

JICA 国際協力事業団

パキスタン国
水利電力省
連邦洪水委員会

パキスタン国
ライ・ヌラー川流域総合治水計画調査

最終報告書
要約



平成15年9月
(2003年)

CTI 株式会社建設技研インターナショナル
株式会社パシフィックコンサルタンツインターナショナル

社調二
JR
03-92

国際協力事業団

パキスタン国

水利電力省

連邦洪水委員会

パキスタン国

ライ・ヌラー川流域総合治水計画調査

最終報告書

要約

平成15年9月

(2003年)

株式会社建設技研インターナショナル

株式会社パシフィックコンサルタンツインターナショナル

事業費積算

物価水準 : 2002 年平均価格
為替レート : 1 米ドル = 58.0 パキスタンルピー
= 120.06 円

報告書の構成

VOLUME 1 SUMMARY

VOLUME 2 MAIN REPORT

VOLUME 3 SUPPORTING REPORT

SECTOR A HYDRAULICS AND HYDROLOGY

**SECTOR B RIVER CONDITIONS AND RIVER CHANNEL
IMPROVEMENT PLAN**

**SECTOR C PLAN FOR COMMUNITY POND, FLOOD MITIGATION
DAM AND DIVERSION CHANNEL**

SECTOR D OPTIMUM FLOOD MITIGATION PLAN

SECTOR E CONSTRUCTION PLAN AND COST ESTIMATION

SECTOR F DRAINAGE AND SEWERAGE

SECTOR G SOLID WASTE MANAGEMENT

SECTOR H WATER USE AND WATER RESOURCES

SECTOR I SOCIAL AND ENVIRONMENTAL ASPECT

**SECTOR J STRENGTHENING OF INSTITUTIONAL SETUP AND
CAPACITY BUILDING FOR FLOOD MITIGATION AND
RIVER MANAGEMENT**

SECTOR K WATERSHED MANAGEMENT

SECTOR L DAMAGE ASSESSMENT OF THE FLOOD 2001

SECTOR M ECONOMIC AND FINANCIAL ANALYSIS

VOLUME 4 DATA BOOK

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、ライ・ヌラー川流域総合治水計画に係る調査を実施することを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施することと致しました。

当事業団は、平成14年8月から平成15年8月までの間3回にわたり、株式会社建設技研インターナショナル 常務取締役 事業本部長の松本良治氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

また、平成14年5月から平成15年9月までの間、国土交通省河川局河川環境課流水管理室の宮川勇二氏を委員長とする作業監理委員会を設置し、本件調査に関し、専門的かつ技術的な見地から検討・審議が行われました。

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

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

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

平成15年9月



国際協力事業団

総裁 川上 隆朗

伝 達 状

国 際 協 力 事 業 団

総 裁 川 上 隆 朗 殿

パキスタン・イスラム共和国におけるライ・ヌラー川流域総合治水計画調査が終了致しましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

本調査は、貴事業団との契約に基づき、弊社及び株式会社パンフィックコンサルタンツインターナショナルの共同企業体により構成される調査団が、平成14年5月より平成15年9月までの期間に実施してまいりました。

本最終報告書には、ライ・ヌラー川流域の総合治水及び環境改善に関わるマスタープランが記述されています。計画の中で主体となる構造物対策として、コミュニティポンド、放水路等を提案しており、これら構造物により、早急な洪水軽減効果が得られ、最終的には、ライ・ヌラー川の100年確率規模洪水に対して安全を確保することが可能となります。また、洪水予警報システムなどの非構造物対策、関連する環境改善計画、組織法制度の強化についても、上記構造物対策に加えて提案を行っています。

調査の実施にあたって貴事業団を始め、外務省、国土交通省関係者には多大なご理解並びにご助言を賜り厚く御礼を申し上げます。また、現地調査期間中には、パキスタン・イスラム共和国関係機関、連邦洪水委員会、JICAパキスタン事務所、在パキスタン日本国大使館の貴重なご助言とご協力を賜ったことも付け加えさせていただきます。

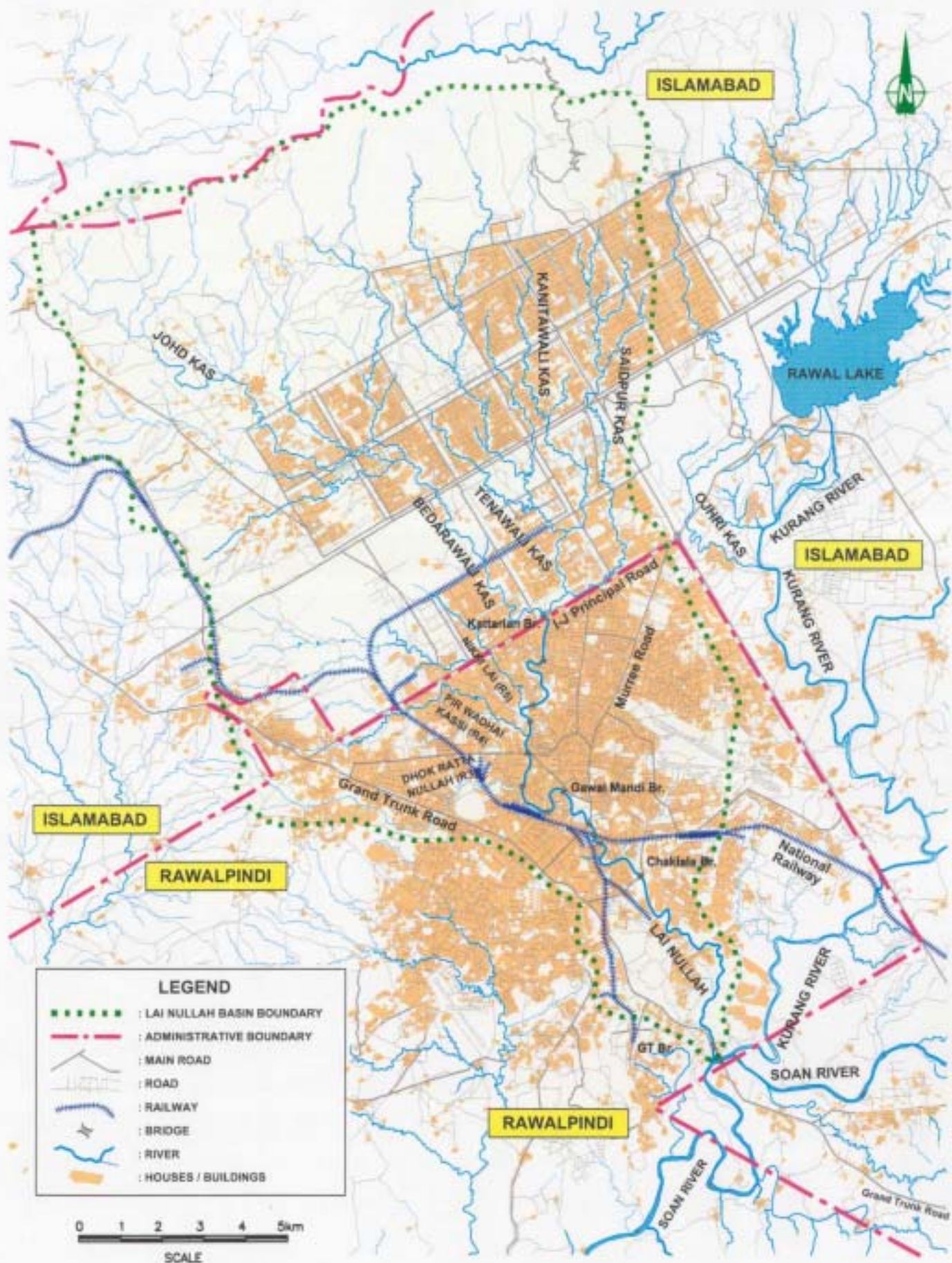
終わりに、本報告書がライ・ヌラー川流域の総合治水及び環境改善に寄与し、パキスタン・イスラム共和国の今後の発展に役立つことを切に願う次第です。

平成15年9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・ヌラー川流域総合治水計画調査団



団 長 松 本 良 治



調査対象域全体平面図

調査概要及び結果

1. 調査の背景

ライ・ヌラー川流域 234.8 km² は、行政的に上流部のイスラマバード市と下流部のラワル・ピンディー市に分かれている。当流域ではモンスーン期になると洪水が頻繁にライ・ヌラー川を溢れ、特に下流部のラワル・ピンディー市に深刻な被害を及ぼしている。このような洪水問題に対処するために、2002年5月から2003年9月までの予定で国際協力事業団（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」（以下調査または本調査と略す）が開始された。

2. 調査の目的

S/Wに記載されているように、本調査の目的は（1）調査対象域における総合治水・環境改善のためのマスタープランを策定すること、及び（2）調査の実施を通じ、パキスタン側カウンターパートに技術移転を行うことである。

3. 計画の概要

全体計画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する。この目標を具体化するため、構造物対策は（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する。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当てはめている。これら段階計画で適用する対策を以下に示す。

- （1）緊急計画として、ファティマジンナー公園内に集水面積 26.5 km² を持つコミュニティポンドを建設する。この貯水池の有効貯水容量は 290 万 m³ で、25年確率の洪水ピーク流量をほぼすべて貯留することが可能である。
- （2）短期及び長期計画として放水路を建設する。この放水路の最終的な目標はライ・ヌラー川上流域の100年確率規模の洪水を隣接するクラン川に放流することである。
- （3）現在行われている河川改修事業の追加工事として（a）チャクララ橋下流約 1.0 km 区間の河川改修を緊急計画内で、（b）現行の河川改修区間の法面保護工事を短期計画内で実施する。

上記構造物対策の他に下表に示す対策を実施する。

対策	主な内容
1. 非構造物対策	1.1 洪水予警報システムの確立
	1.2 洪水危険図の公布
2. 関連する環境改善計画	2.1 河川敷内での土地利用規制
	2.2 河川へのゴミ投棄規制
	2.3 雨水排水及び下水システムの改善
3. 組織法制度の強化	3.1 統合的河川行政のための管理委員会の設置
	3.2 治水計画実施のためのタスクフォースの設置
	3.3 関連する土地行政管理機関の役割と権限の確認
	3.4 キャパシティビルディング

注：上表項目 2.1 及び 2.2 は環境改善計画の一部として位置付けられるが、同時に非構造物対策の一部としても位置付けすることができる。

非構造物対策は、構造物対策で目標としている安全度以上の洪水が発生した場合の被害軽減を目的としている。環境改善計画は、構造物対策の機能の保全と快適な河川環境の創出に役立つ。さらに、組織法制度の強化は、ライ・ヌラー川流域の適切な河川行政を推進するにあたって重要な役割を果たすものである。

4. プロジェクト事業費

本治水計画の構造物対策実施に必要な初期投資額及び完成後の年間維持管理費（O&M費用）は以下に示す通りである。

初期投資額及び年間維持管理費用

計画	初期投資額(百万ルピー)	維持管理費(百万ルピー/年)
緊急計画	1,267	3.3
緊急 + 短期計画	4,124	4.8
全体 (緊急 + 短期計画 + 長期計画)	7,615	5.4

5. プロジェクト評価

5.1 経済評価

プロジェクト実施の経済便益は、主に構造物対策を通じた洪水被害の軽減により得られる。非構造物対策、環境改善計画、組織法制度の強化についても洪水被害軽減や河川環境改善に大きく貢献するが、その経済便益は漠然としたものであり貨幣価値に換算することは種々の仮定を伴う。このことから、経済評価は段階的構造物対策に対してのみ行うものとする。

計画の進捗	内部収益率 (EIRR)	年費用・便益比率 (B/C)*
1. 緊急計画	22.4 %	2.3
2. 緊急 + 短期計画	12.8 %	1.3
3. 全体 (緊急 + 短期計画 + 長期計画)	10.4 %	1.0

