

パキスタン・イスラム共和国
ライヌラー川洪水制御予警報システム
緊急整備計画

基本設計調査報告書

平成 17 年 3 月

独立行政法人国際協力機構
株式会社 建設技研インターナショナル

無 償

J R

05-069

序 文

日本国政府はパキスタン・イスラム共和国政府の要請に基づき、同国のライヌラー川洪水制御予警報システム緊急整備計画にかかる基本設計調査を行うことを決定し、国際協力機構がこの調査を実施しました。

当機構は平成 16 年 8 月 23 日から 9 月 21 日まで基本設計調査団を現地に派遣しました。

調査団はパキスタン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ました。帰国後の国内作業の後、平成 17 年 2 月 20 日から 3 月 4 日まで実施された基本設計概要書案の現地説明を経て、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いただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成 17 年 3 月

独立行政法人国際協力機構
理 事 小島 誠二

伝 達 状

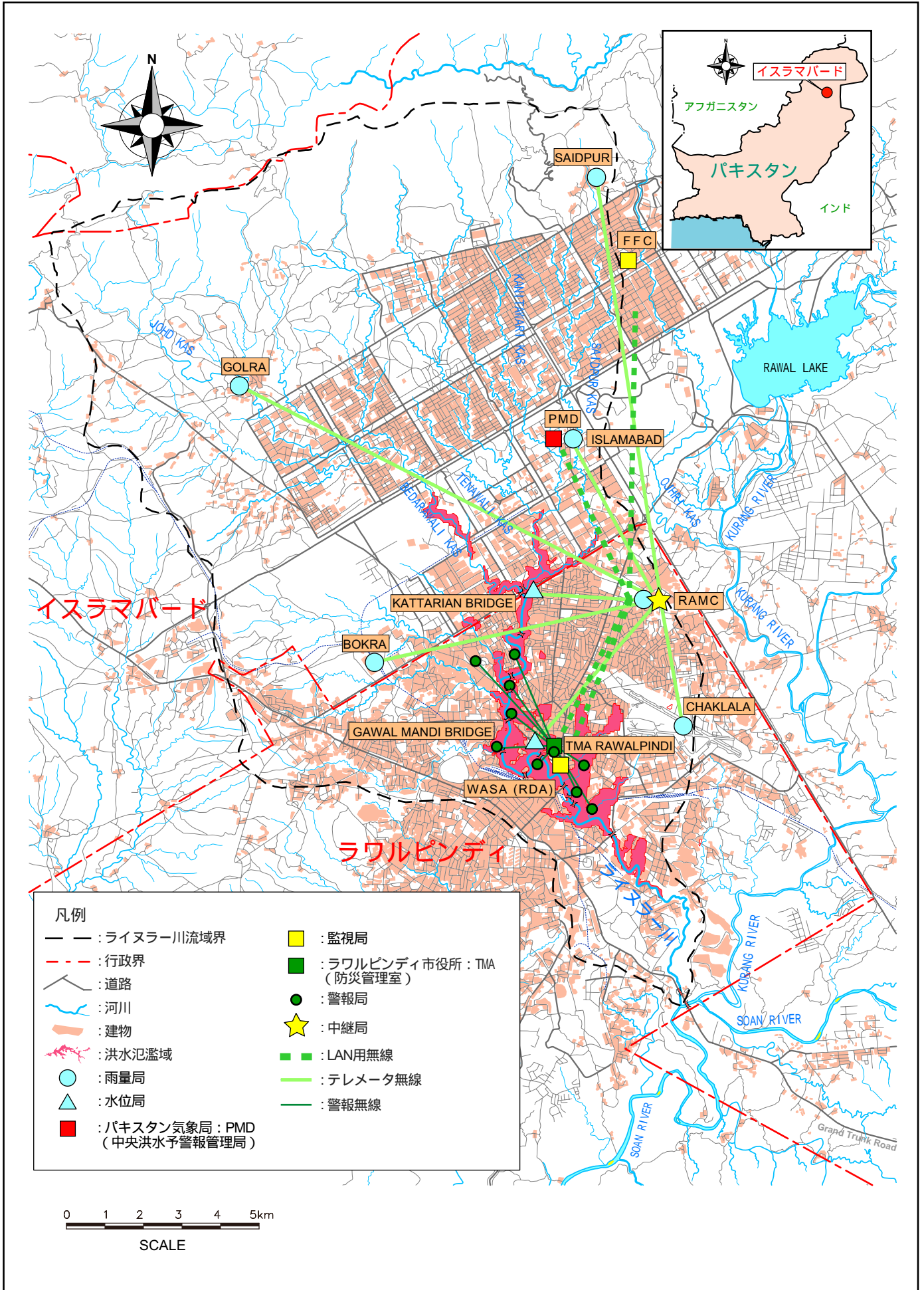
今般、パキスタン・イスラム共和国におけるライヌラー川洪水制御予警報システム緊急整備計画基本設計調査が終了しましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

本調査は、貴機構との契約に基づき弊社が、平成 16 年 8 月より平成 17 年 3 月までの 7.5 ヶ月にわたり実施いたしてまいりました。今回の調査に際しましては、パキスタン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、日本の無償資金協力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。

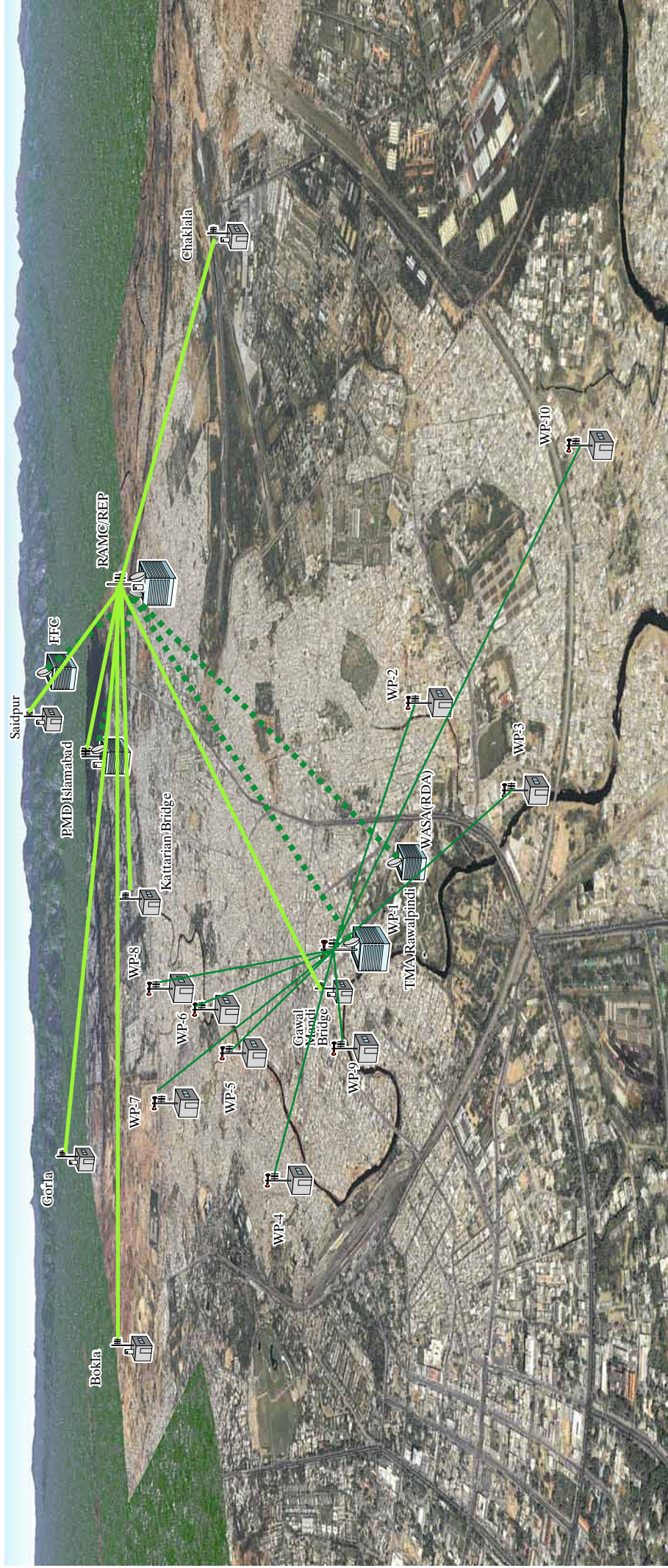
つきましては、本計画の推進に向けて、本報告書が活用されることを切望いたします。

平成 17 年 3 月

株式会社 建設技研インターナショナル
パキスタン・イスラム共和国
ライヌラー川洪水制御予警報システム
緊急整備計画基本設計調査団
業務主任 溝田 祐造



位置図



- : Wireless LAN Network Link
- : Telemetry System Radio Link
- : Warning System Radio Link

完成予想図

写 真



ステアリングコミッティー



ミニッツ署名



PMD



TMA



カタリアン橋
下流左岸より撮影



ガウルマンディ橋
水位計設置予定地より撮影



GOLRA

新規雨量計および局舎建設予定地。水溜りの辺り。



BOKRA

新規雨量計および局舎建設予定地



警報局予定地

WP-2: Christian Colony Arra Muhallah



警報局予定地

WP-3: Sewage Treatment behind MC Dispensary



警報局予定地

WP-4: Ratta Amral Bridge



警報局予定地

WP-10: Government Middle School, Dhoke Chiraghdin

略 語 集

組 織

ADB	: Asian Development Bank	アジア開発銀行
CDA	: Capital Development Authority	首都開発公社
ECNEC	: Executive Committee for National Economic Council	国家経済審議委員会
FFC	: Federal Flood Commission	連邦洪水委員会
JBIC	: Japan Bank for International Cooperation	国際協力銀行
JICA	: Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
MWP	: Ministry of Water and Power	水利・電力省
PMD	: Pakistan Metrological Department	パキスタン気象局
RAMC	: Rawalpindi Agromet Center	ラウルピンディ農業気象センター
RCB	: Rawalpindi Cantonment Board	ラウルピンディ軍管理局
RDA	: Rawalpindi Development Authority	ラウルピンディ開発公社
RMC	: Rawalpindi Municipal Corporation	ラウルピンディ都市会社
SDO	: Small Dams Organization, Irrigation and Power Development, Punjab	パンジャブ州小規模ダム、灌漑および電力局
TMA	: Tehsil Municipal Administration Rawalpindi	ラウルピンディ市役所
WAPDA	: Water and Power Development Authority	水利・電力公社
WASA	: Rawalpindi Water and Sanitation Authority	上下水道局
WMO	: World Meteorological Organization	世界気象機構

その他

CFFC	: Chairman, Federal Flood Commission	連邦洪水委員長
FFWS	: Flood Forecasting and Warning System	洪水予警報システム
UWSSP-R	: Urban Water Supply and Sanitation Project for Rawalpindi City	ラウルピンディ市都市上下水道計画

単 位

GHz	: Gigahertz
ha	: Hectare
Hz	: Hertz
Kg, kg	: Kilogram
Km, km	: Kilometer
m	: Meter
m ³	: Cubic meter
m ³ /s	: Cubic meter per second
mil.	: Million
MHz	: Megahertz
Rs.	: Pakistan Rupee
sec	: second
US\$: American Dollar
W	: Watt

要 約

ライヌラー川流域はイスラマバード市とラウルピンディ市に位置し、その流域面積は 234.8 km²である。パキスタン国首都圏に位置する両市は、周辺地域の経済開発や商業活動の促進ならびに近隣諸国との貿易機会の増加をとおして、地域経済の発展と貧困の軽減を図る上で中心的役割を担っており、社会・経済的に重要な地域である。

