

3.4. フィリピン

3.4.1. フィリピン国における国際支援の潮流

(1) JICA による支援

JICA は 1970 年代より「マニラ地区洪水制御・排水事業」や「マンガハン放水路事業」等の首都圏の治水事業を始めとして、フィリピンの治水事業に対して積極的な支援を行ってきた。フィリピンにおける全国的な治水計画調査としては、「河川改修浚渫プロジェクト調査 (M/P、OTCA、1974 年)」、「全国洪水対策および河川浚渫計画 (M/P、OECF、1982 年)」、「特定地方都市洪水防御計画調査 (F/S、1995 年)」、「フィリピン国全国総合水資源開発計画調査 (1998 年)」、「全国洪水リスク評価及び特定地域洪水被害軽減計画調査 (2008 年)」等が行われた。個別の流域に対しては、マニラ首都圏 (Pasig-Marikina 川、KAMANAVA、West Manggahan 等)、Laoag 川、Cagayan 川、Agno 川、Pampanga 川、Agusan 川、Tagoloan 川、Cagayan de Oro 等で M/P 策定、F/S を経て、円借款による治水事業を行い、無償資金協力事業では「オルモック市洪水対策事業」の支援を行ってきた。

現在は、「洪水リスク管理事業 (Cagayan 川、Tagoloan 川、Imus 川 : FRIMP-CTI)」、「洪水リスク管理事業 (Cagayan de Oro 川 : FRIMP-CDOR)」、「カビテ州産業地域洪水リスク管理事業 (CIA-FRIMP)」、「パッシング・マリキナ河川改修事業 (IV) (PMRCIP-IV)」が JICA の円借款によって実施されている。また上記の治水事業の他に、マニラ首都圏 (EFCOS)、Pampanga 川、Agno 川、Bicol 川、Cagayan 川で洪水予警報に関する計画・設計・調達・維持管理の支援を行ってきたほか、「治水・砂防技術協力強化プロジェクト (専門家派遣、技術基準・ガイドライン作成、治水砂防技術センター (FCSEC) 設立)」、「洪水予警報業務強化指導 (専門家派遣)」といった治水に関する技術移転や、「中小河川治水事業実施体制改善調査 (2004 年)」や「フィリピン国防災分野プログラム化促進調査 (2004 年)」等、主に事業の実施システムや組織行政に関する調査も行ってきた。

(2) 他ドナーによる支援

WB によるフィリピンにおける近年の治水対策への支援としては、「Master Plan for Flood Management in Metro Manila and Surrounding Areas」、「Feasibility Study and Preparation of Detailed Engineering Design of the Proposed Upper Marikina Dam WB」、「Metro Manila Flood Management Project WB」等が挙げられ、マニラ首都圏の治水を中心に支援を行っている。

ADB は、「Master Plan for Agusan River Basin (2005 年)」、「Agusan River Basin Integrated Water Resources Management Project (2012 年)」等を支援してきた。現在「Infrastructure Preparation and Innovation Facility (IPIF), Flood Risk Management Investment Project for Six Major River Basins」を実施中であり、18 の Major 河川の内、治水対策の M/P 等が策定されていない 6 河川 (Apayao-Abulog, Abra, Jalaur, Ranao (Agus), Tagum- Libganon, Buayon Malungon 川) について、M/P、F/S、D/D を支援している。またこの後発案件の IPIF-2 として、Principal River Basin の 10 流域について、M/P、F/S、D/D を実施予定である。

また上記の意外に、他ドナーの治水に関する技術支援として、「Ready Project (UNDP、AusAID、

ADB) 」による 28 州における水災害ハザードマップ整備、KOICA による「メトロマニラ災害軽減のための早期警戒システム構築」、オーストラリア政府による DPWH 設計基準である「Design Guidelines, Criteria and Standards (DGCS)作成支援」等が挙げられる。

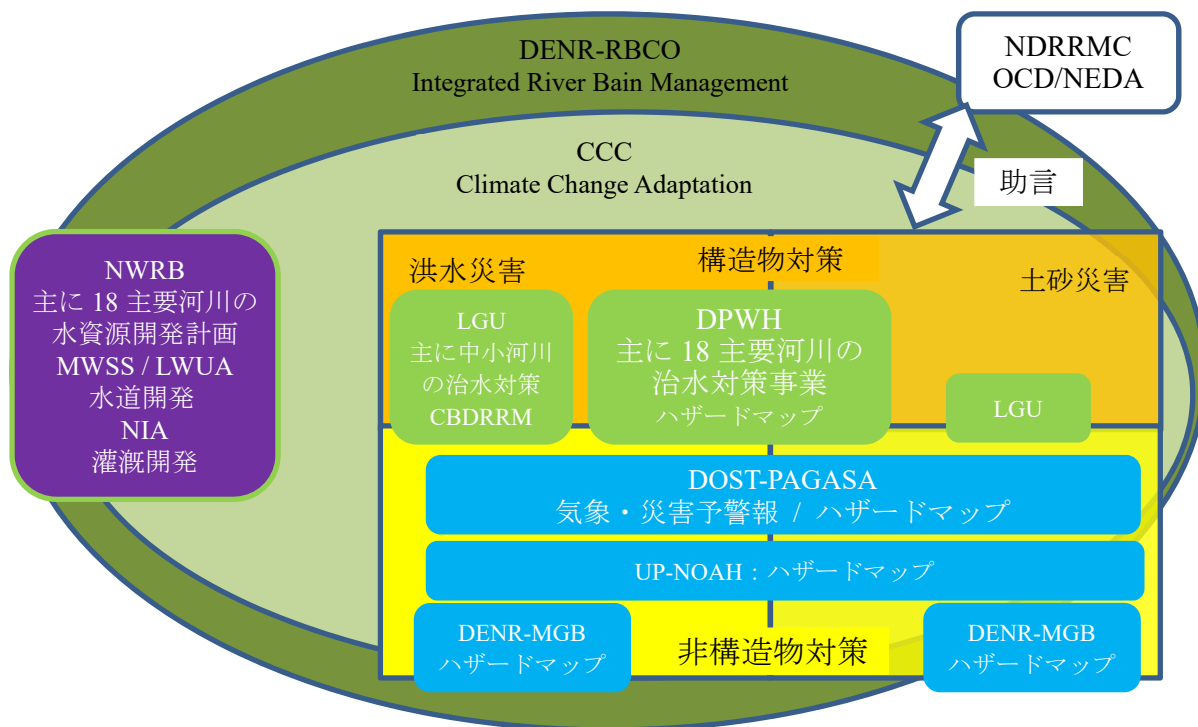
3.4.2. 治水に関する法制度・計画の現状整理・分析

<p>法制度</p>	<p><u>PD1566: Strengthening the Philippine Disaster Control, Capability and Establishing the National Program on Community Disaster Preparedness</u> PD1566 では、防災に対する中央政府、地方政府の役割を定めるほか、国家災害対策調整委員会 (NDCC) の設置、地方自治体の災害対策調整委員会 (DCC) の設置、国家非常事態災害対策計画の策定等が指示されている。</p> <p><u>RA10121: Philippine Disaster Risk Reduction and Management Act of 2010</u> RA10121 では、「災害リスク軽減・管理システムの強化」「災害リスク軽減・管理フレームワークの整備」「災害リスク軽減・管理計画の制度化」「災害リスク軽減・管理資金の割り当て」等を目的として 2010 年に制定された。従来の災害後対応に加え、災害予防・リスク削減を含んだ総合的な災害リスク管理を実施するため、災害リスク削減・管理 (DRRM) という新たなアプローチに基づく防災の基本枠組みを打ち出した。</p> <p><u>RA7160: Local Government Code of 1991、RA8185: Local Government Code の改訂法 (1996 年)</u> 1991 年に制定された地方自治法/共和国法第 7160 号 (LGC/RA7160) は中央政府から地方政府への権限の委譲による地方分権化を定めた。同法において、LGU の防災に対する責任・権限・義務が次のように明確にされた。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● LGU の首長はその行政圏域内の災害対応の責任者である。 ● 地方立法府はそのために必要な手段を講じること。 ● そのために DILG からの通達により各 LGU は「地方災害調整委員会 (LDCC (現地方災害軽減・リスク管理委員会: LDRRMC)) を設立すること、およびその速やかな実施運営を図ること。 <p>1996 年の改定によって、市町が治水事業をはじめとする構造物対策を整備することとなった。</p>
<p>国家開発計画</p>	<p><u>Philippine Development Plan 2017-2022</u> 自然災害に係るリスクに対する脆弱性の低減、自然災害に対して安全かつ安心な地域社会の構築を主要施策の一つとして掲げている。また洪水リスク軽減のためのイニシアティブの継続を掲げており、具体的には洪水対策施設的设计及び維持管理基準の更新、河川情報データベースの確立と洪水氾濫源指定のベースラインデータの更新、主要 18 流域及び他の重要流域における洪水管理計画及び排水管理計画の更新及び策定、河川管理の調整能力の向上に言及している。また、フィリピン気候変動適応戦略 (2010-2022 年) において、気候変動への適応のため、適切なインフラ整備によるリスクと脆弱性の減少を掲げている。</p>
<p>国家防災計画</p>	<p><u>National Disaster Risk Reduction and Management Plan (NDRRMP)</u> 2028 年までの長期計画として、防災サイクルの 4 つの項目 (災害予防・軽減、災害準備、災害対応、災害復旧・復興) の中に、14 の目標と、目標達成のために 93 の活動を掲げるとともに、その実施機関を記載しており、関係機関がそれぞれの責任に基づいて計画実施を進めている。また、災害対応に係るより詳細な役割分担を規定した国家災害対応計画を作成したほか、国家災害準備計画 (NDPP) も作成している。</p>
<p>地方防災計画</p>	<p><u>Local Disaster Risk Reduction and Management Plan (LDRRMP)</u> LDRRMP は、RA10121 において全ての LGU が作成することを義務付けており、国家災害リスク軽減・管理基金 (NDRRMF) を使用する際の根拠となる。市民防衛局 (OCD) は LGU のための LDRRMP 作成ガイドラインを作成しているほか、LGU 向けの啓発活動を実施する等、LGU による LDRRMP 策定を支援している。また、内務地方自治省 (DILG) も、住宅と土地利用の許認可委員会 (HLURB) と協力し、総合土地利用計画 (CLUP) 策定と併せて LDRRMP 策定を支援しており、これらの結果、既にほとんどの LGU が LDRRMP を策定している。</p>
<p>洪水関連法</p>	<p><u>PD1067: Water Code of the Philippines (1976 年) PD1067 IRR (実施細則 (2005 年))</u> 多様な水利用・水資源の所有権を規定している。洪水リスク管理に関しては、河岸付近の地役権 (Easement) や DPWH 長官が定める治水必要地域 (Flood Control Area) に関する規則や禁止事項等が制定されている。</p>

<p>土地開発、都市計画関連法・計画</p>	<p><u>EO No.648- 1981: Reorganizing the Human Settlements Regulatory Commission</u> HLURB (Housing and Land Use Regulatory Board)は EO648 に基づき、土地利用と開発の計画・規制を行う公共機関とされている。役割としては、Comprehensive Land Use Plan (CLUP) 作成のためのガイドライン作成、高度都市化市・独立市の CLUP の監査と承認、CLUP 準備のための地方自治体への技術支援、住居と不動産に関する法令・ガイドライン・基準の最新化と修正である。</p> <p><u>RA 10752: The Right-of-Way Act</u> 中央政府によるインフラ整備事業のための土地利用権や用地買収を促進する法令</p> <p><u>Land Acquisition, Resettlement, Rehabilitation and Indigenous Peoples. Policy (LARRIP)</u> 有資格条件、補償と権利（補償・支援策）、先住民対策、住民参加と協議、苦情処理システム、実施体制、モニタリング・評価についての方針が定められており、DPWH 事業における土地取得・住民移転実施のための枠組みとなっている。</p>
<p>統合水資源管理に係る法・計画</p>	<p><u>EO No. 860-2010: Redefining the Composition and Powers of the National Water Resources Board</u> NWRB(National Water Resources Board) は DENR の付属機関であり、統合水管理の原則に基づき国の水資源開発と運営に責任を持つ。水源開発計画と運営方針の決定の他、水源に関連する多様な公共機関の調整、水利権の承認、水の分配に係る紛争の解決を実施している。また、水環境の保全と水関連災害の回避も実施している。</p> <p><u>EO No.510-2006: Creating the River Basin Control Office</u> <u>EO No.816-2009: Declaring the River Basin Control Office under the DENR</u> DENR 内部に RBCO を設立し DPWH/LGU が実施する治水事業も流域計画の一環として管理。EO No.816-2009 では、RCBO は河川流域開発の統合的計画、運営、リハビリと開発をリードする公的機関とされている。</p> <p><u>Integrated River Basin Management and Development Master Plan</u> フィリピンの 18Major River Basin の流域基本計画を策定し、その他の流域の基本計画も随時策定しているが、治水に関する計画は殆ど記載されていない。</p> <p><u>DO-No.71-2014: Creation of DPWH Integrated Water Resources Management Coordination Team (IWRMCT)</u> 2014 年の DPWH の省令 (DO.71)により、DPWH 内に統合水資源管理調整チーム (IWRMCT) を設立した。</p>
<p>気候変動に係る法・計画</p>	<p><u>RA9729: Climate Change Act (CCAct)</u> 気候変動法 (RA9729) の制定によって気候変動国家対策の開発、調整、モニタリング、評価を行うために気候変動対策委員会 (CCC) が設立された。CCC は①2022 年までの 12 カ年を対象とした、全てのセクターにおいて「途上国における森林減少・森林劣化に由来する排出の抑制、並びに森林保全、持続可能な森林経営、森林炭素蓄積の増強 (REDD+)」に焦点をあてた政策を進めることを目標としている気候変動国家戦略に関する枠組み (NFSCC 2010-2022)、②森林減少と劣化の防止、貧困削減、生物多様性の保全、ガバナンスの強化を目標とし、NFSCC に統合された国家 REDD+戦略 (Philippine National REDD+Strategy) 及び③2011 年から 2028 年までを対象とする長期計画であり、7つの行動計画が示されている気候変動国家行動計画 (NCCAP 2011-2028) を作成した。</p> <p><u>RA10174: The People's Survival Fund Act</u> 2012 年に気候変動適応基金として、RA10174 によって、国民生存基金 (PSF) が創設された。PSF は地方政府や自治体の気候変動適応対策費用に用いられている。</p>

3.4.3. 治水に関する組織制度の現状整理・分析

フィリピン国における治水対策に関連する組織体系図を図 3.4-1 に示す。図に示されるように、DPWH、DOST-PAGASA、DENR の関連下部機関及び LGU を中心に多くの機関が治水対策に関連している。



出典：「防災セクター戦略策定情報収集・確認調査」を元に JICA 調査団が更新

図 3.4-1 治水に関連する組織体系図（フィリピン）

治水対策に関連する事業を実施する主な機関は、LGU 及び中央政府では、DPWH（主に構造物対策）、PAGASA（主に予警報システムの構築やハザードマップ作成の非構造物対策）、並びに MGB、RBCO、NWRB を下部組織とする DENR（ハザードマップ作成、河川管理等の主に非構造物対策）の 3 機関である。よってここでは、これら中央政府 3 機関の近年の予算を確認する。以下に表 3.4-1 として関連機関の近年の予算を示す（ただし記載の予算には治水以外の予算も含む）。

表 3.4-1 治水対策に関連する機関の近年の予算（フィリピン）（百万ペソ）

year	DPWH	DENR	DENR-EMB	DENR-MGB	DENR-NAMRIA	DENR-NWRB	DOST	DOST-PAGASA
2015	351,260	23,850	1,158	871	1,241	93	16,955	3,783
2016	425,842	25,674	2,119	1,181	1,555	123	18,929	1,409
2017	621,941	30,160	2,611	1,274	1,398	136	20,616	2,980
2018	696,256	25,709	2,774	1,298	1,563	158	20,452	1,962
2019	480,547	26,012	3,459	1,492	1,435	143	20,104	2,033

出典：JICA 調査団作成

治水事業を実施するための基本となる流域管理・水資源管理が複数の機関に分散されており、関連する機関が緊密に連携を取れていないことが課題と考えられる。各機関が作成する関連計画及び LGU の計画が他の機関が策定している計画と整合していないことがある。この状況は、予警報のためのデータ共有等でも同じことであり、JICA 調査で改善は図られてはいるも

のの PAGASA へ全ての水文データが確実にリアルタイムで送信されることが確約されていない状態である。

また RA7160: Local Government Code により LGU が治水も含めた防災対策を実施することになっているが、LGU にその技術的・予算的能力はない状況にある。

表 3.4-2 に主要機関の基礎情報を整理する。

表 3.4-2 主要機関の基礎情報

公共事業道路省 (DPWH)																								
概要および法規と権限	<p>DPWH は、国道、橋梁、洪水管理、上下水道のインフラ施設の計画、設計、建設、維持管理の責任を有する中央省庁である。また技術的調査、設計、維持管理のための技術指針も作成している。DPWH は、9つの Service、6の Bureau、16の Regional Office (RO)、190の District Engineering Office (DEO) と Unified Project Management Office (UPMO) から構成される。</p> <p>UPMO は多国間・2 国間国際援助により実施されるプロジェクトを管理し、洪水管理分野の Flood Control Management Cluster (FCMC) を含む 5つのクラスターから構成される。</p> <p>Bureau は、インフラ事業実施を目的とした固有の機能を有している。洪水管理分野に関しては、設計局 (BOD) が主に建設前の段階において、設計、仕様設定、積算、入札・契約書の審査を実施する。建設局 (BOC) は工事費とスケジュールを審査する。維持管理局 (BOM) は洪水管理施設 (護岸、水制、土堰堤、排水施設) の維持管理と定期点検を実施する。FCMC は、外国資金を活用した洪水防御事業の他、自国資金による主要河川およびマニラ首都圏での治水事業も担当している。環境社会保護部 (ESSD) は、事業の実施に係わる環境・社会影響調査、及び住民移転活動計画の実施等環境と社会状況へ配慮した活動の支援を実施している。</p>																							
実施体制・人員	<p>合計：17,639 名</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>区分</th> <th>Regular</th> <th>Contractual</th> <th>Co-Terminus with the Incumbent</th> <th>Permanent Employees Charge to Maintenance Fund</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>本省</td> <td>1,880</td> <td>2</td> <td>316</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>RO/DEO</td> <td>13,734</td> <td>0</td> <td>1,694</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>15,614</td> <td>2</td> <td>2,010</td> <td>13</td> </tr> </tbody> </table>				区分	Regular	Contractual	Co-Terminus with the Incumbent	Permanent Employees Charge to Maintenance Fund	本省	1,880	2	316	0	RO/DEO	13,734	0	1,694	13	合計	15,614	2	2,010	13
区分	Regular	Contractual	Co-Terminus with the Incumbent	Permanent Employees Charge to Maintenance Fund																				
本省	1,880	2	316	0																				
RO/DEO	13,734	0	1,694	13																				
合計	15,614	2	2,010	13																				
予算	<p>治水対策関連予算</p> <p style="text-align: center;">DPWH Annual Budget</p> <p>Legend: Roads/Highways (Blue), Flood Control (Red), Others (Green)</p> <p>Investment Trends: Medium-Term Investment (Dotted line), Actual Investment (Red line with circles)</p> <p>Medium-Term Growth Rate: 7% Actual Growth Rate: 1%</p> <p>治水事業費予算の傾向分析 治水事業費予算は 2018 年まで増加傾向にあり、それ以降は約 1,000 億ペソの治水事業費が確保されている。</p>																							

他の主要機関	
DOST-PAGASA	PAGASA はフィリピン火山地震研究所 (PHIVOLCS) と並び、科学技術省 (DOST) 管轄の 2 つの付属機関の 1 つである。DOST の大臣は、災害予防・回避のため、NDRRMC の副議長となっている。PAGASA の役割は、科学技術を活用し、気象災害からの住民の安全・資産・経済安定性を確保すること異常気象報告の発行、一般的な気象災害への助言を行っている。また、気象災害に対する認識を強化し、人々が被災時に適切な対応が取れる様、情報教育・伝達 (IEC) キャンペーンを定期的実施している。また地方自治体やコミュニティが独自に洪水から自身を守る様、コミュニティによる洪水予報・警報システム (CBFFWS) の確立を実施・促進している。
DENR-RBCO	RBCO は 2006 年 3 月 5 日発行の EO No. 510 で DENR の付属機関として創設された。統合的河川流域管理を推進し、洪水と自然災害から環境と人々を守ることを目的として、水関連機関と調整し、洪水対策を含む水関連事業の管理、規制、適正化の実施を目的として活動している。2007 年には、RCBO は国家統合河川流域マネジメント・開発のマスタープランを作成した。2009 年 7 月 9 日の EO No. 816 発行に伴い、RCBO は河川流域開発の統合的計画、運営、リハビリと開発をリードする公的機関とされている。
DENR-NWRB	NWRB は DENR の付属機関であり、統合水管理の原則に基づき国の水資源開発と運営に責任を持つ。水源開発計画と運営方針の決定の他、水源に関連する多様な公共機関の調整、水利権の承認、水の分配に係る紛争の解決に携わっている。また、水環境の保全と水関連災害の対策調査や制度作成を行っている。NWRB は DENR 大臣を議長とし、NEDA の Director-General、DOF・DOJ・DOH の大臣、国家水利調査センター (NHRC) 長、NWRB の長がそれぞれメンバーとなっている。NWRB は地方にその出先機関を持たないため、DPWH の DEO、NIA の州灌漑技術事務所、NPC の地域局長、水道区 (Water District) の長等が代替的に水源およびその利用に関する協議を行ってきた。統合水管理の思想を推進するため、現在の NWRB を国家水資源管理委員会 (NWRMC) に格上げするという構想の大統領命令 (EO) も検討されているが、実現に至っていない。

出典： 実施体制・人員 <http://www.dpwh.gov.ph/dpwh/pdf/manpower.pdf> (2020 年 5 月 31 日時点)
 予算 IRF2022 における DPWH 講演資料より https://www.undrr.org/sites/default/files/inline-files/Philippines_JFANO_IRF2022%20%281%29-compressed.pdf
 全体 JICA 調査団作成

3.4.4. 洪水被害状況の整理

フィリピンにおける近 5 年間 (2015~2020 年) の洪水被害状況について、人的被害が生じた災害を表 3.4-3 に示す。

表 3.4-3 過去の洪水被害 (フィリピン)

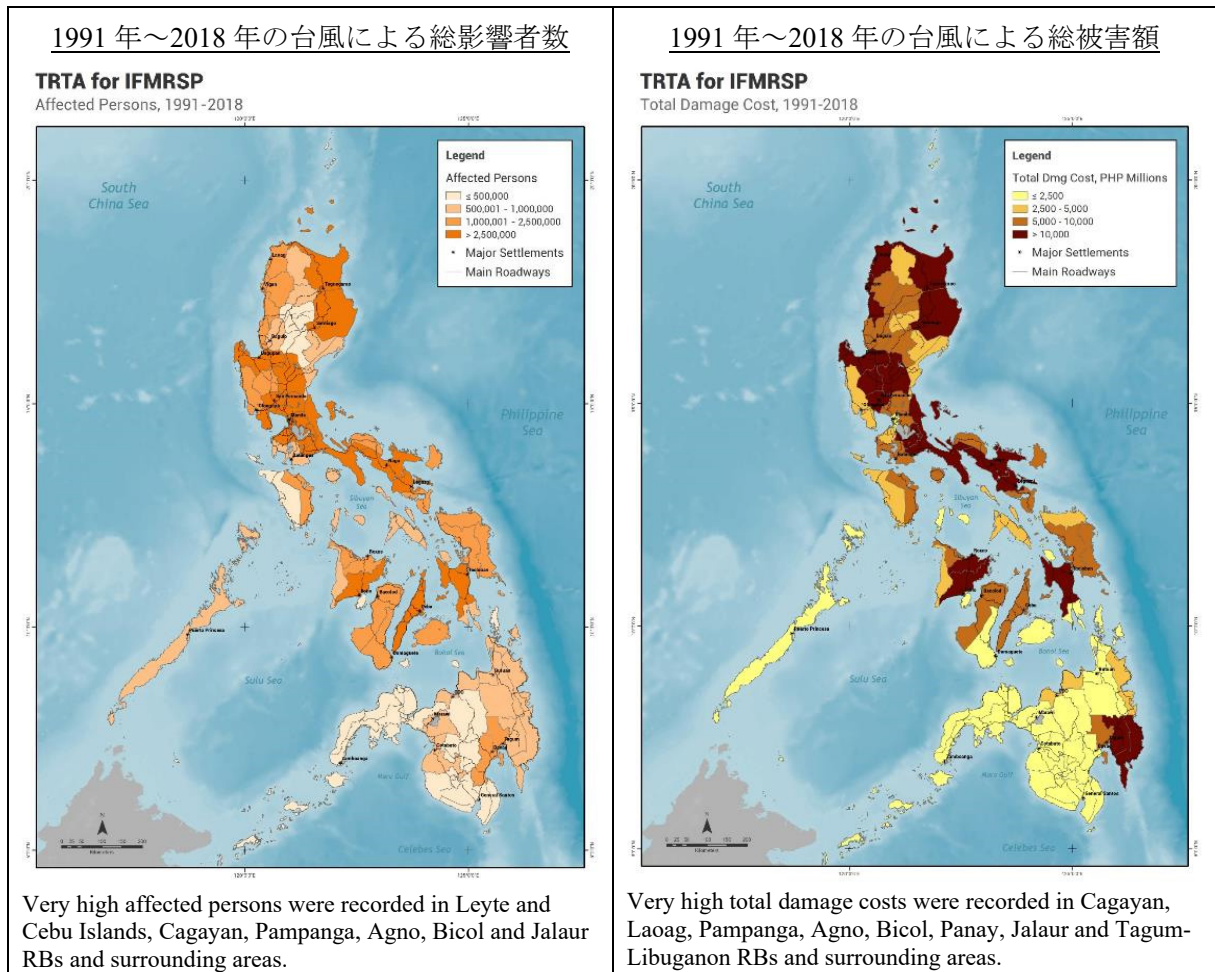
年月	災害名	死者数	被災者数	被害額 (1000 USD)	被害のあった州
2015.10	Typhoon Koppu (Lando)	51	2,898,590	210,985	Camarines Norte, Catanduanes districts, Cordillera Administrative region, National Capital region province
2015.12	Typhoon Melor (Nona)	46	287,251	135,217	Nueva Vizcaya district, Quezon, Batangas districts, Marinduque, Mindoro Oriental, Mindoro Occidental, Romblon districts, Catanduanes, Albay, Masbate, Sorsogon districts, Biliran districts, Samar, Northern Samar districts, Quezon City area
2015.7	-	23	42,500	86	Caloocan, Malabon, Quezon City, Valenzuela City areas, Dinalupihan, Mariveles areas, Marilao, Meycauayan, San Jose Del Monte, Santa Maria areas, San Fernando area, Botolan, Candelaria, Masinloc areas, San Jose area, San Pedro area, Conner, Kabugao areas, Atok, Baguio City, Bangar, Itogon, Kapangan, Kibunga, La Trinidad, Sablan, Tuba areas, Liwan, Tabuk areas
2015.8	Typhoon Goni (Ineng)	40	318,383	30,299	Ilocos Norte, Ilocos Sur districts, Region II (Cagayan Valley), Cordillera Administrative region (CAR) provinces
2016.12	Typhoon 'Nina' (Nock-Ten)	24	1,893,404	103,661	Batangas, Cavite, Laguna, Quezon, Rizal (Calabarzon); Maridduque, Mindoro Occidental (Mimaropa); Albay, Camarines Norte, Camarines Sur, Catanduanes, Masbate, Sorsogon; Northern Samar

年月	災害名	死者数	被災者数	被害額 (1000 USD)	被害のあった州
2016.8	-	26	1,263,098	9,320	National Capital Region province, Ilocos Sur, La Union, Pangasinan districts, Bataan, Bulacan, Nueva Ecija, Pampanga, Tarlac, Zambales districts, Laguna, Rizal districts, Antique, Iloilo, Negros Occidental districts, Abra, Benguet, Ifugao, Mountain province districts
2016.8	-	19	1,300,000	-	Pampanga district, Pangasinan district
2017.12	Storm 'Tembin' (Vinta)	58	923,757	50,000	Valencia, Salvador, Sapad, Dalama village, Piagapo, Sibuco, Tugaya, Marawi, Zamboanga del Norte, Zamboanga Sibugay, Cagayan de Oro
2017.12	Tropical storm 'Kai-Tak' (Urduja)	91	1,861,328	71,901	Albay, Camarines Norte, Camarines Sur, Masbate, Sorsogon, Aklan, Capiz, Iloilo, Cebu, Biliran, Leyte, Samar, Eastern Samar, Northern Samar, Southern Leyte, Dinagat Island, Surigao del Norte, Marinduque, Oriental Mindoro, Palawan, Romblon
2017.2	-	13	334,000	-	Mindanao
2017.4	Tropical depression 02W (Crising)	10	860	2,000	Cebu Isl. (Carmen, Danao City)
2017.9	Typhoon 'Doksuri'	26	9,110	5,300	Central Luzon, Laguna, Quezon, Cavite, Rizal, Metro Manila
2018.1	-	11	180,000	-	Bicol, Dvao, Eastern Visayas, Northern Mindanao, Western Visayas
2018.10	Typhoon 'Yutu' (Rosita)	12	253,300	305,000	Ilocos norte, Ilocos Sur, la Union, Pangasinan, Cagayan, Isabela, Nueva Vizcaya, Quirino, Aurora, Nueva Ecija, Tarlac, Zambales, Northern Samar, Abra, Apayao, Benguet, Ifugao, Kalinga, Mountain province
2018.12	Tropical depression 'Usman'	182	1,016,063	106,753	Calabarzon, Mimaropa, Bicol, Eastern Visayas
2018.7	Typhoon 'Son Tinh'	16	2,231,101	88,000	-
2018.9	Typhoon Mangkut (Ompong)	84	3,800,138	32,033	Apayao, Benguet, Cagayan, Kalinga, Isabela, Abra, Ilocos Norte and Ilocos Sur
2019.11	Tropical cyclone 'Nakri'	19	673	36,000	Cagayan province, north Luzon Island
2019.12	Tropical cyclone 'Phanfone' (Ursula)	63	3,297,246	15,722	Salcedo, Eastern Samar; Tacloban City, Leyte; Gigantes Islands, Carles, Iloilo; Ibabay, Aklan; Semirara Island, Caluya, Antique; Bulalacao, Oriental Mindoro; Cabucgayan, Biliran; Cagayan Valley, Cordillera Administrative Region
2020.10	Typhoon 'Goni' (Rolly)	31	2,030,529	369,000	Calabarzon, Mimaropa, Bicol Regions; NCR, II, III, V, VIII, CAR regions
2020.10	Typhoon 'Molave' (Quinta)	31	888,415	87,100	-
2020.11	Typhoon 'Ulysses' (Vamco)	111	4,945,461	421,000	National Capital Region, Quezon, Rizal province

出典：EM-DAT

ADB 調査 "Integrated Flood Risk Management Sector Project (IFRMSP), Transaction Technical Assistance (TRTA)"において、フィリピン民間防衛局 (OCD : Office of Civil Defense) の提供データを使って、1991 年～2018 年の台風によるフィリピン全国の被害状況を整理している。フィリピン全土における上記期間の、台風による影響者数と被害額を表 3.4-4 に示す。

表 3.4-4 フィリピン全土における 1991 年～2018 年の台風による総影響者数と総被害額



3.4.5. 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 3.4-5 に示す。

表 3.4-5 使用データ (フィリピン)

データ種	現地機関	グローバルデータ	備考
行政界	NWRB (National Water Resources Board)	—	ADB 案件 Integrated Flood Risk Management Sector Project (IFMRSP), Transaction Technical Assistance (TRTA)から入手
流域界	—	—	pdf 資料をデータ化
人口	—	WorldPop Univ. Southampton	WGS 84 EPSG: 4326, 100m メッシュ
GRP	Philippine Statistics Authority	—	Region毎 2019年, 2009年
既往洪水履歴	OCD (Office of Civil Defense)	EM-DAT	ADB 案件 Integrated Flood Risk Management Sector Project (IFMRSP), Transaction Technical Assistance (TRTA) から入手 (OCD 被害データを加工)

データ種	現地機関	グローバルデータ	備考
ドナー、現地政府等のM/P策定や事業既実施	DPWH	JICA World Bank ADB	—
浸水想定区域	DENR (Department of Environment and Natural Resources) -MGB (Mines and Geosciences Bureau)		

出典：JICA 調査団作成

(2) 氾濫域データ

フィリピンではプロジェクトベースで作成された浸水想定区域図は各流域で存在するが、同一の解析条件ではない。DENR (Department of Environment and Natural Resources) -MGB (Mines and Geosciences Bureau) が作成した Flood Hazard はフィリピン全国の河川流域をカバーする氾濫域図であることから、本調査においては、DENR-MGB を用いた。

1) DENR-MGB

DENR-MGB の氾濫域図について概要を表 3.4-6 に示す。

表 3.4-6 DENR-MGB 氾濫図の概要

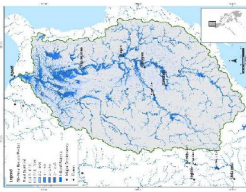
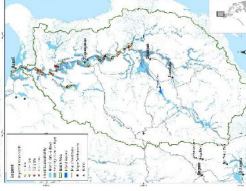



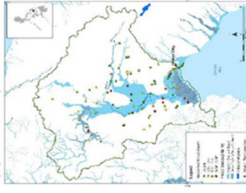
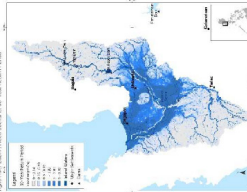
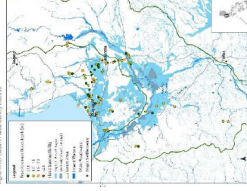


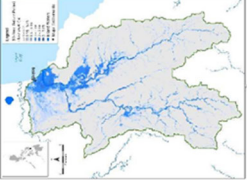
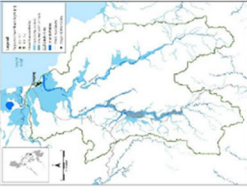
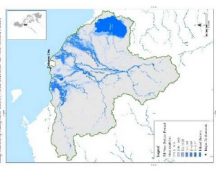
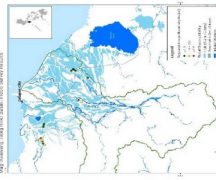

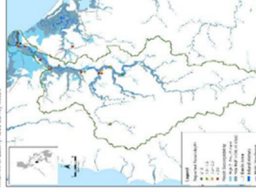
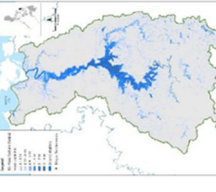
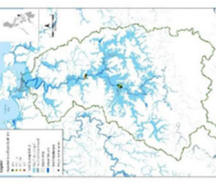
項目	概要
作成方法	地形地質判読、現地踏査、既往災害履歴等から専門家が洪水ポテンシャルを評価した結果。以下の評価指標に基づいて作成 A. Flood height B. Flood duration C. Landform/Geomorphic feature D. Drainage density E. Prone to flashflood
マップ整備状況	全国 100% (更新頻度は 5 年) 1/50,000 洪水脆弱性マップは 2005 年に作成を開始し、2010 年頃に完成した。一方、1/10,000 洪水脆弱性マップは 2014 年に完成した。
対象洪水規模	地域ごとの地形や過去の住民インタビュー等に基づく最悪のシナリオを使用 (ヒアリングによると概ね 100 年確率の降雨強度のイベントと MGB 職員は言及しているが、水文・水利解析に基づいた氾濫マップではない)

出典：「災害リスク軽減・管理能力向上プロジェクトフェーズ2」の情報を元に JICA 調査団が作成

2) 設定氾濫域の妥当性の検証

表 3.4-7 に示すように、MGB の氾濫区域と他の既往検討における氾濫解析結果を比較し、MGB 氾濫区域の妥当性を確認した。

表 3.4-7 氾濫域図の比較 (フィリピン)

<p>Simulation Map CAGAYAN RIVER BASIN TITA for IFMRSP</p> 	<p>MGB Map and Survey Result CAGAYAN RIVER BASIN TITA for IFMRSP</p> 	<p>Simulation Map AMNAY-PATRICK RIVER BASIN TITA for IFMRSP</p> 	<p>MGB Map and Survey Result AMNAY-PATRICK RIVER BASIN TITA for IFMRSP</p> 	<p>Simulation Map PAGSANGA-AN RIVER BASIN TITA for IFMRSP</p> 	<p>MGB Map and Survey Result PAGSANGA-AN RIVER BASIN TITA for IFMRSP</p> 
<p>Simulation Map AGNO RIVER BASIN TITA for IFMRSP</p> 	<p>MGB Map and Survey Result AGNO RIVER BASIN TITA for IFMRSP</p> 	<p>Simulation Map BUSUANGA RIVER BASIN TITA for IFMRSP</p> 	<p>MGB Map and Survey Result BUSUANGA RIVER BASIN TITA for IFMRSP</p> 	<p>Simulation Map CADAC-AN RIVER BASIN TITA for IFMRSP</p> 	<p>MGB Map and Survey Result CADAC-AN RIVER BASIN TITA for IFMRSP</p> 
<p>Simulation Map MAG-ASAWANG RIVER BASIN TITA for IFMRSP</p> 	<p>MGB Map and Survey Result MAG-ASAWANG RIVER BASIN TITA for IFMRSP</p> 	<p>Simulation Map AKLAN RIVER BASIN TITA for IFMRSP</p> 	<p>MGB Map and Survey Result AKLAN RIVER BASIN TITA for IFMRSP</p> 	<p>Simulation Map CATUBIG RIVER BASIN TITA for IFMRSP</p> 	<p>MGB Map and Survey Result CATUBIG RIVER BASIN TITA for IFMRSP</p> 

出典：ADB 調査 “Integrated Flood Risk Management Sector Project (IFMRSP), Transaction Technical Assistance (TRTA)”

3.4.6. 1次スクリーニング

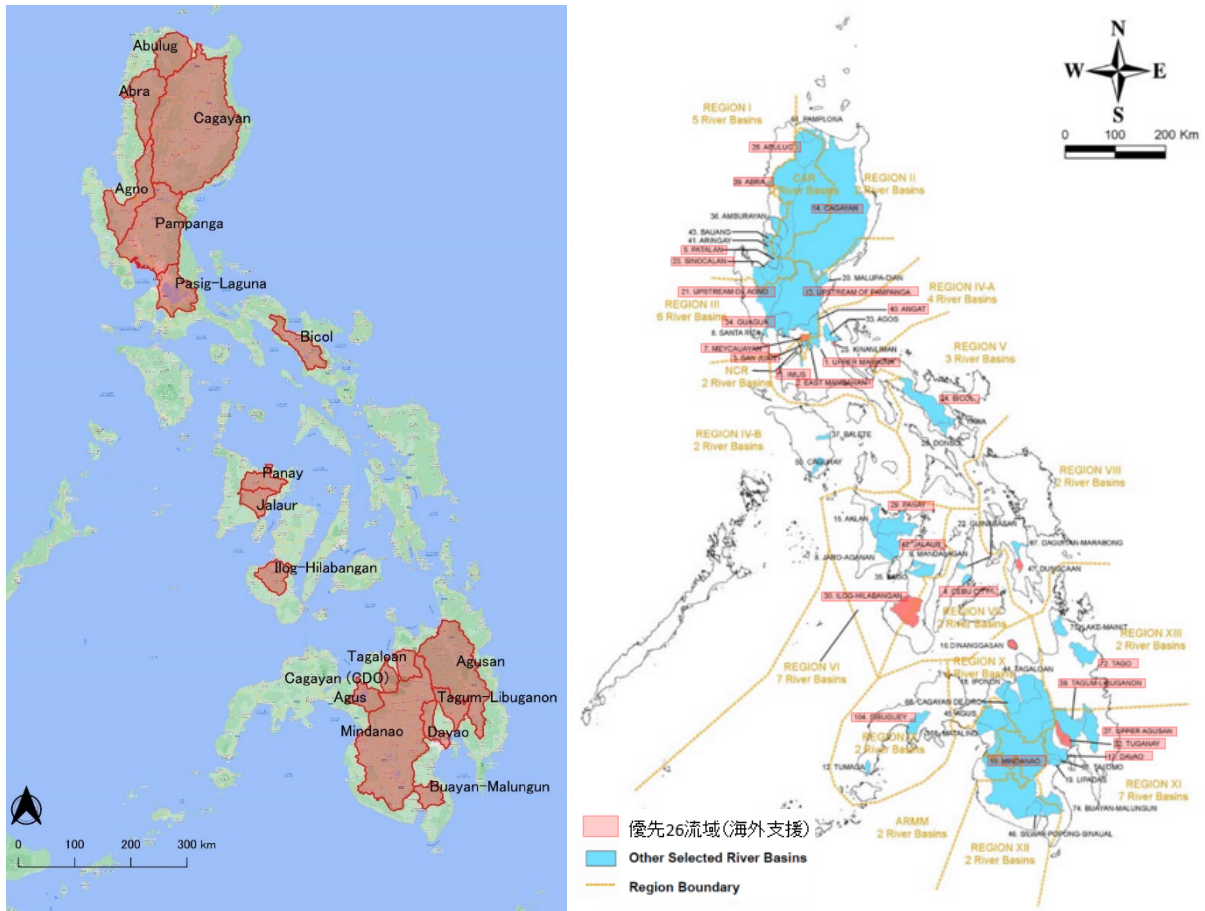
フィリピンでは、NWRB（National Water Resources Board）が定めた主要流域と JICA の調査で定めたプロジェクトを優先すべき流域が存在する。概要は表 3.4-8 の通りである。図 3.4-2 に主要 18 流域と優先 26 流域を示す。

本調査では、主要流域と優先流域から重複流域を除いた 23 流域を本調査における検討対象流域とした。表 3.4-9 に 23 流域の名称を、図 3.4-3 に対象流域の位置をそれぞれ示す。

表 3.4-8 主要流域および優先流域の概要

項目	主要流域	優先流域
流域数	18	26
策定主体	NWRB (National Water Resources Board)	JICA
概要	<ul style="list-style-type: none"> • NWRB が定めた流域区のうち、流域面積が 1,400 km² 以上の流域を「大河川流域(Major River Basin)」として定義 • フィリピン全土面積の 3 分の 1 以上を占める。 • 18 流域は ADB の Integrated Flood Risk Management Sector Project (IFRMSP), Transaction Technical Assistance (TRTA) で補正が行われている（重複している流域を除去済）。本調査では補正後のデータを使用した。 	<ul style="list-style-type: none"> • 「全国洪水リスク評価及び特定地域洪水被害軽減計画調査（2008 年）」で国際支援による実施を想定して選定した 26 流域 <p>選定プロセスは以下の通りである。</p> <p>(1) 第 1 スクリーニング</p> <ul style="list-style-type: none"> • 14 の評価指標（自然条件、社会・経済条件の 2 分類）から 120 流域を選定 <p>(2) 第 2 スクリーニング</p> <ul style="list-style-type: none"> • 120 流域について、第 1 次の評価点に経済効率（事業費と便益の関係）を考慮した評価点を加えた合計点による順位づけを実施 • 投資可能な予算、事業費の地域的配分、戦略的な重要河川の取り扱いを考慮し、最終的に 56 流域を選定。26 流域を海外支援、30 流域を自国費（ローカル事業）で実施することとした。

