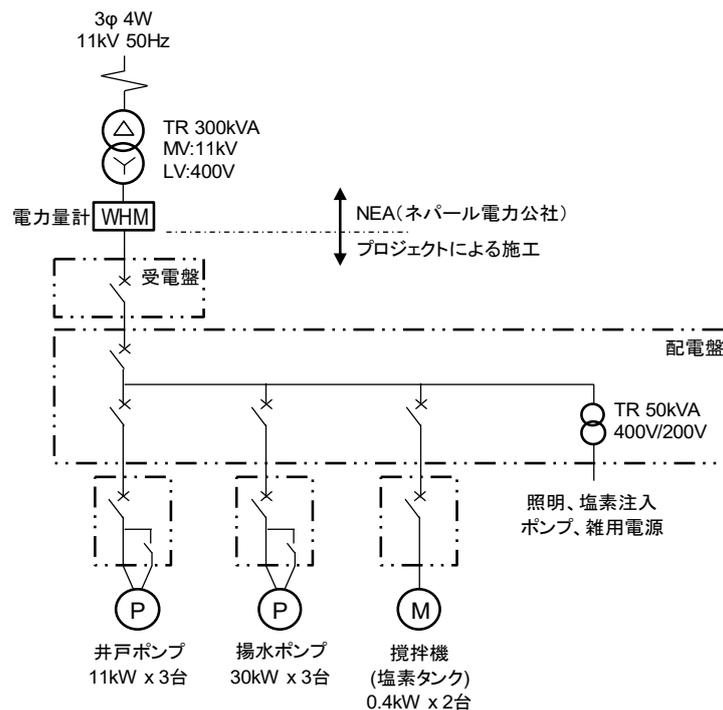
1) 設備概要

既設 PS の更新や新規 PS の建設に伴い、電気設備の更新・新設が必要となる。既設 PS には既に電力が供給されているが、その変圧器容量は 100～150kVA である。図 3-2-22 PS における概略単線結線図に示す様に、設備更新に伴う揚水ポンプ等の導入により、設備全体の必要電気容量は、現状の必要容量に比較して大幅に増加する。このため本プロジェクトにおいて、変圧器容量を 300kVA に向上させる。なお、施設の更新による電力の安定供給、および電力量計による適正な電力会社との契約管理を目的として、各 PS に設置される受変電設備は更新を計画する。

表 3-2-29 変圧器容量

No	PS	変圧器容量		
		既設	更新計画	更新後
1	Devkota PS	100kVA	更新	300kVA
2	Tinpaini PS	100kVA	更新	300kVA
3	Munal Path PS	150kVA	更新	300kVA
4	New No.5 PS	-	新設	300kVA

出典: JICA 調査団



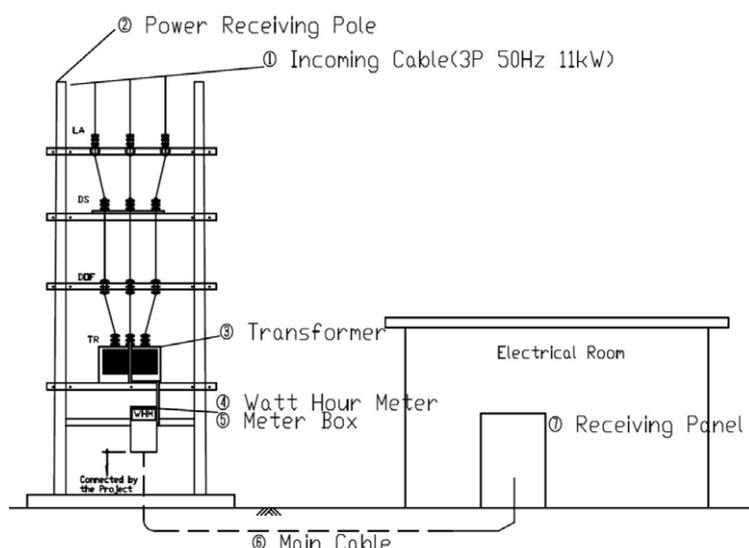
出典: JICA 調査団

図 3-2-22 PS における概略単線結線図

2) 工事責任範囲及び受電端における電力供給条件

電気設備の区分についてはネパール電力公社 (Nepal Electricity Authority: 以下 NEA という) との協議を踏まえ、表 3-2-30 のように区分される。電力量計から受電盤までのケーブル (表 3-2-30 の⑥) 及びそれ以降の構内電気設備が本プロジェクトの負担範囲である。構外電柱から電力量計

(表 3-2-30 の①～⑤) については NWSC 側が調達、費用負担を行い、NEA が実施する。



出典：JICA 調査団

図 3-2-23 電気設備の区分図

表 3-2-30 電気設備の区分表

From NEA		① Incoming Cable	② Pole	③ TR	④ WHmeter	⑤ MeterBox	⑥ Main Cable	⑦ Receiving panel
COST	Grant Aid							
	NWSC	○	○	○	○	○		
	NEA						○	○
EQUIPMENT SUPPLY	Grant Aid							
	NWSC	○	○	○	○	○		
	NEA							
CONSTRUCTION	Grant Aid							
	NWSC							
	NEA	○	○	○	○	○		
MAINTENANCE	Grant Aid							
	NWSC		○	○	○	○	○	○
	NEA	○						

○ :undertaken by the authority

出典：JICA 調査団

3) 非常用発電設備

既設 PS では非常用発電設備を備えており、停電時に手動で電源回路を切り替えて運転を行っているが、本プロジェクトによる施設更新後には電動機容量が増加するため、容量が絶対的に不足する。一方で、一日数回の停電はあるものの、5分程度の短時間の停電であり、NEAの説明によると、これらは発電能力の問題ではなく、配電メンテナンス上の問題としている。また、NWSCによると停電の頻度、期間は大幅に改善されたため、発電機を使用する必要性が無くなりつつある。以上より、非常用発電設備は、本プロジェクトには含まない方針とし、必要な場合にはNWSCが事後に設置する。

表 3-2-31 既存 PS の非常用発電設備の設置状況

No	既存 PS	製造年	既設容量
1	Devkota PS	2017	25kVA
		1990 以前	100kVA
2	Tinpaini PS	2016	100kVA
3	Munal Path PS	2016	125kVA

出典：JICA 調査団

3-2-2-9 ポンプ棟の計画

揚水ポンプ、薬注設備、受配電設備等を配置するポンプ棟は、用地の制限もあることから洪水対策を兼ねて浄水池の上部に計画する。同ポンプ棟は、以下の部屋で構成され、各部屋へ配置される設備は、仕上げの基本方針は表 3-2-32、表 3-2-33 の通りである。各ポンプ棟の面積は、表 3-2-34 であり、Devkota PS のポンプ棟配置計画を一例として図 3-2-24 に示す。

表 3-2-32 部屋の構成と配置する設備

部屋の構成	配置する設備
ポンプ・電気室	揚水ポンプ、受配電設備、制御盤
薬品室	塩素注入タンク、塩素注入ポンプ
薬品倉庫	薬品

出典: JICA 調査団

表 3-2-33 構造及び仕上げ

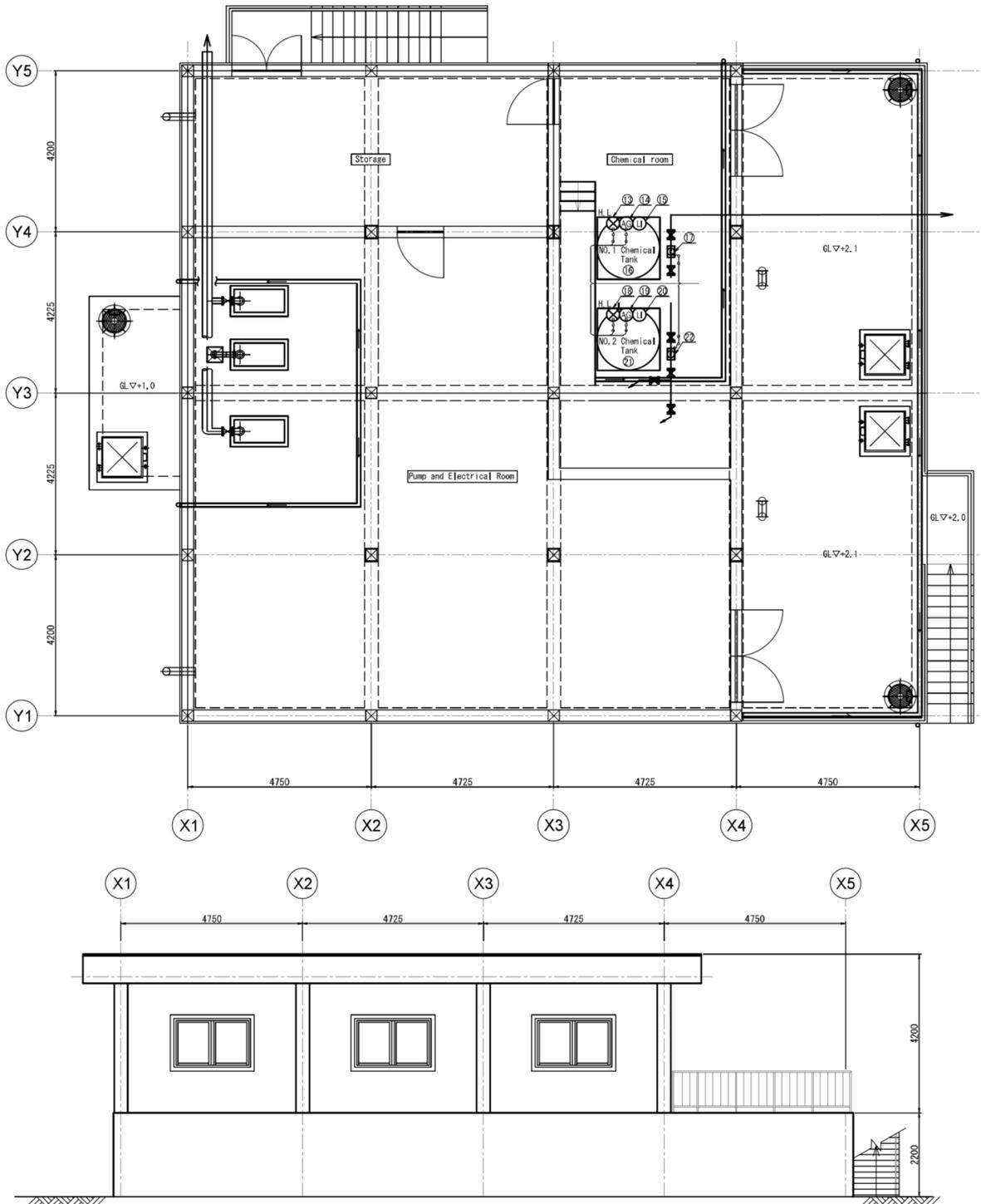
項目	仕様
構造	鉄筋コンクリート製ラーメン構造とレンガ壁
屋根	アスファルト防水またはポリマー防水、セメント仕上げ
外壁仕上げ	モルタル下地、防水ペンキ塗装仕上げ
内壁仕上げ	モルタル下地、白セメント下地、ペンキ塗装仕上げ
床仕上げ	エポキシ塗装仕上げ（薬品倉庫、薬注室） コンクリート仕上げ（その他）
天井仕上げ	ペンキ塗装仕上げ

出典: JICA 調査団

表 3-2-34 各ポンプ棟の床面積

No.	PS	床面積 (m ²)
1	Devkota PS, Tinpaini PS, Munal Path PS	239m ² (16.85m x 14.2m)
2	New No.5 PS	182m ² (15.45m x 11.8m)

出典: JICA 調査団



出典: JICA 調査団

図 3-2-24 ポンプ棟レイアウト

3-2-2-10 管理棟の計画

既存 PS では、既存管理棟を利用するが、New No.5 PS では、新たに施設運転、日常管理のため、同施設内へ管理棟を計画する。施設は最小限にとどめ、執務室、倉庫、トイレを管理棟の基本構成とする。管理棟に配置する什器等設備は、NWSC によるものとする。管理棟の構造と仕上げに

については、ポンプ棟と同様とし、トイレを計画する。汚水、雑排水は腐敗層を介して場外へ排水させるため、新 PS では腐敗層を合わせて計画する。

表 3-2-35 部屋の構成と配置する設備

部屋の構成	配置する設備
執務室	エアコン
倉庫	—
トイレ	男性用、女性用、シャワー、給配水設備

出典: JICA 調査団

表 3-2-36 構造及び仕上げ

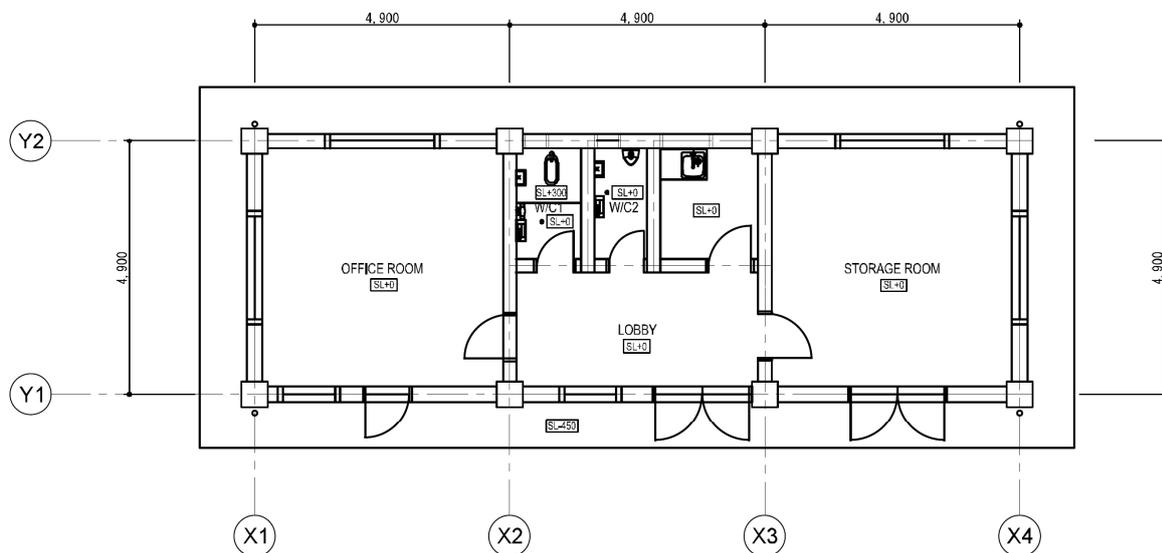
項目	仕様
構造	鉄筋コンクリート製ラーメン構造とレンガ壁
屋根	アスファルト防水またはポリマー防水、セメント仕上げ
外壁仕上げ	モルタル下地、防水ペンキ塗装仕上げ
内壁仕上げ	モルタル下地、白セメント下地、ペンキ塗装仕上げ
床仕上げ	コンクリート仕上げ（その他）
天井仕上げ	ペンキ塗装仕上げ

出典: JICA 調査団

表 3-2-37 各管理棟の床面積

No.	PS	床面積 (m ²)
1	Devkota PS, Tinpaini PS, Munal Path PS	既存管理棟の活用
2	New No.5 PS	72m ² (14.7m x 4.9m)

出典: JICA 調査団



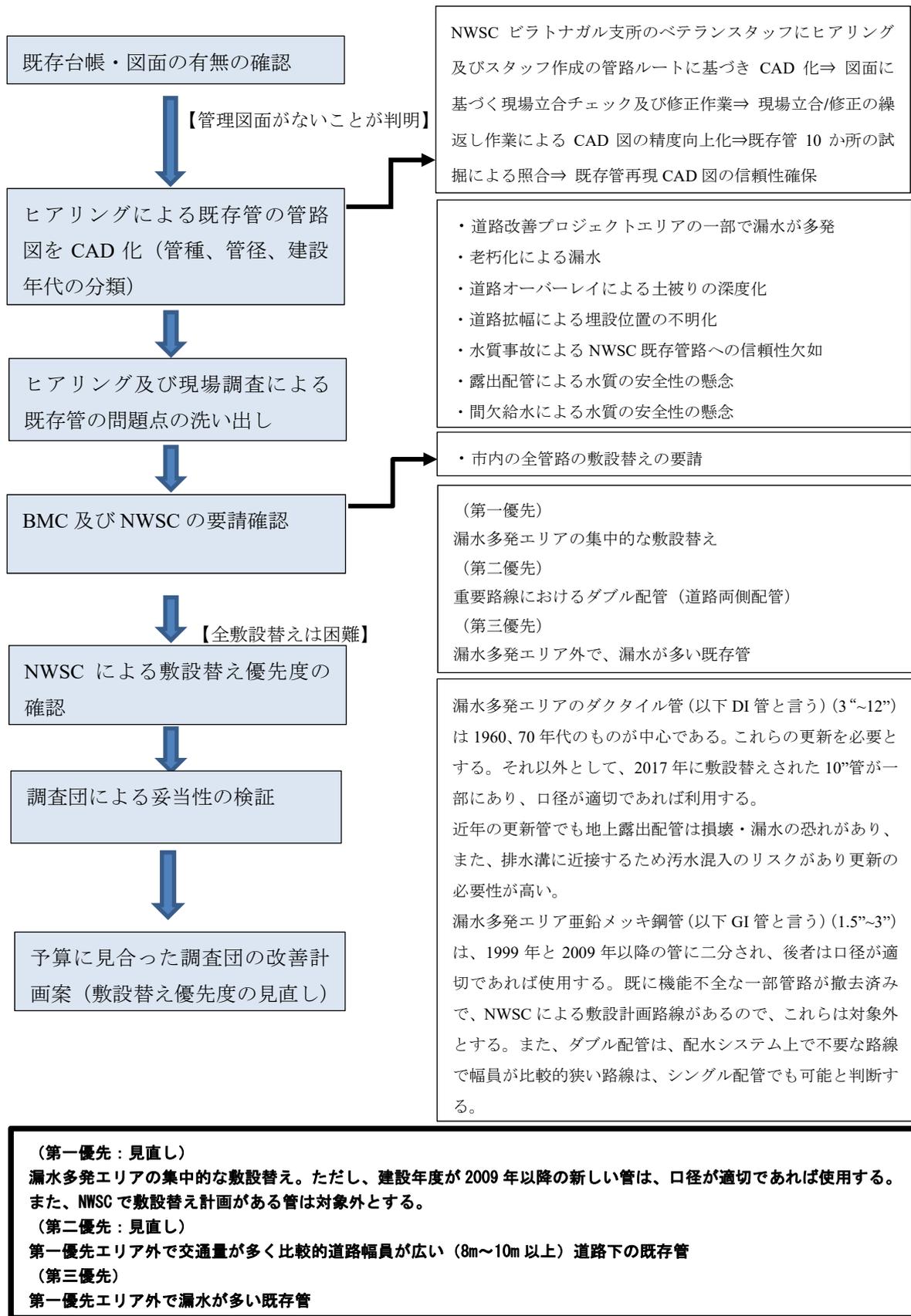
出典: JICA 調査団

図 3-2-25 管理棟レイアウト

3-2-2-11 管路施設

(1) 管路計画フロー

NWSC には、管路台帳が存在しないため、管路施設の埋設状況の把握を行い、管路のベースマップを作成した。これらを基に、管路の敷設時期、漏水の状況、漏水多発地区等の把握を行った。NWSC が管理する既設管路は、老朽化による漏水の他、道路建設により破損された管路もあり、家庭用接続配管の軽微な漏水も含めると一日当たり 2 回以上の漏水が報告されている。こうした状況下、NWSC、BMC は、すべての配水管の早期敷設替えを希望している。一方、限られた予算ですべての敷設替えは困難であり、NWSC と協議の上、敷設替えのための優先地区を設定した。これらを基本に、管路敷設を計画した。



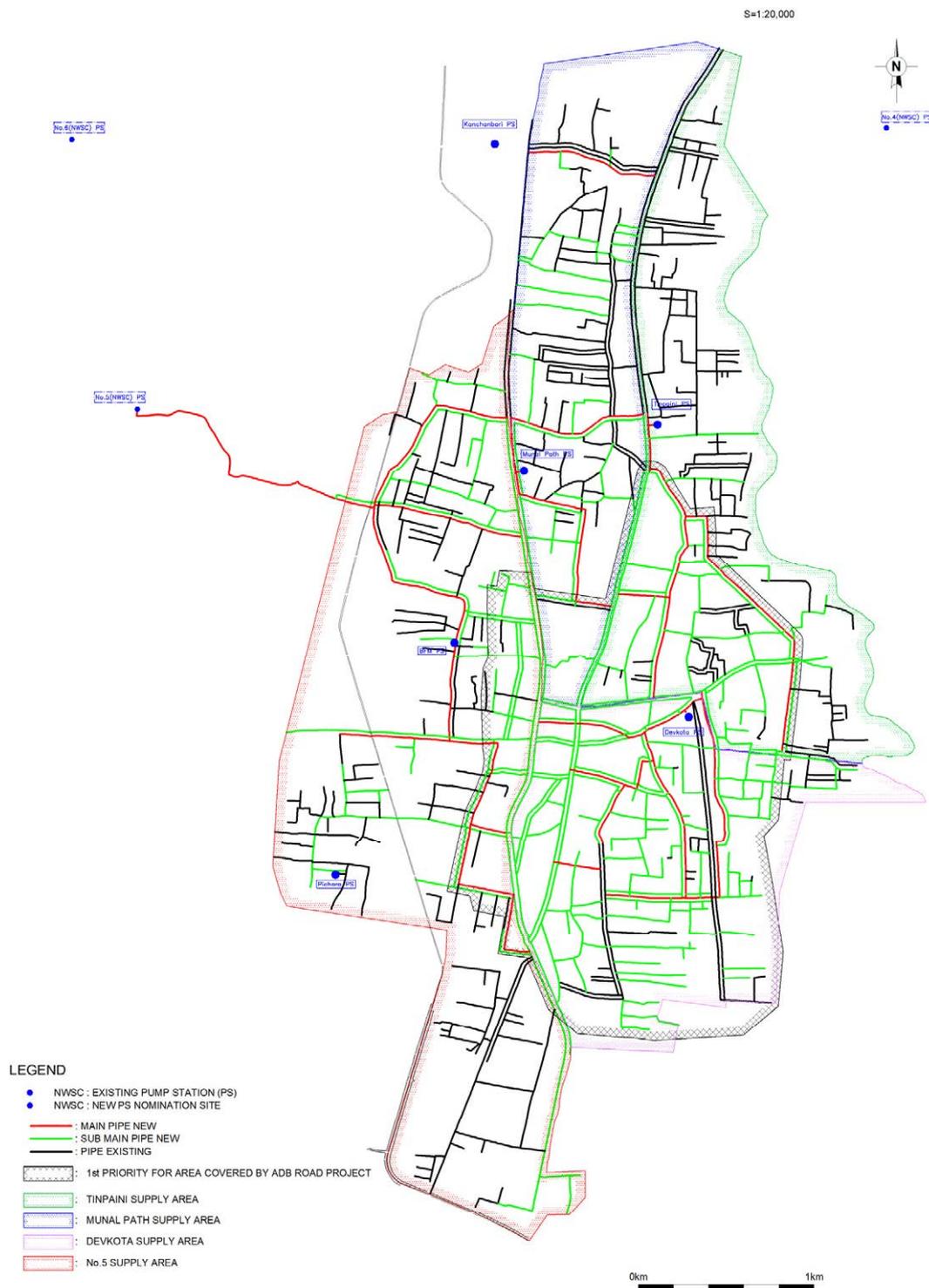
出典: JICA 調査団

図 3-2-26 配水管路敷設計画フロー

(2) 配水管敷設計画

優先地区は、可能な限り新設管を計画したが、優先地区以外に敷設される配管は比較的新しく、健全性が十分に確保されており、かつ口径も適正なものであることから、積極的に活用する計画である。ただし、配水ブロックを形成する重要な管路等は、敷設替えの対象とする。