ライヌラー川流域の年間平均降雨量は約 500 mm であり、7月から9月にかけてのモンスーン季の激しい降雨により洪水が発生している。1944年から2004年の60年間に19回の洪水があり、ほぼ3年に1回は洪水被害が発生している。

2001年7月23日、イスラマバード市とラウルピンディ市には記録的な豪雨があり、この時の降雨量は約10時間で620 mmを記録した。これによる洪水で、死者74名と約3,000戸の半壊・全壊という、過去最大の洪水被害を生じている。

このような洪水被害を踏まえて、水利・電力省（MWP）の連邦洪水委員会（FFC）は、国際協力事業団（JICA）の技術援助により「ライヌラー川流域総合治水計画調査」（以下マスタープラン調査と略す）を2002年5月から2003年9月に実施した。このマスタープラン調査を基に、2003年8月、ライヌラー川洪水予警報システム整備事業に対する日本の無償資金協力による資機材供与が、パキスタン国政府より日本国政府に要請された。

この要請に応え、日本国政府は「ライヌラー川洪水制御予警報システム緊急整備計画」（以下プロジェクトと略す）に係る基本設計調査の実施を決定し、本調査を国際協力機構（JICA）に委託した。JICAは、2004年8月23日から9月21日まで、現地調査と資料収集を行うために基本設計調査団をパキスタンに派遣した。日本国内での解析作業を経て、2005年2月20日から3月4日、基本設計概要書の説明のため再度調査団を現地に派遣し、基本設計の内容についてパキスタン側の合意を得た。

プロジェクトの上位目標は、「首都圏の洪水被害を軽減する。特に、洪水による死亡・負傷者を低減する。」ことにある。一方、プロジェクト目標は、「首都圏住民を迅速・安全に避難させる。」ことにある。これらのプロジェクト目標を達成するために、日本の無償資金協力により、機材の調達と据え付けを行うとともに必要な施設を建設する。

プロジェクトの責任機関は連邦洪水委員会（FFC）である。実施機関は、洪水予報業務を担当するパキスタン気象局（PMD）、洪水警報発令による住民の安全な避難を担当するラウルピンディ市役所（TMA）である。ラウルピンディ開発公社（RDA）の上下水道局（WASA）は、洪水状況をモニタリングし、ラウルピンディ市役所（TMA）の水防活動を支援する。また、連邦洪水委員会（FFC）は洪水状況をモニタリングし、関連機関の調整を行うこととなっている。各関係機関へ整備される資機材の概要を下表に示す。

表 プロジェクトによる資機材の整備概要

(1)	パキスタン気象局(PMD)	
	中央洪水予警報管理局の整備（データ処理・通信機材）	1 箇所
	既存の雨量計の改良（自記雨量観測テレメータ）	4 箇所
	雨量計の新設（自記雨量観測テレメータ）	2 箇所
	水位計の新設（自記水位観測テレメータ）	2 箇所
	緊急保守車輛	1 台
(2)	ラワルピンディ市役所(TMA)	
	防災管理室の整備（データ監視システム、統合警報システム、通信機材）	1 箇所
	警報機の整備（無線警報機材）	10 箇所
	緊急保守車輛	1 台
(3)	連邦洪水委員会（FFC）	
	監視局の整備（データ監視システム）	1 箇所
(4)	上下水道局（WASA）	
	監視局の整備（データ監視システム）	1 箇所

これらの資機材は、洪水時、プロジェクト目標を達成するために、洪水予測の精度向上ならびに洪水警報伝達発令網の強化の観点から選定された。提案するシステム操作を円滑に開始し、持続的に維持管理するために以下の活動を行う必要がある。これらは、日本の無償資金協力によるソフトコンポーネントの中で、基礎的な知識と技術のガイダンスを行うことにより支援される。

- (a) システムの効率的な維持管理の実施
- (b) 水文観測データを適切に分析した洪水予測および警報発令の実施

プロジェクトの実施期間は、入札業務等を含む実施設計に 4 ヶ月、機材の調達および施設建設に 17 ヶ月、全体で約 21 ヶ月を予定している。事業費の総額は 7.14 億円であり、その内の 6.74 億円は日本の無償資金協力により、0.41 億円はパキスタン側負担である。

洪水氾濫面積は約 7.5km² であり、ここに居住している約 15 万人が直接裨益人口となる。プロジェクトの実施により、洪水予測の精度が向上し、洪水警報伝達発令網が強化される。本システムが設置されないときの現状の課題と、システムが完成することによる成果を整理し下表に示す。

表 現状の課題と提案する洪水予警報システムの成果

現状の課題	提案するシステムの成果
I 洪水予測精度の向上	
1. 雨量観測所の数と位置が適切に配置されていないため流域平均雨量を把握できない。雨量/河川水位データが無線電話で伝達されているので、誤報が生じ、また、データが正しく記録されていない。	1. リアルタイムで正確な雨量/河川水位データの観測が可能になり、データが自動的に確実に記録される。
2. 雨量を考慮せず、目視による河川水位のみを用いて洪水を予測している。そのため、洪水可能性の判断が明確でなく、洪水氾濫前の迅速な洪水予報活動が行われていない。	2. 水位予測にリアルタイムの雨量と河川水位が利用可能になり、河川堤防を越流する前に洪水の予測が可能になる。これにより、洪水避難活動を行う余裕時間を確保できる ¹⁾ 。
II 洪水警報伝達発令網の強化	
3. 警報吹鳴範囲は 2001 年洪水氾濫域 (100 年確率洪水) の約 10% をカバーしている。	3. 警報吹鳴範囲は 2001 年洪水氾濫域 (100 年確率洪水) の約 60% をカバーする。
4. 無線電話による警報発令の指示のため時間を要する。	4. 迅速で統合的な警報発令が可能となる。
5. 関連行政職員はプロジェクトで設置されるようなシステムの操作経験がない。	5. 維持管理を行う関連行政職員を、技術ガイダンスにより訓練する ¹⁾ 。

1) 項目 2 と 5 のために、日本の無償資金協力によるソフトコンポーネントの中で技術ガイダンスが行われる。

また、洪水被害の軽減による間接効果として、パキスタン国の首都圏に位置する両市における民生の安定、生活環境の改善、貧困の軽減などが期待できる。さらに、こららの間接効果がパキスタン国全体の社会経済へ与える波及効果は大きい。

パキスタン国政府は洪水予警報活動を既に行っており、本システムの運営・維持管理のための十分な資金量と技術職員の数を有している。しかし、設置される洪水予警報システムはパキスタン国では初めてのものである。そこで、本システムの運営を円滑に開始し、それを持続的に維持管理するために、本システムに関する基礎的な知識と技術を指導することが望まれる。これは日本の無償資金協力によるソフトコンポーネントの中の技術ガイダンスで実施する。

本プロジェクトの目標は、洪水被害を軽減し、特に、ベーシック・ヒューマン・ニーズである首都圏の洪水による死亡・負傷者を低減することにある。そこで、本プロジェクトはわが国の無償資金協力により実施することが妥当と判断する。ただし、本プロジェクトの効果を上げるためには、パキスタン国政府が以下の活動を遂行するか、もしくは、日本の技術協力により実施されることが望まれている。

- (a) 洪水予測精度を向上させ、洪水予警報発令基準を改善する。
- (b) 洪水ハザードマップを含む洪水避難計画、洪水危機管理計画を策定する。
- (c) 洪水被害軽減に関する住民への啓蒙キャンペーンを実施する。

洪水予測精度の向上ならびに洪水予警報発令基準の改善は、本システムを活用した雨量と水位データの蓄積、様々な降雨による洪水流出・氾濫解析結果の蓄積、さらに洪水予測解析にもとづいて達成することが可能となる。

洪水危機管理計画は、設置される本洪水予警報システム、洪水避難計画、構造物による洪水制御計画、その他の手法を総合的に考えて、洪水被害を軽減するように策定すべきである。地方自治体は、その予算の範囲内で、洪水ハザードマップを含む洪水避難計画、さらに洪水危機管理計画を策定する必要がある。

啓蒙キャンペーンは、氾濫域の住民が、洪水危機管理計画および洪水避難計画、洪水ハザードマップを十分に理解するように行う必要がある。本キャンペーンにより、洪水予警報システムがより効果的に活用されるようになり、また、地域の災害の特徴を反映した洪水被害の軽減がより確かなものとなる。

目 次

序 文	
伝 達 状	
位 置 図	
完成予想図	
写 真	
略 語 集	
要 約	
目 次	
図表リスト	

第 1 章 プロジェクトの背景・経緯.....	1-1
1-1 当該セクターの現状と課題.....	1-1
1-1-1 現状と課題	1-1
1-1-2 開発計画	1-3
1-1-3 社会経済状況	1-6
1-2 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要.....	1-10
1-3 我が国の援助動向	1-11
1-4 他ドナーの援助動向.....	1-12
第 2 章 プロジェクトを取り巻く状況.....	2-1
2-1 プロジェクトの実施体制.....	2-1
2-1-1 組織・人員	2-1
2-1-2 財政・予算	2-4
2-1-3 技術水準	2-6
2-1-4 既存施設・機材	2-8
2-2 プロジェクトサイト及び周辺の状況.....	2-11
2-2-1 関連インフラの整備状況.....	2-11
2-2-2 自然条件	2-11
2-2-3 その他（環境への影響等）	2-16
第 3 章 プロジェクトの内容.....	3-1
3-1 プロジェクトの概要.....	3-1
3-2 協力対象事業の基本設計.....	3-6
3-2-1 設計方針	3-6
3-2-2 基本計画	3-9

3-2-2-1	全体システム計画.....	3-10
3-2-2-2	機材設置計画.....	3-12
3-2-2-3	無線回線の確保.....	3-12
3-2-2-4	サブシステム検討.....	3-14
3-2-2-5	水文テレメータサブシステム機材計画.....	3-15
3-2-2-6	データ処理伝送サブシステム機材計画.....	3-19
3-2-2-7	洪水避難警報サブシステム機材計画.....	3-21
3-2-2-8	維持管理用資機材.....	3-24
3-2-2-9	施設計画.....	3-25
3-2-3	基本設計図.....	3-28
3-2-3-1	機材設計.....	3-28
3-2-3-2	施設設計.....	3-31
3-2-4	施工計画/調達計画.....	3-32
3-2-4-1	施工方針/調達方針.....	3-32
3-2-4-2	施工上/調達上の留意事項.....	3-32
3-2-4-3	施工区分/調達・据付区分.....	3-33
3-2-4-4	施工監理計画/調達監理計画.....	3-34
3-2-4-5	品質管理計画.....	3-34
3-2-4-6	資機材調達計画.....	3-36
3-2-4-7	ソフトコンポーネント計画.....	3-37
3-2-4-8	実施工程.....	3-41
3-3	相手国分担事業の概要.....	3-43
3-4	プロジェクトの運営・維持管理計画.....	3-45
3-4-1	運営・維持管理体制.....	3-45
3-4-2	人員配置体制.....	3-46
3-5	プロジェクトの概算事業費.....	3-48
3-5-1	協力対象事業の概算事業費.....	3-48
3-5-2	運営・維持管理費.....	3-48
3-6	協力対象事業実施に当たっての留意事項.....	3-51
第4章	プロジェクトの妥当性の検証.....	4-1
4-1	プロジェクトの効果.....	4-1
4-2	課題・提言.....	4-3
4-3	プロジェクトの妥当性.....	4-4
4-4	結論.....	4-5

