

フィリピン国
公共事業道路省

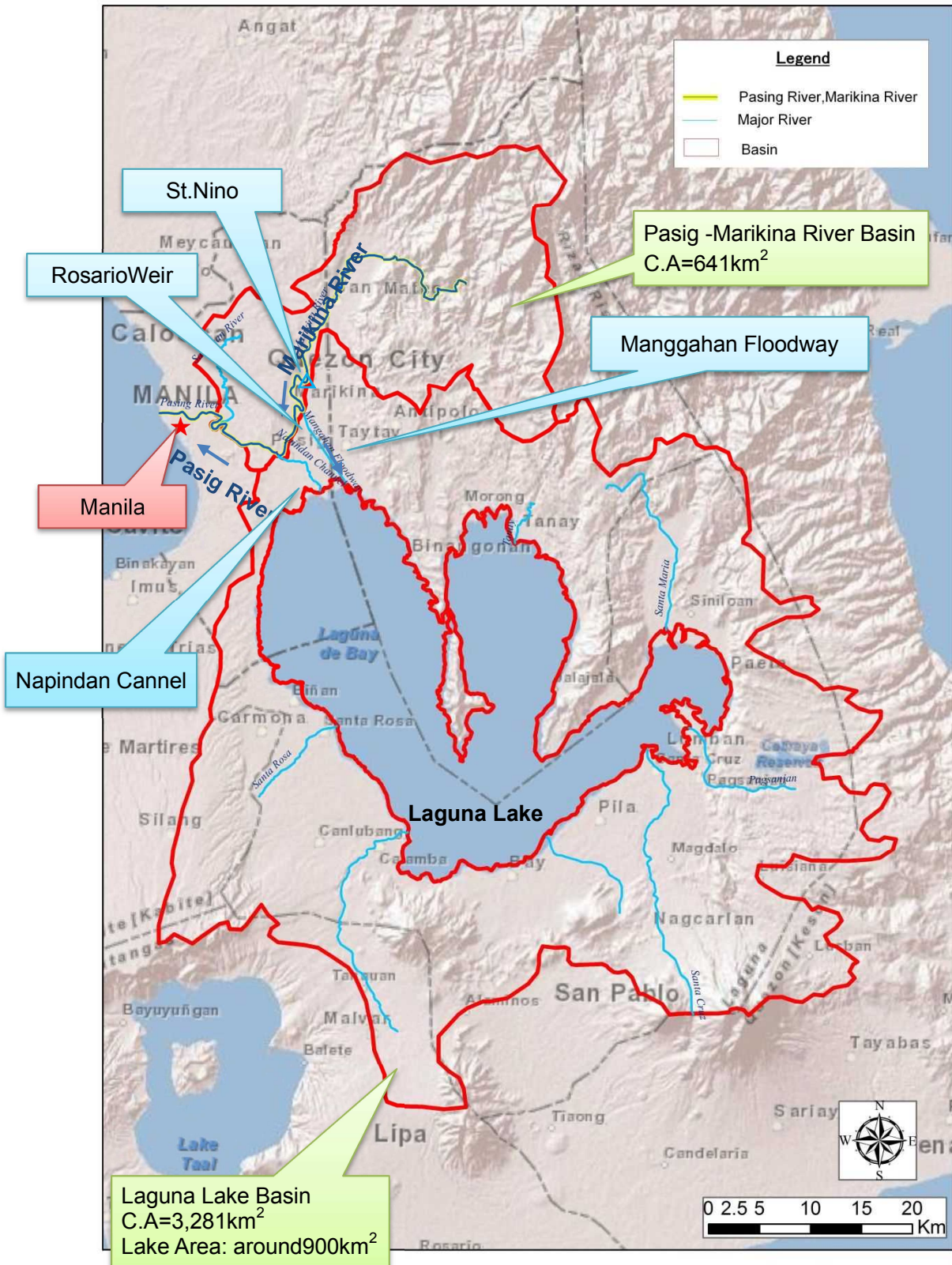
フィリピン国
マニラ首都圏治水計画情報収集・確認調査
ファイナル・レポート

平成 26 年 5 月
(2014 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

八千代エンジニアリング株式会社

環境
JR
14-118



調査対象流域図

写真集



マンガハン放水路と密集市街地（2009年撮影）¹



2009



1988

マンガハン放水路出口周辺の状況¹



2009年洪水時状況²



ロザリオ堰³

¹ パッシング・マリキナ川河川改修事業（Ⅲ）準備調査（JICA）

² 2009年台風オンドイによるマニラ水害

³ メトロマニラ洪水制御及び警報システム改善計画の事後評価書

調査結果概要

1. はじめに

(1) 調査の背景

フィリピン(以下「フィ」国)のマニラ首都圏は1千万人以上が居住する「フィ」国の政治、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」国政府は排水や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年以上に亘り取り組んできているが、いまだ計画の実施途中段階にあり、マニラ首都圏は十分な洪水対応能力を備えていない。更に、近年は気候変動の影響により台風等による洪水リスクは増大しているといわれており、マニラ首都圏の中心部を貫流するパッシング-マリキナ川の洪水対策は、従前にも増して「フィ」国政府の重要かつ喫緊の課題となっている。

これに対し貴機構は、1988年から1990年にかけてマニラ首都圏を対象に「マニラ洪水対策計画調査」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」のフェーズビリティ調査(以下、「F/S」)を実施した。その後、旧国際協力銀行(旧JBIC)の案件形成促進調査(SAPROF:1998年実施)を経て、4フェーズに分けて本事業は実施中である。

また、世界銀行は、2009年のオンドイ台風によるマニラ首都圏の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“Master Plan for Flood Management in Metro Manila and Surrounding Areas”(2012年)を実施した。同調査では、洪水対策事業のロングリスト等の結果が示されているものの、気候変動の影響の反映、オンドイ台風とは異なる成因の降雨パターンに対する検討、計画高水流量配分、パッシング川の現況河川整備水準を踏まえた現実的な対策等、詳細な技術的検討が必要な内容となっている。

本調査は、既往の調査結果(特に世界銀行調査¹)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ものである。

(2) 調査の目的

本調査は、気候変動影響を踏まえた適切なデータセットに基づき再構築された洪水解析モデルを用い、世界銀行調査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を目的とする。主な調査項目は、1)既存調査の確認及び結果の活用、2)洪水解析モデルの構築、3)計画高水流量の検討、4)パッシング-マリキナ川流域洪水時におけるラグナ湖の水位変動の検討、5)気候変動影響の検討の5項目である。

フィリピン側実施機関は公共事業道路省(DPWH)であり、調査対象地域はパッシング-マリキナ川流域及びラグナ湖流域である。

2. 洪水解析モデルの構築

(1) 洪水解析モデルの構築

洪水流出モデル(WEB-DHMモデル)と、河道水理モデル(一次元不定流モデル)及び氾濫モデル(平面二次元不定流モデル)を統合した洪水解析モデルの構築を行った。

洪水流出モデルには、流域の空間分布情報をモデルに反映させ、流域の地形、雨水流の力学的挙動、土壌特性の空間分布、降雨の空間分布等を反映できるモデルである、「水エネルギー収支分布型水循環モデル(WEB-DHM)」を用いた。

氾濫解析モデルには、土地利用や家屋の密集度を考慮した流下抵抗、盛土構造物や微細地形による影響、ポンプによる排水を反映可能であり、内水氾濫と外水氾濫の複合型氾濫現象を再現できる平面二次元不定流モデルを用いた。地形情報は、高精度且つ最新データであるLiDARデータ(2010年12月から2011年1月計測)を使用した。

¹ Master Plan for Flood Management in Metro Manila and Surrounding Areas (WB 2012年)

(2) 既往洪水の再現計算

構築した洪水解析モデルを用い、実績降雨データを入力データとして河川流量・水位、氾濫エリアのシミュレーションを行い、実績値との比較により洪水解析モデルの妥当性の確認を行った。

H-Q 式の検証

既往調査（協力準備調査、世銀調査）において作成された H-Q 式は、流量観測結果が存在する水位帯での再現性が高いが、高水位帯での再現性が低いことが確認された。このため、本調査では、高水位帯における H-Q 式を 1958 年から 1987 年までの流量観測結果と 1994 年から 2012 年までの不等流計算の推定流量から算定し、再現性が高いことを確認した。本調査の H-Q 式による 2009 年の最高水位は約 3500m³/s と推定された。

台風オンドイにおける Sto. Nino 観測所ピーク水位について

台風オンドイにおける Sto. Nino 観測所水位は、9 月 26 日 18 時に 22.16m を記録した後、欠測となっておりピークが不明確である。本調査で、既往の主要洪水における観測水位から台風オンドイにおける Sto. Nino 観測所ピーク発生時間を推定した結果、台風オンドイにおける Sto. Nino 観測所のピーク水位生起時間は 17 時前後と想定され、9 月 26 日 18 時の観測水位 22.16m と同等であると考えられる。

検討対象洪水

再現計算の対象洪水は、1994 年以降で時間雨量および時間水位記録の得られた洪水で、Sto. Nino 地点のピーク水位が大きくかつ流域平均日雨量の大きい、2009 年の台風オンドイ、2004 年 11 月洪水および 2012 年 8 月洪水の 3 洪水とした。

再現計算

モデルの同定は、流出モデル (WEB-DHM モデル) で算定される流量（氾濫は未考慮）を氾濫モデルの境界条件として与え、氾濫モデルにより求められる河道水位・流量および氾濫エリアを実績との比較により実施した。定数の同定に用いた洪水は 2009 年 (オンドイ) であるが、ピークの比較的小さい洪水 (2004 年洪水)、ピークが複数回発生する洪水 (2012 年洪水) においても、同定された定数において精度良く再現された。

3. 計画高水流量の検討

(1) 前提条件の整理

既存施設

マンガハン放水路はパッシング-マリキナ川の 1/100 年確率洪水からマニラ首都圏の中心部を守るために 1988 年に完成した。現在、マンガハン放水路は高水敷上の不法住居や土砂堆積が河積阻害となり、本来の能力（設計流量 2,400 m³/s）は失われている。

現況河道の流下能力

パッシング-マリキナ川の現況流下能力の平均値は PMRCIP の計画流量に対して、パッシング川では約 50%、マリキナ川下流では約 80%、マリキナ川上流、マリキナ川上流上流では約 20% 程度であり、パッシング川、マリキナ川上流、マリキナ川上流上流において整備率が低い状況にある。

マニラ洪水対策計画調査 (JICA1990) における提案事業諸元

1990 年に JICA の洪水対策調査において 1/100 年確率洪水対応の治水安全度を目標とした、マスタープランが立案され、マリキナダム、MCGS、パッシング-マリキナ川の河川改修が提案されている。計画高水流量は、マリキナダムにより Sto. Nino 地点を 2,900m³/s とし、Rosario 地点 2,900 m³/s を MCGS によりマンガハン放水路へ 2,400m³/s 分派し、マリキナ川下流部では 500 m³/s、パッシング川上流部で 500 m³/s、パッシング川下流部で 1,150m³/s となっている。

パッシング-マリキナ川河川改修事業 (PMRCIP, Phase III)

パッシング川およびマリキナ川の緊急洪水対策として、30 年確率規模洪水を対象に河道の流下能力を増すための河川改修事業である。フェーズ III 事業は、マリキナ川下流およびパッシング川のうち

フェーズⅡでカバーされない区間を対象としている。計画流量は、MCGS の建設は当フェーズⅢ事業には含まないが将来は建設するという条件のもとに、Sto. Nino 地点で 2,900m³/s で、Rosario 地点で MCGS によりマンガハン放水路へ 2,400m³/s 分派し、マリキナ川下流へ 500 m³/s とし、マリキナ川下流部では 550 m³/s、パッシング川上流部で 600 m³/s、パッシング川下流部で 1,200m³/s とされている。

世界銀行調査における提案事業諸元

世界銀行調査における提案事業（以下、「世銀推奨案」）は、2035 年を目標に計画規模を 1/100 年確率とし、マリキナ川上流（マンガハン放水路～ワワダム間）の河川改修、マリキナ大ダム、パッシング川およびマリキナ川下流の再改修、サンファン川およびナピンダン水路の改修からなる。世銀推奨案では、MCGS なしの現況の治水システムを活用した洪水対策案が選択されている。計画高水流量は、マリキナ大ダムにより Sto. Nino 地点で 2,900m³/s とし、その後 Rosario 地点 3,000 m³/s をマンガハン放水路へ 2,000m³/s 分派し、マリキナ下流へ 1,000 m³/s とし、さらに NHCS 地点 1,200 m³/s をナピンダン水路へ 600 m³/s 分派し、パッシング川上流部で 850 m³/s、パッシング川下流部で 1,800m³/s となっている。

(2) 降雨解析結果の確認

「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)」(以降、基礎情報収集調査)で検討された 30 年確率、100 年確率等の計画降雨群に係る計算条件、結果等の整理を行った。基礎情報収集調査では、計画基準点を Sto. Nino 地点とし、計画降雨継続時間については継続時間内雨量(1 日又は 2 日)と Sto. Nino 地点のピーク水位の相関から、相関の良い 1 日雨量を採用している。また、降雨波形については中央集中型に加え既往の実績降雨波形(7 波形)を計画降雨波形群として設定している。本調査ではこの結果を用いるものとした。

(3) 基本高水の設定

計画降雨波形群をインプットとして、洪水解析モデルを用いて基本高水の設定を行った結果、基準点 Sto. Nino 地点のピーク流量が最大となる波形は、氾濫を見込まない場合(4,980m³/s)及び自然遊水効果を見込んだ場合(3,575m³/s)ともに、2009/9/26 型(オンドイ)であり、基本高水流量は 2009/9/26 型(オンドイ)の波形を用いて決定した。なお、2009 年オンドイ波形では、1 日雨量が 1/110 年確率となるが、目標計画規模である 1/100 年確率降雨と同等であることから、引き縮めは行わず実績波形を用いている。

検討におけるラグナ湖水位は、Sto. Nino 観測所水位(マリキナ川)と Angono 観測所水位(ラグナ湖)のピークが同時生起する可能性があることから、現在の河道システムとなった 1989 年以降(1988 年マンガハン放水路完成)の最大水位 13.90m とした。

また、台風オンドイによるラグナ湖の湖面上昇量のうち、マンガハン放水路及びナピンダン放水路からの流入による水位上昇量は 0.18m であり、ラグナ湖の湖面上昇量 1.07m の 17%にあたる。

(4) 計画高水流量の設定

NHCS 開閉の是非

洪水時におけるラグナ湖からパッシング川への流入を遮断し、パッシング-マリキナ川下流への被災ポテンシャルの増加を回避できることから、洪水時において NHCS は全閉とする。

NHCS を全閉とすることによって、ラグナ湖の水位がパッシング川より高いときにパッシング川への流入を遮断することができ計画上の確実性が担保される。一方、計画において NHCS を全開とし自然分派を見込んだ場合、分派の不確実性(ラグナ湖の水位が高い場合にはパッシング川からラグナ湖へ逆流は期待できない)、超過洪水時におけるパッシング川への被災ポテンシャルの増加、マリキナ川下流の水位上昇に伴う PMRCIP 事業の手戻り(堤防嵩上げ・橋梁嵩上げ)、既改修済みナピンダン水路の嵩上げとそれに伴う用地買収が必要となる、など社会的影響は多大となる。

MCGS の必要性

ロザリオ堰上流の洪水を確実に最大限にラグナ湖へ分派させるには MCGS が必要となる。また、超過洪水時には MCGS にて流量コントロールすることで、マンガハン放水路への分流量を増やし、マニラ首都圏の中心市街地の被災ポテンシャルを低減することが可能となる。一方、MCGS が無い

場合は、ロザリオ堰下流のマリキナ川下流の高水位の上昇を招き、下流に位置するマニラ首都圏の中心市街地の被災ポテンシャルが増加することになる。また、パッシング-マリキナ川において再改修が必要となる。

30年確率規模への対応

1/30年確率洪水の自然遊水効果を見込んだ場合の Sto. Nino 地点流量は 3,100m³/s である。なお、PMRCIP の計画高水流量は Sto. Nino 地点 2,900m³/s であり、台風オンドイを含む 2012 年までのデータで解析した結果、約 1/20 年確率（2013 年時点評価）となる。

1/30年確率洪水の治水代替案は Sto. Nino 地点の計画流量 2,900m³/s と 3,100m³/s に対して、それぞれ、2,900m³/s 時は「0 案：Phase IV」と「B 案：Phase IV+遊水地」の 2 案を、3,100m³/s 時は「A 案：Phase IV+マンガハン放水路強化」の 1 案を提案した。

100年確率規模への対応

1/100年確率洪水の治水代替案は、1/30年確率洪水からの段階的な整備シナリオを踏まえて、「ダム」あるいは「ダム+遊水地」により対応する 10 案（2,900m³/s：0 案から 2 案および B 案から 4 案、3,100m³/s：A 案から 4 案）を提案した。PMRCIP の Phase IV 終了後に「ダム」あるいは「ダム+遊水地」を整備することによって既往改修区間への再投資を行うことなく 1/100 年確率洪水までの対応が可能となる。

「ダム」案は、上流の地盤条件が良いという条件が必要であるが、遊水地が不要となり、遊水地廃止後の土地を高度利用（都市開発）することが可能である。また、遊水地機能を拡大し、ダム建設後に遊水地を縮小あるいは廃止するというオプションもある。

「ダム+遊水地」案は、段階的に整備を行い、1/30年確率洪水対応→1/30+ α 年確率洪水対応→1/100年確率洪水対応と段階的に治水安全度を上げていくこと可能である。

世銀推奨案との違い

本調査における 1/100 年確率洪水の治水代替案と世銀推奨案について比較した。世銀推奨案は、MCGS によらず現在の治水システムを活用した案であり、段階的に流域の治水安全度の向上が図れないこと、不確実な NHCS の自然分派を計画に見込んでいないこと、パッシング川の浚渫が大規模となり維持管理費が多額となること、マリキナ川下流においては堤防嵩上げ・既設橋梁の架け替えなどによる PMRCIP 事業の手戻りが発生すること、などの違いがある。

洪水対策の妥当性の検討

1/30年確率洪水の治水代替案 3 ケース、1/100年確率洪水の治水代替案 10 ケースを対象として費用・便益を用いて経済評価を実施した結果、全ケースにおいて費用対効果は高く、洪水対策の妥当性が確認された。

- 内部収益率 (EIRR) は、ばらつきはあるものの全ケースで 15% を上回っている。
- 純現在価値 (NPV) は、全ケースで便益が費用を大きく上回る。
- 費用便益比 (B/C) は、ばらつきはあるものの全ケースで 1 を超える。

4. パッシング-マリキナ川流域洪水時のラグナ湖の水位変動検討

(1) ラグナ湖の水位変動状況の把握

月別変動特性として、1994 年から 2012 年までのラグナ湖北東に位置するアンゴノ観測所の月平均水位の経年変化をまとめた。ラグナ湖の水位は乾期の終わりの 4~5 月に最低となり、雨期の後半の 9~翌年 1 月にかけて最高となる。湖の平均的な最低水位は EL 10.8m、平均的な最高水位は EL 12.4m である。平均的な最低水位は、ほぼマニラ湾の平均海水面 (MSL) と同じレベルであり、湖が最低水位となる時期には、潮位が高くなるとパッシング川を通じて塩水遡上が発生する。

洪水時水位変動特性として、2004 年 8 月の熱帯低気圧 Wennie と 12 月の台風 Yoyong の 2 洪水の洪水時水位変動特性をとりまとめた。洪水時水位上昇応答は、ロザリオ堰ではラグナ湖よりも敏感で、常にラグナ湖よりも高い水位となり、洪水時にはラグナ湖への自然流入が期待できる。一方、ナピンダン堰では、標高の関係から潮位の影響も大きく受けるため、ロザリオ堰ほど明確な

水頭差は見られず、洪水時にラグナ湖への確実な自然流入は難しいと判断される。

(2) 水位変動解析

解析モデルの構築

ラグナ湖のアンゴノ水位をベースとして、ラグナ湖へ流入する支川流入量、ロザリオ堰からの河川流入量、ナピンダン堰からの河川流入・流出量、さらに湖面からの蒸発量を考慮した、一次元モデル（長時間）を構築し、2004年、2009年について良好な再現計算結果が得られた。

ラグナ湖への逆流（ナピンダン水路）を洪水対策計画に含めることの妥当性

2004年の観測データ、および2004年、2009年のラグナ湖水位解析結果から、洪水時ではロザリオ堰水位はラグナ湖より高くなる。一方、ナピンダン堰では、ロザリオ堰と比べて水位はラグナ湖より低い傾向が顕著で、洪水時にラグナ湖水位より高くなることはあるものの、潮位との関係から洪水調節の不確実性が高く、洪水対策としての位置づけは難しいと考えられる。

洪水時のマンガハン放水路からの流入量が水位変動に与える影響

シミュレーション結果から、台風オンドイ時（洪水主要期間9/25-9/26）のラグナ湖水位上昇をもたらした洪水ボリュームのうち約82%がラグナ湖に直接流入したもので、残り約10%がマンガハン放水路と約8%がナピンダン水路からの流入したものであり、ラグナ湖水位上昇に与える影響は小さいと考えられる。

気候変動がラグナ湖水位に与える影響

ラグナ湖水位解析モデルにより、2040年時点における気候変動を考慮したラグナ湖水位を推定した結果、2004年の推定最高水位11.82mが11.93m(+0.11m)、2009年のオンドイ時の推定最高水位13.96mが14.25m(+0.29m)となった。

(3) 洪水対策の妥当性の検討

ラグナ湖への逆流（ナピンダン水路）を洪水対策計画に含めること

ナピンダン堰では、洪水時にパッシング-マリキナ川水位がラグナ湖水位高くなることはあるものの、潮位との関係から洪水調節の不確実性が高く、洪水対策としての位置づけは難しい。このため、ラグナ湖への逆流を洪水対策として見込まない。

ラグナ湖水位上昇の要因

ラグナ湖の水位上昇は、洪水ボリュームのうちラグナ湖への直接流入（パッシング-マリキナ川を除くラグナ湖への流入河川と湖面への降雨（蒸発散考慮））が約80%程度占めており、パッシング-マリキナ川からの流入がラグナ湖水位上昇へ与える影響は小さい。

5. 気候変動影響の検討

(1) 治水安全度の変化の度合い

2040年時点における気候変動の影響（降水量増分：約10%、ラグナ湖面水位上昇量：最大約29cm、海面上昇量：約22cm）により、Sto. Nino地点のピーク流量は、1/30年確率洪水で約8%(+240m³/s)、1/100年確率洪水では約2%(+80m³/s)増加する。治水安全度については、1/30年確率洪水対応が1/20年確率洪水対応程度に、1/100年確率洪水対応が1/60年確率洪水対応程度に低下する。

(2) 氾濫状況の変化（フェーズIV終了後状況）

気候変動の影響により、河道内流量が増加し氾濫流が拡散するため、浸水面積は、1/30年確率洪水で約1.45倍に、1/100年確率洪水で約1.19倍に増加する。平均浸水深は、1/30年確率洪水で約51cm、1/100年確率洪水で約8cm低下する。

(3) 気候変動の適応策

構造物対策は、1/100年確率洪水の治水代替案の洪水処理システムの特徴を踏まえてMCGSの上流・下流に分けて整理した。

- MCGS 上流については、Sto.Nino 上流の洪水調節施設（遊水池容量を増加、ダムの洪水調節機能の改良、新規ダムの建設）により対応する案とマンガハン放水路への分派量を増やして対応する案（マンガハン放水路の河道拡幅、ラグナ湖水位低下目的の新規放水路建設）が想定される。
- MCGS 下流については、主にサンファン川からの流入低減対策となる。対策としては、地下放水路、地下貯留施設（地下トンネル）および流出抑制施設（防災調節池、雨貯留浸透施設、浸透施設）などが想定される。

非構造物対策は、気候変動による地域の浸水状況の変化（浸水深の増加、浸水面積の拡大）に応じて強化・拡張していくことが望ましく、洪水避難システムの整備、ハザードマップを考慮した土地利用規制、流域の保水機能の保全などが想定される。

6. 結論と勧告

本調査で実施した作業項目は、下記に大別できる。

- ① 気候変動影響を踏まえた適切なデータセットに基づく洪水解析モデルの構築
- ② 世界銀行調査で検討された構造物対策についての技術的評価
- ③ 1/30年確率洪水および1/100年確率洪水に対する治水代替案の検討と今後の治水対策の方向性の提示

(1) 結論

上記の作業項目毎の成果・結論を以下に示す。

1) 気象条件を踏まえた適切なデータセットに基づく洪水解析モデルの構築

洪水流出モデル(WEB-DHM モデル)と、河道水理モデル（一次元不定流モデル）及び氾濫モデル（平面二次元不定流モデル）を統合した洪水解析モデルの構築を行った。データセットには詳細な標高データである LiDAR データ、最新の河道測量結果、最新の植生状況、土地利用データ、時間・空間分布を反映した気象データ用い、台風オンドイを含むタイプの異なる複数の洪水に対して精度の高いモデルを構築した。また、収集した詳細な地形データを用いて作成した精度の高い Sto.Nino の H-Q 式から実績流量の推定を行った。

洪水解析モデル

洪水流出モデルは、流域の植生状況、土地利用の変化による流出形態の影響、水文・気象データの時間空間分布を反映させることが可能であり、現実的な大気-植生-土壌系の輸送モデルを有し精度の高い解析を行える、WEB-DHM モデルを採用した。

河道水理モデル及び氾濫モデルには、ラグナ湖の水位による影響、既往の整備区間と新たな対策実施区間における対策効果、遊水地又は遊水効果が適切に反映させることが可能な、一次元不定流モデルの河道モデルと平面二次元不定流モデルの氾濫モデルを採用した。

複数洪水による洪水解析モデルの検証

流域は、最下流にメトロマニラ中心部を抱えており、これまで様々な洪水を想定するなかで 1/30 年生起確率規模の洪水に対する安全性の確保が進められてきている。本調査では将来的な整備目標である 1/100 年生起確率規模に対する安全性を考慮するため、近年の最大被害をもたらした台風オンドイを含む、複数の降雨波形(短時間に高強度の降雨が発生したケース、長時間にわたり降雨が継続したケースなど)によりモデル定数の検証を行い、洪水解析モデルの精度を向上させた。

実績流量の推定

洪水解析モデルの定数を同定するにあたって実績の水位と流量が重要となるが、近年、流量観測が行われておらず、実績の流量資料が存在しない。H-Q 式は既往調査において提案されているものがあるが、実績流量データの存在しない高水位における精度が不足していた。そのため、本検討において収集した LiDAR データと河道測量データを組み合わせた河道断面データの作成及び河道諸元の再設定を行い、不等流計算により H-Q 式を作成し、精度の高い実績流量の推定を行った。

2) 世界銀行調査で検討された構造物対策についての技術的評価

1990年 JICA マスタープランに基づく PMRCIP と世界銀行調査における計画流量の比較を本文図 7.1 に示す。

PMRCIP では、MCGS での分派によりマリキナ川下流への流下量を $500\text{m}^3/\text{s}$ とし、洪水時には NHCS を閉塞してナピンダン水路との分断をはかる計画となっている。一方、世界銀行調査での提案では、MCGS を建設せず、ロザリオ堰のみの操作で分派を行う一方、NHCS を開放して洪水のナピンダン水路からラグナ湖への流入を計画に盛り込んでいる。

「マニラ首都圏及び周辺地域における水資源開発計画にかかる基礎情報収集調査」での降雨解析結果、また本調査でのラグナ湖水位変動解析の結果を踏まえ、本調査で構築した洪水解析モデルを用いて解析を行った結果、下記の結論に達した。

MCGS の分派機能の必要性

調査の結果、MCGS の機能を有する JICA マスタープランに基づいた本調査の治水対策は、信頼性、事業の継続性・実現性、段階的に治水安全度の向上などにおいて、MCGS の機能を有しない治水対策より効果的であることがわかった。MCGS の機能を有する治水対策の特徴を以下に示す。

(信頼性)

MCGS の機能を有する治水対策は、MCGS の機能により、様々な降雨パターンに対してもマンガハン放水路への分派を確実にし、ラグナ湖を洪水調節施設として最大限活用できると共に、マリキナ川下流への通過流量を制御でき、マニラ中心部である下流区間の安全性を確保可能である。また、超過洪水や気候変動に対しても MCGS の分派機能により下流区間の安全性を確保可能である。

(事業の実現性)

MCGS の機能を有する治水対策は、MCGS の機能により、現在実施中の PMRCIP (Phase II, III) の再改修や既設橋梁の架け替え、ナピンダン水路の再改修などを行わずに済み、既投資済み事業の手戻りなく、事業を進めていくことが可能であり、実現性は高い。

(段階的治水安全度の向上)

MCGS の機能を有する治水対策は、MCGS の機能により、マリキナ川下流への流量が制御されることから、MCGS の上流・下流で洪水対策を切り離して実施することが可能となる。MCGS 下流の治水安全度を 1/30 年確率洪水対応を確保しつつ、上流に向けて整備を進めていくことができる。

また、MCGS の機能を有する治水対策は、パッシング川、マリキナ川下流、マリキナ川上流、マリキナ川上流上流の各区間の整備に応じて、信頼性を確保しつつ、流域の治水安全度を下げることなく、段階的に上げていくことが可能である。

NHCS の取り扱い

ラグナ湖水位変動解析の結果、洪水時にはマンガハン放水路流入点（ロザリオ堰）の水位は常にラグナ湖水位より高くなっているのに対し、ナピンダン水路合流点（NHCS）とラグナ湖との水位には明確な関係が確認できないとの結論に達した。また、パッシング-マリキナ川からの流入がラグナ湖の水位上昇に与える影響は小さいことも確認できた。したがって、洪水時におけるラグナ湖からパッシング川への流入を遮断し、マリキナ川下流～パッシング川流域の被災ポテンシャルの増加を回避できることから、洪水時には NHCS を全閉することを提案する。

- 洪水時に NHCS を全閉することにより、ラグナ湖水位がパッシング川水位より高い場合において、ラグナ湖からパッシング川へ流入を確実に遮断することができる。
- 一方、洪水時に NHCS を全開しその自然分派を計画上見込んだ場合、ラグナ湖水位が高い場合にはパッシング川からラグナ湖へ逆流は期待できないため、計画上の不確実性が残る。また、超過洪水時においてパッシング-マリキナ川下流への被災ポテンシャルが増加する可能性があること、マリキナ川下流区間の水位上昇に伴う PMRCIP (Phase II, III) 事業の手戻り（堤防嵩上げ、橋梁架け替え）が必要となること、ナピンダン水路の再改修（堤防嵩上げ、それに伴う用地買収）が必要となること、など多くの課題が残る。

パッシング川の浚渫規模

MCGS なし・NHCS 全開案では、パッシング川の対象流量は $1,800\text{m}^3/\text{s}$ と PMRCIP の計画高水流量 $1,200\text{m}^3/\text{s}$ より約 1.5 倍大きく、浚渫高は計画河床より約 2~3m 深く浚渫規模は大規模なものとなり、河道の機能維持は難しく、莫大な維持管理費が必要となるため、実現性に乏しい。

本調査の代替案においては、パッシング川の 1/100 年確率洪水の計画流量は $1,400\text{m}^3/\text{s}$ と既往計画より $+200\text{m}^3/\text{s}$ 増となるが、計画河床（安定河床）まで浚渫すれば $1,400\text{m}^3/\text{s}$ の流下能力が確保できる。なお、本浚渫は維持管理の範囲内で済む。

3) 1/30 年確率洪水および 1/100 年確率洪水に対する治水代替案の検討と今後の治水対策の方向性

近年の洪水を踏まえた計画降雨および最新の手法による見直しにより、1/30 年確率洪水の流量は Sto.Nino で $3,100\text{m}^3/\text{s}$ と、PMRCIP の計画流量 $2,900\text{m}^3/\text{s}$ より大きくなる結果となった。これに対する代替案として、現行の PMRCIP 計画案（O 案）と共に、フェーズ IV 区間とマンガハン放水路の機能強化を加えた案（A 案）、Sto.Nino より上流での遊水地の機能を強化する案（B 案）の提案を行った。また、1/100 年確率洪水の治水代替案は、1/30 年確率洪水からの段階的な整備シナリオを踏まえて、「ダム」あるいは「ダム+遊水地」により対応する 10 案（ $2,900\text{m}^3/\text{s}$: O 案から 2 案および B 案から 4 案、 $3,100\text{m}^3/\text{s}$: A 案から 4 案）を提案した。（本文図 7.2 参照）これら提案した代替案について経済評価を行った結果、全ての代替案で経済的に妥当であることが確認された。また、将来の気候変動に対しても様々なオプションにより対応が可能である。

(2) 勧告

今後必要となる調査

本調査は、既往調査の結果をもとに検討を行っており、実施にあたってはさらに調査、解析を行い、それに基づき計画・設計を行う必要がある。

- ダム適地・規模の検討
- 遊水地規模・容量、自然遊水地の範囲の検討
- PhaseIV 区間の計画高水流量及び HWL
- マンガハン放水路の浚渫・河道掘削範囲

マンガハン放水路の機能維持および強化

現在のマンガハン放水路は、不法占拠の堤外家屋、土砂堆積により設計流量 $2,400\text{m}^3/\text{s}$ を確保できていない状況にある。MCGS の機能により、マンガハン放水路への所定の分派量を確実に分派するためには、マンガハン放水路の機能回復が前提条件となる。このため、堤外家屋の移転、堆積土砂の浚渫によりマンガハン放水路の機能を回復する必要がある。

また、Sto.Nino 地点の計画流量が $3,100\text{m}^3/\text{s}$ の場合、計画分派量を $200\text{m}^3/\text{s}$ 増加させて $2,600\text{m}^3/\text{s}$ が流下できるようマンガハン放水路の流下能力を増やす必要がある。さらに、超過洪水あるいは気候変動に対応するためにもマンガハン放水路の機能を強化しておくことが重要となる。マンガハン放水路のラグナ湖から約 5 km の区間は土堤構造であり河道内掘削により容易にその機能を強化することが可能である。

遊水地調査の必要性、自然遊水地機能の確保

1/100 年確率洪水の治水代替案は「ダム」のみの案と「ダム+遊水地」案とに分かれるが、「ダム」のみの案が採用されたとしても、ダムが完成するまでには時間を要することから、現在のマリキナ川上流上流区間で有している自然遊水機能を確保しておくことが得策である。この機能を担保するためには、自然遊水機能を有する土地を確定し、自然遊水地地区として指定する必要がある。

目次

調査対象流域図

写真

目次

図リスト

表リスト

略語・単位・出典一覧

第 1 章	はじめに.....	1-1
1.1	調査の背景と目的.....	1-1
1.1.1	背景.....	1-1
1.1.2	目的.....	1-1
1.2	調査の基本的枠組み.....	1-1
1.2.1	調査対象地域.....	1-1
1.2.2	目標・成果・活動の整理.....	1-2
1.2.3	フィリピン側実施機関.....	1-2
1.3	調査の実施工程.....	1-3
第 2 章	流域の概要.....	2-1
2.1	流域の概要.....	2-1
2.1.1	地形・地質.....	2-1
2.1.2	気象・水文.....	2-1
2.1.3	土地利用状況.....	2-2
2.1.4	社会経済状況.....	2-3
2.2	河川の概要.....	2-6
2.3	主要洪水および洪水被害.....	2-7
第 3 章	洪水解析モデルの構築.....	3-1
3.1	洪水解析モデルの構築.....	3-1
3.1.1	洪水流出モデル (WEB-DHM).....	3-1
3.1.2	氾濫解析モデル.....	3-3
3.2	既往洪水の再現計算.....	3-13
3.2.1	H-Q 式の検証.....	3-13
3.2.2	台風オンドイにおける Sto. Nino 観測所ピーク水位について.....	3-17
3.2.3	検討対象洪水.....	3-20
第 4 章	計画高水流量の検討.....	4-1
4.1	前提条件の整理.....	4-1
4.1.1	既存施設.....	4-1
4.1.2	現況河道の流下能力.....	4-2
4.1.3	マニラ洪水対策計画調査における提案事業諸元.....	4-7
4.1.4	パッシング・マリキナ川河川改修事業(Ⅲ).....	4-8
4.1.5	世界銀行調査における提案事業諸元.....	4-10
4.1.6	協力準備調査と世銀調査との検討内容.....	4-14
4.2	降雨解析結果の確認.....	4-16
4.2.1	降雨解析結果.....	4-16
4.2.2	計画降雨継続時間.....	4-20
4.2.3	流域平均雨量の算定.....	4-20
4.2.4	流域平均確率雨量の算定.....	4-20
4.3	基本高水の設定.....	4-21
4.3.1	ラグナ湖水位設定.....	4-21

4.3.2	基本高水流量.....	4-23
4.4	計画高水流量の設定.....	4-30
4.4.1	パッシング・マリキナ川河川改修事業（PMRCIP）における前提条件の整理.....	4-30
4.4.2	1/30における代替案の検討.....	4-36
4.4.3	1/100における洪水防御施設の検討.....	4-50
4.4.4	1/100における代替案の検討.....	4-58
4.4.5	各代替案における事業費の算定.....	4-67
4.5	洪水対策の妥当性の検討.....	4-76
4.5.1	経済費用.....	4-76
4.5.2	経済便益.....	4-77
4.5.3	経済評価.....	4-83
4.6	協力準備調査・世銀調査・本調査との検討内容の比較.....	4-83
第5章	パッシング・マリキナ川流域洪水時のラグナ湖の水位変動検討.....	5-1
5.1	ラグナ湖の水位変動状況の把握.....	5-1
5.1.1	観測データの収集整理と考察.....	5-1
5.2	水位変動解析.....	5-5
5.2.1	解析モデルの構築.....	5-5
5.2.2	ラグナ湖水位解析結果.....	5-9
5.2.3	ラグナ湖への逆流（ナピンダン水路）を洪水対策計画に含めることの妥当性.....	5-11
5.2.4	洪水時のマンガハン放水路からの流入量が水位変動に与える影響.....	5-12
5.2.5	気候変動に伴う影響検討.....	5-12
5.3	洪水対策の妥当性の検討.....	5-17
5.4	気温上昇の影響に対する留意事項.....	5-17
第6章	気候変動影響の検討.....	6-1
6.1	治水安全度の変化の度合い.....	6-1
6.2	フェーズIV終了後の気候変動による氾濫状況の変化.....	6-2
6.3	気候変動の適応策.....	6-7
6.3.1	構造物対策.....	6-7
6.3.2	非構造物対策.....	6-9
第7章	結論と勧告.....	7-1
7.1	結論.....	7-1
7.1.1	気候変動を踏まえた適切なデータセットに基づく洪水解析モデルの構築.....	7-1
7.1.2	世界銀行調査で検討された構造物対策についての技術的評価.....	7-1
7.1.3	1/30年確率洪水および1/100年確率洪水に対する治水代替案の検討と今後の治水対策の方向性.....	7-3
7.2	勧告.....	7-4
7.2.1	今後必要となる調査.....	7-4
7.2.2	マンガハン放水路の機能維持および強化.....	7-4
7.2.3	遊水地調査の必要性、自然遊水地機能の確保.....	7-4
付属資料		
	付属1：図	
	付属2：表	
	付属3：テクニカルワーキンググループ説明資料（2013年9月6日）	
	付属4：大臣協議説明資料（2014年2月13日）	

