



フィリピン共和国
公共事業道路省 (DPWH)



独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

フィリピン国 マニラ首都圏における排水施設整備に係る 情報収集・確認調査

最終報告書

平成 27 年 12 月
(2015 年 12 月)

独立行政法人 国際協力機構 (JICA)

株式会社 建設技研インターナショナル
株式会社 建設技術研究所
日本工営株式会社

東大

CR(3)

15-077



フィリピン共和国
公共事業道路省 (DPWH)



独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

フィリピン国 マニラ首都圏における排水施設整備に係る 情報収集・確認調査

最終報告書

平成 27 年 12 月
(2015 年 12 月)

独立行政法人 国際協力機構 (JICA)

株式会社 建設技研インターナショナル
株式会社 建設技術研究所
日本工営株式会社

本報告書で採用した交換レートは以下の通り。

US\$ 1.00 = PhP. 46.86 = JpY. 119.96

PhP 1.00 = JpY. 2.56

(2015年10月1日時点)

要 旨

1. 本調査の背景

この調査は DPWH と JICA との間で 2015 年 7 月 30 日に合意された Terms of Reference (TOR) に基づいて実施されたものである。調査対象地域は、マニラ首都圏中心地域及び周辺の河川地域である。DPWH は洪水・排水対策の整備目標を 50 年確率及び 25 年確率に設定している。しかし、用地取得の難航や交通渋滞の懸念により地上部での工事の実現に向けて様々な課題に直面しており、DPWH は、日本の地下トンネルを活用した事業化の可能性の検討を含めた調査実施を日本に要請した。

2. 調査の目的

調査の目的は、当分野における JICA としての効果的な援助アプローチ等の検討のため、日本の地下トンネル技術（シールド工法、推進工法等）を活用した早期事業化の可能性の検討を含め、マニラ首都圏における排水施設整備にかかる情報収集・確認を行うものである。

3. 調査の概要

本調査は、当地域の排水対策について、事業実施の候補地域としてマニラ首都圏中心地域の España-UST エリアおよび Buendia-Maricaban エリアを選定し、日本の地下トンネル技術活用による事業化の可能性検討を含め F/S の前段階の概略施設整備案の整理を行った。

3.1 計画概要

以下のコンセプトで排水計画にかかる情報収集・確認を行った。

- マニラ首都圏の排水システムに対して、25－50 年確率の目標安全レベルを達成する
- 排水計画は 50 年確率降雨及び気候変動対応策に拡張可能な計画を策定する
- 地下トンネル施設は地域の排水システム改善の最終的なアプローチである

提案するプロジェクト候補の諸元は以下の通り。

プロジェクト候補の諸元（早期排水案）

	España-UST	Buendia-Maricaban
排水面積(km ²)	7.42	15.00
トンネル延長(km)	3.5	7.2
トンネル貯留量(m ³)	446,000	844,000
ポンプ排水量(m ³ /sec)	4.0	7.6

3.2 概算事業費

提案するプロジェクト候補の概算の建設費（予備費、補償費、調査設計費含まず）および維持管理費は以下の通りである。

建設費と維持管理費（概算）

	Espana-UST	Buendia-Maricaban
建設費（million Php）	15,389	24,881
年間運用費（平時）（Php）	63,445	126,890
洪水時維持管理費（年平均）（Php）	478,224	956,448

3.3 プロジェクト評価

概略の事業評価を行った結果、España-USTのEIRRは12%、Buendia-Marican のEIRRは14%となった。

なお、ポンプと貯留管の組合せによって建設コストが下がる可能性が示唆された。建設コストが下がれば、結果的にEIRRは上昇する。

3.4 環境社会配慮

España-USTエリアはマニラ市の北部に位置している。プロジェクト用地（地上部）の土地所有形態は、政府所有地（1か所）および私有地（4か所）となっている。不法居住者（ISF）は確認されていない。一部に住宅地があることから、今後用地取得、被影響住民の移転等が必要となる。

Buendia-Maricabanエリアは、Pasay市、Makati市およびTaguig市内に位置している。プロジェクト用地（地上部）は、政府所有地（4か所）および私有地（2か所）となっている。氾濫水呑口地点（Intake No.4）には約180世帯の不法居住者（ISF）が存在するため、ISFの移転が必要となる。

本プロジェクトの実施に伴う自然環境、社会環境への影響の可能性は次の通りである。

- **建設前段階**：事業者と土地所有者間のプロジェクト用地買収交渉に伴う軋轢、強制収用実施の可能性、被影響住民（Formal Settlers）や不法居住者（ISF）の移転、移転後の生計や経済活動への影響等が考えられる。
- **建設段階**：地上施設の建設工事による排気ガス、騒音・振動、地下トンネル工事に伴う低周波音、地盤の変状、地下水および地下水利用への影響、資機材の搬入・掘削土の搬出に伴う交通への影響、掘削土の最終処分に伴う影響等が考えられる。
- **運営段階**：地下貯留施設内への氾濫水の流入に伴う騒音（水の落下衝撃音）、排水機場の稼働時における騒音や悪臭の発生等が考えられる。

4. 今後必要な対応と提言

4.1 今後必要な対応

今後必要な対応を以下に取りまとめた。

提案するプロジェクト候補にかかる更なる調査の実施	排水事業全般に必要な対応
設計・施工のための地質調査等基礎調査及び施工後の追跡調査の実施	マニラ首都圏の排水機能回復と整備目標（25-50年確率降雨）に向けて排水機能向上の推進
地下埋設物の再確認と縦断レイアウトの決定	排水分野における DPWH / MMDA の連携の強化と実施体制の見直し
拡張性を考慮したレイアウトの決定	排水路のゴミ・廃棄物投棄の削減と水質改善の推進
排水施設整備案に必要な環境影響評価手続きの実施	洪水リスク削減に顧慮した土地利用管理及び流域管理の推進
Maricaban クリークの流域管理計画策定・実施	
大深度地下の公共的使用に関する法の整備	
降雨気象観測・予測システムを活用した排水施設の管理の検討	
地下埋設物の再確認と縦断レイアウトの決定	

4.2 提 言

マニラ首都圏中心地域の排水対策の目標に沿った排水対策について、地下トンネル技術適用の可能性を検討の結果、地下トンネル技術の適用は技術的に可能であることは明らかになった。

しかし、地下トンネル技術の適用は排水対策の最終手段であり、提案の地下トンネル施設を、マニラ首都圏の高度成長を支えるインフラとして最終化を図るには、現在DPWHが進めている排水対策事業の「排水対策の目標」に対する効果と課題について確認、整合性を図ることが必要になる。また、対策事業の見直しにより事業費の削減の可能性もある。

DPWHは洪水・排水対策の整備目標として25-year RP、50-year RPと高水準の「安全レベル」を設定しており、技術的検討に加え、事業効果についても、詳細な検討が必要と考えられる。

マニラ首都圏における地下トンネル技術適用計画の具体化に向けて、引き続き下記計画調査の実施を提言する。

- ・ 現在のマニラ首都圏中心地域の排水対策事業について、前述の今後必要な対応の着実な実施
- ・ 新たな整備目標（25年や50年）に対する新たなニーズ及び事業効果の確認
- ・ 上記のニーズに対する、必要な対策施設計画及びそれに伴う維持管理施設・体制計画の策定
- ・ 高水準の挑戦的な事業、気候変動への適応策を含めた対策事業の評価方法の検討



調査位置図

フィリピン国マニラ首都圏における排水施設整備に係る
情報収集・確認調査
最終報告書

目次

調査位置図	
要旨	
目次	i
表一覧	v
図一覧	viii
略語集	xii
第1章 調査概要	1-1
1.1 業務の背景	1-1
1.2 業務の目的	1-1
1.3 対象地域	1-2
1.4 実施機関（カウンターパート機関）	1-2
1.5 調査の範囲	1-2
1.6 調査の方針	1-2
1.7 作業計画	1-2
1.8 調査団員と団員構成	1-4
1.8.1 調査団の団員構成	1-4
1.8.2 団員の従事期間計画	1-4
第2章 調査地域	2-1
2.1 基礎情報	2-1
2.1.1 DPWH 調査の対象地域	2-1
2.1.2 メトロマニラの中心地域(73 km ²)の内水氾濫の状態	2-1
2.2 マニラ首都圏の排水施設の管理体制	2-3
2.3 マニラ首都圏中心地域の排水取設の維持管理状況	2-3
2.4 2005年 M/P(DICAMM)の実施状況	2-3
2.4.1 Estero/Creek の Clean up and de-silting の状態	2-4
2.5 DPWH Survey	2-7
2.5.1 Tullahan River	2-9
2.5.2 San Juan River	2-11
2.5.3 Espana- UST	2-13
2.5.4 Buendia	2-17
2.5.5 Maricaban	2-20
2.5.6 NAIA	2-21

2.5.7 Paranaque.....	2-23
2.5.8 Las Piñas River.....	2-24
2.5.9 Zapote River.....	2-26
2.6 世銀の技術支援・調査プロジェクト.....	2-27
2.6.1 Master Plan for Flood Management in Metro Manila and Surrounding Area (June 2012)	2-27
2.6.2 Metro Manila Flood Management Project – Phase 1.....	2-27
2.7 地下利用に関すること.....	2-28
2.7.1 国土交通省調査結果.....	2-28
2.7.2 JICA 地下鉄調査.....	2-28
第3章 排水計画.....	3-1
3.1 水文解析.....	3-1
3.1.1 雨量データの収集.....	3-1
3.1.2 降雨解析.....	3-2
3.2 既存排水路および排水機場の現状・課題の整理.....	3-11
3.2.1 2005年 JICA M/P 時の評価.....	3-11
3.2.2 既存排水路.....	3-11
3.2.3 排水機場.....	3-18
3.2.4 マニラ首都圏が抱える排水に関する課題.....	3-29
3.3 マニラ首都圏内の優先事業実施の候補エリアの選定.....	3-33
3.3.1 優先事業実施候補エリア選定のクライテリア.....	3-33
3.3.2 クライテリアによる評価と選定.....	3-33
3.3.3 各エリアにおける排水施設整備案.....	3-37
3.4 日本の地下トンネル技術の活用可能性のある候補エリアの整理.....	3-38
3.4.1 日本の地下河川に関する基本的な考え方.....	3-38
3.4.2 日本の地下トンネル技術の活用可能性のある候補エリア選定クライテリア.....	3-38
3.5 候補エリアにおける概略排水計画案の提示.....	3-40
3.5.1 排水計画前提条件.....	3-40
3.5.2 Esnapa-UST.....	3-41
3.5.3 Buendia-Maricaban.....	3-46
3.6 洪水氾濫解析.....	3-52
3.6.1 洪水氾濫モデル.....	3-52
3.6.2 氾濫解析結果.....	3-59
第4章 排水施設計画.....	4-1
4.1 選定エリアにおいて活用可能性のある日本技術の詳細・優位性、活用にあたっての留意点・課題等の整理.....	4-1
4.1.1 日本の地下トンネル技術の具体的な工法検討.....	4-1
4.1.2 選定されたエリアにおける活用性の適切性、他国と比較した際の優位性の整理.....	4-4
4.1.3 各工法に関し、活用の際の留意点および課題の整理.....	4-5

4.2 各候補エリアにおける排水施設整備案	4-6
4.3 Espana-UST 候補エリアにおける排水施設整備案	4-6
4.3.1 地下貯留管の管径の検討	4-7
4.3.2 平面・縦断線形の検討	4-8
4.3.3 貯留管築造工の選定	4-13
4.3.4 立坑の検討	4-15
4.3.5 流入施設の検討	4-17
4.3.6 排水施設の検討	4-21
4.3.7 遠方監視システムの検討	4-22
4.3.8 換気・脱臭対策の検討	4-23
4.3.9 計画諸元のまとめ	4-23
4.4 Buendia-Maricaban 候補エリアにおける排水施設整備案	4-26
4.4.1 地下貯留管の管径の検討	4-26
4.4.2 平面・縦断線形の検討	4-27
4.4.3 貯留管築造工の選定	4-31
4.4.4 立坑の検討	4-31
4.4.5 流入施設の検討	4-32
4.4.6 排水施設工の検討	4-35
4.4.7 遠方監視システムの検討	4-36
4.4.8 換気・脱臭対策の検討	4-36
4.4.9 計画諸元のまとめ	4-37
4.5 各候補エリアにおける概略施工計画案	4-39
4.5.1 計画概要	4-39
4.5.2 工程計画	4-39
4.6 概略事業費積算	4-42
4.6.1 費目に分割した工事費の分析とフィリピン国を想定したコストレベルの算定	4-42
4.6.2 代替案の事業費	4-45
4.6.3 既存の雨水貯留施設事業費との比較によるコストレベルの把握	4-47
第5章 運営維持管理計画	5-1
5.1 運営維持管理計画の概要	5-1
5.1.1 運営維持管理の項目と作業の流れ	5-1
5.1.2 現地での聞き取りによる現状調査	5-2
5.1.3 想定される運営維持管理の体制と予算	5-3
5.1.4 想定される作業の頻度と概略予算	5-4
5.2 今後の課題・留意点の整理	5-6
第6章 プロジェクトの概略経済評価	6-1
6.1 概略経済評価の方法	6-1
6.1.1 EIRR および NPV	6-1

6.1.2 With/Without Project	6-1
6.1.3 評価対象プロジェクト.....	6-2
6.2 経済便益	6-2
6.2.1 便益の構成要素	6-2
6.2.2 経済便益算定のための基本単価の設定.....	6-3
6.2.3 家屋等資産への被害減少.....	6-5
6.2.4 間接便益の機会費用	6-6
6.2.5 経済機会損失の減少便益.....	6-8
6.2.6 交通迂回・渋滞費用減少.....	6-12
6.3 経済費用	6-15
6.3.1 労務費	6-15
6.3.2 標準変換係数	6-15
6.3.3 投資コストの経済価格変換.....	6-15
6.3.4 再投資と残存価値	6-16
6.3.5 O&M 費用.....	6-16
6.4 経済評価	6-17
6.4.1 前提条件	6-17
6.4.2 ベースケース	6-17
6.4.3 感度分析	6-20
6.5 その他のシナリオの検討	6-20
6.6 結語	6-24
第7章 環境社会配慮	7-1
7.1 プロジェクト区域における概略排水施設整備案に係る自然・社会条件.....	7-1
7.1.1 España-UST 区域.....	7-1
7.1.2 Buendia-Maricaban 区域.....	7-4
7.2 自然環境・社会環境への影響可能性の確認.....	7-9
7.2.1 環境影響要因の抽出および想定される環境社会影響.....	7-9
7.2.2 環境社会影響の可能性の確認.....	7-10
7.3 概略排水施設整備案に必要な環境影響評価手続きの確認.....	7-17
7.3.1 フィ国環境影響評価システムに係る根拠法令.....	7-17
7.3.2 スクリーニング	7-17
7.3.3 スコーピング	7-19
7.4 土地取得と住民移転計画に係る政策および現状確認.....	7-21
7.4.1 土地取得、住民移転および不法居住者に係る根拠法令.....	7-21
7.4.2 プロジェクト区域に係る土地取得、住民移転の現状確認.....	7-23
第8章 今後の課題と提言	8-1
8.1 今後の課題	8-1
8.1.1 提案するプロジェクトに向けての課題.....	8-1

8.1.2 排水事業全般に関する課題.....	8-1
8.2 今後必要な対応.....	8-1
8.2.1 提案するプロジェクトに向けて更なる調査の実施.....	8-1
8.2.2 排水事業全般に必要な対応.....	8-3
8.3 提 言.....	8-4

表 一 覧

表 1.7.1 作業計画.....	1-3
表 1.8.1 調査団員.....	1-4
表 1.8.2 調査団員.....	1-4
表 2.4.1 MMDA の維持管理予算.....	2-4
表 2.4.2 MMDA により更新中のポンプ場.....	2-5
表 2.5.1 DPWH 調査提案事業の評価と工事費.....	2-7
表 2.5.2 Tullahan 川の計画流量 (100-yr)	2-9
表 2.5.3 Tullahan 川の事業費.....	2-9
表 2.5.4 計画概要およびその評価.....	2-10
表 2.5.5 San Juan 川の計画流量 (50-yr)	2-12
表 2.5.6 San Juan 川の事業費.....	2-12
表 2.5.7 計画概要およびその評価.....	2-13
表 2.5.8 Espana-UST エリアの計画流量 (25-yr)	2-15
表 2.5.9 Espana-UST の事業費.....	2-15
表 2.5.10 計画概要およびその評価.....	2-16
表 2.5.11 Buendia エリアの計画流量 (25-yr)	2-18
表 2.5.12 Espana-UST の事業費.....	2-18
表 2.5.13 計画概要およびその評価.....	2-19
表 2.5.14 PNR Interceptor の評価.....	2-19
表 2.5.15 Buendia エリアの計画流量 (25-yr)	2-21
表 2.5.16 Maricaban エリアの事業費.....	2-21
表 2.5.17 計画概要およびその評価.....	2-21
表 2.5.18 NAIA エリアの計画流量 (25-yr)	2-22
表 2.5.19 NAIA エリアの事業費.....	2-23
表 2.5.20 Paranaque 川の計画流量 (50-yr)	2-24
表 2.5.21 Paranaque 川の事業費.....	2-24
表 2.5.22 Las Pinas 川の事業費.....	2-25
表 2.5.23 計画概要およびその評価.....	2-26
表 2.5.24 Zapote 川の事業費.....	2-26
表 2.5.25 計画概要およびその評価.....	2-27
表 3.1.1 雨量観測所諸元.....	3-1

表 3.1.2	年最大流域平均雨量	3-4
表 3.1.3	確率分布モデル	3-5
表 3.1.4	確率雨量の算定結果	3-5
表 3.1.5	確率雨量（1日雨量）	3-6
表 3.1.6	確率雨量（2日雨量）	3-7
表 3.1.7	降雨強度式定数（Port Area 観測所）	3-9
表 3.1.8	降雨継続時間毎の確率降雨強度（Port Area 観測所）	3-9
表 3.2.1	マニラ首都圏の排水機場一覧.....	3-18
表 3.2.2	ポンプ稼働実績（2012年8月台風 Habagat 時）	3-21
表 3.2.3	ポンプ稼働実績（2013年台風 Maring 時）	3-22
表 3.2.4	ポンプ稼働実績（2009年台風 Ondoy 時）	3-23
表 3.2.5	ポンプ稼働実績（2012年および2013年）	3-25
表 3.2.6	ポンプ稼働実績（2009年）	3-27
表 3.3.1	優先事業実施候補エリアのクライテリアによる選定.....	3-33
表 3.3.2	主要幹線と浸水状況	3-34
表 3.3.3	2009年台風 Ondoy 時の被害.....	3-36
表 3.3.4	優先事業実施候補エリアのクライテリアによる評価.....	3-37
表 3.4.1	日本の地下トンネル技術活用可能性エリアのクライテリアによる選定.....	3-39
表 3.5.1	各 Intake での確率流量およびピークカット量.....	3-44
表 3.5.2	各 Intake での確率流量およびピークカット量.....	3-49
表 3.6.1	水路および暗渠の粗度係数 n の設定値.....	3-53
表 3.6.2	流域毎遅れ時間（Lag Time）の設定値	3-53
表 3.6.3	洪水氾濫モデルで設定した水路の一覧.....	3-56
表 3.6.4	氾濫解析ケース一覧	3-59
表 3.6.5	想定氾濫区域内面積（確率規模 25 年）	3-64
表 3.6.6	想定氾濫区域内家屋数（確率規模 25 年）	3-65
表 3.6.7	想定氾濫区域内人口（確率規模 25 年）	3-65
表 3.6.8	流域内の湛水量と平均浸水深.....	3-65
表 3.6.9	25cm 以上湛水時間の低減効果.....	3-66
表 4.1.1	日本における地下放水路、地下調整池/雨水貯留管の施工・運用実績.....	4-4
表 4.1.2	段階と調査の種類・方法.....	4-5
表 4.3.1	必要貯留管径の算出	4-7
表 4.3.2	私有地占用一覧	4-9
表 4.3.3	対象既設構造物一覧	4-10
表 4.3.4	縦断計画、条件設定一覧.....	4-10
表 4.3.5	シールド工法の選定比較.....	4-14
表 4.3.6	検討条件一覧	4-14
表 4.3.7	RC セグメント概要	4-15
表 4.3.8	立坑築造工法	4-16
表 4.3.9	各流入施設における取水量.....	4-18

表 4.3.10	Espana-UST 候補エリア各取水施設の諸元一覧.....	4-20
表 4.3.11	Espana-UST 候補エリアの概略排水施設整備案の概要.....	4-24
表 4.4.1	必要貯留管径の算出.....	4-26
表 4.4.2	私有地占用一覧.....	4-27
表 4.4.3	対象既設構造物一覧.....	4-28
表 4.4.4	各流入施設における取水量.....	4-32
表 4.4.5	Buendia-Maricaban 候補エリア各取水施設の諸元一覧.....	4-34
表 4.4.6	Buendia-Maricaban 候補エリアの概略排水施設整備案の概要.....	4-37
表 4.5.1	計画概要一覧.....	4-39
表 4.5.2	概略工期.....	4-39
表 4.5.3	概略日進量（月進量）.....	4-40
表 4.6.1	概算事業費（日本円）.....	4-42
表 4.6.2	概算事業費（フィリピンペソ）.....	4-42
表 4.6.3	概算工事費（Buendia-Maricaban 貯留案）.....	4-43
表 4.6.4	フィリピン国を想定した場合の工事費.....	4-43
表 4.6.5	工事費算出内訳一覧.....	4-43
表 4.6.6	単価設定一覧.....	4-44
表 4.6.7	Espana-UST のフィリピン国を想定した場合の工事費.....	4-45
表 4.6.8	Buendia-Maricaban のフィリピン国を想定した場合の工事費.....	4-45
表 4.6.9	Espana-UST の貯留管案.....	4-46
表 4.6.10	Espana-UST の早期排水開始案.....	4-46
表 4.6.11	Buendia-Maricaban の貯留管案.....	4-46
表 4.6.12	Buendia-Maricaban の早期排水開始案.....	4-46
表 4.6.13	土地収用面積と補償費.....	4-47
表 4.6.14	神田川・環状七号地下調整池.....	4-47
表 4.6.15	京都府桂川右岸流域下水道雨水対策事業.....	4-47
表 4.6.16	Espana-UST Area 概算事業費.....	4-48
表 4.6.17	Buendia-Maricaban Area 概算事業費.....	4-48
表 5.1.1	MMDA 排水機場等の運営維持管理費の実績.....	5-2
表 5.1.2	視察した主要排水機場の年間維持管理費用実績.....	5-3
表 6.2.1	建物種類別数量割合.....	6-3
表 6.2.2	被害額推定の原単位（経済価格）.....	6-3
表 6.2.3	浸水深別各種被害率.....	6-4
表 6.2.4	浸水深別の清掃に要する日数.....	6-4
表 6.2.5	家屋等資産への被害減少便益（単位：million Peso）.....	6-5
表 6.2.6	フィリピン全国および首都圏における人口、労働力、GRDP および一人当たりの GRDP の推移.....	6-6
表 6.2.7	時間価値算定.....	6-7
表 6.2.8	氾濫域内人口の算定(Espana-UST).....	6-10
表 6.2.9	氾濫域内人口の算定(Buendia-Maricaban).....	6-10

表 6.2.10	経済機会損失の減少便益(Espana-UST).....	6-11
表 6.2.11	経済機会損失の減少便益(Buendia-Maricaban)	6-11
表 6.2.12	2030年マニラ首都圏における交通モードシェア	6-13
表 6.2.13	交通渋滞緩和便益	6-14
表 6.3.1	経済価値返還後の投資コストとその支出スケジュール (Espana-UST)	6-15
表 6.3.2	経済価値返還後の投資コストとその支出スケジュール (Buendia-Maricaban)	6-16
表 6.4.1	各施設の耐用年数	6-17
表 6.4.2	キャッシュフロー (Espana-UST エリア)	6-18
表 6.4.3	キャッシュフロー (Buendia-Maricaban エリア)	6-19
表 6.4.4	感度分析	6-20
表 6.5.1	地価上昇	6-21
表 6.5.2	地価上昇シナリオのキャッシュフロー (Espana-UST エリア)	6-22
表 6.5.3	地価上昇シナリオのキャッシュフロー (Buendia-Maricaban エリア)	6-23
表 7.1.1	プロジェクト区域、NCR およびフィ国における人口統計(España-UST 区域).....	7-2
表 7.1.2	プロジェクト区域における既存の取水権数.....	7-3
表 7.1.3	プロジェクト施設候補地の土地現況 (España-UST 区域)	7-4
表 7.1.4	プロジェクト区域、NCR およびフィ国における人口統計(Buendia-Maricaban 区域)	7-5
表 7.1.5	プロジェクト施設候補地の土地現況 (Buendia-Maricaban 区域)	7-8
表 7.2.1	本プロジェクトにより想定される主な環境社会影響.....	7-9
表 7.3.1	PEISS に基づく洪水防御プロジェクトに係るスクリーニング	7-18
表 7.3.2	スコoping及び次の段階における調査・検討内容の確認.....	7-20
表 7.4.1	Maricaban 川における不法居住者移転の実施状況.....	7-24
表 7.4.2	Makati 市内に存在する不法居住者インベントリーの結果.....	7-25

図 一 覧

図 2.1.1	マニラ首都圏の排水ブロック	2-2
図 2.4.1	MMDA プロジェクト	2-6
図 2.5.1	DPWH 調査で提案されているプロジェクト	2-8
図 2.5.2	Tullahan 川の改修計画	2-9
図 2.5.3	Tullahan 川標準断面	2-10
図 2.5.4	現地調査で入手した断面.....	2-10
図 2.5.5	San Juan 川の改修計画	2-11
図 2.5.6	Espana-UST の改修計画	2-14
図 2.5.7	Paranaque 川の改修計画.....	2-17
図 2.5.8	Maricaban 川の改修計画	2-20
図 2.5.9	Paranaque 川の改修計画.....	2-22
図 2.5.10	Paranaque 川の改修計画.....	2-23
図 2.5.11	Las Pinan 川の改修計画.....	2-25

図 2.5.12	Zapote 川の改修計画.....	2-26
図 3.1.1	雨量観測所位置図.....	3-1
図 3.1.2	累加雨量曲線図 (PortArea 観測所)	3-2
図 3.1.3	ティーセン分割図.....	3-3
図 3.1.4	確率雨量の算定結果 (1 日雨量)	3-8
図 3.1.5	確率雨量の算定結果 (2 日雨量)	3-8
図 3.1.6	計算対象降雨波形.....	3-10
図 3.2.1	確認した排水路断面位置図.....	3-12
図 3.2.2	排水路断面比較 (北側)	3-13
図 3.2.3	排水路断面比較 (南側)	3-14
図 3.2.4	排水路写真位置図.....	3-15
図 3.2.5	排水路の状況 (1)	3-16
図 3.2.6	排水路の状況 (2)	3-17
図 3.2.7	マニラ首都圏の排水機場.....	3-19
図 3.2.8	台風オンドイ時の浸水深.....	3-29
図 3.2.9	マニラ首都圏水路沿いの状況.....	3-30
図 3.2.10	道路沿いに発生する住民移転.....	3-30
図 3.2.11	地上・地下埋設物管理者との調整例.....	3-30
図 3.2.12	排水路内での作業.....	3-31
図 3.2.13	狭い道路下への提案.....	3-31
図 3.2.14	交通渋滞と道路占有状況.....	3-31
図 3.2.15	マニラ首都圏の地形と排水路ネットワーク	3-32
図 3.2.16	低平地への Box Culvert 設置の概念図	3-32
図 3.3.1	各流域の主要幹線道路.....	3-35
図 3.3.2	各エリアの地形.....	3-36
図 3.5.1	Espana-UST エリアの整備方針	3-41
図 3.5.2	Espana-UST エリアのトンネルルート.....	3-42
図 3.5.3	Espana-UST エリアの排水区からの総流入ハイドログラフ	3-43
図 3.5.4	各 Intake での流入ハイドログラフ	3-44
図 3.5.5	Espana-UST エリアの排水区	3-45
図 3.5.6	Buendia-Maricaban エリアの整備方針	3-46
図 3.5.7	Buendia-Maricaban エリアのトンネルルート	3-47
図 3.5.8	Buendia-Maricaban エリアの排水区からの総流入ハイドログラフ	3-48
図 3.5.9	各 Intake での流入ハイドログラフ	3-49
図 3.5.10	Buendia-Maricaban エリアの排水区	3-51
図 3.6.1	モデルの構成.....	3-52
図 3.6.2	洪水氾濫解析の流れ.....	3-52
図 3.6.3	流域分割図 (北マニラ)	3-54
図 3.6.4	流域分割図 (南マニラ)	3-55
図 3.6.5	洪水氾濫モデルで設定した水路およびポンプ場の位置図	3-57

図 3.6.6	100m メッシュ標高分布図	3-58
図 3.6.7	洪水氾濫解析結果（2009 年台風オンDOI再現計算）	3-60
図 3.6.8	想定氾濫区域図	3-61
図 3.6.9	想定氾濫区域図（確率規模 25 年 拡大版）	3-62
図 3.6.10	想定氾濫区域図（確率規模 25 年 拡大版）	3-63
図 3.6.11	想定氾濫区域面積の低減（確率規模 25 年）	3-64
図 3.6.12	想定氾濫区域面積の低減（確率規模 25 年）	3-64
図 3.6.13	流域内の湛水量の推移.....	3-66
図 3.6.14	浸水深の抽出地点	3-67
図 3.6.15(1)	浸水の時間推移.....	3-68
図 3.6.16	浸水（1cm 以上）時間の比較図（確率規模 25 年）	3-71
図 3.6.17	浸水（25cm 以上）時間の比較図（確率規模 25 年）	3-72
図 3.6.18	浸水（1cm 以上）時間の比較図（確率規模 25 年）	3-73
図 3.6.19	浸水（25cm 以上）時間の比較図（確率規模 25 年）	3-74
図 4.1.1	トンネル工法一覧	4-1
図 4.1.2	山岳工法	4-1
図 4.1.3	シールド工法	4-2
図 4.1.4	推進工法	4-2
図 4.1.5	施工法別比較（トンネル数）	4-3
図 4.1.6	計画概要	4-3
図 4.3.1	排水施設整備案	4-7
図 4.3.2	トンネル維持管理計画.....	4-8
図 4.3.3	既設構造物と新規トンネルの影響範囲.....	4-8
図 4.3.4	私有地占用位置	4-9
図 4.3.5	Espana-UST 候補エリア 平面図	4-12
図 4.3.6	Espana-UST 候補エリア 縦断面図	4-12
図 4.3.7	Espana-UST 候補エリア 横断面図	4-12
図 4.3.8	トンネル施工実績	4-13
図 4.3.9	泥土圧シールドマシン.....	4-14
図 4.3.10	立坑平面規模	4-15
図 4.3.11	圧入ケーソン工法.....	4-16
図 4.3.12	シールド発進立坑設備.....	4-17
図 4.3.13	Espana-UST 候補エリア流入施設位置図	4-17
図 4.3.14	流入施設の例（環状 7 号線地下調節池 妙正寺川取水施設）	4-18
図 4.3.15	Intake 2 における取水施設レイアウト案（平面図）	4-19
図 4.3.16	Intake 2 における取水施設レイアウト案（断面図）	4-20
図 4.3.17	監視システムの例（環状 7 号線地下調節池 妙正寺川取水施設）	4-22
図 4.3.18	脱臭設備の例（活性炭吸着法）	4-23
図 4.3.19	Espana-UST 候補エリアにおける施設整備案の概念図	4-25
図 4.4.1	排水施設整備案	4-26

図 4.4.2	私有地占用位置.....	4-28
図 4.4.3	Buendia-Maricaban 候補エリア 平面図	4-30
図 4.4.4	Buendia-Maricaban 候補エリア 縦断面図	4-30
図 4.4.5	Buendia-Maricaban 候補エリア 横断面図	4-30
図 4.4.6	立坑平面規模.....	4-31
図 4.4.7	排水施設整備案.....	4-32
図 4.4.8	Intake 2 における取水施設レイアウト案 (平面図)	4-33
図 4.4.9	Intake 2 における取水施設レイアウト案 (断面図)	4-34
図 4.4.10	Buendia-Maricaban 候補エリアにおける施設整備案の概念図	4-38
図 4.5.1	Espana-UST 候補エリアの施工計画案 (貯留案)	4-40
図 4.5.2	Espana-UST 候補エリアの施工計画案 (早期排水案)	4-40
図 4.5.3	Buendia-Maricaban 候補エリアの施工計画案 (貯留案)	4-41
図 4.5.4	Buendia-Maricaban 候補エリアの施工計画案 (早期排水案)	4-41
図 4.6.1	トンネル工事費区分一覧.....	4-43
図 6.2.1	洪水被害軽減の経済便益.....	6-2
図 6.2.2	洪水による渋滞影響地域.....	6-13
図 7.1.1	プロジェクト区域周辺の状況 (España-UST 区域)	7-1
図 7.1.2	プロジェクト施設候補地位置図 (España-UST 区域)	7-4
図 7.1.3	プロジェクト区域周辺の状況 (Buendia-Maricaban 区域)	7-5
図 7.1.4	プロジェクト施設候補地位置図 (Buendia-Maricaban 区域)	7-8
図 7.4.1	Quiapo 排水機場における不法居住者とゴミの集積状況 (2015 年 10 月 17 日)	7-23
図 7.4.2	Maricaban 川沿岸における住民移転対象地域位置図.....	7-24
図 7.4.3	氾濫水呑口提案地点 No.4 周辺の不法居住者の状況 (2015 年 10 月 24 日)	7-26

参考資料一覧

- 参考資料 2-1 DPWH 調査概要
- 参考資料 2-2 DPWH 調査概要追加収集情報
- 参考資料 3-1 台風 Ondoy の Situation Report 概要
- 参考資料 3-2 50 年洪水対応計算シート Espana-UST エリア
- 参考資料 3-3 50 年洪水対応計算シート Buendia-Maricaban エリア
- 参考資料 3-4 氾濫シミュレーション結果

略 語 集

AASHTO:	American Association of State Highway and Transportation Official
ADB:	Asian Development Bank
AO:	Administrative Order
BOD:	Biochemical Oxygen Demand
CCEP:	Construction Contractor's Environmental Program
CCP:	Cultural Center of the Philippines
CNC:	Certificate of Non-Coverage
CMP:	Community Mortgage Program
C/S:	Construction Supervision
DAO:	DENR Administrative Order
DENR:	Department of Environment and Natural Resources
DILG:	Department of the Interior and Local Government
DO:	Dissolved Oxygen
DPWH:	Department of Public Works and Highways
DOF:	Department of Finance
DOH:	Department of Health:
DOT:	Department of Tourism
DOTC:	Department of Transportation and Communications
DSWD:	Department of Social Welfare and Development
DWO:	Drainage and Waterways Operation, MMDA
ECC:	Environmental Compliance Certificate
EFCOS:	Effective Flood Control Operation and Warning System
ECA:	Environmentally Critical Area
ECC:	Environmental Compliance Certificate
ECP:	Environmentally Critical Project
EDSA:	Epifanio de Los Santos Avenue
EIA:	Environmental Impact Assessment
EIS:	Environmental Impact Statement
EMB:	Environmental Management Bureau
FCSM:	Flood Control and Sewerage Management Office, MMDA
FCSEC:	Flood Control and Sabo Engineering Center
GDP:	Gross Domestic Product
GIS:	Geographic Information System
GOJ:	Government of Japan
GOP:	Government of Republic of the Philippines
GNP:	Gross National Product
GPS:	Global Positioning System

GRDP:	Gross Regional Domestic Product
GSIS:	Government Service Insurance System
IBRD:	International Bank for Reconstruction and Development (World Bank)
ICC:	Investment Coordination Committee
IEE:	Initial Environmental Examination
ISF	Informal Settle Families
JICA:	Japan International Cooperation Agency
LARRIPP:	Land Acquisition, Resettlement, Rehabilitation and Indigenous Peoples Policy
LGC:	Local Government Code
LGU:	Local Government Unit
LGU-Makati:	Local Government Unit Makati City
LGU-Manila:	Local Government Unit City of Manila
LGU-Pasay:	Local Government Unit Pasay City
LiDAR Data:	Light Detection and Ranging Data
LRT:	Light Rail Transit
MC:	Memorandum Circular
MLLW:	Mean Lower Low Water Level
MMDA:	Metropolitan Manila Development Authority
MNH:	Manila North Harbor
MRT:	Metro Rail Transit
MSH:	Manila South Harbor
MSL:	Mean Sea Level
NAIA:	Ninoy Aquino International Airport
NAMRIA:	National Mapping and Resources Information Authority
NCM:	Normal Cubic Meter
NCR:	National Capital Region, DPWH
NHA:	National Housing Authority
NCSO:	National Census and Statistics Office
NDRRMC:	National Disaster Risk Reduction Management Council
NEDA:	National Economic and Development Authority
NGO:	Non-Government Organization
NHA:	National Housing Authority
NAMRIA:	National Mapping & Resources Information Authority
North Manila:	North or right bank of the Pasig River
NSO:	National Statistics Office
NWRB:	National Water Resources Board
NWSS:	Manila Waterworks and Sewerage System
OCD:	Office of Civil Defense
PAGASA:	Philippines Atmospheric, Geophysical & Astronomical Services Administration
PAP:	Project Affected Person/People

PD:	Presidential Decree
PD:	Project Description
PEISS:	Philippine Environmental Impact Statement System
PMRCIP:	Pasig-Marikina River Channel Improvement Project
PRA:	Philippine Reclamation Authority
PRRC:	Pasig River Rehabilitation Commission
PPA:	Philippine Port Authority
PNP:	Philippine National Police
PSFO:	Pumping Stations and Floodgates Operation, MMDA
PNR:	Philippine National Railway
RA:	Republic Act
ROW:	Right-Of-Way
SHFC:	Social Housing Finance Corporation
South Manila:	South or left bank of the Pasig River
TCLP:	Toxicity Characteristics Leaching Procedure
TSP:	Total Suspended Particulates
UDHA:	Urban Development and Housing Act
UPMO:	Unified Project Management Office
TBM:	Tunnel Boring Machine
TWG:	Technical Working Group
UDHA:	Urban Development and Housing Act
UN-OCHA:	United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs
UTM:	Universal Transverse Mercator Projection
UP:	University of Philippine
WB:	World Bank
WHO:	World Health Organization

(Study and Project)

- DICAMM:** Study on Drainage Improvement in the Core Area of Metropolitan Manila (JICA), 2005
- MMEIRS:** Earthquake Impact Reduction Study for Metropolitan Manila (JICA), 2004
- MMUTIS:** Metro Manila Urban Transport Integration Study, 1999
- PRDP:** Pasig River Environment Management and Rehabilitation Sector & Development Program
- SEDLMM:** Study on the Existing Drainage Laterals in Metro Manila (JICA), 2000
- MMFMP:** Metro Manila Flood Management Plan (Master Plan for Flood Management in Metro Manila and Surrounding Areas (WB), 2012)

(Unit)

- ha: Hectare
- Php: Philippine peso

第1章 調査概要

1.1 業務の背景

この調査は公共事業省（DPWH : Department of Public Works and Highways）と JICA との間で 2015 年 7 月 30 日に合意された Terms of Reference (TOR)に基づいて実施されたものである。

フィリピン国（以下、「フィ」国）は東南アジア諸国の中で最も災害の多い国の一つである。マニラ首都圏は「フィ」国の政治、経済及び文化の中心であるが、沿岸低地域のため台風・暴風雨及び洪水の影響を受けやすく、市の経済活動は洪水の厳しい影響を受けてきた。「フィ」国政府は 50 年以上に亘り、継続的にこの課題に取り組んできている。しかし依然として洪水に対する対応施設が不十分であり、現在及び今後の洪水リスク管理は、気候変動のリスクと合わせて、より効果的な洪水リスク管理が求められている。「フィ」国政府は、フィリピン中期開発計画（2010–2016）において、河川流域の保全と効率的に洪水リスク軽減を図る効果的なインフラ整備を主要政策の一つとして掲げている。フィリピン気候変動適応戦略（2010–2022）は戦略の一つとして適正なインフラ整備により災害リスク及び脆弱性の削減を掲げており、災害リスクの主流化を進めようとしている。

DPWH は、フィリピン中期開発計画において、台風・熱帯低気圧による暴風雨による洪水対策の分野に力を入れており、昨今の洪水状況を踏まえ、洪水・排水対策に新たな達成目標（25 年確率、50 年確率）を設定、排水能力の更なる強化と抜本的な解決策が必要となっており、マニラ首都圏に於いては自国資金を用いて DPWH Survey¹を実施中である。

DPWH Survey は、「フィリピン国マニラ首都圏中心地域排水機能向上調査」（2005 年 3 月 JICA）（以下、2005 年 JICA M/P）及び「Master Plan for Flood Management in Metro Manila and Surrounding Area」（2012 年 WB）に基づきマニラ首都圏の洪水対策計画及び緊急対策計画を策定、既に Bluementritt Interceptor の新設等の中心地域の緊急対策計画に着手している。

しかし、用地取得の難航や交通渋滞の懸念により地上部での工事が困難となっている場所がある等、排水機能向上の実現に向け様々な課題に直面しており、日本の地下トンネル建設技術を活用した事業化の可能性の検討を含めた調査実施について、DPWH から JICA に対し要請があった。

本調査業務は、上記要請を受け、日本の地下トンネル技術(シールド工法、推進工法等)の検討を含め、早期整備可能なマニラ首都圏における排水施設整備にかかる情報収集・確認を行ったものである。

JICA は、2015 年 6 月 22 日～26 日にコンタクト・ミッションを派遣し、7 月 27 日～31 日に TOR ミッションを派遣し、本調査の TOR について DPWH と合意した。

1.2 業務の目的

本業務は、当分野における JICA としての効果的な援助アプローチ等の検討のため、日本の地下トンネル技術（シールド工法、推進工法等）を活用した早期事業化の検討を含め、マニラ首都圏における排水施設整備にかかる情報収集・確認を行う。

¹ Consulting Service for the Review and Detailed Engineering Design of Comprehensive River Management for San Juan River and Review and Updating of Feasibility Studies and Detailed Engineering Design of Various Urgent Flood control Projects in Metro Manila, Woodfiels Engineering Company, 2015(実施中)

1.3 対象地域

調査対象地域はマニラ首都圏内 DPWH により実施中の調査の対象地域 (Zapote - Las Pinas, Buendia - Maricaban - NAIA - Paranaque, Espana - UST, Tullahan, San Juan) である。

1.4 実施機関 (カウンターパート機関)

カウンターパート機関は公共事業道路省 (Department of Public Works and Highways :DPWH) である。

1.5 調査の範囲

本調査は、フィリピン政府と JICA との間で 2015 年 7 月 30 日に合意した Terms of reference (TOR) (添付資料 1) に基づき実施する。

1.6 調査の方針

本業務は、マニラ首都圏内の DPWH 調査の対象地域を調査範囲として、日本の地下トンネル技術 (シールド工法、推進工法等) を活用した早期事業化の検討を含め、マニラ首都圏における排水整備に関し以下の調査項目につき情報収集・確認を行う。

1.7 作業計画

作業項目の作業計画は以下の図に示す。

表 1.7.1 作業計画

作業項目		期間			
		2015年			
		9月	10月	11月	12月
(1)	国内作業				
	- 既存資料のレビューおよびインセプションレポートの作成	■			
	- 業務実施方針、方法および作業計画の検討	■			
	- 現地調査項目の整理、現地調査計画の策定	■			
	- インセプションレポート(案)の作成およびJICAへの提出	■			
(2)	インセプションレポートの説明		△IC/R		
(3)	既存排水路および排水機場の現状・課題の整理	■			
(4)	DPWHによる調査結果および収集データの入手・整理、信頼性の確認	■	■		
(5)	DPWHによる調査対象地域のうち日本の地下トンネル技術（シールド工法、推進工法等）の活用可能性のある候補エリアの整理	■			
(6)	上記（5）のエリアにおいて活用可能性のある本邦技術の詳細、適切性・優位性、活用に当たっての留意点・課題等の整理				
	- 日本の地下トンネル技術の具体的な工法検討		■		
	- 選定されたエリアにおける活用性の適切性、他国と比較した際の優位性の整理			■	
	- 各工法に関し、活用の際の留意点および課題の整理			■	
(7)	マニラ首都圏内の優先事業実施の候補エリア選定のクライテリア整理				
	- 最優先すべきクライテリアの選定		■		
	- クライテリアに基づき各エリアについて整理		■		
	- 各エリアにおける排水施設整備案の提示上、自然・社会条件調査および事業効果の実施			■	
(8)	国内支援委員会での報告 ※中間報告				○TV会議を想定
(9)	上記（7）の複数の候補エリアにおける排水施設整備案の提示				
	- 対象外力規模の設定		■		
	- 各候補エリアにおける集水路および/または放水路の線形案		■	■	
	- 各候補エリアにおける集水路および/または放水路の管路長、管径、埋設深度等		■	■	
	- 各候補エリアにおける施工計画案		■	■	
(10)	上記（8）にかかる事業効果の算定				
	- 概略事業費算出		■	■	
	- 概略経済的内部収益率(EIRR)算出			■	
(11)	事業スキーム・資金計画の検討		■	■	
(12)	自然環境・社会環境への影響可能性を確認	■	■	■	
(13)	今後の課題・留意点整理			■	
(14)	ドラフトファイナルレポートの作成・協議			■	△DF/R
(15)	国内支援委員会での報告 ※ファイナルレポート				○
(16)	ファイナルレポートの作成・協議			■	△F/R
(17)	その他				

【凡 例】 現地作業期間 ■ 国内作業期間 □ 協議・打合せ ○ 報告書等の説明 △

1.8 調査団員と団員構成

1.8.1 調査団の団員構成

調査要員の構成は以下の表に示す。

表 1.8.1 調査団員

Name	Assignment
田中 元	総括/ 都市排水対策
満倉 真	副総括・都市排水計画
鈴木政範	氾濫解析
飯島 勝	調達・施工計画/積算（1）
喜友名保	調達・施工計画/積算（2）
西牧 宏	経済・財務分析/事業評価
岡村 毅	運営維持管理計画
酒井 均	環境社会配慮

