

フィリピン共和国  
公共事業道路省

フィリピン共和国  
洪水リスク管理事業  
(カガヤン・デ・オロ川)  
準備調査

最終報告書

主報告書

平成 26 年 3 月  
(2014 年)

独立行政法人  
国際協力機構 (JICA)

日本工営株式会社  
株式会社建設技研インターナショナル  
株式会社パスコ

環境

CR(3)

14-066

フィリピン共和国  
公共事業道路省

フィリピン共和国  
洪水リスク管理事業  
(カガヤン・デ・オロ川)  
準備調査

最終報告書

主報告書

平成 26 年 3 月  
(2014 年)

独立行政法人  
国際協力機構 (JICA)

日本工営株式会社  
株式会社建設技研インターナショナル  
株式会社パスコ

# 最終報告書

## 報告書構成

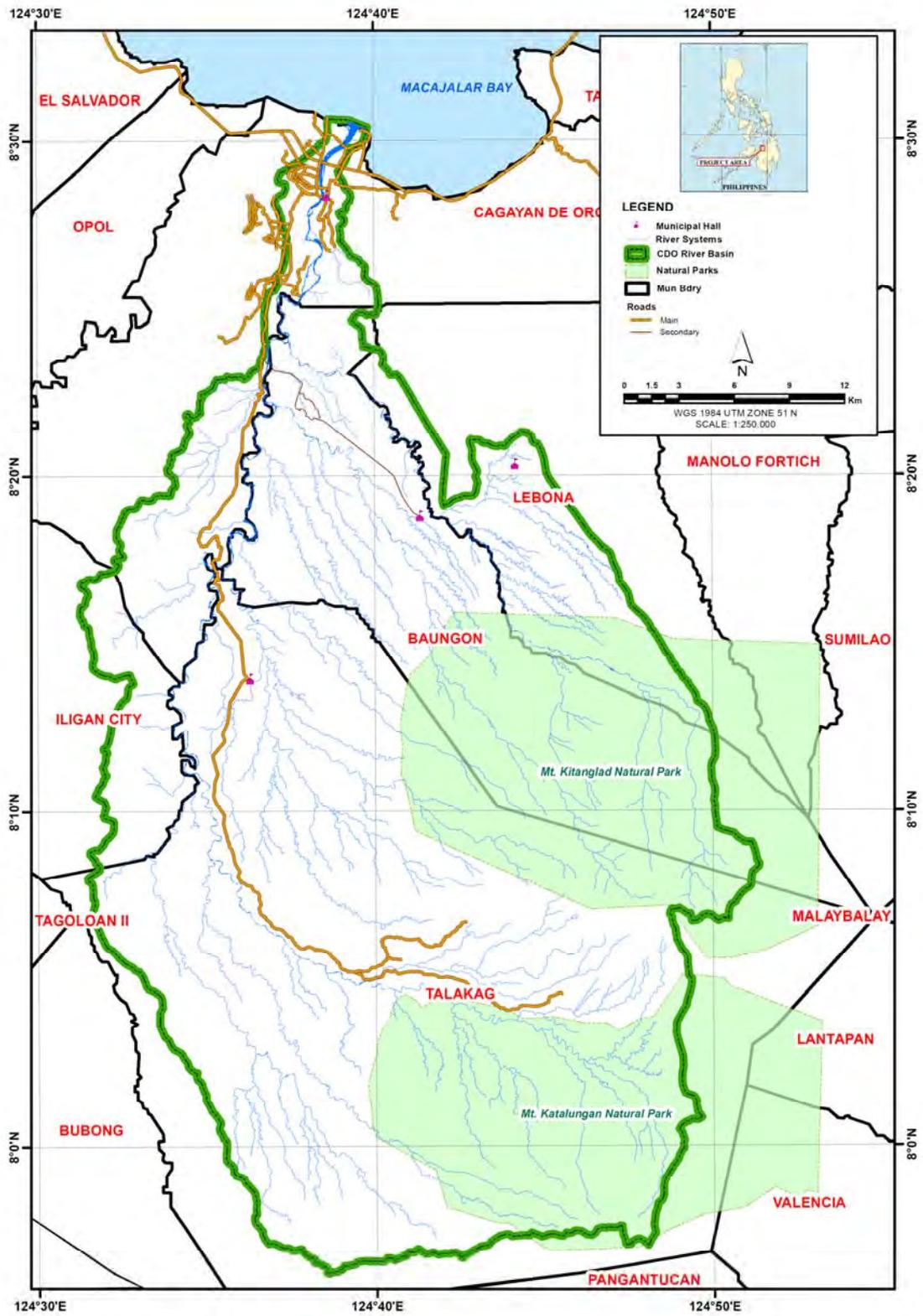
- 第1巻 要約
- 第2巻 主報告書  
パートⅠ : マスタープラン調査  
パートⅡ : フィージビリティ調査
- 第3巻 サポートイングレポート (Ⅰ)  
付録 A 地形測量・河川測量  
B 地質調査  
C 水文調査・水理解析  
D 既存の洪水対策施設の評価  
E 土砂移動特性調査・砂防施設調査  
F 河川境界調査  
G 構造物対策の予備設計  
H 施設計画・積算  
I 非構造物対策
- 第4巻 サポートイングレポート (Ⅱ)  
付録 J 環境配慮調査  
K 社会配慮調査  
L 経済分析  
M コンサルティングサービスの TOR
- 第5巻 データブック  
付録 N 地形測量データ・河川調査データ  
O 地質データ  
P 水文データ・水理データ  
Q 収集資料

### 外貨交換レート

米ドル (US\$) 1.00 = フィリピンペソ (PHP) 42.85 = 日本円 (Y) 97.43

(1 フィリピンペソ = 2.274 日本円)

(2013年7月)



位置图

フィリピン国  
洪水リスク管理事業 (カガヤン・デ・オロ川)  
準備調査

最終報告書  
主報告書

目 次

位置図  
目次  
略語表

Page

第 1 章	調査の概要.....	1-1
1.1	調査の背景.....	1-1
1.2	調査の目的.....	1-1
1.3	調査地域.....	1-2
1.4	事業実施機関.....	1-3
1.5	調査スケジュール.....	1-3
1.5.1	全体調査工程.....	1-3
1.5.2	[ステージ 1] 基礎調査ステージ.....	1-4
1.5.3	[ステージ 2] M/P 調査ステージ.....	1-4
1.5.4	[ステージ 3] F/S 調査ステージ.....	1-5
1.6	ステークホルダー会議.....	1-5
第 2 章	調査対象地域の現況.....	2-1
2.1	調査対象地域.....	2-1
2.2	水文・気象.....	2-3
2.3	カガヤン・デ・オロ川流域と周辺地形.....	2-3
2.4	洪水氾濫と被害.....	2-4
2.5	既往の洪水対策.....	2-7
2.6	環境の現況.....	2-7
2.7	社会経済状況.....	2-9
第 3 章	基礎調査.....	3-1
3.1	情報・データ・報告書の収集.....	3-1
3.2	地形・河川測量.....	3-1

3.2.1	地形・河川測量の概要.....	3-1
3.2.2	基準標高の調査.....	3-3
3.2.3	地形測量.....	3-5
3.2.4	河川測量.....	3-9
3.2.5	F/S 時の河川・地形測量.....	3-10
3.3	地質調査.....	3-13
3.3.1	目的.....	3-13
3.3.2	地質調査の実施(M/P 調査ステージ).....	3-13
3.3.3	追加地質調査(F/S 調査ステージ).....	3-16
3.4	降雨・流出解析.....	3-18
3.4.1	降雨・流出解析の概要.....	3-18
3.4.2	水文・気象データ.....	3-19
3.4.3	降雨解析.....	3-22
3.4.4	確率降雨量.....	3-25
3.4.5	流出解析.....	3-29
3.4.6	超過確率洪水ハイドログラフ.....	3-36
3.5	水理解析.....	3-40
3.5.1	概説.....	3-40
3.5.2	既往洪水氾濫.....	3-40
3.5.3	氾濫原の地形.....	3-44
3.5.4	洪水氾濫解析.....	3-46
3.5.5	河床変動に関する検討.....	3-56
3.5.6	河床変動解析.....	3-62
3.6	土砂移動特性調査と砂防施設.....	3-65
3.6.1	地形学的観点から見た現在の土砂生産の活動.....	3-65
3.6.2	カガヤン・デ・オロ流域の土砂生産状況.....	3-66
3.6.3	砂防施設について.....	3-67
3.6.4	土砂管理における細粒土砂流出の課題.....	3-68
3.7	非構造物対策.....	3-69
3.7.1	洪水管理.....	3-69
3.7.2	流域管理.....	3-77
3.8	災害リスク管理に関する最近の主要な法律・条例・政令.....	3-81
3.8.1	主要な法律/条例/政令.....	3-81
3.8.2	河川境界の法制度的側面と河川境界の予備的なコンセプトの提案.....	3-86
3.9	災害リスク管理ならびに本調査に係る組織の現状.....	3-88
3.9.1	主要組織.....	3-88
3.9.2	主要関係組織.....	3-97
3.9.3	他地域での洪水軽減委員会(FMC)の現状.....	3-100
第4章	マスタープラン.....	4-1
4.1	マスタープランへのアプローチ.....	4-1

4.1.1	概要.....	4-1
4.1.2	マスタープランの計画条件.....	4-2
4.1.3	カガヤン・デ・オロ川の洪水(被害)の特性と課題.....	4-3
4.1.4	洪水リスク管理マスタープラン策定の基本方針.....	4-4
4.2	河川境界.....	4-4
4.2.1	概説.....	4-4
4.2.2	河川境界の設定.....	4-4
4.2.3	河川境界と洪水リスクレベル.....	4-5
4.3	計画規模.....	4-6
4.3.1	マスタープランの計画規模.....	4-6
4.3.2	優先事業の目標とする計画規模.....	4-7
4.4	河道の基本設計.....	4-8
4.5	構造物対策代替案の検討.....	4-12
4.5.1	代替案検討の手順.....	4-12
4.5.2	代替案の設定.....	4-13
4.5.3	代替案の検討.....	4-20
4.6	構造物対策の提案.....	4-23
4.6.1	緊急対策.....	4-23
4.6.2	短・中期対策(主要コンポーネント).....	4-23
4.6.3	短・中期対策(支援コンポーネント).....	4-24
4.6.4	長期対策.....	4-25
4.6.5	維持管理対策.....	4-27
4.7	非構造物対策のマスタープランの作成.....	4-27
4.7.1	非構造物対策(洪水管理).....	4-27
4.7.2	流域管理の検討および提案.....	4-29
4.8	マスタープランの策定.....	4-31
4.9	マスタープランにおける事業費積算.....	4-34
4.9.1	積算の条件と仮定.....	4-34
4.9.2	河川改修事業費の積算.....	4-35
4.9.3	洪水調節ダムに関する積算.....	4-36
4.10	マスタープランにおける経済評価.....	4-38
4.10.1	経済評価の基本条件.....	4-38
4.10.2	経済費用.....	4-39
4.10.3	経済便益.....	4-40
4.10.4	経済分析結果.....	4-41
4.11	マスタープランの実施計画.....	4-43
4.12	優先事業.....	4-45
4.12.1	優先事業の評価軸.....	4-45
4.12.2	優先事業の評価.....	4-45
4.13	マスタープランの結論・提言.....	4-48

4.13.1	マスタープランの結論.....	4-48
4.13.2	マスタープランに係わる提言.....	4-48
4.13.3	非構造物対策の長期的な活動に対する提言.....	4-50
第5章	優先事業、構造物対策の予備設計.....	5-1
5.1	優先事業.....	5-1
5.1.1	優先事業の概要.....	5-1
5.1.2	優先事業の対象地域.....	5-1
5.2	優先プロジェクトの構造物対策.....	5-6
5.2.1	はじめに.....	5-6
5.2.2	構造物対策の基本設計.....	5-14
第6章	非構造物対策.....	6-1
6.1	優先プロジェクト.....	6-1
6.2	事業スコープの提案.....	6-1
6.2.1	洪水管理.....	6-1
6.2.2	流域管理.....	6-1
6.3	円借款事業として提案される非構造物対策.....	6-2
第7章	施工計画および積算.....	7-1
7.1	概説.....	7-1
7.2	施工計画と工事工程.....	7-1
7.2.1	プロジェクトの内容.....	7-1
7.2.2	施工計画に関わる条件.....	7-2
7.2.3	労務者、機材および材料.....	7-6
7.2.4	施工手法.....	7-6
7.2.5	建設機械の作業効率.....	7-6
7.2.6	契約工区.....	7-7
7.2.7	施工工程.....	7-7
7.3	事業費積算.....	7-9
7.3.1	積算の条件と仮定.....	7-9
7.3.2	建設費.....	7-10
7.3.3	用地費および補償費.....	7-12
7.3.4	事務費.....	7-12
7.3.5	コンサルタント経費.....	7-13
7.3.6	予備費.....	7-13
7.4	運営維持管理費.....	7-13
7.5	事業費.....	7-14
7.6	事業実施スケジュール.....	7-14
第8章	プロジェクト評価.....	8-1
8.1	プロジェクト実施計画.....	8-1
8.2	コンサルティング・サービス.....	8-1
8.3	事業便益.....	8-1

8.3.1	概説.....	8-1
8.3.2	経済便益分析.....	8-1
8.4	経済評価.....	8-3
8.5	環境評価.....	8-6
8.5.1	環境適合証明(Environmental Compliance Certificate , ECC).....	8-6
8.5.2	スコーピング評価結果.....	8-6
8.5.3	環境評価.....	8-6
8.6	社会経済評価.....	8-6
8.6.1	本プロジェクトにおける災害リスク軽減管理への考慮.....	8-6
8.6.2	プロジェクトによる住民移転の推定規模.....	8-7
8.6.3	プロジェクトによる予防的住民移転.....	8-7
8.6.4	プロジェクトによる予防的住民移転の社会経済的側面.....	8-7
8.6.5	社会評価.....	8-7
8.7	技術評価.....	8-7
8.8	総合的な事業評価.....	8-8
第9章	環境社会配慮.....	9-1
9.1	環境影響.....	9-1
9.1.1	環境影響評価.....	9-1
9.1.2	環境管理計画.....	9-7
9.1.3	環境モニタリング計画.....	9-22
9.2	社会的影響.....	9-32
9.2.1	用地取得と住民移転の必要性.....	9-32
9.2.2	用地取得と住民移転の範囲と規模.....	9-32
9.2.3	補償の受給資格とその他の受給権.....	9-34
9.2.4	補償と支援策.....	9-38
9.2.5	苦情処理制度.....	9-43
9.2.6	RAP 実施の組織体制と主要責務.....	9-45
9.2.7	費用と予算.....	9-47
9.2.8	モニタリング.....	9-52
第10章	事業実施計画.....	10-1
10.1	事業実施組織.....	10-1
10.1.1	構造物対策の事業の実施・維持管理に係る主な組織の現状.....	10-1
10.1.2	構造物対策の事業の実施・維持管理に係る組織構成の提案.....	10-4
10.1.3	提案する非構造物対策に係る主な関係組織のそれぞれの役割と責務.....	10-11
10.2	調達方法.....	10-14
10.3	事業実施スケジュール.....	10-15
10.4	融資資金.....	10-17
10.5	コンサルティング・サービス.....	10-17
10.6	事業の運用効果指標.....	10-19
10.6.1	事業の実施効果.....	10-19

---

10.6.2	運用効果指標.....	10-20
第 11 章	災害リスク軽減管理事業への提言.....	11-1
11.1	総論.....	11-1
11.2	洪水災害リスク軽減管理にかかわる基本理念.....	11-1
11.3	カガヤン・デ・オロ川洪水リスク管理事業(FRIMP-CDOR).....	11-2
11.3.1	優先事業.....	11-2
11.3.2	FRIMP-CDOR 事業の維持管理.....	11-3

付表

表 1.3.1	フィリピンの主要 18 河川流域.....	1-6
表 1.3.2	主要 18 河川流域の基本諸元と事業実施状況等.....	1-7
表 1.5.1	調査作業タスク.....	1-8
表 2.4.1	カガヤン・デ・オロ川流域の主要洪水と被害記録.....	2-4
表 2.4.2	既設護岸の被災箇所.....	2-5
表 2.5.1	河川構造物の緊急復旧事業.....	2-7
表 2.5.2	追加の河川構造物の緊急復旧事業 (検討・準備中).....	2-7
表 2.7.1	関連地方自治体の人口と人口増加.....	2-11
表 2.7.2	主要な地域社会経済指標の概要.....	2-12
表 3.2.1	マカバラン港の験潮データ.....	3-3
表 3.2.2	カガヤン・デ・オロ市内の水準点の点検測量結果.....	3-4
表 3.2.3	地物、属性の取得/非取得.....	3-7
表 3.2.4	測量調査範囲.....	3-11
表 3.3.1	追加地質調査の数量.....	3-17
表 3.4.1	雨量データと利用可能観測所数.....	3-19
表 3.4.2	選定した観測所.....	3-24
表 3.4.3	ティーセンを毎年変えた場合の年間最大流域平均 1 日雨量.....	3-25
表 3.4.4	流域平均日雨量の非毎年資料.....	3-26
表 3.4.5	流域平均雨量の頻度解析(非毎年流域平均日雨量).....	3-26
表 3.4.6	サブ流域の定数.....	3-33
表 3.4.7	河道の定数.....	3-33
表 3.4.8	カガヤン・デ・オロ川流域の最適定数.....	3-34
表 3.4.9	確率規模毎の降水量.....	3-37
表 3.5.1	センドン時の洪水痕跡.....	3-41
表 3.5.2	パプロ時の洪水痕跡.....	3-41
表 3.5.3	マニングの粗度係数.....	3-48
表 3.5.4	既存の河川横断測量データ.....	3-58
表 3.5.5	カガヤン・デ・オロ川下流の河道横断形状の変化.....	3-58
表 3.5.6	2011 年から 2013 年のカガヤン・デ・オロ川下流の河道縦断形状の変化.....	3-60
表 3.6.1	崩壊発生と土砂流出の状況.....	3-68
表 3.7.1	主な評価観点における現状・問題点と必要と考えられる対策(洪水管理).....	3-75
表 3.7.2	それぞれの地域に必要なと思われる非構造物対策(洪水管理).....	3-77
表 3.8.1	共和国法第 10121 号の重要な内容.....	3-82
表 3.8.2	国家災害リスク軽減・管理フレームワーク/計画の 4 側面と期待される成果 .....	3-82
表 3.8.3	洪水リスク管理に関する主な水法の条項と実施運用規定細則.....	3-83
表 3.8.4	洪水リスク管理に関する各自治体の行政命令.....	3-85
表 3.8.5	洪水リスク管理に深く関係する他の法律・条例・政令.....	3-86

表 3.9.1	国家災害リスク軽減・管理評議会を構成する組織 .....	3-89
表 3.9.2	DPWH 内の関係各部署・事務所の現在の職員数 .....	3-94
表 3.9.3	関係自治体の各関係部署の現在の職員数 .....	3-97
表 4.1.1	カガヤン・デ・オロ川の洪水特性と課題 .....	4-3
表 4.2.1	洪水リスクレベルの評価指標 .....	4-6
表 4.3.1	計画流量配分 .....	4-7
表 4.4.1	計画高水位 .....	4-10
表 4.4.2	計画高水流量と所要余裕高 .....	4-10
表 4.5.1	候補となる代替案の選定 .....	4-14
表 4.5.2	洪水リスク管理マスタープラン代替案の一次スクリーニング .....	4-15
表 4.5.3	代替案の詳細(候補となるプログラム) .....	4-18
表 4.5.4	検討結果に基づく代替案の比較 .....	4-22
表 4.5.5	プロジェクトを実施しない場合(No Action)の環境・社会状況 .....	4-23
表 4.6.1	カガヤン・デ・オロ川で実施中の応急復旧工事 .....	4-23
表 4.6.2	カガヤン・デ・オロ川における計画流量配分 .....	4-27
表 4.7.1	カガヤン・デ・オロ川流域における非構造物対策のマスタープラン(洪水管理) .....	4-28
表 4.7.2	カガヤン・デ・オロ川流域における流域管理にかかる長期対策 .....	4-30
表 4.8.1	カガヤン・デ・オロ川洪水リスク管理マスタープランの構成 .....	4-31
表 4.9.1	事業工事費の構成 .....	4-34
表 4.9.2	マスタープランにおける労務費・機材費・材料費の内貨・外貨配分率 ..	4-35
表 4.9.3	河川改修事業費 .....	4-36
表 4.10.1	経済評価対象の事業内容 .....	4-38
表 4.10.2	経済評価モデルのパラメータ設定値 .....	4-39
表 4.10.3	短・中期対策の経済費用及び財務費用 .....	4-39
表 4.10.4	マスタープランの年度投資額(経済費用ベース) .....	4-40
表 4.10.5	年間洪水被害軽減期待額 .....	4-40
表 4.10.6	マスタープランの洪水被害軽減便益 .....	4-41
表 4.10.7	長期対策の経済費用および便益のキャッシュ・フロー .....	4-42
表 4.12.1	マスタープランで提案された短・中期対策の評価 .....	4-45
表 5.1.1	提案事業の概要 .....	5-1
表 5.2.1	優先プロジェクト・エリア .....	5-6
表 5.2.2	構造物対策の各工区の位置 .....	5-7
表 5.2.3	工区毎の優先プロジェクトの構造物対策 .....	5-7
表 5.2.4	堤防(土堤・コンクリート擁壁)の分類 .....	5-9
表 5.2.5	軟弱地盤の分類 .....	5-23
表 5.2.6	堤防(土堤とコンクリート擁壁)全延長距離 .....	5-28
表 5.2.7	堤防高(土堤とコンクリート擁壁) .....	5-29
表 6.3.1	円借款事業として提案する非構造物対策(洪水管理) .....	6-3
表 6.3.2	円借款事業として提案する非構造物対策(流域管理) .....	6-3
表 7.2.1	構造物対策工の基本諸元 .....	7-1

表 7.2.2	作業可能日数.....	7-3
表 7.2.3	主要工種における機材の組み合わせと作業効率.....	7-7
表 7.3.1	工事費の構成.....	7-9
表 7.3.2	本プロジェクトにおける労務費・機材費・材料費の内貨・外貨配分率...	7-10
表 7.3.3	用地費および補償費のまとめ.....	7-12
表 7.5.1	事業費.....	7-14
表 8.3.1	一般資産の超過確率洪水規模別の洪水被害軽減額.....	8-2
表 8.3.2	一般資産における年平均期待被害額.....	8-3
表 8.3.3	一般資産以外の直接・間接被害額.....	8-3
表 8.4.1	分析モデルのパラメータ設定値.....	8-3
表 8.4.2	経済費用及び財務費用.....	8-4
表 8.4.3	経済費用の年度別投資計画.....	8-4
表 8.4.4	経済的費用および便益のキャッシュ・フロー.....	8-5
表 9.1.1	スコーピングおよび評価結果.....	9-3
表 9.1.2	物理-化学環境項目への影響に対する環境管理計画.....	9-8
表 9.1.3	自然環境項目への影響に対する環境管理計画.....	9-12
表 9.1.4	社会環境項目への影響に対する環境管理計画.....	9-16
表 9.1.5	環境モニタリング費用の見積り(物理-化学環境項目).....	9-23
表 9.1.6	物理-化学環境項目に関する環境モニタリング計画.....	9-24
表 9.1.7	環境モニタリング費用の見積り(自然環境項目).....	9-26
表 9.1.8	自然環境項目に関する環境モニタリング計画.....	9-27
表 9.1.9	社会環境項目に関する環境モニタリング計画.....	9-29
表 9.2.1	住民移転の影響の範囲の要約.....	9-34
表 9.2.2	用地取得と補償に関する方針の主要原則.....	9-36
表 9.2.3	再取得価格の原則.....	9-37
表 9.2.4	損失資産への補償.....	9-38
表 9.2.5	生活回復支援策.....	9-40
表 9.2.6	関係機関の生計向上プログラムの概要.....	9-41
表 9.2.7	エンタイトルメント・マトリックス.....	9-42
表 9.2.8	苦情処理の手順と構成.....	9-44
表 9.2.9	類型別建設費用単価の試算額.....	9-47
表 9.2.10	類型別およびバランガイ別影響構造物の数.....	9-48
表 9.2.11	類型別影響構造物の費用.....	9-48
表 9.2.12	バランガイ別影響地の面積.....	9-49
表 9.2.13	バランガイ別影響地の市場価格(2008年).....	9-50
表 9.2.14	バランガイ別影響地の最新査定価格(2005年).....	9-50
表 9.2.15	市場価格と査定価格の比較.....	9-51
表 9.2.16	バランガイ別影響地の土地費用(2005年).....	9-51
表 9.2.17	住民移転の概算費用.....	9-52
表 9.2.18	モニタリング活動と実施頻度.....	9-54

---

表 10.1.1	DPWH の現在の職員数 .....	10-1
表 10.1.2	最近の DPWH の年別の全体予算と洪水対策予算 .....	10-1
表 10.1.3	DPWH 第 10 管区事務所の洪水制御施設の管理に係る職員数 .....	10-3
表 10.1.4	最近の DPWH 第 10 管区事務所の年別の全体予算と洪水対策予算 .....	10-3
表 10.1.5	City Engineer's Office, CDO City の職員数 .....	10-4
表 10.1.6	最近のカガヤン・デ・オロ市の年別の全体予算と洪水対策予算 .....	10-4
表 10.1.7	事業の維持管理に係る主な関係部署 .....	10-8
表 10.1.8	提案の非構造物対策の関係組織 .....	10-14
表 10.4.1	資金必要額 .....	10-17
表 10.6.1	運用指標 .....	10-20
表 10.6.2	効果指標 .....	10-21
表 11.3.1	提案される維持管理組織 .....	11-4

付図

図 1.3.1	フィリピン国の主要 18 河川流域.....	1-9
図 2.1.1	カガヤン・デ・オロ川下流域の現況写真.....	2-1
図 2.1.2	カガヤン・デ・オロ川流域.....	2-2
図 2.1.3	カガヤン・デ・オロ川下流事業対象地域.....	2-2
図 2.2.1	ミンダナオ島の降雨パターン.....	2-3
図 2.4.1	洪水痕跡 (左岸: Sta.5+570).....	2-5
図 2.4.2	カガヤン・デ・オロ市の洪水氾濫図と洪水常襲域.....	2-6
図 2.7.1	第 10 管区の行政界と人口分布(2007 年時点).....	2-10
図 3.2.1	Macajalar 湾の平均海面高.....	3-4
図 3.2.2	地形測量範囲図(縮尺 1/1,000 および 1/10,000).....	3-6
図 3.2.3	オルソマップのイメージ図.....	3-8
図 3.2.4	縦横断測量位置図(2012 年 12 月).....	3-10
図 3.2.5	F/S 設計時の河川測量実施位置.....	3-12
図 3.3.1	地質調査の位置図.....	3-14
図 3.3.2	地質調査地点と既存データ位置図.....	3-14
図 3.3.3	ボーリング調査の結果(地質柱状図と標準貫入試験).....	3-15
図 3.3.4	河床材のサンプリング箇所.....	3-16
図 3.3.5	追加地質調査の位置図.....	3-16
図 3.4.1	カガヤン・デ・オロ川流域.....	3-18
図 3.4.2	水文観測所位置図.....	3-20
図 3.4.3	Macajalar 湾での潮位記録(2007-2011 年).....	3-21
図 3.4.4	Cabula 橋地点における流況曲線(21 年間; 1991-2011 年).....	3-21
図 3.4.5	橋梁の位置図.....	3-22
図 3.4.6	降雨解析フロー図.....	3-23
図 3.4.7	流域平均 1 日雨量(非毎年)の頻度解析結果.....	3-27
図 3.4.8	カガヤン・デ・オロ川流域において観測された 3 観測所の時間降雨曲線 .....	3-28
図 3.4.9	時間降雨累積図(3 観測所とそれらの無次元値平均).....	3-28
図 3.4.10	最近の台風性豪雨時の降雨パターン.....	3-28
図 3.4.11	確率年別時間降雨パターン.....	3-29
図 3.4.12	カガヤン・デ・オロ川流域分割図(C.A = 1,364 km <sup>2</sup> ).....	3-31
図 3.4.13	カガヤン・デ・オロ川流域の流出モデル・ダイアグラム.....	3-32
図 3.4.14	定数修正による Cabula 橋地点洪水ハイドログラフ検証 (流域遅滞時間修正). .....	3-34
図 3.4.15	センドン時の Cabula 橋地点における洪水ハイドログラフ.....	3-35
図 3.4.16	Talakag 観測所の降雨強度曲線.....	3-36
図 3.4.17	センドン時の洪水ハイドログラフ.....	3-37
図 3.4.18	Cabula 橋地点における超過確率洪水ハイドログラフ.....	3-38

図 3.4.19	Pelaez 橋地点における超過確率洪水ハイドログラフ.....	3-38
図 3.4.20	Kauswagan 橋地点における超過確率洪水ハイドログラフ.....	3-39
図 3.4.21	流量配分図(各超過確率流量およびセンドン時).....	3-39
図 3.4.22	ダム計画地点における洪水ハイドログラフ.....	3-40
図 3.5.1	センドンおよびパプロ洪水時の洪水氾濫図.....	3-43
図 3.5.2	Pelaez 橋-河口区間の河川縦断図.....	3-44
図 3.5.3	Pelaez 橋-河口区間の地形とセンドンおよびパプロ時の洪水氾濫図.....	3-45
図 3.5.4	洪水氾濫解析用の河川横断作成方法.....	3-46
図 3.5.5	検討対象ハイドログラフ(Kauswagan 橋地点).....	3-47
図 3.5.6	検討対象ハイドログラフ(Kauswagan 橋地点).....	3-47
図 3.5.7	センドン・パプロ氾濫解析結果(水位分布図).....	3-49
図 3.5.8	センドン氾濫解析結果(氾濫図)(1/2).....	3-50
図 3.5.8	センドン氾濫解析結果(氾濫図)(2/2).....	3-51
図 3.5.9	パプロ氾濫解析結果(1/2).....	3-52
図 3.5.9	パプロ氾濫解析結果(2/2).....	3-53
図 3.5.10	確率規模別氾濫解析結果(25 年確率).....	3-55
図 3.5.10	確率規模別氾濫解析結果(50 年確率).....	3-56
図 3.5.11	カガヤン・デ・オロ川河口付近の河道形状の変遷.....	3-57
図 3.5.12	カガヤン・デ・オロ川河口付近写真(2013.1 パプロ洪水後撮影).....	3-57
図 3.5.13	2011 年、2012 年および 2013 年の河川横断測量位置図.....	3-59
図 3.5.14	2011 年～2013 年に実施された 3 測定の河床縦断形の比較.....	3-61
図 3.5.15	カガヤン・デ・オロ川流域周辺における流砂量サンプリング地点.....	3-63
図 3.5.16	流量-流砂量関係図(Cabura, Albujiid and Damilag).....	3-63
図 3.5.17	2012 年から 2013 年の河床変動解析の計算結果.....	3-64
図 3.7.1	災害リスク・管理評議会と関連機関の組織体制.....	3-69
図 3.7.2	熱帯暴風雨センドンにより洪水被害を受けたバランガイに対する質問票調査を実施したバランガイの位置図(2012 年 9 月に実施).....	3-71
図 3.7.3	熱帯暴風雨センドンにより深刻な被害を受けたカガヤン・デ・オロ川流域上流部のバランガイの位置図.....	3-72
図 3.7.4	センドンの移動履歴.....	3-74
図 3.7.5	パプロの移動履歴.....	3-74
図 3.7.6	カガヤン・デ・オロ川流域における DENR 第 10 管区による流域保全にかかる活動位置図.....	3-80
図 3.8.1	カガヤン・デ・オロ市での河川境界に関係する主な法制化の動き.....	3-87
図 3.9.1	現在の DPWH の組織図.....	3-90
図 3.9.2	提案された PMO-Flood Control の組織構成.....	3-91
図 3.9.3	カガヤン・デ・オロ市の現在の組織図.....	3-95
図 3.9.4	リボナ町の現在の組織図.....	3-95
図 3.9.5	バウンゴン町の現在の組織図.....	3-96
図 3.9.6	タラカグ町の現在の組織図 タラカグ町の現在の組織図.....	3-96

図 3.9.7	カガヤン・デ・オロ市の災害リスク軽減・管理評議会の組織図 .....	3-97
図 4.1.1	マスタープランの検討フロー .....	4-2
図 4.2.1	カガヤン・デ・オロ川の河川境界図 .....	4-5
図 4.2.2	河川境界の設定概念図 .....	4-6
図 4.3.1	ペラエス橋、カブラ橋、ブブナワン川ならびに既存ダム計画地点位置図 .....	4-8
図 4.4.1	標準横断面 .....	4-9
図 4.4.2	カガヤン・デ・オロ川の計画縦断面図 .....	4-11
図 4.5.1	M/Pにおける代替案検討の手順 .....	4-12
図 4.5.2	放水路を建設する場合の想定されるルート .....	4-18
図 4.5.3	代替案候補プログラムの河川断面コンセプト .....	4-19
図 4.5.4	再定住/移転が必要な河川区域の位置 .....	4-20
図 4.6.1	既存遊水地の位置図 .....	4-25
図 4.8.1	カガヤン・デ・オロ川洪水リスク管理マスタープラン計画一般図 (1/2) .....	4-32
図 4.8.1	カガヤン・デ・オロ川洪水リスク管理マスタープラン計画一般図 (2/2) .....	4-33
図 4.9.1	貯水池容量配分および貯水池運用の模式図 .....	4-37
図 4.11.1	マスタープランの実施計画 .....	4-44
図 5.1.1	ミサミス・オリエンタル州の経済地区 .....	5-4
図 5.1.2	カガヤン・デ・オロ市の商業経済地区 .....	5-5
図 5.2.1	構造物対策の位置図 .....	5-8
図 5.2.2	土堤の標準断面図(1/2) .....	5-9
図 5.2.2	土堤の標準断面図(2/2) .....	5-10
図 5.2.3	コンクリート擁壁の標準断面図(1/2) .....	5-11
図 5.2.3	コンクリート擁壁の標準断面図(2/2) .....	5-12
図 5.2.4	工区と堤防の位置および標準断面図 .....	5-13
図 5.2.5	土堤の標準断面(土堤タイプ-1) .....	5-14
図 5.2.6	土堤の標準断面(土堤タイプ-2) .....	5-15
図 5.2.7	コンクリート擁壁の標準断面(コンクリート擁壁-1) .....	5-15
図 5.2.8	コンクリート擁壁の標準断面(コンクリート擁壁-2) .....	5-16
図 5.2.9	土堤(1)の標準断面 .....	5-17
図 5.2.10	土堤(1)の標準断面と 3D-イメージ .....	5-18
図 5.2.11	二段階施工の最終標準断面 .....	5-19
図 5.2.12	土堤(3)の標準断面と 3D-イメージ .....	5-20
図 5.2.13	土堤(4)の標準断面 .....	5-20
図 5.2.14	R2 工区の構造物対策案 (Isla Delta 地区, Isla de Oro 地区) .....	5-21
図 5.2.15	R2 工区の採用案(代替案-2: 洪水擁壁+ブルバード) .....	5-22
図 5.2.16	構造物対策と軟弱地盤対策の標準断面と平面図(R2 工区) .....	5-23
図 5.2.17	コンクリート擁壁と盛り立て道路の標準断面(R4 工区) .....	5-24
図 5.2.18	コンクリート擁壁+2 車線道路の 3-D イメージ図 .....	5-24
図 5.2.19	コンクリート擁壁(6)の標準断面と 3-D イメージ図 .....	5-25
図 5.2.20	コンクリート擁壁(7)及び(8)標準断面図 .....	5-26

図 5.2.21	河川狭窄部の構造物対策の配置図 .....	5-26
図 5.2.22	コンクリート擁壁(9)の標準断面 .....	5-27
図 5.2.23	コンクリート擁壁(9)の線形(右岸: Ysalina 橋- St. Augustine 教会).....	5-28
図 5.2.24	河口左岸(L1 工区)の道路堤防の線形位置図 .....	5-30
図 5.2.25	道路堤防(1)の標準断面と縦断図 .....	5-31
図 5.2.26	道路堤防(2)のコンセプト図 .....	5-31
図 5.2.27	道路堤防(2)の標準断面図 .....	5-32
図 5.2.28	Kagay-an 橋と左右両岸アプローチの見取り図 .....	5-32
図 5.2.29	Kagay-an 橋改良の標準断面図と 3-D イメージ図 .....	5-33
図 5.2.30	Kagay-an 橋左岸アバットとアプローチ改良の標準断面.....	5-34
図 5.2.31	Kagay-an 橋右岸アバット・アプローチ改良の標準断面図.....	5-35
図 5.2.32	鋼鉄製スライド・ゲートの樋門・樋管標準断面図 .....	5-36
図 5.2.33	強化繊維プラスチック製フラップ・ゲートの樋門・樋管標準断面図 ...	5-36
図 5.2.34	遊水地の航空写真と位置図 .....	5-37
図 5.2.35	遊水地の施設配置図 .....	5-38
図 5.2.36	既存排水路(Arroyo Creek)の改修計画平面図 .....	5-38
図 5.2.37	越流堤と既存排水路改修の標準横断面図 .....	5-39
図 6.3.1	円借款事業として提案する非構造物対策の実施スケジュール案 .....	6-4
図 7.2.1	土取り場・採石場候補地位置図 .....	7-4
図 7.2.2	土捨場・仮置き場候補地 .....	7-5
図 7.2.3	カガヤン・デ・オロ川下流河川工事の施工工程 .....	7-8
図 7.6.1	事業実施スケジュール .....	7-15
図 9.1.1	FRIMP-CDOR における環境管理およびモニタリング計画の実施体制 .....	9-22
図 9.2.1	プロジェクトによって影響を受ける世帯 .....	9-33
図 9.2.2	RAP 実施の組織体制と主要責務 .....	9-46
図 10.1.1	提案の構造物対策の実施に係る組織構成案 .....	10-7
図 10.1.2	提案の構造物対策の維持管理に関わる組織構成案 .....	10-9
図 10.3.1	事業実施計画案 .....	10-16
図 10.6.1	Pelaez 橋の位置図 .....	10-19
図 10.6.2	25 年超過確率規模洪水が発生した場合の推定氾濫域 .....	10-22
図 10.6.3	カガヤン・デ・オロ川流域の洪水リスクレベル分布 .....	10-23

## 付属資料

- 付属資料 1 Creation of Steering Committee for the Preparatory Survey for Flood Risk Management Project for Cagayan de Oro River (FRIMP-CDOR) (DPWH Department Order No.61 of 2012)
- 付属資料 2 Minutes of Meeting for Steering Committee Meetings
- 付属資料 3 Minutes of Meetings for Courtesy Call
- 付属資料 4 Executive Committee Resolutions No.18 (s.2012) of Regional Development Council 10 (15 October 2012)
- 付属資料 5 Resolution No003-2013 City Development Council (14 October 2013)
- 付属資料 6 Resolution No.51 (s.2013) of Regional Development Council 10 (5 December 2013)

略語一覧

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials	米国全州道路交通運輸行政官協会
ABD	Asian Development Bank	アジア開発銀行
ACEL	Association of Carriers and Equipment Lessors, Inc.	建設機械類賃貸組合
ACI	American Concrete Institute	米国コンクリート協会
AD	Ancestral Domain	先祖伝来の土地
A&D	Alienable and Disposable Area	林地以外の土地
AFP	Armed Force of Philippines	フィリピン国軍
AISC	American Institute of Steel Construction	米国鉄鋼建築協会
AISI	American Iron and Steel Institute	米国製鉄協会
ARMM	Autonomous Region in Muslim Mindanao	イスラム教徒ミンダナオ自治地域
ALOS	Advanced Land Observing Satellite	陸域観測技術衛星
AO	Administrative Order	行政令
ASTM	American Society for Testing and Materials	米国材料試験協会
AusAID	Australia Agency for International Development	オーストラリア国際開発庁
BENRO	Bukidnon Environment and Natural Resource Office	ブキドノン環境資源天然資源事務所
BDRRMC	Barangay Disaster Risk Reduction and Management Council	バラングイ災害リスク軽減・管理評議会
BH	Borehole	試掘坑
BWPDC	Bukidnon Watershed Protection and Development Council	ブキドノン流域保護開発委員会
BWRBF	Bukidnon Watershed and River Basin Forum	ブキドノン河川流域フォーラム
BOC	Bureau of Construction (DPWH)	(公共事業道路省) 建設局
BOD	Bureau of Design (DPWH)	(公共事業道路省) 設計局
BOD	Biochemical Oxygen Demand	生物化学的酸素要求量
BOM	Bureau of Maintenance (DPWH)	(公共事業道路省) 維持管理局
BP	Before Present	～年前
BS	British Standard	(英国) 工業規格
BSWM, DA	Bureau of Soils and Water Management, Department of Agriculture	土壌水管理局
CAT-DDO	CAT-DDO	CAT-DDO
CBFEWS	Community Based Flood Early Warning System	コミュニティベース早期洪水警報システム
CCA	Climate Change Adaptation	気候変動適応策
CDIA	Cities Development Initiative for Asia	都市開発イニシアチブ・アジア
CDO	Cagayan de Oro	カガヤン・デ・オロ
CDOR	Cagayan de Oro River	カガヤン・デ・オロ川
CDORBMC	Cagayan de Oro River Basin Management Committee	カガヤン・デ・オロ川流域管理委員会
CDP	Comprehensive Development Plan	包括的な開発計画
CDRRMC	City Disaster Risk Reduction and Management Council	市家災害リスク軽減・管理評議会
CENRO, DENR	Community Environment and Natural Resources, DENR	(環境天然資源省) コミュニティ環境天然資源担当官
CEPALCO	Cagayan Electric Power and Light Company, Inc.	カガヤン電源開発公社
CHED	Commission on Higher Education	高等教育委員会
CITES	Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora	絶滅のおそれのある野生動植物の種の国際取引に関する条約

CLENRO	City Local Environment and Natural Resources Office	市環境天然資源局
CLUP	Comprehensive Land Use Plan	包括的土地利用計画
CO	Central Office	中央事務所
COWD	Cagayan de Oro Water District	カガヤン・デ・オロ水道区
CPDO	City Planning and Development Office	市計画開発局
CPR	Cardiopulmonary Resuscitation	心肺機能蘇生
CRM	Coastal Resources Management	海岸資源管理
CRMP	Coastal Resources Management Plan	海岸資源管理計画
CSO	Civil Society Organizations	市民組織
CY	Calendar Year	暦年
DA	Department of Agriculture	農業省
DANA	Damage Assessment & Needs Analysis	災害評価・ニーズ分析
DAO	DNER Administrative Order	環境天然資源省令
DBM	Department of Budget and Management	予算運営省
DCC	Disaster Coordinating Council	災害調整評議会
DD	Detailed Design	詳細設計
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
Dep ED	Department of Education	教育省
DFA	Department of Foreign Affair	外務省
DF/R	Draft Final Report	ドラフト・ファイナル・レポート
DHWL	Design High Water Level	計画高水位
DILG	Department of Interior and Local Government	内務自治省
DND	Department National Defense	国家防衛省
DO	Dissolved Oxygen	溶存酸素
DOE	Department of Energy	エネルギー省
DOF	Department of Finance	財務省
DOH	Department of Health	保健省
DOJ	Department of Justice	法務省
DOLE	Department of Labor and Employment	労働雇用省
DOST	Department of Science and Technology	科学技術省
DOT	Department of Tourism	観光省
DOTC	Department of Transportation and Communication	運輸通信省
DP/R	Draft Progress Report	ドラフト・プログレス・レポート
DPWH	Department of Public Works and Highways	公共事業道路省
DRRM	Disaster Risk Reduction Management	災害リスク軽減・管理
DRRMC	Disaster Risk Reduction and Management Committee	災害リスク削減管理委員会
DSWD	Department of Social Welfare and Development	社会福祉開発省
DTI	Department of Trade and Industry	貿易産業省
ECA	Environmentally Critical Areas	重体な環境影響が予想される地域
ECC	Environmental Compliance Certificate	環境適合証明書
ECP	Environmentally Critical Projects	重大な環境影響が予想される事業
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EIAPO	Environmental Impact Assessment Project Office	環境影響評価事務所
EIRR	Economic Internal Rate of Return	経済的內部収益率
EIS	Environmental Impact Statement	環境影響評価書
EISS	Environmental Impact Statement System	フィリピン環境影響評価システム
EMB	Environmental Management Bureau	(環境天然資源省) 環境管理局
ENCA	The Project for Enhancement of Capabilities in Flood Control and Sabo Engineering of the Department of Public	治水・砂防技術力強化プロジェクト

	Works and Highways	
EO	Engineering Office	土木事務所
EO	Executive Order	行政命令
EMoP	Environmental Monitoring Plan	環境モニタリング計画
ERDS, DENR	Ecosystems Research and Development Services, DENR	(環境天然資源省)生態系研究開発部
EPRMP	Environmental Performance Report and Management Plan	環境パフォーマンス報告書及び管理計画
ESSO	Environmental and Social Services Office	環境社会配慮事務所
EU	European Union	欧州連合
FCSEC	Flood Mitigation and Sabo Engineering Center	治水砂防技術センター
FFWS	Flood Forecasting and Warning System	洪水予警報システム
FMB, DENR	Forest Management Bureau, DENR	(環境天然資源省)森林管理局
FMC	Flood Mitigation Committee	洪水軽減委員会
FMS, DENR	Forest Management Service, DENR	(環境天然資源省)森林管理部
F/R	Final Report	ファイナル・レポート
FRIMP-CDOR	The Preparatory Survey for Flood Control Risk Management Project for Cagayan de Oro River	フィリピン国洪水リスク管理事業カガヤン・デ・オロ川)準備調査
F/S	Feasibility Study	フィージビリティ調査
GDP	Gross Domestic Products	国内総生産
GOJ	Government of Japan	日本国政府
GOP	Government of the Philippines	フィリピン国政府
GRDP	Gross Regional Domestic Products	地域内総生産
GSIS	Government Service Insurance System	公務員保険機関
HUDCC	Housing and Urban Development Coordinating Council	住宅都市開発調整協議会
ICC	Indigenous Cultural Community	先住民文化共同体
ICC	Investment Coordination Committee	投資調整委員会
ICS	Incident Command System	インシデント・マネジメント・システム
IDP	Internally Displaced Person	国内避難民
IEC	Information, Education and Communication	情報・宣伝・啓蒙活動
IEE	Initial Environmental Examination	初期環境影響評価
IEEC	Initial Environmental Examination Checklist	初期環境影響評価チェックリスト
IEER	Initial Environmental Examination Report	初期環境影響評価報告書
INREM	Integrated Natural Resources and Environmental Management	統括的自然資源環境管理事業
IPs	Indigenous peoples	少数民族
I/P	Implementation Program	実施計画
IRBMDMP	Integrated River Basin Management and Development Master Plan	統合的河川流域管理開発全体計画
IRR	Implementing Rules and Regulations	実施規約
IT/R	Interim Report	インテリム・レポート
IUCN	International Union for Conservation of Nature and Natural Resources	国際自然保護連合
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
JIS	Japanese Industrial Standards	日本工業規格
LCP	League of Cities of the Philippines	フィリピン市庁連盟
LDRRMF	Local Disaster Risk Reduction and Management Fund	地方災害リスク軽減・管理基金
LGU	Local Government Unit	地方公共団体
LIAC	Local-Inter Agency Committee	地方省庁間協議
LIDAR	Light Detection and Ranging	レーザー光による検知と測距

LMP	League of Municipalities of the Philippines	フィリピン町庁連盟
LNB	<i>Liga Ng mga</i> Barangay	フィリピンバランガイ庁連盟
LP	Laser Profile	レーザー・プロファイル
LPP	League of Provinces of the Philippines	フィリピン州庁連盟
MCL	Maximum Contamination Level	最大汚染物質濃度
MBDA	Macahalar Bay Development Alliance	Macajalar 湾開発同盟
MDRRMC	Municipal Disaster Risk Reduction Management Council	町災害リスク軽減・管理評議会
MENRO	Municipal Environment and Natural Resources Office	町環境自然資源事務所
MFCDP	Major Flood Control and Drainage Project	主要洪水制御・排水事業管理事務所
MinDA	Mindanao Development Authority	ミンダナオ開発庁
MLLW	Mean Lower Low Water	平均低低潮
MLLWL	Mean Lowest Low Water Level	平均最低低潮位
MMC	McKeough Marine Center	Mckeough 海洋センター
MOA	Memorandum Of Agreement	協定書
M/P	Master Plan	マスタープラン
MPDO	Municipal Planning and Development Office	町計画開発事務所
MSL	Mean Sea Level	平均海水位
MTSAT	Multi-functional Transport Satellite	運輸多目的衛星
MWSS	Metropolitan Waterworks and Sewerage System	マニラ首都圏上下水道公社
NAMRIA	National Mapping and Resources Information Authority	国土地理院
NAPC-VDC	National Anti-Poverty Commission-Victims of Disasters and Calamities	国家貧困対策委員会-災害被災者会
NCIP	National Commission on Indigenous Peoples	国家先住民族委員会
NCRFW	National Commission on the Role of <i>Filipino</i> Women	フィリピン女性の役割全国委員会
NDCC	National Disaster Coordinating Council	国会災害調整委員会
NDRRMC	National Disaster Risk Reduction and Management Council	国家災害リスク軽減・管理評議会
NDRRMF	National Disaster Risk Reduction and Management Fund	国家災害リスク軽減・管理基金
NEDA	National Economic Development Agency	国家経済開発庁
NFMO	National Flood Mitigation Office	国家洪水緩和事務所
NGA	National Government Agencies	政府機関
NGO	Non-Government Organizations	非政府組織
NGP	National Greening Program	国家緑化プログラム
NHA	National Housing Authority	国家住宅庁
NIA	National Irrigation Administration	国家灌漑庁
NIPAS	National Integrated Protected Areas System	国立統合保護地域制度法
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration - Satellites	アメリカ海洋大気局
NOAH	Nationwide Operational Assessment of Hazards	フィリピン災害軽減管理プロジェクト
NPC	National Power Corporation	国家電力公社
NSCB	National Statistical Coordinating Board	フィリピン国家統計調整委員会
NSO	National Statistics Office	国家統計局
NWRB	National Water Resources Board	国家水資源委員会
NWRMO	National Water Resources Management Office	国家水資源管理事務所
OCD	Office of Civil Defense	市民防衛局
O&M	Operation and Maintenance	運用と維持
OPAPP	Office of the Presidential Adviser on Peace Process	和平プロセス大統領顧問

PAGASA	Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration	フィリピン気象天文庁
PAWCZMO	Protection Area, Wildlife and Coastal Zone Management Office, DENR	(環境天然資源省) 保護区・野生生物・海岸地域管理局
PCG	Philippine Coast Guard	フィリピン沿岸警備隊
PD	Presidential Decree	大統領令
PDO	Planning and Development Office	計画開発事務所
PDRRC	Provincial Disaster Risk Reduction Management Council	州災害リスク軽減・管理評議会
PEISS	Philippine Environmental Impact Statement System	フィリピン環境影響評価 システム
PENRO, DENR	Provincial Environment and Natural Resources Office, DENR	(環境天然資源省) 州環境天然資源局
PEPRMP	Programmatic Environmental Performance Report and Management Plan	複合プログラムに適応される環境パフォーマンス報告書および管理計画
PFS	Prefeasibility Study	プレ・フィージビリティ調査
PhilHealth	Philippine Health Insurance Corporation	フィリピン健康保険公社
PIA	Philippine Information Agency	フィリピン情報局
PM	Particular Matter	粒状物質
PMO	Project Management Office	プロジェクト管理事務所
PNP	Philippine National Police	フィリピン国家警察
PNRC	Philippine National Red Cross	フィリピン赤十字社
PP	Presidential Proclamation	大統領宣言
PPA	Philippine Ports Authority	フィリピン港湾庁
PPP	Public-Private Partnership	官民パートナーシップ
PRC	Philippine Red Cross	フィリピン赤十字社
RA	Republic Act	共和国法
RAP	Resettlement Action Plan	移転行動計画
RBCO	River Basin Control Office	河川流域管理事務所
RBO	River Basin Organization	河川流域機関
RDC	Regional Development Council	国家開発評議会
RDRRC	Regional Disaster Reduction Management Council	地域災害リスク軽減・管理評議会
RED	Regional Executive Director	管区代表
RES	Payment of Environmental Services	環境サービスへの支払い
RR	Rainfall-Runoff	降雨流出
ROW	Right of Way	事業に必要な用地
SALT	Sloping Agricultural Land Technology	傾斜地農業技術
SEA	Strategic Environmental Assessment	戦略的アセスメント
SPT	Standard Penetration Test	標準貫入試験
SRLSF	Safer River, Life Saver Foundation	サイファーリバー・ライフセイバー財団
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission	スペースシャトル地形データ
SSS	Social Security System	社会保険システム (組合)
TA	Technical Assistance	技術協力
TAC	Technical Advisory Committee	技術支援委員会
TOR	Terms of Reference	委託事項
TS	Tropical Storm	熱帯暴風雨
TSP	Total Suspended Particulates	総浮遊粒子状物質
TSS	Total Suspended Solids	総浮遊物質質量
TUREDECO	Turbines Resource and Development Corporation	Turbines 資源開発会社
TWG	Technical Working Group	テクニカル・ワーキング・グループ
ULAP	Union of Local Authorities of the Philippines	フィリピン地方庁連合
UNDP	UN Development Program	国連開発計画
WL	Water Level	水位

### 単位一覧

<b>Extent</b>		<b>Volume</b>	
km <sup>2</sup>	square-kilometer (1.0 km x 1.0 km)	m <sup>3</sup>	cubic-meter
ha	hectare (100 m x 100 m)	l	litter
<b>Length</b>		<b>Weight</b>	
mm	millimeter	g	gram
cm	centimeter (10 mm)	kg	kilogram (1,000 g)
m	meter (100 cm)	ton	metric ton (1,000 kg)
km	kilometer (1,000 m)	mg	milligram (10 <sup>-3</sup> g)
		μg	microgram (10 <sup>-6</sup> g)
<b>Currency</b>		<b>Time</b>	
US\$	United State Dollars	sec	second
PHP	Philippine Pesos	min	minute (60 sec.)
		hr	hour (60 min.)
		yr	year
		Ma	Mega annum (10 <sup>6</sup> years)
<b>Temperature</b>		<b>Others</b>	
°C	Degree Celsius	dB (A)	decibel

## 第 1 章 調査の概要

### 1.1 調査の背景

フィリピン共和国(以下「比国」)政府は、フィリピン開発計画(2011～2016年)において、洪水リスク軽減のための流域保全及び効率的かつ妥当なインフラ整備を主要施策の一つとして掲げている。また、その戦略として、洪水リスクの高い地域における洪水対策施設の優先的な建設、洪水対策施設の計画や設計への気候変動適応策の組み込み、構造物/非構造物両面からの災害リスク軽減・管理の実施等をあげている。

本業務の対象河川であるカガヤン・デ・オロ川は、国際協力機構(JICA)の開発調査「全国洪水リスク評価及び特定地域洪水被害軽減計画」(2006～2008年)において特定された56の洪水対策優先河川リストにも含まれており、既に比国政府によってカガヤン・デ・オロ川流域のマスタープラン(M/P)作成及びフィージビリティ調査(F/S)が2011年6月に実施されている。同マスタープラン調査においては、計画目標年を2035年、治水安全度を25年確率としている。

一方、上記M/PとF/Sが実施されたのちの2011年12月には、熱帯暴風雨センドン(以下「センドン」という)が北部ミンダナオ地域を中心に直撃し、被災者約117万人、死者約1,250人という甚大な被害を与えた。センドンによる被害の大きかった都市のひとつが、北部ミンダナオ地方を流れるカガヤン・デ・オロ川の下流に位置し、人口約60万人を抱えるカガヤン・デ・オロ市である。同市を貫流するカガヤン・デ・オロ川は従来の洪水対策が十分ではなく、センドンによる洪水は市中心部に壊滅的な被害をもたらした。センドンによる洪水被害により自然・社会状況が変化していることから上記の既存M/P、F/S調査の見直しが急務となった。

比国政府が同河川流域における土地利用等、洪水対策に係る施策の変更を検討していることなどから、既存M/P、F/Sの全面的な見直しを行ったうえで、同河川流域の洪水対策事業(構造物対策・非構造物対策)の円借款としての案件形成を目指すものである。

このような状況から、流域の緊急洪水リスク管理事業が、流域地域社会の災害復旧能力向上のために必要と考えられたため、2012年3月にフィリピン政府公共事業道路省(DPWH)とJICAは、カガヤン・デ・オロ川流域のための円借款事業案件形成調査を、JICAの技術協力のもと実施することに合意した。

### 1.2 調査の目的

- 1) カガヤン・デ・オロ川流域の最新の地形や開発の状況等を調査し、最新の洪水被害状況のレビューを行い、比国政府による同河川流域の洪水対策の変更の検討を考慮した上で、既存のM/P及びF/Sの全面的な見直しを行うこと。
- 2) 上記の見直し調査結果に基づき、同河川流域の洪水対策事業(構造物対策・非構造物対策)の円借款案件(本事業)としての形成を支援すること。

### 1.3 調査地域

調査対象地域は、調査位置図に示されるとおり、ミンダナオ島内のカガヤン・デ・オロ川流域である。フィリピン国主要 18 河川と、その一つであるカガヤン・デ・オロ川の現状は以下のとおりである。

#### (1) フィリピン国主要 18 河川流域

国家水資源評議会(National Water Resources Board: NWRB)は、総合的な水資源開発計画の立案にあたり、1976 年に全国を 12 の水資源地域に分割し、流域面積が 40 km<sup>2</sup>を超える 421 河川流域を主要河川流域(Principal River Basin)に指定した。その中で、流域面積が 1,400 km<sup>2</sup>以上の 18 河川流域を大河川流域(Major River Basin)として区分している。

上記の主要 18 河川流域の基本諸元と位置を、表 1.3.1 と図 1.3.1 にそれぞれ示す。また、表 1.3.2 に流域面積、河川延長、流域内の主要都市、流域人口、M/P、F/S 調査実施状況、河川改修事業実施状況を示す。

#### (2) 主要大河川流域とカガヤン・デ・オロ川流域の現況

主要 18 河川流域のうち、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、洪水対策の M/P の作成と F/S 調査が実施され、河川改修事業が実施されている。これまでに、5 流域(Agusan 川流域、Pampanga 川流域、Agno 川流域、Pasig 川流域、Bicol 川流域)について、河川改修事業が実施されたか、あるいは実施中である。また、Cagayan 川流域と Tagoloan 川流域は事業が開始されたところである。

カガヤン・デ・オロ川流域は、これら 18 河川流域の中でも、特に近年最大規模の洪水被害を受け、熱帯低気圧(2009 年)、熱帯暴風雨センドン(2011 年)、台風パブロ(2012 年)と連続して洪水被害を受けた。特に、センドン時には当流域と近隣流域を含め、総計 1,200 名を超える死者が発生している。また、ミンダナオ北部地方は、台風フリーゾーンと呼ばれ、台風の通過が稀な地域であったが、近年の連続した台風被害の発生に鑑み、もはや台風被災地域と考えられるようになっている。

カガヤン・デ・オロ川は、主要河川の中でも、平均河川勾配が急であり、フラッシュフラッドの発生により、降雨後に洪水が短時間で流出する。このような流域の地形的、水文的特徴から、急激な水位上昇を伴う洪水が、河川下流のデルタ域に形成された第 10 管区の中心都市カガヤン・デ・オロ市(人口約 60 万人)を直撃しがちである。

カガヤン・デ・オロ市を抱えつつも河川改修が未実施であるカガヤン・デ・オロ川流域は現在、フィリピン国の主要河川の中で優先的に河川改修を実施すべき流域と位置付けられている。

#### (3) カガヤン・デ・オロ川流域の社会状況

カガヤン・デ・オロ川の下流域に位置するカガヤン・デ・オロ市、特に熱帯暴風雨センドン時に多くの死者など、甚大な洪水被害が生じた河川沿いの地域での建築や居住を禁止することが、重要かつ効果的な洪水被害防対策であるという意識が

高まっている。

## 1.4 事業実施機関

DPWH が本事業の実施機関であり、本調査における比国政府側の相手機関である。本調査の監理のため、以下のメンバーで構成されるスティアリング・コミッティーが、DPWH 省令(2012年 61号、8月 30日付)によって設立された。(付属資料 1 参照)

- DPWH 次官補(計画及び PPP 担当)(議長)
- DPWH PMO-MFCDP クラスター2 所長(副議長)
- DPWH 計画サービス局長
- DPWH FCSEC 所長
- DPWH 設計局長
- DPWH 第 10 管区所長
- DENR-RBCO 代表
- DENR 第 10 管区代表
- NEDA 代表
- OCD 代表
- PAGASA 代表
- NIA 代表
- NWRB 代表

技術業務グループ(TWG)も同省令によって、スティアリング・コミッティーの技術面補助を目的に形成された。そのメンバーは、付属資料 1 に示されるとおりである。

## 1.5 調査スケジュール

### 1.5.1 全体調査工程

調査は下図に示されるように、2012年 8月に開始され、2014年 3月までの約 20カ月間にわたって実施された。

Tasks in Charge		2012					2013					2014									
		8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
Stage		Basic Study Stage					M/P Stage					F/S Stage									
Tasks	Work Commencement	▲																			
	Alte natives of Preliminary Design(1st Draft Design)																				
	Finalization of Preliminary design(2nd Draft design)																				
	Preliminary Selection of Priority project																				
	Master Plan study																				
	Preparation of I/P																				
	Feasibility Study																				
	Preparation of Final report																				
Report																					
Meeting	Steering Committee	▲																			
	Stakeholder Meeting																				
	Seminor																				

フィリピン国内における調査は、日本国内での準備作業ののち、2012年 8月 27日に、調査団乗り込みと同時に開始された。インセプションレポートを協議するスティアリング・コミッティーが、8月 31日にマニラにおいて開催され、調査の目的、スケジュール、適切な実施方法などについて協議が行われた。

一連の協議や意見交換ののちに、スティアリング・コミッティーと JICA 調査団は、インセプションレポートや、協議された主要点について合意した。(付属資料 2 に議事録を示す。)

調査は、以下の 3 ステージに分けて実施された。

[ステージ 1] 基礎調査ステージ: 2012 年 8 月～2013 年 2 月

[ステージ 2] M/P 調査ステージ: 2013 年 3 月～2013 年 7 月

[ステージ 3] F/S 調査ステージ: 2013 年 8 月～2014 年 3 月

### 1.5.2 [ステージ 1] 基礎調査ステージ

#### (1) 調査内容

基礎調査ステージにおける調査は、表 1.5.1 に示すタスク 1-1 から 1-23 に含まれる様々な情報収集・現地調査、河川改修計画の初期検討(1 次案の作成)、河川改修計画(2 次案)の作成、河川境界の設定案の作成などを、2012 年 8 月から 2013 年 2 月に至る期間に実施した。

#### (2) 報告書

2012 年 12 月初めまでに行われたタスク 1-1 からタスク 1-18 に関わる調査・検討結果を、ドラフト・プロGRESS・レポート(DP/R)ととりまとめた。

2013 年 2 月中旬までに行われたステージ-1 の全てのタスク(タスク 1-1 から 1-23)に関わる調査・検討結果を、プロGRESS・レポート(P/R)ととりまとめた。

#### (3) スティアリング・コミッティー

第 2 回スティアリング・コミッティーは、2012 年 12 月 12 日にマニラにおいて開催され、DP/R に示された調査結果、評価や解析の中間結果などについて協議が行われた。

第 3 回スティアリング・コミッティーは、2013 年 7 月 2 日にマニラにおいて開催され、P/R に示された調査結果、評価や解析の結果などについて協議が行われた。

一連の協議や意見交換ののちに、スティアリング・コミッティーと JICA 調査団は、P/R の内容について合意した。(付属資料 2 に議事録を示す。)

### 1.5.3 [ステージ 2] M/P 調査ステージ

#### (1) 調査内容

M/P 調査ステージにおける調査は、環境アセスメント報告書(EIA)案の作成、住民移転計画案作成、マスタープランの作成、優先プロジェクトの選定、事業スコープなどの、表 1.5.1 に示すタスク 2-1 からタスク 2-15 の調査・検討を実施した。

#### (2) 報告書

2013 年 8 月末までに行われたステージ-1 とステージ-2 のタスクに関する調査・検討結果を、インテリム・レポート(IT/R)ととりまとめた。

(3) スティアリング・コミッティー

第4回スティアリング・コミッティーは、2013年10月17日にマニラにおいて開催され、IT/Rに示された調査結果、評価や解析の結果などについて協議が行われた。

一連の協議や意見交換ののちに、スティアリング・コミッティーとJICA調査団は、IT/Rの内容について合意した(付属資料2に議事録を示す)。

1.5.4 [ステージ3] F/S 調査ステージ

(1) 調査内容

F/S 調査ステージにおける調査は、表1.5.1に示すタスク3-1から3-5の設計・評価・提案や、最終報告書のドラフト作成・説明・協議を実施した。

(2) 報告書

本調査期間中の全ての調査結果、分析・解析、諸計画の作成・提案などを、ドラフト・ファイナル・レポート(DF/R)にとりまとめた。同レポートを比国政府側に説明・協議のうえ、協議結果や得られたコメントを反映して、最終報告書をとりまとめた。

(3) スティアリング・コミッティー

第5回スティアリング・コミッティーは、2014年2月21日にマニラにおいて開催され、DF/Rに示した全ての調査結果、評価や分析の結果と、提案した諸計画等について協議が行われた。

一連の協議や意見交換ののちに、スティアリング・コミッティーとJICA調査団は、DF/Rの内容について合意した(付属資料2に議事録を示す)。

1.6 ステークホルダー会議

(1) 第1回ステークホルダー会議

第1回ステークホルダー会議は、カガヤン・デ・オロ市と、Talakag、Baungon、Libonaの各町の計4ヶ所で、2013年1月23～25日の間に開催された。

(2) 第2回ステークホルダー会議

第2回ステークホルダー会議は、カガヤン・デ・オロ市内の4ヶ所で、2013年7月20日と27日、及び9月5日に以下のとおり開催された。

A) クラスタ会議

- i) 7月20日; バランガイ Bonbon, Kausuwagan, Carmen, Balulang
- ii) 7月27日; バランガイ Macabalan, Puntod, Consolacion, Poblacion, Nazareth, Macasandig

B) ラップアップ会議(2013年9月5日)

(3) 第3回ステークホルダー会議

第3回ステークホルダー会議は、カガヤン・デ・オロ川洪水リスク管理事業のマスタープランと戦略的環境アセスメント(SEA)について、カガヤン・デ・オロ市内で、2013年10月24日に開催された。

(4) 第4回ステークホルダー会議

第4回ステークホルダー会議(住民協議会)は、住民移転計画案についての説明・協議のために、2013年11月にカガヤン・デ・オロ市内で、以下のように開催された。

A) クラスタ会議

- i) 11月5日; バランガイ Balulang, Macasandig and Nazareth, Carmen
- ii) 11月6日; バランガイ Bonbon, Kausuwagan, バランガイ 1, 2, 6, 7, 10, 13, 15, 17, バランガイ Consolacion

(5) 第5回ステークホルダー会議

第5回ステークホルダー会議は、F/S調査における構造物対策設計、環境影響評価(EIA)、11月5~6日に開催された住民協議会における住民移転アクション・プラン(RAP)報告書の協議結果等について、カガヤン・デ・オロ市内で、2013年11月15日に開催された。

以上の全ての議事録は Appendix-K にまとめられている。

表 1.3.1 フィリピンの主要 18 河川流域

No.	Name of River Basin	Region	Drainage Area (km <sup>2</sup> )	Annual Runoff (MCM)
1	Cagayan	Cagayan Valley	25,694	53,943
2	Mindanao	Southern Mindanao	23,169	26,899
3	Agusan	Northern Mindanao	10,921	27,880
4	Pampanga	Central Luzon	9,759	10,930
5	Agno	Central Luzon	5,952	6,654
6	Abra	Ilocos	5,125	12,551
7	Pasig-Laguna	Southern Luzon	4,678	7,485
8	Bicol	Bicol	3,771	5,102
9	Abulug	Cagayan Valley	3,372	7,121
10	Tagum-Libuganon	Souther Mindanao	3,064	6,128
11	Ilog-Hilabangan	Western Visayas	1,945	2,474
12	Panay	Western Visayas	1,843	2,344
13	Tagoloan	Northern Mindanao	1,704	4,350
14	Agus	Southern Mindanao	1,645	918
15	Davao	Southeastern Mindanao	1,623	3,246
16	Cagayan de Oro	Northern Mindanao	1,521	3,883
17	Jalaur	Western Visayas	1,503	1,912
18	Buayan-malungun	Southeastern Mindanao	1,434	2,870

Source: Principal River Basins of the Philippines-NWRC

表 1.3.2 主要 18 河川流域の基本諸元と事業実施状況等

No.	Name of River Basin	Region	Drainage Area	River Length *1	Major City (Population)	Population in Basin *2	M/P, F/S Study	Note
			(km <sup>2</sup> )	(km)	(-)	(person)		
1	Cagayan	Cagayan Valley	25,694	505	Tuguegarao (138,865) Tabuk (103,912)	3,272,777	X	Implementaing
2	Mindanao	Southern Mindanao	23,169	373	Cotabato (271,786)	4,261,092	under Study	
3	Agusan	Northern Mindanao	10,921	350	Butuan (309,709) Bayugan (99,361)	1,112,143		Implementaing
4	Pampanga	Central Luzon	9,759	260	Tarlac (318,332) Cabanatuan (272,676) Gapan (101,488) San Jose (129,424) Muñoz (75,462) San Fernando (285,912) Angeles (326,336) Mabalacat (215,610)	5,776,701	X	Implementaing
5	Agno	Central Luzon	5,952	206	Tarlac (318,332)	4,085,384	X	Implementaing
6	Abra	Ilocos	5,125	181	Vigan (49,747)	209,491	No Study	
7	Pasig-Laguna	Southern Luzon	4,678	78	<b>NCR:</b> Quezon (2,761,720) Taguig (644,473) Mandaluyong (328,699) Las Piñas (552,573) Malabon (353,337) Marikina (424,150) Makati (529,039) Muntinlupa (459,941) Parañaque (588,126) Pasig (669,773) Valenzuela (575,356) Caloocan (1,489,040) Navotas (249,131) Pasay (392,869) San Juan (121,430) <b>Rizal Province:</b> Antipolo (677,741) <b>Laguna Province:</b> Sta. Rosa (284,670) Calamba (389,377) Cabuyao (248,436) Biñan (283,396)	13,605,650	X	Implementaing
8	Bicol	Bicol	3,771	136	Naga (174,931) Iriga (105,919)	3,101,296	X	Implementaing
9	Abulug	Cagayan Valley	3,372	175	No major City	97,129	No Study	
10	Tagum-Libuganon	Southern Mindanao	3,064	89	Tagum (242,801)	1,324,055	No Study	
11	Ilog-Hilabangan	Western Visayas	1,945	178	Bayawan (114,074)	2,136,647	X	
12	Panay	Western Visayas	1,843	152	Roxas (156,197)	654,156	X	
13	Tagoloan	Northern Mindanao	1,704	106	Malaybalay (153,085)	1,724,603	X	Implementaing
14	Agus	Southern Mindanao	1,645	36	Marawi (187,106) Iligan (322,821)	1,558,285	No Study	
15	Davao	Southeastern Mindanao	1,623	150	Davao (1,449,296)	1,905,917	No Study	
16	Cagayan de Oro	Northern Mindanao	1,521	90	CDO (602,088)	1,522,142	X	
17	Jalaur	Western Visayas	1,503	123	Passi (79,663)	1,559,182	No Study	
18	Buayan-Malungun	Southeastern Mindanao	1,434	64	General Santos (538,086)	1,513,172	No Study	

Source: Principal River Basins of the Philippines-NWRC, and Result of interview to FCSEC

\*1 This is referred to JICA brochure "Water & Floods. Alook Philippines' and Flood Mitigation Efforts, March 2004".

