

インド共和国
ジャルカンド州上下水道局
ランチ市政府

インド国
ランチ下水道整備事業準備調査

ファイナルレポート
(要約版)

平成 26 年 9 月
(2014 年)

独立行政法人 国際協力機構 (JICA)

日本工営株式会社

南ア
CR(5)
14-040

インド共和国
ジャルカンド州上下水道局
ランチ市政府

インド国
ランチ下水道整備事業準備調査

ファイナルレポート
(要約版)

平成 26 年 9 月
(2014 年)

独立行政法人 国際協力機構 (JICA)

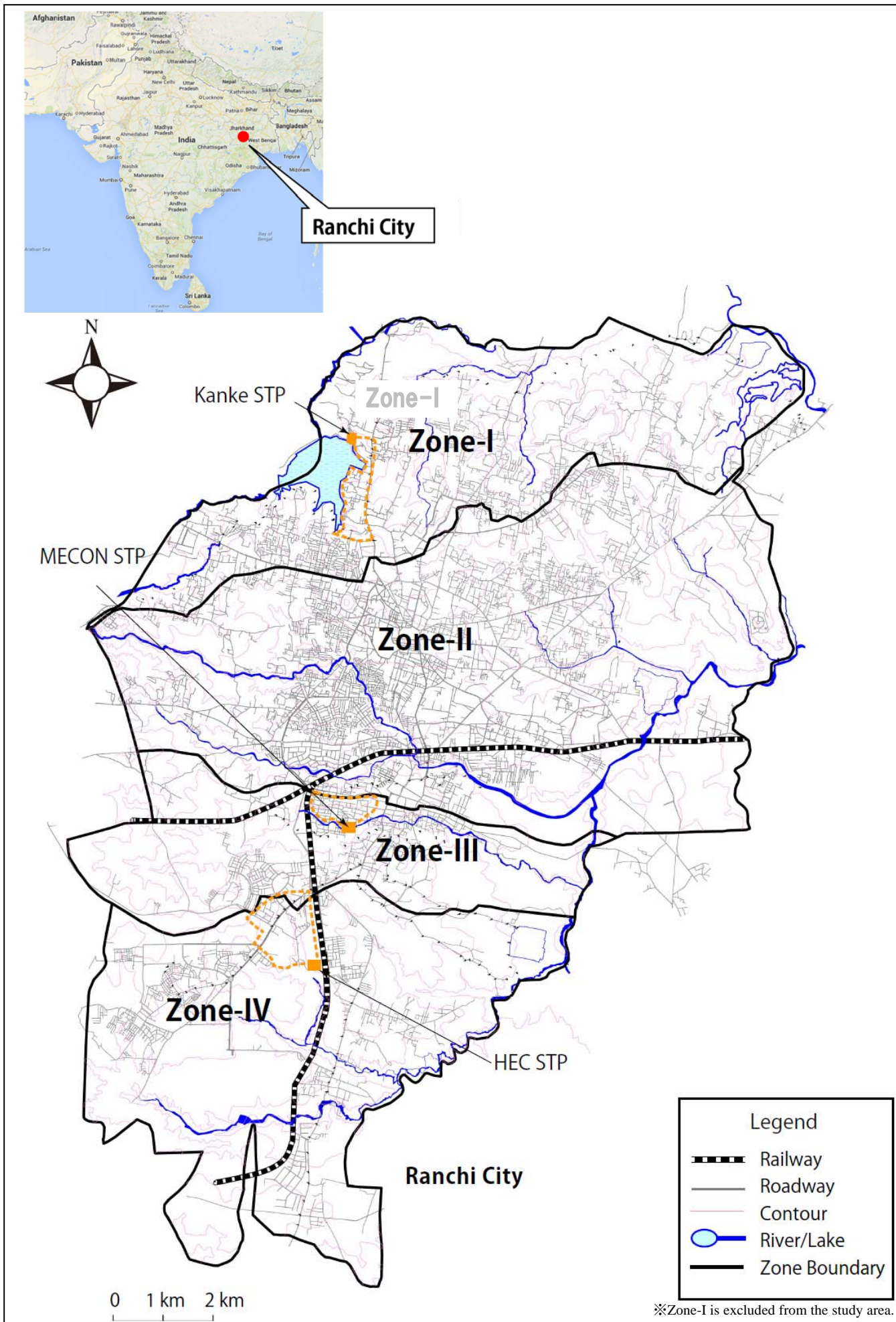
日本工営株式会社

為替レート

1 INR = 1.69 JPN

1 JPN = 0.59 INR

(2014年6月現在)



調査対象地域位置図

第1章 序文

1.1 背景

近年、インド国の都市部では人口の増加と給水量の増加に伴い下水・排水量が増加している。しかしながら、国全体の下水処施設の普及は2009年時点でわずか30%にとどまっている。この状況下で、インド国中央政府は第12次5カ年計画（2012年5月-2017年3月）の一環として、都市部における全ての家屋に下水並びに衛生施設を普及させることを目標とした。

本事業対象都市は、ジャルカンド州の州都であるランチ市であり、2011年時点の人口は約110,000人である。同州の2010年時点の貧困率は31.1%と報告されており、全国平均値である20.9%より遥かに高い。ランチ市には下水道処理施設は未だ整備されておらず、それら施設の整備が急務となっている。

一方、インド国中央政府は「ローリングプラン」を通じ、2013年6月に我が国の国際協力機構（JICA）に対し下水道整備の支援を求めた。産業と都市部の基盤整備開発に重点を置くJICAはランチ市の下水道整備事業を支援することを決定した。JICAは、その後ランチ市の下水道整備に関わる準備調査実施を決定し、2013年10月ランチ市政府（RMC）と合意した。

この準備調査の目的は、本事業がJICAによる円借款事業として実現可能かどうかを評価するものである。本準備調査の基本方針は、2013年に中央政府が承認した下水道事業に関わる「詳細事業レポート」（DPR）に基本的に準ずるものであったが、調査実施中に厳しい環境問題の存在が明らかとなり、それらを改善するため技術面において大幅な変更を行うこととなった。

これらを取りまとめたファイナル・レポートは2014年9月にランチ市政府とジャルカンド州政府に提出予定である。

1.2 調査対象地区

本ランチ市下水道整備に関わる調査対象位置図は巻頭に示した通りである。

1.3 当該準備調査の業務内容

主な業務内容は以下のとおりである。

1)	基本情報の収集
2)	既存の計画のレビュー
3)	現地測量
4)	事業スコープの決定
5)	概略設計
6)	概略事業費算出
7)	調達計画
8)	環境社会配慮
9)	事業実施スケジュール

10)	事業実施計画と運営維持管理
11)	組織改善計画
12)	財務分析
13)	事業評価

1.4 RMC のカウンターパート JICA 調査団員

(1) RMC カウンターパート:

- | | |
|-------------|--|
| 1) 組織担当 | Mr. Sri Om Prakash Sah, Dy. CEO |
| 2) 下水及び雨水排水 | Mr. Sri Vijay Kumar Bhagat, Superintendent |
| 3) 維持管理計画 | Mr. Sri Anil Kumar, Executive Engineer |
| 4) 経済・財務・調達 | Mr. Sri Prakash Singh, C.A. JNNURM |

(2) JICA 調査団員:

- | | |
|--------------------------|------------|
| 1) 総括/下水道計画 | 岡崎敬介 |
| 2) 組織強化・住民啓発 | サンデーブ・ジャゴタ |
| 3) 施設計画 A (下水処理場設計) | 高橋義吉 |
| 4) 施設計画 B (汚水管網/雨水排水路設計) | 田辺 勲 |
| 5) 自然条件調査 | 渡邊泰介 |
| 6) 機械/電気設備計画 | 杉浦健一郎 |
| 7) 調達計画/積算 | 田村英久 |
| 8) 経済・財務分析 | 村上武士 |
| 9) 施設運営・維持管理/公衆衛生 | 花房正英 |
| 10) 環境社会配慮 | 佐藤信介 |

第2章 事業実施地域の概要

2.1 自然条件

(1) 地形条件

ランチ市の面積は 175km² であり、市の南から東にかけての境界はスバルナレカ川に沿っている。地形は全体的に西から東に緩やかに傾斜しており、北部は南から北に向かって傾斜している。標高は MSL+640m から MSL+700m で、高原地帯となっている。

(2) 気象条件

ランチ市は亜熱帯に属しており、季節はモンスーン期（6～9月）、冬期（10～2月）、夏期（3～5月）に分かれている。

年平均降水量 1,500mm のうち、約 80% はモンスーン期に降り、残りの約 20% は冬期と夏期に降る。月平均降水量は 7月で 340mm、12月で 12mm となっている。

モンスーン期の湿度は 85% まで達し概して高いが、夏期の湿度は 27% になることもあり比較的低い。

(3) 地質条件

ランチ市はチョタ・ナーグプル高原の一部であるランチ高原に位置し、アルミ、銅、鉄、石炭等の豊富な鉱産資源を有している。

表層土は主に N 値 5 以下のシルト性粘土で構成された第一層、N 値 10～50 程度の砂利で構成された第二層、N 値 50 以上の石を含んだ粘土性シルトで構成された第三層で形成されている。

