

インドネシア国
リンボト-ボランゴ-ボネ流域治水計画
フォローアップ調査
調査報告書

平成 17 年 3 月
(2005 年)

独立行政法人国際協力機構
地球環境部

環境

JR

04-043

**インドネシア国
リンボト-ボランゴ-ボネ流域治水計画
フォローアップ調査
調査報告書**

**平成 17 年 3 月
(2005 年)**

**独立行政法人国際協力機構
地球環境部**

序 文

日本国政府は、インドネシア国政府の要請に基づき、国際協力機構は同国のリンボト・ボランゴ・ボネ川流域緊急治水計画に関する予備調査を平成 15 年 5 月に実施し、その予備調査によって提起された諸問題についての調査を実施することを決定し、第一次現地調査を平成 16 年 6 月 27 日から 8 月 10 日まで、第二次現地調査を平成 17 年 1 月 4 日から 1 月 15 日までフォローアップ調査を派遣しました。

この報告書が、関係者の参考として活用されれば幸いです。

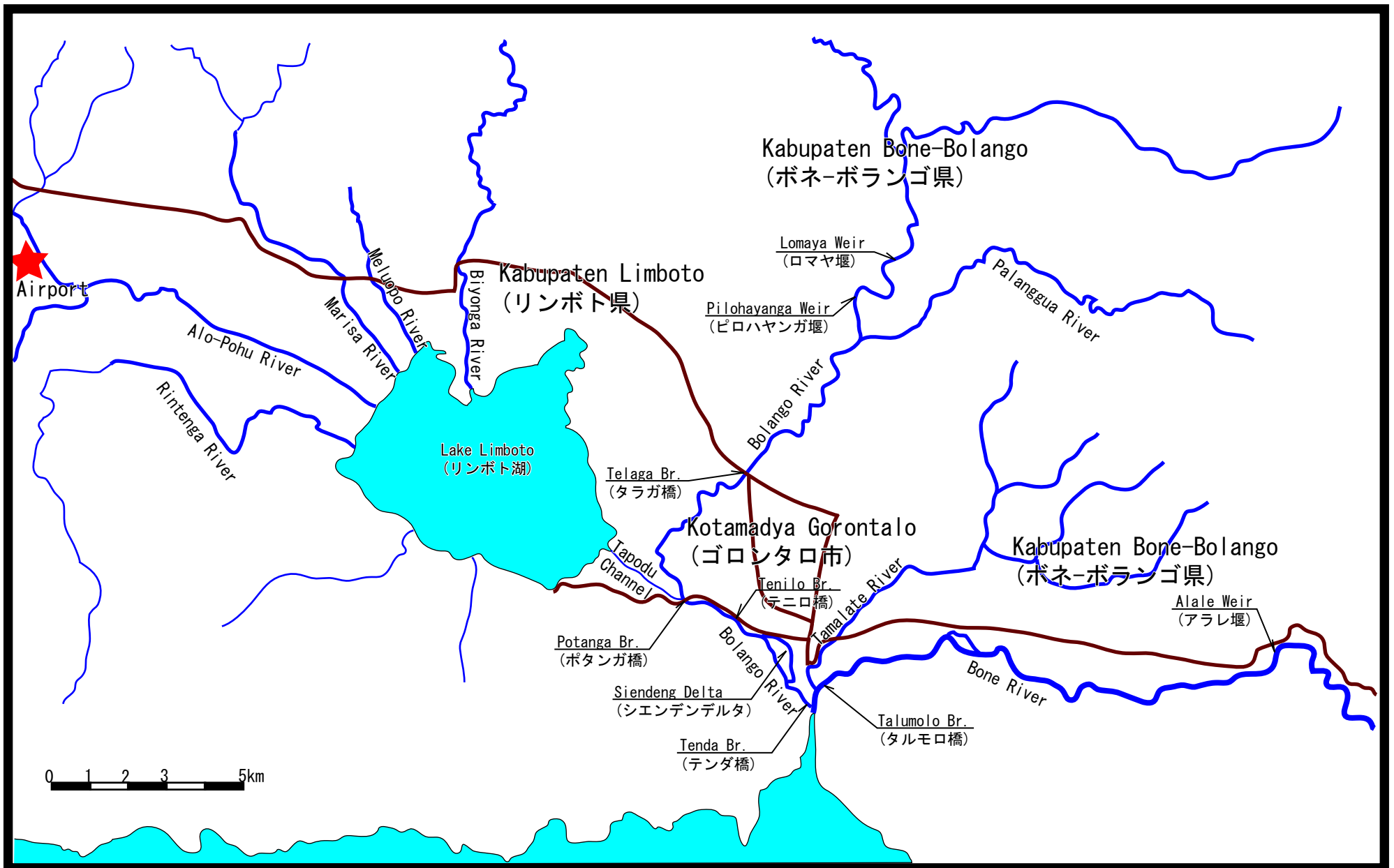
終わりに、調査にご協力いただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成 17 年 3 月

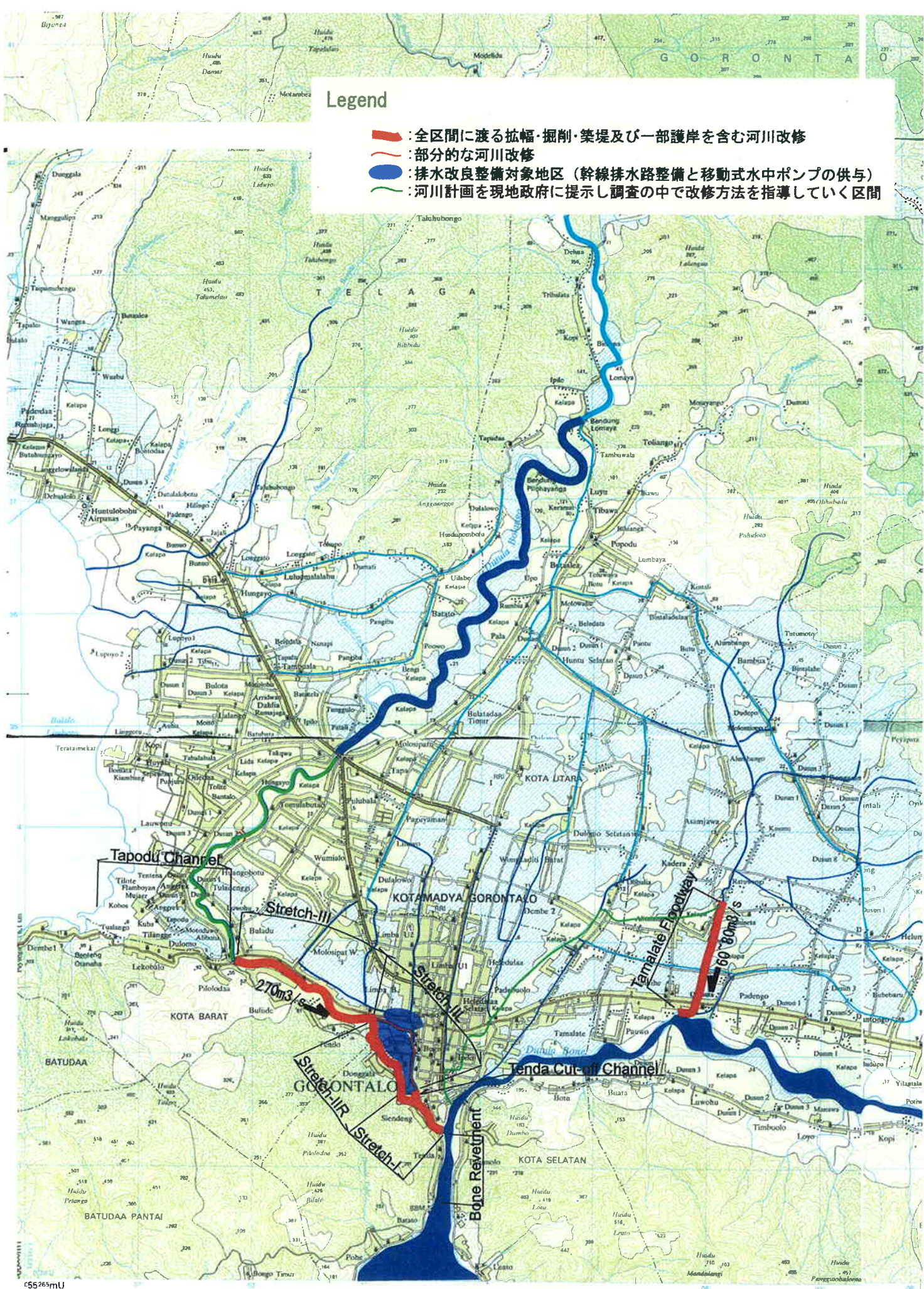
独立行政法人 国際協力機構
理事 北原悦男



位置图



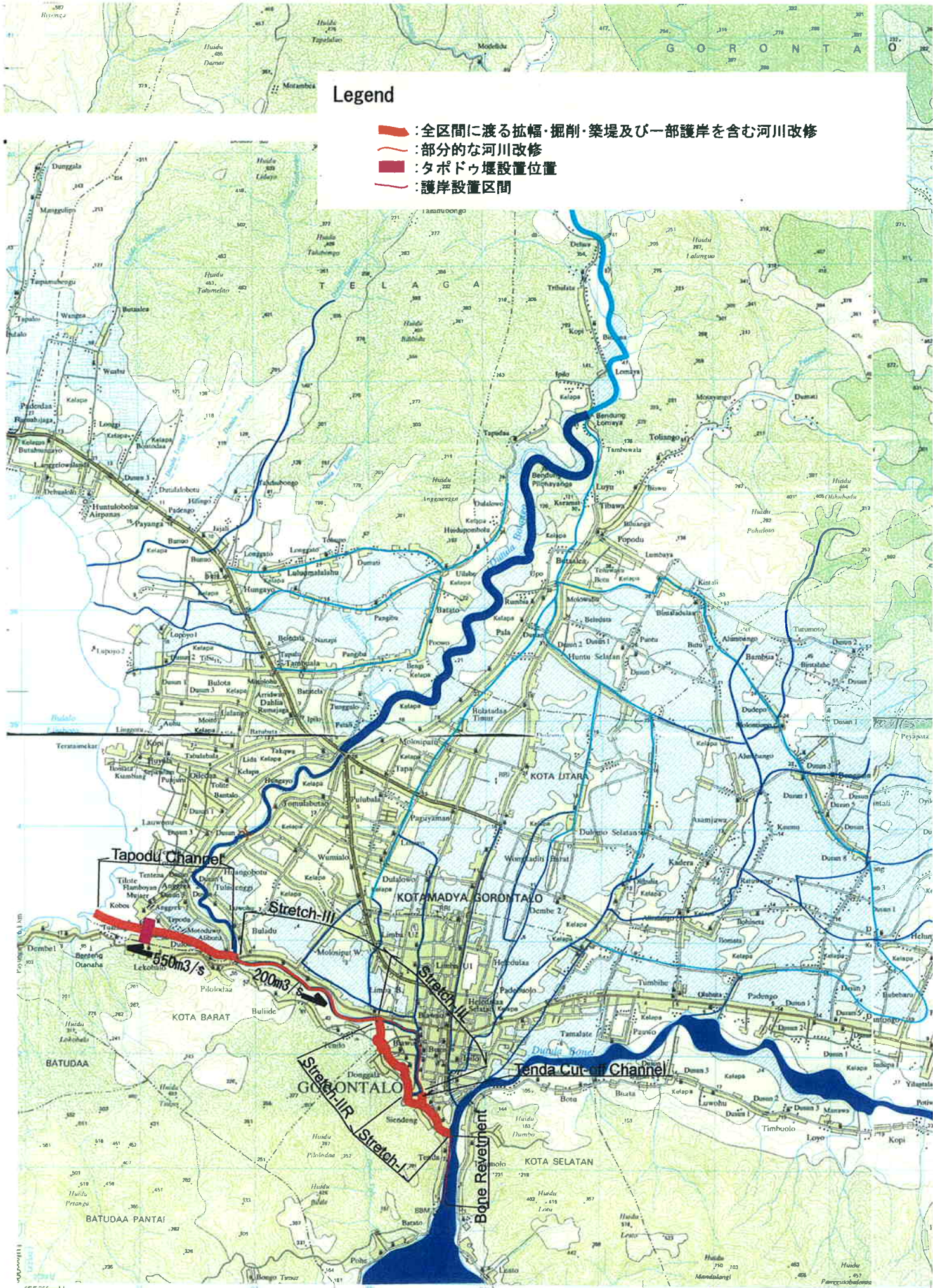
調査対象地域名称図



Legend

- ▬ : 全区間に渡る拡幅・掘削・築堤及び一部護岸を含む河川改修
- ▬ : 部分的な河川改修
- : 排水改良整備対象地区（幹線排水路整備と移動式水中ポンプの供与）
- ▬ : 河川計画を現地政府に提示し調査の中で改修方法を指導していく区間

施設計画位置図
 フォローアップ調査によって再提案された施設計画

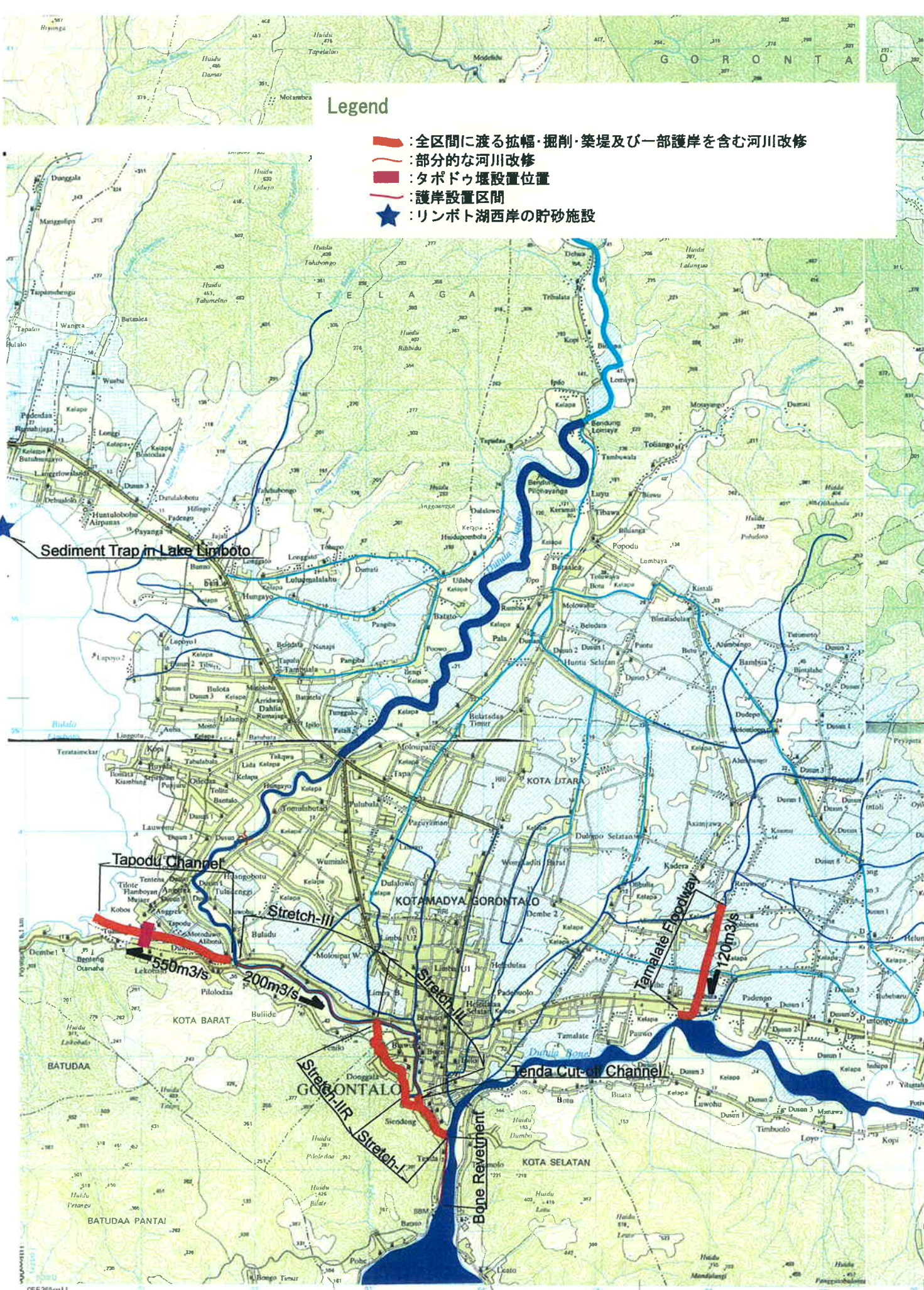


Legend

- : 全区間に渡る拡幅・掘削・築堤及び一部護岸を含む河川改修
- : 部分的な河川改修
- : タポドゥ堰設置位置
- : 護岸設置区間

施設計画位置図

当初要請の施設計画



Legend

- : 全区間に渡る拡幅・掘削・築堤及び一部護岸を含む河川改修
- - - : 部分的な河川改修
- : タポドゥ堰設置位置
- : 護岸設置区間
- ★ : リンボト湖西岸の貯砂施設

Sediment Trap in Lake Limboto

Tapodu Channel

Stretch-III

550m³/s

200m³/s

Stretch-II

Stretch-I

Stretch-IV

Tenda Curen Channel

Tamalate Floodway

120m³/s

Bone Revetment

施設計画位置図

開発調査(F/S)の施設計画

略 語 表 (その 1)

DGWR	Directorate General of Water Resources 水資源総局
F/S	Feasibility Study on Flood Control and Water Management in the Limboto-Bolango-Bone Basin フイージビリティスタディ
F/U	Follow-up Study on Flood Control and Water Management in the Limboto-Bolango-Bone Basin リンボト・ボランゴ・ボネ川流域治水計画フォローアップ調査
LBB	Limboto-Bolango-Bone リンボト・ボランゴ・ボネ川
M/P	Master Plan Study on Flood Control and Water Management in the Limboto-Bolango-Bone Basin マスタープラン
MPTS	Multi-purpose Tree Species/ Jenis Pohon Serba-guna 多目的樹種
RRA	Rapid Rural Appraisal/ Penilaian Pendesaan Cepat 迅速簡易農村調査/速成農村調査
SEA	Strategic Enrionmental Assessment 戦略的環境アセスメント

略 語 表 (その 2)

AMDAL	Analisis mengenai Dampak Lingkungan Hidup 環境影響評価制度
ANDAL	Analisis Dampak Lingkungan Hidup 環境影響評価書
Balai PSDA	Regional Water Resources Management Office 地方水資源管理事務所 流域管理事務所
Balitbangpedalda	Badan Penelitian Pengembangan dan Pengendalian Dampak Lingkungan Daerah 研究・開発・環境管理局
Bapedalda	Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Daerah 地方環境管理局
Bappeda	Badan Perencanaan Pengembangan Daerah

	地方開発計画局
Bappenas	Badan Perencanaan Pengembangan Nasional 国家開発計画局
Bappppeda	Badan Perencanaan Pembangunan Penelitian dan Pengembangan Daerah 地方発展・研究・開発計画局
Bhs.	Bahasa 言語
BMG	Meteorological and Geophysical Agency インドネシア気象庁
BPD	Badan Perwakilan Desa 村落協議会
BPDASB	Watershed Management Office Balai Pengelolaan DAS
BRLKT	Land Rehabilitation and Soil Conservation of Solo Sub-Center 森林保全センター
DAS	River Basin Daerah Aliran Sungai 流域
Dephut	Departmen Kehutanan 林業省
Dinas PUPP	Provincial Water Resources Service Office 州水資源局
DPU	Ministry of Public Works Dinas Pekerjaan Umum 公共事業省（現居住地域インフラ省）
DR	Dana Reboisasi 造林基金
GNRHL	Gerakan Nasional Rehabilitasi Hutan dan Lahan 全国土地・森林回復運動
IDT	Inpres Desa Tertinggal 後進村大統領指導事業
IPK	Izin Pemanfaatan Kayu 木材利用許可
Kab.	Kabupaten 県
Kades	Kepala Desa 村長
Kadus	Kepala Dusun 集落長

Kec.	Kecamatan 郡
Kel.	Kelurahan 区
KIMPRASWIL	Ministry of Settlement and Regional Infrastructure Departmen Pemukiman dan Prasarana Wilayah 居住地域インフラ省
KK	Kepala Keluarga 家長、世帯/家族
KLH	Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup 生活環境国務大臣事務所
KUD	Koperasi Unit Desa 村落共同組合
LSM	Lembaga Swadaya Masyarakat 非政府組織
NJOP	Nilai Objek Pajak Bumi dan Bangunan 建物・土地税対象評価額
PDAM	Perusahaan Daerah Air Minum 地方水道公社
PBB	Pajak Bumi dan Bangunan 建物・土地税
Pemda	Pemerintah Daerah 地方政府
PJT	Public Water Service Cooperation 水管理公団
PKK	Pembinaan Kesejahteraan Keluarga 家族福祉運動
PKSA	Water Resources Development and Conservation Section 水資源開発保全事務所
Polindes	Pos Pelayanan Immunisasi Desa 予防接種所
Posyandu	Pos Pelayanan Terpadu コミュニティー・サービス・センター
PPh	Pajak Penghasilan 所得税
PPTPA	Panitia Pelaksanaan Tata Pengaturan Air 水規制実施委員会
Prop.	Propinsi 州
PTPA	Panitia Tata Pengaturan Air

	水規制委員会
Puskesmas	Pusat Kesehatan Masyarakat 村の保健所
RKL	Rencana Pengelolaan Lingkungan 環境監視計画書
RPL	Rencana Pemantauan Lingkungan 環境管理計画書
RT	Rukun Tetangga 隣組
RTRWP	Rencana Tata Ruang Wilayah Propinsi 州空間計画
RW	Rukun Warga 部落
Sekdes	Sekretaris Desa 副村長
SK	Surat Keputusan 決定書
Sosek	Sosial Ekonomi 社会経済
Th	Tahun 年

インドネシア国 リンボト-ボランゴ-ボネ流域治水計画フォローアップ調査
調査報告書

目 次

序 文

位置図

調査対象地域名称図

施設計画図

略語表

第1章	フォローアップ調査の概要	1
1 - 1	調査の背景	1
1 - 2	フォローアップ調査の目的	1
1 - 3	調査団の構成	2
1 - 4	調査日程	3
1 - 5	団長所感	5
第2章	土砂堆積に関する補足報告	13
2 - 1	リンボト湖の土砂堆積問題	13
2 - 2	ボネ川河口の土砂堆積	16
第3章	リンボト-ボランゴ-ボネ川の洪水特性	18
3 - 1	降雨特性	18
3 - 2	洪水流出特性	20
3 - 3	洪水氾濫特性	24
第4章	タポドゥ川改修計画に対する水文水理面からのレビュー	34
4 - 1	タポドゥ川改修計画の概要	34
4 - 2	無償資金協力を係る要請に対する考察	35
4 - 3	マスタープランの水文水理面からの考察	37
第5章	ゴロンタロ市洪水防御緊急改修計画の検討	40
5 - 1	緊急改修計画の基本方針	40
5 - 2	水文計画検討	44
5 - 3	緊急改修計画の基本構成	51
5 - 4	ボランゴ川緊急改修計画の検討	52
5 - 5	タマラテ川緊急改修計画の検討	69

5 - 6	緊急改修計画の経済評価.....	76
第6章	環境社会配慮調査結果	97
6 - 1	総論.....	97
6 - 2	土地収用に対する住民の意向・認識.....	107
6 - 3	土地収用に対する合意形成に係る課題と実現可能性	118
6 - 4	環境影響評価制度の運用と不確定要素の環境配慮上の課題.....	139
6 - 5	回避・軽減案の実現可能性と州政府の業務上の留意事項.....	147

【付属資料】

Annex-A:	Lower Bolango River Improvement Plan in M/P and F/S 開発調査ボランゴ川改修計画基本図.....	APP - 1
Annex-B:	Standrand Cross Section of Lower Bolango River Improvement Plan in F/S and F/U 河川計画横断面図.....	APP - 7
Annex-C:	Proposed Lower Bolango River Improvement Plan in F/U (with practical use of Steel and Reinforced Concrete) 定規断面計画河道平面図	APP - 10
Annex-D:	Cross Sections of Proposed Lower Bolango River Improvement Plan in F/U (with practical use of Steel and Reinforced Concrete)	APP - 15
Annex-E:	Proposed Lower Bolango River Improvement Plan in F/U (with practical use of Concrete, Gabion and Sodding).....	APP - 32
Annex-F:	Cross Sections of Proposed Lower Bolango River Improvement Plan in F/U (with practical use of Concrete, Gabion and Sodding).....	APP - 37
Annex-G:	Proposed Tamalate Floodway Alignment in F/S and F/U.....	APP - 54
Annex-H:	Results of Flood Inundation Survey.....	APP - 57
Annex-I:	Preliminary Design of Drainage Pumping Station	APP - 62
Annex-J:	Methodology of the Attitude Surveys on the People Potentially Affected by the Land Expropriation.....	APP - 64
Annex-K:	Memorandum of Understanding between DGWR and Province on Project for Flood Mitigation in LBB Basin, Gorontalo.....	APP - 66
Annex-L:	Reforestation Programs in LBB Basin and their Achievements by Desa/ Kelurahan during 2003-2007.....	APP - 71
Annex-M:	Comparison in the Numbers of the Current Occupants of the Areas Potentially Affected by the Land Expropriation and Resettlement by Desa/ Kelurahan.....	APP - 74

Annex-N: Location Maps of the Current Houses Potentially Affected by the Project (the original project plan in the F/S stage)	APP - 77
Annex-O: Photographs Over-viewing around the Houses of the Target Population in the Attitude surveys	APP - 90
Annex-P: Some Sketches Showing the House or Community of the Target Population at Attitude Surveys.....	APP - 95
Annex-Q: Summary of Environmental Management and Monitoring Plans (RKL, RPL) concerning the Original Project Plan at the F/S stage.....	APP - 98
Annex-R: Location Maps of the Current Houses Potentially Affected by the Modified Project (the modified project plan proposed at the Follow-up Stage)	APP - 103
Annex-S: Collected Material in Follow-up Study.....	APP - 111
Annex-T: Alignment Alternative of Tamalate Floodway-mouth	APP - 113
Annex-U: Longitudinal Profile of Bone, Bolango and Tamalate Rivers	APP - 115
Annex-V: Others	APP - 119
Annex-W: Minutes of Meeting on Draft Final Report of the Follow-up Study, held on 10 January 2005, and Memorandum on Darft Final Report of the Follow-up Study, dated on 10 January 2005	APP - 126

第1章 フォローアップ調査の概要

1-1 調査の背景

ゴロンタロ市はゴロンタロ州の州都で、中南部スラウェシ、アンボン、ジャカルタ等とも結ぶ港湾都市として、経済、貿易において重要な役割を果たしている。人口は約 80,000 人で、ゴロンタロ市を含む周辺都市部の合計人口は 200,000 人程度となっている。この市の中心部である、ボネ川、ボランゴ川の合流点付近は、平均海面とほぼ同じ低平地となっており、上流域の森林伐採やゲート操作等の灌漑排水施設の不適切な運営維持管理などから、雨期には毎年洪水被害を受ける等、地域の経済活動に深刻な影響を与えている。

