

3.6. パキスタン

3.6.1. パキスタン国における国際支援の潮流

(1) JICA による支援

表 3.6-1 に JICA がこれまで実施したパキスタンの治水に係る主要な支援プロジェクトを示す。これらは支援内容から以下の4つのグループに区分される。

1) 洪水予警報に寄与する気象レーダーの整備

表 3.6-1 に示した No.1、2、6、7、8、10 のプロジェクトを通じて、気象観測能力を向上し洪水被害軽減を可能にする気象レーダー設備の新設あるいは既設の更新をパキスタン国内の5ヶ所（Islamabad、Dera Ismail Khan、Rahimyar Khan、Multan、Karachi）に実施してきた。

2) 河川流域の洪水予警報整備及び洪水予警報に係る能力強化

表 3.6-1 に示す No. 4 及び5 のプロジェクトを通じて、Lai Nullah 川、Indus 川、Kabul 川の3河川流域に洪水予警報システムを整備するとともに、気象庁（PMD）、連邦洪水員会（FFC）及びその他の治水所掌関係機関の洪水予警報及び住民避難促進に係る能力強化を実施してきた。

3) 河川流域の総合治水マスタープラン策定に係る技術支援

2001 年に発生した Lai Nullah 川の洪水氾濫による首都 Islamabad 及びその下流に位置する Rawalpindi 市の人命の損失を含む大規模洪水被害をきっかけとして、JICA は同河川に対してコミュニティポンドや放水路等を含む各種のハード対策と洪水予警報システムや河道環境整備等のソフト対策を含む各種対策の組合せによる総合治水マスタープランの策定調査を実施した（表 3.6-1 の No.3）。さらに計画策定の課程における OJT を通じ、先方政府カウンターパート機関である FFC 及びその他政府機関の総合治水計画策定に係る能力強化に向けた支援を実施した。

4) パキスタンの防災管理能力の強化

2006 年～2010 年にかけてパキスタンでは、国家防災管理令の公布、首相を議長とする国家防災管理委員会の設置及び国家防災管理法の制定を通じたパキスタンの防災管理に係る一連の組織・法制度の整備が進められた。このような状況の中で、JICA は 2010 年～2012 年にかけて実際の防災管理活動の拠り所となる国家レベルの総合防災計画の策定に係るプロジェクト（表 3.6-1 の No.5）を支援している。さらに総合防災計画に沿った活動を担保する目的から、国家防災研究所（NIDM）を介したパキスタンの防災管理に係る人材育成を目的としたプロジェクト（表 3.6-1 の No.9）を 2016 年より開始し、現在実施中である。

表 3.6-1 パキスタンの治水に係る JICA の支援プロジェクト一覧

No.	実施年	案件名	カウンターパート機関	概要
1	1990～1991	気象レーダー網整備計画	NDMA, PMD, FFC	気象観測能力向上、気象災害軽減、航空交通安全確保を目的とした、Islamabad と Karachi に対する気象レーダー塔施設の建設及び気象レーダー機材の調達・据付
2	1998～1999	第2次気象観測網整備計画	PMD	Dera Ismail Khan 及び Rahimyar Khan に対する気象レーダー塔施設の建設及び気象レーダー機材の調達・据付
3	2002～2003	ライ・ヌラー川流域総合治水計画調査	FFC	Islamabad 市及び Rawalpindi 市を縦貫する Lai Nullah 川流域の総合治水及び環境改善に関わる M/P 策定調査及び調査実施を通じた FFC への技術移転
4	2004～2005	ライヌラー川洪水予警報システム整備計画	NDMA, PMD, FFC	首都 Islamabad 市及び Rawalpindi 市の洪水被害軽減を目的とした Lai Nullah 川流域の洪水予警報システムの整備無償資金協力
5	2010～2012	国家防災管理計画策定プロジェクト	NDMA	国家レベルの防災管理能力を向上に向けた国家防災管理計画の策定支援
6	2011～2014	洪水警報管理能力強化プロジェクト	PMD FFC	Indus 川及び Kabul 川等の支川（東側支川を除く）への気象衛星による降雨情報を活用した統合洪水予測システムの導入、及び洪水予報の試験運用の実施
7	2016～2019	中期気象予報センター設立及び気象予報システム強化計画	PMD	PMD Islamabad 本局への中期気象予報センター(SMRFC)を設立に必要な機材の調達及び、既設 Islamabad 気象レーダーシステムの更新
8	2017～2020	カラチ気象観測用レーダー設置計画	PMD	既設 Karachi 気象レーダーシステムの更新
9	2016～2021 (実施中)	防災人材育成計画プロジェクト	NIDM	パキスタン国の防災行政機関の防災関連知識の向上を目的として、NIDM を介した防災人材育成の実施体制の強化を支援。
10	2018～2023 (予定)	ムルタン市気象レーダー整備計画	PMD	Punjab 州 Multan における新規気象レーダーシステムの整備し、及び気象レーダー中央処理システム及びその関連機材の整備

注：NDMA = 国家災害管理庁、PMD = パキスタン気象庁、FFC = 連邦洪水委員会、NIDM = 国家防災研究所
出典：JICA

(2) 他ドナーによる支援

パキスタン国における治水分野の支援実績のある主な国際援助機関は ADB、WB、UNDP の3機関である。表 3.6-2 に治水関連プロジェクト支援実績を示す。同表から、3各機関の支援の特徴を概観すると以下の通りとなる。

1) ADB

パキスタン連邦洪水委員会（FFC）は、1978年～2007年までの30年間に3フェーズの10カ年国家洪水防御計画（NFPP-I～III）を策定した。計画に基づき、パキスタンの主要・準主要河川流域に対して大小あわせて874の治水事業が実施されてきた。このNFPPはパキスタンの治水事業の根幹をなすものであり、ADBはこのNFPPの実施に対して2期の治水セクターローンプロジェクトFPSP（表3.6-2のNo.1および2）を通じた有償資金協力を1989年～2007年に実施した。ADBの借款の大半は、治水のハード対策（堤防等の治水施設の整備）に充当されたが、事業の進捗が大幅に遅れ、予定された借款額の消化できないままFPSPは終了してしまうことになった。

2015年～2025年の治水事業計画となる NFPP-IV が 2014年～2015年に策定されたが、この治水事業計画に対する ADB の借款は予定されなかった。2010年以降の ADB の協力実績を見ると、ハード対策を主体とした NFPP の治水事業への協力から、洪水で被災した施設の復旧や洪水災害リスク基金の整備等の災害復旧や復興支援への協力をシフトし、現在に至っているものと推察される。

2) WB

WB は Indus 川の治水能力向上に向けて二つの重要なプロジェクトを実施している。一つ目は 2014 年洪水で損傷した Indus 川のタウンサ堰の緊急補強及び管理運用能力の強化支援プロジェクト（表 3.6-2 の No.10）であり、同プロジェクトは Indus 川流域の灌漑及び洪水制御に重要な役割を有するタウンサ堰の機能向上に大きく貢献した。二つ目は、Indus 川流域の水資源管理能力強化を目的としたプロジェクト（WCAP、表 3.6-2 の No.11）であり、Indus 川流域の長期治水計画の策定及び事業実施が行われてきた。前述の FFC による第 4 次国家年治水計画（NFPP-IV）の策定も本プロジェクトを通じた WB の支援により策定されている。

WCAP への支援と併行して、WB は 2011 年より災害リスク管理に係る能力強化のための一連のプロジェクト（表 3.6-2 の No.12～16）への支援を実施している。能力強化の対象は、洪水災害対応のための財務負担、治水リスク評価、洪水警報実施、気候変動適応、気象・水文観測、コミュニティ防災等の多岐にわたる。

3) UNDP

表 3.6-2 の No.20～23 に示す 2013 年以降の UNDP の支援実績を概観すると、UNDP はパキスタンの災害リスク管理に係る国、州、地区、コミュニティレベルの災害リスク管理能力の強化に係る各種支援を実施してきたことが窺える。

表 3.6-2 パキスタンの治水に係る JICA 以外の国際支援機関の支援実績

No.	援助機関	実施年	プロジェクト名	先方政府 カウンター パート機関	事業目的
1	ADB	1989 ～ 1998	Flood Protection Sector Project (FPSP)	FFC	FFC が策定した第 1 及び 2 次 10 ヶ年国家洪水防御計画（事業実施期間 1978～1998 年）の事業実施に対する借款
2	ADB	1998 ～ 2007	Second Flood Protection Sector Project (2 nd FPSP)	FFC	FFC が提案した第 3 次 10 ヶ年国家洪水防御計画（目標事業実施期間：1998 年～2008 年）の治水事業の実施に対する借款
3	ADB	2010	Pakistan Floods (2010) Damage and Needs Assessment	MoEA	2010 年洪水被害及び被害復旧に係るニーズアセスメント
4	ADB	2011 ～ 2012	Sindh and Balochistan Flood Emergency Response	MoEA	Sindh 州及び Balochistan 州の洪水被災者に対する緊急支援物資の提供
5	ADB	2011 ～ 2014	Flood Emergency Reconstruction Project	NHA	2010 年洪水で被災した道路インフラの再建

No.	援助機関	実施年	プロジェクト名	先方政府 カウンター パート機関	事業目的
6	ADB	2014 ～ 2021	Trimmu, Panjnad and Islam Barrages Improvement Project	Panjab ID	Indus 川の 3 か所の既設河道堰の補修・補強
7	ADB	2015 ～ 2018	Flood Emergency Reconstruction and Resilience Project	MoKANA	2014 年洪水で被害を被った道路、橋梁の補修・補強
8	ADB	2016 ～ 2018	Post-Flood National Highways Rehabilitation Project	NHA	災害対策を目的とした高速道路及び橋梁の補強
9	ADB	2016 ～ 2020	National Disaster Risk Management Fund	MoEA	国家災害リスク基金（NDRMF）への財政・技術支援
10	WB	2005 ～ 2009	Taunsa Barrages Emergency Rehabilitation and Modernization Project	-	Indus 川に位置する既設のタウンサ堰の緊急補修及び管理運用能力の強化
11	WB	2008 ～ 2021	Water Sector Capacity Building & Advisory Services Project (WCAP)	WAPDA	Indus 川流域の水資源管理及び投資計画の改善
12	WB	2011 ～ 2014	Pakistan Flood Emergency Cash Transfer Project	-	洪水被害復旧及び能力強化
13	WB	2011 ～ 2015	Strengthening Pakistan's Urban Disaster Response Capacity	NDMA	災害警報及び緊急災害対応に係るガイドラインの作成と能力強化
14	WB	2012 ～ 2016	Balochistan Disaster Management Project	Balochistan PDMA	災害リスク管理に係る Balochistan 州 PDMA の能力強化
15	WB	2012 ～ 2015	Development of a program for Hazard and Risk Assessment in Urban Areas	-	災害リスク評価能力の強化
16	WB	2015 ～ 2021	Disaster and Climate Resilience Improvement Project	Punjab PDNA, Punjab ID	Punjab 州及び北部域の被災した治水施設の復旧及び災害リスク管理・気候変動適応に係る能力強化
17	WB	2016 ～ 2024	Sindh Resilience Project	Sinda ID, SIND PND	Sindh 州政府の災害リスク（洪水・干ばつ）管理能力の強化及び早期洪水情報提供のための気象・水文観測に係る能力強化
18	WB	2018 ～ 2024	Pakistan Hydromet and Climate Services Project (PHCSP)	NDRMF	気象水文情報サービスの強化を通じたコミュニティの洪水防御能力強化
19	UNDP	2013 ～ 2017	Disaster Risk Reduction in Pakistan	NDMA/ PDMA	災害リスク管理に係るコミュニティの能力強化
20	UNDP	2014 ～ 2016	Logistics Capacity Development Support of the National Disaster Management Authority in Pakistan	NDMA, PDMA, DDMA	災害緊急対応に係る NADP の能力強化の支援
21	UNDP	2013 ～ 2022	Policy Support Programme	連邦・州政府、NGO、研究機関	技術および実証に裏付けられた研究を通じた、貧困や気候変動を含む国家開発課題に係る政策策定の支援。
22	UNDP	2017 ～ 2022	Scaling-up of Glacial Lake Outburst Flood (GLOF) risk reduction in Northern Pakistan	PAK-MoCC	災害リスク及び気候変動に係る関係政府機関の能力強化

No.	援助機関	実施年	プロジェクト名	先方政府 カウンター パート機関	事業目的
23	UNDP	2018 ～ 2022	Disaster Risk Reduction Programme	NDMA, PDMA, DDMA	国、州、地区レベルの災害リスクの削減及びコミュニティの災害対応体制の構築に係る NDMA、PDMA、DDMA の能力強化
24	UNDP	2019 ～ 2022	Institutional Support to Climate Change Adaptation and Mitigation – II	NDMA	気候変動及び自然災害への耐久力の強化に係る NDMA 及び関連政府の能力強化

注： MoEA = 経済統計省、NHA = 国道庁、Panjab ID = Punjab 州政府灌漑局、MoKANA = Kashmir・北部地域担当省、NDMA = 国家防災庁、PDMA = 州防災庁、DDMA = 地区防災庁、PAK MoCC = パキスタン気候変動省、WAPDA = 水力発電開発庁、NDRMF = 国家災害リスク基金

出典： ADB、WB、UNDP が Web 上で公開しているプロジェクトリスト

UNDP: <https://www.pk.undp.org/content/pakistan/en/home/projects.html>

WB: https://www.worldbank.org/en/region/sar/projects/all?qterm=Pakistan+Flood&x=0&y=0&lang_exact=English

ADB: <https://www.adb.org/projects/terms=>

(3) ドナーによって支援された治水事業

前節で整理した JICA を始めとする国際援助機関による主要な治水事業を表 3.6-3 に示す。

表 3.6-3 既往の治水投資計画および治水事業

No.	Plan/Project	Period	Proposed Schemes		Executed Schemes		Remarks
			No.	Estimated Cost	No.	Estimated Cost	
1	NFPP-I	1978-1988	840	9,500	311	1,730	100% by GoP
2	NFPP-II	1988-1998	735	8,500	180	1,419	100% by GoP
2A	FPSP-I	1989-1997	256	4,556	256	4,735	80% by ADB & 20% by GoP
2B	1988-FDRP	1988-1993	2,028	1,926	2,028	1,926	90% by IDA & ADB, 10% by GoP
2C	1992-FDRP	1992-1998	1,980	6,659	1,980	6,659	80% by IDA, ADB, EU & KfW and 20% by GoP
3	NFPP-III	1998-2008	439	11,703	383	4,292	100% by GoP
3A	FPSP-II	1998-2007	391	13,877	101	4,165	80% by ADB & 20% by GoP
3B	Lai Nullah Flood Forecasting & Warning System		1	348	1	348	97% by Japanese Grant & 3% by GoP
4	Normal/ Emergent Flood Programme (2009-2014)		1,151	44,407	271	4,012	100% by GoP
Total			7,821	101,476	5,511	29,286	
NFPP-I, II, III			2,014	29,703	874	7,441	

Note: Sr. No. 2C - also Include 1994 Rain/Flood Restoration Works Cost
ADB: Asian Development Bank IDA: International Development Agency GoP: Government of Pakistan
KfW: Kreditanstalt Fur Wiederaufbau EU: European Union

出典： Development of National Flood Protection Plan-IV

3.6.2. 治水に関する法制度・計画の現状整理・分析

<p>法制度</p>	<p><u>水利電力開発公社法 (Water and Power Development Authority Act) 1958 年</u> パキスタンは連邦制の政治・行政システムを採っており、水関連の法令の大半は、同国を構成する 4 州 (Balochistan 州、Punjab 州、Sindh 州、North-West Frontier 州) がそれぞれ独自に策定している。このような状況の中で、1958 年に制定され 1994 年に改訂された水利電力開発公社法は、「水利電力開発公社 (WAPDA) を創設し、同公社が州の治水や水利等の水管理を統括して、国家の水資源の利用・開発に係る総合計画の策定を所掌する権限を有する」と規定している。この規定により WAPDA は、Indus 川のような複数の州をまたがる河川の水系一貫した治水計画を策定する法的根拠が与えられたと言える。</p> <p><u>国家防災管理法 (National Disaster Management Act) 2010 年</u> 2005 年 10 月の北部地震を契機にパキスタンでは防災体制の整備が進められてきた。国家の防災システムを示すため、国家防災管理令 (National Disaster Management Ordinance : NDMO) が 2006 年に制定され、2007 年に施行された。さらに 2010 年に首相の承認を受け、国家防災管理令は国家防災管理法となった。本法律は、同国における防災に関する制度・枠組みを示した唯一の法令である。本法によって、(1) 国家及び州レベルでの防災管理委員会の設立、(2) 国家、州及び県レベルでの防災管理組織 (NDMA、F/G/S/PDMA、DDMA) の設立、(3) 同防災管理組織による国家、州及び県レベルの防災管理計画の策定、が明確に規定されることになった。</p>
<p>国家開発計画</p>	<p><u>ビジョン 2025 (Pakistan 2025 One Nation – One Vision)</u> 「ビジョン 2025」とは、国が一丸となって取り組むべき国家開発方針であり、パキスタン計画開発省により 2014 年 8 月に発表された。「ビジョン 2025」では、2025 年までに上位中間層国 (upper middle income countries) 入りし、さらに超長期的目標として独立 100 周年を迎える 2047 年までに GDP 総額で世界のトップ 10 の経済国家になるという宣言文が盛り込まれている。この目標の達成に向けて、ビジョン 2025 では 7 つの取り組むべき優先分野を設け、その内、以下の二つの分野で災害に関連して取り組む課題を挙げている。</p> <ul style="list-style-type: none"> - ガバナンス：政府は、行政の強化と社会的保護プログラムの監視能力の構築に取り組み、政府助成金の重点対象の一つを災害後の早期復旧支援メカニズムの改善に向ける。 - エネルギー、水、食料の安全：特に水に関して優先すべき取組の一つとして、水関連の持続可能な災害レジリエンスを達成する。 <p><u>国家 5 ヶ年開発計画 (Five Year Plan)</u> パキスタンの 5 ヶ年計画 (Five Year Plan) は、5 年毎に策定される国家の様々なセクターの開発目標を定めたものであり、第 1 次 5 ヶ年計画 (1995 年～1960 年) から始まり、現在第 12 次 5 ヶ年計画 (2018 年～2023 年) が進行中である。この 5 ヶ年計画は、水セクターの開発目標もカバーしている。既に完了した第 11 次 5 ヶ年計画 (2013 年～2018 年) では、気候変動に起因した洪水リスクの増加に対応する観点から、上記の NFPP-IV の遂行を水セクターの優先開発事業として採り上げられている。また現在、進行中の第 12 次 5 ヶ年計画では、特に気候変動に起因した干ばつによる灌漑への被害に対処するため、貯水池の拡充を含む統合水資源管理アプローチを優先課題として取り上げている。</p>
<p>国家防災計画</p>	<p><u>国家防災管理計画 (National Disaster Management Plan: NDMP)</u> 現行の国家防災管理計画 (NDMP) は、JICA の開発調査型技術協力「パキスタン国国家防災管理計画策定プロジェクト」において作成され、2013 年に国家防災委員会 (NDMC) によって承認された。NDMP は「災害の危険を軽減する事によって、社会の安定と経済の発展をもたらし、とりわけ社会的弱者に貢献すること、さらには、さまざまな災害に対する対策を講じることによって、国の総合的災害管理能力を高める事を理想とする。」というビジョンを掲げ、以下の 4 つの目的を有する。</p> <ul style="list-style-type: none"> - パキスタンが過去に経験した大災害、とりわけ 2005 年の地震、2010 年と 2011 年の洪水等の自然災害に強い社会を作ること。 - パキスタンで再発する自然災害 (洪水、地震、津波、干ばつ、地すべり、雪崩、サイクロン、氷河湖決壊洪水等) による被害を軽減すること。 - パキスタン社会、とりわけ貧困層や社会的弱者の災害からの危険性を軽減すること。 - 防災管理において、国や地方政府、関連機関、民間セクター、NGO、コミュニティ、個人等がそれぞれ果たす役割と責任を明確にすること。

地方防災計画	<p>Punjab 州 PDMA は、洪水の緊急対応計画 (Punjab Disaster Response Plan) を毎年更新している。同更新作業時には、DDMA のみならず州の様々なセクター部署からの情報を取りまとめており、セクター間における連携は促進されつつある。一方、Punjab PDMA は予防も含めた包括的な防災計画の必要性について、その重要性は認識しているものの、組織リソースの限界により、発災時に DDMA が迅速かつ組織的に災害に対処できるような実効性のある計画の策定には至っていないのが現状である。</p> <p>また Sindh 州 PDMA は、防災計画として、主要災害に対する緊急対応計画 (Multi-Hazard Contingency Plan) を毎年更新している。同更新作業時には、PDMA のみならず州の様々なセクター部署からの情報を取りまとめており、セクター間における連携は促進されつつある。Sindh PDMA は、予防も含めた包括的な防災計画の必要性は認めているが、同計画を策定するノウハウを有しておらず、特に同計画策定の動きは見られない。</p>
洪水関連法	<p>国家洪水防御計画 IV (National Flood Protection Plan -IV: NFPP-IV)</p> <p>1978 年から開始された 3 次にわたる 10 ヶ年国家洪水防御計画事業 (NFPP-I、II、III) が 2008 年に終了している。概要は以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・NFPP-I は FFC 設立後すぐに策定された、パキスタンで最初の治水投資計画。関連機関や Province から提案された事業を元に計画が策定された。 ・NFPP-II は、NFPP-I の更新、I に含まれていなかった河川の計画、Hill Torrents の M/P 策定が含まれている。提案事業実現のため、ADB 等のドナーの融資により治水投資事業 (FPSP-I) や、1988 年と 1992 年の洪水被害の復旧・復興事業 (FDRP) が実施された。 ・NFPP-III は、NFPP-I や II で含まれていなかった治水投資事業の計画策定が含まれており、ADB の融資により治水投資事業 (FPSP-II) が実施された。 <p>その後、FFC は第 4 次の NFPP-IV の計画を 2015 年に策定した。その概要は以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2010 年のパキスタンにおける大洪水被害を機として、NFPP-IV (2015 年～2025 年) の計画策定を決定。WB プロジェクト (Water Sector Capacity Building and Advisory Services Project (WCAP)) の資金を使ってコンサルタントを調達 (2013 年 5 月)。 ・NFPP-IV の内容は共通利害評議会 (Council of Common Interests: CCI) にて、2017 年 5 月に正式に承認された (資金は Federal : Province = 50 : 50 で合意) ・NFPP-IV の総事業費は 332,246 百万 Rs (構造物対策 : 290,919 百万 Rs 、非構造物対策 : 41,327 百万 Rs) と見積もられている⁴⁸。 ・ADB の支援により治水投資事業 (FPSP-III) が今後実施される予定。(総事業費は 95,980 百万 Rs) <p>同計画で提案されたハード及びソフト対策による治水事業を 2025 年までに完了する予定で現在実施中である。</p>
土地開発、都市計画関連法・計画	<p>土地所有や土地収用に関連する法律として、「The Registration Act, 1908 年」や「The Land Acquisition Act, 1894 年」が存在する。また都市開発や計画については、例えば Punjab 州が制定する「Town Improvement Act, 1922 年」、「Lahore Development Authority Act, 1975 年」、「Punjab Development of Cities Act, 1976 年」、「Punjab Housing and Town Planning Agency Ordinance, 2002 年」、「Ravi Urban Development Authority Act, 2020 年」や、Sindh 州が制定する「Karachi Building & Town Planning Regulation, 2002 年」等、州ごとに制定される。州法で制定された開発局が主体となって、都市計画の立案や都市開発事業を行っている。</p>
統合水資源管理に係る法・計画	<p>国家としての統合水資源管理に係る法律や国家計画は存在しないが、スイス開発協力庁支援での Khyber Pakhtunkhwa 州における「Integrated Water Resource Management Strategy」や、「Integrated Water Resource Management Planning (IWRMP) Facilitators' Manual」の策定等、ドナー支援により統合水資源管理計画が部分的に策定されている。</p>
気候変動に係る法・計画	<p>2017 年、パキスタン気候変動法が制定された。同法により、首相を議長とし気候変動と、財務、農業、開発、資源、水・電気などの関係閣僚、各州政府首相等からなるパキスタン気候変動評議会が設置された。評議会は国家適応計画や UNFCCC 事務局提出の National Communication (NC) など国内外の計画の実行を監視する。また、首相が任命した学者、官僚等から構成するパキスタン気候変動庁も設立され、包括的な適応策と緩和策、計画などの立案、国際的な条約や合意事項の下での国の義務の実施などを担当している。政府内の政策立案と実施体制としては、気候変動省 (MOCC) がトップにあり、その下に関係部局、パキスタン環境保護庁 (Pak-EPA)、グローバル変動インパクト研究センター (GCISC)、国家災害管理庁 (NADRA)、パキスタン動物学調査部 (ZSD) などの実施機関が位置している。(https://na.gov.pk/uploads/documents/1491459994_555.pdf)</p>

⁴⁸ Development of National Flood Protection Plan-IV (NFPP-IV) and Related Studies to Enhance Capacity Building of Federal Flood Commission-FFC

3.6.3. 治水に関する組織制度の現状整理・分析

パキスタンの治水を担当する主要な組織は、表 3.6-5 に示す 11 の連邦及び州政府機関であり、これらは「①治水施設の整備・運用」、「②洪水予警報」、「③防災」の 3 分野の活動を実施している。これら 3 つの分野に関連する組織の主な所掌内容及び課題を以下に述べる。

(1) 治水施設の整備・維持・管理・運用に係る組織

水資源省連邦洪水委員会 (FFC, MoWR) は、パキスタンの治水施設整備の主幹官庁として、1978 年から 2008 年の 30 年間にわたり 3 次の国家洪水防御計画 {NFPP-I(1978 年～1988 年)、NFPP-II (1988 年～1998 年)、NFPP-III (1998 年～2008 年)} の計画策定及び事業実施を進めてきた。さらに FFC は NFPP-IV (2015 年～2025 年) の策定を 2015 年に完了し、同計画で提案された事業実施を現在進めているところであるが、資金不足等の理由により実施が遅れている。また NFPP の完成後の施設の維持・管理・運用に関しては、水資源省水利電力公社 (WAPD, MoWR) や水資源省 Indus 川水系公社 (IRSA) 等の連邦政府機関もしくは州政府灌漑局 (PMD) 等の州政府機関が担当している。これら一連の NFPP-I～IV がパキスタンの治水の根幹をなす事業と言える。

パキスタンは連邦制の政治・行政システムを採っており、連邦を構成する 4 つの州と Islamabad 首都圏が強い自治権を持っている。一方、治水施設の整備、及び施設の維持・管理・運用に係る連邦政府と州政府の権限と責任を明確に規定した法律がパキスタンには存在しない。このため NFPP のような連邦政府主幹の治水事業では、利害関係が生じる全ての州政府との合意形成を必要としている。パキスタンでは、Indus 川を始めとして多くの河川が、複数の州を越境して流下しており、このような越境河川に対して水系一貫した治水事業を実施する場合は、特に複数の州政府との合意形成が求められることになる。表 3.6-4 に示す通り NFPP の当初予定の事業数に対する完工事業数の割合は 79%にとどまり、また事業予算の消化率は 44%と極めて低い値となっている。このような低い事業完工率からみて、上記の連邦政府と州政府との NFPP の実施に係る合意形成は容易ではなく、NFPP の治水事業は、必ずしも円滑に進められてきたわけではないことが窺える。

表 3.6-4 国家洪水防御計画 (NFPP) の当初予定の事業規模と完工した事業規模との比較

事業区分	期間	(1) 当初予定		(2) 完工実績		消化率 = (2)/(1)	
		事業数	事業費 (百万ルピー)	事業数	事業費 (百万ルピー)	事業数	事業費
NFPP-I	1978-1988	840	9,500	311	1,730	37%	18%
NFPP-II	1988-1998	4,999	21,641	4,444	14,739	89%	68%
NFPP-III	1998-2008	831	25,928	485	8,805	58%	34%
合計		6,670	57,069	5,240	25,274	79%	44%

注：NFPP-III の予定事業数及び事業費には、GOP 予算に加えて ADB、WB の有償資金協力及び JICA 無償資金協力が含まれている。

出典：Development of National Flood Protection Plan-IV (NFPP-IV) and Related Studies to Enhance Capacity Building of Federal Flood Commission-FFC, Flood Control Plan-IV(Ten Year Plan), FFC

(2) 洪水予警報に係る組織

気候変動省・国家災害管理庁（PMD, MoD）は、パキスタンの洪水予警報発令の主幹官庁として、NPDA 専用の気象レーダー網、雨量・水位テレメーター観測網、及び洪水流出予測モデルを通じ、早期洪水予測を実施している。また以下の組織が NDPA の洪水予警報を補完する役割を果たしている。

- 連邦洪水委員会（FFC）：NFPP の実施を通じて、洪水予警報を目的とした雨量・水位観測網の整備を実施している。
- 水利電力公社（WAPDA）：洪水時の発電ダムからの放流情報及び全国河川の水位・流量情報を PMD へ提供している。
- Indus 川水系公社（IRSA）：洪水時の Indus 川水系の河川流量情報を PMD への提供している。
- 州政府灌漑局（PID）：各州の灌漑ダム・灌漑堰からの洪水時放流量及び河川流量情報の PDA への提供している。
- パキスタン・インダス水利委員会コミッショナー：パキスタンとインドを縦貫する国際河川のインド側の洪水流量情報を PMD へ提供している。

PMD による早期洪水予測の目的は、国、州、県レベルの災害管理庁への予測結果の伝達を通じて、効果的な洪水警報・避難を達成することにある。しかしながら、早期洪水予測を送信する PMD と受信する国家災害管理庁の間の送受信システムは未だ開発途上にあり、今後はより効果的な通信システムの開発が望まれる。

(3) 防災に係る組織

2006 年に制定された国家防災管理令に基づき、2007 年に創設された気候変動省国家災害管理庁（NDMA、MoCC）は、パキスタンの防災の基礎となる国家防災計画の策定及び実施の調整を所掌するパキスタンの防災の主幹官庁と言える。防災に係る他の政府機関としては、以下の組織は挙げられる。

- 国家災害管理委員会（NDMC）：国家災害管理に係る政策の策定
- 州災害管理庁（PDMA）：州レベルの災害管理計画の策定、及び州レベルの災害管理に係る各種活動
- 県災害管理庁（DDMA）：県レベルの災害管理計画の策定、及び州レベルの災害管理に係る各種活動
- Islamabad 内閣府国家緊急救援セル：国家レベルの洪水を含む災害時の緊急救援活動支援
- パキスタン陸軍：洪水時の被災住民救援活動及び水防活動

上記の NDMA は連邦政府気候変動省に所属するが、PDMA は州政府に所属しており、両組織の上位機関は異なる。このため NDMA と PDMA は、組織としての一体感に乏しく、今後どのように両者の連携を強化していくかに課題があると考えられる。また NDMA 及び PDMA

は 2007 年に組織体制の整備が完了したが、全国に約 130 ある DDMA の整備は、未だ進行中あり、特に DDMA の人材開発が重要な課題と考えられる。

表 3.6-5 パキスタンの治水を担当する主要組織

組織名および組織の治水に係る役割	
1. 水資源省連邦洪水委員会 (Federal Flood Commission, Ministry of Water Resources : FFC, MoWR)	<p>1977 年に水利電力省 (現水資源省) の下に設立された連邦洪水委員会 (FFC) は、パキスタンの特に治水インフラ整備を所掌する連邦政府機関として以下の役割を担当している。</p> <ul style="list-style-type: none"> - 国家洪水防御計画 (NFPP) の作成及び実施 - 州政府もしくは関係連邦機関によって作成された洪水防御計画の審査・承認 - 洪水後の治水インフラの損傷状況及び修復・再建工事計画のレビュー - 洪水予報警報システム (FEWS) の改善 - 治水施設工事の設計と仕様の標準化 - 洪水制御と防御に係る研究プログラムの作成 - 洪水調節のための貯水池の標準的操作手順の作成
2. 水利電力公社 (Water and Power Development Authority, Ministry of Water Resources : WAPDA, MoWR)	<p>1959 年に水利電力省 (現水資源省) の下に設立された水利電力公社 (WAPDA) は、全国の主要な水力発電プロジェクトを実施および管理するとともに、以下の活動を通じて洪水防御にも貢献している。</p> <ul style="list-style-type: none"> - 全国の主要河川の水位観測標 (スタッフゲージ) 及び水位観測テレメトリネットワークの整備・維持・管理・運用及び水文観測データ (河川水位、河川流量) の提供 - 河川水位観測データのリアルタイム観測・送信システムを通じた洪水警報 - 主要な水力発電ダム貯水池の操作・運用を通じた河川洪水流量の調節
3. Indus 川水系公社 (Indus River System Authority, Ministry of Water Resources : IRSA, MoWR)	<p>1992 年に水利電力省 (現水資源省) の下に設立された Indus 川水系公社 (IRSA) は、Indus 川の灌漑用ダムや河道堰等の流況調整施設の管理・運用を通じて Indus 川の河川流量を調節し、Indus 川水系が縦貫する 4 州の水配分協定 (Provincial Accord 1991) で合意された 4 州への水配分を実現する役割を持つ。この役割に関連して、IRSA は、治水に関連した以下の役割も果たすこととなる。</p> <ul style="list-style-type: none"> - 洪水時の Indus 川の灌漑用ダムや河道堰等の流況調整施設の操作による Indus 川の洪水流量の調節 - 洪水警報発令や治水計画策定の基礎資料整備に向けた、Indus 川の洪水水位・流量のモニタリング及びモニタリング結果の記録
4. 州政府灌漑局 (Provincial Irrigation Departments : PID)	<p>パキスタンの 4 州のそれぞれの州政府灌漑局 (PID) は、州政府灌漑省に属する組織であり、主に州内の灌漑施設の操作・維持・管理を担当している。特に治水に係る PID の役割としては以下の事項が挙げられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> - 河川水位・流量の観測及び河川測量の実施：観測・測量結果は、治水計画策定のための基礎データや洪水予報の基礎情報として活用される。 - 洪水時の灌漑ダムや灌漑堰の操作及び河川や灌漑水路の維持・管理 - 灌漑排水計画の策定
5. 国防省パキスタン気象局 (Pakistan Meteorological Department, Ministry of Defense : PMD, MoD)	<p>パキスタン気象局 (PMD) は国防省に所属し、気象予報や洪水・地震情報提供サービスを担当している。Lahore にある PMD の洪水予報部 (FFD) は、パキスタンの洪水予測と早期警報システムの運用と管理を担当している。この洪水予報は、専用の気象レーダーのネットワーク、Indus 盆地の上部集水域の水文気象テレメトリーシステム、および降雨流出と河川流のシミュレーションモデルを通じて実施されている。また FFD は、さまざまな国内および国際的なソースから水文気象データを収集・処理・分析した結果も洪水予測の基礎資料も利用している。さらに FFD は、地表および上空の気象図、等値線図、および表形式の気象データシートの提供サービスも行っている。</p>
6. パキスタン・Indus 水利委員会コミッショナー (Pakistan Commissioner for Indus Waters)	<p>1990 年にパキスタンとインドの間に結ばれた Indus 水協定の規定に従い、恒久的な Indus 水利委員会を創設され、以下の機能を果たしている。</p> <ul style="list-style-type: none"> - Indus 委員会には、パキスタン側及びインド側からそれぞれ 1 名ずつのコミッショナーが任命され、パキスタンとインドを縦貫する河川の水資源に関する両国間の紛争を解決し、両国共同の水資源開発を促進する役割を果たす。 - 両国がそれぞれ自国領土内の越境河川の水位・流量観測を行い、観測データを両国が共有する。 - 上記の Indus 水利委員会のパキスタン側のコミッショナーは、ほぼ毎日インド側で観測された越境河川の水位・流量データを受け取っている。洪水時に受け取ったインド側の越境河川の洪水水位・流量データは、パキスタン・Indus 水利委員会コミッショナーから Lahore の気象庁・洪水予報部 (FFD) に送信され、4 越境河川 (Chenab 川, Jhelum 川, Ravi 川, and Sutlej 川) の洪水予測に使用されている。

組織名および組織の治水に係る役割	
7. 国家災害管理委員会 (National Disaster Management Commission : NDMC)	<p>2006年に策定された国家防災管理令 (National Disaster Management Ordinance : NDMO) に基づき、2007年に国家災害管理委員会 (National Disaster Management Commission : NDMC) が創設された。同委員会は、首相を議長とし、国会議員や連邦政府大臣や州政府主席大臣で構成される16名を委員会メンバーとしている。同委員会の主要な役割は以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> - 災害管理に関わる政策の策定 - 国家計画の承認 - 中央省庁、中央政府によって策定された計画の承認 - 海外での災害発生時における支援
8. 気候変動省・国家災害管理庁 (National Disaster Management Authority, Ministry of Climate Change)	<p>国家災害管理庁 (NDMA) は、上記 NDMC の事務局として洪水を含む全ての災害への対応を計画および調整するために気候編総省内に2007年に設立された。2010年に制定された国家災害管理法は、NDMA の役割を次のように定めている。</p> <ul style="list-style-type: none"> - 災害管理の実施・調整・モニタリング - 国家防災計画の策定 - 連邦政府及び州政府による防災管理計画策定のためのガイドライン及び作成 - 防災管理計画策定に関する州政府への技術支援の提供 - 災害時の国家レベルの災害対応の調整 - 災害管理に関する教育・啓発活動等
9. 州災害管理庁 (Provincial Disaster Management Authority : PDMA)	<p>州災害管理庁 (PDMA) は、州レベルの災害管理の調整を行う役割を持つ組織として2008年に全国の各州政府の下に創設された。PDMA は、以前は州救済委員会が担っていた被災者の救済を含む緊急災害救援の役割も引き継いでいる。具体的な PDMA の役割は以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> - 州防災管理計画の策定及び実施の調整・モニタリング - 州内の各種災害に対する脆弱性及び被害軽減対策検討 - 州政府組織・非政府組織の災害への備えを確認 - 災害対応に関する州政府関係機関への指示 - 災害管理に関する基礎的教育、及びコミュニティへのトレーニング実施
10. 県災害管理庁 (District Disaster management Authority : DDMA)	<p>県災害管理庁 (DDMA) は、県レベルの災害管理の調整の役割をもつ組織として。近年、全国県庁に整備されつつあり、並行して JICA や UNDP の支援を通じて DDMA 職員の能力強化が進められている。具体的な DDMA の役割は以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> - 県防災管理計画の策定 - 国家政策、州政策、国家計画、州計画、県計画の実施の調整及びモニタリング - 県内の災害脆弱地域の特定と対策 - 各種対策の実施及び対策のガイドライン策定の確認 - 県レベル各局への各種対策に関する指示及び防災計画実施のモニタリング - 県レベル各局のためのガイドライン策定 - コミュニティへの訓練・啓発活動の実施 - 早期予警報メカニズムのレビュー・更新と、適切な情報の発信 - 県庁各局の開発計画のレビュー - 構造物の建築基準の確認 - 通信手段の確認及び訓練実施の確認等
11. イスラマバード内閣府国家緊急救援セル (National Emergency Relief Cell, Cabinet Division, Islamabad)	<p>連邦政府内閣府内に設置されている国家緊急救援セル (NERC) は、パキスタンの洪水を含む災害時の緊急救援活動の拠点として以下の役割を果たしている。</p> <ul style="list-style-type: none"> - 連邦政府および州政府、非政府組織、国際援助組織との緊急災害救援に係る調整 - 災害救援基金の管理及び救援関連品目の備蓄。 - 州政府への災害復旧を目的とした現金および救援物資の支給。
12. パキスタン陸軍 (Pakistan Army)	<p>パキスタン陸軍は、治水に関連する以下の役割を果たしている。</p> <ul style="list-style-type: none"> - 州政府灌漑局と共同して、河川堤防、堰、その他主要な河川構造物の洪水前検査を実施し、施設の洪水に対する脆弱性を確認し、必要な施設の補修・補強を実施する。 - 洪水発生時の堤防決壊の防御等の水防活動や被災住民救援活動を実施する。 - 洪水後の復旧・復興活動を支援する。

出典：パキスタン国国家防災管理計画策定プロジェクト

Development of National Flood Protection Plan-IV (NFPP-IV) and Related Studies to Enhance Capacity Building of Federal Flood Commission-FFC

Indus Basin Floods, ADB 2013

3.6.4. 洪水被害状況の整理

表 3.6-6 にパキスタンにおける人的被害が発生した過去の洪水被害を示す。

表 3.6-6 過去の洪水被害

No.	年	直接被害額 (US\$ million)	死者数 (No)	影響村落数 (No)	浸水面積 (Sq-Km)
1	1950	488	2,190	10,000	17,920
2	1955	378	679	6,945	20,480
3	1956	318	160	11,609	74,406
4	1957	301	83	4,498	16,003
5	1959	234	88	3,902	10,424
6	1973	5134	474	9,719	41,472
7	1975	684	126	8,628	34,931
8	1976	3485	425	18,390	81,920
9	1977	338	848	2,185	4,657
10	1978	2227	393	9,199	30,597
11	1981	299	82	2,071	4,191
12	1983	135	39	643	1,882
13	1984	75	42	251	1,093
14	1988	858	508	100	6,144
15	1992	3010	1,008	13,208	38,758
16	1994	843	431	1,622	5,568
17	1995	376	591	6,852	16,686
18	2010	10,000	1,985	17,553	160,000
19	2011	3730	516	38,700	27,581
20	2012	2640	571	14,159	4,746
21	2013	2,000	333	8,297	4,483
22	2014	440	367	4,065	9,779
23	2015	170	238	4,634	2,877
24	2016	6	153	43	-
25	2017	-	172	-	-
26	2018	-	88	-	-
27	2019	-	235	-	-
28	2020	-	409	-	-
Total		38,169	13,262	197,273	616,558

出典：Annual Flood Report 2020 (FFC)

過去の洪水被害のうち、特に2010年7月ではIndus川流域におけるモンスーンにより、甚大な洪水被害が生じた。2010年洪水の被害概要を以下に示す。特にPunjab州、Sindh州において、甚大な物的被害が生じ、Sindh州、Khyber Pakhtunkhwa州においては、甚大な人的被害が生じた。

表 3.6-7 2010年洪水の被害概要

州/組織	影響を受けた District数	影響を受けた農地 面積 (ha)	影響者数 (百万人)	被害家屋 数	被害道路 延長 (km)	影響 村落数	被害 水路数	死者数	負傷者数
Punjab	11	749,900	8.20	375,773	2,819	1,778	2,598	110	262
Sindh	17	1,043,500	7.185	879,978	8,467	11,988	6,990	411	1,235
Khyber Pakhtunkhwa	24	121,500	3.80	257,294	6,511	544	1,790	1,156	1,198
Balochistan	12	132,500	0.70	79,720	2,077	2,896	47	54	104

州／組織	影響を受けた District 数	影響を受けた農地面積 (ha)	影響者数 (百万人)	被害家屋数	被害道路延長 (km)	影響村落数	被害水路数	死者数	負傷者数
FATA	#	7,220	#	5,419	1,257	#	0	#	#
Gilgit-Baltistan	7	7,900	0.10	3,157	382	347	960	183	60
AJK	7	33,100	0.20	6,843	3,575	0	657	71	87
Ground Total	78	2,092,600	20.185	1,608,184	25,088	17,553	13,042	1,985	2,946
Source of Information	NDMA 2011/2/24	P153 DNA 報告書	NDMA 2011/2/24	P89 DNA 報告書	P129 DNA 報告書	NDMA 2011/2/24	P153 DNA 報告書	NDMA 2011/2/24	NDMA 2011/2/24

出典：Annual Flood Report 2010, FFC

2010 年洪水時のセクター別の被害額を以下に示す。社会基盤については、特に家屋への被害が甚大で、公共インフラについては、道路等の運輸・通信分野の被害額が特に大きい。

表 3.6-8 2010 年洪水時のセクター毎の被害額

セクター	直接被害額 (百万 PKR)	間接被害額 (百万 PKR)	被害総額 (百万 PKR)	被害総額 (百万 USD)
1. 社会基盤				
家屋	91,843	43,171	135,014	1,588
保険・衛生	1,562	2,661	4,222	50
教育	22,047	4,418	26,464	311
2. 公共インフラ				
灌漑・治水	23,600		23,600	278
運輸・通信	62,491	50,420	112,911	1,328
水道・衛生	3,194	6,112	9,306	109
エネルギー	13,184	13,116	26,300	309
3. 経済セクター				
農業・漁業	315,547	113,257	428,805	5,045
プライベートセクター・産業	14,463	9,468	23,932	282
金融セクター	110	57,141	57,251	674
4. 横断的セクター				
ガバナンス	3,141	2,835	5,976	70
環境	992		992	12
合計	552,173	302,599	854,771	10,056

出典：Annual Flood Report 2010, FFC

以下にパキスタン北部における 2010 年洪水時の雨量と平均雨量の比較表を示す。多くの観測地点で例年を大きく上回る降雨が発生し、特に 7 月 28 日から 30 日の 3 日間降雨は、同月の総雨量の 9 割程度を占め、パキスタン北部およびその下流の南部での甚大な洪水被害の引き金となった。

表 3.6-9 パキスタン北部における 2010 年洪水時雨量と平均雨量の比較

観測地点	7月平均雨量 (mm)	2010年7月雨量 (mm)	2010年日雨量 (7/28) (mm/日)	2010年日雨量 (7/29) (mm/日)	2010年日雨量 (7/30) (mm/日)	3日間雨量 (7/28-30) (mm/3日)	3日間雨量の2010年7月雨量に対する割合(%)
Cherat (KP)	97	388	33	257	81	371	96
Chitral (KP)	152	63	6	41	13	60	95
Dir (KP)	154	317	57	149	0	206	65
Lower Dir (KP)	93	295	0	192	71	263	89
Drosh (KP)	372	101	23	61	15	99	98
Kalam (KP)	56	105	14	84	0	98	93
Kohat (KP)	N/A	345	0	233	29	262	76
Mirkhani (KP)	364	44	0	27	15	42	95
Parachinar (KP)	117	245	20	21	20	61	25
Peshawar A/P (KP)	46	402	N/A	274	59	333	83
Peshawar City (KP)	58.3	294	N/A	204	22	226	77
Risalpur (KP)	37	433	5	280	121	406	94
Saidu Sharif (KP)	124	471	44	187	103	334	71

出典：Task-A Development of NFPP-IV

以下にダム・堰地点における 2010 年洪水および既往最大ピーク流量を示す。多くの施設において、2010 年洪水時にそれまでの既往最大ピーク流量を更新し、設計流量程度もしくはそれ以上の流量を記録した。

表 3.6-10 ダム・堰地点における 2010 年洪水および既往最大ピーク流量

地点 (ダム・堰)	設計流量 (m ³ /s)	100 確率流量 (m ³ /s)	2010 年ピーク流量 (m ³ /s)	確率年 (年)	既往最大 (年)	既往最大ピーク流量 (m ³ /s)
Tarbela inflows	42,476 (PMF)	18,491	23,645	3,461	1929	19,317
Tarbela outflow	N/A	N/A	17,104	N/A	N/A	N/A
Kabul at Nowshera	N/A	6,173	13,592	>10,00	1965	6,173
Jinnah	26,902	30,894	30,833	100	1942	25,967
Chashma	26,902	26,448	29,356	250	1942	22,988
Taunsa	31,149	25,797	30,724	211	1958	22,333
Guddu	33,981	37,719	32,529	40	1976	33,305
Sukkur	25,486	36,529	32,060	46	1976	32,890
Kotri	24,778	27,241	27,323	101	1956	27,779

出典：Indus Basin Floods Mechanisms, Impacts, and Management, 2013, ADB

3.6.5. 使用データ

(1) 使用データ

洪水リスクの分析で使用したデータを表 3.6-11 に示す。

表 3.6-11 使用データ

データ種	現地機関	グローバルデータ	備考
行政界	—	OCHA, Pakistan Census Office	—
流域界	PMD (Pakistan Meteorological Department)	—	Flood Forecasting Division Lahore Pakistan Meteorological Department 資料をデータ化
人口	—	WorldPop Univ. Southampton	100m メッシュ 2020 年
GDP	Pakistan Bureau of Statistics	—	全国 GDP を WorldPop で振り分け、2020 年 ※Region 毎の GRDP は一部の州しか存在しない
既往洪水履歴	—	UNDRR DesInventar Sendai	—
ドナー、現地政府等の M/P 策定や事業既実施	FFC NDPA PMD NIDM	JICA World Bank ADB UNDP	—
浸水想定区域	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、JICA, 2005	GFM (EU-JRC)	検証により、最適な氾濫区域を採用


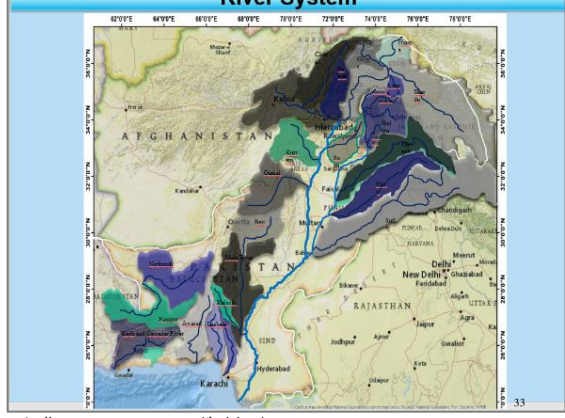
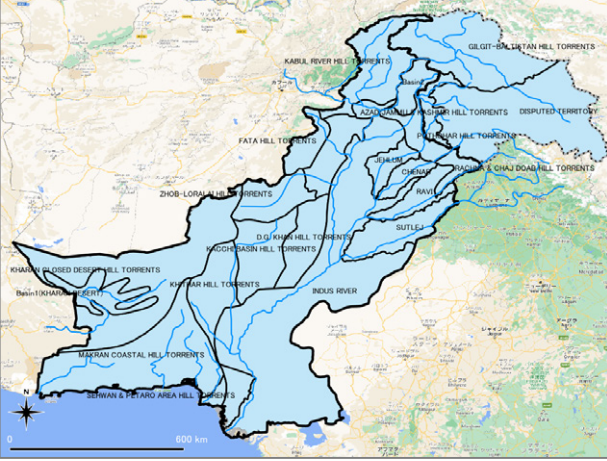
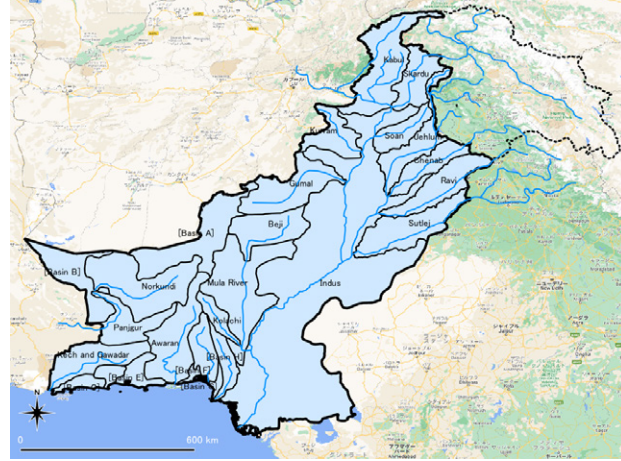
出典：JICA 調査団作成

(2) 流域界データ

FFC (Federal Flood Commission) が作成した流域界と、PMD (Pakistan Meteorological Department) のものが存在する (表 3.6-12 参照)。

NFPP-IV では、Hill Torrents で区分している流域もあり、川を横断するような流域界が存在する。Hill Torrents を「ワジ」と言い換えている文書があるが、厳密にはワジで構成される流域という訳ではなく、バングラディッシュ中央政府・地方政府等の関係者間で周知された慣例的な区分という色が強い。JICA との協議の結果、本調査では、地理的・水理的な観点で流域界を区分した PDM の流域界を採用する。