Zone-II 内のポンプ場 No.1、ポンプ場 No.2、及び ZoneII 下水処理場予定地では地表から 3～11 m 以下に N 値 100 以上の岩盤が広がっており、構造物の建設に適した土地である。

(4) 水文条件

ランチ市にはハルム川（河川勾配 1/100）、ヒノー川（河川勾配 1/200）、スバルナレカ川（河川勾配 1/300）が西から東に向かって流れており、ハルム川とヒノー川は下流でスバルナレカ川に合流する。スバルナレカ川の Zone-II 下水処理場予定地点における集水面積は 153km² となっている。

ランチ市の主要道路は丘の稜線に沿って走っているため、道路排水は概ね良好だが、川沿いや窪地など一部地域では洪水や水溜りが発生している。

地下水賦存量は豊富ではなく、地下水位は減少傾向にあるが、給水システムが完備されていないため多くの家屋では井戸を所有し地下水を汲み上げている。地下水質は概ね良好である。

(5) 河川水質

市内の河川は生活排水、工場排水で汚染されており、本調査団が冬期（2月）、モンスーン期（6月）における水質を調べたところ、多くの地点では BOD、大腸菌群数、全窒素量、アンモニア態窒素などの測定値が環境基準値を上回っていた。

2.2 現状の経済財務状況

(1) Jharkhand 州政府の財務状況

2008-09 年度から 2012-13 年度の期間における平均収入総額は 1,940 億ルピーであり、そのうち 58% が中央政府からの補助金であった。収入と支出の差額はマイナス 360 億ルピーであり、総収入の 12% に相当する。

(2) RMC の財務状況

RMC は中央、州政府から補助金を受けており、2008-09 年度から 2012-13 年度の平均は年 5.1 億ルピーに及ぶ。これは総収入の 75% に当り、RMC が中央、州政府の補助金へ大きく依存していることが分かる。

2.2.1 上下水道サービスの収入と支出

(1) 上下水道サービスに関連する収入

上下水道サービスに関連する料金収入は、過去 5 年間で平均 9,300 万ルピーであった。水道税、下水道税、水道料金、タンカー給水料金、トイレ清掃費用から成る、RMC の総収入は全体の 42% を占める。残りの 58% は、Drinking Water & Sanitation Department (DWSD) が、各地区の大口利用者から徴収している。

(2) 上下水道サービスに関連する支出

過去 5 年間の維持管理費用は、合計 3.0 億ルピーとなった。DWSD が最終接続を除く、大部分の施設を維持管理していることから、DWSD の支払う費用が全体の 94% を占めている。

建設費用に関しては、RMC が JNNURM 事業を含む過去 5 年間のデータで年間 3.28 億ルピーとなった。DWSD は、データが入手できた過去 3 年間の平均で 2.74 億ルピー/年となった。

(3) 収支バランス

RMC と DWSD の業務を含む、収入と維持管理費のバランスを比較すると、過去 3 年間の回収率は平均で 27% となった。

(4) 有収水率

RMC と DWSD による水道事業の 2012-13 年度の有収水率は、16% と算出された。本試算は、信頼性の低いデータを元に行っているため、先の技術的調査において、再度見直される必要がある。

2.3 既存の水道システム

(1) ランチ市の水道事業の概要

ランチ市の既存の水道事業は、4MLDのゴンダシステム、56.8MLDのハティアシステム、170.5MLDのブーティシステムの3つの給水システムからなっている。ランチ市では多くの地域が給水制限を受けており、65%から70%は時間制限のある給水管によるサービスを受けているものの、残りの30%以上は公的私的井戸、公共の給水栓、給水車等によるサービスとなっている。

民間のコンサルタントは、無収水率が90%と推定しているが、一方DWSDでは70%から80%程度と予測している。しかし、詳細な水道料金徴収記録や正確な登記がなされていないため、どの組織においても具体的な調査はこれまで実施されていない。主な事業運営上の問題点として、ポンプ場、浄水場、配水池に流量計が設置されていないことや、配水池のポンプが機能していないこと、更に管路のサイズや管路網が適正に整備されていないこと等が挙げられている。

(2) 現在実施中の水道計画

RMCは、中央政府のJNNURMの財務支援を受け新たな水道改善事業を実施しているが、2012年の9月以降この事業は停止したままであり、その時点までの進捗はわずか45%にとどまっている。このJNNURMの支援を受けた改善計画は2つのフェーズに分かれており、その最初のフェーズIは上記のように停止したままである。フェーズIの総事業費はRs.288クロール（28.8億ルピー）である。

(3) 水消費量

RMCが実施した2012年の修正DPRによれば、一人一日当たりの水消費量は84リッターであり、平均給水時間は4時間と報告されている。その後幾分かは改善され、現時点での一人一日当たり平均水消費量は概ね100から115リッター程度と想定されている。このことから、2046年の下水道計画年での給水量も大きな伸びは期待できず、計画給水量としては135リッター程度が妥当であろうと推定される。

(4) 水道事業におけるGISやSCADAシステムを使った管理システムの提案

現在のJNNURMの支援やDWSDによる水道システムの改善、拡張計画が完成した後、RMCが運営・維持管理上の問題点の改善として実施すべきことは、GISシステムやSCADAシステム導入による水道事業の改善計画の実施である。

2.4 既存雨水排水施設

(1) 調査対象地域の雨水排水現況

ランチ市は、スバルナレカ川の3つの主要支川流域にまたがり、その平均縦断勾配1/100～1/200と雨水排水計画上有利な条件にある。

雨水は道路側溝で近傍河川に排水されているが、施設の破損、流下容量不足、劣悪な維持管理のため旨く機能していない。

(2) 調査対象地域の浸水現況

排水路の機能不全に起因する局地的な雨水の停滞、排水不良による浸水が市内各所で報告されている。

本調査で実施した浸水調査によると、豪雨による浸水に加え地形上のくぼ地/低湿地への雨水流入と排水不良による局地的浸水が多く報告された。

さらに、本調査で実施した河川調査によると、主要道路上の橋梁は十分な流下容量を有するが、中小の橋梁、カルバート等は流下能力が不十分であり、洪水原因と想定される。

(3) 既存雨水排水計画

DPR では、総延長 970km の道路側溝を中心とする排水施設により、雨水を最短距離で近傍の自然排水路、または河川に排水する計画としている。

2.5 既存下水処理・処分システム

(1) 既存下水管理システム

ランチ市内にはカンケ、MECON、HEC 地区の3ヶ所の下水処理場が存在するが、これら以外には中央集中型の下水処理システムは存在しない。

ランチ市北部の水道水源であるカンケ湖畔にあるカンケ下水処理場は、近隣地区から同湖に流入する下水を処理するため、ジャルカンド州の飲料水・衛生部 (DWSD) により建設・運営されている。また、MECON、HEC 各処理場はインド政府により設立された公社である MECON、HEC が所有しており、各社の開発地区内で発生する下水を処理するため建設された。しかしながら、3ヶ所の下水処理場は維持管理や修繕不足によりほとんど機能していない状況である。カンケ下水処理場のみが敷地内に小規模な汚泥乾燥床を有しているが、反応槽から引き抜いた汚泥は基本的に同処理場の近隣の農地に直接廃棄されている。

それ以外の地域には下水処理システムはなく、合併浄化槽で処理されるか未処理のまま近隣の河川に放流されている。RMC の保健局が浄化槽の沈殿汚泥をバキューム車で収集している。汚泥の廃棄処分場はゾーンⅡの変電所とスバルナレカ川に隣接した場所にある。

(2) 既存衛生施設

RMC は家庭の水洗トイレの設置を支援しており、2001 年以降に 1,300 箇所以上のトイレが浄化槽と共に設置された。

RMC への聞き取り調査と本調査団の詳細位置と種類の特定を目的とした現場調査によれば、ゾーンⅡ、Ⅲ、Ⅳで 2002 年から 2013 年までに 27 箇所の公衆トイレと 17 箇所のコミュニティトイレ (計 44 箇所) が RMC により設置された。州政府の都市開発局 (UD) が州全体の衛生改善プログラムの一環としてその費用を RMC に出資している。

公衆トイレはその建設や維持管理における全国的な NGO である SISS が建設し、UD との 30 年間の契約に基づき運営・維持管理されている。ほとんどの公衆トイレではトイレの入口にいる料金徴収スタッフが、トイレ利用に 2ルピー、シャワー利用に 3ルピーを徴収している。日雇い労働者への賃金や電気代、小規模の修繕といった運転費用は徴収した料金から賄っている。

2.6 既存組織体系

インドの行政組織は中央政府、州政府、地方自治体の3段階で構成されている。中央政府レベルでは政策方針、ガイドラインが策定され、給水や下水処理分野における事業実施援助は州政府レベルで行われる。

インド憲法においても給水と公衆衛生（排水、下水、ごみ処理）分野の事業実施は州政府主体で行われることが謳われており、1992年第74回修正条項においても州政府が計画、実施、運転、維持管理を必要なインフラに対して実施する権利を有することが明記されている。

