

3-5 下水排水施設と維持管理の状況

3-5-1 下水排水管網と冠水地域の状況

(1) 下水排水の流れ

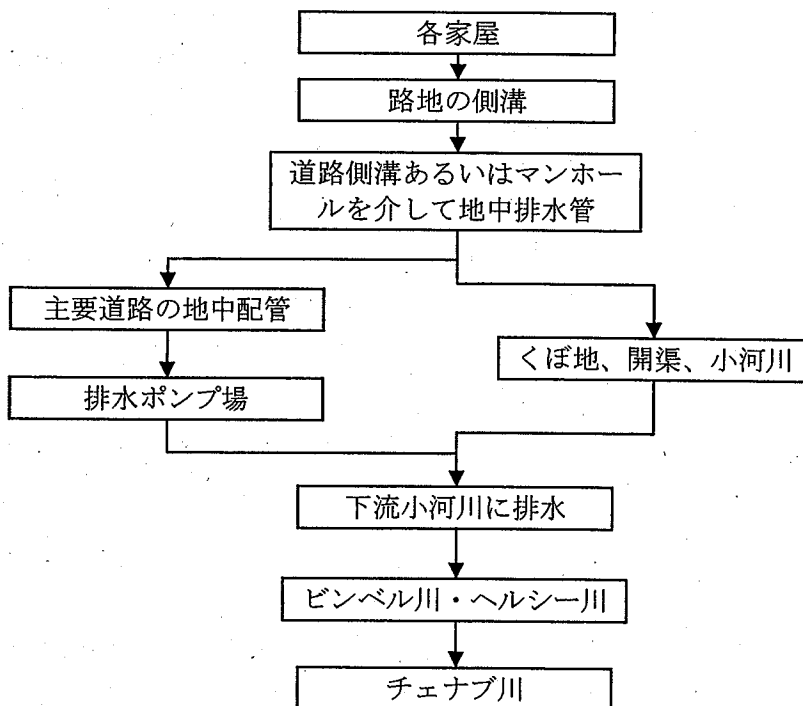
グジュラート市下水道は、現地では部分的合流方式と言っているが、基本的には合流式下水道である。台所、トイレ、洗面所、風呂からの家庭内汚水は配管により最寄りの道路側溝に排出される。

雨水も大部分は、同様に道路側溝に集水されるが、市内の諸所に見られるくぼ地に流入、滞留する場合がある他、市内に流れる小河川に直接流入する場合もある。

屋外へのトイレの設置は禁止されており、ほとんどの家屋内にはトイレの浄化槽が設置されているとのことである。浄化槽から戸外の路地の側溝に排出されているところも見られたが、全家屋が同様な排水経路を取っているか否かは不明である。

排水系統は、概略下記のように表わされる。

〔汚水の排水系統〕



(2) 下水排水管網

グジュラート市域は、ラワルピンディとラホールを結ぶ鉄道線路で西部の3つの自治区 (Council) と東部全域にわたる12の自治区に地形的に区分されている。東部の12自治区域は人口27.3万人、面積2,210ha、西部の3自治区は人口2.2万人、面積220ha

である。本調査の対象地域は、これらの内東部排水区域である。既存の下水排水管網は、これらの2つの区域で大別されており、主要排水管と排水開渠は以下のとおりである。

1) 東部排水区域 (12自治区: 人口; 27.3万人、排水区域; 2,210ha)

(i) 排水管

排水管は、すべて鉄筋コンクリート製の管である。埋設深さは、最大深さとなるポンプ場入り口部で4m程度である。主要排水管の管径と延長は、おおよそ以下の表の通りである。

管径 cm	53(21)	60(24)	69(27)	75(30)	90(36)	105(42)	122(48)	137(54)	合計
延長 km	1.2	2.5	1.5	2.3	1.3	1.1	0.7	1.0	11.6

()内はインチ単位の場合の数値である。

(ii) 排水開渠: 幅 (m) x 深さ (m) x 長さ (m)