この為、インドネシア政府は日本政府に対し、同市の治水計画策定のための調査（リンボトボランゴ・ボネ川流域治水計画調査）の要請を行い、JICA は 2001 年 2 月に事前調査団を派遣した。その後同年 6 月から 2002 年 12 月の 19 ヶ月間にわたり本格調査団を派遣し、ゴロンタロ市の治水に関するマスタープラン(M/P)を策定、優先プロジェクトについてフィージビリティ調査を実施した。

同フィージビリティ調査では、1)ボネ・ボランゴ川、タポドゥ川の改修、2)タマラテ放水路建設、3)リンボト湖土砂捕捉施設建設、について調査が実施され、同事業による経済評価 (EIRR) はそれぞれ、17.0%、16.2%、16.9% となり、これら事業の早期実施が提言された。

この調査後インドネシア政府は、ボネ・ボランゴ川、タポドゥ川の改修事業について、無償資金協力事業の実施を要請した。これに対し日本政府は更なる情報収集が必要と判断し、2003 年 5 月予備調査が行われた。この予備調査では、無償資金協力の必要性・緊急性は極めて高いと評価されたものの、1)リンボト湖への堆砂がリンボト湖の洪水調節機能に対しどのように影響するかが不明、2)雨量実測データ不備のため雨量観測データに基づいたモデル構築が必要、3)リンボト湖への流れについては水理模型実験等により再確認が必要、4)タポドゥ堰への堆砂の影響を検討する必要あり、という理由から基本設計調査の実施が見送られた。

しかしながら、無償資金協力の予備調査でも認識があるように、ゴロンタロ市の治水事業は緊急性・必要性が十分にある。そのため、今回の調査では開発調査で提案したプロジェクトのうち、ゴロンタロ市への影響が大きいと考えられるボネ・ボランゴ川の改修事業に絞込み、その上で事業実施に移るために不足していると考えられる部分を補足的に調査することとした。

1-2 フォローアップ調査の目的

本調査の目的は、リンボト・ボランゴ・ボネ川流域治水計画調査で提案された優先事業のうち、タポドゥ堰建設及び水路の改修を除いた形で、治水計画修正の可能性を探り、修正が可能であればその修正案を策定することである。

ただし、計画修正においてはあくまでもM/Pの域を出ないこととする。

1 - 3 調査団の構成

現地調査は2回に分けて実施され、それぞれの担当及び滞在期間等は以下の通りである。

表 1-1 第一回目現地調査団の構成

	名前	担当	所属	滞在期間
1.	横倉 順治	総括	JICA 地球環境部 調査役	6/27 - 7/5
2.	松元 秀亮	調査監理	JICA 地球環境部 水資源・防災第二チーム	
3.	森下 甲子弘	河川計画 / 設計	株式会社 建設技研インターナショナル 第二事業本部 副本部長	6/27 - 8/9
4.	鈴木 和人	水文・水理	株式会社 建設技研インターナショナル 第二事業本部 防災・道路部 主幹技師	
5.	久納 泰光	環境社会配慮	社団法人 日本森林技術協会 国際事業部 課長	6/27 - 7/25

表 1-2 現地調査団の構成

	名前	担当	所属	滞在期間
1.	横倉 順治	総括	JICA 地球環境部 調査役	1/5 - 1/11
2.	鈴木 和人	水文・水理	株式会社 建設技研インターナショナル 第二事業本部 防災・道路部 主幹技師	1/4 - 1/15
3.	久納 泰光	環境社会配慮	社団法人 日本森林技術協会 国際事業部 課長	

1-4 調査日程

調査日程は以下の表のとおりである。

表 1-3 第一回現地調査調査スケジュール

日付		調査工程
6/27	日	【全】東京ージャカルタ
6/28	月	【全】10:30 大使館表敬（福渡書記官） 11:30 JICA インドネシア事務所訪問（戸塚次長、中曾根所員） 14:00 居住地域インフラ省水資源総局
6/29	火	【全】09:30 中田専門家訪問（森林省） 午後 水資源総局にて協議
6/30	水	【全】ジャカルターゴロンタロ ゴロンタロ州知事との協議 ゴロンタロ州訪問・協議
7/1	木	【全】現地調査（河口、ボランゴ川下流～上流、リンボト湖）
7/2	金	【全】現地調査（リンボト湖上流域）
7/3	土	【全】現地調査（ボネ川下流）
7/4	日	【官】ゴロンタロージャカルタ 【コンサルタント】現地調査
7/5	月	【官】大使館報告（福渡書記官） JICA 事務所報告（加藤所長） ジャカルタ発→翌日東京着 【コンサルタント】現地調査
7/6 ～		【コンサルタント】現地調査 7/25（日） 【久納団員】 ジャカルタ発→東京へ
8/9	月	【森下団員、鈴木団員】ジャカルタ発
8/10	火	【森下団員、鈴木団員】東京着

表 1-4 第二回現地調査調査スケジュール

日付		調査工程
1/4	火	【コンサルタント】東京ージャカルタ
1/5	水	【全】10:30 JICA インドネシア事務所訪問 (戸塚次長、大原所員、後藤) 14:00 居住地域インフラ省水資源総局 【官】東京ージャカルタ
1/6	木	【全】ジャカルターゴロンタロ 午後 ゴロンタロ州訪問・協議 州居住地域インフラ局にて協議
1/7	金	【全】ゴロンタロ州副知事との協議 州居住地域インフラ局へ現地事業説明(ボランゴ川下流～上流、タマラテ川)
1/8	土	【全】現地調査 (ボランゴ川下流～上流、タマラテ川)
1/9	日	【コンサルタント】現地調査 (リンボト湖上流域) 【官】ゴロンタロージャカルタ
1/10	月	【コンサルタント】現地調査 (リンボト湖、ボランゴ川下流～上流、タマラテ川) 【官】大使館報告 (福渡書記官) JICA 事務所報告 (加藤所長) ジャカルタ発→翌日東京着
1/11	火	【コンサルタント】現地調査
1/12	水	【コンサルタント】現地調査
1/13	木	【コンサルタント】現地調査
1/14	金	【コンサルタント】ゴロンタロージャカルタ ジャカルタ発→翌日東京着
1/15	土	【コンサルタント】東京着

1 - 5 団長所感

1 - 5 - 1 流域の概要

(1) 地形的特徴

スラウエシ島北部は東西に細長く伸びており、その南側の海岸に沿って標高 500m~1,500m の山地が連なっている。これと平行してその北側 (内陸側) に東西に細長く平地が形成され、更にその北側に平地と平行して標高 1,000~1,500m の山地が東西に走っている。この北側山地からは中小河川がリンボト湖に注ぎこみ、またボランゴ川、タマラテ川、ボネ川、内陸に広がる平地帯に流れこんでいる。ゴロンタロ市はボランゴ川によって造られた扇状地の南端 (扇端中央) に位置する。流域面積はリンボト湖 890 km²、ボランゴ川 (タマラテ川を含む) 490 km²、ボネ川 1,320 km²、合計 2,700 km² であり、比較的広い流域となっている (巻頭位置図参照)。

南側海岸沿いの山脈はこれらの河川の手への流入を阻害している。ゴロンタロ市の南に海岸沿い山地唯一の開口部があつて、ボネ川、リンボト湖 (タポドウ川)、ボランゴ川、タマラテ川はすべてゴロンタロ市周辺で合流し、最終的にこの開口部から海に注ぎ出ている。このような地形的な特徴が同市における洪水発生的重要な要因になっていると考えられる (巻末資料 58~61 参照)。また南側海岸沿いに発達した山地は、これらの河川から海への放水路の建設を困難にしており、洪水対策計画上の制約条件となっている。

(2) 土地利用

流域の土地利用は、森林・灌木 70%、農地 23%、草地・住宅など 7% である。リンボト湖流域面積の 15% はとうもろこし栽培が放棄された荒廃地となっている。上流域は安山岩で覆われているが、谷部は花崗岩が露出している。花崗岩地帯は全流域の約 20% である。

3 川合流後の河口には土砂が数十mの厚さに堆積している。また、リンボト湖には周辺河床から土砂が流入しており、その量は年間平均 150 万 m³ と見積もられている。これらの土砂の主な生産源として、このような荒廃地あるいは耕起された農地からの土壌と風化花崗岩などが推定される。

(3) 人工構造物建設による河道の変動

住民からの聞き取りによれば、Pilohayanga (ピロハヤンガ) 堰の建設がボランゴ川の流路に変化をもたらした。同堰建設以前には、ボランゴ川の洪水は山地から扇状地に出た後、河道から溢れ、溢れた水は扇頂付近から右岸山裾に沿って流れてリンボト湖に流れ込んでいた。この流路は長さ約 12km、幅約 1km であり、扇頂付近から湖に向かって南西方向に伸びている。現在この流路の両側一帯は宅地化されているが、この旧流路部分だけは水田となっていて、ここが自然の

放水路として機能していたことが窺い知れる。しかし、同堰が建設されてからは、洪水はこの自然放水路を流れなくなり、堰から4km下流まで続く氾濫原に溢れるようになり、そこに貯まりきれない流れがゴロンタロ市に洪水をもたらすようになったと言われている。このような変化は、インドネシア水利局によれば、上流からの土砂の流れが堰で止められて、下流への土砂供給が減少したため、同自然放水路より河床高が相対的に低下したためと推定されている。もしそうであれば、構造物の建設という人為的活動が河川という自然環境に影響を及ぼし、洪水流の変化を誘発したとすることができる。

(4) 開発が進む以前の扇状地における洪水の流れの推定

オランダがゴロンタロを建設した時代には、市街地における洪水は今のよう問題にはなっていなかったと推定される。洪水問題がある場所に植民地宗主国が新たな街を建設することは考えにくい。当時洪水が問題とならなかった理由として、以下のような点があげられる。

- 1) オランダにより建設された初期市街はボランゴ～ボネ合流点付近に形成された自然堤防上にあり、洪水被害を受けにくかった。
- 2) 市街周辺は今ほど宅地化されておらず、洪水があっても被害はほとんどなかった。
- 3) ボランゴ、タマラテ、ボネ、いずれの河川から溢れた洪水は扇状地に広がる水田(当時は自然の草地などだった可能性もある)に貯留された。
- 4) ボランゴ川のピーク流量は扇状地最上流で、自然放水路によってカットされていた。
- 5) リンボト湖は今ほど土砂によって埋められておらず、遊水機能がよ大きかった。

ボランゴ川の河道断面は扇状地上流の山地部で最も大きく、扇状地を流下するにしたがって次第に狭くなる。ボネ川との合流点でもっとも小さくなっている。これはボランゴ川の洪水は、かつては、自然放水路あるいは周辺の水田に溢れながら、扇状地全体を洪水の受け皿として、下流に行くに従って河道の流量を減少させながら流下していたことを示していると推察される。

1 - 5 - 2 最近の洪水発生状況

(1) 各河川の洪水の特徴

最近発生した洪水の特徴とその背景として、各河川について次のような点があげられる。

- 1) ボランゴ川
 - (a) ピロハヤンガ堰の建設以降、下流河道では洪水流量が増加したと言われている。
 - (b) ゴロンタロ市周辺では水田が宅地化され、流域の貯留機能が低下するとともに洪水はこれらの宅地に被害を与えている。
 - (c) リンボト湖の貯留機能が土砂流入・堆積土砂によって低下している。そのためボランゴ川の洪水流量が増加した可能性がある。

- (d) ボランゴ川から取水された灌漑用水路は排水路となって市街地に達し、市内では雨水・生活排水路としての機能を果たして最終的には再び同川下流部に合流している。ボランゴ川から周辺に溢れた洪水の一部はそのまま水田に湛水されるが、一部はこの用・排水路を通過して市街地に流入している。
- (e) 灌漑用排水路を通過して市街地に到達した洪水はボランゴ川からの背水の影響を受けて河道に戻ることはできず、左右両岸に沿って続く低地に溢れて湛水している。この低地帯は周辺地盤より標高が低くて河道に平行な細長い凹状地形となっている。地形的な特徴から、ボランゴ川自然堤防の後背湿地と見なすことができる。この湛水の排水を目的とした施設(ポンプなど)は整備されていない。2001年洪水では、ボランゴ川の水位が低下した後も、この地区での湛水が1ヶ月以上続いた。
- (f) 扇頂点～タラガ橋上流14kmにわたって存在する幅0.5kmの河道は大きな貯留機能を有している。この河道の現況流下能力は約 $1000\text{m}^3/\text{s}$ であり、これは50年確率以上の洪水に相当する(ここに50年確率洪水は $800\text{m}^3/\text{s}$ である)。この河道区間では洪水ピークが低減している。タラガ橋～タポドウ分岐点までの現況流下能力は $250\text{m}^3/\text{s}$ (1/4確率相当)、タポドウ分岐点より下流は $200\text{m}^3/\text{s}$ (1/3確率相当)である。

2) タマラテ川

- (a) 扇状地東側を流れる流域面積約 60km^2 の小河川である。現況流下能力は $60\text{m}^3/\text{s}$ 程度と想定される。これは、上流域からこれ以上の流出があってもすべて周辺水田地帯に溢れて、市街地に到達する流量は $60\text{m}^3/\text{s}$ 以上にはならないためと考えられる。
- (b) 2002年洪水での市街地におけるタマラテ川沿いの被害は、タマラテ川に流入する灌漑排水路への背水の影響が大きいと考えられる。
- (c) 同年洪水では、合流点付近ではボネ川に排水されにくくなり、市街地に溢れている。ボネ川との合流点付近での被害はボネ川からのタマラテ川への背水の影響によるものと思われる。

3) ボネ川

- (a) 市街地に被害を及ぼす規模の洪水は最近発生していない。流域が比較的広いので下流部に到達するまでにピークが滑らかになることと、河道が広いことがその理由として考えられる。

(2) 全体的な特徴

- 1) 流域が広いため降雨地域に偏りがあると考えられる。
- 2) 降雨の地域的な分布によってゴロンタロ市周辺で発生する洪水の氾濫域に相違が見られる。降雨域は、巻末資料58～59ではボランゴ川流域、同60ではリンボト湖流域、同61ではタマラテ川

とボネ川流域にそれぞれ集中したものと推定される。

- 3) 2001年と2002年洪水では、住民からの聞き取りによれば、人的被害はそれぞれ1名(子供が溺れた)であり水の勢いはほとんどなく、7日～10日間にわたって水位が緩慢に上下した。このような洪水の形態の要因として、リンボト湖による貯留効果、ボランゴ川の扇頂～市内到達までの河道区間での貯留効果、タマレテ川沿いの水田地帯における貯留効果、ボネ川の高水位による背水の影響、などがあげられる。

1 - 5 - 3 洪水対策に関する提言

(1) 無償資金協力要請内容に関する考察

開発調査の結果に基づき、F/S で提案された以下の内容に関して無償資金協力がインドネシア側より要請されている。

- 1) 市街地(トゥパドウ分岐点～ボネ合流点)におけるボランゴ川改修(200m³/s)
- 2) タポドウ放水路(550m³/s)と堰の建設

この要請に関する考察は以下のとおり

- 1) 無償資金協力で要請された内容は、M/Pとして提案された計画実現の第一段階であるという位置付けに過ぎない。これを整備することがすなわちM/Pで対象とされている1/20確率の降雨によってもたらされる洪水から、ボランゴ下流部・市街地を守ることが可能となることを意味するわけではない。
- 2) M/Pで提案されている扇頂～タポドウ分岐点の間の750m³/s河道が整備されないかぎりこの河道区間の現況流下能力は約250m³/sであるため、それ以上の洪水はあふれて水田あるいは灌漑用排水路をとって洪水が背後から市街地を襲うという現状には何の変化ももたらさない。そして、タポドウ放水路(550m³/s)と堰は750m³/sの洪水がタポドウ分岐点まで来ないので使用されることはない。つまり扇頂～タポドウ分岐点の河道改修が実施されなければ、この部分でのボランゴ川の流量は現況流下能力程度(250m³/s)と推定され、リンボト湖への放水の必要性が生じない。このように、扇頂～タポドウ分岐点の間の河道整備が、当該無償資金協力に続くタイミングで何らかの資金により実現されるまでは、同放水路と堰の建設は意味をなさない。また分岐点下流の現況流下能力は200m³/s～150m³/sであるので、これを200m³/sに改修するだけでは現状改善の効果は小さい。
- 3) 将来扇頂～タポドウ分岐点の間の河道が整備されると仮定した場合のタポドウ放水路(550m³/s)と堰の建設の妥当性を検討した。その結果、タポドウ放水路+タポドウ堰の建設によるリンボト湖の洪水調節池としての利用は、リンボト湖上流域の荒廃改善事業の進捗の程度、およびインドネシア側の河川施設維持管理体制の現状、などが十分では

ないことを考慮すると、今のところ妥当ではないと考えられる。

- (a) リンボト湖上流域における流域保全が進んでいない現状では、周辺流域からの土砂流入が継続して、有効治水容量が早くも2012年、遅くとも2022年には阻害される可能性があると予測されている。つまり、無償資金協力により本プロジェクトが2007年に開始され、2009年に終了する場合には、早ければ施設完成後3年後には土砂による治水容量の阻害が始まる可能性が生じることとなる。
- (b) リンボト湖への土砂流入の現状を考慮すると、タポドゥ放水路に土砂が堆積し、その維持管理が困難となる可能性がある。現在 $60\text{m}^3/\text{s}$ 程度の断面を $550\text{m}^3/\text{s}$ に拡張すれば、自然のなりゆきとして土砂堆積の傾向が生じると推測される。
- (c) 以下の理由により、注意深い堰ゲート操作が求められるが、このようなゲート操作に関しては、インドネシア側の維持管理体制の現状は必ずしも十分とはいえない。

- ・あらかじめボランゴ川からの洪水が堰に到達するまでの時間とその規模の予測にもとづいて、洪水到達までにゲートを所定の開度で開いておかなければならない。洪水到達までにゲートを所定の開度になるよう操作できないと、市街地が人為的理由によって被災する。

- ・タポドゥ水路では順逆両流が生じることと地形的な制約から、河床勾配をとることができず水平とせざるを得ない。したがって同放水路流量と流向は水面勾配によって決定される。しかし、洪水発生時に下流河道に対して安全となるようにピークをカットするための水面勾配が同水路において常に発生するとは限らない。所定の水面勾配より先緩やかとなり、所定の流量をカットできない可能性がある。また、水面勾配が急すぎる場合にはゲート操作によって流量を調整しないと、リンボト湖周辺に洪水被害がもたらされる。

洪水ピーク通過後ボランゴ川の水位がリンボト湖より低くなる際、その水面勾配が急となる場合には、ゲートによる調節を行わなければ下流市街地が被災するリスクが存在する。

- 4) なお、タポドゥ堰を建設した場合、その操作にあたっては、あらかじめ洪水到達までの時間とその規模を予測するために、上流域に雨量・水位観測所を整備し、これをテレメーターシステムによって管理することが必要と考えられる。

(2) 洪水対策案の骨子

以上より、先方要請内容を見直し、リンボト湖の遊水地としての利用なし、つまりタポドゥ堰・放水路なしの新たな治水対策案を検討した。これはボランゴ川の改修、市内排水ポンプ設置、タマ

ラテ放水路の建設、の3 ポーションからなる。

1) ボランゴ川の改修

- (a) 市街地下流部(右派川分派点～ボネ合流点)における開発調査で提案されたボランゴ川改修案を見直した。河道拡幅のための用地取得による社会的影響を最小限・開発調査程度に抑えることを念頭において、河道整備を再検討すると、 $270\text{m}^3/\text{s}$ の断面に拡幅することが可能である。これは5年確率の雨量によってもたらされる洪水流量に相当する。
- (b) 日本の中小河川整備は、必要最小限の目標として当面5年～10年に一度発生する程度の規模の降雨を対象に整備することが計画されている。ボランゴ川は中規模河川であり、しかも地方都市であることから、日本の現状と比較しても上述計画規模は当面の緊急的対策としては妥当であると考えられる。
- (c) 市内における河道改修にあたっては、超過洪水による災害を最小限に抑えるために、計画高水位を現地盤以下とするなどの工夫により、少なくとも現状より先悪くならないよう配慮することが重要である。
- (d) ボランゴ川を流下する洪水は、市街地到達前の氾濫原で溢れており、このことが洪水ピークの低減に寄与していると推測される。治水計画策定にあたってはこの氾濫原の持つ遊水池機能の利用・保全が重要と思われる。

2) ポンプによる排水

- (a) 5年確率以上の降雨によってもたらされる超過洪水発生の場合には、現状のように分岐点から下流のボランゴ川右岸沿いには1ヶ月以上湛水する被害が生じる。この状況を改善するためには、移動可能な排水ポンプを整備することが適当と考えられる。このポンプによって、10年確率の降雨による洪水の湛水は2～3日、20年確率では1週間で排水することが可能になると推算され、超過洪水の場合にも現状が改善される。
- (b) 左右派川により囲まれた市域の超過洪水による湛水については、ここに排水路を整備し、その最下流端にポンプによる排水施設を設けることによって対応が可能である。

3) タマラテ放水路の新設

- (a) タマラテ川の排水不良によって発生している同川～ボランゴ川合流点付近での湛水の解消には、その上流における放水路の建設が有効である。
- (b) タマラテ川流域では洪水が水田地帯で溢れて湛水しているので、上流域からの洪水規模にかかわらず、市街地への流入量は現況河道流下能力である $60\text{m}^3/\text{s}$ 程度であると考えられる。タマラテ放水路の計画流量はこの数字を基本として検討することが適当である。

4) 洪水流量

ボランゴ川については、1/5 洪水の場合、390m³/s が扇状地上流に流入した後、洪水ピークは河道における貯留機能により低減し、タラガ橋での流出は 270m³/s となる。タマラテ川については、洪水規模にかかわらず、水田地帯における貯留機能により 河道への流入は 60 m³/s 以上にはならないと推定される

(3) 治水対策上の課題

ボランゴ川には市内で複数の灌漑排水路が合流している。本川に築堤する場合には、本来基本的にこれらの排水路に対して以下の処置を講ずることが望ましい。

- 1) 背水堤を整備する。
- 2) 合流点に水門と排水機場を設け、洪水時には水門を閉じて、排水路の流量をポンプにより本川に排水する。

しかし、1)の方法については、現在市内では排水路沿いに住宅が密集しており、用地確保が難しい。2)の方法については、現在のインドネシア側の維持管理体制を考慮するとゲート操作とポンプ運転にミスが生じて人為的災害が発生する可能性を否定できない。またそれだけ多数のポンプの運転と維持には財政的な対応が困難となることも予測される。したがってこれらの構造物は計画せず、計画高水をできるだけ周辺地盤高より低くなるよう工夫する。どうしても溢れる流量については、凹地に溜まった水を移動式ポンプ排水で対応する、などの方策が現実的であると思われる。

タマラテ川に流入する複数の灌漑排水路についても、上述と同様の対応が現実的である。

タマラテ川に放水路が建設された場合、これが放水路周辺の氾濫水の流れを阻害して新たな被害を生じさせないよう、また吐き出し口でボネ川の洪水を阻害しないよう、築堤計画などについて配慮・工夫することが必要となる。

1 - 5 - 4 おわりに

- (1) ボランゴ川、タマラテ川、のいずれも2001年と2002年洪水のあと、パラペットによる堤防のかさ上げと鉄線籠による護岸の整備が行われている。2005年1月に調査団が訪れた際には、2004年7月の調査の際より先その整備状況が進んでいた。このような自助努力の進捗状況は、洪水による被害が深刻で、なんとかしてこの状況を改善したいという地元の熱意を表しているものであり、日本の無償資金協力を実施することの意義は大きいと考えられる。
- (2) 以上述べたように、タポドゥ放水路建設には種々の制約条件がある。また市内の人口密集地におけるボランゴ川沿いの築堤は社会的に影響が大きい。このように、現実的には施設による対応には限度がある。一方、河道の貯留、あるいは流域の水田地帯における湛水が洪水ピークの低減に貢献している機能を考慮すると、その貯留機能の価値を見直し、これを保全・改善するこ

とが今後は重要になると考えられる。そのためには土地利用と治水を一体としてとらえた地域計画の策定が必要となる。このような行政上の対応の重要性をインドネシア側に認識してもらうことが肝要である。

- (3) 20年確率の降雨による洪水を対象としたM/Pの実現を可能とするための必要条件のひとつとして、リンボト湖上流域の砂防・治山事業が進展して土砂生産・流送量が減少し、湖とタポドゥ堰周辺河床および同放水路への土砂堆積量の減少が期待できるようになることがあげられる。またインドネシア側による同堰とテレメーターシステムの操作・維持管理技術の確立も、もうひとつの重要な必要条件である。将来 M/P の実現を考えるにあたっては、タポドゥ放水路・堰の代替案として、ボランゴ川上流域における洪水調節のための貯水池計画は、あらたに検討に値すると考えられる。

以上

第 2 章 土砂堆積に関する補足報告

リンボトランゴ・ボネ川流域の土砂流出の問題は次の 2 点に集約できる。

- (1) リンボト湖の湖面縮小に繋がる流域からの多大な土砂流出
- (2) ボネ川河口の土砂堆積による内陸部への航行不能

これらについて、現地調査を踏まえた補足報告を以下に行う

2 - 1 リンボト湖の土砂堆積問題

リンボト湖の年平均堆積土砂量は、マスタープラン(M/P)において既往の調査結果を整理し、約 100 万 -200 万 m^3 /年と推定されている(次図参照)。この値は、仮にリンボト湖全体の流域面積 $892km^2$ の約 60% を山地丘陵とすると、年間あたりの侵食深は 2-4mm に達し、生産土砂量換算で $1,900-3,800m^3/km^2 \cdot 年$ に相当し、極めて大きな値である。

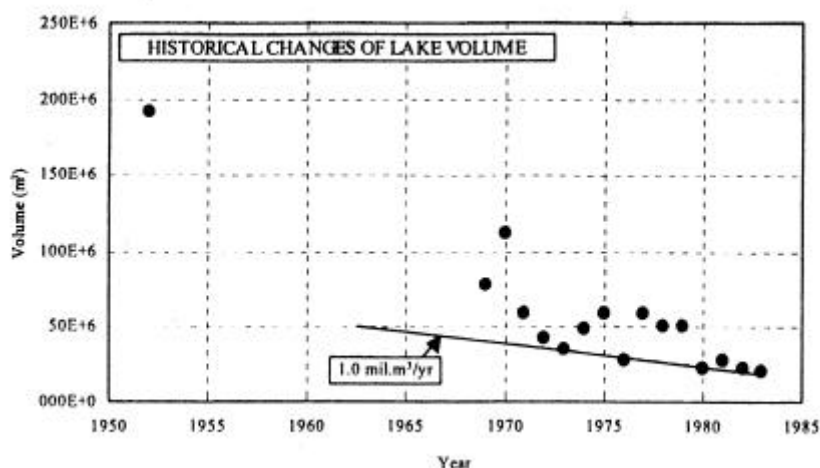


図 2-1 リンボト湖の湖水容量の経年的減少状況

リンボト湖の土砂堆積問題については、すでに M/P や予備調査で触れられており、ここでは今回の現地調査において得られた知見から、リンボト湖の湖水容量の減少を加速させている要因について、(1)特定流域からの多大な土砂流入と河川改修、(2)灌漑システムの整備および(3)タポドゥ川改修の 3 点から整理する。