\*2 This is referred to the data book owned by DPWH-FCSEC.

表 1.5.1 調査作業タスク

タスク番号	タスク
<b>ステージ I: 基礎調査ステージ</b>	
1-1	基礎情報の収集・整理
1-2	洪水対策の評価
1-3	地形測量
1-4	河川縦横断測量
1-5	計画規模、対象降雨(群)の設定
1-6	流出解析の初期検討
1-7	河川構造物等の調査
1-8	設計基準の提案
1-9	土砂崩壊及び土砂災害に関する調査
1-10	流出土砂量の推定
1-11	土砂収支の解析
1-12	災害リスクの軽減、災害リスク管理、気候変動への適応、統合水資源管理を考慮した評価軸の提案
1-13	河川改修計画の初期検討(1次案の作成)
1-14	環境社会配慮に関する調査及び関係機関との調整
1-15	スティアリング・コミッティーの運営支援
1-16	ステークホルダー間の連携・調整
1-17	事業実施/運営・維持管理体制の調査と提案
1-18	DPR の作成・協議
1-19	砂防施設配置計画の検討
1-20	河川改修計画(2次案)の作成
1-21	治水計画の初期検討評価
1-22	河川境界の設定案の作成
1-23	プロGRESS・レポートの作成・協議
<b>ステージ II: M/P 調査ステージ</b>	
2-1	追加の情報収集・整理
2-2	戦略的アセスメントの考え方に基づく、F/S 対象プロジェクト選定のための環境社会影響も含めた代替案の比較検討
2-3	モニタリング計画案の作成を含む環境影響評価報告書の作成
2-4	住民移転計画の作成支援
2-5	河川構造物等の追加調査
2-6	地質調査
2-7	流出解析
2-8	氾濫解析と河床変動解析
2-9	構造物対策の基本設計案の作成
2-10	非構造物対策の現状の評価
2-11	非構造物対策の検討と提案
2-12	M/P の作成
2-13	優先プロジェクトの選定
2-14	IT/R の作成・協議
2-15	事業スコープの提案
<b>ステージ III: F/S 調査ステージ</b>	
3-1	F/S 調査の実施
3-2	災害リスク軽減と災害リスクマネージメントに関する改善提案
3-3	ドラフト・ファイナル・レポートの作成
3-4	ドラフト・ファイナル・レポートの説明・協議等
3-5	最終報告書の作成

出典: JICA 調査団



Source: Principal River Basins of the Philippines-NWRC

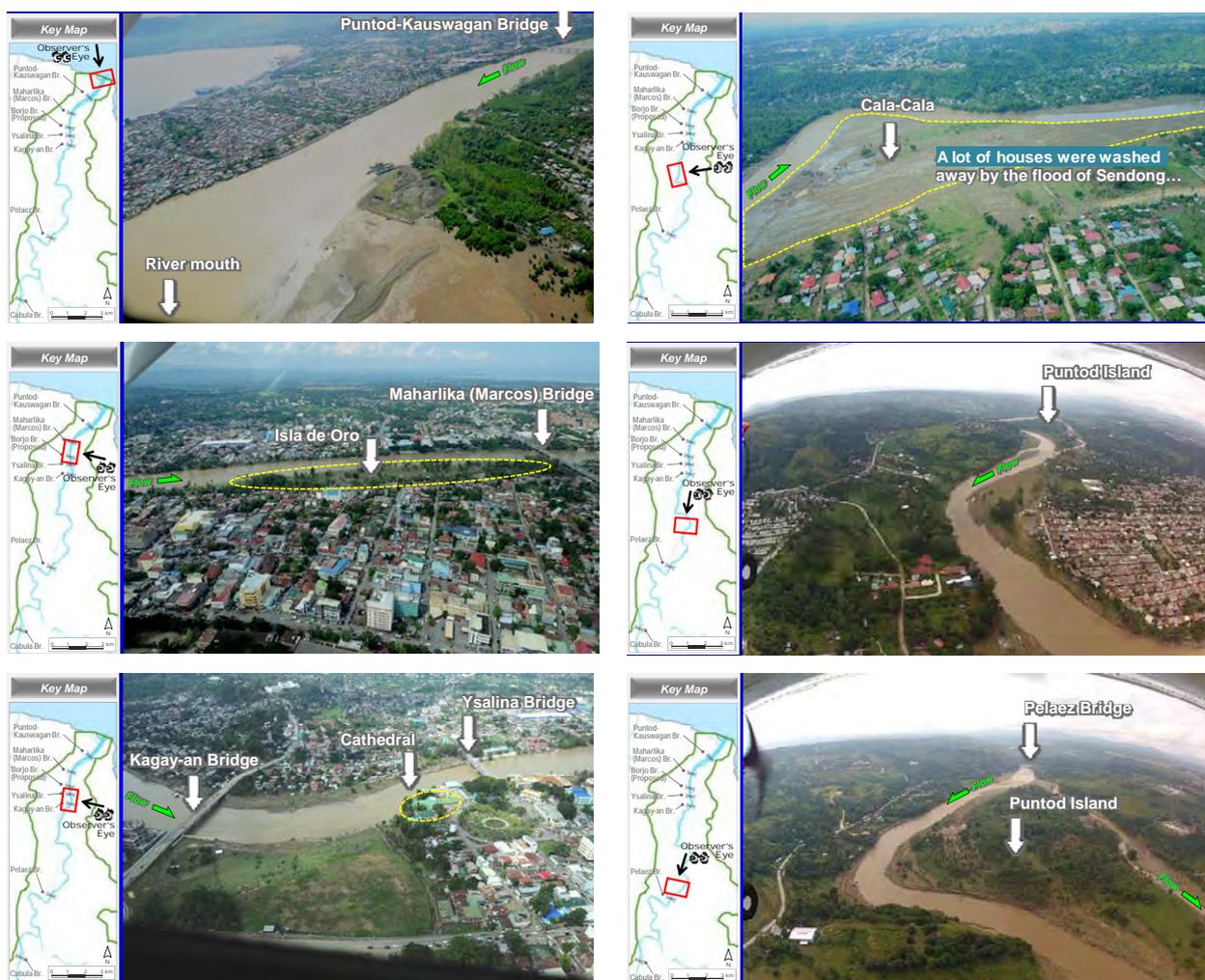
図 1.3.1 フィリピン国の主要 18 河川流域

## 第2章 調査対象地域の現況

### 2.1 調査対象地域

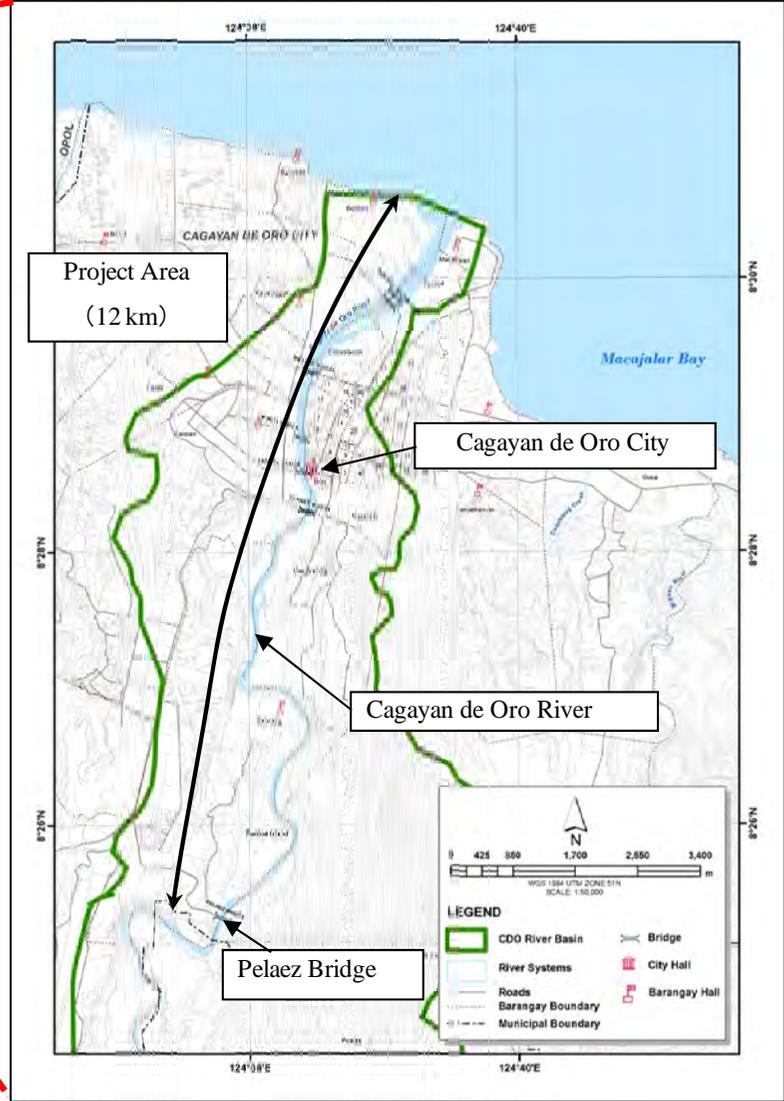
調査対象地域であるカガヤン・デ・オロ川流域は、北ミンダナオ地方に位置し、行政上は第10管区と呼ばれ、5つの州(ブキドノン州、ミサミス・オリエンタル州、ミサミス・オキシデンタル州、北ラナオ州とカミギン州)により構成されている。流域には、カガヤン・デ・オロ市(高度都市化市)とブキドノン州のタラカグ、バウンゴン、リボナの3町が位置している。

図2.1.1にカガヤン・デ・オロ川下流域の現況写真を、図2.1.2にカガヤン・デ・オロ川の流域図を示す。事業対象地域は、カガヤン・デ・オロ川最下流に位置し、近年の洪水により深刻な被害を被っている。図2.1.3に示すように、事業対象区間は、カガヤン・デ・オロ川河口のMacajalar湾からPelaez橋に至る12kmである。



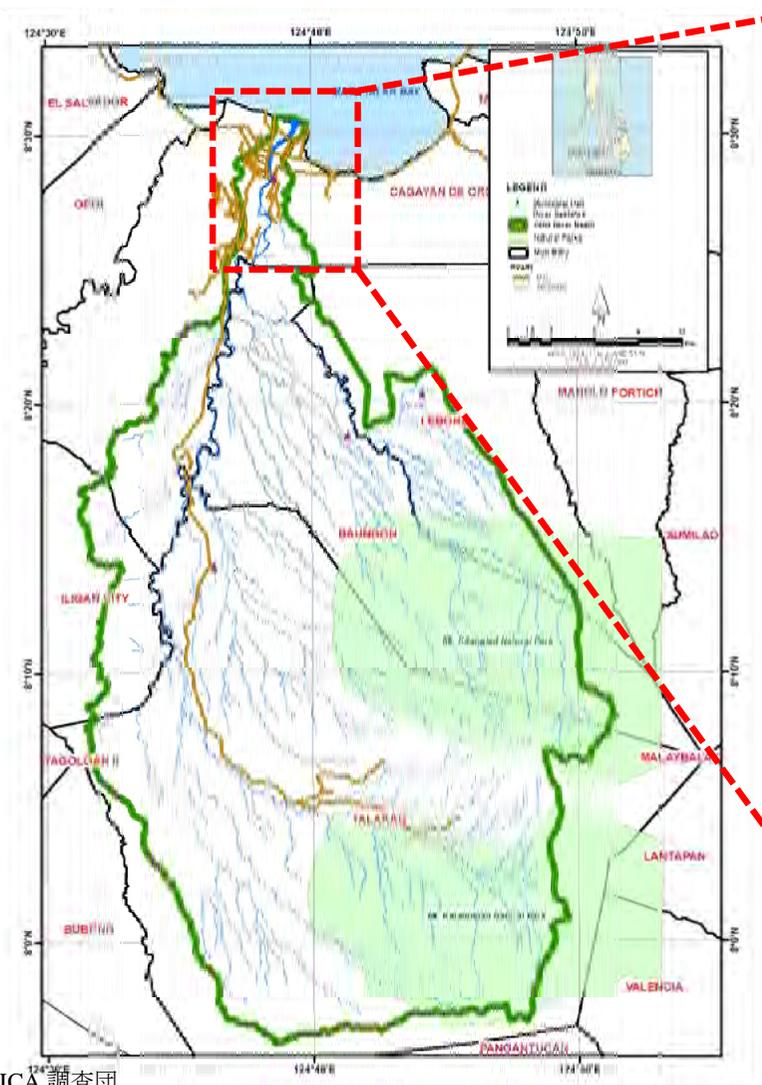
Source: Photo by PARASAT

図 2.1.1 カガヤン・デ・オロ川下流域の現況写真



出典: JICA 調査団

図 2.1.3 カガヤン・デ・オロ川下流事業対象地域



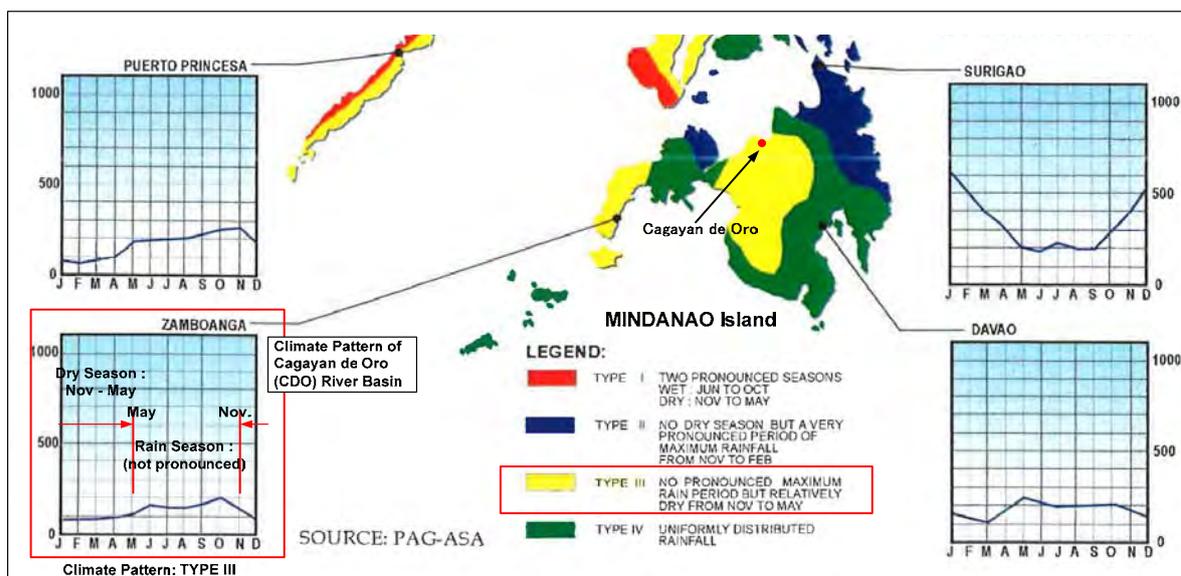
出典: JICA 調査団

図 2.1.2 カガヤン・デ・オロ川流域

## 2.2 水文・気象

カガヤン・デ・オロ川流域は熱帯気候に属し、PAGASA の気候区分図上では、タイプ III、IV の二つの気候区分に分類される。タイプ III は雨期と乾季の特徴があまり明瞭ではなく、11 月から 4 月にかけては比較的乾燥した季節となり、残りの時期は湿潤である。タイプ IV は一般的に、降水量が年間を通じて均等に分布する気候であり、流域の上流部、特に流域の南端および南東端に位置する 2 つの山頂付近において見られる。

ミンダナオ島の年間降雨パターンを図 2.2.1 に示す。1997 年から 2011 年の 15 年間の PAGASA のカガヤン・デ・オロ市ルンビア気象台における気象データによれば、年平均気温は 27°C、最高気温は 1998 年 5 月に観測された 38.2°C である。カガヤン・デ・オロ市は、年間を通じてほぼ均一な降雨量がある。最も降雨量の少ない月は 4 月で、降雨量の多い月は 7 月である。カガヤン・デ・オロ市の雨期は 5 月から 10 月下旬まで、比較的降水量の少ない時期は 11 月から 4 月となっている。



Source: PAGASA, DPWH\_FCSEC

図 2.2.1 ミンダナオ島の降雨パターン

## 2.3 カガヤン・デ・オロ川流域と周辺地形

開発の進んだカガヤン・デ・オロ市内の低平部は比較的平坦である。低平部で開発の進んだ地域のほとんどは標高が 20 m かそれ以下である。標高 2,927 m の Kitanglad 山はこの地域において最も高い地点である。カガヤン・デ・オロ川本川源流は、Bukidnon 州の中央部の Kalatungan 山地に発し、支川を取り込みながら Talakag、Baungon、Libona といった町を貫流し、ミサミス・オリエンタル州に位置するカガヤン・デ・オロ市を流下したのち、約 97 km の流路を経て最終的に Macajalar 湾に注ぐ。

カガヤン・デ・オロ川の流域面積は 1,364 km<sup>2</sup> で、流域の 80% が Bukidnon 州に、残りがカガヤン・デ・オロ市と Iligan 市に属する。

河口 76 km より上流の河床勾配は 1/40 以上と急峻であり、19 km から 76 km 地点間は 1/40-1/190、19 km より下流は 1/190-1/4,000 と緩勾配である。

主要な支川の Tumalaong 川は、河口から 22.3 km 地点でカガヤン・デ・オロ川に合流し、Bubunawan 川は 18.5 km 地点で合流する。2 支川とも西部の山脈から発している。

## 2.4 洪水氾濫と被害

### (1) 洪水の記録

カガヤン・デ・オロ川流域においては、大規模洪水が 1916 年、1957 年、1992 年、1998 年、2009 年に発生したと記録されている。2011 年と 2012 年の 2 年間では、センドン、パブロの両洪水によって、カガヤン・デ・オロ市内の大部分が浸水し、多くの人命が失われ、インフラへの被害と社会・経済活動に停滞が発生した。カガヤン・デ・オロ川流域で発生した主要洪水と被害記録を表 2.4.1 にまとめた。

表 2.4.1 カガヤン・デ・オロ川流域の主要洪水と被害記録

Year/Month	Daily Maximum Rainfall (mm/day) (Lumbia Station)	Deaths	Affected Families /Persons in CDO	Estimated Damage Million PhP	Source
1916	n/a	n/a	n/a	n/a	
January 1957	n/a (Storm 01W)	n/a	n/a	n/a	
March 1982	84.2 (Tropical Depression Akang)	30	38,020 families, 212,564 persons	14.9	OCD
August 1998	129.3 (Heavy Rain and cold front)	5	2,762 families, 12,467 persons	653	OCD
November 2009	237.1 (Tropical Depression Urduja)	3	34,959 families, 174,839 persons	n/a	NDCC,SITREP No.6 26 Nov. 2009
December 2011	180.9 (TS Sendong)	1,268 <sup>(1)</sup>	38,236 families, 342,400 persons	1,689 <sup>(2)</sup>	NDRRMC, SITREP No.47 26 Jan. 2012
December 2012	78.1 (TY Pablo)	7	14,246 families, 55,188 persons	2,150 <sup>(2)</sup>	NDRRMC/, SITREP No.38 25 Dec. 2012

Note: (1.excluding the number of missing persons (2. Data in Region 10  
出典: JICA 調査団

### (2) センドン洪水による被害(2011 年 12 月 16 日～17 日)

センドン洪水は、既往最大クラスの洪水であり、超過確率 50 年程度の大規模洪水であった。最も被害が大きかった地区は、Balulang(左岸)、Macasandig(Cala-Cala)(右岸)、Carmen(左岸)、Isla de Oro 地区および Isla Delta 地区(右岸)で、これらの地区では氾濫流が直進し、高水敷に住んでいた居住者や家屋を押し流し、甚大な物的・人的被害を引き起こした。

センドン洪水の特徴として、台風の集中豪雨により河川の水位が短時間で急激に上昇したこと、また洪水が高水敷を直進するような流れとなり人的被害が拡大し

たことがあげられる。一方で、都市部における浸水は短期間であり、フィリピンの他の主要河川の経済活動の阻害を引き起こすような長期にわたる浸水被害とは異なる形態のものであった。



出典: JICA 調査団

図 2.4.1 洪水痕跡 (左岸: Sta.5+570)

既設護岸の主な被災箇所は次の4地点であった。

表 2.4.2 既設護岸の被災箇所

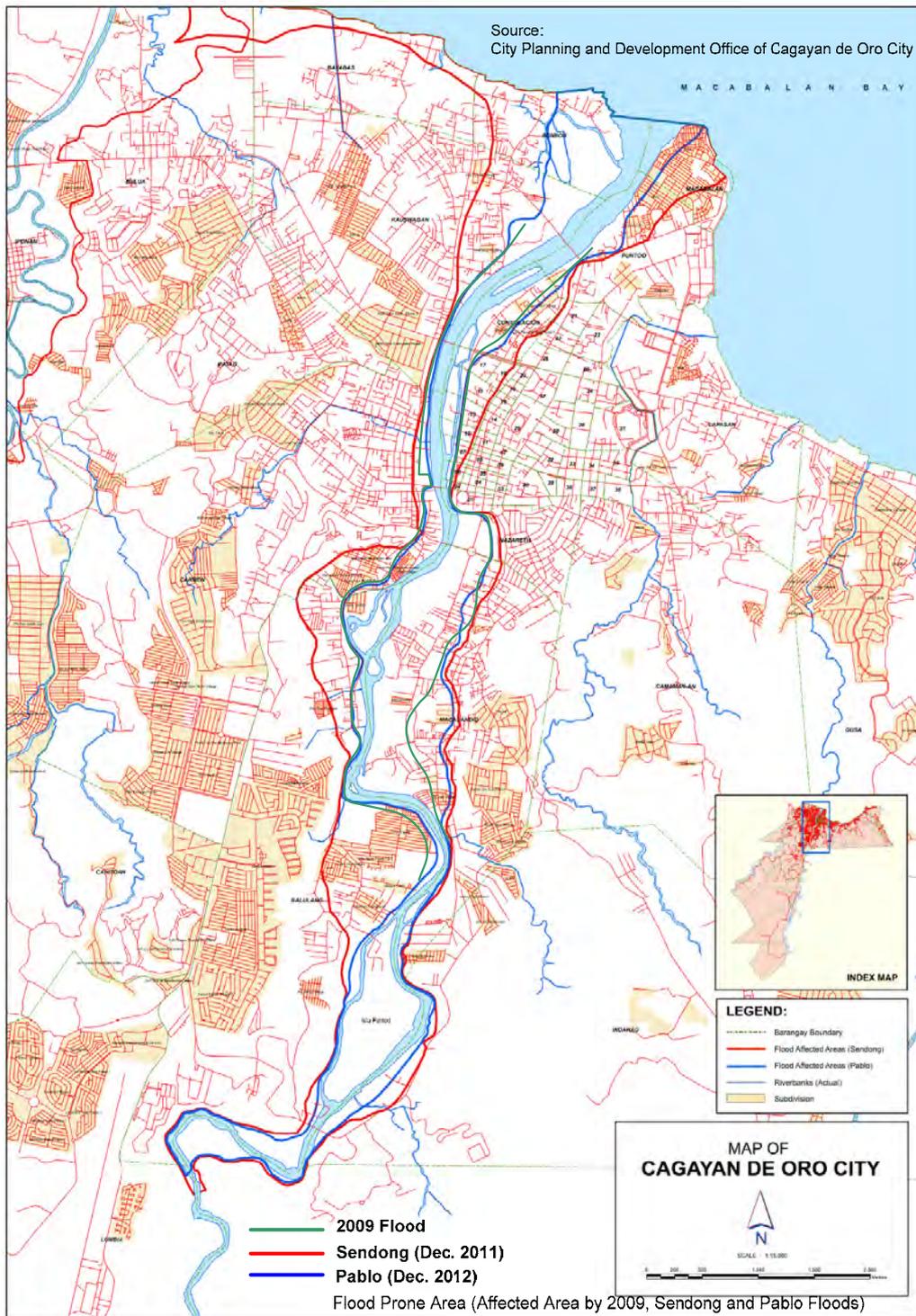
No.	構造物のタイプ	位置	区間
1	河口右岸のシーウォール	Kauswagan - Puntod 橋 (右岸)	Sta.0+179.62 to Sta.0+630 (L=450m)
2	市庁舎対岸(左岸)の護岸	Ysalina 橋の左岸アバットの上流	Sta.4+170 to Sta.4+300 (L=130m)
3	教会上流の護岸基礎(矢板工の傾斜)	Ysalina 橋 / CDO 大司教教会の右岸上流(右岸)	Sta.4+168.64 to Sta.4+181.79 (L=13m)
4	市庁舎前の GoldenMile 事業により建設された護岸	Ysalina 橋の右岸下流(右岸)	Sta.4+078.58 to Sta.4+168.64 (L=90m)

出典: JICA 調査団

### (3) 台風パブロ(2012年12月4日)による洪水氾濫と既往の洪水対策の評価

2012年12月4日、台風パブロがミンダナオ島に上陸したのちカガヤン・デ・オロ市を直撃し、市内は2011年のセンドン洪水に続いて洪水氾濫被害に見舞われた。

JICA 調査団は、カガヤン・デ・オロ川および流域の洪水対策を評価する上で、有益な追加情報になると判断し、同台風の通過に前後し、洪水位の観測、市内の洪水氾濫域および洪水痕跡などの調査を実施した。次図(図 2.4.2)は、台風パブロ(2012年12月)と熱帯暴風雨センドン(2011年12月)の洪水氾濫域を比較したものである。現地での聞き取り調査から、パブロ洪水による氾濫域は、センドン洪水時の氾濫域内に収まっていることが確認された。また、各コミュニティにおいて台風パブロに対する予報や避難準備などの早期警戒が功を奏し、人命喪失などの甚大な被害は発生しなかった。



Source: CPDO (2013)

図 2.4.2 カガヤン・デ・オロ市の洪水氾濫図と洪水常襲域

## 2.5 既往の洪水対策

### (1) 既往の洪水対策の特徴

河口から 12 km 上流区間の既存河川構造物の区間と設置数は下記のとおりである。

#### 1) 堤防および護岸

- 堤防: 1,638 m
- 護岸: 569 m
- 洪水擁壁 370 m
- コンクリート矢板 400 m

#### 2) 都市排水(樋管): 17 箇所

#### 3) 橋梁 5 箇所

### (2) 既往の洪水対策の特徴(センドン/パプロ洪水発生後)

センドン洪水の被災後、DPWH は、以下の区間で被災構造物の復旧工事を実施中である。DPWH は上記の復旧工事に加えて、以下の計画を策定中である。この予算は、市民防衛局(OCD)のセンドン洪水対策の災害復旧予算から捻出されている。

表 2.5.1 河川構造物の緊急復旧事業

No.	構造物のタイプ	位置	区間
1	河口右岸の海岸護岸復旧工	右岸 河口	<u>500 m</u> Sta.0+000.00 to Sta.0+500.00
2	市庁舎対岸の左岸護岸復旧工(200m)	左岸 Ysalina 橋～Kagay-an 橋の区間	<u>200 m</u> Sta.4+059.57 to Sta.4+251.69
3	教会上流—Kagay An 橋間の右岸護岸工(200m)	右岸 Ysalina 橋～Kagay-an 橋の区間 (中断中)	<u>150 m</u> Sta.4+168.64 to Sta.4+318.78

出典: JICA 調査団

表 2.5.2 追加の河川構造物の緊急復旧事業 (検討・準備中)

No.	構造物のタイプ	位置	区間
1	河口の土砂浚渫	河口～ Puntod- Kauswagan 橋の区間	1,357.8m Sta.0+500.00 to Sta.1+357.80
2	河口右岸の海岸護岸復旧工の延長	右岸 河口	740m Sta.0+500.00 to Sta.1+240.00
3	コンクリート表面練石積型堤防の建設	左岸 Maharika 橋～Ysalina 橋の区間	740m Sta.2+733.00 to Sta.3+433.00
4	市庁舎対岸の左岸護岸復旧工の延長	左岸 Ysalina 橋～Kagay-an 橋の区間	1,178m Sta.3+433.00 to Sta.4+611.00
5	教会上流—Kagay An 橋間の右岸護岸工の延長	右岸 Ysalina 橋～Kagay-an 橋の区間	421m Sta. 4+318.78 to Sta.4+740.00

出典: JICA 調査団

洪水対策の評価に関する詳細は、Appendix D に記載する。

## 2.6 環境の現況

既存資料および現地調査データに基づく物理-化学環境および生物環境の現況は以下のとおりである。(環境の現況の詳細は Appendix J に記載する。)

## (1) 物理-化学環境

大気質: 2011年および2013年に測定したNO<sub>2</sub>およびSO<sub>2</sub>濃度はDENRがDAO No.2000-81において規定している環境基準を満足しているが、粉塵(TSP)は基準値を超過していることから、カガヤン・デ・オロ市は粉塵の被害を受けていると評価される。

騒音: 2011年および2013年のカガヤン・デ・オロ川沿いで測定した騒音レベルは、大部分のデータがPresidential Decree (PD) No. 984に示す環境基準値を超えていることから、カガヤン・デ・オロ市では騒音公害が生じていると評価される。

河川水質: 2013年に実施したカガヤン・デ・オロ川の水質測定結果は、TDS、大腸菌群数(トータルおよび糞尿性)を除き、DAO No. 1990-34に規定されている環境基準値を満足している。また、高濃度の大腸菌群数検出は、DENRによる2011年の測定結果と一致している。以上から、カガヤン・デ・オロ川は高濃度の大腸菌およびTDSの影響を受けている河川であると評価される。

河川底質: TCLP試験(Toxicity Characteristics Leaching Procedure Test)の結果によると、カガヤン・デ・オロ川の底質中における重金属等の濃度は、ND(不検出)か、DAO No. 2004-36に規定される危険廃棄物の基準値を大幅に下回る値となっている。この結果は、F/S調査(2011年)時に測定した結果と一致している。

交通: 2013年測定の道路交通量調査結果によれば、カガヤン・デ・オロ市の人口密集地における道路サービスレベル(LOS)は、中程度から混雑レベルと評価される。カガヤン・デ・オロ川の河川交通については、河口付近では高い船舶交通量を記録したものの、それ以外の地点では低い交通量であった。

地下水: 地下水はカガヤン・デ・オロ市の主要な上水水源であり、カガヤン・デ・オロ市水道公社(Cagayan de Oro Water District)の水源井戸から揚水している。水源井戸は、深度150~250mの深層地下水を対象としており、カガヤン・デ・オロ川沿いの低地に27基設置されている。

## (2) 生物環境

陸生植物: 調査の結果、カガヤン・デ・オロ川沿いの植生は3タイプに区分される。それらは、1)バランガイ・ボンボンの河口に位置するマングローブ・エコシステム植生、2)二次植生・果樹園の混合植生、および3)プランテーション・二次植生あるいはプランテーション・果樹植生である。2013年におけるインベントリ調査によれば、Kagayan橋からPelaez橋の間の区域で、38科82種の植物が確認された。主要な種はFicus科の植物であるが、ヤシの木はココヤシ属が主であった。最も多かった確認種は、Poaceae, Moraceae および Palmae 属であった。なお、Narra (*Pterocarpus indicus*) および Molave (*Vitex parviflora*) は貴重種に分類される。しかし、それらは自然環境下で生育しているわけではなく、河川堤防沿いに植林された個体であると考えられる。

マングローブ林: 3タイプのマングローブ林、すなわち、1)カガヤン・デ・オロ川河口西側の海岸沿いに発達した、Bakauan Babae (*Rhizophora mucronata*)、Bakauan

Lalaki (*Rhizophora apiculata*)および Pagatpat (*Sonneratia alba*)から構成されるマングローブ林、2)河口の西側における天然のマングローブ林で、主に Pagatpat (*Sonneratia alba*)が混じるニツパヤシ: Nipa (*Nypa fruticans*)、および3)河川両岸沿いに生育する天然のマングローブ林で、主に Pagatpat (*Sonneratia alba*) とパッチ状の Nipa (*Nypa fruticans*)である。

陸生動物: 2013年に実施したセンサス調査によれば、合計27種の脊椎動物が確認された。鳥類15種(55.5%)、爬虫類6種(22.2%)、哺乳類5種(18.5%)および両生類1種(3.7%)である。なお、IUCNおよび国内レッドリスト(DAO 2007-01)に掲載されている種は確認されていない。

水生生物:

植物プランクトン: 調査した3地点において、合計21種の植物プランクトンが確認され、その90%は珪藻類であった。珪藻類のうち、最も多かったのは *Flagilaria* 属であり26%を占める。以下、*Navicula* 属13%、*Surirella* 属11%である。プロジェクト地域の植物プランクトンは、河口における海域生物として一般的な状況を示している。有害な藻類の確認種数は非常に低く、いわゆるアオコ(HAB)の可能性はないと考えられる。

動物プランクトン: 調査した3地点において、合計7種の動物プランクトンが確認され、そのうち成体が51%、幼体が49%であった。確認種の大部分は、Rotifers であり、約30%を占めるセルのうちの34%を占めている。また、扁形動物は12.3%である。

マクロベントス: 確認種は、腹足類の Pacific sugar limpet (*Patelloida saccharina*)、pyramid periwinkle (*Nodilittoria pyramidalis*)、shell (*Macta luzonica*)、burrowing box crab (*Callapa spp*)および shore crab (*Varuna litterata*)などで構成されている。確認された二枚貝のうち、*Macta sp.*が食用の種であった。

魚類: 調査した2地点において、6種、11個体が確認された。捕獲量は、小さな個体が多かったため合計1kgに満たなかった。確認種は、Goatfish (*Parupeneus barberinoides*)、Bicolor (*Slipmouth Leiognathus spp.*)、Mullet (*Mugil cephalus*)、Mackerel (*Selar boops*)、Tilapia (*Oreochromis sp.*)および Pigok (*Mesopriostes cancellatus*)と呼ばれる淡水魚で、商品となる魚種が含まれている。

保護区域: プロジェクト区域には、フィリピンの法令により、国立公園、自然保護区、自然公園等の保護区域に指定されている地域はない。

## 2.7 社会経済状況

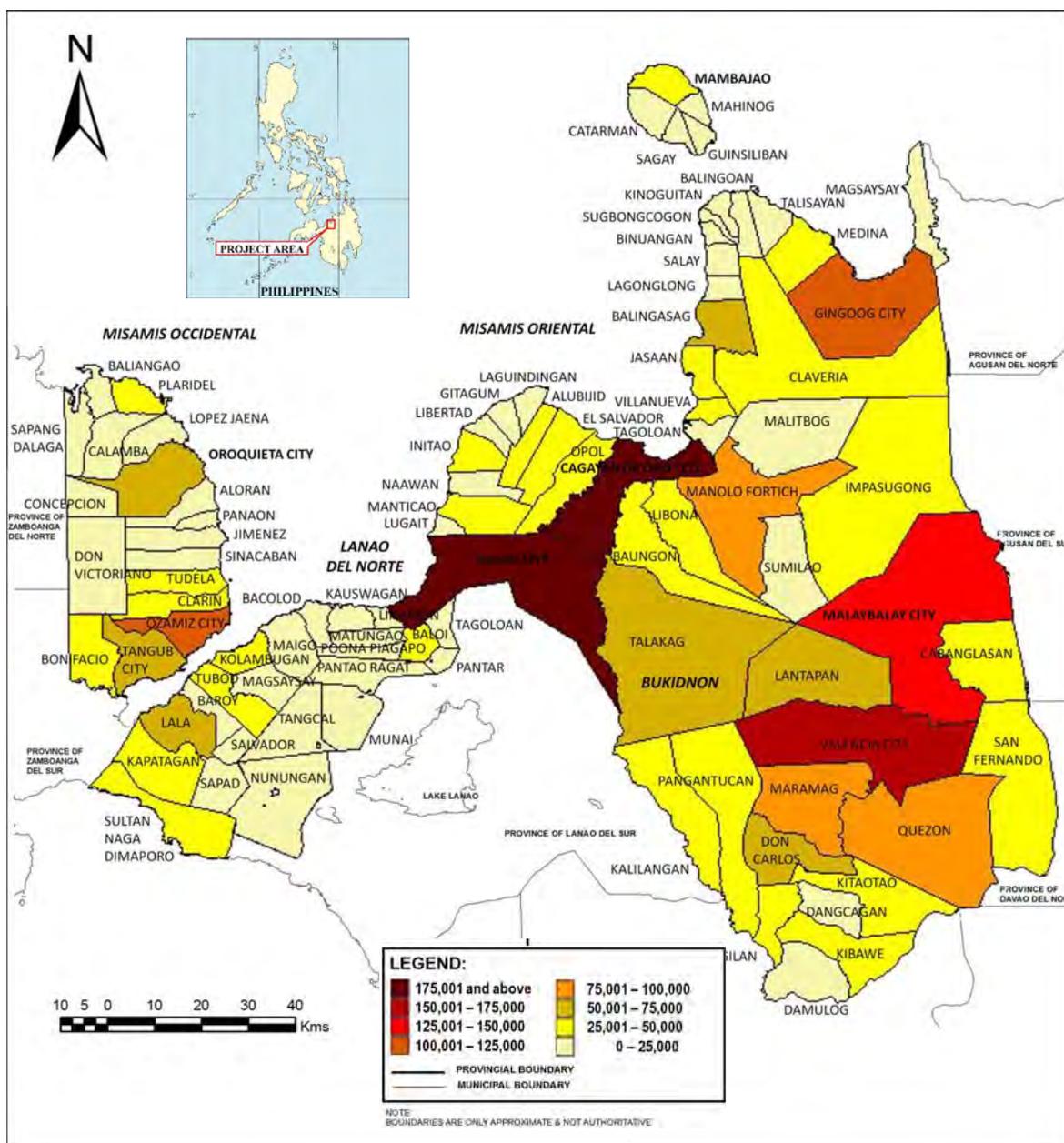
### (1) 関連地方自治体

プロジェクト地域は、カガヤン・デ・オロ市の行政区域内に位置しており、カガヤン・デ・オロ川の河口から約12km上流の Pelaez 橋までの区域である。

プロジェクト地域では、熱帯暴風雨センダンの河川氾濫区域に19のバラングイが位置している。これらのバラングイは、左岸にあるボンボン、カウスワガン、カ

ルメン、バルランと、右岸にあるマカバラン、プントッド、コンソラシオン、18、17、15、13、10、7、6、2、1、ナザレ、マカサンディグ、インダハンである。

2007 年時点の第 10 管区の行政界と人口分布を図 2.7.1 に示す。



出典: NEDA Region X (April 2011)

図 2.7.1 第 10 管区の行政界と人口分布(2007 年時点)

(2) 関連地方自治体の人口

(i) 人口増加

カガヤン・デ・オロ市では、2000 年から 2010 年までの 10 年間、平均年増加率 2.69% で、人口が急速に増加した。これは同期間の全国平均の 2.04%、また地域平均の 1.67% より高い値である。この急速な増加は、主に近隣の州、市、町からの仕事や収入を得る機会を求める、人々の流入によるものである。表 2.7.1 に示すとおり、市の郊外に位置するバランガイ・カルメンとバラ

ガイ・バルランでは、住宅地域の開発による急速な人口の増加が見受けられる。その一方で、市中心部では人口の急激な減少が見られる。

(ii) 人口密度

表 2.7.1 に示すとおり、市中心部やバラングイ・マカバランにある低所得者地域では人口密度が極めて高く、2010年の人口密度は100人/haから400人/haである。一方、急速に人口が増加している郊外地域では、人口密度は未だ低いままである。

表 2.7.1 関連地方自治体の人口と人口増加

	Land Area(ha) under Jurisdiction* <sup>1</sup>	Population under Jurisdiction		Average Annual Growth Rate (%)	Population Density(2010) (Person / Hectare)
		Yr.2000* <sup>1</sup>	Yr.2010* <sup>2</sup>		
Cagayan de Oro City	56,966.62	461,877	602,088	2.69	10.6
Barangay Bonbon	116.28	7,983	9,195	1.42	79.1
Barangay Kauswagan	512.53	28,761	34,541	1.85	67.4
Barangay Carmen	956.65	47,188	67,583	3.66	70.6
Barangay Balulang	880.25	20,894	32,531	4.53	37.0
Barangay Macabalan	45.15	18,875	20,303	0.73	449.7
Barangay Puntod	164.90	15,615	18,399	1.65	111.6
Barangay Consolacion	49.45	8,786	9,919	1.22	200.6
Barangay 18 (Poblacion)	4.72	1,762	1,496	-1.62	316.9
Barangay 17 (Poblacion)	7.70	2,327	2,342	0.06	304.2
Barangay 15 (Poblacion)	9.79	2,029	2,966	3.87	303.0
Barangay 13 (Poblacion)	8.73	2,375	2,330	-0.19	266.9
Barangay 10 (Poblacion)	4.79	928	616	-4.02	128.6
Barangay 7 (Poblacion)	5.98	603	542	-1.06	90.6
Barangay 6 (Poblacion)	4.32	782	212	-12.24	49.1
Barangay 2 (Poblacion)	3.67	188	84	-7.74	22.9
Barangay 1 (Poblacion)	10.60	534	453	-1.63	42.7
Barangay Nazareth	68.30	10,731	10,658	-0.07	156.0
Barangay Macasandig	397.58	17,691	23,310	2.80	58.6
Barangay Indahag	1,405.39	2,723	6,235	8.64	4.4

Sources:

\*<sup>1</sup> Census of Population and Housing 2000 (NSO)

\*<sup>2</sup> Census of Population and Housing 2010 (NSO)

(3) 地域社会経済状況

カガヤン・デ・オロ市が、地域の貿易商業センターおよび交通ハブとして機能している北ミンダナオ地域の地域社会経済状況は以下のとおりである。

(i) 主要な地域社会経済状況指標

北ミンダナオ地域の主要な社会経済指標(面積、人口、地方行政、GRDP)の概要は次表のとおりである。

表 2.7.2 主要な地域社会経済指標の概要

	Description of Status
Land Area (ha) * <sup>2</sup>	2,018,618
Regional Population (2007 * <sup>1</sup> / 2010 * <sup>2</sup> )	4,297,323 (2010)
	3,952,437 (2007)
	The total population of the Region as of 2010 reached 4.297 million. It increased by 344 thousand over the figure in the 2007 Census, at an average annual population growth rate of 2.83%.
No. of Households (2007) * <sup>2</sup>	805,530 (2007)
Average Household Size (2007) * <sup>2</sup>	4.90
Population Density	1.96 / ha
Annual Population Growth Rate (2007-2010)	2.83
No. of Provinces (2007) * <sup>3</sup>	5
No. of Cities (2007) * <sup>3</sup>	9
No. of Municipalities (2007) * <sup>3</sup>	84
No. of Barangays (2007) * <sup>3</sup>	2,022
Gross Regional Domestic Products or GRDP (2004-2009) * <sup>4</sup>	73.2 Billion Peso (2009)
	56.0 Billion Peso (2004)
	GRDP of the Region as of 2009 is 73 billion peso, which increased by 17 billion peso over the 2004 figure, at an average annual growth rate of 5.40%.
	Comparing the annual growth rate with other regions, the GRDP of the Region in 2009 (5.5%) is higher than the GDP of the country (4.45%) and the highest in Mindanao. The GRDP in the other regions are: Region IX, 5.02%; Region XI, 4.84%; Region XII, 4.31%; Caraga, 4.82%; and in ARMM, 3.44%. Furthermore, the GRDP of the Region is higher than rest of the country as well (4.35%).

Sources:

\*<sup>1</sup> Census of Population and Housing 2010 (NSO)

\*<sup>2</sup> Northern Mindanao Regional Social and Economic Trend 2011 (NSCB)

\*<sup>3</sup> Philippine Standard Geographic Code (NSCB)

\*<sup>4</sup> Northern Mindanao Regional Development Plan 2011-2016 (NEDA)

(ii) セクター別地域社会経済状況

北ミンダナオ地域の主要セクター別の社会経済状況は、NEDAの北ミンダナオ地方開発計画(2011-2016)によると、以下のように纏めることができる。

農業セクター(林業および漁業を含む):

農業セクターは、北ミンダナオ地域の地域経済成長に寄与しているリーディング・セクターである。2008年のGRDP成長率が4.2%、また2004年の成長率が4.4%であり、上記の同時期における工業セクターの成長率(3.1%/2.0%)およびサービスセクターの成長率(1.7%/6.3%)に比べて高い値を示している。

工業およびサービスセクター:

北ミンダナオ地域は、全セクターにおける生産性や競争力の改善と共に、伝統的な農業を主体とした経済から、よりサービスや工業を指向したとした経済への、緩やかな経済構造変換の過渡期にある。工業とサービスセクター共に、GRDPが加速的な成長を達成した。工業セクターでは、2004年の2.0%から2007年の8.6%、またサービスセクターでは、同期間において6.3%から8.1%へとGRDPの成長率が上がっている。また、同期間での農業セクターの成長率は、2004年で4.4%、2007年で6.3%であった。

### 主要なインフラセクター:

- 交通: 2009年時点における総道路網は約22,000 kmである。総道路網の内  
の8%が国道であり、その31%が未舗装である。また、残りの82%が地  
方道であり、その88%が未舗装である。未舗装道路の殆どが、ミサミス・  
オリエンタル州とブキドノン州である。また、2013年の6月にはラギン  
ディガン国際空港が新しく開港し、北ミンダナオ地域における全州の需  
要に対応するために、地域航空交通のハブ空港として機能している。
- 電力・電化: 北ミンダナオ地域の発電効率は、老朽化した発電所のため、  
2004年の92%から2009年の75.7%へと、16.3%減少した。北ミンダナオ  
地域の増加している経済活動に伴い、更なる投資による効率改善が懸案  
事項である。
- 通信: 携帯電話回線がより多く供給され、2005年から2009年までの期間  
にサービスエリアが15%拡大して来ている。その一方で、農村地域への  
接続性は未だ低く、更なる改善が必要である。

### 社会セクター:

- 健康: 北ミンダナオ地域の健康状況は(2004年から2009年までの過去5  
年間)において、殆どの健康指標が、2010年の目標に対して下落傾向を  
示している。主要指標における2009年における実際値および2010年の  
目標値は以下のとおりである。(a)1,000人当りの出生率(2009年の実際値  
が22.03/2010年の目標値が21.17)、(b)10万人生児出生当りの産婦死亡率  
(実際値が94/目標値が57)、1,000人生児出生当りの乳児死亡率(実際値が  
7.20/目標値が7.17)である。
- 教育: 北ミンダナオ地域の基本的な識字率は低い値に留まっており、  
2009年では93.9%である。これは、全国値の95.9%より低い値となっ  
ている。北ミンダナオ地域における効率性関連の指標(留年率、中退率、  
終了率、残存率)は、全て目標に達しなかった。
- 貧困: 2009年における北ミンダナオ地域の家族の貧困率(32.8%)は、全国  
値(20.9%)より高い値である。また、北ミンダナオ地域の各州における貧  
困も、ミサミス・オリエンタル州(26.3%)を除いて、地域のものより高い  
値である(ブキドノン州33.0%、カミギン州36.4%、ラナオ・デ・ノルテ  
州39.0%、ミサミス・オキシデンタル州36.9%)。

## 第3章 基礎調査

### 3.1 情報・データ・報告書の収集

調査を進める上で必要となる情報・データや既存報告書を下記の各分野で収集した。個々の収集データ等のリストは Data Book に掲載した。

- [1.1] 洪水管理・流域管理に関わる法令・規則・組織
- [1.2] 洪水管理・流域管理に関わる方針や開発・保全計画
- [2.1] 全般的な情報・報告書・技術データ
- [2.2] 全般的な気象・水文事象
- [2.3] 社会経済データ・情報
- [2.4] 災害データ・情報
- [3.1] 既設インフラ施設
- [3.2] 既存の洪水緩和方策
- [4.1] 洪水被害・痕跡
- [4.2] 河川構造物や道路などのインフラ施設被害状況
- [5.1] フィリピンにおける環境関連法令・規則
- [5.2] 事業地域周辺の環境状況(自然科学、化学、生物学)
- [5.3] 住民移転
- [6.1] 施工計画や積算に関する政府機関書類
- [6.2] その他の関連官公庁や関連組織の基準
- [6.3] 物価情報
- [7.1] 地図、測量情報
- [8.1] 他援助機関の支援情報

### 3.2 地形・河川測量

#### 3.2.1 地形・河川測量の概要

##### (1) 測量の目的と項目

地形・河川測量は、本調査の基礎資料となる「地形を標本化したグリッドデータ」およびカガヤン・デ・オロ川の「河口部 12 km 区間の縦横断測量成果」の取得を目的として、下記の地形測量調査と河川測量調査を実施した。なお、1)と 2)の地形測量は、レーザー計測システムによって行った。

- 1) 地形測量: 航空レーザー測量
- 2) 地形測量: デジタル空中写真撮影およびオルソフォトデータ作成
- 3) 河川測量: 河川縦横断測量

##### (2) 測量対象地域

- 1) 地形測量(縮尺精度 1/1,000): 河口付近 約 40 km<sup>2</sup>
- 2) 地形測量(縮尺精度 1/10,000): 流域全体 約 1,500 km<sup>2</sup>

3) 河川測量: 河口から約 12 km の区間

(3) 作業内容

上記の 1)から 3)の各測量調査では、それぞれ下記の作業を行った。

1) 航空レーザー測量

- (i) 計測計画
- (ii) GPS 基準局の設置
- (iii) 調整用基準点の設置
- (iv) 計測
- (v) 三次元計測データ、オリジナルデータ作成
- (vi) グラウンドデータ作成
- (vii) グリッドデータ作成
- (viii)等高線データ作成
- (ix) 空中三角測量
- (x) 図化

2) デジタル空中写真撮影およびオルソフォトデータ作成

- (i) 撮影
- (ii) オルソフォトデータ作成

3) 河川縦横断測量

- (i) ベンチマークの設置
- (ii) 水準基点の調査
- (iii) 中心線測量、縦断測量
- (iv) 横断測量
- (v) 点検

(4) 作業の技術仕様

1) 成果の技術仕様

- (i) 航空レーザー測量の: 2.0m×2.0m 当たり 1 点以上  
地上スキャン密度
- (ii) グリッドデータのメッシュ: 2 m
- (iii) オルソフォトの地上解像度: 50 cm
- (iv) 河川測量の断面: 500 m 毎に配置・5 橋梁地点を加える
- (v) 空中三角測量(追加作業): GCP 検証標準偏差 0.5 m 以内

2) 技術基準

- 国土交通省「作業規程の準則(平成 20 年 3 月 31 日国土交通省告示第 413 号)」

### 3.2.2 基準標高の調査

フィリピン国の標高システムは「平均海面高」方式であるため、測量調査の基準標高を設定するために、カガヤン・デ・オロ市における基準海面高を調査した。

#### (1) マカバラ港の平均海面高

カガヤン・デ・オロ市の基準海面高であるマカバラ港の験潮データ(表 3.2.1)を分析した。

##### 1) 験潮データの収集

NAMRIA から 2007 年～2012 年の 51 ヶ月分の験潮データを収集した。

##### 2) 験潮データより平均海面高を導く方法

NAMRIA が”Tidal Analysis and Prediction Software of Flinders University, Australia”を採用して解析していることを確認した。これは、東京湾平均海面の算出方法と同じ方法である。

1. 毎月平均満潮位:  $F = \sum f / n$
  2. 毎月平均干潮位:  $E = \sum e / n$
  3. 毎月平均潮位:  $M = (F + E) / 2$
  4. 累年平均月平均潮位:  $M' = \sum M / n$
- (f = 満潮位、e = 干潮位、n = 度数)

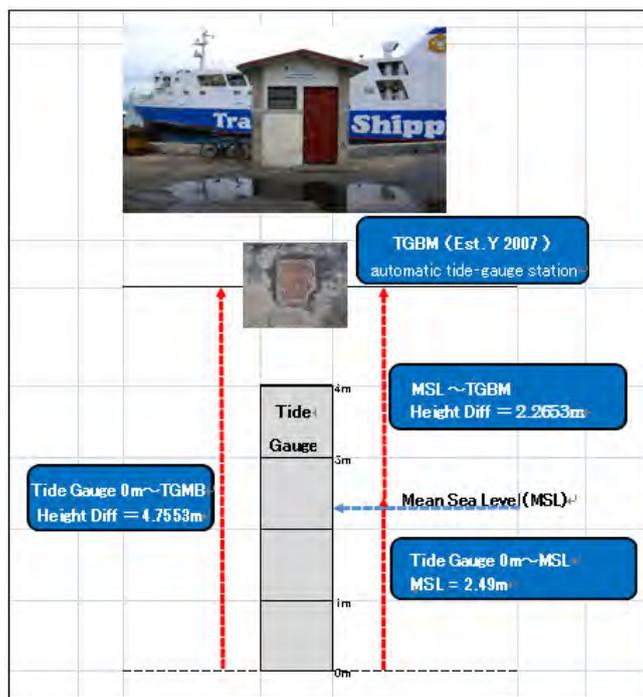
表 3.2.1 マカバラ港の験潮データ

MEAN SEA LEVEL																	
CAGAYAN DE ORO																	
YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	FOR YEAR		TOTAL		MONTHS
	m.	SUM	MEAN	SUM	MEAN												
2007											2.49	2.43	4.914	2.457	4.914	2.457	2
2008	2.41	2.45	2.51	2.52	2.57	2.54	2.57	2.58	2.51	2.49	2.48	2.48	30.200	2.517	35.114	2.508	14
2009						2.54	2.53	2.53	2.54	2.49	2.41	2.33	17.370	2.481	52.484	2.499	21
2010	2.29	2.28	2.30	2.35	2.43	2.50	2.55	2.57					19.270	2.409	71.754	2.474	29
2011			2.47	2.46	2.50	2.51	2.50	2.51	2.53	2.52	2.50	2.50	24.999	2.500	96.753	2.481	39
2012	2.44	2.49	2.53	2.51	2.55	2.56	2.56	2.54	2.60	2.55	2.46	2.46	30.232	2.519	126.985	2.490	51

出典: NAMRIA

##### 3) マカバラ港の平均海面(MSL) (図 3.2.2 参照)

- (a) マカバラ港の平均海面高: +2.49 m  
(潮位観測標の 0 m から平均海面高までの高さ)
- (b) TGBM の標高: 4.7553 m  
(潮位観測標(験潮標尺)0 m から TGBM の突端までの高さ)
- (c) 平均海面高から TGBM の突端までの高さ: 2.2653 m



出典: JICA 調査団

図 3.2.1 Macajalar 湾の平均海面高

(2) カガヤン・デ・オロ市内の水準点の検証

1) 水準点の調査・検証

本調査の地形測量に用いた、NAMRIA のマカバラン港の水準点 TGBM(潮位所基点)と BM-5、およびカガヤン・デ・オロ市の水準点 MSE-100 と MSE-110 について点検測量を実施した。点検測量の結果は、表 3.2.2 のとおりである。

表 3.2.2 カガヤン・デ・オロ市内の水準点の点検測量結果

Station Name	Surveyed by NAMRIA Elevation(m) (i)	Surveyed by Survey Team Elevation(m) (ii)	Difference between (i) and (ii), (m) (iii) = (ii) - (i)	Remarks
TGBM(NAMRIA)	2.265	2.265	0.000	(1)
BM 5(NAMRIA)	2.068	2.106	0.038	(1)
MSE 100	4.871	4.728	-0.143	(2)
MSE 110	5.762	5.623	-0.139	(2)

Remarks:

(1) Elevation from MSL of Macabalan Wharf of Cagayan de Oro City Tide Gauge Station; Surveyed by the Hydrography Department, NAMRIA

(2) Elevation from MSL of Surigao City Tide Gauge Station; Surveyed by the Mapping and Geodesy Department, NAMRIA

出典: JICA 調査団

2) 水準点標高の確認

表 3.2.2 の(i)欄に示された水準点 MSE-100 と MSE-110 (NAMRIA の Certification に記載された MSL を参照)の高さは、NAMRIA の地図・測地部により、スリガオ湾の平均海面の高さから測定・算出された標高である。一方、NAMRIA のマカバラン港の水準点 TGBM(潮位所基点)と BM-5 は、カガヤン・デ・オロ市マカバラン港の平均海面の高さから測定・算出した標高である。両標高の差は、点検測量の

結果約 0.14 m であった。

### 3) 測量調査の基準標高

以上の調査から、この測量調査における基準標高は、2011 年に見直された TGBM の標高を用いることとした。しかし、TGBM は 2011 年以前から存在しており、2011 年以前の TGBM の高さ(TGBM-2007 と称されるもの)は、現在の TGBM とは異なることに注意を要する。

## 3.2.3 地形測量

地形測量作業は、航空レーザー計測による調査地域の地形の数値的形状の取得と、デジタル航空写真撮影でもって得られる画像による現況の記録を得るものである。

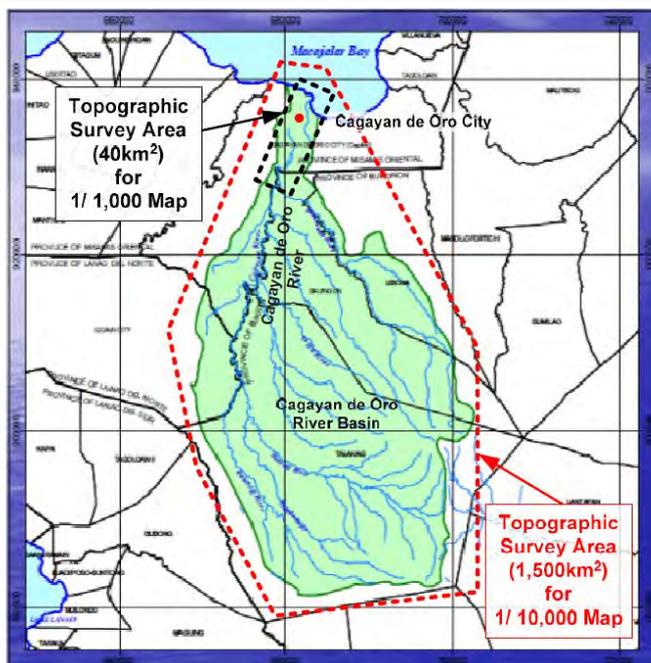
### (1) 測量作業の内容と範囲

#### 1) 調査対象地域

航空レーザー測量は、本調査における洪水対策調査、土砂収支・砂防関連調査等に必要地形データを得ることを目的として、カガヤン・デ・オロ川流域全体の 1,500 km<sup>2</sup> 範囲の 1/10,000 地形データと、カガヤン・デ・オロ川河口から上流に約 14 km 区間の 40 km<sup>2</sup> をカバーする 1/1,000 オルソマップを作成するために下記作業を実施した。

- (i) 縮尺 1/10,000、等高線間隔 2 m のデジタル地形図の作製；対象範囲は、カガヤン・デ・オロ川流域全体とその周辺の約 1,500 km<sup>2</sup> である。
- (ii) 縮尺 1/10,000、等高線間隔 2 m のオルソマップの作製；対象範囲は、カガヤン・デ・オロ川流域全体とその周辺の約 1,500 km<sup>2</sup> である。
- (iii) 縮尺 1/1,000、等高線間隔の 1 m オルソマップの作製；対象範囲は、カガヤン・デ・オロ川河口から上流約 14 km 区間の川沿い周辺の約 40 km<sup>2</sup> である。

調査範囲を図 3.2.2 に示す。



出典: NAMRIA, F/S2011

図 3.2.2 地形測量範囲図(縮尺 1/1,000 および 1/10,000)

2) 地形図の作成

(i) 1/1,000 地形図

1/1,000 エリアの地形図は、オルソフォトマップイメージで作成する。作成には等高線とオルソフォトが必要となる。

(ii) 1/10,000 地形図

1/10,000 地形図の作製は、「マップデジタイズ(=既成図数値化の手法)」による取得地物に、1,500 km<sup>2</sup> 域内の航空レーザー由来の等高線を挿入する方法を用いることとした。

(iii) 1/10,000 エリアの等高線

1/10,000 地形図に用いる等高線は、航空レーザー計測のグランドデータから TIN データ(triangulated irregular network 三角網データ)を経由して自動生成した。

(2) 測量成果

1) オリジナルデータとグラウンドデータ

オリジナルデータにフィルタリング処理を施すことで、以下のような仕様に沿ったグラウンドデータを取得できた。なお、GCP とライダー測量で得た点群の高さ方向の誤差は 10 cm 以下(標準偏差 0.093 m)であった。

(i) 1/1,000 エリア

	計画	実績
取得面積:	40.0 km <sup>2</sup>	40.0 km <sup>2</sup>
点密度:	1.7 点/m <sup>2</sup>	2.6 点/m <sup>2</sup>

(ii) 1/10,000 エリア

	計画	実績
取得面積:	1,500.0 km <sup>2</sup>	1,500.0 km <sup>2</sup>
点密度:	0.4 点/m <sup>2</sup>	0.6 点/m <sup>2</sup>

2) グリッドデータ (DEM)

グラウンドデータから 2 m メッシュのグリッドデータを生成した。生成は内挿補間法を用い、地形変化に応じた選択を行った。

3) オルソフォト

1,500 km<sup>2</sup> 全てのオルソフォトを取得した。

4) 地形図

「既成図数値化」手法で、縮尺精度毎に地物、属性を取得した。

- (i) 1/1,000 地形図ででは実長 1m 以上、1/10,000 の場合は 10 m 以上の地物を取得する。(図面上 1 mm 以上)
- (ii) 現地調査を実施しないため、調査により特定すべき地物、属性は取得しない。
- (iii) 面的な選択により地物が取得できるよう、GIS 数据的な面形成を実施する。

地形図を作成する上での地物や属性の取得基準は表 3.2.3 に示すとおりである。

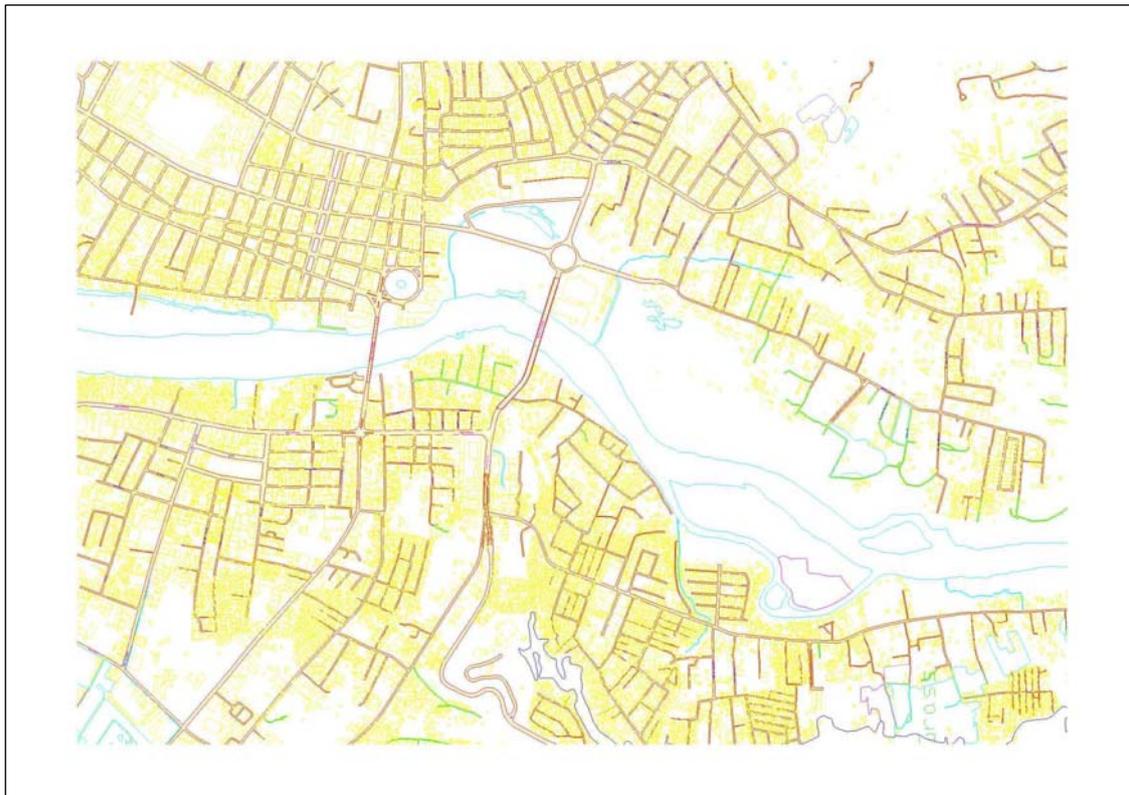
表 3.2.3 地物、属性の取得/非取得

	取得するもの	取得しないもの
作業対象	写真判読で取得できるもの 公共施設等、写真で判読でき、現地で特定できるもの	現地調査(聞き取りを含む)をしなければ解らないもの (例: バランガイ界や行政界)
1/1,000	道路、道路施設(歩道、階段、中央分離帯、高架)、建物(一般、堅牢、無壁)、その他(公園、運動場、タンク、プール等)、河川、水部(池沼、貯水池)、水部構造物(栈橋、防波堤、堰)、等高線、植生(農工、1a を標準)、主要地物名(1 万図相当)	境界(行政界等)、道路種別、道路施設(道路標識、並木、電柱、マンホール、消火栓)、建物構造物(門、のき、銅像等)、建物用途(主要建築物除く)、その他(塔、灯、電線)、水部種別、水部構造物(波消ブロック、被覆、水門、標識)、法面種類(被覆種類含む)、土地構囲、土地用途・植生(農工住以上の分類、さとうきび畑など)、基準点
1/10,000	道路、建物、その他(公園、運動場、タンク、プール等)、河川、水部(池沼、貯水池)、水部構造物(栈橋、防波堤、堰)、等高線、植生(1ha を標準)、主要地物名(1 万図相当)	以下の 1/1,000 取得から外れるもの + 1/1,000 で取得しないもの 道路施設(歩道、階段、中央分離帯、高架)、建物種類(一般、堅牢、無壁)
その他	街区、広場、などの面認識	各戸の敷地界整飾

出典: JICA 調査団

5) オルソマップ

表 3.2.3 に記載した地物を取得して作成されるオルソマップのイメージ図を図 3.2.3 に示す。



1/10,000 マップ



1/1,000 マップ

出典: JICA 調査団

図 3.2.3 オルソマップのイメージ図

### 3.2.4 河川測量

河川測量は、水理解析や構造物設計で必要となる、河川縦横断形を得るために行った。

#### (1) 基本作業・成果

##### 1) 作業の概要

フィリピン国は NAMRIA の定めるところにより以下の投射法を用いている。

- ・ 平面座標: PTM (Philippines Transverse Mercator)
- ・ 標高座標: MSL (Mean Sea Level)

河川測量の成果はこの投射法で作成されており、3.2.3 節(1)で述べた地形測量とは異なるので、双方を同一の投射法で利用するためにはいずれかを変換して利用する必要がある。

河川測量は以下の条件の元で実施した。

- (i) 河川縦断測量: 12 km 区間
- (ii) 河川横断測量: 38 本 (横断幅: 平均 400 m)
- (iii) 河川横断杭設置: 500 m 間隔、両岸に計 76 点

#### (2) 河川測量の最終成果

##### 1) 河川横断測量

最終確定した横断線位置図を図 3.2.10 に示す。

- ・ 縦横断位置図のデジタル・データ
- ・ 横断面のデジタル・データ

##### 2) 縦断測量

縦断図を Data Book に示す。

- ・ 縦断面のデジタル・データ
- ・ 縦断図
  - 縦断面の縮尺: 横 ; 1/10,000、縦 ; 1/500

##### 3) ベンチマーク

- ・ 500 m 杭と番号杭のデジタル・データ
- ・ 500 m 杭と番号杭の一覧表(出力図)

Data Book にベンチマークの一覧を示す。

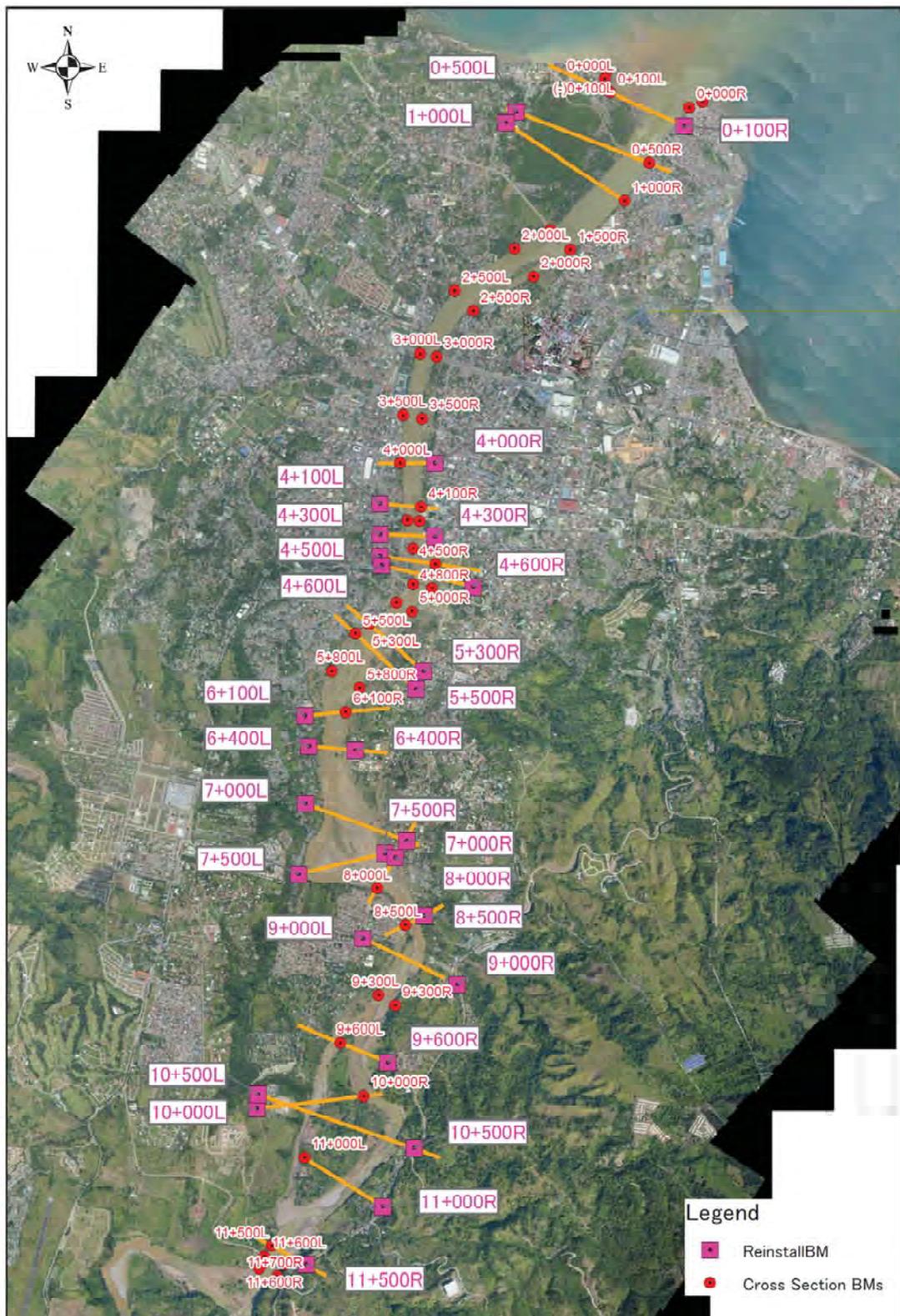


図 3.2.4 縦横断測量位置図(2012年12月)