図リスト

図 2.1	マニラ首都圏における平均月降水量並びに平均月最低・最高気温	2-1
図 2.2	パッシング・マリキナ川流域の土地利用状況 (2005 年)	2-2
図 2.3	マニラ首都圏空間開発フレームワーク 1996-2016	2-5
図 3.1	WEB-DHM モデル概要	3-1
図 3.2	パッシング・マリキナ川流域 WEB-DHM モデル化対象区域	3-2
図 3.3	パッシング・マリキナ川流域の WEB-DHM モデル構築のための流域分割	3-3
図 3.4	河道水理モデル・氾濫モデル概要	3-4
図 3.5	氾濫解析対象範囲	3-5
図 3.6	地形横断図(1/4)	3-6
図 3.7	地形横断図(2/4)	3-7
図 3.8	地形横断図(3/4)	3-8
図 3.9	地形横断図(4/4)	3-9
図 3.10	DEM データの図郭範囲	3-10
図 3.11	100m メッシュ平均地盤高	3-11
図 3.12	氾濫原モデル	3-12
図 3.13	マニラ洪水対策計画調査における HQ 曲線	3-14
図 3.14	世銀調査における HQ 曲線	3-14
図 3.15	Sto.Nino 観測所付近 横断図	3-15
図 3.16	台風オンドイ後の Sti.Nino 橋	3-15
図 3.17	Sti.Nino 橋上流	3-16
図 3.18	再算定した HQ 曲線	3-17
図 3.19	各観測所の観測水位(2000 年)	3-18
図 3.20	各観測所の観測水位(2004 年)	3-19
図 3.21	各観測所の観測水位(2009 年)	3-19
図 3.22	各観測所の観測水位(2011 年)	3-19
図 3.23	各観測所の観測水位(2012 年)	3-20
図 3.24	上位 5 洪水の実績ハイドロ (Sto.Ninō)	3-21
図 3.25	浸水実績 (2009 年, 台風 Ondoy)	3-22
図 3.26	2009 年洪水 実績ハイドロ及び計算ハイドロ (Sto.Nino 観測所)	3-23
図 3.27	2009 年洪水 実績ハイドロ及び計算ハイドロ (Sto.Nino 観測所)	3-24
図 3.28	2009 年洪水 氾濫シミュレーション結果 (最大浸水図)	3-25
図 3.29	2009 年洪水による再現計算: 洪水ピーク流量の推定	3-26
図 3.30	2004 年洪水 実績ハイドロ及び計算ハイドロ (Sto.Nino 観測所)	3-26
図 3.31	2004 年洪水 実績ハイドロ及び計算ハイドロ (Sto.Nino 観測所)	3-27
図 3.32	2004 年洪水 氾濫シミュレーション結果	3-28
図 3.33	2012 年洪水 実績ハイドロ及び計算ハイドロ (Sto.Nino 観測所)	3-29
図 3.34	2012 年洪水 実績ハイドロ及び計算ハイドロ (Sto.Nino 観測所)	3-29
図 3.35	2012 年洪水 氾濫シミュレーション結果	3-30
図 3.36	氾濫シミュレーション結果	3-31
図 4.1	ロザリオ堰の諸元	4-1
図 4.2	ロザリオ堰の操作ルール	4-2
図 4.3	現況流下能力図 (Pasig River・Marikina River)	4-3
図 4.4	現況流下能力図 (Pasig River)	4-4
図 4.5	現況流下能力図 (Lower Marikina, Upper Marikina)	4-5
図 4.6	現況流下能力図 (Upper Upper Marikina)	4-6
図 4.7	洪水対策調査における計画高水流量(1/100)	4-7
図 4.8	計画配分流量(協力準備調査)	4-8
図 4.9	世銀調査における洪水対策計画概要図	4-11
図 4.10	計画高水流量 1/100 年(世銀調査)	4-12
図 4.11	100 年確率洪水に対する代替案(世銀調査)	4-13
図 4.12	計画降雨波形群 (1/100) (1/2)	4-18

図 4.13	計画降雨波形群 (1/100) (2/2)	4-19
図 4.14	雨量・水位相関図(左:1日雨量、右:2日雨量)	4-20
図 4.15	ラグナ湖 H-V	4-23
図 4.16	台風オンDOIにおける水位上昇要因比率	4-23
図 4.17	基本高水流量配分図(氾濫:無し)	4-24
図 4.18	基本高水流量配分図(氾濫:有り)	4-25
図 4.19	2009/9/26 型 ハイエット・ハイドログラフ	4-26
図 4.20	1998/10/22 型 ハイエット・ハイドログラフ	4-26
図 4.21	2004/11/29 型 ハイエット・ハイドログラフ	4-27
図 4.22	2003/5/27 型 ハイエット・ハイドログラフ	4-27
図 4.23	2000/7/7 型 ハイエット・ハイドログラフ	4-28
図 4.24	2011/6/24 型 ハイエット・ハイドログラフ	4-28
図 4.25	2000/11/2 型 ハイエット・ハイドログラフ	4-29
図 4.26	中央集中型 ハイエット・ハイドログラフ	4-29
図 4.27	パッシング・マリキナ川河川改修事業 (PMRCIP) における 1/30 計画高水流量	4-30
図 4.28	MCGS 有・無による河道流量配分図 (1/20 (上流部氾濫考慮))	4-33
図 4.29	MCGS 有・無による河道水位縦断図	4-34
図 4.30	シルクロベルデ開発計画 (CV) と現地状況	4-35
図 4.31	シルクロベルデ開発計画 (CV) による影響	4-35
図 4.32	1/30 の流量配分 (上流部の遊水機能有り、MCGS 有り)	4-36
図 4.33	フェーズIV (堤防嵩上げ)+マンガハン放水路能力強化案概要図 (30-year)	4-37
図 4.34	フェーズIV (現在のコンポーネント)+遊水地機能拡大案概要図 (30-year)	4-38
図 4.35	Sto. Nino 地点ハイドログラフ (30-year)	4-39
図 4.36	自然遊水地の位置図 (1/30 洪水時浸水範囲)	4-40
図 4.37	1/30 の代替案の流量配分	4-41
図 4.38	Alternative-a における水位縦断図	4-43
図 4.39	Alternative-b における水位縦断図	4-44
図 4.40	マンガハン放水路の現在の状況	4-45
図 4.41	マンガハン放水路の水位縦断図 (現況、浚渫後河道(既往計画断面): $Q=2,400\text{m}^3/\text{s}$)	4-45
図 4.42	マンガハン放水路の浚渫後河道断面	4-46
図 4.43	マンガハン放水路の水位縦断図 (浚渫後河道(既往計画断面): $Q=2,400\text{m}^3/\text{s}$)	4-46
図 4.44	マンガハン放水路の河道拡幅断面	4-47
図 4.45	マンガハン放水路の水位縦断図 (浚渫後河道 $Q=2,400\text{m}^3/\text{s}$ 、河道拡幅河道: $Q=2,600\text{m}^3/\text{s}$)	4-47
図 4.46	1/30 の流量配分 (左:2002D/D、右:本調査)	4-48
図 4.47	1/30 における合流点におけるハイドログラフ	4-48
図 4.48	パッシング・ローアマリキナにおける水位縦断図 ($Q=1,300\text{m}^3/\text{s}$)	4-49
図 4.49	Sto. Nino 上流で想定される洪水防御施設 (1/100)	4-50
図 4.50	H-V 曲線	4-51
図 4.51	ダム地点ハイドログラフ	4-52
図 4.52	Montalban 地点ハイドログラフ	4-52
図 4.53	Sto. Nino 地点ハイドログラフ	4-52
図 4.54	Sto. Nino 地点ハイドログラフ (100-year)	4-53
図 4.55	遊水地候補地点	4-54
図 4.56	Sto. Nino 地点ハイドログラフ (Case1~Case2)	4-55
図 4.57	1/100 における流量配分図と合流点のハイドログラフ	4-56
図 4.58	パッシング・ローアマリキナにおける水位縦断図 ($Q=1,400\text{m}^3/\text{s}$)	4-57
図 4.59	遊水地の整備イメージ	4-59
図 4.60	パッシング・マリキナ川 段階的整備シナリオ	4-60
図 4.61	各代替案における整備手順イメージ図 (A-1~A-3)	4-61
図 4.62	各代替案における整備手順イメージ図 (0-1~2、B-1~B-3)	4-62
図 4.63(1)	確率別浸水図 (1/2、1/5)	4-81

図 4.63(2) 確率別浸水図 (1/10、1/20)	4-81
図 4.63(3) 確率別浸水図 (1/30、1/50)	4-82
図 4.63(4) 確率別浸水図 (1/100)	4-82
図 5.1 雨量観測所位置図.....	5-2
図 5.2 水位観測所位置図.....	5-3
図 5.3 ラグナ湖の月平均水位.....	5-3
図 5.4 ロザリオ堰とラグナ湖の時刻水位差 (2004)	5-4
図 5.5 ナピンダン堰とラグナ湖の時刻水位比較 (2004)	5-4
図 5.6 ロザリオ堰とラグナ湖の日平均水位比較 (2004)	5-5
図 5.7 ナピンダン堰とラグナ湖の日平均水位比較 (2004)	5-5
図 5.8 ラグナ湖水位変動解析モデル概念図.....	5-6
図 5.9 ラグナ湖 H-V 曲線.....	5-7
図 5.10 採用断面特性.....	5-7
図 5.11(1) ラグナ湖水位解析結果(2004年)	5-9
図 5.11(2) ラグナ湖水位解析結果(2009年)	5-10
図 5.12 台風オンドイ (T2009-16) フィリピン近傍でのベストトラック	5-10
図 5.13 台風ペペン (T2009-17) フィリピン近傍でのベストトラック	5-11
図 5.14 台風オンドイ、台風ペペン来襲時の水位挙動.....	5-11
図 5.15 IPCC 第4次報告書における予測シナリオ	5-13
図 5.16 全球モデルによる気温上昇量とフィリピンの気温上昇量の関係	5-14
図 5.17 気温上昇量と降雨増加率の関係量の関係.....	5-15
図 5.18 マニラにおける月別気温と蒸発量の関係 (マッキング法)	5-16
図 5.19(1) ラグナ湖水位解析結果(2004年、気象条件 2040年)	5-16
図 5.19(2) ラグナ湖水位解析結果(2009年、気象条件 2040年)	5-17
図 6.1 確率規模と Sto. Nino 地点のピーク流量の関係.....	6-2
図 6.2 気候変動による浸水想定区域の変化 (フェーズIV終了後、1/30)	6-3
図 6.3 気候変動による浸水想定区域の変化 (フェーズIV終了後、1/30 気候変動後)	6-4
図 6.4 気候変動による浸水想定区域の変化 (フェーズIV終了後、1/100)	6-5
図 6.5 気候変動による浸水想定区域の変化 (フェーズIV終了後、1/100 気候変動後)	6-6
図 6.6 気候変動適応策 (構造物対策) 概要図.....	6-7
図 6.7 気候変動適応策 (非構造物対策)	6-10
図 7.1 PMRCIP と世界銀行調査における計画流量の比較	7-1
図 7.2 パッシング・マリキナ川 段階的整備シナリオと治水代替案.....	7-3

表リスト

表 2.1	関連行政区域の面積.....	2-3
表 2.2	関連行政区域の人口.....	2-3
表 2.3	フィリピンの基礎経済指標.....	2-4
表 2.4	マニラ首都圏の都市化変遷（1938年-1994年）.....	2-4
表 2.5	優先される産業クラスター（2011 - 2016）.....	2-6
表 2.6	近年の主要洪水.....	2-7
表 2.7	メトロマニラにおける洪水被害.....	2-7
表 3.1	氾濫モデルの計算条件.....	3-3
表 3.2	氾濫解析の計算条件.....	3-13
表 3.3	年最大水位及び推定流量.....	3-16
表 3.4	既往主要洪水における各観測所ピーク水位観測時間.....	3-18
表 3.5	再現計算対象洪水.....	3-20
表 4.1	現況流下能力算定条件.....	4-2
表 4.2	パッシング・マリキナ川の流下能力（堤防高評価）.....	4-2
表 4.3	計画余裕高.....	4-9
表 4.4	世銀調査における提案事業諸元.....	4-10
表 4.5	パッシング・マリキナ川の代替案（世銀調査）.....	4-12
表 4.6	洪水流出解析及び氾濫解析：協力準備調査と世銀調査との検討内容の比較.....	4-14
表 4.7	降雨解析結果.....	4-16
表 4.8	既往調査における降雨解析結果.....	4-16
表 4.9	確率降雨量の解析結果.....	4-17
表 4.10	検討対象降雨の時間分布と地域分布の設定法.....	4-17
表 4.11	実績降雨引き伸ばしによる対象雨波形群.....	4-17
表 4.12	既往調査におけるラグナ湖の設定水位.....	4-21
表 4.13	1989年以降ラグナ湖年最大水位.....	4-22
表 4.14	Sto.Nino 地点ピーク流量.....	4-24
表 4.15	NHCS 開閉によるメリット・デメリット.....	4-31
表 4.16	MCGS の有・無によるメリット・デメリット.....	4-32
表 4.17	MCGS の諸元.....	4-32
表 4.18	MCGS の有無による河道配分量.....	4-33
表 4.19	Sto.Nino 地点の確率規模別流量（m ³ /s）.....	4-35
表 4.20	Sto.Nino 地点の調節前後ピーク流量.....	4-39
表 4.21	代替案（1/30）.....	4-41
表 4.22	代替案の比較（1/30）.....	4-42
表 4.23	標高と貯水容量(出典：世銀調査).....	4-50
表 4.24	ダム案検討ケース.....	4-51
表 4.25	主要地点ピーク流量.....	4-51
表 4.26	遊水地諸元.....	4-53
表 4.27	Sto.Nino 地点の調節前後ピーク流量.....	4-53
表 4.28	ダム+遊水地案の検討ケース.....	4-55
表 4.29	Sto.Nino 地点の調節前後ピーク流量.....	4-55
表 4.30	当面の整備に向けた代替案.....	4-58
表 4.31	1/100 の代替案の比較表（Sto.Nino：3,100m ³ /s）.....	4-64
表 4.32	1/100 の代替案の比較表（Sto.Nino：2,900m ³ /s）.....	4-65
表 4.33	世銀推奨案と本調査結果との比較.....	4-66
表 4.34	事業費の算出根拠.....	4-67
表 4.35	F/S レポート PaseⅢ、PaseⅣ事業費の本調査への適用.....	4-68
表 4.36	遊水地の直接工事費・補償費.....	4-70
表 4.37	ダムの直接工事費.....	4-71
表 4.38	マニラ首都圏における CPI.....	4-71
表 4.39	各代替案の事業費(2012年価格).....	4-71

表 4.40	変換前の事業費	4-72
表 4.41	現在価値化(2012年価格)の事業費	4-73
表 4.42(1)	世銀調査の代替案-02の事業費(2011年価格)	4-74
表 4.42(2)	世銀調査の代替案-02の事業費(2012年価格)	4-74
表 4.43	本調査代替案A-2-1およびB-3と世銀調査代替案-02の事業費	4-75
表 4.44	対象ケース	4-76
表 4.45	変換係数	4-76
表 4.46	対象ケースの経済費用	4-77
表 4.47	洪水被害内訳	4-77
表 4.48	想定氾濫区域内資産	4-78
表 4.49	浸水深別被害率	4-78
表 4.50	浸水深別被害率	4-79
表 4.51	浸水深別被害率	4-79
表 4.52	浸水深別被害率	4-79
表 4.53	確率年別被害額	4-80
表 4.54	年平均被害軽減期待額(30年確率規模)	4-80
表 4.55	年平均被害軽減期待額(100年確率規模)	4-80
表 4.56	検討ケースと経済評価結果	4-83
表 4.57	協力準備調査・世銀調査・本調査との検討内容の比較	4-84
表 5.1	時間雨量・水位データ収集状況(EFCOS)	5-1
表 5.2	日雨量データ収集状況(PAGASA)	5-1
表 5.3	ラグナ湖への流入河川の諸元	5-8
表 5.4	ロス・バノスの計器蒸発量(E_0)月別平均値(mm/day)	5-9
表 5.5	使用降雨データの観測所(PAGASA)	5-9
表 5.6	世紀末における世界平均地上気温の昇温予測および海面上昇予測	5-12
表 5.7	降雨増加率	5-14
表 5.8	気温上昇1℃に対する月別蒸発量変化量(マニラ)	5-15
表 6.1	気候変動による境界条件	6-1
表 6.2	Sto. Nino 地点の確率規模別流量	6-1
表 6.3	気候変動によるインパクト	6-2
表 6.4	各代替案における気候変動への構造物対策(A-1~A3)	6-8
表 6.5	各代替案における気候変動への構造物対策(0-1~0-2、B-1~B-3)	6-8
表 6.6	気候変動影響に応じた非構造物対策	6-9

略語表

Abbreviation	English	Japanese
AOGCM	Atmosphere–Ocean General Circulation Model	全球大気海洋結合大循環モデル
AR4	Fourth Assessment Report	IPCC 第4次評価報告書
ARMM	Autonomous Region of Muslim Mindanao	ムスリム・ミンダナオ自治地域
AusAID	Australian Agency for International Development	オーストラリア国際開発庁
B/C	Benefit/Cost Ratio	費用対効果
BOD	Bureau of Design	設計局
BRS	Bureau of Research and Standards	研究規格局
CAR	Cordillera Administrative Region	コルディエラ行政地域
CPI	Consumer Price Index	消費者物価指数
CV	CIRUCULO VERDE	シルクロベルデ開発計画
D/D	Detailed Design	詳細設計
DEM	Digital Elevation Model	数値標高モデル
DFL	Design Flood Level	計画高水位
DHWL	Datum High Water Level	洪水痕跡水位
DPWH	Department of Public Works and Highways	公共事業道路省
EFCOS	Effective Flood Control and Operation System	早期避難警報システム
EIRR	Economic Internal Rate of Return	経済的内部収益率
F/S	Feasibility Study	実現可能性調査
GBHM	Geomorphology–Based Hydrological Model	分布型流出モデル
GCM	General Circulation Model	全球気候モデル
GNI	Gross National Income	国民総所得
H–Q	Water Level–Discharge	水位–流量
H–V	Water Level–Volume	貯水位–容量
HWL	High Water Level	計画高水位
IDW	Inverse Distance Weighted	逆距離荷重法
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	気候変動に関する政府間パネル
JBIC	Japan Bank for International Cooperation	国際協力銀行
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機関
L/A	Loan Agreement	借款協定
LGU	Local Government Unit	地方自治体
LiDAR	Laser Imaging Detection and Ranging	レーザー画像検出と測距
LLDA	Laguna Lake Development Authority	ラグナ湖開発庁
LWL	Low Water Level	最低水位
MCGS	Marikina Control Gate Structure	マリキナ洪水調節堰
MM	Man–month(s)	人月
MMDA	Metro Manila Development Authority	マニラ首都圏開発庁
MMHWL	Mean Monthly Highest Water Level	朔望平均満潮面
MP	Master Plan	マスタープラン
MSL	Mean Sea Level	平均海水位
MTPDP	Medium Term Philippine Development Plan	中期フィリピン開発計画
MWSS	Metropolitan Manila Waterworks and Sewerage System	マニラ首都圏上下水道公社
NAIA	Ninoy Aquino International Airport	ニノイアキノ国際空港
NAMRIA	National Mapping and Resource Information Authority	国土地理資源情報庁
NCR	National Capital Region	マニラ首都圏
NEDA	National Economic and Development Authority	国家経済開発庁
NHCS	Napindan Hydraulic Control Structure	ナピンダン流況調節施設
NPC	National Power Corporation	国家電力公社

Abbreviation	English	Japanese
NPV	Net Present Value	正味現在価値
PAGASA	Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration	フィリピン気象天文庁
PD	Presidential Decree	大統領令
PDFPFMM	Physical Development Framework Plan for Metropolitan Manila	マニラ首都圏空間開発フレームワーク
PDP	Philippine Development Plan	フィリピン開発計画
PMO-MFCP	Project Management Office – Major Flood Control Projects	プロジェクト管理事務所-洪水対策プロジェクト
PMRCIP	Pasig-Marikina River Channel Improvement Project	パッシング・マリキナ川河川改修事業
PPA	Philippine Ports Authority	フィリピン港湾公社
PRBFFWC	Pampanga River Basin Flood Forecasting and Warning Center	パンパンガ川洪水予警報センター
RDC	Regional Development Council	地方開発評議会
RIDF	Rainfall Intensity–Duration Frequency	確率降雨強度
SAPROF	Special Assistance for Project Formation	案件形成促進調査
SCS	Soil Conservation Service, United States	アメリカ合衆国国土議保全局
SiB2	Simple Biosphere Model 2	陸面過程モデル
SPM	Summary for Policymakers	政策決定者向け要約
SRES	Special Report on Emission Scenarios	IPCC 排出シナリオに関する特別報告書
SWL	Surcharge Water Level	サーチャージ水位
UPLB	University of the Philippines at Los Barios	フィリピン大学ロスバイリオス校
WB	The World Bank	世界銀行
WEB-DHM	The Water And Energybudget–Based Distributed Hydrological Model	水エネルギー収支分布型水循環モデル
WL	Water Level	水位

単位

(Length)

mm : millimeter(s)
 cm : centimeter(s)
 m : meter(s)
 km : kilometer(s)

(Area)

mm² : square millimeter(s)
 cm² : square centimeter(s)
 m² : square meter(s)
 km² : square kilometer(s)
 ha : hectare(s)

(Weight)

g, gr : gram(s)
 kg : kilogram(s)
 ton : ton(s)

(Time)

s, sec : second(s)
 min : minute(s)
 h, hr : hour(s)
 d, dy : day(s)
 y, yr : year(s)

(Volume)

cm³ : cubic centimeter(s)
m³ : cubic meter(s)
l, ltr : liter(s)
mcm : million cubic meter(s)

(Speed/Velocity)

cm/s : centimeter per second
m/s : meter per second
km/h : kilometer per hour

出典一覧

JICA 1990

マニラ洪水対策計画調査 (1990 年)

JICA 2011

パッシング・マリキナ川河川改修事業(Ⅲ)準備調査 ファイナルレポート 2011年10月

JICA 2013

フィリピン国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) ファイナルレポート (パッシング-マリキナ川降雨解析) 2013年3月

WB 2012

Master Plan for Flood Management in Metro Manila and Surrounding Areas Final Draft Master Plan Report March 2012

第 1 章 はじめに

1.1 調査の背景と目的

1.1.1 背景

フィリピン(以下「フィ」国)は世界でも最も自然災害の多い国の一つである。マニラ首都圏は 1 千万人以上が居住する「フィ」国の政治、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」国政府は排水や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 年以上に亘り継続的にこの課題に取り組んできているが、いまだ計画の実施途中段階にあり、マニラ首都圏は十分な洪水対応能力を備えていない。さらに、近年は気候変動の影響により台風等による洪水リスクは増大しているといわれており、マニラ首都圏の中心部を貫流するパッシング-マリキナ川の洪水対策は、従前にも増して「フィ」国政府の重要かつ喫緊の課題となっている。

これに対し貴機構はマニラ首都圏について、1988 年から 1990 年にかけて「マニラ洪水対策計画調査」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・マリキナ川の洪水対策「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(以下、「F/S」という)を実施した。その後、旧国際協力銀行(旧 JBIC)の案件形成促進調査(SAPROF: 1998 年実施)を経て、4 フェーズに分けて本事業を実施する方針とした。2012 年 10 月時点において、フェーズⅢ(L/A 調印 2011 年年度)の詳細設計を実施中である。

また、世界銀行は、2009 年のオンドイ台風によってもたらされたマニラ首都圏の大規模な洪水発生を受けて、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“Master Plan for Flood Management in Metro Manila and Surrounding Areas”(2012 年)を実施した。同調査の主な目的は、以下の通りである。

- 水リスク評価調査を実施すること、
- 包括的な洪水対策マスタープランを策定すること、
- 治水安全度を考慮した持続的な洪水リスク管理につながる優先事業(構造物、非構造物)を提案すること

同調査では、次のような調査結果が示されているものの、気候変動の影響の反映、オンドイ台風とは異なる成因の降雨パターンに対する検討、計画高水流量配分、パッシング川の現況河川整備水準を踏まえた現実的な対策等、さらなる詳細な技術的検討が必要な内容となっている。

- 現在の洪水リスク管理の状況をレビュー
- 洪水及び被害発生メカニズムに係る調査
- 洪水リスク管理の制限及び障害と改善策の特定
- 統合的洪水リスク管理計画の全体枠組みの策定
- 洪水対策事業のロングリスト

本調査は、既往の調査結果(特に上述の世界銀行調査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ものである。

1.1.2 目的

気候変動影響を踏まえた適切なデータセットに基づき再構築された洪水解析モデルを用い、世界銀行調査“Master Plan for Flood Management in Metro Manila and Surrounding Areas”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を目的とする。

1.2 調査の基本的枠組み

1.2.1 調査対象地域

マニラ首都圏パッシング・マリキナ川流域及びラグナ湖流域

1.2.2 目標・成果・活動の整理

本調査は2012年11月に合意された協議議事録に基づき実施される。調査の活動、成果・目標は以下のように整理される。

上位目標

既往の調査結果（特に、世界銀行調査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。

調査目標

気候変動影響を踏まえて再構築された洪水解析モデルを用い、世界銀行調査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。

調査成果

- 1) 気候変動の影響の反映
- 2) オンドイ台風とは異なる成因の降雨パターンに対する検討
- 3) 計画高水流量配分
- 4) パッシング川の現況河川整備水準を踏まえた現実的な対策等

調査の活動内容

- 1) 既存調査の確認及び結果の活用
 - ✓ パッシング・マリキナ川流域及びラグナ湖流域の流出特性に係るデータ
 - ✓ 水文データ、河道・氾濫に係るデータの収集・整理及び確認
- 2) 洪水解析モデルの構築
 - ✓ 洪水流出モデル、河道水理及び氾濫モデルの統合
- 3) 計画高水流量の検討
 - ✓ 降雨解析の確認
 - ✓ 基本高水の設定
 - ✓ 既存調査の前提条件の整理
 - ✓ 計画高水流量の設定
 - ✓ 洪水防御施設群の妥当性の確認（費用対効果分析）
- 4) パッシング・マリキナ川流域洪水時におけるラグナ湖の水位変動の検討
 - ✓ パッシング・マリキナ川の洪水対策によるラグナ湖への影響を踏まえた妥当性検証
- 5) 気候変動影響の検討
 - ✓ 気候変動の影響を考慮した洪水解析の実施
 - ✓ 気候変動の影響把握（治水安全度の変化等）
 - ✓ 気候変動適応策の提案
- 6) 他開発パートナーとの情報共有
- 7) ステアリング・コミッティの開催、運営の補佐

1.2.3 フィリピン側実施機関

本調査のフィリピン側実施機関は公共事業道路省（DPWH）である。

1.3 調査の実施工程

本調査は2013年4月～2014年5月の13カ月にわたって実施された。調査の実施工程を表1.1に示す。

表 1.1 調査工程

項目	2013												2014					
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6		
国内作業		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
現地調査		■		■		■	■						■					
報告書		▲ IC/R		▲ TN1		▲ TN2	▲ DF/R								▲ F/R			

IC/R：インセプション・レポート，TN1：テクニカルノート1，TN2：テクニカルノート2，
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

各調査段階における作業概要は下記のとおりである。

【国内準備作業（2013年4月上旬）】

- 既存資料分析、調査計画策定、インセプション・レポート作成

【第一次現地調査（2013年4月3日～13日）】

- インセプション・レポート説明・協議、世銀協議
- 現地調査：
パッシングマリキナ川、マンガハン放水路、ナピンダン水路、ラグナ湖、サンファン川
- 資料収集

【第一次国内作業（2013年4月中旬～5月下旬）】

- 収集資料、データ整理
- 洪水解析モデルの構築：
河道断面データ作成、DEM作成、H-Q式の検討・算定、オンドイ台風ピーク流量推定、
検証対象洪水選定、再現計算並びにモデルの同定
- ラグナ湖水位変動解析モデルの構築：
データ状況整理・確認、観測データに基づく水位変動特性の解析、モデル構築方針・前提
条件の検討
- テクニカルノート1作成

【第二次現地調査（2013年6月3日～11日）】

- テクニカルノート1説明・協議：
PMO、FCSEC、BOD、BRS、MMDA
- 現地調査：
マリキナ川上流域、ダム候補地、マンガハン放水路
- 追加資料収集

【第二次国内作業（2013年6月中旬～7月下旬）】

- 収集資料、データ整理
- 降雨解析結果の確認と計画降雨の設定
- 基本高水の設定
- 計画高水の設定：
前提条件（現況流下能力、PMRCIP事業計画、世銀調査提案、既存施設）の確認、
計画高水流量の設定（PMRCIP事業計画流量確率評価、NHCSの操作、MCGSの必要性）、
1/30、1/100における代替案の比較検討、上流施設（ダム、遊水地）検討
- ラグナ湖水位変動解析モデルの構築：
モデルの構築、水位変動解析、ナピンダン水路の洪水時挙動解析、洪水対策のラグナ湖へ
の影響解析、気候変動影響解析
- テクニカルノート2作成

【第三次現地調査（2013年7月31日～8月11日）】

- テクニカルノート2説明・協議（PMO、BOD、BRS、MMDA）
- DPWH 大臣説明・協議
- 追加資料収集

【第三次国内作業（2013年8月中旬～9月上旬）】

- 収集資料、データ整理
- 洪水対策の段階的整備シナリオ代替案作成
- 洪水対策案事業費積算並びに妥当性評価（経済評価）
- ラグナ湖水位変動解析：
洪水対策妥当性の検討
- 気候変動影響の検討
- ドラフトファイナル・レポート作成

【第四次現地調査（2013年9月5日～12日）】

- ドラフトファイナル・レポート説明・協議
- テクニカル・ワーキング・グループ協議
- DPWH 大臣説明・協議
- 世銀協議

【第四次国内作業（2013年9月中旬～2014年2月上旬）】

- ドラフトファイナル・レポートコメント対応
- 協議資料作成

【第五次現地調査（2014年2月10日～14日）】

- 調査結果並びに今後の整備の方向性にかかる説明・協議
- テクニカル・ワーキング・グループ協議
- DPWH 大臣説明・協議
- 世銀協議

【第五次国内作業（2014年2月中旬～5月下旬）】

- ファイナル・レポート作成

第 2 章 流域の概要

2.1 流域の概要

2.1.1 地形・地質

ルソン島は、北部ルソン、中央ルソン、南東ルソンの 3 つの地形学的地域に分割される。調査対象流域を含む中央ルソンは、構造地質学上、西部のザンバレスレンジ、中央部のセントラルバレー、東部のシエラマドレの南部拡張域に分割される。

流域の上流部のシエラマドレ山地は、石灰岩、碎屑性の凝灰岩、数種の火成岩といった白亜紀から第三紀にかけて地質が分布している。

シエラマドレ山地からマニラデルタ平野の間はマリキナ溪谷となっており、砂、砂利、沈泥、可塑性粘土等から構成される沖積堆積物なり、沖積堆積物の厚さはモンタルパンの北部における 120m から、マリキナの 15m、パッシングの 40m と不規則に変化している。流域の下流部に位置する、マニラデルタ平野はほとんど平坦な地形であり、マリキナ溪谷と類似した沖積堆積物からなり、デルタの厚さは海岸付近で 70m を越えるが、サンタメサとマカティ及びマリキナ地域東部に行くにつれて薄くなっていく。

2.1.2 気象・水文

フィリピンの気象は、季節風、貿易風、熱帯低気圧及びこれらの組み合わせによって主に支配される。対象流域の洪水に最も影響を与えるのは台風であり、フィリピン近辺を通過する台風は年間 20～30 個、対象流域の位置する中央ルソンへの上陸率は 20%程度である。対象流域の月平均雨量、月平均気温は以下に示すとおりであり、5月から10月までの雨季と、11月から4月までの乾季に分けられる。

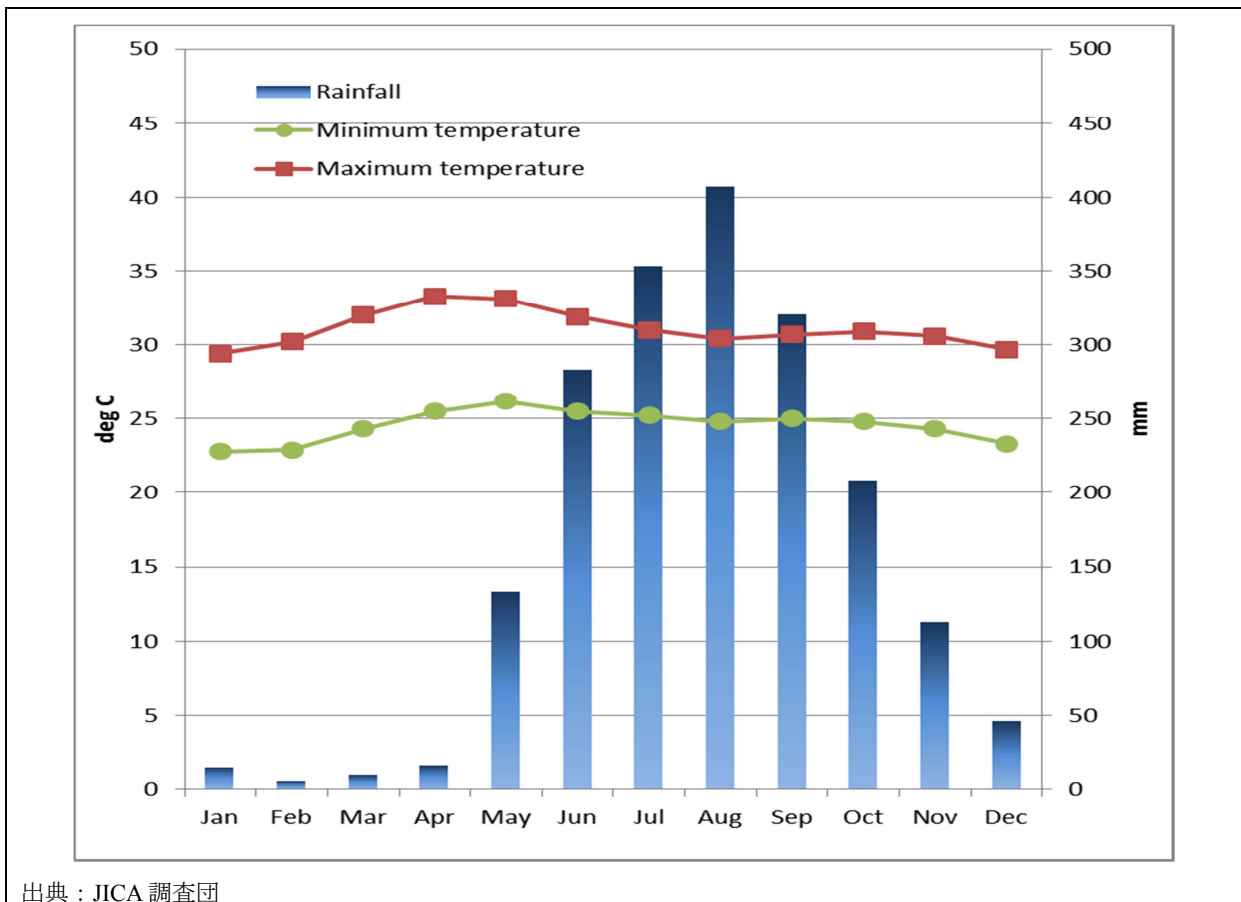


図 2.1 マニラ首都圏における平均月降水量並びに平均月最低・最高気温

雨季である5月から10月に降雨が集中しており、雨季の合計雨量は年雨量の約90%にも達する。これは主に、南西モンスーンと台風によってもたらされる。

気温は乾季と雨季の境目にあたる4~5月にかけて月平均最高気温が33℃まで上昇し、12~1月にかけては30℃を下回る。図2.1からもわかるとおり年間の気温変化は小さい。

2.1.3 土地利用状況

パッシング・マリキナ川流域の土地利用状況をNAMRIAの2005年の土地利用図を基に整理する。流域の約61%は森林であり上流部の大半を占め、既成市街地は約27%でありマニラ首都圏に集中している。

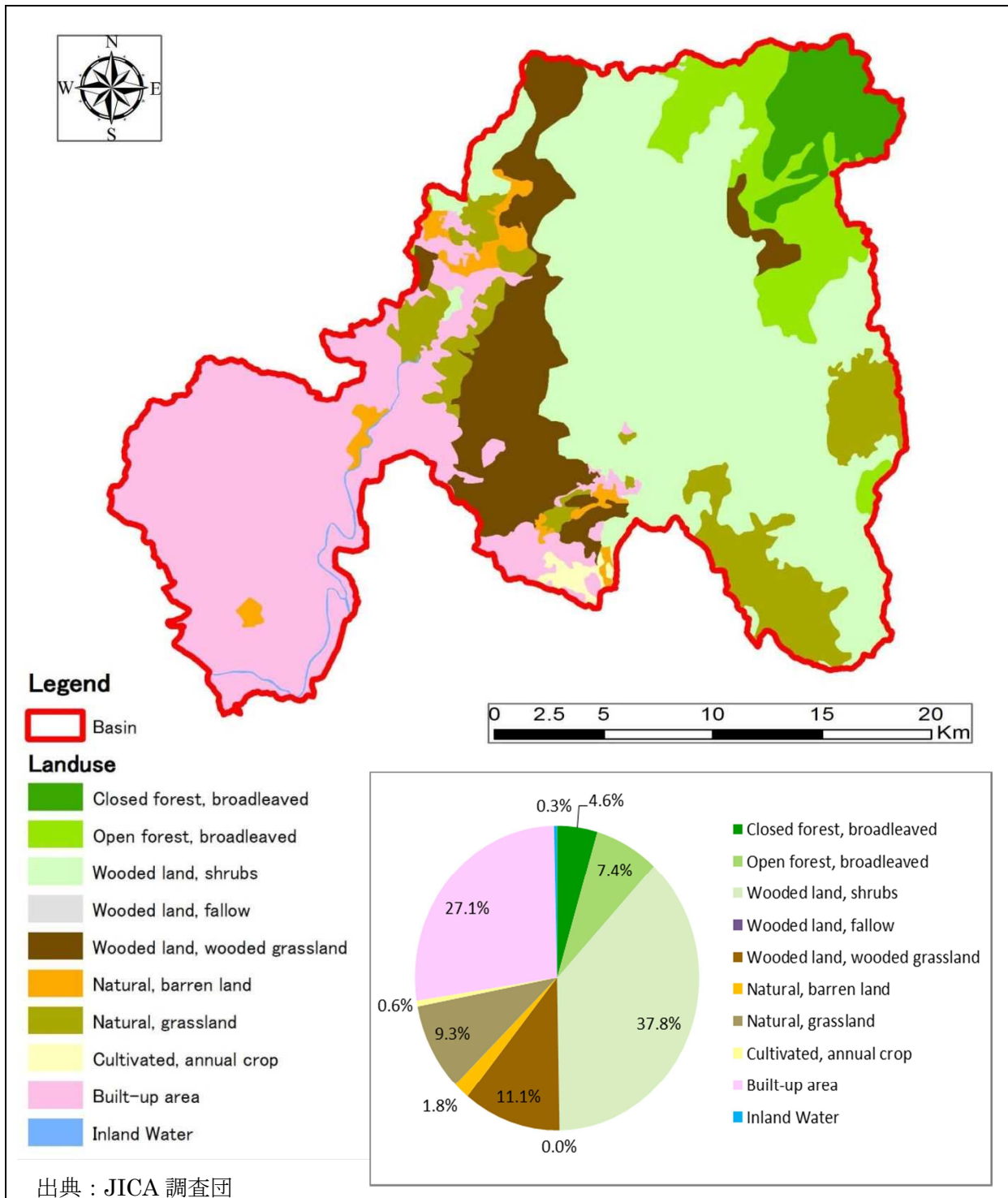


図 2.2 パッシング・マリキナ川流域の土地利用状況 (2005年)