出典：JICA 調査団作成



出典：全国洪水リスク評価及び特定地域洪水被害軽減計画調査（2008年）

図 3.4-2 主要 18 流域（左）及び優先 26 流域（右）

表 3.4-9 1 次スクリーニング（検討対象流域の特定）結果

No.	流域名	流域面積 (km ²)	主要 18 流域	優先 26 流域	備考
1	Cagayan	27,563.8	○	○	優先 26 流域では「Patalan/Cayanga/Angalacan」「Nangalisan/Baggao-Pared (Cagayan)」
2	Mindanao	20,673.4	○	○	優先 26 流域では「Mindanao」
3	Agusan	11,934.9	○	○	優先 26 流域では「Upper Agusan」
4	Pampanga	11,299.7	○	○	優先 26 流域では「Upstream of Pampanga (Include RIO CHICO)」「Angat」「Guagua」 「SATREPS『気候変動下での持続的な地域経済発展への政策立案のためのハイブリッド型水災害リスク評価の活用』の対象流域
5	Agno	5,747.0	○	○	優先 26 流域では「Upstream of Agno (Include Ambayawan, Banila)」「Sinocalan/Marosoy (Dagupan)」
6	Abra	4,906.2	○	○	優先 26 流域では「Abra」
7	Pasig-Marikina Laguna Bay Metro Manila	4,708.6	○	○	優先 26 流域では「Upper Marikina」「East Mangahan」「San Juan」 「SATREPS『気候変動下での持続的な地域経済発展への政策立案のためのハイブリッド型水災害リスク評価の活用』の対象流域
8	Bicol	3,151.3	○	○	優先 26 流域では「Kabilugan/Velasco/Bato Lake (Bicol)」
9	Abulug	4,067.8	○	○	優先 26 流域では「Abulug」
10	Tagum-Libuganon	3,099.3	○	○	優先 26 流域では「Tagum- Libuganon」「Tuganay」

No.	流域名	流域面積 (km ²)	主要 18 流域	優先 26 流域	備考
11	Ilog- Hilabangan	2,303.8	○	○	優先 26 流域では「Ilog- Hilabangan」
12	Panay	2,052.1	○	○	優先 26 流域では「Panay/Mambusao」
13	Tagoloan	1,757.1	○		ローカル事業優先 30 流域に含まれている
14	Agus	1,976.3	○		ローカル事業優先 30 流域に含まれている
15	Davao	1,837.1	○	○	優先 26 流域では「Davao」
16	Cagayan De Oro	1,347.6	○		優先 26 流域では「Cagayan De Oro」
17	Jalaur	1,815.2	○	○	優先 26 流域では「Jalaur」
18	Buayan- Malungun	1,570.0	○		ローカル事業優先 30 流域に含まれている
19	Cebu	231.6		○	優先 26 流域では「Cebu/Mandawe」、Region-VII
20	Meycauayan	171.2		○	優先 26 流域では「Meycauayan」、NCR, Region-III
21	Imus	109.3		○	優先 26 流域では「Imus」、Principal River Basin、Region-IV-A
22	Tago	1,286.3		○	優先 26 流域では「Tago」、Principal River Basin、Region-XIII
23	Sibuguey	1,009.7		○	優先 26 流域では「Sibuguey」、Principal River Basin、Region-IX

出典：JICA 調査団作成



出典：JICA 調査団作成

図 3.4-3 検討対象流域の位置図

3.4.7. 2次スクリーニング

流域ごとの氾濫域内 GRP (2015 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 GRP は、1 次スクリーニングで選定された 23 流域の氾濫域内 GRP の合計の約 95% を占める。

表 3.4-10 2次スクリーニング (10 流域の抽出) 結果

流域名	区分*	流域面積 数値	氾濫域 面積 数値	被害ポテンシャル (全て氾濫域内の数値)								被害実績 1991年～2018年		洪水対策事 業が進めら れている流 域	検討 流域
				人口	人口	人口増 加率	人口増 加率	GDP (Billion pesos)	GDP	GDP成 長率	GDP成 長率	被災者数	被害額		
				値	順位	値	順位	値	順位	値	順位	値	値		
PASIG-LAGUNA	M	4,108.6	578.38	8,276,858	1	1.10	19	2,637	1	2.19	20	1,998	16,752	△ (JICA)	●
PAMPANGA	M	11,299.7	5837.07	6,414,249	2	1.14	14	483	2	3.09	4	442	52,406	△ (JICA)	●
MEYCAUAYAN		171.2	95.79	1,435,511	5	1.17	13	465	3	2.20	19	162	479	△ (DPWH)	●
MINDANAO	M	20,673.4	1,077.96	2,050,976	3	1.10	18	135	4	2.57	15	215	1,331	△ (中国)	●
CAGAYAN	M	27,563.8	3838.17	1,595,984	4	1.19	12	110	5	2.38	16	1,148	66,552	△ (JICA)	●
AGUSAN	M	11,934.9	2669.31	1,157,567	7	1.25	9	77	6	3.43	2	1,293	18,174	△ (JICA)	●
CEBU		231.6	45.76	669,637	9	1.29	5	69	7	2.73	14	84	834	△ (DPWH)	●
IMUS	P	109.3	33.10	587,928	10	1.68	1	67	8	2.12	21	145	538	○ (JICA)	●
AGNO	M	5,747.0	1927.27	1,346,321	6	1.12	16	64	9	2.80	8	858	27,028	△ (JICA)	●
TAGUM-LIBUGANON	M	3,099.3	802.21	567,320	11	1.42	3	54	10	2.75	13	90	9,166	○ (ADB)	●
BICOL	M	3,151.3	882.49	806,175	8	1.27	7	41	11	3.28	3	3,286	23,339		
DAVAO	M	1,837.1	109.20	375,289	13	1.21	11	39	12	2.79	9	6	434	○ (JICA)	
JALAU	M	1,815.2	558.26	412,111	12	1.21	10	27	13	2.78	10	516	5,697	○ (ADB)	
CAGAYAN DE ORO	M	1,347.6	57.52	240,280	15	1.31	4	23	14	2.92	5	274	278	○ (JICA)	
PANAY	M	2,052.1	453.30	330,334	14	1.09	20	23	14	2.78	10	776	6,577		
ABRA	M	4,906.2	377.47	115,586	17	1.04	21	14	16	1.94	22	276	9,109	○ (ADB)	
ABULUG	M	4,067.8	659.59	139,729	16	1.13	15	11	17	1.92	23	98	8,834	○ (ADB)	
TAGOLOAN	M	1,757.1	43.96	58,628	21	1.47	2	6	18	2.92	5	296	274	○ (JICA)	
ILOG-HILABANGAN	M	2,303.8	116.60	84,938	19	1.02	22	6	18	2.75	12	50	359		
SIBUGUEY	P	1,009.7	225.65	72,884	20	1.27	8	5	20	2.33	17	8	57		
BUAYAN-MALUNGUN	M	1,570.0	105.00	55,539	23	1.11	17	4	21	2.31	18	72	2	○ (ADB)	
AGUS	M	1,976.3	197.29	104,083	18	0.56	23	4	21	2.92	7	36	191	○ (ADB)	
TAGO	P	1,286.3	208.71	57,920	22	1.28	6	3	23	4.36	1	36	1,021		

*M : Major River Basin, P : Principal River Basin

出典 : JICA 調査団作成

3.4.8. 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

(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) Pasig Laguna 流域

- Major River Basin、流域の一部が優先 26 河川に含まれている。
- マニラ洪水対策計画調査 (1990 年 : JICA) で治水 M/P を策定済 (100 年確率、短期計画 30 年確率)。その後、Master Plan for Flood Management in Metro Manila and Surrounding

Areas (2012年:WB) で治水 M/P を更新し、マニラ首都圏治水計画情報収集・確認調査 (2014年:JICA) およびパッシング・マリキナ河川改修事業 (フェーズIV) 詳細設計 (2020年:JICA) にて、既往 M/P のレビューを行った。

- 治水事業については、パッシング・マリキナ河川改修事業 (円借款) フェーズ I~III を実施済で、フェーズIVを 2022 年現在実施中。カマナバ地区洪水制御・排水システム改良事業を実施済 (2012 年に完了)。また Parañaque 放水路整備事業準備調査を 2022 年現在、実施中である。
- SATREPS『気候変動下での持続的な地域経済発展への政策立案のためのハイブリッド型水災害リスク評価の活用』の対象流域である。

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

日本支援により部分的な整備を実施済であり、現在も実施中。首都圏を含む流域で、近年の大きな災害実績 (台風 Ulysses 等) があり事業の必要性は高い。

② M/P 策定・改訂の必要性・緊急性

2012 年に WB により M/P 調査実施し、2014 年に JICA による既往調査のレビューを実施済。Pasig 川の支川である San Juan 川等、個別の流域についてレビューの必要あり (Pasig-Marikina : 100 年確率、Laguna 湖流入河川 : 15~50 年確率)。

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。

表 3.4-11 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.4-11 Pasig Laguna 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	優先流域に選定

出典：JICA 調査団作成

2) Pampanga 流域

- Major River Basin、流域の一部が優先 26 河川に含まれている。
- 全国治水・河川浚渫計画 (1982 年:OECD) にて治水 M/P を策定済 (Flood Control Plan では 100 年確率、短期計画として 20 年確率による河川整備を計画)。
- パンパンガデルタ洪水制御事業 (フェーズ I) で Sulipan 以西の Pampanga 川下流域の河川改修事業を実施済。ピナツボ火山災害緊急復旧事業 (フェーズ I~III) で部分的な河川改修事業を実施済。

- 流域下流東側の Bulacan 州南部において、マニラ空港に次ぐ国際空港として新空港が建設予定。
- SATREPS『気候変動下での持続的な地域経済発展への政策立案のためのハイブリッド型水災害リスク評価の活用』の対象流域である。

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

日本支援により部分的な整備が完了。Bulacan 州南部において新空港建設の計画があり、特に下流域において治水整備事業の必要性は高い。

② M/P 策定・改訂の必要性・緊急性

2018 年 韓国 EXIM Bank による M/P 更新済であるが新空港建設計画に伴い最下流部の計画についてレビューの必要あり（韓国 M/P の情報なし、JICA M/P は Flood Control Plan では 100 年確率、短期計画として 20 年確率）。

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。

表 3.4-12 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.4-12 Pampanga 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	優先流域に選定

出典：JICA 調査団作成

3) Meycauayan 流域

- 優先 26 河川に含まれている。
- マニラ首都圏および周辺開発地域などフィリピンの主要部を含む流域である。
- 宝石製造や皮革工業で栄えた町で、工業団地が多く存在する。
- Valenzuela-Obando-Meycauayan (VOM) 洪水対策として DPWH が事業を実施中（河川改修ではなく主に排水改善）。
- 流域内最下流端地域は高潮と豪雨による常習的な内水氾濫地帯となっており、毎年のように洪水が発生している。

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

DPWH により部分的な排水改善事業が進められている。最下流部に新マニラ空港予定地があり、都市域拡大前の整備が必要。

② MP 策定・改訂の必要性・緊急性

2012 年に WB により M/P 策定済（50 年確率）であるが、M/P 策定後の流域内の開発状況、および新空港建設計画等の今後の開発予定を考慮し、既往計画についてレビューの必要あり。

③ 日本の支援の必要性・有効性

治水事業に対して他ドナーの支援がなく、経済被害削減に資する有効な新規の日本の支援が可能。

表 3.4-13 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.4-13 Meycauayan 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	優先流域に選定

出典：JICA 調査団作成

4) Mindanao 流域

- Major River Basin、優先 26 河川に含まれている。
- フィリピン国内で第 2 の流域面積を持つ、広大な流域。
- 全国治水・河川浚渫計画（1982 年：OECD）にて治水 M/P を策定済（100 年確率）
- Mindanao River Basin Integrated Management and Development Master Plan（2012 年：GOP）にて M/P 策定済（Local Consultant、100 年確率）。本計画は流域開発計画の M/P であり、治水に関する検討は含まれているが、流量配分図等の具体的な治水計画の検討内容は記載されていない。
- JICA 調査「コタバト都市圏総合開発情報収集・確認調査」が実施中で、流域下流部にあるコタバト市内およびその周辺の治水検討が行われている。
- Allah 川は、今後 ADB による治水事業整備の可能性あり。
- Rio Grande de Mindanao 川、コタバト市周辺の Ambal-Simuay 川は、現在中国ローン（Ambal-Simuay River and Rio Grande de Mindanao Flood Control Projects）で治水事業を実施中。

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

現地政府および中国資本により部分的な整備が進められている。下流域のコタバト市はミンダナオ島南部の中心都市で、事業の必要性が高い。

② M/P 策定・改訂の必要性・緊急性

2012 年 現地コンサルタントによる流域開発 M/P 策定済（F/S によると 100 年確率対応

での治水計画が検討されているが、流量配分図が含まれておらず、治水パートはレビューの必要あり）。

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。（コタバト都市総合開発（JICA）との連携により日本支援の有効性は高い）。

表 3.4-14 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.4-14 Mindanao 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	優先流域に選定

出典：JICA 調査団作成

5) Cagayan 流域

- Major River Basin、優先 26 河川に含まれている。
- 穀倉地帯（米：全国の 13%、トウモロコシ：全国の 16%）
- 全国治水・河川浚渫計画（1982 年：OECF）で治水 M/P を策定し、カガヤン河流域水資源開発基本計画調査（1987 年：JICA）で M/P を更新（基本計画：100 年確率、長期計画（M/P）：25 年確率）。カガヤン川下流域洪水対策計画調査（2002 年：JICA）で治水 M/P を更新済。ADB-TRTA で M/P 更新の優先河川として選定されている一方で、2021 年 1 月に DPWH から JICA へ技術協力要請が発出されている。
- DPWH により、部分的な浚渫と河岸侵食対策が実施されている。
- 2020 年の Typhoon Ulysses により甚大な被害を受け、Executive Order No.120-2020 により、BBB（Build Back Better）タスクフォースが設立された。河川事業に係る活動は、River Dredging（主に砂州や湾曲部内側の浚渫）、Bank Protection（じゃかご、コンクリート張）、Bamboo Plantation が実施されており、DPWH としても特に優先度の高い流域として認識している。
- 農地を背後地にもつ区間の安全度は 1/1.1～1/2。毎年農地が浸水することから対策が求められる。

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

日本支援により部分的な整備が完了。近年の大きな災害実績（台風 Ulysses 等）があり事業の必要性は高い。

② M/P 策定・改訂の必要性・緊急性

2002 年 JICA により M/P 更新済（25 年確率（Framework Plan は 100 年確率））であるが、貧困率の低下、基幹道路の整備計画、Growth Center の整備・配置等、前回 M/P 見直し時から流域内の状況は変化している。

また台風 Ulysses の被害を受けた DPWH から JICA への協力要請を踏まえ、JICA フィリピン事務所において、Cagayan 川洪水対策促進調査を実施中。台風 Ulysses の評価、既存 MP の更新の必要性の検討、当面の事業ロードマップを検討中。

③ 日本の支援の必要性・有効性

他ドナーの支援がなく、経済被害削減に資する有効な新規の日本の支援が可能（2021 年 1 月に DPWH より支援要請あり）。

表 3.4-15 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.4-15 Cagayan 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	優先流域に選定

出典：JICA 調査団作成

6) Agusan 流域

- Major River Basin、流域の一部が優先 26 河川に含まれている。
- 全国治水・河川浚渫計画（1982 年：OECF）で治水 M/P 策定済（Lower: 100 年確率, Middle & Upper: 25 年確率）で、Master Plan for Agusan River Basin（2005 年：ADB）で統合水資源管理 M/P を策定済。
- 韓国 EXIM Bank による M/P のアップデートと F/S 実施予定との情報あり。
- アグサン河下流域開発事業（フェーズ I、II）にて円借款で、下流域の河川改修事業を実施済。

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

日本支援により部分的な整備が完了している

② M/P 策定・改訂の必要性・緊急性

1982 年に JICA による治水 M/P、2005 年に ADB により統合水資源管理 M/P を策定済。今後韓国 EXIM Bank による M/P 更新の可能性あり。日本で整備した治水施設は 30 年確率規模対応）。

③ 日本の支援の必要性・有効性

経済被害削減に資する有効な新規の日本の支援可能性あり

表 3.4-16 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.4-16 Agusan 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) Cebu 流域

- 優先 26 河川に含まれている。
- 特定地方都市洪水防御計画調査（1995 年：JICA）で治水 M/P 策定済。（排水路改修には費用が膨大となる懸念、用地買収、家屋移転の問題があるため、事業対象には選定されず）
- DPWH により、Comprehensive Study for a Metro Cebu Integrated Flood and Drainage System Master Plan（2018 年）により、治水・排水 M/P を策定済で、Metro Cebu Flood Control Project and Drainage Improvement Project (Subangdaku 川、Lahug 川、Guadalupe 川、Kinalumsan 川、Tipolo 川、Tejero 川、Bulacao 川) を現在実施中。

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

現地政府により部分的な整備が進められている。主要都市であり事業の必要性は高い。

② M/P 策定・改訂の必要性・緊急性

2018 年現地コンサルタントにより治水・排水 M/P 更新済（100 年確率対応）。

③ 日本の支援の必要性・有効性

他ドナーの支援がなく、経済被害削減に資する有効な新規の日本の支援可能性あり。

表 3.4-17 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.4-17 Cebu 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) Imus 流域

- Principal River Basin、優先 26 河川に含まれている。
- カビテ州ローランドにおける総合的治水対策調査（2009 年：JICA）で治水 M/P を策定済。その後、産業集積地（カビテ州）洪水対策事業準備調査（2017 年：JICA）で M/P 見直し（50 年確率）。
- 洪水リスク管理事業（Cagayan 川、Tagoloan 川、Imus 川）で遊水地（Imus、Bacoor）を整備完了済。
- DPWH により河川改修事業（浚渫・護岸工事）を実施中。

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

日本支援による優先治水事業（遊水地整備）および DPWH による治水事業により、整備はある程度のレベルまで完了している。

② M/P 策定・改訂の必要性・緊急性

2017 年 JICA により M/P 更新済（M/P 計画は 50 年確率。現在の整備は 25 年確率対応（将来的に上流に遊水地を建設することで計画規模に対応））。

③ 日本の支援の必要性・有効性

日本支援および DPWH により治水事業が進められている。

表 3.4-18 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.4-18 Imus 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) Agno 流域

- Major River Basin、流域の一部が優先 26 河川に含まれている。
- アグノ川流域治水計画調査（1991 年：JICA）で治水 M/P を策定済。
- Infrastructure Preparation and Innovation Facility Additional Financing Output 2 - Package 5B（ADB）にて、今後治水 M/P の見直しが行われる予定。
- 円借款の「アグノ川流域緊急修復事業」、「アグノ川洪水制御事業（フェーズ II、II-B）」で下流域の河川改修事業を実施済。

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

日本支援により部分的な整備が完了している。

② M/P 策定・改訂の必要性・緊急性

既存 M/P (1991 年 : Framework Plan: 100 年確率、Long-term Plan: 50 年確率、整備は 10 年確率) については、今後 ADB により M/P 更新が予定されている。

③ 日本の支援の必要性・有効性

経済被害削減に資する有効な新規の日本の支援可能性あり。

表 3.4-19 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.4-19 Agno 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) Tagum-Libuganon 流域

- Major River Basin、優先 26 河川に含まれている。
- ADB 支援 (Infrastructure Preparation and Innovation Facility – 02 Water (flood control)) で M/P、F/S、D/D を実施中 (M/P については、2020 年に策定済との情報あり)。
- 上記の D/D 終了後、ADB 支援で治水事業の支援が行われる予定との情報あり。

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

大規模な整備はほとんどされていない。

② M/P 策定・改訂の必要性・緊急性

2020 年 ADB により M/P 更新済。

③ 日本の支援の必要性・有効性

現在実施中の M/P、F/S、D/D 後に ADB 支援により治水事業が行われる予定。

表 3.4-20 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.4-20 Tagum-Libuganon 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

(2) 5 流域の抽出

以上の検討を踏まえ、Pasig Laguna 流域、Pampanga 流域、Meycauayan 流域、Mindanao 流域、Cagayan 流域を優先 5 流域に選定した。選定結果を表 3.4-21 および図 3.4-4 に示す。

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。

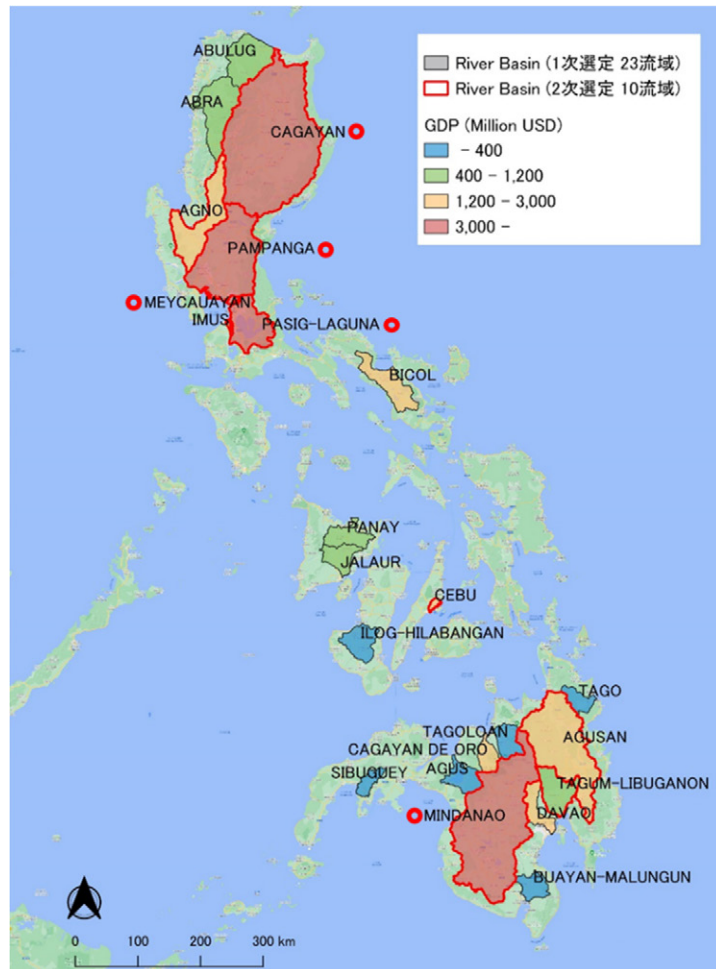
- Pasig Laguna; 首都圏を含む流域であり、日本支援により部分的な整備を実施中であり、他ドナーの部分的な支援があるものの、これまで日本が整備を行ってきた流域であり、経済被害削減に資する有効な新規の日本の支援が可能である。
- Pampanga ; 日本の支援により部分的な整備が完了しており、M/P 更新済であるが新空港建設計画に伴い最下流部の計画についてレビューの必要がある。
- Meycauayan ; 最下流部に新マニラ空港予定地があり、都市域拡大前の整備が必要であり、治水事業に対して他ドナーの支援がなく、経済被害削減に資する有効な新規の日本の支援が可能である。
- Mindanao ; 現地政府および中国資本により部分的な整備が進められているが、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(コタバト都市総合開発 (JICA) との連携により日本支援の有効性は高い)。
- Cagayan ; 日本支援により部分的な整備が完了しており、他ドナーの支援がなく、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(2021 年 1 月に DPWH より支援要請あり)。

表 3.4-21 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 GRP in2015 (Billion Pesos)	2015 年比国 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
Pasig Laguna 流域	2,673	43.6 %	○	○日本支援により部分的な整備を実施中。 ◎首都圏を含む流域。近年の大きな災害実績(台風 Ulysses 等)があり事業の必要性は高い。	○2012 年に WB により M/P 調査実施、2014 年に JICA による既往調査のレビューを実施済。個別の流域についてレビューの必要あり (Pasig-Marikina : 100 年確率、Laguna 湖流入河川 : 15~50 年確率)	◎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
Pampanga 流域	483	8.0 %	○	○日本支援により部分的な整備が完了 ◎新空港建設の計画があり整備が必要	○2018 年 韓国 EXIM Bank による M/P 更新済であるが新空港建設計画に伴い最下流部の計画についてレビューの必要あり (韓国 M/P の情報なし、JICA M/P は Flood Control Plan では 100 年確率、短期計画として 20 年確率)	○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。

流域名	氾濫域内 GRP in2015 (Billion Pesos)	2015 年比国 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
Meycauayan 流域	465	7.7%	○	○現地政府により部分的な整備が進められている ◎最下流部に新マニラ空港予定地があり、都市域拡大前の整備が必要	○2012 年に WB により M/P 策定済（50 年確率）であるが、新空港建設計画に伴い最下流部の計画についてレビューの必要あり	◎治水事業に対して他ドナーの支援がなく、経済被害削減に資する有効な新規の日本の支援が可能。
Mindanao 流域	135	2.2%	○	○現地政府および中国資本により部分的な整備が進められている ◎下流域のコタバト市はミンダナオ島南部の中心都市で、事業の必要性が高い	○2012 年 現地コンサルタントによる M/P 更新済（F/S によると 100 年確率対応。流域統合管理開発 M/P が策定済であるが、治水パートはレビューの必要あり）	◎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。（コタバト都市総合開発（JICA）との連携により日本支援の有効性は高い）
Cagayan 流域	110	1.8%	○	○日本支援により部分的な整備が完了 ◎近年の大きな災害実績（台風 Ulysses 等）があり事業の必要性は高い。	○2002 年 JICA により M/P 更新済（25 年確率（Framework Plan は 100 年確率））。2021 年～2022 年で Cagayan 川洪水対策促進調査（JICA）を実施中。（既存 MP 更新の必要性等を検討）	◎他ドナーの支援がなく、経済被害削減に資する有効な新規の日本の支援が可能（2021 年 1 月に DPWH より支援要請あり）
Agusan 流域	77	1.3%		○日本支援により部分的な整備が完了している	△2005 年 ADB により M/P 更新済。（今後韓国 EXIM Bank による M/P 更新の可能性）（日本で整備した治水施設は 30 年確率規模対応）	○経済被害削減に資する有効な新規の日本の支援可能性あり
Cebu 流域	69	1.1%		○現地政府により部分的な整備が進められている ◎主要都市であり事業の必要性は高い	△2018 年現地コンサルタントにより M/P 更新済（100 年確率対応）	○他ドナーの支援がなく、経済被害削減に資する有効な新規の日本の支援可能性あり。（現地政府の整備状況・予定を要確認）
Imus 流域	67	1.1%		△日本支援による優先治水事業（遊水地整備）および DPWH による治水事業により、整備はある程度のレベルまで完了している	△2017 年 JICA により M/P 更新済（M/P 計画は 50 年確率。現在の整備は 25 年確率対応（将来的に上流に遊水地を建設することで計画規模に対応））	△日本支援および DPWH により治水事業が進められている
Agno 流域	64	1.1%		○日本支援により部分的な整備が完了している	△既存 M/P（1991 年：Framework Plan: 100 年確率、Long-term Plan: 50 年確率、整備は 10 年確率）の更新が必要（今後 ADB による M/P 更新の可能性）	○経済被害削減に資する有効な新規の日本の支援可能性あり
Tagum-Libuganon 流域	54	0.9%		◎大規模な整備はほとんどされていない	△2020 年 ADB により M/P 更新済（計画規模については情報なし）	△現在実施中の M/P、F/S、D/D 後に ADB により治水事業が行われる予定。

出典：JICA 調査団作成



出典：JICA 調査団作成

図 3.4-4 優先 5 流域の位置図

3.4.9. 治水対策の方向性

(1) 全国の流域の概要

フィリピンはルソン島、ビサヤス諸島、ミンダナオ島を中心に、大小合わせて 7,000 以上の島々から構成され、総面積はおよそ 300,000 km² である。フィリピンの主な低地はルソン島のカガヤン低地、ミンダナオ島のアグサン及びコトバト低地である。一方、その他の地域においては、大部分は山地で構成されており、海岸線に狭い低地が存在する。フィリピンの河川は、山岳部の源流から海洋に注ぐものがほとんどであり、他国の大河川と比較すると、河道長が短く勾配が急なものが多い。また中小河川でも、山麓部から急な河川勾配で平野部に流れる地形が数多く見られ、平野部に扇状地が発達し、扇端または河口付近で都市が発展している。

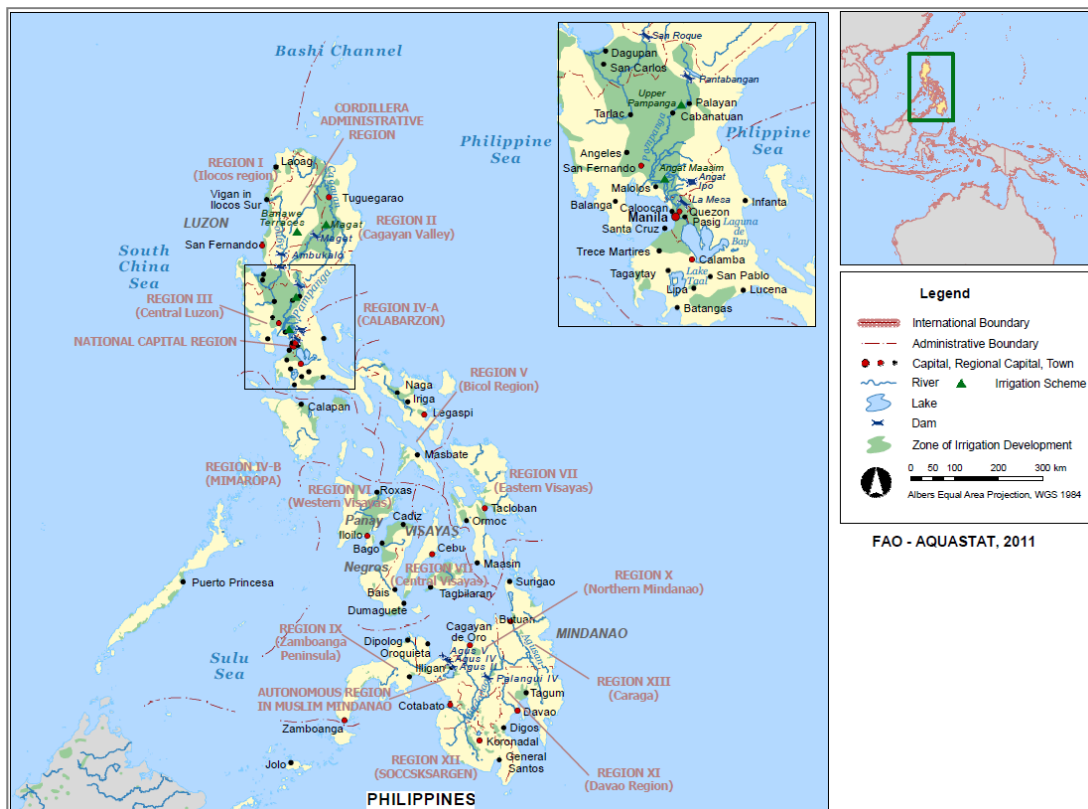
フィリピンでは、1976 年に国家水資源委員会 (NWRC、現在の NWRB) が水資源開発計画立案の観点から、全国を 12 の水資源地域に分割し、流域面積が 40km² を超える 421 水系を主要河川流域 (Principal River Basin)、その内の流域面積 1,400km² を超える 18 水系を大河川流域 (Major River Basin) として確定した。大河川流域の合計流域面積は 108,498km² で全国土面積の 3 分の 1 を占める。大河川流域のうち、8 河川がミンダナオ

島、7河川がルソン島、2河川がパナイ島、1河川がネグロス島を流下する。

気候については主に降雨量を基本として、①雨期と乾期の区別が明瞭で乾期は11月から4月まででそれ以外が雨期の地域、②乾期がなく11月から1月にかけて非常に雨が多い地域、③乾期に明瞭な区別がなく概して11月から4月までが少雨傾向にある地域、④降雨量が1年を通じてあまり変化しない地域、といった4タイプの気候区に分けられる。また、フィリピンは台風ベルトに位置し、6月から12月の台風シーズンには広範囲で洪水が発生する。洪水氾濫は主に台風、熱帯低気圧に伴う豪雨により発生する。以上より、年間を通じて、フィリピン国内のどこかで洪水被害が発生する可能性があり、各流域における治水計画および事業が、前述の通りドナーからの支援、また近年では自国予算で進められている。

(2) 優先流域の考え方

優先流域は、GRP 順を基本とし、選定された優先5流域は、Pasig Laguna 流域、Pampanga 流域、Meycauayan 流域、Mindanao 流域、Cagayan 流域である。5流域全て、「全国洪水リスク評価及び特定地域洪水被害軽減計画調査（2008年：JICA）」において優先流域として選ばれた流域であり、そのうち4流域が Major River Basin で、日本の支援によりオリジナルの治水M/Pが策定された流域である。また Major River Basin ではない Meycauayan 流域については、新国際空港の建設が予定され、マニラとルソン島北部を結ぶ、近年発展著しい地域である。



出典：FAO-AQUASTAT, 2011

図 3.4-5 フィリピン国の位置図

(3) Pasig Laguna 流域

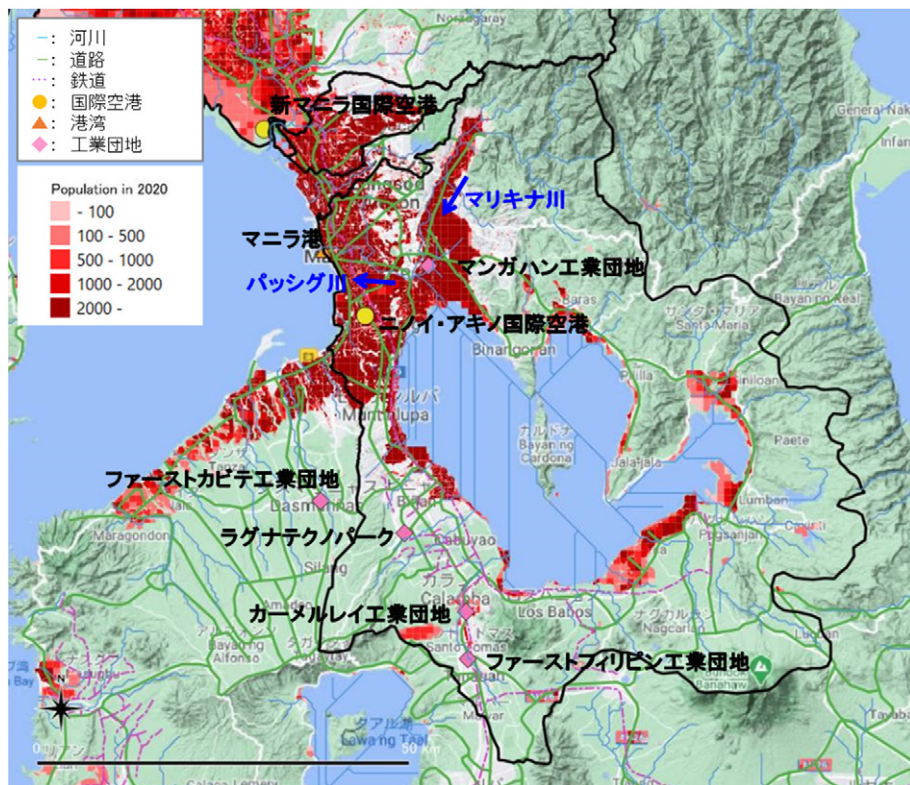
1) 流域の概要および課題

a) 氾濫域内 GRP

Pasig Laguna 流域は、マニラ首都圏および周辺開発地域などフィリピンの主要部を含む流域である。

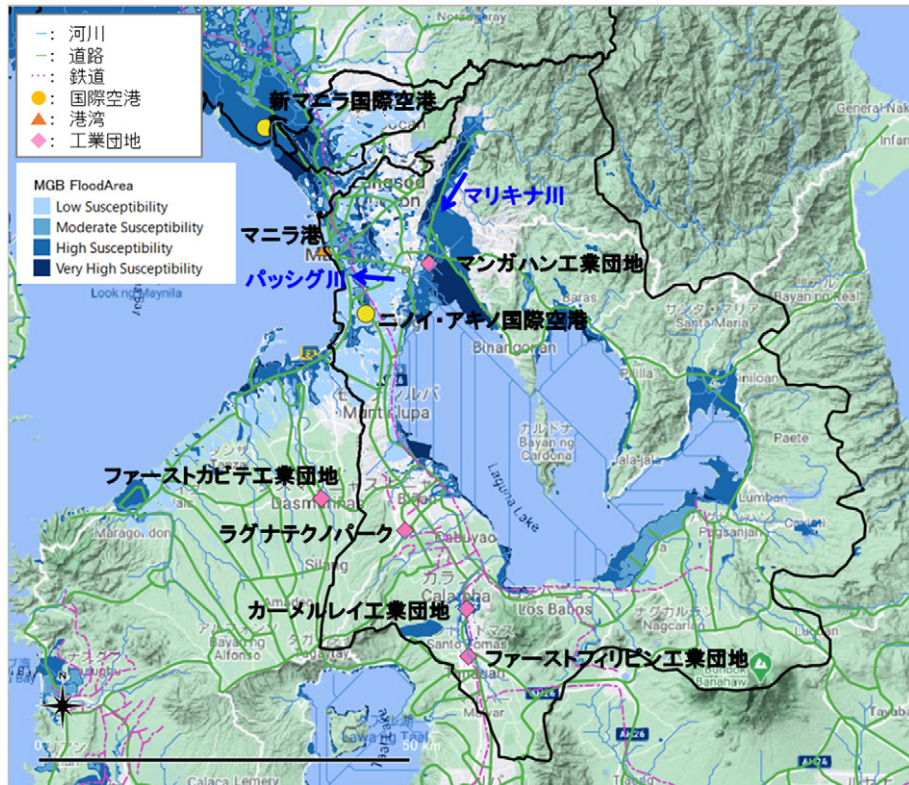
流域内の主要河川である Marikina 川は、Marikina 溪谷を流れ、Manggahan 放水路にて分派する。分派により Laguna 湖への流入と、Pasig 川を通じてマニラ湾へ流入するものに分かれる。

Laguna 湖北部からマニラ首都圏、Laguna 湖周辺の低平地にかけて人口・氾濫域が集中している。マニラ首都圏に主要道路・鉄道・住宅地が集中しており、氾濫区域が同地域に重なるため、浸水により多大な被害を受ける可能性がある。ニノイ・アキノ国際空港、マニラ港、Manggahan 工業団地は氾濫区域内に位置し、浸水被害を受ける可能性がある。流域南部の工業団地は氾濫区域外であるが、工業団地とマニラ首都圏を結ぶ道路が浸水被害を受ける可能性がある。



出典：JICA 調査団作成

図 3.4-6 Pasig Laguna における GRP 分布



出典：JICA 調査団作成

図 3.4-7 Pasig Laguna における氾濫区域図

b) 過去の洪水被害

Pasig Laguna 流域では、日本の支援による治水事業（Manggahan 放水路、パッシング・マリキナ河川改修事業 I、II、III）や排水改善事業（カマナバ地区洪水制御・排水システム改良事業、西マンガハン地区洪水制御事業）等により、流域内の洪水被害は軽減されつつあるものの、特に未整備の Marikina 川中・上流区間や Laguna 湖周辺地域では、大型台風や大雨による洪水被害が発生している。近年では、2009 年 9 月の台風 Ondoy、2020 年 11 月の台風 Ulysses が Pasig Laguna 流域を襲った大型台風であり、それぞれの雨量、基準点流量（Sto.Niño 地点）、Laguna 湖水位を以下に示す。

表 3.4-22 台風 Ondoy と台風 Ulysses の規模の比較

項目	台風 Ondoy (2009 年)	台風 Ulysses (2020 年)
Pasig-Marikina 川流域内平均雨量	Sep. 26–27(8AM-8AM) : 299.3mm/day	Nov. 11–12 (8AM-8AM) : 287.1mm/day
基準点流量（設計流量：2,900m ³ /s）	3,480m ³ /s （最大水位：EL+22.16m）	3,255m ³ /s （最大水位：EL+21.73m）
Laguna 湖水位	初期：September 25 (5PM): EL+12.77m 台風後：September 27 (6PM): EL+13.84m	初期：November 11 (10AM): EL+12.25m 台風後：November 12 (11AM): EL+13.13m

出典： [https://www.pwri.go.jp/icharm/special_topic/20210226_AOGEO_AWCI/3-2-4_\(Typhoon%20Ulysses%20Mechanism%20of%20Damage%20in%20Metro%20Manila\)_DPWH_Report_AWCI_2021_Philippine.pdf](https://www.pwri.go.jp/icharm/special_topic/20210226_AOGEO_AWCI/3-2-4_(Typhoon%20Ulysses%20Mechanism%20of%20Damage%20in%20Metro%20Manila)_DPWH_Report_AWCI_2021_Philippine.pdf)

c) 既存 M/P の概要

Pasig Laguna 流域において、マニラ洪水対策計画調査（1990年：JICA）（100年確率、治水ダム建設前30年確率）でM/P策定、Master Plan for Flood Management in Metro Manila and Surrounding Areas（2012年：WB）でM/P更新、マニラ首都圏治水計画情報収集・確認調査（2014年：JICA）でM/Pレビューを行っている。

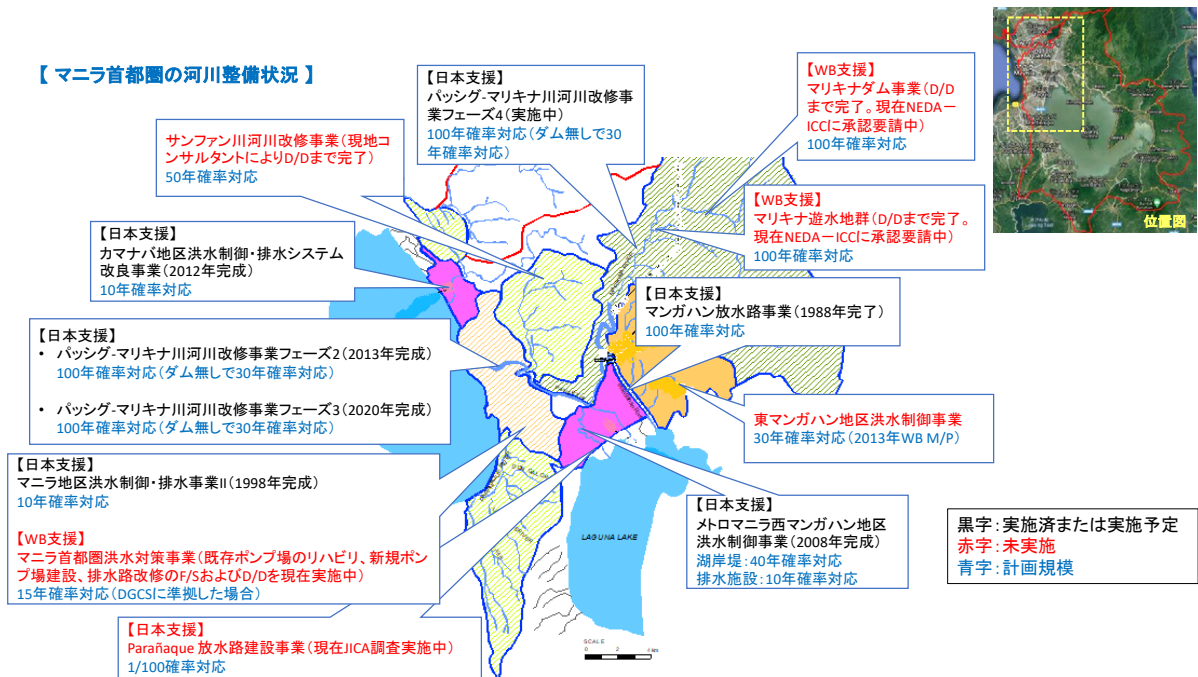
現在はパッシング・マリキナ河川改修事業Ⅳ（円借款）、Parañaque 放水路整備事業準備調査を実施中である。M/Pの概要を以下に示す。

- Pasig-Marikina 川は、従来計画（マニラ洪水対策計画調査（1990年：JICA））より100年確率規模を設定。パッシング・マリキナ河川改修事業（フェーズⅠ）詳細設計（2002年：円借款）時に、当面の河川改修のための整備目標流量（30年確率規模（ダム無し））を設定した。
- San Juan 川については、2002年のパッシング・マリキナ川詳細設計の一環として行ったF/S時に、30年確率で整備計画が検討された。その後のマニラ首都圏治水計画情報収集・確認調査（2014年：JICA）でも同計画規模を踏襲したが、ローカルコンサルタントによる詳細設計（Detailed Engineering Design of Comprehensive River Management for San Juan River（2017年：DPWH））では50年確率を採用した。直近のパッシング・マリキナ川河川改修事業（フェーズⅣ）詳細設計（2020年：JICA）では、DPWH基準（Design Guidelines, Criteria & Standard：DGCS（2015年））に従い100年確率規模を採用した。
- Laguna 湖は、Pasig Laguna 流域として、フィリピンで重要流域の一つとして考えられているため、Parañaque 放水路に係る情報収集・確認調査（2018年：JICA）において、Pasig-Marikina 川流域と同等の計画規模100年を設定した。また、Laguna 湖水位データは雨量より長期間の観測データが蓄積されているため、水位確率規模を採用している。
- パラニャーケ放水路に係る情報収集・確認調査（2018年：JICA）において、Laguna 湖沿岸の21流域内には、複数の河川が含まれていることより、各河川の流域面積により計画規模を設定した（確率規模は15年～50年）。