地方自治体であるランチ市においては、市長と地方議員がCEOの援助を受けて実行委員会を組織し、実際の事業運営を行う。

本調査において事業実施に大きく関与する組織は、中央政府レベルでは都市開発省（MOUD）、及びMOUD傘下の公衆衛生環境技術中央機構（CPHEEO）、州政府レベルでは都市開発局（UDD）、上下水道局（DWSD）、地方自治体レベルではRMC、ランチ市地域開発機構、ランチ市工業団地開発局、HEC、MECONなどがある。

インドにおいては下水道計画に係る多くの政策、法律、規定があり、事業実施に対する許認可についても多くの留意点がある。

2.7 既存環境社会状況

(1) ベースライン調査

本調査対象地域に対する環境社会状況ベースライン調査を実施した。全 55 ウォード中 45 ウォードから 120 戸を抽出し、低所得者、中所得者、高所得者にグループ分けし質問票を配布して調査した。

調査結果は以下の通りである。

i) 飲料水の確保

55%が私設の井戸、29.2%が公共水道からであった。中・低所得者層に比べ、高所得者層でより多くが私設井戸を使用していた。

ii) トイレの設置状況

低所得者層の 65%、中所得者層の 85.7%そして高所得者層の 100%でトイレを有しており、全体で 83.3%の家庭で家屋内にトイレを有している。

iii) 衛生改善への関心

63.3%の家庭で水道の導入を第一の関心事としており、一方で 20%の家庭で下水道の導入を第一の関心事としていた。

iv) 下水道利用への意志

96.6%の家庭で下水道利用を望んでいる。内、25.5%を低所得者層、34.1%を中所得者層、及び 37.5%を高所得者層が占めていた。

v) 支払い意志額

7.1%の家庭では Rs.1,000 以上の設置費を支払う意思があるとしているが、36.5%の家庭では Rs.500~1,000 が手ごろだとしている。

vi) 下水道料金

62.4%の家庭で、月 Rs.20~60 の下水道料金が適当としている。

(2) インド及び JICA の環境規定/ガイドライン

インドでは 1994 年 1 月に EIA Notification (EIA 公告)が環境森林省により公布されており、その後修正が加えられ 2006 年 9 月 14 日に改訂されている。インド EIA の特徴は、EIA が環境許可(Environmental Clearance : EC) 取得の一環として実施されることである。

インドにおける新規事業に対する環境影響管理に関するもう一つの特徴は、社会影響評価 (Social Impact Assessment : SIA) である。EIA が実施された場合、SIA も EIA の一部として実施されるのが一般的である。用地取得や住民移転問題は、SIA の実施により対応する。また、事業実施により影響を受ける住民からの意見聴取、協議実施の手順は「新土地取得法」により規定されている。

一方で、環境・社会配慮ガイドライン(2010 年 4 月版)、いわゆる JICA ガイドラインを円借款事業に対し適用した。JICA ガイドラインは、環境及び社会影響の程度に依り、事業を 4 つのカテゴリーに分類している。以下の Table 2.7.9 にインド環境規定と JICA ガイドラインの要旨を示す。

Table 2.7.9 環境社会配慮に関するインド規定と JICA ガイドラインの比較

項目	JICA ガイドライン	インド規定
事業分類	4 分類: カテゴリー A-D	2 分類: カテゴリー A 及び B カテゴリー B はさらに B1 と B2 に分類されている。
環境影響評価 (EIA)	カテゴリー A 事業に対して必要。	EIA は、必要に応じて EC の一部として実施。 EC は Schedule of EIA Notification-2006 に記載の 39 の活動/事業に対し行われる。カテゴリー A と B に該当する事業は、EIA の実施が必須。
社会影響評価 (SIA)	EIA に含まれる。	EIA が実施された場合、SIA も EIA の一部として実施されるのが一般的。ただし、EIA と SIA は基本的には別の活動。 EIA の根拠規定は EIA Notification-2006、一方 SIA のそれは新土地取得法(New Land Acquisition Act and NRRP-2007)である。
公聴会	必要	SIA の一部として実施される。
土地収用	大規模家屋移転を要する場合、移転活動計画(RAP)が作成される。土地収用は RAP の中で取り扱われる。	カテゴリー B の公共事業目的での土地収用は、州/郡の政府が新土地取得法に基づき実施する。この法律は、損失補償、生活回復支援、家屋移転に関する事項を規定している。

出典: JICA Study Team

(3) 既存環境影響評価報告書

本事業の既存 DPR での環境影響評価報告書 (EIA 報告書) は、EIA Notification-2006 の要求を満たしているが、影響の数量化が欠落している。ベースライン・データも 5 年以上前のもので更新が必要である。DPR 内の EIA 報告書は中央政府あるいは州政府の環境許可取得を目的として作成されたものではない。

(4) 土地収用及び家屋移転状況調査

Table 2.7.10 にゾーン II 内での土地収用に関するデータを示す。

Table 2.7.10 ゾーン II にて予定の土地収用

施設	路線/(場所)	現状	収用面積 (ha)	移転家屋数
下水幹線	(ゾーン II)	公共用地	0	0
PS 1	TR-1/(Vidya Nagar)	私有地, 草地	0.12	0
PS 2	TR-1/(Kadru)	私有地, 草地	0.17	0
PS 3	TR-2/(Krishnapuri)	私有地, 草地、数本の電信柱有り	0.10	0
PS 4	TR-3/(Disnery Pool)	私有地, 草地	0.14	0
PS 5	TR-4/(Sarnatoli)	私有地, 草地	0.12	0
PS 6	TR-3/(tata Road)	新規ポンプ場のため未確認	0.17	-
STP II ^(注)	(Namkum/Tonko)	農地 (小麦、トウモロコシ等を栽培)	6.00 (アクセス道路を含む)	0
合計			6.75	0

出典: JICA Study Team

注: PS: Pumping Station, STP: Sewage Treatment Plant

Table 2.7.11 にゾーン III and IV 内での土地収用に関するデータを示す。

Table 2.7.11 ゾーン III and IV にて予定の土地収用

施設	路線	収用面積 (Ha)	移転家屋数
下水幹線	(ゾーン III and IV)	0	0
PS 1	TR-1	0.10	0
PS 2	TR-1	0.10	0
PS 3	TR-1	0	0
PS 4	TR-1	0.17	0
PS 5	TR-1	0.17	0
PS 6	TR-3	0.12	0
STP	HEC (State company owned land)	0	0
合計		0.66	0

出典: JICA Study Team

第3章 雨水排水及び下水処理計画と設計

3.1 計画と設計条件の設定

(1) 計画年

既存の DPR では、CPHEEO の設計マニュアルに基づき、下水管渠設計に対し運営開始 30 年後の 2046 年を最終計画年とし、またポンプ施設、圧送管、下水処理場設計に対し、15 年後の 2031 年を中間計画年としている。本準備調査では基本的にこれらの計画年に準ずることとした。

(2) 下水処理計画対象エリア

既存の DPR では、下水処理計画対象エリアはゾーン I、II、III、IV の 4 つに分けられていた。この内、ゾーン I は、本準備調査開始前の JICA とジャルカンド州政府の協議により、将来 JNNURM の資金にて実施することが確認された。

ゾーン II は残りの 3 つのゾーンの中で最大の人口と人口密度を有し、費用便益の観点から円借款実施に対し最も優先度が高いゾーンと判断された。また、ゾーン III と IV は将来の円借款事業として第 2 の優先プロジェクトとされた。

(3) 人口予測

ランチ市は、2011 年時点の全国人口調査で 1,073,470 となっており、この調査結果に基づき、各ゾーンの人口予測が表 3.1.1 のように実施された。

Table 3.1.1 既存の DPR の人口予測

計画年 ゾーン	2011	2016	2031	2046
ゾーン I	197,911	245,164	309,680	502,710
ゾーン II	592,304	679,292	813,355	949,869
ゾーン III、IV	283,255	373,122	480,189	587,758
合計	1,073,470	1,297,518	1,603,224	2,040,337

出展: DPR, April 2013

(4) 給水計画

2013 年 4 月の修正 DPR では、既存の RMC の単位給水量は 75 L/c/d であり、Table 3.1.3 に示す国の基準より遥かに低い値である。

Table 3.1.3 単位給水量の国家基準

都市の分類	計画最大給水原単位 (L/c/d)
管路給水がある都市で下水処理システムが存在しない。	75
管路給水がある都市で下水処理システムがあるか計画中である。	135
管路給水がある大都市で下水処理システムがあるか計画中である。	150

出展: CPHEEO

既存の DPR では、2031 年の中間計画年と 2046 年の最終計画年での単位給水量は 150 L/c/d が提案された。しかしながら、現状は 65% の水道普及率で残りの 35% は井戸、給水栓、給水車に頼っており、かつ無収水率が 70 から 90% の状況にある。この状況を打開すべく、JNNURM や管渠網整備計画を実施しているにもかかわらず、2012 年の 9 月以降は計画が頓挫しそのままになっている。

