



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 ラグナ湖の洪水対策に係る 情報収集・確認調査 【有償勘定技術支援】

ファイナル・レポート

第1巻：主報告書

2020年10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
日本工営株式会社

環境

JR

20-059

報告書構成

第1巻：主報告書

第2巻：測量調査編

本報告書で使用された為替レート

1 US\$ = 51.03 PHP = 108.67 JPY

1 PHP = 2.130 JPY

2020年1月時点



調査対象地域位置図（流域界）-1



調査対象地域位置図（州境界、市/町境界）-2

フィリピン国
ラグナ湖の洪水対策に係る情報収集・確認調査
ファイナル・レポート 第1巻：主報告書
和文

目 次

調査対象地域位置図（流域界）
調査対象地域位置図（州境界、市/町境界）
目次
表目次
図目次
略語表

	<u>ページ</u>
第1章 調査の概要	1-1
1.1 調査の背景	1-1
1.2 業務の目的	1-2
1.3 業務の概要	1-2
1.4 本調査のスケジュール	1-3
第2章 対象地域の状況と洪水	2-1
2.1 対象地域の状況	2-1
2.1.1 自然条件	2-1
2.1.2 社会経済	2-10
2.2 既存計画、検討等の確認・整理	2-14
2.2.1 運輸・交通事業	2-14
2.2.2 利水事業	2-19
2.2.3 環境関連	2-23
2.2.4 埋立計画	2-25
第3章 パッシグ・マリキナ川流域を含むラグナ湖流域の一体的な治水計画の検討	3-1
3.1 ラグナ湖流域における治水計画の歴史	3-1
3.2 一体的な治水計画について	3-4
3.2.1 1990年マニラ洪水対策計画調査（JICA）	3-4
3.2.2 フィリピンにおける主要18流域	3-5
3.2.3 パッシグ・マリキナ川流域とラグナ湖流域の一体的な治水計画	3-6
3.3 パッシグ・マリキナ川及びラグナ湖沿岸地域の洪水特性	3-7
3.4 マンガハン放水路の計画流量	3-8
3.5 マンガハン放水路の計画流量とパラニャーケ放水路計画流量の関係性	3-9
第4章 ラグナ湖沿岸地域総合洪水管理計画（案）の再整理	4-1
4.1 2018年策定の「ラグナ湖沿岸地域総合洪水管理計画（案）」の概要	4-1

4.1.1	ラグナ湖の洪水被害状況と総合洪水管理計画	4-1
4.1.2	計画規模及び対象水位波形	4-2
4.1.3	ラグナ湖沿岸地域総合洪水管理計画（案）における構造物対策	4-3
4.1.4	ラグナ湖沿岸地域総合洪水管理計画（案）における非構造物対策計画	4-6
4.2	パラニャーケ放水路の再整理	4-8
4.2.1	パラニャーケ放水路の運転開始水位の再検討	4-8
4.2.2	パラニャーケ放水路ルート（案）の見直し	4-11
4.3	気候変動を考慮した治水計画の立案	4-26
4.3.1	気候変動予測（雨量）	4-26
4.3.2	気候変動予測（海面上昇）	4-28
4.3.3	気候変動のラグナ湖水位への影響	4-29
4.3.4	気候変動による影響分析	4-29
4.4	感度分析による施設規模の検討	4-30
4.4.1	ラグナ湖の Design Flood Level (DFL) の検討	4-30
4.4.2	ルートによる感度分析	4-34
4.4.3	最適施設規模の選定	4-35
4.5	パラニャーケ放水路の効果	4-35
4.6	マニラ湾の潮位変動を考慮したパラニャーケ放水路放流量について	4-42
4.6.1	放流量算定式	4-42
4.6.2	放流量に対する潮位の影響について	4-43
4.7	放水路と排水先河川において必要となる対策の検討	4-48
4.8	湖岸堤システムの再整理	4-49
4.8.1	基本方針	4-49
4.8.2	平面、縦横断計画	4-55
4.9	維持管理	4-59
4.10	実施手順と概略事業費算出	4-60
4.10.1	コンポーネント実施手順	4-60
4.10.2	概略事業費	4-63
第5章	パラニャーケ放水路の治水効果	5-1
5.1	ラグナ湖沿岸地域に対するパラニャーケ放水路の治水効果	5-1
5.1.1	検討条件	5-1
5.2	ラグナ湖沿岸地域とパッシグ・マリキナ川流域の一体的な治水計画を 考えた場合のパラニャーケ放水路の治水効果	5-14
5.2.1	検討方針	5-14
5.2.2	パッシグ・マリキナ川流域に対する治水効果	5-14
5.2.3	パッシグ・マリキナ川流域の洪水被害軽減における パラニャーケ放水路貢献分を考慮した経済分析	5-17
5.2.4	パッシグ・マリキナ川流域の洪水対策における経済評価	5-19
5.3	経済評価	5-29

第6章	パラニャーケ放水路を含むラグナ湖沿岸地域総合洪水管理計画（案）	
	に係る諸検討.....	6-1
6.1	ラグナ湖沿岸地域総合洪水管理計画（案）の再整理.....	6-1
6.2	パラニャーケ放水路、ロサリオ堰、MCGS等の一体的な運用と維持管理につい ての検討.....	6-9
6.3	パラニャーケ放水路の操作規則の検討.....	6-15
6.4	ラグナ湖の持続可能な開発・保全に関するパラニャーケ放水路整備事業 の位置づけ 整理.....	6-18
6.5	パラニャーケ放水路の事業効果の提示方法の検討及び提案.....	6-20
6.5.1	パラニャーケ放水路事業の整備効果のわかり易い整理.....	6-20
6.5.2	浸水許容区域・許容レベルの明確化.....	6-23
6.5.3	パラニャーケ放水路整備後における非構造物対策.....	6-25
6.6	パラニャーケ放水路 F/S 時の環境影響評価について.....	6-27
6.6.1	パラニャーケ放水路の環境に対する影響概要.....	6-27
6.6.2	今回調査により明らかとなった環境課題.....	6-34
6.6.3	パラニャーケ放水路 F/S 時の環境影響評価について.....	6-41
6.7	パラニャーケ放水路ルート 2-B の測量調査.....	6-45
6.7.1	調査内容.....	6-45
6.7.2	調査結果.....	6-46
6.7.3	ルート 2-B 案の実現可能性について.....	6-47
第7章	提言.....	7-1
7.1	提言.....	7-1
7.2	F/S 調査における検討事項.....	7-1
7.3	放水路ルート 2-A, 2-B 案に係る調査.....	7-3

添付資料 目次

添付資料 1 Joint Meeting 会議資料（配布資料）

添付資料 1-1	Joint Meeting Member.....	添付-1
添付資料 1-2	Joint Meeting Part-1.....	添付-20
添付資料 1-3	Joint Meeting Part-2.....	添付-28
添付資料 2	経済分析に係る資料等.....	添付-42
添付資料 3	補償費に係る資料.....	添付-50

表 目 次

表 1.4.1	本調査のスケジュール	1-3
表 2.1.1	調査対象域における河川水系とその面積	2-1
表 2.1.2	ラグナ湖における年最低・平均・最高水位（1946年～2019年）	2-3
表 2.1.3	各水位におけるラグナ湖沿岸地域浸水面積と浸水人口	2-4
表 2.1.4	調査対象地域の人口	2-10
表 2.1.5	調査地域の市/LGUの数と人口	2-10
表 2.1.6	経済状況（2016）	2-12
表 2.1.7	調査流域の土地利用状況（2010）	2-14
表 2.2.1	LLRN Phase 1 事業概要	2-15
表 2.2.2	LRT-1 カビテ延長事業概要	2-16
表 2.2.3	南北鉄道事業（南側路線）概要	2-17
表 2.2.4	マニラ首都圏地下鉄事業情報収集・確認調査の結果概要	2-19
表 2.2.5	Putatan 第2浄水場事業概要	2-19
表 2.2.6	Muntinlupa Poblacion 浄水場事業概要	2-20
表 2.2.7	Cardona 浄水場事業概要	2-21
表 2.2.8	East Bay 浄水場事業概要	2-21
表 2.2.9	カラヤン揚水発電所諸元及び特徴	2-22
表 3.1.1	ラグナ湖流域における治水計画の歴史	3-2
表 3.1.2	パラニャーケ調査 2018 におけるパラニャーケ放水路の基本方式の検討	3-3
表 3.2.1	1990年 M/P 調査における各計画の概要	3-4
表 3.2.2	主要 18 流域の概要	3-6
表 3.4.1	パッシング・マリキナ川流域における既往治水計画	3-8
表 3.5.1	100年確率降雨におけるラグナ湖水位状況	3-10
表 4.1.1	ラグナ湖の水理、洪水被害状況	4-1
表 4.1.2	計画規模	4-2
表 4.1.3	ラグナ湖水位確率	4-2
表 4.1.4	パラニャーケ放水路の概略諸元	4-4
表 4.1.5	規模別におけるラグナ湖最高水位（気候変動なし）	4-5
表 4.2.1	長期予測計算結果 運転開始水位 6月～7月：11.5m、8月～12月：12.0m トンネル内径 D=12m、気候変動なし	4-9
表 4.2.2	パラニャーケ放水路ルート（案）見直し	4-11
表 4.2.3	パラニャーケ放水路ルート 1、3 の線形概要	4-12
表 4.2.4	シールド工法の場合の縦断計画	4-13
表 4.2.5	パラニャーケ放水路ルート 2-A、ルート 2-B の線形概要	4-18
表 4.2.6	パラニャーケ放水路ルート 4 案の比較	4-20
表 4.3.1	IPCC 第5次評価 RCP シナリオ 赤枠は PAGASA で予測しているシナリオ	4-26
表 4.3.2	3ヶ月雨量の変動予測結果（2036年～2065年の将来予測：RCP4.5）	4-26
表 4.3.3	州ごとの加重平均結果（2036年～2065年の将来予測：RCP4.5）	4-27
表 4.3.4	気候変動（PAGASA,2018）予測結果	4-27
表 4.4.1	トンネル内径の違いによるラグナ湖水位	4-32
表 4.4.2	トンネル内径の違いによる本体事業費（ルート 1、シールド工法）	4-33
表 4.4.3	DFL による経済評価の結果_気候変動考慮 （ルート 1、トンネル内径=13m、シールド工法）	4-33
表 4.4.4	ルート案による経済評価の結果_気候変動考慮 （トンネル内径=13m、シールド工法）	4-34
表 4.4.5	パラニャーケ放水路における最適施設規模	4-35
表 4.5.1	100年確率水位変動解析結果	4-35
表 4.5.2	規模別のラグナ湖水位（気候変動 RCP4.5+海面上昇） D=13m	4-36

表 4.5.3	パラニャーケ放水路有無による浸水日数 (EL.12.5m 以上は浸水とする)	4-37
表 4.6.1	パラニャーケ放水路の放流能力 (10%の断面割増部分の放流量は考慮しない)	4-43
表 4.6.2	パラニャーケ放水路の放流能力 (10%の断面割増部分の放流量も考慮)	4-43
表 4.6.3	パラニャーケ放水路の流速と放流能力 (ラグナ湖水位 11.5m、直径 13m)	4-44
表 4.6.4	パラニャーケ放水路の流速と放流能力 (ラグナ湖水位 13.8m、直径 13m)	4-45
表 4.6.5	6月、7月の平均潮位とパラニャーケ放水路平均放流量 (ラグナ湖水位 11.5m)	4-46
表 4.7.1	South Paranaque 川の排水施設候補地点における水位変化 (ルート 1)	4-49
表 4.7.2	Zapote 川の排水施設候補地点における水位変化 (ルート 2-B、ルート 3)	4-49
表 4.8.1	湖岸堤システムの配置優先地域の評価	4-50
表 4.8.2	湖岸堤システムの実施計画	4-52
表 4.8.3	湖岸堤システムの優先順位	4-52
表 4.8.4	堤防の計画高水流量と所要余裕高	4-54
表 4.8.5	堤防の天端幅	4-54
表 4.8.6	湖岸堤延長 (ラグナ湖計画最高水位 13.8 m)	4-55
表 4.8.7	排水機場及びゲート施設規模 (1/2)	4-57
表 4.8.8	排水機場及びゲート施設規模 (2/2)	4-57
表 4.9.1	ラグナ湖の総合洪水管理に関わる事業実施/運営維持管理体制の提案	4-59
表 4.10.1	ラグナ湖総合洪水管理計画事業の実施工程案	4-60
表 4.10.2	本体事業費積算方針	4-63
表 4.10.3	概略事業費算出条件	4-63
表 4.10.4	概略事業費(オプション 1：ルート 1、シールド)	4-64
表 4.10.5	概略事業費(オプション 2：ルート 2-A、シールド)	4-64
表 4.10.6	概略事業費(オプション 3：ルート 2-B、シールド)	4-65
表 4.10.7	概略事業費(オプション 4：ルート 3、シールド)	4-65
表 4.10.8	本体事業費支払いスケジュール(オプション 1)	4-66
表 4.10.9	支払いスケジュール(オプション 1)	4-67
表 4.10.10	本体事業費支払いスケジュール(オプション 2)	4-68
表 4.10.11	支払いスケジュール(オプション 2)	4-69
表 4.10.12	本体事業費支払いスケジュール(オプション 3)	4-70
表 4.10.13	支払いスケジュール(オプション 3)	4-71
表 4.10.14	本体事業費支払いスケジュール(オプション 4)	4-72
表 4.10.15	支払いスケジュール(オプション 4)	4-73
表 4.10.16	パラニャーケ放水路単独の概略事業費 (オプション 1：ルート 1、シールド)	4-74
表 4.10.17	パラニャーケ放水路単独の概略事業費 (オプション 2：ルート 2-A、シールド)	4-74
表 4.10.18	パラニャーケ放水路単独の概略事業費 (オプション 3：ルート 2-B、シールド)	4-74
表 4.10.19	パラニャーケ放水路単独の概略事業費 (オプション 4：ルート 3、シールド)	4-75
表 4.10.20	パラニャーケ放水路本体事業費支払いスケジュール (オプション 1：ルート 1、シールド)	4-75
表 4.10.21	パラニャーケ放水路支払いスケジュール (オプション 1：ルート 1、シールド)	4-75
表 4.10.22	パラニャーケ放水路本体事業費 支払いスケジュール (オプション 2：ルート 2-A、シールド)	4-76
表 4.10.23	パラニャーケ放水路支払いスケジュール (オプション 2：ルート 2-A、シールド)	4-76

表 4.10.24	パラニャーケ放水路本体事業費支払いスケジュール (オプション3 ルート2-B、シールド).....	4-76
表 4.10.25	パラニャーケ放水路支払いスケジュール (オプション3 ルート2-B、シールド).....	4-77
表 4.10.26	パラニャーケ放水路本体事業費支払いスケジュール (オプション4 ルート3、シールド).....	4-77
表 4.10.27	パラニャーケ放水路支払いスケジュール (オプション4 ルート3、シールド).....	4-77
表 4.10.28	ラグナ湖の総合洪水管理に関わる年間維持管理費用.....	4-78
表 5.1.1	経済費用と経済便益.....	5-2
表 5.1.2	各オプションの経済費用(百万ペソ).....	5-3
表 5.1.3	各オプションの維持管理費用(経済費用) トンネル内径 D=13m.....	5-4
表 5.1.4	家屋の平均資産価値.....	5-5
表 5.1.5	家屋・家庭用品の被害率.....	5-5
表 5.1.6	分野別事業所の平均資産価値.....	5-6
表 5.1.7	事業者の被害率.....	5-6
表 5.1.8	分野別事業所の1日当たり平均付加価値.....	5-9
表 5.1.9	Without Project ケースの営業停止期間.....	5-10
表 5.1.10	With Project ケース(放水路あり、気候変動あり、直径 13.0m) の 営業停止期間.....	5-10
表 5.1.11	事業実施による営業停止期間の短縮 (放水路あり、気候変動あり、直径 13.0m).....	5-10
表 5.1.12	年平均被害削減便益の計算表(Taytay 市、直径 13.0m の事例).....	5-11
表 5.1.13	年平均被害削減便益の計算表(Lumban 市、直径 13.0m の事例).....	5-11
表 5.1.14	年平均被害削減便益の計算表(全 31LGU、直径 13.0m).....	5-11
表 5.1.15	LGU 毎の年平均被害軽減額(直径 13.0m) の構成.....	5-12
表 5.1.16	湖岸堤防建設による年平均被害削減便益の計算表(全 31LGU).....	5-13
表 5.2.1	氾濫シミュレーション実施ケース一覧.....	5-14
表 5.2.2	パッシング・マリキナ川流域にける全洪水対策.....	5-14
表 5.2.3	分派・放流システム整備状況一覧.....	5-16
表 5.2.4	パラニャーケ放水路のパッシング・マリキナ川流域への貢献分の便益切り分け 方法.....	5-18
表 5.2.5	便益分配方法.....	5-19
表 5.2.6	パッシング・マリキナ川流域の全洪水対策における年平均洪水軽減期待額.....	5-20
表 5.2.7	費用対効果分析結果(フェーズ II).....	5-21
表 5.2.8	費用対効果分析結果(フェーズ III).....	5-22
表 5.2.9	費用対効果分析結果(フェーズ IV).....	5-23
表 5.2.10	費用対効果分析結果(フェーズ V).....	5-25
表 5.2.11	費用対効果分析結果(マンガハン放水路).....	5-26
表 5.2.12	費用対効果分析結果(マリキナダム).....	5-27
表 5.2.13	費用対効果分析結果(全事業).....	5-28
表 5.3.1	ラグナ湖沿岸地域洪水計画(案)及びパラニャーケ放水路における 経済評価検討ケース.....	5-29
表 5.3.2	パラニャーケ放水路の各オプションの経済分析結果.....	5-29
表 5.3.3	感度分析による各ケースの値.....	5-30
表 6.1.1	パラニャーケ放水路ルート案諸元.....	6-2
表 6.1.2	湖岸堤長さ(Phase I, II, III).....	6-4
表 6.1.3	排水機場能力(Phase I, II, III).....	6-5
表 6.1.4	非構造物対策の概要.....	6-5
表 6.1.5	ラグナ湖沿岸地域総合洪水管理計画(案)の事業実施計画.....	6-6

表 6.1.6	ラグナ湖沿岸地域総合洪水管理計画（案）事業費 （気候変動あり、PSW-D13m、シールド工法）	6-6
表 6.1.7	ラグナ湖沿岸地域総合洪水管理計画（案）補償関連 （気候変動あり、PSW-D13m、シールド工法）	6-7
表 6.1.8	ラグナ湖沿岸地域総合洪水管理計画（案）経済評価 （気候変動あり、PSW-D13m、シールド工法）	6-7
表 6.1.9	パラニャーケ放水路事業費（気候変動あり、PSW-D13m、シールド工法）	6-7
表 6.1.10	パラニャーケ放水路補償関連（気候変動あり、PSW-D13m、シールド工法）	6-7
表 6.1.11	パラニャーケ放水路経済評価（気候変動あり、PSW-D13m、シールド工法）	6-8
表 6.2.1	ロサリオ堰、NHCS、MCGS の操作ルール （パッシング・マリキナ川河川改修事業フェーズ IV DD 業務）	6-10
表 6.2.2	ナピンダン水路の河道諸元（2002 年測量）	6-14
表 6.3.1	パラニャーケ放水路運転回数及び運転日数（2002～2013 年：12 年間）	6-15
表 6.5.1	確率洪水別のラグナ湖沿岸地域浸水面積、浸水期間及び浸水人口と放水路の 効果	6-20
表 6.5.2	優先プロジェクト（パラニャーケ放水路）及びラグナ湖沿岸地域総合洪水管 理計画（案）における浸水許容区域・許容レベル	6-23
表 6.5.3	パラニャーケ放水路整備後における非構造物対策(案)	6-25
表 6.6.1	Las Pinas-Paranaque Critical Habitat and Ecotourism Area: LPPCHEA)の概要	6-27
表 6.6.2	放水路建設候補地周辺 500m の区域における既存の取水権数	6-29
表 6.6.3	取水施設建設に伴う主な環境社会影響と配慮事項	6-31
表 6.6.4	開水路等の建設に伴う用地取得、被影響建物及び補償費の試算結果	6-32
表 6.6.5	地下放水路の建設に伴う環境社会影響及び配慮事項	6-32
表 6.6.6	排水施設建設に伴う環境社会影響及び配慮事項	6-33
表 6.6.7	掘削残土の発生・処分に伴う環境社会影響及び配慮事項	6-33
表 6.6.8	プロジェクト施設の建設工事中の環境社会影響及び配慮事項（留意点）	6-34
表 6.6.9	プロジェクト候補地における不法占拠者の現状および再定住プログラムに係る 調査結果	6-36
表 6.6.10	開水路等の建設に伴う用地取得、被影響建物及び補償費の試算結果	6-39
表 6.6.11	予備的スコーピング及び F/S 段階における調査・検討内容の確認	6-41
表 6.7.1	LiDAR 地形測量範囲（ルート 2-B）	6-45

目 次

図 2.1.1	ラグナ湖周辺の土地利用（赤い部分が人口密集地）	2-1
図 2.1.2	調査対象域における河川水系	2-2
図 2.1.3	ラグナ湖・マリキナ川・マンガハン放水路・ナピンダン水路・パッシング川の 水理システム	2-2
図 2.1.4	ラグナ湖の年最高水位と 2009 年台風オンDOI・ペペンによるラグナ湖 水位上昇	2-3
図 2.1.5	2009 年台風オンDOI時の家屋浸水（最高水位 EL.13.85m）	2-4
図 2.1.6	調査対象域地形図	2-5
図 2.1.7	調査対象域地質図	2-5
図 2.1.8	露岩の露頭（タギグ市南部、ジェネラスサントス道路沿い）	2-6
図 2.1.9	調査位置	2-6
図 2.1.10	調査地周辺の地形	2-6
図 2.1.11	調査地の地質	2-7
図 2.1.12	調査地の地質平面図	2-7
図 2.1.13	ルート A、D 沿い概略地質断面図	2-8
図 2.1.14	1 軸圧縮試験結果	2-9

図 2.1.15	試験結果と岩種区分の例との比較	2-9
図 2.1.16	ラグナ湖に接する LGU 位置図 (マリキナ川下流域を含む)	2-11
図 2.1.17	土地利用状況	2-13
図 2.2.1	LLRN マスタープラン (Phase 1、Phase 2)	2-15
図 2.2.2	LLRN Phase 1 レイアウトプラン	2-15
図 2.2.3	LRT-1 路線延長計画位置図	2-16
図 2.2.4	南側路線計画図	2-17
図 2.2.5	鉄道改修計画	2-18
図 2.2.6	地下鉄ゾーン区分図	2-19
図 2.2.7	Putatan 第 2 浄水場	2-19
図 2.2.8	ラグナ湖から取水する Maynilad の浄水場位置	2-20
図 2.2.9	ラグナ湖から取水する Manila Water の浄水場位置	2-21
図 2.2.10	CBK 発電所位置図	2-22
図 2.2.11	Las Pinas-Paranaque Critical Habitat and Ecotourism Area (LPPCHEA)	2-24
図 2.2.12	PRA による LPPCHEA 周辺の埋立計画 (イメージ図)	2-25
図 3.1.1	地下河川 (圧力管方式) 案のパラニャーケ放水路 3 次元イメージ	3-3
図 3.2.1	フィリピンにおける主要 18 流域	3-5
図 3.2.2	ラグナ湖及びパッシング・マリキナ川の水利システム	3-6
図 3.3.1	パッシング・マリキナ川流域及びラグナ湖沿岸流域 (右図)、 2009 年台風オンドイ時における流量及び水位変動 (左図)	3-7
図 3.4.1	計画高水流量配分図 (案) (確率洪水規模 1/100)	3-9
図 3.5.1	パラニャーケ放水路から放流される 3 種類の水	3-10
図 4.1.1	ラグナ湖沿岸地域の総合洪水対策の 3 本柱	4-1
図 4.1.2	ラグナ湖の年最大実績水位	4-2
図 4.1.3	ラグナ湖の洪水時水位変化 (2009 年及び 2012 年)	4-2
図 4.1.4	水文・水理解析モデルの概念図	4-3
図 4.1.5	ラグナ湖長期水位変動解析 現況再現計算結果 (パラニャーケ放水路なし)	4-3
図 4.1.6	パラニャーケ放水路ルート案	4-4
図 4.1.7	ラグナ湖長期水位変動解析結果 (パラニャーケ放水路あり、運転開始水位 = 12.0m)	4-5
図 4.1.8	100 年確率 水位変動解析結果 (パラニャーケ放水路あり、気候変動なし)	4-5
図 4.1.9	湖岸堤システム配置案 (優先地区)	4-6
図 4.2.1	ラグナ湖水位変動解析結果 100 年確率規模 (2018 年調査及び本調査 2020)	4-9
図 4.2.2	長期予測計算結果 (2002 年～2013 年)	4-10
図 4.2.3	パラニャーケ放水路 ルート (案) 見直し	4-11
図 4.2.4	GIS データに基づく現況地盤高及びクリティカルポイント	4-12
図 4.2.5	放水路計画縦断面図	4-13
図 4.2.6	取水・排水立坑計画図	4-14
図 4.2.7	取水施設計画平面図	4-15
図 4.2.8	取水施設計画断面図	4-16
図 4.2.9	排水施設計画平面図	4-17
図 4.2.10	排水施設計画断面図	4-17
図 4.2.11	トンネル計画平面図 ルート 2-A (San Dionisio 到達ルート案)	4-18
図 4.2.12	トンネル計画平面図 ルート 2-B (Zapote 到達ルート案)	4-19
図 4.2.13	ルート 2-A、2-B トンネル計画縦断面イメージ図	4-19
図 4.2.14	概略略工事工程表 (ルート 1 案 2018 年)	4-22
図 4.2.15	概略略工事工程表 (今回提案ルート 2-A)	4-23
図 4.2.16	概略略工事工程表 (今回提案ルート 2-B)	4-24
図 4.2.17	概略略工事工程表 (ルート 3 案 2018 年)	4-25
図 4.3.1	RCP シナリオに基づく海面上昇	4-28