表 3.6-12 FFC と PMD の流域界の比較

FFC の流域界			PMD の流域界		
 <p>出典：FFC 策定の NFPP-IV 資料より</p>			 <p>出典：PMD の PPT 資料 (Flood Forecasting Division Lahore Pakistan Meteorological Department)</p>		
 <p>上記資料を元に調査団がもとに GIS データ化</p>			 <p>上記資料を元に調査団がもとに GIS データ化</p>		
No.	流域名	流域面積 (km ²)	No.	流域名	流域面積 (km ²)
1	Indus River	225,231	1	Indus	265,371
2	Kharan Closed Desert Hill Torrents	114,949	2	Mula River	51,434
3	Disputed Territory	104,513	3	Norkundi	45,553
4	Makran Coastal Hill Torrents	101,567	4	Kabul	39,083
5	Gilgit-Baltistan Hill Torrents	69,697	5	[Basin A]	38,331
6	Kabul River Hill Torrents	42,083	6	Awaran	34,718
7	Kacchi Basin Hill Torrents	37,403	7	Gumal	31,283
8	Khithar Hill Torrents	32,819	8	Sutlej	31,148
9	Sutlej	31,026	9	Kech and Gawadar	25,646
10	D.G. Khan Hill Torrents	27,400	10	[Basin B]	24,545
11	Zhob-Loralai Hill Torrents	26,825	11	Ravi	24,350
12	D.I. Khan Hill Torrents	23,774	12	Beji	23,932
13	Basin1(KHARAN DESERT)	21,584	13	Jhelum	20,838
14	Ravi	17,594	14	Panjgur	20,250
15	Fata Hill Torrents	14,300	15	Skardu	17,809
16	Pothohar Hill Torrents	14,233	16	Kurram	16,638
17	Basin2	12,446	17	Chenab	15,616
18	Sehwan & Petaro Area Hill Torrents	12,321	18	Lasbela	13,582
19	Jhelum	12,319	19	Soan	12,747
20	Azad Jammu & Kashmir Hill Torrents	11,618	20	[Basin H]	10,452
21	Chenab	10,533	21	[Basin E]	8,634
22	Rachna & Chaj Doab Hill Torrents	8,055	22	Kolachi	8,062
23	Karachi Area Hill Torrents	4,165	23	[Basin C]	5,515
			24	[Basin D]	4,720
			25	[Basin G]	2,352
			26	[Basin F]	2,048

出典：JICA 調査団作成

(3) 氾濫域データ

洪水リスクの評価・分析に用いる氾濫域の選定にあたっては、以下の4つのデータを比較し、適切な氾濫域を設定する。基本的に全国を対象とした氾濫域図を採用する。なお、プロジェクトベースで作成した氾濫域図も可能な限り収集し、全国を対象とした氾濫域図の補完もしくは妥当性の検証に用いることとした。

- 個別流域の詳細調査結果
- FFC 提供の浸水域図
- Global Flood Models (GFMs) 2モデル
- 実績氾濫域

1) 個別流域の詳細調査結果

JICA が実施した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（2005）において、ライヌラー川流域の 1/100 確率規模の浸水図が作成されている。

2) FFC 提供の浸水域図

本調査では、FFC が整理した全国の浸水域図を収集した。なお、浸水図は 1/50 規模までである。

3) Global Flood Models (GFMs)

表 3.6-13 に GFMs の概要を示す。本調査では、1/100 確率規模の浸水域により洪水被害ポテンシャル（氾濫域内の GDP）を推定する。

表 3.6-13 GFMs の概要

データ名称	概要関
WRI (Aqueduct) Model	確率規模 : 2,5,10,25,50, <u>100</u> , 250,500,1000 年 データ内容 : 浸水深データ (単位 : m) 対象範囲 : 全国 発行者 : World Resources Institute
EU-JRC Model	確率規模 : 100 年確率 データ内容 : 浸水深データ (単位 : m) 対象範囲 : 全国 発行者 : European Commission, Joint Research Centre

出典 : JICA 調査団作成

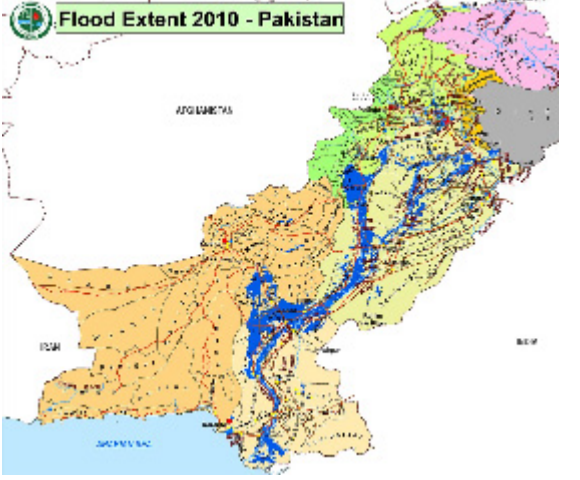

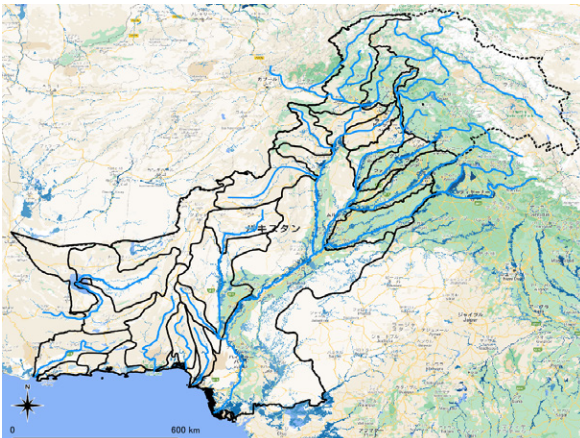
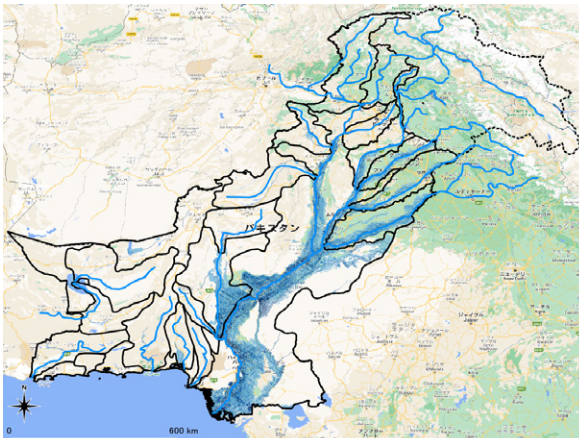
4) 実績氾濫域

NDMA（国家防災庁）が整理した 2010 年洪水（確率規模 1/100 相当）の実績の氾濫図を収集した。また、前述のライヌラー川の JICA 調査において、2010 年に発生した洪水の氾濫域の実績データが収集されている。

5) 氾濫域の設定

表 3.6-14、表 3.6-15 に実績氾濫域および個別流域の詳細調査、GFMs を比較した結果を示す。これより GFMs の EU-JRC の結果が 2010 年洪水の氾濫域をよく再現していることがわかった。なお、2つの GFMs 及び FFC の氾濫図では、ライヌラー川の浸水図が表現されていない。このため、EU-JRC の氾濫域とライヌラー川の確率規模 1/100 の氾濫域を合成した図を、本調査の氾濫域として採用した。

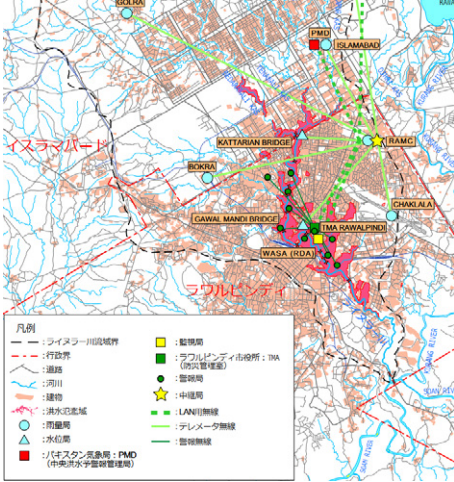

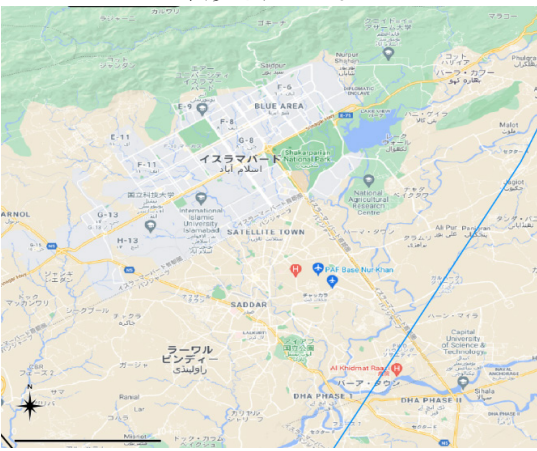
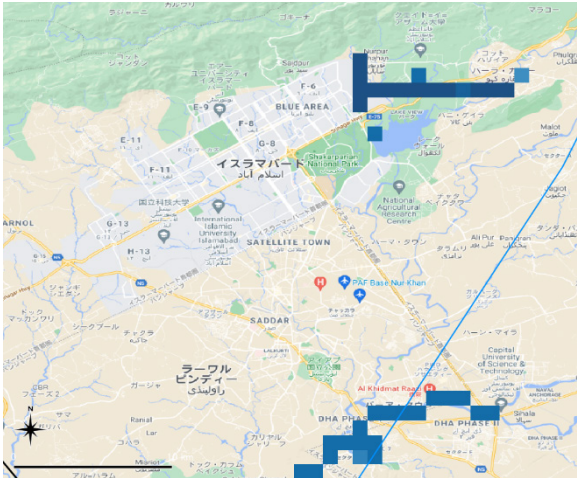

表 3.6-14 氾濫域図の比較 (パキスタン全国)

実績氾濫域 (1/100 以上、2010 年洪水)	FFC 提供 (1/50 規模)
 <p>NDMA flood maps.pptx</p>	<p>× 1/100 規模の氾濫域図が無い、全体的に氾濫域が過小</p> 
GFM (WRI-Aqueduct) (1/100 規模、約 800m メッシュ)	GFM (EU-JRC) (1/100 規模、約 800m メッシュ)
<p>× 全体的に氾濫域が過小</p> 	<p>○ 2010 年洪水の実績氾濫域を概ねカバー</p> 

※個別流域の詳細調査は無し

出典：JICA 調査団作成

表 3.6-15 氾濫域図の比較 (Lai Nullah 川)

個別流域の詳細調査結果 (1/100 規模)	実績氾濫域 (1/100 規模、2001 年洪水)
 <p>出典：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, JICA, 2005</p>	 <p>出典：パキスタン国 ライ・ヌラー川流域総合治水計画調査, JICA, 2003</p>
<p>FFC 提供 (1/50 規模)</p>	<p>GFM (WRI-Aqueduct) (1/100 規模、約 800m メッシュ)</p>
<p>× 1/100 規模の氾濫域図が無い、Lai Nullah 川の氾濫が表現されていない</p> 	<p>× Lai Nullah 川の氾濫が表現されていない</p> 
<p>GFM (EU-JRC) (1/100 規模、約 800m メッシュ)</p>	
<p>× Lai Nullah 川の氾濫が表現されていない</p> 	

出典：JICA 調査団作成

3.6.6. 1次スクリーニング

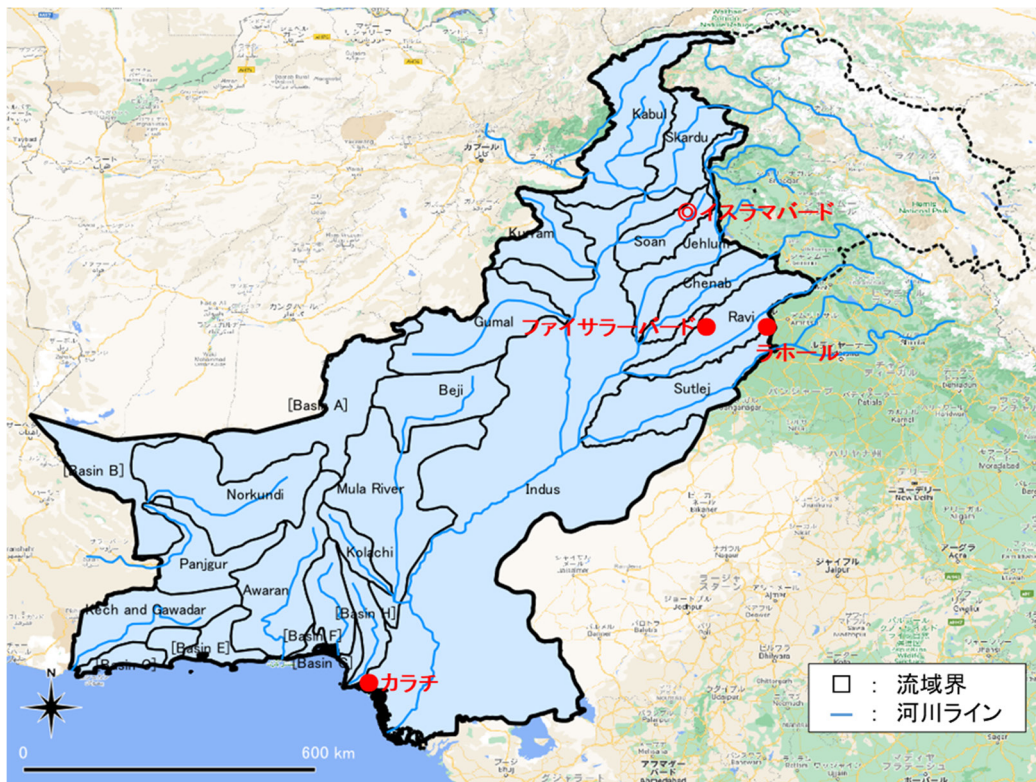
パキスタン国では、全国の河川流域を対象に河川整備の優先付けを行ったことはない。このため PMD の資料（Flood Forecasting Division Lahore Pakistan Meteorological Department）で整理されている全国の 26 河川流域全てを検討対象流域とする。

表 3.6-16 および図 3.6-1 に検討対象流域を示す。

表 3.6-16 1次スクリーニング（検討対象流域の特定）

No.	流域名	流域面積 (km ²)	No.	流域名	流域面積 (km ²)
1	Indus	265,371	15	Skardu	17,809
2	Mula River	51,434	16	Kurram	16,638
3	Norkundi	45,553	17	Chenab	15,616
4	Kabul	39,083	18	Lasbela	13,582
5	[Basin A]	38,331	19	Soan	12,747
6	Awaran	34,718	20	[Basin H]	10,452
7	Gumal	31,283	21	[Basin E]	8,634
8	Sutlej	31,148	22	Kolachi	8,062
9	Kech and Gawadar	25,646	23	[Basin C]	5,515
10	[Basin B]	24,545	24	[Basin D]	4,720
11	Ravi	24,350	25	[Basin G]	2,352
12	Beji	23,932	26	[Basin F]	2,048
13	Jhelum	20,838			
14	Panjgur	20,250			

出典：JICA 調査団作成



出典：JICA 調査団作成

図 3.6-1 検討対象流域の位置図

3.6.7. 2次スクリーニング

ここでは、前節で整理した26流域の中から、整備を優先すべき10流域を選定する。

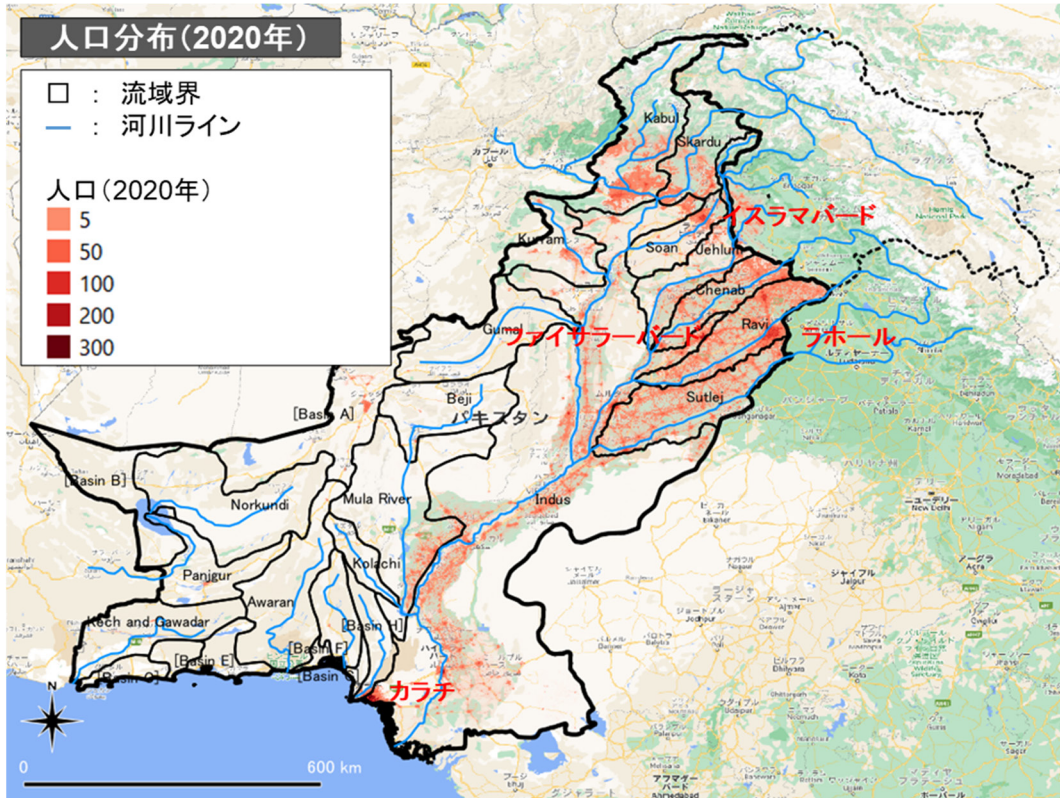
選定にあたっては、流域ごとの氾濫域内GDP（2020年）、氾濫域内人口及び氾濫域内人口の増加率を算出した。図3.6-2と図3.6-3に対象流域内の人口分布および氾濫域図を示す。

表3.6-17に選定結果を示す。10流域で算出した氾濫域内GDPは、26流域の氾濫域内GDPの合計の99%以上を占める。

表 3.6-17 2次スクリーニング（10流域の抽出）結果

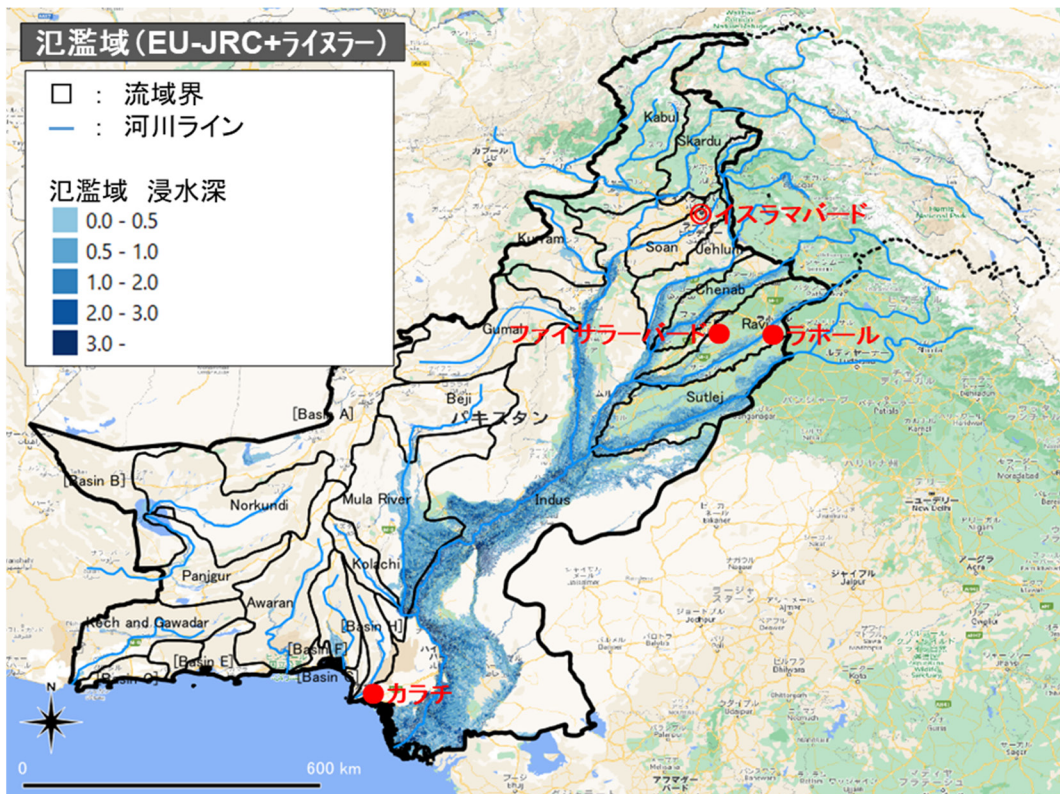
No.	流域名	流域面積 (km ²)	氾濫域面積 (km ²)	人口 2020年 (人)	人口 2010年 (人)	人口増加率 2020年÷2010年	GDP 2020年 (Million USD)	GDP 2010年 (Million USD)	GDP増加率 2020年÷2010年	全国GDPに対 する割合(%)
1	Indus	265,371	94,040	40,820,934	32,255,895	1.27	42,594.1	15,571.6	2.74	18.04
2	Sutlej	31,148	14,695	10,501,476	8,043,333	1.31	10,957.6	3,882.9	2.82	4.64
3	Mula River	51,434	15,169	5,551,050	4,512,799	1.23	5,792.2	2,178.6	2.66	2.45
4	Ravi	24,350	6,245	5,029,927	3,906,763	1.29	5,248.4	1,886.0	2.78	2.22
5	Chenab	15,616	5,605	4,020,709	3,031,929	1.33	4,195.4	1,463.7	2.87	1.78
6	Kabul	39,083	1,078	1,921,873	1,596,137	1.20	2,005.4	770.5	2.60	0.85
7	Jehlum	20,838	3,508	1,683,319	1,336,641	1.26	1,756.4	645.3	2.72	0.74
8	Kurram	16,638	832	938,424	727,891	1.29	979.2	351.4	2.79	0.41
9	Skardu	17,809	693	477,024	352,147	1.35	497.7	170.0	2.93	0.21
10	Soan	12,747	196	138,423	106,611	1.30	144.4	51.5	2.81	0.06
11	Gumal	31,283	790	118,441	86,757	1.37	123.6	41.9	2.95	0.05
12	[Basin H]	10,452	277	111,629	85,919	1.30	116.5	41.5	2.81	0.05
13	Kech and Gawadar	25,646	780	67,388	74,804	0.90	70.3	36.1	1.95	0.03
14	Beji	23,932	826	59,406	58,604	1.01	62.0	28.3	2.19	0.03
15	Kolachi	8,062	395	43,184	33,880	1.27	45.1	16.4	2.75	0.02
16	Lasbela	13,582	1,212	41,536	38,028	1.09	43.3	18.4	2.36	0.02
17	Panjgur	20,250	590	18,285	21,970	0.83	19.1	10.6	1.80	0.01
18	Awaran	34,718	829	15,225	16,584	0.92	15.9	8.0	1.98	0.01
19	[Basin G]	2,352	32	12,400	8,268	1.50	12.9	4.0	3.24	0.01
20	[Basin A]	38,331	1,078	7,246	5,475	1.32	7.6	2.6	2.86	0.00
21	Norkundi	45,553	567	2,031	2,146	0.95	2.1	1.0	2.05	0.00
22	[Basin B]	24,545	580	872	813	1.07	0.9	0.4	2.32	0.00
23	[Basin F]	2,048	67	598	537	1.11	0.6	0.3	2.40	0.00
24	[Basin C]	5,515	9	229	244	0.94	0.2	0.1	2.02	0.00
25	[Basin E]	8,634	0	0	0	---	0.0	0.0	---	0.00
26	[Basin D]	4,720	0	0	0	---	0.0	0.0	---	0.00

出典：JICA 調査団作成



出典：JICA 調査団作成

図 3.6-2 検討対象流域の人口分布



出典：JICA 調査団作成

図 3.6-3 検討対象流域の氾濫域図

3.6.8. 3次スクリーニング

(1) 優先流域の選定方針

3次スクリーニングでは、2次スクリーニングで選定された10流域において、以下の3つ投資効果が期待できる流域を選定するため、2次スクリーニングで選定された10流域から対策を優先すべき流域を選定する。選定の基準は氾濫域内GDPを優先するが、事業の必要性を考慮するため、以下の補助指標を整理した。

- ①既往事業の進捗からみた事業必要性
- ②M/P策定・改訂の必要性
- ③日本の支援の必要性・有効性

(2) 10流域の概要

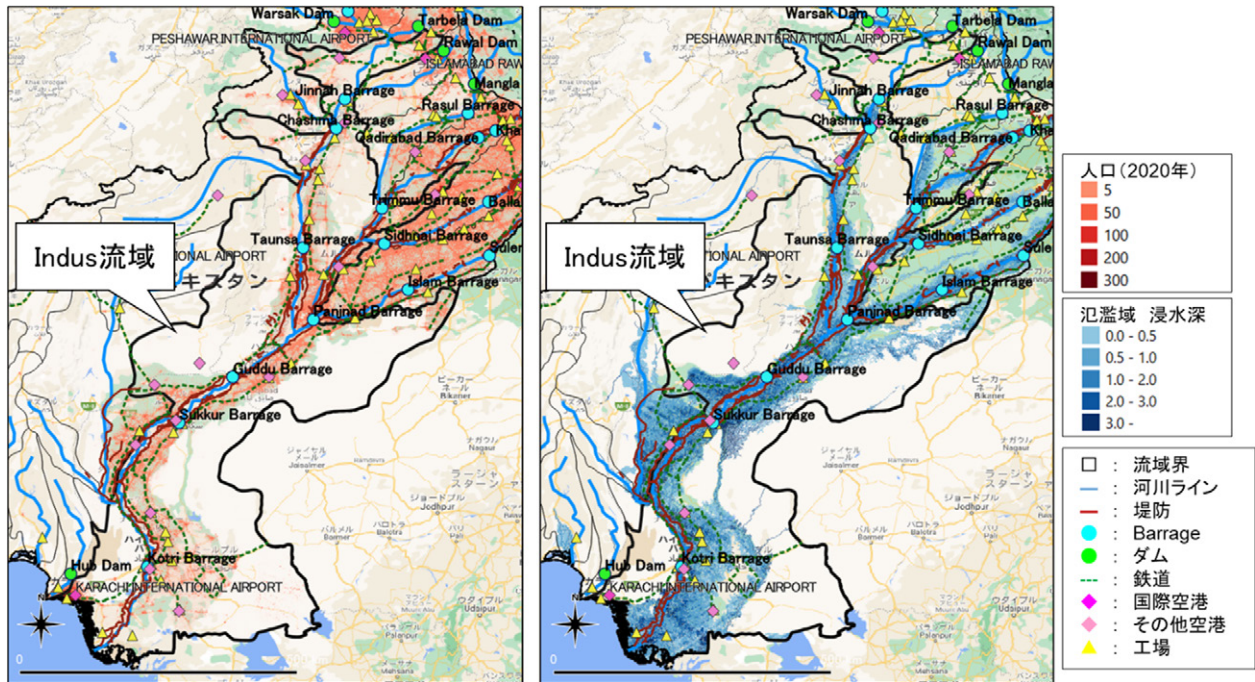
2次スクリーニングで選定された10流域の調査結果の概要および補助指標の検討結果を以下に整理する。

1) Indus

Indus川流域の概要を以下に示す。

- パキスタンの主要河川
- 流域面積：265,370 km² 氾濫域面積：94,000 km² 氾濫域内人口：4,082万人 氾濫域内GDP：42,590 Million USD（全国GDPの18.04%）
- 河川沿いには多くの主要道路、鉄道が存在し、流域内には空港や工場が存在する。Karachiには、いすゞ、日産、トヨタ、スズキ、日野等の日系自動車工場が存在する。流域内の主要都市としては、州都Peshawar、Multan、Haiderabadがある。
- 堤防延長：下流域で河川延長840kmに対して築堤延長2,350km（両岸）、上流域で河川延長840kmに対して築堤延長710km（両岸）⁴⁹

⁴⁹ Task-A_Development of NFPP-IV and PC-1、Annex 3 Design Criteria、Table 3.1: Lengths of Major Rivers and Embankments in the Four Provinces of Pakistan



出典：JICA 調査団作成

図 3.6-4 Indus 流域概要

表 3.6-18 Indus 流域その他構造物

名称	概要
Tarbela Dam	世界最大級の Earth and Rock Filled Dam で、1976 年に完成。発電、灌漑、水道等の多目的ダム。堤高：143m、堤頂長：2,743m、堤体積：127,908 千 m ³ 、貯水池容量：13,687 百万 m ³ 。
Jinnah Barrage	1946 年に完成。平均 283m ³ /s の取水流量で、42 門（各幅 18.2m）のゲートを有する。堰延長：1,152m、設計流量：26,898 m ³ /s。
Chashma Barrage	1971 年に完成。52 門（各幅 18.0m）のゲートを有する。堰延長：1,084m、設計流量：26,901 m ³ /s（+20%の余裕）。
Taunsa Barrage	1958 年に完成。65 門（各幅 18.0m）のゲートを有する。堰延長：1,325m、設計流量：31,149 m ³ /s。（2008 年に JICA の無償資金協力で改修工事を実施）
Guddu Barrage	1962 年に完成。64 門（各幅 18.0m）のゲートを有する。堰延長：1,355m、設計流量：33,980 m ³ /s。
Sukkur Barrage	1932 年に完成。66 門（各幅 18.0m）のゲートを有する。堰延長：約 1,400m、設計流量：25,486 m ³ /s。
Kotri Barrage	1955 年に完成。44 門（各幅 18.0m）のゲートを有する。堰延長：約 1,600m、設計流量：24,780 m ³ /s。

出典：Task-A_Development of NFPP-IV and PC-1

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

ADB 支援（Flood Protection Sector Project）や自国（NFPP）等により部分的な整備を実施中である。また、堤防の整備率は高いが、無堤区間、河岸侵食や堤防高不足の課題があり、NFPP-IV においても優先的に堤防整備へ投資しようとしているが、資金不足等の理由から事業実施は遅れている。

② M/P 策定・改訂の必要性・緊急性

流域としての M/P は策定されていない（NFPP-IV にて部分的な区間の M/P 策定との記述あり）。包括的な M/P 策定が必要である。

③ 日本の支援の必要性・有効性

WB（NFPP-IV）、ADB（FPSP）の支援はあるが、部分的である。

表 3.6-19 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.6-19 Indus 流域における補助指標の評価

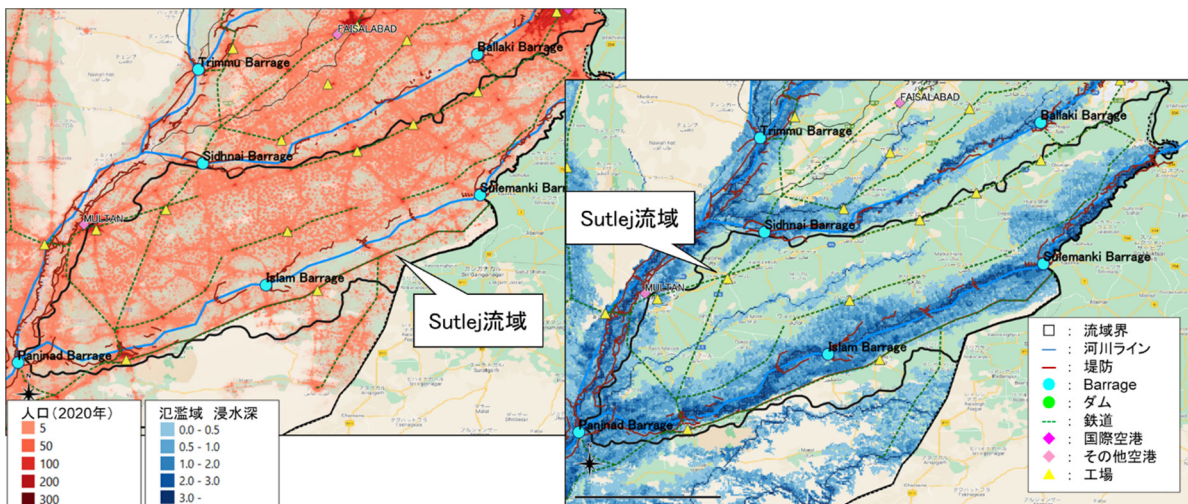
補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	○
② M/P 策定・改訂の必要性・緊急性	◎
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	流域内 GDP が高く優先流域に選定

出典：JICA 調査団作成

2) Sutlej (Indus 支川)

Sutlej 流域の概要を以下に示す。

- ・ パキスタンの主要河川
- ・ 流域面積：31,150 km²、氾濫域面積：14,700 km²、氾濫域内人口：1,050 万人、氾濫域内 GDP：10,960 Million USD（全国 GDP の 4.64%）
- ・ 2 基の堰、5 橋の道路橋、1 橋の鉄道橋が横断する。河川沿いには道路、鉄道が存在し、流域内には工場が存在する。
- ・ 堤防延長：河川延長 560km に対して築堤延長 360km（両岸）⁵⁰。



出典：JICA 調査団作成

図 3.6-5 Sutlej 流域概要

⁵⁰ Task-A_Development of NFPP-IV and PC-1、Annex 3 Design Criteria、Table 3.1: Lengths of Major Rivers and Embankments in the Four Provinces of Pakistan

表 3.6-20 Sutlej 流域その他構造物

名称	概要
Suleimanki Barrage	Suleimanki Barrage による取水量が減少した。また施設の老朽化により、1998 年より調査、F/S (2005 年)、D/D (2009 年) が実施され、補修工事が計画されている。設計流量は 9,203 m ³ /s (構造物設計は 100 年確率洪水に対応)
Islam Barrage	Sutlej Valley Project (SVP) で 1927 年に完成。Indus Water Treaty の設立以降、インド側の貯水により、Islam Barrage から Mailsi canal への取水が不可となった。また施設の老朽化により、1998 年より調査、F/S (2003 年)、D/D (2009 年) が実施され、補修工事が計画されている (設計は 100 年確率洪水に対応)。
Mailsi Syphon	1965 年に、Islam barrage から約 32km 下流に建設された。サイフオンの延長は 439 m、設計流量は 147 m ³ /s で、断面は 4.83m x 4.83m の 4 連のボックス。
Panjnad Barrage	Sutlej 川と Chenab 川の直下流に位置し、1932 年に建設された。設計流量は 19,822 m ³ /s。構造物としての 100 年の耐久性を持たせるため、また 100 年確率洪水 24,494m ³ /s の流下能力を持たせるため、Panjnad Barrage の改築工事が計画されている。

出典：Task-A_Development of NFPP-IV and PC-1、Annual Flood Report 2010

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

ADB 支援 (Flood Protection Sector Project) や自国 (NFPP) 等により部分的な整備を実施中。パキスタンの主要河川である。また、無堤区間、河岸侵食や堤防高不足の課題があり、NFPP-IV でも優先して投資しようとしているが、資金不足等の理由から事業実施は遅れている。

② M/P 策定・改訂の必要性・緊急性

流域としての M/P は策定されていない。

③ 日本の支援の必要性・有効性

WB (NFPP-IV)、ADB (FPSP) の支援はあるが、部分的である。

表 3.6-21 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.6-21 Sutlej 流域における補助指標の評価

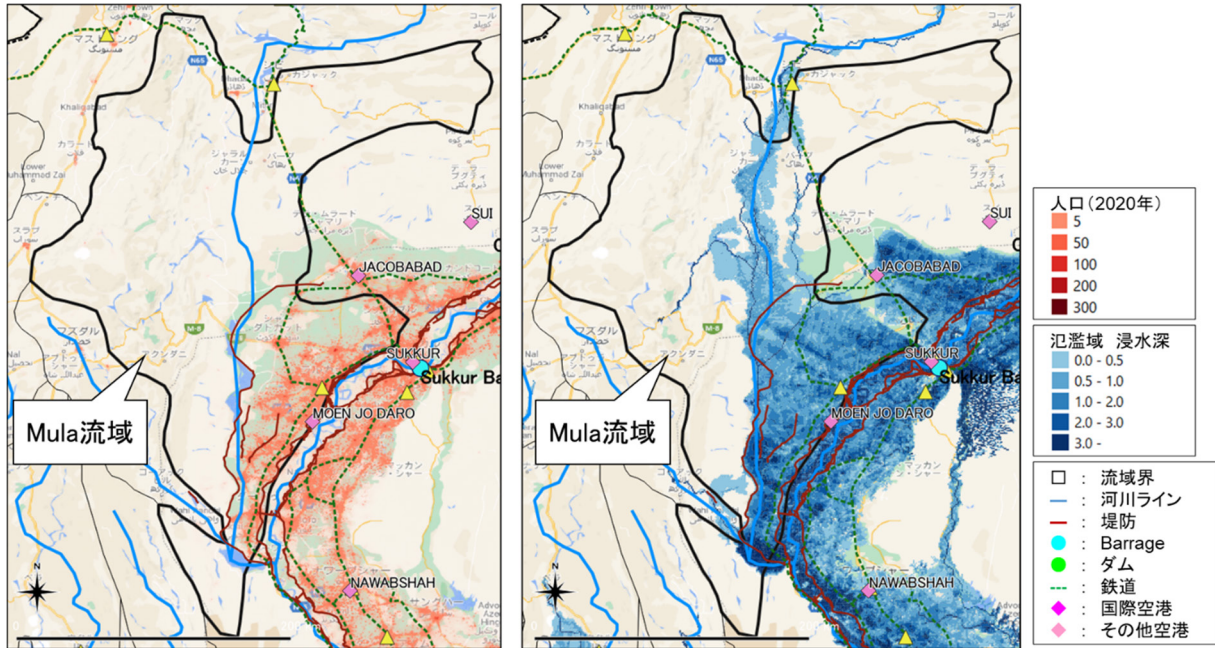
補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	◎
② M/P 策定・改訂の必要性・緊急性	◎
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	流域内 GDP が高く優先流域に選定

出典：JICA 調査団作成

3) Mula River (Indus 支川)

Mula 流域の概要を以下に示す。

- 流域面積: 51,430 km² 氾濫域面積: 15,170 km² 氾濫域内人口: 555 万人 氾濫域内 GDP: 5,790 Million USD (全国 GDP の 2.45%)
- Mula 川における河川構造物の情報は、表 3.6-22 に示す堤防工事のみ。



出典：JICA 調査団作成

図 3.6-6 Mula 流域概要

表 3.6-22 Mula 流域の河川構造物

事業名	構造物	建設年	築堤延長	構造物の状態
Hassol Mule Flood Protection Bund	Embankment / Bund	1993 年	0.9km	Damaged
Flood Protection Bund dhori distributary along kirther canal	Embankment / Bund	1988 年	22.86km	In Progress
Flood Protection Bund Jhal Magsi Town	Embankment / Bund	2008 年	5.0km	Intact
Flood Protection of Gandawah Town	Embankment / Bund	2010 年	2.5km	Damaged
Flood Protection Bund of Saifabad Village	Embankment / Bund	2011 年	4.0km	Intact

出典：Task-B Inventory of Flood Works, Benefit, Evaluation of NFPP-IV and PC-1, Annex 3.4

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

自国（NFPP）等により整備を実施中であるが限定的である（築堤延長：35km）。

② M/P 策定・改訂の必要性・緊急性

M/P 策定に関する情報はないが、他流域の状況から流域としての M/P は策定されていないと想定される。

③ 日本の支援の必要性・有効性

WB（NFPP-IV）支援はあるが、部分的である。

表 3.6-23 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.6-23 Mula River 流域における補助指標の評価

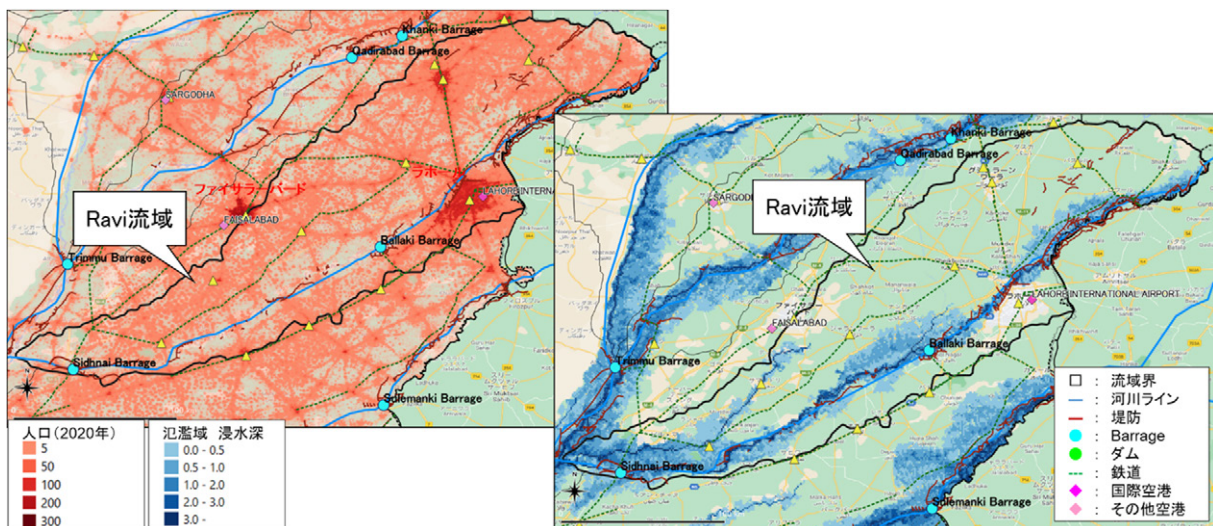
補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	◎
② M/P 策定・改訂の必要性・緊急性	◎
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	流域内 GDP が高く優先流域に選定

出典：JICA 調査団作成

4) Ravi (Indus 支川)

Ravi 流域の概要を以下に示す。

- パキスタンの主要河川。
- 流域面積：24,350 km²、氾濫域面積：6,250 km²、氾濫域内人口：503 万人、氾濫域内 GDP：5,250 Million USD（全国 GDP の 2.22%）
- 河川沿いには道路、鉄道が存在し、流域内には空港や工場が存在する。Lahore には、ホンダの日系自動車工場が存在する。流域内の主要都市としては、州都 Lahore（パキスタン第 2 の都市）があり、Faisalabad（パキスタン第 3 の都市）の一部が含まれる。
- 堤防延長：河川延長 650km に対して築堤延長 450km（両岸）⁵¹。
- Ravi 川上流域のインド国内には Thein Dam が存在している。パキスタン内に存在するその他河川構造物は表 3.6-24 の通りである。



出典：JICA 調査団作成

図 3.6-7 Ravi 流域概要

⁵¹ Task-A_Development of NFPP-IV and PC-1、Annex 3 Design Criteria、Table 3.1: Lengths of Major Rivers and Embankments in the Four Provinces of Pakistan

表 3.6-24 Ravi 流域その他構造物

名称	概要
Balloki Barrage	1913年に完成。その後、取付水路の改修に伴う取水施設の改修、減勢工や水叩き工の改修を繰り返し、現在に至る。設計流量は10,760 m ³ /sであり、これは100年確率洪水流量を満足する。
Sidhnai Barrage	Indus Basin Project で、1965年に完成（現状から13km下流にあった堰を移設）。15門（各幅12.19m）のゲートを有する。堰延長：217m（堰柱幅は2.44m）、設計流量：4,248 m ³ /s。
Ravi Syphon	1952年に、インド国内のMadhopur headworksから約73km下流に建設された。サイフオンの設計流量は137 m ³ /s。1955年のRavi河川改修工事に伴い、Ravi Syphonの一部も改築工事を行った。

出典：Task-A_Development of NFPP-IV and PC-1、Annual Flood Report 2010

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

ADB 支援（Flood Protection Sector Project）や自国（NFPP）等により部分的な整備を実施中。パキスタンの主要河川である。また、無堤区間、河岸侵食や堤防高不足の課題があり、NFPP-IV でも優先して投資しようとしているが、資金不足等の理由から事業実施は遅れている。

② M/P 策定・改訂の必要性・緊急性

流域としての M/P は策定されていない。

③ 日本の支援の必要性・有効性

WB（NFPP-IV）、ADB（FPSP）の支援はあるが、部分的である。

表 3.6-25 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.6-25 Ravi 流域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	◎
② M/P 策定・改訂の必要性・緊急性	◎
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	流域内 GDP が高く優先流域に選定

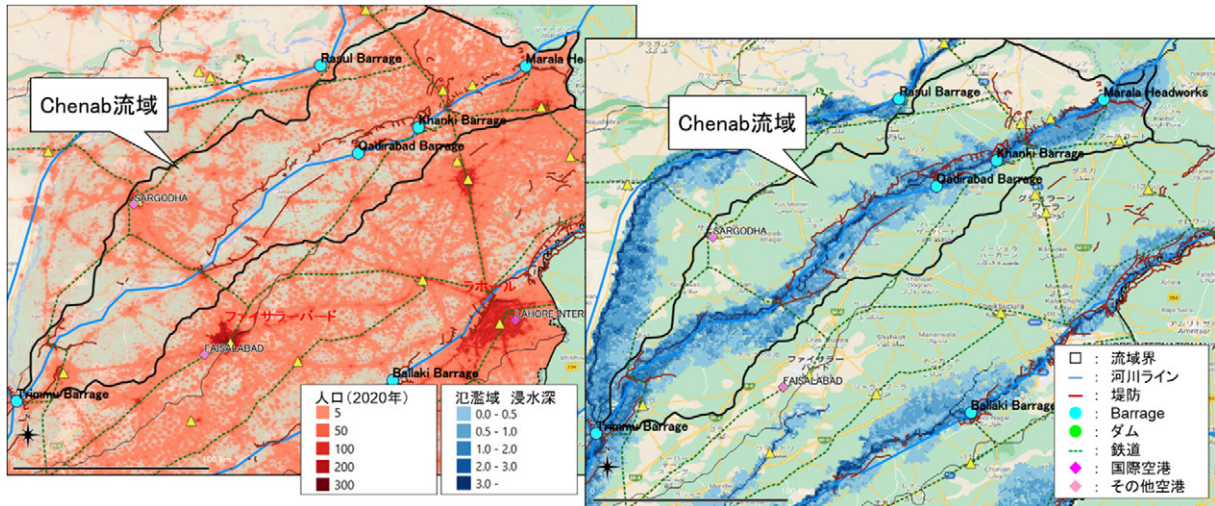
出典：JICA 調査団作成

5) Chenab (Indus 支川)

Chenab 流域の概要を以下に示す。

- ・ パキスタンの主要河川。
- ・ 流域面積：15,620 km² 氾濫域面積：5,600 km² 氾濫域内人口：402 万人 氾濫域内 GDP：4,200 Million USD（全国 GDP の 1.78%）。
- ・ 河川沿いには道路、鉄道が存在し、流域内には空港や工場が存在する。
- ・ 堤防延長：河川延長 650km に対して築堤延長 1,120km（両岸）⁵²。

⁵² 出典：Task-A_Development of NFPP-IV and PC-1、Annex 3 Design Criteria、Table 3.1: Lengths of Major Rivers and



出典：JICA 調査団作成

図 3.6-8 Chenab 流域概要

表 3.6-26 Chenab 流域その他構造物

名称	概要
Marala Barrage	最初に Marala Barrage が建設されたのは 1912 年で、設計流量は 19,800 m ³ /s であった。1968 年に旧 Marala Barrage から 344m 下流の現在の位置に改築され、堰本体は 3 つのセクションに分けられる (Left Section : 13 門、Right Section : 7 門、Central Section : 46 門、各門扉幅は 18.3m)。設計流量は 31,150 m ³ /s。
Khanki Barrage	1892 年に建設され、パキスタンの灌漑施設 (頭首工) の中で最も古く、設計流量は 22,653 m ³ /s。建設から 120 年以上経過し、老朽が著しい。洪水時の流下能力の向上と、安定した灌漑流量の確保のため、既存 Khanki Barrage から 274m 下流に取付堤防の建設を含め、「New Khanki Barrage Construction Project」が実施中である。(設計流量は 31,148 m ³ /s)
Qadirabad Barrage	1968 年に工事が発注され、設計流量は 25,485 m ³ /s。1992 年の洪水時には設計流量以上のピーク流量 (26,844 m ³ /s) が記録され、堰への取付堤防が損傷した。
Trimmu Barrage	Trimmu Barrage は、Jhelum 川と Chenab 川の下流地点に 1939 年に建設された。設計流量は 18,265 m ³ /s であるが、流向が堰軸に対して直角でないため、有効流量は 16,800 m ³ /s と見積もられている。1959 年の洪水時には設計流量以上のピーク流量 (26,700 m ³ /s) が記録された。100 年確率洪水 24,777m ³ /s の流下能力を持たせるため、Trimmu Barrage の改築工事が計画されている。

出典：Task-A_Development of NFPP-IV and PC-1、Annual Flood Report 2010

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

ADB 支援 (Flood Protection Sector Project) や自国 (NFPP) 等により部分的な整備を実施中。パキスタンの主要河川である。また、無堤区間、河岸侵食や堤防高不足の課題があり、NFPP-IV でも優先して投資しようとしているが、資金不足等の理由から事業実施は遅れている。

② M/P 策定・改訂の必要性・緊急性

流域としての M/P は策定されていない (NFPP-IV にて部分的な区間の M/P 策定との記述あり)。包括的な M/P 策定が必要である。

③ 日本の支援の必要性・有効性

WB (NFPP-IV)、ADB (FPSP) の支援はあるが、部分的である。

表 3.6-27 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.6-27 Chenab 流域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	◎
② M/P 策定・改訂の必要性・緊急性	◎
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	流域内 GDP が高く優先流域に選定

出典：JICA 調査団作成

6) Kabul (Indus 支川)

Kabul 流域の概要を以下に示す。

- 流域面積：39,083 km² 氾濫域面積：1,078 km² 氾濫域内人口：192 万人 氾濫域内 GDP：2,005 Million USD（全国 GDP の 0.85%）。
- 河川沿いには道路、鉄道が存在する。

表 3.6-28 Kabul 流域その他構造物

名称	概要
Warsak Dam	1960 年に完成したコンクリート重力式ダム（水力発電ダム）。堤高：76.2m、堤頂長：140.2m、設計流量：15,291 m ³ /s。

出典：http://www.wapda.gov.pk/htmls/pgeneration-dam-warsak.html、Annual Flood Report 2010 (FFC)

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

ADB 支援 (Flood Protection Sector Project) や自国 (NFPP) 等により部分的な整備を実施中（築堤延長は不明）。

② M/P 策定・改訂の必要性・緊急性

流域としての M/P は策定されていない (NFPP-IV にて部分的な区間の M/P 策定との記述あり)。包括的な M/P 策定が必要である。

③ 日本の支援の必要性・有効性

WB (NFPP-IV)、ADB (FPSP) の支援はあるが、部分的である。

表 3.6-29 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.6-29 Kabul 流域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	○
② M/P 策定・改訂の必要性・緊急性	◎
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	-

出典：JICA 調査団作成

7) Jhelum (Indus 支川)

Jhelum 流域の概要を以下に示す。

- ・ パキスタンの主要河川。
- ・ 流域面積：20,838 km² 氾濫域面積：3,508 km² 氾濫域内人口：168 万人 氾濫域内 GDP：1,756 Million USD（全国 GDP の 0.74%）。
- ・ 河川沿いには道路、鉄道が存在する。
- ・ 堤防延長：河川延長 360km に対して築堤延長 90km（両岸）⁵³。

表 3.6-30 Jhelum 流域その他構造物

名称	概要
Mangla Dam	1967 年に完成した Embankment Dam。発電、灌漑等の多目的ダム。堤高：147m、堤頂長：3,140m、堤体積：127,908 千 m ³ 、貯水池容量：9.12 km ³ 。
Rasul Barrage	1901 年に旧 Rasul Barrage が建設され、その後 1967 年に旧施設から 5.0km 下流に新 Rasul Barrage が建設された。設計流量：24,070 m ³ /s。

出典：Task-A_Development of NFPP-IV and PC-1、Annual Flood Report 2010

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

ADB 支援（Flood Protection Sector Project）や自国（NFPP）等により部分的な整備を実施中。パキスタンの主要河川である。河川延長 360km/築堤延長 90km。また、無堤区間、河岸侵食や堤防高不足の課題があり、NFPP でも優先して投資している。

② M/P 策定・改訂の必要性・緊急性

流域としての M/P は策定されていない（NFPP-IV にて部分的な区間の M/P 策定との記述あり）。包括的な M/P 策定が必要である。

③ 日本の支援の必要性・有効性

WB（NFPP-IV）、ADB（FPSP）の支援はあるが、部分的である。

表 3.6-31 に補助指標の評価結果を示す。

⁵³ 出典：Task-A_Development of NFPP-IV and PC-1、Annex 3 Design Criteria、Table 3.1: Lengths of Major Rivers and Embankments in the Four Provinces of Pakistan

表 3.6-31 Jhelum 流域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	◎
② M/P 策定・改訂の必要性・緊急性	◎
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	-

出典：JICA 調査団作成

8) Kurram (Indus 支川)

Kurram 流域の概要を以下に示す。

- ・ パキスタンの主要河川。
- ・ 流域面積：265,370 km² 氾濫域面積：94,000 km² 氾濫域内人口：4,082 万人 氾濫域内 GDP：42,590 Million USD（全国 GDP の 18.04%）。

表 3.6-32 Kurram 流域その他構造物

名称	概要
Kurram Tangi Dam	現在建設中のダム。ダムタイプは Concrete Faced Rock-fill Dam。発電、灌漑等の多目的ダム。堤高：98m、貯水池容量：1.48 km ³ 。

出典：Task-A_Development of NFPP-IV and PC-1

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

自国（NFPP）等により部分的な整備を実施中（築堤延長は不明）。

② M/P 策定・改訂の必要性・緊急性

NFPP-II にて 1990 年代に Hill Torrents の M/P 策定との情報あり（FFC と NESPAK により策定）。M/P の更新が必要である。

