

インド

ヤムナ川流域諸都市下水道等整備事業

外部評価者：中村 千亜紀（グローバル・リンクマネージメント(株)）

現地調査：2004年9月

1. 事業の概要と円借款による協力



事業地域の位置図



本事業により整備された下水処理場

1.1 背景

ヤムナ川は、インド北部ウッタラチャル州のヤムノトリ氷河（標高 6,320m）に源を發し、デリー（標高 220m）を經由し、アラハバード（ウッタル・プラデシュ州）でガンジス川に合流するまでの、全長約 1,400km¹、流域面積約 34,600km²のガンジス川の支流である。インドでは、ヤムナ川等多くの河川が聖なる川として沐浴に利用され、また、上水の水源としての役割も担っており、住民の日常生活に密接にかかわっている。しかし、急激な都市化・工業化に伴う人口増加により、河川の自然浄化力をはるかに上回る下水が垂れ流しになっており、その結果、汚染された河川が流域諸都市住民の衛生環境や健康上の問題を招いていた。

このような状況に鑑み、インド政府は国家河川保全計画（National River Conservation Plan）を策定し、国家事業として国内の主要な河川の浄化を推進してきた。1977年から78年にかけて、インド政府水質汚濁防止委員会は、ヤムナ川全域にわたり河川流入汚濁負荷の実態調査を実施し、この調査に基づきヤムナ川浄化計画（Yamuna Action Plan: YAP）が形成されることとなった。同計画は、当初、第七次5カ年計画（85～90年度）に組み込まれたガンジス川浄化計画（Ganga Action Plan: GAP）の次期計画と位置づけられ、GAP後にその実施が予定されていた。しかし、ガンジス川の浄化は、その支流であるヤムナ川の水質向上によるところが大きいことから、ヤムナ川の水質保全を別途独立した計画として策定し、早急を実施することが、87年8月のガンジス計画中央委員会において決定された。そこで、ヤムナ川浄化計画は、GAPに続く、第二番目の国家レベルの河川浄化計画となった。

¹ これは、日本一の長さを誇る信濃川（全長 367km）の約 4 倍に相当する。

1.2 目的

ヤムナ川流域に位置するデリー、ハリヤナ、ウッタル・プラデシュ（UP）の3州15都市において、下水道・公衆トイレ等の整備、および環境・衛生に関する啓発活動等を実施することにより、未処理の下水・し尿がヤムナ川に加える汚濁負荷の軽減を図り、もって同河川の水質保全および流域諸都市の衛生環境の改善に寄与する。

1.3 借入人／実施機関

借入人：インド国大統領

実施機関：環境森林省国家河川保全局（Ministry of Environment and Forests, National River Conservation Directorate: NRCD）

1.4 借款契約概要

円借款承諾額／実行額	177億7,300万円／150億8,400万円
交換公文締結／借款契約調印	1992年10月／1992年12月
借款契約条件	金利 2.6% 返済 30年（うち据置 10年） 一般アンタイド （コンサルタントは部分アンタイド）
貸付完了	2003年2月
本体契約	現地企業
コンサルタント契約	東京設計事務所(日)、 Development Consultant Ltd. (インド)
事業化調査（フィージビリティ・スタディ：F/S）等	88年 ヤムナ川浄化計画 インド政府

2．評価結果

2.1 妥当性

2.1.1 審査時点における計画の妥当性

インドの第八次5カ年計画（1992～97年度）では、ヤムナ川浄化計画(YAP)を含むガンジス川浄化計画(GAP)が掲げられていた。ヤムナ川の汚濁負荷の軽減は、河川環境の向上と流域住民の健康改善のため、緊急の課題であった。本事業は、ヤムナ川流域15都市を対象として、下水道整備事業をはじめとする総合的な環境改善を行うもので、上記課題に対応するための優先度・緊急性が高かった。

2.1.2 評価時点における計画の妥当性

第十次 5 カ年計画（2002～07 年度）でも、引き続きヤムナ川の水質保全が掲げられている。ヤムナ川の汚濁負荷の軽減は、デリー、ハリヤナ、UP 州において、依然として重要な課題である。したがって、下水処理場および公衆トイレ施設・火葬場の設置、環境・衛生に関する啓発活動により、同河川の総合的な水質保全を図る本事業の重要性は現在も高い。