注：ディスカウント・レート 10%を想定。

上表に示すとおり、構造物による治水計画の EIRR は、一般にいわれる機会費用である 10% を超えており経済的に十分投資効果があるものと評価される。さらに構造物対策の導入により約 18 万 3 千人の人々が洪水被害を免れることが期待できる。しかし、長期計画では 10% をわずかに超えている程度であるため、完成が遅れた場合にはこの機会費用を下回ることも考えられる。このことから、これら構造物対策の準備、実施を十分注意して見守っていく必要がある。

5.2 財務評価

いくつかの政府歳出費目がある中で、本治水計画初期投資額の財源としては、公共部門開発計画 (PSDP) 予算が考えられる。また、年間維持管理費の財源としては、国家洪水防御計画 (NFPP) 中の通常年間開発計画 (NADP) の予算の適用が考えられる。これは、PSDP の水部門予算の一部として計上されているものである。PSDP 及び NADP の将来の予算見通しと比較した場合、本治水計画の初期投資額は最大でも PSDP 年間予算を 0.53% 押し上げるに過ぎない。また、維持管理費は NADP 年間予算を 3% 押し上げる程度である。これらのことから、本治水計画実施に必要な初期投資額及び年間維持管理費は十分政府予算の許容範囲にあるものと考えられる。

5.3 社会・自然環境への影響評価

本調査を通じて実施した初期環境影響調査 (IEE) によれば、本治水計画で提案されている対策のうちコミュニティーポンドに関しては、貯留する水質の悪化が潜在的な環境影響要素と考えられ、今後環境影響評価 (EIA) の検討対象項目として取り上げる必要がある。但し、本調査を通じた事前の検討によれば、この影響は (1) 酸化池、(2) ゴミの流入を防止するためのチェックダム、(3) ベダラワリカス川からの清浄な水を導流する分水路、(4) テナワリカス川からの汚水の流入を防ぐ迂回路等の施設を設置することで十分対応が可能と期待出来る。

さらに初期環境影響調査 (IEE) によれば放水路による重大な環境影響要素として、放水先となるクラン川沿い集落での住居移転が挙げられる。移転対象となる住居は常習的な洪水氾濫地帯にあり、洪水の流下を著しく妨げていることから、住民移転の問題は事業実施にあたって重要な要件とならざるをえない。移転の対象となる家屋数は 220 戸であり、ライ・ヌラー川改修に際して RDA が既に実施した約 2,000 戸に比べ少ない。しかしながら、ライ・ヌラー川沿いの住民移転には、違法居住者に対する補償が十分に行なわれず長期の移転期間を要した経験から、クラン川沿いの住民移転にあたっては、環

境影響評価（EIA）を通じて、移転者への財政的な支援を含む段階的な移転計画を策定し実施する必要がある。

6. 勧告

本調査における主な勧告は以下の通りである：

1) 本治水計画提案の構造物対策の実施

ライ・ヌラー川沿いの低平地は常習的な洪水氾濫に見舞われており、2001年洪水は人命の損失にまで及ぶ予期せぬ大災害となった。この常習的な氾濫を軽減するために、本調査で提案されている緊急計画を実施し早急な洪水被害軽減を計ることを強く勧告する。

さらに、壊滅的な洪水災害による社会不安を取り除くために、既往最大の2001年洪水規模に対応できる抜本的な治水計画の実施が必要不可欠である。この計画は膨大な工事量となるため、その実現には10年以上もの長い期間を必要とする。従って、この計画を完成するためには、短期計画、長期計画と段階的に実施していくことが考えられる。目標とする期間内にこの段階計画を実現させるために、各段階での工程を十分監視していくことが必要である。

2) 放水路のフィージビリティ調査の実施

放水路は長期計画の主要構造物対策として提案されている。しかしながらその実施に際しては、事前にフィージビリティ調査を行い、特にCDAからコメントのあった可能用地幅に留意した放水路の詳細について検討する必要がある（Vol.2 Main Reportに添付された「ドラフト・レポートに係わるステアリング・コミッティー会議議事録第2項」参照）。さらに放水路の放流先となるクラン川に対する詳細な改修内容も重要なフィージビリティ調査における検討対象となる。

3) プロジェクト実施と管理に向けての連邦政府の組織改善

本治水計画の主な受益者は下流域のラワル・ピンディー市である。一方、コミュニティーポンドや放水路などの主な洪水軽減対策施設は、上流域のイスラマバードに建設される。このような利害関係は、事業の実施や管理にあたって両市の行政担当者間に軋轢を生じさせる可能性がある。このような状況を避けるため、水利電力省あるいは連邦洪水委員会に代表される連邦政府は、事業全体の実施や管理を円滑に調整するとともに直接その一部を実施するなどの役割を果たす必要がある。

4) ライ・ヌラー川環境改善事業の実施

河川内へのゴミ投棄や河川敷違法占拠の規制などの環境改善は、ライ・ヌラー川の洪水軽減能力と快適な河川環境を確保するために特に重要な課題である。このことから、イスラマバード市内既存施設の下水処理能力強化やラワル・ピンディー市の UWSSP-I、II など現行の環境改善事業を推進するとともに、ゴミ投棄、違法占拠に対する規制の強化、新たな法整備が必要となる。

5) 水文資料の整備強化

ライ・ヌラー川流域においては、雨量・水位などの水文観測資料が非常に乏しく、また、資料整理も不十分であるため、治水計画のみならず他の水開発計画を策定する上でも支障をきたしている。このような状況を改善するために、水文観測施設の増強を図るとともに観測資料の整備に力を注ぐ必要がある。

要約 目次

序文

伝達状

調査対象域全体平面図

調査概要及び結果

頁

第1章	序論	1
	1.1 調査の背景.....	1
	1.2 調査の目的.....	1
	1.3 調査対象域.....	1
	1.4 調査スケジュール.....	1
第2章	調査対象域の概要	2
	2.1 社会経済状況.....	2
	2.2 ライ・ヌラー川流域地形条件.....	3
第3章	洪水軽減の計画の枠組み	5
	3.1 計画洪水規模.....	5
	3.2 段階的实施計画及び計画目標年次.....	5
第4章	治水計画で考えられる構造物対策	7
	4.1 河川改修.....	7
	4.2 コミュニティーポンド.....	8
	4.3 洪水軽減ダム.....	9
	4.4 放水路.....	9
第5章	最適構造物洪水対策	11
	5.1 各構造物対策の洪水調節可能量.....	11
	5.2 各構造物で必要とされる洪水調節量.....	11
	5.3 治水計画代替案.....	11
	5.4 最適構造物治水計画.....	12
	5.5 最適治水構造物の維持・管理・運営.....	14
	5.5.1 コミュニティーポンド.....	14
	5.5.2 河川改修及び放水路.....	14

第6章	非構造物対策による洪水対策	15
	6.1 洪水予警報システム(FFWS)の強化	15
	6.2 洪水危険区域図の公布.....	16
	6.3 河川管理区域への不法侵入の規制	16
	6.4 河川へのゴミ投棄の規制	17
第7章	ライ・ヌラー川の洪水対策と関連する環境問題	18
	7.1 水資源の開発及び保全.....	18
	7.2 雨水排水・下水システム改善.....	18
第8章	河川行政のための組織制度の強化	20
	8.1 組織の強化.....	20
	8.2 法制度の強化.....	20
第9章	施工計画及び事業費積算	21
	9.1 工事内容.....	21
	9.1.1 コミュニティーポンド	21
	9.1.2 放水路.....	21
	9.1.3 RDA による現行河川改修の追加工事.....	22
	9.1.4 洪水予警報システム.....	23
	9.2 施工計画.....	23
	9.3 事業費の積算.....	23
第10章	事業実施計画	25
第11章	プロジェクト評価	27
	11.1 経済評価.....	27
	11.2 財務評価.....	27
	11.3 初期環境影響評価.....	28
第12章	勧告	31

巻末付図

表一覧

表 R 1	調査対象域の土地利用	2
表 R 2	調査対象域の人口	3
表 R 3	段階的实施計画	5
表 R 4	ライ・ヌラー川流域の都市化と確率洪水流量の関係	6
表 R 5	河川改修の計画基本諸元	7
表 R 6	チャクララ橋下流区間の河川改修代替案の計画諸元 (チャクララ橋上流の河床掘削が実施されないとしたケース)	8
表 R 7	コミュニティポンドの計画基本諸元	8
表 R 8	洪水軽減ダムの計画基本諸元	9
表 R 9	放水路計画流量	10
表 R 10	各洪水調節施設の洪水調節可能量	11
表 R 11	治水計画代替案	12
表 R 12	治水計画代替案の評価	12
表 R 13	洪水予警報システム運営のための組織の提案	15
表 R 14	コミュニティポンドの主要工事内容	21
表 R 15	放水路の主要工事内容	21
表 R 16	ライ・ヌラー川現行河川改修の追加工事の主要工事内容	22
表 R 17	洪水予警報システムの主要工事内容	23
表 R 18	主要工事の全体施工期間	23
表 R 19	治水構造物対策・非構造物対策の事業費	24
表 R 20	構造物対策の年間維持管理費	24
表 R 21	非構造物対策の年間維持管理費	24
表 R 22	全体事業実施計画	26
表 R 23	構造物対策の内部収益率(EIRR)及び年費用・便益比率(B/C)	27
表 R 24	初期投資額及び年間維持管理費用	27
表 R 25	PSDN10年展望計画(2001-2011)と提案事業費用との比較	28
表 R 26	コミュニティポンドに対するチェックリスト	29
表 R 27	放水路に対するチェックリスト	30

図一覧

図 R 1	調査スケジュール	1
図 R 2	短期計画の計画流量(25年確率)	13
図 R 3	長期計画の計画流量(100年確率)	13

巻末付図一覧

図 1	ライ・ヌラー川沿いの地形	F-1
図 2	2001 年洪水の想定氾濫域.....	F-2
図 3	ライ・ヌラー川水系	F-3
図 4	ライ・ヌラー川縦断面形状	F-4
図 5	現在進行中の河川改修以前のライ・ヌラー川縦断面形状.....	F-5
図 6	RDA が実施した蛇行部線形改善工事	F-6
図 7	ライ・ヌラー川の流下能力及び洪水水位 (チャクララ橋下流の蛇行部の線形改善を行わない場合)	F-7
図 8	考えられる洪水軽減策.....	F-8
図 9	河川改修の計画縦断面形状.....	F-9
図 10	チャクララ橋からカタリアン橋までの河床掘削の計画標準横断面	F-10
図 11	チャクララ橋下流の計画標準横断面 (チャクララ橋上流の河床掘削を行う場合)	F-11
図 12	チャクララ橋下流の計画標準横断面 (チャクララ橋上流の河床掘削を行わない場合)	F-12
図 13	ファティマジンナー公園に計画したコミュニティーポンドの位置	F-13
図 14	ファティマジンナー公園の現況	F-14
図 15	コミュニティーポンド平面計画.....	F-15
図 16	ベダラワリカス川支川からの分水路の平面配置計画	F-16
図 17	洪水軽減ダム平面計画	F-17
図 18	放水路ルート比較案	F-18
図 19	放水路平面計画(短期計画、25 年確率規模)	F-19
図 20	放水路平面計画(長期計画、100 年確率規模)	F-20
図 21	放水路横断面配置計画	F-21
図 22	クラン川沿いの輪中堤及び河川保全区域	F-22
図 23	洪水予警報全体配置計画	F-23
図 24	洪水予警報の通信ネットワーク	F-24
図 25	洪水危険区域図(2001 年 7 月 23 日洪水の場合の ADB ライ・ヌラー川改修工事後の洪水氾濫区域)	F-25