③ 日本の支援の必要性・有効性

WB（NFPP-IV）支援はあるが、部分的である。

表 3.6-33 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.6-33 Kurram 流域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	○
② M/P 策定・改訂の必要性・緊急性	◎
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	-

出典：JICA 調査団作成

9) Skardu (Indus 支川)

Skardu 流域の概要を以下に示す。

- 流域面積：17,809 km² 氾濫域面積：693 km² 氾濫域内人口：48 万人 氾濫域内 GDP：498 Million USD（全国 GDP の 0.21%）。

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

ADB 支援（Flood Protection Sector Project）や自国（NFPP）等により部分的な整備を実施中（築堤延長は不明）。

② M/P 策定・改訂の必要性・緊急性

流域としての M/P は策定されていない（NFPP-IV にて部分的な区間の M/P 策定との記述あり）。包括的な M/P 策定が必要である。

③ 日本の支援の必要性・有効性

WB（NFPP-IV）、ADB（FPSP）の支援はあるが、部分的である。

表 3.6-34 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.6-34 Skardu 流域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	○
② M/P 策定・改訂の必要性・緊急性	◎
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	-

出典：JICA 調査団作成

10) Soan (Indus 支川)

Soan 流域の概要を以下に示す。

- 流域面積：12,747 km² 氾濫域面積：196 km² 氾濫域内人口：14 万人 氾濫域内 GDP：144 Million USD（全国 GDP の 0.06%）。
- 河川沿いには多くの主要道路、鉄道が存在し、流域内には空港や工場が存在する。首都 Islamabad、主要都市 Rawalpindi が流域内に存在する。

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

自国（NFPP）等により部分的な整備を実施中（築堤延長は不明）。

② M/P 策定・改訂の必要性・緊急性

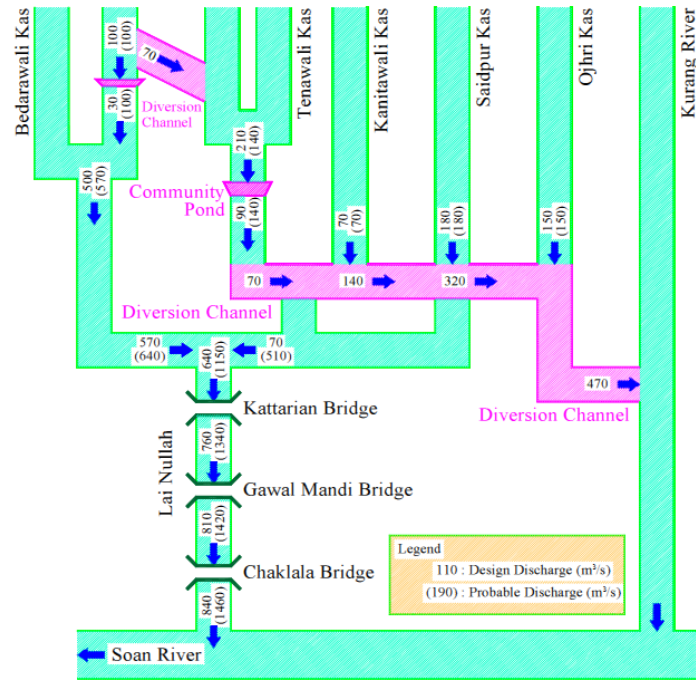
2003 年ライヌラー M/P 策定。NFPP-II にて 1990 年代に Hill Torrents の M/P 策定との情報あり。M/P の更新が必要である。

JICA マスタープラン調査の「ライ・ヌラー川流域総合治水計画（2003 年）」の概要は以下の通りである。

表 3.6-35 ライ・ヌラー川流域総合治水計画における段階的実施計画

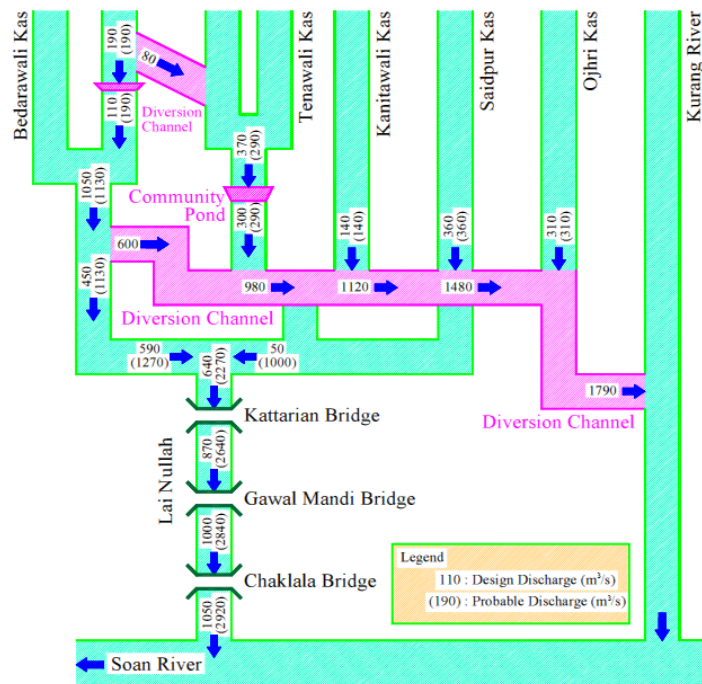
段階計画	目標計画規模	目標年次
緊急計画	不定	2005
短期計画	25-年確率	2007
長期計画	100-年確率	2012

出典：ライ・ヌラー川流域総合治水計画調査（2003年）



出典：ライ・ヌラー川流域総合治水計画調査（2003年）

図 3.6-9 ライ・ヌラー川流域総合治水計画における短期計画流量（25年確率）



出典：ライ・ヌラー川流域総合治水計画調査（2003年）

図 3.6-10 ライ・ヌラー川流域総合治水計画における長期計画流量（100年確率）

③ 日本の支援の必要性・有効性

WB (NFPP-IV) 支援があるが、首都圏の洪水対策については JICA が支援してきた経緯がある。

表 3.6-36 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.6-36 Soan 流域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	○
② M/P 策定・改訂の必要性・緊急性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	◎
総合評価	-

出典：JICA 調査団作成

(3) 5 流域の抽出

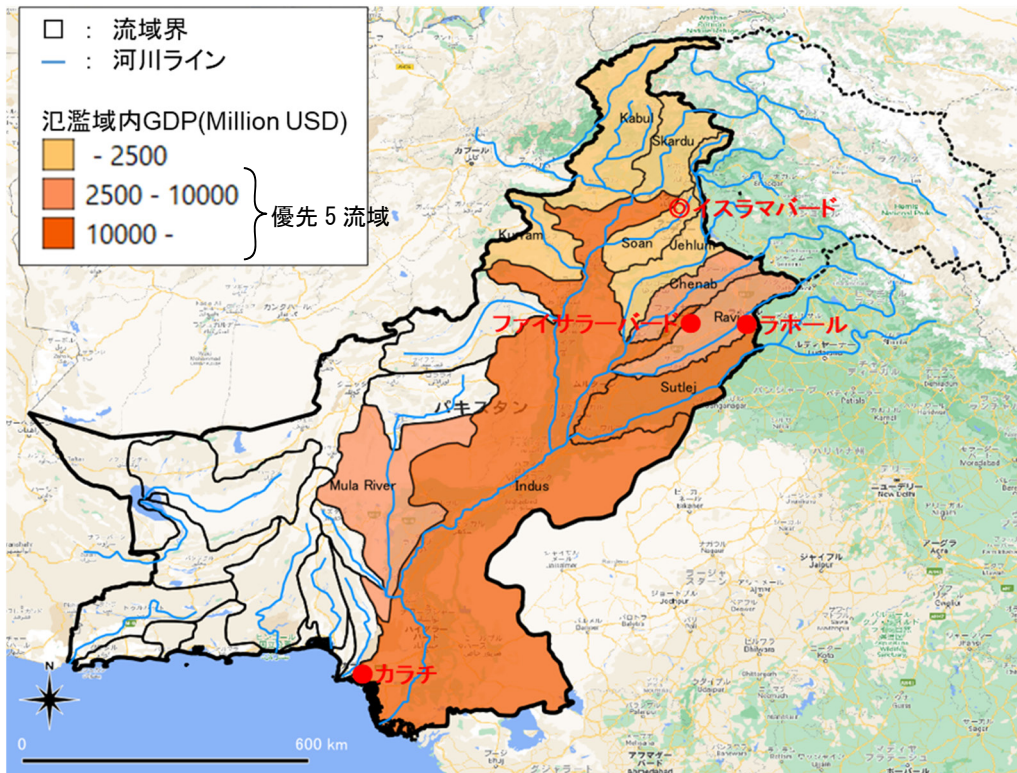
補助指標による検討を踏まえ、Indus、Sutlej、Mula River、Ravi、Chenab の 5 流域(図 3.6-11)を優先流域に選定した。選定結果を表 3.6-37 に示す。

表 3.6-37 3 次スクリーニング (5 流域の抽出) の結果

流域名	氾濫域内 GDP in2020 (Million USD)	2020 年 8 国 GDP に対する割合	評価	①既往事業の進捗からみた事業必要性	②M/P 策定・改訂の必要性・緊急性	③日本の支援の必要性・有効性
Indus	42,594.1	18.04	○	○ADB 支援 (Flood Protection Sector Project) や自国 (NFPP) 等により部分的な整備を実施中。 ◎主要河川。下流域で河川延長 840km/築堤延長 2,350km、上流域で河川延長 840km/築堤延長 710km。無堤区間、河岸侵食や堤防高不足の課題があり、NFPP でも優先して投資。	◎流域としての M/P は策定されていない。(NFPP-IV にて部分的な区間の M/P 策定との記述あり) 包括的な M/P 策定が必要。	○WB (NFPP-IV)、ADB (FPSP) の支援はあるが、部分的である。
Sutlej	10,957.6	4.64	○	○ADB 支援 (Flood Protection Sector Project) や自国 (NFPP) 等により部分的な整備を実施中。 ◎主要河川。河川延長 560km/築堤延長 360km。無堤区間、河岸侵食や堤防高不足の課題があり、NFPP でも優先して投資。	◎流域としての M/P は策定されていない。	○WB (NFPP-IV)、ADB (FPSP) の支援はあるが、部分的である。
Mula River	5,792.2	2.45	○	◎自国 (NFPP) 等により整備を実施中であるが、限定的である。(築堤延長は 35km)	◎M/P 策定に関する情報なし。他流域の状況から流域としての M/P は策定されていないと想定される。	○WB (NFPP-IV) 支援はあるが、部分的である。
Ravi	5,248.4	2.22	○	○ADB 支援 (Flood Protection Sector Project) や自国 (NFPP) 等により部分的な整備を実施中。 ◎主要河川。河川延長 650km/築堤延長 450km。無堤区間、河岸侵食や堤防高不足の課題があり、NFPP でも優先して投資。	◎流域としての M/P は策定されていない。	○WB (NFPP-IV)、ADB (FPSP) の支援はあるが、部分的である。
Chenab	4,195.4	1.78	○	○ADB 支援 (Flood Protection Sector Project) や自国 (NFPP) 等により部分的な整備を実施中。 ◎主要河川。河川延長 650km/築堤延長 1,120km。無堤区間、河岸侵食や堤防高不足の課題があり、NFPP でも優先して投資。	◎流域としての M/P は策定されていない。(NFPP-IV にて部分的な区間の M/P 策定との記述あり) 包括的な M/P 策定が必要。	○WB (NFPP-IV)、ADB (FPSP) の支援はあるが、部分的である。

流域名	氾濫域内 GDP in2020 (Million USD)	2020年 パ国 GDPに 対する割 合	評 価	①既往事業の進捗からみた 事業必要性	②M/P 策定・改訂の 必要性・緊急性	③日本の支援の 必要性・有効性
Kabul	2,005.4	0.85		○ADB 支援 (Flood Protection Sector Project) や自国 (NFPP) 等により部分的な整備を実施中。(築堤延長は不明)	◎流域としての M/P は策定されていない (NFPP-IV にて部分的な区間の M/P 策定との記述あり) 包括的な M/P 策定が必要。	◎WB (NFPP-IV)、ADB (FPSP) の支援はあるが、部分的である。
Jhelum	1,756.4	0.74		○ADB 支援 (Flood Protection Sector Project) や自国 (NFPP) 等により部分的な整備を実施中。 ◎主要河川。河川延長 360km/築堤延長 90km。無堤区間、河岸侵食や堤防高不足の課題があり、NFPP でも優先して投資。	◎流域としての M/P は策定されていない。(NFPP-IV にて部分的な区間の M/P 策定との記述あり) 包括的な M/P 策定が必要。	◎WB (NFPP-IV)、ADB (FPSP) の支援はあるが、部分的である。
Kurram	979.2	0.41		○自国 (NFPP) 等により部分的な整備を実施中。(築堤延長は不明)	◎NFPP-II にて 1990 年代に Hill Torrents の M/P 策定との情報あり。(FFC と NESPAK により策定) M/P の更新が必要。	◎WB (NFPP-IV) 支援はあるが、部分的である。
Skardu	497.7	0.21		○ADB 支援 (Flood Protection Sector Project) や自国 (NFPP) 等により部分的な整備を実施中。(築堤延長は不明)	◎流域としての M/P は策定されていない。(NFPP-IV にて部分的な区間の M/P 策定との記述あり) 包括的な M/P 策定が必要。	◎WB (NFPP-IV)、ADB (FPSP) の支援はあるが、部分的である。
Soan	144.4	0.06		○自国 (NFPP) 等により部分的な整備を実施中。(築堤延長は不明)	◎2003 年ライヌラー M/P 策定。NFPP-II にて 1990 年代に Hill Torrents の M/P 策定との情報あり。M/P の更新が必要。	◎WB (NFPP-IV) 支援はあるが、首都圏の洪水対策については JICA が支援してきた経緯がある。

出典：JICA 調査団作成



出典：JICA 調査団作成

図 3.6-11 優先 5 流域の位置図

本調査で選定された5流域は、Indus川本川および支川である。図 3.6-12 に NFFP-IV で提案されている事業実施箇所（候補地）を、また表 3.6-38 に事業計画の概要を示す。図 3.6-12 に示すように Indus 川沿川に事業実施予定地が多い。また、表 3.6-38 より構造物対策の Construction of Proposed Flood Protection Works が全体事業費の約 60%を占めており、河川工事の重要性が垣間見られる。



出典：JICA 調査団作成

図 3.6-12 NFFP-IV で提案されている事業実施箇所

表 3.6-38 NFFP-IV の事業計画

No.	Description	Estimated Cost (Rs. Mil.)	Ten Years Plan Period (Rs in Million)										
			Yr-1	Yr-2	Yr-3	Yr-4	Yr-5	Yr-6	Yr-7	Yr-8	Yr-9	Yr-10	
			PHASE-I					PHASE-II					
I	Structural Measures												
1	Construction of Proposed Flood Protection Works.	193,936	18,695	23,254	25,301	14,943	8,799	30,883	25,736	20,589	15,442	10,294	
2	Flood Management Structures Across Hill Torrents and Flood Generating Nullahs.	56,697	5,275	9,230	6,065	3,692	2,110	6,065	6,065	6,065	6,065	6,065	
3	Feasibility & Detailed Design Studies of Barrages and Hydraulic Structures.	1,500	900	600	0	0	0	-	-	-	-	-	
4	Master Planning, Feasibility Studies, and Detailed Designing Studies.	3,751	1,751	2,000	0	0	0	-	-	-	-	-	
5	Physical Hydraulic Model Study for Major Railway Bridges and Improvements of Existing Flood Protection Facilities of Pakistan Railway.	450	60	225	165	0	0	-	-	-	-	-	

No.	Description	Estimated Cost (Rs. Mil.)	Ten Years Plan Period (Rs in Million)									
			Yr-1	Yr-2	Yr-3	Yr-4	Yr-5	Yr-6	Yr-7	Yr-8	Yr-9	Yr-10
			PHASE-I					PHASE-II				
6	Physical Hydraulic Model Study for Selected Reaches of Major Rivers.	200	120	80	0	0	0	-	-	-	-	-
7	Measures for GLOFs & Land Sliding in Hilly Areas.	1,000	150	300	330	140	80	-	-	-	-	-
8	Remodeling & Proper Maintenance of Drainage System in Lower Indus.	9,763	4,796	4,655	312	0	0	-	-	-	-	-
9	Coastal Flood Protection Works.	1,622	114	406	646	406	50	-	-	-	-	-
10	Flood Mitigation, Channelization and Execution of the Lai Nullah Project (only Flood Component).	16,000	6,000	10,000	0	0	0	-	-	-	-	-
11	Studies for Proper Town Planning in Future and Improving the Existing Storm Drainage System of Urban Areas.	1,000	100	250	300	200	150	-	-	-	-	-
12	Provision of Annual Funds under Provincial ADPs for Flood Fighting Activities during Flood Season and Procurement & Repair of Flood Fighting Equipment & Machinery under PIDs.	5,000	500	500	2,250	1,000	750	-	-	-	-	-
Sub-Total (I)		290,919	38,460	51,500	35,368	20,382	11,939	36,948	31,801	26,654	21,507	16,360
II Non-Structural Measures												
1	Up-gradation & Expansion in the Existing Flood Forecasting and Warning System of PMD.	14,000	1,100	1,176	901	750	578	3,345	3,098	2,100	950	-
2	Up-gradation, Installation and Expansion in the Existing Gauging System of WAPDA.	2,297	927	820	420	100	30	-	-	-	-	-
3	Study to be Conducted for Removal of Encroachments in major Rivers & Hill Torrents and Procurement of LiDARs.	750	405	345	0	0	0	-	-	-	-	-
4	Study and Implementation Cost for Development of Watershed Management in Upper Catchment Areas of Rivers & Hill Torrents.	4,500	400	1,250	1,950	750	150	-	-	-	-	-
5	Disaster Management Activities by NDMA, Rescue and Relief.	18,320	1,500	1,700	1,500	1,000	800	2820	2,600	2,218	2,100	2,081
6	Study for Drought Management	50	50	0	0	0	0	-	-	-	-	-
7	Feasibility/Technical Studies for Ramsar Sites.	30	15	15	0	0	0	-	-	-	-	-

No.	Description	Estimated Cost (Rs. Mil.)	Ten Years Plan Period (Rs in Million)									
			Yr-1	Yr-2	Yr-3	Yr-4	Yr-5	Yr-6	Yr-7	Yr-8	Yr-9	Yr-10
			PHASE-I					PHASE-II				
8	Capacity Building for All Institutions Dealing with Flood Management in the Country.	1,380	50	285	490	345	210	-	-	-	-	-
Sub-Total (II)		41,327	4,446	5,590	5,260	2,946	1,770	6,165	5,700	4,317	3,051	2,081
Total (I+II)		332,246	42,906	57,090	40,628	23,329	13,709	43,113	37,501	30,971	24,558	18,441

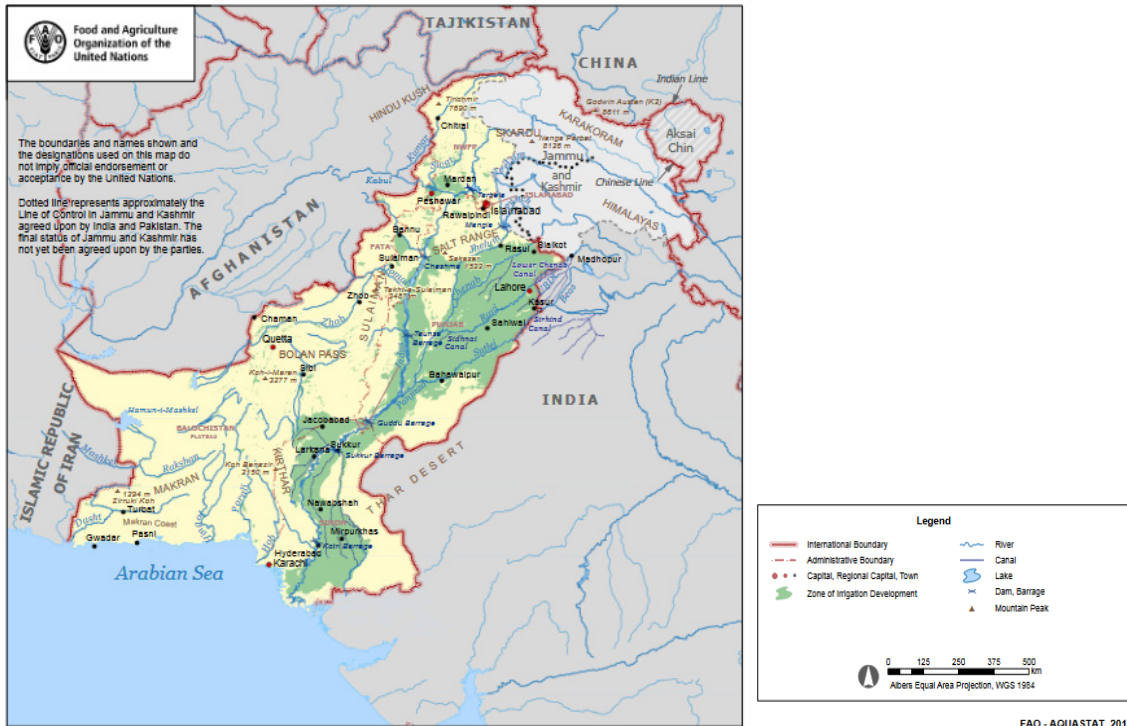
出典：Development of National Flood Protection Plan-IV

3.6.9. 治水対策の方向性

(1) 全国の流域概要

パキスタンは東南アジアに位置し、周囲の国境をインド、アフガニスタン、イラン、中国と接している。国土は日本の約2倍あり、Sindh州、Punjab州、Balochistan州、北西辺境州から構成されている。南北に1,500 kmと長く、標高差が大きいことから、地域により地形及び気象現象が多様であり、大雨、集中豪雨、洪水、土砂災害、サイクロン、干ばつ等様々な自然災害に見舞われている。亜熱帯性気候であり、7～8月のモンスーン期間（雨季）は高温多湿となる。パキスタンの中部地域は、モンスーン期にはインドから大雨や集中豪雨をもたらす雨雲が接近し、冬期には西方から接近する中緯度低気圧の接近経路となっている。これらの低気圧はパキスタン国内で北上し、しばしば北部地域において大雨や集中豪雨をもたらす。年間降水量は北部地域では1,500 mmを超え、サッカルを含むSindh州北部、Punjab州南部、Balochistan州西部は150 mm以下と非常に降水量が少ない地域であるが、少雨地域であってもモンスーン時や気象条件によっては非常に局所的な大雨や集中豪雨が発生している。

パキスタンを流れる最大の河川はIndus川であり、支川を含め川沿いでは紀元前より世界4大文明の一つとしてインダス文明が栄え、現在もパキスタン経済、特に国の最大農業生産であるPunjab州とSindh州の大穀倉地帯の重要な水の供給源であり、重工業を支え、パキスタンの飲料水の主な供給源となっている。また治水事業については、イギリス統治時代よりダム、堤防、堰等の河川施設が灌漑施設とともに整備されており、独立後もドナーによる支援や自国予算で河川整備が行われている。またIndus支川が含まれないBalochistan州西部については、降雨量が少なく洪水被害の規模や頻度はIndus本川・支川に比べると少ないが、局所的な大雨や集中豪雨が発生しており、NFPP-IVにより治水事業が計画されている。



FAO - AQUASTAT, 2011

出典：FAO-AQUASTAT, 2011

図 3.6-13 パキスタン国の位置図

(2) 優先流域の考え方

前述の通り、国土の大半は、Indus 川流域の扇状地であり、優先 5 流域は Indus 川流域の本川もしくは支川である。このため選定された流域に対して個別の治水対策を講じるよりも、流域全体で対策を検討することが効果的であり、支川だけを考慮した検討ではなく本川の流量等との関係を考慮した検討が必要である。

(3) 治水対策の方向性

1) 流域一貫の治水計画の策定

本来、治水計画を含む水資源管理は上流から下流まで流域を一つの単位として検討されるべきものであるが、パキスタンでは地先の堤防、ダム、堰、橋梁等を洪水から守ることがそれぞれの管轄区域で重要視され、上流から下流まで一貫した流域規模で治水事業が実施されてこなかった。そのため上流の築堤が下流の洪水流量を却って増加させるなどの上下流のバランスを悪化させている可能性がある。Indus basin Floods, Mechanisms, Impacts, and Management, 2013 ADB においても、2010 年の洪水をレビューして、” No flood planning existed except for protection of main reservoirs and barrages.” と指摘している。

パキスタンで流域一貫の治水計画が行われてこなかった理由としては、以下が挙げられる。

- パキスタンでは河川等の自然資源は州に属するとされ、流域全体の一貫した洪水対策事業に関わる行政組織及び法制度が欠如し、州界及び県界を跨ぐ河川についての調整が十分でない。

- 国の経済活動を支える農業用の取水堰、橋梁等の重要構造物防御が重視されてきた。
- Indus 川やその大支川はあまりに大きく、解析や計画作成が技術的に困難であった。

これまで3次に亘って実施されてきた国家洪水防御計画（NFPP）は州から申請のあった小さなスキームの言わば寄せ集めであり（一件当たり 13.5 百万ルピー（約 8.7 百万円））、現在 FFC が進めようとしている NFPP-IV も同様である（パキスタンで作成された治水計画で唯一の例外として、2003 年に JICA が行った「パキスタン国ライヌラー川流域総合治水計画調査」がある）。

上流から下流まで俯瞰して、最適な治水対策を必要な場所で行うことが重要であり、統合的水資源管理の原則に従い、パキスタンでも、流域一貫の治水計画を策定する必要がある。

2) 既存堤防の強化・維持管理

本調査での優先流域については、堤防、堰、ダム等の河川構造物は比較的整備されているものの、イギリス統治時代の施設が大部分を締め、建設後に十分な維持管理が行われていないことや、建設後 100 年以上経つ施設も多く、老朽化が進んでいる。新規施設の整備に加え、既存施設の更新や強化、維持管理が重要となる。

特に堤防については、建設延長が長く洪水防御に対して大きく寄与する一方で、破堤による被害ポテンシャルは高い。

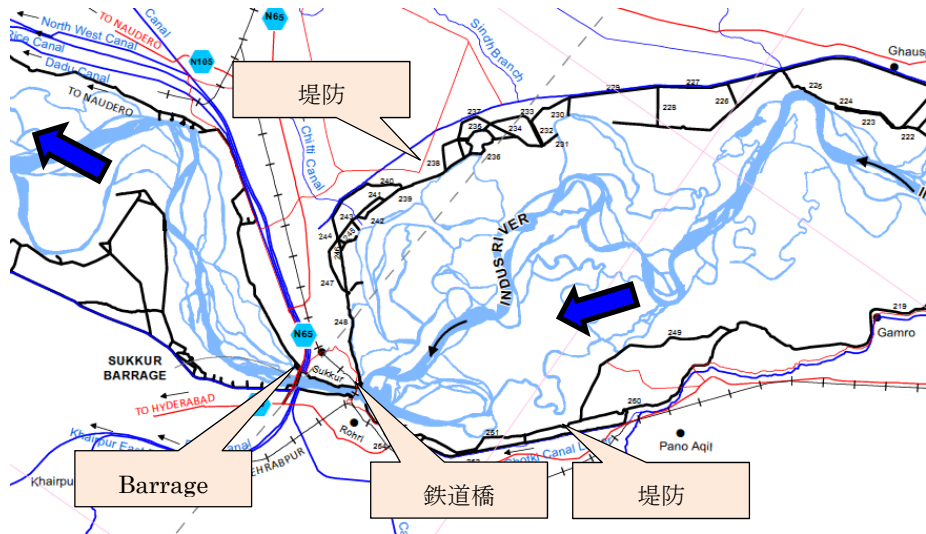
パキスタンの堤防について、破堤原因や現行の設計・施工・維持管理基準について以下に整理し、パキスタンの治水対策の方向性について検討する。

a) 既存堤防の破堤

2010 年洪水被害の主な原因は破堤であり、破堤理由として ①河岸侵食、②浸透による破壊（すべり破壊）が挙げられる。

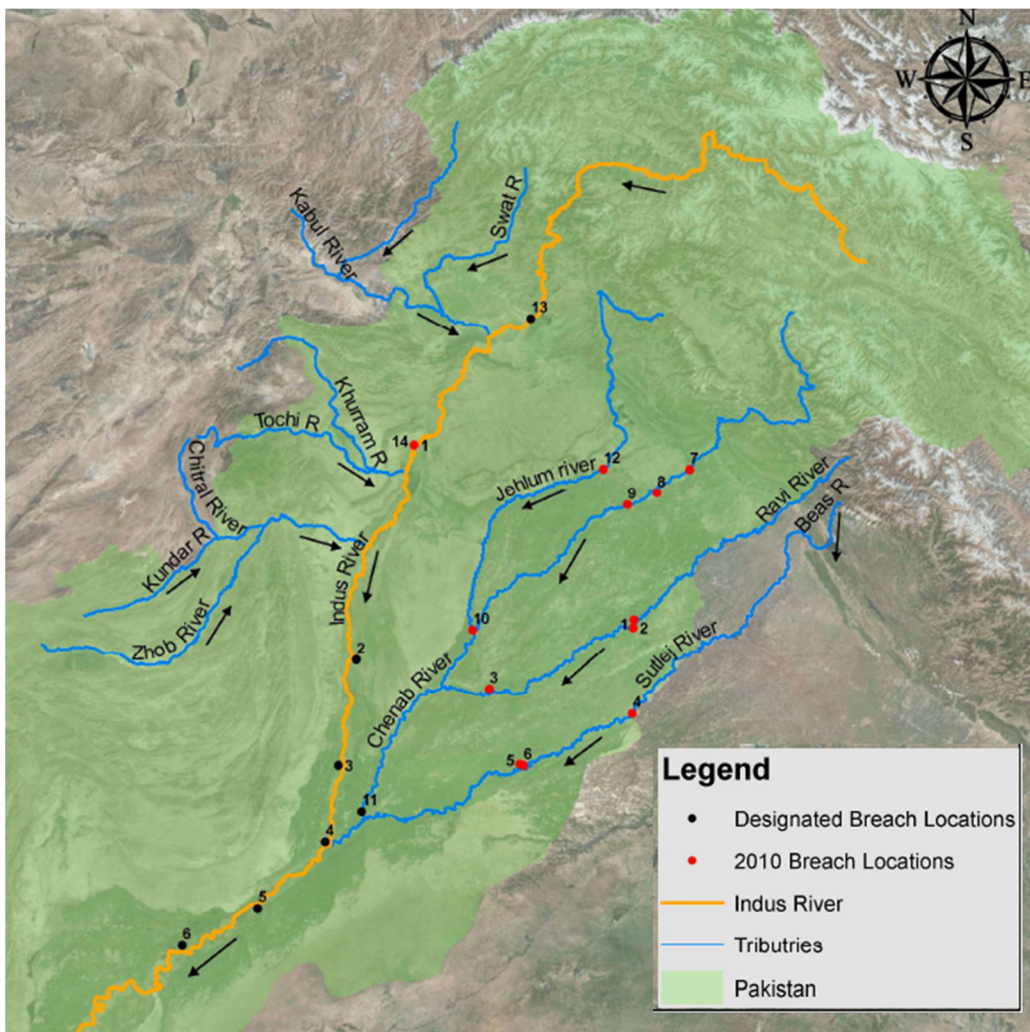
破堤箇所は主に河道が狭められる Barrage や橋梁の上流部、またはその下流部で発生している。満水に近い状態が数日間続き、侵食や浸透に土堤が耐えられず破堤に至ったことが推測される。

以上より、堤防の強化、適切な維持管理が求められる。



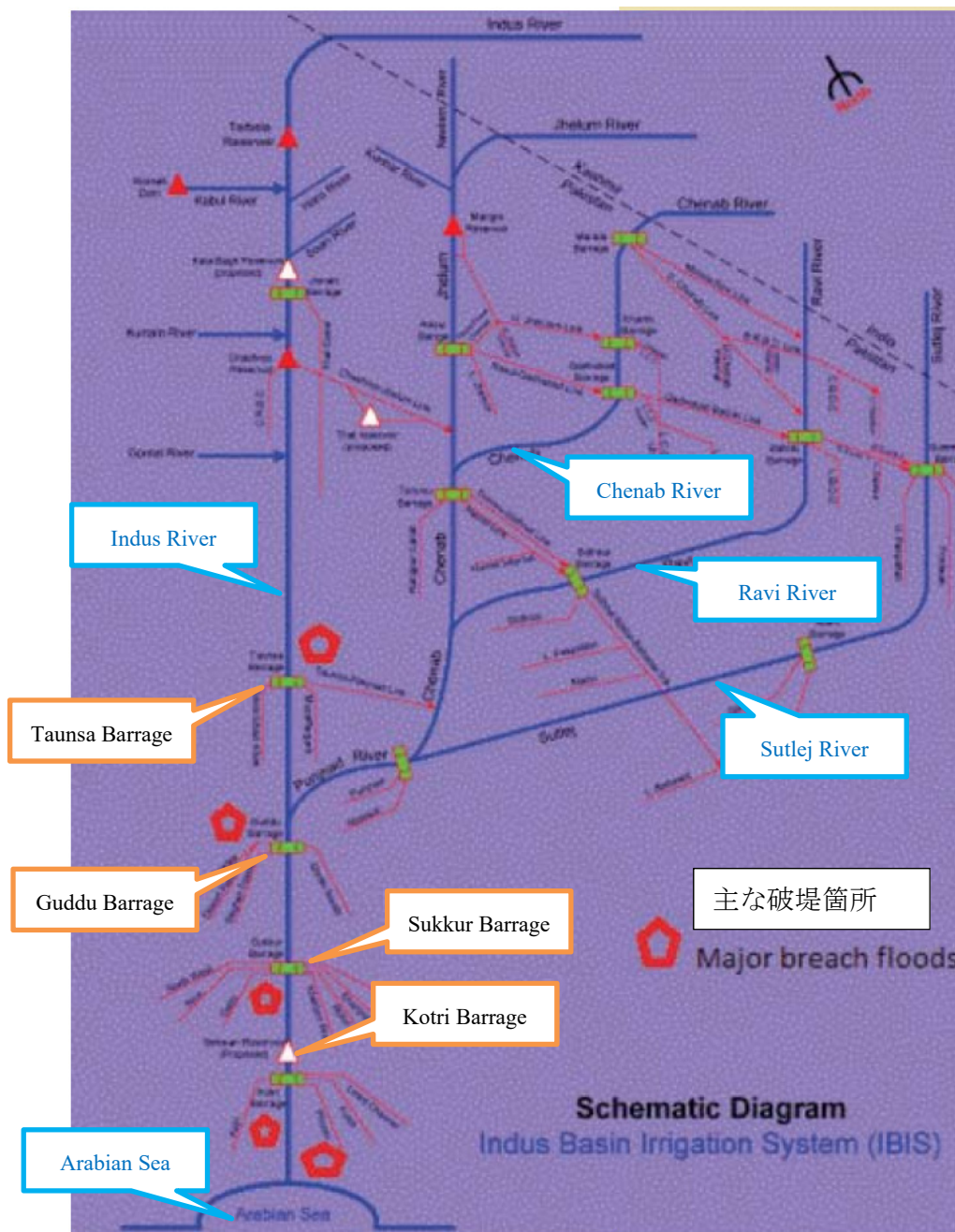
出典：Task-A Development of NFPP-IV and PC-1、Exhibits of National Flood Protection Plan IV

図 3.6-14 橋梁、Barrage 周辺図



出典：Task-C_Floodplain Mapping and Zoning, NFPP-IV, Annex-4

図 3.6-15 破堤箇所位置図 (1)



出典： https://www.preventionweb.net/files/submissions/31226_floodreport2010.pdf

図 3.6-16 破堤箇所位置図 (2)

b) 既往の堤防設計基準

過去の国家計画や治水事業、Province が作成した設計基準において、堤防の設計基準が示されている。画一的ではあるが、概ね適切な値が設定されている。

表 3.6-39 既往の堤防設計基準

Document	Year	Height of Bund	Freeboard (above HFL)	Top Width	Side Slope (V:H)		Hydraulic Gradient	Back Berm (Pushtha)	Stone Pitching
					River-side	Land-side			
NFPP-I	1978	HFL+FB	6.0 ft	20-25 ft	1:3	1:2	1:6 (assumed)	Min. 2 ft cover above HGL	For Severe wave wash damage
NFPP-II	1988	HFL+FB	USBR Approach	N.A	1:3	1:2	1:6 (assumed)	Min. 2 ft cover above HGL	For Severe wave wash damage
FPSP-I	1989	HFL+FB	6 ft (Indus/Chenab) 5 ft (Ravi)	25 ft (Ravi/Chenab) 30ft (Indus)	1:3	1:2	1:6 (assumed)	Min. 2 ft cover above HGL	For Severe wave wash damage
FPSP-II	2001	HFL+FB	6.0 ft	25 ft	1:3	1:2	1:6 (assumed)	Min. 2 ft cover above HGL	For Severe wave wash damage
Manual of Irrigation Practice, Punjab		HFL+FB	5.0 ft	16 ft	1:3	1:2	N.A	Min. 2 ft cover above HGL	For Severe wave wash damage
Bund Manual, Sindh	2008	HFL+FB	4.0 ft	20 ft	1:3	1:2	1:6 (assumed)	Min. 2 ft cover above HGL	For Severe wave wash damage
NFPP – National Flood Protection Plan, HFL – Highest Flood Level, HGL – Hydraulic Grade Line, FPSP – Flood Protection Sector Project, FB – Freeboard, N.A – Not Available									

出典：Task-A Development of NFPP-IV and PC-1, Annex 3 Design Criteria

c) NFPP-IV での堤防設計基準

NFPP-IV では、堤防設計について、以下の検討項目が記載されている。科学的な根拠により諸元決定や技術検討を行うことが記載されている。

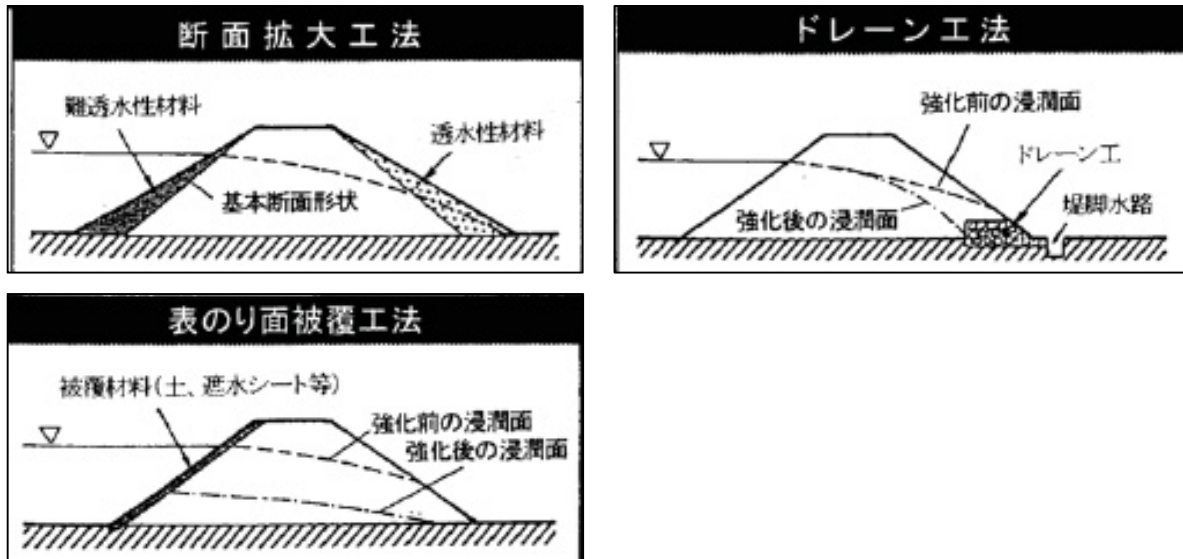
- 水理検討
- 堤防諸元検討（余裕高、天端幅、法面勾配、堤体内動水勾配等）
- 水制工設計
- 河岸侵食・洗堀検討
- 護岸工検討（石張り工）
- 地盤検討（土質調査（現場・室内）、地震時検討、浸透流解析、安定計算（円弧すべり計算）等）

【河岸侵食について】

水制工設計について基準があるものの、護岸工が石張り工に特化しており工種が少ないこと、堤体の吸出し防止に関して言及されていないこと、根固め工に関する情報が少ないこと等、河岸侵食対策については、まだ改善の余地があると考えられる。

【浸透による破壊（すべり破壊）について】

浸透流解析、安定計算（円弧すべり計算）に関する記述はあるが、その対策工については明確に言及されていない。下記のような日本で確立された対策工法は、パキスタンでも材料調達も可能で、適用が可能と考える。



出典：河川堤防の構造検討の手引き

図 3.6-17 堤防浸透破壊の対策工

d) 堤体材料や施工管理基準

Bund Manual, Sindh (2008)では、望ましい堤体材料について具体的な数字で示しているが、施工管理基準については、一般的な記述で留まっている。NFPP-IV においては、堤体材料や施工管理基準について具体的な数字では示していない一方で、締固め試験の頻度については明言している。また、いずれの基準でも堤体内部と外部で土質材料を使い分けること（内側：砂質土、外側：粘性土）が記載されている。

管理値が設定されておらず、設計者や施工業者の裁量に委ねられる。また堤体材料を内部・外部で使い分けることで、施工が煩雑になる可能性がある。

表 3.6-40 堤体材料や施工管理基準

項目	Bund Manual, Sindh (2008)	NFPP-IV	日本の基準 (河川土工マニュアル)
望ましい 堤体材料	<ul style="list-style-type: none"> It was recommended that sandy soils having 30% to 40% clay content may be used for construction of bunds and embankments. Sandy material should be placed inside and clayey material at the outer side of bund. 	<ul style="list-style-type: none"> Sand cores are sometimes provided in bunds and embankments when constructed of clay soils. In Pakistan bunds constructed with sandy soils are covered with a six inch to one feet thick layer of clay. 	<ul style="list-style-type: none"> 最大寸法は10～15cm以下（施工時のまき出し厚の制限から） 細粒分（0.075 mm以下）が土質材料の15%以上（不透水性を確保するため） 細粒分50%以下（乾燥時にクラックの入り危険性があるため）
施工管理基準	<ul style="list-style-type: none"> Proper compaction must be done carefully. Each layer must be consolidated thoroughly using rammers and rollers. 	<ul style="list-style-type: none"> The fill materials are spreaded at the location of structure in layers of specified thickness. Water is added and mixed thoroughly up to optimum moisture content. Compaction tests are performed to ensure the compaction of the fill. At least one test per layer per 500 ft length or as specified will be required. 	<ul style="list-style-type: none"> 平均締固め度: Dc=90%以上 締固め度品質下限値: Dc=80%

出典：Task-A Development of NFPP-IV and PC-1、Annex 3 Design Criteria および河川土工マニュアル

e) 維持管理

NFPP-IV では、既存堤防の点検項目について以下が記載されている。

- 現地調査準備（調査に必要な器具や、安全管理）
- 定期点検
- 年次点検
- 非出水期点検
- 特別点検
- 洪水時点検
- 洪水後点検
- 地震後点検
- 点検方法の詳細
- 点検時のチェックリストや調査報告シートのひな型

点検方法については、問題点、着目点、問題発生原因、問題点による今後の影響等が丁寧に記載されているが、工学的な視点が必要であり、適切に点検を行うためには、点検者のトレーニングが必要と考える。また緊急復旧工法についての記述が無く、点検後の対応は現場技術者に委ねられている。「Indus Basin Floods Mechanisms, Impacts, and Management, 2013, ADB」によると、“Province の Irrigation Engineer が Barrage や Embankment の維持管理を行っているが、十分なスキルが無いため、適切な管理ができていない” とある。

(4) 課題と提案

1) 課題

【課題①】

流域一貫の治水計画が策定されておらず、上下流のバランスを考慮した流域単位での治水整備事業が行われていない。

【課題②】

これまでの洪水被害の大きな原因の一つが堤防の破堤であり、堤防の維持管理・品質確保が十分でない。前述の堤防建設に係る各項目の課題を以下に整理する。

表 3.6-41 堤防建設に係る各項目の課題

項目	課題
河岸侵食対策	<ul style="list-style-type: none"> 護岸工が石張り工に特化しており工種が少ない 堤体の吸出し防止に関して言及されていない 根固め工に関する情報が少ない
浸透破壊対策	<ul style="list-style-type: none"> 浸透流解析、安定計算（円弧すべり計算）に関する記述はあるが、その対策工については明確に言及されていない
堤体材料や施工管理基準	<ul style="list-style-type: none"> 材料および施工管理基準の管理値が設定されておらず、設計者や施工業者の裁量に委ねられる 堤体材料を内部・外部で使い分けることで、施工が煩雑になる
維持管理	<ul style="list-style-type: none"> 適切に点検を行うためには工学的な視点が必要であり、点検者のトレーニングが必要 緊急復旧工法についての記述が無く、点検後の対応は現場技術者に委ねられている

出典：JICA 調査団作成

2) 提案

【提案①】

流域一貫の治水計画立案と、流域ごとの治水整備に係る支援

- 国土の大半は、Indus 川流域の扇状地であり、優先 5 流域のみならず、パキスタンの多くの河川は Indus 川流域の本川もしくは支川である。治水計画立案および治水事業実施にあたっては、支川だけを考慮した検討ではなく本川の流量等との関係を考慮した検討が必要である。
- 「パキスタン国ライヌラー川流域総合治水計画調査（2003 年 JICA）」を、パキスタン側の「流域一貫の治水計画」の理解の促進に積極的に活用する。
- 既存の調査「Flood Hazard Atlas, Strategic Strengthening of Flood Warning and Management Capacity of Pakistan, 2011-2019（UNESCO and JICA）」や「Development of National Flood Protection Plan-IV (NFPP-IV) and Related Studies to Enhance Capacity Building of Federal Flood Commission-FFC（NESPAK and DELTARES）」で開発された氾濫解析モデルを精査し、可能であれば活用する。

【提案②】

堤防強化・維持管理に関する技術移転

表 3.6-42 堤防強化・維持管理に関する技術移転の対象者および内容

項目	対象者	技術移転内容
堤防強化に関する技術移転	堤防建設・維持管理に係る関連機関（特に FFC、Province 職員等）	<ul style="list-style-type: none"> • 河岸侵食対策工（護岸形式、吸出し防止、根固め工等） • 浸透破壊（すべり破壊）対策工（断面拡大、ドレーン工法、表法面被覆等） • 堤体材料・施工管理基準
堤防維持管理に関する技術移転	堤防維持管理に係る関連機関（特に Province の Irrigation Engineer 等）	<ul style="list-style-type: none"> • 堤防点検 • 緊急復旧工法

出典：JICA 調査団作成

3.7. バングラデシュ

3.7.1. バングラデシュ国における国際支援の潮流

(1) JICA による支援

2018年2月時点での外務省の対バングラデシュ人民共和国国別開発協力方針においては、重点分野（中目標）として「社会脆弱性の克服」が掲げられており、そのなかで、災害予警報、河川管理等の防災・気候変動対策を実施することが記されている。また事業展開計画（2020年4月）では、「防災/気候変動対策」の事業として、ジャムナ川・パドマ川流域等を対象に現在実施中の「包括的河川管理に係る計画策定能力強化及び技術適応サイクル構築プロジェクト」等が掲げられている。

(2) 他ドナーによる支援

WB、ADB、UNDP およびオランダによる支援が実施完了または実施中である。

WB の Water Management Improvement Project⁵⁴（2008年～2016年）は、被災した水関連施設の復旧・維持管理に地域コミュニティの役割を組み込み、国レベルの関係機関の能力強化を通して国の水資源管理能力を強化することを目的とした。また現在実施中の Coastal Embankment Improvement Project⁵⁵（2013年～2022年）では、a)気候変動により悪化が予想される高潮による洪水等に対して防御される地域が拡大すること、(b)特定地域の塩害を軽減し農業生産を改善すること、(c)バングラデシュ政府の緊急時の対応能力を改善することである。

ADB はこれまで、Jamuna-Meghna River Erosion Mitigation Project (JMREMP)（2003～2011年）⁵⁶ および Main River Flood and Bank Erosion Risk Management Program⁵⁷（2012～2014年）を実施してきた。現在は、これらのプロジェクトの成果を受けて、Flood and Riverbank Erosion Risk Management Investment Program⁵⁸を実施中である。これらのプロジェクトでは、バングラデシュの主要河川であるジャムナ川、パドマ川等のプロジェクト地域の人々の所得と生活を維持するため、これら河川の流域における河岸侵食/洪水リスクの軽減を目的としている。

UNDP による支援としては、Comprehensive Disaster Management Programme I & II⁵⁹（2004年～2015年）が完了しており、自然災害・人為災害に対する包括的な防災・リスク管理、脆弱性の軽減のための技術支援を実施している。

オランダの支援としては、Blue Gold Program が 2013年より実施されており、沿海地域（Patuakhali, Khulna, Satkhira）を対象に、地域住民による持続可能な形での水管理の実現を目的に、堤防や排水システムの改善等を実施している。

⁵⁴ <https://projects.worldbank.org/en/projects-operations/project-detail/P040712>

⁵⁵ <https://projects.worldbank.org/en/projects-operations/project-detail/P128276>

⁵⁶ <https://www.adb.org/projects/34038-013/main>

⁵⁷ <https://www.adb.org/projects/44167-012/main>

⁵⁸ <https://www.adb.org/projects/44167-013/main>

⁵⁹ UNDRR COMPREHENSIVE DISASTER MANAGEMENT PROGRAMME (CDMP): PHASE TWO
<https://www.preventionweb.net/event/comprehensive-disaster-management-programme-cdmp-phase-two>

3.7.2. 治水に関する法制度・計画の現状整理・分析

法制度	<p><u>バングラデシュ水法と運用規則</u> (Bangladesh Water Law 2013, Bangladesh Water Rules, 2018)⁶⁰</p> <p>水資源の開発、利用、保全を定めた法律で、2018年に運用のための規則が承認された。これにより、水資源の利用者は利用認証を受けることが義務づけられるため、その実施のためのオンラインでの申請制度や地方事務所の整備などが進められている。オンライン申請は2020年6月運用開始予定である。BWDB (バングラデシュ水資源開発庁、Bangladesh Water Development Board under Ministry of Water Resources) はこれまでも申請していたが、民間企業やその他の公的機関は申請してなかったため、水利用の現状把握が進むことが期待される。</p> <p><u>バングラデシュ環境保全法および運用規則</u>(The Bangladesh Environment Conservation Act 1995, Environmental Conservation Rules 1997)⁶⁰</p> <p>1995年に制定された環境保全、環境基準、公害の防止・軽減について定めた法律で、その運用規則では開発事業等を実施する際の環境クリアランスの手続きが定められている。</p>
国家開発計画	<p><u>第7次5か年計画</u> (FY2016–FY2020)⁶⁰</p> <p>バングラデシュ国の国家開発計画指針であり、優先課題として「持続可能な発展のための災害や気候変動に対する強靱化」を掲げている。</p> <p><u>Vision 2021</u>⁶¹</p> <p>バングラデシュの現政権 (2015年3月現在) を担うアワミ連盟が2008年の総選挙に先立ち、マニフェストとしてまとめた文書。2021年 (独立後50年) までにバングラデシュを中所得国にするなどの目標が掲げられ、政府の文書ではないものの、各省の主要計画などにその考え方が反映されている。</p> <p><u>Perspective Plan (2010-2021)</u>⁶¹</p> <p>Vision 2021を実現するために計画委員会 (計画省総合経済局—General Economics Division, GEDが事務局) により2012年4月に策定された政府として最も基本となる長期計画である。</p>
国家防災計画	<p><u>デルタ・プラン2100</u> (Bangladesh Delta Plan 2100)⁶⁰</p> <p>バングラデシュ政府内では2018年9月に首相により、気候変動を考慮した利水・治水等を中心とした2100年までの計画「Bangladesh Delta Plan 2100」が承認された。Delta Plan 2100に記載されている各事業が技術に裏付けられた事業投資計画として、バングラデシュ政府により実施されていくことが重要である。</p>
地方防災計画	<p><u>災害業務規定</u> (Standing Orders on Disasters:SOD)⁶²</p> <p>2010年に制定され、各関係機関の災害リスク削減と緊急対応 (平時、警報時、発災時、復興段階) に関する役割が規定されている。</p> <p>このなかで、“地方防災計画に関する地方レベルの DMC (災害管理委員会) の役割”や“DDMの業務所掌”が含まれており、DDMの業務所掌としては、各種災害のハザードマップの作成等が記されている。</p>
洪水関連法	<p><u>BWDB法</u> (BWDB Act 2000)⁶⁰</p> <p>BWDBのミッションや組織体制を定めた法規で、組織体制として管理部門、計画部門、地方管理部門などの組織改編が行われた。また、この法によって洪水予測がBWDBの主管業務として位置づけられた。</p>
土地開発、都市計画関連法・計画	<p><u>ダッカ大都市圏計画および関連計画</u>⁶¹</p> <p>RAJUK (Rajdhani Unnayan Karttripakkha, バングラデシュ首都整備庁) により策定された計画である。RAJUKは、ダッカ大都市圏の計画と開発管理について責任を負っており、空間計画及び開発管理を行っている。開発管理は、The Town Improvement Act 1953 および The Town Improvement Act 1953 に基づく。</p>