最終的な配水管路計画は図 3-2-27、各配水区の延長は表 3-2-38 である。



出典 JICA 調査団

図 3-2-27 NWSC 配水区における全体管路計画図

表 3-2-38 計画管路延長

配管口径		管路延長 (m)			
		Devkota 配水区	Tinpaini 配水区	Munal Path 配水区	No.5 配水区
配水本管	12 inch	293	0	338	3,351
	10 inch	2,153	61	2,086	465
	8 inch	314	335	0	2,373
	6 inch	2,390	3,465	771	2,006
	小計	5,150	3,861	3,195	8,195
配水支管	4inch	12,680	9,479	7,243	14,862
	3 inch	16,273	4,623	4,300	7,248
	小計	28953	14,102	11,543	22,110
合計		34,103	17,963	14,738	30,305
					97,109

出典 JICA 調査団

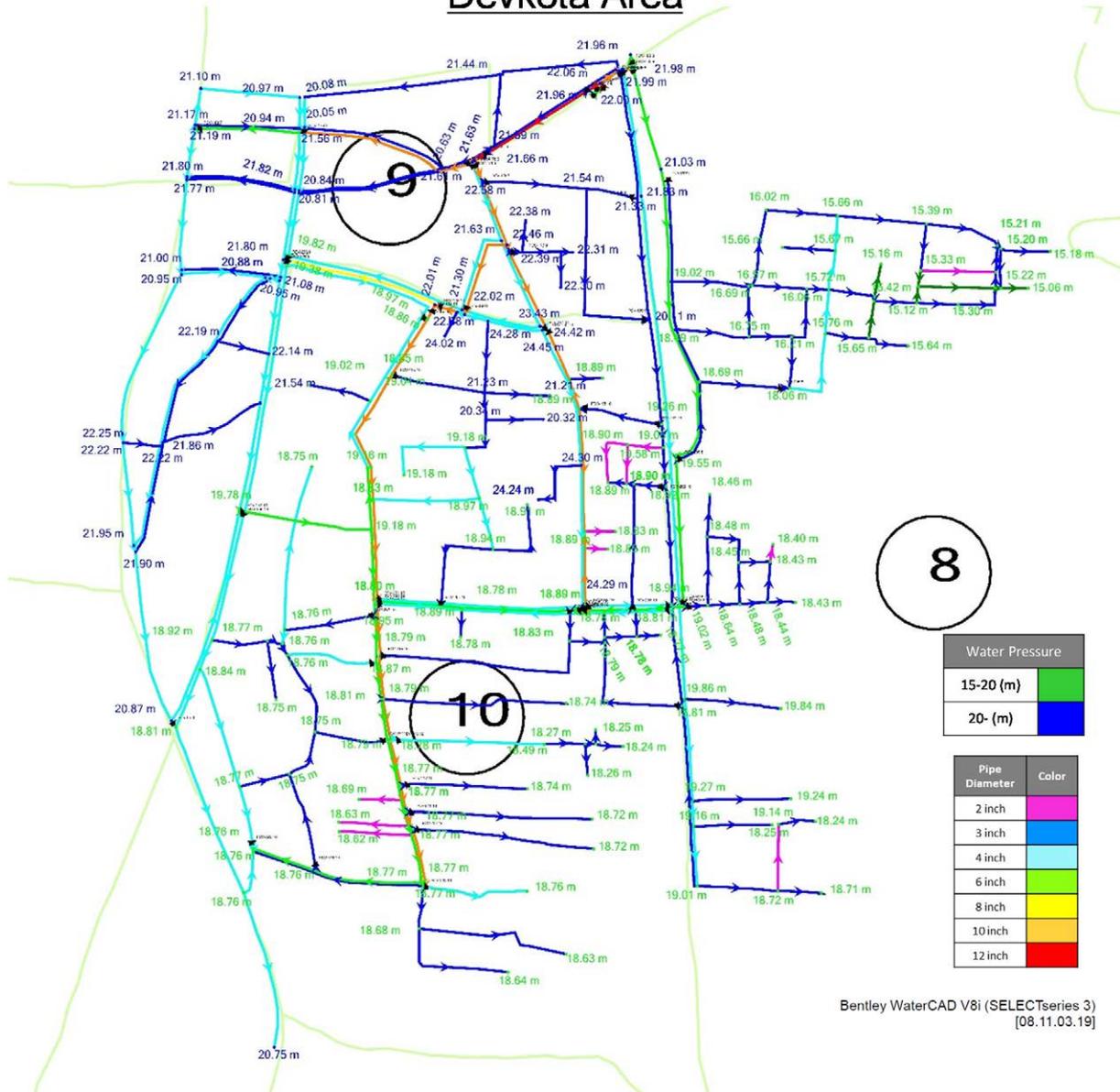
(3) 管網計算

管網は、現況管路と新設管路で構成されており、2 インチ管はすべて既設管路となる。図中の数値が各節点での圧力であり、各配水区の圧力は 15m 以上確保できており、現況管路と計画管路の配水能力を確認できた。各 PS から離れるにつれ、圧力損失が大きくなり、節点水圧は減少する。また、地形が北から南に傾斜しているため、全体的に PS より北側エリアの圧力が低めになる傾向にある。こうしたエリアで、小口径の既設 2 インチ管を多用している場合は、圧力損失の影響を受けやすいため、一部の管で口径アップをしている。

配水区毎の管網計算は、以下の条件で行った。各配水区の管網解析結果は、図 3-2-28～図 3-2-31 である。

- 一人一日計画平均給水量 : 166.7LCD (125/0.75)
- 一人一日計画最大給水量 : 200 LCD (166.7 x 1.2)
- 一人一日時間最大給水量 : 334 LCD (200 x 1.62)
- 接点流量 : 配水区計画給水人口 x 334LCD/配水区接点数
- 最小水圧 : 15m 以上

Devkota Area

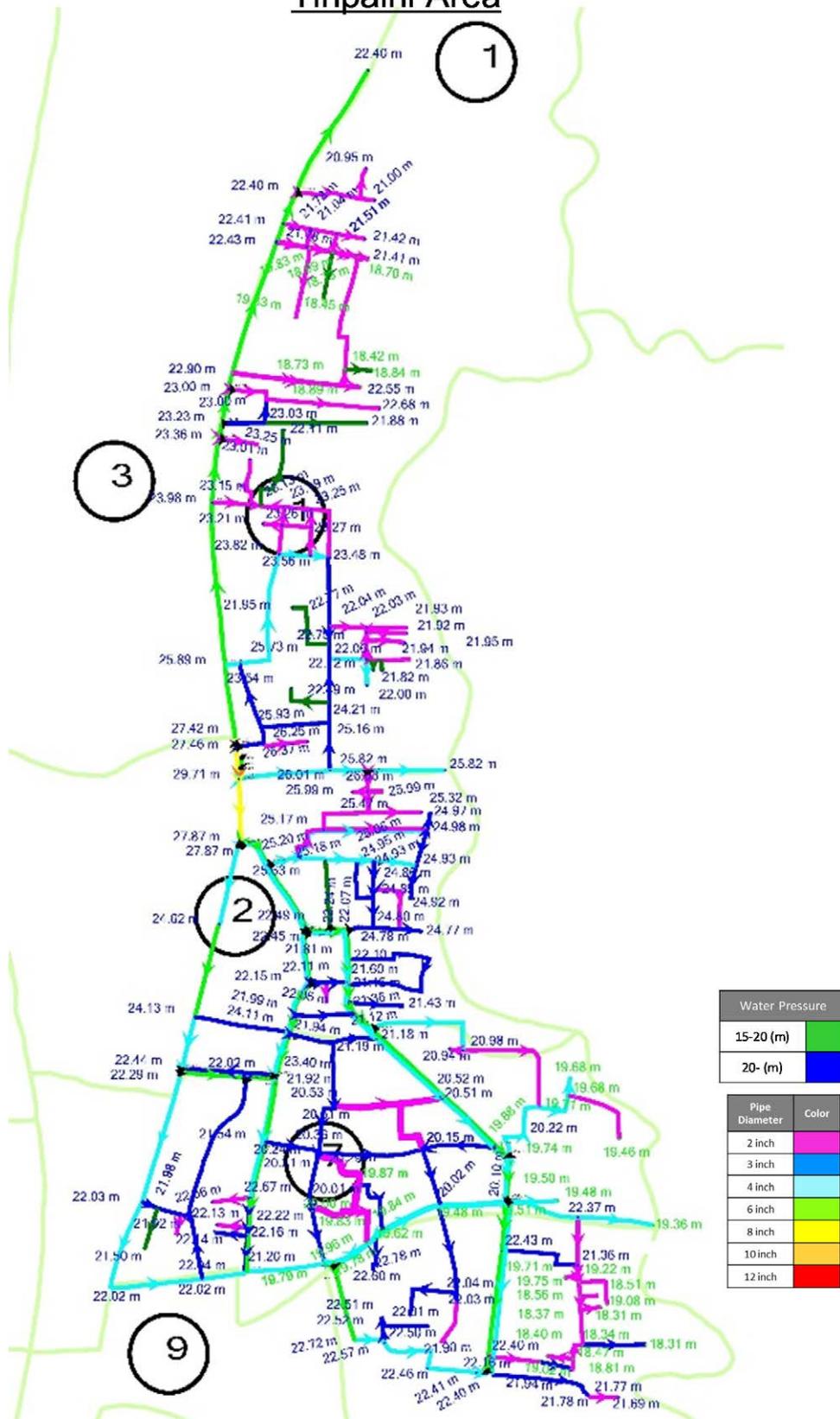


Bentley WaterCAD V8i (SELECTseries 3)
[08.11.03.19]

出典 JICA 調査団

図 3-2-28 Devkota エリア管網解析結果

Tinpaini Area



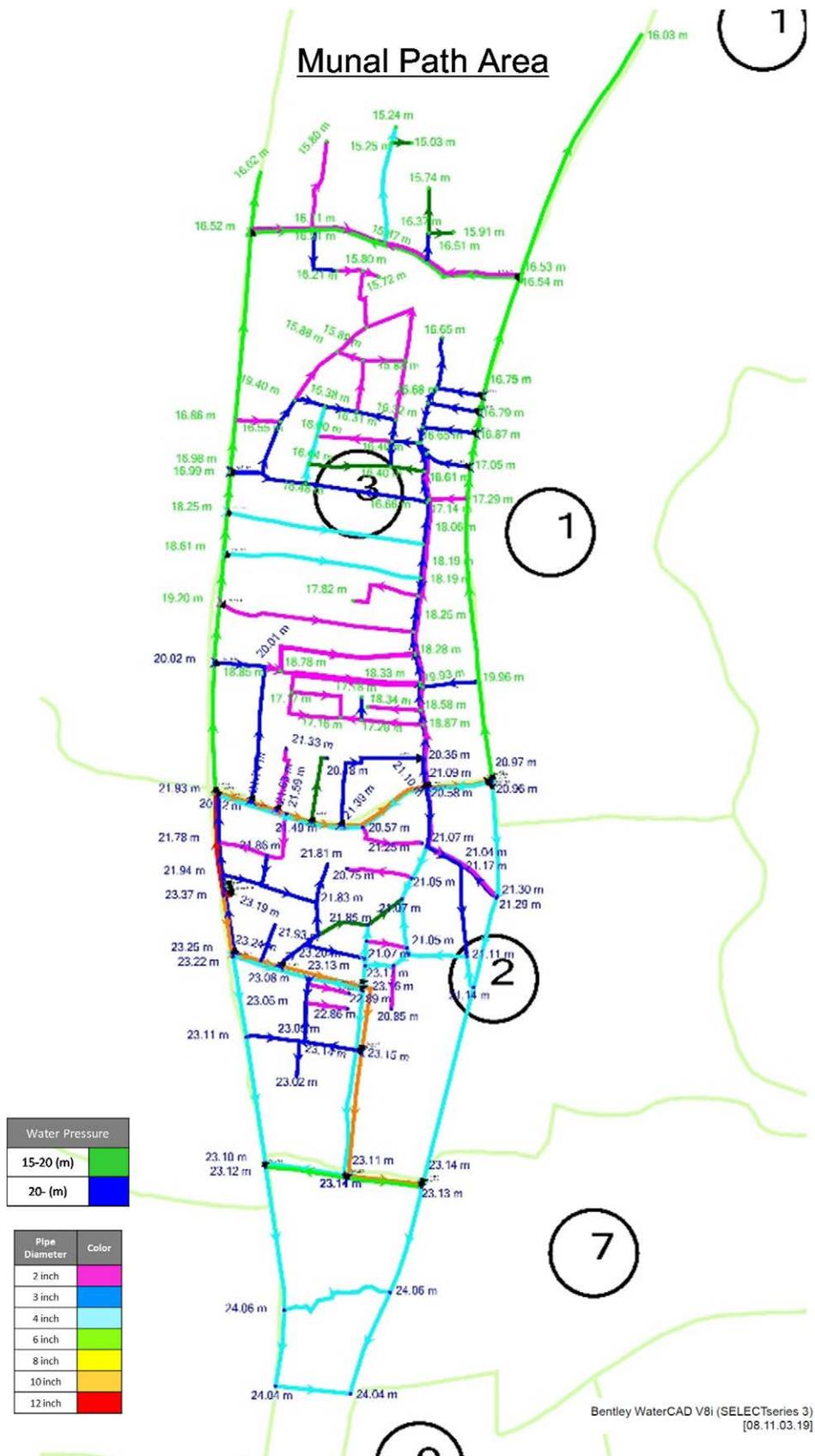
Water Pressure	
15-20 (m)	Green
20- (m)	Blue

Pipe Diameter	Color
2 inch	Pink
3 inch	Cyan
4 inch	Light Blue
6 inch	Yellow-Green
8 inch	Yellow
10 inch	Orange
12 inch	Red

Bentley WaterCAD V8i (SELECTseries 3)
[08.11.03.19]

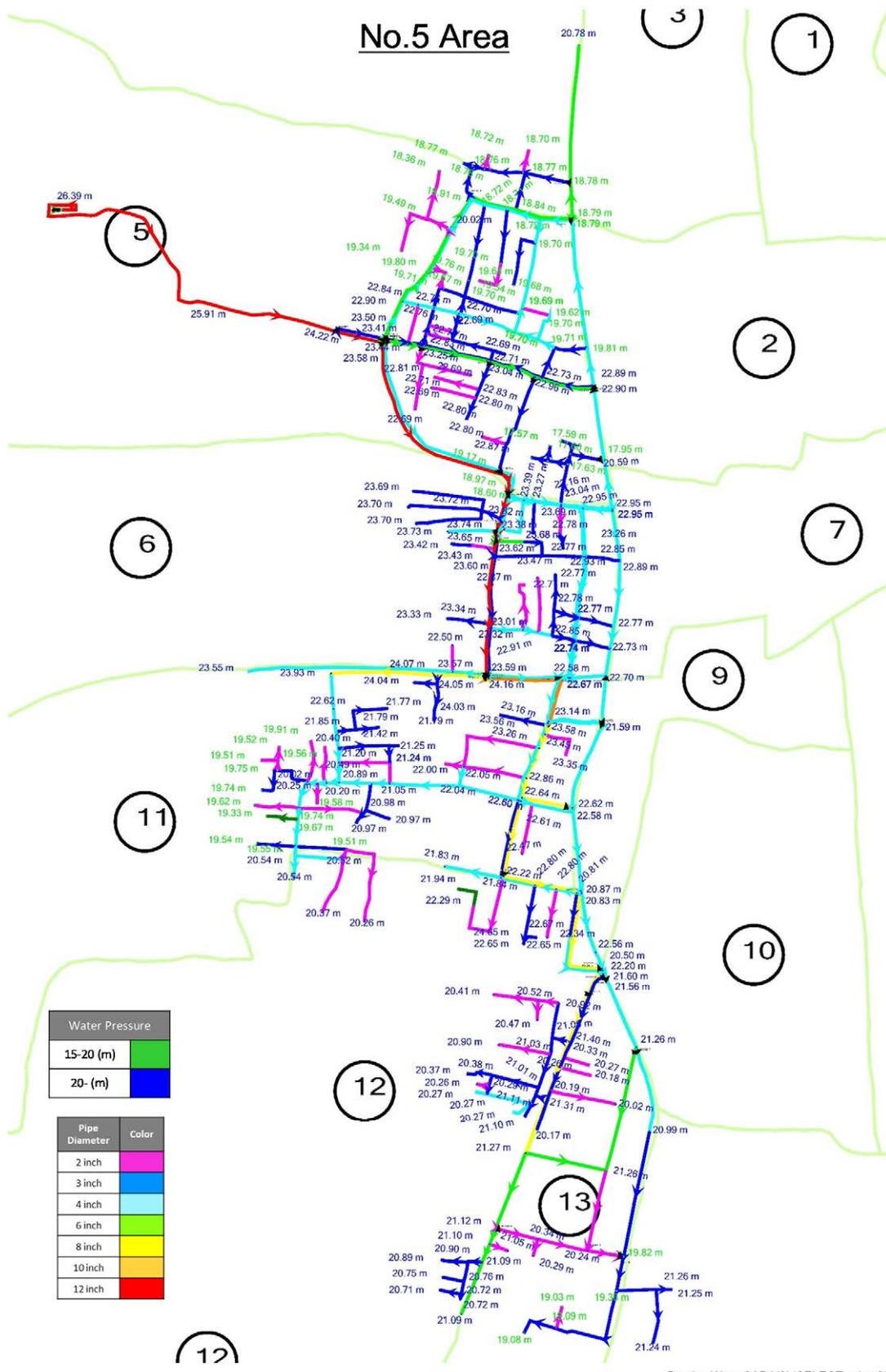
出典 JICA 調査団

図 3-2-29 Tinpaini エリア管網解析結果



出典 JICA 調査団

図 3-2-30 Munal Path 管網解析結果



Bentley WaterCAD V8i (SELECTseries 3)
[08.11.03.19]

出典 JICA 調査団

図 3-2-31 New No.5 エリア管網解析結果

(4) 配水管材料

近年の傾向では、地震や漏れに対し高い性能を持つ HDPE 管が、配水管の材料に適用されている。ビナトナガル市内の WUSC でも HDPE 管が主に使用されている。一方、NWSC の既存の配水管は基本的に DIP (口径 100mm~300mm まで) 及び GI 管 (口径 100mm 未満) である。NWSC は、新規配水管の維持管理と既存配水管との接続性等から、主要道路下の主要配水管に DIP を使用し、支線道路の配水管には HDPE 管を使用可としている。本プロジェクトでは市場性・価格・信頼性等から、以下を基本設計方針とする。

- 口径 250mm 又はそれ以上の配水管 : DIP (T タイプ接合方式)
- 口径 200mm 又はそれ以下の配水管 : HDPE (ネパール規格の PE100)

NWSC が HDPE 管を積極的に採用しない背景には、現在の WUSC による HDPE 管の初期接続方式が、必ずしも適切な融着接合ではなく、多数の漏水が報告されていることがある。

しかし、現在、WUSC の接続方式は改善されており、漏水事故は減少していることや、NWSC が実施中のポカラ市の無償資金協力プロジェクトでも、HDPE 管が採用されていることから、NWSC は HDPE 管の採用に合意した。

なお、HDPE 管の一般的な接合方法には、次の 2 タイプがある。本プロジェクトでは、直管部の接合は、経済性の観点から BF 接合とし、曲管や接合部についてじゃ、EF 接合とする。

- EF (エレクトリックフュージョン) 接合方式: 電熱線が埋められた EF ソケットを通電することによりヒーターが加熱され、管と継手が融着され接合する方法であり、精度が高い。
- BF (バットフュージョン) 接合方式: 加熱された熱板で管端部を加熱し、熱板を取り除いて管同士を押し付けて融着接合する方法であり、EF に比較して熟練を要し施工管理が難しい。一方、ソケットがない分、工事費は EF 接合より安価になる。

