バングラデシュ国
財務省
地方自治農村開発協同省
クルナ上下水道公社（KWASA）

バングラデシュ国
クルナ水供給改善整備事業準備調査

最終報告書
和文要約

平成 23 年 3 月
（2011 年）

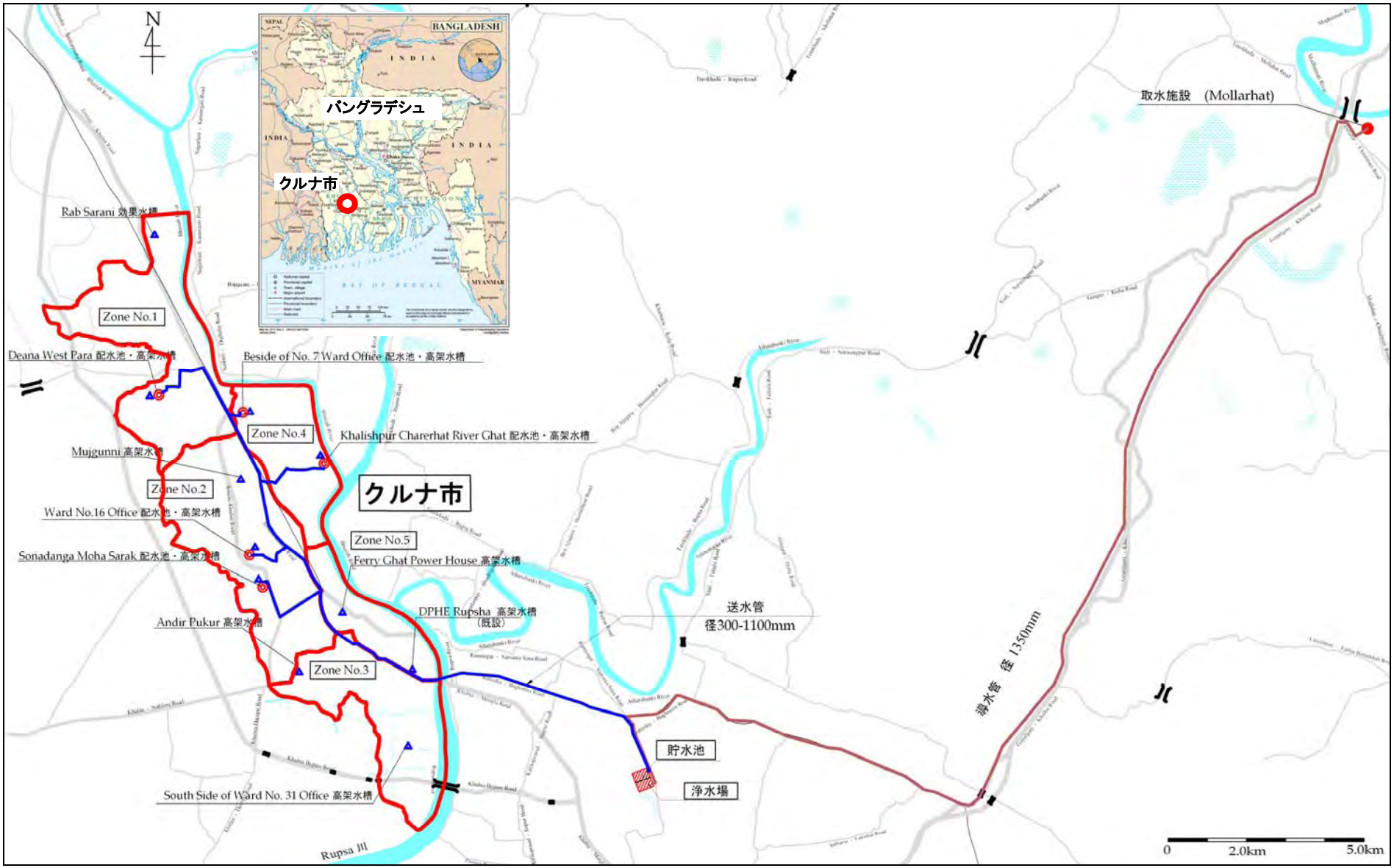
独立行政法人
国際協力機構（JICA）

株式会社エヌジェーエス・コンサルタンツ

環境
CR(3)
11-037

本報告書は、2010 年 11 月現在の物価水準ならびに外貨交換レートに基づき作成されている。採用した外貨交換レートは以下のとおりである。

1.00 バングラデシュ タカ = 1.23 円（= 0.0144 米国ドル）


N
BANGLADESH
INDIA
バングラデシュ
クルナ市
MYANMAR
取水施設 (Mollarhat)
Rab Sarani 効果水槽
Zone No.1
Deana West Para 配水池・高架水槽
Beside of No. 7 Ward Office 配水池・高架水槽
Zone No.4
Khalishpur Charerhat River Ghat 配水池・高架水槽
Mujgunni 高架水槽
Zone No.2
クルナ市
Ward No.16 Office 配水池・高架水槽
Zone No.5
Sonadanga Moha Sarak 配水池・高架水槽
Ferry Ghat Power House 高架水槽
DPHE Rupsha 高架水槽
(既設)
送水管
径300-1100mm
Andir Pukur 高架水槽
Zone No.3
導水管 径 1350mm
貯水池
浄水場
South Side of Ward No. 31 Office 高架水槽
Rupsa 川
0
2.0km
5.0km

調査対象位置図

バングラデシュ国
クルナ水供給改善整備事業協力準備調査

最終報告書

和文要約

目　　次

調査対象位置図
目次
図表リスト
略号

第1章　調査の背景及び概要
1.1 背景 S-1
1.2 調査の目的 S-1
1.3 調査対象地域 S-1

第2章　クルナ市の概要
2.1 自然条件 S-2
2.1.1 気候 S-2
2.1.2 感潮河川水位 S-2
2.1.3 地形 S-2
2.2 社会条件 S-2
2.2.1 水分野の政策 S-2
2.2.2 環境社会配慮 S-4
2.2.3 土地取得と補償制度 S-6

第3章　クルナ市水道事業の現状 S-7

第4章　人口及び水需要予測 S-9

第5章　クルナ市の水道水源
5.1 水源開発の必要性 S-10
5.2 水管理機関 S-10
5.2.1 地下水 S-10
5.2.2 湖沼及び河川水 S-10
5.3 地下水開発の動向 S-10
5.3.1 LGED の調査（MSP 調査） S-10
5.3.2 ADB の調査 S-11
5.3.3 地下水開発の方針 S-11
5.4 河川水源開発の可能性 S-11
5.4.1 水質 S-11
5.4.2 塩水溯上 S-14
5.5 クルナ市の水道システムのための水源開発 S-18
5.5.1 水源開発の方針 S-18
5.5.2 水道水源開発 S-19

第 6 章　長期開発計画

6.1 長期開発計画概要 S-21
6.2 設計諸元及び設計条件 S-21
6.2.1 取水施設 S-21
6.2.2 浄水処理 S-21
6.2.3 導水・送水・配水施設 S-22
6.3 上水道システム比較検討（対象年 2025 年） S-22
6.3.1 取水施設 S-22
6.3.2 配水システム S-25
6.3.3 貯水池の規模 S-25
6.3.4 上水道施設概要 S-27
6.4 事業実施計画 S-28

第 7 章　事業概要

7.1.取水施設 S-30
7.2.導水管 S-32
7.3.貯水池 S-33
7.4.浄水場 S-34
7.5 送水施設 S-36
7.6 配水システム S-38

第 8 章　組織及び事業運営

8.1 現時点の組織整備状況 S-41
8.2 組織整備計画案（2017 年）..... S-41
8.3 事業実施組織 S-43
8.4 能力開発 S-44

第 9 章　財務及び経済分析

9.1 事業資金の調達 S-46
9.2 財務評価 S-46
9.3 基本ケースにおける財政予測 S-47
9.4 経済評価 S-48

第 10 章　環境社会配慮

10.1 環境許可書（ECC）の取得 S-50
10.2 IEE 実施と SCC 発行..... S-50
10.3 EIA 実施と ECC 発行..... S-50
10.4 用地取得および住民移転計画書（LAP & RAP） S-50
10.5 事業実施における環境社会状況 S-50
10.5.1 社会環境..... S-50
10.5.2 周辺環境..... S-51
10.6 事業による環境社会影響予測 S-51
10.7 事業実施への環境社会配慮 S-52
10.7.1 環境モニタリング..... S-53

第 11 章　事業実施計画

11.1 事業概要 S-55
11.2 事業実施スケジュール S-55

11.3 事業実施方法 S-56
11.3.1パッケージ分け S-56
11.3.2事業実施プロセス S-58
11.3.3プロジェクト・マネジメント・ユニット (PMU) S-58
11.4 コンサルタント業務 S-58
11.4.1業務概要 S-58
11.4.2コンサルタント業務にかかる費用 S-58
11.5 事業費 S-59
11.5.1事業費算定条件 S-59
11.5.2初期費用 S-60
11.5.3運転維持管理費 S-62
11.6 運用・効果指標 S-62

第12章　提 言

12.1 継続的地下水揚水計画の策定 S-63
12.2 貧困世帯支援計画策定 S-63
12.3 総合マスタープランの作成 S-63

図表リスト

<表リスト>

第 1 章　調査の背景及び概要

第 2 章　クルナ市の概要
表 2.1　表流水水質基準 S-3
表 2.2　飲料水水質基準 S-3

第 3 章　クルナ市水道事業の現状
表 3.1　クルナ市の水源別水道使用量 S-7
表 3.2　クルナ市水源別給水人口 S-7
表 3.3　クルナ市水源別水利用概要 S-8

第 4 章　人口及び水需要予測
表 4.1　クルナ市の推計人口 S-9
表 4.2　クルナ市の水需要予測 S-9
表 4.3　クルナ市水道整備計画諸元 S-9

第 5 章　クルナ市の水道水源
表 5.1　JICA 調査団実施の 2009 年 10 月の水質測定結果 S-13
表 5.2　JICA 調査団実施の 2010 年 2 月の水質測定結果 S-13
表 5.3　JICA 調査団実施の 2010 年 3 月の水質測定結果 S-14
表 5.4　2007 年 JBIC 塩分観測調査結果 S-15
表 5.5　2010 年 3 月 Mollarhat、Phultala 及び Rupsha 地点の塩素イオン濃度観測結果 .. S-17
表 5.6　2010 年 4 月 Mollarhat、Phultala 及び Rupsha 地点の塩素イオン濃度観測結果 .. S-17
表 5.7　2010 年 4 月 Boltori, Haridaspur 及び Chapali Ghat 地点の塩素イオン濃度観測結果 S-18
表 5.8　クルナ市水道システムのための水源開発 S-19

第 6 章　長期開発計画
表 6.1　取水地点オプションの概要 S-22
表 6.2　取水地点比較検討 S-24
表 6.3　上水道施設概要（2025 年） S-27
表 6.4　施設用地リスト（2025 年） S-28

第 7 章　事業概要
表 7.1　配水池及び高架水槽容量 S-40

第 8 章　組織及び事業運営
表 8.1　KWASA 要員計画（2017 年） S-42
表 8.2　事業実施組織の役割分担 S-43

第 9 章　財務及び経済分析

第 10 章　環境社会配慮

表 10.1　事業概要と用地.....S-50
表 10.2　社会影響予測（要約）.....S-51
表 10.3　環境影響予測（要約）.....S-52
表 10.4　ステークホールダーミーティング.....S-52
表 10.5　フォーカスグループ協議.....S-52
表 10.6　事業予定地の概要.....S-52
表 10.7　プロジェクト実施環境管理計画（案）.....S-53

第 11 章　事業実施計画
表 11.1　事業概要.....S-55
表 11.2　各パッケージの施設概要.....S-56
表 11.3　コンサルタント業務費の内訳.....S-59
表 11.4　初期費用の概要.....S-60
表 11.5　パッケージ 1、2（JICA 事業分）にかかる年次別支払い額.....S-61
表 11.6　運転維持管理費.....S-62
表 11.7　運用・効果指標.....S-62

第 12 章　提　言

<図リスト>

第 1 章　調査の背景及び概要

第 2 章　クルナ市の概要
図 2.1　「Red」プロジェクトの環境許可と環境評価の手順.....S-5
図 2.2　用地取得手続概要図.....S-6

第 3 章　クルナ市水道事業の現状

第 4 章　人口及び水需要予測

第 5 章　クルナ市の水道水源
図 5.1　2009 年～2010 年 JICA 調査団水質調査実施地点位置図.....S-12
図 5.2　2005 年～2010 年の月別塩素イオン濃度測定結果.....S-15
図 5.3　2010 年 JICA 調査団塩素イオン濃度観測地点.....S-16
図 5.4　浄化水量と水需要比較.....S-20

第 6 章　長期開発計画
図 6.1　取水オプションの位置.....S-23
図 6.2　Mollahat における塩素イオン濃度測定結果.....S-26
図 6.3　クルナ市上水道システム概要.....S-29

第 7 章　事業概要
図 7.1　取水施設配置図.....S-31
図 7.2　導水管ルート.....S-32
図 7.3　浄水場配置図.....S-35
図 7.4　送水管概要図.....S-37
図 7.5　配水池及び高架水槽位置図.....S-39

第 8 章　組織及び事業運営

図 8.1　KWASA 組織計画案（2017 年）.....S-42
図 8.2　PMU 組織案 S-44

第 9 章　財務及び経済分析

第 10 章　環境社会配慮

第 11 章　事業実施計画

図 11.1　事業実施スケジュール（パッケージ 1&2）.....S-57

第 12 章　提　言

略　　号

ADB	アジア開発銀行(Asian Development Bank)
ARIPO	不動産条例の獲得及び要求(Acquisition & Requisition Property Ordinance)
BOD	生物化学的酸素要求量(Biological Oxygen Demand)
BDT	バングラディッシュ国タカ(Bangladeshi Taka)
BWDB	バングラディッシュ水開発局(Bangladesh Water Development Board)
CCL	法廷現金報酬(Cash Compensation under the Law)
CDIA	アジア都市開発イニシアティブ(City Development Initiative for Asia)
COD	化学的酸素要求量(Chemical Oxygen Demand)
DF/R	ドラフトファイナルレポート(Draft Final Report)
DMD	副局長 (Deputy Managing Director)
DOE	環境保全局(Department of Environment)
DPHE	衛生工学省(Department of Public Health Engineering, MLGRD&C)
DWASA	ダッカ上下水道局(Dhaka Water and Sewerage Authority)
EA	環境アセスメント(Environmental Assessment)
ECC	環境許可書(Environmental Clearance Certificate)
ECCo	環境許可委員会(Environmental Clearance Committee)
EIA	環境影響評価(Environmental Impact Analysis)
EIRR	経済的内部収益率(Economic Internal Rate of Return)
EMP	環境管理計画(Environmental Management Plan)
ENPV	経済現在価値(Economic Net Present Value)
EOCC	経済的資本機会費用(Economic Opportunity Cost of Capital)
EQS	環境基準(Environmental Quality Standard)
ERD	財務省経済関係局(Economic Relations Division, Ministry of Finance)
FCD/I	洪水制御排水・灌漑(Flood Control Drainage and Irrigation)
FGD	フォーカス・グループ・ディスカッション(Focus Group Discussion)
FIRR	財務的部収益率(Financial Internal Rate of Return)
FNPV	財務現在価値(Financial Net Present Value)
FOCC	財務的資本機会費用(Financial Opportunity Cost of Capital)
F/R	最終報告書(Final Report)
F/S	実現可能性調査(Feasibility Study)
GI	亜鉛めっき鋼板(Galvanized Iron)
GDP	国内総生産(Gross Domestic Product)
GOB	バングラディッシュ国政府(Government of Bangladesh)
GOJ	日本国政府(Government of Japan)
GRC	苦情救済委員会(Grievance Redress Committee)
HR	人材(Human Resource)
HRD	人材育成(Human Resource Development)
IC/R	インセプション・レポート(Inception Report)
IEE	初期環境調査(Initial Environmental Examination)
IIP	暫定的向上事業(Interim Improvement Project)
IT/R	中間報告書(Interim Report)
IUCN	国際自然保護連合(International Union for Conservation of Nature & Natural Resources)
JBIC	日本国際協力銀行(Japan Bank of International Cooperation)
JICA	日本国際協力機構(Japan International Cooperation Agency)
JTU	ジャクソン濁度単位(Jackson Turbidity Unit)
JIVT	共同出資調査団(Joint Inventory Verification Team)

KCC	クルナ市役所(Khulna City Corporation)
KDA	クルナ開発局(Khulna Development Authority)
KWASA	クルナ上下水道局(Khulna Water Supply and Sewerage Authority)
LAP	土地取得計画書(Land acquisition Plan)
LGD	地方自治局(Local Government Division, MLGRD&C)
MARV	最大許容再取得価額(Maximum Allowable Replacement Value)
MBBR	流動床型生物反応槽 Moving Bed Bio-Reactor
MBR	Madaripur 水路(Madaripur Beel Route)
MD	局長 (Managing Director)
MDG	ミレニアム開発目標(Millennium Development Goal)
MLGRD&C	地方自治農村開発協同省(Ministry of Local Government and Rural Development & Cooperatives)
MoEF	環境・森林省(Ministry of Environment and Forest)
NCS	国土保全戦略(National Conservation Strategy)
NEMP	国家環境管理計画(National Environmental Management Plan)
NOC	事業実施同意書(No Objection Certificate)
NRW	無収水(Non-Revenue Water)
NWMP	国家水管理計画(National Water Management Plan)
NWP	国家水政策(National Water Policy)
NWRC	国家水源評議会(National Water Resources Council)
O&M	運転管理 Operation and Maintenance
PAP	プロジェクトの影響を受ける人(Project Affected People)
PCU	プロジェクト調整部 Project Coordination Unit
PMO	プロジェクト管理官(Project Management Officer)
PMU	事業実施管理室(Project Management Unit)
PPTA	プロジェクト準備技術支援(Project Preparatory Technical Assistance)
PTW	生産井(Production Tube Well)
P/R	経過報告書(Progress Report)
RAP	住民移転実施計画書(Resettlement Action Plan)
RO	逆浸透(Reverse Osmosis)
RU	移転世帯(Resettlement Unit)
SAPROF	案件形成促進調査(Special Assistance for Project Formation)
SCC	立地許可書(Site Clearance Certificate)
S/C	ステアリングコミッティ(Steering Committee)
SIA	社会影響評価(Social Impact Assessment)
SPS	セーフガード政策(Safeguard Policy Statement)
SPT	標準貫入試験(Standard Penetration Test)
SRDI	土壌資源開発協会(Soil Resources Development Institute)
S/W	業務範囲(Scope of Work)
SWTP	地表水処理浄水場(Surface Water Treatment Plant)
TA	技術支援(Technical Assistance)
TOR	業務指示書(Terms of Reference)
UFW	不明水(Unaccounted for Water)
USD	米国ドル(United States Dollar)
WASA	上下水道公社(Water and Sewerage Authority)
WARPO	水資源計画機構(Water Resource Planning Organization)
WTP	浄水場(Water Treatment Plant)
WUG	ウォーターユーザーズグループ(Water User Group)

第 1 章　調査の背景及び概要

1.1　背景

バングラデシュ国の第 3 の都市であるクルナ市は南西部の Bhairab 川と Rupsah 川の河岸に位置する。現在のクルナ市の水道は、主に深井戸と浅井戸からの地下水を利用している。長期的にみて増加する水需要に対して、たとえ表流水が乾季に塩水遡上の影響を受けるとしても、地下水と表流水を組み合わせて使っていくことが必要となる。不足する水供給と増加する水需要の課題に取組むために KWASA が 2008 年 2 月に設立された。KWASA は新しい表流水を水源とする新規の水道システムを JICA と ADB の支援の下に建設することを計画している。

バングラデシュ国 クルナ水供給改善整備事業準備調査（以下「本調査」）は、2009 年 3 月 31 日に財務省、地方自治農村開発協同省及び KWASA と JICA の間で交わされた調査に係る SW 協議の議事録、さらに 2009 年 8 月 12 日に財務省、地方自治農村開発協同省及び KWASA と JICA 交わされた第 2 回準備調査協議の議事録に基づいて実施された。

JICA は調査団を選定し、調査は 2009 年 10 月 4 日に開始された。

1.2　調査の目的

プロジェクトの背景、目的及び内容を把握し、2030 年を目標とした上下水道施設整備長期計画を策定する。さらに、わが国有償資金協力の位置付け及び効果、技術的・経済的妥当性を検証のうえ、2025 年を目標年次とする優先プロジェクトの選定とその F/S を行う。

1.3　調査対象地域

以下を調査対象地域とする。

- クルナ市役所（KCC）の管轄区域
- クルナ市の給水増補のために井戸施設と導水施設を建設中である Phultala 地区
- 本件調査における取水施設、浄水場施設の各候補地、導水管、送水管施設の各候補ルート

第 2 章　クルナ市の概要

2.1　自然条件

クルナ市はクルナ県の北部に位置し、Rupsha 川と Bhairab 川に近接した商業地を中心に広がる市域を有する。市域は Bhairab 川沿いに約 15km に延び、約 45 km^2 の広さとなっている。地理条件としては、市域の北西部には泥沼地と湿地帯が広がっている。クルナ市周辺を流れる河川は、全て感潮河川である。クルナ市周辺を流れる河川の潮の干満の影響をどのように評価するかは、本調査の重要検討事項である。

2.1.1　気候

2004 年から 2009 年のクルナ市の平均年間雨量は、1,946mm である。平均年間蒸発量は、953mm である。

2.1.2　感潮河川水位

クルナ市周辺を流れる河川は、全て感潮河川で潮の干満の影響を受けている。BWDB が感潮河川の水位を監視している。

2.1.3　地形

自然にできた土手、砂州、湿地・氾濫原、三角州、大河川の河口あるいは海岸が混成する複雑な河川／海域起源の細長い地層がクルナ市域の特徴である。河川／海域起源の細長い地層、自然にできた土手、氾濫原、氾濫域、三日月湖、放棄河道、砂州、湿地/氾濫原及び河口平野が組み合わされてクルナ市域に存在することが認められる。

2.2　社会条件

2.2.1 水分野の政策

政府は下記の政策を水セクターの方針として定めている。

- National Water Policy (1999)
  国の水行政の 6 つの目的として、①地下水と表流水の効率的な利用、②社会全体への水の確保、③秩序化された公的・私的水利用システムの開発、④地方分権化、女性の地位向上を考慮した制度の整備、⑤地方分権化、環境保全、民間活用促進のための法整備、⑥将来の水資源開発を管理するための情報蓄積、を挙げている。
- National Water Management Plan (2004)
  国家水資源委員会が 2004 年から 25 年間に水道整備及び衛生改善事業を含む国家水管理計画事業（NWMP）を実施する。
- National Policy for Arsenic Mitigation (2004)
  砒素被害を防ぐために公報、安全な代替水源の活用、砒素被害者への診断・手当ての方針を定めている。

さらに 1995 年に環境保全法が成立し、1997 年に環境保全規則が定められた。環境保全規則（1997）における水質規定は下記のとおりである。

表 2.1　表流水水質基準

用途別目標	pH	BOD mg/L	DO mg/L	大腸菌群数 /100
a. 滅菌処理後の飲料水水源	6.5-8.5	2 or less	6 or above	50 or less
b. レクリエーション用	6.5-8.5	3 or less	5 of more	200 or less
c. 一般的な処理後の飲料水水源	6.5-8.5	6 of less	6 or more	5000 or less
d. 水産業用水	6.5-8.5	6 of less	5 or more	---
e. 産業処理水及び冷却用水	6.5-8.5	10 or less	5 or more	5000 or less
f. 灌漑用水	6.5-8.5	10 or less	5 or more	1000 or less

註：1. 食用植物栽培用にはアンモニア窒素として 1.2 mg/l.
2. 灌漑用水の伝導度 - 2250 μmhoms/cm（水温 25° C）; ナトリウム26%以下;ホウ素 0.2%以下

