



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 (要約版)

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
JR
15-079



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

目 次

調査位置図	i
目次	ii
表一覧	iv
図一覧	iv
略語集	vi
第 1 章 調査概要	1
1.1 調査の背景	1
1.2 調査の目的	1
第 2 章 マニラ首都圏中心地域の洪水と浸水問題	3
2.1 常襲氾濫地域	3
2.2 マニラ首都圏の排水施設の管理	3
2.3 2005 年 JICA M/P	3
2.4 DPWH Survey	5
第 3 章 排水計画	7
3.1 水文解析	7
3.1.1 対象の降雨量	7
3.2 マニラ首都圏が抱える排水対策実施上の課題	7
3.2.1 既存排水路および排水機場の現状・課題の整理	7
3.2.2 マニラ首都圏の排水対策実施上の課題	7
3.2.3 地下トンネル施設の有効性	7
3.3 事業実施候補エリアの選定	8
3.3.1 優先事業実施候補エリア選定のクライテリア	8
3.3.2 クライテリアによる評価と選定	8
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	9
3.4.1 日本の地下河川に関する基本的な考え方	9
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	9
3.5 候補エリアにおける排水計画案の提示	10
3.5.1 排水システム改善計画のコンセプト	10
3.5.2 Espana-UST の計画案	10
3.5.3 Buendia-Maricaban	13

3.6 地下トンネル貯留施設の効果.....	16
3.6.1 氾濫解析結果.....	16
第4章 地下トンネル技術適用の可能性の検討.....	22
4.1 地下トンネル技術.....	22
4.2 候補エリアにおける排水施設整備案.....	22
4.3 Espana-UST 候補エリアにおける排水施設整備案.....	22
4.4 Buendia-Maricaban 候補エリアにおける排水施設整備案.....	26
計画諸元のまとめ.....	26
4.5 各候補エリアにおける施工計画案.....	28
4.5.1 計画概要.....	28
4.5.2 工程計画.....	28
4.6 概略事業費.....	29
第5章 地下トンネル貯留施設の運営維持管理計画.....	32
5.1 運営維持管理計画の概要.....	32
5.1.1 運営維持管理の項目と作業の流れ.....	32
5.1.2 運営維持管理体制と予算.....	33
第6章 プロジェクト経済評価.....	34
6.1 経済評価の方法.....	34
6.1.1 EIRR による評価.....	34
6.1.2 With/Without Project.....	34
6.1.3 評価対象プロジェクト.....	34
6.2 経済便益.....	34
6.2.1 便益の構成要素.....	34
6.2.2 直接便益.....	35
6.2.3 間接便益.....	36
6.3 経済評価.....	36
第7章 環境社会配慮.....	37
7.1 プロジェクト区域における排水施設整備案に係る自然・社会条件.....	37
7.2 自然環境・社会環境への影響可能性の確認.....	37
7.3 排水施設整備案に必要な環境影響評価手続きの確認.....	37
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.....	37
第8章 今後の課題と提言.....	38
8.1 排水対策の課題.....	38
8.2 今後必要な対応.....	38
8.3 提言.....	39

表 一 覧

図 2.3.1	DPWH/MMDA プロジェクト	4
図 2.4.1	DPWH 調査で提案されているプロジェクト	6
図 3.4.1	Espana-UST エリアのトンネルルート	10
図 3.4.2	Espana-UST エリアの排水区	12
図 3.4.3	Buendia-Maricaban エリアのトンネルルート	13
図 3.4.4	Buendia-Maricaban エリアの排水区	15
図 3.6.1	想定氾濫区域面積の低減（確率規模 25 年）	17
図 3.6.2	流域内の湛水量の推移	17
図 3.6.3	洪水氾濫解析結果（2009 年台風オンDOI再現計算）	18
図 3.6.4	想定氾濫区域図	19
図 3.6.5	想定氾濫区域図（確率規模 25 年 拡大版）	20
図 3.6.6	想定氾濫区域図（確率規模 25 年 拡大版）	21
図 4.3.1	排水施設整備案	23
図 4.3.2	Espana-UST 候補エリアにおける施設整備案の概念図	25
図 4.4.1	排水施設整備案	26
図 4.4.2	Buendia-Maricaban 候補エリアにおける施設整備案の概念図	27
図 4.5.1	Espana-UST 候補エリアの施工計画案（早期排水案）	29
図 4.5.2	Buendia-Maricaban 候補エリアの施工計画案（早期排水案）	29
図 6.2.1	洪水被害軽減の経済便益	34

図 一 覧

表 2.4.1	DPWH 調査提案事業の評価と工事費	5
表 3.2.1	優先事業実施候補エリアのクライテリアによる選定	8
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	9
表 3.6.1	氾濫解析ケース一覧	16
表 3.6.2	想定氾濫区域内面積（確率規模 25 年）	17
表 3.6.3	流域内の湛水量と平均浸水深	17
表 4.3.1	縦断計画、条件設定一覧	24
表 4.3.2	Espana-UST 候補エリアの排水施設整備案の概要	24
表 4.4.1	Buendia-Maricaban 候補エリアの排水施設整備案の概要	26
表 4.5.1	計画概要一覧	28
表 4.5.2	概略工期	28
表 4.5.3	概略日進量（月進量）	28
表 4.6.1	概算事業費（日本円）	30
表 4.6.2	概算事業費（フィリピンペソ）	30
表 4.6.3	Espana-UST の貯留管案	31
表 4.6.4	Espana-UST の早期排水開始案	31

表 4.6.5	Buendia-Maricaban の貯留管案	31
表 4.6.6	Buendia-Maricaban の早期排水開始案	31
表 6.2.1	家屋等資産への被害減少便益（単位：million Peso）	35
表 6.2.2	時間価値算定.....	36

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 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、DPWH が実施中の調査対象地域であり、マニラ首都圏中心地域（Buendia - Maricaban - NAIA, Espana - UST）及び周辺の河川地域（Zapote - Las Pinas, Paranaque, Tullahan, San Juan）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。

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。首都圏の河川地域については、Pasig・Marikina 川が整備中であるが、周辺の河川はまだ未整備である。DPWH は、「2012 年世銀 M/P」により、マニラ首都圏中心地域及び周辺地域の各河川について 25 年確率対応の改修計画及び緊急計画を策定し、緊急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。

1.2 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。

本調査は、当地域の排水について、マニラ首都圏中心地域の Espana-UST エリアおよび Buendia-Maricaban エリアを候補地域に選定し、日本の地下トンネル技術の活用について具体的に検討を行った。調査の実施機関は公共事業省（DPWH）である。調査のカウンターパート及び調査団員のリストは Appendix-1 に示す。

現在、DPWH が実施中又は実施予定の事業は以下のとおりである。

- The Study on Drainage Improvement in the Core Area of Metropolitan Manila (DICAMM2005 / 2005 JICA-MP)
- The Master Plan for Flood Management in Metro Manila and Surrounding Areas (2012 WB-MP)
- 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, on-going, DPWH (DPWH Survey)

Annex-1 調査のカウンターパート及び調査団員リスト

1. DPWH: Unified Project Management Office Flood Control Management Cluster

	Name of Personnel	Designation
1	Angelina C. Forcadilla	Project Manager II
2	Leonila R. Mercado	Engineer V
3	Lydia C. Aguilar	Engineer III

2. JICA 調査団員

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

第2章 マニラ首都圏中心地域の洪水と浸水問題

2005年JICA 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、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かれている。内水氾濫常襲地域の傾向は以下の通りである。

2.1 常襲氾濫地域

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地区であり、当地域の主要幹線道路España Avenueは毎年浸水被害が発生している。

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Osmania HWY / South Supper Highwayの北東側は毎年浸水被害が発生している。また、2009年の台風オンドイ時にはMakati, Paco, Pandacan及びSta. Clara 排水機場が浸水により運転を停止している。

2.2 マニラ首都圏の排水施設の管理

マニラ首都圏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)のはポンプ排水に依存している。

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MMDAに移管されている。現在、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、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。

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、排水路は大量の土砂・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) により、本来の排水機能が阻害され、排水能力の概ね6割以下、2~3年確率規模と評価されていた。

2.3 2005年JICA M/P

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図ることとしている。

排水機場については、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。

MMDAは、排水施設の排水機能回復に係る2005年JICA M/Pの排水路の土砂の浚渫・ゴミの除去、不法占拠者 (ISF) の移転及び12 排水機場のリハビリを進めており、DPWHは、排水能力強化に係るBlumentritt インターセプター、Constantia インターセプター、Earnshaw主排水路の排水路建設を進めている。

DPWH及びMMDAが進めている排水プロジェクトを以下の図 2.3.1に示す。

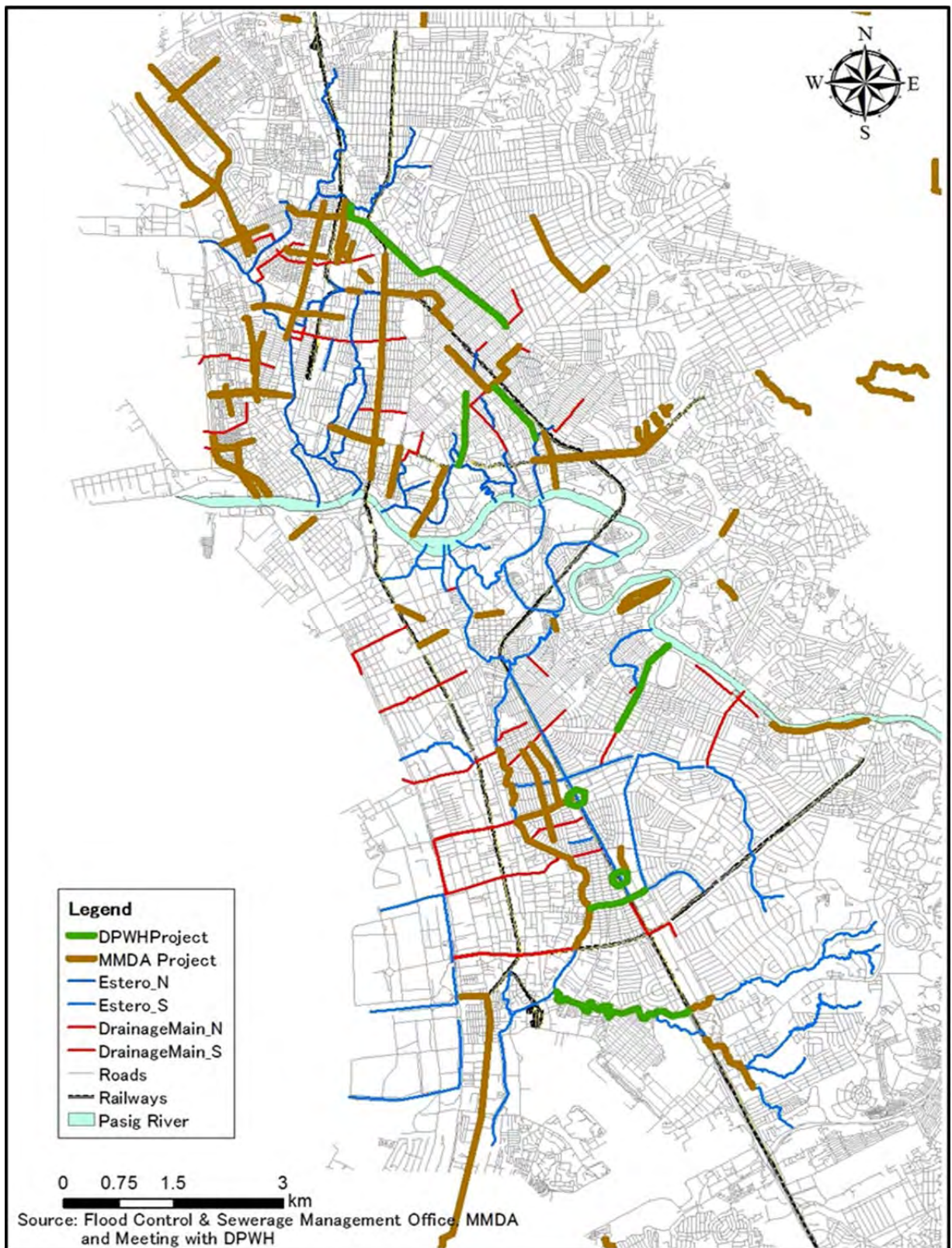


図 2.3.1 DPWH/MMDA プロジェクト

2.4 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、2015年現在、優先事業の一部は着手されている。計画事業の規模及び位置は表2.4.1及び図2.4.1 に示す。