### 3.2.5 F/S 時の河川・地形測量

#### (1) 測量内容

予備設計の基本情報となる河川・地形測量を追加的に行った。この中で行われた

測量は以下に記すとおりである。

- a) 平面・水準基点の設定
- b) 河川縦横断測量
- c) 地形測量と地形図作製

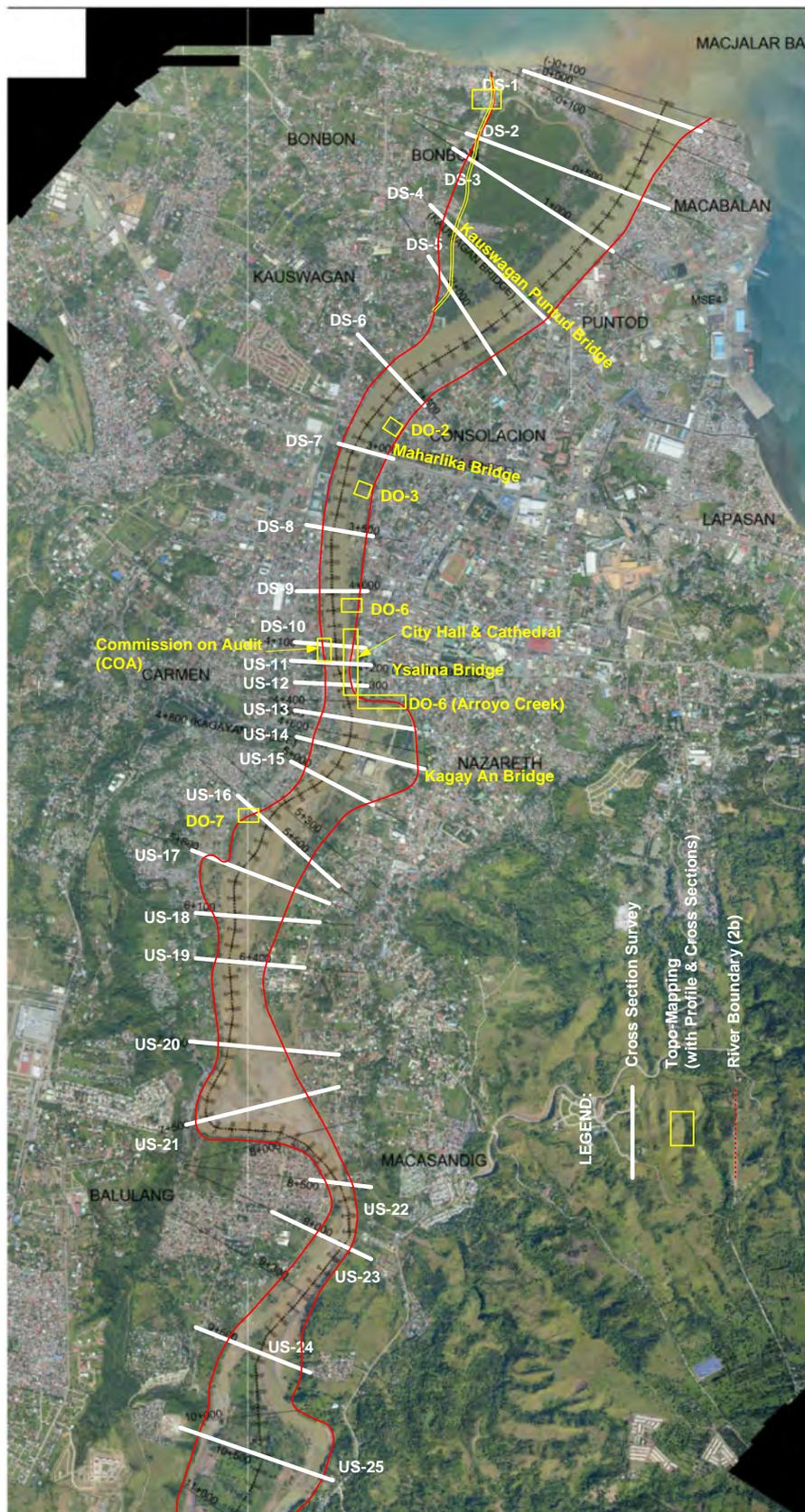
(2) 調査範囲

地形測量、既設構造物の縦断および河川横断測量の実施範囲は、表 3.2.4 に示される予備設計対象構造物の位置によって定めた。河川測量の実施範囲は図 3.2.12 に示すとおりである。

表 3.2.4 測量調査範囲

	Work Item	Work Quantities	Note
1.	Reference Control Points		
1.1	GPS positioning	4 nos.	
1.2	Leveling with Benchmark Installation	13.5 km	
2.	Profile and Cross-section Survey		
2.1	Drainage Outlets/Creeks (5 sites)		
	Profile of Drainage Outlet/Creek	5 profiles	Total L. = 335 m
	Cross-section of Drainage Outlet/Creek	10 sections	Total L. = 20 m
2.2	Cross-Sections of Road Dike	5 Sections	Total L. = 30 m
2.3	Proposed Culverts for Road Raising (1 Location)	3 Sections	Total L. = 50 m
2.4	River Cross-section Survey, (land based)	24 Sections	Total L. = 13,500 m
2.5	River Cross-section Survey (hydrographic)	24 Sections	Total L. = 5,100 m
3.	Topographic Mapping		4.02 ha in total
	Proposed Drainage Outlets/Creeks	0.20 ha	(4 sites)
	Proposed Culvert Sites	0.35 ha	(1 site)
	Proposed Floodwall (City Hall & Cathedral)	2.40 ha	
	Proposed Floodwall (COA)	0.64 ha	
	Arroyo Creek	0.43 ha	
4.	Relocation Survey for Geotechnical Investigation Sites	15 points	

出典: JICA 調査団



出典: JICA 調査団

図 3.2.5 F/S 設計時の河川測量実施位置

### (3) 測量調査結果

#### 1) 横断測量

全ての横断線基点は、M/P 調査ステージに確定された基準点(Bench Mark)、至近のトラバース基点や NAMRIA 公認の水準点を基準として設定した。河川横断測量結果は Data Book に整理されている。

#### 2) 地形測量

地形測量は、設定された一次・二次の水準点を使って、下記のような施設・構造物の位置や外形的特徴を把握するために行った。

- a) 既設河川堤防、既設の土捨場や養魚場、派川、水路、家屋・建物、橋、通路や道路、既設の排水口
- b) 地質測量のボーリング位置やテストピット位置

地形測量結果は Data Book に整理されている。

## 3.3 地質調査

### 3.3.1 目的

地質調査の目的は、第1次予備設計における i) 構造物のタイプおよび設計寸法等の検討、ii) 河道および河床変動の特徴を把握する為に実施した。

### 3.3.2 地質調査の実施(M/P 調査ステージ)

#### (1) ボーリング調査

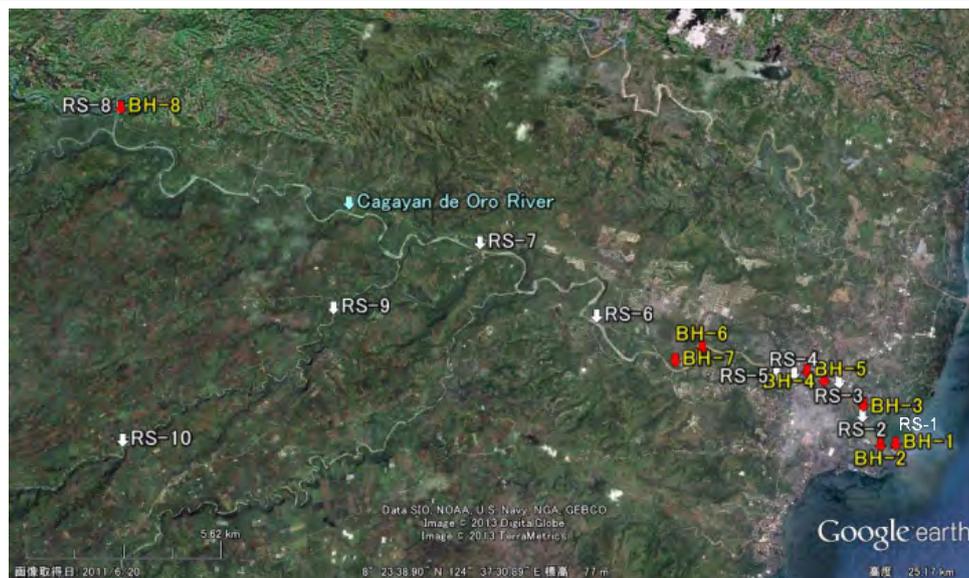
ボーリング調査では、図 3.3.1 に示す 8 か所において下記の主要 4 調査を実施した。

- 1) 調査孔の削孔
- 2) 調査孔からの材料採取
- 3) 現場標準貫入試験
- 4) 室内試験

#### (2) 河床材調査

河床材の調査は、河床の特徴の把握と河床変動解析データの参考とすることを目的とし、下記の河床材採取と材料検査(室内試験)を実施した。

- 1) 河床材採取
- 2) 河床材の粒度分布分析
- 3) 土粒子の比重



出典: JICA 調査団

図 3.3.1 地質調査の位置図

(3) 地質調査の結果

1) ボーリング調査の結果

(i) ボーリング調査の位置

ボーリング調査は、構造物基礎の強度、築堤材料の基礎資料を得る目的で、それぞれ標準貫入試験(N 値)および粒度分析を実施した。ボーリング調査は、図 3.3.2 に示す本川の 8 ヶ所(BH-1～8)で実施し、うち 7 ヶ所(BH-1～7)は洪水氾濫の顕著な Calacala 地区付近より下流で実施した。BH-8 は、カガヤン・デ・オロ川河口から上流へ約 30 km 地点に位置するサイトであり、砂防計画等の基礎資料とするために実施した。



出典: JICA 調査団

図 3.3.2 地質調査地点と既存データ位置図

(ii) ボーリング調査結果(標準貫入試験結果)

図 3.3.3 に地質状況および標準貫入試験結果を示す。各柱状図は Data Book (Geological Investigation Data / Report)に添付する。

図 3.3.3 によると、礫の多いゾーンと砂・粘土の多いゾーンの大きく 2 つに区分される。礫の多いゾーンは、0 m~10 m に、砂・粘土の多いゾーンは、BH-1 の深度 5 m~30 m に分布しているのが特徴である。

	BH-1	BH-2	BH-3	BH-4	BH-5	BH-6	BH-7	BH-8
Depth (m)	30	10	10	10	10	10	2.61	10
5.0	Fine-medium sand with fine gravel Gray N : 10 (4.55-5.0)	Silty Sand Gray N : 4 (5.0-5.45)	Sand and Gravel Gray N : 5 (4.55-5.0)	Silty Sand Dark gray N : 4 (5.0-5.45)	Fine-medium Sand with silt Gray N : 7 (5.0-5.45)	Clayey Silt Gray N : 8 (4.55-5.0)	Gravel Gray N > 50 (2.5-2.61)	Boulder (basaltic andesite) Gray
10.0	Sandy Silt Dark brown N : 8 (10.0-10.45)	Clayey Silt with sand Gray N : 4 (9.55-10.0)	Gravel with sand Gray N : 7 (9.55-10.0)	Sandy Gravel Dark gray N : 13 (9.55-10.0)	Gravel with sand Gray N : 20 (9.55-10.0)			Boulder (basaltic andesite) Gray
12.5	Silty Sand Dark gray N : 9 (12.0-12.45)							
15.0	Sand and Silt Gray N : 9 (14.55-15.0)							
17.5	Sandy Silt Gray N : 11 (17.05-17.5)							
20.0	Silt with Sand Glauish brown N : 12 (20.0-20.45)							
22.5	Clayey Silt Gray N : 6 (22.05-22.5)							
25.0	Clayey Silt Gray N : 11 (25.0-25.45)							
27.5	Clayey Silt Gray N : 9 (27.05-27.5)							
30.0	Clayey Silt Gray N : 11 (29.55-30.0)							

Legend

Clayey Silt	Sandy Silt Silt with Sand	Silty Sand Sand with silt Sand and Silt	with fine gravel Sand and Gravel	Gravel Sandy Gravel Gravel with sand	Boulder
-------------	------------------------------	---	-------------------------------------	--	---------

(mm)															
0.005		0.075		0.25		0.85		2		4.75		19		75	
Clay	Silt	Sand						Gravel							
		Fine		Middle		Coarse		Fine		Middle		Coarse		Cobble	

出典: JICA 調査団

図 3.3.3 ボーリング調査の結果(地質柱状図と標準貫入試験)

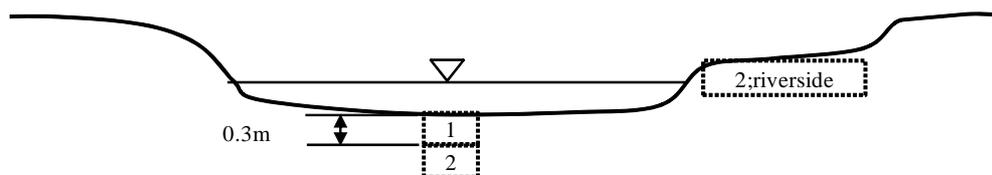
(iii) 材料試験結果(粒度分析と比重測量)

材料試験は、粒度分析、比重測定、圧縮強度試験を実施した。Appendix B に BH-1 孔における粒径加積曲線を示す。これによると、粒径の違いは明瞭に現れており、深度 5 m までとそれ以上の深さに分けられる。

2) 河床材調査の結果

(i) 河床材調査の位置

河床材料調査は、図 3.3.1 に示す本支川合わせて 10 ヶ所で実施し、そのうち 5 ヶ所は、氾濫機会の多い Ysalina 橋付近から河口までの下流域で実施した。採取地点は図 3.3.4 に示す様に、基本的に i) 河床面下 30cm 以内(Site-1)と ii) その直下で 30 cm~60 cm (Site-2)および iii) 川岸 (Site-2: riverside) の 3 ヶ所のうちから代表的な 2 ヶ所で採取した。



出典: JICA 調査団

図 3.3.4 河床材のサンプリング箇所

(ii) 材料試験結果(粒度分析と比重測量)

Site-1 で得られた全試料の粒径加積曲線(Appendix B 参照)によると、特徴的な傾向は認められないが、砂が多いグループ(RS-1,1',1'',2,3,4,6,8,9)と礫分の多いグループ(RS-5,7,10)に区分できる。シルト・粘土が多いRS-1 およびRS-1'を除き、全体として、砂・礫で構成されている。RS-1、RS-1'、RS-1''は、いずれも河口付近で採取しているが、河川の流心から最も離れたRS-1''では、粘土・シルト分はほとんどなく、砂が主体である。

3.3.3 追加地質調査(F/S 調査ステージ)

(1) 追加地質調査の目的

追加地質調査は、F/S レベルで構造物対策の設計に必要な地質に関する情報を得るために実施した。

(2) 実施業務

(i) 追加地質調査の位置

追加地質調査のボーリング孔と試掘坑(Test Pit)の位置は、マスタープランで検討された構造物対策案と設置個所を参考に決定した。図 3.3.5 に追加地質調査の位置を示す。



出典: JICA 調査団

図 3.3.5 追加地質調査の位置図

(ii) 追加地質調査の内容

追加地質調査の数量を表 3.3.1 に示す。

表 3.3.1 追加地質調査の数量

Item	Quantity
Mobilization /Demobilization	11 Locations
Borehole Drilling (Rotary) and Standard Penetration Test (SPT)	11 Holes Total Depth = 250 m.
Test Pits	4 Locations
Material Sampling for Laboratory Test :	
Disturbed Soil Sampling	
Boreholes	100 Samples
Test Pits	4 Samples
Laboratory Tests	104 Nos.
Undisturbed Soil Sampling	25 Samples
Boreholes	11 Nos.
Laboratory Test	25 Nos.
In-Situ Test	250 Nos.
Reporting	3 Sets

出典: JICA 調査団

(iii) 技術基準

追加地質調査の全般において、原則的として ASTM 規格(旧称: 米国材料試験協会)を採用した。

(3) 追加地質調査の結果

1) ボーリング孔および試掘坑の位置

ボーリング調査孔 11 地点と試掘坑 4 ヶ所での追加調査を実施した。M/P 時の調査地点と F/S 時の追加調査地点を示した位置図を図 3.3.5 に示す。

2) ボーリング孔の標準貫入試験結果

ボーリング調査孔の標準貫入試験(SPT)結果は、Appendix B Figure 2.3.1 に示す。

3) 結論と提案

プロジェクト対象地域のカガヤン・デ・オロ川沿いの地盤地質として、少なくとも地表から 30 m~40 m の厚い沖積層が堆積していることが明らかになった。

地質調査の結果から、プロジェクト対象地域における地質の液状化と沈下の問題が指摘できる。この 2 つの問題は、構造物対策の設計において十分に検討されるべき課題である。

### 3.4 降雨・流出解析

#### 3.4.1 降雨・流出解析の概要

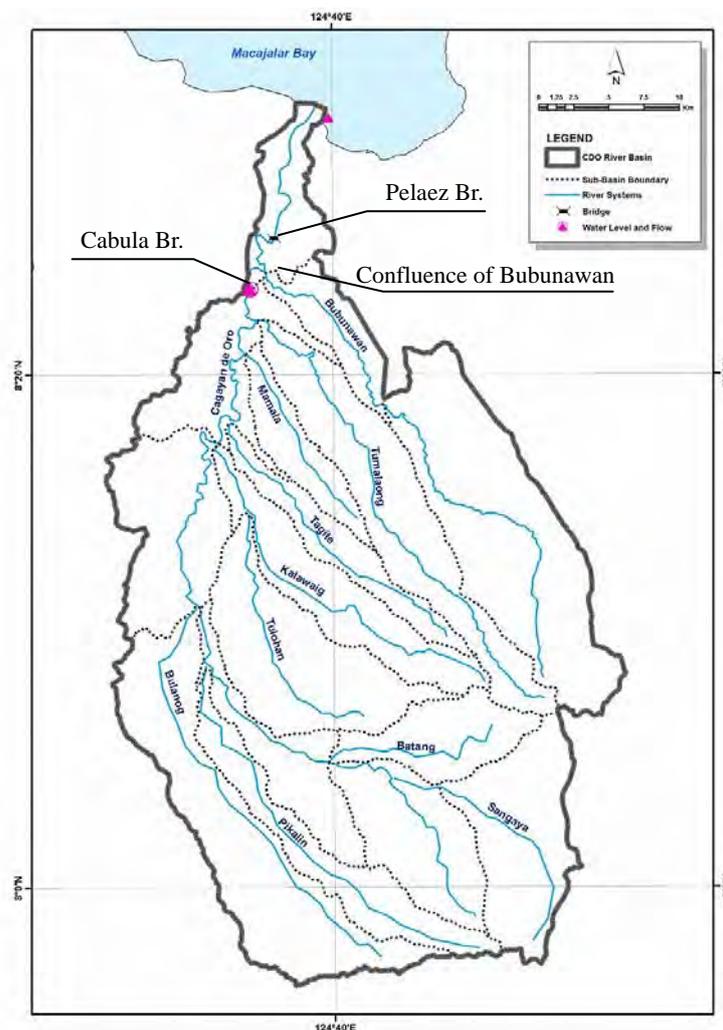
##### (1) 解析対象地域

降雨・流出解析の対象地域は、ミンダナオ島北部に位置しているカガヤン・デ・オロ川全域であり、関連水文データが観測されている流域周辺部を含む。流域は南部の Kalatungan 山、東部の Katanglad 山、西部の山脈が分水嶺となっている。

##### (2) 水系・氾濫原・流域

カガヤン・デ・オロ川はブキドノン州中央の Kalatungan 山にその源を発する。カガヤン・デ・オロ川は Taklakag、Baungon および Libona の町を通り、支川と合流しつつ、おおむね北へ方角を取りカガヤン・デ・オロ市へと向かい、市内の氾濫原を通った後、最終的に Macajalar 湾に流入する。

流域面積は 1,364 km<sup>2</sup> であり、その大部分はブキドノン州に属し、残りはミサミス・オリエンタル州である。



出典 JICA 調査団

図 3.4.1 カガヤン・デ・オロ川流域

図 3.4.1 に示すように、カガヤン・デ・オロ川は本川と 8 つの主要支川である、Batang 川、Bubunawan 川、Bulanog 川、Kalawig 川、Picalin 川、Tagait 川、Tumalaong 川、Lapinigan 川からなる。

(3) 解析

降雨・流出解析はカガヤン・デ・オロ川流域全域を対象とする。降雨解析は流域全域を対象とするが、流出解析は、図 3.4.1 に示す河口から約 12 km に位置する Pelaez 橋地点での流量ハイドログラフを得ることを目的とする。

Pelaez 橋地点での流量ハイドログラフは、非定常解析による氾濫解析や河床変動解析における上流端境界条件として扱われることになるが、詳細は 3.5 節で記述する。

3.4.2 水文・気象データ

(1) 降雨量

カガヤン・デ・オロ川流域内およびその周辺には、表 3.4.1 に示すとおり、雨量観測所としてデルモンテ社、PAGASA、農業省(DA)、PALASAT 社が所有する合計 73 ヶ所の雨量観測所がある。ほとんどの観測所は日雨量観測記録のみであり、時間雨量はごく限られた数の観測所で短期間の記録のみである。それらの観測所の情報や観測期間などは Appendix C の表 2.1.2 に示す。

表 3.4.1 雨量データと利用可能観測所数

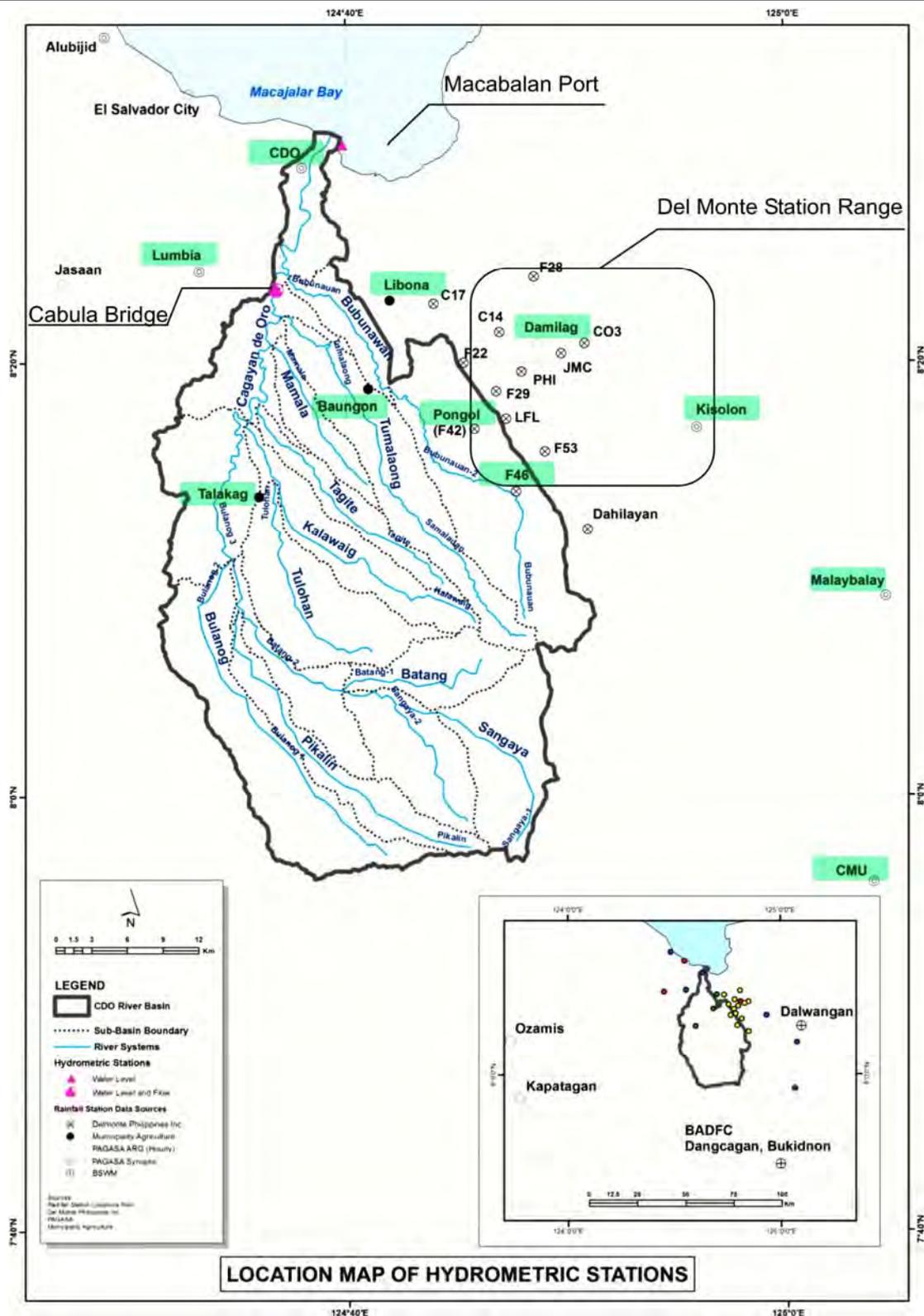
Type of Data	Data Source	Nos. Of Station	Availability during TS Sendong
Daily Rainfall	PAGASA Synoptic Station	9 <sup>(注1)</sup>	3
	Del Monte Station	45	34
	DA Agromet Station	2	1
	DA-BSWM	1	-
	DA-MAO	3	2
	<b>Sub Total</b>	<b>60</b>	<b>40</b>
6-hour Rainfall	PAGASA Synoptic Station	(4) <sup>(注1)</sup>	3
	PAGASA Synoptic Station	2	-
	<b>Sub Total</b>	<b>(4)+2</b>	<b>3</b>
Hourly Rainfall	PAGASA ARG Station <sup>(注3)</sup>	9	9
	PALASAT Digital Station	2	1
	<b>Sub Total</b>	<b>11</b>	<b>10</b>
<b>Grand Total</b>		<b>73</b>	<b>53</b>

注1) 6-hour 降雨データが得られている El Salvador および Hinatuan 観測所を除く PAGASA Synoptic Station 4 ヶ所は、Daily rainfall データが得られている 9 ヶ所の観測所の一部である。

注2) センドン豪雨年 2011 年の日雨量記録が通年得られている観測所数を示す。

注3) ARG は、Automatic Rain Gauge を表す。

これら観測所の位置を図 3.4.2 に示す。各観測所のデータ利用可能期間は、Appendix C の表 2.1.2 と図 2.1.2 および 2.1.3 にそれぞれ示す。



出典: JICA 調査団

注) カガヤン・デ・オロ川流域から遠く離れている観測所を除いて、解析に使用する全ての観測所を含めてほとんどの観測所の位置を示している。しかし、デルモンテ社所有の観測所は、限られた地域に集中しているために、代表的な観測所のみを上図に示している。

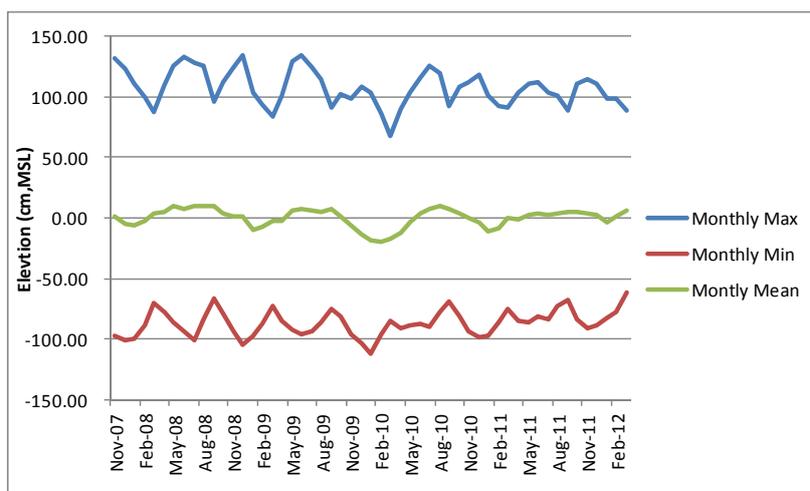
図 3.4.2 水文観測所位置図

(2) 水位・流量データ

1) 水位観測

DPWH が管理するカガヤン・デ・オロ川の Cabula 橋地点の観測所は、定期的に水位・流量の観測が行われている唯一の観測所である(流域面積 1,094 km<sup>2</sup>)。1991 年から 2011 年 10 月までのデータを DPWH 第 10 管区事務所から収集した。また、NAMRIA(国家地図資源情報庁)が管理するカガヤン・デ・オロ港観測所における Macajalar 湾の潮位観測記録が利用可能である。これらの水位観測所情報は Appendix C の表 2.1.2 に示している。

カガヤン・デ・オロ港の潮位記録(平均潮位基準)を図 3.4.3 に示す。

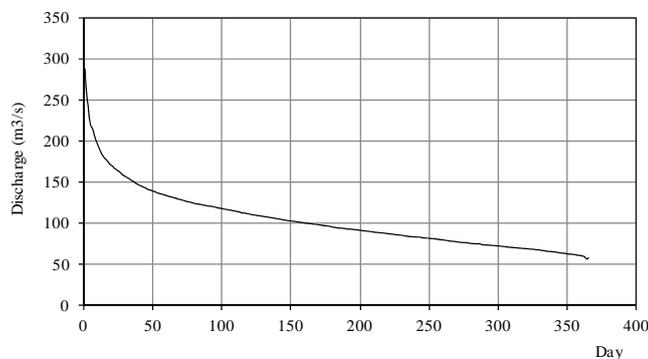


出典: NAMRIA

図 3.4.3 Macajalar 湾での潮位記録(2007-2011 年)

2) 流況曲線

図 3.4.4 に Cabula 橋地点の流況曲線を示す。Cabula 橋地点における流量は DPWH 第 10 管区事務所内の Materials Quality Control & Hydrology Division が作成した “Stream Flow Data, Cagayan River Stream Gauging Station (2011)” にまとめられており、1991 年から 2011 年までの日観測水位が記録されている。この記録は Data Book にまとめられている。



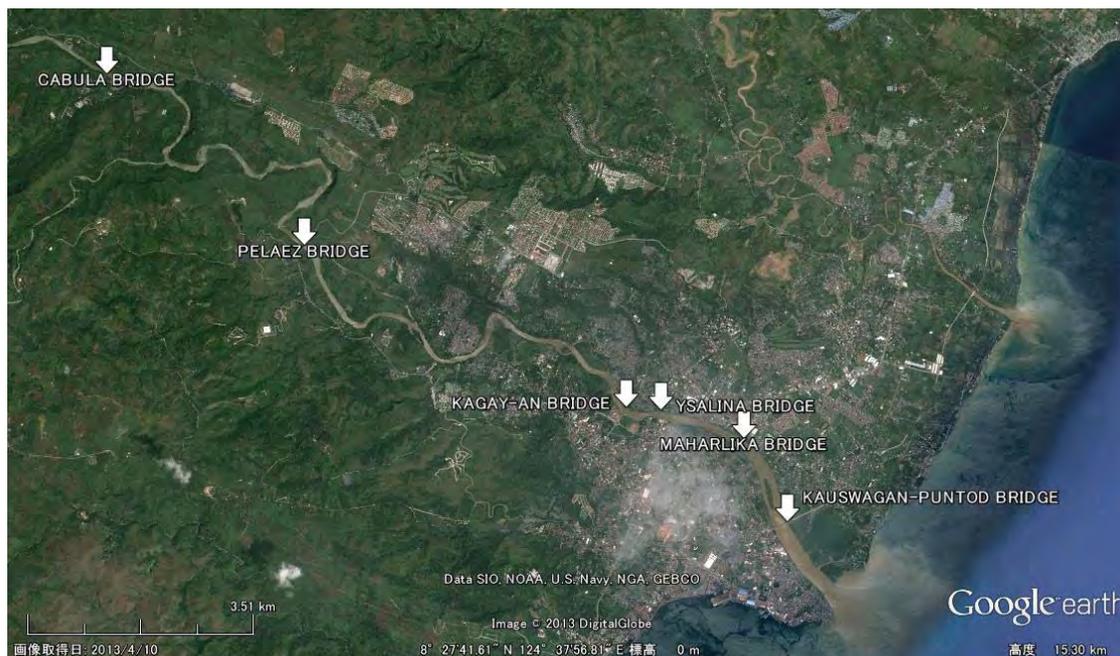
出典 JICA 調査団

図 3.4.4 Cabula 橋地点における流況曲線(21 年間; 1991-2011 年)

### (3) 河川測量

前節で記述したとおり、本調査においてカガヤン・デ・オロ川の河川縦横断測量を実施した。測量は、図 3.4.5 に示す様に、河口から Pelaez 橋に至る川沿いの約 12 km 区間について実施した。測量横断面数は各橋梁地点を含む 38 断面である。本測量で使用した地形の座標系は、NAMRIA が定める Philippine Transverse Mercator (PTM) 平面座標を、高さの基準は、NAMRIA の水準点の標高を基準として用いた。

各橋の位置は図 3.4.5 に示すとおりである。



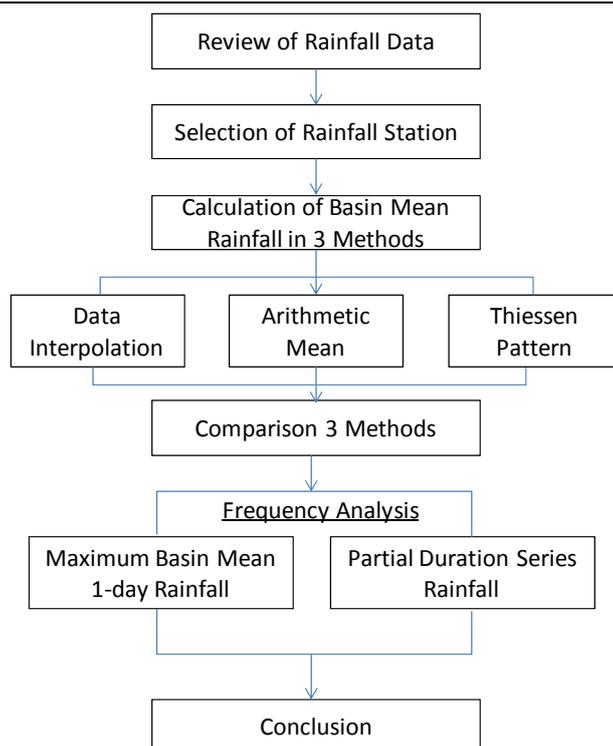
出典：JICA 調査団

図 3.4.5 橋梁の位置図

### 3.4.3 降雨解析

#### (1) 降雨解析のアプローチ

本解析は収集資料の品質照査および降雨解析を含むものである。図 3.4.6 は本解析手順をフローで示したものである。



出典: JICA 調査団

図 3.4.6 降雨解析フロー図

## (2) 雨量観測所の選定

日雨量データが得られている、表 3.4.1 に示す 60 ヶ所の観測所の内、デルモンテ社の観測所が 45 ヶ所、その他が 15 ヶ所である。

### 1) デルモンテ社観測所の中での選択

デルモンテ社の観測所の内のいくつかの観測所は、1992 年途中から観測が開始されている。限られた地域に 45 ヶ所が集中する、デルモンテ社観測所中からの代表観測所の選定は以下の手順で行った。

選定手順	選ばれた観測所
(i) 1993 年から 2011 年に至る 19 年間連続して観測がおこなわれていて、かつ位置情報が確かな観測所	10 観測所および F46 <sup>(*)1</sup>
(ii) ダブルマスカーブ法によるチェック(DMC) <sup>(*)2</sup> で信頼性が確認された観測所	F46 <sup>(*)1</sup> を含む 6 観測所 <sup>(*)3</sup>
(iii) 流域平均雨量を求める際のティーセン分割を行う際に、(i), (ii)の手順で選ばれた観測所の中では、常に代表観測所として選ばれる位置にある観測所	PON(F42), F46 <sup>(*)1</sup>

備考

(\*)1: F46 観測所の利用可能観測期間は 7 年間(2005 - 2011)だけであるが、F46 は 2011 年の熱帯暴風雨センドン時の 2011 年 12 月 16 日に日雨量 475mm という極値記録をもつ観測所のために、選定した。

(\*)2: 対象全観測所相互の DMC sheets は、データ集にまとめられている。

(\*)3: PON, LFL, PHI, F75, F86 および F46

### 2) その他の観測所

カガヤン・デ・オロ川流域界から、約 50 km 以上離れた遠距離に位置する 3 ヶ所、位置情報がない 1 ヶ所、他観測所との相関性チェックに外れた 1 ヶ所、加えて隣

接観測所によりどのティーセンパターンにも影響を与えなかった 1ヶ所の計 6ヶ所の観測所を選定から外して、15ヶ所の観測所の中から、代表観測所として 9ヶ所 (表 3.4.2 に示す No.1 から No.9) を選定した。

### 3) 解析に使用する観測所

上記の 1)と 2)の手順で選定した観測所を表 3.4.2 に示す。

表 3.4.2 選定した観測所

No.	Station	Elevation (EL., m)	Available Data (Years)	Source
1	Baungon	404	'06-'11 (6)	MAO <sup>(*2)</sup>
2	Cagayan de Oro	6	'61-'09 (49)	PAGASA
3	CMU	412	'78-'90, '06-11(19)	PAGASA
4	Kisolon	675	'84-'06 (23)	PAGASA
5	Libona	309	'06-'11(6)	MAO <sup>(*2)</sup>
6	Lumbia	182	'76-'11(36)	PAGASA
7	Malaybalay	603	'61-'11(51)	PAGASA
8	Talakag	404	'95-'11 (7)	MAO <sup>(*2)</sup>
9	Damilag <sup>(*1)</sup>	591	'72-'75 (4)	PAGASA
10	PON(F42),	706	'92-'11(21)	Del Monte
11	F46	736	'04-'11(8)	Del Monte

Notes

(\*1): Damilag 観測所は、日雨量記録が利用可能なのは 1972 年から 1975 年の 4 年間に過ぎず、その期間は解析対象期間外である。一方、センドン時に 1 時間降雨量データが観測されており、解析の中で降雨波形を定めるときに有用なデータである。

(\*2): Municipality Agriculture Office

出典 JICA 調査団

### (3) 流域平均 1 日雨量

#### 1) 流域平均 1 日雨量

流域平均 1 日雨量は、以下に記す 3 方法で検討した。これは、利用可能なデータに制約条件があるためである。すなわち、i) 多くの観測所がカガヤン・デ・オロ川流域の周辺部東側に位置しており、限られた 2~3ヶ所の観測所が流域内に位置するのみ、ii) これらの観測所のデータの利用可能期間はそれぞれ異なっている、iii) 長期間データがある場合でも、短期間・長期間の欠測を含むケースが多く、長期間連続したデータが利用できることが少ない、などの点である。

- (i) ある観測所に欠測期間がある場合には、相関が認められる他観測所のデータによって、補填を済ませた後に、ティーセン分割をおこない、流域平均 1 日雨量を求める方法(この場合、ティーセン分割は 32 年間同じパターンを使用する)
- (ii) その時点で利用可能な観測所記録の単純算術平均を求める方法
- (iii) 流域平均 1 日最大雨量が生じる日に利用可能な観測所記録を用いて、同観測所によるティーセン分割をおこなって平均を求める方法。この場合、利用可能な観測所が毎年異なるために、毎年異なるティーセンパターンを適用する。

これら年間最大 1 日雨量を求める 3 種類の推定方法の中で、下記 2)の年ごとにティーセンパターンを変える方法で得られたものが、より適切な推定結果と結論付

けられた。3方法のそれぞれの評価の詳細は Appendix C の 3.3 節に記述した。

## 2) ティーセンパターンを毎年変化させた場合

各年で、流域平均 1 日雨量が年最大となる日に観測データが得られている観測所を、表 3.4.2 の中から選び、それらの観測所によるティーセンパターンを毎年変えて、年最大流域平均 1 日雨量を推定した。その結果、33 年間の推定を行うには、ティーセンパターンが 12 種類必要となった。それらを Appendix C-4 に、ティーセン係数を Appendix C に示した。

このように、12 種類のティーセンパターンを使って、毎年ティーセンパターンを変えて年最大流域平均 1 日雨量を推定した結果を表 3.4.3 に示す。

表 3.4.3 ティーセンを毎年変えた場合の年間最大流域平均 1 日雨量

Occurrence Date of Annual Max.	Annual Max. 1-day Rainfall (mm)	Thiessen Pattern	Nos. of Stations used for Calculation	Occurrence Date of Annual Max.	Annual Max. 1-day Rainfall (mm)	Used T-sen Pattern	Nos. of Stations used for Calculation
20/10/1980	51.7	t-1	5	03/06/1996	100.2	t-6	4
24/01/1981	53.3	t-2	4	13/04/1997	98.5	t-6	4
19/03/1982	90.9	t-3	3	09/11/1998	106.9	t-6	4
25/06/1983	60.3	t-3	3	22/12/1999	104.6	t-7	3
01/09/1984	52.5	t-4	4	05/06/2000	111.5	t-6	4
04/01/1985	70.2	t-4	4	21/11/2001	95.2	t-6	4
19/09/1986	46.1	t-5	4	19/06/2002	96.7	t-6	4
24/08/1987	51.0	t-4	4	06/07/2003	95.9	t-6	4
23/10/1988	65.4	t-4	4	01/06/2004	85.7	t-6	4
17/07/1989	70.5	t-4	4	13/06/2005	63.4	t-8	6
12/11/1990	121.4	t-4	4	01/06/2006	59.6	t-9	8
24/04/1991	108.4	t-5	4	26/06/2007	68.3	t-9	8
28/07/1992	60.6	t-5	4	20/08/2008	109.1	t-8	6
26/12/1993	77.4	t-6	4	24/11/2009	145.8	t-11	7
13/06/1994	75.5	t-6	4	06/07/2010	124.2	t-12	6
27/12/1995	107.5	t-6	4	16/12/2011	187.2	t-12	6
				04/12/2012	111.7	t-12	6

出典: JICA 調査団

上記の方法で得られた年最大流域平均 1 日雨量の推定値では、2011 年の値が 33 年間で最大であるなど、実記録でも既央最大といわれるセンドン豪雨(2011 年)と同じ発生年を示した。

### 3.4.4 確率降雨量

毎年ティーセンパターンを変化させる方法によって、i) 年間最大流域 1 日雨量によるものと、ii) 非毎年の流域平均 1 日降雨シリーズによるもので、確率降雨解析を行った。各種の比較を行った結果、標準最小二乗規準(SLSC: Standard Least Squares Criterion)の値が最も小さいという観点から、非毎年流域平均雨量によるものが、各年最大雨量を用いたものよりも良い適合性を示したために、同方法の結果を採用した。

#### (1) 非毎年流域平均日雨量解析

2003 年を除いた 1980 年から 2012 年までの 32 年間の降雨資料のうち、50 mm 以上で上位 100 位までの降雨を表 3.4.4 のように抽出した。

表 3.4.4 流域平均日雨量の非毎年資料

Year	1-day (mm)						
01/29/1982	60.8	1996/06/03	100.2	04/23/2000	69.6	2008/12/06	86.7
01/30/1982	73.6	1996/06/11	70.3	06/05/2000	111.5	2009/01/02	106.0
03/19/1982	90.9	1996/08/29	89.6	06/20/2000	81.6	2009/04/17	60.9
10/03/1982	62.4	1996/09/30	78.8	07/24/2000	63.5	2009/08/27	69.1
01/04/1985	70.2	1996/10/07	60.7	11/13/2000	67.6	2009/11/24	145.8
10/23/1988	65.4	1996/11/24	61.2	11/30/2000	65.0	2010/06/12	72.3
07/17/1989	70.5	1997/04/13	98.5	12/08/2000	64.3	2010/06/21	75.9
11/07/1990	62.0	1997/10/31	92.4	03/27/2001	63.3	2010/07/06	124.2
11/12/1990	121.4	1998/06/23	61.4	05/08/2001	61.5	2010/07/11	64.4
04/24/1991	108.4	1998/08/21	74.0	08/12/2001	74.5	2010/07/21	75.6
07/28/1992	60.6	1998/09/15	70.1	09/28/2001	64.8	2010/07/22	86.2
01/15/1993	68.4	1998/11/09	106.9	11/21/2001	95.2	2010/08/18	62.4
02/01/1993	63.4	1999/01/08	93.5	06/15/2002	68.0	2010/10/08	85.5
06/30/1993	74.5	1999/02/05	106.3	06/19/2002	96.7	2010/11/21	83.9
09/13/1993	62.9	1999/03/05	69.2	05/31/2004	73.9	2011/01/13	62.9
12/25/1993	60.8	1999/05/29	69.4	04/23/2000	85.7	2011/01/15	88.9
12/26/1993	77.4	1999/09/24	77.8	06/13/2005	63.4	2011/01/31	66.2
06/13/1994	75.5	1999/12/07	88.7	12/07/2005	64.9	2011/05/23	71.4
08/21/1995	80.9	1999/12/18	65.6	06/26/2007	68.3	2011/06/13	107.5
08/30/1995	68.2	1999/12/22	104.6	04/26/2008	78.0	2011/07/02	61.8
09/11/1995	64.8	2000/02/03	99.9	04/27/2008	83.3	2011/09/01	70.9
12/26/1995	104.6	2000/02/11	66.1	04/28/2008	64.2	2011/11/14	63.9
12/27/1995	107.5	2000/03/11	74.3	06/29/2008	66.4	2011/12/16	187.2
02/05/1996	65.3	2000/04/05	70.7	08/20/2008	109.1	2012/02/19	65.8
04/10/1996	72.9	2000/04/19	66.6	11/10/2008	69.0	2012/12/04	111.7

出典: JICA 調査団

SLSC の値、目視による適合性、またジャック・ナイフ法によって、一般パレート分布(GP)が非毎年統計分析に最もよく適合すると結論付けられた。頻度解析結果の、SLSC、相関係数やジャック・ナイフ推定値と同推定誤差を表 3.4.5 に示す。

年最大流域平均1日雨量としてのセンドン時の1日雨量の超過確率規模は、表 3.4.5 に示す様に、GP 法によると 57 年と推定される。また、図 3.4.7 は数種類の確率紙に確率分布プロットを示したものである。パブロの超過確率規模については、パブロの日雨量を 139.5 mm(12 月 4 日 111.7 mm、5 日 27.8 mm)として約 14 年と推定される。

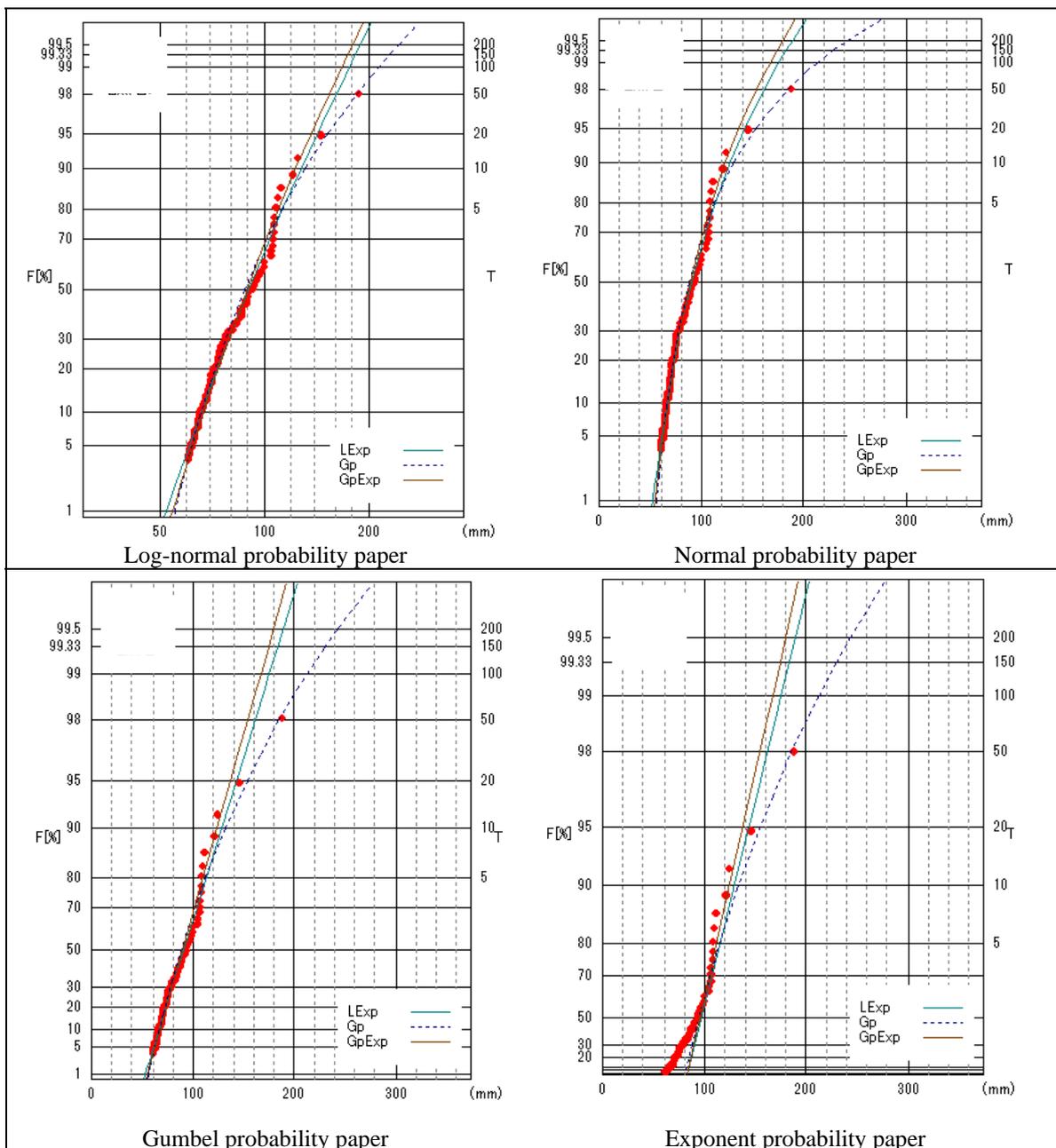
表 3.4.5 流域平均雨量の頻度解析(非毎年流域平均日雨量)

1-day Basin Mean Rainfall(mm)				Probability(mm)			
	Lexp	Gp	GpExp	Return P	Lexp	Gp	GpExp
X-COR(99%)	0.987	0.988	0.987	2-yr	90.4	88.2	89.5
P-COR(99%)	0.995	0.998	0.996	5-yr	113.4	113.2	110.8
SLSC(99%)	0.036	0.031	0.046	10-yr	128.7	132.2	124.9
Log Likelihood	-401.4	-393	-393.4	25-yr	148	159.7	142.8
pAIC	806.7	792	790.8	50-yr	162.3	182.8	156
X-COR(50%)	0.976	0.98	0.976	80-yr	172	199.8	164.9
P-COR(50%)	0.99	0.986	0.988	100-yr	176.6	208.3	169.1
SLSC(50%)	0.059	0.042	0.074	Sendong / Pablo 187.2 / 139.5 mm			
				Sendong	Over100yr	57yr	Over100yr
				Pablo	17yr	14yr	21yr

Jack Knife Estimate			
Return P	LExp	Gp	GpExp
2-yr	90.4	88.4	89.6
5-yr	113.4	113.5	111
10-yr	128.7	132.3	125.1
25-yr	148	158.8	143.1
50-yr	162.3	180.4	156.3
80-yr	172	195.9	165.3
100-yr	176.6	203.5	169.5
Sendong / Pablo		187.2 / 139.5 mm	
Sendong	Over100yr	63yr	Over100yr
Pablo	17yr	14yr	21yr

Jack Knife Error			
Return P	LExp	Gp	GpExp
2-yr	3.3	3.3	3.2
5-yr	6.0	5.9	5.5
10-yr	7.8	9.2	7.0
25-yr	10.2	16.2	9.0
50-yr	11.9	24.1	10.4
80-yr	13	30.8	11.4
100-yr	13.6	34.5	11.9

出典: JICA 調査団



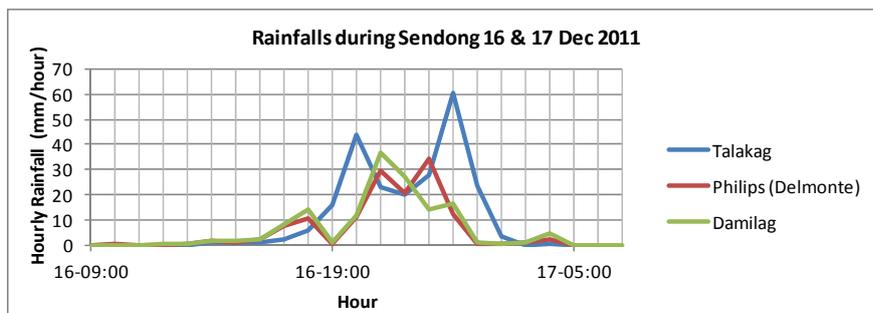
出典: JICA 調査団

図 3.4.7 流域平均 1 日雨量(非毎年)の頻度解析結果

(2) センドン時の降雨パターン

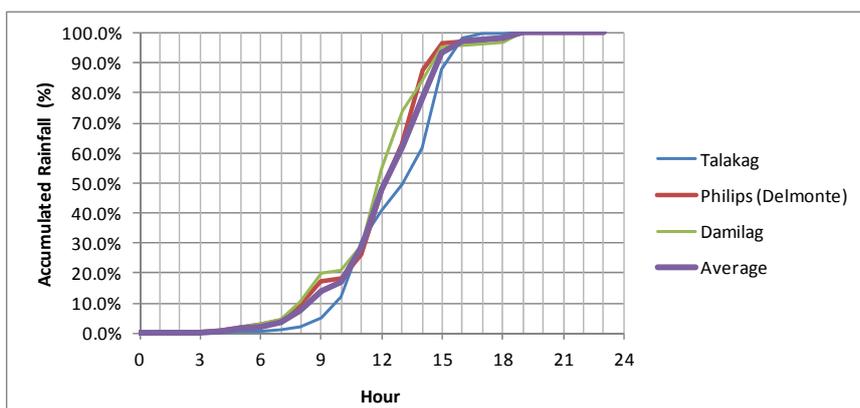
2011年12月のセンドン時に時間雨量を観測していた観測所は、Talagak, Damilag, Philipps の3観測所で1時間降雨分布データが利用可能である。

カガヤン・デ・オロ川流域内に位置する Talagak と上記の他2ヶ所の観測所において観測された、センドン時の1時間降雨波形と降雨分布を図3.4.8と図3.4.9にそれぞれ示した。



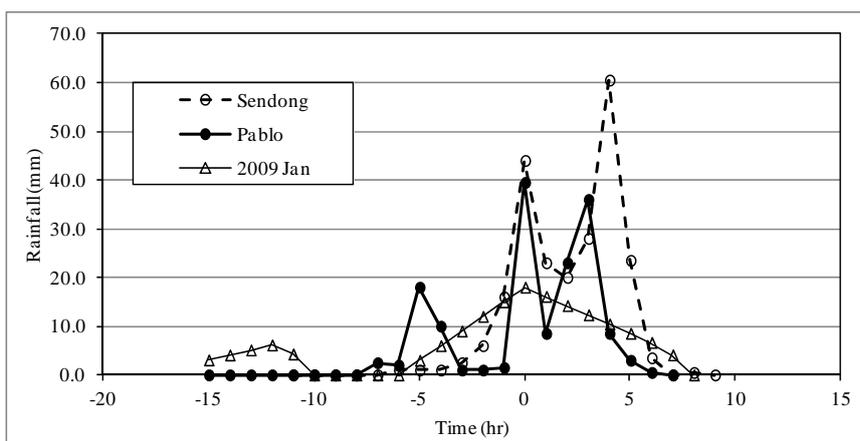
出典: JICA 調査団

図 3.4.8 カガヤン・デ・オロ川流域において観測された3観測所の時間降雨曲線



出典: JICA 調査団

図 3.4.9 時間降雨累積図(3観測所とそれらの無次元値平均)

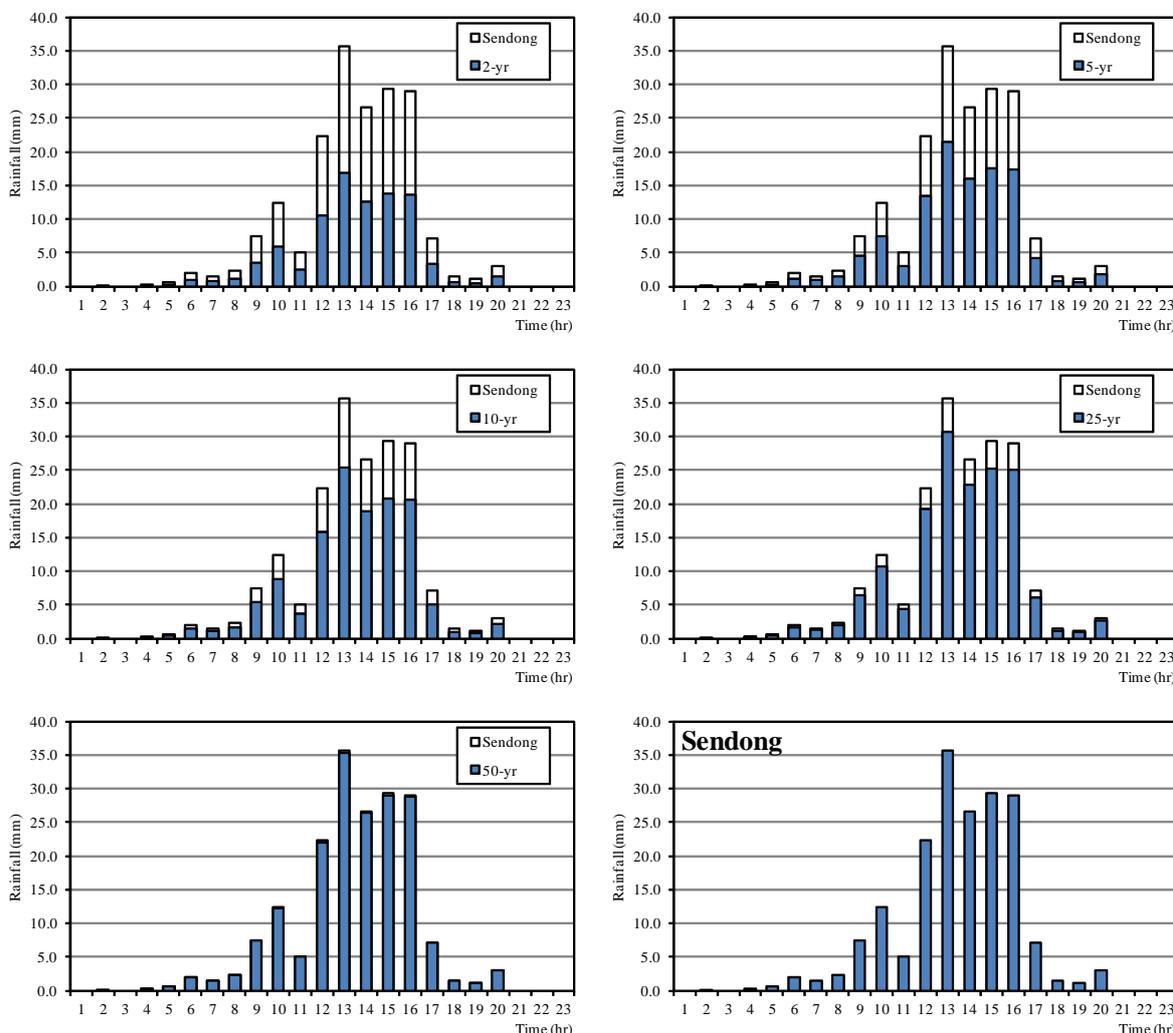


出典: JICA 調査団

図 3.4.10 最近の台風性豪雨時の降雨パターン

図 3.4.10 は、センドンとパブロ時(いずれも Talagak 観測所)とオンドイ時(2009年1月、Lumbia 観測所)の降雨分布図を示したもので、いずれも台風性豪雨の継続時間が24時間以内であることを示している。

図 3.4.9 に示す、センドン時の 3 観測所の降雨パターンを平均を、2011 年に利用可能な観測所(Appendix C-4 に示すティーセンパターン 12 に含まれる観測所)に適用して、各超過確率規模(2 年、5 年、10 年、25 年、50 年) ごとの時間降雨ハリエトグラフを、センドン時のハリエトグラフに遞減率を乗じて求めたものを図 3.4.11 に示す。



出典: JICA 調査団

図 3.4.11 超過確率年別時間降雨パターン

### 3.4.5 流出解析

これまでにフィリピンで実施されてきたいくつかの関連する調査を参照して、本調査では貯留関数法を用いて解析を行った。

#### 1) 貯留関数モデル

貯留関数法モデルの基本式は連続式と運動式からなる。流出量は、貯留関数モデル内の流域と水路で構成されるネットワーク内の現象として計算される。

##### a) 小流域の基本貯留関数

下記の式が小流域内の貯留量(S)と流出量(Q)の関係式で表される運動式となる。

$$S_l = KQ_l^p$$

ここに、 $l$  と  $p$  : 定数

流出計算は上記の運動式と下記の小流域内の連続式を基本式として行った。

$$\frac{dS_l}{dt} = \frac{1}{3.6} f \cdot r_{ave} \cdot A - Q_l$$

ここに、

- $f$  : 流入係数,
- $r_{ave}$  : 流域平均雨量 (mm/hr)
- $A$  : 流域面積 (km<sup>2</sup>)
- $Q_l = Q(t + T_l)$  : 遅滞時間を考慮した流域からの直接流出量 (m<sup>3</sup>/s)
- $S_l$  : 見かけの流域貯留量 (m<sup>3</sup>/s hr)
- $T_l$  : 遅滞時間

b) 河道における基本貯留関数

河道区間の運動式と連続式は以下のとおりである。

$$S_l = KQ_l^p - T_l Q_l$$

$$\frac{dS}{dt} = \sum_{j=1}^n f_j I_j - Q_l$$

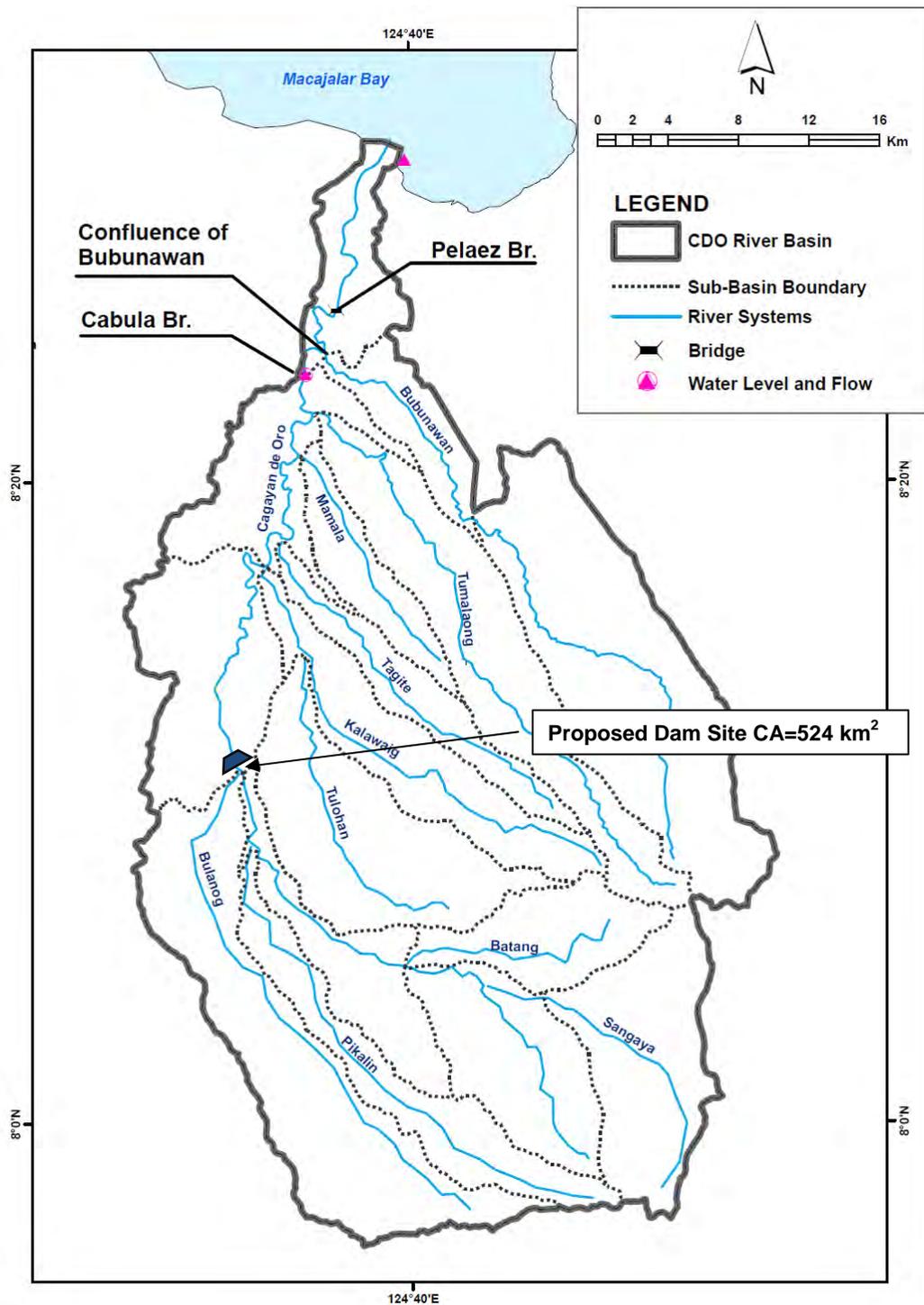
ここに、 $l$  と  $p$  : 河道定数

- $T_l$  : 河道内遅滞時間
- $l_j$  : 当該流域、支流、上流側流域から遅滞時間を考慮する河道に流れ込む流量
- $f_j$  : それぞれの流入係数,
- $Q_l = Q(t + T_L)$  : 河道下流端における時間遅れも考えた流量
- $S_l$  : 見かけ河道貯留量 (m<sup>3</sup>/s hr)
- $T_L$  : 遅れ時間

2) 流域分割と流出モデル

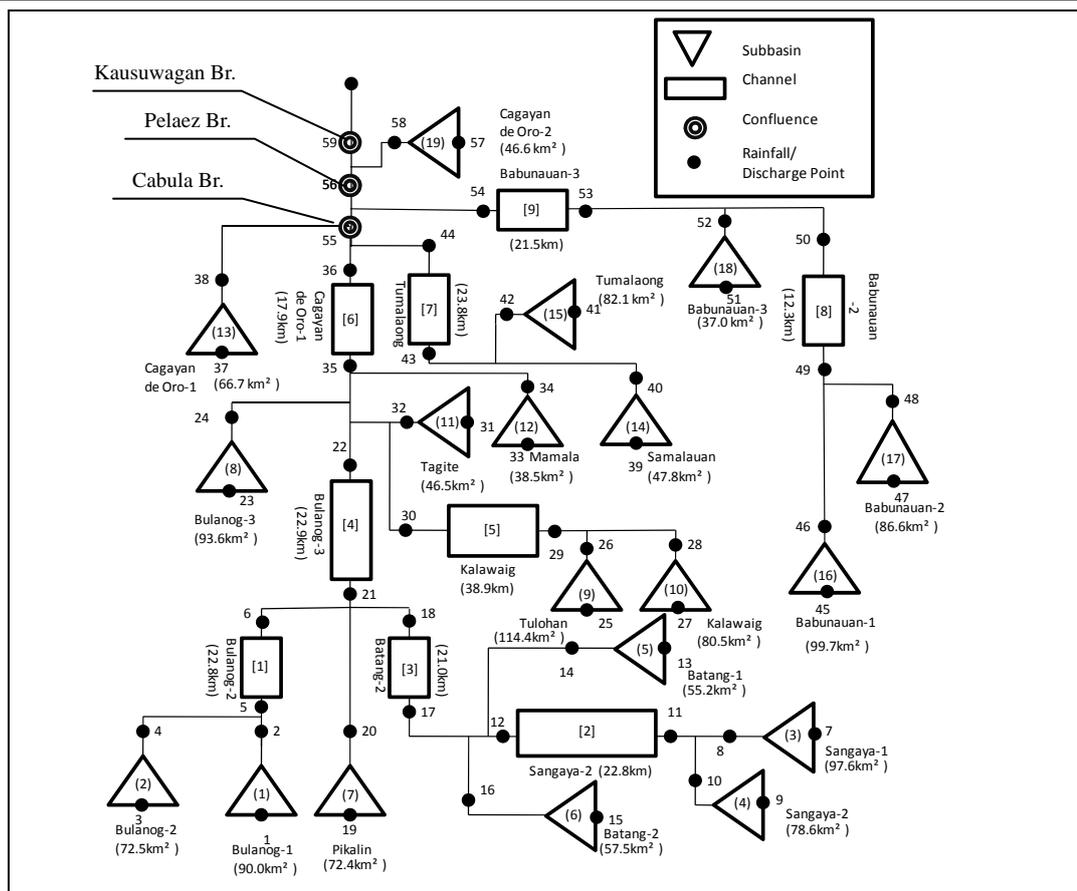
カガヤン・デ・オロ川流域面積は 1,364 km<sup>2</sup> で図 3.4.12 に示すとおりである。流域全域は図 3.4.13 に示すように、主たるサブ流域ごとと、細長い流域の場合は 1 つのサブ流域を上下流で分割して、19 のサブ流域と 10 の河道区間に分けられる。

Cabula 橋地点は流域面積が 1,094 km<sup>2</sup> であること、および観測流量記録があることから、モデルの検証地点とした。Cabula 橋地点での流域は図 3.4.12 に示されるとおり 15 のサブ流域からなる。



出典：JICA 調査団

図 3.4.12 カガヤン・デ・オロ川流域分割図(C.A = 1,364 km<sup>2</sup>)



出典: JICA 調査団

図 3.4.13 カガヤン・デ・オロ川流域の流出モデル・ダイアグラム

(3) 定数設定

貯留関数法モデルの各種定数は以下のとおり設定した。

i) 流域モデル定数

$$K = 43.4 \cdot C \cdot I^{-1/3} \cdot L^{1/3}$$

$$p = 0.33 \quad (= 1/3)$$

$$T_L = 0.047 \cdot L - 0.57 \quad (L \geq 11.9)$$

$$T_L = 0 \quad (L < 11.9)$$

ここに、 C: リザーブ係数(山間地流域では 0.12、都市部では 0.012)

I: 流路勾配

L: 主流路長 (km)