したがって、水道普及率 100% 達成はかなり難しく、将来の計画給水原単位としては 100 L/c/d から 135 L/c/d の範囲であろうと推定される。

(5) 発生下水量の算定

既存の DPR では、下水発生量の計算は単位給水量 150 L/c/d に対し 100% の普及率、80% の下水収集率を用いて計画している。これに対し、本準備調査では現実的な観点から、計画年における単位給水量を 135 L/c/d、水道普及率あるいは 135 L/c/d への達成率として 80%、更に発生下水の収集率を 80% として家庭下水量を算定した。また、工業、商業、学校等公共施設での追加的下水量を家庭下水量の 20%、更に地下水の侵入を最大 5,000 L/km/day として追加計算した。

日平均発生下水量は Table 3.1.6 のとおりである。

Table 3.1.6 ゾーン II、III、IV の発生下水量の算定

ゾーン	家庭下水(m ³ /d)		工業、商業、公共施設 (m ³ /d)		地下水(m ³ /d)		日平均発生下水量と処理場規模 (m ³ /d)	
	2031	2046	2031	2046	2031	2046	2031	2046
ゾーン II	70,274	82,069	14,055	16,414	2,075	2,075	86,404 →86,000	100,557 →100,000
ゾーン III & IV	41,488	50,782	8,298	10,156	760	760	50,546 →50,000	61,699 →61,000

出展: JICA Study Team

(6) 排水システム設定用パラメータ

設計対象降雨規模は、CPHEEO 基準をも考慮し 2 年確率降雨とした。

降雨流出量算定計算は、CPHEEO 基準を考慮して Table 3.1.7 に示す流出率を設定し合理式法を用いた。

Table 3.1.7 設計降雨流出率

ウォード番号	2046 時点人口密度	流出率
7, 36, 37, 38, 39, 42, 49, 50, 52, 54, 55	100/ha 未満	0.4
26, 31, 46 の一部	500/ha 超	0.8
その他のウォード	100/ha から 500/ha	0.6

出典: DPR for Ranchi Sewerage Project (2013)

3.2 雨水排水施設予備設計

(1) 調査対象地域の雨水排水現況

本調査では、RMC 内の既存排水状況を考慮し道路側溝により雨水を短時間で近傍の自然排水路/河川に排水することとした。

排水施設諸元決定においてはマニング式を用い、最大流速 $3.0\text{m}^3/\text{sec}$ 、最小流速 $0.6\text{m}^3/\text{sec}$ とし、さらに余裕高を考慮して側溝諸元を決定することとした。

(2) 雨水排水施設及び構造

道路地内での十分な設置スペース確保の困難さと衛生上の観点から、蓋付き矩形水路を採用し、道路横断部のみボックスカルバートまたはパイプカルバートとした。新規施設の諸元は Table 3.2.1 に示す通り。

Table 3.2.1 新規施設の諸元

ゾーン	蓋付き矩形水路延長 (km)	RCCパイプカルバート延長(km)	RCCボックスカルバート延長 (km)	総延長 (km)
Zone II	504.1	2.1	7.8	514
Zones III and IV	239.8	1.9	2.5	244

出典: DPR, April 2013

排水路諸元は、維持管理上から最小形状として幅 300 mm x 深さ 200 mm とし、プレキャストコンクリート U 型溝を採用し、道路横断用カルバートとして現場打ちコンクリート構造とした。

河川への放流施設としては、コンクリートマスを設け U 型側溝からの雨水を受け、マスに接続された RCC パイプから放流する。

(3) 既存河道改修の必要性

市内の雨水排水路システムの改善に伴い、河道内での洪水ピーク流量の増加が想定されるため、本調査において将来的な河道改修の必要性を提言した。

河道改修事業の骨子としては、現河道内に繁茂するブッシュや投棄されたゴミの撤去、適切な河道断面の確保、既存チェックダムの撤去、また現河道の拡幅が困難な場合、上流部での調整池建設等も考えられる。

3.3 下水施設予備設計

(1) 下水システムの設定

現状で下水は、家戸から道路側溝に排出され雨水と共に河川に排出されている。既存下水計画(DPR)は分流式で、各戸下水はラテラル管で収集され、それに繋がるコレクター管、準幹線管路、幹線管路を經由して処理場に運搬される。本調査では、分流式と合流式との比較検討結果として分流式下水システムとした。

(2) 下水管路の設定

既存計画での下水幹線ルートは、総延長で 11.5 km に渡る私有地を通過していること、またその沿線に移転が想定される合計 132 軒の家屋が認められた。これは、事業実施に際しての土地収用と家屋移転の必要性を示すものである。

下水幹線ルート上の土地収用及び家屋移転を極力避けるため、ポンプ施設を追加設置した上で公道内への代替管路布設を提案した。代替幹線下水管路の主要諸元は Table 3.3.2 に示す通りである。

Table 3.3.2 Features of Proposed Drain Channels

幹線番号	管路延長 (km)	適用管径 (mm)
Zone II (総延長 38.3 km)		
TR-1	14.9	150 to 1400
TR-2	7.7	150 to 600
TR-3	8.7	150 to 1000
TR-4	4.8	150 to 600
TR-5	2.1	150 to 250
Zones III and IV (総延長 22.6 km)		
TR-1	15.5	350 to 1100
TR-2	4.0	150 to 400
TR-3	3.1	150 to 400

出典: JICA Study Team 2014

(3) 設計流量

設計下水流出量は、一人当たり日平均水使用量(135 リットル/人/日)に基づき算定された日平均下水量に CPHEEO 規定のピーク・ファクター(2.0)を乗じた時間最大流量を用いた。

CPHEEO 規定に則り、自然流下式下水管路設計には 2046 年時点の下水量、圧送管及びポンプ施設設計には 2031 年時点下水量を用いた。

(4) 下水管網施設

自然流下式下水管路諸元の決定においてはマニング式を用いる。管内最大水深を管径の 8 割とし、最大、最小流速を各々 3.0 m/sec 及び 0.6 m/sec に保つよう諸元を決定する。圧送管の管径は、管内流速 1.5~1.8m/s の下で所定のポンプ揚程を考慮した

上で必要流量が流下できるよう決定された。

自然流下式管路の管材としては、管径 1000 mm 以下に対しては Double Wall Corrugated (DWC) 管を、1000 mm を超える場合は RCC 管、また圧送管にはダクタイル鋳鉄管を用いる。

管路土かぶりが 7 m を超えかつ設計流量が 100 L/s 未満である場合にマンホールポンプの使用を提案した。ゾーン II では幹線管路上に 5 か所、準幹線管路上に 3 か所、計 8 か所のマンホールポンプが提案された。ゾーン III and IV では 1 か所のマンホールポンプが幹線管路上に提案された。

マンホールは、CPHEEO の基準を考慮し、概ね 50 m の設置間隔とし、加えて管の勾配、管径の変化点、さらに管路合流点に設置する。

管路基礎は、CPHEEO 基準並びに管体の適切な保護を考慮し管底下 200 mm 厚の締め固めた砂基礎とし、加えて管頂より 200 mm 上方までを締め固めた砂で埋め戻すものとする。

CPHEEO 基準により、管路の最小土かぶりを 1 m とし、また管路が他のユーティリティと交差する場合は最低 30 cm の間隔を置くものとする。

管布設方法としては、掘削深 7 m 未満に対しては開削工法とし、必要に応じて木製あるいは鋼製矢板を用いた仮設土留め壁を適用しての掘削とする。

幹線管路の既存河川横断方法としては、横断地点の地形並びに地質条件を考慮し、プレストレスコンクリート桁と橋脚を支持構造物とするダクタイル鋳鉄管の水管橋が採用された。

(5) 管路システムの運転・維持管理

管路システムの効果的な運転・維持管理実施のため、関連施設を対象に地理情報システム(GIS)を用いた、その位置情報、諸元、及び更新情報を含むインベントリーの構築が提案された。

ポンプ施設に対しては SCADA を用いず、各サイトごとにコントロール及びモニター用機器を設置し、技術スタッフによる機器の操作・管理が提案された。

3.4 下水処理場計画

(1) 下水処理方式の選定

下水処理場からの放流水質は州の排水基準により規制されるが、ジャルカンド州の排水基準は環境森林省 (MOEF) の環境保護規則の基準値をそのまま適用している。代表的水質基準として BOD は 30mg/L 以下、SS は 100mg/L 以下である。

本調査団は既存 DPR で提案された①回分式活性汚泥法 (SBR) と②標準活性汚泥法 (CAS)、③上向流嫌気性汚泥床法+最終仕上げ (UASB+FPU) を比較した。比較検討の結果、①UASB+FPU が最もコストメリットがあるものの CAS との差は小さいこと、②CAS はインドでも事例が多く概ね良好に運転されていること (豊富な運転維持管理事例)、③大規模処理場での良好な処理水質事例 (適切な運転状況において SBR と大差なし) より、CAS の採用を提案した。

汚泥処理に関し、既存 DPR では汚泥消化および汚泥乾燥床が提案されているが、本調査では維持管理面、用地買収費を始めとしたコスト面、汚泥乾燥後のコンポスト化の市場性等より総合的に判断し、汚泥脱水した後投棄することを提案した。

(2) ゾーン II 下水処理場設計

CPHEEO マニュアルに従い、設計処理水量は日平均汚水量 (q_s : m³/日) をベースとし、時間最大汚水量を日平均汚水量の 2 倍 ($Q = 2 q_s$) とした。ゾーン II 処理場の設計条件を表 3.4.1 に示す。