表 2.2　飲料水水質基準

指標	単位	基準値	指標	単位	基準値
1. Aluminum	mg/L	0.2	26. Hardness (as CaCO3)	mg/L	200 - 500
2. Ammonia (NH3)	mg/L	0.5	27. Iron	mg/L	0.3 - 1.0
3. Arsenic	mg/L	0.05	28. Kjeldhl Nitrogen (total)	mg/L	1
4. Balium	mg/L	0.01	29. Lead	mg/L	0.05
5. Benzene	mg/L	0.01	30. Magnesium	mg/L	30 - 35
6. BOD5 20° C	mg/L	0.2	31. Manganese	mg/L	0.1
7. Boron	mg/L	1.0	32. Mercury	mg/L	0.001
8. Cadmium	mg/L	0.005	31. Manganese	mg/L	0.1
9. Calcium	mg/L	75	32. Mercury	mg/L	0.001
10. Chloride	mg/L	150 - 600*	33. Nickel	mg/L	0.1
11. Chlorinated alkanes			34. Nitrate	mg/L	10
carbontetrachloride	mg/L	0.01	35. Nitrite	mg/L	<1
1.1 dichloroethylene	mg/L	0.001	36. Odor	mg/L	Odorless
1.2 dichloroethylene	mg/L	0.03	37. Oil and grease	mg/L	0.01
tetrachloroethylene		0.03	38. pH	--	6.5 - 8.5
trichloroethylene		0.09	39. Phenolic compounds	mg/L	0.002
12. Chlorinated phenols			40. Phosphate		6
pentachlorophenol	mg/L	0.03	41. Phosphorus	mg/L	0
2.4.6 trichlorophenol	mg/L	0.03	42. Potassium	mg/L	12
13. Chlorine (residual)	mg/L	0.2	43. Radioactive materials (gross alpha activity)	Bq/L	0.01
14. Chloroform	mg/L	0.09	44. Radioactive materials (gross beta activity)	Bq/L	0.1
15. Chromium (hexavalent)	mg/L	0.05	45. Selenium	mg/L	0.01
16. Chromium (total)	mg/L	0.05	46. Silver	mg/L	0.02
17. COD	mg/L	4.0	47. Sodium	mg/L	200
18. Coliform (fecal)	n/100mL	0	48. Suspended particulate matters	mg/L	10
19. Coliform (total)	n/100 mL	0	49. Sufide	mg/L	0
20. Color	Hazen unit	15	50. Sulfate	mg/L	400
21. Copper	mg/L	1	51. Total dissolved solids	mg/L	1000
22. Cyanide	mg/L	0.1	52. Temperature	° C	20-30
23. Detergents	mg/L	0.2	53. Tin	mg/L	2
24. DO	mg/L	6	54. Turbidity	JTU	10
25. Fluoride	mg/L		55. Zinc	mg/L	5

*海岸地域（クルナは海岸地域に属する）には 1000mg/L を適用する：バングラデシュ公報、補遺、1997 年 8 月 28 日

2.2.2 環境社会配慮

バングラデシュでは主に下記の政策、法令及び規則が環境保全に係るすべての活動を規制している。

a) Environmental Policy (1992 年)
b) The Bangladesh Environment Conservation Act (1995 年)
c) 環境保全規則 (1997 年)

バングラデシュでは、環境影響評価 (EIA) に関して開発事業の環境許可の申請及び取得に至る手続きが定められており、開発事業を４つのカテゴリーに分けて環境影響評価が行われている。本プロジェクトのように水道事業で新規に浄水場を建設する上水道整備事業は最も厳しく評価されるカテゴリーである「Red」に分類される。カテゴリーが「Red」となるプロジェクトの「環境許可の手順」と「環境評価手順」を図 2.1 に示す。

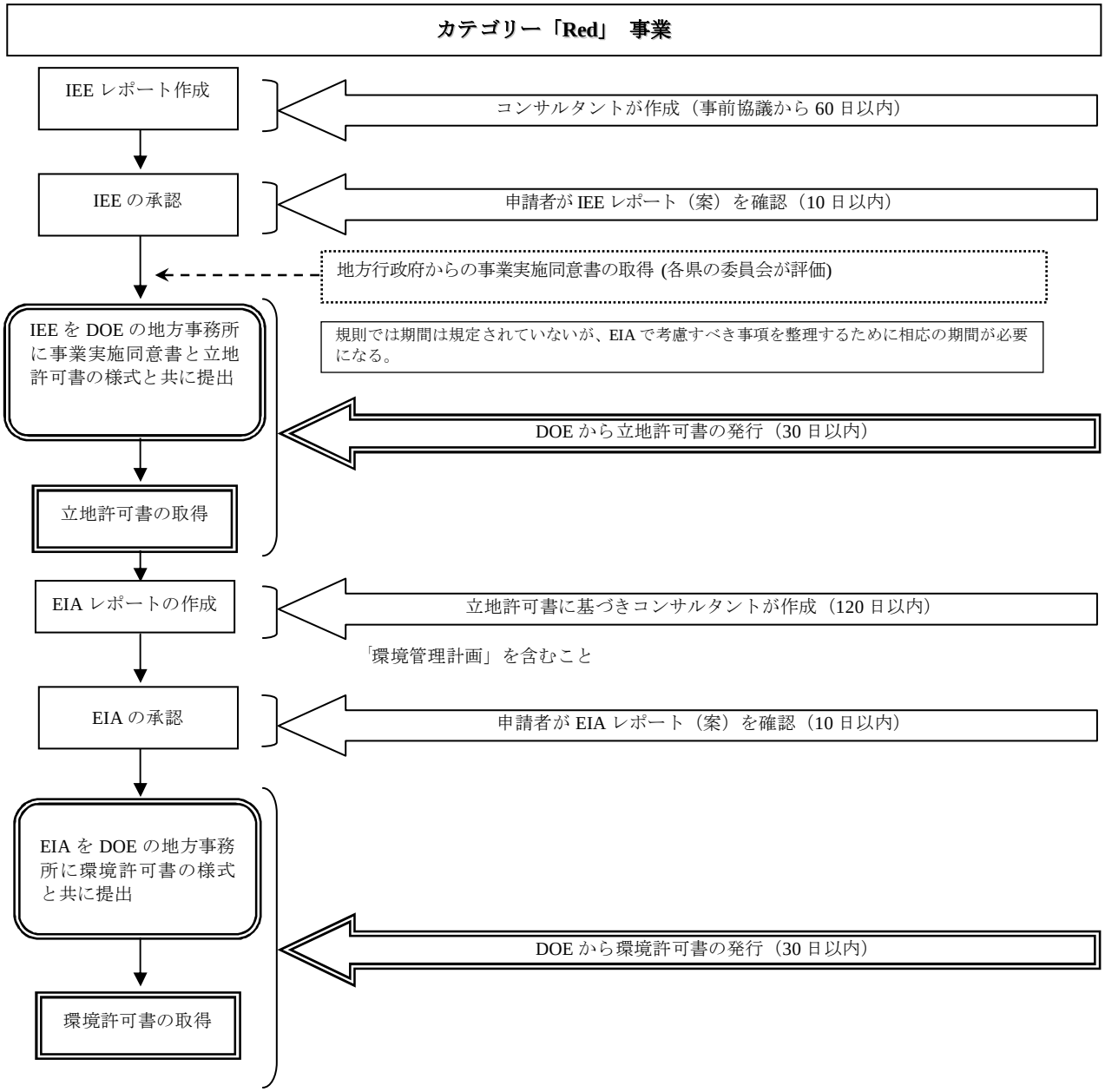


図 2.1 「Red」プロジェクトの環境許可と環境評価の手順

2.2.3 土地取得と補償制度

用地取得と補償制度の概略は、図 2.2 に示すとおりである。

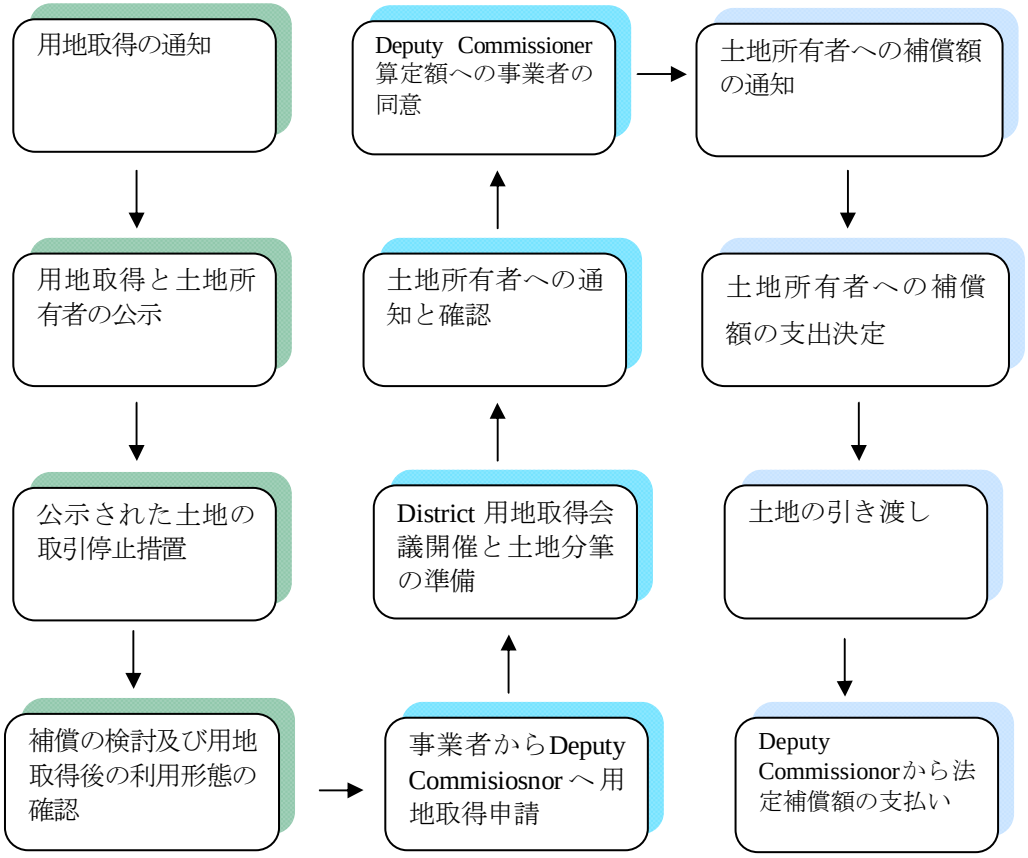


図 2.2 用地取得手続概要図

第 3 章　クルナ市水道事業の現状

クルナ市の水道使用量を明確に示すデータがないことから、本調査において水源ごとにサンプル調査を実施し、クルナ市全体の水道使用量を下表のとおり推計した。

表 3.1 クルナ市の水源別水道使用量

水　源		一日当たり水量
地下水	KWASA 深井戸	30,100 m^3/日
	KWASA　手押しポンプ井戸	39,300 m^3/日
	私有井戸	49,700 m^3/日
	地下水計	119,100 m^3/日
表流水		0 m^3/日
	合　計	**119,100 m^3/日**

本調査に先立ち ADB が実施した TA（Supporting the Establishment of KWASA）において、現状のクルナ市の水源ごとの給水人口は次のように推計されている。

表 3.2　クルナ市水源別給水人口

給水人口		人数	備考
KWASA 深井戸			
(1)	登録済み	15,251	
(2)	給水停止	2,579	
(3)	給水継続中	12,672	(1)-(2)
(4)	一接続当たり人数	13.5	
(5)	給水人口	171,100	(3)x(4)
給水栓			
(6)	接続数	503	
(7)	不稼働数	403	
(8)	稼働数	100	(6)-(7)
(9)	1 カ所当たり利用者	100	
(10)	給水人口	10,000	(8)x(9)
KWASA 手押しポンプ井戸			
(11)	深井戸数	3,748	
(12)	浅井戸数	5,538	
(13)	1 カ所当たり利用者	30	
(14)	給水人口	278,600	((11)+(12))x(13)
私有井戸			
(15)	私有井戸数	13,733	
(16)	1 カ所当たり利用者	30	
(17)	給水人口	412,000	(15)x(16)
その他（ため池等）		85,300	
(18)	合計	957,000	

クルナ市の現状の水道利用の概略は次のとおりである。

表 3.3　クルナ市水源別水利用概要

水　源	水利用状況	備考
KWASA 深井戸	給水人口：171,100+10,000*1=181,100 人 給水量 = 30,100 m^3/日 損失水量 = 40%：30,100x0.40 =12,040 m^3/日 実給水量 = 30,100-12,040 =18,060 m^3/日 非家庭給水 = 20%：18,060x0.20 = 3,610 m^3/日 家庭給水 = 18,060-3,610 = 14,450 m^3/日 Lpcd = 14,450x1,000/181,100 = 80 L/人日	損失水量を 40%と仮定
KWASA 手押しポンプ井戸	給水人口：278,600 人 給水量 =39,300 m^3/日 損失水量 = 10%：39,300x0.10 = 3,930 m^3/日 実給水量 = 39,300-3,930 = 35,370 m^3/日 非家庭給水 = 20%：35,370x0.20 = 7,070 m^3/日 家庭給水 = 35,370-7,070 = 28,300 m^3/日 Lpcd = 28,300x1,000/278,600 = 102 L/人日	損失水量を 10%と仮定
私有井戸	給水人口：412,000 人 給水量 = 49,700 m^3/日 損失水量 = 10%：49,700x0.10=4,970 m^3/日 実給水量 = 49,700-4,970 = 44,730 m^3/日 非家庭給水= 20%：44,730x0.20=8,950 m^3/日 家庭給水= 44,730-8,950 = 35,780 m^3/日 Lpcd = 35,780x1,000/412,000 = 87 L/人日	損失水量を 10%と仮定
合計	給水人口：957,000 人 給水量 =119,100 m^3/日 損失水量 = 20,940 m^3/日 実給水量 = 98,160 非家庭給水= 19,630 m^3/日 家庭給水= 78,530 m^3/日 Lpcd = 78,530x1,000/957,00 = 82 L/人日 非家庭給水比率= 19,630/98,160 = 20%	

註：　*1:給水栓人口

第 4 章　人口及び水需要予測

ADB の支援の下で KCC が作成したクルナ市都市計画（ADB: Cities Development Initiative for Asia(CDIA) support to KCC/June 2009）において、2001 年の国勢調査の結果からクルナ市の現状と将来人口を次のように推計している。

表 4.1　クルナ市の推計人口

	2009 年	2010 年	2015 年	2020 年	2025 年	2030 年
総人口(人)	957,000	976,000	1,078,000	1,190,000	1,314,000	1,450,000

将来のクルナ市の水重要は次のように予測される。

表 4.2　クルナ市の水需要予測

項目／年	2009 年	2010 年	2015 年	2020 年	2025 年	2030 年
計画人口（人）	957,000	976,000	1,078,000	1,190,000	1,314,000	1,450,000
一人一日平均使用水量（lpcd）	82	90	97	105	113	120
非生活用水需要比率（%）	20	20	16	13	10	10
生活用水需要量（m^3/d）	78,474	87,515	104,925	124,950	148,044	174,483
非生活用水需要量（m^3/d）	19,619	21,879	19,986	18,671	16,449	19,387
生活・非生活用水需要量（m^3/d）	98,093	109,393	124,911	143,621	164,493	193,870
浄水場以降の損失水量比率（%）	18	18	18	18	18	18
一日平均使用水量	119,625	133,407	152,331	175,147	200,602	236,427
計画負荷率	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
計画一日最大給水量(m^3/d)	137,569	153,417	175,180	201,419	230,692	271,891
既存施設容量（m^3/d）	119,100	119,100	125,850	125,850	125,850	125,850
計画給水量（m^3/d）				75,569	104,842	146,041
浄水場内損失水量比率（%）				5	5	5
計画浄水量（m^3/d）				80,000	110,000	150,000

FS 対象施設（2025 年目標）と長期開発計画（2030 年目標）の計画諸元は次のとおりである。

表 4.3　クルナ市水道整備計画諸元

	フィージビリティスタディ	長期開発計画
計画年	2025 年*1	2030 年
計画人口	1,314,000 人	1,450,000 人
一人一日使用水量	113 lpcd	120 lpcd
非生活用水量比率	10 %	10 %
浄水場以降の損失水量比率	18 %	18 %
生活用水需要量	149,000 m^3/日	175,000 m^3/日
非生活用水需要量	17,000 m^3/日	20,000 m^3/日
損失水量	37,000 m^3/日	43,000 m^3/日
水需要合計	203,000 m^3/日	238,000 m^3/日
新規建設施設容量	110,000 m^3/日	220,000 m^3/日

註：バングラデシュ国側との協議により、施設建設後 10 年を FS 対象施設の目標年とした。

第 5 章　クルナ市の水道水源

5.1　水源開発の必要性

前章で将来の水需要を予測したが、現状の水道システムではクルナ市の将来の水需要を満たすことは困難である。現在の水源では将来の水需要に合った安定した水を供給するのは不可能で、適切な量と質で需要を満たす新たな水源の開発が必要である。

5.2　水管理機関

5.2.1　地下水

バングラデシュでは、地下水を統括して管理する機関を明確には規定されていない。地方自治農村開発協同省地方自治局（LGD）及び傘下の地方自治技術局（LGED）が各地域の水道整備事業を実施している。都市及び農村は主に、MLGRD&C の公衆衛生局が水道事業を実施している。

5.2.2　湖沼及び河川水

湖沼及び河川水については、バングラデシュ水開発局（BWDB）が水源管理及び開発を管理している。

5.3　地下水開発の動向

5.3.1　LGED の調査（MSP 調査）

バングラデシュの地下水の水位は、乾季に低下するが、モンスーンの時期に回復する。例外として、大都市、特にダッカ市において大規模の地下水が揚水されて、長期的に地下水位低下を起こしている。

LGED は「クルナ市周辺地域の地下水及び水理・地質調査／都市サービスプロジェクト(MSP) /最終報告書 2005 年 5 月」を行った。この調査のモニタリング結果報告書では、クルナの水道水源としての供給能力を次のように評価している。

<u>水道水源としての地下水</u>

深度 350m までを対象に調査を行ったが、クルナ市の中心付近に深層部で少量であるが新たな水源となる帯水層があり、砒素濃度に問題はなく許容基準値以下である。ただ鉄とマンガン濃度が許容基準値を超えている。

<u>水道水源としての表流水</u>

クルナ市の表流水源として考えられる Bhairab 川は、クルナ市北端から上流 35km に及ぶ区間で 1 年の内 5 カ月間は鉱物濃度（塩分濃度）が高い。残りの 7 カ月間は、濁度は高いが鉱物濃度は低い。

5.3.2 ADB の調査

ADB が実施した TA 調査（Supporting the Establishment of KWASA/ November 2009）において、シミュレーションモデル解析をして地下水開発の可能性が検証された。

解析結果からは、クルナ市の地下帯水層は生産性があるが、揚水することによって帯水層の塩分と水質の影響により、今後揚水量を増加するのは制限される可能性があることが示唆されている。

5.3.3 地下水開発の方針

クルナ市の水道水源として地下水は重要である。しかし、現状の揚水量以上の地下水を利用することが可能であるかどうかは不確定である。従って本調査における地下水開発の方針としては、現在の揚水量が継続されることとし、地下水の将来的な地下水開発の可能性が正確に検証されるまでは、揚水量の増加を見込まないこととする。

5.4 河川水源開発の可能性

5.4.1 水質

クルナ市周辺の河川水の水質について、これまでに以下の調査が行われている。

i) DOE の水質監視データ
ii) 「水源分析調査：JBIC（2007 年）」
iii) 「Madhumati 川の 3 地点及び MBR の水質及び塩分分析調査：KWASA（2009 年）」

上記調査結果は、「Volume II Main Report」に示す。

JICA 調査団は 2009 年と 2010 年に、図 5.1 に示す地点で河川水の水質調査を行った。

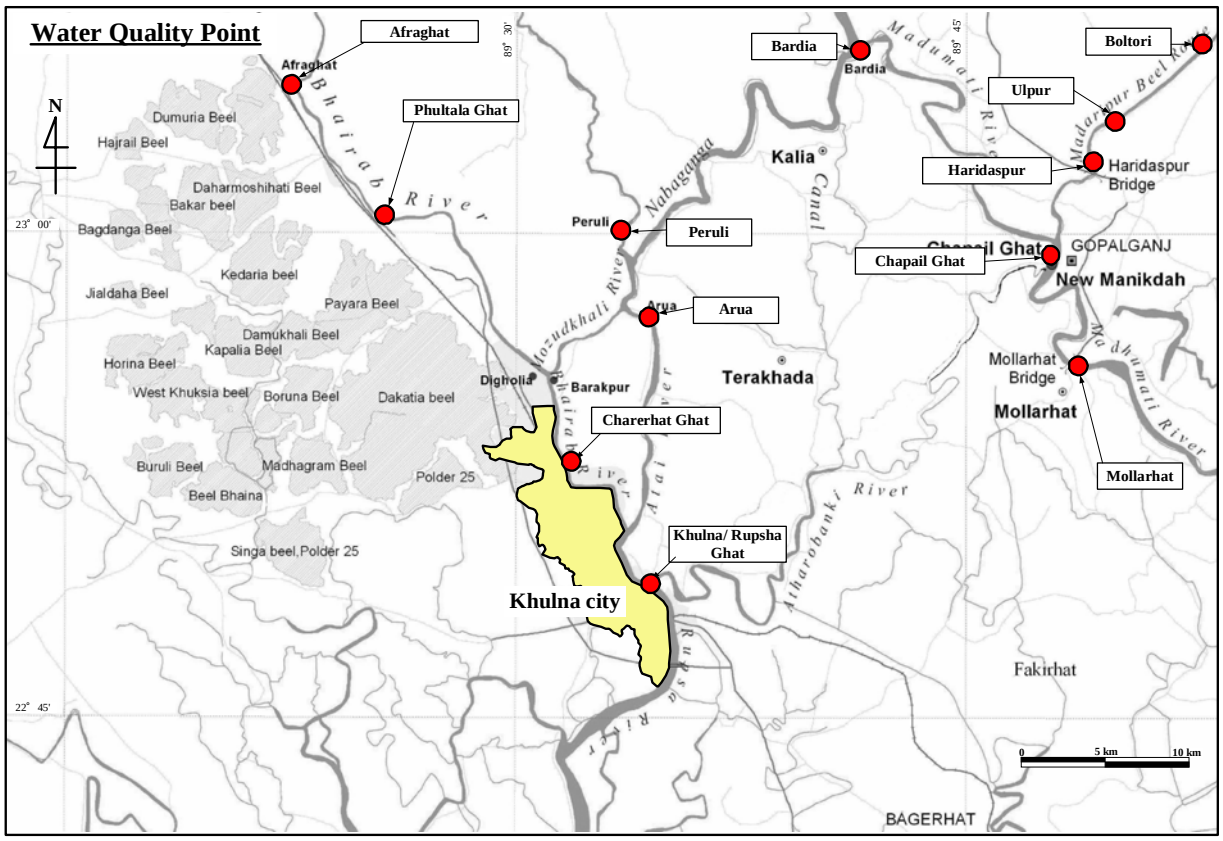


図 5.1　2009 年～2010 年 JICA 調査団水質調査実施地点位置図

JICA 調査団は 3 回水質測定を行った。すなわち、2009 年 10 月に 9 カ所、2010 年 2 月に 11 カ所、2010 年 3 月に 3 カ所の水質を測定した。JICA 調査団の水質測定の結果を表 5.1、表 5.2 及び表 5.3 に示す。

さらに分析機関の分析誤差の有無を確認するために、同一の場所、時間に採取したサンプルをダッカ DPHE 本部の水質試験室、クルナ DPHE の水質試験室、バングラデシュ工科大学の水質試験室及び東京の環境管理センターにおいてそれぞれ分析を行い、分析結果のクロスチェックを行った。水銀について、バングラデシュ工科大学の試験室の結果が許容濃度を上回ったが、その他はすべて許容値以下であった。このことより水銀は、許容濃度以下であると判断した。

重金属は 3 カ所で許容値を超えるものがあった。濁度、COD 及び BOD に関しては、Mollarhat が Phultala やクルナの採水地点に比べて明らかに良い結果となった。さらに Mollarhat は砒素、亜鉛、マンガンに関しても他の地点のものに比べて良い結果となった。