参考図面

添付資料

表リスト

表 1.1	パキスタン国における過去 50 年間の洪水被害	1-1
表 1.2	開発計画の推移	1-3
表 1.3	10 ヶ年開発計画の目標値	1-4
表 1.4	国家洪水防御計画への投資額の推移	1-5
表 1.5	既存の堤防延長および水制建設箇所	1-5
表 1.6	産業別 GDP (1980/81 年度価格)	1-7
表 1.7	産業別就業者の割合 (1999 年)	1-8
表 1.8	産業別就業者の割合 (1999 年)	1-8
表 1.9	付加価値の割合	1-9
表 1.10	経済指標の推移	1-9
表 1.11	貧困率の推移	1-9
表 1.12	ライヌラー川流域総合治水計画	1-10
表 1.13	パキスタンにおける治水関連技術協力の実績	1-11
表 1.14	気象観測分野の有償資金協力実績	1-11
表 2.1	関係機関の役割・分担	2-1
表 2.2	関係機関の役割・分担	2-1
表 2.3	洪水連絡対策室の人員構成	2-2
表 2.4	パキスタン気象局の人員構成	2-3
表 2.5	パキスタン気象局の人員構成	2-3
表 2.6	連邦洪水委員会の予算	2-5
表 2.7	PMD の年間予算	2-5
表 2.8	TMA の年間予算	2-5
表 2.9	WASA 年間予算	2-6
表 2.10	ライヌラー川流域の地上雨量観測状況	2-8
表 2.11	水防関係部局	2-8
表 2.12	車両による警報責任区域	2-9
表 2.13	既存施設の現状	2-10
表 2.14	ライヌラー川の支川	2-13
表 2.15	FLOOD YEARS	2-14
表 3.1	関係機関への資機材の整備概要	3-2
表 3.2	現状の課題と洪水予警報システム導入による効果	3-4
表 3.3	無償資金協力対象外の資機材	3-9
表 3.4	局舎の位置、機能、担当機関	3-11
表 3.5	電波伝播試験結果概要	3-13
表 3.6	テレメータ監視制御装置の機能	3-15
表 3.7	雨量観測局装置の機能	3-16
表 3.8	水位観測局装置の機能	3-16

表 3.9	中継局装置の機能.....	3-18
表 3.10	データ処理伝送装置の機能.....	3-19
表 3.11	洪水情報モニタリング装置の機能.....	3-21
表 3.12	防災管理室主要機材の機能.....	3-22
表 3.13	警報局主要機材の機能.....	3-23
表 3.14	緊急保守車両の機能.....	3-24
表 3.15	主要測定機器の機能.....	3-24
表 3.16	主要交換予備品の機能.....	3-25
表 3.17	ゴルラ雨量観測局の施設計画.....	3-25
表 3.18	ボクラ雨量観測局の施設計画.....	3-26
表 3.19	カタリアン水位観測局の施設計画.....	3-26
表 3.20	ガワルマンディ水位観測局の施設計画.....	3-27
表 3.21	警報局（WP-2 から WP-10）の床高.....	3-27
表 3.22	警報局（WP-2 から WP-10）の施設計画.....	3-28
表 3.23	雨量観測局の機材計画.....	3-29
表 3.24	洪水避難警報局の機材計画.....	3-31
表 3.25	施工区分/調達・据付区分表.....	3-33
表 3.26	施工/調達監理体制表.....	3-34
表 3.27	施工品質管理計画.....	3-36
表 3.28	技術支援の活動内容.....	3-39
表 3.29	関連機関の必要職員数.....	3-40
表 3.30	事業実施工程表.....	3-42
表 3.31	ゴルラ雨量観測局のパキスタン側施設分担.....	3-43
表 3.32	ボクラ雨量観測局のパキスタン側施設分担.....	3-43
表 3.33	水位観測局のパキスタン側施設分担.....	3-44
表 3.34	TMA 防災管理室のパキスタン側分担.....	3-44
表 3.35	警報局のパキスタン側分担.....	3-44
表 3.36	システムの維持管理の概要.....	3-45
表 3.37	関係機関の保守点検対象局舎.....	3-46
表 3.38	関連機関の必要職員数.....	3-46
表 3.39	関連機関担当者の業務内容および業務期間.....	3-47
表 3.40	協力対象事業の概算事業費.....	3-48
表 3.41	運営・維持管理職員の年間必要人数.....	3-49
表 3.42	運営・維持管理に必要な予算.....	3-49
表 3.43	年間の維持管理費用が全体増額予算に占める割合.....	3-50
表 3.44	施設・機材の補修を含む建設等に係わる予算.....	3-50
表 4.1	洪水予警報に係わる現況の課題およびその改善点.....	4-2

図リスト

図 1.1	パキスタン国における経済回廊	1-2
図 2.1	PMD が受信している 24 時間降雨予測	2-7
図 2.2	降雨と気温（ラワルピンディ）	2-12
図 3.1	プロジェクトと無償資金協力の関連	3-1
図 3.2	洪水予警報システムの現況およびプロジェクト実施後の効果	3-5
図 3.3	雨量観測位置および分担面積	3-6
図 3.4	氾濫域における警報局の配置計画	3-8
図 3.5	全体システム構成概念図	3-10
図 3.6	雨量観測局の構成	3-17
図 3.7	水位観測局の構成	3-17
図 3.8	RAMC テレメータ・無線 LAN 中継局の構成	3-18
図 3.9	データ処理システムハードウェアの構成	3-20
図 3.10	警報システム概念図	3-23
図 3.11	システムの運営体制	3-45
図 4.1	洪水予警報に係わる課題および無償資金協力の成果指標	4-1
図 4.2	現状の課題に対する無償資金協力および技術協力の成果指標	4-4

目 次

序 文	
伝 達 状	
位 置 図	
完成予想図	
写 真	
略 語 集	
要 約	
目 次	
図表リスト	

第 1 章	プロジェクトの背景・経緯	1-1
1-1	当該セクターの現状と課題	1-1
1-1-1	現状と課題	1-1
1-1-2	開発計画	1-3
1-1-3	社会経済状況	1-6
1-2	無償資金協力要請の背景・経緯及び概要	1-10
1-3	我が国の援助動向	1-11
1-4	他ドナーの援助動向	1-12
第 2 章	プロジェクトを取り巻く状況	2-1
2-1	プロジェクトの実施体制	2-1
2-1-1	組織・人員	2-1
2-1-2	財政・予算	2-4
2-1-3	技術水準	2-6
2-1-4	既存施設・機材	2-8
2-2	プロジェクトサイト及び周辺の状況	2-11
2-2-1	関連インフラの整備状況	2-11
2-2-2	自然条件	2-11
2-2-3	その他（環境への影響等）	2-16
第 3 章	プロジェクトの内容	3-1
3-1	プロジェクトの概要	3-1
3-2	協力対象事業の基本設計	3-6
3-2-1	設計方針	3-6
3-2-2	基本計画	3-9

3-2-2-1	全体システム計画.....	3-10
3-2-2-2	機材設置計画.....	3-12
3-2-2-3	無線回線の確保.....	3-12
3-2-2-4	サブシステム検討.....	3-14
3-2-2-5	水文テレメータサブシステム機材計画.....	3-15
3-2-2-6	データ処理伝送サブシステム機材計画.....	3-19
3-2-2-7	洪水避難警報サブシステム機材計画.....	3-21
3-2-2-8	維持管理用資機材.....	3-24
3-2-2-9	施設計画.....	3-25
3-2-3	基本設計図.....	3-28
3-2-3-1	機材設計.....	3-28
3-2-3-2	施設設計.....	3-31
3-2-4	施工計画/調達計画.....	3-32
3-2-4-1	施工方針/調達方針.....	3-32
3-2-4-2	施工上/調達上の留意事項.....	3-32
3-2-4-3	施工区分/調達・据付区分.....	3-33
3-2-4-4	施工監理計画/調達監理計画.....	3-34
3-2-4-5	品質管理計画.....	3-34
3-2-4-6	資機材調達計画.....	3-36
3-2-4-7	ソフトコンポーネント計画.....	3-37
3-2-4-8	実施工程.....	3-41
3-3	相手国分担事業の概要.....	3-43
3-4	プロジェクトの運営・維持管理計画.....	3-45
3-4-1	運営・維持管理体制.....	3-45
3-4-2	人員配置体制.....	3-46
3-5	プロジェクトの概算事業費.....	3-48
3-5-1	協力対象事業の概算事業費.....	3-48
3-5-2	運営・維持管理費.....	3-48
3-6	協力対象事業実施に当たっての留意事項.....	3-51
第4章	プロジェクトの妥当性の検証.....	4-1
4-1	プロジェクトの効果.....	4-1
4-2	課題・提言.....	4-3
4-3	プロジェクトの妥当性.....	4-4
4-4	結論.....	4-5

参考図面

添付資料

表 リ ス ト

表 1.1	パキスタン国における過去 50 年間の洪水被害	1-1
表 1.2	開発計画の推移	1-3
表 1.3	10 ヶ年開発計画の目標値	1-4
表 1.4	国家洪水防御計画への投資額の推移	1-5
表 1.5	既存の堤防延長および水制建設箇所	1-5
表 1.6	産業別 GDP (1980/81 年度価格)	1-7
表 1.7	産業別就業者の割合 (1999 年)	1-8
表 1.8	産業別就業者の割合 (1999 年)	1-8
表 1.9	付加価値の割合	1-9
表 1.10	経済指標の推移	1-9
表 1.11	貧困率の推移	1-9
表 1.12	ライヌラー川流域総合治水計画	1-10
表 1.13	パキスタンにおける治水関連技術協力の実績	1-11
表 1.14	気象観測分野の有償資金協力実績	1-11
表 2.1	関係機関の役割・分担	2-1
表 2.2	関係機関の役割・分担	2-1
表 2.3	洪水連絡対策室の人員構成	2-2
表 2.4	パキスタン気象局の人員構成	2-3
表 2.5	パキスタン気象局の人員構成	2-3
表 2.6	連邦洪水委員会の予算	2-5
表 2.7	PMD の年間予算	2-5
表 2.8	TMA の年間予算	2-5
表 2.9	WASA 年間予算	2-6
表 2.10	ライヌラー川流域の地上雨量観測状況	2-8
表 2.11	水防関係部局	2-8
表 2.12	車両による警報責任区域	2-9
表 2.13	既存施設の現状	2-10
表 2.14	ライヌラー川の支川	2-13
表 2.15	FLOOD YEARS	2-14
表 3.1	関係機関への資機材の整備概要	3-2
表 3.2	現状の課題と洪水予警報システム導入による効果	3-4
表 3.3	無償資金協力対象外の資機材	3-9
表 3.4	局舎の位置、機能、担当機関	3-11
表 3.5	電波伝播試験結果概要	3-13
表 3.6	テレメータ監視制御装置の機能	3-15
表 3.7	雨量観測局装置の機能	3-16
表 3.8	水位観測局装置の機能	3-16