⁶⁰ 包括的河川管理能力強化プロジェクト詳細計画策定調査報告書、JICA、2019年

⁶¹ 諸外国の国土政策・地域政策に係る動向分析及び支援方策等に関する調査、国交省国土政策局、2015年

⁶² 地方防災計画に関する地方レベルの DMC の役割 (p.23)、JICA

<p>統合水資源管理に係る法・計画</p>	<p><u>国家水政策</u> (National Water Policy: NWP, 1999) ⁶³</p> <p>1999年にMOWR(水資源省、Ministry of Water Resources)によって公表された。国家5か年計画の目標を達成するための、水分野での政策を掲げている。つまり、個人及び社会の利益に寄与する適正な水資源の開発及び管理のために、水利用・保全に対するガイドラインを示している。これには、水セクターの新しいパラダイムといえる分野が含まれている。水管理の分散化、費用分担と費用回収、私的セクターの参加、コミュニティ参加、過去の習慣に捕らわれない財務形態、新たな権利・義務・説明責任等である。</p> <p><u>国家水管理計画</u> (National Water Management Plan: NWMP, 1990) ⁶⁴</p> <p>1990年ごろから計画・実施されてきたFAP(全国洪水対策実施計画、Flood Action Plan)に引き続く、水管理の基本計画である。2002年7月現在、最終ドラフトは完成し、中央政府(首相が議長を務めるNational Water Resources Council)の最終承認を待つ段階にある。国家水政策に沿ったものであり、水資源計画局(Water Resources Planning Organization: WARPO)がコンサルタントを雇用して作成したものである。次の3目標を掲げている。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) バングラデシュ国の水資源の合理的管理及び有効利用 2) 公平な水利用、安全で確実な水利用及び健康的かつ衛生的な水利用による国民生活の質の改善 3) 多目的利用できるきれいで十分な量の水の確保及び水中・水辺の生態系保全
<p>気候変動に係る法・計画⁶⁵</p>	<p>2018年9月に首相により、気候変動を考慮した利水・治水等を中心とした2100年までの計画「Bangladesh Delta Plan 2100」が承認された。Bangladesh Climate Change Strategy and Action Plan 2009(BCCSAP2009)では、バングラデシュは世界中で最も気候に対し脆弱な国の一つであり、気候変動の影響で国土の脆弱性はさらに高くなり、洪水、サイクロン、高潮、渇水はより頻繁かつ過酷になると予測されている。ジャムナ川の沿川では洪水のリスクが高く、南東部コックスバザール周辺の河川では高潮やフラッシュフラッドのリスクが高いとされている。洪水時の河岸侵食については全ての河川で共通の課題であり農地や集落の流失や住民の移転等の被害をもたらすとされ、BCCSAP2009でも河岸侵食は自然災害の中でも主要な災害であると認識されている。このような認識に基づき気候変動に対するアクションプランとしての6つの柱の1つとして総合的な災害管理により災害管理体制を強化することが掲げられている。</p>

出典：JICA調査団作成

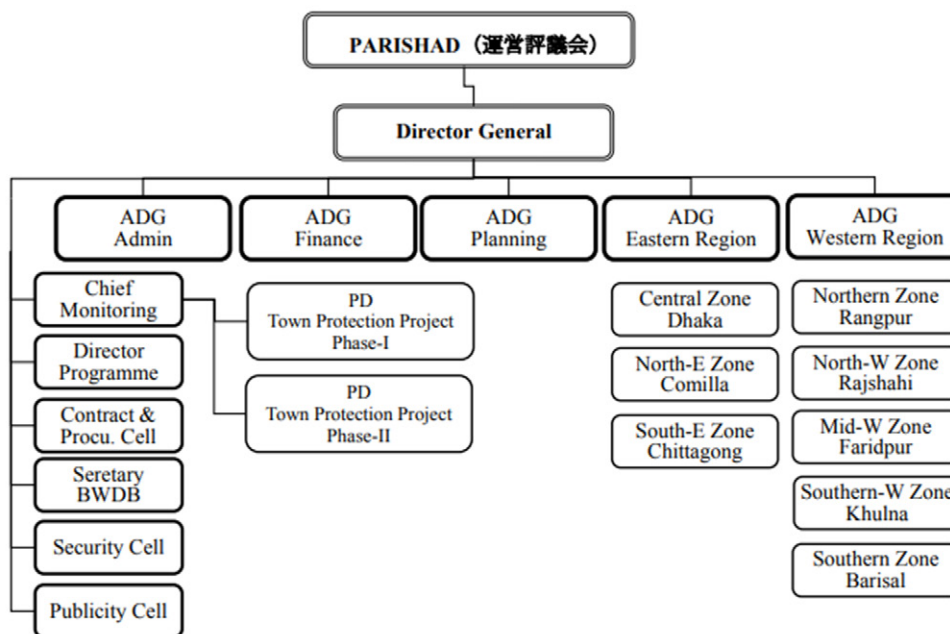
3.7.3. 治水に関する組織制度の現状整理・分析

バングラデシュにおいては、水資源省(Department of Water Resources)下のバングラデシュ水資源開発庁(Bangladesh Water Development Board : BWDB)が治水事業を所管する。BWDBの組織図を以下に示す。

⁶³ バングラデシュ洪水予警報システム計画調査 事前調査 (p.23)、JICA、2002年

⁶⁴ JICA バングラデシュ洪水予警報システム計画調査 事前調査、p.23

⁶⁵ JICA 包括的河川管理能力強化プロジェクト詳細計画策定調査報告書、pp.51～52



出典： Bangladesh 国災害対応・復旧体制強化事業準備調査 和文要約 p.2-38 2016年6月

図 3.7-1 治水に関連する組織体系図 (Bangladesh)

公表されている近年の予算額として、BWDB の新規事業予算(Development Budget)は 2018-19 会計年度の実績 (修正予算) で約 600 億タカ、2019-2020 会計年度以降は 700 億タカ前後で推移している。

表 3.7-1 治水対策に関連する機関の近年の予算⁶⁶ (Bangladesh : 単位 thousand Taka)

Financial Year		Operating	Development	Total
2018-19	Revised Budget	1661,13,90	6018,31,01	7679,44,91
2019-20	Revised Budget	1671,01,48	7098,58,00	8769,59,48
2020-21	Revised Budget	1764,62,25	7364,85,00	9129,47,25
2021-22	Budget	1955,66,00	6870,92,00	8826,58,00

出典： Bangladesh 政府 Demands for Grants and Appropriations 2021-22

BWDB の基礎情報を、JICA 既往案件の調査報告書等をもとに整理した結果を表 3.7-2 に整理した。

⁶⁶ Bangladesh 政府 Demands for Grants and Appropriations 2021-22

表 3.7-2 治水に関する組織の基礎情報

バングラデシュ水資源開発庁(BWDB) ⁶⁷	
概要および法規と権限	<p>水資源開発庁 (Bangladesh Water Development Board : BWDB) は、大規模灌漑排水事業、都市洪水防御事業等を任務とする現業官庁であり、水資源省の傘下の一事業実施機関である。また BWDB の現在の任務は、国家水政策 (National Water Policy : NWPo)、国家水管理計画 (National Water Management Plan : NWMP) に基づき遂行されること、BWDB 法 (BWDB Act 2000) により規定されている。</p> <p>BWDB の役割には、以下を含む (出典資料より抜粋)。</p> <p>〔ハード対策〕 河川改修、洪水調節、ダム・堤防等の構造物の建設、干拓・河口管理事業、海岸堤防の建設・維持管理、塩水侵入・砂漠化の防止、灌漑</p> <p>〔ソフト対策〕 洪水・渇水の予警報、主要河川システムにおける水位監視、水文データの収集、環境保全、利水者・利害関係者の組織化ならびに水事業計画策定</p>
実施体制・人員	<p>BWDB は、長官 (Director General : DG) の下に、総務 (Administration Wing)、財務 (Finance Wing)、企画 (Planning Wing)、東部地域と西部地域に分割されている維持管理 (O&M Wing (Eastern Region) / (Western Region)) の 5 部門があり、各部門を副長官 (Additional Director General : ADG) 1 名が所管するとともに、長官を補佐している。各部門は、更にそれぞれ複数の部を有している。District レベルの各事務所は、O&M Wings 下の下部組織として位置づけられている。BWDB の職員数は、7000 名程度である。</p>
予算	<p><u>治水対策関連予算⁶⁸</u></p> <p>BWDB の予算は、完成事業の維持管理や職員給与などの組織の運営に要する Revenue 予算(Operating 予算)と新規事業予算である Development 予算の 2 種類からなり、Development 予算は、「バ」国政府予算とドナーからの ODA 予算に分けられる。</p> <p><u>治水事業費の傾向分析⁶⁹</u></p> <p>河川管理は BWDB が管轄しており、新規事業予算は 2018-19 会計年度の実績 (修正予算) で約 600 億タカ、2019-2020 会計年度以降は 700 億タカ前後で推移している。</p>

出典：JICA 調査団作成

3.7.4. 洪水被害状況の整理

バングラデシュにおける過去の洪水被害の情報を表 3.7-3 および表 3.7-4 にとりまとめた。さらに過去の洪水を遡ると、バングラデシュでは 1954、1955、1974、1987、1988、1998、2004、2007 年に人命や資産の損失を伴う大きな洪水が発生しており、特に 1987、1988、1998、2004、2007 年の洪水において被害が甚大であった。1954 年から 2019 年までの 64 年間で最も洪水影響範囲の大きかった年は 1998 年であり、第二位は 1988 年、第三位は 2007 年である。主要な洪水被害の多くは 6 月～8 月に発生しており、モンスーン期の降雨を原因とするものである。また国土の 50% が標高 6m～7m 以下にあり、パドマ川 (上流のインド領内ではガンジス川)、ジョムナ川、メグナ川といった大河の氾濫域にあることから、洪水時の浸水範囲が広く、被災人口が非常に多いのがバングラデシュにおける洪水被害の特徴である。近年の洪水では 2020 年 6 月、2019 年 6 月および 2017 年 8 月の洪水で被災者数が 500 万人を超過している。特に 2020 年の洪水では、被害額は 5.0 億 US に達した。またモンスーン期の降雨以外の要因としては、サイクロンによる洪水被害がある。特に 2007 年のサイクロン Sidr は南部海岸部で

⁶⁷ バングラデシュ国災害対応・復旧体制強化事業準備調査 和文要約、JICA、2016 年

⁶⁸ 包括的河川管理能力強化プロジェクト詳細計画策定調査報告書 (p.78)、JICA、2019 年

⁶⁹ バングラデシュ政府 Demands for Grants and Appropriations 2021-22

の高潮被害を含め、甚大な被害をもたらした。2020年のサイクロン Amphan をはじめ、ベンガル湾周辺での強い勢力のサイクロンの発生が近年続いており、南部地域においてはサイクロンによる洪水・高潮被害のリスクが高い。

表 3.7-3 バングラデシュの近年の洪水

災害名	年月	死者数	被災者数	避難者数	家屋被害数	被災額 ('000 US\$)	重要インフラ被害	被害のあった流域
洪水	2021/7	21名	268744名					Chittagong Division
洪水	2020/6~ 2020/9	257名	5448271名			500000		Jamalpur, Kurigram, Gaibandha, and other provinces
地滑り	2019/7	2名	18000名					Chittagong Division
洪水	2019/6	114名	7600000名			75000		Kurigram, Gaibandha, Lalmonirhat, Chattogram, and other provinces
洪水	2018/6	14名						Chittagong Division
洪水	2018/5	21名	14000名					
洪水	2017/8	144名	8000000名			500000		Multiple locations
地滑り	2017/6	160名	80000名					Chittagong
洪水	2017/3		76725名			128000		Netrokona, Kishoreganj, Sunamganj, Moulvibazar, Sylhet
洪水	2016/7	106名	1900000名			150000		Multiple locations
洪水	2015/7	11名	10000名					Barisal, Chittagong, Khulna
地滑り	2015/7	7名	1000名					Chittagong
洪水	2015/6	20名	1381250名			40000		Chittagong
洪水	2014/9		400000名					Rajshahi, Dhaka, Rangpur, Chittagong
洪水	2014/8	59名	2800000名			160000		Rangpur, Rajshahi, Sylhet, Dhaka, Barisal, Chittagong
洪水	2012/9		250000名					Barisal, Dhaka, Rajshahi, Rangpur
洪水	2012/6	139名	5148475名					Chittagong, Sylhet
洪水	2011/7	10名	1570559名					Chittagong, Khulna, Rajshahi, Rangpur, Dhaka
地滑り	2011/7	17名						Chittagong
洪水	2010/10	15名	500000名					Chittagong, Khulna, Barisal
洪水	2010/6		75000名					Dhaka, Kurigram, Rangpur, Sylhet
地滑り	2010/6	66名	55130名					Chittagong

出典：EM-DAT⁷⁰に基づき JICA 調査団作成

⁷⁰ EM-DAT <https://public.emdat.be/data>

表 3.7-4 過去の洪水被害（バングラデシュ）

Year	Flood Affected area		Year	Flood affected area		Year	Flood affected area	
	Sq-Km	%		Sq-Km	%		Sq-Km	%
1954	36,800	25	1977	12,500	8	2000	35,700	24
1955	50,500	34	1978	10,800	7	2001	4,000	2.8
1956	35,400	24	1980	33,000	22	2002	15,000	10
1960	28,400	19	1982	3,140	2	2003	21,500	14
1961	28,800	20	1983	11,100	7.5	2004	55,000	38
1962	37,200	25	1984	28,200	19	2005	17,850	12
1963	43,100	29	1985	11,400	8	2006	16,175	11
1964	31,000	21	1986	6,600	4	2007	62,300	42
1965	28,400	19	1987	57,300	39	2008	33,655	23
1966	33,400	23	1988	89,970	61	2009	28,593	19
1967	25,700	17	1989	6,100	4	2010	26,530	18
1968	37,200	25	1990	3,500	2.4	2011	29,800	20
1969	41,400	28	1991	28,600	19	2012	17,700	12
1970	42,400	29	1992	2,000	1.4	2013	15,650	10.6
1971	36,300	25	1993	28,742	20	2014	36,895	25
1972	20,800	14	1994	419	0.2	2015	47,200	32
1973	29,800	20	1995	32,000	22	2016	48,675	33
1974	52,600	36	1996	35,800	24	2017	61,979	42
1975	16,600	11	1998	1,00,250	68	2018	33,941	23
1976	28,300	19	1999	32,000	22	2019	45,747	31

出典：Annual Flood Report 2019, BWDB <http://www.ffwc.gov.bd/index.php/reports/annual-flood-reports>

3.7.5. 使用データ

洪水リスクの分析で使用したデータを表 3.7-5 に示す。

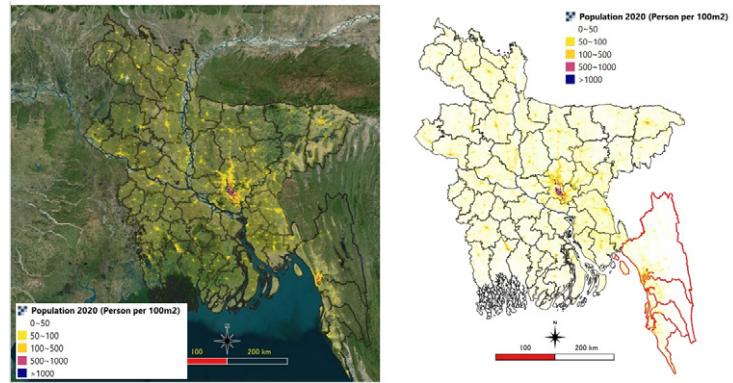
表 3.7-5 使用データ

データ種	現地機関	グローバルデータ	備考
流域界			データが得られなかったため DEM から作成
人口		WorldPoP (2020)	UN は都市とそれ以外、WorldPoP は 1km 格子
GDP		WB (2020 年)	外務省ホームページ
既往洪水履歴		IFRC (2014 年)、IRIN (2016 年)	
ドナー、現地政府等の MP 策定や事業既実施		JICA World Bank ADB	
浸水想定区域		CIMA-UNEP (GFM)(2015)、 GLOFRIS (Aqueduct)(2019)、 JRC by European Union (GFM)(2018)	解像度は、それぞれ 90m (CIMA-UNEP)、1km (GLOFRIS)、1km (JRC) 格子 ※この他 LFM s を使用 (前述頁参照)

出典：JICA 調査団作成

(1) 人口

図 3.7-2 にバングラデシュの人口分布（2020 年）を示す。これより、首都ダッカ、チッタゴンの順に人口が多い。また、各県の中心地に人口が集中している。



出典：Worldpop（2020年）を用いて JICA 調査団作成

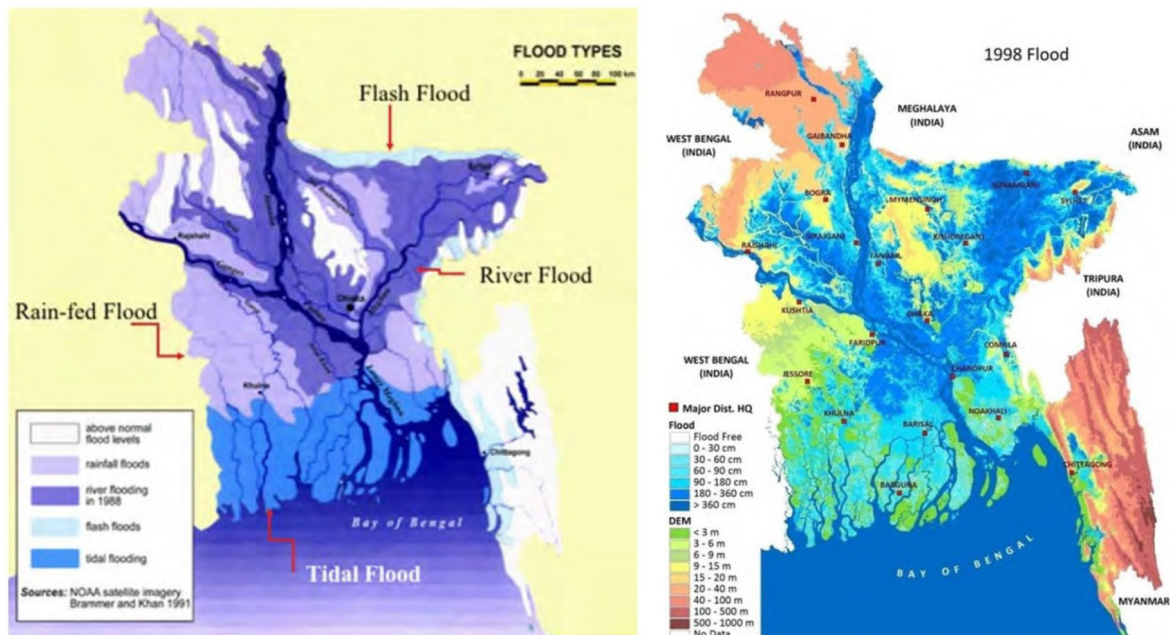
図 3.7-2 バングラデシュの人口分布図

(2) GDP

バングラデシュ統計局（BBC）に確認し、バングラデシュには GRDP データがないことを確認した。一方で、外務省ホームページから、2020 年の 1 人当たりの GDP は、1,970USD 程度である。

(3) 検討対象流域の氾濫域の設定

バングラデシュの洪水要因としては、①Tidal Flood、②River Flood（大河川からの氾濫）、③Rain-fed Flood、④Flash Flood（主に山地・丘陵地流域などで発生する河川洪水）の 4 パターンがある（図 3.7-3 左図）。1998 年洪水実績図（図 3.7-3 右図）と重ね合わせることで、River Flood だけでなく、Tidal Flood、Rain-fed Flood、Flash Flood による浸水も生じていると想定される。



出典：包括的河川管理能力強化プロジェクト詳細計画策定調査報告書、p.30、2019年12月

図 3.7-3 バングラデシュにおける洪水時浸水区域

Bangladeshには図 3.7-4 のとおりいくつかの洪水浸水図や洪水リスクマップがある。これらは数値解析によるものではなく、定性的、または過去数年間の洪水記録に基づいて作成されている。このため、降雨確率年や浸水深に関する情報は無い。図 3.7-4 は洪水の種類(River Flood、Tidal Flood、Flash Flood等)を示しており、中央図は洪水の程度(低、中、重度)を示している。

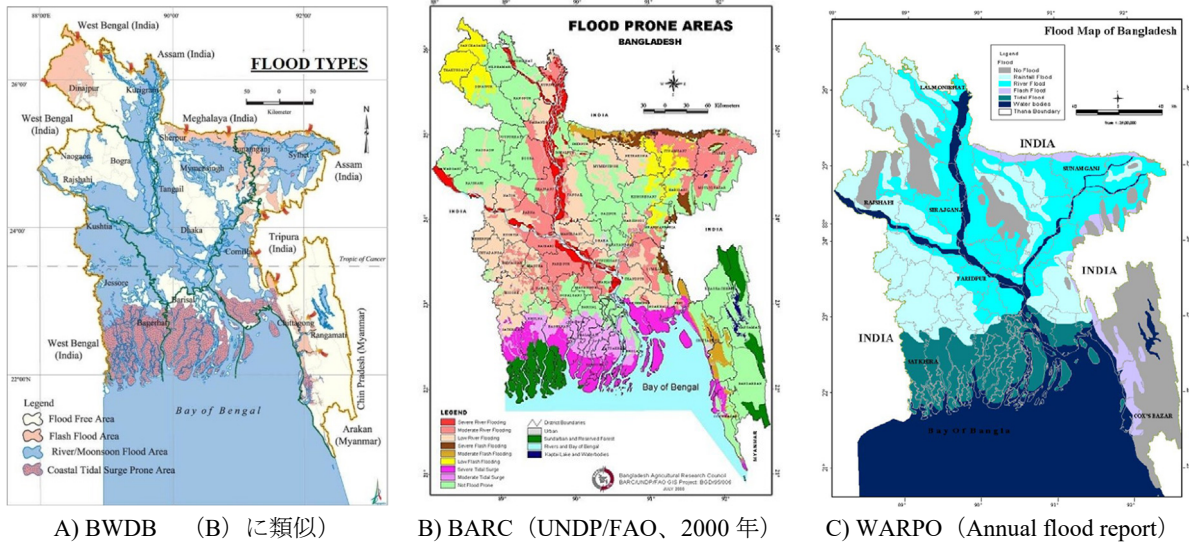
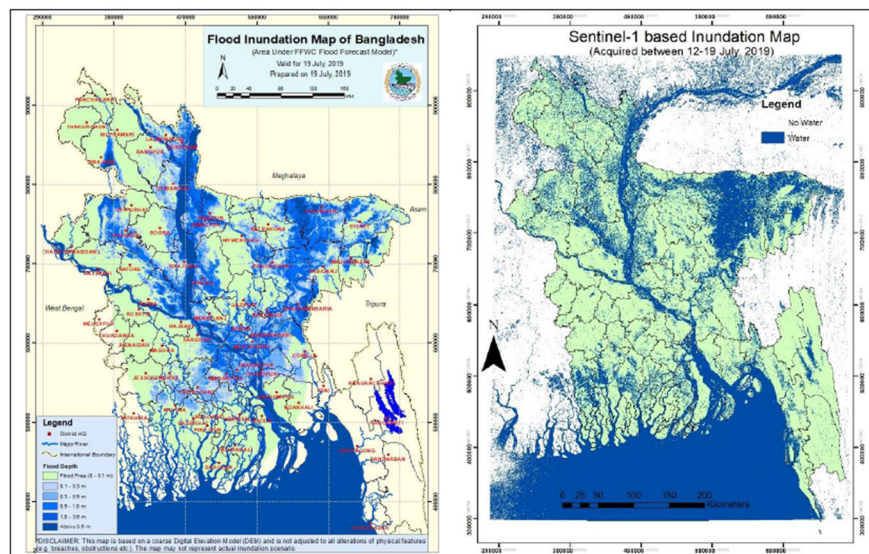


図 3.7-4 洪水リスクマップ・浸水図

Bangladeshの年次洪水報告書(Annual flood reports of Bangladesh)は2008年から2019年まで利用可能である(図 3.7-5)。これら洪水レポートは、Bangladeshの3つの主要な河川流域のDHIモデルを使用した洪水予測の結果で、チッタゴンと沿岸地域をカバーしていない。レポートの一部は、24時間、48時間、72時間、および96時間の洪水予測と、衛星画像との比較を通して洪水予測モデルを検証している。一方で、Bangladesh国全体をカバーしていない、降雨確率年に関連する水文学的検討もないため本プロジェクトには不向きであると判断した。



出典: Annual flood reports of Bangladesh, p.105, 2019(<http://www.ffwc.gov.bd/images/annual19.pdf>)

図 3.7-5 Bangladeshの年次洪水報告書の洪水予測結果

洪水時の衛星画像はいくつかあるものの（図 3.7-6）、1988 年、1998 年、2004 年の大規模洪水の衛星画像はない。さらに、雲や衛星の通過時間帯により、必ずしも洪水のピーク時の画像があるわけではない。

2014 年の洪水：

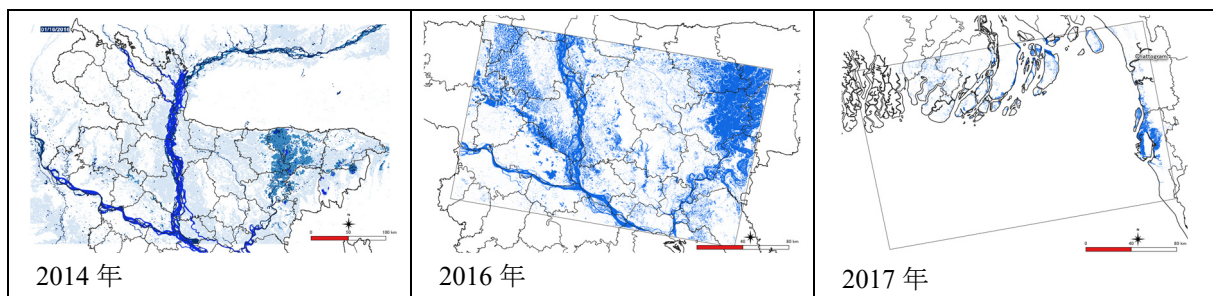
2014 年 8 月 13 日以降、バングラデシュ北部と北東部での継続的な降雨と上流からの水により、低地で人口密度の高い地域で洪水が発生。9 月 1 日までに、影響を受けた人々の数は 280 万人に増加。このうち、31,000 世帯（15 万人）の家が完全に浸水し、破壊（出典：IFRC、2014 年 9 月 3 日）。

2016 年の洪水：

政府と支援機関によると、7 月以降少なくとも 19 の地区で洪水の影響を受けた人は約 420 万人（出典：IRIN、2016 年 9 月 8 日）。

2017 年の洪水：

モンスーンによる大雨により、約 650 万人が影響、71628 戸が完全に被害を受け、548175 戸が部分的に被害。死者は合計 121 人（<https://reliefweb.int/report/bangladesh/bangladesh-flood-situation-august-22-2017>）。



出典：United Nations Satellite Centre (UNOSAT) downloaded from HDX website of UNOCHA <https://data.humdata.org>

図 3.7-6 既往洪水時の衛星画像による浸水実績図

バングラデシュの GFM は 3 種類あり（WRI、UNEP、EU-JRC）、これらの 100 年降雨確率の結果を利用した（図 3.7-7）。図 3.7-4、図 3.7-5、図 3.7-6 で示した利用可能な洪水マップと比較して、最適な GFM または GFM の最適な組み合わせを検討した。

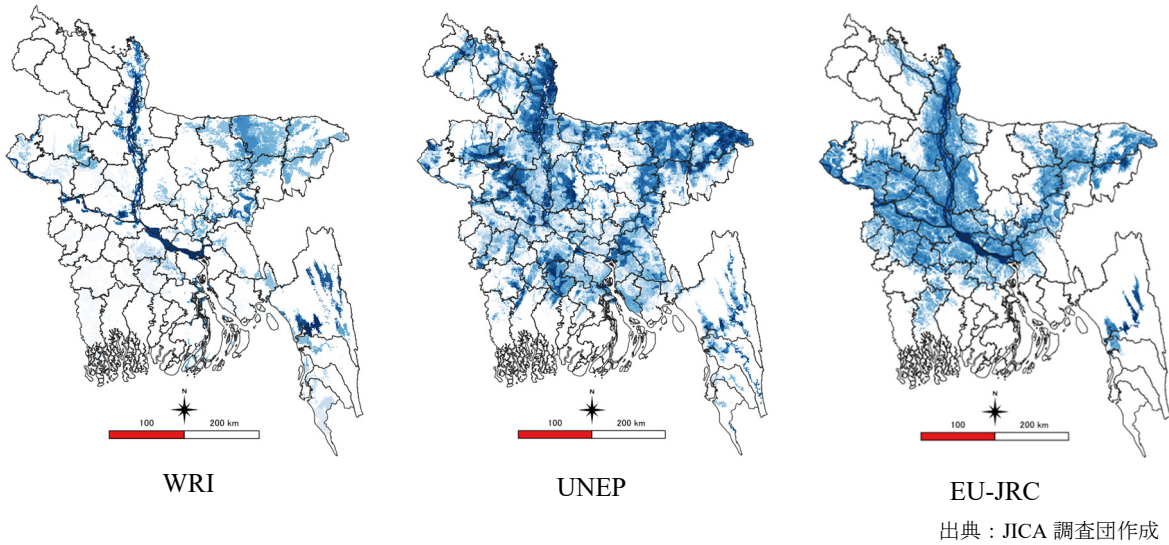
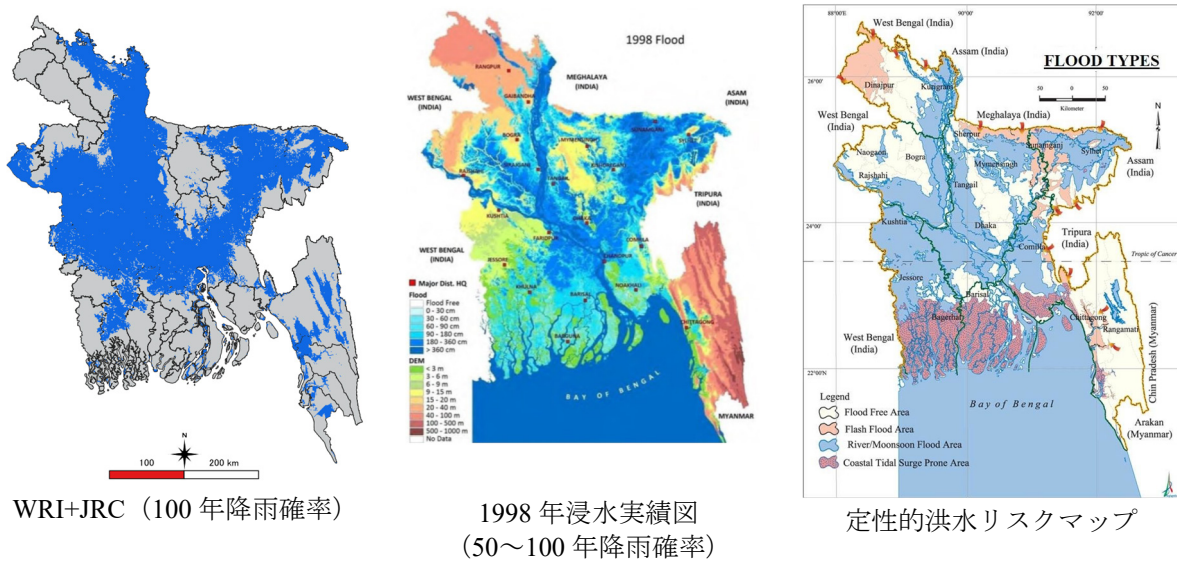


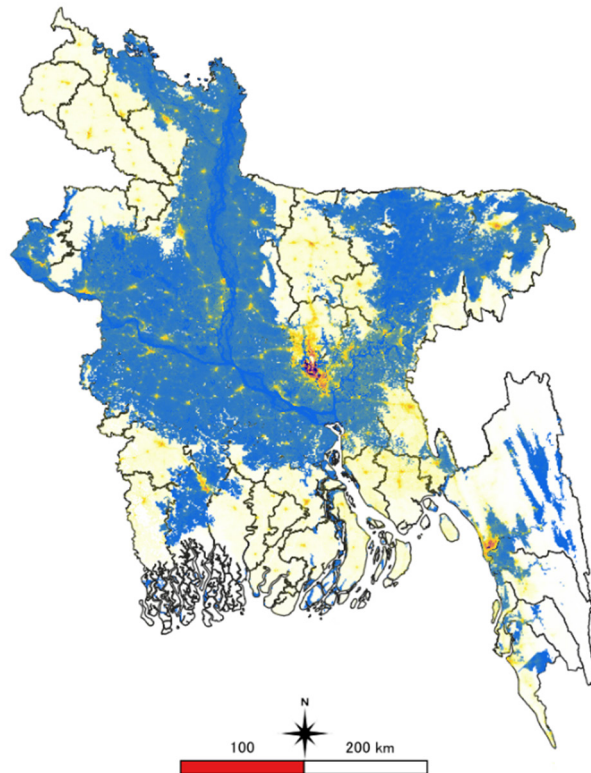
図 3.7-7 バングラデシュの GFM

その結果、WRI と JRC モデルの組み合わせ結果が前述の洪水マップとよく整合したことからこれを採用した（図 3.7-8）。



出典：JICA 調査団作成（左図）、IWM, Annual Report 2010, p.4（中央図）、
 BWDB(<https://en.banglapedia.org/index.php/Flood>)（右図）

図 3.7-8 本検討で採用した浸水リスクエリア



出典：JICA 調査団作成

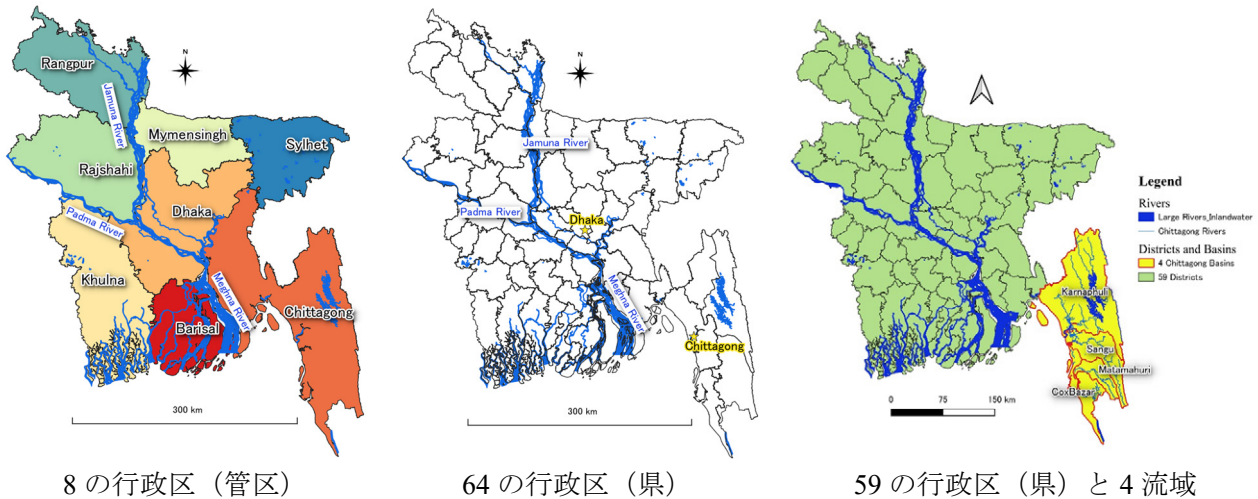
図 3.7-9 人口分布と浸水リスクエリアの重ね合わせ

3.7.6. 1次スクリーニング

バングラデシュ国は、大河川ガンジス川の本川または支川であるパドマ川・ジョムナ川・メグナ川の流域が国土の大部分を占める。インド国と同様、これら河川では流域面積が非常に大きく、本調査の検討手法（河川流域分割→氾濫域資産算定→優先流域選定）の適用には限界があることが懸念された。そこで、パドマ川・ジョムナ川・メグナ川といった大河川での流域区分では流域単位が大きく、高低差が小さいデルタ地帯で流域界も不明確であるため、行政区である県単位をもとに区域分割する。一方、東部地域（チッタゴン以南）は丘陵地帯で流域界が明確であり、河川流域分割が妥当であると考えた。

バングラデシュの行政単位として、8つの管区（図 3.7-10 左図）、そのもとに64の県が存在する（図 3.7-10 中央図）。これにより、バングラデシュ国では、チッタゴン地方の丘陵59の行政区（県）と4つの水系に区域分割する（図 3.7-10 右図）。東部地域以外では、県を区域分割に用いる。以上により、バングラデシュ国では、59の行政区（県）と4つの河川流域に区域分割した（図 3.7-10 右図）。

なお、優先流域を選定した後、優先流域において治水対策を考える際には、流域の視点（上下流バランス等）も考慮することが望ましい。



8 の行政区（管区）

64 の行政区（県）

59 の行政区（県）と 4 流域

出典：SRTM と WARPO データを用いて JICA 調査団作成

図 3.7-10 バングラデシュの区域分割図

表 3.7-6 一次スクリーニング結果（63 区域）

No.	流域名	流域面積 (km ²)	流域界	行政区画 (県)	No.	流域名	流域面積 (km ²)	流域界	行政区画 (県)	No.	流域名	流域面積 (km ²)	流域界	行政区画 (県)
1	Bagerhat	3,959		●	22	Jhenaidah	1,956		●	43	Natore	1,904		●
2	Barguna	1,831		●	23	Joypurhat	960		●	44	Nawabganj	1,685		●
3	Barisal	2,785		●	24	Khulna	4,394		●	45	Netrakona	2,804		●
4	Bhola	3,403		●	25	Kishoreganj	2,565		●	46	Nilphamari	1,588		●
5	Bogra	2,913		●	26	Kurigram	2,276		●	47	Noakhali	2,678		●
6	Brahmanbaria	1,923		●	27	Kushtia	1,621		●	48	Pabna	2,389		●
7	Chandpur	1,469		●	28	Lakshmipur	1,244		●	49	Panchagarh	1,363		●
8	Chudanga	1,157		●	29	Lalmonirhat	1,275		●	50	Patuakhali	3,221		●
9	Comilla	3,088		●	30	Madaripur	1,135		●	51	Pirojpur	1,308		●
10	CoxBazar	2,678	●		31	Magura	1,049		●	52	Rajbari	1,139		●
11	Dhaka	1,476		●	32	Manikganj	1,374		●	53	Rajshahi	2,438		●
12	Dinajpur	3,460		●	33	Karnafuli	11,693	●		54	Rangpur	2,344		●
13	Faridpur	2,044		●	34	Matamuhuri	1,653	●		55	Sangu	3,719	●	
14	Feni	907		●	35	Maulvibazar	2,707		●	56	Satkhira	3,390		●
15	Gaibandha	2,167		●	36	Meherpur	723		●	57	Shariatpur	1,186		●
16	Gazipur	1,817		●	37	Munshiganj	933		●	58	Sherpur	1,326		●
17	Gopalganj	1,476		●	38	Mymensingh	4,348		●	59	Sirajganj	2,494		●
18	Habiganj	2,637		●	39	Naogaon	3,444		●	60	Sunamganj	3,694		●
19	Jamalpur	2,066		●	40	Narail	996		●	61	Sylhet	3,418		●
20	Jessore	2,585		●	41	Narayanganj	704		●	62	Tangail	3,366		●
21	Jhalokati	749		●	42	Narsingdi	1,168		●	63	Thakurgaon	1,814		●

出典：JICA 調査団作成

3.7.7. 2次スクリーニング

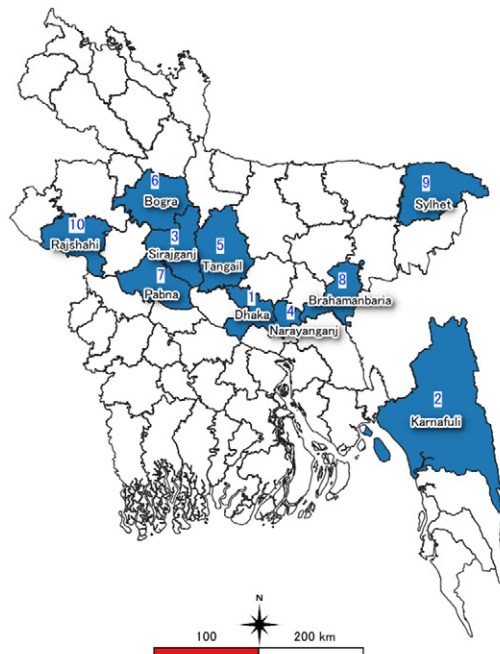
(1) 2次スクリーニング

設定した氾濫域と GDP 分布から、区域ごとの氾濫域内 GDP を算出した（表 3.7-7）。なお、バングラデシュでは GRDP は公開されていないため、各区域の GDP は人口で按分して算出した。国全体での GDP は、2010 年から 2020 年にかけて 2.81 倍に伸びている。

表 3.7-7 バングラデシュの区域ごとの氾濫域内 GDP 一覧

River Basin	Basin area km2	Flood area km2	Damage Potential					
			Pop in flood area (2020)		Pop growth in area (2010-2020)		GDP in flood area (2020)	
			People (mil.)	rank	%	rank	bil.USD	rank
Dhaka	1,476	1,294	6.19	1	30.7%	2	12.2	1
Karnafuli	11,693	2,613	3.60	2	10.5%	11	7.1	2
Sirajganj	2,494	2,490	3.45	3	9.0%	14	6.8	3
Narayanganj	704	700	3.38	4	14.8%	8	6.7	4
Tangail	3,366	2,941	3.02	5	15.4%	7	5.9	5
Bogra	2,913	2,715	2.80	6	8.1%	16	5.5	6
Pabna	2,389	2,380	2.75	7	10.3%	12	5.4	7
Brahamanbaria	1,923	1,910	2.73	8	10.3%	13	5.4	8
Sylhet	3,418	3,149	2.60	9	10.6%	10	5.1	9
Rajshahi	2,438	2,206	2.54	10	23.6%	3	5	10
Sunamganj	3,694	3,516	2.38	11	15.9%	4	4.7	11
Comilla	3,088	1,602	2.25	12	10.8%	9	4.4	12
Kishoreganj	2,565	1,798	1.46	13	6.3%	17	2.9	13
Rangpur	2,344	1,073	1.29	14	4.9%	19	2.5	14
Gazipur	1,817	360	0.80	15	36.7%	1	1.6	15
CoxBazar	2,678	659	0.52	16	15.7%	5	1	16
Jessore	2,585	542	0.37	17	6.2%	18	0.7	17
Mymensingh	4,348	431	0.30	18	8.2%	15	0.6	18
Noakhali	2,678	36	0.05	19	15.4%	6	0.1	19
Dinajpur	3,460	9	0.02	20	0.0%	20	0	20

出典：JICA 調査団作成



出典：JICA 調査団作成

図 3.7-11 バングラデシュの氾濫域内 GDP の上位 10 区域図

3.7.8. 3次スクリーニング

(1) 優先区域の選定方針

投資効果が期待できる区域を選定するため、2次スクリーニングで選定された10区域から対策を優先すべき区域を選定する。選定の基準は氾濫域内GDPを基本とするが、事業の必要性を考慮するため、以下の補助指標を整理した。

- ① 既往事業の進捗からみた事業必要性
- ② M/P策定・改訂の必要性
- ③ 日本の支援の必要性・有効性

また、将来の洪水リスク増を踏まえ、開発計画等も選定材料として整理を行った。

(2) 10区域の選定方針

10区域の調査結果の概要および補助指標の検討結果を以下に示す。

1) Dhaka

Dhaka区域は、区域面積：1,476km² 氾濫域面積：1,294 km² 氾濫域内人口：619万人 氾濫域内GDP：12.2 Billion USD（全国GDPの14.6%）。同区域のダッカは同国の首都である。

- ① 既往事業の進捗からみた事業必要性

日本支援によりダッカ市雨水排水施設整備計画（198901992）、ダッカ首都圏洪水防御・雨水排水計画（1990-1992）、第2次ダッカ市雨水排水施設整備計画（2007）等が実施。

- ② MP策定・改訂の必要性・緊急性

ダッカ首都圏洪水防御・雨水排水計画調査マスタープラン（1991）は時間が経過したため改定は必要。

- ③ 日本の支援の必要性・有効性

WB「Urban Resilience Project（-2022）」が実施であるため、日本支援の必要性は小さいと考えられる。。

表 3.7-8 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.7-8 Dhaka 区域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	△
② MP策定・改訂の必要性・緊急性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	△
総合評価	—

2) Karnafuli

Karnafuli 区域は、区域面積：11,693km² 氾濫域面積：2,613 km² 氾濫域内人口：360 万人 氾濫域内 GDP：7.1 Billion USD（全国 GDP の 8.5 %）。

- ① 既往事業の進捗からみた事業必要性
地元政府による整備は実施されているが不十分。
- ② MP 策定・改訂の必要性・緊急性
BDWB による F/S 策定済（2021）であるが洪水対策の記載は少ない。
- ③ 日本の支援の必要性・有効性
 - ・ 下流左岸区域に工業団地等の建設が予定されており、チッタゴン市洪水・雨水排水 MP（2016）において長期対策として提案された左岸側堤防整備等のニーズが今後高まると考えられるが、その事業化にあたっては、MP 内容の慎重なレビューが推奨される。
 - ・ 中～上流部や支川ハルダ川等における河道整備等による洪水リスク軽減対策が考えられるが、日本の支援にあたっては、以下の点に十分に留意する必要がある。
 - ハルダ川は特に魚類生息場保全が重視されていることから、洪水対策の検討にあたっては環境面との調整に対して十分に配慮する必要があると考えられる。
 - カルナフリ川の洪水リスクに影響を与えられられるカプタイダムの扱いについては、ダム建設時の周辺住民の移転問題を含む CHT 地域の社会状況に十分に配慮した慎重な対応が必要と考えられる。

表 3.7-9 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.7-9 Karnafuli 区域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	○
② MP 策定・改訂の必要性・緊急性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	区域内 GDP が高く優先区域に選定

3) Sirajganj

Sirajganj 区域は、区域面積：2,494 km² 氾濫域面積：2,490 km² 氾濫域内人口：345 万人 氾濫域内 GDP：6.8 Billion USD（全国 GDP の 8.1 %）。

- ① 既往事業の進捗からみた事業必要性
河岸浸食対策：ジャムナ川ハードポイントにおける河岸整備済、上下流は要整備。
洪水対策：事業実施に関する情報なし（事業実施なしと考えられる）。
- ② MP 策定・改訂の必要性・緊急性

MP 策定なしと考えられる（バングラデシュ・デルタ・プラン 2100 は策定済）。

③ 日本の支援の必要性・有効性

河岸浸食対策についてはハードポイント上下流は地元政府による整備予定あるものの、洪水対策の事業予定はないと考えられ、新規の日本支援による治水事業の余地がある。

表 3.7-10 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.7-10 Sirajganj 区域 Sirajganj 区域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	○
② MP 策定・改訂の必要性・緊急性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	区域内 GDP が高く優先区域に選定

4) Narayanganj

Narayanganj 区域は、区域面積：704 km² 氾濫域面積：700 km² 氾濫域内人口：338 万人 氾濫域内 GDP：6.7 Billion USD（全国 GDP の 8.0 %）。

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

事業に関する情報なし。

② MP 策定・改訂の必要性・緊急性

MP 策定なしと考えられる（バングラデシュ・デルタ・プラン 2100 は策定済）。

③ 日本の支援の必要性・有効性

河岸浸食対策については NODI を踏まえた事業実施の可能性がある。洪水対策の事業予定はないと考えられ、新規の日本支援による治水事業の余地がある。

表 3.7-11 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.7-11 Narayanganj 区域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	○
② MP 策定・改訂の必要性・緊急性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	区域内 GDP が高く優先区域に選定

5) Tangail

Tangail 区域は、区域面積：3,366 km² 氾濫域面積：2,941 km² 氾濫域内人口：302 万人 氾濫域内 GDP：5.9 Billion USD（全国 GDP の 7.1 %）。

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

事業に関する情報なし。

② MP 策定・改訂の必要性・緊急性

MP 策定なしと考えられる（バングラデシュ・デルタ・プラン 2100 は策定済）。

③ 日本の支援の必要性・有効性

河岸浸食対策については ADB が MRFBERMP 実施中、NODI を踏まえた事業実施の可能性ある。洪水対策は事業予定はないと考えられ、新規の日本支援による治水事業の余地がある。

表 3.7-12 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.7-12 Tangail 区域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	○
② MP 策定・改訂の必要性・緊急性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	区域内 GDP が高く優先区域に選定

6) Bogra

Bogra 区域は、区域面積：2,913 km² 氾濫域面積：2,715 km² 氾濫域内人口：280 万人 氾濫域内 GDP：5.5 Billion USD（全国 GDP の 6.6 %）。

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

事業に関する情報なし。

② MP 策定・改訂の必要性・緊急性

MP 策定なしと考えられる（バングラデシュ・デルタ・プラン 2100 は策定済）。

③ 日本の支援の必要性・有効性

河岸浸食対策については ADB が MRFBERMP 実施中、NODI を踏まえた事業実施の可能性ある。洪水対策の事業予定はないと考えられ、新規の日本支援による治水事業の余地がある。

表 3.7-13 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.7-13 Bogra 区域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	○
② MP 策定・改訂の必要性・緊急性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	区域内 GDP が高く優先区域に選定

7) Pobna

Pobna 区域は、区域面積：2,389 km² 氾濫域面積：2,380 km² 氾濫域内人口：275 万人 氾濫域内 GDP：5.4 Billion USD（全国 GDP の 6.5 %）。

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

事業に関する情報なし。

② MP 策定・改訂の必要性・緊急性

MP 策定なしと考えられる（バングラデシュ・デルタ・プラン 2100 は策定済）。

③ 日本の支援の必要性・有効性

河岸浸食対策については ADB が MRFBERMP 実施中、NODI を踏まえた事業実施の可能性ある。洪水対策の事業予定はないと考えられ、新規の日本支援による治水事業の余地がある。

表 3.7-14 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.7-14 Pobna 区域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	○
② MP 策定・改訂の必要性・緊急性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	-

8) Bahamanbaria

Bahamanbaria 区域は区域面積：1,923 km² 氾濫域面積：1,910 km² 氾濫域内人口：273 万人
氾濫域内 GDP：5.4 Billion USD（全国 GDP の 6.5 %）。

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

事業に関する情報なし。

② MP 策定・改訂の必要性・緊急性

MP 策定なしと考えられる（バングラデシュ・デルタ・プラン 2100 は策定済）。

③ 日本の支援の必要性・有効性

河岸浸食対策については NODI を踏まえた事業実施の可能性ある。洪水対策の事業予定はないと考えられ、新規の日本支援による治水事業の余地がある。

表 3.7-15 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.7-15 Bahamanbaria 区域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	○
② MP 策定・改訂の必要性・緊急性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	-

9) Sylhet

Sylhet 区域は、区域面積：3,418 km² 氾濫域面積：3,418 km² 氾濫域内人口：260 万人 氾濫域内 GDP：5.1 Billion USD（全国 GDP の 6.1 %）。

- ① 既往事業の進捗からみた事業必要性
事業に関する情報なし。
- ② MP 策定・改訂の必要性・緊急性
MP 策定なしと考えられる（バングラデシュ・デルタ・プラン 2100 は策定済）。
- ③ 日本の支援の必要性・有効性
新規の日本支援による治水事業の余地がある。

表 3.7-16 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.7-16 Sylhet 区域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	○
② MP 策定・改訂の必要性・緊急性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	—

10) Rajshahi

Rajshahi 区域は、区域面積：2,438 km² 氾濫域面積：2,206 km² 氾濫域内人口：254 万人 氾濫域内 GDP：5.0 Billion USD（全国 GDP の 6.0 %）。

- ① 既往事業の進捗からみた事業必要性
事業に関する情報なし。
- ② MP 策定・改訂の必要性・緊急性
MP 策定なしと考えられる（バングラデシュ・デルタ・プラン 2100 は策定済）。
- ③ 日本の支援の必要性・有効性
河岸浸食対策については NODI を踏まえた事業実施の可能性がある。洪水対策の事業予定はないと考えられ、新規の日本支援による治水事業の余地がある。

表 3.7-17 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.7-17 Rajshahi 区域 Rajshahi 区域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	○
② MP 策定・改訂の必要性・緊急性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	—