表 2.4.1 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、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）である。

河川事業は、マニラ首都圏の未整備の河川について河川改修を提案している。事業の内容は主に、河道掘削、堤防・護岸、橋梁の架け替えである。

DPWH Survey は、各河川及び中心地域の排水改善を計画しており、河川の整備目標は50年確率、都市排水の整備目標は25年確率としている。

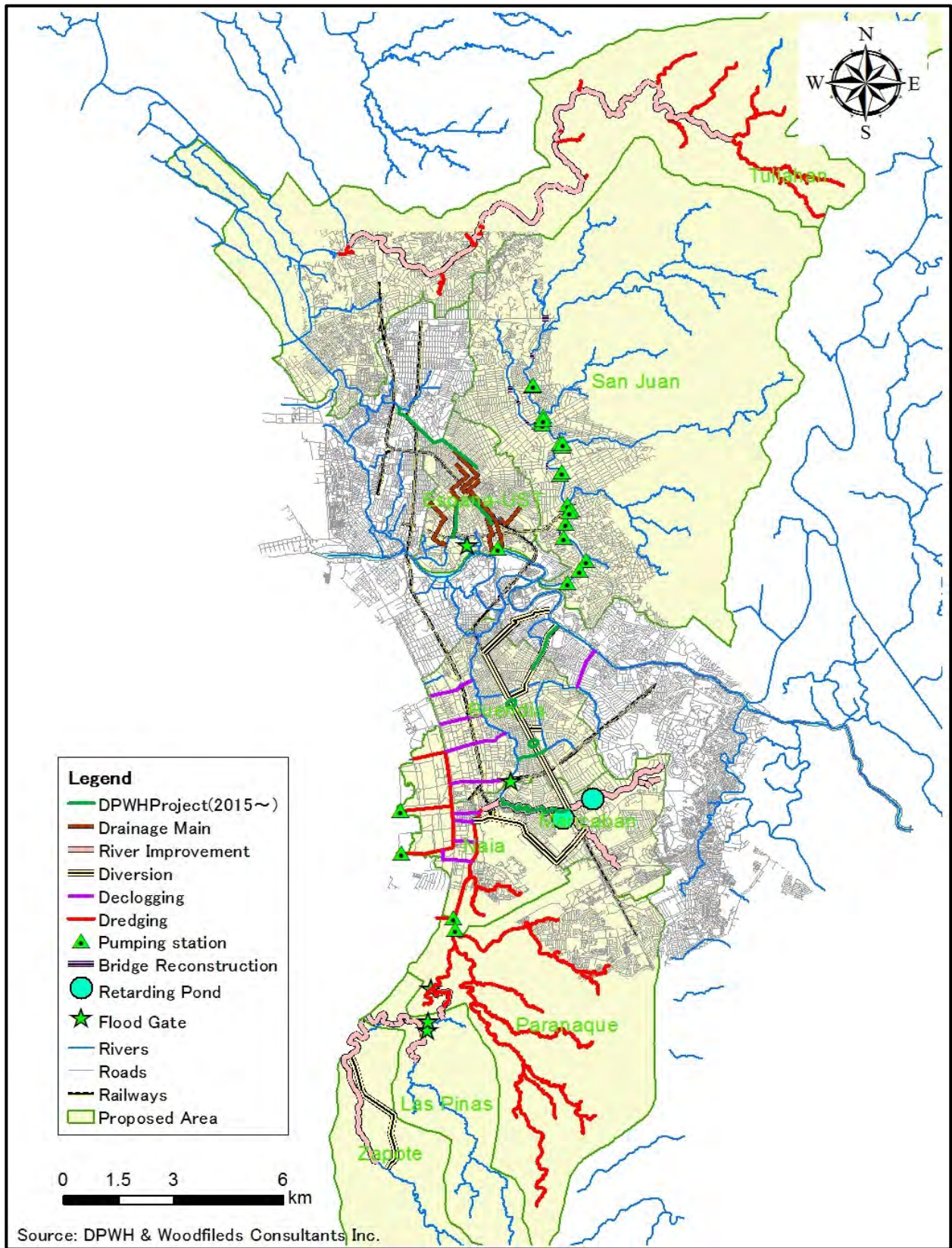


図 2.4.1 DPWH 調査で提案されているプロジェクト

第3章 排水計画

3.1 水文解析

3.1.1 対象の降雨量

流域平均雨量は、1961年～2014年の3観測所（Port Area、NAIA、Science Garden）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。

確率規模別雨量は、年最大流域平均雨量を用いた、解析結果は以下の表に示すように、10年確率、25年確率、50年確率の各2日雨量は、401.1 mm、517.4 mm、612.9 mmとそれぞれ100 mm強の差がある。

検討の対象となる降雨波形は、2009年台風Ondoyパターンを採用した。

3.2 マニラ首都圏が抱える排水対策実施上の課題

3.2.1 既存排水路および排水機場の現状・課題の整理

(1) 2005年 JICA M/P 時の評価

- 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。

(2) 首都圏の排水機場

マニラ首都圏には、小さいものも入れて合計54カ所の排水機場がある。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。過去に、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、さらに浸水実績のある2009年9月の台風 Ondoy の3ケースについて、主要な10カ所のポンプ場について稼働実績を調査した結果、全体の傾向としては、ポンプ場うまく水が到達せず、ポンプが効率的に稼働できてないといった現象は起きてないと判断できる。

3.2.2 マニラ首都圏の排水対策実施上の課題

排水対策実施上の課題について以下の通りに整理した。

課題—1：土地収用の困難性

課題—2：様々な地下埋設物管理者（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）

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

課題—5：新たな排水機場新設・増強と建設用地問題

課題—6：排水能力向上には排水機場に加えて貯留施設が必要

3.2.3 地下トンネル施設の有効性

課題から見た、地下トンネル施設の有効性について整理する。

- 建設期間の短縮と開削工事上の制約が避けられる（課題—1、2の回避）
 - 地下埋設物管理者との調整を減らすことが出来る

- 建設用地取得は立坑のみであり用地交渉が減る
- プロジェクト実施の遅れの可能性が減少する
- 必要な建設用地は最小化する（課題—1、3の回避）
 - 事業実施上の困難を減少出来る（地表の道路沿いの用地取得の必要性が無い）
 - 事業実施の遅れのリスクや事業実施による影響の減少
- トンネルにより排水機場整備の適正化が出来る（課題—5の回避）
 - 複数の小排水区をトンネルに接続することにより1箇所の排水機場で排水出来る
 - 低平地の洪水排水の解消
- 貯留施設を地下に設けられる（課題—6への対応）
- 交通条件に対する負の影響の軽減（課題—3の回避）

3.3 事業実施候補エリアの選定

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：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：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：地形から浸水が起りやすいと必要と考えられる地域を抽出する。
- 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。これによると、最も○が多く付いた、1)San Juan 川エリア、2)España-UST エリアおよび3)Buendia エリアが優先流域となる。

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

出典：JICA 調査団

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している¹。

- 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²。

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

上記の基本的考え方より、代替案はなく、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以下のように設定した。

- 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）
- 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
 - 2-2 土地利用が高度化している（予想されている）
- 3 交通渋滞
 - 3-1 交通渋滞が激しい
 - 3-2 う回路がない
- 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
 - 4-2 増強すべきポンプ場の用地確保が困難

設定したクライテリアにより、1)Espana-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

¹ 河川砂防技術基準（案）【計画編】

² 都市河川計画の手引き【立体河川施設計画編】

3.5 候補エリアにおける排水計画案の提示

3.5.1 排水システム改善計画のコンセプト

(1) 背景

- 10年確率降雨の防御策には2005年JICA MPがある。
- DPWHは2015年に洪水対策として排水改善対策に着手している。
- MMDAは2007年以降、排水路・排水機場のリハビリ業務を実施している。
- 目標の25年・50年確率雨量対応を達成するには、10年確率雨量を超過する降雨量を制御する対策が必要である。

(2) 排水計画の方向性

- 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。
- 対策は50年確率降雨及び気候変動対応策に拡張可能な対策を策定する。
- 地下トンネル施設は排水システム改善の最終的なアプローチである。
- トンネル技術適用の候補地域を選定する。

3.5.2 Espana-USTの計画案

(1) トンネルルート

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。その結果、下図に示すように、立坑は、SM City San Lazaro北の空き地およびValenciaポンプ場西の空き地が選定され、ピンクで示すルートが選定された。これよると、トンネル延長は約3.5kmとなる。



図 3.5.1 Espana-UST エリアのトンネルルート

(2) 排水区およびトンネルの容量

図 3.4.2 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：

- 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 年の差分) : 116.3mm
- 総流出量 (トンネル貯留量) : $690,357\text{m}^3$
- 48 時間排水量 : $4.0\text{m}^3/\text{s}$

2) 洪水中からポンプ排水の場合

排水ポンプ ($4.0\text{m}^3/\text{s}$) を洪水後ではなく、洪水中から運用することにより、
トンネル貯留量 : 445.557m^3 となる

(3) 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 ($4.0\text{m}^3/\text{sec} \rightarrow 32.6\text{m}^3/\text{sec}$) により対応可能であることを確認した。

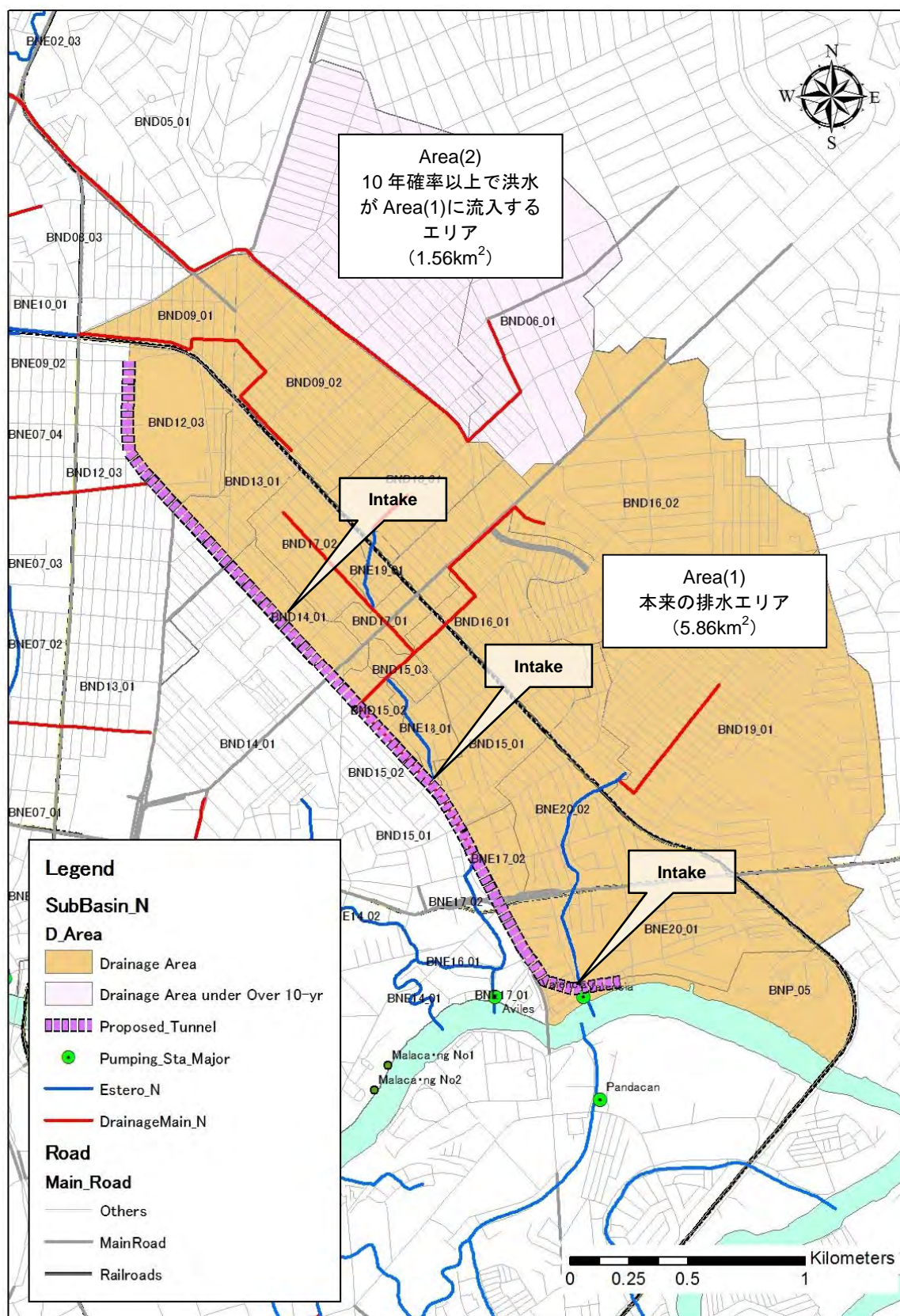


図 3.5.2 Espana-UST エリアの排水区

3.5.3 Buendia-Maricaban

(1) 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 3.5.3 Buendia-Maricaban エリアのトンネルルート