2.1.4 社会経済状況

(1) 関連行政区域概要

パッシング-マリキナ川は、リサール州ロドリゲスからマニラ首都圏（NCR）の中でも行政、経済の中心として都市化が著しい地域を横断し、最終的にマニラ湾に流入する流域面積 635 平方キロメートルの都市河川であり、ナピンダン川及びマンガハン放水路を介してラグナ湖とも接続している。

本調査の対象河川流域はマニラ首都圏及びリサール州に属する 11 の市町（表 2.2 参照。）を流下する水域である。これらの市町は、急速な経済成長と人口増加を示す地域である。

表 2.1 関連行政区域の面積

地域名	行政区域	管轄区域の土地面積 (km ²)
マニラ首都圏 (NCR)	Makani City	21.57
	Mandaluyong City	9.29
	Manila City	24.98
	Marikina City	21.52
	Pasig City	48.46
	Quezon City	171.71
	San Juan City	5.95
	Pateros Municipality	10.40
	Taguig City	45.21
Rizal 州	Cainta Municipality	42.99
	Taytay Municipality	38.80
計		440.88

出典：2010 Census of Population and Housing Report No.3 Population, Land Area, and Density

(2) 関係行政区域の人口及び人口密度

マニラ市やサンファン市は微増減している状況である一方、他市は大幅に増大しているように、地域内での格差は見られるものの、本地域は急速な人口増加を経ており、この傾向は今後も継続すると考えられる。1,990 年時点の 2 倍以上の人口増となっているのは、タギッグ市、カインタ市及びタイタイ市の 3 市である。

人口密度で見ると 2,010 年のマニラ市が 1km² 当たり 66 千人以上と圧倒的な過密状況を示す一方、他市でも 6 千人～35 千人の範囲にあり、いずれも日本の人口密度 1 位である東京 (6 千人/km² : 2013 年 10 月総務省資料) を越える状況である。

表 2.2 関連行政区域の人口

地域名	行政区域	1990 年		2000 年		2010 年	
		人口 (人)	人口密度 (人/km ²)	人口 (人)	人口密度 (人/km ²)	人口 (人)	人口密度 (人/km ²)
マニラ 首都圏 (NCR)	Makani City	453,170	21,009	471,379	21,853	529,039	24,527
	Mandaluyong City	248,143	26,711	278,474	29,976	328,699	35,382
	Manila City	1,601,234	64,101	1,581,082	63,294	1,652,171	66,140
	Marikina City	310,227	14,416	391,170	18,177	424,150	19,710
	Pasig City	397,679	8,206	505,058	10,422	669,773	13,821
	Quezon City	1,669,776	9,724	2,173,831	14,463	2,761,720	16,903
	San Juan City	126,854	21,320	117,680	19,778	121,430	20,408
	Pateros Municipality	51,409	4,943	57,407	5,520	64,147	6,168
	Taguig City	266,637	5,898	467,375	10,338	644,473	14,255
Rizal 州	Cainta Municipality	126,839	2,950	242,511	5,641	311,845	7,254
	Taytay Municipality	112,403	2,897	198,183	5,108	288,956	7,447
合計		5,364,371		6,484,150		7,796,404	

出典：2010 Census of Population and Housing Report No.3 Population, Land Area, and Density

(3) 経済関連

フィリピンの経済成長率は、世界金融危機の影響を受けて一時低迷したものの、2012年には約7%の成長率を達成し、1人当たり購買力平価国民総所得（GNI）も、2012年で4,380US\$と2008年の3,640US\$に比較して20%増加したが（表2.4 参照。）2013年11月8日の台風30号（ハイエン）により中部ビサヤ地域やパラワン州のいくつかの島々で数千人の死者を出すとともに、住宅及びインフラ等、甚大な被害をもたらしたように度々、台風等の自然災害による被害を受けている。

首都マニラ市を中心として首都機能を果たす地域がマニラ首都圏(NCR)で、既述のようにパッシング-マリキナ川が貫流する地域である。

マニラ首都圏（NCR）とは、1975年の大統領令(PD)824で、4市（マニラ、ケソン等）と13町（マカティ、マキリナ、ムンティンルパ等）が統合され、8市9町により誕生したものである。

表2.5に示すように、1938年当時は地域の大半が農地及び森林で占められていたが、1980年以降急速に都市化が進行し、1990年には住宅地・商業地・工業地帯で70%以上を占めるに至っている。

表 2.3 フィリピンの基礎経済指標

項目	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年
1人当たり購買力平価 GNI (国民総所得) (US\$)	3,640	3,650	3,920	4,070	4,380
人口 (千人)	90,371	91,886	93,444	95,053	96,707
GDP (国民総生産) (百万 US\$)	173,603	168,334	199,589	224,095	250,182
GDP 成長率 (年率 %)	4	1	8	4	7

出典：The World Bank World DataBank

表 2.4 マニラ首都圏の都市化変遷 (1938年-1994年)

土地利用	割合 (%)			
	1938年	1980年	1990年	1994年
Residential	14.2	29.4	65.0	65.0
Commercial	-	3.0	3.4	8.0
Industrial	-	4.7	4.0	3.0
Institutional	-	4.5	5.2	10.6
Utilities	-	1.4	4.0	4.0
Agricultural	55.6	12.5	8.4	4.4
Open Space	5.1	24.3	8.0	4.0
Forest Land/Parks	25.1	20.2	2.0	1.0
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

出典：Philippine Institute for Development Studies, DISCUSSION PAPER SERIES NO. 2000-20

開発計画

「中期フィリピン開発計画」(MTPDP)は大統領の任期中に実現をめざす施策としての六ヵ年計画である(ただし、現行計画は、現大統領就任翌年からの五ヵ年計画「フィリピン開発計画2011-2016」(PDP))。「中期フィリピン開発計画」(MTPDP)を要約すると以下の通りである。

- MTPDPには、主要な政策方針、社会経済戦略、国家に関する主要なプログラムが含まれる。
- 一方、地方開発計画には、国家計画を支援する戦略、プログラム、プロジェクトが含まれる。
- MTPDPの作成を担当する国家経済開発庁(NEDA)は、関係機関を調整しつつ立案を進め、その結果は大統領が議長を務め閣僚により構成されるNEDA委員会により承認される。
- 地方開発計画の計画策定、審査、協議の基礎となるのは、NEDAが作成する国家計画案と指針である。
- NEDAは、各地方(ただし、マニラ首都圏(NCR)及びムスリム・ミンダナオ自治地域(ARMM)を除く)に地方事務所を置き、これのカウンターパートとして各地方で組織される地方開発評議会(RDC)が、地方、自治体レベルの計画の色合いを定める。
- RDCは、地方自治体の代表、国の地方部局、民間セクターで構成される。

マニラ首都圏（NCR）は全国で唯一、地理的な範囲と行政権限が法律（1995年マニラ首都圏庁設置法）で明確に認められた都市圏で、1995年設立の国家機関・マニラ首都圏開発庁（MMDA）が初めて策定した空間計画が「マニラ首都圏空間開発フレームワーク 1996-2016」（PDFPFMM）である。この計画は、1999年に改訂された後（名称、計画期間は1996年計画のまま）今日まで保持されているが、これに置き換わる「メトロマニラ・グリーンプリント2030」という名称の計画の策定準備が、2012年2月現在、進行中である。また、他地方の「地方開発計画」に相当する計画としては、「マニラ首都圏のための地方開発計画 2010-2016」（RDP-NCR）が策定されている。

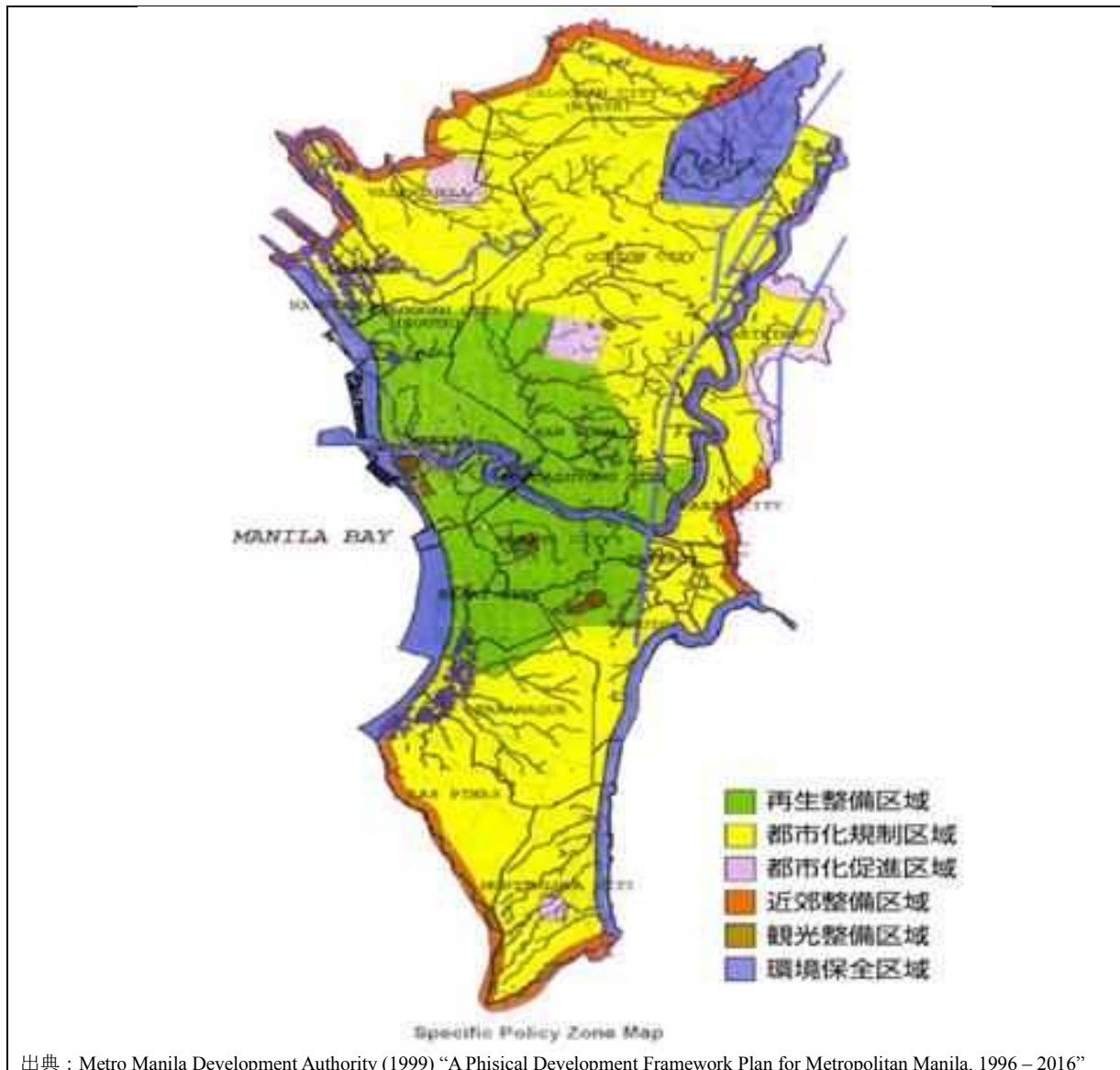


図 2.3 マニラ首都圏空間開発フレームワーク 1996-2016

産業クラスター戦略

「フィリピン開発計画 2011-2016」（PDP）では、国内各地域の産業活動やその基盤の特性を反映した産業クラスター（特定産業の地理的な集積）形成を促進し、輸出を通じた地域の富の創出に貢献させようという、「産業クラスター戦略」を打ち出している。

この戦略で、産業クラスターの開発にあたり、政府は、中小零細企業同士の企業間連携を育て、協働のためのネットワークを強化することを推し進めることとしており、この考え方は、これまでの開発政策が、「トリクルダウン理論に基づく雇用をもたらさない成長の道に陥っていた」

（PDP 前文）との認識に立脚している（トリクルダウンは、大企業や富裕層の経済活動を活性化させることで、富が低所得層に向かって流れ落ち、国民全体の利益になるとする経済思想）。

優先される産業クラスターとしてマニラ首都圏（NCR）は下表に示すように、健康・ウェルネスが設定されている。

表 2.5 優先される産業クラスター (2011 - 2016)

地方区分	地域	産業
ルソン北部	CAR (コルディリア行政地域)	コーヒー
	R1 (イロコス)	サバヒー (東南アジア海域産の食用魚)
	R2 (カガヤンバレー)	酪農・乳製品
	R3 (中部ルソン)	竹、物流
ルソン南部	R4A (カラバルソン)	情報通信技術・IT アウトソーシング、物流
	R4B (ミマロパ)	エコツーリズム
	R5 (ビコール)	衣服、ライフスタイル
	NCR (マニラ首都圏)	健康・ウェルネス
ヒサヤ	R6 (西部ビサヤ)	ギフト・おもちゃ・家庭用品、健康・ウェルネス、食品、情報通信技術、エコツーリズム
	R7 (中部ビサヤ)	ギフト・おもちゃ・家庭用品、健康・ウェルネス、食品、情報通信技術、エコツーリズム
	R8 (東部ビサヤ)	ギフト・おもちゃ・家庭用品、食品、エコツーリズム
ミンダナオ	全地方	バナナ、マンゴー、海草、木材、ココナッツ、鉱業、エコツーリズム、情報通信技術

出典：National Economic Development Agency (2011) “Philippine Development Plan 2011 - 2016”

2.2 河川の概要

パッシング・マリキナ川はマニラ首都圏を通りマニラ湾に注いでおり、その流域面積は約 635km² でそのうち約 20%がマニラ首都圏に位置する。

パッシング川

パッシング川は河口からナピンダン流況調節施設 (NHCS) までの 17.1km 区間で、平均河川勾配は 1/10,000、川幅は 60m~250m、水深は 6m~12m の範囲にある。また主な支川として河口から 7.1km 地点で合流するサンファン川がある。河川横断は単断面形状で、ほとんどの河岸は両岸共、護岸とコンクリート擁壁が設置されている。河口から 700m 地点のデルパン橋までの両岸はフィリピン港湾公社 (PPA) によって管理されるマニラ港の埠頭として利用されている。

パッシング川は河口からナピンダン流況調節施設までの区間で舟運のルートとして非常に重要な役割を果たしており、特にデルパン橋からジョーン橋までの両岸には停泊施設が整備され、多くの工場が立ち並んでいる。この舟運を確保するために DPWH は河口からジョーン橋まで河床の浚渫を行った。

マリキナ川

マリキナ川は大きく 3つの区間で形成される：ナピンダン流況調整施設 (NHCS) 合流点からマンガハン放水路分流点までのマリキナ下流域 (Lower Marikina, 7.2km) およびマンガハン放水路分流点から St. Niño 間までのマリキナ上流域 (Upper Marikina, 6.1km) ならびに St. Niño からモンタルバン橋までのマリキナ川上流域 (Upper Upper Marikina, 14.4km)。

マリキナ下流域は河川勾配が 1/5,000 以下で川幅は 90m~100m、水深は 4.2m~9.5m の範囲である。河川横断は単断面で両岸は自然堤防となっている。マリキナ下流域の中間地域の両岸沿いには遊歩道が設置されている。パッシング川の河岸とは違って、マリキナ下流域はほとんどの区間で河岸の防御整備はされていない。一般に河川域は野生の草で覆われている。河岸のほとんどの区間は工場や小さな家屋等で占拠されている。

マリキナ川上流域 (Upper Marikina) は平均河川勾配が 1/5,000 で、川幅は 70m~200m である。河川形状は単断面で両岸は自然堤防で形成されている。マリキナ川上流域は両岸沿いに遊歩道や河川公園が整備されている。マリキナ川下流部と同様マリキナ川上流域も特にほとんどの区間は堤防による防御はされてなく、野生の草に覆われている。マリキナ下流部と違い、河岸沿いのほとんどの区間は居住されているが、工場はほとんど見られない。

マリキナ川上流域 (Upper Upper Marikina) は平均河川勾配が 1/1,450 で、川幅は 70m~350m である。河川形状は主流路部と洪水時に冠水する自然遊水地部で構成される複断面となっている。セ

ントニーニョからナンカ川合流点にかけての河岸沿いは未開発地の一部区間を除きほとんどの区間に家屋がある。ナンカ川合流点からモンタルバン橋にかけての河岸沿いはナンカ川合流点上流点付近では家屋が密集しているもののサンマテオ付近には畑などの未開発地が残っている。

2.3 主要洪水および洪水被害

パッシング・マリキナ川流域ではこれまで何度も洪水に見舞われてきた。近年の大きな洪水は以下のとおりである。

表 2.6 近年の主要洪水

Year	Month	Storm	Sto.Nino Peek WL (m)	Average-Rainfall over watershed (mm/1day)
2000	11	Seniang	18.01	149.0
2003	5	Chedeng	17.76	189.4
2004	11	Winnie	19.08	190.2
2009	9	Ondoy	22.16	290.8
2012	8	Kirogi	20.42	271.7

出典：JICA 調査団

パッシング・マリキナ川流域においては上記に示すように5月から11月までの数ヶ月間に大洪水が発生してきた。これは、この期間に集中して来襲する熱帯低気圧や南西モンスーンの影響によるものである。

上記の洪水によるメトロマニラの被害状況は以下に示すとおりである。

表 2.7 メトロマニラにおける洪水被害

Year	Month	Storm	No. of Affected		Casualties			Total Damage (mil. Peso)
			Family	Persons	Dead	Injured	Missing	
2000	11	Seniang	14,818	77,899	3	N.A.	N.A.	N.A.
2003	5	Chedeng	2,227	11,144	0	0	0	N.A.
2004	11	Winnie	5,873	27,284	1	0	0	N.A.
2009	9	Ondoy	174,408	872,097	241	394	0	290
2012	8	Kirogi	90,121	419,555	41	4	2	410

N.A. : not available

出典：JICA 調査団

第 3 章 洪水解析モデルの構築

3.1 洪水解析モデルの構築

洪水流出モデル、河道水理モデルおよび氾濫モデルを統合した洪水解析モデルを構築する。洪水解析モデルとして洪水流出モデル(WEB-DHM モデル)と、河道水理モデル(一次元不定流モデル)及び氾濫モデル(平面二次元不定流モデル)を統合した洪水解析モデルを構築する。

3.1.1 洪水流出モデル(WEB-DHM)

河川流域の流出特性に係るデータ(流域面積、標高、地形勾配、土地利用、植生、土壌等)を用いて洪水流出モデルを構築する。

洪水流出モデルには「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)」で構築された「水エネルギー収支分布型水循環モデル(WEB-DHM)」を用いる。

分布型流出モデルは流域の空間分布情報をモデルに反映させ、流域の地形、雨水流の力学的挙動、土壌特性の空間分布、降雨の空間分布等を反映できるモデルである。

陸面過程を表現する SiB2 モデルとグリッドベースの分布型流出モデルである geomorphology-based hydrological model (GBHM) を結合させたのが、the water and energybudget-based distributed hydrological model (WEB-DHM)である。

SiB2 は、大気陸面間の水、エネルギー収支、炭素収支を表現できる陸面過程モデルである。GBHM は、斜面上および表層土壌内水分量を仮想河道に横流入する斜面に分配し、斜面及び河道の流下過程を追跡するモデルである。

以下に、WEB-DHM モデルの概要とモデル化範囲、流域分割を示す。

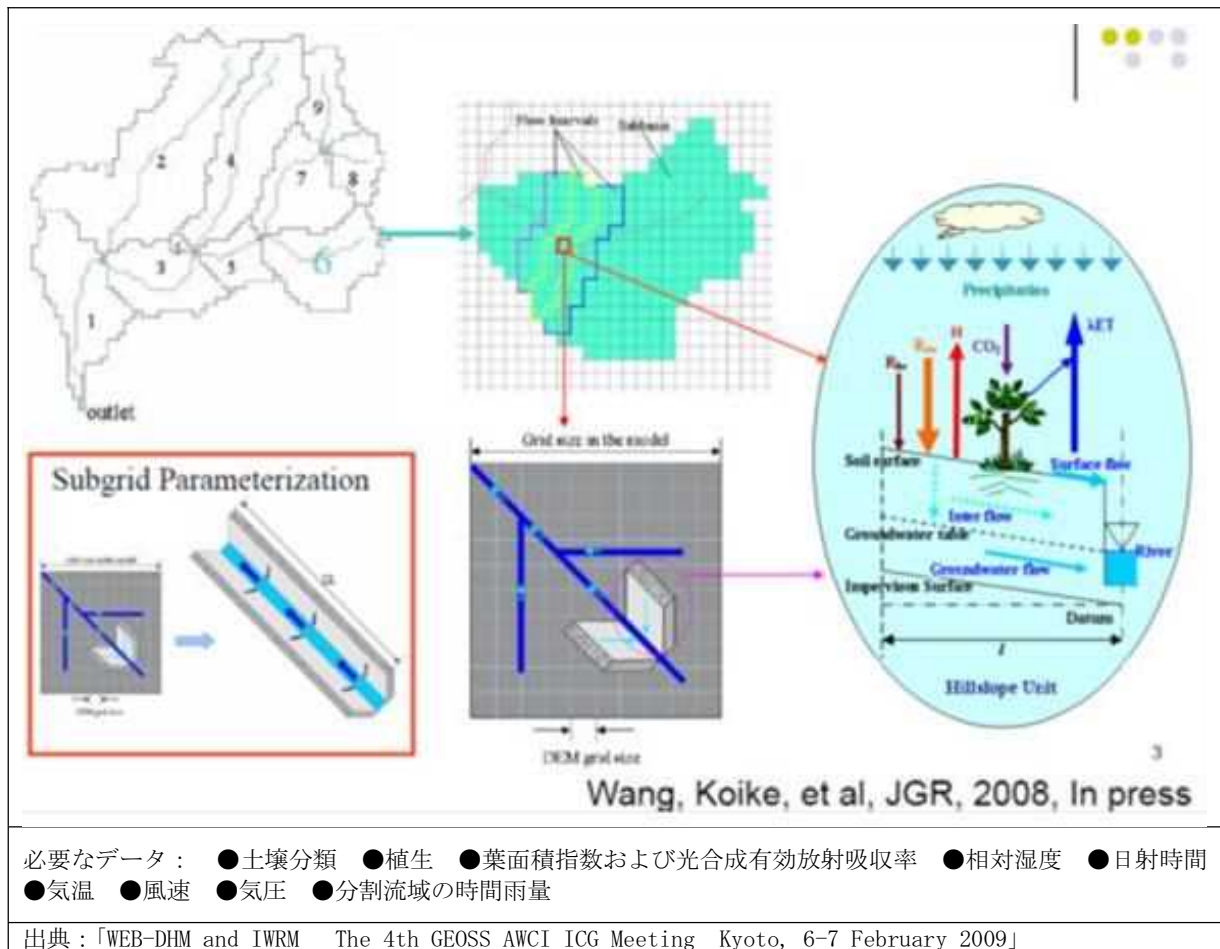
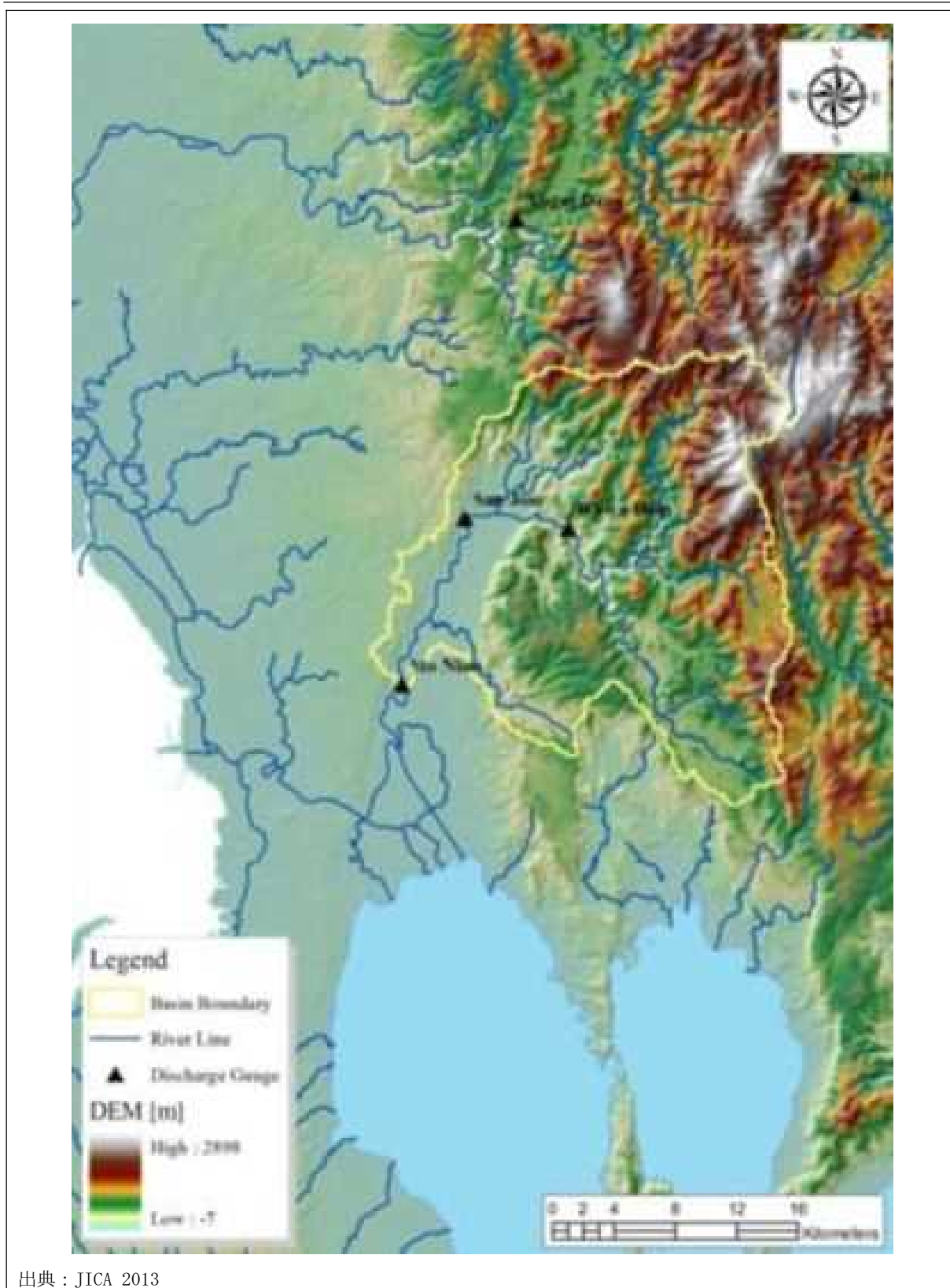


図 3.1 WEB-DHM モデル概要



出典：JICA 2013

図 3.2 パッシング・マリキナ河流域 WEB-DHM モデル化対象区域

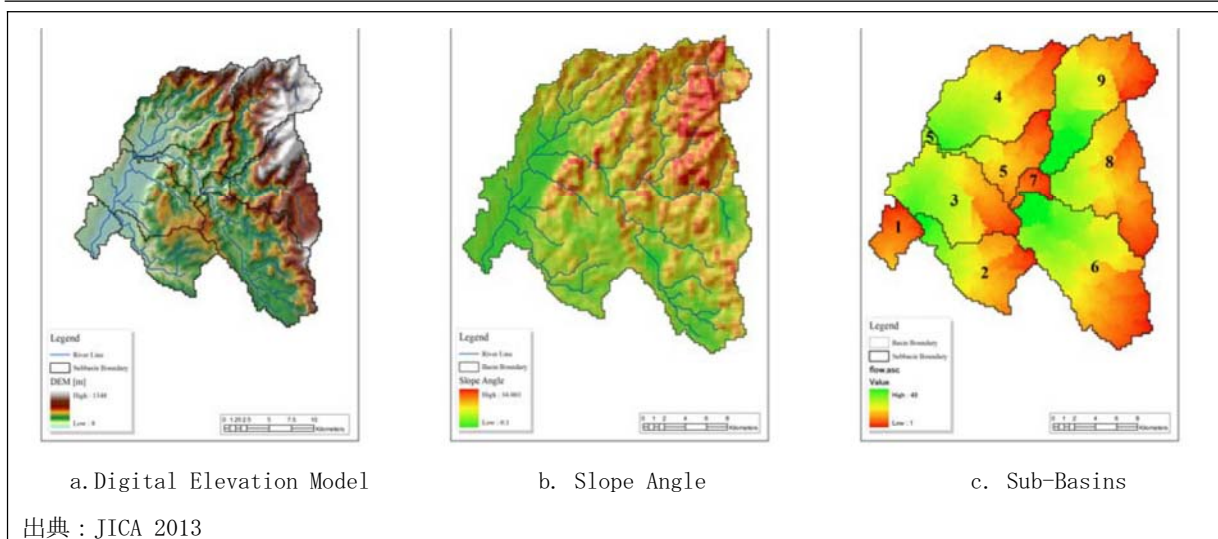


図 3.3 パシグ・マリキナ川流域の WEB-DHM モデル構築のための流域分割

3.1.2 氾濫解析モデル

(1) 既存モデルの概要

「パシグ・マリキナ川河川改修事業(Ⅲ)準備調査」で構築された河道水理モデル及び氾濫モデルについて、以下の点について確認を行った。

- 1) 河道水理モデル(一次元不等流モデル):河道特性に係るデータ (河道ネットワーク、河川横断及び断面区間距離、水理定数、下流端境界条件、マニラ湾水位及びラグナ湖水位)
- 2) 氾濫モデル(二次元不定流モデル):想定される氾濫域、土地利用、植生、土壌等

表 3.1 氾濫モデルの計算条件

項目	内容
計算手法	河道：一次元不定流計算 (100mピッチ) 流域：二次元不定流計算
河道状況	現況/改修後 (Phase III)
堤内地の粗度係数	0.050 (標準値)
メッシュサイズ	100m×100m
破堤方式	本間の式により越流量を推定
境界条件	マニラ湾:モデルカーブ (最大値は MMHWL 11.4 E.L.m) ラグナ湖:12.2E.L.m の一定値 (既往洪水イベント時の平均湖面水位) (参照：D/D 報告書 2002)
流入ハイドロ	台風オンドイ (流出計算モデルによって推定)

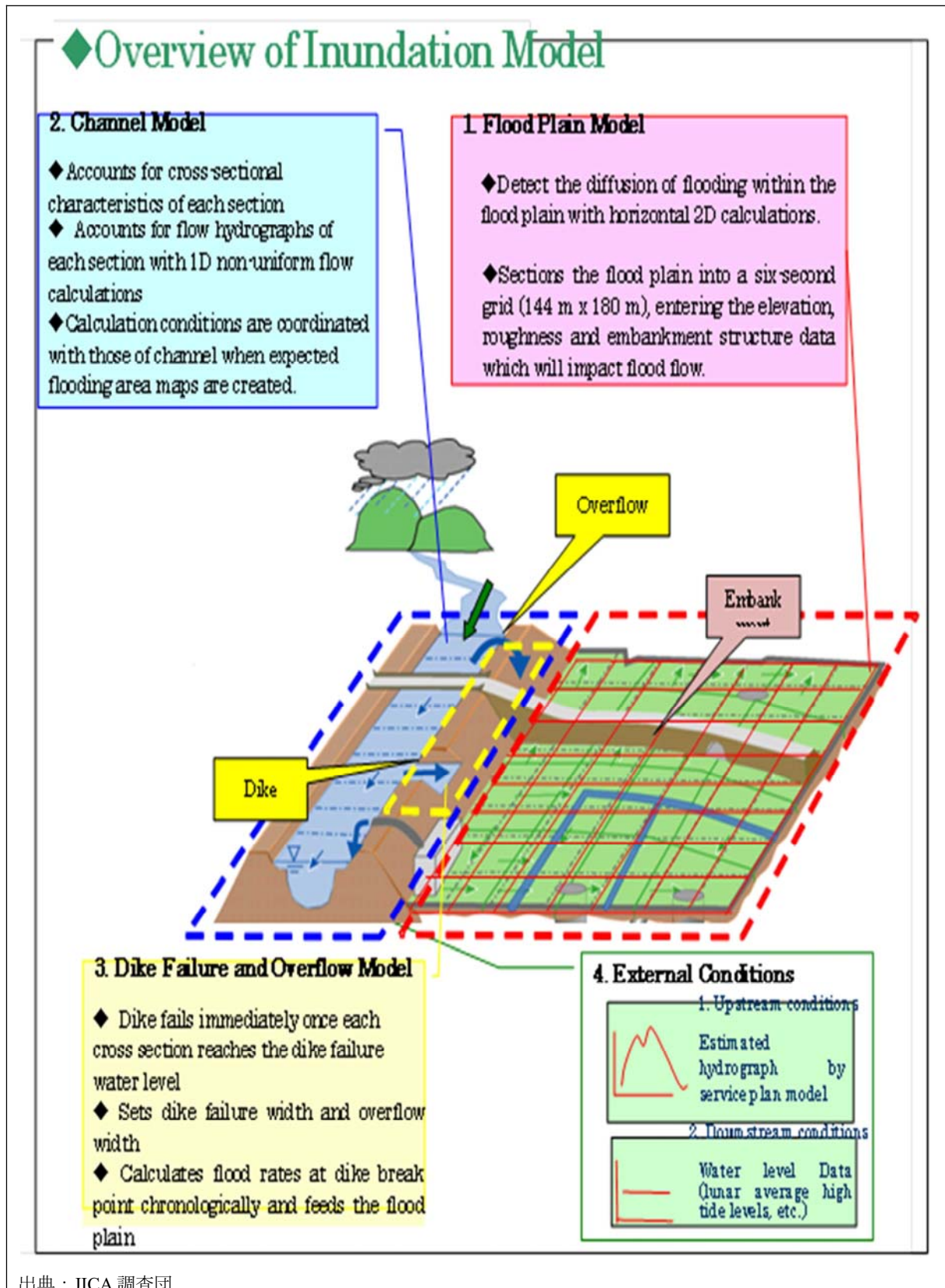
出典：JICA 2011

(2) 氾濫モデルの概要

本調査では、氾濫モデルに下記の平面二次元不定流モデルを用いる。平面二次元不定流モデルの特徴及びモデルイメージは以下に示すとおりである。

<モデルの特徴>

- ◆ 内水氾濫と外水氾濫の複合型氾濫現象を再現できる。
- ◆ 氾濫域では流出現象と氾濫現象を同一の場として一貫した現象として解析することができる。
- ◆ 河川水位は下流端の水位、流出域からの流出量、橋梁による影響等を加味して、時系列変動を再現できる。
- ◆ 氾濫時の面的な広がりや伝播速度は土地利用や家屋の密集度を考慮した流下抵抗を再現できる。
- ◆ 水路・盛土構造や細微地形による影響を高い精度で反映することができる。
- ◆ 内外水位の影響下での樋門やポンプによる排水を反映することができる。
- ◆ ・貯留施設による洪水調節機能を反映することが可能である。

