

独立行政法人 国際協力機構  
環境森林省 国家河川保全局

# インド国 ガンジス河汚染対策流域管理計画調査

## 最終報告書 (和文要約)

平成 17 年 7 月  
(2005 年)

株式会社 東京設計事務所  
株式会社 建設技研インターナショナル

環境

JR

05-037

独立行政法人 国際協力機構  
環境森林省 国家河川保全局

インド国  
ガンジス河汚染対策流域管理計画調査

最終報告書  
(和文要約)

平成 17 年 7 月  
(2005 年)

株式会社 東京設計事務所  
株式会社 建設技研インターナショナル

為替レート:

マスタープラン

US\$ 1 = JPY 109.09

US\$ 1 = Rs 45.33

(2004年3月)

フィージビリティ調査

US\$ 1 = JPY 103.66

US\$ 1 = Rs 43.70

(2005年2月)

## 序 文

日本国政府は、インド国政府の要請に基づき、ガンジス河汚染対策流域管理計画に係わる調査を実施することを決定し、独立行政法人国際協力機構がこの調査を実施いたしました。

当機構は、平成 15 年 2 月から平成 17 年 3 月まで、株式会社東京設計事務所の百瀬和文氏を団長とし、株式会社東京設計事務所及び株式会社建設技研インターナショナルから構成された調査団を現地に派遣しました。

調査団は、インド国政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

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

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

平成 17 年 7 月

独立行政法人国際協力機構  
理事 北原 悦男

## 伝達状

独立行政法人国際協力機構

理事 北原 悦男 殿

今般、インド国政府におけるガンジス河汚染対策流域管理計画調査を終了いたしましたので、ここに最終報告書を提出いたします。本調査は、貴機構との契約に基づき、弊社及び株式会社 建設技研インターナショナルからなる共同企業体が、平成 15 年 2 月より平成 17 年 7 月までの 30 か月にわたり、現地及び国内で実施した調査結果を記載しております。今回の調査に際しましては、インド国の現状を十分に踏まえ、本計画の妥当性を検証するとともに、我が国の政府開発援助の枠組みに最も適した計画の策定に努めてまいりました。

本計画調査はガンジス河の水質改善を目的とし、ラクノウ市、カンプール市、アラハバット市及びバラナシ市における下水道システムの改善を主とする汚濁削減計画を策定するために実施されました。本計画では提案された改善計画の実施により、ラクノウ市、カンプール市、アラハバット市及びバラナシ市の下水処理状況が改善し、ガンジス河の水質問題の解決に寄与するものと確信しております。

なお、調査期間中、貴機構、国内支援委員会、外務省、国土交通省、環境省及び関係機関の各位には多大なご協力とご支援を賜り、ここに厚く御礼申し上げます。また、インド国政府諸機関の関係各位、在インド国日本大使館及び貴機構インド事務所の皆様におきましては、貴重なご助力とご協力を賜りました。併せて御礼申し上げます。

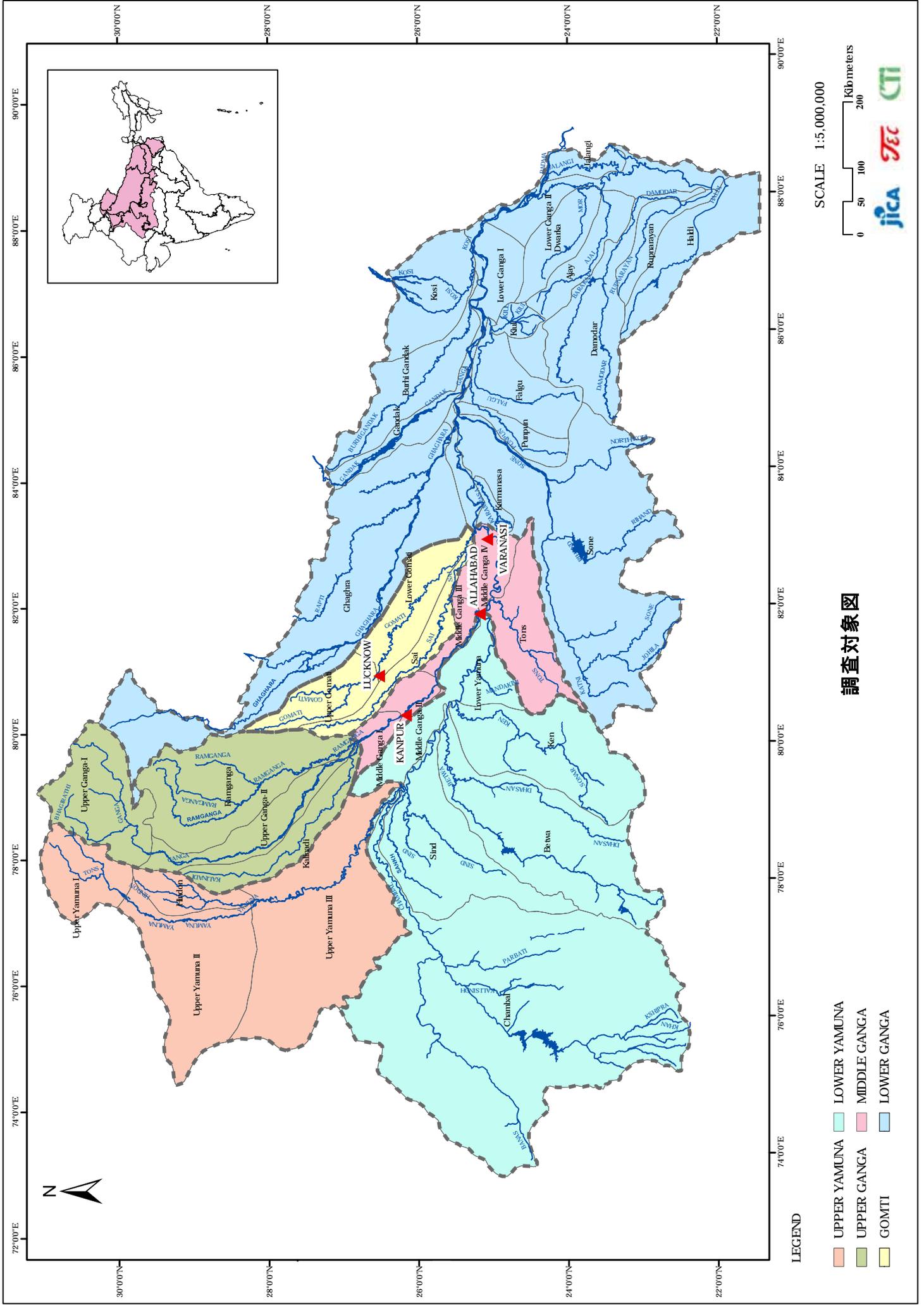
平成 17 年 7 月

共同企業体代表者

株式会社東京設計事務所

ガンジス河汚染対策流域管理計画調査

団長 百瀬和文

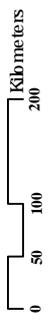


調査対象図

LEGEND

- UPPER YAMUNA
- LOWER YAMUNA
- UPPER GANGA
- MIDDLE GANGA
- LOWER GANGA
- GOMTI

SCALE 1:5,000,000



## 調査結果概要

### 1. 調査の背景

ガンジス河は、インド最大の河川にして、その流域内には、インド総人口の約 40% が居住する。ガンジス河は、水道や灌漑用水源である一方、日々多くのヒンドゥー教徒が、信仰のため沐浴する聖なる川でもある。

1980 年代はじめ以降の流域内人口の急激な増加により、ガンジス河の水質は急激に悪化し、生活環境に多大な負の影響を与えてきた。この状況を改善するため、インド国政府は、ガンジス河アクションプラン (GAP) を立ち上げ、水質汚濁対策を実施するための新たな国家機関を創設した。現在、その業務は、環境森林省国家河川保全局 (NRCDC) に引き継がれている。国家河川保全局の指導の下、ガンジス河流域内の大都市で下水道整備が進められ、その結果、ガンジス河の水質はある程度の改善がみられるに至った。

更なる水質汚濁浄化のため、インド国政府は、ガンジス河の汚染対策流域管理に関する調査を計画した。調査目的は、ガンジス河流域における水質悪化のメカニズムを明らかにし、2030 年を目標年とする効果的な汚濁削減策を立案し、ガンジス河の水質改善を図ることにある。

インド国政府の要請を受け、日本国政府は、インド国政府と協力し、この重要な課題に取り組むことを決定し、独立行政法人 国際協力機構 (JICA) を通じて、「ガンジス河汚染対策流域管理計画調査」を開始した。

調査は、流域内の 4 大都市、カンパール市、アラハバッド市、バラナシ市、ラクノウ市を対象とした水質管理計画を策定することとし、以下の調査項目からなった。

- 2030 年を目標とするマスタープランの策定
- マスタープランで選定された優先プロジェクトに対するフィージビリティ調査
- 調査途上における技術移転

調査対象都市のうち、ラクノウ市は、ウッタルプラディッシュ州 (UP 州) の州都で人口 240 万人を擁する。ガンジス河の主要な支流ゴムチ川が市の中央を貫流する。

ガンジス河右岸に位置するカンパール市は、UP 州最大の都市で 290 万人の人口を擁する。UP 州の商業、工業の中心地である。

アラハバッド市は、聖なる川ガンジス河とヤムナ川の合流点に位置する人口 120 万人の都市である。合流点は、サンガムと呼ばれ、ヒンドゥー教の聖地であり、多くの信者が毎年集い、神聖な祭典が開催される。また、6 年毎に交互に行われる、クンブメラ (Kumbh Mela)、アードゥクンブメラ (Argh Kumbh Mela) と呼ばれる 1 ヶ月半に渡って開催される大祭には、数百万人の信者が集まる。

バラナシ市は、人口 130 万人のガンジス河の河岸に位置する都市である。世界で最も古い都市のひとつで、ヒンドゥー教徒にとり最も重要な聖地の一つである。ガンジス河は、日々の生活の一部である一方、ガンジス河左岸 7 km に渡る神聖なガート (沐浴場) では、毎日、何千人もの人々が信仰のため沐浴するのを見ることができる。

### 2. 流域水質汚濁対策

ガンジス河の上流部では、汚濁源が少ないため河川水質は良好である。中流部においては、河川水は、灌漑用水、生活用水として多量に取水され、流量が著しく減少し希釈自浄作用が衰える。

そこに、沿岸に位置する都市の生活污水及び工業排水が未処理のまま大量に流入するため、水質は極度に悪化する。特に、カンプール市からバラナシ市に至る区間や、ゴムチ川のラクノウ市の下流では水質の悪化が著しい。

汚濁解析結果によれば、ガンジス河において水質環境基準を満足するためには、調査対象 4 市の生活污水の約 90 % を削減する必要がある。言い換えれば、ほぼ全量的生活污水を適切に処理したうえで放流するか、灌漑用水として利用する必要がある。更に、4 市の汚濁量削減対策に加え、上流の沿岸中小都市についても生活污水の汚濁負荷を 70 ~ 80 % を削減する必要がある。

### 3. マスタープラン

#### (1) 提案された計画

ガンジス河の水質悪化の主要因は、沿岸各都市から流入する生活污水と工場排水（点源汚濁）である。その他の汚染源は、都市内河川内での牛の水浴、洗濯活動、屋外排泄、廃棄物の投棄等である。これらは非点源汚濁と類別される。

生活污水・工業排水の汚濁負荷に比較すると、非点源汚濁源の水質に与える影響は少ないが、これらは、衛生・美観面において、沐浴環境に悪影響を及ぼしている。河川や排水路に投棄されるゴミも同様である。

マスタープランで提案した汚濁対策計画の内容を次に示す。

#### 1) 下水道スキーム

下水道スキームでは、生活污水が未処理で放流されるのを防ぐため、短期計画を含む中長期の対策案が提案された。短期計画（第 1 期事業）としては、主として、雨水排水路や汚水路を遮集し処理する施設（ポンプ場、幹線管路、下水処理場）が計画された。中長期計画（第 2 期事業）としては、準幹線の幹線への接続、幹線及び下水処理場の増設に加え、主に、開発及び新興住宅地区における枝線管渠の整備（面整備）が計画された。短期計画の施設は、長期計画においても、有効に活用できるよう位置づけられた。

下水道マスタープランでは、処理区域の設定、下水処理場の処理方式、主要施設の位置等を含む代替案を比較検討した上で、最適案を決定した。この際、汚濁削減策としての信頼性、実施可能性、提案する施設の下流においての環境影響等について考慮した。処理方式の選定では、取得可能な用地面積を考慮し、ライフサイクルコスト（建設費、土地取得費、現在価値に換算された維持管理費の合計）を比較検討し決定した。安定化池（WSP 法）、エアレーテッドラグーン（AL 法）、上向流式嫌気性汚泥ブランケット法（UASB 法）+適切な後処理、活性汚泥法（ASP 法）、好気性流動式反応法（FAB 法）等を比較検討の対象とした。

比較検討の結果、十分な土地を確保できる場合は WSP 法を、用地取得に制約があり、WSP 法を採用できない場合には、UASB 法+後処理（エアレーテッドラグーン）を採用した。これらの処理方式は、調査対象都市のような電力供給が不十分で、維持管理技術力が不足する都市に有効な方式である。

#### 2) 非下水道スキーム

その他の主要な河川汚濁源及び衛生状況の悪化要因としては、屋外排泄と川岸での洗濯があげられる。屋外排泄は特にスラム地区、川岸、排水路内で顕著である。

非下水道スキームでは、屋外排泄対策として、コミュニティトイレの設置、洗濯場排水対策として、川から離れた場所への洗濯場の移設を提案した。これらの計画は、設置場所、デザイン、

施設の規模など利用者の意見・ニーズを反映した需要ベースの計画として策定した。

### 3) 社会配慮、衛生教育

下水道・非下水道事業の成功のためには、全ての利害関係者（ステークホルダー）の協力、理解、参加は不可欠である。この協力、理解、参加を獲得する目的で、以下の計画概念を基に、社会配慮、衛生教育計画を提案した。計画内では、目的達成のため、住民参加/啓蒙（PP/PA）プログラムを提案した。

主要な活動	テーマ
● 健康と衛生の意識を高める	個人の健康及び衛生問題（個人問題）
● 関係機関と住民の相互理解を高める	地域問題及び住民参加
● 維持管理を共に行う意識を高める	費用分担及び支払意思（都市問題）
● 都市環境改善に関する住民啓蒙活動	環境にやさしい都市河川

### 4) 組織制度開発プログラム

下水道事業にとり最も重要な点は、建設された施設の持続的な維持管理である。下水道事業には、UP州水道公社、市水道局、市役所、市開発公社など多くの組織が参画しているが、組織間の調整が適切になされているとはいえず、責任の所在も不明確である。法律上は、市役所が下水道施設の維持管理に責任を持つ立場にあるが、財務、技術能力の不足により、市役所は責任を果たせる体制とはなっていない。

事業実施の前提条件として、下水道施設の維持管理を適切に継続的に行う目的で、組織制度開発プログラム（IDP）を提案した。プログラムには、市役所の組織・制度の改善、スタッフの能力強化、組織の財務強化が含まれる。IDPでは、下水道事業実施のための責任ある統合された、単一組織の形成を目指している。

#### (2) 下水道事業とコスト

下水道マスタープランの概要、計画諸元、下水処理能力、概算事業費（2030年まで）を次ページの表にまとめて示す。

#### (3) 経済財務評価

4都市の下水道事業の経済的内部収益率（EIRR）は、以下のとおり算定された。

指標	ラクノウ市	カンプール市	アラハバッド市	バラナシ市
EIRR	6.1 %	負の値	負の値	14.2 %

財務評価の結果、各市の下水道事業の財務的内部収益率（FIRR）はすべて負の値となった。

## 下水道事業計画概要(マスタープラン)

都市/項目	単位	2003年	2015年	2030年
<b>1) ラクノウ市</b>				
人口		2,463,474	3,605,587	5,424,689
計画区域内人口		325,530	2,732,594	5,424,689
下水道接続人口		243,930	1,223,079	4,080,732
接続率		10%	34%	75%
発生活污水量	mld	367	537	841
遮集水量	mld	42	519	841
下水処理場処理能力	mld	42	511	855
<b>2) カンブール市</b>				
人口		2,819,827	4,342,031	5,629,081
計画区域内人口		1,848,335	2,983,898	5,629,081
下水道接続人口		677,264	1,686,470	4,210,800
接続率		24 %	39 %	75 %
発生活污水量	mld	395	630	873
遮集水量	mld	259	433	873
下水処理場処理能力	mld	171	550	890
<b>3) アラハバッド市</b>				
人口		1,101,205	1,490,427	2,076,570
計画区域内人口		308,304	596,170	1,661,300
下水道接続人口		200,494	454,885	1,530,827
接続率		18%	31%	74%
発生活污水量	mld	226	261	322
遮集水量	mld	60	226	322
下水処理場処理能力	mld	60	249	340
<b>4) バラナシ市</b>				
人口		1,342,373	1,977,436	2,823,086
計画区域内人口		976,223	1,371,717	2,708,520
下水道接続人口		435,525	988,718	2,117,315
接続率		32 %	50 %	75 %
発生活污水量	mld	289	366	438
遮集水量	mld	210	272	420
下水処理場処理能力	mld	88	325	430

mld: 1,000 m<sup>3</sup>/日

### 2030年までの4市の下水道事業費(マスタープラン)(百万Rs.)

項目	ラクノウ市	カンブール市	アラハバッド市	バラナシ市
下水道幹線(改修含む)	3,928.91	4,483.15	1,592.25	3,186.55
下水道枝線	10,378.76	7,348.54	2,163.50	2,523.96
ポンプ場	2,944.78	1,994.30	592.50	1,198.60
圧力幹線	246.10	96.64	218.82	66.29
下水処理場	1,384.40	1,554.00	1,088.60	899.00
機械電気設備の更新	154.81	299.06	86.40	86.40
小計	19,037.76	15,775.70	5,742.07	7,960.80
予備費(20%)	3,807.55	3,155.14	1,148.41	1,592.16
詳細設計(15%)	2,855.66	2,366.35	861.31	1,194.12
プロジェクト管理(10%)	1,903.77	1,577.57	574.21	796.08
用地代	634.00	707.20	620.40	596.00
小計	9,200.98	7,806.26	3,204.33	4,178.36
総計	28,238.74	23,581.96	8,946.40	12,139.16

基準年: 2003年

#### 4. フィージビリティ調査

##### (1) 優先事業

下水道マスタープラン第1期事業の中から、河川汚濁を削減するため優先的に実施すべき事業(優先事業)が選定され、フィージビリティ調査で評価された。更に、非下水道スキーム、住民参加/啓蒙活動、組織制度開発プログラム(IDP)の事業内容が同定された。フィージビリティ調査対象事業の事業費、年次別の実施計画を次表に示す。

##### (2) 環境影響評価(EIA)

本事業の実施による環境への主な影響は、次表のとおり下水処理場の建設及び維持管理段階にある。フィージビリティ調査では、事業実施による環境への影響を軽減する方策が計画に組み入れられた。

影響の及ぶ可能性のある項目	時期	空間	影響
1. 下水処理場建設に伴う土地収用	建設時	農地	農民
2. (下水処理場建設)農地喪失に伴う収入の減少	建設時	(社会問題)	農民
3. 下水処理場での汚泥発生	運転時	汚泥処分地	処分地
4. 処理水放流あるいは浸透による表流水・地下水の汚染	運転時	灌漑水路及び地下水	近郊農村

本事業は、生活污水を適切に処理、放流することにより河川への汚濁負荷を削減し、環境への負の影響を低減するガンジス河の水環境や人々の健康に対して望ましい事業である。

##### (3) 経済財務評価

フィージビリティ調査で選定した事業に関する経済評価の結果を次表に示す。全ての都市の事業において、経済的内部収益率(EIRR)は5%を超えている。

指標	ラクノウ市	カンプール市	アラハバッド市	バラナシ市
経済的内部収益率(EIRR)	5.4%	7.2%	8.9%	10.7%

財務評価の結果、各市の下水道事業の財務的内部収益率(FIRR)はすべて負の値となった。現在の市役所及び市上下水道局の財務環境では、下水道料金収入は、下水道事業の維持管理費の一部しか賄うことができない。残りの維持管理費及び資本費の回収は不可能である。

下水道事業は、よりよい生活環境を創り出すための都市基盤施設を整備する公共事業である。一般に、このような事業は、費用回収及び利益を目的とする商業プロジェクトと同様に、利用料収入のみで、事業を財務的に実施可能とさせることは困難である。事業の財務的持続性を向上させるため、以下の方策を提言する。

- i) 政府補助金の確保
- ii) 下水道料金の値上げ
- iii) 下水道料金請求・徴収方法の改善
  - 税金(資産税)補足率の改善
  - 資産の年間賃貸価値の適正再評価
  - 料金徴収システムの効率化(料金徴収管理等のコンピュータ化)
  - 出来高制(インセンティブ)による生産性(料金回収)の改善
- iv) 下水道処理副産物の販売収入(灌漑用処理水、乾燥汚泥の肥料として販売)

### 優先事業の費用（百万 Rs.）

都市/スキーム	資本費	予備/設計/管理費	土地収用	総費用
<b>1) ラクノウ市</b>				
下水道スキーム	2,567.8	539.3	207.3	3,314.4
非下水道スキーム	135.7	33.9	0.0	169.6
住民参加・啓蒙プログラム	-	-	-	52.8
組織開発プログラム	-	-	-	188.0
合計	2,703.5	573.2	207.3	3,724.8
<b>2) カンブール市</b>				
下水道スキーム	3,172.5	666.3	65.7	3,904.5
非下水道スキーム	70.3	17.6	0.0	87.9
住民参加・啓蒙プログラム	-	-	-	47.4
組織開発プログラム	-	-	-	183.0
合計	3,242.8	683.9	65.7	4,222.8
<b>3) アラハバッド市</b>				
下水道スキーム	2,059.8	432.6	208.8	2,701.2
非下水道スキーム	86.4	21.6	0.0	108.0
住民参加・啓蒙プログラム	-	-	-	46.0
組織開発プログラム	-	-	-	188.0
合計	2,146.2	454.2	208.8	3,043.2
<b>4) バラナシ市</b>				
下水道スキーム	3,262.4	685.0	198.3	4,145.7
非下水道スキーム	278.4	69.6	0.0	348.0
住民参加・啓蒙プログラム	-	-	-	56.5
組織開発プログラム	-	-	-	281.6
合計	3,540.8	754.6	198.3	4,831.8

基準年: バラナシ市は 2003 年、その他の 3 都市は 2004 年

### 優先事業の実施計画（百万 Rs.）

都市/スキーム	総費用	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年
<b>1) ラクノウ市</b>							
下水道スキーム	3,314.4	339.7	625.4	560.3	591.6	827.6	369.8
非下水道スキーム	169.6	9.3	37.2	54.6	35.8	32.7	0.0
住民参加・啓蒙プログラム	52.8	11.1	9.0	8.7	8.4	7.6	8.0
組織制度開発プログラム	188.0	37.6	56.4	56.4	18.8	9.4	9.4
合計	3,724.8	397.7	728.0	680.0	654.6	877.3	387.2
<b>2) カンブール市</b>							
下水道スキーム	3,904.5	210.5	797.7	608.1	762.7	998.4	527.1
非下水道スキーム	87.9	2.9	23.2	21.9	20.4	19.5	0.0
住民参加・啓蒙プログラム	47.4	9.7	7.6	7.4	7.6	7.4	7.7
組織制度開発プログラム	183.0	36.5	54.9	54.9	18.3	9.2	9.2
合計	4,222.8	259.6	883.4	692.3	809.0	1,034.5	544.0
<b>3) アラハバッド市</b>							
下水道計スキーム	2701.2	267.2	582.3	613.9	446.1	539.4	252.3
非下水道スキーム	108.0	2.2	28.3	26.6	26.6	24.3	0.0
住民参加・啓蒙プログラム	46.0	9.5	6.9	7.4	7.6	7.1	7.5
組織制度開発プログラム	188.0	37.6	56.4	56.4	18.8	9.4	9.4
合計	3,043.2	316.5	673.9	704.3	499.1	580.2	269.2
		<b>2006 年</b>	<b>2007 年</b>	<b>2008 年</b>	<b>2009 年</b>	<b>2010 年</b>	<b>2011 年</b>
<b>4) バラナシ市</b>							
下水道計スキーム	4,145.7	385.5	910.2	948.4	674.9	899.1	327.6
非下水道スキーム	348.0	64.8	90.6	116.2	76.4	0.0	0.0
住民参加・啓蒙プログラム	56.5	13.0	10.3	9.6	7.8	8.1	7.7
組織制度開発プログラム	281.6	56.3	84.5	84.5	28.2	14.1	14.0
合計	4,831.8	519.6	1,095.6	1,158.7	787.3	921.3	349.3

注: バラナシ市は、優先都市として早期に事業が実施される予定である。

## 5. バラナシ市におけるパイロットプロジェクトの実施

パイロットプロジェクトの目的は、ガート（沐浴場）での屋外排泄、固形廃棄物、火葬場からの汚濁などの非点源汚濁量を減少させ、ガートの衛生状況の改善を図ることにある。パイロットプロジェクトとして、バラナシ市のマニカルニカガートが選定され、以下の施設の建設・改修が実施された。

- (1) 女性専用沐浴場の更衣室建設
- (2) 屋上火葬施設の改修
- (3) 地上火葬施設の改修
- (4) 沐浴池の改修
- (5) ヘリテージコーナーの建設
- (6) Ramlila Maiden の床の改修
- (7) Birla 簡易宿泊所のロッカー付待合室への改修
- (8) 公衆トイレの改修（既存トイレの再建）
- (9) ゴミ箱の設置
- (10) サインボードの設置
- (11) 土砂除去ポンプの整備
- (12) ヘリテージコーナーの壁画作成

建設工事は 2004 年 5 月に始まり 2005 年 3 月に完工した。譲渡式を行い、完成施設は、市役所に引渡された。

建設事業に加え、施設の適切な運営維持管理のための地域社会主体型組織（CBO）が設立された。今後、実施されるガート改善プロジェクトにおいて、本パイロットプロジェクトが汎用性の高いモデル事業として活用されることが期待される。

## 和文要約

目次
表目次
図目次
英文報告書目次（英文）
略語

## 目 次

<b>第 1 章</b>	<b>緒論</b> .....	<b>1-1</b>
1.1	調査の背景.....	1-1
1.2	調査の目的.....	1-1
1.3	調査業務の範囲.....	1-1
1.4	調査実施体制.....	1-1
1.5	ガンジス河の概況.....	1-2
1.6	調査対象 4 市の概況.....	1-2
1.7	事業目標.....	1-4
1.8	水質汚染（汚濁）源及び改善策.....	1-4
<b>第 2 章</b>	<b>汚染対策流域管理計画</b> .....	<b>2-1</b>
2.1	河川汚濁の現況.....	2-1
2.1.1	河川水質の現況.....	2-1
2.1.2	水質汚染源.....	2-1
2.1.3	汚濁源流下量.....	2-2
2.1.4	調査対象地域である 4 市.....	2-2
2.2	河川水質予測と汚濁量削減対策.....	2-3
2.2.1	4 市直上流の水質基準達成の対策（上流域の汚染源対策の必要性）.....	2-3
2.2.2	4 市直下流の水質基準達成の対策（4 市の汚染源対策の必要性）.....	2-3
2.2.3	4 市直下流の水質基準達成（大腸菌群）.....	2-4
2.3	工場排水対策.....	2-4
2.4	水質モニタリングの最適化.....	2-5
2.4.1	現状及び課題.....	2-5
2.4.2	提言.....	2-5
<b>第 3 章</b>	<b>4 市における下水・非下水道マスタープラン</b> .....	<b>3-1</b>
3.1	マスタープラン策定方針.....	3-1
3.1.1	下水道計画手法.....	3-1