(3) 5 区域の抽出

以上の検討を踏まえ、優先 5 区域を選定した。表 3.7-18 に補助指標の整理結果を示す。優先 5 区域の選定を以下のように整理した。

- ・ Karnafuli ; 氾濫域内 GDP が高く優先的に治水対策を実施すべき区域である。
- ・ Sirajganj ; 氾濫域内 GDP が高く優先的に治水対策を実施すべき区域である。
- ・ Narayanganj ; 氾濫域内 GDP が高く優先的に治水対策を実施すべき区域である。
- ・ Tangail ; 氾濫域内 GDP が高く優先的に治水対策を実施すべき区域である。
- ・ Bogra ; 氾濫域内 GDP が高く優先的に治水対策を実施すべき区域である。

表 3.7-18 補助指標の整理結果

No.	地域	氾濫域内GDP		主要都市	評価	① 既往事業の進捗からみた事業必要性		② MP策定の必要性・緊急性		③ 日本の支援の必要性・有効性		
		GDP2020 (bil.US\$)	GDP %									
1	Dhaka	12.2	14.6%	Dhaka	-	△	日本支援によりダッカ市雨水排水施設整備計画（1989-1992）、ダッカ首都圏洪水防衛・雨水排水計画（1990-1992）、第二次ダッカ市雨水排水施設整備計画（2007）等が実施される	2020/7 洪水	○	ダッカ首都圏洪水防衛・雨水排水計画調査マスタープラン（1991）、時間が経過したため改定は必要と考えられる	△	WB Urban Resilience Project実施中（-2022）
2	Karnafuli	7.1	8.5%	Chittagong	○	○	地元政府による整備は実施されているが不十分	2020/7 洪水	○	BDWBによるF/S策定済（2021）であるが洪水対策の記載は少ない	○	-下流左岸区域に工業団地等の建設が予定されており、チッタゴン市洪水・雨水排水MP（2016）において長期対策として提案された左岸側堤防整備等のニーズが今後高まると考えられるが、その事業化にあたっては、MP内容の慎重なレビューが推奨される。 -中～上流部や支川/ハルダ川等における河道整備等による洪水リスク軽減対策が考えられるが、日本の支援にあたっては、環境・社会面への配慮に十分に留意する必要がある。
3	Sirajganj	6.8	8.1%	Sirajganj	○	○	河岸浸食対策：ジャムナ川ハードポイントにおける河岸整備済、上下流は要整備 洪水対策：事業実施に関する情報なし（事業実施なしと考えられる）	2020/7 洪水	○	MP策定なしと考えられる（バングラデシュ・デルタ・プラン2100策定済）	○	河岸浸食対策：ハードポイント上下流は地元政府による整備予定あり 洪水対策：事業予定なし
4	Narayanganj	6.7	8.0%	Narayanganj	○	○	事業実施に関する情報なし（事業実施なしと考えられる）	2020/7 洪水	○	MP策定なしと考えられる（バングラデシュ・デルタ・プラン2100策定済）	○	河岸浸食対策：NODIを踏まえた事業実施の可能性あり 洪水対策：事業予定なし
5	Tangail	5.9	7.1%	Tangail	○	○	事業実施に関する情報なし（事業実施なしと考えられる）	2020/7 洪水	○	MP策定なしと考えられる（バングラデシュ・デルタ・プラン2100策定済）	○	河岸浸食対策：ADBがMRFBERMP実施中、NODIを踏まえた事業実施の可能性あり 洪水対策：事業予定なし
6	Bogra	5.5	6.6%	Bogra	○	○	事業実施に関する情報なし（事業実施なしと考えられる）	2020/7 洪水	○	MP策定なしと考えられる（バングラデシュ・デルタ・プラン2100策定済）	○	河岸浸食対策：ADBがMRFBERMP実施中、NODIを踏まえた事業実施の可能性あり 洪水対策：事業予定なし
7	Pabna	5.4	6.5%	Pabna	○	○	事業実施に関する情報なし（事業実施なしと考えられる）	2020/7 洪水	○	MP策定なしと考えられる（バングラデシュ・デルタ・プラン2100策定済）	○	河岸浸食対策：ADBがMRFBERMP実施中、NODIを踏まえた事業実施の可能性あり 洪水対策：事業予定なし
8	Brahmanbaria	5.4	6.5%		○	○	事業実施に関する情報なし（事業実施なしと考えられる）	2020/7 洪水	○	MP策定なしと考えられる（バングラデシュ・デルタ・プラン2100策定済）	○	河岸浸食対策：NODIを踏まえた事業実施の可能性あり 洪水対策：事業予定なし
9	Sylhet	5.1	6.1%	Sylhet	○	○	事業実施に関する情報なし（事業実施なしと考えられる）	2020/7 洪水	○	MP策定なしと考えられる（バングラデシュ・デルタ・プラン2100策定済）	○	洪水対策：事業予定なし
10	Rajshahi	5.0	6.0%	Rajshahi	○	○	事業実施に関する情報なし（事業実施なしと考えられる）	2020/7 洪水	○	MP策定なしと考えられる（バングラデシュ・デルタ・プラン2100策定済）	○	河岸浸食対策：NODIを踏まえた事業実施の可能性あり 洪水対策：事業予定なし

NODI：バングラデシュ国包括的河川管理に係る計画策定能力強化及び技術適応サイクル構築プロジェクト
MRFBERMP：Main River Flood and Bank Erosion Risk Management Program

出典：JICA 調査団作成

3.7.9. 治水対策の方向性

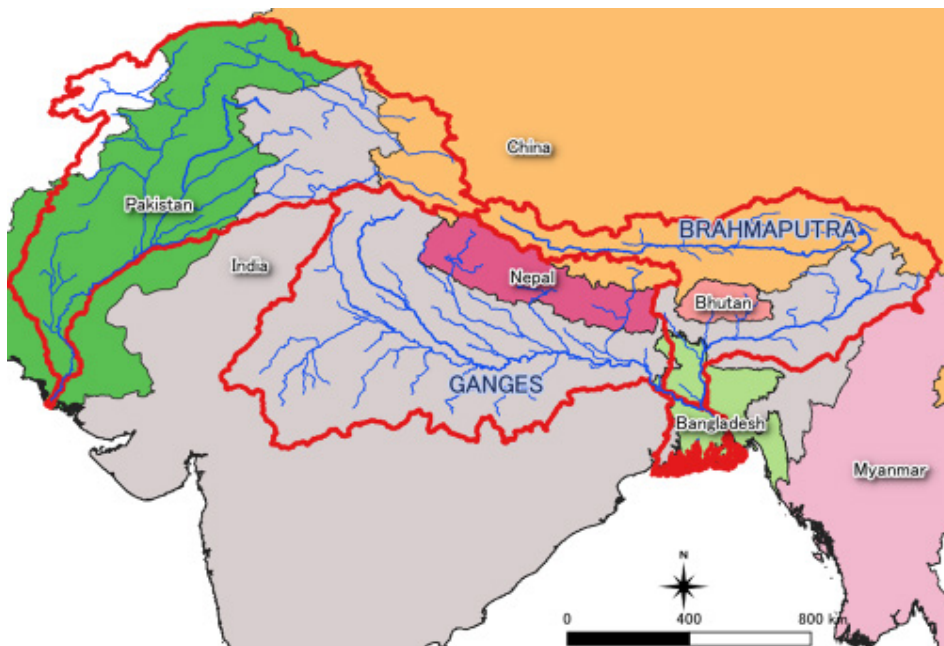
(1) 全国の流域の概要

バングラデシュはインド洋・ベンガル湾の最奥部に位置し、パドマ川（上流のインド領内ではガンジス川）、ジヨムナ川（上流のインド領内ではブラマプトラ川）、メグナ川といった大河の下流あるいは河口部にある（図 3.7-12）。国土の約 50%は標高 6~7m 以下で、約 68%の土地が洪水や土壌浸食の危険にさらされている。同国の 3 方はインドと国境を、南東部の一部でミャンマーと国境を接している（図 3.7-13 および図 3.7-14）。

バングラデシュを流れる河川は、上記の大陸型大河川と、チッタゴン丘陵地域を流れる東部河川に分類される。大陸型大河川としてガンジス川水系に属するジャムナ川、ガンジス川、パドマ川等があり、中国、インド、ネパール、ブータンから流下してバングラデシュを流れる。国際河川であるがゆえに、流域一貫、上下流バランスを考えた治水対策を講じることが難しく、上流から流下する洪水をバングラデシュ国内だけで制御することは困難である。雨季に氾濫した場合は広大な範囲で浸水被害が発生する。また、造山運動が活発なヒマラヤ山脈を源流域とすることから、流域の土砂生産量が非常に大きく、河床変動や河岸浸食、河道変遷が活発であることも、河道対策の実施を困難にしている。

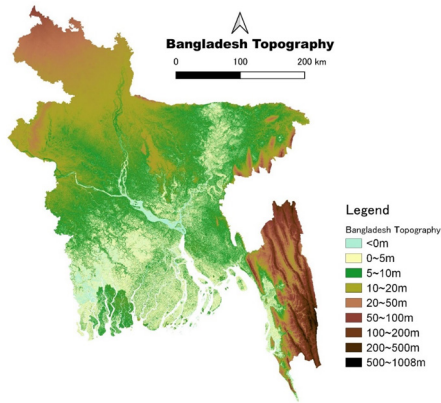
一方、東部地域の河川は大陸型大河川と比較すると河川延長、流域面積とも小さく、上~中流域では山地・丘陵部を流れるため氾濫域も限定され、貯留対策・河道対策の組み合わせによる通常の治水対策を講じやすい河川である。

バングラデシュは大部分がモンスーン気候帯に属し、雨季/乾季/暑季が明確に分かれる。このうち雨季は、地域によって若干異なるものの、4月~9月となる地域が多い。降雨および洪水はこの時期に集中して発生する。

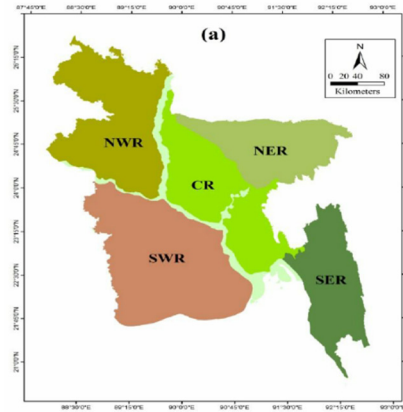


出典：Interactive Database of the World's River Basin and HydroSHEDS に基づき JICA 調査団作成

図 3.7-12 ガンジス川流域におけるバングラデシュの位置



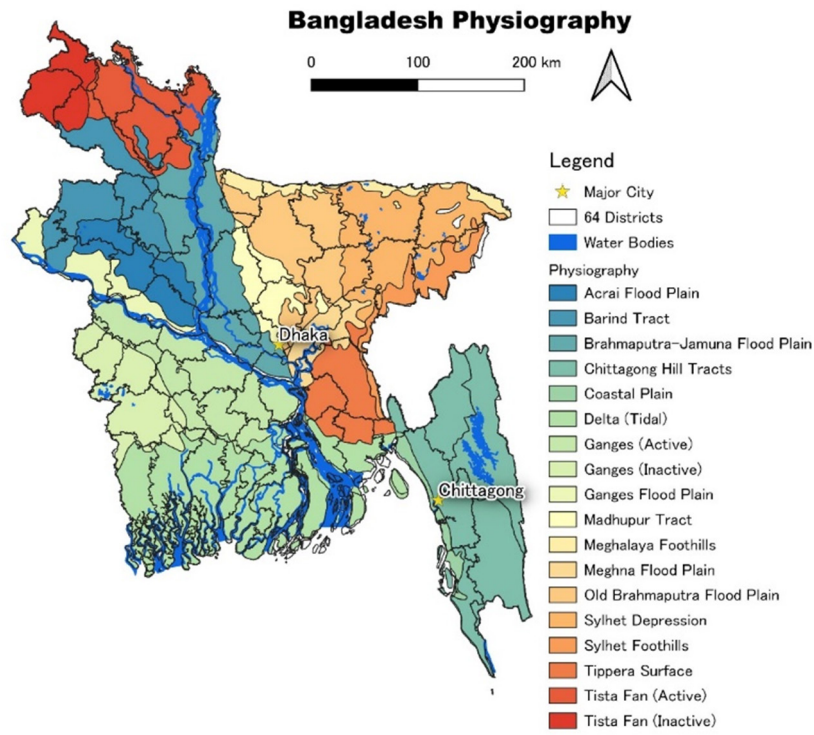
バングラデシュの地形図



バングラデシュの水文5流域

出典：SRTMおよびWARPOデータを用いて JICA 調査団作成

図 3.7-13 バングラデシュの地形図と水文5流域図



出典：JICA 調査団作成

図 3.7-14 バングラデシュの各種洪水影響範囲

(2) 優先流域の考え方

バングラデシュ国では、流域分割を下記の通り設定した。

- ・ 大河川流域（ガンジス川下流デルタ地域）：行政界で分割
- ・ 東部河川流域：河川流域で分割

検討結果：被害ポテンシャルの高いエリアとして、ダッカ管区、カルナフリ流域、シラジガンジ県、ナラヤガンジ県、タンガイル県が選定される（カルナフリ流域のみ東部河川流域に属し、その他は大河川流域）。

(3) 治水対策の方向性

1) 大河川流域

ジャムナ川・パドマ川等の大陸型大河川の流域では、国土の大部分を占める広大な範囲が氾濫域となり、また国際河川であるがゆえに上下流バランスを考慮した流域一貫の治水対策を講じることが難しく、地先防御が中心とならざるを得ない。このため、地先防御（輪中堤等）が対策の中心となる。

首都ダッカでは、日本支援により輪中堤整備や排水整備等が行われきたが、新たに世銀により Unban Resilience Project が実施されており、この中で輪中堤の整備も実施される予定である。

2) 東部河川流域

上流域での貯留対策（既存ダムの治水活用、新規ダム・遊水地の建設）と河道対策の組み合わせが適切になると考えられる。併せて、沿岸域の高潮対策を講じる必要がある。現在 JICA は「バングラデシュ国包括的河川管理に係る計画策定能力強化及び技術適応サイクル構築プロジェクト」を実施中であるが、この中で東部3河川（カルナフリ、サング、マタムフリ川）の治水対策の具体的方向性を検討しており、今後は検討成果に基づいた事業実施が求められる。

(4) 課題と提案

1) 優先流域の選定方法

ジャムナ川・パドマ川等の大陸型大河川の流域では、国土の大部分を占める広大な範囲が氾濫域となり、また国際河川であるがゆえに流域一貫の治水対策を講じることが難しく、地先防御が中心とならざるを得ない。防御対象が一部の都市部に限られるため、本検討で行った河川流域を分割して氾濫域資産を特定し、その大きい順から優先流域を選定するという手法を適用することは限界があると考えられる。大河川流域では、行政界分割して治水優先度を検討する方法が妥当であると考えられる。なお、優先流域を選定した後、優先流域において治水対策を考える際には、流域の視点（上下流バランス等）も考慮して検討する必要がある。ただし、上述の通り、バングラデシュにおいては、国際河川の下流に位置するため、上下流バランスを考慮した流域一貫の治水対策を講じることが難しく、地先防御が中心とならざるを得ないと考えられる。

2) 河岸浸食対策のニーズ

大河川の洪水は水位上昇が緩やかであるため、洪水発生予測、避難等対策も講じやすい。洪水が農地に水分と養分を与えているという正の側面もある。このため、洪水対策のニーズは相対的に低いと考えられる。これに対して、河岸浸食は農地や道路、時には集落が消失するなどの社会的影響が大きく、現地でも対策のニーズが高い。洪水よりも河岸浸食対策に焦点をあてた事業がより現地ニーズに即した支援となると考えられる。

3) ドナー間の調整と連携・協働

バングラデシュ国では、JICA のみならず、WB、ADB、各国支援機関等様々なドナーが治水・防災分野で支援を行っている。ところが、これらの支援は必ずしも相互に調整、連携・協働

されておらず、各個で必要と判断される地域やハザードに対して事業が実施される場合が多い。それぞれの事業実施が相互補完的になるように務め、全体としてコレクティブ・インパクトを発揮できるよう、ドナー間の調整と連携・協働をより一層進めることが望ましい。

3.8. スリランカ

3.8.1. スリランカ国における国際支援の潮流

(1) JICA による支援

JICA は、1990 年代初めからコロンボ都市圏における都市洪水対策事業を継続して支援してきており、2010 年までに円借款 4 事業が完了している。さらに、関連する技術協力事業として 2001 年から 2003 年にかけてコロンボ首都圏洪水対策計画調査が実施され、コロンボ首都圏の主要 4 流域（Kalu Oya、Ja Ela、Greater Colombo、Bolgoda）を対象とした洪水マスタープラン（M/P）が策定された。現在、上記 4 流域内の 2 流域（Kalu Oya、Bolgoda）を対象とした都市排水・内水氾濫対策の開発計画の策定及び優先事業の事業化調査・計画策定を行うコロンボ都市圏雨水排水計画策定プロジェクトが実施中である。

2006 年から 2009 年にかけて防災機能強化計画調査が実施され、その中で、南西部 4 流域（Kelani Ganga、Kalu Ganga、Gin Ganga、Nilwala Ganga）の治水計画が検討された。その後、この 4 流域の治水計画の優先事業の F/S が実施されたが、事業は中断されている。

なお、地方防災計画の策定を通じて、防災主流化と防災事前投資を促進するメカニズムが Kelani Ganga 流域で試行・強化されることを目標に「流域戦略に基づく地方防災計画策定を通じた防災主流化促進プロジェクト」が、災害管理センター（Disaster Management Centre: DMC）を主カウンターパート機関として実施中である。

(2) 他ドナーによる支援

WB は、2014 年に Climate Resilience Improvement Project（CRIP）を開始し、コンポーネント 1 において、全国の主要 10 流域（Attanagalla Oya、Deduru Oya、Gal Oya、Gin Ganga、Kala Oya、Kelani Ganga、Maha Oya、Mahaweli Ganga、Malwathu Oya、Nilwala Ganga）においてリスク評価と流域投資計画を実施した。10 流域のうち特に優先度の高い 3 流域（Kelani Ganga、Attanagalla Oya、Mahaweli Ganga）において、優先事業を先行して実施する計画とされている。また、WB の Flood Risk Modelling and Pre-Feasibility Studies for Flood Risk Management in Mundeni Aru Basin in Sri Lanka では、東部の主要 2 流域（Mundeni Aru、Maduru Oya）と周辺小流域を対象に洪水リスク管理が検討された。上記プロジェクトの成果に基づき WB は、ケラニ川流域上流の貯水池建設や重要流域の予警報システム整備を軸とした Climate Resilience Multi -phased Programmatic Approach（CRes MPA）の実施を進めている。



出典：JICA 調査団作成

図 3.8-1 重要河川流域

3.8.2. 治水に関する法制度・計画の現状整理・分析

<p>法制度</p>	<p><u>災害管理法 (Sri Lanka Disaster Management Act, No.13 of 2005)</u> 2005年5月、防災に関する包括的な法的基礎枠組みを定め、制定された。同法は、防災組織体制整備の他、事後の緊急対応から事前準備への転換を掲げている。</p> <p><u>災害管理政策 (National Policy on Disaster Management)</u> 2010年に国家災害管理評議会 (National Council for Disaster Management : NCDM) の承認を得て制定された。災害管理法の実施に際する政策原則 (多面的対応、集合的責任、平等・多様性・包含、透明性・説明責任、自国に適した技術の導入等) を明記している。</p>
<p>国家開発計画</p>	<p><u>国家行動計画 (案) (Draft NAP)</u> 2016年11月に開催されたアジア防災閣僚級会議 (Asian Ministerial Conference on Disaster Risk Reduction : AMCDRR) で採択された地域行動計画 (Regional Action Plan : RAP) に基づき、仙台防災枠組の実施にかかる優先行動計画として、防災省 (Ministry of Disaster Management: MDM) が国家活動計画 (National Action Plan: NAP) 2016 - 2018 (案) を策定した。</p>
<p>国家防災計画</p>	<p><u>国家災害管理計画 (NDMP) 2013 - 2017</u> 災害管理法の規定に基づき、2013年に国家災害管理計画 (National Disaster Management Plan : NDMP) 2013 - 2017 が NCDM の承認を得て、法律文書として制定された。NDMP は行政レベル別・セクター別災害管理計画の策定、各種委員会の設置等を規定している。その後、上記 NAP 2016 - 2018 (案) に合わせ、仙台防災枠組を踏まえ、NDMP 2018 - 2022 への改訂作業を行う予定とされたが改訂作業は遅れ、最終的に NDMP 2021-2030 が策定された (承認待ち)。</p>

	<p><u>国家緊急対応計画 (NEOP)</u> 災害管理法の規定に基づき、2017年に法律文書としての国家緊急対応計画 (National Emergency Operational Plan : NEOP) が DMC により策定された。NEOP は災害前・中・後の各災害フェーズにおける担当機関の役割、緊急対応の調整メカニズム等を規定している。</p> <p><u>国家総合災害管理プログラム (SLCDMP) 2014 - 2018</u> MDM が、国家総合災害管理プログラム (Sri Lanka Comprehensive Disaster Management Program : SLCDMP) を策定した。SLCDMP は上記 NDMP のアクションプランという位置づけで、NDMP の実施に際して生じる具体的課題と対応策、担当機関、必要予算額、実施時期、評価指標等が記載されている。 今後、上記 NDMP の改訂に合わせて、SLCDMP の改訂が行われるが、新 NDMP は、Strategic Section と Implementation Section を含む構成となり、SLCDMP は Implementation Section として組み込まれる予定とされた。</p>
<p>地方防災計画</p>	<p>NDMP 2013 - 2017 では、行政レベル・セクター毎に、各機関が災害管理計画を策定する事になっている。NDMP には全機関共通の計画策定ガイドラインが掲載されている。中央行政ラインでは 25 県 (District) の災害管理計画 (District Disaster Management Plan : DDMP) は策定済み、郡 (DS Division) の計画は半数の約 200 が策定済みである。行政村 (GN Division) ではハイリスク地域を中心に策定が進んでいる。 一方、地方自治ラインでは州及び市町村など地方自治体 (Local Authority:LA) では計画は全く策定されていない。LA の機能・能力強化にかかる国家政策 (National Policy on Local Government) が 2009 年に策定され、LA の災害管理に関する計画の策定・実施が明記はされているものの進捗が見られない現状にある。</p>
<p>洪水関連法</p>	<p><u>洪水法 (Flood Ordinance No. 22 of 1955)</u> 1955年に制定された。灌漑局に河川の構造物対策の計画と実施に関わる権限が与えられているが、非構造物対策への法的権限は含まれておらず、洪水管理に関わる機関の責任分担は明確でない。 現在、同法を現状に即したものに改正しようという動きがあり、関連機関のワーキンググループの議論を通して、改正洪水法に含むべき内容が提案されている。新たな洪水管理法 (Flood Risk Management Act) 草案では、関連機関の所掌や組織間連携について規定されている。</p>
<p>土地開発、都市計画関連法・計画</p>	<p><u>土地開発法 (SLLR&DC Act No. 15 of 1968)</u> 2006年に改定され、Act No.35 of 2006 となっている。同法では、洪水危険地帯への開発の抑制が十分ではない。</p>
<p>気候変動に係る法・計画</p>	<p>マハウェリ開発・環境省により、National Adaptation Plan for Climate Change in Sri Lanka (2016) が策定された。過去の気象データの分析結果から、気温の上昇傾向および降雨の強度と時空間分布の変化傾向がみられる。アジア地区の平均海面上昇は 1-3mm/年が観測されている。このような気候変動の傾向は、豪雨による洪水と少雨による渇水の頻度と強度を今後ますます増加させる可能性がある。</p>

3.8.3. 治水に関する組織制度の現状整理・分析

スリランカ国における洪水管理の法的根拠となるのは、1955年に制定された洪水法 (Flood Ordinance No. 22 of 1955) であるが、同法では洪水管理に関わる機関の責任分担は明確でない。また、灌漑局には河川の構造物対策の計画と実施に関わる権限が与えられているが、非構造物対策への法的権限は含まれていないことから、同法を現状に即したものに改正しようという動きがある。

表 3.8-1 新洪水管理法における洪水現象の分類と定義（案）

洪水現象	定義
Floods 洪水	河川もしくは沿岸の流れがオーバーフローすることによって普段は乾燥している土地が浸水すること。
Local Flood 局所洪水	降雨に起因する排水路の未接続あるいは排水能力不足のために生じる局所的な浸水。
Urban Flood 都市洪水	都市計画庁によって定義された都市域において、降雨に起因する排水能力不足のために生じる浸水。
Coastal Flood 海岸洪水	自然もしくは人工的要因による沿岸部の浸水。
Riverine Floods 河川洪水	降雨に起因する河川の高水位によって河岸からの越水が生じる場合の洪水。
Reservoir induced floods 貯水ダムに起因する洪水	極端現象の際に貯水ダムからの放流もしくはダム崩壊によって生じる浸水。

出典：灌漑局

新洪水管理法では、洪水管理全般に責任を持つのは灌漑局局長であり、灌漑局局長の指揮のもと、局所洪水、都市洪水、海岸洪水については、地方自治体の長、都市協議会の長、海岸保全局局長が責任をそれぞれ持つとしている。

都市洪水については、都市洪水管理に責任を持つ都市協議会への支援として、DMC による関連データベース準備支援が提案されているほか、土地開発公社や都市計画庁といった技術機関によって保障された洪水管理計画の策定が提案されている。

洪水対策、水資源管理に関連する主要機関は表 3.8-2 に示すとおりである。

表 3.8-2 洪水対策、水資源管理に関連する主要機関

関連機関	主な役割
灌漑局	州をまたぐ流域における灌漑・排水、洪水対策
土地開発公社	都市洪水対策
都市計画庁	洪水リスクを考慮した都市計画
州、地方自治体	州内で完結する流域や地方の小規模水路の管理
災害管理センター	災害管理全般
国家上下水道委員会	上下水道
電力公社	水力発電
環境庁	水環境
マハウェリ公社	Mahaweli 川流域の水資源開発・管理
北部州灌漑部局	北部州における灌漑・排水、洪水対策
農業局	中小規模灌漑
農業者開発局	小規模灌漑

出典：スリランカ国 防災セクター情報収集・確認調査

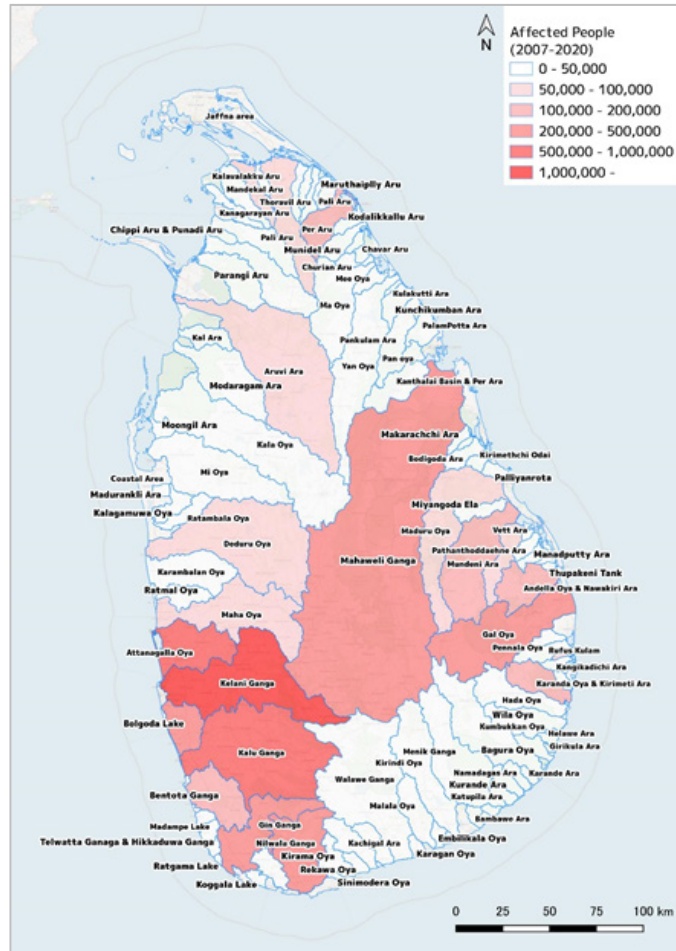
上記の内、灌漑局、土地開発公社、都市計画庁、災害管理センターの概要を以下に示す。

<p>灌漑局 (ID)</p>	<p>灌漑局 (Irrigation Department: ID) は、河川及び貯水池・灌漑施設の管理を行っている。洪水対策に関する主要な専門機関であり、洪水にかかる早期警報及び構造物・非構造物対策を実施している。全国 14 箇所の地方事務所 (Regional Office)、48 箇所の地区灌漑技師事務所 (Divisional Irrigation Engineers Office) を通じて情報収集及び災害対応を実施している。</p> <p>1955 年に制定された洪水法 (Flood Ordinance No. 22 of 1955) では、ID には洪水にかかる構造物対策の計画と実施にかかる権限が付与されているが、非構造物対策への法的権限は含まれていない。その後、洪水に関わる新たな組織、DMC、SLLDC、UDA が設立されており、各機関の責任分担は明確化が求められている。</p>
<p>土地開発公社 (SLLDC)</p>	<p>土地開発公社 (Sri Lanka Land Development Corporation : SLLDC) は都市排水を管轄する主要な専門機関であり、低湿地の開発・保全・開発規制及び都市排水施設の計画、設計、建設及び維持管理を行っている。政府事業のほか、道路開発庁 (RDA) や地方自治体等の委託を受けコンサル・設計業務を行い、独自の収入を得ている。</p> <p>現在、SLLDC は土地開発法 (Act No.35 of 2006) の改正に向けて準備を進めている。改正の要点は、無許可の開発から湿地を保護するための、より強力かつ迅速な行動にかかる権限を SLLDC に付与する事である。これにより、湿地の開発に際し、事業者は SLLDC のみならず、都市計画庁 (Urban Development Authority : UDA)、中央環境庁 (Central Environment Authority : CEA) 等複数の機関から許認可を得る事が必要となり、乱開発への抑止力となる事が期待されている。</p>
<p>都市計画庁 (UDA)</p>	<p>都市計画庁 (Urban Development Authority : UDA) は、都市計画策定・実施に関わる主要機関である。全 9 州 (Province) に州事務所を設置しているほか、いくつかの県に県事務所を設置し一つの県事務所が複数の県を管轄している。</p> <p>UDA における防災の視点を都市計画に反映させる取り組みは 2004 年のインド洋大津波以降に始まった。防災を環境の一部と捉え、防災主流化を進めている。全国の都市計画策定に際し、ガイドラインに即して災害リスクを土地用途区分に取り入れている。MDM での国家災害管理調整委員会 (NDMCC) にも常に出席している。</p> <p>都市計画は原則 10 年ごとに見直しているが、大きな災害があった際には随時見直している。計画策定後の住民移転は UDA ではなく地方自治体 LA の権限で、LA の委員会を通じて行われる。コロombo 県では計画委員会 (Main Planning Committee) が 2 週間毎に開催され、UDA 地方事務所の代表も出席し、各都市の都市計画を議論している。</p>
<p>災害管理センター (DMC)</p>	<p>災害管理センター (Disaster Management Centre: DMC) は、災害管理法の規定で 2005 年 7 月に設立された、災害管理全般を担当する中心的機関である。DMC 本部は、各レベルの災害管理計画を推進する「災害対策・計画部」、災害リスク緩和政策の実施や調査研究を行う「緩和策調査・開発部」、住民啓発活動を実施する「住民啓発部」、緊急対応と早期警報を担当する「緊急対応センター (EOC)」等で構成されている。</p> <p>地方部には、全 25 県庁内に DMC が設置した県災害管理調整ユニット (District Disaster Management Coordination Unit: DDMCU) に DMC 本部から派遣された 25 名の Assistant Director と 106 名の Disaster Management Assistant が常駐している。</p>

3.8.4. 洪水被害状況の整理

スリランカにおける洪水被害状況として、DesInventar に記録されている 2007 年～2020 年までの災害データを整理した。被災者数は記録されているものの、被害額についてはほとんど記録がないことから、洪水被災者数を洪水被害の指標としてその地域分布を図 3.8-2 に整理した。災害被害記録は郡毎の記録のため、人口分布を用いての各流域への按分とした。

なお、洪水のほか、豪雨や低気圧による被害記録も集計に含めているため、強風等による被災者数も含む可能性がある。



出典: JICA 調査団作成

図 3.8-2 被災者数の地域的分布

洪水の被災地域は主に海岸沿いの平野部に分布しており、特に降水量の多い南西部と、熱帯低気圧・サイクロンの通り道でかつ平野の多い北部・東部海岸地域の被災者数が多い。

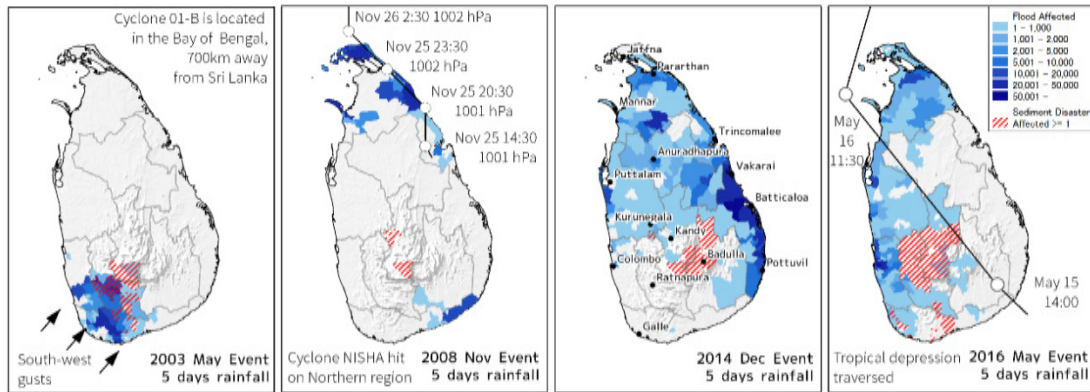
スリランカ北部・西部・東部・南西部における過去の代表的な大規模降雨災害として次の 4 事例を抽出し、被災状況等について表 3.8-3 に整理した。

表 3.8-3 過去の代表的な洪水被害

発生年月	被災地域	被災者数	死者・行方不明者数	被災家屋数
2003 年 05 月	南西部	468,040	138	6,771
2008 年 11 月	北部	427,524	12	13,910
2014 年 12 月	東部、北部	1,021,310	10	4,461
2016 年 05 月	西部、北部	421,479	26	340

出典：スリランカ国 防災セクター情報収集・確認調査

上記災害時の洪水及び土砂災害分布を図 3.8-3 に示す。



出典：スリランカ国 防災セクター情報収集・確認調査

図 3.8-3 過去の代表的な豪雨時の洪水災害発生状況

National Adaptation Plan for Climate Change in Sri Lanka (2016) によれば、過去の気象データの分析結果から、気温の上昇傾向および降雨の強度と時空間分布の変化傾向がみられる。アジア地区の平均海面上昇は 1-3mm/年が観測されている。このような気候変動の傾向は、豪雨による洪水と少雨による渇水の頻度と強度を今後ますます増加させる可能性があり、気象状況の注意深いモニタリングの継続と気候変動の影響を踏まえた洪水・渇水ハザードの予測が重要となっている。

一方、西部州と東部州における人口増加傾向が特に顕著であり、人口増加と経済活動の活性化により、洪水ハザードへの暴露のトレンドにも注意を払う必要がある。

3.8.5. 使用データ

(1) 使用データ

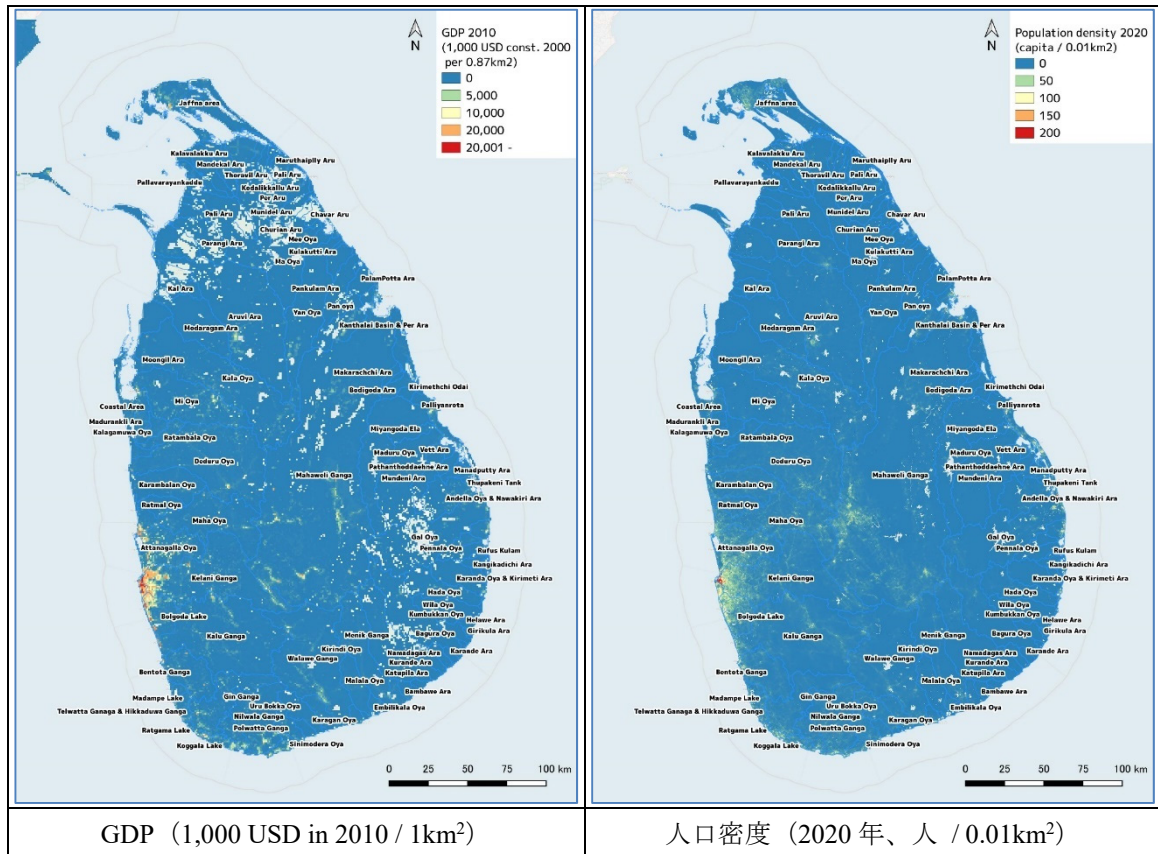
洪水リスクの分析で使用したデータを表 3.8-4 に示す。

表 3.8-4 使用データ (スリランカ)

データ種	現地機関	グローバルデータ	独自算出	備考
行政界	測量局	-	-	地形図 GIS データを測量局より購入
流域界	灌漑局	-	-	灌漑局より提供
人口	統計局	WorldPop Univ. Southampton	-	統計局：県ごと、2001、2012、2017、2018 WorldPop グローバルデータ：100m メッシュ、Unconstrained:2000-2020
人口増加率	-	WorldPop	-	2010 - 2020 人口グリッド差分
GDP	スリランカ中央銀行	-	-	州ごと、2012~2019 一人あたりの GDP を算出し、人口グリッドに乗じて氾濫域の GDP を算出
GDP 増加率	スリランカ中央銀行	-	-	一人あたりの GDP と人口の変化より算出
標高	LiDAR 測量データ	SRTM	-	標高から流下方向、集水面積を計算し、河川セルを抽出。30m メッシュ
災害データ	DesInventar	-	-	DesInventar で DMC が取りまとめた災害データが閲覧可能。郡毎の被害件数、被災者数等

データ種	現地機関	グローバルデータ	独自算出	備考
氾濫区域	灌漑局浸水実績図	IWMI 浸水実績図 WRI Aqueduct	河川からの比高	標高データを用いて抽出した河川セルからの比高を用いて氾濫域を推定 ※ JRC (Joint Research Centre Data Catalogue, European Commission) の全世界洪水ハザードマップでは、スリランカで浸水範囲があるのは大河川の Mahaweli Ganga のみであり、活用不可

検討に使用した、GDP 分布および人口分布を図 3.8-4 に示す。



出典：JICA 調査団作成

図 3.8-4 スリランカの GDP・人口分布

GDP、人口はともにコロンボ都市圏を含むスリランカ南西部の集中している。

(2) 氾濫域データ



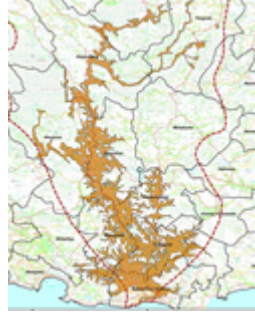

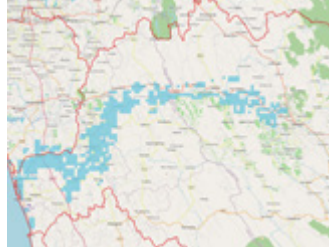

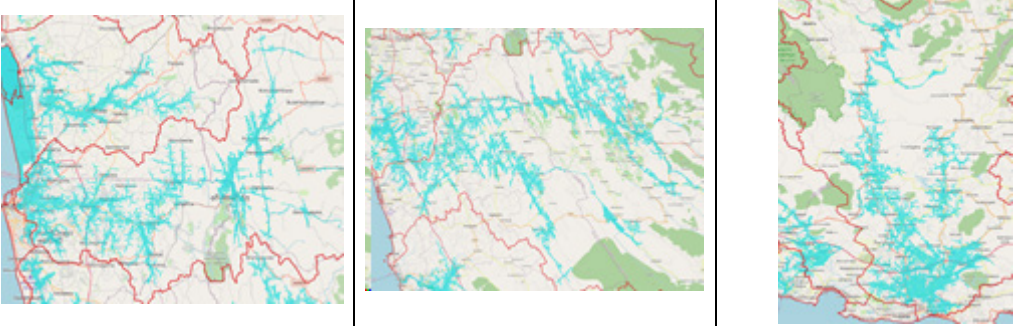
1) 氾濫域データの選定

スリランカの各流域で、統一的な基準・手法により整備された氾濫域図はなく、一部の主要河川でのみ WB CRIP 等の洪水ハザードマップが利用可能である。

統一的な基準・手法による氾濫リスク域の設定を目的に、スリランカで適用可能な以下の 2 手法による氾濫域データの比較検討を実施した。

- ・ グローバルデータを利用した氾濫域 (IWMI 浸水実績図、WRI Aqueduct)
- ・ 標高データを用いて抽出した氾濫域 (河川セルからの比高 2m のエリア)

灌漑局は、現地調査結果として、2016年 Kelani Ganga、2003年 Kal Ganga、2017年 Nilwala Ganga の浸水実績図を公開している。灌漑局の浸水実績図が利用可能な、Kelani Ganga、Kal Ganga、Nilwala Ganga の3流域を対象に、上記の2手法（グローバルデータ、河川比高2m）についての比較検討を行った。比較結果の概要を図 3.8-5 に示す。

	Kelani Ganga	Kalu Ganga	Nilwala Ganga
灌漑局 実績	 2016、1/15 程度	 2003、1/10～1/25 程度	 2017、1/75～1/100 程度
グローバルデータ	 Aqueduct、1/25	 IWMI、衛星観測	 Aqueduct、1/100
河川比高 2m	 最小集水面積 100km ² 、河川からの比高 2m		

出典：灌漑局 浸水実績図、WRI Aqueduct、IWMI 浸水実績図より引用

図 3.8-5 氾濫域データの比較

2) 氾濫域データの検証

スリランカを対象としたグローバルデータとしては、IWMI の衛星観測による実績浸水範囲（2001～2015）、WRI の Aqueduct 洪水ハザードマップの利用が可能である。しかしながら、図 3.8-5 に示す通り、グローバルデータは、いずれもグリッドが粗く、実際の浸水範囲より過小評価の傾向が認められる。

標高データを用いて抽出した河川から比高2mの範囲までを氾濫区域として設定した結果が、浸水実績をよく再現できていることが確認できた（図 3.8-5）。

検証の結果、スリランカにおける今後の検討では、グローバルデータに比較して浸水実績の再現性が高い、河川比高2mを氾濫域データとして採用することとした。

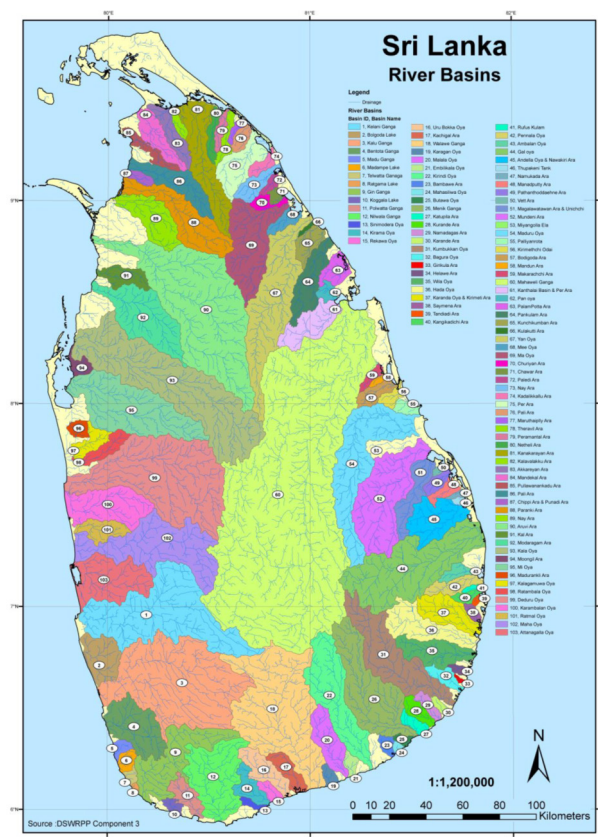
なお、Kelani・Attanagalu（2016、1/15程度）、Kalu（2003、1/10～1/25程度）、Nilawala（2017、1/75～1/100程度）の氾濫範囲を再現するように、最小集水面積100km²、河川から比高2mを氾濫区域に設定した。また、検討の過程で標高5m以下を氾濫区域と想定した場合についての検討も実施したが、中流域の氾濫が再現できていないとの判断から、比較検討の対象外とした。

3.8.6. 1次スクリーニング

(1) 対象流域の設定

灌漑局は全国を103の河川流域と、残りの海岸エリア、ラグーンを含むJaffnaエリアに分割して管理している。103流域の法的根拠はないが、灌漑局の水文年報等にはこれら103流域が示され、流域ごとに管理されている。

内水氾濫及び高潮の被害が多いとみられる海岸エリアおよびJaffnaエリアを除いた103流域を検討対象流域とした。103流域の流域境界については、灌漑局より提供を受けたGIS流域境界データを今後の検討に使用した。103河川流域の位置図を図3.8-6に示す。



出典：“Hydrological Annual of Sri Lanka 2018/19”,
 Hydrology Division, Irrigation Department

図 3.8-6 103 河川流域の位置図

(2) 103 流域の概要

1 次スクリーニング結果 103 流域の概要を表 3.8-5 に示す。

灌漑局は、24 流域を重要河川流域として認識し、その内の 10 河川については WB : Climate Resilience Improvement Project (CRIP) においてリスク評価と流域投資計画を実施した。

東部の主要 2 流域と周辺の小流域は、WB : Flood Risk Modelling and Pre-Feasibility Studies for Flood Risk Management in Mundeni Aru Basin in Sri Lanka の対象とされている。

さらに、Disaster Management Center は上記とは別の 5 流域で洪水リスクマップを作成している。

表 3.8-5 1 次スクリーニング (検討対象 103 流域) 結果

流域 ID	流域名	流域面積	重要河川流域 (既存プロジェクト)	流域 ID	流域名	流域面積	重要河川流域 (既存プロジェクト)
		km ²				km ²	
1	Kelani Ganga	2,314	CRIP JICA	26	Menik Ganga	1,305	灌漑局
2	Bolgoda	427	JICA	27	Katupila Ara	97	
3	Kalu Ganga	2,816	JICA DMC	28	Kurande Ara	141	
4	Bentota Ganga	709		29	Namadagas Ara	102	
5	Madu Ganga	73		30	Karande Ara	50	
6	Madampe Lake	94		31	Kumbukkan Oya	1,189	灌漑局
7	Telwatta Ganaga & Hikkaduwa Ganga	50		32	Bagura Oya	137	
8	Ratgama Lake	17		33	Girikula Ara	15	
9	Gin Ganga	943	CRIP JICA	34	Helawe Ara	44	
10	Koggala Lake	66		35	Wila Oya	471	灌漑局
11	Polwatta Ganga	222		36	Hada Oya	618	灌漑局
12	Nilwala Ganga	1,034	CRIP JICA	37	Karanda Oya & Kirimeti Ara	445	灌漑局
13	Sinimodera Oya	49		38	Saymena Ara	60	
14	Kirama Oya	219		39	Tandiadi Ara	25	
15	Rekawa Oya	91		40	Kangikadichi Ara	79	
16	Uru Bokka Oya	335		41	Rufus Kulam	26	
17	Kachigal Ara	213		42	Pennala Oya	205	
18	Walawe Ganga	2,487	DMC	43	Ambalan Oya	112	
19	Karagan Oya	73		44	Gal Oya	1,872	CRIP
20	Malala Oya	412		45	Andella Oya & Nawakiri Ara	561	(WB)
21	Embilikala Oya	75		46	Thupakeni Tank	27	(WB)
22	Kirindi Oya	1,084	DMC	47	Namukada Ara	31	(WB)
23	Bambawe Ara	74		48	Manadputty Ara	103	(WB)
24	Mahasiliwa Oya	24		49	Pathanthoddaehne Ara	111	(WB)
25	Butawa Oya	47		50	Vett Ara	26	(WB)

流域 ID	流域名	流域面積	重要河川流域 (既存プロジェクト)	流域 ID	流域名	流域面積	重要河川流域 (既存プロジェクト)
		km ²				km ²	
51	Magalawatawan Ara & Unichchi	378	(WB)	78	Thoravil Aru	120	
52	Mundeni Aru	1,352	WB	79	Piramanthal Aru	93	
53	Miyangoda Ela	198	(WB)	80	Nethali Aru	133	
54	Maduru Oya	1,508	WB	81	Kanagarayan Aru	850	DMC
55	Palliyanrota	87		82	Kalavalakku Aru	73	
56	Kirimethchi Odai	98		83	Akkarayan Aru	266	
57	Bodigoda Ara	175		84	Mandekal Aru	332	
58	Mandun Ara	30		85	Pallavarayankaddu	170	
59	Makarachchi Ara	77		86	Pali Aru	484	
60	Mahaweli Ganga	10,268	CRIP	87	Chippi Aru & Punadi Aru	82	
61	Kanthalai Basin & Per Ara	458		88	Parangi Aru	850	
62	Pan oya	88		89	Manalaru (Nay Aru)	556	
63	PalamPotta Ara	204		90	Aruvi Ara	3,187	CRIP
64	Pankulam Ara	478		91	Kal Ara	245	
65	Kunchikumban Ara	207		92	Modaragam Ara	1,002	灌漑局
66	Kulakutti Ara	25		93	Kala Oya	2,860	CRIP
67	Yan Oya	1,566	灌漑局	94	Moongil Ara	106	
68	Mee Oya	127		95	Mi Oya	1,567	DMC
69	Ma Oya	1,033	灌漑局	96	Madurankli Ara	58	
70	Churian Aru	100		97	Kalagamuwa Oya	195	
71	Chavar Aru	60		98	Ratambala Oya	206	
72	Paladi Aru	61		99	Deduru Oya	2,682	CRIP
73	Munidel Aru	210		100	Karambalan Oya	777	
74	Kodalikkallu Aru	106		101	Ratmal Oya	249	
75	Per Aru	477		102	Maha Oya	1,553	CRIP
76	Pali Aru	108		103	Attanagalla Oya	854	CRIP JICA
77	Maruthaiply Aru	53					

3.8.7. 2次スクリーニング

流域ごとの氾濫域内 GDP (2020 年) を算出し、洪水リスクポテンシャルを評価した。併せて、氾濫域内人口、氾濫域内人口密度、氾濫域内 GDP 密度、被災人数 (2007 年～2020 年)、氾濫域内 GDP 増加率および氾濫域内人口増加率も算出した。評価結果の一覧を表 3.8-6 に示す。

氾濫域内 GDP 順位に準じて優先度を評価し、2次スクリーニングの結果として、上位 10 流域 (Kelani Ganga、Attanagalla Oya、Bolgoda、Kalu Ganga、Mahaweli Ganga、Nilwala Ganga、Maha Oya、Gin Ganga、Deduru Oya、Bentota Ganga) を抽出した。上位 10 流域は、Mahaweli Ganga 流域を除き、南西部に集中している。