$T_L$ : 遅滞時間 (hr)

ii) 河道モデル定数

$$K = 0.166 \cdot L \cdot I^{-0.5}; \quad p = 0.6$$

$$T_L = 7.36 \cdot 10^{-4} \cdot L \cdot I^{-0.5}$$

ここに、  $L$ : 流路長 (km)  
 $I$ : 流路勾配  
 $TL$ : 遅滞時間 (hr)

iii) 流出係数 ( $f_1$ )

$$f_1 = 0.5 \text{ (一定)}$$

iv) 定数のまとめ

表 3.4.6 サブ流域の定数

No.	Sub-Basin	Area	Length of RC	High EL.	Low EL.	1/Slope	Nature	Urban	Rough	K	P	TL (hr)
		A (km <sup>2</sup> )	L (km)	(m)	(m)		(%)	(%)	C			
1	Bulanog-1	90.0	25.5	1750	830	27.7	99.9 %	0.1 %	0.12	46.3	0.3	0.6
2	Bulanog-2	72.5	23.1	1000	380	37.2	100.0 %	0.0 %	0.12	49.5	0.3	0.5
3	Sangaya-1	97.6	21.4	2763	920	11.6	100.0 %	0.0 %	0.12	32.7	0.3	0.4
4	Sangaya-2	78.6	24.6	2260	650	15.3	100.0 %	0.0 %	0.12	37.6	0.3	0.6
5	Batang-1	55.2	20.1	2480	650	11.0	100.0 %	0.0 %	0.12	31.5	0.3	0.4
6	Batang-2	57.5	30.5	1240	380	35.4	100.0 %	0.0 %	0.12	53.4	0.3	0.9
7	Pikalin	72.4	45.0	2560	460	21.4	100.0 %	0.0 %	0.12	51.4	0.3	1.6
8	Bulanog-3	93.7	26.9	1120	140	27.5	99.9 %	0.1 %	0.12	47.1	0.3	0.7
9	Tulohan	114.4	37.3	1800	250	24.0	99.9 %	0.1 %	0.12	50.1	0.3	1.2
10	Kalawaig	80.6	39.5	1860	140	23.0	99.8 %	0.2 %	0.12	50.3	0.3	1.3
11	Tagite	46.5	32.2	1560	100	22.1	100.0 %	0.0 %	0.12	46.5	0.3	1.0
12	Mamala	38.5	27.6	700	60	43.2	100.0 %	0.0 %	0.12	55.2	0.3	0.7
13	Cagayan de Oro-1	66.7	14.2	820	50	18.5	99.3 %	0.8 %	0.12	33.1	0.3	0.1
14	Samalauan	47.8	21.8	2560	460	10.4	100.0 %	0.0 %	0.12	31.7	0.3	0.5
15	Tumalaong	82.1	31.8	980	60	34.6	99.9 %	0.1 %	0.12	53.7	0.3	0.9
16	Bubunauan-1	99.7	23.4	2600	560	11.5	100.0 %	0.0 %	0.12	33.6	0.3	0.5
17	Bubunauan-2	86.6	21.4	1020	300	29.7	100.0 %	0.0 %	0.12	44.7	0.3	0.4
18	Bubunauan-3	37.1	22.9	470	40	53.3	100.0 %	0.0 %	0.12	55.6	0.3	0.5
19	Cagayan de Oro-2	46.6	15.9	240	0	66.2	56.6 %	43.4 %	0.07	32.3	0.3	0.2
Total / Average		1363.8	505.1	1568	338	27.5	97.7 %	2.3 %				

出典: JICA 調査団

表 3.4.7 河道の定数

No.	Channel	Length	High EL.	Low EL.	1/Slope	K	P	TL (hr)
		L (km)	(m)	(m)				
1	Bulanog-2	22.8	830	380	50.7	27.0	0.6	0.1
2	Sangaya-2	22.8	1900	650	18.3	16.2	0.6	0.1
3	Batang-2	21.0	650	380	77.9	30.8	0.6	0.1
4	Bulanog-3	22.9	380	140	95.6	37.2	0.6	0.2
5	Kalawaig	38.9	1520	140	28.2	34.2	0.6	0.2
6	Cagayan de Oro-1	17.9	140	50	198.8	41.9	0.6	0.2
7	Tumalaong	23.8	460	60	59.6	30.5	0.6	0.1
8	Bubunauan-2	12.3	560	300	47.4	14.1	0.6	0.1
9	Bubunauan-3	21.5	300	40	82.6	32.4	0.6	0.1
10	Cagayan de Oro-2	19.4	140	0	138.5	37.9	0.6	0.2
Total / Average		223.4	688	214	79.7			

出典: JICA 調査団

v) 基底流出量

Cabula 橋地点における基底流出量は、Data Book に掲載した[“Stream Flow Data”, Cagayan River Stream Gauging Station (2011)]にまとめられている Cabula 橋地点における水位観測記録に基づく、21 年間の日流量記録から得られた流況曲線によって、 $103 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $0.1 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2 \approx 103 \text{ m}^3/\text{s} / 1,094 \text{ km}^2$ ) であると推定した。

(4) Cabula 橋地点における洪水時のハイドログラフとピーク流量の算定

1) パブロ時の洪水ハイドログラフ

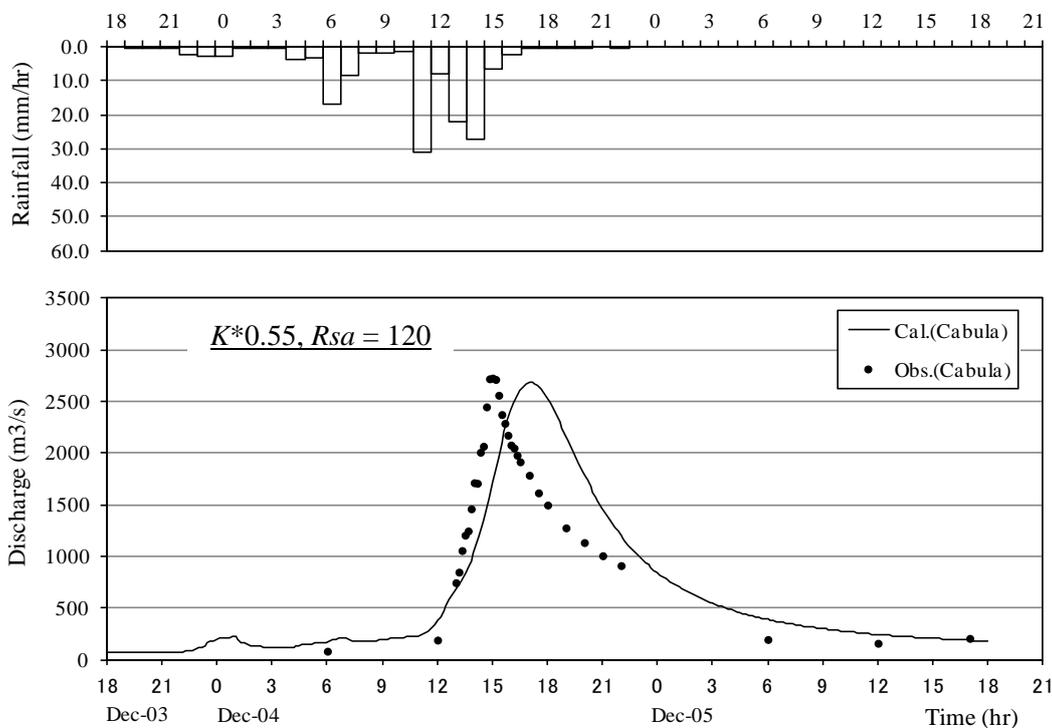
表 3.4.8 に示すカガヤン・デ・オロ川流域の最適定数を適用した流出モデルによって得られた、パブロ時の洪水ハイドログラフを図 3.4.14 に示す。

Cabula 橋における実測水位に基づく洪水ハイドログラフに対して、増水部やピーク流量値については適合性が向上したものの、流出減衰部においては多少流出が長く継続する結果となる。しかし、全体波形をより一致させようとするためには、流出率を 0.5 以下とせざるを得ず、現実的ではではないと判断した。

表 3.4.8 カガヤン・デ・オロ川流域の最適定数

No	Sub-basin	Basin Area (km <sup>2</sup> )	K	P	TL	f1
1	1Bulanog-1	90.0	25.5	0.230	0.3	0.5
2	2Bulanog-2	72.5	27.2	0.230	0.3	0.5
3	3Sangaya-1	97.6	18.0	0.230	0.2	0.5
4	4Sangaya-2	78.6	20.7	0.230	0.3	0.5
5	5Batang-1	55.2	17.3	0.230	0.2	0.5
6	6Batang-2	57.5	29.4	0.230	0.5	0.5
7	7Pikalin	72.4	28.3	0.230	0.8	0.5
8	8Bulanog-3	93.7	25.9	0.230	0.4	0.5
9	9Tulohan	114.4	27.6	0.230	0.6	0.5
10	10Kalawaig	80.6	27.7	0.230	0.7	0.5
11	11Tagite	46.5	25.6	0.230	0.5	0.5
12	12Mamala	38.5	30.4	0.230	0.4	0.5
13	13Cagayan-1	66.7	18.2	0.230	0.1	0.5
14	14Samalauan	47.8	17.5	0.230	0.2	0.5
15	15Lumalaong	82.1	29.6	0.230	0.5	0.5
16	16Bubunauan-1	99.7	18.5	0.230	0.3	0.5
17	17Bubunauan-2	86.6	24.6	0.230	0.2	0.5
18	18Bubunauan-3	37.1	30.6	0.230	0.3	0.5
19	19Cagayan-2	46.6	17.8	0.230	0.1	0.5

出典: JICA 調査団



出典: JICA 調査団

図 3.4.14 定数修正による Cabula 橋地点洪水ハイドログラフ検証  
(流域遅滞時間修正)

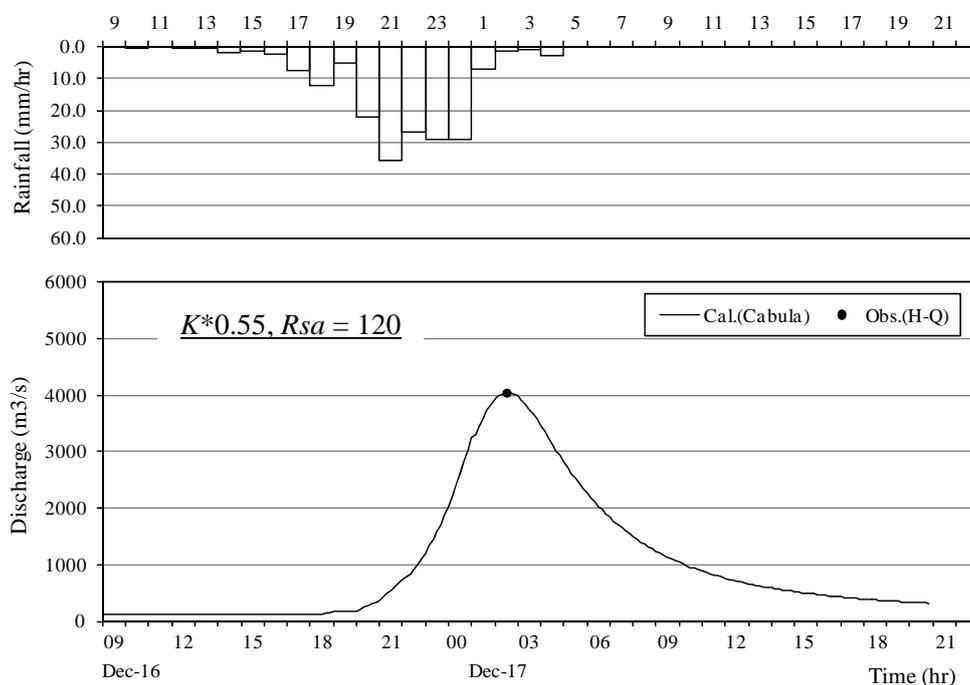
2) センドン時の実測水位によるハイドログラフ・ピーク値の検証

(i) センドン時の Cabula 橋地点洪水ハイドログラフ

Cabula 橋地点において観測された最高水位は 9.8 m(ゲージ読み高)であり、これに相当する最大流量は、Appendix C の図 4.2.3 に示した水位・流量曲線から約 4,050 m<sup>3</sup>/s となる。

Appendix C-3 にまとめた Cabula 橋地点における水位観測記録に基づく日流量記録によると、2011 年 12 月 15～16 日間の基底流量は約 103 m<sup>3</sup>/s(0.1 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>)であった。

パブロ時の実測データを用いて検証した流出モデルを用いて、このピーク流量を再現した結果を図 3.4.15 に示す。



出典: JICA 調査団

図 3.4.15 センドン時の Cabula 橋地点における洪水ハイドログラフ

(ii) 合理式を適用したハイドログラフのピーク流量の検証

次式で示される合理式を用いて、高水域の流量を推定するために、以下のようパラメーターを定めた。

$$Q_p = 1/3.6 \times f \times R \times A$$

ここに、

- Q<sub>p</sub>: ピーク流量 (m<sup>3</sup>/s)
- f: 流出係数
- R: 洪水到達時間までの降雨強度(mm/hr)
- A: 流域面積 (km<sup>2</sup>)

a) 洪水到達時間

洪水波伝搬時間を与える Kraven 式を適用して洪水到達時間を推定した。

勾配	> 1/100	1/100 ~ 1/200	< 1/200
流速	3.5 m/s	3.0 m/s	2.1 m/s

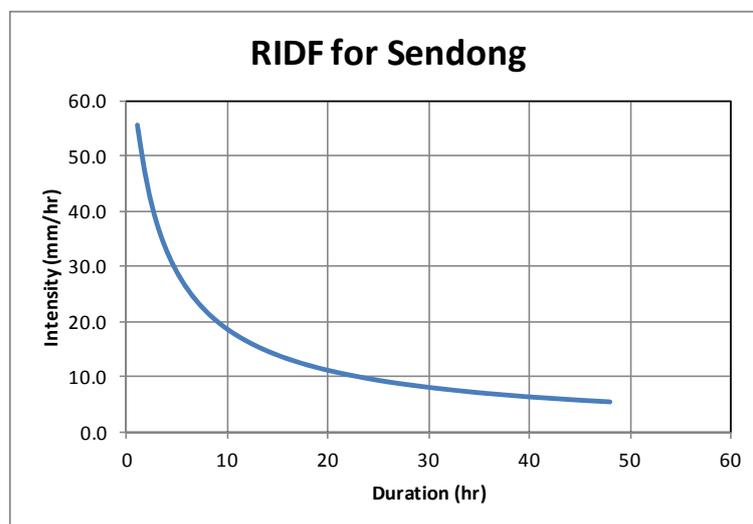
基準点まで最も遠い支流域からの洪水到達時間は以下のとおりである。

No.	Sub-Basin	Length	High EL.	Low EL.	Diff.	1/Slope	Velocity	Flow time
		L (km)	(m)	(m)	(m)		(m/s)	(hr)
3	Sangaya-1	19.5	2400	920	1480	13.2	3.5	1.5
4	Sangaya-2	22.8	1900	650	1250	18.3	3.5	1.8
6	Batang-2	21.0	650	380	270	77.9	3.5	1.7
13	Cagayan de Oro-1	17.9	140	50	90	198.8	3	1.7

この結果、Cabula 橋地点までの洪水到達時間合計を7時間と推定した。

#### b) 降雨強度

センドン時に時間雨量記録が得られている Talakag 観測所でのデータを参照して、降雨強度と継続時間の関係を推定した。次の図によると、7時間降雨強度は 23.5 mm/hr となる。



出典: JICA 調査団

図 3.4.16 Talakag 観測所の降雨強度曲線

#### c) 流出係数

「河川砂防技術基準(案)」によると、起伏のある高地あるいは森林地での流出係数は 0.50~0.70 である。流出係数を 0.50 あるいは 0.60 とした場合、計算上の Cabula 橋のピーク流量は、それぞれ約 3,570 m<sup>3</sup>/s あるいは 4,280 m<sup>3</sup>/s となるが、センドン時のヒドログラフのピーク流量(4,050 m<sup>3</sup>/s)は、流出係数が 0.57 の場合に相当する。

### 3.4.6 超過確率洪水ヒドログラフ

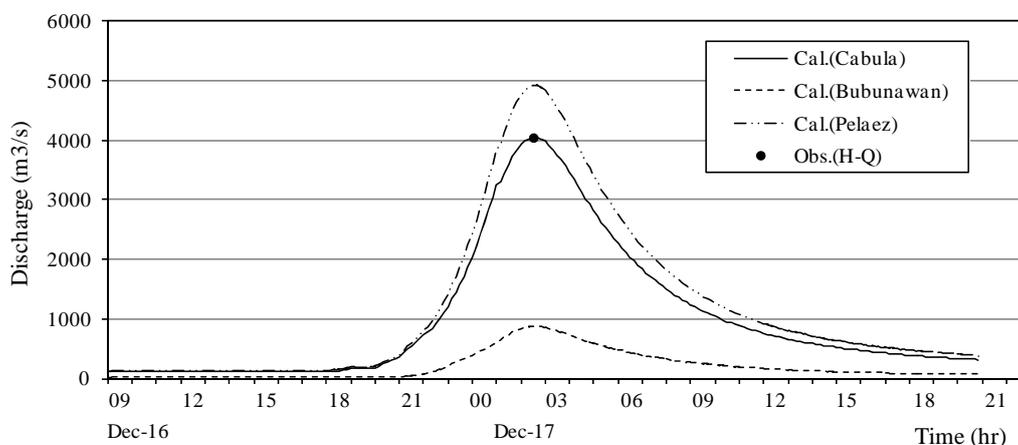
#### (1) モデル係数

流出解析モデルの最適定数について、それぞれの河道における  $K$ 、 $P$ 、 $T_I$  値を表 3.4.7 に、流域における  $f_I$ 、 $K$ 、 $P$  および  $T_I$  を表 3.4.8 に示す。飽和雨量  $R_{sa}$  については 120 mm を採用する。

(2) カガヤン・デ・オロ川の橋梁地点におけるセンドン時の洪水ハイドログラフ  
センドン時のそれぞれの地点における洪水ハイドログラフは、以下の条件で得られたものである。

- i) Bubunawan 川 : Bubunawan 川流域における降雨流出解析によって得られるハイドログラフで、この流出量は河川流下モデル上で本川との合流点において直接流入する。
- ii) Cabula 橋 : Bubunawan 川とカガヤン・デ・オロ川 2 の各支流からの流入量は含まない。
- iii) Pelaez 橋 : カガヤン・デ・オロ川 2 の流域からの流入量は含まない。
- iv) Kausuwagan 橋 : カガヤン・デ・オロ川 2 の流域からの流入量を含む。この流量が次節の上流端流量となる。

合流点と i)から iv)の各橋の位置を図 3.4.1 あるいは図 3.4.5 に示す。



流域名	河口からの距離	流域面積 (km <sup>2</sup> )	センドン時最大流量 (m <sup>3</sup> /s)
Cabula	18.7	1,094	4,052
Pelaez	11.62	1,317	4,925
Bubunawan Basin	-	223	872

出典: JICA 調査団

図 3.4.17 センドン時の洪水ハイドログラフ

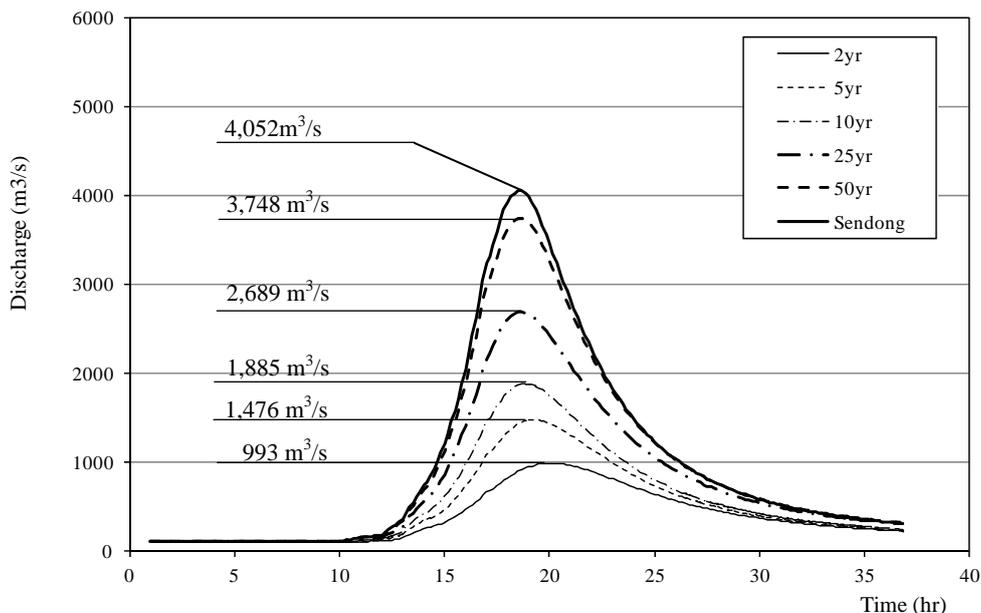
(3) 確率規模毎の洪水ハイドログラフ

確率規模毎の Cabula 橋と Pelaez 橋の地点の洪水ハイドログラフをそれぞれ図 3.4.18 と図 3.4.19 に示す。図には、超過確率規模 2 年、5 年、10 年、25 年、50 年およびセンドン時の洪水ハイドログラフを示している。

表 3.4.9 確率規模毎の降水量

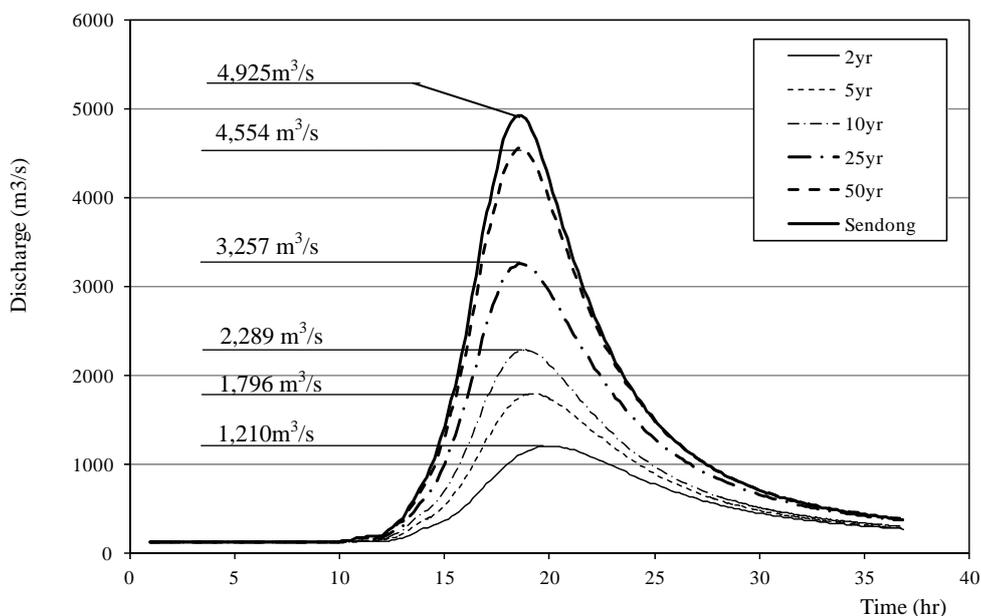
超過確率規模	洪水量(m <sup>3</sup> /s) (Cabula 橋)	洪水量(m <sup>3</sup> /s) (Pelaez 橋)	洪水量(m <sup>3</sup> /s) (Kausuwagan 橋)
2 年	1,000	1,300	1,300
5 年	1,500	1,800	1,900
10 年	1,900	2,300	2,400
25 年	2,700	3,300	3,400
50 年	3,800	4,600	4,700
センドン規模	4,100	5,000	5,100

出典: JICA 調査団



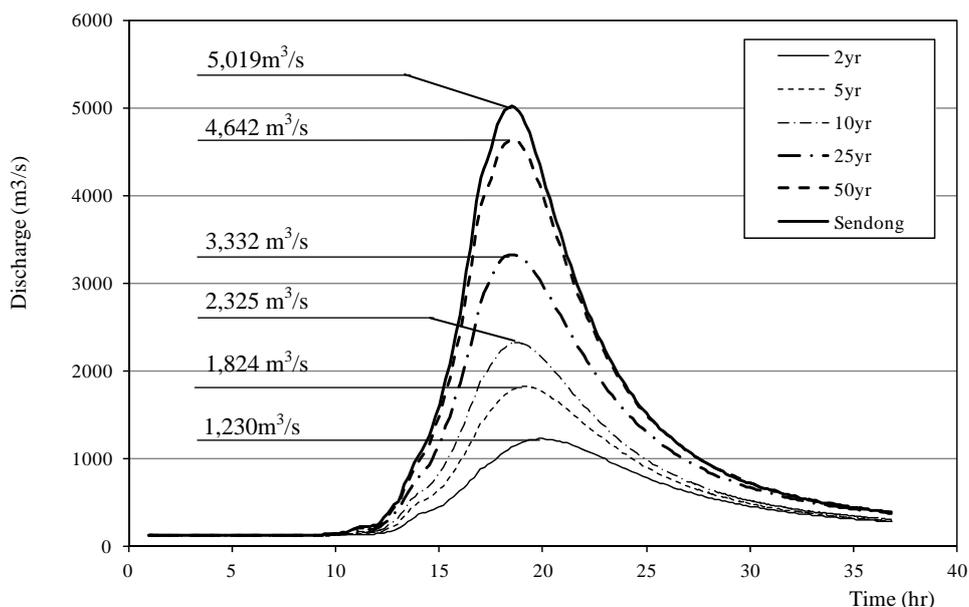
出典: JICA 調査団

図 3.4.18 Cabula 橋地点における超過確率洪水ハイドログラフ



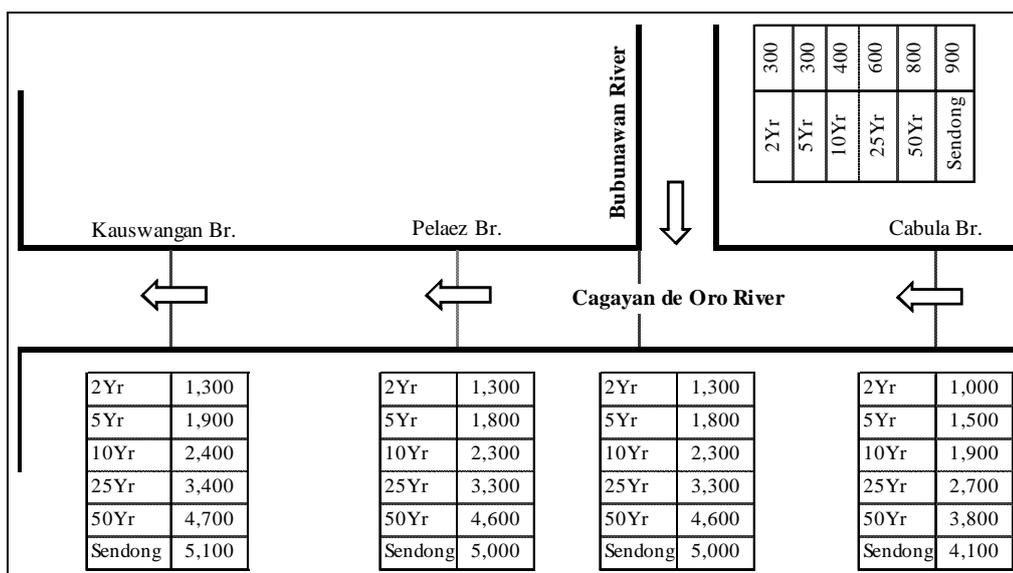
出典: JICA 調査団

図 3.4.19 Pelaez 橋地点における超過確率洪水ハイドログラフ



出典: JICA 調査団

図 3.4.20 Kauswagan 橋地点における超過確率洪水ハイドログラフ



単位: m<sup>3</sup>/sec

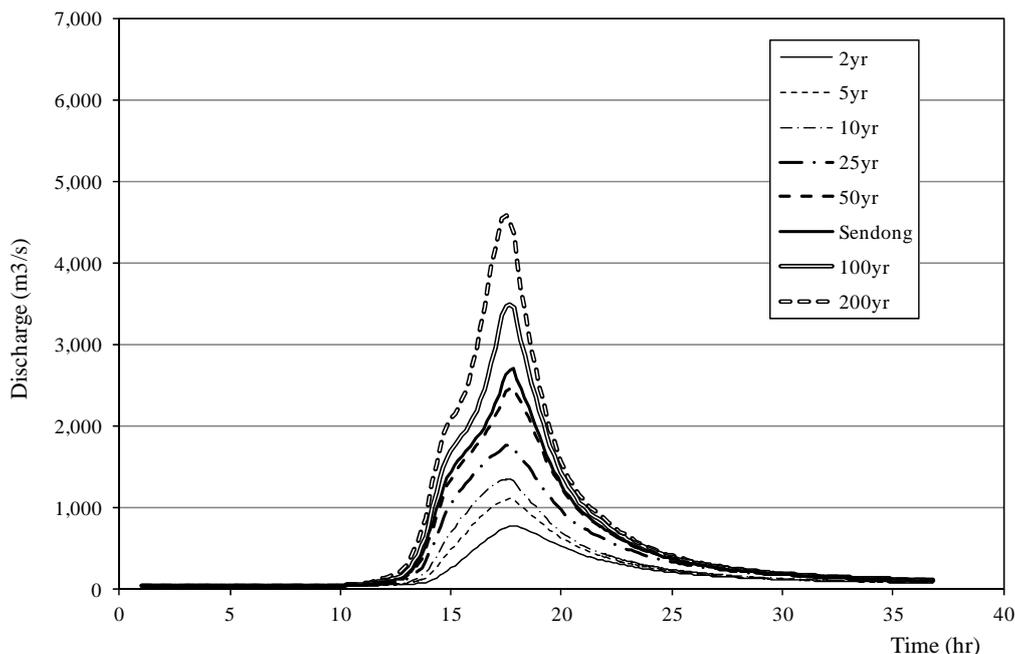
出典: JICA 調査団

図 3.4.21 流量配分図(各超過確率流量およびセンドン時)

(4) ダムによる洪水必要調節量算定のための流入ハイドログラフ

ダム計画による洪水必要調節量算出のために、同じ流出解析モデルによって、ダム地点の洪水ハイドログラフを求めた。現在計画されているダム計画地点を、図 3.4.12 に示す。この地点は、Bulanog 川と Batang 川の合流点直下流である。

ダム計画地点における洪水ハイドログラフを図 3.4.22 に示す。洪水ピーク流量は 25 年超過確率で 1,768 m<sup>3</sup>/s、200 年超過確率で 4,549 m<sup>3</sup>/s となる。



出典: JICA 調査団

図 3.4.22 ダム計画地点における超過確率洪水ハイドログラフ

### 3.5 水理解析

#### 3.5.1 概説

水理解析を実施するにあたり、2011年の熱帯暴風雨センドンおよび2012年の台風パブロ時の洪水氾濫実績や洪水痕跡調査について詳細な調査を実施した。カガヤン・デ・オロ川下流区間の氾濫解析モデルは、これらの氾濫実績や洪水痕跡データをもとにキャリブレーションされ、構築されたものである。本解析モデルを用いて、各確率規模洪水流量に対して氾濫解析を行い、河道の水位や洪水氾濫域の範囲およびその水深を再現した。これらの結果をもとに、後述する洪水リスクレベル評価、洪水被害額の算定を実施している。

また、河川下流区間の河床変動の特性、浚渫や河床掘削の必要性を評価することを目的として、2011年、2012年および2013年の河川測量結果を比較評価し、この期間の河床変動の実態を調査した。河床変動の実態調査と併せて、本調査で得られた測量断面や河床材料データを使って、1次元河床変動解析モデルを構築した。この解析モデルを用い、カガヤン・デ・オロ川と周辺流域で得られた流砂量の採取データによる土砂流入量を上流端の境界条件として与え、予備的な河床変動計算を行った。これらの水理解析の結果を以下に記述する。

#### 3.5.2 既往洪水氾濫

カガヤン・デ・オロ川流域では、2011年にセンドン、2012年にパブロによる洪水氾濫が発生し、流域に甚大な被害が発生した。水文・水理特性として、これらの洪水時の流域平均雨量、河道水位、洪水流量、洪水痕跡について Appendix C に取り纏めている。以下にセンドンおよびパブロ洪水時の概況を記載する。

(1) 洪水痕跡水位

本調査にて Pelaez 橋から河口までの区間を対象に、橋梁地点での洪水痕跡水位を調査した。また、DPWH により Pelaez 橋上流区間の洪水痕跡水位調査が実施された。さらに、DPWH の橋梁新設計画に伴い、Kauswagan 橋、Maharika 橋、Ysalina 橋でも洪水痕跡調査が実施されている。

表 3.5.1 センドン時の洪水痕跡

Name of Survey	Investigation Point	Station	Flood Mark	Remarks
This Survey <sup>*1</sup>	Kauswagan Br.	1+504	4.14m	Datum: Macajalar Bay mean sea level
	Maharika Br.	2+927	4.86m	
	Ysalina Br.	4+299	7.19m	
JICA, Woodfield Consultants Inc. <sup>*2</sup>	Pelaez Br.	11+606	18.57 m	Datum: Temporary Bench Mark
	Section 1	11+718	19.83m	
	Section 2	12+101	20.28m	
	Section 3	12+453	21.23m	
	Section 4	12+765	24.48m	
	Section 5	13+082	26.60m	
	Section 6	13+386	26.75m	
	Section 7	13+581	26.74m	
	Section 7-A	13+716	27.06m	
	Section 8	13+801	26.75m	
	Section 9	14+048	26.77m	
	Section 10	14+388	30.54m	
	Section 11	14+573	30.54m	
	Section 12	14+838	30.60m	
	Section 12-A	15+009	33.81m	
	Section 13	15+098	30.60m	
	Section 14	15+276	34.14m	
	Section 15	15+479	34.56m	
	Section 16	15+786	34.56m	
Section 17	15+975	34.64m		
Section 18	16+140	34.65m		
Section 19	16+279	35.79m		
DPWH, CENTUNION Philippines, Inc.	Kauswagan Br.	1+504	1.5-2.0m below the beam	
	Maharika Br	2+927	2.0-2.5m below the beam	
	Ysalina Br.	4+299	Reach the beam	

出典:

1) JICA 調査団

2) Flood Condition Survey of Tropical Storm “Sendong” in Cagayan de Oro and Iligan City (JICA, March 2012)

表 3.5.2 パプロ時の洪水痕跡

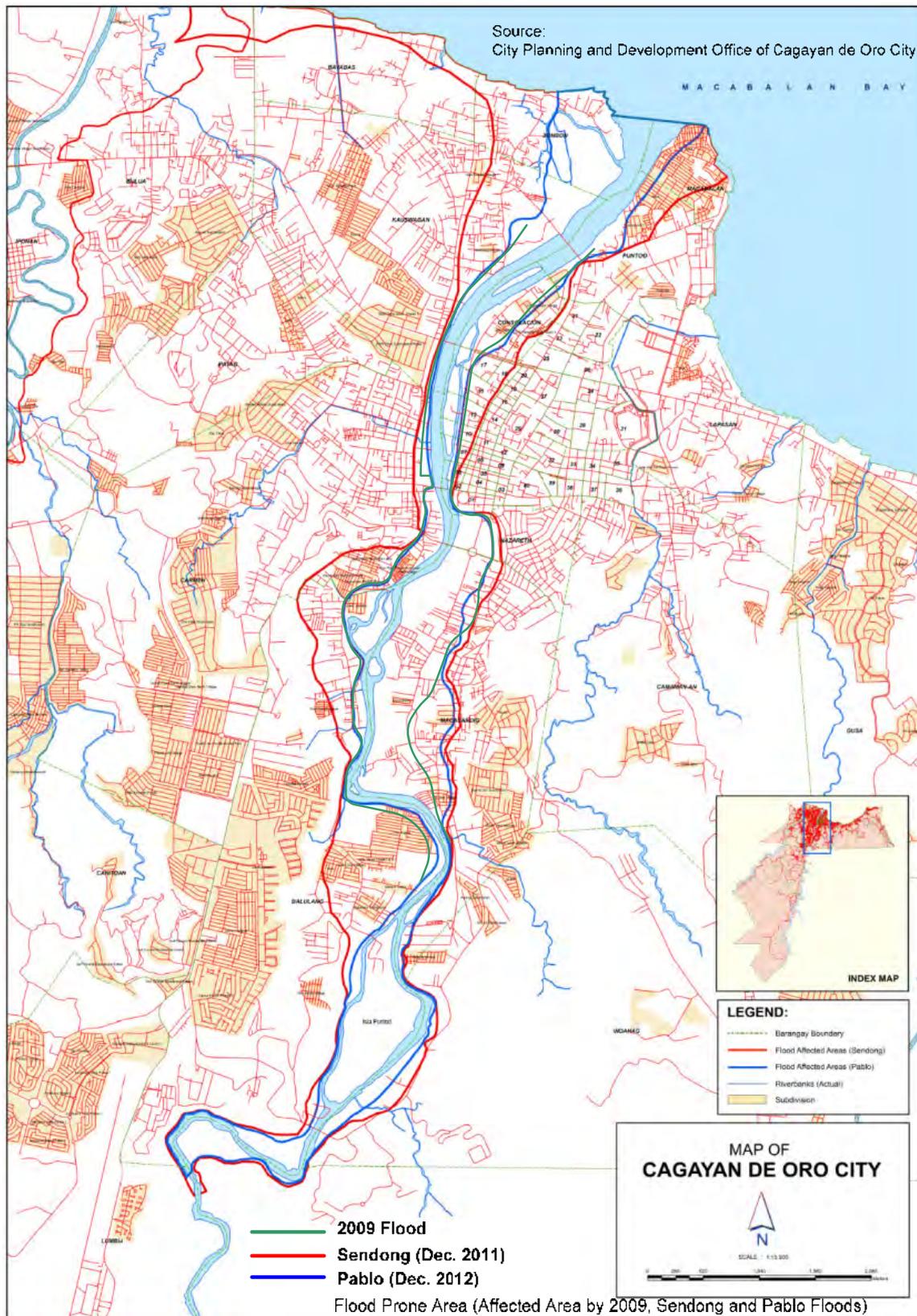
Name of Survey	Investigation Point	Flood Mark	Remarks
The Survey Team	Kauswagan Br.	2.60m	Datum: Macajalar Bay mean sea level
	Maharika Br.	2.62m	
	Ysalina Br.	3.69m	
	Kagay-an Br.	5.60m	

出典: JICA 調査団

(2) 浸水深、浸水範囲および洪水被害の状況

センドンによる洪水氾濫時の浸水深は既往の調査で実施し、約 200 地点の浸水深が得られた。また、カガヤン・デ・オロ市の City Planning and Development Office において、図 3.5.1 に示すようにセンドンおよびパプロ洪水時の浸水範囲が取りまとめられている。

JICA 調査団は、DWPH の浸水深調査結果や地形を参考に同浸水範囲を修正した。また、現地でのヒアリングにより被害状況を取りまとめた。熱帯暴風雨センドン時の浸水深と浸水範囲を図 3.5.3 に示す。被害状況も含めた詳細な浸水図については、Appendix C、第 6 章に示した。



出典: City Planning and Development Office

図 3.5.1 センドンおよびパプロ洪水時の洪水氾濫図

### 3.5.3 氾濫原の地形

本調査では 1/1,000 地形図の作成と河川横断測量および補足水準測量を実施した。河川縦断図を図 3.5.2 に示す。また、地形図の等高線より生成した DEM と横断・水準測量実施地点を図 3.5.3 に示す。

氾濫解析の対象となる Pelaez 橋から河口の区間の地形的特徴を以下の 3 区間に分けて述べる。

#### 【Area 1 (河口から Sta. 4+300 付近)】

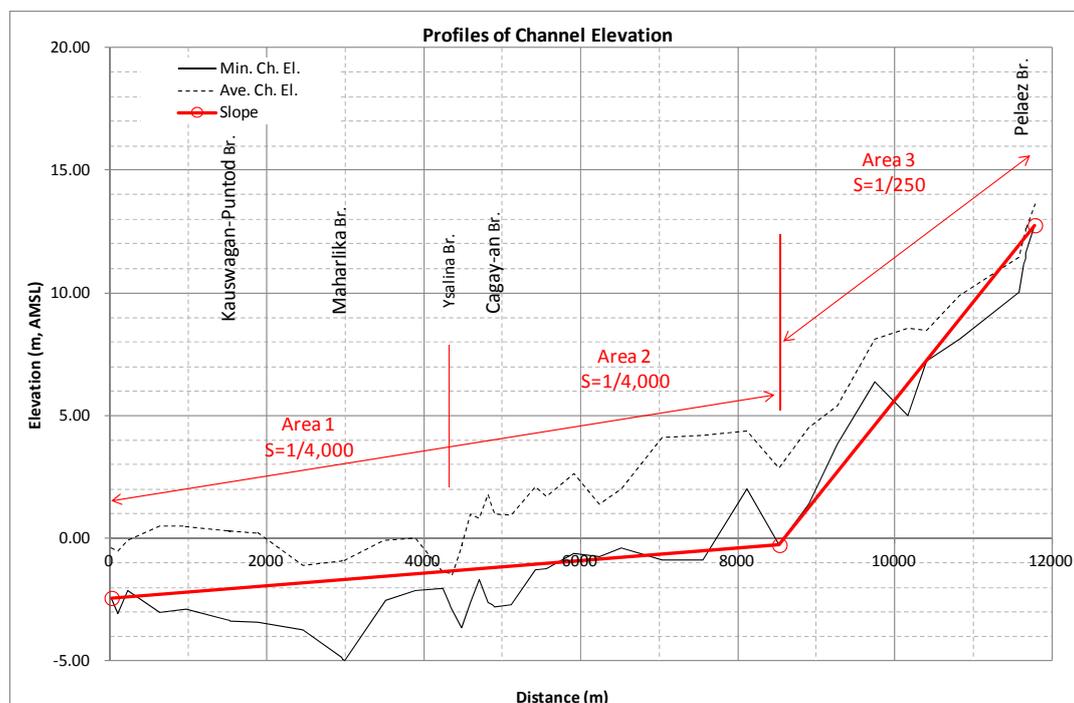
Sta. 4+300 付近が狭窄部となっており、それより下流は平坦な氾濫原である。しかし、縦断勾配は約 1/4,000 とフィリピンの他の主要河川の河口付近の河川勾配と比べて急であり、河口部の一部を除いて氾濫流は直線的な流れを示すものと考えられる。河口部の Sta. 1+500 より下流は拡散型の氾濫形態を有するものと考えられる。

#### 【Area 2 (Sta. 4+300 付近から Sta. 8+500 付近)】

Sta. 4+300 付近が狭窄部となっているため、勾配変化点である Sta. 8+500 付近までの区間は約 1 km 幅の氾濫が発生する。縦断勾配は約 1/4,000 である。氾濫流は直線的に流下する流下型氾濫形態と考えられる。

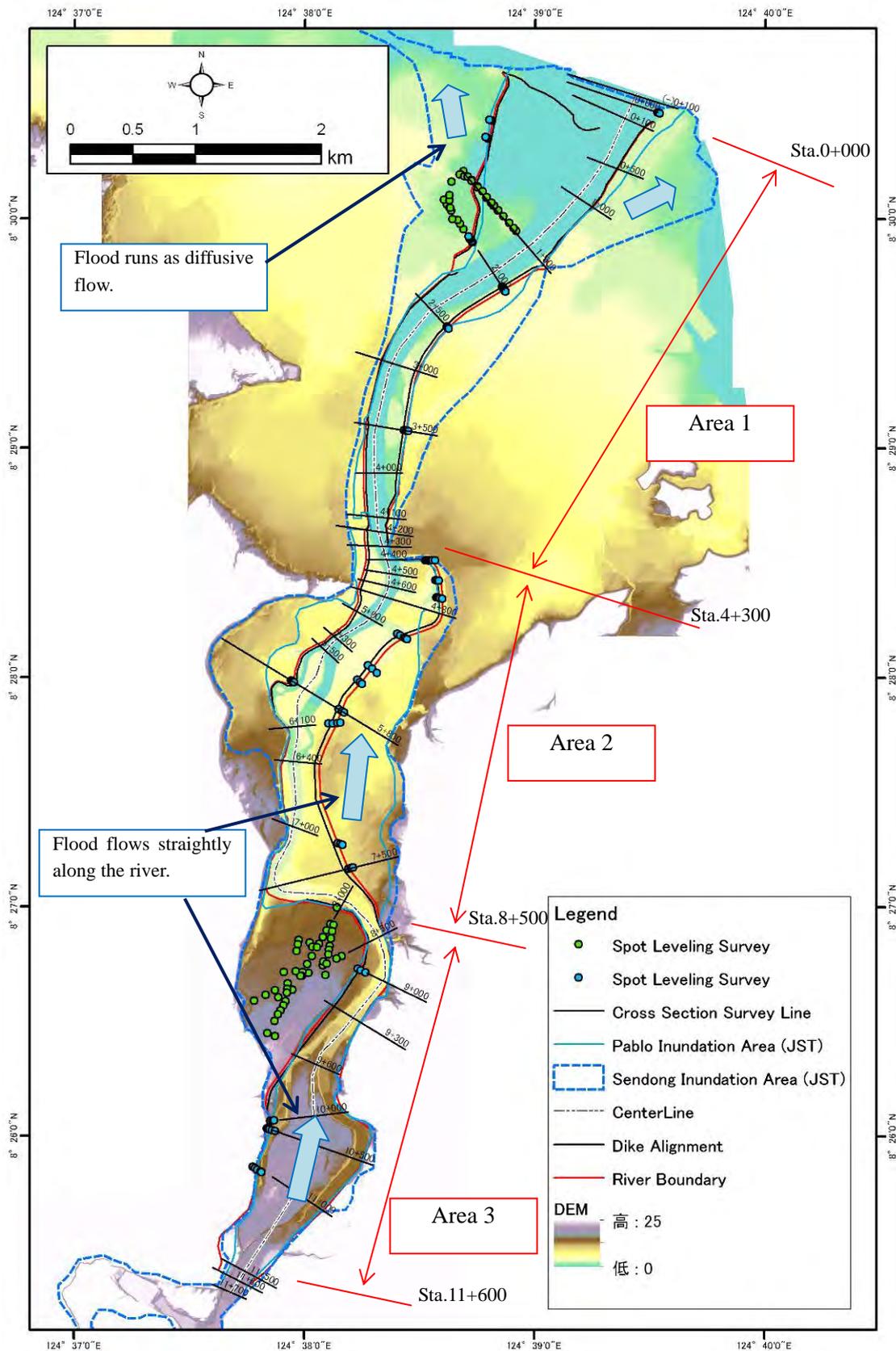
#### 【Area 3 (Sta. 8+500 付近から Pelaez 橋)】

Sta. 8+500 付近より上流は縦断勾配約 1/250 の急流となっている。このため、河道断面および氾濫原は狭い。氾濫流は直線的に流下する流下型氾濫形態と考えられる。



出典: JICA 調査団

図 3.5.2 Pelaez 橋-河口区間の河川縦断図



出典: JICA 調査団

図 3.5.3 Pelaez 橋-河口区間の地形とセンドンおよびパプロ時の洪水氾濫図

### 3.5.4 洪水氾濫解析

パブロとセンドンを検討対象として、洪水氾濫解析モデルを構築する。また、構築された氾濫解析モデルにより、被害額の推計で用いる超過確率洪水ごとの浸水深分布を推定する。

#### (1) 検討対象区間

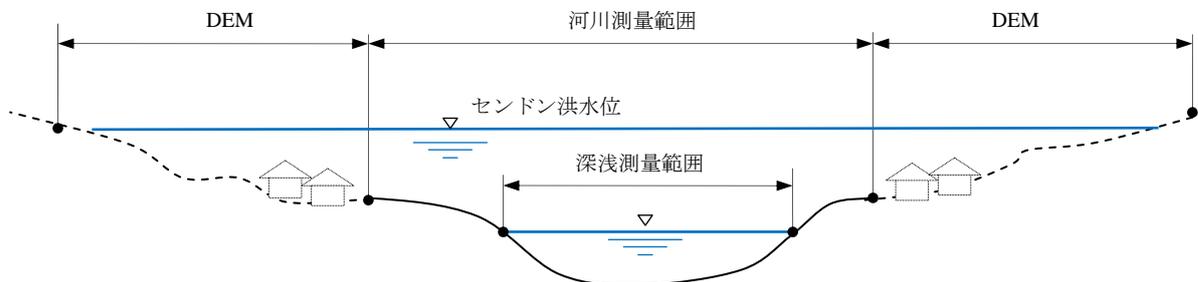
カガヤン・デ・オロ川河口から Pelaez 橋までの 12 km 区間を検討対象とする。

#### (2) 解析モデル

検討対象区間の氾濫形態は主に流下型氾濫である。流下型氾濫の水理解析は1次元モデルにより解析が可能である。本検討ではフィリピン国で広く採用されている1次元流モデルである HEC-RAS(Hydrologic Engineering Center River Analysis System)を用い、不定流解析を実施する。

#### (3) 地形条件

本調査で実施した 37 断面の横断測量データを解析に用いる。ただし、河川横断測量は現在の河道部分を対象として実施したため、氾濫原は本調査で作成した 1/1,000 地形図の等高線から DEM を生成し、氾濫原横断面を切り出して解析に用いる。検討対象とする氾濫原の範囲はセンドン時の浸水域である。モデル境界を図 3.5.4 に示す。



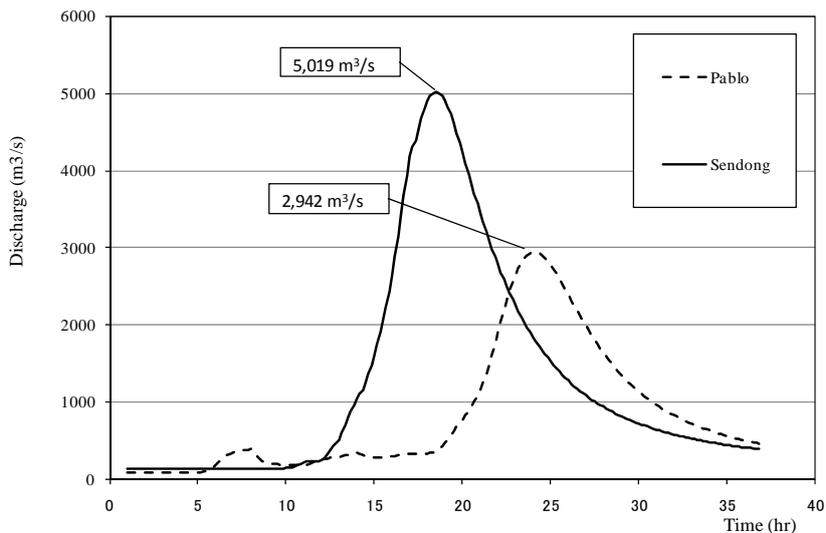
出典: JICA 調査団

図 3.5.4 洪水氾濫解析用の河川横断作成方法

#### (4) 流量条件

##### 1) 検討対象流量

検討対象区間では実績洪水波形が存在しないため、降雨・流出解析モデルによって算定されたパブロとセルドンの再現洪水波形を用いることとする。上流端流量は、Kauswagan 橋地点の流量とする。

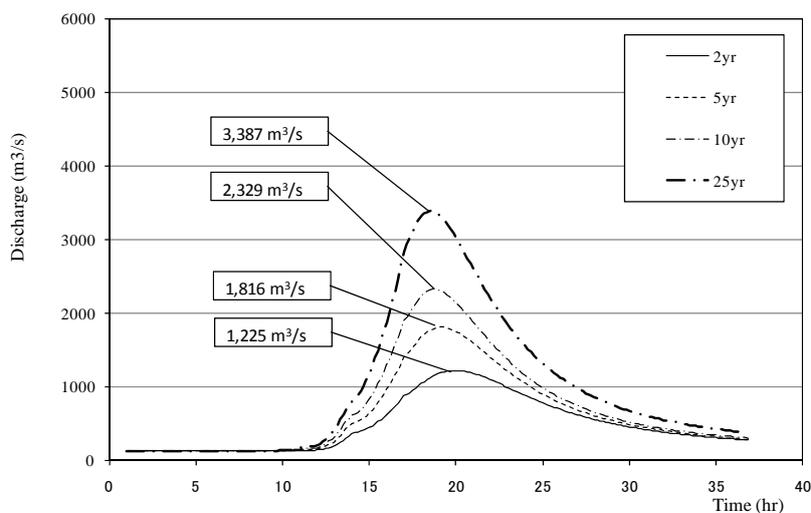


出典: JICA 調査団

図 3.5.5 検討対象ハイドログラフ(Kauswagan 橋地点)

## 2) 検討対象流量

河道計画は計画規模 25 年とすることから、2 年、5 年、10 年、25 年の 4 ケースの確率流量を検討対象とし、降雨流出解析モデルによって算定された Kauswagan 地点流量を上流端流量として 1 次元不定流解析を実施する。



出典: JICA 調査団

図 3.5.6 検討対象ハイドログラフ(Kauswagan 橋地点)

## (5) その他条件

### 1) 粗度係数

マンニングの粗度係数は、DPWH 技術基準、HEC-RAS のカテゴリー等を参照し、下記の値を採用した。

表 3.5.3 マニングの粗度係数

General Classification		Roughness Coefficient (n)
1	河道(Sta.0+000 - Sta.4+800)	0.030
	河道(Sta.5+000 - Sta.11+700)	0.035
2	Sand bar with vegetation	0.055
3	Flood plain with grass/brush	0.045
4	Flood plain with medium to dense houses and buildings	0.090

出典: JICA 調査団

## 2) 河口水位

センドンとパブロの洪水氾濫解析における河口水位は、観測潮位を用いる。確率規模別の解析においては塑望平均満潮位 1.01 m (平均海水面標高)を用いる。

## 3) 死水域

河道の急拡(5°以上)、急縮(26°以上)に対し死水域を設定する。

設定した死水域の範囲、横断線上の粗度係数の設定については、Appendix C、第6章に示す。

## (6) 氾濫解析結果

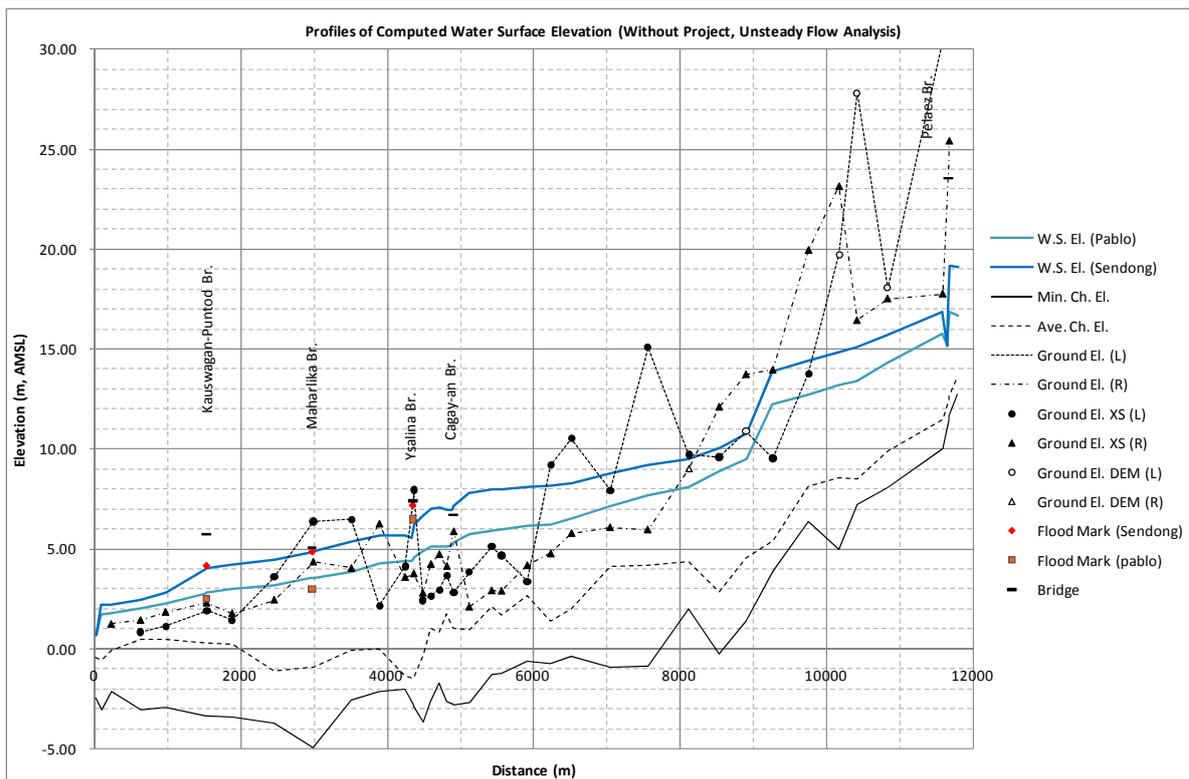
センドンの氾濫解析結果について、水位分布図を図 3.5.7 に、計算浸水深階度図を図 3.5.8 に示す。また、パブロの氾濫解析結果について、水位分布図を図 3.5.7 に、計算浸水深階度図を図 3.5.9 に示す。

水理解析は 1 次元水理解析によって実施したため、以下の手順により計算浸水深階度図を作成した。

- ① 測線上の計算水位から線形補間で任意の点の水位を推定する。データセットはグリッド形式により作成し、1 m グリッドとする。
- ② 浸水深は、①で作成した補間水位と地盤高標高(DEM)の差分とする。
- ③ 被害額の推計で用いる発生頻度毎の浸水深分布は 100 m メッシュとし、②で作成した浸水深グリッドを平均処理する。

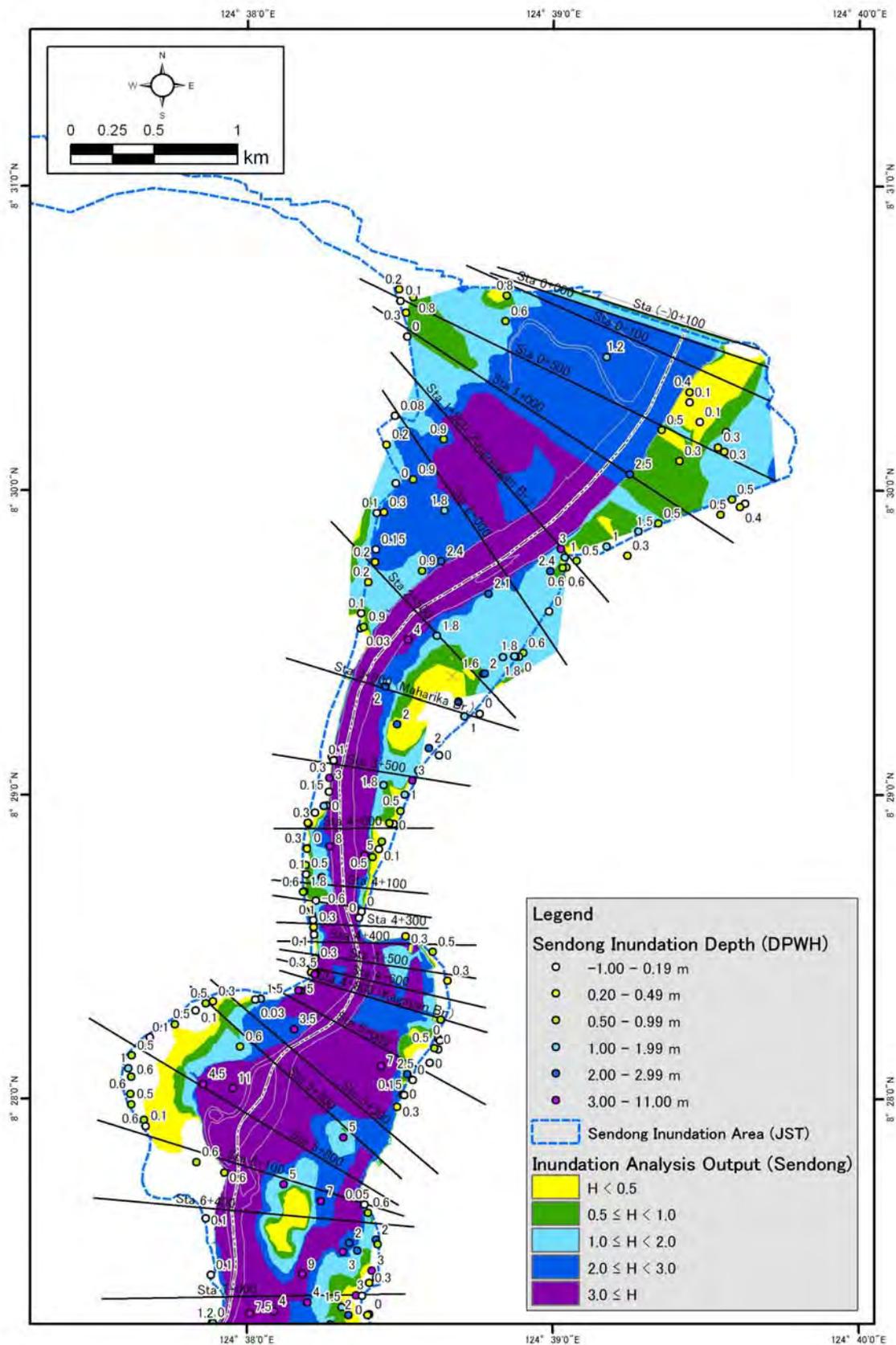
センドンの解析結果は、水位分布図によれば Kauswagan 橋地点と Maharika 橋地点において、洪水痕跡水位とよく適合している。Ysalina 橋地点では痕跡水位に比べ計算水位は約 1m 低くなっている。計算浸水深階度図では、実績浸水深調査結果および実績浸水深調査結果とくらべると、概ねよく適合しているが、Ysalina 橋下流では実績に比べて計算水位が高くなる傾向があり、Ysalina 橋上流では実績に比べて計算水位が低くなる傾向がある。Ysalina 橋付近は、河道狭窄部で地形が急変する地点であり、今回の横断測量の測線間隔では、地形急変部の流れや非定常的な流れ等の再現性に限界があるものと考えられる。

パブロの解析結果は、全体的にセンドンと同様の傾向を示し、水位分布図では Kauswagan 橋地点と Maharika 橋地点において、洪水痕跡水位とよく適合している。一方、Ysalina 橋地点では痕跡水位に比べ計算水位は約 1m 低くなっている。計算浸水深階度図では、Ysalina 橋下流では実績に比べて計算水位が高くなる傾向があり、Ysalina 橋上流では実績に比べて計算水位が低くなる傾向がある。



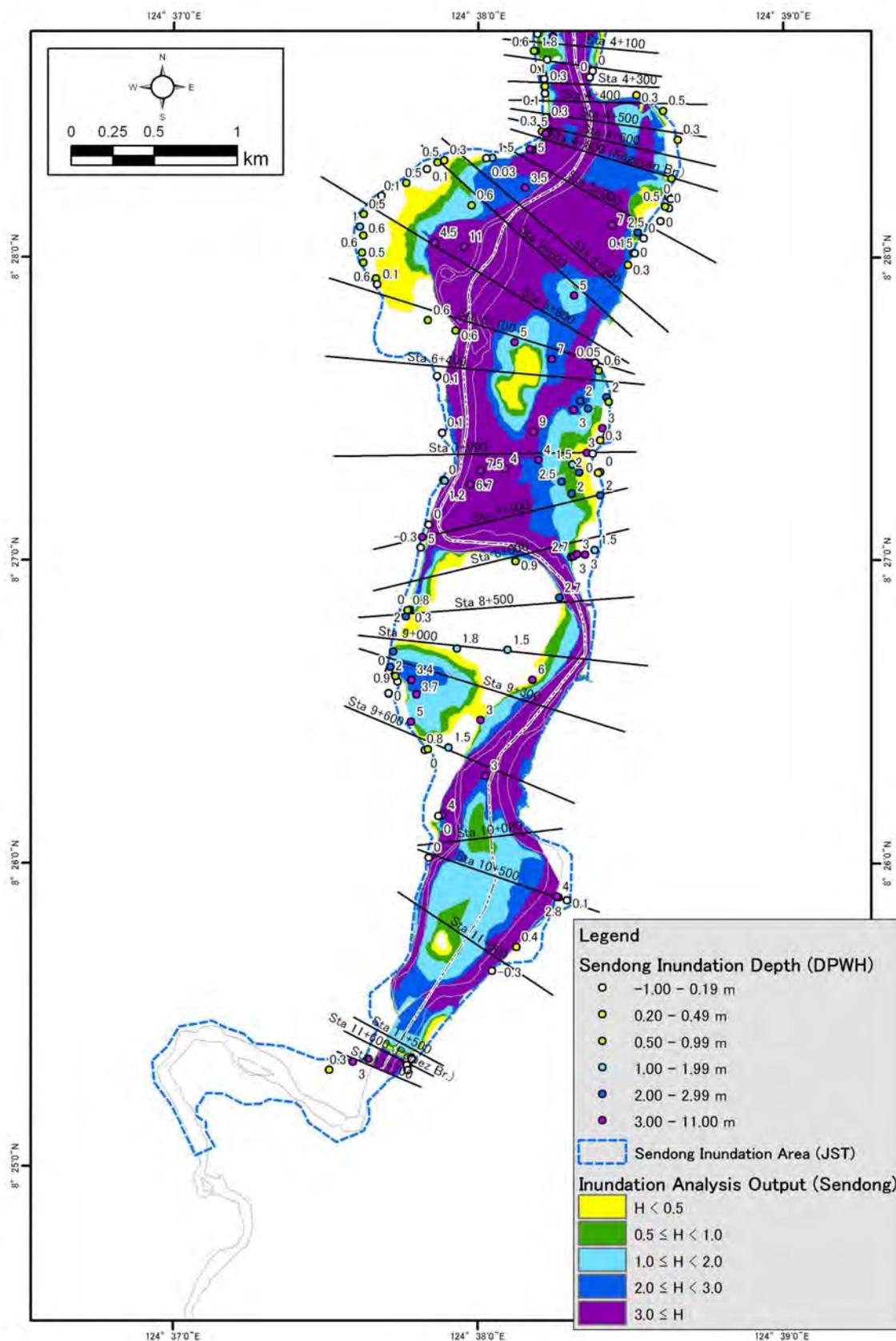
出典: JICA 調査団

図 3.5.7 センドン・パブロ氾濫解析結果(水位分布図)



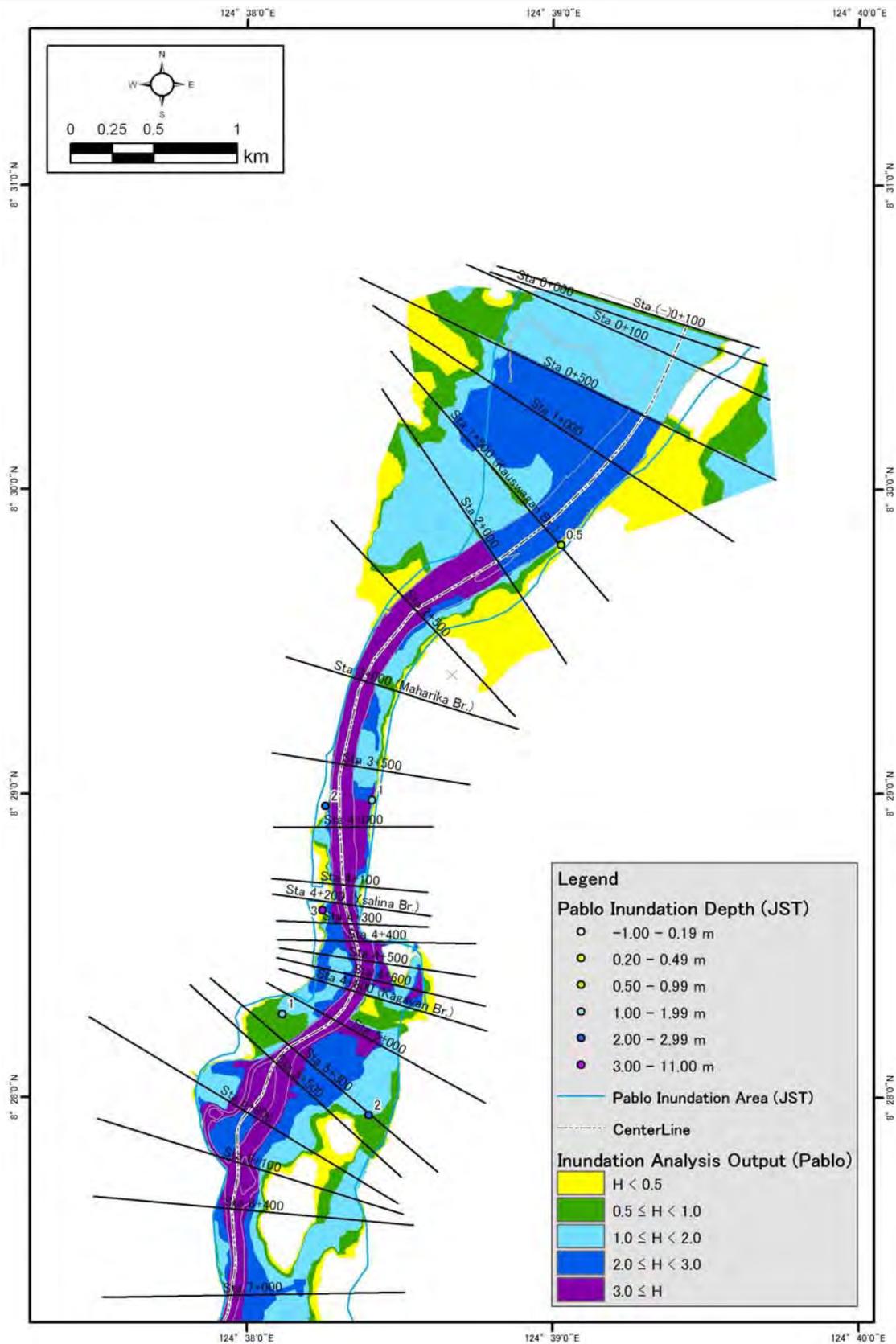
出典: JICA 調査団

図 3.5.8 センドン氾濫解析結果(氾濫図)(1/2)



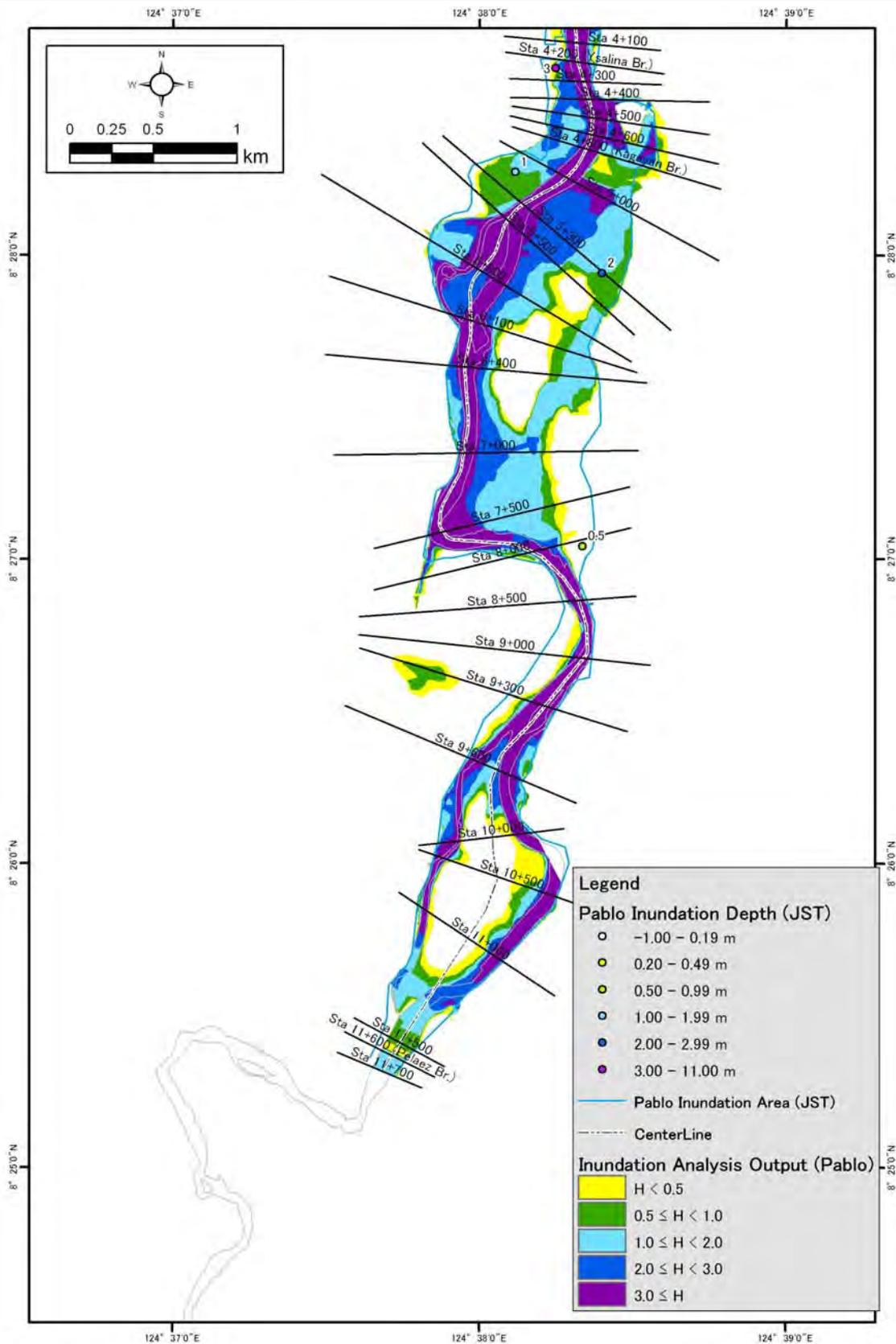
出典: JICA 調査団

図 3.5.8 センドン氾濫解析結果(氾濫図)(2/2)