表 5.1 JICA 調査団実施の 2009 年 10 月の水質測定結果

測定箇所 / 水質項目		基準値	Mollarhat	Chapailghat	Haridaspur	Khulna	Arua	Peruli	Bardia	Afraghat	Ulpur
採水日	単位		10月10日	10月10日	10月10日	10月11日	10月12日	10月12日	10月12日	10月10日	10月11日
pH	-	6.5-8.5	7.6	7.5	7.3	7.8	7.9	7.9	8.1	7.6	8.01
Turbidity	NTU	10	72	87	101	270	207	85	152	55	240
TDS	mg/L	1,000	151	164	134	157	122	142	131	223	143
SS	mg/L	10	36	39	41	105	85	43	77	82	89
COD(Cr)	mg/L	4	5	7	14	<5	<5	<5	<5	21	8
BOD_5	mg/L	0.2	0.6	1.2	1.2	0.2	<0.2	<0.2	<0.2	3.6	2
Mercury (Hg)	mg/L	0.001	0.0028	0.002	<0.0005 *)	0.002	0.002	0.0015	0.0033	0.0038	0.002
Lead (Pb)	mg/L	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Arsenic (As)	mg/L	0.05	0.006	0.007	0.007	0.004	0.002	0.003	0.003	0.007	0.015
Hexavalent Chromium (Cr^{6+})	mg/L	0.05	(0.003)	(0.007)	(0.008)	(0.01)	(0.01)	(0.003)	(0.008)	(0.007)	(0.008)
Calcium (Ca^{2+})	mg/L	75	32	33	35	35	32	32	33	37	35
Copper (Cu)	mg/L	1	0.04	0.05	0.06	0.14	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04
Zinc (Zn)	mg/L	5	0.08	0.06	0.14	0.17	0.05	0.05	0.05	0.07	0.06
Cadmium (Cd)	mg/L	0.005	0.001	<0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	<0.001	<0.001	0.001
Chloride (Cl^-)	mg/L	600	10	12	10	19	9	11	7	30	9
Sulfate (SO_4^{2-})	mg/L	400	<7	<7	9.4	11	15	14	14	<7	12
Phosphate (PO_4^{3-})	mg/L	6	0.15	0.15	0.19	0.43	0.26	0.18	0.30	0.29	0.32
Nitrate (NO_3^-)	mg/L	10	1.8	1.8	1.8	2.2	1.8	2.2	2.2	1.3	2.2
Nitrite (NO_2^-)	mg/L	<1	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	0.10	<0.03
Ammonia (NH_4^+)	mg/L	0.5	0.17	0.36	0.38	0.05	0.27	0.36	0.03	0.18	0.20
Iron (Fe)	mg/L	0.3-1.0	0.77	0.67	1.1	3.2	1.5	0.75	2.6	0.86	2.5
Manganese (Mn)	mg/L	0.1	0.05	0.05	0.07	0.16	0.11	0.03	0.06	0.05	0.15
Dissolved Oxygen (DO)	mg/L	6	5.8	6.3	6.0	7.4	6.6	7.0	7.2	5.3	6.3

注記）Haridaspur の水質データとして水銀を除く項目は BUET の値を採用し、水銀は東京の分析機関の値とした。pH と DO は現場測定の値とした。()内のクロムは全 Cr として表示

表 5.2 JICA 調査団実施の 2010 年 2 月の水質測定結果

測定箇所 / 水質項目		基準値	Kulna	Arua	Peruli	Bardia	Afraghat	Mollarhat	Chapailghat	Haridaspur	Ulpur	Boltori	Phultala
採水日	単位		2月21日	2月20日	2月20日	2月23日	2月20日	2月22日	2月22日	2月21日	2月21日	2月21日	2月21日
pH		6.5-8.5	7.2	7.8	7.8	8.8	7.7	8.6	8.7	8.3	8.4	8.4	7.6
Turbidity	NTU	10	105	69	88	51	57	16	25	7	4	3	90
TDS	mg/L	1,000	978	290	254	210	243	198	186	145	156	162	752
SS	mg/L	10	30	9	16	11	6	5	11	8	7	3	15
COD(Cr)	mg/L	4	65	26	30	41	36	29	42	34	19	15	55
BOD_5	mg/L	0.2	15	4.0	4.8	6.5	5.4	3.5	4.6	4.7	2.5	2.7	12
Mercury (Hg)	mg/L	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Lead (Pb)	mg/L	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arsenic(As)	μg/L	50	2.96	2.75	2.9	1.8	2.8	1.86	1.95	3.24	3.08	2.86	3.74
Cr^{6+}	mg/L	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	0.02	0.07	0.06	0.07	0.05	0.05	0.06
Calcium (Ca^{2+})	mg/L	75	87	31	16	15	9	18	9	9	15	8	85
Copper (Cu)	mg/L	1	0.07	0.04	0.07	0.05	0.04	0.04	0.03	0.04	0.05	0.05	0.05
Zinc (Zn)	mg/L	5	0.48	0.44	0.27	0.18	0.12	0.12	0.22	0.18	0.07	0.18	0.25
Cadmium (Cd)	mg/L	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Chloride (Cl^-)	mg/L	600	1,706	598	452	147	248	79	67	34	22	22	802
Sulfate (SO_4^{2-})	mg/L	400	18	24	10	13	15	11	14	16	9	10	13
Phosphate (PO_4^{3-})	mg/L	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nitrate (NO_3^-)	mg/L	10	5.23	3.89	4.53	6.35	2.45	3.55	5.85	2.45	3.56	4.25	3.54
Nitrite (NO_2^-)	mg/L	<1	0.009	0.005	0.008	0.007	0.006	0.008	0.009	0.007	0.005	0.005	0.008
Ammonia (NH_4^+)	mg/L	0.5	0.23	0.15	0.45	0.34	0.3	0.3	0.45	0.42	0.44	0.34	0.22
Iron (Fe)	mg/L	0.3-1.0	7.38	4.82	7.40	1.46	4.40	0.42	0.52	0.38	0.05	0.02	9.38
Manganese (Mn)	mg/L	0.1	0.11	0.04	0.09	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.10
Dissolved Oxygen (DO)	mg/L	6	8.6	2.3	2.0	4.0	1.7	3.9	8.7	5.3	5.4	9.4	8.6

表 5.3 JICA 調査団実施の 2010 年 3 月の水質測定結果

測定箇所 / 水質項目		基準値	Mollarhat		Phultola		Kulna	
採水日	単位		3月15日	3月28日	3月15日	3月28日	3月15日	3月28日
pH	–	6.5-8.5	7.6	8.1	8.5	6.9	6.8	7.7
Turbidity	NTU	10	8	14	110	180	135	195
TDS	mg/L	1000	726	880	4,180	7,150	5,472	10,725
SS	mg/L	10	9	15	16	24	30	35
COD(Cr)	mg/L	4	25	35	104	123	95	138
BOD_5	mg/L	0.2	6.2	8.9	16	29	14	23
Mercury (Hg)	mg/L	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Lead (Pb)	mg/L	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arsenic(As)	μg/L	50	1	1	4	3	4	2
Cr^{6+}	mg/L	0.05	0.01	0.03	0.03	0.02	0.06	0.05
Calcium (Ca^{2+})	mg/L	75	78	29	48	329	379	388
Copper (Cu)	mg/L	1	0.07	0.02	0.03	0.05	0.09	0.06
Zinc (Zn)	mg/L	5	<0.05	<0.05	<0.05	0.06	0.4	0.1
Cadmium (Cd)	mg/L	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Chloride (Cl^-)	mg/L	600	373	554	2,568	7,150	3,842	5,650
Sulfate (SO_4^{2-})	mg/L	400	18	23	15	19	24	49
Phosphate (PO_4^{3-})	mg/L	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nitrate (NO_3^-)	mg/L	10	5.9	5.4	6.4	3.3	5.2	4.0
Nitrite (NO_2^-)	mg/L	<1	0.007	0.012	0.009	0.01	0.008	0.006
Ammonia (NH_4^+)	mg/L	0.5	0.2	0.4	0.2	0.5	0.7	0.5
Iron (Fe)	mg/L	0.3-1.0	0.3	0.3	11	12	16	15
Manganese (Mn)	mg/L	0.1	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Dissolved Oxygen (DO)	mg/L	6	3.4	3.6	3.4	3.7	4.2	3.3

上記の水質分析結果を見ると、濁度、BOD, COD, TDS 等が総じて高く、鉄分、マンガンが一部の同じ地点において高いことが判る。

これらの基準値を超える指標値は水道水源としては課題となるが、一般的な処理方式、すなわち「凝集沈殿＋急速砂ろ過＋塩素注入及び不連続点塩素注入法による塩素前処理」で対処することが可能である。COD と BOD の大部分が高い数値を示しているが、これは浮遊粒状物質に起因するものであると考えられるため、上記の浄水処理で対応可能と判断される。また TDS 濃度は Mollarhat が最も低く、他の地点に比べて水源として安定していると考えられる。

5.4.2 塩水遡上

(1) DOE の塩水観測結果

2005 年から 2010 年の DOE による河川水の塩素イオン濃度観測結果を図 5.2 に示す。この図から明らかにクルナ市周辺の河川において塩水遡上が進行中であることが判る。

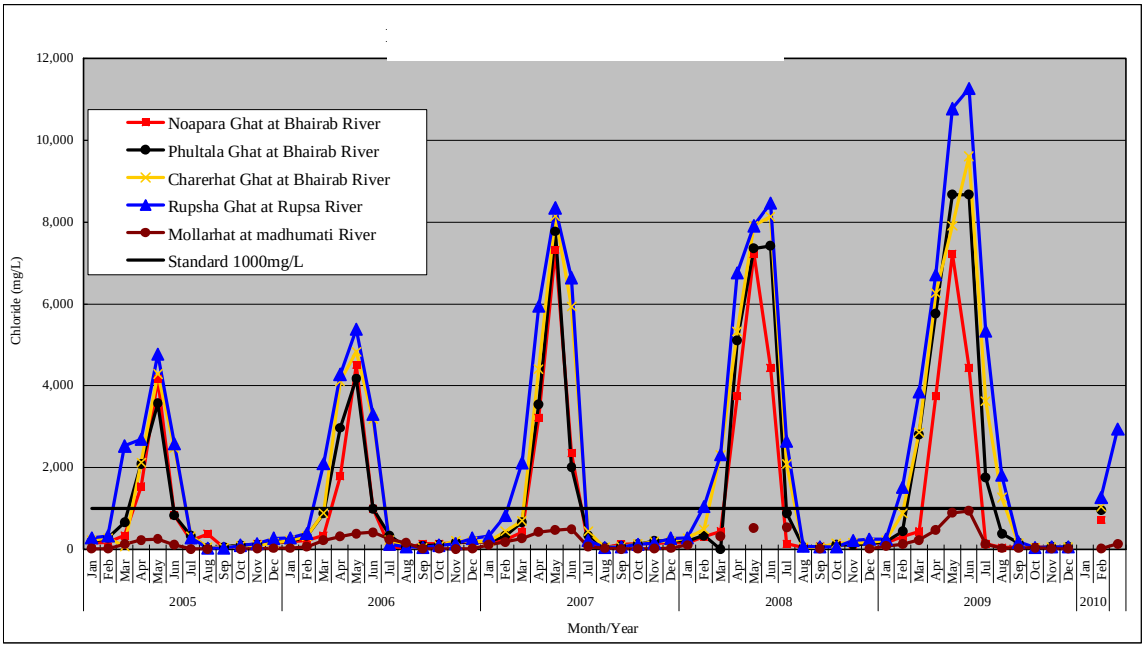


図 5.2　2005 年から 2010 年の月別塩素イオン濃度測定結果（DOE）

(2) 2007 年 JBIC 塩分観測調査結果

2007 年に JBIC が実施した塩分観測調査結果は次のとおりである。

表 5.4　2007 年 JBIC 塩分観測調査結果

Unit: mg/L

Date	Khulna		Arua		Peruli		Bardia		Afraghat		Gopalganj	
	満潮時	干潮時	満潮時	干潮時	満潮時	干潮時	満潮時	干潮時	満潮時	干潮時	満潮時	干潮時
3-Apr-07	5,359	5,222	-	-	3,492	55	-	-	2,513	2,222	-	-
7-Apr-07	5,316	5,269	4 ,102	3,547	3,248	2,991	-	-	2,479	2,179	-	-
10-Apr-07	5,538	5,261	4 ,038	3,432	3,333	2,988	1,581	1,624	2,530	2,158	-	-
14-Apr-07	-	5,521	-	3,573	-	2,972	1,709	1,624	3,141	2,487	-	-
17-Apr-07	6,081	5,538	4 ,085	-	3,162	3,162	2,863	2,179	3,141	2,500	-	-
21-Apr-07	6,466	6,068	4,649	4,026	4,273	3,896	3,205	2,906	3,162	2,568	-	-
24-Apr-07	-	6,107	-	4,085	-	3,718	2,906	2,906	3,145	2,594	-	-
28-Apr-07	6,581	6,453	4,743	-	4,007	3,761	2,778	2,692	3,145	2,581	-	-
1-May-07	6,795	6,196	5,598	5,470	4,178	3,962	3,034	2,820	2,564	3,248	-	-
5-May-07	7,094	6,496	5,726	5,000	4,701	4,134	3,461	3,205	3,077	2,778	-	-
8-May-07	7,008	6,624	5,897	5,256	5,128	4,743	3,547	3,162	3,419	2,991	-	-
12-May-07	7,179	7,137	5,299	5,769	5,299	4,615	3,547	3,376	3,632	3,077	43	-
15-May-07	7,649	7,393	6,709	5,598	5,342	4,671	4,444	3,718	4,188	3,974	342	-
19-May-07	8,333	8,162	6,966	6,325	5,555	5,684	4,957	4,658	5,128	4,530	427	385
22-May-07	7,948	7,692	6,666	6,196	6,581	4,658	4,701	4,316	5,000	4,444	171	299
26-May-07	8,034	7,820	6,367	5,897	6,325	3,504	4,359	3,974	4,530	3,889	43	43
29-May-07	7,582	7,250	-	-	5,983	3,553	4,102	3,761	4,743	3,761	43	43
2-Jun-07	7,637	7,139	6,666	5,598	5,769	3,442	4,487	4,145	4,593	3,874	43	43
5-Jun-07	7,360	6,807	6,325	5,555	4,317	2,988	4,316	3,846	4,649	4,317	43	43
9-Jun-07	7,194	1,826	5,897	5,256	4,333	2,761	3,846	3,590	4,593	4,151	43	43
12-Jun-07	6,862	1,826	4,649	4,040	4,040	1,599	2,933	2,656	4,649	3,652	44	44
16-Jun-07	4,759	277	3,486	2,601	3,752	1,682	2,048	2,048	1,162	775	33	44
19-Jun-07	4,649	221	2,048	1,826	1,926	111	885	332	221	111	44	50
23-Jun-07	1,439	166	166	111	1,550	55	111	55	166	111	50	50
26-Jun-07	55	55	55	55	55	55	55	55	166	166	55	50
30-Jun-07	55	55	55	55	55	55	55	55	-	221	44	44

註：表中の数字は塩分（Salinity）を塩素イオン濃度（Cl^-）に換算して算出しているが、一般に用いられている換算式（塩素イオン濃度＝塩分濃度×55%）は海水に対して便宜的に用いられるものであり、本件のような汽水に対して適用すると実測値と異なる傾向がある。

JBIC の観測結果：

- Khulna、Arua、Peruli、Bardia、Afraghat の観測地点において、6 月中旬まで塩素濃度は基準値を超える。
- Gopalganji において塩素濃度は基準値 1,000mg/L を下回る。

(3) 2009 年 KWASA 塩分観測結果

2009 年 2 月から 5 月に KWASA が実施した塩分観測調査結果は次のとおりである（塩分：Salinity を計測して塩素イオン濃度に換算しているが、一般に用いられている換算式（塩素イオン濃度＝塩分濃度×55%）は海水に対して便宜的に用いられるものであり、本件のような汽水に対して適用すると実測値と異なる傾向がある。）。

- 4 月から 5 月に Madhumati 川の Mollarhat 地点、Chapail Ghat 地点、MBR の Haridaspur 地点において、塩素濃度は基準値 1,000 mg/L を超えている。
- 観測が 2009 年 5 月 15 日で終わっているため、年間塩素濃度が基準値を超えた期間が不明瞭である。しかし、少なくとも Mollarhat で 38 日、Chapailghat で 39 日、そして Haridaspur で 22 日間にわたり塩素濃度が基準値を超えることが検証された。

(4) 2010 年 JICA 調査団塩素イオン濃度観測結果

2010 年に JICA 調査団は図 5.3 に示す地点の塩素イオン濃度を観測した。

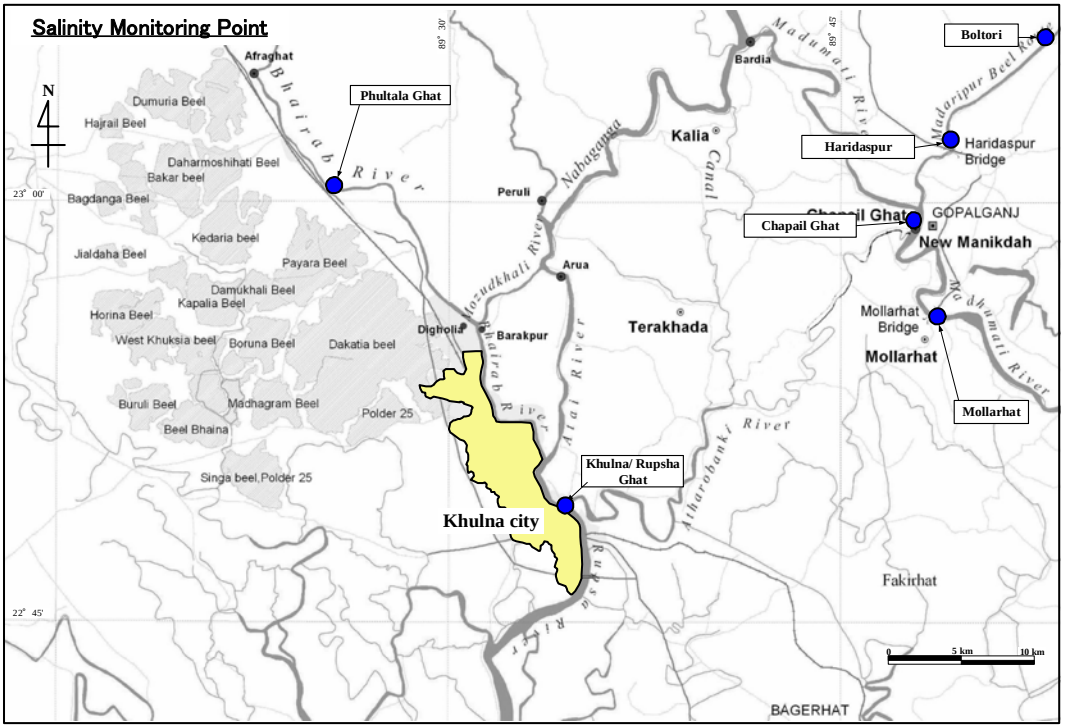


図 5.3　2010 年 JICA 調査団塩素イオン濃度観測地点

2010 年に JICA 調査団が実施した塩素イオン濃度観測結果を表 5.5、表 5.6 及び表 5.7 に示す（日毎の満潮時と干潮時に測定）。

表 5.5　2010 年 3 月 Mollarhat、Phultala 及び Rupsha 地点の塩素イオン濃度観測結果

Mollarhat	Chloride (mg/l)	
Date	満潮時	干潮時
3/1	360	240
3/2	360	240
3/3	360	320
3/4	320	360
3/5	340	300
3/6	360	320
3/7	340	360
3/8	380	360
3/9	360	380
3/10	400	360
3/11	380	400
3/12	360	380
3/13	400	360
3/14	380	400
3/15	350	460
3/16	360	400
3/17	420	350
3/18	460	400
3/19	460	420
3/20	500	450
3/21	480	400
3/22	480	460
3/23	500	460
3/24	490	460
3/25	440	420
3/26	450	440
3/27	480	480
3/28	420	570
3/29	440	560
3/30	420	640
3/31	480	560
Average	411	410
Min.	320	240
Max.	500	640

Phultala	Chloride (mg/l)	
Date	満潮時	干潮時
3/1	2,250	1,875
3/2	3,000	2,250
3/3	3,700	2,125
3/4	3,400	2,750
3/5	3,700	3,150
3/6	2,600	2,350
3/7	3,500	2,400
3/8	3,400	2,350
3/9	2,900	2,650
3/10	2,900	2,450
3/11	3,300	1,700
3/12	3,250	2,450
3/13	3,150	2,800
3/14	3,400	2,700
3/15	3,850	3,250
3/16	4,300	3,050
3/17	4,000	3,200
3/18	4,200	3,300
3/19	4,000	3,350
3/20	3,950	3,500
3/21	4,000	3,400
3/22	4,650	4,600
3/23	4,200	3,600
3/24	4,750	3,750
3/25	3,600	3,650
3/26	4,700	4,300
3/27	3,700	3,850
3/28	4,450	4,300
3/29	4,000	3,750
3/30	5,000	4,700
3/31	4,850	4,450
Average	3,763	3,161
Min.	2,250	1,700
Max.	5,000	4,700

Rupsha	Chloride (mg/l)	
Date	満潮時	干潮時
3/1	3,600	3,400
3/2	4,100	3,050
3/3	4,650	3,750
3/4	4,900	3,500
3/5	4,950	3,750
3/6	4,200	4,100
3/7	4,050	3,650
3/8	3,950	3,450
3/9	3,750	3,550
3/10	3,200	3,050
3/11	4,100	3,950
3/12	4,450	4,050
3/13	4,200	4,300
3/14	4,150	4,350
3/15	4,550	4,450
3/16	4,800	4,450
3/17	4,900	4,150
3/18	4,950	4,750
3/19	5,000	4,700
3/20	5,000	4,800
3/21	4,700	5,000
3/22	6,600	5,000
3/23	8,100	7,400
3/24	7,400	5,700
3/25	7,800	6,800
3/26	7,700	7,100
3/27	5,100	4,500
3/28	5,100	5,900
3/29	8,900	6,600
3/30	8,300	6,000
3/31	9,700	9,100
Average	5,382	4,784
Min.	3,200	3,050
Max.	9,700	9,100

表 5.6　2010 年 4 月 Mollarhat、Phultala 及び Rupsha 地点の塩素イオン濃度観測結果

Mollarhat	Chloride (mg/l)	
Date	満潮時	干潮時
4/1	520	690
4/2	580	720
4/3	630	880
4/4	890	1,000
4/5	2,750	2,500
4/6	3,500	3,000
4/7	1,600	1,380
4/8	1,340	1,200
4/9	1,420	1,260
4/10	1,200	1,000
4/11	940	960
4/12	1,070	990
4/13	1,120	920
4/14	840	1,020
4/15	990	1,000
4/16	1,230	1,120
4/17	1,340	1,260
4/18	1,400	1,180
4/19	1,260	1,320
4/20	1,000	880
4/21	940	760
4/22	920	780
4/23	840	820
4/24	760	780
4/25	360	410
4/26	560	480
4/27	520	420
4/28	490	570
4/29	420	360
4/30	510	440
Average	1,065	1,003
Min.	360	360
Max.	3,500	3,000

Phultala	Chloride (mg/l)	
Date	満潮時	干潮時
4/1	4,900	3,250
4/2	5,000	4,750
4/3	8,400	7,700
4/4	5,500	6,500
4/5	5,700	5,000
4/6	6,400	6,100
4/7	7,000	6,500
4/8	7,100	6,400
4/9	8,000	6,300
4/10	10,000	6,600
4/11	10,000	9,400
4/12	9,000	10,000
4/13	7,700	8,300
4/14	10,000	8,000
4/15	9,800	9,500
4/16	10,000	8,600
4/17	9,400	7,300
4/18	10,000	10,000
4/19	9,300	10,000
4/20	10,000	9,000
4/21	10,000	10,000
4/22	9,200	8,000
4/23	9,500	8,300
4/24	9,800	6,700
4/25	9,500	7,700
4/26	8,700	7,000
4/27	10,000	10,000
4/28	10,000	10,000
4/29	10,000	9,700
4/30	9,900	9,800
Average	8,660	7,880
Min.	4,900	3,250
Max.	10,000	10,000

