

フィリピン共和国
フィリピン気象天文庁

フィリピン共和国
カガヤン・デ・オロ川
洪水予警報システム改善計画
準備調査報告書
(簡易製本版)

平成 30 年 3 月
(2018 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

日本工営株式会社

環境
JR(先)
18-030

序 文

独立行政法人国際協力機構は、フィリピン共和国のカガヤン・デ・オロ川洪水予警報システム改善計画にかかる準備調査を実施することを決定し、同調査を日本工営株式会社に委託しました。

JICA 調査団は、平成 29 年 3 月 3 日から平成 29 年 6 月 8 日までフィリピン国の政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成 30 年 3 月

独立行政法人 国際協力機構
地 球 環 境 部
部 長 山 内 邦 裕

要 約

要約

1. 国の概要

フィリピン共和国（以下、「フィリピン」とする）は東南アジアに位置する島国である。面積は 299,404km² で日本の約 8 割、7,109 の島々を有する。「世界リスク報告 2014」（国連大学）によると、フィリピンは新興国の中で最も自然災害リスクに晒されているとされており、災害対策はフィリピン政府にとって重要課題として位置付けられている。フィリピンにおいては、特に 2005 年からの 10 年間で発生した自然災害による死者・行方不明者数の 48%、被災人口の 70% が台風やモンスーンがもたらした洪水によるものであり、洪水が最大の自然災害リスクとして、人的にも経済的にもフィリピンに深刻な影響を与えている。

2. プロジェクトの背景、経緯及び概要

フィリピン政府は、大河川のうち 18 流域を主要流域と定め、人口が多く経済活動の中心となっている都市を抱える河川流域から優先的に洪水対策計画を策定し、治水事業及び洪水予警報システムの整備を進めている。フィリピン気象天文庁（Philippine Atmospheric Geophysical and Astronomical Services Administration、以下「PAGASA」とする）は現在、18 主要流域において河川洪水予警報センターの設立、洪水予警報システムの構築などに取り組んでいる。

北部ミンダナオ地域のカガヤン・デ・オロ川は、長さ約 97km、流域面積 1,364km² のフィリピン主要 18 河川の一つである。地域の中心都市である人口約 60 万人のカガヤン・デ・オロ市を抱えており、18 主要流域の一つと定められているが、同流域にて本格的な治水対策計画、治水事業は実施されてこなかった。ミンダナオ島では過去は、上陸した台風が非常に少ない台風フリーゾーンと言われていた。しかしながら近年のフィリピン付近の台風の進路は、南寄りとなる傾向にあり、ミンダナオ島における台風被害が増加している。近年では、2009 年の熱帯低気圧ウルドゥジャ、2011 年の台風センドン、2012 年の台風パブロ、2014 年の台風セニアン、2017 年の台風ヴィンタと連続して、最大規模の洪水被害を受けた。特に、2011 年 12 月 16 日のセendon は、北部ミンダナオ地域を直撃し、被災者 117 万人、死者約 1,250 人という甚大な被害をもたらした。

カガヤン・デ・オロ川流域では、上流の降雨による洪水が数時間程度で下流の市街地に到達し、継続時間の短い大きな流量の洪水が、氾濫域を直進して被害をもたらす。避難猶予時間が短くかつ洪水位が高く、氾濫流の流速が速い、非常にリスクが高い洪水形態となる。また、現河道は通水能力が低くかつ不連続堤であるため、住居が密集する河川周辺部の脆弱性が高く、大きな洪水被害となる危険性が極めて高い。そのため、流域の降雨と洪水をリアルタイムで観測し、精度の高い洪水予測の実施ならびに的確なタイミングでの洪水警報発令のための洪水予警報システムの整備が急務となっている。

係る状況の下、「カガヤン・デ・オロ川洪水予警報システム改善計画」（以下、「本案件」とする）が、カガヤン・デ・オロ川流域における PAGASA による洪水予警報システムの構築、ひいては同流域における統合的な洪水リスク管理能力の向上を目的として要請された。現在、円借款案件「洪水リスク管理事業（カガヤン・デ・オロ川）」がフィリピン政府により進められている。また、フィ国全域の洪水予警報能力の向上を目的とした技術協力プロジェクトである「洪水予警報の統合データ管理能力強化プロジェクト」では、カガヤン・デ・オロ川をパイロット地域としていることから、これらプロジェクトとの連携が必要である。