表 3.4.1 ゾーン II 処理場設計条件

項目		設計条件
流入水量 (2031 年)	日平均汚水量 (m ³ /日)	86,000
	時間最大汚水量 (m ³ /日)	172,000
流入水質	BOD (mg/L)	200
	SS (mg/L)	200
放流水質	BOD (mg/L)	20
	SS (mg/L)	30
	大腸菌群数 (MPN/100 mL)	1,000

出典: JICA Study Team

ゾーン II 処理場の各主要施設を上記条件に基づいて設計し、全体平面図、断面図、各施設構造図を作成した。

(3) ゾーン III・IV 下水処理場設計

ゾーン III・IV 処理場の設計条件を表 3.4.2 に示す。

表 3.4.2 ゾーン III・IV 処理場設計条件

項目		設計条件
流入水量 (2031 年)	日平均汚水量 (m ³ /日)	50,000
	時間最大汚水量 (m ³ /日)	100,000
流入水質	BOD (mg/L)	200
	SS (mg/L)	200
放流水質	BOD (mg/L)	20
	SS (mg/L)	30
	大腸菌群数 (MPN/100 mL)	1,000

出典: JICA Study Team

ゾーンⅢ・Ⅳ処理場の各主要施設を上記条件に基づいて設計し、全体平面図を作成した。

(4) 下水処理場の付帯工

ゾーンⅡ処理場については、アクセス道路（幅 8m、長さ 300m）および放流管（径 1,200mm、長さ 100m、2 本）と吐き口構造物から成る放流施設が必要である。さらに、受変電設備（2,500 kVA、AC 33 kV x 50 Hz）と自家発電設備（1,400 kVA）が必要となる。

(5) 汚泥処分場

タンコにある HEC の既存下水処理場の用地（10.9 ha）をゾーンⅡ処理場、ゾーンⅢ・Ⅳ処理場で発生する汚泥の処分地とすることを提案した。

(6) 下水処理場の運営維持管理

各下水処理場の管理棟に SCADA システムを導入する。同システムは揚水ポンプや送風機といった主要機器の運転および水量・水質を監視制御する。これに加え、同じく管理棟内に実験室を建設し、流入・放流水質（BOD や SS といった基本的指標）を毎日試験する。

ゾーンⅡ処理場における電力消費量、薬品消費量、職員数の概算見積を表 3.4.3 に示す。下記職員数に加え、RMC の上下水道部局の機械課に属する機電担当職員が各処理場を巡回監視する。

表 3.4.3 ゾーンⅡ処理場の運転に係る概算数量

項目		数量
(A) 電力消費量	kWh/年	10.5 百万
(B) 薬品消費量		
1) 塩素ガス	t/年	94
2) 塩化第二鉄・ミョウバン(凝集剤)	t/年	286
(C) 職員数	人	14

出典: JICA Study Team

3.5 衛生施設計画及び運営維持管理

(1) 公衆トイレ計画

新設公衆トイレの設置候補地としては、①公衆トイレよりもスラム地区でのコミュニティトイレを優先、②ゾーンⅡには都市貧困層が多く存在するため、ゾーンⅢ、Ⅳよりも優先、③現時点で既設の公衆トイレ、コミュニティトイレのない行政区を優先、④各住宅地が散在している遠隔地や広い地区を優先（既設公衆トイレがある行政区でも最低1つはコミュニティトイレを新設）、⑤RMCが近い将来に公衆トイレを設置することを計画している地区を除外の優先事項に基づいて設定することとした。

JICA 調査団は上記の優先事項①に基づいて候補行政区内にあるスラムの利用可能な空地を確認した。その結果、ゾーンⅡで22箇所、ゾーンⅢ・Ⅳで11箇所がコミュニティトイレの新設候補地として挙げられた。既設の公衆トイレ数とインドでの類似案件での新設数より、優先的に開発するゾーンⅡでの衛生状況の改善効果を高めるため計40箇所は新設すべきである。従って上記のコミュニティトイレ22箇所の他に公衆トイレを含めた18箇所をRMCが選定し新設することが望ましい。

コミュニティトイレには主に縦型ポンプによる地下水利用を想定した給水施設、本事業の進捗に応じて下水管への接続が必要となる排水路や浄化槽が必要である。

(2) 衛生施設の運営維持管理

公衆トイレ、コミュニティトイレに関しては、地域性を有するこれらトイレの監督のため、現状の枠組みであるUDではなく、監督者であるRMCとSISSが維持管理契約をすべきである。RMCはSISSの徴収料金からでは賄えないような比較的大規模な改修工事に拠出するため、毎年の予算に改修費用を計上すべきである。これらに加え、運営スタッフの意識やレベルの向上のため統一的な訓練をする必要がある。

浄化槽の運営維持管理に関しては、少なくとも2年か3年に1回は沈殿汚泥を引き抜くべきである。RMCは定期的に浄化槽を設置した世帯を巡回し、各世帯からの依頼によらずに沈殿汚泥を引き抜く必要がある。

公衆トイレと浄化槽に共通して運営維持管理を改善できる提案としては、公衆トイレの運営維持管理および浄化槽の汚泥の引き抜きを担当しているRMCのエンジニアリング局と保健局の人員を増強し、既存衛生施設の維持管理および新設衛生施設の建設に関するモニタリング能力を高めることが考えられる。

3.6 機械・電気設備

(1) ポンプ施設の設計

幹線管渠と支線管渠のマンホールポンプを含むポンプ施設は現場の地形条件に従い、土被り 6-7m 以上で設計した。本調査の設計ではポンプ場には設計流量 100L/s 以上のポンプを、マンホールには設計流量 100L/s 以下のポンプを設置することとした。ゾーン II の各ポンプ場の設計諸元を以下の表に示す。

表 3.6.1 幹線管渠のポンプ施設設計諸元 (ゾーン II)

Trunk Route	Pump Facility Code	Design Flow (L/s)	Number of Pump Unit	Pump Unit Capacity (m ³ /min)	Type of Pump Station	Total Head (m)
TR-1	PS-1	257	2W + 1S	7.71	PS	20
	PS-2	774	3W + 1S	15.48	PS	10
	MP-8	25	2W	0.75	MP	7
TR-2	MP-3	58	2W	1.74	MP	19
	PS-3	138	2W + 1S	4.14	PS	33
TR-3	PS-4	419	3W + 1S	8.38	PS	24
	PS-6	656	3W + 1S	13.12	PS	11
	MP-7	23	2W	0.69	MP	7
TR-4	PS-5	278	2W + 1S	8.34	PS	26
TR-5	MP-1	5	2W	0.15	MP	20
	MP-2	28	2W	0.84	MP	34

Source: JICA Study Team

Note: PS: Pumps installed in the ordinal pumping station

MP: Pumps installed in the manhole

W: Duty, S: Standby

表 3.6.2 支線管渠のポンプ施設設計諸元 (ゾーン II)

To be Connected from Sub-trunk	Pump Facility Code	Design Flow (L/s)	Number of Pump Unit	Pump Unit Capacity (m ³ /min)	Type of Pump Station	Total Head (m)
TR-1	MP-4	25	2W	0.75	MP	25
TR-4	MP-5	23	2W	0.69	MP	30
TR-5	MP-6	27	2W	0.81	MP	23

Source: JICA Study Team

Note: W: Duty, S: Standby

Zone III、Zone IV の各ポンプ場の設計諸元を以下の表に示す。

表 3.6.3 幹線管渠のポンプ施設設計諸元 (ゾーン III+IV)

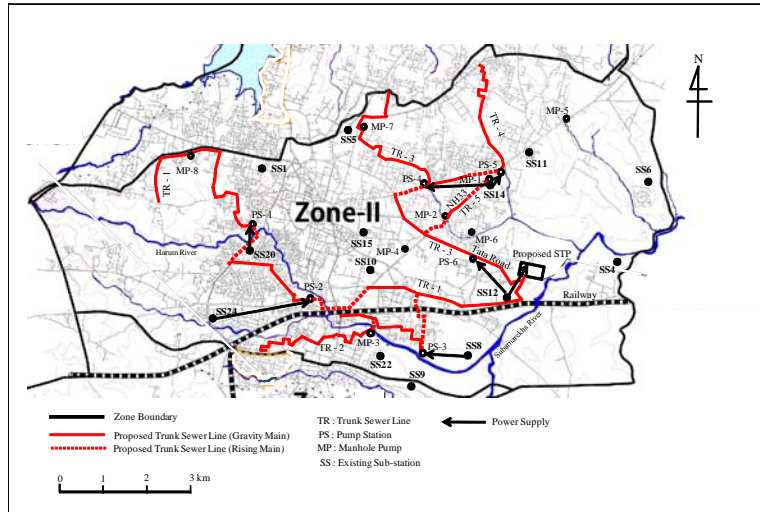
Trunk Route	Pump Facility Code	Design Flow (L/s)	Number of Pump Unit	Pump Unit Capacity (m ³ /min)	Type of Pump Station	Total Head (m)
TR-1	PS-1	145	2W+1S	4.35	Pump Station	37
	PS-2	238	2W+1S	7.14	Pump Station	38
	PS-3	1,111	4W+2S	16.67	Pump Station	18
	PS-4	627	3W+1S	12.54	Pump Station	9
	PS-5	552	3W+1S	11.04	Pump Station	7
TR-2	MP-1	14	2W	0.42	Manhole Pump	14
TR-3	PS-6	115	2W+1S	3.45	Pump Station	18