1.8.2 団員の従事期間計画

団員の従事期間を以下の表に示す。

表 1.8.2 調査団員

	担当業務	氏名	2015年度			
			9月	10月	11月	12月
海外	総括／都市排水対策	田中 元		■		■
	副総括／都市排水計画	満倉 真		■		■
	氾濫解析	鈴木政範		■		
	調達/施工計画/積算(1)	飯島 勝		■		
	調達/施工計画/積算(2)	喜友名 保		■		
	経済・財務分析/事業評価	西牧 宏		■		
	運営維持管理計画	岡村 毅		■		
	環境社会配慮	酒井 均		■		
国内	総括／都市排水対策	田中 元	□	□	□	□
	副総括／都市排水計画	満倉 真	□	□	□	□
	氾濫解析	鈴木政範	□	□		
	調達/施工計画/積算(1)	飯島 勝		□	□	
	調達/施工計画/積算(2)	喜友名 保		□	□	
	経済・財務分析/事業評価	西牧 宏			□	
	運営維持管理計画	岡村 毅		□		
	環境社会配慮	酒井 均			□	
報告書			△	△	△	
			インセプション レポート	ドラフト	ファイナル	ファイナルレポート
国内/海外			□	□	□	□

第2章 調査地域

2.1 基礎情報

2.1.1 DPWH 調査の対象地域

DPWH Survey の対象地域（Zapote - Las Pinas, Buendia - Maricaban - NAIA - Paranaque, Espana - UST, Tullahan and San Juan）はマニラ首都圏中心地域（Buendia - Maricaban - NAIA , Espana - UST）と隣接の河川地域（Zapote - Las Pinas, Paranaque, Tullahan, San Juan）に分かれている。首都圏中心地域は、長年にわたり排水対策が進められてきており、「2005 年 JICA M/P」は、10 年確率、2 日降雨による排水機能向上対策を提案している。しかし、首都圏の河川地域については、Pasig 川以外の 5 河川は未整備であり、「2012 年世銀 M/P」により、各河川の流下能力の改善を図る、River Improvement Works が提案されており、DPWH Survey によって改修計画が策定され、緊急計画について着手している。

2.1.2 メトロマニラの中心地域 (73 km²) の内水氾濫の状態

2005 年 M/P は Metro Manila 中心地域を Pasig River 右岸の「北マニラ」(28.78 km²) と左岸の「南マニラ」(43.80 km²)に分け、排水地域は、北マニラ地域は 5 箇所の排水ブロック、南マニラ地域は 6 箇所の排水ブロックに分けられている。内水氾濫常襲地域の傾向は以下の通りである。

北マニラの内水氾濫常襲地域は Quiapo - Aviles 排水機場排水ブロックの Aviles、Sampaloc 地区は常襲的な内水氾濫地域であり、当地域の主要幹線道路 España は毎年浸水被害が発生している。1999 年の洪水の浸水深は 0.5 - 1.0 m 以上、浸水期間は 24 時間以上となっている。2009 年のオンドイでは浸水深さは 1.0 m 以上、浸水期間 1 - 3 日と長くなっている。²

南マニラ（Pasig River 左岸地域）は、Libertado - Tripa de Gallina 排水機場排水ブロックの Zobel Roxas, PNR canal, Calatagan Creek 1 の集水地域、エステロ Toripa de Gallina 及び Philippine National Railway (PNR)の東側に当たる San Isidro, San Antonio, Pio del Pilar 地区は常襲的な内水氾濫地域であり、PNR 沿いの Osmenia HWY / South Supper Highway は毎年浸水被害が発生している。1999 年洪水の浸水深は 0.5-1.0 m 以上、浸水時間は概ね 12 時間以内であったが、2009 年のオンドイでは浸水深さは 1.0 m 以上、浸水期間 3 日～1 週間とより長くなっている。³

² フィリピン共和国防災セクターローン協力準備調査ファイナルレポート 台風 16 号（オンドイ）及び 17 号（ペペ）による洪水被害に係るニーズ・アセスメント調査, JICA, 2010

³ 同上

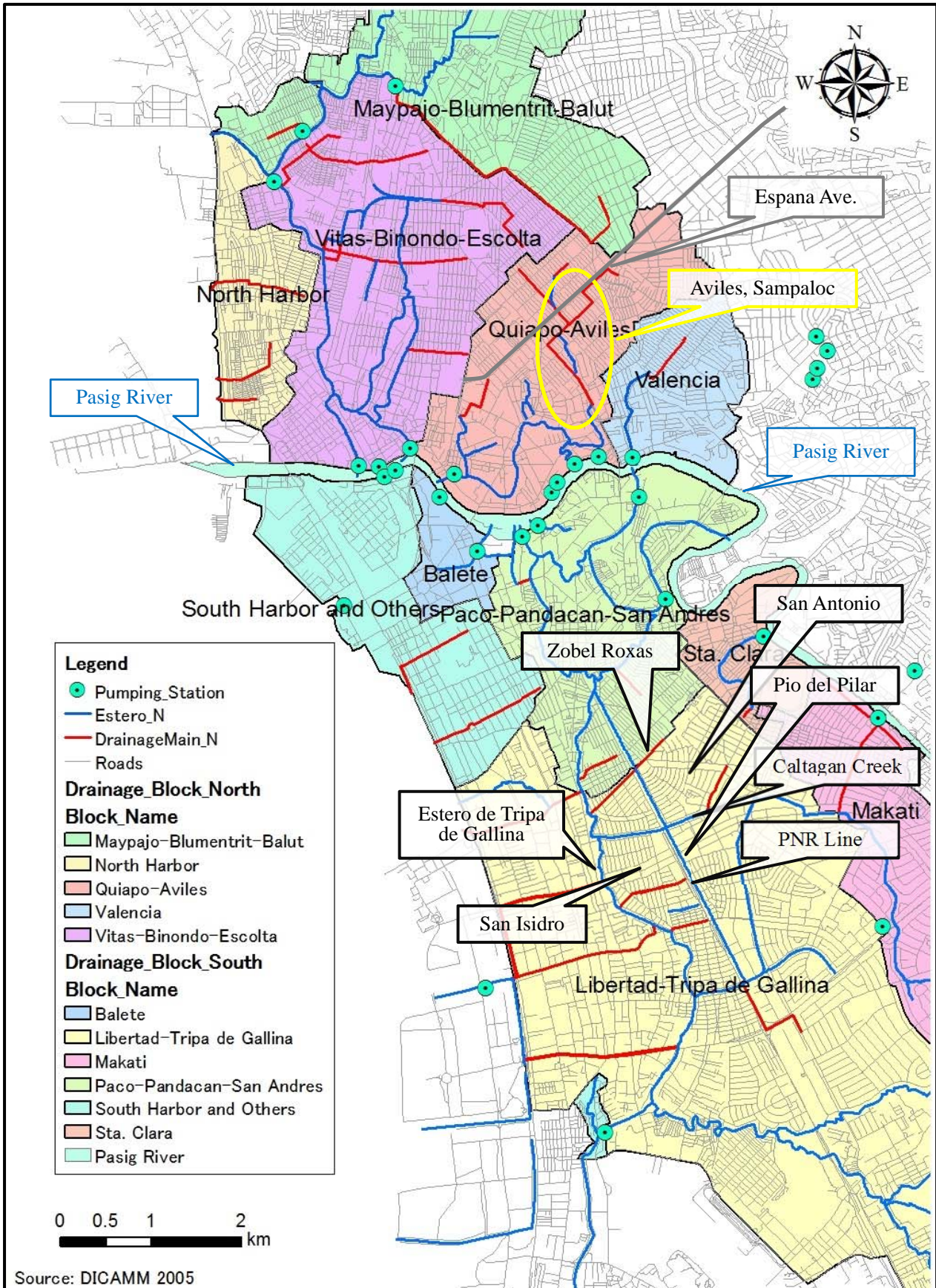


図 2.1.1 マニラ首都圏の排水ブロック

2.2 マニラ首都圏の排水施設の管理体制

Metro Manila 中心地域は主に低平地であり、中心地域(73 km²) の雨水排水の 70% (52 km³)の排水はポンプ排水に依存している。中心地域の排水施設は主要排水機場: 15 箇所、小規模排水機場: 8 箇所、開水路 (エステロ/クリーク) : 74 km、暗渠 (ボックス・カルバート) : 35 km 並びに管渠 : 400 km で構成している。

排水施設の管理は、Republic Act (RA) 7924 (2002 年 7 月 9 日)により、2002 年に DPWH から Metropolitan Manila Development Authority (MMDA)に移管され、現在、排水施設に係る管理責任は MMDA に所属している。新たな排水施設の建設業務 (主要排水路及び排水ポンプ場の建設等) は DPWH が、排水施設の維持管理業務 (排水路の土砂の浚渫・ゴミの除去、不法占拠者 (ISF) の移転、排水ポンプ場のリハビリ) は MMDA が実施している。DPWH Survey が提案している首都圏の排水施設の建設は DPWH が実施している。なお、ISF の移転は各 Local Government Unit (LGU)が進めている。

2.3 マニラ首都圏中心地域の排水取設の維持管理状況

中心地域の排水施設は排水路 (幹線排水路、二次水路、三次水路) 及び排水機場で構成されている。2005 年 JICA M/P 作成段階では、既設幹線排水路 (開水路: エステロ・クリーク) は 10 年確率規模の排水断面を有しているが、排水路 (含む暗渠) は不法投棄による大量の土砂・ゴミの堆積 (推定: 920,000 m³) と多数の不法占拠者 (ISF) (約 6,000 家族) の占拠により、本来の排水機能が阻害されていた。首都圏中心地域の排水路網の能力の概ね 6 割以下に低下しており、排水施設の排水能力は 2~3 年確率規模と評価されている。そのような状況を受け、2005 年 JICA M/P は、首都圏中心地域の水路内の堆積物・ISF の排除による排水機能の回復と効果的な排水施設の追加による排水能力向上により 10 年確率規模の排水機能の達成を提案している。

排水機場については、主要排水機場 (15 箇所) は 1970 年代から 1980 年代に設置されており、設置後多くは 30 年以上を経過、ポンプ施設の老朽化が進んでおり、排水機能向上・維持を図るため、2005 年 M/P は 1970 年代から 1980 年代に設置した排水機場 (12 箇所)のリハビリを提案している。

排水施設の排水機能回復に係る排水路の堆積物の排除及び排水機場のリハビリは MMDA が進めており、排水能力強化に係るインターセプター等の排水路建設は DPWH が進めている。

マニラ首都圏の排水施設の施工・維持管理の実施機関は排水施設の計画・実施機関: DPWH と維持管理機関: MMDA に分離されており、新規排水施設の計画・実施は DPWH の責任となる。しかし計画・実施・維持管理を効果的に進めるには、DPWH と MMDA との情報共有の推進と連携体制の構築が必要となる。大規模排水施設については、計画・実施・操作・維持管理は一体的に進められることが必要であり、実施体制が課題となる。

2.4 2005 年 M/P (DICAMM) の実施状況

MMDA は、マニラ首都圏の洪水対応力強化を目標に、主要排水路の土砂排除、不法占拠者の移転による排水機能回復及び排水ポンプ場のリハビリを実施している。

DPWH は、2005 年 JICA M/P 提案の優先事業の着手は遅れていたが、現在、排水能力向上に向けて

2005 年 JICA M/P ⁴ の優先事業及び DPWH Survey の緊急事業の排水施設の建設に着手している。(図 2.4.1 参照)

<北マニラ地域>

DPWH : Blumentritt Interceptor、Constantia Interceptor、Earnshaw Drainage Main の実施

MMDA : エステロ/クリーク、暗渠の土砂排除事業、ISF の移転

<南マニラ地域>

DPWH: Makati Diversion Channel、PasongTamo Drainage Main、Maricaban River Improvement、2 Outfalls の実施

MMDA : エステロ/クリーク、暗渠の土砂排除事業、ISF の移転

なお、水路沿いの ISF 移転については、500 億ペソの ISF Fund (2011 年から 2016 年の 5 年間、100 億ペソ/年)が設けられており、LGUs はエステロ・クリーク沿いの ISFs の移転を積極的に進めている。

2.4.1 Estero/Creek の Clean up and de-silting の状態

(1) 排水施設のリハビリの状態

MMDA が 2014 年~2015 年 8 月上旬までに実施した洪水プロジェクト一覧を入手した。各プロジェクト位置を図 2.4.1 に示す。

プロジェクトの内容としては、1)排水路の改修、2)水路の浚渫、3)排水路の清掃、4)護岸の補修が主な項目である。

下表に示す通り、過去 10 年の MMDA の排水路維持管理予算（人件費含まず）を見ると、ここ 3、4 年で増加しており、積極的な排水路の改修・浚渫が可能となっている。

表 2.4.1 MMDA の維持管理予算

Unit: thousand Php

Year	Amount	Year	Amount
2016	260,848	2011	204,464
2015	255,547	2010	199,225
2014	250,134	2009	214,300
2013	247,658	2008	214,300
2012	209,371	2007	203,236

出典：Approved Budget for Maintenance and Other Operation Expenses, Flood Control and Sewerage Management, MMDA

(2) 排水ポンプ場のリハビリの状態

MMDA は、下表に示す 12 ヲ所のポンプ場の更新を行っており、一部電力会社との接続を待っている以外はほぼ作業を完了している。

⁴ 2005 年 JICA M/P : The Study on Drainage Improvement in the Core Area of Metropolitan Manila, Republic of the Philippines (DICAMM)

表 2.4.2 MMDA により更新中のポンプ場

PUMP STATION	NO. OF ENGINES/ HP/ KVA	TYPE OF PUMPS	CAPACITY/ PUMP (cms)	TOTAL CAPACITY (cms)	NO. OF ENGINES/ HP/ KVA	TYPE OF PUMPS	CAPACITY/ PUMP (cms)	TOTAL CAPACITY (cms)
SOUTH CLUSTER		BEFORE			NOW			
1. Trip de Gallina	8 M.E. x 450 hp	Model 1650HSGE	7	56	8 electric drive	EBARA Model 1650HSGE	8.75	70
2. Libertad	4 M.E. x 390 hp 2 M.E. x 390 hp	Model 1650HSGE Model 1650HZGE	7.0 7.0	42	6	EBARA Model 1650HSGE EBARA Model 1650HZGE	7.0 7.0	42
3. Makati	2	EBARA Model 1200VSGE	3.5	7	2	EBARA Model 1200VSGE	3.5	7
4. Sta. Clara	2	EBARA Model 1000VSGE	2.65	5.3	2	EBARA Model 1000VSGE	2.65	5.3
NORTH CLUSTER		BEFORE			NOW			
5. Aviles	4 M.E. x 230 hp	Model 1200VSGE	3.625	14.5	4	FLYGT (submersible pump)	4.5	18
6. Valencia	4 M.E. x 180 hp	Model 1000VSGE	2.625	10.5	4	FLYGT (submersible pump)	3.5	14
WEST CLUSTER		BEFORE			NOW			
7. Quiapo	4 M.E. x 130 hp	Model 1000VSGE	2.375	9.5	4	GRUNDFOS (submersible pump)	3.63	14.52
8. Binondo	4	GRUNDFOS (submersible pump)	3.63	14.52	4	GRUNDFOS (submersible pump)	3.63	14.52
EAST CLUSTER		BEFORE			NOW			
9. Paco	3	EBARA Model 1000VSGE	2.53	7.59	3	EBARA Model 1000VSGE	2.53	7.59
10. Pandacan	2	FLOW SERVE Vertical Axial Flow Pump	2.75	5.5	2	FLOW SERVE Vertical Axial Flow Pump	2.75	5.5
11. Balete	5	EBARRA Model type 500DSZ FLYGT	3 x 1 cms 1 x 0.8 cms 1 x 1.0 cms	4.8	5	EBARRA Model type 500DSZ FLYGT	3 x 1 cms 1 x 0.8 cms 1 x 1.0 cms	4.8
12. Arroceros	4	EIM Submersible Pump EBARRA Submersible Pump	1 x 0.30 cms 1 x 0.50 cms 1 x 0.80 cms 1 x 1 cms	2.6	4	EIM Submersible Pump EBARRA Submersible Pump	1 x 0.30 cms 1 x 0.50 cms 1 x 0.80 cms 1 x 1 cms	2.6

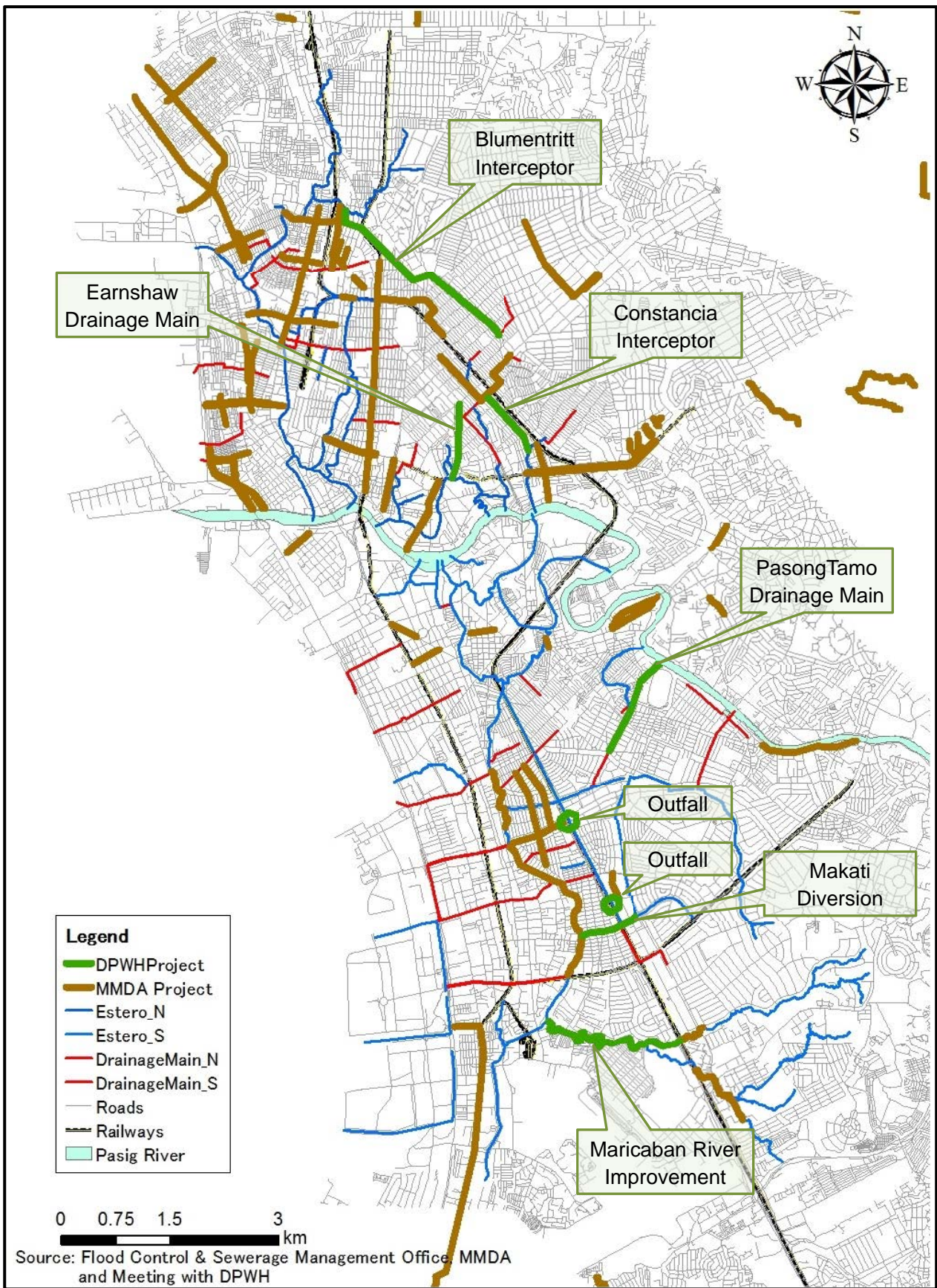


図 2.4.1 MMDA プロジェクト

2.5 DPWH Survey

DPWH Survey は、2005 年 JICA M/P 及び 2012 年世銀 M/P をベースに、調査対象地域の河川及び排水地区の洪水対策の実施計画（2015 年～2020 年）及び緊急又は優先事業計画（2015 年～2018 年）を策定している。本調査では、検討候補の各配水区について実施状況を確認した。2015 年後半から 5 年半で 860 億ペソ（内、緊急計画として 220 億ペソ）のプロジェクトが提案されており、優先事業の一部は既に着手されている。河川事業は、マニラ首都圏の未整備の河川について River Improvement Works を提案している。事業の内容は河道掘削、堤防・護岸、橋梁の架け替えである。

表 2.5.1 DPWH 調査提案事業の評価と工事費

Unit: Million Php

No.	河川又は排水区	全体計画 (2015 年～2020 年)	緊急又は優先事業 [2015 年～2018 年]	評価概要
1	Tullahan River	18,712	4,804	断面の設計、Right-Of-Way (ROW)・住民移転が課題
2	San Juan River	25,260	10,728	ROW・住民移転・天上川、Pasig 本川との関係性が課題
3	Espana - UST	6,840	3,802	道路とカルバート巾、ポンプ場、勾配等の課題多く実現困難
4	Buendia	6,757	29	Pasig 川への排水、勾配等の課題多く実現困難
5	Maricaban	2,031	206	これ以上の河川改修不可。放水路も困難が多い。
6	NAIA	6,540	395	課題少なく実現容易
7	Paranaque River	2,246	363	課題少なく実現容易
8	Las Pinas	4,997	1,689	ROW が課題
9	Zapote River	12,373	-	ROW が課題
TOTAL		85,756	22,016	

Source: Presentation of DPWH Survey “Consulting Services for the Review and Detailed Engineering Design of Comprehensive River Management for San Juan River and Review and Updating of Feasibility Studies and Detailed Engineering Design of various Urgent Flood Control Projects in Metro Manila” DPWH 2015

これらの計画の基本情報については、Woodfield Engineers Company (以下WEC)がDPWHへ提出したプレゼン資料として入手されたもの（巻末の参考資料2-1）であり、調査期間中に更新情報の提供を依頼し、参考資料2-2に示す各エリアの各地点における計画流量および標準断面データが提供された。比流量による確認を行ったところ、河川流域については、 $8\sim 20\text{m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ 程度とおおよそあり得る値が出ているものの、排水区流域については、 40 や $50\text{m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ と非常に大きな値が存在するが、雨量に関しては既往調査の値と大きく違わない値を示しており、合理式によって算定されているため、間違いがあるとは考えにくい。

それぞれのエリアの計画概要は以下のとおりである。ただし、DPWH調査を実施したWEC社からは基本情報のみの提供であったため詳細な分析は不可能であるが、得られた情報を整理した。

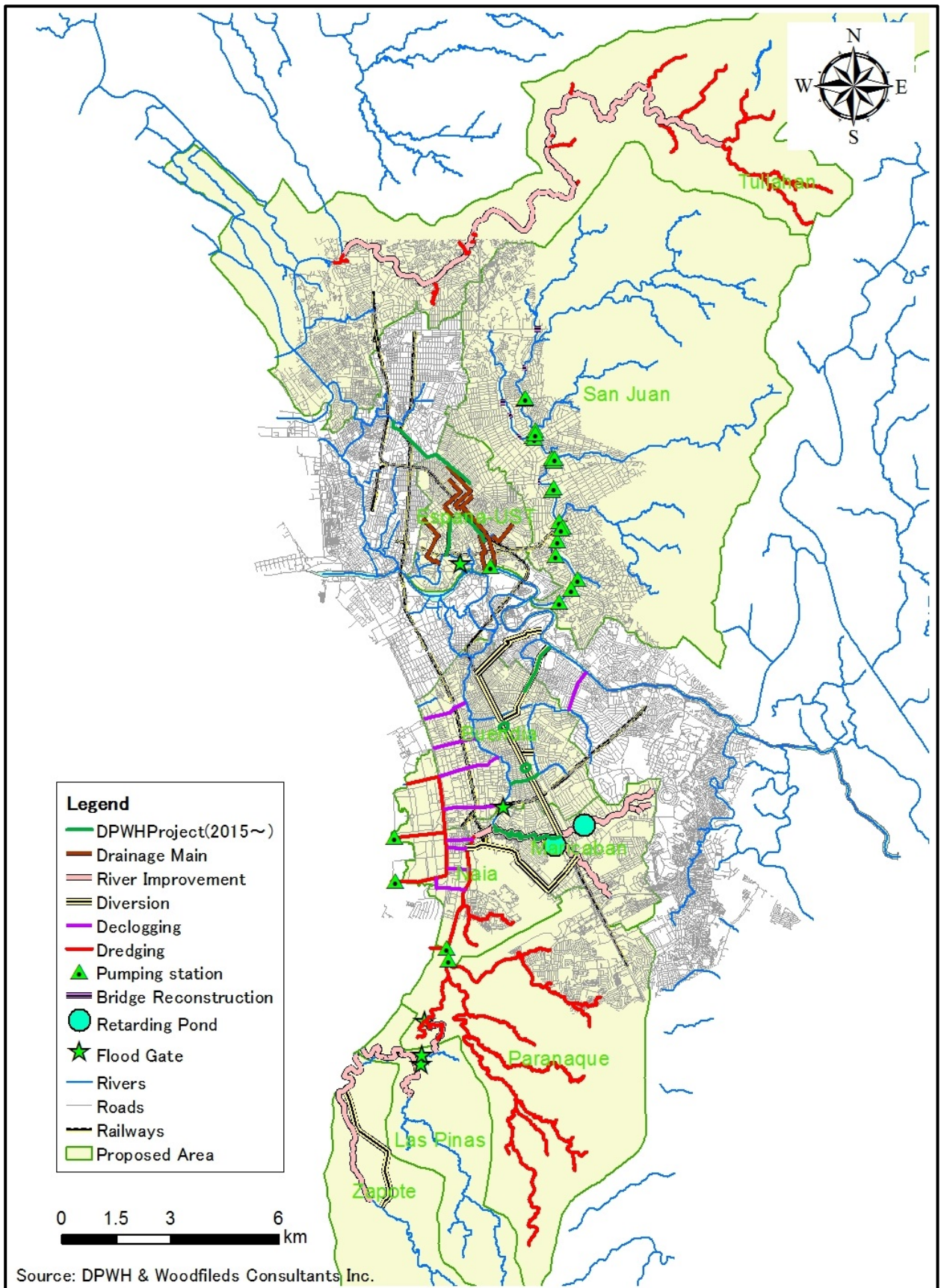


図 2.5.1 DPWH 調査で提案されているプロジェクト

2.5.1 Tullahan River

(1) DPWH 調査結果概要

流域面積：68.89km²

対策メニュー：河道浚渫、護岸整備、橋梁架け替え

下図に示す通り、河川区間1~4に分け、支川区間も合わせ、上記の対策メニューを実施、うち Reach1 については緊急プロジェクトとして実施する提案になっている。

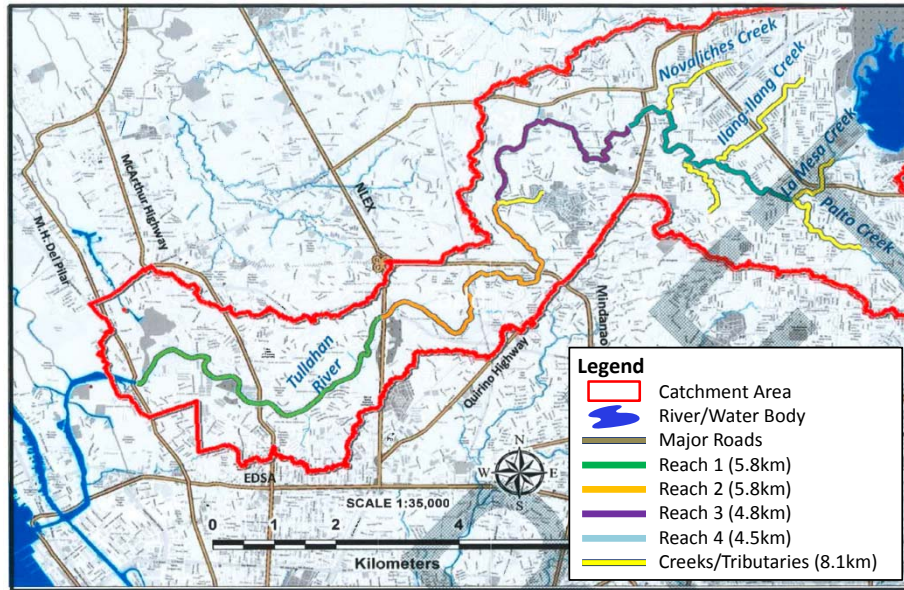


図 2.5.2 Tullahan 川の改修計画

計画流量は以下の通り。ただし、最下流部（Reach1）部分しか入手できなかった。

表 2.5.2 Tullahan 川の計画流量（100-yr）

Project Site	Rainfall Station	Duration	Catchment Area (km ²)	Peak Discharge (m ³ /s)
1. Tenejeros Bridge	Science Garden	24-hrs	70.00	588.40
2. PNR	Science Garden	24-hrs	68.44	582.00
3. McArthur highway	Science Garden	24-hrs	62.12	564.40
4. NLEX	Science Garden	24-hrs	52.50	553.20

出典：DPWH-UPMO-FCMC and WEC、注：NLEX (North Luzon Expressway)

プロジェクトコストは下表に示すとおり、180億ペソが計上されている。

表 2.5.3 Tullahan 川の事業費

Tullahan Area	Reach 1	Reach 2	Reach 3	Reach 4	Tributaries
LENGTH (km)	6.3	5.4	4.5	4.5	8.1
RIVER IMPROVEMENT COST					
A. Drainage and Excavation	336	288	240	240	433
B. Revetment Works	3,764	3,222	2,686	2,686	1,660
C. Bridge Reconstruction	153	-	103	220	160
Compensation/Land Acquisitions Cost	551	529	443	415	583
PROJECT COST (Mil. Php)	4,804	4,039	3,472	3,561	2,836
GRAND TOTAL					18,712

(2) 計画概要の評価

計画について、詳細なデータは得られていないが、入手した資料および Google Earth の衛星画像により計画の実現性・用地等の評価を行い、下表に取りまとめた。

表 2.5.4 計画概要およびその評価

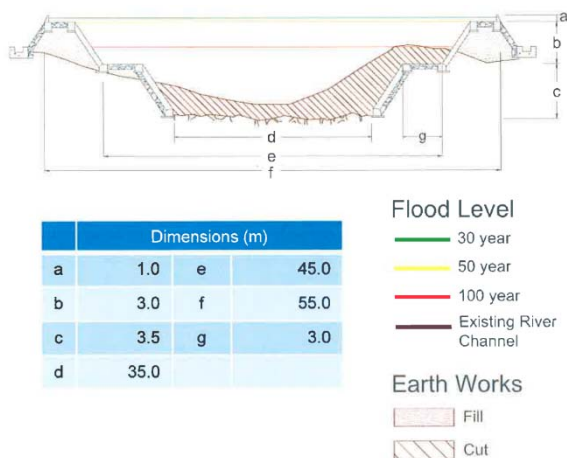
No.	区間	概要	備考
1	Reach1 (6.3km)	下流は水面幅40～50m、2つ目の橋梁地点で30m、その上流は30m～15mで、最上流は市街地となり水面幅30mとなっている。 提案計画断面は河道幅55mであるため、下流部においてはROWが、上流部においてはROWに加え住民移転が必要となる。	標準断面とGoogle Earthにより判断
2	Reach2 (5.4km)	水面幅は10m～30mであり、提供された断面だとすると兩岸もしくは片岸のROWおよび住民移転が必要となる。	標準断面とGoogle Earthにより判断
3	Reach3 (4.5km)	水面幅10m程度が続いている。Compensation Costから判断するに提供された断面ではない断面で改修される模様。	諸元不明、水面幅はGoogle Earth
4	Reach4 (4.5km)		諸元不明、水面幅はGoogle Earth

さらに、既存資料によると、Reach1 については、緊急計画とされており、図 2.5.2 に示す標準断面で改修する計画となっている。さらに、新たに WEC 社から提供された断面（図 2.5.3）は、低水路幅は 40m、河道幅 50m（1：0.5 の勾配）である。

図 2.5.2 の断面積を概算すると、約 270m²であり、計画流量 590m³/sec を流すには流速 2.2m/s となる。特におかしい数字ではなく、断面については妥当と考える。（基本データしかないため、このような検証方法とした。）

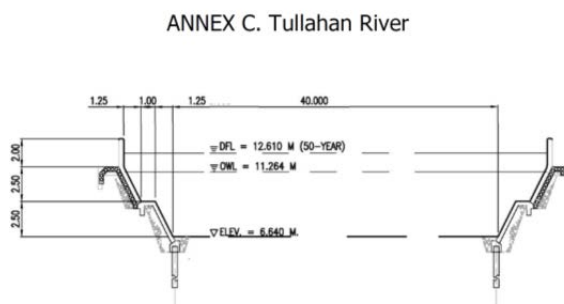
ただし、これらの断面については、設計上は次の課題がある。

- 小段は日本の基準だと 3m 以上だが、図 2.5.3 では 1m となっている（用地取得の問題で狭くしたか）
- パラペット 2m が洪水時に倒れないかどうか不安
- 表のり面勾配が 1:0.5 では地震時にすべる可能性が高い(円弧すべりによる確認が必要)



出典：DPWH Survey

図 2.5.3 Tullahan 川標準断面



出典：DPWH-UPMO-FCMC and WEC

図 2.5.4 現地調査で入手した断面

2.5.2 San Juan River

(1) DPWH 調査結果概要

流域面積：91.65km²

対策メニュー：河道浚渫、護岸整備、橋梁架け替え、内水排除ポンプ場、支川改修

下図に示す通り、4つのパッケージに分け、その河川区間に含まれる支川処理も合わせて、上記の対策メニューを実施、うち Package1 を緊急プロジェクトとして実施する提案となっている。

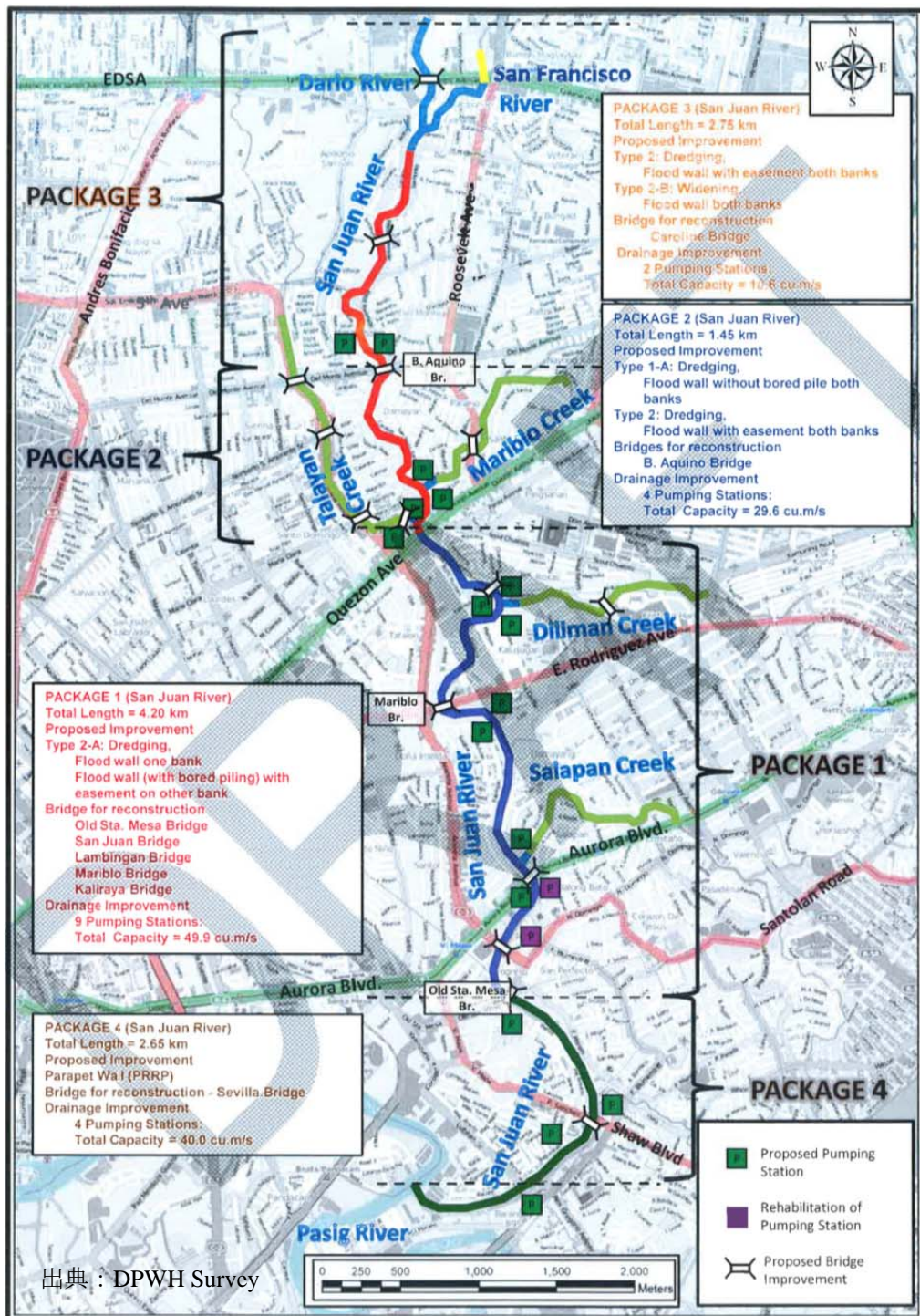


図 2.5.5 San Juan 川の改修計画

計画流量は以下の通り。

表 2.5.5 San Juan 川の計画流量 (50-yr)

Project Site	Rainfall Station	Duration	Catchment Area (km ²)	Peak Discharge (m ³ /s)
1. STA 1+100	Science Garden	24-hrs	91.60	822.50
2. STA 3+350	Science Garden	24-hrs	82.58	728.46
3. STA 7+250	Science Garden	24-hrs	51.49	436.95
4. STA 11+100	Science Garden	24-hrs	14.40	283.60

出典：DPWH-UPMO-FCMC and WEC

プロジェクトコストは下表に示すとおり、250 億ペソが計上されている。

表 2.5.6 San Juan 川の事業費

Work Item	Package1	Package2	Package3	Package4	Total
Compensation Cost		1,919	1,378		3,297
Dredging and Excavation	268	77	146	140	631
Revetment Works	4,968	992	1,878	875	8,713
Bridge Reconstruction	579	104	57	103	843
Pumped System for Local Drainage	3,495	1,766	633	2,802	8,696
Tributary Improvement	1,418	1,336	327		3,081
Total (Mil. Php)	10,728	6,194	4,419	3,920	25,261

出典：DPWH Survey

(2) 計画概要の評価

計画について、詳細なデータは得られていないが、入手した資料および Google Earth の衛星画像により計画の実現性・用地等の評価を行い、下表に取りまとめた。

標準断面に深さの情報がなく、この断面で十分かどうかの検証は不可能である。計画高水位から判断すると、現況の地盤高に平均 2~4m のパラペット壁を立てる計画となっており、天上川状態となってしまう。また、計画高水位が高くなることは、超過洪水へのリスクが高くなるという課題がある。

Package の順番については下流へ洪水が集中する結果を招くため、Package1→Package2 の Talayan+Package1→Package2 残り→Package3 という順番とすべきである。

ただし、San Juan 川は Pasig 川の支川であり、支川合流量については Pasig 川本川との関係性を考慮して決められるべきである。Pasig-Marikina 川の M/P (1990 年) によると、San Juan 川からの合流は 700m³/sec とされているが、表 2.5.5 に示すように、San Juan 川からの合流は、50 年確率で 823m³/sec となっている。合流点から下流の Pasig 川の河川改修はすでに終了しており、San Juan 川の治水計画は、San Juan 川単体ではなく、Pasig 川の計画を含めた検討が必要である。

表 2.5.7 計画概要およびその評価

No.	区間	概要	備考
1	Package1	河道幅40～45mに対して、河道幅40mの河川浚渫であり、ROW取得・住民移転等なしもしくは最低限で実施可能。9カ所のポンプ場については、2ヶ所は既設の改修、5カ所は空き地、2カ所は建物が存在する。補償費ゼロとなっているがポンプ場については見込む必要がある。	標準断面とGoogle Earthにより判断
2	Package2	水面幅20m以下に対して、河道幅21m程度の断面でFloodwallが提案されており、多少ROWおよび移転が発生する可能性がある。4カ所のポンプ場については、3カ所は空き地、1カ所は建物が存在する。Talayan Creekについては、幅9.1mの矩形断面が提案されており、現状の6m程度の幅の水路を浚渫と改修で対応する計画。流量の情報がなく、この断面でよいかどうかの判断は不可能。	標準断面とGoogle Earthにより判断
3	Package3	現状15m程度の水面幅に21m程度での拡幅が提案されており改修断面に沿ったROWの取得および移転が発生する。提案されているポンプ場2カ所には空き地が存在する。	標準断面とGoogle Earthにより判断
4	Package4	現状50～60mの水面幅に、45m程度幅での改修とパラペット壁が提案されており、実施可能と判断される。	標準断面とGoogle Earthにより判断

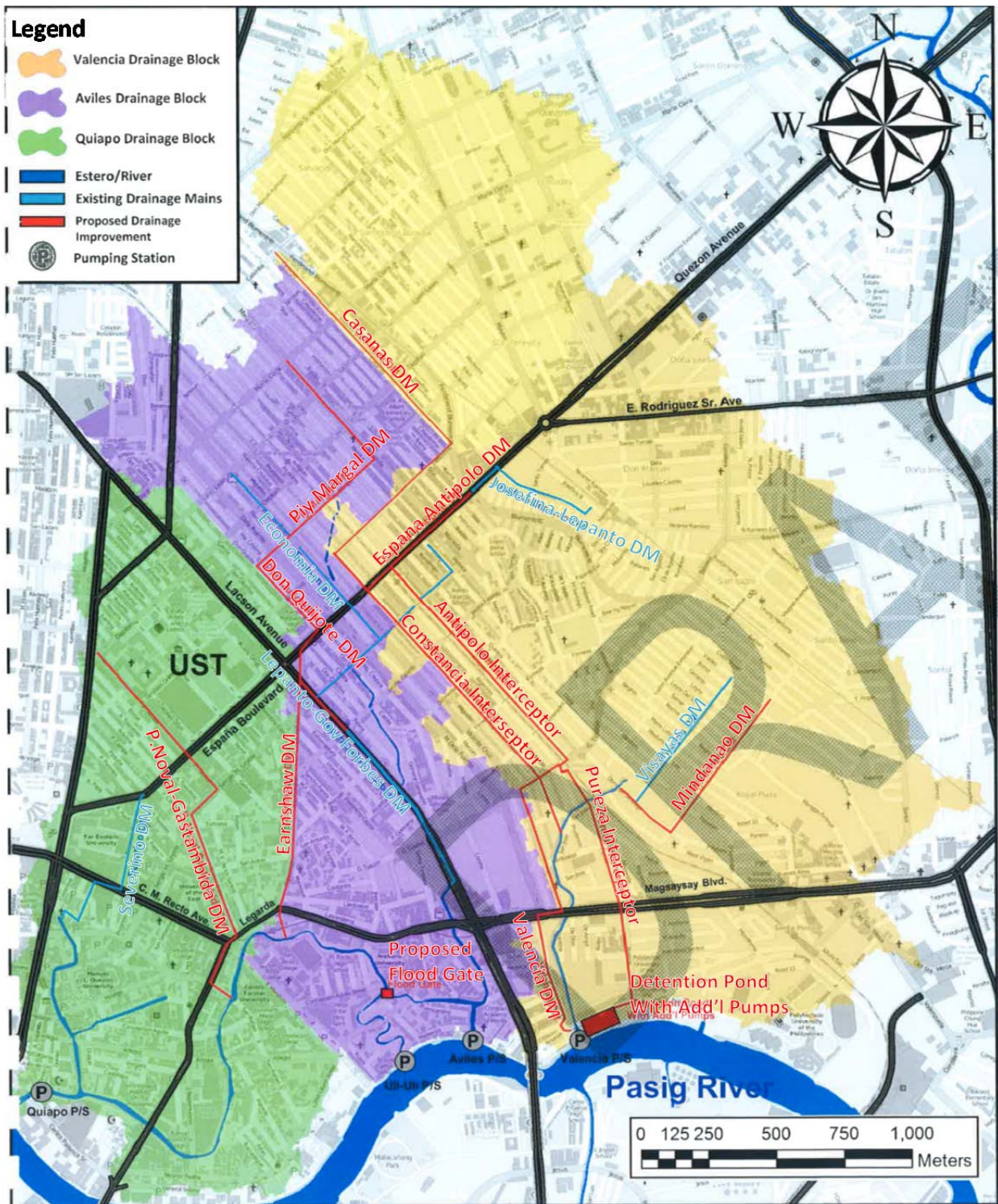
2.5.3 Espana- UST

(1) DPWH 調査結果概要

流域面積：7.96km²

対策メニュー：追加暗渠、暗渠改修、河道浚渫、河川清掃、調節池、追加ポンプ場

このエリアにおいては、以下のプロジェクトが提案されている。



出典：DPWH Survey

図 2.5.6 Espana-UST の改修計画

計画流量は以下の通り。各地点について合流式で算定している。

表 2.5.8 Espana-UST エリアの計画流量 (25-yr)

Project Site	Rainfall Station	Duration	Catchment Area (km ²)	Peak Discharge (m ³ /s)	Specific Discharge (m ³ /s/km ²)
1. Constancia Interceptor	Port Area	1 hr	1.55	17.25	11.12
2. Antipolo Interceptor	Port Area	1 hr	1.50	21.92	14.59
3. Pureza Interceptor	Port Area	1 hr	3.25	51.55	15.84
4. Casanas-Margal-Quijote DM	Port Area	1 hr	1.98	19.68	9.94
5. Earnshaw DM	Port Area	1 hr	0.23	5.81	24.99
6. Lepanto-Forbes DM (Existing)	Port Area	1 hr	2.43	20.10	8.29
7. Estero de Valencia	Port Area	1 hr	1.84	29.08	15.80
8. Estero de Sampaloc I	Port Area	1 hr	2.73	20.17	7.38
9. Estero de San Miguel- Uli-Uli	Port Area	1 hr	0.47	7.09	14.98