3. 調査結果の概要及びプロジェクトの内容

調査団の派遣は計 5 回実施され(表 1)、PAGASA や関係機関との協議を実施した。

表 1 調査団派遣時期

調査行程	派遣時期
第一次現地調査	2017 年 3 月 13 日～4 月 27 日
第二次現地調査	2017 年 5 月 10 日～6 月 8 日
第二次現地調査(補足調査 1)	2017 年 10 月 9 日～10 月 28 日
第二次現地調査(補足調査 2)	2018 年 1 月 18 日～1 月 24 日
第三次現地調査	2018 年 2 月 18 日～2 月 24 日

プロジェクト上位目標は、カガヤン・デ・オロ川洪水予警報センターにおいて精度の高い洪水予警報が継続的に運用され、カガヤン・デ・オロ川流域における洪水被害が軽減されることである。その目標達成のため、自然条件調査(地形測量、地質調査)ならびに電波伝搬試験を含む現地調査結果をふまえ、機材の適切な設置場所や仕様を策定し、PAGASA との協議の上、当事業による支援内容は表 2 に示す内容で合意した。

表 2 無償資金協力による支援の内容

項目	詳細	数量
1	雨量観測機材の配置	
	(1) 地上雨量計	13 地点 (うち 7 箇所は 水位計配置箇所と重複)
	(2) X バンドレーダー雨量計	2 地点
2	水位観測機材の配置	
	(1) 水位計	7 地点
3	通信網の機材の設置	
	(1) 通信網の機材 水文観測機器からカガヤン・デ・オロ川洪水予警報センターまでの専用通信	1 式
	(2) 中継基地 (X バンドレーダー雨量観測装置と共用)	2 地点
	(3) CDORFFWC*から CDO-CDRRMD**までの専用線伝送接続装置	1 式
4	観測データ表示のための可視化システムの設置	
	(1) カガヤン・デ・オロ川洪水予警報センターと CDO-CDRRMD へのモニタリング用ディスプレイの設置	2 台
	(2) 地方自治体や他の防災関連機関が降雨強度や水位をリアルタイムでモニタリングするために活用できるウェブサイトの構築	1 式
5	機材調達および設計監理	
	(1) 機材調達(機材調達、輸送梱包、据付工事、調達管理)	1 式
	(2) 設計監理(機材設計監理、ソフトコンポーネント)	1 式

備考： (※) CDORFFWC: Cagayan de Oro River Flood Forecasting and Warning Center
(**) CDO-CDRRMD: Cagayan de Oro River Flood Forecasting and Warning Center

4. プロジェクトの工期及び概略事業費

当事業の必要工期は、実施設計に 4 ヶ月、調達工程に 17.5 カ月の計 21.5 ヶ月である。

また、当事業において、次の作業はフィリピン側の分担事業とする。

- カガヤン・デ・オロ川洪水予警報センター建屋建設
- 用地取得と建設許可
- カウンターパートの派遣
- 負荷価値税（VAT）予算確保・支払い
- 社会環境関連許可
- 各種関連機関との調整・申請手続き
 - 周波数取得申請
 - 税関手続き
 - 施工時の通行規制等の調整
 - 伐採許可
 - 鉄塔建設許可
 - X バンドレーダー設置許可
 - 商用電源の確保
 - 有線通信の確保
 - その他必要な調整・申請手続き

※概略事業費は、施工・調達業者契約認証まで非公表

5. プロジェクトの評価

当事業は、雨量・水位計測用の各機材（テレメータシステム）、X バンド雨量レーダー用の各機材、及び雨量・水位データの伝送・処理・表示用の各機材で構成され、カガヤン・デ・オロ流域の洪水被害の軽減が目的であり、フィリピンの国家開発計画（2017 年－2022 年）、我が国の援助方針、JICA の協力方針等に合致するものである。防災・災害対策に関するわが国による支援を踏まえ、効果的な援助の継続の観点からも当事業実施を支援する必要性は高く、妥当であると判断される。

当事業の実施による定量的な効果として、下表に示すように、テレメータシステムの稼働率（欠測率の改善）、レーダーによる雨量データの空間解像度の向上、観測データの収集時間の短縮、洪水予警報の発出の短縮が挙げられる。これにより PAGASA より防災関連機関への洪水予警報が迅速かつ的確に伝達されることになる。

表 3 定量的な指標

指標名称		現状*	目標値** 【事業完成 3 年後】
水文データ 観測密度	雨量データのエリア解像度 (雨量計数量またはレーダー雨量計の分解能による)	105km ² (流域面積 1,364km ² ÷ 既存の 13 雨量観測局)	0.022km ² (150m x 150m メッシュ = 0.022km ²)
	水位計の数量	8	15
水位・雨量観測のデータの欠測率		84.2%***	5%以内