出典：JICA 調査団作成

図 3.4-8 Pasig Laguna 流域の概要



出典：JICA 調査団作成

図 3.4-9 Pasig Laguna 流域の治水事業の概要

表 3.4-23 Pasig-Marikina 川の計画規模

河川	評価指標	マニラ洪水対策計画調査 (1990年: JICA)	パッシグ・マリキナ川河川改修事業 (フェーズI)詳細設計 (2002年: 円借) マニラ首都圏治水計画情報収集・確認調査 (2014年: JICA)	Master Plan for Flood Management in Metro Manila and Surrounding Areas (2012年: WB)	Detailed Engineering Design of Comprehensive River Management for San Juan River (2017年: DPWH)	マニラ首都圏治水計画情報収集・確認調査(2014年: JICA) パッシグ・マリキナ川河川改修事業 (フェーズIV)詳細設計 (2020年: JICA)	既往最大	現況流下能力
Pasig・Marikina 川	雨量	100年	100年 (ダム無し30年)	100年	-	100年	70年確率程度 (2009年 Ondoy)	整備済の区間は30年確率程度
San Juan 川	雨量	100年	30年	100年	50年	100年	-	2~30年確率程度

出典: JICA 調査団作成

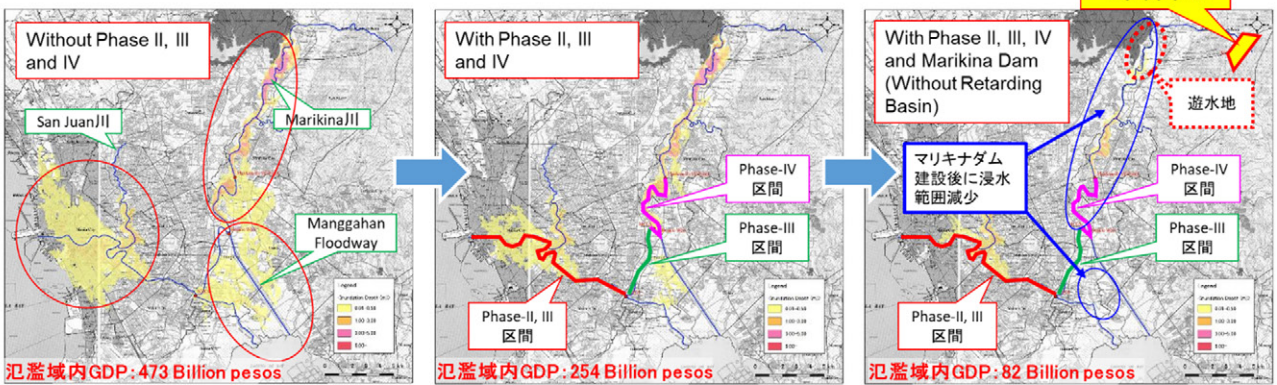
表 3.4-24 Laguna 湖の計画規模

河川	評価指標	マニラ洪水対策計画調査 (1990年: JICA)	Master Plan for Flood Management in Metro Manila and Surrounding Areas (2012年: WB)	パラニャーケ放水路に係る情報収集・確認調査 (2018年: JICA)	既往最大	現況流下能力
Laguna 湖水位	水位	40年	60年	100年	60年確率程度 (1972年)	-
Laguna 湖沿岸地域 (21流域)	雨量	-	30年	河川: A \geq 40km ² : 50年 10 \leq A<40km ² : 25年 A<10km ² : 15年 排水: 15年	30年確率程度 (2009年: Ondoy)	-

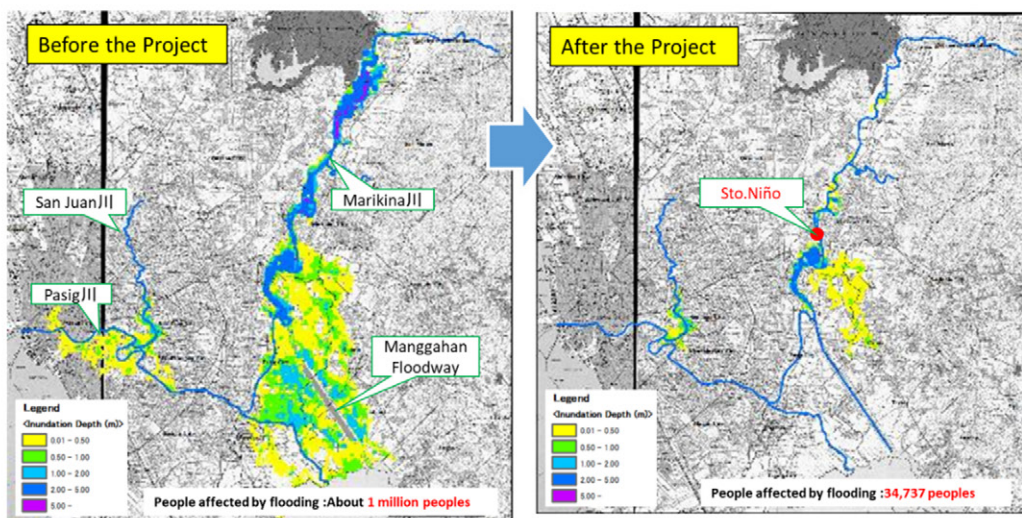
出典: JICA 調査団作成

パッシグ・マリキナ河川改修事業による事業効果 (100年確率洪水および台風 Ulysses に対して) を図 3.4-10 に示す。

【パッシング・マリキナ川河川改修事業の事業効果：100年確率の洪水に対して】



【パッシング・マリキナ川河川改修事業(フェーズ2、3)およびManggahan放水路の事業効果：台風Ulyssesに対して】



【メトロマニラ西マンガハン地区洪水制御事業の事業効果：台風Ulyssesに対して】



図 3.4-10 パッシング・マリキナ河川改修事業の事業効果

d) Marikina Dam について

Pasig-Marikina 川の河川計画は、Marikina Dam により 100 年確率規模に対する治水安全度が確保される（河川改修のみでは 30 年確率規模）ため、Marikina Dam の建設は、治水事業として重要であり、その事業効果は図 3.4-10 でも示された。Marikina Dam については、マリキナ川上流の遊水地群と併せて F/S と D/D が WB の支援で行われた。

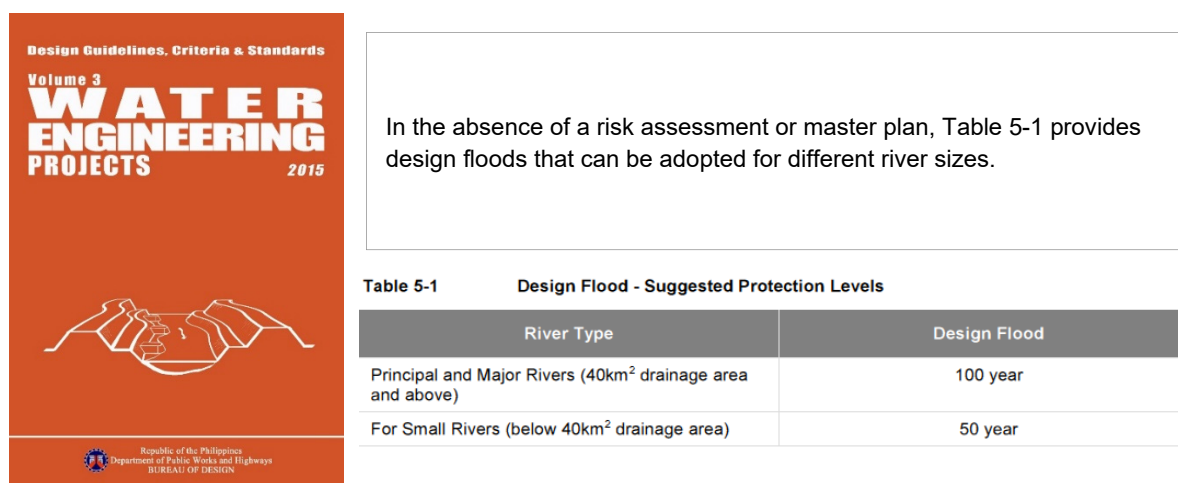
一方で、Marikina Dam とほぼ同位置に、MWSS の Upper Wawa Dam（利水ダム）の建設が計画されている。この Upper Wawa Dam の詳細設計は現在実施中であり、WawaJVCo.,Inc（Wawa Joint Venture Company, Incorporated）と呼ばれる合弁企業が MWSS と協働で PPP による事業を進めている。これを受け、DPWH と MWSS を中心に関係者間で協議が重ねられている。

2) 治水計画の基本コンセプト

a) 計画規模

河川施設の計画規模に関する DPWH 基準（DGCS : Design Guidelines, Criteria & Standard（2015 年））を図 3.4-11 に示す。災害リスク評価が行われていない、または治水 M/P が策定されていない場合は、流域面積 40km² 以上の主要河川では 100 年確率、それ以下の河川では 50 年確率を施設規模の目安にすることが定められている。

この基準とこれまでの M/P を考慮し、表 3.4-25 に示す計画規模を提案する。



出典：DPWH DGCS（Design Guidelines, Criteria & Standard）

図 3.4-11 河川施設の計画規模（DPWH-DGCS）

表 3.4-25 計画規模（案）

河川	評価指標	計画規模（案）
Pasig-Marikina 川	雨量	100 年
San Juan 川	雨量	100 年
Laguna 湖水位	水位	100 年
Laguna 湖沿岸地域（21 流域）	雨量	河川：A ≥ 40km ² : 50 年、10 ≤ A < 40km ² : 25 年、A < 10km ² : 15 年 排水：15 年

出典：JICA 調査団作成

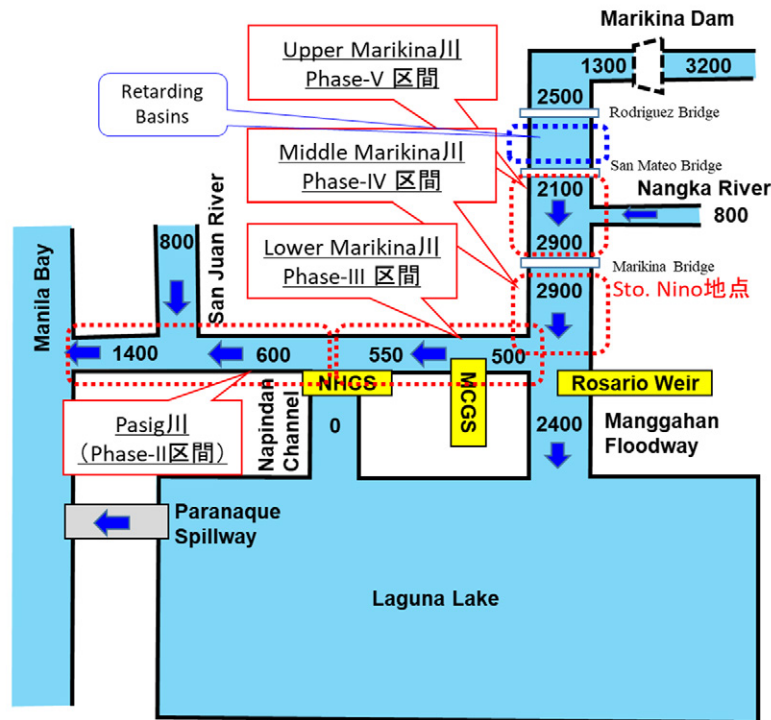
b) 流量配分

以下のとおり、流量配分を検討した。

表 3.4-26 Pasig-Marikina 川の流量配分に係る検討

地点/区間	流量配分に係る検討
Sto. Nino 地点上流	Marikina Dam 及び遊水地の今後の動向を踏まえて最終化する必要がある。
Upper Marikina、Middle Marikina 区間	Sto. Nino 地点流量 2,900m ³ /s が MCGS によりマリキナ川下流に 500m ³ /s、Manggahan 放水路に 2,400m ³ /s 分派するという流量配分。
MCGS～San Juan 川合流点	San Juan 川合流点～Pasig 川最上流点 600 m ³ /s、Pasig 川最上流点～MCGS 間 550m ³ /s として設定。
San Juan 川合流点～Pasig 川最下流	この区間は既に目標流量 1,200m ³ /s で整備されており、計画高水流量が 1,400m ³ /s となると増加する 200m ³ /s に対応するために、パラペット堤の嵩上げあるいは河道の浚渫等が必要となる。
San Juan 川	San Juan 川の 100 年確率の基本高水流量（壁立て計算）は WB の WB2012M/P でも PMRCIP-IV (D/D) の再計算においても約 1,000m ³ /s を超える流量となる。Pasig 川下流区間は既に整備が完了しており、支川からの流量が増加する場合追加の整備が必要となる。これを極力最小限にとどめるため、計画高水流量は JICA2014 調査の 780m ³ /s を切り上げて 800m ³ /s とし、差分の約 200m ³ /s については流域対策等で低減させることとする。流量低減策案としては、遊水地設置、地下貯留施設（約 6km）の整備が考えられる。

出典：JICA 調査団作成



出展：パシグ・マリキナ川河川改修事業（フェーズIV）詳細設計（2020年：JICA）

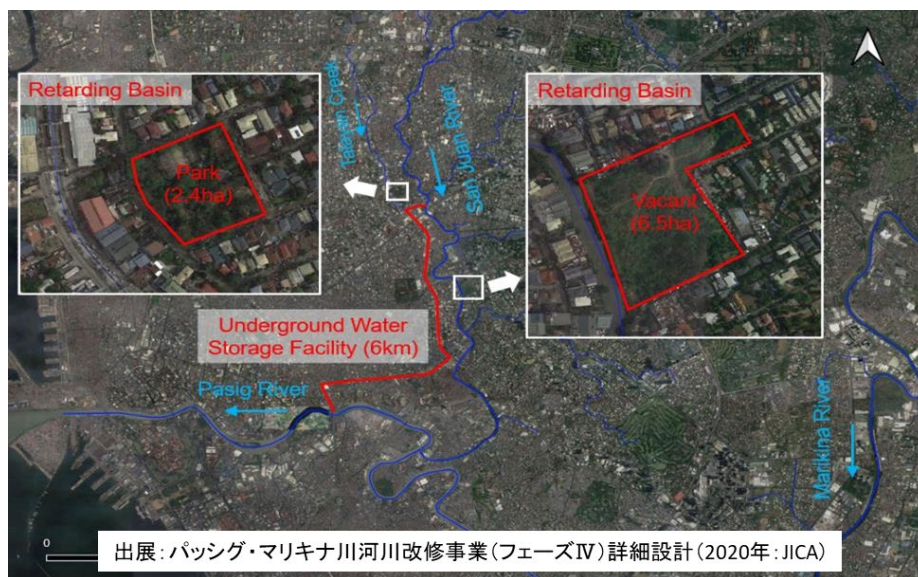
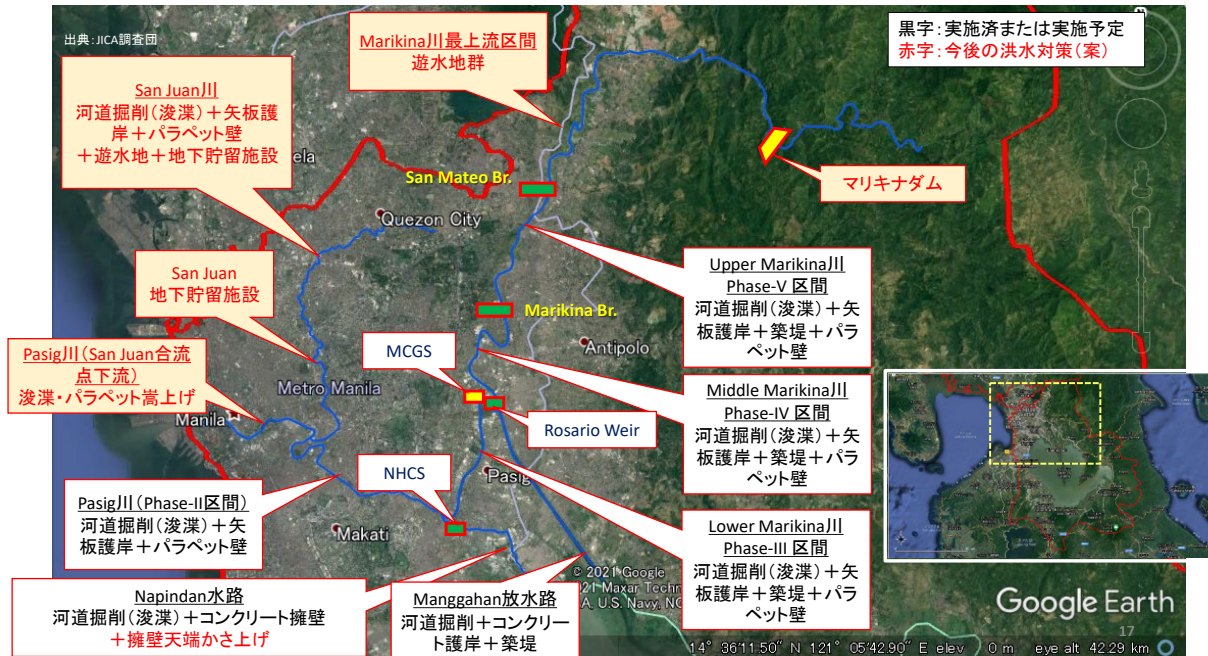
図 3.4-12 計画高水流量配分図（案）

3) 治水事業のメニュー

a) Pasig-Marikina 川

Pasig-Marikina 川周辺における洪水対策事業案を以下に示す。Marikina 川上流区間の今後の治水事業については、遊水地群および Marikina Dam の建設を提案する。前述の通り Marikina Dam の建設については、事業継続が容易でない状況ではあるが、新規の利水ダムに治水容量を持たせることで、100 年確率洪水に対する治水安全度を確保する必要がある。

マリキナ川下流および Pasig 川区間については、支川である Napindan 水路や San Juan 川の整備が提案される。都市化が進んでいる San Juan 川の改修は、河道拡幅工事等は社会環境へのインパクトが大きいため、洪水による河道負担を軽減し、遊水地や地下貯留施設の配置を提案する。



出典: JICA 調査団作成

図 3.4-13 治水事業メニュー (Pasig-Marikina 川)

b) Laguna 湖

Laguna 湖周辺における洪水対策事業案を以下に示す。

Laguna 湖の水位上昇抑制に関する対策工としては、Parañaque 放水路の建設、Napindan 水路の排水能力向上(現状の河道状況を確認した上で、必要に応じて既存パラペット堤の補修・嵩上げ)を提案する。また Laguna 湖沿岸地域の浸水被害軽減に関する対策工としては、湖岸堤の建設と、Laguna 湖に流入する主要 21 流域の河川改修、バック堤、排水機場の建設を提案する。Laguna 湖流入 21 流域の中でも優先される流域としては東 Manggahan 地区の治水事業が挙げられる。東 Manggahan 地区の治水 M/P は 2008 年に策定されており、この提案事業の一部である逆流防止水門は、パッシング・マリキナ河川改修事業 (IV) で Cainta、Taytay と Manggahan 放水路との合流点において建設予定である。

表 3.4-27 Laguna 湖の状況と計画案

Laguna 湖の水理状況と洪水被害状況		Laguna 湖沿岸地域の総合洪水管理計画(案)	
項目	内容	項目	内容
湖水位の変動・特性	<ul style="list-style-type: none"> 水位上昇は、湖面への降雨と、Manggahan 放水路を含めた河川・排水路からの流入が要因 水位低下は、Napindan 水路及び Manggahan 放水路からの流出及び蒸発が要因 	水位上昇抑制(構造物対策)	<ul style="list-style-type: none"> Parañaque 放水路の建設、Napindan 水路の排水能力増大 NHCS 操作規則見直し
高水位が長期継続	<ul style="list-style-type: none"> Napindan 水路からの流出能力が不足 	浸水被害軽減(構造物対策)	<ul style="list-style-type: none"> 湖岸堤システムの建設(バック堤、排水機場の整備を含む) 主要流入河川改修(Laguna 湖沿岸地域)
洪水被害の発生頻度	<ul style="list-style-type: none"> 生活基盤に影響する EL 12.0 m を 71 年間で 47 回超(1.5 年に一回発生) 	非構造物対策	<ul style="list-style-type: none"> 土地利用規制の実施 警報システムの構築・運用 浸水想定区域図の作成・広報活動

出典：マニラ首都圏パラニャーク放水路に係る情報収集・確認調査 (JICA、2018 年) を元に JICA 調査団作成

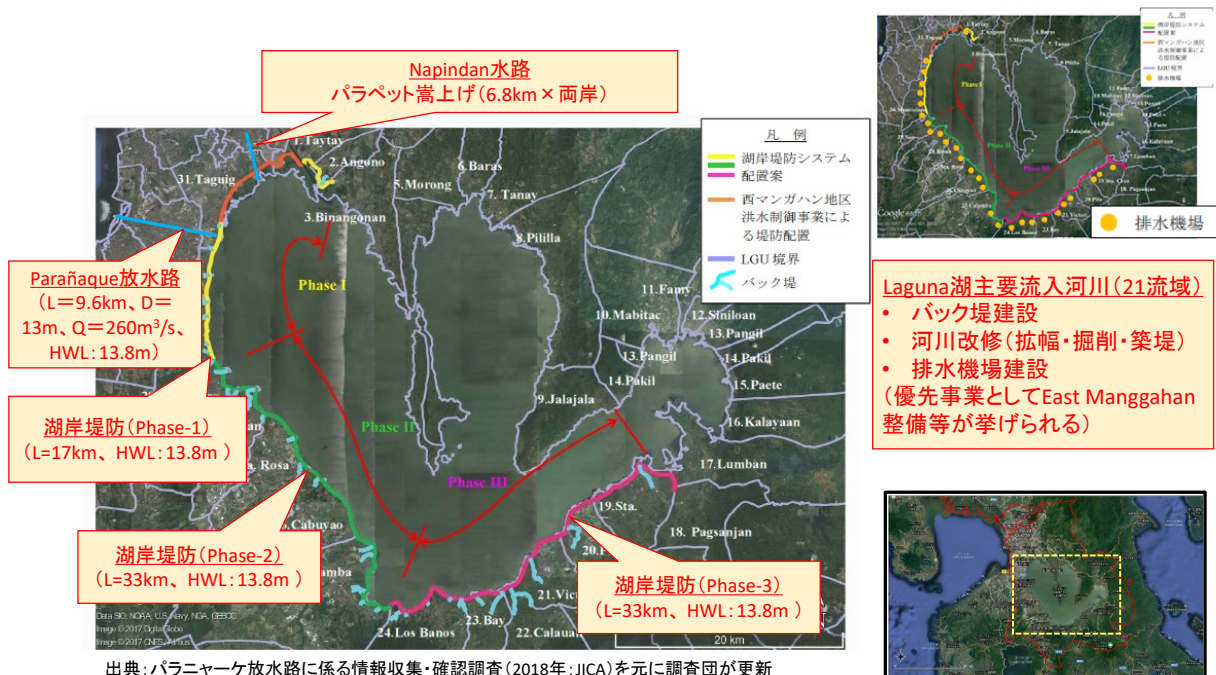


図 3.4-14 治水事業メニュー (Laguna 湖)

(4) Pampanga 流域

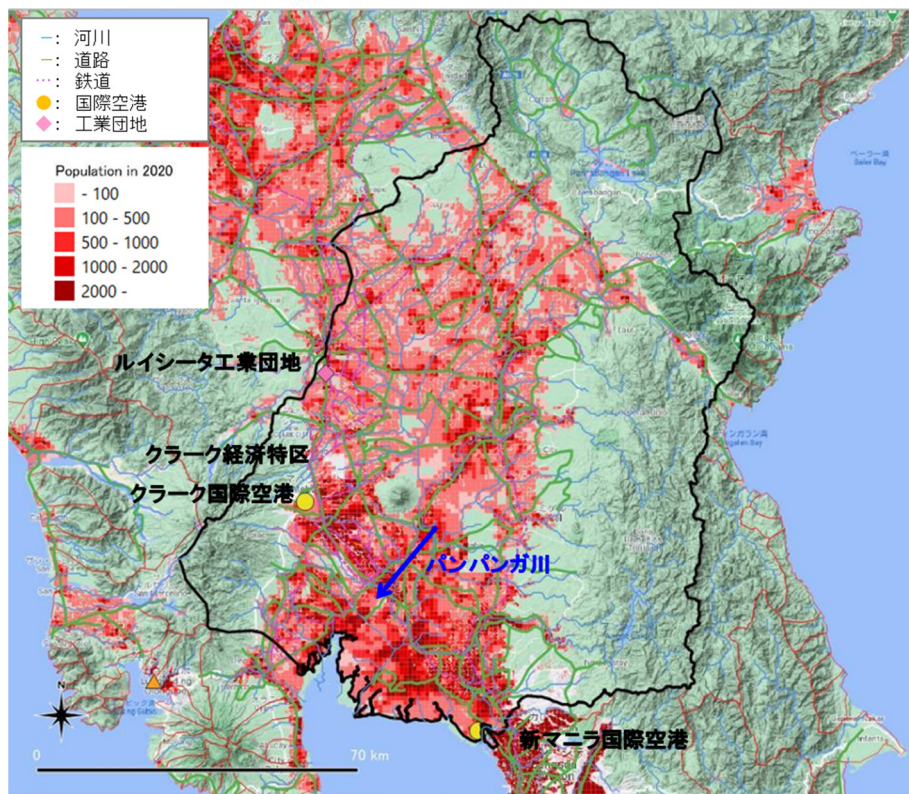
1) 流域の概要および課題

a) 氾濫域内 GRP

Pampanga 流域は、ルソン島で第 2 の流域面積を持ち、Cagayan に次ぐ広大な流域である。マニラ首都圏と近年産業発展の著しい Clark・Subic 地区の中間に位置しており、運輸・交通の要となっている。流域下流東側の Bulacan 州南部において、マニラ空港に次ぐ国際空港として新空港が建設予定であり、今後さらに発展が見込まれる流域である。

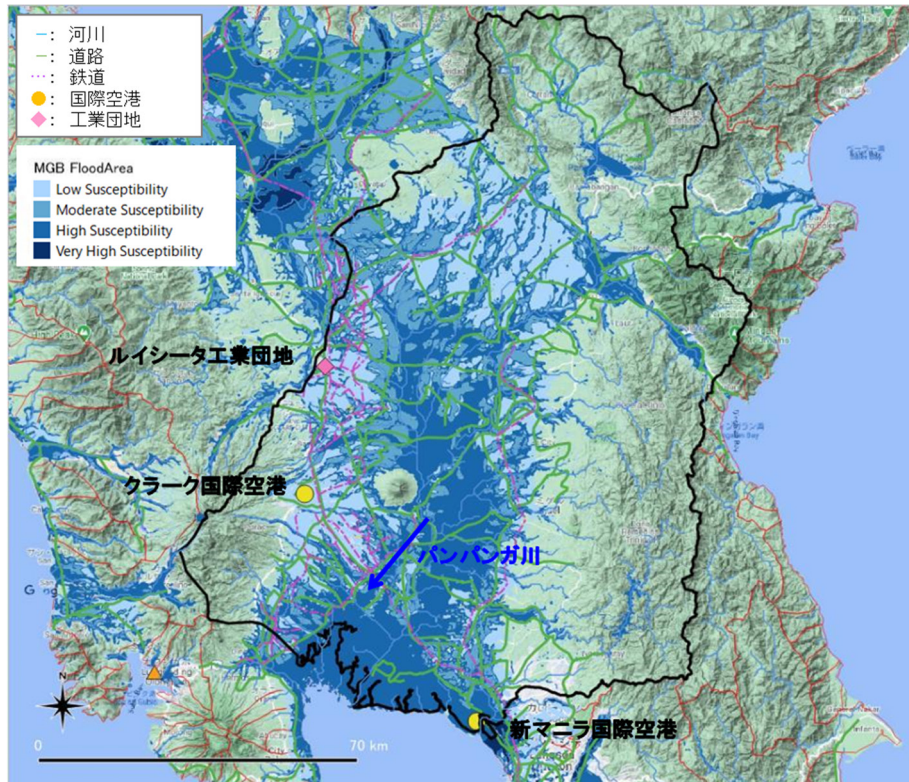
流域中央の低平地に、人口・氾濫域が集中しているが、Pampanga 州および Bulacan 州の沿岸低平地にある市街地は、地盤沈下の影響もあり毎年のように高潮および雨水排水不良による浸水被害を被っており、これらは経済産業開発の大きな障害となっている。

また主要道路・鉄道・住宅地等の資産も低平地、特に流域南部に集中しており、氾濫区域が同地域に重なる。Clark 経済特別区、Clark 国際空港、新マニラ国際空港、Luisita 工業団地は氾濫区域内に位置するため、浸水により多大な被害を受ける可能性がある。



出典：JICA 調査団作成

図 3.4-15 Pampanga における GRP 分布



出典：JICA 調査団作成

図 3.4-16 Pampanga における氾濫区域図

b) 流域概要

Pampanga 流域の大部分は水田として利用されており、南部のマニラ湾沿岸部はフィッシュボンドとして利用されている。人口分布は、州都や旧州都、旧アメリカ軍の Clark 空軍基地周辺に人口が集中しており、流域全体から見ると人口集中地域が点在している。

Pampanga 流域が大半を占める Region III は NCR、Region IV (CALABARZON) に次ぎ、サービス業、工業、農林水産業といった各産業の市場占有率において上位を占める。これらの地域は、フィリピン国におけるコア経済ブロックを形成し、Region III はフィリピン国における経済活動の重要な一翼を担っている。

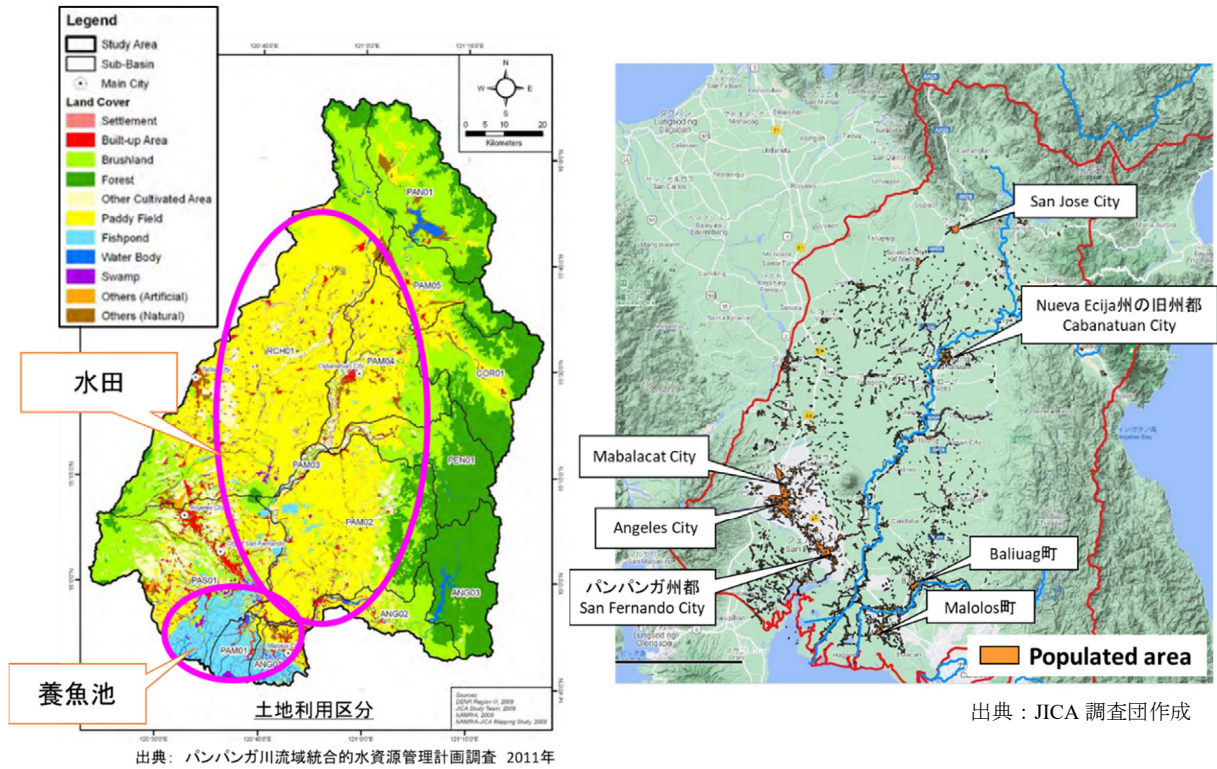


図 3.4-17 左：土地利用区分 右：人口集中域



図 3.4-18 流域概要

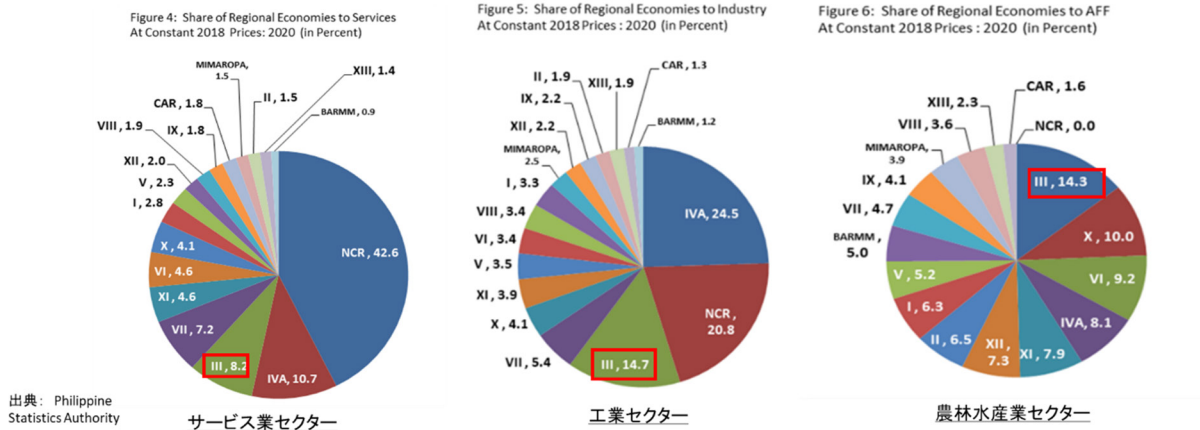


図 3.4-19 フィリピンにおける経済状況

c) 既存 M/P の概要

Pampanga 流域において、全国治水・河川浚渫計画（1982 年：OECE）で治水 M/P が策定済み（Flood Control Plan では 100 年確率、短期計画として 20 年確率を採用）であり、同年に JICA 支援でパンパンガデルタ開発計画フェージビリティ調査が実施された。この短期計画の 20 年確率の設定は、以下の 2 点を根拠としている。

- 10 年確率、20 年確率、50 年確率の事業費・便益を算出し、最も経済効果の高い確率規模である 20 年確率を選定
- 1960 年以降の Candaba 量水標の記録によれば、既往最高水位は 1976 年洪水の標高 8.24m であり、これは確率年で 1/19 の水位に対応する。短期計画における河道は、この洪水を安全に流下させることができる計画規模を設定

2011 年には JICA 支援で、パンパンガ川流域統合的水資源管理計画調査が実施され、IWRM の観点から、既往治水 M/P のレビューが行われた（計画内容は変更なし）。

Pinatubo 山を上流に持つ Pampanga 流域の西部地域については、ピナツボ火山災害緊急復旧事業（2002 年：円借款）により治水事業計画を含めた詳細設計が行われ、計画規模としては 20 年確率の治水安全度を確保している。

また 2018 年に韓国 EXIM Bank により M/P が更新されているという情報がある（報告書等の詳細情報は未入手）。

表 3.4-28 既往治水計画の方針

項目	ピナツボ火山災害緊急復旧事業 (2002 年：円借款)	全国治水・河川浚渫計画 (1982 年：OECE) パンパンガデルタ開発計画 F/S 調査 (1982 年：JICA)
計画規模	20 年	100 年（基本計画） 20 年（治水実施計画）
計画方針	<ul style="list-style-type: none"> • 洪水・泥流防御を目的とした緊急・復旧計画。 • 上流のダム・遊水地は設置しない。 • 連続堤による河川改修により、河道の流下能力を改善する。 	<ul style="list-style-type: none"> • 上流ダムは既存ダム (Pantabangan ダム) のみ考慮する。 • San Antonino Swamp、North Candaba Swamp の既存の自然遊水効果は保全される。 • South Candaba Swamp の自然遊水効果は考慮せず、同地区への本川からの越水を防ぎ、浸水域は軽減させる。 • 連続堤と低水路掘削による河川改修により、河道の流下能力を改善する。（治水実施計画（20 年確率）では、河口から Candaba 町まで約 35km を整備）

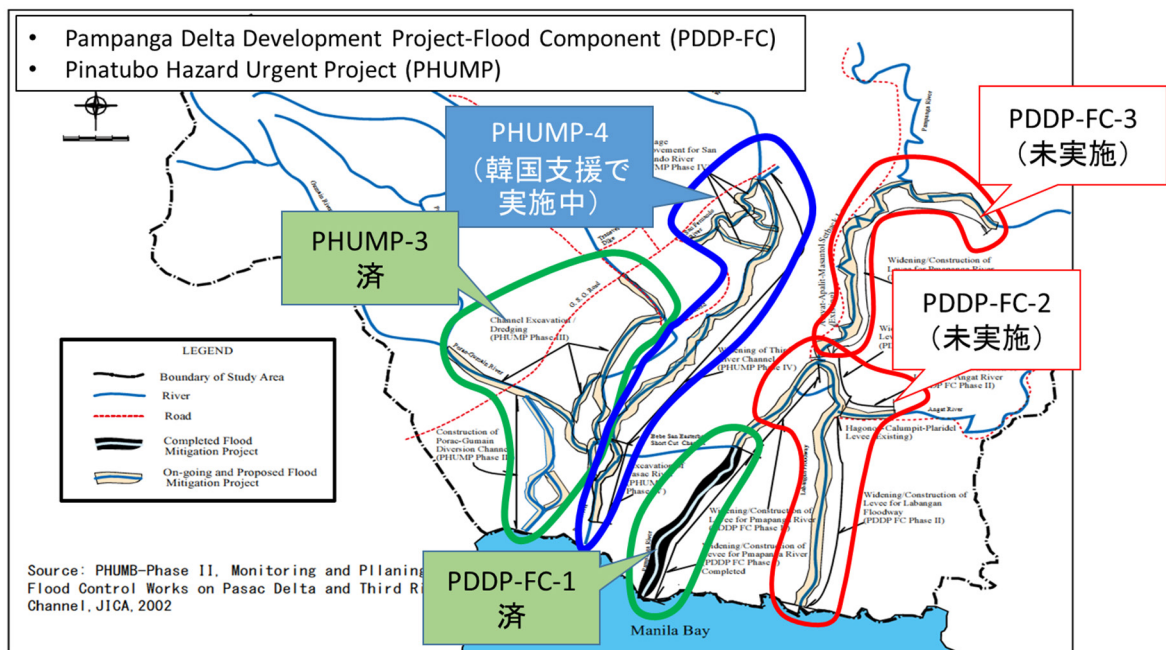
項目	ピナツボ火山災害緊急復旧事業 (2002年：円借款)	全国治水・河川浚渫計画 (1982年：OECF) パンパンガデルタ開発計画 F/S 調査 (1982年：JICA)
計画または事業実施に伴う問題	<ul style="list-style-type: none"> Pinatubo 山の堆積土砂(1991年のPinatubo山の噴火により流出した土砂が、Pasac川の上流域に約9億m³残っており、流下能力低下の原因となっている)。 	<ul style="list-style-type: none"> PDDP-FC-1 工事範囲の縮小と PDDP-FC-2 の事業中断 Candaba 湿地の環境影響への配慮 (ラムサール条約や「East Asian-Australasian Flyway」で保護されるべき湿地の候補地として申請している)。

出典：JICA 調査団作成

上記治水計画に基づき、Pampanga 流域では、パンパンガデルタ洪水制御事業 (PDDP) とピナツボ火山災害緊急復旧事業 (PHUMP) の2つの治水事業が実施されている。

PDDP についてはフェーズ1が2002年に工事が完成しており、PHUMP についてはフェーズ1 (Sacobia-Bamban 川)、フェーズ2 (Pasig-Potrero 川と San Fernando 川)、フェーズ3 (Pasac デルタの洪水軽減) の工事が完成している。また PHUMP フェーズ4は韓国政府の支援で実施中である。

PDDP フェーズ2 (Pampanga デルタの洪水軽減)、PDDP フェーズ3 (南 Candaba の洪水軽減) については、未実施の状況である。また沿岸部を対象とする PHUMP フェーズ5はフィリピン政府の予算で実施される見込みである。



パンパンガ川流域洪水対策事業

出典：パンパンガ川流域統合的水資源管理計画調査 2011 JICA

図 3.4-20 Pampanga 流域における治水事業の状況

表 3.4-29 Pampanga 流域の計画規模

河川	ピナツボ火山災害緊急復旧事業 (2002 年 : 円借款)	全国治水・河川浚渫計画 (1982 年 : OECF) パンパンガデルタ開発計画 フィージビリティ調査 (1982 年 : JICA)	既往最大* *1982 JICA F/S 調査より	現況流下能力 (m ³ /s)
Pampanga 川、 Angat 川	-	基本計画 : 100 年 治水実施計画 : 20 年	19 年確率程度 (1976 年)	Pampanga River River Mouth-Masantol : 4300 (PPDP-1 により 20 年確率対応に) Masantol-Sulipan : 2200 Sulipan-Candaba : 1800 Candaba-Arayat : 2500 Arayat-Cabiao : 2000 Cabiao-San Isidro : 2500 Angat River : 900 Bebe San Esteban Cutoff Channel : 1700 Labangan Floodway : 700
Porac -Gumain 川、 asig-Potrero 川、 Third 川	20 年	-	-	-

出典 : JICA 調査団作成

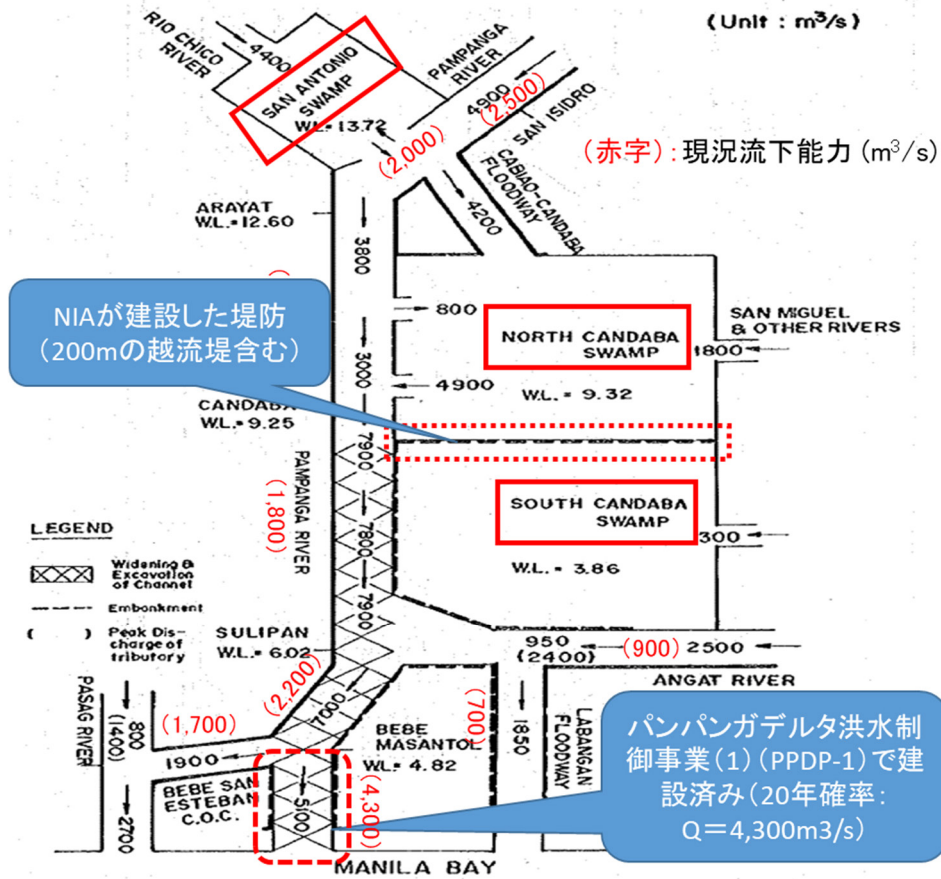
Pampanga 流域の治水計画を考えるうえで、湿地帯の取り扱いは重要である。流域内にある 2 つの湿地帯 (Candaba Swamp、San Antonio Swamp) について、パンパンガデルタ開発計画 F/S 調査 (1982 年 : JICA) において整理されており、以下に示す。