3.1.2	下水道マスタープランの必要性 .....	3-1
3.1.3	下水道マスタープラン策定及び実施時の留意事項 .....	3-2
3.1.4	処理方式の選定 .....	3-3
3.2	将来人口の推定 .....	3-4
3.2.1	市街化発展パターン .....	3-4
3.2.2	過去の人口 .....	3-4
3.2.3	将来人口の推定 .....	3-4
3.2.4	区毎の現況人口密度 .....	3-5
3.2.5	区毎の人口予測 .....	3-5
3.3	ラクノウ市の下水道マスタープラン .....	3-6
3.3.1	概要 .....	3-6
3.3.2	既存及び認可済み下水道施設 .....	3-7
3.3.3	下水処理区及び下水処理場 .....	3-7
3.3.4	マスタープランにおける提案 .....	3-8
3.3.5	F/S 対象優先事業の選定 .....	3-9
3.4	カンプール市の下水道マスタープラン .....	3-12
3.4.1	概要 .....	3-12
3.4.2	既存及び認可済み下水道施設 .....	3-13
3.4.3	下水処理区及び下水処理場 .....	3-14
3.4.4	マスタープランにおける提案 .....	3-14
3.4.5	F/S 対象優先事業の選定 .....	3-16
3.5	アラハバッド市の下水道マスタープラン .....	3-19
3.5.1	概要 .....	3-19
3.5.2	既存及び認可済み下水道施設 .....	3-20
3.5.3	下水処理区及び下水処理場 .....	3-21
3.5.4	マスタープランにおける提案 .....	3-21
3.5.5	F/S 対象優先事業の選定 .....	3-23
3.6	バラナシ市の下水道マスタープラン .....	3-26
3.6.1	概要 .....	3-26
3.6.2	既存及び認可済み下水道施設 .....	3-26
3.6.3	下水処理区及び下水処理場 .....	3-27
3.6.4	マスタープランにおける提案 .....	3-28
3.6.5	F/S 対象優先事業の選定 .....	3-30
3.7	非下水道スキーム .....	3-33
3.7.1	概要 .....	3-33
3.7.2	スラムでの低費用衛生施設促進プログラム .....	3-33
3.7.3	ガートの衛生改善 .....	3-33
3.8	初期環境調査 .....	3-35
3.9	住民参加啓蒙活動プログラム（社会配慮及び衛生教育計画） .....	3-37

3.9.1	配慮事項	3-37
3.9.2	社会配慮及び衛生教育に関する基本認識	3-37
3.9.3	実施体制及びアプローチ	3-37
3.9.4	衛生教育計画概念	3-38
3.9.5	行動計画の準備	3-40
3.10	固形廃棄物に関する提言	3-41
3.11	GIS データマネジメント	3-42
3.11.1	GIS マップ、データベース・マネジメント	3-42
3.11.2	市レベルの地図と下水道計画策定	3-43
3.11.3	ウェブサイト	3-43
3.12	組織制度開発プログラム	3-44
3.12.1	関連組織の現況	3-44
3.12.2	組織制度開発プログラム	3-44
3.13	経済・財務評価	3-45
3.13.1	経済評価	3-45
3.13.2	財務評価	3-46
<b>第4章</b>	<b>フィージビリティ調査</b>	<b>4-1</b>
4.1	フィージビリティ調査の目的	4-1
4.2	下水道スキーム	4-2
4.2.1	提案された下水道事業（ラクノウ市）	4-2
4.2.2	提案された下水道事業（カンプール市）	4-13
4.2.3	提案された下水道事業（アラハバッド市）	4-25
4.2.4	提案された下水道事業（バラナシ市）	4-40
4.3	環境影響評価	4-51
4.3.1	事業の必要性	4-51
4.3.2	事業の正の影響	4-51
4.3.3	主要な負の影響とその緩和策	4-51
4.3.4	代替案の検討	4-53
4.3.5	不確定・リスク影響	4-54
4.3.6	環境管理計画	4-54
4.4	非下水道スキーム	4-56
4.4.1	コミュニティトイレ及び整備洗濯ガートプログラム	4-56
4.4.2	非下水道スキーム（ラクノウ市）	4-58
4.4.3	非下水道スキーム（カンプール市）	4-60
4.4.4	非下水道スキーム（アラハバッド市）	4-62
4.4.5	非下水道スキーム（バラナシ市）	4-64
4.5	住民参加・啓蒙（PP/PA）プログラム	4-67
4.5.1	プログラムの概要	4-67
4.5.2	プログラムの内容	4-67

4.5.3	実施体制 .....	4-68
4.5.4	モニタリング及び評価 .....	4-69
4.5.5	事業費 .....	4-70
4.6	維持管理及び組織/制度開発プログラム .....	4-71
4.6.1	組織・制度の背景 .....	4-71
4.6.2	主要な組織制度・財務的課題 .....	4-71
4.6.3	維持管理の改善 .....	4-72
4.6.4	組織制度開発 .....	4-74
4.7	事業費及び実施計画の概要 .....	4-77
4.8	事業実施による水質改善予測 .....	4-79
4.8.1	事業実施による水質予測（ラクノウ市） .....	4-79
4.8.2	事業実施による水質予測（カンプール市） .....	4-80
4.8.3	事業実施による水質予測（アラハバッド市） .....	4-81
4.8.4	事業実施による水質予測（バラナシ市） .....	4-82
4.9	経済・財務評価 .....	4-83
4.9.1	経済評価 .....	4-83
4.9.2	財務評価 .....	4-84
4.10	ステークホルダーミーティング .....	4-90
4.10.1	目的 .....	4-90
4.10.2	準備作業 .....	4-90
4.10.3	ステークホルダー協議の結果 .....	4-90
<b>第5章</b>	<b>マルカルニカガート衛生改善パイロットプロジェクト .....</b>	<b>5-1</b>
5.1	概要 .....	5-1
5.2	プロジェクトコンポーネント .....	5-1
5.3	計画施設の運転維持管理 .....	5-3
5.4	パイロットプロジェクトの総括 .....	5-5
<b>第6章</b>	<b>結論及び提言 .....</b>	<b>6-1</b>
6.1	結論 .....	6-1
6.2	提言 .....	6-3

## 表 目 次

表 1.1	ガンジス河流域の概況.....	1-2
表 1.2	河川の水質基準.....	1-4
表 1.3	水質汚染源と改善策.....	1-5
表 2.1	ゴムチ川の水質（BOD）現況値.....	2-1
表 3.1	4市の2001年のセンサス（国勢調査）人口.....	3-4
表 3.2	4市の都市圏内人口の推移.....	3-4
表 3.3	4市の都市圏内将来人口の推定.....	3-5
表 3.4	将来人口を予測するための各地区の特性.....	3-5
表 3.5	ラクノウ市の事業データ.....	3-6
表 3.6	ラクノウ市の4処理区及び下水処理場.....	3-8
表 3.7	ラクノウ市の期別下水道事業費.....	3-9
表 3.8	カンプール市の事業データ.....	3-13
表 3.9	カンプール市の4処理区及び下水処理場.....	3-14
表 3.10	カンプール市下水道事業費.....	3-16
表 3.11	アラハバッド市の事業データ.....	3-20
表 3.12	アラハバッド市の7処理区及び下水処理場.....	3-21
表 3.13	アラハバッド市の期別下水道事業費.....	3-22
表 3.14	バラナシ市の事業データ.....	3-26
表 3.15	バラナシ市の4処理区及び下水処理場.....	3-28
表 3.16	バラナシ市の期別下水道事業費.....	3-29
表 3.17	下水道事業の主要な環境社会影響.....	3-35
表 3.18	事業要素に関するスコーピング(4市共通).....	3-36
表 3.19	4段階衛生教育.....	3-38
表 3.20	下水道事業実施機関.....	3-44
表 3.21	経済便益原単位.....	3-45
表 3.22	4市の経済評価結果（基本ケース）.....	3-45
表 3.23	経済的にフィージブルとなるための支払い意思額の必要増分.....	3-46
表 3.24	衛生サービスへの世帯平均支出.....	3-46
表 4.1	下水道計画人口.....	4-4
表 4.2	計画汚水量.....	4-5
表 4.3	下水処理場の設計汚水量.....	4-5
表 4.4	下水処理場流入水質.....	4-5
表 4.5	下水処理場目標処理水質.....	4-6
表 4.6	既存施設の概要(処理区 III).....	4-6
表 4.7	Trans Gomti ポンプ場の改修(処理区 III).....	4-7

表 4.8	圧送管と幹線管渠の新設(処理区 III)	4-7
表 4.9	既存施設の概要(処理区 IV)	4-7
表 4.10	Cis Gomti 幹線の改修(処理区 IV)	4-8
表 4.11	Cis Gomti ポンプ場の改修(処理区 IV)	4-8
表 4.12	新設送水系統の新設(処理区 IV)	4-9
表 4.13	Mastemau 下水処理場主ポンプ場の新設(処理区 IV)	4-9
表 4.14	Mastemau 下水処理場の新設(処理区 IV)	4-9
表 4.15	2015 年における下水道事業の概算維持管理費(ラクノウ市)	4-10
表 4.16	事業費(ラクノウ市)	4-11
表 4.17	実施計画(ラクノウ市)	4-12
表 4.18	下水道計画人口	4-15
表 4.19	計画汚水量	4-15
表 4.20	提案下水処理場の設計汚水量	4-16
表 4.21	下水処理場流入水質	4-16
表 4.22	下水処理場目標処理水質	4-16
表 4.23	既存施設の概要(処理区 I)	4-17
表 4.24	既存幹線管渠の改修及び遮集管の追加(処理区 I)	4-18
表 4.25	既存ポンプ場の改修/増設(処理区 I)	4-18
表 4.26	Bagwandas Ghat Nala ポンプ場の新設(処理区 I)	4-19
表 4.27	Jajmau ポンプ場の改修(処理区 I)	4-19
表 4.28	Jajmau 下水処理場の改修/増設(処理区 I)	4-19
表 4.29	新規提案幹線管渠(処理区 I)	4-20
表 4.30	既存幹線の改修(処理区 II)	4-20
表 4.31	新規幹線下水道施設の新設(処理区 III)	4-21
表 4.32	Panka 下水処理場の新設(処理区 III)	4-21
表 4.33	2015 年における下水道事業の概算維持管理費(カンプール市)	4-22
表 4.34	事業費(カンプール市)	4-23
表 4.35	実施計画(カンプール市)	4-24
表 4.36	下水道計画人口	4-27
表 4.37	計画汚水量	4-28
表 4.38	下水処理場の設計汚水量	4-28
表 4.39	下水処理場流入水質	4-28
表 4.40	下水処理場目標処理水質	4-29
表 4.41	既存施設の概要(処理区 A)	4-30
表 4.42	既存幹線管渠の改修(処理区 A)	4-30
表 4.43	幹線管渠の新設(処理区 A)	4-30
表 4.44	既存ポンプ場への改修(処理区 A)	4-31
表 4.45	Naini 下水処理場の改修提案の増設(処理区 A)	4-31
表 4.46	既存施設の概要(処理区 D)	4-32

表 4.47	既存下水道施設の改修案（処理区 D）	4-32
表 4.48	新規提案幹線管渠（処理区 D）	4-32
表 4.49	既存ポンプ場の改修/増強及び圧送管の新設（処理区 D）	4-33
表 4.50	Rajapur 下水処理場の新設（処理区 D）	4-34
表 4.51	既存施設の概要（処理区 B）	4-34
表 4.52	幹線管渠の新設（処理区 B）	4-34
表 4.53	Lukerganj ポンプ場の改修/増設（処理区 B）	4-35
表 4.54	ポンプ場の新設（処理区 B）	4-35
表 4.55	Numaya Dahi 下水処理場の新設（処理区 B）	4-35
表 4.56	Ponghat 下水処理場の新設（処理区 E）	4-36
表 4.57	Kodara 下水処理場の新設（処理区 E）	4-36
表 4.58	2015 年における下水道事業の概算維持管理費（アラハバッド市）	4-37
表 4.59	事業費（アラハバッド市）	4-38
表 4.60	実施計画（アラハバッド市）	4-39
表 4.61	下水道計画人口	4-42
表 4.62	計画汚水量	4-43
表 4.63	下水処理場の設計汚水量	4-43
表 4.64	下水処理場流入水質	4-43
表 4.65	下水処理場目標処理水質	4-44
表 4.66	既存幹線管渠の改修（処理区 I）	4-44
表 4.67	Konia ポンプ場の改修/改善（処理区 I）	4-45
表 4.68	ポンプ場の改修（処理区 I）	4-45
表 4.69	Dinapur 下水処理場の改修/改善（処理区 I）	4-46
表 4.70	バルナ川遮集管渠の布設（処理区 II）	4-46
表 4.71	増補幹線の延伸及び主要枝管の整備（処理区 II）	4-46
表 4.72	バルナ川遮集関連のポンプ場の新設（処理区 II）	4-47
表 4.73	Sathwa 下水処理場の新設（処理区 II）	4-47
表 4.74	排水路遮集管渠及び主要枝管の整備（処理区 III）	4-47
表 4.75	Bhagwanpur 下水処理場の改修/改善（処理区 III）	4-48
表 4.76	2015 年における下水道事業の概算維持管理費（バラナシ市）	4-48
表 4.77	事業費（バラナシ市）	4-49
表 4.78	実施計画（バラナシ市）	4-50
表 4.79	下水処理場の用地取得	4-52
表 4.80	各下水処理場の処理方式	4-54
表 4.81	非下水道スキームの概要（ラクノウ市）	4-58
表 4.82	非下水道スキームの概要（カンプール市）	4-60
表 4.83	非下水道スキームの概要（アラハバッド市）	4-62
表 4.84	非下水道スキームの概要（バラナシ市）	4-64
表 4.85	コミュニケーションツール	4-68

表 4.86	コミュニケーション活動.....	4-68
表 4.87	PP/PA プログラム実施費用.....	4-70
表 4.88	下水道事業及び河川汚濁対策関連機関.....	4-71
表 4.89	制度組織開発計画の内容.....	4-74
表 4.90	組織制度強化・能力開発の概算費用.....	4-76
表 4.91	組織制度開発および能力開発のための行動計画.....	4-76
表 4.92	優先事業の費用（百万 Rs.）.....	4-77
表 4.93	優先事業の実施計画（百万 Rs.）.....	4-78
表 4.94	事業実施による水質予測（ラクノウ市）.....	4-79
表 4.95	事業実施による水質予測（カンプール市）.....	4-80
表 4.96	事業実施による水質予測（アラハバッド市）.....	4-81
表 4.97	事業実施による水質予測（バラナシ市）.....	4-82
表 4.98	経済評価原単位の要約.....	4-83
表 4.99	経済評価結果.....	4-83
表 4.100	維持管理費を完全に回収できる下水道料金.....	4-84
表 4.101	ケーススタディ結果（ラクノウ市）.....	4-87
表 4.102	ケーススタディ結果（カンプール市）.....	4-87
表 4.103	ケーススタディ結果（アラハバッド市）.....	4-88
表 4.104	ケーススタディ結果（バラナシ市）.....	4-88
表 5.1	マニカルニカガートの既存施設及びその運転維持管理.....	5-3

## 目 次

図 1.1	ガンジス河流域と調査対象 4 市	1-3
図 2.1	ガンジス河の水質 (BOD) 現況値	2-1
図 2.2	ガンジス河流域全体に占める各汚染源の BOD 流下量の比率	2-2
図 2.3	BOD 負荷量密度の予測 (2030 年)	2-2
図 2.4	4 市上流域の水質改善対策と 4 市 (直上流) の河川水質	2-3
図 2.5	4 市直下流での水質 (BOD) 予測値(2030 年)	2-4
図 3.1	ラクノウ市の下水計画 (人口、下水量、処理量)	3-10
図 3.2	ラクノウ市の期別下水事業費 (直接費)	3-10
図 3.3	ラクノウ市下水道施設計画図 (目標年度: 2030 年)	3-11
図 3.4	カンプール市の下水計画 (人口、下水量、処理量)	3-17
図 3.5	カンプール市の期別下水事業費 (直接費)	3-17
図 3.6	カンプール市下水道施設計画図 (目標年度: 2030 年)	3-18
図 3.7	アラハバッド市の下水計画 (人口、下水量、処理量)	3-24
図 3.8	アラハバッド市の期別下水事業費 (直接費)	3-24
図 3.9	アラハバッド市下水道施設計画図 (目標年度: 2030 年)	3-25
図 3.10	バラナシ市の下水計画 (人口、下水量、処理量)	3-31
図 3.11	バラナシ市の期別下水事業費 (直接費)	3-31
図 3.12	バラナシ市下水道施設計画図 (目標年度: 2030 年)	3-32
図 3.13	住民の認識レベル	3-39
図 3.14	到達目標と活動	3-39
図 3.15	ウェブサイトのホームページ	3-43
図 4.1	ラクノウ市下水道施設計画図 (目標年度: 2015 年)	4-3
図 4.2	カンプール市下水道施設計画図 (目標年度: 2015 年)	4-14
図 4.3	アラハバッド市下水道施設計画図 (目標年度: 2015 年)	4-26
図 4.4	バラナシ市下水道施設計画図 (目標年度: 2015 年)	4-41
図 4.5	環境管理部局 (EMC)	4-55
図 4.6	実施機関の組織構造の提案	4-69
図 4.7	将来の下水道管理組織体制	4-74
図 4.8	組織制度開発部局	4-75
図 4.9	下水道に関する世帯数の予測 (1/2)	4-85
図 4.10	下水道に関する世帯数の予測 (2/2)	4-86
図 5.1	パイロットプロジェクトのコンポーネント	5-2

英文報告書目次

FINAL REPORT  
ON  
WATER QUALITY MANAGEMENT PLAN FOR GANGA RIVER  
JULY 2005

GENERAL TABLE OF CONTENTS

VOLUME I	SUMMARY
VOLUME II	RIVER POLLUTION MANAGEMENT PLAN
VOLUME III	MASTER PLAN FOR PROJECT CITIES
VOLUME III-1	SEWERAGE MASTER PLAN FOR LUCKNOW CITY
VOLUME III-2	SEWERAGE MASTER PLAN FOR KANPUR CITY
VOLUME III-3	SEWERAGE MASTER PLAN FOR ALLAHABAD CITY
VOLUME III-4	SEWERAGE MASTER PLAN FOR VARANASI CITY
VOLUME III-5	NON-SEWERAGE SCHEME
VOLUME III-6	SOCIAL CONSIDERATION AND HYGIENE EDUCATION PLAN
VOLUME III-7	RECOMMENDATIONS ON SOLID WASTE MANAGEMENT
VOLUME III-8	GIS DATA MANAGEMENT
VOLUME III-9	INSTITUTIONAL DEVELOPMENT PROGRAMME
VOLUME III-10	FINANCIAL AND ECONOMIC EVALUATION
VOLUME III-11	(SUPPORTING REPORT) CASE STUDY OF SEWAGE TREATMENT PLANTS

VOLUME IV FEASIBILITY STUDY FOR PROJECT CITIES

VOLUME IV-1 FEASIBILITY STUDY FOR LUCKNOW CITY

- PART I SEWERAGE SCHEME
- PART II NON-SEWERAGE SCHEME
- PART III PUBLIC PARTICIPATION AND AWARENESS PROGRAMME
- PART IV INSTITUTIONAL DEVELOPMENT PROGRAMME
- PART V ECONOMIC AND FINANCIAL EVALUATION
- PART VI STAKEHOLDER MEETING
- PART VII DRAWINGS

VOLUME IV-2 FEASIBILITY STUDY FOR KANPUR CITY

- PART I SEWERAGE SCHEME
- PART II NON-SEWERAGE SCHEME
- PART III PUBLIC PARTICIPATION AND AWARENESS PROGRAMME
- PART IV INSTITUTIONAL DEVELOPMENT PROGRAMME
- PART V ECONOMIC AND FINANCIAL EVALUATION
- PART VI STAKEHOLDER MEETING
- PART VII DRAWINGS

VOLUME IV-3 FEASIBILITY STUDY FOR ALLAHABAD CITY

- PART I SEWERAGE SCHEME
- PART II NON-SEWERAGE SCHEME
- PART III PUBLIC PARTICIPATION AND AWARENESS PROGRAMME
- PART IV INSTITUTIONAL DEVELOPMENT PROGRAMME
- PART V ECONOMIC AND FINANCIAL EVALUATION
- PART VI STAKEHOLDER MEETING
- PART VII DRAWINGS

VOLUME IV-4 FEASIBILITY STUDY FOR VARANASI CITY

- PART I SEWERAGE SCHEME
- PART II NON-SEWERAGE SCHEME
- PART III PUBLIC PARTICIPATION AND AWARENESS PROGRAMME
- PART IV INSTITUTIONAL DEVELOPMENT PROGRAMME
- PART V ECONOMIC AND FINANCIAL EVALUATION
- PART VI STAKEHOLDER MEETING
- PART VII DRAWINGS

VOLUME V PILOT PROJECT FOR SANITARY IMPROVEMENT OF MANIKARNIKA  
GHAT

## 略 語

<b>AL</b>	Aerated Lagoons	エアレーテッドラグーン
<b>ARV</b>	Annual Rental Value	年間賃貸価値
<b>ASP</b>	Activated Sludge Process	活性汚泥法
<b>B/C</b>	Cost Benefit Ratio	費用便益比
<b>BOD</b>	Bio-chemical Oxygen Demand	生物化学的酸素消費量
<b>CBO</b>	Community Based Organisation	地域住民主体型組織
<b>CDG</b>	Constructed Dhobhi Ghat	整備（商業）洗濯場
<b>CETP</b>	Combined Effluent Treatment Plant	工業排水混合排水下水処理場
<b>CPCB</b>	Central Pollution Control Board	中央汚染対策委員会
<b>CRP</b>	Chromium Recovery Plant	クロム回収プラント
<b>CTC</b>	Community Toilet Complex	コミュニティトイレ
<b>CVM</b>	Contingency Valuation Method	仮定的評価手法
<b>CWC</b>	Central Water Commission	中央水資源委員会
<b>DA</b>	Development Authority	都市開発局
<b>DG</b>	Dhobhi Ghat	河岸（商業）洗濯場
<b>DUDA</b>	District Urban Development Agency	地域都市開発公社
<b>EIA</b>	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
<b>EIRR</b>	Economic Internal Rate of Return	経済的内部収益率
<b>EMC</b>	Environmental Management Cell	環境管理部局
<b>EMP</b>	Environmental Management Plan	環境管理計画
<b>F/S</b>	Feasibility Study	フィージビリティ調査
<b>FAB</b>	Fluidized Aerated Bio-Reactor	流動式好気性生物反応法
<b>FIRR</b>	Financial Internal Rate of Return	財務的内部収益率
<b>GAP</b>	Ganga Action Plan	ガンガアクションプラン（河川浄化行動計画）
<b>GIS</b>	Geographical Information System	地理情報システム
<b>GoAP</b>	Gomti Action Plan	ゴムチアクションプラン
<b>IDC</b>	Institutional Development Cell	組織制度機関
<b>IDCB</b>	Institutional Development and Capacity Building	組織制度・能力開発
<b>IDP</b>	Institutional Development Programme	組織制度開発
<b>IEE</b>	Initial Environmental Examination	初期環境調査
<b>JICA</b>	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人 国際協力機構
<b>JS</b>	Jal Sansthan	市上下水道局
<b>lpcd</b>	Litres per capita per day	1人1日水量
<b>M/P</b>	Master Plan	マスタープラン
<b>mld</b>	Million Liters per day	100万リッター/日、1,000 m <sup>3</sup> /日
<b>MP</b>	Maturation Pond	熟成池
<b>NN</b>	Nagar Nigam	市役所
<b>NPV</b>	Net Present Value	割引現在価値
<b>NRCD</b>	National River Conservation Directorate	国家河川保全局
<b>NRCP</b>	National River Conservation Plan	国家河川保全計画
<b>PIC</b>	Project Implementation Committee	プロジェクト実施委員会
<b>PMC</b>	Project Management Consultants	プロジェクト管理コンサルタント
<b>PP/PA</b>	Public Participation and Awareness	住民参加・啓蒙
<b>SHG</b>	Self Help Group	自助努力グループ
<b>UASB</b>	Upflow Anaerobic Sludge Blanket	上向流式嫌気ろ床法
<b>UP</b>	Uttar Pradesh	ウッタル・プラデッシュ
<b>UPJN</b>	Uttar Pradesh Jal Nigam	UP州上下水道公社
<b>UPPCB</b>	Uttar Pradesh Pollution Control Board	UP州公害対策委員会
<b>WSP</b>	Waste Stabilization Pond	安定化池
<b>YAP</b>	Yamuna Action Plan	ヤムナアクションプラン

# 第 1 章

## 緒 論

## 第1章 緒論

### 1.1 調査の背景

ガンジス河は、インド国最大の河川であり、その流域面積は国土のおよそ 25% を占める。ガンジス河は、上水道、灌漑に利用されると共に、聖なる川でもあり、沐浴者数は年間数百万人に及ぶ。

1980 年代初期、人口増加によりガンジス河の水質は著しく悪化した。これに対処するため、インド政府はガンガアクションプラン（GAP：ガンジス河浄化行動計画）に着手した。GAP で実施された調査では、生活污水の流入が水質悪化の最大要因であることが判明した。GAP を推進するため、環境森林省内に国家河川保全局（National River Conservation Directorate: NRCD）が設立され、大都市の下水道整備を中心とする河川汚濁対策が実施されてきた。この施策によりガンジス河の水質改善に一定の効果が見られた。

本「ガンジス河汚染対策流域管理計画調査」は、インド国政府の要請に基づき、独立行政法人国際協力機構（JICA）が技術援助を行ったものである。

### 1.2 調査の目的

- ✓ 中流域の 4 大都市（ラクノウ、カンプール、アラハバッド、バラナシ市）に焦点をあてた、2030 年を目標年次としたガンジス河の水質改善マスタープラン（M/P）の策定
- ✓ 優先事業に対するフィージビリティ調査（F/S）の実施
- ✓ 調査実施過程における技術移転

### 1.3 調査業務の範囲

#### フェーズ 1：マスタープランの策定

##### 第 1 次現地調査

- インベントリー調査
- 現況把握・課題明確化調査

##### 第 2 次現地調査

- 4 市のマスタープランの策定
- パイロットプロジェクトの実施
- バラナシ市のフィージビリティ調査の実施

#### フェーズ 2：フィージビリティ調査の実施

##### 第 3 次現地調査

- 3 都市（ラクノウ、カンプール、アラハバッド市）のフィージビリティ調査の実施
- パイロットプロジェクトの実施

##### 第 4 次現地調査

- ドラフトファイナルレポートの説明・協議及びワークショップの開催

### 1.4 調査実施体制

調査は、以下のインド国のカウンターパートと共同で実施した。

- NRCD（国家河川保全局）
- CPCB（中央公害対策委員会）

- ・ ウットルプラディシュ (UP) 州政府
- ・ UPPCB (UP 州公害対策委員会)
- ・ UP 州上下水道公社 (UP Jal Nigam)
- ・ 4 市の市役所 (Nagar Nigam) 及び市上下水道局 (Jal Sansthan)
- ・ NGO 等