2 - 1 - 1 特定流域からの多大な土砂流入と河川改修

リンボト湖に大きなデルタを形成しながら現在もそのデルタの成長を続けているのは、Alo-Pohu 川(C.A= $477km^2$)とBiyonga 川(C.A= $66km^2$)である。Alo-Pohu 川の中でも、とくに土砂流出の多いのは Reksonegoro 川であり、これとBiyonga 川に土砂流出を調節する施設を設置することは、今後

の対策として有効である(写真-1~5 参照)。



写真 2-1 Alo-Pohu 川河口で土砂により埋没した家屋(1999年-2001年洪水)



写真 2-2 Reksonegoro 川：とくに土砂の流出が著しい



写真 2-3 Alo-Pohu 川：浚渫し築堤したデルタ上の河道



写真 2-4 多大な土砂流出を示す堰下流の土砂堆積
(Biyonga 川 Huludupitango 堰)



写真 2-5 Biyonga 川：浚渫したデルタ上の河道

ここで、さらに注目すべきは、土砂の堆積に伴って産み出された新たな土地が、入植対象となり住居ができ、耕地として利用されていることである。こうした周辺農地と住居を洪水氾濫から守るた

め、デルタ上の河道は浚渫され築堤されている。この河道により洪水時に流送されてきた土砂はさらに下流に運ばれ、低平な土地が湖に向かって加速的に造成されることとなり、湖の縮小に拍車を掛ける結果となっている。人的な所作である流域斜面でのトウモロコシ等の換金作物の栽培が表面侵食等によって土砂流出を加速し、土砂堆積により湖面に現出した新たな土地への入植がデルタをより湖内部に前進させるという構図が明らかに認識できる。

下に示す写真 2-6 は 2001 年 8 月 24 日に JICA 調査団により撮影された空中写真である。写真 2-1 に示した家屋の埋没を引き起こした洪水氾濫と土砂堆積が明瞭に認められる。

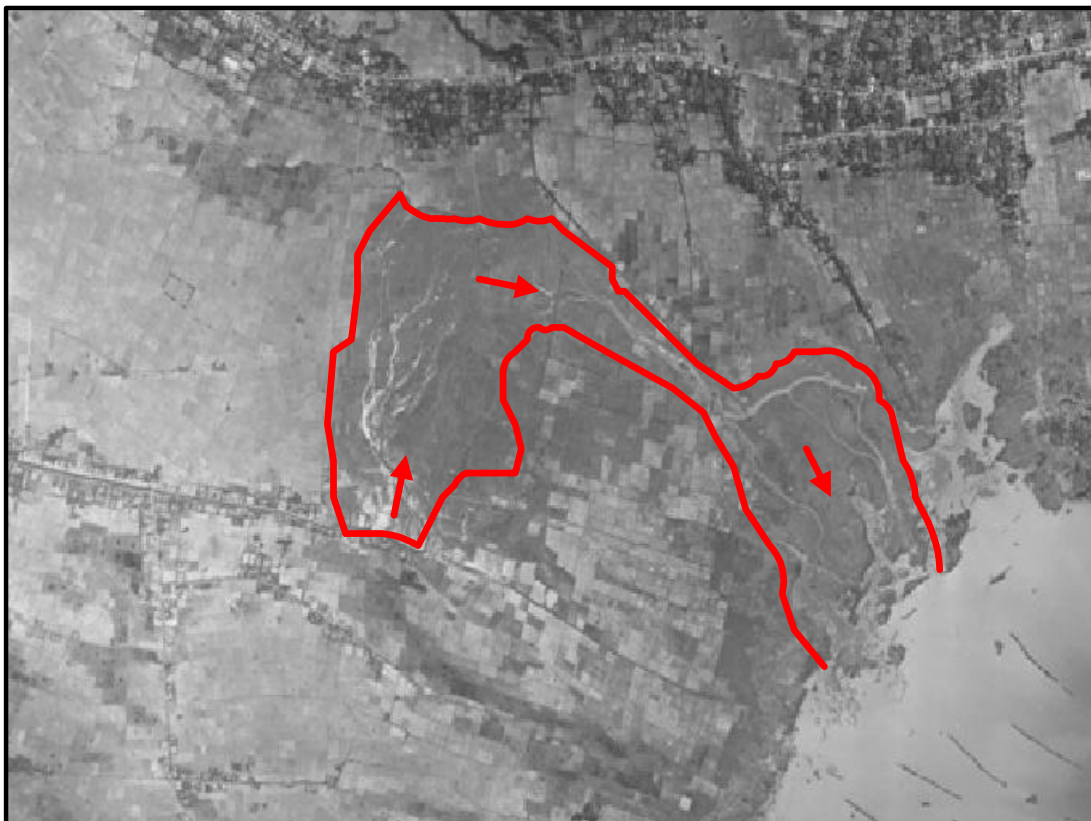


写真 2-6 Ato-Pohu 川デルタにおける土砂氾濫状況(2001 年 8 月 24 日撮影空中写真より)
【赤線で囲んだ区域：土砂氾濫が認められる範囲】

2 - 1 - 2 灌漑システムの整備

土砂堆積とともにリンボト湖の縮小に影響を与えているものに、灌漑システムの整備による流域の水収支の変化(水消費の拡大)がある。湖面積は乾季と雨季によって異なるが、ここでは乾季の平均的な値をとって 30km^2 とし、主要支川流域を整理すると次表のようになる。

表 2-1 リンボト湖流域の主要支川

流域名	流域面積(km ²)
Alo-Pohu 川	477
Marisa 川	64
Meluopo 川	27
Biyonga 川	66
その他	228
リンボト湖	30
合計	892

リンボト湖を取り巻く上記の支川流域では、1970年代以降、積極的な灌漑開発が進められ、次のような取水施設が建設された。

表 2-2 リンボト湖流域の灌漑取水施設

流域	取水堰	集水面積(km ²)	灌漑面積(ha)	完成年	備考
Alo-Pohu	Molalahu	87	564	1976	
	Alo	196	1,800	1972	
	Pohu	134	1,643	1973	
	Alo-Pohu	475	-	1982	Alo を補完
Biyonga	Huludupitango	57	1,150	1974	

これらの取水堰を現地調査した結果、すべての堰で河道流量に対し全量取水を行っており取水後には水路損失、田面消費等を経て、農業排水として還流するが、かなりの消費が見込まれる。これら堰の集水面積は、リンボト湖の流域面積の60%を占めている。この結果から、リンボト湖の米mm縮小に関して、灌漑施設の整備が及ぼした影響を次のように考察できる。

通常湖面の計測は乾季に行われる。

上記の表 2-2 中に示した灌漑取水施設で乾季に全量が取水されると、湖全体の水収支は流入量が大幅に減少し、これが湖面の縮小として計測される。

事実、乾季中の湖の貯水量は60年代に比べ堰の建設が行われた70年代から80年代にかけて減っている(図 2-1 参照)。

このように、定量的な判断は困難であるが、リンボト湖の湖面縮小の主要な要因として、流域の荒廃による土砂流入の増大とともに灌漑施設の整備による水収支の変化が考えられる。

2 - 1 - 3 タポドゥ川の改修

上記灌漑システムの整備によるリンボト湖への流入量の減少に加えて、JICA 開発調査(M/P サポートインゲレポートによると、タポドゥ川の河道整正が1994年に実施され、河道拡幅と河床のスモーキングが行われ、この結果リンボト湖の乾季における水位低下が助長されているとのことである。タポドゥ川は水位 2.65mMSL で氾濫を開始するが、その時の流量は 58m³/s とのことである。

2 - 2 ボネ川河口の土砂堆積

ボネ川河口部は、急激に深くなる Tomini 湾に対し、海水面を基準面とする堆砂先端部を形成している。

この堆積土砂は、礫砂混じりの構成(写真 2-7 参照)であることから、ボネ川上流河道の堆積土砂(写真-8 参照)と連続しており、そのほとんどがボネ川から供給された土砂と判断される。一方ボランゴ川は、下流部に分岐した二本の緩勾配の蛇行水路を有しており、河床堆積物はシルト粘土が卓越しており、この河道区間を礫混じりの砂が流下するのは困難である。



写真-7 ボネ川河口の干潮時における砂利採取



写真 2-8 ボネ川河口より約 5km 上流の土砂堆積状況

こうした考察から、ボネ川河口の堆積土砂は、ボネ川が流送してきた土砂が長年月にわたり堆積したもので、堆砂面はある意味で安定勾配に達していると考えられる。さらに先端部は沿岸流によって、左右いずれかの海岸に流送されるものと考えられる。また河口の堆砂は、ボネ川の洪水によって海域へ洗い出されたり、堆積したりということを繰り返し、その都度河口の水深は変化していると思われる。こうした河口の堆積がここ数十年で急に生じたとの住民の説明もあるが、上記の理由からその可能性は少ないと考えられる。

この区間での浚渫掘削を実施したとしても、その後の洪水で埋め戻される可能性が大きいと考えられ、この種の工事の費用対効果は小さいであろう。当地域での骨材需要には限界があるように思われるが、河口部の浚渫掘削の代替として、下流域での砂利採取の活性化による全体的な河床低下策も考えられる。いずれにしても、河川構造物に影響を及ぼさない範囲での砂利資源の活用は河口の維持への間接的効果も期待でき、積極的に推進すべきであろう。

第3章 リンボト-ボランゴ-ボネ川の洪水特性

3-1 降雨特性

JICA 開発調査により、自記ないし普通の水位計と雨量計が流域内の主要河川および主要地点に設置され、現在も普通水位計(スタッフゲージ)と普通雨量計は機能を続けている。これらのデータは2001年11月前後から記録が開始されている。この観測期間内に、2002年5月の洪水が発生している。この洪水では、ボネ川下流のプギス地区において、上流から溢水しボネ川に面したパラペットを堤内側からの水圧により河川側に倒壊させるという被害が発生させた。さらにボランゴ川流域でも湛水被害を生じさせた。

リンボトボランゴ-ボネ流域の2002年5月洪水の観測日雨量を、表3-1および図3-1に示す。この洪水では5月8-9日にリンボト湖流域およびボランゴ川流域で洪水が発生し、その後11-12日にボネ川で洪水が発生したと言われているが、日雨量から見た豪雨域の時空間的分布にも、それが裏付けられる。リンボト湖流域やボランゴ川流域では7日に約80mm前後の雨量、ボネ川下流では11日に108mmの雨量を記録している。これら点雨量を単純にJalaluddin観測所の既往記録と比較すると、80mmは約5年弱の確率、108mmは10-20年確率に相当する。

表 3-1 2002年5月洪水主要観測所日雨量

観測所	2002年5月 (単位: mm)						摘要
	6日	7日	8日	9日	10日	11日	
Jalaluddin	0.0	18.1	41.0	3.7	5.9	22.5	Jalaluddin 空港
Bongomeme	3.0	79.5	65.5	9.5	0.5	9.5	Pohu 川下流部
Biyonga	1.5	21.5	30.0	7.0	14.0	2.0	Biyonga 川上流部
Dulamayo	17.0	88.0	26.0	7.0	9.0	2.0	Bolango 川上流部
Boidu	0.0	47.0	22.0	46.0	0.0	49.0	Lomaya 頭首工
Alale	6.5	26.0	30.0	25.5	14.0	108.5	Alale 頭首工

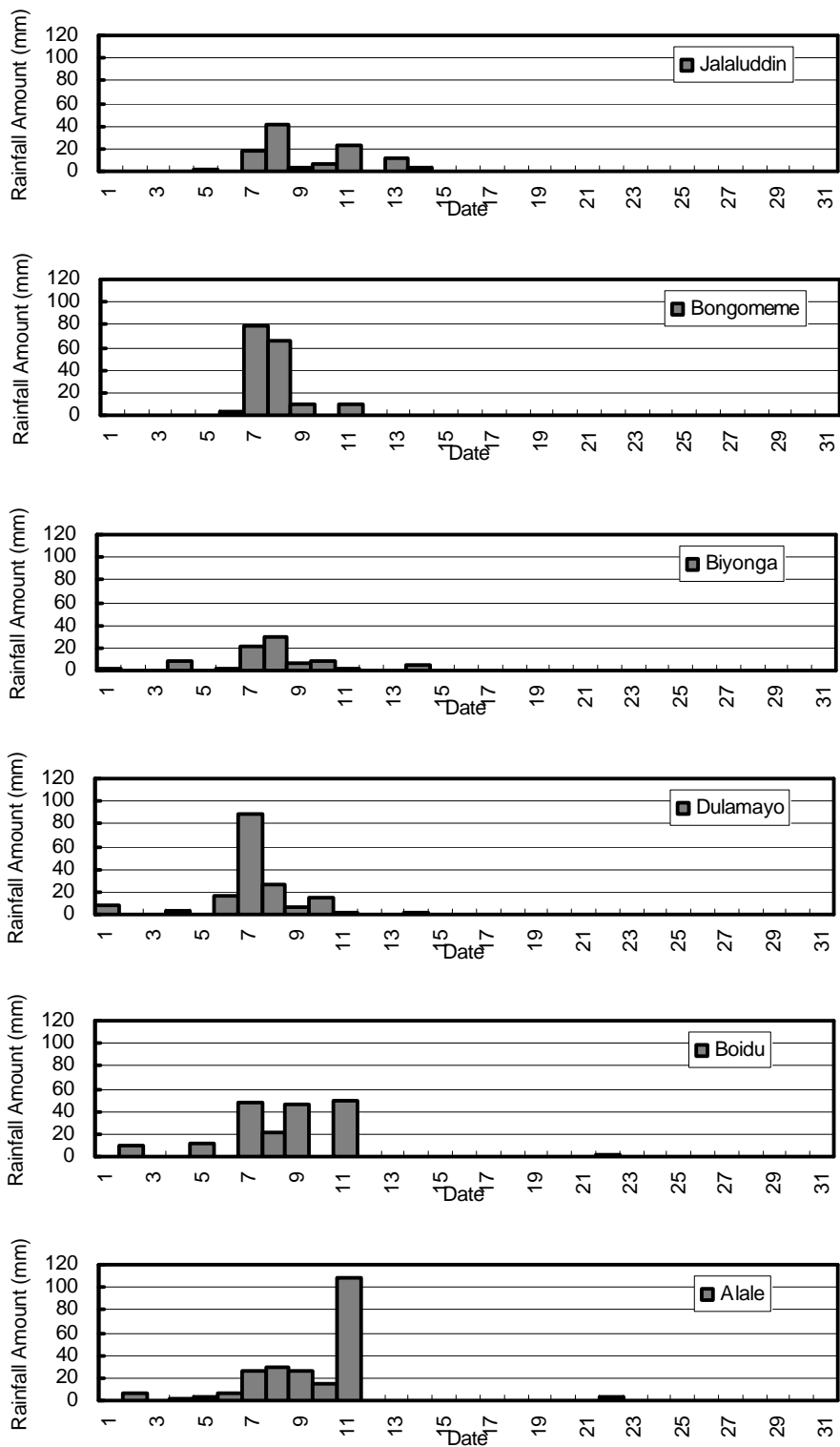


図 3-1 2002 年 5 月洪水における観測日雨量

3 - 2 洪水流出特性

2002 年洪水は、JICA 開発調査団が設置した次のような水位観測所で日水位が観測されている。

表 3-2 2002 年洪水を観測した水位観測所一覧

観測所	河川	集水面積	備考
Isimu	Alo 川	196km ²	リンボト湖流域
Biyonga	Biyonga 川	68km ²	
Pohu	Pohu 川	134km ²	
Dembe 1	Limboto 湖	892km ²	リンボト湖水位
Outlet Tapodu	Tapodu 川	892km ²	リンボト流域出口
Lomaya	Bolango 川	388km ²	ボランゴ川流域
Telaga Br.	Bolango 川	462km ²	
Alale	Bone 川	1,060km ²	ボネ川流域
Bone Rivermouth	Bone 川	2,701km ²	3 流域出口

これらの観測水位のうち、リンボト湖、ボネ川、ボランゴ川に分けて、主要な日水位の変動を示したものが図 3-3 である。この水位ハイドログラフから次のことが分かる。

3 - 2 - 1 リンボト湖流域における洪水流出とリンボト湖の湛水状況

リンボト湖流域のピヨガ川は流域面積が 68km² と小さいこともあって、洪水の継続日数は 2-3 日程度である。また、アロ川、ポフ川については、数 10cm の水位上昇が観測された程度であった。

こうしたリンボト湖流域からの洪水流出に対して、ピヨガ川の水位で見ると、洪水の立ち上がりから 5 日後の洪水の減水がほぼ終了した時期に、リンボト湖は最高水位 4.97m を記録している。

3 - 2 - 2 リンボト湖とタポドゥ川・ボランゴ川の関係

リンボト湖の水位とタポドゥ川の水位を比較すると、通常は 1m 内外の水位差を持って、ボランゴ川との合流点に向かって流水が流下(湖水を排水)している。ただ、図 3-3 に示すように 5 月 8 日のみタポドゥ川とリンボト湖の水位が逆転しており、この日には、ボランゴ川の洪水がリンボト湖に逆流したと考えられる。

タポドゥ川によるボランゴ川の洪水調節を考える場合、上記の事実は次の点で極めて重要である。

- (1) 逆流は必ずしもボランゴ川のピークと一致せず、リンボト湖の水位との相対的關係で発生する。
- (2) この 2002 年 5 月洪水ですら、タラガ橋でボランゴ川が洪水ピークを迎える 9 日にはリンボト湖の水位は、4.57m に達している。これらの点については 4 章において詳細に考察する。

以上は、日水位データの比較検討による考察である。さらに、流量観測資料が無いことからその

精度自体に問題があるが、等流計算等を用いて図 3-2 に示すような方法でリンボト湖における水収支計算を行った。さらにボランゴ川について、タラガ橋の水位と横断面より同様に等流計算を行って、日流量を推算した。これらの結果を図 3-4 に示す。なお、ここでは湖面からの蒸発は見込んでいない。

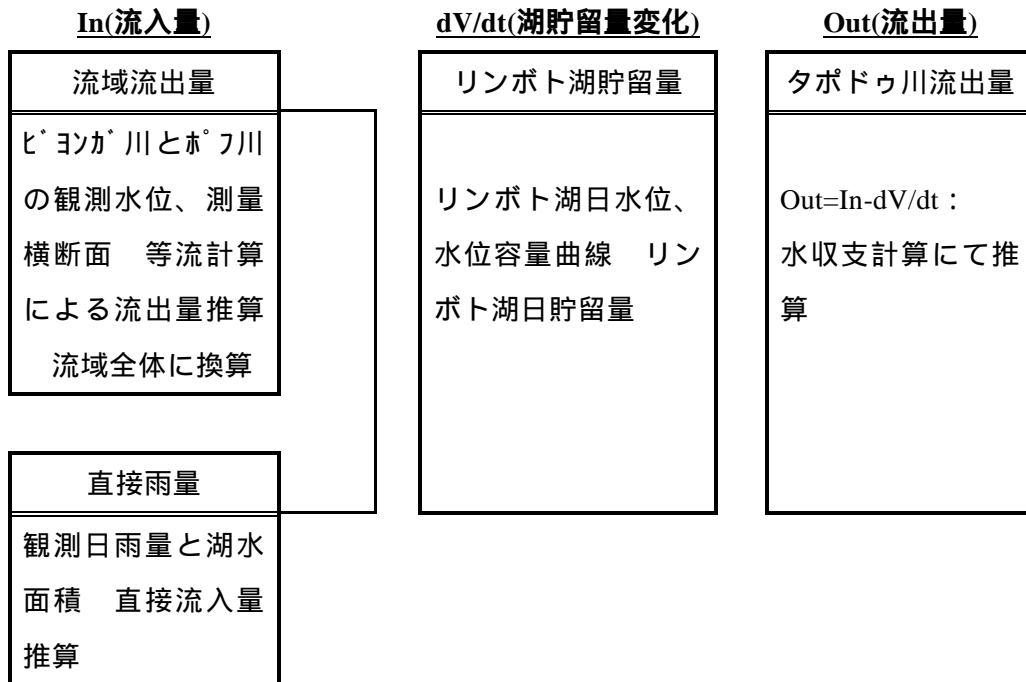


図 3-2 リンボト湖の水収支計算フロー

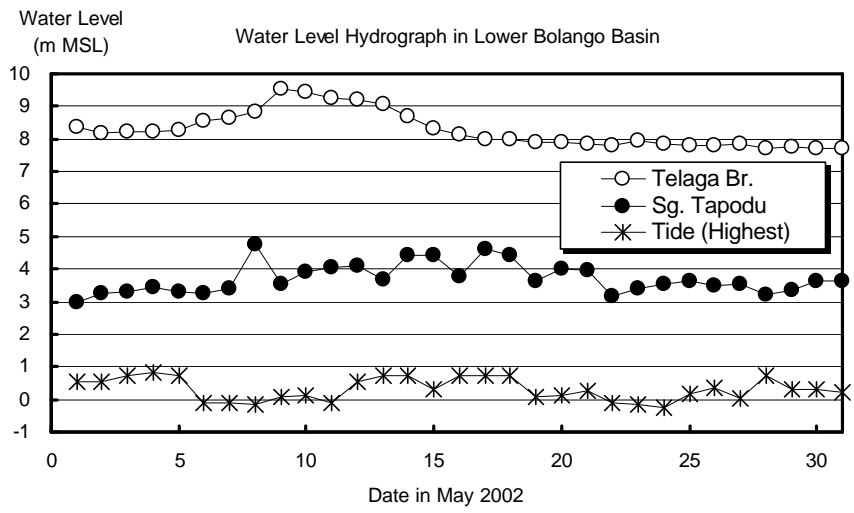
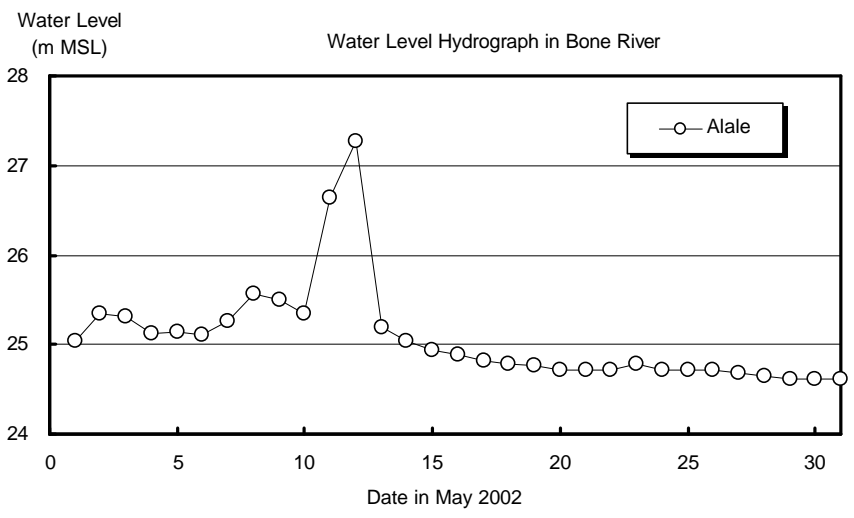
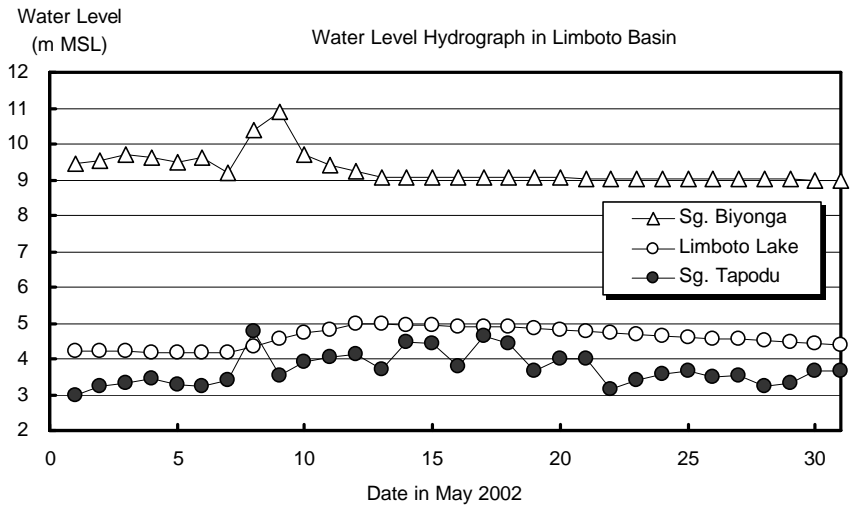


図 3-3 2002 年 5 月洪水における観測日水位

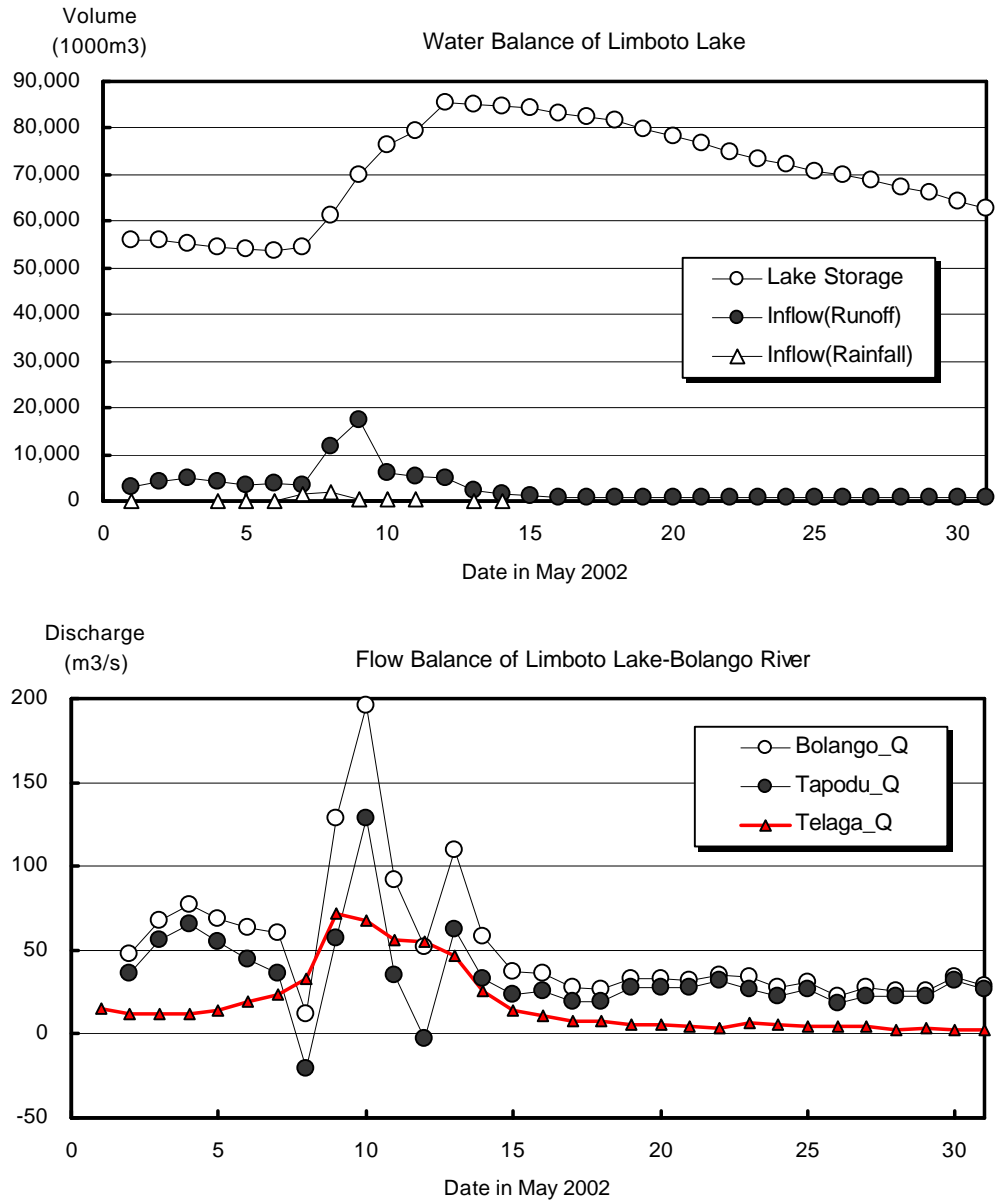


図3-4 2002年5月洪水におけるリンボト湖水収支とボランゴ川流出量の推算結果

図3-4に示した水収支からリンボト湖、タポドゥ川およびボランゴ川の洪水流出の相互関係について、次のことが分かる。

- タラガ橋におけるボランゴ川の洪水流出を見ると、洪水の立ち上りから減水まで約1週間継続しており、とくに減水部が比較的長く尾を引いているのが特徴である。
- 日水位で見ると、タポドゥ川で明らかな逆流が発生したのは、ボランゴ川洪水ピークの1日前の1日のみである。その後は、リンボト湖からの貯留水の流出が20-30m³/sの幅で長期間継続している。
- 洪水ピーク付近では、タポドゥ川から100m³/s内外の洪水が流出した結果となっているが、実際の河道断面と急な動水勾配(リンボト湖の氾濫湛水位とボランゴ川合流点付近の減水を始めた水位)を勘案すれば、現状の断面でも十分発生可能な流量と判断できる。