表 3.4-30 Pampanga 流域における湿地帯の概要

湿地帯	概要
Candaba Swamp	<ul style="list-style-type: none"> ● Candaba Swamp は約 14 億 m³ の貯留能力を有し、洪水期には、Pampanga 川の自然遊水地として機能している。 ● Candaba Swamp は Aris-Dilios 堤防を境として南北の 2 つに分かれている。この堤防は NIA (国家灌漑庁) が Angat-Maasim 灌漑事業の一環として建設したものであり、長さ 200m の越流堤が設けられている。 ● 北 Candaba Swamp の水位が上昇すると、この越流堤より南 Candaba Swamp へ越流し、南 Candaba に湛水する仕組みになっている。
San Antonio Swamp	<ul style="list-style-type: none"> ● San Antonio Swamp は、Arayat 山の北斜面と Pampanga 川右岸堤に囲まれた Rio-Chico 川沿いに広がる湿地で、その面積は約 120km² である。 ● San Antonio Swamp に湛水した水は、Arayat 山の東側斜面沿いに流れ Pampanga 川に排水される。 ● 洪水時の平均湛水深は 5m に達し、洪水期には、Rio-Chico 川および Pampanga 川の自然遊水地として機能している。

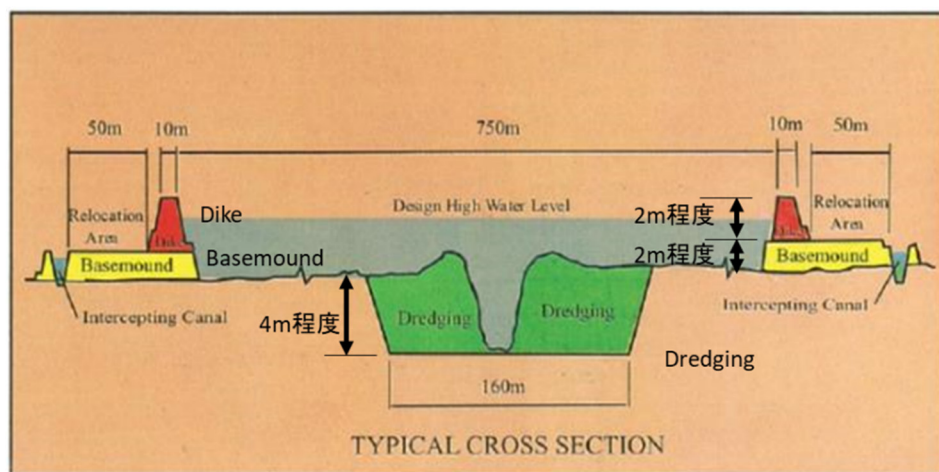
出典 : JICA 調査団作成

パンパンガデルタにおける計画高水流量配分図を図 3.4-10 に、フェーズ 1 区間の標準断面図を図 3.4-22 に示す。



出典：パンパンガデルタ開発計画フィージビリティ調査(1982年：JICA)

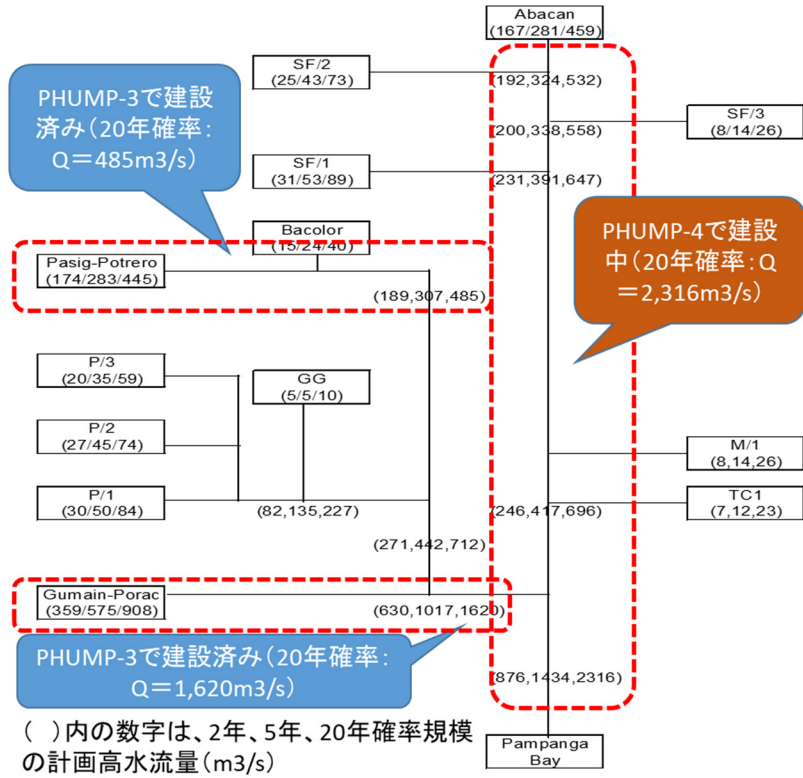
図 3.4-21 計画高水流量配分図



出典：PPDP-1 パンフレット

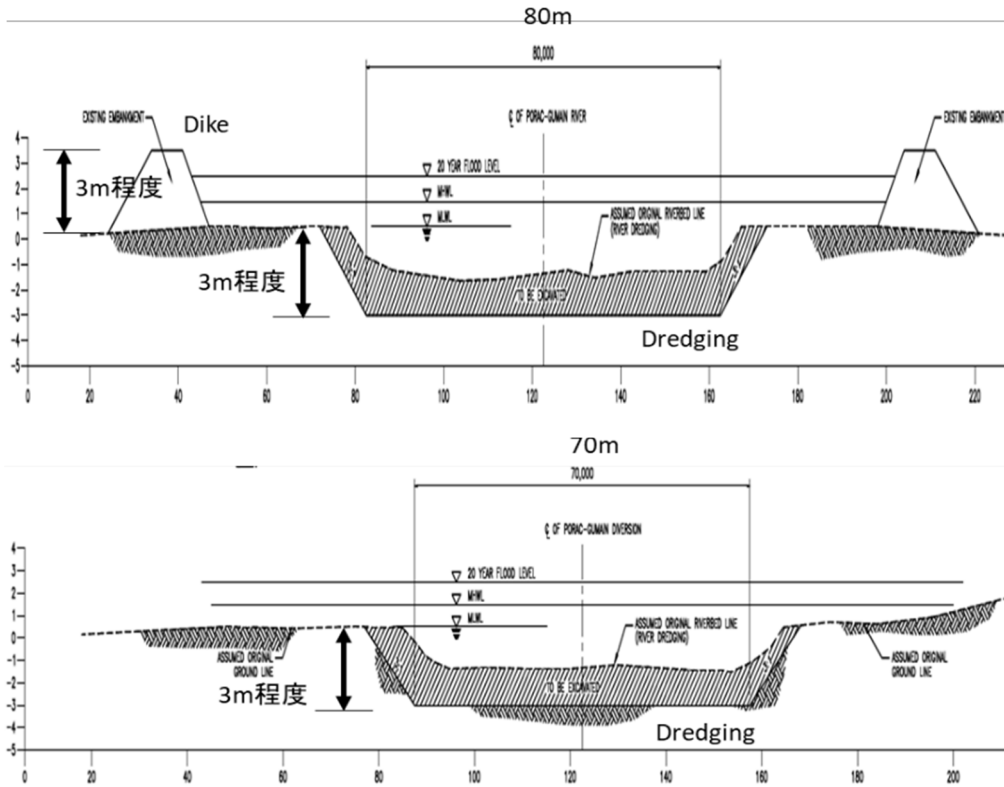
図 3.4-22 PPDP-1 区間の標準断面図

Pampanga 流域西側のピナツボ火山災害緊急復旧事業(2002年：円借款)で立案された治水計画における、計画高水流量配分図を図 3.4-23 に、標準断面図を図 3.4-24 にそれぞれ示す。



出典：ピナツボ火山災害緊急復旧事業（2002年：円借款）

図 3.4-23 計画高水流量配分図



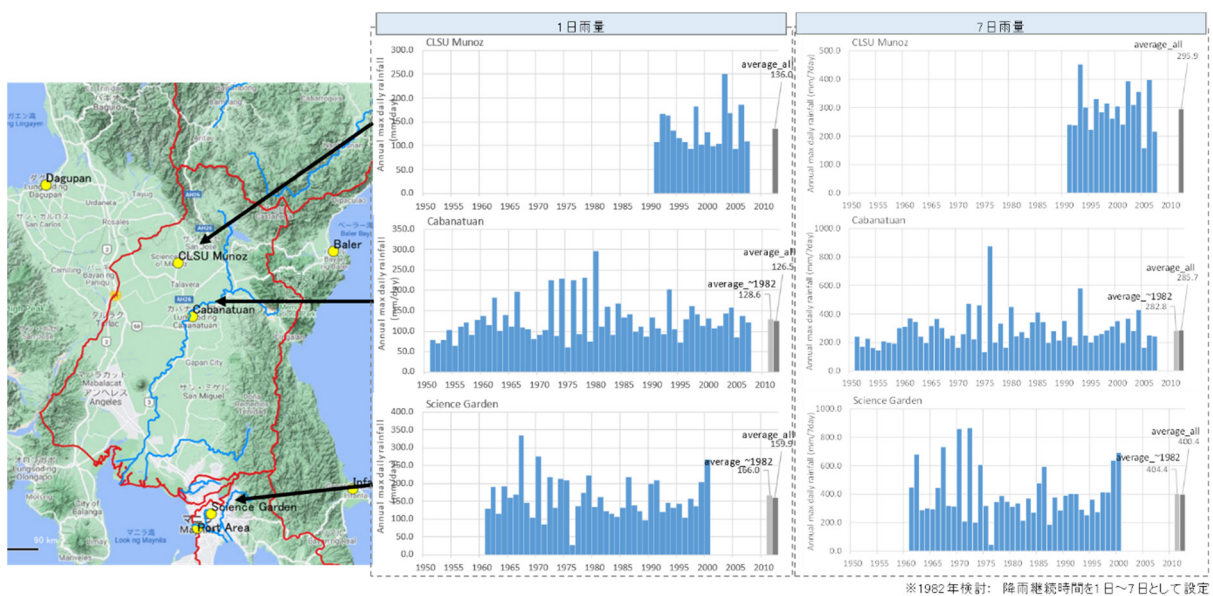
出典：ピナツボ火山災害緊急復旧事業（2002年：円借款）

図 3.4-24 PHUMP の標準断面図

d) 降雨特性の比較

本調査では降雨解析や水文解析といった検討は行わず、計画高水流量配分は既往調査の1982年当時のものをベースとする。その妥当性を確認するため、1982年と雨量データが入手可能である2008年までの降雨特性（降雨量の変化）の比較を行った。既往のJICA調査では、降雨継続時間として1日雨量から7日雨量のデータが整理されていたことから、本調査においては最小と最大である日雨量と7日雨量の最大値について既往調査時（パンパンガデルタ開発計画フィージビリティ調査、1982年、JICA）とそれ以降の平均を比較した。

観測開始時期～1982年（既往JICA調査時）と、観測開始時期～直近（2008年程度）までの収集可能な観測データとでは、最大日雨量・最大7日雨量の平均値で大きな差はないことが確認された。



出典：JICA調査団作成

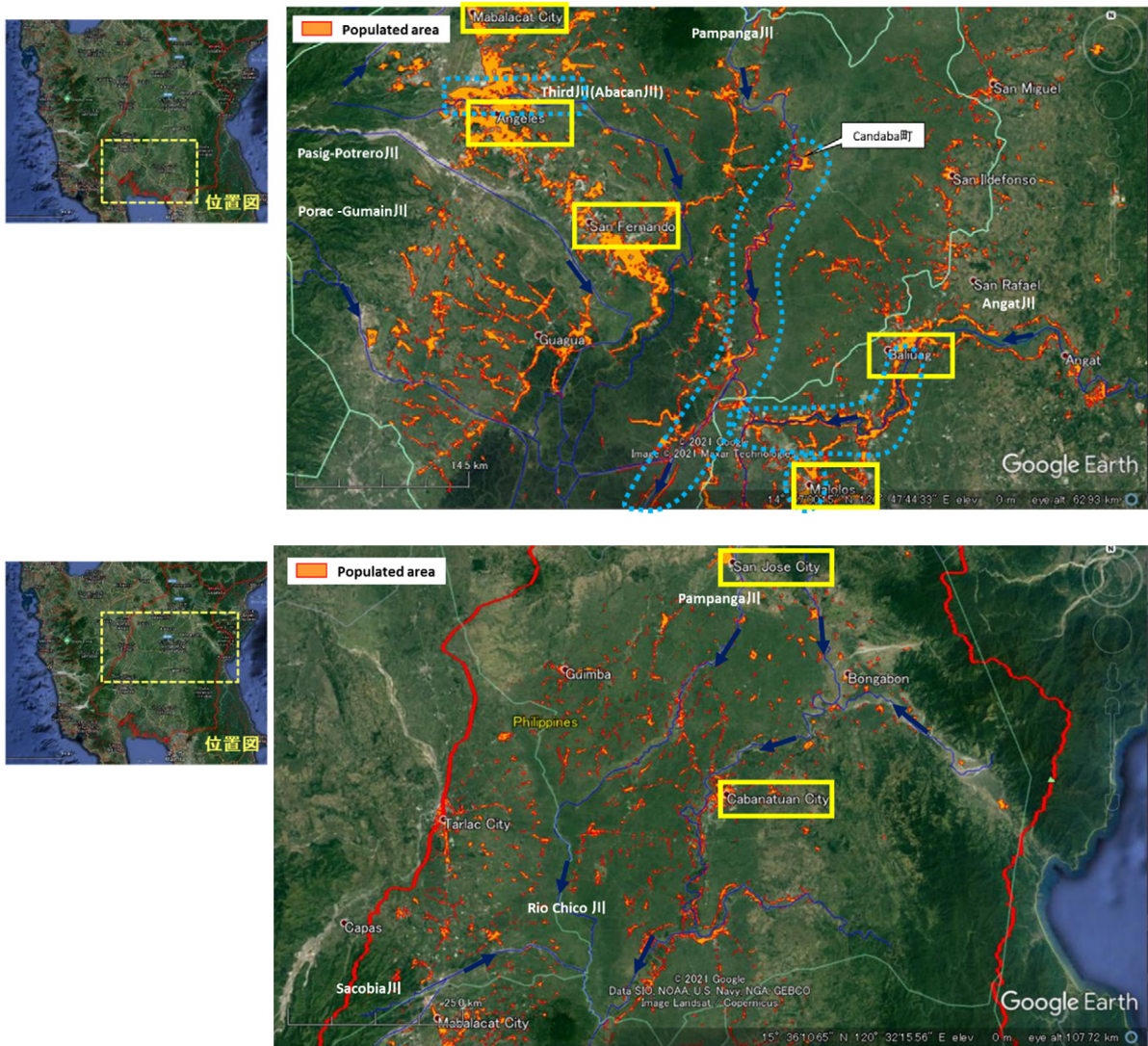
図 3.4-25 降雨特性の比較

e) 人口集中地域

Pampanga 流域における人口集中地域、開発状況について以下に示す。

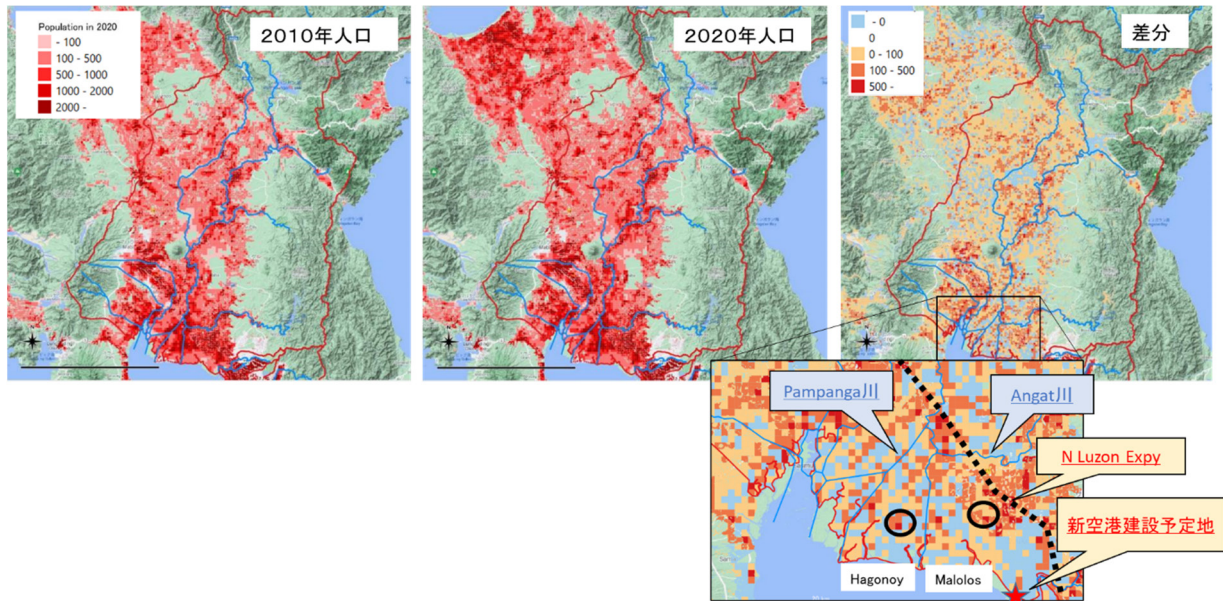
- Pampanga 川下流域（Candaba 町から下流～河口）、Angat 川下流域（Baliuag 町から下流～河口）は、河川沿いに集落がはりついている。
- Third 川(Abacan 川)は Angeles 市の中心地を流れる。
- Cabanatuan 市、San Jose 市は河川沿いに都市が発展しているが、その他の集落は比較的河川から離れた場所に点在する。
- Pampanga 川下流域、Angat 川下流域は、現状では Bulacan 州の州都である Malolos および Hagonoy 町やその周辺で集落が点在しているが、農地またはフィッシュポンドとして利用の方が多く占める。一方でこのエリアは人口増加傾向にあり、N Luzon Expy が横切り、流域南東部で新空港の建設が予定されている。よって、Pampanga 川下流域、

Angat 川下流域については、将来の開発・発展を考慮して築堤、河道掘削を基本とした洪水対策とする。



出典：JICA 調査団作成

図 3.4-26 人口集中地域



出典：JICA 調査団作成

図 3.4-27 人口集中地域の変遷

f) 課題および評価

Pampanga Delta Development Project の保全対象は都市部も含まれるが、主に農地であり、灌漑開発と一体となった事業であった。しかし、流域内の都市の発展も踏まえて、洪水対策の主目的を都市防御の重点を移す必要がある。

既往調査結果からも、農地保全のために将来形の 1/100 確率規模で全川を整備することは、投資効果が低いと整理されている（20 年確率が便益は高い）。農地の安全度を低めに設定して、所定の安全度を超える洪水時には自然遊水効果を期待することで、計画高水位を下げることができる。したがって、将来計画目標の 1/100 確率規模の洪水に対しては、必ずしも連続堤による整備は必要なく、都市や集落を防御できればよい方針とする。

農地、都市域の双方を含む流域全体の洪水リスク軽減のためには、流量自体の軽減が重要である。（流域の貯留施設の強化）

2) 治水計画の基本コンセプト

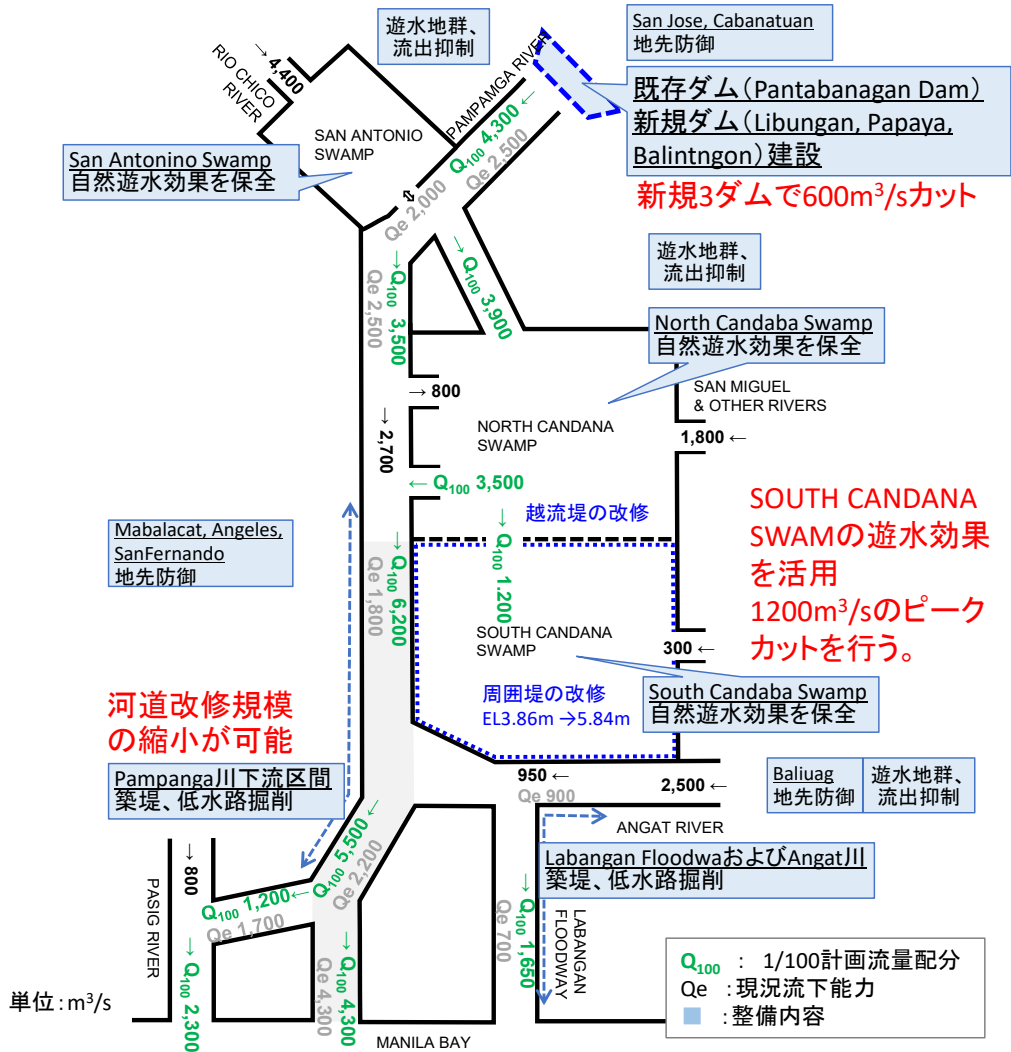
a) 計画規模

河川施設の計画規模に関する基準（DPWH）を図 3.4-11 に示す。流域面積 40km²以上の主要河川では 100 年確率、それ以下の河川では 50 年確率を施設規模の目安にすることが定められている。

この基準とこれまでの既往計画を考慮し、計画規模を 1/100 とする。

b) 流量配分

以下のとおり、流量配分を検討した。図内の流量は本調査における概略検討結果であるため、将来は詳細な検討を行ったうえで、流量配分を見直す必要がある。



出典：JICA 調査団作成

図 3.4-28 計画高水流量配分図 (1/100)

3) 治水事業のメニュー

a) 洪水対策方針

Pampanga 流域の洪水対策の方針案は以下の通り。

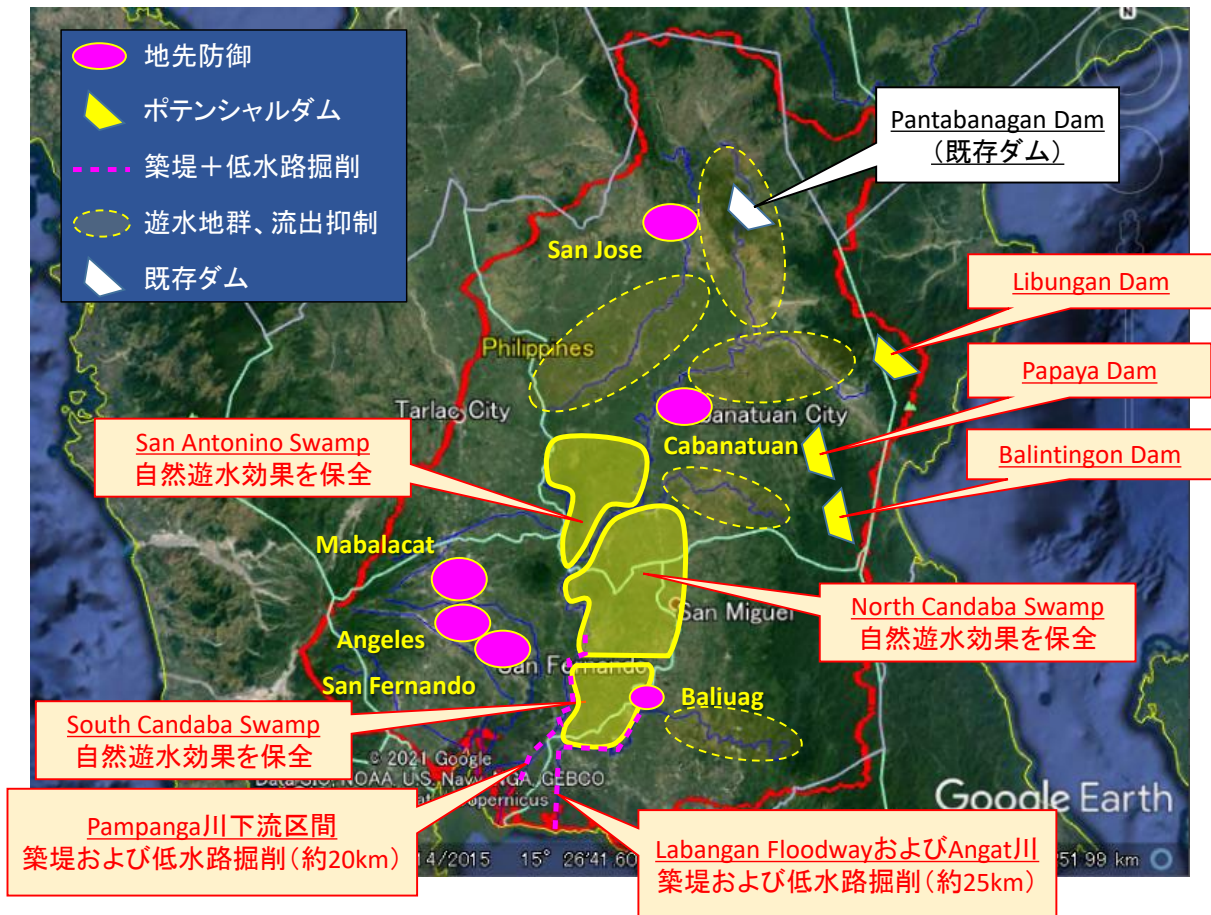
- ① San Antonino Swamp、North Candaba Swamp、South Candaba Swamp の既存の自然遊水効果を保全する。可能であれば、これらの湿地の一部の水位をコントロールして、洪水時のピークカット効果を強化する。特に、1982 M/P 及び F/S で洪水防御の対象地域であった South Candaba Swamp は、土地利用を踏まえつつ、基本的には洪水防御の対象地域とはせず、浸水を許容する地区とする。
- ② 流域における自然及び人工的な貯留効果を可能な限り活用し、河道分担流量を可能な限り減少させる。ポテンシャルダムサイトの開発及び流域内で広大な面積を占める水田における高度利用（遊水地）、流出抑制（たんぼダム）等を考慮する。

- ③ 1/100 安全度達成のために、必ずしも上流から下流まで連続堤の設置は行わない。都市あるいは集落の防御地区を定めてその周囲を 1/100 洪水時から防御できるような築堤を行う。これにより、防御地区と定めた都市あるいは集落以外の地域での自然遊水効果を期待する。河川から離れた場所の防御に際しては、道路等を活用した 2 線堤の整備も考慮する。
- ④ Pampanga 川下流域、Angat 川下流域は、人口増加傾向にあり、N Luzon Expy が横切り、流域南東部で新空港の建設が予定されている。築堤、河道掘削を基本とした洪水対策とし、干潮区間については、潮位の影響を考慮して HWL および堤防高を設定する。
- ⑤ 開発規制や土地利用規制等により、河道沿いの開発を抑制する。また土地利用計画（CLUP：Comprehensive Land Use Plan）により農地利用区域を定め、水田による流出抑制を確保する。特に本流域は、灌漑整備とともに治水事業を進めることが重要であり、NIA（National Irrigation Administration）や LGU 等との省庁間の連携も重要である。
- ⑥ この整備は、被害ポテンシャルの大きな都市部から順次実施していく。長期的には、流域全体の都市あるいは集落を保全できるようにする。

b) 治水事業

Pampanga 流域における洪水対策事業案を以下に示す。

- 地先防御：都市あるいは集落の防御地区を定めてその周囲を 1/100 洪水時から防御できるような築堤を行う。
- 遊水地群、流出抑制：流域における自然及び人工的な貯留効果を可能な限り活用し、河道分担流量を可能な限り減少させる。河川沿いの大部分を農地が占める、上流域・中流域で実施。
- 築堤＋低水路掘削：下流区間で河川改修を実施。極力低水路掘削で断面を確保し、築堤高は抑える。
- 既存の Swamp：下流の河道改修断面が小さくなるように、既存 Swamp の活用・保全を積極的に行う。



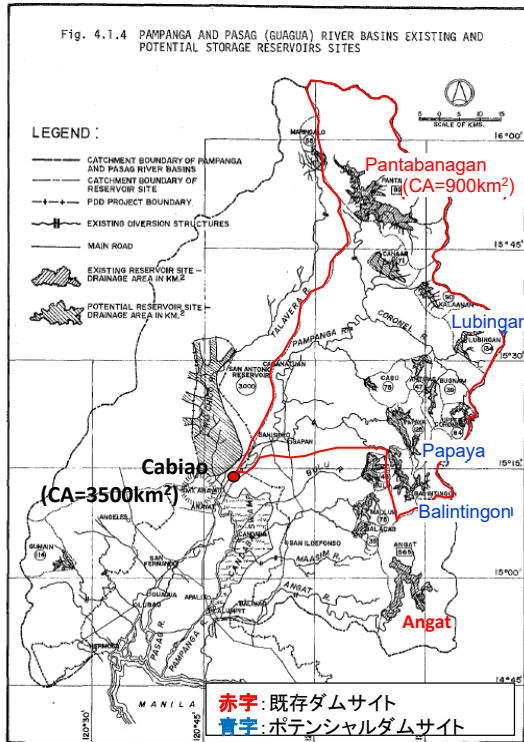
出典：JICA 調査団作成

図 3.4-29 治水事業メニュー (Pampanga 流域)

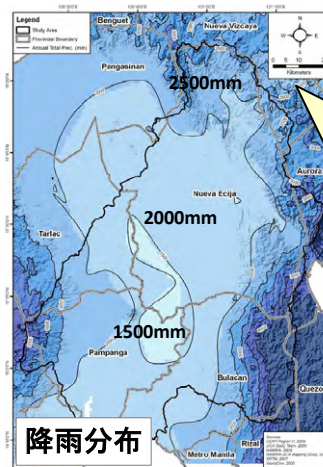
■ ポテンシャルダム

パンパンガデルタ開発計画フィージビリティ調査（1982年：JICA）では、ポテンシャルダムの治水について検討しており、ここではその内容を行った。治水事業メニューのうち、ポテンシャルダムの位置および効果は以下のとおり。

- Pantabangan ダムの治水効果： Cabiao 地点で 1/100 流量を 12%程度軽減
- Pantabangan ダム+3 つのポテンシャルダムの治水効果： Cabiao 地点で 1/100 流量を 24%程度軽減



出典：パンパンガデルタ開発計画フィージビリティ調査（1982年：JICA）



■降雨分布
 流域全体：2000mm
 山岳部(ダム流域)：
 2500mm
 ⇒流域の半分程度の
 雨がダム流域に分布

Pantabanagan ダムの治水効果：
 Cabiao 地点で 1/100 流量を 12%程度軽減

Pantabanagan ダム+3 つのポテンシャルダムの治水効果：
 Cabiao 地点で 1/100 流量を 24%程度軽減

Case	Flood Control Capacity of Reservoir	集水面積	ダム容量
1. No Reservoir			
2. Pantabanagan Dam	$V = 330 \times 10^6 m^3$	CA=900 km ²	有効貯水容量 2750MCM 治水容量 330MCM
3. Pantabanagan Dam and 3 Potential Reservoirs	Pantabanagan: $V = 330 \times 10^6 m^3$ Lubingan: $V = 102 \times 10^6 m^3$ Papaya: $V = 92 \times 10^6 m^3$ Balintingon: $V = 154 \times 10^6 m^3$	CA=530 km ²	有効貯水容量 350MCM
	Total: $V = 678 \times 10^6 m^3$	Total 1430 km ²	

■集水面積
 Cabiao地点：3500 km²
 4ダム合計：1430 km²
 ⇒4ダムで約40%を占める

The storage capacity of the reservoirs is given in Table 4.1.6. The results of the calculation relating to flood control for 100-year return period are as follows:

Case	Cabanatuan		Cabiao		ピークカット
	Qpeak (m ³ /s)	Reduction (%)	Qpeak (m ³ /s)	Reduction (%)	
1. No Reservoir	4,273	-	5,581	-	
2. Flood Control by Pantabanagan Dam	3,572	16	4,895	12	約700 m ³ /s
3. Flood Control by Pantabanagan Dam and 3 Potential Reservoirs	3,390	21	4,259	24	約1300 m ³ /s

■治水容量
 Pantabanaganダムの治水容量330MCM
 ⇒概ねQp=700m³/s, 10日間の洪水を貯留可能。
 ⇒ピークカット量は妥当

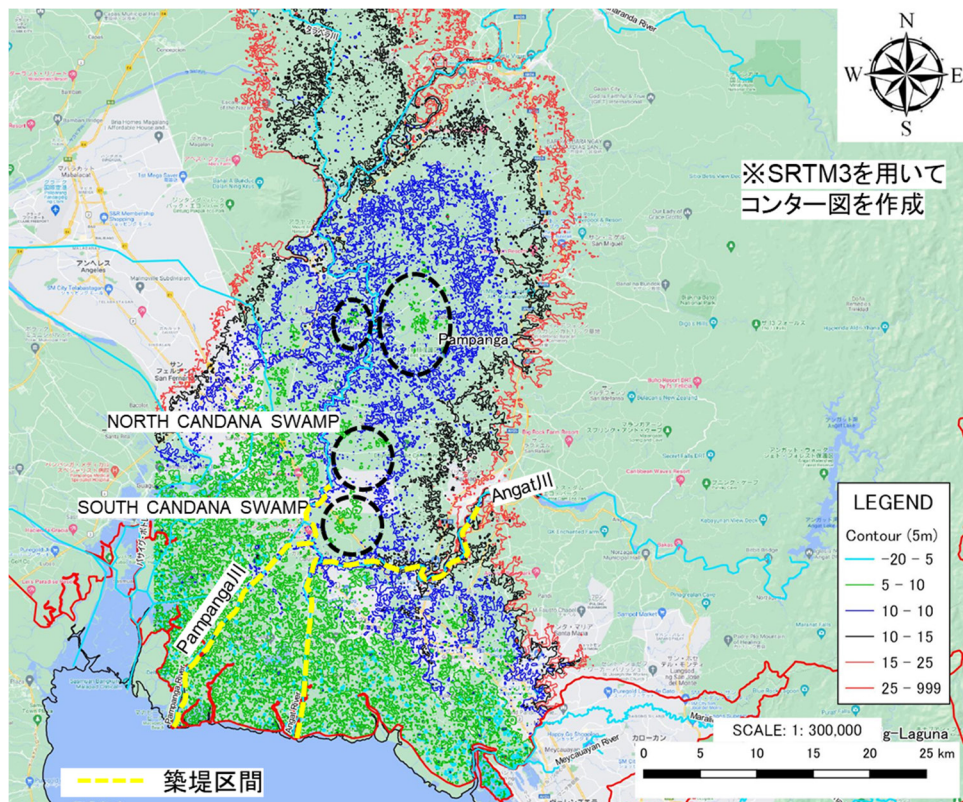
出典：パンパンガデルタ開発計画フィージビリティ調査（1982年：JICA）を元に JICA 調査団が加筆

図 3.4-30 ポテンシャルダムの治水効果

■中・上流部の氾濫が下流部の築堤区間に与える影響

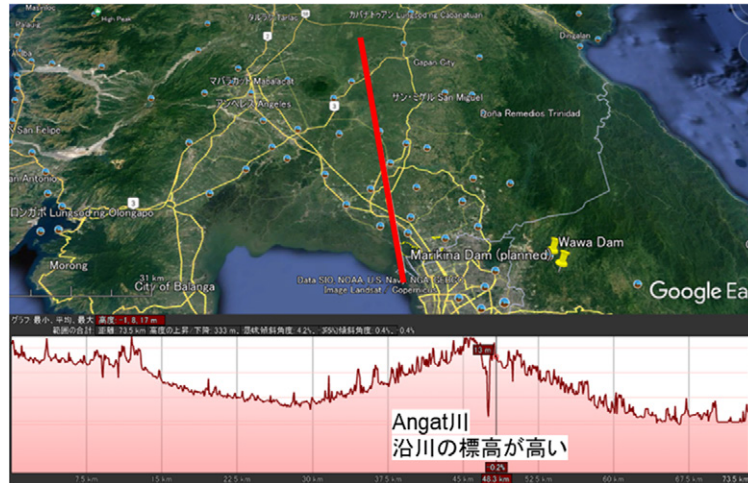
中上流部で氾濫した洪水流は地形勾配に従い、南部へ流下することが想定される。ただし、氾濫流は窪地に滞留することが考えられる。また、Pampanga 川および Angat 川ともに河川沿いの標高は堤外地より高い。

以上より、中上流で氾濫した洪水流は、下流部の築堤区間まで到達しないと想定され、上流である程度氾濫を許容するという洪水対策の方針が、下流域の築堤区間に大きな影響を及ぼさないと考察された。本件は概略の検討であり、将来は詳細な検討のうえで中・上流部の氾濫が下流部の築堤区間に与える影響を考慮する必要がある。



出典：JICA 調査団作成

図 3.4-31 下流部コンター図



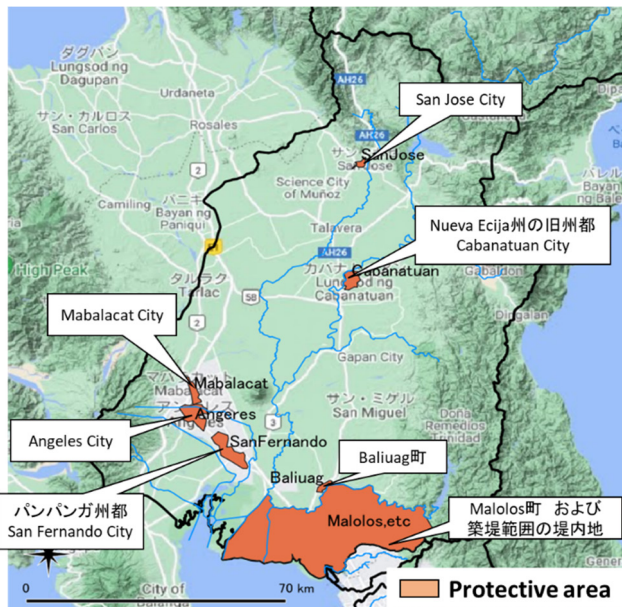
出典：JICA 調査団作成

図 3.4-32 下流部の標高

■地先防御の人口・GRP

地先防御エリアおよび下流域の築堤エリア内の人口および GRP は合計約 254 万人、約 165Billion pesos である。このエリア内 GRP の合計額は、表 3.4-21 で示した4位の Mindanao 流域の氾濫域内 GRP より大きな額となる。

なお地先防御の箇所およびエリアは以下に限定するものではなく、その選定にはより詳細な検討が必要である。特に輪中堤の法線については、洪水防御機能を確保すること以外に、都市の発展や拡大を妨げないように配慮する必要がある。



市町	人口 (人)	GRP (Million pesos)
Cabanatuan	150,463	9,335
SanJose	38,714	668
Mabalacat	30,757	7,343
Angeres	148,550	26,965
SanFernando	85,106	16,067
Baliuag	21,579	5,007
Malolos, 築堤の堤内地	2,062,807	99,770
合計	2,537,975	165,155

出典：JICA 調査団作成

図 3.4-33 地先防御エリア内の諸元

(5) Meycauayan 流域

1) 流域の概要および課題

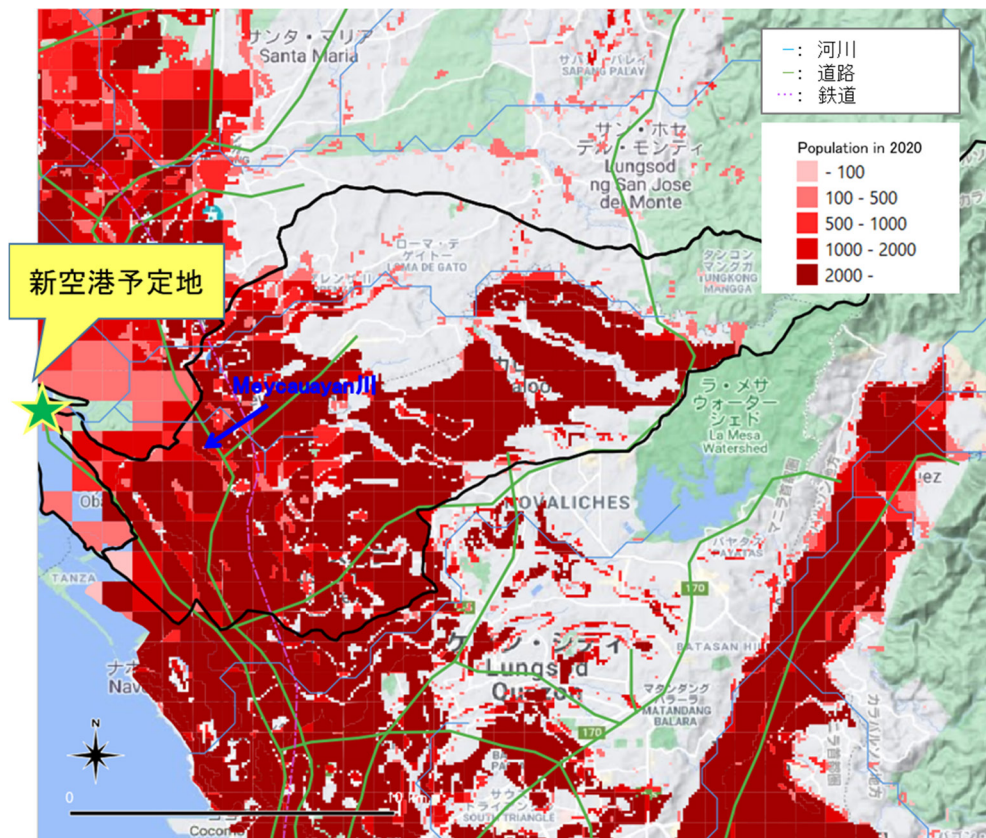
a) 氾濫域内 GRP

Meycauayan 流域は、マニラ首都圏および周辺開発地域などフィリピンの主要部を含む流域であり、宝石製造や皮革工業で栄えた町で、工業団地が多く存在する。

流域の下流部においては、流域面積の半分以上を氾濫区域が占める。流域内最下流端である沿岸地域は高潮と豪雨による常習的な内水氾濫地帯となっており、毎年のように洪水が発生している。マニラ首都圏に直結する主要道路・鉄道・住宅地が流域下流部に集中しており、氾濫区域が重なるため、浸水により多大な被害を受ける可能性がある。