Rupsha	Chloride (mg/l)	
Date	満潮時	干潮時
4/1	9,600	9,900
4/2	8,900	8,900
4/3	6,200	5,500
4/4	9,500	8,700
4/5	7,800	6,100
4/6	8,200	7,100
4/7	7,800	5,900
4/8	7,600	4,300
4/9	7,300	6,500
4/10	8,100	6,500
4/11	7,500	6,200
4/12	8,400	8,900
4/13	7,800	5,900
4/14	6,600	5,700
4/15	6,700	5,500
4/16	7,500	6,100
4/17	7,200	6,500
4/18	6,800	5,900
4/19	6,400	5,600
4/20	7,200	6,700
4/21	8,900	6,500
4/22	8,200	5,700
4/23	6,500	5,200
4/24	6,900	6,100
4/25	6,800	5,600
4/26	7,200	6,100
4/27	6,900	5,800
4/28	7,100	5,700
4/29	7,500	5,900
4/30	7,600	5,600
Average	7,557	6,353
Min.	6,200	4,300
Max.	9,600	9,900

表 5.7　2010 年 4 月 Boltori,、Haridaspur 及び Chapali Ghat 地点の塩素イオン濃度観測結果

Boltori	Chloride (mg/l)	
Date	満潮時	干潮時
4/1	40	40
4/2	40	40
4/3	40	40
4/4	40	40
4/5	40	40
4/6	40	40
4/7	40	40
4/8	40	40
4/9	40	40
4/10	40	40
4/11	40	40
4/12	40	40
4/13	40	40
4/14	40	40
4/15	40	40
4/16		
4/17	40	40
4/18		
4/19	40	40
4/20		
4/21	40	40
4/22		
4/23	40	40
4/24		
4/25	40	40
4/26		
4/27	40	40
4/28		
4/29	40	40
4/30		
Average	40	40
Min.	40	40
Max.	40	40

Haridaspur	Chloride (mg/l)	
Date	満潮時	干潮時
4/1	390	280
4/2	380	240
4/3	320	220
4/4	250	100
4/5	150	80
4/6	90	70
4/7	90	50
4/8	90	50
4/9	100	50
4/10	90	50
4/11	90	40
4/12	90	40
4/13	60	30
4/14	70	40
4/15	50	30
4/16		
4/17	50	30
4/18		
4/19	50	40
4/20		
4/21	50	40
4/22		
4/23	40	30
4/24		
4/25	40	30
4/26		
4/27	40	30
4/28		
4/29	40	30
4/30		
Average	119	73
Min.	40	30
Max.	390	280

Chapali Ghat	Chloride (mg/l)	
Date	満潮時	干潮時
4/1	870	790
4/2	850	810
4/3	860	780
4/4	890	860
4/5	880	830
4/6	750	720
4/7	760	720
4/8	740	690
4/9	590	570
4/10	640	590
4/11	630	580
4/12	640	580
4/13	650	590
4/14	670	570
4/15	690	630
4/16		
4/17	790	720
4/18		
4/19	830	750
4/20		
4/21	560	510
4/22		
4/23	460	420
4/24		
4/25	340	310
4/26		
4/27	410	350
4/28		
4/29	320	300
4/30		
Average	674	621
Min.	320	300
Max.	890	860

(5) 施設計画上の留意事項

上記の塩素イオン濃度観測の結果から、取水施設及び水処理施設を計画する際の課題として次の事項を考慮する必要がある。

- Rupsha 川では年間 4～7 カ月間､塩素イオン濃度がバングラデシュの基準値 1,000mg/L を超える。
- クルナ市から 28km から 36km 離れている Mollarhat、Chapailghat 及び Haridaspur で塩素イオン濃度が基準値を超える日がある。
- 塩分対策として、塩分を含まない期間に水を貯留する施設あるいは塩分を処理する施設が必要となる。

5.5　クルナ市の水道システムのための水源開発

5.5.1　水源開発の方針

現状のクルナ市の水道水源はすべて地下水に依存している。今までは継続して地下水が揚水できたことで水量としても水質としても大きな問題とはならなかった。地下水揚水量を評価する際に、井戸の能力がたとえ維持管理が良好であったとしても常に低下するものであることを考慮しておくことである。このことは現状の揚水量を維持するためには、将来継続して井戸を更新していく必要があることを意味する。

将来増加する水需要を満たすために地下水を開発することは可能であるが、その水量は非常に限られている。従って、将来のクルナ市の増加する水需要を満たすために表流水原を開発すること

は不可避である。一方、表流水の数カ月間に及ぶ塩水遡上は、将来のクルナ市民の飲料水の水源を開発する上で、最も大きな課題となっている。このような地下水及び表流水の不安定な面を考慮しつつ、その両者のバランスをとりながらクルナの将来の水需要を満たす水源を開発していくことが重要である。この考えに基づき、地下水と表流水を水道水源として開発する方針は次のようにまとめられる。

地下水開発方針

- KWASA と私有井戸の所有者が現況の地下水揚水量を維持する。

表流水開発方針

- KWASA が、将来の増加する水需要に見合う必要な水源開発のために必要な施設を建設する。

5.5.2 水道水源開発

クルナ市で将来増加する水需要を満たすための、水源開発計画をまとめ下記に示す。

表 5.8 クルナ市水道システムのための水源開発

項　　目	単位	2009 年	2010 年	2015 年	2020 年	2025 年	2030 年
水需要（計画負荷率考慮）	(m^3/日)	138,000	154,000	176,000	202,000	231,000	272,000
地下水							
KWASA 深井戸	(m^3/日)	30,100	30,100	30,100	30,100	30,100	30,100
KWASA 手押しポンプ井戸	(m^3/日)	39,300	39,300	39,300	39,300	39,300	39,300
私有井戸	(m^3/日)	49,700	49,700	49,700	49,700	49,700	49,700
表流水							
KWASA 既設浄水場(機能回復事業を計画済)	(m^3/日)			1,250	1,250	1,250	1,250
KWASA 新設浄水場（計画済）	(m^3/日)			5,500	5,500	5,500	5,500
新設浄水場	(m^3/日)				75,600	110,000	110,000
地下水合計	(m^3/日)	119,100	119,100	119,100	119,100	119,100	119,100
表流水合計	(m^3/日)	0	0	6,750	82,350	116,750	226,750
合計浄水量	(m^3/日)	119,100	119,100	125,850	201,450	235,850	345,850

ADB の技術支援調査、TA 7385-BAN 「クルナ水道準備調査」が 2010 年 6 月に開始された。この調査団が、2010 年 11 月 19 日から 12 月 3 日の JICA と ADB の合同アプレイザルミッションにおける議論を通して、水需要と浄水量のバランスを結果としてまとめ合意された。

JICA 調査団が予測した水需要と浄水量及び ADB 調査団が予測した水需要と浄水量との比較は図 5.4 のとおりである。両者とも将来水需要はほぼ同程度で増加することを予測している。浄水量は JICA が新規施設の浄水能力としているのに対して、ADB は新規施設の必要稼働率を想定して算出している点に違いがあるが、建設が必要な新規施設の規模は 110,000m^3/日で同じである。

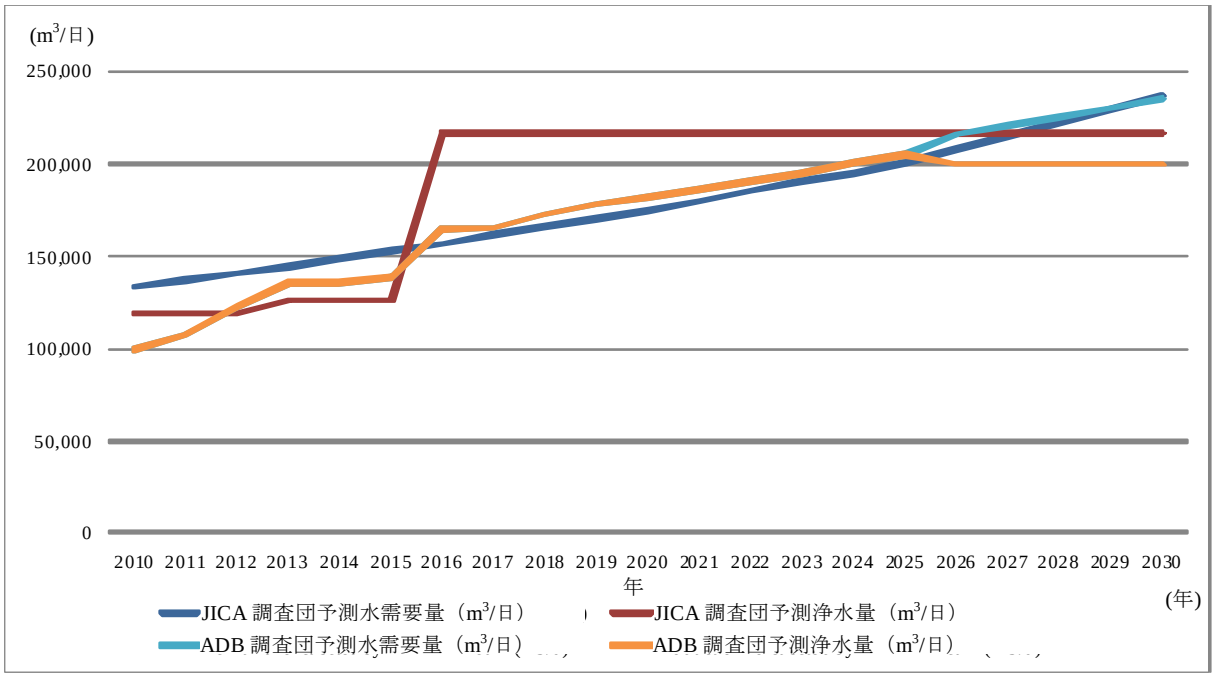


図 5.4　浄水量と水需要比較

第 6 章　長期開発計画

6.1　長期開発計画概要

クルナ水道長期計画策定にあたって最も重要なことは、将来にわたって安全な水供給ができるシステムを構築できる明確なシナリオを策定することである。

KWASA は新しい組織であり、財務面及び技術面においてまだ完全に確立されていない。従って、KWASA の財務面及び技術面の能力開発と連携した開発計画が必要となる。

特に開発の初期段階においては、過大な投資を避けるためにできるだけ既存の水道システムを利用することが推奨される。水源の開発としては、特にフィージビリティスタディの対象年である 2025 年までは、現状の地下水源を確保し、それを超える水需要に対して新規の表流水源の開発が必要となる。本章での各施設設計にかかる代替案比較検討は、2025 年までに必要とされる水量・施設に対して行った。また。過大な初期投資が必要なものは避け、広く採用されている一般的な技術で適応可能な施設に関して検討を行った。

6.2　設計諸元及び設計条件

6.2.1　取水施設

(1) 取水口

通過流速:　15 - 30 cm/秒

(2) 沈砂池

表面積負荷:　500 分
流速:　2 - 7 cm/秒
有効水深:　3 - 4 m

6.2.2　浄水処理

(1) 浄水能力

ピーク率 1.15 を考慮した日最大の水需要量より、浄水場浄水能力は、2025 年で 110,000m^3/日、また 2030 年は 220,000m^3/日として計画を行った。

(2) 水質基準

バングラデシュでの水質基準である「Environment Conservation Rules (1997 年)」をもとに設計を行った。

なお塩素イオン濃度については、DOE と協議の結果、クルナは海岸地域に属するためその基準値は 1,000mg/L であることを確認している。

6.2.3 導水・送水・配水施設

(1) 算定公式

算定式: ヘーゼン-ウィリアム式

$H = 10.666 \times C^{-1.85} \times D^{-4.87} \times Q^{1.85} \times L$

ここで, H: 摩擦損失 (m)

C: 摩擦係数 110 (DIP、SP のセメント内面ライニング)
110 (PVC 管)

D: 管径 (m)

Q: 流速 (m^3/sec)

L: 管延長 (m)

最大流速: 2.0m/秒

(2) 導水・送水管

管材: ダクタイル鋳鉄管 (DIP) あるいは 鋼管 (SP)

内面ライニング: セメントモルタルライニング

(3) 配水管

管材: 管径 200mm 以上：ダクタイル鋳鉄管 (DIP)
管径 150mm 以下：PVC 管あるいは HDPE 管

6.3 上水道システム比較検討(対象年 2025 年)

6.3.1 取水施設

新規上水道施設の水源としては、クルナ市の周辺河川の塩水溯上が重要な問題となっている。取水地点として以下の 8 オプションについて比較検討を行った。

表 6.1 取水地点オプションの概要

ケース	ｵﾌﾟｼｮﾝ	取水地点	河川名	クルナからの距離	貯水池	塩分除去設備	浄水場数
ケース-A	ｵﾌﾟｼｮﾝ-1	Boltori	MBR	47km	-	必要なし	1
	ｵﾌﾟｼｮﾝ-2	Ulpur		39km	-	必要なし	1
	ｵﾌﾟｼｮﾝ-3	Haridaspur		36km	15 日	必要なし	1
	ｵﾌﾟｼｮﾝ-4	Chapail Ghat	Madhumati 川	30km	30 日	必要なし	1
	ｵﾌﾟｼｮﾝ-5	Mollarhat		28km	45 日	必要なし	1
ケース-B	ｵﾌﾟｼｮﾝ-6	Phultala	Bhairab 川	15km	150 日	必要なし	1
ケース-C	ｵﾌﾟｼｮﾝ-7	Khulna	Rupsha 川	4km	-	必要	1
	ｵﾌﾟｼｮﾝ-8	Khulna(2 カ所)		4km 及び 4km	必要なし	必要	2

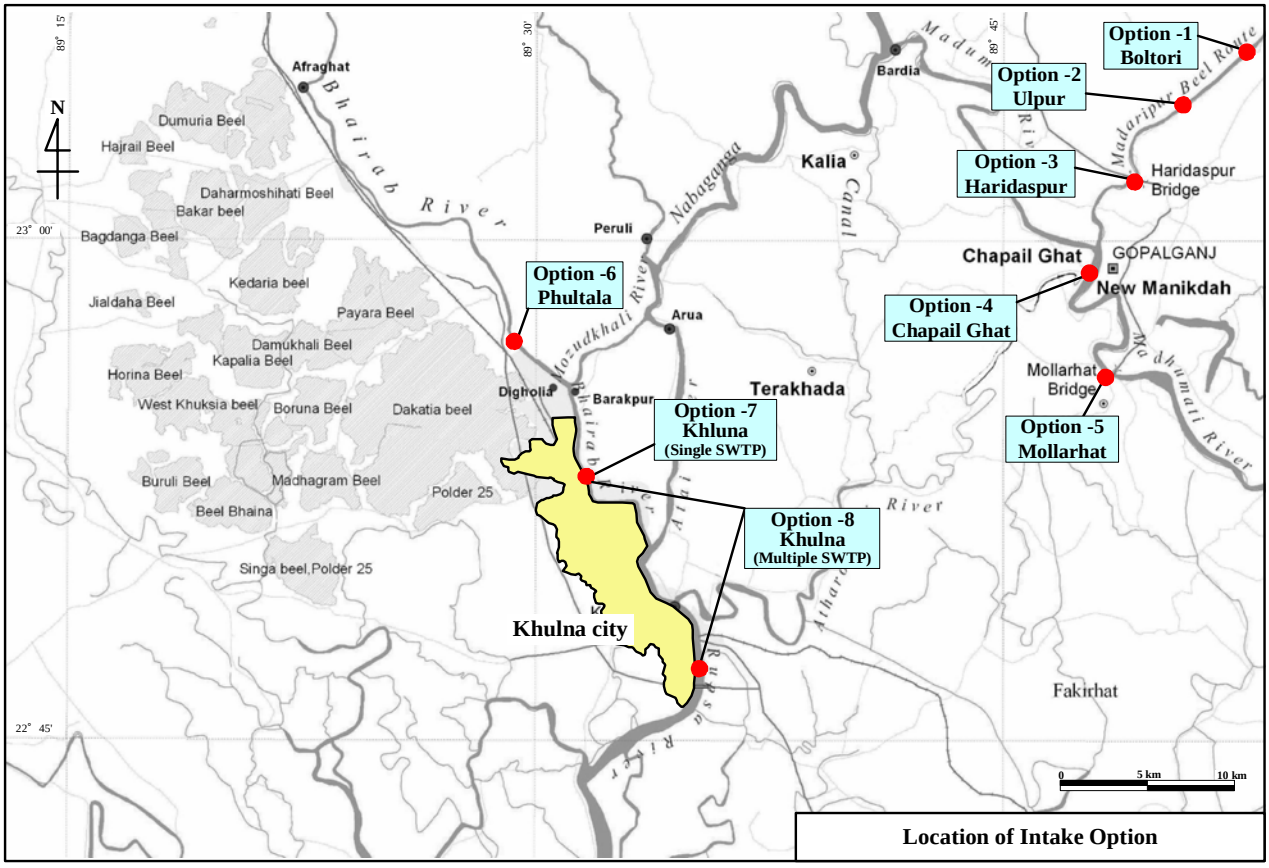


図 6.1　取水オプションの位置

各オプションの比較検討は、河川水量、浄水処理の確実性、導水管の口径及び延長、貯水池の必要性、貯水池の規模、建設工事の困難度、維持管理の難易度、建設費及び運転維持管理費等を考慮して行われた。

上記技術面の検討に加えて、以下の社会配慮、環境面も考慮して比較検討を行った。

社会配慮	自然環境	汚染
• 用地取得/移転 • 経済活動 • 交通及び公共施設 • 地域社会の分断 • 文化資産 • 水利権及びその他共同の利権 • 公衆衛生 • 廃棄物 • 危険・障害物	• 地理、地質 • 土壌浸食 • 地下水 • 水理条件 • 沿岸地域 • 動植物保護区域 • 気象学 • 景観	• 空気汚染 • 水汚染（表流水及び地下水） • 土壌汚染 • 騒音・振動 • 地盤沈下 • 悪臭

表 6.2 に示す比較検討の結果、ケース A～C の中で A が最適と評価された。またケース A の中で取水地点がクルナから一番近いため建設費が一番安価なオプション 5 の Madhumati 川 Mollarhat を取水地点とする案が選定された。

表 6.2　取水地点比較検討

比較項目	ケース-A　(オプション-1～5)		ケース-B (オプション-6)		ケース-C (オプション-7、8)	
河川水量	河川水量に対する取水量： 0.52 - 2.02%	D	河川水量に対する取水量： 0.85%	D	河川水量に対する取水量： 0.07 %	D
浄水処理	基準値を超えている水質指標もあるが、通常の浄水処理で対応は可能	D	基準値を超えている水質指標もあるが、通常の浄水処理で対応は可能	C	基準値を超えている水質指標もあるが、通常の浄水処理で対応は可能	C
導水管口径、延長	φ1,350mm、33km - 62km	C	φ1,200mm 、8km	C	φ1,200mm 、4km	C
塩水溯上の影響及び貯水池の必要性	塩水溯上期間：0- 30 日 大規模な貯水池が必要 0 -60 ha	B	塩水溯上期間：150 days かなり大規模な貯水池が必要 450 ha	A	塩分は、浄水場内の塩分処理施設で対応	C
建設工事	- 大規模な貯水池を建設する必要がある - 河川横断で特殊工事（推進工事等）が必要となる	B	- かなり大規模な貯水池を建設する必要がある. - 大型の建設機械を必要とする	A	- 大規模の建設工事にはならない - オプション-8 の場合、河川横断工事が必要となる	B
取水施設の運転管理	取水はクルナからかなり離れている	C	取水はクルナ近郊	D	取水はクルナ市内	D
浄水場の運転維持管理	標準的な浄水処理方式を採用	D	標準的な浄水処理方式を採用	D	塩分処理施設の運転維持管理は非常に難しい	A
建設費	オプション-1= 295、オプション-2= 275 オプション-3= 276、オプション-4=272 オプション-5= 270 百万ドル	B	195 百万ドル かなり大規模な貯水池の建設のため、建設費は割高となる	B	オプション-7= 310 百万ドル、 オプション-8= 390 百万ドル 塩分処理施設のため、建設費は最も高くなる	A
O&M 費	2.39～2.57 百万ドル/年	C	2.17 百万ドル/年	C	10.15～10.90 百万ドル/年 塩分処理施設のため高額となる	A
社会環境	用地取得により影響を及ぼす	B	用地取得により影響を及ぼす	B	用地取得により影響を及ぼす	B
自然環境	地形及び景観に影響を及ぼす	C	地形及び景観に影響を及ぼす	C	地形及び景観に影響を及ぼす	C
環境汚染	特に影響は及ぼさない	D	特に影響は及ぼさない	D	特に影響は及ぼさない	D
評　価	**優先順位 1（オプション-5）**		**優先順位 2**		**優先順位 3**	

A：深刻な問題が考えられる、B：問題あり、C：多少の問題が考えられる、D：問題なし

6.3.2 配水システム

配水システムは、浄水場において浄水された水を安全にクルナ市民に供給するために必要なものである。

浄水場の位置は市北部の Khulna Bypass Road 沿いを予定し、送水管も Khulna Bypass Road に布設することを想定して、3～10 ゾーン割の比較検討を行った。ゾーン割の概要は以下の通りである。

代替案-A： 鉄道及び幹線道路を境界線とし、西側 2 ゾーン、東側 1 ゾーンとした案

代替案-B： クルナ市を北部、中部、南部の 3 分割とした案

代替案-C： 鉄道及び幹線道路を境界線とし、西側 3 ゾーン、東側 2 ゾーンとした案

代替案-D： 鉄道及び幹線道路を境界線とし、西側 4 ゾーン、東側 3 ゾーンとした案

代替案-E： 鉄道及び幹線道路を境界線とし、西側 6 ゾーン、東側 4 ゾーンとした案

以下の事項を考慮して比較検討を行った結果、代替案-C（5 ゾーン案）が選定された。

- 初期投資での妥当性
- 将来の拡張性
- 水質、水圧の安定性
- 配水ゾーンのバランスを考慮。
- 3 ゾーン案ではきめ細やかな配水運用は難しい。
- 7～10 ゾーン案では、逆に施設数が多くなりすぎて維持管理に煩雑になる。将来の水需要増加でさらに増える。

6.3.3 貯水池の規模

(1) 検討の必要性

本調査に先立って実施された塩水遡上調査の結果を踏まえ、取水地点 Mollarhat で乾季の 45 日間に河川水の塩素イオン濃度が EQS 基準値（1000mg/L）を超えることを想定して、必要な用地が確保できる場所を選定することした。現地調査の結果、浄水場と貯水池を建設する予定地としてクルナ市の Rupsha 川対岸の Samanto Sena を選定した。

(2) 塩素イオン濃度測定結果

本調査において 2010 年 3 月～5 月の 4 カ月間に Mollarhat における河川水の塩素イオン濃度を測定した。その結果、4 月 5 日～19 日までの 15 日間、塩素イオン濃度が EQS 基準値（1000mg/L）を超えたことが検証された。これ以降は、塩素イオン濃度は図 6.2 に示すように減少していった。

Mollarhat	Chloride (mg/l)	
Date	満潮時	干潮時
3/1	360	240
3/2	360	240
3/3	360	320
3/4	320	360
3/5	340	300
3/6	360	320
3/7	340	360
3/8	380	360
3/9	360	380
3/10	400	360
3/11	380	400
3/12	360	380
3/13	400	360
3/14	380	400
3/15	350	460
3/16	360	400
3/17	420	350
3/18	460	400
3/19	460	420
3/20	500	450
3/21	480	400
3/22	480	460
3/23	500	460
3/24	490	460
3/25	440	420
3/26	450	440
3/27	480	480
3/28	420	570
3/29	440	560
3/30	420	640
3/31	480	560

Mollarhat	Chloride (mg/l)	
Date	満潮時	干潮時
4/1	520	690
4/2	580	720
4/3	630	880
4/4	890	1,000
4/5	2,750	2,500
4/6	3,500	3,000
4/7	1,600	1,380
4/8	1,340	1,200
4/9	1,420	1,260
4/10	1,200	1,000
4/11	940	960
4/12	1,070	990
4/13	1,120	920
4/14	840	1,020
4/15	990	1,000
4/16	1,230	1,120
4/17	1,340	1,260
4/18	1,400	1,180
4/19	1,260	1,320
4/20	1,000	880
4/21	940	760
4/22	920	780
4/23	840	820
4/24	760	780
4/25	360	410
4/26	560	480
4/27	520	420
4/28	490	570
4/29	420	360
4/30	510	440