上位 10 流域の氾濫域内 GDP の合計は、103 流域の氾濫域内 GDP 合計の 94% を占めている。

表 3.8-6 2次スクリーニング（10流域の抽出）結果

流域名	流域面積		順位	氾濫域内人口		氾濫域内人口密度		氾濫域内GDP		氾濫域内GDP密度		被災人数		氾濫域内GDP増加率		氾濫域内人口増加率		重要 河川 流域
	km ²	km ²		人 (2020年)	順位	人/km ² (2020年)	順位	1,000USD (2020年)	順位	1,000USD /km ² (2020年)	順位	人 (2007- 2020)	順位	(%/年)	順位	(%/年)	順位	
Kelani Ganga	2,314	258.21	4	715,402	1	2,771	3	4,146,076	1	16,057	2	1,288,506	1	8.17%	19	0.75%	36	CRIP JICA
Attanagalla Oya	854	149.45	9	313,674	2	2,099	4	1,936,036	2	12,955	3	546,040	3	8.27%	18	0.98%	27	CRIP
Bolgoda	427	99.56	17	195,563	3	1,964	5	1,207,038	3	12,123	4	278,786	7	8.66%	15	1.34%	18	JICA
Kalu Ganga	2,816	273.06	2	176,809	4	648	9	719,201	4	2,634	8	639,631	2	9.52%	9	0.96%	28	JICA DMC
Mahaweli Ganga	10,268	670.81	1	136,997	5	204	26	469,642	5	700	24	288,087	6	9.38%	10	1.07%	26	CRIP
Nilwala Ganga	1,034	117.76	14	98,473	6	836	6	333,861	6	2,835	7	251,259	8	5.35%	39	0.72%	38	CRIP JICA
Maha Oya	1,553	104.39	16	82,767	7	793	7	327,396	7	3,136	6	62,030	19	9.19%	12	0.72%	37	CRIP
Gin Ganga	943	122.66	12	72,413	8	590	11	245,524	8	2,002	12	323,894	5	5.18%	41	0.55%	41	CRIP JICA
Deduru Oya	2,682	192.09	7	60,716	9	316	18	206,193	9	1,073	18	67,331	18	9.72%	8	0.84%	30	CRIP
Bentota Ganga	709	68.36	24	29,531	12	432	16	142,089	10	2,079	11	127,569	10	7.14%	23	0.78%	34	
Gal Oya	1,872	196.72	6	41,468	10	211	25	116,498	11	592	27	347,208	4	4.10%	47	0.64%	39	CRIP
Walawe Ganga	2,487	134.64	11	33,047	11	245	22	102,171	12	759	22	27,023	33	8.58%	16	1.23%	20	DMC
Kala Oya	2,860	219.19	5	27,481	13	125	35	98,177	13	448	31	35,668	28	9.32%	11	0.54%	42	CRIP
Aruvi Ara	3,187	258.62	3	27,015	15	104	39	95,732	14	370	36	70,483	17	10.10%	5	1.55%	16	CRIP
Karambalan Oya	777	62.36	26	27,061	14	434	15	91,900	15	1,474	16	36,746	27	10.32%	4	1.39%	17	
Mi Oya	1,567	118.04	13	21,982	16	186	27	74,652	16	632	25	38,786	25	10.01%	6	1.10%	24	DMC
Kirindi Oya	1,084	95.46	18	20,930	17	219	23	69,593	17	729	23	23,742	35	7.72%	21	1.74%	15	DMC
Polwatta Ganga	222	16.90	46	10,498	18	621	10	35,592	18	2,106	10	27,720	31	4.99%	43	0.37%	45	
Ratmal Oya	249	19.30	43	9,930	20	515	13	33,724	19	1,748	13	20,859	36	10.00%	7	1.09%	25	
Menik Ganga	1,305	89.78	20	10,268	19	114	36	32,971	20	367	37	10,925	45	10.86%	2	1.30%	19	ID
Yan Oya	1,566	145.86	10	7,532	21	52	47	26,717	21	183	45	8,939	48	8.81%	14	0.62%	40	ID
Uru Bokka Oya	335	24.85	41	7,157	22	288	20	24,263	22	976	20	7,960	53	4.99%	44	0.37%	46	
Maduru Oya	1,508	167.33	8	6,711	23	40	51	20,755	23	124	52	83,527	16	6.53%	29	1.19%	21	WB
Kumbukkan Oya	1,189	80.38	21	5,457	28	68	43	17,511	24	218	41	2,856	64	11.87%	1	2.16%	9	ID
Karanda Oya & Kirimeti Ara	445	40.46	32	6,255	24	155	29	17,413	25	430	32	103,073	13	5.57%	35	2.40%	7	ID
Kanthalai Basin & Per Ara	458	39.95	33	5,961	25	149	32	16,598	26	415	33	42,089	24	3.97%	48	0.84%	29	
Andella Oya & Nawakiri Ara	561	52.65	29	5,805	26	110	37	16,150	27	307	38	115,635	11	2.58%	57	-0.48%	72	(WB)
Mundeni Aru	1,352	108.60	15	5,780	27	53	45	16,083	28	148	46	140,088	9	3.93%	49	0.82%	31	WB
Kirama Oya	219	9.73	55	4,684	29	481	14	15,879	29	1,631	14	5,837	57	5.43%	36	0.79%	33	
Ma Oya	1,033	90.01	19	4,087	30	45	49	12,990	30	144	48	16,660	38	4.36%	46	-1.42%	80	ID
Hada Oya	618	51.54	30	3,422	31	66	44	10,153	31	197	44	25,032	34	6.72%	26	1.10%	23	ID
Kachigal Ara	213	10.54	54	2,914	33	277	21	9,881	32	938	21	374	78	6.80%	24	2.10%	10	
Rufus Kulam	26	5.84	62	3,416	32	585	12	9,505	33	1,628	15	51,947	21	3.92%	50	0.82%	32	
Modaragam Ara	1,002	57.46	28	2,149	38	37	53	7,786	34	135	50	1,744	68	7.49%	22	-1.16%	76	ID
Ratambala Oya	206	13.69	51	2,235	34	163	28	7,589	35	554	28	5,682	58	7.91%	20	-0.83%	74	
Kalagamuwa Oya	195	14.63	50	2,220	35	152	31	7,538	36	515	29	11,966	43	9.10%	13	0.27%	48	
Malala Oya	412	26.61	39	2,174	37	82	40	7,370	37	277	40	14,440	41	6.47%	30	1.78%	13	
PalamPotta Ara	204	16.36	47	2,187	36	134	34	6,085	38	372	35	6,326	54	3.53%	53	0.44%	44	
Palliyarota	87	26.50	40	2,057	39	78	42	5,724	39	216	43	43,419	23	3.60%	52	0.51%	43	
Akkarayan Aru	266	58.05	27	1,593	41	27	60	4,968	40	86	59	59,610	20	1.96%	60	-4.38%	85	
Pankulam Ara	478	62.70	25	1,680	40	27	61	4,688	41	75	62	3,688	59	5.79%	34	2.58%	6	
Parangi Aru	850	76.08	22	1,426	43	19	69	4,448	42	58	69	37,876	26	5.35%	40	-1.20%	77	
Kanagarayan Aru	850	72.56	23	1,412	44	19	68	4,403	43	61	67	87,081	14	1.46%	64	-4.85%	87	DMC
Rekawa Oya	91	4.18	63	1,270	46	304	19	4,304	44	1,029	19	1,727	69	5.84%	33	1.19%	22	
Magalawatawan Ara & Unichchi	378	28.37	38	1,495	42	53	46	4,159	45	147	47	85,144	15	1.72%	63	-1.31%	79	(WB)
Wila Oya	471	38.15	35	1,347	45	35	56	3,840	46	101	56	10,721	46	8.57%	17	3.81%	1	ID
Mandekal Aru	332	37.59	36	1,045	47	28	58	3,259	47	87	58	30,367	29	0.08%	69	-6.14%	93	
Manalaru (Nay Aru)	556	49.40	31	1,013	48	21	67	3,161	48	64	66	12,828	42	1.93%	61	-4.41%	86	

流域名	流域面積		氾濫域面積		氾濫域内人口		氾濫域内人口密度		氾濫域内GDP		氾濫域内GDP密度		被災人数		氾濫域内GDP増加率		氾濫域内人口増加率		重要河川流域
	km ²	km ²	順位	人(2020年)	順位	人/km ² (2020年)	順位	1,000USD(2020年)	順位	1,000USD/km ² (2020年)	順位	人(2007-2020)	順位	(%/年)	順位	(%/年)	順位		
Pallavarayankaddu	170	24.04	42	858	49	36	55	2,676	49	111	54	14,458	40	1.33%	65	-4.97%	88		
Per Aru	477	32.08	37	817	51	25	62	2,549	50	79	60	114,296	12	2.27%	59	-4.09%	84		
Munidel Aru	210	18.63	45	817	52	44	50	2,549	51	137	49	27,528	32	-2.16%	95	-8.24%	97		
Thupakeni Tank	27	3.89	65	853	50	219	24	2,375	52	610	26	28,433	30	3.86%	51	0.76%	35	(WB)	
Manadputty Ara	103	0.09	79	640	53	6,810	1	1,781	53	18,946	1	46,363	22	6.60%	28	3.42%	3	(WB)	
Kangikadichi Ara	79	7.09	59	552	54	78	41	1,537	54	217	42	8,400	50	0.66%	67	-2.34%	82		
Pali Aru	484	39.65	34	345	56	9	76	1,076	55	27	76	17,794	37	-6.92%	103	-12.71%	103		
Kirimethchi Odai	98	16.33	48	382	55	23	63	1,062	56	65	65	8,058	52	2.91%	56	-0.16%	71		
Kunchikumbar Ara	207	8.68	57	335	57	39	52	933	57	108	55	1,162	72	3.04%	55	-0.03%	70		
Pennala Oya	205	15.59	49	331	58	21	66	922	58	59	68	3,342	61	0.08%	70	-2.90%	83		
Makarachchi Ara	77	5.91	61	283	59	48	48	786	59	133	51	5,965	56	6.73%	25	3.55%	2		
Vett Ara	26	0.34	75	271	60	787	8	753	60	2,189	9	6,167	55	5.88%	32	2.72%	5	(WB)	
Pathanthoddaehne Ara	111	0.07	82	261	61	3,534	2	728	61	9,832	5	14,602	39	5.41%	37	2.27%	8	(WB)	
Miyangoda Ela	198	18.70	44	229	62	12	72	637	62	34	73	8,137	51	-2.10%	94	-5.02%	89	(WB)	
Namukada Ara	31	1.63	70	219	63	135	33	608	63	374	34	8,533	49	3.44%	54	0.36%	47	(WB)	
Kalavalakku Aru	73	8.31	58	183	64	22	64	572	64	69	63	9,065	47	0.69%	66	-5.57%	90		
Ambalan Oya	112	6.33	60	176	65	28	59	489	65	77	61	1,390	71	1.78%	62	-1.26%	78		
Mandun Ara	30	1.59	71	173	66	109	38	482	66	303	39	3,658	60	5.93%	31	2.76%	4		
Bodigoda Ara	175	12.55	52	152	67	12	73	423	67	34	74	3,207	62	5.00%	42	1.86%	12		
Koggala Lake	66	0.24	77	101	69	430	17	343	68	1,458	17	981	74	6.71%	27	2.02%	11		
Saymena Ara	60	3.58	66	112	68	31	57	313	69	87	57	1,895	66	2.52%	58	-0.54%	73		
Kodalikkallu Aru	106	0.61	74	94	70	153	30	294	70	478	30	3,108	63	0.27%	68	-5.97%	91		
Paladi Aru	61	2.90	68	62	71	21	65	194	71	67	64	2,053	65	-2.75%	98	-8.80%	100		
Chippi Aru & Punadi Aru	82	3.13	67	46	72	15	71	145	72	46	71	237	79	0.04%	71	-6.18%	94		
Kal Ara	245	8.70	56	33	73	4	77	108	73	12	77	1,058	73	5.39%	38	-1.65%	81		
Katupila Ara	97	11.15	53	18	74	2	81	61	74	5	81	29	84	4.81%	45	-0.95%	75		
Chavar Aru	60	3.92	64	13	75	3	78	41	75	11	78	439	77	-0.52%	93	-6.70%	95		
Namadagas Ara	102	1.07	72	11	76	10	74	37	76	34	72	18	85	-3.91%	100	-8.14%	96		
Piramanthal Aru	93	0.28	76	10	77	37	54	32	77	115	53	1,862	67	-6.73%	102	-12.53%	102		
Thoravil Aru	120	0.86	73	8	78	9	75	25	78	29	75	1,433	70	-2.30%	96	-8.38%	98		
Madurankli Ara	58	0.00	86	7	79	0	82	23	79	0	82	47	83	10.72%	3	1.75%	14		
Churian Aru	100	2.78	69	5	80	2	80	16	80	6	80	171	80	-2.51%	97	-8.57%	99		
Nethali Aru	133	0.06	83	1	81	15	70	3	81	47	70	157	81	-6.16%	101	-12.00%	101		
Mee Oya	127	0.09	80	0	82	2	79	1	82	7	79	1	86	-3.13%	99	-6.02%	92		
Madu Ganga	73	0.00	86	0	83	0	82	0	83	0	82	11,834	44	0.00%	72	0.00%	49		
Madampe Lake	94	0.00	86	0	83	0	82	0	83	0	82	774	75	0.00%	72	0.00%	49		
Telwatta Ganaga & Hikkaduwa Ganga	50	0.00	86	0	83	0	82	0	83	0	82	669	76	0.00%	72	0.00%	49		
Ratgama Lake	17	0.00	86	0	83	0	82	0	83	0	82	1	86	0.00%	72	0.00%	49		
Sinimodera Oya	49	0.00	86	0	83	0	82	0	83	0	82	52	82	0.00%	72	0.00%	49		
Karagan Oya	73	0.00	86	0	83	0	82	0	83	0	82	0	88	0.00%	72	0.00%	49		
Embilikala Oya	75	0.00	86	0	83	0	82	0	83	0	82	0	88	0.00%	72	0.00%	49		
Bambawe Ara	74	0.00	86	0	83	0	82	0	83	0	82	0	88	0.00%	72	0.00%	49		
Mahasiliwa Oya	24	0.00	86	0	83	0	82	0	83	0	82	0	88	0.00%	72	0.00%	49		
Butawa Oya	47	0.00	84	0	83	0	82	0	83	0	82	0	88	0.00%	72	0.00%	49		
Kurande Ara	141	0.00	86	0	83	0	82	0	83	0	82	0	88	0.00%	72	0.00%	49		
Karande Ara	50	0.08	81	0	83	0	82	0	83	0	82	0	88	0.00%	72	0.00%	49		
Bagura Oya	137	0.00	86	0	83	0	82	0	83	0	82	0	88	0.00%	72	0.00%	49		
Girikula Ara	15	0.00	86	0	83	0	82	0	83	0	82	0	88	0.00%	72	0.00%	49		
Helawe Ara	44	0.00	86	0	83	0	82	0	83	0	82	0	88	0.00%	72	0.00%	49		
Tandiadi Ara	25	0.00	86	0	83	0	82	0	83	0	82	0	88	0.00%	72	0.00%	49		
Pan oya	88	0.00	86	0	83	0	82	0	83	0	82	0	88	0.00%	72	0.00%	49		
Kulakutti Ara	25	0.00	86	0	83	0	82	0	83	0	82	0	88	0.00%	72	0.00%	49		
Pali Aru	108	0.00	85	0	83	0	82	0	83	0	82	0	88	0.00%	72	0.00%	49		
Maruthaipilly Ara	53	0.15	78	0	83	0	82	0	83	0	82	0	88	0.00%	72	0.00%	49		
Moongil Ara	106	0.00	86	0	83	0	82	0	83	0	82	0	88	0.00%	72	0.00%	49		

3.8.8. 3次スクリーニング

3次スクリーニングでは、2次スクリーニングで選定された10流域において、以下の3つの補助指標を調査して、優先5流域を選定した。

- ① 既往事業の進捗からみた事業必要性
- ② M/P 策定・改訂の必要性
- ③ 日本の支援の必要性・有効性

2次スクリーニングで選定された10流域の内、7流域(Kelani Ganga, Attanagalla Oya, Mahaweli Ganga, Nilwala Ganga, Maha Oya, Gin Ganga, Deduru Oya) が WB CRIP の対象流域となっている。これら7流域については、WB CRIP の成果として灌漑局が公開する優先流域投資計画を参考とした (<https://riverbasins.irrigation.gov.lk/>)。

(1) 10流域の概要

10流域の調査結果の概要および補助指標の検討結果を以下に示す。

1) Kelani Ganga

Kelani Ganga の概要を図 3.8-7 に示す。

西部流域	
流域面積	: 2,314 km ²
氾濫域内 GDP (1位)	: 4,146,076 千ドル
氾濫域内人口 (1位)	: 715,402 人
被災人数 (1位)	: 1,288,506 人
流域 GDP (1位)	: 14,523,306 千ドル
流域人口 (2位)	: 2,675,367 人
氾濫域面積 (4位)	: 258.21 km ²

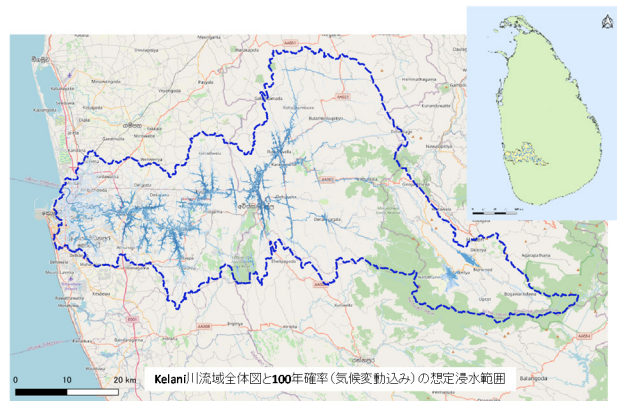


図 3.8-7 Kelani Ganga の概要

Kelani Ganga は、コロンボ郊外を流れる同国有数の河川で、資産の集中度が高く、一定の外水・内水対策が施されている。既存治水事業として、1/5年洪水対応程度の治水施設群が整備されている(水門等が河口から約45km区間に散在)。また、1/10～1/20年洪水対応程度の堤防(約8km程度)が下流部に存在する。また、内水対策事業として支川の本川合流点にポンプ場(4箇所)が整備されている。また、Metro Colombo Urban Development Project (MCUDP)等の事業で排水路等の整備が進められている。

2016年洪水(最下流部で1/15程度、全体的な浸水範囲は1/50程度に匹敵)では、約690百万USDの損失・損害が報告されている。WB CRIPでは、平均年洪水被害額として、240百万USD/年(現況シナリオ)、363百万USD/年(気候変動・開発シナリオ)を算出している。

WB CRIP で流域投資計画（1/100, 気候変動込み）が策定済み（2019.05）であり、河口から約 40km 区間を防御対象とし、下流堤防+ポンプ場（1/50）、上流ダム 2 箇所（下流堤防と合わせて 1/100）を計画している。

WB CRIP 計画は、開発圧力の高い支流域への踏み込みが不十分といえるが、コロンボ都市域の内水河川は別プロジェクトが動いており、当面の M/P 改定の必要性は低いといえる。

河口近くの支川流域(Kalu Oya, Mudun Ela)で JICA コロンボ都市圏雨水排水計画策定プロジェクトにより M/P が策定中である。

WB CResMPA（2021.10 調印）で最優先支援を計画中であり、上流ダム(2 箇所)・潮止堰が優先実施の予定とされている。下流堤防は 2022 年に D/D の実施が予定されているが、先行きが不透明である。また、下流堤防の実施は資金面での課題が大きい。

当面は上記の WB 支援事業の進捗を注視する必要があるが、日本支援の緊急性は低いが、下流堤防の整備が実施されない場合は根本的な洪水リスクの削減には至らず、支援の有効性は高まる。スリランカ最重要エリアにおける、支川流域も含めた統合的な観点からの支援需要は高いといえる。

以上のことから、表 3.8-7 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.8-7 Kelani Ganga における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	◎
② MP 策定・改訂の必要性・緊急性	△
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	○

2) Attanagalla Oya

Attanagalla Oya の概要を図 3.8-8 に示す。

西部流域

流域面積	: 854 km ²
氾濫域内 GDP (2 位)	: 1,936,036 千ドル
氾濫域内人口 (2 位)	: 313,674 人
被災人数 (3 位)	: 546,040 人
流域 GDP (3 位)	: 9,089,184 千ドル
流域人口 (3 位)	: 1,488,576 人
氾濫域面積 (9 位)	: 149.45 km ²

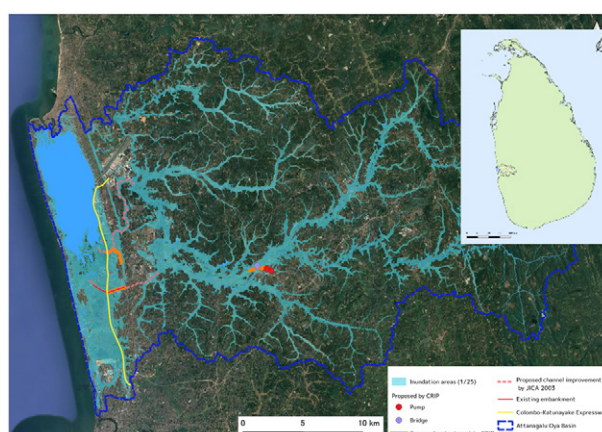


図 3.8-8 Attanagalla Oya の概要

Attanagalla Oya では、コロンボ郊外～空港を含む下流域は開発圧力が高く、特に高速道路が整備された区間は、今後の更なる発展が予想される。また、洪水被害は下流域のコロンボと空港を結ぶ道路沿い及び Gampaha 市街に多い。

基本的には無堤河川であるが、下流部は派川が多く一部区間に築堤がある。派川の Ja-Ela は JICA コロンボ首都圏洪水対策計画調査（2003）の対象（1/50 洪水に対応する河川改修と遊水池保全）とされたが事業は未実施である。

WB CRIP では、平均年洪水被害額として、23 百万 USD/年(現況シナリオ)、65 百万 USD/年(気候変動・開発シナリオ)を算出している。

WB CRIP で流域投資計画（1/25）策定が済み（2019.05）であるが、対象は Gampaha 市街、Ja-Ela 流域のみである。Gampaha 市街を対象として、堤防（1.9km）、ポンプ場 0.3m³/s（メイン）、排水路、水門、橋梁通水阻害改善を計画、Ja-Ela 支川流域を対象として、堤防の嵩上げ（2km）、水門、既存堤防強度補強、橋梁通水阻害改善、ポンプ場（2×2.5m³/s）、排水路（4.5km）を計画している。

コロンボ郊外・空港至近地域の発展性と比較して WB CRIP で提案されている対策メニューは限られており、計画見直しの必要性が高い。

WB CResMPA での最優先支援が計画されている。しかしながら対策実施の先行きは不透明である。

JICA コロンボ首都圏洪水対策計画調査（2003）時の計画に比べ、提案されている対策の規模が縮小している。M/P 見直しと対策実施の必要性が高い。

以上のことから、表 3.8-8 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.8-8 Attanagalla Oya における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	◎
② MP 策定・改訂の必要性・緊急性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	◎

3) Bolgoda

Bolgoda の概要を図 3.8-9 に示す。

西部流域	
流域面積	: 427 km ²
氾濫域内 GDP (3 位)	: 1,936,036 千ドル
氾濫域内人口 (3 位)	: 195,563 人
被災人数 (7 位)	: 278,786 人
流域 GDP (4 位)	: 7,509,465 千ドル
流域人口 (5 位)	: 1,216,674 人
氾濫域面積 (17 位)	: 99.56 km ²

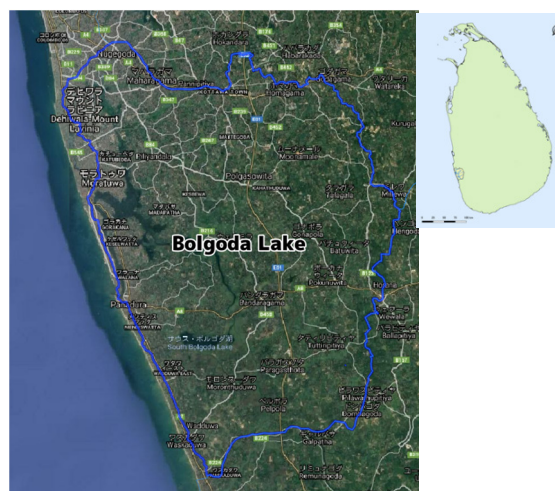


図 3.8-9 Bolgoda の概要

Bolgoda では、被災者数は7位であるが、コロンボ首都圏を含むことから氾濫域内 GDP は高い。

JICA コロンボ首都圏洪水対策計画調査（2003）の M/P、F/S に基づく、D/D や計画事業の一部実施を自国予算や WB 支援で進めている。JICA2003 M/P、F/S に基づき、Weras Ganga 雨水排水事業が実施（2013）されたが、Moratuwa-Rathmalana 地区の排水改良と Weras Ganga 右岸堤については未着手の状況となっている。

JICA コロンボ都市圏雨水排水計画策定プロジェクトが実施中であり、M/P として短期計画 1/25、長期計画 1/50 の水路改修（拡幅、浚渫）、築堤、輪中堤、遊水池保全を提案している。現在、Moratuwa-Rathmalana 地区の排水改良、Weras Ganga 右岸堤を対象に Pre-F/S を実施中である。

WB CRIP の対象流域とはなっていないが、JICA コロンボ都市圏雨水排水計画策定プロジェクト（M/P、Pre-F/S）が実施中であり、事業実施に向けた日本の支援が期待されている。

以上のことから、表 3.8-9 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.8-9 Bolgoda における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	○
② MP 策定・改訂の必要性・緊急性	△
③ 日本の支援の必要性・有効性	◎
総合評価	○

4) Kalu Ganga

Kalu Ganga の概要を図 3.8-10 に示す。

南西部流域

流域面積	: 2,816 km ²
氾濫域内 GDP (4位)	: 719,201 千ドル
氾濫域内人口 (4位)	: 176,809 人
被災人数 (2位)	: 639,631 人
流域 GDP (5位)	: 5,179,688 千ドル
流域人口 (4位)	: 1,255,016 人
氾濫域面積 (2位)	: 273.06 km ²

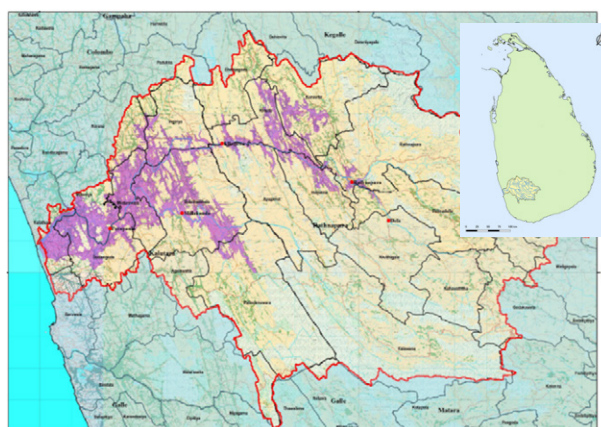


図 3.8-10 Kalu Ganga の概要

Kalu Ganga は、被災者数が2位と高く、特に下流域カルタラ、中流域ラトナプラでの洪水被害が顕著である。

堤防やその他の洪水防御施設は設けられていない。洪水管理施設の整備は遅れており、他河川と同レベルの洪水防御が望まれる。

JICA 防災機能強化計画調査（2006）M/P で短期計画（1/10）：堤防整備(20km)、樋管(33 基)、輪中堤(13km)、長期計画（1/30）：堤防の嵩上(20km)、新規排水ポンプ(13 基)が提案された。しかしながら、その後の都市域の拡大等の土地利用の変化や気候変動を考慮した M/P 改定のニーズが高い。

WB CRIP の対象とはなっておらず、また、過去に JICA 支援が検討されたが実施に到らなかった経緯もあり、JICA2006M/P の改定を含めた日本の継続支援が期待されている。

以上のことから、表 3.8-10 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.8-10 Kalu Ganga における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	◎
② MP 策定・改訂の必要性・緊急性	◎
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	◎

5) Mahaweli Ganga

Mahaweli Ganga の概要を図 3.8-11 に示す。

中東部流域

流域面積	: 10,268 km ²
氾濫域内 GDP (5 位)	: 469,642 千ドル
氾濫域内人口 (5 位)	: 136,997 人
被災人数 (6 位)	: 288,087 人
流域 GDP (2 位)	: 11,966,531 千ドル
流域人口 (1 位)	: 3,510,891 人
氾濫域面積 (1 位)	: 670.81 km ²



図 3.8-11 Mahaweli Ganga の概要

Mahaweli Ganga は、スリランカ最大の流域面積を持つ河川であり、氾濫域内 GDP・人口は多いものの、氾濫域が広範であるためその密度は低い。

流域内には灌漑と発電を目的とし 16 の貯水池がある。下流域では道路嵩上げによる部分的な堤防が存在する。

WB CRIP の試算では、2040 年気候変動を考慮して、洪水の年平均被害額 2,300mil LKR に対して、干ばつの年平均被害額 11,842mil LKR となっており、干ばつ対策を優先としている流域である。

WB CRIP (2019.04) では、1/25 年洪水を対象に、「Allai 灌漑スキームのための洪水軽減策」、「Trincomalee A15 Highway の排水強化・築堤 2km」を流域投資計画の優先事業として提案している。

WB CRIP では、個別の優先事業が提案されているが、流域全体の M/P としての施策リストが不明である。

流域全体の M/P が不明確であり、M/P 検討の必要があるが、洪水対応よりも干ばつ対策・水資源開発の優先流域であるため支援ニーズは低い。

マハウェリ公社が流域を一括管理していることから、日本の支援の必要性は高くない。

以上のことから、表 3.8-11 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.8-11 Mahaweli Ganga における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	△
② MP 策定・改訂の必要性・緊急性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	△
総合評価	△

6) Nilwala Ganga

Nilwala Ganga の概要を図 3.8-12 に示す。

南部流域

流域面積	: 1,034 km ²
氾濫域内 GDP (6 位)	: 333,861 千ドル
氾濫域内人口 (6 位)	: 98,473 人
被災人数 (8 位)	: 251,259 人
流域 GDP (10 位)	: 1,826,142 千ドル
流域人口 (10 位)	: 539,703 人
氾濫域面積 (14 位)	: 117.76 km ²

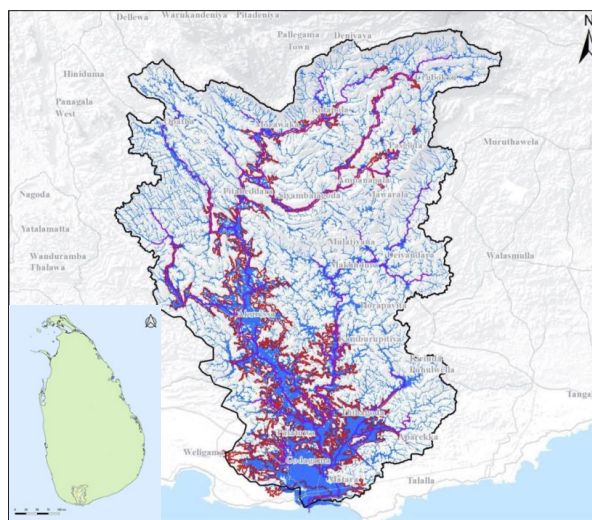


図 3.8-12 Nilwala Ganga の概要

Nilwala Ganga では、氾濫域内人口 (10 万人) のほとんどが河口部の街、Matara 市街地に集中する。流域は山岳・丘陵地域が占めるため、出水が早く、Matara 市街地が浸水する。

WB CRIP の試算では、2040 年気候変動を考慮して、洪水の年平均被害額 15,000mil LKR に対して、干ばつの年平均被害額 8,500mil LKR となっており、洪水・干ばつ被害ともに高い。

Matara 市街地上流の一部区間のみ有堤、市街地は無堤である。現時点で増強等の事業は行われていない。JICA 防災機能強化計画調査（2006）M/P で提案された Siyambalagoda ダムは未実施であるが、同貯水池から、Hanbantota への水供給のため、東方への転流が計画されている。

WB CRIP（2019.05）では、1/25 年洪水（気候変動考慮 1/10）を想定して、中下流対策と上流対策が検討された。下流対策として、新規築堤、既存堤嵩上げ、放水路等を検討のうえ、優先事業として既存堤防の 1m 嵩上げを、また、上流対策として、Warapitiya 湖の増強による洪水調節を提案している。JICA2006M/P で提案された Siyambalagoda ダムについては、その有効性を示しつつも、社会影響の観点から優先事業からは除外されている。

個別の優先事業が提案されているが、流域全体の M/P としての施策リストが不明である。

WB CRIP で優先流域に選定されているものの、対策実施の先行きは不透明である。。

JICA2006M/P で提案された他の貯水池（Siyambalagoda）の運用の可能性も示唆しており、転流計画と併せて、治水効果を検討する余地がある。

以上のことから、表 3.8-12 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.8-12 Nilwala Ganga における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	◎
② MP 策定・改訂の必要性・緊急性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	◎

7) Maha Oya

Maha Oya の概要を図 3.8-12 に示す。

西部流域

流域面積	: 1,553 km ²
氾濫域内 GDP (7 位)	: 327,396 千ドル
氾濫域内人口 (7 位)	: 82,767 人
被災人数 (19 位)	: 62,030 人
流域 GDP (6 位)	: 4,410,101 千ドル
流域人口 (6 位)	: 1,163,361 人
氾濫域面積 (16 位)	: 104.39 km ²

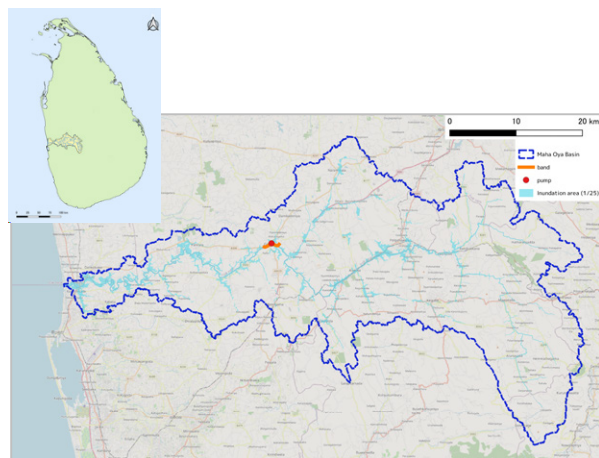


図 3.8-13 Maha Oya の概要

Maha Oya では、洪水リスクが高いエリアは河口付近・A6 号線・B308 号線沿いに集中している。無堤河川であるが、過去の被災者数は少ない。

WB CRIP では、平均年洪水被害額として、15 百万 USD/年(現況シナリオ)、18 百万 USD/年(気候変動・開発シナリオ)を算出している。

WB CRIP で流域投資計画 (1/25) が策定済み (2020.09) であるが、対象は Giriulla 町のみに限定されている。Giriulla 町を対象として、築堤 (約 3km)、水門、ポンプ場 (25m³/s)、河岸浸食対策を計画している。ダムの改良も計画に含まれているが利水を目的としたものである。

WB CRIP では限られた領域の地先防御の提案のみであり、流域全体の M/P を考える必要があるが、流域資産の集中度が低いため、相対的に優先度は低い。

WB CRIP で優先流域に選定されているものの、投資を含め対策実施の先行きは不明である。

洪水・水資源を含む統合的な流域戦略への日本の支援の意義はあるが、流域資産の集中度が低いため、相対的に優先度は低い。

以上のことから、表 3.8-13 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.8-13 Maha Oya における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	△
② MP 策定・改訂の必要性・緊急性	△
③ 日本の支援の必要性・有効性	△
総合評価	△

8) Gin Ganga

Gin Ganga の概要を図 3.8-14 に示す。

南西部流域

流域面積	: 943 km ²
氾濫域内 GDP (8 位)	: 245,524 千ドル
氾濫域内人口 (8 位)	: 72,413 人
被災人数 (5 位)	: 323,894 人
流域 GDP (13 位)	: 1,554,012 千ドル
流域人口 (12 位)	: 457,483 人
氾濫域面積 (12 位)	: 122.66 km ²

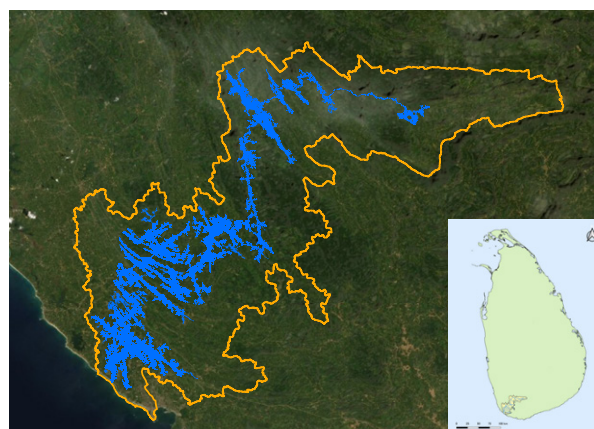


図 3.8-14 Gin Ganga の概要

Gin Ganga は、被災者数が 5 位と高く、下流部での洪水被害が顕著である。2017 年洪水では Galle 県で 4 万世帯の被災が報告されている。

下流部は一部有堤で既設の樋門やポンプ場があるが、中流部は無堤となっている。

WB CRIP (2019.05) では、気候変動を考慮した 1/25 洪水を対象に、流域投資計画の優先事業として、既存堤防の嵩上(+1m)、Gin 川河口付近東川既存河川の河道拡幅(延長約 6km)が提案されている。

個別の優先事業が提案されているが、流域全体の M/P としての施策リストは不明である。

流域全体の洪水対策 M/P が不明確であり、M/P 検討の必要性があるが、WB CRIP で実施された PreFS レベルの検討では事業の経済性が不十分とされている。経済性の観点からは支援ニーズの必要性は低い。

以上のことから、表 3.8-14 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.8-14 Gin Ganga における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	○
② MP 策定・改訂の必要性・緊急性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	△
総合評価	△

9) Deduru Oya

Deduru Oya の概要を図 3.8-15 に示す。

西部流域

流域面積	: 2,682 km ²
氾濫域内 GDP (9 位)	: 206,193 千ドル
氾濫域内人口 (9 位)	: 60,716 人
被災人数 (18 位)	: 67,331 人
流域 GDP (7 位)	: 3,643,688 千ドル
流域人口 (7 位)	: 1,071,742 人
氾濫域面積 (7 位)	: 192.09 km ²

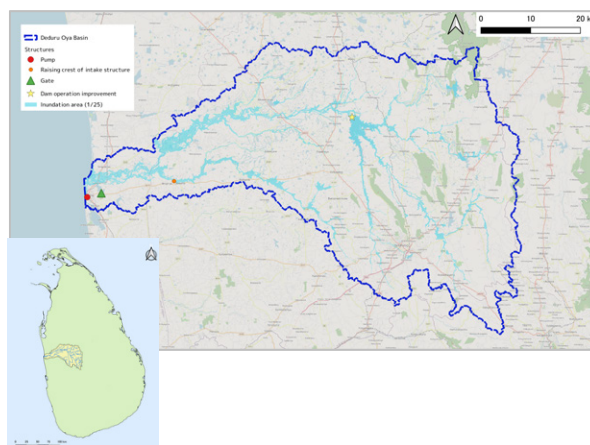


図 3.8-15 Deduru Oya の概要

Deduru Oya では、洪水リスクが高いエリアは河口近くの Chilaw に集中している。基本的に無堤河川であるが、Chilaw にラグーンに排水する都市排水用ポンプ場がある。

氾濫域内の単位面積あたり GDP 人口は低く、過去の被災者数も少ない。

WB CRIP では、平均年洪水被害額として、7.1 百万 USD/年(現況シナリオ)、8.5 百万 USD/年(気候変動・開発シナリオ)を算出している。

WB CRIP で流域投資計画（1/25）が策定済み（2020.09）であり、対象は Deduru Oya 下流域及び Chilaw・Maikkulama 町のみ限定され、取水堰の嵩上げ、貯水池間の水門・導水管、Chilaw・Maikkulama 町の排水（排水路・ポンプ場 25m³/s）、観測システムの導入と Deduru Oya ダム操作改善（75MCM, 河岸浸食・洪水対策）、河岸浸食対策が計画されている。ダムの改良も計画に含まれているが、利水を目的にしたものである。

流域資産の集中度が低いため、相対的に優先度は低い。

WB CRIP で優先流域に選定されているものの、投資を含め対策実施の先行きは不明である。

統合的な流域戦略、特に流域の観測システムとダム操作最適化による、洪水・河岸浸食対策に日本の知見が生かせるが、流域資産の集中度が低いため、相対的に優先度は低い。

以上のことから、表 3.8-15 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.8-15 Deduru Oya における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	△
② MP 策定・改訂の必要性・緊急性	△
③ 日本の支援の必要性・有効性	△
総合評価	△

10) Bentota Ganga

Bentota Ganga の概要を図 3.8-16 に示す。

南西部流域

流域面積	: 709 km ²
氾濫域内 GDP (10 位)	: 142,089 千ドル
氾濫域内人口 (12 位)	: 29,531 人
被災人数 (10 位)	: 127,569 人
流域 GDP (9 位)	: 1,993,974 千ドル
流域人口 (14 位)	: 389,928 人
氾濫域面積 (24 位)	: 68.36 km ²

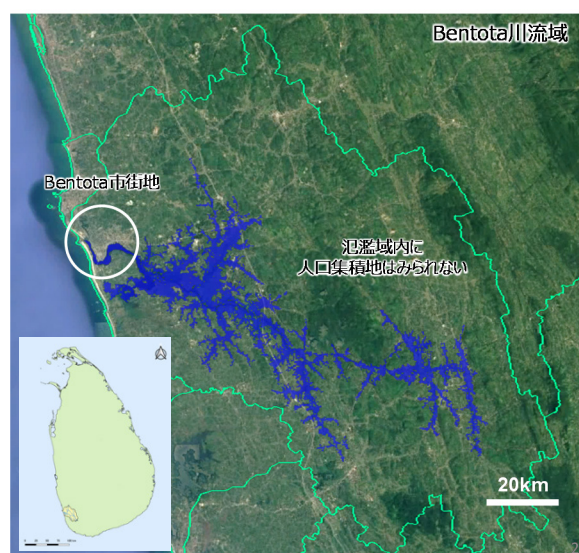


図 3.8-16 Bentota Ganga の概要

流域内資産は河口部の Beontota 市街地周辺に集中しているが、被災の多くは市街地よりも上流側の上中流域で多発している（被災者数 10 位）。

中流域は低い堤防が整備されているが、塩害防止と堤外地水田の水の保持が主目的となっている（灌漑局 HP）。

治水 M/P に関連する情報がなく、DesInventar 情報からは農村地域の被害者数が多く、M/P による防護対象地域を絞り込みにくいことが予想される。

洪水被害にかかる情報がないことから、当該地域の治水 M/P のニーズは低いと推察される。

以上のことから、表 3.8-16 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.8-16 Bentota Ganga における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	○
② MP 策定・改訂の必要性・緊急性	△
③ 日本の支援の必要性・有効性	△
総合評価	△

(2) 5 流域の抽出

以上の検討を踏まえ、Kelani Ganga、Attanagalla Oya、Bolgoda、Kalu Ganga、Nilwala Ganga を優先 5 流域に選定した。

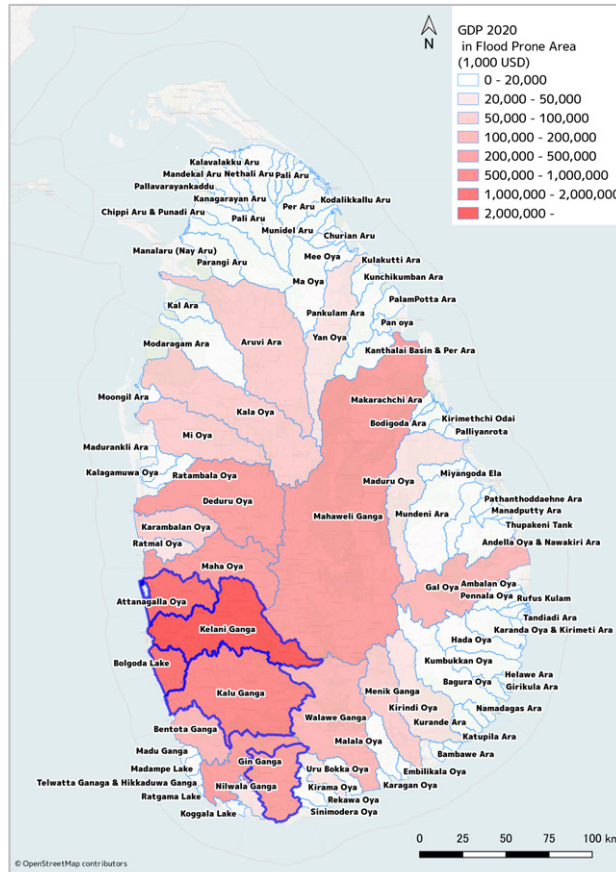
優先 5 流域は氾濫域内 GDP 順位に準じて抽出した。ただし、Mahaweli 川流域は、流域面積が大きいことから氾濫域内 GDP 順位で第 5 位に位置付けられているが、干ばつ対策・水資源開発が優先される流域であり洪水対策のニーズが低く、また、マハウェリ公社が流域を一括管理していることから、その優先度は低いと判断し、優先流域から除外した。

優先 5 流域の選定結果を表 3.8-17 および図 3.8-17 に示す。

表 3.8-17 3次スクリーニング（5流域の選定）の結果

河川名	ベース指標			補助指標		
	氾濫域内 GDP2020 (1000USD)	全国 GDP に対する 割合	優 先 流 域	①既往事業の進捗 から見た事業必要性	②M/P 策定・改訂の 必要性	③日本の支援の 必要性・有効性
Kelani Ganga	4,146,076	4.72%	○ ◎	<ul style="list-style-type: none"> ■流域内人口約 267 万人、うち氾濫域内人口約 72 万人 ■コロンボ郊外を流れる同国有数の河川で、資産の集中度が高く、一定の外水・内水対策が施されている ■既存事業（外水）：1/5 程度対応の治水施設群（水門等が河口から約 45km 区間に散在）+1/10～20 程度対応の堤防（約 8km 程度） ■既存事業（内水）：支川の本川合流点にポンプ場（4 箇所）+排水路等（MCUDP 等で整備） ■2016 年洪水（最下流部で 1/15 程度、全体的な浸水範囲は 1/50 程度に匹敵）で損失・損害約 690 百万 USD ■CRIP による平均年洪水被害額：240 百万 USD/年（現況シナリオ）、363 百万 USD/年（気候変動・開発シナリオ） 	△	<ul style="list-style-type: none"> ■WB CResMPA（2021.10 調印）で最優先支援を計画 ・上流ダム（2 箇所）・潮止堰を優先実施 ・下流堤防は来年 DD 実施予定だが、先行き不透明 ・下流堤防の実施は資金的に難しいと思われる ■当面は上記の WB 支援事業の進捗を注視する必要があり、日本支援の緊急性は低い、下流堤防の整備が実施されない場合は根本的な洪水リスク削減に至らず、支援の有効性は高まる ■スリランカ最重要エリアにおける、流域も含めた統合的な観点からの支援需要は高い
Attanagalla Oya	1,936,036	2.20%	◎ ◎	<ul style="list-style-type: none"> ■流域内人口約 149 万人、うち氾濫域内人口約 31 万人 ■コロンボ郊外～空港を含む下流域は開発圧力が高く、特に高速道路が整備された区間は、今後の更なる発展が予想される ■洪水被害は下流域のコロンボと空港を結ぶ道路沿い及び Gampaha 市街に多い ■基本的には無堤河川、下流部は派川が多く、一部区間に築堤がある ■派川の Ja-Ela は JICA コロンボ首都圏洪水対策計画調査（2003）の対象（1/50 洪水に対応する河川改修と遊水池保全）、事業は未実施。 ■CRIP による平均年洪水被害額：23 百万 USD/年（現況シナリオ）、65 百万 USD/年（気候変動・開発シナリオ） 	○	<ul style="list-style-type: none"> ■WB CResMPA で最優先支援を計画、しかしながら対策実施の先行きは不透明 ■JICA（2003）時の計画より提案されている対策の規模が後退。M/P 見直しと対策実施の必要性あり

河川名	ベース指標			補助指標		
	氾濫域内 GDP2020 (1000USD)	全国 GDP に対する割合	優先流域	①既往事業の進捗から見た事業必要性	②M/P 策定・改訂の必要性	③日本の支援の必要性・有効性
Bolgoda Lake	1,207,038	1.37%	○ ○	<p>■流域内人口 122 万人のうち、氾濫域内人口は 20 万人。被災者数は 7 位であるが、コロンボ首都圏を含む氾濫域内 GDP は高い。</p> <p>■JICA2003M/P、F/S に基づく、D/D や計画事業の一部実施を自国予算や WB 支援で進めている。</p> <p>■JICA2003M/P・F/S に基づく、Weras Ganga 雨水排水事業を実施(2013)。ただし、Moratuwa-Rathmalana 地区の排水改良と Weras Ganga 右岸堤については未着手。</p>	<p>△</p> <p>■JICA コロンボ都市圏雨水排水計画策定プロジェクト M/P: 短期計画 1/25、長期計画 1/50。 ・水路改修(拡幅、浚渫)、築堤、輪中堤、遊水池保全 ■Pre-F/S 実施中 ・Moratuwa-Rathmalana 地区の排水改良、Weras Ganga 右岸堤 ■M/P 策定・改訂の必要はなし。</p>	<p>◎</p> <p>■WB CRIP 対象外 ■JICA コロンボ都市圏雨水排水計画策定プロジェクト(M/P、Pre-F/S)が実施中。 ■事業実施に向けた日本の支援が期待されている。</p>
Kalu Ganga	719,201	0.82%	◎ ◎	<p>■流域内人口は 126 万人、うち氾濫域内人口は 18 万人。</p> <p>■被災者数が 2 位と高く、下流域カルタラ、中流域ラトナブラでの洪水被害が顕著。</p> <p>■堤防やその他の洪水防御施設が設けられていない。洪水管理施設の整備は遅れており、他河川と同レベルの洪水防御が望まれる。</p>	<p>◎</p> <p>■JICA2006M/P 短期計画 1/10: 堤防整備(20km)、樋管(33 基)、輪中堤(13km)。長期計画 1/30: 堤防の嵩上(20km)、新規排水ポンプ(13 基)。 ■都市域の拡大等の土地利用の変化や気候変動を考慮した M/P 改定のニーズがある。</p>	<p>○</p> <p>■WB CRIP 対象外 ■JICA 支援が検討されたが実施に到らなかった経緯がある。 ■JICA2006M/P の改定を含めた日本の継続支援が期待される。</p>
Nilwala Ganga	333,861	0.38%	◎ ◎	<p>■流域内人口 54 万人のうち、氾濫域内人口は 10 万人。そのほとんどが河口部の街、Matara 市街地に集中する。流域は山岳・丘陵地域が占めるため、出水が早く、Matara 市街地が浸水する。</p> <p>■WB CRIP 試算では、2040 年気候変動を考慮して、洪水の年平均被害額 15,000mil LKR に対して、干ばつの年平均被害額 8,500mil LKR となっており、洪水・干ばつ被害ともに高い。</p> <p>■Matara 市街地上流の一部区間で有堤、市街地は無堤。現時点で増強等の事業は行われていない。</p> <p>■JICA2006M/P で提案された Siyambalagoda ダムは未実施だが、同貯水池から、Hanbantota の水供給のため、東方への転流が計画されている。</p>	<p>○</p> <p>■WB CRIP (2019.05)では、現況 1/25 洪水(気候変動考慮 1/10)を想定して、中下流対策と上流対策を検討。 ■下流対策として、新規築堤、既存堤嵩上げ、放水路等を検討のうえ、優先事業として既存堤防の 1m 嵩上げを提示。上流対策として、Warapitiya 湖の増強による洪水調節を提示。 ■JICA2006M/P 提案 Siyambalagoda ダムについて、その有効性を示しつつも、社会影響の観点から優先事業から除外。</p>	<p>○</p> <p>■WB CRIP で優先流域に選定されているものの、投資は不明。 ■JICA2006M/P で提案された他の貯水池(Siyambalagoda)の運用の可能性も示唆しており、転流計画と併せて、治水効果を検討する余地あり。</p>