(5) 弁類の設置方針

各種タイプのバルブと継手を配水管路網に設置する必要がある。以下を、プロジェクトでの基本方針として設置する。

➤ ゲートバルブ

維持管理に必要な給水分岐点にゲートバルブを設置する。また配水区域間の連絡弁として別途設置を行う。

➤ 空気弁

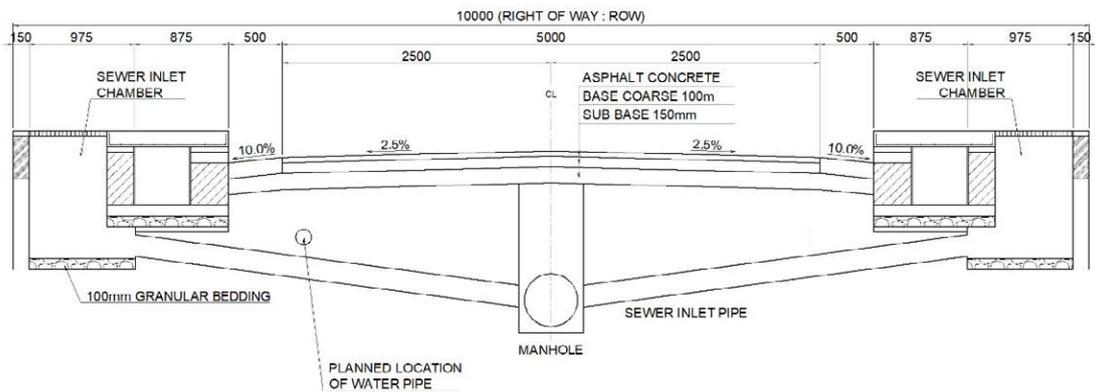
測量結果に基づいて管路の敷設位置が高く空気溜まりとなる箇所、空気弁を配置する必要がある。特に、国道では市内道路の標高より 1m 程度高い箇所があるので留意する。また、灌漑水路の横断部にも設置する。

➤ 消火栓

市内の消火栓は、道路工事により機能していない。消火栓は、市内を中心に限定的に設置する。

➤ 排水バルブ

維持管理用に放流箇所が近傍にある場合に、排水用バルブを設置する。



注：道路の両側に敷設するケースもある。

出典 JICA 調査団

図 3-2-34 下水汚水樹設置部における配水管敷設位置

(7) 各戸接続

各戸への接続方法は、配水本管、配水支管計画や民地と道路のスペースによって分類化される。NWSC との議論を踏まえ、接続方法ならびに日本側との分担境界について、表 3-2-39 および図 3-2-35 の通り計画する。

表 3-2-39 各戸接続方法の分類

ケース		対処方針
(ケース 1) 配水支管計画のない幅員 3m~4.5m 程度の分岐道路		分岐道路に沿って、弁を備えた長さ 2m の HDPE 管 (口径 50mm) を日本側が設置する。弁以降は、住居配置に応じて NWSC が配水支管を延長し、水道メータを含む各戸までの接続を行う。
(ケース 2) 主要道路沿いの配水本管又は配水支管から各戸に接続する場合	(ケース 2-1) 道路側溝と民地との間に配管スペースを確保できる場合	日本側は、このスペース内に、弁を備えた口径 50mm の HDPE の短管を 50m 毎に設置する。弁以降は、住居配置に応じて NWSC が水道メータを含む各戸までの接続を行う。
	(ケース 2-2) 道路側溝と民地との間に配管スペースが無い場合	日本側は、舗装下部に弁を備えた口径 50mm の HDPE の短管を 50m 毎に設置する。弁以降は、住居配置に応じて NWSC が水道メータを含む各戸までの接続を行う。

出典 JICA 調査団

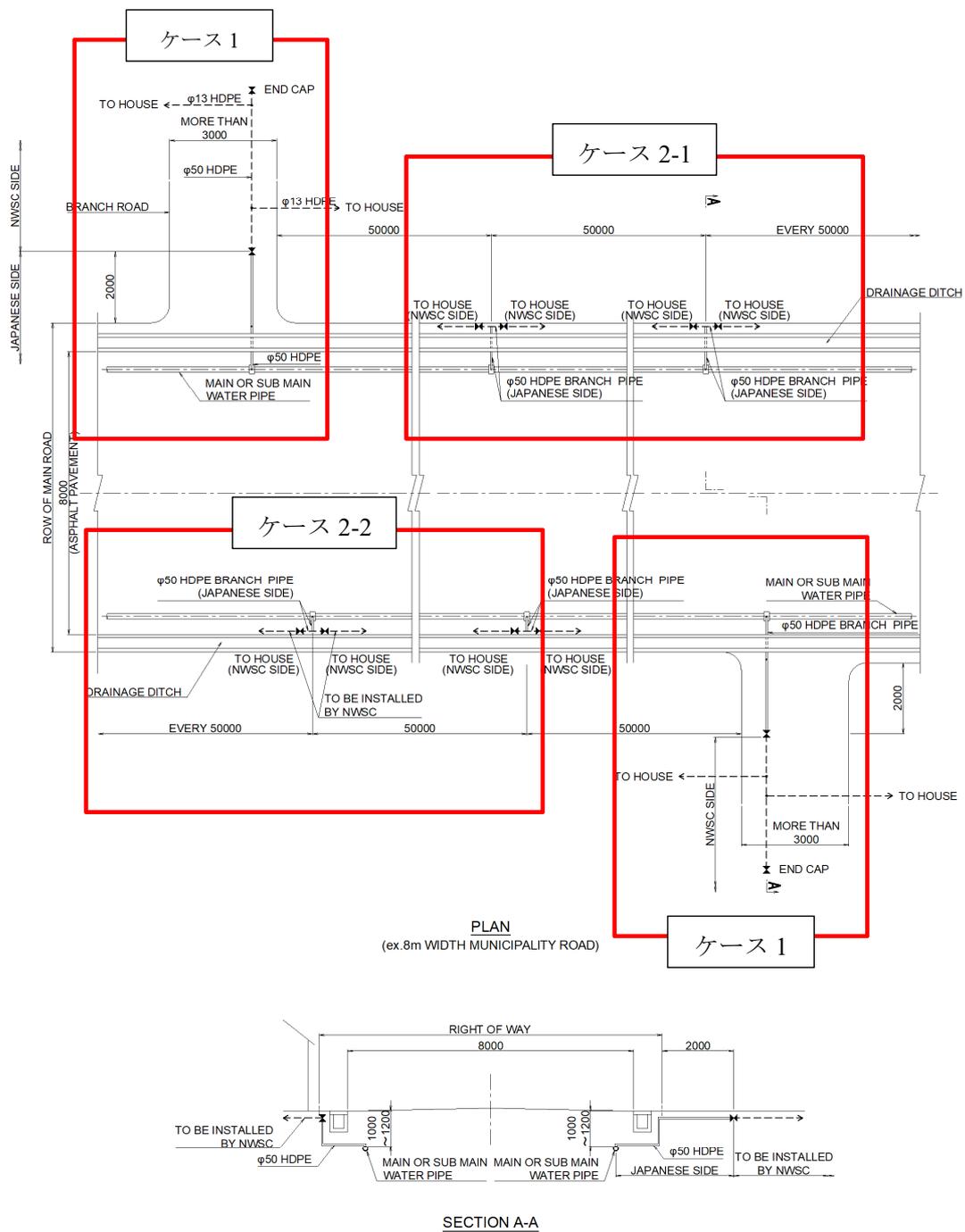


Figure Demarcation Between NWSC Side and Japanese Side for Branch Pipe for House Connection

出典 JICA 調査団

図 3-2-35 NWSC と日本側の各戸接続の所掌境界

3-2-2-12 付帯施設・機材

(1) 水質分析機器

NWSC のピラトナガル支所の管理棟内に水質試験室の設置が望まれる。現状では、水質分析は外部委託されていることから、日常のタイムリーな検査ができていない。水質試験室内に、携帯

型の簡易な試験機材を整備することにより、日常的に水質を測定し、適正な浄水水質管理ができるようになる。

以下の表に、ネパール国飲料水水質基準として定められている 27 項目の水質検査頻度、および水質分析機器の配置箇所を示す。

表 3-2-40 ネパール国飲料水水質基準値と水質検査頻度

	測定項目	測定機器	単位	基準値	検査頻度	水質機器の設置先
物理的・ 化学的検査	1 濁度	ポータブル濁度計	NTU	5 (10)**	毎日	Devkota PS Tinpaini PS Munal Path PS New No.5 PS
	2 pH	pH / EC / TDS テスター		6.5-8.5*		
	3 色度	多項目吸光光度計	TCU	5 (15)**		
	4 味&におい	-		確認されないこと		
	5 残留塩素	多項目吸光光度計	mg/l	0.1-0.2*		
	6 鉄	多項目吸光光度計	mg/l	0.3 (3)**		
	7 マンガン	多項目吸光光度計	mg/l	0.2		
	8 電気伝導度	pH / EC / TDS テスター	μS/cm	1500		
	9 アンモニア	多項目吸光光度計	mg/l	1.5	月に1回	Devkota PS
	10 塩化物	多項目吸光光度計	mg/l	250		
	11 窒素	多項目吸光光度計	mg/l	50		
	12 全硬度	多項目吸光光度計	mg/l	500		
	13 カルシウム	多項目吸光光度計	mg/l	200		
	14 総溶解固形物	pH / EC / TDS テスター	mg/l	1000		
	15 ヒ素	外部委託	mg/l	0.05	年に1回	外部委託
	16 カドミウム		mg/l	0.003		
	17 クロミウム		mg/l	0.05		
	18 シアン化物		mg/l	0.07		
	19 フッ化物		mg/l	0.5-1.5*		
	20 鉛		mg/l	0.01		
	21 硫酸塩		mg/l	250		
	22 銅		mg/l	1		
	23 亜鉛		mg/l	3		
	24 水銀		mg/l	0.001		
	25 アルミニウム	mg/l	0.2			
細菌検査	26 大腸菌	外部委託	MPN/100ml	0	年に1回	外部委託 本来は月1回の測定項目だが、残留塩素が規定値以上の数値であれば、年1回の測定で良いものとする。
	27 大腸菌群		MPN/100ml	95 % in sample		

* 下限値と上限値を示す

** () 内の数字は、推奨されている基準値の上限を示す。

出典 JICA 調査団

上表に示す通り、毎日測定項目については全ての PS に水質分析機器を配置する。一方、月 1 回の測定項目については、Devkota PS にのみ水質分析機器を配置して各 PS の水質分析を行うこととする。また年 1 回測定すべき水質項目、および大腸菌・大腸菌群については、従来どおり外部委託により測定する。

(2) ミニバックホウ

本プロジェクトを実施する場合、配水管の更新・新設が含まれるが、配水管の更新・新設には、各戸給水設備の工事が必要である。本プロジェクトでは、NWSC が各戸給水設備の工事を行う必要があり、また、施設完成後の維持管理の段階では、NWSC が効率的に給水管修理等を実施しなければならない。これには小型のバックホウが必要であるが、NWSC のピラトナガル支所はバックホウを保有しておらず、毎回の工事を人力掘削かレンタルした機械で実施せざるを得ない。この状況を効率化するために、本プロジェクトの機材調達コンポーネントにミニバックホウを含める。以下に小型掘削機の基本仕様を示す。

- 型式 : ミニバックホウ
- 台数 : 2 基

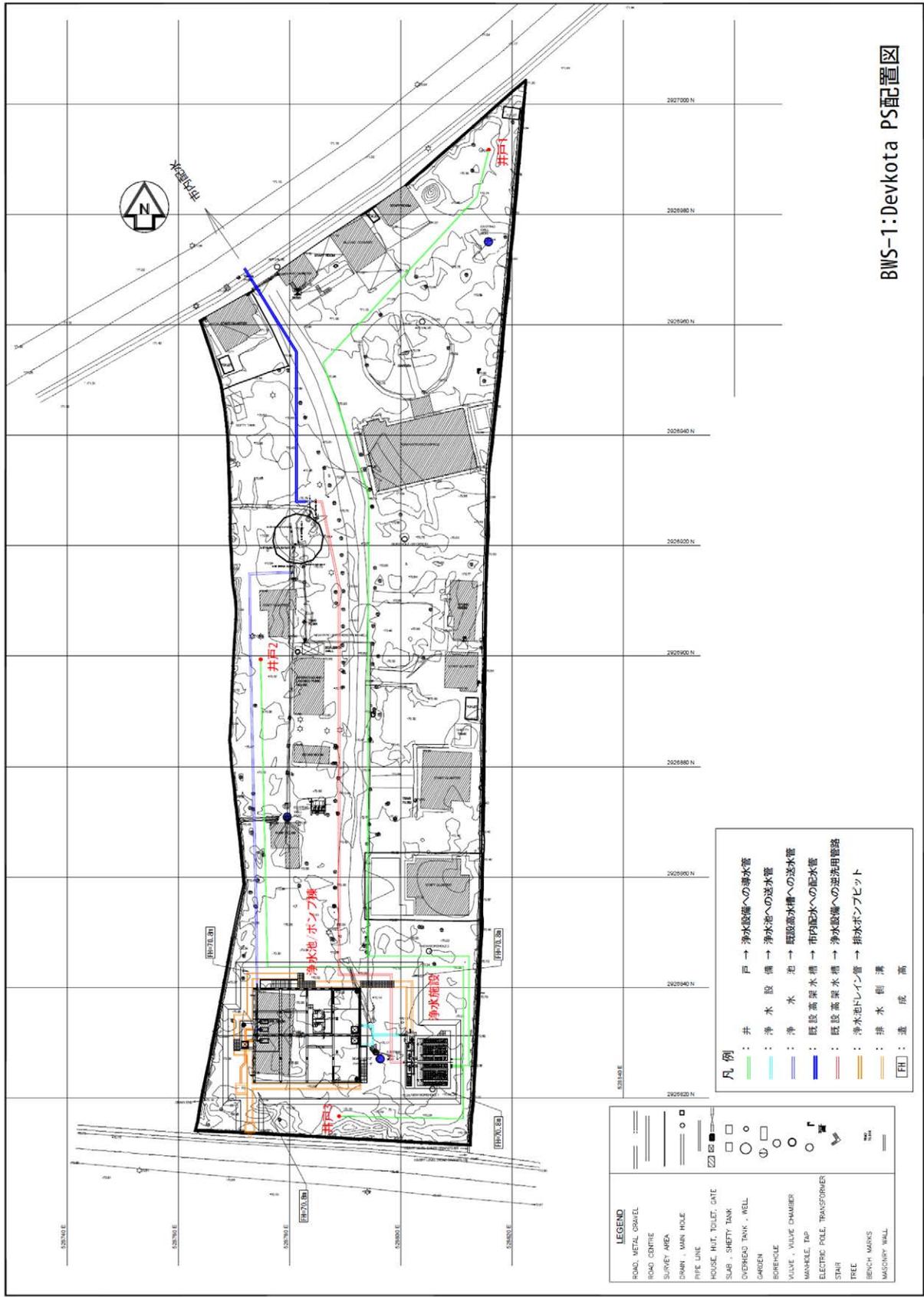
- ▶ バケツ容量 : 0.05 ~ 0.1m³
- ▶ オプション : ラバーパドル
- ▶ 初期指導 : 含む

3-2-3 概略設計図

本プロジェクトの概略設計図は以下のとおりであり、次頁以降に示す。

[概略設計図面リスト]

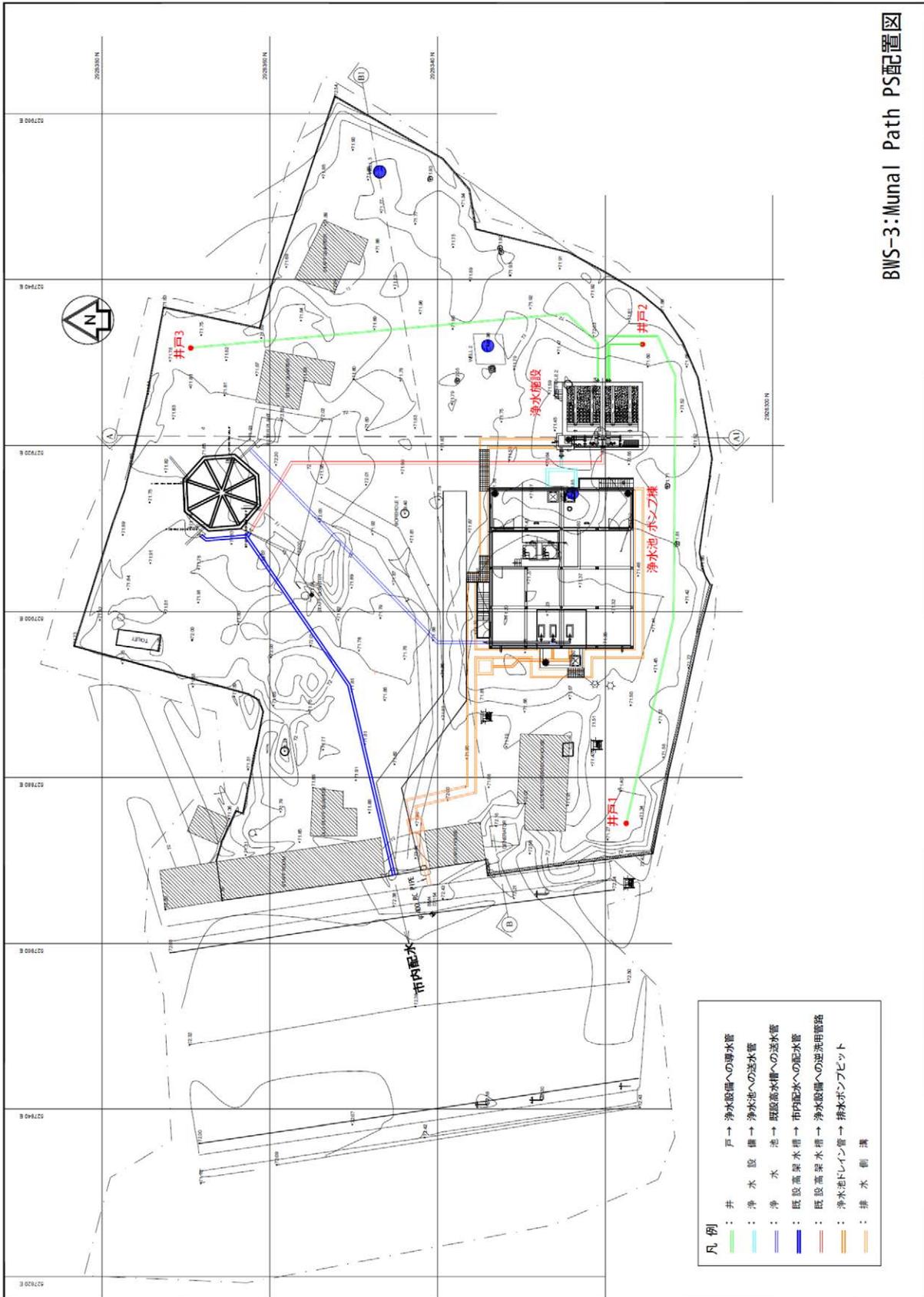
図面番号	図面タイトル
DWS-01	Devkita PS 配置図
DWS-02	Tinpaini PS 配置図
DWS-03	Munal PS 配置図
DWS-04	New No.5 PS 配置図
DWS-05	システムフロー図
DWS-06	井戸一般図
DWS-07	浄水施設一般図
DWS-08	浄水池／ポンプ棟一般図 (1,200m ³) (1)
DWS-09	浄水池／ポンプ棟一般図 (1,200m ³) (2)
DWS-10	浄水池／ポンプ棟一般図 (450m ³) (1)
DWS-11	浄水池／ポンプ棟一般図 (450m ³) (2)
DWS-12	高架タンク一般図
DWS-13	管理棟一般図
DWS-14	排水管網図