2.2 効率性

2.2.1 アウトプット

本事業の対象地域は、ハリヤナ州の 6 都市（ヤムナガル、カルナール、パニパット、ソニパット、グルガオン、ファリダバッド）、デリー連邦直轄区、UP 州の 8 都市（サハランプール、ムザファルナガル、ガジアバッド、ノイダ、プリンダバン、マツーラ、アグラ、エタワ）の 3 州 15 都市である。事業内容は、下水道および非下水道事業の二つに大別される。それぞれのアウトプットの計画および実績は、表 1 のとおりである。

表 1 本事業のアウトプット（計画および実績）

	項目	単位	計画			実績		
			ハリヤナ	デリー	UP	ハリヤナ	デリー	UP
下水道事業	下水管	km	82.7	-	39	135.9	-	43.2
	下水ポンプ場	数	8	2	21	17	-	38
	下水処理場	数/ 処理能力	8/ 303,000	1/ 20,000	11/ 402,790	11/ 303,000	2/ 20,000	16/ 402,790
m ³ /日			m ³ /日	m ³ /日	m ³ /日	m ³ /日	m ³ /日	
非下水道事業	公衆トイレ	数/便座	44/440	60/600	110/1,110	75/1180	959/27,040	246/2460
	火葬場	数	-	2	2	31	4	70
	沐浴場	数	-	1	2	2	-	-
	植林	km ²	10.6	3.8	13	242	NA	NA
	啓発活動	活動数	計画値なし	計画値なし	計画値なし	726	5,382	915
	情報整備	コンピュータ数	計画値なし	計画値なし	計画値なし	7	4	7

出所：NRCD

計画と実績を比較すると、アウトプットは下水道および非下水道事業ともに、おおむね計画以上の達成度となっている。アウトプットを州ごとにみた場合、ハリヤナ州や UP 州と比較して、デリーでの公衆トイレ数はアウトプットの実績が計画を大きく上回っている。これは、1992 年 6 月にブラジルで開催された国連環境開発会議（別名：地球サミット）等の活動や、国内にて広まった環境改善に対する意識の高まり等を受け、ヤムナ川の汚濁負荷が最も高いデリーを中心に、アウトプットを増加させたためである。

2.2.2 期間

当初計画では、1997年12月までに工事完了予定であった。しかし、下水処理場建設、用地取得および普及・啓発活動の遅延、ローカルNGOによる普及・啓発活動のスケジュール変更、ローカルNGOに対する支払手続き上の問題から2度貸付実行期限を延長した。そのため、最終的には、当初計画よりも約5年（62カ月）遅れの2003年2月に全工程を完了した。

2.2.3 事業費

事業費は197億6,100万円と当初予定額（227億3,600万円）の約87%に収まっている。これは、インフレを上回る現地通貨の減価等によるものである。現地通貨でみた総事業費の実績は66億9,900万ルピーで、当初予定（51億3,200万ルピー）の約130%となった。

以上から、本事業の期間には遅延が見られたものの、アウトプットは計画以上に達成されており、事業費も当初予定内に収まっているため、本事業の実施にかかる効率性はおおむね問題ないといえる。

2.3 有効性

2.3.1 下水処理場における汚水処理能力

表2は、本事業により整備された下水処理場の運転状況を示したものである²。対象地域の下水処理場の稼働率はかなり高いことから、下水処理場はおおむね良好に運転されているといえる。

表2 下水処理場の運転状況（2003年度）

対象州	処理能力 (m ³ /日)	汚水処理量(m ³ / 日)	稼働率(%)
ハリヤナ平均	303,000	275,000	91
デリー	20,000	20,000	100
UP平均	402,790	347,500	86

出所：NRCD

2.3.2 下水処理場における水質

表3は、対象州の全28下水処理場で測定されたBOD濃度（生物化学的酸素要求量）を示したものである。流入水および処理水の水質を、計画時における設計値（BOD濃度：流入前で200mg/l、処理後で30mg/l）と比較すると、ハリヤナ州とデリーの下水処理場のBOD濃度は設計値以下の値まで処理されており、UP州では設計値を超過している。