## 1.5 ガンジス河の概況

ガンジス河はヒマラヤの Gangatori を源流とし、ベンガル湾までの総延長 2,500km の河川である(図 1.1)。ガンジス河及びその支流は、上下水道及び灌漑に利用されている他、聖なる川として人々の沐浴の用に供されている。

流域面積は約 84 万 km<sup>2</sup> (国土の 25%)、その流域内にはおよそ 4 億人が居住する (表 1.1)。河岸では多様な宗教活動等が行われ、河川流域は多様な文化・社会経済的特色を有する。

次表に、流域の主要な統計を示す。

表 1.1 ガンジス河流域の概況

河川区間	延長 (km)	流域 (km <sup>2</sup> )	全人口 (2001 年)	都市人口 (2001 年)	農村人口 (2001 年)	人口密度 (人/km <sup>2</sup> )
ガンジス河 (本流: 支流除く)	2,480.6	84,693	74,388,088	23,772,297	50,615,790	878
- 源流から Kannauj	668.4	36,969	11,332,556	2,705,849	8,626,707	307
- Kannauj からゴムチ川合流点	500.1	18,835	22,806,470	6,666,500	16,139,969	1,211
- ゴムチ川合流点から河口	1,312.1	28,889	40,249,062	14,399,948	25,849,114	1,393
ガンジス河総計	-	838,583	397,305,839	91,446,931	305,880,995	474

## 1.6 調査対象 4 市の概況

ガンジス河の水質汚濁レベルは、中流域で高い。これは、灌漑用水の大量取水による河川流量の減少、すなわち希釈効果の減少及び、中流域の大都市からの生活污水を主とする大量の汚濁量の流入に起因する。中流域に位置する調査対象 4 市 (ラクノウ、カンブール、アラハバッド、パラナシ市) は急激に発展しており、ガンジス河の主要な汚染源となっている。

ラクノウ市は、人口 240 万人を有する UP 州の州都であり、ガンジス河の主要な支流であるゴムチ川の河岸に位置する。

カンブール市は、ガンジス河の河岸に位置し、UP 州最大の人口 (290 万人) を有する。市は、州の重要な工業及び商業活動の中心となっている。

アラハバッド市は、人口 120 万人、ヒンズー教の聖地の一つである。市は二つの聖なる河ヤムナ川とガンジス河の合流点に位置し、この合流点は Sangam と呼ばれる聖地であり、多くの宗教的行事及び儀式が執り行われている。毎年数十万人の巡礼者の目的地となっている。特に、6 年に 1 回実施される Kumbh Mela 及び Ardh Kumbh Mela の大祭の期間には、巡礼者は数百万人に膨れ上がる。

パラナシ (ベナレス) 市はガンジス河の河岸に位置し人口 130 万人を有する。市は世界最古の都市の一つとされ、ヒンズー教最高の巡礼地とされる。住民にとりガンジス河は、生活の場であり、7 km にわたる古くからのガート (河岸沐浴場) は、毎日数千人の巡礼者の沐浴に供している。

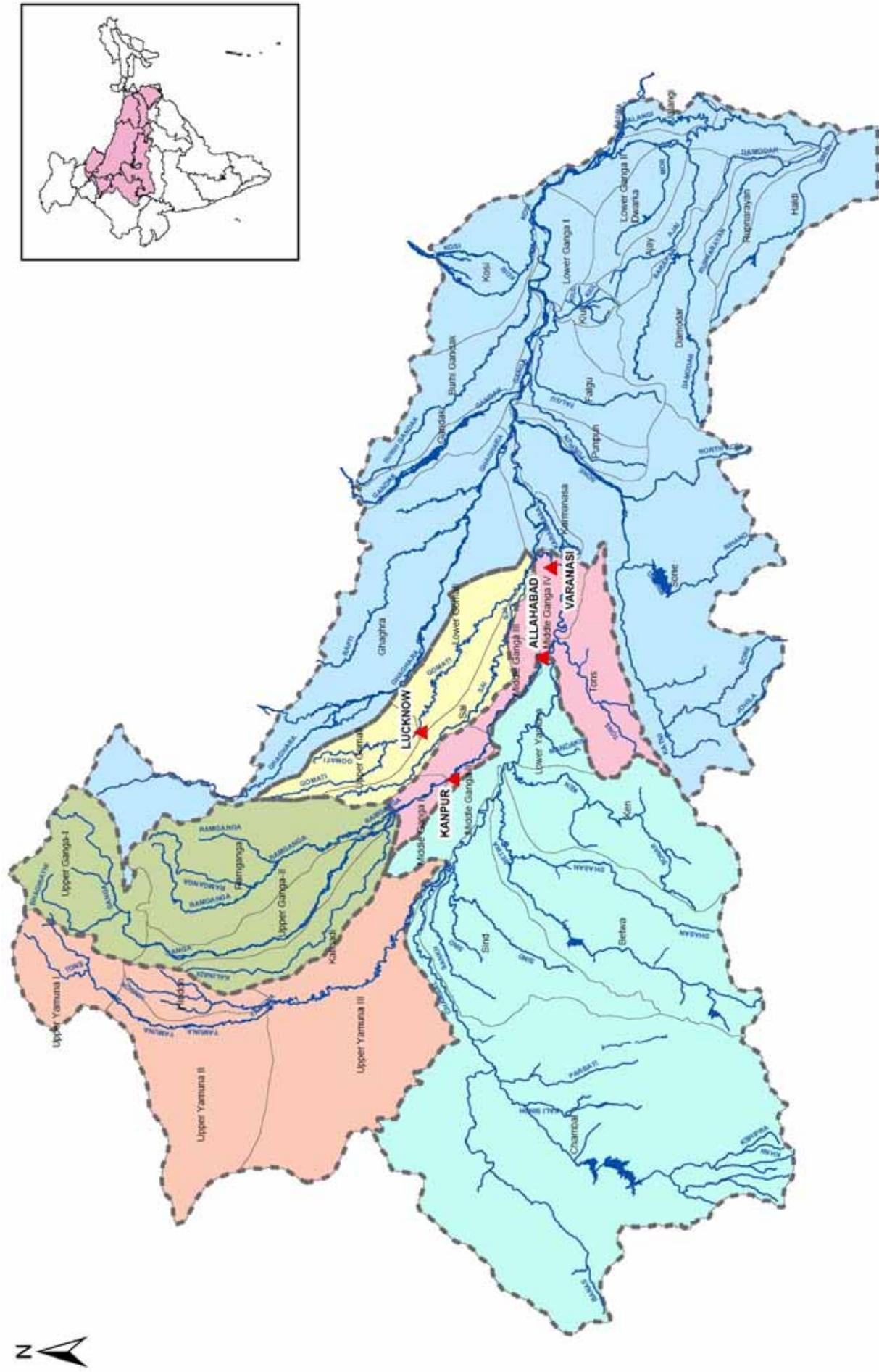


図 1.1 ガンジス河流域と調査対象 4 市

## 1.7 事業目標

河川水質基準は、中央公害対策委員会（CPCB）により、5段階に分類されている（次表参照）。ガンジス河中流域（カンプール、アラハバッド、バラナシ市）は、沐浴を可能とする水質基準 B クラスに分類されている。同支川のゴムチ川（ラクノウ市）は、水道水源として適用可能な C クラスに分類されている。本調査で策定した計画の目標は、この水質基準を達成するのに必要な事業を形成することにある。本目標は、国家計画である国家河川保全計画（NRCP）で実施されている河川行動計画（River Action Plan）の目標でもある。

表 1.2 河川の水質基準

水質分類	用途	水質基準	
クラス A	浄水処理なしで飲料用 （塩素消毒は必要）	pH: 6.5-8.5 溶存酸素: > 6mg/l	BOD: < 2mg/l 全細菌: 50MPN/100ml
クラス B	沐浴用	pH: 6.5-8.5 溶存酸素: > 5mg/l	BOD < 3mg/l 全細菌: <500MPN/100ml
クラス C	浄水処理にて飲料用	pH: 6.5-8.5 溶存酸素: > 4mg/l	BOD < 3mg/l 全細菌: 5000MPN/100ml
クラス D	野生生物及び魚類用	pH: 6.5-8.5 溶存酸素: > 4mg/l	遊離アンモニア 12mg/l
クラス E	灌漑、工業、工業冷却水、 排水処理用	pH: 6.0-8.5 SAR: 26	ボロン: 2mg/l

注：クラス B には 2004 年、CPCB により以下の指標が追加された。

糞便性大腸菌（Faecal coliform）：<500 MPN/100ml（推奨）、<2,500 MPN/100ml（最大許容量）。

## 1.8 水質汚染（汚濁）源及び改善策

河川の水質汚染源は点源と非点源に分けられる。

点源：未処理生活污水

：未処理工場排水

非点源：屋外排泄

河岸沿いの活動（沐浴、野牛の水浴、洗濯、遺骸投棄、献花・お供え物の投棄等）

ガンジス河沿いの都市の生活污水（点源汚染）が河川の水質悪化の主原因である。一方、非点源汚染は、河川の水質悪化の原因というよりは、衛生及び美観面の問題である。この他、廃棄物の排水路・下水管への不法投棄も河川の衛生及び美化の点で問題である。

河川水質汚濁源に関する改善策を次表にまとめて示す。

表 1.3 水質汚染源と改善策

都市域汚染源	対策スキーム	種類	汚濁量の規模	場所	河川汚濁の原因	主要なインパクト	改善手法
下水道接続家庭	下水道	点源	大	都市部	下水管を流下した家庭排水の河川・排水路への排水	<ul style="list-style-type: none"> <li>河川水質の悪化</li> <li>非衛生状態</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>下水処理</li> <li>住民意識の向上</li> </ul>
排水路接続家庭	下水道	点源	大	都市部	家庭排水の河川・排水路への直接排水	<ul style="list-style-type: none"> <li>河川水質の悪化</li> <li>非衛生状態</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>遮集、処理</li> <li>下水接続及び処理</li> <li>オンサイト処理</li> <li>住民意識の向上</li> </ul>
屋外排泄	非下水道	非点源	中	都市部	河川・排水路周辺（河岸や土手）における屋外排泄	<ul style="list-style-type: none"> <li>河川水質の悪化</li> <li>非衛生状態</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>低コスト衛生施設（公共トイレ、個別トイレ）</li> <li>住民意識の向上</li> </ul>
ガートでの沐浴	非下水道	非点源	小	ガートののみ	献花・お供え物の投棄（野外排泄）	<ul style="list-style-type: none"> <li>なし</li> <li>（非衛生状態）</li> <li>（沐浴の障害）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>公共トイレ</li> <li>住民意識の向上</li> </ul>
ドビ-ガートでの洗濯	非下水道	非点源	小	ガートののみ	石鹸、合成洗剤、汚れた衣類からの有機物汚染	<ul style="list-style-type: none"> <li>非衛生状態</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ドビ-ガートの建設（内陸部）</li> <li>住民意識の向上</li> </ul>
ガートでの火葬	非下水道	非点源	小	ガートののみ	遺骸投棄、大量の木材使用	<ul style="list-style-type: none"> <li>非衛生状態</li> <li>森林破壊</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>木材使用の火葬の改善</li> <li>電気式火葬炉への転換</li> <li>住民意識の向上</li> </ul>
ガートでの家畜の水浴	非下水道	非点源	小	ガートののみ	家畜の水浴び、牛糞	<ul style="list-style-type: none"> <li>非衛生状態</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>池及びその他施設の利用</li> <li>監視及び罰則</li> <li>住民意識の向上</li> </ul>
固形廃棄物	非下水道	非点源	小	都市部	ガートでのゴミ投機 排水路及び下水管への廃棄物投機	<ul style="list-style-type: none"> <li>非衛生状態</li> <li>排水路、下水管の閉塞</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ゴミ箱及び収集</li> <li>適切なゴミ収集システム</li> <li>住民意識の向上</li> </ul>
工業排水	工業用水 汚染管理	点源	状況により大 ~小	都市部	下水管を流下した家庭排水の河川・排水路への排水	<ul style="list-style-type: none"> <li>河川汚染</li> <li>非衛生状態</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>公共下水管及び処理</li> <li>工業地帯における排水下水処理場の集中化</li> <li>現場における優先処理</li> <li>規制及び罰則</li> <li>実施強化</li> </ul>

## 第 2 章

### 汚染対策流域管理計画

## 第2章 汚染対策流域管理計画

### 2.1 河川汚濁の現況

#### 2.1.1 河川水質の現況

ガンジス河上流域の水質は、水質汚濁源が少なく河川浄化機能も高いため良好である。一方、カンプール、アラハバッド、バラナシ市の位置する中流域では、灌漑用及び水道用に多量の取水が行われており、河川流量が減少している。これに伴い、河川の希釈・浄化能力も低下している。ここに、大都市からの大量の未処理汚水が流入するため、河川水質は極度に悪化している。支川であるゴムチ川も状況は同じであり、水質は悪化している。以下に水質の概況を示す。

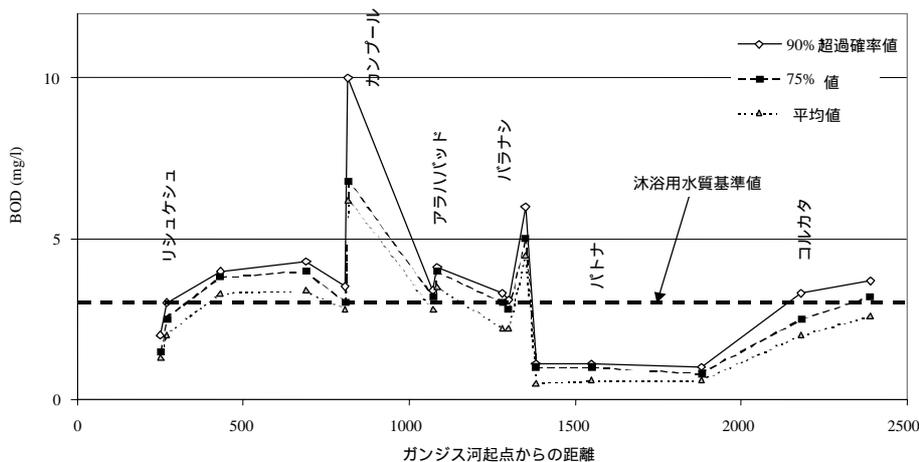


図 2.1 ガンジス河の水質 (BOD) 現況値

表 2.1 ゴムチ川の水質 (BOD) 現況値

観測場所	BOD (mg/l) (超過確率値)			
	90%	75%	50%	平均
Sitapur 上流 (水道取水地点)	2.6	2.4	2.2	2.23
ラクノウ上流 (水道取水地点)	3.0	2.6	2.4	2.45
ラクノウ 下流	7.4	7.0	6.1	6.39
Jaunpur 下流	5.9	5.0	4.5	4.42

出所: 1997-2001 CPCB 観測データから作成

一方、Son 川等の大きな支流が合流し河川流量が増加するため、下流域であるビハール州 (Patna 市)、西ベンガル州 (Kolkata 市) における水質は良好である。

#### 2.1.2 水質汚染源

インド国で実施された最新の汚染源調査は 1984 年に実施されたものであり最近の実態を表していない。従い、本調査で汚染源調査の更新を行った。

本調査でのガンジス河流域の汚濁量負荷量解析によると、点源汚濁源がガンジス河の水質悪化の最大要因である。すなわち、94% (生活污水で 79%、工場排水で 15%) を占めることが判明した (次図参照)。従い、ガンジス河の水質基準を遵守するためには、点源、中でも生活污水の対策が急務であることが判明した。

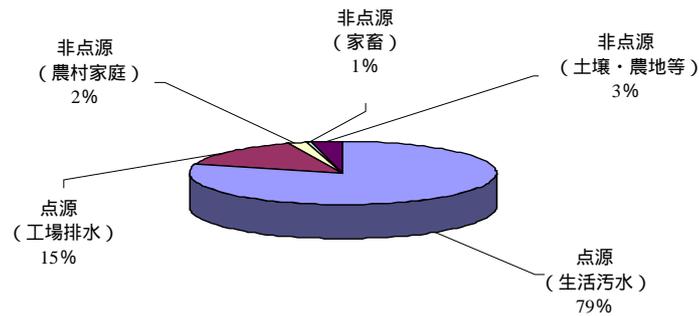


図 2.2 ガンジス河流域全体に占める各汚染源の BOD 流下量の比率

### 2.1.3 汚濁源流下量

汚濁量削減（水質改善）対策を実施しない場合における、各流域の 2030 年の有機汚濁（BOD）負荷量密度を予測した（次図参照）。これによると、カンプール、アラハバッド、バラナシ市が位置するガンジス河中流域における BOD 負荷量密度が最大であり、次いでデリー、アグラ市のある Yamuna 川上流域、ラクノウ市の位置する Gomti 川であることが判明した。

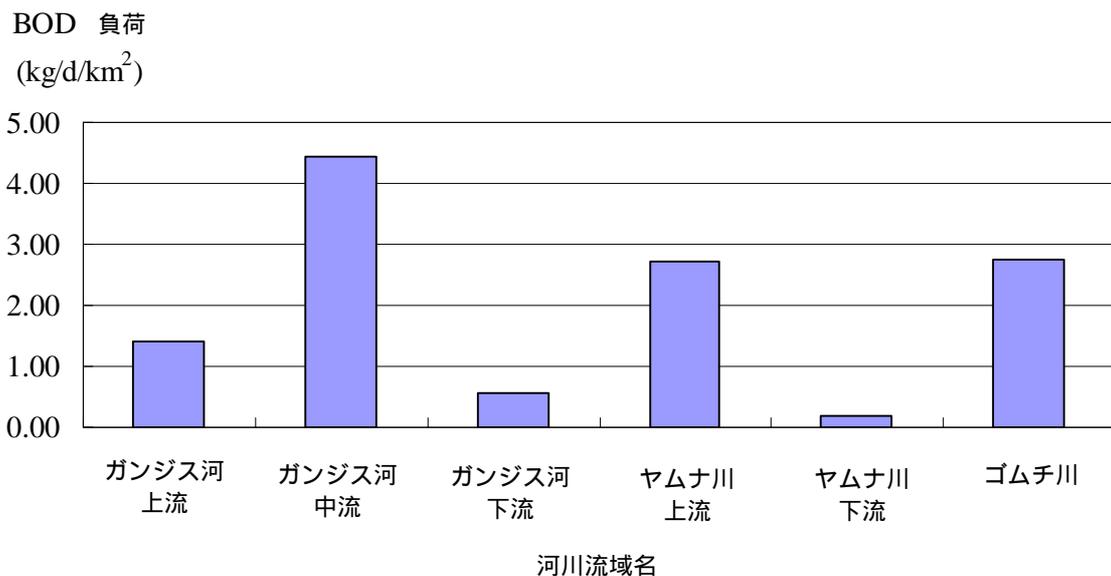


図 2.3 BOD 負荷量密度の予測（2030 年）

### 2.1.4 調査対象地域である 4 市

BOD 負荷量密度の高い 3 流域での汚染源対策が、ガンガ川流域全体における水質改善に有効であることが判明した。この内、ヤムナ川上流域における対策はヤムナアクションプラン 2 (YAP-2) としてまもなく事業が始められる予定である。他の 2 流域が本調査の対象であり、本調査の有効性が担保される。本調査では、ガンジス河全流域を対象とした水質予測モデル及び中流域の調査対象 4 市内を対象とした水質予測モデルを構築し、必要な汚濁量削減対策を提案した。

## 2.2 河川水質予測と汚濁量削減対策

### 2.2.1 4市直上流の水質基準達成の対策（上流域の汚染源対策の必要性）

下図はシナリオ別に2030年時の4市直上流の水質（BOD）を予測したものである。流域全体で無対策の場合（各都市の左側の値）、いずれの都市においても、水質基準値である3 mg/l (BOD)を大きく上回っている。従い、4市における河川水質基準を守るためには、4市の水質汚染対策に加えて、上流域での対策も必要であることが判明した。上流域で生活污水に起因する負荷量を50%、75%、80%削減した場合4市の水質は改善される、ガンジス河のこの区間で水質基準を遵守するためには、流域全体とし、60-75%程度の汚濁量を削減する必要がある。

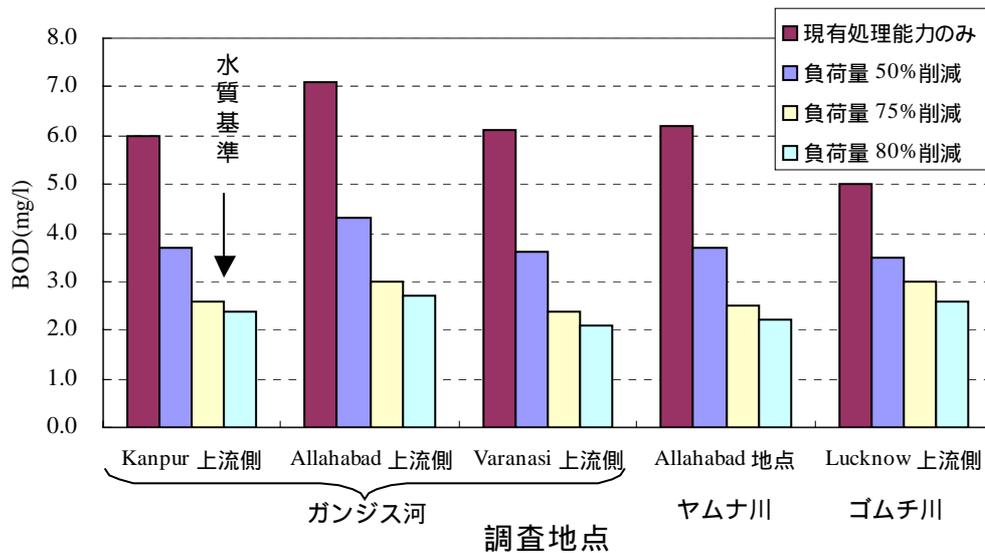


図 2.4 4市上流域の水質改善対策と4市（直上流）の河川水質

しかしながら、上流域各市町村を対象とした一律の水質改善対策は現実的ではない。本調査では、農村部を除外した上で比較的人口の多い35都市を選定し、汚濁解析を実施した。この結果、35都市で汚濁負荷量を70~80%削減すると4市直上流の水質基準値を達成できることが判明した。カンブールの水質基準値の達成には、Barielly, Moradabad, Farrukabad cum Fate, Kannauj, Rampur, Budaun, Meerut, Sambhal, Amroha 及び Chandausi 市での対策が必要とされる。同様に、アラハバッドでの達成のためには、ヤムナ川流域の、Agra, Firozabad, Delhi, Fetehpur, Faridabad Complex, Mathura, Etawah, Bharatpur, Jhansi, Banda, Bhind, Kota, Shikohabad, Orai, Gurgaon, Ghaziabad 及び Hathras 市での対策が必要とされる。

### 2.2.2 4市直下流の水質基準達成の対策（4市の汚染源対策の必要性）

4市直下流の水質基準を達成するためには、上記の4市上流域における対策に加えて、4市内での対策が必要である。水質（BOD）シミュレーション結果を下図に示す。各都市で無対策（各都市の左側の値）のケースでは、ラクノウ市で30 mg/l、カンブール市で19 mg/l、アラハバッド市で8 mg/l、バラナシ市で5 mg/l といずれも基準値3 mg/lを大きく上回る。各都市とも90%前後の汚染負荷量を削減すると水質基準値達成が可能となる。

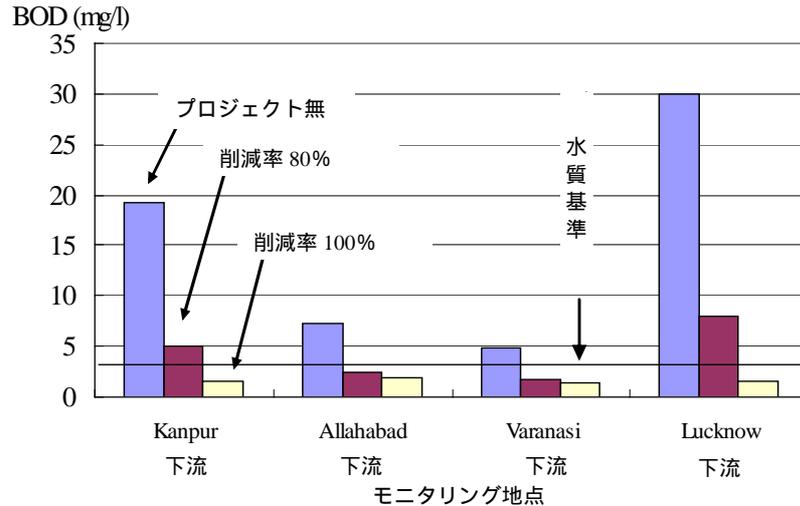


図 2.5 4市直下流での水質 (BOD) 予測値(2030年)

### 2.2.3 4市直下流の水質基準達成 (大腸菌群)

本調査では、有機汚濁 (BOD) に加え、糞便性大腸菌の水質シミュレーションを試行した。その結果、糞便性大腸菌の水質基準値を達成するためには、以下の方策が必要であることが判明した。

- ✓ 点源汚濁量と共に非点源汚濁量を削減する対策が必要である。
- ✓ 4市において計画する下水処理場においては、消毒設備が必要である。

本調査で作成した糞便性大腸菌に関する水質予測モデルの予測精度は高くない。今後、モデルの精度を高めるため、以下の対策及び調査が必要である。

- ✓ 非点源汚濁の構成要素は、本調査でも十分解明できていないため、詳細調査が必要である。
- ✓ 既存の水質サンプリング地点の精査・変更、サンプルの取り扱い (運搬方法等) を含む水質分析プロセスの精査を行い、糞便性大腸菌の水質データの信頼性を向上させる。

### 2.3 工場排水対策

工場排水の規制・モニタリング等は CPCB (中央公害対策委員会) 及び UPPCB (UP 州公害対策委員会) が行っている。調査対象 4 市の中では、カンプール市が最大の工業排水汚濁源となっている。同市における最大の工業排水汚濁源は皮革 (なめし) 工場である。皮革工場は、増加傾向にあり、1990 年の 175 工場が、2000 年には 350 工場に増加した。皮革工場の多くは市の北東部のガンジス河沿いの Jajmau 地区に集中している。皮革工場排水にはクロムが混入しており、近辺の地下水・土壌汚染が報告されている。

皮革工場排水は、工場地帯専用污水管により収集され、共同排水処理施設 (CETP: 容量 36,000 m<sup>3</sup>/日) で処理されている。工場排水 1 に対し生活污水 3 の割合で混合した上で処理している。共同排水施設に加え、各工場は、1 次処理施設を設置する義務を持ち、現在、ほとんどの工場が 1 次処理施設を有している。しかしながら、不安定な電力供給、資金不足、制度・法律的な欠陥のため、工業排水は適切に処理されていない。CETP の処理能力の改善及びクロム集中処理施設 (CRP) の建設が必要となっている。