出典: JICA 調査団

図 3.5.9 パブロ氾濫解析結果(1/2)



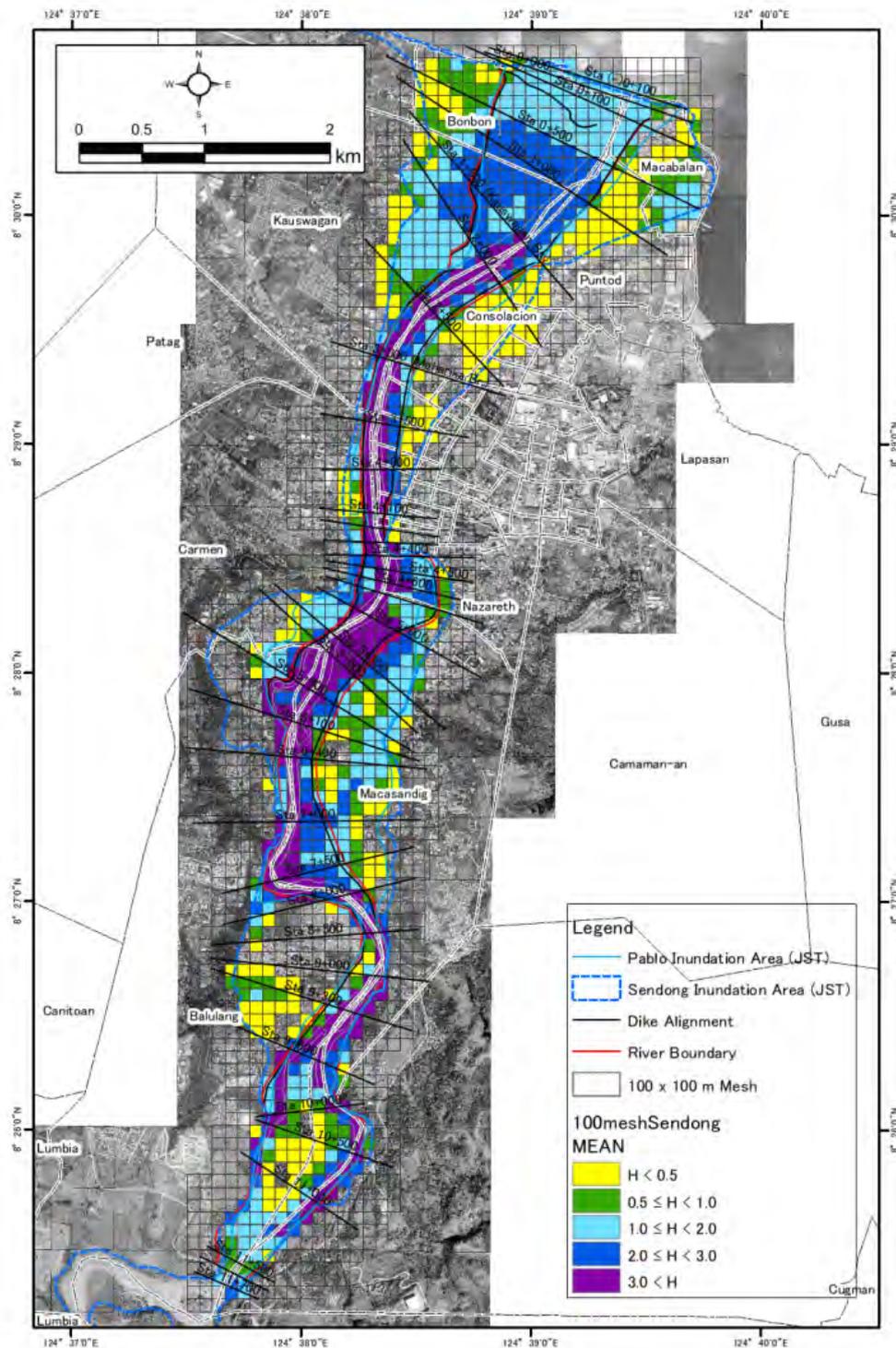
出典: JICA 調査団

図 3.5.9 パブロ氾濫解析結果(2/2)

### (7) 氾濫解析結果

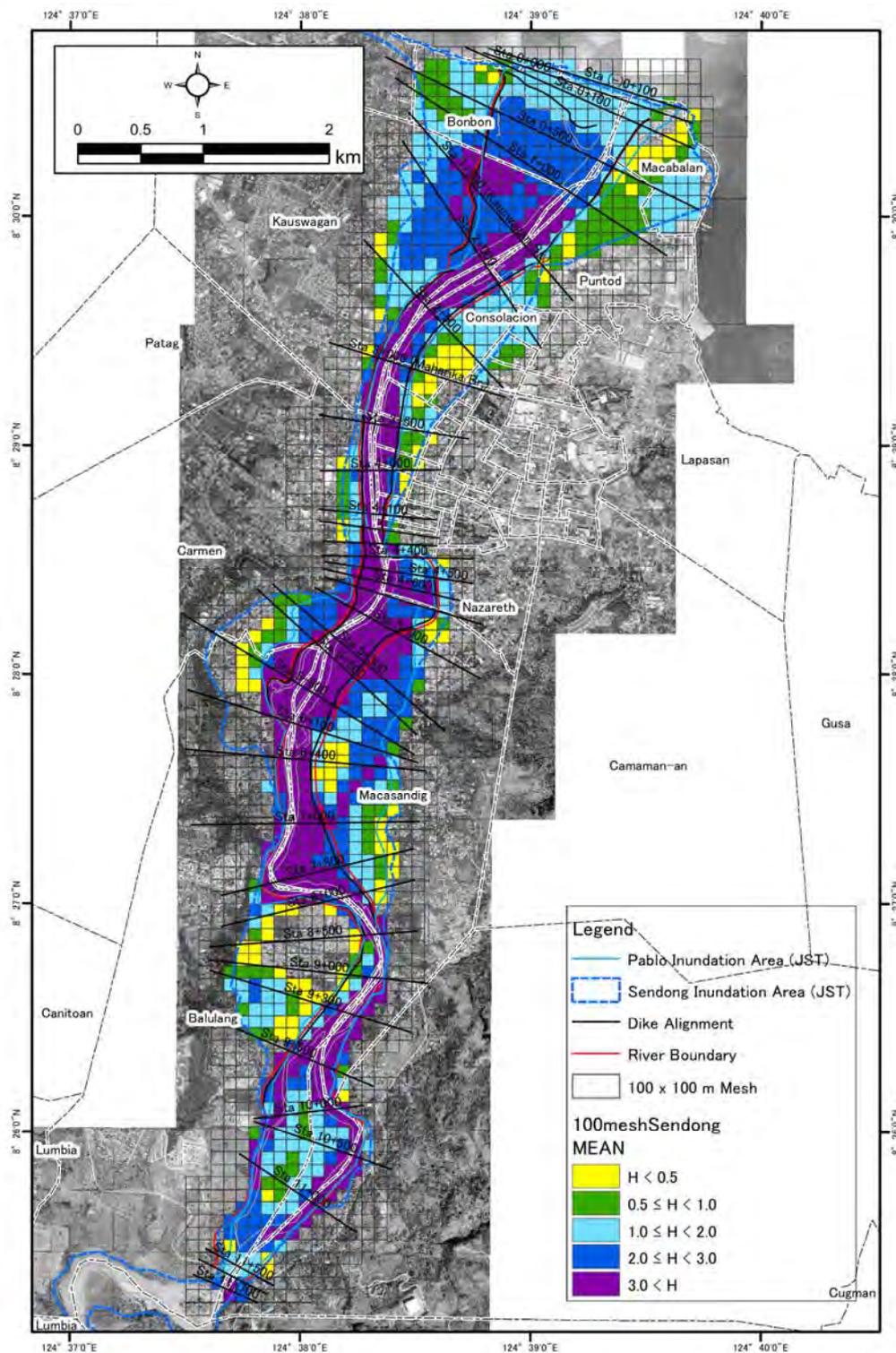
後述の治水経済調査では、100 m 四方の区画ごとの浸水深のランク(階度: 1 m)を原データとして用いる。浸水深は、5 ランクに区分され、i)  $H < 0.5$  m、ii)  $0.5 \text{ m} \leq H < 1.0$  m、iii)  $1.0 \text{ m} \leq H < 2.0$  m、iv)  $2.0 \text{ m} \leq H < 3.0$  m、v)  $3.0 \text{ m} \leq H$  としている。年超過確率 1/25 および 1/50 の氾濫図を図 3.5.10 に示す。年超過確率 1/2、1/5、1/10 に対応する氾濫図は Appendix C に示した。

センドンとパブロ時の洪水氾濫実績と氾濫解析結果を比較すると、年超過確率 1/50 のケースとセンドンの氾濫域および浸水深さ分布はほぼ同じで、年超過確率 1/25 のケースとパブロの氾濫域を比較するとパブロ氾濫範囲が若干小さい。これは流量規模の違いによるものと考えられる。



出典: JICA 調査団

図 3.5.10 確率規模別氾濫解析結果(25年確率)



出典: JICA 調査団

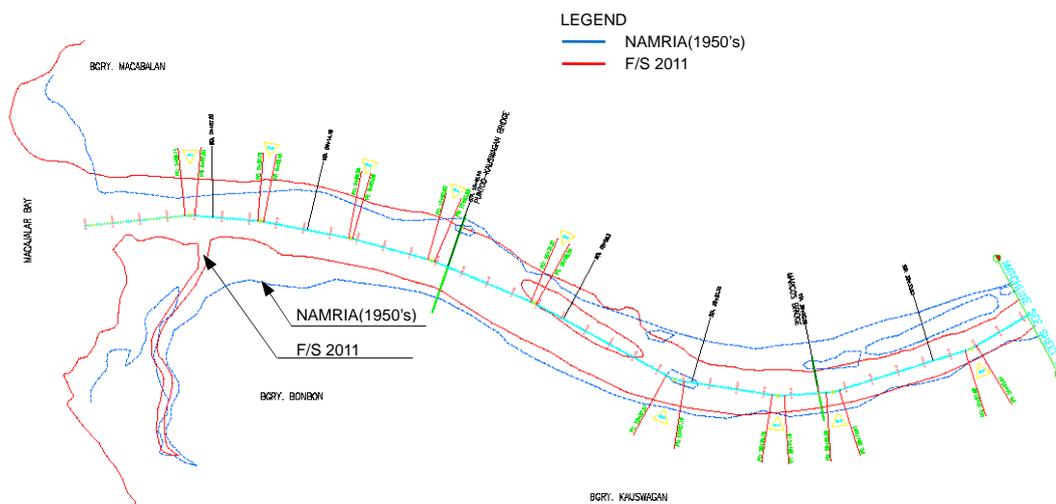
図 3.5.10 確率規模別氾濫解析結果(50年確率)

### 3.5.5 河床変動に関する検討

#### (1) 河口部堆砂の現状

1950年(NAMRIA)の地形図と2011年の地形図を比較し、カガヤン・デ・オロ川河口河道形状の変遷を確認した。河岸線の変遷に着目すると、海側にデルタが拡張

していることが分かる。



出典: JICA 調査団

図 3.5.11 カガヤン・デ・オロ川河口付近の河道形状の変遷

現場視察、聞き取り調査の結果、河口部の堆砂の進行は、地元砂取業者と住民から、以前に比べ河床が浅くなっているという情報が得られている。また、河口付近の航空写真に示されるように、河川からの濁流が河口で拡散している。2008年にカガヤン・デ・オロ港湾局が作成した Macajalar Bay の海底地形図では、カガヤン・デ・オロ河口部は、約 800 m~1,000 m の範囲に浅瀬が広がり、その先から急激に海底が落ち込む地形を呈している。港湾局職員、船舶パイロットへの聞き取り調査によれば、過去には船舶が海岸沿いを航行できたが、現在は海岸沿いに浅瀬が広がり、約 1 km 以上沖を航行する必要があるという情報が得られている。また、港湾局で海岸船着場の定期浚渫を実施している。



出典: PARASAT

図 3.5.12 カガヤン・デ・オロ川河口付近写真(2013.1 パプロ洪水後撮影)

(2) 河川の横断データ

1) 既存データ

信頼度の高い河川横断測量は本調査も含めて以下の 3 回実施されている。各測量

の平面配置を図 3.5.13 に示す。

表 3.5.4 既存の河川横断測量データ

測量調査	測量実施日	調査範囲、基準等	状況
既存 F/S 2011 DPWH	2010年4月中旬～ 6月初旬	基準点: NAMRIA BM5 (+2.677 m above MLLW) 横断測量: 28 断面(河口～Pelaez 橋の約 500 m 間隔)	センドン洪水前
本調査 JICA	2012年10月初旬 ～11月	基準点: NAMRIA Tidal Gauge at CDO port (above MSL) 縦断測量: 12 km 横断測量: 38 断面(河口～Pelaez 橋 100～500 m 間隔)	センドン洪水後、 パブロ洪水前
本調査 JICA	2013年7～8月	基準点: NAMRIA Tidal Gauge at CDO port (above MSL) 縦断測量: 12 km 横断測量: 河口～Pelaez 橋 100～500 m 間隔	パブロ洪水後

出典: JICA 調査団

## 2) 横断面の比較

2011年、2012年および2013年の各横断面の比較図は Appendix A に示す。なお、2011年の測量断面は本調査で実施した2012年および2013年の測量の基準点や測線と一部違いがあることから、一部の比較可能な測線と断面のみを抽出し比較図に示した。

## (3) 現状の河床変動の評価・考察

本調査で実施した2012年と2013年の河川横断測量結果を比較し、現状の河床変動を検討した。これらの測量の間に、パブロ洪水が発生し、2013年の河道断面はその影響を受けている。この間の断面の変化の傾向をみると、以下の河床変動の傾向がみられる。

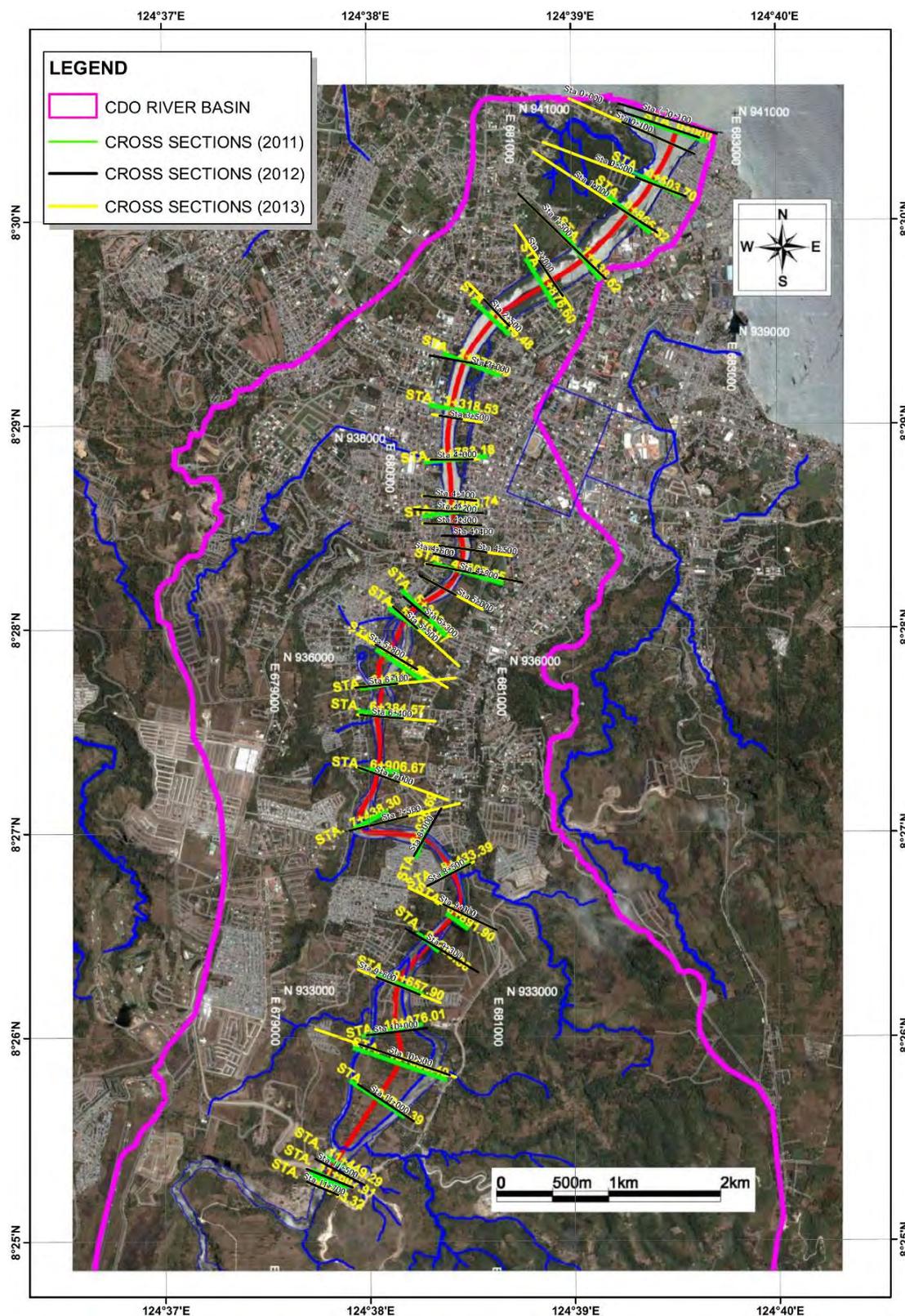
表 3.5.5 カガヤン・デ・オロ川下流の河道横断形状の変化

Sta. No.	経年変化	備考
Sta.0+500～3+000	2012→2013年	河床上昇の傾向
Sta.3+500	2012→2013年	Borja 橋建設
Sta.4+000～4+800	2012→2013年	河床低下傾向 Ysalina 橋、Kagay-An 橋地点は低下傾向 橋脚・橋台の局所洗掘の可能性
Sta.5+500～7+500	2012→2013年	河床低下の傾向
Sta.8+000～10+000	2012→2013年	変化微小(ほぼ安定している)

出典: JICA 調査団

- Sta.0+500 から Sta.3+500 の河口付近の下流河道では堆砂傾向にあり、現地視察、現地住民、土砂採掘業者への聞き取り調査の見解と一致する。
- Ysalina 橋、Kagay-An 橋においてはパブロ洪水時に局所洗掘の影響を受けた可能性がある。
- 河口付近の河床変動は砂取の影響も考慮する必要がある。DPWH 第 10 管区事務所が小規模な浚渫工事を実施しており、河口左岸に土捨場が設置されている。捨土量を土捨場の面積(約 2～3 ha)と盛土の高さ(約 3 m)

で概算すると、60,000~90,000 m<sup>3</sup>規模の浚渫が実施されていることになる。DPWH 第10管区事務所によると、2012年9月から11月の3か月間に、約75,000 m<sup>3</sup>の浚渫工事を実施し、その後、予算の制約があり、断続的に浚渫工事を実施しているとのことであった。



出典: JICA 調査団

図 3.5.13 2011 年、2012 年および 2013 年の河川横断測量位置図

(4) 縦断形状による河床変動の評価

前述した 2011 年、2012 年および 2013 年に実施した河川測量結果をもとに、各河床縦断形を重ね合わせ、その変動を比較検討した。最低河床、平均河床を比べた縦断図を図 3.5.14 に示す。

表 3.5.6 2011 年から 2013 年のカガヤン・デ・オロ川下流の河道縦断形状の変化

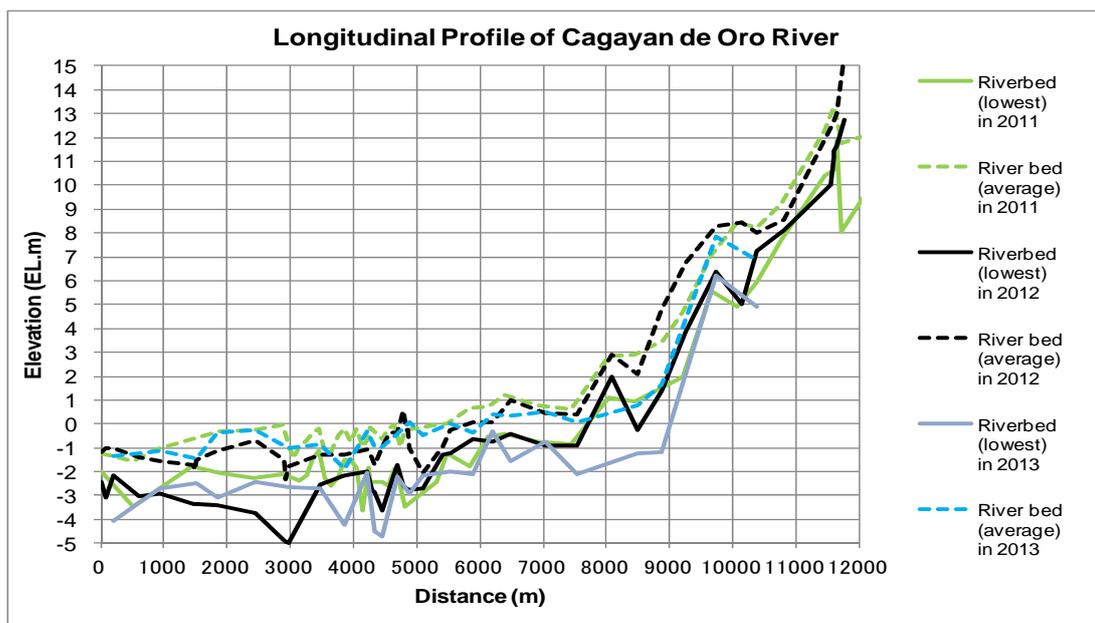
Sta. No.	経年変化	備考
Sta.0+000～1+500	2011→2013 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>平均河床高の大きな変動は見られない。</li> <li>最低河床高において、2012 年から 2013 年に河口部で河床低下がみられる。これは当地で実施されている DPWH の小規模浚渫の影響と考えられる。</li> </ul>
Sta.0+500～3+000	2011→2013 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>2011 年→2012 年に低下傾向(0.5～1.0 m)</li> <li>2012 年→2013 年に上昇傾向(約 0.5 m)</li> <li>マハリカ橋(Sta.2+800)付近で 2011 年→2012 年に最低河床が約 2m 低下し、局所洗掘が生じたものと考えられる。</li> </ul>
Sta.3+000～5+000	2011→2013 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>2011 年→2012 年に低下傾向(約 0.5 m)</li> <li>2012 年→2013 年はほぼ安定</li> <li>最低河床高において、Sta.4+000 付近で 2012 年→2013 年に局所的な河床低下(約 2 m)がみられる。これは現地で建設中のボラハ橋建設工事に伴う河床材料採取の影響と考えられる。</li> </ul>
Sta.5+000～9+000	2011→2013 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>平均河床高において、2011 年→2012 年に局所的な河床低下傾向がみられる。これは、センドン時にカガヤン橋からカラカラ間に位置する大きな砂州、中州や、洪水敷がせん掘を受けた影響と推察される。</li> <li>最低河床高において、2012 年→2013 年に Sta.7+500-8+000 付近で、大きな河床低下がみられる。これは当地で実施されている大規模土砂採取の影響と考えられる。</li> </ul>
Sta.9+000～11+600	2012→2013 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>若干の変動は見られるが、安定している。</li> <li>Sta.9+000 から Sta.10+000 区間で 2012 年から 2013 年に河床低下がみられる。これは、直下流で実施されているカラカラ地区の大規模土砂採取の影響と考えられる。</li> </ul>

出典: JICA 調査団

近年のカガヤン・デ・オロ川の縦断形状の変動の特徴として、河口部付近の下流河道 Sta.0+000-Sta.5+000 区間において、2011 年から 2012 年のセンドン洪水前後に河床が低下した傾向がみられる。これは、センドン洪水時に発生した 50 年規模の大規模出水により河床材料のフラッシングが生じたことによるものと考えられる。

一方、同区間において、2012 年から 2013 年の前後では、逆に河床が上昇している。この間、パブロ時の洪水が発生し、多少の河床材料のフラッシングが生じたものの、継続的な上流から流入する土砂の堆積のほうが卓越していたことによるものと考えられる。この河床上昇の傾向は、現地の観察、ヒアリングで確認された河口部付近の下流河道の堆砂傾向と一致した結果となっている。

この 2012 年から 2013 年の 1 年の間に河口部付近の河道 Sta.0+000-Sta.5+000 区間で生じた河床堆砂量を河川横断面の比較から概算すると、約 162,000 m<sup>3</sup> と推察される。



出典:JICA 調査団

図 3.5.14 2011 年～2013 年に実施された 3 測定の河床縦断形の比較

(5) 河口部の河道掘削について

河道の掘削と浚渫は河道の通水能力を向上させる構造対策代替案の一つである。しかし、予備検討の結果、河口部の河道掘削は潮位や漂砂の影響を受け、掘削による水位低下効果が小さく、築堤案に比べ経済性に劣る。また、河川の深堀は堆砂による浚渫部の埋没を引き起こすことから、その断面を維持することが難しい。従って、本マスタープランに河道掘削工は含めず、河川計画上、河道掘削による水位低下効果は見込まない。

(6) 下流河川の砂州の除去について

河川下流 Sta.2+000 地点に形成されている巨大な砂州(Isla Baksa)を除去する案の効果についてケーススタディを実施した。検討の結果、この砂州を除去することにより、上流河道の水位が約 10 cm 低下することが確認された。ただし、砂州を除去しない場合でも 25 年確率洪水の計算水位は計画高水位を下回る。また、砂州の除去は周辺の自然環境に負荷を与えることが懸念される。このため、本マスタープランではこの砂州はそのまま残す計画とする。

(7) 河口付近の下流河道の維持管理浚渫・掘削の必要性

上述したように、下流河道の浚渫・掘削は効果が限定されることが判明している。しかし、カガヤン・デ・オロ川河口付近の下流河道は河床上昇の傾向が指摘されている。今後、河川縦横断測量や流砂量観測を継続し、河川の土砂の流入・流出量、堆砂量を把握していくべきであり、その結果に応じて下流河川区間において定期的な浚渫・掘削による堆砂の除去の実施を検討していくことが必要である。

従って、本マスタープランでは、維持管理事業として、定期的な河川縦横断測量、流砂量観測とそれに伴った管理浚渫・掘削を行うことを提案する。

### 3.5.6 河床変動解析

#### (1) 概説

河口から Pelaez 橋区間の河床変動を再現することを目的とし、河床変動解析モデルを構築する。基本理論については、Appendix C に示した。河床変動解析に使用する水理計算モデルは、前述した氾濫解析と同じ HEC-RAS 1 次元水理モデルである。

#### (2) 土砂粒径分析

河床変動解析の入力境界条件として、土砂の粒径分布  $D_n$  ( $n = 10\%, 35\%, 50\%, 65\%$  or  $90\%$ ) と比重(2.5~2.7)を与える。カガヤン・デ・オロ川の特定個所における粒径値は本調査で実施した河床材料調査の値を使用する。河床材料の採取位置図と粒度分布の結果については 3.3 節に記述している。

#### (3) 上流からの流砂量

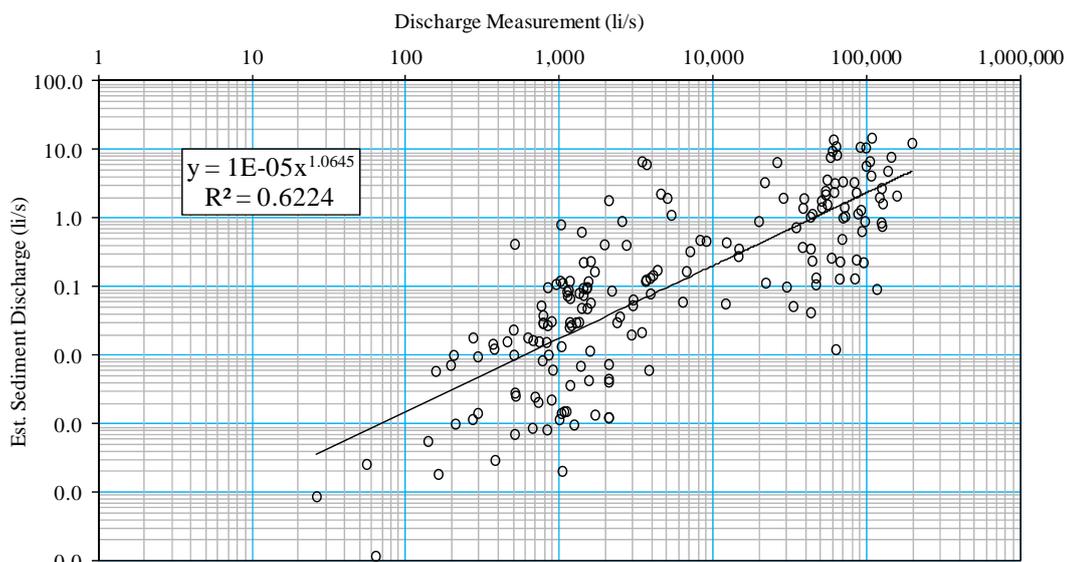
カガヤン・デ・オロ川では、Cabula 橋地点において、土砂サンプリングが 2001 年から 2012 年までの 12 年間実施されている。また、近傍河川においても 4 地点 (Cabulig, Albujid, Iponan, Damilag) で土砂サンプリングが実施されている。サンプリング実施地点を図 3.5.15 に示す。



出典: JICA 調査団

図 3.5.15 カガヤン・デ・オロ川流域周辺における流砂量サンプリング地点

各サンプリング地点のうち、既往データが比較的揃っている Cabula 橋地点と近傍の Alubijid と Damilag 地点の 3 地点のデータを参照し、図 3.5.16 に示すように流量 - 流砂量関係図を作成し、流砂量推定式を設定した。



出典: JICA 調査団

図 3.5.16 流量-流砂量関係図(Cabura, Alubijid and Damilag)

(4) 流量境界条件

河床変動解析モデル上流端の流量境界条件は、Pelaez 橋地点で与える。この地点の長期流量は、その上流約 5 km に位置する Cabula 橋の計算流量から推算できる。Cabula 橋地点では、DPWH 第 10 管区事務所によって水位観測、流量観測が行われており、1991 年から 2012 年に亘る水位観測記録が存在する。この Cabula 橋地点の水位データを、水位-流量曲線により流量に換算し、比流量より Pelaez 橋地点における流量を推算した。

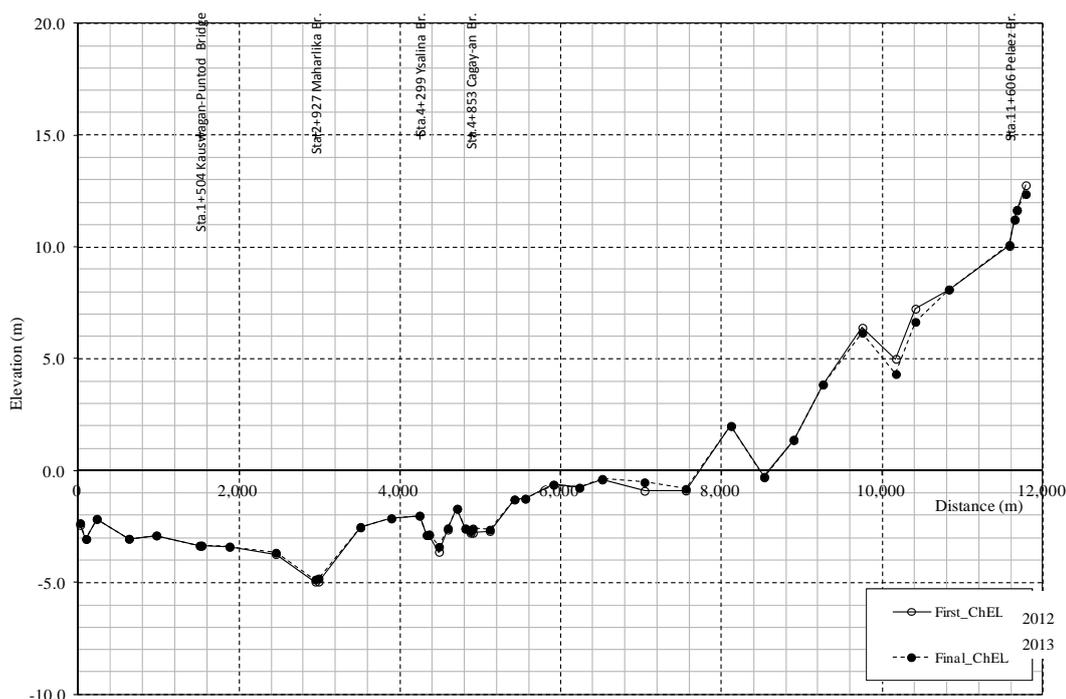
(5) その他の条件

3.5.4 節で述べた氾濫解析時における計算条件と同様とする。

(6) キャリブレーション

2012 年と 2013 年測量の横断面をモデル検証用に使用する。

検証対象流量として、Cabula 橋地点で得られたセンドン後の 2012 年 1 月からパブプロ洪水を含む 2013 年 8 月までの日流量を使用する。これらの条件を与えて河床変動解析の検証計算を行った。解析結果を下図に示す。



出典: JICA 調査団

図 3.5.17 2012 年から 2013 年の河床変動解析の計算結果

再現された最低河床の縦断形はほぼ安定している。マハリカ、イサリナ橋地点、Sta.10+500 付近で小規模な河床洗掘が見られる。一方、Sta.7+000 付近で小規模な河床上昇がみられる。実測の比較から得られた結果と、河床変動解析により得られた結果を比べると、傾向が一致するとは言い難い。河床変動計算の結果は、上流端の境界条件として与える流砂量の条件により、大きく左右されるものである。実施した河床変動解析の課題として流砂量サンプリングの質・量ともに十分とは言えない点が挙げられる。流砂量のデータは、洪水時のサンプリングデータが少

なく、最大流量 200 m<sup>3</sup>/s までのデータしか存在しない。従って、流砂量とその粒径が正確に把握できていない可能性がある。

また、採用した流砂量－流量関係式を使用して、1991 年から 2012 年までの年間平均総流砂量を推定すると約 26 万 m<sup>3</sup>/年である。しかし、実際のカガヤン・デ・オロ川流域においては、流域面積 1,364 km<sup>2</sup>、侵食深を 1～2mm/年として概算すると、流域の生産土砂量は 130 万～270 万 m<sup>3</sup>/年であり、流砂量－流量関係式を使用して流入土砂量を算定した場合、過小評価をする傾向があるものと考えられる。

上記より、現在のサンプリングデータから適切な流砂量 - 流量関係式を採用するには限界があると判断される。

今後、この式の精度を上げていくためにも、出水期間中の土砂サンプリングも含めた流砂量観測を継続し、引き続き定期的な河川横断測量を実施していくことを提言する。

### 3.6 土砂移動特性調査と砂防施設

#### 3.6.1 地形学的観点から見た現在の土砂生産の活動

##### (1) 地形地質概要

カガヤン・デ・オロ川流域の地形は火山地形の特徴を有している。源頭部は、現在は活動を停止している火山群で構成されている。地形的特徴の一つは、火山噴出物と段丘から成る広大な緩斜面である。

基盤岩は、先白亜紀の結晶片岩、白亜紀の超塩基性岩、それ以降の泥質片岩、花崗閃緑岩で、これを覆うように第三紀の礫岩、泥岩および石灰岩を主体とした堆積岩類が丘陵地を形成している。

##### (2) 地形発達史

当流域は第四紀の更新世(約 100 万年～200 万年前)に大量の火山砕屑物や溶結凝灰岩、玄武岩質溶岩などが山麓に堆積した推測される。

更新世～完新世(約 100 万年～6,000 年前)には、火砕流堆積物や火山泥流、火山灰などが堆積し、その後、大量の土砂や砂礫が低地もしくは浅海へと供給された。完新世は、約 12,000 年前の最終氷期以降で、徐々に気温が上昇し、特にヒブシサーマルよばれる温暖多雨期(7,000 年～5,000 年前)には、侵食作用によって多量の土砂を下流に運搬したものと考えられる。このため、海岸付近に多量の土砂を堆積させている。その後の海水位の低下で、侵食が進み段丘を形成している。

現在は侵食前線が上流まで進んだ状態であると考えられる。すなわち、土砂生産の活動は完新世で最も低い時期にあると推測される。

### 3.6.2 カガヤン・デ・オロ流域の土砂生産状況

#### (1) センドン洪水前後の土砂生産の実態

##### 1) センドン洪水前

山地は植生で覆われており、明瞭な崩壊地や土石流堆積地は認められない。

##### 2) センドン洪水後

以下に、航測写真および衛星写真により確認した、SENDON後の土砂移動現象(土石流、斜面崩壊、河床氾濫、地すべり)の概要を示す。

##### a) 土石流

Ugiaban 橋上流本川左岸の Bitanog 川で確認できる。下流へ流出した可能性は低い。

##### b) 斜面崩壊

火山台地(Bubunawan～DelMonte)の耕作地周辺部に小規模なものが点在する。河川への土砂流出はない。Iponan は崩壊が多く、土砂供給は多いと考えられる。

##### c) 河床氾濫

Bubunawan 川、Tumalaong 川では掃流による氾濫痕跡が局所的に認められる。下流域への影響は小さい。

##### d) 地すべり

地形図では、本川や支川の段丘崖付近に点在する。ただし活動的な地すべり変動は写真では確認できない。

#### (2) SENDON洪水後の氾濫堆積物の実態

氾濫堆積物の実態調査は、カガヤン・デ・オロ川および支川でアクセス可能な代表的な箇所で行っている。支川は、SENDON洪水でかなり被害を受けた Bubunawan 川と Tumalaong 川およびSENDON洪水後の衛星写真で確認された Ugiaban 橋上流の左支川(Bitanog 川)の土石流地点である。

##### 1) カガヤン・デ・オロ川

上流域では、土砂・礫・玉石から成る河床堆積物が認められているが、土石流堆積物は認められない。このことから、土砂の移動形態は掃流砂が主体的であるとされる。また、その移動土砂量はパブロ洪水後の状況に示されるように、それほど多くはないと考えられる。

中・下流域では、土砂移動形態は、“掃流砂”から“浮遊砂”、“ウォッシュロード”へと変化していると考えられる。下流の Cala Cala 地区では、パブロ洪水後に見られるように、地表面の侵食作用が顕著であった。おそらく、洪水流のエネルギーが大きいほど、細粒土砂は“ウォッシュロード”として海に押し流されているものと考えられる。

## 2) Bubunawan 川

上流域では、土砂・礫・玉石から成る河床堆積物が認められるが、土石流のようなまとまった土砂の堆積物は認められない。このことから、土砂の移動形態は掃流砂が主体的であると考えられる。パブロ洪水後の氾濫堆積を見ると、土砂移動は相対的に顕著である。

CEPALCO ダムに見られるように、細粒土砂の流出が特徴的である。毎年コンスタントに台地の耕作地から流出していると判断される細粒土砂は、下流部の河床上昇に影響しているものと考えられる。とくに洪水時には、流下エネルギーが大きいほど、河口部さらには海へと“ウォッシュロード”として流出するものと考えられる。

## 3) Tumalaong 川

中流域では、土砂・礫・玉石から成る河床堆積物が認められているが、土石流のようなまとまった土砂の堆積物は認められない。このことから、土砂の移動形態は、掃流砂が主体的であると考えられる。下流域では、パブロ洪水後の氾濫堆積物を見ると、土砂移動は相対的に顕著である。

## 4) Bitanag 川

土石流が本川との合流点で停止しているが、本川を堰き止めてはいない。その後、堆積土砂は下流に、徐々にかつ安全に流下したのと考えられる。

### 3.6.3 砂防施設について

#### (1) 砂防施設の基本条件

ハード対策としての砂防施設の選定の基本条件は、以下のとおりである。

- i) 対象となる保全対象は、学校、病院、道路、橋、住居、耕作地などの公共財産や個人の財産とする。
- ii) 被災形態は、地すべり、斜面崩壊、土石流などの土砂災害とする。
- iii) 上流の土砂生産が活発で、今後も土砂災害が予想される。
- iv) ただし、復旧が容易で経済的損失が小さい場合および局所的な被害は除く。

#### (2) 土砂生産と流出および災害状況について

カガヤン・デ・オロ川流域における土砂生産と流出については、以下のようまとめられる。詳細については Appendix E に整理した。

表 3.6.1 崩壊発生と土砂流出の状況

河川名	崩壊発生状況	土砂流出状況	被災状況	下流への影響
Cagayan de Oro	少ない	掃流砂運搬された土砂 土石流区間より緩い勾配 土石流痕跡はない	なし	小さい
Bubunawan	少ない	掃流砂運搬された土砂 土石流区間より緩い勾配 土石流痕跡はない	なし	小さい
		細粒土砂が定常的に流出	なし (Cepalcoダムから定期的に搬出)	やや大きい (河口付近の河床上昇：要調査)
Tumalaong	少ない	掃流砂運搬された土砂 土石流区間より緩い勾配 土石流痕跡はない	なし	小さい
Bitanog	少ない	土石流発生	橋台アバット 盛土流出 (局所的被災)	小さい

出典: JICA 調査団

### (3) 砂防施設の必要性

#### 1) 土砂生産と流出評価

カガヤン・デ・オロ川流域における土砂生産と流出については、以下のように評価された。

- a) 斜面崩壊は少なく、土砂生産は活発ではない。
- b) 中上流域には土砂災害を受ける危険性が高い保全対象は認められない。
- c) 洪水災害は認められるが、土砂災害は認められない。
- d) 重大な下流の河床上昇も含め、今後土砂災害を受ける危険性は低い。

#### 2) 砂防ダムの必要性

カガヤン・デ・オロ川、Bubunawan 川、Tumalaong 川および Bitanog 川については前述した基本条件を満たさないことから、砂防ダムは必要ないと判断する。

### 3.6.4 土砂管理における細粒土砂流出の課題

Kitanglad 山の北側には、パイナップやバナナなどの耕作地が広く分布している。この耕作地は、細粒土砂が流出する供給源になっていると考えられる。

細粒土砂の流出は、河床上昇だけでなく、下流河川とくに河口から海にかけて多量の土砂を供給し、海の生態系に対しても影響を及ぼす現象と考えられる。

### 3.7 非構造物対策

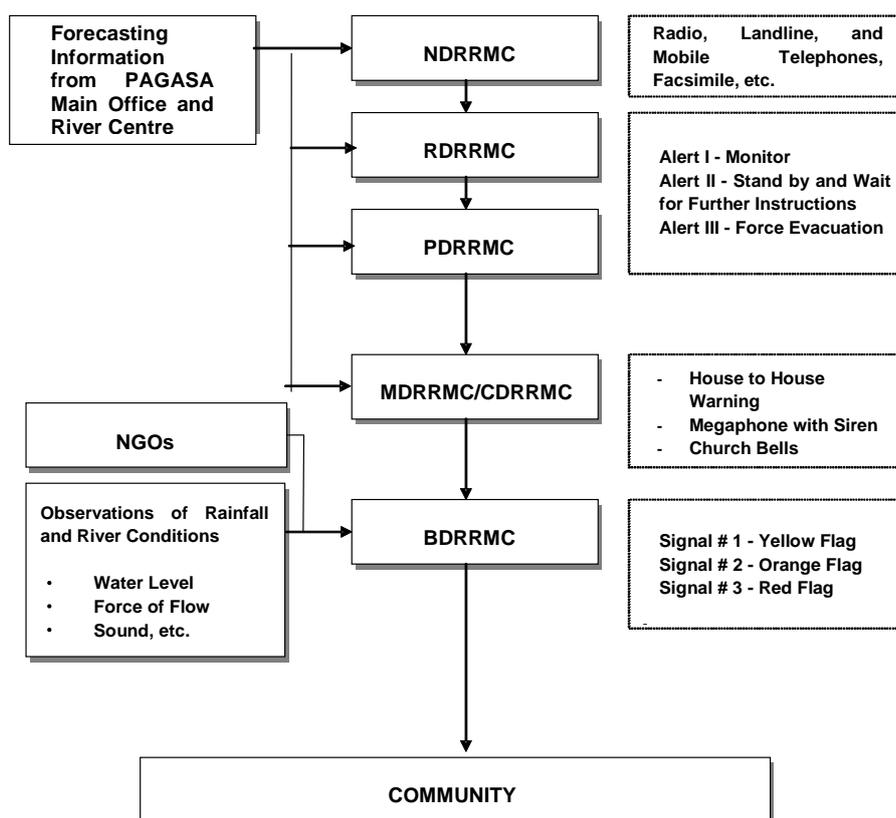
#### 3.7.1 洪水管理

##### (1) 洪水管理の現状の評価

##### 1) フィリピン政府の洪水軽減に関する非構造物対策

災害準備と洪水被害の軽減に関する政策に関し、RA 7160 によるトップダウンから地方分権化による地方政府権限等の強化、RA 8185 による地方政府予算の災害管理活動資金の5%への増加、RA 10121 による5%の災害管理活動基金のうち7割を国家災害宣言なしに地方政府がプログラム化できる措置等の政策は、時勢に即した対応と評価される。また、中期フィリピン開発計画における災害軽減政策も妥当なものと考えられる。今後、さらに、状況の変化に応じた災害準備と洪水被害の軽減に関する様々な政策が計画・実施されるものと期待される。

洪水管理にかかる組織体制に関し、国家災害リスク・管理評議会(NDRRMC)、管区、州、市町村レベル各評議会、関係機関は、洪水を含む災害被害の軽減の主たる役割を担ってきた。市民防衛局(OCD)は、災害リスク軽減管理評議会(DRRMC)の調整機関である。以下に組織体制図を示す。



出典: JICA 調査団

図 3.7.1 災害リスク・管理評議会と関連機関の組織体制

2010年5月、RA10121が施行され、各災害リスク・管理評議会(DRRMC)/災害リスク・管理事務所(DRRMO)の設立が、特に、地方レベルにおいて、2013年5月の地方災害リスク・管理計画(LDRRMP)やそのファンド(LDRRMF)の策定により、継

続的に促進されてきた。RA10121の施行後、地方レベルのDRRMOの設立を含むLDRRMPの実際の策定促進に、約3年しか経過していないため、他関連機関を含めDRRMCに対する組織体制、組織間の調整、情報伝達に対する能力向上、技術支援が特に必要であると評価される。

## 2) カガヤン・デ・オロ川流域における非構造物対策(洪水管理)の現状の評価

2010年にDPWHにより作成されたカガヤン・デ・オロ川流域における既存マスタープラン・フィージビリティ調査報告書において提案された地域型洪水早期警報システム(CBFEWS)、非常事態対策案、流域管理は内容が妥当であり、早急に整備されるべきと考えられる。今後、より具体的な案の策定と実施が望まれる。CBFEWSについては、重複を避けるため、先行しているPAGASAのFFWSのシステムの動向を見極めた上で検討されるのが望ましいと考えられる。

2010年11月にカガヤン・デ・オロ川流域管理評議会(CDORBMC)が組織された。同評議会では、流域や河道状況のモニターを含む諸活動を通じて達成が見込まれる土壌や流水の保全促進のための包括的流域管理計画を立案することが提言された。同計画は、2013年4月から18ヶ月間で策定される予定である。この内容について、計画策定後、さらに検討する必要がある。

カガヤン・デ・オロ市とブキドノン州の3つの町のそれぞれの災害リスク・管理基金に関する2013年投入計画について、詳細な非常事態対策案(Contingency Plan)では、災害政策・戦略に関するシナリオや、将来の活動等に対する情報が不十分であるため、いまだ十分な計画が準備されていない。一方で、災害リスク・管理計画(DRRMP)については、カガヤン・デ・オロ市において2013～2017年の5ヶ年計画が作成された。2013年9月時点で3つの町すべてがDRRMPが提出された。Baungonについては、16 barangayすべてがDRRMPを提出した。Libonaについては、14 barangayのうち、6 barangayがDRRMPを提出した。Talakagについては、29 barangayのうち、13 barangayがDRRMPを提出した。本調査で提案した非構造物対策が非常事態対策案に反映されることが期待される。

本調査では、流出・氾濫モデルによるセンドンおよびパプロ時の洪水氾濫図、並びに各確率洪水規模の洪水氾濫図が作成され、洪水ハザードマップとして有益な情報が整理されている。これらは、非構造物対策の1つとして重要である。

土地利用管理に関する現状評価として、将来の都市域の土地利用図として、カガヤン・デ・オロ市の包括的土地利用計画(案)を参照した。河川の左右岸の多くが住宅地域として計画されているが、本調査で設定した河川境界に基づき変更する必要がある。カガヤン・デ・オロ市は、現在更新中の包括的土地利用計画において、災害対応に係る計画を盛り込むよう最終化している。今後、堤防などに被害を与える、または悪化の原因となる行為を禁止あるいは規制するために、河川境界の中と必要に応じ近傍に対し、必要な規制などを定めた法令の制定とその遵守を提案する。

(2) 洪水管理の検討および提案

洪水管理サイクルは、基本的に主要な4つのコンポーネントとして、“災害防止・減災”、“災害予防”、“災害対応”、“災害復旧・復興”、から構成される。これらのうち、“災害防止・減災”、“災害予防”は主に洪水発生前に取られる対策で、本調査の非構造物対策において重要になると思われる。主に、“災害防止・減災”、“災害予防”の現状・問題点、対策を把握するため、質問票調査を実施した。

1) センドンで浸水したカガヤン・デ・オロ市のバラングイに対する質問票調査  
次図に示すとおり、カガヤン・デ・オロ市内の16のバラングイがセンドンにより大きく洪水被害を受けたと報告された。2012年9月、本調査においてこれらバラングイに対し、簡易質問票調査を実施した。

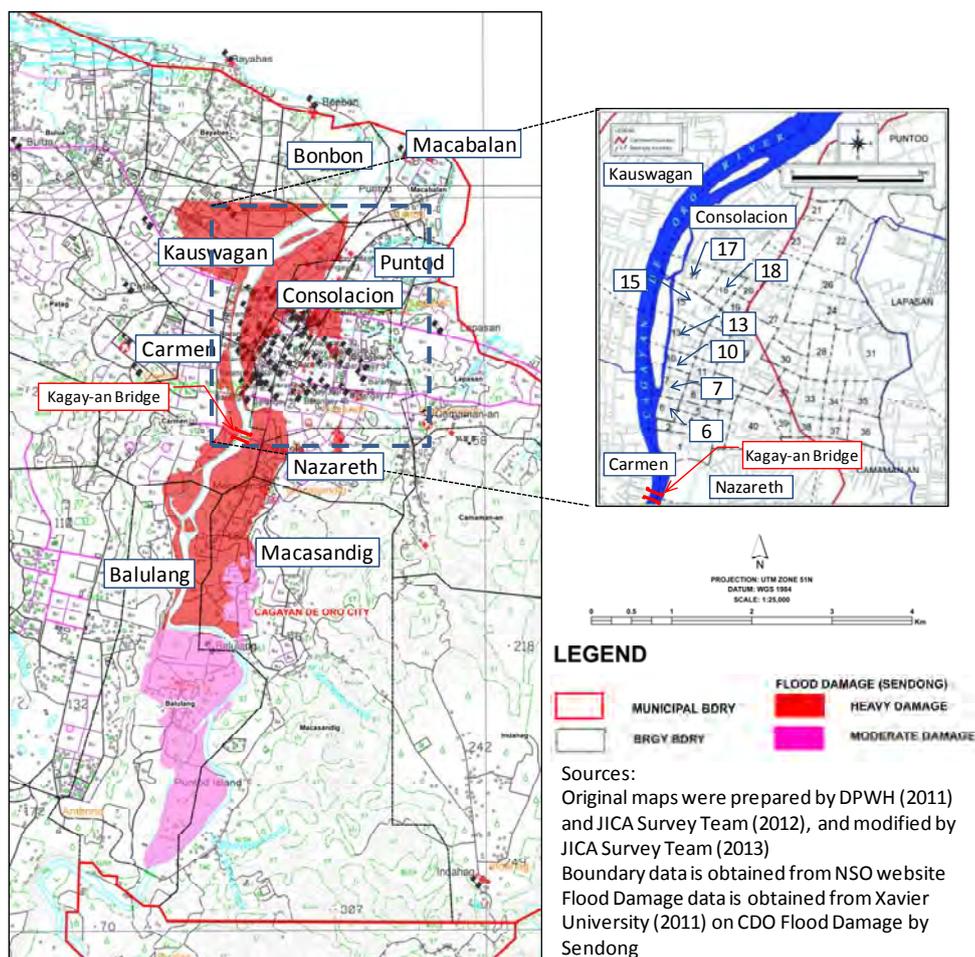
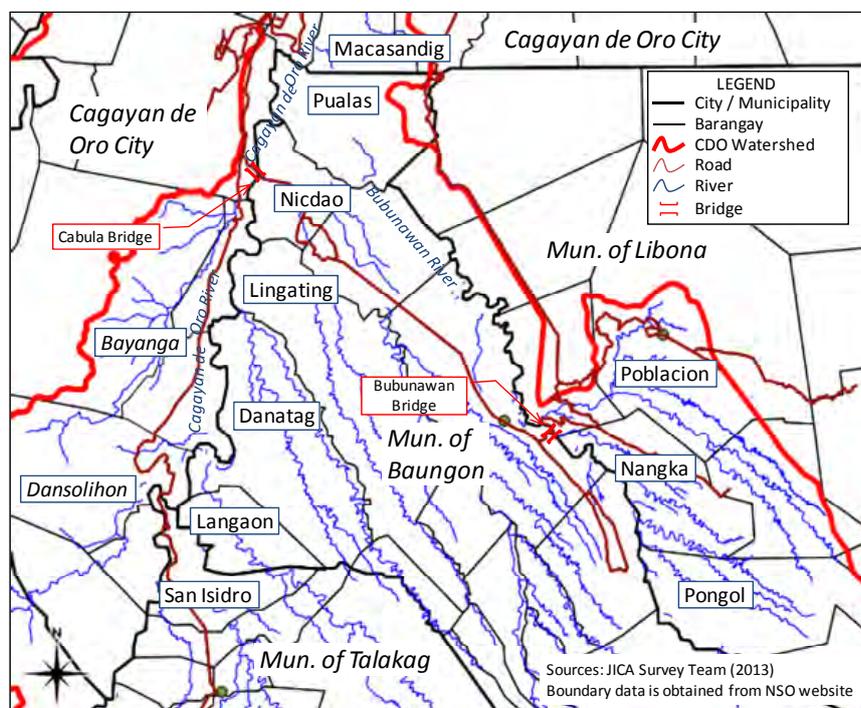


図 3.7.2 熱帯暴風雨センドンにより洪水被害を受けたバラングイに対する質問票調査を実施したバラングイの位置図(2012年9月に実施)

その結果、バラングイ Macalaban、Bonbon などのカガヤン・デ・オロ川河口近くの下流域やバラングイ Bayanga、Dansolihon などの上流域では、他地域に比べ、それほど深刻な被害はなかった。しかしながら、Isla de Oro 地区のバラングイ 13、バラングイ Macasandig の Calacala 地区、Balulang などの中流域では、深刻な被害があった。さらに、Isla de Oro 地区のバラングイ 7、10、13、15、17 の被災家屋の総計は 5,090 家屋で、カガヤン・デ・オロ市全体の約 2 割を占めた。

多くのバラングイは、既に災害リスク・管理評議会を設立し、非常時対策案、災害対応チームを準備済みであったが、センドン洪水の際、夜間時の鉄砲水、不十分な警報伝達等により、十分機能しなかった。また、バラングイ Macasandig は、被災後、2012年4月時点で既に BDRRMC を再建し、同年8月には非常時対策案を更新した。その結果、バラングイ洪水危険マップ、避難計画を立案し、災害対応チームを用意済みである。

カガヤン・デ・オロ川流域の上流部においても、センドン時には深刻な被害を受けたバラングイがある。タラカグ町で深刻な被害を受けたバラングイは San Isidro である。MDRRMC 事務官の話によると、地形的理由で被災した。バウンゴン町で被害を受けたバラングイは、カガヤン・デ・オロ川沿いに位置する Pualas、Nicdao、Lingating、Danatag、Langaon などである。リボナ町で被害を受けたバラングイは、Bubunawan 川というカガヤン・デ・オロ川支川の川沿いに位置するバラングイ Poblacion、Nangka、Pongol などや、Agusan 川沿いに位置するバラングイ Crossing などである。



出典: JICA 調査団

図 3.7.3 熱帯暴風雨センドンにより深刻な被害を受けたカガヤン・デ・オロ川流域上流部のバラングイの位置図

## 2) カガヤン・デ・オロ川流域内の DRRMCs への聞き取り・質問票調査

2013年3月から4月にかけて、カガヤン・デ・オロ川流域内の DRRMCs に対し、聞き取り・質問票調査を実施した。対象 DRRMC は、カガヤン・デ・オロ市、タラカグ、リボナおよびバウンゴン3町の各 DRRMC、および2011年のセンドン、2012年のパブロで深刻な洪水被害を受けた主なバラングイの DRRMC である。

当初、JICA との合意事項として、カガヤン・デ・オロ市については16バラングイ、タラカグ、リボナおよびバウンゴンの3町については各1バラングイとした

合計 23 ヶ所の DRRMC であった。しかし、その後の調査状況ならびに DPWH との協議により、3 町については各 3 バランガイに拡大した。但し、タラカグ町のバランガイ Liguron は治安悪化のため調査できなかった。よって、1 市、3 町、24 バランガイ、合計 28 ヶ所の DRRMCs となった。

聞き取り・質問票調査の内容は、1) DRRMC の組織やハザードマップの準備状況と災害リスク管理資金(DRRM Fund)の状況、2) CBFWS の状況と DRRM に関するトレーニング状況(Awareness & Skill)、3) センドン時とパブロ時の活動状況、4) 既設避難センターの状況の 4 つの観点に対するものである。

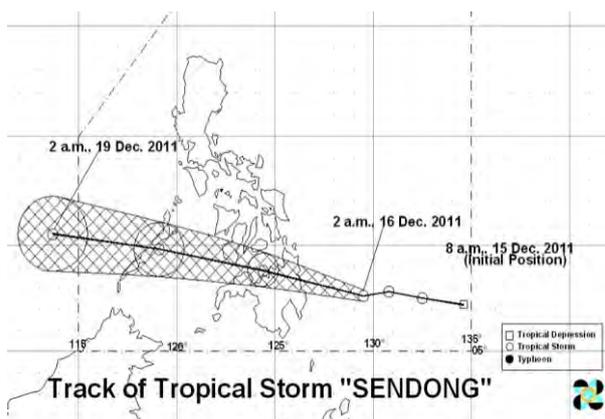
なお、センドン時の状況は、以下のとおりである。

- 2011 年 12 月 15 日(木)、午前 8 時、ミンダナオ島の東海上約 700 km 沖に発生した。午後 4 時、PAGASA の警戒シグナル(Public Storm Warning Signals: 4 つまでである)は 1(30~60 Kph winds)で軽微な情報であった。センドンから 400 km 内の降雨は 10~25mm/hr と推定された。
- 翌 12 月 16 日(金)、午前 8 時、ミンダナオ島の東海上約 200km 沖に接近してきた。午前 11 時、PAGASA の警戒シグナルが 2(61~100 Kph winds)になった。午後 5 時から夜中 12 時までのカガヤン・デ・オロ市ルンビア(飛行場)地点の PAGASA 観測所での雨量は 180 mm であった。最も被害を受けた地区の 1 つであるバランガイ Macasandig では、同日、朝から降雨があり、午後 7 時頃から雨脚が激しくなり、夜中に鉄砲水があった。午前 4 時頃には水が引き始めたが、甚大な被害が出た。
- 12 月 17 日(土)、午前 5 時、PAGASA の警戒シグナルが 1 になった。午前 8 時、ミンダナオ島の北西海上に抜けた。
- 12 月 15 日の PAGASA の警戒シグナルが 1 で軽微であるとの情報であったこと、16 日の降雨が短期間で強度が強かったこと、鉄砲水が夜中に発生したこと、同日は金曜日で政府職員退社後の夜中の洪水ピークであったこと等が重なり、準備、モニタリング、警報、避難、救助活動等に支障をきたしたものと考えられる。

また、パブロ時の状況は、以下のとおりである。

- 2012 年 12 月 2 日(月)、午前 8 時、ミンダナオ島の東海上約 1,000km 沖に発生した。午前 10 時時点で 20~30mm/hr と推定されたが、範囲外であったため、PAGASA の警戒シグナル情報は発せられなかった。
- 翌 12 月 3 日(火)、午後 5 時、強風のため、PAGASA の警戒シグナルが 3(101~185 kph winds)になった。
- 12 月 4 日(水)、午前 8 時、ミンダナオ島の東に上陸してきた。午後 5 時、警戒シグナルは 3 のままであった。カガヤン橋地点の DOST 観測所の時間雨量ピークは、午前 5 時 40 分で 59mm であった。上流タカカグ地点の雨量ピークは、同日、午後 12 時 15 分で 19mm であった。洪水ピークは、ブズナワン橋地点で午後 1 時頃、カブラ橋地点で午後 3 時頃、カガヤン橋地点で午後 5 時頃であった。午後 2 時、ミンダナオ島の北西海上に抜けた。

- 12月5日(木)のPAGASAの警戒シグナルは1になった。
- 12月3～4日のPAGASAの警戒シグナルが3でクリティカルな情報であったため、センドン時の教訓もあり、12月2～3日にはバラングイの代表者をAssociation of Barangay Councils(ABC)会議(通常、毎月1度開催されるバラングイと市・町との会議)を緊急招集し、対策準備と強制避難指示を行なったこと、4日には注意深いモニタリングの実施、5日には救援活動、避難者への食糧・医療支援、継続モニタリングなどを行なったため、人的被害は軽微であった。



出典: PAGASA

図 3.7.4 センドンの移動履歴



出典: PAGASA

図 3.7.5 パブロの移動履歴

前述した聞き取り・質問票調査の結果より、4つの評価観点における現状・問題点および必要と考えられる対策を次表に要約する。

表 3.7.1 主な評価観点における現状・問題点と必要と考えられる対策(洪水管理)

番号	現状・問題点	必要と考えられる対策
<b>I. DRRMC の組織やハザードマップの準備状況(Readiness)と災害リスク管理資金(DRRM Fund)の状況</b>		
I.1	<p><b>災害リスク軽減管理評議会(DRRMC):</b> 多くは、2011年12月のセンドン以前に設立され、一部、センドン後、再組織された。 センドン時、前述したとおり、12月15日のPAGASAの警戒シグナルが1で軽微な情報であったこと、16日の降雨が短期間で強度が強かったこと、鉄砲水が夜中に発生したこと、同日は金曜日で政府職員退社後、夜中の洪水ピークであったこと等が重なり、準備、モニタリング、警報、避難、救助活動等に支障をきたしたものと考えられる。このため甚大な被害が出た。 一方、パブロ時、ハザードマップの活用、会議、事前の避難ガイダンス、避難、洪水モニタリングなどにより、運営面の機能の改善が見られた。これにより、被害が軽微であった。</p>	<p>カガヤン・デ・オロ川流域内には約100のバラングイがあるが、センドンにより、その半数以上のバラングイが被災した。左記のように、初期の警戒シグナルが小さかったこと、その後の短期間の集中降雨による鉄砲水であったこと、金曜日の夜中で対応が遅れたこと等の理由で、DRRMCの運営がうまくいかなかった。一方、パブロ時の被災は比較的軽微であった。しかしながら、今後作成されるDRRMPやContingency Planに基づき、ハザードマップのより有効な活用、組織だった事前の避難ガイダンス、避難、洪水モニタリングなど、より効果的な改善を目指すため、DRRMCに対するさらなる運営強化が必要と考えられる。</p>
I.2	<p><b>ハザードマップ:</b> カガヤン・デ・オロ市および市内のいくつかのバラングイに対し、Xavier大学の技術支援で作成された。一方、ブキドノン州の3町(タラカグ町、リボナ町、バウンゴン町)およびそれらのバラングイでは、Mines and Geosciences Bureau (MGB) under DENR あるいは、LGUs/NGOsにより作成された(Geohazard Map: 地滑り、洪水の評価図(1:10,000))。しかしながら、これらは、センドンやパブロなどの既往洪水に対するものに限定されたものである。 ハザードマップは、センドン時に使用できなかったが、パブロ時、一部のDRRMCでは危険地区住民の避難に活用された。 また、包括的土地利用計画において、主題図が作成されているが、保有する資機材やスタッフの能力の問題があることから、それらの多くが、GISソフトではなく、描画ソフト、または、手描きで作成され、土地利用の変化の把握や主題図の更新・作成が容易でない状況にある。</p>	<p>ハザードマップは、Contingency Planの核をなすものである。現在のマップはセンドン時やパブロ時の洪水氾濫域となっている。本調査では、1/2、1/5、1/10、1/25、1/50の各確率規模に対する氾濫域図が作成され、良い参考例となる。しかしながら、これらのマップは、より正確な標高情報や縮尺で改善される必要がある。 よって、<u>超過確率洪水規模ごとのハザードマップの整備と周知徹底が必要</u>である。さらに、<u>避難計画の作成またはアップデートも必要</u>である。 また、設定されたハザードマップを基に、<u>氾濫区域洪水常襲区域内の土地利用規制が必要</u>と思われる。その場合、基本情報の整備に資するデータ整備や更新に関する支援が考えられる。</p>
I.3	<p><b>災害リスク軽減管理評議会(DRRMC):</b> カガヤン・デ・オロ市 DRRMC において、5ヶ年 DRRM Plan(2013~2017)が2013年3月、UNDP支援の下で作成された。必要予算額は5年間でP 1.3 Billionで、DRRMC予算の約2.6倍となっている。CDRRMCは、GOP、NGO、外国など、外部からの支援を期待している。なお、市内のバラングイはDRRMPを作成していない。 一方、Bukidnon PDRRMCは、2008年、DRRMPを作成した。しかしながら、アップデートが必要で進行中とのことである。同州の3つの町およびバラングイではDRRMPは作成されていない。</p>	<p>RA 10121によれば、すべてのDRRMCはDRRMPを作成する必要がある。2012年10月、ブキドノン州、同州の3町(タラカグ町、リボナ町、バウンゴン町)、カガヤン・デ・オロ市、イリガン市により締結されたMOAによれば、今後、BDRRMPの策定が予定されている。よって、カガヤン・デ・オロ川流域内のすべてのDRRMCは<u>DRRMPを作成する必要がある</u>。</p>

番号	現状・問題点	必要と考えられる対策
I.4	<b>2013年災害リスク軽減管理資金(DRRMF):</b> (1) Prevention & Mitigation、(2) Preparedness、(3) Response、(4) Recovery の4つの観点による災害リスク軽減対策とその申請予算が計上されている。	毎年、同様な内容の対策となっている。 <b>DRRMP</b> に基づく予算の確保が必要である。したがって、 <b>DRRMP</b> の作成が必要である。
<b>II. CBFEWS と DRRM に関するトレーニング状況</b>		
II.1	<b>地域型洪水早期警報システム(CBFEWS):</b> 一部のバラングイでは、水位モニタリングに基づくサイレンやメガホン等による警報がなされているが、多くのバラングイではなされておらず、また、基本的に <b>CBFEWS</b> と呼べるものは存在しない。 現在、カガヤン・デ・オロ川流域では、NOAH プロジェクトの下、5ヶ所の自動雨量計と3ヶ所の自動水位計の記録が2012年以降、利用可能である。 <b>PAGASA</b> は、カガヤン・デ・オロ川流域に対し洪水予警報システムセンターを2013年に建設予定であるが、詳細が依然不明で、明確になるまで、さらに時間を要するものと思われる。また、システムを運用するスタッフの確保・整備が急務である。	洪水予警報システムセンターの設立、運営には多大な時間を要すると思われるため、カガヤン・デ・オロ市内およびカガヤン川上流のタラカグ町、バウンゴン町、リボナ町の選定されたバラングイに対し、即効性のある <b>CBFEWS</b> の構築が必要である。
II.2	<b>トレーニング:</b> 様々なトレーニングが <b>GOP</b> 、 <b>NGO</b> 、援助機関等の支援の下、実施されてきた。カガヤン・デ・オロ市では、2012年12月のパブロ以降、 <b>UNDP</b> による <b>Contingency Plan</b> 、 <b>DRRM</b> に関する支援が多い。 市内バラングイの一部の住民に対しては、 <b>GOP</b> 、カガヤン・デ・オロ市、 <b>Xavier</b> 大学等による、主に <b>DRRM</b> に関するトレーニングがなされた。しかし、構造物対策についてはなされていない。タラカグ、バウンゴン、リボナの3町では、2012年以降2-4回、 <b>GOP</b> 各中央機関、 <b>LGU</b> 等によるレスキュー、 <b>DRRM</b> トレーニング等が実施されている。	今後、整備が必要になると思われる <b>CBFEWS</b> や <b>Contingency Plan</b> 策定・実施などに関するトレーニングが必要である。 また、本調査で提案・実施される構造物対策の必要性、重要性、効果等を十分理解してもらうため、住民に対する <b>Information, Education and Communication (IEC)</b> が必要である。
<b>III. センドンとパブロ時の活動状況</b>		
III.1	<b>助言・勧告/アップデート情報:</b> センドン時、タイムリーでなかった。しかし、パブロ時は改善された。 今後、さらに十分な助言・勧告を行う必要がある。また、それは、自助、共助、公助に資するものとなることが望まれる。	今後、十分な助言・勧告を行うためには、 <b>PAGASA</b> の <b>FFWS</b> の導入が必要である。 また、 <b>FFWS</b> の整備には多大な時間を要するため、即効性が高く <b>バラングイ</b> 単位など小流域に対する <b>CBFEWS</b> の導入が必要である。これらのシステムは、自助、共助、公助に資するものと考えられる。
III.2	<b>実行されたアクション:</b> センドン時は洪水に対する低い意識と不十分な情報の下で十分な行動が出来なかった。パブロ時は、襲来4日前に準備が行われ、2日前には避難が行われるなど、行動の改善が見られた。	パブロからの教訓が得られたが、洪水時、活動をより有効に行うため、 <b>DRRMC</b> の組織、運営等に対する能力向上が必要である。
<b>IV. 既設避難センターの状況 (Existing Evacuation Centers)</b>		
IV.1	<b>避難センター:</b> <b>RA10121</b> によると、学校の教室は利用できない。しかしながら、避難センターのみでは数・面積が不十分であったため、学校の教室も一部、使用された模様である。	避難センターの確保が必要である。

番号	現状・問題点	必要と考えられる対策
IV.2	<b>避難センターの位置:</b> 一部、浸水した。	他サイトの確保が必要である。カガヤン・デ・オロ市の情報では、河口左岸側および右岸マカサンディン地区の避難センターへのアクセス道路の改善(嵩上げ)が必要である。
IV.3	<b>施設の広さ・トイレ等设备:</b> CDRRMC から 64 ケ所のリストを入手したが、その内容情報が全くなかった。今回、限られた情報を現地踏査で収集した。TS パブロ時、施設の広さやトイレ、台所、その他の設備能力が不十分であった。	施設の改善が必要である。 <u>トイレ、台所等、必要な施設の調査がなされるべきである。</u>
IV.4	<b>電気:</b> センドン時、カガヤン・デ・オロ市は 6 週間、タラカグ町は 2 週間、バウンゴン町は 3 週間、リボナ町は 1 日の停電があった。パブロ時は 3 日から 1 週間程度であった。 <b>上水道:</b> センドン時、カガヤン・デ・オロ市は 7 週間、タラカグ町は 4 週間、バウンゴン町は 3 日間、リボナ町は 0 日の停電があった。パブロ時は 2 日から 2 週間程度であった。	<u>電気と上水道についてもハザードマップを作って被害想定をすること、想定被害に対して投入可能な復旧要員から優先順位や他地域からの応援の要請～復旧要員の再編成等を含めて、早期に回復するためのインフラ復旧の事前準備、事後対策等の改善が必要である。</u>