Mollarhat	Chloride (mg/l)	
Date	満潮時	干潮時
5/1	390	410
5/2	430	280
5/3	100	120
5/4	110	60
5/5	80	80
5/6	100	70
5/7	120	60
5/8	150	170
5/9	80	60
5/10	110	60
5/11	70	60
5/12	80	50
5/13	60	40
5/14	70	50
5/15	120	150
5/16	210	200
5/17	410	390
5/18	340	300
5/19	260	310
5/20	180	150
5/21	70	60
5/22	60	50
5/23	50	60
5/24	50	40
5/25	50	40
5/26	50	50
5/27	60	50
5/28	50	80
5/29	100	90

Mollarhat	Chloride (mg/l)	
Date	満潮時	干潮時
6/1	60	50
6/2	50	60
6/3	50	40
6/4	60	50
6/5	50	50

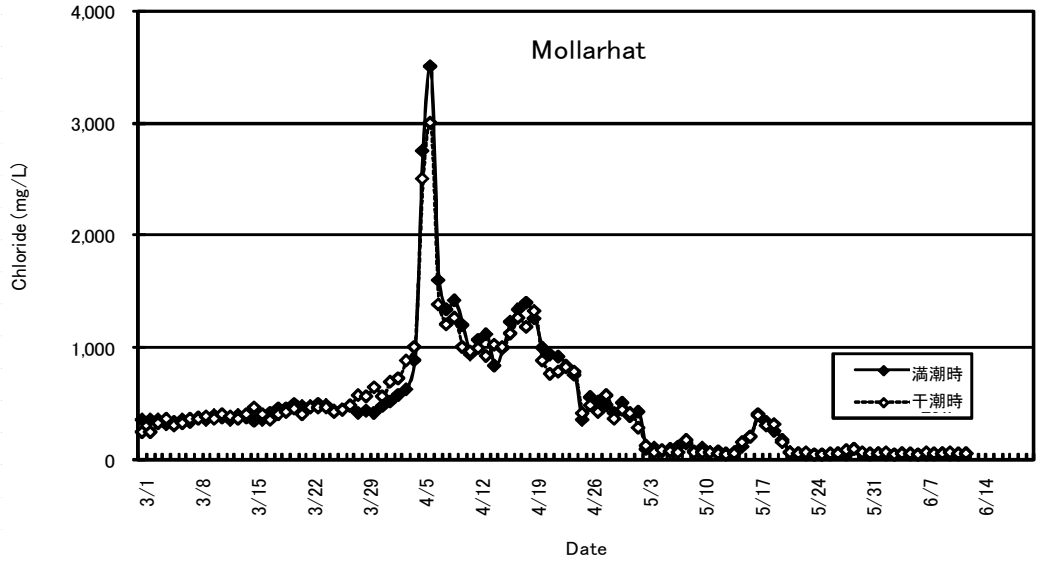


図 6.2　Mollarhat における塩素イオン濃度測定結果

(3) 詳細設計時に貯水池規模を決定する際に考慮しなければならない事項

1) 塩水遡上の状況をさらに 2 カ年（2011 年及び 2012 年）、KWASA により計測して確認し、貯水池の規模を決定する必要がある。

2) 塩水遡上により原水が問題となる期間に、水質を安定させながら給水する方法を考慮しつつ、貯水池規模を最小化するための検討が必要である。

(4) 本調査における貯水池規模の最小化の検討

本調査では貯水池規模を最小化するために 4 つのケースについて検討した。その際、貯水池の深度を矢板工で建設可能な範囲として 12m とした。

ケース -1：塩素イオン濃度がEOQ基準をおおよそ45日間超えると想定

- 浄水場用地 = 10 ha
- 貯水池用地 = 60 ha（用地の形態を考慮して2池として検討）
- 必要用地= 70 ha

ケース -2：塩素イオン濃度がEOQ基準をおおよそ30日間超えると想定

- 浄水場用地 = 10 ha
- 貯水池用地 = 38 ha(用地の形態を考慮して2池として検討)
- 必要用地= 48 ha

ケース -3：塩素イオン濃度がEOQ基準をおおよそ15日間超えると想定

- 浄水場用地 = 10 ha
- 貯水池用地 = 16 ha
- 必要用地= 26 ha

ケース -4：塩素イオン濃度がEOQ基準をおおよそ10日間超えると想定

- 浄水場用地 = 10 ha
- 貯水池用地 = 10 ha
- 必要用地= 20 ha

貯水池内で貯水した水と原水を混合する等の運転方法を考慮しつつ、2010 年に実測した結果を検討し､2010 年と同様に塩水遡上が起きた場合に全てのケースで対応が可能であることを検証した。その結果を踏まえ、ケース 3 で想定した規模の用地を確保し、貯水池の施設計画をケース 4 で想定した規模とすることとした。

6.3.4 上水道施設概要

(1) 施設概要

表 6.3 上水道施設概要(2025 年)

	施 設 名	能 力	数 量
1	取水施設	110,000m^3/日	1 カ所
2	導水管	-	φ1350mm, L=33km
3	貯水池	775,200m^3	1 カ所
4	浄水場	110,000m^3/日	1 カ所
5	送水管	-	φ300mm-1100mm, L=25km
6	配水池	10,000m^3 - 20,000m^3	5 カ所
7	高架水槽	300m^3 - 500m^3	11 カ所
8	配水管ネットワーク	-	φ50mm-400mm, L=700km
9	各戸接続パイプ	-	90,000 カ所

(2) 施設用地

表 6.4　施設用地リスト(2025 年)

施　設　名		寸　法 (m)	面　積	用地位置/土地利用
取水施設		75 x 125 + 進入道路	1.0ha	Mollarhat (Madhumati 川)
貯水池		400 x 400	16.0 ha	Samanto Sena
Samanto Sena 浄水場		250 x 400	10.0ha	Samanto Sena
配水池及び高架水槽	Deana West Para	100 x 70	0.7ha	水田
	Ward No.16 office	100 x 70	0.7ha	KCC 用地
	Sonadanga Moha Sarak	100 x 90	0.9ha	私有地
	Beside of No.7 Ward office	100 x 70	0.7ha	私有地
	Khalishpur Charerhat River Ghat	100 x 90	0.9ha	公用地 (KASS)
高架水槽	Rab Sarani	45 x 30	0.14ha	私有地
	Mujgunni	45 x 30	0.14ha	KCC 用地
	Ferry Ghat Power House	45 x 30	0.14ha	KCC 用地
	Andir Pukur	50 x 35	0.18ha	私有地
	South Side of Ward No. 31 Office	50 x 35	0.18ha	水田
	DPHE Rupsha	50 x 35	0.18ha	DPHE 用地

6.4　事業実施計画

ステージ I：フィージビリティスタディ事業は、優先的に実施される事業であり、2025 年末までに実施される計画である。一方、ステージ II：長期開発計画は 2030 年末までに実施される計画である。

ステージ I：フィージビリティスタディ事業 (2010～2025)

2009～10	フィージビリティスタディ
2011	予算措置及びコンサルタント選定
2012	詳細設計
2012 - 13	事前資格審査及び入札
2013～16	建設工事及び機材供与
2016	供用開始

ステージ II：長期開発計画 (2025～2030)

2025	事業準備
2026	予算措置及びコンサルタント選定
2027	詳細設計
2028	事前資格審査及び入札
2024～29	建設工事及び機材供与
2030	供用開始

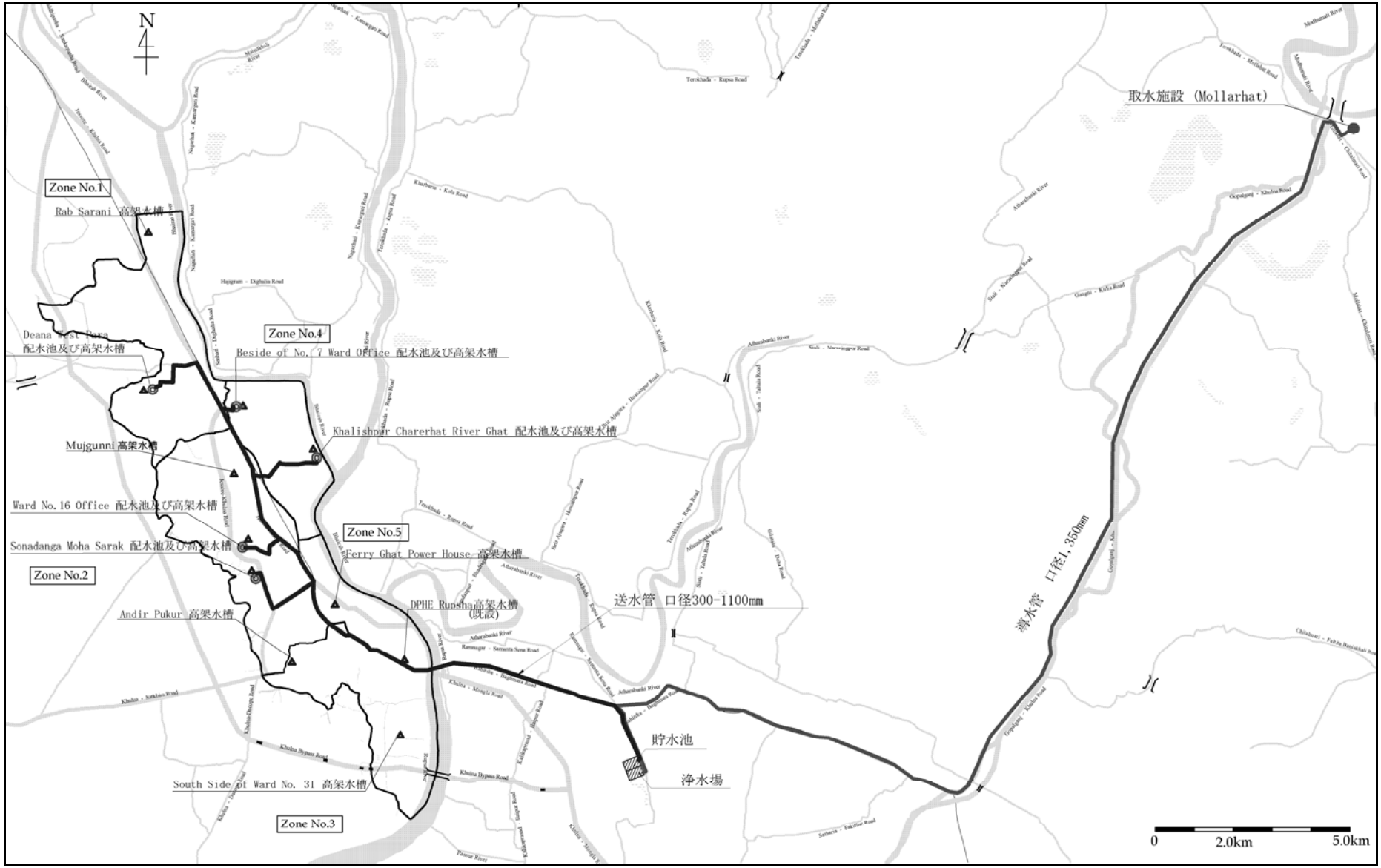


図 6.3 クルナ市上水道システム概要

第 7 章　事業概要

7.1　取水施設

(1) 取水地点の選定

取水位置は、6 章での比較検討において Mollarhat が選定された。Mollarhat における取水地点としては、河川流量、流速、取水可能量及び導水管敷設ルートからの距離等を考慮して、Mollarhat 橋から約 0.1km 下流の右岸河川敷が選定された。

(2) 取水方式の選定

取水方式としては Madhumati 川 Mollarhat 地点の河川状況を考慮すると、取水門方式と取水塔方式の２方式が考えられる。河川水深、建設工事の難易度及び建設工事による河川への影響及び建設費について検討した結果、取水門方式が選定された。

(3) 河川水位

BWDB は、Madhumati 川 Mollarhat 地点の河川水位の測定を 1929 年から現在まで実施しており、過去の高水位及び低水位は以下のとおりである。

高水位（HWL）:　　+4.60 m（PWD）
低水位（LWL）:　　－0.20 m（PWD）

(4) 計画地盤高

取水施設の計画地盤高は、以下の調査結果により、+6.00m（PWD）に設定した。

- 取水施設計画用地の近隣道路の道路高は、+5.50m
- 近隣住民からの聞き取り調査（約 10 人）結果、過去の洪水時の水位は、約+4.5m（既存道路から約 1m 下方）
- BWDB 観測結果では、1929 年～2008 年の高水位は、+4.53m

取水施設の配置図を図 7.1 に示す。

(5) 機械設備

取水ポンプは、洪水時の安全性、高効率及び運転維持管理性を考慮して縦軸 2 段吸込型ボリュートポンプを選定した。導水管におけるウォータハンマ対策として、フライホイール、サージタンク等を取水施設に設置するものとする。

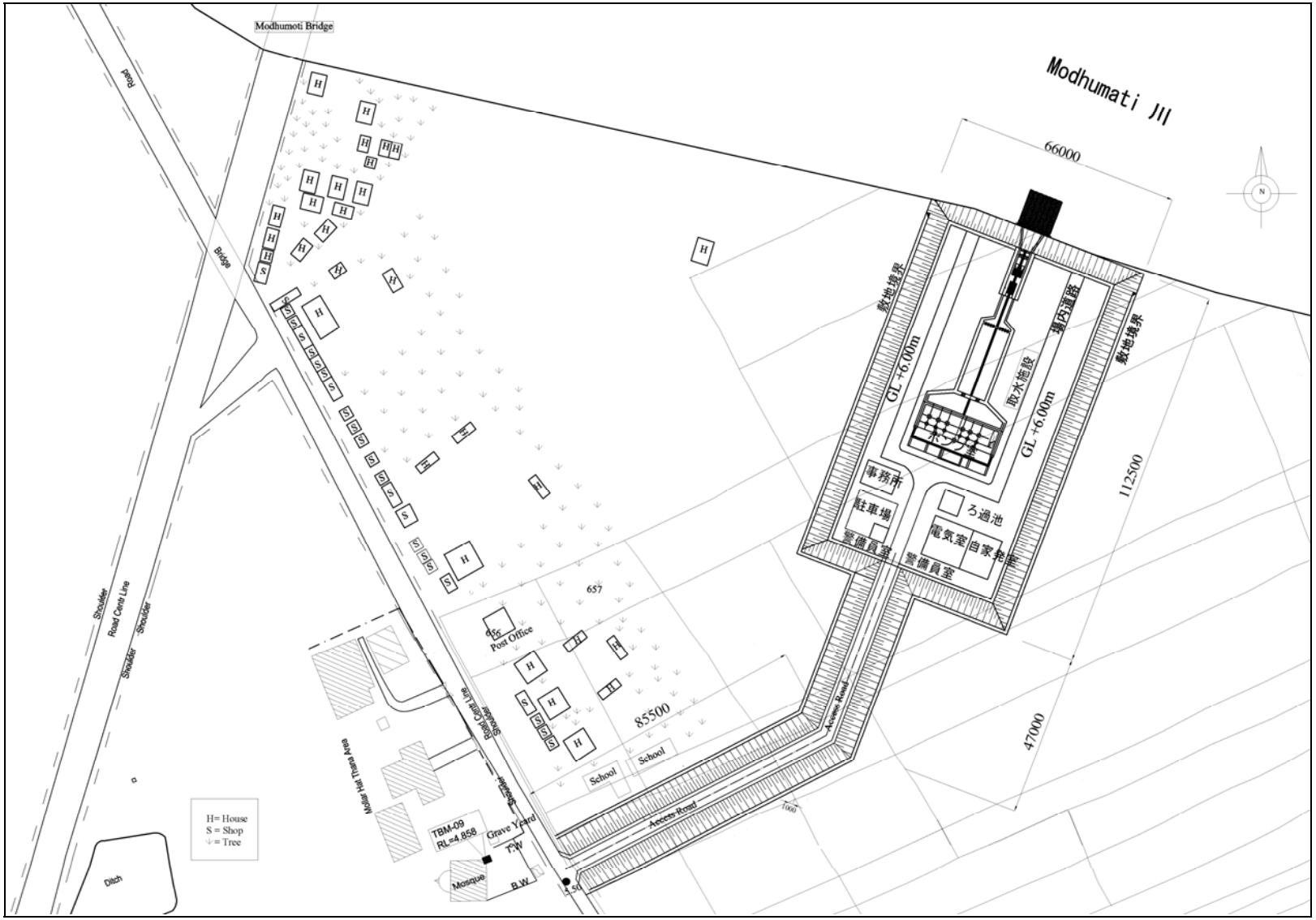

Modhumoti Bridge
Modhumati JII
66000
敷地境界
場内道路
GL +6.00m
取水施設
112500
47000
事務所
駐車場
警備員室
ろ過池
電気室
自家発電
Access Road
85500
657
Post Office
School
Road Center Line
Shoulder
Road
Bridge
Ditch
Mosque
Grave Yard
TBM-09
RL=4.858
T.W.
B.W.
H= House
S = Shop
= Tree

図 7.1　取水施設配置図

(6) 電気設備

変圧器は 2 台設置し、方系列で 75%程度の負荷をまかなえるよう考慮するとともに、停電時を考慮してディーゼル式の発電装置を 1 台設置する。取水設備では、負荷数は比較的少なく、かつコントロールセンタには収納不可能な取水ポンプの大容量負荷が主要な負荷となるため、動力制御盤方式を採用する。操作方式は、原則として自動とし、中央監視側からの操作は行わない。

7.2 導水管

(1) 管材

導水管の口径は 1,350mm であり、大口径であるため管の材質としては、ダクタイル鋳鉄管と鋼管が考えられる。管の耐久性、管接合の困難性、軟弱地盤対応及び価格を考慮した結果、一部水路横断箇所を除き、ダクタイル鋳鉄管を導水管として使用するものとする。

(2) 導水管ルート

導水管ルートを図 7.2 に示す

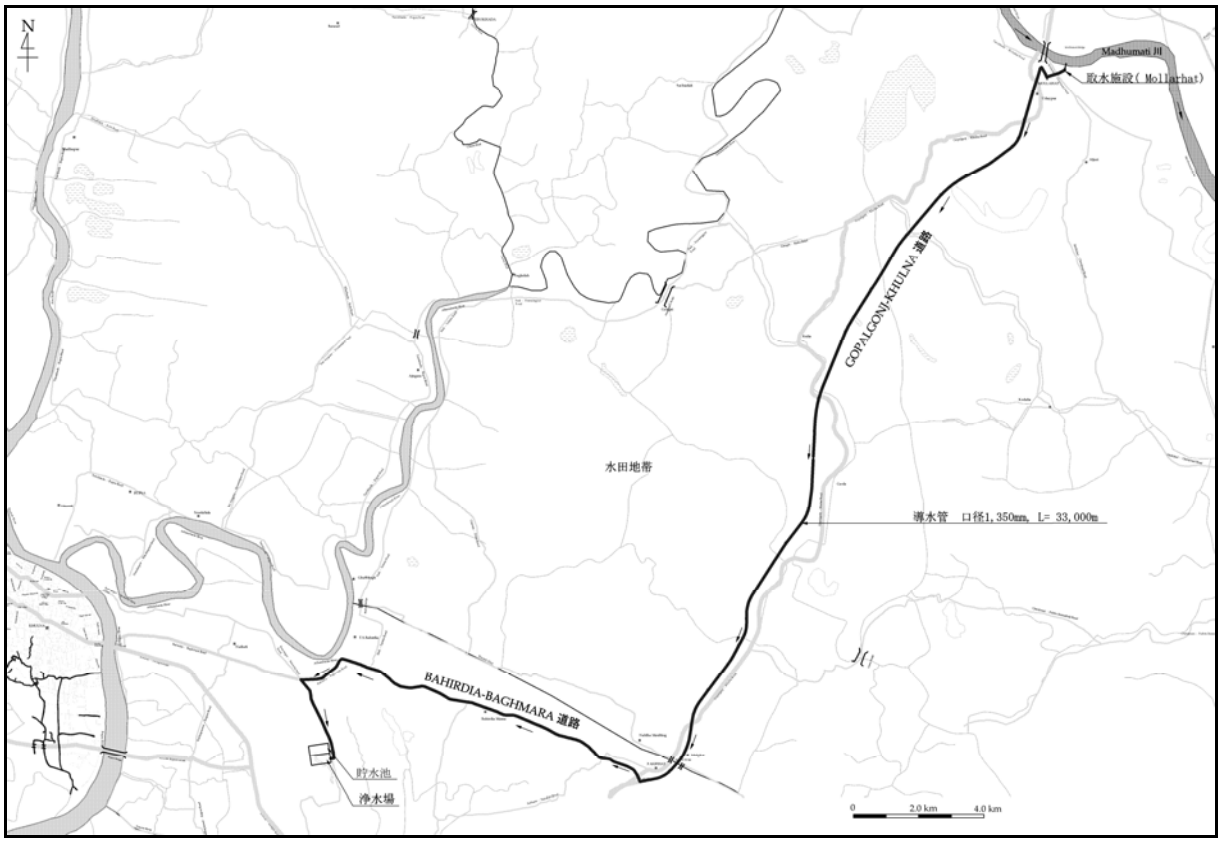


図 7.2 導水管ルート

(3) 管径

管の口径は、導水量、管延長、流速、ポンプ能力/台数及びウォータハンマ等を考慮した結果、1,350mm に決定した。流速は管内での砂等の沈殿を防止するため、1.0m/秒以上とした。

(4) 水管橋

26 カ所の水管橋が、小河川、水路、ボックスカルバートを横断するために必要となる。横断延長が短いため、π型フランジ支持タイプを水管橋として採用した。

7.3 貯水池

(1) 水運用計画

本計画では、Madhumati 川の表流水を水源として提案している。塩水溯上対策として、以下の水運用計画が考えられる。

- 塩素イオン濃度の低い雨期に表流水（原水）を貯水池に一時貯留
- 乾期の高塩素イオン原水の発生時に貯留水で希釈し、基準値以内の水質まで改善

年間を通じた実際の原水の水運用計画として 3 ケースについて検討する必要がある。本計画では、取水施設、導水管、貯留池及び浄水場が以下の水運用計画を考慮したうえで計画されている。

ケース -1： 塩水溯上の影響を受けない期間（塩素イオン濃度: 1000mg/L 以下）に河川水 110,000m^3/日を浄水場に直接送り、原水として使用する。

ケース -2： 塩水溯上の影響を受けない期間（塩素イオン濃度: 1000mg/L 以下）に河川水 110,000m^3/日を浄水場に送り原水として使用するとともに低塩素イオン濃度の河川水を 3 ヶ月間/年、貯水池へ送水/補給する。

ケース -3： 塩水溯上の影響を受ける期間（塩素イオン濃度: 1000mg/L 以上）、貯水池に貯留した水を浄水場に送り原水として使用する。この時期の塩素イオン濃度の高い河川水は、原水としては使用しない。

(2) 貯水池概要

貯水池は、クルナ市域外の南に位置する Bahirdia-Baghmara 道路沿いの Samanto Sena 地区内の新設予定の浄水場のとなりに建設される計画である。施設概要を以下に示す。

- 水深： 12.0 m
- 必要面積： 16 ha（施設拡張のための 6 ha を含む）
- 貯水池面積： 10 ha

(3) 機械設備

原水ポンプ及び口径 1,100mm、延長 100m の管が、貯水池の原水ポンプから浄水場の着水井に 110,000 m^3/日の原水を送るために設置される。

(4) 電気設備

変圧器は 2 台設置し、方系列で 75%程度の負荷をまかなえるよう考慮するとともに、停電時を考慮してディーゼル式の発電装置を 1 台設置する。また貯水池では、負荷数は比較的少なく、かつ

コントロールセンタには収納不可能な揚水ポンプの大容量負荷が主要な負荷となるため、動力制御盤方式を採用する。

7.4 浄水場

(1) 浄水方式

水生成量、原水濁度、水質及び建設費を考慮したうえで浄水処理方式としては、「凝集沈殿＋急速ろ過方式」を採用する。

(2) 施設概要

浄水池は、クルナ市域外の南に位置する Bahirdia-Baghmara 道路沿いの Samanto Sena 地区内に建設される計画である。必要施設面積は、10ha（250 m×400 m）。計画地盤高は、近隣道路の道路高+4.059 m 及び過去の最高洪水位+3.360 m を考慮して、+4.10m（PWD）に設定した。浄水場の配置図を図 7.3 に示す。