備考 (*)現状は既存の洪水予警報システム（Twin Phoenix テレメータシステム、韓国国家防災研究所(National Disaster Management Institute、以下「NDMI」とする)テレメータシステム、先端科学技術研究所(Advanced Science and Technology Institute、以下「ASTI」とする)テレメータシステム) による。

(**)目標値は当事業により導入されるシステムでの値を示す（当事業では既存の洪水予警報システムの復旧等は対象としない）。

(***)Twin Phoenix テレメータシステム（雨量計）6 台の内 3 台は 5%以下の欠測率を記録し、NDMI テレメータシステム（雨量計）5 台はすべて 100%欠測の状態。また、TwinPhoenix テレメータシステム（水位計）4 台および NDMI テレメータシステム（水位計）4 台はすべて 100%欠測の状態。

計算：データ欠測の観測局数/全観測局数 = (3+5+4+4) / (6+5+4+4) = (16/19)*100=84.2%

また、定性的な効果としては、下記の事項が挙げられる。

- カガヤン・デ・オロ川流域洪水発生に対して、的確な洪水予警報により、地域住民の避難等に寄与する
- PAGASA 及び CDO-CDRRMD とリアルタイムに水文情報を共有することで、災害に対する効果的な対応に寄与する
- 専用通信回線により安定したデータ通信が確保される
- 雨量観測点が高密度化することにより、都市部での洪水も含めた洪水予警報の正確性の向上に寄与する

目次
位置図/完成予想図/写真
図表リスト/略語集

フィリピン共和国
カガヤン・デ・オロ川
洪水予警報システム改善計画
準備調査報告書

序文
要約
目次
位置図／完成予想図／写真
図表リスト／略語集

目 次

第1章 プロジェクトの背景・経緯	1-1
1-1 当該セクターの現状と課題	1-1
1-1-1 現状と課題	1-1
1-1-2 開発計画	1-1
1-1-3 社会経済状況	1-2
1-2 無償資金協力の背景・経緯及び概要	1-3
1-3 我が国の援助動向	1-6
1-4 他ドナーの援助動向	1-7
第2章 プロジェクトを取り巻く状況	2-1
2-1 プロジェクトの実施体制	2-1
2-1-1 組織・人員	2-1
2-1-2 財政・予算	2-2
2-1-3 技術水準	2-4
2-1-3-1 洪水予警報技術	2-4
2-1-3-2 設備運営維持管理技術	2-4
2-1-4 既存施設・機材	2-4
2-1-4-1 Twin Phoenix テレメータシステム	2-4
2-1-4-2 NDMI テレメータ警報システム	2-6
2-1-4-3 ASTI テレメータシステム	2-8
2-1-4-4 既存システム設置位置	2-8
2-1-4-5 既存システムの活用方針	2-10
2-2 プロジェクトサイト及び周辺の状況	2-11
2-2-1 関連インフラの整備状況	2-11
2-2-2 自然条件	2-11
2-2-2-1 対象流域の降雨特性ならびに地形特性	2-11
2-2-2-2 自然条件調査	2-13
2-2-2-3 台風センドン時の洪水位推定	2-17
2-2-3 環境社会配慮	2-19
第3章 プロジェクトの内容	3-1
3-1 プロジェクトの概要	3-1
3-2 協力対象事業の概略設計	3-1
3-2-1 設計方針	3-1
3-2-1-1 基本方針	3-1