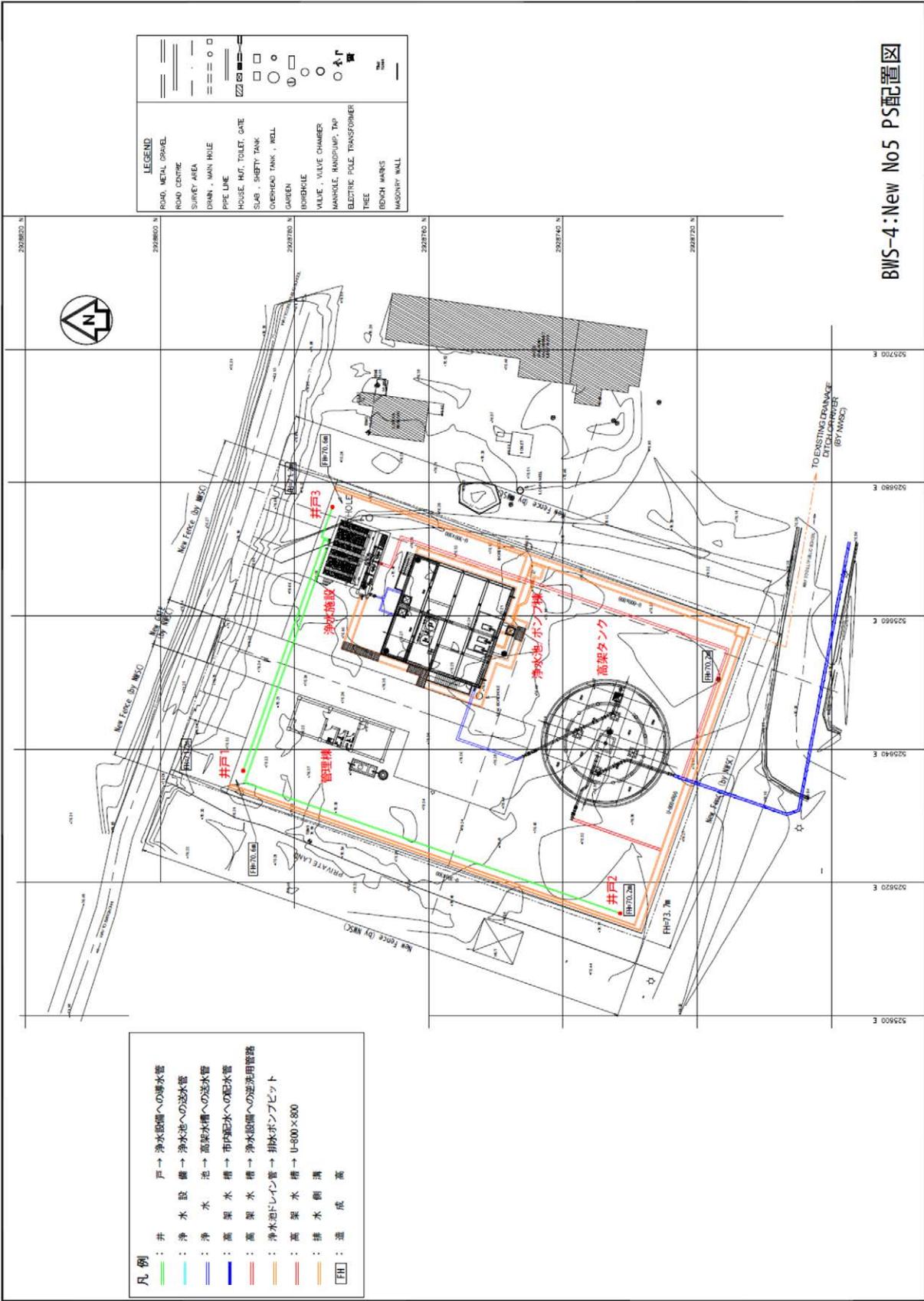
BWS-1: Devkota PS配置図



BWS-2: Tinpaini PS配置図

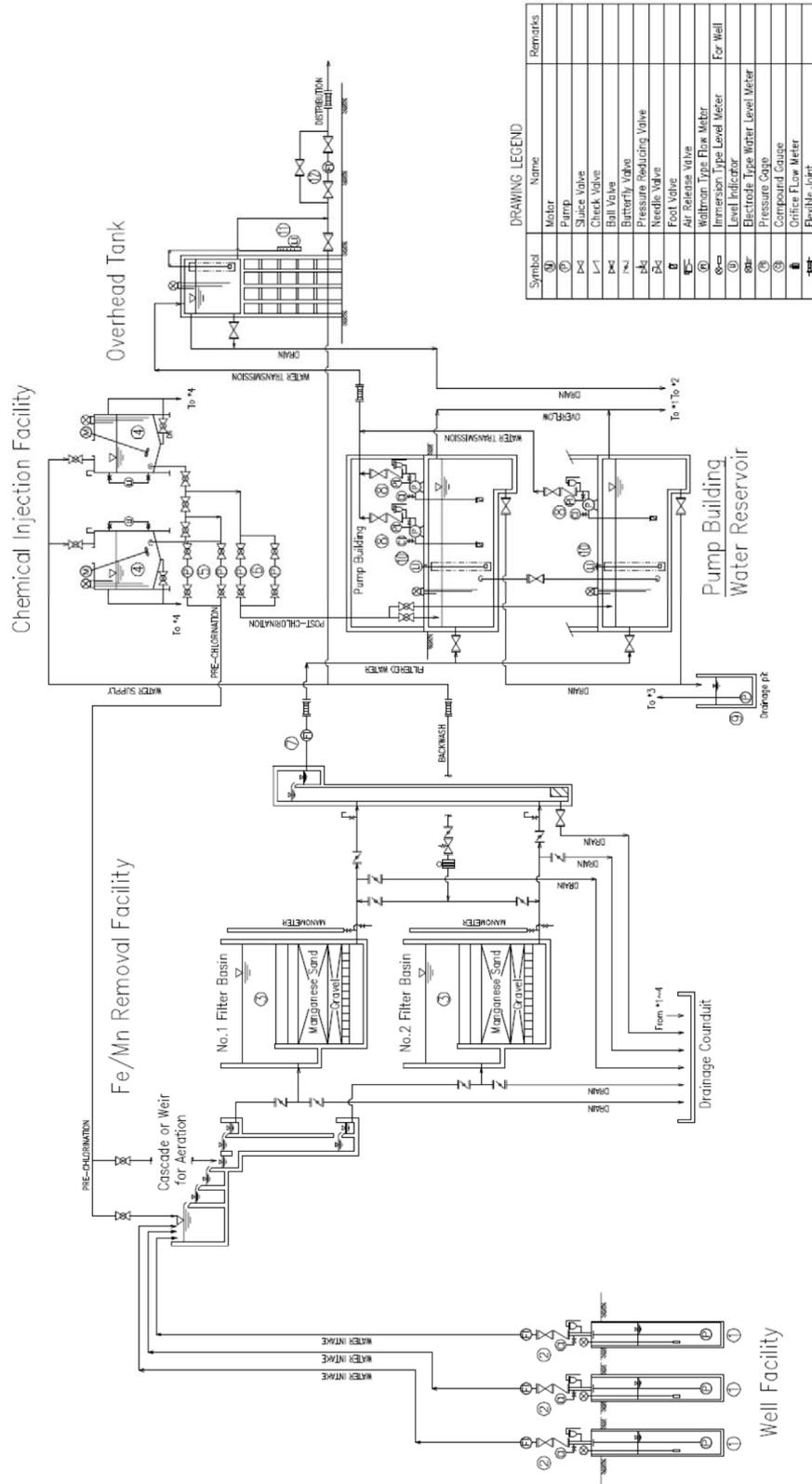


BMS-3: Munal Path PS配置図



BWS-4: New No.5 PS配置図

SYSTEM FLOW DIAGRAM



DRAWING LEGEND

Symbol	Name	Remarks
①	Motor	
②	Pump	
③	Sluice Valve	
④	Check Valve	
⑤	Ball Valve	
⑥	Butterfly Valve	
⑦	Pressure Reducing Valve	
⑧	Needle Valve	
⑨	Foot Valve	
⑩	Air Release Valve	
⑪	Watman Type Flow Meter	
⑫	Immersion Type Level Meter	
⑬	Level Indicator	
⑭	Electrode Type Water Level Meter	
⑮	Pressure Gauge	
⑯	Compound Gauge	
⑰	Orifice Flow Meter	
⑱	Flexible Joint	

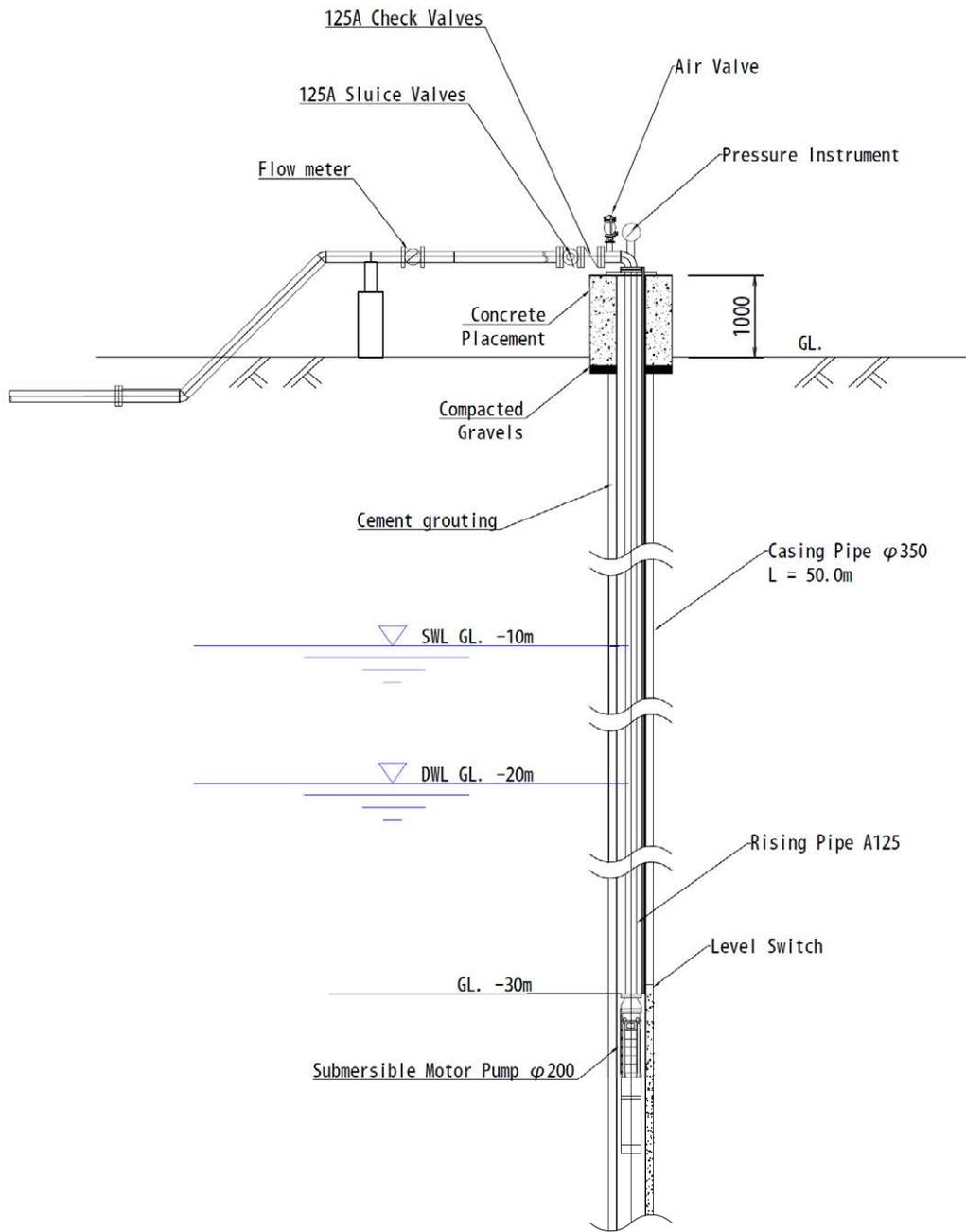
FACILITY / EQUIPMENT LIST

No.	1	2	3	4	5	6
Item	Well Pump	Well Pump, Flow Meter	Sand Filter	Chlorine Tank	Pre-chlorination Pump	Post-chlorination Pump
Type	Submersible	Watman Type	-	Cylindrical, PE Tank	Diaphragm Type	Diaphragm Type
Qty	3	3	2	2	2	2
No.	7	8	9	10	11	12
Item	Filtered Water Flow Meter	Lift Pump	Drop Pump	Water Level Meter	Water Level Meter	Distribution Flow Meter
Type	Watman Type	For-Subc. Centrifugal Pump	Submersible Pump	Flot. Type, Wethead Measure	Flot. Type, Board Measure	Watman Type
Qty	1	3	1	2	1	1

BWS-5: システムフロー図

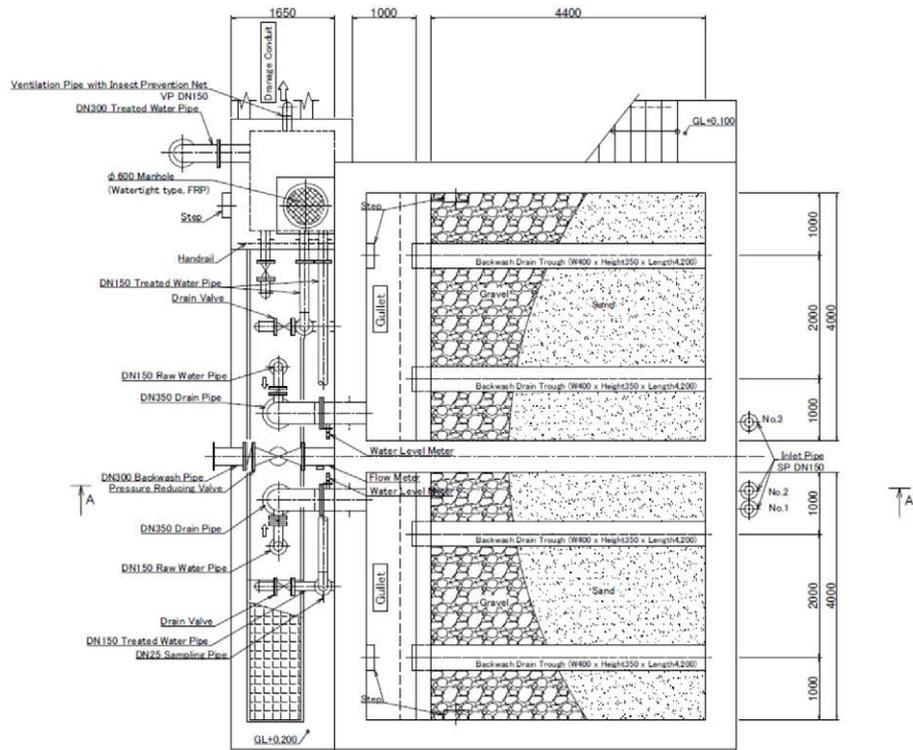
WELL STRUCTURE DRAWING

S=1:50

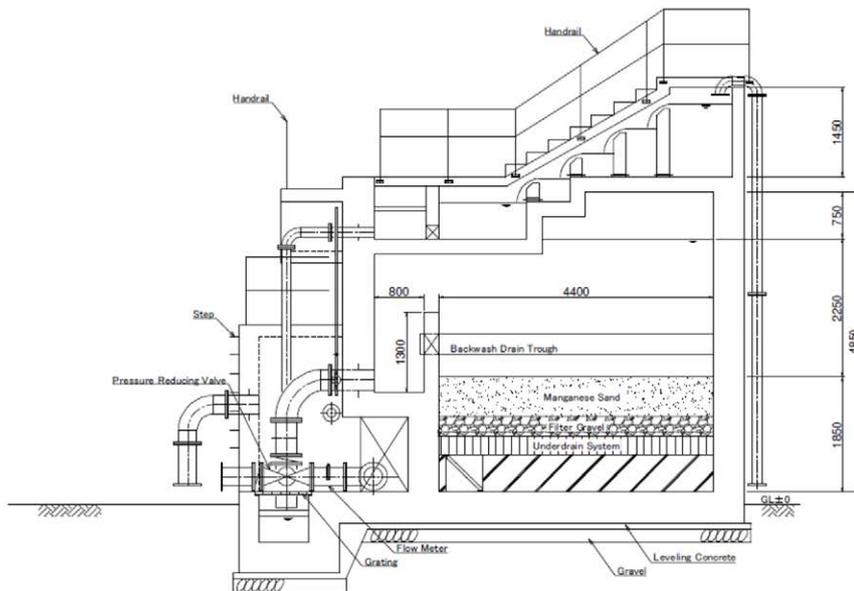


BWS-6: 井戸一般図

Water Treatment Facility Middle Plan



A-A Section

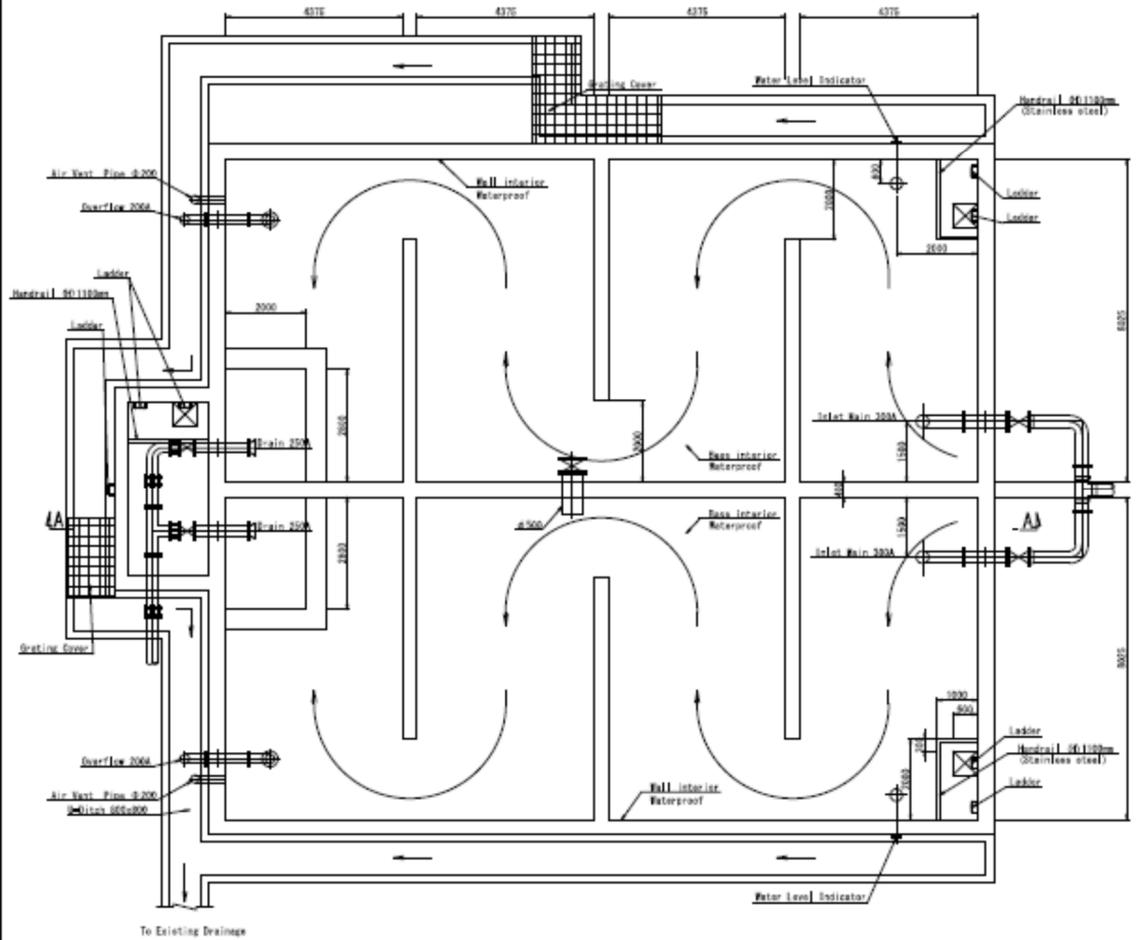


BWS-7: 浄水施設一般図

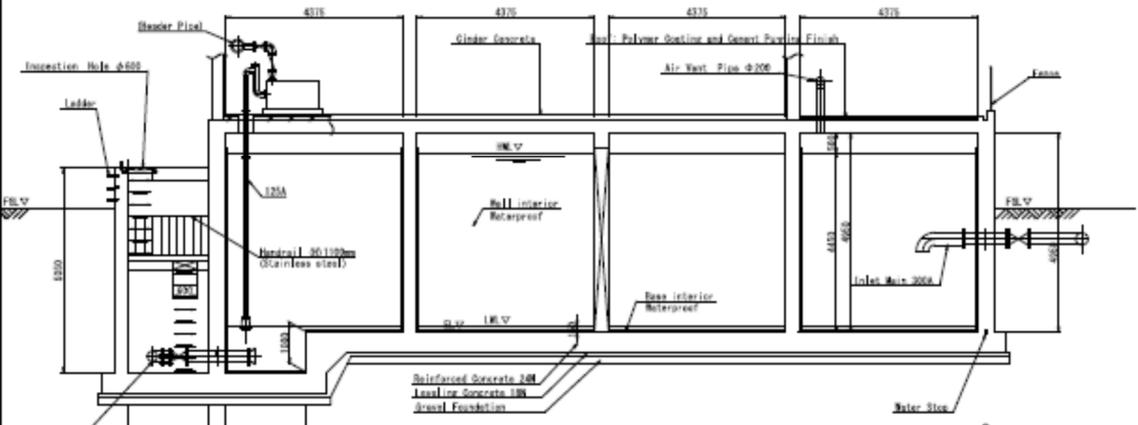
浄水池 1200m³

PUMP STATION RESERVOIR PLAN

BOTTOM PLAN S=1:150



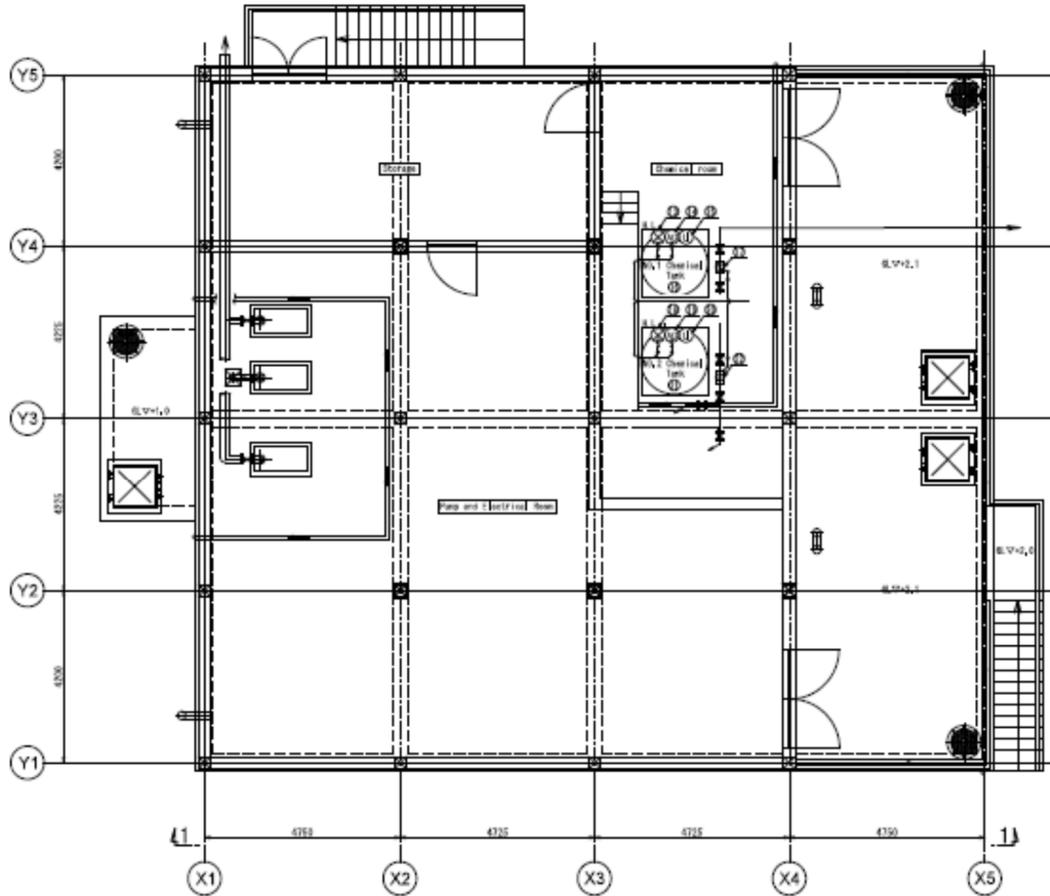
A-A SECTION S=1:150



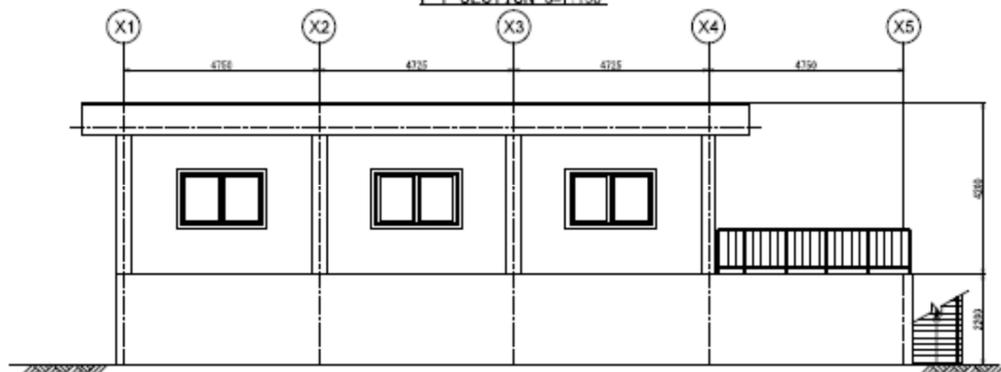
BWS-8: 浄水池/ポンプ棟一般図 (1, 200m³) (1)