(2) 排水区およびトンネルの容量

図 3.4.4 に示す通り、Osmania Hyw に沿って、Nicols 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 年の差分）：116.3mm

- ・ 総流出量（トンネル貯留量）：1,308,375m³
- ・ 48時間排水量：7.6m³/s

2) 洪水中からポンプ排水の場合

7.6m³/sec のポンプを運用、貯留量：843,845 m³

(3) 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。

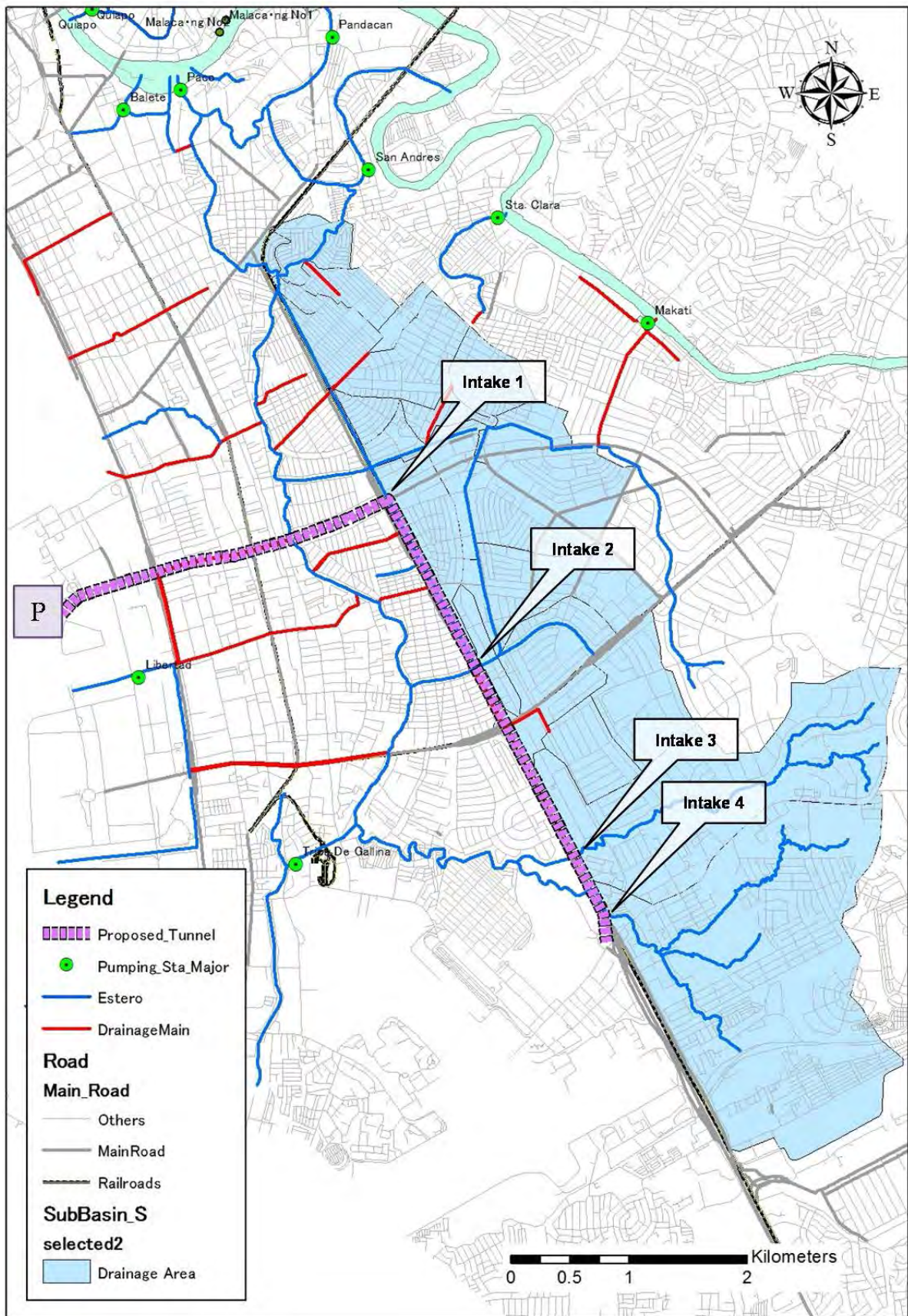


図 3.5.4 Buendia-Maricaban エリアの排水区

3.6 地下トンネル貯留施設の効果

3.6.1 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 3.6.1 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 3.6.3 に示す。WEC による被害実態調査がマニラ中心地域の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（浸水深 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。

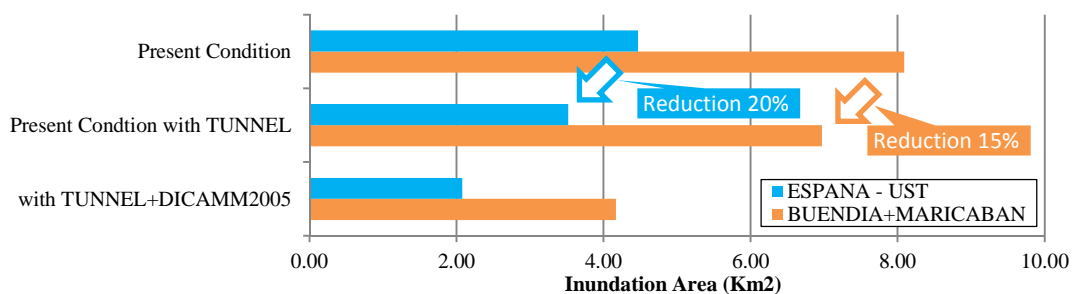
『現況』と『現況+貯留管』を比較すると、図 3.6.4 の赤丸で示した範囲で浸水深が低減しており、プロジェクト効果が視覚的に確認できる。

(3) 想定氾濫区域面積と湛水量

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、地下トンネル貯留施設の効果により 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（図 3.6.1）。

想定される湛水量は、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（図 3.6.2）。

また、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 へ平均浸水深の低減が見込まれる（表 3.6.3）。



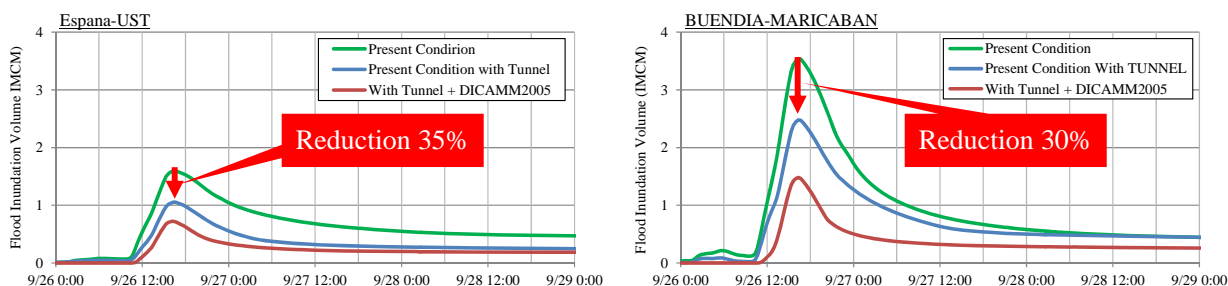
出典：JICA 調査団

図 3.6.1 想定氾濫区域面積の低減（確率規模 25 年）

表 3.6.2 想定氾濫区域内面積（確率規模 25 年）

Inundation Depth (m)	Inundation Area (km2) (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



出典：JICA 調査団

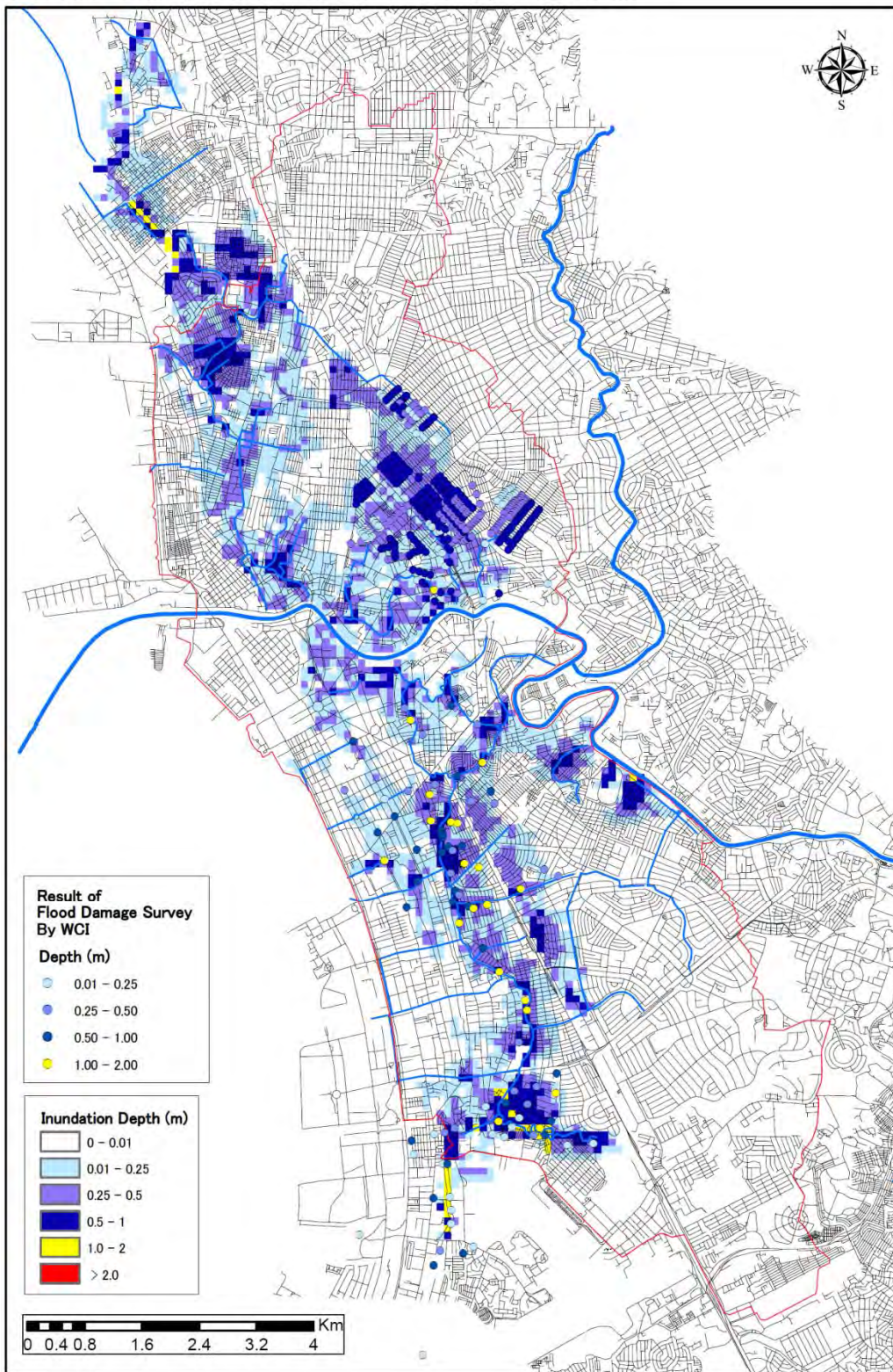
図 3.6.2 流域内の湛水量の推移

表 3.6.3 流域内の湛水量と平均浸水深

Area	Maximum Inundation Area (25-yr) (km2)	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