3-2-1-2 自然環境条件に対する方針	3-6
3-2-1-3 社会経済条件に対する方針	3-6
3-2-1-4 建設事情／調達事情若しくは業界の特殊事情／商習慣に対する方針	3-7
3-2-1-5 現地業者（建設会社）の活用に係る方針	3-7
3-2-1-6 運営・維持管理に対する対応方針	3-7
3-2-1-7 施設、機材等のグレードの設定に係る方針	3-7
3-2-1-8 工法/調達方法、工期に係る方針	3-7
3-2-2 基本計画（施設計画／機材計画）	3-8
3-2-2-1 観測局配置計画の概要	3-8
3-2-2-2 水位観測局の配置計画	3-8
3-2-2-3 雨量観測局の配置計画	3-15
3-2-2-4 Xバンドレーダー配置計画	3-19
3-2-2-5 マイクロ無線通信回線の計画	3-27
3-2-2-6 テレメータ VHF 無線回線計画	3-30
3-2-2-7 鉄塔/アンテナマストおよび付帯設備計画	3-32
3-2-2-8 被雷対策の計画	3-33
3-2-2-9 CDORFFWC 監視制御の計画	3-34
3-2-2-10 CDORFFWC と PAGASA 本部間の通信計画	3-35
3-2-2-11 土木施設計画	3-36
3-2-2-12 機材計画	3-39
3-2-3 概略設計図	3-43
3-2-4 施工計画／調達計画	3-43
3-2-4-1 施工方針／調達方針	3-43
3-2-4-2 施工上／調達上の留意事項	3-44
3-2-4-3 施工区分／調達・据付区分	3-44
3-2-4-4 施工監理計画／調達監理計画	3-45
3-2-4-5 品質管理計画	3-47
3-2-4-6 資機材等調達計画	3-48
3-2-4-7 初期操作指導等計画	3-48
3-2-4-8 ソフトコンポーネント計画	3-49
3-2-4-9 実施工程	3-50
3-3 相手国側分担事業の概要	3-53
3-4 プロジェクトの運営・維持管理計画	3-56
3-4-1 運営維持管理体制	3-56
3-4-1-1 PAGASA の運営維持管理	3-56
3-4-1-2 その他の防災関連機関	3-59
3-4-2 運営維持管理の技術レベルと人員計画	3-62
3-5 プロジェクトの概略事業費	3-63
3-5-1 協力対象事業の概算事業費	3-63
3-5-1-1 日本側負担経費	3-63
3-5-1-2 相手国負担経費	3-64
3-5-1-3 積算条件	3-64
3-5-2 運営・維持管理費	3-64
第4章 プロジェクトの評価	4-1
4-1 事業実施のための前提条件	4-1
4-2 プロジェクト全体計画達成のために必要な相手方投入（負担）事項	4-1
4-3 外部条件	4-1