表 3.9	中継局装置の機能.....	3-18
表 3.10	データ処理伝送装置の機能.....	3-19
表 3.11	洪水情報モニタリング装置の機能.....	3-21
表 3.12	防災管理室主要機材の機能.....	3-22
表 3.13	警報局主要機材の機能.....	3-23
表 3.14	緊急保守車両の機能.....	3-24
表 3.15	主要測定機器の機能.....	3-24
表 3.16	主要交換予備品の機能.....	3-25
表 3.17	ゴルラ雨量観測局の施設計画.....	3-25
表 3.18	ボクラ雨量観測局の施設計画.....	3-26
表 3.19	カタリアン水位観測局の施設計画.....	3-26
表 3.20	ガワルマンディ水位観測局の施設計画.....	3-27
表 3.21	警報局（WP-2 から WP-10）の床高.....	3-27
表 3.22	警報局（WP-2 から WP-10）の施設計画.....	3-28
表 3.23	雨量観測局の機材計画.....	3-29
表 3.24	洪水避難警報局の機材計画.....	3-31
表 3.25	施工区分/調達・据付区分表.....	3-33
表 3.26	施工/調達監理体制表.....	3-34
表 3.27	施工品質管理計画.....	3-36
表 3.28	技術支援の活動内容.....	3-39
表 3.29	関連機関の必要職員数.....	3-40
表 3.30	事業実施工程表.....	3-42
表 3.31	ゴルラ雨量観測局のパキスタン側施設分担.....	3-43
表 3.32	ボクラ雨量観測局のパキスタン側施設分担.....	3-43
表 3.33	水位観測局のパキスタン側施設分担.....	3-44
表 3.34	TMA 防災管理室のパキスタン側分担.....	3-44
表 3.35	警報局のパキスタン側分担.....	3-44
表 3.36	システムの維持管理の概要.....	3-45
表 3.37	関係機関の保守点検対象局舎.....	3-46
表 3.38	関連機関の必要職員数.....	3-46
表 3.39	関連機関担当者の業務内容および業務期間.....	3-47
表 3.40	協力対象事業の概算事業費.....	3-48
表 3.41	運営・維持管理職員の年間必要人数.....	3-49
表 3.42	運営・維持管理に必要な予算.....	3-49
表 3.43	年間の維持管理費用が全体増額予算に占める割合.....	3-50
表 3.44	施設・機材の補修を含む建設等に係わる予算.....	3-50
表 4.1	洪水予警報に係わる現況の課題およびその改善点.....	4-2

図 リ ス ト

図 1.1	パキスタン国における経済回廊.....	1-2
図 2.1	PMD が受信している 24 時間降雨予測	2-7
図 2.2	降雨と気温（ラワルピンディ）	2-12
図 3.1	プロジェクトと無償資金協力の関連.....	3-1
図 3.2	洪水予警報システムの現況およびプロジェクト実施後の効果	3-5
図 3.3	雨量観測位置および分担面積.....	3-6
図 3.4	氾濫域における警報局の配置計画	3-8
図 3.5	全体システム構成概念図.....	3-10
図 3.6	雨量観測局の構成.....	3-17
図 3.7	水位観測局の構成.....	3-17
図 3.8	RAMC テレメータ・無線 LAN 中継局の構成	3-18
図 3.9	データ処理システムハードウェアの構成	3-20
図 3.10	警報システム概念図.....	3-23
図 3.11	システムの運営体制.....	3-45
図 4.1	洪水予警報に係わる課題および無償資金協力の成果指標	4-1
図 4.2	現状の課題に対する無償資金協力および技術協力の成果指標	4-4

第1章 プロジェクトの背景・経緯

1-1 当該セクターの現状と課題

1-1-1 現状と課題

(1) パキスタン国の洪水被害状況およびその原因

パキスタン国における過去 50 年の直接洪水被害は、インフラ施設や農産物、公共施設、村落などに及び、その被害総額は、約 100 億ドル、約 6 千人が死亡している。表 1.1 にパキスタン国における過去 50 年間の洪水被害状況を列記する。

表 1.1 パキスタン国における過去 50 年間の洪水被害

Year	被害額（百万ルピー）	死者数	被害村落数
1950	11,282	2,190	10,000
1956	7,356	160	11,609
1957	6,958	83	4,498
1973	118,684	474	9,719
1976	80,504	425	18,390
1978	51,489	393	9,199
1988	25,630	508	1,000
1992	69,580	1,008	13,208
1995	8,698	591	6,852
2001	450	219	50
Total	380,631	6,051	84,525

出典: National Flood Protection Plan-III (1998-2012)

パキスタン国における洪水被害は、主にインダス川やその支川が氾濫し被害を及ぼしている。パキスタン全土の 40% を占める丘陵地帯へのモンスーンによる集中豪雨が急激な洪水流出量の増加要因となっている。また、雪解け水も洪水の一因となっている。河川氾濫による主要な洪水被害には、河岸沿いの資産の氾濫被害や河川近傍の灌漑施設および輸送インフラ施設の被害、河岸沿いの用地浸食による被害などがある。

(2) ライヌラー川流域の洪水被害

ライヌラー川は、パキスタン国の首都圏北端にあるマルガラ山脈に水源を發し、最下流でソアン川に合流する。流域面積は 234.8 km² であり、そのうち上流域の 144.3 km² はイスラマバード市、残り 90.5 km² はラワル・ピンディー市に区分される。当流域ではモンスーン季になると頻りに洪水氾濫が発生し、特に下流のラワルピンディー市に深刻な洪水被害を及ぼしている。

ライヌラー川の越水は、人口の密集する都市内のため、死者を伴う甚大な被害を及ぼすと同時に、首都圏であるため社会経済上、国家的損失につながる。ライヌラー川は1957年、1966年、1970年、1972年、1976年、1977年、1978年、1981年、1982年、1985年、1988年、1990年、1994年と3年に1回程度、河川氾濫による被害を生じてきた。

首相の指示により、1994年8月にライヌラー川治水委員会が設置された。その後、1995年、1996年、1997年、2001年、2002年と河川氾濫がさらに続いた。

2001年7月の洪水では、死者74名と3000戸の崩壊という過去最大の洪水被害を生じており、交通施設や電力施設などへの公共施設も被害を受けている。

図1.1に示すように、ライヌラー川が貫流するイスラマバード市およびラワルピンディ市は、ペシャワールとラホールを結ぶ東西の経済回廊として、また、国際的には、アフガニスタンのカブールとインドのニューデリーを結ぶ核都市として機能している。さらに、ラホールから国際都市カラチを結ぶ南北経済回廊との結節点に位置し、経済上、重要な役割を果たしている。この2つの市は、周辺地域の経済開発や商業活動を促進し、近隣諸国との貿易の機会を増加させ、貧困軽減を図る上で中心的役割を担っている。

以上の点から、ライヌラー川の治水対策は、7.6km²の氾濫危険区域に居住する15万人の生命と財産を守ると同時に、経済拠点としての重要性や政治の中心としての役割を配慮して、パキスタン国において緊急性が高く重要な課題となっている。

そこで、対象プロジェクトであるライヌラー川洪水予警報システムを緊急に実施されるよう要望されている。

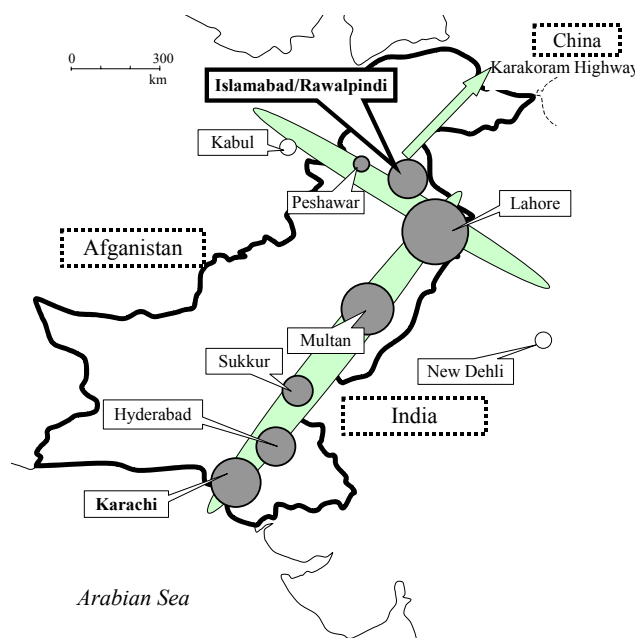


図 1.1 パキスタン国における経済回廊

1-1-2 開発計画

(1) 国家開発計画

パ国は第1次5ヶ年開発計画（1955-59年）に始まり、第9次開発計画（1998-2003年）まで9次にわたる国家開発計画を実施している（表 1.2 を参照）。1997年には、良い統治（グッドガバナンス）、所得倍増等を掲げた「Pakistan 2010 Program」が発表され、第9次開発計画はこの計画に基づいている。しかし、第9次開発計画の期間中に政治体制が変化したため、パ国政府は内容をそのまま引き継いだ10ヶ年開発計画「Ten Year Perspective Development Plan 2001-11」及び「Three Year Development Program 2001-04」を作成し、継続的な政策を実施している。

表 1.2 開発計画の推移

開発計画	年平均 GDP 成長率(%)
第1次5ヶ年計画（1955-59）	3.1
第2次5ヶ年計画（1960-64）	6.8
第3次5ヶ年計画（1965-69）	6.7
第4次5ヶ年計画（1970-77）	4.4
第5次5ヶ年計画（1978-82）	6.6
第6次5ヶ年計画（1983-87）	6.5
第7次5ヶ年計画（1988-92）	5.0
第8次5ヶ年計画（1993-97）	5.0
Pakistan 2010 Program	
第9次5ヶ年計画（1998-2003）	
Ten Year Perspective Development Plan 2001-11	
Three Year Development Program 2001-04	

出典： Statistical Supplement Economic Survey 96-97
Eighth Five Year Plan 1993-98
Mid-Plan Review of Eighth Five Year Plan 1993-98

10ヶ年開発計画（2001-11）は、貧困率の削減、人間開発指数の改善及び経済成長に係る具体的数値（表 1.3）を掲げ、製造業の拡大、輸出振興、科学技術振興、福祉の充実及び良い統治を重点分野としている。具体的内容として人材開発、中小企業の育成、工業の発展に必要な裾野産業の強化、農業の活性化等が掲げられている。

こうしたことが達成されることで、GDP 成長率を年率 2.6%から 6.3%に上昇させること、失業率を 2000 年の 10.4%から 2003 年には、9.4%、2010 年には 6.1%へ削減すること、現在の貧困率 30%を 2010 年までの 15%まで削減すること、BHN（Basic Human Needs）では人間開発指数（HDI）の順位を 135 位から 90 位に上昇させること等が、計画されている。

表 1.3 10ヶ年開発計画の目標値

項目	2000/01 (基準年)	2003/04	2010/11
貧困率 (%)	30	25	15
人間開発指数 (HDI) 順位	135	120	90
GDP 成長率 (%)	2.6	5.0	6.3

出典： Ten Year Perspective Development Plan 2001-11 and Three Year Development Program 2001-04

(2) 国家洪水防御計画

国家洪水防御計画 (National Flood Mitigation Plan: NFPP) は、連邦政府機関や各州からの要請を基に、連邦洪水委員会 (Federal Flood Commission: FFC) が作成する。NFPP は、フェーズ I (NFPP-I) が 1978 年から 1988 年に実施され、フェーズ II (NFPP-II) が 1988 年から 1998 年に実施された。フェーズ III (NFPP-III) は、1998 年から 2012 年に実施される予定である。NFPP への国内予算による投資額は NFPP-I の 1,630 百万ルピーから NFPP-II の 16,360 百万ルピーへと飛躍的に増加している。NFPP-III は、表 1.4 に示すとおり国内予算分だけで 25,965 百万ルピーへと増額する予定となっている。

NFPP-I は、単年度通常開発計画のみが実施されており、NFPP-II および NFPP-III は、単年度通常開発計画に加えて洪水防御分野計画が実施されている。以上のように、パキスタンの洪水防御事業の重要性は認知されてきており、戦略的国家事業として着実にフェーズ分けした事業を実施している。NFPP-I, II, III で実施されている洪水防御策は、堤防や水制、溪流砂防施設などの構造物である。これまで建設された堤防延長は 5,822 km、水制設置箇所は 363 箇所であり、詳細を表 1.5 に示す。