略語集

組織

ADB	:	Asian Development Bank
AMC	:	Rawalpindi Agromet Center
CDA	:	Capital Development Authority
ECNEC	:	Executive Center of National Economic Council
FFC	:	Federal Flood Commission
FFD	:	Flood Forecasting Division
JBIC	:	Japan Bank for International Cooperation
JOCV	:	Japan Overseas Cooperation Volunteer
MES	:	Military Engineering Services
MMP	:	Mott MacDonald Pakistan
MWP	:	Ministry of Water and Power
NFFD	:	National Flood Forecasting Division
OECF	:	Overseas Economic Cooperation Fund
PCIW	:	Pakistan Commissioner for Indus Waters
PID	:	Punjab Irrigation and Power Development
PMD	:	Pakistan Metrological Department
RCB	:	Rawalpindi Cantonment Board
RDA	:	Rawalpindi Development Authority
RMC	:	Rawalpindi Municipal Corporation
SDO	:	Small Dams Organization, Irrigation and Power Development, Punjab
TMA	:	Tehsil Municipal Administration Rawalpindi
WAPDA	:	Water and Power Development Authority
WASA	:	Rawalpindi Water and Sanitation Authority

單位

°C	:	Degree Centigrade
cfs, cusec	:	Cubic feet per second (1 cusec = 0.0283 m ³ /s, or 1 m ³ /s = 35.3 cusec)
dia.	:	Diameter
g	:	Gram
Ghz	:	Gigahertz
ha	:	Hectare
Kg, kg	:	Kilogram
Km, km	:	Kilometer
L. l. lit.	:	Liter
m	:	Meter
m ³	:	Cubic meter
m ³ /s	:	Cubic meter per second
mil.	:	Million
Mhz	:	Megahertz
MLD	:	Million Liter per Day
MGD	:	Million Gallon per Day (1 MGD = 4.546 MLD)
Rs.	:	Pakistan Rupee
sec	:	second
t, ton	:	Tonnage
US\$:	American Dollar
W	:	Watt

その他

CEA	:	Chief Engineering Advisor
CFFC	:	Chairman, Federal Flood Commission
CN	:	Curve Number
ERC	:	Emergency Cell
EIRR	:	Economic Internal Rate of Return
FFWS	:	Flood Forecasting and Warning System
IEA	:	Initial Environmental Analysis
LAA	:	Land Acquisition Act
PST	:	Pakistan Standard Time
SCS	:	Soil Conservation of Services
SME	:	Small and Medium Enterprise
SWM	:	Solid Waste Management
Sweep	:	Solid Waste Management & Environmental Enhancement Project
UNDP	:	United Nation's Development Programme
UWSSP-R	:	Urban Water Supply and Sanitation Project for Rawalpindi City
WTP	:	Wastewater Treatment Plant

第1章 序論

1.1 調査の背景

ライ・ヌラー川はイスラマバード市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・ピンディー市に属している。当流域ではモンスーン期になると頻繁にライ・ヌラー川の洪水氾濫が発生し、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。2001 年 7 月に発生した洪水は死者 74 名、崩壊家屋 3,000 戸という近年最大の洪水被害を引き起こした。この洪水問題に対処するため、2002 年 5 月から 2003 年 9 月までの予定で、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 (以下調査または本調査と略す) が開始された。

1.2 調査の目的

S/W に記載されているように、本調査の目的は以下のとおりである。

- (1) 調査対象域における総合治水・環境改善のためのマスタープランを策定する。
- (2) 調査の実施を通じ、パキスタン側カウンターパートに総合治水・環境改善に関する技術移転を行う。

1.3 調査対象域

本調査の対象域はライ・ヌラー川全流域を含む。さらに隣接するクラン川流域についても、提案する放水路の放水先として調査対象域に含むものとする。

1.4 調査スケジュール

下図に示すとおり、本調査はパキスタンにおける現地調査及び国内作業からなり、調査期間は 2002 年 5 月から 2003 年 9 月である。

Schedule	2002												2003									
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Study Stage					B. First Field Survey										D. Second Field Survey					F. Third Field Survey		
	A. Preparation Works at Home Office								C. First Home Office Work						E. Second Home Office Work					G. Third Home Office Work		
Report					▲ IC/R				▲ P/R		▲ IT/R						▲ DF/R		▲ F/R			
Technology Transfer																	▲ Seminar					

IC/R : インベション・レポート
 P/R : プロセス・レポート
 IT/R : インテリム・レポート
 DF/R : ドラフトファイナル・レポート
 F/R : ファイナル・レポート

図 R 1 調査スケジュール

第2章 調査対象域の概要

2.1 社会経済状況

イスラマバード市とラワル・ピンディー市の洪水被害軽減対策を含めた都市開発は、三つの組織、すなわち首都開発公社（CDA）、ラワル・ピンディー開発公社（RDA）、ラワル・ピンディー・カントンメント委員会（RCB）により推進されている。イスラマバード市の開発はCDAが、ラワル・ピンディー市の開発に関しては北部をRDAが、南部をRCBが分担して実施している。

イスラマバード市は、1963年以來、新しい首都として開発されてきた。同市は近代都市として整備されており、街路樹で囲まれた区画の中に、瀟洒な住宅や公共施設、商店が建ち並んでいる。このイスラマバード市とは対象的にラワル・ピンディー市の一部であるRDA管轄区は古い時代に建設された都市であり、人家の密集、交通渋滞の激しさを併せ持ちながら、活発な商業都市としての役割を果たしている。さらにラワル・ピンディー市のもう一方のRCB管轄区はカントンメント区域と呼ばれ、パキスタン国の軍本部とその関連事務所、また、政府官庁、住居地、商業地が共存している。

本調査対象域の土地利用状況は、2001年撮影のランドサット衛星画像、関係機関による2030年の都市計画及び本調査での人口予測に基づき下表のように整理される。この表に示すように、住宅地が将来増加する一方で農地や緑地は減少する。森林も人口増加に伴い住宅地を供給するためにやや減少する。

表 R 1 調査対象域の土地利用

土地利用		現況 (2001)		2012		2030	
		(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)
住宅地	高人口密度	31.2	13.3	35.2	15	38.8	16.5
	適度な人口密度	53.3	22.7	68.6	29.2	95.2	40.5
	郊外	6.1	2.6	5.6	2.4	2.3	1
	小計	90.6	38.6	109.4	46.6	136.3	58.0
非住宅地	農地	33.4	14.2	29.1	12.4	11.4	4.9
	森林	34.9	14.8	32.3	13.8	32	13.6
	緑地、裸地	74.3	31.6	62.4	26.6	53.5	22.8
	水源地	1.6	0.7	1.6	0.7	1.6	0.7
	小計	144.2	61.3	125.4	53.5	98.5	42.0
流域計		234.8	100	234.8	100	234.8	100

調査対象域の総人口は表 R 2 に示すように、1998年現在約 1.56 百万人でありそのうちイスラマバード市が 28%、カントンメント区域を除くラワル・ピンディー市は 46% を占めている。流域全体での平均人口密度は約 6.7 千人/km² であるが、イスラマバード市は

比較的人口密度が低く 2,700 人/km²であり、一方ラウル・ピンディー市は非常に人口密度が高くイスラマバード市の 10 倍以上の 27,400 人/km²となっている。

調査対象域の将来の人口は 1998 年の 156 万人から 2030 年には 350 万人になると予想されている。このうち特に人口増加の激しい地域はイスラマバード市とカントンメント区域と考えられている。

表 R 2 調査対象域の人口

管轄区	年	イスラマバード市	ラウル・ピンディー市	カントンメント区域	計
人口 (人)	1998	432,678	724,311	407,622	1,564,611
	2012	715,151	1,111,802	676,354	2,503,307
	2030	1,020,697	1,496,339	979,562	3,496,598
人口密度 (人/km ²)	1998	2,682	27,436	8,636	6,661
	2012	4,434	42,114	14,330	10,657
	2030	6,328	56,680	20,753	14,885
家屋密度 (戸/km ²)	1998	447	4,061	1,330	1,031
	2012	739	6,230	2,208	1,650
	2030	1,055	8,385	3,198	2,304

2.2 ライ・ヌラー川流域地形条件

調査対象域は、北から南にむけて地形的に、(1) マルガラ山脈、(2) 山脈裾野の丘陵地、(3) 沖積地及び(4) 溪谷地の 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 (RD6+251)¹ までではラウル・ピンディー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 (図 1 参照)。特にカタリアン橋 (RD17+210) 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。住民からの聞き込みによると、2001 年 7 月洪水ではライ・ヌラー川沿いの地域のほぼ全域に相当する 9.23 km² において浸水被害が発生したと推定される (図 2 参照)。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。

ライ・ヌラー川の水系は上流側イスラマバード市において (1) サイドプルカス川、(2) テナワリカス川及び(3) ベダラワリカス川の 3 本の主要な支川で構成されている (図 3 参照)。これらの支川はすべてマルガラ山脈から発し、イスラマバード市とラウル・ピ

¹ ここで RD に付随して表示されている数字はソアン川の上流 320m に位置する新 GT 道路橋からの距離を表している。例えば RD6+251 は新 GT 道路橋の上流 6,251m に位置することを意味する。

ンディー市の行政境界に位置するカタリアン橋の直上流で、ライ・ヌラー川本川へと合流する。カタリアン橋の下流では他に 9 つの支川が続いて合流し、ラウル・ピンディー市を流下し最後にはソアン川に注ぐ。

当流域の深刻な洪水被害は、ラウル・ピンディー市にあるチャクララ橋とカタリアン橋の中流域 11 k m 区間の河川沿いで頻繁に発生している。当区間での河川勾配は、図 4 に示すように、1/1,250 と比較的緩勾配であり、また洪水の流下可能面積は建築物の侵入でかなり狭められている。こういった河川状況のためにこの区間での河道流下能力は $300 \text{ m}^3/\text{s}$ 以下と小さくなっており 3 年確率流量程度の流下能力しかない状態である（図 5 参照）。この流下能力を増加させるため、RDA によって、河川改修事業が 2001 年の洪水の後直ちに始められ、現在工事が行われている。

チャクララ橋下流の約 1.0 km から 2.2 km の区間は著しく蛇行し断面幅が狭く、この蛇行区間沿いに頻繁に洪水氾濫が発生していた。この洪水氾濫を軽減するために RDA は現在進められているライ・ヌラー川改修工事の延長として、蛇行部の拡幅とともに法線変更（ショートカット）を実施した（図 6 参照）。しかしながら、この蛇行改修区間とチャクララ橋上流の河川改修区間との間に挟まれた約 1km の河川区間は何ら改修が行われないままとなっている。この区間ではいくつかの狭窄部があり洪水はこの狭窄部の背水効果により上流で急激な水位上昇を起こす傾向がある（図 7 参照）。もしこのまま狭窄部の改善されないままに残されると、この背水の影響を受ける区間での河道の実際の流下能力は現在の河川改修計画で想定している計画の流下能力をかなり下回ることになると考えられる。

狭窄部の整正とチャクララ橋上流区間の河川改修が実施された場合、ライ・ヌラー川の流下能力はカタリアン橋地点で現在の $300 \text{ m}^3/\text{s}$ から $640 \text{ m}^3/\text{s}$ に増加することが期待される。一方、本調査での水文解析結果によると、この流下能力 $640 \text{ m}^3/\text{s}$ は約 10 年確率流量に相当しており、現在の河川改修の計画規模としている 25 年確率をかなり下回るものと評価される。

第3章 洪水軽減の計画の枠組み

3.1 計画洪水規模

2001年洪水の生起確率は100年確率を若干下回る規模と評価される。また本調査を実施する上でステアリングコミッティーはライ・ヌラー川流域の社会・経済的重要性を鑑み治水計画策定の最適計画規模として100年確率を希望した経緯がある。これら背景から、本調査での治水計画の計画規模として100年確率洪水を採用する。

3.2 段階的实施計画及び計画目標年次

本治水計画は、限られた予算の中で効率よく洪水を軽減しながら上記の目標を達成するために計画全体を次の3段階に分けて実施するように計画する。

表 R 3 段階的实施計画

段階計画	目標計画規模	目標年次
緊急計画	不定*	2005
短期計画	25-年確率	2007
長期計画	100-年確率	2012

注 *： 緊急計画は早急な洪水軽減を期待して短期計画の対策の一部を優先的に実施することになり特に計画規模について目標は設けない。

ライ・ヌラー川の治水計画の最終目標である100年確率は長期計画で達成するものとする。さらにこの長期計画の達成目標年次は第3次国家洪水対策計画（1998－2012）や10年将来計画（2001－2011）等の関連国家開発計画を考慮して2012年とする。