浄水池 1200m³ ポンプ棟 (建築・機械・電気)

PUMP STATION RESERVOIR PLAN OF BUILDING
PLAN S=1:150



1-1 SECTION S=1:150

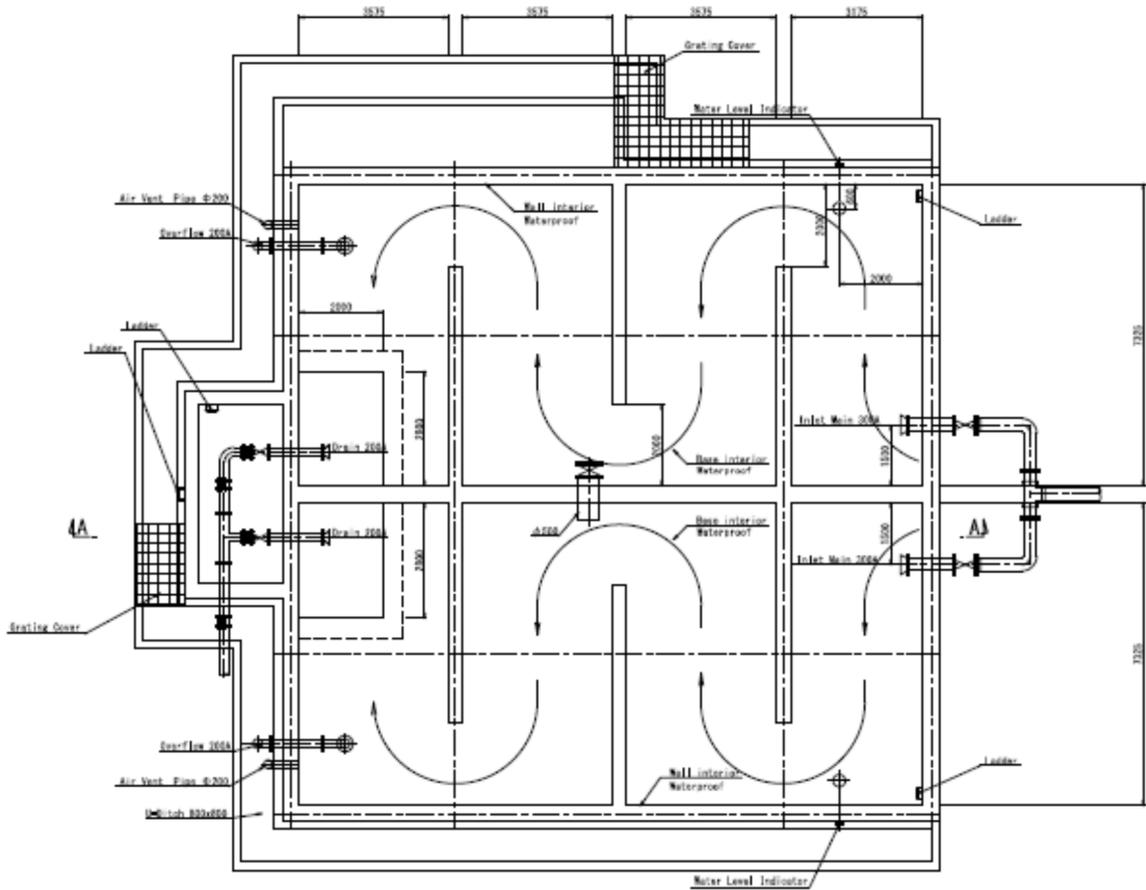


BWS-9: 浄水池/ポンプ棟一般図 (1, 200m³) (2)

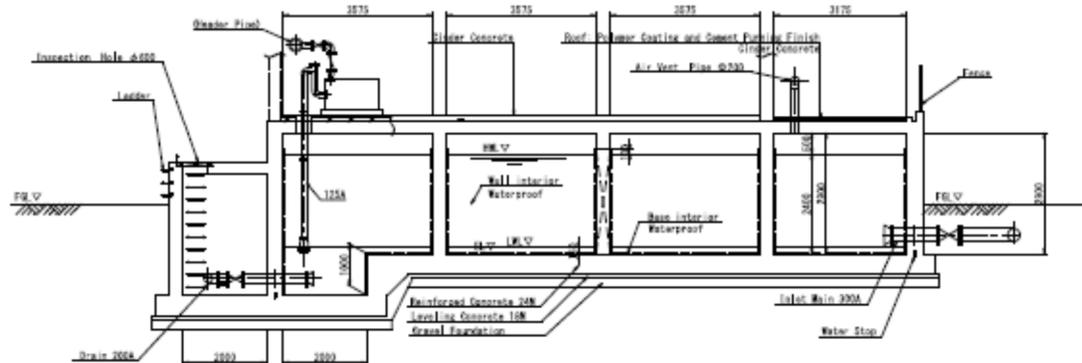
浄水池 450m³

PUMP STATION RESERVOIR PLAN

BOTTOM PLAN S=1:150



A-A SECTION S=1:150

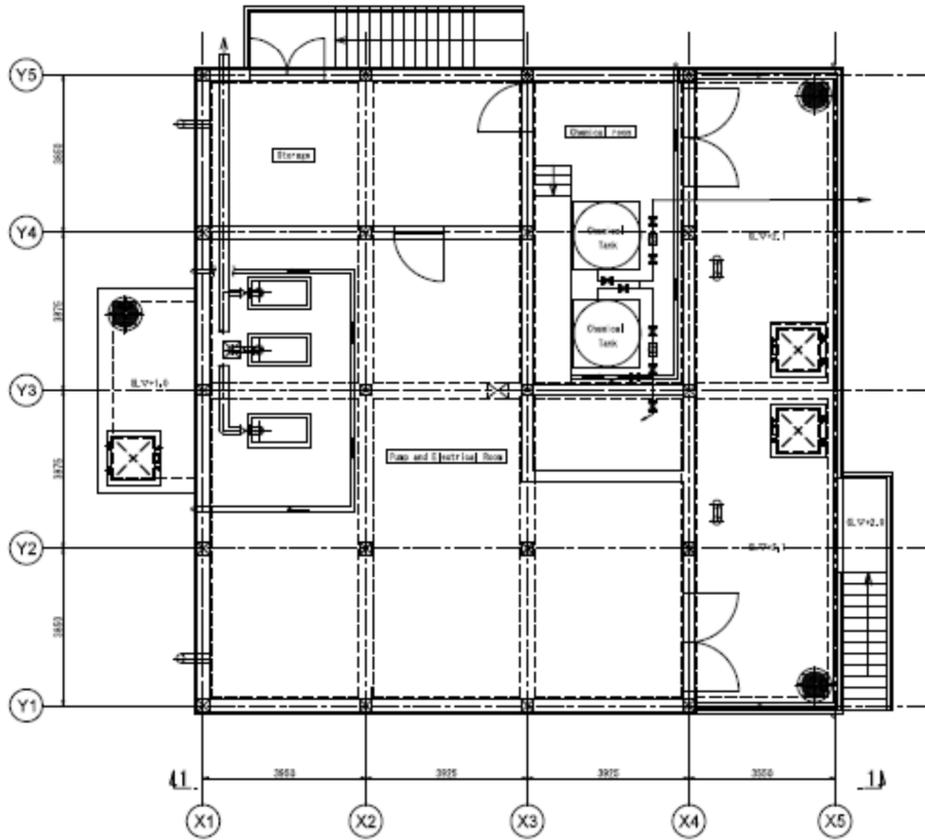


BWS-10: 浄水池/ポンプ棟一般図 (450m³) (1)

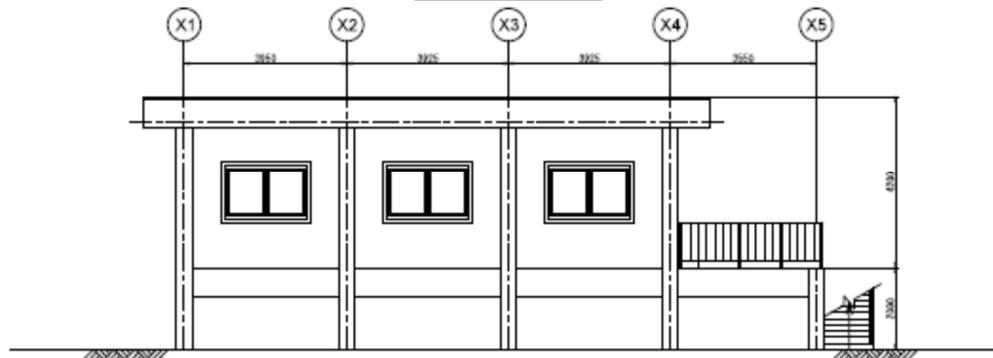
浄水池 450m³ ポンプ棟 (建築・機械・電気)

PUMP STATION RESERVOIR PLAN OF BUILDING

PLAN S=1:150



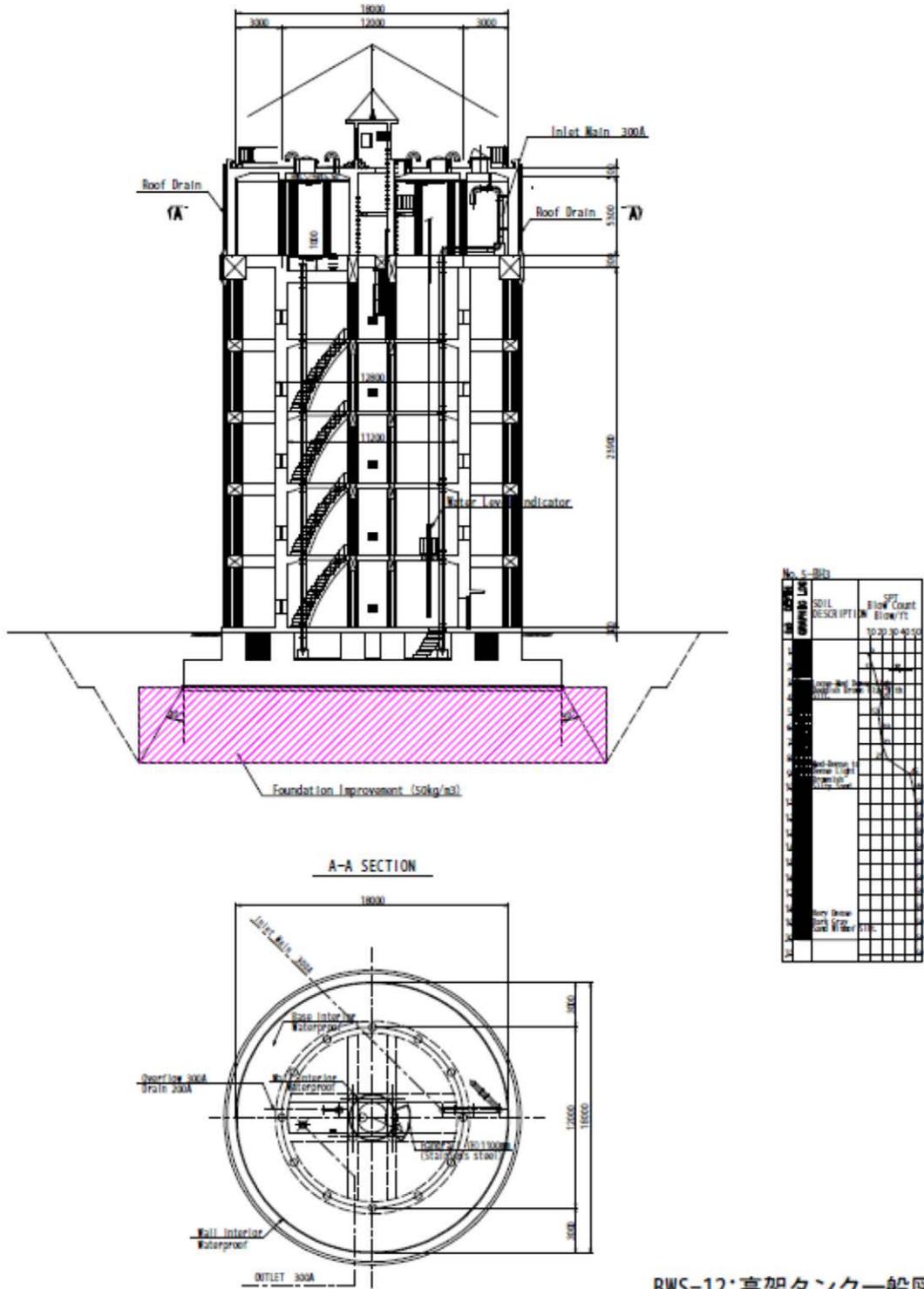
1-1 SECTION S=1:150



BWS-11: 浄水池/ポンプ棟一般図 (450m³) (2)

NEW NO. 5 PUMP STATION (OVERHEAD TANK) SECTION

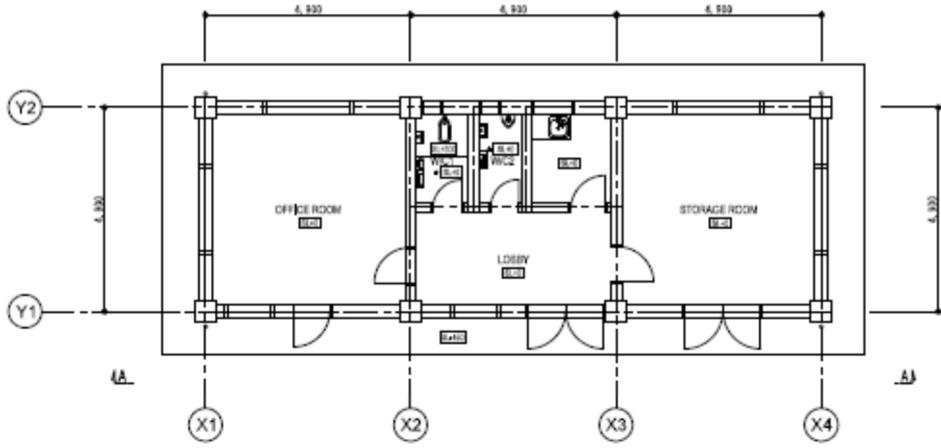
S=1:250



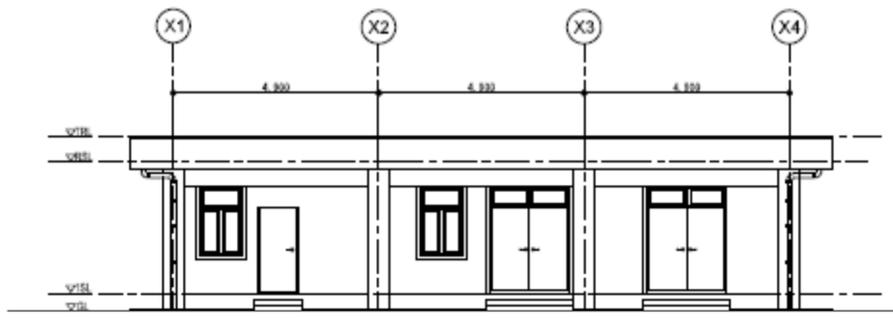
BWS-12:高架タンク一般図

管理棟

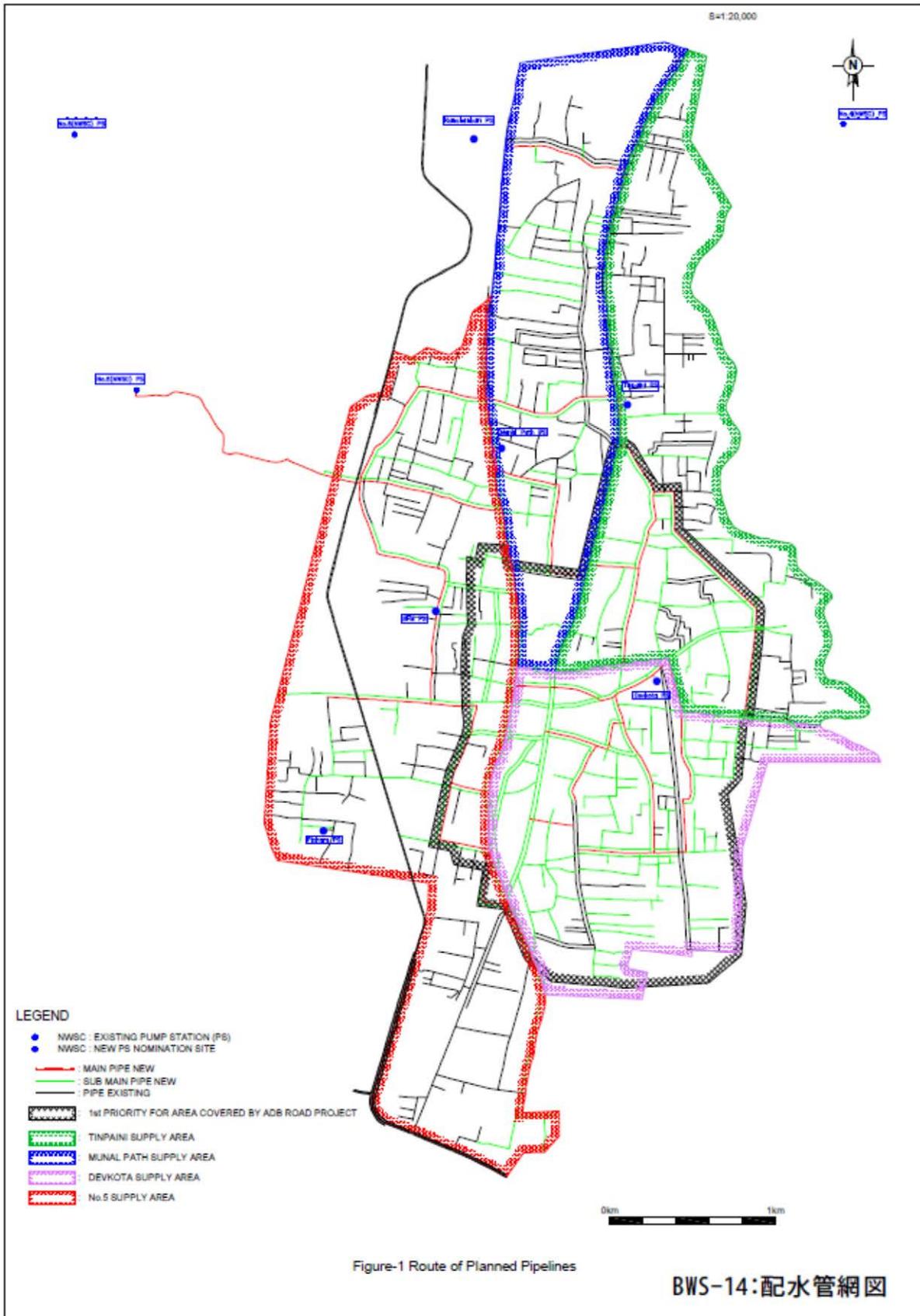
FLOOR PLAN S=1:150



A-A SECTION S=1:150



BWS-13:管理棟一般図



3-2-4 施工計画／調達計画

3-2-4-1 施工方針／調達方針

本プロジェクトは、我が国の無償資金協力の枠組みに従って実施される。したがって、両国政府間による E/N 締結後、ネパール側と日本法人が契約を締結し、設計・施工・資機材調達が実施される。

無償資金協力の枠組み及び施設建設工事内容を考慮し、以下を基本方針として協力対象事業の施工計画を策定する。

(1) 事業実施主体

本プロジェクトに係るネパール側の監督機関は給水省であり、同省の下で、NWSC が実施機関の役割を担うことになる。協力準備調査で確認された本プロジェクトに係る NWSC の役割分担は、以下のとおりである。本協力対象事業の実施時、日本法人と契約する契約当事者は NWSC となる。

[本プロジェクトにおける NWSC の役割]

- 我が国及びネパール国間の業務範囲、内容等に係る確認、調整、取極め
- 施設設計等に必要な技術情報の提供
- 上水道施設の運営・維持管理及び上水道事業管理に係る技術情報提供
- 本プロジェクトで建設する施設／機材の運営・維持管理