Source: JICA Study Team

(2) 電気施設の設計

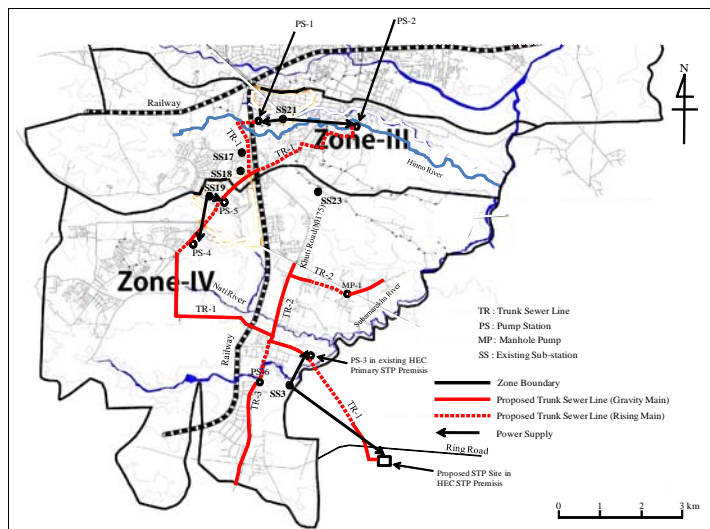
ランチ市は送電設備を有していないため、ランチ市への送電は全てジャルカンド州電力委員会(JSEB)によって管理されている。

ランチ市では停電が頻発しており、2013年の停電記録によれば、33kVの電気をゾーンIIの下水処理場に供給する予定のナムクム変電所において270回の停電（合計110時間）が一年間で発生している。既存の変電所の位置を以下の図に示す。



Source: JICA Study Team

図 3.6.1 変電所位置図（ゾーンII）



Source: JICA Study Team

図 3.6.2 変電所位置図（ゾーンIII+IV）

3.7 事業費積算

(1) 既存 DPR の建設費積算のレビュー

1) 既存 DPR 建設費の積算方法の確認

土工・コンクリート工は工事数量に工事単価を掛けて算出している。工事単価はジャルカンド州もしくはデリーの標準積算単価を適用している。管敷設の単価は見積単価に基づいている。

機械電気設備工事は見積に基づきコストを計上している。また、下水処理場は土木・建築・機械・電気を含めたランプサムコストを見積に基づき計上している。

2) 既存 DPR 建設費における問題点

積算をレビューした結果、以下の問題点が見られた。

- 工事実施に必要ないくつかのコストが欠落。(舗装撤去、支障物撤去等)
- 深い土留工のコストが適切に算定されていない。
- 下水処理場のランプサムコストに以下のコストが含まれていない。

用地整備、放流設備、取付道路、管理棟、及び変電所から場内へ受電設備

(2) 今回調査で提案する事業費

今回調査で提案の Zone-II 施設計画に対応した事業費は以下のように見積られる。

Item		FC (¥ million)	LC (Rs. million)	Total (¥ million)
A. 融資適格項目				
I) 工事費		2,761	10,422	20,375
II) コンサルサービス (Engineering Services)		599	280	1,072
III) コンサルサービス (Capacity Development)		330	183	639
計 (I+II+III)		3,691	10,884	22,086
B. 融資非適格項目				
a	土地収用	0	370	625
b	政府管理費	0	269	454
c	VAT	0	1,569	2,651
d	関税	0	49	83
計 (a+b+c+d)		0	2,256	3,813
計 (A+B)		3,691	13,141	25,898
C. 建中金利		151	0	151
D. フロントエンドフィー		44	0	44
総事業費 (A+B+C+D)		3,886	13,141	26,093
E. JICA 融資分 (A)		3,691	10,884	22,086

Source: JICA Study Team

3.8 事業実施計画及び施工計画

(1) 事業実施計画

借款契約(L/A)調印により事業が開始される。まず実施機関はコンサルタント調達を開始する。事業実施順序及び概略のスケジュールは下図の通りである。

Procedure	Period	Year										
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
Conclusion of L/A		△										
Selection of Consultant	9 months	■										
Consulting Service (Engineering Service)	99 months		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Review of DPR	3 months		■									
Detail Design	15 months		■	■								
Tender Assistance	12 months			■	■							
Construction Supervision	72 months				■	■	■	■	■	■	■	■
Selection of Contractor	12 months			■	■							
Land Acquisition	12 months	■	■									
Construction	48 months				■	■	■	■	■	■	■	■
Defects Liability Period of STP	24 month									■	■	■
Consulting Service (Capacity Development)	87 months		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Source: JICA Study Team

上図に示すように建設工事は 2018 年より開始される計画である。

(2) 施工計画

建設工事の工期は、工事数量、気象条件を考慮し、下図に示すように 4 年間と設定された。

	1st year	2nd year	3rd year	4th year
Gravity Sewer with House Connection				
Trunk 29 km	■	■	■	■
Sub-trunk and Collector 370km	■	■	■	■
Pump Station and Rising Main				
Pump station 6 nos.	■	■	■	■
Manhole pupm 8 nos.		■	■	■
Sewage Treatment Plant				
Preparatory Work	■			
Civil and Building Work		■	■	■
Mechanical & Electrical Work			■	■
Mechanical and Electrical facility		■	■	■
Control system				■
Commissioning Test				■
Drainage Facility				
Drain ditch 504 km	■	■	■	■
Culvert and Pipe 10 km		■	■	■

Source: JICA Study Team

3.9 調達計画

(1) コンサルタント調達

本事業においては、実施機関は 1) 設計・施工監理コンサルタントと 2) 組織強化コンサルタントの 2 つのコンサルタントを雇用する。

コンサルタント調達は JICA 調達ガイドラインに則り行われ、通常、9 カ月の期間を要する。

(2) 建設業者調達

建設工事は下記の 6 パッケージに分けて調達される計画としている。

Contract Package	Work	Contract Value (Rs. billion)	Bidding Type	Applied Bidding Document
CP-1	Sewage Treatment Plant, Pumping Station, and Rising Main	1.6	ICB	Standard Bidding Documents under the Japanese ODA Loan
CP-2	Gravity Sewer, Drainage Facility and House Connection (South-West Area)	4.6	ICB	-do-
CP-3	Gravity Sewer, Drainage Facility and House Connection (North-East Area)	2.8	ICB	-do-
CP-4	Social Development	0.2	LCB	Standard Bidding Documents in Jharkhand
CP-5	Decentralized Sewerage Facilities	0.03	LCB	-do-
CP-6	Public Outreach Program	0.05	LCB	-do-

Source: JICA Study Team

建設業者調達は JICA 調達ガイドラインに則り行われ、通常、12 カ月の期間を要する。

第4章 組織強化計画

本章では RMC の組織体制の現状を述べ、将来の体制強化のための組織強化計画を提案する。したがって、まずは RMC の組織を i) 戦略上の問題、ii) 組織構造上の問題、iii) 手続きやシステム上の問題、iv) 人材開発上の問題、及び v) 文化的な問題の観点から現状分析を行う。

RMC が直面する問題を特定し、給水及び下水処理の運営機能を向上させるため、ここでは以下のような方法を提案する。

1. 基本的な課題は単純に壊れた管路を修復することではなく、それ以上に方針、規則、規定を策定することであり、RMC は率先して既存の政策、組織分掌、予算配分を刷新し、より費用対効果の高い施策を講じる。
2. RMC の給水及び下水処理事業に係る事業計画を準備し、現状の経済状況、事業実施地域、事業実施方法を明確にする。調査団では具体的な行動計画を併記した RMC の将来体制、実施目標を作成した。
3. RMC は給水、下水処理、及び排水計画を実施するための強いリーダーシップと管理能力を持たなければならない。よって、新しい体制では上下水道チーム (WSSW) を結成する必要がある。
4. RMC は給水、下水処理、及び排水計画を実施するため、事業実施段階、運転維持管理段階における人材開発計画を策定する必要がある。

最適な人材開発計画を策定するためにはまず最適な管理体制を構築しなければならない。この管理体制はステアリング・コミティー (SC) とプロジェクト実施ユニット (PIU) から構成される。調査団はこの管理体制の実施項目と目標について提言している。この提言では人件費や管理体制をより強化するための必要事項についても網羅している。給水事業及び下水処理事業の運営・維持管理を管理するためには WSSW 内に専門チームを設立する必要もあり、2023 年時におけるこのチームに係る人件費についても提言している。

この提言内では WSSW 内のこの専門チームを継続的に教育していくこと、他の期間と協同して専門領域に特化した訓練を実施することも謳っている。

5. 提案する運営・維持管理手法としては、料金徴収情報管理システムを提案する。このシステムはコンピュータを用いて組織全体で各施設の運営状況を即座に共有し、地理情報システム (GIS) を用いることで業務をより円滑に進めるものである。