出典：DPWH-UPMO-FCMC and WEC

プロジェクトコストは下表に示す通り合計 65 億ペソと見積もられている。

表 2.5.9 Espana-UST の事業費

ESPAÑA-UST		VALENCIA DRAINAGE BLOCK	AVILES DRAINAGE BLOCK	QUIAPO DRAINAGE BLOCK
Work items				
A. ADD'L DRAINAGE MAINS				
1	Mindanao DM	219.40		
2	España-Antipolo DM	189.04		
3	Antipolo Interceptor	540.03		
4	Constancia Interceptor	541.48		
5	Pureza Interceptor	542.30		
6	Valencia DM	278.45		
7	Casanas	39.90		
8	Piy Margal Extension DM		170.64	
9	Don Quijote DM		187.94	
10	Lacson DM		30.81	
11	Earnshaw DM		240.16	
12	P. Noval-Gastambide DM			393.11
B. DECLOGGING				
1	Visayas DM	4.34		
2	Josefina-Lepanto DM	3.54		
3	Economia DM		2.72	
4	Piy Margal DM		0.72	
5	Lepanto-Gov. Forbes DM		7.06	
6	Severino DM			3.35
C. DREDGING				
1	Estero de Valencia with widening	15.27		
2	Estero de Calubcob		0.91	
3	Estero de Sampaloc I		5.86	
4	Estero de San Miguel		38.53	
5	Estero de Quiapo			22.10
D. DETENTION AREA				
1		225.94		
E. ADDITIONAL PUMPS				
		2502.47		
F. BRIDGE RECONSTRUCTION				
		77.75		
1	Lepanto-Gov. Forbes DM		180.41	
G. FLOOD GATE				
			17.60	
ESTIMATED COST (Million Php)		5,179.91	883.36	418.56

出典：DPWH Survey

(2) 計画概要の評価

計画について、詳細なデータは得られていないが、入手した資料および Google Earth の衛星画像により計画の実現性・用地等の評価を行い、下表に取りまとめた。

表 2.5.10 計画概要およびその評価

No.	区間	概要	備考
1	Constancia Interceptor	緊急プロジェクトとして3連の3m×2mのBox Curvertが提案されている。道路幅8mなので入らないと思われる。道路沿いにROW取得と住民移転が発生する。	追加入手資料より
2	Antipolo Interceptor	22m ³ /sec。2連の3m×4mのB.Cが提案されている。道路幅(6~7m)ギリギリと思われる。	追加入手資料、Google Earthより
3	Pureza Interceptor	52m ³ /sec。2連の3.2m×4.5mのB.Cが提案されている。道路幅(8m程度)ギリギリと思われる。	追加入手資料、Google Earthより
4	Casanas-Margal-Quijote DM	19.7m ³ /sec。2連の3.5m×2.4mのB.Cが提案されている。Casanas通りは8~9m、Ply Margal通りも8~9m、Don Quijote通りは12m程度である。このルートを探査すると、既存資料の図とはすでにルートが異なっている。下記のForbes DMへ排水されると推察する。	追加入手資料、Google Earthより
5	Earnshaw DM	5.9m ³ /sec。2連の2.4m×2.4mのB.Cが提案されている。道路幅は12~14mと広く、渋滞状況次第で開削工事は可能。	追加入手資料、Google Earthより
6	Lepanto-forbes DM (Existing)	20.1m ³ /sec。Lacson通り下に既設が入っている。その改修なのか付近に新設なのかの詳細は不明。B.C諸元等も不明。上述したようにNo.4からの流入を考慮すると39.8m ³ /secの流下断面が必要。	詳細不明
7	Estero de Valencia	29.1m ³ /sec。Constanciaと合わせて46.4m ³ /sec。幅7.1m深さ3.5mで改修が提案されている。接続しているValeciaポンプ場の排水量は14m ³ /sec。勾配は1/2700が必要だが情報なし。	計画河床勾配不明
8	Estero de Sampaloc I	20.2m ³ /sec。幅8.426m、深さ3.5mで改修が提案されている。No.4およびNo.6の排水先と想定され、合計69m ³ /secの流下断面が必要となっている。勾配は1/1900が必要だが情報なし。	計画河床勾配不明
9	Estero de San Miguel-Uli-Uli	7.1m ³ /sec。幅6.32m、高さ3.5mで改修が提案されている。接続しているUli-Uliポンプ場の排水量は6.0m ³ /sec。	計画河床勾配不明

このうち、Constancia Interceptor (上表の No.1) および Earnshaw (上表の No.5) が緊急プロジェクトとして提案されているが、Constancia Interceptor について確認したところ、以下の課題が見られる。

1) BOX カルバート(B.C)のサイズと道路幅

実際は道路幅が 8m しかなく 2 連でギリギリの状況であるが、3 連の B.C が提案されている。

2) 排出口の高さとエステロの高さ

Constancia Interceptor の上流端周辺の地盤高は 1m 程度、下流端周辺の地盤高は 1.15m 程度である。また、その距離は 1,130m 程度である。一方で排水先のエステロの河床高は現況で 0.2m となっており、B.C はポンプ排水を提案しない限り現実的ではない。

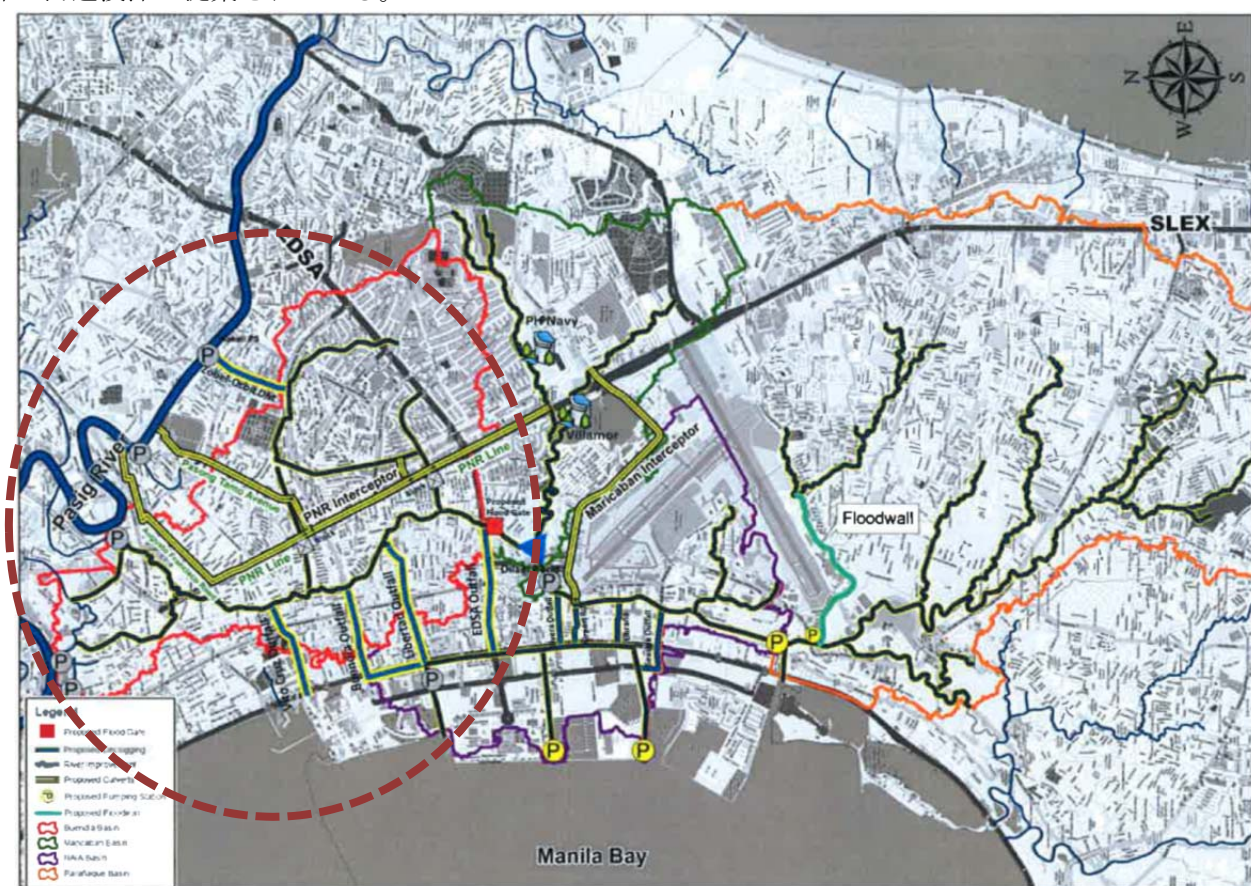
2.5.4 Buendia

(1) DPWH 調査結果概要

流域面積：16.44km²（情報がなかったため、JICA 調査団算定）

対策メニュー：河川清掃、河道浚渫、新規インターセプター、水門

下図に示す通り、流域を分断するインターセプターと水門、および排水促進のための河川清掃・河道浚渫が提案されている。



出典：DPWH Survey

図 2.5.7 Paranaque 川の改修計画

計画流量は以下の通り。流域の勾配等は不明であるが、Port Area の降雨強度式と合理式により流量を算定している。

提案されている PNR Interceptor (Calatagan Creek) の計画流量については、表 2.5.11 および参考資料 2-1 を参照されたい。

表 2.5.11 Buendia エリアの計画流量 (25-yr)

Project Site	Rainfall Station	Duration	Catchment Area (km ²)	Peak Discharge (m ³ /s)	Specific Discharge (m ³ /s/km ²)
BUENDIA					
Tripa de Gallina	Port Area	60 mins	0.83	14.49	17.39
Calatagan Creek I	Port Area	60 mins	1.17	44.04	37.57
Calatagan Creek II	Port Area	60 mins	2.46	79.02	32.18
Zobel DM	Port Area	60 mins	2.26	49.36	21.86
Makati Diversion I	Port Area	60 mins	3.63	59.08	16.29
Makati Diversion II	Port Area	60 mins	1.17	48.81	41.74
Makati Div-Tripa	Port Area	60 mins	0.32	5.04	15.63
Calatagan Creek	Port Area	60 mins	0.65	14.69	22.72
Paco	Port Area	60 mins	1.42	14.04	9.88
Pandacan	Port Area	60 mins	1.91	15.49	8.11
Provisor	Port Area	60 mins	2.30	18.49	8.04
Libertad pumping Station	Port Area	60 mins	6.51	58.99	9.06
Edsa Outfall	Port Area	60 mins	1.27	55.68	43.99
Libertad Outfall	Port Area	60 mins	0.99	10.06	10.14
Buendia Outfall	Port Area	60 mins	2.27	22.14	9.76
Vito Cruz Outfall	Port Area	60 mins	0.42	6.01	14.35

出典：DPWH-UPMO-FCMC and WEC

プロジェクトコストは下表に示す通り合計約 65 億ペソと見積もられている。

表 2.5.12 Espana-UST の事業費

Buendia Basin		Priority 1. Declogging (m ³ /m)	Priority 2. Dredging (m ³ /m)	Priority 3. PNR Interceptor (m ³ /m)	Priority 4. Flood Gate (m ³ /m)	Tributaries Cost (M Php)
Work items						
1	Libertad	1,847				6
2	EDSA	2,450				6
3	Zobel-Orbit	264				5
4	Priority 4. Flood Gate	2,654				5
5	Buendia	2,886				7
GRAND TOTAL						29
1	Calatagan Creek I		1,710			15
2	Calatagan Creek II		1,000			9
3	Calatagan Creek III		2,560			23
4	Makati Diversion Channel I		1,083			12
5	Makati Diversion Channel II		1,990			22
6	Estero de Pandacan		3,123			60
7	Estero de Provisor		1,020			31
8	Estero de Paco		887			15
9	Estero de Tripa de Gallina		4,378			69
GRAND TOTAL						257
1	1 barrel of 3.5x4.0			1,850		581
2	1 barrel of 4.5x4.5			658		280
3	2 barrels of 4.5x4.5			1,500		1,248
4	1 barrel of 5.0x4.5			560		259
5	1 barrel of 4.0x4.4			115		44
6	2 barrels of 3.7x4.5			2,100		1,398
7	2 barrels of 3.5x4.5			730		459
8	2 barrels of 4.0x4.5			3,070		2,186
GRAND TOTAL						6,455
1	Flood Gate				10x3.0	16
GRAND TOTAL						16

出典：DPWH Survey

(2) 計画概要の評価

計画について、詳細なデータは得られていないが、入手した資料および Google Earth の衛星画像により計画の実現性・用地等の評価を行い、下表に取りまとめた。

表 2.5.13 計画概要およびその評価

No.	区間	概要	備考
1	PNR Interceptor	3.5*4m --> 2連4.5*4.5m --> (No.1)へ分岐、4*4.5m --> 2連3.5*4.5 --> No.2へのボックスカルバートが提案されている。フィリピン国鉄沿いの空き地および北東の道路が使用可能であれば開削工事は実施できる。	既存資料、Google Earthより
2	Augusto Francisco Road	2連4*4.5mのB.Cが提案されている。道路幅10mでギリギリの幅。計画流量91.2m ³ /s。ポンプ場が必要であるが、排水先のポンプ場用地は現地調査の結果難しいと思われる。	既存資料、Google Earthより
3	Pasong Tamo Ave.	2連の3.7*4.5mのB.Cが提案されている。道路幅10m。計画流量79.1m ³ /s。ポンプ場が必要となるが、排水先のポンプ場用地は現地調査の結果難しいと思われる。	既存資料、Google Earthより
4	Maricaban Interceptor	4.5*4.5のB.Cが提案されている。道路幅は十分可能である。	既存資料、Google Earthより

上記以外の提案は、河道浚渫および河川清掃であるため実施に困難はない。ただし、この計画には以下の課題がある。

1) Pasig 川への排水

元々これらの流域は Tripa de Gallina および Librtad の排水区であり、Pasig 川の流域には含まれていない。しかも Maricaban 川の右支川を分派して Pasig 川へ排水する計画となっている。首都マニラを貫流する Pasig 川への洪水負担増は避けるべきである。

2) 開削工事の困難性

1,2,3 については、道路事情を考慮すると、渋滞への影響はあるものの、開削工事は可能と判断される。一方で、No.4 の Maricaban Interceptor については、現状の大渋滞を勘案すると開削工事は不可能である。現在の高架橋工事が終了すれば渋滞は緩和されるが、高架橋工事に続いて排水路工事を実施しなければならず、長期間の道路占有による社会的影響が懸念される。

3) PNR Interceptor の実現性

さらに、PNR Interceptor について検証した。PNR Interceptor の起点である Maricaban 川の右支川周辺の地盤高は 5.54m、吐口の Pasig 川周辺は 2.3m であり、Interceptor の長さが 7,923m であることから、平均勾配は 1/2,445 となる。この勾配を利用して等流計算により提案の断面で流下能力が確保されているかを確認した。

表 2.5.14 PNR Interceptor の評価

n=	0.015						
uniform flow							
RCBC size	3.5*4	4.5*4.5	2*4.5*4.5	4.0*4.5	2*3.5*4.5	2*4.0*4.5	Total
DPWH-Design Discharge	28.0	54.6	109.3	45.8	71.5	91.2	
Q (I=2445)	21.5	35.8	71.6	30.1	49.6	60.2	
I to cope with DPWH-Q	1,400	1,050	1,050	1,050	1,150	1,850	
Length	1,850	658	1,500	115	730	3,070	7,923
d	1.32	0.63	1.43	0.11	0.63	1.66	5.78

表 2.5.14 に示すように、平均勾配においては計画流量を若干下回る計算になる。計画流量を満たすためには、表に示すように、1,050～1,850 の勾配が必要となる。これらの勾配で高低差を出すと、合計 5.78m となり、起点の標高が 5.4m であることを考えると、吐口の標高はマイナスになってしまう。この排水を可能とするためにはポンプ場が必要となるが、ポンプ場の提案はなされていない。

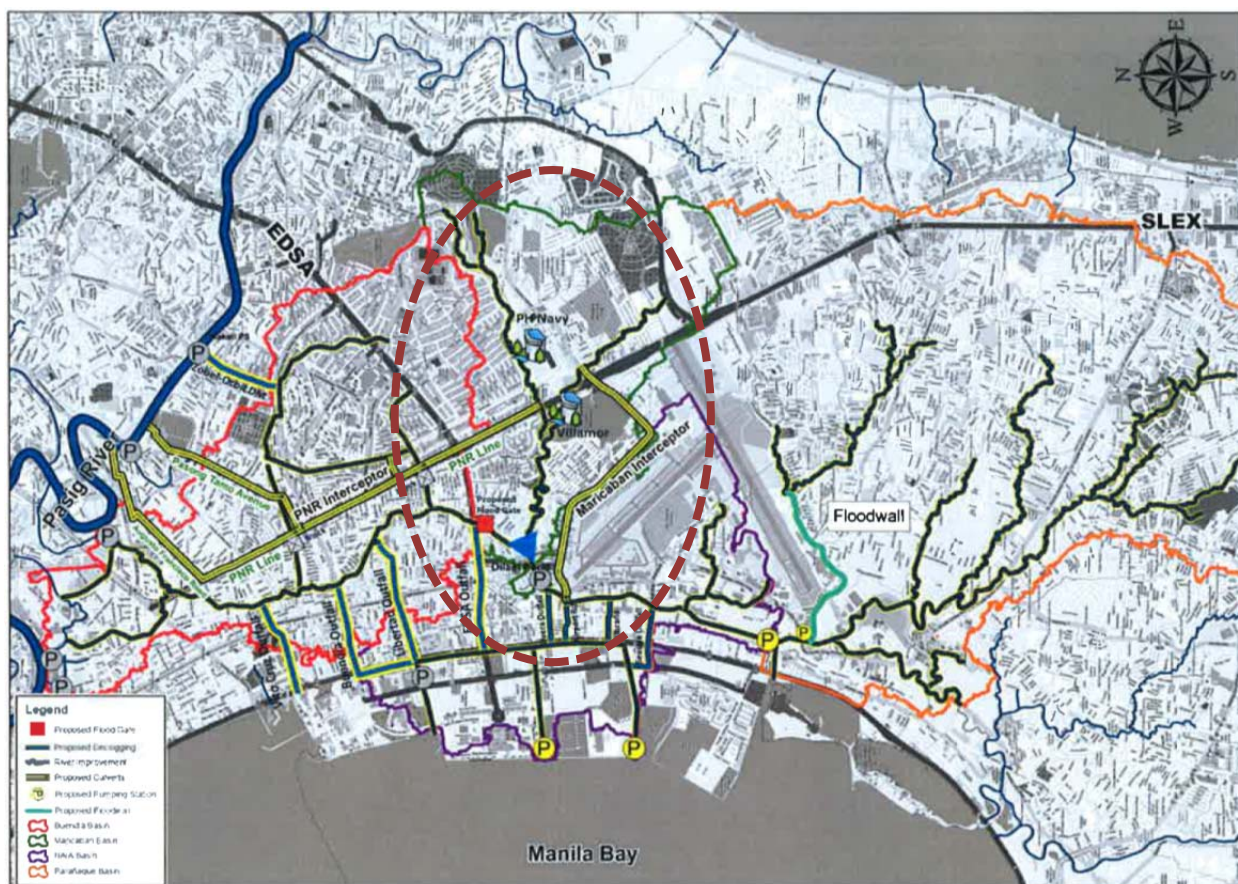
2.5.5 Maricaban

(1) DPWH 調査結果概要

流域面積：11.64km²（情報がなかったため、JICA 調査団算定）

対策メニュー：河道浚渫、遊水地、放水路

下図に示す通り、右支川および左支川からに遊水地を配し、かつ放水路のようにそれぞれの支川から分派し、洪水を緩和する計画である。



出典：DPWH Survey

図 2.5.8 Maricaban 川の改修計画

Maricaban 川は、左右の支川の合流前後が氾濫域となっているが、下流の家屋密集状態を勘案すると、左右支川からの分派が現実的な案である。

計画流量は以下の通り。

表 2.5.15 Buendia エリアの計画流量 (25-yr)

Project Site	Rainfall Station	Duration	Catchment Area (km ²)	Peak Discharge (m ³ /s)	Specific Discharge (m ³ /s/km ²)
MARICABAN					
Maricaban Creek I	NAIA	60 mins	6.45	217.36	33.69
Maricaban Creek II	NAIA	60 mins	1.56	77.56	49.74
Maricaban Creek III	NAIA	60 mins	3.34	164.21	49.21

出典：DPWH-UPMO-FCMC and WEC

プロジェクトコストは以下に示す通り、約20億ペソと見積もられている。

表 2.5.16 Maricaban エリアの事業費

Work Item	Total
Dredging	206
Retarig Pond	119
Maricaban Interceptor	1,706
Total	2,031

出典：DPWH Survey

(2) 計画概要の評価

計画について、詳細なデータは得られていないが、入手した資料および Google Earth の衛星画像により計画の実現性・用地等の評価を行い、下表に取りまとめた。

表 2.5.17 計画概要およびその評価

No.	区間	概要	備考
1	Maricaban I	幅25m、深さ5mでの河川改修が提案されている。水面幅は広いところで15~20m、狭いところでは数mであり、河川沿いに多くのROWと住民移転が必要である。	追加入手資料、Google Earthより
2	Maricaban II(右支川)	幅10m、高さ4.5mの河川改修が提案されている。水面幅はせいぜい6mで、河川沿いに多くのROWと住民移転が必要である。	追加入手資料、Google Earthより
3	Maricaban III(左支川)	幅15m、高さ3mの河川改修が提案されている。水面幅はせいぜい7mで、河川沿いに多くのROWと住民移転が必要である。ゴルフ場の中を通過していることもあり実質河川改修は無理だと思われる。	追加入手資料、Google Earthより
4	遊水地(2カ所)	2カ所とも現時点では遊水地として使用するの難しい状況。	詳細不明
5	Mricaban Interceptor	左支川から55m ³ /secを分流する計画となっている。放水路は4.5×4.5mのB.C. 勾配は1/1000は必要。現状は交通渋滞がかなり激しく開削工法は難しいと思われる。	既存資料より

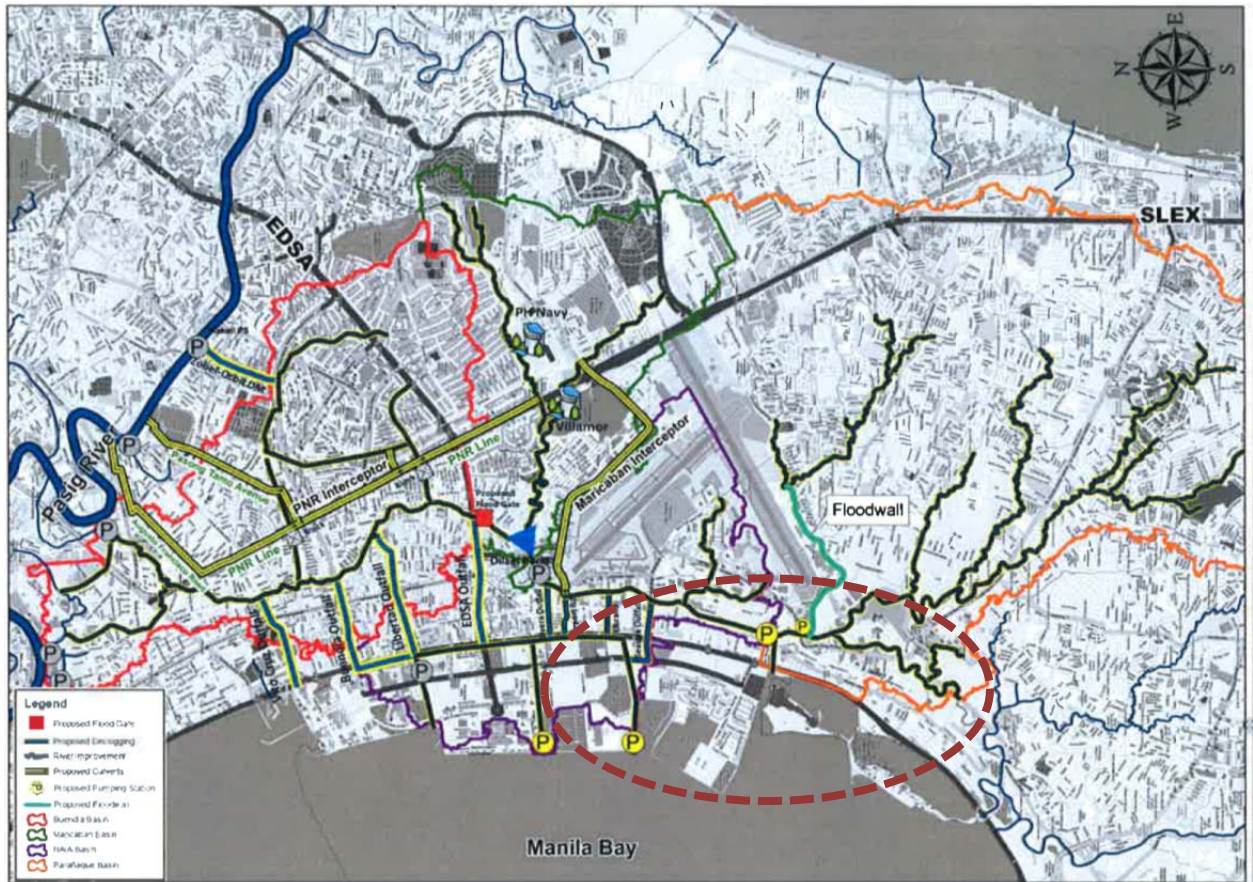
2.5.6 NAIA

(1) DPWH 調査結果概要

流域面積：11.64km² (情報がなかったため、JICA 調査団算定)

対策メニュー：河道浚渫、河川清掃、新規ポンプ場+調節池

下図に示す通り、新規ポンプ場および河道浚渫による排水を促進させる対策が提案されている。



出典：DPWH Survey

図 2.5.9 Parañaque 川の改修計画

計画流量は以下の通り。

表 2.5.18 NAIA エリアの計画流量 (25-yr)

Project Site	Rainfall Station	Duration	Catchment Area (km ²)	Peak Discharge (m ³ /s)	Specific Discharge (m ³ /s/km ²)
NAIA					
Parañaque Channel 1	NAIA	60 mins	11.02	266.26	24.16
Rivera	NAIA	60 mins	0.44	23.07	52.34
Parañaque Channel 2	NAIA	60 mins	10.58	171.97	16.26
Airport Road	NAIA	60 mins	1.06	49.92	47.19
Parañaque Channel 3	NAIA	60 mins	12.08	186.57	15.45
Librada	NAIA	60 mins	1.21	20.24	16.76
Parañaque Channel 4	NAIA	60 mins	12.88	160.76	12.48
Seaside	NAIA	60 mins	1.49	10.30	6.93
Parañaque Channel 5	NAIA	60 mins	15.74	192.21	12.21
Inland Channel	NAIA	60 mins	1.74	101.35	58.36
Redemptorist Channel	NAIA	60 mins	2.68	105.00	39.12
Seaside Channel	NAIA	60 mins	4.73	126.99	26.87
Banana Island Creek	NAIA	60 mins	1.47	31.97	21.77
Ibayo Creek	NAIA	60 mins	0.27	13.46	50.20
Cut-cut Creek	NAIA	60 mins	1.94	48.38	24.93

出典：DPWH-UPMO-FCMC and WEC

プロジェクトコストは以下に示す通り、約65億ペソと見積もられている。

表 2.5.19 NAIA エリアの事業費

Work Item	Total
Dredging	395
Declogging	9
Pumping Station	5,005
Detention Basin	1,131
Total	6,540

出典：DPWH Survey

(2) 計画概要の評価

表に示す通り、提案の基本は河道浚渫であり、実施可能である。また、3カ所のポンプ場に対しては十分な空き地が存在しており、ROW取得は必要であるものの、実施は難しくないと判断される。

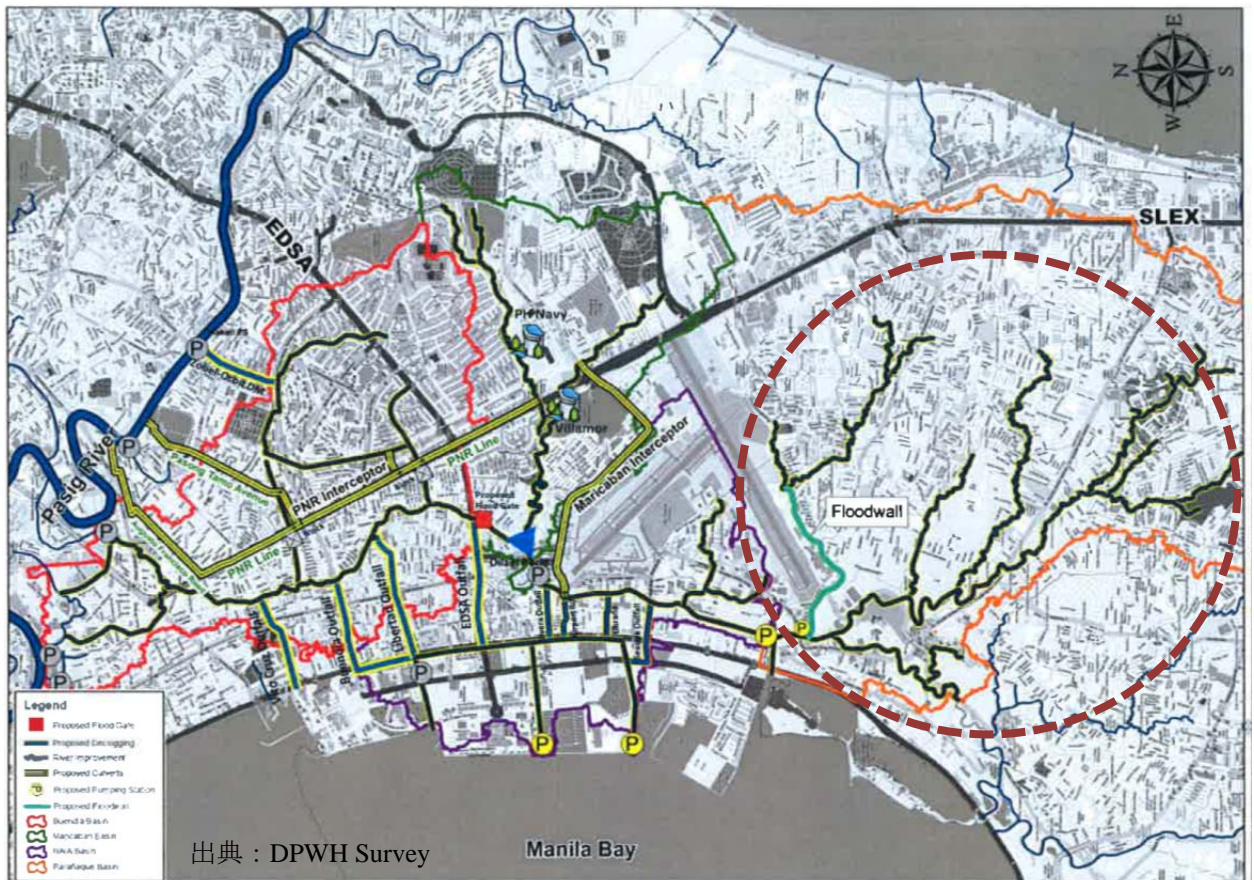
2.5.7 Paranaque

(1) DPWH 調査結果概要

流域面積：41.36km²（情報がなかったため、JICA 調査団算定）

対策メニュー：河道浚渫、パラペット壁、緊急排水ポンプ

下図に示す通り、Flood wall というパラペット壁およびポンプ場を除いては、本川・支川の河道浚渫が提案されている。この河道浚渫が緊急プロジェクトとして提案されている。



出典：DPWH Survey

図 2.5.10 Paranaque 川の改修計画

計画流量は以下の通り。流域の勾配等は不明であるが、Port Area の降雨強度式と合理式により流量を算定している。

表 2.5.20 Paranaque 川の計画流量 (50-yr)

Project Site	Rainfall Station	Duration	Catchment Area (km ²)	Peak Discharge (m ³ /s)	Specific Discharge (m ³ /s/km ²)
PARAÑAQUE					
Baliwag River	NAIA	60 mins	9.09	276.31	30.41
Don Galo River	NAIA	60 mins	15.39	510.57	33.17
San Dionisio River	NAIA	60 mins	10.22	90.62	8.86
San Isidro River	NAIA	60 mins	13.54	521.25	38.49
Las Piñas River	NAIA	60 mins	12.38	122.85	9.92
South Paranaque River	NAIA	60 mins	42.36	863.92	20.39
Paranaque River (Manila Bay)	NAIA	60 mins	57.23	1024.68	17.91

出典：DPWH-UPMO-FCMC and Woodfields Consultants Inc.

プロジェクトコストは下表に示すとおり、22億ペソが計上されている。

表 2.5.21 Paranaque 川の事業費

Work Item	Priority1	Priority2	Priority3	Total
Dredging	363			363
Parapet Wall		1,823		1,823
Relief Pumping Station			60	60
Total	363	1,823	60	2,246

出典：DPWH Survey

それぞれの事業内容は、以下の通り。

Priority 1: Dredging	Priority 2: Parapet Wall	Priority 3: Relief Pumping Station
- Ballwag: 5,000 m	- Don Galo: 5,238m	- NAIA Pumping Station 1m ³ /s
- South Paranaque: 793 m		
- San Dio Sio: 2,831 m		
- San Isidro: 16,809 m		
- Don Busco: 2,468 m		

(2) 計画概要の評価

一部 Parapet 壁区間はあるものの、基本的には Dredging の提案であり現況河道幅と改修河道幅は同程度であることから、実施は難しくない。また、緊急排水ポンプ場についても空き地が存在しており実現性は高い。

2.5.8 Las Piñas River

(1) DPWH 調査結果概要

流域面積：16.58km²（情報がなかったため、JICA 調査団算定）

対策メニュー：河道浚渫、護岸整備、橋梁架け替え、既存水路の放水路化

下図に示す通り、4 区間に分けた河川改修および放水路が提案されている。うち、Reach2-2 の改修および橋梁架け替えが緊急プロジェクトとされている。

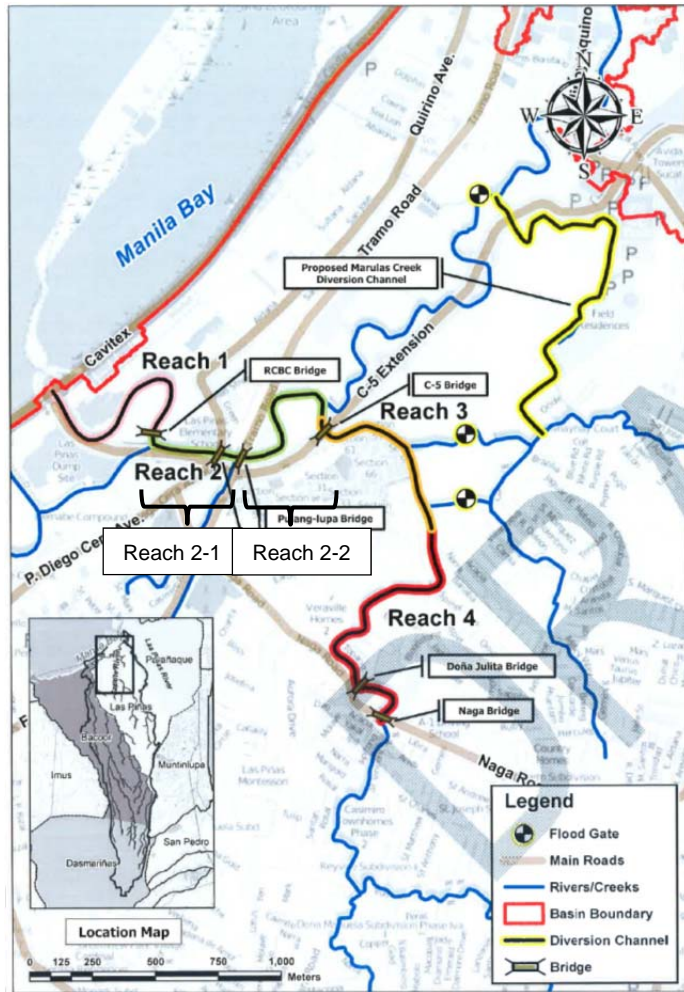


図 2.5.11 Las Pinan 川の改修計画

計画流量は Las Pinan 川で 197m³/sec である。

プロジェクトコストは下表に示す通り、約 40 億ペソが計上されている。

表 2.5.22 Las Pinan 川の事業費

Item	Main Civil Works	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total Cost
Reach 2-2	Dredging/Excavation		60					60
	Revetment Work		160					160
Pulang Lupa Br.	Bridge Reconstruction		85					85
Reach 1 RCBC			85					85
Sandbar	Dredging		315					315
Marula Creek	Diversion channel			387	157			544
Reach 3	Dredging/Excavation			46	23			69
	Revetment Work			123	61			184
C-5 Br.	Bridge Reconstruction			43	43			86
Reach 4	Dredging/Excavation				88	28		116
	Revetment Work				232	74		306
Doña Julita Br.	Bridge Reconstruction				43	43		86
Naga Br.					43	43		86
Reach 1	Dredging/Excavation					85		85
	Revetment Work					225		225
Cavite Bridge	Bridge Reconstruction					200		200
Reach 2-1	Dredging/Excavation						36	36
	Revetment Work						94	94
Diego Cera Br.	Bridge Reconstruction						85	85
Compensation/Land Acquisitions Cost		220	220	220	220	220		1,100
Total Cost								4,007

出典：DPWH Survey

(2) 計画概要の評価

計画について、詳細なデータは得られていないが、入手した資料および Google Earth の衛星画像により計画の実現性・用地等の評価を行い、下表に取りまとめた。

表 2.5.23 計画概要およびその評価

No.	区間	概要	備考
1	Reach2-2	幅30m深さ4mで河川改修が提案されている。現状の水面幅は14～15m程度である。左岸が空き地であるため住民移転は発生しないがROWは必要である。	追加入手資料、Google Earthより
2	Reach3	幅24m、深さ4.5mで河川改修が提案されている。現状の水面幅は12～13m。左岸は宅地&道路だが、右岸が空き地であるため住民移転は発生しないがROWは必要である。	追加入手資料、Google Earthより
3	Reach4	幅21m、深さ5mで河川改修が提案されている。現状の水面幅は、広くても12mで多くのROWが必要となる。上流右岸の一部区間では築堤のような壁が見られる。	追加入手資料、Google Earthより
4	Reach1	幅36m、深さ3.5mで河川改修が提案されている。河口部は十分な広さがあるが、区間上流部は住民移転が発生する。また湾曲部は狭くなっており、ISFsらしき人家も見られる。	追加入手資料、Google Earthより
5	Reach2-1	幅30m深さ4mで河川改修が提案されている。現状の水面幅は20m程度で両岸にバラベットのよう壁が見られる。ROW取得だけでなく住民移転も発生する。	追加入手資料、Google Earthより

2.5.9 Zapote River

(1) DPWH 調査結果概要

流域面積：50.34km²（情報がなかったため、JICA 調査団算定）

対策メニュー：河道浚渫、護岸整備、橋梁架け替え

下図に示す通り、5つの河川区間および放水路に分けて上記メニューが提案されている。

計画流量は、最下流部で 703m³/sec（25年確率）である。

プロジェクトコストは、下表に示す通り、約80億ペソが計上されている。

表 2.5.24 Zapote 川の事業費

Zapote Area	Scheme 1
RIVER IMPROVEMENT COST	
A. Drainage and Excavation	908
B. Revetment Works	1,331
C. Bridge Reconstruction	685
Compensation/Land Acquisitions Cost	2,850
Diversion Channel	2,178
PROJECT COST (Mil. Php)	7,952

出典：DPWH Survey

元々は、遊水地を組み合わせた3つの案が検討されていたが、遊水地の可能性はなく、右図に示す河川改修+放水路案となった（WECより）。

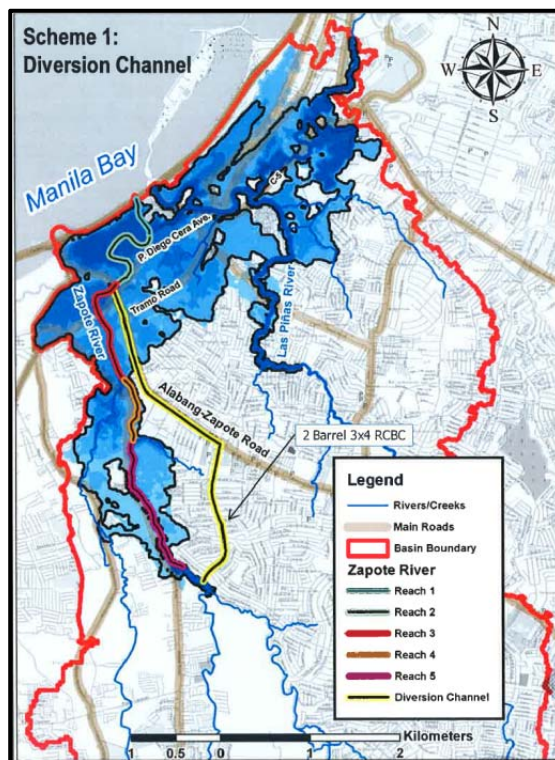


図 2.5.12 Zapote 川の改修計画

(2) 計画概要の評価

計画について、詳細なデータは得られていないが、入手した資料および Google Earth の衛星画像により計画の実現性・用地等の評価を行い、下表に取りまとめた。

表 2.5.25 計画概要およびその評価

No.	区間	評価	備考
1	Reach1	現況40m～50mの水面幅で99m幅の改修が提案されている。右岸が未開発地のため移転は発生しないがROW取得は必要。	標準断面とGoogle Earthにより判断
2	Reach2	下流のROWは少なくて済むが区間上流はROW取得が必要。	標準断面とGoogle Earthにより判断
3	Reach3	現在の水路幅の倍以上に拡幅。左岸が未開発地のため移転は発生しないがROW取得は必要。	標準断面とGoogle Earthにより判断
4	Reach4	現在の水路幅の倍に拡幅。左右岸とも未開発地のため移転は発生しないがROW取得は必要。	標準断面とGoogle Earthにより判断
5	Reach5	水路幅16mに対し、河川幅は広いところで13m程度。水路沿いの移転が発生する。	標準断面とGoogle Earthにより判断
6	Diversion Channel	断面、流量とも不明で評価できず。	標準断面とGoogle Earthにより判断

2.6 世銀の技術支援・調査プロジェクト

2.6.1 Master Plan for Flood Management in Metro Manila and Surrounding Area (June 2012)

調査対象エリアは以下の流域である。

- (1) The Laguna Lake Basin
- (2) The Pasig - Marikina River Basin (641 km²)
- (3) Malabon - Tullahan River Basin (70 km²)
- (4) Meycauyan River Basin (171 km²)
- (5) South - Paranaque - Las Piñas River Basin (101 km²)
- (6) Inflow rivers to Laguna Lake (3,281 km²)

(7) The Drainage Basins such as the Manila Core Area, Marabon - Navotas, Parañaque - Las Piñas and others (108 km²)

マニラ中心地域については、2005年M/Pで提案している排水路及び排水ポンプ場のリハビリと改善を提案している。

なお代替案として北マニラについて、2005年M/Pの提案施設プラス地下トンネルについて検討している。地下トンネル案プラス案も実施可能だが、2005年M/P案に比べ高いのと、実施、維持管理の上で高度な専門技術が必要となる。

2.6.2 Metro Manila Flood Management Project - Phase 1

DPWH/ MMDAとWorld Bank の間で、以下の4つのComponent で構成する” Metro Manila Flood Management Project - Phase 1” が進められている。

Component I: Modernization of Drainage Area (2016 – 2021)

Component II: Minimizing Solid wastes in Waterways (2016 - 2021)

Component III: Participatory Housing and Resettlement (2016 - 2018)

Component IV: Project Management, Support, and Coordination (2016 - 2021)

Target areas: Practically all of Metro Manila LGUs

Cost sharing: 60% foreign financing, 40% NG share

第1年目の主要排水機場のリハビリの予定は首都圏の10機場、首都圏でリハビリ及び新設の予定の排水機場は90箇所を予定している。

2.7 地下利用に関すること

下記の調査結果より、本調査においては、可能な限り公共用地の地下を利用することとする。

2.7.1 国土交通省調査結果

国土交通省調査において、DPWHおよびMMDAに対してヒアリング調査を行っている。その結果、「フィ」国においては、地下利用に関する法律、地下空間の権利や地下空間の規定は存在しないとしている。

2.7.2 JICA 地下鉄調査

『マニラ首都圏地下鉄事業情報収集・確認調査（2014年）』において、以下の見解を示している。

- ・ 今のところ地下空間利用権利に関する法規や規制はない。
- ・ 私有地の地下空間に関しては、内密または公然にその土地所有者は全価値分の補償金を得る権利がある。
- ・ 現在の法体系の下では、地下空間を利用する場合、その上部にある土地所有者に対して補償金を支払うことになる。

第3章 排水計画

3.1 水文解析

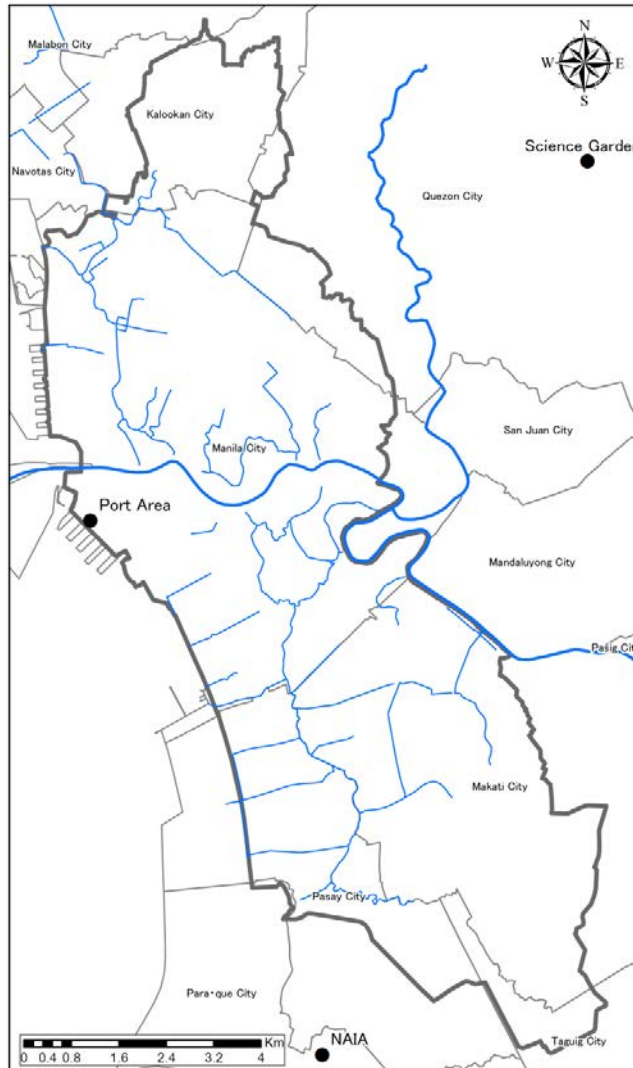
3.1.1 雨量データの収集

調査対象流域内および周辺に係る日雨量データを Philippines Atmospheric, Geophysical & Astronomical Servis Administration (PAGASA)より収集した。収集した観測所諸元および観測所位置図を以下に示す。