工場排水処理を適正に行うための提言を以下に示す。

#### (1) 技術面

- 皮革製法の向上
    - ◇ アルミ皮革製法の採用
    - ◇ クロムの回収技術の開発
  - CETP へのクロム流入の減少
  - CRP の設置
  - 各工場での CRP パフォーマンスの監視
  - CETP 処理水の限定的な再利用
  - CETP パフォーマンス監視能力の強化
- (2) 法律面
- 特有排水許可の設置
  - 下水道排出基準の調査・設定
  - 一時的排水基準の設置
  - 法律（規制・モニタリング等）に基づいた適切な技術及び認識
  - 質量ベース基準の設置
  - 工業排水監視の強化
- (3) 制度・運用面
- CETP のステークホルダー参加型管理
  - 汚濁排出量及びインセンティブベースの CETP 費用の負担
  - 工業排水の汚濁負荷量削減分担規制
  - 工業用水使用の規制
  - 環境緩和型生産システムに関する技術の導入
  - ISO14000 環境管理システムの導入
  - BOD ベースの汚濁量トレード
  - 工場の環境パフォーマンス評価

## 2.4 水質モニタリングの最適化

### 2.4.1 現状及び課題

水質予測モデルの構築に際し、インド側の観測した水質データを活用した。しかし、データには以下の技術・管理面での問題点があることが判明した。

- ✓ 技術面
  - 不適切な水質観測地点
  - 水質サンプルを輸送、貯蔵、保存する設備が不十分
  - 採水、解析、報告を適切にできる専門家の不足
- ✓ 管理面
  - 水質調査のための予算不足
  - 専門家の不足
  - 水質機器の老朽化
  - 水質機器維持管理費用の不足

### 2.4.2 提言

水質監視機関である CPCB 及び UPPCB を組織面、財務面で強化すると共に、老朽水質機器の更新、必要水質機器の購入が必要である。運営及び技術に関与する職員のキャパシティビルディングを図る必要がある。

効果的な水質改善対策を計画するためには信頼性のある水質データの蓄積が必要である。4 市上

流及び下流で CPCB 等が設定し、現在も用いている水質観測地点は、4 市における市街化の進展により、上下流を代表する地点とは言えなくなっており、移設するか新たに観測地点を加える必要がある。

水質調査を実施するための財源の確保も重要である。さらに、ラボラトリーでの適切な試験を実施するため、24 時間電力供給が必要である。

## 第3章

### 4市における下水・非下水道マスタープラン

## 第3章 4市における下水・非下水道マスタープラン

### 3.1 マスタープラン策定方針

#### 3.1.1 下水道計画手法

調査対象4市（ラクノウ市、カンプール市、アラハバッド市、バラナシ市）において河川水質基準値を達成するためには、4市及びその上流域において河川に流入する汚濁負荷を削減する必要があることが判明した。現在、4市では発生汚水量のおよそ30%のみが処理されているに過ぎなく、残りの70%は無処理のまま河川に排出されている。

4市のあるUP州では計画停電が恒常的に行われているため、下水道施設（ポンプ場及び下水処理場）は十分に機能を発揮していない。近年、ポンプ場や下水処理場に設置された自家発電機も燃料代など維持管理費用の不足により運転されていないのが現状である。また、河川や雨水排水路への廃棄物の不法投棄、不十分な下水管の清掃による下水管の閉塞、破損、流下能力の不足等々により、汚水は雨水排水路を介し河川に流入している。

河川汚濁の最大汚濁源である未処理汚水の流入を防ぐため、下水道整備計画は、短期及び中長期の2段階で計画された。

- (1) 第1段階（短期計画）： 雨水排水路及び汚水放流管の流末に遮集設備を設け汚水を収集し、下水処理場にて処理し河川に放流する。短期計画で整備される施設は中長期計画施設と整合が図られるよう計画された。
- (2) 第2段階（中長期計画）： 下水道面整備を行い、戸別接続を増加させる。準幹線の幹線への接続、新規開発地域における幹線・処理施設の整備、定期的な管渠の維持管理

下水道計画においては、下水処理区（下水処理場の配置）、汚水処理方式、主要施設の配置等に関する代替案を検討し最適案を選定した。代替案の検討においては、信頼性、互換性、妥当性、下流域への影響等を考慮した。処理方式の選定においては、建設費用及び維持管理費用の両方を考慮したライフサイクルコスト及び下水処理場の用地確保の可能性等を検討した。処理方法としては、安定化池（WSP）、エアレーテッドラグーン（AL）、上向流式嫌気床法（UASB）+適切な後処理、活性汚泥法（ASP）、流動式好気性生物反応法（FAB）等及び消毒方法を検討した。

更に、完成施設の持続的な維持管理を確保するため、担当部局の組織制度強化、財務強化案を作成した。

調査では、2030年までの都市発展形態を予測し、目標年次を2030年とする下水道マスタープランを作成した。次いで、汚濁対策上、緊急を要する優先事業を選定し、フィージビリティ調査（F/S）を実施した。

#### 3.1.2 下水道マスタープランの必要性

対象4市では、河川汚濁対策としてGAPあるいはGomti Action Plan（GoAP）が実施されてきた。これらの事業では、河川へ流入する汚濁削減が目的であり、実施された事業は、下水道幹線管渠及び雨水排水路を流下する汚水を遮集し、処理するための施設の整備であった。GAPあるいはGoAPでは、下水道の面整備（枝管・各戸への接続整備）や雨天時対策は含まれていなかった。

GAP及びGoAPの事業は適切なマスタープランを欠いたまま進められた結果、上記施設は河川環境改善にある程度役立ってはいるものの、以下のような問題を抱えている。

- ✓ 既存下水道は能力不足であり、過負荷にて運転・維持され、処理水は著しい汚濁源となっている。
- ✓ 雨水排水路を流下する汚水量が増加し、既存の遮集管容量を上回っている。
- ✓ 新規都市開発地（枝線整備済み）の汚水が雨水排水路に放流されることが多い。

GAP で進められた遮集施設の整備は、河川環境改善に資する重要な 1 ステップであった。しかし、包括的な下水道マスタープランの作成及びそれに基づく施設建設の実施なしには、GAP の効果は限定的であることを、国家河川保全局（NRCD）は、認識してきた。現在まで、包括的なマスタープランがなかったため、汚濁負荷の削減対策は常に受身であり、水質悪化の根本問題を解決するに至っていない。

### 3.1.3 下水道マスタープラン策定及び実施時の留意事項

#### (1) 既存及び認可施設

下水道マスタープラン策定にあたり、既存の下水処理区、既存下水道施設に配慮した。また、インド政府による建設認可済みの施設も実施されるものと見なし、既存施設として扱った。

#### (2) 分散型配置

下水道整備の対象地域を処理区（各処理区は原則として 1 箇所の下水処理場を有する）に分割した。このような分散型下水道システムは、輸送コストの低減及び下水道施設の容量を低減できる。また、各下水処理場の規模も小さくなり、用地選定が容易になる他、維持管理も比較的容易となる。一方で、規模の経済（小規模なほど単位処理量あたりの単価が高くなる）を考慮し、処理区の分割には、ある程度の規模を確保するよう留意した。

#### (3) 将来の下水道面整備への配慮

計画した下水道幹線は、短期的な目的である遮集施設に限定せずに、将来の下水道システムの幹線施設となるよう配置した。従って、幹線には、新規開発地域の面整備管渠が接続可能なように計画した。これにより、水域の水質改善に加え、下水道の目的である市民の衛生・保健状況の改善目標が達成可能となる。Jal Sansthan（市上下水道局）及び Nagar Nigam（市役所）は、下水枝線の整備を実施する必要がある。

#### (4) 下水道マスタープランの法制化

市の開発に責任を有する関係機関により、下水道マスタープランが公式に採用される必要がある。下水道整備には、市役所の他、都市開発局、住宅開発公社等が関与しており、これら機関が本マスタープランに基づいて開発を行うような公式なメカニズムが必要である。各関連機関が、現在のように相互調整することなく下水道施設の整備を継続すると、水質汚濁改善効果は限定的となる。

#### (5) 関係機関による幹線施設の費用分担

新市街地の開発は計画的に実施する必要がある。これら市街地に計画的に主要な幹線管渠を延長していく必要がある。使用者費用負担の原則に基づき、関係機関が幹線管渠、ポンプ場、下水処理場の建設費用を分担すべきである。

#### (6) 将来施設建設に係る用地の先行取得

下水処理場やポンプ場の建設、幹線管渠の布設等に必要となる用地は直ちに取得するか、建設制限を加える等の措置を施し確保すべきである。

#### (7) 電力の安定供給

適切な汚水処理を行うためには、常時電力の供給を受け、ポンプ場、下水処理場を停止することなく運転する必要がある。本計画ではポンプ場、下水処理場への専用電力線の引き込みの他、予備電源として自家発電機の設置を計画しているが、下水道施設への電力の安定供給は最優先的に行われる必要がある。更に、自家発電用の燃料を確保するための財務的・組織的体制整備も必要である。

#### 3.1.4 処理方式の選定

検討した処理法式を下記に記す。

- 安定化池：Waste Stabilisation Pond (WSP)
- 活性汚泥法 + 塩素消毒：Conventional Activated Sludge Process (ASP) + chlorination
- エアレーテッドラグーン + 熟成池：Aerated Lagoons (AL) + Maturation Pond (MP)
- UASB 法 + エアレーテッドラグーン + 塩素消毒：UASB + Post-treatment with Aerated lagoons (AL) + chlorination
- 流動式好気性生物反応法 + 塩素消毒：Fluidised Aerated Bio-reactor (FAB) + chlorination

処理方式は下記要素を比較・評価し選定した。

- 処理水排水基準
- 建設費用
- 維持管理費用
- 所要電力
- 所要用地
- 処理水質
- 汚泥処理・処分
- 資源（発生ガス）の再利用

採用した処理方式はすべて、NRCD の定めた以下の処理水排水基準を満たす必要がある。

- ✓ BOD: 30 mg/l
- ✓ SS: 50 mg/l
- ✓ 糞便性大腸菌 ( Faecal Coliform ) : 10,000 MPN/100 ml (最大許容量)

選定に際しては、以下の制約条件を十分考慮する必要がある。

- ✓ 電力供給の制限：4 市いずれにおいても計画停電が多いことから、使用電力量の大きな方式は可能な限り回避する。
- ✓ 施設用地の制限：4 市とも市街化の進展は著しく、一部を除き用地の制約が下水処理場選定の大きな要因となる。

処理方式を選定する際、用地取得の難易が重要な基準となる。以下のとおり、処理方式の選定ガイドラインを採用し選定した。

- ✓ 十分な用地取得が可能な場合は、維持管理が容易でその費用も安価であり、安定した処理水質を得ることのできる「安定化池」が最適方式となる。

- ✓ 「安定化池」に必要な用地が得られない場合は、「UASB 法+エアレーテッドドラゲーン (AL) +塩素消毒」が最適な方式となる。
- ✓ 用地が狭小で代替地がない場合は、「流動式好気性生物反応法 (FAB) +塩素消毒」が最適の方法となる。
- ✓ 既存下水処理場の拡張が必要でかつ拡張用地が確保されている場合は、原則、既存施設と同じ処理方式を採用する。これにより、既存施設との一貫した維持管理が可能となる。

### 3.2 将来人口の推定

#### 3.2.1 市街化発展パターン

現在までの市街地の発達、都市計画で誘導されたというよりは道路整備に伴い道路沿いに発展してきた傾向が強い。今後もこの様な発展が続くと考えられる。

#### 3.2.2 過去の人口

対象 4 市の 2001 年実施のセンサス (国勢調査) 人口と過去の人口の推移を次表に示す。

表 3.1 4 市の 2001 年のセンサス (国勢調査) 人口

	ラクノウ市	カンプール市	アラハバッド市	バラナシ市
都市圏内人口 (Urban area)	2,266,933	2,721,145	1,081,622	1,202,443
行政区内人口 (Municipal area)	2,207,340	2,531,138	990,298	1,093,925

表 3.2 4 市の都市圏内人口の推移

年	ラクノウ市 都市圏内人口	カンプール市 都市圏内人口	アラハバッド市 都市圏内人口	バラナシ市 都市圏内人口
1951 年	496,861	705,383	332,295	355,771
1961 年	655,673	971,062	430,730	489,864
1971 年	813,982	1,275,242	513,036	617,934
1981 年	1,007,604	1,641,064	650,070	773,865
1991 年	1,669,204	2,111,284	844,546	1,030,863
2001 年	2,266,933	2,721,145	1,081,622	1,202,443

#### 3.2.3 将来人口の推定

既存の都市計画の目標年次は、バラナシ市が 2011 年、他の 3 市が 2021 年である。ラクノウ市の都市計画は 2001 年国勢調査人口に基づき計画されているが、他の 3 市の国勢調査は前回の国勢調査年であった 1991 年人口に基づき計画されている。

この都市計画人口及び過去の人口推移を基に、下水道マスタープランの目標年次である 2030 年までの将来人口を予測した。予測範囲は、既行政区内及び将来開発が見込まれる地域を含む都市圏を対象とした。次表のとおり、下水道計画のための将来人口を予測した。

表 3.3 4市の都市圏内将来人口の推定

年	ラクノウ市 都市圏内	カンブール市 都市圏内	アラハバッド市 都市圏内	バラナシ市 都市圏内
2003年	2,463,474	2,819,827	1,101,205	1,342,373
2015年	3,605,587	4,342,031	1,490,427	1,977,436
2030年	5,424,689	5,629,081	2,076,570	2,823,086

3.2.4 区毎の現況人口密度

2001年の区境界図及び区毎の国勢調査人口を入手し、区毎の人口密度を算出し、市の開発傾向を把握した。衛星写真画像等を活用し、開発可能地域の同定を行った。

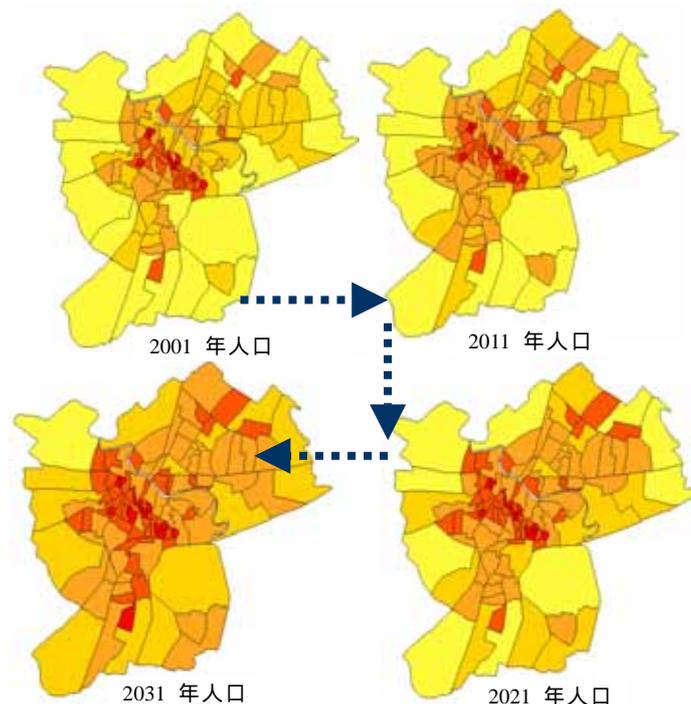
3.2.5 区毎の人口予測

区毎の将来人口を予測するため、各地区の特性（下記参照）を把握し、区毎の人口増加率を設定した。これにより推定した区毎の人口を、都市計画の用途地域、現況人口密度、主要道路へのアクセス難易度、既知の市街地開発計画及び住宅開発計画を考慮し、必要な修正を加えた上で、区毎の最終的な人口推定値とした。

表 3.4 将来人口を予測するための各地区の特性

● 中心地区：	市発祥の地区であり市の文化の中心地である。人口密度は非常に高い。
● 中心地区周辺部：	中心地区を取巻く人口増ポテンシャルの高い地域。
● 周辺地区：	現在オープンスペースが多く人口密度は低く、人口増の可能性のある地域。
● 発展の可能性の低い地域(下水道計画に含めない地域)：	現在、都市計画で想定する人口密度を上回っている地域及び軍隊駐留地。軍隊駐留地には専用下水道施設を有する。
● 将来市街化地区：	市街地開発あるいは主要道路の建設が予定されている地区で、人口が急増すると見込まれる地区。

予測された人口分布の例（ラクノウ市）を次図に示す。



### 3.3 ラクノウ市の下水道マスタープラン

#### 3.3.1 概要

ラクノウ市の人口は約 250 万人（2003 年予測値）であるが、目標年次 2030 年には約 2.2 倍の 540 万人に増加する。現在の発生汚水量は 367,000 m<sup>3</sup>/日であり、その内 10%強にあたる 42,000 m<sup>3</sup>/日が処理されている。残りの 90%弱の汚水は、GH 運河、Kukrail 雨水排水路等を通じてゴムチ川に排出されている。

市の上水道源は、表流水（河川）及び地下水（公共井戸、自家用井戸等）であり、総供給水量は、491,000 m<sup>3</sup>/日である。給水状況は十分でないものの、市中心部の状況は周辺部に比べると比較的良好である。現況の 1 人 1 日供給水量は、市中心部で 282 リットル、周辺部で 147 リットルとなっている。

ラクノウ市の計画人口、供給水量、計画汚水量を次表に示す。

表 3.5 ラクノウ市の事業データ

#### (1) 人口

	2003 年	2015 年	2030 年
行政区域内（市内）	2,365,389	3,048,255	4,172,976
市中心部	793,729	922,551	1,086,280
市中心部以外	1,571,660	2,125,704	3,086,696
行政区域外の都市域（市外）	98,085	557,332	1,251,713
計	2,463,474	3,605,587	5,424,689

#### (2) 供給水量

		2003 年	2015 年	2030 年
給水人口		2,598,000	3,859,000	5,363,000
需要量	千 m <sup>3</sup> /日	447	664	924
浄水場処理能力				
既存	千 m <sup>3</sup> /日	300	300	300
将来拡張計画	千 m <sup>3</sup> /日		364	624
合計	千 m <sup>3</sup> /日	300	664	924
水源				
河川	千 m <sup>3</sup> /日	241	664	924
公共井戸	千 m <sup>3</sup> /日	193	0	0
自家用井戸	千 m <sup>3</sup> /日	47	47	47
その他	千 m <sup>3</sup> /日	10	10	10
計	千 m <sup>3</sup> /日	491	721	981

#### (3) 汚水量

		2003 年	2015 年	2030 年
計画区域内人口		325,530	2,732,594	5,424,689
下水道接続人口		243,930	1,223,079	4,080,732
接続率		10%	34%	75%
一人あたり発生汚水量(市中心部)	lpcd	220	190	155
一人あたり発生汚水量(市中心部以外)	lpcd	115	135	155
発生汚水量	千 m <sup>3</sup> /日	367	537	841
遮集水量	千 m <sup>3</sup> /日	42	519	841
下水処理場能力				
既存	千 m <sup>3</sup> /日	42	42	42
認可済み	千 m <sup>3</sup> /日		345	345
将来拡張計画	千 m <sup>3</sup> /日		124	468
計	千 m <sup>3</sup> /日	42	511	855

### 3.3.2 既存及び認可済み下水道施設

#### (1) 既存施設

ラクノウの市街は、ゴムチ川右岸 (Cis) で発達したが、近年は対岸 (Trans) の北側へも市街地が展開している。下水道施設は旧市街地のある Cis-Gomti と対岸の Trans-Gomti 系統に大きく分けられる。ゴムチ川の両岸に沿って Cis-Gomti 幹線 (CGTS)、Trans-Gomti 幹線 (TGTS) と称する下水幹線が敷設されている。

TGTS は市西部の Daliganj No 2 排水路を始点とし、途中、Mohan Meakin, Daliganj, Mukarim Nagar, Art College 及び University 下水管が接続されている。TGTS の収集汚水は、最終的にゴムチ川に放流されている。

CGTS は市西部 (ゴムチ川右岸) の Sarkata 排水路を始点とし、Sarkata 'A', Sarkata 'B', Pata, Shahmina, Wazirganj, Kutchchary Road, Ghasiary mandi, Chamber lane, Ashok Marg の各排水路及び Wazir Hasan Road 下水管が接続されている。幹線終点には Cis-Gomti ポンプ場が設けられ、汚水はゴムチ川に放流されている。

ゴムチ川の上流部 (右岸側) には、Daulatganj 下水処理場 (FAB 法, 42,000 m<sup>3</sup>/日) が 2001 年完成し稼働している。

#### (2) 認可済み施設

GoAP 第 1 期事業では、現在の市の総発生汚水量の 11%のみしか遮集・処理されていないため、ゴムチ川の汚濁レベルは未だに高い。

GoAP 第 2 期事業では、345,000 m<sup>3</sup>/日容量の Kakraha 下水処理場を含む下記の下水道施設が、2003 年にインド政府により認可を受け、施設の建設が始められた。

- ✓ 雨水排水路遮集施設
- ✓ 既設管の改修及び新設管敷設
- ✓ Kukrail 圧送管 (バイパス道路 ~ Guari カルバート)
- ✓ 圧送管 (Guari カルバート ~ Kakraha 下水処理場)
- ✓ Mohan Meakin ポンプ場、Kukrail No.1 ポンプ場、GH canal ポンプ場、Guari ポンプ場
- ✓ 既設ポンプ場の改修
- ✓ Kakraha 下水処理場 (UASB 法 + 後処理)

### 3.3.3 下水処理区及び下水処理場

ラクノウ市の下水道マスタープランでは、地形及び既存下水道施設を考慮し、以下の 4 処理区を設定し、各処理区に処理場を配置した。

表 3.6 ラクノウ市の4処理区及び下水処理場

処理区	概要
I	市西部。既存の Daulatganj 下水処理場。
II	市南部。Sarda 運河より南。新設 Kwajapur 下水処理場分区。
III	中心地区（Trans Gomti 地区）の汚水は認可済の Gwari ポンプ場を経て同じく認可済の Kakraha 下水処理場へ。なお、2015 年時点では、処理区 IV の一部汚水が Cis Gomti ポンプ場経由で同下水処理場へ流入する。
IV	中心地区（Cis Gomti 地区）新設するバイパス管に流入する汚水は Martin Purwa ポンプ場を経て、新設する Mastemau 下水処理場へ流入する。

下水処理場	処理区	既設・計画	現況 (千 m <sup>3</sup> /日)	2030 年 (千 m <sup>3</sup> /日)	処理方法	処理水排水先
Daulatganj	I	E/A	42	56	FAB	ゴムチ川
Hardoi Rd LDA Colony	I	P	-	14	FAB	ゴムチ川
Khwajapur	II	P	-	135	UASB++	灌漑及び Sai 川
Kakraha	III	S	-	345	UASB	灌漑及びゴムチ川
Mastemau	IV	P	-	305	UASB++	灌漑及びゴムチ川
合計			42	855	-	-

E: 既設、A: 拡張、S: 認可済、P: 計画、++ 後処理

### 3.3.4 マスタープランにおける提案

#### (1) 既設幹線の改修

土砂やごみの堆積により多くの下水管が閉塞しており、汚水が下水管から雨水排水路へ流出している。汚水の流出を止めるには、管内に堆積した土砂の除去が必要である。また、老朽化のため破損した下水管も多く、早急な改修が求められている。下水管の清掃や改修を適切に行うためには、下水管の状況を把握する必要がある。下水管情報を適切に管理（GIS 化が望ましい）することにより、今後の下水管の維持管理が容易になり、将来計画の策定に活用できる。

#### (2) 既設ポンプ場の改修

ポンプ場の機器が老朽化しているうえ維持管理が不適切であることから、ポンプ、発電機等の更新を提案する。また、機器を適切に維持管理していくためのキャパシティービルディング及び再組織化が必要である。

#### (3) 下水処理場及び送水能力の拡張

現在、発生活水量の 10% 強のみが下水処理場で処理されている。残りの汚水の一部は遮集されているものの、ポンプ場からゴムチ川に無処理のまま放流されている。多くの汚水は雨水排水路を経てゴムチ川に流入している。汚濁負荷量の削減及び衛生状況の改善のため、雨水排水路の遮集施設、幹線管渠、ポンプ場及び下水処理場の建設を提案する。

#### (4) 枝線管渠の整備

生活環境改善のため、枝線管渠の整備を提案する。下水道整備の基準は人口密度 120 人/ha 以上の地区とした。

#### (5) オンサイト衛生処理施設

周辺地区（人口密度 120 人/ha 以下）では、水道が普及していないために下水道施設が有効でない地域が多い。この場合は、オンサイト衛生処理施設を提案する。

提案したこれらの施設は、河川環境の改善及び衛生状況の向上に寄与するものである。既存施設と計画施設容量の格差が大きいため、幹線管渠及び処理場の拡張を早急に実施する必要がある。一方、事業実施能力や財政負担等から判断すると、段階的な事業実施とならざるを得ない。そこで、全体事業を河川環境改善のために直ちに事業化すべき第 1 期事業（目標年次 2015 年）と第 2 期事業（2016-2030 年）とに分けた。第 1 期事業の主な施設は、雨水排水路の遮集施設、幹線管渠、ポンプ場、下水処理場の整備である。第 2 期事業の主な施設は、衛生状況の改善に資する枝線整備である。なお、認可済みの施設はインド側により事業が進められることから、マスタープランでは既存施設として扱った。各期ごとの事業費を次表に示す。

表 3.7 ラクノウ市の期別下水道事業費

基準年: 2003 年

項目	費用(百万ルピー)		合計
	第 1 期	第 2 期	
	-2015 年	2016-2030 年	
下水道幹線	1,361.05	2,567.86	3,928.91
下水道枝線	2,738.50	7,640.26	10,378.76
ポンプ場	1,729.94	1,214.84	2,944.78
圧力幹線	65.72	180.38	246.10
下水処理場	364.40	1,020.00	1,384.40
機械電気設備の更新	0.00	154.81	154.81
小計	<b>6,259.61</b>	<b>12,778.15</b>	<b>19,037.76</b>
変動費 (20%)	1,251.92	2,555.63	3,807.55
詳細設計(15%)	938.94	1,916.72	2,855.66
プロジェクト管理 (10%)	625.96	1,277.81	1,903.77
用地代	438.00	196.00	634.00
小計	<b>3,254.82</b>	<b>5,946.16</b>	<b>9,200.98</b>
総計	<b>9,514.43</b>	<b>18,724.31</b>	<b>28,238.74</b>
直接工事費（用地代含む）	<b>6,697.61</b>	<b>12,974.15</b>	<b>19,671.76</b>
各戸接続	1,353.15	3,459.54	4,812.69

### 3.3.5 F/S 対象優先事業の選定

2015 年を目標とし、緊急的に実施すべき優先事業を、以下のとおり選定した。

#### (1) 処理区 III

- ✓ 既存下水道幹線の改修
- ✓ Trans-Gomti ポンプ場の改修
- ✓ 圧送管(Mohan Meakin ポンプ場 ~ Trans-Gomti ポンプ場)の新設

#### (2) 処理区 IV

- ✓ 既存下水幹線の改修
- ✓ バイパス（増補）下水管の新設
- ✓ Sultanpur Road 下水幹線の新設
- ✓ Martin Purwa ポンプ場及び圧送管の新設
- ✓ Mastemau 下水処理場の新設