図 4.3.2	PAGASA による海面上昇予測	4-28
図 4.3.3	100 年確率規模 ラグナ湖水位（気候変動あり・なしの比較）	4-29
図 4.3.4	熱帯低気圧の発生回数及び上陸数（1951 年～2015 年）	4-29
図 4.3.5	最大風速 170kph を超える熱帯低気圧数	4-30
図 4.3.6	将来における熱帯低気圧の発生頻度及び強度	4-30
図 4.4.1	西マンガハン湖岸堤防	4-31
図 4.4.2	1982 年から 2019 年におけるラグナ湖の年最高水位	4-31
図 4.4.3	2009 年台風オンドイ時における想定浸水人口及び浸水面積	4-32
図 4.5.1	ラグナ湖水位変動解析結果 100 年確率規模（D=13m）	4-36
図 4.5.2	パラニャーケ放水路有無による浸水日数の変化	4-36
図 4.5.3(1)	ラグナ湖水位変動解析結果 200 年確率規模（D=13m）	4-37
図 4.6.1	パラニャーケ放水路の流速と放流能力（ラグナ湖水位 11.5m、直径 13m）	4-44
図 4.6.2	パラニャーケ放水路の流速と放流能力（ラグナ湖水位 13.8m、直径 13m）	4-45
図 4.6.3	月最高／最低潮位（マニラサウスハーバー）	4-46
図 4.6.4	観測潮位時間データの例（2000 年 6 月、7 月）	4-47
図 4.7.1	ラスピナス・パラニャーケ地区における河川ネットワーク	4-48
図 4.8.1	湖岸堤システム配置案（優先地区）	4-53
図 4.8.2	湖岸堤設計及び河川改修設計における水位と構造物標高の関係	4-54
図 4.8.3	湖岸堤標準断面（DFL 13.8m）	4-56
図 4.8.4	湖岸堤システムの排水機場配置案（優先地区）	4-58
図 4.10.1	ラグナ湖総合洪水管理計画事業の実施工程詳細	4-62
図 5.1.1	ラグナ湖の洪水特性（長期浸水）を考慮した便益項目の抽出	5-2
図 5.1.2	年平均被害軽減額の構成(百万ペソ)	5-12
図 5.2.1	パッシング・マリキナ川及びラグナ湖における水理システム（再掲）	5-15
図 5.2.2	パラニャーケ放水路の排水イメージ図	5-16
図 5.2.3	パラニャーケ放水路から放流される 3 種類の水	5-17
図 5.2.4	パッシング・マリキナ川流域における全洪水対策の構成と便益切り分けイメージ	5-18
図 6.1.1	パラニャーケ放水路ルート案平面位置図	6-2
図 6.1.2	湖岸堤標準断面図	6-3
図 6.1.3	湖岸堤レイアウト（Phase I, II, III）	6-3
図 6.1.4	排水機場レイアウト（Phase I, II, III）	6-4
図 6.2.1	パッシング・マリキナ川及びラグナ湖における水理システム	6-9
図 6.2.2	100 年確率規模のラグナ湖水位変動（気候変動あり）	6-11
図 6.2.3	100 年確率規模のラグナ湖水位変動（気候変動あり）	6-12
図 6.2.4	ロサリオ堰横断面図	6-13
図 6.2.5	ナピندان水路縦断面図（2002 年測量結果より）	6-14
図 6.3.1	ラグナ湖水位変動解析結果（2002 年～2013 年）	6-16
図 6.4.1	流域の急激な人口増加と湖岸地域の浸水被害	6-18
図 6.4.2	ラグナ湖内水面漁業と湖岸沿い環境の悪化	6-18
図 6.4.3	Laguna de Bay Master Plan: 2016 and beyond	6-19
図 6.5.1	パラニャーケ放水路の整備による浸水被害軽減イメージ	6-20
図 6.5.2	パラニャーケ放水路の整備による確率別浸水人口軽減	6-21
図 6.5.3	パラニャーケ放水路の整備による確率別浸水期間低減効果	6-21
図 6.5.4	パラニャーケ放水路整備による水位低減、浸水期間短縮効果 （2009 年台風オンドイ時）	6-21
図 6.5.5	パラニャーケ放水路整備による浸水被害人口軽減効果 （2009 年台風オンドイ時）	6-22
図 6.5.6	パラニャーケ放水路の整備による浸水被害軽減イメージ （2009 年台風オンドイ時）	6-22

図 6.5.7	パラニャーケ放水路整備後、パラニャーケ放水路整備＋湖岸堤完成後による 浸水被害軽減イメージ	6-23
図 6.5.8	パラニャーケ放水路整備前後、パラニャーケ放水路整備＋湖岸堤完成後によ る 浸水被害人口	6-24
図 6.5.9	パラニャーケ放水路整備前後、パラニャーケ放水路整備＋湖岸堤完成後によ る 浸水面積	6-25
図 6.5.10	パラニャーケ放水路整備後における非構造物対策（案）	6-26
図 6.6.1	自然保護区(Las Piñas-Parañaque Critical Habitat and Ecotourism Area)の位置	6-28
図 6.6.2	プロジェクト施設建設候補地周辺の現状.....	6-35
図 6.6.3	プロジェクト施設建設候補地周辺における不法居住者（ISF）の状況	6-38
図 6.6.4	放水路ルート位置図	6-40
図 6.7.1	ルート 2-B の測量範囲.....	6-45
図 6.7.2	Survey Area 1：放水路呑口付近の地形図とオルソフォトマップのサンプル.....	6-46
図 6.7.3	Survey Area 2：Dr.A.Santos Avenue の地形図とオルソフォトマップのサンプル.....	6-46
図 6.7.4	Survey Area 3：Dr.A.Santos Avenue から Zapote 川までの地形図と オルソフォトマップのサンプル	6-46
図 6.7.5	Survey Area 4：放水路吐口付近の地形図とオルソフォトマップのサンプル.....	6-47
図 6.7.6	パラニャーケ放水路ルート 2-B の縦断地形図.....	6-47
図 7.3.1	トンネル線形のコントロール物件案内図.....	7-4
図 7.3.2	トンネル線形のコントロール物件位置図（地点 1）	7-4
図 7.3.3	トンネル線形のコントロール物件位置図（地点 2）	7-5

略 語 表

略語	正式名称	日本語訳
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
ASEAN	Association of South - East Asian Nations	東南アジア諸国連合
ASTI	Advanced Science and Technology	先端科学研究所
BFAR	Bureau of Fisheries and Aquatic Resources	フィリピン水産資源局
BOC	Bureau of Construction	建設局
BOD	Bureau of Design	設計局
BRS	Bureau of Research and Standards	調査基準局
CBDRRM	Community Based Disaster Risk Reduction and Management	コミュニティベース災害リスク削減・管理
CIDA	Canadian International Development Agency	カナダ国際開発庁
CLB	Calamba Los Banos	Calamba Los Banos (地名)
CLUP	Comprehensive Land Use Plan	包括的土地利用計画
CTIE	CTI Engineering Co., Ltd.	株式会社建設技術研究所
CTII	CTI Engineering International Co., Ltd.	株式会社建設技研インターナショナル
DEM	Digital Elevation Model	数値標高モデル
DENR	Department of Environment and Natural Resources	環境天然資源省
DILG	Department of the Interior and Local Government	内務自治省
DOF	Department of Finance	財務省
DOST	Department of Science and Technology	科学技術省
DPWH	Department of Public Works and Highways	公共事業道路省
EFCOS	Effective Flood Control Operation System	効率的洪水調整運用システム
EIA	Environmental Impact Assessment	環境アセスメント
EIRR	Economic Internal Rate of Return	経済的內部収益率
EMB	Environmental Management Bureau	環境天然資源省環境管理局
ESSD	Environmental and Social Safeguards Division	環境社会保障部
FCMC	Flood Control Management Cluster	治水管理局
FCSEC	Flood Control and Sabo Engineering Center	治水砂防技術センター
FRIMP	Flood Risk Management Project	洪水リスク管理事業
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
ICC	Investment Coordination Committee	投資委員会
ICHARM	International Centre for Water Hazard and Risk Management	水災害・リスクマネジメント 国際センター
IC/R	Inception Report	インセプション/レポート
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	気候変動に関する政府間パネル
ISF	Informal Settler Families	不法居住者
ISO	International Organization for Standardization	国際標準化機構
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
IT/R	Interim Report	インテリム/レポート
JV	Joint Venture	共同企業体
LGU	Local Government Unit	地方政府団体
LLDA	Laguna Lake Development Authority	ラグナ湖開発庁
LLEDP	Laguna Lakeshore Express Way Dike Project	ラグナ湖沿岸堤防道路事業

略語	正式名称	日本語訳
LPPCHEA	Las Pinas-Paranaque Critical Habitat and Ecotourism Area	ラスピニャス・パラニャーク自然保護エコツーリズム地区
MCGS	Marikina Control Gate Structure	マリキナ堰
MMDA	Metro Manila Development Authority	マニラ首都圏開発庁
MSL	Mean Sea Level	平均海面水位
MWSS	Metropolitan Waterworks and Sewerage System	首都圏上下水道公社
NAMRIA	National Mapping and Resources Information Authority	国家地理資源情報庁
NBCP	National Building Code of the Philippines	フィリピン家建築法
NCR	National Capital Region	マニラ首都圏
NDRRMC	National Disaster Risk Reduction Management Council	フィリピン家災害リスク削減管理委員会
NEDA	National Economic Development Authority	経済開発局
NHA	National Housing Authority	国家住宅機関
NHCS	Napindan Hydraulic Control Structure	ナピンダン調整水門
NK	Nippon Koei Co., Ltd.	日本工営株式会社
NSCP	National Structural Code of the Philippines	フィリピン設計基準
NWRB	National Water Resource Board	フィリピン水資源委員会
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
PAGASA	Philippines Atmospheric Geophysical and Astronomical Services Administration	大気地球物理天文局
PEISS	Philippines Environmental Impact Statement System	フィリピン環境影響評価制度
PPP	Public Private Partnership	公民連携
PRA	Philippine Reclamation Authority	フィリピン統計機構
PRBFFWC	Pampanga River Basin Flood Forecasting and Warning Center	パンパンガ流域洪水予警報センター
PSA	Philippine Statistic Authority	フィリピン統計機構
SC	Steering Committee	ステアリングコミッティ
STEP	Special Terms for Economic Partnership	本邦技術活用条件
TOR	Terms of Reference	委託条件書
TWG	Technical Working Group	テクニカル・ワーキング・グループ
UNDP	United Nations Development Program	国際連合開発計画
UP	University of Philippines	フィリピン大学
UPMO	Unified Project Management Office	統合プロジェクト管理事務所
USAID	United States Agency for International Development	アメリカ国際開発庁
WB	World Bank	世界銀行

要 約

1. 調査概要

1.1 調査の背景・経緯

マニラ首都圏は、フィリピンの政治、経済、文化の中心地であるが、沿岸低地地域のため台風/暴風雨および洪水の影響を受けやすく、同地域の経済・社会活動は洪水により深刻な影響を受けてきた。フィリピン政府は洪水対策の計画策定やそれに基づく事業実施など、過去 50 年以上にわたり継続的にこの問題に取り組んできているが、いまだマニラ首都圏は十分な洪水対応能力を備えていない。

我が国は、1970 年代から 40 年以上に亘り、マニラ首都圏と大河川を中心に洪水対策計画の策定や円借款での実施の他、中央官庁への技術支援等、幅広い支援を行っている。JICA は河川洪水/外水対策に関し、円借款事業により 1988 年にマンガハン放水路が完成した後、マニラ首都圏において、1988 年～1991 年にかけて「マニラ首都圏洪水対策計画調査」を実施し、特に緊急度の高い事業の一つとして「パッシング・マリキナ川河川改修事業」を取り上げ、フィージビリティ調査、旧国際協力銀行の案件形成促進調査を経て、4 フェーズに分けて同事業を実施する方針とした。現在、フェーズⅣ（2018 年度 L/A 調印）の詳細設計を実施中である。しかしながら、2009 年 9 月に発生した台風オンドイは、日雨量 453mm を記録してマリキナ川沿い及びラグナ湖沿岸地域並びにマニラ首都圏の都市部に大規模な洪水被害を発生させた。ラグナ湖沿岸地域では洪水対策が行われていない低平地が沿岸全域に広がっており、1 か月間以上の浸水被害も生じた。ラグナ湖沿岸地域の洪水対策はマニラ中心部より大きく遅れており、その洪水対策は緊急性の高い課題となっている。

更に、ラグナ湖沿岸地域の洪水対策としては湖岸堤防の建設や排水路・排水機場の建設等の他、ラグナ湖からパラニャーケ市を通ってマニラ湾に湖水を排水し、ラグナ湖の水位をコントロールするための放水路（以下、「パラニャーケ放水路」）の建設が検討されており、市街地化が進むパラニャーケ市の用地取得は困難であることから、開削工法ではなく、地下放水路とすることについて検討されている。

ラグナ湖沿岸地域の洪水対策の必要性を踏まえ、JICA では 2017 年から 2018 年にかけて「フィリピンマニラ首都圏パラニャーケ放水路に係る情報収集・確認調査（以下、パラニャーケ調査 2018）」を実施している。本調査では、過年度の調査結果も踏まえた上で、パッシング・マリキナ川流域とラグナ湖流域の一体的な治水計画に関する検討とパラニャーケ放水路の整備効果の検討などを追加で実施し、JICA による個別有償資金協力事業の実施可能性及び協力準備調査の前提を確認するための情報収集・確認を行うものである。

1.2 調査の目的

本調査は、パッシング・マリキナ川流域を含むラグナ湖流域を、既往事業・計画との整合を図りつつ一体的に解析し、ラグナ湖沿岸地域全域の治水計画作成を行い、以て、JICA による個別有償資金協力事業の実施可能性及び協力準備調査の前提を確認するための情報収集・確認を行うことを目的とする。

1.3 調査工程

本検討は 2019 年 11 月の国内作業から開始し、2020 年の 10 月で終了した。

2. 本調査での主要検討事項

本調査において実施した主要検討事項を下記に整理する。

2.1 気候変動を考慮した治水計画の立案

本調査において、DPWH のガイドライン「Design Guidelines, Criteria & Standard, 2015 DPWH」(以下、DGCS) の Volume3 Water Engineering Project に基づき、気候変動を考慮した治水計画の立案を行った。

Climate Change
Climate change should be considered as a part of the design and scoping for the project. This is outlined in Section 7.

出典：Design Guidelines, Criteria & Standard, 2015 DPWH Volume3 Water Engineering Project

2.2 パラニャーケ放水路の運転開始水位の再検討

パラニャーケ調査 2018 では、パラニャーケ放水路の運転開始水位を 12.0m (通年) とし、ラグナ湖の水位低減効果を検討した。本調査では、洪水期まえにラグナ湖の水位を低くし、洪水時の貯留能力を高くするため、パラニャーケ放水路の運転開始水位を改訂した。なお、西マンガハン湖岸堤に設置してある 4 箇所の既存排水機場の運転開始水位は 11.5m である。

2.3 ラグナ湖の Design Flood Level (DFL) の検討

ラグナ湖の治水安全度 100 年に対する Design Flood Level (DFL) については、①既存事業との整合性、②安全度 (浸水時のリスク) により、DFL の上限を設定し、次に、③事業費と合計 3 つの評価軸において検討した。

《ラグナ湖 DFL の設定における 3 つの評価軸》

評価軸	評価の視点	設定内容
評価軸①	既存事業との整合性	評価軸①と②により DFL の上限を設定
評価軸②	安全性 (浸水時のリスク)	
評価軸③	事業費	評価軸③により DFL を設定

2.4 パラニャーケ放水路ルート (案) の見直し

本調査においては、コスト削減を目指し、下記に示す方針に基づきパラニャーケ放水路のルート案を設定した。なお、パラニャーケ調査 2018 ではトンネル部の施工方法として 2 種類のトンネル工法 (①シールド工法、② NATM) において検討したが、本調査においては、軟弱地盤から硬質地盤まで湧水の有無に関わらず安全確実にトンネル部の施工が可能である「シールド工法」を基本として検討した。NATM については、今後の地質調査を踏まえ採用の可能性について検討を行う。

- ① 過去、パラニャーケ放水路は、幾度か検討されてきたが実現に至っていない。その大きな理由は、事業資金の大きさの他に、移転や用地取得等の社会的影響が非常に大きい事であった。
- ② パラニャーケ調査 2018 では、その社会的影響を最小化する観点から、最近制定された比国内法「地下 50m 以深には私有地権が発生しない」を適用した「地下水路案」で検討された。
- ③ 本調査では、事業費削減の観点からパラニャーケ調査 2018 のルート（案）をレビューし、事業コストや工期に占める割合が大きい放水路の入口・出口の立坑（シャフト）の建設を考慮し、立坑の長さを短く出来る放水路ルートを模索した。
- ④ その結果、パラニャーケ調査 2018 提案のルート 2 にほぼ平行に南側に位置する DPWH 管轄の国道（Dr. A. Santos Avenue）境界内に建設するルートを追加案とした。
- ⑤ このルート案は、放水路入り口の立坑建設を省略でき、コスト縮減及び工期縮減できること、トンネルのほとんどを国有地内に建設でき、同様に、社会的影響も少なくできる（出口側一部区間が私有地の地下を通過）。

2.5 パラニャーケ放水路の治水効果

パラニャーケ調査 2018 では、パラニャーケ放水路による浸水被害等軽減の便益は、①ラグナ湖沿岸地域のみ対象とし検討を行った。本調査においては、下記に述べる状況を踏まえ、②パッシング・マリキナ川流域に対する治水効果についても検討を行い、パラニャーケ放水路の事業効果をより正確に検討した。

<パッシング・マリキナ川流域に対する便益について検討する背景・趣旨>

- 1975 年、マンガハン放水路（マニラ首都圏の浸水被害を軽減するためにマリキナ川の洪水の一部をラグナ湖に分流する）とパラニャーケ放水路（ラグナ湖に流入したマリキナ川の洪水の一部をマニラ湾に放流する）は、一対の施設として提案された。
- 1988 年にマンガハン放水路が建設されたが、土地収用、家屋移転等の課題により現在もパラニャーケ放水路は未設置で、マンガハン放水路の運用により、ラグナ湖の水位は上昇する。
- パッシング・マリキナ川の洪水対策は、マンガハン放水路を含むパッシング・マリキナ川改修とパラニャーケ放水路が相俟って運用されることにより、当初計画どおりの事業効果を発現する。パラニャーケ放水路の事業効果は、①ラグナ湖流域からの流入を排水し、ラグナ湖沿岸の浸水を軽減する効果及び②パッシング・マリキナ川流域の浸水を軽減する効果により構成される。
- 現状では、マンガハン放水路からの流入が所与の自然条件と同様に扱われており、事業効果②が計上されず、パラニャーケ放水路の事業効果は過小評価となっている。
- 一方、マンガハン放水路からの洪水流入による浸水被害低減便益は、パッシング・マリキナ川流域の浸水を軽減する便益との重複となる可能性があるため、マンガハン放水路からの洪水流入による浸水被害低減便益は考慮しない。
- 本調査においてはマンガハン放水路で結ばれたラグナ湖沿岸地域とパッシング・マリキナ川流域の一体

的な治水計画として、事業効果①及び②の検討を行った。

3. 提案されたラグナ湖沿岸地域総合洪水管理計画（案）

本調査において提案されたラグナ湖沿岸地域総合洪水管理計画（案）を下記に整理する。

3.1 目標と治水安全度

ラグナ湖沿岸の開発状況、洪水被害の履歴、気候変動の影響等を考慮しつつ30年間でパラニャーケ放水路、湖岸堤等の整備を段階的に行うことで1/100確率洪水に対して浸水被害の防止・軽減を図る。

3.2 Design Flood Level (DFL)

ラグナ湖 Design Flood Level (DFL) は「13.8m」とする。

3.3 総合洪水管理計画（案）整備メニュー

1) 構造物対策（水位上昇抑制及び浸水被害軽減）

- パラニャーケ放水路の建設（地下トンネル、内径13m ※今後、内径は0.1m単位程度で精査）
- 湖岸堤システムの建設（総延長82.75km、排水路、排水機場、バック堤、橋梁等を含む）

2) 非構造物対策

- 湖管理境界内（EL.12.5m以下）の開発規制の厳格化
- 洪水危険地帯における土地利用規制と住民の安全確保の促進（住民移転を含む）
- ハザードマップ作成、避難計画、住民向け防災啓発活動、地域防災計画
- 洪水予警報システムの構築等

3.4 パラニャーケ放水路の概要

1) 構造諸元

パラニャーケ放水路の想定ルート上は商業施設や住宅が密集しており、開水路形式を採用した場合は多くの住民移転が発生し事業化が困難である。社会的影響を最小化するために、放水路は地下トンネル圧力管方式とする。また、パラニャーケ放水路は、1/100確率洪水時（気候変動あり）のラグナ湖最高水位14.5mをDFL 13.8mまで低下させるため、トンネル内径13m、最大放流量 $240\text{m}^3/\text{s}$ とする。

2) 運転開始水位

パラニャーケ放水路の運転開始水位は下記のとおりとする。

- 1月～5月（非洪水期）：操作なし

- 6月～7月（洪水期前）：湖水位上昇 11.5m ⇒ ゲート開、湖水位低下 11.5m ⇒ ゲート閉
- 8月～12月（洪水期）：湖水位上昇 12.0m ⇒ ゲート開、湖水位低下 12.0m ⇒ ゲート閉

3) パラニャーク放水路ルート案

パラニャーク放水路のルート（地下トンネル）は下記の4案を基本に検討を進める。

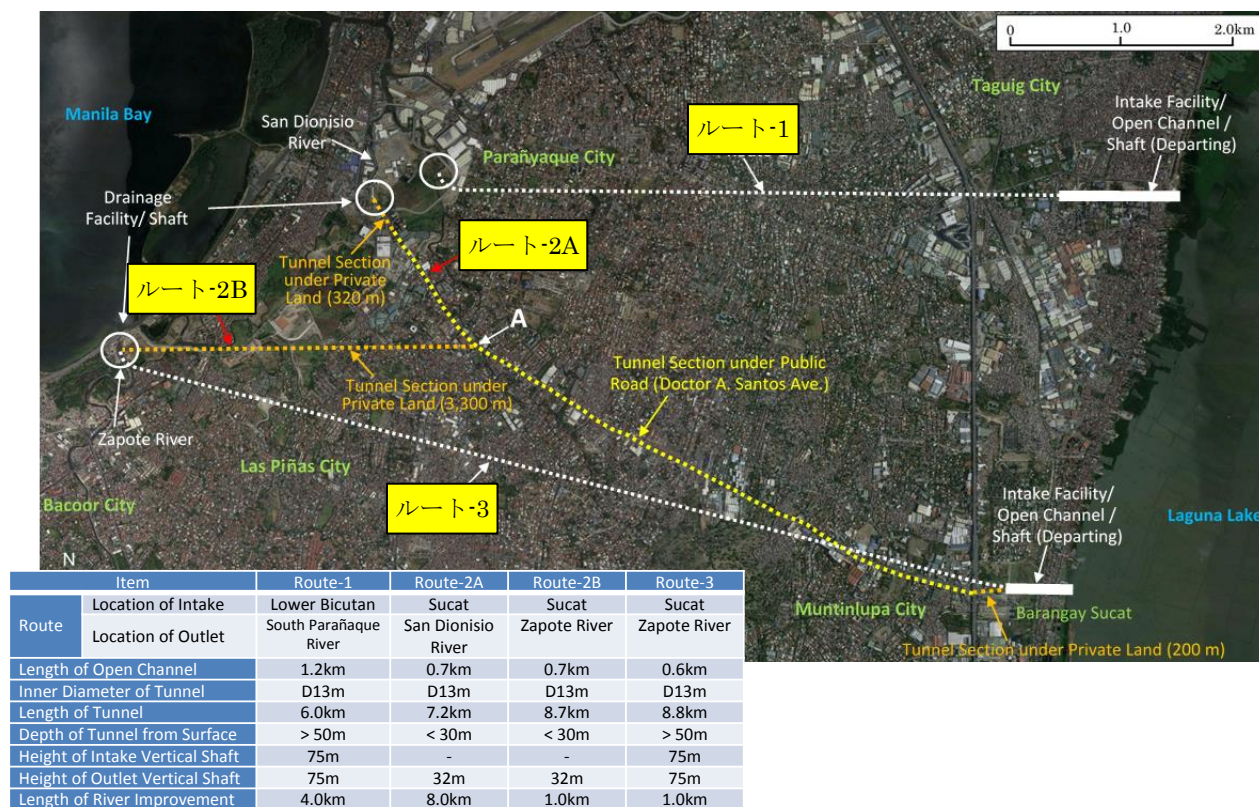


図 3.1 パラニャーク放水路ルート案平面位置図

3.5 湖岸堤システムの概要

1) 湖岸堤

ラグナ湖沿岸の優先地域において、ラグナ湖からの浸水を防御する湖岸堤システムを建設する。湖岸堤システムは、湖岸堤、排水路、排水機場、コミュニティ道路、橋梁等からなり、ラグナ湖の水位上昇に起因する洪水被害を解消する。湖岸堤天端標高は、DFL 13.8m に余裕高 1.2m を考慮し 15.0m とする。湖岸堤は標高 12 m から 12.5m 付近のラグナ湖沿岸に建設する。湖岸地域の土地利用、受益人口、受益面積等より湖岸堤システムの配置優先地域の順位付けを行い、優先度が高い地区から湖岸堤システムを配置する。湖岸全周約 220km に対し計画湖岸堤延長は約 83km とし、資産が少なく湖岸堤システムを配置するには経済効果が薄い地域については、非構造物対策（警報システム等）での対応とする。