表 3.1.1 雨量観測所諸元

No	観測所名	観測所コード	管理者	位置		データ種類
				緯度	経度	
1	Port Area	425	PAGASA	14.589	120.966	日データ
2	NAIA	429	PAGASA	14.507	121.004	日データ
3	Science Garden	430	PAGASA	14.646	121.043	日データ

出典：PAGASA



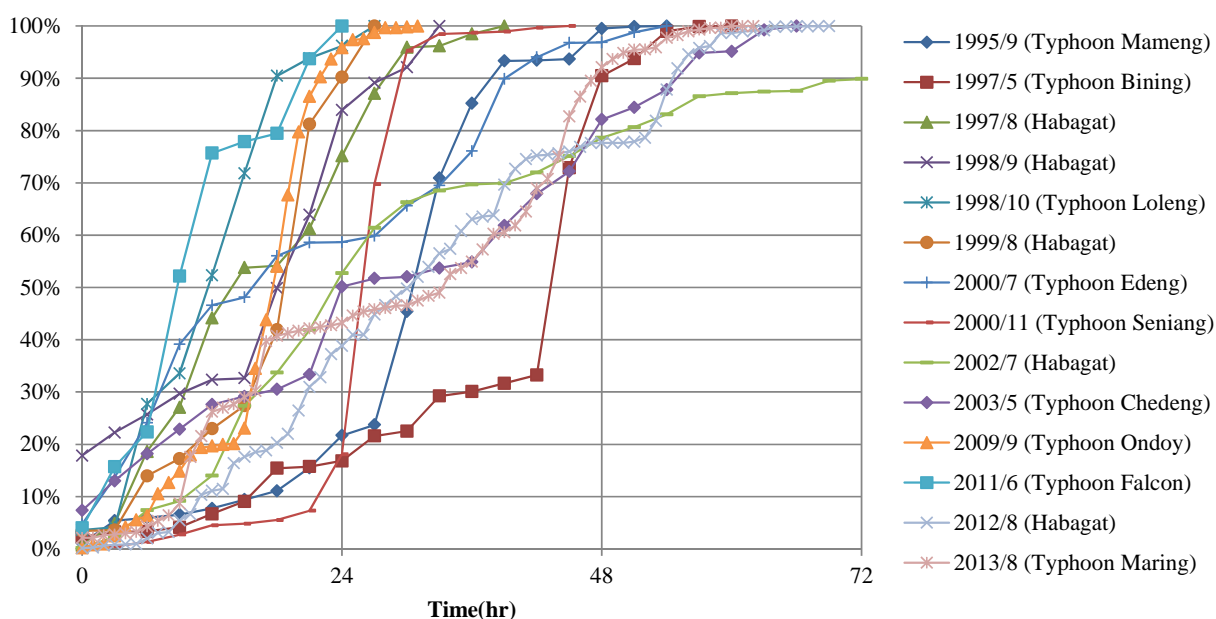
出典：JICA 調査団

図 3.1.1 雨量観測所位置図

3.1.2 降雨解析

(1) 降雨継続時間

計画降雨の設定のため、降雨継続時間の検討を行った。PAGASA の Port Area 観測所における 6 時間雨量データを用いて、マニラ周辺における主要な代表 14 洪水について累加雨量曲線を作成した。1998 年 10 月、1999 年 8 月、2011 年 6 月、2009 年 9 月（台風オンドイ）の 4 洪水は、概ね 24 時間以内に降雨が収束しており、2002 年 7 月、2003 年 5 月、2012 年 8 月（モンスーン性降雨 Habagat）、2012 年 8 月（台風 Maring）、の 4 洪水を除いて、概ね 48 時間以内に降雨が収束している。よって、調査対象流域（コアマニラ流域）における計画対象降雨の継続時間は、48 時間を採用するものとした。



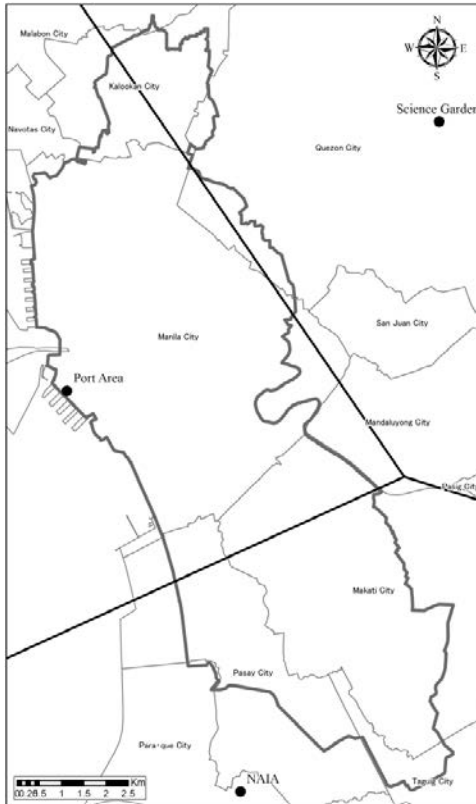
出典：JICA 調査団

図 3.1.2 累加雨量曲線図 (PortArea 観測所)

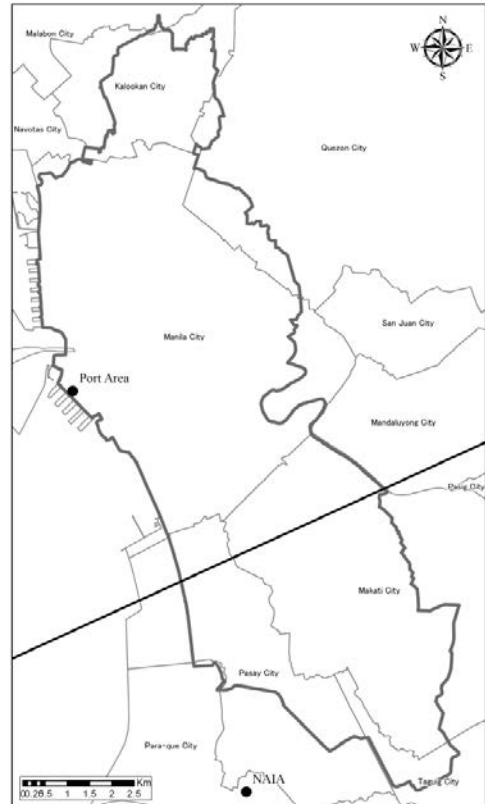
(2) 流域平均雨量

1961 年～2014 年の調査対象域内及びその周辺の 3 観測所の雨量データを用いて、ティーセン法により年最大流域平均 1 日雨量および 2 日雨量を算定した。なお観測所の欠測状況に応じて 4 ケースのティーセンパターンを作成し、各年のティーセン係数を算定した。算定した各年の最大流域平均 2 日雨量およびティーセン分割図を下図に示す。

ティーセンパターン-1



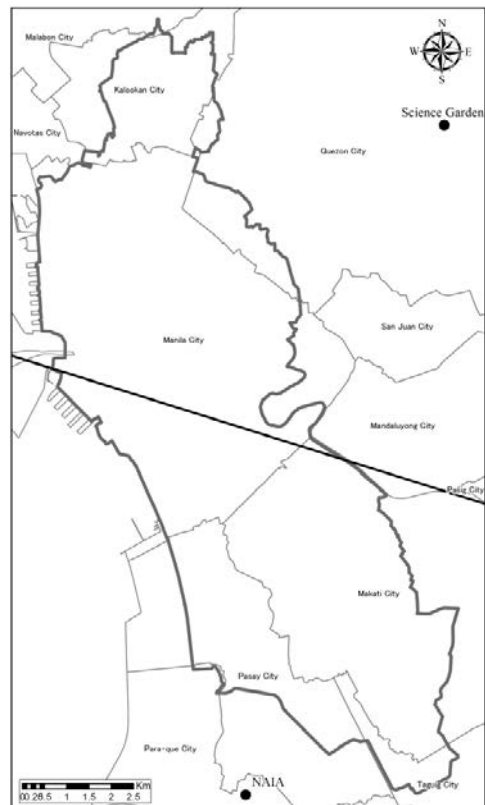
ティーセンパターン-2



ティーセンパターン-3



ティーセンパターン-4



出典：JICA 調査団

図 3.1.3 ティーセン分割図

表 3.1.2 年最大流域平均雨量

No	1 日雨量		2 日雨量		ティーセン パターン
	Date	Rainfall (mm)	Date	Rainfall (mm)	
1	1961/6/27	224.1	1961/6/27	315.4	1
2	1962/7/23	177.8	1962/9/5	285.9	1
3	1963/9/8	149.9	1963/9/9	239.8	1
4	1964/6/29	227.0	1964/6/30	252.0	1
5	1965/7/26	100.1	1965/7/27	154.0	1
6	1966/9/5	139.1	1966/9/5	261.0	1
7	1967/6/7	161.8	1967/6/8	201.4	1
8	1968/8/28	99.2	1968/8/29	126.9	1
9	1969/7/26	84.5	1969/7/27	127.5	1
10	1970/9/1	325.0	1970/9/1	424.9	1
11	1971/11/14	88.3	1971/10/12	101.2	2
12	1972/7/20	300.0	1972/7/20	537.4	1
13	1973/10/15	105.2	1973/10/16	120.4	1
14	1974/8/17	172.0	1974/8/17	267.1	1
15	1975/10/18	161.1	1975/10/19	165.0	1
16	1976/8/10	256.0	1976/8/10	299.7	1
17	1977/8/19	189.5	1977/8/20	277.7	1
18	1978/10/9	217.4	1978/8/13	349.6	1
19	1979/6/21	108.8	1979/5/17	143.7	4
20	1980/5/24	67.4	1980/5/25	125.3	4
21	1981/6/24	233.7	1981/6/24	341.1	4
22	1982/7/22	88.7	1982/7/2	103.5	1
23	1983/7/15	83.0	1983/8/15	105.2	1
24	1984/8/7	80.9	1984/6/22	127.1	1
25	1985/6/27	264.0	1985/6/27	373.1	1
26	1986/10/5	240.9	1986/10/6	394.2	1
27	1987/8/18	92.5	1987/8/19	93.2	1
28	1988/10/13	109.5	1988/6/3	171.3	1
29	1989/8/13	97.7	1989/8/20	131.6	1
30	1990/8/24	222.8	1990/8/24	279.3	1
31	1991/7/26	145.8	1991/8/17	174.8	1
32	1992/10/25	143.2	1992/7/20	154.5	1
33	1993/8/27	83.1	1993/7/29	120.6	3
34	1994/8/2	118.2	1994/8/2	184.1	3
35	1995/8/29	134.0	1995/8/30	185.6	3
36	1996/9/17	101.3	1996/9/17	177.0	3
37	1997/8/18	234.4	1997/8/19	390.3	3
38	1998/10/23	128.7	1998/9/18	202.5	3
39	1999/10/16	187.6	1999/8/2	301.0	3
40	2000/10/28	176.3	2000/7/8	250.8	3
41	2001/7/19	172.8	2001/7/19	188.3	3
42	2002/7/20	244.0	2002/7/6	391.4	3
43	2003/9/2	123.4	2003/5/28	224.0	3
44	2004/11/29	112.5	2004/8/25	193.7	3
45	2005/10/27	92.0	2005/9/15	102.2	3
46	2006/7/23	95.6	2006/7/24	171.3	3
47	2007/8/17	153.5	2007/8/18	203.9	3

No	1 日雨量		2 日雨量		ティーセン パターン
	Date	Rainfall (mm)	Date	Rainfall (mm)	
48	2008/6/22	121.2	2008/6/22	171.2	3
49	2009/9/26	272.9	2009/9/26	341.6	3
50	2010/7/13	127.2	2010/7/13	131.6	3
51	2011/6/24	205.5	2011/6/24	385.5	1
52	2012/8/7	360.4	2012/8/7	664.0	3
53	2013/8/19	288.4	2013/8/19	550.1	1
54	2014/9/19	107.2	2014/9/19	207.5	1

出典：JICA 調査団

(3) 確率規模別雨量

前述で示した年最大流域平均雨量を用いて、降雨解析を行った。解析には、財団法人国土技術研究センターにより開発された水文統計ユーティリティを用いた。表 3.1.3 に示す確率分布モデルにより確率水量を算出し、標準最小二乗規準 Standard Least Squares Criterion (SLSC)による適合度評価を行い、推定値の安定性評価により推定誤差が最小となる分布モデルを採用した。算出結果を表 3.1.4～表 3.1.6 に、確率分布図を図 3.1.4 および図 3.1.5 に示す。

表 3.1.3 確率分布モデル

名称	略称	名称	略称
指数分布	Exp	石原・高瀬法	Ishihara
グンベル分布	Gumbel	対数正規分布 3 母数クォンタイル法	LN3Q
一般化極値分布	Gev	対数正規分布 3 母数(Slade II)	LN3PN
平方根指数型最大値分布	Sqrt-Et	対数正規分布 2 母数(Slade I,L 積率法)	LN2LM
対数ピアソン III 型分布 (実数空間法)	LP3Rs	対数正規分布 2 母数(Slade I,積率法)	LN2PM
対数ピアソン III 型分布 (対数空間法)	LogP3	対数正規分布 4 母数(Slade IV,積率法)	LN4PM
岩井法	Iwai		

出典：財団法人国土技術研究センター

表 3.1.4 確率雨量の算定結果

確率年	1 日雨量	2 日雨量
2	150.7	209.7
3	181.8	259.1
5	216.3	318.8
10	259.8	401.1
20	301.5	488.1
25	314.7	517.4
30	325.4	541.8
50	355.4	612.9
80	382.8	681.7
100	395.8	715.7
150	419.4	779.4
200	436.1	826.2
400	476.3	944.6
確率分布モデル	Gumbel	Gev

出典：JICA 調査団

表 3.1.5 確率雨量 (1 日雨量)

項目	確率年	Exp	Gumbel	SqrtEt	Gev	LP3Rs	LogP3	Iwai	IshiTaka	LN3Q	LN3PM	LN2LM	LN2PM	LN4PM
確率水文量	2	138.3	150.7	144.7	147.9	153.7	146.4	145.9	—	146.0	—	148.7	148.7	—
	3	170.8	181.8	173.7	178.3	185.9	176.5	176.2	—	176.1	—	179.8	178.9	—
	5	211.8	216.3	208.8	213.4	219.9	212.1	212.3	—	211.6	—	215.4	213.3	—
	10	267.5	259.8	256.8	259.5	259.3	259.8	260.5	—	258.9	—	261.4	257.5	—
	20	323.1	301.5	307.1	305.9	294.0	308.7	309.5	—	306.8	—	306.6	300.8	—
	25	341.0	314.7	323.9	321.1	304.4	324.8	325.7	—	322.5	—	321.2	314.8	—
	30	355.6	325.4	337.8	333.6	312.6	338.2	339.0	—	335.5	—	333.2	326.2	—
	50	396.6	355.4	378.1	369.4	334.7	376.7	377.1	—	372.6	—	367.1	358.4	—
	80	434.4	382.8	416.8	403.2	353.9	413.5	413.3	—	407.7	—	398.6	388.4	—
	100	452.3	395.8	435.7	419.6	362.6	431.6	430.9	—	424.8	—	413.8	402.8	—
	150	484.8	419.4	471.0	450.0	378.0	465.2	463.5	—	456.4	—	441.7	429.2	—
	200	507.9	436.1	496.7	472.1	388.5	489.8	487.3	—	479.4	—	461.8	448.2	—
400	563.5	476.3	561.4	526.9	412.6	551.8	546.5	—	536.6	—	511.2	494.8	—	
Jackknife 推定値	2	138.3	150.7	144.4	147.8	152.0	146.3	144.8	—	149.1	—	148.5	148.5	—
	3	170.8	181.8	173.7	178.3	184.4	176.4	175.4	—	179.2	—	179.4	178.6	—
	5	211.8	216.3	209.1	213.7	219.3	212.1	212.1	—	213.1	—	214.9	213.0	—
	10	267.5	259.8	257.6	260.2	261.0	259.6	261.5	—	255.5	—	260.6	257.1	—
	20	323.1	301.5	308.3	306.6	298.5	308.0	312.0	—	295.6	—	305.5	300.3	—
	25	341.0	314.7	325.2	321.8	309.9	324.0	328.7	—	308.1	—	320.0	314.2	—
	30	355.6	325.4	339.3	334.2	319.0	337.1	342.4	—	318.3	—	331.9	325.6	—
	50	396.6	355.4	380.0	369.3	343.6	374.8	381.8	—	346.4	—	365.4	357.6	—
	80	434.4	382.8	419.0	402.2	365.2	410.6	419.3	—	371.8	—	396.6	387.5	—
	100	452.3	395.8	438.1	418.0	375.1	428.0	437.5	—	383.7	—	411.7	401.8	—
	150	484.8	419.4	473.8	446.9	392.6	460.3	471.3	—	405.0	—	439.2	428.0	—
	200	507.9	436.1	499.8	467.6	404.7	483.8	495.9	—	420.0	—	459.1	446.9	—
400	563.5	476.3	565.1	518.1	432.6	542.5	557.3	—	455.3	—	507.9	493.2	—	
Jackknife 推定誤差	2	8.2	8.9	8.8	11.7	11.0	10.4	10.3	—	10.1	—	8.7	8.7	—
	3	10.3	11.2	11.8	14.3	13.3	12.8	12.6	—	12.3	—	11.3	11.1	—
	5	13.6	14.0	15.8	16.3	15.4	15.2	15.1	—	14.8	—	14.9	14.4	—
	10	18.5	17.8	21.6	18.1	17.4	18.4	18.8	—	20.2	—	20.2	19.3	—
	20	23.5	21.5	27.9	20.9	19.5	22.5	23.9	—	29.8	—	26.1	24.7	—
	25	25.2	22.8	30.1	22.4	20.3	24.2	25.9	—	33.8	—	28.1	26.5	—
	30	26.6	23.7	31.9	24.0	21.1	25.7	27.7	—	37.5	—	29.8	28.1	—
	50	30.4	26.5	37.2	30.0	23.7	31.1	33.5	—	49.3	—	34.8	32.6	—
	80	33.9	29.1	42.4	37.9	26.7	37.3	39.7	—	62.3	—	39.5	36.9	—
	100	35.6	30.3	45.0	42.4	28.3	40.8	43.0	—	69.1	—	41.9	39.1	—
	150	38.7	32.5	49.8	52.1	31.7	48.0	49.5	—	82.8	—	46.4	43.1	—
	200	40.9	34.1	53.3	60.0	34.3	53.9	54.6	—	93.3	—	49.7	46.1	—
400	46.2	37.9	62.3	82.7	41.4	70.5	68.3	—	122.0	—	58.0	53.7	—	
X-COR		0.976	0.988	0.979	0.985	0.989	0.983	0.983	—	0.984	—	0.987	0.988	—
P-COR		0.992	0.990	0.992	0.992	0.989	0.993	0.993	—	0.993	—	0.992	0.992	—
SLSC		0.046	0.031	0.037	0.034	0.051	0.034	0.034	—	0.034	—	0.036	0.037	—
採用			○											

出典：JICA 調査団

表 3.1.6 確率雨量 (2日雨量)

項目	確率年	Exp	Gumbel	SqrtEt	Gev	LP3Rs	LogP3	Iwai	IshiTaka	LN3Q	LN3PM	LN2LM	LN2PM	LN4PM
確率水文量	2	198.8	219.6	208.2	210.0	216.9	208.1	211.4	213.5	202.8	—	213.2	213.2	—
	3	253.3	271.6	255.4	259.0	270.3	257.3	261.0	263.9	253.0	—	263.9	262.7	—
	5	321.9	329.5	312.8	318.2	330.3	317.9	320.0	322.6	317.2	—	323.6	320.7	—
	10	415.1	402.2	392.1	399.8	405.3	402.4	398.8	399.5	409.7	—	402.5	397.1	—
	20	508.2	472.0	475.6	486.5	476.2	492.6	479.0	476.3	510.7	—	481.9	473.7	—
	25	538.2	494.1	503.5	515.8	498.5	523.1	505.4	501.3	545.3	—	507.9	498.6	—
	30	562.6	512.1	526.8	540.4	516.5	548.7	527.1	521.8	574.3	—	529.3	519.2	—
	50	631.3	562.3	594.2	612.4	566.4	623.6	589.4	580.2	659.6	—	590.3	577.7	—
	80	694.4	608.2	659.1	682.9	611.6	697.0	648.5	635.1	743.6	—	647.8	632.7	—
	100	724.4	629.9	690.8	718.0	632.8	733.4	677.3	661.6	785.4	—	675.7	659.4	—
	150	778.9	669.4	750.3	784.5	671.2	802.5	730.6	710.6	864.6	—	727.3	708.6	—
	200	817.5	697.3	793.7	833.9	698.2	853.8	769.3	745.9	923.4	—	764.7	744.3	—
	400	910.6	764.6	902.9	961.4	762.7	985.9	866.1	833.6	1074.7	—	857.6	832.7	—
Jackknife 推定値	2	198.8	219.6	207.7	209.7	213.8	207.7	213.3	213.9	202.5	—	212.7	212.7	—
	3	253.3	271.6	255.2	259.1	266.8	257.2	263.0	266.1	253.1	—	263.2	262.2	—
	5	321.9	329.5	313.1	318.8	327.9	317.8	320.6	326.3	317.6	—	322.5	320.1	—
	10	415.1	402.2	393.0	401.1	406.5	402.0	395.4	404.2	409.9	—	400.7	396.2	—
	20	508.2	472.0	477.1	488.1	483.1	491.0	469.4	480.7	509.7	—	479.3	472.4	—
	25	538.2	494.1	505.3	517.4	507.5	520.9	493.3	505.3	543.6	—	504.9	497.2	—
	30	562.6	512.1	528.8	541.8	527.5	545.9	512.8	525.5	572.1	—	526.1	517.7	—
	50	631.3	562.3	596.7	612.9	583.2	618.6	568.0	582.3	655.2	—	586.2	575.7	—
	80	694.4	608.2	662.1	681.7	634.4	689.1	619.4	635.1	736.4	—	642.8	630.4	—
	100	724.4	629.9	694.2	715.7	658.7	723.9	644.1	660.4	776.6	—	670.2	656.8	—
	150	778.9	669.4	754.1	779.4	702.8	789.3	689.4	706.7	852.5	—	720.9	705.5	—
	200	817.5	697.3	797.9	826.2	734.1	837.4	721.9	739.9	908.6	—	757.6	740.8	—
	400	910.6	764.6	908.1	944.6	809.6	959.7	801.5	821.3	1051.7	—	848.7	828.2	—
Jackknife 推定誤差	2	13.3	15.1	14.3	17.2	16.5	16.0	15.5	17.3	13.3	—	14.1	14.1	—
	3	18.3	20.3	19.4	21.9	21.4	20.5	19.9	22.2	18.0	—	19.1	18.8	—
	5	25.9	26.8	26.2	27.0	27.6	26.3	25.9	27.6	26.2	—	26.2	25.5	—
	10	36.9	35.4	36.3	35.2	36.7	36.0	36.4	35.8	42.4	—	37.4	35.9	—
	20	48.3	43.9	47.3	47.9	47.4	49.8	50.5	46.8	65.0	—	49.9	47.7	—
	25	52.0	46.6	51.1	53.4	51.4	55.3	55.8	51.1	73.7	—	54.3	51.7	—
	30	55.0	48.8	54.3	58.5	54.8	60.4	60.5	54.9	81.3	—	58.0	55.1	—
	50	63.6	55.0	63.6	76.1	65.3	76.8	75.0	66.7	105.3	—	68.8	65.2	—
	80	71.4	60.7	72.6	96.9	76.3	95.4	90.2	79.5	130.8	—	79.6	75.1	—
	100	75.2	63.4	77.1	108.4	81.9	105.5	98.1	86.1	144.1	—	84.9	80.1	—
	150	82.0	68.3	85.6	132.5	92.9	126.0	113.5	99.1	170.4	—	95.0	89.4	—
	200	86.8	71.8	91.8	152.0	101.3	142.5	125.2	109.1	190.7	—	102.6	96.3	—
	400	98.5	80.2	107.6	208.6	123.4	188.9	156.4	135.8	245.8	—	121.8	114.1	—
X-COR	0.992	0.989	0.993	0.992	0.992	0.992	0.992	0.994	0.994	0.988	—	0.994	0.994	—
P-COR	0.994	0.992	0.995	0.995	0.994	0.994	0.996	0.995	0.995	0.996	—	0.995	0.995	—
SLSC	0.026	0.032	0.027	0.025	0.041	0.026	0.029	0.032	0.025	0.025	—	0.031	0.031	—
採用					○									

出典：JICA 調査団

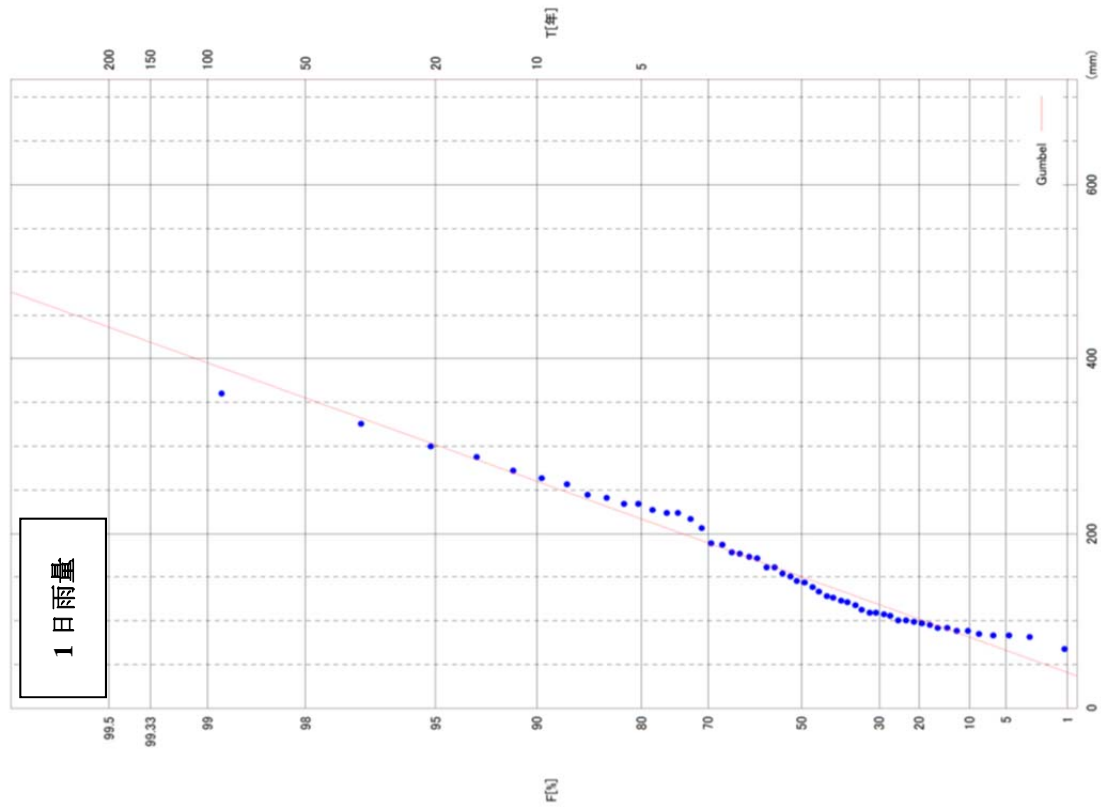


図 3.1.4 確率雨量の算定結果 (1日雨量)

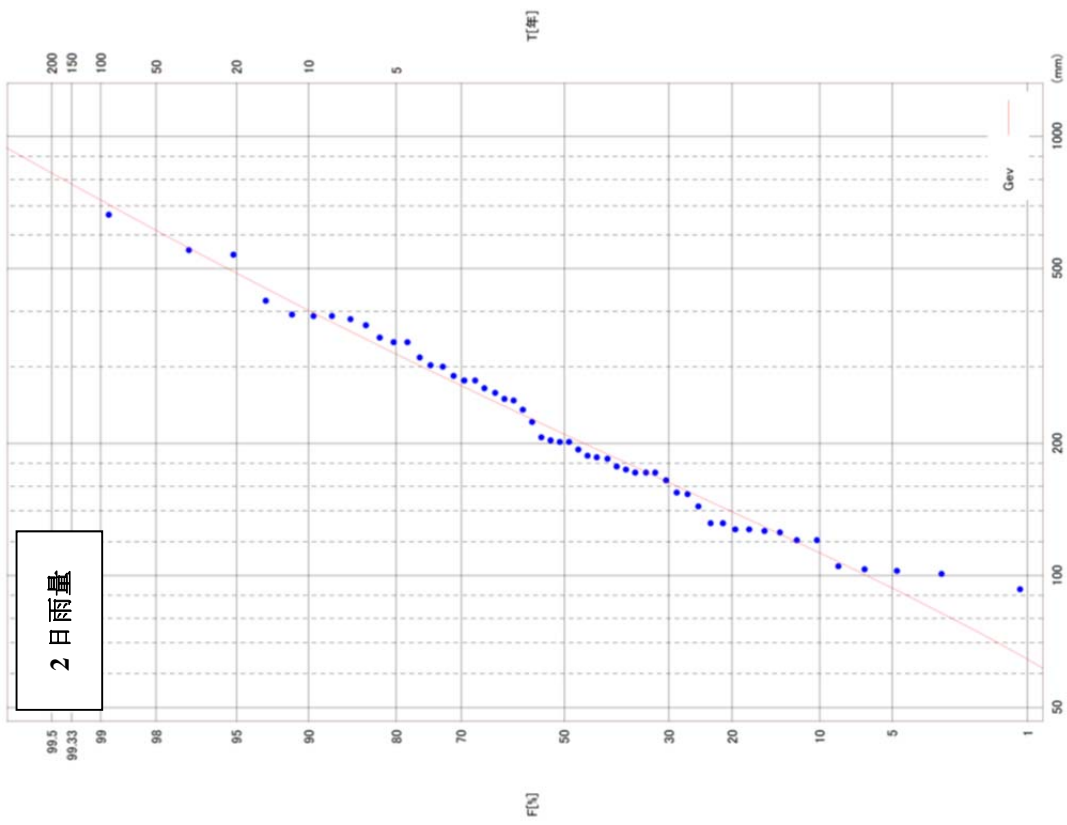


図 3.1.5 確率雨量の算定結果 (2日雨量)

出典：JICA 調査団

(4) 降雨波形

1) 対象降雨の選定

検討の対象となる降雨波形は、以下に示す実績 3 降雨を選定した、これらの降雨は、マニラ首都圏において甚大な被害をもたらしている近年の代表的な降雨イベントである。またこれらに加えて中央集中型のモデルハイエトを作成した。

- 2009 年 台風 Ondoy
- 2012 年 モンスーン性降雨 Habagat
- 2013 年 台風 Maring

2) 降雨強度式

中央集中型のモデルハイエトグラフを作成するため、短時間降雨の降雨強度式が必要となる。検討対象流域周辺の雨量観測所では、PortArea 及び ScienceGarden において短時間雨量の観測が行われており、降雨強度式が作成されている。本検討では、対象流域に最も近い PortArea 観測所における降雨強度式を用いることとした。

中央集中型のモデルハイエトグラフは、下記の降雨強度式を用いて 1 時間ピッチの 24 時間雨量及び 48 時間のモデルハイエトを作成した。

$$I=a/(Tn + b)$$

ここに I：降雨強度 (mm/hr)， T：降雨継続時間 (分)， a, b, n： 定数

表 3.1.7 降雨強度式定数 (Port Area 観測所)

再現期間 (年)	定数		
	n	a	b
2	0.73	1,428	6.42
5	0.71	1,767	6.35
10	0.69	1,841	5.56
20	0.69	2,130	5.92
25	0.68	2,075	5.39
30	0.68	2,143	5.46
50	0.68	2,337	5.64
100	0.67	2,425	5.23

出典：JICA 調査団

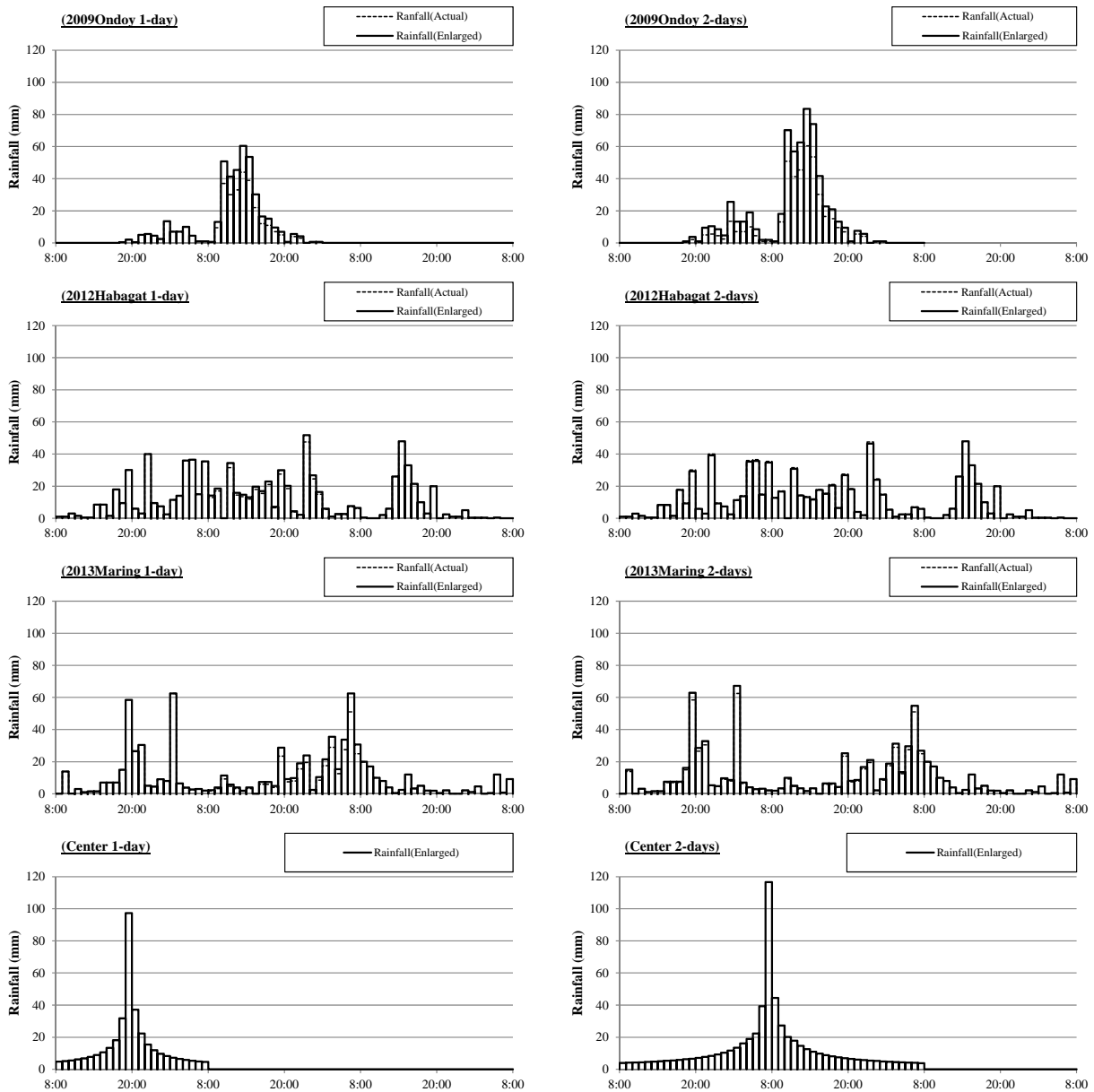
表 3.1.8 降雨継続時間毎の確率降雨強度 (Port Area 観測所)

再現期間 (年)	降雨継続時間毎の確率降雨強度					
	1 時間	3 時間	6 時間	12 時間	24 時間	48 時間
2	54.3	28.2	17.9	11.1	6.8	4.2
5	71.7	38.2	24.7	15.6	9.8	6.0
10	82.1	44.3	28.9	18.6	11.8	7.4
20	93.5	50.8	33.3	21.4	13.6	8.5
25	96.2	52.5	34.5	22.3	14.2	9.0
30	99.0	54.1	35.6	23.0	14.7	9.3
50	107.1	58.7	38.7	25.0	16.0	10.1
100	116.8	64.4	42.7	27.8	17.8	11.4

出典：JICA 調査団

3) 計算対象降雨波形

上記で選定した対象降雨波形について計画降雨継続時間内雨量が確率規模別雨量と一致するよう引き伸ばし又は引き縮めて作成した。作成したハイレトグラフを以下に示す。



出典：JICA 調査団

図 3.1.6 計算対象降雨波形

3.2 既存排水路および排水機場の現状・課題の整理

排水路の現況流下能力とポンプ場の排水能力を正しくモデル化することは、事業の効果を適切に評価する上で重要である。そのため、既存排水路の現状および排水機場について、下記の通り、簡便に評価を行った。

3.2.1 2005年 JICA M/P 時の評価

2005年 JICA M/P においては、以下のような状況・課題が指摘されている。

- 既存の排水路は 10 年確率規模の雨水を排水できるように設計されているが、その多くで排水疎通能力が 2 年確率規模以下に低下している。
- 既存の排水路は、排水回復機能が必要である。
- 追加施設による排水機能向上が必要である。

3.2.2 既存排水路

(1) MMDA が実施している既存排水路の維持管理

2 章で述べたとおり、1)排水路の改修、2)水路の浚渫、3)排水路の清掃、4)護岸の補修を主な項目とした既存排水路の維持管理を洪水防御プロジェクトとして実施している。

(2) LiDAR データ¹による既存エステロの確認

JICA 調査団が保有する既存排水路の断面データは 2005 年 JICA M/P 時に測量もしくは収集されたものであるため、必ずしも現在と状況が一致しているとは限らない。そこで、2011 年に AusAID の支援で作成された LiDAR データ (1m メッシュ) により、図 3.2.1 に示す排水路の断面の確認を試みた。

比較結果を図 3.2.2 に示すが、結論から言うと LiDAR データによる横断面の確認はできなかったものの、一部については、当時とあまり変わらないもしくは堆砂が進んだ断面が確認できている。