表 1.4 国家洪水防御計画への投資額の推移

フェーズ	分類	投資額		計画事業数
		国内予算 (百万ルピー)	海外援助予算 (百万米ドル)	
NFPP-I (1978-88)	単年度通常開発計画	1,630	0	311
NFPP-II (1988-98)	単年度通常開発計画	2,541	0	170
	洪水防御分野計画-I	4,860	131	257
	1988 洪水・豪雨被害復興計画	2,300	200	2,065
	1989-94 洪水・豪雨被害復興計画	6,659	193	1980
	NFPP-II の合計	16,360	524	4,472
NFPP-III (1998-12)	単年度通常開発計画(2000-2012)	2,400	未定	未定
	洪水防御分野計画-II (1998-2004)	16,184	未定	未定
	洪水防御分野計画-III (2005-2012)	7,381	未定	未定
	NFPP-III の合計	25,965	未定	未定

出典: Annual Flood Report 2001, by FFC for NFPP-I and II
National Flood Protection Plan-III for NFPP-II

表 1.5 既存の堤防延長および水制建設箇所

州名	堤防延長 (km)	水制箇所数
(a) パンジャーブ州	2,749	151
(b) シンド州	2,422	36
(c) 北西辺境州	290	176
(d) バロチスターン州	361	-
合計	5,822	363

出典: National Flood Protection Plan-III (1998-2012), May 2001 by FFC

国家洪水防御計画は、インダス川や Chenab、Ravi、Sutlej、Jhelum などの主要支川に対する洪水防御を中心に行っており、洪水予警報などの非構造物対策も実施している。しかし、ライヌラー川のような小規模河川沿いの都市洪水対策はあまり実施されていない。つまり、都市河川事業は、国家開発戦略による事業とは別に地方自治体の管轄による都市排水事業として実施されている。

1-1-3 社会経済状況

パキスタン国の GDP は 969 億ドル、一人当たりの GNP は 652 ドルであり、農業部門が GDP の約 1/4 を占めている。開発需要は多いが恒常的な財政赤字と貿易赤字を抱えており、外国援助に大きく依存した経済となっている。また、債務問題が深刻化し、返済負担が増加し、財政調整が困難となり、開発支出を制限することにより財政赤字のコントロールが行われてきた。そのため、経済発展に必要なインフラ整備が十分でない状況にある。

表 1.6 に 1997 年から 2001 年までの産業別 GDP を列挙する。2001 年の産業別 GDP は、農業が 24.1%、鉱工業が 21.4（内、製造業が 17.6%）、サービス業が 54.5%を占めている。

一方、表 1.7 に示すとおり、就業人口の割合は農業が 48.4%、鉱工業が 18%（内、製造業が 11.4%）、サービス業が 33.5%を占めており、農業は GDP 及び就業人口の割合において重要な産業である。世界有数の生産量を誇る綿花を中心として、トウモロコシ、サトウキビ、タバコ、ジュート等の農産物は重要な輸出品目であると同時に、国内製造業の原料となっている。主要農産物は小麦、綿花、米、サトウキビに偏っており、農産物の多様化は進展していない。また、農業生産は天候不順や天災による被害を受けやすく、主要農産物の GDP は 1999 年度に前年比 15.1%の増加があったものの、2000 年度は干魃による灌漑用水の不足から 10.9%の減となっている（表 1.8 を参照）。

表 1.6 産業別 GDP (1980/81 年度価格)

(単位：百万ルピー)

	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年	(%)
農林水産	155,748	158,783	168,459	164,012	166,289	(24.1)
第一次産業合計	155,748	158,783	168,459	164,012	166,289	24.1
鉱業・採石	2,744	2,831	3,006	3,136	3,254	(0.5)
製造業	102,593	106,767	108,405	116,623	121,738	(17.6)
建設業	22,462	21,356	22,456	22,374	22,581	(3.3)
第二次産業合計	127,799	130,954	133,867	142,133	147,573	21.4
電気・ガス・水道	25,094	29,463	28,590	25,434	24,735	(3.6)
運輸・通信	60,959	64,085	66,364	69,692	69,782	(10.1)
卸売り・小売り	92,157	94,891	96,713	101,784	104,064	(15.1)
金融・保険・不動産	47,800	52,085	53,389	55,834	58,553	(8.5)
行政・国防	37,459	38,395	42,003	42,486	50,217	(7.3)
サービス	53,109	56,577	60,271	64,207	68,400	(9.9)
第三次産業合計	316,578	335,496	347,330	359,437	375,751	54.5
GDP 合計	600,125	625,233	649,656	665,582	689,613	(100.0)
GDP 成長率	3.49	4.18	3.91	2.45	3.61	

出典： Economic Survey 2001/02, 2001/2002, Finance Division, Government of Pakistan

表 1.7 産業別就業者の割合 (1999 年)

(単位：%)

	合計
農業・狩猟業・林業・漁業	(48.42)
第一次産業合計	48.42
鉱業・採石業	(0.07)
製造業	(11.48)
電気・ガス・水道業	(0.70)
建設業	(5.78)
第二次産業合計	18.03
卸売り・小売業・飲食・ホテル	(13.50)
交通・倉庫・通信業	(5.03)
金融・保険・不動産・事業サービス業	(0.82)
コミュニティ・社会・個人サービス業	(14.20)
第三次産業合計	33.55
	100.0

出典： Pakistan 2003, Statistical Pocket Book, Page 29, Statistical Division, Government of Pakistan

表 1.8 産業別就業者の割合 (1999 年)

	1998/99	1999/2000	2000/2001
主要農産物(%)	0.0	15.1	-10.9
製造業(%)	4.1	1.4	7.1

出典： Federal Bureau of Statistics and Economic Adviser Wing

鉱工業の内、製造業は農業により生産された農産物の加工が中心となっている。表 1.9 に示すとおり、1995 年度の付加価値生産 (GDP に近似) は、繊維製品とタバコを含む食品が 43.7% (食品・飲料、タバコ、紡績業の合計) を占めている。こうした製品は農産物に依存するため、農業部門の好不調は製造業の生産量に直結しており、製造業の GDP の変動要因ともなっている。そのためパ国は製造業が、天候に左右される不安定な農業及びその産物に依存した体質から脱出するため、農業に依存しない製造業の発展を進めている。

さらに WTO が押し進める輸出入に関する制限の緩和は、海外の農産物や工業製品の国内への流入をもたらし、国内産品は品質面及び価格面において輸入品との競争に直面することとなるため、国内製品の品質向上や価格競争力の強化が求められている。

また、表 1.10 に示すとおり、年平均 3% と高い人口増加率のため、一人当たりの国民所得は

1995年度の513ドルから2000年度の429ドルと近年減少傾向を示しており、パ国政府は国際通貨基金（IMF）に提出した「貧困削減戦略ペーパー」（Poverty Reduction Strategy Paper: PRSP）の中において、2000年度にはパ国の全人口の約1/3が貧困ライン以下（パ国の貧困ラインは1日に必要な最低限摂取熱量2,350キロカロリーを摂取するのに必要な所得を基に算出されている（表1.11を参照）。2000年では約748.56Rs/月）に達すると指摘している。特に1990年代に経済が低迷し、十分な雇用機会が確保されず、都市部を中心に貧困層が拡大しており、パ国政府は貧困削減を目的とした雇用機会の創出が求められている。

表 1.9 付加価値の割合

単位：(%)

	1959/60	1969/70	1980/81	1985/86	1990/91	1995/96
食品・飲料	8.33	14.78	20.12	17.65	14.05	15.19
タバコ	5.56	7.96	13.26	10.15	6.35	6.18
紡績業	40.19	32.30	15.93	15.54	26.35	22.31
化学・化学製品	8.42	8.92	8.00	11.82	10.41	11.51
第一次金属	3.13	2.41	3.98	3.97	5.54	4.15
金属製品	3.91	1.79	1.06	0.85	0.86	0.71
電気製品	2.43	3.33	3.47	3.36	4.11	7.67
運輸装置	3.30	1.39	2.47	2.50	2.59	3.50
その他	24.73	27.12	31.71	34.16	29.74	28.78
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

出典： Census of Manufacturing Industries, FBS, Statistics Division, GDP, Various Issues.

表 1.10 経済指標の推移

	1995年	1997年	1999年	2000年
総人口（百万人）	122.36	128.42	134.51	137.51
増加率（%）	2.49	2.42	2.38	2.20
GNP（億ドル）	643.0	641.1	606.2	596.2
一人当たり GNP（ドル）	513.0	473.0	446.0	429.0

出典： 図説パキスタン経済概況，在パキスタン日本国大使館，2002年

表 1.11 貧困率の推移

	1990-91年	1992-93年	1993-94年	1996-97年	1998-99年	2000-01年
貧困率（%）	26.1	26.8	28.7	29.8	30.6	（推計）32.1

出典： Planning Commission, Government of Pakistan

1-2 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要

前述の現状と課題で記述した氾濫被害状況を配慮して、2003年9月に国際協力事業団（JICA）の技術援助による「ライヌラー川流域総合治水計画調査」（以下マスタープラン調査と略す）が実施された。

マスタープラン調査の中で主体となる構造物対策は、早急な洪水軽減効果を発揮するとともに、最終的にはライヌラー川の100年確率規模洪水に対して被害をなくすことを目的としている。この目標を具体化するため、（1）緊急計画、（2）短期計画、（3）長期計画の3段階で実施するものとしている。緊急計画では、2005年までに早急な洪水軽減効果が得られるような優先対策を実施し、短期及び長期計画では、それぞれ2007年までに25年確率規模洪水、2012年までに100年確率規模洪水に対処出来るような対策を計画している（表 1.12 参照）。

表 1.12 ライヌラー川流域総合治水計画

事業内容	段階的整備			2004年9月時点での進捗状況
	緊急 (2004～05年)	短期 (2006～07年)	長期 (2008～12年)	
■構造物対策 1) コミュニティーポンド建設 2) 部分的河川改修 3) 放水路建設	日本へ要請中 ADBへ要請予定 日本へ調査を要請予定
■非構造物対策 1) 洪水予警報システム整備 2) 洪水危険図の公布	本要請 検討中
■関連する環境改善計画 1) 河川敷内での土地利用規制 2) 河川へのゴミ投棄規制 3) 雨水排水及び下水システムの改善	ADBへ要請予定
■組織法制度の強化 1) 統合的河川行政のための管理委員会の設置 2) 治水計画実施のためのタスクフォースの設置 3) 関連する土地行政管理機関の役割と権限の確認 4) キャパシティービルディング	検討中

これらの各事業内容の進捗状況は、日本やアジア開発銀行（ADB）または内部予算により「要請予定」または「検討段階」にある。このうち、緊急性の高い洪水予警報システム整備事業およびコミュニティポンド建設事業は日本へ要請されている。

マスタープランで提案されている河道改修、コミュニティポンド建設（洪水調節池）、放水路などの構造物対策は、洪水氾濫量を軽減する効果があるが、完成までに、長期間と多大な経費を必要とする。

そこで、短期間に実施が可能であり、さらに人命や動産を守る効果のある洪水予警報システム整備事業が2003年8月にパキスタン政府より要請された。

1-3 我が国の援助動向

我が国は1990年以降2000年までの間、パキスタンにとって最大の二国間政府開発援助供与国となっている。また、我が国にとっても、パキスタンは上位10位に入るODA供与相手国である。分野別に見ると、廃棄物を対象にした都市衛生関連の事業が無償資金協力で実施されているが、治水施設および下水・排水施設を対象にしたプロジェクトに関しては、これまで無償資金協力、有償資金協力ともに実績がない。