ライ・ヌラー川流域では2012年の目標年次後も市街地が拡大していく可能性がある。この市街地の拡大は、窪地ならびに空き地や自然の森林地のような非市街地を減じることになる。これら非市街地は、舗装で被覆されることなく、また洪水に対して自然の調節効果を果たしており、非市街地の減少にともないライ・ヌラー川からの洪水のピーク流量が徐々に増加する結果となる。

しかしながら、CDAが作成したイスラマバードの都市開発計画（2030年までの開発）によると、カタリアン橋上流（イスラマバード行政区境界）のライ・ヌラー川流域における大幅な都市開発は予定されておらず、表R4に示すように、2001年、2012年、2030年の各確率洪水の最大流量にそれほど大きな違いは見られない。このことから、長期計画で達成される治水の安全度は長期計画の完成後においても十分維持され、その後の洪水対策計画は特に必要としないと考えられる。

表 R 4 ライ・ヌラー川流域の都市化と確率洪水流量の関係

項目		2001 年	2012 年	2030 年
1. ライ・ヌラー川 カタリアン橋地 点確率洪水流量	5 年確率	310 m ³ /s	330 m ³ /s	350 m ³ /s
	25 年確率	1,110 m ³ /s	1,150 m ³ /s	1,180 m ³ /s
	100 年確率	2,200 m ³ /s	2,270 m ³ /s	2,290 m ³ /s
2. カタリアン橋上流都市化割合*		32.4%	42.7%	49.6%

注*: 都市化割合は流域全体の面積に対する都市域(住居地+商業地+工業地)の割合を表す。

第4章 治水計画で考えられる構造物対策

ここではライ・ヌラー川流域の自然・社会経済条件を検討した結果、「河川改修」、「洪水軽減ダム」、「洪水貯留施設として用いるコミュニティーポンド」、「放水路」を流域に導入可能な構造物対策として選択した（図8参照）。

4.1 河川改修

河川改修はチャクララ橋上流で現在進められているライヌラー河川改修の流下能力をさらに増加するために行う。河川改修の対象区間はチャクララ橋の約1km上流区間からカタリアン橋までの区間である。このチャクララ橋からカタリアン橋までの区間での基本的な河川改修方法は現在以上に河川幅を拡幅することが土地収用の観点からほとんど不可能に近いため拡幅は行わず、河床を掘削することで対応する。一方、チャクララ橋下流区間での改修は河川沿いに在る空地を改修用地として取得可能であり、事業費用の面でも有利と判断されることから河道拡幅を改修の基本的な方法として採用した。

チャクララ橋上流での河床掘削の範囲としては、河道内の最大流速を4m/s以内に収めることと、チャクララ橋下流に広範囲に露出する硬い岩の掘削を避けるために現在の計画河床を更に2mまで掘削することとした。上記河川改修の基本的計画諸元は下表に示すとおりである（図9～11参照）。

表 R 5 河川改修の計画基本諸元

項目	諸元
計画洪水流量	カタリアン橋地点(RD17+210) : 900 m ³ /s チャクララ橋地点(RD6+215) : 1,400 m ³ /s 改修区間の下流端地点(チャクララ橋下流約1km地点(RD5+277)) : 1,500m ³ /s
改修区間	マリ－醸造所近くの滝地点からカタリアン橋までの約12km区間(RD5+277 - RD17+210)
横断形状	法勾配1 : 1.5、単断面
法面保護	コンクリート玉石張り
計画横断水深	1mの余裕高を含んで河床から9.5m。(現在の計画河床から2m掘削する。)
計画河床勾配	1 / 1,250
横断面幅	カタリアン橋地点 : 堤防内幅 50.0m、河床幅 18.5m チャクララ橋地点 : 堤防内幅 69.9m、河床幅 38.4m 河川改修区間下流末端地点(チャクララ橋下流約1km地点) : 堤防内幅 72.9m、河床幅 44.4m
橋梁の強化及び架け替え	強化: 3 橋 架け替え: 9 橋

なお、チャクララ橋上流区間での河床掘削による河川改修が実施されないとした場合でも、同橋下流の約1km区間(RD5+277-RD17+210)の改修は、現在改修が進められて

いるチャクララ橋上流区間に対する背水の影響をなくすために必ず必要と考えられる。
この河川改修代替案の計画諸元は下記に示す通りである（図9及び12参照）。

表 R 6 チャクララ橋下流区間の河川改修代替案の計画諸元
(チャクララ橋上流の河床掘削が実施されないとしたケース)

項目	諸元
計画流量	カタリアン橋地点：640 m ³ /s チャクララ橋地点：1,000 m ³ /s 改修区間の下流端地点(チャクララ橋下流約1km地点(RD5+277))：1,010m ³ /s
改修区間	チャクララ橋までの 1,150 m 区間 (RD5+277-RD6+251)
横断形状	法勾配 1 : 1.5、単断面
法面保護	コンクリート玉石張り
計画横断水深	9.5m
計画河床勾配	1/1250 (250m区間に床固工設置(RD6+000～ RD6+251))
横断面幅	堤防内幅 48.5m、河床幅 20.0m

4.2 コミュニティーポンド

コミュニティポンドはイスラマバード市中央部に位置するファティマジンナー公園の敷地内（面積約 3 km²）に位置する（図13及び14参照）。この施設はカタリアン橋下流のライ・ヌラー川への洪水ピーク流量を軽減しまたその発生時間を遅らせることを目的とする。同時にこの施設は非洪水期にはアメニティー空間を提供する施設として利用することが可能となる（図15参照）。この施設の洪水調節対象河川は、現在公園内を流下し最終的にはカタリアン橋でライ・ヌラー川に流下するテナワリカス川である。この他、隣接するベダラワリカス川からの洪水流量も、この施設で受け入れるために分水路を設置し、分流することを提案した（図16参照）。このコミュニティポンドの計画基本諸元は以下に示す通りである：

表 R 7 コミュニティーポンドの計画基本諸元

項目	諸元
対象河川	テナワリカス川及びベダラワリカス川
集水面積	26.5 km ² (テナワリカス川流域 16.6 km ² 、ベダラワリカス川流域 9.9 km ²)
ダムタイプ	複合ダム
ダム高さ	20m
ダム堤長	1,550m
最大湛水池面積	0.70 km ² (100年に一度)
有効貯水容量	2,900,000 m ³
分水路延長	1,340 m (ベダラワリカス川の流量を分流)
アメニティー施設	(1) 多目的遊技場 2 区画
	(2) テニスコート 6 面
	(3) バスケットコート 4 面
	(4) その他施設

コミュニティポンドに流入するテナワリカス川は、上流市街地からの汚染水により深刻な水質悪化の状況にあり悪臭を放っている。このような状況の下で、コミュニティポンドの良好な水質を維持するために以下の対策を採用する。

- (1) コミュニティポンドの流入水質を改善するために酸化池を建設する。
- (2) ポンドへのゴミの流入を防ぐ目的から、ゴミ止溜池を建設する。
- (3) 隣接するベダラワリ川からポンドへの分水路の建設により、ポンドへの清浄な流入水を確保する。
- (4) 悪臭を放つテナワリカス川の低水流量の流路を変更し、同流量のポンドへの流入を遮断する。

4.3 洪水軽減ダム

洪水軽減ダムサイト候補地点は、イスラマバードの西側（行政区画：イスラマバード E-11 ブロック）に位置する（図17参照）。ダムはベダラワリカス川の支川ジョドカスからの洪水を貯留し、カタリアン橋地点下流のライ・ヌラー川の洪水流量を減少させるとともに、ピークの発生時刻を遅らせることを目的とする。またダムに貯留された水はイスラマバード/ラウル・ピンディーへの都市用水の供給と地下水の涵養に利用される。このダム及び貯水池の計画基本諸元は以下の通りである：

表 R 8 洪水軽減ダムの計画基本諸元

項目	諸元
対象河川	ジョドカス川 (ベダラワリカス川支川)
集水面積	19.7 km ²
ダムタイプ	フィルダム
ダム高	20m
ダム堤長	840m
最大貯水池面積	0.80 km ²
有効貯水量	2,640,000 m ³

4.4 放水路

放水路はベダラワリカス川、テナワリカス川、サイドプルカス川からの洪水流量を集め隣接するクラン川に放流する機能を有する。この放水路の最適ルートは、3つの代替案の中から必要工事数量及び移転家屋数等を考慮して選定した（図18参照）。選定された最適ルートは、既存の Khayaban-E-Johar 道路沿いの緑地帯を利用したルートである。この最適ルートの放水路の集水面積と延長はそれぞれ 129 km² と 9.7 km である。

放水路は短期計画と長期計画を通じて段階的にその流下能力を増強する計画とする。短期計画が完成した時点で放水路はテナワリカス川とサイドプルカス川からの 25 年確率流量をクラン川へと分流し、長期計画完成時にはベダラワリカス川、テナワリカス川それにサイドプルカス川からの 100 年確率流量を分流する（図 19～21 参照）。放水路の計画流量は以下の表に示す通りである。

表 R 9 放水路計画流量

区間	計画流量 (m ³ /s)	
	短期計画 (25 年確率)	長期計画 (100 年確率)
ベダラワリカス川- テナワリカス川	-	600
テナワリカス川- サイドプルカス川	70-140	980-1,120
サイドプルカス川 - オジリカス川	320	1,480
オジリカス川 - クラン川	470	1,790

放水路の排水先となるクラン川の河川沿い区域のほとんどは自然の未利用地であるが、放水路とクラン川の合流点（放水地点）下流の 4.4 km 地点付近から 3 つの居住区が右岸側に存在する。これらの居住区では、河川敷まで家屋が入り込んでおり、洪水の流下に対して大きな妨げとなっている。放水路の建設に関連して、これらのクラン川に関連する問題に対処するため以下の対策を提案する（図22参照）。

- (1) 首都開発公社（CDA）が河川保全区域として提唱している河川中央から 1000 フィート以内の区域にある家屋については移転を行う。
- (2) クラン川から溢れる洪水を防ぐために輪中堤を建設する。

第5章 最適構造物洪水対策

5.1 各構造物対策の洪水調節可能量

前述のとおり、河川改修ではカタリアン橋地点での河道流下能力を $640 \text{ m}^3/\text{s}$ から $900 \text{ m}^3/\text{s}$ へと $260 \text{ m}^3/\text{s}$ 増加することが出来る。一方、放水路は、長期計画で洪水調節が必要とされる約 $1,700 \text{ m}^3/\text{s}$ 全量を放水出来る可能性がある。

さらにコミュニティーポンドや洪水軽減ダムは、カタリアン橋地点における洪水ピーク流量を 25 年確率規模洪水でそれぞれ 150 から $320 \text{ m}^3/\text{s}$ の範囲で低減し、また 100 年確率規模洪水でそれぞれは 240 から $520 \text{ m}^3/\text{s}$ に範囲の低減を可能にする。以上各構造物による洪水調節可能量は下記の表に示す通りである：

表 R 10 各洪水調節施設の洪水調節可能量

確率	洪水調節可能量 (単位: m^3/s)				
	カタリアン橋洪水低減量			カタリアン橋流下能力増加	
	コミュニティーポンド	洪水軽減ダム	コミュニティーポンド + ダム	河川改修	放水路
25 年	190	150	320	260	1,700
100 年	240	300	520		

5.2 各構造物で必要とされる洪水調節量

現在のチャクララ橋からカタリアン橋の河川改修、及びチャクララ橋下流 1 km 区間の拡幅を実施することによって、ライ・ヌラー川の河川流下能力はカタリアン橋地点で 10 年確率流量に相当する $640 \text{ m}^3/\text{s}$ まで増加する。一方、短期・長期計画の計画確率規模はそれぞれ 25 年、100 年であり、その確率流量はカタリアン橋地点でそれぞれ $1,150 \text{ m}^3/\text{s}$ 及び $2,270 \text{ m}^3/\text{s}$ となっている。