¹ LiDAR Data : Light Detection and Ranging Data

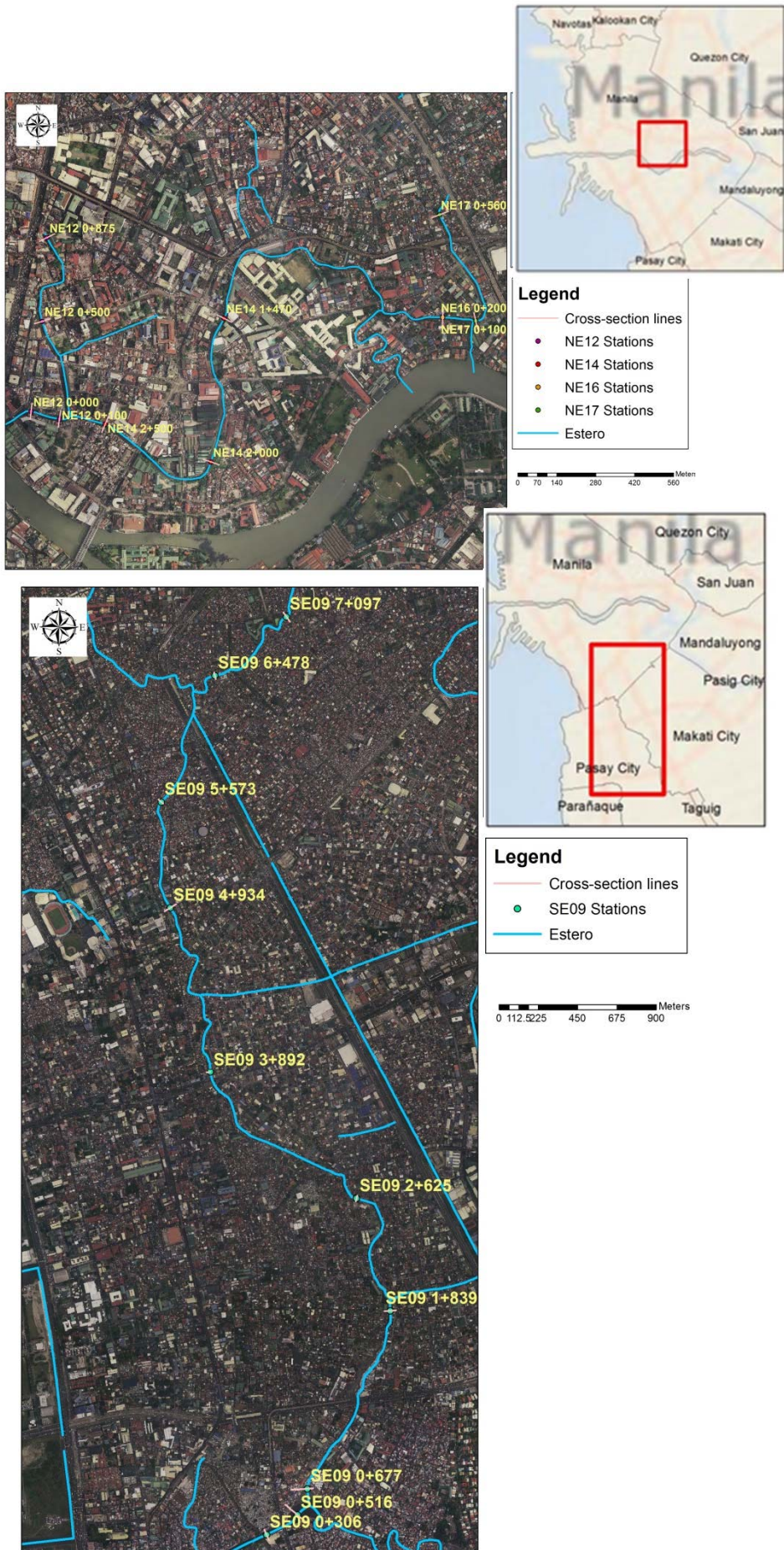


図 3.2.1 確認した排水路断面位置図

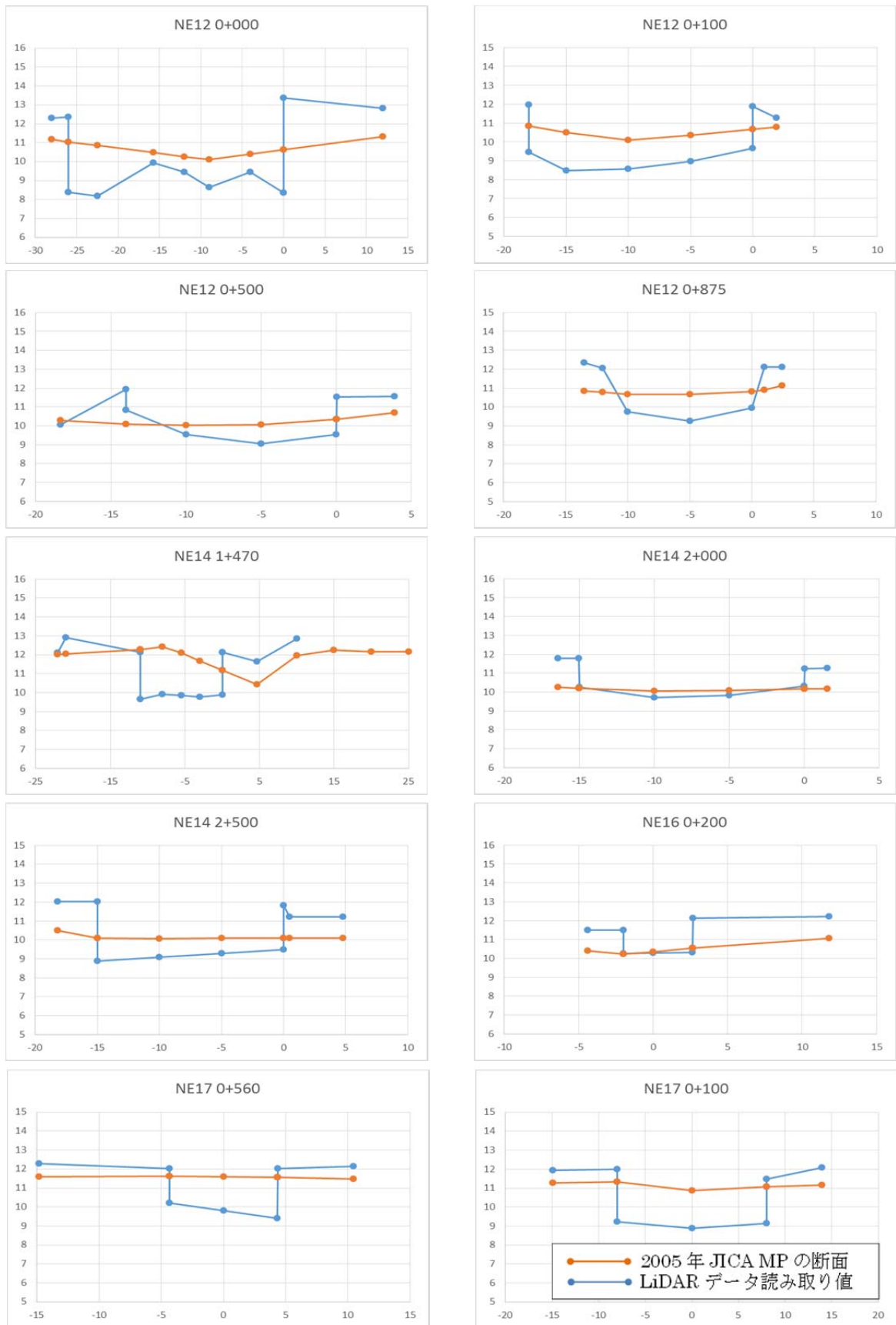


図 3.2.2 排水路断面比較（北側）

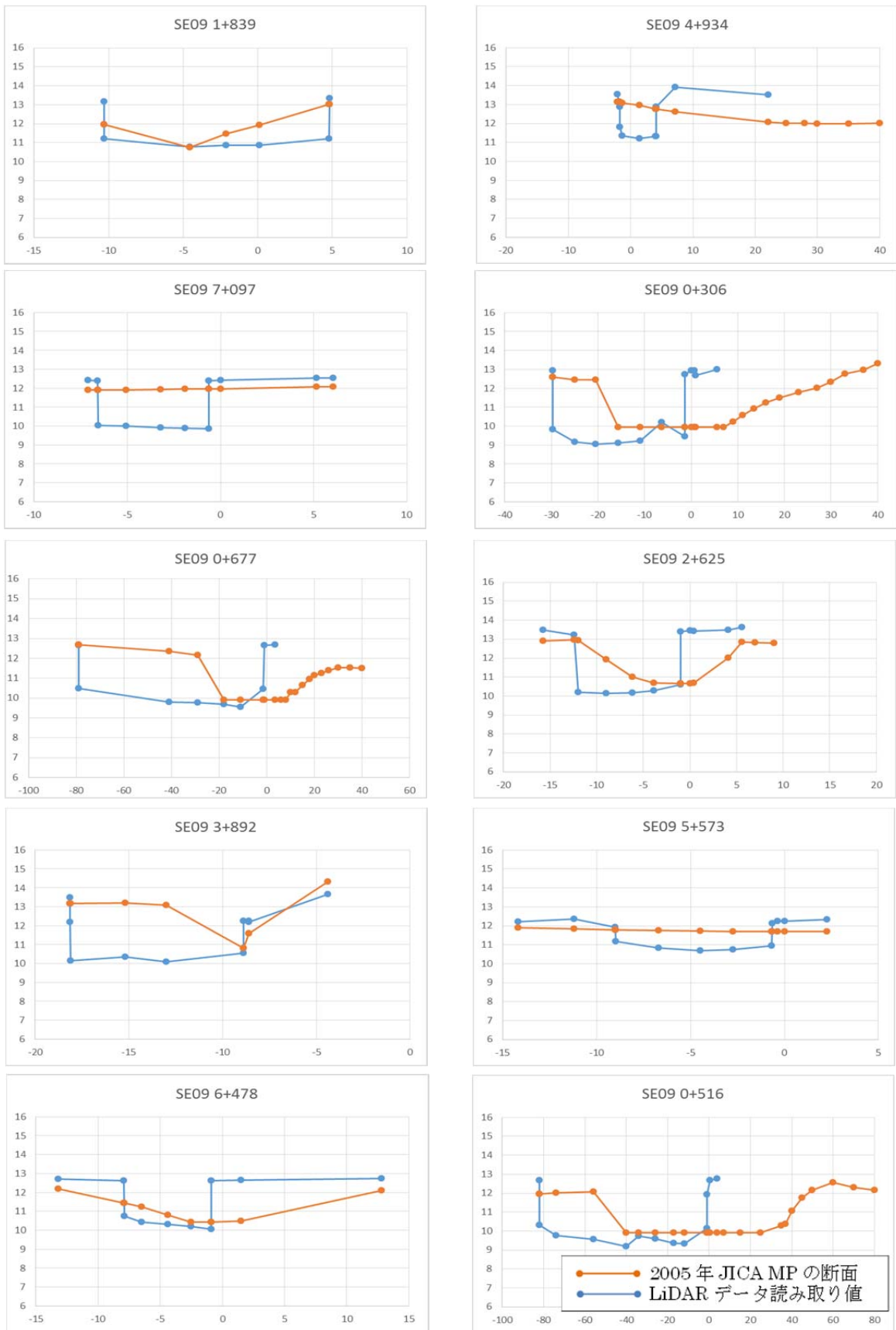
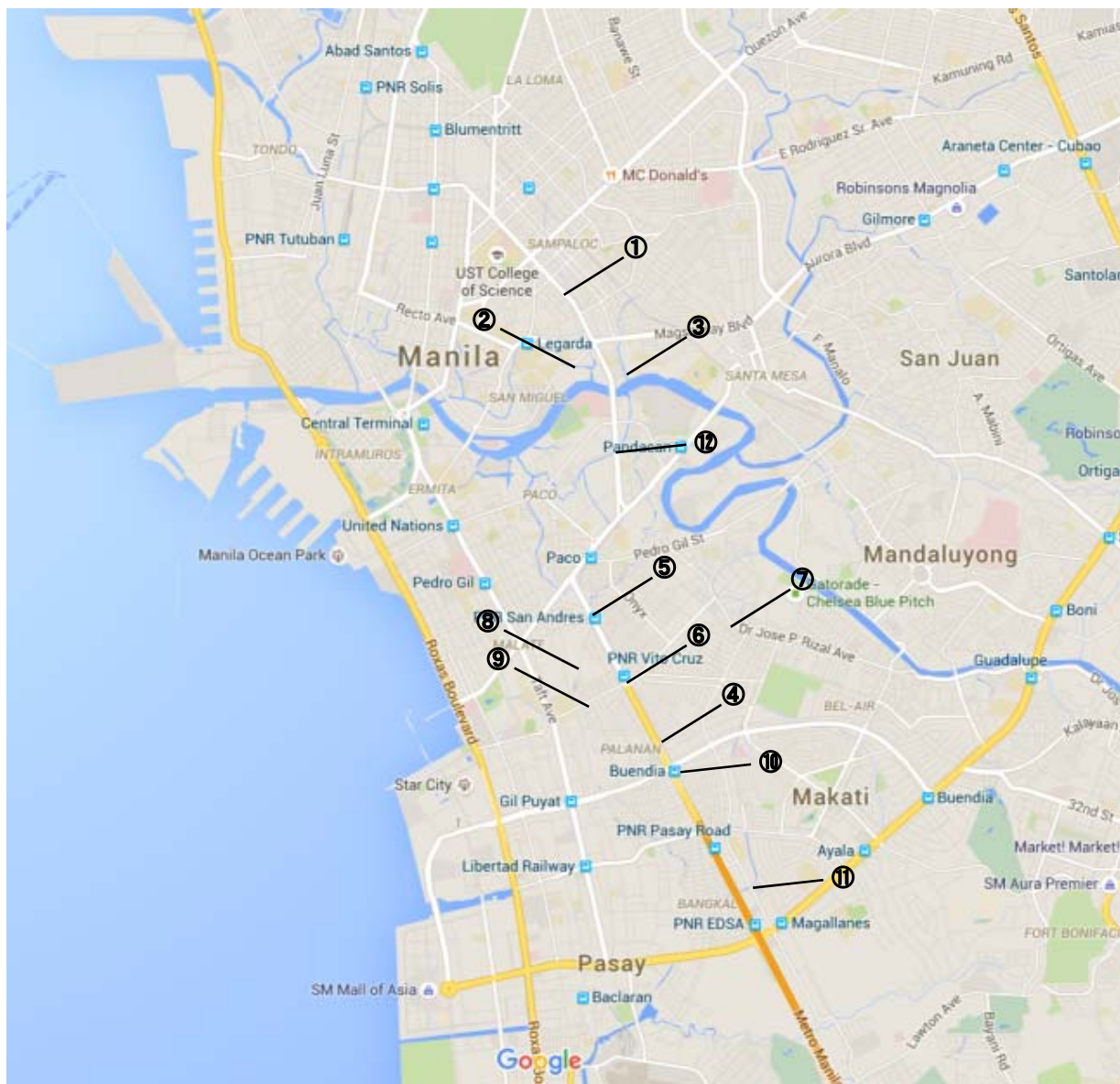


図 3.2.3 排水路断面比較 (南側)

(3) 現地踏査

既存の排水路の状況を把握するため現地踏査を実施した。以下に示す通り、排水路内にはかなりの土砂やゴミが堆積しており、悪臭を放っているものもある。また、水位と地盤高に差がないところや、BOXカルバートの余裕が20cm程度しかない箇所等、ほとんど流下能力がないと想定される場所もあり、現在の排水路の流下能力はかなり限定的と言える。



出典：JICA 調査団

図 3.2.4 排水路写真位置図

	
<p>①Estero de Sampaloc I Lacson 通り下の暗渠の出口。広いが水位は高く、流下能力は限定的。</p>	<p>②Estero de San Miguel Jose Laurel St.から北方向。土砂・ゴミが堆積している。</p>
	
<p>③Estero de Valencia Valencia ポンプ場の直上流。土砂堆積は見られるものの南マニラより余裕のある断面。</p>	<p>④PNR Creek 水路の土砂堆積。十字に水路が交わる場所。すべての排水路の幅がほぼ同じであった。</p>
	
<p>⑤PNR の西側に抜けるエステロ 植物が繁茂。この状況を見ると十分に洪水を排水していない可能性が高い。</p>	<p>⑥PNR Creek 写真手前の道路下の BOX が詰まって流れていないように見える。少しの雨ですぐに溢れそうな状況。</p>

図 3.2.5 排水路の状況（1）

	
<p>⑦Santa Clara Creek H. Santos St.から下流方向。土砂堆積で流下断面がほとんどない状況。</p>	<p>⑧Estero de Tripa de Gallina 浚渫作業中のまま止まっている模様。かなりの土砂が堆積している。</p>
	
<p>⑨Estero de Tripa de Gallina Ocampo St.から北方向。土砂とゴミの堆積が見られる。写真右は不法居住者の家。</p>	<p>⑩PNR Creek 道路下をこのコルゲート管のようなものを通して流れている模様。これでは洪水は流れない。</p>
	
<p>⑪Makati Diversion Chino Roces Ave.(Pasong Tamo)から下流（西方向）。</p>	<p>⑫Pandacan Creek President Quirino Ave から北東方向。かなりの土砂が堆積している。</p>

図 3.2.6 排水路の状況（2）

3.2.3 排水機場

(1) 既存排水機場

図 3.2.7 および表 3.2.1 に示す通り、マニラ首都圏には小さいものもいれて、合計 54 カ所の排水機場がある。

表 3.2.1 マニラ首都圏の排水機場一覧

I. FOREIGN/LOCAL ASSISTED PUMPING STATIONS:					
Name of Pumping Station	Pump Capacity (m ³ /sec)	Drainage Area (ha)	REMARKS		
I-1	Tripa de Gallina P. S.	70.00	1,769	rehabilitated on 2015	*
I-2	Libertad P.S.	42.00	779	rehabilitated on 2015	*
I-3	Vitas P.S.	32.00	578		*
I-4	San Andres P.S.	19.00	356		
I-5	Avilles P.S.	18.12	356	rehabilitated on 2015	
I-6	Binondo P.S.	18.12	279	rehabilitated on 2015	
I-7	Valencia P.S.	14.00	246	rehabilitated on 2015	
I-8	Quiapo P. S.	14.52	225	rehabilitated on 2015	
I-9	Paco P.S.	7.59	182	rehabilitated on 2015	*
I-10	Makati P.S.	7.00	1541	rehabilitated on 2015	*
I-11	Sta. Clara P.S.	5.30	133	rehabilitated on 2015	*
I-12	Pandacan P.S.	5.50	180	rehabilitated on 2015	
I-13	Balete P.S.	4.80	52	rehabilitated on 2015	*
I-14	Balut P.S.	2.00	49		*
I-15	Escolta P.S.	1.50	with Binondo P.S.		*
I-16	Abucav P.S.	1.60	312		
I-17	Uli-Uli P.S.	6.00	with Aviles P.S.		
I-18	Balong-Bato P.S.	2.00	18.72		
I-19	Salapan P.S.	2.00	18		
II. WEST OF MANGGAHAN:					
II-1	Tapayan P. S.	15.00	526		
II-2	Labasan P.S.	9.00	601		*
II-3	Taguig P.S.	12.00	1,423		
II-4	Hagonoy P.S.	6.00	528		
III. LOCALLY FUNDED SMALL PUMPING STATIONS PROJECT:					
III-1	Arroceros P. S.	2.40	6	rehabilitated on 2015	
III-2	Luneta Park P. S.	0.37	15		
III-3	Central Post Office P.S.	0.07	3.5		
III-4	Jones Bridge Underpass P.S. (North side)	0.10	1		
III-5	Jones Bridge Underpass P.S. (North side)	0.07	1		
III-6	Ste. Bañez P.S.	0.34	10		
III-7	San Francisco P.S.	1.80	17		
III-8	Ayala Tunnel P.S.	3.00	0.5		
III-9	San Agustin P.S.	592	3		
III-10	Ilugin P.S.	1.00	75		
III-11	Aurora P.S.	592	1		
III-12	Tuazon P.S.	592	1		
III-13	Aurora P.S.	0.60	2.8		
III-14	Libis P.S.	0.08	2		
IV. RELIEF PUMPING STATIONS DIRECTLY UNDER THE FCSMO-MMDA					
IV-1	Lopez R.P.S.	2.75	N.A.		
IV-2	N. Vicencio R.P.S.		N.A.		
IV-3	Rivera R.P.S.		N.A.		
IV-4	Magsaysay R.P.S.		N.A.		
IV-5	Niugan R.P.S.		N.A.		
IV-6	Herrera R.P.S.		N.A.		
IV-7	Concepcion R.P.S.		N.A.		
IV-8	Muzon R.P.S.		N.A.		
IV-9	Roque R.P.S.		N.A.		
IV-10	Sanciangco R.P.S.		N.A.		
IV-11	Acacia R.P.S.		N.A.		
IV-12	Santolan R.P.S.		N.A.		
IV-13	Artex R.P.S.		N.A.		
IV-14	Merville Dampalit R.P.S.		N.A.		
IV-15	Balot R.P.S.		N.A.		
IV-16	Hulong Duhat R.P.S.		N.A.		
IV-17	Tanza R.P.S.		N.A.		

出典：MMDA

*：世銀に対しリハビリの優先度高としたポンプ場

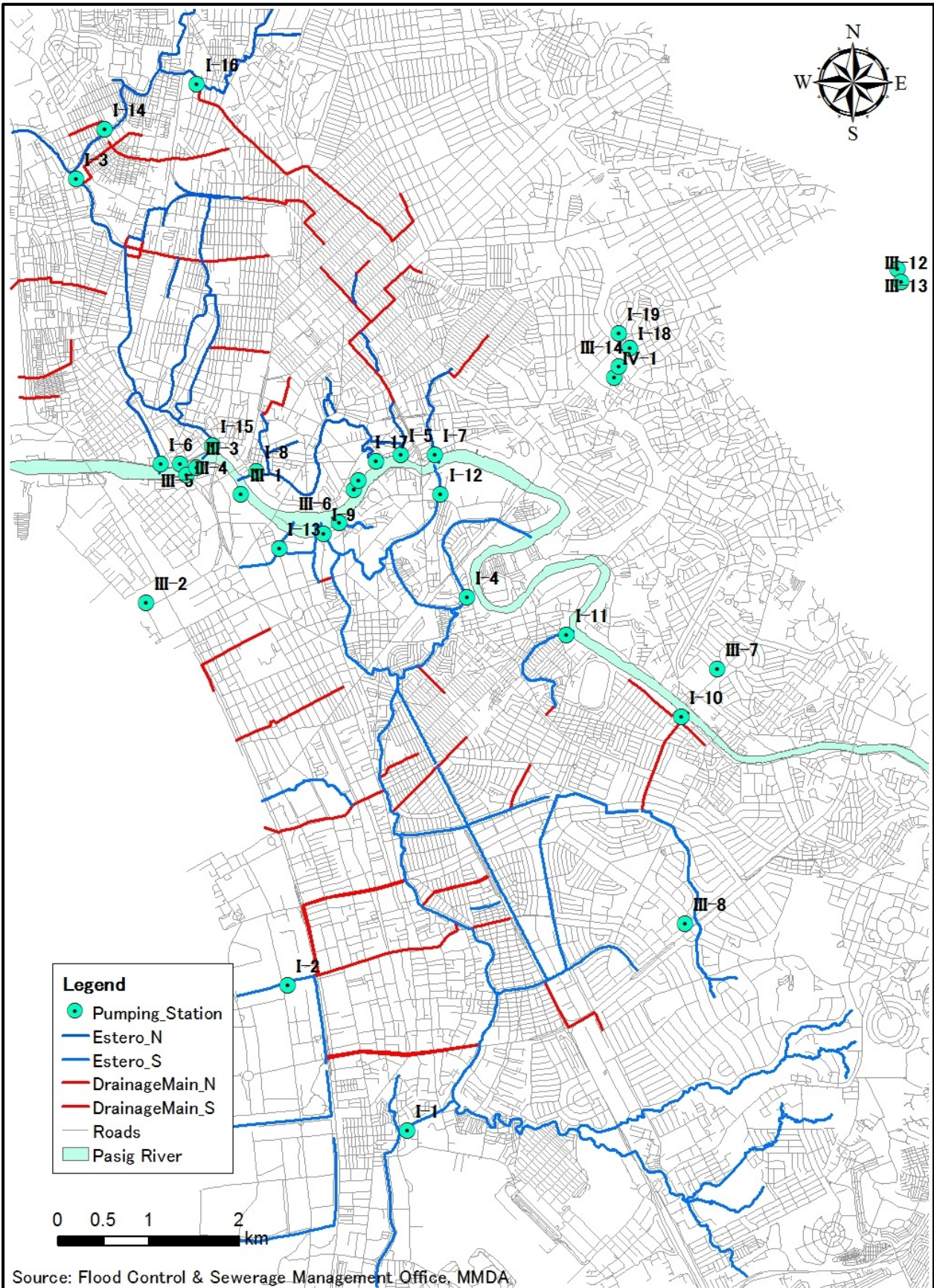


図 3.2.7 マニラ首都圏の排水機場

(2) 排水機場の更新

2章で述べたように、MMDA は 12 ヲ所のポンプ場の更新・増強を行っている。

さらに、前述したように、MMDA および世界銀行は、Metro Manila Flood Management Project の実施を協議中である。その概要に記載されているように、MMDA は 10 ヲ所のポンプ場のリハビリの優先度が高いとしている（表 3.2.1 の*印）。さらに、90 ヲ所の新設およびリハビリが実施されるようであり、2005 年 JICA M/P で提案されている以上の排水機能向上が目指されている。

(3) ポンプ稼働実績

既存排水路の洪水流下に対する健全性を評価するため、主要な 10 ヲ所のポンプ場について稼働実績を調査した。対象は大きな内水氾濫を引き起こした 2012 年 8 月の台風 Habagat および 2013 年 8 月の台風 Maring に加え、浸水ヒアリング結果が残っている 2009 年 9 月の台風 Ondoy の 3 ケースとした。

次項の表に示すように、全体の傾向としては、ポンプ場にうまく水が到達せず、ポンプが効率的に稼働できていないといった現象は起きてないと判断できる。

詳細にみると、2012 年においては、Libertad の排水区でポンプ排水率が 73% と低いが、これは 8 月 7～9 日のほとんどの期間で海へのゲートを開ける運用を行っており、その間ポンプ排水を行っていないためであった。

2013 年においては、ポンプ排水率が総じて高く、ポンプ場に水が集まっていることが示されている。ただし、Makati および Sta. Clara 排水機場についてはうまく集水しきれていない可能性がある。

2009 年においては、Tripa de Gallina および Libertad は潮位に応じてゲートを開ける操作を行っている。Quiapo については 9 月 27 日にポンプ稼働実績紛失のため記録がなく、ポンプ排水比が低くなっている。また、Makati、Paco、Pandacan、Sta. Clara については、9 月 26 日 4 時ぐらいからポンプが稼働していない。これについては、MMDA によると、急激な水位上昇により浸水した箇所もあり、感電を恐れてポンプオペレーションをしなかったとのことであった。

これらの特殊な要因を除くと、ポンプ排水量が降雨流出量を大きく上回っている箇所が多く、これには下記 2 つの原因が考えられる。

- ポンプをフル稼働させていない（表にはオンとオフしか記録がないためオン時はフル稼働として排水量を計算している）
- ポンプ排水能力が次表に示す能力よりも落ちている（ポンプ排水量が想定より小さいため稼働時間が長くなっている）

前者については、当時のポンプではオンとオフしかなく出力調整等はできないものであることが確認されたためその可能性はない。後者の場合は、前述した MMDA 独自の更新および世界銀行によるプロジェクトにより排水能力は確保もしくは向上すると考えられるため、いずれの場合も、本調査における排水計画に影響するものではないと言える。

表 3.2.2 ポンプ稼働実績 (2012年8月台風 Habagat 時)

Pumping Station	Pump No.	Capacity	Operation	Drained Volume		Area km ²	Rainfall mm	Runoff m ³	Drained Ratio %
		m ³ /s	hr	m ³					
Tripa de Gallina	1	7	56.5	1,423,800					
	2	7	37.75	951,300					
	3	7	1	25,200					
	4	7	44	1,108,800					
	5	7	35.25	888,300					
	6	7	41	1,033,200					
	7	7	40.75	1,026,900	Total				
	8	7	40	1,008,000	7,465,500	17.05	603	7,710,863	97
Libertad	1	7	27.5	693,000					
	2	7	10	252,000					
	3	7	5.75	144,900					
	4	7	20.75	522,900					
	5	7	17.75	447,300	Total				
	6	7	16.25	409,500	2,469,600	7.48	603	3,382,830	73
Aviles	1	3.625	55.5	724,275					
	2	3.625	54.75	714,488					
	3	3.625	62.25	812,363	Total				
	4	3.625	64	835,200	3,086,325	3.28	816	2,141,184	144
Valencia	1	2.625	72	680,400					
	2	2.625	65.75	621,338					
	3	2.625	69.25	654,413	Total				
	4	2.625	61.25	578,813	2,534,963	2.37	816	1,547,136	164
Quiapo	1	2.375	76.75	656,213					
	2	2.375	67	572,850					
	3	2.375	75.25	643,388	Total				
	4	2.375	67.75	579,263	2,451,713	2.29	816	1,494,912	164
Binondo	1	3.63	25.75	336,501					
	2	3.63	32.25	421,443					
	3	3.63	33.5	437,778	Total				
	4	3.63	35.25	460,647	1,656,369	2.69	816	1,756,032	94
Makati	1	3.5	35	441,000	Total				
	2	3.5	38.75	488,250	929,250	1.65	816	1,009,800	92
Paco	1	2.53	68.5	623,898					
	2	2.53	69	628,452	Total				
	3	2.53	66.5	605,682	1,858,032	1.74	816	1,064,880	174
Pandacan	1	2.75	38.75	383,625	Total				
	2	2.75	37.25	368,775	752,400	1.15	816	703,800	107
Sta. Clara	1	2.65	60	572,400	Total				
	2	2.65	47.75	455,535	1,027,935	1.57	816	960,840	107

Operattion: from MMDA

Rainfall: NAIA for Trip de Gallina and Libertad, and Port Area for others

Runoff: Northern Area of Pasig River is 0.8, and Southern Area is 0.75

表 3.2.3 ポンプ稼働実績 (2013 年台風 Maring 時)

Pumping Station	Pump No.	Capacity	Operation	Drained Volume		Area km2	Rainfall mm	Runoff m3	Drained Ratio %
		m3/s	hr	m3					
Tripa de Gallina	1	7	61.25	1,543,500					
	2	7	64.75	1,631,700					
	3	7	54.25	1,367,100					
	4	7	51.75	1,304,100					
	5	7	52.5	1,323,000					
	6	7	62	1,562,400					
	7	7	28	705,600	Total				
	8	7	52.5	1,323,000	10,760,400	17.05	574.5	7,346,419	146
Libertad	1	7	64	1,612,800					
	2	7	48.5	1,222,200					
	3	7	51	1,285,200					
	4	7	60	1,512,000					
	5	7	41.5	1,045,800	Total				
	6	7	37	932,400	7,610,400	7.48	574.5	3,222,945	236
Aviles	1	3.625	42.5	554,625					
	2	3.625	37.75	492,638					
	3	3.625	36.75	479,588	Total				
	4	3.625	33.75	440,438	1,967,288	3.28	688.7	1,807,149	109
Valencia	1	2.625	42.26	399,357					
	2	2.625	65.5	618,975					
	3	2.625	57.25	541,013	Total				
	4	2.625	31.35	296,258	1,855,602	2.37	688.7	1,305,775	142
Quiapo	1	2.375	54.75	468,113					
	2	2.375	59.5	508,725					
	3	2.375	55.5	474,525	Total				
	4	2.375	36.25	309,938	1,761,300	2.29	688.7	1,261,698	140
Binondo	1	3.63	60	784,080					
	2	3.63	59.75	780,813					
	3	3.63	66.75	872,289	Total				
	4	3.63	64	836,352	3,273,534	2.69	688.7	1,482,082	221
Makati	1	3.5	20.25	255,150	Total				
	2	3.5	28.75	362,250	617,400	1.65	688.7	852,266	72
Paco	1	2.53	39	355,212					
	2	2.53	52	473,616	Total				
	3	2.53	53.5	487,278	1,316,106	1.74	688.7	898,754	146
Pandacan	1	2.75	49	485,100	Total				
	2	2.75	31	306,900	792,000	1.15	688.7	594,004	133
Sta. Clara	1	2.65	15.25	145,485	Total				
	2	2.65	41.75	398,295	543,780	1.57	688.7	810,944	67
Operattion: from MMDA									
Rainfall: NAIA for Trip de Gallina and Libertad, and Port Area for others									
Runoff: Northern Area of Pasig River is 0.8, and Southern Area is 0.75									

表 3.2.4 ポンプ稼働実績 (2009 年台風 Ondoy 時)

Pumping Station	Pump No.	Capacity	Operation	Drained Volume		Area km2	Rainfall mm	Runoff m3	Drained Ratio %
		m3/s	hr		m3				
Tripa de Gallina	1	7	33.25	837,900					
	2	7	15.25	384,300					
	3	7	41	1,033,200					
	4	7	23.75	598,500					
	5	7	31	781,200					
	6	7	32.5	819,000					
	7	7	0	0	Total				
	8	7	15.5	390,600	4,844,700	17.05	331.7	4,241,614	114
Libertad	1	7	0	0					
	2	7	0	0					
	3	7	20.75	522,900					
	4	7	38.25	963,900					
	5	7	32	806,400	Total				
	6	7	20.75	522,900	2,816,100	7.48	331.7	1,860,837	151
Aviles	1	3.625	43.5	567,675					
	2	3.625	40.25	525,263					
	3	3.625	45.25	590,513	Total				
	4	3.625	41	535,050	2,218,500	3.28	331.7	870,381	255
Valencia	1	2.625	33.5	316,575					
	2	2.625	43	406,350					
	3	2.625	40.75	385,088	Total				
	4	2.625	48.25	455,963	1,563,975	2.37	331.7	628,903	249
Quiapo	1	2.375	7.5	64,125					
	2	2.375	16.75	143,213					
	3	2.375	22.01	188,186	Total				
	4	2.375	17	145,350	540,873	2.29	331.7	607,674	89
Binondo	1	3.63	34	444,312					
	2	3.63	39.5	516,186					
	3	3.63	44.75	584,793	Total				
	4	3.63	43	561,924	2,107,215	2.69	331.7	713,818	295
Makati	1	3.5	11	138,600	Total				
	2	3.5	4	50,400	189,000	1.65	331.7	410,479	46
Paco	1	2.53	4.75	43,263					
	2	2.53	6.5	59,202	Total				
	3	2.53	9.75	88,803	191,268	1.74	331.7	432,869	44
Pandacan	1	2.75	8.75	86,625	Total				
	2	2.75	5	49,500	136,125	1.15	331.7	286,091	48
Sta. Clara	1	2.65	9.75	93,015	Total				
	2	2.65	11.5	109,710	202,725	1.57	331.7	390,577	52
Operattion: from MMDA									
Rainfall: Port Area									
Runoff: Northern Area of Pasig River is 0.8, and Southern Area is 0.75									

表 3.2.5 ポンプ稼働実績 (2012年および2013年)

		hourly Rainfall (Port Area)																																																																																															
		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96																																																																																															
(1) 2012.8 Typhoon Habagat																																																																																																	
PUMP STATION Tripa de Gallina	No.	6-Aug																								7-Aug																								8-Aug																								9-Aug																							
	1	[Operational status grid]																																																																																															
	2	[Operational status grid]																																																																																															
	3	[Operational status grid]																																																																																															
	4	[Operational status grid]																																																																																															
	5	[Operational status grid]																																																																																															
	6	[Operational status grid]																																																																																															
	7	[Operational status grid]																																																																																															
Estero WL Manila Bay Gate	1	[Operational status grid]																																																																																															
	2	[Operational status grid]																																																																																															
Libertad	1	[Operational status grid]																																																																																															
	2	[Operational status grid]																																																																																															
	3	[Operational status grid]																																																																																															
	4	[Operational status grid]																																																																																															
	5	[Operational status grid]																																																																																															
	6	[Operational status grid]																																																																																															
Estero WL Manila Bay Gate	1	[Operational status grid]																																																																																															
	2	[Operational status grid]																																																																																															
Aviles	1	[Operational status grid]																																																																																															
	2	[Operational status grid]																																																																																															
	3	[Operational status grid]																																																																																															
	4	[Operational status grid]																																																																																															
Valencia	1	[Operational status grid]																																																																																															
	2	[Operational status grid]																																																																																															
	3	[Operational status grid]																																																																																															
	4	[Operational status grid]																																																																																															
Quiapo	1	[Operational status grid]																																																																																															
	2	[Operational status grid]																																																																																															
	3	[Operational status grid]																																																																																															
	4	[Operational status grid]																																																																																															
Binondo	1	[Operational status grid]																																																																																															
	2	[Operational status grid]																																																																																															
	3	[Operational status grid]																																																																																															
	4	[Operational status grid]																																																																																															
Makati	1	[Operational status grid]																																																																																															
	2	[Operational status grid]																																																																																															
	3	[Operational status grid]																																																																																															
Paco	1	[Operational status grid]																																																																																															
	2	[Operational status grid]																																																																																															
	3	[Operational status grid]																																																																																															
Pandacan	1	[Operational status grid]																																																																																															
	2	[Operational status grid]																																																																																															
Sta. Clara	1	[Operational status grid]																																																																																															
	2	[Operational status grid]																																																																																															
(2) 2013.8 Typhoon Maring																																																																																																	
		hourly Rainfall (Port Area)																																																																																															
		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96																																																																																															
PUMP STATION Trip de Gallina	No.	18-Aug																								19-Aug																								20-Aug																								21-Aug																							
	1	[Operational status grid]																																																																																															
	2	[Operational status grid]																																																																																															
	3	[Operational status grid]																																																																																															
	4	[Operational status grid]																																																																																															
	5	[Operational status grid]																																																																																															
	6	[Operational status grid]																																																																																															
	7	[Operational status grid]																																																																																															
Estero WL Manila Bay Gate	1	[Operational status grid]																																																																																															
	2	[Operational status grid]																																																																																															
Libertad	1	[Operational status grid]																																																																																															
	2	[Operational status grid]																																																																																															
	3	[Operational status grid]																																																																																															
	4	[Operational status grid]																																																																																															
	5	[Operational status grid]																																																																																															
	6	[Operational status grid]																																																																																															
Estero WL Manila Bay Gate	1	[Operational status grid]																																																																																															
	2	[Operational status grid]																																																																																															
Aviles	1	[Operational status grid]																																																																																															
	2	[Operational status grid]																																																																																															
	3	[Operational status grid]																																																																																															
	4	[Operational status grid]																																																																																															
Valencia	1	[Operational status grid]																																																																																															
	2	[Operational status grid]																																																																																															
	3	[Operational status grid]																																																																																															
	4	[Operational status grid]																																																																																															
Quiapo	1	[Operational status grid]																																																																																															
	2	[Operational status grid]																																																																																															
	3	[Operational status grid]																																																																																															
	4	[Operational status grid]																																																																																															
Binondo	1	[Operational status grid]																																																																																															
	2	[Operational status grid]																																																																																															
	3	[Operational status grid]																																																																																															
	4	[Operational status grid]																																																																																															
Makati	1	[Operational status grid]																																																																																															
	2	[Operational status grid]																																																																																															
	3	[Operational status grid]																																																																																															
Paco	1	[Operational status grid]																																																																																															
	2	[Operational status grid]																																																																																															
	3	[Operational status grid]																																																																																															
Pandacan	1	[Operational status grid]																																																																																															
	2	[Operational status grid]																																																																																															
Sta. Clara	1	[Operational status grid]																																																																																															
	2	[Operational status grid]																																																																																															

さらに、台風 Ondoy については、DPWH 調査で浸水深に関するヒアリング調査を行っている。その結果を右図に示す。

Lidrtad や Tripa de Gallina は、ゲートを開けて排水を促進したものの排水路沿いおよびポンプ場手前で浸水が発生しており、急激な降雨によりポンプ排水が追いついていないと想定される。

これは、上述した急な水位上昇によりポンプ場が浸水した事実とも合致する。

台風 Ondoy のパターンのように、40mm 前後が数時間続くとポンプ排水では処理できないことが示唆される。

例えば、Ondoy の Port Area の 9 月 26 日 11 時から 6 時間の雨量は 205mm であり、降雨確率は 10~20 年の間と評価される。

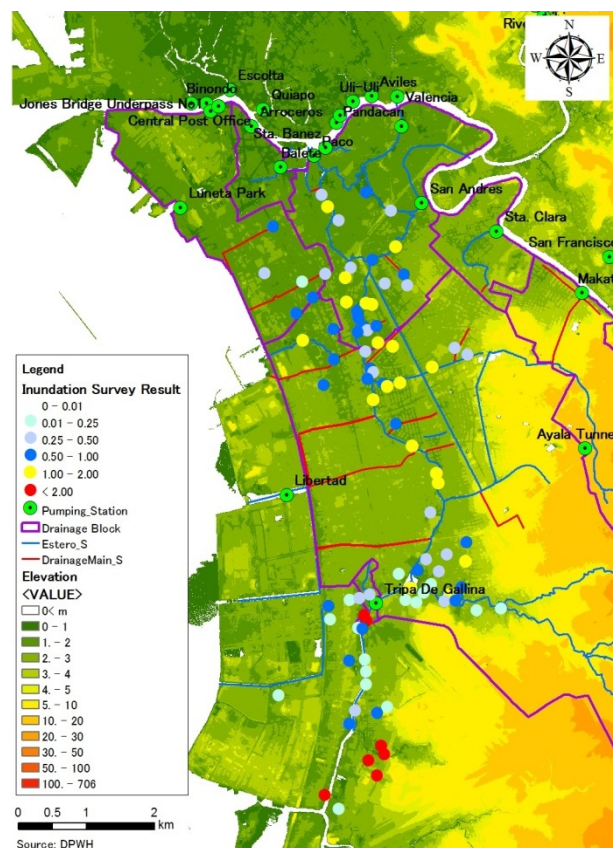


図 3.2.8 台風オンドイ時の浸水深

3.2.4 マニラ首都圏が抱える排水に関する課題

2章の現状、これまで述べた排水路・排水機場の課題、さらにはマニラ首都圏のような大都市が抱える一般的な課題から、マニラ首都圏が抱える排水に関する課題を以下の通りに取りまとめた。

(1) 都市域でプロジェクトを実施する上での制約条件

課題1：土地収用の困難性

課題2：地下埋設物管理者（公共、商用含む）との調整の煩雑さ

課題3：プロジェクト実施時の場所の制限（狭い道路下での施工等）

(2) 道路状況からの開削工法の困難性

課題4：交通渋滞下での施工および道路占有による渋滞の悪化

(3) 低平地での排水改善の困難性

課題5：解決策としてのポンプ場の新設・増強と用地の問題

(4) ポンプ排水による洪水制御の限界

課題6：ポンプ場の増強に加え必要となる洪水貯留施設

(1) 課題1：土地収用の困難性

下図左に示すように、水路沿いに家が張り付いており、水路拡幅を困難としている。また、移転させる場合には多大な費用を伴う。さらに、下図右に示すように、不法居住者の住居が、排水路内に侵入している様子も見られ、河川改修事業をさらに難しくしている。これらの状況は、マニラ首都圏の典型的な事例である。

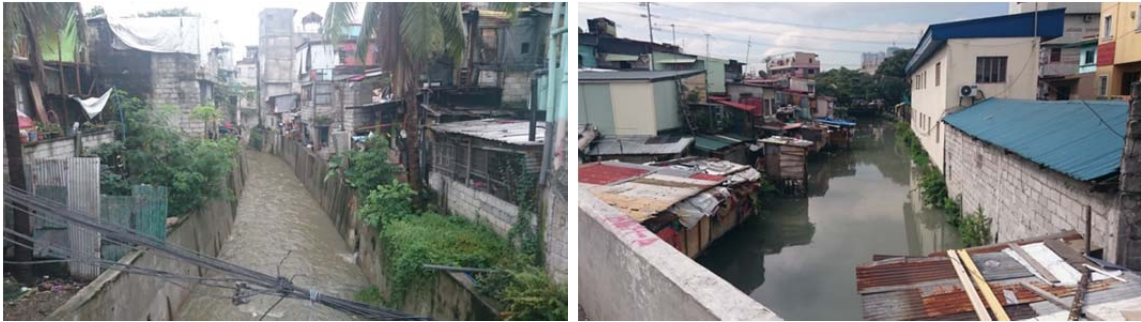


図 3.2.9 マニラ首都圏水路沿いの状況

さらに、DPWH 調査における緊急プロジェクトの一例であるが、用地取得が困難と思われる提案となっている地域もある。

右図に示す通り、道路幅 6m のところに、3m 幅の 2 連の Box Culvert が提案されており、図に示すとおり、道路に沿って用地取得および住民移転が必要になると考えられる。



図 3.2.10 道路沿いに発生する住民移転

(2) 課題 2：地下埋設物管理者（公共、商用含む）との調整の煩雑さ

下図左は道路下に排水管を設置する開削工事の写真である。道路沿いに家が立ち並び、排水路の設置に加え、水道管の管理者との調整・水道管の再設置が道路沿いに必要となる。

さらに、下図右は地下埋設物ではないが、地上の排水路内に立つ電柱の写真である。この電柱により水流が阻害され、排水効果が発揮されにくい状態となっている。おそらく電柱と排水路の管理者がお互いに調整せずに、水路内に電柱が立ってしまったと想像する。



図 3.2.11 地上・地下埋設物管理者との調整例

(3) 課題3：プロジェクト実施時の場所の制限

右図に示す通り、水路の維持浚渫でさえも水路内の台船から行っている場所もある。このようにマニラ首都圏では、事業の実施場所も制限されることが多い。



図 3.2.12 排水路内での作業

さらに、下図の事例のように、道路幅が十分でない場所に Box Culvert が提案されており、実施段階において実施場所困難性が見られる場所もある。

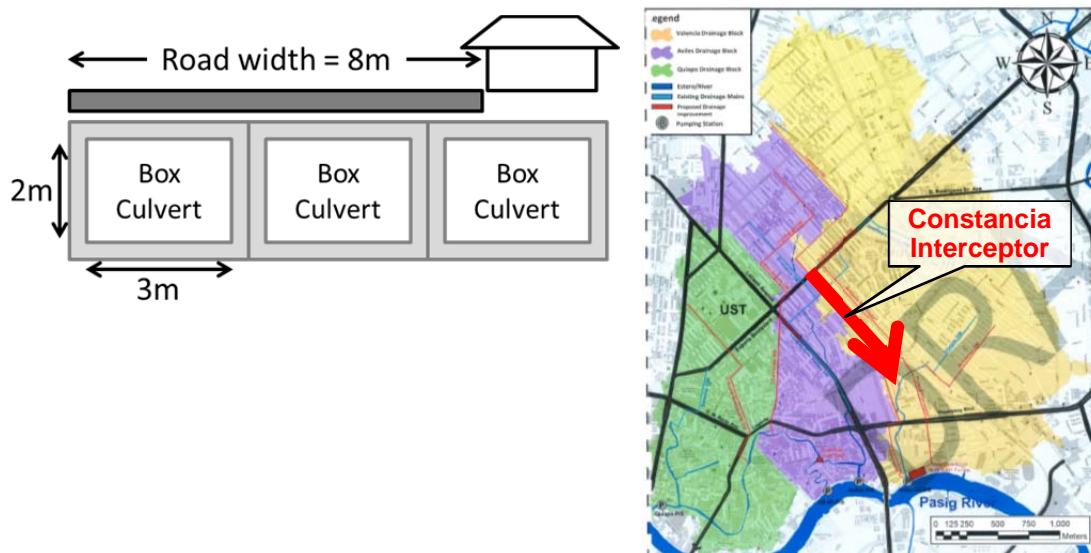


図 3.2.13 狭い道路下への提案

(4) 課題4：交通渋滞下での施工および道路占有による渋滞の悪化

下図左は高架橋のための工事であるが、道路下に排水路を建設する場合も、このように道路を占有することになり、渋滞を助長することになる。

さらに、下図右に示すような道路下にも Box Culvert が提案されており、この交通状況を見ると、この道路で1車線でも占有すれば、交通渋滞に致命的な影響を与える。

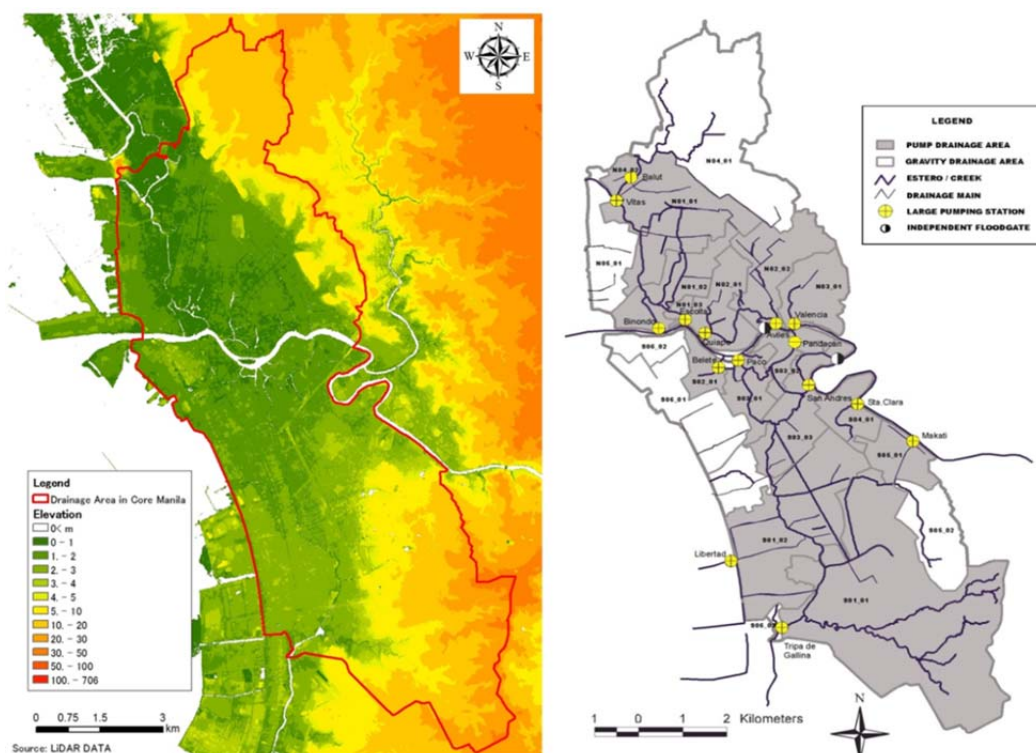


図 3.2.14 交通渋滞と道路占有状況

(5) 課題 5：解決策としてのポンプ場の新設・増強と用地の問題

下図に示すように、マニラ首都圏は 70%をポンプ排水に頼っており、丘陵地と一部の沿岸部のみが重力排水が可能となっている。特に低平地においては、下図に示す通り、たとえ排水路として Box Culvert を設置したとしても、その吐口となる排水メインもしくはエステロの高さより低くなってしまい、やはりポンプ排水が必要となる。後述するシミュレーション結果においても、低平地や盆地状の地形に洪水が湛水するようになっている。

従って、マニラ首都圏の排水改善を行う場合にはポンプ場の新設・増強が必要であるが、課題 1でも述べたように、その用地確保が困難である。



出典：LiDAR データより調査団作成

出典：2005 年 JICA M/P 報告書より

図 3.2.15 マニラ首都圏の地形と排水路ネットワーク

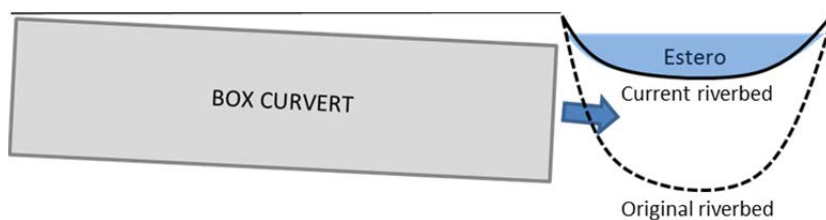


図 3.2.16 低平地への Box Culvert 設置の概念図

(6) 課題 6：ポンプ場の増強に加え必要となる洪水貯留施設

3.2.3(4)で述べたとおり、ポンプ場と排水路のみの対応では、短時間の急な降雨に対してポンプ場自体が浸水してしまう等、対応には限界がある。そのため、こうした降雨を吸収できる洪水貯留施設が必要となる。しかしながら、これについても課題 1 で述べたように土地収用が困難である。

3.3 マニラ首都圏内の優先事業実施の候補エリアの選定

3.3.1 優先事業実施候補エリア選定のクライテリア

限られた時間で入手できる資料により流域の重要性を示す指標として以下の通り設定した。

1 洪水から守るべき資産

- 1-1 流域内人口密度：人口密度が高いということは守るべき人命・資産が多いということ。
- 1-2 流域内の重要施設が浸水する：守るべき重要施設として、空港、市役所、警察本部等の政府機関の事務所が想定される。
- 1-3 流域内の幹線道路が浸水する：ネットワークの要となっている道路の浸水は経済活動への大きな障害となるため、その解消は急務である。

2 洪水被害リスク

- 2-1 浸水エリア：洪水被害リスクを示す指標の1つである。
- 2-2 浸水エリア内人口：洪水被害リスクを示す指標の1つである。
- 2-3 地形条件：地形から浸水対策が簡単ではない地域を抽出する。例えば、1)低平地なので排水路に加えてポンプ場が必要、2)盆地状の地形では地形に沿った排水路建設では排水できないと言った地域のことである。
- 2-4 洪水被害額：過去の洪水被害が大きいエリアを抽出する。

3.3.2 クライテリアによる評価と選定

設定したクライテリアにより、以下のように整理された。下表に示すように、San Juan、Espana-UST および Buendia に○が最も多く付いており、そこを優先流域とした。

表 3.3.1 優先事業実施候補エリアのクライテリアによる選定

	Tullahan	San Juan	Espana-UST	Buendia	Maricaban	NAIA	Pranaque	Las Pinas	Zapote
1-1		○	○	○					
1-2						○			
1-3	○	○	○	○		○	○	○	○
2-1	○	○	○	◎		○		○	
2-2	○	◎	◎	○					
2-3			○	○	○	○			
2-4	○	○					○		