2) 湖岸堤整備計画 ～約 82 kmを3期に分けて整備～

湖岸堤は Angono から Santa Cruz までの総延長 82.75km を 3 Phase で実施する。

- 湖岸堤 Phase I：Angono to Muntinlupa、延長 17.02km

- 湖岸堤 Phase II : San Pedro to Calamba、延長 32.83km
- 湖岸堤 Phase III : Los Banos to Santa Cruz、延長 32.90km



図 3.2 湖岸堤レイアウト (Phase I, II, III)

3) 排水機場整備計画 ~28 機を 3 期に分けて整備~

内水排除のための排水機場は Angono から Santa Cruz までに計画する 82.75km の湖岸堤システムの一部として 3 Phase で実施する。

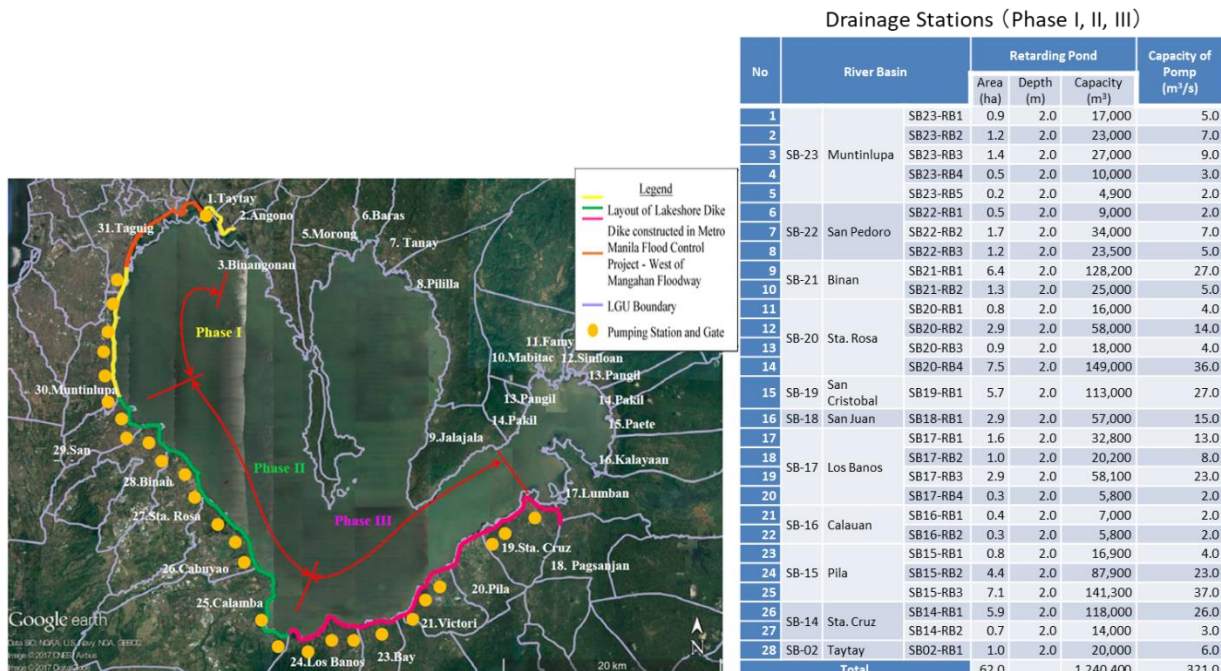


図 3.3 排水機場レイアウト (Phase I, II, III)

3.6 非構造物対策の概要

パラニャーケ放水路、また湖岸堤システムが完成するまでの対策として、さらに、資産が少なく湖岸堤システムを配置するには経済効果が薄い地域については、非構造物対策（警報システム等）での対応を進める。

表 3.1 非構造物対策の概要

非構造物対策	内容
1. 湖管理境界内 (EL.12.5m以下) の開発規制の厳格化	湖境界内に、埋立、住居、工場、資材置き場等の構造物の建築制限を厳格に規制する。湖境界を早急に現地に明確に表示する
2. 洪水危険地帯からの住民移転	ラグナ湖岸の湖管理標高 (12.5m) より低い位置に居住する住民の安全な土地への移転促進
3. 地域防災計画の策定、ハザードマップ作成、住民向け防災啓発活動	湖沿岸では、独自の地域防災計画を策定している自治体もあるが、ラグナ湖地域全体をみた防災計画は策定されていない。このことから、早急にラグナ湖地域防災計画の策定が必要である。また、ラグナ湖や流入河川のハザードマップ作成やその支援、そのハザードマップを用いた自治体を通じた住民向け防災啓発活動が必要である。
4. 洪水予警報システムの構築	ラグナ湖流域において、湖への流入河川の実発的洪水（フラッシュフラッド）と、湖水位上昇をモニタリングし、湖の洪水に警報を発するための洪水予警報システムを構築する。またパラニャーケ放水路の放流に関して、関連住民への警報システムも構築する

3.7 事業実施計画 ～30年間の長期計画とパラニャーケ放水路の優先実施～

パラニャーケ放水路は、10年程度での完成が期待でき、早期にラグナ湖沿岸全域に均等に洪水被害軽減効果を発現する。一方、湖岸堤システムは多くの住民移転、土地収用が必要であることに加え、歴史的に漁業への影響も想定され、完成までに長期間（20年～30年）かかる。

従って、パラニャーケ放水路建設を優先事業として早期（10年程度）に実施し、放水路の水位低減効果を見込んだ湖岸堤を長期間（30年程度）かけて着実に実施していくことが総合洪水管理計画として適切である。なお、パラニャーケ放水路の工事期間はルートにもよるが概ね5年～8.8年程度である。

本事業は大規模であり事業完了には長期間が必要となる。事業の完了目標は事業開始の30年後とし、事業を10年（短期）、20年（中期）、30年（長期）の3段階に分けて実施する。

3.8 ラグナ湖沿岸地域総合洪水管理計画の事業費、補償関連及び経済評価

事業費、補償関連及び経済評価を下表に示す。

表 3.3 ラグナ湖沿岸地域総合洪水管理計画（案）事業費（気候変動あり、D13m、シールド工法）

Parañaque Spillway (PSW) + Lakeshore Dike System (LDS)	Cost (million PHP)								
	Construction		Design and Supervision	Price Escalation	Physical Contingency	Compensation	Administration	Vat	Total
	PSW	LDS							
PSW (Route-1) + LDS	46,203	44,945	9,115	34,286	13,455	15,293	3,266	19,596	186,158
PSW (Route-2A) + LDS	41,888	44,945	8,683	32,318	12,783	16,028	3,133	18,797	178,576
PSW (Route-2B) + LDS	41,263	44,945	8,621	32,159	12,699	16,428	3,122	18,734	177,971
PSW (Route-3) + LDS	50,736	44,945	9,568	35,486	14,074	15,941	3,415	20,490	194,654

表 3.4 ラグナ湖沿岸地域総合洪水管理計画（案）補償関連（気候変動あり、D13m、シールド工法）

Parañaque Spillway (PSW) + Lakeshore Dike System (LDS)	Parañaque Spillway				Lakeshore Diking System			
	Compensation Cost (million PHP)	Land Acquisition (ha)	House Evacuation (house)	Affected People (person)	Compensation Cost (million PHP)	Land Acquisition (ha)	House Evacuation (house)	Affected People (person)
PSW (Route-1) + LDS	2,147	12.8	340	1,390	13,146	1,284.9	2,913	11,524
PSW (Route-2A) + LDS	2,882	7.7	360	1,470				
PSW (Route-2B) + LDS	3,283	12.9	360	1,470				
PSW (Route-3) + LDS	2,795	6.8	360	1,470				

表 3.5 ラグナ湖沿岸地域総合洪水管理計画（案）経済評価（気候変動あり、D13m、シールド工法）

Parañaque Spillway (PSW) + Lakeshore Dike System (LDS)	Annual Benefit (million PHP)	NPV of B (million PHP)	NPV of C (million PHP)	EIRR	NPV (million PHP)	B/C
PSW (Route-1) + LDS	22,475	80,132	41,043	16.3%	39,088	1.95
PSW (Route-2A) + LDS	21,279	95,871	42,474	19.6%	53,397	2.26
PSW (Route-2B) + LDS	21,181	95,459	42,427	19.7%	53,032	2.25
PSW (Route-3) + LDS	23,751	84,165	44,060	16.2%	40,105	1.91

3.9 パラニャーケ放水路（優先事業）の事業費、補償関連及び経済評価

事業費、補償関連及び経済評価を下表に示す。

表 3.6 パラニャーケ放水路事業費（気候変動あり、D13m、シールド工法）

Parañaque Spillway (PSW)	Cost (million PHP)							
	Construction	Design and Supervision	Price Escalation	Physical Contingency	Compensation	Administration	Vat	Total
PSW (Route-1)	46,203	4,620	7,797	5,862	2,147	1,333	7,996	75,959
PSW (Route-2A)	41,888	4,189	5,830	5,191	2,882	1,200	7,197	68,376
PSW (Route-2B)	41,263	4,126	5,671	5,106	3,283	1,189	7,134	67,771
PSW (Route-3)	50,736	5,074	8,997	6,481	2,795	1,482	8,890	84,454

表 3.7 パラニャーケ放水路補償関連（気候変動あり、D13m、シールド工法）

Parañaque Spillway (PSW)	Parañaque Spillway				
	Compensation Cost (million PHP)	Land Acquisition (ha)	House Evacuation (house)	Affected People (person)	Construction Period (month)
PSW (Route-1)	2,147	12.8	340	1,390	98
PSW (Route-2A)	2,882	7.7	360	1,470	60
PSW (Route-2B)	3,283	12.9	360	1,470	64
PSW (Route-3)	2,795	6.8	360	1,470	105

表 3.8 パラニャーケ放水路経済評価（気候変動あり、D13m、シールド工法）

Parañaque Spillway (PSW)	Annual Benefit (million PHP)	NPV of B (million PHP)	NPV of C (million PHP)	EIRR	B/C
PSW (Route-1)	19,676	69,586	26,013	18.9%	2.68
PSW (Route-2A)	18,480	86,201	27,444	23.1%	3.14
PSW (Route-2B)	18,382	85,790	27,397	23.1%	3.13
PSW (Route-3)	20,952	73,619	29,030	18.6%	2.54

3.10 100年確率規模等におけるパラニャーケ放水路の整備効果

放水路の整備により 100 年確率水位が 14.5m から DFL13.8m まで低減する。このことから、12.5m 以上の浸水面積が放水路なしの浸水面積 98.6km² から 66.1 km² に低減、浸水期間は 4.8 ヶ月から 2.5 ヶ月に短縮、浸水被害人口は 853,000 人から 513,000 人に低減し経済・社会被害が大きく軽減する。Muntinlupa 市 Alaban 地区における 100 年確率の放水路整備前後の浸水エリアを下図に示す。ラグナ湖沿岸には学校が点在しており、パラニャーケ放水路が無い場合は、約 4 ヶ月以上浸水が継続する。

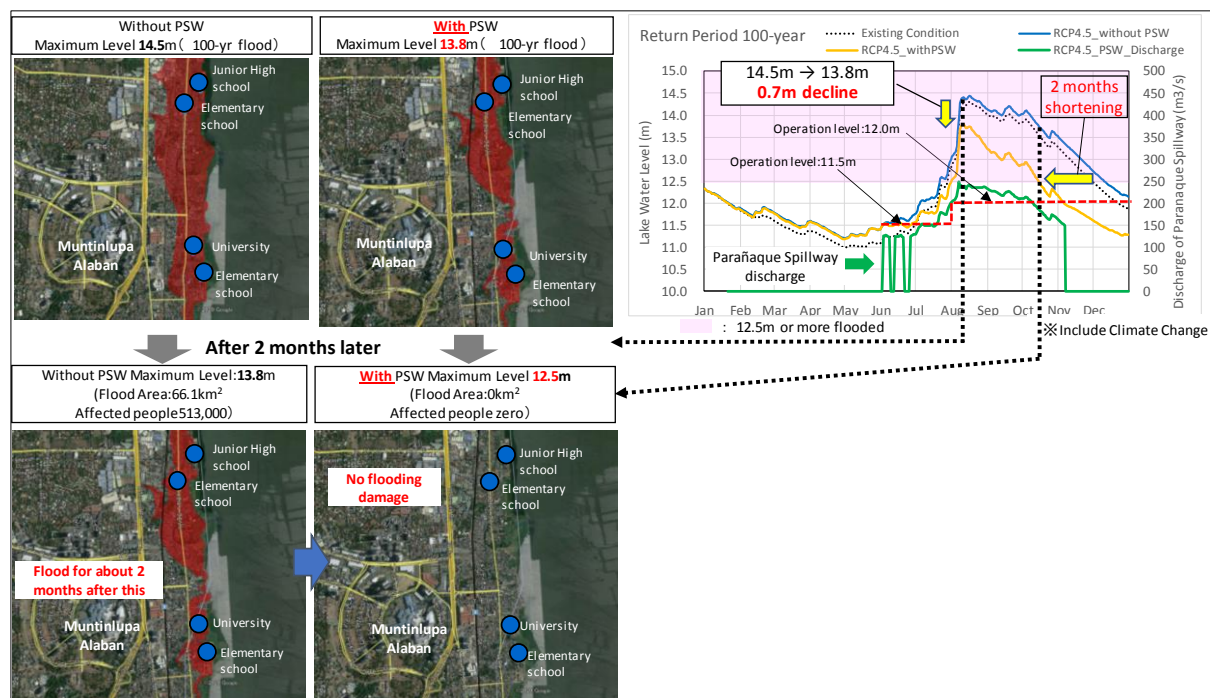


図 3.4 パラニャーケ放水路の整備による浸水被害軽減イメージ

表 3.9 確率洪水別のラグナ湖沿岸地域浸水面積、浸水期間及び浸水人口と放水路の効果

指標名	100年確率		10年確率		5年確率	
	基準年 (2020年)	目標値* (2032年)	基準年 (2020年)	目標値* (2032年)	基準年 (2020年)	目標値* (2032年)
最高湖水位 (m)	14.5	13.8	13.4	13.0	13.1	12.8
浸水面積 (km ²)	98.6	66.1	45.6	24.6	29.3	14.5
浸水期間 (月)	4.8	2.5	3.1	0.8	2.4	0.6
浸水人口 (人)	853,000	513,000	339,000	160,000	206,000	89,000

* 目標値はパラニャーケ放水路の効果によるものである

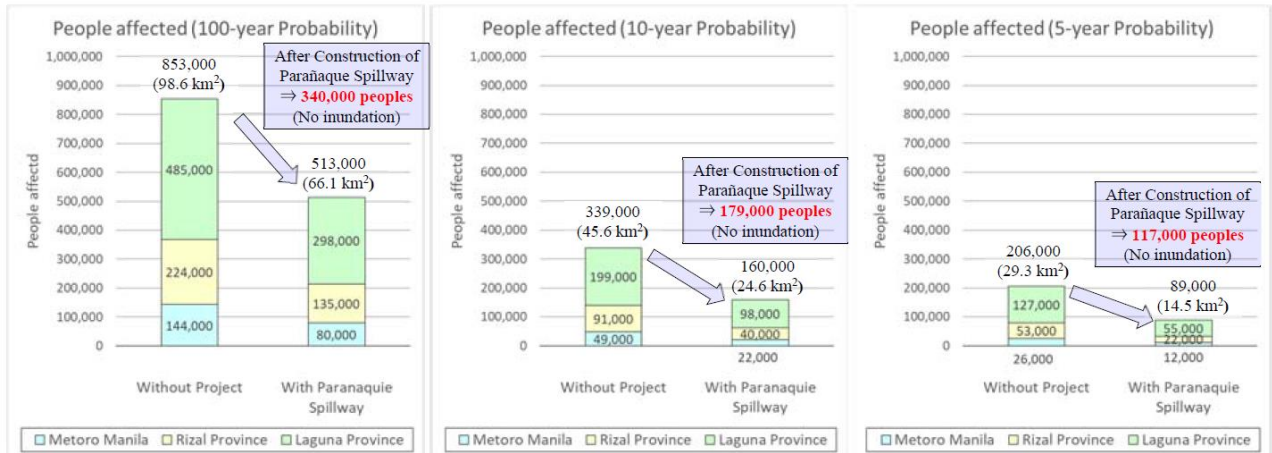


図 3.5 パラニャーケ放水路の整備による確率別浸水人口軽減

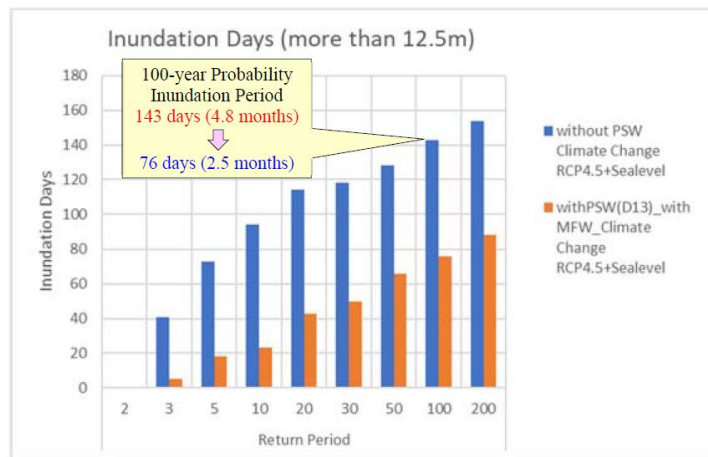


図 3.6 パラニャーケ放水路の整備による確率別浸水期間低減効果

4. 提言

4.1 提言

1975年、マンガハン放水路（マニラ首都圏の浸水被害を軽減するためにマリキナ川の洪水の一部をラグナ湖に分流する）とパラニャーケ放水路（ラグナ湖に流入したマリキナ川の洪水の一部をマニラ湾に放流する）は、一対の施設として提案された。1988年にマンガハン放水路が建設されたが、土地収用、家屋移転等の課題により現在もパラニャーケ放水路は未設置で、マンガハン放水路の運用によりラグナ湖の水位は上昇する。

パッシング・マリキナ川の洪水対策は、マンガハン放水路を含むパッシング・マリキナ川改修とパラニャーケ放水路が相俟って運用されることにより、当初計画どおりの一体的な事業効果を発現する。パラニャーケ放水路の事業効果は、①ラグナ湖流域からの流入を排水し、ラグナ湖沿岸の浸水を軽減する効果及び②パッシング・マリキナ川沿いの浸水を軽減する効果により構成される。現状では、マンガハン放水路からの流入が所与の自然条件と同様に扱われており、事業効果②が計上されず、パラニャーケ放水路の事業効果は過小評価となっている。

本調査においてはマンガハン放水路で結ばれたラグナ湖沿岸地域とパッシング・マリキナ川流域の一体的な治水計画として、事業効果①及び②の検討を行いパラニャーケ放水路の事業効果をより正確に計上した。結果、パラニャーケ放水路の EIRR は 18.6%～23.1%と高い値となり、パラニャーケ放水路事業は実施可能であると示された。

ラグナ湖沿岸地域では洪水対策が行われていない低平地が沿岸全域に広がっており、過去には数か月の浸水被害も生じている。ラグナ湖沿岸地域の洪水対策はマニラ中心部より大きく遅れていること、かつ、沿岸地域の市街化が進んでいるため、今後甚大な洪水被害が生じる可能性がある。

DPWH は策定された「ラグナ湖沿岸地域総合洪水管理計画（案）」について、フィリピン政府及び NEDA による承認を進めるとともに、本検討で事業化の可能性が示唆された優先事業であるパラニャーケ放水路の F/S 調査を実施し、ラグナ湖沿岸全域に対して洪水リスク軽減効果が期待されるパラニャーケ放水路の実施に向け速やかに対応をとることを提言する。

4.2 パラニャーケ放水路 F./S 調査における検討事項

パラニャーケ放水路 F/S 調査において検討されるべき事項を下記に整理する。

- (1) 放水路平面・縦断計画、立坑・取水・排水施設設計のための地形測量
- (2) 取水・開水路施設設計のためのラグナ湖深浅測量
- (3) マニラ湾側の河川縦横断測量並びに下流河川への影響評価
- (4) 取水・開水路施設付近に存在する Valley Fault System（マリキナ断層）の位置確認を含む放水路ルート上のボーリング調査
- (5) 立坑・取水・排水施設及びトンネルの水理諸元検討のための水理模型実験
- (6) LPPCHEA への影響を定量的に把握するための放流水拡散解析の実施
- (7) フィリピンで初の試みとなる地下トンネル放水路に関して、本邦技術の移転、支援を含めた運用維持管理計画
- (8) ラグナ湖の水位を踏まえたロサリオ堰の運用・操作についての検討
- (9) 放水路建設に係る環境影響評価及び家屋移転土地収用計画の作成

第1章 調査の概要

1.1 調査の背景

フィリピンは世界で最も自然災害の多い国の一つである。マニラ首都圏は、フィリピンの政治、経済、文化の中心地であるが、沿岸低地地域のため台風/暴風雨および洪水の影響を受けやすく、同地域の経済・社会活動は洪水により深刻な影響を受けてきた。フィリピン政府は洪水対策の計画策定やそれに基づく事業実施など、過去 50 年以上にわたり継続的にこの問題に取り組んできているが、いまだマニラ首都圏は十分な洪水対応能力を備えていない。

フィリピン政府は、フィリピン中期開発計画（2017-2022 年）において、洪水リスク軽減のためのイニシアティブの継続を掲げており、具体的には洪水対策施設の設計及び維持管理基準の更新、河川情報データベースの確立と洪水氾濫源指定のベースラインデータの更新、主要 18 流域及び他の重要流域における洪水管理計画及び排水管理計画の更新及び策定、河川管理の調整能力の向上に言及している。また、フィリピン気候変動適応戦略（2010-2022 年）において、気候変動への適応のため、適切なインフラ整備によるリスクと脆弱性の減少を掲げている。

我が国は、1970 年代から 40 年以上に亘り、マニラ首都圏と大河川を中心に洪水対策計画の策定や円借款での実施の他、中央官庁への技術支援等、幅広い支援を行っている。JICA は河川洪水/外水対策に関し、円借款事業により 1988 年にマンガハン放水路が完成した後、マニラ首都圏において、1988 年～1991 年にかけて「マニラ首都圏洪水対策計画調査」を実施し、特に緊急度の高い事業の一つとして「パッシング・マリキナ川河川改修事業」を取り上げ、フィージビリティ調査、旧国際協力銀行の案件形成促進調査を経て、4 フェーズに分けて同事業を実施する方針とした。現在、フェーズⅣ（2018 年度 L/A 調印）の詳細設計を実施中である。

排水/内水氾濫対策に関しては、JICA は 1973 年の円借款「マニラ地区洪水制御・排水事業」に始まり、1989 年～1994 年の無償資金協力「マニラ首都圏排水路改善計画（フェーズⅠ～Ⅱ）」、2000 年～2008 年の円借款「カマナバ地区洪水制御・排水システム改良事業」等を通じ、河川浚渫やポンプ場・水門・排水路等の整備を支援してきた。また、マニラ首都圏及びその周辺に位置するラグナ湖（流域面積 3,280km²、湖水面積 900km²）沿岸の西マンガハン地区の内水氾濫及びラグナ湖の水位上昇に伴う洪水対策として、JICA は、円借款事業「ラグナ湖北岸緊急洪水制御事業」（1989 年 L/A 調印）においてマンガハン東部・西部地区の詳細設計を支援した後、円借款事業「メトロマニラ西マンガハン地区洪水制御事業」（1997 年～2007 年）において、西マンガハン地区における湖岸堤防の建設、排水機場の建設、樋門の設置を支援した。