精度的には問題があるが、ボランゴ川下流部は、洪水立ち上りからピークを超える頃までボランゴ川の洪水の影響を受け、その後ボランゴ川の洪水減水期には、引き続きリンボト湖からの長期的な洪水流出の影響を受けていることが上記の水収支で明らかとなった。

3 - 2 - 3 ボネ川の洪水流出

本洪水で最も雨量が大きく、浸水等の洪水被害が最も広く発生したのがボネ川流域であるが、ボネ川アラレ地点の水位で見ると、洪水は2日間で終了しており、減水部も長く尾を引くような形態を示していない(前出の図 3-3 参照)。ボネ川流域内の降雨分布が不明なため、こうした洪水減水部が短いことがボネ川洪水の一般的な特徴なのか、本洪水の降雨分布によるものなのか(下流部を中心とした降雨分布のケースが考えられる)の判断が困難である。しかし一般的には、こうした降雨-流出の早い応答と短い減水部は、急勾配の流域および流路という地形的特性も一因として考えられる。

3 - 3 洪水氾濫特性

3 - 3 - 1 現地洪水氾濫実態調査

洪水氾濫実態調査を行うにあたり、現地コンサルタント6名をジャカルタにて備上し、3名1組で2チームに分けて、20日にわたりゴロンタロ現地にて聞き込み調査等を実施した。各チームには、調査団の河川計画/設計担当と水文・水理担当がそれぞれ同行した。1チームは現地住民から既往洪水氾濫の直接的な聞き込み、他のチームはゴロンタロ市の各クルラハン(地区)の地区長等への聞き込み、およびそれぞれ浸水常習地帯への現地踏査を行った。

調査期間は、7月8日から27日の20日間(ジャカルタとの移動日1日ずつを含む)であり、調査結果は別途報告書としてまとめている。次項以降の洪水氾濫特性は、これらの結果を含めてまとめられたものである。

3 - 3 - 2 ボランゴ川の洪水特性

ボランゴ川の洪水について、住民に聞き込むと、最も古いもので1918年から始まり、1938年、1971年、そして2001年等々と近年の洪水に続くが、一般には1971年の洪水から記憶をたどる住民がほとんどである。1971年洪水は既往最大規模の洪水であり、ゴロンタロ市においてボランゴ川全域のみならずボネ川下流まで全域にわたって洪水氾濫が起こっている。その後の主要洪水は、1997年、2001年2月そして前章ですでに述べた2002年5月洪水である。

さらに近年10年(1994-2003)のうち、聞き込み調査で何らかの洪水被害があったとされるのは、1994、1995、1997、2000、2001、2002及び2003の7年であった。したがって、ボランゴ沿川では、ほとんど毎年のように洪水被害に見舞われていることがわかる。

(1) 1971 年洪水

1971 年洪水は既往最大ながら、全く水文データが観測されておらず、当該流域のデータは翌年の 1972 年から観測が開始されている。唯一住民の記憶によると、ボランゴ川上流のロマヤ堰では兩岸にあった道路より水位が 5m も高く、兩岸の低地にあった家屋の屋根をはるかに超えていたようである。湛水時間も 1 週間を超え、ボネ川河口でも兩岸の道路を越えて洪水が流下したとのことである。

1971 年洪水は、ボランゴ川全川にわたって溢水氾濫したが、とっわけ特徴的なのは、ロマヤ堰下流の広大な扇状地様の地形を流下する区間から左右に溢水氾濫し、氾濫流が流下したことである。ボランゴ川右岸を溢水した氾濫流は、リンボト湖に流入している。これはかつて CIDA が提案したボランゴ-リンボト放水路案に沿ったような流れであろう。土地の年配者の証言によると、1970 年代当時は洪水のたびに上流からリンボト湖に洪水が流下していたとのことであるが、確証は得られていない。また、左岸を溢水した氾濫流は、水田地帯の中に流入し、拡散していったようである。

なお、図 3-5 に 1971 年洪水の浸水区域を示すが、タラガ橋上流区間からの左右岸への氾濫、中流および下流区間の左岸水田地帯への氾濫については、区域の特定が困難なため、矢印を付している。以下の浸水区域も同様である。また、タマラテ川の沿川については情報が得られなかった。

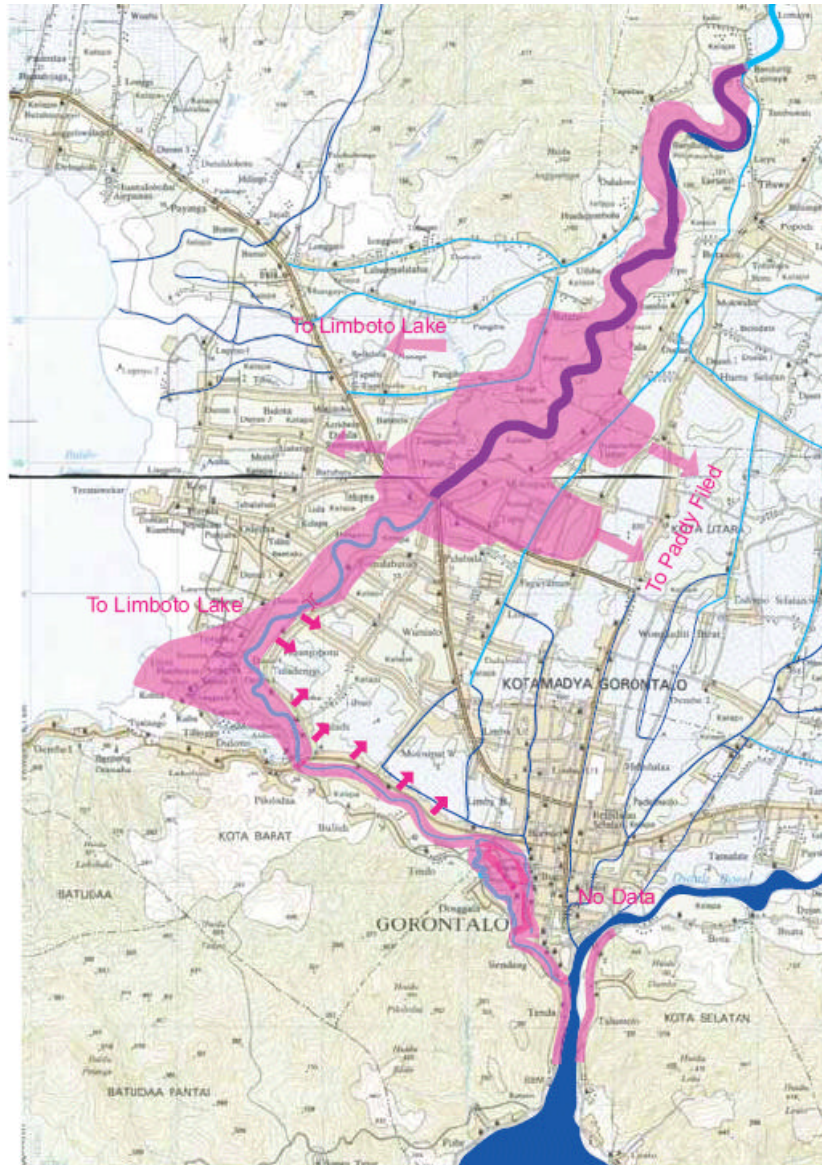


図 3-5 1971 年洪水の浸水区域

この1971年洪水以降、さまざまな洪水の証言はあるものの、1990年代後半まで確度の高い洪水情報は無い。

(2) 1997 年洪水

ボランゴ川のロマヤ堰及びピロハヤンガ堰付近の上流区間における聞き込み調査で、1997年にかんがりの規模の洪水があったことが分かった。この洪水では、ロマヤ堰の現在の管理橋桁下より1m下まで洪水が達し、3日から1週間継続したとのことである。この浸水区域を図3-6に示す。

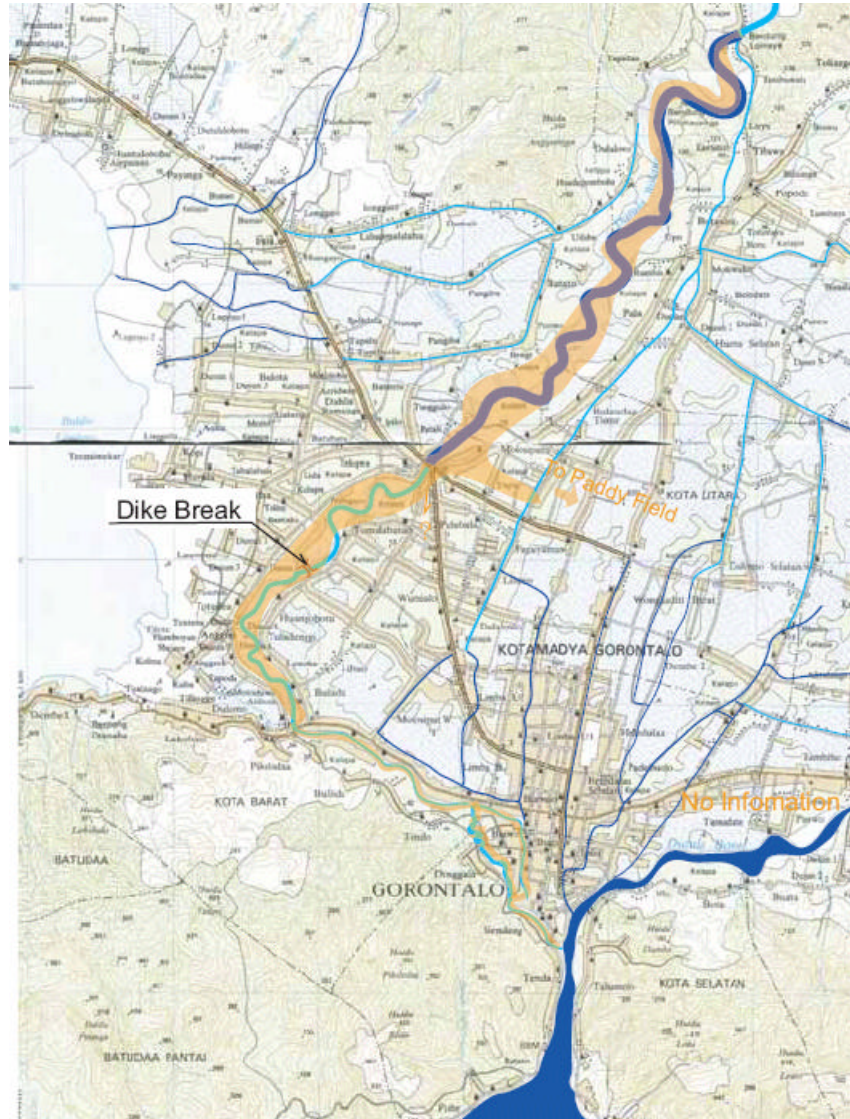


図 3-6 1997 年洪水の浸水区域

聞き取り調査によって浸水区域図を作成したため、下流域での住民の明確な記憶が無く、氾濫区域はタポドゥ川合流点までの上中流域に限られている。この洪水で特徴的なのは、(1)もはや上流部でリンボト湖方面に溢水氾濫しなくなった、(2)小規模にタラガ橋上流左岸で溢水しているが、この後にはこの現象も起きなくなっている、(3)タラガ橋からタポドゥ川合流点にかけて破堤が生じている、ことである。タラガ橋からタポドゥ川合流点までの中流区間における破堤後の氾濫水の挙動については、次の2001年洪水で説明する。タラガ橋より上流部で70年代まで起きていたリンボト湖方面への溢水氾濫が近年なくなった理由については、更に「(4)近年のボランゴ川の洪水激化について」で詳しく整理する。

(3) 2001年2月洪水

2001年2月洪水は、ボランゴ川における近年の代表的な洪水である。しかし、この洪水は

JICA の本格調査が開始される数ヵ月前であり、やはり水文データの記録がほとんど無い。聞き込みによると、この洪水では、次図に示すようにボランゴ川下流部一帯が全面的に湛水した。湛水期間が1ヵ月以上の長期にわたった区域を濃くマーキングしている。

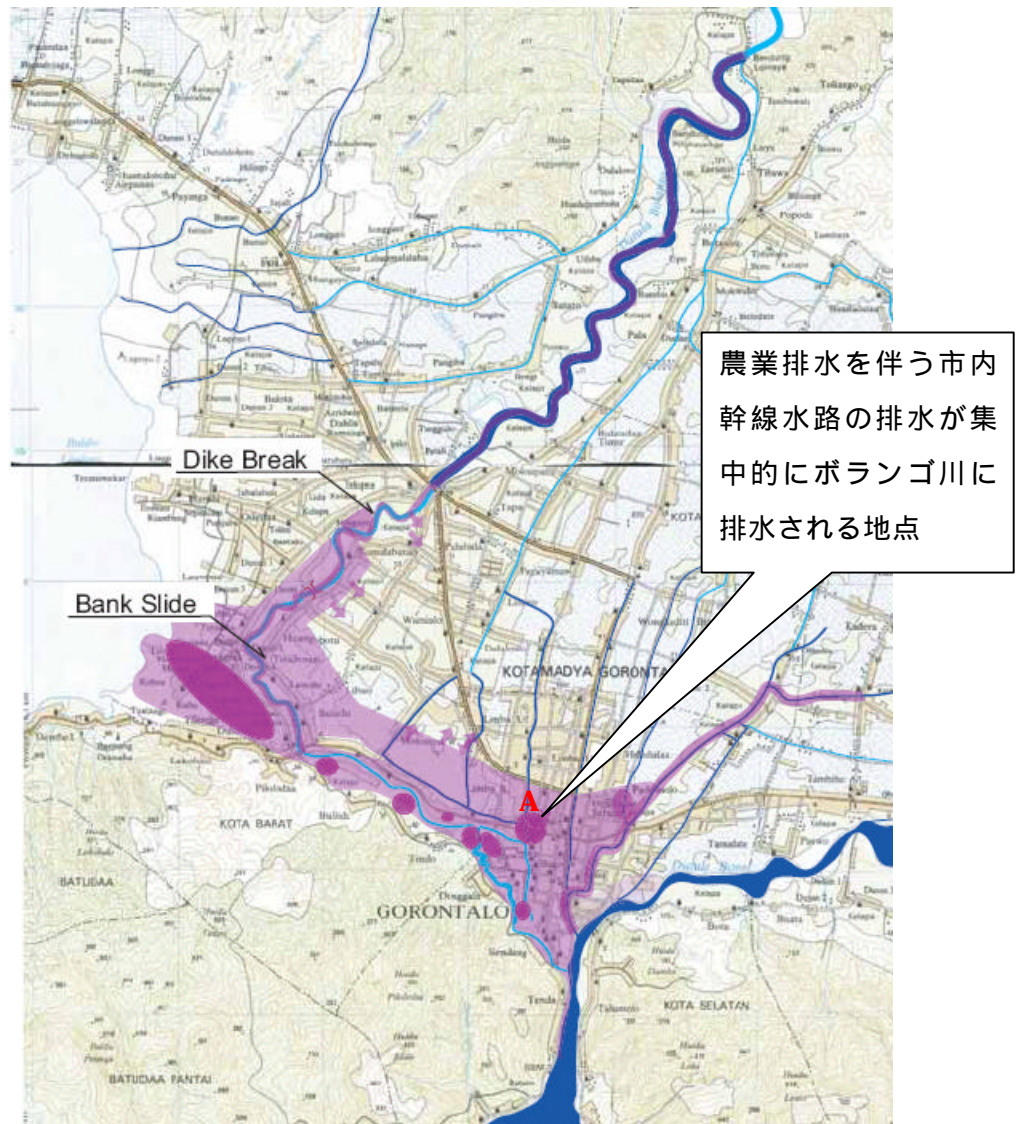


図 3-7 2001 年 2 月洪水の浸水区域

ピアワオ(Biawao)地区では、ボランゴ左派川に流入する排水路から逆流した洪水が氾濫し、河川との間を遮る洪水防護壁のため湛水は当時の排水路脇の道路地盤高から最大2mに達し、約1ヵ月以上継続した(写真 3-1、3-2 参照)。



写真 3-1 ビアワオ地区のボランゴ川、流入排水路および湛水原因の一因となった洪水防御壁



写真 3-2 ビアワオ地区に流入する農業排水路(現在は都市排水路化している)：この先のボランゴ川との合流点で逆流氾濫した

この洪水は、最近のボランゴ川の状況を知るのに適切であると考えられるため、以下にその特徴をとりまとめる。

- タラガ橋上流では河道沿いの洪水の流下はあるものの、かつてのような溢水氾濫は起こっていない。
- タラガ橋からタポドゥ川合流点までの中流部は、河道の蛇行が激しく、1970年代後半にはすでに北スラウェシ州の公共事業局によってカットオフ河道も建設されている。しかし、当区間での破堤ないし溢水氾濫は1997年と2001年の両洪水で発生している。破堤・溢水した洪水は、水田に流入し、灌漑排水路を流下し、下流市街地を背後から襲っている。
- タポドゥ川の沿川では、毎年のように浸水が発生しており、住民の証言からもボランゴ川からの逆流は短期間(最初の1ないし3日間程度)で、その後はリンボト湖からボランゴ川方向に流れが変わり、長期湛水はリンボト湖の水位上昇によるものであると住民も認めている。
- ボランゴ川沿いの低地では、通常浸水は1週間から2-3週間継続する区域が一般であるが、場所によっては1ヵ月から3ヵ月継続する区域がある。図3-7に濃くマーキングされた部分であるが、これらは、中流部で破堤・溢水した洪水が背後から襲った区域、農業排水路の流入口から逆流した区域(図3-7中のAと記されている地点)、左右派川に囲まれ溢水氾濫により湛水した区域である。なお、図中の青い細線は主要かんがい用排水路のネットワークである。これらの区域に共通するのは、溢水氾濫した水が河川沿いに形成されている自然堤防背後の低地に溜まり、これらの排水ができないために長期間の湛水となったことである。また、図3-7中の地点Aでは、上流での灌漑用水の取水が下流の洪水期間中も継続しこの地点に集中して排水されている影響が高い可能性もある。このようにこう

した区域での長期湛水の因果関係は、それぞれ明瞭である(同じく巻末 App-123 参照)。

(4) 近年のボランゴ川の洪水激化について

既往最大規模といわれる 1971 年洪水以降、洪水の流下・氾濫形態が変化しており、かつてタラガ橋上流で氾濫していた洪水が、1990 年代後半よりタラガ橋下流へと集中し始めている。この主要な原因は、ロマヤ堰下流に位置し、右岸に灌漑配水するピロハヤンガ堰の建設と灌漑排水路の建設と考えられる。ピロハヤンガ堰は 1984 年に完成した。元来上流部の河道は、扇状地様の平坦河床で網状流路を形成していたものと思われるが、堰建設による緩やかな河床低下に伴い、砂礫堆の固定、河岸侵食が各所に現れている(写真 3-3 参照)。この結果、上流河道の流下能力が増大している。

さらにピロハヤンガ堰の建設と同時に建設されたボランゴ川右岸の灌漑水路堤防は、ボランゴ川の自然堤防より高く、例え、ボランゴ川に大洪水が来ても昔のように簡単にはリンボト湖に流下し得なくなっている。こうした上流区間での灌漑システムの整備によって、山間部を出たボランゴ川の洪水は、上流区間河道での貯留効果により洪水ピーク流量は低減するものの、溢水氾濫することなくタラガ橋下流の中流部に流下してきていることが、現在の洪水が激化している一つの要因であると考えられる。



写真 3-3 ボランゴ川上流部の広大な河道と河床低下の状況

3 - 3 - 3 タマラテ川の洪水特性

(1) 概説

タマラテ川では、毎年のように浸水被害が発生している。タマラテ川自体は規模が小さいため、住民にとりわけ何年洪水という記憶は無いが、図 3-7 に示した 2001 年洪水の浸水区域程度は毎年のように浸水している。タマラテ川自体の氾濫は、通常 1 日から 1 週間程度の湛水であり下流部の至るところで溢水氾濫を繰り返している。

とくに近年、タマラテ川の洪水の頻度が高まっているように聞き取れるが、これは中流部の市街

化に伴う水田の埋め立てや排水路の整備に起因して洪水流出量が増大した結果と考えられる。ちなみに近年 10 年(1994-2003)のうち、聞き込み調査で何らかの洪水被害があったとされるのは、1994、1996、1998、2001、2002 及び 2003 の 6 年であった。したがって、ボランゴ川と同様にタマラテ沿川でも、ほとんど毎年のように洪水被害に見舞われていることがわかる。

(2) 2002 年洪水

2002 年 5 月洪水は、タマラテ川の氾濫流とボネ川の氾濫流が一体となって、被害を増加させた。ボネ川の水位が高く下流部において排水不良が起き、背水処理が十分でないこともあって、上流からの流れが市街地に溢れている。市街地での洪水湛水時間は土地の標高によって 1 日から 1 週間程度である。ボランゴ川のように長期に渡って湛水被害を起こさない要因は、市街地での地形がボネ川に向かって緩やかに勾配を持っている事、上流にリンボト湖のような大きな基底流量を持たない事及び直接ボネ川に排水される農業排水路がある事に加え、

- 上流の農地で氾濫を起こした洪水はそのまま農地に薄く拡がり、市街地への流量を低減させている事、
- タマラテ川の流量能力は下流から上流までほぼ $50\sim 60\text{m}^3/\text{s}$ であり、ボランゴ川のように上流と下流の流下能力差がそれほど無い事、

が挙げられる。この 2002 年洪水の氾濫状況及び洪水の流れを下に図 3-8 として示す。

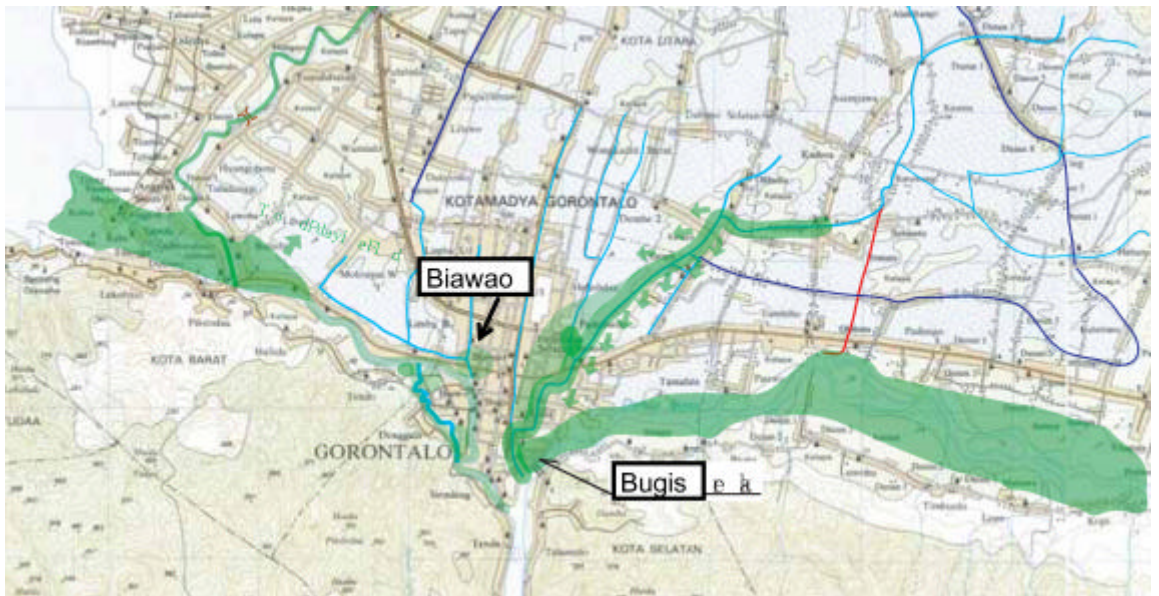


図 3-8 2002 年 5 月洪水の浸水区域

また、2002 年洪水後ゴロンタロ市はタマラテ川沿いに洪水防御のためのパラペット堤を建設したが(写真 3-4 参照)、タマラテ川に合流している排水路への敷設は実施していない。(「5-1 基本的考え方」の項を参照。)



写真 3-4 2002 年洪水後建設されたゴロンタロ市街地のパラペット堤

3 - 3 - 4 ボネ川の洪水特性

ボネ川で起こった近年の代表的な洪水は上記のタマラテ川の洪水特性でも述べたように 2002 年 5 月に起きた洪水である。1971 年洪水が最大の洪水であったと語る古老もいたが、町の様相が当時とは変わっているため、洪水の被害状況や特性は被害調査では聞き取りができなかった。

2002 年洪水ではボネ川流域により多くの雨が降った関係から、沿川に浸水被害が発生している。ボネ川下流のブギス(Bugis)地区では、上流の無堤部から溢水しブギス地区のみならずタマラテ川左岸も含め広範囲に浸水した。この氾濫流は、タマラテ川とボネ川に挟まれた三角地帯に流下し、両者の洪水防護壁(パラペット)に遮られて、徐々に湛水は深くなっていった。ボネ川の洪水が引くのに対応して、1.5m程度湛水した氾濫流は、2 箇所にわたりボネ川の洪水防御壁を川側に倒壊させ、そこから氾濫水はボネ川に流出し、ようやく約半日にわたる湛水が終了した。

現在、ブギス地区では洪水防御壁の修復が終了し、排水樋門も設置されているが、依然として倒壊した残骸は川側に残っている(写真 3-5 参照)。また、この災害を機に、溢水氾濫の原因となった上流無堤部は築堤が完了している。さらに、同様に湛水しかつ排水が困難であったタマラテ川左岸に対しては、その後フラップゲートが設置された。民家の傍に設置されたため、日常は、住民の川側への格好の通用門となっている(写真 3-6 参照)。