² 表2および表3のハリヤナ平均およびUP平均は、それぞれ6都市、8都市の平均を示している。

UP 州の下水処理場の BOD 除去率は、マツーラとプリンダバンを除く処理場で 80% 以上である。しかし、マツーラとプリンダバンの下水処理場が十分に機能しておらず、両処理場の BOD 除去率は 60%にとどまっている。そのため、UP 州における下水処理場の処理後の BOD 濃度平均値が、計画時における設計値を上回っていると考えられる。

表 3 下水処理場の処理水質 (2003 年度)

対象州	BOD濃度 (mg/l)		BOD除去率 (%)
	流入前	処理後	
ハリヤナ平均	195	30	85
デリー	261	4	98
UP平均	213	48	77

出所：NRCD

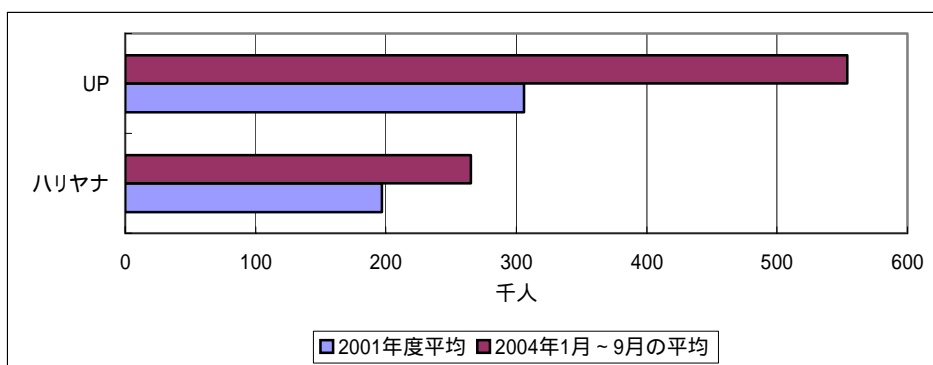
図 1 下水の流入前(写真右)と処理後(写真左)の状態の変化



2.3.3 公衆トイレの利用状況

図 2 は、本事業によるハリヤナ州と UP 州における、州別の公衆トイレの月間平均利用者数の推移を示したものである (デリーについてはデータが得られなかった)。これによれば、公衆トイレの月間平均利用者数は、2001 年度から 04 年 9 月にかけて、ハリヤナ州で 34% 増加している。特に UP 州では 81% 増と大きく上昇している。

図 2 公衆トイレの月間利用者数の推移 (千人)



出所：NRCD

今次調査では、本事業により整備された施設の利用状況等を把握するため、ハリヤナ州のファリダバッド、UP 州のガジアバッド、マツーラおよびプリンダバンの計 4 地域において、性別や年齢、カースト、職業、所得等の異なる階層を考慮して選定された 60 人を対象に受益者調査を実施した³。以下は、公衆トイレの利用状況についての受益者調査結果を示したものである。

³ デリーについては、本調査と同時期に実施された「プロジェクト事後評価におけるインパクト評価」調査の対象地域として選定されていたため、本評価調査では、デリーを除く地域において受益者調査を実施した。