(2) コンサルタント

本プロジェクトは無償資金協力で実施される。したがって、公開入札による本邦請負業者選定が必要であり、請負業者選定に必要な入札図書を作成する必要がある。また、適切な競争入札の実施、客観的な立場での施工／資機材調達監理の実施、無償資金の適切な運用の監視等が要求される。したがって、実施設計を含む入札図書作成、入札業務支援、施工監理について、ネパール国側実施機関の NWSC は本邦コンサルタント会社と設計監理契約を結び、設計監理を委託する必要がある。なお、選定されるコンサルタントは、「無償資金協力の仕組みに精通していること」と「本概略設計の内容を十分に理解している」ことが要求される。

(3) 施設建設請負業者

請負業者は、無償資金協力制度の枠組みに従った公開入札で選定される。ネパール側は、設計監理を委託したコンサルタントとともに公正な競争入札を実施し、請負業者を選定する必要がある。なお、請負業者には以下の事項が要求される。

施設建設工事は日本と社会・文化・歴史的な環境・背景の異なるネパールで実施されるため、請負業者は、同種・同様な工事を類似の国において十分に経験し良好な実績を残した請負業者である必要がある。

本プロジェクトで建設する施設は、井戸施設、浄水施設、配水池（浄水池、高架タンク）、ポンプ棟／管理棟、ポンプ施設、配水管路施設含む土木・建築施設の建設であり、工事業者は、機械・電気設備を含めた同種の施設の建設能力を有することが要求される。また、的確に各設備機器の選定・据付を行う必要があるため、同種工事に精通した機械・電気設備据付業者を十分に管理で

きる工事管理体制の構築が必要となる。

(4) 技術者派遣の必要性

普通作業員はネパールで調達が可能であるが、以下の理由により、コンクリート製造、型枠・鉄筋、防水工事、電気・機械設備据付、配管等の専門性を持つ熟練技術者の指導下での作業が必要である。したがって、土木・建築、電気・機械設備工事に係る専門熟練技術者を日本国あるいは第三国から派遣する必要がある。

- 適切・確実な工事の実施が必要であるため、並行して実施される異なった種類の工事を現地作業員に十分に理解させ、現場の段取りと施工手順を実地に指導する必要がある。特に、鉄筋コンクリート構造物の建設工事において、水密性の高い、均一な、品質管理の行き届いたコンクリートの生産・運搬・打設が要求される。また、足場、支保工、型枠組立・据付、鉄筋加工・組立、コンクリート製造・運搬・打設という一連の施工を円滑に進めることが要求される。加えて、高所での作業となる高架タンクの築造には、より安全な施工が求められる。このために、骨材生産、コンクリート製造、足場工、支保工、型枠工、鉄筋工、防水工等の海外で十分に経験を有す熟練工を日本国あるいは第三国から雇用・派遣する必要がある。
- 水源となる井戸は、適切な揚水量により監視されなければならないが、ネパールでは揚水試験を基に適切に井戸の施工監理が行われていないケースが多く、揚水試験を含めた井戸施工の一連の指導が必要である。このため、井戸の専門知識を有した技術者の派遣を行い、指導を実施する必要がある。
- 建設工事現場は、既設上水道施設に接する場所が多く、工事中の過失などによる既設構造物の損傷及び住民への給水停止を極力避けるべく、注意及び予防策が必要である。また、近隣住民の生活場所に近い工事現場では、工事中は、近隣住民の安全・衛生管理を十分に行う必要がある。

3-2-4-2 施工上／調達上の留意事項

施工計画策定に係る留意事項は、以下のとおりである。

(1) 施設建設

- 施設の建設中に、住民の生活用水に支障を及ぼす濁水を極力を発生させない。
- PS 内の各施設建設及び配水管の敷設工事に際し、必要に応じ仮設配管の設置などにより、住民への給水中断が生じないようにする。
- 骨材製造プラント及びコンクリート製造プラントの排水については、下流側の住民への影響がないように、適切な排水処理を行う。
- 老朽化した既設上水道施設の保護、運用中の埋設施設の確認及び保護など、施工上、安全管理上留意した施工計画が必要である。
- 全ての工事現場において、第三者への安全管理及び盗難予防のために、各現場に交通整理員・保安要員を常駐させる

(2) 資機材調達

- 資機材は、多くの建設資機材は、現地調達可能である。配水管で用いられるダクタイル鋳鉄

管は、現在国内で生産されておらずインド製が流通しているため、インドからの輸入とする。コンクリートについては、ビラトナガルに隣接するイタハリ市に2つの生コンクリート工場があるが、輸送を考慮すると適切な量をイタハリ市からの購入で賄うことは難しい。このため、ビラトナガル市内の仮設用地に仮設プラントを設置して、オンサイトでコンクリートを製造する。

- ろ過材等の日本からの海上輸送については、インドのコルカタ港から ICP Jognani（ビラトナガル通関地点）を通じて、通関手続きが行われる。日本からの資機材輸送機関は、コルカタ港からビラトナガルの陸上輸送も含め約3か月を要する。建設工事を円滑に進捗するためには、建設資機材及び建設機械等の調達・輸送計画を十分に検討し、実行しなければならない。

3-2-4-3 施工区分／調達・据付区分

施設完成までに必要な作業項目と我が国とネパール国の負担区分は表 3-2-41 のとおりである。

表 3-2-41 施設建設に係る両国間負担分担

No.	作業項目	日本 国側	ネパー ル国側	備考
1.	水源施設、浄水施設、配水施設、配水管路			
(1)	建設用地確保、占用協議		●	E/N 前
(2)	建設予定地周辺への住民説明		●	
(3)	既存施設等撤去・移設・整地		●	日本側建設工事着工前
(4)	以下を含む施設の建設 - 井戸施設 - 導水管 - 浄水施設 - 浄水池 - ポンプ棟・ポンプ施設 - 高架タンク (New No.5 PS 用) - 管理棟 (New No.5 PS 用) - 消毒施設 - 配水管 - 場内道路の舗装 (New No.5 PS:アスファルト舗装、既設 PS:砂利舗装) - 場内外灯の設置 - 場内排水設備	●		土木・建築工事、機器調達・据付及び試験運転含む
(5)	電力引き込み		●	
(6)	各戸接続 (水道メータを含む)		●	
(7)	New No.5 PS 用場外排水設備 (フェンスから放流施設まで)		●	
(8)	場内の植栽		●	日本側建設工事完了後
(9)	フェンス及びゲートの設置 (New No.5 PS 用)		●	
(10)	机・椅子等の家具の設置 (New No.5 PS 内管理棟用)		●	
(11)	試験運転に必要な電力		●	
(12)	コンクリート生産に必要な水の提供		●	
(13)	コンクリート製造施設敷地の確保・整地		●	
(14)	資材・建設機械の置場敷地の確保・整地		●	
(15)	施設建設に係る関連官庁からの許可取得		●	
(16)	残土処分場の確保及び処分費用の負担		●	
(17)	国道の掘削許可並びにデポジットの免除		●	
(18)	無償資金協力に含まれない費用の負担		●	
2.	日本側建設施設の資機材の輸入・運搬			
(1)	資機材調達	●		
(2)	海上輸送	●		

No.	作業項目	日本 国側	ネパ ール国側	備考
(3)	通関作業、免税措置、保税倉庫保管		●	
(4)	「ネパール」国内での輸送	●		

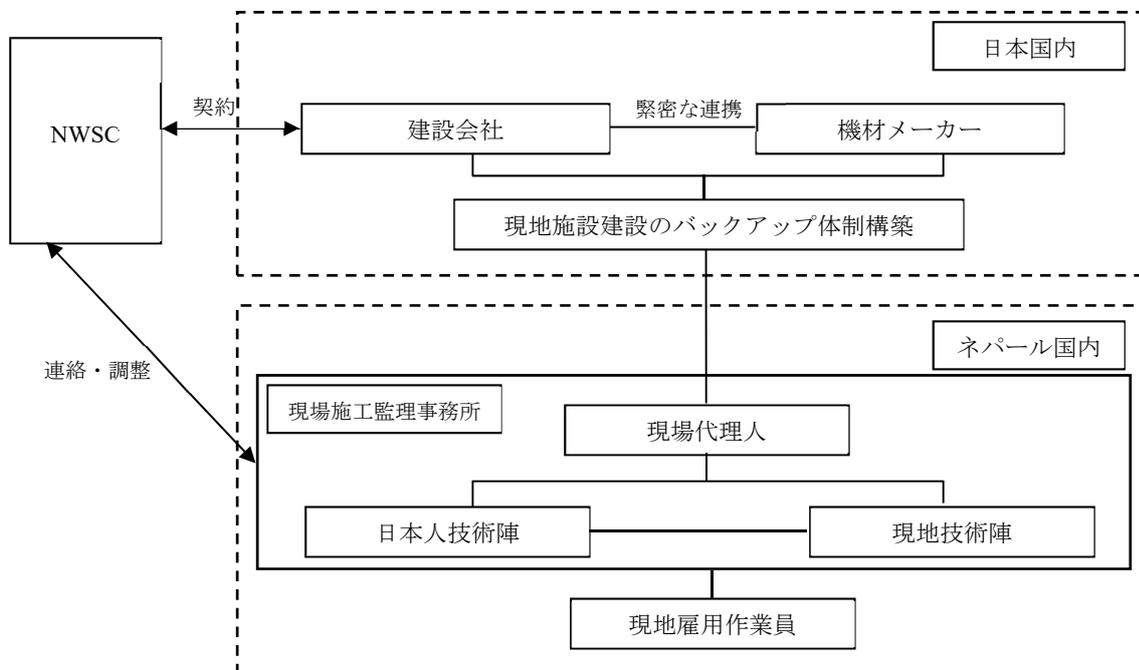
●：当該項目の責任所掌を示す。

3-2-4-4 施工監理計画／調達監理計画

(1) 請負業者の施工管理／調達体制

1) 請負業者の体制

本プロジェクトは、上水道施設におけるコンクリート構造物／建屋の建設、管路の敷設及びポンプ・電気設備の据付工事などで構成されるため、請負業者は、建設会社と機械電気設備製造業者が緊密に連携して体制を構築する必要がある。また、施設の建設地は、日本から離れたネパールであるため、建設請負業者の実施体制の概要は図 3-2-36 に示すような体制が想定される。



出典：JICA 調査団

図 3-2-36 施設建設請負業者の実施体制

2) 日本国内でのバックアップ体制

請負業者は、日本国内において、土木・建築工事、設備機器製作・据付及び配管等の施設建設全般にわたる総合調整及び技術的・資金的な現地施工監理事務所を支援するのに必要なバックアップ体制を構築する必要がある。

3) 現地施工監理事務所

請負業者は、ネパール国内において、土木・建築工事、設備機器据付及び配管工事等のすべての

施設建設を遂行するために施工管理事務所を設置し、現地における堅実、円滑な工事を遂行するための管理体制を構築する必要がある。現地では、この施工管理事務所が、専門技術者、熟練工、オペレーター、運転手、労働者、資機材供給業者等を雇用して、施設建設工事を遂行することになる。

施設建設に必要な管理業務技術者及び熟練工などの労働力の現地雇用が難しいため、工程管理、品質管理、安全管理等は、無償資金協力プロジェクトの施設建設経験を十分に持った日本人技術者または第三人の技術者及び熟練工による補強が必要である。

- 我が国の会計制度及び無償資金協力制度等の枠組み内での工事の完了が必要であるため、同制度を十分に理解した技術者による工程管理が必要である。
- 工事の技術及び施工管理の手法は、ネパール国側実施機関及び現地の技術者・労務者に移転される必要があるため、日本国の施工手順、品質管理手法、安全管理手法を取り入れた施工管理が必要である。

また、限られた期間内で複数の施設及び複数の工種の工事を並行して実施するため、表 3-2-42 に示す日本人施工管理体制で施設建設を実施する必要がある。

表 3-2-42 日本人施工管理体制

職種	赴任形態	要員数	担当業務等
所長	常駐	1名	施工管理の総括 工事全体管理、施工に関するネパール側との協議
土木/建築施工管理者	常駐	1名	土木/建築の調達、建設、工程、品質、安全に関する管理
井戸施工管理	スポット	1名	井戸施設の調達、建設、工程、品質、安全に関する管理
浄水設備管理者	スポット	1名	浄水設備の調達、建設、工程、品質、安全に関する管理
給配水技術者	常駐	1名	配水本支管の調達、建設、工程、品質、安全に関する管理
機械電気設備施工管理者	スポット	1名	機械設備の調達、建設、工程、品質、安全に関する管理
工事安全専任技術者	スポット	1名	高架タンクの施工における安全管理
瑕疵検査	スポット	1名	瑕疵検査立会い
事務専任者	常駐	1名	現場事務処理、会計、税務処理、輸出入対応、購買・運搬調整に関する管理

出典：JICA 調査団

(2) コンサルタントの施工監理体制

コンサルタントは、「施設建設工事の所定工期内の完了」、「契約図書に示された工事の品質確保」及び「安全な業務実施」を達成するために請負業者を監理・指示する。施設建設が無償資金協力の枠組みの中で適正に実施されていることを中立な立場で確認・監理する役割を持っているため、図 3-2-37 に示す位置で本プロジェクト全体の監理を行う。

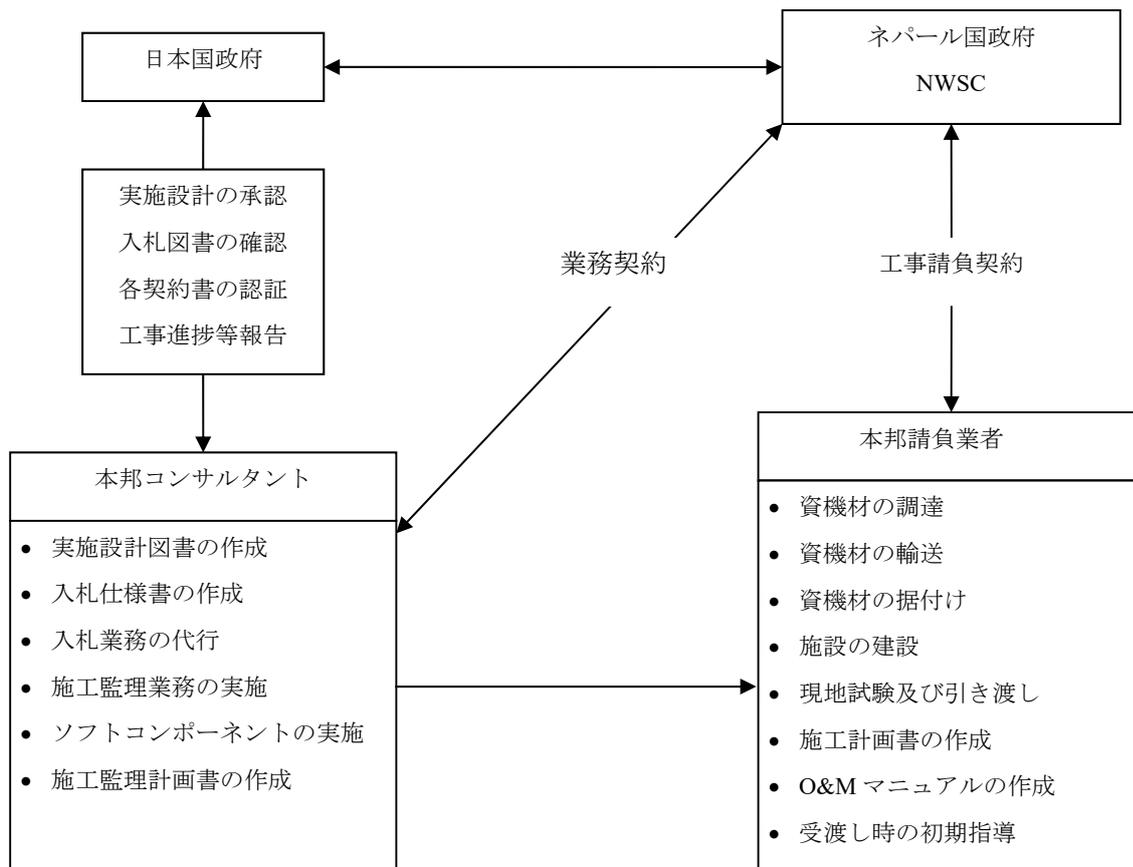


図 3-2-37 事業実施関係図

1) コンサルタントの主要監理内容

我が国の無償資金協力の制度に基づき、コンサルタントは、概略設計の主旨を踏まえて、実施設計業務・工事監理業務について一貫したプロジェクトチームを編成して円滑な業務実施を図る。施工監理段階において、コンサルタントが本工事に適合した技術を備えた以下の現場監理者を工事工程に合わせて派遣し、工程管理、品質管理及び安全管理を監理する。

総括／業務主任	1名 (スポット)
全体工事監理員 (土木兼務)	1名 (常駐)
井戸施設技術者	1名 (スポット)
浄水施設技術者	1名 (スポット)
給配水管路技術者	1名 (スポット)
機械電気設備技術者	1名 (スポット)
瑕疵検査	1名 (スポット)

さらに、必要に応じて、日本あるいは第三国から製作され、輸入される資機材の工場立会検査及び出荷前検査に日本の監理員が参画し、資機材の現地搬入後のトラブル発生を未然に防ぐように監理を行う。

(3) 施工監理の基本方針

コンサルタントは、本工事が所定の工期内に完成するよう工事の進捗を監理し、工事が安全に実施されるように、請負業者を監理・指示することを基本方針とする。

以下に主要な施工監理上の留意点を示す。

1) 工程管理

下記に示す項目について、請負業者が契約時に計画した工程と、実際の進捗状況とのチェックを月毎及び週毎に行い、工程の遅れが生じている場合は、その原因を明らかにしたうえで、請負業者にその対策案の提出を求め、工期内に工事が完了するよう指導にする。

- 工事出来高の確認
- 主要資機材搬入状況の確認
- 技術者、技能工、労務者等の投入状況の確認

2) 安全管理

請負業者の安全管理計画の妥当性の確認及びその実行状況の確認を行い、工事実施中の労働災害・第三者への災害・事故等を未然に防ぐよう、現地での作業を監理する。安全管理は以下の手段を用いて実施する必要がある。

- 請負業者による安全管理計画の策定と管理者選任の有無の確認
- 策定された安全管理計画及び選任された安全管理者の妥当性の確認
- 安全管理計画の実行状況の確認
- 工事車両の計画運行ルート・運行注意事項の妥当性と計画遵守の確認
- 作業員の福利厚生制度内容と休日・休憩確保の励行の確認

また、コンサルタントは現地の技術者を雇用し、上記日本人技術者とともに現地技術者を活用して施工及び資機材調達監理を実施する必要がある。

3) 日本国内での施工監理

日本国内においては、以下に述べるプロジェクト総合監理に必要な体制を整え、現地・国内作業の全般を監理する必要がある。

- 契約内容と工程・進捗・品質の確認
- 現場で発生したトラブル等の解決案検討と請負業者への指示
- コンサルタント現地事務所に対する技術的・資金的な支援

また、以下の作業は日本国内で実施されることとなるため、適切な国内監理体制の整備が必要である。

- 日本国内で製作される資機材の品質監理（製作図等確認、工場検査立会い、試験結果検証等）
- 機材の船積前数量検査の実施

3-2-4-5 品質管理計画

契約図書（技術仕様書、実施設計図書）に示された施設・資機材の品質が、請負業者によって確保されているかどうかを、下記の項目に基づき監理を実施する。

品質確保が危ぶまれる場合、請負業者へ警告を発するとともに必要な修正・対策等を要する。品質監理は以下の手段を用いて実施する必要がある。

- 資機材のカタログ・仕様書及び製作図の照査
- 資機材の試験結果／工場検査結果の照査または立会い
- 資機材の据付要領書、現場試運転・調整・検査要領書及び施工図の照査
- 資機材の現場据付工事の監理と試運転・調整・検査の立会い
- 請負業者の施工図の照査
- 工事中の転圧・配筋・コンクリート強度等の現場検査
- 工事実施状況・工法等の現場確認
- 施設施工図と現場出来高の照査
- As-built 図面の照査

施工監理時における品質管理計画の内容を表 3-2-43 に示す。

表 3-2-43 品質管理計画の内容

工種	管理項目	方法	頻度
配管材料	強度・寸法 外観・寸法	工場検査報告の確認 目視・寸法測定	承認毎 納入毎
配管工事	のみ込み深さ 漏水有無	マーキング 水圧試験	全継ぎ手 全配管延長
舗装	路盤	平板載荷試験	場所毎
床付	地耐力	平板載荷試験	構造物毎
コンクリート	骨材の品質	粒度試験	3000m ³
	セメントの品質	物理試験・化学試験	1000トン毎
	生コンクリートの品質	スランプ・空気量・塩化物	打設毎
	コンクリート強度	圧縮強度試験	100m ³ 毎
鉄筋	強度	引張強度	200トン毎
	配筋状況	配筋検査	打設部毎
構造物出来形	出来形寸法	寸法測定	主要部位毎
防水工	材料品質	品質証明書の確認	承認毎
	塗膜厚・接着力 塗膜状況 漏水有無	膜厚試験・引張試験 目視 水張試験	構造物毎 構造物毎
機械設備	据付精度	据付位置測定	全機器
	機能	負荷運転試験	試運転時に全機器
電気設備	据付精度	シーケンス試験	全機器
	機能	絶縁抵抗試験	試運転時に全機器

出典：JICA 調査団

3-2-4-6 資機材等調達計画

(1) 建設の材料となる資機材の調達先

本事業に必要な資機材は、可能な限り現地調達を行うものとするが、現地調達が不可能な資機

材あるいは品質仕様等が現地調達材では適合しないもの、および流通量あるいは価格の面で供給・購入が安定的に行われていないものについては、費用対効果や維持管理性、自立発展性を考慮し、日本もしくは第三国から調達する。第三国としては、ネパールと陸続きであり多種多様な資機材が広く流通している近隣のインドが想定される。