しかしながら、2009 年 9 月に発生した台風オンドイは、日雨量 453mm を記録してマリキナ川沿い及びラグナ湖沿岸地域並びにマニラ首都圏の都市部に大規模な洪水被害を発生させた。ラグナ湖沿岸地域では洪水対策が行われていない低平地が沿岸全域に広がっており、1 か月間以上の浸水被害も生じた。ラグナ湖沿岸地域の洪水対策はマニラ中心部より大きく遅れており、その洪水対策は緊急性の高い課題となっている。

更に、ラグナ湖沿岸地域の洪水対策としては湖岸堤防の建設や排水路・排水機場の建設等の他、ラグナ湖からパラニャーケ市を通過してマニラ湾に湖水を排水し、ラグナ湖の水位をコントロール

するための放水路（以下、「パラニャーケ放水路」とする）の建設が検討されており、市街地化が進むパラニャーケ市の用地取得は困難であることから、開削工法ではなく、地下放水路とすることについて検討されている。

ラグナ湖沿岸地域の洪水対策の必要性を踏まえ、JICA では 2017 年から 2018 年にかけて「フィリピンマニラ首都圏パラニャーケ放水路に係る情報収集・確認調査（以下、パラニャーケ調査 2018）」を実施している。本調査では、過年度の調査結果も踏まえた上で、パッシング・マリキナ川流域とラグナ湖流域の一体的な治水計画に関する検討とパラニャーケ放水路の整備効果の検討などを追加で実施し、JICA による個別有償資金協力事業の実施可能性及び協力準備調査の前提を確認するための情報収集・確認を行うものである。

1.2 業務の目的

本業務は、パッシング・マリキナ川流域を含むラグナ湖流域を、既往洪水対策事業・計画との整合を図りつつ一体的に解析し、ラグナ湖沿岸地域全域の治水計画作成を行い、以て、JICA による個別有償資金協力事業の実施可能性及び協力準備調査の前提を確認するための情報収集・確認を行うことを目的とする。

1.3 業務の概要

調査の概要を以下に整理する。

(1) 対象地域

フィリピン国 パッシング・マリキナ川ーラグナ湖流域

(2) 関係官庁・機関

公共事業道路省（Department of Public Works and Highways（以下、DPWH））

ラグナ湖開発庁（Laguna Lake Development Authority（以下、LLDA））

マニラ首都圏開発庁（Metro Manila Development Authority（以下、MMDA））

(3) 関連するJICAの主な援助活動

1) 開発調査

- マニラ洪水対策計画調査（1990年）

2) 円借款

- マニラ地区洪水制御・排水事業（1973年～）
- メトロマニラ西マンガハン地区洪水制御事業（1997年～2007年）
- パッシング・マリキナ川河川改修事業（フェーズⅠ）（1999年～2000年）
- パッシング・マリキナ川河川改修事業（フェーズⅡ）（2006年～2013年）
- パッシング・マリキナ川河川改修事業（フェーズⅢ）（2012年～2018年）
- パッシング・マリキナ川河川改修事業（フェーズⅣ）（2019年～）

3) 基礎情報収集・確認調査

- ・ マニラ首都圏及び周辺地域における水資源開発計画に係る基礎情報収集調査（水収支解析等）（2013年）
- ・ マニラ首都圏治水計画情報収集・確認調査（2014年）
- ・ フィリピン国マニラ首都圏パラニャーケ放水路に係る情報収集・確認調査（2018年）

1.4 本調査のスケジュール

本調査のスケジュールを表 1.4.1 に示す。

表 1.4.1 本調査のスケジュール

作業項目	期間	2019年			2020年													
		10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月				
[1] 国内準備作業及びインセプション・レポートの説明・協議			■															
[2] 治水・利水・土地利用・環境管理／流域保全・気候変動に関する既存計画、検討等の確認・整理			■															
[3] マンガハン放水路からラグナ湖への流入量、それによるラグナ湖の水位上昇、浸水域の確認			■															
[4] パラニャーケ放水路の治水効果のうち、ラグナ湖沿岸に対する効果と、バッシング・マリキナ川流域の洪水対策における効果を整理・検討する手法の考察・提案			■															
[5] ラグナ湖の利活用関係者情報収集			■															
[6] インテリム・レポート(IT/R)の作成				■														
[7] 感度分析による最適な施設規模の組み合わせの確認					□													
[8] 基本設計案の再整理と維持管理費の試算					□	■												
[9] コンポーネントの実施手順の検討					□	■												
[10] 事業の経済効果(EIRR,B/C)の再整理						■												
[11] 気候変動適応策の概略検討						■												
[12] 非構造物対策の再整理						■												
[13] ラグナ湖流域における治水計画案の再整理						■	□											
[14] パラニャーケ放水路の操作規則の検討						■	□											
[15] ラグナ湖の維持可能な開発・保全に関するパラニャーケ放水路整備事業の位置づけ整理						■	□											
[16] パラニャーケ放水路の事業効果の提示方法の検討及び提案						■	□											
[17] ドラフト・ファイナル・レポートの作成・説明・協議						■		□										
[18] ファイナル・レポートの作成										□								
[19] 測量調査													■	■	■	■	■	■
協賛および報告書提出スケジュール																		
報告書提出			△		△					△				△				△
			△		△					△				△				△

【凡例】 現地作業期間：■ 国内作業期間：□ 報告書等の提出：△
IC/R:インセプション・レポート、IT/R:インテリム・レポート、DF/R:ドラフト・ファイナル・レポート、F/R:ファイナル・レポート

第2章 対象地域の状況と洪水

2.1 対象地域の状況

2.1.1 自然条件

(1) 気候等

ラグナ湖沿岸地域は3州（首都圏2市、Rizal州9町、Laguna州5市及び13町）にまたがり、その北東部には人口2,400万人を擁する人口密集地域のマニラ首都圏が位置している（図2.1.1参照）。ラグナ湖は、1969年に設立されたLLDAによって管轄されている。LLDAは環境天然資源省（DENR）の附属機関の一つであり、ラグナ湖と主要21支流河川の保全、開発及び持続可能性を担当している。また1975年の大統領令No.813により、ラグナ湖の標高12.5m以下の地域は公有地と定義されている。

ラグナ湖は沿岸延長約220km、湖面積約900km²で琵琶湖の約1.3倍の面積をもつ。その流域面積はマンガハン放水路を通して接続するマリキナ川流域（約540km²）を含めると約3,820km²である。ラグナ湖に流入する主な河川は21河川ある。ラグナ湖の水位は乾期の終わりの4月～5月に最低となり、雨期の後半の9月～翌年1月にかけて最高となる。

表 2.1.1 調査対象域における河川水系とその面積

水系	面積 (km ²)
ラグナ湖流域	3,280
ラグナ湖	900
主要21河川流域	2,380
パッシング・マリキナ川流域	640
マリキナ川	538
パッシング川	102

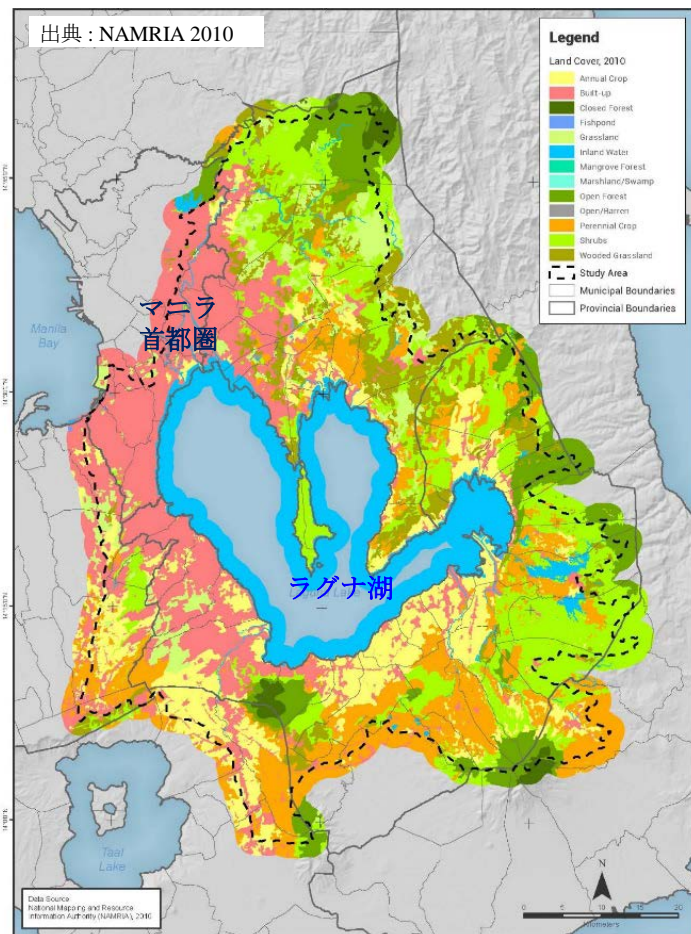


図 2.1.1 ラグナ湖周辺の土地利用
(赤い部分が人口密集地)

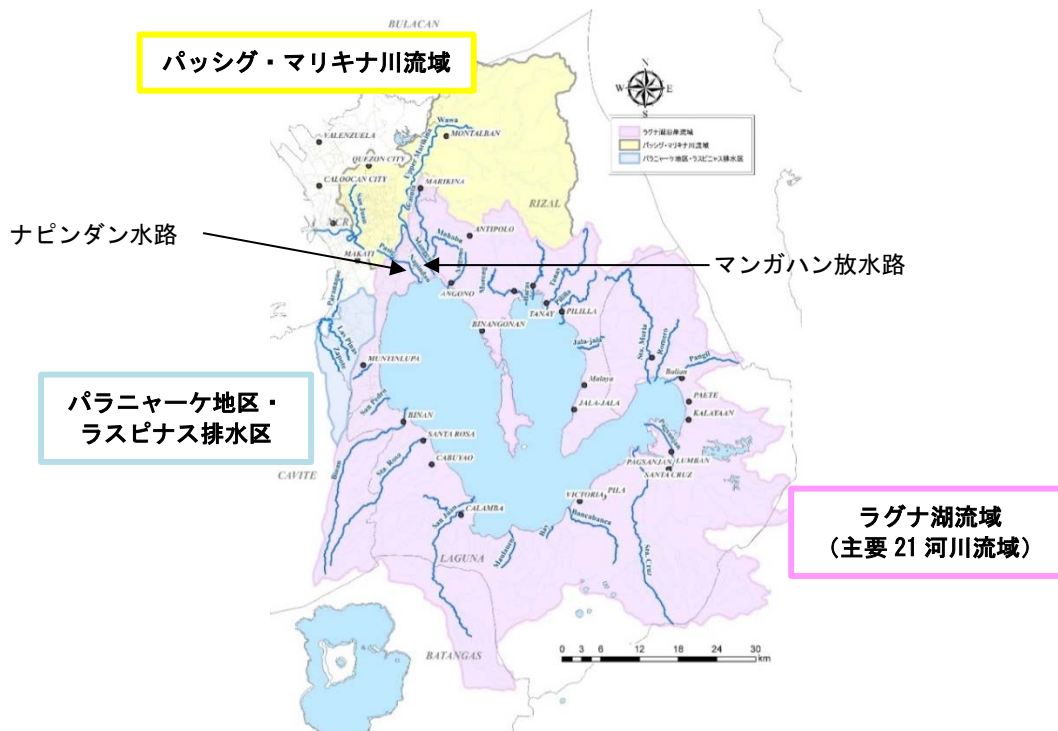


図 2.1.2 調査対象域における河川水系

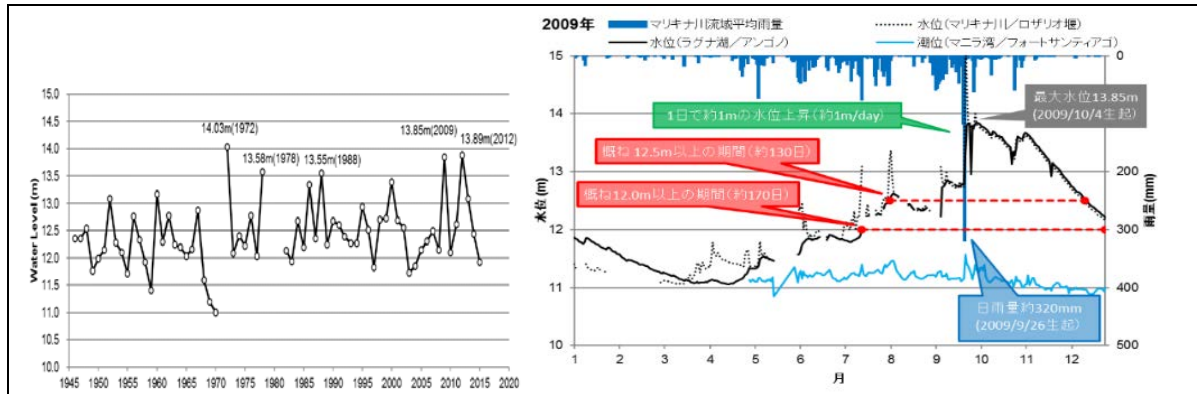
1988 年以前、マリキナ川の洪水流はラグナ湖に直接流入せず、パッシング川を流下して、マニラ首都圏（パッシング川下流）に甚大な洪水被害をもたらしていた。人口・資産が集中するマニラ首都圏への洪水抑制対策として 1988 年マンガハン放水路が完成し、マリキナ川の洪水をラグナ湖へ一時貯留することで、パッシング・マリキナ川流域の洪水被害を軽減している。



図 2.1.3 ラグナ湖・マリキナ川・マンガハン放水路・ナピندان水路・パッシング川の水利システム

(2) 過去のラグナ湖洪水

1946年から2019年におけるラグナ湖の年最低水位の平均は10.6m、年平均水位の平均は11.3m、年最高水位の平均は12.4mである。ラグナ湖は広大な湖沼であるため、洪水貯留が可能である反面、流出河川がナピンダン水路のみであることから、ひとたび水位が上昇すると高い水位が長時間継続し広範囲に浸水被害を生じる特性がある。2009年の台風オンドイ時は水位が12.5mまで低下するまで約3ヶ月の期間を要した。



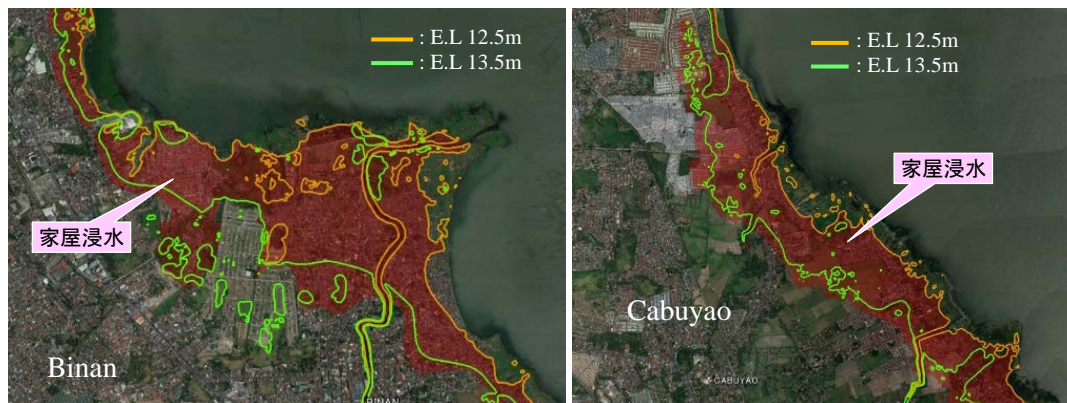
出典：パラニャーケ調査2018

図 2.1.4 ラグナ湖の年最高水位と2009年台風オンドイ・ペペンによるラグナ湖水位上昇

表 2.1.2 ラグナ湖における年最低・平均・最高水位（1946年～2019年）

Year	Annual Minimum Surface Level m	Annual Average Surface Level m	Annual Maximam Surface Level m	Year	Annual Minimum Surface Level m	Annual Average Surface Level m	Annual Maximam Surface Level m
1946	10.62	11.38	12.36	1983	10.32	11.02	11.94
1947	10.60	11.32	12.36	1984	10.32	11.13	12.67
1948	10.66	11.5	12.54	1985	10.32	11.23	12.20
1949	10.50	11.07	11.76	1986	10.39	11.54	13.34
1950	10.63	11.27	11.98	1987	10.19	10.98	12.35
1951	10.66	11.28	12.15	1988	10.52	11.43	13.55
1952	10.57	11.64	13.08	1989	10.76	11.43	12.24
1953	10.74	11.51	12.28	1990	10.41	11.34	12.67
1954	10.64	11.19	12.10	1991	10.50	11.36	12.60
1955	10.50	10.97	11.71	1992	10.46	11.24	12.39
1956	10.74	11.46	12.76	1993	10.41	11.08	12.27
1957	10.69	11.32	12.33	1994	10.77	11.47	12.27
1958	10.43	11.1	11.92	1995	10.46	11.42	12.94
1959	10.35	10.83	11.41	1996	10.84	11.46	12.52
1960	10.62	11.65	13.17	1997	10.45	11.07	11.83
1961	10.50	11.33	12.29	1998	10.44	11.07	12.70
1962	10.66	11.41	12.77	1999	11.04	11.87	12.72
1963	10.54	11.14	12.24	2000	10.95	11.9	13.39
1964	10.37	11.22	12.20	2001	10.89	11.59	12.69
1965	10.68	11.22	12.04	2002	10.48	11.39	12.55
1966	10.56	11.15	12.16	2003	10.50	11.12	11.72
1967	10.66	11.45	12.87	2004	10.36	10.98	11.85
1968	10.31	10.85	11.59	2005	10.48	11.17	12.15
1969	10.17	10.64	11.19	2006	10.70	11.45	12.30
1970	10.32	10.58	11.00	2007	10.59	11.33	12.49
1971	No data	No data	No data	2008	10.93	11.65	12.14
1972	10.60	11.88	14.03	2009	11.00	12.09	13.85
1973	10.58	11.15	12.08	2010	10.60	11.26	12.12
1974	10.77	11.45	12.40	2011	10.72	11.66	12.65
1975	10.62	11.07	12.22	2012	11.04	12.05	13.83
1976	10.59	11.57	12.77	2013	10.75	11.63	13.01
1977	10.40	11.06	12.03	2014	10.56	11.29	12.26
1978	10.30	11.36	13.58	2015	10.50	11.08	11.83
1979	No data	No data	No data	2016	10.48	11.14	11.89
1980	No data	No data	No data	2017	10.73	11.47	12.26
1981	No data	No data	No data	2018	10.73	11.57	12.65
1982	10.45	11.19	12.13	2019	10.68	11.27	11.94
Min	10.17	10.58	11.00				
Ave	10.58	11.32	12.40				
Max	11.04	12.09	14.03				

ラグナ湖沿岸地域の居住地は概ね標高 12.0m から存在し標高 12.5m 以上の地域は多くの住居と社会インフラが存在する。図 2.1.5 は 2009 年台風オンドイの際の家屋の浸水状況である。



出典：Google Earth を基に作成

図 2.1.5 2009 年台風オンドイ時の家屋浸水（最高水位 EL. 13.85m）

先述の「パラニャーケ調査 2018」においては、洪水被害発生 の最低標高を 12.5m とした 0.5m 標高毎の概ねの浸水面積、浸水人口を表 2.1.3 のように算出している。例えば、洪水の最高水位が 14.0m になった時、74.8km² が浸水、浸水人口¹ は 506,000 人と想定され、大きな被害が発生することがわかる。

表 2.1.3 各水位におけるラグナ湖沿岸地域浸水面積と浸水人口

洪水水位 (m)	浸水面積 (km ²)	想定浸水人口 (人)
12.5	0	0
13.0	23.8	131,000
13.5	48.8	305,000
14.0	74.8	506,000
14.5	100.1	701,000

出典：パラニャーケ調査 2018

(3) 地形・地質

調査対象域が位置するルソン島は、ユーラシアプレートとフィリピン海プレートに挟まれたマニラ海溝及びフィリピン海溝の間に位置する。調査対象域はルソン島南部、首都マニラの南側に位置し、日本最大の琵琶湖の約 1.3 倍にあたる湖水面積約 900km² をもつラグナ湖を有する。

調査対象域の北西部から西部にかけては平地が広がり、商業地及び住宅密集地となっている。南東部は主に農耕に用いられる平地となっており、北東部から北部にかけて及び南部には山地が見られる。これらの山の中には、最高標高が 2,169 m に及ぶバナハオ山といった活火山や、最高標高 1,470m のサンクリストバル山といった活動の可能性が考えられる火山があり、また、数多くの休火山、あるいは死火山が、特にラグナ湖の南部に集中して存在する。

調査対象域においては、ラグナ湖の西部に南北に走る Valley Fault System と呼ばれる活断層群が見られ、その活断層群周辺では地形に数 10m の高低差が確認でき、ラグナ湖に向かい急

¹ 浸水人口は、GIS データ解析により洪水被害を受ける可能性がある海拔 12.5 m～14.7 m までの土地高さに居住する人口として算出。GIS 解析に用いた人口データは、各バラングイの Build-Up 地区に 2015 年センサス (PSA) のバラングイ毎の人口が均一の密度で居住すると想定して計算。また、Built-UP 地区は、Landsat 8 Satellite Image を画像分析して作成。

斜面で標高が低下している。



図 2.1.6 調査対象域地形図

「Hydrologic Atlas of Laguna de Bay 2012」に掲載されている地質図（図 2.1.7 参照）によれば、調査地域の地質は、新第三紀及び第四紀鮮新世の堆積物や、沖積層及びラグナ湖南部に並ぶ火山による第四紀火山流や火山碎屑堆積物により覆われている。

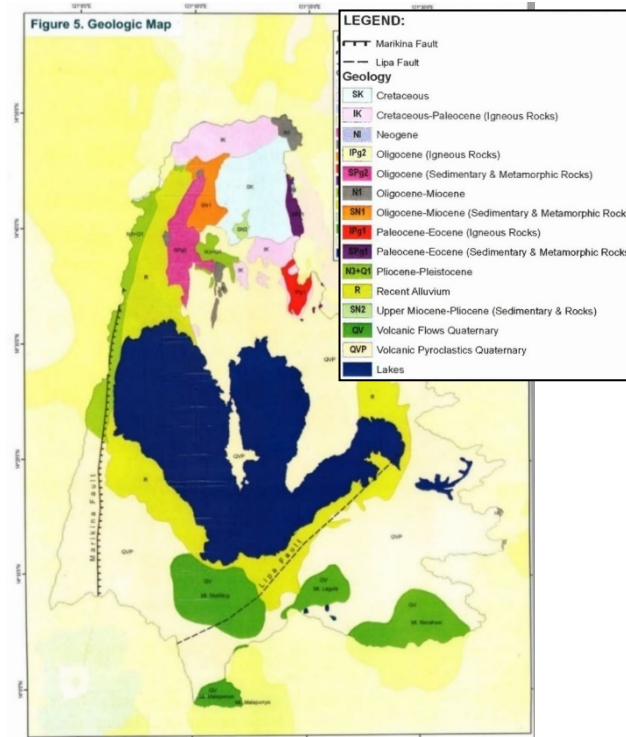


図 2.1.7 調査対象域地質図

また、パラニャーク放水路の候補地であるラグナ湖とマニラ湾に挟まれる丘陵地は、「Geology of the Philippines Second Edition」によると、更新世の Guadalupe Formation とされ、主に火山砕屑岩類（凝灰岩、火山礫凝灰岩、凝灰角礫岩、火山灰質シルト岩など）からなる、いわゆる軟岩が広がっていると推察される。

調査地域では住宅が密集しており岩盤の露出は少ないが、一部道路沿いの切土面などに露頭が確認できる。



図 2.1.8 露岩の露頭（タギグ市南部、ジェネラスサントス道路沿い）

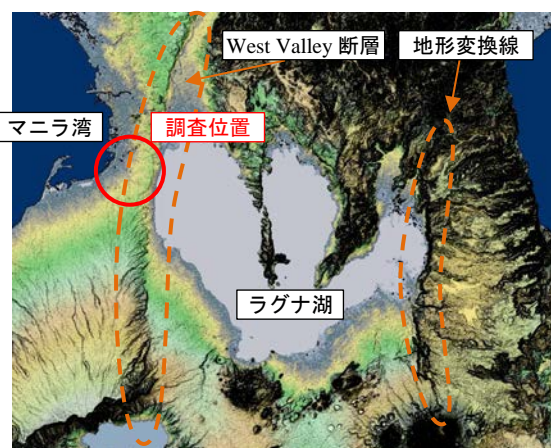
(4) 調査地の地形・地質

調査地域は、マニラ首都圏の南部に位置し、マニラ湾とラグナ湖を境とする幅 10 km 程の丘陵地帯である（図 2.1.9 参照）。図 2.1.10 は、調査地域を含むラグナ湖周辺の地形を、アメリカ航空宇宙局（National Aeronautics and Space Administration、以下、NASA）のスペースシャトル立体地形データ（Shuttle Radar Topography Mission、以下、SRTM）を用いて、傾斜図として表示したものである。

この図から、調査地を北北東～南に連なる直線状の地形変換線が確認出来る。この地形変換線が、The Valley Fault System のうち、West Valley 断層に相当する。なお、断層によるものか否かは明らかでないが、ラグナ湖の東縁にも南北性の地形変換線が見られる。