2002 年 5 月洪水の浸水区域を図 3-8 に示されている。



写真 3-5 2002年5月洪水で倒壊したボネ川右岸ブギス地区の洪水防護壁の残骸(現在は修復)



写真 3-6 タマラテ川下流部左岸に2002年5月洪水後に設置されたフラップゲート

第4章 タポドゥ川改修計画に対する水文水理面からのレビュー

4-1 タポドゥ川改修計画の概要

4-1-1 基本的な考え方

ボランゴ川下流、とくに左派川はゴロンタロ市街の中心部を流下しており、河道拡幅等による流下能力の飛躍的増大が極めて困難である。このため、20年確率の計画洪水流量 $750\text{m}^3/\text{s}$ の主要部分 $550\text{m}^3/\text{s}$ を一時的にリンボト湖に貯留し、洪水ピーク通過後に放流するという構想がJICAの開発調査のM/Pで立案されている。このためには、タポドゥ川の流下能力を $550\text{m}^3/\text{s}$ に大幅に増強するように改修し、さらにタポドゥ川合流点下流のボランゴ川を $200\text{m}^3/\text{s}$ で改修する計画が提案されている。

M/P計画によれば乾季のタポドゥ川ならびにリンボト湖の水位は、ボランゴ川合流点付近に計画されているタポドゥ堰により調節される。タポドゥ堰にはラバーダム構造が計画されており、通常乾季には 4.0mMSL に湖水面を維持するようにラバーダムが立ち上がる(ベースが 2.0mMSL 、立上りが 4.0mMSL)。一方、雨季は湖水面を 4.4mMSL に維持しながら越流水深が約 0.4m 、洪水時に湖水面が 4.4mMSL を超えるとラバーダムを倒伏させ、通常の洪水調節水路として用いようとする計画である。

4-1-2 構造物等の概略諸元

上記のような洪水調節に関する構造物等の諸元を整理すれば、次表のようになる。

表 4-1 タポドゥ川改修に関する主要洪水調節関連施設の諸元一覧

構造物	構造諸元
タポドゥ河道	河床高・河床勾配 : 2.0mMSL 、勾配 0(レベル)
	計画高水位 : ボランゴ側 6.1mMSL 、リンボト湖側 5.5mMSL
	計画高水流量 : $550\text{m}^3/\text{s}$
	河道横断形状 : 底幅 70m 、計画水深 4.1m (ボランゴ側)・ 3.5m (リンボト湖側)、余裕高 1.0m 、計画法勾配 1:2
	河道長 : 築堤区間 $1,726\text{m}$
	構造 : 土堤・植栽工が基本、湾曲部で侵食防止対策
タポドゥ堰	敷高 : 2.0mMSL
	堰高 : 4.0mMSL
	堰構造形式 : ラバーダム(底幅 35m 幅×2)

4 - 2 無償資金協力に係る要請に対する考察

1-1で述べたような背景のもと、2003年5月に「リンボトボランゴボネ川流域緊急治水計画 予備調査」が実施された。この調査において、タポドゥ川改修について次のような課題が提議されている。

リンボト湖の堆砂

開発調査ではリンボト湖の堆砂速度を100-200万 m^3 /年と見積っており、このままでは、10-20年のうちにリンボト湖は湿地化するか、干上がってしてしまう可能性がある。こうした状況では、流域治水計画で想定した洪水調節機能は、期待できなくなってしまう可能性が大である。こうした実態をより明らかにするために、土砂濃度の測定を提案している。

タポドゥ堰付近への堆砂の進行

タポドゥ川は勾配がゼロの河道であり、洪水時の湖への流入流速と、常時の湖からの流速が大きく異なるため、流入した土砂が排出されず、堰付近に堆積する恐れがある。これが進行すると、インドネシア政府側に浚渫等の費用負担を強いる結果となりかねない。この点を水理模型実験や堆砂シミュレーションで明らかにし、インドネシア政府側の維持管理に関する費用負担を推算すべきである。

こうした指摘を踏まえながら、当調査団は現地調査を実施し、現地における議論において上記に加えて次のような課題を把握した。

(1) リンボト湖における生産活動への影響

リンボト湖水面では、浮き生け簀による淡水魚の養殖が盛んであり、いっぽう湖岸に広がる低地では、稲作等の農業や養殖池による淡水魚養殖が行われている。これらの生産活動に対し、人為的にリンボト湖の洪水位を上げる本計画(計画高水位5.5mMSL)が与える影響は無視できない。

(2) タポドゥ堰の運用について

タポドゥ堰の運用は、敷高2.0mMSLからラバーダムを4.0mMSLまで立てて、乾季には緩やかな越流により4.0mMSLで湖水面を維持する計画である。いっぽう雨季には、流域流入量の増加に伴い湖水面が上昇するため、ラバーダムの越流量も増大し、目標とする湖水の維持水位を4.4mMSLに定め、ラバーダムの操作をする計画である。また、ボランゴ川の洪水に対しては、ラバーダムを収縮・倒伏させボランゴ川からタポドゥ川へ洪水ピークを導水する計画である。

これらの計画を行うためには、ラバーダム倒伏時期と急激な水理的变化を避けるため、若しくは水理的变化に対応するための堰操作に関して的確な判断を与えるべき情報源が必要である。これには、洪水予測とゲート操作のためのテレメータ施設の設置、観測データの整理・解析システム、およびそれに基づく適切な操作運用システム等を含む十分な運営維持管理体制の確立が必要である。しかしながら、これらの実施はインドネシアの現状を考えると極めて難しいものと判

断される。

さらにタポドゥ堰を建設した場合、 $550\text{m}^3/\text{s}$ 規模の新たな河道が中流部に現出する。この河道規模はタラガ橋より下流のリンボトボランゴ水系で最大のものとなる。ボランゴ川下流河道の改修規模が $200\text{m}^3/\text{s}$ であることを勘案すると、堰の操作ミスによりリンボト湖からの人工洪水を招き入れる可能性も否定できない。

(3) ボランゴ川上流区間との不整合

JICA 開発調査の F/S ならびに無償案件のプロポーザルによると、優先プロジェクトないし緊急改修計画の対象区間はタポドゥ川合流点までとなっている。これより上流のボランゴ川の流下能力は $250\text{m}^3/\text{s}$ 内外であり、上流部の改修を待って、タポドゥ川改修とボランゴ川下流部改修が全面的に機能を発揮することとなる。しかし、上流部の抜本改修については、予算および用地の確保が必要なため、長期間を要し、さらに今のところインドネシア政府側は具体的な実施計画を立てていない。したがって無償事業によって短期に改修された河道が、長期にわたり全面的に機能が発揮できない事態が生じる可能性が大きい。

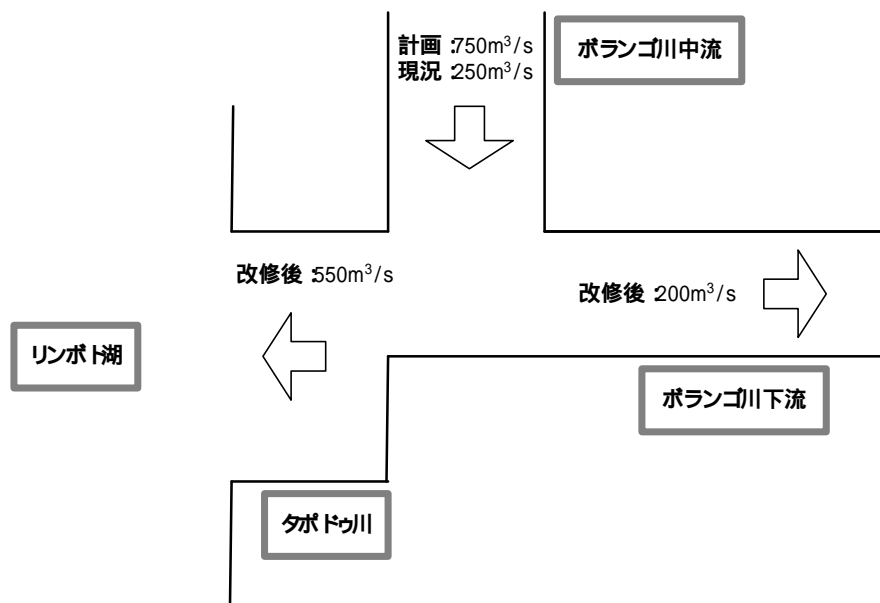


図 4-1 ボランゴ川下流計画流量配分 (JICA 開発調査)

既に述べたように、優先プロジェクトを進めれば、タポドゥ川合流点下流に $750\text{m}^3/\text{s}$ の洪水処理能力を持つ施設が完成する。しかし、合流点上流部のボランゴ川の河道は、現在の流下能力約 $250\text{m}^3/\text{s}$ のままであり、無償による改修事業修了後、現在のところ引き続き本格改修を上流で実施する予定は無い。この結果、想定される事態(最悪の氾濫シナリオ)は次のようである。

- ボランゴ上流河道から洪水は、タポドゥ川合流点に至る前に溢水氾濫し、20年確率規模でも、ほぼ現況流下能力見合いの $250\text{m}^3/\text{s}$ 程度の洪水が到達する。

- この程度の規模ではタポドゥ川の逆流は、極めて短時間発生するのみであろう(一般にボランゴ川の洪水流量が小さく、反面リンボト湖の水位は上がるため)。
- 一方、20年確率規模の洪水を溜め込んだリンボト湖は、タポドゥ川が大幅に改修されたこともあって、ボランゴ川が減水し始めると、一気にタポドゥ川に向かって洪水を吐き出す。
- この結果、ボランゴ川中流区間で溢れた洪水が、農業排水路を伝って市街に流下するとともに、リンボト湖からの貯留水が改修したタポドゥ川を一気に流下し、ゴロンタロ市街では洪水氾濫の危険性が一層高まる結果となる。

ちなみに、どの程度の流量がリンボト湖から流下する可能性があるかを概略検討してみる。条件は、次のとおりである。

- (1) タポドゥ川の計画断面は、底幅 70m、河床高 2.0mMSL、法勾配 1:2 である。
- (2) リンボト湖の水位を 5.2mMSL(F/S シミュレーションを参考)、ボランゴ川の水位を 4.0mMSL(6.1mMSL から減水)と仮に想定する。この時の動水勾配は、概ね $1/1,250=(5.2-4.0)m/1,500m$ である。
- (3) タポドゥ川の断面は、5.2mMSL の水位の場合、水深 3.2m、流積 $244m^2$ 、径深 2.89m となり粗度係数は 0.030 とする。
- (4) ボランゴ川下流河道の河床勾配が比較的急であり、背水の影響をほとんど受けないため、タポドゥ川も自由水面を持つ等流状態の流れを想定すると、流速 $1.91m/s$ 、流量 $470m^3/s$ を見積ることができる。なお、動水勾配を算定した距離は、河道築堤区間全長をとったものであり、実際には湖の湛水の影響でより短くなる可能性があり、動水勾配は急となり、流量はさらに大きくなる可能性大である。

上記の算出例は、あくまでも可能性の高い想定水位のもとでの推算例であり、リンボト湖の水収支の裏付けは得ていない。しかし、少なくとも確認できることは、タポドゥ河道改修が適切な周辺対策(テレメータシステム等)と共に実施しなければ、ゴロンタロ市街地の洪水防御に対し負の効果を持ちかねないという事実である。リンボト湖で貯留された洪水を下流に押し流すという逆効果のあることも明らかとなり、タポドゥ川改修をボランゴ川改修の基軸とした現在インドネシア側から要請されている無償資金協力事業は見直しが必要であろう。

4 - 3 マスタープランの水文水理面からの考察

以上、予備調査から本調査の現地での議論まで整理したが、以下に水文水理面からタポドゥ川改修の問題点を検討する。

まず、現在計画している洪水調節メカニズムを整理する。

- (a) 洪水が始まり、リンボト湖の水位は 4.4mMSL を超え始めるので、ラバーダムを収縮・倒伏させる。
- (b) リンボト湖流域とボランゴ川流域に同一時間分布の降雨(Area Reduction Factor は考慮)を適用し、ボランゴ川の洪水の上昇が早いため、ボランゴ川からの逆流が発生する。

- (c) ボランゴ川の洪水ピーク $750\text{m}^3/\text{s}$ は、ボランゴ側の水位 6.1mMSL とリンボト湖側の水位 ($4.4+\text{)mMSL}$ の水位差によって、リンボト湖へ $550\text{m}^3/\text{s}$ 流入する。
- (d) その後ボランゴ川の洪水は急激に減水し、ボランゴ川下流部への洪水の主成分はリンボト湖に貯留された洪水の流出が卓越する。

以上が20年確率洪水において想定される基本的な洪水調節メカニズムである。この計画には、水文水理的観点から見ると、次のような基本的な問題が潜在している。

- 2002年5月洪水を見ても明らかのように、洪水を生起させる降雨は必ず地域・時間分布を伴っており、リンボト湖流域とボランゴ川流域に時間分布の異なる雨が降った場合、洪水調節は万全であるとは言えない可能性がある。
- ボランゴ川の洪水調節は、基本的にボランゴ川とリンボト湖の水位差によって行われる。これも2002年5月洪水に見られるように、リンボト湖水位は、ボランゴ川のピーク時にすでに 4.57mMSL に、最終的にピークは 4.97mMSL に達している。このようにボランゴ川の水位とリンボト湖の水位は基本的に独立事象である。しかし両者の水位関係に応じて、洪水調節量は変化する。したがって、所期の洪水調節効果を期待するのは、大きな不確定さを伴っている。
- ボランゴ川下流河道の改修後の流下能力は $200\text{m}^3/\text{s}$ である。この上流で、リンボト湖とボランゴ川を繋ぐ $550\text{m}^3/\text{s}$ 規模の放水路が新たに作られた場合、両者の水位差によっては、多大な洪水流量を下流河道にもたらす人工洪水が発生する危険性が高い。

これらの水文水理的な問題について、以下により詳細に検討する。

4 - 3 - 1 降雨の地域分布に対する対応

気象関係のデータが不十分なことから、現在の水文計画は、流域面積-低減係数の関係を用いて降雨量の低減をそれぞれの分割流域で行っているものの、基本的にはリンボトボランゴ-ボネ流域全体を一つの降雨波形で代表させている。流出ハイドログラフは、単位図による流出解析法を用いているため、それぞれの流域の洪水流出波形が、流域面積の大きさ(洪水到達時間)に応じて、それぞれ遅れを伴いながら流出してくるため、洪水ピークの時間がずれているだけである。

こうした降雨の一様分布による仮定は、リンボト湖-タポドゥ川-ボランゴ川のように $1.5\text{-}1.7\text{m}$ 程度の水位差を利用して洪水調節を計画する場合は、様々なケースの降雨分布を検討し、様々な降雨パターンでも十全な機能を発揮できるという詳細な検証を行う必要がある。

例えば、リンボト湖流域に豪雨が先行し、その後ボランゴ川流域が豪雨に見舞われた場合、すでにリンボト湖の水位が上昇しており、計画洪水流量 $550\text{m}^3/\text{s}$ の流入は困難となるであろう。一方、ボランゴ川流域に豪雨が先行した場合、例えば計画に近い流量の湖への流入が可能となっても、ボランゴ川の洪水減水に伴い、リンボト湖流域からの洪水流入が加わりボランゴ川の氾濫の危険性は増すこととなる。以上の考察から、まず最悪のケースは、リンボト湖流域に豪雨が先行した場合で、ボランゴ川の洪水がリンボト湖の洪水と一体となって、下流のゴロンタロ市街地に流下してくるケースであろう。

このように人為的操作を加えることの出来ない湖の水位変動にこの計画は依存しており、リンボト

湖流域とボランゴ川流域の降雨の空間的・時間的分布、その結果としてのリンボト湖水位の時間的変化次第という計画となっている。マスタープランを実施する場合には、これら必要なデータを即時にモニターできるシステムを構築し、この情報に基づいた運用操作の詳細を決定する必要がある。

第5章 ゴロンタロ市洪水防御緊急改修計画の検討

5 - 1 緊急改修計画の基本方針

5 - 1 - 1 基本的考え方

2002年3月に提出された我が国への無償資金協力の要請書によると、次のような構成からなるプロジェクトが提案されている。

- ボネ川下流改修 : ボランゴ川合流点より下流右岸の護岸工
- ボランゴ川下流部改修 : テンダ地区捷水路、右派川上流部のショートカットを含む河川改修をタポドゥ川合流点下流で実施し、 $200\text{m}^3/\text{s}$ の洪水流量を安全に流下させる。
- タポドゥ川改修 : ボランゴ川の計画洪水流量 $750\text{m}^3/\text{s}$ のうち $550\text{m}^3/\text{s}$ をリンボト湖に導水し、下流のゴロンタロ市街地を守るべく、タポドゥ堰の設置を含む改修を実施する。

こうした提案について、とくにタポドゥ川の改修について、リンボト湖面および周辺農地に与える影響、水理的効果、土砂堆積および堰操作等の維持管理の困難さ等、さまざまな問題が提示されている。前章でも述べたように、この改修については水文水理的にも問題があり、これを軸にした改修計画については見直しが必要であろう。

ゴロンタロ市街地は連年のように洪水被害に見舞われており、ゴロンタロ市民の日常生活に大きく負の影響を与えている。2001年のボランゴ川を中心とした洪水では長期湛水区域の住民が近くの小学校や親類の家に一ヶ月以上避難するなど大規模で深刻な被害を及ぼした。また、2002年のボネ川及びタマラテ川を中心とした洪水では、タマラテ川流域の市街地を中心に2000軒以上の家屋が湛水被害を受けた。

これら、過去10年間に幾度も訪れる洪水はゴロンタロ市の市民生活や経済活動が制限されるなど至急解消されるべき問題である。インドネシア政府、ゴロンタロ州及び市の各担当部局はこれらの洪水被害軽減のため毎年のように自助努力による護岸の建設やパラペット堤の建設を実施しているが(写真5-1及び5-2参照)、抜本的な対策とはなっていない。それらの状況から勘案して、無償資金協力事業として要請されたゴロンタロ市の洪水防御は、可及的速やかに実施される意義は大きい。



写真 5-1 現地調査時、新規に建設されていた護岸建設現場



写真 5-2 新設されたフトン籠護岸

5 - 1 - 2 河川改修計画の基本認識

本フォローアップ調査では、第3章に述べたように洪水実態の現地調査を実施した。この調査では第3章に示した既往洪水氾濫調査に加え、ゴロンタロ市街地を流下する各河川の洪水のメカニズム(長期湛水の実態や洪水の原因等)を補足調査した。本項は以下、これらの調査された洪水の特質と現在無償資金協力事業に要請されている各要請項目との整合性を整理し、本調査におけるゴロンタロ緊急洪水対策事業の基本認識を示す。

(1) タポドゥ川の改修及び堰の建設

- ✓ リンボト湖面および周辺農地に与える影響、水理的効果、土砂堆積及び堰操作等の維持管理の困難さがある

タポドゥ川の改修及び堰の建設は要請から削除する事を提案する事が適当と考えられる。

(2) ボランゴ川の改修

- ✓ タポドゥ川合流点上流でも左岸を溢水した氾濫流が、水田およびその農業排水路を流下し、市街地を背後から襲っている。

河口からタポドゥ川合流点までを改修としている要請に対して、現在溢水を起こしている直上流部区間(タポドゥ川合流点～タラガ橋)に対しても無償資金協力事業で対処が必要である。

- ✓ 数ヶ月に及ぶ局所的長期間湛水の原因は、地形的に凹地であり氾濫流の出口が無い
ため等、浸水常習地それぞれに特有の原因が確認できた。

基本的には河川改修によって溢水氾濫を防止するとともに、現地において維持管理が確実に期待できる移動式ポンプ等(人が持ち運び可能な程度)の機材供与によって、流入排水路からの溢水も含め長期湛水を緩和する。

- ✓ 数日から2-3週間に及ぶ沿川一体の浸水原因は、洪水の疎通能力が低いことによる。

ボランゴ川の洪水疎通能力を最大限に増大すべく、河道掘削・護岸工を主体とした河川改

修を実施する。

(3) タマラテ川の改修

- ✓ タマラテ川やかつての農業排水路は、中心部から外縁に向けた宅地化の影響を直接的に受けており、水田の宅地化等による流出量の増大・遊水機能の減少とともに、水路自体に負担が増大しており、水害の頻発を招いている。

要請書には含まれていないが、JICA 開発調査において緊急改修計画に含まれていたタマラテ川放水路の建設を無償資金協力事業に含める事を提案する。タマラテ川については、早急に山水分離・下流部の負担軽減のための放水路を建設すべきである。時期を逃すとますます浸水の状況は悪化し、かつ放水路の実現が困難となる。

- ✓ タマラテ放水路は、JICA 開発調査で 1/20 規模の洪水を防御するために $120\text{m}^3/\text{s}$ の能力を持つ断面が提案されている。またタマラテ川の改修区間は、河口から放水路分流地点までとされている。一方、タマラテ川の放水路分流地点上流区間(平地部で水田地帯)の平均的な河道流下能力は $60\text{m}^3/\text{s}$ と算定されている。

タマラテ放水路建設事業実施後において、その後の河川整備の具体的計画が無い事及び放水路分流部より本川河道上流部の河道改修がマスタープランにも含まれていない事を考慮すれば、1/20 確率規模 $120\text{m}^3/\text{s}$ 断面を無償資金協力事業で実施する事は過大投資になる可能性がある。よって、タマラテ放水路は、より少ない投資で即効性のある改修規模、すなわち現況の土地利用と流下能力を勘案して、別途検討する必要がある。

(4) ボネ川の改修

- ✓ ボネ川下流のブギス地区(ボランゴ川合流部から上流の地域)で、2002年5月に上流からの溢水氾濫および洪水防御壁の倒壊が発生したが、その後、州の公共事業局によって築堤・護岸および排水ゲートの改修が行われている(次の写真 5-3 及び 5-4 参照)。

これによって、この周辺のボネ川下流改修の緊急性は薄れる。また、ボネ川河口からボランゴ川合流部までも要請書に含まれていたが、洪水被害が小さい事及び河岸は漁業等の船舶施設が多く、治水施設の建設は地元住民との治水構造物の形状等で多大な交渉時間を必要とする事が予想される事より、要請から削除を提案する事が適当と考えられる。



写真 5-3 新規に建設された堤防・護岸



写真 5-4 新設された排水ゲート
ゴミ捨て場の存在となっており、
維持管理上の問題が残る。

(5) ゴロンタロ緊急洪水対策事業全般に渡る方針

- ✓ ゴロンタロ市公共事業局の改修工事には、計画的な一貫性の欠如や工事しやすい箇所のみ実施する等、さまざまな問題が現地調査で認められ、むしろ氾濫湛水を誘発するような工事箇所も多々存在している次の写真 5-5 及び 5-6 参照。

州・県・市一貫した改修の考え方の下に整合性の取れた改修計画立案と工事実施等の調整ならびに技術移転のためのワークショップや現地指導を行う



写真 5-5 家屋のため洪水防御壁が欠けている箇所(タマラテ川)



写真 5-6 排水路の流入地点(タマラテ川) : 堤防高が大きく違い、背水による浸水が発生

5 - 1 - 3 河川改修計画の基本方針

こうした氾濫実態調査を踏まえ、ゴロンタロ市洪水防御緊急改修計画の基本方針を次のように定める事が適切と考えられる。

- ✓ 改修対象河川は、ボランゴ川とタマラテ川とし、改修自体も無償資金協力によって建設実施する区間と、技術指導・技術力強化によって効果の高い改修を期待でき、現地政府機

関によって実施可能な区間に分けて行う

- ✓ 改修区間は、ボランゴ川は河口からタラガ橋まで、タマラテ川は河口からタマラテ放水路計画地点までとする。
- ✓ これらの河川の整備水準は、インドネシア政府のガイドライン(1993 年)に述べられている緊急改修の規模 5 年確率は最低限確保するものとする。さらに、可能な限り現在流域が有している自然遊水機能を取り込み、またこの保全を図る土地利用計画等の方策もインドネシア政府担当機関と協議する。
- ✓ 上記に示したように河川整備水準は 5 年確率を基本とするが、タマラテ放水路の規模に対しては5年確率規模、現況河川の流下能力、超過洪水時対策及び現況河川断面等を確認・比較検討を行って無償資金協力事業に最適な規模とする。
- ✓ さらに長期間にわたる湛水被害を受けている地区に対し、その原因を除去すべく、河川改修と同時に地形上排水が困難な地域の迅速なる排水のため移動式ポンプ施設の供与等を行う

5 - 2 水文計画検討

5 - 2 - 1 基本方針

水文計画では、採用する流出解析手法によって、算出した数値等が大きく異なり さまざまな混乱を来す恐れがある。したがって、こうした混乱を避けるため、JICA 開発調査で採用した手法に準拠し、米国土壤保全局(US-SCS)の単位図(SCS 単位図)を用いる。しかし、ここでは新たに自然遊水機能の評価を行うため、単位図の利用方法に若干応用動作を持たせるものとする。

具体的には、対象河川であるボランゴ川、タマラテ川の両者において、次のような検討を行い、計画洪水流量を算定する。

(1) ボランゴ川

ボランゴ川の上流区間は、河川沿いに水田等の低地が広がって氾濫原を形成しており 自然の遊水機能を有している。実際に、洪水実態調査でも洪水流は当地区で拡散・流下しながら、最終的にタラガ橋上流で収束し、河道に戻って来ている。こうした自然遊水機能の評価し、計画の中に取り込んで、計画洪水流量をより実際の現象に近いものとする。なお、計画規模は、ボランゴ川下流部の現況の流下能力、JICA 開発調査で提案されている改修断面幅を勘案すれば、5年確率規模が最大限の河道改修規模と考えられる。

なお、長期計画としての20年確率規模に対応する堰と放水路の整備を現時点で実施することは、インドネシア側の洪水規模(雨量)予測とゲート操作に関する体制が十分に整っていない現状を考慮すると適切ではないと判断されること、下流部河道は最大限の改修を本検討で計画す

る予定であること、の両者を勘案し、上流部での対応を含めてもう一度考慮するのが得策であると考えられる。タポドゥ堰及び水路改修とその代替案としては、開発調査で比較検討され棄却されたダム計画案と上流のボランゴリンボト放水路案等があるが、これらについては今後の課題である。

(2) タマラテ川

タマラテ放水路については、長期計画として提案された規模を、次のような理由により修正した。

- 放水路分派点上流には、広い範囲で水田地帯が広がり、現況流下能力を超える洪水はこれら水田に溢水し、薄く湛水しているのが現状である。こうした上流部(ボネ・ボランゴ県に相当)の改修計画は現在のところ立てられていない。また、この10年間程度のうちに、宅地化が及び可能性も低いと判断できる。したがって、今後とも水田としての利用が継続する限り、現在の自然遊水機能を考慮した計画を立てることが合理的かつ経済的である。
- この現況流下能力は約 $60\text{m}^3/\text{s}$ 程度であり、これに安全度を加味したものを放水路規模とするのが妥当である。いっぽう、開発調査における算定結果によれば、5年確率の洪水規模は $80\text{m}^3/\text{s}$ であり、ほぼこれに相当する。

タマラテ川下流部は、放水路を建設することにより山水を分離したまったく独立した小流域となる。また、タマラテ下流部では現在ゴロンタロ市の公共事業局により洪水防護壁や蛇籠工の設置が部分的に進められている。