一方、治水分野における技術協力については表1.13に示すとおり、ライヌラー川流域総合治水計画調査が実施され、流域内のマスタープランが策定され、本事業を緊急に実施するよう提言されている。

表 1.13 パキスタンにおける治水関連技術協力の実績

事業計画名	実施年度	案件概要
(開発調査)		
ライヌラー川流域総合治水計画調査	2002-2003	流域治水計画のマスタープラン作成

また、表1.14に示すとおり、洪水予測と関連して気象観測に関する有償資金協力が2件実施されている。

表 1.14 気象観測分野の有償資金協力実績

事業計画名	実施年度	供与限度額 (億円)	案件概要
気象観測網整備計画	1989	7.99	気象レーダー整備（イスラマバードとカラチに各一基）
第2次気象観測網整備計画	1997	13.67	気象レーダー整備（デラ・イスマルカーンとラヒムヤル・カーンに各一基）

1-4 他ドナーの援助動向

ADB の援助により、ライヌラー川の洪水氾濫域（カタリアン橋からチャクララ橋区間）に関し 2003 年に河川改修が実施された。改修規模は 10 年確率程度である。当初計画では、河川拡幅と護岸建設であったが、資金的制約により河川拡幅（一部橋梁改修を含む）のみが実施された。フェーズ 2 として護岸建設およびチャクララ橋下流の河川改修が ADB 資金により実施されるよう要請予定であるが、内部審査（PC1）が承認されていない状況にあり、実施予定は未定である。なお実施機関はラワルピンディ開発公社（RDA）である。

第2章 プロジェクトを取り巻く状況

2-1 プロジェクトの実施体制

2-1-1 組織・人員

ライヌラー川流域の氾濫域に対する洪水予警報に関し、大きく関係する行政機関は、連邦洪水委員会（FFC）、パキスタン気象局（PMD）、ラワルピンディ市役所（TMA）、ラワルピンディ開発公社（RDA）の下にある上下水道局（WASA）、ラワルピンディ軍管理局（RCB）である。これらの機関の洪水予警報システムおよび水防活動に関連する現状の役割を大まかに整理し表 2.1 に示す。

表 2.1 関係機関の役割・分担

役割	FFC	PMD	TMA	WASA	RCB
水文観測・観測資料収集・分析	—	○	○	—	—
洪水情報・洪水予警報の伝達	—	○	○	—	○
住民避難活動の勧告	—	—	○	—	○
水防活動の実施・支援	—	—	○	○	○
関係機関の調整	○	—	○	—	—

本プロジェクトに関連した関係機関の役割を表 2.2 に示す。このとき、ラワルピンディ軍管理局（RCB）の管轄する区域の避難警報もラワルピンディ市役所（TMA）が一括して行うことが現地調査の結果確認された。

表 2.2 関係機関の役割・分担

関係機関	役割
パキスタン気象局（PMD）	大雨の観測、洪水予報の作成、洪水予報の伝達
ラワルピンディ市役所（TMA）	避難警報の発令、市民保護・洪水被害の軽減
連邦洪水委員会（FFC）	洪水予警報に係わる関係機関の調整、治水計画の作成
上下水道局（WASA）	水防活動支援のための排水機材・人員の提供

事業に係わる機関が多いため、事業実施および運営維持管理を効率的に行うための Project Management Unit（PMU）が設置される予定である。PMU の上部組織として Steering Committee を設置し、関係機関の役割を統括し調整を行う。

事業の実施段階（資機材の整備段階）の PMU は、連邦洪水委員会（FFC）がプロジェクト全体の整備を統括し、気象局（PMD）が洪水予報に係わる資機材整備（雨量水位観測局、中央洪水予警報管理局、監視局）を担当する。さらに、ラワルピンディ市役所（TMA）は、警報に係

わる資機材の整備（防災管理室、警報局）を担当する。

事業の運営・維持管理を行うための PMU を前述の Steering Committee の下に設置する予定にある。PMU は、FFC および PMD、TMA、WASA で構成される。FFC は関係機関の調整や治水計画の策定のため、雨量・水位データや洪水予警報に係わるモニタリングの実施とモニタリング施設の維持管理を行う。PMD は洪水予報にかかわる施設・機材の運営・維持管理を行う。さらに、TMA は洪水警報に係わる施設・機材の運営・維持管理を実施し、WASA は水防活動を支援するためにモニタリング施設の運営・維持管理を担当する。

事業の実施段階および運営・維持管理段階の PMU とこれを統括する Steering Committee の組織図を添付資料に示す。

一方、FFC、PMD、TMA、WASA などのプロジェクト実施に係わる関係機関の組織・人員の現状について以下に記述する。

(1) 連邦洪水委員会 (FFC)

FFC は全国的な洪水災害の報告、洪水対策の計画とりまとめ、洪水に関わる関係機関の調整を計るために設立されており、全国的な洪水災害・対策の報告（“Annual Flood Report”の作成）や洪水対策長期計画のとりまとめ（“National Flood Protection Plan (NFPP)”）等を行っている。また、FFC では毎年洪水期（7 月—9 月）には FFC 内に洪水連絡対策室（Flood Communication Cell）を設置し、全国の降雨・流量などの情報を収集・整理し Flood Situation Monitoring Report を作成し、首相官房室、水利・電力省など関係機関に報告している。

FFC の組織図を添付資料に示す。FFC の中で特に洪水予警報システム整備の調整は、洪水担当技師長が管轄する部署で行われている。また FFC の職員数は 109 名であり、洪水連絡対策室（Flood Communication Cell）設置に際して配備される技術者の構成は表 2.3 のとおりである。

表 2.3 洪水連絡対策室の人員構成

技術者	技術者数 (人)
Chief Officer/Chief Engineer Floods	1
Engineers	3
Technical Staff	4
Administrative Staff	6
Others (drivers)	2

FFC は当該流域内の洪水対策に関わる関係機関である PMD、TMA、WASA などの機関の調整を図るために 2001 年 10 月、Steering Committee (FFC が議長を務める) を設置し、ライヌラー川流域洪水対策の実施に向けて活動を行っている。本プロジェクトにおいて洪水時に関係機関の調整活動およびモニタリングを実施する。モニタリングの結果は、当該流域の治水対策の改善に活用される。

(2) パキスタン気象局 (PMD)

PMDは気象衛星、気象レーダー、水文観測データに基づき洪水の可能性を分析したうえで、ラジオ・テレビ等を通じて洪水情報を広く一般に伝達する責任を有している。洪水災害対策に関わる各政府機関及び住民はこのPMDの情報に基づいて必要な行動を取っている。

また、ライヌラー川流域では、TMAやFFC等洪水予警報活動に従事する機関に対して、必要時にはそれぞれ個別の連絡も果たしている。2001年の洪水時において、PMDはテレビやラジオ等で、イスラマバード近辺に豪雨の可能性の情報を流しており、半日前ほどに電話で直接TMAにも連絡している。

PMDの組織図は添付資料に示す通りであり、職員2,280人の内訳を表2.4に示す。

表 2.4 パキスタン気象局の人員構成

技術者	人数 (人)
Chief Officer	63
Meteorologist	73
Engineer	22
Technical Staff	1,289
Administrative Staff	532
Others	301

この中で、気象技師の多くは水文技術者の資格も有している。また技術者は主に通信・電気・機械を専門としている。

このうち、ライヌラー川流域の洪水予警報を担当するイスラマバード国家農業気象センター (NAMC) の局長以下125名の職員の内訳を表2.5に示す。

表 2.5 パキスタン気象局の人員構成

技術者	人数 (人)
Director	1
Dy. Director	2
Programmer	2
Meteorologist	2
Electric Engineer	1
Asst. Meteorologist	6
Asst. Electric Engineer	1
Asst. Programmer	4
Staff	106

(3) ラワルピンディ市役所 (TMA)

TMA は洪水予警報システム運用上、以下の役割を果たしている。

- ・ 非洪水期に関係機関 (RDA、WASA、警察) と協力し、洪水救援計画 (Flood Relief Plan) を作成する。
- ・ 洪水期は消防局に防災管理室を設置し、24 時間体制で洪水監視を行う。(ここで洪水期は7月1日～9月30日としている。)
- ・ 洪水が発生した時には、消防士をライヌラー川ラタアムラル橋及びガワルマンディ橋の水位を監視のために派遣する。
- ・ 水位が20フィートに達した時点で、消防士が無線で本部に連絡し、本部から警報を鳴らす。警報発令の責任者は消防局長である。
- ・ 消防局長は、消防士に消防車による警戒サイレンの吹鳴を指示する。

TMA の組織図は添付資料に示す通りであり、職員数は約3,000人である。TMA の中で洪水予警報に関わる組織は、本局上席部長の下の消防局である。

現在、洪水予警報システム運用に関わっているスタッフの人数は30名で、24時間3交代の監視体制をとっている。

(4) 上下水道局 (WASA)

WASA は、上水供給および下水整備に係わる実施機関である。洪水対策に関しては排水路整備が主なものであり、洪水予警報システム運用には関わっていない。洪水時において TMA の要請に基づき排水のための機材 (排水ポンプ、土木機械) やスタッフを提供している。

WASA の組織図は添付資料に示す通りであり、職員数は、890人である。この WASA の組織の中で、洪水予警報システムに関わる部署は”Director of Sewerage and Drainage”である。

2-1-2 財政・予算

ライヌラー川流域洪水予警報に関連する FFC、PMD、TMA、WASA の各機関の財政・予算の概況を以下に記述する。

(1) 連邦洪水委員会 (FFC)

FFC の年間予算は表 2.6 に示す通り、毎年大きく増額している。この中で、外国からの開発資金の占める割合も増大している。2004-5年の予算の半分は ADB 等からの借り入れ資金である。

表 2.6 連邦洪水委員会の予算

年度	予算（百万ルピー）
2000-2001	3.0
2001-2002	50.5
2002-2003	164.0*
2003-2004	230.0*
2004-2005	1,000.0*

*: 外国からの借り入れ資金も含む

(2) パキスタン気象局 (PMD)

気象局 (PMD) の最近 5 ヶ年の予算は (7 月—翌年 6 月が会計年度)、表 2.7 に示すように、毎年増加しており、2004—5 年は 3 億ルピー (約 6 億円) となっている。

表 2.7 PMD の年間予算

年度	予算（百万ルピー）
2000-2001	156.0
2001-2002	165.9
2002-2003	195.0
2003-2004	258.3
2004-2005	322.6

(3) ラワルピンディ市役所 (TMA)

ラワルピンディ市 (TMA) の最近 5 ヶ年の予算 (7 月—翌年 6 月が会計年度) は、表 2.8 に示すように、毎年増加しており、2004—5 年は、7 億ルピー (約 14 億円) となっている。

表 2.8 TMA の年間予算

年度	予算（百万ルピー）
2000-2001	360.0
2001-2002	413.4
2002-2003	497.5
2003-2004	668.5
2004-2005	702.1

(4) 上下水道局 (WASA)

WASA の過去 5 年間の予算は表 2.9 に示す通りで、ラウルピンディ市の下水排水改善、ライヌラー河川改修などのプロジェクトを最近実施している。

表 2.9 WASA 年間予算

年度	予算 (百万ルピー)
2000-2001	223
2001-2002	176
2002-2003	228
2003-2004	227
2004-2005	391