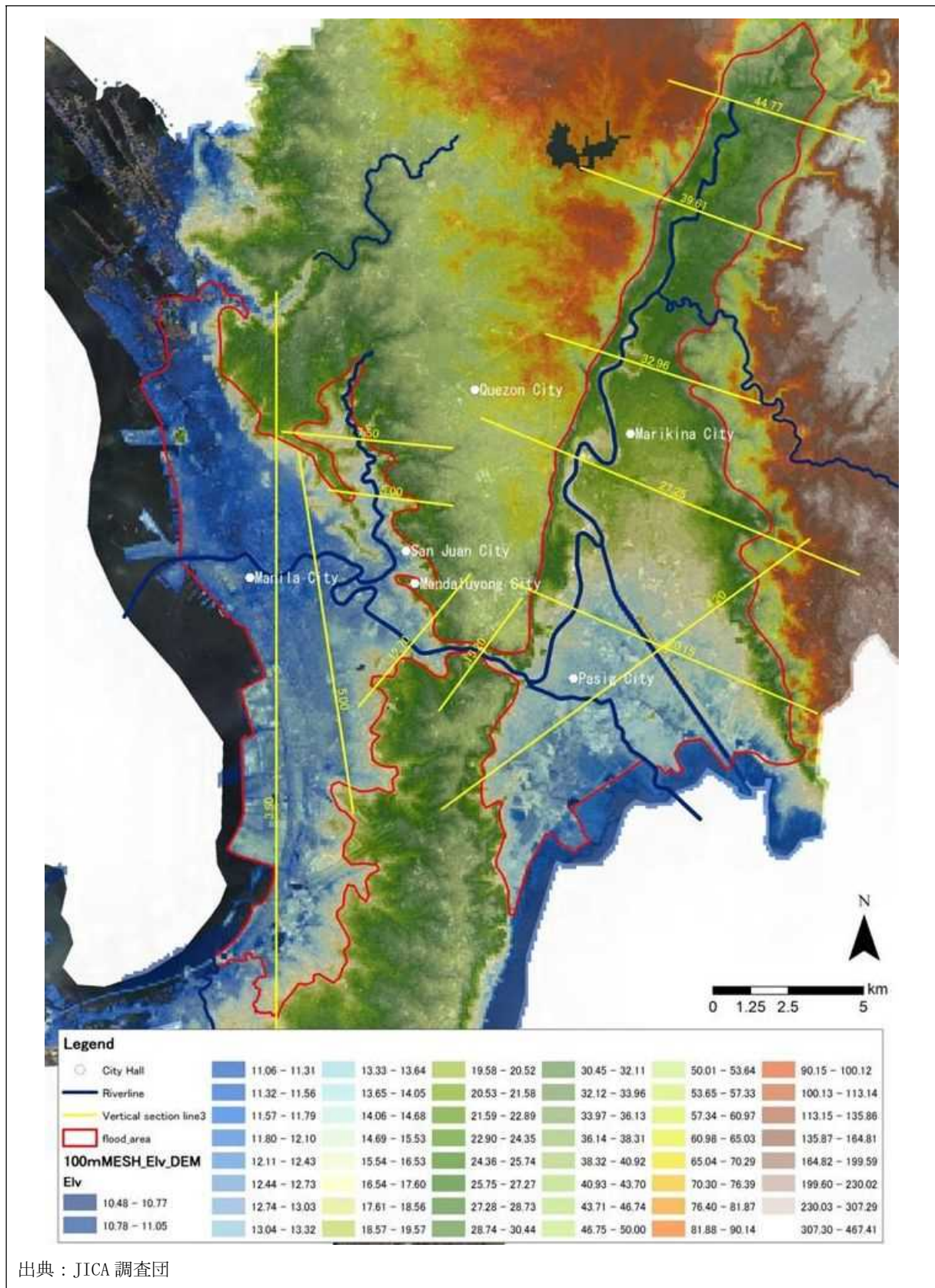


出典：JICA 調査団

図 3.4 河道水理モデル・氾濫モデル概要

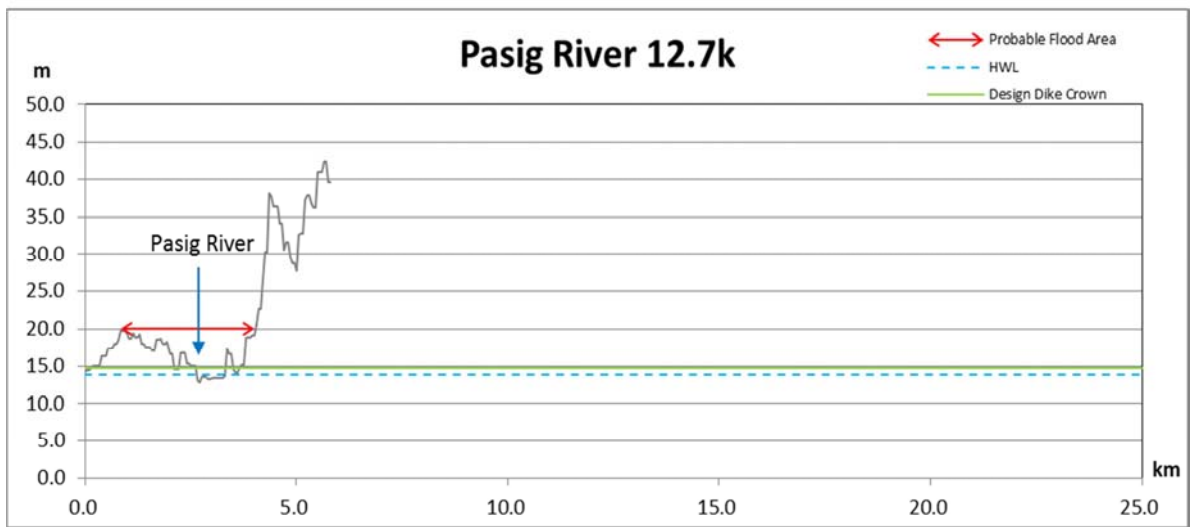
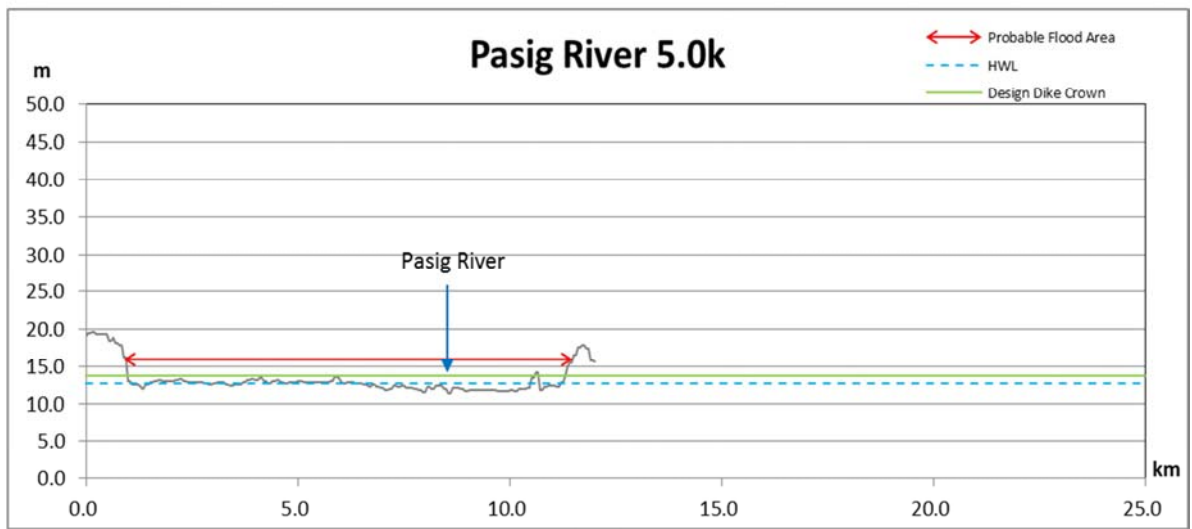
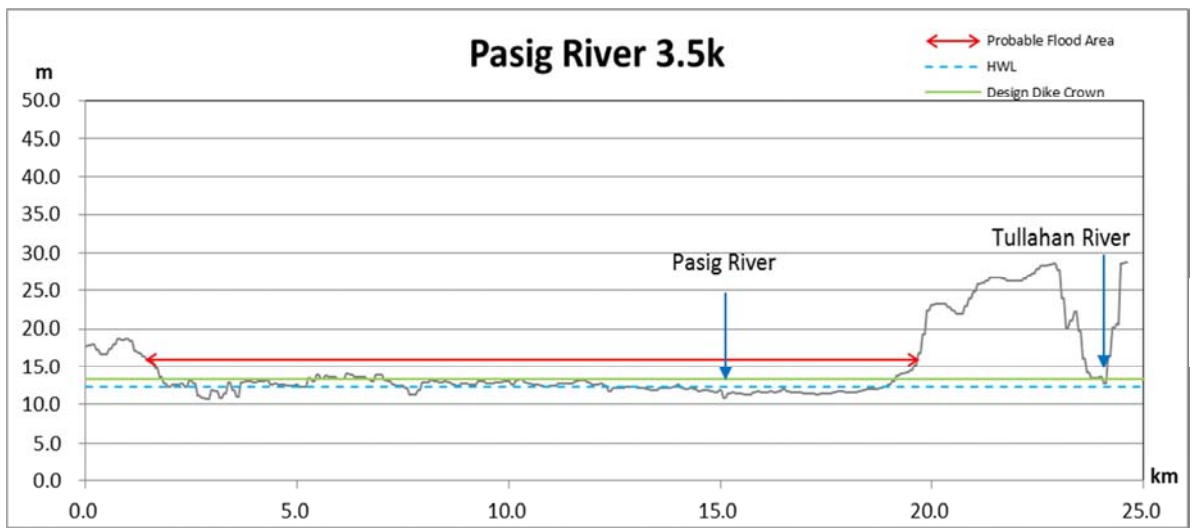
< 氾濫解析対象範囲 >

解析対象範囲は、地形データを基に図 3.6～図 3.9 に示す地形横断面図を作成し、計画堤防高から想定される氾濫エリアとして設定した。図 3.5 に設定した解析対象範囲を示す。



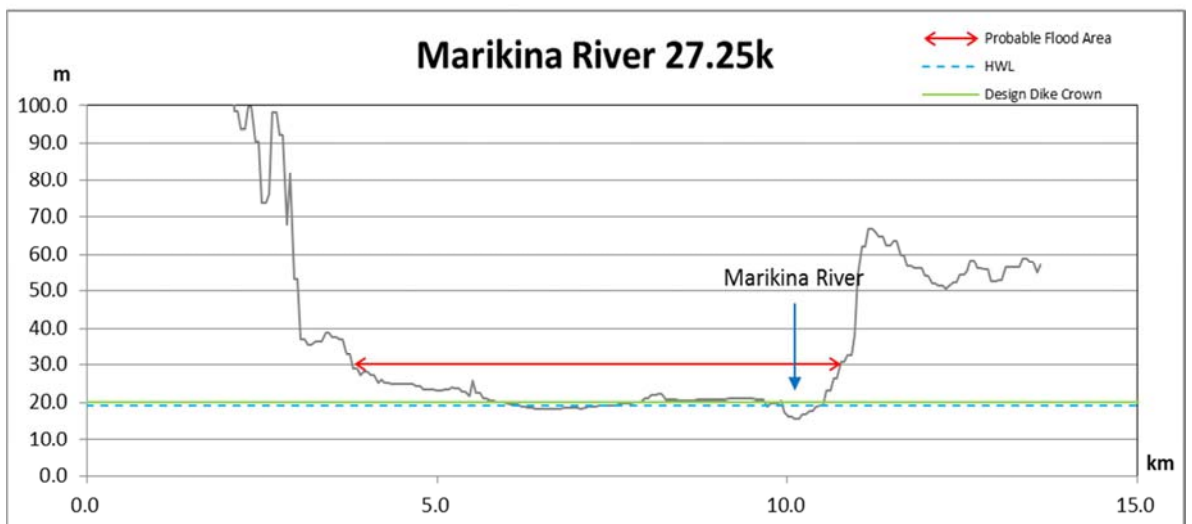
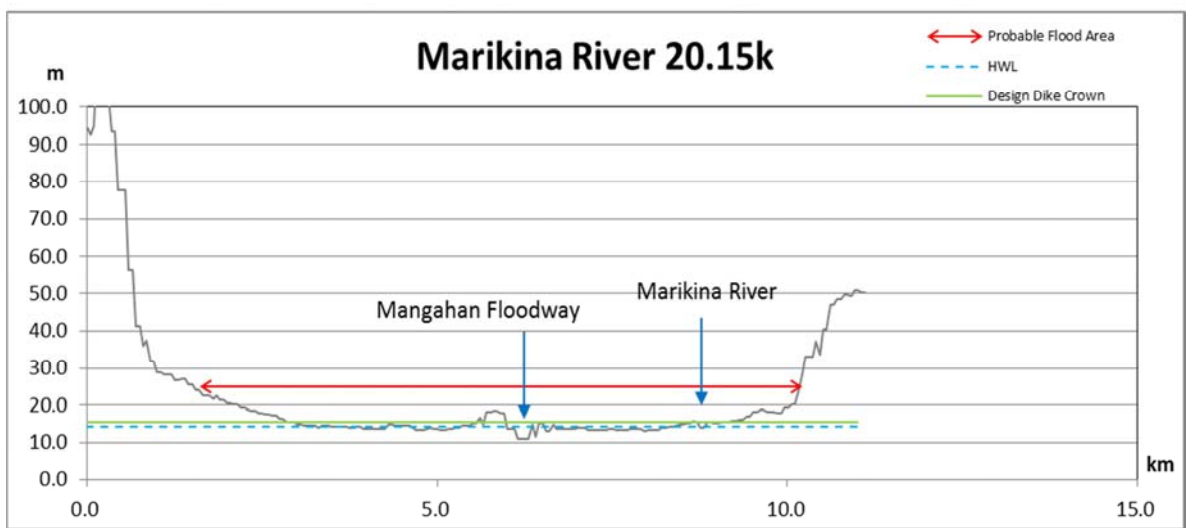
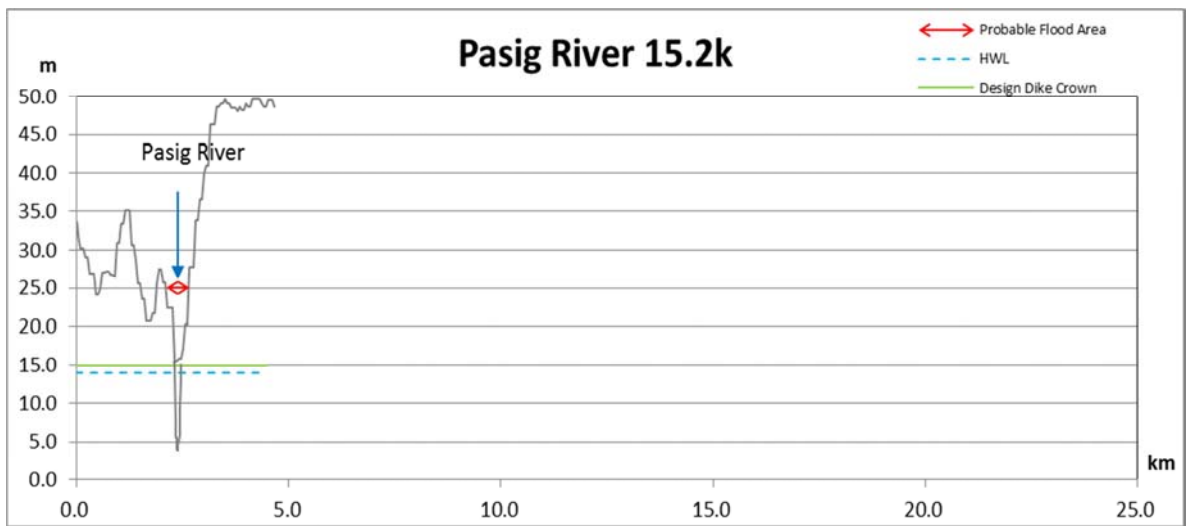
出典：JICA 調査団

図 3.5 氾濫解析対象範囲



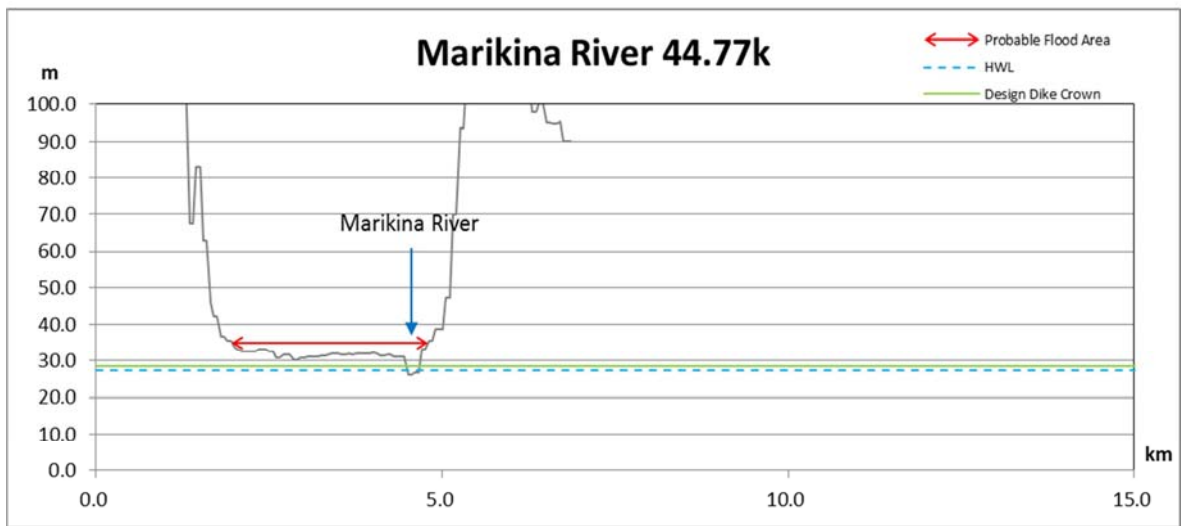
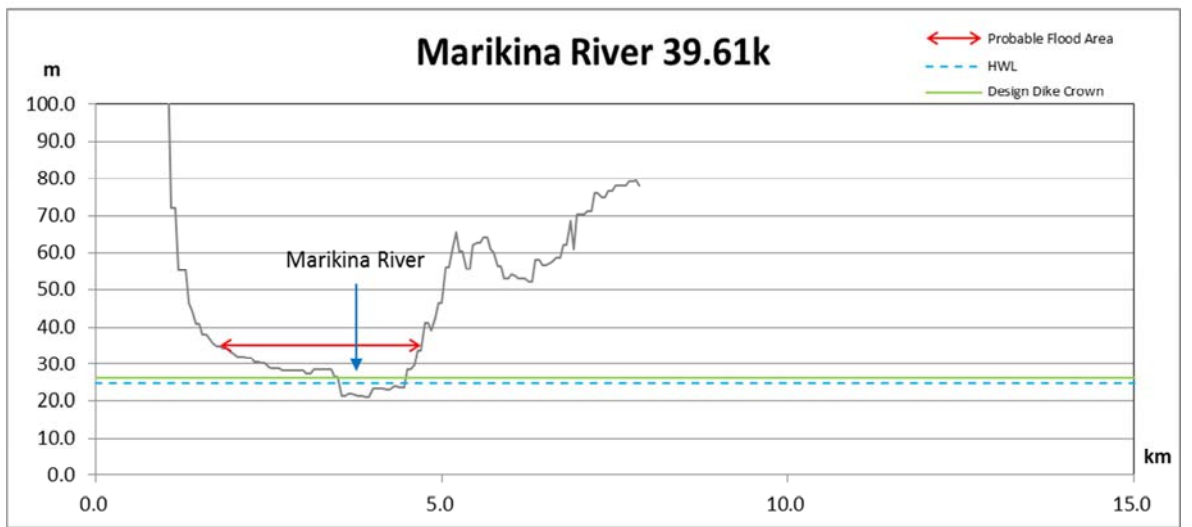
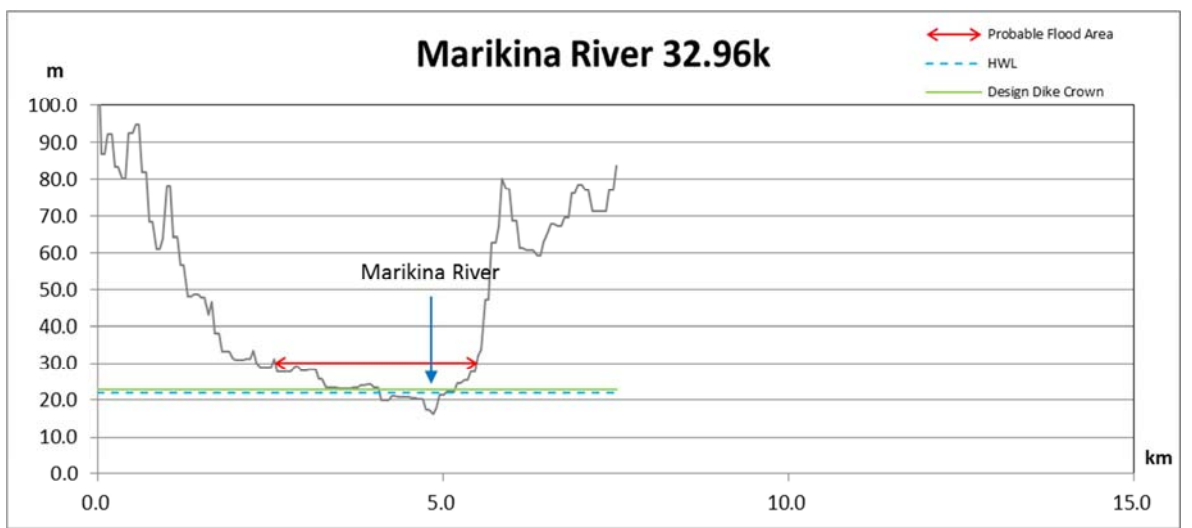
出典：JICA 調査団

図 3.6 地形横断面図(1/4)



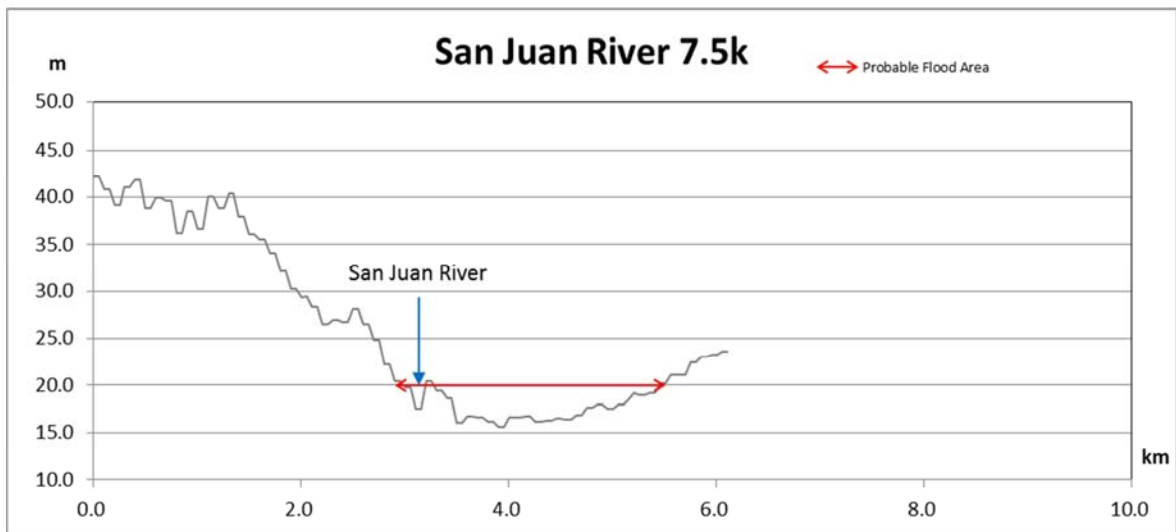
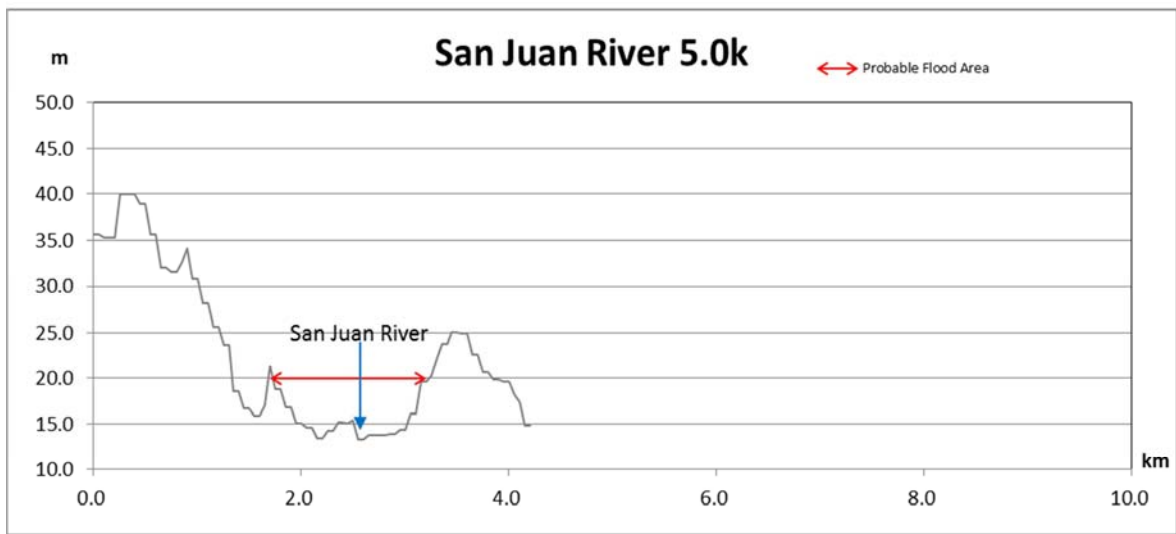
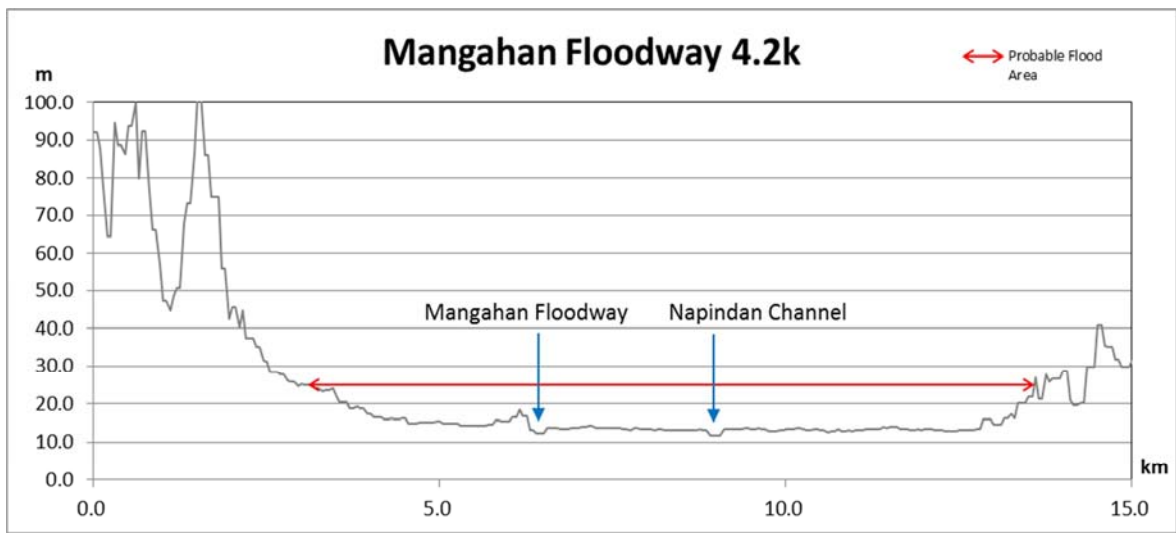
出典：JICA 調査団

図 3.7 地形横断面図(2/4)



出典：JICA 調査団

図 3.8 地形横断面図(3/4)



出典：JICA 調査団

図 3.9 地形横断面図(4/4)

<メッシュ地盤高の作成>

2010年12月から2011年1月に計測された、約1m×1mメッシュに内挿されたDEMデータ(LiDarデータ※)から100mメッシュ平均地盤高を作成する。貸与されたDEMデータの図郭範囲を図3.10に示し、作成した100mメッシュ平均地盤高を図3.11に示す。

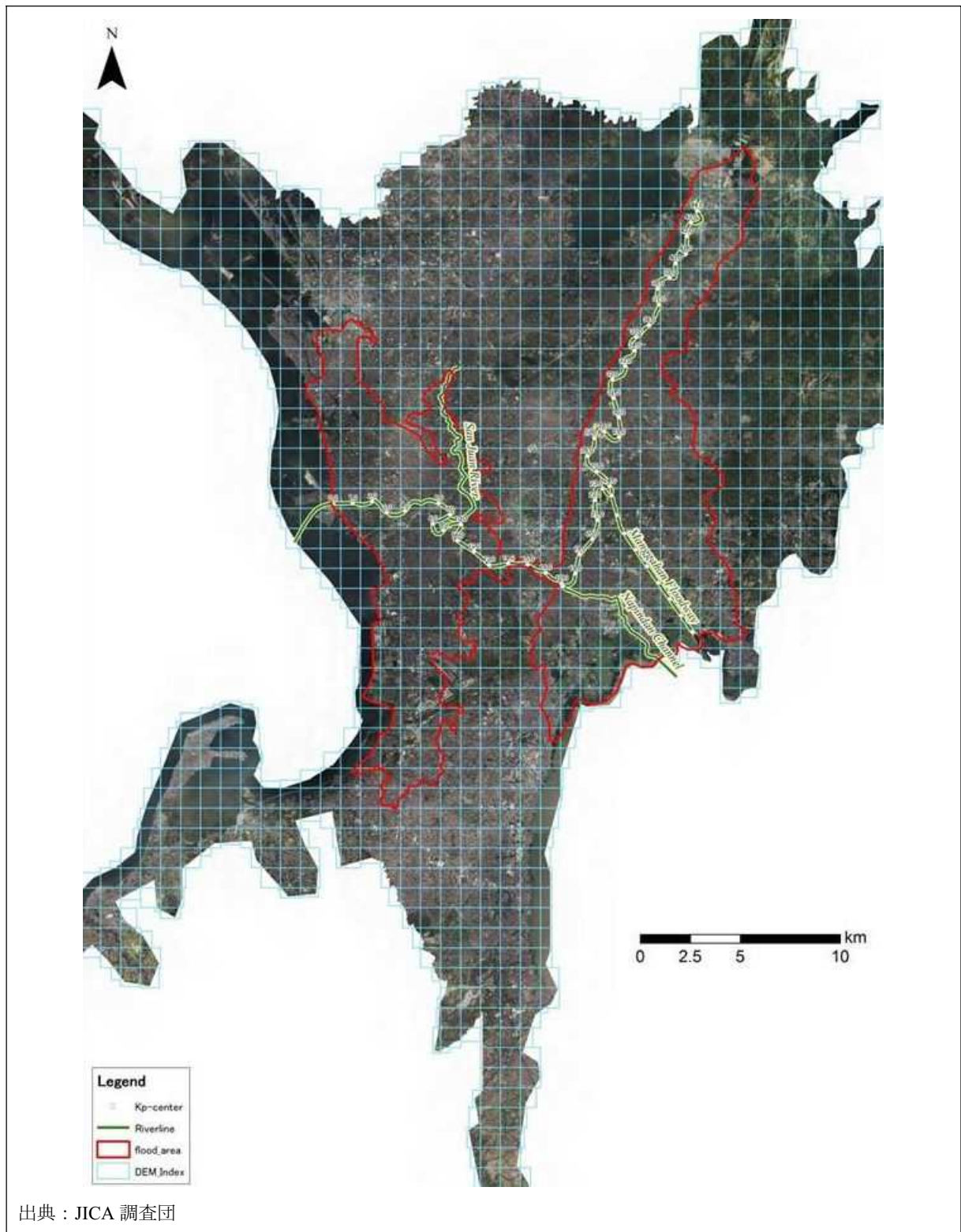
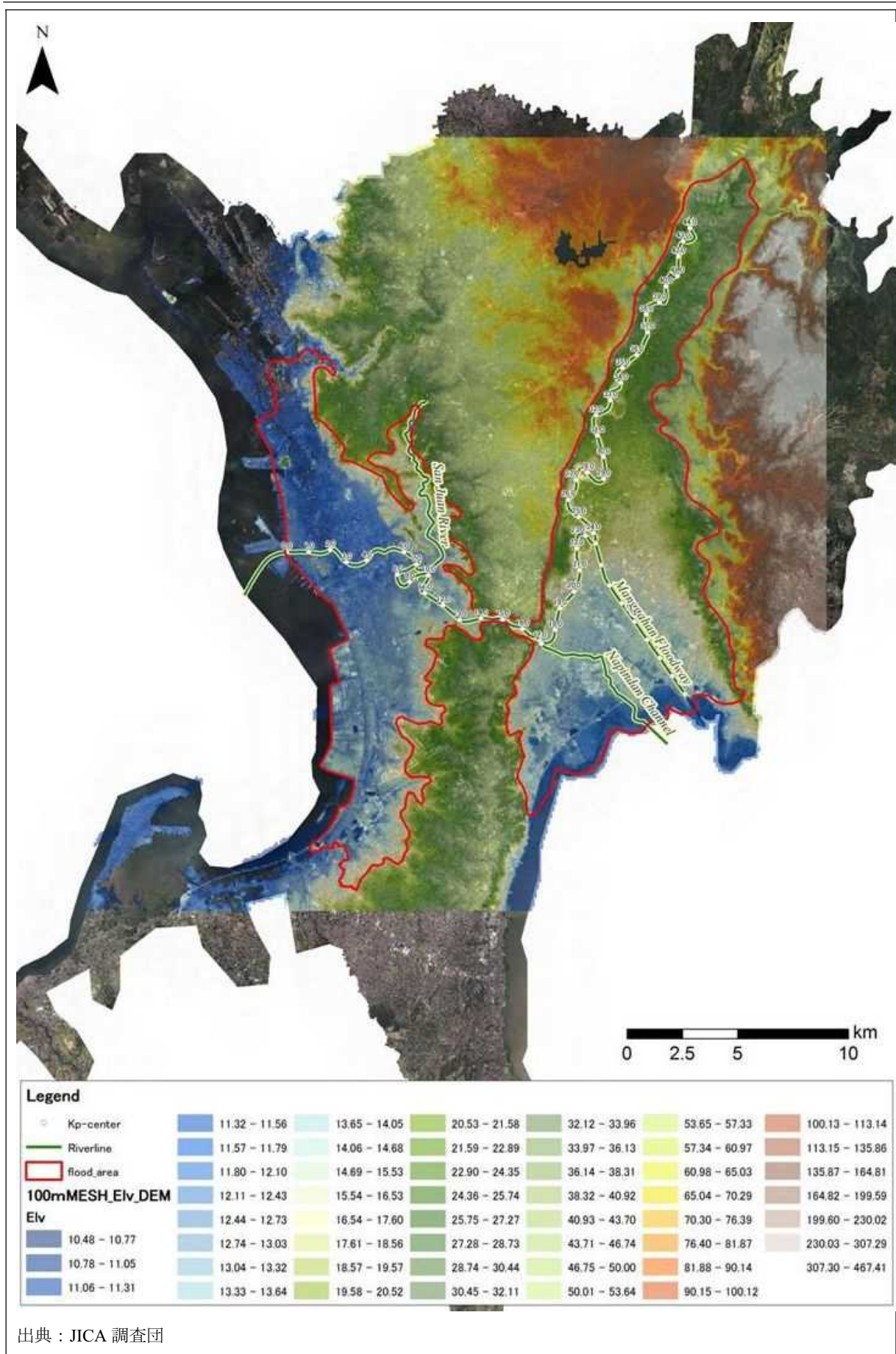


図 3.10 DEM データの図郭範囲

※ライダーデータ(空中レーザー測量調査)は、「Enhancing Risk Analysis Capacities for Flood, Tropical Cyclone Severe Wind and Earthquake for Greater Metro Manila Area - Component 5 of the Metro Manila Post-Ketsana Recovery and Reconstruction Program」の活動を通してAusAIDの資金によって実施された。



出典：JICA 調査団

図 3.11 100m メッシュ平均地盤高

< 氾濫解析の計算条件 >

氾濫原モデルは図 3.12 に示すとおりである。



出典：JICA 調査団

図 3.12 氾濫原モデル

氾濫解析の計算条件を以下に示す。

表 3.2 氾濫解析の計算条件

項目	条件	
計算手法	河道：一次元不定流計算 氾濫原：平面二次元不定流計算	
河道 条件	対象範囲	Pasig・Marikina (-2.800k~44.770k) San Juan (0.000k~10.500k) Napindan channel (0.000k~8.176k) Manggahan Floodway (0.000k~8.200k)
	計算ピッチ	概ね 100m~200m
	使用断面	2010年現況断面
	境界条件	ManilaBay：実績水位ハイドロ LagunaLake：実績水位ハイドロ
	粗度係数	Pasig・Marikina (-2.800k~30.350k)：0.028 Marikina (30.350k~44.770k)：0.030 San Juan (0.000k~10.500k)：0.030 Napindan channel (0.000k~8.176k)：0.030 Manggahan Floodway (0.000k~1.150k)：0.021 Manggahan Floodway (1.200k~8.200k)：低水路 0.030 高水敷 0.300
氾濫原 条件	氾濫形態	SanMateo 付近上流：沿川流下型 SanMateo 付近下流：拡散型
	地盤高	100mメッシュ平均地盤高 (LiDar データから作成)
	粗度係数	0.05
	溢水条件	堤防高と堤内地盤高の高い方

3.2 既往洪水の再現計算

構築した洪水解析モデルを用いて、実績降雨データをインプットデータとして、河川流量、河川水位、氾濫水位のシミュレーションを行い、実績河川流量、水位等との比較により、洪水解析モデルの妥当性を確認する。

3.2.1 H-Q 式の検証

(1) 既往調査における HQ 式

パッシング・マリキナ川河川改修事業(III)協力準備調査(以下、協力準備調査)及び Master Plan for Flood Management in Metro Manila and Surrounding Areas(以下、世銀調査)において、Sto.Nino 観測所における HQ 式をそれぞれ作成している。

それぞれの HQ 式により 2009 年洪水のピーク流量を算出すると、協力準備調査では 3,211m³/s、世銀調査では 3,950 m³/s と 700 m³/s 以上の差が生じている。

それぞれの HQ 式の作成方法は以下に示すとおりである。

<協力準備調査>

1990 年のマニラ洪水対策計画調査における HQ 式を踏襲している。これは 1958 年~1987 年における観測水位及び観測流量から算出された HQ 式である。この時の HQ 曲線及び観測流量を以下に示す。

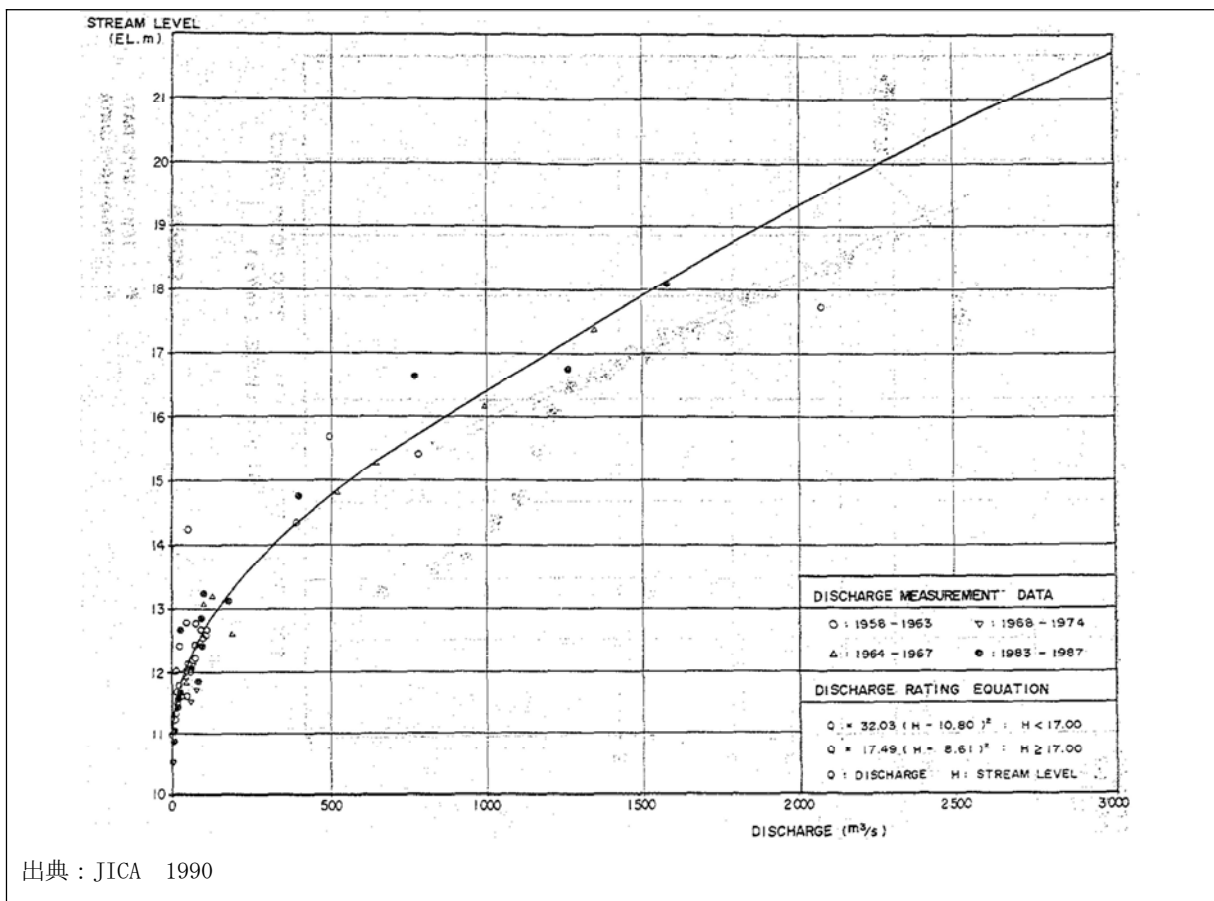
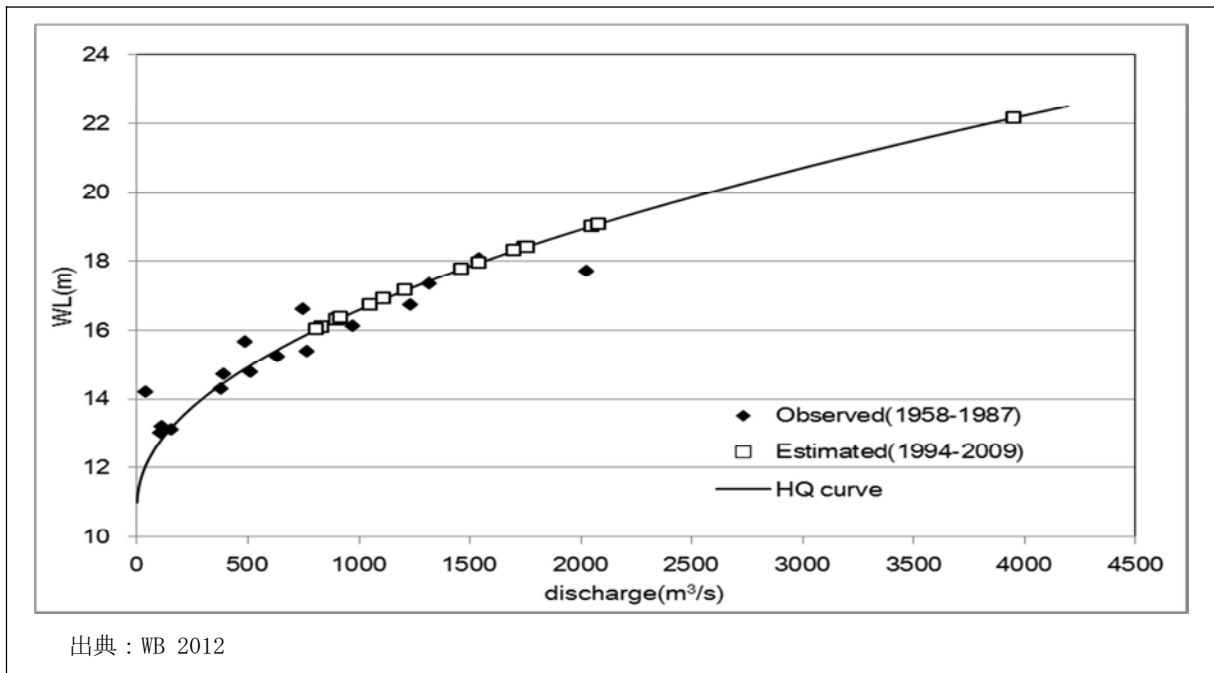