4-4 プロジェクトの評価.....	4-1
4-4-1 妥当性.....	4-1
4-4-2 有効性.....	4-1

付属資料

資料 1 JICA 調査団員・氏名

資料 2 調査行程

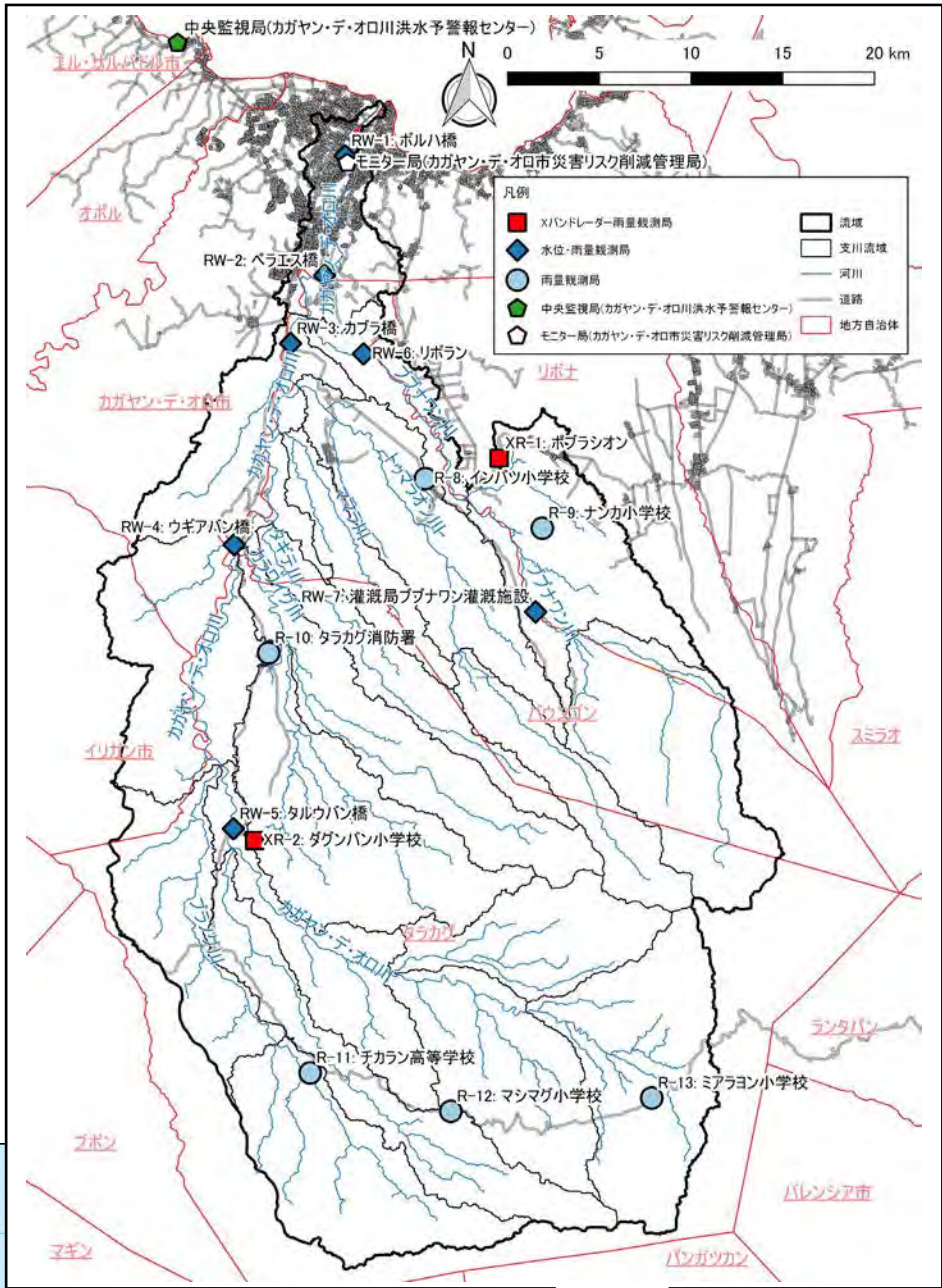
資料 3 関係者（面会者）リスト

資料 4 討議議事録

資料 5 ソフトコンポーネント計画書

資料 6 概略設計図

プロジェクト位置図



完成予想図



Xバンドレーダー雨量観測局

※本図は類似施設によるイメージであり、
当事業で完成する施設とは異なる



雨量観測局

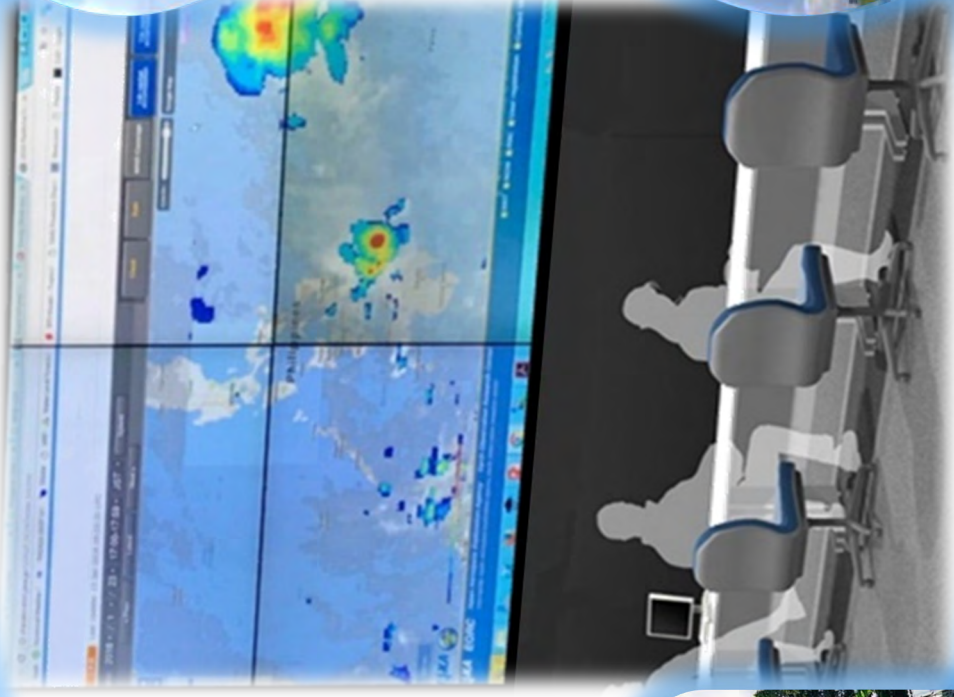
※本図は類似施設によるイメージであり、
当事業で完成する施設とは異なる



中央監視局

(カガヤン・デ・オロ川洪水予警報センター)