JICA 調査団作成

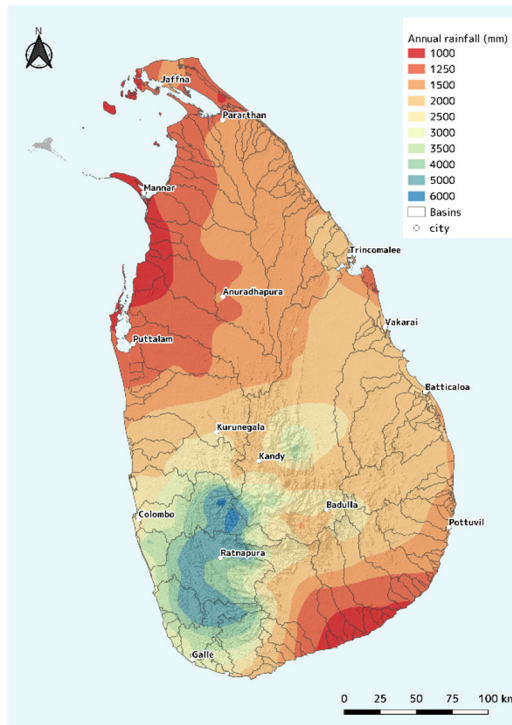
図 3.8-17 優先 5 流域の位置図

3.8.9. 治水対策の方向性

(1) 全国の流域の概要

インド洋に浮かぶ島国であるスリランカの国土面積は約 65,000km² と北海道の約 0.8 倍の大きさであり、島中央部の 2,000m 級の山岳地帯から 100 を越える大小の河川が海に流れ込んでいる。中流部の山麓には標高数百 m の高地が広がり、地域の中核的な都市が河川沿いに存在している。下流の河岸沿いは平野が続く、コロンボを初めとした主要都市が位置する。

1) モンスーンによる大量の湿った空気の吹き込みによる降雨、2) インターモンスーン期の対流性の降雨、3) 低気圧の影響による降雨の 3 つがスリランカの降雨パターンを支配している。特にインターモンスーン期からモンスーン期に切り替わる 5 月や 12 月頃の洪水被害が多い。また、低気圧の直撃や、遠くベンガル湾に存在するサイクロンへ流れ込む湿った空気がスリランカ中央部の山岳部で大雨をもたらすパターンもある。降水量は南西部が多く、北部・東部・南部は少ない（図 3.8-18）。



出典：気象局・灌漑局データより作成

図 3.8-18 スリランカの年降水量分布

スリランカの経済活動は最大都市コロンボのある南西部に集中しており、降水量も南西部が多いことから、洪水被害も南西部の河川に多い。北部や東部には広大な平野部が広がっているが、降水量自体が少ないこと、農村部が多く都市規模が小さいことから、洪水被害は南西部の河川と比較すると小さくなっている。南西部の河川流域は、最下流平野部の洪水被害に加え、中流部の河川沿いでも広く洪水被害が生じていることも特徴的である。また、近年の人口増加に加え、自然遊水機能の喪失等の開発行為に伴う洪水災害に対する被害ポテンシャルの増加が懸念されている。

(2) 優先流域の考え方

優先流域の選定を目的に、103 流域を対象とした 2 次スクリーニングの結果として氾濫域内 GDP 第 10 位までの上位 10 流域を抽出した。10 流域は、Mahaweli Ganaga 流域を除き、南西部に集中する結果となった。

3 次スクリーニングにおける優先 5 流域の選定では、Mahaweli Ganga 流域が氾濫域内 GDP 順位で第 5 位に位置付けられているが、その優先度は低いと判断してこれを除外し、氾濫域内 GDP 順位に準じて Kelani Ganga、Attanagalla Oya、Bolgoda、Kalu Ganga、Nilwala Ganga を優先 5 流域に選定した。

(3) 治水対策の方向性

氾濫域内 GDP の高い流域では、開発圧力により自然遊水地を含む河川沿いの土地利用が年々高度化している状況にあり、治水施策の計画・実施の遅れが施策の実現を益々困難すること

が予想される。このため、治水安全度の確保を目的に優先流域の状況に応じて、特に河道拡幅・連続堤整備・遊水池保全などの施策を早期に実施することを目指す。

人口増加や経済成長に伴い、自然遊水機能を持つ自然湿地域開発が加速している。このため、WB CRIP 流域投資事業としては具体的な事業施策として提示はされていないが、JICA コロンボ都市圏雨水排水計画策定プロジェクトで提案されているような自然遊水機能の保全を目的とした自然湿地公園整備を洪水対策の一施策として評価し、早急に整備を開始する。

WB CRIP が実施済みであっても M/P の整備が不要とはならない。例えば Attanagalu Oya では、WB CRIP では地先対策のみが提案されているが、将来 50 年の低平地開発を念頭においた施策の検討が重要であり、WB CRIP の対象外となっている Kalu Ganga でも、総合的な治水計画の策定が求められる。このため、WB CRIP 対象流域であっても、治水 M/P としての検討が不十分な流域においては、ハード対策である提案された優先流域投資事業等に加え、土地利用規制をはじめとしたソフト対策と組合わせた流域を対象とした治水 M/P の整備を推進する。

スリランカ南西部の流域は、類似した流域特性を持っている。流域単位での治水計画にとらわれず、地形および土地利用状況を確認した上で、都市域や開発区域を避けた低平地部での流域をまたぐ放水路の可能性についても検討することも提案される。

選定された優先 5 流域の既存の各種計画の施策リストを以下に整理した。

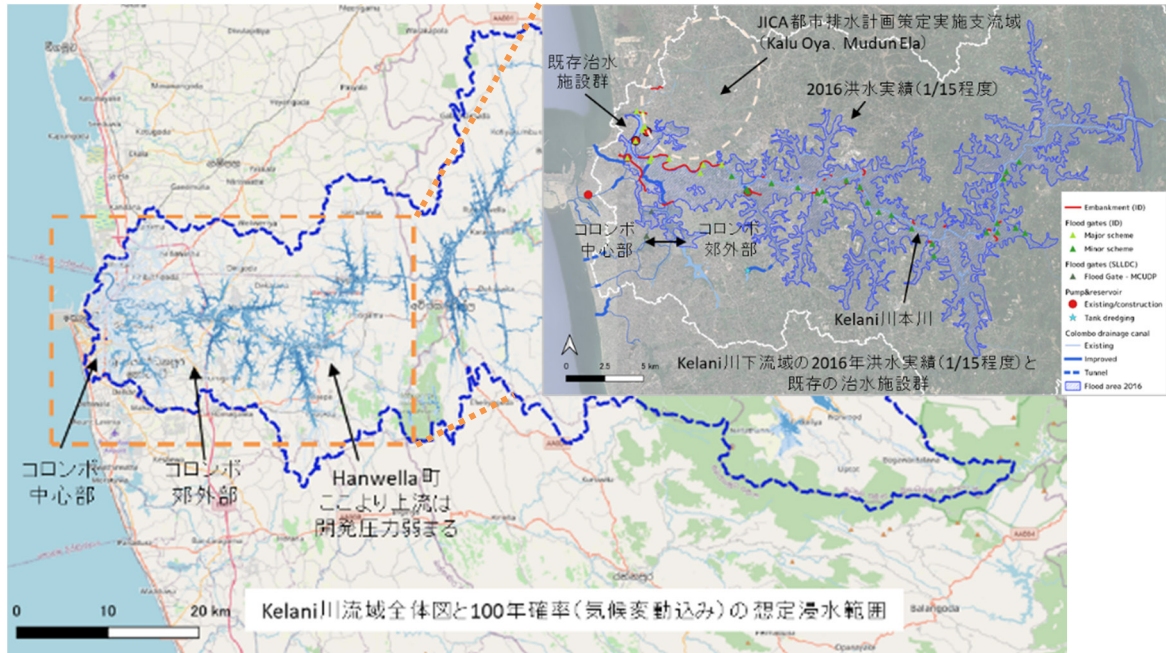
1) Kelani Ganga

a) 流域の概要

Kelani Ganga は、スリランカ中央部に源を発し、河口付近はコロンボ郊外を流れる河川で、流域内 GDP は同国 1 位の最重要河川である。特に、河口から 40km 程度の区間は人口密度が高く、コロンボ市に近いこともあって開発が進んでいる地域である。それに加え、中流部にも工業開発区域がスポット的に存在するなど開発圧力が高い一方、上流部は人口密度が比較的 low、山がちな地形となっていることから、下流域への水資源供給や電力供給を目的としたダムが存在/計画されている。

主な氾濫域はコロンボ郊外となっている流域の下流部であるが、中流部も氾濫実績がある。下流部には、Major/Minor Flood Protection Scheme と呼ばれる既存の本川治水施設群が存在するが、その効果は限定的で、しばしば洪水被害が生じている。コロンボ市街の都市排水事業は WB の支援 (Metro Colombo Urban Development Project: MCUDP) によって進展しているほか、JICA も Kelani 川の支流である Kalu Oya、Mudun Ela の都市排水 M/P 策定をコロンボ都市圏雨水排水計画策定プロジェクトにより実施中である。本川洪水は WB CRIP で投資計画を策定済みであり、その計画の一部を CResMPA で実施予定としている。

Kelani Ganga 流域の概要を図 3.8-19 に示す。



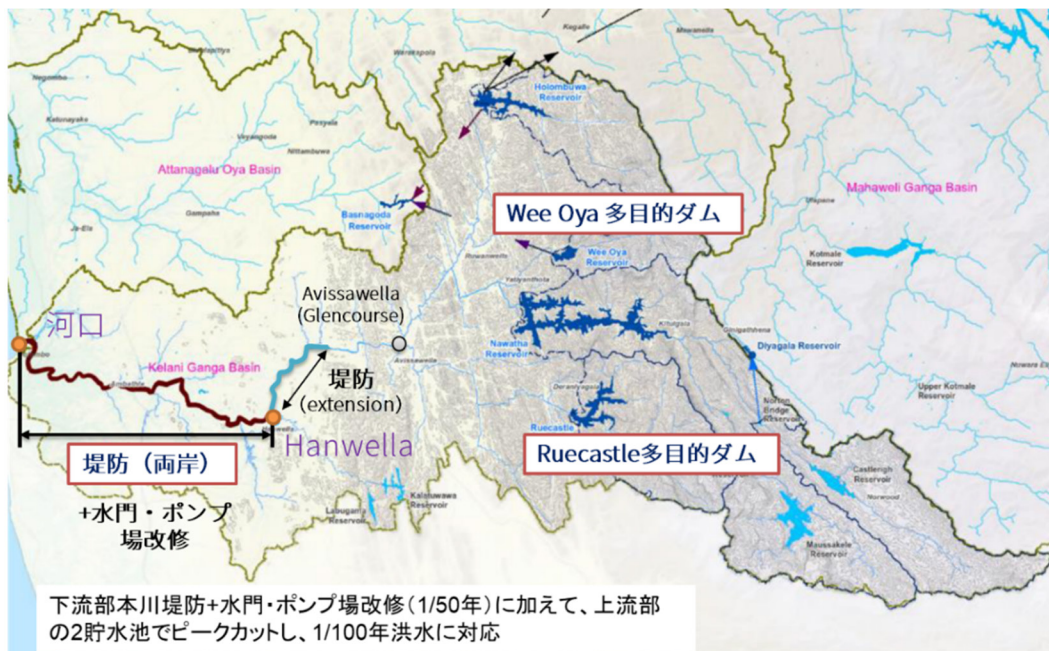
JICA 調査団作成

図 3.8-19 Kelani Ganga 流域の概要

コロンボ市郊外に大きな氾濫域を持ち、氾濫域内 GDP・人口は1位と評価された。堤防・水門・ポンプ場等の既存治水施設群が整備されているが、1/20年洪水程度に対応する堤防整備済みの区間は限定的である。コロンボ市街の都市排水事業はWB支援(MCUDP)で実施中である。本川洪水はWB CRIPで投資計画が策定された。CResMPAでの実施が予定されている。

b) WB CRIP による支援

WB CRIP による支援の概要を図 3.8-20 に示す。



出典：WB CRIP “Final Report for the Kelani Ganga Basin (2019)”を基に JICA 調査団補記

図 3.8-20 WB CRIP による支援の概要 (Kelani Ganga 流域)

WB CRIP による流域投資計画（2019）が策定されている。1/50 年洪水を対象とした下流部の本川堤防整備および水門・排水ポンプ場改修に加えて、上流部の 2 貯水池（Wee Oya 多目的ダム、Ruecastle 多目的ダム）での洪水調節により、1/100 年洪水に対応する投資計画が提案された。2021 年 12 月現在、CRIP に続く WB 融資事業である Climate Resilience Multi -phased Programmatic Approach（CResMPA）での事業の実施が見込まれているが、上流の貯水池と潮止め堰のみの事業が縮小される可能性が予想される。

2) Attanagalla Oya

a) 流域の概要

Attanagalla Oya 流域は、Kelani 川流域の北側に接する河川流域で、最下流で Negombo Lagoon に流入する。また、下流部の派川は Kelani 川とも接続する。コロombo市と空港を結ぶ高速道路・国道が流域下流部を横過しており、開発圧力が高い地域である。下流部は派川が網状に発達しており、その洪水リスクと開発圧力が相まって同流域で最も対策が必要な地域となっている。中上流部も比較的人口が分布しているものの、氾濫リスクの高いエリアは県都であるガンパハ市を除いて比較的開発を免れている状況である。

b) WB CRIP による支援

WB CRIP による支援の概要を図 3.8-21 に示す。



出典：WB CRIP “Final Report Attanagalu Oya Basin (2019)”を基に JICA 調査団作成

図 3.8-21 WB CRIP による支援の概要（Attanagalla Oya 流域）

現況では無堤区間が多く、築堤されている水路は限定的である。WB CRIP による流域投資計画が策定済み (2019) であるが、洪水対策は Gampaha 市街と支川 Ja-Ela 流域のみを対象とし、提案規模は、小さいものとなっている。また、計画実施の見通しも不透明な状況である。

- Gampaha 市街：堤防計 1.9km+ポンプ場 0.3m³/s (メイン)、排水路、水門、橋梁通水阻害改善
- Ja-Ela 支川流域：堤防嵩上げ 2km、水門、既存堤防強度補強、橋梁通水阻害改善、ポンプ場 (2×2.5m³/s) +排水路 4.5km

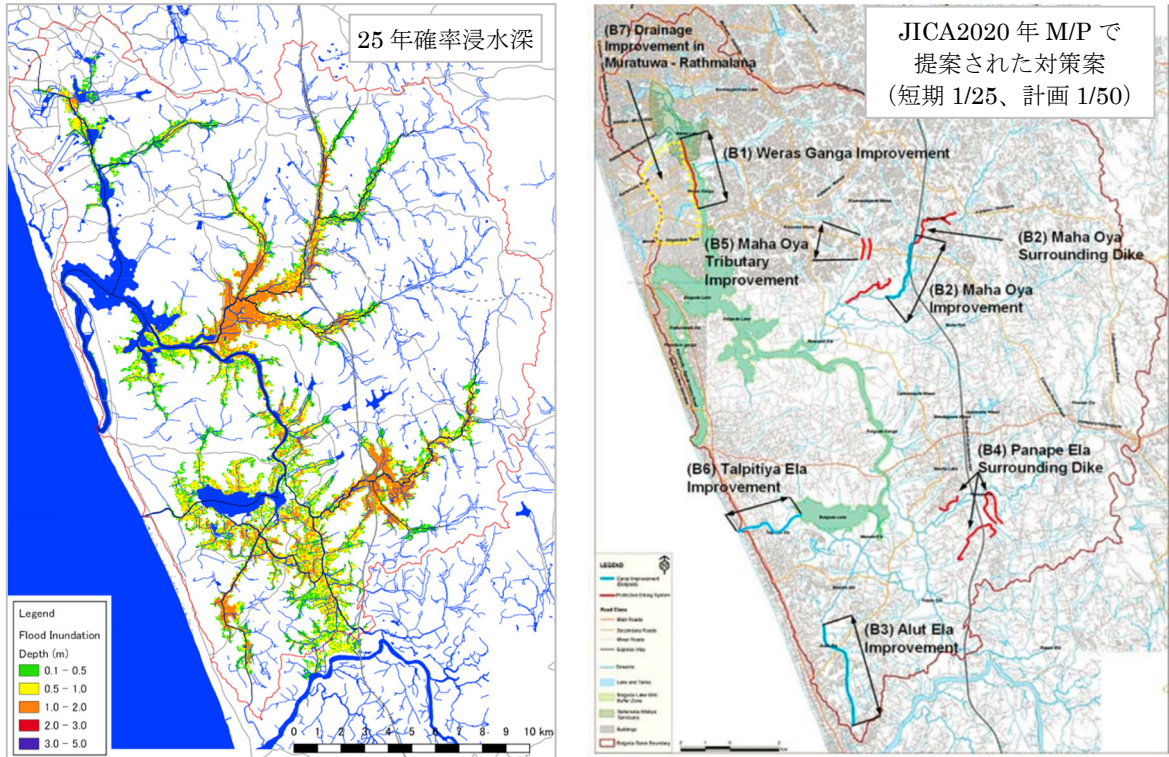
3) Bolgoda

a) 流域の概要

Bolgoda 流域はスリランカ西部に位置し、南北 Bolgoda Lake を結ぶ水路とそれに流れ込む河川網からなる、コロンボ市南方郊外に広がる流域である。流域北東部を Kelani Ganga 流域、流域南東部を Kalu Ganga 流域に挟まれ、流域の奥行きがなく、ほかの主要流域と比較して、低平地の占める割合が大きい流域となっている。コロンボのベッドタウンの側面もあり、人口密度が高い。

b) JICA による支援

JICA による支援の概要を図 3.8-22 に示す。



出典：JICA コロンボ都市圏雨水排水計画策定プロジェクト

図 3.8-22 JICA による支援の概要 (Bolgoda 流域)

JICA コロンボ首都圏洪水対策計画調査（2003）によって M/P（1/50）が策定されており、そのうち流域北部の Weras 流域のみ一部の事業が政府予算で実施済みである。また、JICA コロンボ都市圏雨水排水計画策定プロジェクトによって、上記 M/P の見直し・アップデート（短期 1/25、長期 1/50）を実施中である。M/P 施策として、水路改修（拡幅、浚渫）、築堤、輪中堤、遊水池保全を提案した。また、Moratuwa-Rathmalana 地区の排水改良、Weras Ganga 右岸堤整備を対象とした Pre-F/S が実施中である。なお、Bolgoda 流域は、WB CRIP の対象流域とはなっていない。

4) Kalu Ganga

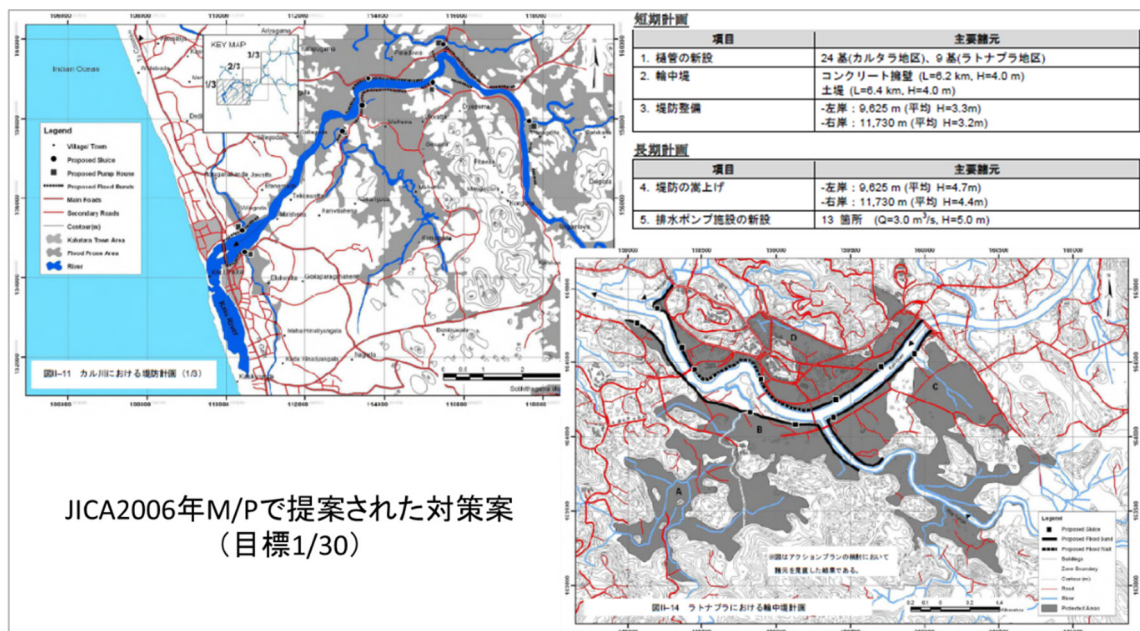
a) 流域の概要

Kalu Ganga 流域は、Kelani Ganga 流域と Bolgoda 流域の南方に隣接する流域で、最下流部の派川は Bolgoda 流域と接続する。基本的に無堤河川であり、中流域のラトナプラ、下流域のカルタラで洪水被害が発生している。氾濫域内の GDP や人口は大きいものの、資産の集中度は Kelani Ganga 等の主要河川と比較して高くない。

中流部に位置するラトナプラ市の防御に重点が置かれることが本流域の特色である。JICA 防災機能強化計画調査（2006）により M/P が策定されているが、計画の実施には至っていない。また、Kalu Ganga 流域は、WB CRIP の対象流域とはなっていない。

b) JICA による支援

JICA による支援の概要を図 3.8-23 に示す。



出典：JICA「防災機能強化計画調査（2006～2009、M/P）」

図 3.8-23 JICA による支援の概要（Kalu Ganga 流域）

JICA「防災機能強化計画調査（2006～2009、M/P）」では、短期計画 1/10 として、堤防整備（20km）、樋管（33 基）、輪中堤（13km）を、また、長期計画 1/30 として、堤防の嵩上（20km）、新規排水ポンプ（13 基）が提案された。

JICA（2006）M/P 及び「南西部洪水対策・気候変動適応事業準備調査（2009～2011、優先事業の F/S）」の対象流域とされたが、事業の実施には至っていない。

その後、JICA による M/P 見直し・策定が検討されたが見送られた経緯がある。また、2014 年にイスラエルのコンサルタントが実施した Pre F/S も存在する。なお、Kalu Ganga 流域は、WB CRIP の対象流域とはなっていない。

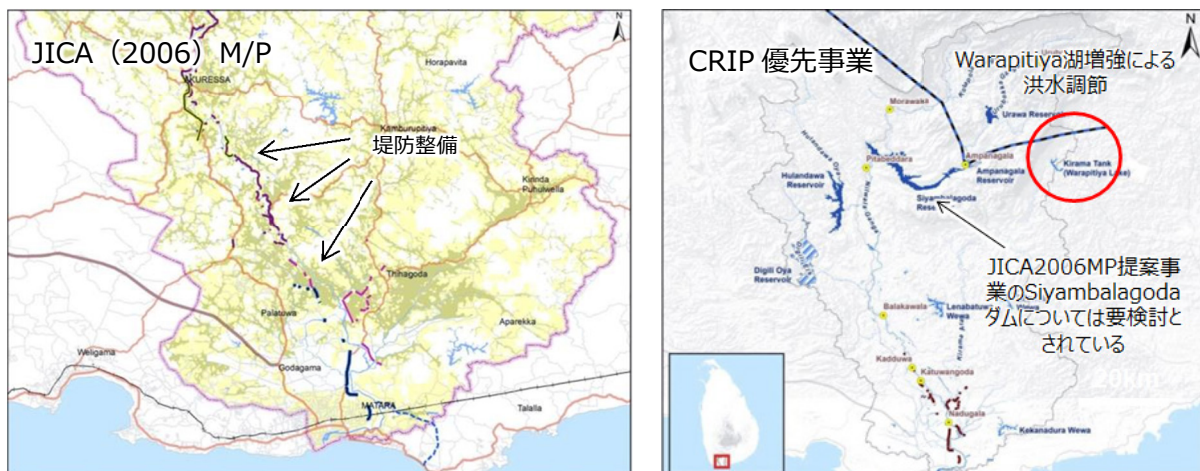
5) Nilwala Ganga

a) 流域の概要

スリランカ南部に位置する河川流域で、氾濫域内人口の多くは河口部の Matara 市街に集中する。流域の中上流部においても氾濫実績があるが、Matara 市と比較して資産の集中度は低い。現時点では Matara 市街地上流の一部区間を除いて無堤河川である。比較的降水量の少ない南部の河川であるため、干ばつによる被害も大きい。

b) JICA および WB CRIP による支援

JICA および WB CRIP による支援の概要を図 3.8-24 に示す。



出典：WB CRIP “Final Report for the Nilwala Ganga Basin (2019)”を基に JICA 調査団補記

図 3.8-24 JICA および WB CRIP による支援の概要（Nilwala Ganga 流域）

JICA 防災機能強化計画調査（2006）M/P 及び WB CRIP（2019）の対象流域である。

JICA（2006）M/P では、短期計画 1/10 として、堤防整備（17km）、樋管（11 基）、既設ポンプ場の修復（3 基）を、また、長期計画 1/30 として、堤防の嵩上（17km）、新規排水ポンプ（2 基）が提案された。

WB CRIP では、1/25 洪水を想定した「下流部既存堤防の嵩上げ」「Warapitiya 湖の増強による洪水調節」が流域投資計画の優先事業として提案された。JICA（2006）M/P の代替案検討で提案された Siyambalagoda ダムについては、その有効性を示しつつも、社会影響の観点から優先事業からは除外されている。なお、流域投資計画の優先事業の実施については、未定である。

(4) 課題と提案

10 流域を対象に WB CRIP が実施され、洪水対策としての優先流域投資計画が示された。このうちの 3 流域が前述の優先 5 流域に含まれる結果となっている。Kelani Ganga 流域については流域規模での総合的な洪水対策が詳細に検討され報告書にとりまとめられている。一方で、流域によっては洪水対策の優先流域投資計画として地先対策が提案されているのみで、流域により洪水対策施策検討の深度が異なっているといえる。また、WB CRIP 報告書では治水 M/P の基礎情報でもある基本高水流量や洪水対策施設による計画流量配分等の扱いが明確に示されていない。WB CRIP での優先流域投資計画策定の過程においては、いずれの流域も流出モデルや氾濫解析モデルを用いた検討が実施されていることから、例えば JICA 支援で、解析条件と解析結果を整理することで、治水 M/P として計画流量や計画洪水位を再整理することも可能であると考えられる。しかしながら、灌漑局主導の WB CRIP 成果がある中で、JICA 支援のかかわり方には十分な注意が必要である。

スリランカでは灌漑局が洪水対策の中心的な役割を担う一方で、灌漑局は水資源管理を最重要視している。JICA 支援として、洪水対策に特化することなく、水資源管理計画の中に洪水対策を位置付けた支援のあり方についても視野に入れる必要があると思われる。

3.9. カンボジア

3.9.1. カンボジア国における国際支援の潮流

カンボジア国では、「①1990年代以降の災害リスク削減管理や気候変動適応に向けた様々な国際支援の潮流」、「②1970年代から20年間続いた内戦の終結」、「③2000年代に発生した大規模洪水被害の発生」等を契機に、多くの洪水災害リスク対応のための国際支援が導入されてきた。

(1) JICAによる支援

1990年代から日本政府（JICA）、ADB、フランス政府（大使館、フランス援助庁、パリ市）、ノルウェー開発協力局（NORD）などの様々な国際援助機関により数多くの有償・無償協力によるプノンペン都の治水に係る事業が実施されてきた。支援対象は、輪中堤や都市排水施設等の各種治水施設の整備に加え、都市排水に係る人材育成や地域住民参加型の下水・排水施設の維持管理組織の設立等の非構造物対策を含む。

このような多岐に亘るプノンペン都の治水対策支援事業の中で特に中核となる事業として、JICAは1998年～1999年にプノンペン都の都市排水・洪水施設整備に係る包括的なマスタープラン（計画目標年次2010年）の策定に係る技術協力を実施し、同マスタープランに基づき治水施設整備のための3次にわたる無償資金協力を2001年～2015年まで実施している。またマスタープラン提案の一部事業（2001年～2002年の輪中堤防嵩上げ事業）は、ADBの資金協力で実施されている。さらにJICAは2014年～2016年に上記のマスタープランの更新（計画目標年次2035年）を実施し、この更新されたマスタープランに基づき第4次の治水施設整備に係る無償資金協力が2016年に開始され現在も継続中である。カンボジア政府は、将来的にプノンペン都の市街地の拡充に付随して新たに実施すべきプノンペン都の治水施設整備事業についてもこの更新されたマスタープランに沿って実施していく方針としている。

(2) 他ドナーによる支援

WBは将来の気候変動に配慮した洪水被害リスクの削減のためのカンボジアの地方道路交通網の整備・補強ならびにカンボジア関係政府機関に対する道路アセットマネジメントの能力開発プログラムへの資金協力を2010年代に開始し、2027年まで継続する予定している。

一方、ADBは大メコン圏内のカンボジア、ラオス、ベトナムの洪水リスク削減に向けた地方都市インフラ、道路交通網、灌漑施設等の整備・補強及びコミュニティ・ベースの能力開発に係るプログラムへの資金協力を2010年代に開始し2023年まで継続する予定である。

UNDPは、カンボジアの気候変動への適応強化を目的としたプログラムを実施している。実施された協力事業を以下に示す。

- UNDPの資金協力を通じて、森林の減少・劣化の抑制や持続可能な森林経営による温室効果ガス排出量の削減を目指したカンボジア政府の能力強化プログラム（Forest Carbon Partnership Facility - FCPF）が、2014年～2017年のフェーズ1及び2017年～2021年のフェーズ2を通じて実施されている。

- UNDP は EU、スウェーデン国際開発協力庁 (SIDA) と連携して、カンボジア政府による強靱で持続可能な気候変動適応システムの構築と気候変動対応能力の強化を目的としたプログラム(Cambodia Climate Change Alliance-CCCA)に係る支援を実施している。本プログラムにおける具体的な能力強化の対象は、国家持続的開発評議会 (NCSD) のメンバーである環境省、公共事業交通省、地方開発省、鉱山・エネルギー省、教育・青少年・スポーツ省等の多岐に政府機関を含む。同プログラムの内、フェーズ 1 (2010 年～2014 年) 及びフェーズ 2 (2014 年～2019 年) が終了し、フェーズ 3 (2019 年～2024 年) が現在進行中である。
- UNDP は、洪水・早魃災害や気候変動の影響を受けやすいコミュニティに対する早期警報の発令や長期気候変動予測強化を目的として 24 ヶ所の自動気象観測所(AWS)及び 55 ヶ所の水文観測所(AHS)の整備のためのプログラム (Early Warning System) への資金協力を 2015～2019 年に実施している。

カンボジア国で発生した洪水による被災施設の復旧に必要な資金の殆どは、自国で調達することが困難なため、これまで国際資金協力を大きく依存してきた。近年では、2000 年、2009 年、2011 年に発生したそれぞれの洪水による被災施設の復旧に WB 及び ADB から数千万ドルの資金協力が投入されている。その一方で、カンボジアでは、明確な災害リスクファイナンスプログラムが策定されていない。このように災害復旧・復興を国際協力に大きく依存している現状では被災後に即座にかつ適切な額の復旧・復興資金の調達が困難となる場合が想定される。このような災害リスクファイナンスの脆弱性は、カンボジアだけではなく多くの開発途上国にも共通する課題である。

この課題に対応するため、WB は 2011 年に開発途上国に特化した災害復旧・復興資金調達のための融資プログラムや保険プログラムを策定し、これらプログラムの普及活動を行っている。カンボジアを含む ASEAN 諸国に対しては、洪水を含む自然災害が起きた場合、復旧復興資金を迅速に手当てする新しい ASEAN 独自の枠組みを策定する東南アジア災害リスク保険ファシリティ (Southeast Asia Disaster Risk Insurance Facility : SEADRIF) の創設に 2019 年までにインドネシア、カンボジア、シンガポール、ミャンマー、ラオス、フィリピンが合意署名を完了している。

3.9.2. 治水に関する法制度・計画の現状整理・分析

法制度	<p><u>国家水資源政策 (National Water Resources Policy for Kingdom of Cambodia, 2004)</u> 本政策は、利水、治水、水環改善・保全を包括する国家の水資源政策として水資源気象省 (MOWRAM) によって 2004 年に策定された。本政策の中で、治水に係る政策内容は、①築堤や内水排水等の洪水ハード対策に係る調査の促進、②洪水予警報システム等の洪水ソフト対策の適用、③洪水災害地及びその他の水関連災害地への迅速な対応、④国民及び組織の治水への参画の促進、⑤水関連災害リスク削減に向けた国内外のプログラムへの参画、の 5 項目を骨子としている。以上の政策内容は、カンボジア内戦が終結しカンボジアの経済成長が始まった頃に策定されており、その後のカンボジアの水資源開発計画の策定・実施の端緒を開いたと言える。</p> <p><u>水資源管理法 (Law on Water Resources Management, 2007)</u> 上記の国家水資源政策に基づき、表流水と地下水の両者を含めた水資源管理、水利用コミュニティや洪水管理に関して規定した水資源管理法が 2007 年に公布された。本法は以下の規定に基づき、水資源気象省 (MOWRAM) を洪水対策及び河川管理に係る主務官庁と位置付けている</p>
-----	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

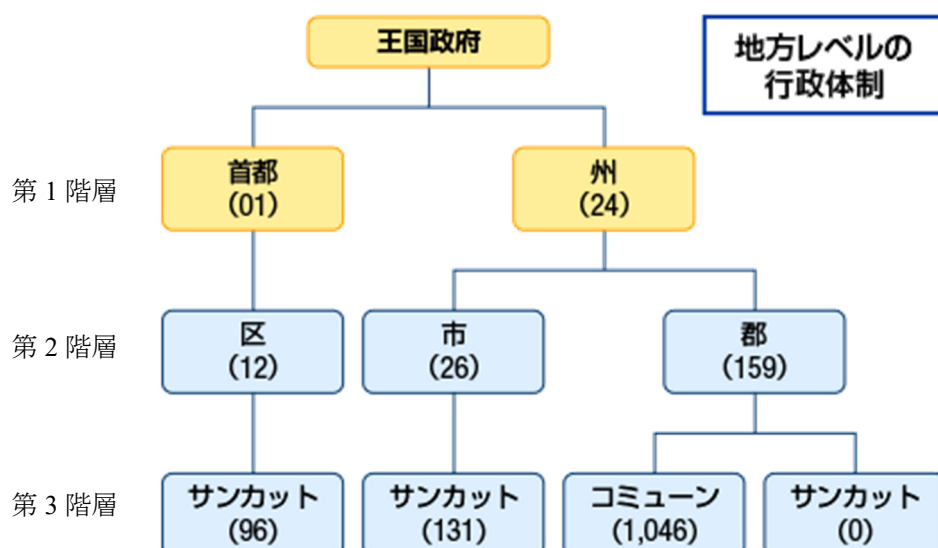
	<p>第5条：MOWRAMは本法の管理、指導、監督の権限を有し、同時に必要に応じて他の関係省に対して本法の施行に係る諮問を実施する権限を有する。</p> <p>第24条：MOWRAMは、関係する他の機関と協力して、洪水氾濫原域を洪水調節区域として指定する権限を持つ。またMOWRAMは、関係する他の機関および地方自治体と共同して洪水調節域における人命・財産の安全確保を目的とした計画を策定する権限を有する。さらにMOWRAMは、洪水防御に損害を与えたり、水の自然な流れを妨害したりする活動を一時停止する権限を有する。</p> <p>第25条：、MOWRAMは、水関連事業が不適切で社会に壊滅的な影響を与える可能性があると判断した場合、関係省庁および地方自治体と協議して、適切な措置を講じる権限を有する。</p> <p>第26条：洪水や干ばつが発生した場合、MOWRAMは、カンボジア王立政府の対策本部として、関係省庁および地方自治体と緊密に協力して必要な措置を実行する。</p> <p><u>災害管理法 (Law on Disaster Risk Management, 2015)</u></p> <p>2015年に洪水を含む災害管理に係る管理メカニズム、管理枠組み・ガバナンス、権利・義務、及び資源・資金を規定する災害管理法が2015年に発布された。また同法は、1995年に創設された全国災害管理委員会(NCDM)を国家災害本部として全ての大規模災害に対する管理活動を指導する権限を有すると規定している。さらに同法は災害リスク管理をセクター別政策に組み込むことによる災害リスク管理の主流化の必要性を明示している。なお本法の発布以前に、以下のような多くの国王令や政令や省令が本法令の関連規定として発布済となっている。</p> <ul style="list-style-type: none"> - NCDM創設に係る政令 (Sub-decree No. 35, 1995) - NCDM改組に係る政令 (Sub-decree No. 54, 1999) - NCDMの構成と役割の更新に係る国王令 ((Royal Decree NS/RKT/0202/040, 2002) - 国家災害管理委員会(NCDM)及び州・郡災害管理委員会(PCDM及びDCDM)の組織及び機能に関する政令 (Sub-decree No. 30, 2002) - コミュニティ災害管理委員会(CCDM)の設立に関する政令 (Sub-decree No. 61, 2006)
<p>国家開発計画</p>	<p><u>四辺形戦略 (Rectangular Strategy: RS)</u></p> <p>2004年より4次にわたり策定されてきた四辺形戦略は、経済成長の促進、雇用の創出、社会的平等の確保、効率の向上を基本目標とするカンボジア王国の最上位の国家開発戦略であり、治水もこの戦略を基本として進められている。2013年に開始された第3次四辺形戦略が2017年に終了し、第4次の戦略(2018年～2022年)が現在進行中である。</p> <p>第3次四方戦略では、カンボジアを2030年までに中・高所得国(Middle-Income Counter)にさらに2050年までに高所得国(High-income Country)に仲間入りする目標に向けて、洪水、旱魃、気候変動に対する対策を国家の重要開発課題の一つとして取り上げられている。一方、第4次戦略は、基本的には前期の第3次戦略を引き継ぐと同時に、気候変動への対応を強化し、洪水・旱魃による災害リスクの最小化を含む統合水資源管理計画の策定・実施の推進を重要な戦略課題として設定している。</p> <p><u>国家戦略開発計画 (National Strategic Development Plan: NSDP)</u></p> <p>カンボジア政府は、内戦終結後の国家の社会的、物理的、制度的基盤の復活・復興に向けて2次にわたる5か年の経済開発計画(Socio-Economic Development Plan: SEDP)を1996年から2005年にかけて実施した。その後、SEDPを引き継ぎ、更なる持続的経済成長に向けた5か年開発計画として国家戦略開発計画(National Strategic Development Plan: NSDP)を実施している。既にNSDP(2014年～2018年)を完了し、現在NSDP(2019年～2023年)を実施中である。</p> <p>NSDPは、上記の四辺形戦略を実施可能なものにするアクションプランであり、開発の優先順位、指標、実施スケジュールを特定し、各担当政府部署の役割を明示している。国民議会は、NSDPの迅速な適用と実施を法令で規定している。</p> <p>既に完了したNSDP(2014年～2018年)では、洪水対策に係る主要アクションプランとして下記の事項が提起されている。一方、現在実施中のNSDP(2019年～2023年)は、上記のNSDP(2014年～2018年)のアクションプランを継続するとともに、水資源気象省(MOWRAM)による流域管理、統合水資源、及び気候変動に係る活動の強化を重要な課題として取り上げている。</p> <ul style="list-style-type: none"> - 国家防災委員会(NCDM)の能力強化及び国家防災行動計画(National Action Plan for Disaster Risk Reduction)の実施。

	<ul style="list-style-type: none"> - 水資源気象省（MOWRAM）による洪水対策に係る各種活動（洪水管理の実施、関連法制度の整備、気象・水文情報の整備、運営管理の改善と人材育成、洪水対策施設の復旧、新規建設、維持管理の優先順位付け等）。 - メコン河委員会戦略計画及び統合水資源開発計画の更新及び実施。
国家防災計画	<p><u>災害リスク削減国家行動計画（National Action Plan for Disaster Risk Reduction: NAP-DRR）</u> NCDM はカンボジア政府計画省と共同して、特に貧困層を対象とした災害リスク軽減（DRR）のための戦略的国家行動計画 {SNAP-DRR（2008-2013）} を 2008 年に策定した。その後、NCDM は、SAM-DRR を引き継いで 2013 年に国家行動計画 {NAP-DRR（2014-2018）} を 2013 年に策定した。この NAP-DRR（2014-2018）では、貧困層に対する DRR を優先事項として再び強調し、さらに DRR に係る能力開発、DRR の主流化、DRR と気候変動適応（CCA）の相乗効果の創出を主要課題とした。上記の NAP-DRR（2014-2018）は 2018 年に終了し、NCDM は 2019 年に新たに仙台防災枠組、パリ協定、SDG を反映した NAP-DRR（2019-2023）を策定し、現在実施中である。</p>
土地開発、都市計画関連法・計画	<p>空間計画として首都土地利用計画とマスタープラン（『プノンペン戦略の方向性 2035』が 2015 年 12 月に大筋で十五ヵ年ビジョンとして承認）がある。また、開発計画として、五ヵ年開発計画、三ヵ年ローリングプラン、1 年開発計画プロジェクトがある。</p>
統合水資源管理に係る法・計画	<p>統合水資源に関する計画は確認されていない。水資源管理に関しては、冒頭の国家水資源政策（National Water Resources Policy：NWRP、2004）が制定されている。</p>
気候変動に係る法・計画	<p><u>カンボジア気候変動戦略計画（Cambodia Climate Change Strategic Plan：CCCSP）</u> 国家気候変動委員会（NCCC）は、他の関係政府機関や国際協力機関や民間組織と連携して、2013 年にカンボジアで最初の気候変動対応のための総合的な戦略計画となるカンボジア気候変動戦略計画（CCCSP 2014-2023）を策定した。この CCCSP は気候変動適応及び自然災害により引き起こされるリスクの軽減のための戦略を明示しており、この CCCSP に準じて関連省はそれぞれのセクター別の気候変動戦略計画及び行動計画を策定してきた。なお NCCC の機能は 2015 年に国家持続的開発評議会（NCSD）に引き継がれ、CCCSP に係る活動も同評議会が継続している。</p>

3.9.3. 治水に関する組織制度の現状整理・分析

(1) 地方行政における治水対策

カンボジアの地方行政単位は、図 3.9-1 に示す通り第 1 階層として首都プノンペン都と 24 の州により構成される。首都は 7 区に分かれ、さらにそれぞれの区は複数の町（サカット）に分かれる。一方、州はそれぞれ市と郡に分かれ、さらに市は複数の町に、郡は町と村にわかれる。



出典： <https://www.mlit.go.jp/kokudokeikaku/international/spw/general/cambodia/index.html>

図 3.9-1 カンボジア国の階層別地方行政区分

上記の第 1 階層の首都や州及び第 2 階層の区、市、郡の行政執行機関は中央政府の出先機関（地方事務所）であって自治体ではない。このため首都プノンペン都、州、区、市、郡には、それぞれ中央政府各省の出先機関が置かれ、水資源気象省（MOWRAM）や公共事業運輸省（MPWT）等の治水事業を所掌する中央政府の出先機関が第 1・2 階層の地方行政単位の治水事業を管轄している。一方、第 3 階層の町及び村は、住民選挙により選出された評議会議員により運営される自治体であり、評議会が治水事業計画を策定し、内務省が計画の承認及び予算の交付を行う仕組みとなっている。但し、評議会の予算は限られており、町及び村が実施する治水事業は、排水施設等の整備等の極めて小規模な内容に限定されている。

(2) 治水に係る国家レベルの委員会・評議会

治水に係る主要な委員会・評議会は以下の通りである。

1) 国家河川流域管理委員会（National River Basin Management Committee: NRBMC）

2015 年の河川流域管理に係る政令（Sub-decree No. 98）に基づき、国家河川流域管理委員会（NRBMC）がカンボジアの水資源管理調整のための国家最高機関として設立された。同委員会は MOWRAM 大臣が議長を務め、また 13 の中央政府省庁の大臣とカンボジア国メコン河委員会（CMRC）の総局長が委員会のメンバーに就任している。さらに NRBMC の事務局は、MOWRAM 及びトンレサップ機構（TSA）⁷¹から選出されたメンバーによって運営されている。

2) 国家災害管理委員会（National Committee for Disaster Management: NCDM）

上述の通り NCDM は、1995 年の政令に基づき創設され、2015 年に策定された災害管理法により「洪水を含むあらゆる災害に対する中央から地方の行政レベルの防災活動の調整と普及強化」という現在の NCDM の所掌内容が確定されたと言える。

⁷¹ トンレサップ機構（TSA）：トンレサップ湖の流域管理の調整組織について 2009 年に創設された委員会。

NCDM は、その地方組織として州災害管理委員会 (PCDM)、地区災害管理委員会 (DCDM)、コミュニティ災害管理委員会 (CCDM) を有する。NCDM 及び PCDM、DCDM、CCDM の委員会議長及び委員会メンバーを下表に示す。

表 3.9-1 国家災害管理委員会 (NCDM) の組織構成

階層別委員会	行政組織の階層	議長	メンバー
NCDM	国全体	首相	中央省庁大臣
PCDM	第 1 階層地方行政単位*	プノンペン都知事、州知事	中央省庁の第 1 階層地方事務所所長
DCDM	第 2 階層地方行政単位*	区長、郡長、市長	中央省庁の第 2 階層地方事務所所長
CCDM	第 3 階層地方行政単位*	評議会議長	住民代表

注*: 図 3.9-1 参照

出典: Disaster Management States of the Kingdom of Cambodia
<http://afeo.org/wp-content/uploads/2019/03/BEC-Disaster-Management-System-in-Cambodia.pdf>

3) 国家持続的開発評議会 (National Council for Sustainable Development: NCSO)

NCSO は、カンボジアの社会・経済・環境・文化の調和を図りつつ持続可能な開発を促進する目的から 2015 年に設立された政策立案機関である。また上述の通り、NCSO は国家気候変動委員会 (National Climate Change Committee: NCCC) の機能を引き継いだ経緯から、気候変動及び自然災害により引き起こされるリスクの軽減のための戦略を明示したカンボジア気候変動戦略計画 (CCCSP 2014-2023) を立案している。

NCSO の名誉議長に首相が就任し、また環境省 (MOE) が実際の議長として NCSO の実質的な運営を指導している。また NCSO のメンバーは 36 名の中央政府省庁の大臣及び政府関係機関代表と首都プノンペン知事と 24 名の州知事により構成されている。

4) メコン河委員会 (Cambodia Mekong River Commission: CMRC)

メコン河委員会 (MRC) は、カンボジア、ラオス、タイ、ベトナムの 4 ヶ国を委員会メンバーとし、メコン川の持続可能な管理・開発の実現を目的とした国際機関として活動している。同委員会が 2021 年に策定した”Basin Development Strategy for the Mekong River Basin 2021–2030 & MRC Strategic Plan 2021–2025”において、5 項目の今後の重点課題を取り上げており、そのうちの一つに治水に関連して「気候変動や異常洪水に対する強靱化」が含まれている。また MRC は、この治水に係る課題に対して今後取り組むべき施策として「①水文・気象データの観測網の整備・拡充、②水文・気象観測情報の 4 ヶ国間の共有システムの強化、③関連 4 ヶ国をカバーする早期洪水警報システムの整備」に焦点を当てている。カンボジアの水資源気象省 (MOWRAM) は、まさにこれら施策を所掌するカンボジア政府機関であり、MRC は同省の気象局 (DOM) がカンボジアにおける MRC の洪水情報の普及のカギを握る重要な政府機関と指定している。

(3) 治水に係る中央政府省庁

治水を管轄する主要な中央政府省庁は以下の通りである。

1) 水資源気象省 (Ministry of Water Resources and Meteorology: MOWRAM)

MOWRAM は上記の国家河川流域管理委員会 (NCSD) の議長を務め、主要な所掌業務として以下を実施している。

- 河川管理 (河川洪水対策施設の整備・管理や河川区域の管理等)
- 河川流域管理 (流域氾濫域の管理を主体とした河川流域管理)
- 水文・気象データ管理 (水文・気象観測網の整備や水文・観測データの管理等)
- 早期洪水警報

2) 公共事業運輸省 (Ministry of Public Works and Transport: MPWT)

MPWT は都市排水施設や幹線道路に対する洪水対策施設の整備を所掌する。現在、MPWT は首都プノンペン都の第 4 次洪水対策事業を管轄している。また大メコン圏を横断する南部経済回廊やその他のカンボジアの重要な物流ルートとなっている基幹道路に対する気候変動に配慮した洪水対策施設の整備や洪水後の復旧事業を実施している。

3) 環境省 (Ministry of Environment: MOE)

MOE は上記の国家持続的開発評議会 (NCSD) の議長を務め、気候変動に関連した以下の主要業務を管轄し、カンボジアの気候変動対応に係る指導的な役割を果たしている。

- 気候変動の法的枠組みの整備
- 気候変動の主流化に向けた中央省庁の調整
- 二酸化炭素排出量の削減に向けた森林保全

3.9.4. 洪水被害状況の整理

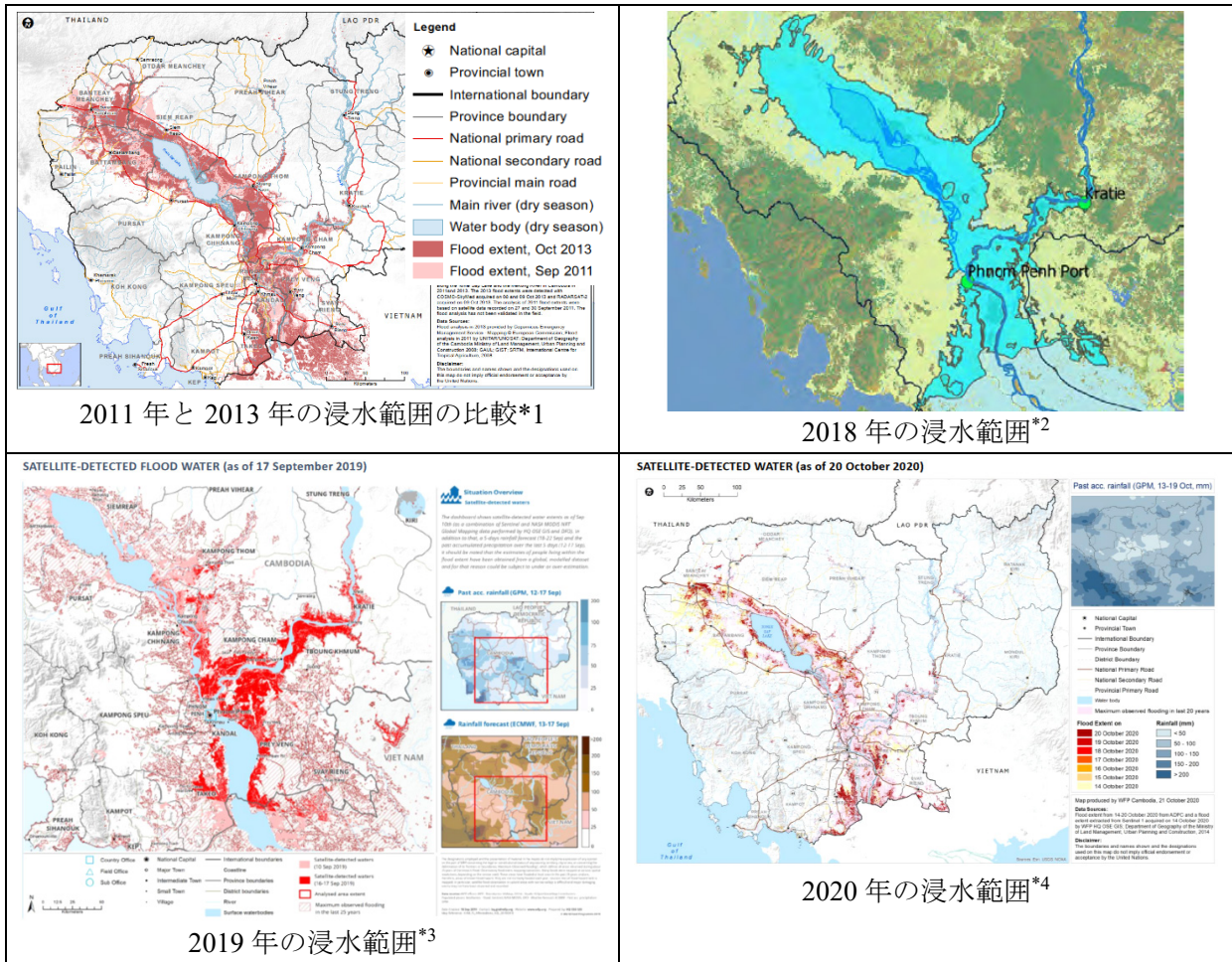
カンボジアにおける直近約 20 年 (1996～2019 年) の洪水被害状況について、人的被害が生じた災害を表 3.9-2 に示す。

表 3.9-2 過去の洪水被害 (カンボジア)

年月	死者数	家屋被害	被災者数	避難者数	被災額	農業被害 (Ha)	被害のあった州
2000/9/14	4	17	10,226	10,226	-	2,610	Kampot
2002/10/30	1	487	35,043	18,800	-		Kampot
2011/8/13	15	34	31,766	2,360	-	1,489	Kratie
2011/9/18	11	45	229	229	-	302	Kampong Cham
2011/09	22	38	19,546	14,728	-	12,101	Kampong Cham
2011/10/23	3	24	15,395	538	-	0	Takeo
2013/9/18	6	54	98,476	14,542	-	185	Siem Reap
2013/9/30	1	60	19,006	5,591	-	0	Battambang
2013/10/4	2	12	5,071	1,964	-	1,620	Pailin
2014/8/22	12	124	92,511	18,576	-	1,560	Kampong Cham
2017/8/10	3	670	12,260	362	-	5,812	Preah Vihear
2017/8/31	1	1356	6,093	6,093	-	226	Kampong Cham