排水開渠は、道路側溝、自然の小川からなり、GT道路と Ramtalal 道路の交差部付近で一つの小河川に合流し、チェナブ川へと流下していく。GT道路以東の開渠幅は0.5~1.0m程度であるが、合流後の開渠幅は、4m~6m程度となっている。深さは、0.5m~3m程度と思われる。

Kalra Kalan にある既設のポンプ場付近からチェナブ川に至る排水開渠、約7.5kmはパンジャブ州灌漑局によって作られたものである。設計流量は、ポンプ場付近で4.3m³/秒(150cusec)、チェナブ川への流出位置近辺で8.5m³/秒(300cusec)程度となっている。この部分の開渠は十分な流下容量を保有している。

汚れや悪臭がひどい開渠に関しては、灌漑局によって既に機能している下流部分を除き、環境衛生改善のため早急に改善が必要である上流の部分だけを改修することが適当であると考えられる。

2) 西部排水区域 (3自治区: 人口; 2.7万人、排水区域; 220ha)

(i) 排水管渠

排水管は、東部地区と同様すべて鉄筋コンクリート製管である。埋設深さは、最大で4m程度である。主要排水管の管径と延長は、おおよそ以下の表の通りである。

管径 cm	53(21)	60(24)	75(30)	90(36)	105(42)	合計
延長km	0.3	0.6	0.8	0.7	1.4	3.8

()内はインチ単位の場合の数値である。

(ii) 排水開渠

ポンプ場からの排水は、Sargodha 道路沿いに設置された幅1m程度の開渠により、ピンベル川に放流されている。開渠延長は、入手図面から推定すると約1.4kmと思われる。

(3) 排水ポンプ場

排水ポンプ場は、東部地区、西部地区それぞれ独立して設置されている。それぞれの仕様は、下記に示す通りである。

1) 東部地区排水ポンプ施設

排水区域：人口 15.4 万人 (1981 年センサス)、排水面積 1,250ha

排水ポンプ場設置位置：市南部、Kalra Kalan 地域

排水ポンプ場諸元：直径 6m スクリーンタンク x 1、直径 12m 集水タンク x 2、

排水量：0.84m³/sec (30cusecs)

排水ポンプ能力：0.14m³/sec (5 cusecs) x 6

*中継ポンプ場：1カ所、0.14m³/sec (5 cusecs) x 2

2) 西部地区排水ポンプ施設

排水区域：人口 2.7 万人 (1981 年センサス)、排水面積 220ha、

排水ポンプ場諸元：直径 6m スクリーンタンク x 1、直径 12m 集水タンク x 2、

排水量：0.84m³/sec (30 cusec)

排水ポンプ：0.28m³/sec (10 cusec) x 2、0.14m³/sec (5 cusec) x 2

*中継ポンプ場：なし

(4) 冠水状況

下水道対象地域は、チェナブ川下流域の中洲にあたり、東側をヘルシー川、鉄道を挟んで西側をピンベル川、南側をチェナブ川に囲まれており、東西約 3.5km、南北約 6.5km にわたる高低さがほとんどない平坦な地域である。その上、道路、鉄道、家屋等の施設が地面より高い位置に作られているので、市街には相対的に低い地面やくぼ地ができてしまっている。そのため、降雨になると、排水状態の悪さも手伝い、低地部やくぼ地に雨水や汚水が滞留してしまう。

主な滞留カ所は、下記の位置である。

*Rehman Shaheed 道路沿い

スエーデン-パキスタン学校の背後地 (常時浅い池状態の場所)

シャドマンコロニー、サービスコロニー付近の低地部 (常時浅い池状態の場所)

*GT (Grand Trunk) 道路沿い

*Shadiwal 道路近辺の低地部 (常時浅い池状態の場所)

*鉄道線路沿いの低地部

図 2.2.1 に、低地部 (pond)、降雨時の主な道路冠水部を示す。降雨量にもよるが、冠水は 2、3 日で解消すると思われる。2 月 17 日のパキスタン到着以来 19 日まで断続的に降り続いた降雨によりグジュラート市内の道路や低地部は相当部分冠水していた。降雨量は、60~70mm 程度とのことである。冠水の深さは、20cm~50cm と推測された。それらの冠水は、3 日後の 22 日にはほとんど消失した。