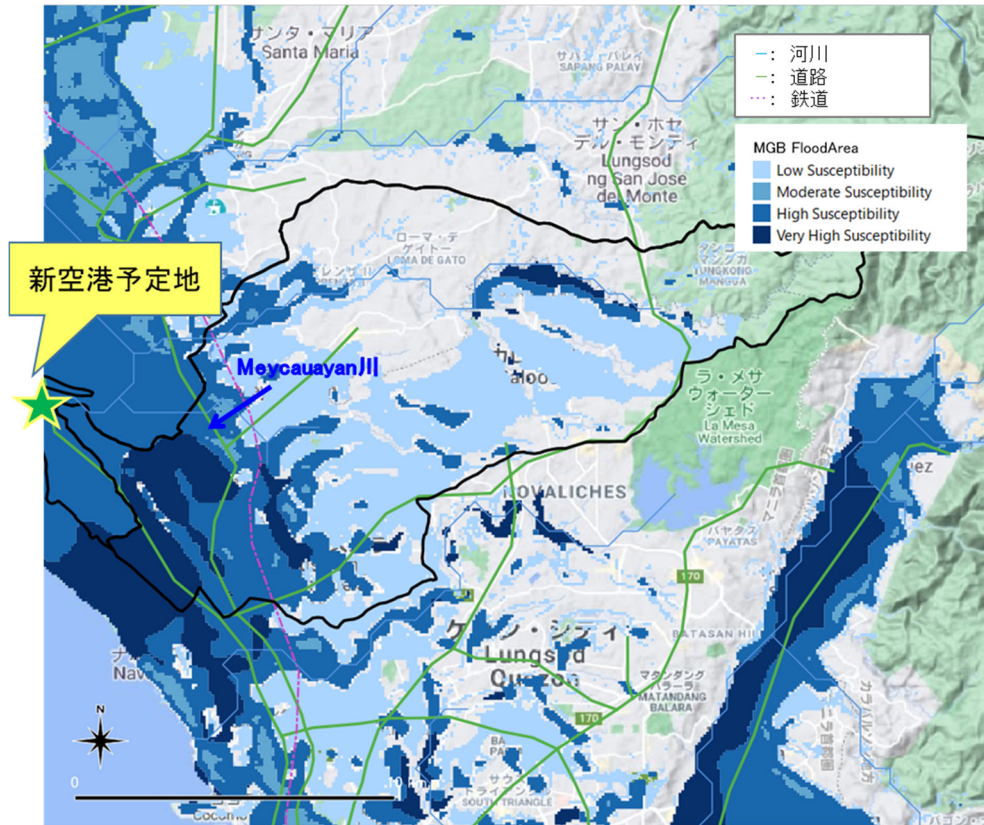
下記対策が DPWH により行われているが、堤防高の不足や排水ポンプ・ゲートの能力不足が指摘されている。

- Meycauayan および支川 Marilao 川沿いの堤防建設
- Obando 市の海岸堤の建設
- 排水ポンプおよびゲートの設置



出典：JICA 調査団作成

図 3.4-34 Meycauayan における GRP 分布



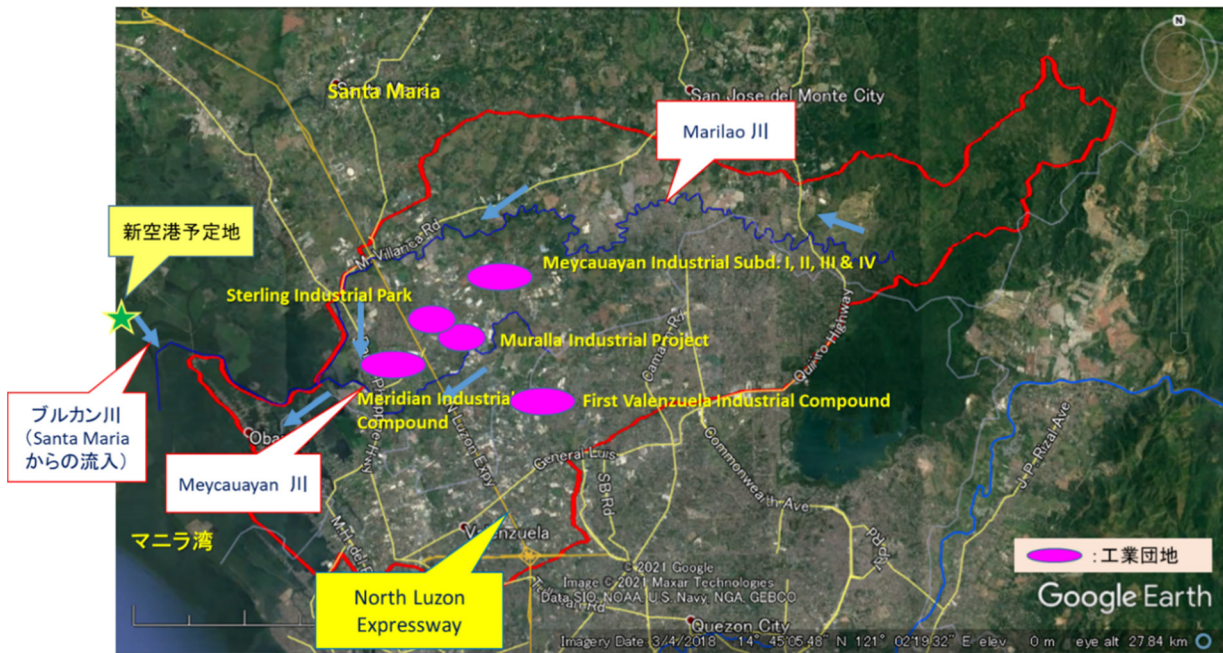
出典：JICA 調査団作成

図 3.4-35 Meycauyan における氾濫区域図

b) 流域概要

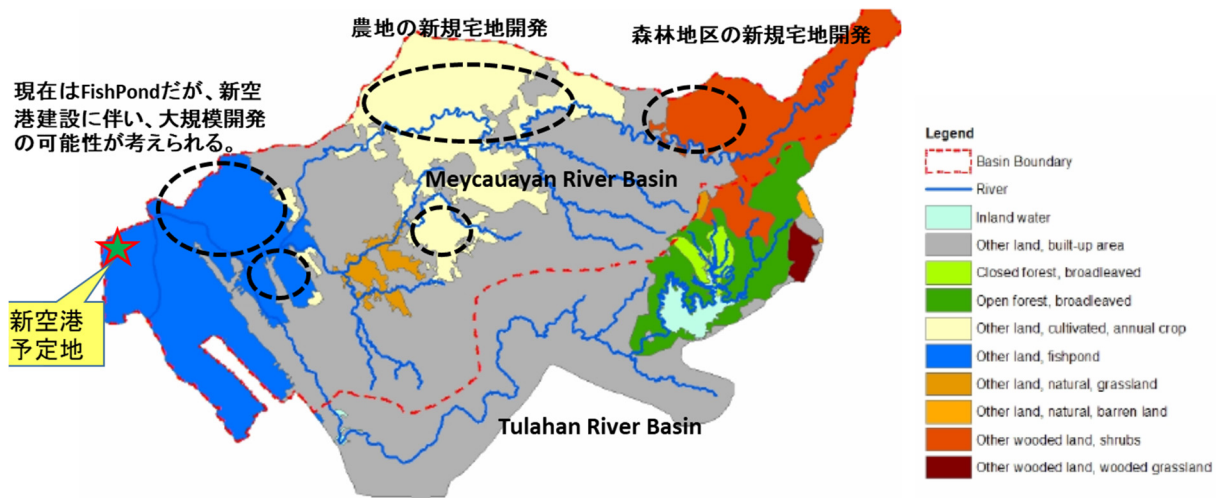
Meycauyan 流域は、新規宅地開発や新空港建設事業、南北通勤線事業等が進められており、今後、流域のほぼ全域が都市化する可能性が高い。

Marilao 川沿いは、現在も空き地が点在するものの、その範囲は年々減少し続け、河道際まで住宅等が多く建設されている。また 2000 年当時は、農地または森林地区に土地利用区分されていた地域も都市化が進展しており、都市化に伴い川を横断する橋の建設も増えている。



出典：JICA 調査団作成

図 3.4-36 流域概要



出典：全国洪水リスク評価及び特定地域洪水被害軽減計画調査（2008年：JICA）

図 3.4-37 NAMRIA(2000)による土地利用区分図

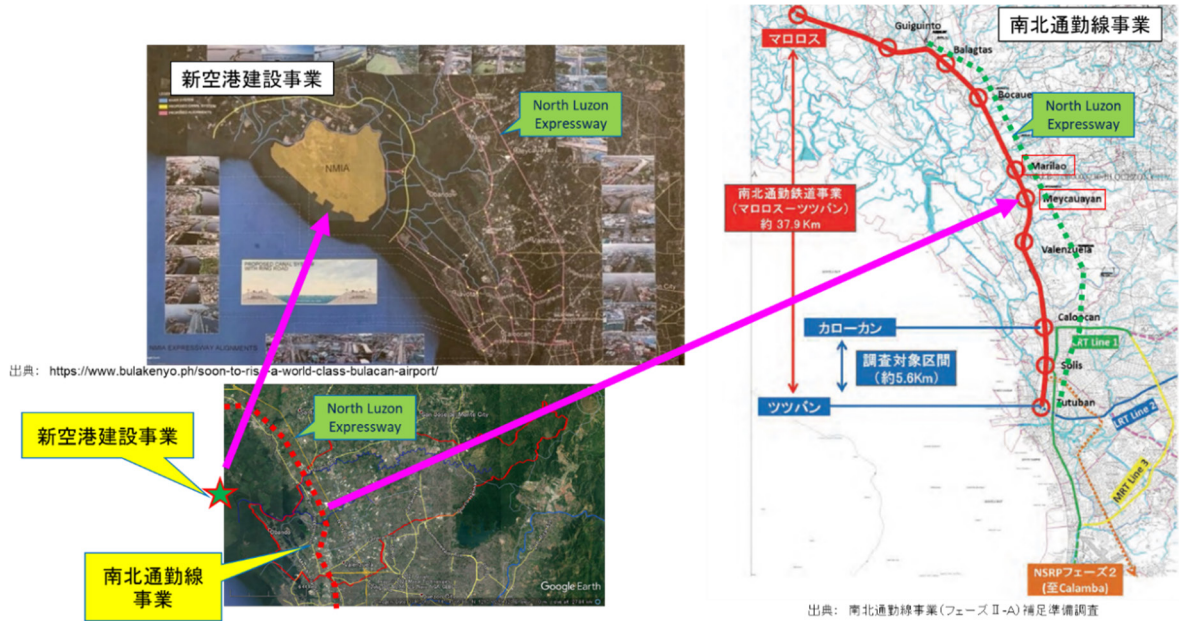
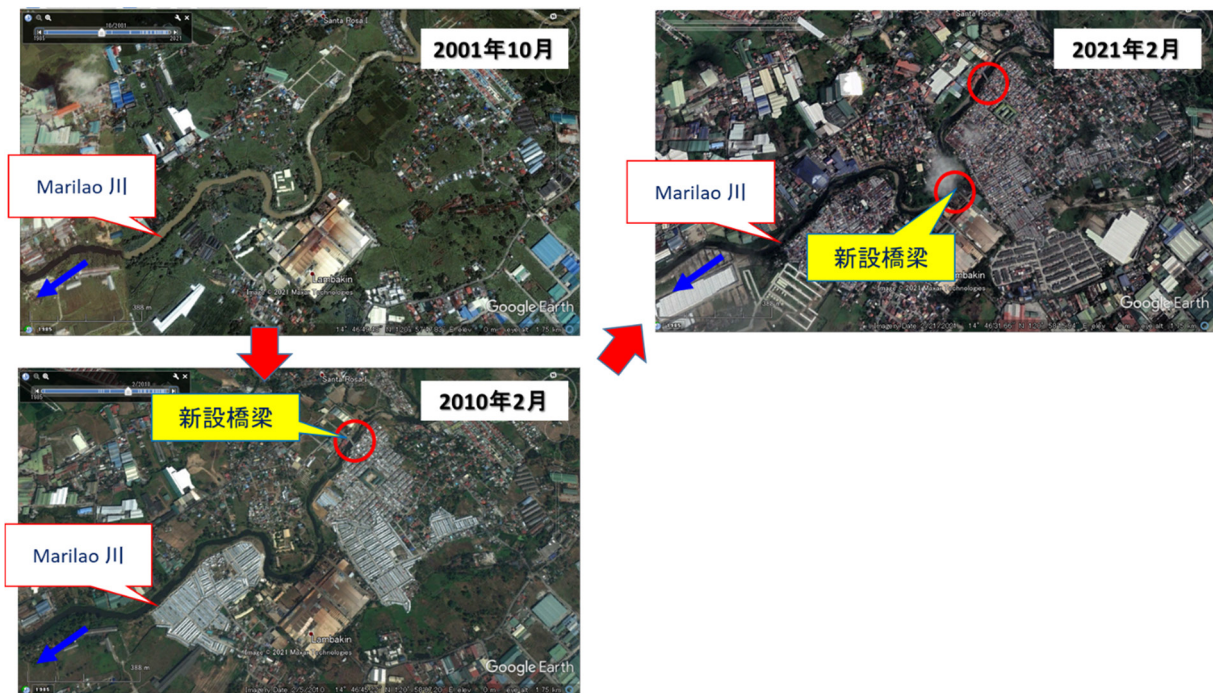


図 3.4-38 Meycauayan 流域内および近傍での今後の事業予定



出典：JICA 調査団作成

図 3.4-39 都市化の状況

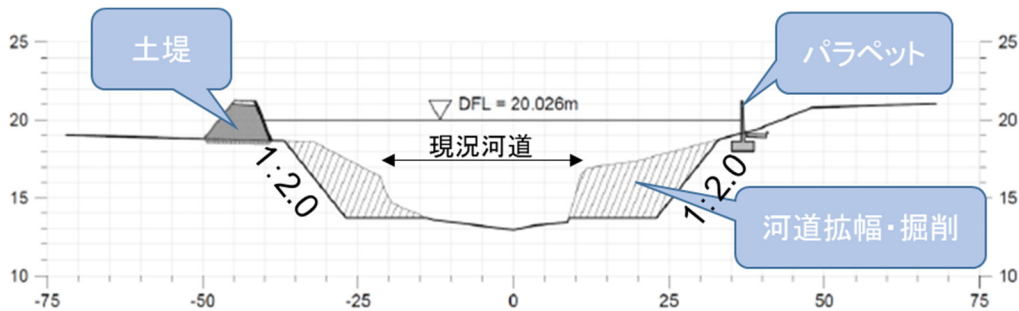
c) 既存 M/P の概要

M/P の概要を以下に示す。

- 2008 年の JICA 調査（全国洪水リスク評価）では、現地調査およびワークショップなどを通じて、洪水被害軽減の対象域として North Luzon Expressway の下流に位置する Valenzuela、Obando、Meycauayan の都市域を選定している（つまり North Luzon Expressway 上流は洪水被害軽減の対象域とはしていない）。

- 2012年 WB M/P では洪水軽減の対象を流域上流部まで（住宅密集地）とし、「河道拡幅・掘削＋土堤又はパラペット」での河道改修を計画している（貯留施設は含まれていない）。

なお Meycauayan 流域における既往治水事業としては、カマナバ地区洪水制御・排水システム改良事業内で調査を行った F/S に基づき、Valenzuela-Obando-Meycauayan (VOM) 洪水対策が DPWH により実施中であるが、河川改修事業ではなく主に排水改善のためのポンプ場建設が行われている。



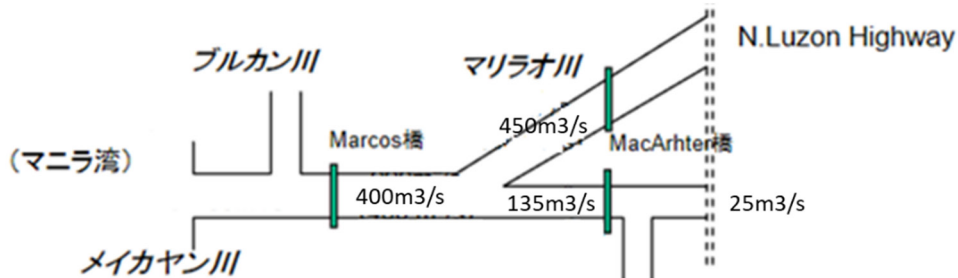
出典：Master Plan for Flood Management in Metro Manila and Surrounding Areas（2012年：WB）

図 3.4-40 河道改修のイメージ図

表 3.4-31 Pampanga 流域の計画規模

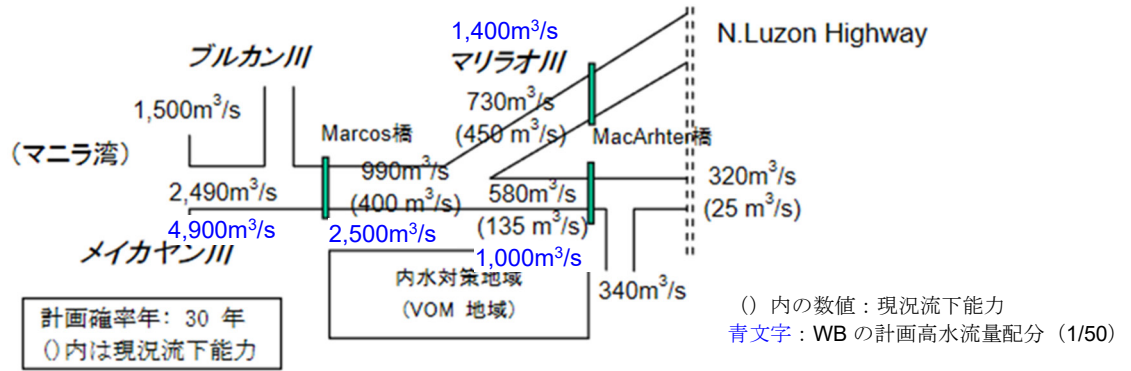
河川	VOM 地域における排水システム改善 F/S (2001年：円借款 KAMANAVA 事業内) 全国洪水リスク評価及び特定地域洪水被害軽減計画調査 (2008年：JICA)	Master Plan for Flood Management in Metro Manila and Surrounding Areas (2012年：WB)	既往最大	現況流下能力 (m ³ /s)
Meycauayan 川 (Marilao 川)	30年	50年	40年確率程度 (2009年 Ondoy)	図 3.4-41 参照

出典：JICA 調査団作成



出典：フィリピン国 全国洪水リスク評価及び特定地域洪水被害軽減計画調査最終報告書 2008 JICA

図 3.4-41 現況流下能力

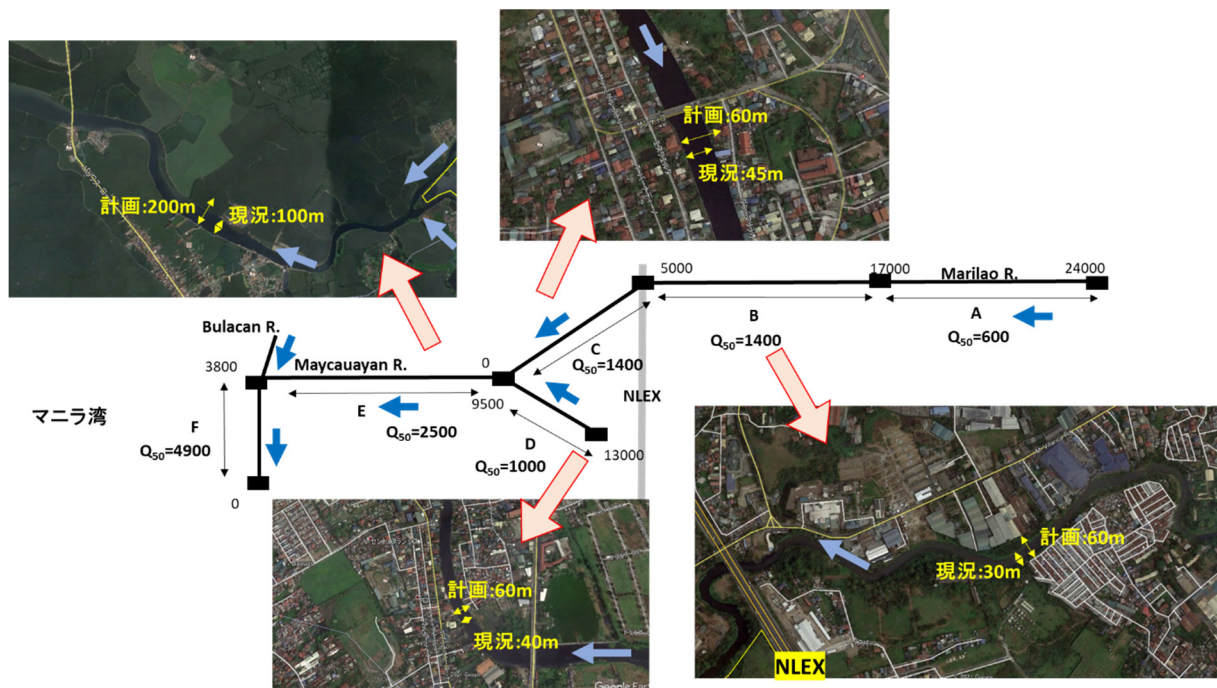


出典: 全国洪水リスク評価及び特定地域洪水被害軽減計画調査 (2008 年: JICA)

図 3.4-42 既往計画高水流量 (JICA 1/30 及び WB 1/50)

■河道改修計画

Meycauayan 流域における河道改修計画は、洪水軽減の対象を流域上流部まで (住宅密集地) とし、「河道拡幅・掘削+土堤又はパラペット」での河道改修を計画している。イメージ図を図 3.4-43 に示す。



出典: JICA 調査団作成

図 3.4-43 河道改修計画 (2012 年、WB)

d) 課題および評価

Meycauayan 市は、宝石製造や皮革工業で栄えた町で、工業団地が多く存在する。流域内および近傍で南北通勤鉄道や新空港建設等の大型事業が控え、また急速に宅地開発が進んでおり、流域の大部分が都市化される可能性が高い。

首都圏での開発で多く見られるように、Meycauayan 流域でも、現況河道を狭めて開発が進んでいる可能性が高い。

一方で現時点では宅地開発されていない土地も点在しており、開発される前に土地利用規制を早期に実施することが望まれる。

日本の「総合治水」の考え方を参考に、治水計画を考える必要がある。現在開発されていない土地に遊水地を建設することを提案し、その際、スポーツ施設や親水公園の建設等、多目的な利用を考慮する。また既存のフィッシュポンドエリアは、遊水機能を確保し、河道の水位を下げて洪水リスク軽減を図ることが望ましい。

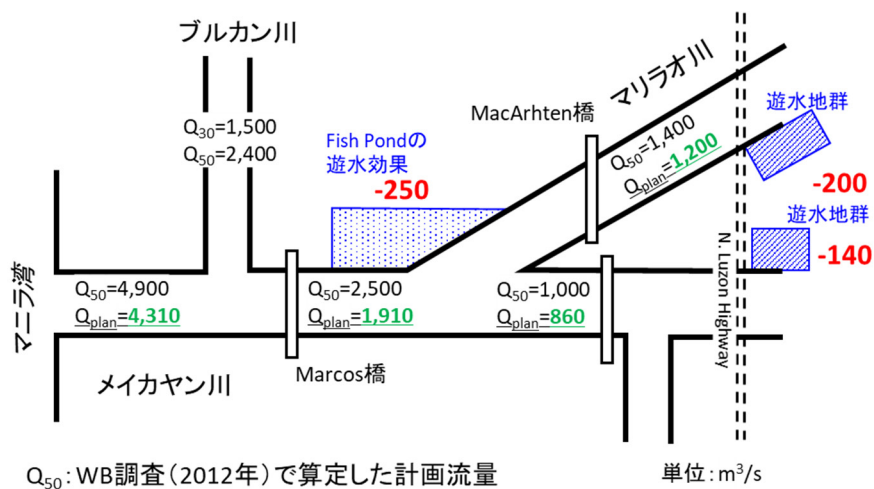
2) 治水計画の基本コンセプト

a) 計画規模

主要河川の規模を踏襲して、計画規模を 1/50 とする。

b) 流量配分

図 3.4-44 に本調査で検討した計画流量配分案を示す。既存の計画では築堤がメインであり、HWL が高く設定されていたことから、上流に遊水池群を設置し、洪水流量を下げ、HWL を下げる計画とした。なお、図中の流量は本調査における概略検討結果であるため、将来は詳細な検討を行ったうえで流量配分を見直す必要がある。



出典：JICA 調査団作成

図 3.4-44 計画高水流量配分図

3) 治水事業のメニュー

a) 洪水対策方針

- ① Meycauayan 川および Marilao 川の河道沿いに遊水地を設け、河道への負担を軽減する。
- ② 既存フィッシュポンドエリアの浸水を許容し、本川の流量負担および河道の水位を下げ、洪水リスク軽減を図る。
- ③ 河道沿い、遊水地建設予定地、既存フィッシュポンドエリアを、河川区域、洪水制御区域に指定し、開発を抑制する。
- ④ 各市町で作成する総合土地利用計画（CLUP：Comprehensive Land Use Plan）で、市街化調整区域や保全地に指定し、開発を規制する。
- ⑤ 条例で、今後新規の大規模開発地（住宅、工業団地等）に対して、防災調整池を設置することを義務化する。

b) 治水事業

現計画（WB：2012年）では、台風オンDOI（2009年）の最高水位をベースにDFLを設定。また、計画流量を全て河道で処理（河道内掘削、築堤）する計画となっている。

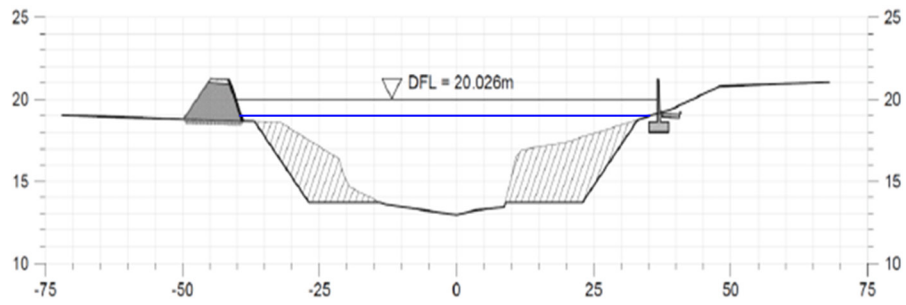
⇒上流域の遊水地群設置及びFish Pondの遊水（20cm湛水）を考慮することで、計画流量の低減が期待できる。これにより河道改修規模（築堤&掘削）を縮小できる。（ただし既にパラペットや堤防が建設されている場合は、上下流のリスクバランスを考慮して治水計画を立案する必要がある）

Meycauayan 流域における洪水対策事業案を以下に示す。



出典：JICA 調査団作成

図 3.4-45 治水事業メニュー（Meycauayan 流域）



出典：Master Plan for Flood Management in Metro Manila and Surrounding Areas (2012年：WB)

図 3.4-46 河道改修規模の縮小例

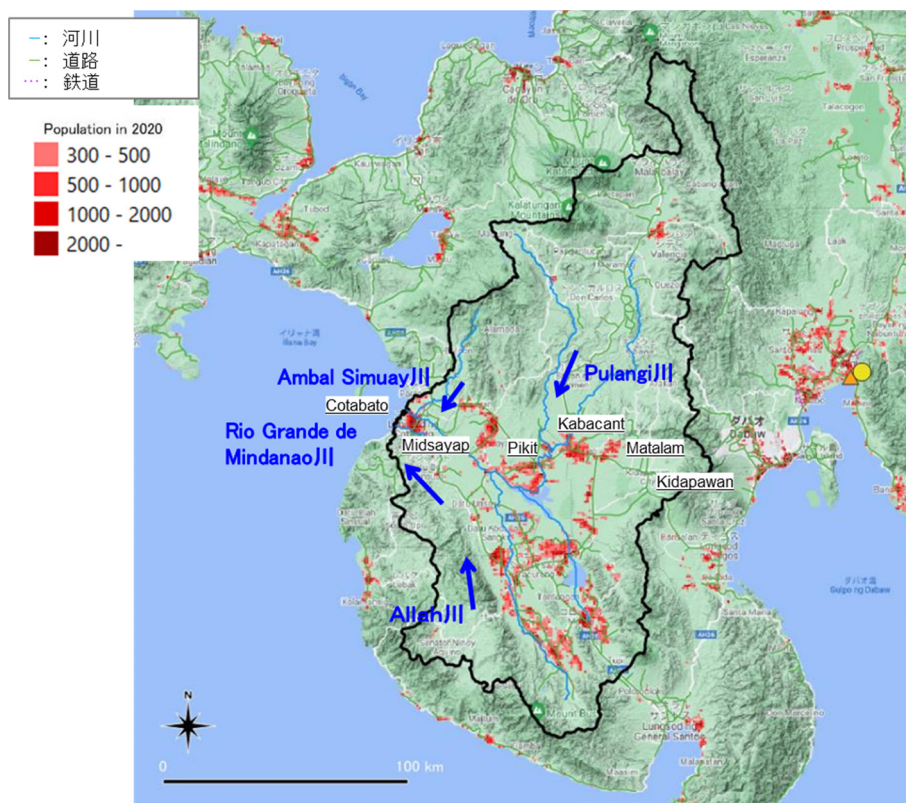
(6) Mindanao 流域

1) 流域の概要および課題

a) 氾濫域内 GRP

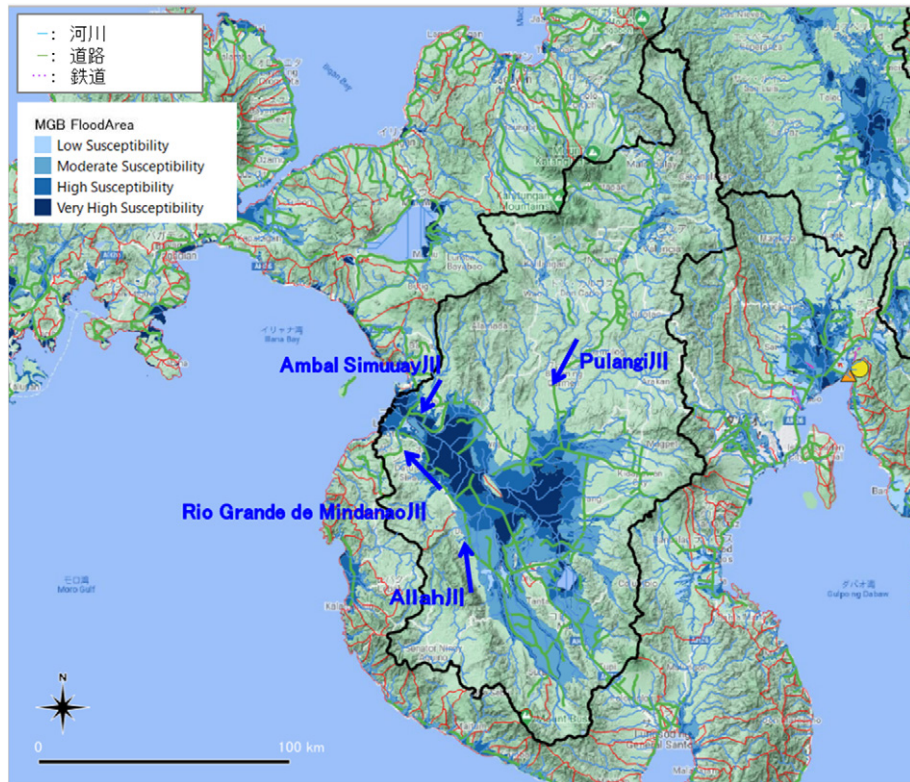
Mindanao 流域は、フィリピン国内で第2の流域面積を持つ広大な流域である。

流域西南部の低平地に人口・氾濫域が集中している。低平地に主要道路・住宅地が集中しており、氾濫区域が同地域に重なるため、浸水により多大な被害を受ける可能性がある。



出典：JICA 調査団作成

図 3.4-47 Mindanao における GRP 分布



出典：JICA 調査団作成

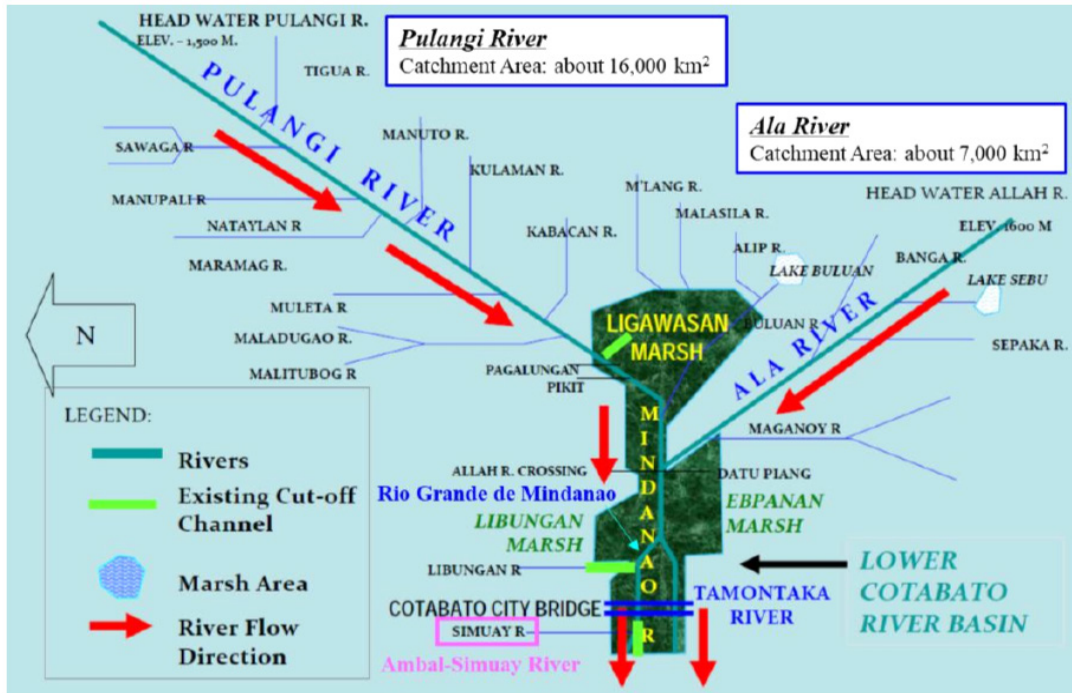
図 3.4-48 Mindanao における氾濫区域図

b) 流域概要

Mindanao 流域内の Liguasan 湿地群はフィリピン国最大の湿地であり、幅約 20km×長さ約 40km の大きさを持ち中流域に分布している。面積は 220,000ha～288,000ha であり、下流部への洪水調整機能を担っている。広大な湿地群は、隣接する 3 つの湿地により構成される (Liguasan marsh、Libungan marsh、Ebpanan marsh)。

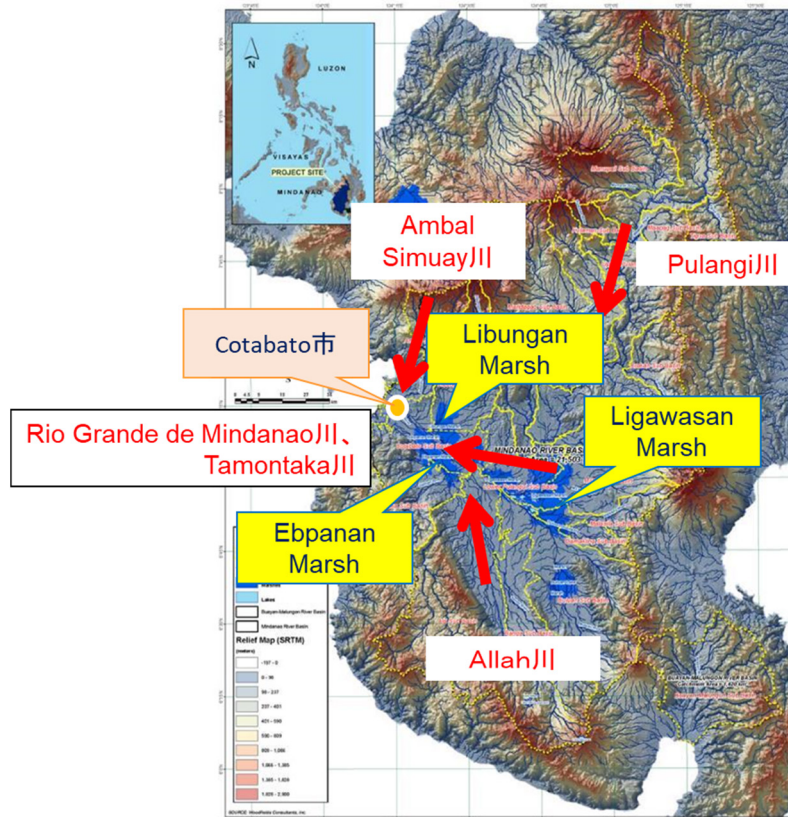
これらの 3 つの湿地は、年平均流域雨量 3,200mm と多雨の流域にあって、Mindanao 川の洪水調整機能を担っている。河水は湿地に滞留したのち、Ebpanan 湿地で単一の流路を形成し、Cotabato 市の上流で Rio Grande de Mindanao 川と Tamontaka 川に分流し、Illana 湾に流下する。

Liguasan 湿地は Bird Life International によって 2001 年に Important Bird Area (IBA) に指定されている。フィリピン国では IBA に加え、128 箇所の Key Biodiversity Area (KBA) が指定されており、Liguasan 湿地はこの KBA にも登録されている。ただし、法的には Liguasan 湿地の保護あるいは開発制限は規定されていない。また、Liguasan 湿地はラムサール条約湿地ではない。



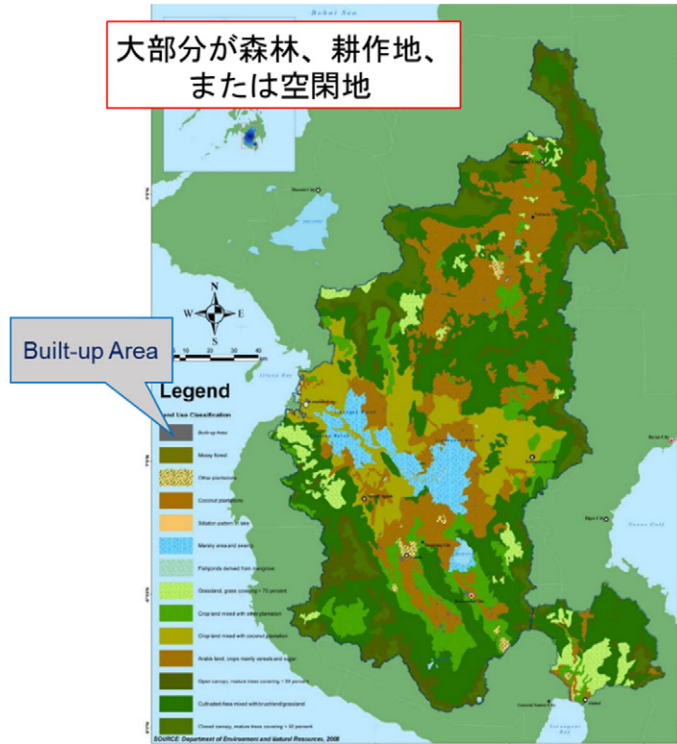
出典：A Brief on Presidential Task Force for Mindanao River Basin Rehabilitation and Development, Executive Order No. 753-B

図 3.4-49 流域概要



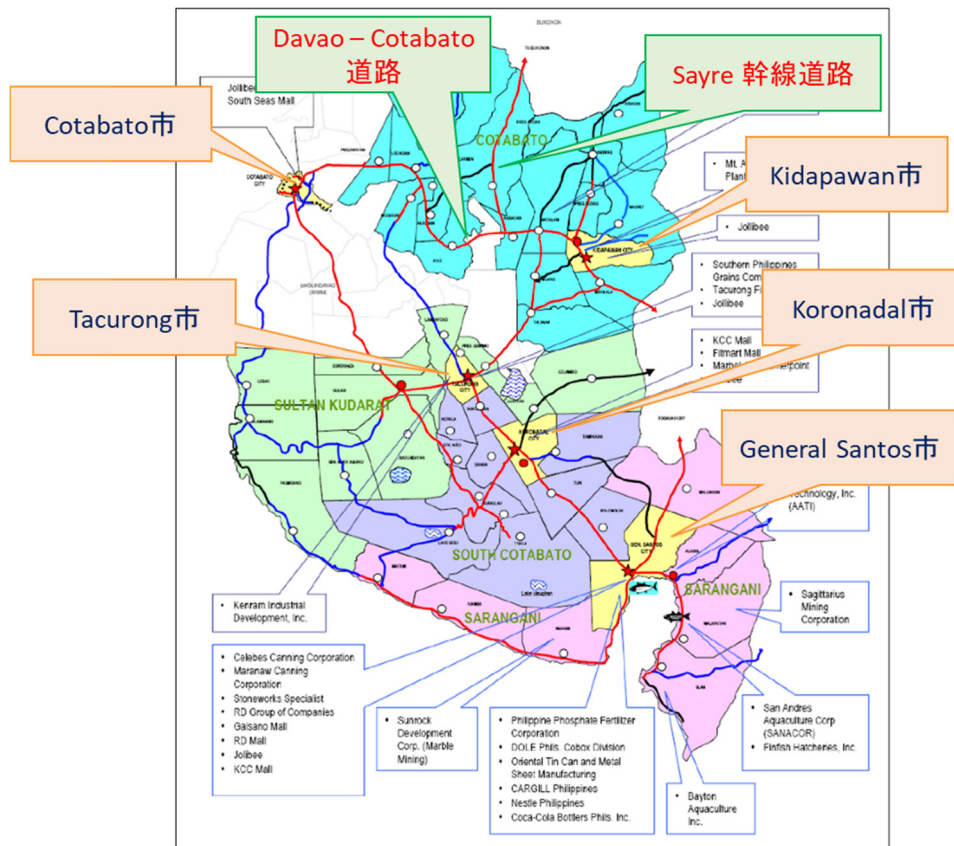
出典：Mindanao River Basin Integrated Management and Development Master Plan (2012)

図 3.4-50 標高コンター図



出典：Mindanao River Basin Integrated Management and Development Master Plan (2012)

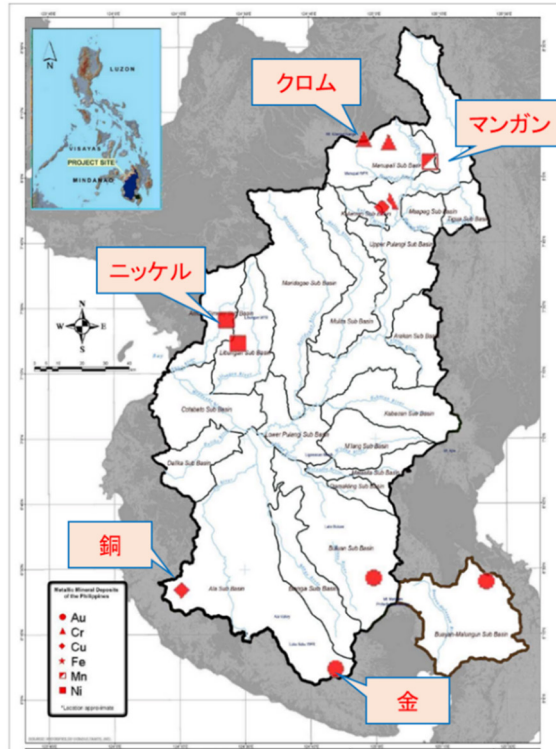
図 3.4-51 土地利用図



Source: Medium-Term Regional Development Plan/Investment Program, 2004-2010, Region XII