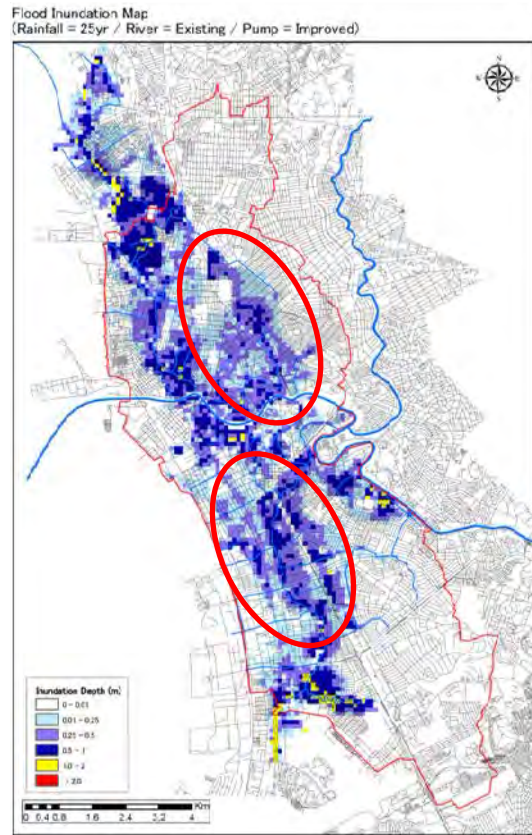
出典：JICA 調査団

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

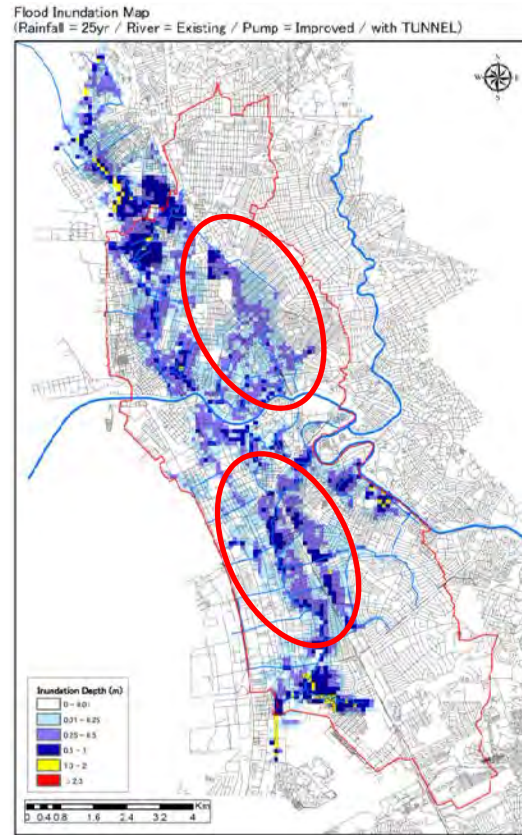


出典：JICA 調査団

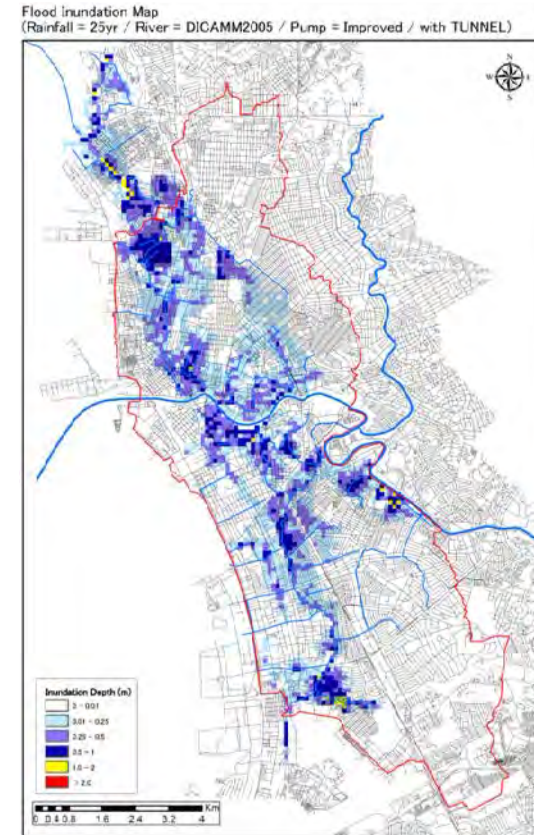
図 3.6.3 洪水氾濫解析結果（2009 年台風オンDOI再現計算）



降雨：25年規模／水路：現況／ポンプ：改修
(貯留管なし)



降雨：25年規模／水路：現況／ポンプ：改修
(貯留管あり)

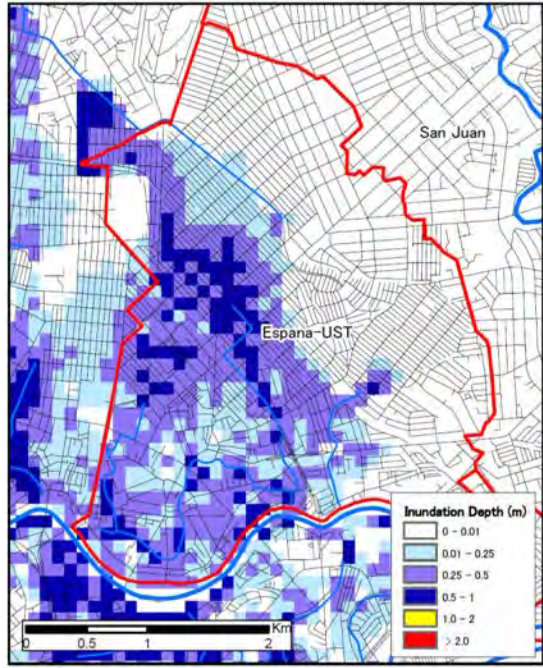


降雨：25年規模／水路：DICAMM2005
／ポンプ：改修
(貯留管あり)

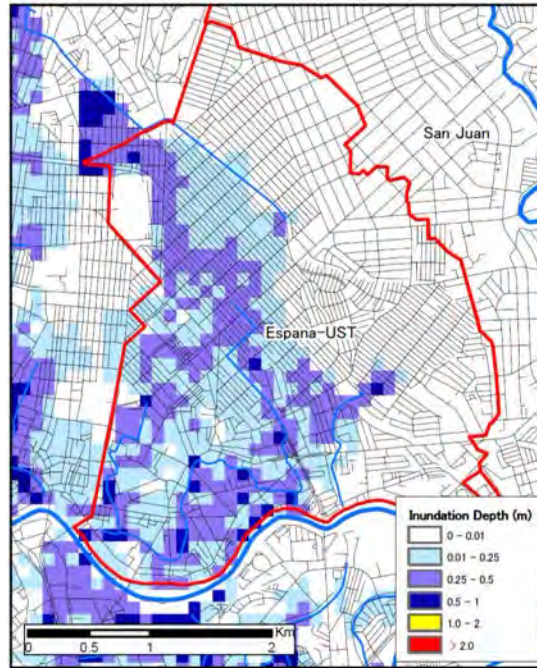
図 3.6.4 想定氾濫区域図

ESPANA-UST

Present Condition



Present Condition with Tunnel



With Tunnel + DICAMM2005

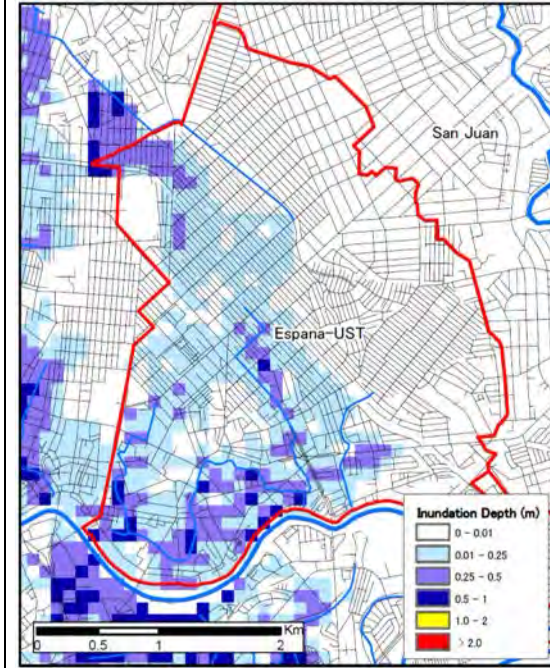
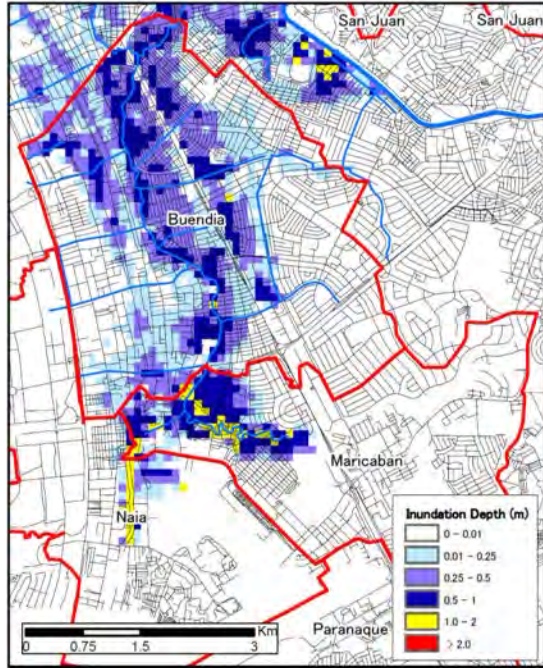