*：該当箇所に○。◎については指標が2つ存在し両方該当する場合

各クライテリアによる評価は以下のとおりである。

クライテリア 1-1 については表 3.3.4 に示す。

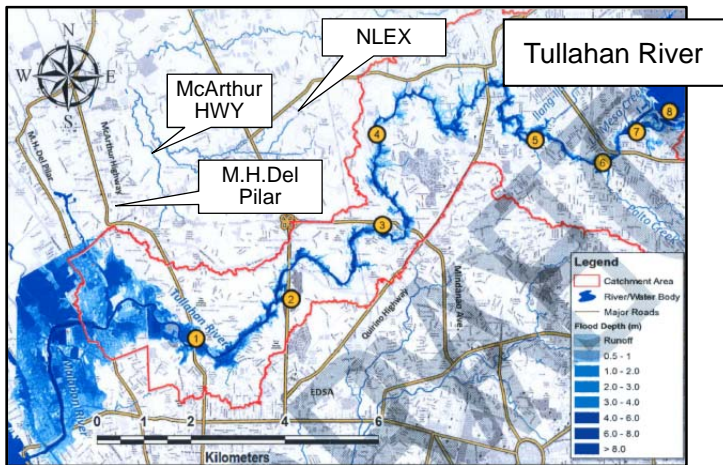
クライテリア 1-2 については、一部が浸水するマニラ国際空港を抱える NAIA のみを選定した。その他のエリアについては、市役所があるものの、浸水しないエリアにある。

クライテリア 1-3 については、下表および図に示す通り、Maricaban エリア以外は主要幹線が浸水し、そのエリアへのアクセスに支障が出る。

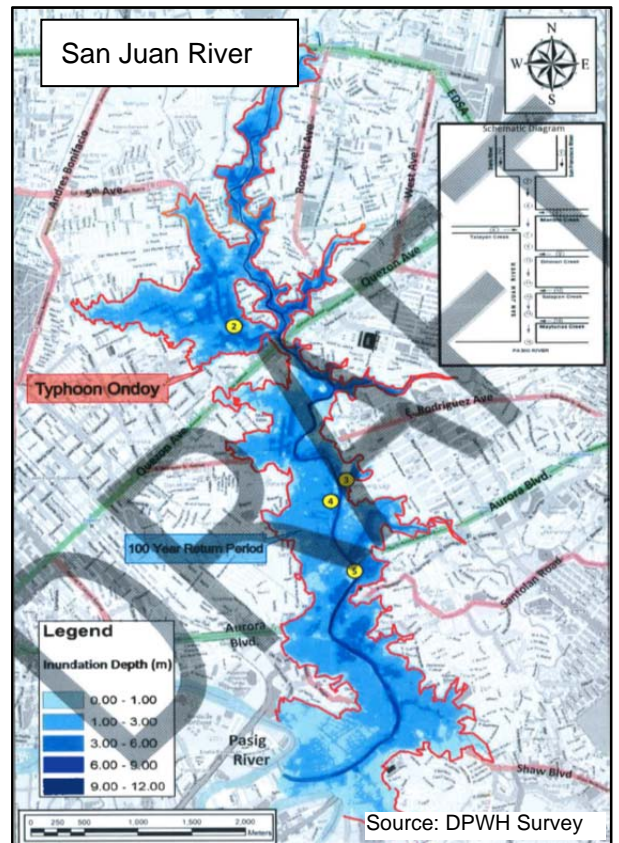
表 3.3.2 主要幹線と浸水状況

Area	Main Road	Inundation	Remarks
Tullahan	M. H. Del Pilar	x	Map of DPWH Survey
	McArthur Highway	x	Map of DPWH Survey
	NLEX	-	Map of DPWH Survey
San Juan	Quezon Ave.	-	Road wider than 20m
	E. Rodriguez Ave.	x	Road wider than 20m
	Aurora Blvd.	x	Road wider than 20m
	P. Sanchez St. (Shaw Blvd.)	x	Road wider than 20m
España-UST	España Ave./ Quezon Ave.	x	Road wider than 20m
	A. H. Lacson Ave.	x	Road wider than 20m
	Magsaysay Blvd.	x	Road wider than 20m
	Recto Ave.	x	Road wider than 20m
Buendia	Alfonso Mendoza St.	x	Road wider than 20m
	Quirino Ave.	x	Road wider than 20m
	Taft Ave.	-	Road wider than 20m
	Osmeña Highway	-	Road wider than 20m
	Gil Puyat Ave. (Buendia)	x	Road wider than 20m
	Makati Ave.	-	Road wider than 20m
	Paseo de Roxas	-	Road wider than 20m
	Ayala Ave.	-	Road wider than 20m
Maricaban	EDSA	-	Road wider than 20m
	Osmenia Highway	-	Road wider than 20m
NAIA	Roxas Blvd.	x	Road wider than 20m
	Quirino Ave.	x	Road wider than 20m
	Ninoy Aquino Avenue	x	Road wider than 20m
Pranaque	Quirino Ave.	x	Map of DPWH Survey
	Ninoy Aquino Avenue	x	Map of DPWH Survey
Las Pinas	Carlos P. Garcia Ave. Ext.	x	Map of DPWH Survey
	Diego Cere Ave.	x	Map of DPWH Survey
Zapote	Alabang Zapote Rd.	x	Map of DPWH Survey
	Morino Blvd.	x	Map of DPWH Survey

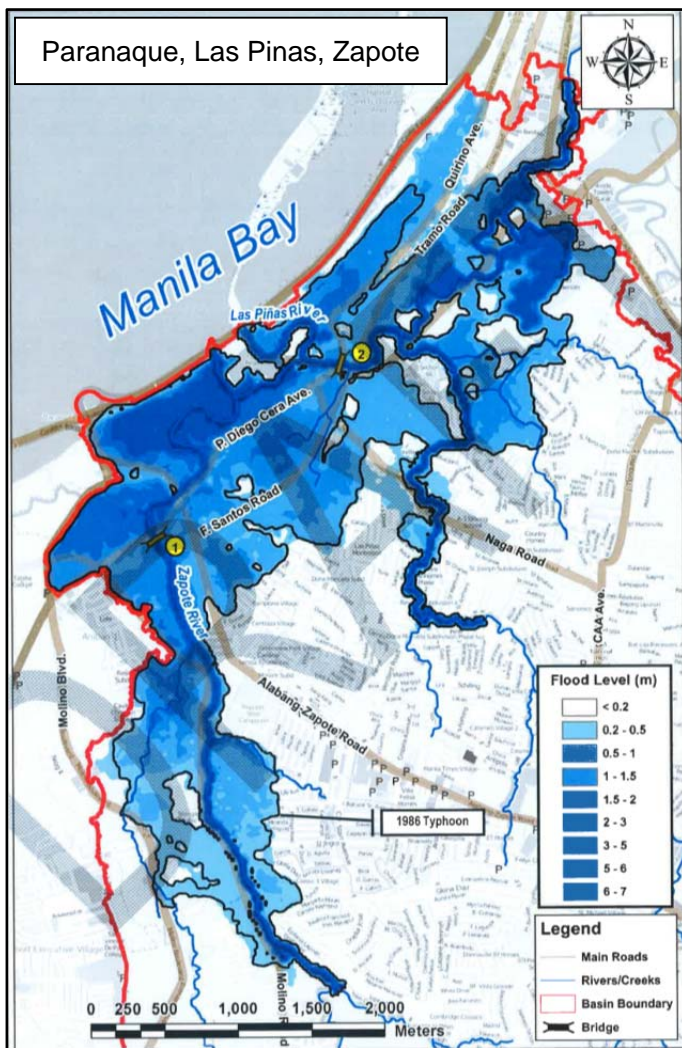
出典：JICA 調査団



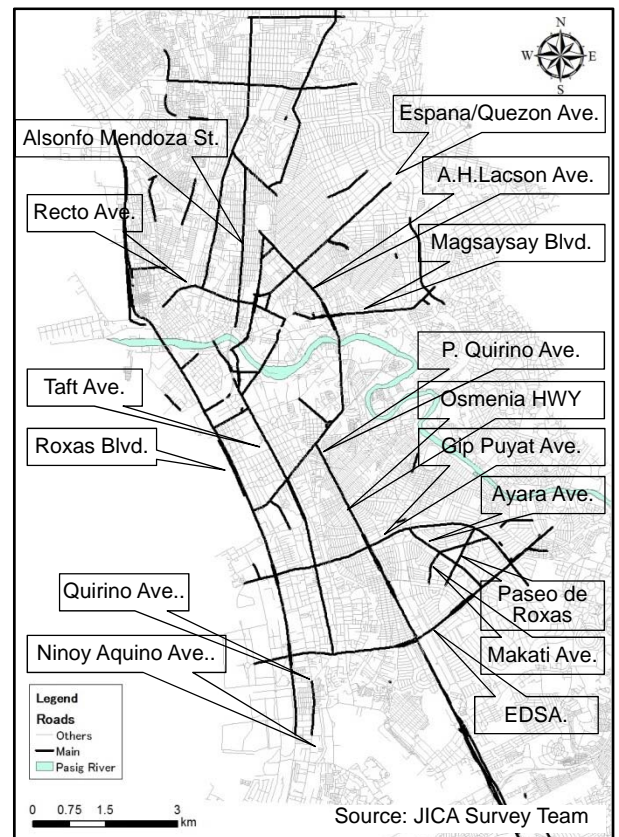
Source: DPWH Survey



Source: DPWH Survey



Source: DPWH Survey



Source: JICA Survey Team

图 3.3.1 各流域の主要幹線道路

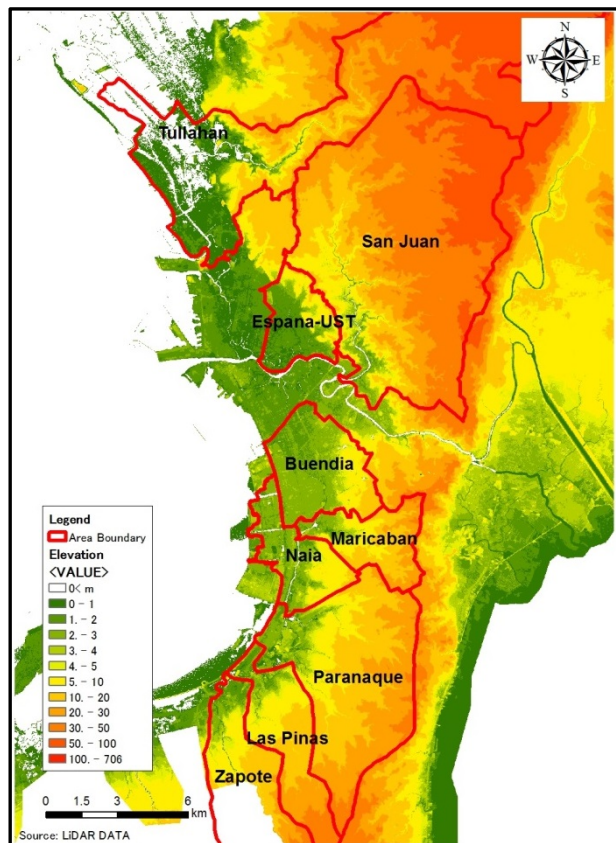
クライテリア 2-1 については表 3.3.4 に示す。
 クライテリア 2-2 については表 3.3.4 に示す。
 クライテリア 2-3 については、地形から排水対策が容易ではないと想定される 4 エリアが該当するとした。

Espana-UST : 図 3.3.2 に示すように、流域内に盆地状に低平地 (UST 付近) が存在し、その排水が課題となる。

Buendia : 北部の標高が低いものの既存排水路の排水不良のため中央部からの排水に頼らざるを得ない。また、既存排水路周辺も浸水に悩まされている。

Maricaban : 上流部は標高が高く一気に雨水が流入するにも関わらず、下流部は低平地であるため、その排水はポンプ場に頼ることになる。

NAIA : ほとんどが低平地で、**Buendia** および **Maricaban** からの排水も流入するエリア。



出典 : LiDAR DATA より JICA 調査団作成

図 3.3.2 各エリアの地形

クライテリア 2-4 については、2009 年台風 Ondoy の被害について、市民防衛局 (OCD : Office of Civil Defence) が状況報告書 (Sitrep) として、インフラ被害、農業被害を集計しており、そのデータを活用した (参考資料 3-1 参照)。マニラ首都圏については各市の被害がまとめられているが、Zapote エリアにある Bacoor 市および Dasmarinas 市についてはカビテ州被害としてまとめられており、カビテ州との面積比により算定した。算定した被害額は下表のとおり。

表 3.3.3 2009 年台風 Ondoy 時の被害

Unit: thousand Php

Tullahan	San Juan	Espana-UST	Buendia	Maricaban	NAIA	Paranaque	Las Pinas	Zapote
29,435	43,622	3,450	2,060	1,195	5,354	24,444	5,728	6,140

出典 : OCD-Sitrep

上述した以外のクライテリアについては、表 3.3.4 に取りまとめた。

表 3.3.4 優先事業実施候補エリアのクライテリアによる評価

Area Name	Area (km) ²	Criteria 1-1		Criteria 2-1		Criteria 2-2	
		Population	Population Density (Person/sqKM)	Inundation Area (km) ²	Inundation Ratio (%)	Population in Inundation Area	Population density in inundation area
Tullahan	90.03	1,609,062	17,873	14.68	16.3	333,970	22,750
San Juan	88.64	1,880,360	21,213	11.43	12.9	327,784	28,678
Espana-UST	10.13	383,280	37,818	4.18	41.2	187,813	44,931
Buendia	16.44	478,371	29,095	5.03	30.6	167,349	33,270
Maricaban	11.64	173,202	14,883	3.13	26.9	87,201	27,860
NAIA	11.46	108,586	9,474	3.58	31.2	50,585	14,130
Paranaque	41.36	582,003	14,073	0.96	2.3	15,988	16,654
Las Pinas	16.58	299,960	18,092	1.97	11.9	47,006	23,861
Zapote	50.34	432,740	8,596	3.61	7.2	66,226	18,345

※：上位3つに網掛け

出典：JICA 調査団

3.3.3 各エリアにおける排水施設整備案

各エリアにおいてはすでに DPWH 調査において排水施設整備案および緊急プロジェクトが提案されていることは2章で述べたとおりである。

一部課題はあるものの、これを踏襲する排水施設整備案とする。ただし、計画に課題が多く、実施困難と判断される Espana-UST エリアおよび Buendia-Maricaban エリアにおいては、後述するように別途日本の地下トンネル技術の活用可能性のある候補エリアとして選定されており、その計画を排水施設整備案として提案する。

(1) Tullahan エリア

2.5.1 に示される河川改修を実施する。

(2) San Juan エリア

2.5.2 に示される河川改修およびポンプ場で対応する。

(3) Espana-UST エリア

2.5.3 に示される Drainage Main の新設とエステロの改修および後述する地下トンネルによる対策を併せて実施する。

(4) Buendia エリア

2.5.4 に示される沿岸部の排水路の浚渫・清掃と、後述する地下トンネルによる対策を併せて実施する。

(5) Maricaban エリア

2.5.5 に示される河川改修と、後述する地下トンネルによる対策を併せて実施する。

(6) NAIA エリア

2.5.6 に示される排水路の浚渫とポンプ場の新設で対応する。

(7) Paranaque エリア

2.5.7 に示される排水路の浚渫とパラペット壁で対応する。

(8) Las Pinas エリア

2.5.8 に示される河川改修と橋梁架け替えおよび洪水ゲートで対応する。

(9) Zapote エリア

2.5.9 に示される河川改修と放水路で対応する。

3.4 日本の地下トンネル技術の活用可能性のある候補エリアの整理

3.4.1 日本の地下河川に関する基本的な考え方

日本では、トンネル河川は開水路に比して下記のような点から極力避けるべきとの考えに立っている²。

- 洪水時の流下物に対し不利
- 流下能力増大への対応が困難
- 河道維持が困難

また、「地下河川は、地形の状況、土地利用の状況、その他特にやむを得ない理由がある場合に限り、設けるものとする。」と位置付けられている³。

3.4.2 日本の地下トンネル技術の活用可能性のある候補エリア選定クライテリア

上記の考え方から、地下トンネル技術の適用に関しては、代替案ではなく、地下トンネルでなければ対策が進まないエリアを選定する必要がある。そのためのクライテリアを DPWH との協議を経て以下の通り設定した。

- 1 対策による大きな効果が期待できること（コアマニラであること）：地下トンネルは、非常に大きな事業費となるプロジェクトであるため、大きな効果が期待できる首都圏中心部がよいと考えられる。そのため、最重要クライテリアとした。
- 2 効果発現の緊急性
 - 2-1 開削工法では多大な用地取得が発生する：多大な用地取得が発生する場合、その調整に時間を要する。そのため、用地取得が限られる地下トンネルが優位となるためクライテリアとして設定した。
 - 2-2 土地利用が高度化している（予想されている）：土地利用が高度化しているもしくは予想されているということは投資が集まる地域と言うことであり、地下トンネルによる早期の効果発現を期待するエリアである。
- 3 交通渋滞
 - 3-1 交通渋滞が激しい：交通渋滞が激しい道路での開削工事は、渋滞を助長するため、地下トンネルが有利となる。
 - 3-2 う回路がない：開削工事のように、道路をある一定の長さで占有した場合は、迂回路が非常に限られるもしくは非常に遠回りをする必要がある。一方で立坑位置のみの占有である地下トンネルは迂回路の選択肢も多い。
- 4 周辺の開発状況
 - 4-1 集水路・放水路のための道路拡幅が困難：土地収用を出来る限り減らそうとする場合、集水路・放水路のためのボックスカルバートは道路下に提案されるケースが多い。道路幅

² 河川砂防技術基準（案）【計画編】

³ 都市河川計画の手引き【立体河川施設計画編】

が狭く住宅が密集している地域では提案するサイズが収まらない可能性がある。この場合、地下でなければならないもしくは地下の方が有利である。

4-2 増強すべきポンプ場の用地確保が困難：マニラ首都圏は、排水のほとんどをポンプ場に頼っているため、新たに排水改善を行う場合には併せてポンプ場の増強・新設が必要となる。そのための空き地等のスペースがない場合、別途抜本的な改善策（ここでは地下トンネル）が必要となる。

設定したクライテリアにより、1)España-UST エリア、2)Buendia エリア、3)Maricaban エリアが選定された。

表 3.4.1 日本の地下トンネル技術活用可能性エリアのクライテリアによる選定

	Tullahan	San Juan	Espana-UST	Buendia	Maricaban	NAIA	Pranaque	Las Pinas	Zapote
1	-	-	○	○	○	○	-	-	-
2-1	○	○	-	○	○	-	-	○	○
2-2	○	○	○	○	○	-	-	○	-
3-1	-	-	○	○	○	-	-	○	○
3-2	-	-	○	-	○	-	-	-	○
4-1	-	-	○	○	-	-	-	-	○
4-2	-	-	-	○	○	-	-	-	-

※：該当するものに○

出典：JICA 調査団

各クライテリアによる評価は以下のとおりである。

(1) 対策による大きな効果が期待できること（コアマニラであること）（クライテリア 1）

2005 年 JICA M/P の調査対象地域がコアマニラとされており、その地域に含まれる Espana-UST、Buendia、Maricaban および NAIA の 4 つの流域とした。

(2) 開削工法だと多大な用地取得が発生する（クライテリア 2-1）

2 章の各エリアで計画されている対策をレビューした。その際、多大な用地取得および住民移転が予想されると評価された Tullahan、San Juan、Buendia、Maricaban、Las Pinas、Zapote の 6 流域とした。

(3) 土地利用が高度化している（予想されている）（クライテリア 2-2）

エリアの人口密度が、モンスーンの影響を受けマニラ首都圏と同様の気象条件下であり、地下河川が整備されている東京 23 区の人口密度（14,849 人/km²、2015 年 9 月 1 日現在）よりも大きい地域を選択した。

(4) 交通渋滞が酷い（クライテリア 3-1）

Google Earth による判読、現地調査、ヒアリングにより、渋滞について確認し、渋滞が酷いと想定されるエリアを選択した。

(5) 迂回路がない（クライテリア 3-2）

Google Map 等の地図による判読で判断した。特に U ターンや一方通行が多いためそれも考慮に入れた。

(6) 集水路・放水路建設のための拡幅が困難（クライテリア 4-1）

DPWH 調査プレゼン資料および WEC 社へのヒアリングにより、提案されている対策の規模と道路幅から判断した。

(7) 増強すべきポンプ場の用地確保が困難（クライテリア 4-2）

DPWH 調査プレゼン資料および WEC 社へのヒアリングにより、提案されている対策の排水先にポンプ場用地が確保できるかどうかを検討した。

3.5 候補エリアにおける概略排水計画案の提示

3.5.1 排水計画前提条件

(1) 周辺環境

2005 年 JICA M/P によると、主に排水路の浚渫・詰まり解消および一部の排水路新設・ポンプ場のリハビリによって、概ね 10 年確率規模の洪水に対応できているとしている。

また、前述したように、地下トンネルの適用は慎重かつ最終手段でなければならない。

そこで、1)2015 年より DPWH が排水路新設を開始したこと、2)MMDA も積極的に排水路・ポンプの維持管理をここ 2, 3 年で進め始めたこと、3)世銀によるポンプ場更新等のプロジェクトが協議されていること、を勘案し、2005 年 JICA M/P で提案している 10 年確率規模は達成されるという前提で、10 年確率規模からの増分に対して地下トンネルで対応することとする。

(2) 計画対象規模

2015 年より DPWH が開始した排水路の新設は、10 年～25 年確率に対応すべく計画されている。また、後述するトンネルの規模を勘案すると、事業費が非常に大きいプロジェクトとなる。DPWH が目標としている 50 年確率規模対応とするためには、地下トンネルへ水が流入するよう、既存の排水路についても 50 年対応としなければならず、長い期間と多大な費用が必要になる。そこで、本事業においては、段階的な整備を前提とし、まずは 25 年確率規模の施設整備計画の検討を行うが、将来的な 50 年確率規模への対応、気候変動への適応を勘案し、拡張性のある計画とする。

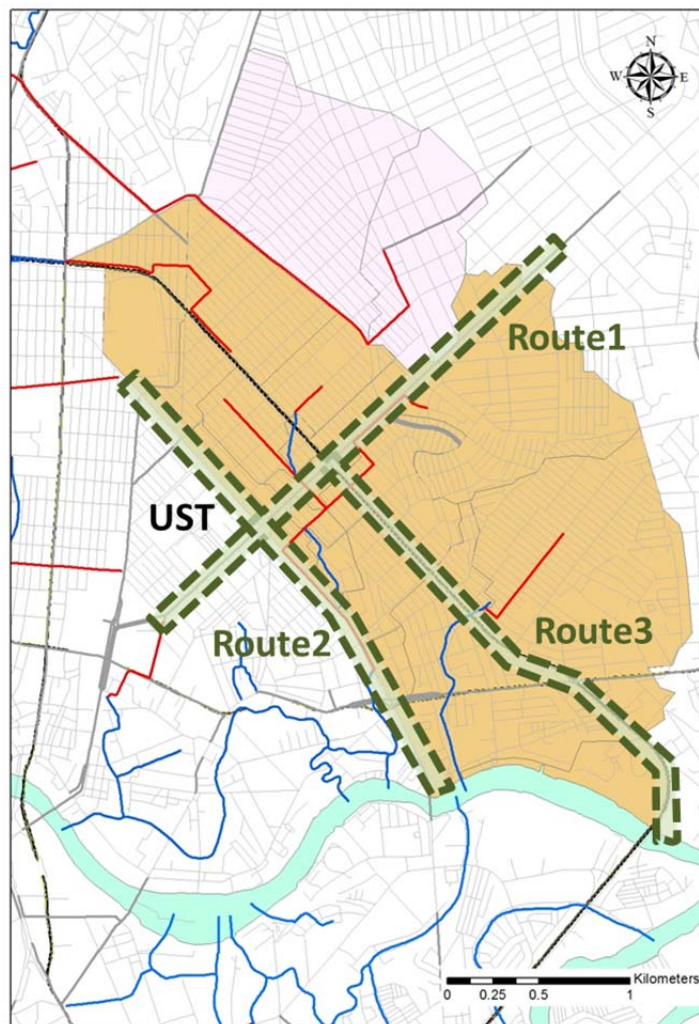
3.5.2 Esnapa-UST

(1) 整備方針

1) 取得できる用地によってルート確定

このエリアは、比較的広い道路・線路が存在しており、以下に示す3つのルートによる柔軟な対応が可能である。したがって、首都圏において最も大きい問題である用地取得の観点から、用地取得が容易であろう空き地の場所によってルートを確定させることとした。

- ルート1：Espana Ave.
- ルート2：Lacson Ave.
- ルート3：フィリピン国鉄（PNR）



出典：JICA 調査団

図 3.5.1 Esnapa-UST エリアの整備方針

2) 貯留管もしくは放水路

流域の氾濫水を貯留管により貯留し、洪水が引いた後にポンプ排水することを基本とする。貯留管では貯めきれない容量となる場合には地下放水路とする。貯留とするメリットとしては、将来的に放水路として活用できるため、計画に拡張性が持てる場所にある。デメリット

トとしては、トンネルの径が大きくなることである。

(2) トンネルルート

衛星写真によって、下図の黄色い点で示す地点を立坑候補地として選定した他、現地調査によりほかに候補地点があるか、選定した候補視点が現在も候補のままであることを確認した。

その結果、SM City San Lazaro 北の空き地および Valencia ポンプ場西の空き地が立坑地点として選定され、図 3.5.2 上のピンク色で示すルートが選定された。これによると、トンネル延長は約 3.5km となる。



出典：JICA 調査団

図 3.5.2 Espana-UST エリアのトンネルルート

(3) 排水区およびトンネルの容量

図 3.5.5 に示す通り、Lacson 通りから北東部が排水区となる。元々の排水区である Area(1)と、10年確率を超える場合に Area(1)に洪水が流入してくる Area(2)に大別される。Area(2)は、10年確率規模で整備される Blumentritt Interceptor の排水区であり、この確率規模を超えると地形に従って Area(1)に流入してくる。以下に示す経緯により、トンネル容量を $446,000\text{m}^3$ とした。

1) 全貯留+洪水後ポンプ排水の場合

設定した排水区に対し、以下の通りトンネル貯留量を算定した。

- ・ Area(1) : 5.86km^2
- ・ Area(2) : 1.56km^2
- ・ 合計 : 7.42km^2
- ・ トンネル延長 : 約 3.5km

- ・流域の流出係数：一律 0.8
- ・対象降雨量（10-25 年確率雨量の差分）：116.3mm
- ・総流出量（トンネル貯留量）：690,357m³
- ・48 時間排水量：4.0m³/s

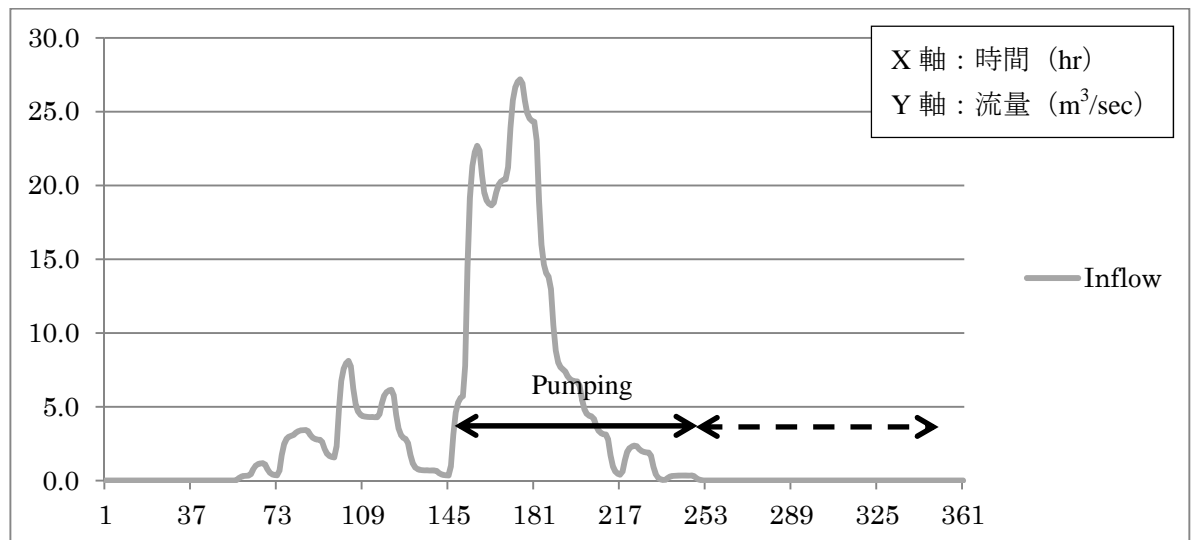
2) 洪水中からポンプ排水の場合

すべてを貯留すると上記の通り非常に大きいトンネルが必要となり、事業費も莫大なものとなる。そこで、トンネル内への流入量が上記で設定したポンプ排水量を越える時点からポンプ排水を開始することによってトンネル貯留量を削減できることから、その可能性について検討した。

トンネルへの流入量は、2005 年 JICA M/P 時に作成された流出モデル（単位図法）を活用し、10 年確率および 25 年確率の差分のハイドログラフを各排水区で作成し合算している。

下図に示すように、ポンプ排水開始から洪水終了まではちょうど 17 時間となり、その間のポンプ排水量は、4.0m³/sec×17 時間×60 分×60 秒=244,800m³となる。

したがって、運用変更によりトンネル貯留量は、690,357-244,800=445,557m³ でよいことになる。



出典：JICA 調査団

図 3.5.3 Espana-UST エリアの排水区からの総流入ハイドログラフ

(4) トンネルへの取り込む流量

各 Intake への流入量は、上記と同様に、各排水区でハイドログラフを作成し、それぞれの Intake で合算して流入ハイドロとした。

下表に各 Intake での確率流量および Intake でのピークカット量を示す。これらの流量を、既存の水路から地下河川へ取りこむ計画とする。

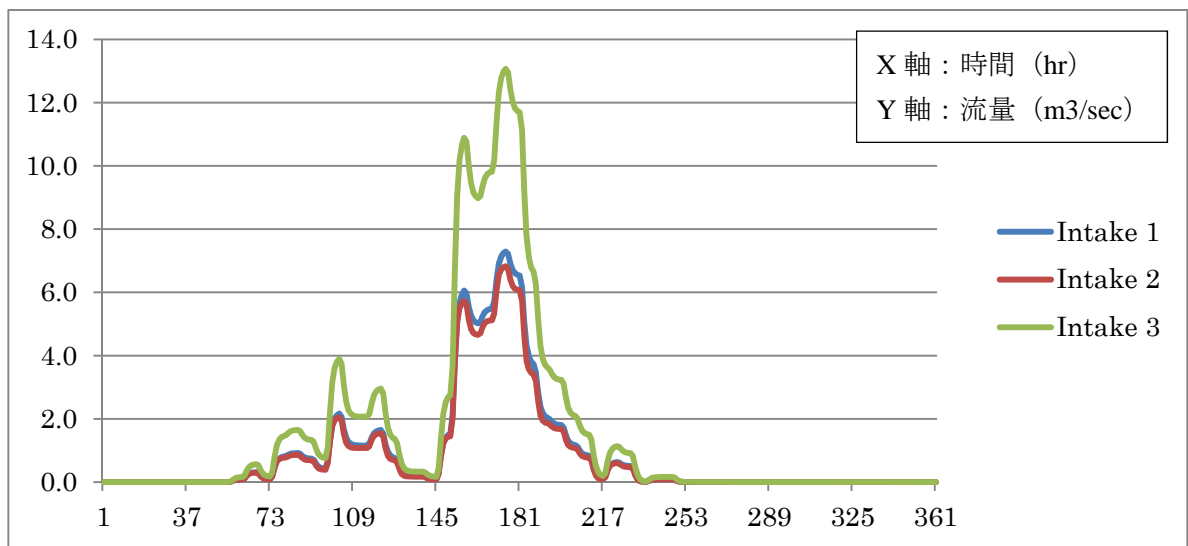


図 3.5.4 各 Intake での流入ハイドログラフ

表 3.5.1 各 Intake での確率流量およびピークカット量

単位：m3/sec

Espana-UST	Intake 1	Intake 2	Intake 3
Catchment Area (km ²)	2.07	1.59	3.74
Q50-yr	38.3	35.8	68.6
Q25-yr	32.3	30.3	57.9
Q10-yr	25.0	23.4	44.9
Cut(25yr-10yr)	7.3	6.9	13.0
Cut(50yr-10yr)	13.3	12.4	23.7

出典：JICA 調査団

(5) 50年確率規模への拡張性

50年確率に対応する場合、上記の表で示す各 Intake でのピークカット量を増やし、トンネルに貯留しつつ、トンネル下流端のポンプ排水量増強を行う。この対応の可否について、Intake からの流入量およびポンプ排水量による単純な出し入れ計算により確認を行った。

ポンプ容量増強（4.0m³/sec→32.6m³/sec）により対応可能であることを確認した。

実施した出し入れ計算については、参考資料 3-2 に添付した。

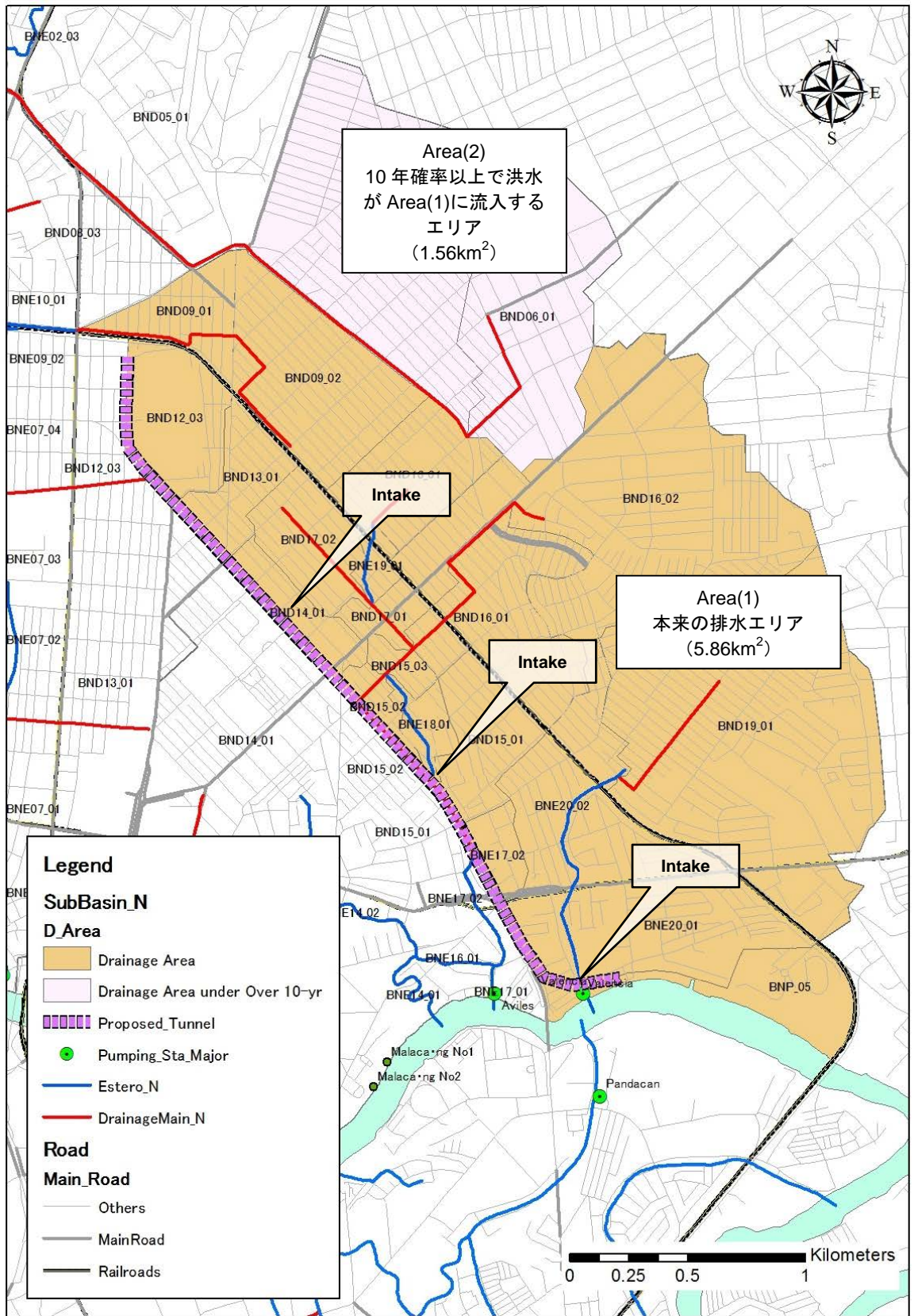
(6) 気候変動への対応

気候変動分見込んで、例えば 30 年確率に対応できるかを検討した。上述と同様の出し入れ計算を行い、ポンプ容量増強（4.0→6.0 m³/sec）および約 10 億円の工事費増により対応可能であることを確認した。

(7) ポンプと貯留管容量のバランスによるコスト削減の可能性

ポンプ容量増強のコスト増と貯留管容量の減少によるコスト減では、後者の効果が大きいいため、ポンプ容量を増加させることで工事費をさらに低減できる可能性は高い。例えば、ポンプを 4→6m³/sec とすると、貯留管容量は、4,460,000→310,000m³ となる。

ただし、ポンプ容量をどこまで大きくできるかおよびトンネルの開水路流れ・圧力流れへの配慮は、トンネルの水理検討による確認が必要となる。



出典：JICA 調査団

図 3.5.5 Espana-UST エリアの排水区

3.5.3 Buendia-Maricaban

(1) 整備方針

1) Buendia エリアと Maricaban エリアは一体として検討する

後述するが、トンネルルートが Maricaban 川を横切る形となるため、Maricaban エリアと Buendia エリアを一体として対策を検討する。ちなみに、2005 年 JICA M/P においても、これらの排水区は、Libeltad および Tripa de Gallina 両方の排水区として一体で取り扱っており、M/P からの整合性も確保できる。

2) 貯留管もしくは放水路

DPWH 調査で提案されている PNR インターセプターについては、流域を分断している道路沿いであること、浸水域でもあることから、効率的に水が集まる位置にあり、妥当と考える。そこで、この流域の氾濫水を貯留管により貯留し、ポンプ排水することを基本とする。貯留管では貯めきれない容量となる場合には地下放水路とする。

3) マニラ湾への排水を基本とする

現在の DPWH 調査では、パッシング川に排水する計画となっているが、元々パッシング川の流域でないエリアがほとんどであるため、他流域の洪水を首都圏を貫流するパッシング川に負担させることは避けるべきと考え、まずはマニラ湾への排水を優先して検討する。

4) 外水処理は最終手段

現在の DPWH 調査では、Maricaban 川の右支川の外水を分流して排水する計画となっている。流域変更を避けるため、まずは Maricaban 川の河川改修の可能性を再度確認する。



背景図：DPWH 調査プレゼン資料より

図 3.5.6 Buendia-Maricaban エリアの整備方針

(2) トンネルルート

内陸側の立坑位置については、必要な広さを有する空き地が一ヶ所しかなく、下図に示す Nicols インターチェンジ内の空き地を選定した。

トンネルが通せる可能性のあるルートとして下図に示す3ルートを選定した。このうち、私有地（道路沿いの家々）を全く通らないもしくは最小限で済むルートとしてルート3を選定した。

- ルート1：Osmania Highway - Mataas na Lupa St. - Quirino Ave.の約8.2km
- ルート2：Osmania Highway - Ocampo St. - Pedro Bukaneg St.の約7.7km
- ルート3：Osmania Highway - Senator Gil Puyat Ave. (Buendia Ave.)の約7.2km



出典：JICA 調査団

図 3.5.7 Buendia-Maricaban エリアのトンネルルート

それぞれのルートの特徴は以下の通り。

1) ルート1

Mataas na Lupa St.の道幅が約6.5mしかなく、隣のSan Andres St.も約10mで、想定されるトンネルの径を考慮すると、道路幅を超えて民地の下を通ることになる。

終点の立坑およびポンプ場の用地が陸上になく、マニラ湾にケーソンによりポンプ場を設置することになる。

2) ルート2

Ocampo St.の道幅が約9~10しかなくルート1と同様に民地の下を通る必要がでてくる。終点の立坑およびポンプ場用地としては、Pedro Bukaneg St.沿いに大規模駐車場が並んでおりその用地が利用可能と想定される。

3) ルート 3

Osmenia Highway と Senator Gil Puyat Ave. (Buendia Ave.)の交差点でシールドが曲がりきれ
るかどうかによるが、計画段階で民地が引っかかることはないと想定している。終点の立坑
およびポンプ場用地としては、ルートの終点の海岸エリアが使用可能と想定される。

(3) 排水区およびトンネルの容量

図 3.3.6 に示す通り、Osmenia Hwy に沿って、Nocols 駅から Quirino Ave.までの区間の排水
区を対象とした。以下に示す経緯によりトンネル容量は $844,000\text{m}^3$ とした。

1) 全貯留+洪水後ポンプ排水の場合

設定した排水区に対し、以下の通りトンネル貯留量を算定した。

- ・排水エリア： 15.00km^2
- ・トンネル延長：約 7.2km
- ・流域の流出係数：一律 0.75
- ・対象降雨量（10-25 年確率雨量の差分）：116.3mm
- ・総流出量（トンネル貯留量）： $1,308,375\text{m}^3$
- ・48 時間排水量： $7.6\text{m}^3/\text{s}$

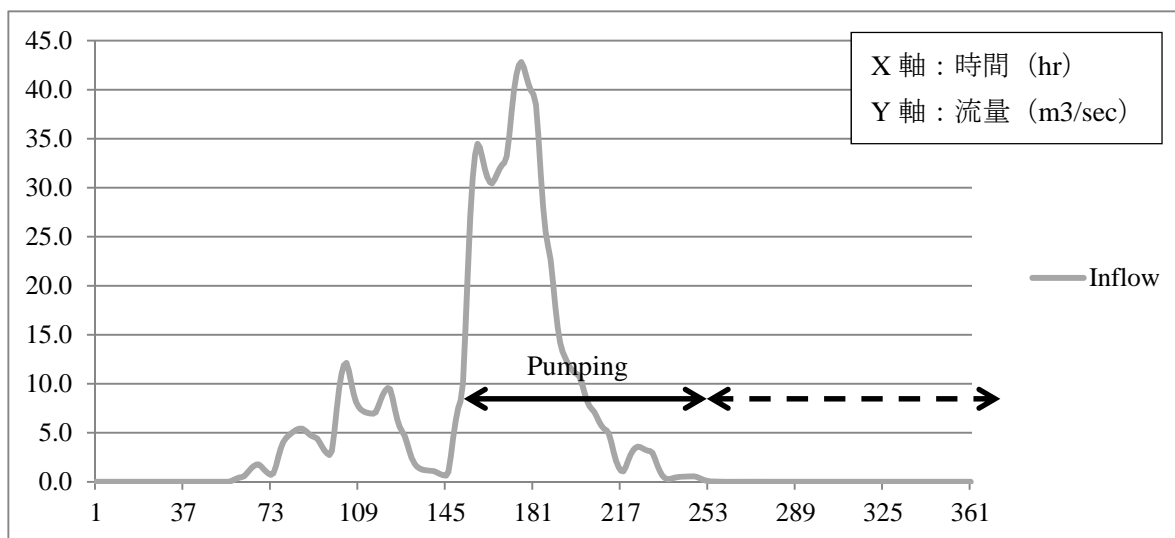
2) 洪水中からポンプ排水の場合

上記の通り、洪水をすべて貯留するためには、非常に大きいトンネルが必要となり、事業
費も莫大なものとなる。そこで、トンネル内へ流入量が上記のポンプ排水量を超える時点か
らポンプ排水を開始することによってトンネル貯留量を削減することを検討した。

トンネルへの流入ハイドログラフは、2005 年 JICA M/P 時に作成された流出モデル（単位
図法）を活用し、10 年確率および 25 年確率の差分のハイドログラフを各排水区で作成し、
合算している。

図に示すように、ポンプ排水開始から洪水終了まではちょうど 17 時間となり、その間のポ
ンプ排水量は $7.6\text{m}^3/\text{sec} \times 17 \text{ 時間} \times 60 \text{ 分} \times 60 \text{ 秒} = 464,530\text{m}^3$ となる。

したがって、ポンプの運用変更による貯水量は、 $1,308,375 - 464,530 = 843,845\text{m}^3$ でよいこと
になる。



出典：JICA 調査団

図 3.5.8 Buendia-Maricaban エリアの排水区からの総流入ハイドログラフ

(4) トンネルへの取り込む流量

各 Intake への流入量は、上記と同様に、各排水区でハイドログラフを作成し、それぞれの Intake で合算して流入ハイドロとした。

下表に各 Intake での確率流量および Intake でのピークカット量を示す。これらの流量を、既存の水路から地下河川へ取りこむ計画とする。

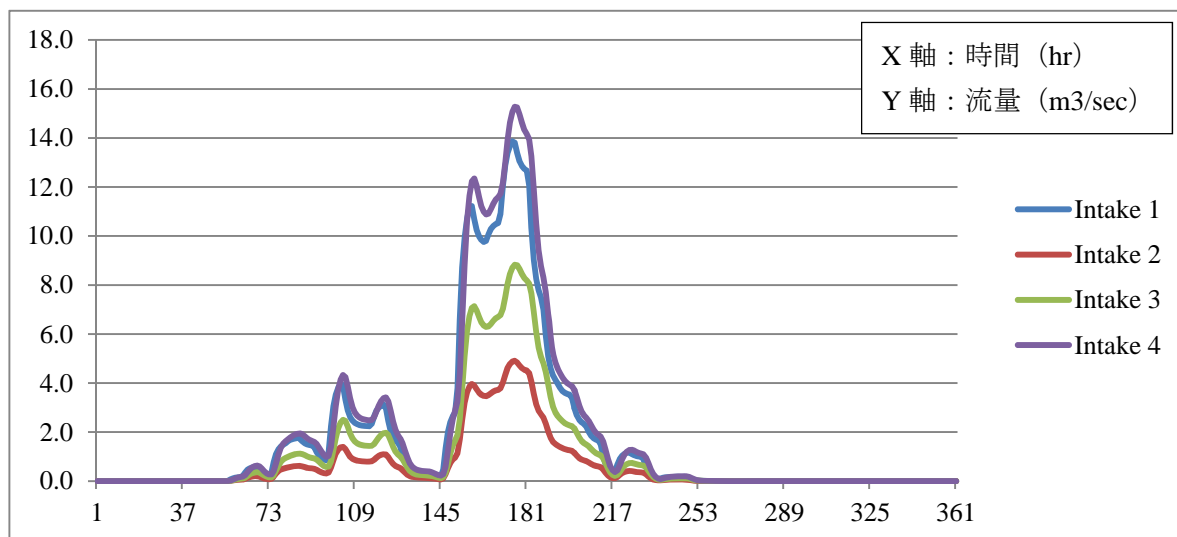


図 3.5.9 各 Intake での流入ハイドログラフ

表 3.5.2 各 Intake での確率流量およびピークカット量

単位：m³/sec

Buendia	Intake 1	Intake 2	Intake 3	Intake 4
Catchment Area (km ²)	5.77	1.80	2.72	4.71
Q50-yr	79.7	25.8	46.4	80.2
Q25-yr	68.4	21.8	39.1	67.7
Q10-yr	54.8	16.9	30.3	52.5
Cut(25yr-10yr)	13.6	4.9	8.8	15.2
Cut(50yr-10yr)	24.9	8.9	16.1	27.7