(5) 設計規準

「パ」国側の F/S レポート、既存計算書によれば、設計規準は、英国規準を適用している。また、材料については、ASTM (米国材料・試験規格) を適用しているとのことである。グジュラート市の下水道施設 Phase II の設計、Phase I 下水道施設の F/S レポート、パンジャブ州の PHED (Public Health Engineering Department : 1998 年当時) 設計基準等では、以下ような条件が提案あるいは適用されている。

1) グジュラート市の下水道施設 Phase II の設計

- ① 一日一人当たり汚水量 : 227 リットル (50 ガロン)、ただし、流量計算においてはその 80% が収集されるものとしている。
- ② 計画時間最大汚水量 : 一日最大汚水量の 2.0~4.0 倍 (人口 20 万~5 千人に応じて)
- ③ 降雨強度 : 1.0mm/ha (1/60inch/acre)

2) Phase I 下水道施設の F/S レポート

Phase I 下水道施設の F/S レポートでは、一日一人当たり汚水量、182 リットル (40 ガロン)、ただし、流量計算においてはその 70% を収集対象にすることを提案している。

また、流量計算公式には Manning の式を、粗度係数については、コンクリート管、コンクリートカルバートで 0.016 土構造の開渠で 0.023 の値を提案している。

3) パンジャブ州の PHED (Public Health Engineering Department : 1998 年当時) の設計基準

PHED が発行した「給水、下水・排水計画」の設計基準は、人口予測率、施設の設計耐用年数、水消費量、ピークファクター、粗度係数、流速、マンホール間隔、土被り、管材料、管敷設勾配等について規定されている。概要は下記の通りである。

- ① 設計耐用年数 : 土木構造物 (下水管を含む) ; 20 年、機械電気品 ; 10 年
一日一人当たり水消費量 :
人口 1 万人~2.5 万人 ; 136 リットル (30 ガロン)、
人口 2.5 万人~10 万人 ; 182 リットル (40 ガロン)、
人口 10 万人以上 ; 227 リットル (50 ガロン)

ただし、汚水としては、準都市域 (Semi Urban/Town Committee) で 70%~75%、都市域 (Urban Area) で 80%~85%が収集されるものとしている。

- ③ 計画時間最大汚水量：一日最大汚水量の 2.0~4.0 倍
- ④ 管内流速：0.6m/秒~2.1m/秒、0.75m/秒程度を目標
- ⑤ マンホール間隔、構造

比較的大きいサイズの管径について記すと下記のとおり。

管径 27~42 インチ：マンホール間隔 90m (300 フィート)

管径 42~60 インチ：マンホール間隔 120m (400 フィート)

管径 42~60 インチ：マンホール間隔 150m (500 フィート)

マンホール構造については、管径、埋設深さ、地下水位を考慮して決めることと規定している。

- ⑥ その他、最小管径、土被り、粗度係数 (新しいコンクリート管 ; 0.013、古いコンクリート管 ; 0.016) 他について規定している。

3-5-2 維持管理の状況

(1) 概況

グジュラート市の水道施設、下水道施設の接続概況を表 3.5.2 に示す。

表 3.5.1 上下水道施設接続の概況

分類	総数	接続数	
		上水道	下水道
住居戸数	50,000	35,000	30,000
商業施設	不明	800	500

上水道、下水道への住居の接続率は、それぞれ、70%、60%程度となっている。現地視察結果から判断する限り、既存下水道施設の維持管理状況は良くない。道路側溝、開渠の所々には固形廃棄物除去用のスクリーン(75mm 程度)が設置されているが、排水ポンプ場のスクリーン部、集水タンクや、流末の開渠には多数のペットボトルの他、木片、布地、家畜の糞等の固形廃棄物が集積している。

毎日 130t 程度の固形廃棄物が発生し、市当局はそのうち 60t 程度を回収しているとのことである。しかしながら、未回収の廃棄物は低地やくぼ地に再度集積されるだけであり、降雨時にはそこから雨水とともに流出し排水溝に集まってきてしまうというのが現状である。