2-1-3 技術水準

ライヌラー川流域洪水予警報に関連する FFC、PMD、TMA、WASA の各機関の技術水準の概要を以下に述べる。

(1) 連邦洪水委員会 (FFC)

FFC では洪水に係わる各関係機関の調整という役割・責任分担に対して、これまで Steering Committee の議長、事務局としての能力は十分評価が得られている。また、洪水予警報システム運用に関わる技術者という点では FFC に実績がなく、技術的評価は難しいものの、治水関連の技術者は主任技術者始め数人いるため、本システムのモニタリング機能を活用した治水事業の改善や関係機関との調整は十分に対応可能と判断される。そこで、モニタリング施設の操作・維持管理に関する技術支援が必要と判断される。

(2) パキスタン気象局 (PMD)

PMD は、パキスタン国および周辺の降雨情報に関し、World Meteorological Organization (WMO) の回線を利用して図 2.1 に示すような等雨量線図で表される 12 時間、24 時間の降雨予測データを受信している。

1, 3, 6 時間等の短期予測については特には実施していない。現状では、気象レーダーによって雲の動きを観察することができ、ある程度の雨量の見当をつけ、「数時間後に雨が降る、大雨が降る」程度の予想が可能である。しかし、洪水予報システムとして稼働させる程の精度は有していないと考えられる。

一方、PMD では、当該流域の流出特性を把握したフラッシュフラッドの予測は実施していない。降雨から流量に変換する洪水流出解析・シミュレーション等に関し、従来あまり経験する機会はなかったと考えられる。

また水文観測・通信機器などの運用、維持管理面については、既に類似の機器を運用・維持管理しているところから、本プロジェクトに関しても、洪水予警報システム固有の技術移転を行えばかなりのレベルでの維持管理を実行可能と判断される。本プロジェクト実施に伴

い、他部署からのスタッフ移籍あるいは新規雇用により、スタッフを強化する予定であり、そのための予算措置を PC-1 で確保する予定である。

ただしオーバーホール点検や、故障修理に関しては専門のテレコム技師やコンピュータ技師を必要とし、それら専門家を本システムの維持管理のために雇用することは実際的でない。従って定期保守点検までを実施機関が行い、それ以上高度な保守は外部委託することが望ましい。

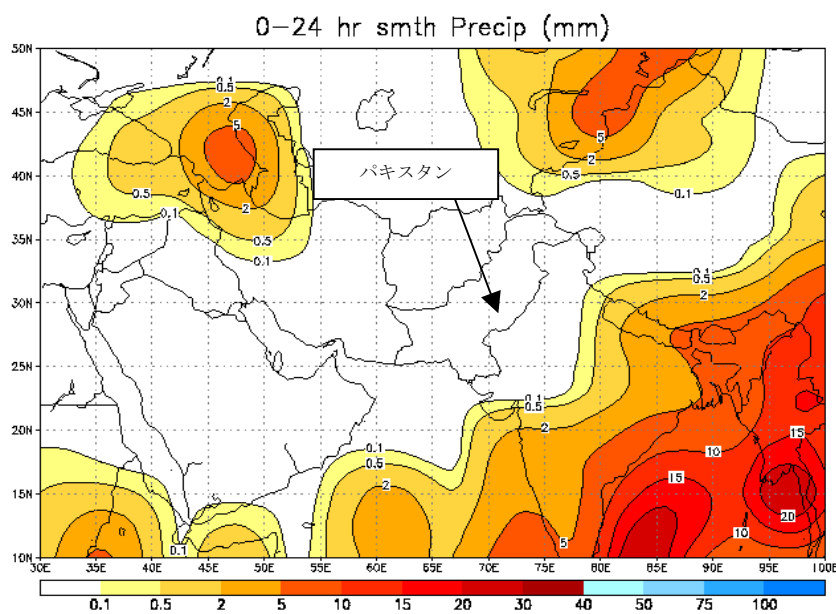


図 2.1 PMD が受信している 24 時間降雨予測

(3) ラワルピンディ市役所 (TMA)

TMA は大雨時にのみ消防局から人を派遣し、標尺による水位観測を行い、水位が河床から 20 フィート上昇したときに洪水警報を発令している。実態として、洪水警報発令後に住民が避難する時間が十分でない状況にある。本プロジェクトの警報発令システムは、これまで取り扱った経験がないため、日常の操作・維持管理に関する技術支援が必要と判断される。また、定期的な保守点検は、PMD と同様に民間委託で実施することも考えられる。

(4) 上下水道局 (WASA)

WASA は、上下水・排水の事業に従事しており、洪水予警報に関する専門的知識・経験はほとんどない。本プロジェクトでは、WASA に Monitoring Station を置き、PMD が配信する流域内の洪水情報をリアルタイムで把握することができ、水防活動に関し TMA を迅速に支援することとなる。従って、洪水状況を的確に把握し、支援体制を確立することが求められている。

従って、洪水状況を的確に把握可能な河川技術者が従事することが求められている。そこで、洪水情報の理解とモニタリング施設の操作・維持管理に関する技術支援が必要と判断される。

2-1-4 既存施設・機材

(1) 洪水予報関連機材

現在 PMD には、洪水予報に関連し、衛星画像受信装置、気象レーダー、地上雨量計などの観測設備が稼動している。

衛星より送信される雲量イメージデータを受信し、広域の雲の動きを観測し、天気図作成に利用している。気象レーダーは、現在、全国で 4 基が稼動しており、各レーダー画像を合成し、パキスタン全土をカバーするレーダー網を形成している。降雨強度 (mm/hr) によって色分け (1-2 mm, 5, 10, 20, 40, 70, 100, 150, 150 mm 以上の 9 段階表示) された雲の流れを常時観察することができる。

ライヌラー川流域では、表 2.10 に示すように地上雨量計 4 箇所 (Saidpur, Islamabad, RAMC, Chaklala) によって観測を行っている。

表 2.10 ライヌラー川流域の地上雨量観測状況

観測所名	観測頻度	職員			雨量計			備考
		人数	役職	シフト*1	AWS*2	Auto	Manual	
Saidpur	0:00 (GMT)から3時間毎	4	(BS-1 - 15)	A	-	-	1	
		23	(BS-17)		-	-	1989	
RAMC	0:00 (GMT)から3時間毎	8	(BS-1 - 15)	B	-	1	1	
		4	(BS-16,17)		-	2002	1988	
Islamabad	1時間毎	9	(BS-1 - 15)	A	1	1	1	Manual gauge was upgraded in 1991
		12	(BS-16 -18)		2002	1991	1967	
Chaklala	1時間毎	19	(BS-1 - 15)	A	-	1	1	
		8	(BS-16,17,18)		-	不明	1947	

*1 : A 8:00 - 14:00
14:00 - 20:00
20:00 - 8:00
B 8:00 - 17:00

*2 : Automatic Weather System

雨量計の上段は設置台数
雨量計の下段は設置年

さらに、PMD 内では、Islamabad 雨量計の状況をパーソナルコンピュータ上で確認できる AWS 雨量計を設置しており、モンスーン期には大雨 (7.6 mm/hr 以上) が予想される場合に、表 2.11 に示す水防に係わる 5 部局に電話もしくは FAX で伝達することになっている。

表 2.11 水防関係部局

Name & Location of Flood Control Room	TEL	FAX
District Flood Control Center, DO® Office, District Courts, Rawalpindi	051-9270774	051-9272517
Civil Defense Control Center, District Office, Civil Defense, Rawalpindi	051-9270697/8	051-9270600
Army Flood Control Center III Brigades, Westridge, Rawalpindi	561-32052	561-31138
Flood Center of TMA	051-5770565	051-5774310
Flood Control Center of Rawalpindi Cantonment Board (RBC)	051-5770222	-

これらの観測結果については、通常時は毎朝 8 時に PMD に電話連絡により情報が提供されており、緊急時には必要に応じて 1 時間毎の雨量観測も可能であるが、職員が観測して電話、無線、FAX にて連絡する形態をとっており、情報伝達に時間を要し誤報も生じる。雨量観測も流域の東側に偏って実施されているため、流域全体の雨量を把握できない状況にある。さらに、洪水予警報という観点から見ると、水位と雨量を連動させて判断する必要があるが、現状では PMD は雨量を観測し、TMA は職員を派遣し水位情報のみによって警報を発令している状況にある。PMD と TMA との間を連携するシステムがない。

以上の結果、PMD は気象予報を実施しているが、実態として流域内の洪水予報は実施していないと判断される。

(2) 洪水警報関連機材

警報機は TMA 管轄の区域に 5 箇所設置されている。現状ではすべて動作可能であり、洪水時には手でサイレンを鳴らしている。また、その動作記録は残していない。TMA 管轄区域内に 3 箇所の消防署があり、洪水時には無線機を搭載した消防車 5 台が出勤し TMA の Fire Brigade と連絡を取りながら、表 2.12 に示す区域について警報の発令、避難誘導および救助活動を実施している。

表 2.12 車両による警報責任区域

消防署	管轄区域
TMA Head Quarters	Brigade Railway Workshop Road to Brigade Muree Road near Rialto Cinema
Fire Station Satellite Town	Kattarian Bridge to Khayaban Sir Syed Bridge
Fire Station Pir Wadhai	Pir Wadhai Bridge and its adjective localities

また、RCB 管轄区域においても、消防署（Fire Brigade Gawal Mandi）が 1 箇所あり、動作可能な警報機とともに 3 台の消防車が配備されており、警報を発令している。

(3) 洪水情報の伝達媒体

警報機以外の洪水情報の伝達媒体としては、テレビやラジオが一般的に使用されている。TMA や RCB からの提案では、モスクの拡声器を活用（ボランティアベース）することが有効とのコメントがあった。さらに、住民に対するインタビュー調査により、政府関係機関よりモスクに対する信頼性が高く、モスクコミュニティの活用による洪水情報の伝達が有効との回答があった。

洪水情報の伝達および避難活動に関し、住民活動はほとんど行われていない。NGO の一部が洪水軽減策の必要性に対する広報活動を新聞などへ掲載している程度である。

(4) 既存施設

機材の据え付けに係わる既存施設には、雨量観測局 4 局と警報局 1 局がある。これら既存施設の現状を表 2.13 に示す。

表 2.13 既存施設の現状

既存施設	施設の現状
PMD, Islamabad 雨量観測局	PMD の敷地内に、自動気候システム雨量計 (Automatic Weather System)、自記雨量計及び普通雨量計が各々1台設置されている。
Saidpur 雨量観測局	Saidpur 地震観測所の敷地内に、普通雨量計が1台設置されている。
RAMC 雨量観測局	RAMC の敷地内に、自記雨量計と普通雨量計が各々1台設置されている。
Chaklala 雨量観測局	イスラマバード国際空港 (1階建て) の屋上に、自記雨量計と普通雨量計が各々1台設置されている。
警報局 (WP-1)	TMA の本部建物で、規模は約 50m x 40m x 4階建てである。