出典：JICA 調査団

(5) 50 年確率規模への拡張性

50 年確率に対応する場合、上記の表で示す各 Intake でのピークカット量を増やし、トンネルに貯留しつつ、トンネル下流端のポンプ排水量増強を行う。この対応の可否について、Intake からの流入量およびポンプ排水量による単純な出し入れ計算により確認を行った。

ポンプ容量増強 (7.6m³/sec→44.7m³/sec) により対応可能であることを確認した。

実施した出し入れ計算については、参考資料 3-3 に添付した。

(6) 気候変動への対応

気候変動分見込んで、例えば 30 年確率に対応できるかを検討した。上述と同様の出し入れ計算を行い、ポンプ容量増強 (7.6→15.7 m³/sec) および約 30 億円の工事費増により対応可能であることを確認した。

(7) ポンプと貯留管容量のバランスによるコスト縮減の可能性

ポンプ容量増強のコスト増と貯留管容量の減少によるコスト減では、後者の効果が大きい
ため、ポンプ容量を増加させることで工事費をさらに低減できる可能性は高い。例えば、ポ
ンプを $7.6 \rightarrow 11.4 \text{m}^3/\text{sec}$ とすると、貯留管容量は $844,000 \rightarrow 740,000 \text{m}^3$ に削減でき、総工事費は
合計で下がる可能性がある。

ただし、ポンプ容量をどこまで大きくできるか、およびトンネルの開水路流れ・圧力流れ
への配慮は、トンネルの水理検討による確認が必要となる。

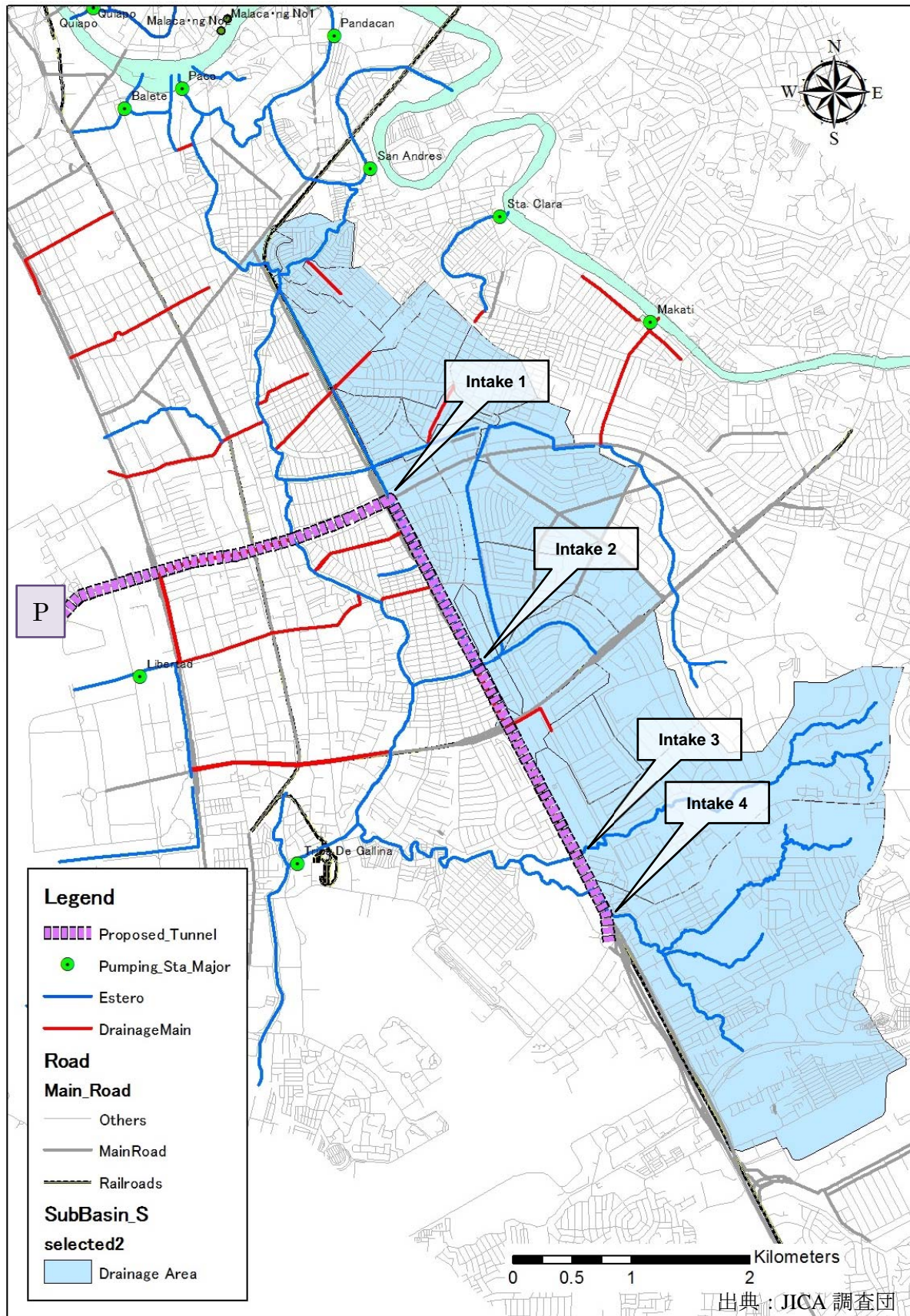


図 3.5.10 Buendia-Maricaban エリアの排水区

3.6 洪水氾濫解析

3.6.1 洪水氾濫モデル

(1) モデルの概要

本検討は、主に都市水路における内水氾濫を対象としていることから、氾濫解析モデルの堤内地メッシュへ直接雨量を与えて内水氾濫現象を解析することも想定される。しかしながら、洪水の到達時間や氾濫流の流下時間などの時間スケールを適切に表現するため、本検討では、2011年のWorld Bank (WB)マスタープラン調査で用いられた既存の氾濫解析モデル（以下、既存モデル）を改良して洪水氾濫解析を実施した。既存モデルは、降雨データを外力条件とし、降雨流出解析で得られた流量を水路へ与え、河道追跡の1次元不定流モデルおよび堤内地の平面2次元不定流モデルを組み合わせでシミュレーションするものである。解析ソフトは、MIKE-FLOOD (DHI社製)を採用している。

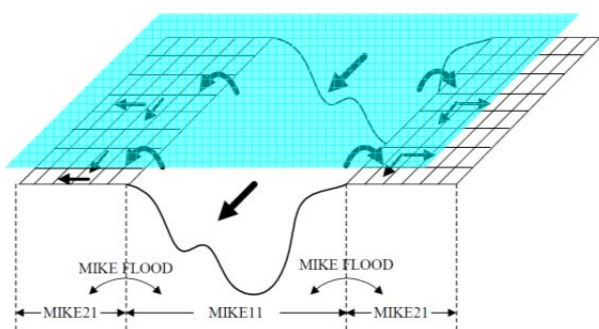


図 3.6.1 モデルの構成

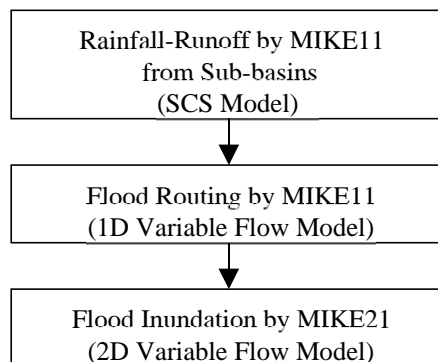


図 3.6.2 洪水氾濫解析の流れ

(2) 降雨流出解析モデル

降雨流出解析は、既存モデルにおける単位図法（SCS法）を用いた。単位図法における損失降雨は、既往調査（WEC調査）を参考として、流出係数を北マニラ $C=0.80$ 、南マニラ $C=0.75$ と設定した。また、単位図法のLagTime（遅れ時間）は、既存モデルにおける設定値（表 3.6.2 参照）を踏襲した。流出解析に用いて流域分割図を図 3.6.3 および図 3.6.4 に示す。

(3) 水路ネットワークおよびポンプ

水路ネットワークについても既存モデルを基本とし、横断データは、DCAMM調査における現況断面と、同調査で提案されたマスタープラン案の計画断面を用いた。表 3.6.3 に洪水氾濫解析で設定された水路及び暗渠の一覧を示す。現況水路の粗度係数は、台風オンドイの再現計算によるトライアルによって、表 3.6.1 に示す通り、既存モデルから変更した。計画水路は、マスタープラン案と同様に設定した。

ポンプ場は、既存モデルで設定された16箇所の設定を踏襲した。ポンプ場諸元の詳細は第2章に述べる。これら河川ネットワーク及びポンプ場の位置図を図 3.6.5 に示す。

表 3.6.1 水路および暗渠の粗度係数 n の設定値

種別	既存モデルにおけるマンニング粗度係数		本調査におけるマンニング粗度係数	
	現況	計画	現況	計画
水路	n = 0.030	n = 0.030	n = 0.050	n = 0.025
暗渠	n = 0.018	n = 0.015	n = 0.050	n = 0.015

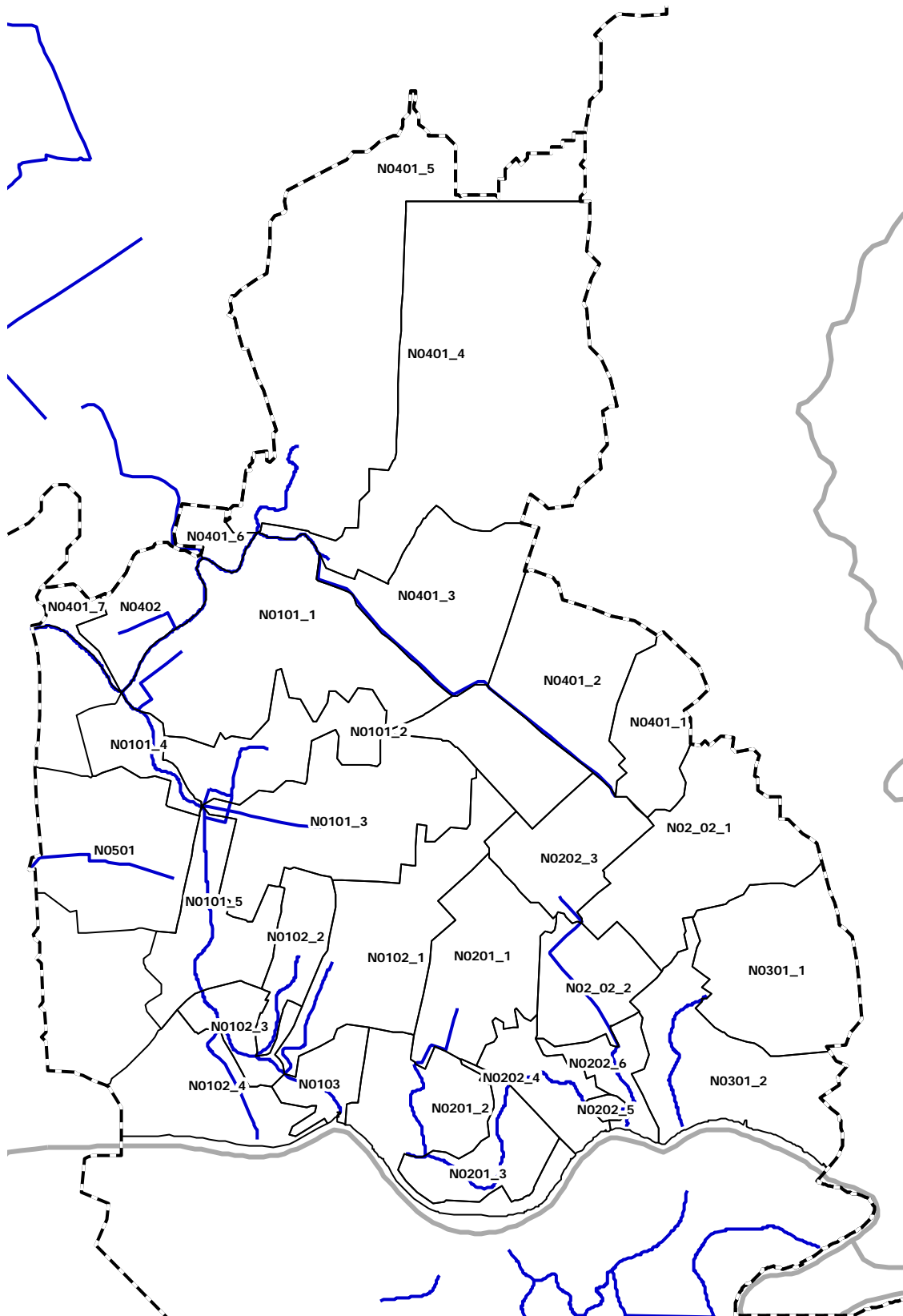
出典：JICA 調査団

表 3.6.2 流域毎遅れ時間 (Lag Time) の設定値

流域番号	流域面積 (km ²)	流入時間 T _{IN} (s)	流下時間 T _F (s)	到達時間 T _C (s)	遅れ時間 T _{LAG} (hr)	流域番号	流域面積 (km ²)	流入時間 T _{IN} (s)	流下時間 T _F (s)	到達時間 T _C (s)	遅れ時間 T _{LAG} (hr)
N0101_1	1.8	1,024	1,702	2,725	0.45	S0101_1	0.7	0	1,144	1,144	0.19
N0101_2	1.3	2,712	1,489	4,201	0.70	S0101_2	1.5	0	2,134	2,134	0.36
N0101_3	1.4	341	1,626	1,967	0.33	S0101_3	1.2	0	1,485	1,485	0.25
N0101_4	0.3	0	995	995	0.17	S0101_4	1.4	350	1,377	1,727	0.29
N0101_5	0.7	0	1,419	1,419	0.24	S0101_5	0.7	0	1,960	1,960	0.33
N0102_1	1.2	293	2,747	3,040	0.51	S0101_6	8.3	2,842	333	3,175	0.53
N0102_2	0.4	0	1,161	1,161	0.19	S0101_7	2.5	0	1,613	1,613	0.27
N0102_3	0.3	0	1,055	1,055	0.18	S0101_8	0.7	0	1,475	1,475	0.25
N0102_4	0.8	0	1,532	1,532	0.26	S0102_1	1.1	0	2,739	2,739	0.46
N0103_1	0.3	0	1,455	1,455	0.24	S0102_2	0.8	1,087	2,752	3,839	0.64
N0201_1	0.9	390	2,666	3,056	0.51	S0102_3	0.6	3,135	1,164	4,299	0.72
N0201_2	0.7	0	1,459	1,459	0.24	S0102_4	0.3	0	1,501	1,501	0.25
N0201_3	0.5	0	1,381	1,381	0.23	S0102_5	0.3	0	1,230	1,230	0.21
N0202_1	1.3	840	1,545	2,384	0.40	S0102_6	0.1	0	1,005	1,005	0.17
N0202_2	0.6	0	1,500	1,500	0.25	S0102_7	0.1	0	1,016	1,016	0.17
N0202_3	0.7	464	1,370	1,834	0.31	S0102_8	0.2	0	842	842	0.14
N0202_4	0.4	0	1,357	1,357	0.23	S0102_9	0.4	434	1,299	1,733	0.29
N0202_5	0.0	0	682	682	0.11	S0102_10	1.1	0	1,602	1,602	0.27
N0202_6	0.3	0	1,210	1,210	0.20	S0102_11	1.0	0	1,790	1,790	0.30
N0301_1	1.2	348	1,143	1,491	0.25	S0102_12	1.4	0	1,915	1,915	0.32
N0301_2	1.2	0	1,541	1,541	0.26	S0103_1	0.9	0	2,455	2,455	0.41
N0401_1	0.6	0	1,022	1,022	0.17	S0103_2	0.5	0	1,593	1,593	0.27
N0401_2	1.0	0	1,312	1,312	0.22	S0201	0.7	1,417	1,993	3,411	0.57
N0401_3	1.1	0	1,097	1,097	0.18	S0301_1	1.2	0	1,524	1,524	0.25
N0401_4	3.5	858	2,061	2,919	0.49	S0301_2	0.3	0	942	942	0.16
N0401_5	3.0	0	1,923	1,923	0.32	S0301_3	0.0	0	555	555	0.09
N0401_6	0.2	0	1,362	1,362	0.23	S0302	1.1	0	1,795	1,795	0.30
N0401_7	0.1	0	1,055	1,055	0.18	S0303_1	1.1	4,873	1,718	6,591	1.10
N0402	0.5	0	1,179	1,179	0.20	S0303_2	1.0	889	1,837	2,726	0.45
N0501	1.1	0	2,122	2,122	0.35	S0303_3	1.1	0	1,372	1,372	0.23
						S0401	1.6	0	1,859	1,859	0.31
						S0501_1	1.0	0	2,049	2,049	0.34
						S0501_2	0.7	0	1,163	1,163	0.19
						S0502	2.7	0	1,326	1,326	0.22
						S0601_1	0.9	0	1,238	1,238	0.21
						S0601_2	0.9	0	1,220	1,220	0.20

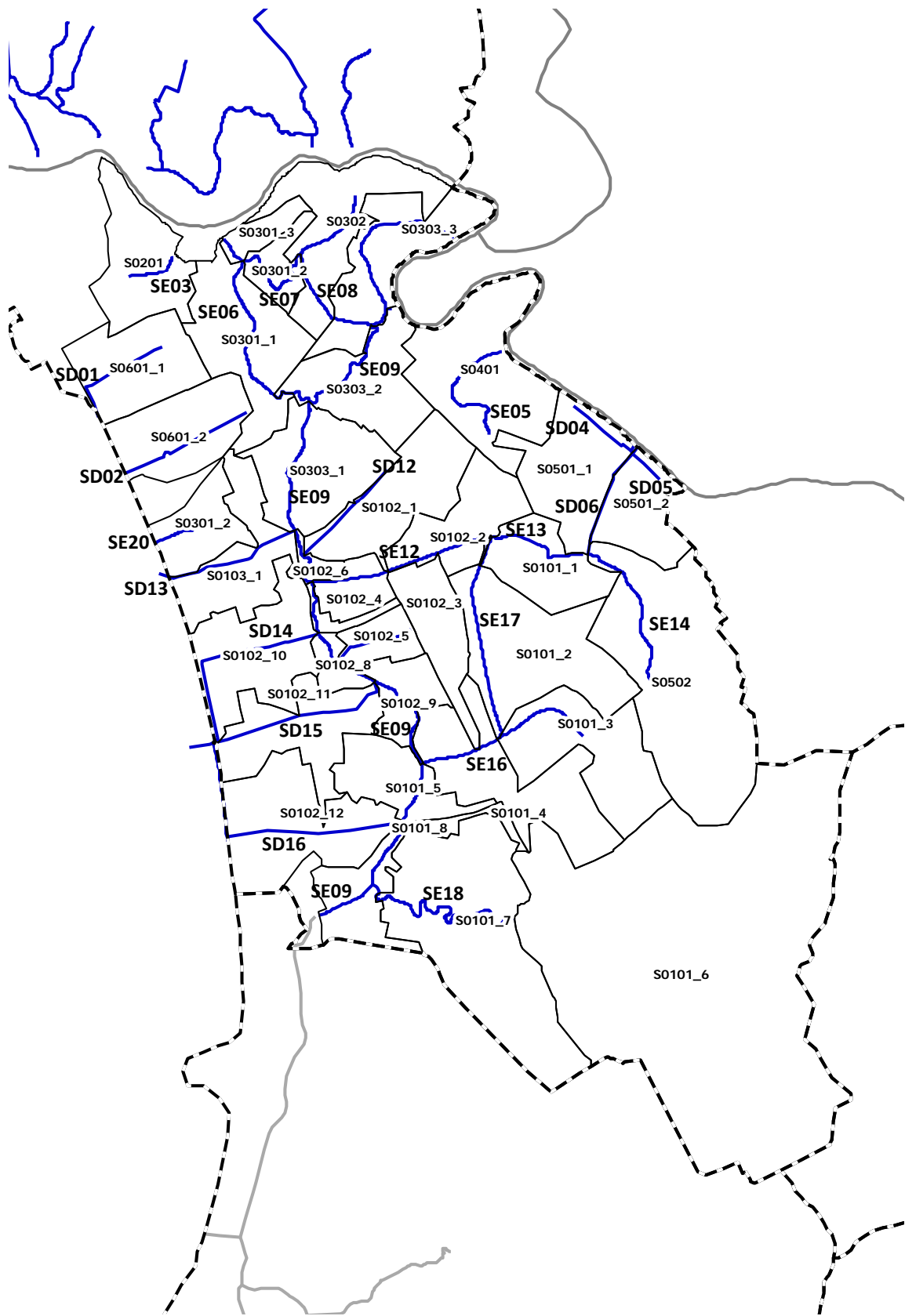
出典：2011年 WB 調査

注：T_{LAG} = 0.6 T_C, T_C = T_{IN} + T_F



出典：2011年WB調査

図 3.6.3 流域分割図（北マニラ）



出典：2011年WB調査

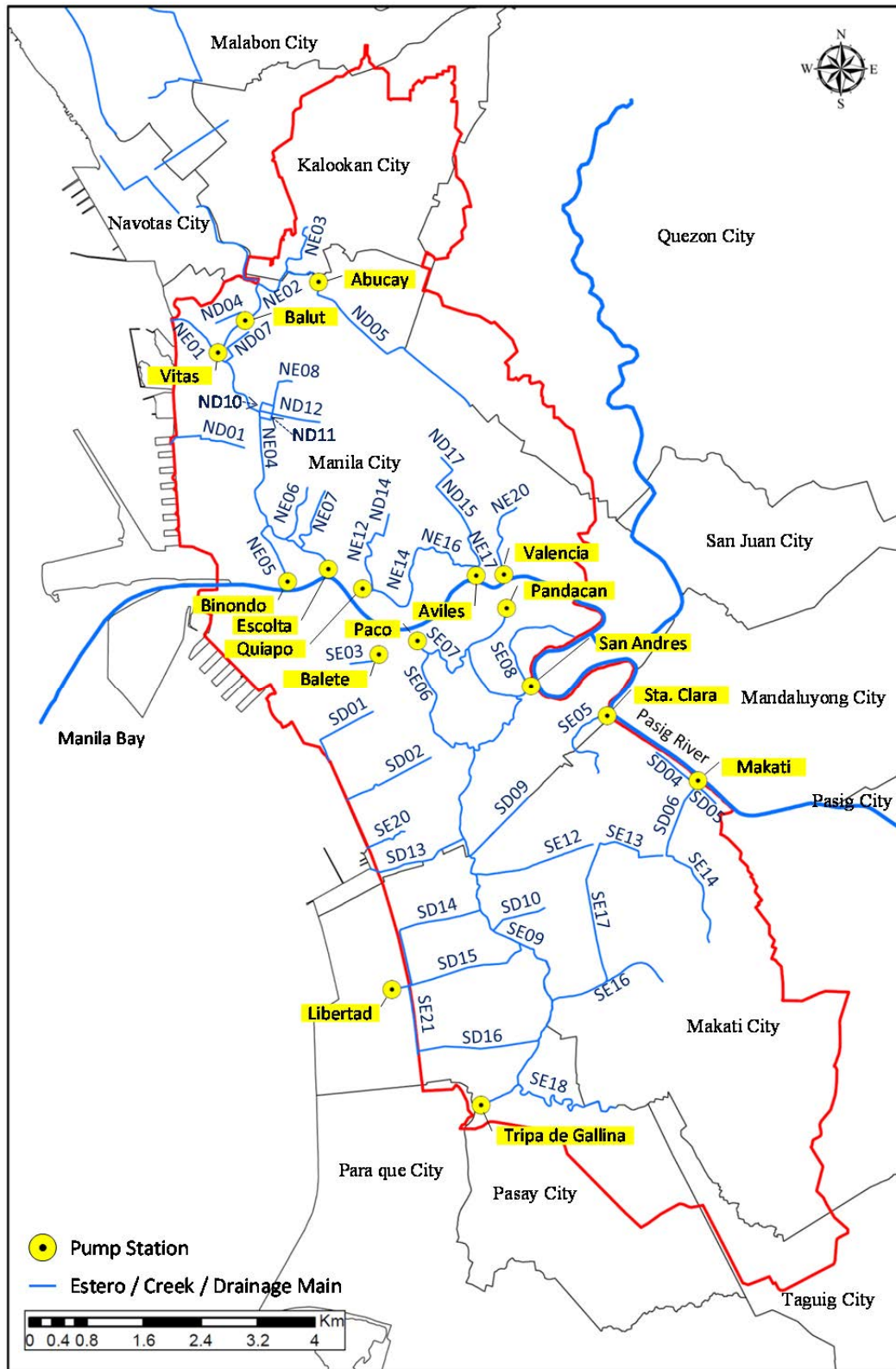
図 3.6.4 流域分割図（南マニラ）

表 3.6.3 洪水氾濫モデルで設定した水路の一覧

範囲	No	水路名		種別	延長 (km)	断面数	二次元メッシュとのリンク
Core Area (North)	1	NE01	Estero de Vitas	E	1.99	13 secs.	yes
	2	NE02	Estero de Sunog Apog/Maypajo	E	2.44	13 secs.	yes
	3	NE03	Casili Creek	E	0.90	5 secs.	yes
	4	NE04	Estero de la Reina	E	2.84	16 secs.	yes
	5	NE05	Estero de Binondo	E	0.92	7 secs.	yes
	6	NE06	Estero de Magdalene	E	0.85	4 secs.	yes
	7	NE07	Estero de San Lazaro	E	1.01	8 secs.	yes
	8	NE08	Estero de Kabulusan	E	0.69	8 secs.	yes
	9	NE12	Estero de Quiapo	E	0.90	8 secs.	yes
	10	NE14	Estero de San Miguel/Uli Uli	E	2.04	15 secs.	yes
	11	NE16	Estero de Aviles	E	0.35	2 secs.	yes
	12	NE17	Estero de Sampaloc I	E	0.66	7 secs.	yes
	13	NE20	Estero de Valencia	E	1.13	9 secs.	yes
	14	ND01	Pacheco	D	1.16	9 secs.	yes
	15	ND04	Buendia	D	0.51	5 secs.	yes
	16	ND05	Blumentritt Interceptor	D	2.98	18 secs.	yes
	17	ND07	Pampanga-Earnshaw Sub	D	0.65	4 secs.	yes
	18	ND10	Kabulusan Sub	D	0.14	2 secs.	yes
	19	ND11	Kabulusan	D	0.37	4 secs.	yes
	20	ND12	Tayuman	D	0.86	7 secs.	yes
	21	ND14	Severino Reyes	D	0.65	7 secs.	yes
	22	ND15	Lepanto-Gov. Forbes	D	1.16	7 secs.	yes
	23	ND17	Economia	D	0.26	3 secs.	yes
Core Area (South)	1	SE03	Estero de Balete	E	0.50	3 secs.	yes
	2	SE05	Santa Clara Creek	E	1.39	10 secs.	yes
	3	SE06	Estero de Paco	E	2.27	10 secs.	yes
	4	SE07	Estero de Concordia	E	1.07	8 secs.	yes
	5	SE08	Estero de Pandacan	E	3.86	23 secs.	yes
	6	SE08add		E	0.05	estimated	yes
	7	SE09	Estero Tripa de Gallina	E	7.54	45 secs.	yes
	8	SE12	Calatagan Creek I	E	1.71	11 secs.	yes
	9	SE13	Calatagan Creek II	E	1.00	5 secs.	yes
	10	SE14	Calatagan Creek III	E	1.54	5 secs.	yes
	11	SE16	Makati Diversion Channel I	E	1.79	10 secs.	yes
	12	SE17	Makati Diversion Channel II	E	1.99	6 secs.	yes
	13	SE18	Dilain Creek/Maricanban Creek I	E	2.27	12 secs.	yes
	14	SE20	Estero de San Antonio Abad	E	0.61	5 secs.	yes
	15	SE21	Libertad Channel	E	1.21	4 secs.	yes
	16	SD01	Padre Faura	D	1.16	7 secs.	yes
	17	SD02	Remedios	D	1.35	6 secs.	yes
	18	SD04	Makati Headrace-I	D	0.71	4 secs.	yes
	19	SD05	Makati Headrace-II	D	0.45	3 secs.	yes
	20	SD06	Zobel Orbit	D	1.17	5 secs.	yes
	21	SD09	Zobel Roxas	D	1.16	8 secs.	yes
	22	SD10	Faraday	D	0.82	9 secs.	yes
	23	SD13	Vito Cruz	D	1.45	6 secs.	yes
	24	SD14	Buendia Outfall	D	1.99	4 secs.	yes
	25	SD15	Libertad Outfall	D	1.80	4 secs.	yes
	26	SD16	EDSA Outfall	D	1.72	3 secs.	yes

出典：2011年WB調査

注：E- estero/creek, D- drainage main (box culvert)

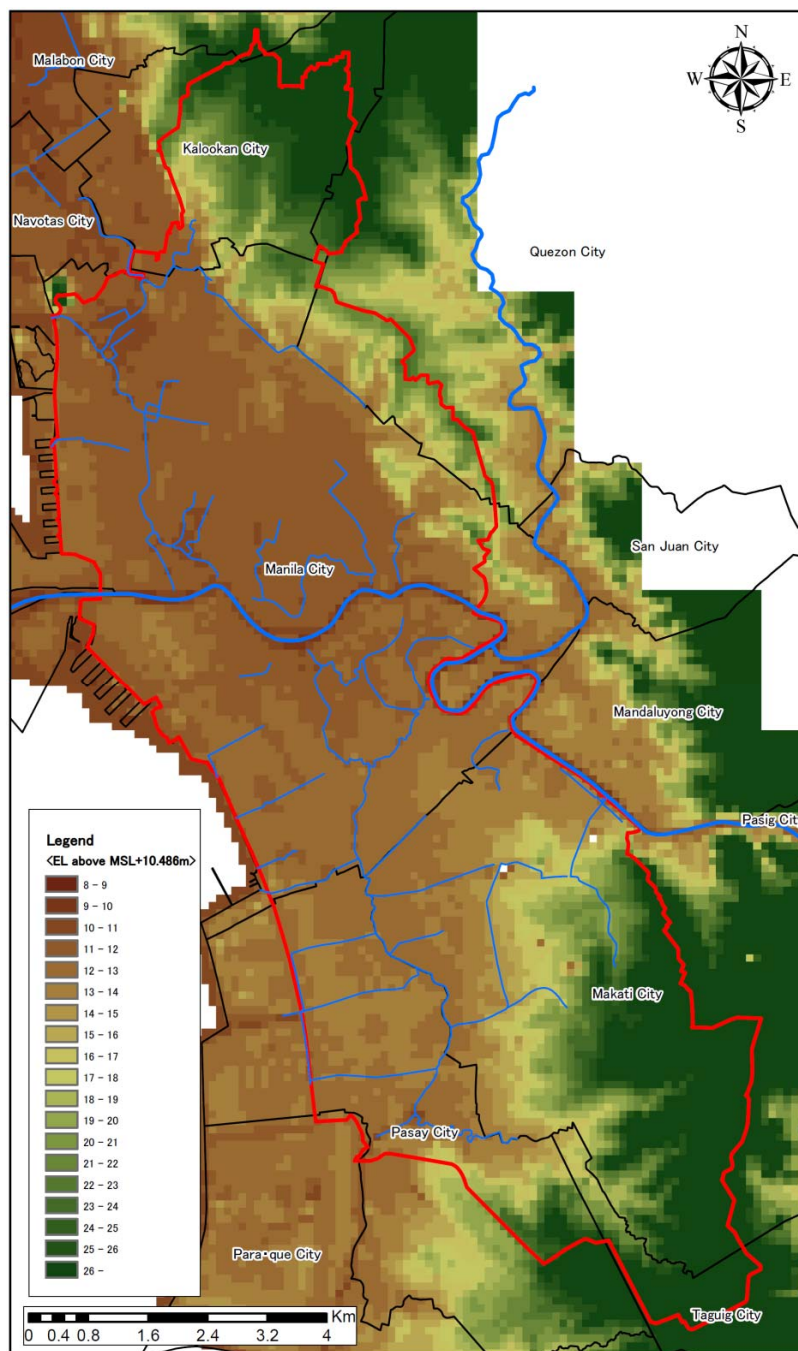


出典：JICA 調査団

図 3.6.5 洪水氾濫モデルで設定した水路およびポンプ場の位置図

(4) 氾濫原標高 (DEM) 及び氾濫原粗度係数

氾濫解析モデルに用いる Digital Elevation Model (DEM)は、The Department of Science and Technology - Advanced Science and Technology Institute (DOST-ASTI)が 2011 年にメトロマニラ周辺において実施した航空レーザー測量成果 (LiDAR データ) を用いて作成した。100m グリッド毎の標高値の作成方法は、100m グリッド内に含まれる 1m 毎の LiDAR データの算術平均値とした。作成した DEM を用いた標高分布を以下に示す。なお氾濫原粗度係数は、既存モデルと同様に一律 $n=0.100$ とした。



出典：JICA 調査団

図 3.6.6 100m メッシュ標高分布図

3.6.2 氾濫解析結果

(1) 計算ケース

氾濫解析は、以下のケースを実施した。

表 3.6.4 氾濫解析ケース一覧

Branch Condition	Rainfall					
	Typhoon Ondoy Reproduction	5-yr	10-yr	25-yr	50-yr	100yr
Present Condition	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Present Condition with TUNNEL	—	✓	✓	✓	✓	✓
With TUNNEL + DICAMM2005	—	—	—	✓	—	—

出典：JICA 調査団

(2) 想定氾濫区域図

2009 年台風オンドイの再現計算および、確率規模 25 年の『現況』、『現況+貯留管』、『貯留管+DICAMM プロジェクトあり』の 3 ケースの想定氾濫区域図を以下に示す。その他のケースについては、参考資料編に掲載した。

1) 2009 年台風 Ondoy パターン

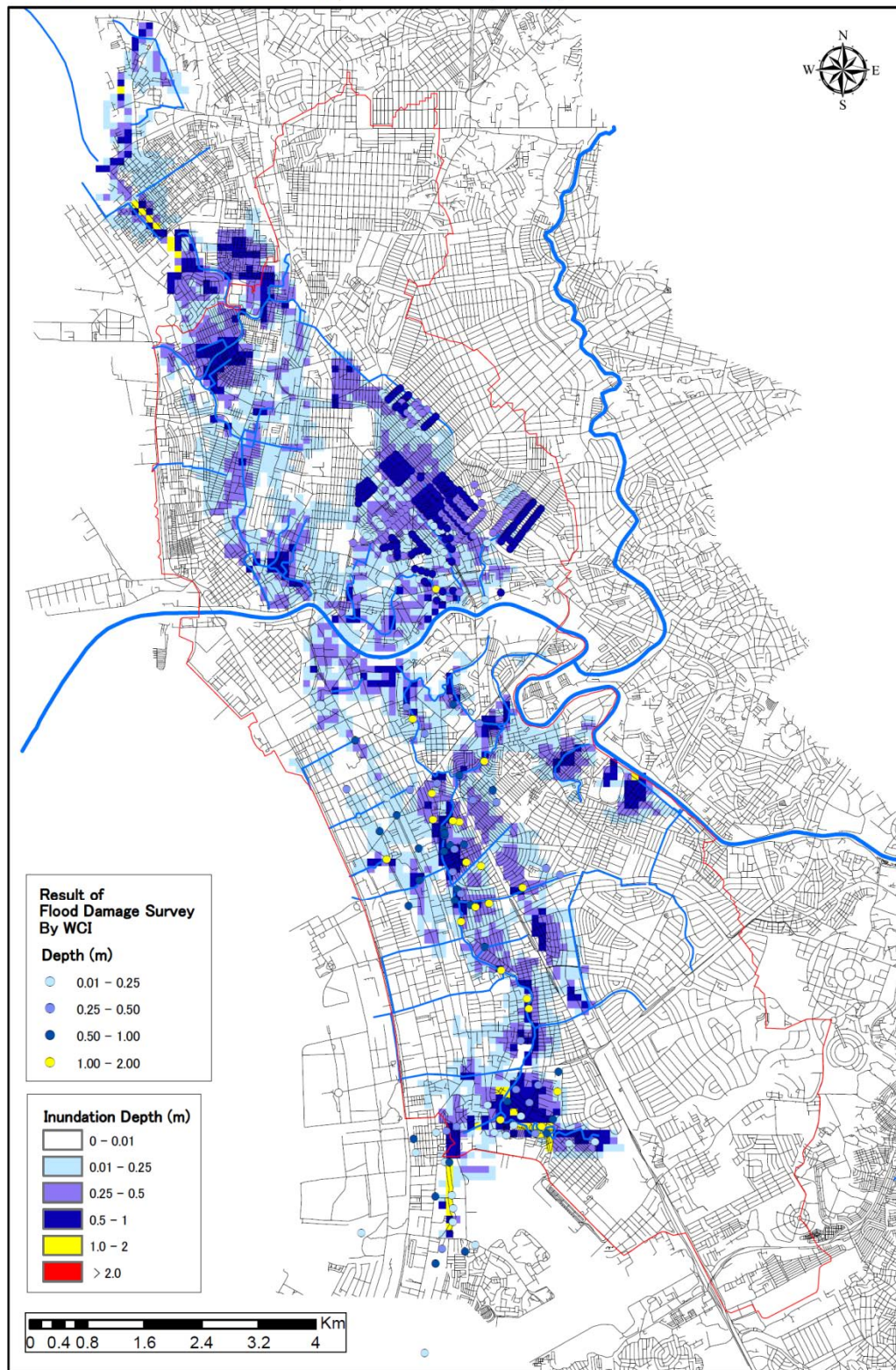
2009 年 9 月の台風オンドイを対象に再現計算を行った。「Woodfield Engineers Company (以下 WEC)」による被害実態調査結果を重ね合わせた結果を図 3.6.7 に示す。WEC による被害実態調査がコアマニラ全域を対象としていないため、全体的な比較はできない。浸水深ランクの比較において、被害実態調査の方が大きめの値（浸水ランク 1.0~2.0m）となっている箇所も見受けられるが、概ね一致しているものと判断する。

2) 確率規模 25 年

確率規模 25 年の『現況』、『現況+貯留管』、『貯留管+DICAMM プロジェクト』の 3 ケースの比較を行った。

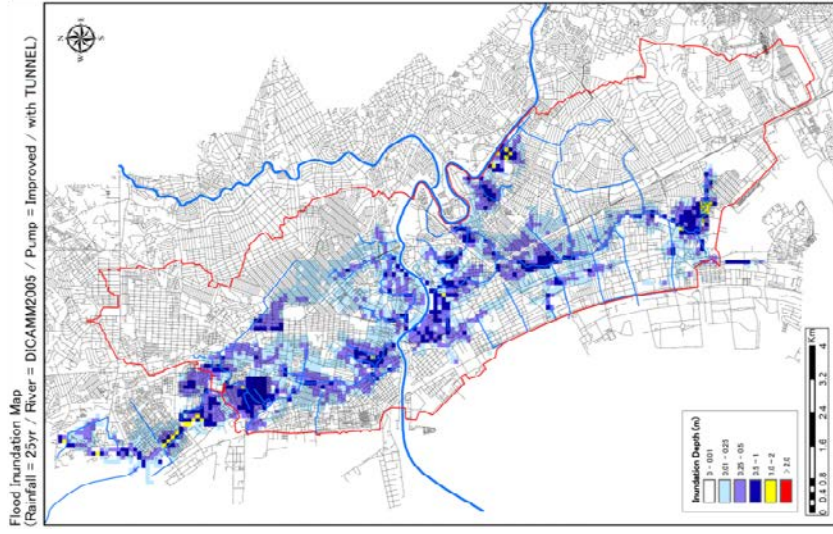
『現況』と『現況+貯留管』を比較すると、図 3.6.8 の赤丸で示した範囲で浸水深が低減しており、プロジェクト効果が視覚的に確認できる。

Flood Inundation Map
 (Rainfall = Ondoy / River = Improved / Pump = Improved)

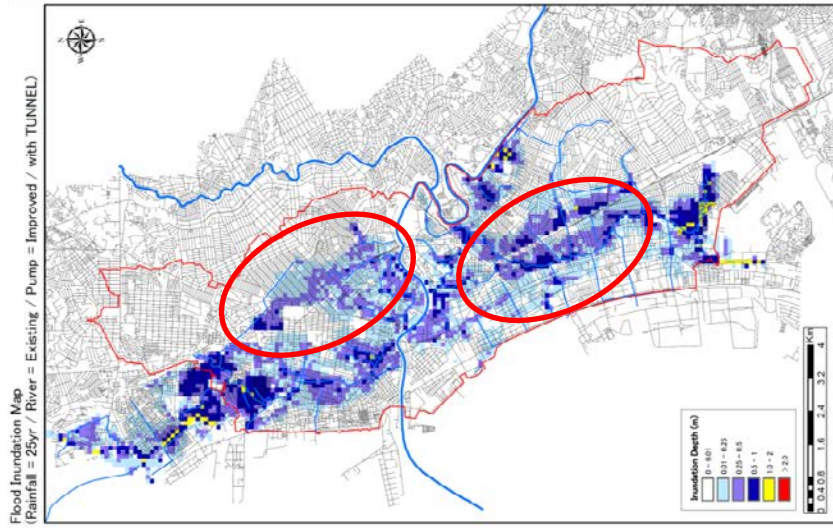


出典：JICA 調査団

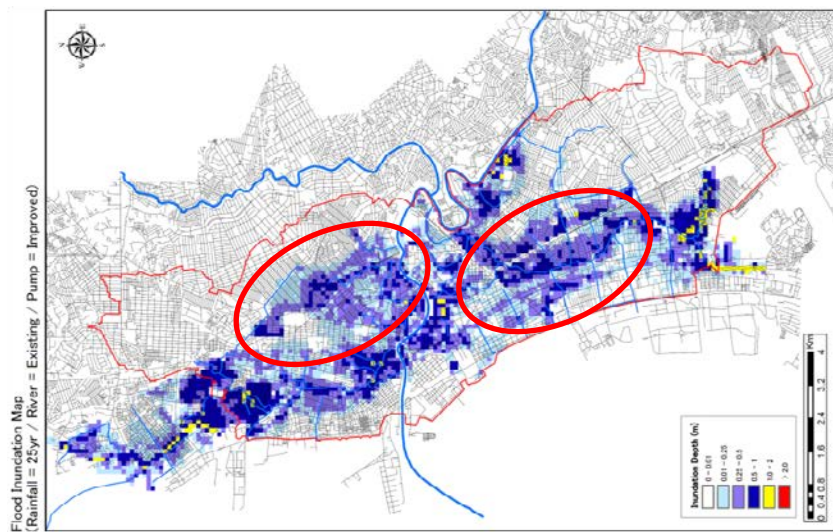
図 3.6.7 洪水氾濫解析結果（2009 年台風オンDOI再現計算）



降雨：25年規模／水路：DICAMM2005
／ポンプ：改善
(貯留管あり)



降雨：25年規模／水路：現況／ポンプ：改善
(貯留管あり)



降雨：25年規模／水路：現況／ポンプ：改善
(貯留管なし)