現地にて、市の中心部にある Union Council No. 52 街区（街区長 (Nazim) ; Chaudhary Asghar, 住民 24 千人）を訪問した。月に 5~6 回、排水側溝の清掃を行っているとのことであった。しかしながら、側溝からせっかく塵芥を除去しながら付近の路面に放置しており、降雨があればまた側溝に流れ込むことが容易に予想される状態であった。

(2) 維持管理体制

上下水道施設は、インフラストラクチャー&サービス部門が維持管理を担当しており、現在 Sub Divisional Officer 1 人、Sub Engineer 2 人、電気工 2 人、機械工 2 人、運転作業員/配管工 83 人、合計 90 人が維持管理に当たっている。

これらの人達は、今回のプロジェクト対象地域であるグジュラート市都市域 (Municipal Council Gujrat) だけでなく、100 万人の人口を有するグジュラート市 (Tehsil Gujrat) 全体を担当している。したがって、管理要員が不足しており、適切な維持管理体制が取れていない。

(3) 料金徴収の状況

上水道料金は TMA がコンピューターにより作成した請求書に基づいて、1 ヶ月あたり各戸から 45 ルピア、商工業施設 300 ルピアの料金が銀行振込により徴収されている。下水道料金については、施設のサービス不良もあり、料金を徴収していない。しかし、昨年 6 月のグジュラート市の議会で、水道料金の値上げ（一戸あたり 45 ルピア/月の値上げ）、下水道料金（1 戸あたり 30 ルピア/月、商工業施設 250 ルピア/月）の徴収が議決され、今年の 7 月から実施されることになっている。

表 3.5.2 は現行料金及び料金改定後の、上下水道事業の収支を示したものである。現行料金体系では、約 90 万ルピアの赤字運営となっているが、料金が改定され、計画通りに市民から料金が徴収されれば、約 170 万ルピアの黒字運営が予想される。今後の維持管理を確実にするためには、徴収体制の確立が望まれる。

表 3.5.2 現高料金及び料金改定後の上下水道事業の収支

		水道事業			下水道事業			両事業計 金額	
		接続戸数	単価	金額	接続戸数	単価	金額		
現行 料金 体系	収入	住居	35,000	45	1,575,000	30,000	0	0	1,575,000
		商業施設	800	300	240,000	500	0	0	240,000
		収入計	35,800		1,815,000	30,500		0	1,815,000
	支出	電気料+補修 人件費			1,800,000			550,000	2,350,000
		支出計			2,200,000			0	400,000
		収 支			-385,000			550,000	2,750,000
改定 料金 体系	収入	住居	35,000	90	3,150,000	30,000	30	900,000	4,050,000
		商業施設	800	300	240,000	500	250	125,000	365,000
		収入計	35,800		3,390,000	30,500		1,025,000	4,415,000
	支出	電気料+補修 人件費			1,800,000			550,000	2,350,000
		支出計			2,200,000			0	400,000
		収 支			1,190,000			550,000	2,750,000
						475,000	1,665,000		

3-6 下水処理施設の状況

3-6-1 排出規準

パキスタン国では2000年8月に、内陸水域、都市下水道、海域の3水域別に排出基準が設定されている(表3.6.1参照)。

表3.6.1 国家環境水質基準 (NATIONAL ENVIRONMENTAL WATER QUALITY STANDARDS)

(for Municipal and Liquid Industrial Effluents, published in August 10, 2000)