※先方負担により建設



中央監視局操作室

※本図は類似施設によるイメージであり、
当事業で完成する施設とは異なる



水位観測局

※本図は類似施設によるイメージであり、
当事業で完成する施設とは異なる

写真集

出典：JICA 調査団

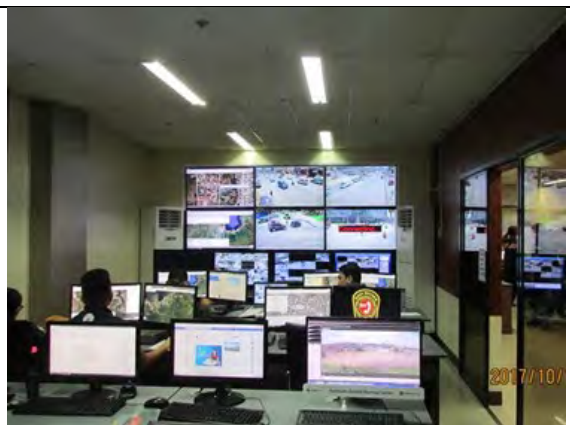
	
カガヤン・デ・オロ川 RW-1 水位・雨量観測局 設置予定場所 (ボルハ橋)	カガヤン・デ・オロ川 RW-2 水位・雨量観測局 設置予定場所 (ペラエス橋)
	
カガヤン・デ・オロ川 RW-3 水位・雨量観測局 設置予定場所 (カブラ橋)	カガヤン・デ・オロ川 RW-4 水位・雨量観測局 設置予定場所 (ウギアバン橋)
	
カガヤン・デ・オロ川 RW-5 水位・雨量観測局 設置予定場所 (タルウバン橋)	カガヤン・デ・オロ川 (支流) RW-6 水位・雨量観測局 設置予定場所 (リボラン)

	
カガヤン・デ・オロ川（支流） RW-7 水位・雨量観測局 設置予定場所 （灌漑局（NIA）ブブナワン灌漑施設）	R-8 雨量観測局 設置予定場所 （インバツ小学校）
	
R-9 雨量観測局 設置予定場所 （ナンカ小学校）	R-10 雨量観測局 設置予定場所 （タラカグ消防署）
	
R-11 雨量観測局 設置予定場所 （チカラン高等学校）	R-12 雨量観測局 設置予定場所 （マシマグ小学校）

	
R-13 雨量観測局 設置予定場所 (ミアラヨン小学校)	XR-1 X バンドレーダー雨量観測局 設置予定場所 (ポブラシオン)
	
XR-1 X バンドレーダー雨量観測局 設置予定場所 地質調査 (ポブラシオン)	XR-2 X バンドレーダー雨量観測局 設置予定場所 (ダグンバン小学校)
	