出典：パラニャーク調査 2018



出典：パラニャーク調査 2018

図 2.1.9 調査位置

図 2.1.10 調査地周辺の地形

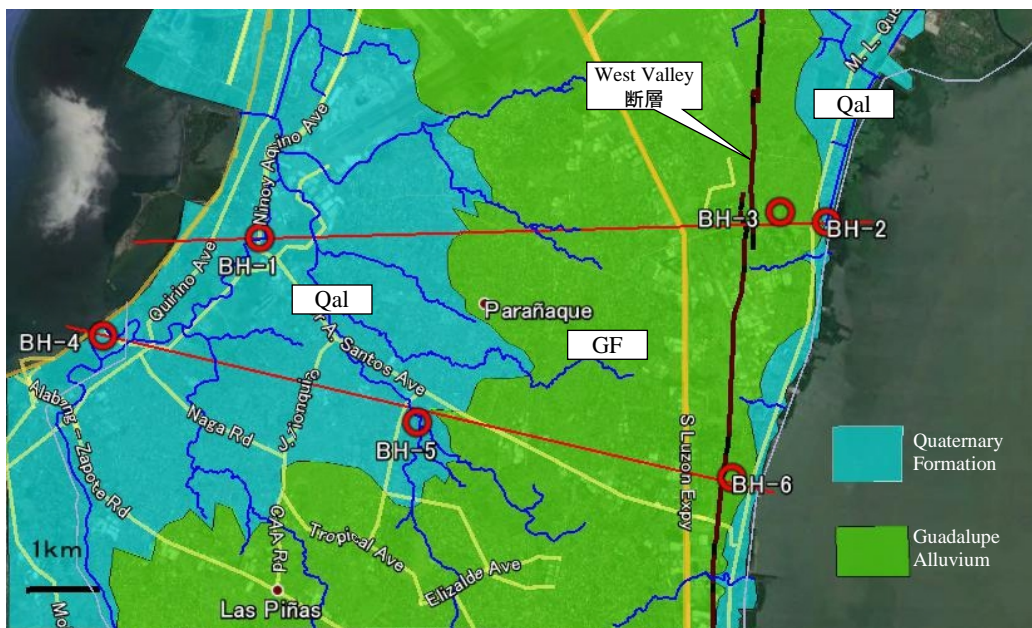
図 2.1.11 に、調査地周辺の地質図を示す。これによると、この丘陵地に基礎岩として分布する地質は更新世の **Guadalupe Formation (GF)** とされ、主に火山砕屑岩類（凝灰岩、火山礫凝灰岩、凝灰角礫岩、火山灰質シルト岩など）から成る、いわゆる軟岩である。また海岸部から丘陵地西側の低地部及び東部のラグナ湖沿いの低地部では、完新世の **Quaternary Alluvium (Qal)** とされる粘土、シルト、砂、砂礫などの未固結堆積物が上記の軟岩を覆っている。



出典：“Geology of the Philippines”, Land Geological Survey Division, Mines and Geosciences Bureau, DENR

図 2.1.11 調査地の地質

図 2.1.11 に示した地質図を基本に、数回に渡る現地踏査、ボーリング調査結果及び SRTM での地形等高線の分布を踏まえ、新たな地質平面図を作成し図 2.1.12 に示した。



出典：パラニャーケ調査 2018

図 2.1.12 調査地の地質平面図

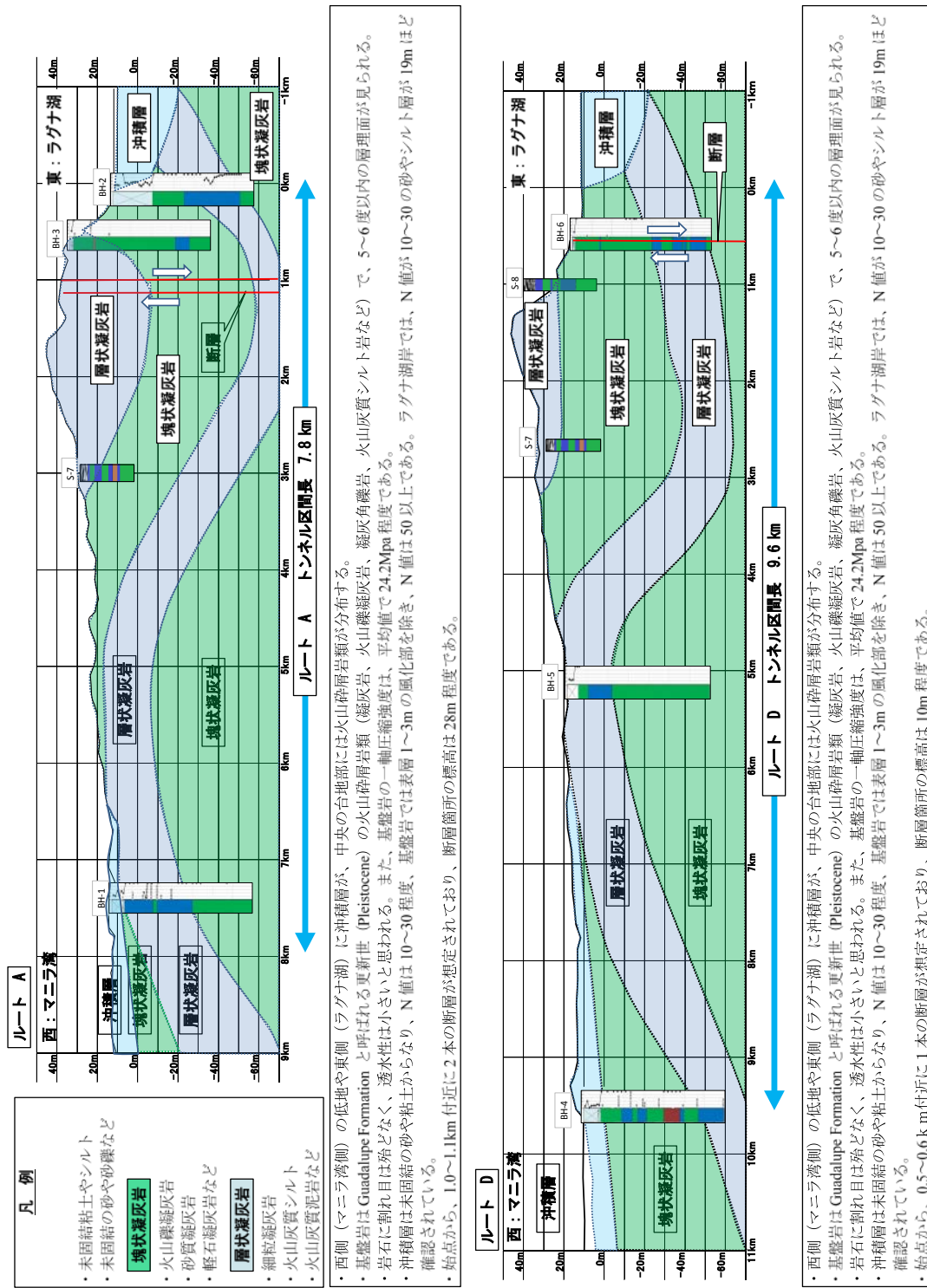
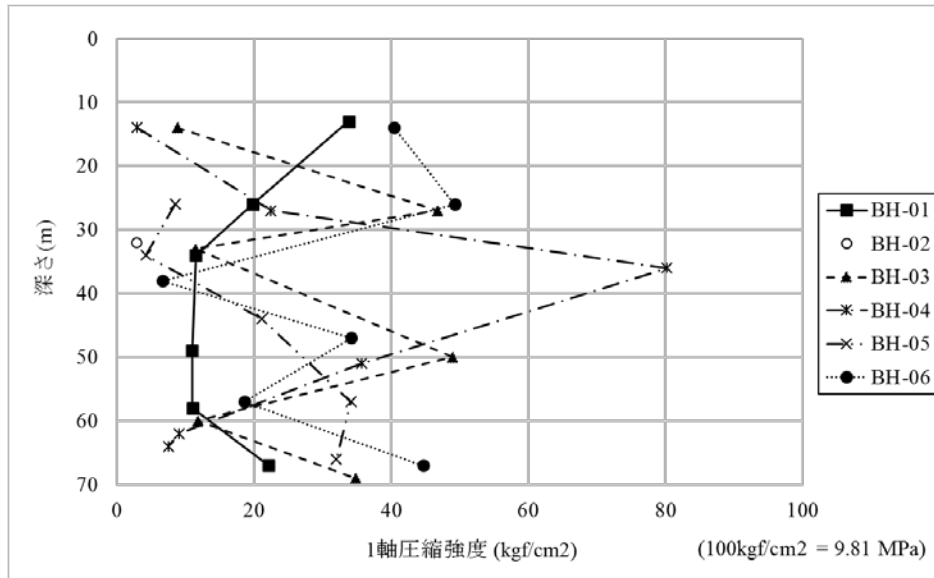


図 2.1.13 ルート A、D 沿い概略地質断面図

出典：パラニャケ調査 2018

Guadalupe Formation の特徴を把握するため、1軸圧縮強度と深さ方向の変化を示したものが、図 2.1.14 である。この図によると 1軸圧縮強度は概ね 50 kgf/cm² (4.91 MPa) 以下であり、図 2.1.15 に示した岩種区分図と比較すると、Guadalupe Formation は軟岩の中でも軟らかい部類にあてはまることが分かる。



出典：パラニャーク調査 2018

図 2.1.14 1軸圧縮試験結果

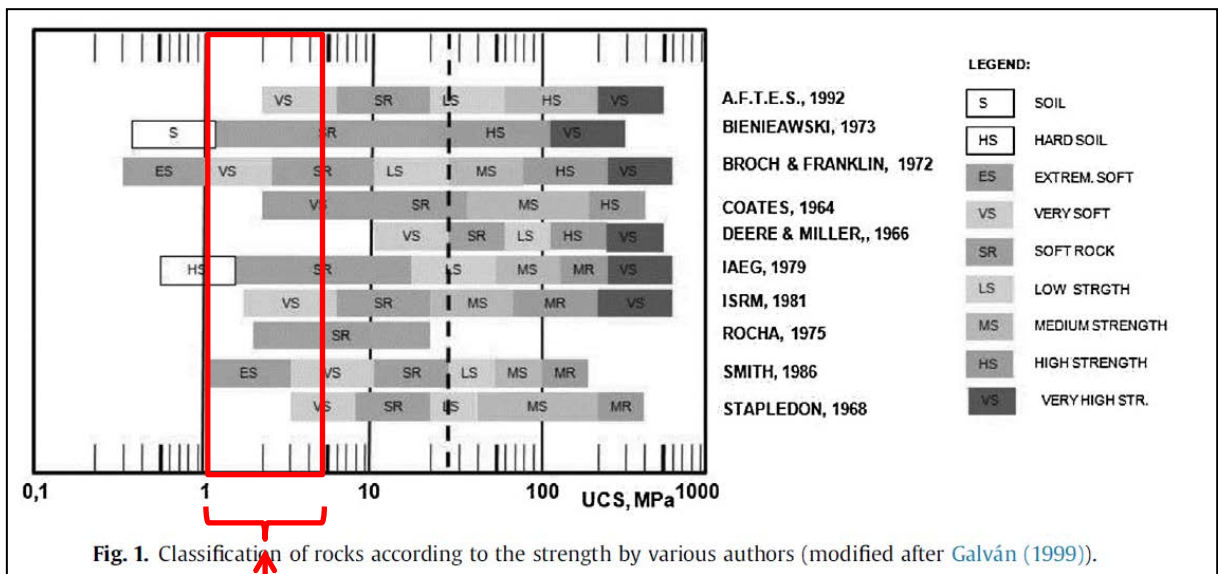


Fig. 1. Classification of rocks according to the strength by various authors (modified after Galván (1999)).

パラニャーク調査 2018 の試験結果の大部分が表れた範囲

出典：Critical Issues in Soft Rocks, Milton Assis Kanji 著、Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering 6, 2014、p186-p195

図 2.1.15 試験結果と岩種区分の例との比較

2.1.2 社会経済

(1) 地方自治体と人口統計

2015年の統計調査によると、フィリピンの全人口は1億98万人である。フィリピンは14のRegionから成り、本調査の対象となる地域は、NCR（National Capital Region）とRegion IV-A（カラバルソン）に位置し、人口は合計1,288万人と1,415万人であり、各人口は国全体の12.8%、14.3%を占めている。

2010年から2015年までの人口増加率は1.58%と2.58%となっている。Region IV-Aは5つのProvinceで構成されている。

表 2.1.4 調査対象地域の人口

Region	Province	市/LGUの数 (2015年3月時点)	人口		増加率 (2010-15)
			2010	2015	
全国	81 provinces	144 cities, 1,490 Municipalities	92,337,852	100,981,837	1.72%
NCR		16 Cities, 1 Municipalities	11,855,975	12,877,253	1.58%
IV-A	Total	18 Cities, 124 Municipalities	12,609,803	14,414,774	2.58%
	- Laguna	6 Cities, 24 Municipalities	2,669,847	3,035,081	2.47%
	- Cavite	6 Cities, 17 Municipalities	3,090,691	3,678,301	3.37%
	- Quezon	2 Cities, 39 Municipalities	1,987,030	2,122,830	1.33%
	- Rizal	1 City, 13 Municipalities	2,484,840	2,884,277	2.88%
	- Batangas	3 Cities, 31 Municipalities	2,377,395	2,694,335	2.41%

出典：パラニャーケ調査 2018

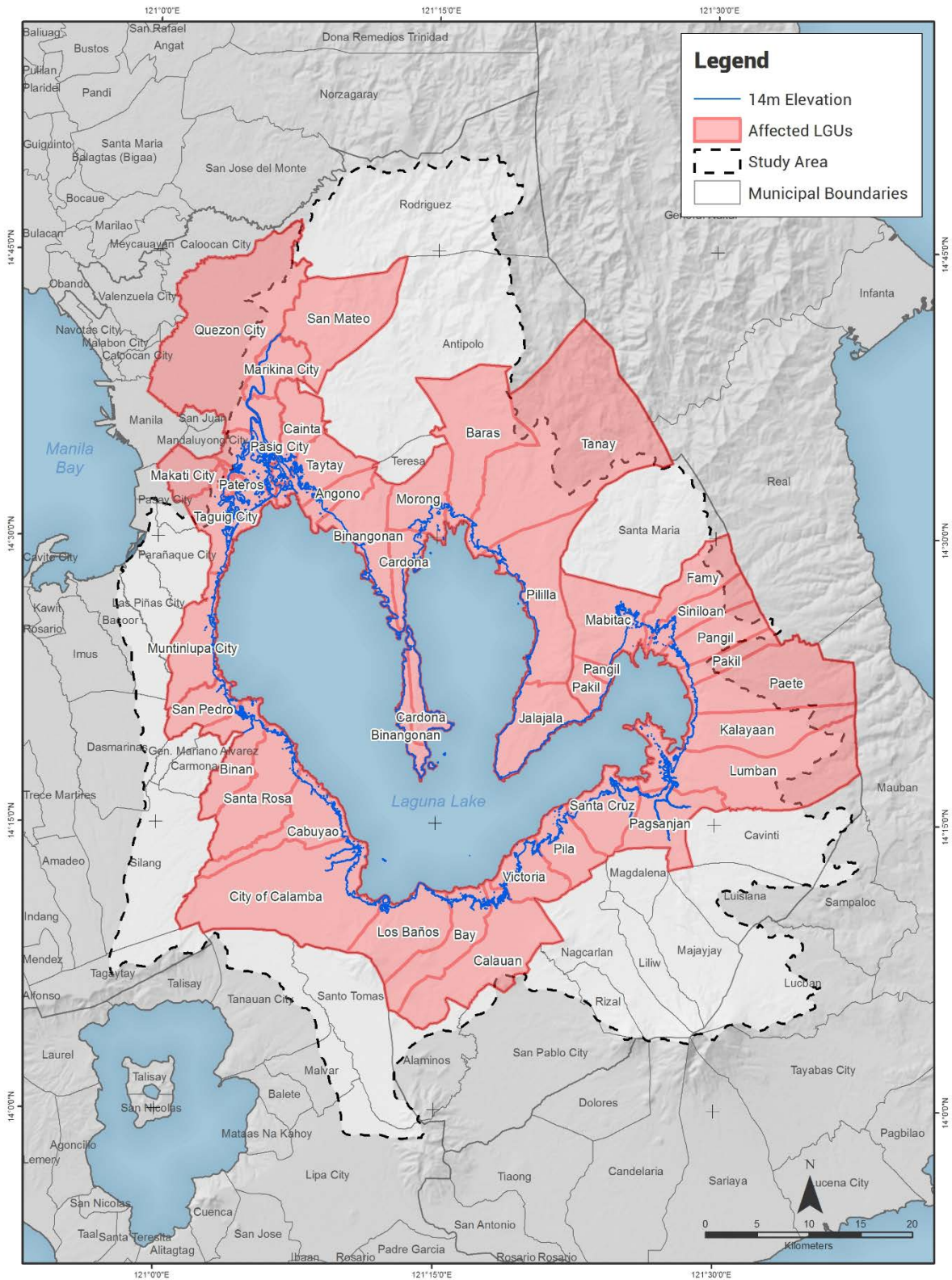
フィリピンでは、各Provinceの下に市（CityやMunicipality）が管轄されており、このうち本調査の対象となる自治体は全部で75ある。そのうち、ラグナ湖水位上昇による浸水被害を一部でも受ける自治体は35（マリキナ川下流域を含む）、ラグナ湖に接する自治体は31である（図 2.1.16 参照）。

全国の総人口と比較すると、対象流域の人口は17.7%、被害地域の人口は6.8%程度を占める。

表 2.1.5 調査地域の市/LGUの数と人口

Region	Province	2015年の人口	調査地域		被災地域	
			市/LGUの数	人口	市/LGUの数	人口
NCR		12,877,253	10	7,769,261	3	1,401,742
IV-A	Laguna	3,035,081	30	3,035,081	17	1,964,505
	Cavite	3,678,301	7	2,235,379	5	1,479,627
	Quezon	2,122,830	7	496,445	0	0
	Rizal	2,884,277	14	2,884,227	6	1,128,842
	Batangas	2,694,335	7	1,472,605	4	921,551
	合計	27,292,077	75	17,892,997	35	6,896,267

出典：パラニャーケ調査 2018



出典：パラニャーケ調査 2018

図 2.1.16 ラグナ湖に接する LGU 位置図（マリキナ川下流域を含む）

(2) 経済と産業

国内の経済は順調に発展しており、2016年のGDPは14.48兆ペソに達している。2014年、2015年の年間成長率はそれぞれ5.4%、8.7%であり、高い成長率が維持されている。NCRとRegion IV-Aの経済活動は、GDP比で全国の38.1%、14.8%を占めており、合計値は国の経済活動の半分以上を占め重要な地域であると言える。

2016年の地域毎のGDP統計によると、NCRでは製造業、販売、不動産、金融、建設業の順にGDPが多い。一方、Region IV-Aでは、製造業、不動産、販売、交通・通信といった産業が上位を占めている。第1次産業（農業、林業、鉱業等）の占める割合は、どちらも5%以下と大きくない。

表 2.1.6 経済状況 (2016)

項目	全国	NCR	Region IV-A
GDP (10億 PHP)	14,481	5,522	2,144
- GDP 増加率 2014-15	5.4%	8.0%	2.4%
- GDP 増加率 2015-16	8.7%	9.5%	4.1%
1人当たり GDP (PHP)	140,259	431,783	148,917
産業別 GDP (10億 PHP)	14,481	5,522	2,144
(1) 農業、漁、林業、漁業	1,398	11	125
(2) 鉱業、砕石	114	0	3
(3) 製造	2,845	592	1,035
(4) 建設	1,050	177	130
(5) 電気、ガス、水道	456	157	69
(6) 交通、保管、通信	913	264	120
(7) 車両、個人、家庭用の販売、修理	2,643	1,657	192
(8) 金融	1,165	604	102
(9) 不動産、賃貸、ビジネス	1,899	1,107	235
(10) 公機関、国防、社会保障	576	294	30
(11) その他サービス	1,423	657	103

出典：パラニャーケ調査 2018

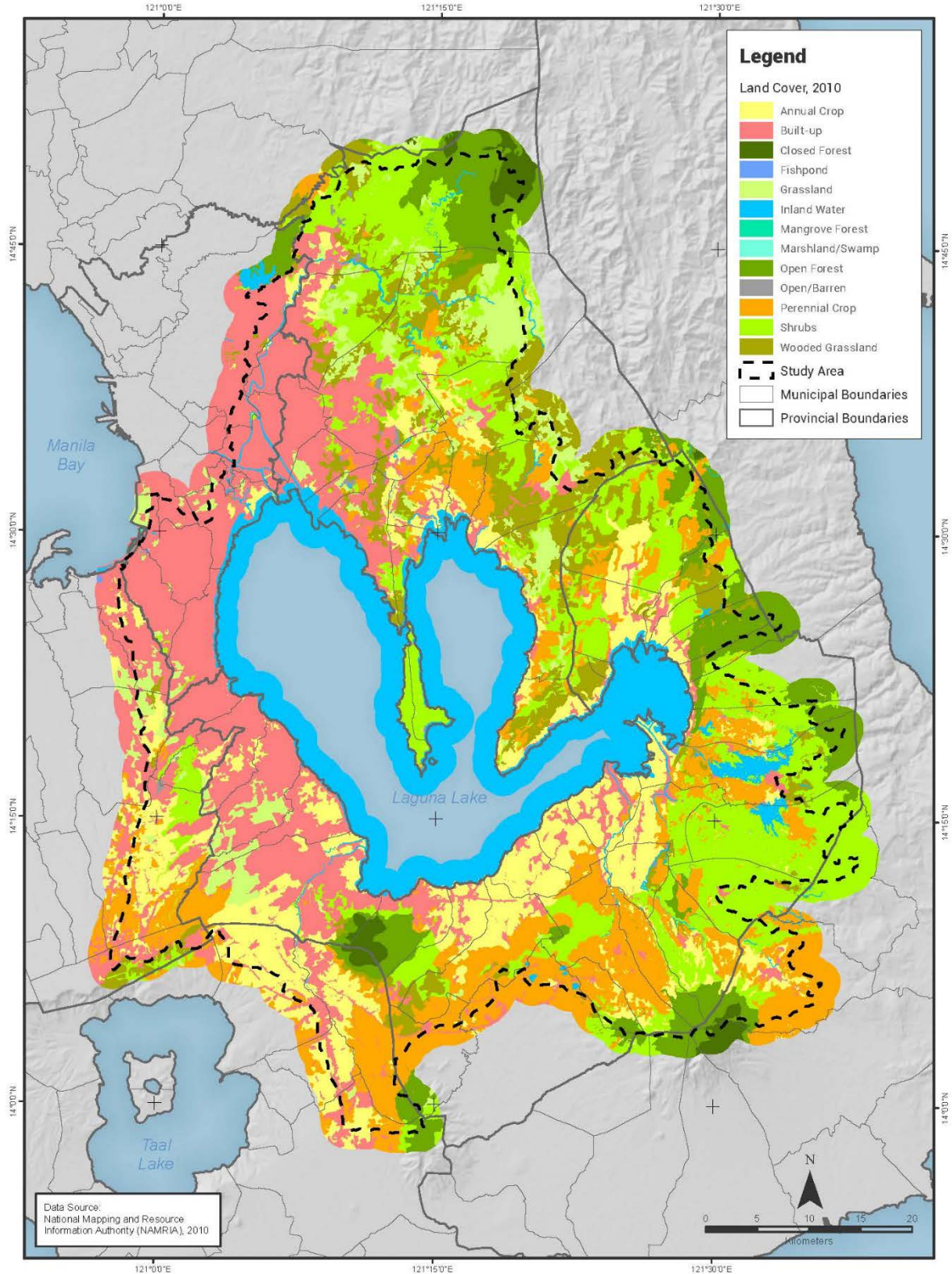
(3) 土地利用

NAMRIA より入手した 2010 年の土地利用状況を図 2.1.17、調査地域の各 Province のカテゴリー別の土地面積を表 2.1.7 に示す。

土地利用図によると、Laguna 湖の北西部にマニラ首都圏が位置し、建物 (Built-Up) 地域が大部分を占めている。湖の西部はマニラ首都圏への通勤者も多く住み、住宅地域が湖の南西部まで続いている。湖の南東部は主に一毛作、多毛作の農地、低木 (Shrubs) 地域からなる。湖の北東部は農地と、草地 (Grassland) や疎林 (Open Forest) を含む自然林地帯が多くなっている。

調査地域の各 Province のカテゴリー別の土地利用面積を表 2.1.7 に示す。メトロ都市圏では建物 (Built-Up) 地域が最も大きく、全体の 9 割を占める。Region IV-A は一毛作と多毛作の農地が最も大きく、次いで低木 (Shrubs) や疎林 (Open Forest) を含む森林地域、建物 (Built-Up) 地域となっている。

Land Cover, 2010



出典：パラニャーク調査 2018

図 2.1.17 土地利用状況

表 2.1.7 調査流域の土地利用状況 (2010)