(3) 機械設備

送水ポンプ及び口径 1,100mm、延長 10km の管が浄水場内の送水ポンプから市内 5 カ所の配水池に 110,000 m^3/日の浄水を送るために設置される。石灰、PAC 及び塩素用の薬液注入装置が浄水場内に設置される。

(4) 電気設備

変圧器は 2 台設置し、方系列で 75%程度の負荷をまかなえるよう考慮するとともに、停電時を考慮してディーゼル式の発電装置を 2 台設置する。浄水場は、負荷数が比較的多く、砂ろ過設備のように小容量負荷が多いカ所には、コントロールセンタを採用する。また SCADA システムの導入を行う。なお、制御の信頼性を確保するためモニタリングを主体としたものとし、制御は原則として行わない。

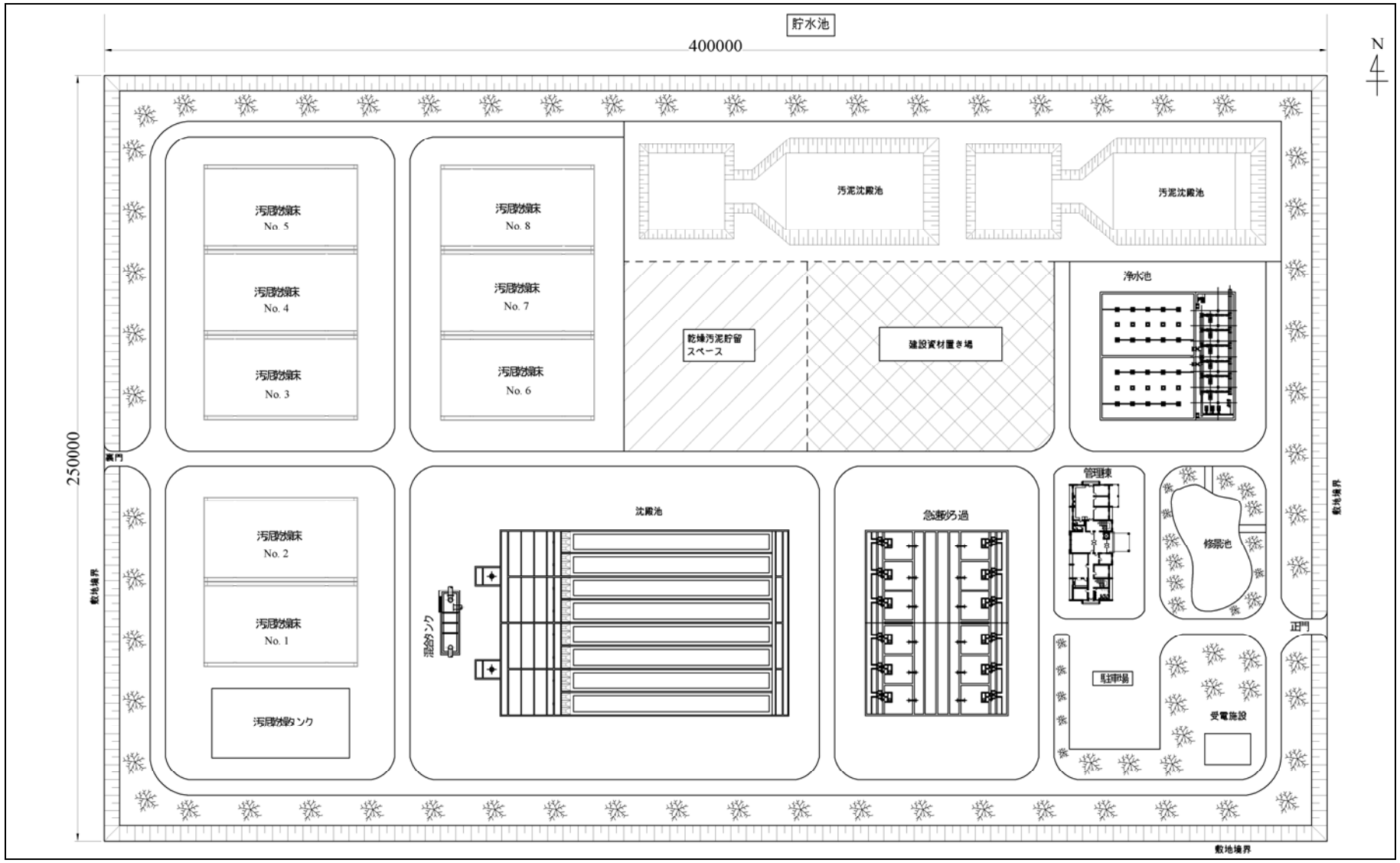

貯水池
400000
250000
N
汚泥沈殿池
汚泥沈殿池
浄水池
乾燥汚泥貯留スペース
建設資材置き場
沈殿池
急速砂ろ過
管理棟
修繕池
駐車場
受電施設
正門
裏門
敷地境界

図 7.3　浄水場配置図

7.5 送水施設

(1) 送水管口径及び送水ルート

送水管ルートは、ルート A（主に Khan-A-Sabur 道路に敷設、管延長 24.6km）及びルート B（主に Sonadanga Bypass 道路に敷設、管延長 41.8km）の 2 通りが考えられ、比較検討の結果、経済性（初期投資費用及び将来の維持管理費）の面で有利なルート A を選定した。

(2) Rupsha 川横断

送水管横断カ所は、近接して道路及び道路橋が無いため、河川横断工法として、開削工法、水管橋、推進工法等が考えられる。3つの工法を比較検討した結果、環境配慮や仮設計画等を含めた施工性、工事費等から経済的に最も有利、かつ立坑以外に地上部の工作物を必要としない推進工法を採用した。

(3) 送水方法

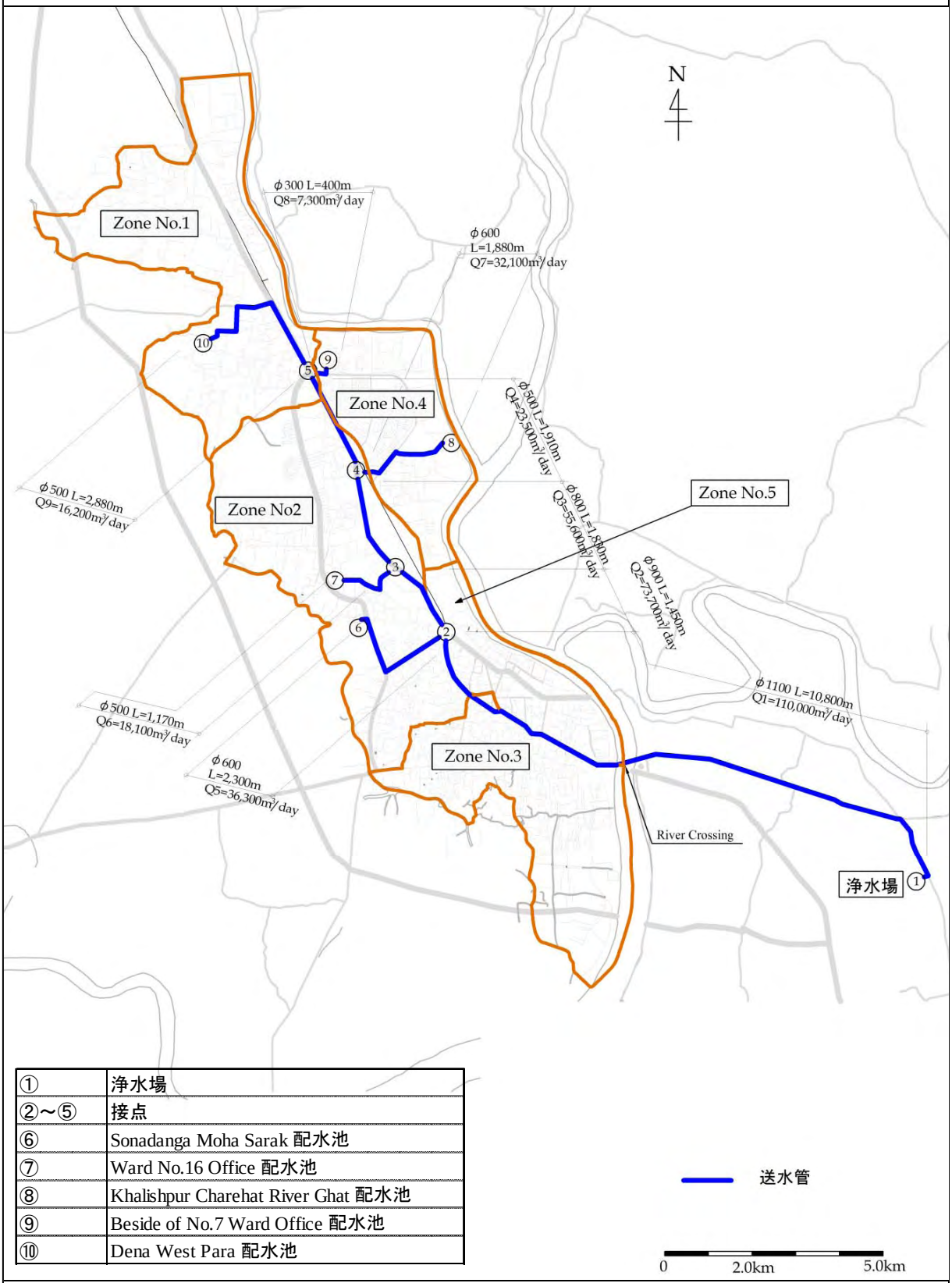
送水施設は、浄水場から配水池まで送水する管路施設で、送水方式は、地形が平坦であり、浄水場の位置とクルナ市内とでは、標高に差がなくほぼ同じでることから、ポンプによる直送方式を採用する。

(4) 機械設備

送水ポンプとして、横型ボリュートポンプを採用する。また地下水が既存の井戸ポンプから配水池に送られるため、5 カ所の配水池に塩素注入設備を設置する。

(5) 電気設備

規模が小さいこと、および故障時の被害エリアが比較的小さいため、変圧器は 1 台設置とするとともに、停電時を考慮してディーゼル式の発電装置を 1 台設置する。配水池は、負荷数が比較的少ないため、動力制御盤を採用する。操作方式は、原則として自動とする。また高架水槽の水位は、GMS 携帯無線テレメータにより配水池に送信し、高架水槽水位、配水池水位、配水池流入量及び高架水槽からの配水量をまとめて配水池から浄水場に送信する。



①	浄水場
②～⑤	接点
⑥	Sonadanga Moha Sarak 配水池
⑦	Ward No.16 Office 配水池
⑧	Khalishpur Charehat River Ghat 配水池
⑨	Beside of No.7 Ward Office 配水池
⑩	Dena West Para 配水池

図 7.4　送水管概要図

7.6 配水システム

(1) 配水池及び高架水槽

1) 配水池

配水池は、配水量の時間変動を調整する機能を持つとともに、非常時は、その貯留量を利用して需要者への影響をなくすか、あるいは軽減するという大きな役割を持っている。したがって、配水池は、平常時非常時の安定給水の確保の点から、その配置と容量について検討を行い、適切な整備を行う。

- 配水池の配置は、配水区域の近傍もしくは中央にできるだけ近い場所を選定する.
- 容量については、時間変動調整容量や非常時対応などを考慮し、12 時間分を目標とする
- 構造については、耐久性、耐震性、水密性の確保に配慮する

2) 高架水槽

高架水槽は、給水区域内に適当な高所が無く、配水池を設けられない場合に、配水量の調整や、ポンプ加圧区域の水圧調整を目的として設けられる地上式のタンクである。高架水槽設置の目的は、次の 3 点である。

- 配水量調節用として設ける場合
- ポンプ加圧区域の水圧調整用として設ける場合
- 配水量調整と水圧調整を兼用して設ける場合

(2) 配水管ネットワーク

配水管ネットワークは，安定して給水を行うために，配水管網を整備し，かつクルナ市全域の安定供給のための連絡管整備を行う。

配水幹線： 高架水槽から給水ゾーン間を布設 φ350～400㎜
配水本管： ゾーン内を環状もしくは中心に布設 φ300～250㎜
配水支管： 配水本管から分岐して布設 φ200～150㎜

危険分散のため、隣接するゾーンは連絡管で結び、非常時にも配水可能もしくは、供給能力の軽減を図る管路ネットワークを構築する。

配水池と高架水槽の位置を図 7.5 に示す。

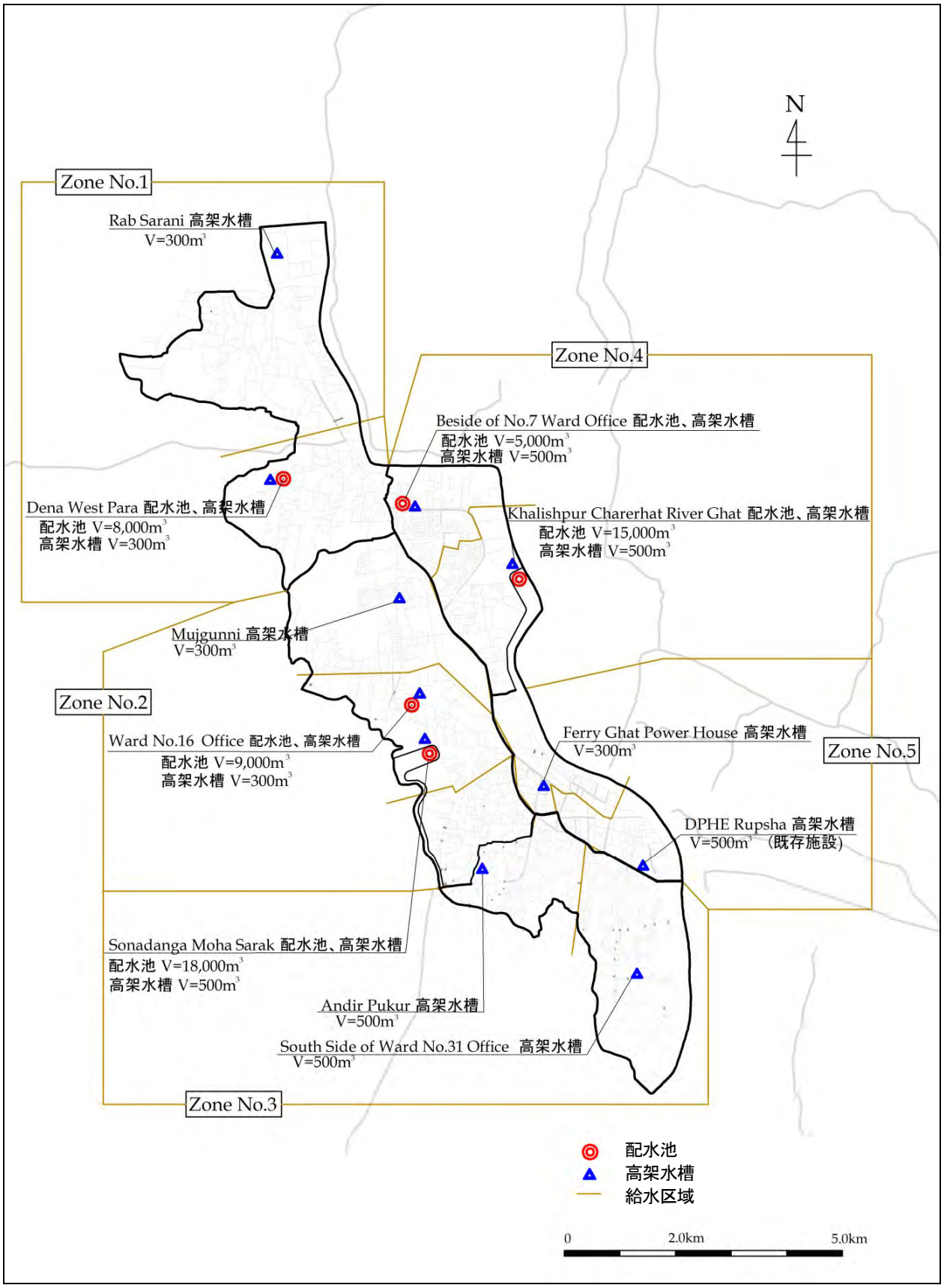


図 7.5 配水池及び高架水槽位置図

(3) 配水施設計画(共通)

配水施設は、以下の事項を考慮して、浄水を貯留、輸送、分配、供給する機能を持ち、配水池、高架水槽、配水管、ポンプ及びバルブその他の付属設備から構成される。

- 時間的に変動する需要量に対し、適正な水圧、かつ安定的に供給すること
- 維持管理が効率的で容易なものであること
- 浄水の汚染を防ぎ、かつ、変質させることのないようにすること

(4) 配水池及び高架水槽容量

配水池容量と高架水槽容量をゾーン別に表すと以下の通りである。配水池容量は以下の算定式により算出。

V＝日最大給水量×（12 / 24）

表 7.1　配水池及び高架水槽容量

ゾーン	ゾーン細分	配水池容量 (m^3)	高架水槽容量 (m^3)
No. 1	No. 1-1	8,000	300
	No. 1-2		300
No. 2	No. 2-1	9,000	300
	No. 2-2		300
	No. 2-3		500
No. 3	No. 3-1	18,000	500
	No. 3-2		500
No. 4	No. 4-1	5,000	500
	No. 4-2		500
No. 5	No. 5-1	15,000	300
	No. 5-2		500

(5) 水位

各配水池の高水位及び低水位は、HWL +2.40m、LWL -2.60m。また各高架水槽の高水位及び低水位は、HWL+27.4m、LWL+23.4m。

(6) 配水管計画

配水管ネットワークを構築する管種については、重要な管路であるため、ダクタイル鋳鉄管とする。配水支管から分岐する配水小管（管径φ150mm 以下）は、PVC 及び HDPE とする。

第 8 章　　組織及び事業運営

2008 年に設立された KWASA は、現状ではまだ組織及び方針・内部規定が整えられている段階である。組織としての整備が進み適切な人材が確保され、その人材の能力開発が行われると、KWASA 全体の業務が効果的かつ効率的に遂行できるようになると考えられる。

8.1　現時点の組織整備状況

KWASA は 2008 年 2 月に法令に基づき設立され、「水道、下水道及びその他の環境衛生に資する施設の建設、改築、増設、運転・維持管理」を行うことになっている。組織の意思決定の最高機関としての経営諮問会議は 13 名で構成されており、組織の業務や機能全般を決定する権限を有している。経営諮問会議の権限は、幹部職員の任命、組織戦略、財務・経営計画の承認、政府承認の取得まで及ぶ。

KWASA は MD が統括して業務を遂行し、二人の DMD が MD を補佐している。MD は KWASA 全体を運営する責任と権限を有し、財務の健全性を確保しながら業務全般を管理し、組織の方針・目標に沿って業務が遂行されるように管理する。MD の権限には、事務職員や現業職員の任命も含まれる。

KWASA の組織体制は政府によって承認されるものであるが、現時点（2010 年 10 月）でも正式承認が得られていない。そのため LGD が暫定承認した組織とし 2008 年に発足し、その組織は 2010 年に一度改正されている。改正された組織は技術部と財務・管理部からなり、それぞれが 4 つの課から構成されている。

2010 年 10 月までは、KWASA の職員数は 284 名であり、その内 157 名は LGD が認めた非常勤職となっている。MD と技術部の DMD は雇用契約であり、財務・管理部門を統括する事務長は政府からの出向として任命されている。KCC から引き続き雇用された職員は 127 名である。2010 年 11 月に KWASA の直接雇用として 7 名の職員(executive engineer (1), commercial manager (1), revenue officers (3), assistant chief (1)及び accounts officer (1)) が採用された。KWASA はさらに 8 名の職員（assistant engineer (2), budget officer (1) sub-assistant engineer (5) を 2010 年末までに雇用する予定である。

8.2　組織整備計画案（2017 年）

KWASA の組織の整備の状況を時系列に整理すると下図に示すようになる。

KWASA 組織整備	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
KWASA の組織整備(2010-2011)[1]											
ADB の支援による組織強化（2012-2016)[2]											
今回提案する KWASA の組織（2017)[3]											

1/ 暫定的に承認されている組織を整備するために行う。
2/ ADB が作成支援をしている「五カ年ビジネスプラン」では、暫定的に承認されている現行の組織から、申請済みの KWASA 組織に承認・移行することを提言している。
3/ 新規プロジェクト完成前に、JICA 調査団と ADB 調査団が提案する組織（案）をベースに KWASA 経営委員会が組織を改編する。

組織整備計画案（2017 年）では、新たな水道施設を機能させることに主眼をおいて、経営委員会及び MD の下での組織の階層を明確にすることで、権限、意思決定、責任の所在を明確に示した。新たな組織には配水事務所が設置され、各配水区域の特性を踏まえ、それぞれの目的を達成するために管網計画、管理計画が立案されることとした。

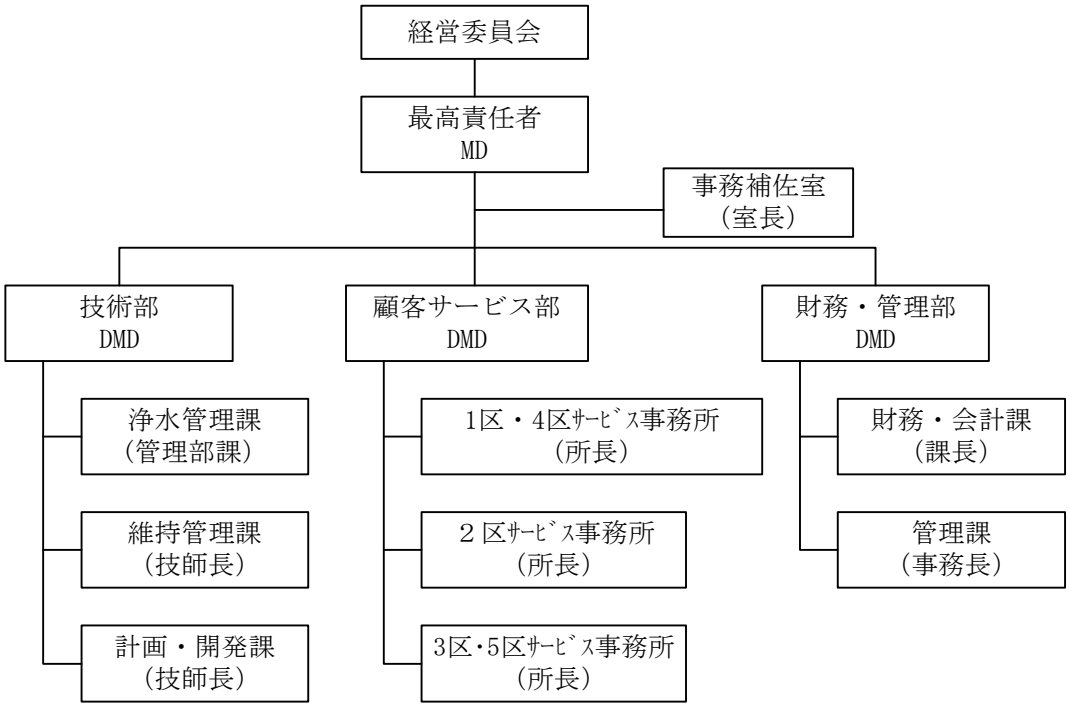


図 8.1　KWASA 組織計画案（2017 年）

下表の示す 2017 年の要員計画は、組織計画案を勘案しつつ現行の職員を活用し、新たな施設のために必要な人員を増やし、事業化により増加する水道水をメータで計量してサービスを展開することとしている。

表 8.1　KWASA 要員計画（2017 年）

部　　署	人　　員		合　　計
	既　　存	増員提案	
最高責任者			
MD 事務室及びそのスタッフ	4	0	4
事務補佐室	0	10	10
技術部			
DMD 事務室	3	0	3
浄水管理課	117	29	146
維持管理課	30	12	42
計画・開発課	15	1	16
財務・管理部			

部　　署	人　　員		合　　計
	既　　存	増員提案	
DMD 事務室	3	0	3
財務・管理課	8	10	18
管理課	32	18	50
顧客サービス部			
DMD 事務室	3	0	3
１区・４区サービス管理事務所	27	42	69
１２区サービス管理事務所	22	47	69
３区・５区サービス管理事務所	20	49	69
合計	284	218	502

8.3　事業実施組織

事業の実施は、事業の調整を行うプロジェクト・ステアリングコミッティ（SC）とプロジェクト・マネジメント・ユニット（PMU）及びプロジェクト・コンサルタントチーム（PCT）により運営される。