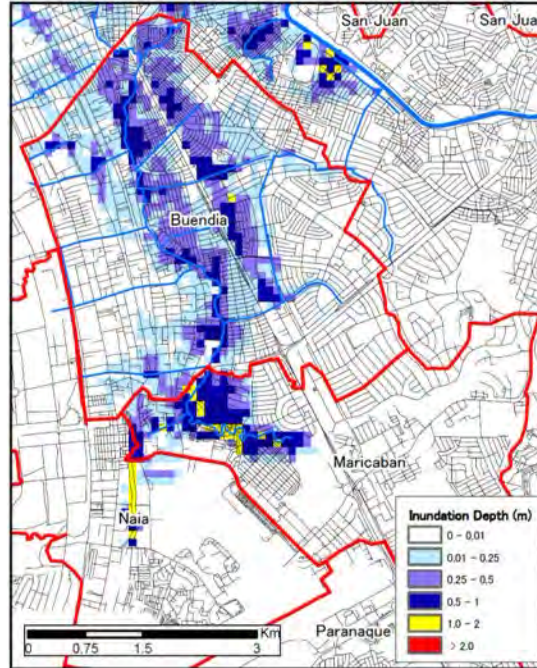
图 3.6.5 想定氾濫区域図（確率規模 25 年 拡大版）

BUENDIA-MARICABAN

Present Condition



Present Condition with Tunnel



With Tunnel + DICAMM2005

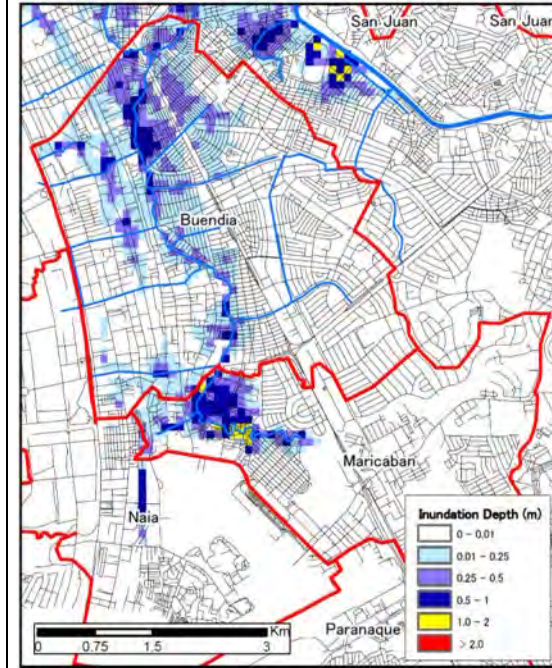


图 3.6.6 想定氾濫区域図（確率規模 25 年 拡大版）

第4章 地下トンネル技術適用の可能性の検討

4.1 地下トンネル技術

本調査は、マニラ首都圏の洪水・排水対策における地下トンネル技術適用の可能性を検討するものである。マニラ首都圏の立地条件から地下トンネル技術を採用した場合、該当地域の交通や生活機能に影響なく洪水・排水対策工事の実施が可能となる。

マニラ首都圏の地下トンネル排水施設は氾濫水を貯める貯留管と氾濫水を貯留管に導く接続管である。その特徴から工法はシールド工法及び推進工法が適している。

- ・貯留管：大断面、長距離。→シールド工法
- ・接続管：小中断面、中距離。→推進工法、シールド工法

シールド工法または推進工法は広範囲な地盤条件への対応と必要管径との対応が可能である。

推進工法は内径が 0.2 m～3 m 程度と比較的小規模な断面に適用可能であるため接続管に、シールド工法は 1.35 m～14 m 程度と大断面に対して適用できるため、貯留管への適用性が高い。

両工法ともに土質に対する幅広い適応性、必要規模への適応性に加え道路線形に合わせたカーブ施工が可能であることも特徴の一つであり、限られた範囲内（道路幅員内）での施工を可能としている。また、貯留管と接続管の接続部に斜孔推進を用いることで深い立坑を必要とせずに接続が可能である。

シールド工法、もしくは推進工法を適用する場合は、それぞれの掘進機械を搬入・搬出するための立坑が必要となる。立坑は開削工事で施工される。これらの立坑の建設工事で採用されている代表的な工法として、(1) 地中連続壁工法、(2) 自動化オープンケーソン工法、(3) ニューマチックケーソン工法などがあげられる。

4.2 候補エリアにおける排水施設整備案

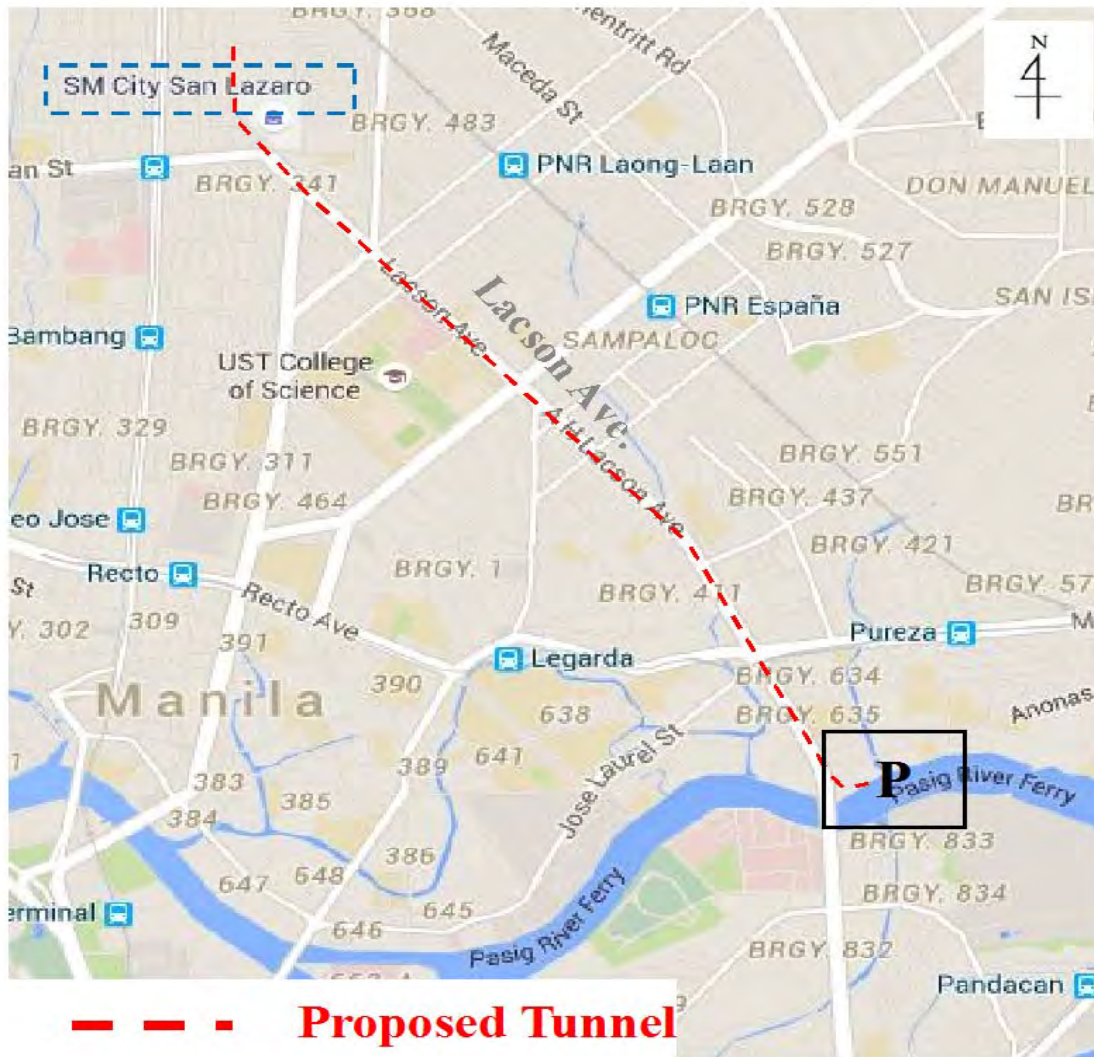
- (1) 現在 DPWH が実施している洪水対策、MMDA が実施している既存排水路の浚渫・排水機場のリハビリ等により、10年確率降雨に対応できるレベルの整備が行われること。
- (2) 今回策定する排水施設整備案は、DPWH が計画している 25年確率洪水に対応できるよう施設整備を行うとともに、将来的に 50年確率洪水に対応できるような拡張の余地を有する計画とする。
また、概略検討は以下の点に留意して実施した。
- (3) 現時点で入手可能な情報（既存構造物、地質情報、土地所有の状況等）をもとに施設整備案を策定した。
- (4) 代替案が考えられる場合は、現時点で技術面、コスト面等で実行可能な案を複数示し、次段階で詳細な調査を行うことにより検討すべき事項を留意事項として示した。

上述の仮定、留意点を踏まえて、2カ所の候補エリアについて、以下の事項について概略検討を行い、それぞれの候補エリアの排水施設整備案を作成した。

4.3 Espana-UST 候補エリアにおける排水施設整備案

地下貯留管については、シールド工法による築造を想定した。シールドマシンの発進および到達のための立坑の用地が確保可能なことを条件としてレイアウトを検討した。その結果、マニラ市の北方、サントトマス大学の敷地に面したラクソン通り（Lacson Avenue）沿いに地下貯留管を敷設する計

画とした。立坑は、SM・シティ・サンラザロ（SM City San Lazaro）の北方に位置する用地（現在はホテル建設のための資材置き場として利用されている）に建設し、南東方向にラクソン通り沿いにシールド工法により地下貯留管を建設する。貯留管の延長は最大で約3.5 kmとなる。貯留管の終端の到達立坑は、パシグ川右岸に位置するバレンシア排水機場の東側（上流側）に設置する。到達立坑に貯留管内の水を排出するための排水設備を設置し、排水機場として活用するとともに、管理施設を設置し管理員を常駐させ、遠隔監視システムによる排水施設各部の監視を行う。