図 3.13 マニラ洪水対策計画調査におけるHQ曲線

<世銀調査>

1958年～1987年はマニラ洪水対策計画調査における観測水位及び観測流量を用いていると記載されている。(レポートの図には16点ほどのデータのみである。)

これに加え、1994年以降の観測水位から等流計算を用いて流量を推定し、上記のデータと併せてHQ式を求めている。なお、等流計算の条件は粗度係数 $n=0.033$ 、勾配 $1/1,500$ である。



は図 3.14 世銀調査におけるHQ曲線

(2) HQ 式の算定

本調査では、上記のそれぞれの HQ 式の妥当性を検証するため、HQ 式の再算定を行った。HQ 式の算定にあたっては、1994 年以降は流量観測が行われていないため、水位から流量を不等流計算により推定を行った。

<不等流計算条件>

- 対象水位：1994 年以降の年最大水位
- 計算対象区間：ロザリオ堰～Sto.Nino 観測所
- 断面データ：2010 年測量と LiDAR データより作成した断面の合成
- 下流端境界条件：Sto.Nino 観測所最大水位時の Rosario Junction Side 観測所水位。
- 粗度係数：河床、護岸、高水敷に以下に示す粗度を設定した。
 - 河床：水理公式集に記載される「土、直線、等断面水路」の標準値 0.022
 - 護岸：護岸部の植生状況から 0.030
 - 高水敷：背丈の高い草は見受けられなかったが、樹木が点在していることから標準的な高水敷の粗度である、0.050

河道内の合成粗度は概ね 0.024 程度、洪水時の流下断面における合成粗度で概ね 0.028 となった。水時の合成粗度は、協力準備調査で用いている粗度係数 0.028 と近似する結果である。また不等流計算の結果、1994 年以降の最大水位時の Sto.Nino 観測所付近のエネルギー勾配は 1/2,500～1/3,000 程度であった。以下に、Sto.Nino 観測所地点の測量及び LiDAR データより作成した断面及び現地写真を示す。

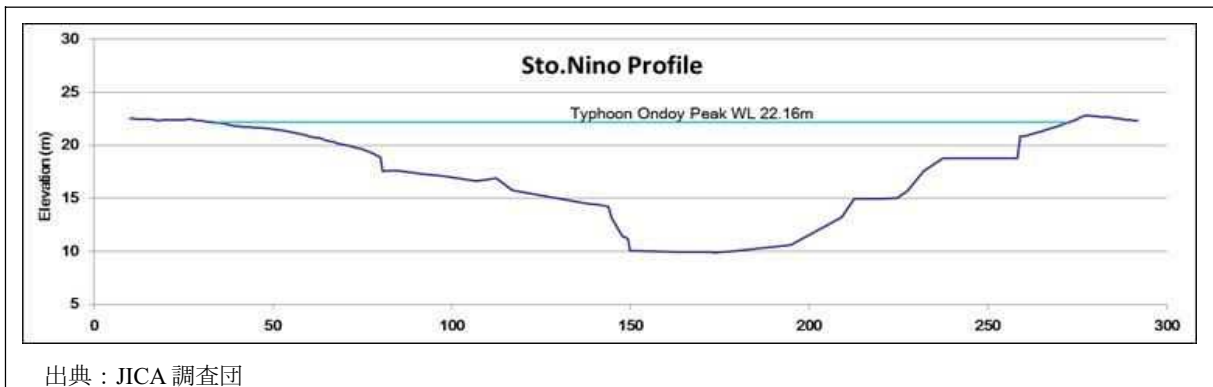


図 3.15 Sto.Nino 観測所付近 横断面図

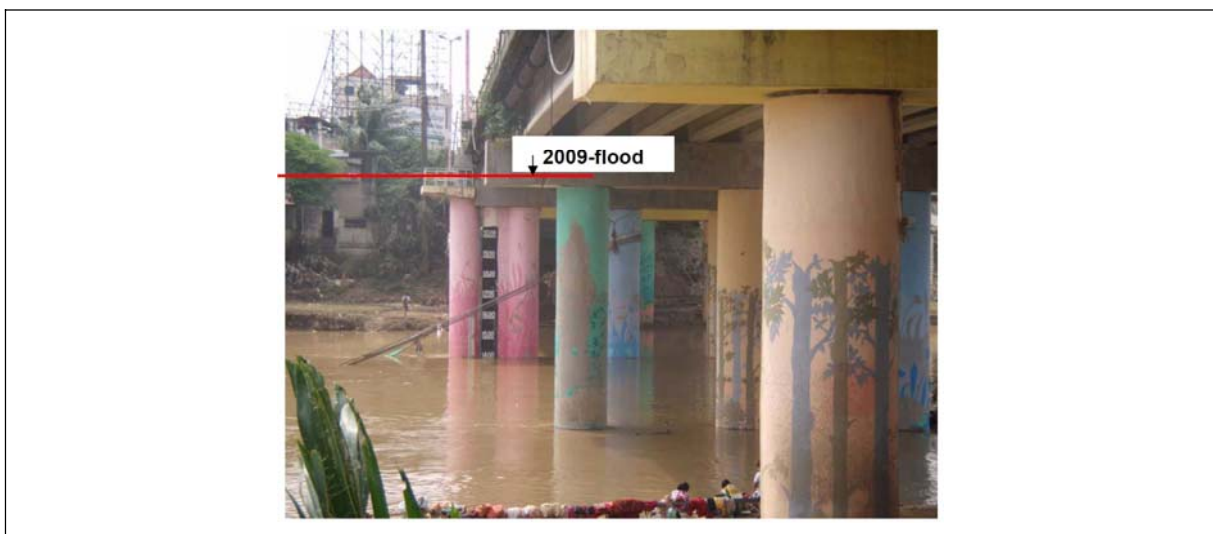


図 3.16 台風オンドイ後の Sti.Nino 橋



図 3.17 Sti.Nino 橋上流

前述の条件を用いて上流境界条件となる流量を変化させ、Sto.Nino 観測所水位と一致する流量をトライアル計算により求めた。以下に、年最大水位と推定流量を示す。

表 3.3 年最大水位及び推定流量

Year	Sto. Nino	
	WL(m)	Discharge(m ³ /s)
1994	16.33	890
1995	18.40	1,600
1996	16.08	770
1997	17.16	1,120
1998	18.41	1,580
1999	18.30	1,570
2000	19.02	1,880
2001	16.31	860
2002	17.94	1,410
2003	17.76	1,330
2004	19.08	1,940
2005	16.03	760
2006	16.37	890
2007	16.90	1,040
2008	16.74	1,020
2009	22.16	3,480
2010	NA	NA
2011	19.13	1,920
2012	20.42	2,570

出典：JICA 調査団

HQ 式算定範囲

マニラ洪水対策計画調査において HQ 式算定のために用いられた観測流量は、低水観測は密であるのに対して、水位 14m 以上の資料は 13 点と少ない。水位 14m 以下については資料が多いことから、精度が高いものと考えられる。よって、本調査では水位 14m 以上を対象とした HQ 式を算定した。

HQ 式

1958 年～1987 年の水位 14m 以上の観測流量、1994 年以降の推定流量を用いて HQ 式の算定を行った。結果は、以下に示すとおりであり、2009 年の最大水位 22.16m における流量は約 3,500m³/s となる。

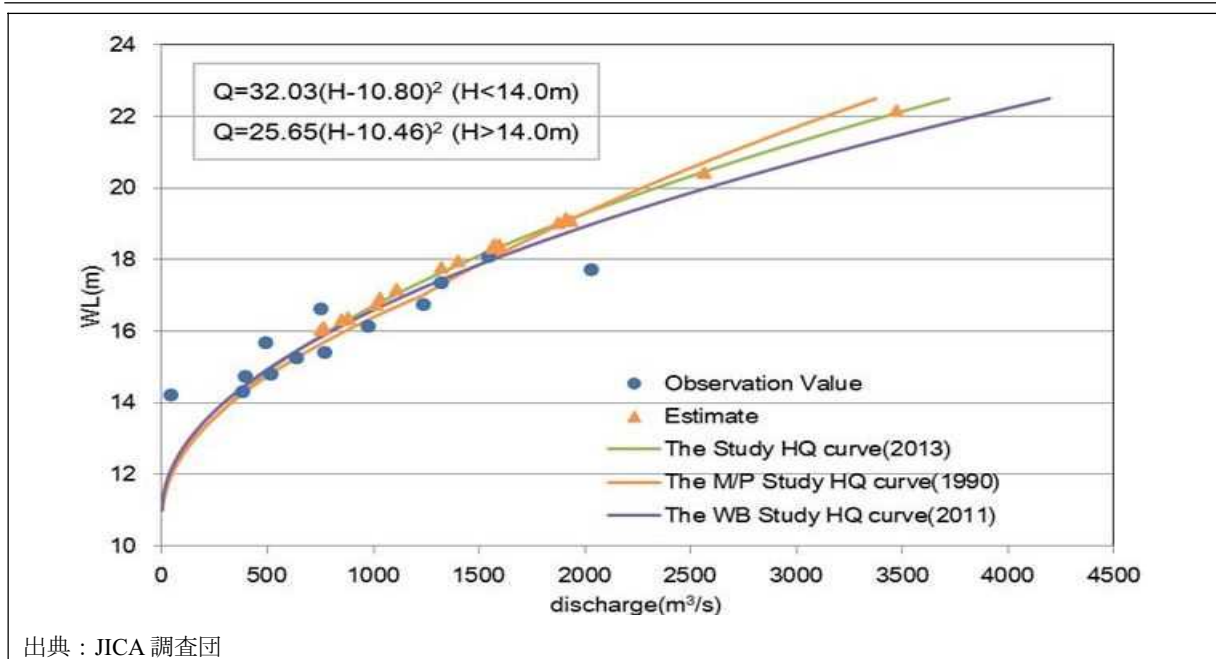


図 3.18 再算定した HQ 曲線

(3) 既往調査における HQ 式の妥当性

協力準備調査

観測水位、観測流量を用いて HQ 式を算出しているため、現状に一致した HQ 式を考えられる。しかしながら、出水時の流量観測データが不足気味である、2,000m³/s 以上の流量観測は 1 点のみであり、且つ他の観測データと比べ観測流量の精度に疑問があるデータである。以上のことより、水位が低いときの精度は高いが、2,000m³/s 以上の流量については低水位に比べ精度が低いものと考えられる。

世銀調査

観測流量に近年の推定流量を加えて HQ 式を求めており、2,000m³/s 以上のデータも用いている。しかしながら、以下の理由により推定流量の精度に問題があると考えられ、HQ 式の精度には問題があるものと思われる。

- 等流計算に用いているエネルギー勾配が 1/1500 となっているが、本調査で不等流計算を行ったところ、年最大水位におけるエネルギー勾配は 1/2500～1/3000 となっており、設定されているエネルギー勾配が大きすぎると考えられる。
- 粗度については断面一律 $n=0.033$ を与えているが、不等流計算では河床及び護岸部分の粗度が 0.022、0.030 を用いて、高水敷に上がらない水位では、観測流量から作成された HQ 式による流量とほとんど差がないことから、河道の粗度は 0.023 程度と推定され、設定されている $n=0.033$ は大きすぎるものと考えられる。
- エネルギー勾配が大きく設定されていると流量は大きくなり、粗度が大きく設定されていると流量は小さくなるが、エネルギー勾配の違いが大きく、全体として流量が課題に算出されている。

実測流量を用いて算定された協力準備調査における HQ 式が妥当であると判断されるが、2,000m³/s 以上の流量では精度に問題があるため、本調査では再算定された HQ 式を用いるものとする。

3.2.2 台風オンドイにおける Sto.Nino 観測所ピーク水位について

台風オンドイにおける Sto.Nino 観測所水位は、9 月 26 日 18 時に 22.16m を記録した後、欠測となっているため、ピークが明確となっていない。本検討では、既往の主要洪水における観測水位から台風オンドイにおける Sto.Nino 観測所ピーク発生時間を推定した。

検討に用いる観測所は、時刻水位資料が整理されている上流の Montalban 観測所、Sto.Nino 観測所、そして下流の Rosario JS 観測所の 3 観測所とした。以下に既往の主要洪水における各観測所のピーク水位観測時刻を整理した。この結果、Montalban と Sto.Nino のピーク生起時間は 1～3 時間と

ばらつきがあり、尚且つ Montalban においても台風オンドイではピークを観測されていない可能性が高い。

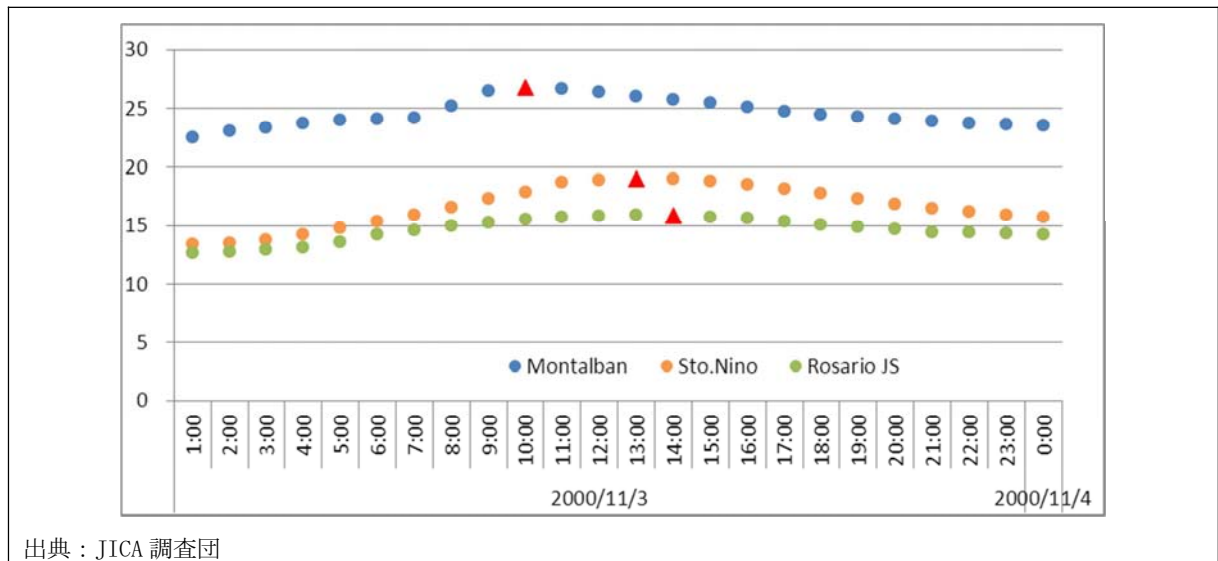
一方、Sto.Nino と Rosario JS の水位波形は同様の傾向を示しており、ピークの生起時間の差は 1 時間または 2 時間となっている。2011 年、2012 年洪水はモンスーンに起因する洪水であり、ピークが複数ある波形を示している。このため、2011 年、2012 年の時間差よりも台風に起因する 2000 年、2004 年における時間差が、台風オンドイ時の時間差により近いものと考えられる。2000 年、2004 年はピークが鋭く、2009 年の波形と類似しており、Sto.Nino と Rosario JS のピーク生起時間の差は 1 時間である。また、前述した不等流計算における流速は、2.3～3.8m/s となっており、平均では 2.5m/s であった。平均流速 2.5m/s として、Sto.Nino から Rosario JS までの洪水到達時間は $6550\text{m} \div 2.5\text{m/s} = 2620$ 秒であり、約 44 分の遅れが生じている計算となる。

以上より、Sto.Nino と Rosario JS のピーク生起時間の差は 1 時間と想定され、台風オンドイにおける Sto.Nino 観測所のピーク水位生起時間は 17 時前後と想定される。

表 3.4 既往主要洪水における各観測所ピーク水位観測時間

Occurrence date	Peak Time			Time lag of Sto.Nino and Rosario JS
	Montalban	Sto.Nino	Rosario JS	
2000.11.3	10:00	13:00	14:00	1:00
2004.11.30	0:00	2:00	3:00	1:00
2009.9.26	-	-	18:00	-
2011.9.27	15:00	18:00	19:00	1:00
2012.8.7	14:00	15:00	17:00	2:00

出典: JICA 調査団



出典: JICA 調査団

図 3.19 各観測所の観測水位(2000年)

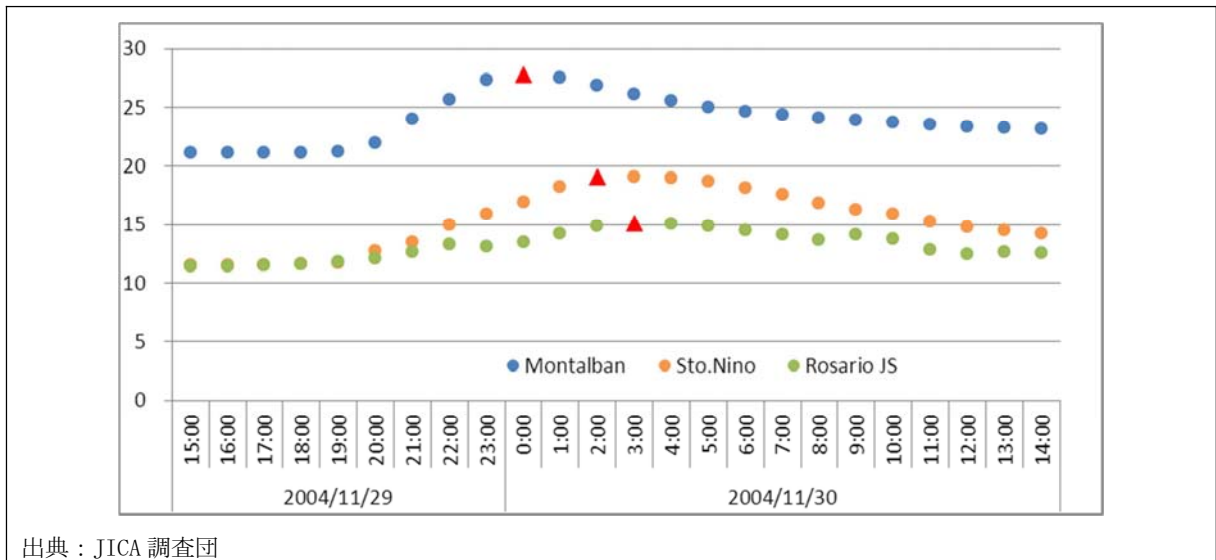


図 3.20 各観測所の観測水位(2004年)

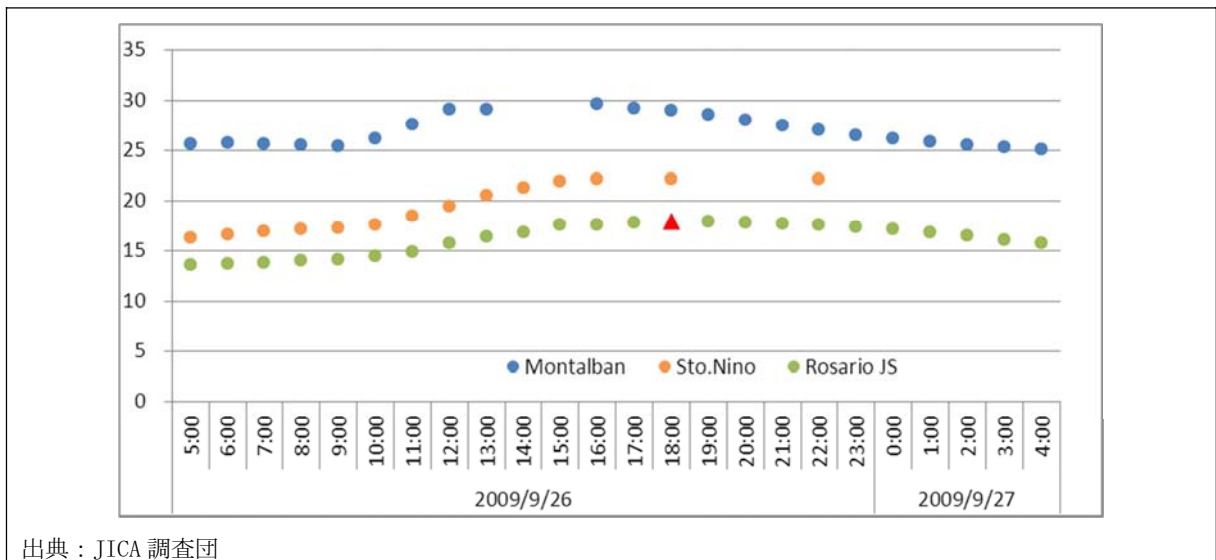


図 3.21 各観測所の観測水位(2009年)

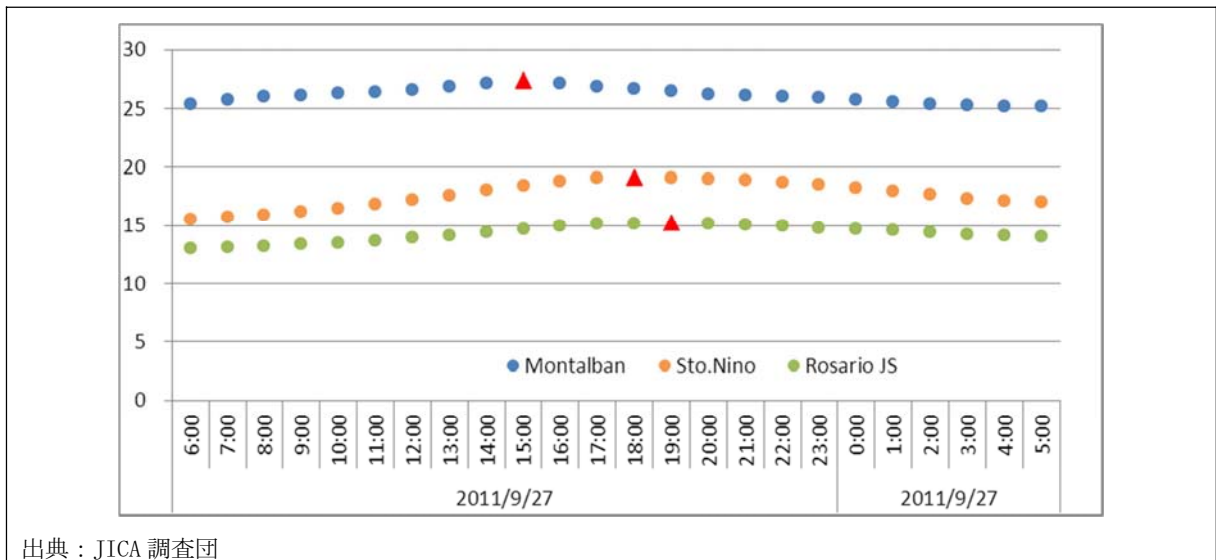


図 3.22 各観測所の観測水位(2011年)

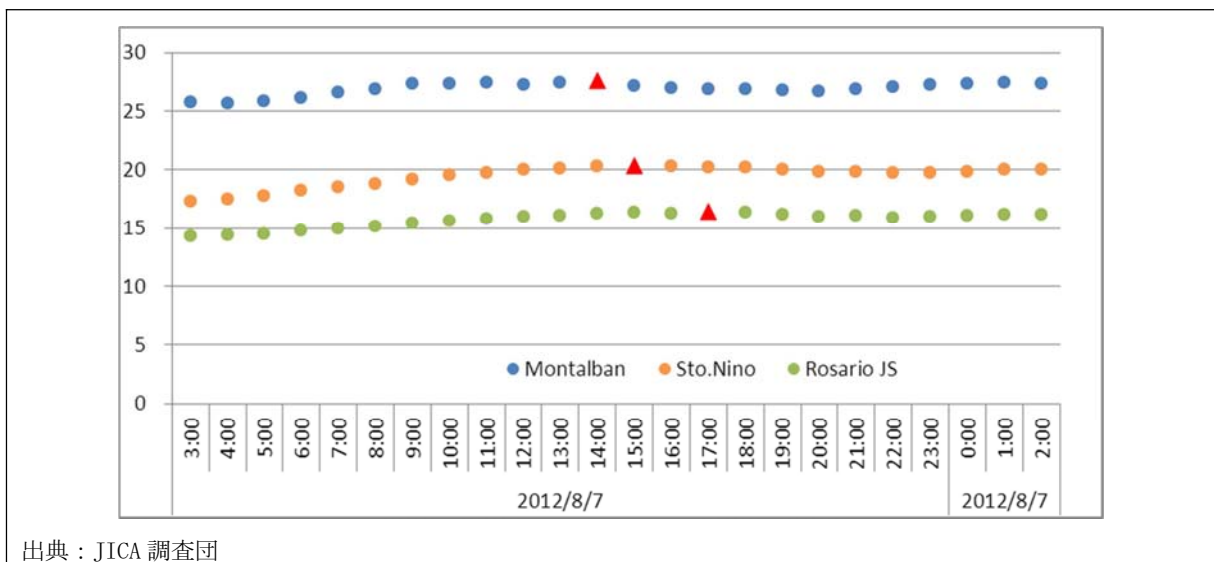


図 3.23 各観測所の観測水位(2012年)

3.2.3 検討対象洪水

再現計算の対象洪水は 1994 年以降で時間雨量および時間水位記録の得られた洪水で、Sto.Nino 地点で時間水位の大きい上位 5 洪水 (図 3.24 参照) の中から、流域平均日雨量の大きい、2009 年の台風 Ondoy、2004 年 11 月洪水および 2012 年 8 月洪水の 3 洪水を再現計算の対象洪水とした。

モデルのキャリブレーションは浸水実績範囲 (図 3.25 参照) が調査された 2009 年の台風 Ondoy により実施した。

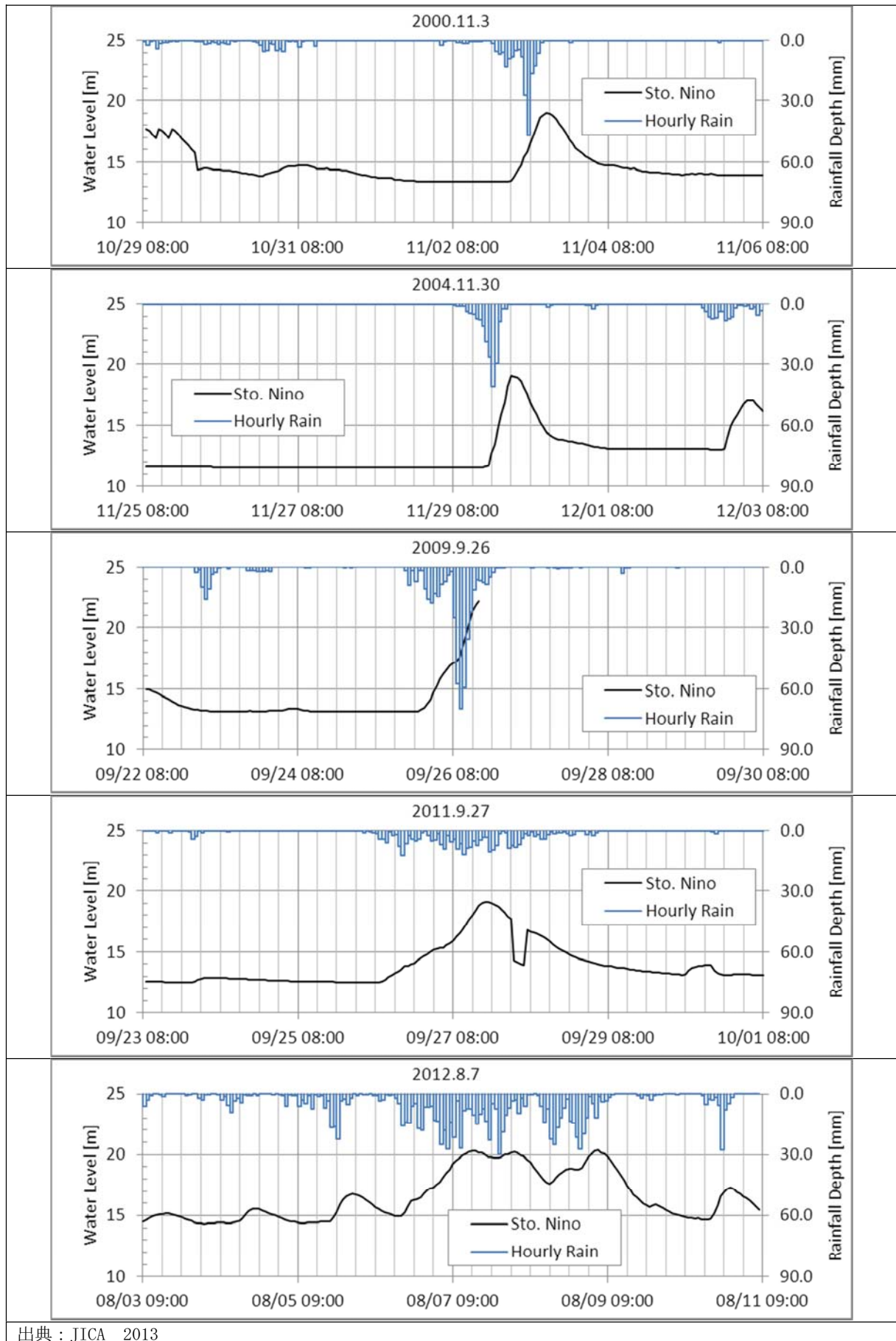
- キャリブレーション：2009 年の台風 Ondoy (既往最大)
- 検証：2004 年 11 月 29 日～30 日洪水 (1994 年以降で Sto.Nino の水位が第 4 位)
- 検証：2012 年 8 月 7 日～9 日洪水 (1994 年以降で Sto.Nino の水位が第 2 位)

表 3.5 再現計算対象洪水

洪水月日	要因	最大水位 Sto. Ninō (EL. m)	流域平均雨量 Sto. Ninō (mm/1day)	採用	備考
2000 年 7 月 7 日	台風	19.02	178.0 (1/10)	-	1994 年後で Sto. Nino の水位が第 5 位
2004 年 11 月 29 日	台風	19.08	190.2 (1/10-1/20)	● 検証	1994 年後で Sto. Nino の水位が第 4 位
2009 年 9 月 26 日 台風 Ondoy	台風	22.16	290.8 (1/110)	● 同定	既往最大
2011 年 6 月 24 日	台風	19.13	152.0 (1/5)	-	1994 年後で Sto. Nino の水位が第 3 位
2012 年 8 月 7 日	モンスーン性	20.42	271.7 (1/200)	● 検証	1994 年後で Sto. Nino の水位が第 2 位

出典：JICA 調査団

()：確率規模、台風性およびモンスーン性の確率雨量は異なる。



出典：JICA 2013

図 3.24 上位5洪水の実績ハイドロ (Sto. Ninō)

よって、同定されたモデルを用いて流出解析及び氾濫解析を行うものとする。

<WEB-DHM モデル>

「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)」(以下基礎調査)において設定された定数を基に、短期流出を精度良く再現出来るパラメータを設定する。

短期流出の再現が目的であるため、短期流出に大きく係わる、表層土壌パラメータ(ksat1,ksat2,ksq)及び河道に関するパラメータの内、粗度について基礎調査で同定されたパラメータの修正を行った。

<氾濫モデル>

Sto.Nino 地点の流量は上流の氾濫量により変わってくる。このため、協力準備調査で設定された河道内の粗度係数をベースに調整を行った。

(2) 再現計算結果

<2009年 台風 Ondoy>

① WEB-DHM モデル

実測水位を基に HQ 式で算出された流量と、計算流量との比較を行いながら、表層土壌パラメータ及び等価粗度係数の設定を行った。

WEB-DHM は流出モデルであるので氾濫前の流量がアウトプットとなる。そのため、定数の同定にあたっては、氾濫が生じないような流量において波形が一致すること、後述する氾濫解析において氾濫エリア、氾濫後の流量が一致することに留意し設定を行っている。

以下に、同定された定数における計算流量と、実測流量との比較を示す。

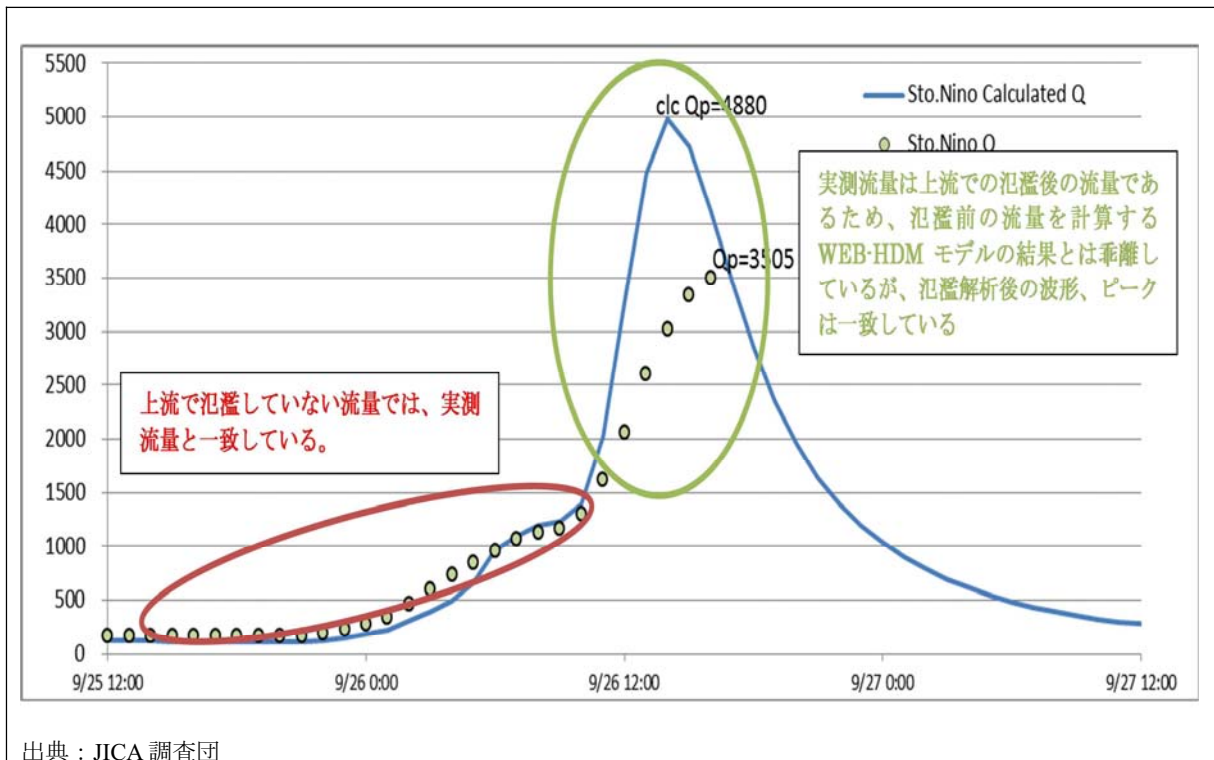


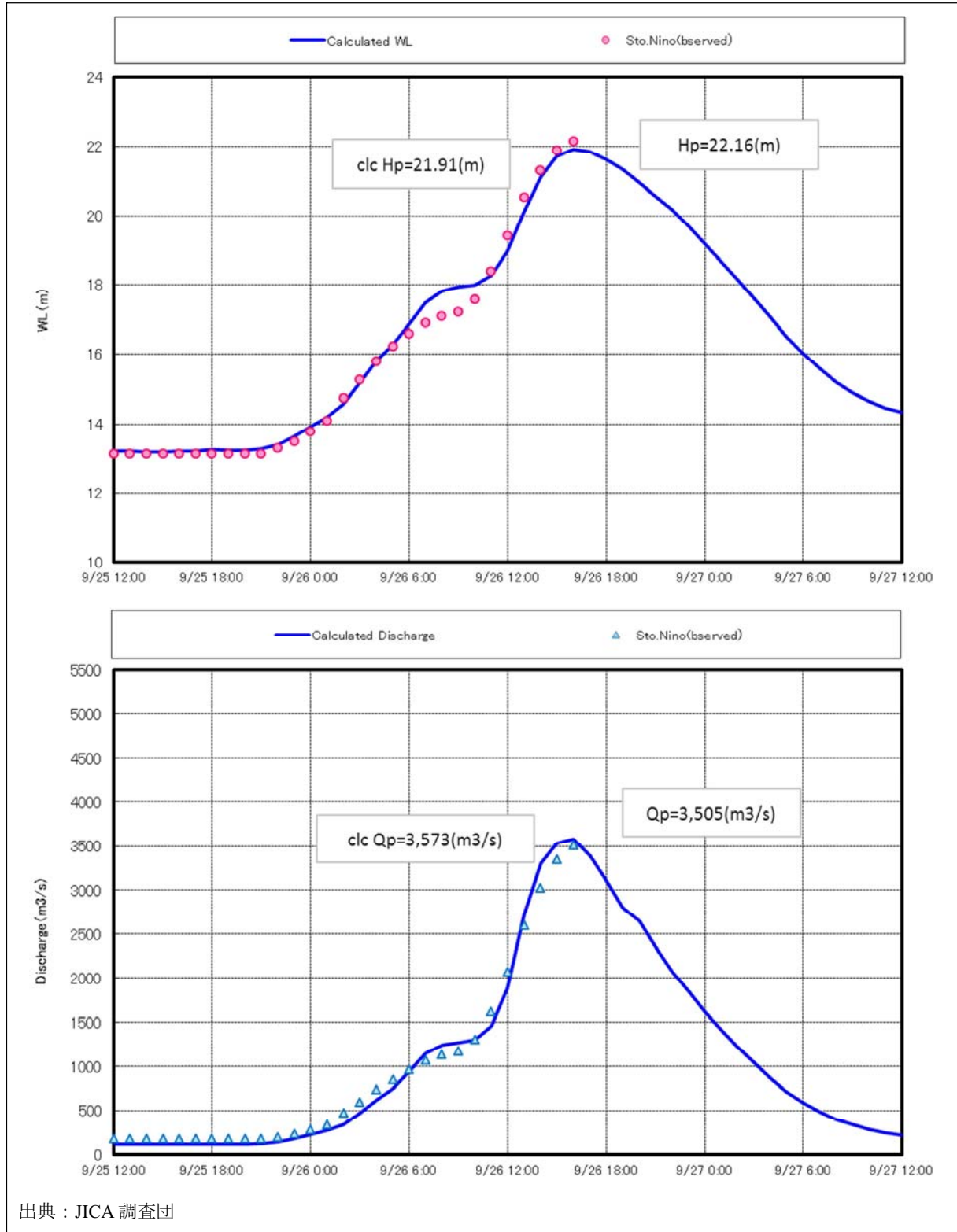
図 3.26 2009年洪水 実績ハイドロ及び計算ハイドロ (Sto.Nino 観測所)