< 受益者調査結果 >

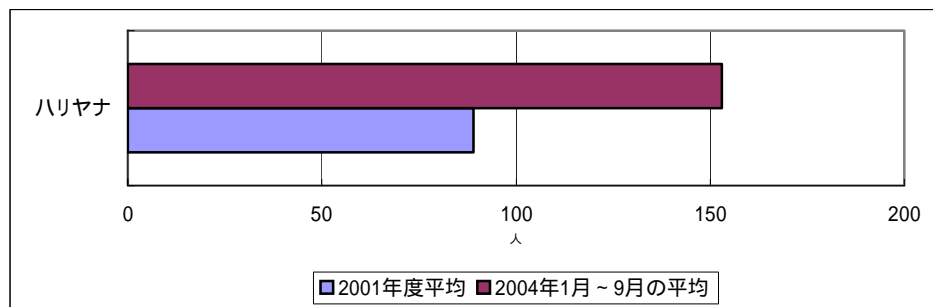
～ 公衆トイレの利用状況～

受益者に本事業による公衆トイレの利用状況について質問したところ、約 80%が「利用する」と回答した。また、「利用する」とした回答者に、1 日における公衆トイレの利用頻度について質問したところ、約 56%が 1 回、約 44%が 2 回と回答した。公衆トイレを利用する理由について質問したところ、約 40%が「家にトイレがないため」、30%が「衛生的であるため」、9%が「近隣にあるため」、7%が「病気を予防できるため」と回答した。なお、回答者の自宅から公衆トイレまでの平均所要時間は、約 5 分であった。また、公衆トイレの利用料金については、約 88%が「おおむね妥当である」と回答した。回答者のほぼ全員が「公衆トイレは利用しやすい」としており、利用状況はおおむね良好であると考えられる。

2.3.4 改良式火葬施設の利用状況

図 3 は、本事業によるハリヤナ州における改良式薪炭火葬施設⁴の月間平均利用者数の推移を示したものである(デリーおよび UP 州についてはデータが得られなかった)。これによれば、改良式火葬施設の月間利用者数は、2001 年度から 04 年 9 月にかけてハリヤナ州で 72%増加している。

図 3 改良式火葬施設の月間利用者数の推移(人)



出所：NRCD

以下は、改良式火葬施設の利用状況について、UP 州のガジヤバッド、マツーラおよびプリンダバン⁵の計 3 地域で実施された受益者調査の結果を示したものである⁵。

⁴ 改良式薪炭式火葬施設：ヒンズー教徒の伝統的な宗教観に配慮しつつ、火葬施設の仕様と材質を改良した施設。廉価な使用料により貧困層に火葬場を利用させることにより、不完全な焼却死体をヤムナ川に流すことを防止し、ヤムナ川の汚染を防ぐことを目的としている。

⁵ 本受益者調査では、前述のとおり 60 人を対象として実施したものの、最近葬儀を行ったのは 11 人だけであったことから、改良式火葬施設の利用状況に対する有効回答数は 11 と少なかった。なお、改良式火葬施設については、事務所調査 (Research Study on Promotion of Environment Friendly Crematoria- Final Report) が実施されている。同調査によれば、改良式火葬施設の利用状況を阻む大きな要素は仕様変更等ハードの

< 受益者調査結果 >

～ 改良式火葬施設の利用状況～

受益者に本事業による改良式火葬施設の利用状況について質問したところ、約 30%が「利用したことがある」、約 70%が「利用したことがない」と回答した。また、「利用する」とした場合、その理由について質問したところ、約 45%が「近隣にあるため」、55%が「費用が安い」と回答した。また、今後の改良式火葬施設利用の希望の有無について質問したところ、約 30%が「希望する」、70%が「希望しない」と回答した。「希望しない」とした場合の理由については、約 60%が「宗教上の理由による」、22%が「火葬場が遠すぎるため」、17%が「その他」と回答した。

2.3.5 啓発活動による住民の意識の変化

本事業においては、学校等での行事や住民参加を促進するための宗教リーダーによる集会、ラジオやテレビによる広報等、環境・衛生に関する啓発活動が幅広く実施された。以下は、啓発活動による住民の意識の変化についての受益者調査の結果を示したものである。

< 受益者調査結果 >

～ 啓発活動による住民の意識の変化～

受益者に本事業による啓発活動の参加状況について質問したところ、約 35%が「参加したことがある」、約 65%が「参加したことがない」と回答した。また、「参加したことがある」場合（20人）、その活動内容は、45%が「研修」、30%が「ワークショップ」、10%が「演劇」であった。啓発活動が役に立ったかどうかについては、75%が「役に立った」とし、「役に立たなかった」との回答は5%のみであった。さらに、50%が「啓発活動で学んだ知識を実生活の衛生改善に活かした」（台所排水の再利用 33%、ゴミの最小化 8%等）としている。このように、受益者調査の結果からは、本事業の啓発活動参加者の意識の変化がみられる。なお、回答者の 10%が活動期間は短すぎた点を指摘している（啓発活動の実施期間は 2001 年 12 月～2002 年 11 月）。