1) コンクリート

生コンクリート工場は、ビラトナガルに隣接するイタハリ市に 2 社あるが、工場で提供可能な量が限定的であり、ビナトナガル市内までは長距離の輸送が必要となる。また、工場が所有するミキサー車は限られており、ミキサー車 (7m³) 3 台により輸送を行う場合、約 20m³/時間でしかコンクリートの供給が望めない。したがって、仮設プラント (バッチャープラント 60m³/h) をビラトナガル市内の仮設用地 (市有地) に設置して、オンサイトでのコンクリート製造を計画する。

2) その他土木資材

ネパール国内の入手を計画する。

3) 配管材

水道用の HDPE 管、PVC 管については、ネパール国内に工場があり、国内で調達可能である。ダクタイル鋳鉄管及び異形管、継手類、弁類等は、現在ネパール国内では生産されていないが、隣国のインドから調達することを計画する。

4) 機械・電気設備

井戸浄水設備に必要なポンプ・計装設備・浄水設備内のマンガン砂、集水装置、薬注設備等はシステムとしての機材選定と品質の信頼性が必要なため、システムを構築する材料として日本調達とする。

本プロジェクトに関連した建設工事における主要な資機材の調達先は表 3-2-44 のとおりである。

表 3-2-44 施設建設材料 (主要資機材) の調達区分

区 分	建設資機材 名 称	調達先			備考 (第三国調達先)
		現地	日本	第三国	
土木資材	セメント	○			
	コンクリート	○			
	鉄筋	○			
	型枠	○			
	砂、砂利、レンガ	○			
	軽油、ガソリン等	○			
配管材	ダクタイル鋳鉄管			○	インド
	HDPE、PVC、GI 等	○			
	弁類			○	インド
機械・電気 設備機材及 びその他	ポンプ類		○		
	マンガン砂		○		
	下部集水装置		○		
	薬注タンク		○		
	攪拌機		○		
	水位計・流量計		○		
	ケーブル	○			
建設機械	受電盤・制御盤		○		
	工事用機械	○			

建設資機材		調達先			備考 (第三国調達先)
区分	名称	現地	日本	第三国	
共通仮設	コンクリートプラント	○			

出典：JICA 調査団

(2) 資機材輸送

日本あるいは第三国からの建設資機材輸送には、長期間の海上輸送、港での荷揚げ、港からの倉庫、資材置場等へ陸上輸送し保管する。したがって、これらの海上・陸上輸送に十分に堪える梱包を行う必要がある。

通常、ネパール国ビラトナガルへの海上輸送資機材については、インドの国際港であるコルカタで荷揚げされ、インド国内を内陸輸送され、ICP Jogbani（ビラトナガル通関地点）で、通関手続きが行われる。日本（横浜）からの資機材輸送期間は、梱包・船積み、海上輸送、荷下ろし、陸上輸送、通関を含め、表 3-2-45 のとおり、約 3 か月弱（13 週間）を要する。

表 3-2-45 輸入資機材の所要輸送日数

項目	輸送経路	期間	主要な輸送資材
日本からネパール国ビラトナガル（往路）			
国内準備 ↓	国内輸送・梱包	30 日	機械・電気設備機材等
海上輸送 ↓	国内輸出港（横浜）	40 日	
通関・積換え ↓	インド国内輸入（コルカタ港）	5 日	
陸上輸送 ↓		5 日	
通関 ↓	ネパール国内輸入 （ICP Jogbani：ビラトナガル）	5 日	
陸上輸送	現地	1 日	
	計	86 日	

出典：JICA 調査団

3-2-4-7 初期操作指導・運用指導等計画

本プロジェクトで建設される主な施設は、井戸、浄水施設（除鉄・除マンガン設備、薬液注入設備）、配水池、送・配水管であり、本邦建設請負業者が OJT として試運転期間中 NWSC に対して、主に下記の初期操作指導を行う。

- 井戸設備：ポンプの運転方法
- 浄水設備：薬液注入操作方法、ろ過施設の運転、洗浄方法、バルブ操作
- 電気設備：設備操作方法、自動運転制御方法
- 水質管理：水質分析機器の操作
- その他：小型掘削機運転指導

一方、施設全体の運用については、ソフトコンポーネントとしてコンサルタントが運営管理指導を行うこととする。

3-2-4-8 ソフトコンポーネント計画

(1) ソフトコンポーネントを計画する背景

本プロジェクトでは、既存 PS の改良（井戸、鉄・マンガン除去施設、浄水池/ポンプ棟）、新設 PS の築造（井戸、鉄・マンガン除去施設、浄水池/ポンプ棟、高架タンク）、配水管の更新/整備、および水質分析機器等の調達を実施することにより、給水エリア・給水水質・給水頻度の上水道サービスの改善および、NWSC ビラトナガル支所の事業体制改善を図り、ビラトナガル市民の生活環境改善に寄与することを目的としている。

しかし、基幹サービスを担う NWSC では、以下のような技術的問題を抱えており、NWSC の上水道施設運転・維持管理能力を向上・強化するため、ソフトコンポーネントにてこれらの技術支援を行う必要がある。

1) 給水水質

ほとんどの井戸原水から、基準値を上回る濃度の鉄・マンガンが検出されているが、基本的な水質項目の日常管理は行われていない。水道蛇口においては、残留塩素が検出されておらず、注入塩素濃度の管理が不十分である。また、現況の一部システムでは、井戸用水中ポンプから除鉄・除マンガン設備を通して、高架タンクに送水している。鉄・マンガン除去設備は圧力タンクを使用しているため、日常的に除鉄・除マンガン装置の個別の状態を確認できない。

2) 井戸揚水量・配水量管理

NWSC のすべてのポンプ場において、地下水位観測用の井戸はなく、井戸ポンプ停止時の静水位および揚水時の動水位はモニタリングされていない。また、NWSC では毎日 11 時間の計画配水が実施されているが、各井戸ポンプの流量計測および配水量の管理が不十分である。配水ネットワークの管網図は存在せず、職員の経験に基づいて、管路の位置を割り出し、管路の修繕が行われている。水道料金は従量制を基本とするが、水道メータの破損や不備が 25%程度あり、請求金額は推定値で管理されている。

(2) ソフトコンポーネント計画の内容

本プロジェクトで整備される設備・機器が、引渡し後も NWSC のスタッフによりマニュアルに従って継続的に運転・維持管理できることを目標とする。今回整備する上水道施設の運転・維持管理、水質管理手法に関する技術指導を通して、ビラトナガル市民へ安全な水を提供することを支援する。

成果-1 : 適切な水質管理を行い、良質な水を継続的に生産することが出来る様になる。

成果-2 : 井戸及び給水システム全体の送配水量を適切に管理し、収集データを施設運転に活用することが出来る。

(3) ソフトコンポーネントの活動（投入計画）

ソフトコンポーネントは、上水道コンサルタント技術者（本邦コンサルタント：水質管理、配水システム）2 名による直接支援型とし、その期間は双方に対し現地作業 1.5 ヶ月とし、本邦コンサルタントの現地作業支援のため、通訳・翻訳者を各 1.5 ヶ月雇用する。

表 3-2-46 ソフトコンポーネント投入計画

項目	日本側投入	活動内容及び研修項目
成果-1 適切な水質管理を行い、良質な水を継続的に生産することが出来る。	-水質管理技術者（日本人コンサルタント） 企画/準備/報告書/実施： 水質管理:1名 x 1.5ヶ月 -現地通訳・翻訳者：1名 x 1.5ヶ月 （活動2と兼用）	(座学)：マニュアルを活用した座学を行う。 - 原水水質と浄水プロセスの理解 - 各施設の機能の理解、及び運転維持管理方法 - 水質分析機器の使用方法的理解 (実習)：施設を活用した実習および実習を通じたマニュアルの改訂を行う。 - 塩素注入施設の操作 - 鉄・マンガン除去施設の運転・維持管理方法習得 - 水質測定機器の操作 - 水質試験の記録と分析 (対象)：Manager/Operator 他計5名
成果-2 井戸及び給水システム全体の送配水量を適切に管理し、収集データを施設運転に活用することが出来る	-配水システム技術者（日本人コンサルタント） 企画/準備/報告書/実施： 配水システム：1名 x 1.5ヶ月 -現地通訳・翻訳者：1名 x 1.5ヶ月 （活動1と兼用）	(座学)：マニュアルを活用した座学を行う。 - 地下水揚水量及び配水量のモニタリング手法の理解 - 地下水位、配水施設の水位のモニタリング手法の理解 - 配水システムの機能の理解、及び運転維持管理方法 (実習)：施設を活用した実習および実習を通じたマニュアルの改訂を行う。 - 各施設の水量測定・水位測定と記録 - データ分析と配水状況の把握 - 配水ネットワークと顧客データの記録 (対象)：Manager/Operator 他計5名

出典：JICA 調査団

表 3-2-47 ソフトコンポーネント全体実施工程（暫定）

実施工程		28	29	30	31	32	33	34
工事工程		18	19	20	21	22	23	24
建設工事								
試運転								
引渡し								★
支援活動-1 鉄・マンガン除去施設 ならびに塩素注入に 係る運転・維持管理	水質管理							
支援活動-2 配水システムの運転・ 維持管理	配水システム							
報告書提出							▲ 研修マニ ュアル	▲ 報告書

出典：JICA 調査団

3-2-4-9 実施工程

本プロジェクトの施設建設は、我が国政府の承認を経て、両国間で交換公文（E/N）、贈与契約（G/A）が取り交わされた後に実施される。本プロジェクトの実施には、入札手続きを含めて約34ヶ月を要すると考えられる。

2) 感染時の対応の想定

万が一本業務の実施中に新型コロナウイルスに感染したことが判明した場合は、関係各所に報告するとともに、現地監督機関の指示に従い対応する。感染後の処置については、現地当局による指示を第一に、本邦コンサルタントや請負業者が安全管理プログラムを契約する International SOS 社等からの支援を受けつつ、JICA とともに逐次状況を共有し対応する。

3-3 相手国側分担事業の概要

本プロジェクトは、我が国が協力する部分とネパール国側が自助努力で実施する部分で構成される。E/N 締結後、ネパール国側が自助努力で実施する相手国側分担事業の概要を、プロジェクト実施前までに完了すべき項目、プロジェクト期間中に実施すべき事項及び同完了後も継続して実施すべき事項に分けて、表 3-3-1 のように整理する。

表 3-3-1 相手国側分担事業の項目と実施時期

No.	分担事業項目	プロジェクト		
		実施前	実施中	実施後
1	施設建設予定地周辺への住民説明やステークホルダー会議の開催	✓	✓	
2	適切な法的手続きの下での施設建設予定地の土地確保	✓		
3	本プロジェクト施設の建設予定地内にある既設構造物の撤去・整地	✓		
4	本プロジェクトで建設する新 PS の敷地周囲へのフェンス及びゲートの設置		✓	
5	各 PS に必要な電力の引き込み（受電設備以降は日本側の範囲）		✓	
6	新 PS からの放流地点までの排水路整備		✓	
7	建設業者用の仮設ヤード、残土置場の提供		✓	
8	新たに敷設する管路への各戸接続		✓	✓
9	管路敷設に係る関連機関からの許可取得		✓	
10	日本の援助による配水管以外で漏水の多い既存配水管及び水道メータの自助努力による交換		✓	✓
11	建設される PS の適切な運営・維持管理及び水質管理のためのオン・ザ・ジョブトレーニング (OJT) やソフトコンポーネント等を受講する技術者・操作員等の選任		✓	
12	無償資金協力で建設/調達された施設/機材の適切な使用・維持管理			✓
13	日本側コンサルタント・請負業者への支払いに必要な取消不能支払授權書 (A/P) 発行手続き及び発行手数料及び支払手数料の負担		✓	
14	ネパールへ輸入する資機材の通関作業の実施		✓	
15	本プロジェクトに必要な資機材調達及び役務に関連した、業務遂行のためにネパールへ入国及び滞在する日本人への便宜供与		✓	
16	本プロジェクトに必要な資機材調達及び役務に対する日本国法人及び日本人へのネパールで課せられる関税・国内税等の免税及び免税措置		✓	
17	無償資金協力に含まれていない費用で、本プロジェクトの実施に必要な全ての費用の負担		✓	

出典： JICA 調査団

上記の分担事業のうち、相手国 (NWSC) が負担する施設建設や工事を含む項目の概算事業費は、表 3-3-2 に示すとおりである。

表 3-3-2 相手国 (NWSC) 分担事業の概算事業費

分担事業費目	概算事業費 (NPR)
施設既存 PS の既存建屋・擁壁の撤去及び周辺の整地 (Devkoka PS、Tinpaini PS)	196,000
No.5 PS の敷地周辺へのフェンス及びゲートの設置	5,912,000
No.5 PS から放流地点までの排水路整備	5,754,000
各 PS への電力線の引き込みと受変電設備の改修／新設	17,057,000
各戸接続：給水管の切り替え	20,369,000
総 計	49,288,000

出典：NWSC 側との協議により、JICA 調査団が整理

上表のように、本プロジェクトの実施に伴うネパール側負担事業の経費は、約 4,929 万 NPR (約 4,409 万円) である。

3-4 プロジェクトの運営・維持管理計画

3-4-1 基本方針

本プロジェクト施設を長期にわたって有効に活用し、日常の需要の変化に即応して安定的かつ継続的に浄水を供給するために、各設備の運転・保守 (O&M) 及び施設環境の保全が不可欠である。

ネパール国側は当該施設・設備が持つ性能及び機能を維持し、安定した浄水供給を行うために、各施設・設備の信頼性、安全性及び効率性の向上を柱とした適切な予防保全と維持管理を実施すべきである。本プロジェクト施設の基本的な管理フローを図 3-4-1 に示す。

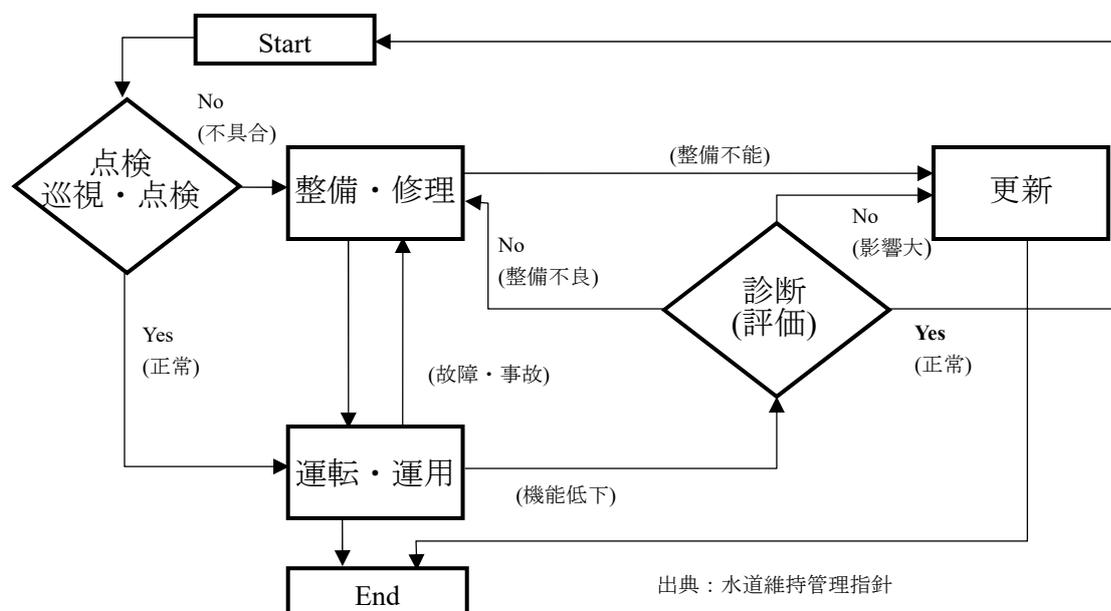


図 3-4-1 施設管理フロー図

なお、個別の施設・設備については、本プロジェクトの工事期間中に工事請負会社が NWSC に

対して施設運転・保守操作説明として技術指導を行うが、浄水・水質管理や配水管理については、コンサルタントがソフトコンポーネントを通じて技術指導を行う計画である。

3-4-2 定期点検項目

上記の運営・維持管理の方針を踏まえ、NWSC が本プロジェクトの PS 及び配水管路の運営維持管理に対して実施すべき基礎的な項目は、以下のように大別される。表 3-4-1 に本プロジェクトの上水道施設の運転管理と維持管理の主な実施項目を示す。

運転管理：設備や装置等の操作、監視を与えられた条件下で適切に行う。

維持管理：運転を遂行するに当って施設、設備、装置等が常に最大の機能を発揮できるように保守、修理及び準備を行う。

表 3-4-1 本プロジェクト施設の運営・維持管理の主な項目

管理分類	主な管理項目
運転管理	1) 水量管理：決定した目標水量値に適合するように設備や装置を操作、制御する。 2) 水質管理：井戸の原水濁度と浄水後の出口水質（濁度、鉄・マンガン含有量、残留塩素）を測定し、目標処理水質値を超えていないかチェックする。 3) また、これらの記録を整理・解析し、PS の適切な運転方法の検討および水質管理を行うデータとして活用する。
維持管理	1) 巡視点検：施設、設備、装置等の状態を計器または目視等を利用して巡視または点検し、故障や不具合の部分に対する保守、修理を行う。 2) 予防保全：施設、設備、装置等の重要性及び特性に応じて、故障や不具合がなくても一定間隔を決めて予防的な整備を行い、施設、設備及び装置の信頼性と安全性を確保向上させ、確実な運転を維持する。

出典：JICA 調査団

なお、NWSC は機器メーカーが提出する調達機材の個別の運転・維持管理マニュアルに基づいて、各設備に対する適切な運転・維持管理を実施する必要がある。浄水施設及び主要機器であるポンプ設備及び受変電設備の個別の標準的な点検及び維持管理項目を表 3-4-2、表 3-4-3 及び表 3-4-4 に示す。

さらに本プロジェクトでは、ソフトコンポーネントを通じてコンサルタントと協働で PS の浄水・水質管理及び配水管理の運営管理マニュアルを作成するが、NWSC はこれらのマニュアルを活用して運転記録の分析、経営管理目標の策定、水質管理などを励行し、上水道施設全体の効率的で適切な運用を行う必要がある。

表 3-4-2 浄水施設の標準的な定期点検及び維持管理項目

項目	施設	内容
毎日の点検及び維持管理	井戸	揚水量、水位、原水濁度の確認。
	ろ過池	損失水頭の確認及びろ過水量の確認・調整。ろ過前の原水の有利残留塩素が 0.7mg/L 以上であること。
	塩素注入設備	次亜塩素酸カルシウムの消費量及び貯留量の確認及び充填。添加状況の確認。
	浄水池／高架タンク	浄水池の水位レベルの確認。配水量の確認。
	水質管理	原水の濁度、浄水の水温、pH、色度、濁度、味、臭気、電気伝導率、残留塩素（浄水池）等
数週間～約1ヶ月毎の維持管理	水質管理	日常水質管理項目に加え、浄水の一般細菌、大腸菌、塩化物イオン、有機物 等

出典：JICA 調査団

表 3-4-3 ポンプ設備の標準的な定期点検項目

ポンプ	毎日の点検（運転中）	運転日誌の記録（送水量、各部目視点検、異常音の有無、水滴れ点検、吸入及び吐出側の圧力）
	1ヶ月毎の点検	グランドパッキングの点検
	6ヶ月毎の点検	振動・騒音の測定・確認 各部の増締め
	1年毎の点検	分解点検（内部の腐食状況、異物の詰まり、塗装剥離部の補修） 付属品・補機の点検
モーター	毎日の点検（運転中）	運転日誌の記録（電流値の測定、各部目視点検、異常音の有無）
	6ヶ月毎の点検	振動・騒音の確認
	1年毎の点検	絶縁抵抗値の測定

出典：JICA 調査団

表 3-4-4 受変電設備の標準的な定期点検項目

点検項目	点検内容（方法）	巡視点検 （1ヶ月毎 の点検）	普通点検 （1年毎の 点検）
設備外観	開閉表示器、開閉表示灯の表示状況	○	○
	異常音、異常臭の発生の有無	○	○
	端子部の加熱変色の有無	○	○
	ブッシング、外観の亀裂、破損の有無及び汚損の状況	○	○
	設置ケース、架台等の発錆状況	○	○
操作装置 及び 制御盤	各種計器の表示状況	○	○
	操作函、盤内の湿潤、さびの発生の有無及び汚損の状況		○
	給油、清掃状況		○
	配線の端子締付け状況	○	○
	開閉表示の状態確認		○
	漏気、漏油の有無		○
測定・試験	補助開閉器、継電器の点検（手入れ）		○
	絶縁抵抗の測定		○
	接地抵抗の測定		
	継電器動作試験		○

出典：JICA 調査団

3-4-3 予備品購入計画

スペアパーツは、定期的に交換する標準付属品と故障、事故等の緊急時に必要となる交換用部品（緊急予備品）とに分類される。したがってネパールは、これらの部品を購入する必要がある。

なお、部品交換時の対応について、ネパール側がメーカーへコンタクトする際に支障がある場合、受注した本邦請負業者及び本邦コンサルタントを通じて、該当メーカーにコンタクトできるよう配慮する。

3-4-4 運営維持管理体制

本プロジェクトの運営・維持管理に係る責任・実施機関は NWSC のピラトナガル支所である。既存の各 PS には、井戸ポンプを運転する体制ができているため、原則この体制を維持する。また、既存の BFM PS と Pichara PS は予備的水源に移行されるため、当 PS のスタッフは No.5 PS の運転を行うことでスムーズな運転維持管理体制を構築できる。これらの常駐責任者に加え、新たに建

設させる浄水施設の運転・維持管理、水質管理の責任者を設ける必要がある。配水管網の管理は、現状の運転管理体制で対応可能であるが、無収水管理等を実施していくため、人員の補強は必要である。

上水道施設の運転・維持管理における要員は、各 PS にポンプ運転管理要員として常駐責任者 1 名ずつが配置されている。しかし、新たに建設される浄水施設では、ろ過洗浄管理や薬品の溶解等の作業が必要となることから、作業責任者として各 PS に 1 名の増員が必要である。また、4 か所の PS を巡回し、水質分析や維持管理状況の確認を行う責任者 1 名の新規雇用が望まれる。一方、配水管網の管理を行ううえで、1 名の管理責任者に加え、漏水巡回等を担当するスタッフ 2 名の新規雇用が求められる。