表 8.2　事業実施組織の役割分担

	事業実施組織	事業実施の機能	責任範囲
1.	プロジェクト・ステアリングコミッティ ● 地方自治農村開発協同省地方行政局 ● 財務省外事局 ● 計画省計画局 ● 事業実施・管理・評価局 ● クルナ市役所 ● クルナ開発局 ● KWASA ● 環境保全局（クルナ県） (アドバイザー：JICA 及び ADB)	関係機関の調整を通してプロジェクト実施に係る方針を示す。	プロジェクト全般 財務管理 実施管理 法令準拠
2.	プロジェクト・マネジメント・ユニット (PMU) KWASA	事業を実施するプロジェクト現場を直接管理する。	プロジェクト全般 支出管理 実施管理
	プロジェクト・コンサルタントチーム (PCT)	プロジェクト実施に伴う詳細設計、施工監理を KWASA の下で行う。	

PMU は技師長直属の組織として、プロジェクト室長を長として組織される。技術担当 DMD の指示の下、技師長が PMU のプロジェクト室長共に事業全体の日常の業務管理を行う。

PMU は 39 名で構成され、14 名が JICA 融資部分を、また 11 名が ADB 融資分の事業管理を行う。PMU の組織として次のようなものを考える。

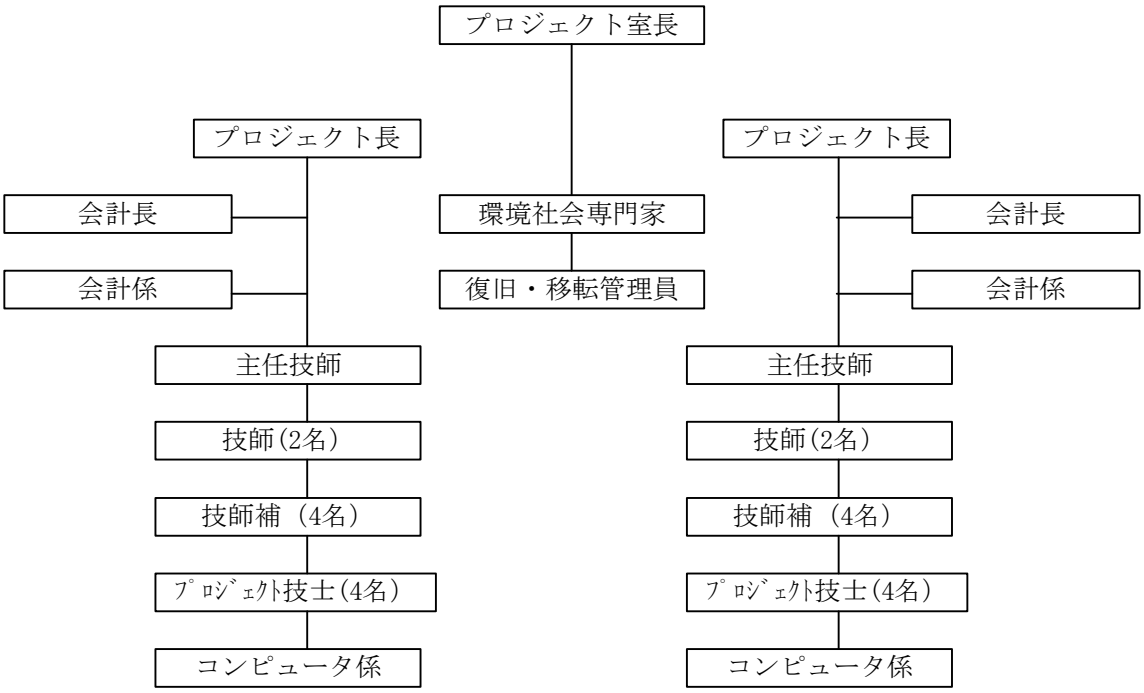


図 8.2　PMU 組織案

PCT は PMU の Project Director 宛てに報告をする。PCT はコンサルタントサービスの仕様書に従って業務を行い、詳細設計、料金設定のための財務的検討、入札、建設及びプロジェクトの監理、試運転及び維持管理、そしてプロジェクトの基本理念に沿った適切な事業実施戦略、業務の手段・手順を立案する。

8.4　能力開発

2017 年に KWASA が浄水場、配水管網及び施設の運転維持管理を開始する。新たな施設及び設備の運転維持管理の訓練が必要となり、トレーニングを受ける者のレベル及び業務に合ったトレーニングが計画されることが必要である。現在 ADB が KWASA の 2011 年から 2016 年の 5 カ年間のビジネスプラン策定を支援していることから、新規プロジェクトの建設が完成する 2017 年には KWASA 職員が業務を遂行する能力を備えることが期待される。

今後の訓練を進める方針としては、全ての技術職員が種々のトレーニングを施設の建設中に受け、プロジェクトの完成後には浄水処理施設の運転維持管理、配水施設の運転維持管理、そして管網の建設と管理を担当できるようにすることである。技術職員の 25 名程度をひとクラスにして運転維持管理全体の基礎トレーニングを行って、KWASA の浄水処理及び配水施設全体を周知させることを提案する。この基礎トレーニングは個別トレーニングも含む。個別トレーニングを考えるには、トレーニング・ニーズ・アセスメント（TNA）が必要で、トレーニングが実際の職員の能力が業務に求められる最低限の水準を満たすこと、監督職員の任務遂行状況、そして幹部職員の指揮方針といった受講者のより詳細な資質と適性を探ることが必要になる。具体的な能力開発は、受講者のレベルに合ったトレーニングの目的、計画及び方法を包括する必要がある。KWASA 職員には具体的な能力開発と職務の技能講習を組み合わせて、KWASA 職員の業務を遂行する姿勢が積極的なものに変わ

り研修効果が継続して残るようにする。

浄水場の KWASA への引き渡し前に、コンサルタントと建設請負業者によって行われる水処理の運転維持管理トレーニングとして、次のようなものを提案する。(i)取水施設と取水ポンプの運転維持管理のトレーニング、(ii)貯水池の運転維持管理のトレーニング、(iii)浄水場のフロック形成池、沈殿池の運転維持管理のトレーニング、(iv)砂ろ過施設の運転維持管理のトレーニング、(v)浄水池の運転維持管理のトレーニング、(vi)塩素注入施設の維持管理のトレーニング、(vii)水質検査のトレーニング。

さらに、配水施設の運転維持管理トレーニングとして次のものが必要になる。(i)管網整備、リハビリ及び維持管理のトレーニング、(ii)漏水修理及び防止のトレーニング、(iii)配水池、配水ポンプ及び高架水槽の維持管理トレーニング。

全ての機械・電気設備運転維持管理に係る職員への OJT が必要である。トレーニングはコンサルタントと機器製造会社の代表が合同で用意し、日常運転及び修繕に利用できる手順が記載された運転管理マニュアルに手交される必要がある。

第 9 章　財務及び経済分析

9.1　事業資金の調達

KWASA の現状および将来の財務状況の分析、予測結果によれば KWASA が自己資金により本件事業を実施することは、明らかに不可能である。

KWASA が顧客に賦課する水道料金が、事業の運営維持費用のみ回収できる水準である限り、資本投資費用については、その資金源を料金収入以外に求めなければならない。

本調査は JICA および ADB が協調融資を行うことを想定しているが、その場合、JICA と ADB からバングラデシュ政府に貸し出された資金は、KWASA へ転貸融資されることになる。バングラデシュ政府では転貸ローン融資条件については KWASA が返済することを前提に一定のガイドラインを設定している。しかし実際に KWASA に適用される条件については、KWASA の財務状況や、事業により提供されるサービスの種類に応じて、ガイドラインより緩やかな融資条件が適用される可能性がある。その場合でも低利の金利適用、長期の返済期間の長期化、支払い猶予などの融資条件の緩和については、KWASA 側からバングラデシュ政府に対して積極的に申請していく必要がある。

また、JICA や ADB からの借款は、事業の資本費用全体をカバーしないことに留意すべきである。外国借款によりカバーされない費用については、バングラデシュ政府の資本予算配分を通じて KWASA が政府から補助金として受領できる可能性がある。KWASA としては、政府に対して前述の転貸ローン融資条件の緩和を要請することに加えて、政府補助金の増額、転貸ローン融資額の減額を申請すべきである。

9.2　財務評価

事業の財務健全性については、財務内部収益率（FIRR）、財務現在価値（FNPV）、財務的資本機会費用（FOCC）を用いて評価した。FIRR が FOCC を超える場合は、事業は財務的に実行可能であるとみなされる。この場合は FOCC を割引率として計算された FNPV がプラスになる。財務評価において用いられた主な前提、仮定条件は下記のとおりである。

- 事業分析期間：　2010 年～2046 年
- 初期資本費用：　2010 年価格で 23,244 百万タカ、価格予備費は除く
- 新規の運営維持費用：　2025 年からの新規浄水場稼働率ピーク時の発生費用は 2010 年価格で年間 214 百万タカ
- 既存の井戸事業の運営維持費用：　2010 年価格で年間 31 百万タカ
- 2032 年に予想される機電施設の更新費用：　初期資本費用の 24%
- 事業分析期間終了時点での資産の残存価値：　耐用年数を土木構造物、水道管については 50 年、機電施設は 15 年として計算、土地については購入時の市場価値とする
- 水収支：　KWASA 水道管による供給システム、KWASA 手押しポンプ井戸、私有井戸から供給される水が家庭用、事業者用及び無収水として費消されるとして、2010 年から 2025 年までのそれ

ぞれの水量を算出する。

- 基本ケースにおける水道料金： 運営維持費用のみ回収できる水準とし、2010 年価格で家庭用が 1m³ あたり 5 タカ（現行の小口径料金は 4 タカ）、事業者用は 10 タカ（現行の中・大口径料金と同額）とする
- 管井事業の増益： 既存供給水の実効料金と基本ケース料金との差額分が増収となる。家庭用で 1m³ あたり 3.8 タカ、事業者用で 9 タカ
- 水道接続料金については実費徴収とする
- 料金徴収効率は 100%とする

上記条件を適用した結果、FOCC の 0.23%を下回る、マイナス 6.09%の FIRR が算出された。すなわち本件事業は財務的に健全とはいえない。

事業が財務的に成立し得ない主な要因は、水道料金が運営維持費用を回収する水準でしか設定できないことにある。この水道料金は実現可能な水準ではあるが、事業の財務健全性においては、資本費用を含む全費用を回収できる水準に料金が設定されない限り事業の FIRR はプラスにならず、健全性の確保は難しい。

感度分析の結果によれば、もし水道料金が全費用回収水準（2010 年価格で家庭用が 1m³ あたり 27 タカ、事業者用が 54 タカ）に設定されれば、FIRR は 0.37%となり、財務的にも健全な事業といえるようになる。しかしながら、この全費用回収可能水準の料金を設定するには、現行料金を短期間で大幅に値上げしなければならず、非現実的である。ただし全費用回収可能水準の料金設定が全く非論理的ということではない。水道料金の推定支払い可能額（2010 年価格で家庭用が 1m³ あたり 48 タカ、事業者用は 54 タカ）に比較すると、全費用回収可能水準での家庭用料金はこれを大きく下回っており、事業者用料金については同額だからである。

9.3 基本ケースにおける財政予測

本報告書作成時点では、外部監査済みの財務データがなく、KWASA 作成の財務データも信頼性に欠けるため、財政予測は本件事業を実施することによる KWASA 全体を対象とするのではなく、本件事業部分のみを対象として行われた。財政予測に用いられた主な前提、仮定条件は下記のとおりである。

- 予測期間は事業実施期間終了からおよそ 30 年間にあたる 2016 年から 2046 年までとする
- 年間インフレ率は事業実施期間中（2011 年～2016 年）が 4.8%、実施期間後は半減値の 2.4%とする
- KWASA のキャッシュフローの不足分に対してはバングラデシュ政府が借入資本金の注入を行う
- 運営維持費用を回収できる料金水準の維持が必須である。この水準とは 2010 年価格で家庭用が 1m³ あたり 5 タカ、事業者用が 10 タカで、物価上昇に合わせると 2016 年には家庭用が 1m³ あたり 6.6 タカ、事業者用が 13.2 タカになる

減価償却費や債務返済費用が料金収入のみで賄えないことから、本件事業の収支は継続的な赤字状態が続き、累積損失も増加する。したがってキャッシュ不足、資本金減少を免れるためには、バン

グラデシュ政府が借入資本金の注入を行う必要がある。

9.4 経済評価

事業の経済健全性については、経済内部収益率（EIRR）、経済現在価値（ENPV）、経済的資本機会費用（EOCC）を用いて評価した。EIRR が EOCC を超える場合は、事業が経済評価的に実行可能とみなされる。この場合は EOCC を割引率として計算された ENPV もプラスになる。経済評価において用いられた主な前提、仮定条件は下記のとおりである。

- 事業の評価対象期間（2016～2046 年）
- EOCC は 12%
- 事業の財務的原価は、貿易財、非貿易財、熟練労働、非熟練労働、土地、およびその他の原価に配分される。これらの財務的原価に特定の変換係数を乗じることにより、2010 年価格での経済的原価を算出する。
- 財務的原価から、税金や関税の移転支出項目を差し引いて経済的原価を導く。また貿易財については、国内価格基準を用いるため、シャドウ為替レート係数 1.07 を乗じて経済価格に変換する。

事業の経済的便益としては主に下記項目を算出した。

- 本件事業がもたらす非増加分水量（供給形態が切り替わるだけで、事業実施前と量的には変わらない水量）は、家庭顧客については、従来の手押しポンプ井戸水の使用量相当である。この井戸水使用が新システムの水道使用へと切り替わることにより、これまで井戸水使用に使われていた経済的資源は節約され便益となる。現状では手押しポンプ井戸水を使用する際の機会費用（経済的資源価値）は $1m^3$ あたり 68.3 タカである。
- 事業者顧客の場合の非増加分水量の便益は、現在、代替水として使われている民間水業者の水の供給価格と考えられる。この価格は $1m^3$ あたり 2000 タカである。
- 本件事業による増加分水量（事業実施後に純増する水需要）の経済便益は、新たな浄水システムにより生産される水に対する需要価格により表わされる。この需要価格は支払意志額と考えられる。本件事業により KWASA 水道管に新規接続する家庭顧客の支払意志額は、新規接続費用が平均 3000 タカと仮定した場合、$1m^3$ あたり 22.2 タカである。
- 事業者顧客の場合、支払意志額を推定支払可能額と同値と仮定して、$1m^3$ あたり 54 タカとなる。
- 従来の深井戸ベースの KWASA 水道管に接続していた家庭顧客も、本件事業により水質向上や安定供給などの便益を享受する。これらの顧客の支払意志額は $1m^3$ あたり 29.7 タカである。
- 無収水は水道管、施設自体の不備から発生する以外に、業務管理上の要因（盗水、水道メータ検針値の不正変更、水道料金過小請求など）からも発生し、KWASA が本来得られるべき料金収入を減少させている。ただし業務管理に起因する無収水は、実際には誰かに使用されているので経済便益の源泉とみなされる。この業務管理に起因する無収水を、無収水全体の半分と推定した。
- 本件事業により、深井戸システムを含めた新規水道システムの運営維持費用が発生するが、従来の深井戸システムの運営維持費用の負担分はなくなる。この運営維持費用の節約分を経済価格へ変換する際に変換係数 0.85 を用いる。
- 事業評価期間終了時点での土木構造物、水道管、機電設備機器の財務的残存価値を経済的価格

に変換する際には変換係数 1.04 を用いる。

上記条件の結果、EOCC の 12%を上回る 14.41%の EIRR が算出された。すなわち本件事業は経済的に健全であるといえる。

第 10 章　環境社会配慮

10.1　環境許可書(ECC)の取得

本事業は上水供給分野であり、バングラデシュ国の関連法規で規定された「カテゴリーRED(最も厳しい)」に分類される。このため、KWASA は IEE および EIA を準備し、先ず立地許可書(SCC：Site Clearance Certificate)、次に環境許可書（ECC: Environmental Clearance Certificate）を環境局（DOE）から取得する必要がある。

10.2　IEE 実施と SCC 発行

DOE は、KWASA が提出した IEE 報告書に基づき 2010 年 10 月 18 日に SCC を発行した。発行番号は No. DoE/Clearance/5021/2010/343 で、それには必要な条件や要件が付記された。 なお、IEE 報告書は、「最終報告書 Volume Ⅲ サポーティングレポート」10.1 に添付されているとおりである。

10.3　EIA 実施と ECC 発行

2010 年 11 月に KWASA は ECC 取得に必要な公的申請書類(EIA 含む)を、DOE クルナ地方局に提出した。DOE は環境審査会の審議等を経て 2011 年 2 月 1 日に ECC を発行した。なお、IEE 報告書は、「最終報告書 Volume Ⅲ サポーティングレポート」10.2 に添付されているとおりである。

10.4　用地取得及び住民移転計画書(LAP & RAP)

本事業に必要な立地は、バングラデシュ関連法規により「用地取得及び住民移転計画書(LAP & RAP)」の作成が求められる。KWASA は本調査団の支援の下で KWASA は LAP/RAP を作成し、2011 年 11 月の JICA 及び ADB の事業審査ミッションと協議を行った。なお、LAP/RAP は、「最終報告書 Volume Ⅲ サポーティングレポート」10.3 に添付されているとおりである。

10.5　事業実施における環境社会状況

10.5.1　社会環境

(1) 用地取得

表 10.1 に本事業で必要となる用地を示す。

表 10.1　事業概要と用地

施設及び建設場所		土地利用形態	所有形態	取得要否
取水施設	Mollarhat	稲作地、河岸	私有地	取得必要
導水管	Mollarhat から Samanto Sena	国道	RHD	取得必要なし
		地方道	LGED	
浄水場	Samanto Sena	稲作地、魚養殖池	私有地、公用地	To be acquired
貯水池				
送水管	KCC 市内	公道下	KCC 他	取得必要なし

配水池及び高架水槽	1	Deana West Para 配水池及び高架水槽	稲作地、魚養殖池 (低地)	私有地	取得必要
	2	Ward # 16 Councilor office Reservoir and Over Head Tank	空地	公用地	取得必要
	3	Sonadanga Moha Sarak 配水池及び高架水槽	稲作地、魚養殖池 (低地)	私有地	取得必要
	4	Beside of 7 No. Wrd Councilor Office 配水池及び高架水槽	底湿地	私有地	取得必要
	5	Khalishpur Chorerhat River Ghat 配水池及び高架水槽	空地	公用地	取得必要
高架水槽	1	Rab Sarani 高架水槽(Word # 2)	耕作地、空地	私有地	取得必要
	2	Mujgunni 高架水槽(Word # 9)	空地	公用地	取得必要
	3	Ferry Ghat Power House More (KCC Garage) 高架水槽	空地	公用地	取得必要
	4	Andir Pukur 高架水槽	空地	私有地	取得必要
	5	South side of Word # 31office Labonchura 高架水槽	稲作地 (低地)	私有地	取得必要
	6	DPHE Rupsha Over Head Tank	空地	公用地	取得必要

(2) 土地取得による被影響民

- 取水施設 (Mollarhat) ： 30 名の個人所有者
- 浄水場及び貯水池 (Samanto Sena) ： 72 名の個人所有者及び 1 公的所有組織
- 配水池及び高架水槽(KCC) ： 5 名の個人所有者及び 3 公的所有組織

(3) 事業立地周辺におけるその他の社会環境

EIA 調査結果から、事業用地及び既存道路及びその周辺には不法定住民、社会的及び文化的に重要施設は確認されていない。

10.5.2 周辺環境

- クルナ管区には世界一の規模を誇る「シュンドルボン」と呼ばれるマングローブ地帯がある。ただし、事業の取水施設及び KCC 地区から直線でシュンドルボンの境界線へそれぞれ 85km、65km 離れており、事業による影響は予測されない。
- IUCN 調査や関連文献レビューから事業地用地周辺に貴重種は確認されていない。即ち、事業地用地周辺の動植物相において貴重種・絶滅種は存在しない。

10.6 事業による環境社会影響予測

表 10.2 に事業による予測される社会影響の要約を示す。表から必要な用地取得にかかる社会影響以外は大きな影響は予測されない。

表 10.2 社会影響予測(要約)

施設名	予想される影響					
	住民移転		用地取得		生活及び生活手段	
	建設時	供用開始後	建設時	供用開始後	建設時	供用開始後
取水施設	なし	なし	あり	なし	幾分あり	なし
導水管	なし	なし	なし	なし	幾分あり	なし

浄水場	なし	なし	あり	なし	幾分あり	なし
貯水池	なし	なし	あり	なし	幾分あり	なし
送水管	なし	なし	なし	なし	幾分あり	なし
配水池	なし	なし	あり	なし	幾分あり	なし
高架水槽	なし	なし	あり	なし	幾分あり	なし

表 10.3 に事業による予測される環境影響の要約を示す。表から工事中における一時的な影響は予測されるが、通常の工事に見られるレベルである。

表 10.3　環境影響予測（要約）

施設名	予想される影響					
	騒音・振動		大気 (排気ガス)		河川水（水量／水質）	
	建設時	供用開始後	建設時	供用開始後	建設時	供用開始後
取水施設	幾分あり	なし	幾分あり	なし	幾分あり	なし
導水管	幾分あり	なし	幾分あり	なし	なし	なし
浄水場	幾分あり	なし	幾分あり	なし	なし	なし
貯水池	幾分あり	なし	幾分あり	なし	なし	なし
送水管	幾分あり	なし	幾分あり	なし	なし	なし
配水池	幾分あり	なし	幾分あり	なし	なし	なし
高架水槽	幾分あり	なし	幾分あり	なし	なし	なし

10.7　事業実施への環境社会配慮

表 10.4 に開催されたステークホールダーミーティング及びフォーカスグループ協議の実施状況を示す。

表 10.4　ステークホールダーミーティング

(単位：人)

番号	日付	会場	用地取得対象者／住民	KWASA	JICA 調査団	他	合計
1	12-08-2010	KWASA 事務所	2	4	4	14	24
2	21-08-2010	Rupsha 地区 Patharghata 高校	150	3	3	3	159

表 10.5　フォーカスグループ協議

(単位：人)

番号	日付	会場	用地取得対象者／住民	KWASA	JICA 調査団	他	合計
1	7-10-2010	Patharghata	7	1	1	-	9
2	9-10-2010	Samonto Sena Bazar	7	1	1	-	9
3	9-10-2010	Mollarhat 技術専門学校	7	1	1	-	9

表 10.6 はフォーカスグループ協議で出された事業実施に対する主要な意見等を整理したものである。

表 10.6　事業予定地の概要

建設予定施設	ステークホルダーからの意見
取水施設	- イネ、ジュート、野菜等の農作物に影響が出る。建設工事に着手する前に、これら補償すべきものは即時支払われるべきであう。樹木や植物も対象とすべき。 - 予想される堤防の浸食を防ぐ手段を講じるべきである。 - 地域住民、特に女性、子供、身体的弱者の移動の妨げとならないような交通管理が必要である。 - 大気汚染（粉じんや排気ガスによる）や河川（Madhumati 川）の自然水域での水質悪化といった環境影響が生じる恐れがあることから、注意を要する。この河川水は農作、生活用水として重要であり、衛生面や廃棄物の監理、他の社会的な問題を生じさせないようにする必要がある。
浄水場及び貯水池	- エビの養殖はこの地方では重要であることから事業を実施することで多くの人に影響が生じる可能性がある。従って、養殖費用補償が必要な者には、土地の補償費の2倍、3倍のあるいは5倍の補償が適切である。 - 野菜等の農作物に影響が出る。建設工事に着手する前に、これら補償すべきものは即時支払われるべきであう。樹木

	や植物も対象とすべき。 - 建設時に建設労働者が集まるのは収穫や周辺樹木に影響を及ぼしかねない。 - 車輛や機器からの騒音は住民生活及び野生動物に影響を及ぼしかねない。 - 粉じんや排気ガスによる大気汚染に対する管理が必要である。 - 政府からの土地補償金はわずかで、実際の市場価格をかけ離れている。市場価格との差をできるだけ最小化すべきである。 - 特に建設工事の後に土質が悪化することに注意が必要である。 - 自然水域での水質悪化といった環境影響が生じる恐れがあることから、注意を要する。この河川水は農作、生活用水として利用されている。 - 車輛の往来が地域住民、特に女性、子供、身体的弱者の移動に影響を及ぼすことが懸念される。 - 衛生面や廃棄物の監理、他の社会的な問題を生じさせないようにする必要がある。 - 事業実施に伴って生じる土地所有者に対する便益は何かという意見もあった。 - 土地は生活そのもので、土地を失うことで全てを失うことになるから、政府所有の土地で対応できないかとの意見もあった。
配水池及び高架水槽	- クルナ市内の土地は重要で価格が高い。可能であれば政府の土地を充てるべきである。 - 市内の土地に対しては適切な補償されるべきである。