② 氾濫モデル

実測水位および HQ 式で算出された推定流量と、計算水位・流量との比較を行いながら、粗度係数の調整を行った。主に、洪水の立ち上がり及びピークが再現出来るパラメータ設定を行っている。

以下に、同定した粗度係数における計算流量と、実測流量との比較を示す。

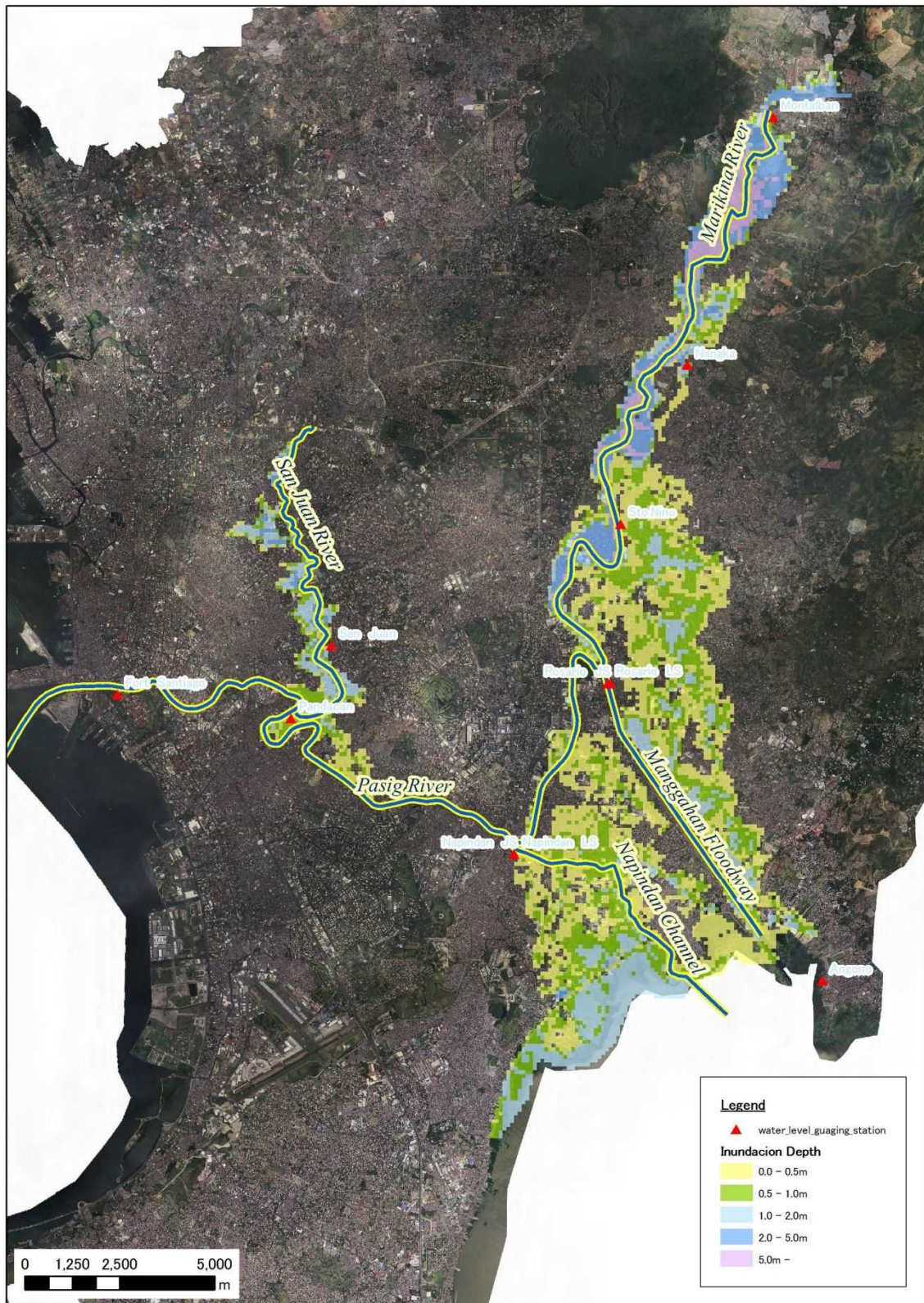
次ページにこの時の最大浸水深図を示した。



出典：JICA 調査団

図 3.27 2009 年洪水 実績ハイドロ及び計算ハイドロ (Sto. Nino 観測所)

2009



出典：JICA 調査団

図 3.28 2009 年洪水 氾濫シミュレーション結果 (最大浸水図)

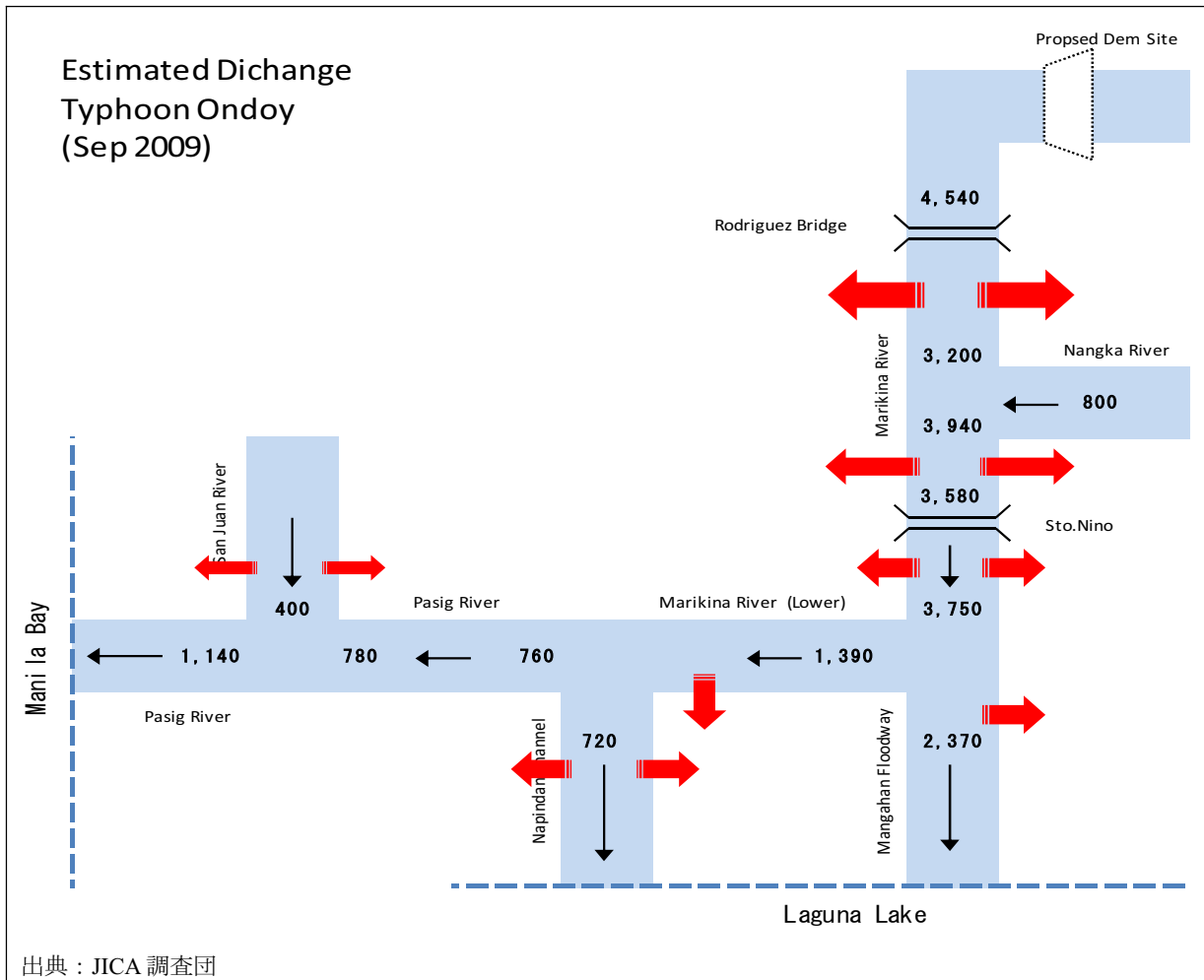


図 3.29 2009 年洪水による再現計算：洪水ピーク流量の推定

<2004 年 11 月 29 日～30 日洪水>

前述した 2009 年で同定した定数にて 2004 年 11 月 29 日～30 日洪水を計算した結果を以降に示す。

① WEB-DHM モデル

以下に、同定された定数における計算流量と、実測流量との比較を示す。

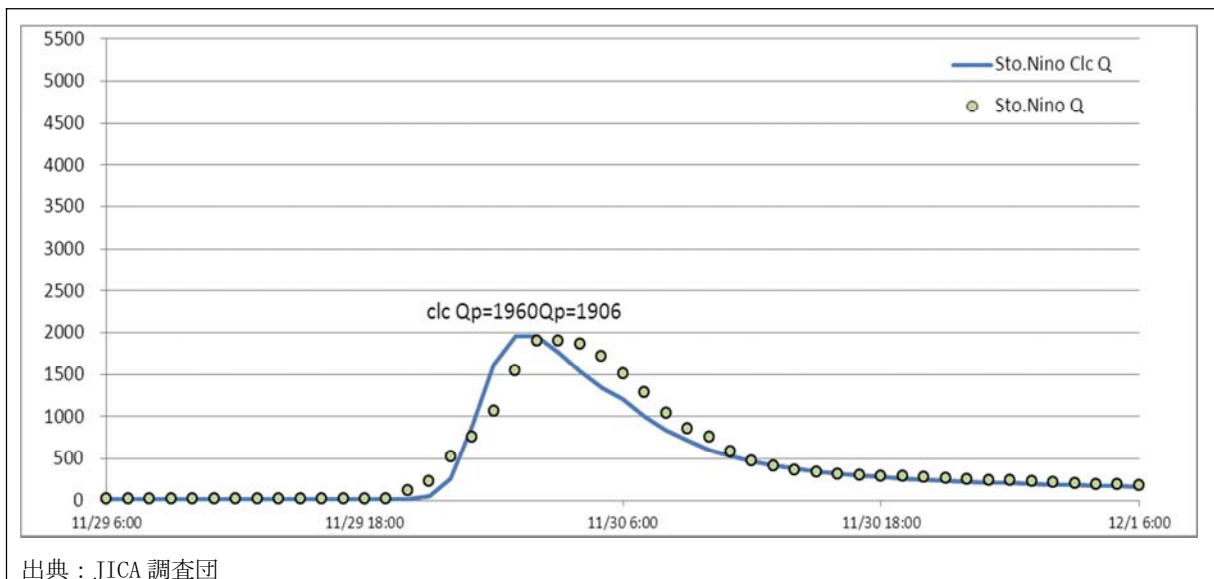


図 3.30 2004 年洪水 実績ハイドロ及び計算ハイドロ (Sto. Nino 観測所)

② 氾濫モデル

以下に、同定した粗度係数における計算流量と、実測流量との比較を示す。次ページにこの時の最大浸水深図を示す。

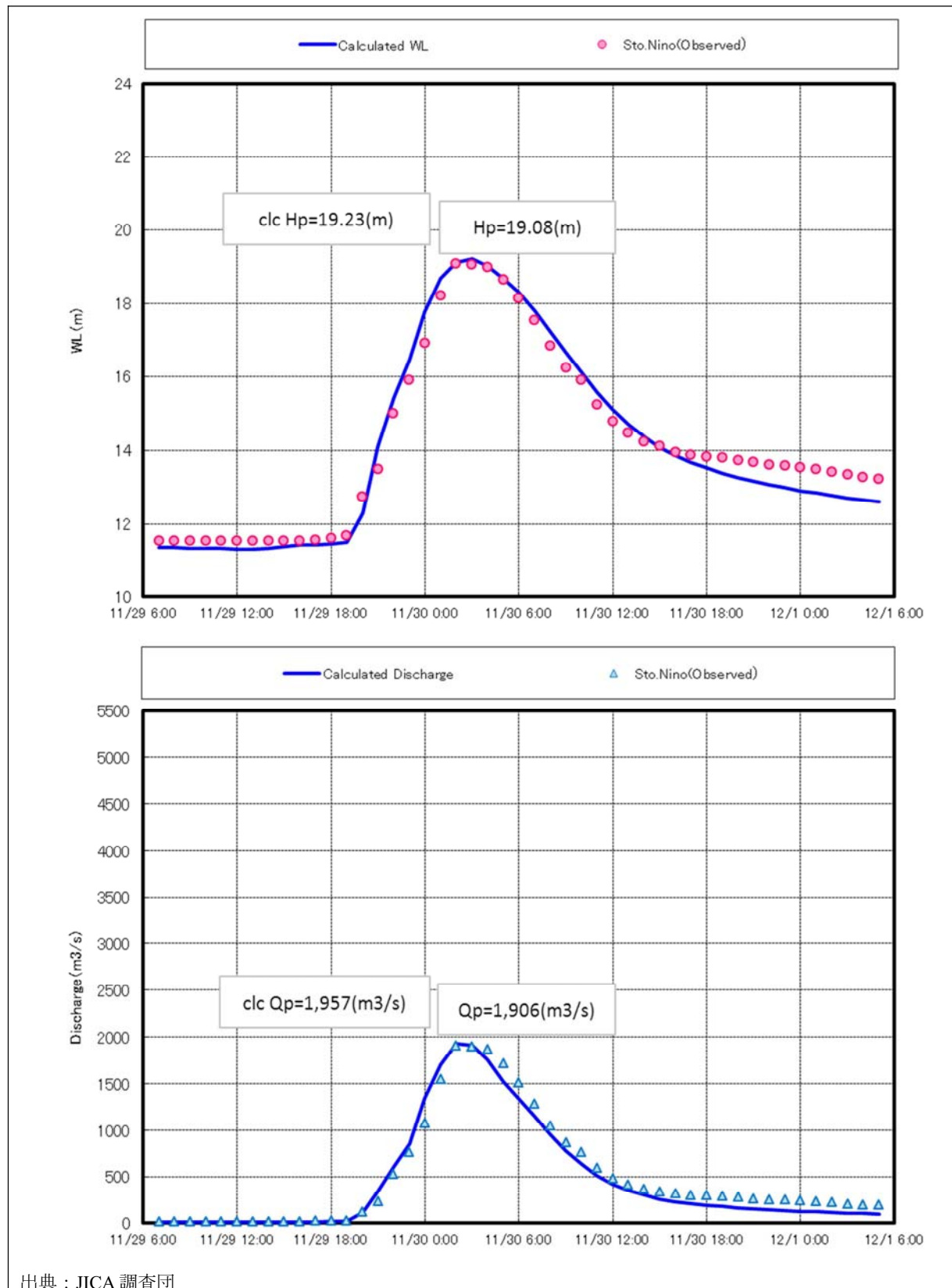
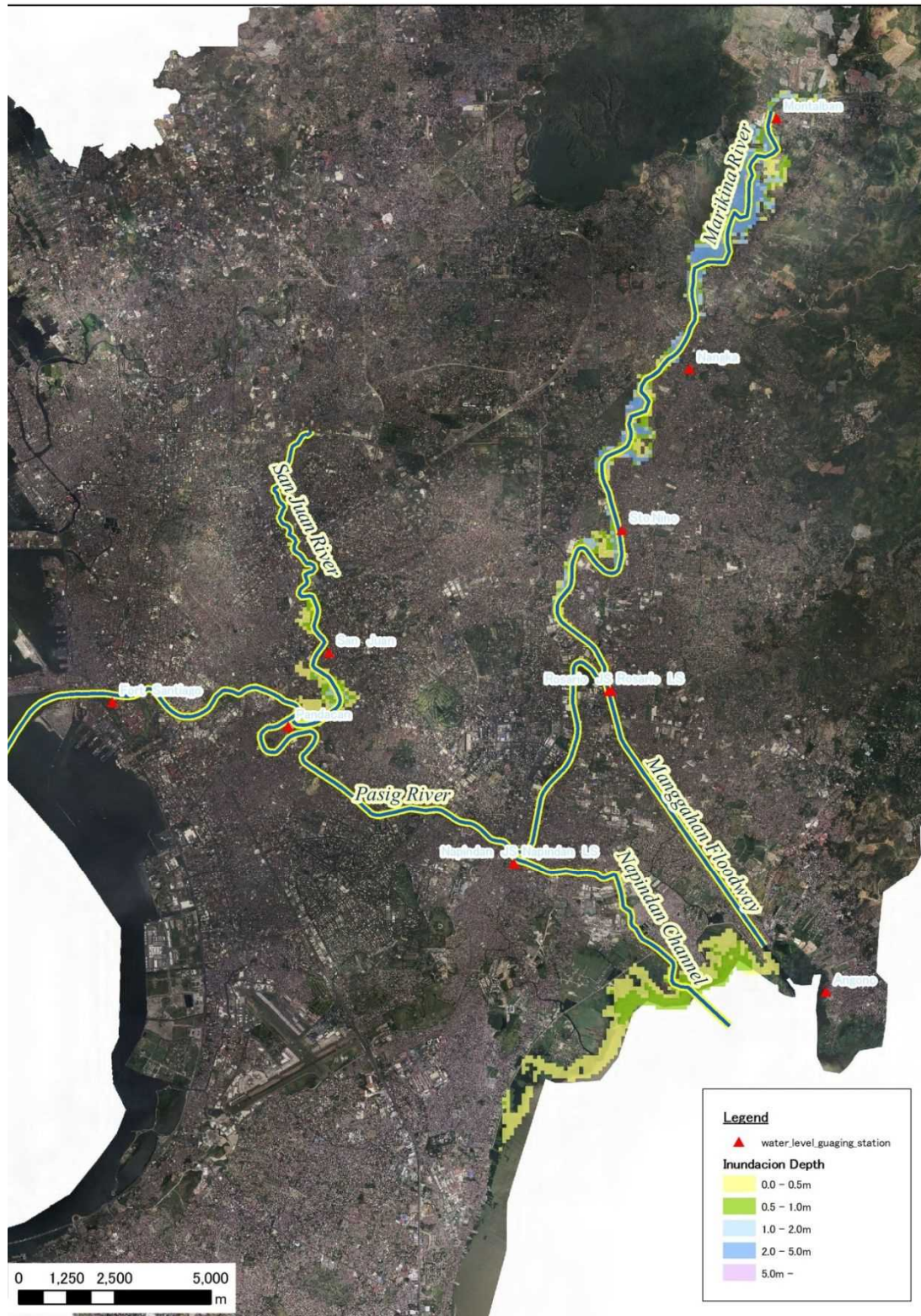


図 3.31 2004 年洪水 実績ハイドロ及び計算ハイドロ (Sto. Nino 観測所)

004



出典：JICA 調査団

図 3.32 2012年洪水 氾濫シミュレーション結果

<2012年8月7日～10日洪水>

前述した2009年で同定した定数にて2012年8月7日～10日洪水を計算した結果を以降に示す。

① WEB-DHM モデル

以下に、同定された定数における計算流量と、実測流量との比較を示す。

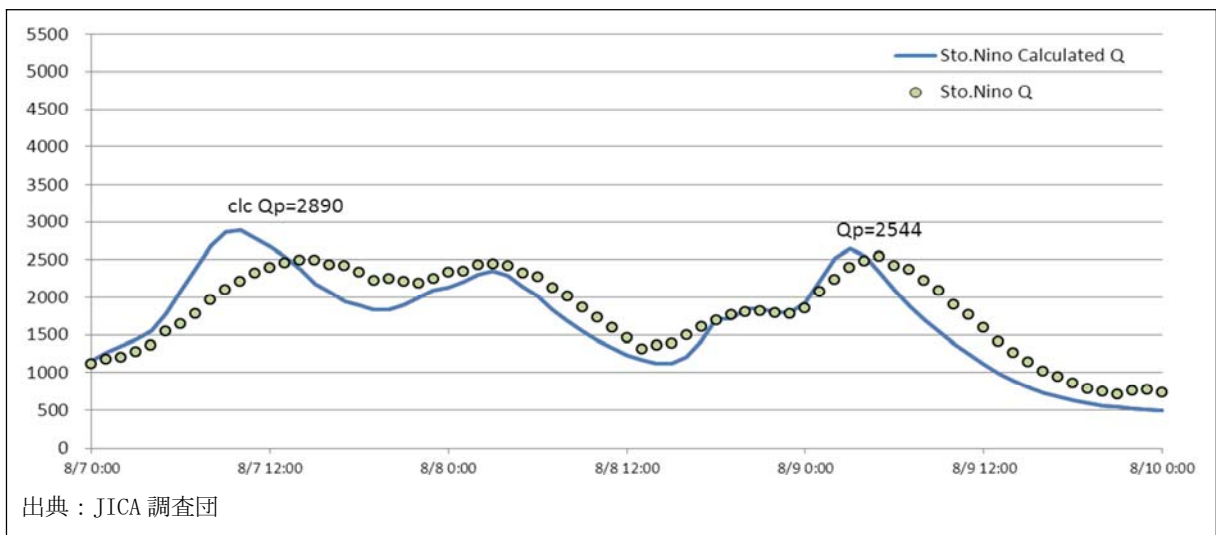


図 3.33 2012 年洪水 実績ハイドロ及び計算ハイドロ (Sto. Nino 観測所)

② 氾濫モデル

以下に、同定した粗度係数における計算流量と、実測流量との比較を示す。次ページにこの時の最大浸水深図を示す。

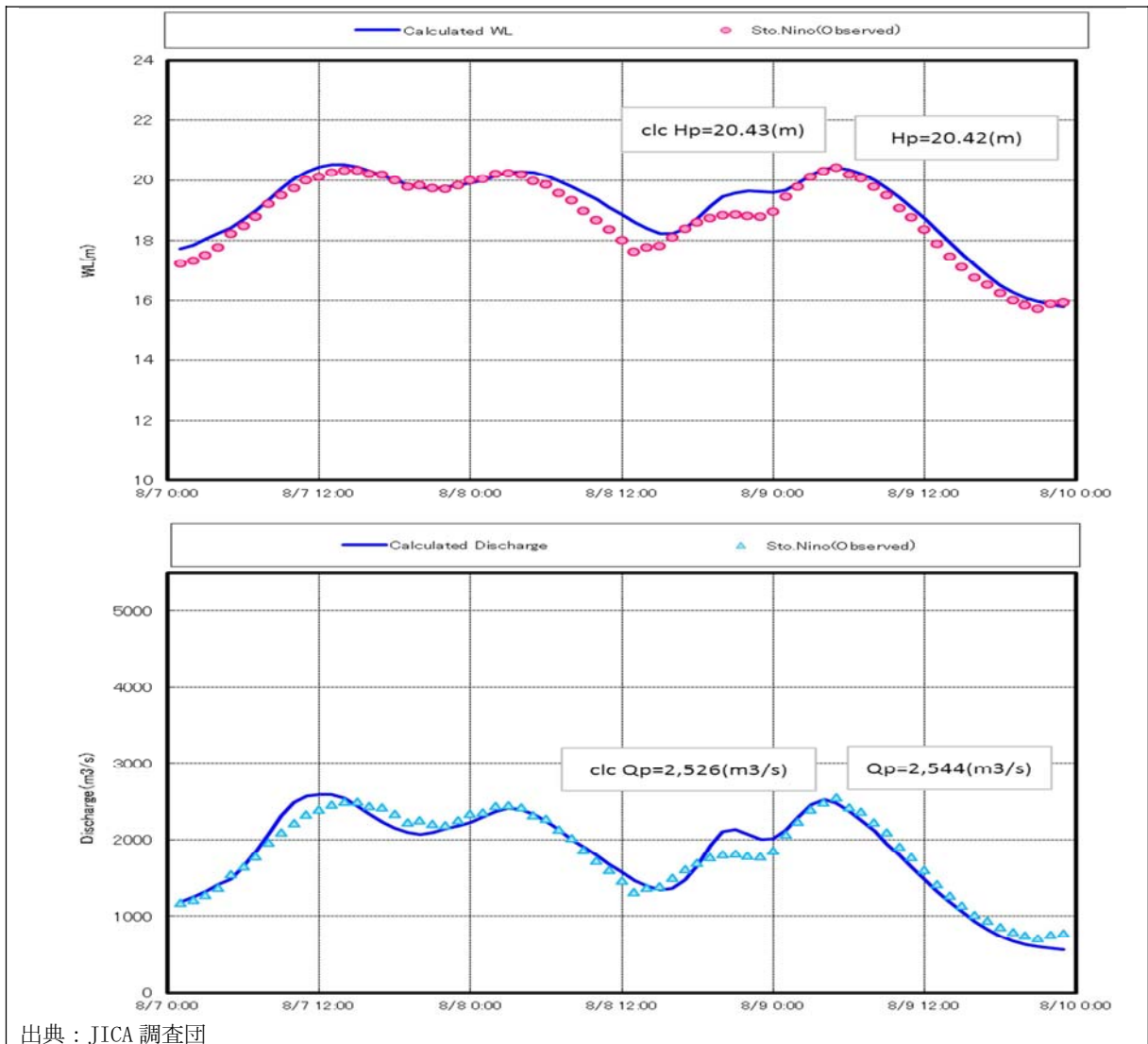
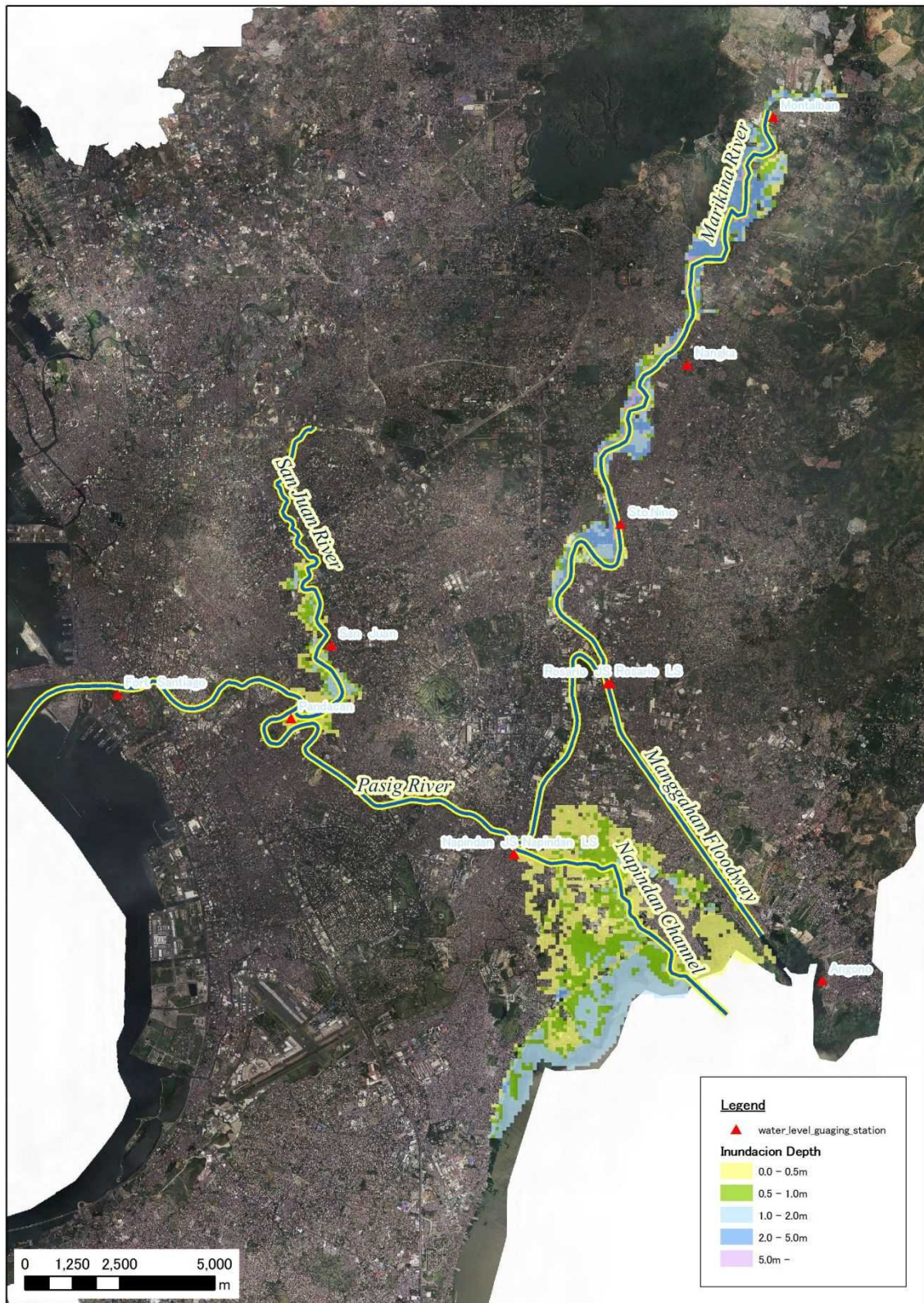


図 3.34 2012 年洪水 実績ハイドロ及び計算ハイドロ (Sto. Nino 観測所)

2012



出典：JICA 調査団

図 3.35 2012 年洪水 氾濫シミュレーション結果

(3) 解析結果の評価

氾濫解析の境界条件となる流出量を計算する WEB-DHM では、実績波形と計算結果が一致していないが、これは WEB-DHM モデルが氾濫前の流量を計算するモデルで、下図に示す氾濫が生じていない条件で計算が行われるものであり、氾濫が生じるような流量では、氾濫による流量の減少を見込んでいないため実績と異なる結果となるものである。

WEB-DHM モデルによる流出解析結果については、氾濫が生じていない流量では波形が一致していること、WEB-DHM モデルの計算結果を境界条件とした氾濫解析後の波形がピーク付近も含め一致していることから、氾濫前の流出計算結果は妥当であると判断される。

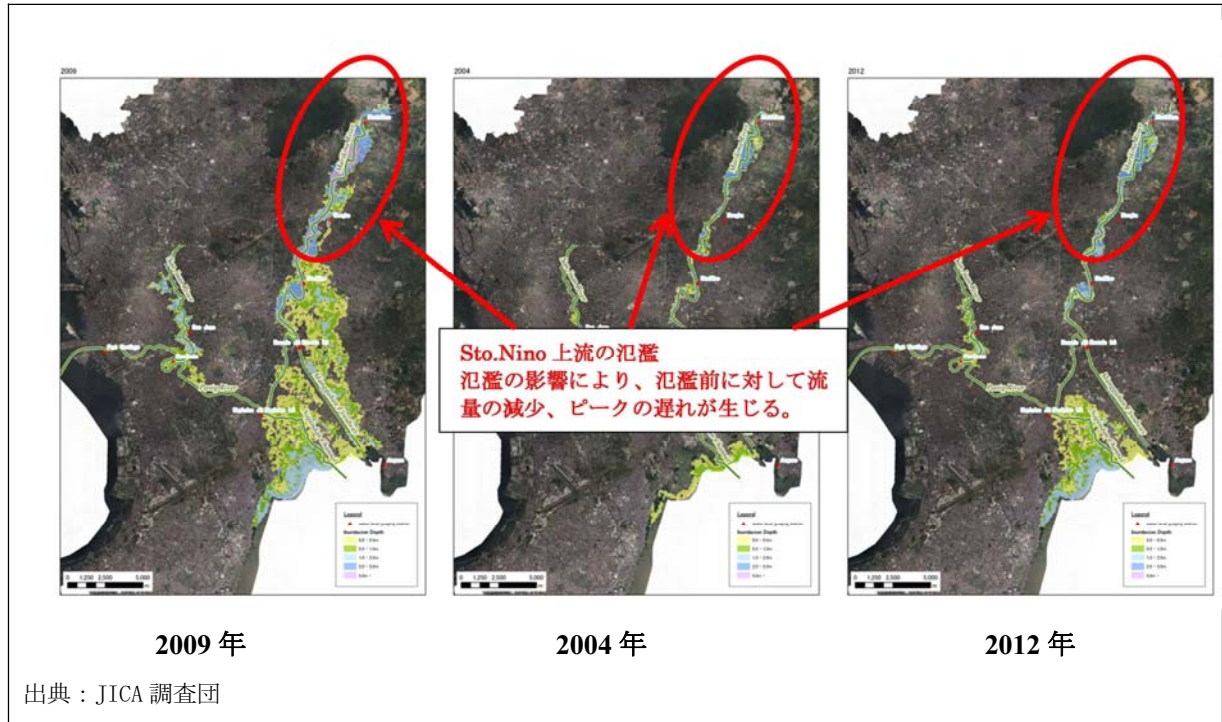


図 3.36 氾濫シミュレーション結果

また氾濫解析モデルまでを統合した、洪水解析モデル再現計算結果は前述したとおりであり、既往最大流量が発生した 2009 年洪水、比較的ピークの小さな 2004 年洪水、ピークが比較的大きく、複数回発生している 2012 年洪水に対して、精度の高い再現結果となった。

このように、傾向の異なる 3 つの洪水について高い精度で再現計算が行われたことから、構築した洪水解析モデルと同定した定数を用いて、基本高水流量並びに計画高水流量の検討を行う。

第 4 章 計画高水流量の検討

4.1 前提条件の整理

既存施設及び「パッシング・マリキナ川河川改修事業(Ⅲ)」に係る計画、過去の河道計画で設定された計画高水位、現況河道の流下能力、既存調査(「マニラ洪水対策計画調査」、世界銀行調査"Master Plan for Flood Management in Metro Manila and Surrounding Areas")における提案事業諸元等の前提条件を整理する。

4.1.1 既存施設

マンガハン放水路

マンガハン放水路はパッシング・マリキナ川の 100 年確率規模の洪水からマニラ首都圏の中心部を守るために 1988 年に完成した。マンガハン放水路は、設計流量 $2,400\text{m}^3/\text{s}$ で設計された。

現在、マンガハン放水路は高水敷上の不法住居や土砂堆積が河積阻害となり、完成当時の流下能力 ($2,400\text{m}^3/\text{s}$) 以下となっており、本来の能力が失われている。

マンガハン放水路の左岸にはカインタ・ブリ・マホ各川の流入があるが、将来的には計画中の東マンガハン放水路に取り込まれ、ラグナ湖へ排水される。

ロザリオ堰

ロザリオ堰は、マンガハン放水路とパッシング・マリキナ川の分派を制御する目的で 1986 年に建設された。洪水時は洪水規模に応じてゲート操作を行い、洪水流の一部をラグナ湖へ流し、下流域の安全を確保する。また、ラグナ湖の水位がマリキナ川の水位より上昇した場合にラグナ湖の水位を下げ、ラグナ湖周辺の安全度を確保する時に、ゲート操作が行われる。さらに環境保全の観点から、本来別々の水系であるパッシング・マリキナ川流域とラグナ湖流域を分断する役割をもつ。