出典：JICA 調査団

図 4.3.1 排水施設整備案

表 4.3.1 縦断計画、条件設定一覧

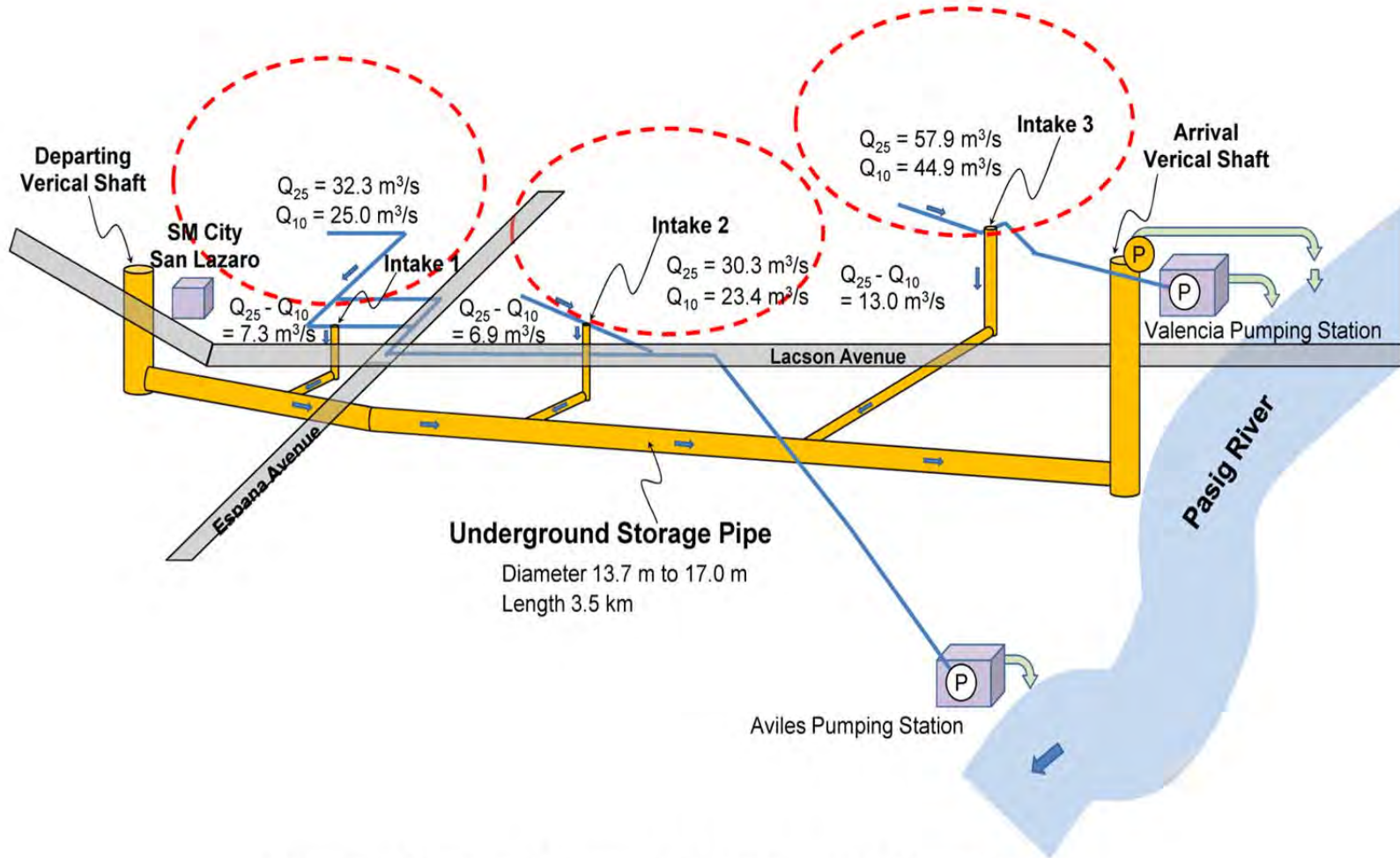
■標準勾配	<p>0.1%</p> <p>完成後の施設の役割は氾濫水を一時的にトンネルに貯留し、降雨後に所定の河川、エステロ等にポンプで排水する。そのため、ポンプ配置施設側に貯留水が流下するように勾配を設定する必要がある。計画では 0.1%の勾配を設定した。勾配 0.1%の設定根拠は、ポンプ施設への流下とシールドトンネル施工時の施工精度 (mm単位) を根拠とした。なお、地下構造物への影響が生じない範囲は、立坑深の軽減 (コスト縮減と工程短縮) を目的に可能なかぎりの勾配を採用した。</p>
■最低土被り	<p>1D (D : トンネル外径)、18.540m</p> <p>シールドトンネルの最低土被りの一般的な基準は 1D~1.5D (D : トンネル外径) 程度である。計画トンネルの最低土被りは 1D を標準とした。なお、日本国内では 1D よりも少ない離隔で施工されている例は多数ある。土被りの縮小は完成後のポンプ揚程に関わるため、検討する必要がある項目である。その場合は、影響解析を行い安全性の確保を前提としている。本計画においても地盤条件が確認された時点で土被り縮小の可能性は検討項目にあげられる。</p>
■既設基礎構造物との離隔	<p>基礎下端から 1D (D : トンネル外径)、18.540m</p> <p>既設構造物基礎との縦断離隔は、平面線形同様に既設構造物が安定に必要とする範囲外に設置することが基本となる。縦断位置は既設構造物との平面位置の関係が重要であり、平面線形で述べた 2D (D : トンネル外径) を確保できない場合は、離隔に関係なく影響範囲内にトンネルが存在することになる。本計画では、道路幅員、既設構造物の位置とトンネル外径の関係から影響範囲内にトンネルが存在する。そのため、基礎下端から土被りで示した 1D (D : トンネル外径) を確保することとした。</p>

出典 : JICA 調査団

表 4.3.2 Espana-UST 候補エリアの排水施設整備案の概要

事業名	代替案	貯留管延長 (km)	貯留管内径 (m)	貯留量 (m ³)
Espana-UST 貯留管	貯留案	3.5	17.05	690,000
	早期排水案		13.75	446,000

出典 : JICA 調査団



Schematic Diagram of Espana - UST Underground Storage Pipe

出典：JICA 調査団

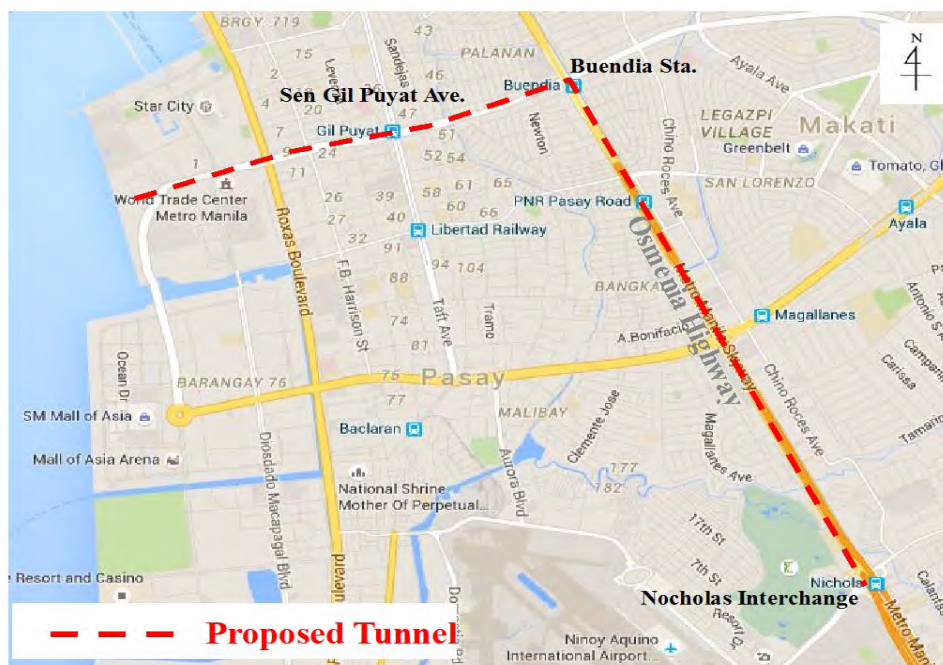
図 4.3.2 Espana-UST 候補エリアにおける施設整備案の概念図

4.4 Buendia-Maricaban 候補エリアにおける排水施設整備案

Buendia-Maricaban地下貯留管の平面図を図 4.4.1に示す。

地下貯留管はパサイ市ニノイ・アキノ国際空港 (NAIA) の北東に位置するニコラス・インターチェンジ (Nicholas Interchange) を起点とし、オスメニア高速道路 (Osmeña Highway) 沿いに北方へ 4.1 km 敷設した後、PNR (国鉄) ブエンディア駅付近でほぼ直角に曲がり、セン・ヒル・プヤット通り (Sen Gil Puyat Avenue) 沿いにマニラ湾へ向けて 3.1 km 敷設し、貯留水をマニラ湾へ排出する。

貯留管の建設は、作業用のスペースがより広く確保できるという観点から、マニラ湾側を発進立坑とし、セン・ヒル・プヤット通り沿いにシールド工法により東方向へ掘進する。PNR ブエンディア駅付近で南方向に曲がり、ニコラス・インターチェンジ内の到達立坑に向けてさらに掘進する。貯留管の長さは 7.2 km である。発進立坑内に貯留管内の水を排出するための設備を設置し、排水機場として活用するとともに、管理施設を設置し管理員を常駐させ、遠隔監視システムによる排水施設各部の監視を行う。



出典：JICA 調査団

図 4.4.1 排水施設整備案

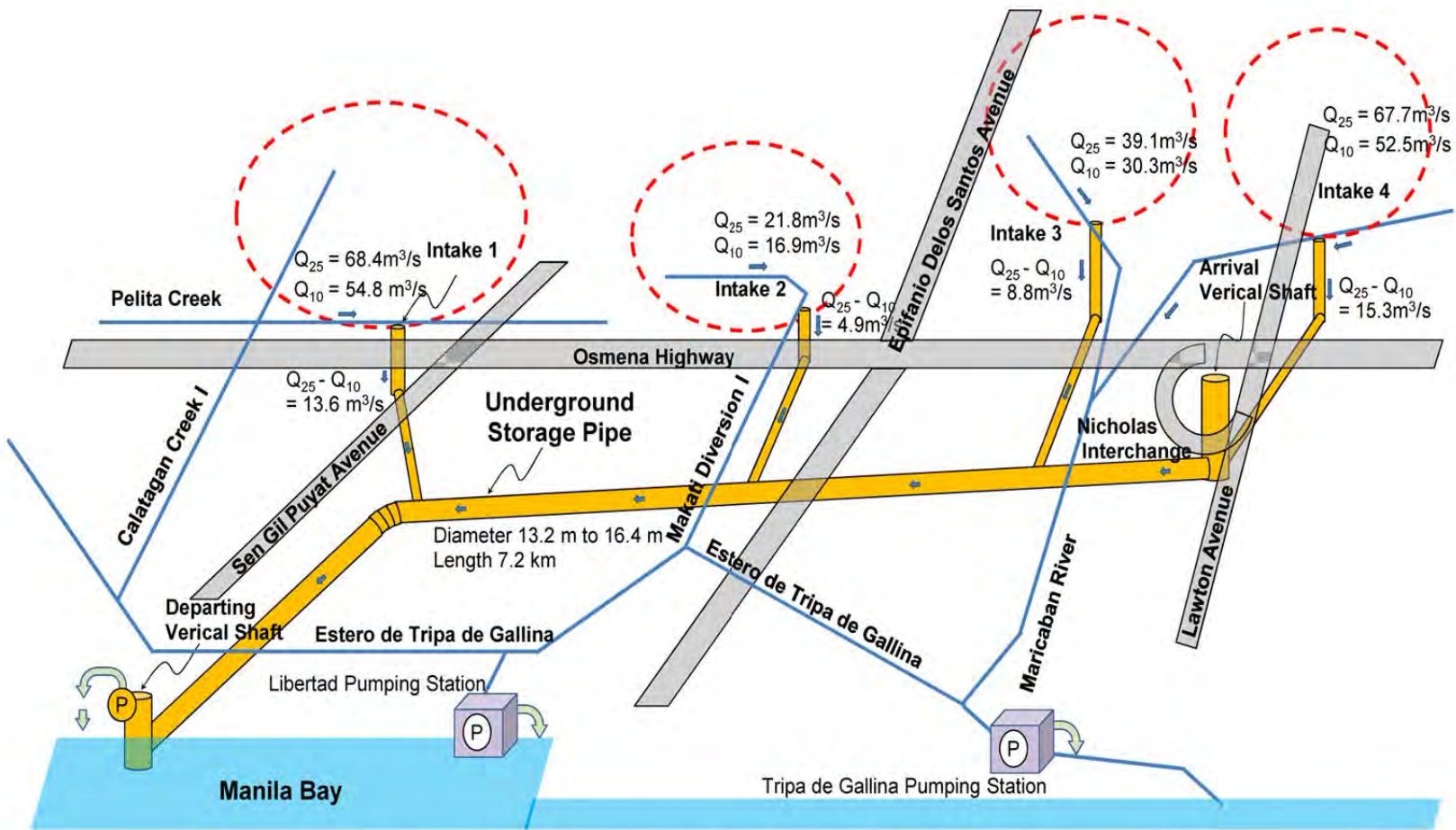
計画諸元のまとめ

上述 4.4.1～4.4.8 節で検討した排水施設整備案の諸元を一覧表にまとめると表 4.4.1 のとおりである。また、施設整備案の概念図を図 4.4.2 に示す。

表 4.4.1 Buendia-Maricaban 候補エリアの排水施設整備案の概要

事業名	代替案	貯留管延長 (km)	貯留管内径 (m)	貯留量 (m ³)
Buendia-Maricaban 貯留管	貯留案	7.2	16.4	1,310,000
	早期排水案		13.2	844,000

出典：JICA 調査団



Schematic Diagram of Buendia - Maricaban Underground Storage Pipe

図 4.4.2 Buendia-Maricaban 候補エリアにおける施設整備案の概念図

出典：JICA 調査団

4.5 各候補エリアにおける施工計画案

4.5.1 計画概要

施工計画の内容は、貯留管の施工法にシールド工法を採用した場合の概略工程を提示する。検討結果が示す計画概要を表 4.5.1 に示す。

表 4.5.1 計画概要一覧

事業名	代替案	貯留管延長 (km)	貯留管内径 (m)	貯留量 (m ³)
España-UST 貯留管	貯留案	3.5	17.050	690,000
	早期排水案		13.750	446,000
Buendia-Maricaban 貯留管	貯留案	7.2	16.400	1,310,000
	早期排水案		13.200	844,000

出典：JICA 調査団

[施工法]