出典: JICA 調査団

本調査における既存の非構造物対策のレビューの結果、カガヤン・デ・オロ川流域内の DRRMCs に対する聞き取り・質問票調査結果、カガヤン・デ・オロ市の 5-Year DRRM Plan (2013-2017)、ブキドノン州、同州の 3 町(タラカグ町、リボナ町、バウンゴン町)、カガヤン・デ・オロ市、イリガン市のカガヤン・デ・オロ川流域における MOA、カガヤン・デ・オロ川下流域の洪水予警報システム(FFWS)、他援助国機関の活動状況より、それぞれの地域、関係機関に必要と思われる非構造物対策は、以下のとおりと考えられる。

表 3.7.2 それぞれの地域に必要と思われる非構造物対策(洪水管理)

No.	CDO City	Talakag	Baungon	Libona	PAGASA
(1) DRRMCs の組織強化	✓	✓	✓	✓	
(2) ハザードマップの作成・アップデート、避難計画の策定への技術支援	✓	✓	✓	✓	
(3) 洪水予警報システム(FFWS)					✓
(4) 地域型洪水早期警報システム(CBFEWS) への技術支援	✓	✓	✓	✓	✓
(5) 事業(構造物対策)の宣伝広報活動(構造物対策に対する技術支援)	✓	✓	✓	✓	
(6) 洪水氾濫域における土地利用規制に対する技術支援	✓				

出典: JICA 調査団

### 3.7.2 流域管理

本調査では、DENR 等の各機関が纏めた流域管理計画(検討中のものを含む)や流域保全に係る活動をレビューした。さらに、DENR、LGU(CDO、Bukidnon)、DPWH 等の各機関と協議し、各計画や活動の改善点の検討を行ない、カガヤン・デ・オロ川の流域保全に資する提案を行った。検討結果は以下のとおりである。

(1) カガヤン・デ・オロ川流域の土地区分および森林分布の現状

1) 森林地と譲渡・処分許容地の土地区分

フィリピンの土地は、森林地(Forestland)と譲渡・処分許容地(A&D land)に区分される。カガヤン・デ・オロ川流域では、森林地が57%、A&D landが43%を占めている。森林地においても、農地、宅地など他の用途にも利用されている。森林地はDENRが管轄するが、A&D landは、DAおよびLGUの所管である。

2) カガヤン・デ・オロ川流域内の土地利用

土地利用上のカガヤン・デ・オロ川流域の森林率は39%である。

3) カガヤン・デ・オロ川流域内の植生区分

植生区分上の森林被覆率は27%である。

4) カガヤン・デ・オロ川流域内の森林分布の推移

ミンダナオ島全体の森林率は、1900年代では87%であったものが、木材生産や農地開発のために森林が伐採されたことにより、1960年代に58%、1987年に40%、1999年には27%まで減少している。カガヤン・デ・オロ川流域でも同様に、1900年代にはほぼ100%であった森林率が、1970年代に42%に激減し、1999年には24%になった。2003年には27%まで増加している。ミンダナオ島の中では、中南部での森林減少が顕著であるが、カガヤン・デ・オロ川流域は、比較的森林が残っているといえる。

5) カガヤン・デ・オロ川流域内の森林分布の推移と洪水の関係

ミンダナオ地方は、これまで台風の来襲がほとんどなかったが、2000年代ころから上陸の頻度が増加した。森林面積も減少はしているが、台風来襲の頻度が増加したことも、下流部での洪水被害の頻度が増加した一因と言える。

(2) 流域管理の現状の評価

1) カガヤン・デ・オロ川流域内の流域保全にかかる各種組織の構成

カガヤン・デ・オロ川流域管理評議会(CDORBMC)は、設立当初はその関係者委員会(Board of Stakeholders)は、カガヤン・デ・オロ市内の機関、LGUのみで構成されていた。2012年に、上流部のブキドノン州内の3町が、また、2013年4月にはDPWH、MBDAなどの機関が、関係者委員会の一員に加わった。

ブキドノン流域保護開発委員会(BWPDC)は、1995年に大統領令によって設立されたブキドノン州の流域管理を司る機関である。ブキドノン河川流域フォーラム(BWRBF)は、市民組織として設立され、2012年に州知事令により法的根拠をもった機関となった。2013年4月に、BWRBFは、BWPDCの技術支援委員会(TAC)の一員に加わった。

マカハラ湾開発同盟(MBDA)は、マカハラ湾沿岸の14の自治体から構成される自然環境、沿岸利用の管理と開発のために設立された機関である。“Ridge to Reef Approach”のコンセプトのもと、2013年4月に、CDORBMCの一員となった。

## 2) カガヤン・デ・オロ川流域内の流域保全にかかる各種計画

DENR 第10管区により、カガヤン・デ・オロ川流域を対象としたカガヤン・デ・オロ川流域管理計画が1999年に策定されている。一つの支流である Bubunawan 川においては、流域の特徴付けと脆弱性の評価が実施されている。

DENR 河川流域管理事務所(RBCO)は、全国18河川を対象に統合的流域管理開発全体計画を策定中である。カガヤン・デ・オロ川流域に対しては、2012年8月に公示され、2013年4月に調査が開始された(調査期間18ヶ月)。この調査に先駆けて、カガヤン・デ・オロ川流域を対象とした地滑り、洪水などの地質災害(ジオハザード)の危険度を区分する調査が実施された。

ブキドノン州では、流域管理フレームワークプランに基づき、ブキドノン環境自然資源局(BENRO)の主導のもと、各町・バラングイに対して流域管理計画の策定を実施しているが、町においては更新がされていないとともに、バラングイに対しては、数ヶ所のみで策定されているのみである。カガヤン・デ・オロ市には、市全体を対象とした流域管理計画は策定されていない。

ADB は、カガヤン・デ・オロ市に対して、廃水管理、流域管理、廃棄物管理にかかるプレ・フィージビリティ調査を実施したが、流域管理に関しては、カガヤン・デ・オロ川流域は対象外になっている。

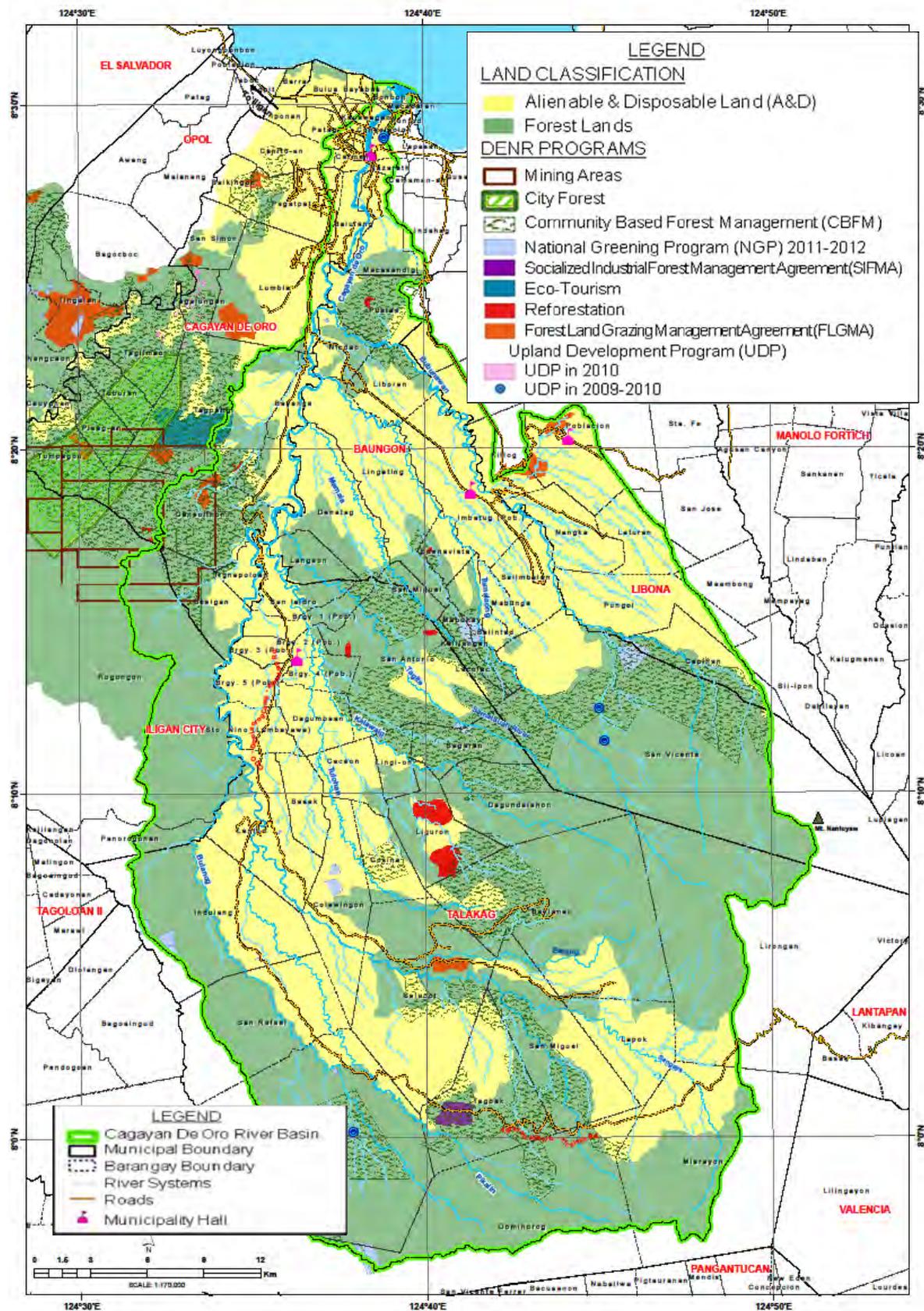
カガヤン・デ・オロ川流域の上流部には、二つの保護区(自然公園)がある。DENR X の保護区・野生生物・海岸地域管理局(PAWCZMS)により、これら二つの保護区に対する管理計画が策定されている。

大統領令(EO53)に基づき、カガヤン・デ・オロ市は、沿岸資源管理計画を策定中である。同時期に策定中の CLUP に、CRMP を統合するために、最終化はまだである。また、カガヤン・デ・オロ市の海岸沿いには、6ヶ所の海洋保護区の候補地があり、海洋保護区計画などが策定されている。

カガヤン・デ・オロ市の DRRMP には、洪水対策に加えて、緩和策としての流域管理に係る事項が計画されている。

## 3) カガヤン・デ・オロ川流域内の流域保全にかかる活動

カガヤン・デ・オロ川流域においては、DENR などの国家機関、州市町の機関、ADB などの国際機関が、様々な流域保全にかかる取組みを実施している。その概要を以下に示す。また、それらの活動のうち、DENR による活動の位置図を次図に示す。



出典: DENR 第10管区(2013)

図 3.7.6 カガヤン・デ・オロ川流域における DENR 第10管区による流域保全にかかる活動位置図

DENR は、森林地内において人民組織に対してコミュニティベース森林管理地の土地利用権を与えて、CBFM 活動を実施している。また、CDORBMC の提言に基づき、カガヤン・デ・オロ川沿岸にタケの植林を進めているが、センドン洪水などによる出水の際に、タケやヤシが根こそぎ倒れたことが指摘されており、今後は、深根性の郷土樹種の植栽を推進する必要がある。

カガヤン・デ・オロ川流域上流部の二つの保護区に対しては、保護区管理委員会(PAMB)が設立され、住民参加型の管理活動が実施されている。

カガヤン・デ・オロ市環境自然資源事務所(CLENRO)は、カガヤン・デ・オロ市内の河川沿いに対してタケなどの植栽を進めている。また、BENRO/町自然資源事務所(MENRO)においては、各バラングイに対して苗木の供給を行っている。一方、リボナ町においては、Del Monte Philippines と協力して、大農場内を流れる小河川の河畔に、郷土樹種による河畔林を造成している。カガヤン・デ・オロ川上流部の他の 2 町においては、このような民間会社との協働による活動は実施されていない。

カガヤン・デ・オロ市の農業生産性事務所(APO)は、DENR と協働で、沿岸地域においてマングローブの苗木を植栽している。

ADB は、ブキドノン州の全ての市町バラングイを対象に、既存の流域管理計画の更新にかかる技術支援および能力向上にかかる事業を実施中である。これは、今後実施される借款案件(INREM)の準備活動として位置づけられている。一方、フランス開発庁(AfD)は、ブキドノン州などで森林管理、流域管理、保全農業などへの支援にかかるプロジェクトを形成、実施する計画である。

### 3.8 災害リスク管理に関する最近の主要な法律・条例・政令

#### 3.8.1 主要な法律/条例/政令

##### (1) 共和国法第 10121 号 (RA10121)

共和国法第 10121 号、別名、「フィリピン国災害リスク軽減・管理法 2010 年」が 2010 年 5 月に制定された。この法律には次の 4 つの主要な目的がある。

- フィリピンでの災害リスク軽減・管理システムの強化
- 災害リスク軽減・管理フレームワークの整備
- 災害リスク軽減・管理計画の制度化
- 災害リスク軽減・管理資金の割り当て

表 3.8.1 に共和国法第 10121 号の重要な内容を示す。

表 3.8.1 共和国法第 10121 号の重要な内容

主な項目	重要な内容
政策提言 (Section 2)	全体的、包括的、統合的、かつ災害の社会経済・環境影響を軽減する予防的なコンセプトに基づく災害リスク軽減・管理アプローチの適用。このアプローチには、気候変動、関係するすべてのセクターならびにすべての階層、とりわけ、地域コミュニティの関与と参加の促進を含む。
適用範囲 (Section 4)	災害リスク軽減・管理のすべての側面に関する政策・計画の整備、対策および行動の実施を適用範囲とする。これには、正しい統治(ガバナンス)、リスクアセスメント、早期警報、啓蒙・意識向上、リスク要因の軽減、効果的な対応と早期回復のための準備を含む。
組織上のメカニズム (Section 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13)	災害リスク軽減・管理のための次の組織上のメカニズムの構築 国家、地域、州、市/町ならびにバラングイレベルまでの災害リスク軽減・管理に関するネットワークの構築 各州・各市/各町・バラングイにおける地方災害リスク軽減・管理事務所の設立 市民防衛局(OCD)の権限と機能の付与 災害ボランティアの設置
資金(Section 21, 22)	「地方災害リスク軽減・管理基金」の規定“災害リスク・管理活動を支援するために一般年間予算の 5%以上を地方災害リスク軽減・管理基金に充てる。” 「国家災害リスク軽減・管理基金」の規定

出典: Republic Act 10121, May 2010

この法律に関係する評議会のより具体的な構成、機能、活動を規定するための実施運用規定細則が 2010 年 9 月に発効された。さらに、この法律に基づく「国家災害リスク軽減・管理フレームワーク」が 2011 年 6 月に策定された。「国家災害リスク軽減・管理フレームワーク」に従って、「災害リスク軽減・管理フレームワーク」とまったく同じ 4 側面と期待される成果を記載した「国家災害リスク軽減・管理計画」が作成された。表 3.8.2 に「国家災害リスク軽減・管理フレームワーク」および「国家災害リスク軽減・管理計画」の 4 つの側面と期待される成果を示す。

表 3.8.2 国家災害リスク軽減・管理フレームワーク/計画の 4 側面と期待される成果

災害リスク軽減・管理の側面	期待される成果
災害予防・軽減	脆弱性と被害を減少させる事とコミュニティの能力を向上させることによって、災害を回避し、潜在的な影響を軽減させる。
災害準備	緊急事態と災害発生を予測し、それによる負の影響に対処し、負の影響を回復させるためのコミュニティを設立し、その能力を強化する。
災害対応	災害時または災害発生直後、許容される基準に基づき、影響住民の生存を確保し、基本的な生計活動を維持させる。
災害復旧・復興	関係する施設・住民の生存・生活状況、ならびに影響を受けたコミュニティの組織能力を回復・改善させ、“より良い再構築”の原則に基づき、災害リスクを軽減させる。

出典: National Disaster Risk Reduction and Management Framework, 2011

## (2) 水法(PD1067)

水に関する大統領令第 1067 号、別名、「フィリピン国水法」が 1976 年 12 月 31 日に制定された。この法律は多様な水利用・水資源の所有権を規定している。洪水リスク管理に関しては、表 3.8.2 に示した水法の条項(Article)と改訂された最新の実施運用規定細則(Implementation Rules and Regulations)の節(Section)が重要である。

表 3.8.3 洪水リスク管理に関する主な水法の条項と実施運用規定細則

<b>水法条項(Article 5)</b> 河川関係に関するもの: 河川と河床は <u>国家が所有する</u> 。
<b>水法条項(Article 51)</b> 河岸および海岸・湖岸の全延長にわたり、 <u>都市域では幅 3 m、農業地域では幅 20 m、森林域では幅 40 m</u> をレクリエーション、水運、漁業、サルベージ等の公共目的で使用するイーズメントとする。この区域においては、何人もレクリエーション、航行、漁業等の目的に必要な時間・期間以上、長く留まること、またはいかなる構造物も建造することを禁ずる。 <b>改訂実施運用規定細則(Section 31)</b> イーズメントの設定: 水法 51 条に資するもの: 公有地のすべてのイーズメントは河岸、海岸・湖沼の沿岸において、浸水を引き起こさないか、または最大時の大潮のどちらか高い水位を基準とした水位からとする。 いかなる建造物または構造物も、このようなイーズメントに設置された場合は、DPWH(公共事業道路省)、自治体または妥当な中央・地方政府機関との調整を図った委員会による命令によって、撤去しなければならない。
<b>水法条項(Article 53):</b> 洪水氾濫区域の利害調整を最大限促すために、DPWH 長官は治水必要地域(Flood Control Area)を宣言し、これらの区域での洪水氾濫地区管理計画を策定するためのガイドラインを作成する。
<b>水法条項(Article 54):</b> 宣言された洪水防御地域(Flood Control Area)では、損害を及ぼすか、湖沼・堤防の劣化を招き、または河川の流下を妨げたり、自然の川の流れを変化させたり、洪水による損害や洪水による問題を増大させるような行為を禁止、またはコントロールするために、規則または条例等を規定する。
<b>水法条項(Article 55):</b> 政府は宣言された治水必要地域(Flood Control Area)においては、必要となる治水のための構造物を設置する。また、その目的のために、政府は川岸周辺または川岸沿い、さらに河床・河底の外部までを考慮に入れ、法に基づくイーズメントを設定する。
<b>水法条項(Article 56):</b> 川床、砂州、干潟は DPWH 長官による事前の承認を除き、耕作を禁止する。また、その際の承認は、そのような耕作行為が川の流下を妨げたり、損害を他の周辺地区を含め引き起こすような洪水の危険レベルを引き上げるような耕作行為を許可するものではない。

出典:

“Water Code of the Philippines and the Amended Implementing Rules and Regulations”, House of Representative, 2012, National Water Resources Boards, March 2005

### (3) 国家水安全法 2012 年(National Water Security Act of 2012)

現在も水法は効力があるが、水法の改訂が最近議論されてきており、水法が「国家水安全法 2012 年」(National Water Security Act of 2012)として名称を変え、2012 年 11 月に議会に提案された。提案された「国家水安全法 2012 年」は、主に次のような内容が規定または追記されている。

- 集水域または河川流域といった適切な地形的単位に基づく統合的な水資源管理を促進する。
- すべての自治体に水管理・開発計画を含む土地利用計画を求める。
- 下水処理システムに関する監理ならびに規則の内容を規定する。

洪水リスク管理に関する改訂に関しては、水法に対応する下記の条項(Article)から、太字の部分の規定の記述が議会提案されている「国家水安全法 2012 年」に対応する節(Section)として追加されている。

“Section 52 (水法 Article 51 に対応): “**河岸および海岸・湖岸の全延長にわたり、都市域では幅 3m、農業地域では幅 20m、森林域では幅 40m**をレクリエーション、水運、漁業、サルベージ等の公共目的で使用するイーズメントとする。この区域においては、レクリエーション、何人も**妥当な政府機関からの妥当な許可なしに航行、漁業**”

等の目的に必要な時間・期間以上に長く留まること、およびいかなる構造物も建造することを禁ずる。”

“Section 54 (水法 Article 53 に対応): 洪水氾濫区域の利害調整を最大限促すために、DPWH 長官は**関係する他の国家または地方政府機関と調整した上で**、治水必要地域 (Flood Control Area)を宣言し、これらの区域での洪水氾濫地区管理計画(各流域における**統合水資源管理計画を含む**)を策定するためのガイドラインを作成する。

議会提案された「国家水安全法 2012 年」は、より包括的な洪水リスク管理のアプローチを促進している一方で、治水必要地域(Flood Control Area)の宣言と管理に関して、主導的な政府機関を不明確にしているとも言える。

#### (4) 洪水リスク管理に関する地方自治法、地方災害リスク軽減・管理基金、自治体の行政命令

##### 地方自治体法(RA7160)

共和国法第 7160 号、別名「地方自治体法 1991 年」は、フィリピンでのすべての自治体の多様な権限と役割を規定している。洪水リスク管理に関しては、この地方自治体法は、自治体の洪水調節ならびに関連施設を含む基本的サービスと施設について次のように、規定している。

“Section 17: “基本サービスと施設: 地方自治体は、自立するよう努力しなければならない。また権力を行使し続け、現在課せられている義務と機能を果たし続けなければならない。地方自治体は、本法律によって国家機関や省庁から権限委譲された機能や責務に関しても果たさなければならない。”

“この一方で、関係する地方自治体が事業 施設、計画、およびサービスの実施機関として指名された場合を除き、国家の融資を受けた、もしくは、全体的・部分的に係らず外国資本の融資を受けた公共事業や社会資本整備事業、ならびに他の施設、計画、サービスはこの対象としない。”

上記は、地方自治体が、洪水調節ならびに関連施設を含む公共施設に対して管理責任を有し、市町村や州の財源によって、市長村や州の住民の要望に応えることを意味している。しかしながら、公共事業の実施において、国家の予算が地方自治体に与えられる場合、国および地方のどちらが管理するかについては明記していない。また、別の法律または条例でもこれについて明記していない。

DPWH は、事業完了時に地方自治体に移管されるような事業に関しては、その後の管理(維持管理)に関して、地方自治体との間で MOA(協定書)を締結するという暫定措置をとっている。しかしながら、自治体の中には大規模の施設(洪水対策の構造物等)の維持管理のキャパシティや経験不足または自治体の予算不足等から、協定書の締結が難しい場合がある。

##### 地方災害リスク軽減・管理基金(LDRRMF)

最近、国家災害リスク軽減・管理評議会と内務自治省による合同協定状(Joint Memorandum Circular)が発効された。この合同協定状の目的は、地方災害リスク軽減・管理基金の予算配分と使用について、地方自治体にそのガイドを提供する事

と、地方災害リスク軽減・管理基金に関する透明性と説明責任を促すことであった。地方災害リスク軽減・管理基金は以前の calamity fund 基金として知られているものである。

RA10121 によれば、地方自治体の概算収入の 5%以上は、被害前(これに限定しないが)の災害リスク管理活動等の災害リスク管理活動を支援するために、地方災害リスク軽減・管理基金として確保しなければならないことになっている。

この事を考慮すると、地方災害リスク軽減・管理計画次第で、洪水調節ならびに関連施設のための維持管理予算は、地方災害リスク軽減・管理基金により確保できる可能性がある、

洪水リスク管理に関する自治体の行政命令

近年、FRIMP-CDOR に関係するすべての自治体は RA10121 に基づき、各自治体レベルの地方災害リスク軽減・管理評議会を規定する行政命令を発効させた。表 3.8.4 に関係する各自治体の上記に関する町(Municipality)の最新の行政命令を示す。

表 3.8.4 洪水リスク管理に関する各自治体の行政命令

町	行政命令の名称	最新の行政命令の主な内容
Libona	行政命令第 01 号 S. 2012 年(EO No. 01 S. 2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 災害リスク管理に関する政策宣言</li> <li>◆ 町災害リスク軽減・管理評議会の構成、機能、タスク/責任範囲、オペレーションセンター、予算</li> <li>◆ 町災害リスク軽減・管理評議会の組織図</li> </ul>
Baungon	行政命令第 09 号 S. 2011 年(EO No. 09 S. 2011)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 災害リスク管理に関する政策宣言</li> <li>◆ 町災害リスク軽減・管理評議会の構成、機能、タスク/責任範囲、オペレーションセンター、予算</li> <li>◆ 町災害リスク軽減・管理評議会の組織図</li> </ul>
Talakag	行政命令第 014 号 S. 2010 年(EO No. 014 S. 2010)および行政命令第 014 号 S. 2012 年(EO No. 014 S. 2012)(2010 年の改訂版)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 災害リスク管理に関する政策宣言</li> <li>◆ 町災害リスク軽減・管理評議会の構成、機能、タスク/責任範囲、オペレーションセンター、予算</li> </ul>

出典: Libona Municipality, Baungon Municipality, Talakag Municipality

さらに、各自治体は 2011 年または 2012 年におけるそれぞれの災害リスク軽減・管理計画を作成し、関係機関とともにこれらの計画に基づいた活動を行っている。

(5) 洪水リスク管理に深く関係する他の法律・条例・政令

表 3.8.5 に洪水リスク管理に深く関係する他の法律/条例/政令を示す。

表 3.8.5 洪水リスク管理に深く関係する他の法律・条例・政令

名称	洪水リスク管理に関する条項番号等と主な内容
大統領令第 1152 号 1977 年 (Presidential Decree 1152, 1977)	フィリピン国環境法(Philippines Environmental Code) 14 条(Chapter14): この法律の第 14 条には次の内容が規定されている。 治水プログラムの対策(Section 34) 災害の壊滅的な影響を軽減するための対策 (Section 35)
DENR(環境天然資源省), 行政命令 第 13 号、1992 年 (DENR Administrative Order No. 13, 1992)	森林ゾーン内でのバッファゾーンの設定 4 節(Section 4)この行政命令の 4 節は川岸を含み、それぞれのバッファゾーンを設定することを規定している。
DENR 行政命令第 510 号、2006 年 (DENR, Executive Order No.510, 2006)	DENR における河川流域管理事務所(RBCO)の設立 2 節(Section 2)この行政命令の 2 節には次のような RBCO の役割が規定されている。 さまざまな既存の河川流域事業を統合し、DPWH と国家災害調整評議会とともに追加すべき計画を検討することによって、治水のための国家マスタープランを整備する。 集水域での植林の妥当性を検証し優先づけする。 洪水軽減フレームワークを含む統合的な河川流域管理・開発計画に基づくマスタープランを整備する。

出典: 大統領令, DENR

### 3.8.2 河川境界の法制度的側面と河川境界の予備的なコンセプトの提案

#### (1) 河川境界に関する法律・行政命令

前節で述べたように、フィリピンには河川境界に関連した法令としては、水法、議会へ提案された国家水安全法(National Water Security Act of 2012)、DENR の行政命令がある。しかしながら、これらの法律・行政命令は河川域を明確に定義してなく、河川境界に関する課題改善のための主導的な政府機関を不明確にしているとも言える。

#### (2) 河川境界に関する主な課題とカガヤン・デ・オロ市の最近の法制化の動き

##### 現在の主な課題

これまでの理解に基づくと、フィリピンでの河川境界に関する主な法制度面での課題は下記のように要約できる。

- DPWH はこれまで洪水防御地域(Flood Control Area)を宣言するための水法の 53 条(Article)を行使していない。
- 水法の 56 条があるにも拘らず、河床、砂州、干潟が無秩序に開発されている。
- 河川沿いの不法居住者を含む多くの住民が、依然として洪水リスクが高いため居住に適していない地区に居住するかまたはその地区に戻ってくる傾向がある。

明確で妥当な河川域の定義とその境界の設定(線引き)は洪水リスク管理を検討する際に、不可欠となっている。

##### カガヤン・デ・オロ市での最近の法制化の動き

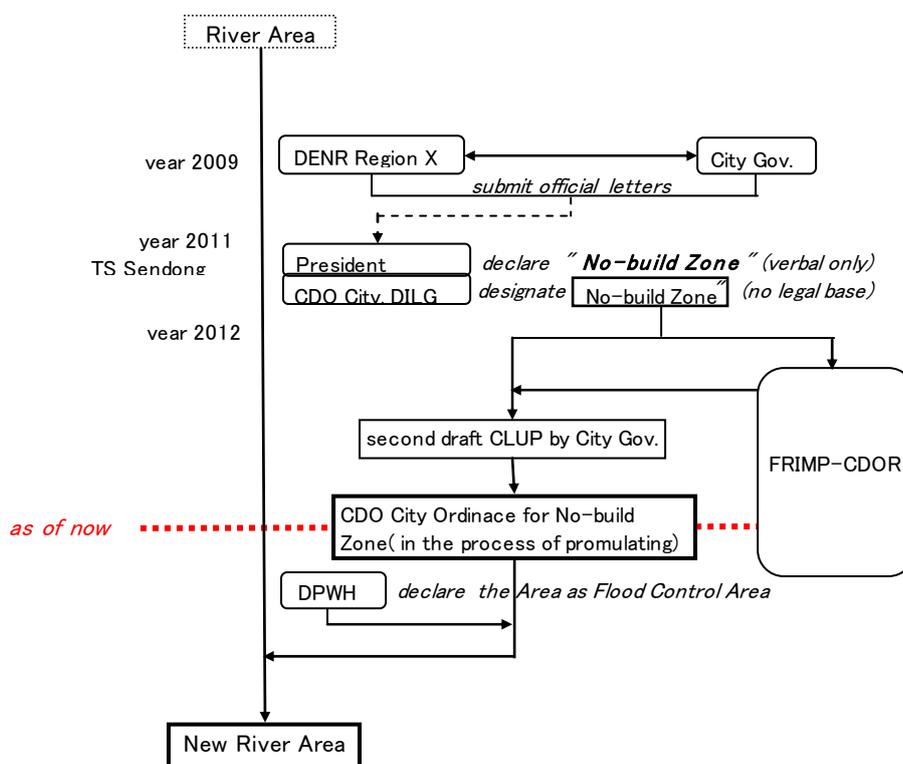
カガヤン・デ・オロ市でのカガヤン・デ・オロ川の河川境界に関する最近の法制化の動きを図 3.8.1 に示す。

2009年、DENR 第10管区評議会は、第7733-2006年決議(Resolution No. 7733-2006)に基づき、カガヤン・デ・オロ市政府に対して、カガヤン・デ・オロ川流域内の小さな島を含む数箇所の洪水多発地区における新規居住・新規構造物の建設を厳しく禁止すべきで、すでにそれらの地区に居住している住民を安全な地区に移転させる計画を実施すべきだと提言した。

2011年12月の熱帯暴風雨センドンの直後に、フィリピン大統領はカガヤン・デ・オロ川流域内の主な小島からなる5箇所の”No-build Zone”を宣言した。しかしながら、この宣言は大統領の口頭の宣言であって、文書化されたものはない。

その後、カガヤン・デ・オロ市の計画・開発局(Planning and Development Office)とDILG第10管区が上記の5箇所を含む合計9箇所を”No-build Zone”と指定した。なお、市当局によれば、この追加された4箇所の”No-build Zone”はDENR第10管区鉱山地学局地学課(the Geoscience Division of Mines and Geoscience Bureau)による地形・災害アセスメント調査に基づくものであった。しかしながら、これらすべての”No-build Zone”には公式な法的根拠はないことになる。

この一方で、”No-build Zone”は市の包括的土地利用計画(CLUP)と整合性をとる必要がある。このCLUPは”No-build Zone”を踏まえ、現在、第2ドラフトをレビュー中であり、上記の経緯から河川域のひとつと考えられるこれらの”No-build Zone”は市条例としての法制化の段階にあると言える。この後に、水法に基づき洪水氾濫域の保全とその地区の居住者を別の地区に移転させるために、DPWH長官によりこれらの地域を、洪水防御地域(Flood Control Area)として宣言する必要がある。



出典: JICA 調査団

図 3.8.1 カガヤン・デ・オロ市での河川境界に関する主な法制化の動き

### イリガン市での参考例

熱帯暴風雨センダンの発生により、同じくバラングイの数箇所が大被害を受けたイリガン市での上記の法制化の参考例がある。イリガン市は2012年2月13日の市の決議(City Resolution No.12-117)に基づき、居住地域として適合しない不適切なバラングイの数箇所を危険ゾーンとして宣言した市の条例(City Ordinance No.12-5815)を2012年2月27日に法制化した。

#### (3) 河川境界のコンセプトの提案

現在までの本調査の基礎調査で、1950年代のDENR・関係自治体により作成された地籍図の政府所有地境界線は、カガヤン・デ・オロ市内のカガヤン・デ・オロ川の滞筋とほぼ一致していることが確認された。この境界を既存の河川域境界と考えることが出来る。

また、前記の“**No-build Zone**”は、何らかの法的根拠が今後必要であるが、洪水被害を軽減するためにいかなる構造物も人の居住も実際に禁止しているため、河川域の一部として妥当と言える。

さらに、本調査では洪水リスク軽減のために、いくつかの河川区間で必要となる新たな堤防の建設等の構造物対策を提案している。

これらの理解に基づき、カガヤン・デ・オロ市内のカガヤン・デ・オロ川での河川域の新たな定義のコンセプトとして、次のような考えを提案する。

“提案する河川域”は、既存の河川域、“**No-build Zone**”、さらに本調査で提案する構造物設置に必要な用地(Right Of Way)を加えた区域とする。

## 3.9 災害リスク管理ならびに本調査に係る組織の現状

### 3.9.1 主要組織

フィリピンの洪水リスク管理ならびに本調査で提案する対策のための主な組織を以下に示す。

#### (1) NDRRMC(国家災害リスク軽減・管理評議会)

NDRRMCは災害リスク軽減・管理に関する国家レベルの政策提言・調整を行うとともに、下位の災害リスク軽減・管理評議会の活動を支援する国家最上位の監督機関である。

現在、この評議会は市民社会・私的セクターを含む44の組織から構成されている。表3.9.1にこの評議会の政府機関ならびに他の組織の詳細を示す。

表 3.9.1 国家災害リスク軽減・管理評議会を構成する組織

組織の特性	組織の詳細等
政府機関	<p>長官 1 名、副議長 4 名の構成からなる以下の政府基幹組織</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- DND(国防省) (Secretary of NDRRMC)</li> <li>- DILG(内務自治省)( Vice-Chairperson for Disaster Preparedness)</li> <li>- DSWD(社会福祉開発省)(Vice-Chairperson for Disaster Response)</li> <li>- DOST(科学技術省)(Vice-Chairperson for Disaster Prevention and Mitigation)</li> <li>- NEDA(国家経済開発庁)(Vice-Chairperson for Disaster Rehabilitation and Recovery)</li> </ul> <p>14 の政府基幹組織</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- DOH(保健省), DENR(環境天然資源省), DA(農務省), DepEd(教育省), DOE(エネルギー省), DOF(財務省), DTI(貿易産業省), DOTC(運輸通信省), DBM(予算運用管理省), DPWH(公共事業道路省), DFA(外務省), DOJ(法務省), DOLE(労働雇用省), DOT(観光省)</li> </ul> <p>15 の他の政府機関</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- The Executive Secretary, OPAPP(和平プロセス大統領顧問), CHED(高等教育委員会), AFP(フィリピン国軍), PNP(フィリピン国家警察), The Press Secretary, PRC(フィリピン赤十字社), NAPC-VDC(国家貧困対策委員会 - 村落開発委員会), NCRFW(フィリピン女性の役割委員会), HUDCC(住宅および都市開発調整委員会), Climate Change Commission(気候変動委員会), GSIS(公務員保険機構), SSS(社会保障制度), PhilHealth(フィリピン健康保険公社)</li> </ul> <p>5 つの自治体の連盟</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ULAP(全国地方行政当局組合), LPP(フィリピン州庁連盟), LCP(フィリピン州知事連盟), LMP(地方自治体連盟), LMB(バランガイ連盟)</li> </ul>
市民組織	4 つの市民組織の代表者
私的機関	1 つの私的セクターの代表者

出典: Implementing Rules and Regulations of Republic Act No. 10121

国家災害リスク軽減・管理評議会の下位には、地域レベルの地域災害リスク軽減・管理評議会(RDRRMC)、州レベルの州災害リスク軽減・管理評議会(PDRRMC)、市または町レベルさらにバランガイレベルの災害リスク軽減・管理評議会(CDRRMC/MDRRMC, BDRRMC)が RA10121 に基づき設立されている。

本調査対象地域では、最近、次のような各レベルの地方災害リスク軽減・管理評議会が設立された。

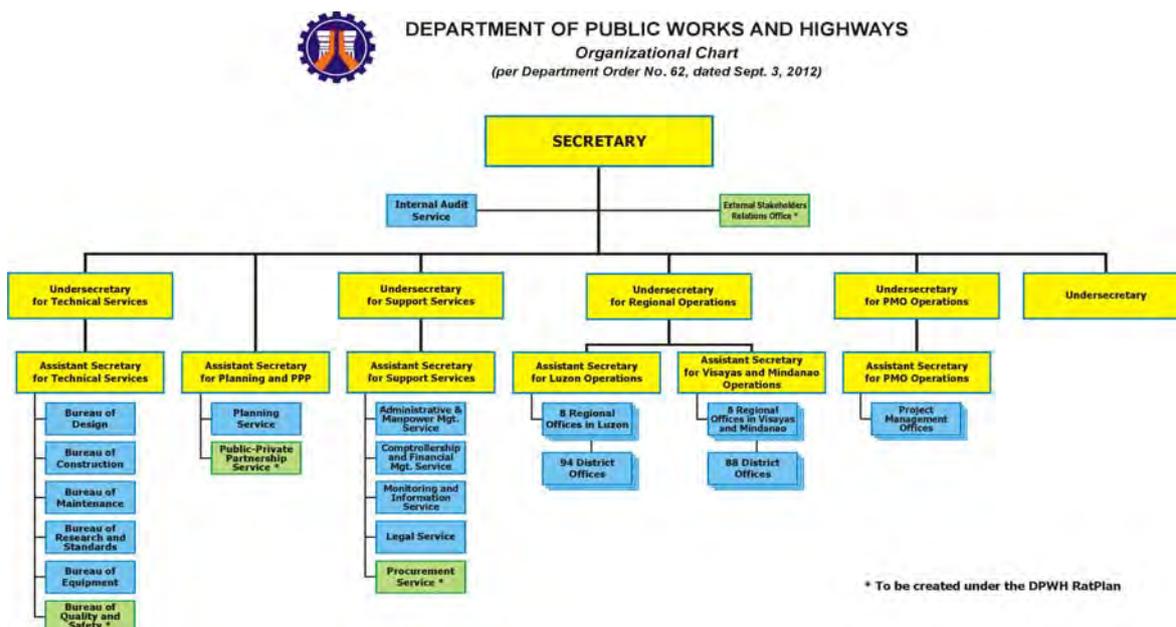
- 地域災害リスク軽減・管理評議会(RDRRMC): Region X
- 州災害リスク軽減・管理評議会(PDRRMC): ミサミス・オリエンタル州、ブキドノン州
- 市/町災害リスク軽減・管理評議会(CDRRMC): カガヤン・デ・オロ市
- 町災害リスク軽減・管理評議会(MDRRMC): Libona 町、Baungon 町、Talakag 町

本調査対象地域では、それぞれのレベルの地方災害リスク軽減・管理評議会は主に、関連する自治体の計画局またはエンジニア局の政府職員(これらの職員は市災害リスク軽減・管理評議会またはそれぞれの町災害リスク軽減・管理評議会の主要構成員でもある)とともに多様な災害リスク軽減・管理活動を実施している。また、バランガイレベルでは、災害準備を主な目的とした住民の意識向上というような災害リスク軽減・管理に係る活動を実施している。

(2) DPWH(公共事業道路局)

前節で述べたように、フィリピンの洪水リスク管理は、多様な政府機関の参加が必要となる包括的で統合的なアプローチが求められている。一方で、DPWH は洪水リスク管理に係わる多くのプロジェクトを実施してきた。DPWH はフィリピンにおける洪水リスク管理の構造物対策について政府機関としての主導的な役割を果たしている。

2012年9月3日発効のDPWH省令 Department Order No.62によれば、現在、DPWH は次官を含めた5の部局がある。現在のDPWHの組織図を図3.9.1に示す。



出典: DPWH

図 3.9.1 現在の DPWH の組織図

本調査で提案する対策に関係する DPWH 内の主な関係事務所・部局を以下に示す。

- 1) Project Management Office (PMO) - Flood Control (洪水防御プロジェクト管理事務所)<sup>1)</sup>

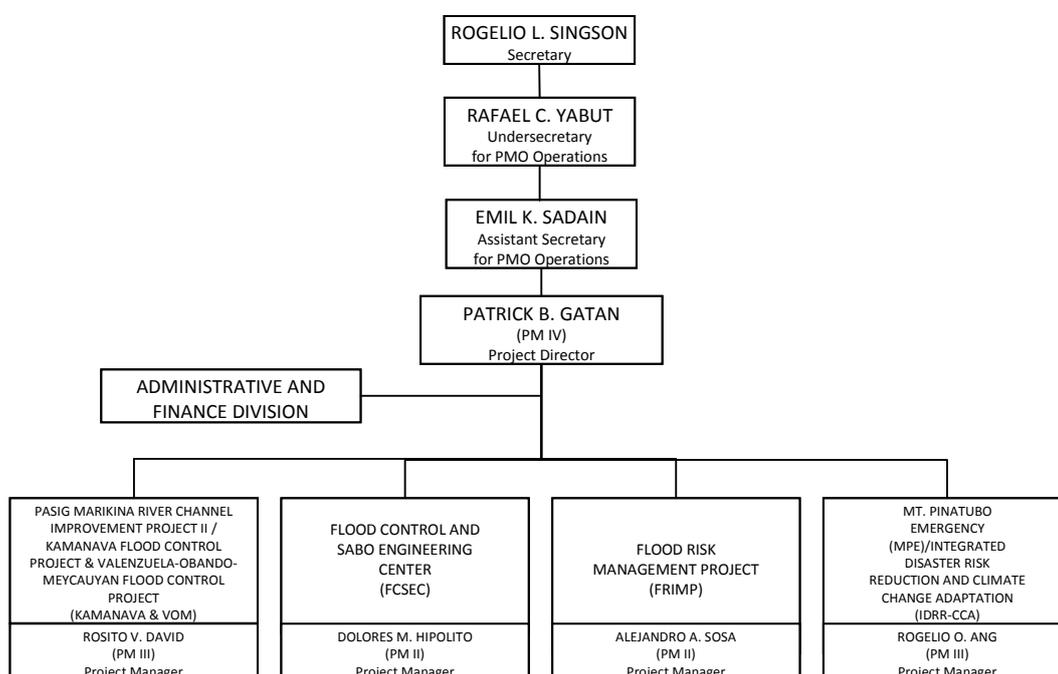
PMO-MFC&DP(主要洪水防御&排水プロジェクト管理事務所)は 2000 年発効の DPWH 省令 No.232 によって設立された。この主要洪水防御&排水プロジェクト管理事務所が、フィリピンでの治水・砂防事業に主に携わってきた。

しかしながら、この PMO-MFC&DP は改組され、2013 年 1 月 11 日に、PMO-Flood Control (洪水防御プロジェクト管理事務所) と呼ばれる新たなプロジェクト管理事務所が設立された。このプロジェクト管理事務所は、i) PMO-Flood Risk Management Project (FRIMP:洪水リスク管理プロジェクト事務所)、ii) PMO-Flood Control and Sabo Engineering Center (FCSEC: 治水砂防技術センタープロジェクト管理事務所)、iii) PMO-Pasig Marikina River Channel Improvement Project/KAMANAVA and Valenzuela-Obando-Meycauayan Flood Control Project (KAMANAVA & VOM: パッシング河川改修プロジェクト/カマナバ&バレンゼラ-

<sup>1)</sup> 2014 年 1 月時点で、United Project Management Office - Flood Control (UPMO-FC)と組織名が改称されている。

オバンド-メイカウアヤン洪水防御プロジェクト管理事務所), iv) Mt. Pinatubo Emergency (MPE) Integrated Disaster and Climate Change Adaptation (IDRR-CCA: ピナツボ緊急統合災害&気候変動適応プロジェクト事務所)の4つのプロジェクト管理事務所を有している。

PMO-FRIMP と PMO-FCSEC は直接、本 FRIMP-CDOR に関係する事務所である。PMO-Flood Control のプロジェクト・ダイレクターは、DPWH 特別省令 No.17 によって任命された。PMO-FRIMP ならびに PMO-FCSEC のそれぞれのプロジェクト・マネージャー、DPWH 特別省令 No.24、No.22 によってそれぞれ任命されている。PMO-FRIMP ならびに PMO-FRIMP のそれぞれのコアまたは主要職員は、PMO-MFC&CP ならびに旧 FCSEC から再任されている。図 3.9.2 に 2013 年 7 月時点の PMO-Flood Control の組織構成を示す。



出典: DPWH PMO-Flood Control

図 3.9.2 提案された PMO-Flood Control の組織構成

2) PMO-Flood Risk Management Project (洪水リスクプロジェクト管理事務所)<sup>2)</sup>

現在、PMO-FRIMP が実際には、PMO-MFC&DP のタスクであったフィリピンでの治水・砂防事業に主に携わっている。

洪水防御に関するタスクとしては、PMO-FRIMP が次のような特別の役割があると言える。

- 洪水防御プロジェクトのマスタープランならびにフィージビリティスタディに関して PMO-FCSEC と協力して技術的なコメント・アドバイスをする。
- 洪水防御プロジェクトで提案する対策の計画、デザイン、工事、組織ならびに維持に関して関係機関と調整する。

<sup>2)</sup> 2014 年 1 月時点で、United Project Management Office - Flood Control Management Cluster (UPMO-FCMC)と組織名が改称されている。

- 洪水防御プロジェクトで提案された対策を管理する。

上記の最後の役割に関連して、PMO-FRIMP は事業の準備、調達、契約、支払い等に関する問題・課題も含め本調査で提案する対策の実施を統括する事務所になり得ると言える。

### 3) PMO-Flood Control and Sabo Engineering Center (FCSEC)(治水砂防技術センタープロジェクト事務所)<sup>3)</sup>

FCSEC は、元々、JICA からの援助により実施した治水砂防技術力強化プロジェクトを通じて、DPWH のプロジェクト事務所のひとつとして、省令 Department Order No.237 により 1999 年に設立された。FCSEC を設立した主な目的は次の 2 つである。

- 技術基準に基づき、DPWH により実施される治水・砂防の構造物対策ならびに他の洪水対策の有効性を改善していく。
- 調査研究、訓練、情報管理、パイロットプロジェクトの実施ならびに内部の支援体制の確立を通じて DPWH の洪水管理機能を強化する。

FCSEC は実際に、治水・砂防事業のための技術基準・ガイドラインの作成、選定された DPWH 事務所のエンジニアの訓練、治水に関するデータベース・情報システムの構築、水理実験の開始を行ってきた。基本的に、実際の PMO-FCSEC の機能と権限は FCSEC の機能と権限と同様である。

### 4) Bureau of Design (BOD) (設計局)

BOD の権限と責任は、省令 Department Orders No. 124, 1987 年 1 月 30 日に基づいており、BOD 内の Hydraulics Division が主に DPWH の治水事業を担当している。BOD には洪水リスク管理に関して、主に次の役割がある。

- 事業の技術デザインに関するスキーム、デザイン、技術スペックのレビュー
- 事業の詳細設計や技術スペックのレビューと承認

本調査で提案する対策に関しては、BOD は主に構造物対策の事業(施工)実施前に参画する事が期待される。また、BOD は構造物のデザインが大きく修正された場合には、事業(施工)実施時にも参画することになる。

### 5) Bureau of Construction (BOC) (建設局)

BOC は洪水リスク管理に関して、次の責任がある。

- 積算、評価プログラム、契約書のレビュー
- 工事段階での工事進捗のインスペクション・チェック・モニタリングの実施

本調査で提案する対策に関しては、BOC は主に構造物対策の事業(施工)実施前ならびに工事段階に参画する事が期待される。BOC は事業(施工)実施前段階での提案する対策のプロジェクト費用・工事日程のレビュー、契約書(ドキュメント)の最終化を行い。工事段階での提案する対策のドキュメントのレビュー、インスペ

<sup>3)</sup> 2014 年 1 月時点で、United Project Management Office - Flood Control Management Office (UPMO-FCMO)と組織

クション・モニタリングの実施も行うことが考えられる。

#### 6) Bureau of Maintenance (BOM) (維持管理局)

BOM は洪水リスク管理に関して、次の責任がある。

- 護岸、水制、土堰堤、排水施設等の治水施設の維持管理
- 治水施設の定期的なインベントリー/アセスメント/インスペクションの実施

BOM は5つのセクション i) Planning and Programming, ii) Monitoring and Methods, iii) Inspectorate, iv) Building Services, and v) Inventory and Statistics があり、この中で Building Services 以外のセクションには、治水施設の維持管理に関連する業務に従事する経験ならびに能力のある職員がいる。

#### 7) Planning Services(計画サービス局)

Planning Services は、Planning and Public-Private Partnership (PPP). 部局内にあり、一般的に公共事業のインフラの計画、事業化、事業の開発に関する技術的なサービスを提供している。

洪水リスク管理に関連して、Planning Services は主に次のような役割がある。

- インフラ事業に関して予備的なエンジニアリングならびに経済的な評価手続きと手順に基づき、マスタープランならびにフィージビリティスタディの実施を管理する。
- 自国資金によるインフラ開発事業の優先プロジェクトリスト、ならびに外国資金によるインフラ開発事業の候補リストを作成する。

#### 8) Environmental and Social Services Offices (ESSO) (環境社会サービス局)<sup>4)</sup>

ESSO も Planning Services of Planning and PPP 部局内にある。ESSO は省令 Department Order, No.58 Series of 2004 で設立された Environmental Impact Assessment Project Office (EIAPO)から名称を変更した局である。洪水リスク管理に関しては、ESSO は次のような主な役割がある。

- DPWH による洪水施設整備を含む開発プロジェクトによる環境社会影響のアセスメントを管理する。
- DPWH による開発プロジェクトに伴う環境モニタリング、ならびに住民移転計画(RAP)の実施後の評価とモニターをする。

本調査で提案する対策に関しては、ESSO は環境社会配慮の中で、特に 対策により影響を受ける住民ならびに利害関係者に対するコンサルテーションに係る活動について、PMO-FRIMP を支援することになる。

表 3.9.2 に、DPWH 内の上記の関係部局・事務所の現在の職員数を示す。

---

名が改称されている。

<sup>4)</sup> 2014年1月時点で、Environmental and Social Services Division (ESSD)と組織名が改称されている。

表 3.9.2 DPWH 内の関係各部局・事務所の現在の職員数

部局・事務所	職員数		合計
	技術職	事務職	
PMO - FRIMP	6	20	26
PMO - FCSEC	9	2	11
BOD	Hydraulics Division 11	Other Division 94	105
BOC	94	22	116
BOM	114	45	159
Planning Services	技術職(経済担当職) 20	事務職 10	30
ESSO	10	5	15

出典: Each Office/Bureau of DPWH

### 9) DPWH Region X(公共事業道路局第 10 管区事務所)

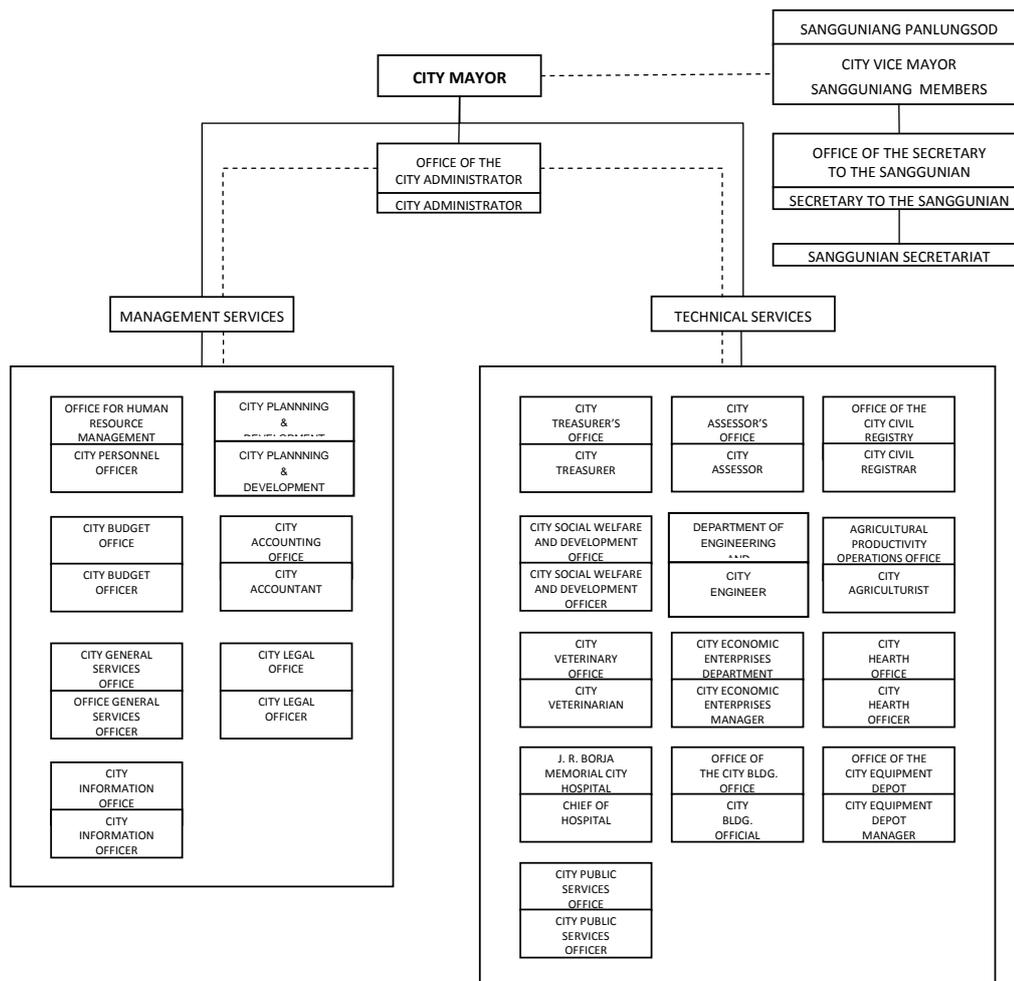
洪水リスク管理に関して、DPWH 第 10 管区事務所は、当該地域(第 10 管区)での  
 自国資金による治水・砂防事業に携わってきた。この第 10 管区は当該地域内での  
 事業の洪水モニタリングを含めたプランニング、実施、維持管理に関する監理を  
 行っている。

本調査で提案する対策に関しては、DPWH 第 10 管区事務所は治水施設の地域内  
 での管理経験を活かし、PMO-FRIMP ならびに関係自治体との調整に基づく構造  
 物対策の実質的な管理機関となる事が期待される。

### (3) Concerned LGUs(関係自治体)

カガヤン・デ・オロ川流域の関係自治体(カガヤン・デ・オロ市、リボナ町、パウ  
 ンゴン町、タラカグ町)のそれぞれの組織構成は、Local Governmental Code of 1992  
 に基づき、ほとんど 同じような構成となっている。

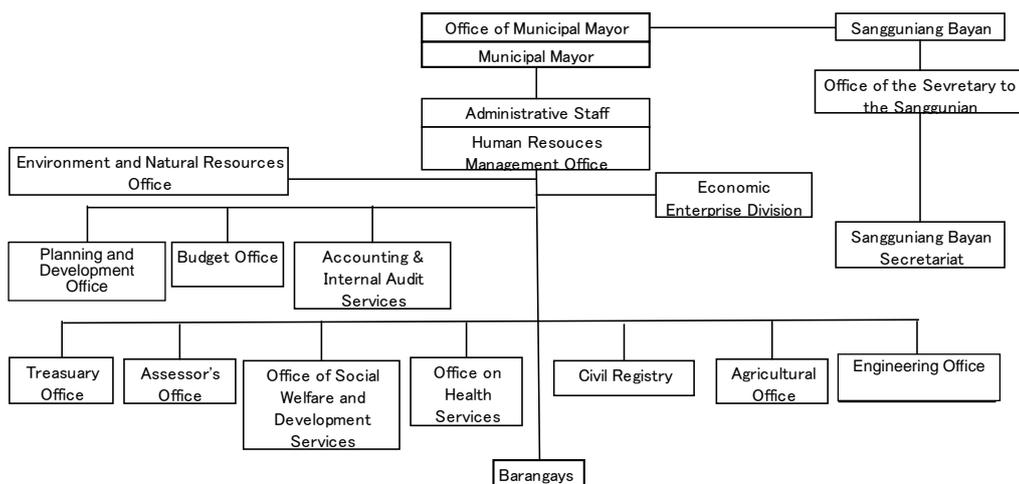
図 3.9.3 にカガヤン・デ・オロ市の現在の組織図を示す。なお、図 3.9.3 は洪水防  
 御プロジェクトに関係しない特別サービス部局は除外している。



出典: Office of Human Resources Management, Cagayan de Oro City

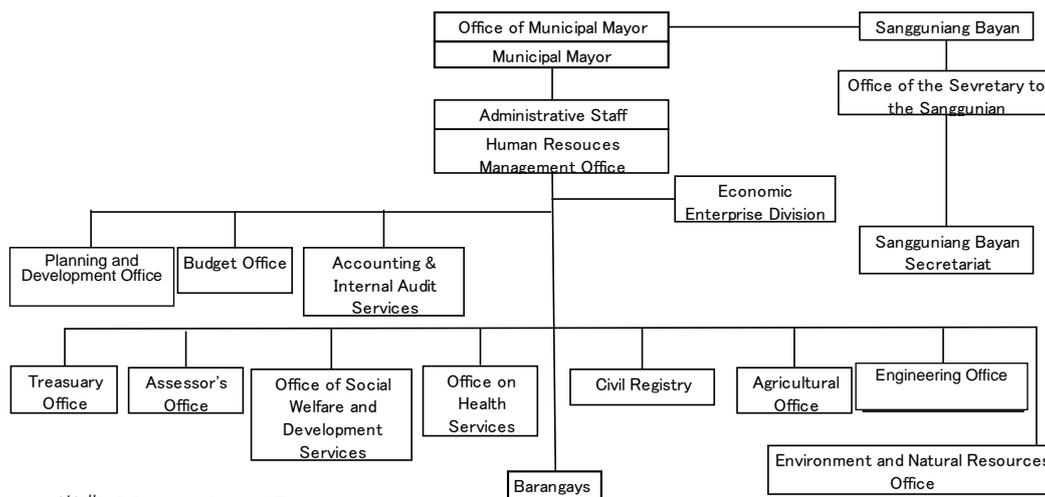
図 3.9.3 カガヤン・デ・オロ市の現在の組織図

図 3.9.4 から 3.9.6 にリボナ町、バウンゴン町、タラカグ町の現在の組織図をそれぞれ示す。



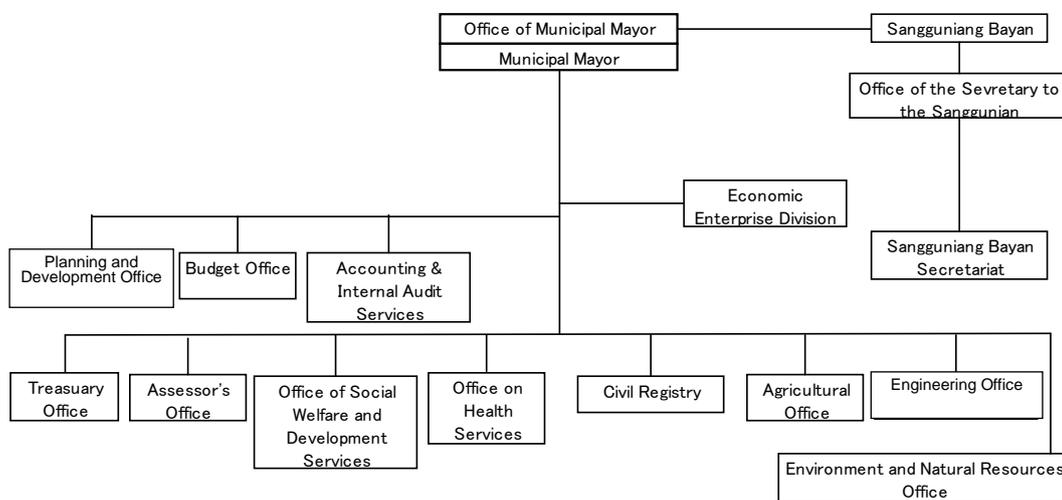
出典: Municipality of Libona

図 3.9.4 リボナ町の現在の組織図



出典: Municipality of Baungon

図 3.9.5 バウンゴン町の現在の組織図



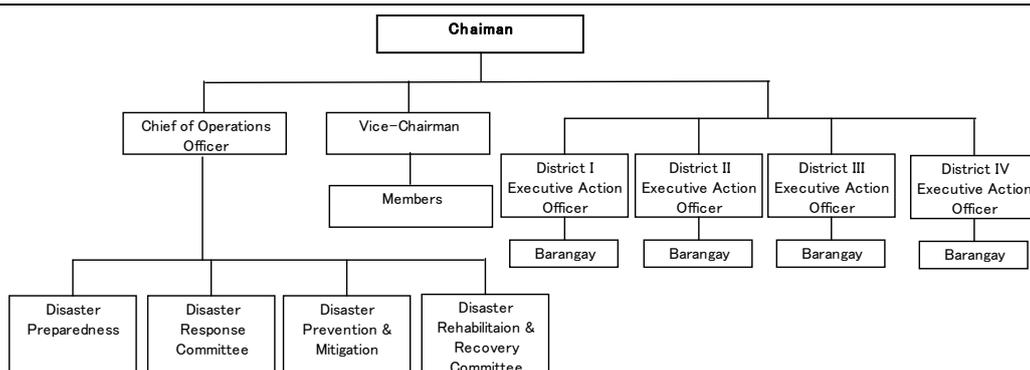
出典: Municipality of Talakag

図 3.9.6 タラカグ町の現在の組織図 タラカグ町の現在の組織図

それぞれの地方(市ならびに町)の災害リスク軽減・管理評議会(DRRMC)は、通常、特別な機関として区別・設立されている。

図 3.9.7 にカガヤン・デ・オロ市の災害リスク軽減・管理評議会(DRRMC)の最新の組織図を示す。図 3.9.7 のすべての部局は FRIMP-CDOR に係る組織である。

この組織で特筆すべきは、災害ならびに/または災難時の迅速な対応を促すために、80 あるバラングイが、4つのディストリクトに分けられ、それぞれディストリクト幹部対策職員の下に組織されている事である。



出典: Cagayan de Oro City

図 3.9.7 カガヤン・デ・オロ市の災害リスク軽減・管理評議会の組織図

各自治体の Planning and Development Office(PDO)(計画開発局)と Engineering Office(EO)(エンジニアリング局)は、それぞれ、包括的土地利用計画(CLUP)ならびに地域の開発計画を策定し、地域のインフラ事業の管理を行っている。

表 3.9.3 に関係自治体の各関係部局の現在の職員数を示す。

表 3.9.3 関係自治体の各関係部局の現在の職員数

関係自治体	職員数		合計
	PDO	EO	
Cagayan de Oro City	PDO	EO	382
	110	272	
Libona Municipality	PDO	EO	12
	5	7	
Baungon Municipality	PDO	EO	6
	3	3	
Talakag Municipality	PDO	EO	12
	7	5	

Note: These above staff includes non-permanent staff

出典: Libona Municipality, Baungon Municipality, Talakag Municipality

### 3.9.2 主要関係組織

フィリピンの洪水リスク管理ならびに本調査で提案する対策のために主に関係する組織を以下に示す。

#### (1) National Economic and Development Authority (NEDA)(国家経済開発庁)

NEDA はフィリピン国憲法で規定された国の独立した経済開発ならびに計画機関である。NEDA は外国資金による洪水リスク管理に関して、次のような主な役割がある。

- ODA 資金やプログラム計画時における事業実施計画時に、技術的な支援を通じた資源(資金・物資・人材)の配置を支援する。
- 災害(洪水)を国家ならびに地方開発計画の中で検討し、国の社会経済計画やプログラムの策定において災害時の影響を検討する。

本調査で提案する対策に関しては、NEDA は事業計画(施工実施前)段階で、特に経済財務関係について参画することになる。

(2) Office of the Civil Defense (OCD), Department of National Defense (DND) (市民防衛局、国防省)

OCD の基本的な役割は、緊急時の市民の生命・財産を守る多様な政府機関、民間セクター、市民組織の活動と機能を調整することである。

洪水リスク管理に関しては、OCD は前述した国家災害リスク軽減・管理評議会 (NDRRMC)の執行部門ならびに事務局となっている。NDRRMC は、DND 長官が議長をつとめる。

OCD は洪水リスク管理に関しては、次のような主な権限と機能を有している。

- 地方の包括的な開発計画ならびに包括的な土地利用計画(CLUP)へ、災害リスク軽減・管理対策を統合した形で包含することを促すために、関係政府機関・組織と連携して、地方の災害リスク軽減・管理計画をレビューし、評価する。
- 自治体が、地方の災害リスク軽減・管理事務所を通じて、国の基準ならびにプログラムに則って、適切に報告しているか検証する。
- 中央政府機関ならびに自治体が災害リスク・管理の妥当で適切な対策を採用し、優先対策としているか検証する。
- 自治体の総合的な能力、特に低所得者の居住する災害リスクの高い地区への必要な資源の配置に関するアドバイスならびに技術的支援を行う。

(3) River Basin Control Office (RBCO), DENR(流域管理事務所、環境天然資源省)

RBCO は DENR の下部組織であり、国の主要な流域の統合的な計画、管理、リハビリならびに整備に関する主導的な政府機関である。カガヤン・デ・オロ川流域はフィリピンの主要 18 流域のひとつであり、RBCO はカガヤン・デ・オロ流域内にプロジェクト事務所ならびに活動事務所がある。

本調査で提案する対策に関しては、RBCO は統合的な流域アプローチに基づき、非構造物対策の計画ならびに実施段階に参画する事が期待される。

DENR の RBCO 前事務局長によれば、RBCO 前事務局長と PMO-FCSEC のプロジェクト・マネージャーの間で、議論の議題が河川境界の問題を含む小規模のコンサルテーション・ミーティングが 2012 年 10 月に実施された。河川境界に関する議論の項目は、i) 土地利用規制、ii) 河川のイーズメントの特定、iii) 非合法的居住民の問題であった。しかしながら、ミーティングの議事録またはこの議論に関連した参考資料/文書は実際には残されていない。

(4) Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration (PAGASA)(フィリピン気象天文庁), DOST (科学技術省)

PAGASA は DOST の下部組織として 1972 年に設立された。PAGASA のミッションは、フィリピン全国民の安全を確保するために、効果的なツールとしての科学的な知見に基づく自然災害に対する保安を目的とした情報ならびに助言提供を行うことである。

洪水リスク管理に関しては、PAGASA の下部組織に、National Flood Mitigation

Office(NFMO: 現在は Hydrometeorology Division という名称)があり この組織が重要なフィリピンの主要流域(カガヤン・デ・オロ川流域は含まない)をカバーする洪水の予警報の運用に従事している。

本調査に関連し、PAGASA は最近、カガヤン・デ・オロ流域を含む他の主な流域における川センター(River Center)の設立ならびにモニタリング機器の設置に着手している。この River Center は地方での洪水予警報のための気象・水文のモニタリングの運用、ならびに各地域での洪水速報の準備、発令、伝達を実施する責任を有している。

本調査で提案する対策に関しては、PAGASA は洪水予警報システム(FFWS)のような非構造物対策の計画ならびに実施段階に参画する事が期待される。

(5) National Water Resources Board (NWRB) (国家水資源委員会)ならびに National Water Resources Management Office (NWRMO) (国家水資源管理事務所)

NWRB はフィリピン国における水セクターすべてに関する政策、プログラム、基準等を策定するために、一連の大統領令等の法律に基づき設立された。この一方で、この NWRB を再編成し強化するため、大統領直属の機関として NWRMO という名称の機関に統合させる提案が、2012年4月4日に大統領に提出された行政命令の発効に基づき行われた。

しかしながら、アキノ大統領は、この NWRMO を設立させる行政命令に現時点で署名していない。大統領秘書局長室は、2013年3月に、水セクターに係る政府関連機関に召集をかけ、この関係機関の代表者が出席した諸機関間ミーティングを開催した。NRWB の政策・プログラム局の計画職員によれば、このミーティングの中で、関係機関は NWRMO への最後のコメントおよび提言の提出を求められたとの事である。

(6) Office of Civil Defense (OCD)(市民防衛局)、Region X

洪水リスク管理に関しては、Region X- OCD は、Region X の地域災害リスク軽減・管理評議会(RDRRMC)の Region X 事務所として活動している。この Region X -RDRRMC は次の4つの活動とそれぞれの副議長によって構成されている。i)災害予防・軽減(副議長は DOST X 長官)、 ii)災害準備(副議長は DILG X 長官)、 iii)災害対応(副議長は DSWD X 長官)、 iv)災害復旧・復興(副議長は NEDA X 長官)。RDRRMC は、民間セクターを含めた 50 の組織の代表者から構成されている。たとえば、RDRRM は浸水水位が簡単にわかる地域住民が作成する地図の作成等、バラングイの洪水軽減活動を実際に支援している。

本調査で提案する対策に関しては、Region X- OCD は、関係自治体・バラングイで連携して行う非構造物対策の主導的な機関として、その対策の計画ならびに実施段階に参画する事が期待される。

(7) Department of Interior and Local Government (DILG)(内務自治省), Region X

一般的には、Region X-DILGは 地域社会の平和と秩序を促進し、公共の安全を確

保し、Region X の自治体の能力を強化する責務がある。

洪水リスク管理に関連して、Region X-DILGの主な現在の役割は、Region X での州、市・町を含む自治体、さらにバラングイレベルまでの特に災害準備に関する行政能力を強化する事である。Region X-DILG は、たとえば、関係自治体間(ブキドノン州、カガヤン・デ・オロ市、イリガン市、タラカグ町、リボナ町、バウンゴン町)で 2012 年に連携して実施する災害リスク軽減・管理活動の協定書(MOA)を作成した。

本調査で提案する対策に関しては、Region X-DILG は、関係自治体ならびにバラングイでの対策のコンサルテーションのような非構造物対策の計画段階において参画することが期待できる。

#### (8) Cagayan de Oro River Basin Management Council (CDORBMC) (カガヤン・デ・オロ流域管理評議会)

CDORBMC はセンドン洪水の発生前の 2010 年 11 月に、カガヤン・デ・オロ市内の限られた機関の構成で設立された。しかしながら、現在の CDORBMC の関係者委員会は、Region X-DENR、DPWH、Region X-DILG、セイビア大学のようなアカデミック機関、さらに NGOs/民間セクターを含むカガヤン・デ・オロ川の上流から下流までの関係機関が含まれている。さらに、2013 年 4 月には DPWH が関係者委員会の構成機関のひとつとなった。

本調査で提案する対策に関しては、CDORBMC は、唱道的な評議会として、非構造物対策の実施段階に参画することが期待できる。

### 3.9.3 他地域での洪水軽減委員会(FMC)の現状

各プロジェクトの中心メンバーによれば、それぞれの FMC は現在、次のような現状である。

#### (1) オルモック市の FMC

2001 年に治水プロジェクトの構造物対策の工事が完了した時点で、オルモック市政府は、DPWH から移管された構造物の維持管理の責任を持つことを承認した。市政府によって実施された具体的な維持管理活動は次のようなものであった。