出典：UNDRR DesInventar Sendai

近年（2011年、2013年、2018年、2019年、2020年）のカンボジアの洪水被害について、下記に整理する。



出典：*1: <https://reliefweb.int/map/cambodia/overview-flood-extent-cambodia-sep-2011-and-oct-2013>
 *2: Annual Mekong Hydrology, Flood, and Drought report 2018
 *3: Situation Report No. 1 – Floods in Cambodia (As of 20 September 2019), reliefweb
 *4: Floods in Cambodia: Situation Report No. 5 – Humanitarian Response Forum, As of 21 October 2020, reliefweb

図 3.9-2 近年の洪水による浸水範囲

表 3.9-3 近年の洪水による被害状況

年次	影響世帯数 (人)	影響家屋数 (件)	被害家屋数 (件)	死者数 (人)	被害道路延長 (km)	被害農地 (ha)
2011年*1	354,217	268,631	1297	250	National road: 957 Laterite road: 5,594	Seeding: 431,476 Crops: 21,929
2013年*1	377,354	240,195	455	168	National road: 441 Laterite road: 3,570	Seeding: 37,847 Crops: 81,244
2018年*1	134,893	-	241	63	64	54,141
2019年*2	89,046	60,593	-	14	734	42,239
2020年*3	156,137	145,185	-	31	1,867	328,228

出典：*1: Annual Mekong Hydrology, Flood, and Drought report 2018
 *2: Situation Report No. 1 – Floods in Cambodia (As of 20 September 2019), reliefweb
 *3: Floods in Cambodia: Situation Report No. 5 – Humanitarian Response Forum, As of 21 October 2020, reliefweb

3.9.5. 使用データ

(1) 使用データ

洪水リスクの分析で使用したデータを表 3.9-4 に示す。

表 3.9-4 使用データ (カンボジア)

データ種	現地機関	グローバルデータ	備考
行政界	—	Open Development Cambodia	—
流域界	MOWRAM (Ministry of Water Resources and Meteorology)	—	pdf 資料をデータ化
人口	—	WorldPop Univ. Southampton	100m メッシュ 2020 年
GDP	National Institute of Statistics	—	全国 GDP を WorldPop で振り分け、2016 年 ※Region 毎の GRDP は 2011 年値のみ存在
既往洪水履歴	—	UNDRR DesInventar Sendai	—
ドナー、現地政府等の MP 策定や事業既実施	MRC	JICA World Bank ADB UNDP	
浸水想定区域	—	GFM (EU-JRC)	検証により、最適な氾濫区域を採用

(2) 氾濫域データ

氾濫リスク域の設定にあたっては、以下の 3 手法を比較検討した。

- ・ メコン河委員会 浸水域図
- ・ Global Flood Models (GFMs) 2 モデル
- ・ 実績氾濫域 2 洪水

1) メコン河委員会 浸水域図

メコン河委員会 (MRC) が水理解析モデル ISIS を用いて算定した浸水域図である。HR Wallingford and Halcrow が開発したモデルであり、トンレサップ湖やメコンデルタを含む下流域の河川ネットワークのシミュレーションに使用されている。

2) Global Flood Models (GFMs)

利用した 2 つの GFMs の概要を表 3.9-5 に示す。

表 3.9-5 GFMの概要

データ種	現地機関
WRI (Aqueduct) Model	確率規模 : 2,5,10,25,50, <u>100</u> , 250,500,1000 年 データ内容 : 浸水深データ (単位 : m) 対象範囲 : 全国 発行者 : World Resources Institute
EU-JRC Model	確率規模 : 100 年確率 データ内容 : 浸水深データ (単位 : m) 対象範囲 : 全国 発行者 : European Commission, Joint Research Centre


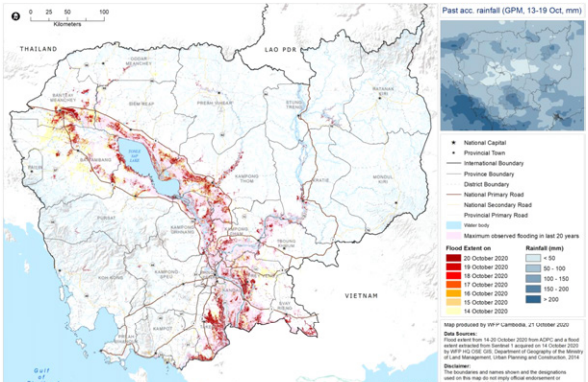

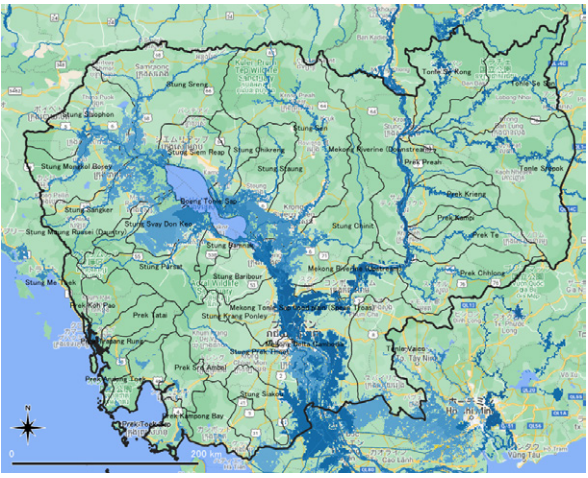
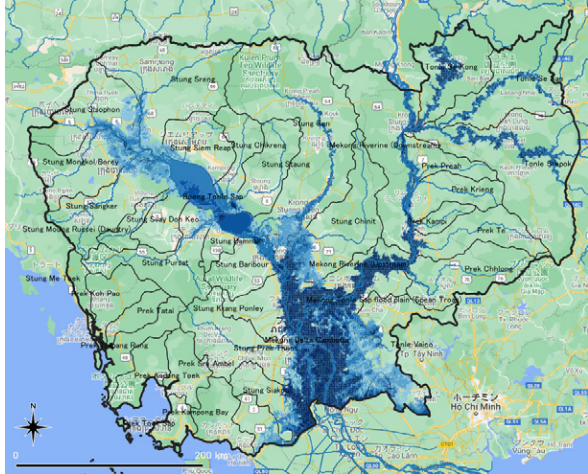
3) 設定氾濫域の妥当性の検証

表 3.9-6 のように、メコン河委員会の浸水域図および GFM、実績氾濫域 (参考) を比較して、氾濫域の妥当性を検証した。結果として、選定した GFM (EU-JRC) の氾濫域は、メコン委員会浸水域図の再現性が高いと評価した。

以下の理由により、EU-JRC の氾濫域を本検討の氾濫域として用いる。

- 全流域カバーする推定氾濫域図、個別流域の詳細調査による浸水域図は無い。
- メコン委員会による 1/100 規模の氾濫域図については、EU-JRC の氾濫域が概ねカバーしている。

表 3.9-6 氾濫域図の比較 (カンボジア全国)

メコン委員会 浸水域図	【参考】実績氾濫域 -1
<p>1/100 規模</p> 	<p>2020.10 洪水</p>  <p>cambodia.hrf@wfp.org</p>
【参考】実績氾濫域 -2	GFM (WRI-Aqueduct)
<p>2013 洪水</p>  <p>Open Development Cambodia</p>	<p>1/100 規模 約 900m メッシュ × 氾濫域が過小 (特にプノンペン周辺)</p> 
GFM (EU-JRC)	
<p>1/100 規模 約 900m メッシュ ○ メコン河委員会の実績氾濫域を概ねカバー</p> 	

3.9.6. 1次スクリーニング

MOWRAM (Ministry of Water Resources and Meteorology) 公表資料に記載のある 40 流域を、検討対象流域とする。MOWRAM による既往業務：Irrigated Agriculture Improvement Project (ADB, 2019)の資料をもとに、流域界の図を GIS データ化した。

表 3.9-7 および図 3.9-3 に検討対象流域を示す。

表 3.9-7 1次スクリーニング（検討対象流域の特定）結果

Table 6: River Basins with Area
(km²)

RBG	Code	River Basin	Area	Code	Sub-River Basin	Area
Coastal	1	Prek Kampong Bay	3,018	5	Prek Trapang Rung	2,615
	2	Prek Toek Sap	1,529	6	Prek Tatai	1,619
	3	Prek Sre Ambel	2,653	7	Prek Koh Pao	3,109
	4	Prek Andong Toek	2,460	8	Stung Me Toek	1,043
Subtotal Area of Coastal RBG: 18,046 km²						
3S (Sesan-Srepok-Sekong)	27	Tonle Se Kong	5,564	29	Tonle Srepok	12,380
	28	Tonle Se San	8,021			
Subtotal Area of 3S RBG: 25,965 km²						
Upper Mekong	30	Prek Preah	2,399	33	Prek Te	4,363
	31	Prek Krieng	3,331	35A	Mekong Riverine (Downstream)	8,287
	32	Prek Kampi	1,142			
Subtotal Area of Upper Mekong: 19,522 km²						
Tonle Sap	12	Stung Krang Ponley	3,033	20	Stung Sisophon	5,593
	13	Stung Baribour	3,003	21	Stung Sreng	9,931
	14	Stung Bamnak	1,116	22	Stung Siem Reap	3,619
	15	Stung Pursat	5,964	23	Stung Chikreng	2,714
	16	Stung Svay Don Keo	2,228	24	Stung Staung	4,357
	17	Stung Moug Russei (Dauntry)	1,468	25	Stung Sen	16,342
	18	Stung Sangker	6,052	26	Stung Chinit	8,236
	19	Stung Mongkol Borey	5,264	39	Boeng Tonle Sap	2,743
Subtotal Area of Tonle Sap: 81,663 km²						
Mekong Delta	9	Stung Toan Han	1,765	35B	Mekong Riverine (Upstream)	2,086
	10	Stung Siakou	2,485	37	Mekong Delta Cambodia	8,723
	11	Stung Prek Thnot	7,055	38	Mekong Tonle Sap flood plain (Spean Troas)	1,508
	34	Prek Chhlong	5,599	36	Tonle Vaico	6,618
Subtotal Area of Mekong Delta: 35,839 km²						

km² = square kilometer.

Source: ADB. 2014. *Cambodian Water Resources Profile*. Phnom Penh.



図 3.9-3 検討対象流域の位置図

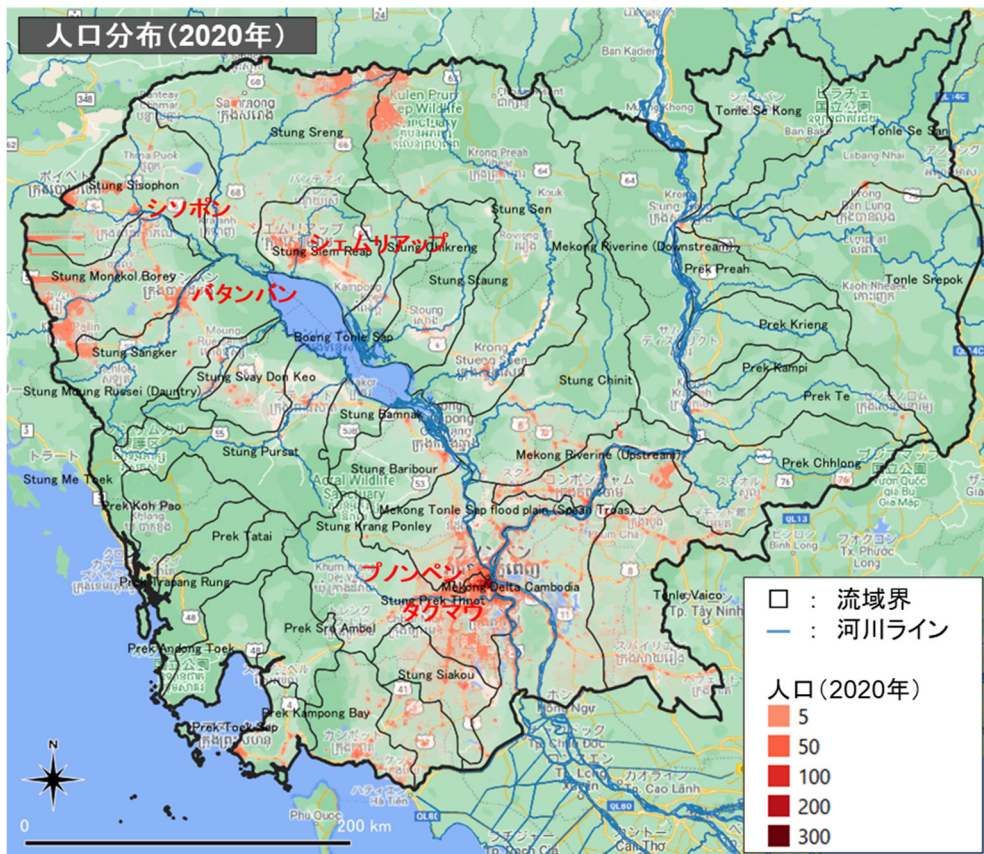


図 3.9-4 検討対象流域の人口分布

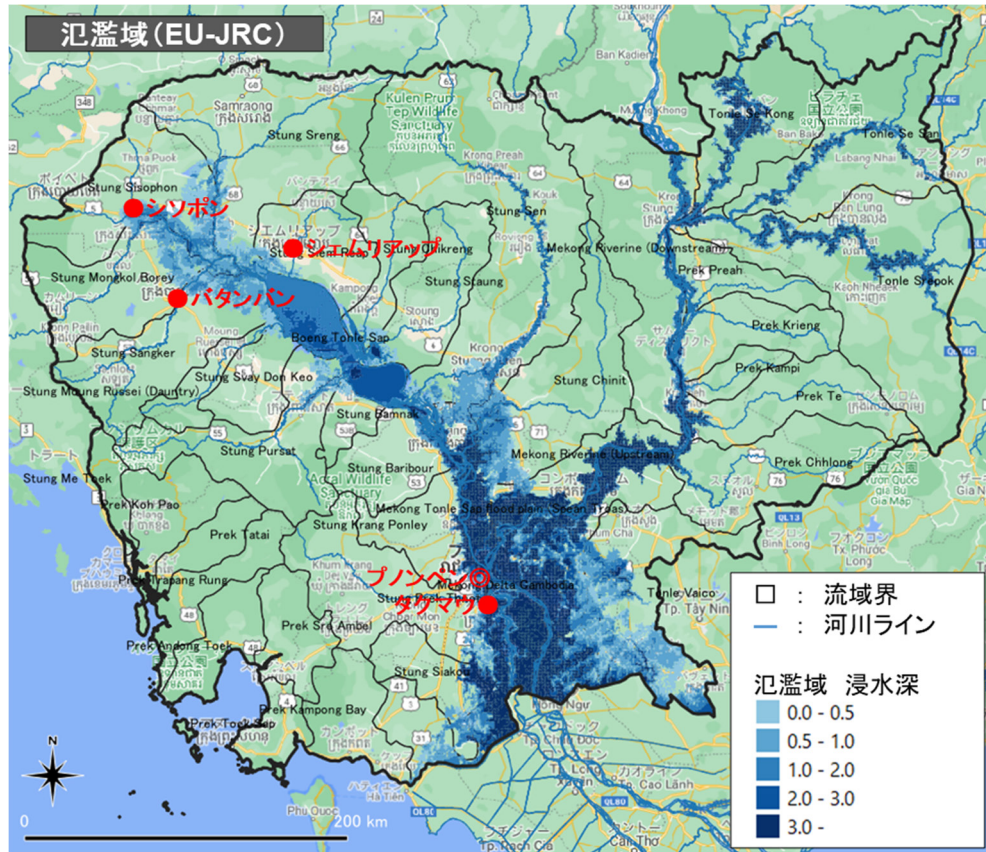


図 3.9-5 検討対象流域の氾濫域図

3.9.7. 2次スクリーニング

流域ごとの氾濫域内 GDP (2020 年) を算出し、洪水リスクポテンシャルを評価した。氾濫域人口およびそれらの増加率も算出した。10 流域で算出した氾濫域内 GDP は、40 流域の氾濫域内 GDP の合計の 91% を占める。

表 3.9-8 2次スクリーニング（10流域の抽出）結果

No.	流域名	流域面積(km ²)	氾濫域面積(km ²)	氾濫域内人口 2020年(人)	氾濫域内人口 2016年(人)	人口増加率 2020年÷2016年	氾濫域内 GDP 2016年 (Million US\$)	全国GDPに対する割合(%)
1	Mekong Delta Cambodia	8,765	7,611.5	1,876,210.7	1,837,135.6	1.02	2,236.0	11.09
2	Stung Prek Thnot	7,001	987.0	1,846,249.1	1,500,910.5	1.23	1,826.8	9.06
3	Tonle Vaico	6,608	3,157.4	592,076.2	587,757.6	1.01	715.4	3.55
4	Stung Krang Ponley	3,093	505.7	544,176.2	449,837.9	1.21	547.5	2.72
5	Mekong Tonle Sap flood plain (Spean Troas)	1,460	1,452.2	369,963.9	356,506.6	1.04	433.9	2.15
6	Mekong Riverine (Upstream)	2,105	737.4	178,358.8	177,532.4	1.00	216.1	1.07
7	Stung Chinit	8,160	1,751.3	145,734.3	138,418.5	1.05	168.5	0.84
8	Stung Sen	16,373	1,459.5	142,918.6	138,280.7	1.03	168.3	0.83
9	Stung Siakou	2,535	512.9	104,981.1	101,848.9	1.03	124.0	0.61
10	Stung Mongkol Borey	5,250	821.7	100,005.4	98,709.3	1.01	120.1	0.60
11	Stung Sisophon	5,704	967.2	75,981.4	73,629.1	1.03	89.6	0.44
12	Stung Toan Han	1,772	353.5	55,484.2	54,904.2	1.01	66.8	0.33
13	Stung Sreng	9,993	924.6	53,244.0	52,288.0	1.02	63.6	0.32
14	Stung Pursat	5,927	346.6	51,769.2	50,579.2	1.02	61.6	0.31
15	Prek Te	4,380	214.9	42,867.3	42,424.8	1.01	51.6	0.26
16	Stung Sangker	6,019	1,097.8	44,536.3	42,280.9	1.05	51.5	0.26
17	Stung Baribour	2,988	235.2	41,544.1	41,169.6	1.01	50.1	0.25
18	Mekong Riverine (Downstream)	8,395	899.1	39,443.7	38,480.1	1.03	46.8	0.23
19	Prek Chhlong	5,824	183.3	33,632.6	28,801.3	1.17	35.1	0.17
20	Tonle Se Kong	5,591	1,191.0	27,082.9	24,997.5	1.08	30.4	0.15
21	Boeng Tonle Sap	2,790	2,675.7	16,669.7	16,901.3	0.99	20.6	0.10
22	Tonle Srepok	12,622	1,456.1	20,993.1	16,423.6	1.28	20.0	0.10
23	Tonle Se San	7,626	805.2	17,287.4	15,303.9	1.13	18.6	0.09
24	Prek Krieng	3,320	200.0	13,525.6	13,138.0	1.03	16.0	0.08
25	Stung Siem Reap	3,587	194.9	12,631.7	11,320.1	1.12	13.8	0.07
26	Stung Chikreng	2,672	172.2	5,340.6	4,899.3	1.09	6.0	0.03
27	Stung Bannak	1,113	78.2	4,753.5	4,838.7	0.98	5.9	0.03
28	Stung Staung	4,301	245.5	5,257.0	4,633.4	1.13	5.6	0.03
29	Prek Preah	2,401	210.6	5,118.7	4,538.0	1.13	5.5	0.03
30	Prek Kampong Bay	3,053	10.6	4,564.2	4,270.1	1.07	5.2	0.03
31	Prek Kampi	1,141	30.9	2,604.7	2,594.0	1.00	3.2	0.02
32	Stung Svay Don Keo	2,253	65.7	998.5	936.0	1.07	1.1	0.01
33	Stung Moung Russei (Dauntry)	1,479	32.8	402.3	381.4	1.05	0.5	0.00
34	Prek Koh Pao	3,111	0.0	0.0	0.0	---	0.0	0.00
35	Prek Sre Ambel	2,662	0.0	0.0	0.0	---	0.0	0.00
36	Prek Trapang Rung	2,596	0.0	0.0	0.0	---	0.0	0.00
37	Prek Andong Toek	2,519	0.0	0.0	0.0	---	0.0	0.00
38	Prek Tatai	1,622	0.0	0.0	0.0	---	0.0	0.00
39	Prek Toek Sap	1,539	0.0	0.0	0.0	---	0.0	0.00
40	Stung Me Toek	1,050	0.0	0.0	0.0	---	0.0	0.00

3.9.8. 3次スクリーニング

(1) 優先流域の選定方針

投資効果が期待できる流域を選定するため、2次スクリーニングで選定された10流域から対策を優先すべき流域を選定する。選定の基準は氾濫域内GDPを基本とするが、事業の必要性を考慮するため、以下の補助指標を整理した。

- ① 既往事業の進捗からみた事業必要性
- ② M/P策定・改訂の必要性
- ③ 日本の支援の必要性・有効性

また、将来の洪水リスク増を踏まえ、開発計画等も選定材料として整理を行った。

(2) 10流域の概要

10流域の調査結果の概要および補助指標の検討結果を以下に示す。

1) Mekong Delta Cambodia

Mekong Delta Cambodia 流域は、流域面積：8,765 km² 氾濫域面積：7,611 km² 氾濫域内人口：187万人 氾濫域内GDP：2,236 Million USD（全国GDPの11.09%）。南部経済回廊が通っているため、今後も開発が進むことが想定される。

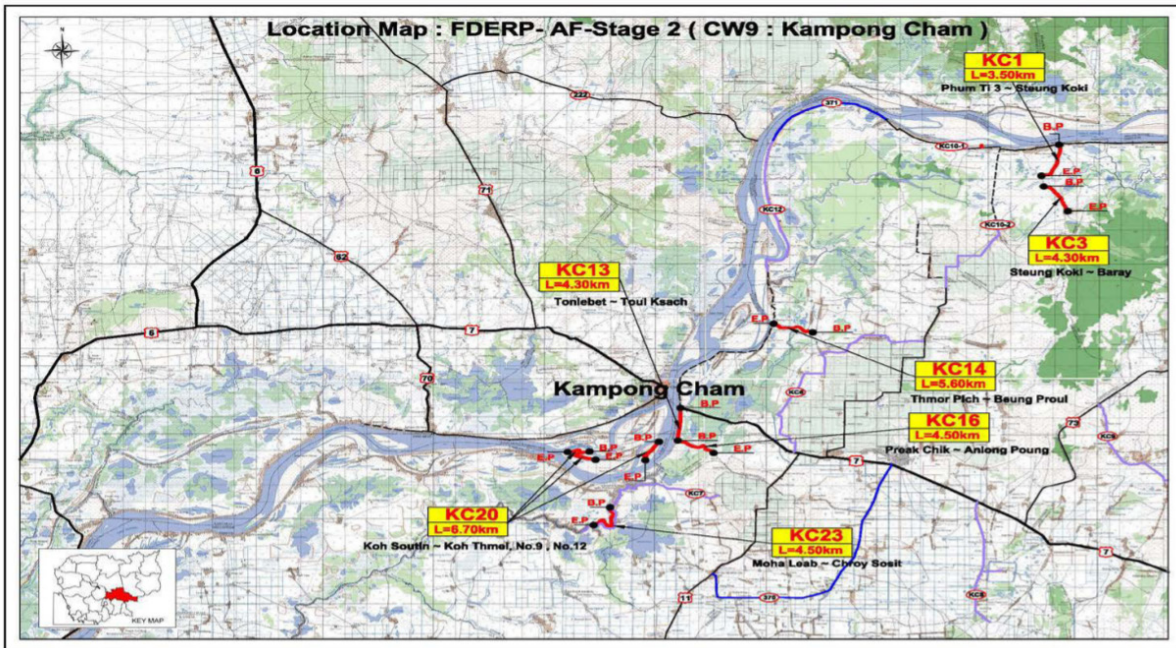
① 既往事業の進捗からみた事業必要性

内水氾濫については、以下の日本支援によりプノンペン都において部分的な整備を実施中である。

- プノンペン市洪水防御・排水改善計画（2001年～2004年）（フェーズ1）
- 第二次プノンペン市洪水防御・排水改善計画（2006年～2010年）（フェーズ2）
- 第三次プノンペン市洪水防御・排水改善計画（2011年～2015年）（フェーズ3）
- 第四次プノンペン洪水防御・排水改善計画（2017年～）（フェーズ4）

またADB支援（Flood Damage Emergency Reconstruction Project - Additional Financing: Kampong Cham and Kampong Thom Provinces (CW9)）により部分的なメコン川本川の河川整備を実施している。

流域の大部分を氾濫域が占め、事業の緊急性・必要性は高い。



出典 : https://www.adb.org/sites/default/files/project-documents/46009/46009-001-emp-en_1.pdf

図 3.9-6 Flood Damage Emergency Reconstruction Project (Kampong Cham) 概要

② MP 策定・改訂の必要性・緊急性

プノンペン都については日本の支援により 1999 年（プノンペン市都市排水・洪水対策計画調査（マスタープラン策定））に M/P を策定し、2016 年（プノンペン都 下水・排水改善プロジェクト）に更新済である。ただしプノンペン都周辺については治水 M/P が策定されておらず、策定の必要性がある。

③ 日本の支援の必要性・有効性

他ドナーの部分的な支援があるものの、これまで日本が整備を行ってきた流域であり、経済被害削減に資する有効な新規の日本の支援が可能である。

表 3.9-9 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.9-9 Mekong Delta Cambodia 流域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	◎
② MP 策定・改訂の必要性・緊急性	◎
③ 日本の支援の必要性・有効性	◎
総合評価	流域内 GDP が高く優先流域に選定

2) Stung Prek Thnot

Stung Prek Thnot 流域は、流域面積：7,001 km² 氾濫域面積：987 km² 氾濫域内人口：184 万人 氾濫域内 GDP：1,826 Million USD（全国 GDP の 9.06%）。シアヌークビルとプノンペンを結ぶ高速道路が建設中※であり沿線が開発が進む可能性が高い。

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

日本支援（ローレンチェリー頭首工改修計画）により頭首工の改修を実施している（計画確率規模：50年確率）。

(<https://www.jica.go.jp/project/cambodia/005/news/general/20130320.html>)

また UNDP 支援（Strengthening Climate Information and Early Warning Systems to Support Climate-Resilient Development in Cambodia）において洪水対策、予警報に関する調査が実施されている。

② MP 策定・改訂の必要性・緊急性

2008年に日本の支援（プレクトノット川流域農業総合開発計画調査）により農業開発にかかる M/P を策定済である（一部洪水検討あり）。一方で治水 M/P 策定に関する情報は無い。

③ 日本の支援の必要性・有効性

他ドナーの介入は部分的であり、新規の日本の支援の余地がある。特にプレクトノット川流域については、農業開発を日本の支援で行っており、灌漑事業と一体となった治水事業の支援が可能である。

表 3.9-10 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.9-10 Stung Prek Thnot 流域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	○
② MP 策定・改訂の必要性・緊急性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	◎
総合評価	流域内 GDP が高く優先流域に選定

3) Tonle Vaico

Tonle Vaico 流域は、流域面積：6,608 km² 氾濫域面積：3,157 km² 氾濫域内人口：59 万人 氾濫域内 GDP：715 Million USD（全国 GDP の 3.55 %）。南部経済回廊が通っているため、今後も開発が進むことが想定される。

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

治水事業に関する情報なし。

② MP 策定・改訂の必要性・緊急性

治水 M/P 策定に関する情報なし。

③ 日本の支援の必要性・有効性

新規の日本支援による治水事業の余地がある。

表 3.9-11 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.9-11 Tonle Vaico 流域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	○
② MP 策定・改訂の必要性・緊急性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	流域内 GDP が高く優先流域に選定

4) Stung Krang Ponley

Stung Krang Ponley 流域は、流域面積：3,093 km² 氾濫域面積：505 km² 氾濫域内人口：54 万人 氾濫域内 GDP：547 Million USD（全国 GDP の 2.72 %）。南部経済回廊および国際鉄道（北線、プノンペン～タイ国バン国）が通っている。

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

韓国支援（The Krang Ponley Water Resources Development Project on Cambodia）により部分的な河川整備を実施している。

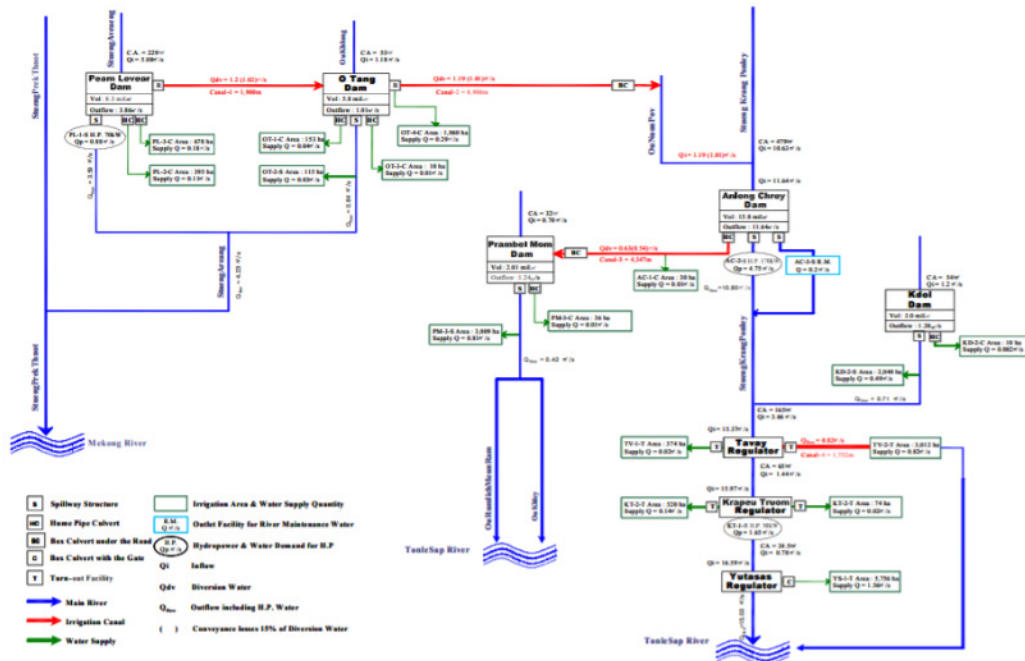


그림 5. 크랑폰리강 유역 용수공급체계도

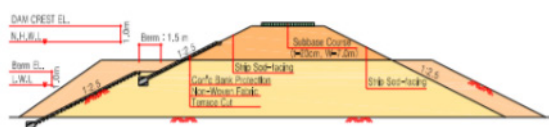


그림 6. 댐제방 보강단면

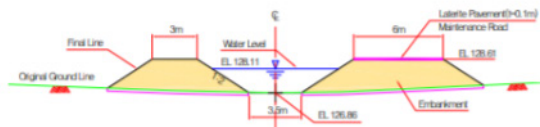


그림 7. 토시수로 보강단면

出典：http://www.koreascience.or.kr/article/CFKO200810335355926.pdf

図 3.9-7 The Krang Ponley Water Resources Development Project on Cambodia 概要

② MP 策定・改訂の必要性・緊急性

治水 M/P 策定に関する情報なし。

③ 日本の支援の必要性・有効性

他ドナーの介入は部分的であり、新規の日本支援による治水事業の余地がある。

表 3.9-12 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.9-12 Stung Krang Ponley 流域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	○
② MP 策定・改訂の必要性・緊急性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	流域内 GDP が高く優先流域に選定

5) Mekong Tonle Sap flood plain (Spean Troas)

Mekong Tonle Sap flood plain (Spean Troas)流域は、流域面積：1,460 km² 氾濫域面積：1,452 km² 氾濫域内人口：36 万人 氾濫域内 GDP：433 Million USD（全国 GDP の 2.15%）。流域内にプノンペン都の一部を含み氾濫域内 GDP が高い。

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

治水事業に関する情報なし。

② MP 策定・改訂の必要性・緊急性

治水 M/P 策定に関する情報なし。

③ 日本の支援の必要性・有効性

新規の日本支援による治水事業の余地がある。

表 3.9-13 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.9-13 Mekong Tonle Sap flood plain (Spean Troas)流域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	○
② MP 策定・改訂の必要性・緊急性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	流域内 GDP が高く優先流域に選定

6) Mekong Riverine (Upstream)

Mekong Riverine (Upstream)流域は、流域面積：2,105 km² 氾濫域面積：737 km² 氾濫域内人口：17 万人 氾濫域内 GDP：216 Million USD（全国 GDP の 1.07%）

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

ADB 支援（Flood Damage Emergency Reconstruction Project - Additional Financing: Kampong Cham and Kampong Thom Provinces (CW9)）により部分的なメコン川本川の河川整備を実施している。（図 3.9-6 参照）

② MP 策定・改訂の必要性・緊急性

治水 M/P 策定に関する情報なし。

③ 日本の支援の必要性・有効性

他ドナーの介入は部分的であり、新規の日本支援による治水事業の余地がある。

表 3.9-14 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.9-14 Mekong Riverine (Upstream)流域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	○
② MP 策定・改訂の必要性・緊急性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	-

7) Stung Chinit

Stung Chinit 流域は、流域面積：8,160 km² 氾濫域面積：1,751 km² 氾濫域内人口：14 万人
氾濫域内 GDP：168 Million USD（全国 GDP の 0.84 %）

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

治水事業に関する情報なし。

② MP 策定・改訂の必要性・緊急性

USAID 支援（Stung Chinit River Basin Management Committee Kampong Thom Province Kingdom of Cambodia）により Stung Chinit River Basin の戦略的アクションプラン（2020-2025）を策定しているが、治水 M/P 策定に関する情報なし。

③ 日本の支援の必要性・有効性

他ドナーの介入は部分的であり、新規の日本支援による治水事業の余地がある。

表 3.9-15 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.9-15 Stung Chinit 流域における補助指標の評価

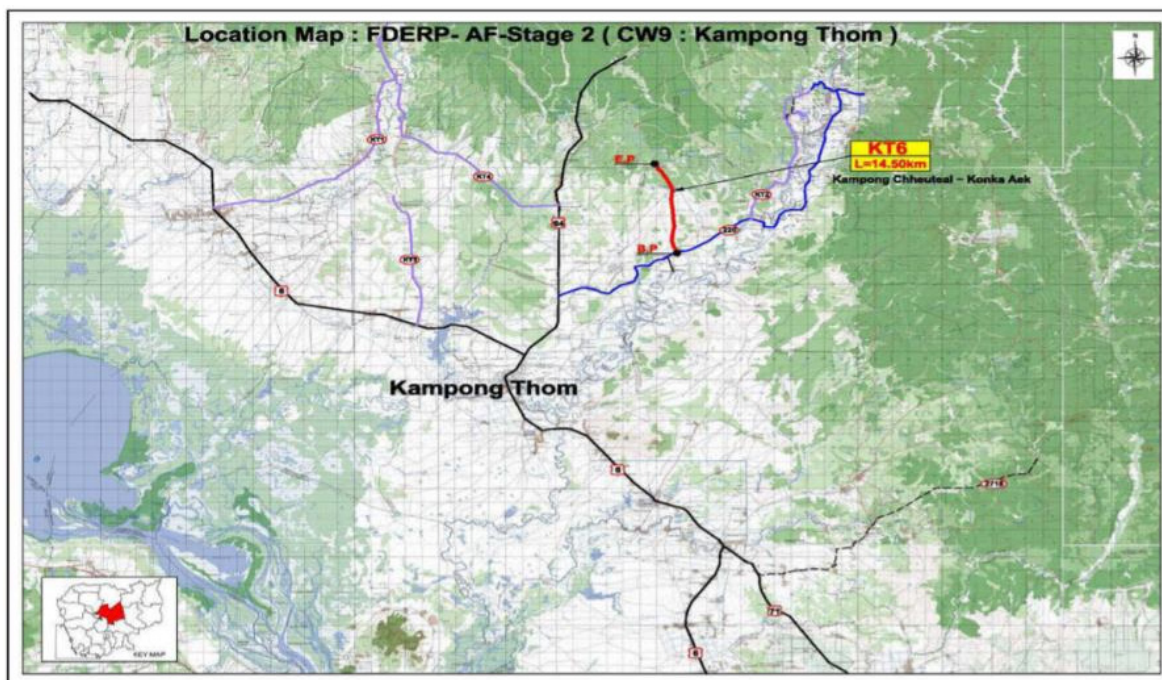
補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	○
② MP 策定・改訂の必要性・緊急性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	-

8) Stung Sen

Stung Sen 流域は、流域面積：16,373 km² 氾濫域面積：1,459 km² 氾濫域内人口：14 万人 氾濫域内 GDP：168 Million USD（全国 GDP の 0.83 %）

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

ADB 支援（Flood Damage Emergency Reconstruction Project - Additional Financing: Kampong Cham and Kampong Thom Provinces (CW9)）により部分的な河川整備を実施している。



出典：https://www.adb.org/sites/default/files/project-documents/46009/46009-001-emp-en_1.pdf

図 3.9-8 Flood Damage Emergency Reconstruction Project (Kampong Thom) 概要

② MP 策定・改訂の必要性・緊急性

治水 M/P 策定に関する情報なし。

③ 日本の支援の必要性・有効性

他ドナーの介入は部分的であり、新規の日本支援による治水事業の余地がある。

表 3.9-16 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.9-16 Stung Sen 流域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	○
② MP 策定・改訂の必要性・緊急性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	-

9) Stung Siakou

Stung Siakou 流域は、流域面積：2,535 km² 氾濫域面積：512 km² 氾濫域内人口：10 万人 氾濫域内 GDP：124 Million USD（全国 GDP の 0.61 %）

- ① 既往事業の進捗からみた事業必要性
治水事業に関する情報なし。
- ② MP 策定・改訂の必要性・緊急性
治水 M/P 策定に関する情報なし。
- ③ 日本の支援の必要性・有効性
新規の日本支援による治水事業の余地がある。

表 3.9-17 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.9-17 Stung Siakou 流域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	○
② MP 策定・改訂の必要性・緊急性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	-

10) Stung Mongkol Borey

Stung Mongkol Borey 流域は、流域面積：5,250 km² 氾濫域面積：821 km² 氾濫域内人口：10 万人 氾濫域内 GDP：120 Million USD（全国 GDP の 0.60 %）

- ① 既往事業の進捗からみた事業必要性
中国支援（Multipurpose Dam Development Project in Battambang Province）により、2017 年に多目的ダムを建設している。



Upstream Reservoir



Road on the crest of Left Bank Earth Dam and Concrete Face Rockfill Dam

出典：http://www.gdfc.cc/en/projects_view.aspx?project_id=539&project_class=30

図 3.9-9 Multipurpose Dam Development Project in Battambang Province の多目的ダム

② MP 策定・改訂の必要性・緊急性

治水 M/P 策定に関する情報なし。

③ 日本の支援の必要性・有効性

他ドナーの介入は部分的であり、新規の日本支援による治水事業の余地がある。

表 3.9-18 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.9-18 Stung Mongkol Borey 流域における補助指標の評価

補助指標	評価
① 既往事業の進捗からみた事業必要性	○
② MP 策定・改訂の必要性・緊急性	○
③ 日本の支援の必要性・有効性	○
総合評価	-

(3) 5 流域の抽出

以上の検討を踏まえ、優先 5 流域を選定した。表 3.9-19 に補助指標の整理結果を示す。
優先 5 流域の選定根拠および概要を以下のように整理した。

- Mekong Delta Cambodia ; 同国の首都であるプノンペン都が流域内にあり、氾濫域内 GDP が最も高く、南部経済回廊が通っているため、今後も開発が進むことが想定される。南部経済回廊 (=カンボジア国道 5 号線) は 2020 年 10 月に発生した洪水において、5 号線沿線の氾濫水位が道路面近くまで上昇したことから⁷²、大規模洪水において冠水する可能性が否定できない。洪水時の物流確保の観点からも同流域は整備を優先すべきである。
- Stung Prek Thnot ; 流域内にプノンペン都を含み、氾濫域内 GDP は 2 番目に高く、流域内に第二東西回廊、南線を含む。また、シアヌークビルとプノンペンを結ぶ高速道路が建設中⁷³であり、沿線で開発が進む可能性が高い。
- Tonle Vaico ; 氾濫域内 GDP が高く、南部経済回廊が通っている。
- Stung Krang Ponley ; 流域内にプノンペン都を含み、氾濫域内 GDP が高く、南部経済回廊および国際鉄道 (北線、プノンペン～タイ国バン国) が通っている。
- Mekong Tonle Sap flood plain (Spean Troas) ; 流域内にプノンペン都の一部を含み氾濫域内 GDP が高い。

表 3.9-19 補助指標の整理結果

流域名	氾濫域内 GDP in2016 (Million USD)	2020 年カ国 GDP に対する割合	①既往事業の進捗からみた事業必要性	②MP 策定・改訂の必要性・緊急性	③日本の支援の必要性・有効性
Mekong Delta Cambodia	2,236.0	11.09	○: 日本支援によりプノンペン都において部分的な整備を実施中。 ○: ADB 支援 (Flood Damage Emergency Reconstruction Project - Additional Financing: Kampong Cham and Kampong Thom Provinces (CW9)) により部分的な整備を実施 (メコン河本川)。 ◎:流域の大部分を氾濫域が占め、事業の緊急性・必要性は高い	○: プノンペン都については日本の支援により 1999 年に M/P を策定、2016 年に更新。 ◎:プノンペン都周辺の治水 M/P 策定の必要性がある。	◎:他ドナーの部分的な支援があるものの、これまで日本が整備を行ってきた流域であり、経済被害削減に資する有効な新規の日本の支援が可能
Stung Prek Thnot	1,826.8	9.06	○: 日本支援により頭首工の改修を実施 (50 年確率)。 ○: UNDP 支援 (Strengthening Climate Information and Early Warning Systems to Support Climate-Resilient Development in Cambodia) において洪水対策、予警報の検討あり。	○: 2008 年に日本の支援により農業開発にかかる M/P 策定済 (一部洪水検討あり)。治水 M/P 策定に関する情報なし。	◎:他ドナーの介入は部分的であり、新規の日本の支援の余地がある。特にプレクトノット川流域については、農業開発を日本の支援で行っており、灌漑事業と一体となった治水事業の支援が可能。
Tonle Vaico	715.4	3.55	○: 事業に関する情報なし。	○: M/P 策定に関する情報なし。	○: 新規の日本の支援の余地がある。

⁷² プルサット上水道拡張計画に参加中の CTII 職員による情報

⁷³ JETRO <https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/2020/33ba922ca127d392.html>

流域名	氾濫域内 GDP in2016 (Million USD)	2020 年カ国 GDP に対す る割合	①既往事業の進捗からみた 事業必要性	②MP 策定・改訂の 必要性・緊急性	③日本の支援の必要 性・有効性
Stung Krang Ponley	547.5	2.72	○: 韓国支援 (The Krang Ponley Water Resources Development Project on Cambodia) により部分的な整備を実施。	○: M/P 策定に関する情報なし。	○: 他ドナーの介入は部分的であり、新規の日本の支援の余地がある。
Mekong Tonle Sap flood plain (Spean Troas)	433.9	2.15	○: 事業に関する情報なし。	○: M/P 策定に関する情報なし。	○: 新規の日本の支援の余地がある。
Mekong Riverine (Upstream)	216.1	1.07	○: ADB 支援 (Flood Damage Emergency Reconstruction Project - Additional Financing: Kampong Cham and Kampong Thom Provinces (CW9)) により部分的な整備を実施 (メコン河本川)。	○: M/P 策定に関する情報なし。	○: 他ドナーの介入は部分的であり、新規の日本の支援の余地がある。
Stung Chinit	168.5	0.84	○: 事業に関する情報なし。	○: 米国支援により戦略的アクションプラン (2020-2025) を策定。 ○: M/P 策定に関する情報なし。	○: 他ドナーの介入は部分的であり、新規の日本の支援の余地がある。
Stung Sen	168.3	0.83	○: ADB 支援 (Flood Damage Emergency Reconstruction Project - Additional Financing: Kampong Cham and Kampong Thom Provinces (CW9)) により部分的な整備を実施。	○: M/P 策定に関する情報なし。	○: 他ドナーの介入は部分的であり、新規の日本の支援の余地がある。
Stung Siakou	124.0	0.61	○: 事業に関する情報なし。	○: M/P 策定に関する情報なし。	○: 新規の日本の支援の余地がある。
Stung Mongkol Borey	120.1	0.60	○: 中国支援 (Multipurpose Dam Development Project in Battambang Province) により、多目的ダムを建設 (2017)。	○: M/P 策定に関する情報なし。	○: 他ドナーの介入は部分的であり、新規の日本の支援の余地がある。

3.9.9. 治水対策の方向性

(1) 全国の流域概要

カンボジアの国土面積は 181,606.74 km² であり、日本の国土面積の約半分にあたる。1 首都 23 州で構成され、首都に 12 区、州に 26 市と 159 郡がある。北部及び西部をタイ、北東部にラオス、東部と南部をベトナムに囲まれている。

メコン川は北部のラオスから流れ込み、国土の東北部を南に縦断し、首都のプノンペン付近にて西側から合流するトンレサップ川と合流し、東南に流れを変えてベトナムへと注ぐ。国土の約 86% がメコン川の流域に属する。国土の中央部には、東南アジア最大の淡水湖であるトンレサップ湖及び沖積平野が広がる。トンレサップ湖には幾つかの流入河川があるが、流入量については雨期にメコン川からトンレサップ川を通じて流入する水量が最大であり、その水量はトンレサップ湖の全供給水量の 62% を占める。その他の主な流入河川は Sen 川、Sreng 川、Pursat (Pouthisat) 川、Sisophon 川、Mongkul Borey 川そして Sangker 川である。

気候についてはモンスーン気候で、5 月から 10 月までが雨期となる。雨期には増水したメコン川の水が上流のトンレサップ湖に逆流し、湖の規模が最大 5 倍まで拡大する。年間降水量は、中部氾濫原で 1,200 mm、高地で 2,000 mm、沿岸地域で 3,400 mm と推定されている。

カンボジアでは洪水被害が非常に多く発生しているが、メコン川の水量は流域上流に属する中国やミャンマー、ラオス、ベトナム、タイの気象状況に依存する。よって上流域で降雨が継続した場合は、カンボジアの降雨に関係なく洪水が発生するケースがある。



出典：FAO-AQUASTAT, 2011

図 3.9-10 カンボジア国の位置図

(2) 優先流域の考え方

効率的に被害ポテンシャルを削減するという観点から、氾濫域内 GDP および開発等による将来の洪水リスクを考慮し、優先流域の選定を行った。その結果、氾濫域内 GDP 順に、Mekong Delta Cambodia、Stung Prek Thnot、Tonle Vaico、Stung Krang Ponley、Mekong Tonle Sap flood plain (Spean Troas)の 5 流域を選定した。

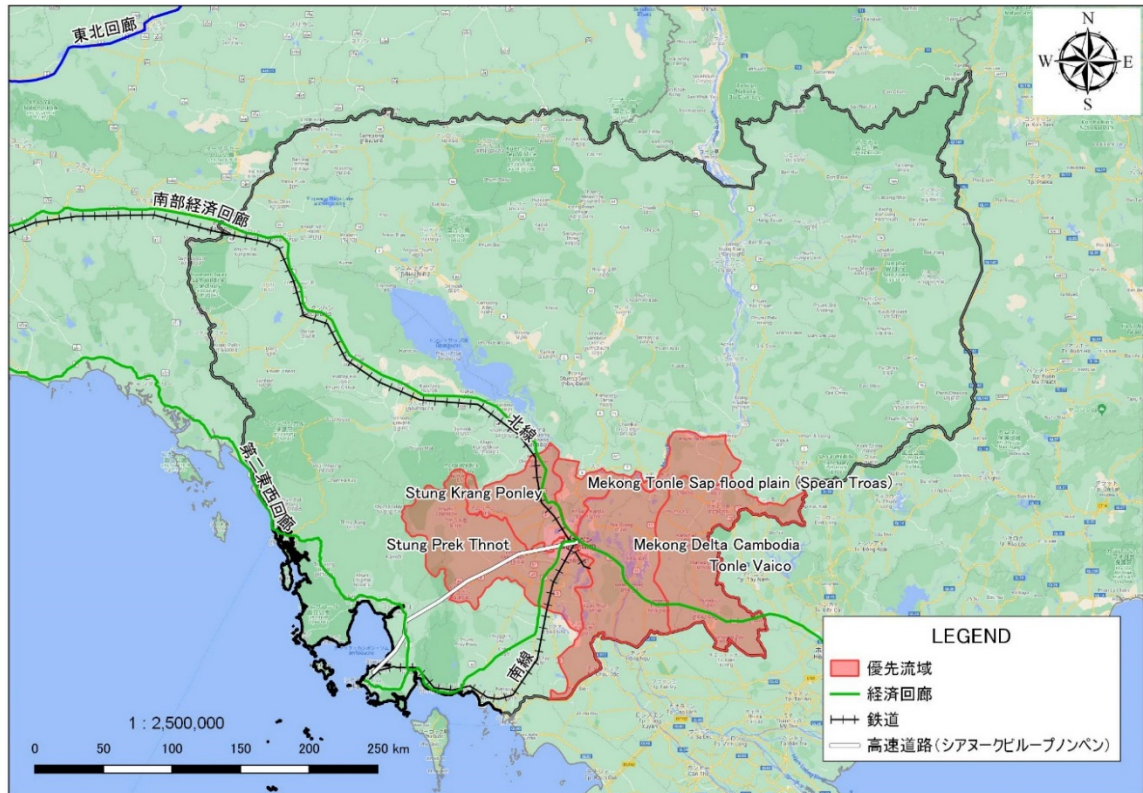


図 3.9-11 優先 5 流域位置図

(3) 治水対策の方向性

これまでの検討結果を考慮し、優先 5 流域における治水対策の方向性を整理した。

- 本調査で選定した 5 流域は同国の首都であるプノンペン都周辺の流域である。内水氾濫が頻発するため、内水氾濫対策（雨水排水路の整備や排水機場の設置）が治水対策の基本と考えられる。
- プノンペン都においては古くから輪中堤で都市が防御されてきた。近年は人口の増加により、輪中堤周辺の低平地や湿地に住宅地が拡大している。これらの地域はもともと浸水リスクが高いため輪中堤の拡大や盛土といった対策が必要となる。
- 外水氾濫については、メコン川もしくはトンレサップ川からの越水が考えられる。両河川は雨期と乾期の水位変動が大きく河岸侵食が起りやすい。河岸侵食による破堤のリスクを避けるためには侵食対策工事の実施が望ましいが、侵食の発生を予測することは困難であるため、定期的な護岸・堤防点検を実施し、予防策を講じるとともに、質的な安全性確保に向けた対策が必要である。

- 河岸侵食対策についてはメコン川の上流に位置するラオス国において実績がある（例えば、首都ビエンチャン市付近の粗朶沈床を用いた侵食対策等）。カンボジア国においても適用できる可能性が高く、ラオスの実績は参考となる。

(4) 課題及び提案

治水対策の検討における課題及び提案は以下の通りである。

- 国土の大半がメコン河流域に属する。MRC がすでに水文・水理解析モデルを構築していることから、MRC と協働し、カンボジア国の治水対策を検討することが効率的である。メコン河上流からの流量は、上流の中国やラオスからの流出に依存するので、MRC の水文情報は有用である。
- プノンペン都では湿地帯に宅地が広がり、浸水リスクが増大している。浸水対策にあたっては土地利用規制といったソフト対策も重要である。
- 河岸侵食に関しては注意が必要である。カンボジア国では、メコン河の河川水を上水として利用するケースが多く、JICA のプロジェクト（コンポンチャム及びバタンバン上水道拡張計画、等）においても河岸侵食に十分配慮した取水施設の検討が行われている。このため、上水施設等のインフラ施設の防御に配慮した治水対策が必要である。
- カンボジアでは、コルマタージュと呼ばれる導水システムがある。自然堤防の一部を開削してゲートを設置し、雨期にメコン川の洪水流を人為的に耕作地に引き込み、農業を行っている。また、トンレサップ湖は、雨期と乾期で湖の面積が3倍以上大きくなる。周辺の住民は雨期と乾期で生活する場所を変えるなど、湖の変化に合わせた生活を営んでいる。外水氾濫対策を検討する場合は、単に外水＝ハザードとして捉えるのではなく、地域の実情に十分に配慮した対策が必要である。外水・内水から防御する都市域、洪水流を冠水させる地域、といった土地利用別の対策を検討することが重要である。