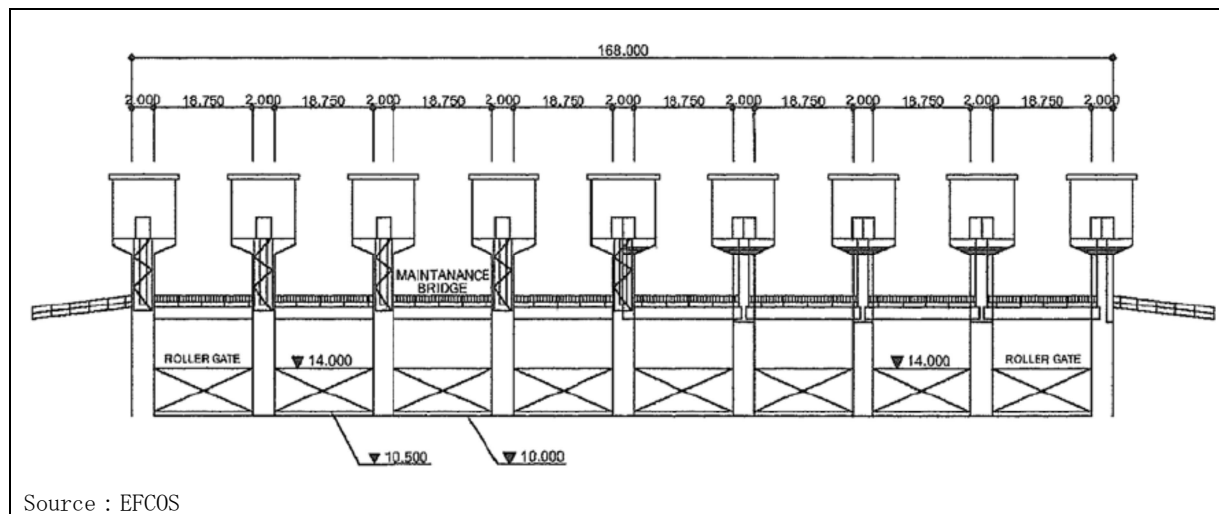
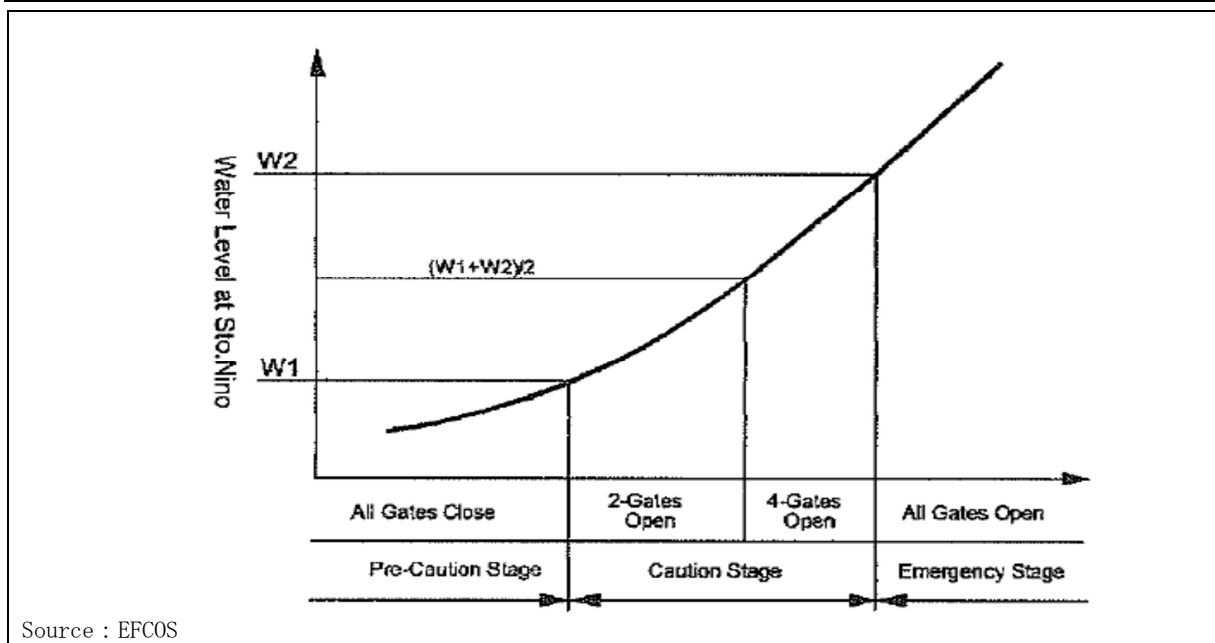


図 4.1 ロザリオ堰の諸元



Source : EFCOS

図 4.2 ロザリオ堰の操作ルール

4.1.2 現況河道の流下能力

現況河道の流下能力を表 4.1 の条件により検討を実施した。結果は、表 4.2 および図 4.3～図 4.6 現況流下能力図(Upper Upper Marikina)に示すとおりである。各区間の現況流下能力の平均値は計画流量に対して、パッシング川では約 50%、マリキナ下流では約 80%、マリキナ上流マリキナ上流上流では約 20%程度であり、パッシング川、マリキナ上流、マリキナ上流上流において整備率が低い状況にある。

表 4.1 現況流下能力算定条件

項目	内容
計算手法	不等流計算
河道断面	2010 年現況断面、100m ピッチ
粗度係数	Pasig (-2.800k ~17.1k) :n=0.028 Lower Marikina (17.1k~23.700k) :n=0.028 Upper Marikina (23.700k~30.350k) :n=0.028 Upper Upper Marikina (30.350k~44.770k) :n=0.030
出発水位	朔望平均満潮位 11.4 (-2.800k)
流量配分	1/30 既往計画流量をベースに 0.1 倍、0.2 倍、0.4 倍、0.6 倍、0.8 倍、1.0 倍、1.2 倍、1.4 倍の 8 ケース
評価高	現況堤防高、堤内地盤高、HWL

出典：JICA 調査団

表 4.2 パッシング・マリキナ川の流下能力（堤防高評価）

River Name	Stretch (Km)	Flow Capacity (m ³ /s)			Design Discharge for PMRCIP(m ³ /s)
		Present Condition			
		Average	Minimum	Maximum	
(1) Pasig River	0.0-1.0	1,200	900	1,500	1,200
	1.0-4.0	600	200	1,200	
	4.0-7.0	1,000	600	1,500	
	7.0-17.1	500	200	1,000	
(2) Lower Marikina	0.0-6.5	400	200	1,000	550
(3) Upper Marikina	6.6-13.2	400	100	2,900 以上	2,900
(4)Upper Upper Marikina	13.2-27.62	500	50	2,900 以上	-

出典：JICA 調査団

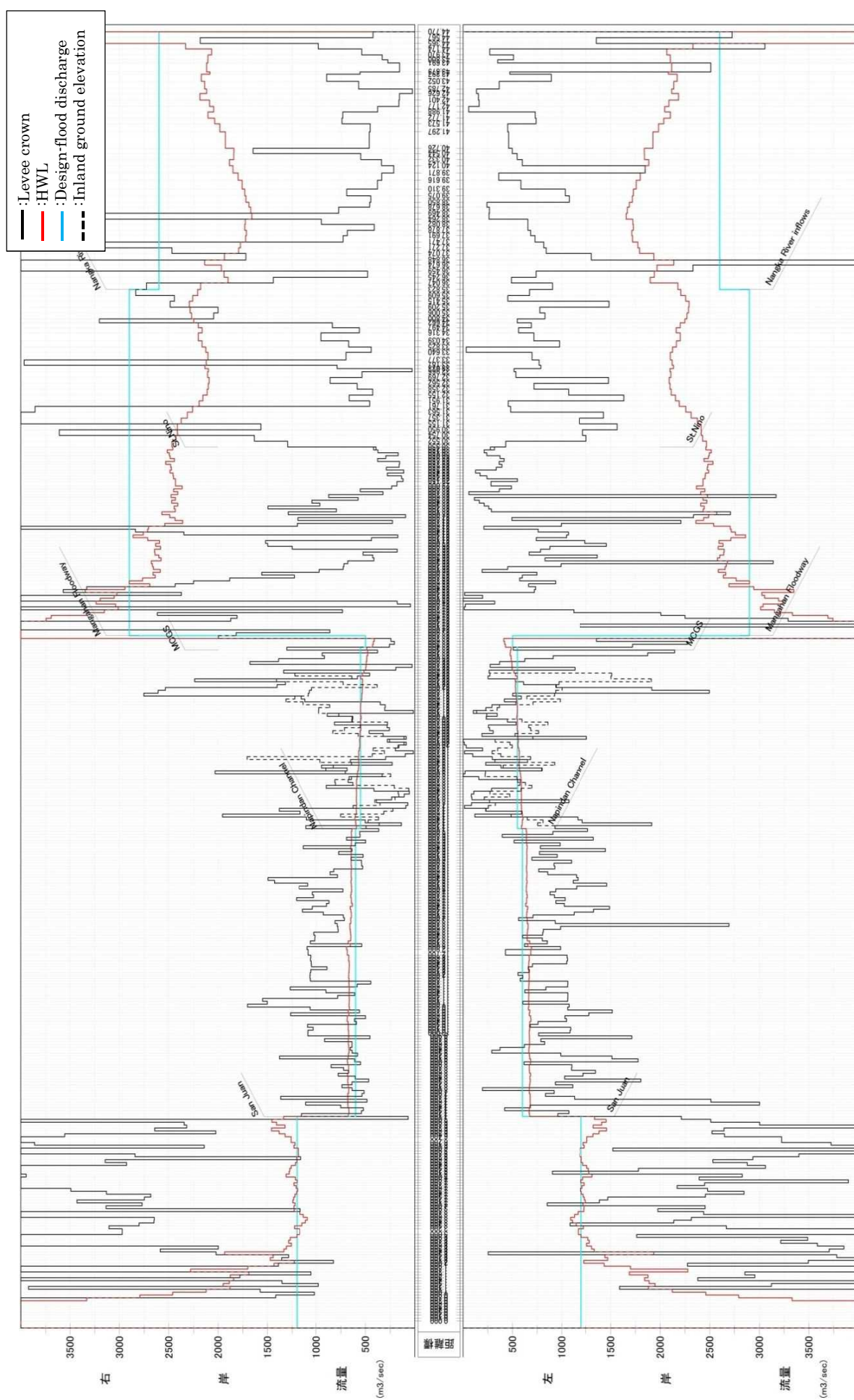
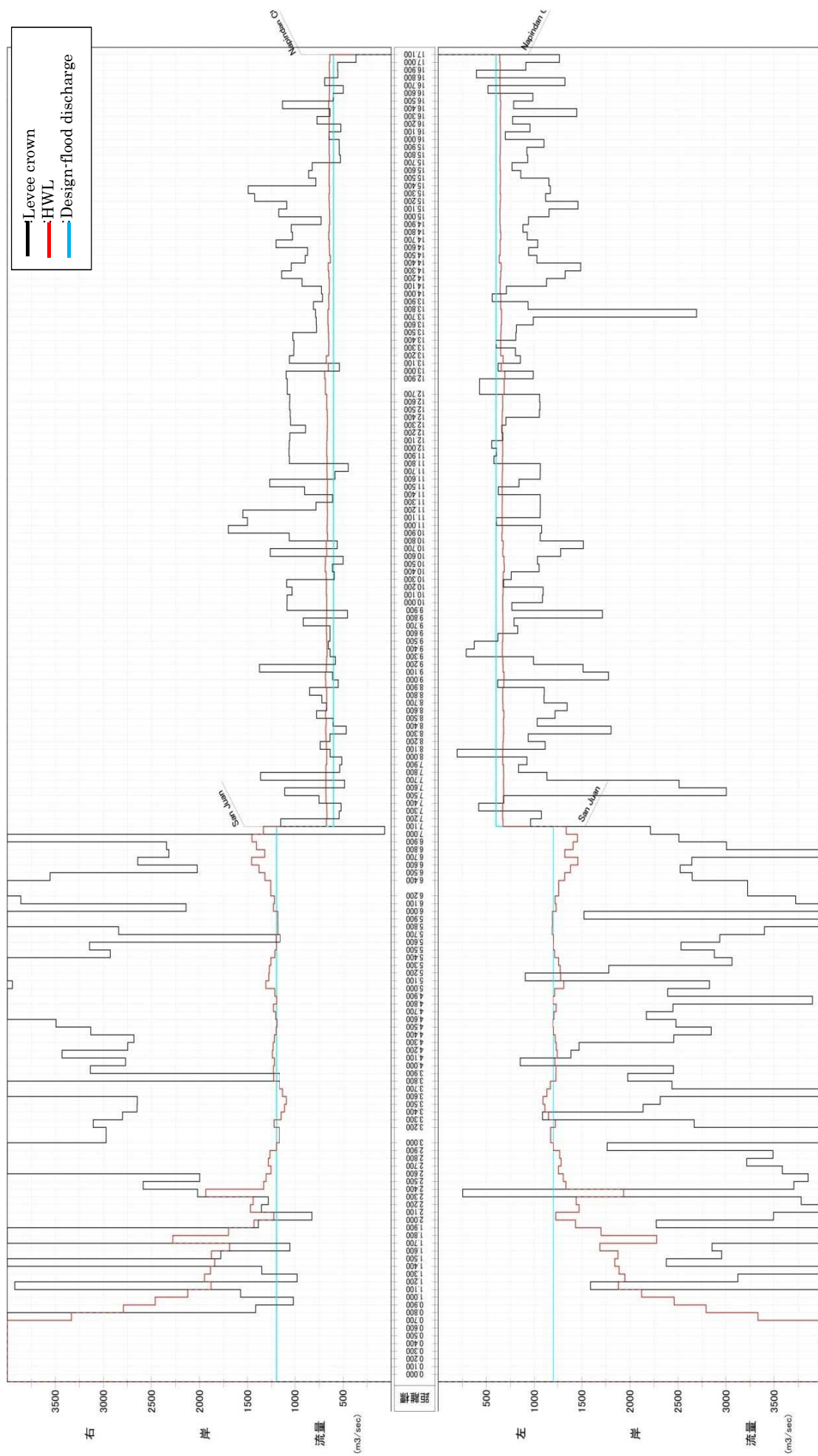


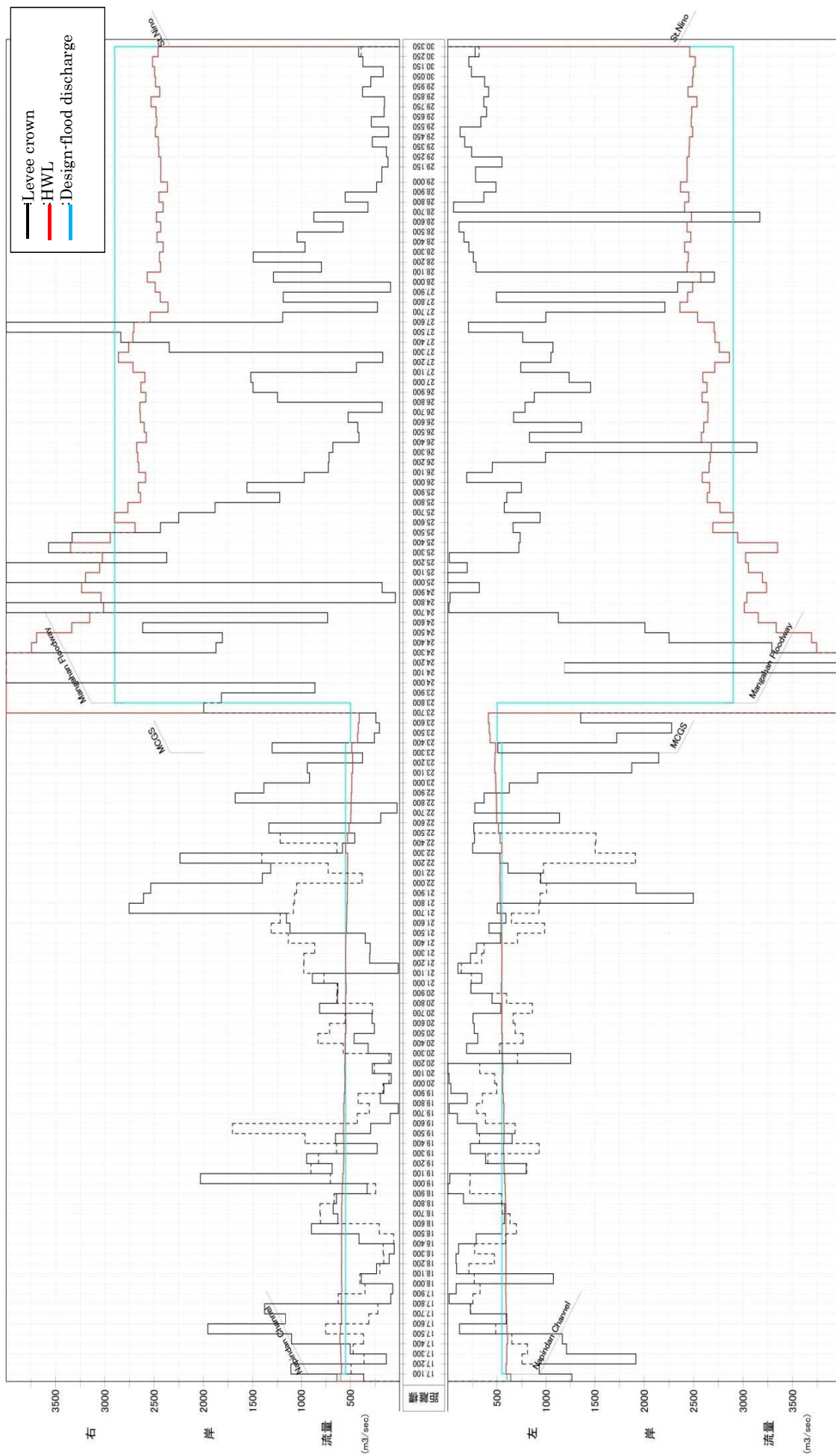
図 4.3 現況流下能力図 (Pasig River・Marikina River)

出典：JICA 調査団



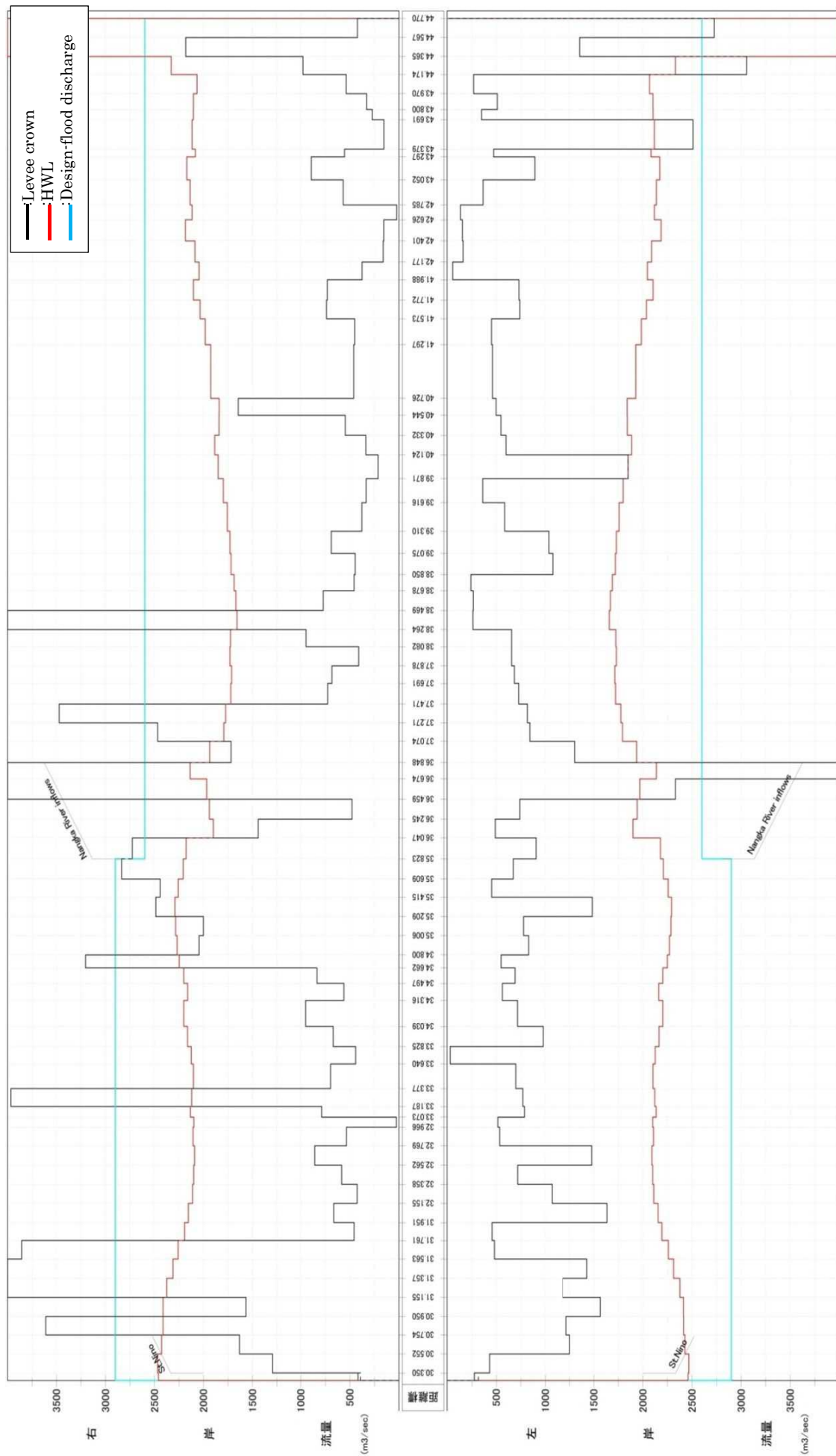
出典：JICA 調査団

図 4.4 現況流下能力図 (Pasig River)



出典：JICA 調査団

図 4.5 現況流下能力図 (Lower Marikina, Upper Marikina)



出典：JICA 調査団

図 4.6 現況流下能力図 (Upper Upper Marikina)

4.1.3 マニラ洪水対策計画調査における提案事業諸元

マニラ洪水対策計画調査における提案事業諸元は以下に示すとおり、1/100の治水安全度を目標としたマスタープランが立案され、マリキナダム、MCGS、河川改修が提案されている。

(1)パシグ・マリキナ川					
a. 河川改修					
河川 区間名	区間 距離 (m)	フレームワークプラン (100年確率)		マスタープラン (100年確率)	
		計画流量 (m ³ /s)	工事	計画流量 (m ³ /s)	工事
パシグ川	18,495	1,150 500	浚渫 補修	フレームワークプランに同じ	
マリキナ川下流	6,700	500	同上	フレームワークプランに同じ	
マリキナ川上流	20,505	2,900	浚渫 築堤	フレームワークプランに同じ	
カファン川 (支川)	10,653	900	浚渫	フレームワークプランに同じ	
b. 構造物					
構造物		フレームワークプラン (100年確率)		マスタープラン (100年確率)	
マリキナ堰 (MCGS)		ローラーゲート 高さ 10.0m × 幅 17.5m × 2門		フレームワークプランに同じ	
マリキナダム		コンクリート重力ダム ダム高70m オリフィス型洪水吐		フレームワークプランに同じ	
パンダカン橋 (付替)		鋼製プレートガーダー スパン 137.6m × 幅 5.4m		フレームワークプランに同じ	
(5) ラグナ湖					
構造物	区間距離 (m)	フレームワークプラン		マスタープラン	
ナピندان川 改修	5,242	浚渫 築堤 (計画湖水位：12.5m 堤防天端高：13.3m)		浚渫 築堤 (計画湖水位：13.8m 堤防天端高：14.6m)	
湖岸堤	10,700	築堤 (計画湖水位：12.5m 湖岸堤天端高：14.2m)		築堤 (計画湖水位：13.8m 湖岸堤天端高：15.5m)	
ハラニヤケ 放水路	9,200	浚渫 (河床幅：60m)			

出典：JICA 1990

図 4.7 洪水対策調査における計画高水流量(1/100)

4.1.4 パッシング・マリキナ川河川改修事業(Ⅲ)

2009年のオンドイ台風の発生を受けて、2011年度のパッシング・マリキナ川河川改修事業(Ⅲ)協力準備調査において、計画高水流量配分の見直しがなされた。以下に河川改修計画の抜粋を示す。

(1) 事業の目的

1) 全体事業の目的

全体事業の目的は以下の項目にあるようにマニラ首都圏の都市開発を容易にし河川沿いの好ましい環境を改善するためにパッシング・マリキナ川の河川氾濫によって生じる洪水被害を軽減することである。

- ✓ マニラ首都圏およびリサル州の一部を含む地域での生活・衛生条件を改善する目的で生命、家畜、財産およびインフラ設備への洪水災害の原因となるパッシング・マリキナ川の頻繁に生じる河川氾濫、内水被害を軽減すること。
- ✓ 洪水のない都市域を整備することでさらには国家開発計画につながる重要な政策としてより躍動的な経済を創造すること。
- ✓ 河川沿いの地域により生物的に安定した状況を作ることによってマニラ首都圏の環境、健康、衛生状況に悪影響を与えている状況を改善し好ましい環境景観を回復、高めること。

2) フェーズ III 事業の目的

フェーズ III 事業の目的は全体事業の一環として、マリキナ下流及びパッシング川のうちフェーズ II でカバーされていない区間の河川改修事業を実施することである。

(2) 計画高水流量

フェーズ III 事業は、マリキナ川下流部とパッシング川のポテンシャル・エリアから選定されたプライオリティ・エリアを対象とする。事業計画は、2002年に作成された DPWH の詳細設計およびその 2008 年のレビューを、現在の現場条件を考慮して再検討する。

パッシング川およびマリキナ川の緊急洪水対策として、図 3.2.1 に示すような 30 年確率規模洪水を対象に河道の流下能力を増すための改修計画を立案する。MCGS の建設は当フェーズ III 事業には含まないが将来は建設するという条件のもとに、計画流量は、マリキナ下流部では $550 \text{ m}^3/\text{s}$ 、パッシング川上流部で $600 \text{ m}^3/\text{s}$ 、パッシング川下流部で $1,200 \text{ m}^3/\text{s}$ とする。

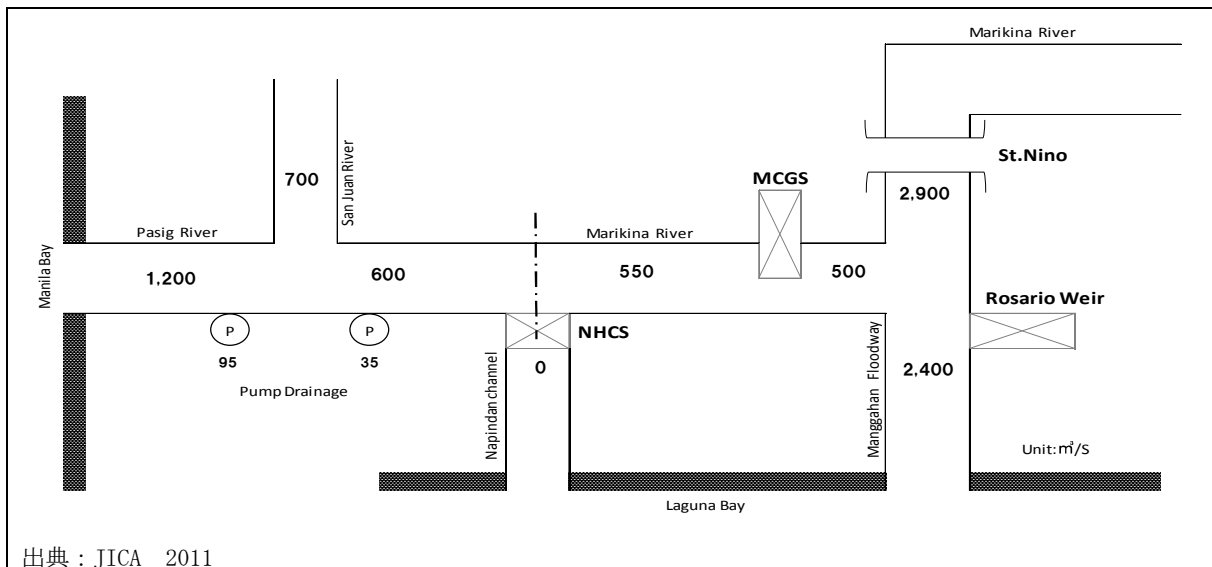


図 4.8 計画配分流量(協力準備調査)

(3) パッシング川およびマリキナ川下流部の河川改修計画

1) 計画高水位 (DHWL)

パッシング・マリキナ川において河川改修区間での現在の計画高水位が最終的に設定されたのは

2002年の詳細設計時点であるが、それまでは橋、排水施設、舟運施設など河川関連構造物の設置は、基本的に周辺の背後地盤高、既往の洪水氾濫実績などを参考にその都度、適宜行われてきた。この結果、パッシング・マリキナ川沿いには多くの河川関連施設が整備されており、詳細設計時点で計画高水位の設定にあたっては河道計画立案の基本である以下の点を主に考慮して設定されている。

- ✓ 既存河川関連構造物（橋梁、排水施設、港湾・舟運施設など）への影響を出来るだけ少なくする。
- ✓ 背後地盤の高さを考慮し、堤防嵩上げする場合にも出来るだけ背後地盤と計画高水位の水位差を少なくし、万が一堤防が破堤してもその影響が大きくなるようにする。
- ✓ 出来るだけ既往の洪水実績水位以下に収める
- ✓ 河口部出発点の計画高水位は、マニラ湾の海岸・港湾施設の計画基準となっている朔望平均満潮位を適用する。

2) 計画河川平面形

メトロマニラ、特にこのパッシング・マリキナ川沿いは古くから都市開発が進められてきた結果、川沿いに家屋、工場、港湾・舟運施設などが密集して張り付いており、河道の拡幅はこれらの既存の施設の大規模な取り壊しなしには、ほぼ不可能な状態となっている。この状況を鑑み、詳細設計では、実現可能な案として、出来るだけこれら既存の家屋、商業施設、工場、港湾・舟運施設への影響を極力抑える形での平面形をセットした。このため本来スムーズな曲線での平面形が洪水のスムーズな流れを助長するのに対し、ある程度凹凸部のある平面形にならざるを得ない状態となっている。

3) 計画縦断河床高及び高水位

パッシング川は潮位の影響を大きく受ける河口部近くの感潮区間であることから、基本的には河床浚渫による流下能力の大幅な増加は期待できず、また浚渫による河床高の維持が大変なところから、現状の河床高に基づく計画河床高とする。

一方、マリキナ川下流部は舟運上現在の河床を約2m程度浚渫することが必要とされ、この点を考慮した上で、現在の流下能力が乏しい状況に対して、出来るだけ流下能力を増加させる対策とする。

4) 計画河川横断形

パッシング川は市街地を流下しているため、できるだけ用地買収や家屋移転を避けるために、計画河川横断形は現況の断面(単断面形)、法線としては前述の平面形に基づくものとする。この結果、サンファン川合流点から下流部(計画流量1,200m³/s)のサンタアナ地区に位置する大きな蛇行部の狭い箇所を除いて、基本的に最小川幅は100mとなっている。一方、サンファン川合流点より上流部(600m³/s)では60mが最小河川幅となっている。マリキナ川下流部に対しては、最小河川幅は現状幅をにらみ90mとした。

5) 計画余裕高

堤防・洪水壁建設のための計画余裕高はDPWHの基準を採用して計画流量に応じて次のようにする。

表 4.3 計画余裕高

計画流量 (m ³ /s)	余裕高 (m)
200 未満	0.6
200～500	0.8
500～2,000	1.0

上の基準に従って、パッシング川の構造物の余裕高は、計画流量が1,200m³/s(下流部)と600m³/s(上流部)に対して1.0mとする。また、マリキナ川下流部に対しても、計画流量が550m³/sであることから同様に1.0mとする。

6) 計画河道による流下能力の確認及びパッシング・マリキナ川の河川改修の限界

以上の手順で D/D 段階で設定された計画高水位、堤防高、法線形、計画横断面、計画河床高による流下能力について不等流計算を用いて流下能力が確認されている。計画河道断面による流下能力は、MCGS があるとした場合、30 年確率の流量配分と合致することが確認されている。

当該調査で確認された計画河道は、現在のパッシング・マリキナ川の周辺の土地利用状況から考えてほぼ限界に近い状況にあり、これ以上の洪水流量の増加に対しては拡幅、堤防嵩上げ、浚渫などの河川改修で対応することは非常に難しいと考えられる。

このため、今後パッシング・マリキナ川の洪水に対する安全度を高めるためには、上流でのダム・遊水地建設などによる貯水池整備による洪水流出量の調節、さらに上流からの開発による流量増加を抑制するための開発規制、また下流での非構造物対策による被害軽減を図っていく必要がある。

4.1.5 世界銀行調査における提案事業諸元

世銀調査における提案事業の諸元は表 4.4 に示すとおりである。2035 年を目標に計画規模 1/100 でマリキナ川上流（マンガハン放水路～ワワダム間）の河川改修、マリキナ大ダム、パッシング川およびマリキナ川下流の再改修、サンファン川およびナピンダン水路の改修からなる。

世界推奨案は、MCGS は建設せず、現況の治水システムを活用した案が選択されており、これまで DPWH により進められてきた PMRCIP 事業内容と異なるものとなっている。

このため、パッシング川の浚渫が大規模となり維持管理費が多大となること、マリキナ下流においては堤防嵩上げ・既設橋梁の架け替えなどによる PMRCIP 事業の手戻りが発生すること、不確実な NHCS の自然分派を計画に見込みでいること、などの課題がある。

治水代替案としては、表 4.5 に示す 4 つの代替案が検討されており、推奨案は代替案 2 が該当する。各代替案における計画流量配分図は図 4.10 に示すとおりである。

表 4.4 世銀調査における提案事業諸元

項目	内容
目標年	2035 年
計画規模	1/100
事業諸元	1) Improvements of the Upper and Upper Upper Marikina River (upstream from bifurcation of Mangahan Floodway to the existing Wawa Dam) 2) Construction of Marikina Large Dam 3) Re-improvement of the Pasig River and Lower Marikina River and improvement of the San Juan River and the Napindan Channel
事業費	198,435 Mil. Pesos

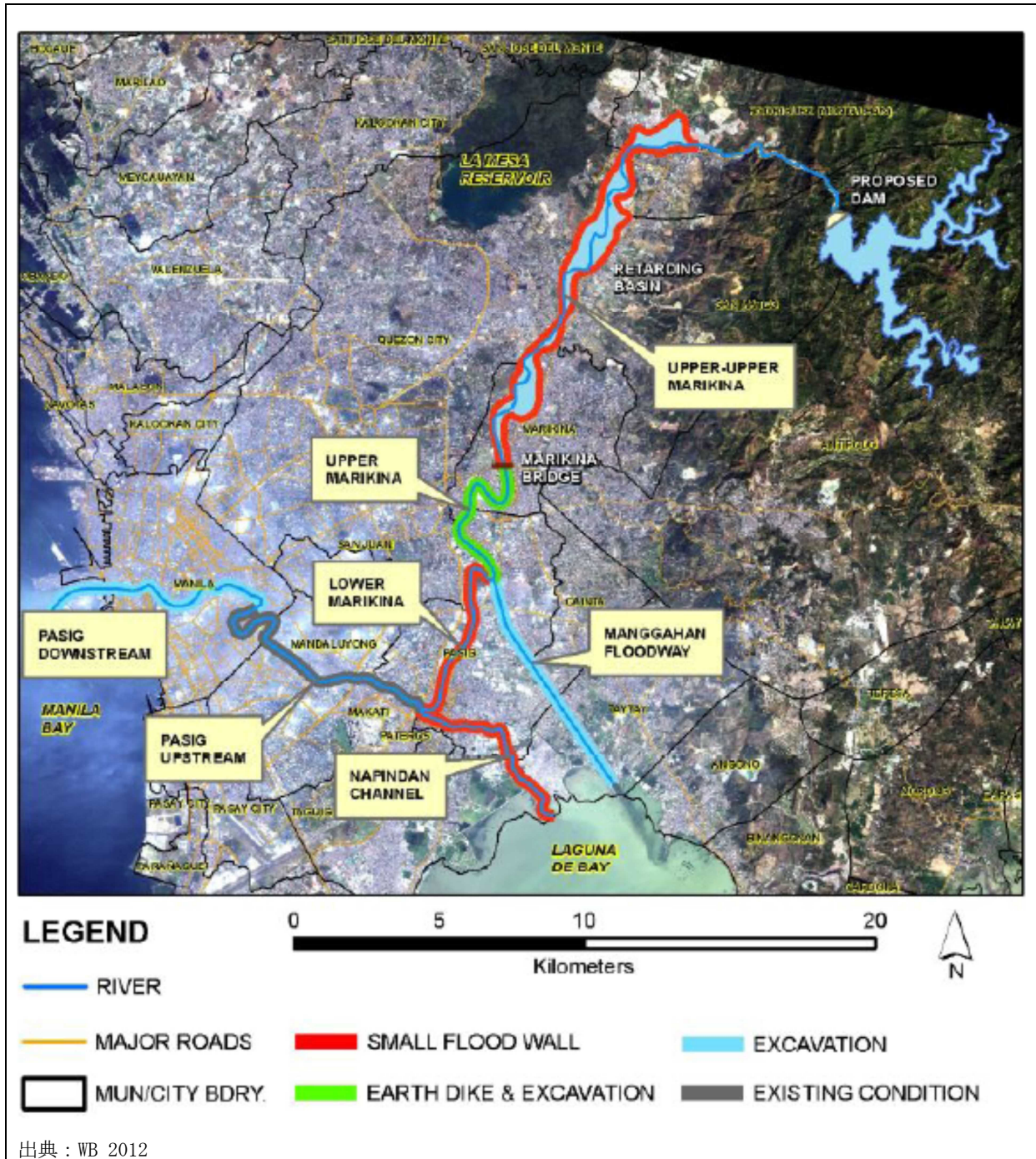


図 4.9 世銀調査における洪水対策計画概要図

表 4.5 パッシング・マリキナ川の代替案 (世銀調査)

Alternatives	Item	Pasig Downstream*	Pasig Upstream**	Napindan Channel	Lower Marikina	Mangahan Floodway	Upper Marikina	Upper Upper Marikina	Project Cost (mil. Peso)
		River mouth to the Confluence of San Juan R.	The confluence of San Juan R. to Napindan Channel	Napindan Gate to the Laguna Lake	The confluence of Napindan Channel to the Rosario Weir	Rosario Weir to the Laguna Lake	Rosario Weir to Marikina Bridge	Upstream from Marikina Bridge	
Alt-0	RI & RTB	Exca., River Widening (more than 130m in width), and Reconstruction of Dikes	Exca., River Widening (more than 130m in width), and Reconstruction of Dikes	Flood Wall Enhancement (Heightening: 1m to 30 cm)	River Widening (more than 120m) and Flood Wall (2m to 3m)	Exca. and Widening (more than 270m)	Exca., Flood Wall and Widening (more than 140m)	RTB and Excavation	444,041
Alt-1	RI, RTB, Small Dam	Exca. (Channel Width: 90m)	Existing Condition (Channel Width: 90m)	Flood Wall Enhancement (Heightening: 1m to 30 cm)	Flood Wall (0.8m to 2.4m)	Exca. (removal of sedimentation)	Dike and Exca. (Width: 90m)	RTB, Small Dam, Small Concrete Wall	202,094
Alt-2	RI, RTB, Large Dam	Exca. (Channel Width: 90m)	Existing Condition (Channel Width: 90m)	Flood Wall Enhancement (Heightening: 1m to 30 cm)	Flood Wall (0.8m to 2.0m)	Exca. (removal of sedimentation)	Dike and Exca. (Width: 90m)	RTB, Large Dam, Small Concrete Wall	198,435
Alt-3	RI, RTB, Large Dam and MCGS	Exca. (Channel Width: 90m)	Existing Condition (Channel Width: 90m)	Flood Wall Enhancement (Heightening: 1m to 30 cm)	MCGS	Exca. (removal of sedimentation)	Dike and Exca. (Width: 90m)	RTB, Large Dam, Small Concrete Wall	208,776

RI: River improvement, RTB: Retarding Basin, MCGS: Marikina Control Gate Structure, Exca: Excavation
 *: River mouth to the Junction of San Juan and Pasig River, **: Upstream from the Junction, Small Dam: 47 MCM Gross Storage Volume, Large Dam: 75 MCM Gross Storage Volume
 出典: WB 2012