- 堆積物の除去、除草、鋼材の管理、構造物の定期的な点検、劣化した構造物の修復、さらに非構造物対策としての川沿いに居住する住民に対する意識向上

この自治体(オルモック市)が検討した基本的な考えは、治水施設のモニタリングと維持管理作業を監視する中心となる調整機関を設立することであった。このような考えから、次のような主な責務とする FMC が設立された。

- 維持管理の予算確保
- 災害時や他の洪水時に発生した被害規模の評価とそのために実施されるべき適切な補修と復旧工事を DPWH 等の関連機関に提言する。
- 維持管理、補修および復旧工事の進捗を監理する。

- 改修工事を実施した2河川(Anilao川、Malbasag川)に関する技術的、構造的ならびに社会的なものも含めた全活動において、主導的な役割を果たす調整機関・委員会として活動する。
- 2河川(Anilao川、Malbasag川)における河川改善施設のための定期的なモニタリング活動を実施する。
- 不法構造物(施設)および不法居住者の占有の管理
- 水防活動の奨励
- 全ての関連する機関に対し、適切な定期的維持管理活動の情報とその必要な活動の提言を行う。
- 実施された全ての関連活動のデータを収集し維持する。

上記の主な責務は、現在、FMCにより実施されており、このFMCの活動資金(年間約200万フィリピンペソ)は継続して12年間、提供されてきた。

安定したFMCの活動資金と、関係自治体がオルモック市ひとつであったというシンプルなFMCの組織構成により、問題への迅速な対応が出来た事がオルモック市でのFMCが概ね成功している大きな要因と考えられる。

上記の2河川の継続した維持管理活動が高く評価されている。たとえば、2013年4月には、フィリピン国の自国資金約98百万ペソによる大規模な河道維持のための堆積土砂搬出事業がRegion Office管理の下で開始されている。

## (2) Iloilo川流域でのFMC

Iloilo川流域では、洪水対策事業は2006年からのJICAの資金支援により、DPWHによって実施された。この事業の現在の概要は次のようである。

- 洪水対策事業の主なものは河川改修と放水路およびイロイロ市の主な排水路の建設
- 事業の構造物対策の詳細設計は1999年3月に開始され、2000年6月に完了した。
- 詳細設計のレビューと事業の入札を含む構造物対策の工事は、2002年10月に開始され、2012年4月に完了した。

この事業の構造物対策の工事は、DPWHが実施し、工事完了後の維持管理はDPWH、イロイロ市、ならびにパヴィア町がそれぞれ責任を持つことになった。この関係機関の責任範囲を明確にするために、関係機関の間で協定書(MOA)の準備が進められたが、この協定書(MOA)は現在も締結されていない。

さらに、DPWHは、協定書と構造物の維持管理を現実的なものとするために、2011年にFMCを提案した。しかしながら、FMCの設立はイロイロ市とパヴィア町の間で検討中となっている。

一方で、イロイロ川再生委員会(イロイロ川流域委員会)において、JICAの資金支援によりDPWHによって建設されたイロイロ川沿いの堤防の適切な維持管理について、協議が進展していると報告されている。

なお、イロイロ市での洪水リスク管理に関しては、日本の横浜市の草の根無償による組織能力強化プロジェクトが実施され、さらに CBDRRM(コミュニティ・ベースド・災害リスク軽減管理)が実施されている。

### (3) Pasig-Marikina 川流域での FMC

Pasig-Marikina 川流域では、洪水対策事業は JICA の資金援助により、DPWH によって実施されている。この事業の現在の概要は以下のとおりである。

- この事業は 1990 年代後半に完了した Pasig-Marikina 川での洪水対策の改訂マスタープランならびにフィージビリティスタディに基づき 3 つのフェーズに分け実施されてきている。
- フェーズ III の詳細設計を実施済。
- フェーズ III の主な事業内容は JICA 準備調査で提案された河川改修と非構造物対策を含む。
- フェーズ III の構造物対策の詳細設計は 2012 年 4 月に開始され、2012 年 12 月に終了。
- その後、本体工事の入札に 1 年かかり、その後工事が 3 年間の予定。

Pasig-Marikina 川流域での FMC は、現在の次のような状況にある。

最近になって、FMC の設立の協定書(MOA)のドラフトに対する全部の関係機関(全体で 10 機関)からのコメントが提出された。現在、関係機関によるこの協定書の締結がなされる状況にある。

2012 年 12 月 6 日、次の議事次第で関係機関による第 1 回 FMC 会議が開催された。

- 洪水対策事業の概要説明
- 提案された FMC の概要説明
- フェーズ III の詳細設計段階でのインフォメーション・キャンペーンならびに広報の報告
- 治水必要地域(Flood Control Area)に関するディスカッション

しかしながら、この第 1 回 FMC 会議は、実際には、関係機関の協定書(MOA)締結を促す会議となっている。その後、この協定書は、さまざまなコメントや調整で修正され、2013 年 1 月 24 日に関係機関の間で合意された。

この協定書は、フィリピンの公的合意書の中で大きな成果のひとつと言える。そして準備段階から FMC に関して十分議論することが重要であった。この合意書は、実際に 3 つの政府中央機関: i) DPWH, ii) MMDA, iii) PRRC (パッシング川再生委員会)、ならびに 7 つの関係自治体(マニラ市、マカティ市、マンダロン市、パッシング市、ケソン市、マリキナ市、サンフォアン市)の多様な関係機関の間で締結されたものであった。

## 第4章 マスタープラン

### 4.1 マスタープランへのアプローチ

#### 4.1.1 概要

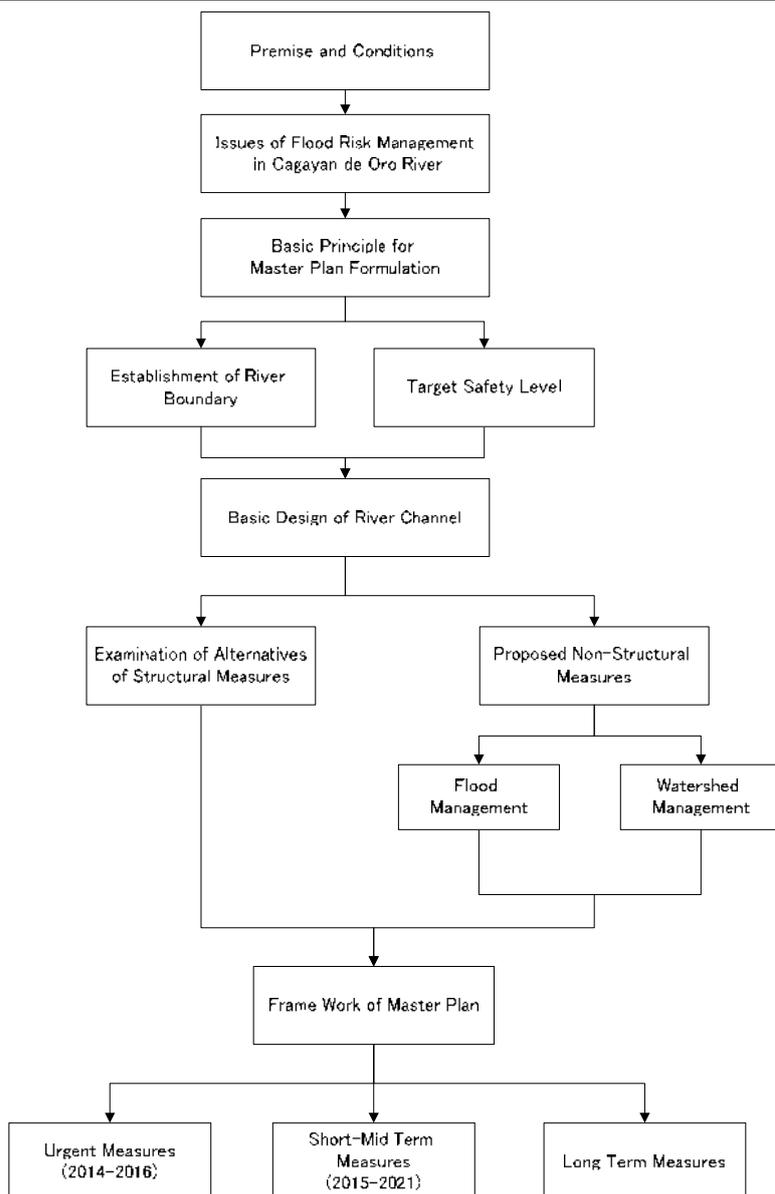
カガヤン・デ・オロ川は、ミンダナオ島の中央北部を流域とする河川の一つである。流域は、南側を Kalatungan 山、東側を Kitanglad 山、西側は名称不明の山々に囲まれている。カガヤン・デ・オロ川は、Bukidnon州中央部に位置する Kalatungan 山脈に源を發して、Talakag, Baungon と Libona町を通過して、Misamis Oriental州内に位置するカガヤン・デ・オロ市の Macajalar 湾に注ぐ。

カガヤン・デ・オロ川は、北ミンダナオで最も高度に都市化したカガヤン・デ・オロ市を貫流しているが、同市はミンダナオ島内や州内の重要な位置を占めているにもかかわらず、部分的な堤防を除いては、殆ど治水対策が講じられていなかった。

このような状況下で生じた 2009 年 1 月 3 日の洪水被害を受けて、DPWH は、マスタープラン(M/P)調査及びフィージビリティ調査(F/S)を、2011 年 6 月に自国予算にて実施した。同マスタープラン調査においては、計画目標年を 2035 年、治水安全度を 25 年としている。

上記 M/P と F/S が実施されたのちの 2011 年 12 月には、熱帯暴風雨センドン(以下「センドン」という)が北部ミンダナオ地域を中心に直撃し、被災者数 117 万人、死者 1,250 人という甚大な被害をもたらした。センドンによる被害の大きかった都市のひとつが、人口約 60 万人を抱えるカガヤン・デ・オロ市である。50 年超過確率洪水以上といわれるセンドンでの洪水被害によって自然・社会状況が大きく変化している事から、既往 M/P、F/S 調査の見直しが急務となり、フィリピン国洪水リスク管理事業(カガヤン・デ・オロ川)が形成されることとなった。

次図に、カガヤン・デ・オロ川流域の洪水リスク管理マスタープランの検討フローを示す。本マスタープランは、構造物対策と非構造物対策からなり、緊急、短・中期、長期対策を提案している。



出典: JICA 調査団

図 4.1.1 マスタープランの検討フロー

#### 4.1.2 マスタープランの計画条件

##### (1) 対象地域

本マスタープランの対象地域は、流域面積 1,364 km<sup>2</sup> のカガヤン・デ・オロ川流域全域である。流域内は農業が土地利用の主たるものであり、カガヤン・デ・オロ市を除いては地域の第一の主要産業である。一方、ミサミス・オリエンタル州の州都であり、中心であるカガヤン・デ・オロ市の主要産業は商業である。

カガヤン・デ・オロ川は、源流から河口まで 97 km あり、主たる支流は流域東側山岳地域を源とする Tumalaong 川と Bubunawan 川である。

##### (2) 計画目標年

計画目標年は、2009 年策定のマスタープランと同じく 2035 年とする。2035 年は、

2011年から始まるフィリピン国家中期開発計画の第4期終了の1年後に相当する。

### (3) 土地利用

カガヤン・デ・オロ市の既存の土地利用計画は、センドン洪水による被害を考慮して、現在、総合土地利用計画として更新作業がなされている(2013年12月現在)。その中でカガヤン・デ・オロ川沿いに7つの「非居住地域」を設定し、今後の土地利用計画に反映することを検討しており、その移転事業を始めている。一方、DENR は、危険地域と河川区域を示す地図を作成しつつあり、そのなかには、DPWHによって設定された「河川境界」が盛り込まれるべきである。

#### 4.1.3 カガヤン・デ・オロ川の洪水(被害)の特性と課題

本マスタープランの対象地域は、カガヤン・デ・オロ川流域全域である。

カガヤン・デ・オロ川の下流に位置するカガヤン・デ・オロ市(人口約60万人)では、従来の洪水対策(構造物/非構造物対策)が十分でなく、近年、連続して洪水被害を被っている。カガヤン・デ・オロ川流域では、過去に1916年、1957年、1982年、1998年、及び2009年に大規模な洪水が記録されている。また、2011年12月にセンドン、2012年12月にパブロが流域に上陸し、広範囲に亘る洪水被害を引き起こした。

特に、センドンによる洪水は都市中心部に壊滅的な被害、人的被害をもたらした。このため、カガヤン・デ・オロ川の洪水対策は、フィリピン国政府および同地域における喫緊の課題となっている

下表に基礎調査から得られたカガヤン・デ・オロ川の洪水特性と課題を整理して示す。

表 4.1.1 カガヤン・デ・オロ川の洪水特性と課題

洪水特性	課題
フラッシュフラッド	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 警報、避難のリードタイムが短い。</li> <li>◆ 洪水発生後の避難が困難</li> <li>◆ 夜間時の対応が必要となる場合がある。</li> <li>◆ 一方で、高水位の継続時間は短い。</li> </ul>
近年の超過洪水の発生	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 現況河道の治水レベルが2-5年確率洪水規模であり、かつ不連続堤であるため、大出水を安全に流下させることができない。</li> <li>◆ 超過洪水発生時は河川周辺部の浸水深が高く、極めて洪水リスクが高い。</li> <li>◆ 一部橋梁では、超過洪水時に高水位が橋桁に達する可能性があり、余裕高がなく落橋の危険性がある。</li> </ul>
沖積デルタ上の洪水(地形上の特性)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 比較的速い流速で、狭い氾濫原を洪水が流下する。</li> <li>◆ 外力(流速)が強く、人的避難に不利な状況。</li> <li>◆ 強い外力により、構造物の被害が激しく、高床式の簡易住居等では耐えきれない。</li> </ul>
内水問題の頻発	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 不連続堤で樋門がなく、河川の背水影響を受ける。</li> <li>◆ 市内排水路の整備が不十分である。</li> </ul>
河川沿いの住民、住居の洪水被害	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 河川沿いの居住者の人的被害リスクが高い。</li> <li>◆ 河川沿いの建築物による河積の減少。</li> </ul>

出典: JICA 調査団

#### 4.1.4 洪水リスク管理マスタープラン策定の基本方針

カガヤン・デ・オロ川の洪水リスク管理対策マスタープラン策定に向けて、以下の6つの基本方針を設定する。

- (1) 国家開発計画(2011-2016)における洪水リスク軽減対策方針との整合
- (2) 総合治水対策の知見を取り入れた施設計画の策定
- (3) 気候変動等に対応した政策の、洪水対策施設の計画や設計への組み込み
- (4) 構造物対策・非構造物対策両面からの災害リスク軽減・管理の実施
- (5) 自然・社会環境に配慮した洪水被害緩和策の検討
- (6) 河川境界に関する検討(土地利用規制、危険地域の居住制限)

## 4.2 河川境界

### 4.2.1 概説

2011年12月熱帯暴風雨センドン時の洪水は、2009年にDENRが河岸沿いの洪水頻発区域の危険性提言をしていたにもかかわらず、北部ミンダナオ地域に深刻な被害をもたらした。特に高水敷の多数の住民、家屋を流失させ、このような区域を居住区とすることが極めて危険であることを、改めて思い知らせる結果となった。このような被害の再発を防止するため、フィリピン国政府は洪水リスクの高い区域の居住を禁じることを方針として検討を進めている。

既存マスタープランでは、河川用地や河川境界について検討はなされず、明確に指定されていない。よって、本調査における用地取得・住民移転計画は、新たに設定される河川用地や河川保全地域を参照して策定されることになる。

そこで、下記を目的として、カガヤン・デ・オロ川下流の河川境界設定の検討を行った。

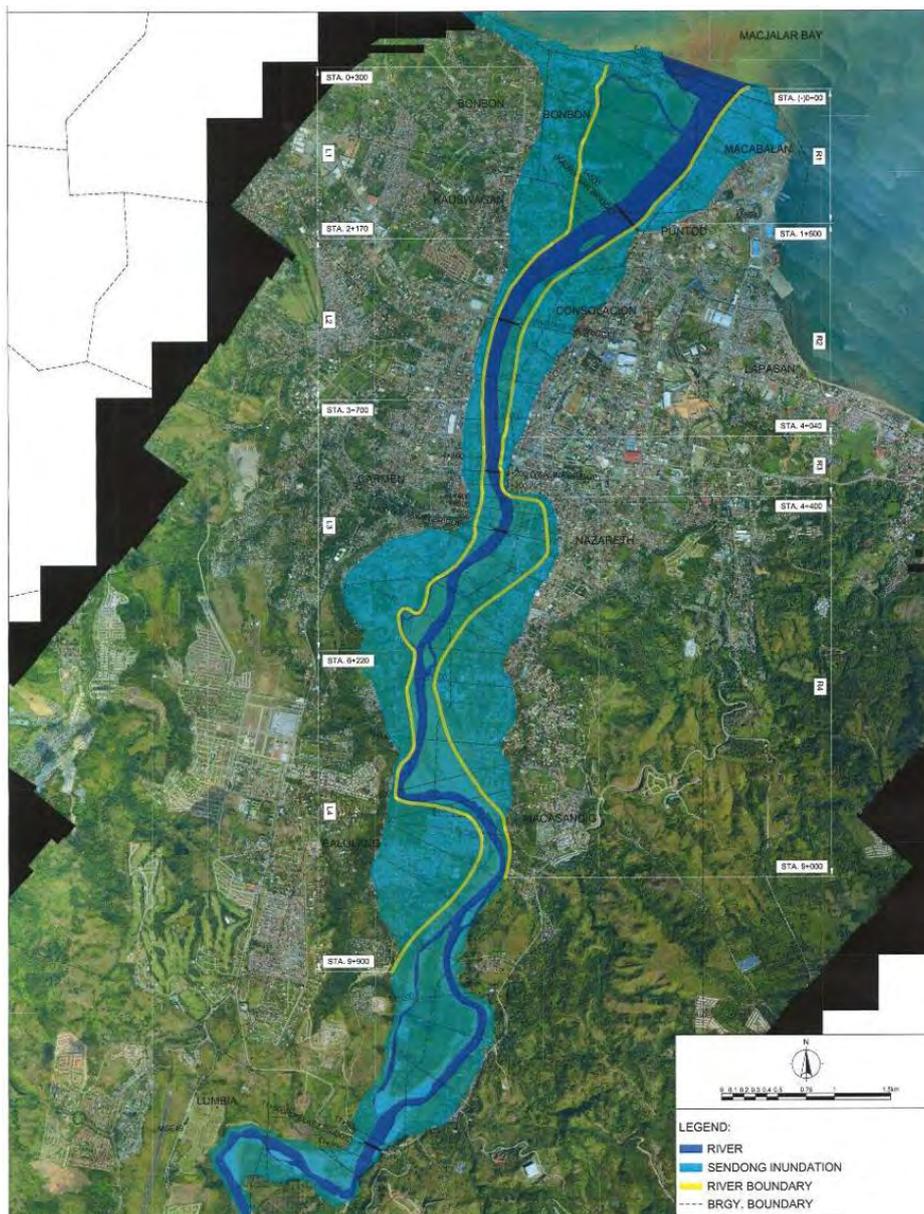
河道法線を定め、河川用地、地役権設定地(Easement)の範囲を明確に定める。

これにより、i) 洪水を安全に流下させるために必要な土地を確保するとともに、ii) 洪水危険地域の再定住を禁じ、iii) 洪水流の流下に支障となる河川内の土地利用開発を抑制し、iv) 河川構造物(堤防、高水敷、護岸、樋門など)の建設に必要な土地を確保する。

この方策により、洪水による人的被害、資産、建築物、公共物への被害等の洪水リスクを低減し、地域の開発・街の発展、人々の安心・安全な生活に寄与する。

### 4.2.2 河川境界の設定

カガヤン・デ・オロ川沿いの河川境界は、i) 既存のマスタープランにおける河道法線、ii) 既存の地籍図の河川用地、iii) 現況河川沿いの土地利用政策(No-Build Zone)、iv) 河道地形、v) 平面河道形状の変遷、に関わる資料の分析を行い、氾濫解析と洪水リスク評価結果をもとに設定された。設定された河川境界図を図4.2.1に示す。



出典: JICA 調査団

図 4.2.1 カガヤン・デ・オロ川の河川境界図

#### 4.2.3 河川境界と洪水リスクレベル

カガヤン・デ・オロ川流域の洪水特性は、人的被害を拡大させる要素を含んでいる。本検討では、洪水発生時における住民の避難の可否に着目した指標を採用して、洪水危険度を評価する。本検討では、世銀の「メトロマニラ首都圏洪水対策マスタープラン調査」を参照し、洪水リスクを、浸水深毎に下記の4区分に分けて評価した。リスクレベル4の区域は、浸水深が5 m以上になり、2階建て家屋の屋根を水位が超えて、全ての住民が逃げ場を失い、甚大な人的被害を受けてしまう区域である。リスクレベル3の区域は、浸水深が2 mから5 mで2階建ての屋根に避難できる区域、リスクレベル2の区域では、浸水深が0.5 mから2.0 m、レベル1では浸水深が0.5 m以下となっている。

洪水リスクレベル評価の結果より、洪水リスクレベル4の地域を「河川用地」と

みなし、河川境界はその陸側に設定されている。洪水リスクレベル4の地域は洪水時に住民の避難が極めて困難となり、避難可能な安全な場所を失ってしまい、近年の洪水時に立て続けに深刻な被害を受けた地域である。

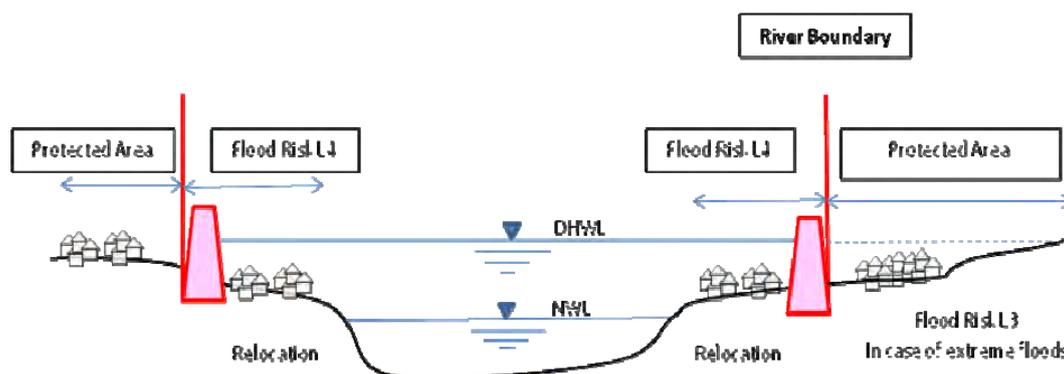
表 4.2.1 洪水リスクレベルの評価指標

Flood Risk Level	Risk	Inundation Depth (D)	Remarks
Level 4	Very High	5.0 m < D	Very difficult to evacuate, lose the safety place in their ouse during flood event
Level 3	High	2.0 < D ≤ 5.0 m	The safety place during flood is only roof area in case of a two-story house.
Level 2	Meddium	0.5 < D ≤ 2.0 m	In case of a single-story house, the safety place during flood is only roof area.
Level 1	Low	D ≤ 0.5m	People can evacuate to evacuation places by themselves during flood event

Source: World Bank Flood Management Master Plan for Metro Manila and Surrounding Areas (2010)

上述したように洪水リスクレベル4の地域は、砂州や高水敷、旧河道に位置し、毎年洪水で冠水するような洪水常襲域であり、そもそも人が安全に住めるような場所ではない。従って、河川用地として定義し、洪水の安全な流下に必要な河道を確保するとともに、洪水危険地域の再定住を禁止し、そこでの建築を規制することが強く望まれる。本検討の洪水リスク管理の基本概念は、レベル4と3の間に河川境界を設定し、リスクレベル4地域の居住者は、全て安全な土地に移転させ、リスクレベル1から3の地域を守るべきエリアとして設定するものである。この概念を図4.2.2に示す。

センドン洪水のような超過洪水が発生し、万一破堤等が生じた場合でも、リスクレベル1から3の地域では洪水予警報や避難支援システムを構築すれば、避難により甚大な人的被害を免れることが可能であり、潜在的な洪水リスクは大きく低減される。



出典: JICA 調査団

図 4.2.2 河川境界の設定概念図

### 4.3 計画規模

#### 4.3.1 マスタープランの計画規模

治水事業の高基準化に関する DPWH 長官が発出したメモランダムにしたがって、マスタープランの計画規模は、センドン時洪水に相当する北ミンダナオの既往最大洪水流量と同等とする。センドン時洪水ピーク流量は50年超過確率規模相当の

洪水流量である。

#### 4.3.2 優先事業の目標とする計画規模

2011年に策定された既存のマスタープラン、フィージビリティスタディは、25年超過確率規模を最適な計画規模として採用している。しかし、センドンは、約50年超過確率規模の洪水をもたらしたと評価されており、既存のマスタープラン、フィージビリティスタディの計画規模を超えている。

マスタープランで提案される長期計画の計画規模は、センドン時洪水に相当する50年超過確率規模とし、上述したDPWH長官通達による設計規模の高基準化、将来の気候変動の適応性を考慮する。

一方、フィージビリティ調査の対象となるカガヤン・デ・オロ川の下流河川区間の工事実施計画においては、必要以上に高い計画規模を設定することは妥当ではない。現況の河道通水能力や河川幅、計画水位設定における制約、他の主要河川の計画規模との整合性、上流のダム計画の存在等の理由から、25年超過確率規模を計画規模に設定する。

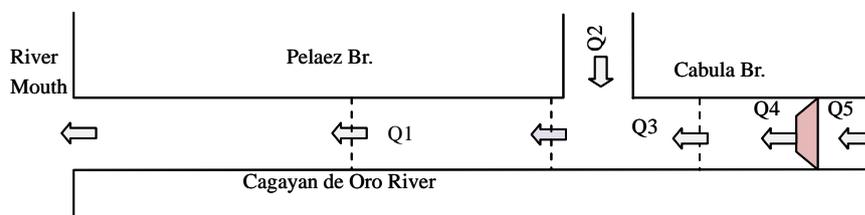
以上より、各計画の水準ごとに以下の計画規模を設定した。

- a) マスタープランの計画規模: センドンクラス(50年超過確率相当)
- b) 優先事業の目標とする計画規模: 25年超過確率規模

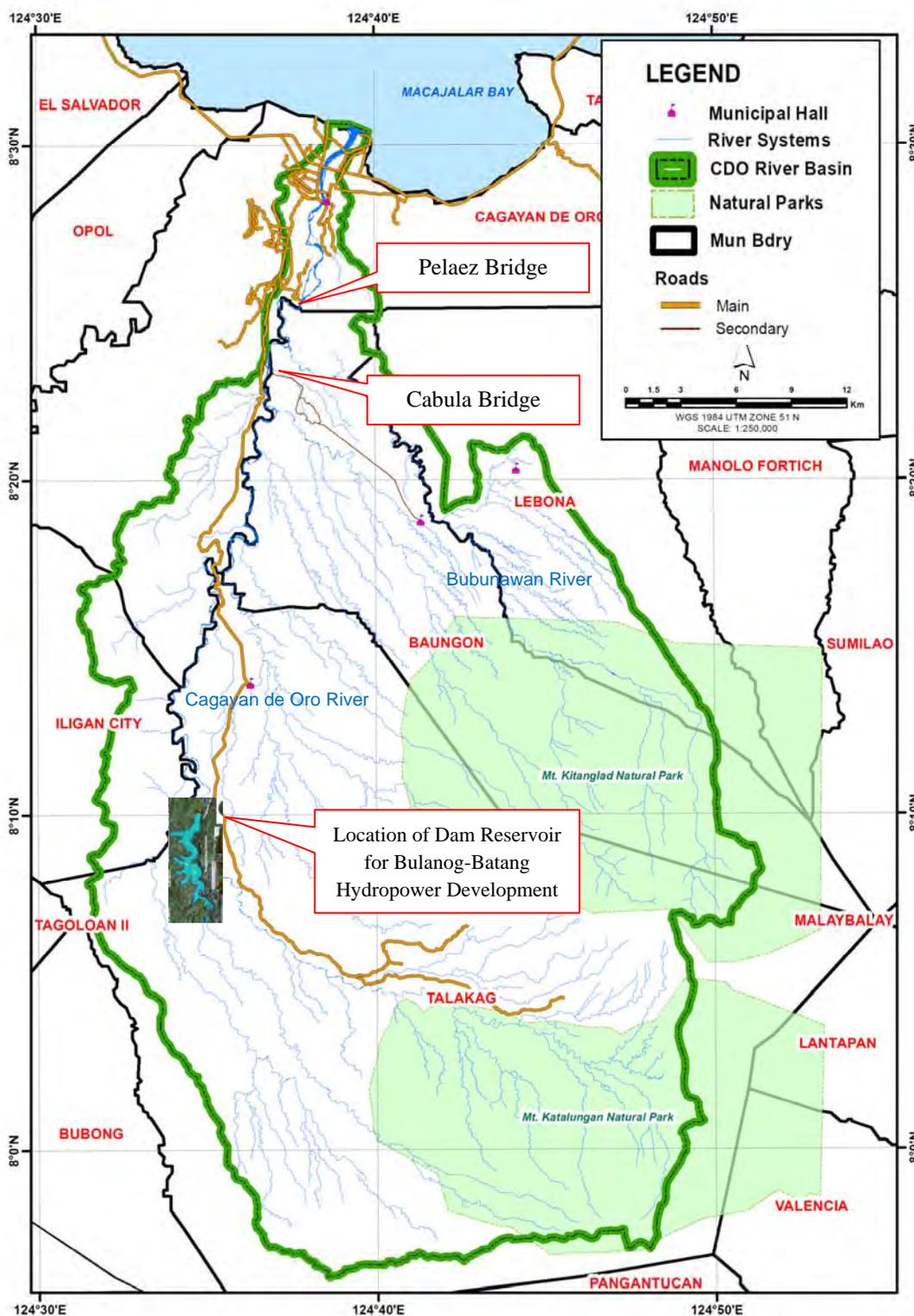
上流域のダム計画がある場合、ない場合の各ケースにおける計画流量を下表に示す。カガヤン・デ・オロ川の下流河川区間は25年超過確率規模の洪水流量で整備が計画されているが、その後、長期計画で提案されるダムが完成することにより、計画規模は50年超過確率規模まで引き上げられる。

表 4.3.1 計画流量配分

Return Period	Case	Pelaez Bridge (Q1)	Bubunawan River (Q2)	Cabula Bridge (upstream of Bubunawan Conf.) (Q3)	Proposed Dam Site (Q4)	Proposed Dam Site (Q5)
25-year	Without Dam	3,300 m <sup>3</sup> /s	600 m <sup>3</sup> /s	2,700 m <sup>3</sup> /s	-	-
Sendong Scale	Without Dam	5,000 m <sup>3</sup> /s	900 m <sup>3</sup> /s	4,100 m <sup>3</sup> /s	-	-
	With Dam	3,300 m <sup>3</sup> /s	900 m <sup>3</sup> /s	2,400 m <sup>3</sup> /s	1,000 m <sup>3</sup> /s	2,700 m <sup>3</sup> /s



出典: JICA 調査団



出典: JICA 調査団

図 4.3.1 ペラエス橋、カブラ橋、ブブナワン川ならびに既存ダム計画地点位置図

#### 4.4 河道の基本設計

##### (1) 河道平面計画

カガヤン・デ・オロ川は、ミサミス・オリエンタル州の中心都市であるカガヤン・デ・オロ市市街地を南から北へ貫流して流れている。下流付近は、流域の開発が

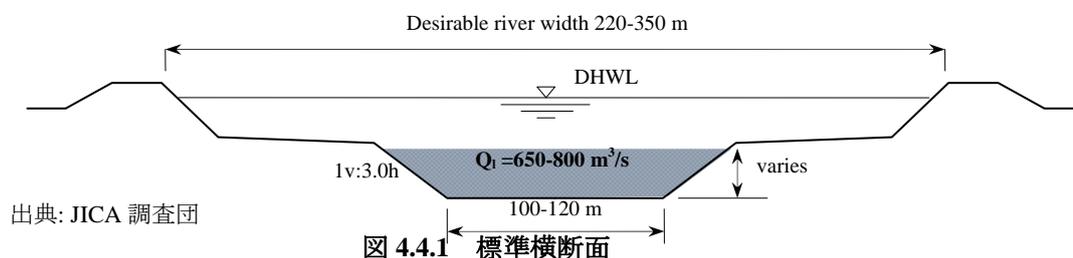
進んでおり、現時点では新設放水路の建設は考えられない。河道平面計画は、現河道に沿った線形を基本とする。

## (2) 標準横断面

カガヤン・デ・オロ川下流の川幅は 100 m～270 m であり、河川湾曲部や蛇行部では砂州や高水敷の広がる断面を有している。また、流域の地形や水文気象の特性から常時と出水時の流量比が大きい。よって、低水路、高水路をもった複断面水路を基本として計画する。

### 1) 低水路断面

低水路断面は、現況地形、浚渫作業を考慮して、法面 1:3.0、高さ 5.0 m とし、標準部では底幅 120 m、狭窄部では底幅 100 m を採用する。検討結果より、低水路の通水能力は  $650 \text{ m}^3/\text{s} \sim 800 \text{ m}^3/\text{s}$  で、2年確率洪水相当を安全に流すことができる。



### 2) 高水路断面

前節で述べたカガヤン・デ・オロ川の計画洪水流量  $3,300 \text{ m}^3/\text{s}$  に対する必要川幅は 220 m～360 m である。高水路断面は、区間ごとに地形、土地利用、洪水氾濫の危険度を考慮して、左右岸それぞれについて幅を設定する。

## (3) 河川縦断線形

2009 年の F/S 実施時ならびに本調査で 2012 年、2013 年に測量された河床縦断図がある。本調査では洪水対策のため計画河床を定めて、河道浚渫・掘削することは計画しないが、現地の聞き取り調査からカガヤン・デ・オロ川河口と河川下流部で土砂が堆積する傾向にあり、将来、大量の堆砂が生じた場合、下流域で堆砂の維持管理浚渫を提案することが考えられる。

## (4) 計画高水位の設定

計画高水位は、2012 年に本調査で実施した測量データに基づく不等流計算結果ならびに以下の点を考慮して設定する。

- 横断データ: 本調査測量結果
- 計画高水流量:  $3,300 \text{ m}^3/\text{s}$
- 下流端水位: 平均朔望満潮面 +1.01 m above MSL
- 下流部の計画高水位は、既往観測高潮位+1.34 m above MSL を下回らないように設定する。
- 計画高水位は、不等流計算から得られた計算水位を下回らず、包絡するよう設定する。

- 計画高水位は、橋梁地点の河川水位の制約、既往の洪水位、超過洪水に対するリスク、周辺部の土地利用、環境面を考慮して設定する。

表 4.4.1 計画高水位

Station	Design High Water Level	Gradient of DHWL
Sta.0+000	+1.34 m (HHWL) +2.50 m	1/1200
Sta8+000	+9.17m	1/350
Sta.10+000	+14.88m	

出典: JICA 調査団

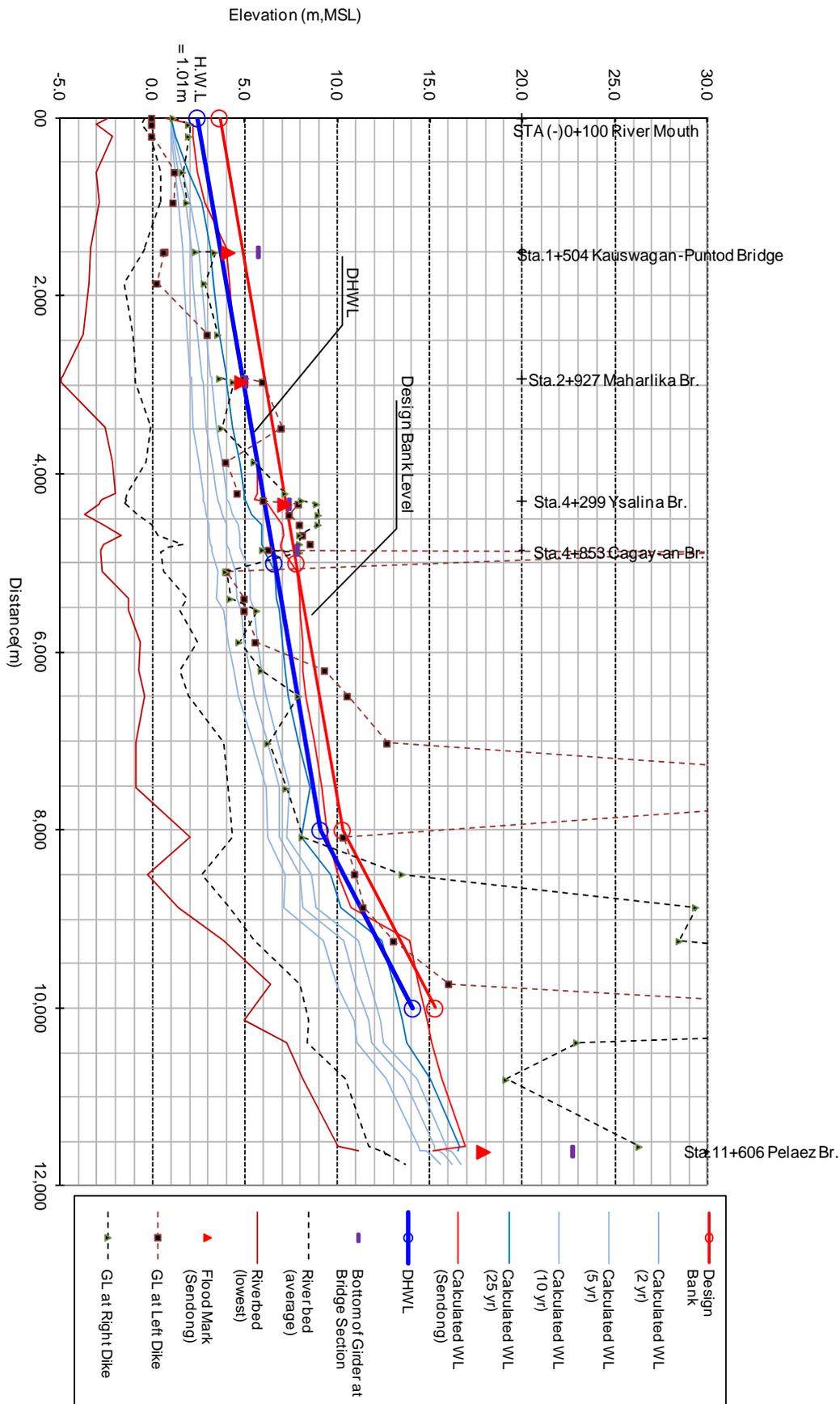
(5) 計画堤防天端高と余裕高

計画堤防天端高は、計画高水位に所要の余裕高を考慮して設定する。所要の余裕高は、以下に示す DPWH の設計ガイドラインを参照し、計画高水流量 3,300 m<sup>3</sup>/s に対応する 1.2 m を適用する。

表 4.4.2 計画高水流量と所要余裕高

Design flood discharge (m <sup>3</sup> /s)	Minimum Required Freeboard (m)
Less than 200	0.6
200 and up to 500	0.8
500 and up to 2,000	1.0
2,000 and up to 5,000	1.2
5,000 and up to 10,000	1.5
10,000 and over	2.0

出典: Manual on Design of Flood Control Structures, DPWH



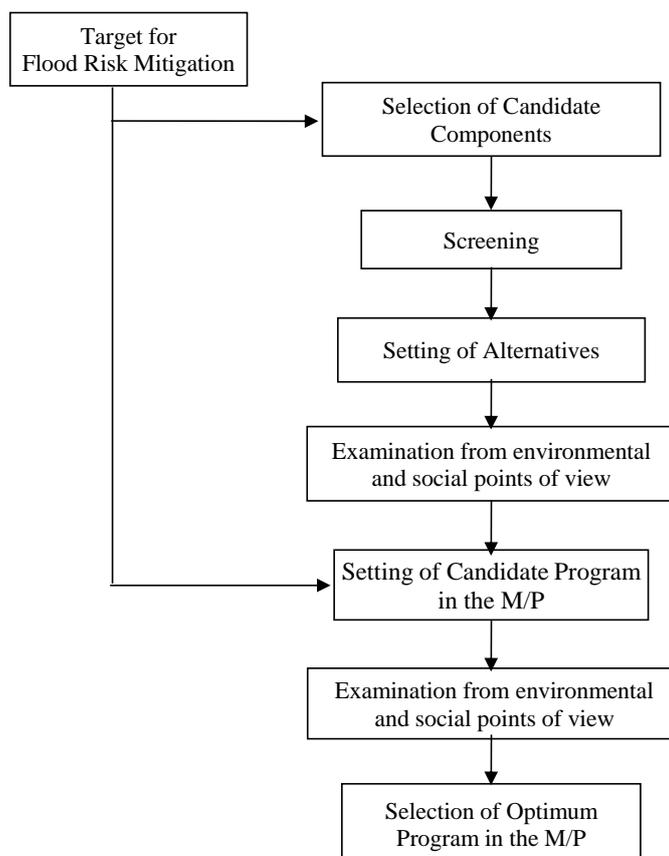
出典: JICA 調査団

図 4.4.2 カガヤン・デ・オロ川の計画縦断面図

## 4.5 構造物対策代替案の検討

### 4.5.1 代替案検討の手順

マスタープランにおける最適な対策を選定し、その妥当性を確認することを目的として、構造物対策の代替案検討を行う。検討の手順は図 4.5.1 に示すとおりである。洪水リスク管理の基本方針に基づいて、構造物対策の候補となるコンポーネントを選定する。選定したコンポーネントに対し、洪水リスク管理に効果的に資するか否かという観点から 1 次スクリーニングを行う。次に、M/P に採用すべきコンポーネントやプログラムの代替案を設定し、技術的側面および必要なコストを含め、環境社会配慮の観点から検討を加える。そして最後に、M/P において採用すべき最適な対策を選定する。



出典: JICA 調査団

図 4.5.1 M/P における代替案検討の手順

また、環境社会配慮の側面からの代替案の検討は以下の視点で実施する。

- 自然環境項目: 保護区、生態系(陸生動植物および水生生物)、水象、地形・地質
- 公害項目: 大気質、水質、騒音・振動、廃棄物、土壌汚染、地盤沈下、悪臭、底質および交通
- 社会環境項目: 住民移転、貧困層、先住民族、地域経済/生計、土地利用、水利用、既存の社会インフラ、社会組織、便益と被害の偏在、利害対立、文化遺産、景観、ジェンダー/社会的弱者、子どもの権利、HIV/AIDS、および労働環境

環境への負の影響の大きさに関する代替案間の比較は、上記の項目のうちプロジェクトに深く関係している指標を選定して実施する。具体的には、住民移転、既存の社会インフラ(移転が必要な公共施設の数)、廃棄物の発生量、公害発生(騒音、大気汚染等)の大きさ、建設工事に伴う付加交通量、生物生育・生息区域の攪乱等を指標とした。

#### 4.5.2 代替案の設定

##### (1) 洪水リスク軽減のための基本的方針

カガヤン・デ・オロ川の洪水リスクを軽減する本プロジェクトの最終目標は、以下に示す洪水リスク管理の基本方針に基づき達成されるものである。

- 1) 河川の流下能力の増加
- 2) 洪水流入量の調節
- 3) 洪水処理能力の増加
- 4) 流域の流出調整機能の増加
- 5) 洪水危険区域からの退避

##### (2) 候補となるコンポーネントの1次スクリーニング

上述の基本方針を実現するための具体的な洪水リスク低減対策案として、表 4.5.1 に示すものが挙げられる。これらの対策に対し、カガヤン・デ・オロ川の流域・洪水特性と課題を勘案し、同流域の適合性を判断するため一次スクリーニングを実施した。評価指標には、災害リスク管理面・気候変動への適用性、自然・社会環境面、維持管理・組織法制度面、建設費用を適用した。1次スクリーニングの詳細を表 4.5.2 に示す。

表 4.5.1 候補となる代替案の選定

No.	洪水リスク軽減の基本方針	候補となる代替案	対象地域	実施時期	1次スクリーニング結果
1	河川の流下能力の増加	1-a 築堤、洪水擁壁の建設	下流	短・中期	(○: 採用) 洪水対策施設のM/P基本代替案として検討する。
		1-b 既設関連河川構造物の修復・改良	下流	緊急	1-aの補完的対策と位置付ける。
		1-c 河道の浚渫・掘削	下流	短・中期	1-aの補完的対策とし、維持管理対策として実施することを推奨する。
2	洪水流入量の調節	2-a 洪水調節ダムの建設	中・上流	長期	(○: 採用) 洪水対策施設のM/P基本代替案のとして検討する。
		2-b 遊水地の整備	中・下流	短・中期	1-aの補完的対策と位置付ける。
		2-c 流域保全対策の実施	上流	長期	非構造物対策として検討する。
3	洪水処理能力の増加	3-a 放水路の建設	下流	長期	(○: 採用) 洪水対策施設のM/P基本代替案のとして検討する。
4	流域の流出調整機能の増加	4-a 雨水貯留、浸透施設の整備	下流	短・中期	(×: 不採用) 治水効果が限定的であり、優先順位が低い。
		4-b 排水路整備・改修、樋門・樋管の整備	下流	短・中期	1-aの補完的対策と位置付ける。
		4-c 排水機場(ポンプ場)の建設	下流	長期	(×: 不採用) 治水効果が限定的であり、優先順位が低い。
5	洪水危険区域からの退避	5-a 洪水危険区域からの居住地の移転	下流	短・中期	非構造物対策として検討する。
		5-b 洪水予警報システムの整備	全流域	短・中期	非構造物対策として検討する。
		5-c 洪水に対する防災能力強化	全流域	短・中期	非構造物対策として検討する。
		5-d 避難所・避難路の整備	全流域	短・中期	非構造物対策として検討する。

出典: JICA 調査団

1次スクリーニングの結果、次に示す3つの対策を採択することとした。

- カガヤン・デ・オロ川流域の下流区域を対象として河川改修を実施する対策。  
前述した河道の流下能力の増大、河岸の防御に寄与する。
- カガヤン・デ・オロ川の中上流域に洪水調節ダムを設置する対策。  
流域からの流出抑制に寄与し、カガヤン・デ・オロ市の洪水リスクを軽減する。
- カガヤン・デ・オロ川下流都市域の上流側において、洪水流を迂回させる放水路を建設する対策。

河道における流下能力の増大に寄与する。地形条件に基づく、Ysalina 橋と Kagayan 橋の間の右岸側から分流して、カガヤン・デ・オロ市東部の地域を通り抜け Macajalar 湾へ抜ける放水路線形となる。

流域管理 (2-c 流域保全対策) は、カガヤン・デ・オロ川流域の上流域において、農業と植林や森林再生を組み合わせることにより、小規模から中規模の洪水の流出を遅延させる効果がある。森林再生は、降雨の初期段階で流域の保水能力を高める効果がある。すなわち、対策を実施する区域とそのタイミングを最適化し、維持管理を適切に行うことができれば、降雨の初期段階において洪水流出を遅らす効果が期待できる。しかしながら、効果を定量的に予測することが難しく、また一般的に効果が現れるまでに時間がかかる。結論として、流域管理は洪水緩和対策として効果があるものの、その効果の度合いは必ずしも明らかではない。以上から、流域管理は非構造物対策として別途検討することとする。

候補となる代替案のうち洪水危険区域からの退避(5-a~5-d)については、流域管理と同様に非構造物対策として検討する。河道の浚渫・掘削(1-c)については将来の土砂の流入、堆積を考え維持管理対策として実施することを提案する。また、既設関連河川構造物の修復・改良(1-b)、遊水地の整備(2-b)と排水路整備・改修、樋門・樋管の整備(4-b)については、その機能等を考慮し、築堤、洪水擁壁の建設 (1-a)の補完的対策と位置付ける。

表 4.5.2 洪水リスク管理マスタープラン代替案の一次スクリーニング

洪水リスク軽減の方策	災害リスク管理面、気候変動への適用性	自然・社会環境面	コスト、維持管理、組織・法制度	1次スクリーニング結果
1. 河川の流下能力の増加				
1-a 築堤、洪水擁壁の建設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現況河道は流下能力不足、不連続堤であり、標高の高い河岸への山付き区間を含む連続堤の整備が必須である。</li> <li>・市街地・住宅密集地では住民移転を最小化するため、一部区間で洪水擁壁の建設が必要となる。</li> <li>・土堤の建設は洪水擁壁に比べ、維持管理面や嵩上げ時の容易性等で利点があり、気候変動への適用面でより望ましい案である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・住民移転を低減させる堤防のレイアウトが必要である。</li> <li>・自然環境面への配慮</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現 DPWH の河川改修事業実施体制と同等のもので対応可</li> </ul>	(○採用) 洪水対策施設の M/P 基本代替案として検討する。
1-b 既設関連河川構造物の修復・改良	<ul style="list-style-type: none"> <li>・センドン時に被災した護岸の復旧、水衝部の護岸新設整備が必須である。</li> <li>・一部既設橋梁の橋台や、護岸の配置が、河道に張り出し洪水流下を阻害する形状となっており、これら関連河川構造物の改良が必須ある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・住民移転を低減させる堤防のレイアウトが必要である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現 DPWH Region 事務所で被災した河川構造物を自国予算で修復工事中</li> </ul>	1-a の補完的対策と位置付ける。

洪水リスク軽減の方策	災害リスク管理面、気候変動への適用性	自然・社会環境面	コスト、維持管理、組織・法制度	1次スクリーニング結果
1-c 河道の浚渫・掘削	・地形的にデルタ出口に位置し、潜在的に河床が上がる傾向があり、掘削、浚渫は基本的な代替案となりうる。	・自然環境面への配慮 ・土捨場の確保 ・土砂採掘業者との調整	・現 DPWH の河川改修事業実施体制と同等のもので対応可 ・単独案として採用する場合、維持管理費が極めて高い	1-a の補完的対策として、維持管理対策として実施することを推奨する。
2. 洪水流入量の調節				
2-a 洪水調節ダムの建設	・超過洪水対策に対し河道整備だけでは、対応は困難である。上流域における将来のダム・遊水地等の洪水調節施設建設案の検討は必須である。 ・ダムは上流域に、複数の建設候補地点がある。発電ダムの建設計画がある。 ・ダムの建設は気候変動に関連した超過洪水対策として、有効な手段の一つである。	・自然環境面への配慮 ・住民移転数の低減	・関係機関とのダムの運用・管理の新組織が必要 ・ダム建設費用が高額となるが、洪水調節と水力発電の多目的利用することが考えられる。	(○採用) 洪水対策施設のM/P 基本代替案のとして検討する。
2-b 遊水地の整備	・遊水地は、谷地形となる中上流域には適地がない。下流の自然氾濫域を河道遊水地として利用可能である。 ・遊水地の建設は気候変動に関連した超過洪水対策として、有効な手段の一つである。	・自然環境面への配慮 ・住民移転数の低減	・遊水地関連施設の維持管理作業、遊水地内の土砂の定期的な除去が必要となる。	1-a の補完的対策と位置付ける。
2-c 流域保全対策の実施	・流域保全対策は、カガヤン・デ・オロ川洪水リスク軽減対策として、洪水流出量調整、土砂流出量軽減に寄与し、上流域の対策となりうる。 ・気候変動への適用面で、流域保全対策を含む流域全体の取り組みは洪水リスク管理上、有効な手段の一つである	・流域の森林面積が減少しており、その抑制、回復を図る必要がある。	・関係機関とのダムの運用・管理の新組織が必要	非構造物対策として検討する。
3. 洪水処理能力の増加・調節				
3-a 放水路の建設	・放水路・分水路は、地形的に大聖堂上流から、その東側の低地を通るルートがある。1916年洪水はこのルートを通過・氾濫したとの記録がある。 ・治水面で放流能力が増強され、災害リスク低減効果は大きい。	・市街地を通過し、大規模な住民移転、商業施設、工場の移転、道路・橋梁の付替えが必要。(自然・社会環境面で、現実的ではない。)	・放水路の建設は、建設費、移転補償費が莫大となる。	(○採用) 洪水対策施設のM/P 基本代替案のとして検討する。
4. 流域の流出機能の増加・調節				
4-a 雨水貯留、浸透施設の整備	・雨水貯留、浸透施設は、外力(洪水)の規模に比し、効果が限定される。		・施設の維持管理、土砂の除去作業等の維持管理が重要である。	(×: 不採用) 治水効果が限定的であり、優先順位が低い。
4-b 排水路整備・改修、樋門・樋管の整備	・排水路整備・改修は、市内の内水氾濫が常襲化しており必須。 ・現在、無堤区間の堤防建設において、排水システムの整備、改良が必要である。			1-a の補完的対策と位置付ける。

洪水リスク軽減の方策	災害リスク管理面、気候変動への適用性	自然・社会環境面	コスト、維持管理、組織・法制度	1次スクリーニング結果
4-c 排水機場(ポンプ場)の建設	・排水機場は、外力(洪水)の規模に比し、効果が限定される。		・排水機場の建設は、経済性、OM面で適合性が低い	(x: 不採用) 治水効果が限定的であり、優先順位が低い。
5. 洪水危険区域からの退避				
5-a 洪水危険区域からの居住地の移転	・洪水危険区域からの居住地の移転は、センドン・パブロ被害の教訓より、人的被害を最小化するための最も有効な方策である。	洪水危険地域の明確な指定が必要である。 洪水危険区域の土地利用	・洪水危険区域の土地利用	非構造物対策として検討する。
5-b 洪水予警報システムの整備	・洪水予警報システムの整備は、人的被害を最小化するための最も有効な方策の一つである。		・他関連機関、LGUsとの連携・調整が必須 システム整備後の維持管理	非構造物対策として検討する。
5-c 洪水に対する防災能力強化	・洪水防災能力強化は、人的被害を最小化するための最も有効な方策の一つである。		・他関連機関、LGUsとの連携・調整が必須	非構造物対策として検討する。
5-d 避難所・避難路の整備	・避難所、避難路の整備は、人的被害を最小化するための最も有効な方策の一つである。		・他関連機関、LGUsとの連携・調整が必須。	非構造物対策として検討する。
6. 現状維持(対策なし)				
対策なし	・洪水の頻発(2-5年規模の洪水で氾濫) ・超過洪水に対する人的被害、壊滅的な構造物被害			参考として、代替案検討の一案として比較を行う。

出典: JICA 調査団

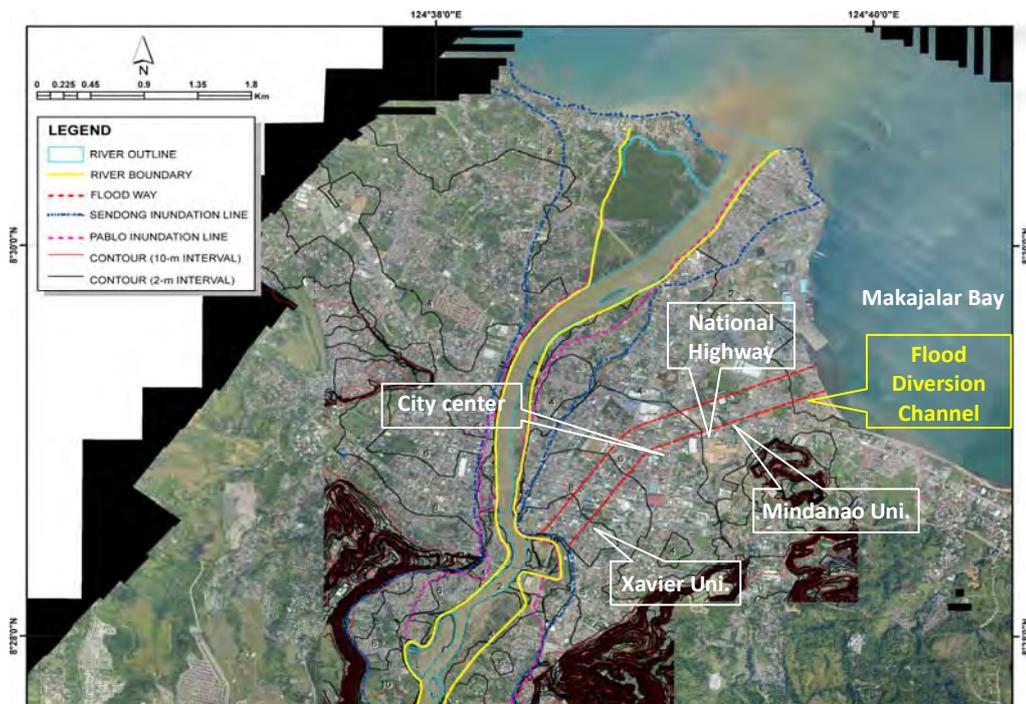
### (3) 代替案の設定(候補プログラム)

上述した洪水リスク管理の基本方針、1次スクリーニング結果、マスタープランの計画規模(センドン級洪水: 50年超過確率規模相当)およびカガヤン・デ・オロ川流域における様々な条件を考慮すると、以下のような候補プログラムが設定できる。

- 1) 代替案 1: 河川区域を拡幅する河川改修によりセンドン級洪水に対処する案
- 2) 代替案 2: 河川堤防を嵩上する河川改修によりセンドン級洪水に対処する案
- 3) 代替案 3: 河川改修に加え、既存のダム建設計画(Bulanog-Batang 水力開発プロジェクト)を利用することによりセンドン級洪水に対処する案
- 4) 代替案 4: 河川改修を行わず、ダム建設のみによりセンドン級洪水に対処する案
- 5) 代替案 5: 河川改修を行わず、洪水放水路の建設のみによりセンドン級洪水に対処する案

これらの代替案の候補プログラムのうち第4案は代替案として採用しない。その理由は、河川計画では本来上流から下流にわたり水系一貫でバランスよく計画すべきであること、また、近年、連続して洪水被害が発生し、早期の事業効果の発現が求められているがそれに対応できないこと、である。

また、第5案は地形条件、水理条件より、下図に示すとおり幅員約220 m、延長約2.8 kmの放水路が市の中心部を通ることとなる。結果として相当数の住民の再定住、道路・橋梁・その他インフラの移転に加え、市の中心部が2分されることになる。結論として、第5案は社会環境への影響が極めて重大であり、適切な対策ではないと考えられることから、代替案としては採用しない。



出典: JICA 調査団

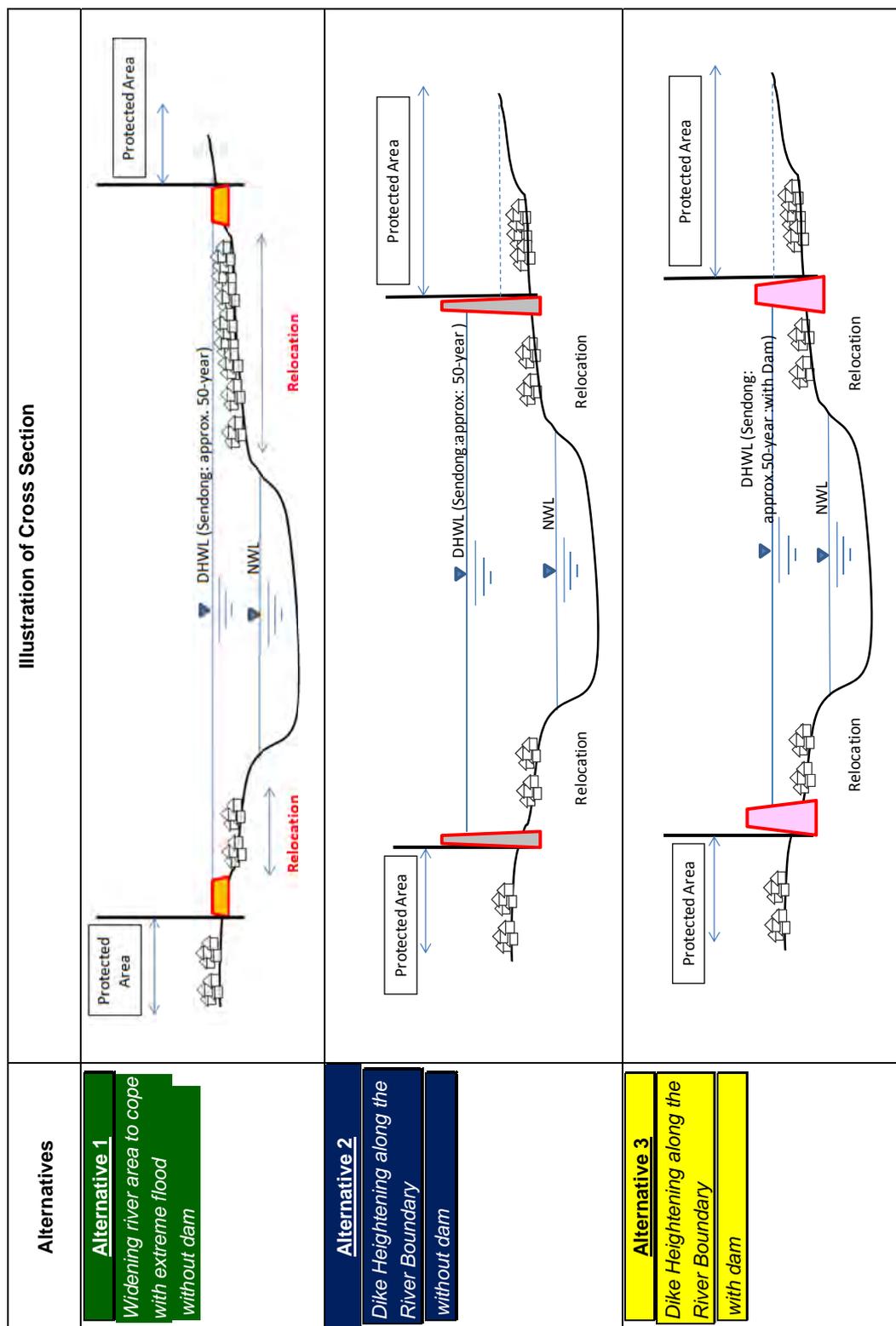
図 4.5.2 放水路を建設する場合の想定されるルート

1 次スクリーニングの結果に基づき、本マスタープランにおける代替案検討は、最終的に上述した3つの代替案の候補プログラムを対象として実施する。また、参考として、“何の対策も実施しないケース” (Without Project) も検討する。

表 4.5.3 代替案の詳細(候補となるプログラム)

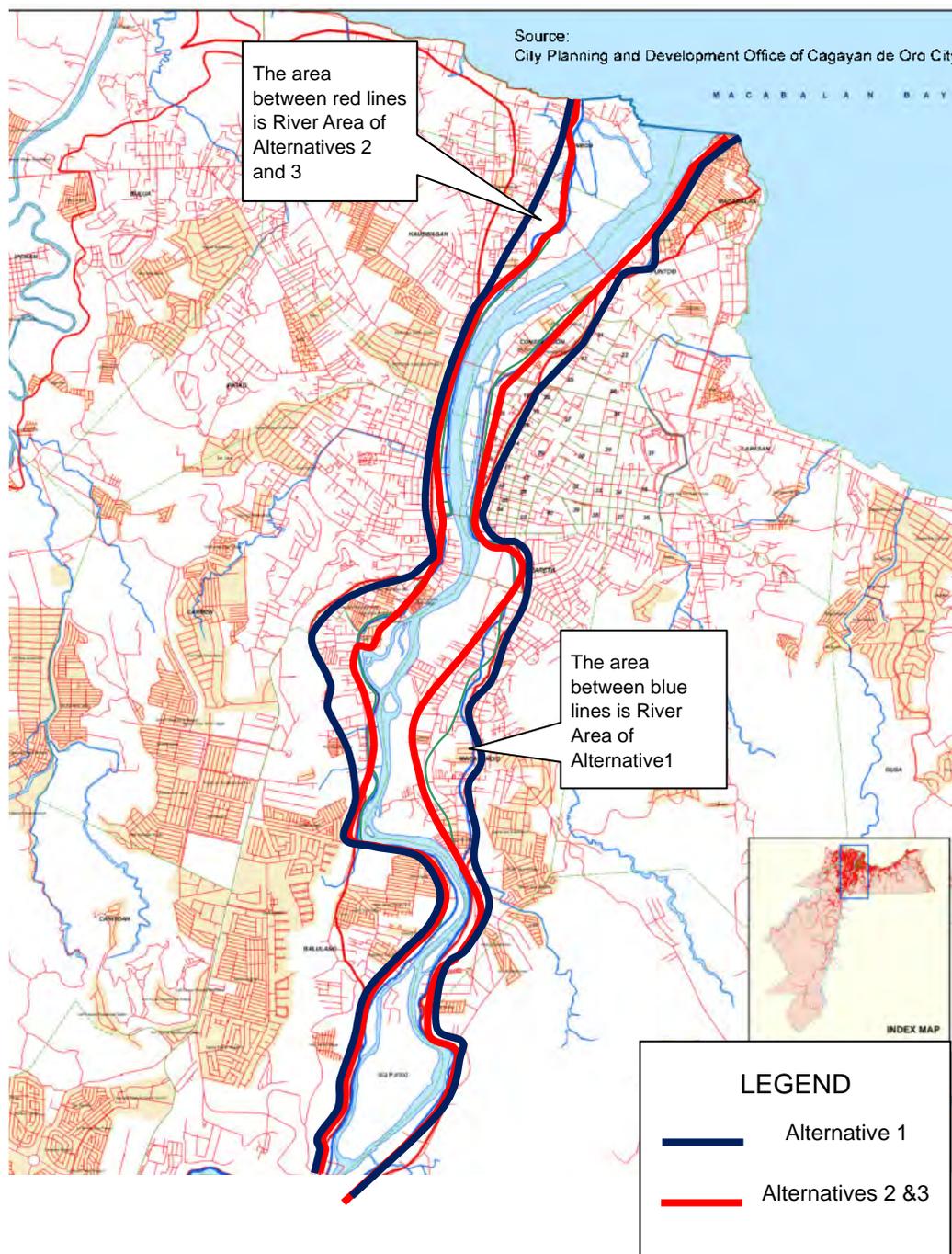
番号	代替案	内容
1	河川区域を拡幅する河川改修により SENDON 級洪水に対処する案 (50 年超過確率)	約 300~1,000 メートルで河川区域を拡幅し、図 4.5.3 に示すように、堤防なしあるいは小規模な堤防のみの河川改修を実施する対策。プロジェクトエリアの位置は河口から Pelaez 橋までの 12km の区間。図 4.5.4 にこの代替案の河川区域を示す。
2	河川堤防を嵩上げる河川改修により SENDON 級洪水に対処する案 (50 年超過確率)	堤防や擁壁護岸の建設といった構造物のみで河川改修を実施する対策。堤防、擁壁は平均高さ 5 メートルである。図 4.5.3 と図 4.5.4 に略図とこの代替案による河川区域を示す。
3	河川改修に加え、既存のダム建設計画 (Bulanog-Batang 水力開発プロジェクト) を利用することにより SENDON 級洪水に対処する案 (50 年超過確率)	25 年超過確率洪水に対応するための河川改修による洪水管理の実施と、既存のダム開発計画を利用する案である。堤防や擁壁護岸の高さは平均高さ 3.5 メートルである。この代替案の河川区域は代替案 2 の河川区域と同じである。既存のダム建設計画の位置は図 4.3.1 に示されている。
-	何の対策も実施しないケース	洪水リスク管理のための対策を行わない。2~5 年超過確率洪水には対応できる既存の堤防の条件が継続される。

出典: JICA 調査団



出典: JICA 調査団

図 4.5.3 代替案候補プログラムの河川断面コンセプト



出典: JICA 調査団

図 4.5.4 再定住/移転が必要な河川区域の位置

#### 4.5.3 代替案の検討

##### (1) 代替案の比較

表 4.5.4 に 3 つの代替案(候補プログラム)の比較検討結果を示す。結果は以下のよう  
にまとめられる。

代替案 1 の採択は推奨できない。その理由は以下のとおりである。

- 超過洪水発生を考慮して、パブロ洪水氾濫域まで河川を広げる案であり、洪水

リスク低減の面で最も有利であるが、7,600 戸以上の住民移転が発生し、社会的影響が重大となる。

- 大規模用地取得が必要であり、実現に時間を要し、事業便益の発現が遅れ、経済性を低下させるリスクがある。
- 住民移転補償費・用地取得費が最も大きく約 1,900 百万ペソとなり、さらに住民移転地整備等の追加費用が発生し、建設コストが膨大である。

代替案 2 の採択は推奨できない。その理由は以下のとおりである。

- 既設道路・橋梁の大規模な移転が必要となり、社会的影響が重大となり、また実現に時間を要する。
- 計画高水位が周辺地盤より相当に高くなり、超過洪水発生時の潜在的なリスクが著しく増加する。万一の堤防欠壊や堤防越流時に、避難が極めて困難となる洪水リスクレベル 4 となる地域が存在し、センドン時被害の様な甚大な人的被害を再発する恐れがある。

一方、代替案 3 の採択については、以下に示すような利点がある。

- 社会インパクトが他の代替案に比較して小さく、最も実現可能な案である。
- 洪水リスクレベルは、避難が可能なリスクレベル 3 以下となり、適切な予警報、避難支援を行うことで、人的被害を低減することができる。
- 代替案 3 は比較案の中で建設コストが最も小さい。

表 4.5.5 は、“何の対策も実施しないケース” (No Action) の検討結果を示すものである。カガヤン・デ・オロ市は、近年大きな洪水に度々みまわれており、熱帯低気圧 Urduja(2009 年)、熱帯暴風雨センドン(2011 年)、台風 パブロ(2012 年)等により、大きな被害を被った。熱帯暴風雨センドンの際には、カガヤン・デ・オロ市(人口約 60 万人)の半数以上が被害を受け、犠牲者は 1,268 人にのぼった。被害は犠牲者だけにとどまらず市の経済に致命的な打撃を与えた。

## (2) 代替案検討の結論

“何の対策も実施しないケース” (No Action) の代替案は、洪水被害が頻発する状態が何も変わらず、現状が続くことである。指摘されている近年の地球温暖化に伴う気候変動は洪水リスクが将来悪化する危険性がある。したがって、“No Action” のケースは推奨されない。

結論として、洪水リスク管理における 3 つの代替案から、表 4.5.4 に示す代替案 3(既存のダム建設計画の活用と河川改修の組合せによるセンドン級洪水への対処)を最適な案として提案する。

表 4.5.4 検討結果に基づく代替案の比較

評価項目		代替案 1	代替案 2	代替案 3
土地の利用	プロジェクト近辺での既存の土地利用	河川に沿った空き地、住宅地、商業地	河川に沿った空き地、住宅地、部分的な商業地	河川に沿った空き地、住宅地、部分的な商業地、森林(ダム貯水池)
	洪水リスク管理の目標	センドン級洪水に対処する案(50年超過確率)という目標は達成可能だが、関係者の合意を得るのに時間を要すると考えられる。	センドン級洪水に対処する案(50年超過確率)という目標は達成可能である。	センドン級洪水に対処する案(50年超過確率)という目標は達成可能である。
技術的視点	潜在的洪水リスク(超過洪水の場合)	超過洪水により、万一堤防越水や堤防決壊が発生した場合、潜在的な洪水リスクは低い(レベル1)。(堤防が小規模あるいはないため。)	超過洪水により、万一堤防越水や堤防決壊が発生した場合、潜在的な洪水リスクは最も高い(レベル4)。(堤防が平均5メートルと代替案の中では最も高いため)	超過洪水により、万一堤防越水や堤防決壊が発生した場合、潜在的な洪水リスクは中程度(レベル3)。(代替案2と比較して平均3.5メートルと相対的に構造物が低いため)
	建設費	河川改修: 87億ペソ 用地費: 129億ペソ 移転: 61億ペソ	河川改修: 159億ペソ 用地費: 20億ペソ 移転: 9億ペソ	河川改修: 47億ペソ 用地費: 20億ペソ 移転: 9億ペソ
建設費	ダム貯水池に関する費用	なし	なし	ダムのコスト(洪水管理のための貯水容量の確保による発電量の低下) 11億ペソ
	合計	277億ペソ+移転のためのサイトの開発コスト42億ペソ	188億ペソ	87億ペソ
環境社会配慮の視点	社会環境	用地取得: 440 ha 住民移転: 7,600戸 インフラストラクチャーの移転: 主要道路・地方道路・多くの公共施設 交通への障害: 道路網の再配置の必要性があるため重大	用地取得: 75 ha 住民移転: 1,200戸 インフラストラクチャーの移転: カガヤン・デ・オロ川にかかる3橋と地方道路 交通への障害: 橋の再建設の期間中の迂回路のため重大	用地取得: 75 ha 住民移転: 1,200戸 インフラストラクチャーの移転: 地方道路 交通への障害: 顕著ではない
	自然環境	植生への影響: 軽微(小規模な堤防での植生の除去のみ)	植生への影響: 顕著ではない(8~9 ha程度の除去)	植生への影響: 顕著ではない(7.1 ha程度の除去) 既存のダム建設計画(Bulanog-Batang Hydropower Development Project)の利用のため、ダム貯水池による追加的な植生の除去は発生しない。
	公害	廃棄物の発生: 構造物の取り壊しにより多い 大気汚染・騒音他: 交通への影響や廃棄物の発生により顕著	廃棄物の発生: 中程度 大気汚染・騒音他: 交通への影響や廃棄物の発生により顕著	廃棄物の発生: 中程度 大気汚染・騒音他: 交通への影響や廃棄物の発生量が少ないため顕著ではない
最適な代替案とその理由	推奨しない: 社会影響は重大であり、実現まで時間を要する 建設費用も高い	推奨しない: 社会影響は重大であり、実現まで時間を要する 潜在的な洪水リスクが高い(超過洪水による越水や堤防の損壊時)	推奨する: 社会影響は他の代替案と比較して最小である 建設費が最小である	
	超過洪水発生時の洪水リスクの緩和や、建設費が少なく、社会影響が小さいことを考慮すると、これらの洪水リスク管理のための3つの代替案のうち、代替案3が最適な代替案として推奨できる。			

Note) 表中の値は JICA 調査団による試算によるものである。

出典: JICA 調査団

表 4.5.5 プロジェクトを実施しない場合(No Action)の環境・社会状況

影響の分類	影響の内容	備考
社会影響	住民移転: 必要なし。ただし、熱帯暴風雨センドンによりすでに 4,000 戸の住民移転が発生している。今後も洪水があるたびに住民移転の必要が生じる。 インフラストラクチャーの移転: 必要なし。ただし、センドン時のように、洪水被害を受けた多くの社会インフラストラクチャーがあった。 経済活動への影響: 洪水による地域経済への影響が今後も頻繁に予想される。	
自然環境・公害	自然環境への影響: 建設工事を行わないため、植生除去や公害などの影響はない。	
洪水被害	現状の河道の流下能力(2~5年超過確率洪水相当)のまま変化がないため、将来もパブロ級あるいはそれよりも小さな洪水によっても被害が予想される。 最近の水害は以下のとおり。 熱帯低気圧 Urduda (2009 年): 死者 3 名、影響を受けた家族数 34,949・同人数 174,839・被害額不明。 熱帯暴風雨センドン(2011 年): 死者 1,268 名、影響を受けた家族数 38,236・同人数 342,4009・被害額 1,689 百万ペソ。 台風パブロ(2012 年): 死者 7 名、影響を受けた家族数 14,246・同人数 55,188・被害額 2,150 百万ペソ。 主要な橋梁などインフラストラクチャーも損傷を受けた。 洪水の後、繰り返し、ビジネスの機会が失われている。 洪水の後、衛生状態が悪化している。	洪水による被害を除去できない場合の河川沿いの住民の恐怖

Source of data on disaster: Office of Civil Defense (OCD), etc.