Unit: (mg/l) (): Tokyo

S. No.	Parameter	Existing Standards	Revised Standards		
			Into Inland Waters	Into Sewage Treatment	Into Sea
1	Temperature	40°C	= < 3°C	= < 3°C	= < 3°C
2	pH value	6-10	6-9	6-9	6-9
3	BOD* ³ at 20°C* ¹	80	80 (1~10)	250	80**
4	COD* ¹	150	150	400	400 (2~8)
5	Total suspended solids (TSS)	150	200 (1~15)	400	400
6	Total dissolved solids (TDS)	3500	3500	3500	3500
7	Grease and oil	10	10	10	10
8	Phenolic compounds (as phenol)	0.1	0.1	0.3	0.3
9	Chloride (as Cl ⁻)	1000	1000	1000	SC***
10	Fluoride (as F ⁻)	20	10	10	10
11	Cyanide (as CN) total	2	1.0 (N.D)	1.0	1.0
12	An-ionic detergents (as MBAS)* ²	20	20	20	20
13	Sulphate (SO ₄)	600	600	1000	SC***
14	Sulphide (S ²⁻)	1.0	1.0	1.0	1.0
15	Ammonia (NH ₃)	40	40	40	40
16	Pesticides* ³	0.15	0.15	0.15	0.15
17	Cadmium* ⁴	0.1	0.1 (0.05)	0.1 (0.05)	0.1
18	Chromium (Cr ⁶⁺)	1.0	1.0 (0.05)	1.0 (0.05)	1.0
19	Copper* ⁴	1.0	1.0	1.0	1.0
20	Lead* ⁴	0.5	0.5 (0.05)	0.5 (0.05)	0.5
21	Mercury* ⁴	0.01	0.01 (0.0005)	0.01	0.01
22	Selenium* ⁴	0.5	0.5	0.5	0.5
23	Nickle* ⁴	1.0	1.0	1.0	1.0
24	Silver* ⁴	1.0	1.0	1.0	1.0
25	Total Toxic metals	2.0	2.0	2.0	2.0
26	Zinc	5.0	5.0	5.0	5.0
27	Arsenic* ⁴	1.0	1.0 (N.D)	1.0 (N.D)	1.0
28	Barium* ⁴	1.5	1.5	1.5	1.5
29	Iron	2.0	8.0	8.0	8.0
30	Manganese	1.5	1.5	1.5	1.5
31	Boron* ⁴	6.0	6.0	6.0	6.0
32	Chlorine	1.0	1.0	1.0	1.0

Explanations:

- *¹ Assuming minimum dilution 1:10 on discharge, lower would attract progressively stringent standards to be determined by the Federal Environmental Protection Agency. By 1:10 dilution means, for example that for each one cubic meter of treated effluent, the recipient water body should have 10 cubic meter water for dilution of this effluent.
 - *² Modified Benzene Alkyl Sulphate; assuming surfactants as biodegradable.
 - *³ Pesticides include herbicides, fungicides, and insecticides.
 - *⁴ Subject to total toxic metals discharge should not exceed level given at S.No.25
 - *⁵ Applicable only when and where sewage treatment is operational and (BOD)₅ = 80 mg/l is achieved by the sewage treatment system.
- Note: provided discharge is not at shore and not within 10 miles of mangrove or other important estuaries.
- * The effluent should not result in temperature increase of more than 3°C at the edge of the zone where initial mixing and dilution take place in the receiving body. In case zone is not defined use 100 meters from the point of discharge.
 - ** The value for industry is 200 mg/l
 - *** Discharge of liquid effluents to bring them to the NEQS limiting values is not permissible through fresh water mixing with the effluent before discharging into the environment.

この排出基準が設定されたことにより、都市下水を未処理で河川に放流することができなくなり、本プロジェクトにおいても下水処理施設の設置が必要である。上記の内陸水域（河川）への排出基準では、処理水の水質は BOD⁵（生物化学的酸素要求量）80 mg/l 以下、TSS（浮遊物質）200 mg/l 以下となっており、簡易な二次処理（生物処理）が必要な水質水準にある。

パキスタン国の下水処理システムとしては、維持管理が容易で動力が少なくすむ下水処理システムが望ましく、途上国で広く用いられている、自然の浄化作用を利用した 1) 安定化池（Stabilization Pond：図 3.6.1）や 2) エアレーテッドラグーン（Aerated lagoon：図 3.6.2）が妥当と考えられる。