5 - 2 - 2 ボランゴ川改修のための計画洪水流量の検討

まず、ボランゴ川の計画洪水流量を算出するに当たっての主要地点ならびに諸元を整理したものが次図である。単位図法を用いるため、流域上流から順次下流に向かって計算していくこととなるが、本検討で必要となるのは、次図に示す3地点である。これらの検討方法と結果を順次説明する。なお、検討した洪水規模は、前述のように5年確率である。

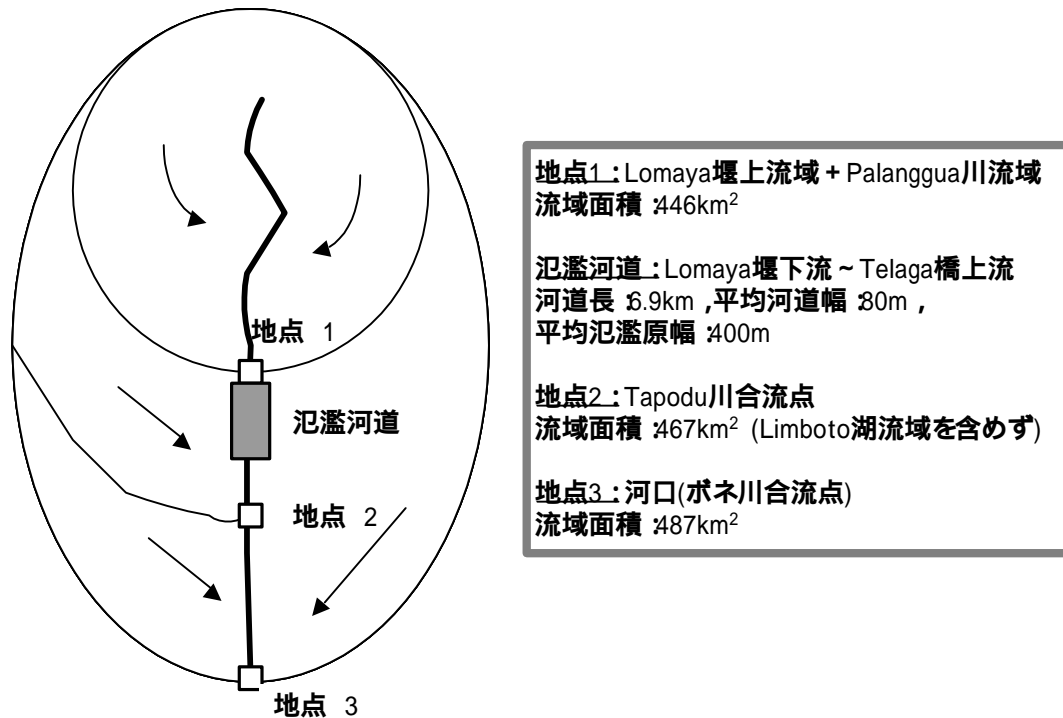


図 5-1 ボランゴ川水文計画のための主要地点の概念図

(1) 氾濫河道への流入ハイドログラフ

氾濫河道への流入ハイドログラフとして、ロマヤ堰地点(流域面積 388km²)と左支川パラングア川(流域面積 58km²)を合算した 446km²の流域からの流出量を、氾濫河道への流入ハイドログラフとする(図 5-2 参照)。

(2) 氾濫河道における洪水低減効果

ボランゴ川のロマヤ堰下流より ピロハヤンガ堰を経て、タラガ橋に至る区間は、広大な氾濫原が河道沿いに広がっている(写真 5-7 参照)。本調査で行った現地での簡易計測によれば、区間長約 6.9km、平均河床勾配 1/410、平均的な河道幅(いわば低水路)80m および氾濫原幅(高水敷で畑等に利用、幅は低水路を含む)400m である。この広い河道では、多大な洪水貯留効果が期待でき、当区域の保全によって、将来に渡って下流部の負担軽減を図ろうとするものである。



写真 5-7 ボランゴ川上流部に広がる広大な河道と氾濫原

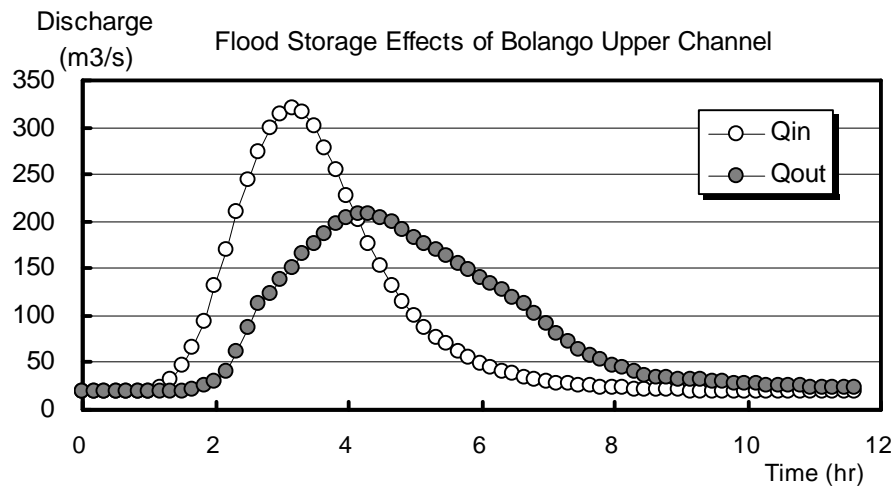


図 5-2 ボランゴ川上流氾濫河道での貯留による洪水低減効果(5年確率洪水)

この結果、上流河道における洪水低減効果を整理すると次のようである。

河道貯留による洪水低減効果は、一般に当該河道区間の貯留量と流下量の関係から、洪水追跡計算といわれる一連の収支計算を実施することにより算定できる。現地計測結果をもとに洪水流下量と貯留量との関係を等流計算によって作成し、これに流入ハイドログラフを適用して、流入量・流出量・貯留量の連続式を用いた収支計算によって河道流下量を算定した結果が次表である。

表 5-1 ボランゴ川上流氾濫河道での洪水流量低減効果(5年確率洪水)

流量		備考
河道上流端洪水流量	321 m ³ /s	ロマヤ堰 + パランゲア川
河道下流端洪水流量	210 m ³ /s	
洪水流量低減効果	111 m ³ /s	35% 調節

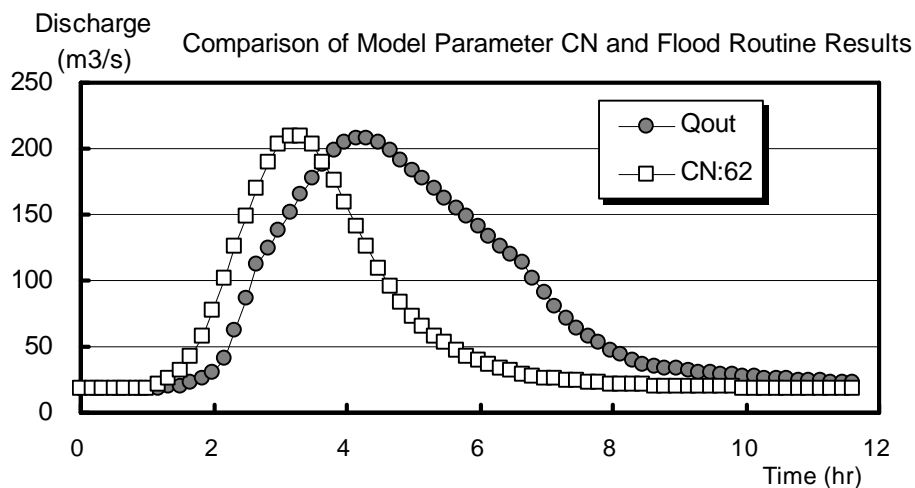
(3) 洪水流量低減効果の単位図法での評価

貯留関数法等、分割小流域からモデルを組み立てていく流出計算法では、ある地点での洪水

流量低減効果が下流へ及ぼす影響量を容易に算出できる。しかし、流域上流から順次下流へ、流域を包絡するように計算を進めていく単位図法(合理式もこの一種)では、その評価が困難である。

SCS 単位図法では、このようなハイドログラフの変化を計算手法の中に取り込めるパラメータとして、洪水到達時間 T_c とカーブナンバーCN がある。洪水到達時間を強引に変えることは、下流で合流する流域にも影響を及ぼすため、合理的ではないと判断できる。いっぽう有効降雨に関するカーブナンバーを変えることは合理的ではあるが、貯留による遅れの効果はでない。しかし、この両者のパラメータしかないため、ここでは、便法として当該地点で洪水ピーク流量に相当するCN を試算で求め、これをこの流域のCN として、下流に向かって計算を進めることとした。

この計算ケースでは、次図に示すように CN=62 を試算で求め、この値を当該流域(446km²)の有するカーブナンバーとみなし、以下同様に順次下流部の流出量を算定するものとする。



Note: ロマヤ堰 + パランゲア川地点でのハイドログラフ
 図 5-3 河道貯留効果に見合うCN の試算結果

(4) 河口までの流出計算結果

上記の手法を用いて、単位図法による流出計算を河口まで実施した。この結果を次表ならびに次図に示す。現実の現象ではボランゴ川下流域のハイドログラフは、ピークを過ぎてから、100-50m³/s 規模のリンボト湖の洪水が長く尾を引きながら追加される。また、リンボト湖流域の洪水とボランゴ川流域の洪水は、独立事象に近いと判断した方が妥当と考えられるため、安全側を考え、本計画ではボランゴ川からリンボト湖への逆流による洪水低減は考慮しない。

表 5-2 ボランゴ川における洪水流量の算定結果

地点	流域面積 (km ²)	洪水流量(河道貯留効果)		単位 m ³ /s 効果量
		考慮せず	考慮	
ロマヤ堰 + パラングア川流域	446	321	210	111
タポドゥ川合流点	467	370	268	102
河口	487	365	268	97

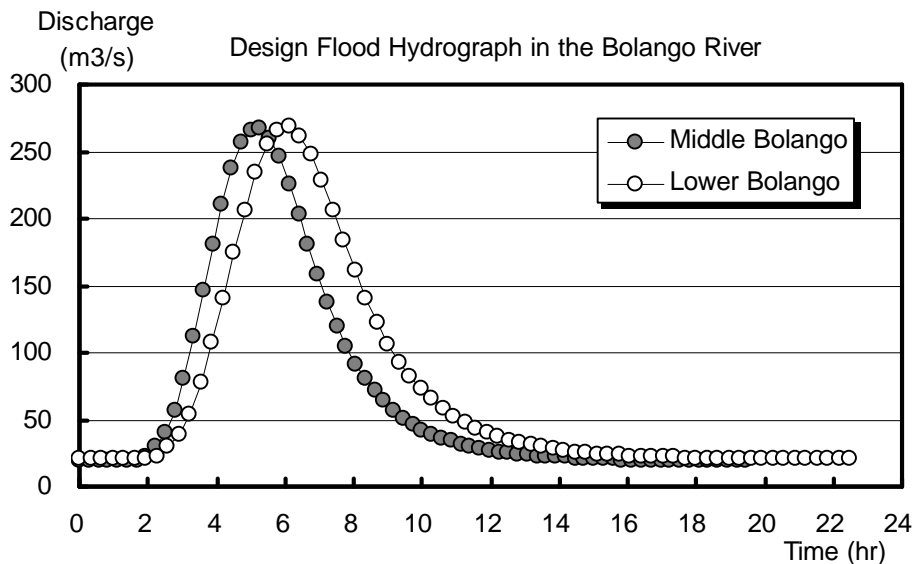


図 5-4 ボランゴ川中下流域の計画洪水ハイドログラフ

この結果、ボランゴ川中流域ならびに下流域の計画洪水流量を、以下のように設定する。

「5- 1- 3河川改修の基本方針」でも述べたように、ボランゴ川の計画洪水流量は5年とした。この確率規模は、インドネシア政府における基準の緊急改修計画に相当し、日本においても中小河川の暫定ないし緊急改修規模に相当する。また、「5- 4ボランゴ川の緊急改修計画の検討」で詳述するが、JICA 開発調査で提案されている河道幅 (堤防間) を広げずに最大限に改修できる流量でもある。以下に5年洪水計画流量を表 5-3 として示す。

表 5-3 ボランゴ川中下流域計画洪水流量(5年確率:緊急改修計画)

	対象区間	計画洪水流量	備考 (現況流下能力)
ボランゴ川中流	タラガ橋-タポドゥ川合流点	270 m ³ /s	250 m ³ /s 程度
ボランゴ川下流	タポドゥ川合流点-河口	270 m ³ /s	150 m ³ /s 程度

5 - 2 - 3 タマラテ川改修のための計画洪水流量の検討

タマラテ川改修に関する水文計画は、ボランゴ川に比して容易である。基本的にはタマラテ放水路によって、その地点の上下流で流域が二分されるからである。計画規模を上回る洪水にしても、放水路分流地点上流域に広がる広大な水田の自然遊水機能によって下流に流下する可能性は少なく(写真 5-8 参照)、湛水した後、徐々に排水路を下流に流下し、最終的には放水路を通してボネ川に排水される。



写真 5-8 タマラテ川放水路地点上流に広がる水田地帯
(椰子の茂った箇所をタマラテ川が流れている)

次図にタマラテ川水文計画の概要を示す。

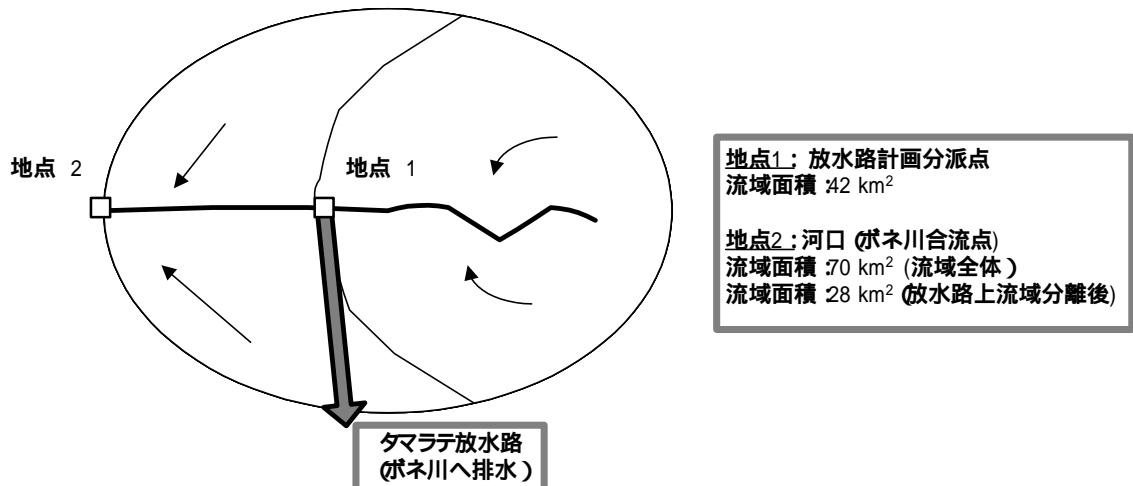


図 5-5 タマラテ川水文計画のための主要地点の概念図

単位図法を用いた5年確率流出解析結果を次図に示す。

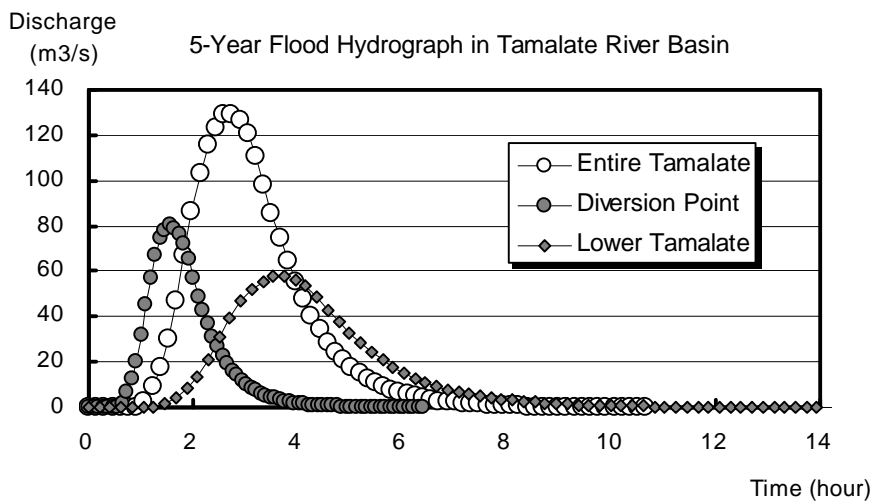


図 5-6 タマラテ川計画洪水ハイドログラフ

放水路地点の5年確率流出解析結果(80m³/s)は放水路地点上流の平均的な現況流下能力(60m³/s)に安全度を加味した規模(超過洪水時に万が一放水路からの溢水を防止するため)である事、放水路分流部付近のタマラテ本川現況断面に対して5年確率流量80m³/sから決定される放水路断面が過度な断面としない事を確認した。この結果、計画洪水流量を5年確率規模とし、次表のように提案する。なお、基本設計時においては、当区間の流下能力について、より詳細な検討を行うものとする。

表 5-4 タマラテ川計画洪水流量算定結果

地点・区間	流出解析結果		計画洪水流量 (5年確率)
	放水路計画無	放水路計画有	
放水路地点	80 m ³ /s	80 m ³ /s	80 m ³ /s
タマラテ川下流	129 m ³ /s	58 m ³ /s	60 m ³ /s

5 - 3 緊急改修計画の基本構成

ボランゴ川改修、タマラテ川改修それぞれについて、無償資金協力による施設対応のハード的援助とソフト的対応の両者を組み合わせ、より実効の上がる方式を検討する。何故なら、現状でもゴロンタロ州、ゴロンタロ県ならびにゴロンタロ市の各公共事業局が改修事業を実施しているため、この事業を比較的改修が容易な区間に集中させ、ソフトコンポーネントとして技術力育成を図り、不適切な改修を改善し、全体として洪水に対する安全度を向上させていくのが適切と考えられるからである。この際、技術力育成の目標としては、現状の評価から見て、次の事項が考えられる。

- 州、県、市一貫した計画の下、整合の取れた施設を計画・建設できること、そのための協議の場を準備し定常的に協議を継続すること。
- 工事不適切箇所に対する影響(局所的な溢水氾濫を助長する等)を十分認識でき、こうした不適切な施工等を排除できること。
- 改修区間の維持管理の重要性を十分認識し、周辺住民にも周知徹底されること。

基本的な考え方は次のとおりであり、この結果、より効率的な無償資金の運用が出来るようになる。

- (1) 施工が困難で、抜本的改修が必要な区間は我が国の無償資金の投入による施設建設を実施する。
- (2) 施工が比較的容易で、流下能力的にも築堤等の部分的改修で対応可能な区間は、調査・計画・設計の技術指導に当り、施工は現地政府機関に任せる。

河川毎に具体的な緊急改修計画の区間とその内容はつぎのとおりである。

ボランゴ川改修

- 下流区間整備(河口-タポドゥ川合流点) 計画洪水流量 270m³/s 対応河道の建設
- 中流区間整備(タポドゥ川合流点-タラガ橋) 計画洪水流量 270m³/s 対応河道の建設
- 排水改良 排水路の改良・新設、移動式ポンプ施設の導入

タマラテ川改修

- 放水路整備 計画洪水流量 $80\text{m}^3/\text{s}$ の放水路建設
- 下流区間整備(河口-放水路地点) 計画洪水流量 $60\text{m}^3/\text{s}$ 対応河道の建設

これらの緊急改修計画のコンポーネント毎に、無償資金協力と現地政府の分担の概略を整理すると次のようになる。

表 5-5 緊急改修計画の分担構想

河川	区間・範囲	分担	
		無償資金協力	現地政府
ボランゴ川	下流区間整備	計画から工事までを実施する	全般の技術指導を受ける
	中流区間整備	測量・計画等を実施し、技術指導する	右記の技術指導を受ける 工事を実施する
	排水整備	計画から工事までを実施する	全般の技術指導を受ける
タマラテ川	放水路整備	計画から工事までを実施する	全般の技術指導を受ける
	下流区間整備	測量・計画等を実施し、技術指導する	右記の技術指導を受ける 工事を実施する

注：上記分担の現地政府分には、用地補償・家屋移転等は含めていない。

上記の施工面での分担およびソフト的支援の他に、次のようなソフト面での対策支援も必要である。

- 河道沿川の土地利用規制：ボランゴ川上流区間(ゴロンタロ市およびゴロンタロ県)、タマラテ川放水路上流区間(ボネ・ボランゴ県)
- 河道維持管理対策：河道内の美化(ゴミ捨て禁止)キャンペーン、河道内への果樹等の植栽禁止等

5 - 4 ボランゴ川緊急改修計画の検討

5 - 4 - 1 基本方針

前項までにおいて、タポドゥ川及び堰を改修・建設せず、ボランゴ川下流の改修のみによって治水効果を発揮する緊急改修計画を提案した。ここではこの計画に従って開発調査時の河道改修計画諸元の見直し、緊急改修計画に合わせた河道計画・施設計画の立案及び積算の見直しを行う。緊急改修計画の検討に際しての主な確認事項及び検討事項は以下の通りである。

(1) 緊急改修計画の基本

計画対象洪水は5年洪水対応であり計画流量 Q は $270\text{m}^3/\text{s}$ となる。改修区間はボランゴ川河口(ボネ川合流点部)～ポタンガ橋(タポドゥ川合流点)下流部までとする。

計画洪水位(H.W.L)は JICA 開発調査 F/S 計画で設定された値程度(現況の河岸地盤高程度)とし、5年を超える洪水に対しても破堤等による激甚な洪水被害を起こさないよう計画する。

また、この H.W.L に対する一般部の堤防余裕高(HF)はインドネシア及び日本の基準を採用し開発調査計画通り 0.8m とする。この計画高水位と余裕高は将来計画(開発調査 M/P 計画)である20年洪水対応時においても、5年～20年への治水能力の増強は上流部での貯留・放流施設(放水路等)によってなされるため、H.W.L および余裕高は変わらないと想定できる。よって将来

においても、一般部は堤防嵩上げ等を考慮しないで建設される。

ボランゴ川河口部も無償資金協力事業として対象とする洪水は、一般部同様基本的にはボネ川及びボランゴ川の5年洪水確率(H.W.L.+1.8mMSL)による対策を基本とする。インドネシア政府は2002年5月洪水(上流での観測によれば10~20年確率降雨洪水)後、現在までにボネ川沿いに練石積のパラペット堤を建設した。これらの高さは、既往洪水の頻度、高さより決定されておりほぼこの5年確率洪水程度を対象に建設されている。河口部においても5年洪水確率で無償工事を実施する事は既設パラペット堤防との整合性を図る事も可能となる。

一方、JICA 開発調査 M/P 及び F/S による河口部の計画はボネ川洪水の背水影響を受けるためボネ川20年洪水計画高水位EL+2.62mをボランゴ川計画高水位と設定している。無償工事による河口部の堤防は、現在の河道幅が狭小で家屋が河岸沿いに密集しているため可能な限り家屋移転を最小とし且つ最大限に河積を確保するために直壁護岸構造となる。この直壁護岸はでき得る範囲内で将来計画(JICA 開発調査 M/P)に対して嵩上げが可能な構造とする。

上記の H.W.L 及び護岸構造の元、建設される必要余裕高は一般部と同様 0.8m とする。

(2) 現況河道の特質と開発調査における河道改修計画の再確認

開発調査時の測量結果と現場踏査を元に現況河道の特質と開発調査において提案されている河道改修計画について再確認する。今回提案した緊急改修計画は、計画流量が開発調査時の計画とは変更されてはいるが、家屋移転等に絡む社会環境上の大きな変更を避けるため河道線形・標準横断幅等はできるだけ既計画に従うものとする。また水理的には、地域地盤高や超過洪水時の被害ポテンシャル等治水経済上決定されている項目(計画高水位・河道線形)についても大きな変更はしない。

(3) 緊急改修計画の具体案の策定

緊急改修計画は河道線形・標準横断幅及び計画高水位をJICA 開発調査時計画に合わせて策定する。加えて、社会環境配慮上からは家屋移転数を出来るだけ少なくする事、河道計画上は出来得る範囲内で河道線形をスムーズにする事を再検討し開発調査時計画の改善を行う

5 - 4 - 2 現況河道の特質

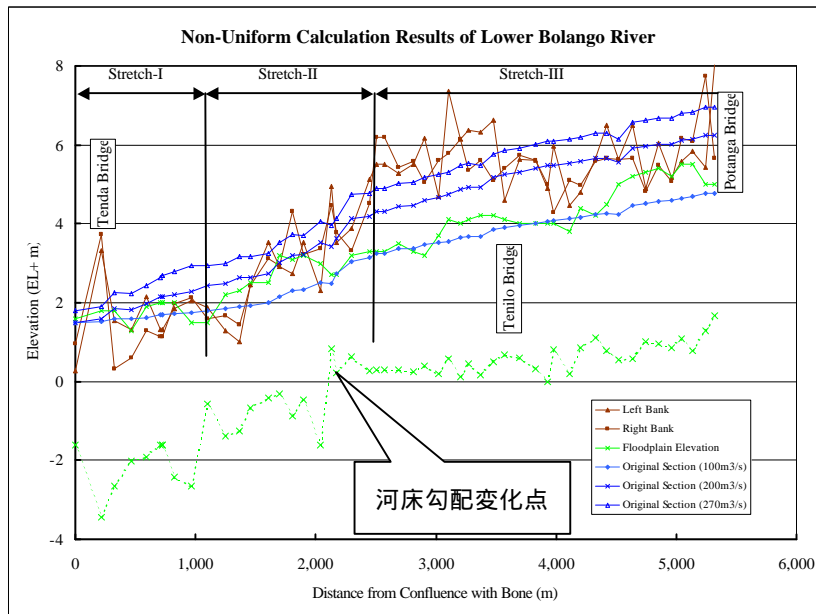
(1) 河道の堆砂状況と縦断的な河床形態

現場踏査等から判断すると、現在のボランゴ川下流部は開発調査が実施された2年前の河道状況と大きな変化は無い。基本的な河床材料は細砂であり、シエンデンデルタ分流部上流において堆積傾向がある。ボランゴ川下流部の全体的な河床勾配は 1/1,000 ~ 1/1,500 であるが上述したシエンデンデルタ分流部の上下流において河床勾配の大きな分岐点がある(図 5-7 参照)。これは地形的特質、ボネ川の背水影響、河道幅及び洪水形態によって形成されていると推測で

きる(後述する「(2) 現況河川の水位計算結果」の項参照)。

(2) 現況河川の水位計算結果

現況河川の河川長及び横断面図によってボランゴ川下流部の不等流計算を実施した。その結果を図 5-7 に示す。



Note:

Stretch	Description	流速(m/s)
I	ボネ川背水区間部	1.0 - 2.5
II	シエンテンデルタ分流区間	2.0
III	分流前区間	1.5

* 200m³/s 時の現況河川 Stretch-II での分配比 右派川 II_R : 左派川 II_L = 97 : 103

図 5-7 現況ボランゴ川下流部不等流計算結果図

上図に示されるように、ボランゴ川下流部全体の河道流下能力は 100~200m³/s であり、200m³/s を超えると河口部では断面が不足し計算水位が急上昇(流速も早)し、Stretch-II 区間では計算水位の凹凸が発生する。このことから、分流前区間上流では流速は緩いが水位が高く、200m³/s を超えると現況堤防の低い箇所から堤内に越流しているものと判断できる。