各提案される施設で調節が必要となる洪水流量は、上記の河川流下能力と目標とする確率規模の流量との差で表される。この調節必要流量は、短期計画で $510 \text{ m}^3/\text{s}$ 、長期計画で $1,630 \text{ m}^3/\text{s}$ である。これらの流量は以下の要領で調節することが考えられる。

- (1) コミュニティーポンド及び（もしくは）洪水軽減ダムの建設によるピーク流量の低減
- (2) 河川改修及び（もしくは）放水路の建設による流下能力の増加

5.3 治水計画代替案

各施設の洪水調節可能量と必要洪水調節量との比較からみると放水路以外の施設では単独で 100 年確率（長期計画の目標）での必要洪水調節量をカバーすることは難しい。

このため必要洪水調節量をカバーするには各施設の組み合わせが必要となる。基本的に考えられる洪水調節施設の組み合わせは以下の表ようになる。

表 R 11 治水計画代替案

代替案 No.	代替案に含まれる対策			
	ピーク流量を低減させる対策		洪水流下能力を増大させる対策	
	コミュニティポンド [※]	洪水軽減ダム	河川改修	放水路
代替案 1	○	○	○	○
代替案 2	○		○	○
代替案 3		○	○	○
代替案 4	○	○		○
代替案 5			○	○
代替案 6	○			○
代替案 7		○		○
代替案 8				○

注: ○ =代替案に含まれる対策

5.4 最適構造物治水計画

最適治水計画案は各代替案に対する事業費、補償事業、洪水軽減効果の即効性、その他プロジェクト実施による社会・自然環境への影響等を比較検討して選定する。結果として以下の評価に基づき、ファティマジンナー公園のコミュニティポンドと放水路で構成される代替案 6 を最適案として選定した。

表 R 12 治水計画代替案の評価

代替案 No.	評価				適用
	○:良	×	△:可	×	
	事業費	補償	洪水軽減効果 の即効性	社会・自然環境 への影響	
代替案 1	×	×	○	×	
代替案 2	△	△	○	×	
代替案 3	×	×	×	×	
代替案 4	×	×	○	×	
代替案 5	△	△	×	×	
代替案 6	○	△	○	△	最適案
代替案 7	×	×	×	×	
代替案 8	○	△	×	△	

次の 10 章に述べるように最適治水計画は緊急計画、短期計画、長期計画の順に段階計画として実施される。ここで、2007 年に完成する予定の短期計画によって治水の安全度は 25 年確率まで上昇し、2012 年の長期計画完成では最終的に安全度は 100 年確率に達することとなる。短期計画及び長期計画の計画流量は次ページ図に示す通りである。

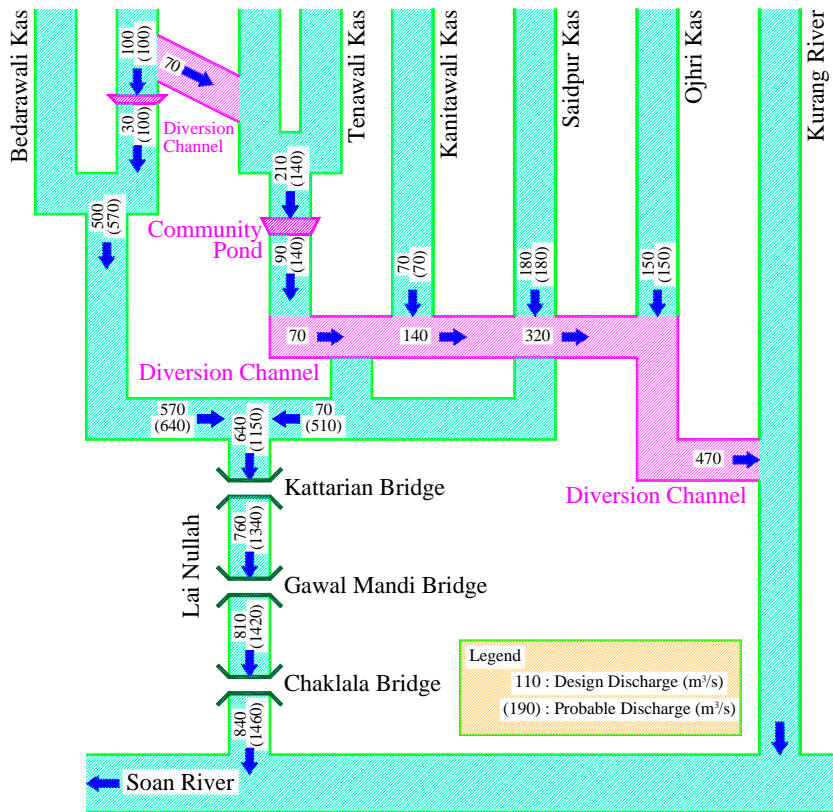


図 R 2 短期計画の計画流量(25年確率)

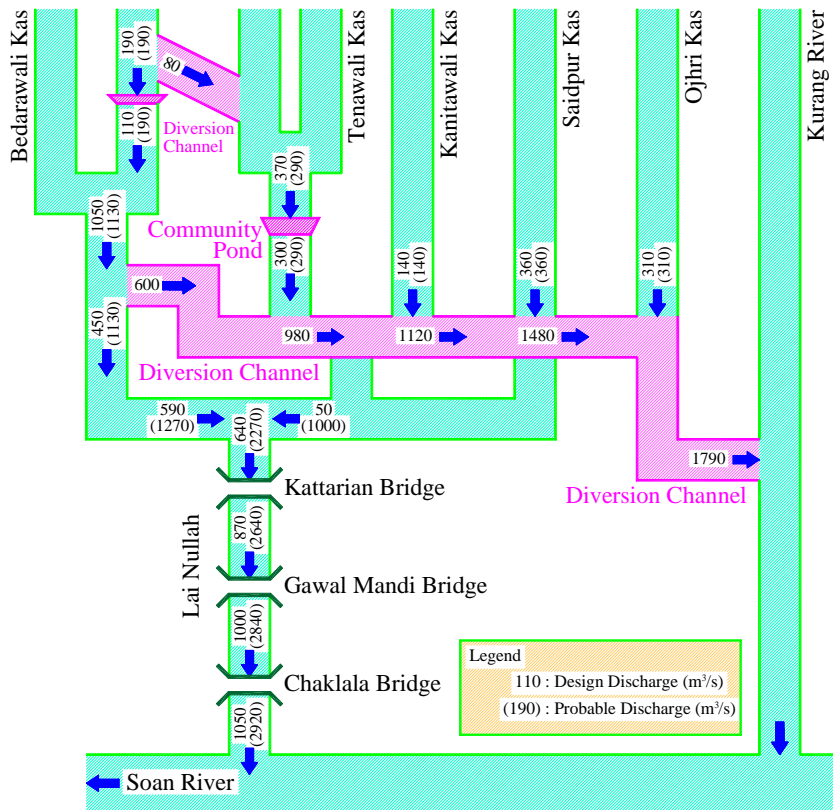


図 R 3 長期計画の計画流量(100年確率)

5.5 最適治水構造物の維持・管理・運営

最適治水構造物計画案を構成する対策はコミュニティーポンドの建設、河川改修ならびに放水路の建設である。これら構造物に対し必要となる維持・管理・運営作業項目は以下に述べる通りとなる。

5.5.1 コミュニティーポンド

コミュニティー・ポンドに対する主たる維持・管理・運營業務として以下の項目が挙げられる。

- (1) ポンド内の堆積物の除去：ポンドの設計貯水能力を維持する観点から、7月から9月までの洪水期において定期的なポンド内堆積物の除去作業が必要となる。この作業を容易に実施する目的から(a) 0.45m³のバケット容量を有するバック・ホーと(b) 10トンダンプトラックにより構成される重機を配備する。
- (2) 安全管理：ポンド内及びその周辺の地盤標高 545m以下の範囲 0.16km²は10年確率以下の洪水規模により浸水する。コミュニティー・ポンドへの遊園者の洪水被害を避ける観点から、洪水期間中の同範囲への立ち入りを禁止する。
- (3) 衛生管理：ポンドの水質は酸化池、ゴミ止溜池や汚水の流入を防ぐバイパス水路等の構造物により保全されることとなる。これら構造物の建設に加え、コミュニティーポンドの定期的な水質検査を実施し、仮に水質悪化が認められた場合、オリフィース放流孔を通じた放流により、ポンドを一時的にドライにする。

コミュニティーポンドは CDA の管理用地内に設置されるため、ポンドの通常の維持・管理・運営は CDA により実施されることとなる。しかしながら、洪水終了後のポンド内ならびにその周辺の堆積物の除去に関しては、ライ・ヌラー川全体の治水事業の実施・運営を担当するタスク・ホースにより実施される必要がある(8.1 節参照)。

5.5.2 河川改修及び放水路

河川及び放水路の維持のための最も重要な課題は、水路内の特に放水路流入口や橋脚等の水理的に重要な箇所における土砂や固形廃棄物等の堆積物の除去にある。この課題に対応するために、年間を通して定期的な堆積物の除去が必要であり、さらに洪水後の堆積物に対する緊急検査ならびに堆積物除去が求められる。河川水路の法面に対する検査とその保護・改修作業もまた河川維持の重要な課題であり、検査の結果如何によっては特に法面の侵食対策を実施する必要がある場合がある。

第6章 非構造物対策による洪水対策

ライ・ヌラー川の有効な非構造物対策として基本的に既存の「洪水予警報システムの強化」と「洪水危険区域図」の作成があげられる。さらに家屋の河川管理区域内への不法侵入の規制ならびに「河川へのゴミ投棄の規制」が河川環境改善上重要な課題となるが、これらは同時に河川の設計流下能力の維持する上となる重要な非構造物対策とも云える事項である。

6.1 洪水予警報システム (FFWS) の強化

2001年7月洪水では、パキスタン気象局 (PMD) が気象レーダーおよび雨量観測でライ・ヌラーに異常な規模の強度を持った降雨を観測した。この観測結果によって、PMDは洪水発生 of 2-3 時間前からその深刻な洪水の発生を予測していた。この洪水の事前の感知にも関わらず、この洪水では74名の死者が生じた。

この既存の水文観測網、通信網、警報システムを強化することで、より正確で迅速に洪水情報をシステムティックに収集することが出来、2001年洪水時に経験したような死者の発生は防げるものと考えられる。このことから、早急な洪水災害、特に死者の発生を防ぐ対策として、既設の洪水予警報システム (FFWS) の改善を提案する。この洪水予警報システムの概要は以下の通りである。

1) 洪水予警報システム運営組織の提案

FFWS のスムーズな運営のために既存の組織に対して以下の改善を提案する。

表 R 13 洪水予警報システム運営のための組織の提案

機関	基本的役割
気象局(PMD)	(a) 雨量観測及び水位観測機器の操作、維持 (b) 観測データの整理・分析 (c) 観測データに基づく洪水状況の予測に対する主担当機関
ラワル・ピンディー消防団 (TMA) 及び RDA の WASA	ラワル・ピンディーの行政管轄区域内での洪水警報の発令、水防・避難活動の実施機関
FFC	FFWS の全ての資機材の日常的維持管理および必要に応じた流域全体の水防避難活動を容易にするための上記関係機関の調整

2) 洪水予警報の必要施設・資機材の提案

FFWS は基本的に (a) 6ヶ所の雨量観測局、(b) 5ヶ所の水位観測局、(c) PMD 内の中央洪水予警報センター、(d) FFC、RDA の WASA、コミュニティーポンド操作事務所の3事務所での監視局、(e) ラワル・ピンディー消防団の洪水警報