なお、インドでは一般的に、地方自治体とローカル NGO との連携の歴史は浅く、NGO 選定手続きに時間を要する等の理由により、本事業の啓発活動の進捗に遅延が生じた。そのため、国際協力銀行（JBIC）は、1999 年および 2000 年に事業実施促進調査を実施し、当該調査の提言に基づいて啓発活動が実施されたが、活動期間は 1 年間であった。そのため、実施機関の関係者の間には、市民の公衆衛生意識の向上、および利用度向上には十分な期間ではなかったとの指摘もある。しかしながら、参加者の 75%が役に立

修正によって解決できるものではなく、社会・宗教的要素が強くなっており、長期的に取り組む必要があるとの教訓が引き出された。

ったと感じており、また 50%が得た知識を実生活で活かしていることから、啓発活動の実施は有意義であったといえる。

図 4 改良式火葬施設（マツーラ）



図 5 公衆トイレの清掃人（ファリダバッド）



以上を総合すると、下水道事業については、おおむね良好に当初目的を達成していると考えられる。一方、非下水道事業については、当初目的を達成するためには長期的な取り組みが必要と考えられる。

2.4 インパクト

2.4.1 ヤムナ川における水質保全

NRCD は、ヤムナ川の上流から下流までの全 19 測定箇所において、BOD、DO（溶存酸素）、大腸菌群数等のモニタリング調査を毎月実施している（測定箇所については、図 6 を参照）。

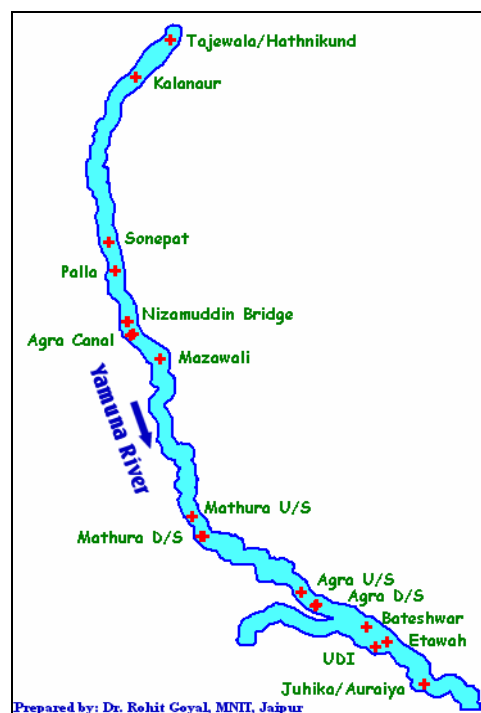
図 7、図 8、表 4 はヤムナ川の BOD、DO、大腸菌群数の 1998 年度から 2004 年度における測定値を示したものである⁶。

これによれば、BOD 濃度は上流では多少改善したものの、中流・下流では悪化しており、水質基準に達していない。また、DO については、上流、中流、下流の全流域において悪化している。

さらに、大腸菌群数については、上流、中流、下流で悪化している。大腸菌群数は近年、河川の水質保全基準として設定されたが、下水処理場の放流基準には設定されていない。このような理由により、計画時には消毒施設は未検討であった。

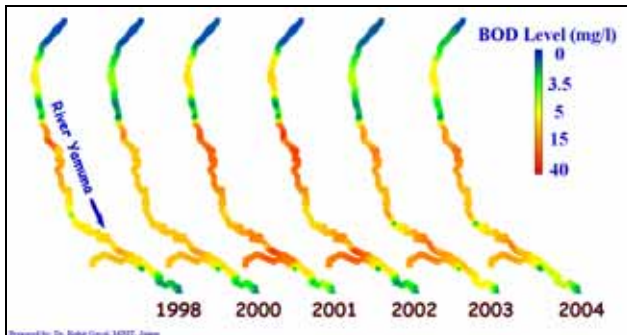
下水処理場において消毒施設を追加しない限り、大腸菌の抜本的解決は困難である。

図 6 ヤムナ川の水質測定箇所



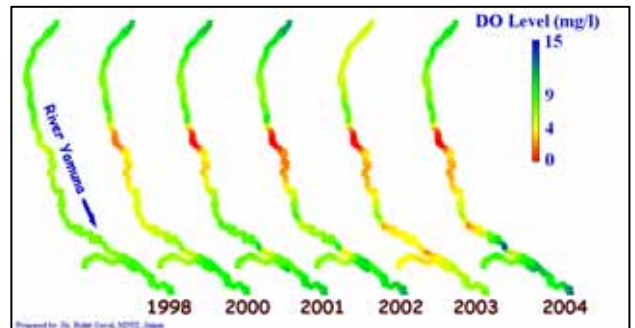
⁶ 水質基準は、BOD 濃度は 3mg/l 以下、DO は 5mg/l 以上、大腸菌群数は 500MPN/100ml 以下である。