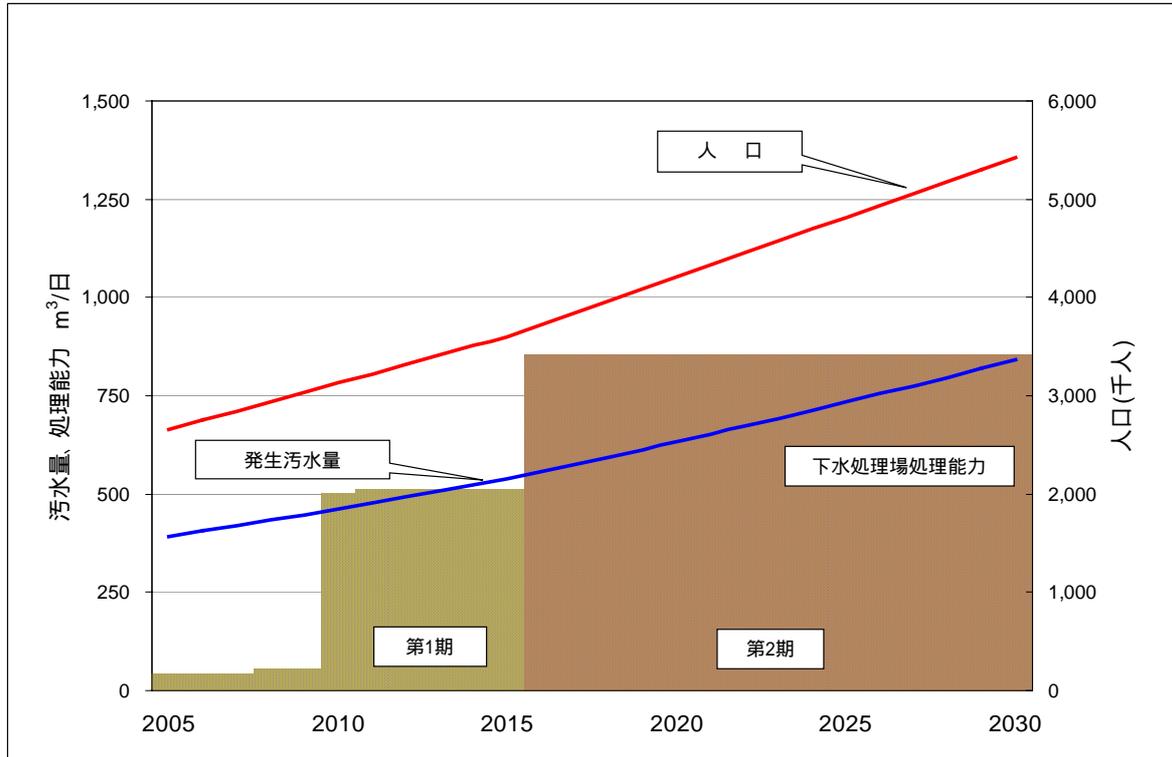


図 3.1 ラクノウ市の下水計画（人口、下水量、処理量）

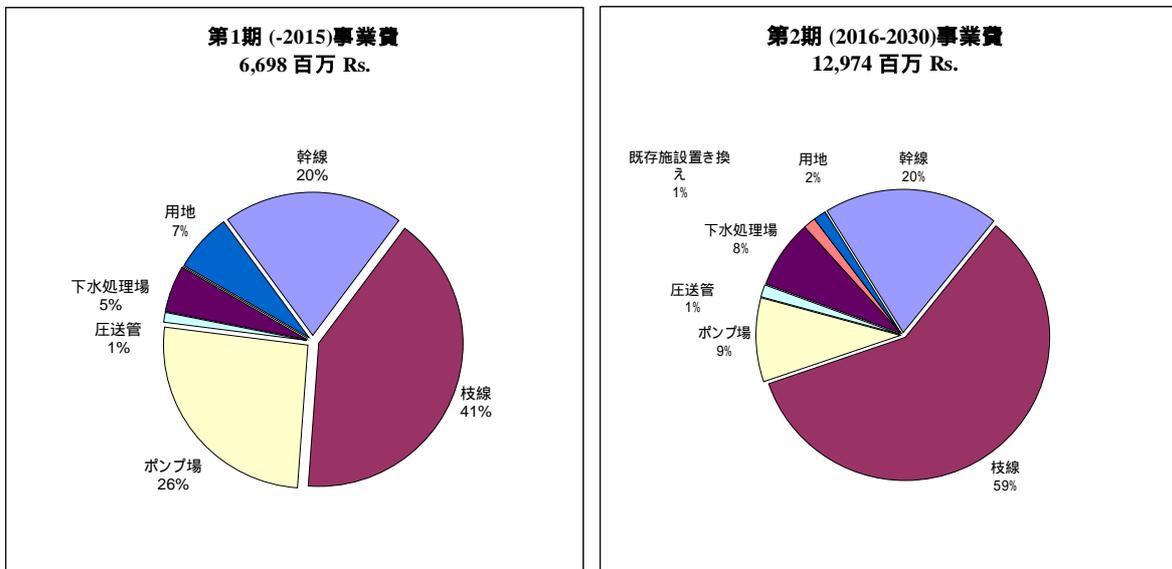
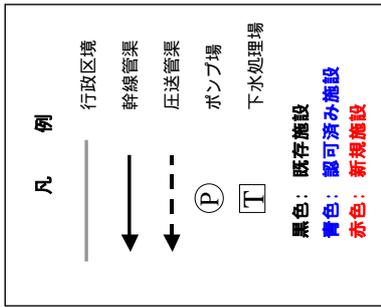
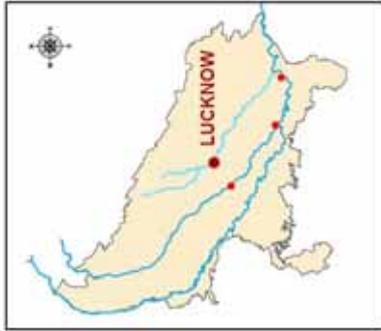
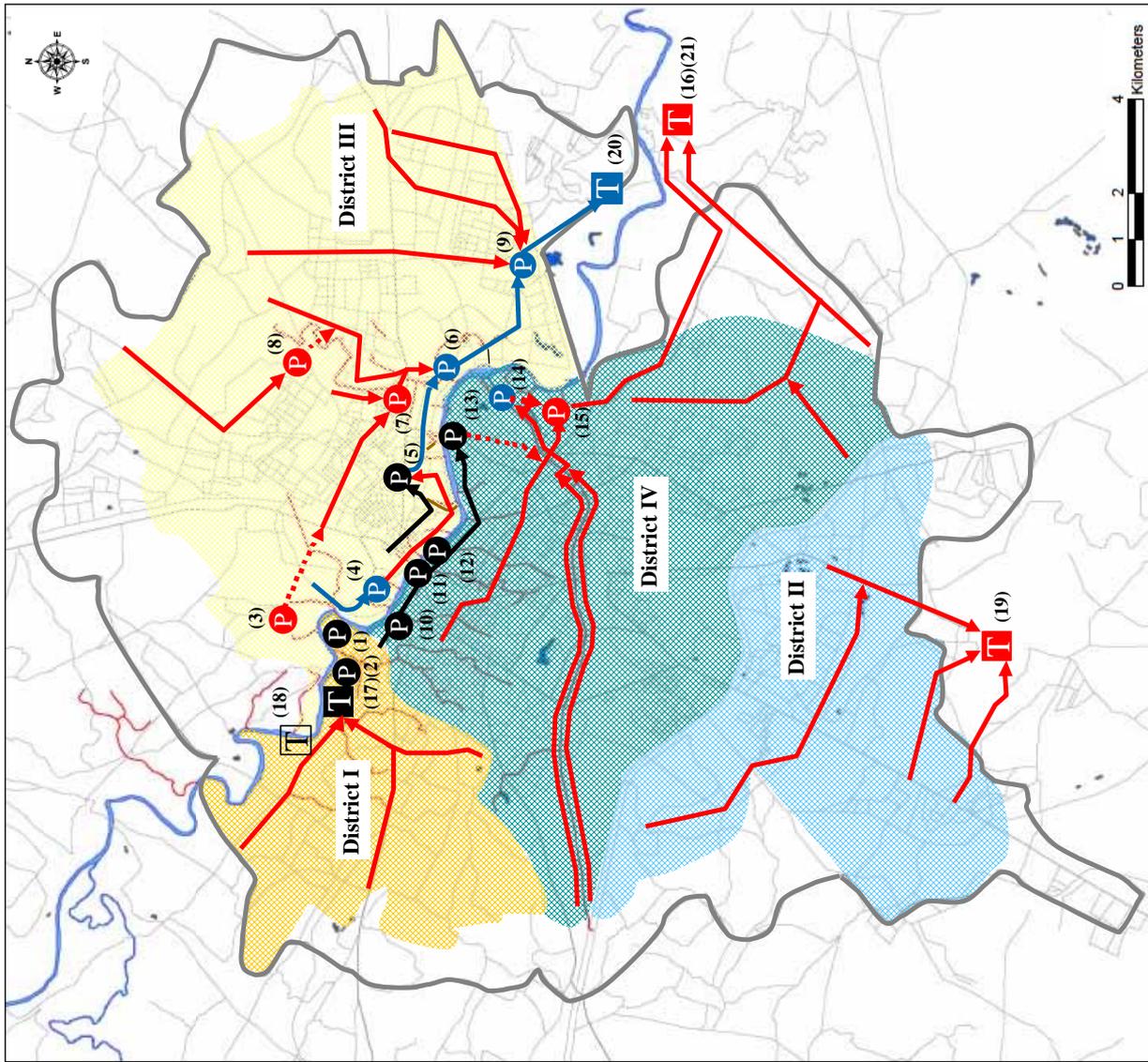


図 3.2 ラクノウ市の期別下水事業費（直接費）



ポンプ場	処理区	状態	備考
1 Sarkata Nala ポンプ場	I	既存	
2 Nagara Nala ポンプ場	I	既存	
3 Luniia Purwa ポンプ場	III	新規	
4 Mohan Meakin ポンプ場	III	認可済み	
5 Trans Gomti ポンプ場	III	既存/改修	
6 Kukrail No.1 ポンプ場	III	認可済み	
7 Kukrail No.2 ポンプ場	III	新規	
8 Kukrail No.3 ポンプ場	III	新規	
9 Guant ポンプ場	III	認可済み	
10 Patu Nala ポンプ場	IV	既存	
11 Wazirganj Nala ポンプ場	IV	既存	
12 Ghassiyari Mandi ポンプ場	IV	既存	
13 Cis Gomti ポンプ場	IV	既存/改修	
14 GH Canal ポンプ場	IV	認可済み	
15 Martin Purwa ポンプ場	IV	認可済み	
16 Mastemau 下水処理場内ポンプ場	IV	新規	

下水処理場	処理区	状態	処理能力 (千m <sup>3</sup> /日)	備考	
17 Dhauliganj 下水処理場 (FAB法)	I	既存/増設 (新規)	56		
18 LDA colony 下水処理場 (FAB法) (LDAが建設)	I	(LDAが建設)	14		
19 Khasiapur 下水処理場 (UASB法+AL)	II	新規	135	日平均汚水量	
20 Kakaha 下水処理場 (UASB法)	III	認可済み	345		
21 Mastemau 下水処理場 (UASB法+AL)	IV	新規	305		
計				855	

PROJECT  
 インド国ガンジス河汚染対策流域管理計画調査

JICA JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
 TOKYO ENGINEERING CONSULTANTS CO., LTD.  
 CTI ENGINEERING INTERNATIONAL CO., LTD.

LOCATION  
 ラクノウ市

図3.3  
 ラクノウ市下水道施設計画図  
 (目標年次: 2030年)

### 3.4 カンブール市の下水道マスタープラン

#### 3.4.1 概要

カンブール市の現在の人口は約 280 万人（2003 年予測値）であるが、目標年次 2030 年には 2 倍の 560 万人に増加する。現在の発生活污水量 395,000 m<sup>3</sup>/日の内、40%強にあたる 171,000 m<sup>3</sup>/日の処理施設があるが、下水処理施設の老朽化等により、実際に処理されている量は 20%弱の 79,000 m<sup>3</sup>/日である。このため、大量の汚水量が雨水排水路等を通じてガンジス河あるいは Pandu 川（カンブール市の約 25 km 下流でガンジス河に合流）に流入している。また、収集されたが処理されていない汚水が灌漑に直接使用されている。

市の上水道源は、表流水（河川）及び地下水（公共井戸、自家用井戸等）であり、総供給水量は、502,000 m<sup>3</sup>/日である。現況の 1 人 1 日供給水量は 182 リッターである。

既存下水道施設は老朽化し、維持管理は貧弱である。下水道管渠の多くは計画汚水量を流下するのに十分な容量を有していない。

近年、新たな市街地が西部方向に拡大し、この地区の人口は 335,800 人に達しているが、正式な下水道施設は存在しない。この西部地区も含めたカンブール市全体の水道施設改善の一環として、UP 州上下水道公社は、1,600,000 m<sup>3</sup>/日をガンジスから取水するため、この地区のガンジス河に取水堰を建設中である。西部地区には、200,000 m<sup>3</sup>/日の給水をめざして浄水場及び配水管の整備が進められている。市街地南部では、インド - オランダ協力プロジェクトとして、42,000 m<sup>3</sup>/日の水供給増を図る施設改善が進められている。これら給水量の増加により汚水量が増加することが予期されている。

カンブール市の計画人口、供給水量、計画汚水量を次表に示す。

表 3.8 カンブール市の事業データ

(1) 人口

	2003年	2015年	2030年
行政区域内(市内)	2,819,827	4,342,031	5,629,081
行政区域外の都市域(市外)	0	0	0
計	2,819,827	4,342,031	5,629,081

(2) 供給水量

		2003年	2015年	2030年
給水人口		2,733,800	4,000,000	5,629,081
需要量	千 m <sup>3</sup> /日	589	1,067	1,534
浄水場処理能力				
既存	千 m <sup>3</sup> /日	350	350	350
将来拡張計画	千 m <sup>3</sup> /日	28	778	1,337
合計	千 m <sup>3</sup> /日	378	1,128	1,687
水源				
河川	千 m <sup>3</sup> /日	350	1,128	1,678
公共井戸	千 m <sup>3</sup> /日	112	112	112
自家用井戸	千 m <sup>3</sup> /日	40	40	40
その他	千 m <sup>3</sup> /日	0	7	7
計	千 m <sup>3</sup> /日	502	1,287	1,837

(3) 汚水量

		2003年	2015年	2030年
計画区域内人口		1,848,335	2,983,898	5,629,081
下水道接続人口		677,264	1,686,470	4,210,800
接続率		24%	39%	75%
一人あたり発生活污水量	lpcd	140	145	155
発生活污水量	千 m <sup>3</sup> /日	395	630	873
遮集水量	千 m <sup>3</sup> /日	259	433	873
下水処理場能力				
既存	千 m <sup>3</sup> /日	171	171	171
認可済み	千 m <sup>3</sup> /日		200	200
将来拡張計画	千 m <sup>3</sup> /日		179	519
計	千 m <sup>3</sup> /日	171	550	890

3.4.2 既存及び認可済み下水道施設

(1) 既存施設

下水処理場が市東部の Jajmau 地区にあり、そのうち、処理能力 5,000 m<sup>3</sup>/日(UASB)と 130,000 m<sup>3</sup>/日(ASP)の施設を生活污水処理にあてられている。2003年の発生活污水量は 395,000 m<sup>3</sup>/日であり、GAP 第1期では、そのうち 160,000 m<sup>3</sup>/日を遮集する施設を建設したが、実際に下水処理場へ流入し処理される生活污水量は 79,000 m<sup>3</sup>/日である。

同敷地内には、工業排水処理施設(UASB、処理能力 36,000 m<sup>3</sup>/日)があり、Jajmau 工業地域の皮革工業排水を処理している。設計では、9,000 m<sup>3</sup>/日の工業排水と 27,000 m<sup>3</sup>/日の生活污水を混合して処理することとなっているが、工業排水量は増加し、現在、13,000 m<sup>3</sup>/日の工業排水を受け入れている。

(2) 認可済み施設

現在、GAP 第2期事業が計画されている。GAP 第1期事業で遮集できなかった汚水 210,000 m<sup>3</sup>/日を遮集し、インド - オランダ協力プロジェクトで市南部に建設が進められている Bingawan 下水

処理場で処理する計画である。以下に認可済み施設を示す。

- ✓ Sisamau 排水路（汚水量 120,000 m<sup>3</sup>/日）の遮集施設
- ✓ COD 排水路、Ganda 排水路、Halwa Khanda 排水路（汚水量 50,000 m<sup>3</sup>/日）の遮集施設
- ✓ バイパス下水管（8 km）
- ✓ Munshi purwa 及び Rakhimandi のポンプ場（180,000 m<sup>3</sup>/日）
- ✓ COD 排水路沿いの下水幹線
- ✓ Bingawan 下水処理場用地買収

なお、Bingawan 下水処理場（UASB, 200,000 m<sup>3</sup>/日）は認可手続きが進行中であるため、マスタープランでは認可済みの施設として扱った。

### 3.4.3 下水処理区及び下水処理場

カンパール市の下水道マスタープランでは、地形及び既存下水道施設を考慮し、次表のとおり市域を4処理区（処理区 I は便宜的に2分区）に分割し、各処理に処理場を配置した。

表 3.9 カンパール市の4処理区及び下水処理場

処理区	概要
I	中心地区。汚水は Jajmau ポンプ場を経て Jajmau 下水処理場に流入。排水路汚水を遮集する4ヶ所のポンプ場と1ヶ所のポンプ場の新設を提案。
	中心地区東部。軍隊駐留地を含む。汚水は Jajmau 下水処理場に流入。なめし皮工場排水と生活用排水の分離を確実にするための下水管を提案。
II	市南部の区域。Bingawan 下水処理場区域。従来、Jajmau 下水処理場へ流入している区域の汚水が Rakhi Mandi ポンプ場及び Munshi Purwa ポンプ場により Bingawan 下水処理場に流入。
III	市西部の新興市街地。Panki ポンプ場を経て Panka 下水処理場で処理され Pandu 川に放流。
IV	市南東部。将来市街化地域。

下水処理場	処理区	既設・計画	現況 (千 m <sup>3</sup> /日)	2030年 (千 m <sup>3</sup> /日)	処理方法	処理水排水先
Jajmau (工場排水用)	I	E/A	36	52	UASB	ガンジス河
Jajmau (生活污水用)	I	E/A	130	183	ASP	灌漑及びガンジス河
Jajmau (生活污水用)	I	E	5	5	UASB	灌漑及びガンジス河
Bingawan	II	PS/A	-	365	UASB++	灌漑及び Pandu 川
Panka	III	P	-	200	UASB++	灌漑及び Pandu 川
Karankhera	IV	P	-	85	UASB++	灌漑及びガンジス河
合計	-	-	171	890	-	-

E: 既設、A: 拡張、PS: 認可中、R: 改修、P: 計画、++ 後処理

### 3.4.4 マスタープランにおける提案

#### (1) 既設幹線の改修

土砂やごみの堆積により多くの下水管が閉塞しており、汚水が下水管から雨水排水路へ流出している。汚水の流出を止めるには、管内に堆積した土砂の除去が必要である。また、老朽化のため破損した下水管も多く、早急な改修が求められている。下水管の清掃や改修を適切に行うためには、下水管の状況を把握する必要がある。下水管情報を適切に管理（GIS 化が望ましい）することにより、今後の下水管の維持管理が容易になり、将来計画の策定に活用できる。

(2) 既設ポンプ場の改修

ポンプ場の機器が老朽化しているうえ維持管理が不適切であることから、ポンプ、発電機等の更新を提案する。また、機器を適切に維持管理していくためのキャパシティービルディング及び再組織化が必要である。

(3) 既設 Jajmau 下水処理場への遮集汚水の増加

既存 Jajmau 下水処理場の能力を最大限に活用している訳ではない。同下水処理場を最大限に活用するため、既存の排水路遮集ポンプ場、下水幹線の改修及び新設を提案する。

(4) Jajmau 工業地区の工場排水の分離

Jajmau 下水処理場では、生活污水処理と工場排水処理を別系統で処理することになっている。しかし、Jajmau 工業地区内の工場排水が生活污水用の処理施設に混入し、その機能を大きく阻害している。この混入を防止し、既存処理場を最大限に活用しガンジス河に流入する汚水を減少させるため、Jajmau 工業地区内に工場排水を収集する専用幹線の布設を提案する。

(5) Jajmau UASB 処理場への後処理としてバッキ設備の設置

Jajmau UASB 処理場の BOD 及び硫化物処理効率を改善するため、後処理としてバッキ設備を設置する。

(6) 西部地区の下水幹線及び下水処理場の新設

急速に発展し人口が増加している市西部地区の汚濁負荷量の削減及び衛生状況の改善のため、この地区に下水道幹線、ポンプ場及び処理場の建設を提案する。

(7) オンサイト衛生処理施設

周辺地区（人口密度 120 人/ha 以下）では、水道も普及していない等、下水道施設が有効でない地域が多い。この場合は、オンサイト衛生処理施設を提案する。

提案したこれらの施設は、河川環境の改善及び衛生状況の向上に寄与するものである。既存施設と計画施設容量の格差が大きいため、幹線管渠及び処理場の拡張を早急に実施する必要がある。一方、事業実施能力や財政負担等から判断すると、段階的な事業実施とならざるを得ない。そこで、全体事業を河川環境改善のために直ちに事業化すべき第 1 期事業（目標年次 2015 年）と第 2 期事業とに分けた。第 1 期事業の主な施設は、雨水排水路の遮集施設、幹線管渠、ポンプ場、下水処理場の整備である。第 2 期事業の主な施設は、衛生状況の改善に資する枝線整備である。なお、認可済みの施設はインド側により事業が進められることから、マスタープランでは既存施設として扱った。各期の事業費を次表に示す。

表 3.10 カンパール市下水道事業費

基準年: 2003 年

項目	費用(百万ルピー)		
	第1期	第2期	合計
	-2015年	2016-2030年	
下水道幹線	873.96	3,609.19	4,483.15
下水道枝線	695.48	6,653.07	7,348.54
ポンプ場	1,100.80	893.5	1,994.30
圧力幹線	20.17	76.47	96.64
下水処理場	489.00	1,065.00	1,554.00
機械電気設備の更新	0.00	299.06	299.06
小計	<b>3,179.41</b>	<b>12,596.29</b>	<b>15,775.70</b>
変動費 (20%)	635.88	2,519.26	3,155.14
詳細設計(15%)	476.91	1,889.43	2,366.35
プロジェクト管理 (10%)	317.94	1,259.63	1,577.57
用地代	288.00	419.20	707.20
小計	<b>1,718.73</b>	<b>6,087.52</b>	<b>7,806.26</b>
総計	<b>4,898.14</b>	<b>18,683.81</b>	<b>23,581.96</b>
直接工事費 (用地代含む)	<b>3,467.41</b>	<b>13,015.49</b>	<b>16,482.90</b>
各戸接続	830.00	2,840.28	3,670.28

#### 3.4.5 F/S 対象優先事業の選定

2015 年を目標とし、緊急的に実施すべき優先事業を、以下のとおり選定した。

##### (1) 処理区 I

- ✓ 既存下水幹線の改修
- ✓ Jajmau 工業地区の工場排水専用下水管の新設
- ✓ 既存ポンプ場 (Nawabganj, Muir mill, Parmat, Guptarghat, Jajmau) の改修
- ✓ Bhagwatdas ghat ポンプ場の新設
- ✓ Jajmau 下水処理場 (生活污水处理用 ASP) の増設 (130,000 m<sup>3</sup> から 173,000 m<sup>3</sup>/日)