実際に 2001 年洪水では Stretch-III 区間では河道沿いの堤防からの溢流が各地点で報告されている。また Stretch-II 区間においては洪水流速が早く、流れが河道線形に従わず Stretch-I 区間に向かって直線的に流下する現象が見られている事が JICA 開発調査報告書からも今回の洪水被害調査からも報告されており、上に示した現況河川不等流計算結果における各断面における流速もそれを裏付ける結果となっている。

現況河床勾配はこのような状況の元、河道内流速が早く河岸沿いの開発が激しい Stretch-I では洗掘され、河道内流速が遅い Stretch-III では上流から掃流されてきた細砂が堆積する現象が

発生しているものと推測できる。

この河道に対し計画流量 270m³/s (5 年洪水) を堤防嵩上げのみで対処する事は技術上可能であるが、橋梁改築・堤防嵩上げにおいて経済性が悪い事と超過洪水による破堤時の被害ポテンシャルが増加する事から水理上好ましくない。加えて、河道と町を高い堤防が分断する事は、家屋移転以上に社会環境上困難な事から、JICA 開発調査計画に従い改修 (拡幅・線形の変更) によって適正な河道を整形する方針となる。

5 - 4 - 3 開発調査における河道改修計画

(1) ボランゴ川下流部河道改修工事

上記したボランゴ川下流部河道区間に対して安全に 200m³/s の計画流量を流すために開発調査における河道改修工事は以下の構成からなっていた (開発調査報告書の情報による)。

表 5-6 開発調査提案されたボランゴ川下流部の河道改修案

Stretch	河岸	線形	河床	その他
I	護岸の設置	ほぼ現状	現状	
IIR (右派川)	拡幅 護岸の設置	極端な蛇行部の Sort-cut	現状	
IIL (左派川)	後背地が HWL より低い 部分の護岸設置	現状	現状	テング捷水路
III	拡幅、土堤 (護岸無)	現状	現状	

*Note :上記計画は Supporting Report Volume-V による。

上記工事に係る移転住民は各工事箇所では以下のように認識されており対象世帯は全て移転基本合意書に署名を終えている。

表 5-7 移転家屋世帯数

工事箇所	移転家屋世帯数
ボランゴ川河口 (I)	0
テング捷水路	19
ボランゴ右派川 (IIR)	19
ボランゴ左派川 (IIL)	2
ボランゴ川 (III)	5

一方、各々の詳細な改修図は、開発調査報告書「Volume-VIII Drawings」(以下「開発調査図面集」とする)に示されている。これによれば、報告書に示されている改修構成に比較すると改修

区間全川に対して堤防・護岸を設置する内容となっている。この図面から読み取れる工事によって影響される建造物は大小含めて以下の個数となる。

表 5-8 図面集より読み取れる移転家屋棟数

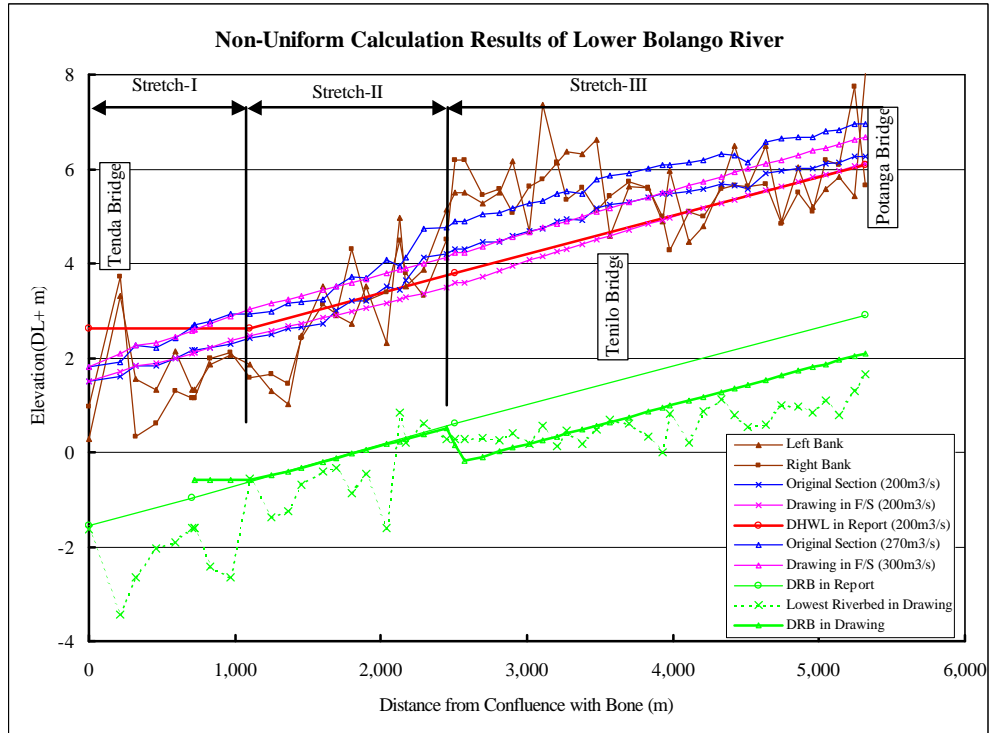
工事箇所	移転家屋棟数
ボランゴ川河口 (I)	19
テング捷水路	14
ボランゴ右派川 (IIR)	30
ボランゴ左派川 (IIL)	90
ボランゴ川 (III)	21

第 6 章社会環境調査結果」において詳しく述べているが、現地調査の結果上記表 5-8 に示す移転家屋数と現地政府が確認していた必要家屋移転数とには乖離があった。よって、開発調査によって計画された河川改修幅は本調査によって提案する最大の改修幅とし、パラペット堤の利用、掘り込み断面部の掘削法面の変更提案 (1:1.5 の採用) 等により、極力上記に示した家屋移転数を低減できる改修方法を取る。

(2) 開発調査図面集におけるボランゴ川下流部河道改修工事

開発調査図面集に描かれている改修断面を Annex-A :開発調査ボランゴ川改修計画基本図に示す。また現況地盤及び河床高を含めた改修計画縦断図を図 5-8 に示す。

図 5-8 に示される水位計算結果によると、開発調査時に設定されている計画高水位に対して $270\text{m}^3/\text{s}$ (本調査で見直された計画流量) 時の水位は不等流計算を行った結果では約 50cm 高くなるために、開発調査時の断面を見直す必要がある。



上図のように開発調査において計画された計画河床高は Report 内では最深河床高よりかなり高く、図面集における計画高は下流部が高いため、今回見直しを行った。

Note: DRB; Design Riverbed Report; Final Report Vol-V Drawing; Vol-VIII

図 5-8 JICA 開発調査によって設定された計画高水位と河床高

(3) ボランゴ川下流部河道改修工事費

開発調査当時 (2002 年) における採用された主な工事単価は以下の通りである。

表 5-9 主な工事単価 (開発調査時)

工種	単位	単価 (円)	摘要
掘削工	m ³	260	残土処理含む
盛土工	m ³	350	運搬 購入含む
コンクリート工	m ³	6,200	型枠等雑工含む
鉄筋工	ton	115,000	設置含む
フシ籠工	m ³	3,500	中詰 設置含む
砕石敷均工	m ³	1,000	設置含む
橋梁工	m ²	62,000	一式
準備工	%	10	一式
予備工	%	5	一式
雑工	%	5	一式

上記工事単価を採用し、開発調査時はボランゴ川下流部の河道改修工事費を以下のように積算している。

表 5-10 開発調査時に積算されたボランゴ川下流部の河道改修工事費

	工事費 (百万円)					合計
	Stretch-I	Stretch-IIR	Stretch-IIL	Stretch-III	Tenda捷水路	
準備工	1.05	14.6	2.61	1.3	1.63	21.19
水路工事	6.52	122.48	18.39	8.91	9.3	165.6
橋梁工	3.46	16.5	6.45	3.46	6.19	36.06
付帯工	-	-	-	-	-	-
予備工	0.50	6.95	1.24	0.62	0.78	10.09
合計	11.53	160.53	28.69	14.29	17.90	232.94

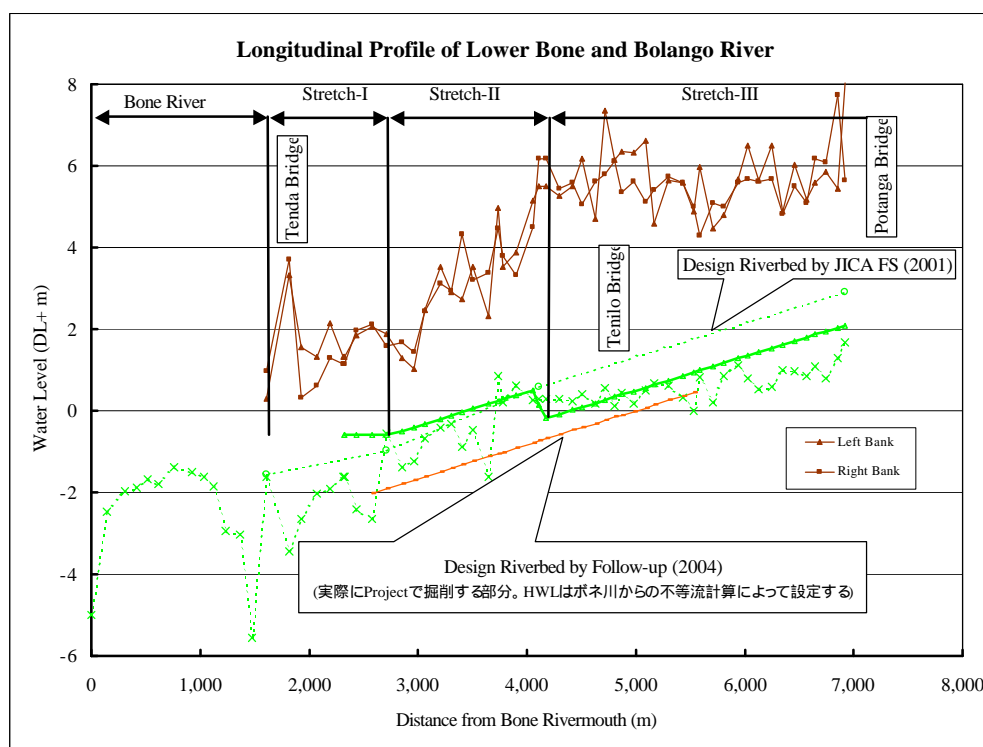
上記の表に示したように、開発調査時におけるボランゴ川下流部の純工事費（土地収用・家屋移転費・行政費・施工監理費・物価上昇費を除く）は約 2 億 3,000 万円となっている。

5 - 4 - 4 緊急改修計画の策定

上述した基本方針、現況河川の特質及び開発調査時計画の確認より無償資金協力を前提とした緊急改修計画のための河道施設計画を以降において検討・提案する。

(1) 計画河床高の設定

計画河床高はボランゴ川下流部におけるボネ川合流部付近の Stretch-I と上流側 Stretch-III の平均的な最深河床高を包絡する次図に示す河床高とする。



Note: 河口部計画河床高 ;EL-2.829(m) ホタンガ橋計画河床高 ;EL+1.600(m)
計画河床勾配 ;i = 1/1,200

図 5-9 計画河床高

ここで提案している掘削河道は、上流から供給される細砂・シルトの堆積による掘削河道の埋め戻しを防止するため、上中流部で現況河床勾配に沿った勾配を設定している。さらに基本設

計時に、改修河道区間の土砂収支について、水理検討が必要である。

(2) 横断計画

ボランゴ川下流部の横断計画は開発調査において計画された河道断面を上述した計画河床高に合わせ、低水路高を深くして設定する。開発計画時の計画断面及び今回設定した計画定規断面を Annex-B 「河川計画横断図」に示す。

開発調査時の断面との変更点を以下に表にして示す。

表 5-11 横断計画変更点

項目	変更点	理由等
低水路断面高さ	低水路高を平均約 80cm 深くする	計画河床高を下げたため
河口部断面	幅 30~35m を 24~30m に変更	テンダ橋の幅が 24.3m しかないため (開発調査計画の橋桁嵩上げ工事に河川幅を対応させるため)
Stretch-I 部の護岸構造	親杭(PC 杭)縦矢板(PC 版)を鋼矢板護岸に変更 但し B/D 時における詳細検討事項である	止水機能の確実性と河床掘削対応
家屋密集部堤防	土堤をパラペット堤に変更	家屋移転をできるだけ少なくするため
テニ口橋	桁嵩上げ工事 橋梁架け替え	州政府が橋梁の老朽化により架け替えを希望。また現橋は老朽化が激しい。
Stretch-III 部の護岸構造	護岸無しからフトン籠護岸に変更 但し B/D 時における詳細検討事項である	法面勾配を 1:2.0 から 1:1.0 に変更したため (流下能力増対応)

(3) 線形計画

JICA 開発調査報告書を確認すると、河川改修計画及び工事費積算に使用されている数量と開発調査図面集とでは算定される工事数量に乖離がある。図面集に示されている全体改修計画から現況河道が計画断面に比較して極端に狭い区間、新しく河道を掘削する区間のみを提案しているからである。このような考え方は、タポドゥ放水路の建設が上流で実施されるためそこで現況河川断面の持つ流下能力程度に洪水を制御できる、との考え方から判断されていると思われる。しかしながら

- 無償資金協力事業にタポドゥ放水路建設を含む事は適切でない判断され、洪水流は工事対象区間に流入して来る事及び、現況河川の流下能力 150m³/s に対し 270m³/s の流量を流す断面を計画する事、
- ボランゴ川の横断図は 100m ピッチで測量されており、開発調査で提案されている工事対象区間以外にも河岸の標高が低い箇所、断面が不足している箇所がある可能性が高い事、

より、開発調査図面集を基本として工事対象区間全川での改修工事实施する事が提案される。また、開発調査図面集を基本にしながらも家屋移転が無い様に開発調査図面集の線形計画を見直す事とする。線形計画に当たっては、家屋密集部及び岩露出部を河川が縦走するため

下を線形設定上の最低基準とする：

- 曲線部と曲線部の直接の接合は避ける
- 曲線部の半径は計画河床幅以上とする、及び
- 河岸に岩が露出する部分への河川線形の侵入は避ける

今回設定した定規断面による河道計画線形を Annex-C 「定規断面計画河道平面図」に示す。

(4) 計画高水位の確認

上記において計画 設定された平面 縦横断計画に基づき、計画流量 $Q=270\text{m}^3/\text{s}$ を流下させた時の不等流計算水位結果を次図に示す。

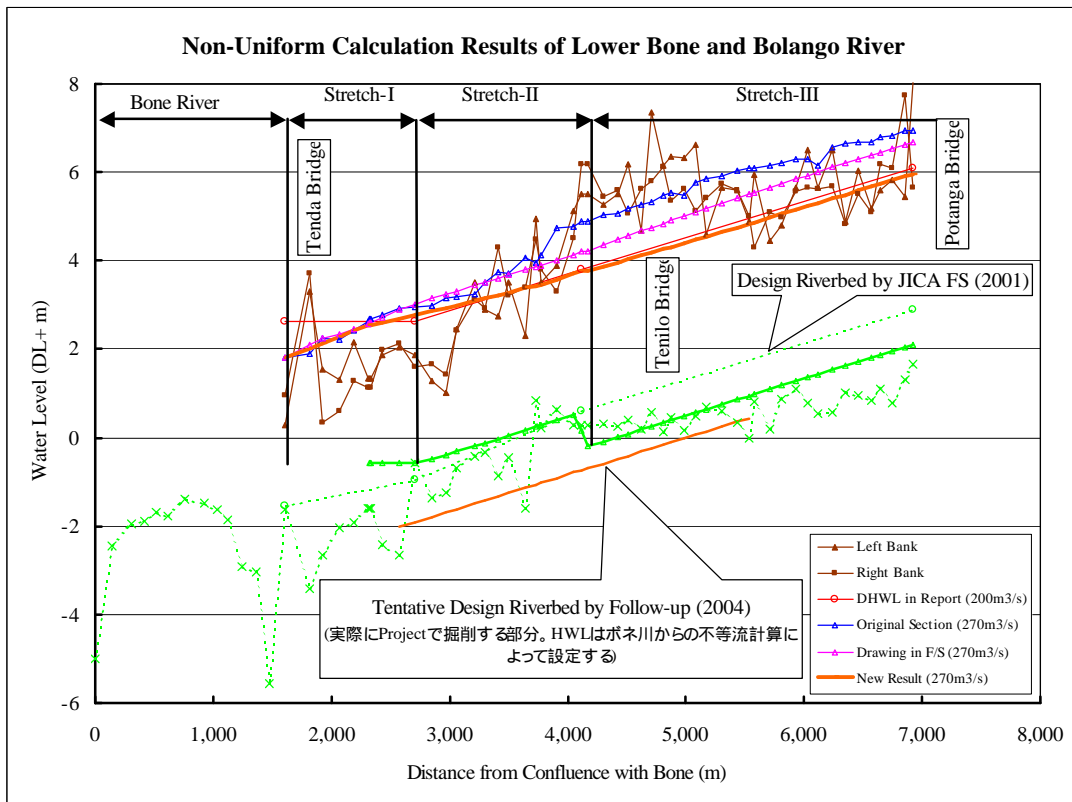


図 5-10 計画平縦横断による計画流量時の不等流計算水位

上に示されるように設定された平縦横断計画による改修河川水位は計画流量に対して開発計画で設定された計画高水位とほぼ同水位となる。このようにボネ川への取り付けを考慮して、最大限掘削した河道は、計画高水位も市街地部ならびに上流区間では現地盤にすり付くか、より低い位置に設定されており、超過洪水に対して被害を拡大させないような配慮もなされている。

(5) 改修範囲及び外水対策施設計画

「3 線形計画」で述べたように、開発調査において検討され無償資金協力を要請されたボラング川下流部改修計画は開発調査図面集に示されている改修全体の必要最小限のみを提案し

ている。

始めに前項において計画した河道全体を定規断面で改修する計画 Annex-C に対応する改修横断図を作成した。これを Annex-D として巻末に示す。

また、Stretch-II L 及び stretch-III 区間は一部分を除き背後地盤も全体的には高く掘り込み河道に近い河川断面を有している。加えて、現在日本では定規断面改修をせず死水域を残し河川環境等に配慮する河川工事が一般的である。これらの死水域は、実際の洪水時には河道内貯留効果もある。このように Annex-C 及び Annex-D に示した定規断面による改修を基本として、実際の無償工事は河川環境も考慮した河川改修として提案する事が望ましい。この計画に沿った平面図及び改修横断図を Annex-E、Annex-F にそれぞれ示す。この河川改修計画が本フォローアップ調査の最適案となる。

(6) 排水施設

第 3 章 3-3 「洪水氾濫特性」でも述べたように、2001 年の洪水はタラガ橋下流の数箇所です水した河川水が標高の低い箇所に溜まり長期間湛水した。これらの外水が内水化した洪水は、ボランゴ川の 270m³/s 改修により

- 同規模程度の洪水時の溢水量が本川水位の低下により低減する
- 河道の流下能力が向上し、洪水減水期においてもその減水早く進み、内水被害の状況も改善する。

事となる。しかしながら、窪地になっている地域は本川水位と共に水位が減少しない地域がある(図 5-11 に示される濃くマーキングされた地域)。これらの地域には市内幹線水路に繋ぐ新たな排水路の建設や直接本川に排水できる機材(人力程度で持ち運びが可能な水中ポンプ及びその付帯機材)が必要となる。また上記長期湛水対策とは別に一般的な排水路出口において小規模な樋管の設置が必要な箇所があり、これらを計画に含める必要がある。

ゴロンタロ市内の排水施設、上流で溢れる氾濫水除去及び窪地の長期湛水対策のために以下の施設が河川沿いに計画される。

表 5-12 無償資金協力事業ボランゴ沿川排水施設

施設	施設規模	箇所数等
排水路樋管	現況排水路断面と同等	4 箇所 ^{*1}
水路の新設 改修	ゴロンタロ市の整備計画に準拠する。	基本設計において早期の改修が必要と認められる排水路を整備する。
長期湛水対策機材	手で持ち運びが可能な水中ポンプをその他の付属設備と共に機材供与する。	3~ 5基 水中ポンプ・ホース・小型ディーゼルエンジン等

Note:*1: 各々の設置箇所は Annex-E の計画平面図に明示してある。

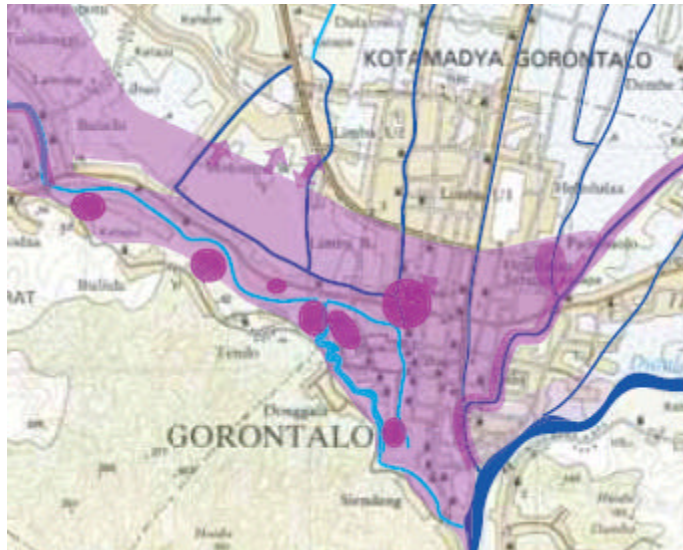


図 5-11 ボランゴ川下流の 2001 年浸水地区と長期湛水地区

上記は、本調査における無償協力事業での提案排水施設対策である。しかしながら、抜本的な内水対策はボランゴ川がリンボ湖の基底流量を持つ事から排水機場と樋門を主要な排水路に設置し強制的に内水を排除する対策が将来必要となるであろう。ここでは参考として、強制的な内水排除対策施設を設置する場合に必要な施設諸元を以下に示す。

表 5-13 将来的に設置が必要と想定される内水排除施設 (参考)

施設	施設規模	箇所数等
市内幹線排水路整備	ゴロンタロ市の整備計画に準拠する。	
幹線水路ゲート	B x H = 3.0 x 1.5m x 2 B x H = 3.0 x 1.5m	各 1箇所 ^(*4)
内水排除小規模排水機場 ^(*3)	Q=1.0~2.0m ³ /s ^(*1) 若しくは Q=3.0~5.0m ³ /s ^(*2)	2 箇所 ^(*4) *700mm 水中ポンプ・吸水槽・チェーンブロック・コントロールパネル・燃料タンク・ディーゼルエンジン等 (移動用トラック・移動用照明施設等も必要な場合考慮される)

Note : *1 : 上流からの農業排水を止める事が可能な場合
*2 : 上流からの農業排水を止める事が不可能な場合
*3 : Aneex-I Preliminary Design Drainage Pumping Station 参照
*4 : Annex-V Others (App-123)参照

表 5-12 に示す施設は抜本的な内水対策となるが、ゴロンタロ市内を流れる排水幹線の整備、比較的大きなゲートとポンプ場の建設が必要となる。またこれらゲートとポンプ場の適切な維持管理及び農業用水を含めた流域全体の利水と治水の統合的な運用が求められる。これには、現地技術者の高度な知識とデータの蓄積が必要であるが、現在の現地政府の体制が十分に整っていない現状を考慮すると今回の無償資金協力事業には含めることは適切ではないと判断される。まず無償資金協力事業によって本川を整備し、現地政府の体制が整ってから抜本的な内水対策事業は実施されるべきである。

5 - 4 - 5 概略積算・施工計画

(1) 数量計算

上述された河道改修計画及び施設計画に対応した主な工事数量は章末の表 5-14 に概算工事費と共に示す。

(2) 工事費

上記された主な数量に対して、開発調査の単価及び今回収集した単価資料を基本として積算すると、ボランゴ川下流部河川改修総事業費は約 10 億 8,000 万円の工事費となる。尚、この工事費には土地収用・家屋移転費・行政費は含まれていない。また、上記の工事費は以下の条件の元で計算されている。

表 5-15 工事積算の条件

項目	工事費約 10.8 億円の条件	条件が変わる場合
掘削土処理	運搬費片道 5km で算定	ゴロンタロ市が用意している最遠の捨て土候補地になった場合更に 3,000 万円程度の増額
橋梁嵩上げ	既設橋 2 橋の嵩上げ	基本設計時の見直しにより架け替えが必要となった場合に更に 5,000 万円程度の増額
コンクリート供給	現地にあるプラントが使用可能である	プラントが無くなってしまい、事業自体で供給しなければならなくなった場合、コンクリート単価が 2 割増。4,000 万円程度の増額
工事開始時までの物価上昇	直ぐに事業が進むことを想定し 10% を考慮	工事が一年遅れる毎に 5% 程度増額となる。例えば、2 年程度工事開始が遅れると 1 億円程度増額
合計	約 10.8 億円	2.2 億円程度増額

詳細な費目は章末の表 5-14 に示される。

(3) 補償費

土地補償費単価は F/S 調査及び本現地調査によって確認された以下の値を採用する。

表 5-16 補償費単価

区間	本調査	F/S	積算採用値
Stretch-I	-	2,000	30,000
Stretch-II R	10,000-36,000		30,000
Stretch-II L	103,000-243,000		200,000
Tenda Short-cut	35,000		35,000
Stretch-III	20,000-50,000		30,000

(単位: Rp/m²)

建物補償費単価は F/S 調査単価を採用し Rp.18,000,000/棟とする。

補償建物数は平面図より標準計画断面線に触れる建物として平面図内に示される建物とする。

また補償土地範囲は平面図より私有地と判断できる範囲を測定して計上する。

各補償数及び補償費を以下に表にして示す。

表 5-17 補償費

区間	土地単価	収用面積	補償費	建物単価	収用数	補償費
Stretch-I	30,000	2,790	83,700,000	18,000,000	9	162,000,000
Stretch-II L	200,000	4,990	998,000,000	18,000,000	14	252,000,000
Stretch-II R	30,000	30,150	904,500,000	18,000,000	16	288,000,000
	30,000	-11,260	-337,800,000			
Tenda Short-cut	35,000	3550	124,250,000	18,000,000	13	234,000,000
Stretch-III	30,000	51,140	1,534,200,000	18,000,000	16	288,000,000
	30,000	-5,130	-153,900,000			0
Total		76,230	3,152,950,000		68	1,224,000,000
Grand Total			4,376,950,000			