コントロールルーム、及び (f) 10 ヶ所の警報局から構成される。これら各局の位置を図23に示す。

各水文観測局と中央洪水予警報センターとは、UHF 波による無線通信線により結ばれ、さらに各水文観測局には遠隔情報送信装置 (RTU) が設置される。これら電気通信施設を通じて各水文観測局からの観測情報がセンターにあるサーバーに自動的に収集・受信される (図24参照)。同時に UHF 波無線通信線は、中央洪水予警報センターと警報コントロール局を結び、必要に応じた住民への警報サイレンの発令を可能とする。さらに中央洪水予警報センターと各機関の監視局及び洪水警報発令コントロールルームは周波数 5.2 GHz を使った無線 LAN による広域ネットワーク (WAN) で結ばれ、中央洪水予警報センターで収集・分析された洪水情報を監視局及び洪水警報発令コントロールルームがモニター可能となる。

6.2 洪水危険区域図の公布

非構造物対策の一つとして、洪水危険区域図の公布は世界的に広く用いられている。この洪水危険区域図の公布によって、住民は洪水氾濫の可能性のある地域の範囲と洪水時の避難ルートを知ることが出来る。この洪水危険区域図は、また適切な都市計画や土地開発のガイダンスとして利用することが出来る。一般に洪水危険区域図は「洪水の可能性のある区域及び氾濫水位」及び「洪水時に避難するための避難ルート及び避難場所」等の情報を含む。本調査では、洪水危険区域図の基本図として、洪水確率規模別に洪水の可能性のある地域と水深を示した図を作成した (図25参照)。この図を基に流域内の各自治体は避難場所と避難ルートを表示した洪水危険区域図を作成し、公報、掲示板やその他の手段を通じて一般に公表する必要がある。

6.3 河川管理区域への不法侵入の規制

ライ・ヌラー川の河川管理区域の中には、いくつかの集落が存在する。これらの集落は、河川からの氾濫水による災害に遭遇する危険性がある一方で、河川の洪水流下を大いに妨げている。このように、これらの集落は河川管理上の大きな障害になっており、さらにこれら集落の住民は親族・友人を呼び集めて居住区域を拡大する傾向にある。このような状況に対して、河川管理区域内の集落の拡大を制限するとともに、最終的には居住や建築を全面的に禁止する必要がある。このため土地行政に関わる機関 (例えばイスラマバードでは CDA、ラワル・ピンディーでは TMA/RCB) は以下のような対応をとる必要がある。

- (1) 河川管理区域内にある集落の社会・経済状況の実態調査を実施する。
- (2) パブリックコンサルテーションを通じて、集落の段階的な移転計画を策定し実施する。
- (3) 必要に応じて、移転者に財政支援を行う。
- (4) 移転完成後、その地域を除去する。

6.4 河川へのゴミ投棄の規制

ライ・ヌラー川や支川近傍に居住する住民は、河川にゴミを投棄する傾向が顕著である。河川への不法なゴミ投棄は、河川の流下能力を低下させるとともに、河川の水質を悪化させる。河川へのこういった悪影響に対し、以下のような段階的な対応を取る必要がある。

- (1) 廃棄物について、重量や成分などの正確で適切なサンプルデータを集め、全体として河川に投棄されているゴミの量を把握する。
- (2) 住民、企業、行政が廃棄物管理に必要とされる役割を明記した廃棄物管理の法律を制定する。
- (3) 住民参加が条件となる、廃棄物の削減、再利用のプログラムを策定、実施する。

第7章 ライ・ヌラー川の洪水対策と関連する環境問題

7.1 水資源の開発及び保全

イスラマバード及びラワル・ピンディーは、現在深刻な水不足問題に直面している。また、地下水位が低下しているため、地下水のくみ上げが非常に困難になっている。この状況から、以下に示すように、この治水計画に関連して水資源の開発及び保全の課題について検討した。

1) コミュニティーポンド

コミュニティポンドは、乾季にはベダラワリカス川流域（9.9 km²）から分流した清水を貯める機能をもつ。貯水池に貯留された水は、地下水への涵養水源として利用できる。但し、このベダラワリカス川流域から洪水調節池への流入水の水質を現在の望ましい状態に保つには、この流域に対し土地開発を禁止し“保全区域”とする処置が必要である。

2) 放水路

放水路はライ・ヌラー川の洪水を隣接するクラン川への分流する。ここで、この放水路地点上流の水を1年間を通して全て流域外へ分流した場合、この流域での地下水への自然の涵養能力が低下する恐れがある。そのような影響を回避するため、放水路への分流施設はライ・ヌラー川下流側の流下能力を超える洪水のみを分流し、非洪水期にはライ・ヌラー川へ流下するような施設として設計する。

7.2 雨水排水・下水システム改善

ライ・ヌラー川は、現在イスラマバードやラワル・ピンディーの雨水や下水の主要排水受け口となっている。イスラマバードは北から南に傾斜する緩勾配の斜面上に位置し、この地形のおかげで雨水は比較的良好にライ・ヌラー川へ流下する。しかし、ラワル・ピンディーは低平地に位置し、ライ・ヌラー川の洪水時には本川の背水の影響を受け、その雨水排水状況は極めて悪い状況にある。また、イスラマバードとラワル・ピンディーの既設の下水処理施設能力が非常に低いため、ライ・ヌラー川の水質は非常に汚染がひどく、低水時には悪臭を放っている。このライ・ヌラー川の現況の下水問題を改善するため、フランス政府の援助を受けて、イスラマバードの下水処理施設の改善事業が行われている。またラワル・ピンディーでは2002年に雨水排水・下水システム改善のマスター

プランを作成し、現在このマスタープランに従って、ADB の資金援助で改善事業を実施している。

しかし、このラワル・ピンディーの下水システム改善マスタープランおよび雨水排水システム改善のマスタープランは、それぞれ完成を 2020 年及び 2014 年としている。このため、この雨水排水・下水問題が解決するにはまだ暫くの時間が必要である。さらに、このラワル・ピンディーの雨水排水・下水システム改善事業は、WASA の管轄区域でしか実施されず、ラワル・ピンディーのカントンメント管轄区（RCB 管轄区域）では、今のところ雨水排水・下水システムの改善は、行われる予定がない。このような状況から、雨水排水・下水システム改善の主要な課題として次のことがあげられる。

1) 現在の雨水排水・下水システムの段階的改善計画の確認

CDA 及び RDA により段階的な雨水排水・下水システム改善計画が作成されているとの情報を得て調査団はその収集に努めたが、調査期間中にその詳細を入手することはできなかった。今後、すべての関連計画の詳細を統合し明確にし、ライ・ヌラー川全体の改善計画に組み込んでいく必要がある。

2) RCB 管轄区域での雨水排水・下水システム改善の実施

RCB 管轄区域での下水システム改善のマスタープランは、ラワル・ピンディー第 10 工兵隊によって策定されているが、雨水排水システムについては、特に計画は策定されていない。この下水システム改善のマスタープランは、必要に応じて見直しするとともに、実施に向けて予算の確保や、その他必要作業を早急に行うべきである。同時に、雨水排水システム改善のマスタープランも、ライ・ヌラー川の現在進行中の改修計画や WASA 管轄区域の雨水排水システム改善計画、及びその他関連する洪水対策事業も配慮しながら、出来るだけ早急に策定する必要がある。

第8章 河川行政のための組織制度の強化

パキスタンにおける河川管理行政組織制度は、19世紀頃から整備が進められて来た。しかしながら、ライ・ヌラー川でも見られるように、現在の組織制度はいくつかの課題を抱かえている。このうちライ・ヌラー川の洪水対策に関わる大きな課題として、「流域全体の一貫した洪水対策事業に関わる行政組織の欠如」及び「その行政組織を支える法制度の未整備」があげられる。

8.1 組織の強化

本調査ではライ・ヌラー川の総合治水計画実施のための調整機関と実施部隊(タスクフォース)の設置を提案している。その具体的内容は以下の通りである。

- (1) ライ・ヌラー川の治水計画を実施に関連する FFC、CDA、RDA、TMA、RCB 及び SDO 等の主要機関とプロジェクト実施上の役割を確認・調整するためこれら各機関をメンバーとし水利電力省の大臣を議長とする管理委員会を設置する。
- (2) 治水計画を実施するにあたって、全体的な事業の管理を行うため FFC の中にタスクフォースを設置する
- (3) この管理委員会とタスクフォースを設置することを前提として、関係機関 (FFC、CDA、RDA、TMA、RCB 及び SDO) は現在の行政的役割を果たすこととする。

8.2 法制度の強化

パキスタンでは土地行政に関わる種々の法律や条令等が整備されているが、河川行政についてはほとんど整備されていない。この結果、河川流域が2つ以上の異なる行政区画にまたがる場合、異なった土地行政機関によって管理されることになるため、流域一貫した河川行政の実施が非常に困難となる。そういった状況を改善するためには、以下の事項を規定した「河川管理法」あるいは「水法」のような法律の整備が必要である。

- (1) 河川行政責任者
- (2) 河川行政責任者によって管理される河川区域
- (3) 行政責任者に与えられる権限及び責任
- (4) 河川行政に関わるすべての必要事項

第9章 施工計画及び事業費積算

施工計画と事業費の積算は最適構造物対策を構成する全ての構造物と有効な非構造物対策として提案された洪水予警報システムに対して行う。

9.1 工事内容

9.1.1 コミュニティーポンド

コミュニティーポンドの主な工事内容は以下の表に示す通りである。

表 R 14 コミュニティーポンドの主要工事内容

工事項目		単位	数量	
1. 分水施設	1.1 取水施設	固定堰	ヶ所 1 (H=2.5m)	
		分水堰	ヶ所 1 (H=5.2m)	
		練り石張り	m ² 2,500	
		練り石積み	m ² 2,800	
	1.2 分水路	式	1 (L=1,340m x W=8m)	
1.3 ボックスカルバート等	式	1		
2. 洪水貯留施設	2.1 貯留ダム (混合タイプ)	基礎掘削	m ³ 90,000	
		盛土	m ³ 160,000	
		コンクリート	m ³ 31,000	
	2.2 遊水池掘削	m ³	2,000,000	
3. アメニティー施設	3.1 一般施設	入場門	ヶ所 4	
		駐車場	ヶ所 4	
		アスファルト幹線舗装道路	m 4,000	
	3.2 遊技施設	多目的グラウンド	ヶ所 2	
		テニスコート	ヶ所 6	
		バスケットコート	ヶ所 4	
		その他施設	ヶ所 1	
	3.3 景観	水際施設	m ²	15,000
		入り口空間施設	m ²	4,000
		花壇	m ²	75,000
		森林	m ²	417,000

9.1.2 放水路

放水路の建設は短期計画 (2005-2007) 及び長期計画(2008-2012)の 2 段階を通じて実施する。各段階での主要な工事内容は以下の通りである：

表 R 15 (1/2) 放水路の主要工事内容

工事内容		単位	数量 (短期)	数量 (長期)	
1. 放水路(ベダラワ リカス川-テナワ リカス川)	1.1 固定堰	ヶ所	0	1	
	1.2 分水堰	ヶ所	0	1	
	1.3 放水路 (L=2, 450m)	掘削	m ³	0	1,148,000
		護岸 (練り石積み、練り石張り)	m ²	0	76,200
		コンクリート (鉄筋及び床版コンクリート)	m ³	0	33,840
		1.4 橋	ヶ所	0	4