##### (2) 処理区 II

- ✓ 既存下水幹線の改修

##### (3) 処理区 III

- ✓ 下水幹線の新設
- ✓ Lakhanpur ポンプ場の改修
- ✓ Panki ポンプ場の新設
- ✓ Panka 下水処理場の新設

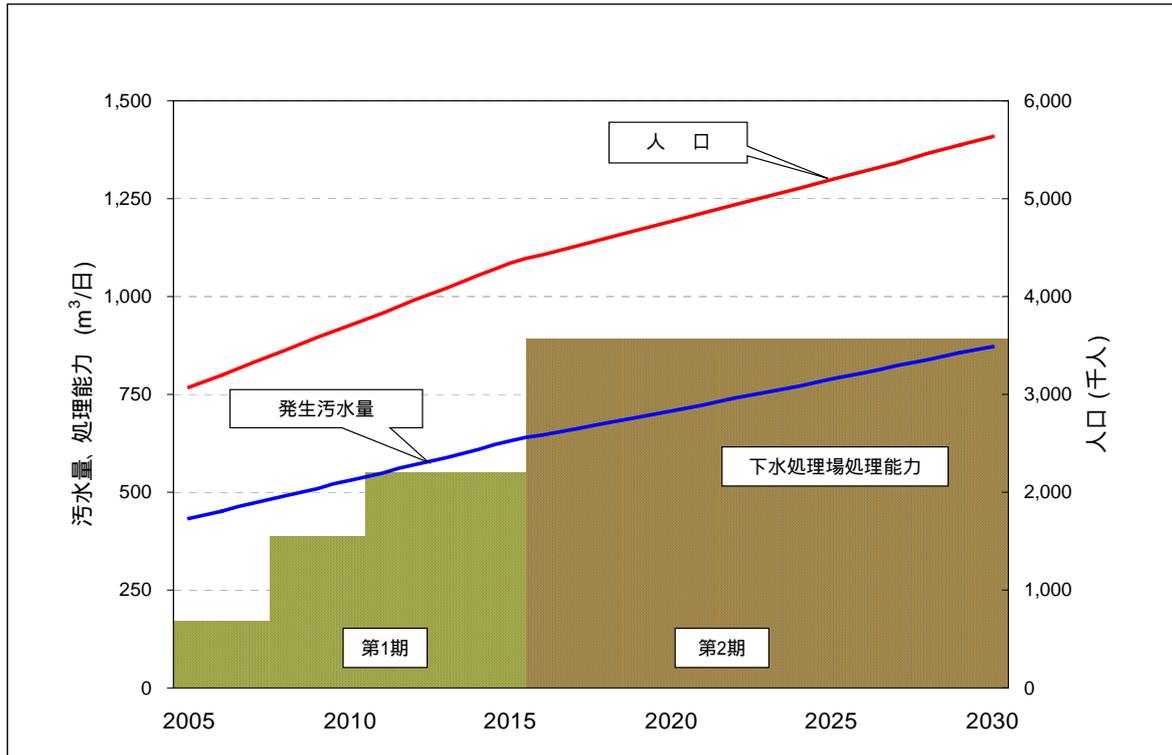


図 3.4 カンプル市の下水計画（人口、下水量、処理量）

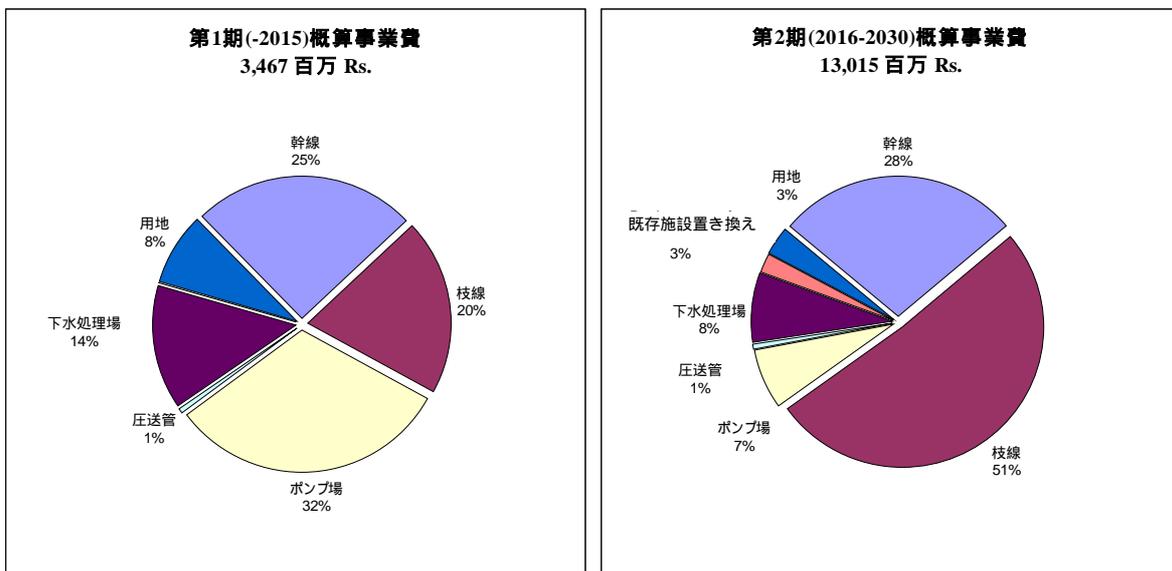
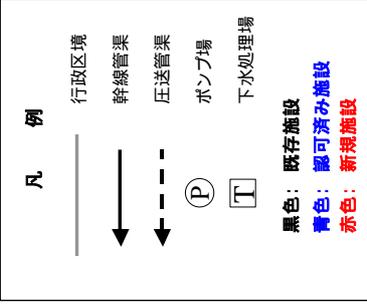
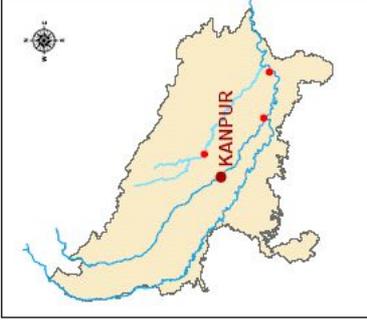
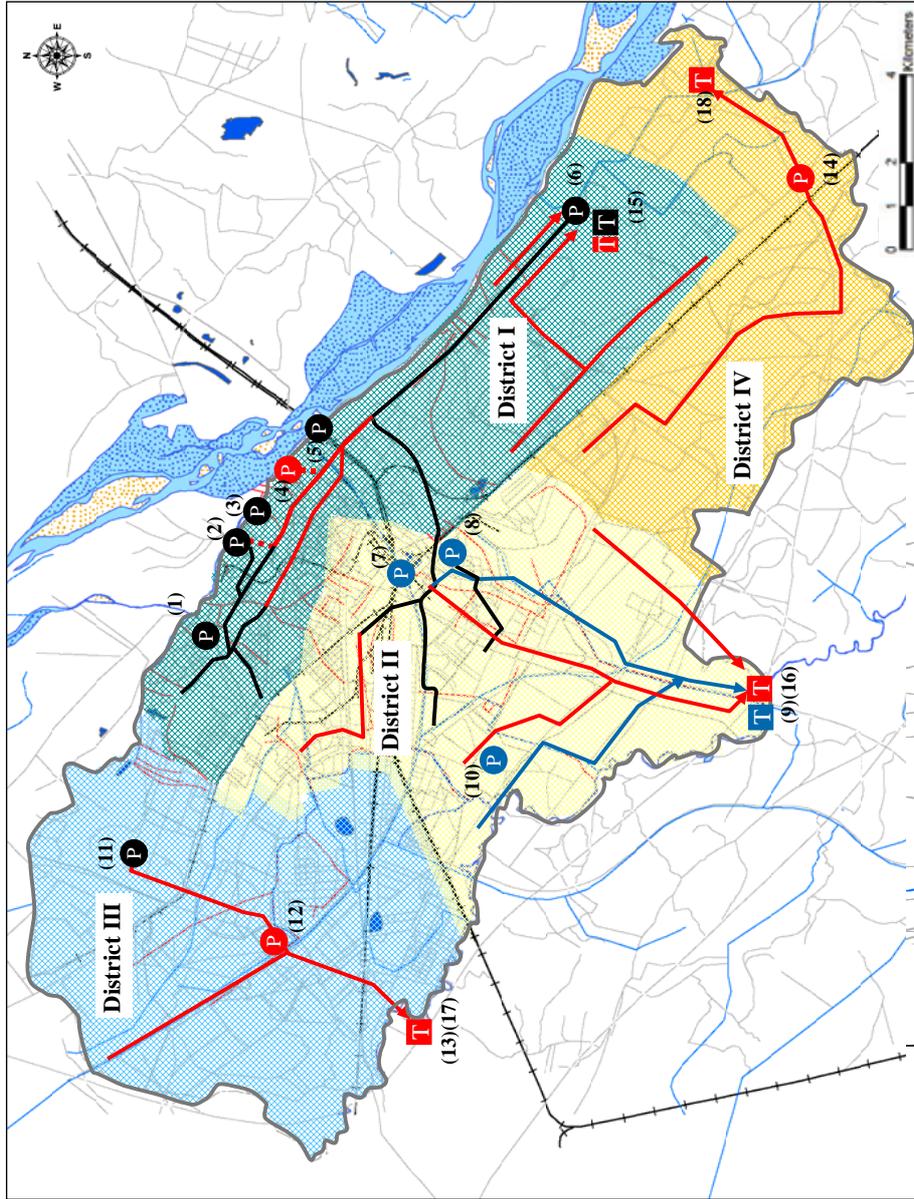


図 3.5 カンプル市の期別下水事業費（直接費）



ポンプ場	処理区	状態	備考
1 Nawabganj ポンプ場	I	既存/改修	
2 Parmat ポンプ場	I	既存/改修	
3 Muirmill ポンプ場	I	既存/改修	
4 Bhaawatadas ghat ポンプ場	I	新規	
5 Gurtephan ポンプ場	I	既存/改修	
6 Jainau ポンプ場	I	既存/改修	
7 Rakshimandi ポンプ場	II	認可済み	
8 Munshipurwa ポンプ場	II	認可済み	
9 Bingawan 下水処理場内ポンプ場	II	認可済み/増設	
10 Ganda Nala ポンプ場	III	認可済み	
11 Lakhanpur ポンプ場	III	既存/改修	
12 Panaki ポンプ場	III	新規	
13 Panka 下水処理場内ポンプ場	III	新規	
14 Ruman ポンプ場	IV	新規	

下水処理場	処理区	状態	処理能力 (千m <sup>3</sup> /日)	備考
15 Jainau 下水処理場 (活性汚泥法)	I	既存/増設	183	
Jainau 下水処理場 (UASB法)	I	既存/増設	52	
Jainau 下水処理場 (UASB法)	I	既存	5	
Bingawan 下水処理場 (UASB法+AL)	II	認可済み/増設	365	日平均汚水量
Panka 下水処理場 (UASB法+AL)	III	新規	200	
Karankera 下水処理場 (UASB法+AL)	IV	新規	85	
計			890	

### 3.5 アラハバッド市の下水道マスタープラン

#### 3.5.1 概要

アラハバッド市の人口は、約 110 万人（2003 年予測値）であるが、目標年次 2030 年には約 2 倍の 208 万人に増加する。現在の発生活污水量は 226,000 m<sup>3</sup>/日であり、そのうち、66,000 m<sup>3</sup>/日が Naini 下水処理場（処理能力 60,000 m<sup>3</sup>/日）に流入し、処理されている（過負荷運転）。残りの 160,000 m<sup>3</sup>/日は雨水排水路等を通じてガンジス河あるいはヤムナ川に流入している。

ガンジス河とヤムナ川の合流点はヒンズー教の聖地であり、多数の巡礼者が訪れ沐浴が行われている。合流点のすぐ上流でガンジス河に流入している Salori 排水路の汚水を遮集し処理する Salori 下水処理場（FAB 法, 29,000 m<sup>3</sup>/日）が認可済みとなっている。

同市の上水道源は、表流水（河川）及び地下水（公共井戸、自家用井戸等）であり、総供給水量は 271,000 m<sup>3</sup>/日である。現況の 1 人 1 日供給水量は 207 リッターである。

下水道施設は老朽化しており維持管理も不十分である。管渠の破損や土砂の堆積により、既存の幹線管渠は現在の汚水量を流下させる能力を有していない。市街化は、市西部の Lukerganj と Ghaghar 排水路・Sasur Khaderi 川の間に行進している。更に、北部の Rajapur 地区及び Salori 排水路の排水区でも進行している。

アラハバッド市は、ガンジス河とヤムナ川で 3 方から囲まれた地域に発展しているため、両川を渡って処理場を配置できない等の制約があり、小さな処理区を多数配置した分散型の下水道システムが提案された。

アラハバッド市の計画人口、供給水量、計画汚水量を次表に示す。

表 3.11 アラハバッド市の事業データ

(1) 人口

	2003年	2015年	2030年
行政区域内（市内）	1,039,429	1,390,856	1,913,712
行政区域外の都市域（市外）	51,382	85,662	143,721
昼間流入人口	10,394	13,909	19,137
計	1,101,205	1,490,427	2,076,570

(2) 供給水量

		2003年	2015年	2030年
給水人口		1,049,800	1,404,700	1,932,850
需要量	千 m <sup>3</sup> /日	210	290	402
浄水場処理能力				
既存	千 m <sup>3</sup> /日	130	130	140
将来拡張計画	千 m <sup>3</sup> /日		10	
合計	千 m <sup>3</sup> /日	130	140	140
水源				
河川	千 m <sup>3</sup> /日	80	140	140
公共井戸	千 m <sup>3</sup> /日	137	137	137
自家用井戸	千 m <sup>3</sup> /日	54	54	54
その他	千 m <sup>3</sup> /日	-	-	-
計	千 m <sup>3</sup> /日	271	331	331

(3) 汚水量

項目		2003年	2015年	2030年
総人口		1,101,205	1,490,427	2,076,570
計画区域内人口		308,304	596,170	1,661,300
下水道接続人口		200,494	454,885	1,530,827
接続率		18 %	31 %	74 %
一人あたり発生汚水量	lpcd	205	175	155
発生汚水量	千 m <sup>3</sup> /日	226	261	322
遮集水量	千 m <sup>3</sup> /日	60	226	322
下水処理場能力				
既存	千 m <sup>3</sup> /日	60	60	60
認可済み	千 m <sup>3</sup> /日		29	29
将来拡張計画	千 m <sup>3</sup> /日		160	251
計	千 m <sup>3</sup> /日	60	249	340

3.5.2 既存及び認可済下水道施設

(1) 既存施設

市中心部の Gaughat ポンプ場に至る下水道幹線は 1900 年初期に建設されたもので、老朽化が著しく、破損区間や、土砂で流下能力の低下した区間が多く存在する。この他、GAP で建設された以下の施設が存在する。

- ✓ Gaughat ポンプ場、Alopibagh ポンプ場、Morigate ポンプ場、Allahpur ポンプ場、Daraganj ポンプ場、Lukerganj ポンプ場、Daraganj ポンプ場、Mumfordganj ポンプ場、Chachar nala ポンプ場
- ✓ Naini 下水処理場（ASP、60,000 m<sup>3</sup>/日）

市内で発生した汚水は市南部に位置する Gaughat ポンプ場に集まり、ヤムナ川対岸（右岸側）に位置する Naini 下水処理場へ送られ処理されている。この施設により市全体の汚水量の約 30 % を処理している。

(2) 認可済み施設

現在、GAP 第2期事業が計画されている。GAP 第1期事業で遮集できなかった汚水の遮集及び処理をめざしている。GAP 第2期事業として以下の施設が既に認可され実施に移されている。

- ✓ Salori 排水路遮集施設
- ✓ Salori 下水処理場 (29,000 m<sup>3</sup>/日)

3.5.3 下水処理区及び下水処理場

アラハバッド市の下水道マスタープランでは、地形及び既存下水道施設を考慮し、以下の7処理区を設定し、各処理区に処理場を配置した。

表 3.12 アラハバッド市の7処理区及び下水処理場

処理区	概 要
A	中心地区の中心部。汚水は既存の Gaughat ポンプ場を経て既存の Naini 下水処理場へ流入。
B	中心地区の西部。汚水は新設の Ghaghar Nala ポンプ場を経て 新設の Numaya Dahi 下水処理場へ流入。
C	中心地区の北部。Salori 排水路排水区。認可済みの Salori 下水処理場へ流入。
D	中心地区中心部及び東部。汚水は Alopibagh ポンプ場、Mumfordganj ポンプ場を経て 新設の Rajapur 下水処理場へ流入。
E	Kodara 地区。新興市街地。2つの比較的大きな排水路を遮集し処理する2下水処理場。Kodara 下水処理場、Ponghat 下水処理場。
F	Phaphamau 地区。新興市街地。Phaphamau 下水処理場。
G	Naini 地区。新興市街地。Mawaiya 下水処理場。

下水処理場	処理区	既設・計画	現況 (千 m <sup>3</sup> /日)	2030年 (千 m <sup>3</sup> /日)	処理方法	処理水排水先
Naini	A	E/A	60	80	ASP	灌漑及びガンジス河
Numaya Dahi	B	P	-	50	WSP	灌漑及びヤムナ川
Salori	C	S/A	-	35	FAB	ガンジス河
Rajapur	D	P	-	80	UASB++	ガンジス河
Kodara	E	P	-	30	UASB++	灌漑及びガンジス河
Ponghat	E	P	-	10	WSP	灌漑及びガンジス河
Phaphamau	F	P	-	10	WSP	ガンジス河
Mawaiya 場	G	P	-	45	UASB++	ガンジス河
合計	-		60	340	-	-

E: 既設、A: 拡張、S: 認可済、P: 計画、++ 後処理

3.5.4 マスタープランにおける提案

(1) 処理区 A 及び D の既設幹線の改修

土砂やごみの堆積により多くの下水管が閉塞しており、汚水が下水管から雨水排水路へ流出している。汚水の流出を止めるには、管内に堆積した土砂の除去が必要である。また、老朽化のため破損した下水管も多く、早急な改修が求められている。下水管の清掃や改修を適切に行うためには、下水管の状況を把握する必要がある。下水管情報を適切に管理 (GIS 化が望ましい) することにより、今後の下水管の維持管理が容易になり、将来計画の策定に活用できる。

(2) 既設ポンプ場の改修

ポンプ場の機器が老朽化している上、維持管理が不適切であることから、ポンプ、発電機等の更新を提案する。また、機器を適切に維持管理していくためのキャパシティービルディング及び再組織化が必要である。

(3) Naini 下水処理場の増設

既設の Naini 下水処理場は現在過負荷状態である。このため、60,000 m<sup>3</sup>/日から 80,000 m<sup>3</sup>/日への増設を提案する。Naini 下水処理場は当初より最大処理能力 80,000 m<sup>3</sup>/日で計画されており、拡張用地は確保されている。また、Naini 下水処理場へ汚水を送水する Gaughat ポンプ場の改修を提案する。

(4) 下水幹線及び下水処理場の新設

急速に発展し人口が増加している複数地区の汚濁負荷量の削減及び衛生状況の改善のため、これら地区に下水道幹線、遮集施設、ポンプ場及び処理場の建設を提案する。

(5) オンサイト衛生処理施設

周辺地区（人口密度 120 人/ha 以下）では、水道も普及していない等、下水道施設が有効でない地域が多い。この場合は、オンサイト衛生処理施設を提案する。

提案したこれらの施設は、河川環境の改善及び衛生環境の向上に寄与するものである。既存施設は規模が小さいため、今後必要となる施設の規模は大きく、また、早急な事業実施が必要である。一方、事業実施能力や財政負担等から判断すると、段階的な事業実施とならざるを得ない。そこで、全体事業を河川環境改善のために直ちに事業化すべき第 1 期事業（目標年次 2015 年）と第 2 期事業とに分けた。第 1 期事業の主な施設は、雨水排水路の遮集施設、幹線管渠、ポンプ場及び下水処理場の整備である。第 2 期事業の主な施設は、衛生環境の改善に資する枝線整備である。なお、認可済みの施設はインド側により事業が進められることから、マスタープランでは既存施設として扱った。各期ごとの事業費を次表に示す。

表 3.13 アラハバッド市の期別下水道事業費

基準年: 2003 年

項目	費用(百万ルピー)		
	第 1 期	第 2 期	合計
	-2015 年	2016-2030 年	
下水道幹線	672.89	919.36	1,592.25
下水道枝線	221.08	1,942.42	2,163.50
ポンプ場	478.60	113.90	592.50
圧力幹線	218.82	0.00	218.82
下水処理場	820.00	268.60	1,088.60
機械電気設備の更新	0.00	86.40	86.40
小計	<b>2,411.39</b>	<b>3,330.68</b>	<b>5,742.07</b>
変動費 (20%)	482.28	666.13	1,148.41
詳細設計(15%)	361.70	499.60	861.31
プロジェクト管理 (10%)	241.14	333.08	574.21
用地代	507.20	113.20	620.40
小計	<b>1,592.32</b>	<b>1,612.01</b>	<b>3,204.33</b>
総計	<b>4,003.71</b>	<b>4,942.69</b>	<b>8,946.40</b>
直接工事費 (用地代含む)	<b>2,918.59</b>	<b>3,443.88</b>	<b>6,362.47</b>
各戸接続	220.08	1,393.36	1,613.44

### 3.5.5 F/S 対象優先事業の選定

2015 年を目標とし、緊急的に実施すべき優先事業を、以下のとおり選定した。

#### (1) 処理区 A

- ✓ Naini 下水処理場の増設
- ✓ Gaughat 及び Chachar Nala ポンプ場の改修
- ✓ 既存下水幹線の改修及び下水幹線の新設

#### (2) 処理区 B

- ✓ Lukerganj ポンプ場の改修
- ✓ Sasur Khaderi ポンプ場、Ghaghar Nala ポンプ場の新設
- ✓ 下水幹線、圧送管の新設
- ✓ Numaya Dahi 下水処理場の新設

#### (3) 処理区 D

- ✓ Daraganj、Allahpur、Morigate、Mumfordgan 各ポンプ場の改修
- ✓ Alopibagh ポンプ場の改造（送水先の変更）
- ✓ 既存下水幹線の改修及び下水幹線及び圧送管の新設
- ✓ Rajapur 下水処理場の新設

#### (4) 処理区 E

- ✓ Kodara 下水処理場の新設
- ✓ Ponghat 下水処理場の新設

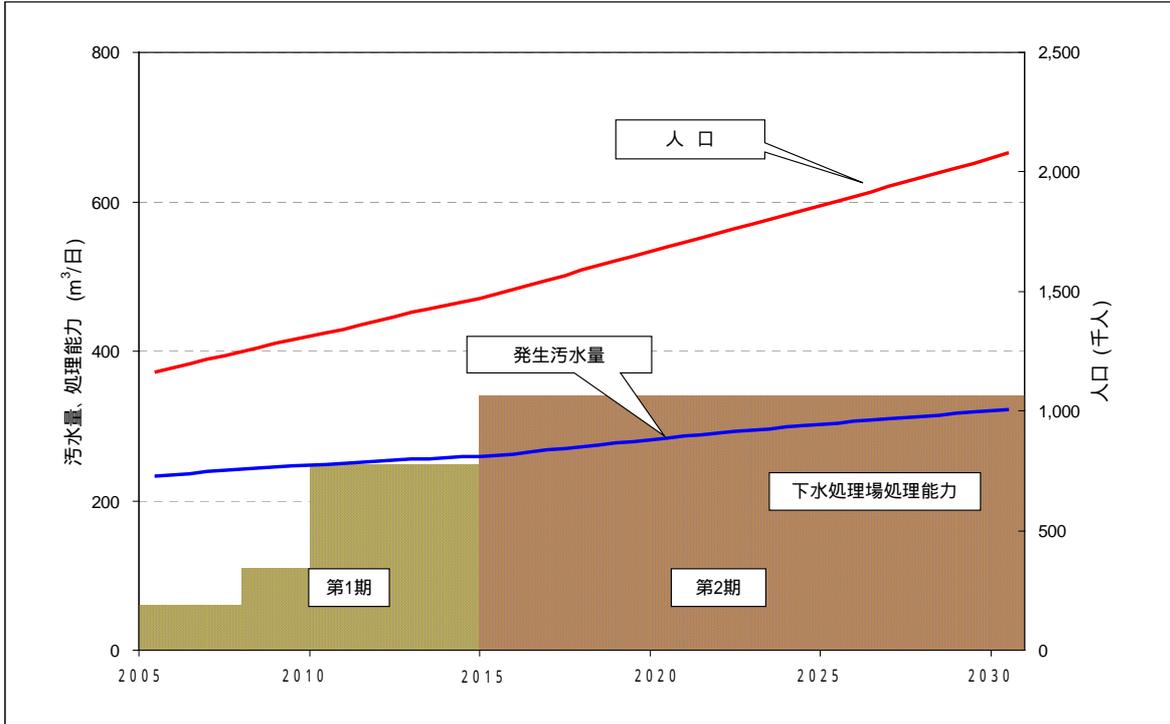


図 3.7 アラハバッド市の下水計画（人口、下水量、処理量）

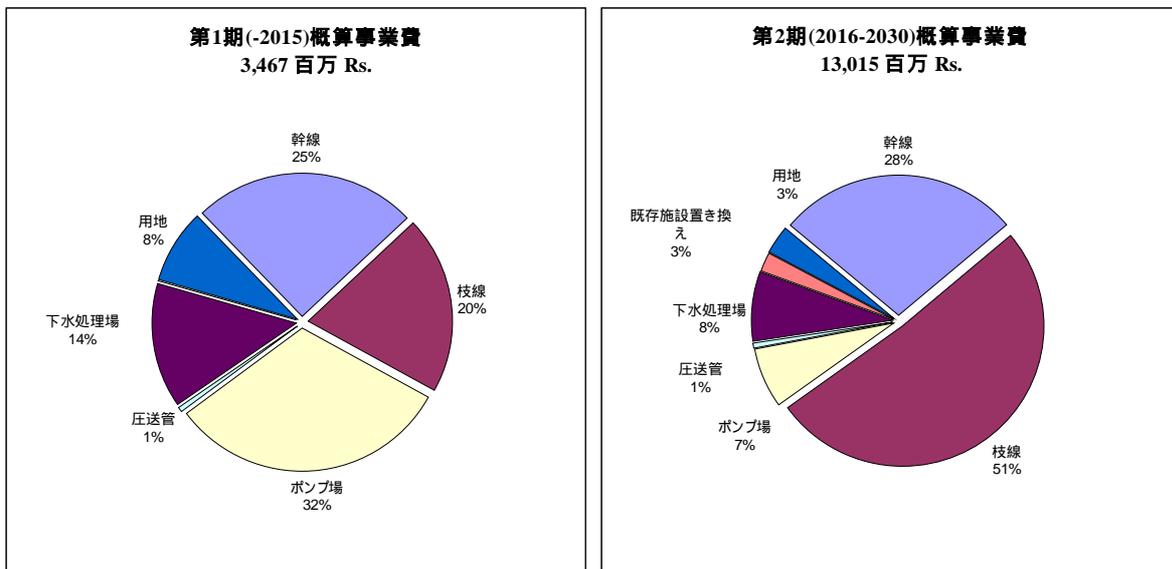
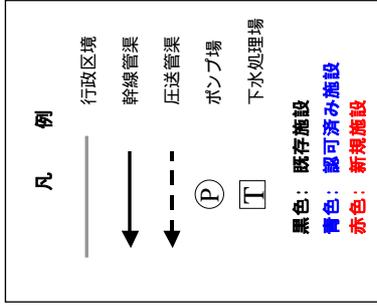
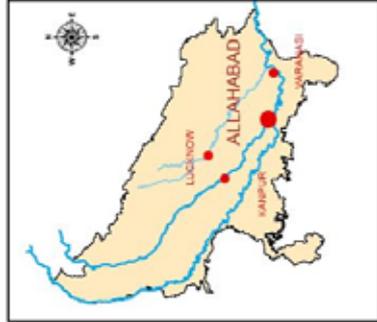
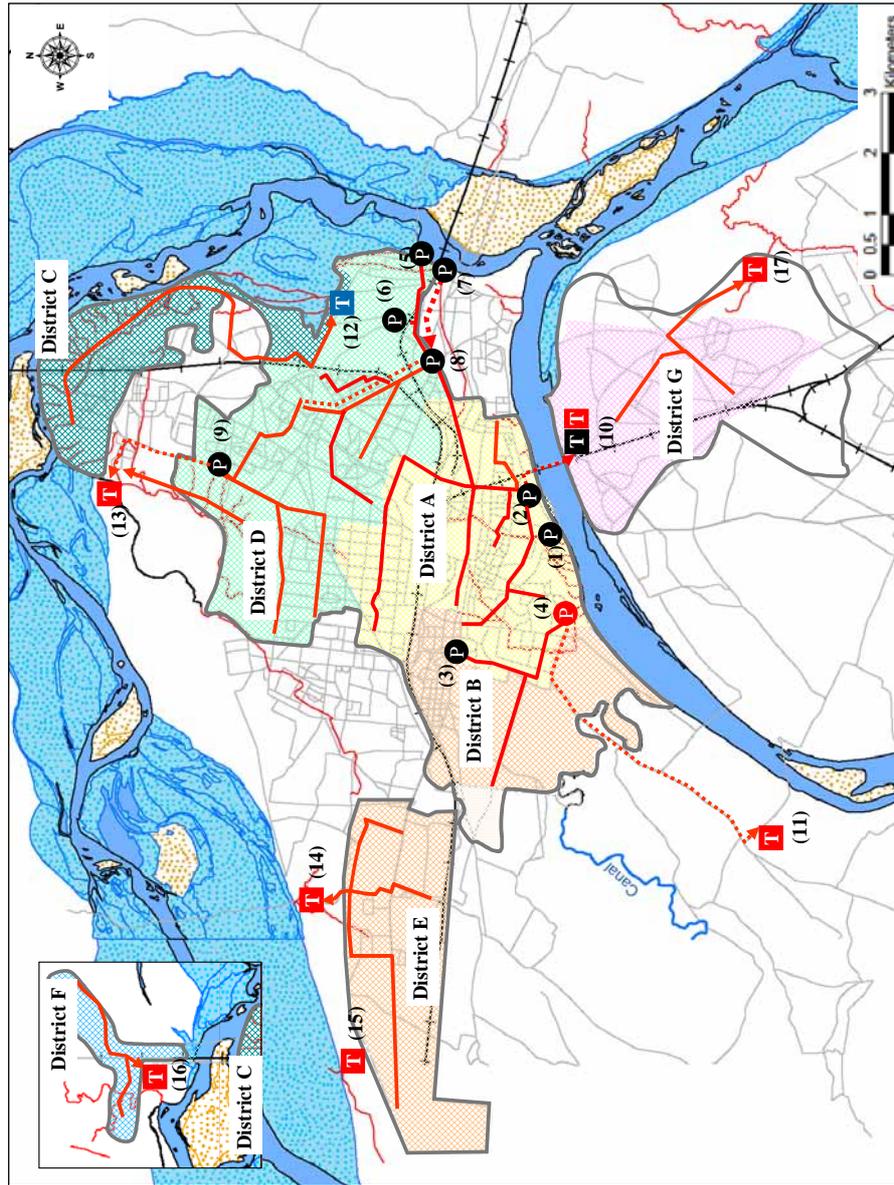


図 3.8 アラハバッド市の期別下水事業費（直接費）



ポンプ場	処理区	状態	備考
1 Chachar nala ポンプ場	A	既存/改修	
2 Gaughat ポンプ場	A	既存/改修	
3 Lukerganj ポンプ場	B	既存/改修	
4 Gaughar nala ポンプ場	B	新規	
5 Daraganj ポンプ場	D	既存/改修/増設	
6 Allahar ポンプ場	D	既存/改修/増設	
7 Mongiate ポンプ場	D	既存/改修	
8 Alophbagh ポンプ場	D	既存/改修/増設	
9 Mumfordganj ポンプ場	D	既存/改修/増設	