表 10.6 で整理したこの意見は主に用地取得に対する補償への意見と、生活・生計（工事中の騒音、大気汚染、交通管理等）への影響への意見であり、この影響に対してはEIA報告書の中で管理可能としている。

10.7.1 環境モニタリング

EIAでは、用地取得に関する影響が主なものとして認識され、LAP/RAPでは用地取得の補償や社会影響緩和策が示されている。従って、KWASAは以下に示す環境モニタリング制度を整備する必要がある。

a. 住民からの苦情窓口：苦情対応をする
b. 危機管理機能：急激な水質(BOD, COD, DO等)の悪化時の危機対応機能(緊急時のみ)
c. 漏水：水漏れの確認と対応
d. 施設の定期的検査

なお、DOEがKWASAに対して事業実施を承認したECCでは、一般的に事業者が実施すべき環境モニタリングの条件や要件が示されている。

(1) プロジェクト環境管理計画（案）

プロジェクト実施の際に作成するプロジェクト環境管理計画の一例をEIA報告書に示す。

表 10.7 プロジェクト実施環境管理計画(案)

段階	建設時	供用開始後
対応機関	KWASA内のPMU	KWASA
モニタリング	PMU の計画・開発担当	KWASA
役割	DOEとの連絡	ECCの定めのとおりDOEに報告
	EIA 報告書、DOEがECCに定めたモニタリング項目の管理をする。必要であればJICA及びADBと調整。	DOE が ECC に定めたモニタリング項目の管理をする。必要であればJICA及びADBと調整。
担当者	1名	1名

(2) 報告

DOEからKWASAに発行されたECCでは、KWASAに対して環境管理報告書の提出を義務付けており、JICA及びADBのガイドラインも同様に環境管理報告書の提出を求めている。このためKWASAは事

業実施に先立ち、モニタリング項目・頻度、報告時期等について JICA 及び ADB と協議をすることが求められる。

JICA は、円借款事業には JBIC 環境社会配慮ガイドラインに「モニタリングフォーム」を要している。即ち、KWASA 及び PMU は JICA との今後の協議に基づき、このモニタリングフォームを参考に工事中及び供用開始後に必要なモニタリング報告書の定期的な提出を行うことになる。

第 11 章　事業実施計画

11.1　事業概要

事業概要を以下に示す。

表 11.1　事業概要

No.	施　設　名	能力/容量	数　　量	備　考
1	取水施設	110,000m^3/日	1 カ所	
2	導水管	-	φ1350mm, L=33km	
3	貯水池	775,200 m^3	1 カ所	
4	浄水場	110,000 m^3	1 カ所	
5	送水管	-	φ300-1100mm, L=25km	
6	配水池		合計 5 カ所	
6.1	Deana West Para 配水池	8,000 m^3		
6.2	Ward No.16 Office 配水池	9,000 m^3		
6.3	Sonadanga Moha Sarak 配水池	18,000 m^3		
6.4	Beside of No.7 Ward Office 配水池	5,000 m^3		
6.5	Khalishpur Charehat River Ghat 配水池	15,000 m^3		
7	高架水槽		合計 11 カ所	
7.1	Deana West Para 高架水槽	300 m^3		
7.2	Ward No.16 Office 高架水槽	300 m^3		
7.3	Sonadanga Moha Sarak 高架水槽	500 m^3		
7.4	Beside of No.7 Ward Office 高架水槽	500 m^3		
7.5	Khalishpur Charehat River Ghat 高架水槽	500 m^3		
7.6	Rab Sarani 高架水槽	300 m^3		
7.7	Mujgunni 高架水槽	300 m^3		
7.8	Ferry Ghat Power House 高架水槽	300 m^3		
7.9	Andir Pukur 高架水槽	500 m^3		
7.10	South Side of Ward No.31 Office 高架水槽	500 m^3		
7.11	DPHE Rupsha 高架水槽	500 m^3		
8	配水管ネットワーク	-	φ50-400mm, L=700km	
9	各戸接続管施設	-	90,000 カ所	

11.2　事業実施スケジュール

予想される全体スケジュールを図 11.1 に示す。全体スケジュールは、以下の建設前及び建設時の各手続き及び作業を考慮して設定した。

JICA ローンのプレッジ	2011 年 2 月
両国政府間での交換公文	2011 年 3 月
借款契約（L/A）署名	2011 年 3 月
設計及び事業監理のためのコンサルタント選定	9 ヶ月
詳細設計及び発注仕様書の準備	9 ヶ月
事前資格審査の実施、評価及び JICA 承認	3 ヶ月
各パッケージの発注図書作成及び JICA 承認	3 ヶ月
入札	2 ヶ月

プロポーサル評価	2 ヶ月
JICA 承認（プロポーサル評価）	1 ヶ月
契約交渉	1.5 ヶ月
JICA 承認（業者契約）	0.5 ヶ月
信用状の発行	1 ヶ月
建設工事	36 ヶ月
工事完了及び試運転	2016 年 6 月
O&M トレーニング	12 ヶ月 (2016年7月～2017年6月)

主要施設の建設工事期間を以下に示す。なお、建設期間は施設規模、作業量によって異なる。

JICA ローン	パッケージ 1	取水施設	24 ヶ月
		導水管	12 ヶ月
	パッケージ 2	浄水場	36 ヶ月
		貯水池	12 ヶ月
ADB ローン	パッケージ 3	送水管	36 ヶ月
		配水池	24 ヶ月
	パッケージ 4	高架水槽	24 ヶ月
		配水管及び各戸接続管	36 ヶ月

11.3 事業実施方法

11.3.1 パッケージ分け

JICA ODA ローン事業は、表 11.2 に示す 2 つのパッケージに分ける。

表 11.2 各パッケージの施設概要

No.	施 設 名	施設概要	建設費	備考
パッケージ 1	(a) 取水施設	1 カ所	6,968 百万円 (5,665 百万タカ) (81.50 百万ドル)	国際競争入札
	(b) 導水管	管径：1,350mm 管延長：33 km		
パッケージ 2	(a) 浄水場	110,000m^3/日	5,504 百万円 (4,474 百万タカ) (64.37 百万ドル)	国際競争入札
	(b) 貯水池	池容量：775,200m^3		

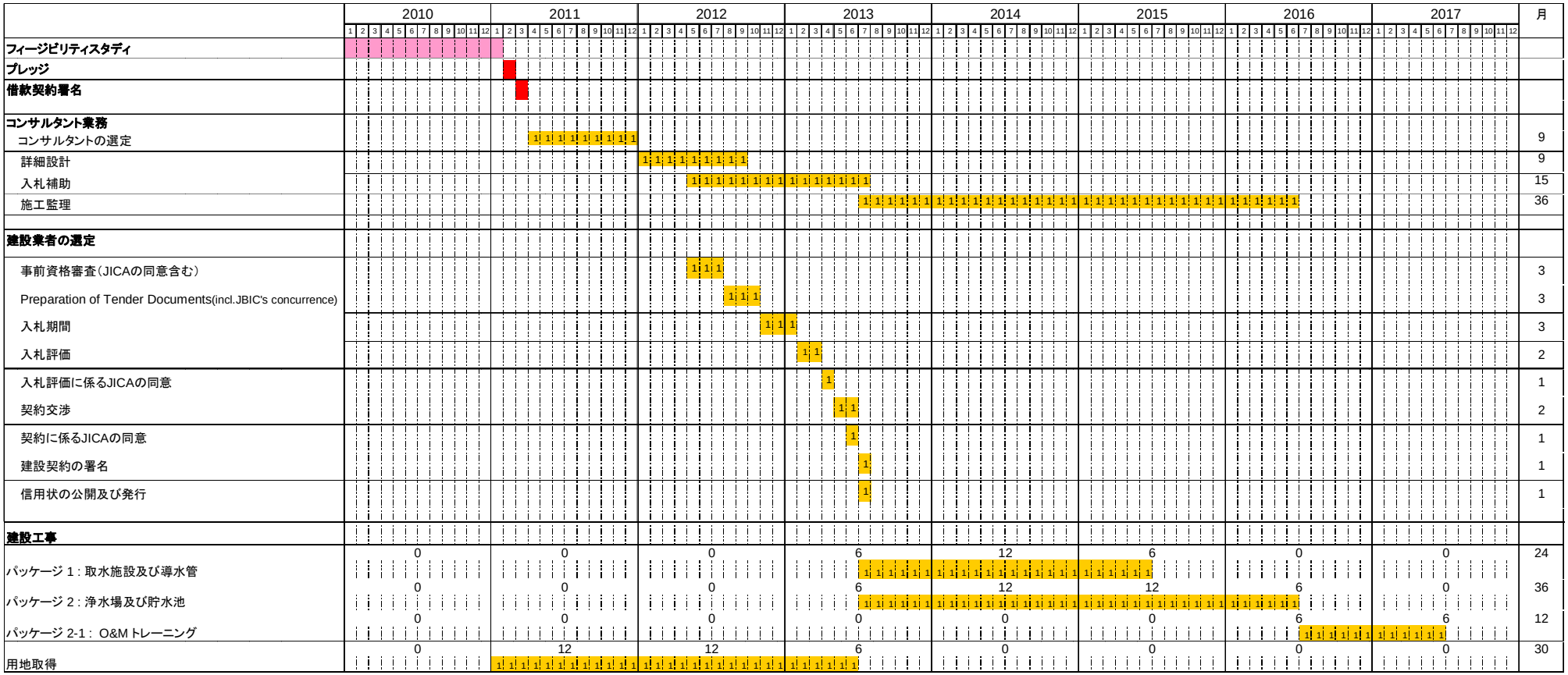


図 11.1　事業実施スケジュール（パッケージ 1 & 2）

11.3.2 事業実施プロセス

事業の実施は、大別すると以下の 6 つのプロセスにより行われる。

1) 予算措置
2) 詳細設計及びプロジェクト管理のためのコンサルタントの選定
3) 詳細設計及び入札図書の作成
4) 建設工事業者入札
5) 建設工事
6) O&M トレーニング

11.4 プロジェクト・マネジメント・ユニット（PMU）

KWASA は、責任をもって事業実施及び管理する。KWASA 内に組織されるプロジェクト・マネジメント・ユニット（PMU）（案）の人員構成を図 8.2 のように提案する。

11.5 コンサルタント業務

11.4.1 業務概要

KWASA はクルナ水道事業実施のための詳細設計及び事業管理のためにコンサルタントを雇用する。なお、コンサルタントは、インターナショナルコンサルタント団員及びローカルコンサルタント団員で構成される。

11.4.2 コンサルタント業務にかかる費用

詳細設計及び事業管理にかかるコンサルタント業務費の内訳を表 11.3 に示す。

表 11.3　コンサルタント業務費の内訳

1ドル＝　85.5 円　　1タカ＝　1.23 円

	単位	数量	外貨(円)		内貨(タカ)		外貨・内貨 計 (円)	外貨・内貨 計 (タカ)
			平均単価	計	平均単価	計		
A 人件費								
1) 外国人専門家	月	174	2,632,759	458,100,000			458,100,000	372,439,024
2) バングラデシュ人専門家	月	399			330,702	131,950,000	162,298,500	131,950,000
3) アシスタント	月	328			138,796	45,525,000	55,995,750	45,525,000
小計 A		901		458,100,000		177,475,000	676,394,250	549,914,024
B 直接費								
1) 国際線航空運賃	回	74	500,000	37,000,000			37,000,000	30,081,301
2) 国内線航空運賃	回	100			7,000	700,000	861,000	700,000
3) 滞在費							0	0
外国人専門家	月	174			350,000	60,900,000	74,907,000	60,900,000
バングラデシュ人専門家	月	399			100,000	39,900,000	49,077,000	39,900,000
アシスタント	月	328			50,000	16,400,000	20,172,000	16,400,000
4) 測量及び土質調査費	式	1				9,000,000	11,070,000	9,000,000
5) 車輌借上げ費	月	156			160,000	25,013,333	30,766,400	25,013,333
6) 事務所賃料	月	51			150,000	7,650,000	9,409,500	7,650,000
7) 通信費(国際)	月	51			150,000	7,650,000	9,409,500	7,650,000
8) 通信費(国内)	月	51			50,000	2,550,000	3,136,500	2,550,000
9) 事務所光熱費等	月	51			50,000	2,550,000	3,136,500	2,550,000
10) 事務所備品	式	1				2,000,000	2,460,000	2,000,000
11) 報告書作成費	冊	1340			1,000	1,340,000	1,648,200	1,340,000
小計 B				37,000,000		175,653,333	253,053,600	205,734,634
合 計				**495,100,000**		**353,128,333**	**929,447,850**	**755,648,658**

11.6　事業費

11.5.1　事業費算定条件

事業費算定のための条件を以下に示す。

(1) 建設費算定条件

1)　基準年　　2010 年 11 月

2)　外貨交換レート　　1 タカ ＝ 1.23 円
1 ドル ＝ 69.4 タカ
1 ドル ＝ 85.5 円

3)　物価上昇率（年間）　　外貨= 1.8%、内貨= 4.8%

4)　予備費　　5%

(2) 一般管理費及び税金等

1)　一般管理費　　ADB ローン及びバングラデシュ政府で負担

2)　内貨にかかる付加価値税　　15%（JICA ローン対象の内貨分に対して）

3)　外貨にかかる付加価値税　　15%（JICA ローン対象の外貨分のコンサルタント業務費に対して）

4)　輸入税　　30%（JICA ローン対象の外貨分の建設工事費に対して）

11.5.2 初期費用

JICA 事業分（パッケージ 1、2）の初期費用の概要を表 11.4 に、また年次別支払い額を表 11.5 に示す。

表 11.4 初期費用の概要

項目		合計		
		外貨	内貨	計
A. ローン対象分				
I)	供与 / 建設工事	10,296	3,526	14,634
	パッケージ 1:取水施設及び導水管	5,525	1,173	6,968
	パッケージ 2:浄水場及び貯水池	3,521	1,571	5,454
	パッケージ 2－1:O&Mトレーニング	50	0	50
		0	0	0
	JICA借款分の基礎価格	9,096	2,745	12,472
	建設工事分	9,096	2,745	12,472
	供与分	0	0	0
	物価上昇分	710	614	1,465
	建設工事分	710	614	1,465
	供与分	0	0	0
	予備費	490	168	697
	建設工事分	490	168	697
	供与分	0	0	0
II)	コンサルタント業務費	552	441	1,095
	基礎価格	495	353	929
	物価上昇分	31	67	114
	予備費	26	21	52
小計 (I +II)		10,849	3,968	15,729
B. 非ローン対象分				
a	用地取得費	0	268	330
	基礎価格	0	234	288
	物価上昇分	0	21	26
	予備費	0	13	16
b	一般管理費	0	0	0
c	付加価値税 (1)	0	595	732
e	付加価値税 (2)	0	67	83
d	輸入税	0	2,511	3,089
計 (a+b+c+d+e)		0	3,442	4,233
合計 (A+B)		10,849	7,410	19,963
建中金利		5	0	5
総計 (A+B+C)		10,854	7,410	19,968

表 11.5 パッケージ 1、2(JICA 事業分)にかかる年次別支払い額

積算基準年 : 2010 年 10月　　外貨 合計: 百万円
外貨交換レート : タカ = 円 1.23　　内貨 : 百万タカ
物価上昇率 : FC: 1.8% LC: 4.8%
予備費 : 5%
予備費(コンサルタント分) 5%

項目	合計			2011			2012			2013			2014			2015			2016			2017		
	外貨	内貨	計	外貨	内貨	計	外貨	内貨	計	外貨	内貨	計	外貨	内貨	計	外貨	内貨	計	外貨	内貨	計	外貨	内貨	計
A. ローン対象分																								
I) 供与 / 建設工事	10,296	3,526	14,634	0	0	0	0	0	0	2,180	671	3,005	4,439	1,407	6,169	2,933	1,085	4,267	715	364	1,163	30	0	30
パッケージ 1:取水施設及び導水管	5,525	1,173	6,968	0	0	0	0	0	0	1,381	293	1,742	2,763	587	3,484	1,381	293	1,742	0	0	0	0	0	0
パッケージ 2:浄水場及び貯水池	3,521	1,571	5,454	0	0	0	0	0	0	587	262	909	1,174	524	1,818	1,174	524	1,818	587	262	909	0	0	0
パッケージ 2−1:O&Mトレーニング	50	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	25	25	0	25
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JICA借款分の基礎価格	9,096	2,745	12,472	0	0	0	0	0	0	1,968	555	2,651	3,936	1,110	5,302	2,555	817	3,560	612	262	934	25	0	25
建設工事分	9,096	2,745	12,472	0	0	0	0	0	0	1,968	555	2,651	3,936	1,110	5,302	2,555	817	3,560	612	262	934	25	0	25
供与分	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
物価上昇分	710	614	1,465	0	0	0	0	0	0	108	84	211	291	229	573	238	216	504	69	85	174	3	0	3
建設工事分	710	614	1,465	0	0	0	0	0	0	108	84	211	291	229	573	238	216	504	69	85	174	3	0	3
供与分	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
予備費	490	168	697	0	0	0	0	0	0	104	32	143	211	67	294	140	52	203	34	17	55	1	0	1
建設工事分	490	168	697	0	0	0	0	0	0	104	32	143	211	67	294	140	52	203	34	17	55	1	0	1
供与分	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
II) コンサルタント業務費	552	441	1,095	0	0	0	237	136	405	62	47	120	90	98	211	112	106	243	50	54	117	0	0	0
基礎価格	495	353	929	0	0	0	218	118	363	56	39	104	80	77	175	98	80	196	43	39	91	0	0	0
物価上昇分	31	67	114	0	0	0	8	12	22	3	6	10	6	16	25	9	21	35	5	13	20	0	0	0
予備費	26	21	52	0	0	0	11	6	19	3	2	6	4	5	10	5	5	12	2	3	6	0	0	0
小計 (I +II)	10,849	3,968	15,729	0	0	0	237	136	405	2,242	719	3,126	4,529	1,504	6,379	3,045	1,191	4,510	765	418	1,280	30	0	30
B. 非ローン対象分																								
a 用地取得費	0	268	330	0	103	127	0	108	133	0	57	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
基礎価格	0	234	288	0	94	115	0	94	115	0	47	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
物価上昇分	0	21	26	0	5	6	0	9	11	0	7	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
予備費	0	13	16	0	5	6	0	5	6	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
b 一般管理費	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
c 付加価値税 (1)	0	595	732	0	0	0	0	20	25	0	108	133	0	226	278	0	179	220	0	63	77	0	0	0
e 付加価値税 (2)	0	67	83	0	0	0	0	29	36	0	8	9	0	11	14	0	14	17	0	6	8	0	0	0
d 輸入税	0	2,511	3,089	0	0	0	0	0	0	0	532	654	0	1,083	1,332	0	715	880	0	174	215	0	7	9
計 (a+b+c+d+e)	0	3,442	4,233	0	103	127	0	157	194	0	704	866	0	1,319	1,623	0	908	1,116	0	243	299	0	7	9
合計 (A+B)	10,849	7,410	19,963	0	103	127	237	293	598	2,242	1,422	3,991	4,529	2,823	8,002	3,045	2,098	5,626	765	662	1,579	30	7	39
建中金利	5	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1
総計 (A+B+C)	10,854	7,410	19,968	0	103	127	237	293	598	2,242	1,422	3,991	4,530	2,823	8,003	3,047	2,098	5,628	767	662	1,581	31	7	40

一般管理費 = 0.0% ADBローン及びGOBで負担
付加価値税 (1) = 15% JICAローン対象の内貨分に対して
付加価値税 (2) = 15% JICAローン対象の外貨分のコンサルタント業務費に対して
輸入税 = 30% JICAローン対象の外貨分の建設工事費に対して

11.5.3 運転維持管理費

年間の運転維持管理費は、3,080 千ドルと想定される。内訳を表 11.6 に示す。

表 11.6 運転維持管理費の内訳

O&M 費項目	O&M 費(ドル/年)
- 人件費	357,000
- 電力費	1,748,000
- 薬品費	695,000
- 補修費、その他（上記の 10%計上）	280,000
合　計	3,080,000

11.7 運用･効果指標

運用・効果指標は、事業における投入と効果を評価するためのものである。これは、事業実施中に事業目的に対しての進捗状況をモニターし、また事業完了後は達成状況を評価するものである。KWASA、JICA 調査団及び ADB の TA 調査団は、事業の成果の計測及びすべての組織運用面の関する目的達成の過程をモニターするものとして運用・効果指標について協議し、その合意したものは、KWASA が ADB 調査団の支援の下で作成する 2011 年～2017 年の KWASA ビジネスプランに記載されることになる。2016 年までに関して認定及び合意された指標に従って、事業完了から 2 年後の 2018 年及び事業対象年の 2025 年の指標を推定すると、以下の表のようになる（なお、この表中の数字はフィージビリティ調査の前提として検討した結果（第 4 章）と異なるものもあるが、施設の規模に影響を及ぼすものではない）。

表 11.7 運用･効果指標

指　　標	2010 年	2016 年	2018 年	2025 年	備　考
水道普及率（%）	24.1	57.0	62.3	73.5	
給水人口（人）	273,555	633,778	766,667	977,089	
NRW 率（%）	36	25	20	20	
造水量（m^3/日）	30,100	68,320	121,070	167,950	
料金水量（m^3/日）	29,640	68,110	105,440	167,500	
量水器設置率（%）	0	0	100	100	
料金徴収率（%）	84	100	100	100	
施設使用率（日平均、%）	0	51	59	100	表流水

第 12 章　提言

KWASA と JICA 調査団および ADB の TA 調査団が将来のクルナ市の水道事業の健全な運営に向けた課題について議論を重ねた。その結果フィージビリティ調査を対象とする施設に関して、ADB の TA 調査における提言と、JICA 調査団からの提言の整合性はとれている。具体的には、JICA 調査団の調査に基づき JICA と ADB が融資することになる事業に加えて、次に提案するプログラムが JICA 及び ADB により協調あるいは別々に支援していくことが必要であるということでまとまった。

12.1　継続的地下水揚水計画の策定

継続的な地下水揚水計画の計画と実施について、技術協力プログラムで KWASA を支援することは必要である。そのために、3 名の専門家、すなわち、水道専門家、地下水専門家、水質管理専門家の派遣を提案する。

	2011 年		2012 年		2013 年		備考
水道専門家	■				■		12 MM
地下水専門家	■		■		■		18 MM
水質管理専門家	■				■		12 MM

12.2　貧困世帯支援計画策定

KWASA の貧困世帯支援計画策定を支援し、貧困問題、ジェンダー問題を解決するための施策、貧困削減方策の立案を支援する技術協力として 4 名の専門家、すなわち、社会配慮専門家（インターナショナル）、社会配慮専門家（ローカル）、ジェンダー問題専門家（インターナショナル）、ジェンダー問題専門家（ローカル）の派遣を提案する。

	2011 年		2012 年		2013 年		備考
社会配慮専門家（ｲﾝﾀｰﾅｼｮﾅﾙ）	■				■		12 MM
社会配慮専門家（ローカル）	■		■		■		18 MM
ジェンダー問題専門家（ｲﾝﾀｰﾅｼｮﾅﾙ）	■				■		12 MM
ジェンダー問題専門家（ローカル）	■		■		■		18 MM

12.3　総合マスタープランの作成

KWASA を支援して総合マスタープランを作成するための技術協力プログラムとして 3 分野のコンサルタントを派遣することを提案する。本調査のフィージビリティ調査で提案した事業の実施後に、

水道事業の次の展開を視野に入れた上水道マスタープラン、下水道マスタープラン及び雨水排水マスタープランをそれぞれ作成することを提案する。

	2016 年		2017 年		2018 年		備考
基礎調査							3 ｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ団員
マスタープランの作成							
優先事業のフィージビリティ調査							