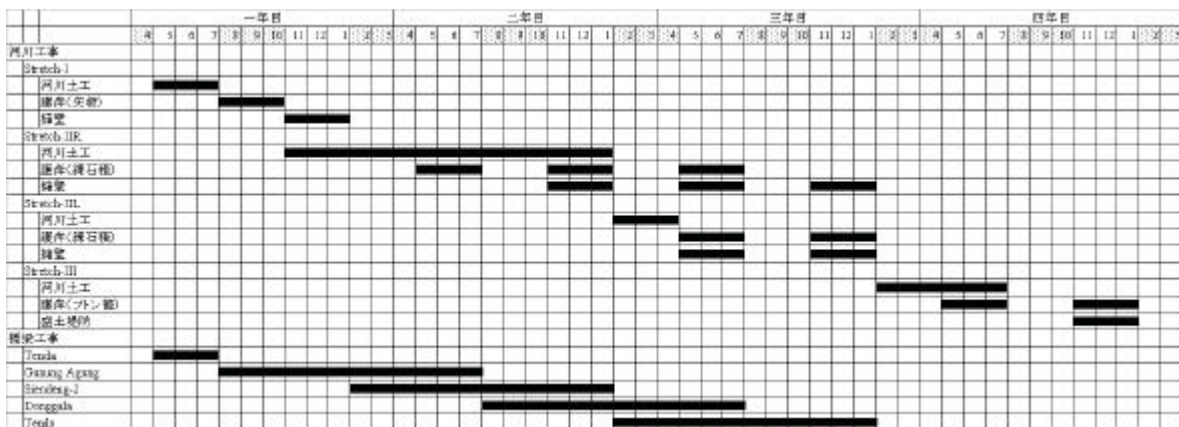
(単位: Rp)

注 1) :上記補償家屋数は工事費積算のための数値であり 第 7 章の社会環境調査とは若干異なっている。

(4) 施工計画

年間を通した降雨と現況河川の小さな断面による頻繁な河川の水位上昇、総掘削土工量 50 万 m³ と必要な架け替え橋梁が 5 橋と比較的大きな工事数量ではあるが工事期間は 3 年程度で可能な数量である。しかしながら、年度で予算を限定される無償工事であることから現在の概略検討において安全側に配慮し、4 年程度で工事期間を考慮する。工事期間を 4 年とした場合の概略施工計画を以下に表にして示す。

表 5-18 施工計画



また、年間稼働日数は余裕を見て250日、工事パーティ数を3パーティとし、工事期間を3年とすると、掘削工程中の各パーティの日当たり工事数量は

$$\frac{500,000}{(3\text{years} \times 250\text{days} \times 3\text{parties})} = 222 (m^3 / \text{day})$$

となり、1パーティ1日当たりの掘削機械運転時間は5時間、10トンダンプトラック延べ運搬回数40~50回となる。

5 - 4 - 6 ディスパースメントスケジュール及びファイナンシャル・エコノミックコスト

上記に示した概略積算・施工計画よりディスパースメントスケジュール (以下 D/S) 及びファイナン

シャルコスト(以下 F/C)、エコノミックコスト(以下 E/C)を算出する。尚、F/C は概略積算で算出した工事費に対し、増額される可能性もある事から安全側に考慮し約 20%程度割り増して計算する。

また、F/C から E/C へのコンバージョン・レートは F/S レポートより以下の値を採用する。

表 5-19 Conversion Factor

No.	Item	Factor	No.	Item	Factor
1	Excavation	0.96	10	Concrete Pile	0.94
2	Embankment	0.96	11	Steel Sheet Pile	0.94
3	Sodding	0.70	12	Bridge	0.94
4	Wet Rubble Masonry	0.88	13	Pumping Station	0.95
5	Riprap	0.89	14	Others	0.91
6	Gravel Bedding	0.95	15	O & M	0.91
7	Gabion Mattress	0.89	16	Compensation	0.30
8	Concrete	0.93	17	Engineering Service	1.00
9	Reinforcement bar	0.96			

施工計画にしたがい、施工期間を 4 年として D/S を作成すると F/C 及び E/C それぞれの各年度のコストは以下の表 5-20 のようになる。F/C から E/C への変換表は章末に表 5-21 として示す。

表 5-20 ボランゴ川緊急改修工事 D/S 表

Finacial Item	Year					Total
	1st	2nd	3rd	4th	5th---	
Construction	16,999	25,498	25,498	16,999		84,993
Compensation	4,377					4,377
Administaration	960	1,440	1,440	960		4,800
Engineering Service	1,165	1,747	1,747	1,165		5,824
O & M			212	340	425	977
Total	23,500	28,685	28,898	19,464	425	100,972
Economic Item	Year					Total
	1st	2nd	3rd	4th	5th---	
Construction	15,772	23,657	23,657	15,772		78,858
Compensation	1,313					1,313
Administaration	864	1,296	1,296	864		4,320
Engineering Service	1,165	1,747	1,747	1,165		5,824
O & M			197	315	394	907
Total	19,114	26,701	26,898	18,116	394	91,223

Note : *1 ; Price & physical contingencies are included in Construction Cost.

*2 ; Unit: million Rupiah

*3 ; O&M is 0.5% of Construction Cost. That shall be paid continuously.

*4 ; Administration is divided into annual fiscal year from F/S.

*5 ; Compensation will be paid at initial year.

(単位 : million Rp)

5 - 4 - 7 無償資金協力基本設計に当たっての留意点

(1) 家屋移転数

ボランゴ川下流部改修による家屋移転世帯数は全体で 45 世帯と現地政府は認識しておりこれらの家屋に対して移転説明を実施している。

今回、計画流量を変更した事を主因とする河道改修計画の見直しを実施した。この結果、開発調査において作成した測量図からは必要な家屋移転棟数は約 70 軒となる(第 7 章環境社会

配慮調査結果参照)。

よって、現在認識されている世帯とこれらの家屋が一致しているかを確認する必要があり、増加しているのならば至急家屋移転の説明を今後実施する必要がある。

表 5-22 今回提案した河川改修計画における移転家屋棟数

工事箇所	移転家屋棟数	EIA に記述されている移転世帯数
ボランゴ川河口 (I)	9	0
テンダ捷水路	13	19
ボランゴ右派川 (IIR)	14	19
ボランゴ左派川 (IIL)	16	2
ボランゴ川 (III)	16	5

加えて、現在使用されている平面図は 2001 年に開発調査によって作成されたものであることから新たに河岸沿いに建設された建造物に対しては対応していない。基本設計時またはその前段階においてこれらの家屋についても移転対象となるかどうかの確認が必要になる。



写真 5-9 工事対象区域の河川沿いに建設されている新しい家屋

(2) 用地補償

現在の平面図には用地境界が明記されていないため、上述されている積算された用地補償費及びその面積は概略値である。現地政府は至急用地測量を実施し正確な用地取得面積とその補償費積算し予算確保、用地交渉及び取得計画を実施する必要がある。

(3) 階段工及び坂路の設置位置について

ゴロンタロで川沿いに暮らす人々は川での活動が生活の一部になっている。よって新たに堤防を建設する場合、移転は伴わない改修だとしても、川と居住地を結ぶ動線が必要となる。治水的に問題が無く、住民に受け入れてもらえるような堤防とするための階段工・坂路の構造及び設置位置の詳細な検討が今後必要となる。

(4) 河岸沿いの河川を利用した施設の対応について

ボランゴ川下流には河川を利用する、または利用しなければならない河岸施設があり、これらに対応する堤防の形状、詳細な線形の検討が今後必要になる。例えば、ボランゴ川河口左岸付

近には船舶の改修・建設のための小さなドックがある(写真 5-10 参照)。これらの施設の前に高い堤防は建設できないため、所有者等と話し合いながら堤防の位置・構造等を検討する必要がある。



写真 5-10 ボランゴ川右岸下流部にある地元船舶を補修しているドック

(5) 土捨て場

開発調査におけるボランゴ川改修工事のための土捨て場は明確には示されていない。第 2 回現地調査においては煉瓦用土取り場跡地が問題が少なく無償工事の土捨て場として問題が少ない事を確認した。実際の建設に際してはゴロンタロ市都市計画に合わせ、より経済的な土捨て場計画の検討が今後現地政府との協力の下基本設計時に検討される必要がある。

(6) テンダ橋の桁嵩上げについて

テンダ橋は開発調査において桁嵩上げによって流下能力を確保し、このフォローアップ調査においても既計画に準ずる事を前提とした。この時の嵩上げ高は約 50cm となる。しかしながら、テンダ橋の上部工は桁の下部がアーチ型になっており、基本設計での詳細な検討結果によっては嵩上げが困難との判定の元、架け替え計画に変更される可能性がある。

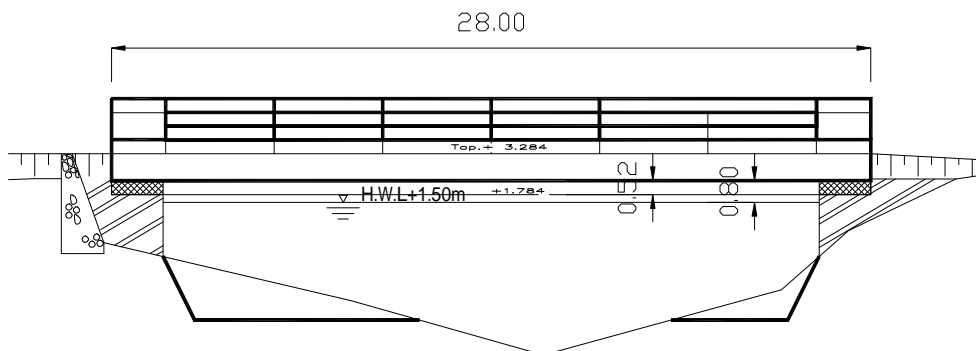


図 5-12 テンダ橋架け替え概略図

(8) プロジェクト実施後の O&M 活動について

今回の調査では、現地政府の担当官に聞き取り調査を実施し、施設建設後の O&M 活動組

織と資金について問題無いとの回答を得ている。無償資金協力実施後の現地政府が想定している O&M 活動の基本組織 (州政府かまたは市・県か) とその活動費 (除草費・補修費等) について現地政府がどこまで準備できたのか基本設計時にあらためて確認する必要がある。

(9) **基本設計時及びプロジェクト実施中におけるソフト・コンポーネントについて**

ボランゴ川中流部 (ポタンガ橋 ~ タラガ橋) 及びタマラテ川下流区間 (河口 ~ 放水路分流点) までの河川改修についての技術指導を実施する事を提案したが、それ以外に基本設計時及びプロジェクト実施中にソフト・コンポーネントとして実施が提案される技術指導は以下の通りである。

技術指導項目	内容
ボランゴ川中流部河川改修	ポタンガ橋 ~ タラガ橋までの河川改修計画についての技術指導
タマラテ川下流部河川改修	河口 ~ 放水路分流点までの河川改修計画についての技術指導
遊水機能保全計画	ボランゴ川及びタマラテ川の上流部遊水保全計画の必要性に関するセミナー、W/S 等の開催及び実施のための技術的支援
水文観測方法の指導	水文観測方法のレクチャーを現地政府関係者及び
流域管理組織への指導	流域管理組織に関わる人員への技術的強化・育成のためのプログラム支援とセミナー、W/S 等による直接的な技術指導

(10) **基本設計時の自然条件調査について**

基本設計時の自然条件調査は通常の施設計画で必要な測量、地質調査、水理水文調査及び社会環境調査となるが、この中で技術上 (河川工学及び施設設計) 必要条件となる測量及び地質調査における必要な調査及び留意事項は以下の通り

表 5-23 自然条件調査 (測量・地質調査)における想定される必要調査数量

項目	細目	必要調査数量	
測量	平板測量	ボランゴ川	F/S 時に作成した平面図(S=1:1,000)を元に特に河岸の改修範囲+10m 内の詳細な平板測量を実施する。約 7km × 50m 幅 = 35ha
		タマラテ放水路	F/S 時に作成した平面図(S=1:1,000)を元に放水路建設範囲+10m 内の詳細な平板測量を実施する。約 3km × 50m 幅 = 15ha
		橋梁部 付帯構造部	F/S 時に作成した平面図を元に橋梁部及び付帯構造部の詳細な平板測量を実施する。 ボランゴ川 5 箇所 (橋梁部) タマラテ放水路 9 箇所 (呑口、橋梁、サイフォン)
	横断測量	ボランゴ川下流	F/S 時に作成した平均 100m 間隔の横断図を補足し、新たな河岸及び河川状況を確認するために横断測量を実施。約 70 断面 × 100m
		ボランゴ川中流	平均 100m 間隔で横断測量を実施。 約 50 断面 × 長さ100m
		タマラテ放水路	平均 100m 間隔の横断測量を河岸及び河川状況を確認するために実施する。 約 30 断面 × 長さ50m
		ボネ川	低水路を中心に河床の測量を実施する。 約 10 断面 × 長さ100m
	図面作成	全川	上記測量結果を元に平縦横断面図を作成。 平面図 S=1:1,000、横断図 S=1:200、縦断図
		橋梁部 付帯構造部	上記測量結果を元に平面図を作成 14 箇所 (平面図 S=1:500)
		地質調査	ボーリング調査
		タマラテ川	橋梁部 : 7 箇所 × 2 箇所 × 30m

5 - 5 タマラテ川緊急改修計画の検討

5 - 5 - 1 基本方針

ボランゴ川下流の改修が提案されるのと共にゴロンタロ市東部の洪水被害の改善を目的にタマラテ放水路の建設が緊急改修計画に含まれた。ここではこの計画に従って JICA 開発調査時の河道改修計画諸元の見直し、緊急改修計画に合わせた放水路計画、施設計画及び積算の見直しを行う。

緊急改修計画の検討に当たっての主な確認事項及び検討事項は以下の通りである。

(1) 緊急改修計画の基本

タマラテ放水路計画は対象洪水 5 年確率流量を基本とする。この 5 年確率洪水に対応する計画流量 Q は $80\text{m}^3/\text{s}$ となる。この流量は、現況河道の流下能力 $60\text{m}^3/\text{s}$ 及びその現況断面を溢水しながら流下してくる想定超過洪水流量に対しても安全であると判断できる。また、下の図 5-13 に示すように、放水路分流部付近の現況本川断面に対しても過度なまたは河積が極端にちいさくなるような危険な断面となっていない。放水路が本川全量カットで計画されている事からも、 $80\text{m}^3/\text{s}$ で計画される放水路断面は河積から判断して妥当である。よって、放水路の計画断面は上述されているように、5 年確率流量($80\text{m}^3/\text{s}$)となる。

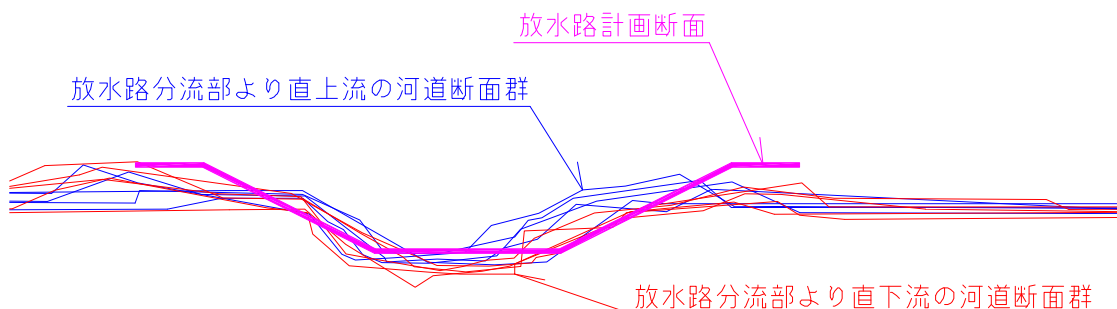


図 5-13 タマラテ放水路計画断面と分流部付近の現況タマラテ本川断面の比較

計画高水位に対する堤防余裕高 HF はインドネシア及び日本の基準を採用し開発調査計画通り 0.6m とする。

また、放水路分流部及びボネ川合流部計画においては以下の項目を配慮する必要がある。

- 分流部の放水路線形直下流の地盤は周辺と比較すると低地となっており、築堤による内水排除の問題が生じない様に周辺の土地利用状況、地形を十分に勘案した上で分流部の構造及び付帯構造物計画を決定する必要がある。
- ボネ川との合流部の HWL は、基本的にはボネ川 5 年確率の洪水水位と摺り合わせる事とする。また、放水路線形最下流部は普段は農地として耕作されているボネ川洪水時に浸水を起こす氾濫原となっているため、ボネの洪水時に安全な流れ、構造とする必要がある。さらに、放水路の吐出口が、ボネ川の洪水を阻害しないような構造とする必要がある。

(2) JICA 開発調査における河道改修計画の再確認

開発調査時の測量結果と現場踏査を元に開発調査において提案されている放水路計画について再確認する。緊急改修計画は、計画流量等が開発調査時の計画流量より小さくなるよう変更されている。加えて家屋移転等に絡む社会環境上の問題をできるだけ軽減するため河道線形を治水上問題無い範囲で変更し標準横断幅等はできるだけ小さく取っている。

(3) 緊急改修計画具体案の策定

緊急改修計画は計画高水位ができるだけ現況地盤高以下となるように開発調査時計画に合わせて策定される。加えて、社会環境配慮上からは家屋移転数を出来るだけ少なくする事、河道計画は出来得る範囲内で水理的に安全な河道計画と付帯構造物計画とする事の両面から開発調査時の計画の改善を行う

5 - 5 - 2 JICA 開発調査における放水路計画

(1) 基本諸元

開発調査におけるタマラテ放水路の主な諸元は以下の通り；

表 5-24 タマラテ放水路計画諸元 (開発調査時)

諸元項目	数値
計画流量	Q = 120 m ³ /s
計画河床勾配	I = 1/1,000
下流端計画水位	EL+6.97m
上流端計画水位	EL+9.70m
下流端計画河床高	EL+4.30
上流端計画河床高	EL+6.50
計画断面図	下図に示す通り

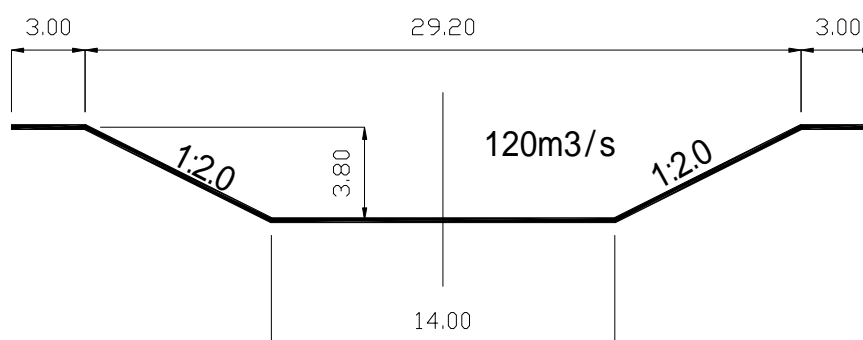


図 5-14 タマラテ放水路計画標準断面図 (開発調査時)

(2) 線形

開発調査で提案されている放水路線形は Annex-G に示す。基本的には南北にほぼ直線状に線形が決定されており、地形図より読み取れる対象移転家屋棟数は 29 棟となる。

5 - 5 - 3 緊急改修計画の策定

(1) 基本諸元 (断面計画)

基本方針及び開発調査における放水路計画を元にした基本高水に対する5年洪水対応計画放水路諸元は以下の通りに提案できる。

表 5-25 タマラテ放水路計画諸元 (Follow-up)

諸元項目	数値
計画流量	$Q = 80 \text{ m}^3/\text{s}$
計画河床勾配	$I = 1/1,000$
下流端計画水位	EL+7.00m
上流端計画水位	EL+9.82m
下流端計画河床高	EL+3.80
上流端計画河床高	EL+6.62
計画断面図	下図に示す通り

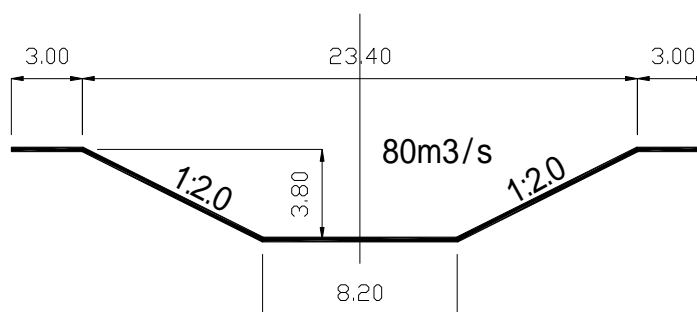


図 5-15 タマラテ放水路計画標準断面図 (Follow-up)

(2) 線形計画

放水路建設に伴う家屋移転数を減らすために水理上問題の無い範囲で河道線形を改善する。基本的には家屋の少ない東側にシフトし、開発調査時に作成した地形図による家屋移転棟数を断面幅が小になる効果を含み29棟から9棟とする線形とする。接合巻末資料 Annex-G (App-56) に提案放水路線形を示す。

また、河口部については、F/S 時の計画がボネ川旧派川の線形を利用していたが線形も悪く現況では既に廃川に等しい程度に堆積も進んでいるために、滑らかにボネ川の流れに取り付けるものとする。よって本調査では、Annex-G (APP-56)に示したようにスムーズな線形とする事を提したが、放水路河口部のボネ川との合流部はボネ川の氾濫原に位置するために堤防 護岸構造等も含めて代替案が考えられる。それらの代替線形案を Annex-T (APP-114) に示す。これらの代替案は基本設計時に詳細な積算と水理的解析の上に更に比較検討すべきである。

さらに放水路全体の河道線形ならびに築堤計画は、放水上流側(左岸側)の湛水対策も含め基本設計時に詳細な検討を行うものとする。

(3) その他の治水施設

開発調査結果で示されているようにタマラテ放水路建設に伴う付帯構造物は以下の通り:

表 5-26 タマラテ放水路付帯構造物

付帯構造物名	諸元、数量等
Diversion Weir	締め切り堤防、樋管等
橋梁	計 7箇所(B=1.5~7.0m)
用水路通水施設	Aqueduct Bridge ; 3 箇所

*Note;上表中用水路通水施設は Aqueduct Bridge とするか Siphon 構造とするかは基本設計時に現地政府灌漑部局と打合せ、水位条件の検討等の後慎重に決定する必要がある。

5 - 5 - 4 概略積算・施工計画

(1) 数量計算

上述された放水路計画及び施設計画に対応した主な工事数量は章末の表 5-27 に概算工事費と共に示す。

(2) 工事費

章末の表 5-27 に示された上記された主な数量に対して、開発調査の単価及び今回収集した単価資料を基本として積算すると、タマラテ放水路改修総事業費は約 2 億 4,000 万円となる。この工事費には土地収用・家屋移転費・行政費は含まれていない。また、ボランゴ川の工事同様、残土処理方法や工事開始時期の遅れ等によりこの工事費は増額される可能性がある。

詳細な費目は章末資料、表 5-27 に含めて示している。

(3) 補償費

土地補償費単価は F/S 調査及び本現地調査によって確認されたボランゴ川での単価及びその他の単価を参考に以下の値を採用する。

表 5-28 補償費単価

区間	本調査	F/S	積算採用値
放水路	7,000-35,000		20,000

(単位: Rp/m²)

建物補償費単価は F/S 調査単価を採用し Rp.18,000,000/棟とする。

補償建物数は平面図より標準計画断面線に触れる建物として平面図内に示される建物とする。また補償土地範囲は平面図より私有地と判断できる範囲を測定して計上する。

必要土地収用面積は 6.6 ヘクタールで補償家屋数は 9 棟であり これら土地収用と家屋補償に必要な総補償費は 1,488 百万ルピアとなる。

表 5-29 補償費

区間	土地単価 (Rp/m ²)	収用面積 (m ²)	補償費 (Rp)	建物単価 (Rp/house)	収用数 (Structures)	補償費 (Rp)
Tamalate	20,000	66300	1326000000	18,000,000	9	162000000
Total		66,300	1,326,000,000		9	162,000,000
Grand Total			1,488,000,000			

(4) 施工計画

ボランゴ川改修と比較し、年間を通した降雨とボネ川の水位上昇、総掘削土工量 20 万 m³ と必要な架け替え橋梁が 7 橋とボランゴ川河川改修より比較的小さな工事数量となり工事期間は 2~3 年で可能であるが、工事箇所が多く施工業者は多くのパーティ数を求められる。工事期間を 3 年とした場合の概略施工計画を以下に表にして示す。

表 5-30 施工計画

	一年目												二年目												三年目											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
放水路一般部工事																																				
河川土工																																				
護岸・護床工																																				
擁壁																																				
盛土堤防																																				
橋梁工事																																				
No.1																																				
No.2																																				
No.3																																				
No.4																																				
No.5																																				
Farm Br.-No.1																																				
Farm Br.-No.2																																				
Aqueduct Bridge-1																																				
Aqueduct Bridge-2																																				
Aqueduct Bridge-3																																				
Diversion Weir																																				
土工																																				
ゲート																																				

5 - 5 - 5 ディスパースメントスケジュール及びファイナンシャル・エコノミックコスト

上記に示した概略積算・施工計画よりD/S 及び F/C、E/C を算出する。尚、F/C は概略積算で算出した工事費の中間値を採用する。

また、F/C からE/C へのコンバージョン・レートはボランゴ川緊急改修工事と同様である。

施工計画にしたがい、施工期間を 3 年として D/S を作成すると F/C 及び E/C それぞれの各年度のコストは以下の表 5-31 のように工事開始初年度から 3 年間に建設費が投資され 3 年目からは維持管理費がプロジェクトに必要なコストとして投入される。F/C から E/C への変換表は章末に表 5-32 として示す。

表 5-31 タマラテ放水路工事 D/S 表

Finacial Item	Year					Total
	1st	2nd	3rd	4th	5th---	
Construction	5,653	7,538	5,653			18,845
Compensation	1,488					1,488
Administaration	270	360	270			900
Engineering Service	387	517	387			1,291
O & M			66	94	94	254
Total	7,799	8,414	6,377	94	94	22,778
Economic Item	Year					Total
	1st	2nd	3rd	4th	5th---	
Construction	5,291	7,055	5,291			17,637
Compensation	446					446
Administaration	243	324	243			810
Engineering Service	387	517	387			1,291
O & M			62	88	88	238
Total	6,368	7,896	5,983	88	88	20,423

Note : *1 ; 留意点はボランゴ川改修と同じ

単位 : 百万ルピア

5 - 5 - 6 無償資金協力基本設計に当たっての留意点

無償資金協力基本設計に当たっての留意点は基本的にはボランゴ川緊急改修工事と同様な土地収用や移転家屋の確認等が挙げられる。タマラテ放水路建設のために特に留意しなければならない点は以下の通りである。

(1) 河口部及び分流部の放水路構造

「5-5-1 基本方針」及び「5-5-3 緊急改修計画の策定」でも述べているが、分流部周辺の低地対策及びボネ川との合流部の地盤が低い氾濫原部での堤防構造等は線形計画、縦断計画、横断計画及び他の水利施設と洪水時の水理的特徴も含めて基本設計時に更に確認すべきである。

(2) 住民移転のための社会配慮手続きの促進

タマラテ放水路は開発調査によって事業の EIA は実施している。しかしながら当初の無償資金協力事業には要請されていない。よって住民移転等の社会配慮手続きに関する諸項目を基本設計前に現地政府に確認する必要がある。

(3) 土捨て場

開発調査におけるタマラテ放水路建設の土捨て場は放水路合流部付近のボネ川河岸に計画されている。しかしながら、当計画位置はボネ川の氾濫原であり洪水時における土砂の流出等が問題になる可能性もある。第 2 次現地調査において、タマラテ放水路建設のための土捨て場の確認を行った所、放水路建設地点から東側に約 2km 程の地点にボネ-ボランゴ県の県施設予定場所 (5~6ha) により経済的な土捨て場候補地があった。この候補地が実際の放水路建設まで使用が可能かどうかは未確定であるが基本設計時に現地政府との協力の下検討される必要がある。