- 貯留管施工法：シールド工法
- 立坑築造工法：ニューマチックケーソン工法

4.5.2 工程計画

工程計画は、表 4.5.1 に示した排水施設整備案の諸元を基に、日本国内での標準的なシールド工程にフィリピン国での施工を考慮して概略工程表を作成した。概略工程表が示す工事期間は6年～9年で、早期に対策が可能なのは各早期排水案であり、España-UST の場合で6.1年、 Buendia-Maricaban7.6 年程度である。概略工期を表 4.5.2 に示す。工程計画は近年の日本国内での標準的なシールド工事工程を基本に、流入工建設と排水機場建設を考慮した結果である。

表 4.5.2 概略工期

事業名	代替案	貯留管延長 (km)	貯留管内径 (m)	工事年数
España-UST 貯留管	貯留案	3.5	17.050	7.3
	早期排水案		13.750	6.1
Buendia-Maricaban 貯留管	貯留案	7.2	16.400	8.9
	早期排水案		13.200	7.6

出典：JICA 調査団

(初期掘進、本掘進など) 別に作成を行った。

表 4.5.3 概略日進量 (月進量)

事業名	代替案	貯留管延長 (km)	貯留管内径 (m)	日進量 (m/日)	月進量 (m/月)
España-UST 貯留管	貯留案	3.5	17.050	8.4	168
	早期排水案		13.750	10.8	216
Buendia-Maricaban 貯留管	貯留案	7.2	16.400	8.3	166
	早期排水案		13.200	10.3	206

出典：JICA 調査団

(1) Espana-UST 貯留管施工計画案

1) 早期排水案の場合

No.	項目	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目
1	立坑建設							
1-1	発進立坑			■				
1-2	到達立坑				■			
2	流入工建設	■	■	■	■	■	■	
3	トンネル築造							
3-1	設計・製作	■	■					
3-2	運搬・通関・組立			■				
3-3	マシン据付・掘進準備				■			
3-4	掘進				■	■	■	
3-5	マシン搬出						■	
4	排水機場						■	
5	付帯設備(換気等)						■	

出典：JICA 調査団

図 4.5.1 Espana-UST 候補エリアの施工計画案（早期排水案）

(2) Buendia-Maricaban 貯留管施工計画案

1) 早期排水案の場合

No.	項目	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目
1	立坑建設									
1-1	発進立坑		■							
1-2	到達立坑					■				
2	流入工建設	■	■	■	■	■	■	■		
3	トンネル築造									
3-1	設計・製作	■	■							
3-2	運搬・通関・組立			■						
3-3	マシン据付・掘進準備				■					
3-4	掘進				■	■	■	■		
3-5	マシン搬出							■		
4	排水機場							■		
5	付帯設備(換気等)							■		

出典：JICA 調査団

図 4.5.2 Buendia-Maricaban 候補エリアの施工計画案（早期排水案）

4.6 概略事業費

検討したレイアウトに基づいて概算事業費を求めた。

概略検討の段階であるため、掘削量、コンクリート量などの工事数量による積み上げ計算は行わず、日本における類似工事の建設費を参照し、当該工事の規模に合わせて概算コストを算定することを試みた。検討ではフィリピン国を想定した概算コストの算出し、コストレベルの把握を行った。また、参考として日本国内での既存施設が示す事業費を用いてコストレベルの把握する資料とした。

(1) 概算工事費

各排水計画別の概算工事費を表 4.6.1 および表 4.6.2 に示す。

表 4.6.1 概算事業費（日本円）

(Unit: million JPY)

	フィリピン国想定		日本国内想定		摘要
	早期排水案	貯留案	早期排水案	貯留案	
España-UST	56,408	84,179	84,700	131,100	
Buendia-Maricaban	95,103	138,158	160,400	248,900	

出典：JICA 調査団

表 4.6.2 概算事業費（フィリピンペソ）

(Unit: million PHP)

	フィリピン国想定		日本国内想定		摘要
	早期排水案	貯留案	早期排水案	貯留案	
España-UST	22,033	32,880	33,100	51,200	
Buendia-Maricaban	37,147	53,963	62,700	97,200	

出典：JICA 調査団

なお、今回の早期排水の場合は、貯留後、48 時間以内で排水するケースに必要なポンプ排水能力を固定し検討を行ったものである。3.5.2 および 3.5.3 で述べたように、ポンプ能力をより一層増強することで、トンネルの管径を小さくすることが可能である。非常に簡便に概算すると、たしかに総工事費が数十億円規模で下がる結果となった。

(2) 代替案の概算事業費

事業費は、工事費、間接費（管理費、設計・施工管理費、補償費）、予備費（物価上昇・物理的予備費）、税金で構成される。

概算工事費加えて、管理費などの間接費は、設計・施工管理費と土地補償費が含まれます。以下の条件で間接費を推定した。

- 1) 管理費：工事費、設計・施工管理費、物価上昇と物理的予備費を加えた物の 3.5%
- 2) 設計・施工管理費：設計・施工管理費は、施工監理：8%、詳細設計：10%とする。
物理的予備費：工事費+間接費の合計の 3%とする。
- 5) 税金：事業費の 5%とする。

表 4.6.3 Espana-UST の貯留管案

Espana-UST (Storage all + Pumping of after flood) (Unit: million*JPY, million PHP)

Work Item	Total		Equivalent (JPY)	Equivalent (PHP)	Note
	F.C.(JPY)	L.C.(PHP)			
Sub-total I	32,700	9,882	58,000	22,654	
II.Non-construction Cost					
II.1 Administration Cost	---	1,056	2,704	1,056	(I+II.2+III+IV)*3.5%
II.2 Consultancy Services Cost	7,308	1,223	10,440	4,078	8%(D/D), 10%(SV)
II.3 Land Compensation	---	77	197	77	
Sub-total II	7,308	2,356	13,340	5,211	
Sub-total for [I] + [II]	40,008	12,238	71,340	27,865	
Price Escalation Rate					
III.Price Escalation	2,609	1,613	6,740	2,632	
IV.Physical Contingency	1,151	367	2,091	817	
Sub-total for [I] + [II] + [III] + [IV]	43,768	14,219	80,170	31,314	
V.VAT	2,188	711	4,009	1,566	VAT=5%
VI. Project cost ([I] + [II] + [III] + [IV] + [V])	45,956	14,929	84,179	32,880	

出典：JICA 調査団

表 4.6.4 Espana-UST の早期排水開始案

Espana-UST (Pumping Start during flood) (Unit: million*JPY, million PHP)

Work Item	Total		Equivalent (JPY)	Equivalent (PHP)	Note
	F.C.(JPY)	L.C.(PHP)			
Sub-total I	22,900	6,445	39,400	15,389	
II.Non-construction Cost					
II.1 Administration Cost	---	707	1,810	707	(I+II.2+III+IV)*3.5%
II.2 Consultancy Services Cost	4,964	831	7,092	2,770	8%(D/D), 10%(SV)
II.3 Land Compensation	---	74	190	74	
Sub-total II	4,964	1,612	9,092	3,551	
Sub-total for [I] + [II]	27,864	8,057	48,492	18,941	
Price Escalation Rate					
III.Price Escalation	1,522	880	3,775	1,475	
IV.Physical Contingency	836	242	1,455	568	
Sub-total for [I] + [II] + [III] + [IV]	30,223	9,179	53,722	20,984	
V.VAT	1,511	459	2,686	1,049	VAT=5%
VI. Project cost ([I] + [II] + [III] + [IV] + [V])	31,734	9,638	56,408	22,033	

出典：JICA 調査団

表 4.6.5 Buendia-Maricaban の貯留管案

Buendia-Maricaban area (Storage all + Pumping of after flood) (Unit: million*JPY, million PHP)

Work Item	Total		Equivalent (JPY)	Equivalent (PHP)	Note
	F.C.(JPY)	L.C.(PHP)			
I. Construction cost (Direct cost)	43,000	18,983	91,600	35,778	
II.Non-construction Cost					
II.1 Administration Cost	---	1,707	4,370	1,707	(I+II.2+III+IV)*3.5%
II.2 Consultancy Services Cost	11,484	1,922	16,406	6,408	8%(D/D), 10%(SV)
II.3 Land Compensation	---	920	2,355	920	
Sub-total II	11,484	4,549	23,131	9,035	
Sub-total for [I] + [II]	54,484	23,532	114,731	44,813	
Price Escalation Rate					
III.Price Escalation	4,011	2,757	11,070	4,324	
IV.Physical Contingency	1,883	1,521	5,778	2,257	
Sub-total for [I] + [II] + [III] + [IV]	60,378	27,810	131,579	51,394	
V.VAT	3,019	1,391	6,579	2,570	VAT=5%
VI. Project cost ([I] + [II] + [III] + [IV] + [V])	63,397	29,201	138,158	53,963	

出典：JICA 調査団

表 4.6.6 Buendia-Maricaban の早期排水開始案

Buendia-Maricaban area (Pumping Start during flood) (Unit: million*JPY, million PHP)

Work Item	Total		Equivalent (JPY)	Equivalent (PHP)	Note
	F.C.(JPY)	L.C.(PHP)			
I. Construction cost (Direct cost)	32,000	12,382	63,700	24,881	
II.Non-construction Cost					
II.1 Administration Cost	---	1,165	2,984	1,165	(I+II.2+III+IV)*3.5%
II.2 Consultancy Services Cost	7,986	1,337	11,409	4,456	8%(D/D), 10%(SV)
II.3 Land Compensation	---	917	2,348	917	
Sub-total II	7,986	3,419	16,739	6,538	
Sub-total for [I] + [II]	39,986	15,801	80,439	31,419	
Price Escalation Rate					
III.Price Escalation	2,711	1,957	7,722	3,016	
IV.Physical Contingency	1,200	474	2,413	943	
Sub-total for [I] + [II] + [III] + [IV]	43,897	18,232	90,575	35,378	
V.VAT	2,195	912	4,529	1,769	VAT=5%
VI. Project cost ([I] + [II] + [III] + [IV] + [V])	46,092	19,144	95,103	37,147	

出典：JICA 調査団

第5章 地下トンネル貯留施設の運営維持管理計画

提案の地下貯留管の機能が十分に発揮されるには、適正な運営維持管理が必要になる。運営維持管理の作業範囲は、それぞれの取水口、貯留管、ならびに立坑を含む。

トンネル貯留施設の運営維持管理に必要な作業項目は、洪水時と平常時と2時期に分けて示す。

5.1 運営維持管理計画の概要

5.1.1 運営維持管理の項目と作業の流れ

(1) 洪水時の運営維持管理

計画時点で想定した洪水時の運営維持管理の項目と作業の流れは以下のとおりである。

ここでは、洪水発生により既存排水路から取水口を通じて地下貯留管への洪水の流入開始後、次の洪水への対応準備を行うまでの一連の作業を示す。

- 1) 遠隔監視装置による取水口への円滑な流入状況の監視
 - a) 洪水の取水口への流入開始後、浮遊物などにより取水口の閉塞が起こることなく、既存排水路から貯留管への円滑な流入が確保されていることを確認する。
- 2) 貯留水の排水、換気、清掃
 - a) 貯留案の場合は、洪水終了後、早期排水案の場合は流入量が一定値を越えた段階で排水を開始する。
 - b) 排水終了後、当面、洪水の再来が予想されないことを気象情報等により確認後、貯留管内の換気を行う。貯留管内の安全な酸素濃度が確保できた段階で、作業車を投入し、清掃作業を開始する。
 - c) 清掃作業は高圧洗浄作業車により貯留管の壁面を清掃し、壁面に付着した浮遊物や沈殿物を排除することを目的に実施する。
 - d) 高圧洗浄作業車による清掃によって除去された浮遊物や沈殿物は貯留管のインバート部に設置した溝により貯留管下流端の立坑部に設置されたピットに集められ、液状のものは排水ポンプにより排出し、固形物はコンテナ等に入れて立坑内に設置されたエレベータにより搬出する。