出典：Mindanao River Basin Integrated Management and Development Master Plan (2012)

図 3.4-52 開発計画



出典： Mindanao River Basin Integrated Management and Development Master Plan (2012)

図 3.4-53 資源開発の位置図



出典： JICA 調査団作成

図 3.4-54 湿地群

c) 既存 M/P の概要

Mindanao 流域では、全国治水・河川浚渫計画（1982 年：OECF）において治水 M/P が策定されており（100 年確率）、また、Mindanao River Basin Integrated Management and Development Master Plan（2012 年：GOP）において Mindanao 流域の統合管理開発計画の M/P を策定されている。2012 年 DPWH が実施した M/P では、河川整備、護岸、土砂管理などの計画が検討されている。また、2020 年 9 月頃に中国ローンで、Rio Grande Mindanao 川、Ambal-Simuay 川の河川改修事業がデザインビルド方式で開始されはじめたとの情報がある（2021 年 7 月時点）。さらに「マリトボグーマリダガオ灌漑事業（フェーズ 2）準備調査（JICA 2018 年）」で NIA の灌漑事業のため、Marsh 内の堤防工事（灌漑地を洪水から守るため）と浚渫工事が計画されている。M/P の概要を以下に示す。

Study Areas	Selected High Priority Projects
(1) Basin Wide (MRB and BMRB)	PFS of the Development of Early Warning and Flood Forecasting Project
(2) Rio Grande de Mindanao River	FS of Siltation Control and Management Project for Rio Grande de Mindanao River
	PFS of an Integrated Flood Control, River Bank Protection and Rehabilitation Project for Rio Grande de Mindanao River
	PFS of Dendro Thermal Power Project
(3) Ala River (Including Banga River)	FS of Siltation Control and Management Project for Ala River
	PFS of an Integrated Flood Control, River Bank Protection and Rehabilitation Project for Ala River
(4) Buayan-Malungon River	FS of Siltation Control and Management Project for Buayan-Malungon River
	PFS of an Integrated Flood Control, River Bank Protection and Rehabilitation Project for Buayan-Malungon River
(5) Ambal-Simuay River	FS of an Integrated Flood Control, River Bank Protection and Rehabilitation Project for Ambal-Simuay River
(6) Pulangi River	PFS of an Integrated Flood Control, River Bank Protection and Rehabilitation Project for Pulangi River

Source: Mindanao River Basin Integrated Management and Development Master Plan (2012)

*Buayan-Malungon River is outside of the Mindanao River Basin

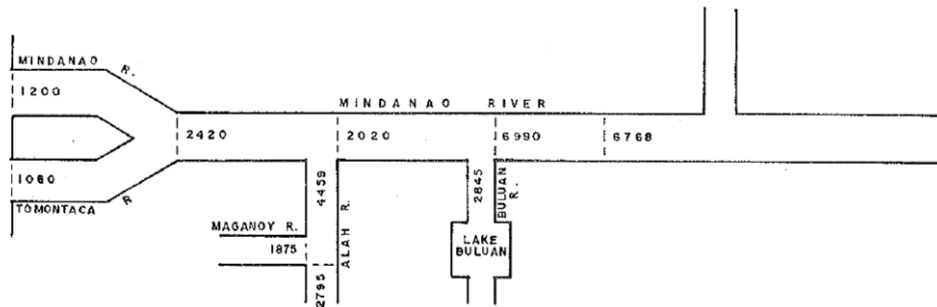
図 3.4-55 Mindanao 流域の統合管理開発計画 M/P（2012 年）で提案されている優先事業

表 3.4-32 Mindanao 流域の計画規模

河川	全国治水・河川浚渫計画（1982 年：OECF）	Mindanao River Basin Integrated Management and Development Master Plan（2012 年：GOP）	Feasibility Study on the Flood Control Plan For Rio Grande De Mindanao River And Ambal-simuay River（2017 年：GOP）	既往最大	現況流下能力（m ³ /s）
Mindanao 川	基本計画：100 年 1st Phase Plan：25 年	具体的な確率年は設定していない	100 年	40 年確率程度（2008 年の Ligawasan 湿地の湛水位）	Rio Grande de Mindanao 川 800~2500m ³ /s 程度（2~100YR 程度） Tamontana 川 500m ³ /s 程度（2YR 程度） Allah 川 170~220m ³ /s 程度（2YR 以下）

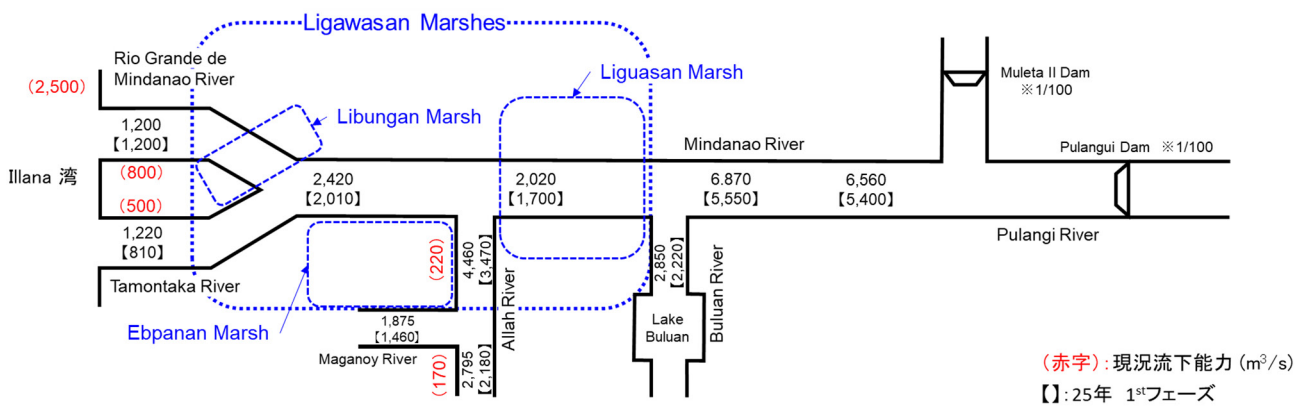
出典：JICA 調査団作成

PRESENT RIVER CONDITION (100-YR. FLOOD)



全国治水・河川浚渫計画(1982年: OECF)

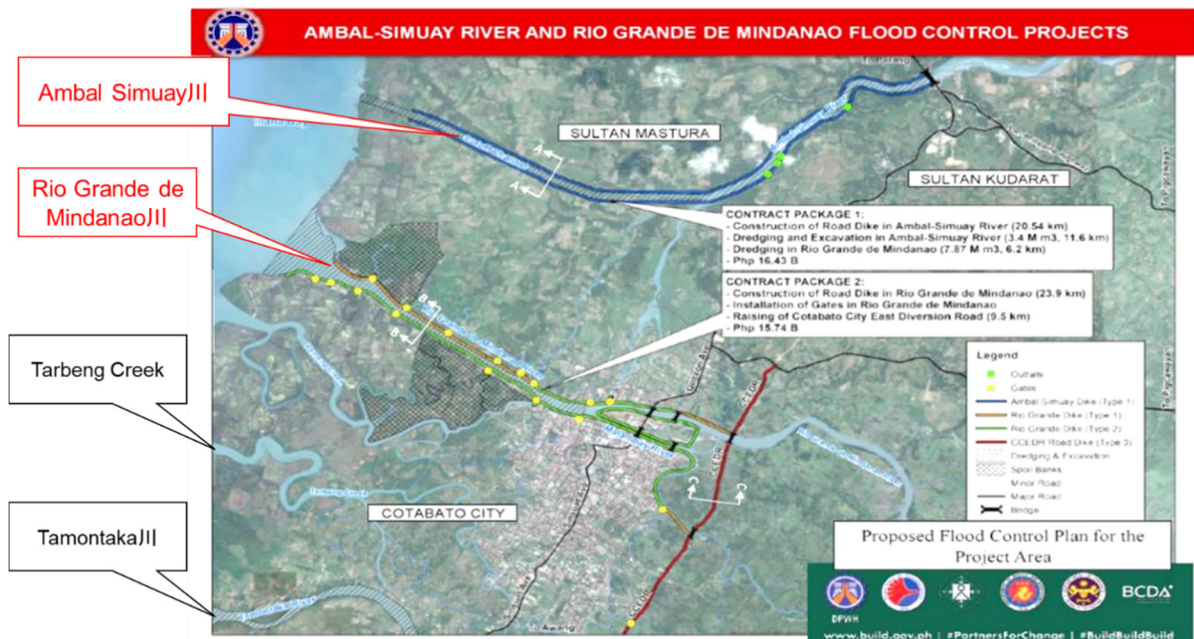
図 3.4-56 現況流下能力



(赤字): 現況流下能力 (m³/s)
 【】: 25年 1stフェーズ

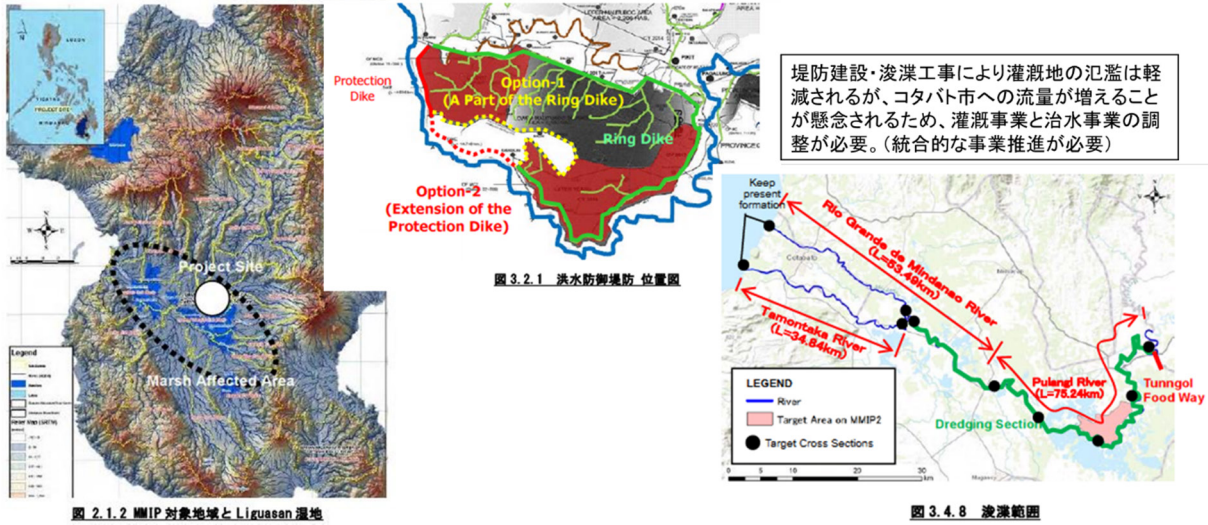
出典: 全国治水・河川浚渫計画(1982年: OECF)

図 3.4-57 既往計画高水流量 (1/100)



出典: Ambal-Simuay River and Rio Grande de Mindanao Flood Control Projects

図 3.4-58 中国ローンによる河川改修工事

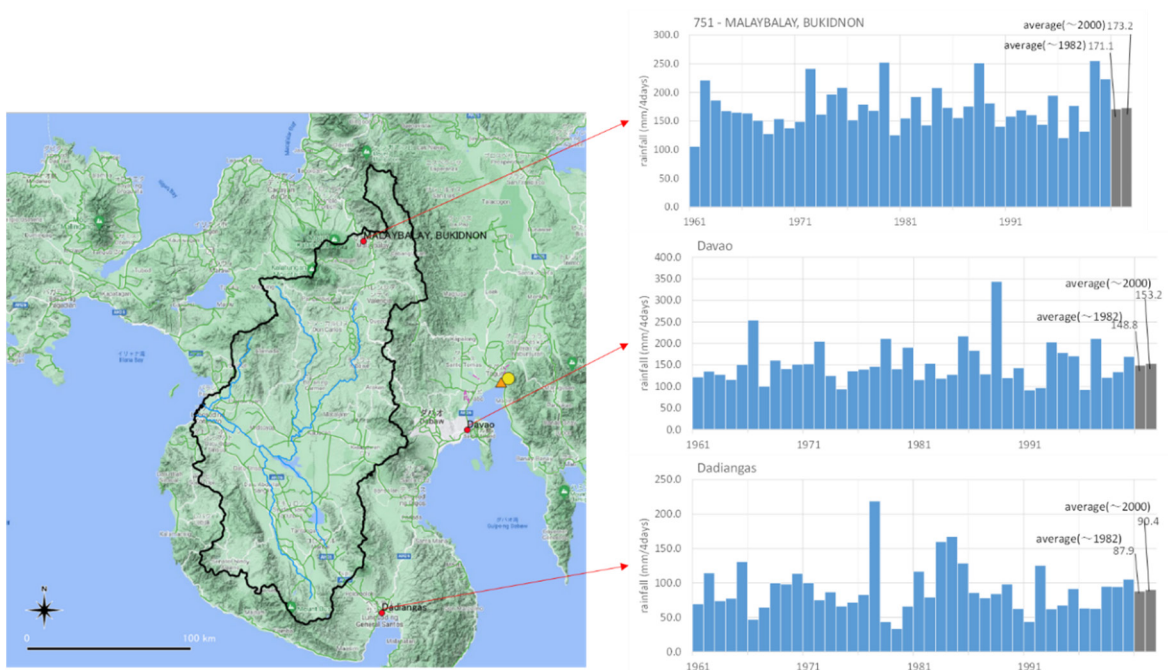


出典：マリトボグーマリダガオ灌漑事業（フェーズ2）準備調査（JICA 2018 年）

図 3.4-59 Marsh 内の工事

d) 降雨特性の比較

本調査では、計画高水流量配分は既往調査の 1982 年当時のものをベースとする。その妥当性を確認するため、1982 年までの降雨量と雨量データが入手可能である 2000 年までの降雨の比較を行った。具体的には、平均年最大 4 日雨量について、既往調査時（全国治水・河川浚渫計画、1982 年、OECF）とそれ以降の平均を比較した。その結果、観測開始時期～1982 年（既往 M/P 策定時）と、観測開始時期～直近までの収集可能な観測データでは、年最大 4 日雨量の平均値に大きな差はないことが確認された。



出典：JICA 調査団作成

図 3.4-60 降雨特性の比較

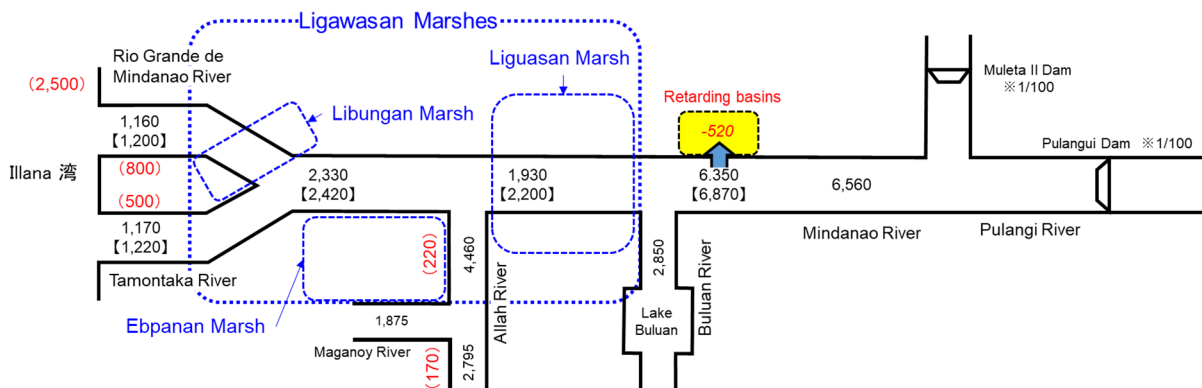
2) 治水計画の基本コンセプト

a) 計画規模

河川施設の計画規模に関する基準 (DPWH) は前述の図 3.4-11 の通りであり、流域面積 40km² 以上の主要河川では 100 年確率、それ以下の河川では 50 年確率を施設規模の目安にすることが定められている。この基準とこれまでの既往計画を考慮し、計画規模を 1/100 とする。

b) 流量配分

図 3.4-61 に本調査で見直した計画流量配分案を示す。基本的には現行の計画を尊重し、湿地の遊水機能を最大限に活かす計画とする。なお、湿地上流の市街地に対しては、上流に遊水池を設置することで洪水流量の低減を図るものとした。図中の流量は本調査における概略検討結果であるため、将来は詳細な検討を行ったうえで流量配分を見直す必要がある。



出典：JICA 調査団作成

図 3.4-61 計画高水流量配分図

3) 治水事業のメニュー

a) 洪水対策に関する留意事項

- 「マリトボグーマリダガオ灌漑事業」にて堤防建設・浚渫工事が、計画されているが、Cotabato 市への流量が増えることが懸念されるため、灌漑事業と治水事業の調整が必要である。
- Allah 川については、ADB 支援で M/P、F/S、D/D が行われる予定である。
- フィリピン本国 (Presidential Task Force on Mindanao River Basin Rehabilitation and Development) で計画した「Mindanao River Basin Integrated Management and Development Master Plan (2012 年)」では Tamontaka 川の河川改修事業は優先事業として挙がっていない。
- 現在実施中の JICA 調査「コタバト都市圏総合開発情報収集・確認調査」内では、Cotabato 市の洪水対策事業案として、「Tamontaka 川の河川改修」と「Cotabato 市の排水改善」が提案されている。

- 湿地群の保全は Cotabato 市の浸水対策に有効である。ただし、湿地群より上流の市街地については湿地の遊水効果が効かないため、別途対策が必要である。
- Pulangi 川上流の Pulangui ダム、同河川右支川の Muleta ダム II の計画があるが、湿地帯まで距離があり（100km 程度）、既存の検討ではダムによる洪水調節量は $200\text{m}^3/\text{s}$ 程度であるため、ダムによる洪水調節は限定的である。

b) 治水事業

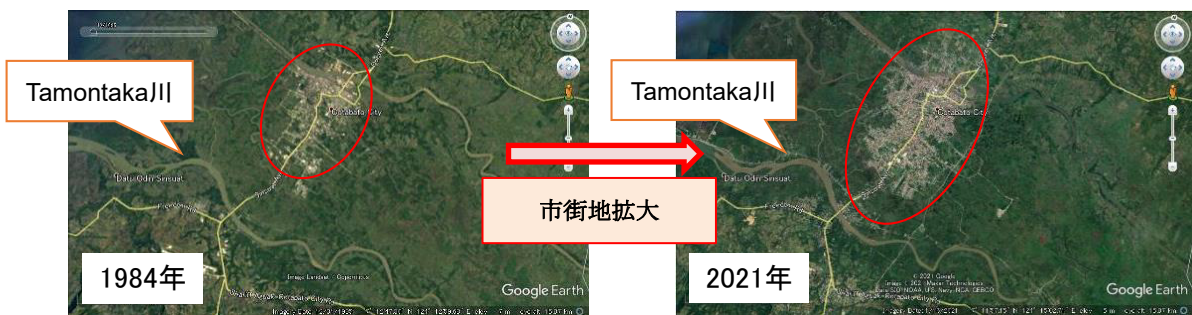
Mindanao 流域における洪水対策事業案を以下に示す。

- 例年の洪水被害の低減、および 100 年確率洪水に対応するために、Tamontaka 川の河川改修工事は重要である。また、低平地に位置する Cotabato 市では内水氾濫も問題となっており、市内排水改善事業の優先度も高い（Cotabato 市の市街地拡大が Tamontaka 川沿いに到達する前の着手が必要）。
- 市街地上流に遊水地群（Plan1、Plan2：図 3.4-64 参照）を設置し、市街地上流で洪水調節を行う必要がある。



出典：JICA 調査団作成

図 3.4-62 治水事業メニュー（Mindanao 流域）



出典：JICA 調査団作成

図 3.4-63 Cotabato 市近郊における治水対策と市街地拡大の様子

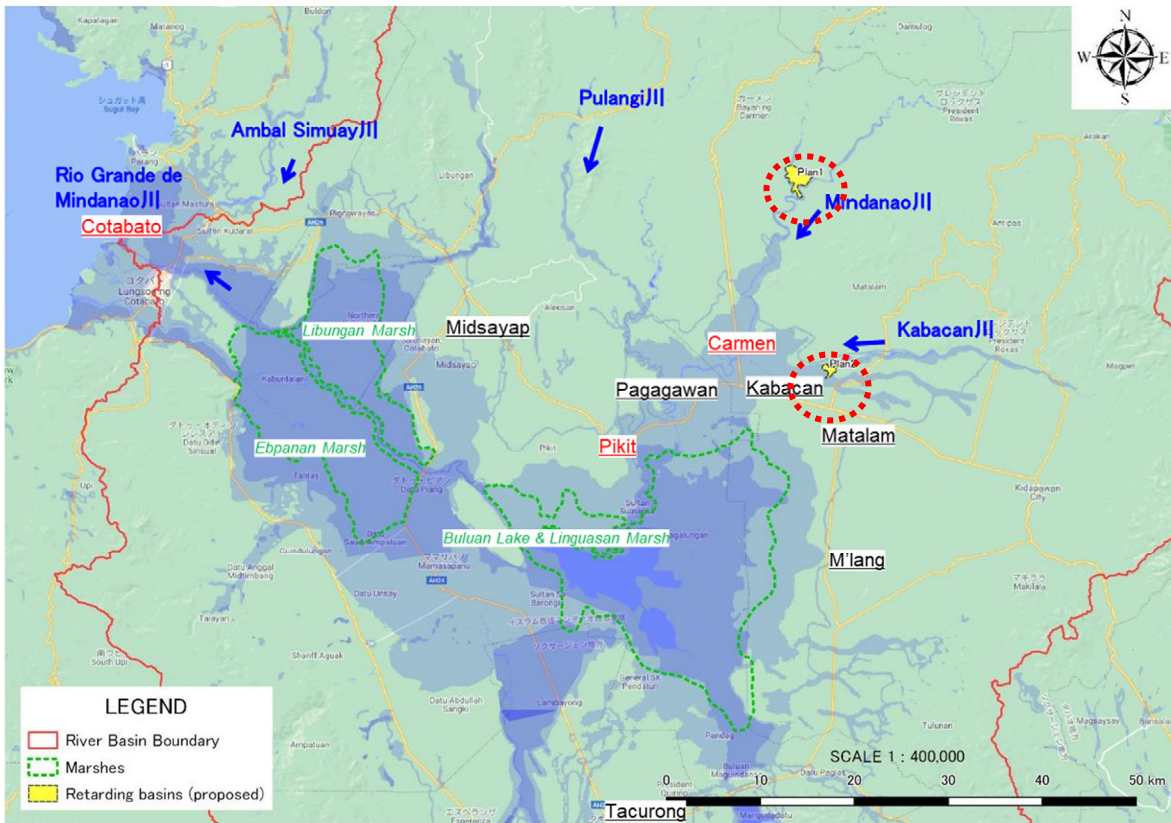
既往の調査では、Mindanao 流域内の治水防御エリアとしては Cotabato 市を対象としている。表 3.4-33 の通り流域の大部分を占める Region XII 内の人口が多い上位 10 都市をみると、Cotabato 市が第 1 位である。その他の流域内主要都市をみると、Pikit と Carmen 以外は、図 3.4-64 に示す通り、MGB 氾濫域の外側に位置する。本調査では Liguasan 湿地群の上流側の洪水防御エリアは、Pikit と Carmen を対象とした遊水地群設置の提案を行った。

表 3.4-33 Mindanao 流域 (Region XII) の人口 上位 10 都市

Top Ten Most Populous Cities/Municipalities: Region XII - SOCCSKSARGEN, 2015			
Rank	City/Municipality	Province	Population
1	Cotabato City	Maguindanao	299,438
2	City of Koronadal	South Cotabato	174,942
3	Pikit	Cotabato (North Cotabato)	154,441
4	Polomolok	South Cotabato	152,589
5	Midsayap	Cotabato (North Cotabato)	151,684
6	City of Kidapawan	Cotabato (North Cotabato)	140,195
7	Glan	Sarangani	118,263
8	Malungon	Sarangani	103,604
9	City of Tacurong	Sultan Kudarat	98,316
10	Carmen	Cotabato (North Cotabato)	95,921

※赤字の市町： MGB 氾濫域内

出典：JICA 調査団作成



出典：JICA 調査団作成

図 3.4-64 提案遊水地位置図

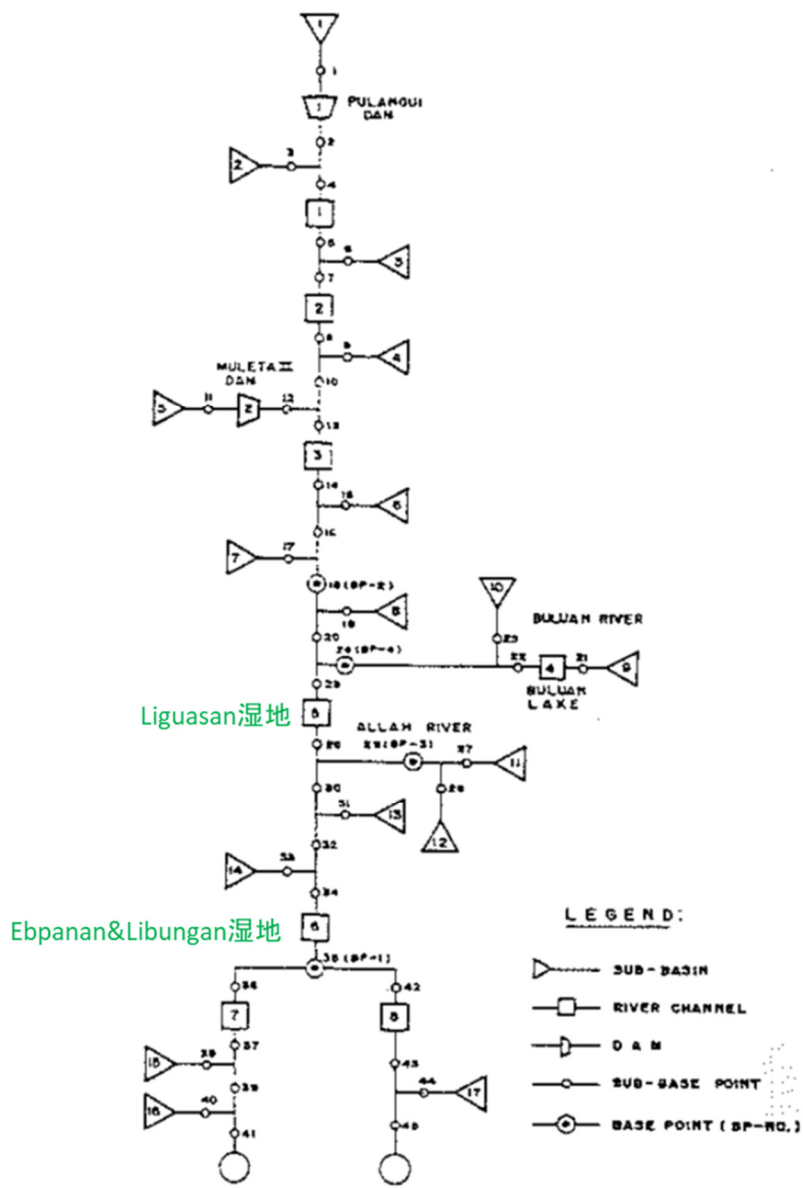
c) 基本高水/計画高水の見直しの必要性

1982 年当時の洪水対策のコンセプトは、Libungan 湿地と Linguasan 湿地の現状維持が条件となっている。F/S 調査（2017 年：GOP）においても、その計画が踏襲されているが、計画を踏襲する場合は湿地保全が担保される必要がある。1982 年当時の流出解析では流出計算は単位図法が採用されており、湿地の効果は河道モデル（恐らく貯留関数）で表現されている。また、降雨継続時間は 4 日間、中央集中型の降雨波形が採用されている。

したがって、適切な治水計画の立案および治水事業提案のためには、湿地の貯水効果の検証、実績降雨波形の見直し、解析手法の更新が必要である。さらに、これらの見直し・更新を行ったうえで、基本高水・計画高水の見直し、新規遊水池群の検討を行う必要がある。



図 3.4-65 土地利用の変遷



出典：全国治水・河川浚渫計画（1982年：OECF）

図 3.4-66 流出計算モデル図

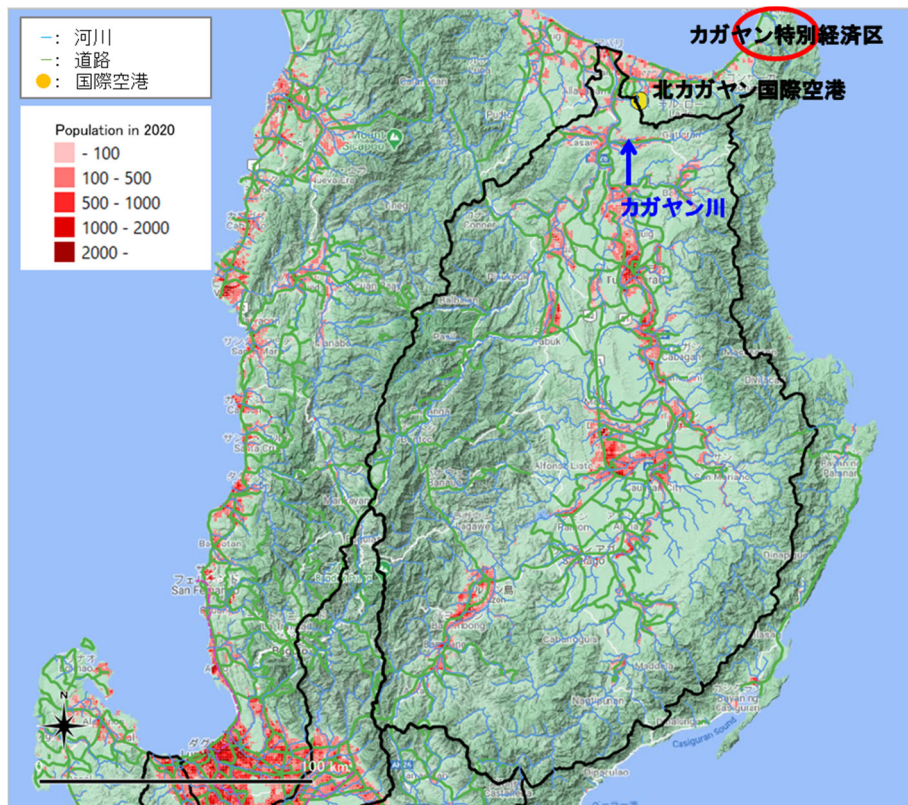
(7) Cagayan 流域

1) 流域の概要および課題

a) 氾濫域内 GRP

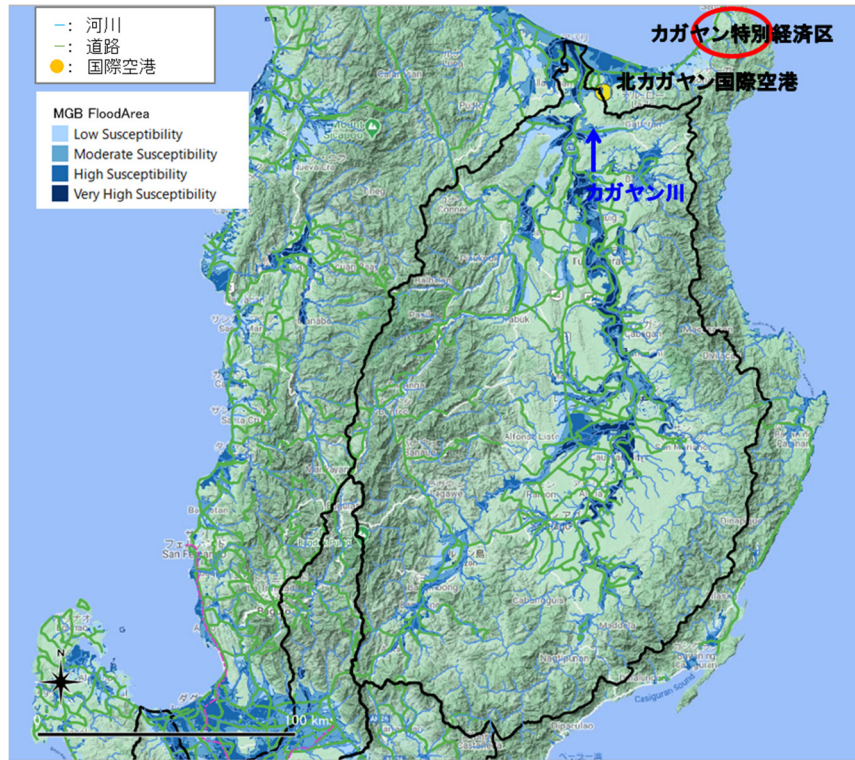
Cagayan 流域は、米の生産量が全国の 13%、トウモロコシの生産量が全国の 16%と、フィリピンで有数の穀倉地帯である。

流域中心部の低地に人口・氾濫域ともに集中しており、2020 年の Typhoon Ulysses により甚大な被害を受け、DPWH としても、特に優先度の高い流域として認識されている。図 3.4-69 が示す通り、過去の大規模洪水においても河道沿いの住宅、道路等のインフラ、農地が甚大な被害に見舞われている。また流域外ではあるが、カガヤン特別経済区や北カガヤン国際空港へのアクセス等にも浸水被害の影響を及ぼす可能性がある。



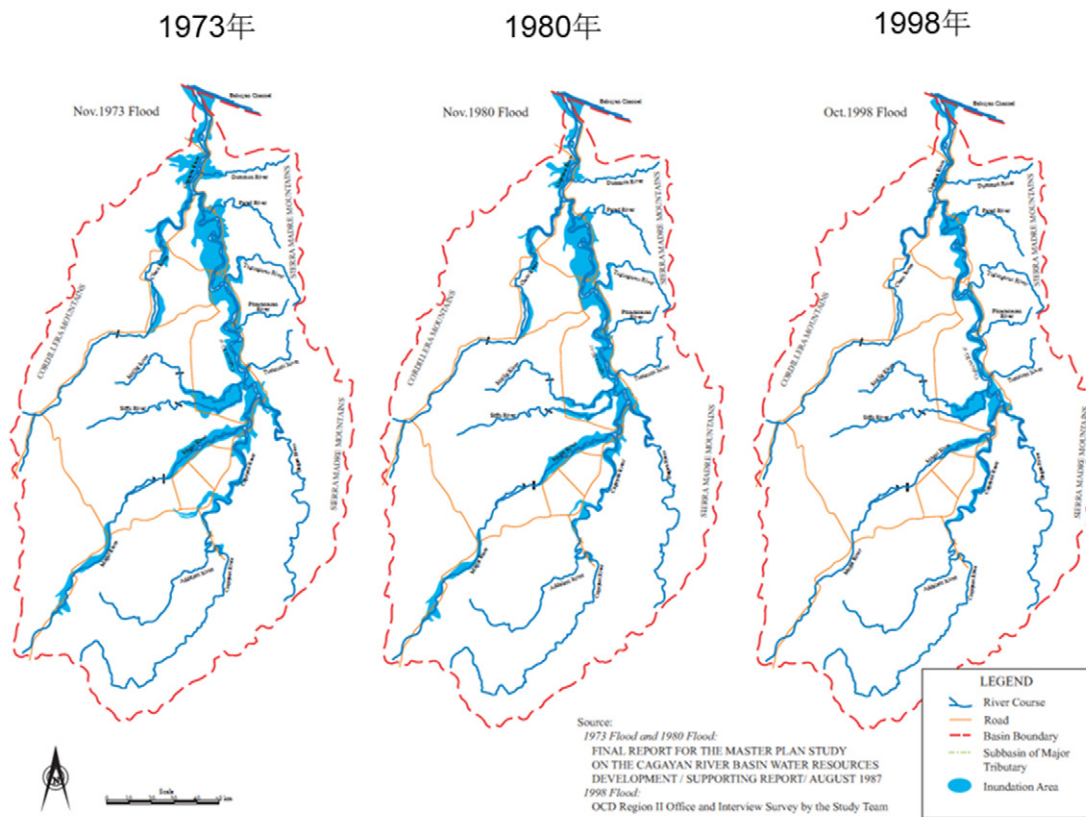
出典：JICA 調査団作成

図 3.4-67 Cagayan における GRP 分布



出典：JICA 調査団作成

図 3.4-68 Cagayan における氾濫区域図



出典：カガヤン川下流域洪水対策計画調査、2002年、JICA

図 3.4-69 既往洪水氾濫エリア

b) 流域概要

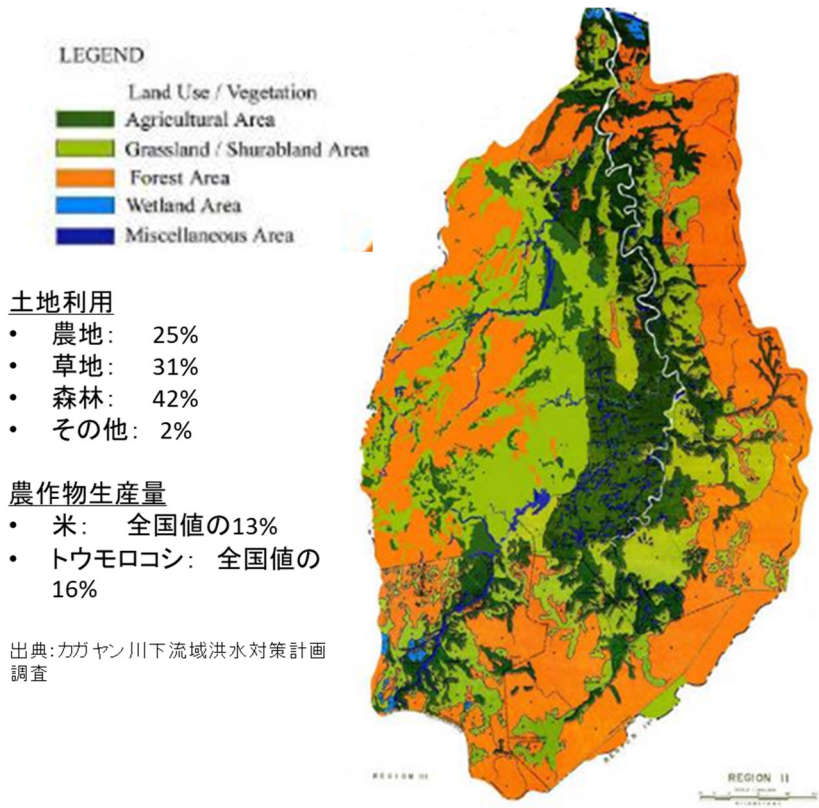
Cagayan 流域は、図 3.4-71 が示す通り、農地（25%）、草地（31%）、森林（42%）が大部分を占めており、Region-II の産業を支える農地は、河道沿いの氾濫域に圃場整備が進められている。また近年では、Growth Center の開発および流域を南北につなぎ Cagayan 特別経済区へ接続するインフラ整備が計画されている。

Cagayan 流域が位置する Region-II の貧困率は、近年着実に減少しており、「カガヤン川下流域洪水対策計画調査（2002 年）」における Region-2 の貧困率 40%に対して、2015 年の貧困率は 15.8%に減少している。



出典：JICA 調査団作成

図 3.4-70 流域概要



Source: "Philippine Land and Soils Management Atlas for Cagayan Valley, Region II, 1995" BSWM and "Land Use/Vegetation Map, CAR", BSWM, CAR

図 3.4-71 土地利用図

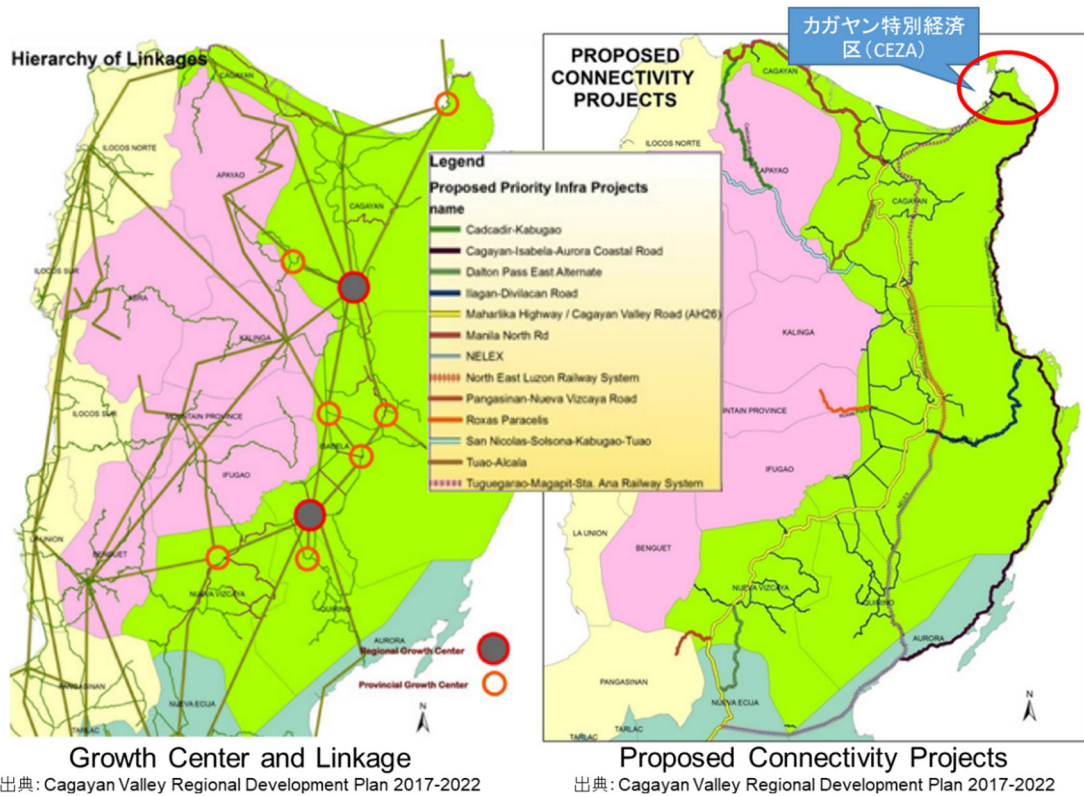


図 3.4-72 開発計画

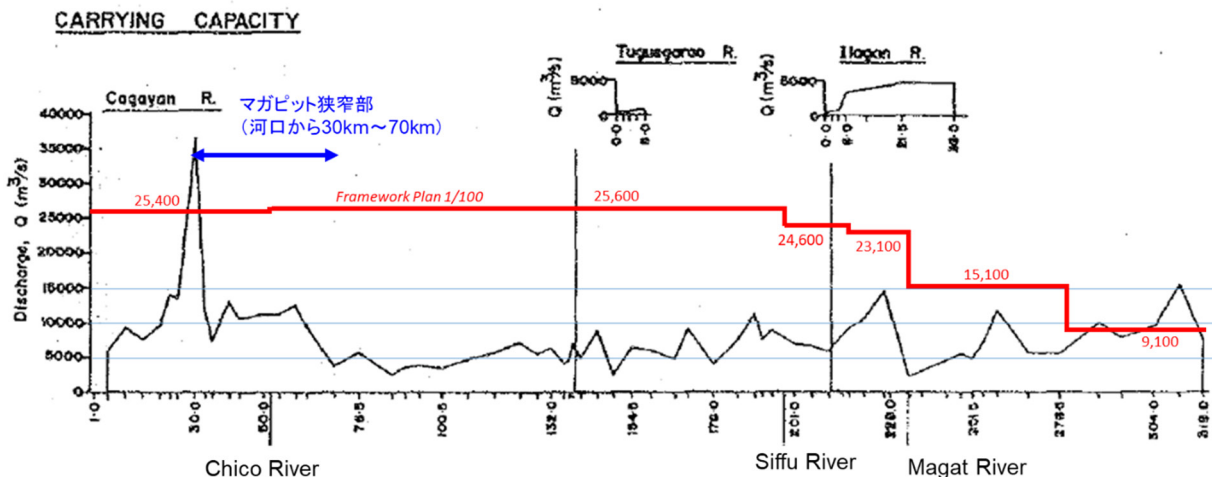
表 3.4-34 貧困率の推移

Area	2009	2012	2015
Batanes	14.4	33.3	0.0
Cagayan	27.8	19.7	15.9
Isabela	28.9	24.4	15.2
Nueva Vizcaya	13.3	20.7	13.6
Quirino	15.6	21.2	26.5
Region-2	25.5	22.1	15.8