土地利用種類	マニラ首都圏	Batangas	Cavite	Laguna	Quezon	Rizal	合計
1) 建物	208,635,461	32,063,983	68,484,981	259,668,004	2,983,026	173,167,970	745,003,426
2) 一毛作	7,730,373	67,515,047	51,963,492	306,637,878	14,102,125	78,733,758	526,682,672
3) 多毛作	0	44,173,245	27,858,018	263,565,445	24,002,894	80,635,871	440,235,473
4) 灌木地	1,754,509	3,266,348	4,496,157	82,227,621	26,170	175,922,009	267,692,813
5) 草地	7,230,073	819,989	14,325,362	40,195,148	0	111,908,565	174,479,137
6) 低木地	3,150,810	927,753	21,647,240	320,340,657	17,959,511	261,434,094	625,460,064
7) 疎林	1,274,982	10,166,823	0	91,053,004	10,872,400	61,952,045	175,319,255
8) 密林	0	4,475,887	0	11,096,868	3,278,711	8,280,365	27,131,831
9) 荒地	50,512	0	1,165,114	430,097	0	5,423,320	7,069,044
10) マングローブ	45,982	0	5,943	0	0	0	51,925
11) 湿地	43,497	0	0	0	0	0	43,497
12) 養殖池	196,740	0	7,489	505,823	0	245,181	955,232
13) 内水地	3,202,584	169,370	40,429	27,692,478	225,982	6,045,442	37,376,285
合計	233,315,524	163,578,445	189,994,226	1,403,413,024	73,450,818	963,748,618	3,027,500,655

出典：バラニャーケ調査 2018

2.2 既存計画、検討等の確認・整理

運輸・交通、利水、治水、土地利用・環境管理・気候変動に関する既存計画、検討等の確認・整理を行う。

2.2.1 運輸・交通事業

(1) ラグナ湖高速道路堤防事業 (中止)

DPWH が計画、実施を目指していたラグナ湖高速道路堤防事業 (Laguna Lakeshore Expressway - Dike Project, LLEDP) は、マニラ首都圏の Taguig 市 (Bicutan 地区) から Laguna 州 Los Banos 町までの区間でラグナ湖上に約 47 km の湖岸道路堤防建設及び都市開発事業の 2 つのコンポーネントを PPP 事業で計画したものである。

その F/S は 2012 年に行われ、100 年確率湖水位 14.0m を計画高水位とし、余裕高 1.2m を加え天端標高 15.2 m の堤防とし、その上に高速道路を建設するものであった。PPP 事業として 2017 年初めに入札会が行われたが、業者選定は不成立に終わり、その後、中止となった。

(2) Laguna Lakeshore Road Network Project (LLRN Project)

前述の LLEDP に変わる事業として、DPWH は Laguna Lakeshore Road Network Project (LLRN Project) を進めている。この事業は既存道路の輸送上の制約を軽減し、その地域と近隣の州の一層の経済発展、地域で進められている開発目標の達成を促進することを目的とする。

プロジェクトは Phase 1、Phase 2 に分けられ、現在 (2019 年 12 月時点)、Phase 1 の F/S 調査が進められている。LLRN マスタープランのレイアウトプランを図 2.2.1 に、LLRN Phase 1 の事業概要を表 2.2.1 に示す。



出典：DPWH 提供の Project Briefer of LLRN

図 2.2.1 LLRN マスタープラン (Phase 1、Phase 2)

表 2.2.1 LLRN Phase 1 事業概要

項目	事業概要
プロジェクト位置	ラグナ湖西岸地域、マニラ首都圏の Lower Bicutan / Taguig から Laguna 州 Calamba まで (図 2.2.2 参照)
道路延長	総延長 37km 区間 1 (10km) : Viaduct 区間 2 (10km) : Bulk Embankment 区間 3 (10km) : In-Lake Embankment 区間 4 (6km) : On-shore Embankment (1km) : Short Bidges
事業費	1,462.5 億ペソ
資金ソース	ADB Technical Assistance Load No. 3589 PH
コンサルタント	Ove Arup and Partner Hong Kong Ltd. With Subconsultant DCCD and Ecosyscorp
F/S 完了予定	2020 年 4 月

出典：DPWH 提供の Project Briefer of LLRN



出典：DPWH 提供の Project Briefer of LLRN

図 2.2.2 LLRN Phase 1 レイアウトプラン

区間 1 の高架区間 (Viaduct) における桁下標高は 16.5m、道路面標高は 19.0~19.8m、盛土区間の道路面標高は約 16.0m となっている。区間 2 については、湖岸道路とラグナ湖沿岸の間を埋め立てる計画としている。ただし、この埋立事業は LGUs が実施する。

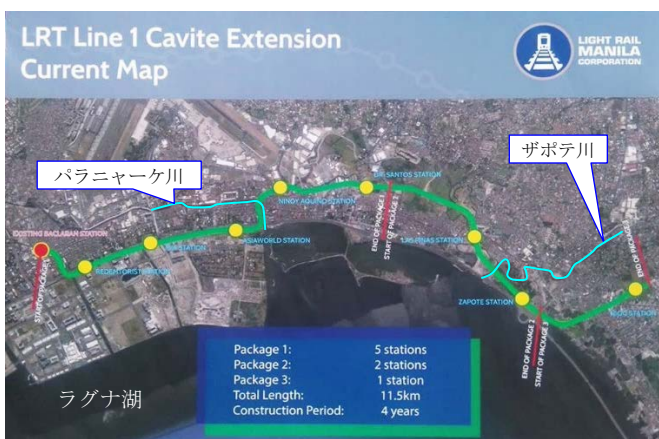
パラニャーケ放水路の取水施設は (図 4.2.3 参照)、区間 1 の高架区間に位置しており ADB 湖岸道路事業には基本的に大きな影響を与えない。ただし、陸地からの連絡道路構造が近接しており開水路を含む取水施設構造レイアウトの調整が必要となる可能性がある。

区間 2 から区間 4 の盛土部のラグナ湖沿岸の流入河川区間においては、橋梁を設置し流入河川とラグナ湖を分断しない計画である。道路盛土には堤防機能 (止水機能) はなく、内水排除を目的とする排水ポンプ場等についても考慮されていない。このことから、ラグナ湖沿岸地域洪水管理計画案における湖岸堤については、道路盛土の陸側に建設するか、道路盛土に止水機能を持たせる等の改良が必要となる。また、設計時点にこの道路盛土に堤防機能を付加し将来の湖岸堤の一部として使用する案があるが、そのためには道路盛土設計を踏まえた湖岸堤の F/S を実施する必要があり現時点では現実的ではない。

(3) LRT-1 カビテ延長事業

1984 年にマニラにおいて開業した Light Rail Transit Line 1 (LRT-1) は、マニラにおける初の LRT 路線であり、市民の通勤や生活手段の基礎となっている。2011 年 5 月に公表された「フィリピン開発計画 2011-2016」では、フィリピンにおける開発促進の原動力として、民間からの資金や人材を活用し、路線の拡張、組織や運営・維持管理面の合理化の必要性が述べられている。

上記の背景を踏まえ、LRT-1 カビテ延長事業 (LRT-1 Cavite Extention) は、官民連携事業として、民間の資金やノウハウを活用し、LRT-1 路線をマニラ首都圏の南部において延長し、交通状況を改善することを目的とする。同時に LRT-1 路線の運営・維持管理を民間に託し、運営・維持管理の効率化やサービスの水準の向上を目指す。当事業の位置図を図 2.2.3 に、事業概要を表 2.2.2 に示す。



出典：LRMC

図 2.2.3 LRT-1 路線延長計画位置図

表 2.2.2 LRT-1 カビテ延長事業概要

項目	内容
予算	649 億ペソ
建設期間	4 年間
運用開始時期	2021 年
路線延長	11.5 km (Baclaran から Bacoor まで。内 10.5 km は高架)
その他の建設・調達対象	新設駅舎 (8 駅)、車両 (日本)、既存車庫の拡張、新設の車庫
効果	日輸送人員を 50 万人から 80 万人に改善、移動時間の短縮

パラニャーケ放水路排水施設は LRT-1 路線付近に建設されることが予想される。線路は高架として計画されていることから、放水路と線路の交差も基本的に問題はない。駅舎の位置と放水路の関係について留意する必要がある。

(4) 南北鉄道事業（南側路線）

フィリピン国有鉄道（Philippine National Railways: PNR）は、イロコス地方の La Union から Bicol までルソン島を南北方向に走る延長 797 km の主幹路線を所有していたが、維持管理不足や自然災害、また不法居者の侵入によりその機能は大きく損なわれている。2007 年及び 2009 年には鉄道敷地用地の確保、鉄橋や線路の付替え、駅舎の改修等を行い、2011 年には Bicol 特急を導入したが、それ以降、整備不足により現時点で長距離輸送は実施できておらず、ラグナ湖南西部の Calamba からビコール地方の Sipocot の間で業務が停止状態となっている。

当事業は、上記の背景を踏まえ、官民連携事業として 1) 既存路線であるマニラから Legaspi までの路線の改善、Calamba から Batangas、Legaspi から Matnog までの路線延長、及びそれらの長距離旅客輸送運営、2) マニラから Calamba 間における安定した通勤路線サービスの提供を目的とする。事業概要を表 2.2.3 に整理する。

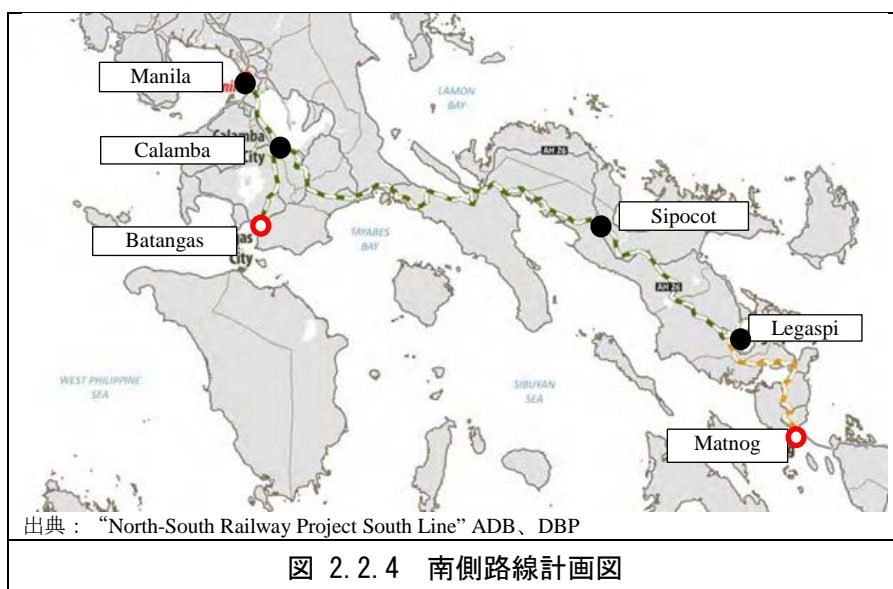


図 2.2.4 南側路線計画図

表 2.2.3 南北鉄道事業（南側路線）概要

項目	内容
予算	1,452 億ペソ（用地取得費除く）
建設期間	4 年間
運用開始時期	2022 年
路線延長	653 km（既存路線の改善：478 km、路線の延長：175 km）
建設・調達対象	線路の改修（交換、複線化、高架化）新設駅舎、車両、信号システム、自動出改札装置、車庫、その他機材
効果	日通勤輸送量：2020 年 31.6 万トリップ、2030 年 48.5 万トリップ

既存路線の改修計画を図 2.2.5 に示す。路線はラグナ湖から数百メートル離れているため、湖岸堤への直接的な影響はなく、工事時の搬入経路等、施工方法に関して注意を払えば大きな問題はない。放水路は線路と交差するため、放水路が地表近くの構造になる場合は、今後、交差部の構造に関し対応及び協議が必要となる。

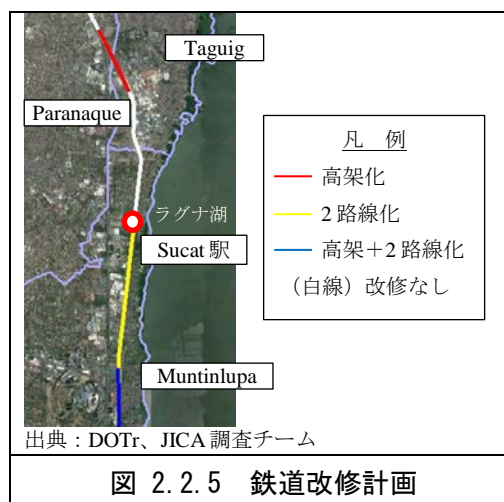


図 2.2.5 鉄道改修計画

(5) マニラ首都圏地下鉄事業

「フィリピン開発計画 2011-2016」が 2011 年 5 月に公表され、運輸分野のインフラ開発を加速させることが優先課題と位置づけられた。これを受け、JICA 援助により「マニラ首都圏の持続的発展に向けた運輸交通ロードマップ作成支援調査」（2013 年度）が実施され、円借款供与見込みの「南北通勤鉄道事業（マロロス-ツツバン）」と共に地下鉄事業を南北の人の移動の軸とすることが提案された。

当事業は、マニラ首都圏北部カローカン市又はブラカン州メイカウヤンと南部カビテ州ダスマリニャスの地下鉄を含む都市鉄道を整備することにより、メガマニラ圏の拡大により増加する輸送需要への対応及びマニラ首都圏の深刻な交通渋滞の緩和を図り、もって同国の持続的経済成長に寄与する事を目的とする。

当事業に関し、2015 年に JICA による情報収集・確認調査が実施された。当調査では、延長約 60 km となる都市鉄道を北ゾーン（2 オプション）、中央ゾーン（3 オプション）、南ゾーン（2 オプション）の 3 ゾーンに分け、合計 12 のオプションにつき検討した。マニラ首都圏地下鉄事業情報収集・確認調査の結果概要を表 2.2.4 に整理する。

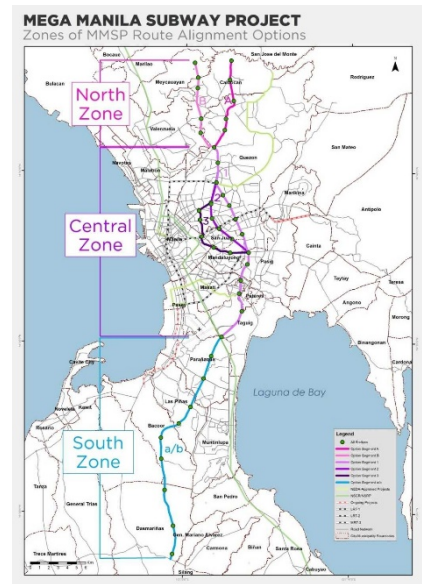
本調査に係る軌道は、当事業において南ゾーンに区分される。南ゾーンでは、全延長において高架構造のみのオプションと、地下構造のみのオプションが検討されている。

高架構造の場合、地下部を放水路として上部を地下鉄の路線にする対応が可能である。地下構造の場合でも、レール高が EL.-5m 程度と浅い位置に計画されているため、放水路がそれより深い地下構造である場合、問題は無い。放水路が地表近くの構造になる場合は、今後、交差部の構造に関し対応及び協議が必要となる。

表 2.2.4 マニラ首都圏地下鉄事業情報収集・確認調査の結果概要

項目	内容
予算	3,570 億ペソ～4,410 億ペソ
施工期間	約 5 年 (2 フェーズに分けて実施)
建設内容	高架構造物、高架駅、地下構造物、地下駅、車両基地、軌道、車両、信号等の鉄道システム
効果	EIRR：16.6%～17.6% 概略需要予測：40～50 万人、 想定完成年：2025 年 想定利用者：200 万～240 万人 (2045 年)

出典：マニラ首都圏地下鉄事業情報収集・確認調査報告書、2015 年、JICA



出典：マニラ首都圏地下鉄事業情報収集・確認調査報告書

図 2.2.6 地下鉄ゾーン区分図

2.2.2 利水事業

(1) 水道事業 (Maynilad)

Maynilad Water Services, Inc. (Maynilad) は、マニラ首都圏西部地域の 17 の都市及び自治体の上下水道サービスを担当する Metropolitan Waterworks and Sewerage System (MWSS) の代理店である。ラグナ湖の西部に位置する Muntinlupa 市は、人口約 50 万人を抱え、Alabang や Sucat といった巨大な商業地を有するが、依然、上水を深井戸に頼る地域が少なくない。郊外では Subdivision の開発が進み、特に、標高が高い地域では上水の供給が追いついておらず、安全な上水の供給が喫緊の課題であった。この状況を踏まえ、Muntinlupa 市及び周辺地域における安全で安定した上水供給を目的とし Putatan 第 2 浄水場建設事業が実施された。事業概要を表 2.2.5 に整理する。

表 2.2.5 Putatan 第 2 浄水場事業概要

項目	Putatan 第 2 浄水場
予算	67.5 億ペソ
運用開始時期	2019 年 4 月運用開始
取水位置	乾期はラグナ湖の水質 (塩分含有量増) が悪化し取水を制限している
水道用水供給量	第 1 浄水場と合わせて 300 MLD (約 3.5m ³ /s)
施設位置	Barangay Putatan, Muntinlupa (第 1 浄水場の隣)
効果	Muntinlupa、Las Pinas 及び Cavite における 1.2 百万の Maynilad 利用者への安定した上水供給、110kPa での送水

出典：Mynilad の情報を JICA 調査チームが整理



出典：<https://www.acciona.com.au/projects/water/drinking-water-treatment-plants/putatan-water-treatment-plant-2/>

図 2.2.7 Putatan 第 2 浄水場

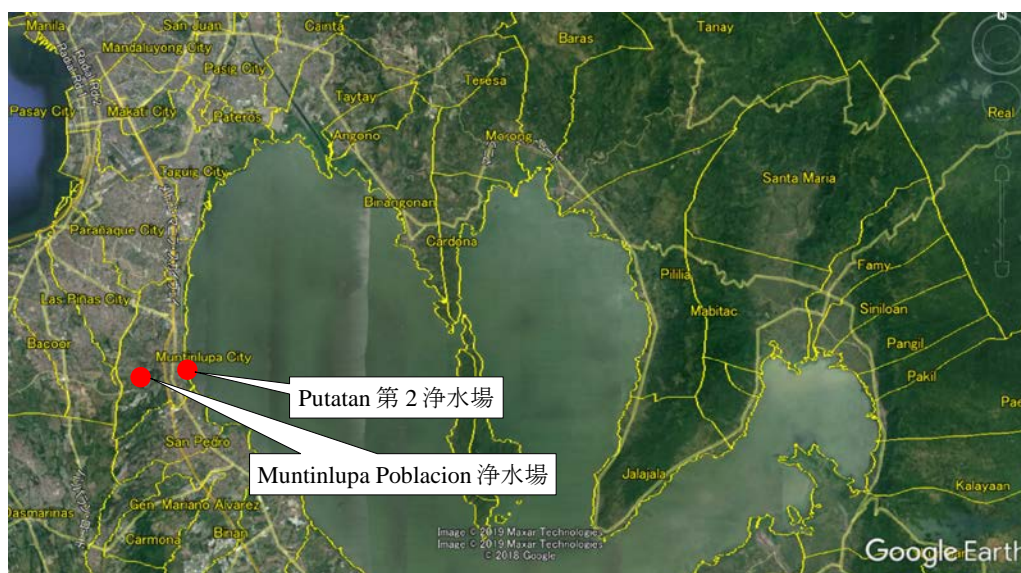
Putatan 第2浄水場は、ラグナ湖から取水しており、その取水口の最低取水標高は EL.10.5m 程度であるが、実際、乾期にラグナ湖の水位が下がるとナピンダン水路を通して塩水がラグナ湖に流入し水質が悪化（塩分含有量増）するため取水を制限している。

また、Mynilad は新規の浄水場を Muntinlupa Poblacion に計画している。事業概要を表 2.2.6 に整理する。

表 2.2.6 Muntinlupa Poblacion 浄水場事業概要

項目	Muntinlupa Poblacion 浄水場
予算	不明
運用開始時期	2020 年工事開始、2022 年頃運用開始予定
取水位置	乾期はラグナ湖の水質（塩分含有量増）が悪化し取水制限が想定される
取水量	150 MLD (約 1.7m ³ /s)
施設位置	Poblacion, Muntinlupa
効果	Las Pinas、Cavite 等のマニラ湾人口密集地域への安定した上水供給

出典：Mynilad の情報を JICA 調査チームが整理



出典：Google Earth、Mynilad の情報を JICA 調査チームが整理

図 2.2.8 ラグナ湖から取水する Mynilad の浄水場位置

(2) 水道事業 (Manila Water)

Manila Water Company, Inc. (Manila Water) は、マニラ首都圏東部地域の都市及び自治体の上下水道サービスを担当する Metropolitan Waterworks and Sewerage System (MWSS) の代理店である。

Manila Water は水道水原水をアンガットダム貯水池に依存する体質から脱却するためにラグナ湖を新規水源とする事業を進めている。2019 年 3 月に運用を開始した Cardona 浄水場事業概要を表 2.2.7 に整理する。

表 2.2.7 Cardona 浄水場事業概要

項目	Cardona 浄水場
予算	不明
運用開始時期	2019年3月運用開始
取水位置	水位が低くても取水に影響はない。水質（塩分含有量）が重要であり、塩分濃度が低ければ水位が低くても取水する
水道用水供給量	100 MLD (約 1.2m ³ /s)
原水取水量	140 MLD (約 1.6m ³ /s)
施設位置	Cardona
効果	Angono、Pasig 等への安定した上水供給

出典：Manila Water の情報を JICA 調査チームが整理

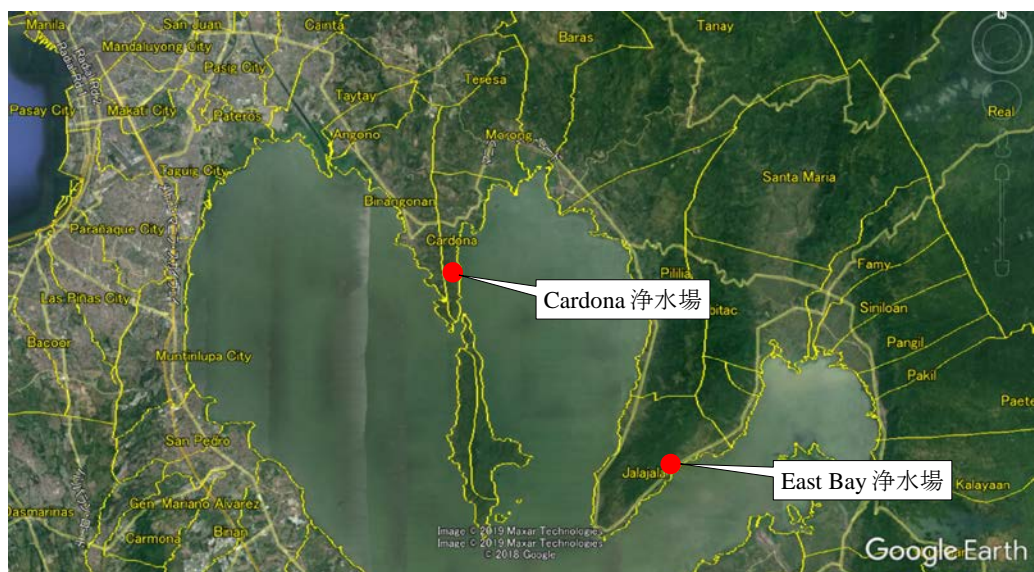
Cardona 浄水場はラグナ湖中央北部に位置しているが、ナピンダン水路から海水がラグナ湖へ流入し、海水がラグナ湖南部へ流下しその後中央北部まで流れ込むため、Cardona 地点も塩水の影響を十分受けている。水質（塩分含有量）が重要であり、塩分濃度が低ければ水位が低くても取水可能である。また、Maynilad は新規の浄水場を Muntinlupa Poblacion に計画している。事業概要を表 2.2.8 に整理する。

表 2.2.8 East Bay 浄水場事業概要

項目	East Bay 浄水場
予算	135 億ペソ
運用開始時期	2022 年頃運用開始予定
取水位置	ナピンダン水路から離れており、塩分濃度による取水制限はない
取水量	250 MLD (約 2.9m ³ /s)
原水取水量	350 MLD (約 4.1m ³ /s)
施設位置	Jalajala
効果	Las Pinas、Cavite 等のマニラ湾人口密集地域への安定した上水供給

出典：Manila Water の情報を JICA 調査チームが整理

East Bay 浄水場はナピンダン水路から離れており、塩分濃度による取水制限はない。よって、ラグナ湖水位が低くても取水に影響はない。



出典：Google Earth、Manila Water の情報を JICA 調査チームが整理

図 2.2.9 ラグナ湖から取水する Manila Water の浄水場位置

(3) CBK Power Companyによる発電事業

1936年に国家電力公社（National Power Corporation: NPC）が設立されて以降、1980年代まで発電及び配電は全て NPC により所有、管理されていた。電力分野における民営化の動きは、2001年6月に一般に「電力工業構造改革共和国令」と称される Republic Act 9136 が施行された事により後押しされた。ラグナ東部に位置するカリラヤ（C）、ボトカン（B）、カラヤン（K）の3つの発電所における新規施設建設や既存施設の維持管理権が NPC から CBK Power Company Limited（CBKPCL）に渡されたのも同時期であり、更にその後、2005年には、日本企業が CBKPCL を買収し、現在に至っている。