また、RMC の資産運用計画、目標を明確に設定することで、運営・維持管理に対する費用対効果の高いサービスを提供することも推奨する。

更に、顧客の満足度を高めるために、顧客対応サービスを実施し、顧客より定期的に

収集した苦情、レポートを運営・管理に活用し、サービス向上への必要事項を挙げてくことも重要である。

6. 財務改善の目的は RMC の財務管理能力を向上させ、資産運用能力及び信用価値を高めることにある。ここでは、複式簿記を導入することを推奨する。
7. 料金設定と管理については、水道料金、下水道料金の設定、及びその料金徴収体系の確立、料金設定の際にはサービスの提供にかかるコストだけでなく、経済的・環境的な観点も考慮する必要がある。サービスレベルの指標としては給水率 100%を理想しているが、RMC では給水率 25%しか達成していない。また、料金の値上げについては財務的な理由だけでなく、民間会社の参入のためにも重要である。
8. サービスの更なる向上のため、RMC では外部委託の可能性についても検討する必要がある。
9. 調査団が作成した組織強化計画と実施スケジュールにそって、組織体制を強化していく。

第5章 経済・財務分析

5.1 既存の上下水道料金の評価

- 現在のランチ市の家庭用水道料金（6 ルピー/m³）は他都市と同程度のレベルに設定されており、住民に配慮した金額となっている。
- 水量当りの料金は一定に設定されており、他都市で多く導入されている、使用水量増により料金も増加する、逓増制料金システムは導入されていない。本システムは使用水量の節約、及び料金収入の増加に資すると考えられることから、将来的な導入を検討すべきである。
- 産業・工業用の料金単価は、他都市と比較して低料金に設定されていることから、財務状況を改善するためには、その増加も考慮することができる。
- 本調査で実施された社会状況調査の結果によると、下水道サービスに対する支払意志額は、37.6 ルピー/戸/年となった。一方、総収入額の1%から想定された支払可能額は、331 ルピー/戸/年となった。一般的に、住民が下水道サービスによる効果を理解することで、支払意志額は支払可能額に近づくと考えられるため、円滑な事業実施のためには住民への啓蒙活動も必須である。

5.2 財務分析

上下水道サービスに関連する、将来の収入と支出を推定し、適切な料金レベルを考察した。

(1) 収入予測

1) 異なる水道料金設定

以下のプランのとおり、3種類の水道料金改定ケース（低、中、高）を想定した。2020年以降の低、中、高ケースの水道料金は、現在のレートと比較し150%、200%、250%としている。

表 5.1.1 各想定ケースの水道料金設定

Category	Present	2017 - 2019			2020 -		
		Low	Middle	High	Low	Middle	High
Domestic Use	6.00	7.50	9.00	10.50	9.00	12.00	15.00
Organization Use	10.00	12.50	15.00	17.50	15.00	20.00	25.00
Commercial Use	15.00	18.75	22.50	26.25	22.50	30.00	37.50
Industrial Use	(S.S.I. Unit)15.00	18.75	22.50	26.25	22.50	30.00	37.50
	(Other)20.00	25.00	30.00	35.00	30.00	40.00	50.00

* Impact of inflation is excluded from the tariff table.

Source: JICA Study Team

2) 下水道料金設定

水道料金の60%を、工事の終了した2022年以降から徴収する。

(2) 支出予測

1) 建設費用

近年の年間平均支払い建設費用をもとに、RMC分を3.28億ルピー、DWSD分を2.74億ルピーと想定した。それに加え、プロジェクトの追加費用として、年間2.25億ルピー(112.6億ルピー/50年)を計上した。

2) 維持管理費用

- 既存維持管理業務: 年間4.33億ルピー
- Project Implementation Unit (PIU)の費用: 2015年から2021年において年間1,620万ルピー
- プロジェクトによる追加維持管理費
 - ✓ 追加人件費: 2022年以降、年間7,060万ルピー
 - ✓ 下水処理費用(プロジェクト): 12.4ルピー/MLD、計画容量の86MLDで年間1.07億円
 - ✓ ポンプの電力費用(プロジェクト): マンホールポンプ16基、ポンプステーション21基で合計年間3,970万ルピー

(3) 財務分析の結果

中期計画の目標年度である2025年において、上下水道収入による維持管理費の回収率は高、中、低ケースにおいて、それぞれ133%、108%、82%となった。従い、フルコストリカバリーは高、中ケースで達成された。

長期計画の目標年度である2035年において、上下水道収入による総費用の回収率は、いずれのケースにおいてもフルコストリカバリーは達成されなかった。これは、ランチ市の実施する上下水道サービスへ、補助金が必須であることを示している。総建設費用に対し、必要となる補助金の割合は、それぞれ96%（低ケース）、70%（中ケース）、44%（高ケース）となった。

(4) 将来の料金改定の提案

JICA調査団は、分析結果に基づき、2025年まで中ケースに基づいて、維持管理費のフルコストリカバリー達成を目指すことを提案する。これは、2025年までに現在の料金水準が2倍となり、さらに下水道料金が水道料金の60%課せられた状態である。さらに、70%以上の建設費が政府補助金で賄われた場合、2035年において、予想収入がRMCの建設費用を上回ることができる。

5.3 事業の経済分析

社会経済の視点より、下水道事業の経済妥当性を評価するため、経済分析を実施した。

(1) 前提条件

下水処理場がスケジュールどおり建設され、事業地域の生活環境が改善する。

(2) 経済費用

1) 初期建設費用: Standard conversion factor (SCF) は、一般的に多くの開発機関で用いられている 0.90 を適用した。合計費用は物価上昇と税額を除き、103.2 億ルピーとなった。

2) 維持管理費: 税務分析で想定した維持管理費に、SCF (0.9) を適用して求めた。

人件費: PIU が活動する 2015 年から 2021 年において年間 770 万ルピー、2023 年以降は年間 3,180 万ルピー（上下水道サービスの半分を下水道分とした）

下水処理費用: 2022 年以降において年間 1.12 ルピー/MLD（設計容量において年間 9,630 万ルピー）

電力費用: 2024 年以降に年間 3,570 万ルピー

(3) 経済便益

事業実施によりもたらされる経済便益を以下に示す。

1) 生活環境の改善: 事業実施後、下水道と衛生状況が向上し、住民の生活環境が改善する。1 家庭当たりの便益は、実施された調査から支払い意思額である 451.2 ルピー/年/戸と、支払い可能額である 3,972 ルピー/年/戸となった。

2) 治療費用の減少: 治療に係る支出額を、病人が支払う額、及び公共機関が支払う費用の合計から推定した。信頼できる統計が無い場合、この費用の 30% が水因性疾患によると仮定し、事業実施によりその費用が削減できると想定した。一人当たりの便益額は、年間 940 ルピーとなった。

3) 生産労働の増加: 疾患は、患者と面倒をみる家族の生産性を失わせる。事業実施により、その経済的損失を防ぐことができ、病気頻度と年間 GDP 額をもとに、その増加する生産額は一人当たり年間 574 ルピーと推定された。

(4) 経済分析結果

経済的内部収益率 (EIRR) は、支払意思額(ケース 1)の場合で 5.6%、支払可能額 (ケース 2) の場合で 8.3% となった。純現在価値 (NPV) は、それぞれ -33.9 億ルピーと -17.9 億ルピー、B/C は 0.56 と 0.77 となった。

EIRR は支払意思額、支払可能額の双方の場合においても 10% を下回ったことから、社会経済の視点では、事業の経済的妥当性が証明できなかった。しかしながら、下水道事業の EIRR は低い値となりやすいこと、及び下水道事業は基本的な生活に必要な、ベーシックヒューマンニーズの 1 つであることを勘案し、事業の実施は社会発展のためには必要であると考えられる。

第6章 環境社会配慮

6.1 土地収用及び家屋移転の枠組み

(1) 環境影響評価及び社会影響評価の法的枠組み

現在インドでは環境影響評価(EIA)は、2006年9月14日公布のEIA Notificationにより規定されている。本規定によると、1986年制定の環境保護法に基づき環境許可(Environmental Clearance: EC)を中央政府あるいは州レベルでの環境影響評価局(State Level Environment Impact Assessment Authority: SEIAA)より取得する必要がある。

本 Notification の管轄対象となるすべての事業/活動は、想定される環境への影響の度合いによりカテゴリ-A及びBに分類される。Table 6.1.1に各カテゴリの条件の要旨を示す。

Table 6.1.1 カテゴリ-A及びBの条件

事業カテゴリー	分類	EIA、公聴会の実施	評価者	環境許可付与者	
A	● Schedule of EIA Notification-2006による分類	必要	EAC ^(注1)	MoEF	
B	● Schedule of EIA Notification-2006による分類	B1	必要	SEAC ^(注2)	SEIAA ^(注3)
	● スクリーニングにより B1と B2 にさらに分類 (フォーム 1、フォーム 1Aの適用)	B2	免除	SEAC	SEIAA