下水処理場	処理区	状態	処理能力 (千m <sup>3</sup> /日)	備考	
10 Naini 下水処理場 (活性汚泥法)	A	既存/増設	80		
11 Mumaya Dahi 下水処理場 (WSPF法)	B	新規	50		
12 Saloni 下水処理場 (FAB法)	C	認可済み/増設	35		
13 Rajapur 下水処理場 (UASB法+AL)	D	新規	80		
14 Kodari 下水処理場 (UASB法+AL)	E	新規	10		
15 Ponghat 下水処理場 (WSPF法)	E	新規	10		
16 Phaphamau 下水処理場 (WSPF法)	F	新規	10		
17 Mawaya 下水処理場 (UASB法+AL)	G	新規	45		
計				340	

### 3.6 バラナシ市の下水道マスタープラン

#### 3.6.1 概要

バラナシ市の人口は、約 134 万人（2003 年予測値）であるが、目標年次 2030 年には約 2.1 倍の 282 万人に増加する。現在の発生汚水量 289,000 m<sup>3</sup>/日であり、そのうち 30%強にあたる 88,000 m<sup>3</sup>/日（Dinapur 下水処理場 80,000 m<sup>3</sup>/日、Bhagwanpur 下水処理場 8,000 m<sup>3</sup>/日）が処理されている。残りの汚水量は雨水排水路、Varuna 川を通じてガンジス河に流入している。

バラナシ市の計画人口、供給水量、計画汚水量を次表に示す。

表 3.14 バラナシ市の事業データ

#### (1) 人口

	2003 年	2015 年	2030 年
行政区域内（市内）	1,157,510	1,627,540	2,220,700
行政区域外の都市域（市外）	126,989	268,518	491,350
昼間流入人口	57,874	81,378	111,036
計	1,342,373	1,977,436	2,823,086

#### (2) 供給水量

		2003 年	2015 年	2030 年
給水人口		1,215,480	1,708,900	2,823,086
需要量	千 m <sup>3</sup> /日	232	336	490
浄水場処理能力				
既存	千 m <sup>3</sup> /日	310	310	310
将来拡張計画	千 m <sup>3</sup> /日		200	200
合計	千 m <sup>3</sup> /日	310	510	510
水源				
河川	千 m <sup>3</sup> /日	123	510	510
公共井戸	千 m <sup>3</sup> /日	143	143	143
自家用井戸	千 m <sup>3</sup> /日	67	67	67
その他	千 m <sup>3</sup> /日	7	7	7
計	千 m <sup>3</sup> /日	340	727	727

#### (3) 汚水量

		2003 年	2015 年	2030 年
総人口		1,342,373	1,977,436	2,823,086
計画区域内人口		976,223	1,371,717	2,708,520
下水道接続人口		435,525	988,718	2,117,315
接続率		32%	50%	75%
一人あたり発生汚水量	lpcd	215	185	155
発生汚水量	千 m <sup>3</sup> /日	289	366	438
遮集水量	千 m <sup>3</sup> /日	210	272	420
下水処理場能力				
既存	千 m <sup>3</sup> /日	88	88	80
認可済み	千 m <sup>3</sup> /日		37	37
将来拡張計画	千 m <sup>3</sup> /日		200	313
計	千 m <sup>3</sup> /日	88	325	430

#### 3.6.2 既存及び認可済下水道施設

##### (1) 既存施設

ガンジス河沿いの既存市街地（処理区 I）内の幹線管路は 1900 年代初期に建設されたもので老朽化が著しく、破損区間や土砂で流下能力の低下した区間が複数存在する。GAP 第 1 期で建設され

た下水道施設を以下に示す。市街地の汚水の多くは、市北部に位置する Konia ポンプ場に集まり、Varuna 川対岸（左岸側）に位置する Dinapur 下水処理場へ送られ処理されている。

- ✓ ガンジス河のガート（沐浴場）沿いの 5 ヶ所のポンプ場
- ✓ Assi ポンプ場及び Assi ポンプ場から Bagwanpur 下水処理場への圧送管
- ✓ Konia ポンプ場及び Konia ポンプ場から Dinapur 下水処理場への圧送管
- ✓ 下水処理場
  - Dinapur : 80,000 m<sup>3</sup>/日（活性汚泥法）
  - Bhagwanpur 8,000 m<sup>3</sup>/日
  - DLW（機関車工場） 12,000 m<sup>3</sup>/日（マスタープランの区域外）

## （2） 認可済み施設

GAP 第 1 期事業で遮集できなかった汚水の遮集・処理を目的として、現在、GAP 第 2 期事業が計画・実施されている。以下に GAP 第 2 期事業の認可済み施設を示す。

### 処理区 I

- ✓ Harishchandra 及び Trilochan ポンプ場の増強
- ✓ 遮集管の新設（Trilochan ポンプ場で遮集）

### 処理区 II

- ✓ 増補幹線（Relief Trunk Sewer）の布設

### 処理区 III

- ✓ Nagwa ポンプ場の新設
- ✓ Ramna 下水処理場の新設

## 3.6.3 下水処理区及び下水処理場

バラナシ市の下水道マスタープランでは、地形及び既存下水道施設を考慮し、以下の 4 処理区を設定し、各処理区に処理場を配置した。

表 3.15 パラナシ市の4処理区及び下水処理場

処理区	概 要
I	市中心部。既設 Konia ポンプ場を経て既設 Dinapur 下水処理場へ
II	準中心部。Varuna 川遮集管渠。新設の Sathwa 下水処理場へ。Dinapur 下水処理場の処理能力を超える処理区 I の汚水がバイパス管（増補管）で当処理区へ流入。
III	市南部。Assi 排水路遮集管渠。既存 Bhagwanpur 下水処理場、認可済みの Ramna 下水処理場へ。
IV	Lotha 地区。新設 Lotha 下水処理場へ。

下水処理場	処理区	既設・計画	現況 (千 m <sup>3</sup> /日)	2030 年 (千 m <sup>3</sup> /日)	処理方法	処理水排水先
Dinapur	I	E/R	80	80	ASP	灌漑及びガンジス河
Sathwa	II	P		225	UASB++	灌漑及びガンジス河
Bhagwanpur	III	E/R	8	0	ASP	灌漑及びガンジス河 2030 年には廃止
Ramna	III	S/A	-	75	WSP	灌漑及びガンジス河
Lotha	IV	P	-	50	UASB++	Varuna 川を経て ガンジス河
合計	-		88	430	-	-

E: 既設、A: 拡張、S: 認可済、P: 計画、R: 改修 ++ 後処理

### 3.6.4 マスタープランにおける提案

#### (1) 既設幹線の改修

土砂やごみの堆積により多くの下水管が閉塞しており、汚水が下水管から雨水排水路へ流出している。汚水の流出を止めるには、管内に堆積した土砂の除去が必要である。また、老朽化のため破損した下水管も多く、早急な改修が求められている。下水管の清掃や改修を適切に行うためには、下水管の状況を把握する必要がある。下水管情報を適切に管理（GIS 化が望ましい）することにより、今後の下水管の維持管理が容易になり、将来計画の策定に活用できる。

#### (2) ポンプ場（ガンジス河沿いの5ヶ所）の改修

ポンプ場の機器が老朽化しているうえ維持管理が不適切であることから、ポンプ、発電機等の更新を提案する。ガンジス河への未処理汚水の流入防止のため、Harishchandra ポンプ場及び Trilochan ポンプ場の容量の拡張が必要である。また、機器を適切に維持管理していくためのキャパシティービルディング及び再組織化が必要である。

#### (3) Varuna 川へ流入する雨水排水路遮集施設と下水処理場

Varuna 川及びガンジス河へ汚水流入を防止するため、Varuna 川に流入する雨水排水路を全て遮集し、新設 Sathwa 下水処理場にて処理することを提案する。

#### (4) Konia ポンプ場の改修

既存 Dinapur 処理場の拡張は費用的に効率的ではない。処理区 I で発生する既存処理場容量 80,000 m<sup>3</sup>/日以上以上の汚水は、新設の Sathawa 処理場（処理区 II）に送水し処理する。Dinapur 処理場への送水機能改善のため Konia ポンプ場の改善のみを提案する。

#### (5) Assi 雨水排水路の遮集施設

Assi 雨水排水路は、バラナシのガート及び上水取水場の上流に位置する。取水源及びガートを保護するため、Assi 雨水排水路の両岸に遮集管を整備し、Assi 排水路に流入する汚水を遮集し、認可済み Nagwa ポンプ場から Ramna 処理場 (37,000m<sup>3</sup>/日) に送水し処理することを提案する。

(6) 既設下水処理場 (Dinapur 及び Bhagwanpur) への消毒設備設置

既存 Dinapur 処理場及び Bhagwanpur 処理場の処理水の水質基準を満足させるため、同処理場に消毒設備を設置する。

(7) 準幹線管渠の整備

下水道整備の基準は人口密度 120 人/ha 以上の地区を対象とし、準幹線管渠を整備し、汚水を収集し、河川に流入する汚濁量の削減及び衛生状況の改善を図ることを提案する。

(8) オンサイト衛生処理施設

周辺地区 (人口密度 120 人/ha 以下) では、水道も普及していない等、下水道が有効でない地域が多い。この場合は、オンサイト衛生処理施設を提案する。

提案したこれらの施設は、河川環境の改善及び衛生状況の向上に寄与するものである。既存施設と計画施設容量の格差が大きいと、幹線管渠及び処理場の拡張を早急に実施する必要がある。一方、事業実施能力や財政負担等から判断すると、段階的な事業実施とならざるを得ない。そこで、全体事業を河川環境改善のために直ちに事業化すべき第 1 期事業(目標年次 2015 年)と第 2 期事業とに分けた。第 1 期事業の主な施設は、雨水排水路の遮集施設、幹線管渠、ポンプ場、下水処理場の整備である。第 2 期事業の主な施設は、衛生状況の改善に資する枝線整備である。なお、認可済みの施設はインド側により事業が進められることから、マスタープランでは既存施設として扱った。

表 3.16 バラナシ市の期別下水道事業費

基準年: 2003 年

項目	費用(百万ルピー)		合計
	第 1 期 -2015 年	第 2 期 2016-2030 年	
下水道幹線	1,749.04	825.04	2,574.08
下水道枝線	413.70	2,110.26	2,523.96
ポンプ場	818.50	380.10	1,198.60
圧力幹線	56.43	9.86	66.29
下水処理場	613.20	285.80	899.00
幹線管渠の改修	612.47	0.00	612.47
機械電気設備の更新	0.00	86.40	86.40
小計	<b>4,263.34</b>	<b>3,697.46</b>	<b>7,960.80</b>
変動費 (20%)	852.67	739.49	1,592.16
詳細設計(15%)	639.50	554.62	1,194.12
プロジェクト管理 (10%)	426.33	369.75	796.08
用地代	324.00	272.00	596.00
小計	<b>2,242.50</b>	<b>1,935.86</b>	<b>4,178.36</b>
総計	<b>6,505.84</b>	<b>5,633.32</b>	<b>12,139.16</b>
直接工事費 (用地代含む)	<b>4,587.34</b>	<b>3,969.46</b>	<b>8,556.80</b>
各戸接続	326.03	990.28	1,316.31

### 3.6.5 F/S 対象優先事業の選定

2015年を目標とし、緊急的に実施すべき優先事業を、以下のとおり選定した。

#### (1) 処理区 I

- ✓ ガンジス河沿い5ヶ所のポンプ場の改修・増強
- ✓ Konia ポンプ場及び Dinapur 下水処理場の改修
- ✓ 既設下水幹線の改修

#### (2) 処理区 II

- ✓ Varuna 川両岸に遮集幹線を新設
- ✓ 認可済み幹線の上流側への延長
- ✓ Sathwa 下水処理場への幹線の新設
- ✓ Chaukaghat ポンプ場の新設
- ✓ Sathwa 下水処理場の新設

#### (3) 処理区 III

- ✓ Assi 川両岸に遮集幹線を新設
- ✓ Bhagwanpur 下水処理場の改修

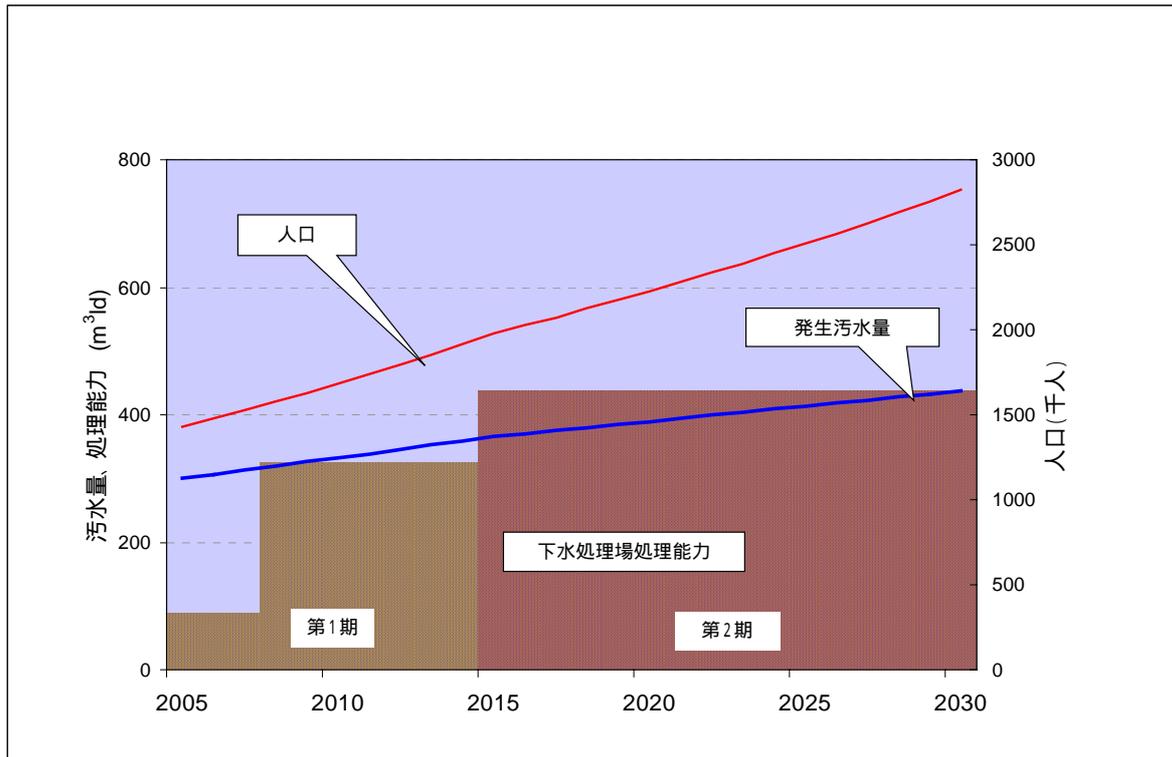


図 3.10 パラナシ市の下水計画（人口、下水量、処理量）

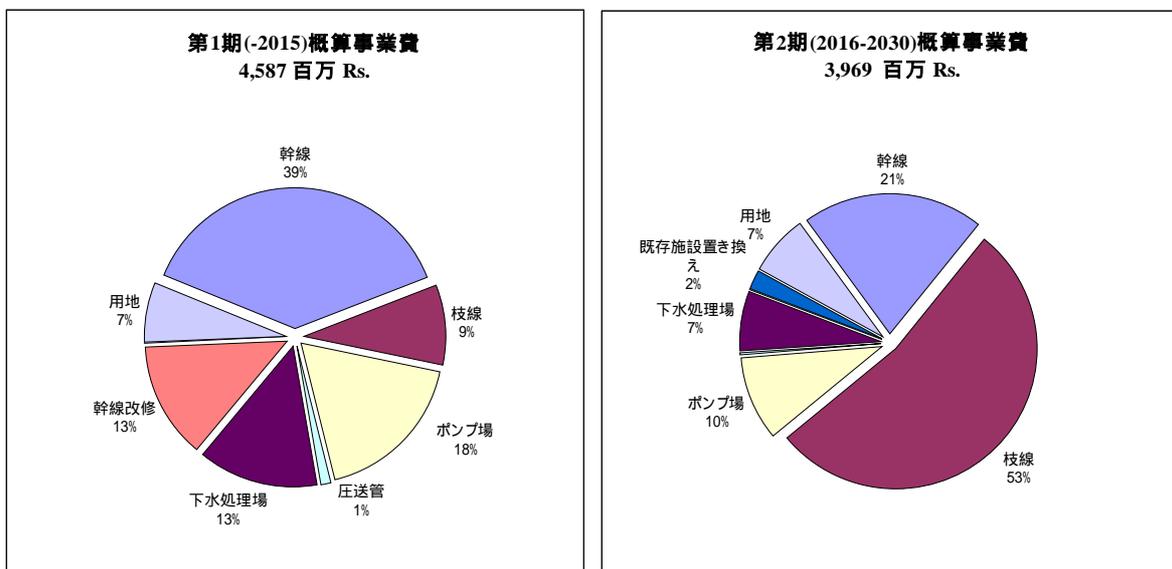
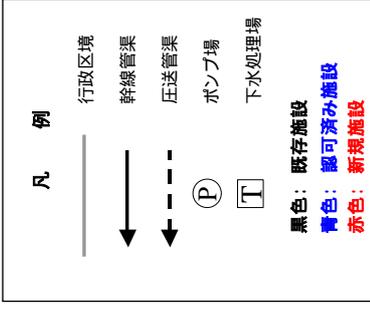
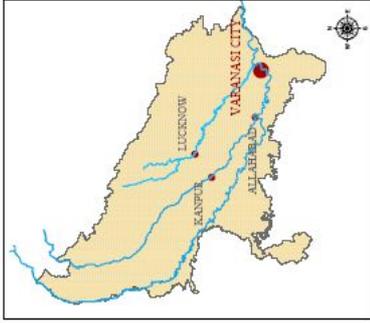
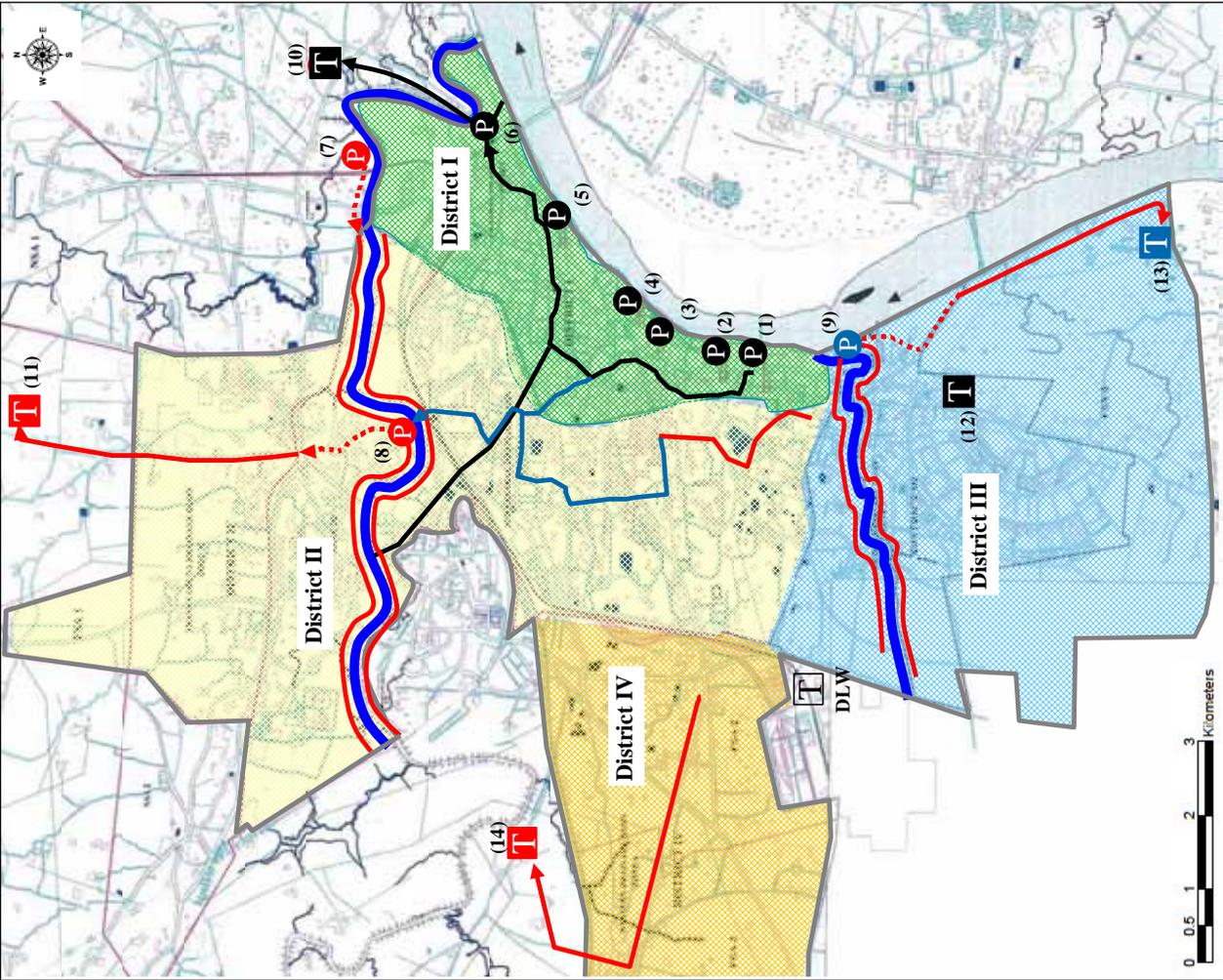


図 3.11 パラナシ市の期別下水事業費（直接費）



ポンプ場	処理区	状態	備考
1. Hanichandra ポンプ場	I	既存/改修/増設	
2. Mansarovar ポンプ場	I	既存/改修	
3. Dr. RP ポンプ場	I	既存/改修	
4. Jalesan ポンプ場	I	既存/改修	
5. Trilochan ポンプ場	I	既存/改修/増設	
6. Konia ポンプ場	I	既存/改修	
7. Naroka nala ポンプ場	II	新規	
8. Chauksahar ポンプ場	II	新規	
9. Naewa ポンプ場	III	認可済み/増設	

下水処理場	処理区	状態	処理能力 (千m³/日)	備考
10. Dinapur 下水処理場 (活性汚泥法)	I	既存/改修	80	
11. Sathwa 下水処理場 (UASB法+AL)	II	新規	225	
12. Bagwanpur 下水処理場 (活性汚泥法)	III	既存/改修/廃棄	8/0	日平均汚水量
13. Ramia 下水処理場 (WSP法)	III	認可済み/増設	75	
14. Lohta 下水処理場 (UASB法+AL)	IV	新規	50	
計				430

### 3.7 非下水道スキーム

#### 3.7.1 概要

下水道スキームに比較し、非下水道スキームの実施による河川水質の改善効果は非常に小さい。従って、本計画では、非下水道スキームは、市内の衛生及び美観面の改善を目的に提案された。本計画での非下水道スキームは、屋外排泄を防止するための低費用衛生施設（コミュニティトイレ）促進プログラムと、ガート（沐浴場）の衛生改善施策からなる。後者の施策は、ガート内で行われている伝統的商業洗濯の防止（内陸部への洗濯場の移設）プログラム及びガートでの低費用衛生施設促進プログラムからなる。更に、廃棄物管理、火葬場の改善、水牛の水浴対策が改善推奨事項として提案された。

#### 3.7.2 スラムでの低費用衛生施設促進プログラム

市内の低所得者世帯では、戸別トイレを所有しない世帯が多い。これら住民は、スラム内、河岸、排水路岸等での屋外排泄を日常的に行っている。屋外排泄は、直接、間接的に河川の汚濁源となると共に、市内を不衛生な状況とさせている。

本プログラムの目的は、非点減汚濁量の排出を減少させ、河川汚濁の改善に資すると共に、市内の衛生改善に資することである。本プログラムは、スラムを対象にコミュニティトイレを設置することからなる。

現在まで、コミュニティトイレは、供給主体で建設されるケースが多く、多くの場合、その設置は成功していない。つまり、利用率が低い、維持管理が悪く不潔である等望ましくない結果をもたらすことが多かった。この反省を踏まえ、本計画では、需要者のニーズに合わせて計画・建設する需要主体のプログラムとした。更に、実施に当たっては、以下の2段階で実施することを提言する。

- ✓ 第1段階：プログラムの適正実施プロセスを構築するためのパイロットプロジェクトの実施
- ✓ 第2ステップ：パイロットプロジェクトの結果を反映し必要な修正を施した上でのフルスケール事業の実施

#### 3.7.3 ガートの衛生改善

ガートでは、神聖な宗教儀式が多く執り行われている。しかし、屋外排泄、不完全燃焼状態での死体投棄（宗教的慣習により、ガートには火葬場が設置されている）、商業洗濯、水牛の水浴、河川への供物（宗教的慣習）、河川への廃棄物投棄、未処理下水の流入等により、ガートは衛生的な状況ではない。未処理汚水は下水道スキームにより対処される。その他の汚濁源の河川汚濁の寄与度は低い。衛生改善及び非点源対策として、非下水道スキームが位置付けられる。

##### (1) ガートの公衆トイレ

ガートでの公衆（コミュニティ）トイレの数は十分とはいえない。このトイレの不備及び住民の教育不足により、屋外排泄が頻繁に行われている。適切な数の公衆トイレの建設が必要とされている。本計画プロセスは、スラムのコミュニティトイレ促進プログラムと同じ手法で実施される。

##### (2) 洗濯場の建設

河川での商業洗濯を防止し、河川環境を改善する目的で、内陸部に洗濯場を移設するプログラムを提案する。過去にも内陸部に洗濯場が建設されたが、設置場所が洗濯人にとって不便、設備の維持管理状況が悪い、付帯設備（水道、排水施設等）が不十分等の理由で、必ずしも利用率は高くない。非衛生施設整備促進プログラムで提案したように、本プログラムも需要者である商業洗濯人の意向を十分把握し、計画に反映した上で、まずは、パイロットプロジェクトを実施し、評価を行い、必要な修正を図り、フルスケール事業の実施をする2段階のアプローチをとることを提案する。

### (3) 衛生改善のための推奨事項

#### 1) 廃棄物管理

ガート内でも廃棄物の不法投棄が多々あり、ガートの衛生状況を悪化させている。しかし、廃棄物の不法投棄は、ガート地区に限られることなく、市域全体の問題となっている。従い、この問題は、市域全体の廃棄物管理内で解決が図られる必要がある。ガートでの廃棄物管理の改善には以下を考慮する必要がある。

- ✓ ゴミ箱の設置
- ✓ 衛生・環境教育の促進
- ✓ 官・民（NGO、CBO、市役所等）を巻き込んだ廃棄物管理

#### 2) 電気火葬場

薪の使用を減少させるため、改善式火葬場や電気式火葬炉が建設されてきたが、宗教的慣習により、その利用率は低い。啓蒙活動を実施し、既存の施設の普及率が高まった上で、電気火葬場等の改善施設の設置を考慮することを提案する。

#### 3) 水牛の水浴

聴き取り調査によれば、河川以外の水浴設備（池）があれば、飼主は河川での水牛の水浴を止めるとのことである。市及び飼主が共同し、水浴場の建設促進が必要とされる。同時に、住民参加・啓蒙活動により河川での水牛の水浴防止を啓蒙していく必要がある。現在、水牛の沐浴を管理する組織化されたシステムがない。今後、管理・監視するシステムが必要とされる。

### 3.8 初期環境調査

環境森林省は、1994年1月（最新の修正は2001年11月）特定30種の工業活動を行う際、環境影響評価（EIA）を実施することを義務付ける法律を公布した。専門家、行政官、NGOで構成する審査委員会が森林環境省に設置されEIAを審査している。下水道事業は、これら特定工業に含まれず、EIAの対象外である。

本調査では、下水道マスタープランで提案した施設を対象として初期環境調査(IEE)を実施した。初期環境調査によるスクリーニング結果を表3.18に、主要な影響を表3.17に示す。

表 3.17 下水道事業の主要な環境社会影響

項目	時期	空間	期間	対象
1. 下水処理場建設に伴う土地収用	建設時	農地	長期	農民
2. 農地喪失に伴う収入の減少（下水処理場建設）	建設時	社会問題	長期	農民
3. 景観及び土地利用の変化	建設時	農地	長期	近郊農村
4. 下水処理場での発生活泥	運転時	汚泥処分地	長期	処分地
5. 処理水放流あるいは浸透による表流水・地下水の汚染	運転時	灌漑水路及び地下水	長期	近郊農村
6. 処理水及び汚泥の農地利用に伴う土壌汚染	運転時	農地	長期	農民

このような負の影響も予想されるが、提案された事業は、下水道施設建設を通じて河川環境及び衛生状況を改善する事業であり、環境改善を目的とした事業である。

表 3.18 事業要素に関するスコアリング(4市共通)

環境項目	施設	社会環境										自然環境								汚染					
		住民移転	経済活動	交通	地域社会の分断	文化的特質	水利権	公衆衛生	固形廃棄物	災害	地形・地質	土壌侵食	地下水	水理状況	沿岸部	植生	地域気象	臭気	大気汚染	水質汚染	土壌汚染	騒音及び振動	地盤沈下	臭気	
下水処理場	建設	B/	C	C				C									B/					C			
	運転	C										B/	C					C	B/	C	B/	C			C
ポンプ場	建設	C																							
	運転																								
下水道幹線	建設		C	C																					
	運転																								
既存下水道幹線の改修	建設		C	C																					C
	運転																								

注: A: 高い影響 B: 中規模の影響 C: 低い影響.