出典：Cagayan Valley Regional Development Plan 2017-2022

c) 既存 M/P の概要

Cagayan 流域において、全国治水・河川浚渫計画（1982 年：OEFC）で全国の主要流域の一つとして治水 M/P が策定された後、カガヤン河流域水資源開発基本計画調査（1987 年：JICA）（25 年確率（Framework Plan は 100 年確率））と、カガヤン川下流域洪水対策計画調査（2002 年：JICA）で M/P が更新されている。また 2021 年 1 月に DPWH から Cagayan 流域における JICA 技術協力の要請が発出されている。M/P の概要を次頁から示す。



出典：カガヤン川下流域洪水対策計画調査、1987 年、JICA

図 3.4-73 現況流下能力図

表 3.4-35 Cagayan 流域の計画規模

河川	全国治水・河川浚渫計画 (1982 年：OEFC)	カガヤン河流域水資源開発基本計画調査 (1987 年：JICA)	カガヤン川下流域洪水対策計画調査 (2002 年：JICA)	既往最大	現況流下能力 (m³/s)
Cagayan 川	100 年 (基本計画) 25 年 (1st Phase Plan)	100 年 (基本計画) 25 年 (長期計画 (M/P))	100 年 (基本計画) 25 年 (長期計画 (M/P))	25 年確率相当 (1973 年)	図 3.4-73 参照

出典：JICA 調査団作成

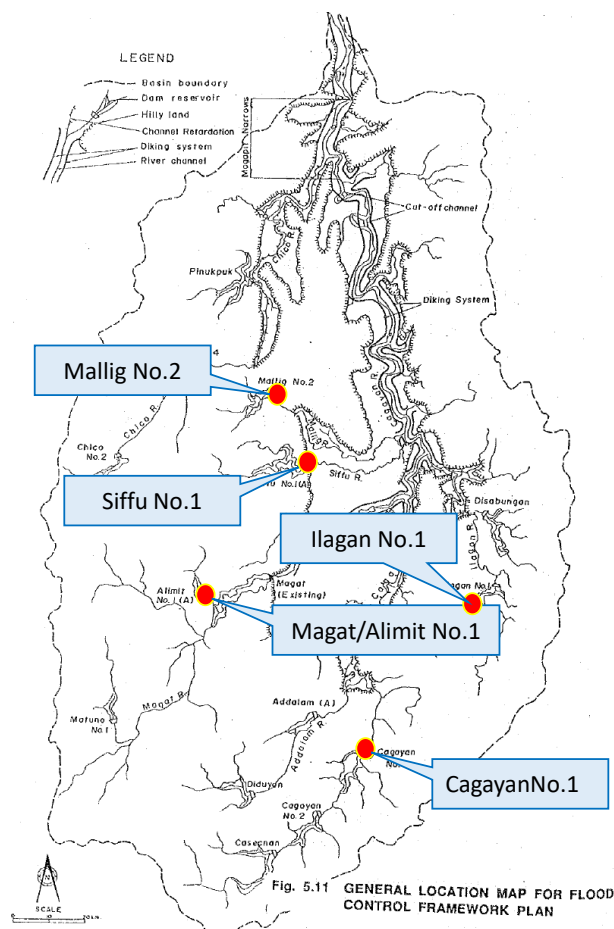
■ 基本計画： 100年確率対応

基本計画（フレームワークプラン）は氾濫域の下流において、築堤、捷水路、ダム・移転地など複数の計画が策定されており、2002年のJICA調査でも提案内容について変更はなされていない。

表 3.4-36 整備内容（基本計画、1/100）

構造物	内容	数量
治水ダム	Cagayan No.1 Magat/Alimit No.1 Ilagan No.1 Siffu No.1 Mallig No.2	ダム高：45m、貯水容量：318百万 m ³ ダム高：84m、貯水容量：200百万 m ³ ダム高：69m、貯水容量：382百万 m ³ ダム高：44m、貯水容量：96百万 m ³ ダム高：43m、貯水容量：93百万 m ³
築堤	盛土： L=482km、全川築堤	116百万 m ³
捷水路	L=34.5km	掘削：70.6百万 m ³
護岸	Revetment Works： L=45.1km Bank Protection Works	1,227千 m ² 112.3km
樋門・樋管	-	720基
狭窄部掘削	-	43.2百万 m ³
橋梁	新設： 3基	Buntun、Gamau、Naguilian
移転地	河川工事： ダム工事：	39百万 m ² 114百万 m ²

出典：カガヤン河流域水資源開発基本計画調査（1987年：JICA）



出典：カガヤン河流域水資源開発基本計画調査（1987年：JICA）

図 3.4-74 整備内容（基本計画、1/100）

■M/P プロジェクト計画： 25 年確率対応

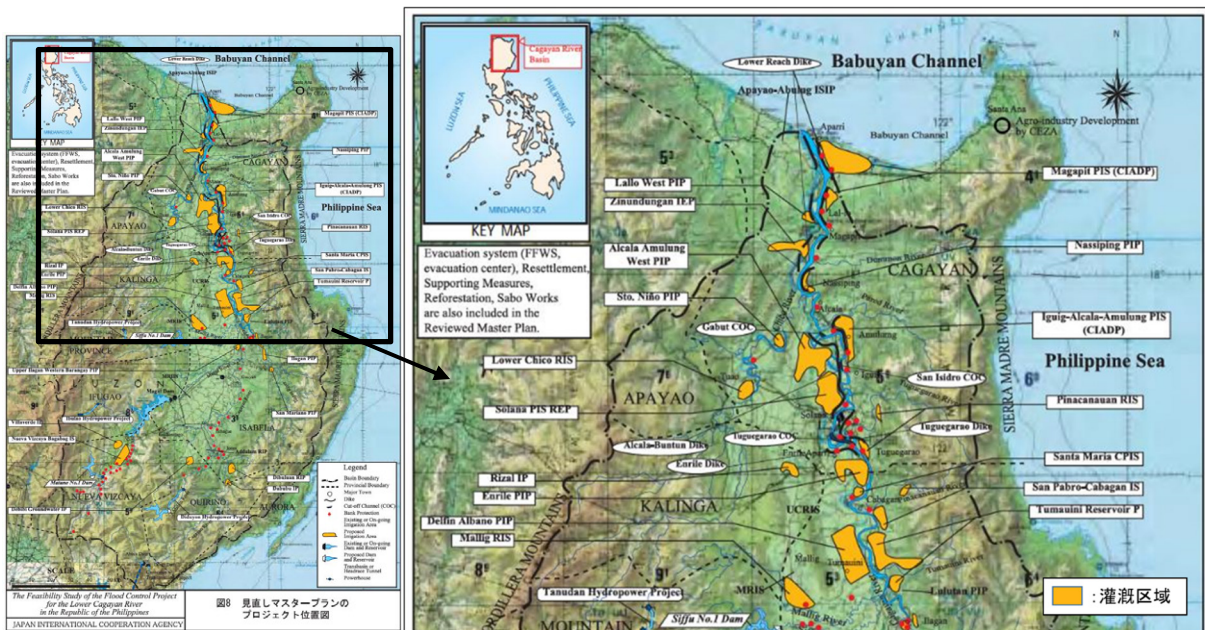
M/P のプロジェクトは氾濫域の下流において、築堤、捷水路、予警報システム・移住・砂防・植林など複数の計画が策定されている。背後に灌漑区域のある区間において堤防を整備する。Tuguegarao 市街地においても堤防整備が提案されており、現行の M/P では市街地に加え、農地の防衛にも重点をおいている。

また、1987 年に提案されたマガピット狭窄部開削案は、2002 年 JICA 調査で新たに測量した河川横断面図と地形図に基づいて詳細に検討した結果、開削案は経済効率が低いと判断され、これを見直し、長期計画 (M/P) から削除された。

表 3.4-37 整備内容 (M/P、1/25)

構造物	内容	数量
多目的ダム	Siffu No.1 ダム： アースフィルダム	ダム高：58m 有効貯水容量（治水用）：115 百万 m ³
築堤	本川河口～Nassiping 間 Alcala～Tuguegarao 間	延長：82.7km、盛土：9.3 百万 m ³ 延長：57.5km、盛土：8.5 百万 m ³
捷水路	Gabut COC San Isidro COC Tuguegarao COC	延長：0.9km、掘削：4.0 百万 m ³ 延長：2.1km、掘削：7.4 百万 m ³ 延長：6.7km、掘削：17.5 百万 m ³
護岸	Cagayan 本川河口～Cabagan Cagayan 本川 Tumauni 上流、支川	21 地点、護岸面積：514 千 m ² 52 地点、護岸面積：931 千 m ²
再植林		面積：3,188km ²
砂防ダム	Magat 上流域	26 基
洪水予警報		242 箇所
避難所		152 箇所
移転地		PAFs：2,776、土地収用 7,468ha

出典：カガヤン川下流域洪水対策計画調査、2002 年、JICA



出典：カガヤン川下流域洪水対策計画調査、2002 年、JICA

図 3.4-75 整備内容 (M/P、1/25)

■ F/S プロジェクト計画： 25 年確率対応

F/S における整備内容を以下に示す。

表 3.4-38 整備内容 (F/S、1/25)

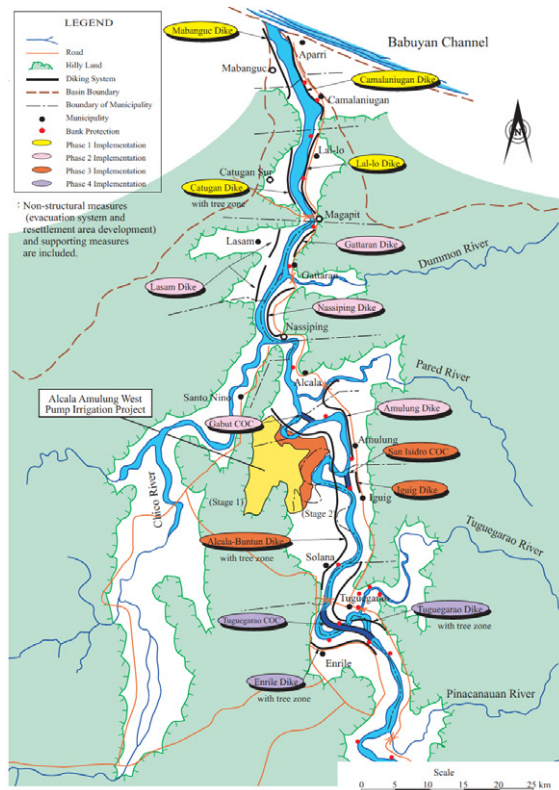
構造物	内容	数量		
築堤	河口～Nassiping 間 (左岸) Mabanguc 堤防、Catugan 堤防、Lasam 堤防	延長：10.9km、7.4km、7.0km 延長：13.1km、12.9km、6.1km、9.7km 延長：33.5km、12.2km 延長：21.3km、12.6km、3.2km		
	河口～Nassiping 間 (右岸) Camalaniugan 堤防、Lal-lo 堤防、Gattaran 堤防、 Nassiping 堤防			
	Alcala～Tuguegarao 間 (左岸) Alcala-Buntun 堤防、Enrile 堤防			
	Alcala～Tuguegarao 間 (右岸) Tuguegarao 堤防、Amulung 堤防、Iguig 堤防			
	捷水路		Gabut COC、San Isidro、Tuguegarao	延長：0.7km、1.6km、5.8km
	護岸		Cagayan 本川河口～下流域	21 地点
	洪水予警報		既存洪水予警報システム改善	-
避難所	既存避難所の改善・強化	-		
移転地	-	6 サイト、総面積：58.7ha		

出典：カガヤン川下流域洪水対策計画調査、2002 年、JICA

表 3.4-39 整備実施計画 (F/S、1/25)

段階	実施時期 (全体)	工事実施 時期	工事範囲・区間
1	2002- 2007	2003- 2007	緊急護岸工、植樹帯 工、河口～Magapit 間 の築堤及び Alcala- Amulung 地区 1 期灌 漑開発 4,090 ha
2	2004- 2011	2008- 2011	Magapit-Amulung 間 の築堤、Gabut 捷水路 建設
3	2007- 2015	2011- 2015	Amulung-Tuguegarao 間の築堤、San Isidro 捷水路建設、及び Alcala-Amulung 地区 2 期灌漑開発 2,970 ha
4	2011- 2020	2015- 2020	Tuguegarao-Gabagan 間の築堤、 Tuguegarao 捷水路建 設

出典：カガヤン川下流域洪水対策計画調査、2002 年、JICA



出典：カガヤン川下流域洪水対策計画調査、2002 年、JICA

図 3.4-76 整備内容 (F/S、1/25)

■ 既往治水事業の概要

Cagayan 流域における既往治水事業の概要は以下の通り。

- 円借款（FRIMP-CTI）にて、3 地域（Alibago、Cataggaman、Enrile）の河岸侵食対策を実施済。
- 自国資金で、河岸侵食対策を部分的に実施済／実施中。
- BBB (Build Back Better) タスクフォース資料によると、捷水路 (3 箇所)、築堤 (150.3km)、治水ダム (5 箇所) の F/S、D/D を実施後、建設を行うことが、Flood Management Program として計画されている。
- また BBB タスクフォースでは浚渫や護岸工事も行われており、その活動内容を表 3.4-40 に示す。



出典：「カガヤン川下流域洪水対策計画調査、2002 年、JICA」をベースに調査チームが作成

図 3.4-77 Cagayan 流域の整備状況

■ Build Back Better (BBB) Task Force

Executive Order No.120-2020 により、BBB タスクフォースが設立された(2020年11月18日)。タスクフォースの Chairperson は DENR、Co-Chairperson は DPWH であり、2020年11月20日の第1回会議から、2021年10月14日の第24回会議まで実施(2022年1月時点)され、会議では各活動の報告がなされている。

河川事業に係る活動は、River Dredging (主に砂州や湾曲部内側の浚渫)、Bank Protection (じゃかご、コンクリート張)、Bamboo Plantation が実施されている。

表 3.4-40 BBB タスクフォース 活動内容

Type of Project	Location	Project Cost (Million PHP)	Target Date of Completion	Output
River Dredging	Bangag, Lal-lo	6.2	July-21 (Completed)	V=344,000 cu.m
River Dredging	Dummun, Gattaran	20.1	December-21	V=970,000 cu.m
Bank Protection and River Dredging	Buntun, Tuguegarao City	902.2	January 2022	L=445 m, V=562,000 cu.m
Bank Protection	Gattaran, Cagayan	1,001.1	May 2023	L=1,500 m
Bank Protection	Gattaran, Cagayan	1,096.3	April 2023	L=1,505 m
Bank Protection	Iguig and Lasam, Cagayan	945.5	April 2022	L=1,100 m(Iguig) L=1,341 m(Lasam)
Bank Protection	Piat and Tuao, Cagayan	415.9	September 2021	L=2,500 m
Bank Protection	Caggay, Tuguegarao City, Cagayan	868.9	April 2023	L=2,800 m

出典：BBB タスクフォース資料を元に JICA 調査団作成



Out of the 132,218 planting stocks, about 1,979 were planted in the 9.7 hectares as of October 13. The remaining 575.3 hectares will be planted before the end of November.

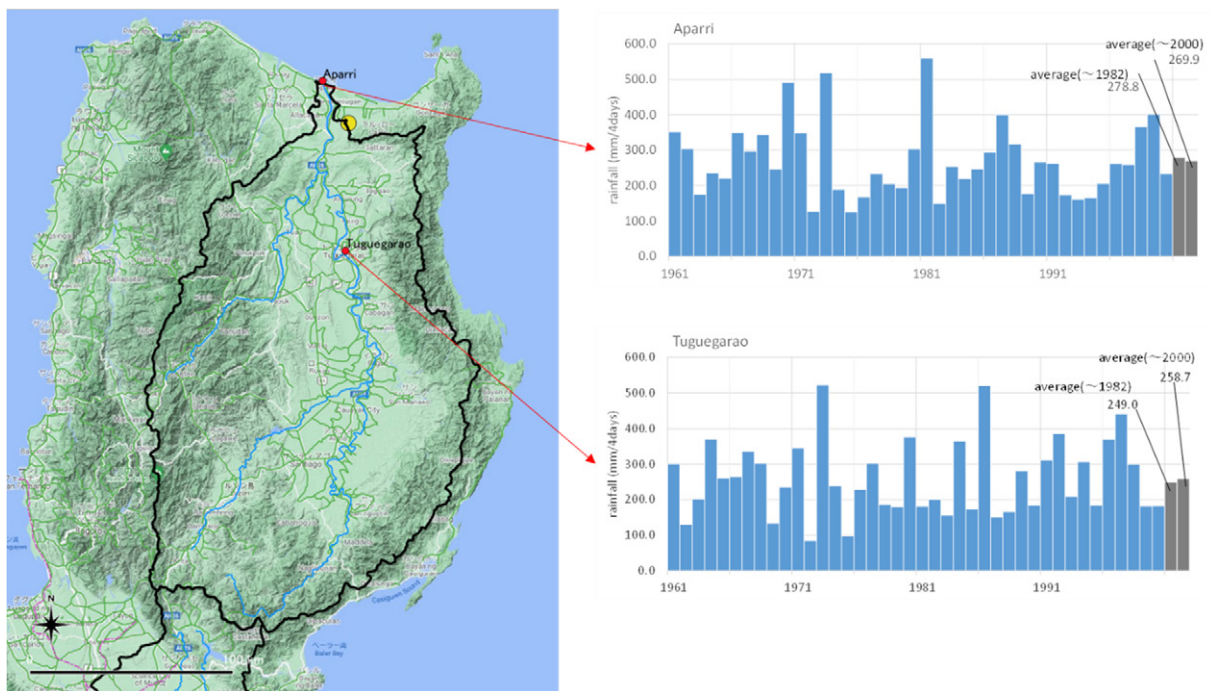
出典：BBB タスクフォース (第24回会議資料)

図 3.4-78 BBB タスクフォース Bamboo Plantation

d) 降雨特性の比較

本調査では降雨解析や水文解析といった検討は行わず、計画高水流量配分は既往調査の 1982 年当時のものをベースとする。その妥当性を確認するため、1982 年迄と雨量データが入手可能である 2000 年迄の降雨特性の比較を行った。具体的には、年最大 4 日雨量について、既往調査時（全国治水・河川浚渫計画、1982 年、OECE）とそれ以降の平均を比較した。

その結果、観測開始時期～1982 年（既往 M/P 策定時）と観測開始時期～2000 年までの収集可能な観測データでは、年最大 4 日雨量の平均値で大きな差はない。



出典：JICA 調査団作成

図 3.4-79 降雨特性の比較

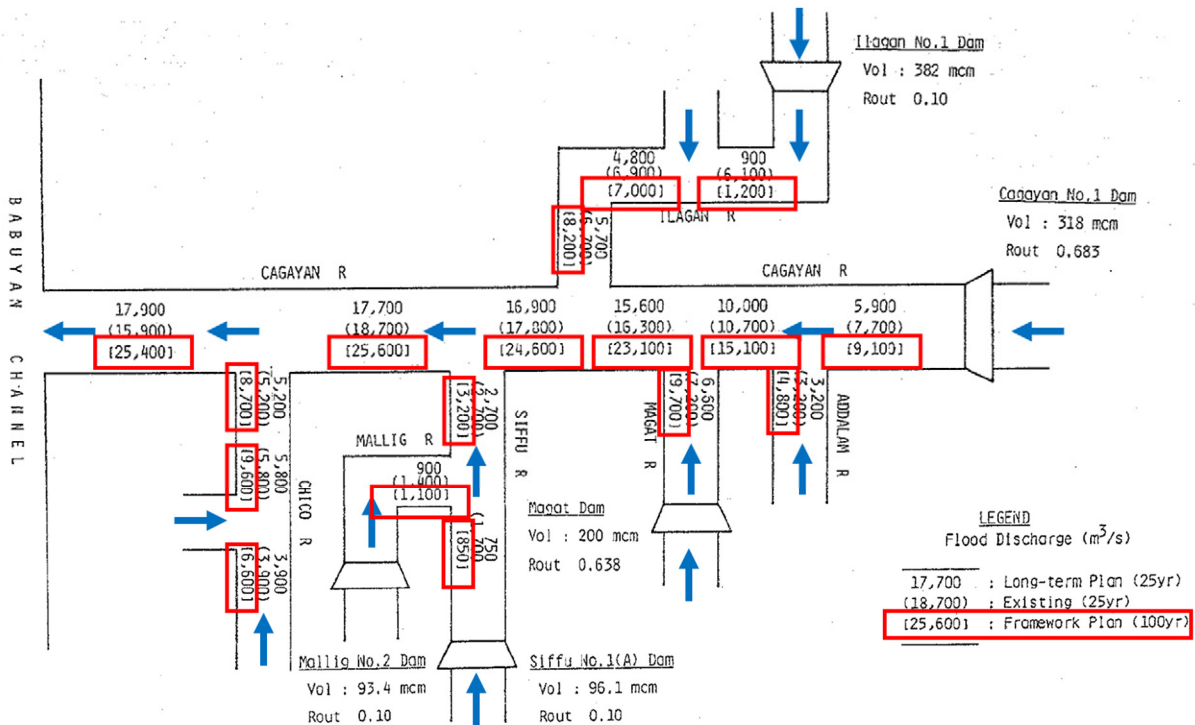
2) 治水計画の基本コンセプト

a) 計画規模

河川施設の計画規模に関する基準（DPWH）を図 3.4-11 に示す。流域面積 40km²以上の主要河川では 100 年確率、それ以下の河川では 50 年確率を施設規模の目安にすることが定められている。この基準とこれまでの既往計画を考慮し、計画規模を 1/100 とする。

b) 流量配分

以下のとおり、流量配分を検討した。



出典：カガヤン川下流域洪水対策計画調査、1987年、JICA

図 3.4-80 計画高水流量配分図 (1/100)

3) 治水事業のメニュー

a) 洪水対策に関する留意事項

- 計画高水流量は現状を維持する。
- 遊水地等の配置は困難と判断（現況で常に浸水しているため）。
- 本流域は灌漑プロジェクトとセットで計画が策定されており、灌漑プロジェクト区域の安全度の確保については、範囲や計画規模等を含め、今後詳細な検討が必要である。
- Magat ダム再生に関して現在動いている、JASTIP での京都大学の検討²⁵、及び水分野の海外展開協議会の案件で動いている水資源機構の検討²⁶についても留意・連携が必要である。
- FMC (Flood Management Committee) を設立し、流域内の LGU が連携し、事業促進を図る。
- 事業進捗には時間が掛かるため、その間、非構造物対策の実施が重要となる。

²⁵ <http://ecohyd.dpri.kyoto-u.ac.jp/>、https://www.facebook.com/watch/live/?ref=watch_permalink&v=174152801355903

²⁶ ベトナム国、フィリピン国、インドネシア国におけるダム再生情報収集調査（独立行政法人水資源機構、2021年）

b) 治水事業

Cagayan 流域における洪水対策事業案を以下に示す。

- 環境に配慮し、低水路掘削を実施する。これによる流下能力の向上により築堤高を抑え（氾濫ポテンシャルの低下）、併せて農地の冠水頻度を減らす。なお、低水路を開削した場合、洪水流速が低下し、掘削した箇所が堆積する可能性があるため、掘削後の河道の安定性について検討する必要がある。簡易な安定性の評価方法として掘削前後の摩擦速度 u^* を比較する方法や無次元掃流力 τ^*_R と代表粒径 d_R を用いた検討方法がある*。

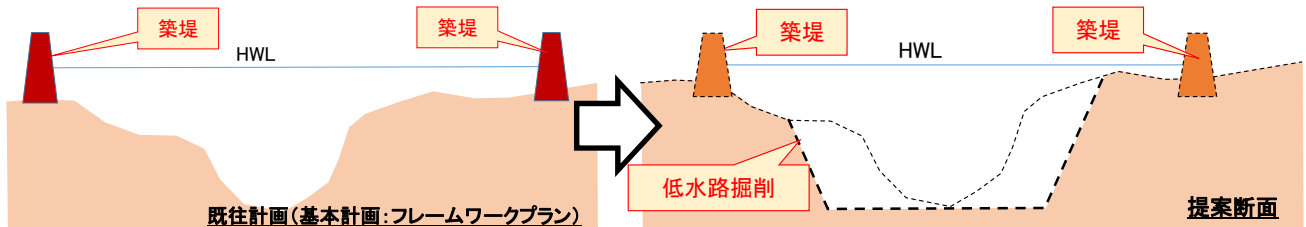
*本調査では低水路内の河床材料調査結果が収集できなかったため河道安定性の検討は実施していない。

- 希少種魚類（Ludong）に配慮して、掘削・護岸工等の河川工事、ダム建設を行う。なお、希少種魚類（Ludong）については、「カガヤン川下流域洪水対策計画調査ファイナルレポート（2002年）Vol. 2 Main Report」によると、河川改修の時期や対策（汚濁防止膜の設置等）を講じることで河川改修工事は可能と判断している。ただし魚類の遡上を分断するダム建設に際しては、Ludong の生息範囲について調査し、配慮する必要がある。
- 農地における自然の遊水効果、貯留施設（ダム、遊水地）の設置により、洪水時の流量と水位を可能な限り低下させる。
- 都市部や人口密集地においては築堤（輪中堤を含む）により、1/100 確率の安全度を確保する。この築堤は連続堤としないことで、低水路の流下能力を超える洪水は農地への自然遊水を織り込んだ計画とする。



出典：JICA 調査団作成

図 3.4-81 治水対策メニュー案



出典：JICA 調査団作成

図 3.4-82 既往計画断面（左）と提案断面（右）

本検討では、低水路掘削により頻発する河川氾濫から農地や家屋等を守り、都市部や人口密集地においては築堤（輪中堤を含む）により、1/100 確率の安全度を確保する方針とした。

表 3.4-41 に Cagayan 流域の大部分を占める Region II の人口上位 10 都市を示す。1/100 確率の安全度で守るべきエリアは、これらの都市が含まれるべきであり、その中でも、MGB 氾濫域内かつ基本計画における築堤区間である、Tuguegara 市、Ilagan 市、Cauayan 市、Solana 町、Tumauini 町、Aparri 町については、築堤（輪中堤を含む）により洪水被害から適切に守る必要がある。

なお地先防御の箇所およびエリアは以下に限定するものではなく、その選定には、より詳細な検討が必要である。特に輪中堤の法線については、洪水防御機能を確保すること以外に、都市の発展や拡大を妨げないように配慮する必要がある。



出典：JICA 調査団作成

図 3.4-83 人口密集地帯

表 3.4-41 人口 上位 10 都市

Top Ten Most Populous Cities/Municipalities: Region II - Cagayan Valley, 2015			
Rank	City/Municipality	Province	Population
1	Tuguegarao City	Cagayan	153,502
2	Ilagan City	Isabela	145,568
3	City of Santiago	Isabela	134,830
4	City of Cauayan	Isabela	129,523
5	Baggao	Cagayan	82,782
6	Solana	Cagayan	82,502
7	Echague	Isabela	79,094
8	Alicia	Isabela	71,504
9	Tumauni	Isabela	67,650
10	Aparri	Cagayan	65,649

※ 赤字の市町： MGB 氾濫域内かつ基本計画(フレームワークプラン)における築堤区間

出典： <https://psa.gov.ph/content/population-region-iii-central-luzon-based-2015-census-population>

(8) 課題と提言

1) 優先流域における治水 M/P の更新および治水事業の実施

治水 M/P の策定または治水事業の実施には、多額の予算と時間を要し、技術的分析と経済分析が必要である。また流域内の状況は、社会情勢や経済発展に伴い変化していくものであり、適宜更新が必要である。特に 2015 年に作成された DPWH 設計基準 (DGCS) が求める治水安全度 (流域面積 40km² 以上の主要河川では 100 年確率、それ以下の河川では 50 年確率) と現在計画・実施されている治水事業規模 (経済性から 10~25 年確率程度) とではギャップがあり、治水安全度の設定を含めた M/P 更新が望ましい。

本調査で優先流域として挙げられた 5 流域については首都圏や地方都市を含んでおり、総合治水対策の概念や、都市河川における治水事業、地下空間を利用した地下河川や地下貯留施設の建設といった日本の技術・ノウハウを活かした、経済被害削減に資する有効な支援が可能である。

また都市部による急速な発展により、治水 M/P 策定時と治水事業実施時で既に流域内の状況が変わることも多いため、M/P 策定時に流域内の Flood Mitigation Committee (FMC) を設立し事業実施前の段階から Stakeholder や関連機関との調整を図ることや、土地利用規制により事業を妨げるような開発を抑制すること等、治水事業の実施を促す対応も重要である。

2) LGU および DPWH 地域/地方事務所の能力強化による全国的な治水レベルの底上げ

フィリピンでは「RA8185 : Local Government Code の改訂法 (1996 年)」により、LGU が治水を含めた災害リスク管理を実施することになったが、LGU にその技術力はなく、また抜本的な治水事業を実施できるような予算は割り当てられていない。一方、DPWH の Regional Office (RO) や District Engineering Office (DEO) は近年、治水事業を実施できる能力を持ち始めたものの、治水計画を策定できる能力を有していない状況である。

フィリピン国内の各地で頻発する洪水被害に対して、治水計画を策定し事業を実施する必要があるが、DPWH 本省のみではカバーする範囲が広く対応できない。したがって LGU および DPWH 地域/地方事務所の能力強化による全国的な治水レベルの底上げを図り、適切な治水計画の策定や治水事業の実施を促進させることが重要である。

特に LGU は、管轄内の建設・開発許可を与える権限を持っており、彼らの正しい事業への理解は治水事業の促進に大きく寄与する。

3) 流域単位での治水関連情報の整備

フィリピンの治水事業について、整備状況・予定が DPWH 内で正確に把握・共有されていない現状がある。これにより、DPWH-RO/DEO が建設した河川施設が完成後数年で、DPWH-UPMO の事業により撤去されたり、同様に DPWH-UPMO で策定した M/P において、DPWH-DEO が建設した河川施設が治水上で障害物となったりといった事態も発生している。更に 1

流域に複数の DPWH-DEO がまたがることが多く、各 DEO で整備した事業は、流域全体を俯瞰してみた事業でないことが通常である。特に近年、事業規模によっては、DPWH-RO/DEO が DPWH 本省の設計局や建設局の承認を得ずにインフラ整備が可能となっており、DPWH 内での情報共有がさらに困難となっている。また LGU や地方議員等が地元住民の要望により護岸工事を行い、新設の護岸により河道が狭くなる工事も特に都市部では行われており、DPWH が把握していない流下能力を阻害するような治水事業が行われるケースもある。

以上を鑑み、治水計画や事業、既設河川施設を含む治水関連情報を、流域単位で GIS データベースを整備し管理する必要がある。このデータベースはアセットマネジメントシステムとしても活用することが重要であり、DPWH の浚渫事業で義務づけられているジオタグと関連させて管理することが可能となる。

このようなデータベースを構築し、更新し続けていくことが重要である。一方で、構築そのものは難しいものではないが、DPWH は河川管理者という立場ではないため、単独ではデータベースの管理は容易ではない。また河道沿川の建設や開発は LGU が承認するが、1つの流域には複数の LGU が存在するため、LGU の所掌範囲を超えた管理となる。したがって、FMC（DPWH が事務局）により治水計画、実施、維持管理までを一貫してデータベースで管理することが望ましい。

3.5. インド

3.5.1. インド国における国際支援の潮流

(1) JICA による支援

治水関連分野としては 1990 年代以降に農業灌漑排水や森林管理に係る事業があるが、洪水対策を主たる目的としたマスタープラン等は策定されておらず、河川洪水対策等、治水そのものを目的とした事業の実施は限定的である。2013 年にウッタラカンド州で発生した洪水・土砂災害を受けて「ウッタラカンド州山地災害対策プロジェクト（2017 年～2022 年）」が実施されたが、これは山地部における斜面对策の技術支援を主としたものである。JICA は根本的な治水事業を検討するため、チェンナイ都市圏を対象とした治水マスタープラン策定支援に関する協力を 2022 年 2 月から開始した。

(2) 他ドナーによる支援

日本-WB 防災共同プログラムの枠組みで、WB による防災分野の支援が多く実施・計画されているが²⁷、その他治水分野における支援としては、ビハール州コシ川洪水復旧事業(Bihar Kosi Flood Recovery Project)(2010-2018)²⁸が実施されている。

3.5.2. 治水に関する法制度・計画の現状整理・分析

法制度 ²⁹	<p><u>災害管理法 (Disaster Management Act, 2005)</u> 2005 年に災害管理のための包括的法令として策定された。これにより緊急対応が主流だった防災政策が、災害防止や軽減など事前の対策を中心とする防災政策に転換される契機となった。</p> <p><u>国家防災政策 (National Policy on Disaster Management, 2009)</u> NDMA が作成し、2009 年に国会承認を得て発効した。1) 組織・法制度整備、2) 財政、3) 災害予防・軽減・準備、4) 技術的法制度の整備、5) 緊急対応、6) 復旧、7) 復興、8) キャパシティー・ディベロップメント、9) ナレッジ・マネージメント、10) 研究開発、の 10 の分野について、戦略的取組や関係者の役割が記されている。</p>
国家開発計画 ²⁹	<p><u>第 12 次 5 カ年計画(2012-2017 年)</u> インドの中期国家開発計画であり、「Faster, More Inclusive and Sustainable Growth」というビジョンを掲げている。主要分野として、1) 人材育成、2) 天然資源・自然環境の管理、3) 国際社会への関与とし、資金計画とセクター横断的計画とで構成される。治水に関する主な計画として、洪水被害アセスメント、流域単位の治水モデルと水分野での統合的な数的モデルの開発、災害予警報システムの構築、全セクターでの防災の主流化のためのキャパシティー・ビルディングの実施が含まれている。</p>
国家防災計画 ²⁹	<p><u>国家防災計画 (National Disaster Management Plan)</u> 災害管理法に基づき策定され、基本的な計画と枠組みを記した第 1 部と災害の被害軽減、緊急対応及び役割に関する計画を記した第 2 部の 2 部構成となっている。第 1 部は州政府や防災分野の専門機関と協議の上、国家実施委員会 (National Executive Committee, NEC) が策定し NDMA により承認された。また、第 2 部はインド政府の関連省庁により作成されたものである。NDMP の主な目的は、国内の自然・人為災害に対する災害の予防・準備・被害軽減及び緊急対応に関する対策の概要を示すことである。また NDMP では各省庁の開発計画では減災の要素を組み込むこととしている。</p>

²⁷ WB HP <https://www.worldbank.org/ja/data/interactive/2020/03/01/tokyo-drm-hub-south-asia>

²⁸ WB HP <https://projects.worldbank.org/en/projects-operations/project-detail/P122096>

²⁹ インド国防災に関する情報収集・確認調査 ファイナル・レポート（要約）2015 年 JICA

<p>地方防災計画²⁹</p>	<p>インドでは災害管理法及び NPDM に基づく組織体制が、3つの行政レベル（中央、州、県）で構築されている。インドは連邦政府制を導入していることから、各州政府が幅広い権限を有している。NDMA は防災に関する政策や計画、ガイドラインの作成とそれらの実施のための調整を担っている。中央省庁及び州政府は、それぞれの防災計画を作成することが求められている。州政府では、州災害管理委員会（State Disaster Management Authority, SDMA）が各州の防災政策や計画の立案を行っており、州防災計画は NDMA が発行するガイドラインに準拠して作成されなければならない。県レベルでは、県災害管理委員会（District Disaster Management Authority, DDMA）が防災に関する計画立案や調整、実施組織としての役割を担っている。DDMA は NDMA や SDMA が発行するガイドラインに基づき防災のための対策を実施している。県以下の行政レベルでは、防災関連職員の人材育成や被災地での救援活動・復旧・復興活動の実施、NDMA、SDMA、DDMA のガイドラインに沿った防災計画の作成を行っている。</p>
<p>洪水関連法³⁰</p>	<p>インド憲法（Constitution of India） インド憲法の Schedule 7(Entry 56 of List I)より、洪水対策の第一義的な洪水対策の責任は州にあり、このため洪水対策に関する法律は各州で制定されるものとされている³¹。 <u>国家水政策(National Water Guidelines, 2012)</u> インド国の水政策に関する文書で、2012年の最新版では構造物（ダム、堤防等）の計画および管理にあたっては、気候変動戦略を取り組むこと等が記されている。また洪水対策は、構造物対策・非構造物対策により実施することや洪水の事前対策として洪水予測が重要であることを述べている。また貯水池の操作、浸水想定図の整備、破堤や氷河湖の決壊等の想定外の災害に関する研究および防災行動計画等についても言及がある³²。 <u>NDMA の災害ガイドライン</u> NDMA が災害の種別ごとにガイドラインを作成しており、洪水に関するものとしては以下のものがある³³。 ・洪水管理に係るガイドライン(National Guidelines for Flood Management) ・都市洪水管理に係るガイドライン(National Disaster Management Guidelines- Management of Urban Flooding)</p>
<p>土地開発、都市計画関連法・計画</p>	<p>2015年時点³⁴で、水資源省および CWC は、氾濫原ゾーニングに関する法令案を作成しており、州政府に回覧しているものの、ほとんど法制化されていない。</p>
<p>統合水資源管理に係る法・計画</p>	<p>インド憲法により水資源管理に関わる事項は主に州の管轄となっており、水資源管理を包括的に定めた国の法律はない³⁵。</p>
<p>気候変動に係る法・計画</p>	<p><u>気候変動に対する行動計画（National Action Plan on Climate Change 2008 :NAPCC2008）</u> 以下に示す8項目の政策が規定されている。 ・太陽光発電及びその生産電力の活用（National Solar Mission） ・エネルギー利用効率の向上（National Mission for Enhanced Energy Efficiency） ・持続可能な省エネ環境整備（National Mission on Sustainable Habitat） ・水資源利用の効率化（National Water Mission） ・ヒマラヤのエコシステムの保全（National Mission for Sustaining Himalaya Ecosystem） ・森林再生（National Mission for a Green India） ・持続可能な農業（National Mission for Sustainable Agriculture） ・気候変動の理解（National Mission on Strategic Knowledge for Climate Change） 洪水や渇水への適応を含めた水資源管理に関しては「水資源利用の効率化」と「ヒマラヤのエコシステムの保全」が規定されている。「水資源利用の効率化」に関しては、この行動計画の目標年である2017年までに気候変動への対応力を強化するため水資源利用効率を20%向上させることが掲げられている。「ヒマラヤのエコシステムの保全」に関しては、インドにおける水資源の重要な供給源であるヒマラヤの氷山地帯からの水資源供給が温暖化の影響で減少することを想定してヒマラヤを保全することが掲げられている。</p>

³⁰ インド国防災に関する情報収集・確認調査 ファイナル・レポート（要約）2015年 JICA

³¹ https://indiawris.gov.in/wiki/doku.php?id=flood_management

³² National Water Guidelines, 2012

³³ ADRC FY-2018 Country Report- INDIA

³⁴ インド国防災に関する情報収集・確認調査 ファイナル・レポート（要約）2015年 JICA

³⁵ 国土交通省 HP <https://www.mlit.go.jp/common/001131523.pdf>

3.5.3. 治水に関する組織制度の現状整理・分析

インド国における治水関連事業の所管省庁は Jal Shakti 省 (Ministry of Jal Shakti) である。Jal Shakti 省は 2019 年 5 月に水資源河川開発ガンジス再生省 (Ministry of Water Resources, River Development, and Ganga Rejuvenation) と飲料水衛生省 (Ministry of Drinking Water and Sanitation) の合併により新設された省であり、両省の役割を引き継いでおり、前者は新省の水資源河川開発ガンジス再生部局 (Department of Water Resources, River Development and Ganga Rejuvenation (DoWR, RD&GR)) となっている³⁶。また DoWR, RD&GR の附属機関(attached offices)として Central Water Commission (CWC)、下位機関(subordinate offices)として Ganga Flood Control Commission (GFCC)、Farakka Barrage Project (FBP)、Upper Yamuna River Board (UYRB)、National Water Information Centre (NWIC)がある。

表 3.5-1 中央レベルでの防災関係機関

Jal Shakti 省 (Ministry of Jal Shakti)	
概要および法規と権限	<p>水資源河川開発ガンジス再生部局(Department of Water Resources, River Development and Ganga Rejuvenation)</p> <p>本部局の主要な役割は以下の通りである³⁶。</p> <ul style="list-style-type: none"> a) 国の資源としての水の開発、保全、管理。水の多様な使用と河川の相互接続に関連する水計画と調整の全体的な全国的視点。 b) 全国水資源評議会(national water resources council) c) 灌漑および灌漑施設、舟運/水力発電施設、管井戸・地下水開発、地下水資源の保全、農業灌漑、水管理、コマンドエリア開発、貯水池および堆砂管理、洪水対策・管理、干ばつ防止、海岸浸食対策、ダムの安全性に係る全ての一般方針、技術支援、研究開発トレーニング d) 州をまたぐ河川および渓谷の規制と開発 e) 水に関する法律および条令 f) 水質評価 g) Central Water Engineering Services の幹部管理 <p>中央水委員会 Central Water Commission (CWC)</p> <p>CWC は水資源河川開発ガンジス再生部局の附属機関として、洪水対策、灌漑、航行、飲料水供給、水力発電を目的として、関係する州政府と協議して、全国の水資源の管理、保全、利用計画を調整、促進する責任を有している³⁷。洪水に関する早期予警報の担当組織も CWC である³⁸。</p> <p>ガンジス川洪水対策委員会 Ganga Flood Control Commission</p> <p>ガンジス川流域の洪水対策事業の計画策定、更新および実施を行う³⁹。</p>
実施体制・人員	<p>水資源河川開発ガンジス再生部局の職員数は約 400 名であり、このうちグループ A 職員が 115 名、グループ B 職員が 161 名 (グループ A~C はインド国における公務員のランク) である³⁹。</p>
予算	<p>Jal Shakti 省の HP では 2016-2017 年までの事業予算が公開されている。</p> <p>治水対策関連予算</p> <p>2016-2017 年の水資源省 (当時) の事業予算は 550 億ルピーであり、内訳としては主要な灌漑事業に 20.4 億ルピー、ガンジス川事業(Namamaai Gange)に 225.5 億ルピー、流域管理事業 (洪水予測含む) に 25.96 億ルピー、水資源管理事業に 66.027 億ルピー、Pradhan Mantri Krishi Sinchai Yojana 事業 (洪水管理含む) に 187.613 億ルピー、河川保全事業に 25 億ルピーであった。</p>

³⁶ Department of Water Resources, River Development and Ganga Rejuvenation HP <http://mowr.gov.in/about-us/history>

³⁷ CWC HP <http://cwc.gov.in/>

³⁸ インド国防災に関する情報収集・確認調査 ファイナル・レポート (要約) 2015 年 JICA

³⁹ Annual Report 2019-2020 http://jalshakti-dowr.gov.in/sites/default/files/AR_DoWR_RD_GR_2019-20_English.pdf