.... 次ページ表に続く

表 R 15 (2/2) 放水路の主要工事内容

工事内容		単位	数量 (短期)	数量 (長期)
2. 放水路(テナワリカス川-サイドブルカス川)	2.1 落差工 (テナワリカス川、カニタワリカス川)	ヶ所	2	2
	2.2 取水堰 (テナワリカス川)	ヶ所	1	1
	2.3 分流堰 (サイドブルカス川)	ヶ所	1	1
	2.4 放水路 (L=2, 150m)			
	掘削	m ³	184,000	443,000
	堤防盛土	m ³	26,000	47,000
	護岸	m ²	0	30,400
	コンクリート (床版コンクリート)	m ³	0	21,390
	排水出口	ヶ所	40	50
	2.5 橋	ヶ所	8	8
3. 放水路 (サイドブルカス川-克蘭川)	3.1 落差工 (オジリカス川)	ヶ所	2	2
	3.2 放水路 (L=5, 126m)			
	掘削	m ³	1,542,000	2,430,000
	堤防盛土	m ³	49,000	84,000
	護岸 (練り石積み、練り石張り)	m ²	0	107,300
	コンクリート (床版コンクリート)	m ³	0	18,400
	3.3 落差工 (放水路)	ヶ所	1	1
	掘削	m ³	9,000	9,000
	コンクリート (マスコンクリート)	m ³	11,000	11,000
	蛇籠 W 1.0m x B 1.5m x T 0.5m	m ³	11,300	11,300
3.4 橋	ヶ所	8	8	
4. クラン川改修	4.1 掘削・盛土工			
	掘削	m ³	82,000	164,000
	堤防盛土	m ³	82,000	164,000
	4.2 法面保護 (芝張り)	m ²	37,000	74,000
4.3 排水出口	ヶ所	30	70	
5. 補償	5.1 家屋移転			
	放水路	戸	15	20
	克蘭川改修	戸	110	220
5.2 用地買収	m ²	211,500	348,000	

9.1.3 RDA による現行河川改修の追加工事

追加工事は大きく、「チャクララ橋下流区間 (RD5+277-RD6+215) のライ・ヌラー川改修」及び「チャクララ橋からカタリアン橋までの現行河川改修区間 (RD6+251-RD17+210) でのライ・ヌラー川法面保護工事」の二つに分けられる。この区間での主な工事内容は以下の表に示す通りである。

表 R 16 ライ・ヌラー川現行河川改修の追加工事の主要工事内容

工種		単位	数量
1. 下流河川改修	1.1 土工 (掘削)	m ³	31,000
	1.2 法面保護 (練り石張り)	m ²	41,000
	1.3 補償		
	用地買収	m ²	8,000
	家屋移転	戸	0
2 法面保護	2.1 護岸 (練り石張り)	m ²	302,000
	2.2 補償		
	用地買収	m ²	0
	家屋移転	戸	0

9.1.4 洪水予警報システム

洪水予警報システムは上記のコミュニティーポンドとともに緊急事業（2004年～2005年実施）を通じて完成することとなる。システムを構成する主要機器は以下の表に示す通りである。

表 R 17 洪水予警報システムの主要工事内容

主要システム機器	数量 (個数)
テレメタリー監視装置	1
無線機器 (周波数 5.2 GHz)	7
無線機器 (周波数 400MHz)	24
アンテナシステム	28
ディスプレイ・システム	5
パーソナル・コンピューター型操作コンソール	2
プリンター及び処理システム (サーバー)	7
緊急電力供給システム	23
警報監視・制御システム	1
リモート・ターミナル・ユニット (RTU)	10
雨量観測センサー (データ記憶パック付)	5
水位観測センサー (データ記憶パック付)	5
警報機器	10
サイレン	10
オーディオ・アンプ	10
拡声器	10

9.2 施工計画

段階計画に従って、最適治水対策構造物対策ならびに非構造物対策（洪水予警報システム）の主要工事に対する全体工事期間は下表に示すようになる。

表 R 18 主要工事の全体施工期間

区分	工種		施工期間
構造物対策	1. コミュニティーポンド		緊急 (2004-2005)
	2. 放水路	デナワリカス～克蘭川区間放水路 (最大流量= 470 m ³ /s)	短期 (2005-2007)
		ベダラワリカス～克蘭川区間放水路 (最大流量=1,790 m ³ /s)	長期 (2008-2012)
		克蘭川改修	短期/長期 (2005-2012)
	3. ライ・ヌラー川河川改修追加工事	チャクララ橋下流河川改修	緊急 (2004-2005)
現行河川改修区間の法面保護		短期 (2005-2007)	
非構造物対策	洪水予警報システム		緊急 (2004-2005)

9.3 事業費の積算

治水対策構造物の初期投資費用と年間維持管理費の積算は 2002 年時点での市場流通価格に基づく。外貨交換レートとしては US\$1.0 =120.06 円= Rs.58.0 を想定した（下表参照）。

表 R 19 治水構造物対策・非構造物対策の事業費

(単位: 百万ルピー)

区分	工種	緊急計画	短期計画	長期計画	計	
構造物対策	1. コミュニティーポンド	1,137	-	-	1,137	
	2. 放水路	水路 (テナワリカス川-クラン川, 最大流量 = 470 m ³ /s)	-	2,059	-	2,059
		水路 (ベダラワリカス川-クラン川, 最大流量 = 1,790 m ³ /s)	-	-	3,433	3,433
		クラン川改修	-	55	59	114
		小計	-	2,113	3,492	5,605
	3. ライ・スラー川河川改修追加工事	チャクララ橋下流河川改修	130	-	-	130
		現行河川改修区間法面保護	-	743	-	743
		小計	130	743	-	873
	構造物対策総事業費		1,267	2,857	3,492	7,615
	非構造物対策	4. 洪水予警報システム	機材調達	248	-	-
機材据付			28	-	-	28
土木工事			10	-	-	10
材料調達・その他雑作業			16	-	-	16
非構造物対策総事業費		302	-	-	302	

表 R 20 構造物対策の年間維持管理費

(単位: 千ルピー/年)

項目	緊急計画完成後	短期計画完成後	長期計画完成後
(1) 機材運用費	696	1,006	1,006
(2) 機材維持費*	1,404	1,404	1,404
(3) 人件費	542	1,160	1,160
(4) 構造物修理費、事務所運営費	460	986	1,547
(5) 諸経費**	155	228	256
計	3,256	4,784	5,373

*: 費用には通常維持、機材修理、部品調達を含む。

**: (1) ~ (4)の項目の5%を想定

表 R 21 非構造物対策の年間維持管理費

(単位: 千ルピー/年)

項目	金額
(1) 機材維持費、事務所運営費等*	2,258
(2) 人件費	700
計	2,958

*: 事業費の直接費の1%を想定

第10章 事業実施計画

事業実施計画は（1）構造物洪水対策、（2）非構造物対策、（3）関連環境改善計画及び（4）ライ・ヌラー川河川管理の組織法制度の強化、の各対策について考える。これらのうち構造物洪水対策は緊急計画、短期計画及び2012年完成目標年の長期計画の各段階計画に従って実施し、各段階で実施すべき事業内容は必要となる施工期間と事業実施による洪水軽減効果を考慮して策定する。

非構造物対策は洪水予警報システムや洪水危険区域図の公布等であり、特に構造物対策の計画規模を超える洪水の発生に対して被害軽減の効果を発揮する。非構造物対策の実施計画は、この対策のもつ洪水災害軽減効果を最大限発揮することに留意して策定する。

上記の構造物及び非構造物洪水軽減対策に加え、環境改善計画はライ・ヌラー川の構造物対策による洪水軽減の機能を確保するとともに、適切な河川環境への改善に効果がある。組織・法制度の強化もまた、ライ・ヌラー川の全体的な河川行政と管理を進める上で、重要な課題である。これら環境改善計画及び組織・法制度の強化の実施計画は上記構造物・非構造物対策の進捗に従って提案する。この他、現在イスラマバードのI-9地区に設置されている下水処理場の改善計画や、ラワル・ピンディーでの都市用水供給・下水（フェーズ1、2）計画等、いくつかの環境改善計画がある。これらの現行の環境改善計画の実施計画もまた考慮に入れて全体的な実施計画を提案する。

上記のコンセプトに基づいて全体的な実施計画を下表の通り提案する。

表 R 22 全体事業実施計画

対策	内容	段階計画		
		緊急 (2004-05)	短期 (2005-07)	長期 (2008-12)
1. 構造物対策	1.1 ファティマジンナー公園のコミュニティーボンド	○		
	1.2 放水路			
	(1) ベダラワリカス川からテナワリカス川への放水路			○
	(2) テナワリカス川からクラン川への放水路		○	○
	(3) クラン川改修		○	○
	1.3 現行河川改修の追加工事			
	(1) チャクララ橋下流河川改修	○		
2. 非構造物対策	(2) 現行改修区間の法面保護		○	
	2.1 洪水予警報システムの確立	○		
3. 関連する環境改善計画	2.2 洪水危険区域図の公布		○	○
	3.1 土地利用規制			
	(1) 段階的移転計画の策定	○		
	(2) 移転計画の実施及び用地整正		○	○
	3.2 河川へのゴミ投棄規制			
	(1) 廃棄物量の把握	○		
	(2) 廃棄物管理の法律整備		○	○
	(3) 廃棄物削減、再利用の計画策定と実施			○
	3.3 雨水排水及び下水システムの改善			
	(1) イスラマバード下水処理施設の改善	○		
	(2) UWSSP-I	○		
(3) UWSS-2		○		
(4) RCB 管轄区の雨水排水及び下水システムの改善		○	○	
4. 組織法制度の強化	4.1 統合的河川行政のための管理委員会の設置	○		
	4.2 治水計画実施のためのタスクフォースの設置	○		
	4.3 関連する土地行政管理機関の役割と権限の割り振り	○		
	4.4 キャパシティービルディング	○	○	○

注：上表項目 3.1 及び 3.2 は環境改善計画の一部として位置付けられるが、同時に非構造物対策の一部としても位置付けすることができる。

第11章 プロジェクト評価

11.1 経済評価

プロジェクト実施の経済便益は、緊急計画、短期計画、長期計画と段階的な構造物対策の実施による洪水被害の軽減を通じて得られる。非構造物対策、環境改善計画ならびに組織法制度の強化もまた洪水被害の軽減に貢献するが、その経済的便益は基本的に金銭的に勘定することが難しい。このため、経済評価は下記に示すように段階的構造物洪水対策に対してのみ行うこととする。

表 R 23 構造物対策の内部収益率(EIRR)及び年費用・便益比率(B/C)

計画の進捗	EIRR			B/C ^(注)
	基準ケース	便益10%減少のケース	費用10%増加のケース	基準ケース
1 緊急計画	22.4 %	20.4 %	20.5 %	2.4
2 緊急 + 短期計画	12.8 %	11.6 %	11.7 %	1.3
3 全体 (緊急 + 短期計画 + 長期計画)	10.4 %	9.3 %	9.4 %	1.0

注: ディスカウント・レート 10%を想定

EIRR の計算結果からみると、この構造物による治水計画は一般にいわれる機会費用である 10%を超えており、十分に経済的に投資効果がある。さらに構造物対策の導入により約 18 万 3 千人の人々が洪水被害を免れることが期待できる。しかし、長期計画では 10%をわずかに超えている程度であるため、完成が遅れた場合にはこの機会費用を下回る可能性がある。このことから、これら構造物による対策の準備、実施は十分注意して見守る必要がある。

11.2 財務評価

第9章で述べたように、提案された洪水対策事業に必要な初期投資額は全体で7,615百万ルピーであり、年間の維持管理費は 2004 年緊急計画完成時点での 3.3 百万ルピーから 2012 年長期計画完成時点での 5.4 百万ルピーへと徐々に増加することとなる。洪水対策事業に対する費用は一般的には受益者から直接回収されることはなく、政府からの補助で賄われる。このことから政府の公共投資額を参考に、提案事業に対する政府の財務負担能力を評価するものとする。

表 R 24 初期投資額及び年間維持管理費用

計画	初期投資額(百万ルピー)	維持管理費(百万ルピー/年)
緊急計画	1,267	3.3
緊急 + 短期計画	4,124	4.8
全体 (緊急 + 短期計画+ 長期計画)	7,615	5.4

2001年の国家の歳出は全体で8,376億ルピーである。このうち1,270億ルピー(約15%)が治水事業実施に適用可能な公共部門開発計画(PSDP)予算として計上された。さらに2001-2011年の10年展望開発計画によれば、PSDPの全体予算は年平均14%の成長率を前提に、2001年の1,270億ルピーから2010年には4,180億ルピーに増加する計画となっている。政府予算に対して、本洪水対策事業の初期投資費用の財政的負担割合を明らかにするために、事業実施にかかる毎年の支払い計画とPSDPの全体予算額とを比較して下記の表に示す。