当事業は、メトロマニラを含むルソン地域に、電力を供給している。CBK 発電所の内、1982年完成のカラヤン揚水発電所は流域の河川水をカリラヤ貯水池（上池）に貯留するとともに夜間にラグナ湖（下池）から揚水して発電している。カラヤン揚水発電所の諸元及び特徴を表 2.2.9 にまとめる。



出典：CBKPCLパンフレット

図 2.2.10 CBK 発電所位置図

表 2.2.9 カラヤン揚水発電所諸元及び特徴

項目	内容
設備	水圧鉄管（2本、D5.5m～6m、通常1本稼働）、発電機（総出力685MW、4機、通常2機稼働）、小水力発電システム（停電時対応、1機1MW）、ディーゼル発電機（停電時対応、1機1MW）
特徴	<ul style="list-style-type: none"> - CBKPCLは発電施設の維持管理及び運営権を持ち、カリラヤ貯水池の水利権はPNRが持つ。 - カリラヤ貯水池の満水位は海拔288.0m、ラグナ湖水位は最高水位13.72m、最低水位10.12mで計画されており、設計発電水頭は286.5～289.5mである。 - 発電機の使用水量は1機あたり60m³/s。 - 河川水量は発電に対し充分でないため、ラグナ湖から上池であるカリラヤ貯水池（有効貯水量22百万m³）への揚水を毎晩実施している。 - 1995年以降、数年に一度の頻度でラグナ湖（湖岸から1.5km程度の箇所）において堆砂位計測を実施している。この10年で大きな変化はない。

出典：CBKPCLパンフレット等

カラヤン発電所において、ラグナ湖水位は最高水位 EL.13.72m、最低水位 EL. 10.12m で設計されている。JICA 治水計画により湖水位 10.12m 以下とならなければ問題ない。一方、ラグナ湖水位が低下すれば発電水頭が大きくなり発電にはやや有利となる。

カラヤン発電所のラグナ湖運用最高水位は 13.72m であることから、ラグナ湖水位が 13.72m 以上となった場合は発電所の運転を短期間ストップするのみであり、発電所の運用に大きな影響はない。なお、2009年の台風オンドイによるラグナ湖沿岸地域の浸水被害発生時（湖最高水位 13.85m）、カラヤン発電所は被害を受けていない。

(4) 湖内漁業と養殖

ラグナ湖マスタープラン²（2016年、LLDA）によれば、ラグナ湖内行われている漁業は、漁獲（Open Lake Fishery）と養殖（Aquaculture）に分けられる。近年の漁獲高は年々増加しており、2008年に約810億トンであったものが、2013年には900億トンまで増加した。ラグナ湖における漁獲は、ラグナ州の18町、リサル州の9町、及びNCRの2市における20,326の小規模漁業者により行われており、重要な生計手段であり、地域経済に大きく貢献している。一方、ラグナ湖における養殖は、Fishpen及びFishcageによって行われている。Fishpenは、養魚のために水域の中に設置された囲いであり、主に竹の棒で作られている。またFishcageは、水面に固定、または浮かせた状態の網やネットである。Fishpen及びFishcageの面積は、2015年において12,064.63haであり、これは湖全体（900km²）の約13%を占めている。内訳は、Fishpenが10,386.86ha（86.1%）、Fishcageが1,677.77ha（13.9%）である。これらによる生産高は、2008年に1,500億トンであり、2013年には1,560億トンとわずかな上昇に留まっている。養殖されている魚種は、Milkfish（Bangus）、Tilapia及びCarp等である。

ラグナ湖マスタープラン（2016年、LLDA）によれば、2009年の台風オンドイ、2012年のハバガットにより、2009年から2012年の漁獲高は10%程度落ち込んだとのことである。

2.2.3 環境関連

(1) Las Pinas-Paranaque Critical Habitat and Ecotourism Area (LPPCHEA)

Las Pinas-Paranaque Critical Habitat and Ecotourism Area (LPPCHEA) は Executive Order 1412 に基づき、2007年にフィリピン初のクリティカル ハビタットとして設立された。クリティカル ハビタットは Republic Act 9147 の中で絶滅危惧種の見つかる地域として定義されている。同法により、指定された地域に依存する絶滅危惧種の存続を危うくするような開発や破壊行為が制限されている。LPPCHEA はマニラ湾の一部でありメトロマニラの南に位置している。LPPCHEA の北東にはパサイ市があり南西にはバコール湾とカビテ州がある。面積は175 ha で、図 2.2.11 に示す通りフリーアイランドとロングアイランドの2島によって構成されている。



2 Laguna de Bay Basin Master Plan 2016 and Beyond towards Climate-Resilience and Sustainable Development, December 2015, LLDA

図 2.2.11 Las Pinas-Paranaque Critical Habitat and Ecotourism Area (LPPCHEA)

LPPCHEA 内に存在が確認されている植生で自然保護という点で最も重要なのがマングローブである。LPPCHEA のマングローブ林は 36 ha あり、島内面積のおよそ 18 % を占めている。これはマニラ湾内に現存する最も豊かなマングローブ林として知られている。かつて、マニラ湾内は多くのマングローブ林が見られていたが、開発が進むにつれて大幅に減少してしまった経緯があり、LPPCHEA はマニラ湾のマングローブ林の最後の砦として注目されている。

LPPCHEA の周囲には 114 ha に及ぶ干潟が形成されており、鳥類の捕食場所となっている。この干潟には大型無脊椎動物と魚類が生息していると報告されている。大型無脊椎動物はゴカイなどの虫、甲殻類、軟体動物で構成されている。軟体動物が最も多く、23 種の二枚貝と 14 種の巻き貝が報告されている。114 ha の広大かつ餌の豊富な干潟は、鳥類にとって好ましい住環境をとっている。また、8 月から翌年の 4 月にかけては、多くの渡り鳥が越冬場所として訪れることでも知られており、この期間中 LPPCHEA の鳥類の数は 5,000 羽以上に達する。2004 年～2008 年に環境天然資源省が実施した調査によると、44 種の鳥類が確認されている。

パラニャーケ放水路の吐口は、この LPPCHEA 近傍に計画されることとなる。パラニャーケ放水路により淡水流入量が増加するが、これはマングローブにとってはむしろ好都合であり、普段より塩分除去に費やすエネルギーを節約し、真水を得ることができる。さらに、一時的に塩分濃度が低下したところで、海からの無限の塩分供給を考えれば、他の生物種が入り込む余地はなく、競争要因が変化する可能性は低いと考えられる。計画にあたっては、LPPCHEA を管理する DENR と十分協議、検討することが必要である。

2.2.4 埋立計画

(1) LPPCHEA周辺の埋立計画

フィリピン埋立機構（Philippine Reclamation Authority：PRA）はマニラ湾全体の埋立計画を実施するための政府組織であり、LPPCHEA 周囲の埋立計画を進めている。PRA ホームページの記述を下記に示す。

Las Piñas - Parañaque Coastal Bay Project

The Las Piñas - Parañaque Coastal Bay Project involves the reclamation of shallow portions of Manila Bay in the southwest of Manila. Las Piñas City has 431.71 hectares under its jurisdiction while Parañaque City has 203.43 hectares. This 635.14 hectare project is intended to be a government center, residential, industrial, educational, and commercial zone. It is bounded by Asia World Properties in the North, and the Municipality of Bacoor, Cavite in the South.

この埋立計画は環境保護の観点から反対運動が盛んにおこなわれており、埋立実施はストップがかかった状態である。しかしながら、現在も埋立計画は生きており、パラニャーク放水路計画を実施するにあたり今後も動向を注視する必要がある。

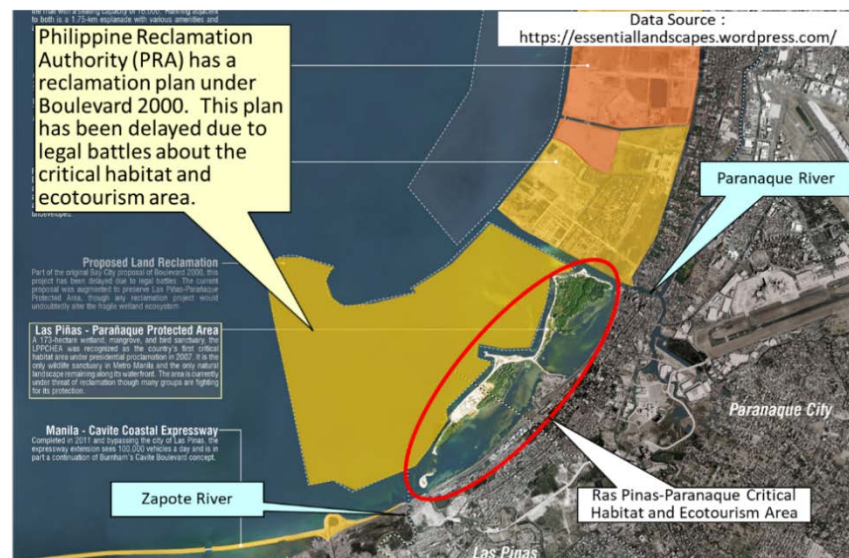


図 2.2.12 PRA による LPPCHEA 周辺の埋立計画（イメージ図）

第3章 パッシング・マリキナ川流域を含むラグナ湖流域の一体的な治水計画の検討

3.1 ラグナ湖流域における治水計画の歴史

ラグナ湖は、灌漑用水 (irrigation)、内水面漁業 (fishery, aquaculture)、工業用水 (industrial cooling)、生活用水 (potable water) の水源、水上輸送 (transport ルート)、発電 (power generation)、レクリエーション (recreation)、湖流域内河川の流出先、湖岸住民の生活排水先・工業排水先 (water sink) 等、多方面に利用されてきている。

1960年代には、Marcos' s flood-control Program for Metro Manila において、マニラ首都圏の洪水対策としてマンガハン放水路とパラニャーケ放水路はセットとして計画されるなど、パッシング・マリキナ川流域を含むラグナ湖流域の一体的な治水計画の検討が進められた。ラグナ湖高水位による沿岸地域の洪水対策の必要性についても以前から認識されており、1975年にマンガハン放水路 F/S 調査と同時にパラニャーケ放水路の F/S 調査が実施された (表 3.1.1)。しかし、事業費が高くまた、建設による社会的影響が大きいことから、その実現が先送りされてきた。

1990年のマニラ洪水対策計画調査 (JICA) (以下、1990年 M/P) において、マニラ首都圏及びその周辺における洪水防御対策及び内水排除対策について、将来の総合治水対策のフレームワークプラン及び2020年を目標年度としたマスタープランを策定した。パラニャーケ放水路は膨大な建設費を要し、また2020年までに完成することが困難であることより、マスタープランではなく、将来におけるマニラ首都圏の総合的治水対策の枠組みであるフレームワークプランに組み込まれた。なお、ラグナ湖水位上昇による浸水被害軽減対策として、マンガハン東部、マンガハン西部におけるラグナ湖沿岸地域の湖岸堤がマスタープランとして検討された。

1997年から2007年に、メトロマニラ西マンガハン地区洪水対策事業が実施され、10kmの湖岸堤及び4基の排水機場が建設された。なお、1990年 M/P で提案されたマンガハン東部の湖岸堤は現段階では実施されていない。

これまで抜本的なラグナ湖沿岸地域における洪水対策が実施されてこなかったことより、地元住民及び自治体は大きな不満を表明してきた。特に、1988年のマンガハン放水路の開通以降、ラグナ湖沿岸地域の不満は大きく、かつ拡大している。

近年のラグナ湖沿岸地域の著しい開発の進展 (洪水被災ポテンシャルの増大)、土木建設技術の進歩、財政状況の好転等、また、1990年 M/P の目標年度である2020年を迎え、マスタープランの次のステージである、総合治水対策のフレームワークプランへ移行するため、2018年 JICA の技術支援でマニラ首都圏パラニャーケ放水路に係る情報収集・確認調査 (以下、パラニャーケ調査2018) が実施された。

パラニャーケ調査2018ではラグナ湖沿岸地域洪水管理計画 (案) として、

- ① 水位上昇抑制対策：パラニャーケ放水路、マンガハン放水路の排水能力増大
- ② 浸水被害軽減対策：湖岸堤システム (パック堤、排水機場を含む)
- ③ 非構造物対策

が立案され、湖岸堤システムより建設期間が短く、またラグナ湖全域にわたり水位抑制効果が発現するパラニャーケ放水路の Pre-F/S 調査を実施した。

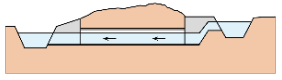
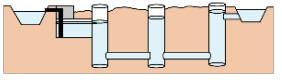
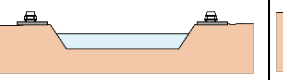
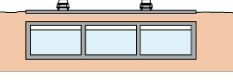
パラニャーケ調査 2018 で策定されたラグナ湖沿岸地域洪水管理計画（案）は、今後、フィリピン政府、NEDA の承認を得て実施に向けて進めていく必要がある。

表 3.1.1 ラグナ湖流域における治水計画の歴史

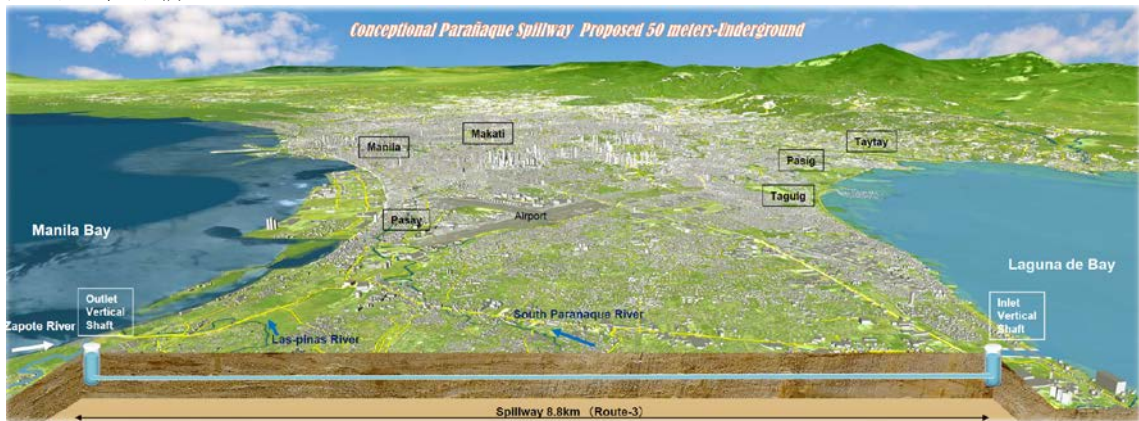
年	検討結果
1960年代	Marcos's flood-control Program for Metro Manila において、マニラ首都圏の洪水対策としてマンガハン放水路とパラニャーケ放水路はセットとして計画された。
1975年	マニラ首都圏及びラグナ湖沿岸地域の全体的な洪水対策計画の立案（マリキナ川の大洪水をラグナ湖に分流するためのマンガハン放水路及びマリキナ堰（Marikina Control Gate Structure、MCGS）の建設、ナピンダン調整水門の建設、ラグナ湖の高水位低減のためのパラニャーケ放水路の建設及びパッシング・マリキナ川の改修からなる）。 パラニャーケ放水路 F/S 調査（USAID）においては、アメリカのコンサルタント（DMJM）が実現性の妥当性ありと結論※1（最大計画流量 350m ³ /s、全長 8.3km、自然流下開水路方式及びトンネル水路構造）。 ※1：オプションとして社会的影響を最小化できるとしてトンネル案が検討されたが、事業費が膨大となるため棄却された。
1977年	DPWH がパラニャーケ放水路 F/S 結果をレビューし、建設の延期を決定（理由：移転・用地取得等の社会的影響が大きく、事業費も高い）
1983年	ナピンダン調整水門が完成（ADB 支援）
1988年	マンガハン放水路が完成し（日本支援）、マニラ首都圏の洪水被害軽減に大きく貢献。
1990年	マニラ洪水対策計画調査（JICA）において、フレームワークプラン及びマスタープランが検討された。パラニャーケ放水路は事業費が大きいため、将来的、放水路建設を実現すべきとするフレームワークプランの一環として提案された※2。（底幅 60m の自然流下開水路方式案） マスタープランには、ラグナ湖水位上昇による浸水被害軽減対策として、マンガハン東部・西部地区の湖岸堤が提案された。 ※2：パラニャーケ放水路を含むラグナ湖全域を対象とした洪水対策調査の早期実施が望まれると提言された。
1991年	円借款によりラグナ湖北岸緊急洪水制御事業が実施され、マンガハン東部・西部地区湖岸堤の詳細設計を支援した。
2007年	円借款によりメトロマニラ西マンガハン地区洪水制御事業が実施され、西マンガハン地区における湖岸堤（10km）の建設、排水機場（4か所）の建設、樋門の設置が完工した。
2012年	Master Plan for Flood Management in Metro Manila and Surrounding Areas（世銀）では、パラニャーケ放水路案を検討（延長 8.9km、開水路方式で一部 3.3km が直径 15m のトンネル案、計画流量 270m ³ /s）。経済評価から、Low Possibility とされ、M/P には含まれず。 ラグナ湖沿岸流域に対する洪水対策として、湖岸堤ではなく沿岸の土地の嵩上げを提案している。
2018年	マニラ首都圏パラニャーケ放水路に係る情報収集・確認調査（JICA）で、ラグナ湖沿岸地域洪水管理計画案として、①水位上昇抑制対策としてパラニャーケ放水路、②浸水被害軽減対策として湖岸堤システム、③非構造物対策が提案された。 湖岸堤システムより施工期間が短く、またラグナ湖全域にわたり水位抑制効果が発現することから、優先プロジェクトとして、パラニャーケ放水路の Pre-Feasibility Study（3ルート、大深度地下河川、直径 12m のトンネルが延長 6km から 9km、計画流量 200m ³ /s）が実施された。

パラニャーケ調査 2018 では、これまで計画検討が実現に結びつかなかった経緯・理由を踏まえ、事業による住民移転、用地取得、湖水の使用権利者への補償、既存社会基盤施設の付替え等の社会的影響を最小化できる案として、各種案及び方式を比較検討（表 3.1.2）して、「地下河川（圧力管方式）」案を採用した。

表 3.1.2 パラニャーケ調査 2018 におけるパラニャーケ放水路の基本方式の検討

ケース	地下河川案		開削案	
	1：自然流下開水路方式	2：圧力管方式	3：開水路方式	4：開削トンネル方式
概要図				
概要説明	現況河川及び放水路を道路や丘陵の下にトンネルで貫通。河川トンネルとして一般的な案であり、地下河川として望ましい。	トンネル内を圧力管として導水し、サイフォン構造で排水。水位条件によっては、ポンプ排水が必要。	放水路を開削工法で建設。工事費は安い、多大な用地取得・家屋移転等社会的影響が課題。	ケース3の上部利用を可能とするため、トンネル構造とした方式。上部は、道路や公園等に利用できる。
評価	トンネルの土被りが確保できないため不可能。	50m 以深では区分地上権の必要がない [*] ため、用地取得・住民移転の必要範囲が小さく実現可能な方式。	用地取得・家屋移転が多面で困難。それらの補償費を考慮した事業費は安い。	ケース3と同様に用地・家屋移転の問題がある。工事費・維持管理費にも優位性がなく、採用性に著しく劣る。
	×：不可能	○：採用	△：社会的問題大きい	×：社会的問題・事業費で劣る

*：フィリピン国内法 IRR of RA 10752 (2016) において、「地下 50m 以深であれば区分地上権がない」の規定がある。
出典：パラニャーケ調査 2018



出典：パラニャーケ調査 2018

図 3.1.1 地下河川（圧力管方式）案のパラニャーケ放水路 3 次元イメージ

一方、ラグナ湖の改変に関して、フィリピンの NGO や市民団体（PO）は強い関心を持って対応してきた。ラグナ湖自然保護や、昔からラグナ湖を生活の糧にしている漁民、農民、都市貧困者の生活保護の観点から湖に関係する開発に対し、時には計画・事業反対運動を展開してきた。

ラグナ湖改変の実例及び NGOs の反応の実例としては、ラグナ湖の唯一の流出河川であるナピンダン川の最下流端（Pasig-Marikina 川の合流点）に、マニラ湾の海水侵入を防止し、ラグナ湖の淡水化を目的としたナピンダン調整水門建設がある（1983 年）。その水門ゲートの開閉操作がラグナ湖の漁獲高に大きく影響したといわれたことから、水門ゲートの操作（特にゲート閉鎖）に強い反対が起きた。なお、現在もナピンダン調整水門の開閉操作は行われていない。

更に、1988 年にマンガハン放水路が完成し、その年発生したマリキナ川流域における洪水の一部をマンガハン放水路を通してラグナ湖に放流した。この操作も、既に洪水状態にあるラグナ湖岸コミュニティや自治体の反発を呼んだ。人工水路であるマンガハン放水路は、ラグナ湖沿岸地域の洪水を更に悪化させていると湖岸住民は認識している。

また、1990年から2000年代、ラグナ湖北岸域を対象にした、ラグナ湖の洪水対策事業（メトロマニラ西マンガハン地区洪水対策事業）の詳細設計及び建設においても、ラグナ湖淡水化事業の一環とみられ、NGOsやPOsの活発な反対運動で、対話集会在頻繁に開催された。一時、工事中止し、湖岸堤防延長約10kmの事業の完成に10年以上を要した。

最近では、2012年にF/Sが行われたDPWH-PPP事業計画であるラグナ湖岸堤防道路事業（Laguna Lakeshore Expressway Dike Project、ラグナ湖岸西部のTaguig市Lower Bicutan地区からLos Banos市までの47kmの自動車専用道路及び堤防建設）が、NGOsの反対運動に直面した。結局、2016年の入札は入札者が出ずに不調に終わった。NGOs側は、反対運動の成果だ、との反応を示した。NGOs側は、開発・改変反対運動の理由として、ラグナ湖の自然保護、漁民、都市貧困層、地域コミュニティへの悪影響、湖面積の縮小等を挙げている。

パラニャーケ調査2018では、ラグナ湖岸の洪水対策の一つのオプションとして湖岸周囲堤防建設案が提案・検討されているが、これまでの過去のNGOsの強い反対運動から、湖岸堤防事業の実施においては、社会的な反対運動に直面し、完成まで多くの時間が必要になることが予想されている。

3.2 一体的な治水計画について

3.2.1 1990年マニラ洪水対策計画調査（JICA）

パラニャーケ放水路は、1990年のマニラ洪水対策計画調査（JICA）（以下、1990年M/P調査）においてマニラ首都圏の総合治水対策の枠組みであるフレームワークプランとして検討されている。フレームワークプランは、マニラ首都圏全域及び首都圏外のカインタ及びタイタイを含んだ地域を対象とし、遠い将来調査対象地域が十分に都市化した状態における洪水防御及び内水排除に関する総合的治水対策計画である。1990年M/P調査の各計画概要を表3.2.1に整理する。

パラニャーケ放水路はフレームワークプランの一部として提案されていたが、マスタープランでは2020年までの投資可能額より実現可能な計画とし、また、策定された計画は2020年までに完成することが前提であるため、膨大な建設費を要するパラニャーケ放水路を2020年までに完成させることは困難であると判断され、マスタープランの対象にはならなかった。