2-2 プロジェクトサイト及び周辺の状況

2-2-1 関連インフラの整備状況

プロジェクトの実施に影響を与える関連インフラには、ゴルラ雨量観測局の用地手当と警報局 2 から 10 の電気状況がある。これらの整備状況は以下のとおりである。

(1) ゴルラ雨量観測局の用地手当

当観測局の用地は個人の所有地であるが、所有者からの無償提供が確約されており用地の手当に問題は無い。

(2) 警報局 2 から 10 の電気状況

商用電源によりバッテリーへの充電を行い、これを警報局の電源として使用する計画である。警報局 2 から 10 の周辺における商用電源の利用は可能である。

2-2-2 自然条件

(1) 地形

ライヌラー川流域の標高は 420m（ソアン川への合流点）～1,240m（Margalla range の山頂）である。また、流域は北から南に向けて地形的に(1)マルガラ山脈、(2)山脈裾野の丘陵地、(3)沖積地、(4)溪谷地の大きく 4 つの区域に分けられる。マルガラ山脈はイスラマバード市背後に屏風状にそそり立ち、ライ・ヌラー川流域の北側の境界を形成している。山脈の裾野には北から南へと傾斜する丘陵地が広がり、イスラマバード市の都市域が位置する。このイスラマバード市下流から、さらに下流のチャクララ橋まではラウルピンディ市が位置する沖積地が広がる。この沖積地のほとんどは低平な地形を有する。特にカタリアン橋からチャクララ橋の河川沿いの区間は最も地盤高の低い地帯であり、ライ・ヌラー川からの常襲的な氾濫による湛水が発生している。チャクララ橋上流とは対照的に、橋下流の地域では地形が異なり極めて急な溪谷を形成しいくつかの滝が存在する。

(2) 気象・水文

ライヌラー川流域の雨期は図 2.2 に示すように 7 月から 9 月であり、夏は暑く、冬は寒い。6 月の日最高気温は 40 度に達し、12 月と 1 月の日最低気温は 0 度近くにまで下がる。7 月から 9 月は、湿度の影響により温和な気候となる。

年間を通して降雨があるが、7 月から 9 月は、モンスーンと称する明らかな雨期が存在する。雨期の降雨量は年間降雨量の 60%である 600 mm である。このモンスーンは、ライヌラー川流域に豪雨をもたらし、本川およびその支川に洪水を引き起こす。モンスーン期にはラウルピンディ市において、月に 12～13 回程激しい雷雨が発生する。

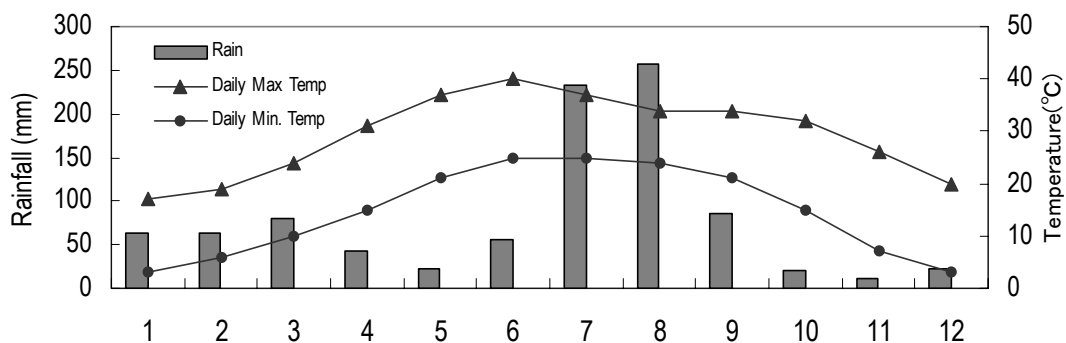


図 2.2 降雨と気温（ラウルピンディ）

(3) 河川の状況

マルガラ山脈に端を発した3つの主要支川（(i)サイドプルカス川、(ii)テナワリカス川、(iii)ベダラワリカス川）は、イスラマバード市とラウルピンディ市の行政区界に位置するカタリアン橋の直上流でライヌラー川本川に注ぐ。

カタリアン橋から下流は、他に9つの支川が合流し、ラウルピンディ市を貫流してソアン川に注ぐ。支川名と流域面積を表 2.14 に示す。

表 2.14 ライヌラー川の支川

Location of Confluence with Main Stream	No. and Name of Tributary		Catchment Area (km ²)
	No ^{*1}	Name ^{*2}	
Islamabad	-	Saidpur Kas	24.7
	-	Tenawali Kas (Including Kanitawali Kas as the secondary tributary)	39.7
	-	Bedarawali Kas (Including Johd Kas as the secondary tributary)	79.9
	Sub-total		144.3
Rawalpindi	R5	Nikki Lai Kas	20.9
	R4	Pir Wadhai Kassi	11.2
	R3	Dhok Ratta Nullah	10.8
	R2	Unknown	22.8
	R1	Saddar Tributary	
	L2	Arya Nullah	
	L1	Dhok Chiraghdin Tributary	6.8
	L4	Workshop Tributary	
	L3	Unknown	18.0
	-	Residual Area	
Sub-total		90.5	
Grand Total			234.8

*1: Identification numbers assumed by the Study Team (The numbers corresponds to those shown in Fig. 2.3.1).

*2: Refer to “Feasibility Report on Flood Control of Lai Nullah in Rawalpindi City” by NESPAK-NDC in 1987.

ライヌラー川本川および支川は自然河川であるが、イスラマバードやラワルピンディからの未処理の都市排水によって汚染され、悪臭を放っている。

(4) 過去の洪水

過去の洪水の詳細については残念ながら残っていないが、いくつかの研究報告書から、過去の洪水についての情報を収集した。それによると、表 2.15 に示すように、1944 年から 2002 年の 59 年間に少なくとも 19 年は洪水が発生していた。すなわちほぼ 3 年に 1 回は洪水被害が発生していることになる。

浸水常襲地区は CDA, RDA, TMA などの関係機関によって認識されており、ラワルピンディ市におけるライヌラー川およびその支川に沿った低平地では小さな洪水でさえも被害が発生する。特に深刻なのは、Gunj Mandhi 橋と鉄道橋の間の本川、支川の Arya 川、Dhok Ratta 川そして Donk Charaghdin 川に沿った地域である。

2001年洪水が記録に残っている中で最大である。2001年7月23日、6時から16時の10時間における雨量はイスラマバード地点で620mmを記録した。ライヌラー川の本川および支川の水位は著しく上昇し、河川沿いの家や橋を押し流した。

この南アジアの豪雨は夏期のベンガル湾に南下してくるモンスーンと関係しているが、2001年の洪水に関しては、例外的にその南下と関係していなかった。PMDによると、(a) 表面の熱の集中、(b) 中緯度の気圧の谷の存在と、(c) ヒマラヤ山脈に沿った季節風による湿気の供給という要因が異常に絡み合ったことによって、この豪雨が発生したとしている。メソスケール降雨では、まず前日にイスラマバードの北約50kmで発生し、一晩のうちに200mm以上に発達し、南および南東方向に移動してきた。イスラマバードでは6時に雨が降り始め、12時にはピークに達し16時まで降り続いた。増水したライヌラー川によりイスラマバードよりもラワルピンディでの被害が大きく、74名の人命が失われた。

表 2.15 Flood Years

Year	Date	Year	Date
1944	August 13	1985	No Data
1957	No Data	1988	No Data
1966	July 31	1890	No Data
1970	No Data	1994	July 3
1972	No Data	1995	July 24
1976	No Data	1996	July 29
1977	No Data	1997	August 27
1978	No Data	2001	July 23
1981	No Data	2002	August 13
1982	August 10	N/a	N/a

(5) 地質・土質条件

(a) カタリアン橋水位観測局

左岸河岸部の地表から約1.5mまでは固形廃棄物が混入している砂質粘土である。地表1.7mから3.4mの地質はN値が14から15の砂質粘土である。3.4mから6.8mはN値が15から17のシルト・砂混ざり礫である。さらに、6.8mから10mはN値が17から18の砂質粘土である。

一方、水位塔の河床部では、地表から20mまでは砂質粘土層、20mから30mはシルト質砂質粘土層となっている。地表1.7mから10mはN値が8から18、10mから20mはN値が17から24、20mから30mはN値が24から37である。また、河床部の地表から10.2mの試料のSO₄含有量は0.12%となっている。

ボーリングによる地質調査結果を添付資料に示す。

(b) ガワルマンディ橋水位観測局

右岸河岸部の地表から約 1.5m までは固形廃棄物が混入している砂質シルトである。地表 1.7m から 6.8m までは N 値が 13 から 19 の砂質シルトである。6.8m から 10m までは N 値が 19 から 20 の砂質粘土である。

一方、水位塔の河床部の地表から 3.4m までは N 値が 7 のシルト・砂混ざり礫である。3.4m から 10m までは N 値が 7 から 18 の砂質シルト質粘土である。10m より 20m までは N 値が 18 から 26 の砂質粘土である。20m より 30m までは N 値が 26 から 38 の砂質シルト質粘土となっている。また、河床部の地表から 10.2m の試料の SO₄ 含有量は 0.115% となっている。

ボーリングによる地質調査結果を添付資料に示す。

(c) ボクラ雨量観測局

地表から 5m までは N 値が 10 から 16 のシルト質粘土である。また、許容地耐力は 12.92 ton/m² である。

(d) ゴルラ雨量観測局

地表から 1m まではシルト質粘土である。1m から 5m までは N 値が 17 から 28 のシルト質砂である。また、許容地耐力は 13.45 ton/m² である。

(e) 警報局

1) 警報局 2

地表から 2m までは煉瓦・コンクリート小片混じりの埋め戻し土砂である。2m から 5m までは N 値が 9 から 15 のシルト質粘土である。また、許容地耐力は 9.69 ton/m² である。

2) 警報局 3

地表 1m から 2m は N 値が 8 から 11 のシルト質粘土である。その下部は N 値が 8 から 15 の粘土である。また、許容地耐力は 10.76 ton/m² である。

3) 警報局 4

設置予定場所はラタムラル橋の橋台の上であり、コンクリート床の下部は煉瓦積みならびに締め固められた土砂で構成されていると推定される。

4) 警報局 5

地表から 3m までは煉瓦・コンクリート・アスファルト小片混じりの埋め戻し土砂である。その下部は N 値が 10 から 14 のシルト質粘土である。また、許容地耐力は 10.76 ton/m² である。

5) 警報局 6

設置予定場所はピルワドハイ橋の橋台の脇にあり、地表から 5m までは煉瓦・コンクリート小片混じりの埋め戻し土砂からなっている。

6) 警報局 7

地表から 5m までは N 値が 9 から 16 のシルト質粘土である。また、許容地耐力は 10.76 ton/m² である。

7) 警報局 8

地表から 2m までは礫混じりシルトの埋め戻し土砂である。その下部 5m までは N 値が 12 から 19 のシルト質粘土である。また、許容地耐力は 10.76 ton/m² である。

8) 警報局 9

地表から 2m までは煉瓦・コンクリート小片混じりの埋め戻し土砂である。その下部 5m までは N 値が 9 から 17 のシルト質粘土である。また、許容地耐力は 9.69 ton/m² である。

9) 警報局 10

地表から 2m までは粘土・シルト・砂の埋め戻し土である。その下部 5m までは N 値が 10 から 15 のシルト質粘土である。また、許容地耐力は 10.76 ton/m² である。

2-2-3 その他（環境への影響等）

(1) 機材

本事業の総事業費に占める最大のもは機材の調達であり、調達される機材の大半は通信関連機器である。本通信関連機器を用いることにより電波障害が生じることは無く、その他環境への影響は無い。

(2) 施設

施設工事中の環境影響要因としては、水位観測局の基礎杭建設に伴う騒音・振動と、水位観測局の基礎杭・フーチング建設に伴う水質汚濁がある。騒音・振動については、基礎杭の打設期間は約一週間と短いものであり、また、場所打ちコンクリート杭工法を採用することにより低騒音・低振動での施工を図る。また、水質汚濁については、施工範囲を土のうで囲み水替工を行う時、沈殿槽を設けることにより汚濁水の直接流出を防止する。

一方、工事完了後の施設による日影・風環境・電波障害への環境影響は無い。