ミンダナオ PAGASA 地方管区 (MPRSD)	ミンダナオ PAGASA 地方管区 (MPRSD) 敷地 内の中央監視局建設予定地



カガヤン・デ・オロ市災害リスク削減
管理局（CDO-CDRRMD）建屋



カガヤン・デ・オロ市災害リスク削減
管理局（CDO-CDRRMD）モニタールーム



2017 年 12 月台風ヴィンタ時の
カガヤン・デ・オロ川の様子
（ペラエス橋）



2017 年 12 月台風ヴィンタ時の
カガヤン・デ・オロ川の様子
（カブラ橋）



2017 年 12 月台風ヴィンタ時の
カガヤン・デ・オロ川の様子
（ウギアバン橋）



2017 年 12 月台風ヴィンタ時の
カガヤン・デ・オロ川の様子
（タルウバン橋）

図 表 目 次

図 1-1	既往洪水の浸水範囲	1-4
図 1-2	2017 年 12 月の台風ヴィンタ時のカガヤン・デ・オロ川の状況	1-5
図 1-3	2017 年 1 月の都市型水害におけるカガヤン・デ・オロ市内の浸水状況	1-5
図 2-1	PAGASA 組織図	2-1
図 2-2	水文気象部組織図	2-2
図 2-3	Twin Phoenix 設備の状況	2-6
図 2-4	NDMI 監視局 (CDO-CDRRMD) の状況	2-7
図 2-5	ASTI 観測局の状況	2-8
図 2-6	Twin Phoenix、NDMI、ASTI テレメータシステム位置図	2-9
図 2-7	カガヤン・デ・オロ川の河川縦断図	2-12
図 2-8	フィリピン主要 18 河川の河川縦断図	2-13
図 2-9	カガヤン・デ・オロ川と国内主要河川の勾配の比較	2-13
図 2-10	地形測量の成果品一例 (RW-2: ペラエス橋の地形平面図ならびに河川横断図)	2-15
図 2-11	地質調査の成果品一例 (RW-2: ペラエス橋でのボーリングログ)	2-16
図 2-12	近隣住民へのヒアリングによるセンドン洪水時の洪水位	2-18
図 3-1	2014 年の台風 Seniang の際に MPRSD が発表した洪水警報	3-2
図 3-2	水位観測局地点と RW-2 (ペラエス橋) へのリードタイム	3-11
図 3-3	水位観測局の配置理由	3-13
図 3-4	水位観測局の警戒水位	3-14
図 3-5	2017 年 1 月豪雨で観測された日雨量ならびに時間雨量データ	3-15
図 3-6	雨量観測局の配置理由	3-18
図 3-7	X-band レーダーサイト候補地	3-19
図 3-8	X バンド レーダーサイトの現地写真	3-23
図 3-9	X バンドレーダー覆域図	3-25
図 3-10	マイクロ無線通信回線構成	3-27
図 3-11	CDORFFWC~XR-1 間電波見通し図	3-28
図 3-12	XR-1~XR-2 間電波見通し図	3-28
図 3-13	CDORFFWC~CDO-CDRRMD 間電波見通し図	3-29
図 3-14	テレメータ VHF 無線回線	3-31
図 3-15	護岸設置型の水位計の標準断面図	3-37
図 3-16	RW-5: Tal-uban 橋サイト	3-37
図 3-17	河道埋設型の水位計 (標準設計案)	3-37
図 3-18	橋脚型の水位計の標準断面図	3-37
図 3-19	橋脚型の水位計の平面図 (丸型)	3-37
図 3-20	地表設置型の水位・雨量観測建屋 (局舎) (水位・雨量観測建屋の分離)	3-38
図 3-21	高床式の水位・雨量観測建屋 (局舎) 略図 (1/2)	3-38
図 3-22	高床式の水位・雨量観測建屋 (局舎) 略図 (2/2)	3-38
図 3-23	X バンドレーダー観測建屋の平面図	3-38
図 3-24	X バンドレーダー観測建屋の標準断面図	3-38
図 3-25	アクセス道路 (片側車線 W=3,000mm) の標準断面図	3-39
図 3-26	アクセス橋 標準断面	3-39
図 3-27	CDO-CDRRMD からの情報伝達フロー	3-60
図 3-28	第 10 管区における災害リスク削減管理評議会での役割	3-61
図 3-29	情報伝達 (OCD 第 10 管区)	3-62

表 1-1	我が国、円借款事業の実績（過去 10 年分・洪水対策セクター）	1-6
表 1-2	我が国、無償資金協力の実績（過去 10 年分・洪水対策セクター）	1-6
表 1-3	我が国、技術協力プロジェクトの実績（過去 10 年分・洪水対策セクター）	1-7
表 1-4	韓国国際協力機構によるプロジェクトの概要	1-7
表 1-5	Twin Phoenix テレメータシステムの概要	1-8
表 1-6	NDMI テレメータ警報システム概要	1-8
表 1-7	その他ドナーによる援助案件の概要	1-8
表 2-1	水文気象部職員構成推移	2-2
表 2-2	HMD 予算推移	2-3
表 2-3	MPRSD 全体の予算	2-3
表 2-4	商用電圧モニタリング結果	2-11
表 2-5	自然条件調査の概要	2-13
表 2-6	自然条件調査の調査項目ならびに調査対象	2-14
表 2-7	自然条件調査の調査数量	2-14
表 2-8	2011 年 12 月センドン洪水時の洪水水位推定結果	2-17
表 2-9	不等流計算の計算条件	2-19
表 2-10	不等流計算に用いたセンドン洪水時の流量	2-19
表 3-1	無償資金協力による支援の内容	3-1
表 3-2	設計方針変更の原因と対応策（設計方針変更後の基本設計）	3-5
表 3-3	観測局及び監視局構成	3-8
表 3-4	水位観測局の選定基準	3-9
表 3-5	水位観測局選定表	3-10
表 3-6	水位観測局候補地の水文的特性	3-11
表 3-7	水位観測局の洪水警報水位	3-14
表 3-8	雨量観測局の選定基準	3-16
表 3-9	雨量観測局候補地の選定表	3-17
表 3-10	X-Band レーダーサイト候補地	3-19
表 3-11	候補サイトの調査項目と内容	3-20
表 3-12	候補地の調査結果一覧	3-21
表 3-13	選定されたレーダーサイトの設置目的と課題	3-23
表 3-14	X バンドレーダーアンテナ所要高	3-23
表 3-15	単一偏波レーダーと二重偏波レーダーの比較	3-24
表 3-16	伝送方法と特徴	3-26
表 3-17	X バンドレーダー主要諸元	3-27
表 3-18	マイクロ無線通信回線主要諸元	3-29
表 3-19	電波伝搬試験結果	3-30
表 3-20	テレメータ VHF 無線通信回線主要諸元	3-32
表 3-21	鉄塔および付帯設備（XR-1、XR-2、MS）	3-32
表 3-22	アンテナマストおよび付帯設備（テレメータ観測局）	3-33
表 3-23	被雷対策の内容	3-34
表 3-24	通信手段と特徴	3-36
表 3-25	テレメータ観測局機材構成	3-40
表 3-26	X バンドレーダー雨量観測局機材構成	3-41
表 3-27	中央監視局機材構成	3-42
表 3-28	モニター局（HMD）機材構成	3-42