出典: JICA Study Team

注 1: Expert Appraisal Committee

注 2: State Expert Appraisal Committee 注 3: State Environmental Impact Assessment Authority

EIA の実施と並行して必要に応じてインド政府が社会影響評価(SIA)の実施を要請する。SIA は EIA 許可の一部として実施されるのが一般的であるが、EIA と SIA は異なる規定に準じている。

SIA は 2007 年公布の国家移転及び生活回復支援政策 (National Rehabilitation and Resettlement (R&R) Policy - NRRP-2007)と 2013 年制定の新土地取得法 (National Land Acquisition Act, 2013) に規定されている。NRRP-2007 は、事業実施のための土地取得に必要な基本要件を与えている。

非自発的移転を含む土地収用は、土地収用、移転及び生活回復支援における公正な補償と透明性に関わる権利法 (The Right to Fair Compensation and Transparency in Land Acquisition, Rehabilitation and Resettlement Act, 2013)、いわゆる新土地取得法 (New land Acquisition Act)によって規定されている。

現在 SIA の実施は、400 戸を超える非自発的移転を含む事業に対し NRRP-2007 により法的に義務付けられている。これは翻って、移転が 400 戸に満たない事業の場合

は SIA の実施は義務付けられていないことを意味する。

(2) 土地収用及び移転手続き

公共事業目的での土地収用は新土地取得法に基づき SIA の一部として実施される。移転及び生活回復支援の問題は、土地収用の後に取り扱われるのが一般的である。新土地取得法は、移転及び生活回復支援を取り扱うと共に、事業に対し土地を手放した土地所有者への公正な補償を規定している。

(3) 下水事業の分類

環境許可取得の手続きは、Schedule of EIA Notification-2006 に記載の 39 の事業/活動に対しその実施が義務付けられている。この Schedule にある 39 の事業/活動は、Table 6.1.2 に示すように 8 項目のカテゴリーに分類されている。

Table 6.1.2 環境許可手続きを必要とする事業/活動

グループ番号	事業/活動	サブグループ数
1.	鉱業、天然資源開発、エネルギー生産 (指定された生産能力に対し)	5
2.	一次加工	2
3.	原材料生産	2
4.	原材料加工	6
5.	製造業	11
6.	サービス業	2
7.	環境サービスを含む社会基盤施設産業	9
8.	建築/建設 事業/都市・地域開発事業	2
	合計	39

出典: EIA Notification, 2006

6.2 移転及び生活回復支援活動計画 (RAP)

インドにおいて使用されている、移転及び生活回復支援計画 (Resettlement and Rehabilitation (R&R) Plan) は、JICA ガイドラインで用いられる RAP 及び世界銀行の OP 4.12 と同義である。

R&R は土地収用に引き続き実施されるが、その規約と手続きは新土地取得法と NRRP-2007 に記載されている。R&R 計画の作成は公共事業目的の移転が生じた場合に義務付けられている。

R&R 計画は、適当と考えられる政府によって設立される政府組織 (R&R Authority) によって検討が行われる。

6.3 公聴会

土地取得計画(LAP)と移転及び生活回復支援計画 (R&R) は、環境許可と土地取得の過程を経て策定される。LAP と R&R 計画の策定において公聴会は重要な役割を果たすが、その効果的で迅速な策定のため、ゾーン II 下水処理場予定地とその周辺の、事業の影響が想定される住民を対象に RMC による事前公聴会を開くことを提案した。

第7章プロジェクト評価と提言

7.1 技術評価

2013年のDPRで提案された幹線管渠システムは、ルート設定上多くの問題点があった。ゾーンIIでは113家屋の移設と16kmの土地取得問題が、またゾーンIIIとIVでは19家屋の移設と1.5kmの土地取得の問題が存在した。この問題点を解決するため調査団は幹線ルートの変更を検討した結果、幹線管渠の敷設に関しては家屋の移設は全て不要となった。但し、ゾーンIIのルート変更に伴い、ポンプ場やマンホールポンプの設置、小口径推進による鉄道の下越し等が発生することとなった。

ゾーンIIでは、下水処理場に対しアクセス道路等を含み6haの土地取得が必要であり、RMCは2014年6月下旬にこの計画案を承認した。この土地は現在農地として利用されているが、RMCは早期に土地取得のための正式手続きを取る必要がある。

一方、ゾーンIIIとIVの下水処理場に対し、調査団は現在HECが所有しているランチ市近郊のHEC所有の旧処理場用地を提案し、HECからの承認を既に得ている。この土地利用に対し、RMCはHECと既に協議を行い基本的な合意を得ているものの、公式な競技と文書に基づく手続きはまだ完了していない。したがって、早期にこれらの手続きを完了することが必要である。

7.2 事業の効果

事業の評価を行うため、表7.1.1に示すように事業効果指標及び運営指標を設定した。指標の目標年は、工事完了後2年とした。

Table 7.1.1 事業指標

	指標	現在(2014年)	目標(2024年)
事業効果指標	ゾーンIIのサービス人口	0	285,299*
	下水サービスの満足度	0%	80%
運営指標	ゾーンIIの下水処理量	0	34,890 m ³ /d**
	ゾーンIIの取り付け管接続	0	28,666***
	処理水のBODレベル	Min. 30 mg/L - Max. 226 mg/L	Less than 20 mg/L
	経済的內部収益率 (EIRR)	-	5.6% (using WTP) 8.3% (using ATP)

出展: JICA Study Team

注: *: 739,000 (2023人口) x 32% (推定下水道整備率)

** : 739,000 (2023人口) x 135 LCD x 1.2 (工業・商業下水/家庭下水) x 68% (推定上水整備率) x 32% (推定下水道整備率) + 2,075 (地下水) = 28,126

ここで68%と32%は5章表5.2.1と表5.2.6を参照

***: 工事完了時(2022年3月)の下水道整備率を基に算出

現在のRMCの収入と支出額は極めて小さく、主な支出の殆どは中央政府や州政府の補助金によって賄われている。したがって、財務評価は借款返済ではなく、維持管理費の回収の可能性に関し分析した。もし、水道料金が2倍となり、かつ下水料金が水道料金の60%に設定されれば、2025年までには水道、下水の維持管理費は

全て回収できることとなる。

経済評価では生活改善の便益、医療費の支出削減、生産の向上等を考慮に入れ、2ケースのEIRRを算出した結果、それぞれ5.6%と8.3%となった。これらの比率は一般的に求められる10%を超えてはいないが、ベーシック・ヒューマン・ニーズの観点から下水事業は重要である。

7.3 環境影響評価 (EIA) と社会的影響評価 (SIA)

現在、インドではEIAの実施は2006年の政府の環境通達によって管理されている。その特徴は、事前の環境認可 (Environmental Clearance : EC) を受ける必要があり、その実施内容は8つのセクターと39項目に分かれている。この中に下水道は含まれておらず、したがって本調査ではECを取得するためのEIAの実施は不要であると判断した。

7.4 RMC に対する組織強化プラン

本調査ではRMCに対し、本下水事業実施に際し、以下の組織強化案を提案した。

- i) 政策、ルール、規則等の強化
- ii) 上・下水道担当組織の設立
- iii) 担当組織の管理システムの設立
- iv) 事業計画の開発
- v) 財務管理計画の改善
- vi) 上下水道料金の設定と料金徴収
- vii) 管理情報システム 設立
- viii) 資産管理システム 設立
- ix) 受給者へのサービス改善
- x) 外部委託の計画

アクションプランの実施は、JICAの円借款事業実施の前から取り組む必要がある。この時、州政府の管理する組織の一つであるJUIDCOの役割が大きい。

7.5 リスク分析とリスク管理

(1) リスク分析

想定される主なリスクは以下のとおりである。

- i) 土地取得の問題は、事業実施において最も重要な問題の一つである。中央政府が施工した新規の土地取得法では、土地所有者の権利を守ることに重点を置いている。
- ii) 事業実施の運営委員会が無いことや、洗練された事業管理組織ができていない。
- iii) RMCや州政府にリーダーシップを取れる者がいなく、技術スタッフの不足し、事業の内容を理解できていない。
- iv) 水道、下水に関する現在のルールや規範は十分な力を持っておらず、特に水道メーターの設置等は義務付けられていない。
- v) 現在、RMCでは歳入が乏しく、水道の維持管理、減価償却、投資資金の回収等を十分行えるだけの資金が得られていない。
- vi) 上・下水道サービスはRMC内で重要な事業であるが、DWSDとRMCの2つ

の組織による不適切な運営が問題となっている。

(2) リスク管理対策

プロジェクトの運営委員会と事業の実施体は、今後数カ月の間にリスク管理対策を以下の手順で実施する必要がある。

- ステップ 1: 考えられる全てのリスクをリストアップし、実施する優先順位を付ける。
- ステップ 2: 各リスクに対し改善策をできるだけ多くリストアップし、それらの緩和策を検討する。
- ステップ 3: RMC や州政府並びに関連組織が協力し実施体制を整え、緩和策が適切に行えるか検討する。
- ステップ 4: 対応すべきリスクに対し、最も適切に改善できる関連組織にそれぞれ役割分担させる。
- ステップ 5: 事業に関わる財務の観点から、リスクの配置と保全体制を整える。