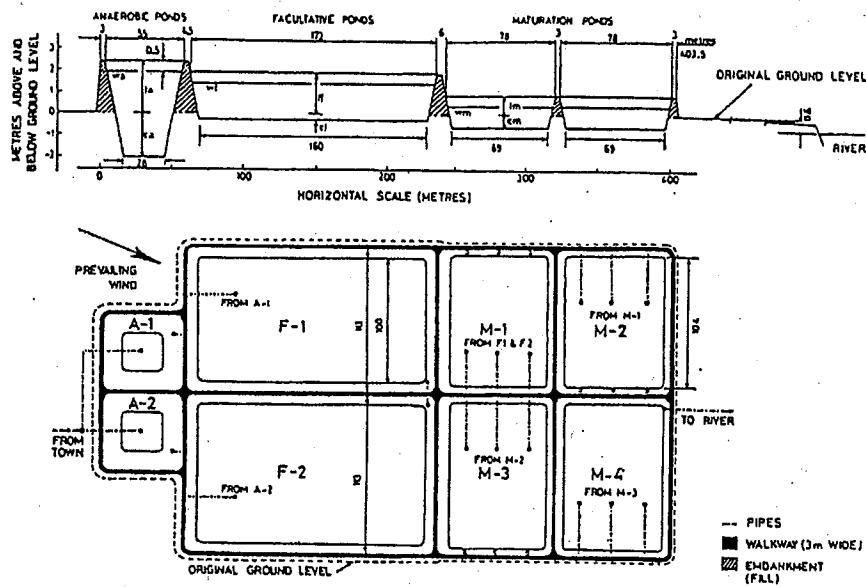


図 3.6.1 安定化池構造図

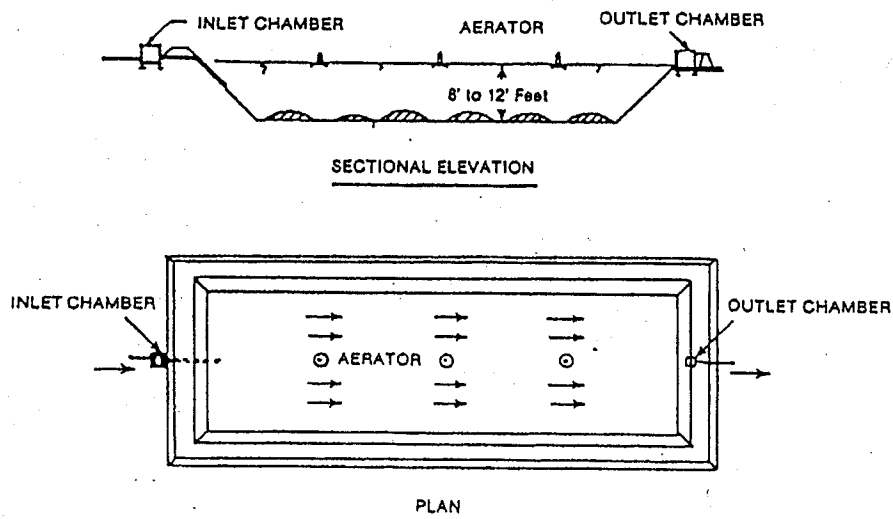


図 3.6.2 エアレーテッドラグーン構造図

3-6-2 対象地域の下水水質の状況

工場の排水処理は、表 3.6.1 の国家環境水質基準に従って公共下水道に排出する前に各工場の前処理をすることが義務付けられている。

対象地域には皮製品工場、電気器具工場、家具工場等の工場が存在しているが、健康に重大な影響を及ぼす重金属や化学物質を排出する工場は確認されておらず、コレラ、マラリア等の水因性疾患は発生しているが、現在までに工場排水による健康被害の報告はない。

対象地域の現在の下水水質検査結果（2003年2月25日実施）を表 3.6.2 に示す。この検査結果によれば、BOD⁵（生物化学的酸素要求量）¹²、COD（化学的酸素要求量）ともに一般的な家庭下水水質の値を示しており、現状では工場排水が下水に及ぼす影響はほとんどないものと思われる。