	治水事業費の傾向分析 水資源省の事業予算は下表のとおり、年による変動がある。2014-15年で特に増加しているが、大部分の89.9億ルピーは“Accelerated Irrigation & Flood Management Programme”として計上されているものである ⁴⁰ 。						
		2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17
	水資源省 事業予算	72.0 億ルピー	150.0 億ルピー	150.0 億ルピー	1323.7 億ルピー	360.7 億ルピー	550.0 億ルピー
他の主要機関							
内務省 (MHA、 Ministry of Home Affairs)	インドでは災害管理の全体的な調整が内務省（MHA）に委ねられている。内閣安全保障委員会（CCS）と国家危機管理委員会（NCMC）は、災害管理に関するトップレベルの意思決定に関わる重要な委員会である。						
国家防災庁 (NDMA、 National Disaster Management Authority)	インド政府は2005年に首相を本部長とするNDMAを設立した。2005年の防災管理法でNDMAが災害管理の最高機関と規定され、NDMAは災害への迅速かつ効果的な対応を行うため災害管理の政策、計画、ガイドライン策定等を責務とする。NDMAは執行機能の遂行において国家実施委員会（National Executive Committee）の支援を受ける。NDMAのガイドラインは中央省庁、州による災害管理計画の策定を支援する。NDMAは中央省庁の国家防災政策と災害管理法を承認する。						
住宅都市省 (MOHUA、 Ministry of Housing and Urban Affairs)	住宅都市省は都市開発や住宅に関する政策立案とモニタリングを担当している。政策ガイドライン、下位の法律、セクター別プログラムを通じ都市部門に関連する様々な問題の解決にあたる。本調査で検討する洪水対策マスタープランに関しては、開発規制や土地利用規制等を含め都市域における内水対策（Macro Drainageに関する対策）に関与すると想定される。						
州の防災庁 (SDMA、State Disaster Management Authority)	州政府は州内の災害管理活動を監視するため州知事を議長とする災害管理庁を設立する。州の災害管理庁（SDMA）は災害への対応を調整しリスクを軽減する責任を担う。災害の軽減、準備、対応、復旧のための全ての措置はSDMAの指導と監督の下で実施される。SDMAは国家災害管理庁が定めたガイドラインに従い州災害管理計画と地方災害管理計画を承認する。						
州執行委員会 (SEC、State Executive Committee)	州執行委員会は首席秘書官と財務・歳入・公共事業・高速道路・内務省長官が委員長を務める州防災局を支援するために設立される。州執行委員会は、州防災計画に基づき防災を実施し、防災に関する財政面での助言を州政府に与える。また、災害時に活動を行うための資金調達に関する権限を有す。						
地区防災庁 (DDMA、 District Disaster Management Authority)	地区災害庁は全ての地区において地区の首長を議長として設置されている。地区災害管理庁は災害管理のための地区における計画の調整・実施を担う機関としての役割を果たし、州災害管理庁が定めたガイドラインに沿ってすべての対策を講じている。						

3.5.4. 洪水被害状況の整理

インド国に洪水被害状況の概要を把握するために、UNISDRの災害情報データベース DesInventar をもとに年別の災害被害状況（死者・被災者数、被害額等）を整理するとともに、近年発生した個別の洪水被害については被害流域を含む情報を別表に整理した。

インドにおける近年の顕著な洪水災害としては、Uttarakhand 州の山岳地帯における氷河決壊に伴う洪水（2021年7月）、サイクロンによる Chennai の都市部での洪水（2020年11月）、モンスーン期の降雨によるケララ州等の洪水（2019年7月）があつた。特にサイクロンやモンスーン期の降雨による洪水被害は毎年発生しており、多くの人的被害をもたらすとともに、Chennai 等の都市部における洪水被害も頻発しており、2020年11月の洪水では多くの避難者数・家屋被災数をもたらした。

⁴⁰ Jal Shakti 省 HP http://jalshakti-dowr.gov.in/sites/default/files/OutcomeBudget_2016-17_Eng_0.pdf

表 3.5-2 インド国 3 州の洪水被害状況⁴¹

年	死者数	被災者数	避難者数	家屋被害数	被災額 (\$ USD)	被災額 (\$ local)	重要 インフラ (Edu center)	重要 インフラ (hospital)
2001	49			3,831		141,981,890		
2002	133		6,759	15,998		688,663,380	1	
2003	64		123	798		120,161,000	3	
2004	77		213	2,752		130,300,000		1
2005	14		85	156		5,456,000		
2006	52			9,008		44,780,000		
2007	47			9,813		275,644,700	2	
2008	127			14,593		1,489,035,902	6	
2009	119		200	3,909		25,828,000	32	
2010	136		641	8,244		433,360,775	8	
2011	114		4	6,686		57,100,500	1	
2012	111		28	6,106		36,000,000	5	1
2013	52		24	7,433		48,646,000	2	1

注：本表は DesInventar でデータが収録されている Orissa、Tamil Nadu、Uttarakhand の 3 州の合計

表 3.5-3 過去の洪水被害（インド）

災害名	年月	死者数	被災者数	避難者数	家屋 被害数	被災額	重要イン フラ被害	被害のあった 流域
氷河決壊、洪水 ⁴²	2021/2/7	28(不明 206)						Uttarakhand 州
サイクロン(洪水) ⁴³	2020/11/25	5		約 17.5 万人 (Tamil Nadu)	家屋数百 棟			Chennai 市街(洪水)
暴風雨(洪水) ⁴⁴	2019/4/13	64						インド (ラジャスターン州、マ ディヤブラデーシュ州、グジャ ラート州、マハーラーシュト ラ州)
モンスーン期の洪水 ⁴⁴	2019/7/3-7/21	200						インド (ビハール州、アッ サム州)
モンスーン期の洪水 ⁴⁴	2019/7 下旬 ~8 中旬	182 行方不明 58						ラジャスターン州、グジャ ラート州、マハラシュトラ 州、オリッサ州、アーンド ラ・ブラデーシュ州、カル ナータカ州、ケララ 州
モンスーン期の洪水 ⁴⁴	2019/9 中~ 10 月上旬	148 (UP111、ビ ハー ル 28)						ガンジス川本川・支川(ウツタル・ブラデーシュ (UP)州、ビハール州)
洪水、地滑り ⁴⁵	2017/6/12	20						<インド> ミゾラム (Mizoram) 州、アッサム州 (Assam)、マニプール (Manipur) 州など
サイクロン「オキ」 ⁴⁵	2017/11/29	108 (インド、スリ ランカ)						インド (タミルナードウ 州、ケララ州)
洪水 ⁴⁵	2017/6 月初 旬~7 月	グジャラート: 270 ラジャスター ン: 66 (不明)						グジャラート州 (Gujarat)、 ラジャスターン州 (Rajasthan)

⁴¹ UNISDR DesInventar <https://www.desinventar.net/DesInventar/profiletab.jsp>

⁴² アジア防災センター https://www.adrc.asia/nationinformation_j.php?NationCode=356&Lang=jp&NationNum=02

⁴³ アジア防災センター https://www.adrc.asia/view_disaster_jp.php?NationCode=356&Lang=jp&Key=2425

⁴⁴ H31 海外の水関連災害等の調査・分析及び情報発信検討業務

⁴⁵ H29 海外の水関連災害等の調査・分析及び情報発信検討業務

災害名	年月	死者数	被災者数	避難者数	家屋 被害数	被災額	重要イン フラ被害	被害のあった 流域
洪水 ⁴⁵	2017/6 月初 旬～7月	アッサム州： 160 アルナーチャ ル・プラデー シュ州：48 (不明)						アッサム州 (Assam)、アル ナーチャル・プラデーシュ 州 (Arunachal Pradesh)
洪水 ⁴⁵	2017/8/10-	514(不明)						ビハール州北部、東部 ガンジス川支流の Koshi 川、Mahananda 川、Gandak 川などが氾濫
洪水 ⁴⁵	2017/8/18	108(不明)						バラランプール (Balarampur) 県、パーライ チ(Bahraich) 県、シュラバス ティ (Shravasti) 県など
洪水 ⁴⁶	2017/7/20-	152 (不明)						西ベンガル州南部
サイクロン・ロアヌ (洪水、地滑り) ⁴⁷	2016/5/15	13						
洪水・地滑り ⁴⁷	2016/8	104						ガンジス川など主要河川 が増水し、5つの州で大規 模な洪水が発生した。

3.5.5. 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 3.5-4 に示す。

表 3.5-4 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	Gross State Domestic Products		Reserve Bank of India
既往洪水履歴	BMTPC (Building Materials and Technology Promotion Council)		3rd edition of vulnerability Atlas of India (2019 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 を使用 (前述頁参照)

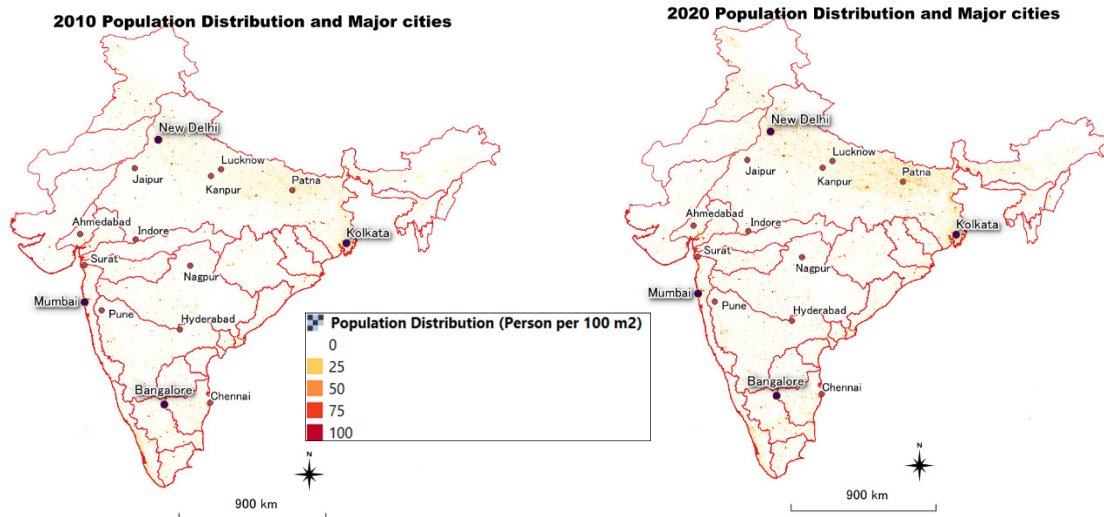
出典：JICA 調査団

⁴⁶ H29 海外の水関連災害等の調査・分析及び情報発信検討業務

⁴⁷ H28 海外の水関連災害を踏まえた治水・防災に係る制度・技術等の活用方策検討業務

(2) 人口

インドの人口分布について、人口の多い主要都市はムンバイ、コルカタ、バンガロール、チェンナイの4都市であり、ニューデリーが首都である。2010年および2020年の人口分布および主要都市は図3.5-1に示す通りである。

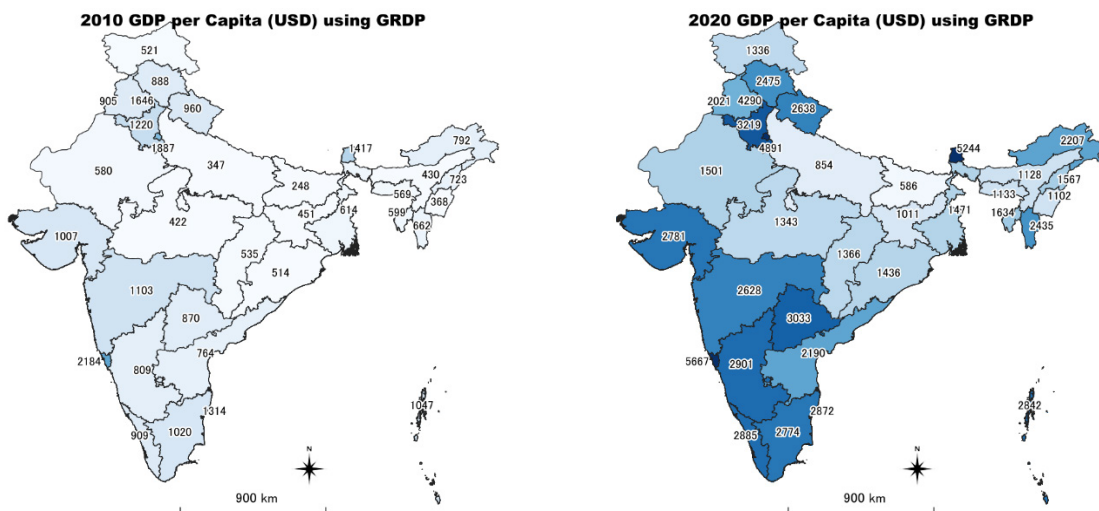


出典：Worldpop を用いて JICA 調査団作成

図 3.5-1 インドの人口分布図（左図：2010年、右図：2020年）

(3) GDP

インド国の GRDP (2020年) について、インドでは週毎の GRDP (GSDP、Gross State Domestic Products) が公表されており、これを GDP 評価に用いた (Reserve Bank of India WEB サイト)。2010年と2020年を比較すると、各地の GDP が大きく成長していることが確認できる (図3.5-2)。なお、インドルピーからの換算レートは 1USD=0.013IRP とした。

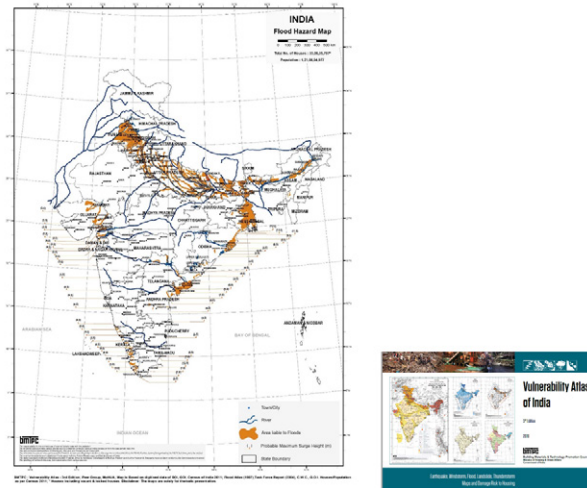


出典：Reserve Bank of India を用いて JICA 調査団作成

図 3.5-2 インドの GRDP 分布

(4) 検討対象流域の氾濫域の設定

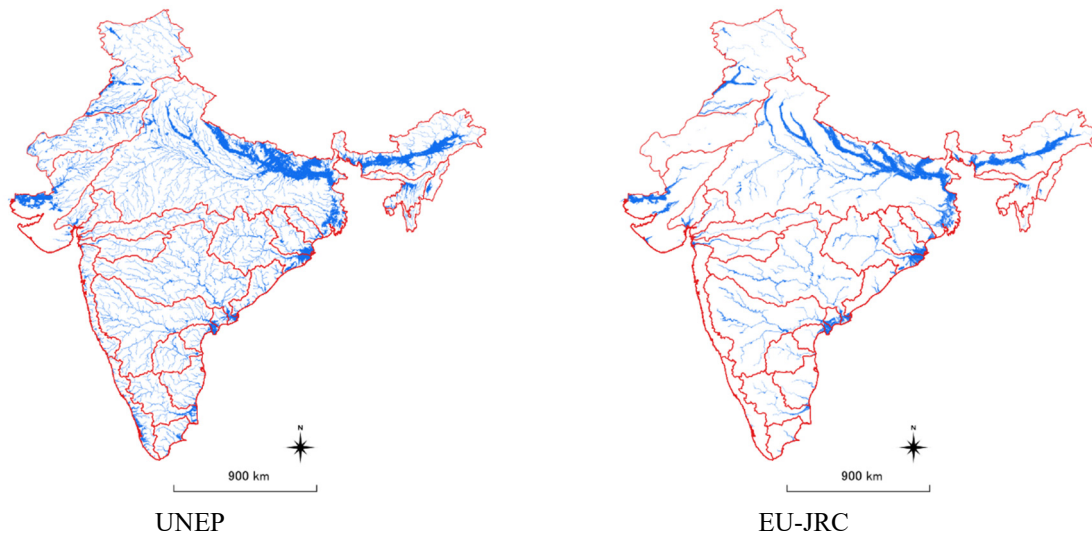
インド都市開発省の BMTPC (Building Materials and Technology Promotion Council) の 3rd edition of vulnerability Atlas of India (2019 年) には、1989 年～2010 年の既往洪水に基づいて作成された洪水ハザードマップ (Flood Hazard Map、FHM) が含まれている。



出典：BMTPC (<https://vai.bmtpc.org/>)

図 3.5-3 1989 年～2010 年の既往洪水に基づいた洪水ハザードマップ

浸水想定区域図は、インドネシア等と同様、3GFM (UNEP、EU-JRC、WRI) の 100 年確率規模浸水域を用いた。ここで、3 種類の GFM のうち、WRI の浸水域は非常に小さかったため、UNEP、EU-JRC の 2 種類の GFM を考慮した (図 3.5-4)。

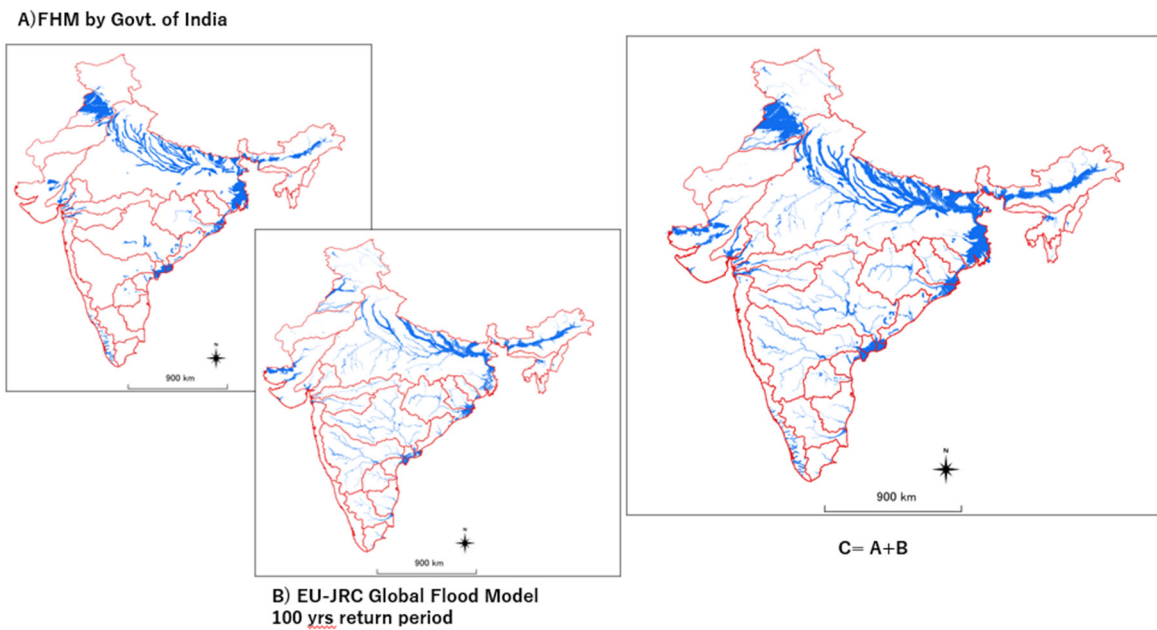


出典：UNEP 及び EU-JRC を用いて JICA 調査団作成

図 3.5-4 検討で使用した GFM

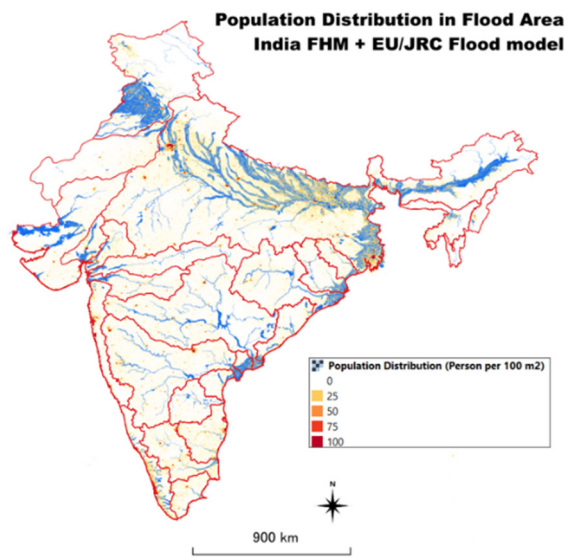
2 種類の GFM のうち EU-JRC と FHM の浸水域は類似性が高いことが確認できた。そこで本検討では、EU-JRC と FHM の浸水域を重ね合わせたエリアを浸水リスクエリアとして用いた

(図 3.5-5)。また、人口分布と浸水リスクエリアの重ね合わせ図を図 3.5-6 に、GRDP と浸水リスクエリアの重ね合わせ図を図 3.5-7 にそれぞれ示す。



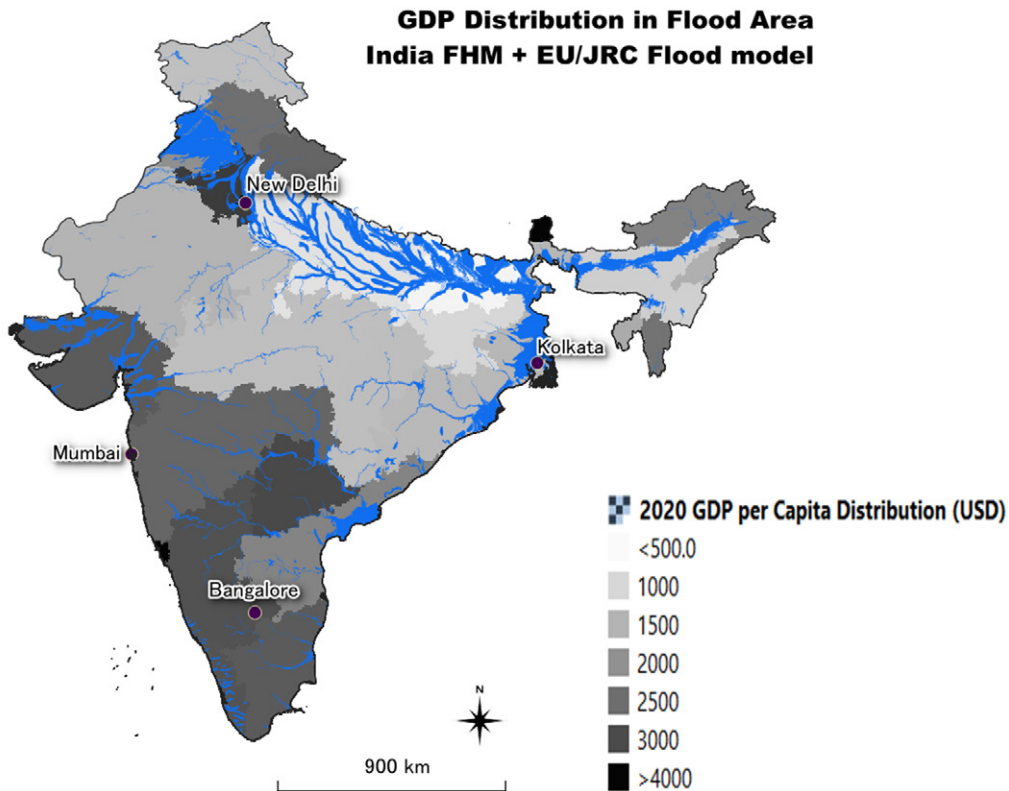
出典： <https://bmtpc.org/topics.aspx?mid=56&Mid1=178> (左図)、EU-JRC 等を用いて JICA 調査団作成 (中央図及び右図)

図 3.5-5 本検討で採用した浸水リスクエリア (EU-JRC+FHM)



出典：JICA 調査団作成

図 3.5-6 人口分布と浸水リスクエリアの重ね合わせ



出典：JICA 調査団

図 3.5-7 GRDP と浸水リスクエリアの重ね合わせ

3.5.6. 1次スクリーニング

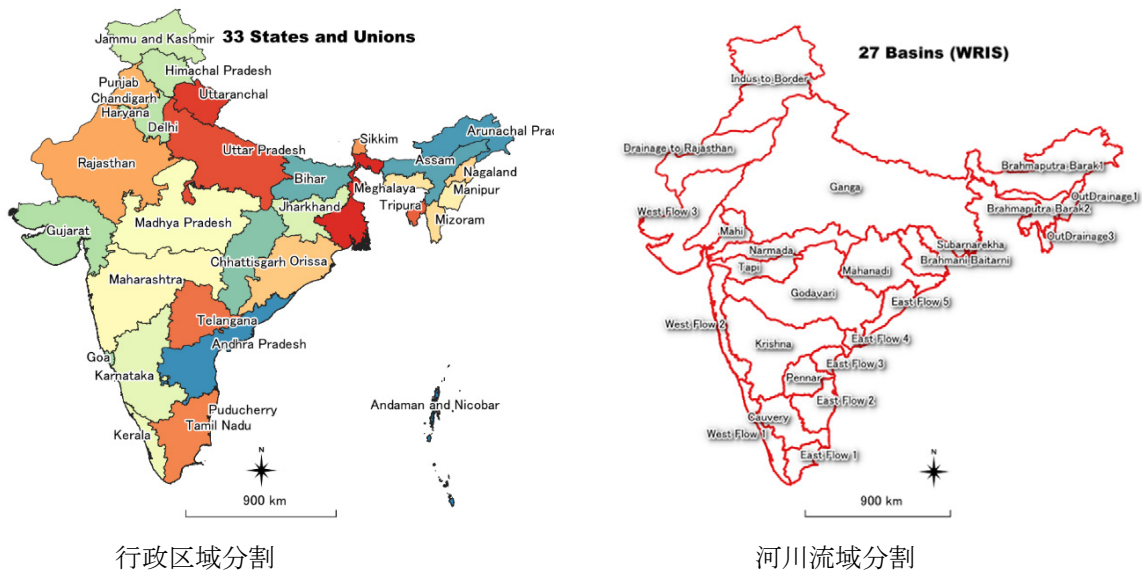
ガンジス川・インダス川は国際河川で流域面積も非常に大きく、本調査の検討手法（河川流域分割→氾濫域資産算定→優先流域選定）の適用には限界があることが懸念された。そこで、インドではまず、行政区域および河川流域の2種類の分割方法で区域分割を行った。

行政区域分割：

インドは28州と8連邦直轄領から構成される。本検討では、小さい3直轄領を周辺の州に加え、計33の区域に区分した（下左図）。

河川流域分割：

WRIS（India Water Resources Information System）はインドを28流域に分割している（1流域は島しょ部）。一方、India Central Water Commission（CWC）は、基本的にWRISと同様に流域分割しているが、バングラデシュやミャンマーに流れる国際河川、また東西に流れる河川を一つの流域として扱っている点が異なる。本検討では、WRISの流域分割を採用し、島しょ部を除く27流域を用いた（下右図）。



出典：JICA 調査団作成

図 3.5-8 行政区域分割および河川流域分割

上の 2 図を比較すると、河川流域分割ではガンジス川等の区域面積が、小さい流域と比較して非常に大きく、面積の差異が大きくなるのがわかる。本検討では、氾濫域内 GDP を集計する方法を採用しているため、区域面積が大きいと優先順位が高位となりやすい。一方で、例えばインドで洪水被害が注目される大都市であるムンバイやチェンナイ、アフマダバード等が含まれる流域（それぞれ、West Flow2、East Flow2、Sabarmati）は、相対的に区域面積が小さく、故に優先流域として選定されにくいことが想定された。そこで、インド国では、行政区域分割を採用することとした。

表 3.5-5 1次スクリーニング結果

No.	State	Area km2	No.	State	Area km2
1	Rajasthan	342,239	17	Himachal Pradesh	55,673
2	Madhya Pradesh	308,000	18	Jammu and Kashmir	55,538
3	Maharashtra	307,713	19	Uttaranchal	53,483
4	Uttar Pradesh	240,928	20	Punjab	50,362
5	Gujarat	196,024	21	Haryana	44,212
6	Karnataka	191,791	22	Kerala	38,863
7	Andhra Pradesh	160,205	23	Meghalaya	22,429
8	Orissa	155,707	24	Manipur	22,327
9	Chhattisgarh	136,034	25	Mizoram	21,081
10	Tamil Nadu	130,058	26	Nagaland	16,579
11	Telangana	112,077	27	Tripura	10,492
12	Bihar	94,163	28	Sikkim	7,096
13	West Bengal	88,752	29	Goa	3,702
14	Arunachal Pradesh	83,743	30	Delhi	1,483
15	Jharkhand	79,714	31	Puducherry	490
16	Assam	78,438	32	Chandigarh	114

出典：JICA 調査団作成

3.5.7. 2次スクリーニング

設定した氾濫域と GDP 分布（表 3.5-6）から、行政区域ごとの氾濫域内 GDP を算出した。

表 3.5-6 インド国の行政区域ごとの氾濫域内 GDP 一覧

River Basin	State area	Flood area (EL<5m)	Damage Potential							
			Pop in flood area (2020)		Pop growth in area (2010-2020)		GDP in flood area (2020)		GDP growth in flood area (2010-2020)	
			km2	km2	People	rank	%	rank	bil.USD	rank
West Bengal	88,752	50,284	64,764,034	3	7.8%	17	95	1	158.3%	27
Uttar Pradesh	240,928	110,963	92,998,928	1	13.2%	10	79	2	178.5%	23
Punjab	50,362	48,841	25,527,739	4	7.5%	18	52	3	140.0%	29
Gujarat	196,024	37,444	15,777,687	6	19.1%	5	44	4	228.9%	6
Bihar	94,163	53,896	67,970,620	2	18.0%	8	40	5	178.9%	22
Delhi	1,483	730	7,061,334	10	18.8%	6	35	6	207.8%	12
Andhra Pradesh	160,205	23,082	13,366,226	7	0.6%	28	29	7	188.3%	19
Haryana	44,212	16,857	8,607,394	9	12.9%	11	28	8	197.8%	14
Assam	78,438	35,047	17,257,194	5	12.3%	13	19	9	194.5%	16
Kerala	38,863	7,237	6,106,414	11	-3.2%	30	18	10	207.2%	13
Orissa	155,707	22,678	11,695,621	8	6.2%	23	17	11	196.7%	15
Maharashtra	307,713	12,828	3,802,875	12	0.5%	29	10	12	139.5%	30
Tamil Nadu	130,058	5,144	3,469,211	13	6.7%	21	10	13	190.1%	17
Karnataka	191,791	5,300	1,493,172	17	2.3%	26	4	14	266.8%	4
Telangana	112,077	7,639	1,250,063	19	-5.8%	31	4	15	228.5%	7
Uttaranchal	53,483	2,461	1,314,268	18	18.7%	7	3	16	226.2%	8
Chandigarh	114	103	770,674	23	10.6%	15	3	17	188.2%	20
Rajasthan	342,239	9,735	2,055,119	14	5.7%	25	3	18	173.5%	25
Madhya Pradesh	308,000	7,138	1,905,300	16	2.1%	27	3	19	225.2%	9
Himachal Pradesh	55,673	2,907	877,305	21	10.7%	14	2	20	208.4%	11
Jharkhand	79,714	2,069	2,024,929	15	12.6%	12	2	21	152.4%	28
Chhattisgarh	136,034	4,272	1,133,650	20	6.4%	22	2	22	171.8%	26
Tripura	10,492	1,630	779,225	22	6.1%	24	1	23	189.3%	18
Goa	3,702	388	201,515	25	7.2%	19	1	24	177.9%	24
Jammu and Kashmir	55,538	3,241	652,775	24	10.1%	16	1	25	182.2%	21
Arunachal Pradesh	83,743	3,096	156,635	26	30.9%	4	0	26	264.2%	5
Manipur	22,327	464	134,931	27	7.2%	20	0	27	223.9%	10
Meghalaya	22,429	170	114,425	28	13.3%	9	0	28	128.1%	31
Puducherry	490	30	45,688	29	56.8%	2	0	29	343.5%	3
Sikkim	7,096	18	9,379	31	31.5%	3	0	30	370.0%	2
Mizoram	21,081	225	17,996	30	72.1%	1	0	31	528.6%	1
Nagaland	16,579	55	1,541	32	-21.6%	32	0	32	100.0%	32

出典：JICA 調査団作成

3.5.8. 3次スクリーニング

(1) 優先区域の選定方針

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行政区域において、以下の3つ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
- 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) 10 区域の概要

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) West Bengal

West Bengal 区域は、区域面積：88,752 km² 氾濫域面積：50,284 km² 氾濫域内人口：6,500 万人 氾濫域内 GDP：95 Billion USD（全国 GDP の 18.8 %）。

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。関連事業として WB 小規模灌漑開発プロジェクト（2019-2021）が実施された。また、JICA「西ベンガル州上水道整備事業（2013 年）」が実施された。

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・地元政府による事業実施予定情報なし。新規の日本支援による治水事業の余地がある。

表 3.5-7 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.5-7 West Bengal 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

2) Uttar Pradesh

Uttar Pradesh 区域は、区域面積：240,928 km² 氾濫域面積：110,963 km² 氾濫域内人口：9,300 万人 氾濫域内 GDP：79 Billion USD（全国 GDP の 15.6 %）。

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。関連事業として、WB 水セクター再構築プロジェクト（2013-2020）が実施された。

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・地元政府による事業実施予定情報なし。新規の日本支援による治水事業の余地がある。

表 3.5-8 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.5-8 Uttar Pradesh 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) Punjab

Punjab 区域は、区域面積：50,362 km² 氾濫域面積：48,841 km² 氾濫域内人口：2,553 万人
氾濫域内 GDP：52 Billion USD（全国 GDP の 10.3 %）。

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。関連事業として、WB 水セクター再構築プロジェクト（2013-2020）が実施された。

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・地元政府による事業実施予定情報なし。新規の日本支援による治水事業の余地がある。

表 3.5-9 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.5-9 Punjab 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) Gujarat

Gujarat 区域は、区域面積：196,024 km² 氾濫域面積：37,444 km² 氾濫域内人口：1,578 万人
氾濫域内 GDP：44 Billion USD（全国 GDP の 8.7 %）。

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

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・地元政府による事業実施予定情報なし。新規の日本支援による治水事業の余地がある。

表 3.5-10 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.5-10 Bihar 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) Bihar

Bihar 区域は、区域面積：94,163 km² 氾濫域面積：53,896 km² 氾濫域内人口：6,787 万人 氾濫域内 GDP：40 Billion USD（全国 GDP の 7.9%）。

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

WB による部分的な支援実施（ビハール州コシ川洪水復旧（2010-2018））が実施された。

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・地元政府による事業実施予定情報なし。新規の日本支援による治水事業の余地がある。

表 3.5-11 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.5-11 Bihar 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) Delhi

Delhi 区域は、区域面積：1,483 km² 氾濫域面積：730 km² 氾濫域内人口：1,337 万人 氾濫域内 GDP：35 Billion USD（全国 GDP の 6.9%）。

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

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・地元政府による事業実施予定情報なし。新規の日本支援による治水事業の余地がある。

表 3.5-12 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.5-12 Delhi 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	—

7) Andhra Pradesh

Andhra Pradesh 区域は、区域面積：160,205 km² 氾濫域面積：23,082 km² 氾濫域内人口：1,337 万人 氾濫域内 GDP：29 Billion USD（全国 GDP の 5.7 %）。

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。関連事業として ADB 支援（Water Sector Operations in India: Review and Way Forward（2011））がある。

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・地元政府による事業実施予定情報なし。新規の日本支援による治水事業の余地がある。

表 3.5-13 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.5-13 Andhra Pradesh 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) Haryana

Haryana 区域は、区域面積：44,212 km² 氾濫域面積：16,857 km² 氾濫域内人口：861 万人
氾濫域内 GDP：28 Billion USD（全国 GDP の 5.5 %）。

- 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
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・地元政府による事業実施予定情報なし。新規の日本支援による治水事業の余地がある。

表 3.5-14 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.5-14 Haryana 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) Assam

Assam 区域は、区域面積：78,438 km² 氾濫域面積：35,047 km² 氾濫域内人口：1,726 万人
氾濫域内 GDP：19 Billion USD（全国 GDP の 3.8 %）。

- ① 既往事業の進捗からみた事業必要性
ADB 支援（Assam Integrated Flood and Riverbank Erosion Risk Management Investment Program - Project 2（2019-2021））により Brahmaputra 川の 90km 区間の堤防改修を実施。
- 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・地元政府による事業実施予定情報なし。新規の日本支援による治水事業の余地がある。

表 3.5-15 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.5-15 Assam 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) Kerala

Kerala 区域は、区域面積：38,863 km² 氾濫域面積：7,237 km² 氾濫域内人口：610 万人 氾濫域内 GDP：18 Billion USD（全国 GDP の 3.6%）。

① 既往事業の進捗からみた事業必要性

国土交通省が「平成 31 年度海外の水関連災害等の調査・分析及び情報発信検討業務」において、2018 年 8 月洪水時のポーリングアルツダム、Poringalkuthu Dam）での本体からのオーバーフローを踏まえた我が国の洪水対策（既設ダム機能向上）の提案をケララ州に対し実施した。

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・地元政府による事業実施予定情報なし。上記国土交通省の洪水対策の提案を踏まえ、新規の日本支援による治水事業の余地がある。

表 3.5-16 に補助指標の評価結果を示す。

表 3.5-16 Uttar Pradesh 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 3.5-17 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。

- ・ West Bengal ; 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。
- ・ Uttar Pradesh ; 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。
- ・ Punjab ; 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。
- ・ Gujarat ; 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。
- ・ Bihar ; 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 3.5-17 補助指標の整理結果

区域名	氾濫域内 GDP in2020 (Billion USD)	2020 年イ国 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
West Bengal	95	18.8%	○:事業に関する情報なし (関連事業として WB 小規模灌漑開発プロジェクト実施 2019-2021)	○: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。
Uttar Pradesh	79	15.6%	○:事業に関する情報なし (関連事業として、WB 水セクター再構築プロジェクト実施 2013-2020)	○: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。
Punjab	52	10.3%	○: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。
Gujarat	44	8.7%	○: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。
Bihar	40	7.9%	○:WB による部分的な支援実施(ビハール州コシ川洪水復旧 2010-2018)	○: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。
Delhi	29	6.9%	○:事業に関する情報なし (関連事業として WB 小規模灌漑開発プロジェクト実施 2019-2021)	○: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。
Andhra Pradesh	29	5.7%	○:事業に関する情報なし (関連事業として ADB (Water Sector Operations in India: Review and Way Forward, 2011))。	○: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。
Haryana	28	5.5%	○: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。
Assam	19	3.8%	○:ADB 支援 (Assam Integrated Flood and Riverbank Erosion Risk Management Investment Program - Project 2 (2019-2021)) により Brahmaputra 川の 90km 区間の堤防改修を実施	○: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。
Kerala	18	3.6%	○:国土交通省が、洪水対策 (既設ダム機能向上) 実施を提案。	○: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。

出典：JICA 調査団作成

3.5.9. 治水対策の方向性

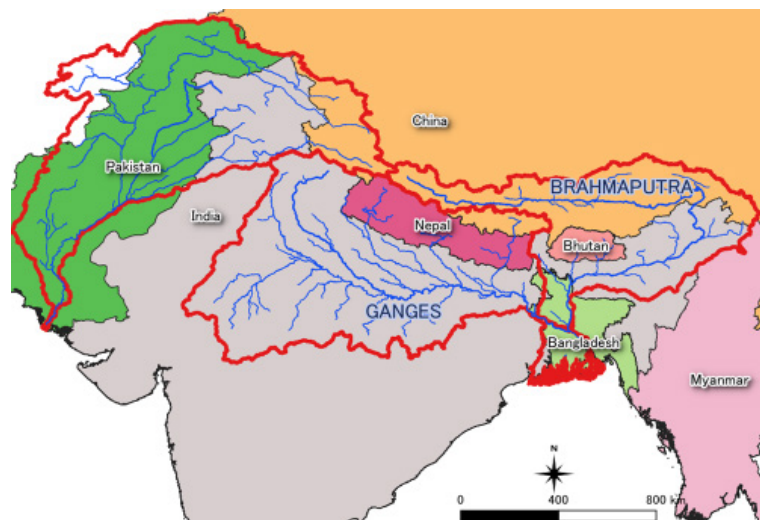
(1) 全国の流域概要

インドの国土面積は、3,287,263km²である。ヒマラヤ山脈地域の標高は 6000m を越え、最高標高は 8,586m に達する一方、ガンジス川流域などでは低平地が広がる（下図）。インドの国土は、大きく分類して、ヒンドゥスタン平原を流れるガンジス川、インダス川等の大陸型の巨大河川と、デカン高原を流れる相対的に流域面積の小さい河川に分類される。

ガンジス川は中国・ネパール・ブータン等から流下し、インドを流れてバングラデシュでベンガル湾に注ぐ。インダス川は中国からインドを流下してパキスタンを流れアラビア海に注ぐ。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い。上流国における河道対策はインド国の浸水被害を拡大する可能性があり、またインド国における河道対策は下流国への影響を及ぼす可能性があることに留意する必要がある。両河川とも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、河床変動や河道変動が活発であることも、河道対策の実施を困難にしている。

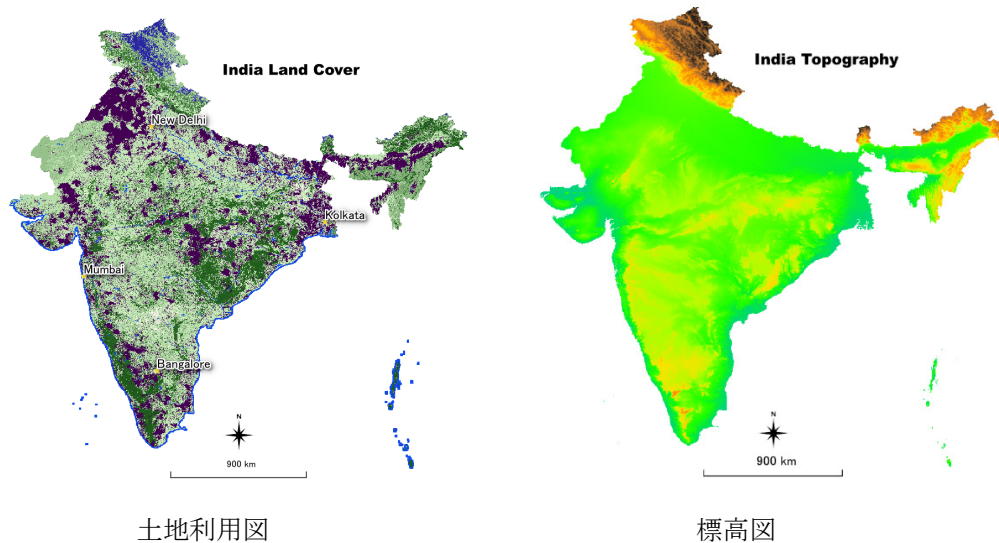
一方、デカン高原を流れる河川は、ガンジス川・インダス川と比較すると河川延長、流域面積とも小さく、上~中流域では山地・丘陵部を流れるため氾濫域も限定され、貯留対策・河道対策の組み合わせによる通常の治水対策を講じやすい河川である。

インド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、6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 3.5-9 ガンジス川・インダス川流域とインド及び周辺国の位置



出典：SRTM と GHSL を⽤いて JICA 調査団作成

図 3.5-10 インド国の土地利⽤図と標高図

(2) 優先区域の考え方

河川流域で分割すると、ガンジス川、インダス川流域等が主な分割となるため、行政界分割を採用し、優先区域を抽出した。

洪水被害ポテンシャルの高いエリアとして、ガンジス川流域の西ベンガル州（州都：コルカタ）、ウッタル・プラデーシュ州（州都ラクナウ）、ビハール州（州都パトマ）、インダス川流域のパンジャブ州（州都チャンドイーガル）、サバマティー川等複数の河川流域からなるグジャラート州（州都ガンディーナガル）が挙げられた。

(3) 治水対策の方向性

大河川流域：

上流の中国・ネパール等から流下する洪水を、貯留・河道対策等で制御することは難しいため、地先防御（輪中堤等）が対策の中心となる。

氾濫域内 GDP が上位となった 5 州に含まれる大都市（人口 200 万以上）としては、コルカタ（西ベンガル州、1,460 万人）、アフマダーバード（グジャラート州、635 万人）、カーンプル（ウッタル・プラデーシュ州、292 万人）、ラクナウ（ウッタル・プラデーシュ州、290 万人）、ガーズィヤーバード（ウッタル・プラデーシュ州、236 万人）、インドール（ウッタル・プラデーシュ州、217 万人）、パトナ（ビハール州、205 万人）が挙げられ、これら都市が地先防御整備の候補となる。

都市部：

ムンバイ、チェンナイ等の都市では、比較的小規模な河川の外水氾濫、都市内の内水氾濫、高潮等複合要因による大きな洪水被害が発生しており、外水・内水・高潮対策の組み合わせが必要である。

(4) 課題と提案

1) 優先流域の選定方法

ガンジス川・インダス川等の大河川流域では、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。

一部の都市では大きな洪水被害が出ているものの、その浸水域はインド全土から見ると非常に小さいため、本調査の検討手法ではこれらの都市が優先流域として選定されない。このため、①各都市における精度の高い想定氾濫域の収集・設定、②より小さい行政単位での地域分割を行った上で、本調査の検討手法を適用すれば、これら都市が選定されると考えられる。

2) ドナー間の調整と連携・協働

インド国では、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・事業を行っているほか、地元政府も多数の事業を実施している。ところが、これらの事業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。