表 R 25 PSDN10年展望計画(2001-2011)と提案事業費用との比較

項目	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
(1) PSDPの全体予算(百万ルピー)	130,000	150,000	180,000	202,000	227,000	255,000	287,000	324,000	367,000	418,000	-	-
(2) 提案事業の費用(百万ルピー)	-	-	69	813	1,194	1,066	1,084	658	677	680	707	666
(3) (2)/(1)	-	-	0.04%	0.40%	0.53%	0.42%	0.38%	0.20%	0.18%	0.16%	-	-

出展: 2001-11年間10年展望計画2001-11及び2001-043年開発計画

上記の比較で分かるように、提案された洪水対策事業への支出は最大でもPSDP予算のわずか0.53%を占めるに過ぎず、十分政府の財務負担能力の範囲にあると考えられる。

上記に述べた初期投資額に係わる検討に加えて、年間維持管理費の政府予算への財務負担について検討する。この年間維持管理費への可能財源として、国家洪水防御計画(NFPP)に組み込まれた通常年間開発計画(NADP)予算が考えられる。なおこのNFPPは前述したPSDPの一部を構成する水セクターの開発計画部門である。2001年の5月に作成された第3次国家洪水防御案によると1998年から2012年の期間にNADPに対して全体で24億ルピーを投資する計画になっている。このNADPに対する年間平均予算は約185百万ルピーとなる。一方本洪水対策事業に必要な年間維持管理費は前述のごとく5.4百万ルピーでありNADPの予算を3%に相当するに過ぎないことから、政府財務負担の許容範囲にあると考えられる。

11.3 初期環境影響評価

最適治水計画案を構成する「コミュニティーポンド」と「放水路」の二つの主要構造対策に対し初期環境影響評価(IEE)を実施し、環境影響評価(EIA)の必要性の確認と事業実施に伴う環境悪化に対する緩和策を検討した。IEEを通じて作成されたチェックリストは表R26ならびに表R27に示す通りであり、最適治水計画案は社会ならびに自然環境にそれほど大きな悪影響を与えるとは考えられない。しかしながら幾つかの潜

在的に悪影響を与える要素が確認され、それら要素に対する環境影響評価(EIA)が今後必要と結論される。特筆すべき初期環境影響評価結果は以下の通りとなる。

1) コミュニティーポンドに対する初期環境影響評価

初期スクリーニング段階での環境評価によれば、コミュニティーポンドは放水路に比べ周辺環境に及ぼす悪影響は遥かに小さいと評価される。むしろコミュニティーポンドの建設を通じて公園のアメニティー機能が改善され周辺環境へのプラスの影響をもたらすと考えられる。但し、表 R 26 のチェックリストに示す通り、環境悪化への懸念要素として建設段階での廃物物の問題が挙げられ、特に掘削残土の処分用地の選定に留意する必要がある。さらに、建設段階での公園に生息する動植物への悪影響が懸念され、絶滅の恐れのある動植物や珍種の動植物が公園内に生息しないことを確認する必要がある。

以上の問題に加えて、施設の建設段階及び運用段階においてコミュニティーポンドの水質悪化により、悪臭の増大や水系伝染病の発生が懸念される。しかし、水質悪化の影響は (1) 酸化池、(2) ゴみの流入を防止するためのチェックダム、(3) ベダラワリカス川からの清浄な水を分流する分水路及び (4) テナワリカス川からの汚水の流入を防ぐ分水路等の施設を設置することで、対応が可能であると考えられる。

表 R 26 コミュニティーポンドに対するチェックリスト

環境影響評価分野	全体評価	計画・設計段階				建設段階				運用段階				受益者		
		影響度	期間	因果関係	可能性	影響度	期間	因果関係	可能性	影響度	期間	因果関係	可能性	影響度	期間	因果関係
社会環境																
住民移転																
経済活動																
交通・公共施設																
地域分断																
文化財																
水利権・公民権																
公衆衛生																
廃棄物	B				B	S	D	H	B	L	I	M				
災害																
その他														A	L	D
自然環境																
地形・地質																
土壌浸食																
地下水																
水文変化																
動植物	B				B	S	D	H								
気象																
景観																
その他																
公害																
大気汚染	C				C	S	D	M								
水質汚染	B				B	S	D	M	B	L	I	M				
土壌汚染	C				C	S	D	M								
騒音・振動	C				C	S	D	M								
地盤沈下																
悪臭	B				C	S	D	M	B	L	I	M				
その他																

影響の度合

- A: 重大な悪影響が予想される。
- B: 悪影響が潜在し、EIAを必要とする。
- C: 軽微な影響が予想される。

影響期間の度合

- L: 長期的な影響が予想される。
- S: 短期的な影響が予想される。

因果関係の度合

- D: 直接的な影響が予想される。
- L: 間接的な影響が予想される。

可能性の度合

- H: 可能性が高い。
- M: 可能性が否定できない。
- U: 可能性が予想できない。

2) 放水路に対する初期環境影響評価

最適治水計画案の主要構造物である放水路の場合は、放水先となるクラン川沿いの集落を対象とした住民移転を必要とし、この問題が今後の環境影響評価(EIA)の主要検討項目の一つとして挙げられる。但しこの住民移転は、対象となる住居が常習的な洪水氾濫地帯に位置し洪水の流下を著しく妨げているということから、放水路の建設の有無に係わらず今後重要な課題となることが予想される。移転の対象となる家屋数は約 220 であり、ライ・ヌラー川改修に関連して RDA が実施した約 2,000 戸に比べ非常に少なく移転の実現性は高いといえるが、実際の移転実施にあたっては先の 6.3 節で述べた通り、移転者への財政的な支援を含む段階的な移転計画を策定し実施する必要がある。なお以上の移転の問題に加えて、放水路の建設段階において周辺の交通施設その他公共施設の機能障害を起こす可能性が予想される。さらに、放水路を直線上に建設する結果、コミュニティーの分断を起こすことが予想される。これらの問題に対処するため仮設バイパス道路の建設やコミュニティーを繋ぐ幾つかの連絡橋（永久構造物）の建設が必要と考えられる。建設段階及び運用段階における廃棄物処理の問題も重大な環境影響要素として考えられる。この問題に対処するために、特に固形廃棄物処理法やゴミの削減・再利用プログラムの策定・実施に基づき、水路へのゴミ投棄規制を慎重に行う必要がある（8.2 節参照）。

表 R 27 放水路に対するチェックリスト

環境影響評価分野	全体評価	計画・設計段階			建設段階			運用段階			受益者		
		影 響 度	期 間	因 果 関 係	可 能 性	影 響 度	期 間	因 果 関 係	可 能 性	影 響 度	期 間	因 果 関 係	
社会環境													
住民移転	A	A	L	D	M								
経済活動	B	B	L	D	M								
交通・公共施設	B					B	S	D	H	B	L	D	H
地域分断	A					B	S	D	H	A	L	D	H
文化財	A					A	S	D	M				
水利権・公民権													
公衆衛生													
廃棄物	A					B	S	D	H	A	L	I	H
災害													
その他													
自然環境													
地形・地質													
土壌浸食													
地下水													
水文変化	A									A	L	I	M
動植物	C					C	S	D	H	C	L	D	M
気象													
景観	C									C	L	D	M
その他													
公害													
大気汚染	B					C	S	D	M				
水質汚染	B					B	S	D	M				
土壌汚染	B					C	S	D	M				
騒音・振動	B					C	S	D	M				
地盤沈下													
悪臭	B					C	S	D	M				
その他													

影響の度合

- A: 重大な悪影響が予想される。
- B: 悪影響が潜在し、EIAを必要とする。
- C: 軽微な影響が予想される。

影響期間の度合

- L: 長期的な影響が予想される。
- S: 短期的な影響が予想される。

因果関係の度合

- D: 直接的な影響が予想される。
- I: 間接的な影響が予想される。

可能性の度合

- H: 可能性が高い。
- M: 可能性が否定できない。
- U: 可能性が予想できない。

第 1 2 章 勸告

本調査での主な勸告は、以下の通りである。

1) 緊急計画の実施

ライ・ヌラー川では、RDA が実施している現在のチャクララ橋上流の河川改修が完成したとしてもその改修規模に限りがあり、さらに橋下流の改修されないまま残された狭窄部の影響で比較的小規模の出水でも深刻な洪水被害を生じる可能性がある。このようにライ・ヌラー川は、未だ洪水被害の危険性が高いところから、本調査で提案されている緊急計画を実施し、早急な洪水軽減効果を計ることを強く勸告する。

2) 段階的洪水対策事業の実施

ライ・ヌラー川流域では 2001 年の洪水によって、死者 74 名と 3000 戸に及ぶ家屋倒壊という、非常に大きな被害を受けた。この 2001 年洪水は既往最大規模を有し、上記緊急計画の計画規模をはるかに上回る。また流域内の人口は 1998 年の百万人から 2030 年には 2.3 百万人に増加することが予想され、これに伴い洪水被害の深刻度もさらに増大する状況にある。

このような状況から、2001 年洪水規模に対しても対応できる、抜本的な治水事業の実施が必要不可欠である。しかし、この事業は膨大な工事量を要し、その実現には約 10 年以上もの長い施工期間を必要とする。従って、事業の実施は短期計画及び長期計画を通じて段階的に進め、また事業を順次段階的に完成させるためにその実施を十分に監視する必要がある。

3) 放水路のフィージビリティ調査の実施

放水路は長期計画の主要構造物対策として提案されている。しかしながらその実施に際しては、事前にフィージビリティ調査を行い、特に CDA からコメントのあった可能用地幅に留意した放水路の詳細について検討する必要がある（Vol.2 Main Report に添付された「ドラフト・レポートに係わるステアリング・コミッティー会議議事録第 2 項」参照）。さらに放水路の放流先となるクラン川に対する詳細な改修内容も重要なフィージビリティ調査における検討対象となる。

4) プロジェクト実施と管理に向けての連邦政府の組織改善

本洪水対策事業の主な受益者はライ・ヌラー川下流に位置するラワル・ピンディー市であり、一方コミュニティーポンドや放水路などの主な洪水軽減対策施設は上流側のイスラマバード市に建設されることとなる。この上下流域の相反する関係に起因して、両市の行政官庁が担当する洪水対策事業の実施・管理・運営に各種の軋轢が生じる可能性がある。この軋轢を可能な限り避けるために、水利電力省や連邦洪水委員会に代表される連邦政府は、事業全体の実施や管理を調整するとともに、直接その一部を実施する必要がある。

5) ライ・ヌラー川環境改善事業の実施

ライ・ヌラー川の洪水軽減能力と適切な河川環境を確保するために、河川内へのゴミ投棄や河川敷違法占拠の禁止などの環境改善が重要な課題の一つとなる。この観点から、現在実施が進められているイスラマバードの下水処理施設増強事業や、ラワル・ピンディーの UWSSP-I 及び II に代表される環境改善事業を促進し、同時にゴミ投棄規制の法律整備や河川敷の不法占拠の退去を施行する必要がある。

6) 予算の確保

パキスタン国は近年その国家政策を通じて、公共開発予算投資の重点をこれまでのイスラマバード首都圏から地方へ移す傾向にある。このような国家政策に応じて本洪水対策事業実施に必要となる予算確保が難しくなる恐れがある。このため、連邦政府を代表する水利電力省や CDA、パンジャブ州政府、TMA、RDA、RCB 等の関係地方機関は十分な協議に基づき共同して予算確保に努める必要がある。

7) 水文資料の強化

ライ・ヌラー川流域における雨量や水位資料などの既存の水文観測資料は非常に乏しく、資料の整理も不十分であるため、治水計画の策定や他の水開発計画策定に支障をきたしている。このような状況を改善するために、水文観測所を増やすとともに、観測資料の整理に力を注ぐ必要がある。