図 3.6.8 想定氾濫区域図

出典：JICA 調査団

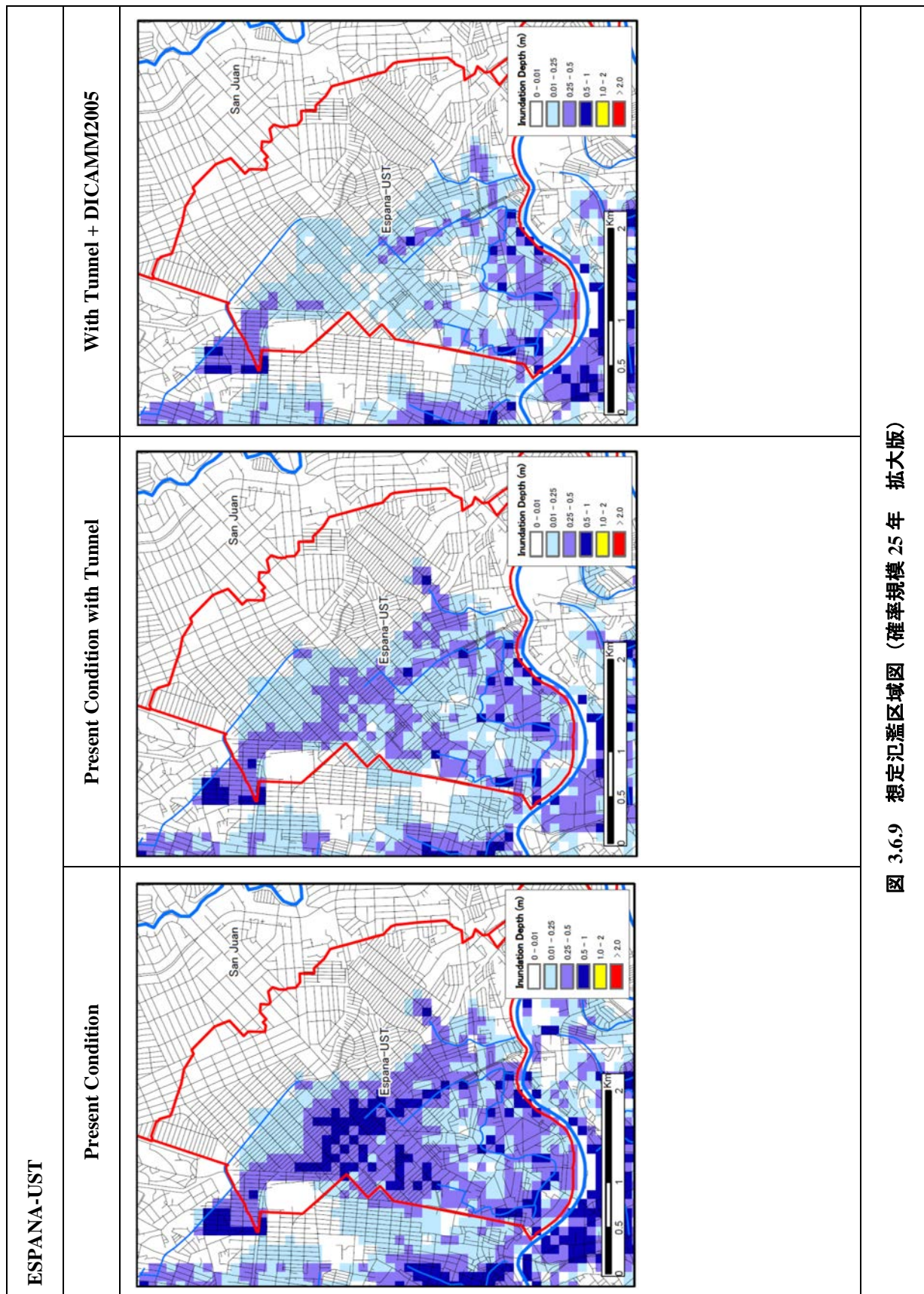


图 3.6.9 想定氾濫区域図（確率規模 25 年 拡大版）

出典：JICA 調査団

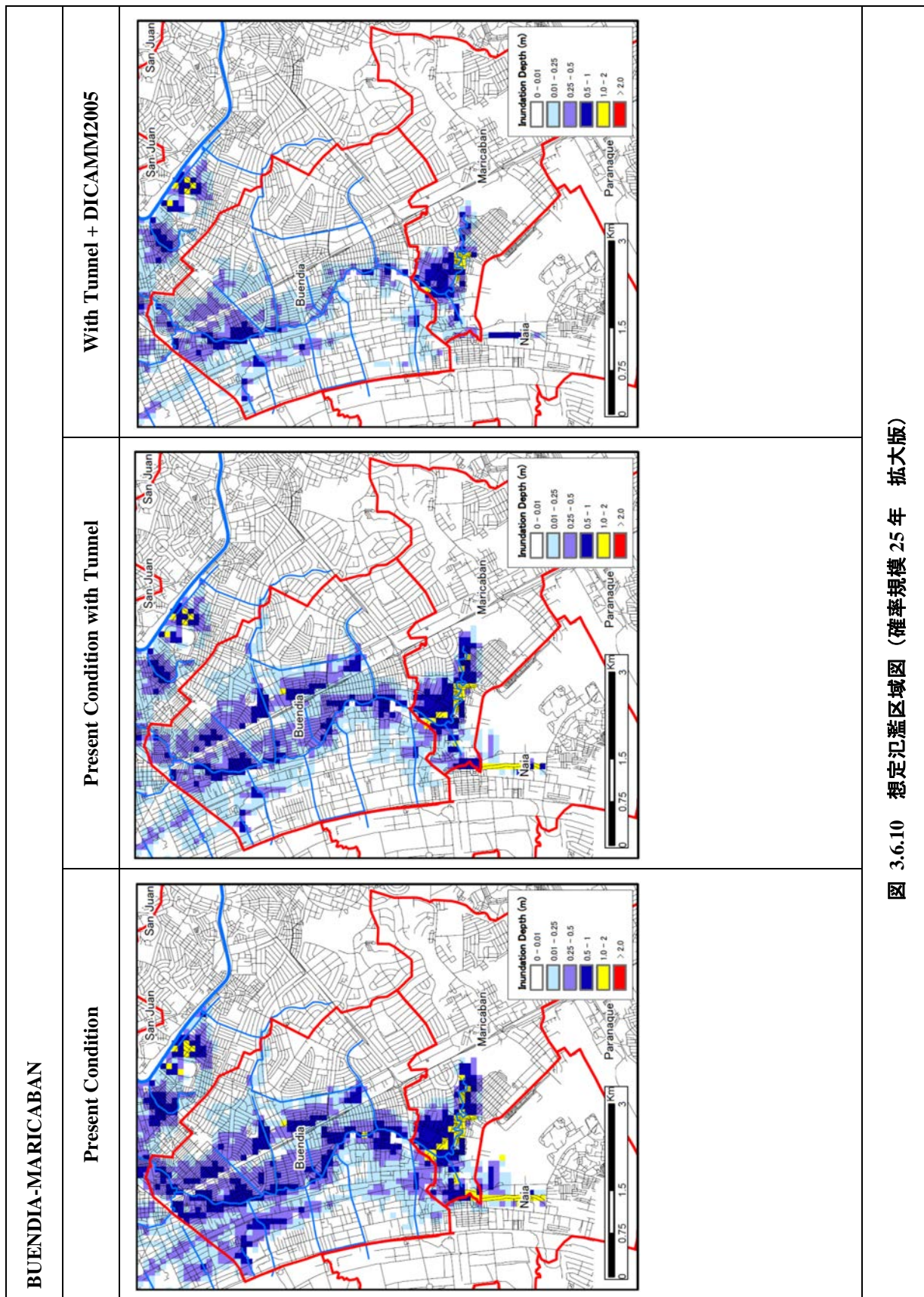
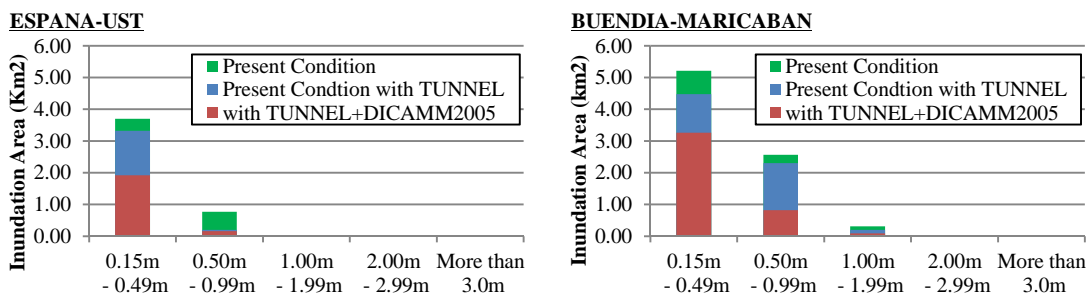


図 3.6.10 想定氾濫区域図（確率規模 25 年 拡大版）

出典：JICA 調査団

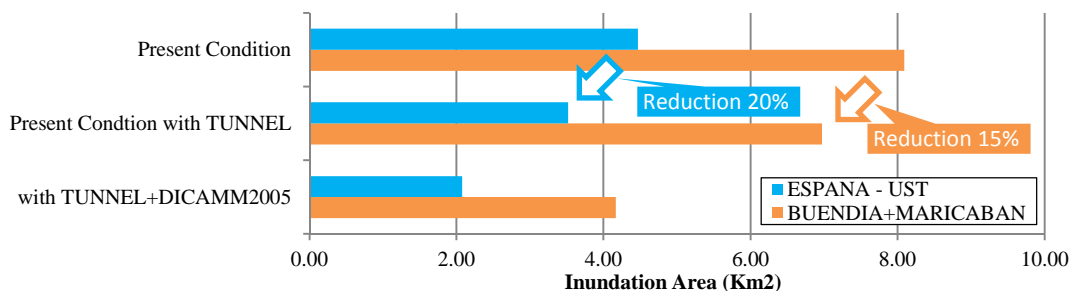
(3) 氾濫区域面積

事業評価における被害額の算定において、家屋被害等の発生は、浸水深 0.15m 以上と想定している。確率規模 25 年における浸水深 0.15m 以上の想定氾濫面積は、プロジェクトの実施により ESPANA-UST が 4.47km² から 3.52km² へ約 20% 低減、BUENDIA-MARICABAN が 8.09km² から 6.92km² へ約 15% の低減が見込まれる。



出典：JICA 調査団

図 3.6.11 想定氾濫区域面積の低減（確率規模 25 年）



出典：JICA 調査団

図 3.6.12 想定氾濫区域面積の低減（確率規模 25 年）

表 3.6.5 想定氾濫区域内面積（確率規模 25 年）

Inundation Depth (m)	Inundation Area (km ²) (25-yr)					
	ESPANA - UST			BUENDIA+MARICABAN		
	Present Condition	Present with Tunnel	w Tunnel and DICAMM2005	Present Condition	Present with Tunnel	w Tunnel and DICAMM2005
0.15m - 0.49m	3.70	3.32	1.92	5.22	4.48	3.26
0.50m - 0.99m	0.76	0.20	0.16	2.56	2.30	0.82
1.00m - 1.99m	0.01	0.00	0.00	0.31	0.20	0.09
2.00m - 2.99m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
More than 3.0m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	4.47	3.52	2.08	8.09	6.97	4.17

出典：JICA 調査団

表 3.6.6 想定氾濫区域内家屋数（確率規模 25 年）

Inundation Depth (m)	Number of Houses and Buildings (25-yr)					
	ESPANA - UST			BUENDIA+MARICABAN		
	Present Condition	Present with Tunnel	w Tunnel and DICAMM2005	Present Condition	Present with Tunnel	w Tunnel and DICAMM2005
0.15m - 0.49m	37,764	34,235	17,819	51,821	47,519	36,614
0.50m - 0.99m	7,474	1,563	1,081	33,000	28,954	13,490
1.00m - 1.99m	49	0	0	5,036	3,393	1,725
2.00m - 2.99m	0	0	0	0	0	0
More than 3.0m	0	0	0	0	0	0
Total	45,287	35,798	18,899	89,857	79,866	51,828

出典：JICA 調査団

表 3.6.7 想定氾濫区域内人口（確率規模 25 年）

Inundation Depth (m)	Population (25-yr)					
	ESPANA - UST			BUENDIA+MARICABAN		
	Present Condition	Present with Tunnel	w Tunnel and DICAMM2005	Present Condition	Present with Tunnel	w Tunnel and DICAMM2005
0.15m - 0.49m	152,804	138,522	72,098	204,173	185,891	145,548
0.50m - 0.99m	30,242	6,325	4,373	131,353	115,040	54,555
1.00m - 1.99m	197	0	0	20,343	13,641	6,996
2.00m - 2.99m	0	0	0	0	0	0
More than 3.0m	0	0	0	0	0	0
Total	183,243	144,846	76,471	355,869	314,572	207,100

出典：JICA 調査団

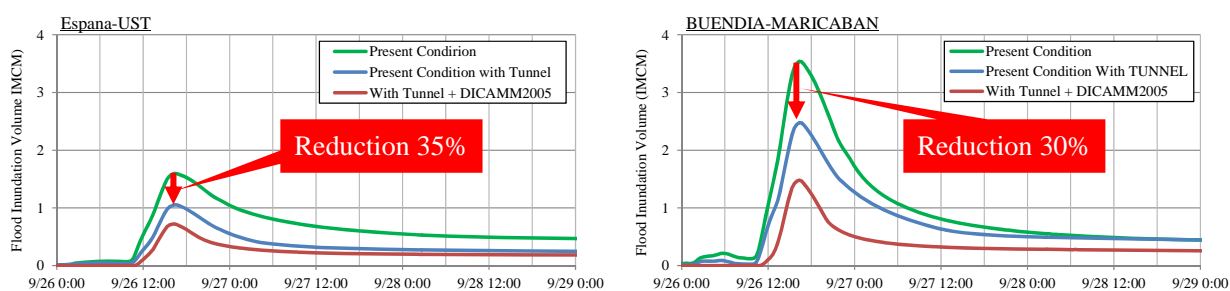
(4) 想定氾濫ボリューム（確率規模 25 年）

想定される湛水量は、最大浸水時に ESPANA-UST で約 1MCM、BUENDIA-MARICABAN で約 2MCM に達する。プロジェクトを実施した場合には、それぞれが約 0.7MCM、約 1.5MCM に低減され。さらに、25 年確率規模の最大浸水面積をベースとして、各流域の平均的な浸水深を試算した結果、ESPANA-UST で 0.36m から 0.16m へ、BUENDIA-MARICABAN で 0.44m から 0.18m へ平均浸水深が低減し、ピークボリュームでは、ESPANA-UST で 1.60MCM から 1.05MCM へ約 35%の低減、BUENDIA-MARICABAN で 3.54MCM から 2.48MCM へ約 30%の低減が見込まれる。

表 3.6.8 流域内の湛水量と平均浸水深

Area	Maximum Inundation Area (25-yr) (km ²)	Present Condition		With Tunnel		With Tunnel + DICAMM2005	
		Maximum Volume (MCM)	Average Depth (m)	Maximum Volume (MCM)	Average Depth (m)	Maximum Volume (MCM)	Average Depth (m)
Espana-UST	4.47	1.60	0.36	1.05 (-35%)	0.24	0.72	0.16
Buendia-Maricaban	8.09	3.54	0.44	2.48 (-30%)	0.31	1.48	0.18

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 3.6.13 流域内の湛水量の推移

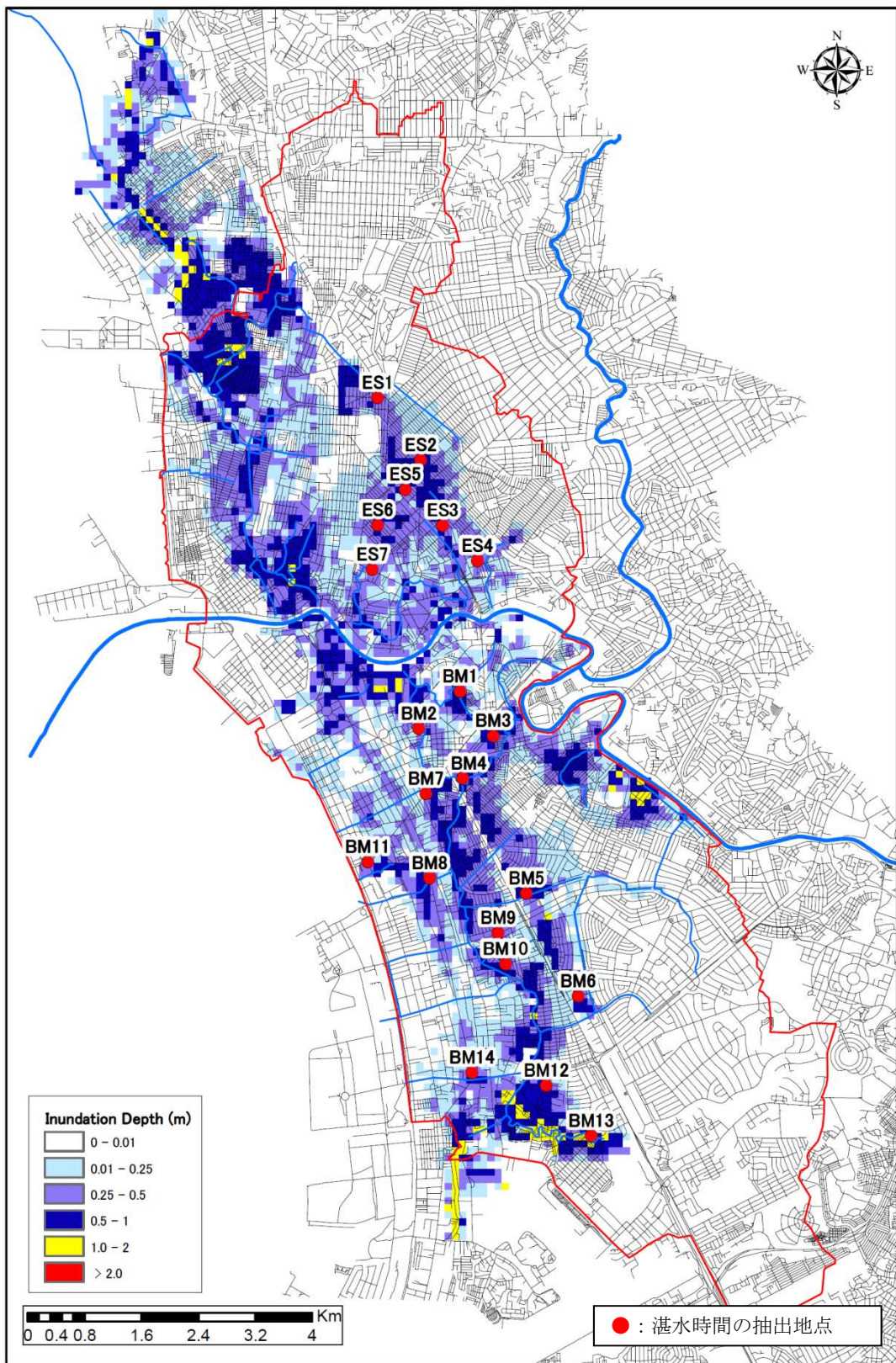
(5) 浸水時間

想定氾濫区域内の代表的な 21 地点（ESPANA-UST=7 地点、BUENDIA-MARICABAN=14 地点）について、浸水時間を整理するとともに、「浸水深 1cm 以上」と「浸水深 25cm 以上」の浸水時間の分布図を図 3.6.16～図 3.6.19 に示した。ESPANA-UST においては、2 日以上かつ 25cm 以上の範囲が減少しており、BUENDIA-MARICABAN においても分布に若干の変化がみられた。

表 3.6.9 25cm 以上湛水時間の低減効果

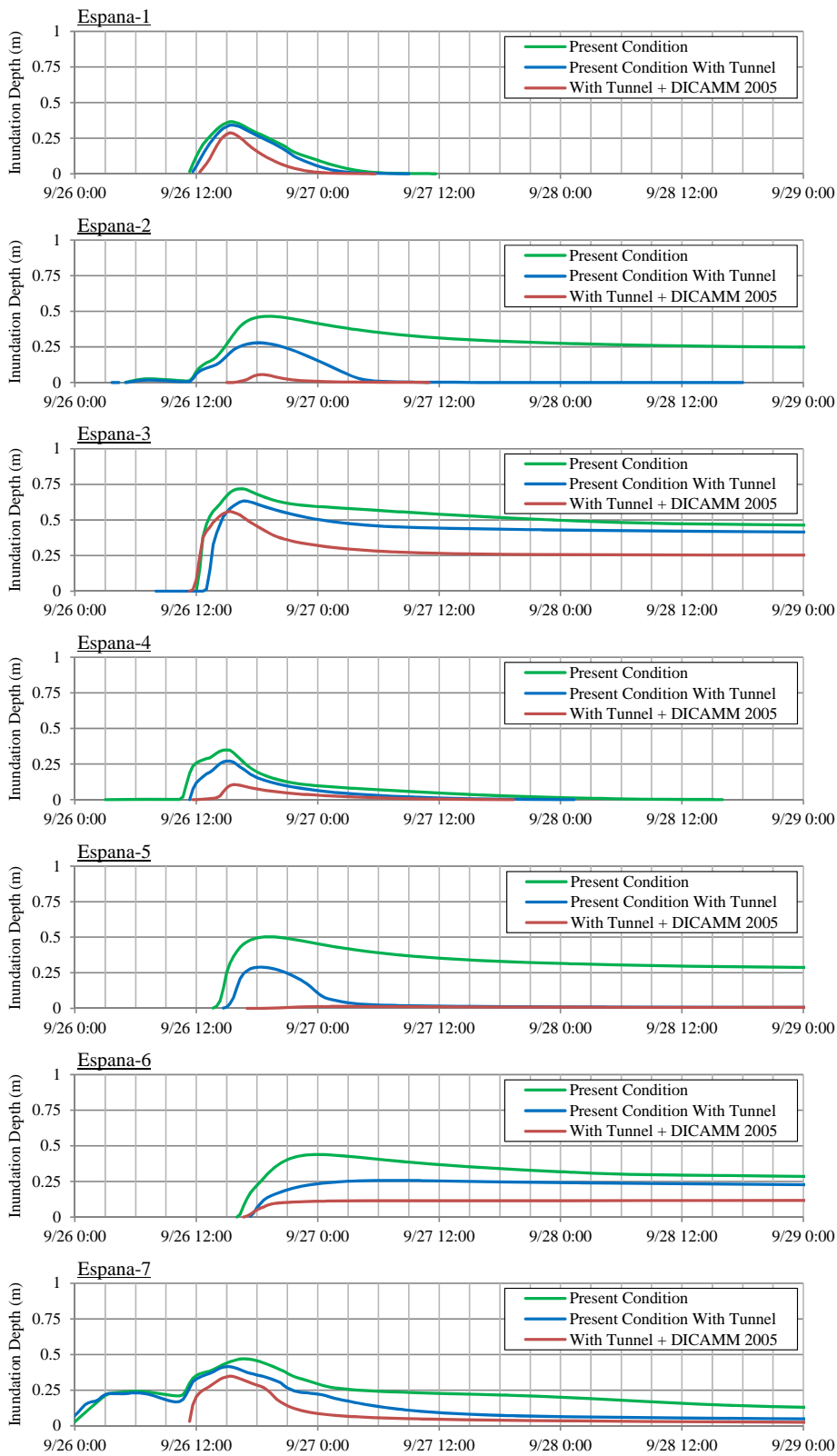
No.	Name	Vicinity of the facility	Present Condition (hr)	With Tunnel (hr)	With Tunnel + DICAMM2005 (hr)
1	ES1	Vicinity of “Antipolo St”	6	5	2
2	ES2	Vicinity of “PNR Laong-Laan”	Over 2-days	4	0
3	ES3	Vicinity of “A H Lacson Ave”	Over 2-days	Over 2-days	Over 2-days
4	ES4	Vicinity of “Magsaysay Blvd and A. Lacson-Mabini Flyover”	5	2	0
5	ES5	Vicinity of “UST College of Science”	Over 2-days	4	0
6	ES6	Vicinity of “UST College of Science”	Over 2-days	12	0
7	ES7	Vicinity of “Recto Ave”	17	10	6
8	BM1	Vicinity of “Estero de Pandacan”	Over 2-days	Over 2-days	Over 2-days
9	BM2	Vicinity of “Apacible St”	0	0	0
10	BM3	Vicinity of “Quirino Ave”	Over 2-days	Over 2-days	Over 2-days
11	BM4	Vicinity of “Quirino Ave and South Supre High Way”	25	24	11
12	BM5	Vicinity of “Buendia Station”	26	18	10
13	BM6	Vicinity of “South Supre High Way and Don Bosco”	7	8	0
14	BM7	Vicinity of “Quirino Ave”	25	15	6
15	BM8	Vicinity of “Vito Cruz Station and Taft Ave”	11	0	0
16	BM9	Vicinity of “Sen. Gil J Puyat Ave”	10	6	0
17	BM10	Vicinity of “A. Armaiz Ave”	16	13	7
18	BM11	Vicinity of “Manila Zoo”	23	20	5
19	BM12	Vicinity of “Pasay Road and Taft Ave”	6	5	2
20	BM13	Vicinity of “Villamor Golf Course”	8	7	1
21	BM14	Vicinity of “Pasay Road and Aurora Blvd”	2	0	0

出典：JICA 調査団



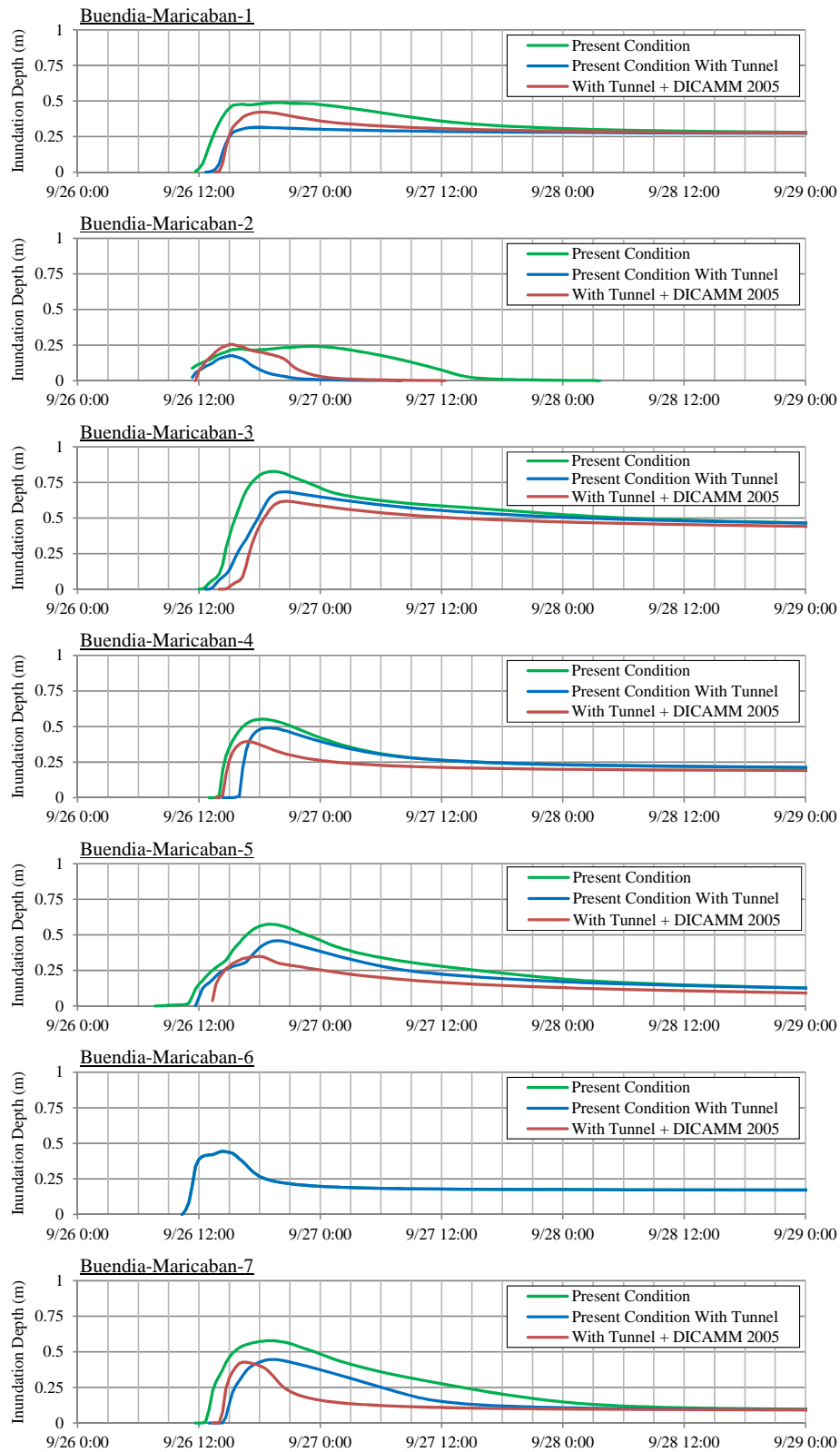
注：浸水深は、25年確率の現況、
 注：ES=ESPANA-UST, BM=BUENDIA-MARICABAN
 出典：JICA 調査団

図 3.6.14 浸水深の抽出地点



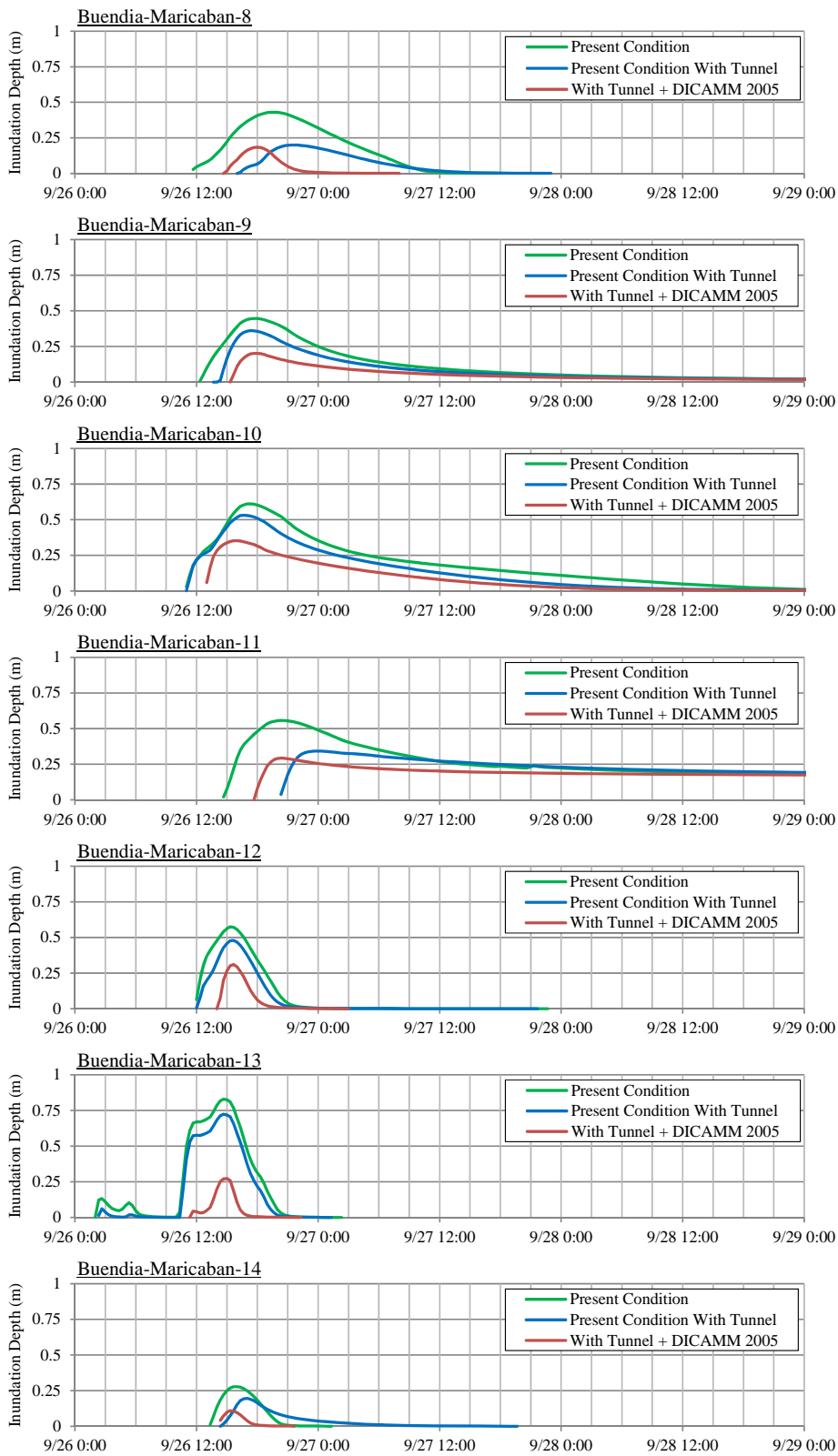
出典：JICA 調査団

図 3.6.15(1) 浸水の時間推移



出典：JICA 調査団

図 3.6.15(2) 浸水の時間推移



出典：JICA 調査団

図 3.6.15 (3) 浸水の時間推移

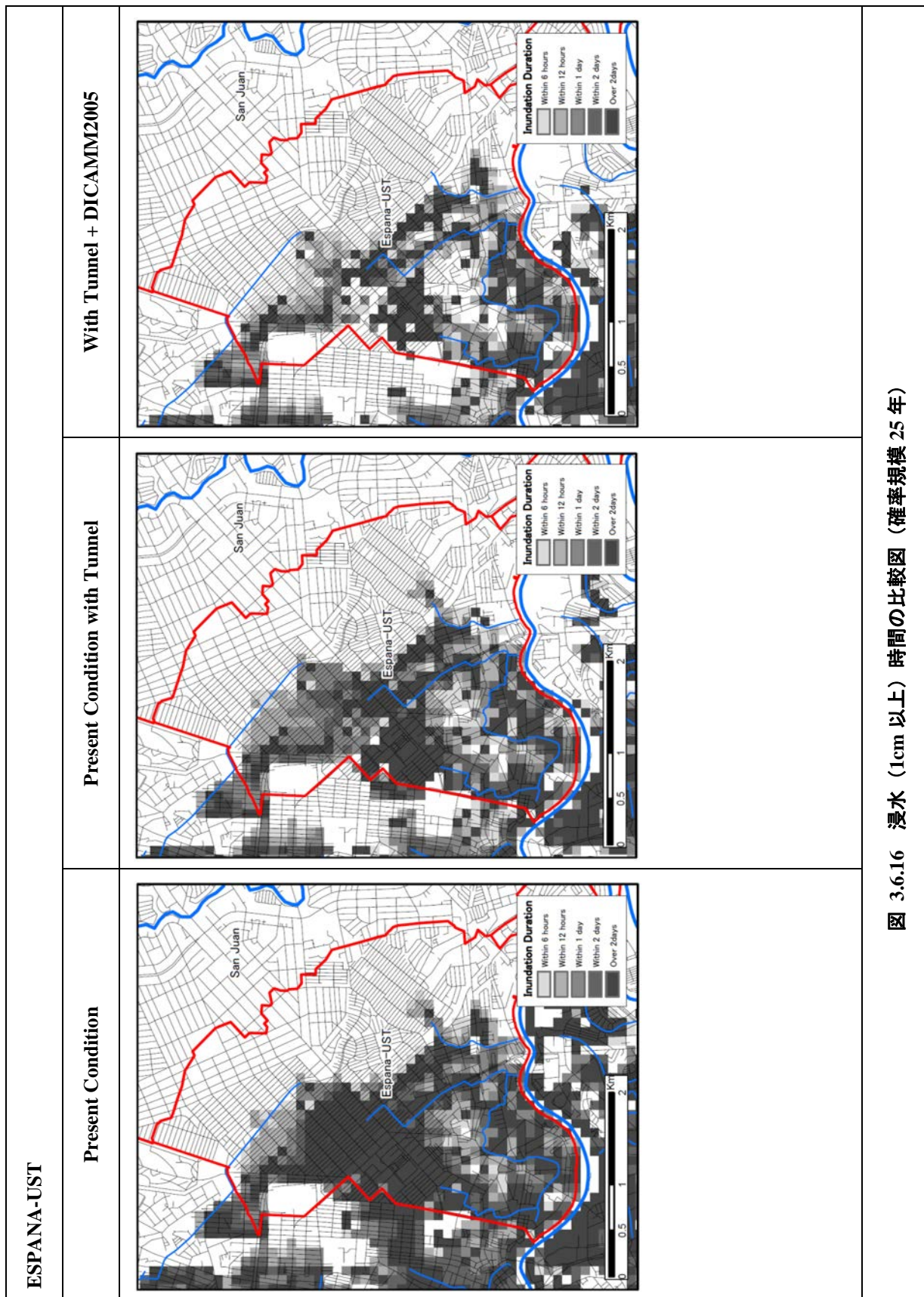


図 3.6.16 浸水 (1cm 以上) 時間の比較図 (確率規模 25 年)

出典：JICA 調査団

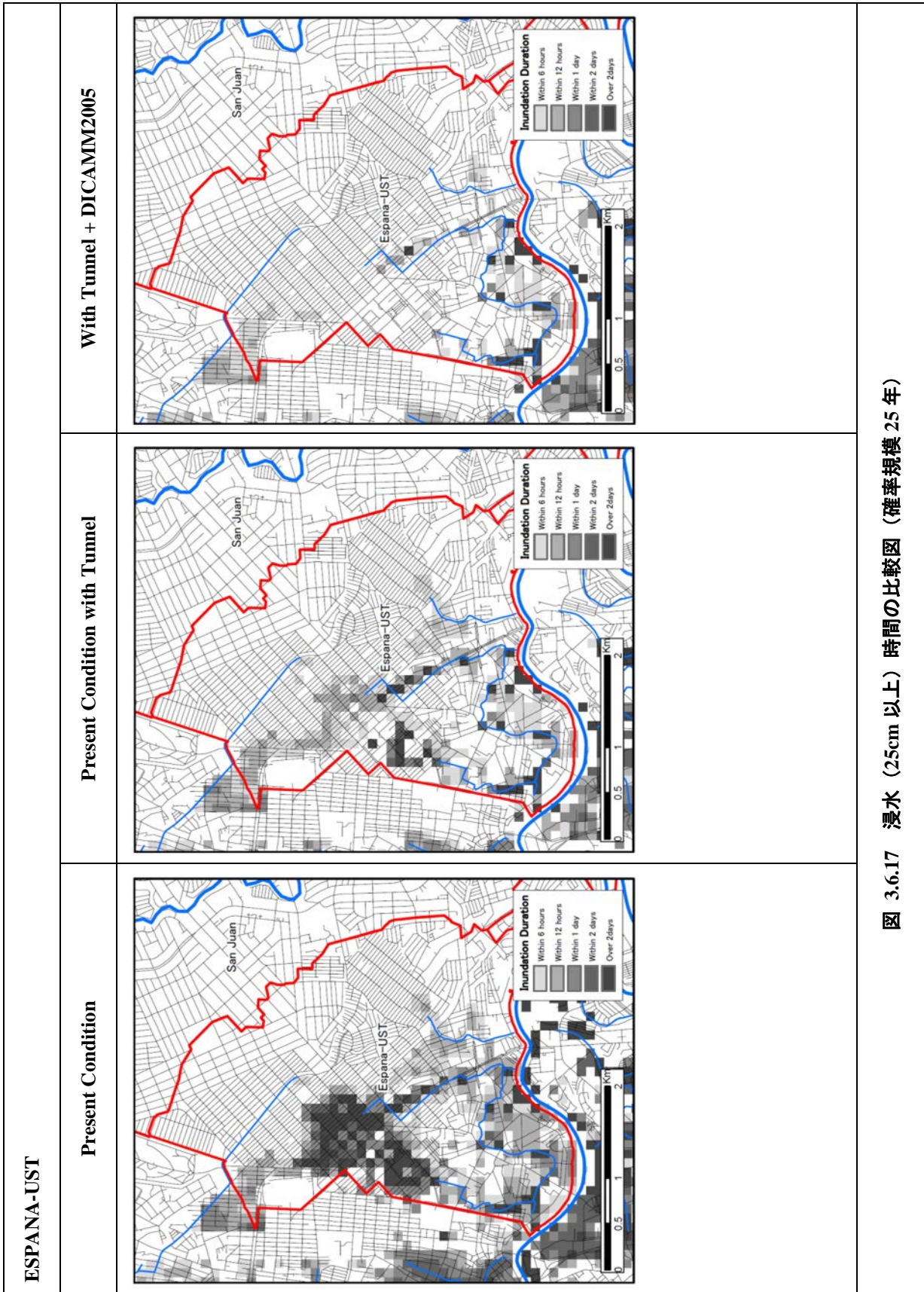


図 3.6.17 浸水 (25cm 以上) 時間の比較図 (確率規模 25 年)

出典：JICA 調査団

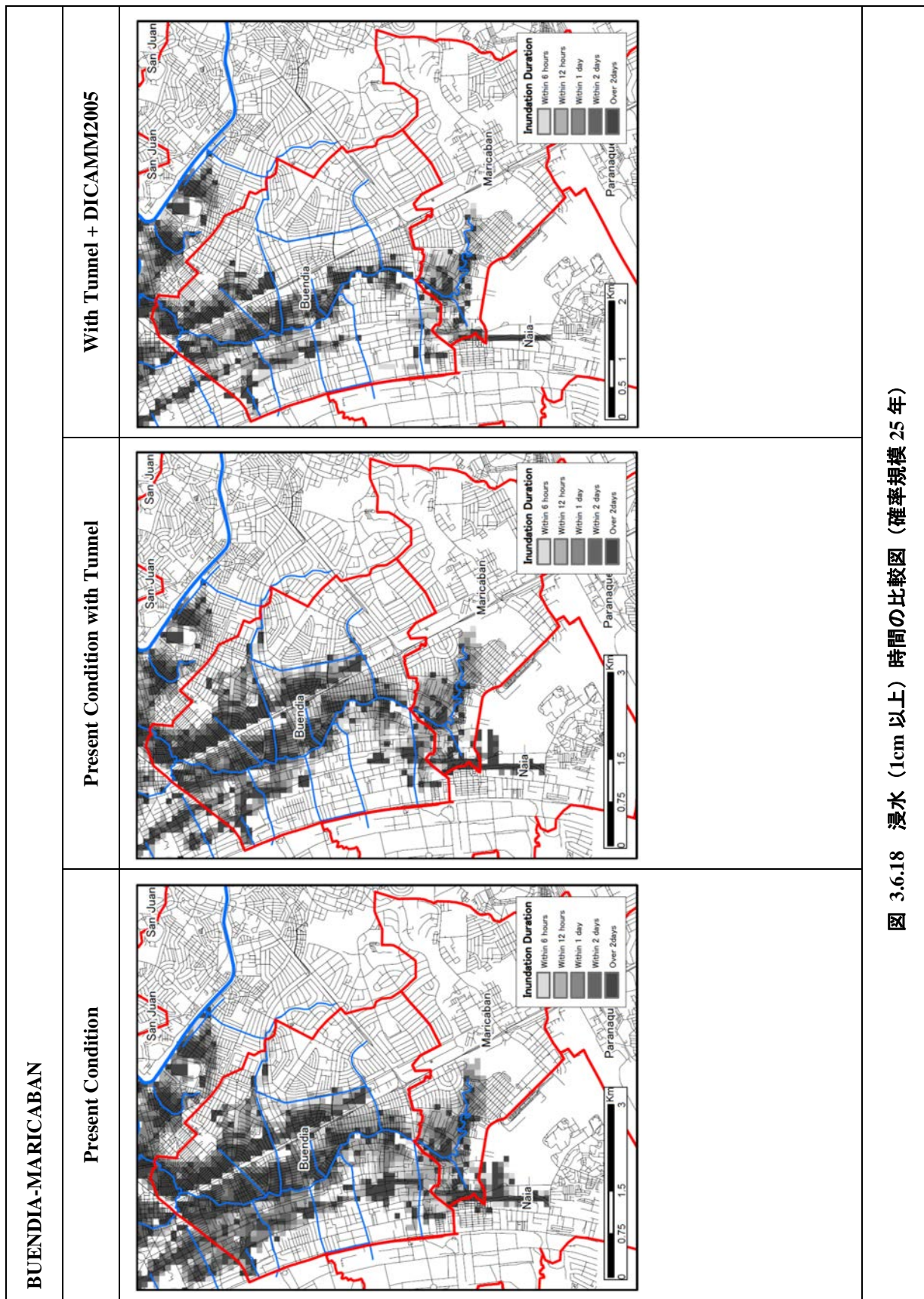


図 3.6.18 浸水 (1cm 以上) 時間の比較図 (確率規模 25 年)

出典：JICA 調査団

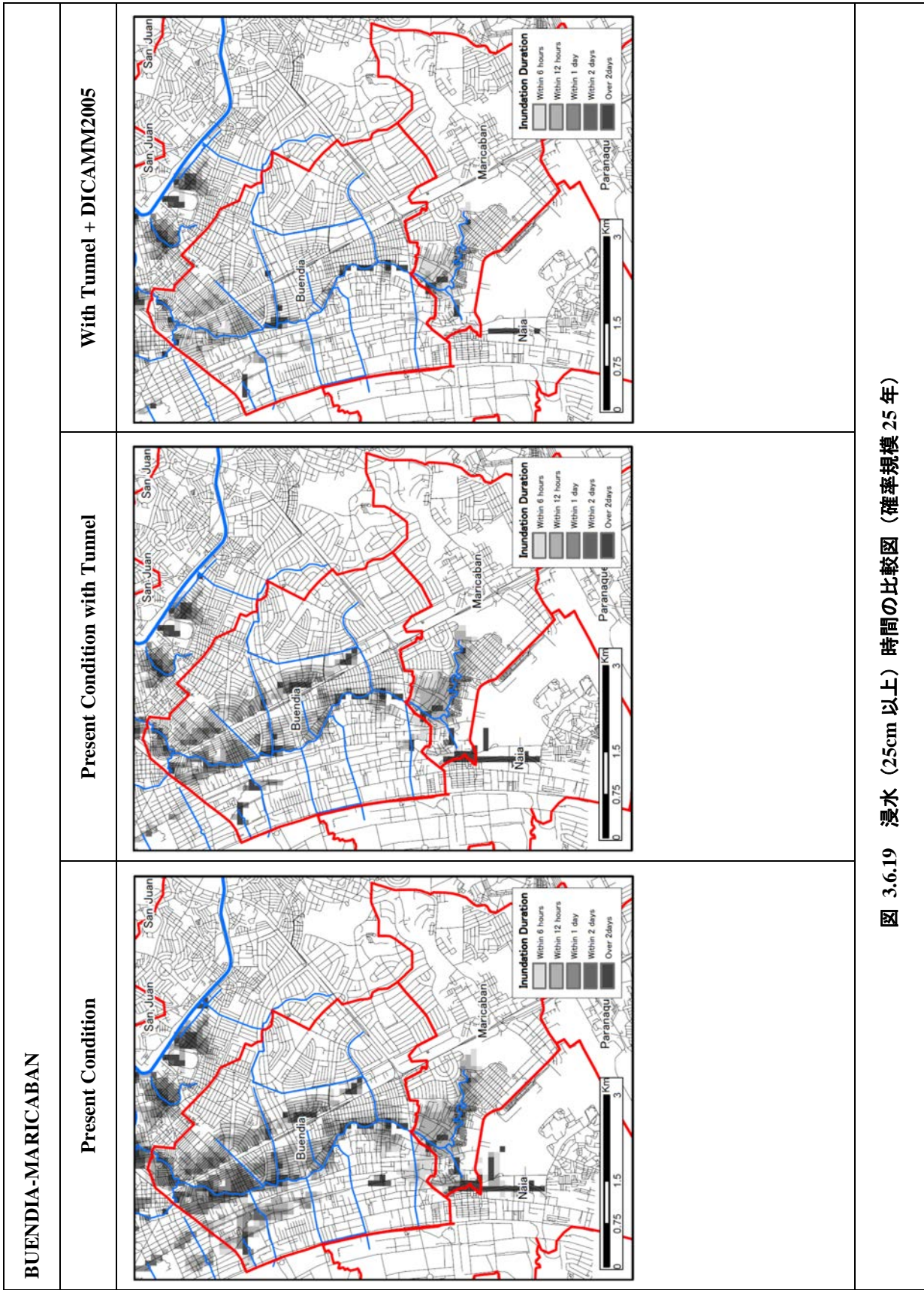


図 3.6.19 浸水 (25cm 以上) 時間の比較図 (確率規模 25 年)