図7 ヤムナ川における BOD 濃度の変化
(1998年度～2004年度)(mg/l)



出所：NRCD

図8 ヤムナ川における DO の変化
(1998年度～2004年度)(mg/l)



出所：NRCD

表4 ヤムナ川における大腸菌群数の変化
(1998年度～2004年度)(MPN/1,000ml)

	上流平均	中流平均	下流平均
1998年度	3,189.43	97,970.18	38,366.63
2000年度	169,404.20	5,521,573.00	900,207.70
2001年度	939,540.60	12,340,600.00	3,272,528.00
2002年度	24,625.00	14,450,000.00	747,930.00
2003年度	2,657.50	32,533,333.30	12,849,912.50
2004年度	8,532.50	5,390,667.00	2,388,113.00

出所：NRCD

ヤムナ川の水質保全を妨げる要因として、1)急激な人口増加、工業化や商業化による汚濁負荷(量・濃度)の増加、2)家畜による排出物増加、3)上流域における取水等による流量減少の影響等、さまざまな要因により、計画時より負荷が増加した可能性がある。本調査結果からは、「ヤムナ川の水質保全に寄与する」との本事業の上位目標の達成には、第一段階として、現在の汚濁負荷に耐えうる方策の検討が必要である。

なお、本事業対象3州15都市の想定受益者数は約560万人⁷(北海道の人口：約564万人)である。

2.4.2 衛生環境の改善効果(インパクト評価調査結果)

本事業が住民の健康・保健衛生に与えた影響に関する調査は行われておらず、影響を定量的に示すことは困難である。しかし、本評価調査と同時期に実施された法政大学大学院環境マネジメント研究科による「プロジェクト事後評価におけるインパクト評価」調査は、デリーでの調査結果として、コレラ等の水系伝染病患者数が減少傾向にあることを示し、直接の因果関係の論証は困難であるものの、本事業がこのような傾向の一端を担っているものと考えられると結論している。一方で、同調査では、ゴミ等の生活廃

⁷ 環境森林省国家河川保全局(NRCD)に対する質問票への回答に基づく。

棄物処理が不適切なため水系疾患が引き起こされるとし、住民の健康改善には、公衆トイレや上下水道整備に加え、適切な生活廃棄物処理が必要であると提言している（詳細については同インパクト評価報告書を参照されたい）。

2.4.3 用地取得に伴う住民移転による影響

本対象地域において、用地取得に伴う住民移転は発生していない。

2.5 持続性

2.5.1 下水道事業

2.5.1.1 体制

本事業の実施機関は、環境森林省国家河川保全局（NRCD）である。NRCDの監督の下、ハリヤナ州では公衆衛生局公共事業部（Public Health Engineering Department, Haryana）、UP州ではUP州上下水道公社（UP Jal Nigam）、デリー州ではデリー水道局（Delhi Jal Board）が下水道事業の運営管理の責任を有している。下水処理場の維持・運営管理は、それぞれの各州の管理の下、民間の請負業者によって契約ベースで実施されており、問題は報告されていない。UP州においては維持管理を前述の州上下水道後公社から市に移管が進められている。このような状況に鑑み、下水事業の実施機関の維持・管理体制強化を図るため、JBICは調査を実施し、その改善に努めている⁸。

2.5.1.2 技術

実施機関によれば、品質管理マニュアルにしたがって事業の維持管理が実施されており、問題は生じていない。

2.5.1.3 財務

実施機関によれば、維持管理費を含め、運営維持管理費に大きな問題は生じないと考えられる。なお、2.5.1.1にて記述した通り、UP州では維持管理の市への移管が進められている。これに対応し、JBICはUP州アグラ市の行政能力・財政改善を支援している（脚注8参照）。