洪水発生後、上述の運営維持管理のための作業を行うことにより、次の洪水への対応準備が整う。

(2) 平常時の運営維持管理

平常時の運営維持管理の項目と作業の流れは以下のとおりである。

洪水時の運営維持管理作業に備えて、提案の排水施設（地下貯留管）の機能が十分に発揮できるよう、平常時（非洪水時）に点検と確認を行う。平常時の運営維持管理の項目と作業の流れは以下のとおりである。

- 1) 貯留管内の点検と計測
 - a) 貯留管内全体を目視により点検し、変状、ひび割れ、漏水などの異常がないことの確認を行う。
 - b) 異常が認められた場合は、詳細な計測や評価を行い、原因を特定し、必要な対策を講じる。詳細については次段階で検討する。

2) 設備機器の保守・点検

- a) 遠隔監視装置、エレベータ、排水ポンプなどの設備機器の動作確認を行い、設備機器の機能に問題のないことを確認する。
- b) 問題が認められた場合は、修理・調整などの必要な作業を行い、再度確認を行う。

5.1.2 運営維持管理体制と予算

(1) 維持管理体制

現在、マニラ首都圏の排水路、排水機場の管理は MMDA が担当している。しかしながら、新たな大規模排水施設（地下貯留管）については、フィ国においては初めての導入である。排水施設の計画・実施は DPWH が担当することになり、現時点では DPWH が実施主体として運営維持管理の担当機関と想定されるが、MMDA との連携が必要となる。なお、維持管理費用の想定については、MMDA の排水機場の維持管理費用を参考に以下の様に想定している。

(2) 年間運営維持管理コスト

上述の洪水時、平常時の維持管理コストをまとめると以下のとおりである。

候補エリア	洪水時維持管理コスト (事業期間50年間の必要予算)	平常時維持管理コスト (ペソ/年)
Espana-UST候補エリア	23,911,200	63,445
Buendia-Maricaban候補エリア	47,822,400	126,890
合計	71,733,600	190,335

出典：JICA 調査団

第6章 プロジェクト経済評価

6.1 経済評価の方法

6.1.1 EIRRによる評価

NEDAのガイドラインを参考に、本調査で提案された排水改善対策は以下の手順で経済評価を実施する。

- (1) 洪水被害の項目を確認する
- (2) 被害項目ごとに、基本被害単価を設定する
- (3) 事業の評価のため、現況の洪水被害を算定する
- (4) 事業有り/事業無しで、確率年洪水ごとに被害額を算出し、年平均被害額を算定する
- (5) 事業有り/事業無しの年平均被害額の差を経済便益（年平均便益額）として算出する。
- (6) 経済便益と経済費用から比較し、経済的内部収益率(EIRR)により事業の実行可能性を検証する。

6.1.2 With/Without Project

経済評価は、プロジェクトが実施されない場合（Without Project）とプロジェクトが実施される場合（With Project）を比較、便益と費用の双方の差分を求める。

今回、「フィ」国が目指す25-50年対応を実現するために、本調査においては、排水事業の一部として地下トンネルを取り込んだ計画についての経済評価を行う。

6.1.3 評価対象プロジェクト

今回の評価対象プロジェクトはEspaña-USTエリアとBuendia-Maricabanエリアとする。

6.2 経済便益

6.2.1 便益の構成要素

洪水制御における経済便益は大別すると、直接的被害の軽減からなる直接的経済便益と間接的経済便益の2つに大別される。下図に示すように、直接的便益は、1) 家屋等資産への被害軽減、2) 避難対策コスト回避：洪水から逃れる住民のケア、3) 清掃コスト軽減があり、他方、間接的経済便益は、1) 交通迂回・渋滞費用減少、2) 所得機会逸失減少、3) 土地利用価値増加から構成される。

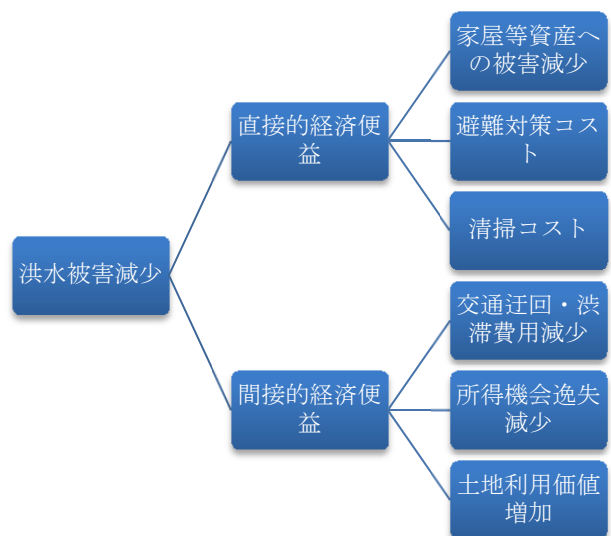


図 6.2.1 洪水被害軽減の経済便益

6.2.2 直接便益

基本的には既往調査（パッシング・マリキナ川河川改修事業フェーズIV&V）の単価（2015年値）を使用している。

家屋等資産への被害は氾濫シミュレーションから洪水確率ごとに算定、With/Without Projectの差分を、洪水対策事業の便益として推計した。

表 6.2.1 家屋等資産への被害減少便益（単位：million Peso）

Espana-UST

Return Period	Occurrence Probability	Flood Damage			Average of Damage Reduction	Interval Probability	Annual Average Damage Reduction	Remarks
		Without Project	With Project	Damage Reduction				
1/3	0.333	0	0	0				
					2,093	0.133	278	
1/5	0.200	7,430	3,243	4,187	4,208	0.100	421	
1/10	0.100	10,484	6,256	4,229	4,191	0.060	251	
1/25	0.040	14,019	9,865	4,154	4,352	0.020	87	
1/50	0.020	17,025	12,475	4,550	4,508	0.010	45	
1/100	0.010	20,265	15,799	4,466				
						Annual Benefit :	1,082	million peso

出典：JICA 調査団

Buendia-Maricaban

Return Period	Occurrence Probability	Flood Damage			Average of Damage Reduction	Interval Probability	Annual Average Damage Reduction	Remarks
		Without Project(1)	With Project(2)	Damage Reduction (1)-(2)				
1/3	0.333	0	0	0				
					5,005	0.133	666	
1/5	0.200	25,093	15,083	10,010	10,198	0.100	1,020	
1/10	0.100	34,857	24,471	10,386	7,461	0.060	448	
1/25	0.040	45,246	40,711	4,535	4,154	0.020	83	
1/50	0.020	54,925	51,152	3,772	3,604	0.010	36	
1/100	0.010	63,246	59,811	3,435				
						Annual Benefit :	2,253	million peso

出典：JICA 調査団

6.2.3 間接便益

(1) 所得機会費用

洪水の被害の機会費用を推計は、数値的な被害に対し、価地域国内総生産（Gross Regional Domestic Product: GRDP）および生産人口を用いた。

2014年のGRDPは全国で12.6兆ペソ、首都圏（NCR：National Capital Region）で約4.7兆ペソ、首都圏労働人口一人当たりのGRDPは2014年で、890,000 Peso/Worker/Yearである。

Buendia-Maricabanはマニラ首都圏の年間労働者当たり産出額890,000 Pesoに対して20%プラス³、他方、España-UST地区は平均値と設定した。

表 6.2.2 時間価値算定

	単位	Buendia	España-UST
地域間調整後の労働者当たり GRDP	peso/year/capita	1,068,000	890,000
経済評価用修正後の労働者当たり GRDP	peso/year/capita	892,848	744,040
	per day peso/day/capita	4,464	3,720
	per hour peso/hour/capita	558	465

出典：JICA 調査団

(2) 経済機会損失の推計

対象となる洪水による España-UST 地区の年間経済機会損失期待値は 111 百万ペソ、Buendia-Maricaban 地区は 703 百万ペソと推計した。

(3) 交通迂回・渋滞費用減少

対象となる洪水による España-UST 地区は 514 百万ペソ、Buendia-Maricaban 地区は 385 百万ペソと推計した。

6.3 経済評価

今回は地下トンネルの可能性を検討する初期調査であるため、現況の状況に於いて地下トンネル「あり」と「なし」の差分を便益とすることで評価を行った。

その結果、Buendia-Maricaban のEIRRは14%、España-USTのEIRRは12%となった。

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

³ 統計データはないため、ヒアリングから家賃等生活水準の差を保守的に推計した。

第7章 環境社会配慮

7.1 プロジェクト区域における排水施設整備案に係る自然・社会条件

España-UST区域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区域は、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）には不法居住者（ISF）が存在するため、ISFの移転が必要となる。

7.2 自然環境・社会環境への影響可能性の確認

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。

7.3 排水施設整備案に必要な環境影響評価手続きの確認

本プロジェクトはフィ国環境影響評価制度（PEISS）が適用され、環境影響評価手続きを実施する必要がある。DENR-EMBの見解によると、本プロジェクトで提案している地下貯留施設は、インフラストラクチャーの中の「洪水防御施設」に該当するが、「地下貯留施設の容量が500万m³未満であることから、ECCを取得するために必要な書類は、IEE チェックリストである」ことを確認した。しかしながら本プロジェクトは、環境問題に直接的に対処するプロジェクトに該当すると考えられ、その場合はECC取得の必要はない。一方、本プロジェクトは、ECCの取得が必要な排水機場の建設及び掘削土の処分が伴っている。これらのことから、「施設計画内容が固まった段階でプロジェクト記述書を提出する必要があり、それに基づいてDENR-EMB内部で検討しEISに関する必要事項を決定する」との見解を確認した。

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

土地取得・住民移転政策に関する基本的考え方はフィ国憲法(1987)により規定されており、私有財産の収用における正当な補償、適切な法的支援、合法的、人道的な立ち退き等が保証されている。DPWHが実施するプロジェクトについては、RA 8974(2000)およびLARRIPP (2007) に基づいて用地交渉、住民移転に係る諸手続きが進められる。マニラ首都圏では、河川沿いの危険区域における不法居住者（ISF）の移転事業が、現在、政府関係部局とLGUの連携の下実施されており、本プロジェクト区域内においてもISFの移転が進められている。

第8章 今後の課題と提言

8.1 排水対策の課題

<提案するプロジェクトに向けての課題>

(1) 技術検討について

本調査は、初期的な調査であり、各種詳細な検討が出来ておらず、今後詳細に検討していく必要がある。

(2) 事業費について

ポンプと貯留管の組合せによって工事費が下がる可能性がある。今後、上述した詳細な技術検討を行い、トンネル内の水理条件にも配慮しつつ、最適な工事費を設定する必要がある。

<排水事業全般に関する課題>

(3) 排水機能回復と向上の推進

既存排水施設の機能が低下した状態であれば、提案する地下トンネルも効果を十分に発揮できない。

(4) 排水分野における DPWH / MMDA の連携の強化

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が DPWH、維持管理機関が MMDA に分離されている。

8.2 今後必要な対応

<提案するプロジェクトに向けて更なる調査の実施>

(1) 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

(2) 効率的で確実な取水の確認

(3) 地下埋設物の再確認と縦断レイアウトの決定

(4) 拡張性を考慮したレイアウトの決定

(5) 排水施設整備案に必要な環境影響評価手続きの実施

(6) Maricaban 川の流域管理計画策定・実施

(7) 大深度地下の公共的使用に関する法の整備

(8) 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

<排水事業全般で必要な対応>

(9) 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

(10) 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

(11) 排水路のゴミ・廃棄物投棄の削減と水質改善の推進

(12) 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、

8.3 提 言

DPWHは将来の気候変動の適応策も考慮した洪水・排水対策の整備目標として排水：25-year RP、洪水：50-year RPと高水準の「安全レベル」の目標を設定している。

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がある。

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」を設定していることから、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。

- (1) 現在のマニラ首都圏中心地域の排水対策事業について、8.2.2 で述べた内容の確実な実施。
- (2) 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
- (3) 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
- (4) 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