表 3.6.2 対象地域の下水水質検査結果（2003年3月25日実施）

水質検査項目	排出基準 (河川放流)	下水水質検査結果	
		C-1 ポンプ場	市内排水路
1. PH value	6-10 pH	7.7 pH	7.6 pH
2. BOD ⁵	80 mg/l	246 mg/l	186 mg/l
3. COD	150 mg/l	565 mg/l	409 mg/l
4. Total suspended solid (TSS)	150 mg/l	350 mg/l	210 mg/l
5. Chloride (as Cl ⁻)	1,000 mg/l	80 mg/l	80 mg/l
6. Fluoride (as F ⁻)	10 mg/l	0.37 mg/l	0.38 mg/l
7. Cyanide (as CN) total	1.0 mg/l	0.185 mg/l	0.059 mg/l
8. Sulphide (S ⁻)	1.0 mg/l	20 mg/l	12 mg/l
9. Chromium (Cr)	1.0 mg/l	<0.05 mg/l	<0.05 mg/l

3-6-3 他都市の下水処理施設の状況

(1) ラホール (Lahore)

ラホールの下水道は、グジュラートと同様に低地部にあるため、ポンプ排水が必要な合流式下水道となっている。現在、下水は未処理で Ravi 川にポンプ排水されている。

ラホールの下水道計画は、1987年にイギリスの援助でマスタープランが策定され、市内全域をカバーする6箇所の下処理場の建設が提案された。その後、1990～1992年に設計が行われ、世銀に融資を申請したが受け入れられず実施されていない。

下水処理システムは安定化池が採用されており、下水処理対象人口 700 万人で総額約 140 億ルピア（294 億円）の事業費を見込んでおり、一人当たり約 2,000 ルピア（4,200

¹² BOD値は測定期間は5日である事が一般的であり BOD⁵と表記され、測定期間が25日である BOD²⁵と区別される。

円) となっている。下水処理施設概要を表 3.6.3 に示す。

表 3.6.3 ラホールの下水処理施設概要 (計画)

	下水処理場	処理容量 (m ³ /s)	放流河 川	処理区内ポンプ場	対象人口 (千人)	事業費 (百万ルピー)
1.	Madmood Booti	8.10	Ravi 川	Mahmood Booti	1,000	2,766
2.	Shad Bagh	13.5	Ravi 川	Shad Bagh Khokhar Road	1,500	2,744
3.	Shahdara	6.75	Ravi 川	Furrukhabad	700	1,194
4.	South West	29.7	Ravi 川	Main Out Fall No.1, 2, 3 Gulshan-e-Ravi Multan Road	2,500	4,116
5.	South Lahore	2.70	Ravi 川	LMP Block	520	1,070
6.	South East	4.05	Ravi 川	Nishter Colony	800	2,058
	合 計				7,020	13,948

(2) イスラマバード (Islamabad)

イスラマバードの下水処理場は、1964～1967 年に建設された「PhaseI (処理容量 3 MG/d)」と「PhaseII (処理容量 3 MG/d)」と称される 2 系列が稼働している。下水処理方式は標準活性汚泥法で、発生した汚泥は消化タンクでメタンガスを回収して再利用するシステムで、当時としては最先端の設備であった。しかしながら、建設から既に 40 年が経過しており、消化タンクは機能しなくなっており、現在汚泥はドライグベッドで天日乾燥している。

流入下水量は、処理容量 27,000 m³/日 (6 MG/日) に対し、3分の1の 9,000 m³/日 (2 MG/日) しかなく、下水の多くが雨水排水路を通して未処理で直接河川に放流されている。運転維持管理は、Capital Development Authority が Assistant Director 以下 40 名のオペレーターで、24 時間 3 交代制で行っているが、曝気タンクへの活性汚泥の返送が行われておらず、適切な運転管理が行われていない。

(3) ラワルピンディ (Rawalpindi)

現在、ラワルピンディに下水処理場はなく、下水は全て未処理で Soan 川に放流されている。一方、ADB の融資による「Rawalpindi Environmental Project」が開始されるところで、コンサルタントによるプロジェクトコンポーネントの詳細を決定するための調査が、今後 5 ヶ月間に渡って実施される予定である。

プロジェクトの総事業費は約 90 億ルピー (想定金額) で、その内約 60% が下水道整備費で、下水処理場の建設を計画している。下水処理場はラワルピンディの下流に、人口 250 万人を対象とした大規模な処理場を建設するもので、処理方式はオキシデーションポンドを考慮しており、すでに 300 ha の用地買収を行っている。