2.5.1.4 維持管理

本調査ミッションは現地調査期間中、UP州、ハリヤナ州、デリーの下水処理場を視察したが、維持管理状況は良好であった。また、スペアパーツの入手についても、問題は報告されていない。

⁸ 例として、地方公共団体の財政・行政能力に係る調査（2002年5月）やアグラ市の行政能力・財政改善のための調査等がある。これらの調査結果はヤムナ川流域諸都市下水道等整備事業（ ）に反映されている。

2.5.2 非下水道事業

2.5.2.1 体制

NRCD の監督の下、ハリヤナ州では公衆衛生局公共事業部 (Public Health Engineering Department, Haryana) UP 州では UP 州上水公社 (UP Jal Nigam)、デリー市では、デリー市 (Municipal Component of Delhi) が運営管理の責任を有している。実際の維持管理は各都市のローカル NGO および宗教団体等が請負契約に基づいて行っている。公衆トイレでは、NGO が利用料を徴収して管理を請け負っているが、デリーにおいては利用者不足で採算がとれないことを理由に、適切に管理していない公衆トイレがあり、維持管理体制見直しをインド側が検討中である。改良式火葬施設については、JBIC の調査による提言を受け、火葬場の利用率向上のための施策、NGO の能力強化等を検討中である。

2.5.2.2 技術

公衆トイレおよび改良式火葬施設の維持管理能力について、問題は生じていない。

2.5.2.3 財務

公衆トイレについては、利用者料金制を導入している。本調査における受益者調査 (60 人対象) によると、回答者の 88% が利用料金は適切と回答している。なお、改良式火葬施設については、維持管理を担っている NGO が財務状況の改善に向けた収入増加案等を検討中である。

2.5.2.4 維持管理

公衆トイレの維持管理状況の詳細については、上述したインパクト調査結果 (施設の整備・維持管理状況) を参照されたい。なお、公衆トイレの維持・管理におけるコミュニティー参画のための環境作りに関し事務所調査を実施し、その改善に努めている。また、改良式火葬施設については、一部に施設の破損等がみられるため、改善策を検討中である。

3. フィードバック事項

3.1 教訓

なし。

3.2 提言

なし。

主要計画 / 実績比較

項目	計 画	実 績
アウトプット		
1) 下水事業		
下水管 (km)	82.7 km (ハリヤナ) 39 km (UP)	135.9 km (ハリヤナ) 43.2 km (UP)
下水ポンプ場 (数)	8 (ハリヤナ) 2 (デリー) 21 (UP)	17 (ハリヤナ) 38 (UP)
下水処理場 (数/処理能力)	8/303,000m ³ /日 (ハリヤナ) 1/20,000 m ³ /日 (デリー)、11/402,790 m ³ /日 (UP)	11/303,000m ³ /日 (ハリヤナ) 2/20,000 m ³ /日 (デリー)、16/402,790 m ³ /日 (UP)
2) 非下水事業		
公衆トイレ (数/便座)	44/440 (ハリヤナ)、60/600 (デリー) 110/1,110 (UP)	75/1,180 (ハリヤナ)、959/27,040 (デリー) 246/2,460 (UP)
火葬場 (数)	2 (デリー) 2 (UP)	31 (ハリヤナ) 4 (デリー) 70 (UP)
沐浴場 (数)	1 (デリー) 2 (UP)	2 (ハリヤナ)
-植林 (km ²)	10.6 km ² (ハリヤナ) 3.8 km ² (デリー) 13 km ² (UP)	242ha (ハリヤナ)
啓発活動 (活動数)	計画値なし	726 (ハリヤナ) 5,382 (デリー) 915 (UP)
情報整備 (コンピュータ数)	計画値なし	7 (ハリヤナ) 4 (デリー) 7 (UP)
期間		
用地取得	1992年12月 ~ 1993年9月	1992年12月 ~ 1998年10月
詳細設計	1992年12月 ~ 1992年12月	1992年12月 ~ 1998年10月
下水道事業	1993年7月 ~ 1997年12月	1995年1月 ~ 2003年2月
非下水道事業	1993年7月 ~ 1997年12月	1994年1月 ~ 2002年7月
事業費		
合計	227億3,600万円	197億6,100万円
うち円借款分	177億7,300万円	150億8,400万円
換算レート	1ルピー = 4.43円	1ルピー = 2.95円