表 3-4-5 上水道施設の運転・維持管理体制

項目	洗浄、メンテナンスの頻度	必要運転員数		備考
		現状	プロジェクト以降	
PS				
日常運転管理（ポンプ、浄水施設の運転・維持管理、薬品の溶解等）	毎日	4 人 (1 人/各 PS)	8 人 (2 人/各 PS) 4 名の増員	既存施設の 運転員活用
水質管理（薬品注入率管理、浄水サンプリング/分析）	毎日	-	1 人/4 PS 1 名の増員	補強 (新規雇用)
配水管路				
管路メンテナンス	適宜	1 人 (全体責任者)	1 人 (全体責任者)	現管理員
漏水巡回	毎日	-	2 人 2 名の増員	補強 (新規雇用)

出典:JICA 調査団

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

本プロジェクトを実施する場合に必要な事業費総額は、施工・調達業者契約認証まで非公表である。なお、積算に適用した条件は下記 (3) のとおりである。また、本事業概算費は即交換公文上の供与限度額を示すものではない。

(1) 日本側負担経費

概算事業費：非公表。

(2) 相手国側負担経費

概算事業費： 約 4,929 万 NPR (表 3-3-2 のとおり)

(3) 積算条件

- ① 積算時点：2020 年 10 月
- ② 為替交換レート：2020 年 9 月 30 日を起点とした過去 3 ヶ月の平均
 - 1US\$ = 107.22 円
 - 1NPR = 0.89445 円
 - 1 IDR = 1.5800 円
- ③ 施工期間：詳細設計、工事の期間は、施工工程に示したとおりである。
- ④ その他：本プロジェクトは、日本国政府の無償資金協力の制度に従い実施されるものとする。

3-5-2 運営・維持管理費

3-5-2-1 運営・維持管理費

本プロジェクトで建設される PS、配水池等の上水道施設の運営・維持管理費は、電力費、薬品費（塩素）、人件費並びに各設備の予備品費、事務費・消耗品費から構成される。

各費目を下記の条件で算出する。また、表 3-5-1 に算出結果を示す。

人件費	：本プロジェクトでの増員分のみ
電力費	：年間電力消費量×平均電気代
薬品費（塩素）	：年間消費量×薬品購入費
予備品費	：機器本体価格×3%/年
事務費・消耗品費	：人件費×15%/年

本プロジェクトの実施に伴って、年間約 2,844 万 NPR の運営・維持管理費が見込まれる。

表 3-5-1 本プロジェクト実施後の年間運営・維持管理費

No.	項目	計算根拠	運転維持管理費 (NPR/年)
1	人件費	水質管理要員：1名（5等級） 浄水施設運転管理要員：4名（4等級） 管路巡回点検要員：2名（3等級）	2,806,000
2	電力費	井戸ポンプ、揚水ポンプ、攪拌機、塩素注入ポンプ、照明等雑用電源	10,888,000
3	薬品費	さらし粉使用量	13,620,000
4	予備品費	機器本体価格の3%を毎年計上 対象機器：井戸ポンプ、揚水ポンプ、攪拌機、塩素注入ポンプ	706,000
5	事務費、消耗品費	人件費の15%を毎年計上	421,000
合計			28,441,000

出典：JICA 調査団

(1) 機材の更新

本プロジェクトでは、主な機材として、井戸・揚水ポンプに関連するポンプ設備、受電施設に関連する電気設備がある。これらの機材の更新時期は、概ね表 3-5-2 以下のとおりである。

表 3-5-2 本プロジェクトにおける機材の更新時期

機材名	分類	更新時期（耐用年数）
井戸ポンプ	井戸ポンプ	15年
揚水ポンプ	陸上ポンプ	15年
電気設備	操作装置及び制御盤等	15年

出典：JICA 調査団

3-5-2-2 本事業に関わる維持管理費の確保と将来的な財務の見通し

(1) NWSC 全体財務状況

NWSC の各支所の料金収入は、NWSC 全体の収入として一括集計される。その後、各支所に予算として振り分けられる。そのため、各支所の料金収入がそのまま各支所の運営維持管理費に充当される形式ではない。

NWSC 全体の収支面では、表 3-5-3 に示すように料金収入は継続的に伸びている。しかし、ローンを財源にした設備投資も実施されているため、利息や減価償却の負担も増加している。結果的には、毎年の純利益が赤字であり、累積赤字が積みあがっている。このため、NWSC では、効率化と料金改定案を含めたビジネスプランの作成中である。ただし、上水道事業にかかる取水・浄水・配水等の運営費や人件費等の日常的な経費については、料金収入で賄える範囲にあり、施設建設等のインフラ整備費負担が累積赤字の主要因になっていると言える。

なお、ネパールでは NWSC を含む公益法人が施設整備を実施する際、政府が建設費を支弁するケースが多いものの、その費用は貸付金として処理されている。これは、我が国の無償資金協力でも同様であり、本プロジェクトを無償資金協力で実施する場合、その費用は政府から NWSC への貸付金として処理されるため、NWSC は政府への返済義務（7年間の返済免除期間の後に30年間で返済）を負うことになる。

また、毎年度の赤字については、上述の政府への返済を繰り延べしてもらう形で会計処理されるため、累積赤字が積みあがる状態といえる。

表 3-5-3 NWSC の収支状況（単位：NPR）

分類		2015/2016	2016/2017	2017/2018
収入	料金収入	496,860,084.55	541,606,141.09	581,340,256.18
	その他	65,803,307.01	72,842,842.73	94,512,541.96
	計	562,663,391.56	614,448,983.82	675,852,798.14
支出	取水・浄水	138,551,644.28	164,335,102.61	182,762,855.09
	配水	62,700,876.25	67,738,526.04	76,573,930.68
	水質管理	2,973,065.51	3,371,043.55	3,747,042.90
	給水装置	52,800,092.67	62,457,861.19	62,560,131.47
	総務費	105,697,787.49	133,365,335.64	137,464,896.63
	株式手数料	8,350,854.97	5,010,170.40	2,860,125.04
	割引手形手数料	6,313,920.03	5,293,694.49	5,079,727.64
	退職金・報奨金	41,789,087.84	188,022,288.78	18,155,957.30
	労災保険	1,173,965.80	557,690.12	205,251.71
	計	420,351,294.84	630,151,712.82	489,409,918.46
	営業利益	142,312,096.72	-15,702,729.00	186,442,879.68
ローン返済・利息	-96,553,263.20	-117,508,676.35	-184,928,859.91	
減価償却費	-58,057,715.64	-58,624,647.71	-65,074,388.29	
減価償却引当金	1,949,044.79	1,949,044.79	1,949,044.79	
純利益	-10,349,837.33	-189,887,008.27	-61,611,323.73	
昨年度調整金額	101,346.08	-47,421.30	-4,574,746.11	
累積赤字	-993,835,255.98	-1,004,083,747.23	-1,194,018,176.80	
累積赤字(対財務諸表)	-1,004,083,747.23	-1,194,018,176.80	-1,260,204,246.64	

出典：NWSC 発行「Annual Report 2075」を元に調査団作成

NWSC では、全国同一の水道料金を採用している。NWSC の水道料金を表 3-5-4 に示す。水道料金の改定に当たっては給水料金設定委員会からの承認が必要であり、審査に時間も要するため、頻繁な料金改定は困難である。また水源や必要な電力費・人件費等、各支所の固有の事情を鑑みて支所別に料金体系を決定しているわけではないため、各支所における給水コストに見合った料金体系になっていない。

料金は従量制を基本とするが、聞き取り調査と顧客台帳によると、水道メータ破損・不備が約 25%程度あり、メータ破損の契約者からは基本料金のみを収受する。また、メータ無しの契約者は固定料金である。これらは、契約者の節水意識向上の障害であるとともに実際の使用量が想定水量を上回るリスクが大きく、収入減になっていると懸念される。そのため、水道メータを完備することが急務である。

なお、料金表には下水道料金が含まれているが、NWSC は下水道事業を開始していないため、下水道料金は請求されていない。

表 3-5-4 NWSC 水道料金

No.	接続口径 (inch)	基本料金 基準使用水量 (Litres)	水道メータ料金		水道メータ無料金
			基本料金 (NPR)	1,000 リットル当たり追 加料金 (NPR)	月額固定料金 (NPR)
1	1/2"	10,000	110	25	200
2	3/4"	27,000	1,490	40	1,600
3	1"	56,000	3,420	40	2,700
4	1 1/2"	155,000	9,600	40	6,500
5	2	320,000	21,600	40	12,000
6	3	881,000	49,500	40	33,000
7	4	1,810,000	97,200	40	62,000
下水道料金			上水道料金の 50%		

出典：NWSC

(2) NWSC ビラトナガル支所の収支状況

表 3-5-5 に NWSC ビラトナガル支所の収支状況を示す。前述のように、料金収入は本部で一括管理されるため、同表中の収入は、直接的にはビラトナガル支所の運営経費予算にはならない。なお、同支所の支出額は料金収入より大きく、赤字状態である。ただし、赤字の原因は施設整備に係る投資・減価償却費によるものであり、日常的な運営経費は料金収入額の範囲内にある。

表 3-5-5 NWSC ビラトナガル支所の収支状況 (単位：NPR)

項目		2015/2016	2016/2017	2017/2018
収入	料金収入	39,491,466.27	42,883,875.12	46,696,706.00
	(請求書発行金額)	44,126,041.00	45,661,462.00	50,989,769.00
	料金収受率	0.89	0.94	0.92
支出	給与	14,122,423.44	16,701,927.12	14,584,743.56
	総務費	1,319,328.84	1,678,695.60	1,893,088.77
	燃料費・電気代	7,860,283.43	9,380,414.51	10,632,813.59
	水質管理	131,932.77	304,456.14	261,097.95
	維持管理	6,094,342.30	4,478,766.82	6,999,253.23
	投資・減価償却費	36,905,536.23	22,528,263.19	13,449,291.42
総支出		66,433,847.01	55,072,523.38	47,820,288.52
収支		-26,942,380.74	-12,188,648.26	-1,123,582.52

出典：NWSC

(3) 本プロジェクト実施後における収入予測と課題

本プロジェクト実施後は、給水人口が増加し、ビラトナガル支所の収入増が見込める。増加収入は、表 3-5-6 のように年間 39 百万 NPR を見込め、これら増加分で、プロジェクトで整備する施設の運転維持管理費用を十分賄える。

表 3-5-6 プロジェクト実施によって増加する収入予測

	プロジェクト実施前	プロジェクト実施後	増加分
給水人口増加分	約 52,000 人	約 93,000 人	約 41,000 人
接続戸数	約 10,400 接続 (1 世帯当たり 5 人で試算)	約 18,600 接続 (1 世帯当たり 5 人で試算)	約 8,200 接続
使用水量	171,237 m ³ /月 (2018 年 8 月から 1 年間の NWSC 実績値を調査団が分 析。同使用量は、 Kanchambari 配水区と Rani 配水区も含むが、顧客数が 少ないので、同値で予測)	348,750m ³ /月 (93,000 人 x 0.125m ³ /日/人 x 30 日)	177,513m ³ /月
増収分試算			
基本料金増加分 : 8,200 接続 x 110 NPR (基本料金)= 902,000 NPR/月			
従量制料金増加分 : (177,513 m ³ /月 - 8,200 接続 x 10m ³) x 25NPR = 2,387,825 NPR/月			
年間の増収分 : (902,000 + 2,387,825) x 12 カ月 = 39,477,900 NPR/年			
$> 28,441,000\text{NPR/年}$ (プロジェクトで整備した施設の維持管理費)			

出典：JICA 調査団

一方、前述の通り、本プロジェクトでの建設費用は政府から NWSC への貸付金として処理されるため、NWSC は政府への返済義務を負うことになり、今後、1 年あたり 7,600 万 NPR を減価償却費として見込む必要がある。貸付金は、NWSC への経営改善努力としての政府方針であり、一定の理解はできるものの、貸付金の制度が廃止されない限り、NWSC 全体として赤字を解消することは困難といえる。一方、営業収支改善のために料金を値上げするという方策もある。ビラトナガル支所のみ料金体系を変更することは現状できないが、NWSC が全国ベースで料金改定を行うことは可能であることから本プロジェクトの減価償却費を考慮の上、ビラトナガル支所の収支バランスをプラスにするにはどの程度の値上げが必要かを試算した。

表 3-5-7 Kanchanbari 配水区と Rani 配水区を含めた NWSC 配水区全体での料金収入試算

	プロジェクト実施前	プロジェクト実施後
接続戸数	約 12,000 接続 (内訳) 約 10,400 (プロジェクト対象範囲) 約 1,600 (Kanchanbari、Rani 配水区)	約 20,200 接続 (内訳) 約 18,600 (プロジェクト対象範囲) 約 1,600 (Kanchanbari、Rani 配水区)
使用水量	171,237 m ³ /月 (2018 年 8 月から 1 年間の NWSC 実績値を調査団が分析。同使用量は、Kanchanbari 配水区と Rani 配水区も含むが、顧客数が少ないので、同値で予測。)	435,150m ³ /月 (内訳) 348,750m ³ /月 (プロジェクト対象範囲) 86,400 m ³ /月 (Kanchanbari 配水区及び Rani 配水区：ポンプ運転時間から計算した揚水量として試算)
料金収入試算 (シナリオ 1：料金改定なし) 基本料金分 : 20,200 接続 x 110 NPR (基本料金) = 2,222,000 NPR/月 従量制料金分 : (435,150 m ³ /月 - 20,200 接続 x 10m ³) x 25NPR = 5,828,750 NPR/月 年間収入合計 : (2,222,000 + 5,828,750) x 12 カ月 = 96,609,000 NPR/年 1 世帯平均徴収額 : 5,828,750 NPR/月 / 20,200 世帯 = 289NPR		
料金収入試算 (シナリオ 2：料金改定あり、基本料金・従量料金共に 60%の値上げ) 基本料金分 : 20,200 接続 x 110 NPR x 1.6 (基本料金) = 3,555,200 NPR/月 従量制料金分 : (435,150 m ³ /月 - 20,200 接続 x 10m ³) x 25NPR x 1.6 = 9,326,000 NPR/月 年間収入合計 : (3,555,200 + 9,326,000) x 12 カ月 = 154,574,400 NPR/年 1 世帯平均徴収額 : 9,326,000 NPR/月 / 20,200 世帯 = 462NPR		

出典：JICA 調査団

現状のビラトナガル支所の収支は、表 3-5-8 のように予測できる。増加分以外の支出については、物価上昇等を考慮して予測した。

これらによれば、料金改定を行わない場合は、赤字となり、基本料金と従量料金共に現状の 160%とすれば、減価償却費用も賄える結果となる。試算は、現状 25%程ある定額料金がすべて従量制にすることができるとしている。NWSC は、積極的な水道メータ取り換えを顧客に促す必要がある。

表 3-5-8 プロジェクト実施後の NWSC ビラトナガル支所の収支予測（単位：NPR）

項目		現状 2017/2018	シナリオ 1 料金改定なし	シナリオ 2 (160%値上げ)	備考
収入	料金収入	46,696,706.00	91,778,550	146,845,680	
	(請求書発行金額)	50,989,769.00	96,609,000	154,574,400	
	料金収受率	0.92	0.95	0.95	95%まで改善
支出	給与	14,584,743.56	16,043,217	16,043,217	現状の 110%
			2,806,000	2,806,000	本プロジェクトでの増加分
	総務費	1,893,088.77	2,082,397	2,082,397	現状の 110%
	燃料費・電気代	10,632,813.59	2,126,563	2,126,563	現状の 20%が Rani, Kanchanbari 分と想定
			12,283,000	12,283,000	本プロジェクトでの増加分
	水質管理	261,097.95	52,219	52,219	現状の 20%が Rani, Kanchanbari 分と想定
			13,620,000	13,620,000	本プロジェクトでの増加分
	維持管理	6,999,253.23	7,699,178	7,699,178	現状の 110%
			1,127,000	1,127,000	本プロジェクトでの増加分
	投資・減価償却費	13,449,291.42	10,759,433	10,759,433	現状の 80%と想定
		76,000,000	76,000,000	本プロジェクトでの増加分	
総支出		47,820,288.52	144,599,008	144,599,007	
収支		-1,123,582.52	-52,820,457	2,246,673	

出典：JICA 調査団

概略設計で実施した社会条件調査では、ヒアリング世帯における水道料金の支払い平均は、390NPR/月であり、これは収入の約 0.8%程度である。今回の収入試算による 1 世帯当たりの水道料金は、60%の値上げをしても、462NPR/月程度となる。世銀では一般に支払い可能な水道料金の比率は 4%と言われており、60%の値上げをしても、十分に支払い可能な範囲と言え、値上げは可能である。一方で、社会条件調査では、住民は平均 203NPR/月程度の支払いしか望んでいない。しかし、こうした意識は、水道サービスの満足度が低いことが一因である、NWSC は、本プロジェクト実施による、水道サービスの改善と顧客の満足度を上げる必要がある。

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

本プロジェクトの実施に際して、新規 PS 建設予定地を NWSC が使用できるような手続きが必要である。新規 PS の所有者は、BMC であり、正式な土地使用許可の手続きは BMC が行う。

管路敷設に伴う道路掘削許可は、市道は BMC、国道は公共事業運輸省の部局 Department of Road (DOR) が行う。国道掘削では受託金が必要とされるが、給水省は受託金の免除手続きを事前に実施することが必要である

また、初期環境調査 (IEE) の給水省による承認が必要である。2021 年内には、レポートが提出され、NWSC は承認まで管理を実施する必要がある。

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

プロジェクトの効果を発現・持続するためネパール側が取り組むべき事項は、以下のとおりである。

- 本プロジェクトで建設／調達された施設／機材の適切な使用・維持管理を行う。
- 本プロジェクトで建設される上水道施設の維持管理要員を適切に配置する。
- 本プロジェクトのソフトコンポーネントで作成される上水道施設の運営管理マニュアルにしたがって、継続的に運営管理を実施し、適切な O&M 体制を構築する。
- 環境社会配慮のための、緩和策及び環境管理計画・モニタリング計画を実施する。

4-3 外部条件

本プロジェクトの効果を発現・持続するための外部条件は、以下のとおりである。

- 対象サイトの治安状況が本事業の実施に影響しない。
- 新型コロナウイルスの蔓延が予期せぬレベルで拡大し、社会経済に影響を与えない。
- 本プロジェクトのソフトコンポーネントで研修を受けた NWSC 職員が離職しない。
- 電力や薬品等の運転維持管理費用の想定以上の物価上昇によって、水道事業経営に影響を与えない。

4-4 プロジェクトの評価

4-4-1 妥当性

本プロジェクトの妥当性は、以下のように整理される。

- ネパールでは、社会経済開発の進捗を目指す中、上水道開発は重要な項目の一つであり、適

切な品質で簡易なアクセスの飲料水サービスの提供で国民の健康と生活レベルの改善を図ることとしている。本プロジェクトは、適切に浄水された安全な水を市民へ提供するものであり、これらの上位計画と一致しており、プロジェクト実施の必要が高い。

- プロジェクト対象区域は、市内の中心部であり、上水道施設開発のインパクトは大きく、NWSC の信頼回復への足掛かりとしての効果や周辺への波及効果も高い。

4-4-2 有効性

(1) 定量的効果

本プロジェクトでは、水質改善を最重要課題とし施設改善を行うことで、NWSC の信頼回復と市民へのサービス向上を目標にしている。浄水プロセスと浄水の水質管理を適切に行うことで、各戸での給水水質を確保する必要がある。本プロジェクトを実施することで、以下の定量的効果が見込まれる。

表 4-4-1 本プロジェクト対象地の定量的効果指標

指標名	基準値 (2019年実績値)	目標値(2027年) 【事業完成3年後】
給水水質 (残留塩素、鉄、マンガン) (mg/l) ※1	残留塩素：0.1 以下 鉄：最大 0.53 マンガン：最大 0.48 (ネパール飲料水水質基準に 不適合)	残留塩素：0.1 以上 鉄：0.3 以下 マンガン：0.2 以下 (ネパール飲料水水質基準を満 たす)
給水人口(人) ※2	約 52,000	約 93,000
一日平均給水量(m ³ /日) ※3	約 9,000	約 15,000

※1：目標値は、ネパール飲料水水質基準値。水質は水道蛇口にて検査を実施。

※2：事業対象地域である4つの配水区の給水人口から推定。

※3：事業対象地域内のポンプ場における井戸ポンプ運転時間から推定。

出典：JICA 調査団

(2) 定性的効果

定性的効果としては、以下のとおりである。

1) 水因性疾患の減少

ビラトナガル市が属している Morang District が、医療機関からの情報に基づき、2014年から水因性疾患症例数データ管理を実施している。同情報によれば、水因性疾患の症例は少なくなく、腸チフスが約16,000例、急性胃腸炎が約14,000例(共に2019年)等、確認されている。本プロジェクトにより、適切な水質管理が実施され安全な水の提供により、水因性疾患の減少に期待できる。

2) 市民の上水道サービスへの満足度向上

2019年に実施した社会条件調査によれば、NWSC 給水世帯の約85%が水道水への不満を感じて

おり、特に水質に関する不満が多く、次いで、給水時間、水圧の不満と続く。2014年4月に大量のウイルス性肝炎罹患者が発生し、これらがNWSCの水道水に起因するといった風評もあり、NWSCの水道水の市民による信頼性は現状で低い。本プロジェクトにより、水質改善を主として水道サービスの向上が図られ、NWSCの水道水の満足度の回復が期待できる。

3) 市民の生活環境改善

NWSCの上水道および家庭にあるハンドポンプから汲み上げられる地下水には鉄とマンガンを多く含むため、飲料水はもとより生活用水としても満足が高いものではない。浄水された安全な水の提供は、ビラトナガル市民の生活環境の改善への寄与が期待できる。