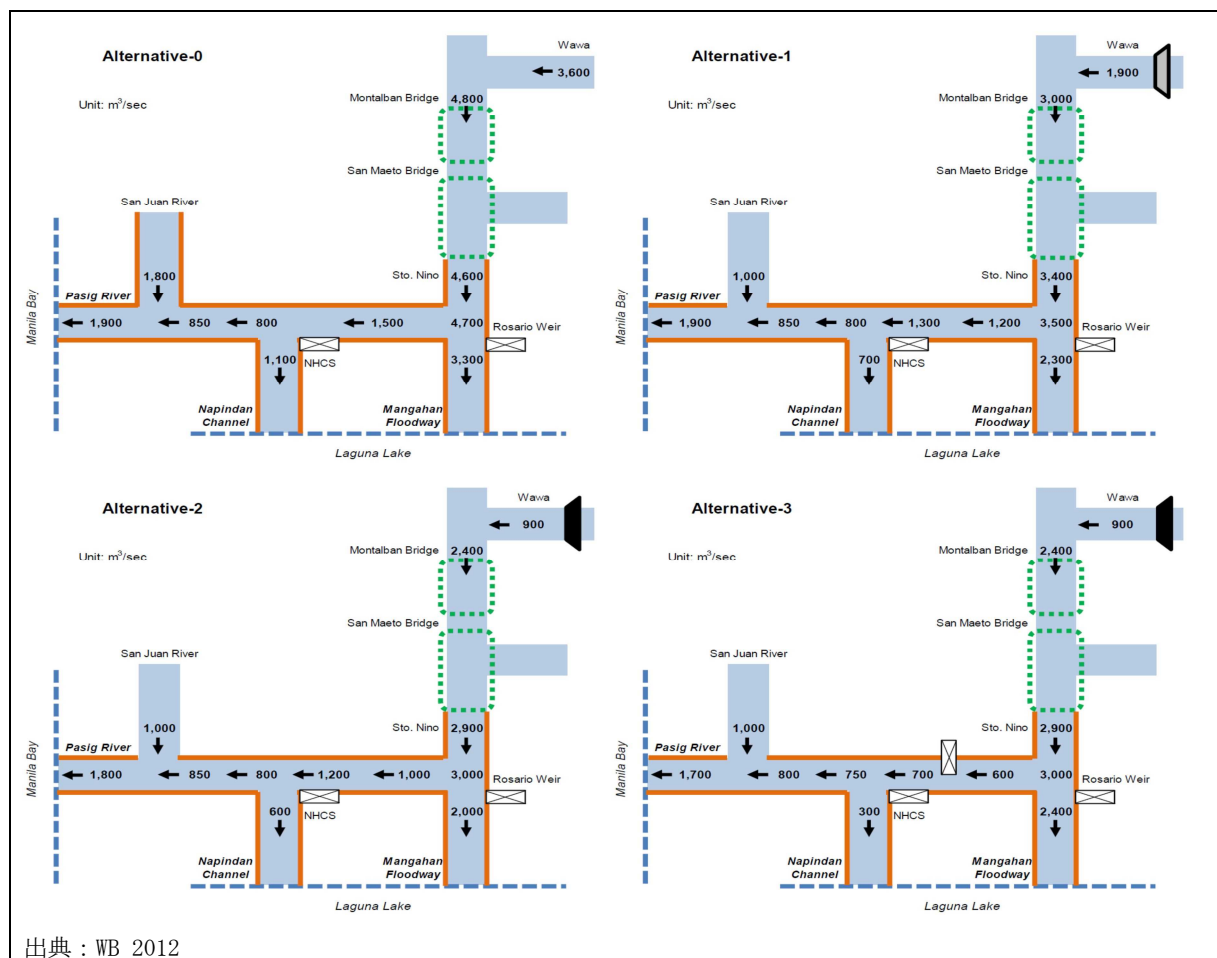


図 4.10 計画高水流量 1/100 年(世銀調査)

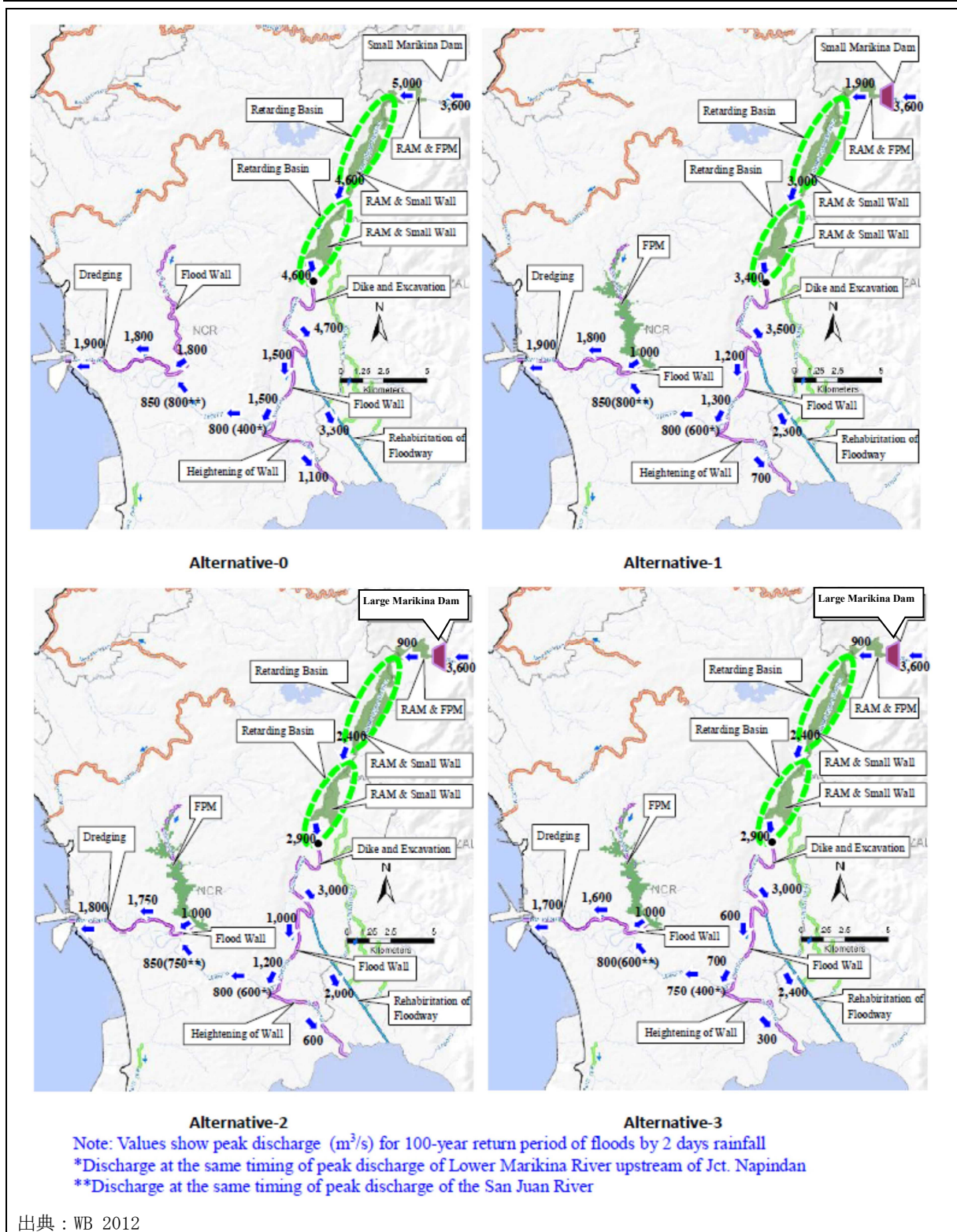


図 4.11 100年確率洪水に対する代替案(世銀調査)

4.1.6 協力準備調査と世銀調査との検討内容

協力準備調査と世銀調査との検討内容について表 4.6 に整理を行った。

表 4.6 洪水流出解析及び氾濫解析：協力準備調査と世銀調査との検討内容の比較

	協力準備調査	世銀調査																														
計画 降雨波形	中央集中型 ・Port Area 観測所の継続時間別確率降雨強度に 基づく降雨波形	タイプ1：台風オンドイ型 ・実績時間雨量に基づく降雨波形 タイプ2：中央集中型 ・Port Area 観測所の継続時間別確率降雨強度に基 づく降雨波形																														
流域平均 雨量の算定	Port Area 観測所の雨量×降雨調整係数 ・全流域で一様として算定	タイプ1：台風オンドイ型 ・ティーセン法及び IDW 法による補正 ・34 分割流域についてそれぞれ算定 タイプ2：中央集中型 ・IDW 法 ・3 支流流域についてそれぞれ算定																														
流域平均 確率雨量	全流域 ・30 年確率 392.3mm ・100 年確率 445.8mm	タイプ1：台風オンドイ型 ・実績2日雨量×引き伸ばし率 ・34 分割流域についてそれぞれ算定 ・3 支流流域の流域平均雨量（本調査による試算） <table border="1" data-bbox="932 898 1353 1003"> <thead> <tr> <th rowspan="2">確率年</th> <th colspan="3">確率2日雨量</th> </tr> <tr> <th>SB-01</th> <th>SB-02</th> <th>SB-31</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30</td> <td>368</td> <td>369</td> <td>390</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>439</td> <td>444</td> <td>468</td> </tr> </tbody> </table> タイプ2：中央集中型 ・3 支流流域についてそれぞれ算定 <table border="1" data-bbox="932 1081 1353 1187"> <thead> <tr> <th rowspan="2">確率年</th> <th colspan="3">確率2日雨量</th> </tr> <tr> <th>SB-01</th> <th>SB-02</th> <th>SB-31</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30</td> <td>367</td> <td>366</td> <td>382</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>438</td> <td>441</td> <td>458</td> </tr> </tbody> </table>	確率年	確率2日雨量			SB-01	SB-02	SB-31	30	368	369	390	100	439	444	468	確率年	確率2日雨量			SB-01	SB-02	SB-31	30	367	366	382	100	438	441	458
確率年	確率2日雨量																															
	SB-01	SB-02	SB-31																													
30	368	369	390																													
100	439	444	468																													
確率年	確率2日雨量																															
	SB-01	SB-02	SB-31																													
30	367	366	382																													
100	438	441	458																													
St. Nino の確率 洪水流量	1958～77、1986、1994～2009 の毎年最高水位を H-Q 式で洪水流量に換算 H-Q 式： ・ $Q = 32.03 \times (H - 10.80)^2$ $H < 17.0$ ・ $Q = 17.49 \times (H - 8.61)^2$ $H > 17.0$ 台風オンドイ（2009 年）による最大流量 ・3,211m ³ /sec 洪水流量の毎年最大値に基づく確率計算 ・30 年確率 2,750 m ³ /sec ・100 年確率 3,390 m ³ /sec （*）従前計画の確率洪水流量 ・30 年確率 2,900 m ³ /sec ・100 年確率 3,500 m ³ /sec	1958～77、1986、1994～2009 の毎年最高水位を H-Q 式で洪水流量に換算 H-Q 式： ・ $Q = 31.44 \times (H - 10.96)^2$ $H > 13.0$ 台風オンドイ（2009 年）による最大流量 ・3,950m ³ /sec 洪水流量の毎年最大値に基づく確率計算 ・（なし）																														
洪水 流出解析	降雨－流出モデル ・貯留関数法：山地流域 ・準線形貯留型：開発が著しい流域 モデルパラメータの同定・検証 ・2004 年の 2 洪水を再現する。 ・観測流量と計算値（ハイドログラフ）を一致させ ることでモデルパラメータを同定する。 ・従前モデルから貯留関数法のパラメータ（遅滞 時間）を修正。	流域、河道及び氾濫原を統合した解析モデル ・流域：降雨－流出モデル（SCS ユニットハイド ログラフ法） ・河道：一次元不定流モデル ・氾濫原：二次元不定流モデル モデルパラメータの同定・検証 ・台風オンドイ（2009 年）による洪水を再現計算 する。 ・観測最大流量・最高水位と計算値を一致させる ことでモデルパラメータを同定する。 ・上記と同様に 2004 年洪水、1998 年洪水を再現 計算することでモデルを検証。																														
氾濫解析	氾濫解析モデル ・河道：一次元不定流計算	流域、河道及び氾濫原を統合した解析モデル ・台風オンドイ（2009 年）による洪水を再現計算																														

	協力準備調査	世銀調査																																																																																										
	<p>・氾濫域：二次元不定流計算 ・台風オンDOIによる（2009年）洪水を再現計算する。 ・計算結果はインタビュー調査結果とよく一致している。</p> <p>台風オンDOIによる洪水についてシミュレーションを行い、河川改修フェーズ II・III 及びマンガハン放水路の治水効果を検証する。</p>	<p>する。 ・計算結果は洪水被害調査による浸水マップとよく一致している。</p>																																																																																										
計画降雨に基づく流出計算	<p>Sto. Nino における確率洪水流量</p> <ul style="list-style-type: none"> ・30年確率 2,740 m³/sec ・100年確率 3,210 m³/sec ・河道からの溢水・氾濫はないものとして計算されている。 	<p>Sto. Nino における確率洪水流量</p> <ul style="list-style-type: none"> ・30年確率 3,600 m³/sec ・100年確率 4,100 m³/sec ・河道からの溢水・氾濫があるものとして計算されている。 ・マリキナ川の Nangka River 合流点～ロサリオ堰区間において、左岸の破堤による大規模な溢水・氾濫の発生を想定している。 																																																																																										
計画高水流量配分	<p>河川改修のみの場合の計画流量配分 100年確率計画流量（図、MCGS なし）</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Section</th> <th>Q(m³/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Wawa</td><td>1,890</td></tr> <tr><td>Rodoriges Bridge</td><td>2,500</td></tr> <tr><td>Before Nangka River</td><td>2,850</td></tr> <tr><td>St. Nino</td><td>3,210</td></tr> <tr><td>Mangahan Floodway</td><td>2,100</td></tr> <tr><td>Lower Marikina River</td><td>1,130</td></tr> <tr><td>Napindan Channel</td><td>0</td></tr> <tr><td>Pasig River</td><td>1,155</td></tr> <tr><td>San Juan River</td><td>770</td></tr> <tr><td>Pasig River - Manila Bay</td><td>1,400</td></tr> </tbody> </table> <p>洪水流出計算の結果、フェーズIIIでは従前の計画流量配分を踏襲する。 30年確率洪水の対策： ・河川改修 ・MCGS（フェーズIIIでは実施しない）</p> <p>30年確率計画流量（図、MCGS なし）</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Section</th> <th>Q(m³/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Wawa</td><td>1,590</td></tr> <tr><td>Rodoriges Bridge</td><td>2,110</td></tr> <tr><td>Before Nangka River</td><td>2,420</td></tr> <tr><td>St. Nino</td><td>2,740</td></tr> <tr><td>Mangahan Floodway</td><td>1,820</td></tr> <tr><td>Lower Marikina River</td><td>920</td></tr> <tr><td>Napindan Channel</td><td>0</td></tr> <tr><td>Pasig River</td><td>955</td></tr> <tr><td>San Juan River</td><td>690</td></tr> <tr><td>Pasig River - Manila Bay</td><td>1,210</td></tr> </tbody> </table>	Section	Q(m ³ /s)	Wawa	1,890	Rodoriges Bridge	2,500	Before Nangka River	2,850	St. Nino	3,210	Mangahan Floodway	2,100	Lower Marikina River	1,130	Napindan Channel	0	Pasig River	1,155	San Juan River	770	Pasig River - Manila Bay	1,400	Section	Q(m ³ /s)	Wawa	1,590	Rodoriges Bridge	2,110	Before Nangka River	2,420	St. Nino	2,740	Mangahan Floodway	1,820	Lower Marikina River	920	Napindan Channel	0	Pasig River	955	San Juan River	690	Pasig River - Manila Bay	1,210	<p>河川改修のみの場合の計画流量配分 100年確率計画流量（図、Alternative 0）</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Section</th> <th>Q(m³/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Wawa</td><td>3,600</td></tr> <tr><td>Montalban Bridge</td><td>4,800</td></tr> <tr><td>(Retarding Basin)</td><td></td></tr> <tr><td>St. Nino</td><td>4,600</td></tr> <tr><td>Mangahan Floodway</td><td>3,300</td></tr> <tr><td>Lower Marikina River</td><td>1,500</td></tr> <tr><td>Napindan Channel</td><td>1,100</td></tr> <tr><td>Pasig River</td><td>850</td></tr> <tr><td>San Juan River</td><td>1,800</td></tr> <tr><td>Pasig River - Manila Bay</td><td>1,900</td></tr> </tbody> </table> <p>以下を含む Alternative 2 を推奨する。 100年確率洪水の対策： ・河川改修 ・マリキナダム ・遊水池 ・非構造物対策</p> <p>100年確率計画流量（図、Alternative 2）</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Section</th> <th>Q(m³/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Wawa</td><td>3,600</td></tr> <tr><td>Marikina Dam</td><td>900</td></tr> <tr><td>Montalban Bridge</td><td>2,400</td></tr> <tr><td>(Retarding Basin)</td><td></td></tr> <tr><td>St. Nino</td><td>2,900</td></tr> <tr><td>Mangahan Floodway</td><td>2,000</td></tr> <tr><td>Lower Marikina River</td><td>1,000</td></tr> <tr><td>Napindan Channel</td><td>600</td></tr> <tr><td>Pasig River</td><td>850</td></tr> <tr><td>San Juan River</td><td>1,000</td></tr> <tr><td>Pasig River - Manila Bay</td><td>1,800</td></tr> </tbody> </table>	Section	Q(m ³ /s)	Wawa	3,600	Montalban Bridge	4,800	(Retarding Basin)		St. Nino	4,600	Mangahan Floodway	3,300	Lower Marikina River	1,500	Napindan Channel	1,100	Pasig River	850	San Juan River	1,800	Pasig River - Manila Bay	1,900	Section	Q(m ³ /s)	Wawa	3,600	Marikina Dam	900	Montalban Bridge	2,400	(Retarding Basin)		St. Nino	2,900	Mangahan Floodway	2,000	Lower Marikina River	1,000	Napindan Channel	600	Pasig River	850	San Juan River	1,000	Pasig River - Manila Bay	1,800
Section	Q(m ³ /s)																																																																																											
Wawa	1,890																																																																																											
Rodoriges Bridge	2,500																																																																																											
Before Nangka River	2,850																																																																																											
St. Nino	3,210																																																																																											
Mangahan Floodway	2,100																																																																																											
Lower Marikina River	1,130																																																																																											
Napindan Channel	0																																																																																											
Pasig River	1,155																																																																																											
San Juan River	770																																																																																											
Pasig River - Manila Bay	1,400																																																																																											
Section	Q(m ³ /s)																																																																																											
Wawa	1,590																																																																																											
Rodoriges Bridge	2,110																																																																																											
Before Nangka River	2,420																																																																																											
St. Nino	2,740																																																																																											
Mangahan Floodway	1,820																																																																																											
Lower Marikina River	920																																																																																											
Napindan Channel	0																																																																																											
Pasig River	955																																																																																											
San Juan River	690																																																																																											
Pasig River - Manila Bay	1,210																																																																																											
Section	Q(m ³ /s)																																																																																											
Wawa	3,600																																																																																											
Montalban Bridge	4,800																																																																																											
(Retarding Basin)																																																																																												
St. Nino	4,600																																																																																											
Mangahan Floodway	3,300																																																																																											
Lower Marikina River	1,500																																																																																											
Napindan Channel	1,100																																																																																											
Pasig River	850																																																																																											
San Juan River	1,800																																																																																											
Pasig River - Manila Bay	1,900																																																																																											
Section	Q(m ³ /s)																																																																																											
Wawa	3,600																																																																																											
Marikina Dam	900																																																																																											
Montalban Bridge	2,400																																																																																											
(Retarding Basin)																																																																																												
St. Nino	2,900																																																																																											
Mangahan Floodway	2,000																																																																																											
Lower Marikina River	1,000																																																																																											
Napindan Channel	600																																																																																											
Pasig River	850																																																																																											
San Juan River	1,000																																																																																											
Pasig River - Manila Bay	1,800																																																																																											

出典：JICA 2013

4.2 降雨解析結果の確認

4.2.1 降雨解析結果

「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)」(以降、基礎情報収集調査)における降雨解析結果で検討された 30 年確率、100 年確率等の計画降雨群に係る計算条件、結果等を整理する。結果は以下に示すとおりである。また、併せて、協力準備調査及び世銀調査における計算条件、結果も示す。

基礎情報収集調査では計画降雨継続時間について継続時間内雨量(1日又は2日)とセントニーニョ地点のピーク水位の相関から、相関の良い1日雨量を採用している。

また、降雨波形については中央集中型もしくは中央集中型とオンドイ型だけによる既往の検討に対して、既往の実績波形を計画降雨波形群として設定している。

表 4.7 降雨解析結果

項目	内容
計画基準点	Sto. Nino 地点
計画降雨継続時間	1 日 (利用可能な資料蓄積期間とピーク水位に対する説明性から)
洪水到達時間	11 時間 (観測データを用いた手法：11 時間、経験式：7 時間)
流域平均雨量の算定	単純平均法 IDW 法による補正
流域平均確率降雨量	1/100 285.5mm/1day (台風性降雨データ N=58, Gumbel 分布) (1/30 232.4mm/day) (表 4.9 参照)
降雨波形群	実績降雨の引き伸ばし(7 波形、地域分布考慮) モデル降雨波形 (中央集中型波形、地域分布なし) (表 4.11、図 4.12～図 4.13 参照)

出典：JICA 2013 に基づき JICA 調査団が整理

表 4.8 既往調査における降雨解析結果

	協力準備調査	世銀調査																														
計画降雨波形	中央集中型 ・Port Area 観測所の継続時間別確率降雨強度に基づく降雨波形	タイプ1：台風オンドイ型 ・実績時間雨量に基づく降雨波形 タイプ2：中央集中型 ・Port Area 観測所の継続時間別確率降雨強度に基づく降雨波形																														
流域平均雨量の算定	Port Area 観測所の雨量×降雨調整係数 ・全流域で一様として算定	タイプ1：台風オンドイ型 ・ティーセン法及び IDW 法による補正 ・34 分割流域についてそれぞれ算定 タイプ2：中央集中型 ・IDW 法 ・3 支流流域についてそれぞれ算定																														
流域平均確率雨量	全流域(2日) ・30年確率 392.3mm ・100年確率 445.8mm	タイプ1：台風オンドイ型 ・実績2日雨量×引き伸ばし率 ・34 分割流域についてそれぞれ算定 ・3 支流流域の流域平均雨量 (本調査による試算) <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">確率年</th> <th colspan="3">確率2日雨量</th> </tr> <tr> <th>SB-01</th> <th>SB-02</th> <th>SB-31</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30</td> <td>368</td> <td>369</td> <td>390</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>439</td> <td>444</td> <td>468</td> </tr> </tbody> </table> タイプ2：中央集中型 ・3 支流流域についてそれぞれ算定 <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">確率年</th> <th colspan="3">確率2日雨量</th> </tr> <tr> <th>SB-01</th> <th>SB-02</th> <th>SB-31</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30</td> <td>367</td> <td>366</td> <td>382</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>438</td> <td>441</td> <td>458</td> </tr> </tbody> </table>	確率年	確率2日雨量			SB-01	SB-02	SB-31	30	368	369	390	100	439	444	468	確率年	確率2日雨量			SB-01	SB-02	SB-31	30	367	366	382	100	438	441	458
確率年	確率2日雨量																															
	SB-01	SB-02	SB-31																													
30	368	369	390																													
100	439	444	468																													
確率年	確率2日雨量																															
	SB-01	SB-02	SB-31																													
30	367	366	382																													
100	438	441	458																													

表 4.9 確率降雨量の解析結果

Items	1 日雨量					2 日雨量		
	Case 1	Case 2	Case 3	JICA, 2011	WB, 2012	Case 4	JICA, 2011	WB, 2012
Meteor. Type	T	M	All	All	All	All	All	All
Model	Gumbel	Gumbel	Gumbel- Chow	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel- Chow	Gumbel
Sample Number	58	61	63	94	35	63	87	35
1/30 Rainfall	232.4 m	203.3 m	251.2 m	255.0 m	268 mm	410.1mm	392.3mm	367 mm
(Estimate Error)	20.1mm	16.3mm	17.4mm	N/A	N/A	31.3mm	N/A	N/A
1/100 Rainfall	285.5mm	244.6mm	303.6mm	286.5mm	344mm	494.8mm	445.8mm	439 mm
(Estimate Error)	26.1mm	21.2mm	22.4mm	N/A	N/A	40.9mm	N/A	N/A
Selection	Selected	Not Selected	Not Selected	-	-	Not Selected	-	-

N/A: Not Available, T: Tropical Depression, M: Monsoon and Others

出典：JICA 2013

表 4.10 検討対象降雨の時間分布と地域分布の設定法

	実績降雨引き延ばし	モデル降雨波形
時間分布	実績時間雨量の引き延ばし	中央集中型（河川改修事業Ⅲ協力準備調査に用いられた波形の引き延ばし）
地域分布	実績時間雨量の空間分布をティーセン分割により与える	なし

出典：JICA 2013

表 4.11 実績降雨引き伸ばしによる対象雨波形群

No.	Date	Event		Probability	Basin Mean Rainfall (1 Day)			Selection
					Observed	1/100 Rain fall	Ratio	
		Type	Name		(A)	(B)	(B/A)	
1	2009/9/26	T	Ondoy	1/110	290.8mm	285.5mm	0.982	Selected
2	2012/8/7	M	-	1/200	271.7mm	244.6mm	0.900	Not Selected
3	1998/10/22	T	Loleng	1/30	234.0mm	285.5mm	1.220	Selected
4	2004/11/29	T	Winnie	1/10-1/20	190.2mm	285.5mm	1.501	Selected
5	2003/5/27	T	Chedeng	1/10-1/20	189.4mm	285.5mm	1.507	Selected
6	2000/7/7	T	Edeng	1/10	178.0mm	285.5mm	1.604	Selected
7	1997/8/18	M	-	1/10	170.0mm	244.6mm	1.439	Not Selected
8	2002/7/7	M	-	1/5-1/10	156.5mm	244.6mm	1.563	Not Selected
9	2011/6/24	T	Falcon	1/5	152.0mm	285.5mm	1.878	Selected
10	2000/11/2	T	Seniang	1/5	149.0mm	285.5mm	1.916	Selected

T:Tropical Depression, M:Monsoon and Others

対象降雨波形は、確率雨量との整合を図り台風性降雨を対象とされている。

出典：JICA 2013

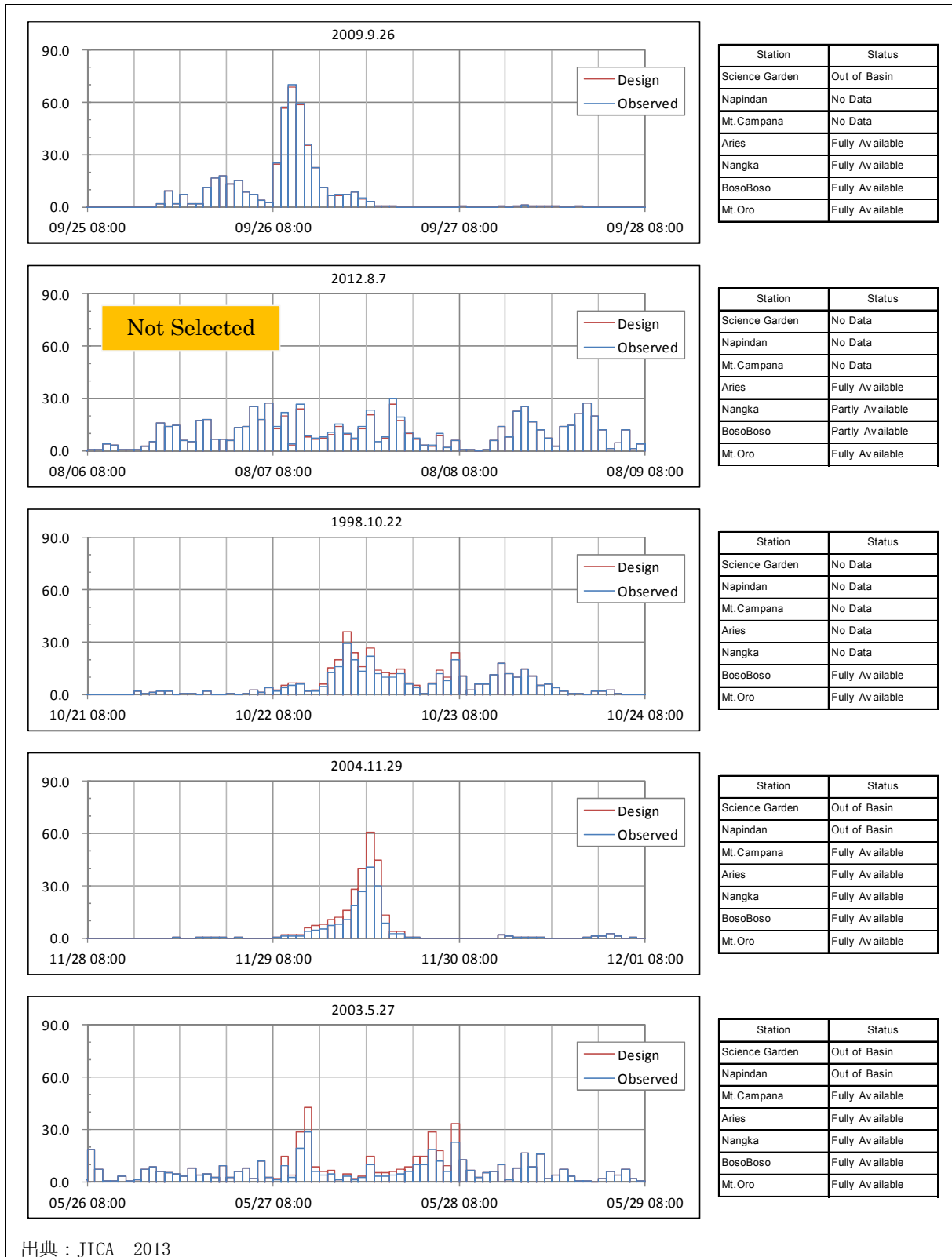
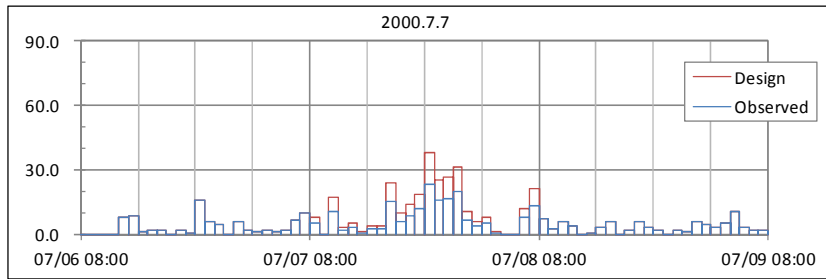
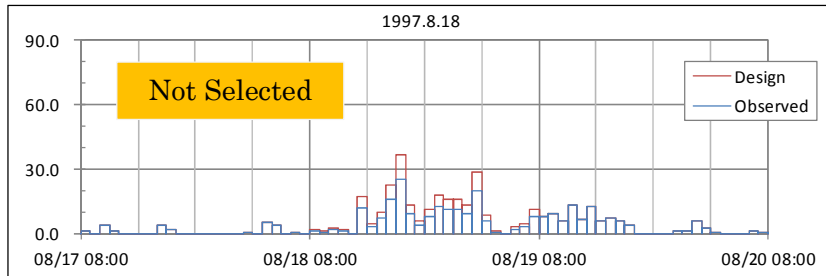


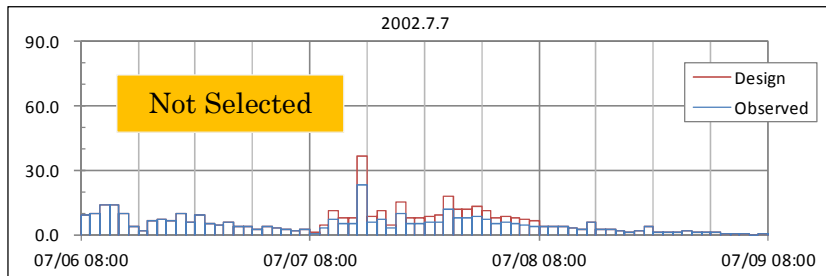
図 4.12 計画降雨波形群 (1/100) (1/2)



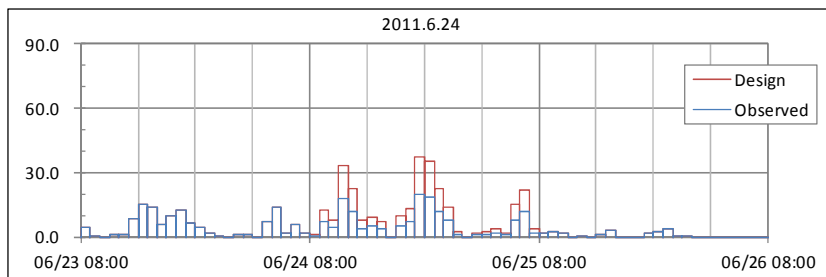
Station	Status
Science Garden	No Data
Napindan	No Data
Mt. Campana	No Data
Aries	No Data
Nangka	No Data
BosoBoso	Fully Available
Mt. Oro	Fully Available



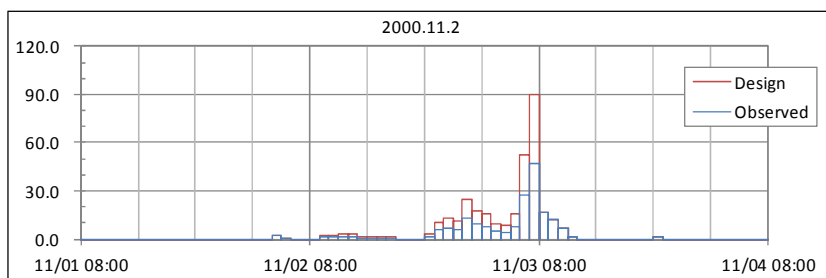
Station	Status
Science Garden	No Data
Napindan	No Data
Mt. Campana	No Data
Aries	No Data
Nangka	No Data
BosoBoso	Fully Available
Mt. Oro	Fully Available



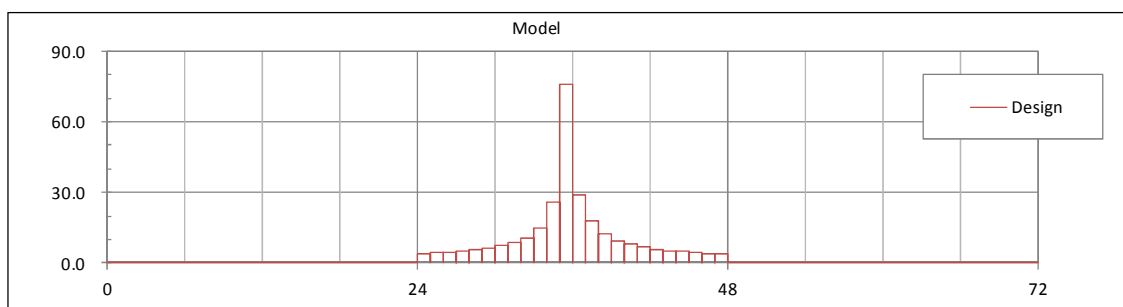
Station	Status
Science Garden	No Data
Napindan	No Data
Mt. Campana	No Data
Aries	No Data
Nangka	No Data
BosoBoso	Fully Available
Mt. Oro	Fully Available



Station	Status
Science Garden	No Data
Napindan	No Data
Mt. Campana	No Data
Aries	Fully Available
Nangka	Fully Available
BosoBoso	Fully Available
Mt. Oro	Fully Available



Station	Status
Science Garden	No Data
Napindan	No Data
Mt. Campana	No Data
Aries	No Data
Nangka	No Data
BosoBoso	Fully Available
Mt. Oro	Fully Available



出典：JICA 2013

図 4.13 計画降雨波形群 (1/100) (2/2)

4.2.2 計画降雨継続時間

基礎情報収集調査では、既往調査の計画降雨継続時間を見直し1日としている。

既往調査では対象降雨のイベントが短時間であっても1日雨量ではその継続時間をカバーできない場合があるためと2日雨量を採用していると考えられるが、1994年以降の実測データを用いた雨量・水位相関の検討の結果、1日雨量の方がピーク水位の相関が良く、洪水到達時間が11時間であることから実績降雨継続時間をカバーできないことによる影響は小さく、基礎情報収集調査で設定された計画降雨継続時間は妥当であると判断される。

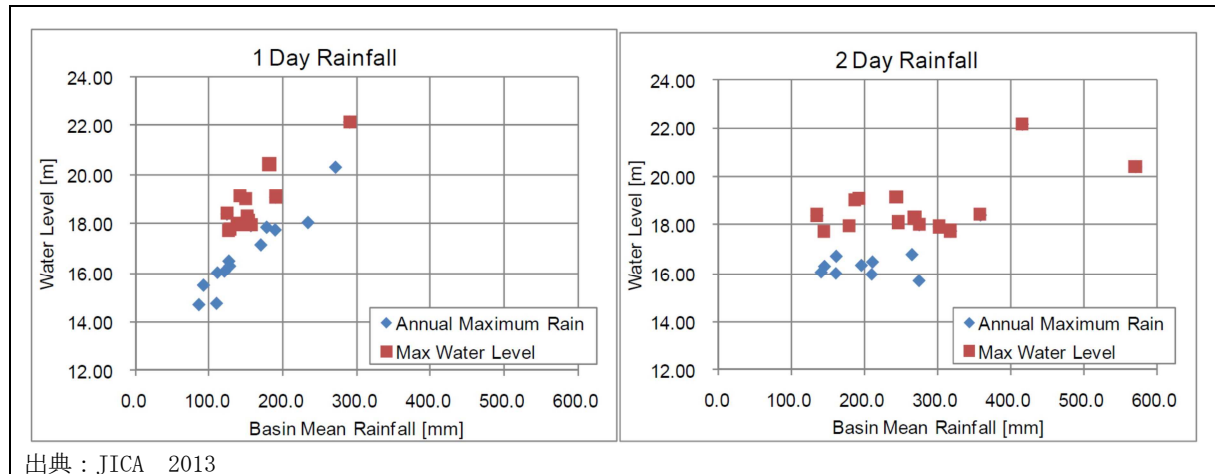


図 4.14 雨量・水位相関図(左：1日雨量、右：2日雨量)

4.2.3 流域平均雨量の算定

基礎情報収集調査では、実績波形ではティーセン法及びIDW法で空間分布を設定しており、中央集中型は流域平均から求められた単一のものを用いているため、流域全体に同一の降雨量を与えている。

なお、基礎情報収集調査では確率雨量算定のための流域平均雨量はティーセン法と単純平均法に有意な差がないため、単純平均法を用いている。

➤ 協力準備調査

Port Area 観測所の降雨強度式を基本とした、単一の中央集中型のみを用いているため流域全体に同一の降雨量を与えており、空間分布が設定されていない。

➤ 世銀調査

基礎情報収集調査とほぼ同様の考え方で、台風オンドイ型ではティーセン法及びIDW法により空間分布を設定し、中央集中型では3パターンを設定しているため、IDW法により空間分布を設定している。

1994年以降時間データが整理された観測所が増え、実績波形を用いた流出解析が可能であることから、降雨の空間分布及び時間分布を再現出来る基礎情報収集調査で設定された手法は適切であると判断する。

4.2.4 流域平均確率雨量の算定

計画降雨継続時間が1日に見直されたことに伴い、基礎情報収集調査では流域平均1日雨量の確率雨量を算定している。算定手法は複数の確率分布モデルを用い、最も適合度の高い確率分布モデルを選定し、Jackknife法による不偏推定値を確率水文量としており、適切な手法で流域平均確率雨量の算定が行われている。