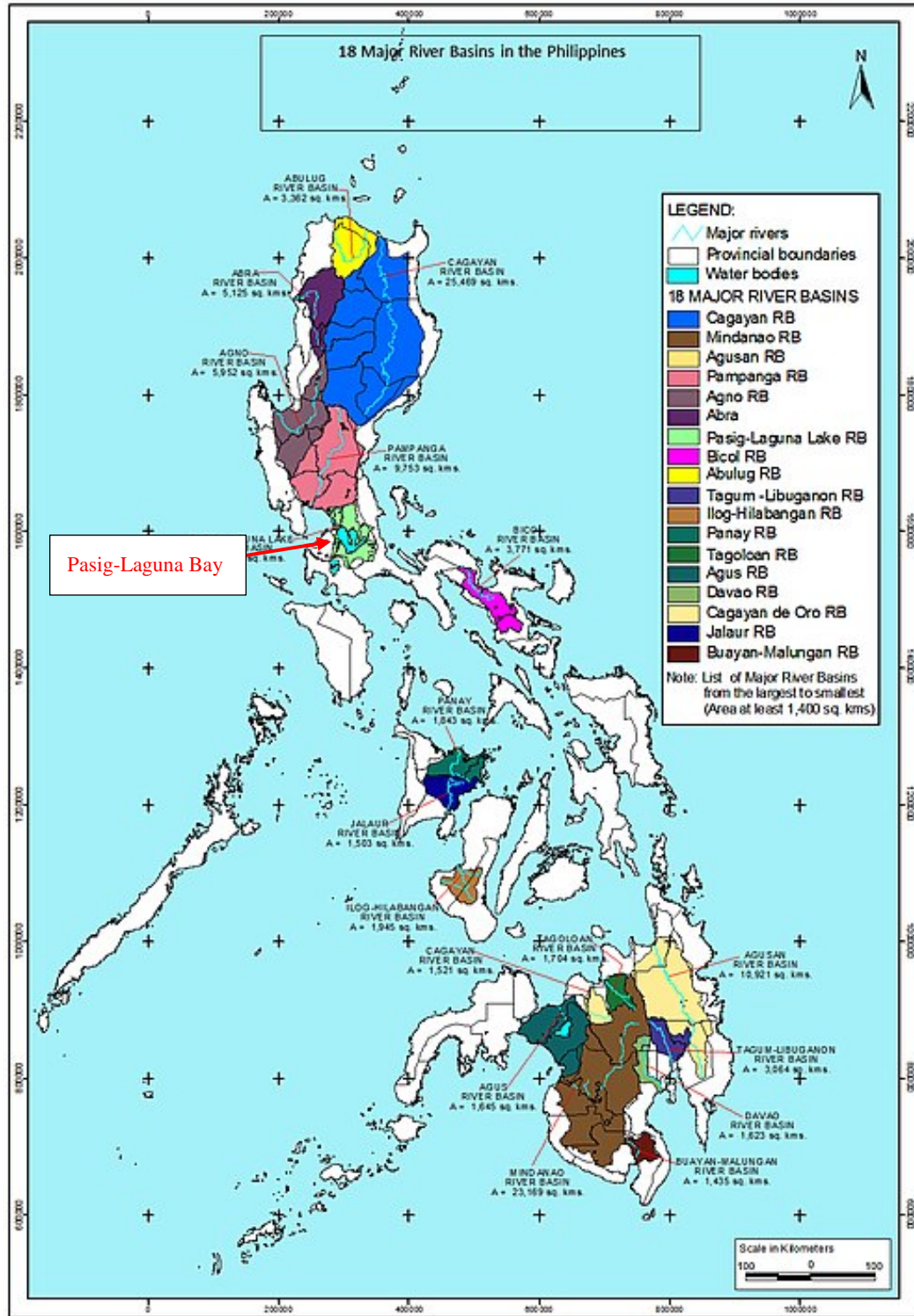
現在、マスタープランの計画目標年である2020年を迎え、また、マニラ首都圏及びラグナ湖周辺地域の都市化が急速に進み（洪水被害ポテンシャルの増加）、マスタープランの次のステップであるフレームワークプランの実施が必要である。

表 3.2.1 1990年M/P調査における各計画の概要

計画	計画目標年	対象地域	計画規模
フレームワークプラン (パラニャーケ放水路事業を含む)	遠い将来※ ※プロジェクトの完成時点は特に設定しない	マニラ首都圏全域及び首都圏外のカインタ及びタイタイを含む地域	洪水防御計画：100年 内水排除計画：10年
マスタープラン	2020年までの投資可能額を推定し、実現可能な計画を策定	マニラ首都圏全域及び首都圏外のカインタ及びタイタイを含む地域	フレームワークプランの計画規模を基本とするが、財政規模が一つの基準となることより、河川及び排水域に応じた計画規模を設定
優先プロジェクト	2020年を完成目標年度とした詳細計画を策定	優先プロジェクトとして選定した地域	マスタープラン同様

3.2.2 フィリピンにおける主要18流域

フィリピン政府は大河川のうち 18 流域を主要流域と定め、人口が多く経済活動の中心となっている都市を抱える河川流域から優先的に洪水対策計画を策定している。主要 18 流域の位置図を図 3.2.1 に、流域の概要を表 3.2.2 に示す。



出典：NWRB

図 3.2.1 フィリピンにおける主要 18 流域

表 3.2.2 主要 18 流域の概要

River Basin	Region	Catchment Area (km ²)
Cagayan	Region II	25,469
Mindanao	Region XI and XII	23,169
Agusan	Region XIII	10,921
Pampanga	Region III	9,759
Agno	Region III	5,952
Abra	Region I	5,125
Pasig-Laguna Bay*	NCR and Region IV-A	4,678
Bicol	Region V	3,771
Abulug	Region II	3,372
Tagum-Lubuganon	Region XI	3,064
Ilog-Hilabanga	Region VI and VII	1,945
Panay	Region VI	1,843
Tagoloan	Region X	1,704
Agus	Region XII and ARMM	1,645
Davao	Region XI	1,623
Cagayan	Region X	1,521
Jalaur	Region VI	1,503
Buayan-Malungun	Region XI	1,434

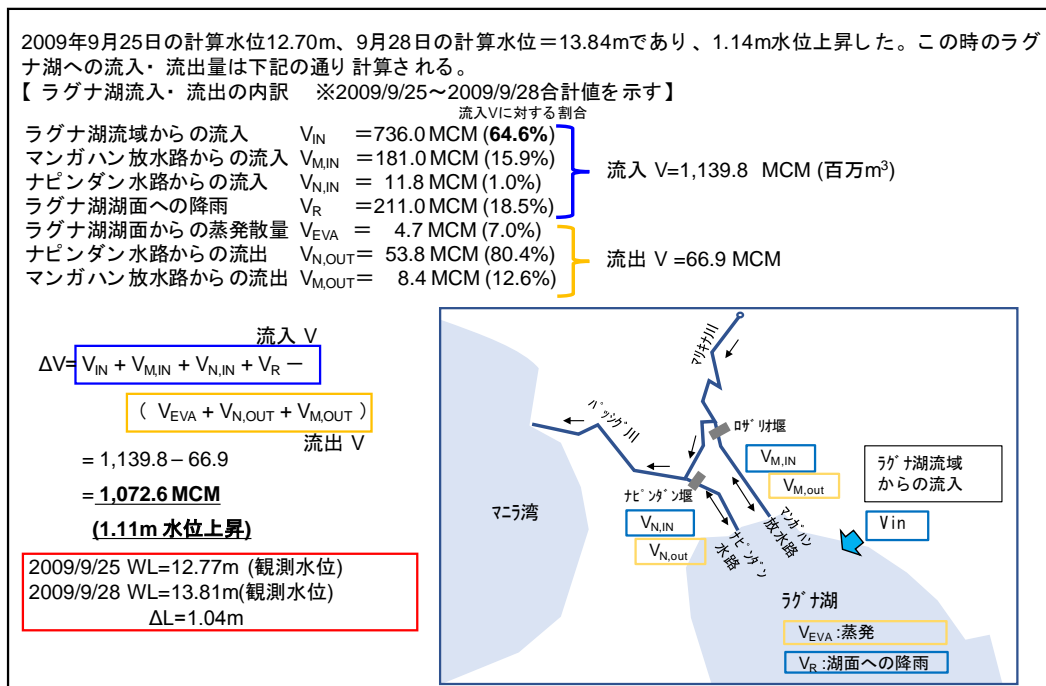
※マリキナ川流域を含む

このように、ラグナ湖はフィリピンにおいて主要 18 流域の一つとして「Pasig-Laguna Bay*」流域（※マリキナ川流域を含む）として認識されている。

3.2.3 パッシグ・マリキナ川流域とラグナ湖流域の一体的な治水計画

パッシグ・マリキナ川の洪水対策の一部として 1988 年にマンガハン放水路が完成し、ラグナ湖はマリキナ川流域の洪水を一時貯留する機能を持ち、ナピンダン水路及びマンガハン放水路からマニラ湾に流出する水理システムになった（図 3.2.2 参照）。

「パラニャーケ調査 2018」で 2009 年台風オンドイ時のラグナ湖への流入水量、水位上昇について次のような検討を行っている。



出典：パラニャーケ調査 2018

図 3.2.2 ラグナ湖及びパッシグ・マリキナ川の水理システム

この台風オンドイ時の解析結果によれば、マンガハン放水路を通りマリキナ川流域からラグナ湖への洪水流入量は 181MCM と非常に大きく（この量は現在計画中的マリキナダム治水容量の約 4 倍に相当）、マンガハン放水路がパッシグ・マリキナ川流域マニラ首都圏の浸水被害軽減に大きく寄与していることがわかる。

一方、このラグナ湖への流入量 181MCM は、ラグナ湖の水位を約 20cm 上昇させ、ラグナ湖沿岸地域の浸水被害を増大させている（浸水面積が約 10km² 増、浸水人口が約 80,000 人増）。

前節 3.2.2 で述べたとおり、フィリピンではラグナ湖流域はパッシグ・マリキナ川流域と一体的な流域と認識しており、ラグナ湖沿岸地域の都市化が進んだ現在は、マンガハン放水路のマニラ首都圏に対する洪水軽減効果（プラス効果）とラグナ湖沿岸地域に対するマイナス効果を合わせた『一体的な治水計画』を検討し、パッシグ・マリキナ川流域とラグナ湖流域全体の治水安全度の向上を図ることが重要である。

3.3 パッシグ・マリキナ川及びラグナ湖沿岸地域の洪水特性

ラグナ湖沿岸地域の浸水被害は洪水期に発生する長期に及ぶ（数か月）高水位による。一方、マンガハン放水路からの流入は、パッシグ・マリキナ川で発生する短期間の洪水分流（1～2 日程度）であり洪水特性が異なる。

パラニャーケ放水路は洪水期に長期間発生する湖水位上昇の抑制、高水位低下促進及び高水位期間の減少のために継続して排水するものであり、パラニャーケ放水路の排水規模は、長期洪水に対するその効果（ラグナ湖水位をどの程度抑制、低下可能か）とコストの検討により提案する。

ラグナ湖水位上昇は、ラグナ湖沿岸地域からの流入による影響が大きく、2009 年の台風オンドイ時のパッシグ・マリキナ川流域からの流入割合は、ラグナ湖全体流入量の 16% 程度であるとパラニャーケ調査 2018 年で試算された（図 3.2.2 参照）。

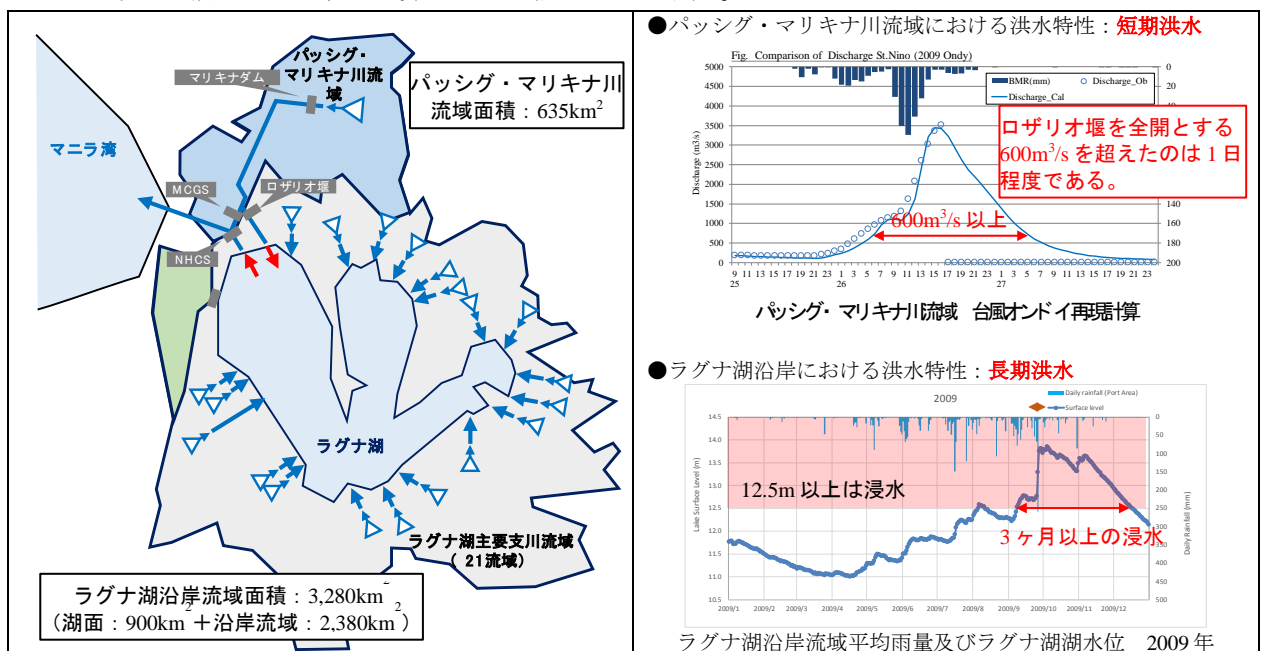


図 3.3.1 パッシグ・マリキナ川流域及びラグナ湖沿岸流域（右図）、2009 年台風オンドイ時における流量及び水位変動（左図）

3.4 マンガハン放水路の計画流量

マンガハン放水路の計画流量は、1990年のM/P時より以下の通り計画されている。パッシング・マリキナ川流域における既往治水計画について表3.4.1に整理した。

- 100年確率洪水を対象として、マリキナダムを建設する条件で、基準点 Sto. Nino 地点の流量は2,900m³/sである。
- MCGSを建設する条件で、流量配分はマンガハン放水路 2,400m³/s、マリキナ川下流 500m³/sとする。

表 3.4.1 パッシング・マリキナ川流域における既往治水計画

既往治水計画	調査の背景・目的
1952MP ¹	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1943年11月に発生した未曾有の大洪水を契機として調査を実施。 ・ 北部マニラ及び南部マニラの排水対策のMP策定が主な目的 ・ パッシング・マリキナ川の洪水対策についても検討・提案。
1975FS/DD	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1970年に発生した大洪水を契機として、1952年MPで提案されたマンガハン放水路のFSとDD²並びにラグナ湖の排水のために計画されたパラニャーケ放水路のFS³を実施。
JICA1990MP ⁴	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1986年11月アキノ大統領来日時にマニラ洪水対策計画調査に対しての技術協力が正式に要請され、この要請に応じて調査を実施。 ・ FPの検討、MPの策定、優先地域に対するFSを実施。
2002DD ⁵	<ul style="list-style-type: none"> ・ 頻発する洪水に対応するために、DPWHはJICA1990MP/FSに基づくPMRCIP事業の実施を決定。 ・ 2002DDはPMRCIPのフェーズIという位置づけであり、全体計画の詳細設計及びJICA1990MPの計画洪水流量の見直し、当面の整備のための計画洪水流量の設定を実施。
JICA2011準備調査 ⁶	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2009年9月の台風オンドイにより甚大な被害が生じたことから、PMRCIPの早期完成が基金の課題とされた。 ・ 特にフェーズIIIの対象区間を重点に、以下の内容を含む計画の見直しを実施：近年の流域開発を反映した現在の河川状況、近年の洪水被害状況、将来の気候変動に伴う洪水被害状況への影響。
WB2012MP ⁷	<ul style="list-style-type: none"> ・ 台風オンドイによる大規模な洪水被害を受けて、マニラ首都圏及び周辺地域の持続的かつ効果的な洪水リスク管理のためのロードマップを示すために調査を実施。 ・ 包括的な洪水対策マスタープランの策定が主な目的のひとつ。
JICA2014調査 ⁸	<ul style="list-style-type: none"> ・ 既往の調査結果（特にWB2012MPにおける計画高水流量等）を、対象地域における気候変動を考慮に入れてレビューすることによって、より詳細な治水計画の策定に資する基礎情報を整備するために調査を実施。 ・ WB2012MPで検討された構造物対策に係る技術的妥当性の再検討を行うことが目的。
2015IV&V ⁹	<ul style="list-style-type: none"> ・ 台風オンドイによる甚大な洪水被害の発生以降、フェーズIV区間の早急な実施が必要と認識されており、当該調査では、フェーズIV区間のFS及びフェーズV区間のFS並びにDDが実施された。
WB2018 UMD FS ¹⁰	<ul style="list-style-type: none"> ・ PMRCIP全体の完成のために必要なマリキナダムのFS及びDDを実施したもの。 ・ マニラ首都圏に洪水が流下する前にマリキナ川の流量を低減する最適な上流部の河川構造物（ダム・遊水地）のオプションを決定するために、事業化調査とそれに基づく詳細設計、入札図書準備。
JICA2019IV DD	<ul style="list-style-type: none"> ・ 延長30kmに及ぶパッシング・マリキナ川改修事業の全体計画のうちフェーズIV区間の工事（マンガハン放水路分流点～マリキナ橋）の詳細設計（D/D）

¹ Plan for the Drainage of Manila and Suburbs, Ministry of Public Works, Transportation and Communication (MPWTC), 1952

² The Mangahan Floodway a feasibility study, February 1975

³ Paranaque Spillway and Pasig-River Cut-off a feasibility study, February 1975

⁴ マニラ洪水対策計画調査, JICA, 1990

⁵ Detailed Engineering Design of Pasig-Marikina River Channel Improvement Project, DPWH, March 2002

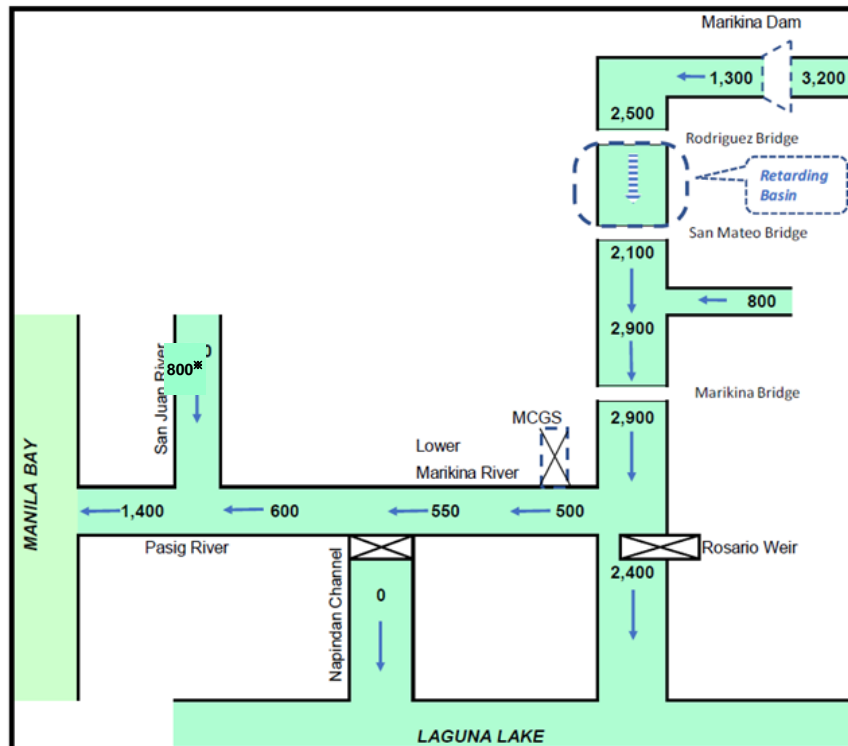
⁶ パッシング・マリキナ川河川改修事業（Ⅲ）, JICA, 2011

⁷ Master Plan for Flood Management in Metro Manila and Surrounding Areas, World Bank, 2012

⁸ マニラ首都圏治水計画情報収集・確認調査, JICA, 2014

⁹ Supplemental Agreement No.1 for the Consulting Engineering Services for Assistance to Procurement of Civil Works and Construction Supervision of the JICA-Assisted Pasig-Marikina River Channel Improvement Project, Phase II (PH-P252) Upper Marikina River Channel Improvement Works (PMRCIP Phase IV and V), DPWH, 2015

¹⁰ Consulting Service for the Feasibility Study and Preparation of Detailed Engineering Design of the Flood



※流域対策等により、 $200\text{m}^3/\text{s}$ 程度流量をカットすることを前提とした流量
出典：2019JICA フェーズ IVD/D

図 3.4.1 計画高水流量配分図（案）（確率洪水規模 1/100）

Sto. Nino 地点流量 $2,900\text{m}^3/\text{s}$ で整備されたマリキナ川は、上流のマリキナダム及び遊水地による流量調節を考慮に入れた場合 100 年確率流量に相当するが、考慮に入れない場合は 30 年確率流量に相当する。

マリキナ川整備（フェーズ IV 完成）からマリキナダム及び遊水地の完成まで、時間が空くことになり、この期間のフェーズ IV 改修区間の治水安全度は、20 年～30 年確率相当になる。

3.5 マンガハン放水路の計画流量とパラニャーケ放水路計画流量の関係性

マンガハン放水路からの $2,400\text{m}^3/\text{s}$ はパッシング・マリキナ川における短期間発生 of 洪水分流の計画最大流量である。この短期洪水発生時のマンガハン放水路からの総流入量は台風オンDOI 時を事例とすると 4 日間で 1 億 8 千 m^3 （ラグナ湖水位約 0.2m 上昇）であり、その流入量は、仮にパラニャーケ放水路（設計流量を $200\text{m}^3/\text{s}$ と仮定）が 10 日間稼働していた場合（総排水量約 1 億 8 千 m^3 ラグナ湖水位約 0.2m 低下）とほぼ同じになる。

このように、マンガハン放水路の計画流量はパッシング・マリキナ流域の洪水被害を軽減するために設定された流量である。一方、パラニャーケ放水路の計画流量は、ラグナ湖沿岸地域における長期浸水被害軽減効果及び感度分析による最適な施設規模の組み合わせの確認により設定した。

100 年確率規模の洪水時におけるマンガハン放水路からの流入量とパラニャーケ放水路の排水量の関係を下記に整理する。

- マンガハン放水路からの流入量は 10 日間で 1.96 億 m^3 （ラグナ湖水位約 0.2m 上昇）であり、その際のピーク流量は $2,400\text{m}^3/\text{s}$ （計画流量）である。

- パラニャーケ放水路は、水 A)、B)、C)を一体的に排水することで、マンガハン放水路からの流入水による水位上昇を解消し、更にラグナ湖流域からの洪水流入によるラグナ湖沿岸地域の浸水被害を低減する。

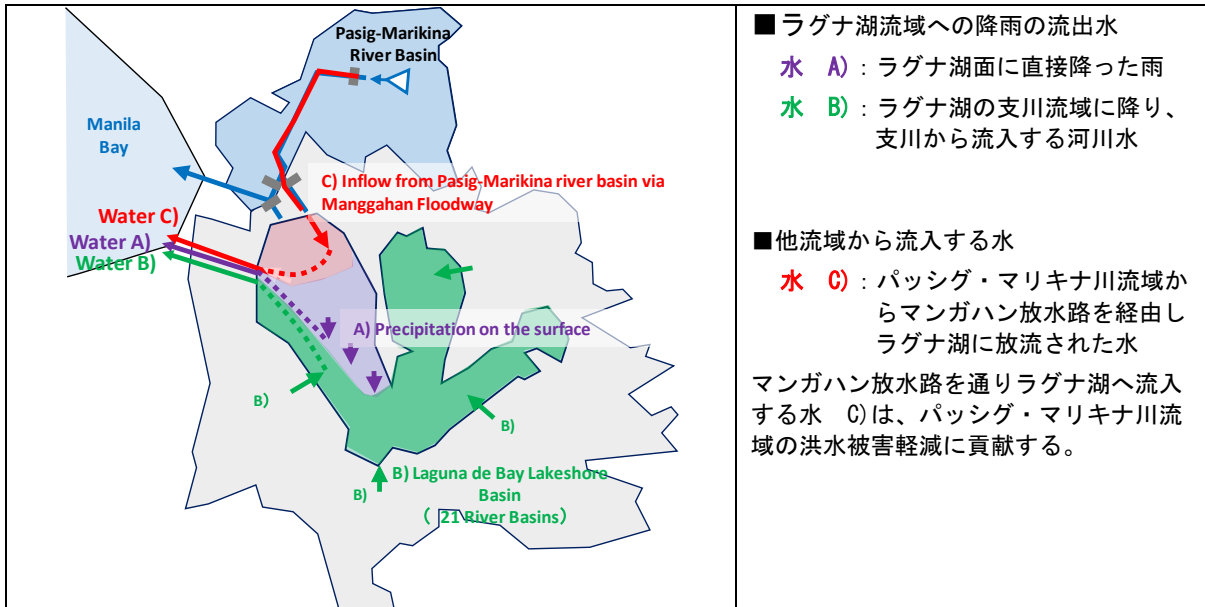


図 3.5.1 パラニャーケ放水路から放流される3種類の水

- 100年確率洪水時におけるラグナ湖水位状況（表 3.5.1）より、マンガハン放水路及びパラニャーケ放水路が無い場合（1986年以前の状況）、ラグナ湖水位は 14.3m である。
- マングハン放水路有りの場合（現状）の 100年確率のラグナ湖水位は 14.5m となり、マンガハン放水路を通りパッシング・マリキナ川流域の洪水流がラグナ湖へ流入することにより 20cm 水位が上昇する。
- パラニャーケ放水路が整備されると、100年確率のラグナ湖水位は 14.5m から 13.8m まで低減し、マンガハン放水路からの流入による水位上昇を解消し、更にラグナ湖沿岸からの洪水流入による浸水被害を軽減している。

表 3.5.1 100年確率降雨におけるラグナ湖水位状況

Case	Paranaque Spillway	Manggahan Floodway	100-yr flood WL(m)
Initial			14.3
Current		✓	14.5 ↓ 50cm 減 ↓ 70cm 減
With project	✓	✓	13.8

【計算条件】

気候変動を考慮（気候変動の詳細検討については 4.3 参照）し、パラニャーケ放水路のトンネル内径は D=13m とした。