#### 4.6 構造物対策の提案

1 次スクリーニング、代替案検討の結果、および対象地域の現況と事業予算等を考慮し、選定された構造物対策を緊急、短・中期、長期の3段階のフェーズに分けて実施の枠組みを検討した。短・中期対策については、核として実施すべき対策を主要コンポーネントとし、それに付帯して整備すべきものを支援コンポーネントとした。以下に、各フェーズの構造物対策の内容を示す。

##### 4.6.1 緊急対策

センドン時に被災した既存の堤防、護岸の修復を行い、25年確率洪水流量に対応できるよう改修する。現在、DPWH Region 10 事務所にて、以下の区間で応急復旧工事を実施中である。

表 4.6.1 カガヤン・デ・オロ川で実施中の応急復旧工事

R1: Macabalan	rehabilitation of damaged dikes
L2: Carmen (downstream)	rehabilitation of damaged dikes and urgent necessity to protect the area
L3: Carmen (upstream)	urgent necessity to close the gap section between existing dikes by temporary dike (baby dike)

出典: JICA 調査団

##### 4.6.2 短・中期対策(主要コンポーネント)

短・中期的な構造物対策の主要コンポーネントとして、計画洪水流量に対応できるよう堤防、洪水擁壁、道路兼用堤防による連続堤の建設を早期に実施する。

### (1) 堤防と洪水擁壁の建設

堤防法線の検討結果をもとに、既設構造物や実施中の応急復旧工事区間との擦りつけならびに現地盤が高い河岸への山付きを考慮して、堤防と洪水擁壁による連続堤の整備を以下のように提案する。

堤防	左岸:	3,940 m
	右岸:	5,230 m
洪水擁壁	左岸:	390 m
	右岸:	4,320m

### (2) 避難路の建設と道路のかさ上げ

河口部左岸区間の構造物対策として、低地部の河岸に沿った堤防・洪水擁壁の新設ではなく、この一帯に生育するマングローブ林の生息範囲に沿った既存道路嵩上げ、道路建設による避難路の整備を基本計画とする。この地帯は環境保全地区に指定されており、マングローブ林の保護が必要である。また技術的な面で、堤防地盤の軟弱性への対応、現況低湿地の遊水効果の保全を考慮したものである。

現況の低湿地が洪水氾濫時の水位上昇を抑制する機能を有し、この区間は浸水深が浅く洪水リスクレベルは1から3である。避難路を整備することで氾濫期間中の住民の避難や救援物資の運搬路として利用し、また安全な場所を確保することも可能となる。

## 4.6.3 短・中期対策(支援コンポーネント)

短・中期的な構造物対策の支援コンポーネントは、主要事業であるカガヤン・デ・オロ川下流の連続堤整備の事業効果を補完する対策として、内水排水用の樋管・樋門の整備、既設カガヤン橋の擦りつけ道路の改良、自然遊水地の有効利用とする。

### (1) 排水樋管、樋門の整備

市街地の排水路・排水口の排水能力が不足しており、通常の降雨でも市街地の局地的な内水氾濫が発生している。カガヤン・デ・オロ川下流の対象区間には幾つかの小さい支川と排水路から内水が本川へ流入している。連続堤の建設がこれらの排水流入を妨げないように、流末に樋門、樋管を整備する。基本設計検討の結果、左岸側に5基、右岸側に17基の樋門、樋管を設置する。

現在、カガヤン・デ・オロ市では、総合土地利用計画の更新作業に関連して、市内排水系統のマスタープラン策定を提案中である。事業実施に際し、樋門・樋管の配置・設計はこの排水計画と整合をとって実施する必要がある。

### (2) カガヤン橋の改良

カガヤン橋の改良の効果として、左岸アプローチ部の通水障害が解消され、現況に比べ橋梁上流地点の水位を低減するとともに、左岸アプロート道路下に設置されたカルバート直下流の高速流の発生が解消される。また、アプローチ部上下流

に位置する洪水危険地帯を河川用地として適正に管理していくことに資するものとなる。

また、右岸アプローチ道路の嵩上げにより、計画高水時にもカガヤン橋の通行が可能となり、洪水氾濫時の避難先(橋梁上)や避難路の確保がされる。

### (3) 自然遊水地の有効利用

河口左岸のボンボン地区に位置し、97 ha の面積を有する氾濫原は自然遊水地として保全する。この自然遊水地の保全により、i)周辺地域の洪水ピーク水位を低減し、ii)この氾濫原に広がるマングローブ林を保護するものである。このマングローブ林の生息域は、DENR により環境保護区域と指定されており、またマングローブは地域住民の生計手段に活用されている。

もう一つの自然遊水地は、サンアグスティン大聖堂上流右岸の旧河道跡に位置し約 13 ha の面積を有する。遊水地の面積は小さいものの、イサリナ橋地点の河道狭窄部の直上流に形成されており、遊水地の機能により狭窄部の背水の影響が緩和され、下流河道の洪水ピーク流量低減に役立っている。



出典: JICA 調査団

図 4.6.1 既存遊水地の位置図

## 4.6.4 長期対策

### (1) 長期対策の計画規模

マスタープランの基本高水としては、既往最大洪水のセンドン洪水を採用している。超過確率規模は約 50 年確率である。一方、カガヤン・デ・オロ市が位置する

カガヤン・デ・オロ川下流の構造物対策の計画高水流量は、25年超過確率洪水を対象にしている。上流域において、センドンの洪水流量を25年超過確率洪水流量以下まで調整し、河川改修後の下流河川で洪水を引き起こさないようにする流量調整施設が必要である。

このような上流域で洪水流量を調節しうる対策として、カガヤン・デ・オロ川上流域のダムにより洪水調節容量を確保することが考えられる。しかし、既存のダムは全て小規模で洪水調節容量を有するものは無く、新規ダム建設が必要である。新規ダム建設には、ダム計画策定において入念な測量、地質調査、環境社会配慮が必要であり、莫大な建設費がかかるとともに建設完了まで長期の時間を要する。このような条件を考えると、短・中期で事業効果発現を考えることは難しく、ダム計画はマスタープランにおける長期対策として取り扱う。

### (2) 既存のダム計画と建設計画地点

現在、カガヤン・デ・オロ川流域に大貯水容量を有するダムはない。流域内に既存の小規模な発電ダム、堰が4ヶ所設置されている。支川のブブナワン川に小規模発電ダムが2基設置され、その上流にNIA所有の灌漑ダムが1基設置されている。また、本川上流のタラカグ町にNIA所有の灌漑ダムが1基設置されている。

既存の大規模ダム計画として、カガヤン・デ・オロ川上流域に、NPC-NORMECA(Northern Mindanao Electric Cooperatives Association)が、水力発電用のダム建設の実施計画を策定している。ダム建設地点は、カガヤン・デ・オロ川河口から上流約50km地点のバタン川-ブラノ川の合流点である。計画されているダムの位置図を図4.3.1に示す。ダム高は100m、総貯水容量は約1億 $m^3$ である。

このダムは、現時点で水力発電を目的としたものであるが、大きな貯水容量を有しており、洪水調節としての機能をこのダム計画に追加することも十分に考えられる。

### (3) ダムによる洪水調節効果

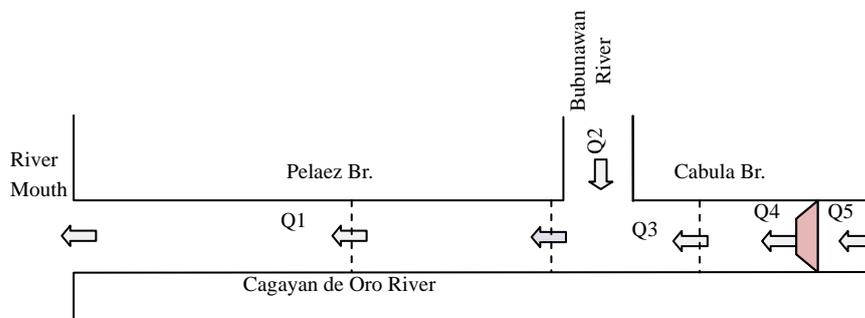
ダム調整池は、自流域から流入する計画洪水(センドン洪水)を一時的に貯留し、下流河川の流量が25年確率洪水以下の流量となるようピークカットするものである。

検討の結果、ダム計画地点の計画洪水のピーク流入量( $Q_5=2,700 m^3/s$ )は、ダムの洪水調節効果により、放流量( $Q_4=1,000 m^3/s$ )までピークカットされ、河川下流基準点のペラエス橋地点の洪水流量は25年確率高水量( $Q_1=3,300 m^3/s$ )に低減される。

カガヤン・デ・オロ川におけるダムの洪水調節を勘案した計画洪水の流量配分図を以下に示す。

表 4.6.2 カガヤン・デ・オロ川における計画流量配分

Return Period	Case	Pelaez Bridge (Q1)	Bubunawan River (Q2)	Cabula Bridge (upstream of Bubunawan Conf.) (Q3)	Proposed Dam Site (Q4)	Proposed Dam Site (Q5)
25-year	Without	3,300 m <sup>3</sup> /s	600 m <sup>3</sup> /s	2,700 m <sup>3</sup> /s	-	-
Sendong Scale	Without	5,000 m <sup>3</sup> /s	900 m <sup>3</sup> /s	4,100 m <sup>3</sup> /s	-	-
	With Dam	3,300 m <sup>3</sup> /s	900 m <sup>3</sup> /s	2,400 m <sup>3</sup> /s	1,000 m <sup>3</sup> /s	2,700 m <sup>3</sup> /s



出典: JICA 調査団

#### 4.6.5 維持管理対策

カガヤン・デ・オロ川河口部や下流河道では土砂が堆積する傾向にある。今後の河川断面測量や流砂量観測の経年的な実施と、必要に応じて、下流河道の定期的な維持管理浚渫が必要と考えられる。

#### 4.7 非構造物対策のマスタープランの作成

##### 4.7.1 非構造物対策(洪水管理)

構造物対策の節で述べられているとおり、カガヤン・デ・オロ川流域では、当面、河川改修事業を、25年超過確率規模の治水安全度を目標にして行うマスタープランでは、ダム建設による50年超過確率規模の治水安全度を目標にして)。しかしながら、所定の整備水準に達するまでには数年の時間を要すること、所定の整備水準が達せられても、それ以上の洪水に対する被害を最小限にする必要があること、等より非構造物対策は必要である。

2010年5月に制定された大統領令第10121号、すなわち、災害リスク・管理法令により、バランガイを含むすべての地方自治体は、災害リスク・管理評議会を設立すること、災害リスク軽減や気象変動適用を包括する非常事態対策案や包括的開発計画を立案すること等の権限が委任された。これにより、全てのレベル、特に地方のコミュニティにおける全てのセクターやステークホルダーの参加を促進する必要性が認知された。しかしながら、各DRRMCの設立後、まだ約3年しか経過していないため、他関連機関を含めそれぞれの組織の体制、役割、組織間の調整、情報伝達などに改善の余地が多々ある。

また、カガヤン・デ・オロ川流域の非構造物対策の現状評価結果やセンドン洪水で浸水したカガヤン・デ・オロ市のバランガイに対する質問票調査、カガヤン・デ・オロ川流域内のDRRMCsへの聞き取り・質問票調査により、現状・問題点、必要と考えられる非構造物対策がいくつか挙げられた。

これらより、カガヤン・デ・オロ川流域の主な非構造物対策(洪水管理)として、以下の6項目を考えた。

- 1) DRRMC の組織強化
- 2) ハザードマップの作成・アップデート、避難計画の策定などを含む非常事態対策案(Contingency Plan)および DRRMP の作成
- 3) 洪水予警報システム(FFWS)
- 4) 地域型洪水早期警報システム(CBFEWS)
- 5) 事業に関する情報、教育、コミュニケーション活動
- 6) 河川区域における土地利用規制

実施計画は、資金調達、人的資源等の現状等により、以下の3つの時間軸で提案した。すなわち、2013～2014年は緊急対策として、次の5年間(2015～2019年)は短・中期計画として、2020～2035年は長期計画として位置づけた。

表 4.7.1 カガヤン・デ・オロ川流域における非構造物対策のマスタープラン(洪水管理)

No	Non-Structural Measures	Contents of Measures	Urgent Plan	Short-Mid Term Plan	Long Term Plan	Remarks
			2013/2014	2015-2019	2020-2035	
1	Reinforcement of DRRMCs	1.1 Reinforcement of Selected C/M & BDRRMCs (Role, Function, etc.)	○	○		Being implemented by GOP
		1.2 Reinforcement of Communication/Coordination between C/M DRRMC and BDRRMCs (Network, etc.)	○	○		Do above
		1.3 Reinforcement of Communication/Coordination among BDRRMCs (Vicinity, Up & Down Stream, etc.)	○	○		Do above
		1.4 Reinforcement of Communication/Coordination w/ PAGASA and Other Agencies Concerned (before, during and after Floods, etc.)	○	○		Do above
		1.5 Reinforcement of Communication/Coordination w/ NGOs (during and after Floods, etc.)	○	○		Do above
		1.6 Reinforcement of Communication/Coordination w/ CDORBMC, BWPDC, BWRBF (General Issues, etc.)	○	○		Do above
2	Preparation of Contingency Plan and DRRMP, which includes Preparation/Update of Flood Hazard Map, Evacuation Planning, etc.	2.1 Preparation/Update of Flood Hazard Map	○	○		Being implemented by GOP, but it seems difficult due to accuracy.
		2.2 Evacuation Planning (Number, Location, Capacity of Facilities (Area, Water Supply, Toilet, etc.), Route, Transportation, Role, etc.)	○	○		Do above
		2.3 Emergency Relief Planning	○	○		Being implemented by GOP
		2.4 Plan for the Weak	○	○		Do above
		2.5 Preparation of Contingency Plan	○	○		Do above
		2.6 Preparation of DRRMP	○	○		Do above
3	FFWS	3.1 Reinforcement of Monitoring on Meteorological and Hydrological Data (Selection of Automatic Rainfall and River Water Step 1 Station (Number, Location, Specification, etc.))	○	○		Technical assistance seems necessary.
		3.2 Establishment of Database (Acquisition of Data, Data Storing/Transmitting System, etc.)	○	○		Do above
		3.3 Establishment of Flood Warning System, Information Dissemination to LDRRMCs (Rainfall Intensity, River Water Level), IEC to LDRRMCs, etc.	○	○		Do above
		3.4 Reinforcement of Related Agencies (Information Sharing, Flood Fighting, Stakeholder Meetings, etc.)	○	○		Do above
		3.5 Procurement Plan of Equipment for FFWS and O&M Plan	○	○		Do above
		3.6 Capacity Development for FFWS PAGASA Staff	○	○		Do above
		3.7 Study on Future Step 2 System	○	○		Do above
		3.8 Study on Future Step 3 System		○	○	Do above
4	CBFEWS	4.1 Selection of Conventional Rainfall and River Water Level Stations	○	○	○	Technical assistance seems necessary.
		4.2 Technical Assistance for Warning by Rainfall, River Water Level, etc.	○	○		Do above
		4.3 Capacity Development for LGUs		○	○	Do above
5	Information, Education and Communication (IEC)	5.1 Information Campaign and Publicity for Proposed Structural Measures (by Web site, leaflet, etc.)		○		Technical assistance seems necessary.
		5.2 Capacity Development by Seminar, Workshop, etc.	○	○	○	Do above
		5.3 Disaster Education w/ DepED/PAGASA, etc. (Understanding of Disaster, Evacuation, Illegal Disposal of Garbage to River, etc.)	○	○	○	Being implemented by GOP
		5.4 Training on Flood Fighting	○	○		Do above
		5.5 Training on Rescue	○	○		Do above
6	Land Use Regulation for Flood Plain	6.1 Database by GIS for Land Use Regulation of Habitual Inundation Areas		○		Technical assistance seems necessary.
		6.2 Study on Land Use Regulation based on Flood Hazard Map		○		Do above
		6.3 Study and Implementation on Heightening of Houses, Buildings, etc.			○	-

出典: JICA Survey Team (2013)

#### 4.7.2 流域管理の検討および提案

##### (1) カガヤン・デ・オロ川流域内での流域管理にかかる検討

カガヤン・デ・オロ川流域内の流域管理にかかる現状および問題点、それに必要な対策ならびに対策の実施状況を整理した。森林地に対しては、DENR、LGUなどが各種事業を実施しているとともに、ADB、AfDなどの国際機関による事業も予定されている。また、森林地内の農地に対しては、AfDが計画の策定を検討している事業で対応される予定である。しかし、中上流部のA&D landにおいては、流域保全対策があまり実施されていない。河口部においては、カガヤン・デ・オロ市APO、DENRによりマングローブ植林や沿岸管理計画の策定が行われており、マングローブは地域住民の生活環境改善、水生生物の生息環境改善につながり、収入向上にも資するものである。

##### (2) 長期対策の整理

上記の検討の結果、それぞれの地域、関係機関に必要と思われる流域管理対策に基づき、長期対策として整理した。

表 4.7.2 カガヤン・デ・オロ川流域における流域管理にかかる長期対策

項目番号/ 場所	活動内容	Urgent Plan	Short- Mid Term Plan	Long Term Plan	備考
		2013 -2014	2015- 2019	2020- 2035	
A.	中上流部				
A-1	中上流部の森林地				
1.1	森林				
1.1.1	郷土樹種の植林	✓	✓	✓	DENR、ADB、AfD、LGU で実施予定
1.1.2	育成天然林施業の実施	✓	✓	✓	DENR、ADB、AfD、LGU で実施中、実施予定
1.1.3	非木材林産物の適切な活用	✓	✓	✓	DENR、ADB、AfD、LGU で実施予定
1.2	農地				
1.2.1	アグロフォレストリの導入		✓	✓	ADB、AfD で実施予定
1.3	斜面農地				
1.3.1	斜面農法の導入		✓	✓	AfD で実施予定
1.4	河川沿い				
1.4.1	郷土樹種を用いた河畔林の強化	✓	✓	✓	DENR、MENRO、BENRO で実施中、実施予定あり
A-2	中上流部の A&D Land				
2.1	河川沿い				
2.1.1	土砂流出抑制のための河畔林の造成	✓	✓	✓	MENRO、BENRO、DENR、民間で実施しているが、規模が小さい。
2.2	耕作地				
2.2.1	灌漑への土砂流出抑制のための河畔林の造成	✓	✓	✓	AfD で実施予定
2.3	斜面農地				
2.3.1	斜面農法の導入		✓	✓	AfD で実施予定
A-3	中上流部全体				
3.1	全体				
3.1.1	カガヤン・デ・オロ川流域管理計画の策定	✓			DENR で実施中
3.1.2	支川流域管理計画の策定	✓	✓		DENR で一部実施予定
3.1.3	ブキドノン州内の町流域管理計画の更新	✓	✓		ADB で一部実施
3.1.4	州内のバラングイ流域管理計画の策定	✓	✓		BENRO、MENRO で実施予定
B.	下流部				
B-1	下流部のカガヤン・デ・オロ川河川沿い				
1.1	河川沿い				
1.1.1	河畔林造成および Tree Park 造成のためのバラングイへの苗木配布	✓	✓	✓	CLENRO で実施中
B-2	下流部全体				
2.1	全体				
2.1.1	カガヤン・デ・オロ市での流域管理計画の策定		✓		CLENRO で実施予定なし
2.1.2	市での森林管理計画の策定		✓		CLENRO で実施予定なし
C.	河口部、沿岸部				
C-1	河口、沿岸				
1.1	河口部、沿岸部				
1.1.1	マングローブ林への植林および回復	✓	✓	✓	APO、DENR で実施中だが、小規模。
C-2	沿岸部全体				
2.1	全体				
2.1.1	沿岸管理計画の策定	✓			APO で実施中。DENR、MBDA が関連する。

注: BENRO: Bukidnon Environment and Natural Resource Office(ブキドノン州環境天然資源部)、  
MENRO: Municipal Environment and Natural Resource Office(町環境自然資源事務所)、MAO: Municipal Agricultural Office(町農業事務所)、CLENRO: City Local Environmental and Natural Resource Office(カガヤン・デ・オロ市環境自然資源局)、APO/CAO: Agriculture Productivity Office / City Agriculture Office(CDO 市の農業担当部署)  
出典: JICA 調査団(2013 年)

#### 4.8 マスタープランの策定

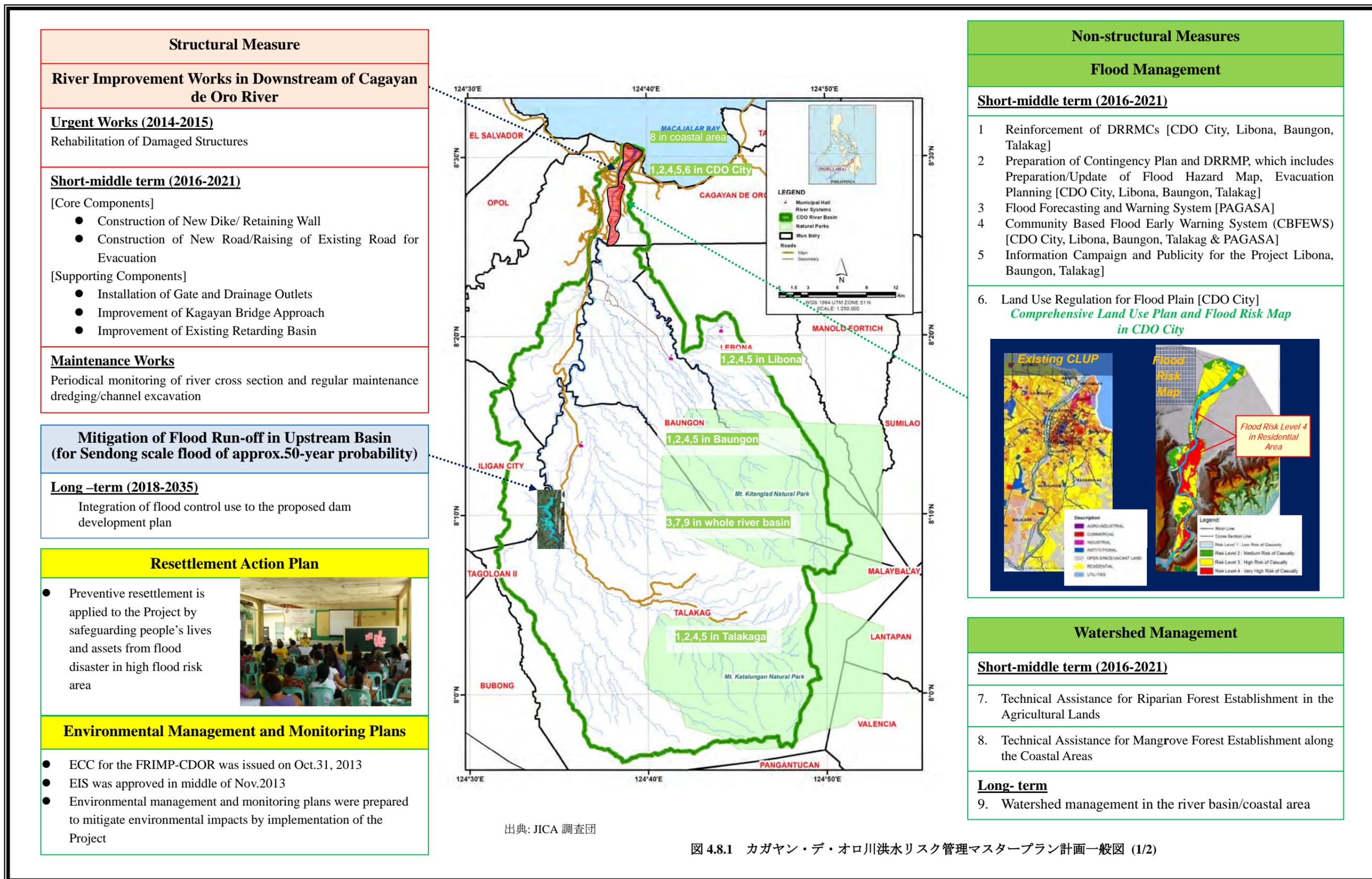
カガヤン・デ・オロ川全流域を対象とした洪水リスク管理マスタープランをここに策定する。マスタープランは、下表に示す構造物対策、非構造物対策の両対策から構成される。マスタープランで提案された対策のうち、カガヤン・デ・オロ川流域の洪水リスクを効率的に低減するために短・中期的に実施すべき対策として、優先事業(the Project)が選定される。

カガヤン・デ・オロ川洪水リスク管理マスタープランの構成を下表に、計画一般図を図 4.8.1 に示す。

表 4.8.1 カガヤン・デ・オロ川洪水リスク管理マスタープランの構成

構造物対策	緊急対策	(1) 既存関連河川構造物の修復・改良
	短・中期対策 (主要コンポーネント)	<u>下流の治水対策(25年超過確率洪水対応)</u> (1) 堤防・洪水擁壁の建設 (2) 避難道路としての道路新設あるいは既設道路のかさ上げ
	(支援コンポーネント)	(3) 排水樋門・ゲートの設置 (4) カガヤン橋の改良 (5) 既存の自然遊水地の改良
	長期対策	<u>上流域の洪水流出抑制(センドン級洪水(50年超過確率洪水相当))</u> (1) 既存ダム計画への洪水調整利用の導入
	維持管理	(1) 定期的な河道浚渫・砂州の掘削
非構造物対策	緊急、短・中期対策	(1) DRRMC の組織強化 (2) ハザードマップの作成・アップデート、避難計画の策定などを含む非常事態対策案(Contingency Plan)および DRRMP の作成 (3) 洪水予警報システム(FFWS) (4) 地域型洪水早期警報システム(CBFEWS) (5) 事業に関する情報、教育、コミュニケーション活動 (6) 河川区域における土地利用規制 (7) 流域管理支援(農地における河畔林の造成支援) (8) 流域管理支援(河口部におけるマングローブ林の造成支援)
	長期対策	(1) 流域管理

出典: JICA 調査団



出典: JICA 調査団

図 4.8.1 カガヤン・デ・オロ川洪水リスク管理マスタープラン計画一般図 (1/2)

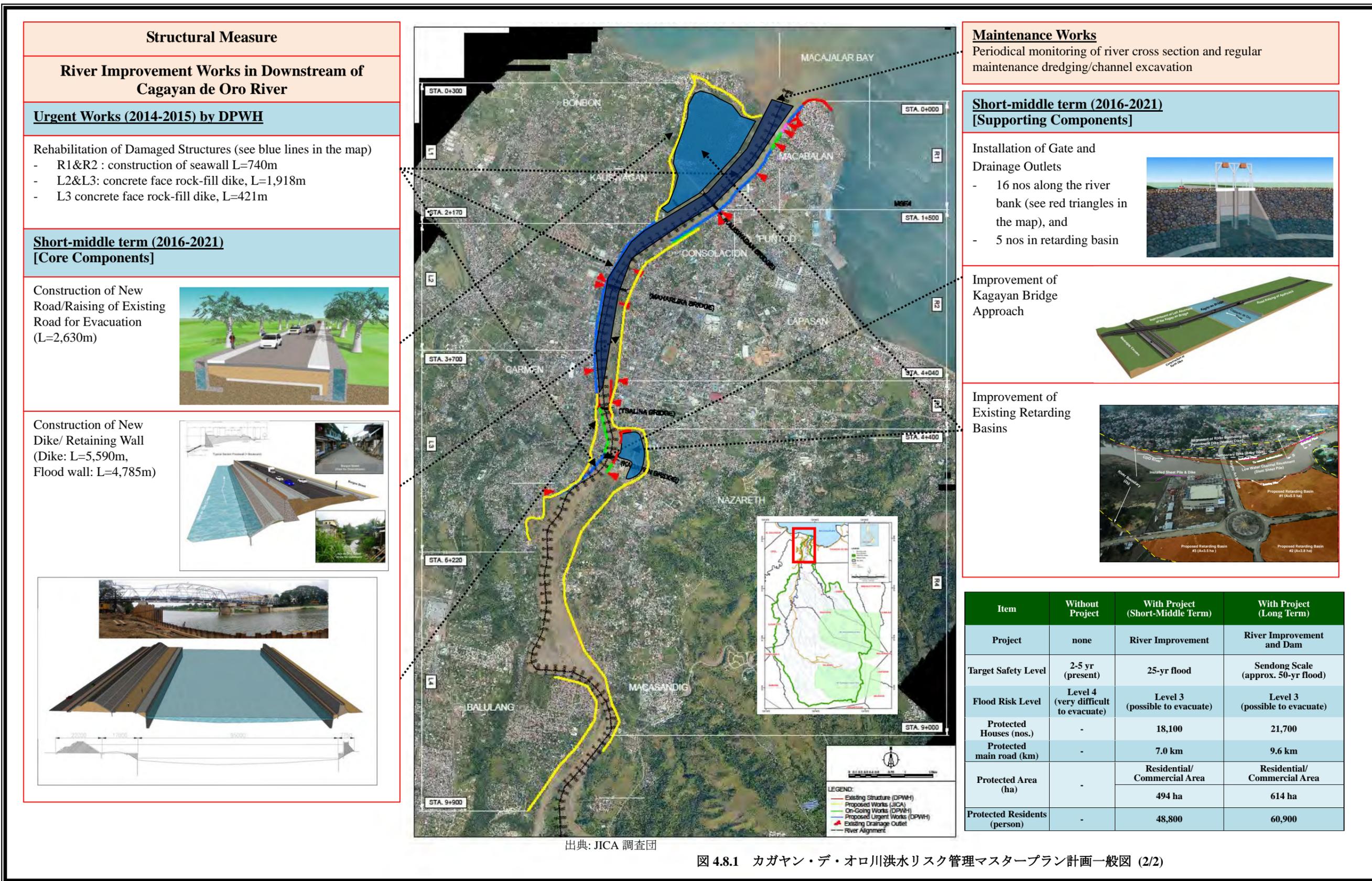


図 4.8.1 カガヤン・デ・オロ川洪水リスク管理マスタープラン計画一般図 (2/2)

## 4.9 マスタープランにおける事業費積算

### 4.9.1 積算の条件と仮定

#### (1) 事業費の構成

事業費の主な費用項目は、建設費、コンサルタント経費、予備費、事務費(DPWH側)、準備費、税金、土地収用費及び補償費からなり、単価は基本的に DUPA を参照した。以下に、事業費に関して解説する。

表 4.9.1 事業工事費の構成

No.	項目	備考
1	建設費	
1(a)	- 構造物対策	
1(b)	- 非構造物対策	
2	用地費	社会調査結果から算定
3	事務費	事業費対象外とする
4	コンサルタント経費	
5	小計	1-4.の合計
6	物理的予備費	(1+4+8)の 1.4 %
7	小計	5.6 の合計
8	価格予備費	内貨に対し 2.1 %、外貨に対し 1.3 %の価格上昇率とする。
9	小計	7.8 の合計
10	税金等	
10(a)	対建設費	内貨に対し VAT 12%
10(b)	対コンサルタント経費	内貨に対し VAT 12%
11	合計	9.10 の合計

出典: JICA 調査団

#### (2) 価格水準

積算は、2013年6月1日時点の価格水準で行なった。

#### (3) 通貨の換算

円-ドル間の6月平均換算レートは、日本銀行の中値を参照した。また、フィリピンペソ-ドル間の6月平均換算レートは、国際通貨基金の中値を採用した。なお、国際通貨基金のデータ元はフィリピンの中央銀行である。結果的に、2013年6月の平均換算レートとしては、1フィリピンペソ=2.274円、1ドル=97.43円、1ドル=42.85フィリピンペソを採用した。

#### (4) 通貨

事業費は内貨と外貨で見積もるが、経済評価は内貨に換算して行う。事業費の内貨と外貨の区分は、概ね以下の通りとなる。

##### 1) 内貨

- 労務費
- 材料費の一部
- 機材費の一部
- 税金

2) 外貨

- 外国製品並みの高い品質が必要な材料費
- 外国製品並みの高い品質が必要な機材にかかる費用

内貨と外貨の区分は、フィリピンにおける JICA 他案件を参考に設定するものとした。マスタープランで採用した割合を表 4.9.2 に示す。

表 4.9.2 マスタープランにおける労務費・機材費・材料費の内貨・外貨配分率

項目	内貨	外貨
労務	100	0
機材	30	70
材料		
燃料および油類	20	80
材木/石/砂	100	0
砕石、グリ石、石材	60	40
丸太	60	40
セメント	30	70
鉄筋	10	90
構造用鋼材	10	90
化学製品/瀝青質材料	10	90
その他	100	0

出典: JICA 調査団

(5) 参考図書

積算作業において利用したガイドライン及び基準は以下のとおりである。

- 公共事業道路省 DO No. 72 (2012 年、Do No. 29: 工事予算承認資料作成のためのガイドライン改訂版(2011 年)の修正)
- 公共事業道路省 DO No. 40 (2009 年、建設材料費、労務費、機材レンタル費算出のためのガイドライン)
- 協力準備調査設計・積算マニュアル(試行版)2009 年 3 月版
- 平成 24 年版 国土交通省土木工事積算基準
- 平成 24 年度 港湾土木請負工事積算基準
- 首都高技術株式会社 工事標準歩掛

4.9.2 河川改修事業費の積算

見積もった河川改修事業を表 4.9.3 に示す。

表 4.9.3 河川改修事業費

(単位: 百万ペソ)

No.	項目	内貨分	外貨分	合計
1	下流域河川改修費(浚渫を含む)	781.3	1,035.1	1,816.4
2	上流域河川改修費(遊水地整備を含む)	627.0	862.4	1,489.3
3	避難路建設費	106.3	115.3	221.6
4	カガヤン橋改修費	205.3	381.9	587.2
	建設費	1,719.8	2,394.7	4,114.6
5	コンサルタント経費	151.0	453.0	604.0
6	用地費	2,936.1	0.0	2,936.1
7	事務費	0.0	0.0	0.0
8	価格予備費	209.9	188.9	398.7
9	物理的予備費	29.1	42.5	71.6
10	税金	622.7	0.0	622.7
	合計	5,668.6	3,079.1	8,747.7

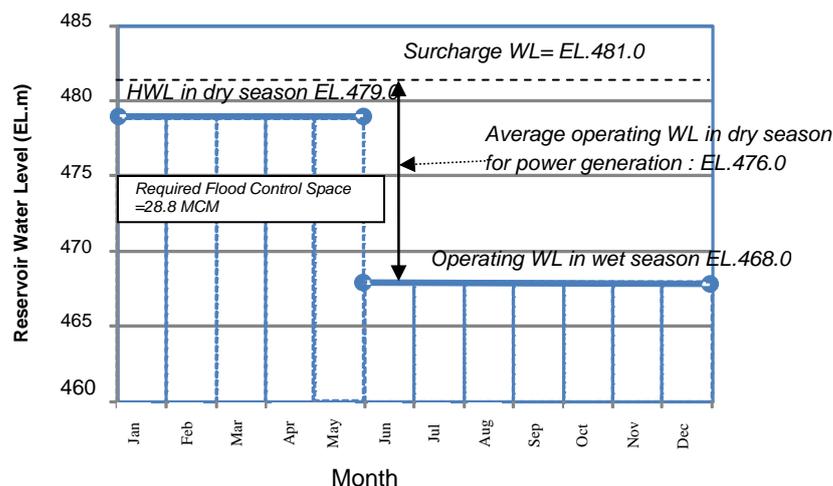
出典: JICA 調査団

#### 4.9.3 洪水調節ダムに関する積算

本マスタープランにおいて、カガヤン・デ・オロ川の洪水リスク管理の長期計画として、既存の発電ダム計画(バタン-ブラノダム)に洪水調節機能を統合し、多目的利用することを提案している。

経済分析では、この既存発電ダム計画へ洪水調節機能を統合するために要する費用を、既存ダムの計画の積算を参考にして、以下の条件で概算した。

- 既存のダム計画に洪水調節機能を統合することにより当初計画から発電電力量が減少する。
- この発電電力量の減少分は、貯水池の運用操作規則上、雨期に貯水位を下げ、運用することを仮定して算定する。貯水池運用計算によれば、センドン規模(50年超過確率規模相当)のダム流入洪水を調節し、下流基準点のペラエス橋地点で25年超過確率規模の流量となるようするには、下図に示すように洪水期の貯水位を約11m下げてダムを運用する必要がある。必要な洪水調節容量は約28.8百万m<sup>3</sup>である。
- ダムの運用は事業実施計画に沿って2031年に開始されるものと想定する。
- 2031年から2080年までの50年間の年間発生電力量の減少分の価値は、割引率15%を適用して2013年の現在価値に換算する。この現在価値を既存発電ダム計画に洪水調節機能を統合するために必要な減電補償費用とみなす。



出典: JICA 調査団

図 4.9.1 貯水池容量配分および貯水池運用の模式図

上述した仮定に基づき算定された概算減電補償費用を以下に示す。

(1) 発電電力量の減少量の算定

既存ダム計画

常時電力量	286.7 GWh/year
2次電力量(ピーク時)	140.4 GWh/year
<u>2次電力量(オフピーク時)</u>	<u>37.0 GWh/year</u>
合計	464.1 GWh/year

変更ダム計画(雨期の貯水位を下げて貯水池運用する場合)

常時電力量

5/12月 x 286.7x(100%)	119.5 GWh/year (乾期)
7/12月 x 286.7x(90%)	150.5 GWh/year (雨期)
	270.0 GWh/year

2次電力量

5/12月 x 140.4(on peak)	58.5 GWh/year (in dry season)
<u>12/12月 x 37.7(off peak)</u>	<u>37.0 GWh/year (whole season)</u>
合計	365.5 GWh/year

洪水調節運用による年間発生電力量の減少量:

98.6 GWh/year (=464.1-365.5)

(2) 電力量の減少による減電費用の算出

年間発電電力量の減少量:	98.6 GWh/year
単位電力量価値:	Php 16.4/kWh
電力量の減少による年間費用:	Php 1,617 Mil/year (=98.6 GWh/yr x 16.4/kWh)

(3) 年間費用の現在価値への換算

既存の水力発電ダム計画は、多目的ダムとしてカガヤン・デ・オロ川流域におけ

る洪水防御機能を備えるため、毎年発生する発電量がその分減少すると仮定する。この減少分の電力量の貨幣換算値である 1,617 百万ペソを減電費用と考え、2031 年から 2080 年の間に発生する減電費用を現在価値に割り引いた値、1,000.9 百万ペソを、長期対策の初期投資とみなした。

#### (4) 運営維持管理費用

運営維持管理費は、構造物の運転維持管理のための費用を指す。構造物の管理には法面保護工の定期点検、堤体、ゲートの確認等が含まれる。また、この費用は運転維持管理事務所費用も含まれる。

ここでは、フィリピンにおける JICA の他の既存案件を参考に、河川構造物の年間維持管理費を建設費の 0.5% として算出した。また、ダム of の年間運転維持管理費は、同様に類似の事業を参考に、建設費の 1.0% として算出した。

### 4.10 マスタープランにおける経済評価

#### 4.10.1 経済評価の基本条件

##### (1) マスタープランの事業内容

本節での経済評価は、短・中期計画及び長期計画から構成されるマスタープランを評価するために実施する。公共事業省(DPWH)による洪水防御事業が先行して実施されている一方、本事業から発生する費用及び本事業に帰属する便益に基づき経済的実施可能性を評価する。

表 4.10.1 経済評価対象の事業内容

項目	事業内容	
	短・中期計画	長期計画
整備内容	堤防及び洪水擁壁等の建設による河川改修を通じた洪水防御	多目的ダム建設による河川改修及び洪水規制を通じた洪水制御
整備箇所	カガヤン・デ・オロ河口～12km 区間	カガヤン・デ・オロ河口 35km 上流地点
事業期間	6 年間(2016~2021)	9 年間(2023~2031)
目標治水安全度	25 年超過確率規模洪水	センドン規模洪水(50 年超過確率規模相当)

出典: JICA 調査団

##### (2) 経済評価の前提条件

経済評価モデルにおけるパラメータは、最新の日銀・IMF データ及び JICA 直近類似案件等を参考に以下のとおり設定した。変換係数については、最近の類似案件 2 件(注 3 参照)を比較検討した結果、①の案件は、財務的費用及び経済的費用は掲載されているが、変換係数が明示されていない。これに対して②の案件は、両費用及び変換係数が明示され、且つ、案件の実施が①の案件より先行しており、かつ都市部を流下する河川改修事例として類似であるため、②の案件の変換係数がより実効性があるものと考え採用することとした。(表 4.10.2 参照)

表 4.10.2 経済評価モデルのパラメータ設定値

	Variables	Assumptive Parameters
1.	便益発生期間	50 years after construction
2.	外貨交換比率 (円/ペソ) <sup>1</sup>	2.274
3.	物理的予備費(出典根拠: 前章参照)	1.4%
4.	価格予備費 (外貨分, %) <sup>2</sup>	1.3%
5.	価格予備費 (内貨分, %) <sup>5</sup>	2.1%
6.	維持管理費 (対直接建設費比率)	0.5%
7.	維持管理費 (対直接水力発電ダム建設比率)	1.0%
	割引率(純現在価値額・費用便益比率,NEDA 基準)	15%
8.	内貨経済価格変換係数(Direct Construction Cost) <sup>3</sup>	0.79
9.	内貨経済価格変換係数(House Compensation Cost) <sup>6</sup>	0.57
10.	内貨経済価格変換係数(Administration Cost) <sup>6</sup>	0.97
11.	内貨経済価格変換係数(Consulting Services Cost) <sup>6</sup>	1.19

出典: JICA 調査団

#### 4.10.2 経済費用

調達財源に基づいて費用は内貨及び外貨に区分される。この区分の目的は、財務費用を経済費用に変換するに当たって、内貨と外貨の変換係数が異なることによる。物理的予備費、価格予備費、租税公課、設計・施工監理費及び建設費の詳細は Appendix L に記述している。財務価格から経済価格への変換係数は上表に示す通りである。なお、内貨は「国内市場の歪み<sup>4</sup>」を伴うため、変換係数により国際競争価格に変換し、移転的経費としての価格予備費・租税公課を除去した。経済費用、財務費用及び年度投資額(経済費用ベース)は下表に示すとおりである。

表 4.10.3 短・中期対策の経済費用及び財務費用

(単位: PhP Million)

経済費用	外貨	内貨	合計	財務費用	外貨	内貨	合計
建設費	2,394.7	1,358.6	3,753.3	建設費	2,394.7	1,719.8	4,114.5
用地費		1,122.1	1,122.1	用地費		1,968.6	1,968.6
補償費		551.5	551.5	補償費		967.5	967.5
コンサルタント 経費	453.0	179.7	632.7	コンサルタント 経費	453.0	151.0	604.0
税金	-	-	-	税金		622.7	622.7
基本費用	2,847.7	3,211.9	6,059.6	基本費用	2,847.7	5,429.6	8,277.3
物理的予備費	42.5	21.5	64.0	物理的予備費	42.5	29.1	71.6
基本費用 + 物 理的予備費	2,890.2	3,233.4	6,123.6	基本費用 + 物理 的予備費	2,890.2	5,458.7	8,348.9
価格予備費	-	-	-	価格予備費	188.9	209.9	398.8
合計	2,890.2	3,233.4	6,123.6	合計	3,079.1	5,668.6	8,747.7

出典: JICA 調査団

<sup>1</sup> 日本銀行、東京市場(1ドル当たり)月中平均、IMF, Representative rates for the period January 01, 2004 - July 18, 2013

<sup>2</sup> JICA レート(2013年7月)

<sup>3</sup> ①The Preparatory Study for Sector Loan on Disaster Risk Management, Final Report Part II-C, Jan. 2010

②The Preparatory Study for Pasig-Marikina River Channel Improvement Project (Phase III) Final Report, Oct. 2011

<sup>4</sup> 市場一般均衡価格・生産量からの逸脱もたらす「市場の歪み」として公租公課・独占寡占・外部性・平均費用低減産業等がある。

表 4.10.4 マスタープランの年度投資額(経済費用ベース)

Year	Short-Medium-Term Plan		Long-Term Plan		Total
	PHP Million	%	PHP Million	%	PHP Million
2013					
2014					
2015	366	6.0%			366
2016	527	8.6%			527
2017	1,688	27.6%			1,688
2018	1,013	16.5%	17	1.7%	1,030
2019	1,490	24.3%	8	0.8%	1,498
2020	1,026	16.8%	17	1.7%	1,042
2021	15	0.2%	36	3.6%	51
2022			13	1.3%	13
2023			70	7.0%	70
2024			128	12.8%	128
2025			128	12.8%	128
2026			128	12.8%	128
2027			128	12.8%	128
2028			128	12.8%	128
2029			128	12.8%	128
2030			68	6.8%	68
2031			4	0.4%	4
Total	6,124	100.0%	1,001	100.0%	7,125

出典: JICA 調査団

#### 4.10.3 経済便益

本マスタープランによる経済便益をプロジェクト実施による洪水被害軽減期待額とし、氾濫解析モデルから「プロジェクトがない場合 (without)」と「プロジェクトを実施した場合 (with)」の各々のケースで算出される防御対象氾濫原洪水被害額の差分とする。この被害軽減期待額は超過確率別に算出する<sup>5</sup>。

洪水被害軽減額は、i) 一般資産の直接被害、ii)公共それ以外の直接被害、iii)間接被害に分けて算出した。結果を表 4.10.5 に示す。

表 4.10.5 年間洪水被害軽減期待額

Unit: Million PhP

Type	Category	Return Period(Yr.)				
		2	5	10	25	50
(1) Direct Damage Cost	Buildings	750.1	1,306.9	1,855.5	3,496.9	6,143.2
	Other Assets	1,443.9	2,429.9	3,485.7	6,402.9	10,364.7
	Total	2,194.0	3,736.8	2,262.5	9,899.8	16,507.9
(2) Other Direct cost and (3) Indirect Cost		22.0	37.4	53.5	99.1	165.3
Total Damage Cost		2,216.0	3,783.6	5,408.8	10,005.7	16,673.2

出典: JICA 調査団

上記の結果に基づき、表 4.10.6 に示すように事業便益を算定した。本マスタープランにおける事業便益は、(i) 短・中期対策(25年確率規模)に対し 1,818.8 百万ペソ/年、(ii)長期対策(50年確率規模相当)に対し 2,085.5 百万ペソ/年である。

<sup>5</sup> 参照: 国土交通省 前掲書(2005)、DPWH, *Technical Standards and Guidelines for Planning and Design of Flood Control Projects*, 2002

表 4.10.6 マスタープランの洪水被害軽減便益

Unit: Million PhP

Return Period	Pro-bability	Damage without Project	Indirect Damage without Project	Damage with Project	Reduction of Damage Cost	Aver. Damage Cost	Expected Annual Ave Damage Cost	Economic Benefit with Project
2-yr	0.50	2,194.0	21.1	0.0	2,216.0	0	0	0
5-yr	0.20	3,736.8	36.7	0.0	3,774.2	2,995.1	898.5	898.5
10-yr	0.10	5,341.2	52.5	0.0	5,394.7	4,584.4	458.4	1,357.0
25-yr	0.04	9,899.8	98.2	0.0	9,998.9	7,696.8	461.8	1,818.8
50-yr	0.02	16,508.0	165.3	0.0	16,673.3	13,336.1	266.7	2,085.5

出典: JICA 調査団

#### 4.10.4 経済分析結果

長期対策の経済的費用及び便益のキャッシュ・フローは表 4.10.7 に示す通りである。経済的內部収益率(EIRR)・経済的純現在価値額(ENPV)及び費用便益比率(B/C)は各々19.44%、1,370.5 ペソ及び 1.41 である。特に、EIRR はフィリピンにおける経済的実施可能性の判断基準である 15%を上回っており、短・中期対策と同様、長期対策の実施可能性は十分であると結論付けることができる。

表 4.10.7 長期対策の経済費用および便益のキャッシュ・フロー

(Million Pesos)

Calendar Year	Year in Order	Economic Cost				Total	Economic Benefits			Net Benefits
		Short - Middle Term		Long Term			Flood Control	Hydro Power	Total	
		Project Cost	OM Cost	Project Cost	OM Cost					
2013	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
2014	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
2015	2	365.7	0.0	0.0	0.0	365.7	0.0	0.0	-365.7	
2016	3	526.5	0.0	0.0	0.0	526.5	0.0	0.0	-526.5	
2017	4	1,687.5	0.0	0.0	0.0	1,687.5	0.0	0.0	-1,687.5	
2018	5	1,013.0	0.0	16.7	0.0	1,029.7	0.0	0.0	-1,029.7	
2019	6	1,489.7	0.0	8.3	0.0	1,498.0	0.0	0.0	-1,498.0	
2020	7	1,025.8	0.0	16.7	0.0	1,042.5	0.0	0.0	-1,042.5	
2021	8	15.3	0.0	35.6	0.0	50.9	1,818.8	0.0	1,818.8	
2022	9	0.0	18.8	13.2	0.0	32.0	1,818.8	0.0	1,818.8	
2023	10	0.0	18.8	70.2	0.0	89.0	1,818.8	0.0	1,818.8	
2024	11	0.0	18.8	128.0	0.0	146.8	1,818.8	0.0	1,818.8	
2025	12	0.0	18.8	128.0	0.0	146.8	1,818.8	0.0	1,818.8	
2026	13	0.0	18.8	128.0	0.0	146.8	1,818.8	0.0	1,818.8	
2027	14	0.0	18.8	128.0	0.0	146.8	1,818.8	0.0	1,818.8	
2028	15	0.0	18.8	128.0	0.0	146.8	1,818.8	0.0	1,818.8	
2029	16	0.0	18.8	128.0	5.0	151.8	1,818.8	0.0	1,818.8	
2030	17	0.0	18.8	68.0	10.1	96.8	1,818.8	0.0	1,818.8	
2031	18	0.0	18.8	4.4	10.1	33.2	2,085.5	0.0	2,085.5	
2032	19	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2033	20	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2034	21	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2035	22	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2036	23	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2037	24	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2038	25	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2039	26	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2040	27	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2041	28	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2042	29	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2043	30	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2044	31	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2045	32	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2046	33	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2047	34	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2048	35	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2049	36	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2050	37	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2051	38	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2052	39	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2053	40	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2054	41	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2055	42	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2056	43	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2057	44	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2058	45	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2059	46	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2060	47	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2061	48	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2062	49	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2063	50	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2064	51	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2065	52	0.0	18.8	233.0	10.1	261.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2066	53	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2067	54	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2068	55	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2069	56	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2070	57	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2071	58	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2072	59	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2073	60	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2074	61	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2075	62	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2076	63	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2077	64	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2078	65	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2079	66	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
2080	67	0.0	18.8	0.0	10.1	28.8	2,085.5	0.0	2,085.5	
Total		6,123.5	1,107.2	1,234.0	517.7	8,982.5	122,463.0	0.0	122,463.0	113,480.5

NPV 1,370.5  
EIRR 19.44%  
B/C 1.41

出典: JICA 調査団

#### 4.11 マスタープランの実施計画

マスタープランの実施計画を図 4.11.1 に示す。

緊急対策工事は、現在 DPWH が実施中であり、2016 年第 3 四半期に完了する計画である。緊急対策工事を実施している間、短・中期対策として提案された構造物対策、非構造物対策に関わる詳細設計・調達を 2014 年から開始する計画である。短・中期対策の目標完了年は 2021 年である。

長期対策として提案されたダムについては、まず基礎調査、社会環境面の調査、用地取得を、工事前に実施することが必要である。長期対策の実施期間は 2015 年から 2035 年を計画している。

上述した構造物対策、非構造物対策とあわせて、事業の効果を持続するため、提案した構造物の維持管理、継続したモニタリングおよび定期的な維持管理浚渫のを継続して実施すべきである。



## 4.12 優先事業

### 4.12.1 優先事業の評価軸

マスタープランで提案された事業のうち、短・中期対策として提案されたプロジェクトはカガヤン・デ・オロ川の洪水リスク管理事業における優先事業として、早期に実施すべきである。これらの短・中期的対策を下記の観点から評価する。

表 4.12.1 マスタープランで提案された短・中期対策の評価

	評価軸	評価項目
1.	災害リスク軽減 (社会的脆弱性の改善)	対策がなされる前後の洪水被害の減少度合い
2.	災害リスク管理 (地域防災力の改善)	構造物対策及び非構造物対策に係る費用
3.	気候変動への適応性	将来の気候変動により流量が増加した場合、それに対応した構造物対策(例えば、堤防嵩上げ)や非構造物対策(土嚢等で嵩上げが容易な構造であるかどうか等)の容易性
4.	統合水資源管理の観点からの評価	①持続可能な社会を形成するような河川改修計画であるか、 ②水循環系の環境への影響の観点、 ③地域住民、関係機関との連携、 ④河川対応と流域対応のバランス
5.	自然・社会環境へ影響	①魚類や爬虫類、昆虫等の生息域への影響といった河川改修による自然環境への影響、 ②構造物対策により住民移転が必要となる家屋数の様な、社会環境への影響、 ③非構造物対策の有無による流域内に住む住民への影響
6.	技術的観点からの実施可能性	各案の構造物対策と維持管理及び非構造物対策が技術的に容易か否か。
7.	組織・制度	各案の構造物対策、非構造物対策の実施組織の能力、また構造物対策では維持管理組織、非構造物対策では持続的な実施可能性についての評価。また実施にあたっての制度面の問題点の有無。

出典: JICA 調査団

### 4.12.2 優先事業の評価

#### (1) 災害リスク軽減(社会的脆弱性の改善)

優先事業の計画規模は25年確率規模であり、この洪水規模は2012年12月に襲来したパブロに近い規模である。パブロの実績浸水面積は約730ha(うち堤内地面積は440ha)であり、また事業が実施される前(現状)において、25年超過確率規模の洪水で解析上予測される浸水面積は約790ha(うち堤内地面積は500ha)である。したがって、事業の実施効果として、上記の浸水被害は解消されることとなる。

上記は構造物対策の効果である一方、本事業の一つの大きな成果と考えられる「河川境界」の設定や今後設定されるべき「河川区域」の設定によって、洪水リスク区域の減少が見込まれる。

優先事業の一環として行われるコンサルティング・サービスの中で、「非構造物的対策」として、下記の技術支援を通じて洪水被害軽減を図る。

- i) ハザードマップの作成支援や避難計画作成支援を行うことによって、準備態勢の向上を図り、洪水災害が起きた時の被害、特に人的被害を軽減する。

- ii) FFWS に含まれる、観測システム、予報モデル、通信システムの予備検討を行い、PAGASA で計画中の FWS 整備と協調して、流域内の FFWS の向上に供する
- iii) 地域単位の早期警報システムの導入のための技術支援を行い、危険度の早期通報による被害軽減を図る。

### (2) 災害リスク管理(地域防災力の改善)

構造物対策の直接工事費約 41.1 億ペソ(約 93.6 億円相当)、コンサルティング・サービスコスト約 6.0 億ペソ(約 13.8 億円相当)、このほかに事業用地取得・補償費約 29.4 億ペソ、間接費、予備費も含めた総事業費は約 87.5 億ペソとなる。

本優先事業の中でコストを計上する非構造物的対策は、上記のコンサルティング・サービスコストだけである。

### (3) 気候変動への適応性

本マスタープラン策定における基本原則の一つとして、フィリピン国家開発計画(2011-2016)に則って、洪水リスク対策施設の計画・設計において気候変動を考慮することを掲げている。気候変動により生じる主要な影響の一つに計画規模を超える洪水の頻度が増加することが考えられる。本マスタープランでは基本原則に基づき、以下の検討及び対応をしている。

- i) マスタープランの計画規模は、北ミンダナオ地域の既往最大洪水であるセンドン時洪水(50年超過確率規模相当)を対象とする。
- ii) マスタープランの対象地域はカガヤン・デ・オロ川流域全域とし、短・中期的に下流区間で 25 年超過確率規模の洪水に対応できる河川改修を行い、長期的に上流での洪水調節との組合せでマスタープランの目標(50年超過確率規模の洪水への対応)を達成することとしている。
- iii) マスタープランで述べた河川境界の設定により、河川管理の基本コンセプトとして、a)洪水時の河川の水位をできるだけ低くして安全に流下させること、b)計画規模を超える洪水が発生したときに避難が不可能となる地域を河川用地として指定し、居住と構造物の建設を抑制することを提案している。
- iv) この基本コンセプトにおいて、既往最大であるセンドン洪水(50年超過確率規模相当)が来襲した場合に、避難が不可能となる地域は堤外地となるように河川境界を定め、基本的にこの線上を堤防法線と設定している。堤内地部分については、避難路の整備や非構造物的対策の充実で対応し、被害を最小限に抑えることを目的として、準備態勢、早期警報、早期避難などの向上を図ることや関係機関や地域住民に対する技術支援を盛り込んだ内容としている。

また、超過洪水対策をすべて構造物対策により対応することは、①構造物が大規模になりすぎること、②想定以上の洪水が来襲した場合には河道の水位が堤内地の現地盤高より高くなり、それによって堤防等が倒壊した場合には堤内地でさらに大きな被害が生じる可能性があること、③堤内地と堤外地が高い構造物で隔離され、景観や堤内地の居住環境が損なわれること、④既存の河川構造物の付け替

えなどが大規模に発生すること、などの理由から適切でないと考えられる。

#### (4) 統合水資源管理の観点からの評価

- i) 優先事業は、カガヤン・デ・オロ市内の洪水被害軽減を目的として、河口から約 12.0 km 地点までの築堤計画を中心としたものであるが、(3)にも記したとおり、築堤だけで洪水を囲み、堤外地水位を高くする危険を避けるために、適地は限られているが、調整地を利用して河道水位を下げ、堤防高を抑える計画となっている。
- ii) 河川改修・築堤によって内水排除が阻害されないように、また将来の堤内地の排水計画の改善が実施される際の制約とならないように、排水樋門や樋管を築堤に並行して設置することとしている。
- iii) 優先事業の一環として行われるコンサルティング・サービスの中で、「非構造物対策」として、「農地における河畔林の造成支援」の実施を提案している。これにより、上流域からの細粒土砂の河川への流入を抑制し、下流河道や河口部への堆積を防ぎ、河道の流下能力を維持する。

#### (5) 自然・社会環境へ影響

- i) 現在の河幅を大きく変化させたり、河道を移動させたりする計画とはせず、現在の水環境が基本的には維持される計画である。
- ii) 河口付近左岸側のマングローブ林域は、自然保護域として維持しつつ、調整地として活用する計画としている。また、大聖堂上流右岸側地区は、優先事業の中では内水排除を促進することも考えた調整地として利用してゆくことも可能な計画であり、現在の姿が大きく変わることはない。
- iii) 環境影響評価は、IEE を実施して ECC を取得したほかに、JICA のガイドラインに則って EIA を実施して、工事中の環境影響軽減策を定める。優先事業の実施による環境変化の他、工事实施中の環境影響を監視するモニタープログラムも定めて、コンサルティング・サービスの中で実施する。
- iv) 優先事業の実施には相当数の移転が必要となる。代替案の中では、大幅な立ち退き・移転が必要となる案も検討したが、これまで洪水リスクが高かった地域に絞った移転を行って、河川区域化を図る。リスクの軽減効果と合わせた検討を行った結果、得られた最適案と考えられる。
- v) コンサルティング・サービスの中で、「非構造物対策」として「河口部におけるマングローブ林の造成支援」を行い、河口部の生態系の質の向上を図ると共に、地域住民の生計手段を確保するための支援を行う。

#### (6) 技術的観点からの実施可能性

優先事業として取り上げられる構造物対策のうち、下記の 2 ヶ所の設計、工事实施には特別な配慮が必要である。

- i) Isla de Oro 地区右岸側の築堤及び Boulevard の建設予定区間は、この付近が軟弱地盤であることから、対策設計を考慮した F/S 設計・コスト積算が行われる事を前提としている。

- ii) Cagay-an 橋兩岸の橋台やアプローチ道路の改良は、その工実施中に交通阻害を最小化するための設計と工事計画の検討が今後の詳細設計において必要となる。

#### (7) 組織・制度

本事業の実施は、DPWH 治水プロジェクト管理事務所が行い、完成引き渡し完了した後は、DPWH 第 10 管区事務所が全面的に維持管理業務を行う。ただし、付随する内水排除・排水にかかわる施設の維持管理はカガヤン・デ・オロ市が行う事を前提としている。

優先事業で取り上げられる築堤を中心とする構造物対策は、DPWH が定めた河川境界の線に沿って建設されることを原則にしている。また、河川境界はカガヤン・デ・オロ市が定めようとしている“非居住地域”の完全実施と密接に関係しているので、今後の総合土地利用計画(CLUP)の制定が肝要である。また、これらに沿った河川区域の制定が DENR によって行われることも、土地利用規制による洪水被害の軽減化を目指す上で重要である。

### 4.13 マスタープランの結論・提言

#### 4.13.1 マスタープランの結論

本調査において、カガヤン・デ・オロ川全流域の洪水リスク管理を目的としたマスタープランが策定された。本マスタープランは、構造物対策、非構造物対策で構成され、その詳細については前節に記述のとおりである。提案のマスタープランは技術的観点、経済性から実行可能と評価される。また、社会環境面の課題については、IEE/EIA 調査の初期段階において評価を行った。これらの調査結果については第 9 章に取り纏めた。

- A. 構造物対策 :
  - i) 緊急対策
  - ii) 短・中期対策 (優先事業)
  - iii) 長期対策
  - iv) 維持管理
- B. 非構造物対策 :
  - i) 短・中期対策 (優先事業)
  - ii) 長期対策

#### 4.13.2 マスタープランに係わる提言

マスタープランに係わる提言を以下に記す。

##### ◆ 優先度の高い計画案の早期実施

カガヤン・デ・オロ洪水リスク管理事業として、社会的要求、経済性の観点から、緊急性の高い計画は、(1)既存の構造物被害の早期修復、(2)河口からペラエス橋までの下流河道区間の河川改修、(3)非構造物対策の実施である。これらの事業は早期に実施されるべきである。

◆ 上流ダム建設に関わる調査、計画策定の早期実施

カガヤン・デ・オロ洪水リスク管理事業の長期対策として上流ダム建設が提言された。将来的な気候変動に伴う超過確率洪水発生時の洪水リスク低減策として、下流河川改修を補完する役割を有する。ダム事業の実施に向けて次段階の調査が早期に実施されるべきである。必要と考えられる調査は以下の通りである。

- 基礎調査(水文・流砂量調査、地形・地質調査、材料調査、社会環境調査)
- 流域のかんがい、上水給水施設等による既存、将来の水需要調査
- 電力供給・需要量調査
- 上記調査に基づく流域全体の水資源計画、電力開発計画、ならびに既存発電ダム計画・調査の再検討による多目的ダム案のフィージビリティ調査、詳細設計

◆ 水文観測の強化、整備(水文、土砂)

本調査の実施に際して、降雨量、洪水流量、洪水位及び流砂量記録といった基本的な水文記録が不十分であった。今後のダム建設等の関連事業の調査・計画策定、洪水予警報活動、観測記録の蓄積による事業評価・モニタリングなどへの活用のためにも、以下のように水文観測を強化、整備すべきである。

- 上流流域内の降雨観測所は、タラカク地点、ブブナワン地点の2ヶ所のみであり、流域内の観測所の空間的な偏りがある。流域内の観測所の偏在を解消できるように主要支川流域形状を考慮した配置を検討し、降雨・水文観測所の追加が必要である。
- 流域の降雨特性である短時間の高強度の時間降雨記録が不足している。これまでの水文記録を蓄積、整理するとともに、時間降雨観測の整備所が必要である。
- 流域内の水位記録が、カブラ橋一地点のみしかない。本調査で提案した河川改修計画の基準点となるペラエス橋地点における、水位、洪水流量観測を実施すべきである。また、洪水予警報のリードタイム確保の視点から、上流域での水位観測網の整備が必要である。
- 流域上流の土壌侵食、土砂流出の把握、河道内の土砂移動特性を把握するための流砂量記録が不十分であり、既存データの蓄積・整理、定期的な観測の継続、観測の強化が望まれる。
- 現在、DOST等で降雨・水位観測所の整備が進められており、これらの事業と連携し、上記の整備を進めていく必要がある。
- 気候変動予測の高度化、将来の気候変動予測、ミンダナオ地区の気候変動モデルの開発・改良

◆ 内水排水・下水道整備

連続堤の建設に合わせて、既存の支川・排水路流末の樋門整備を提案した。河川改修、樋門整備の次段階の洪水リスク低減策として、カガヤン・デ・オロ川下流部の内水排水、下水道施設の整備・改良事業の調査、全体計画策定、事業のフィージビリティ調査の実施が必要である。

◆ 総合土地利用計画への河川境界の反映、河川用地の監理

洪水リスク管理事業の主要施策として、DPWHによりカガヤン・デ・オロ川下流域の河川境界が設定される。河川境界内は河川用地として管理されるべきである。河川用地内の建築・土地利用規制、危険地域の居住制限、遊休地の有効活用等は、関係機関、周辺自治体、地元住民との協議、意見交換を通じて検討されるべきものである。現在、カガヤン・デ・オロ市で更新中である総合土地利用計画に河川境界を適切に反映させる必要がある。

- 河川沿いの洪水危険地域の居住制限
- 河川沿いの洪水危険地域の河川用地への指定
- 河川用地内の居住者移転
- 河川境界沿いの境界杭の設置、築堤
- 河川用地内の土地利用計画・開発計画、避難計画の検討、策定

4.13.3 非構造物対策の長期的な活動に対する提言

(1) 非構造物対策の実施に係る連携とモニタリング

マスタープランでは、洪水管理、流域管理に関わる非構造物対策の課題に対して必要な活動が提案された。これらの非構造物分野における技術協力を実施していくことが重要である。

また、これらの活動は、DPWHのみならず、PAGASA, DENR や地方自治体も含めて、実施されるべきである。非構造物対策を効果的にかつ構造物対策と適切な連携をとって実施していくために、DPWHがモニタリング計画を策定し、これに従ってモニタリング活動を実施していくことが期待される。

(2) 流域管理に関する提言

上述した円借款事業での実施を提案した流域保全に係る事業に加えて、以下の項目をDPWH、DENR および地方自治体へ提言する。

1) 総合土地利用計画の遵守による土砂流出抑制、森林回復

洪水を緩和する対策として、流域の保水効果を高め、流出を調整するために上流部における森林の回復が重要である。また、中上流部の農地からの細粒土砂が流出していることが確認されており、このような農地が細粒土砂の生産源の一つであると考えられる。そのため、総合土地利用計画を遵守し、農地(特に大規模の農場)の拡大を制限し、細粒土砂の生産源の拡大を制限することが望まれる。また、既存の農場もしくは新規に農場を造成する場合は、細粒土砂対策を実施するよう、農場所有者に働きかける必要がある。これは、DA、LGU とともに、下流部の土砂管理を司る DPWH との協働で実施することが望まれる。

2) 細粒土砂の発生源の特定とモニタリング

中上流部の農地からの細粒土砂が流出していることが確認されているが、具

体的な発生源やその流出状況などの測定は実施されていない。そのため、具体的な細粒土砂対策を実施するために、細粒土砂の流出状況などを測定、モニタリングすることが望まれる。これは、下流部の土砂管理を司る DPWH が実施することが望ましい。

3) 河川沿いへのタケの植栽から郷土樹種の植栽への転換

河畔地域では、浅根性のタケに替わって、深根性の郷土樹種を植栽するようにする。そのためにも、適切な樹種の選定、選定された樹種の苗木生産方法の確立、植栽・保育方法の確認等が必要になる。これは、河畔林造成の実績のある DENR を中心に実施していくことが望まれる。

4) カガヤン・デ・オロ市での流域管理計画、森林管理計画の策定

カガヤン・デ・オロ市では、市全体に対する流域管理計画、森林管理計画が策定されていない。総合土地利用計画の中に、一部、流域管理、森林管理にかかる計画が載ってはいるが、十分な記載内容とは言えない。カガヤン・デ・オロ市で、適切な流域管理、森林管理を実施していくためにも、市独自の計画策定が望まれる。

5) 海岸資源管理計画(CRMP)の早期実現

カガヤン・デ・オロ市では、CRMP の策定が進められているが、まだ市長から承認されていない。カガヤン・デ・オロ市内の沿岸地域の有効利用のために、CRMP の早期の承認、実施が望まれる。併せて、カガヤン・デ・オロ市の CRMP の策定・実施は、MBDA が計画している Macajalar 湾全体の沿岸管理計画策定にも資するものである。