### 3.9 住民参加啓蒙活動プログラム（社会配慮及び衛生教育計画）

社会配慮及び衛生教育計画は、提案した事業への、多様な利害関係者の理解、協力及び参加を得ることを目的に策定された。事業初期には、河川環境の改善を最優先とするため、各戸接続の増加が少ない。従って、下水道と下水道料金の関係が理解可能となる各戸接続が増加するまでは、実施事業の便益が、利害関係者に見えにくい。本計画は、提案した事業への利害関係者の理解、協力、参加を得るために重要な計画である。

#### 3.9.1 配慮事項

社会配慮及び衛生教育計画策定に際し配慮すべき事項を以下に示す。

- ✓ 河川環境改善に資する衛生あるいは住民啓蒙・教育の定義が不明確である他、確立した計画が存在しない。
- ✓ 住民啓蒙・教育に関する関係者（関係省庁、地方自治体、民間機関、NGO、CBO（地域住民主体型組織）地域社会）の間に明確な協力体制がない。
- ✓ 住民啓蒙・教育及び住民参加に関する予算、基礎データ、研究、方法が欠如している。

#### 3.9.2 社会配慮及び衛生教育に関する基本認識

##### (1) 健康と河川環境

本調査で行った住民啓蒙に関する調査結果、ワークショップでの地域住民の意見及び UP 州における水系伝染病の状況を勘案すると、社会配慮及び衛生教育計画は、河川環境の改善に関する啓蒙・教育の以前に、身近な健康改善に関する啓蒙・教育をまずは優先する必要がある。

##### (2) 衛生教育の定義

本調査では、衛生教育を次の通り定義する。

- ✓ 健康及び衛生に関する意識を高める行動
- ✓ 健康及び衛生に関して、地域社会と関係機関相互の理解を深める行動
- ✓ 健康及び衛生に関して、施設の維持管理を共に実施するという意識を高揚させる行動
- ✓ 都市河川環境に関する住民啓蒙を高める行動

#### 3.9.3 実施体制及びアプローチ

##### (1) 実施者

関係省庁、地方自治体、NGO、CBO 及び地域社会が、本計画の実施者である。まずは、これら実施者の協力体制を作り上げる必要がある。

##### (2) 関係機関相互の協力

###### 1) 効果的かつ柔軟な実施

住民参加・啓蒙活動を効果的かつ柔軟に実施するためには下記の調整が必要である。

- 本調査で提案する河川環境改善対策を実施監督する諸機関、特に NRCD に衛生教育を扱う部署を設け要員を配置する。
- 実施者相互の調整を図る。

- 情報を共有する。

2) NRCD 内の部署

YAP-2 ( Yamuna Action Plan Phase 2 ) 事業で、住民参加・啓蒙活動を実施するための組織・体制及び住民参加・啓蒙部局の設置が提案されている。本事業で実施する住民参加・啓蒙活動も、同様の組織により実施する。なお、同組織には少なくとも下記の専門家が含まれるべきである。

- 公衆衛生と環境衛生
- 公衆教育
- 環境教育

3) 関係機関相互の理解

専門家が NRCD に設立される部署で十分活動できるように、関係機関相互（森林環境省、人材開発省、厚生省等）の協力関係が確立されるべきである。

(3) 手法

1) 上意下達方式と参加型手法

関係機関と地域社会相互に信頼関係がある場合には、衛生教育に関する住民啓蒙活動は上意下達方式で実施すべきである。信頼関係が醸成するまでは、地域、社会等の民間側からの積極的な参加（住民参加）が、住民啓蒙活動を成功させるために重要である。

2) アプローチとしての住民参加

対象 4 市の住民が、多様な方法で本事業に関与すると、環境改善及び健康に関する目標、サービスレベル、支払い意思等に関する住民の意見が事業に反映されることが期待できる。

3.9.4 衛生教育計画概念

(1) 段階的計画

2005 年から 2015 年までの期間を 4 期に分けて、対象 4 市における衛生教育を実施する計画を提案する。計画概念を次表及び次図に示す。

表 3.19 4 段階衛生教育

番号	期	主要な活動	中核テーマ
1	短期	健康と衛生の意識を高める。	個人事項（健康及び衛生）
2	中期	関係機関と住民の相互理解を高める。	地域問題及び住民参加
3	中長期	維持管理を共に行う意識を高める。	費用分担及び支払意思
4	長期	都市環境改善に関する住民啓蒙活動	環境にやさしい都市河川

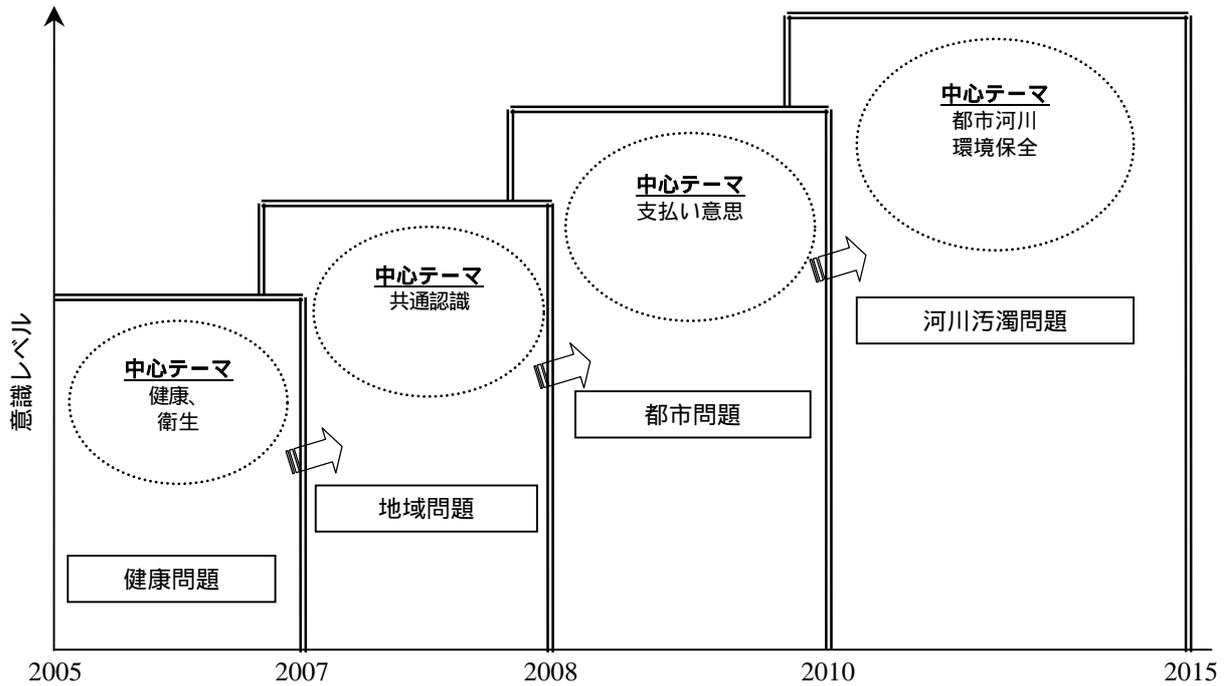


図 3.13 住民の認識レベル

(2) 到達目標と活動

各期で設定した各々の目標を達成するために各期に行うべき活動を次図に示す。

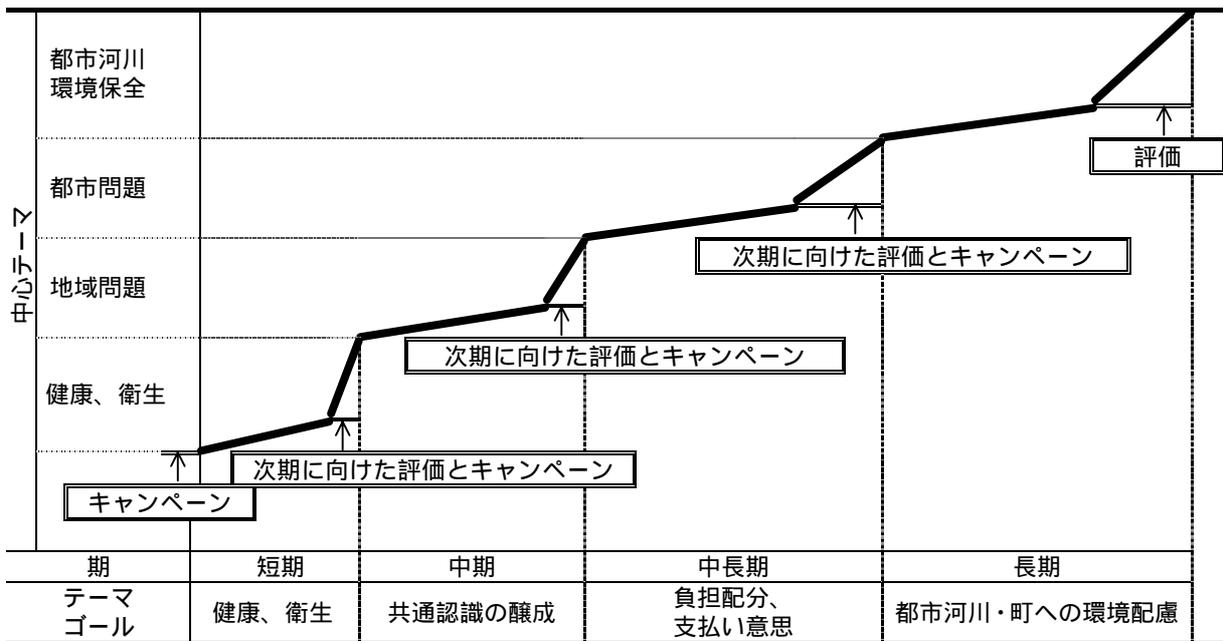


図 3.14 到達目標と活動

### 3.9.5 行動計画の準備

各活動に対する行動計画を策定するために、下記事項に留意する。

- ✓ 下水道・非下水道事業と並行・協調した活動
- ✓ 行動の目的と中核テーマ
- ✓ 参加の程度
- ✓ 活動の内容
- ✓ 対象とするグループ
- ✓ 女性の協力と子供の参画促進
- ✓ 使用する言語
- ✓ 4市間相互の協力

### 3.10 固形廃棄物に関する提言

本調査では扱った固形廃棄物調査は、対象4市の河川環境に与える影響面に限定している。下記はその面から見た現況の課題である。

- 1) 4市で89の雨水排水路を調査し、廃棄物投棄場所及び投棄量を測定した。1,301ヶ所の投棄場所が確認され、全体での投棄量は202,000 m<sup>3</sup>あるいは70,000トンであった。内、アラハバッド市での投棄量が153,000 m<sup>3</sup>と4市中で最大であり、他市の6-15倍であった。バラナシ市の投棄量が最も少なく10,000 m<sup>3</sup>であった。
- 2) 廃棄物は台所厨芥、包装紙、プラスチック製買物袋等家庭から排出されるものが大半であった。雨水排水路は、実質的にゴミ捨て場として使われている。
- 3) 道路側溝、小排水路等は、ゴミの堆積により詰まり、汚水で淀んでいる。
- 4) 大量の廃棄物が排水路、下水管に投棄され、下水管の機能を損なっている。
- 5) 定期的な廃棄物収集が行われていないため、空き地、道路路肩等にゴミが投棄されている。毎日、早朝に道路清掃は行われているものの、午後になると道路はゴミで溢れている。定期的にごみ収集が実施されていないため、2次集積場にゴミが散乱している。これらのゴミは、家畜（牛、豚、山羊、犬等）の食料となっており、ゴミの減量に役立っている。
- 6) 2次収集機材の老朽化が甚だしい。車両もスクラップビルドで部品を融通し、かろうじて動いている状況である。車両ワークショップに維持管理用の機材がない。
- 7) 最終処分地は低地あるいは河川沿いにある。野積みで放置され衛生的処理もされていない。最終処分地の境界も明確でなく、アクセス道路も明確でない。さらに、コンパクト処分用の機材もない。
- 8) 1次及び2次集積地では多くのスカベンジャーが活動しているが、最終処分地にはスカベンジャーが少ない。集められているゴミは主にプラスチック製買物袋、ぼろ布、古着、ガラスである。1日あたりRs.30 ~ 50の収入と推定される。

一般的に、排水路、河川、側溝へ投棄された廃棄物による河川水質への影響は小さいが、廃棄物の不法投棄の防止は、衛生面において重要である。これら河川の衛生環境に影響を与える廃棄物を防止するための最優先事項は、1次及び2次集積場に持ち込まれた廃棄物を速やかに最終処分場へ移送することである。このためには下記対策が必要である。

- ✓ (道路) 清掃人数の増加及び清掃人への教育
- ✓ 荷車及び収集機材の改善
- ✓ 2次集積場施設の適切な管理及び周辺の清掃
- ✓ トラック数の増加
- ✓ ゴミ積み込人夫の雇用及び教育

対象4市には、廃棄物管理計画はあるものの、その内容は成熟していない。従い先ず、包括的な廃棄物管理計画を策定することを提案する。策定に際しては、長期的視点で社会・経済面も考慮する必要がある。さらに、計画には、各市の財政負担力を考慮した詳細な段階的計画及び市担当部局の能力を強化する方策が必要とされる。

### 3.11 GIS データマネジメント

#### 3.11.1 GIS マップ、データベース・マネジメント

本調査では、ガンジス河流域（857,650 km<sup>2</sup>）全域を扱った。この広大な範囲の膨大なデータを処理するため、本調査では GIS（地理情報システム）を利用した。この利用により、共通フォーマット、系統的なデータ抽出・解析・マッピングが可能となった。特に、水質解析、水質汚濁解析モデルの構築、管理計画策定に有用であった。データ解析は、下記 2 範囲に分けて実施した。

- ✓ ガンジス河流域全体
- ✓ 4 市を網羅するガンジス河中流域

##### (1) 河川流域 GIS

流域全体を網羅する荒いスケールのデータを扱った。しかしながら、流域には（保安上機密事項となっている）国境、制限地区が含まれており、国土地理院発行の地図すべては入手できなかった。従い、入手可能な国土地理院地図に加えて、中央公害対策委員会（CPCB）の地図、NATMO（National Thematic Mapping Organization）の地図を入手し、流域全体を網羅する GIS 地図を構築した。

まず、水資源地図を作成し、CPCB から入手した排水区図（河川流域及び主要支川）で補足した。土地利用図は、WiFS（188 メートル画素解像度）衛星画像データを利用して作成した。

生活污水に起因する汚濁負荷量の算定には、GIS データベース内のディストリクトレベル（県レベル）の行政区域図、人口データ、流域内の市街地分布を利用した。

CPCB 及び CWC（中央水資源委員会：Central Water Commission）の水質及び流量観測点の GIS データベースへの取り込みは、提供されたデータが不正確であったため困難を極めたが、関係者への聞き取り、試行錯誤を経て確定させた。

河川流域区の地図化及び水質モデル構築作業を通じ、CPCB の定義した 26 流域区を、本調査では 38 流域区に分類し直した。この 38 流域区に基づき、GIS データを解析し、水質汚濁解析モデルを構築した。

##### (2) 市レベルの GIS

National Remote Sensing Agency から LISS 及び PAN データを入手し基礎衛星画像を作成した。この衛星画像に加えて、国土地理院の 5 万分の 1 及び 2 万 5 千分の 1 地形図を参考として、4 市の GIS マップを作成した。さらに、観光地図や第三者の保有するデジタルデータ等を用いて GIS マップの精度を上げた。最終的には、現場踏査の情報も加えて GIS ベースマップを完成させた。

衛星画像及び GIS マップは広範な市域をカバーしている。この他、市街地を対象として主要道路、既存下水道施設、排水路情報を入れた詳細 GIS マップを作成した。詳細 GIS マップのカバーした面積は、カンプール 400 km<sup>2</sup>、アラハバッド 300 km<sup>2</sup>、ラクノウ 及びパラナシ各々 200 km<sup>2</sup>である。

既存下水道施設、排水路、施設容量、流量、水質情報を関係機関から入手し GIS マップに取り込んだ。作成した GIS マップは下水道施設計画の策定、4 市を対象とした水質汚濁解析シミュレーションに活用した。

### 3.11.2 市レベルの地図と下水道計画策定

前項で述べた流域全体のインベントリー調査を 2003 年 7 月に終え、2003 年 9 月には 4 市の下水道マスタープラン策定に移行した。これに伴い、流域全体の GIS から 4 市の GIS に移行した。以下の 2 作業を GIS を基に実施した。

- ✓ 4 市の人口予測及び人口分布
- ✓ 下水道マスタープラン策定

#### (1) 人口予測及び人口分布

過去の人口解析及び人口分布推定に GIS マップを活用した。市役所で入手した区境界図をデジタル化し、国勢調査事務所で入手した過去のセンサス人口を GIS データ化した。この人口情報の入った図面を、衛生画像に重ね合わせ土地利用状況との検証を行った。

過去の人口分布を検証することで、市街地発展の傾向をつかむ事ができ将来の発展傾向も予測可能となった。これにより現在の市域を越えた発展傾向も把握可能となった。これらの情報の下、将来人口の予測及びその市内分布が予測された。

#### (2) 下水道マスタープラン

GIS マップは、既存下水道施設、排水路情報を加え、精度向上を測った。さらに、排水区域界を更新し、下水道マスタープランの下水道処理区を設定し、計画施設を配置した。

### 3.11.3 ウェブサイト

本調査でウェブサイトを作成し、情報を公開した。



<http://www.gangajicastudy.com/>

図 3.15 ウェブサイトのホームページ

### 3.12 組織制度開発プログラム

#### 3.12.1 関連組織の現況

河川水質汚濁問題は、環境森林省の国家河川保全局（NRCD）の責務である。NRCD は、河川を浄化するため、下水道施設の建設を主とする河川アクションプラン（河川浄化行動計画）を実施している。一方、下水道施設の、計画、建設・改修及び完成施設の維持管理は以下の主要な機関が実施している。

表 3.20 下水道事業実施機関

組織	担当業務
a) 市役所	雨水枝線の建設・維持管理
b) 市上下水道公社	汚水枝管の建設・維持管理、下水道幹線の維持管理
c) 都市開発局	（都市域内ではあるが市域外での）開発地域での下水道施設（主に枝管）の建設及び（開発地域が市域に編入され市役所に移管されるまでの間の）維持管理
d) UP 州上下水道公社	河川環境改善に直接寄与する下水道幹線施設（遮集管、遮集ポンプ、下水処理場）の建設。建設施設の維持管理

河川アクションプランで建設された下水道主要施設は、市役所に移管され、市が維持管理を行うこととなっている。しかし、市役所の技術的・財務的能力の欠如により、建設施設は、建設を担当した UP 州上下水道公社が行っている。

今後、暫く UP 州上下水道公社が下水道主要施設の維持管理を担うことが期待されるが、本調査では、中長期的観点に立ち組織の改変を以下のとおり提案する。

#### 3.12.2 組織制度開発プログラム

組織制度開発プログラムは、当初、市役所が下水道及び衛生施設の維持管理を実施できるような組織を立ち上げることが目的であった。しかしながら、維持管理の問題は、市の財政の問題や、法制度的な問題にも及ぶことが判明した。これには、州政府が現在所有している財源や人材の移動の問題も含む。更に、下水道サービスは公共事業であり、市役所の公共事業体としての開発の必要性も認識された。

下水道施設の維持管理に限らず、これらの組織制度の諸問題を包括的に解決・発展させるために、組織制度開発プログラム（Institutional Development Program：IDP）を提案する。同プログラムを実施するため、組織制度開発実施機関（UP 州内）の創設及びトレーニングセンターの設立を提案する。このプログラムの基、下水道事業の市役所 / 市上下水道公社での一元管理の実現、組織の管理能力の開発を行う。

3.13 経済・財務評価

3.13.1 経済評価

本事業の経済便益には、以下の5種類の便益項目を特定することができた。次表は推定された経済便益原単位の要約である。

- ガンジス河水質改善に対する支払意思額
- 改善された下水道サービスに対する支払意思額
- 水環境改善に伴う水因性疾病の罹患率の低減による医療費の軽減
- 水因性疾病の罹患率低減に伴う所得低減の抑制効果
- 沐浴人口の純増分が地域経済にもたらす効果

表 3.21 経済便益原単位

都市	ガンジス河水質改善に対する支払意思額	改善された下水道サービスに対する支払意思額	水環境改善に伴う水因性疾患の罹患率の低減による医療費の軽減額または節約額		水因性疾患の罹患率の低減に伴う所得低減の抑制効果		沐浴人口の純増分が地域経済に及ぼす効果	
			通院患者	入院患者	通院患者	入院患者	常時	特定祭祀時
							(単位: Rs./年/世帯)	
ラクノウ市	326	1,820	10	125	4	11	-	-
カンプール市	326	1,152	10	130	2	7	-	-
アラハバッド市	326	512	10	128	3	10	16,425	54,750
バラナシ市	326	1,080	12	150	3	9	16,425	54,750

注：2003年価格水準

上記の経済便益及び本事業の費用（財務費用）から換算した経済費用に基づき、年毎の経済費用及び経済便益収支フローを算定した。これを下に、本事業の割引現在価値（NPV）、経済内部収益率（EIRR）、費用便益比（B/C）の各経済指標を以下のとおり算定した。

表 3.22 4市の経済評価結果（基本ケース）

指標	ラクノウ市	カンプール市	アラハバッド市	バラナシ市
NPV（百万 Rs.）	-3,026	-2,994	-2,040	5,444
EIRR	6.1%	Negative	Negative	14.2%
B/C	0.70	0.61	0.42	1.8

注：NPV及びB/Cの割引率は10%を採用

バラナシ市及びラクノウ市のEIRRは5%以上と算定された。特にバラナシ市のEIRRは14%と高く算定された。これは、事業の水質改善によりもたらされる沐浴人口の増加に起因する。

マスタープランでは、住民参加・啓蒙（PP/PA）プログラムの実施が計画されている。この活動により、住民の河川水質の改善及び下水道整備に対する支払い意思額が高まることが期待されている。EIRRが算定不可能（負の値）となったカンプール市及びアラハバッド市のケースにおいて、EIRRが5%及び10%となるために必要な支払い意思額の増分を以下のとおり算定した。

表 3.23 経済的にフィージブルとなるための支払い意思額の必要増分

指標	カンプール市	アラハバッド市
EIRR 5 %	9 %	20 %
EIRR 10 %	70 %	64 %

世界銀行は、この種の公共（環境衛生改善）事業の EIRR は最低 5 %確保されることを推奨している。本事業の EIRR を 5 %以上とし、事業を経済上実施可能とするため、カンプール市及びアラハバッド市において、マスタープランにて計画された住民参加・啓蒙活動の実施により、河川水質の改善及び下水道整備に対する支払い意思額を 10 - 20%高める必要がある。

### 3.13.2 財務評価

本調査で 2003 年に実施したサンプル調査によると、各市の世帯当りの下水道を含む衛生サービス支出は、以下のとおり推定された。衛生サービスに対する平均世帯支出は収入の 1.0 - 2.0%と推定された。

表 3.24 衛生サービスへの世帯平均支出

都市	世帯収入 (Rs./世帯/年)	年間平均衛生サービス 支出(Rs./世帯/年)	世帯収入に対する 衛生サービス支出
ラクノウ市	184,900	3,046	1.6 %
カンプール市	110,000	2,212	2.0 %
アラハバッド市	131,000	1,376	1.0 %
バラナシ市	125,916	1,857	1.5 %

出所：Volume III-6

現在の下水道接続率は 20-40%と推定されている。現在、市上下水道公社は下水道支出の一部を賄うため、下水道料金/税を徴収している。現在の下水道料金の収集率は発行された請求書に対し約 75 %と推定されている（フィージビリティ調査で詳細を調査）。

4 市の事業の財務評価を以下の条件の下、実施した。

- 算定された建設費用及び維持管理・更新費用を財務費用とした。
- 衛生サービスへの世帯平均支出を財務便益とした。
- 料金回収率を 75 %とした。
- 割引率は 10%を採用した。

財務評価の結果を以下の表に示す。

指標	ラクノウ市	カンプール市	アラハバッド市	バラナシ市
NPV (百万 Rs.)	- 6,907	- 5,876	- 1,950	- 6,510
FIRR (財務的内部収益率)	算定不能 (負の値)			
B/C	0.61	0.65	0.46	0.20

注：NPV 及び B/C の算定には割引率 10%を採用。

一般に、下水道の建設費及び維持管理費を使用料の徴収によりすべてを賄うことは不可能である。通常、下水道事業を成立させるために、政府の補助金が投入されている。この補助金は特に建設費に投入される。このような補助金は、公衆衛生に貢献する下水道事業という性質上、正当化されている。上表に示すとおり、FIRR は算定不能となり、本事業においても、このようなケースが当てはまることが判明した。従って、原則、建設費は補助金から、維持管理費の全てあるいは一

部を下水道料金から回収されることが必要となる。

フィージビリティ調査では、詳細なデータ及び情報を基に、フィージビリティ調査対象事業に対して詳細な財務評価を実施した。更に、計画施設の維持管理費を賄うための財務状況の改善方を提案している。