表 3-29	モニター局（CDO-CDRRMD）機材構成	3-43
表 3-30	主要構造物の工種・工法および施工計画での留意点	3-44
表 3-31	施工区分	3-45
表 3-32	実施設計体制	3-46
表 3-33	調達監理体制	3-47
表 3-34	ソフトコンポーネント投入計画	3-51
表 3-35	調達実施工程	3-52
表 3-36	建設予定地一覧	3-54
表 3-37	PAGASA の保守・運用部門と担当	3-56
表 3-38	PAGASA 本部 の保守部門人員構成（電気通信のみ）	3-57
表 3-39	運用・保守における HMTS と PRSD との責任範囲	3-57
表 3-40	テレメータ設備の整備レベルに応じた保守人員	3-58
表 3-41	PAGASA（MPRSD）の人員増加計画	3-58
表 3-42	CDO-CDRRMD の警報発出基準	3-59
表 3-43	運用維持管理体制	3-63
表 3-44	日本側負担経費	3-63
表 3-45	相手国負担経費	3-64
表 3-46	運営・維持管理費	3-64
表 3-47	X バンドレーダー雨量観測装置保守契約を含む場合の運営・維持管理費	3-65
表 4-1	定量的な指標	4-2

備考：表、図に出典の記載のないものは全て JICA 調査団によるものとする

略 語 集

略語	英語表記	日本語表記
ASTI	Advanced Science and Technology Institute	先端科学技術研究所
AusAID	Australian Agency for International Development	オーストラリア国際開発庁
CAAP	Civil Aviation Authority of the Philippines	航空局
BUSECO	Bukidnon Second Electric Cooperative, Inc.	ブキドノン第二電力会社
CDO-CDRRMD	Cagayan de Oro City Disaster Risk Reduction and Management Department	カガヤン・デ・オロ市災害リスク削減管理局
CDORFFWC	Cagayan de Oro River Flood Forecasting and Warning Center	カガヤン・デ・オロ川洪水予警報センター
CDRRMC	City Disaster Risk Reduction and Management Council	市災害リスク削減管理評議会
CDRRMD	City Disaster Risk Reduction and Management Department	市災害リスク削減管理局
CNC	Certificate of Non-Coverage	非対象事業証明書
DepED	Department of Education	教育省
DICT	Department of Information and Communications Technology	情報通信技術省
DPWH	Department of Public Works and Highways	公共事業道路省
DRRM	Disaster Risk Reduction Management	災害リスク削減管理
ECC	Environmental Compliance Certificate	環境適合証明書
FAD	Food and Drug Administration	食品医薬品局
FFWS	Flood Forecasting and Warning System	洪水予警報システム
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
HMD	Hydrometeorology Division	水文気象部（PAGASA）
HMTS	Hydrometeorological Telemetry Section	水文機材課（PAGASA）
KOICA	Korea International Cooperation Agency	韓国国際協力団
LGU	Local Government Unit	地方自治体
MDRRMC	Municipal Disaster Risk Reduction and Management Council	町災害リスク削減管理評議会
MDRRMD	Municipal Disaster Risk Reduction and Management Department	町災害リスク削減管理局
MPRSD	Mindanao Regional Services Division	ミンダナオ PAGASA 地方管区
NCIP	National Commission on Indigenous Peoples	先住民国家評議委員会
NCR	National Capital Region	マニラ首都圏
NDMI	National Disaster Management Institute	韓国国家防災研究所
NDRRMC	National Disaster Risk Reduction and Management Council	国家災害リスク削減管理評議会
NDRRMF	National Disaster Risk Reduction and Management Framework	国家防災フレームワーク
NDRRMP	National Disaster Risk Reduction and Management Framework	国家災害リスク削減管理計画
NIA	National Irrigation Administration	灌漑局

略語	英語表記	日本語表記
NOAH	Nationwide Operational Assessment of Hazards	国家災害対策プロジェクト
NPA	New Peoples Army	新人民軍
OCD	Office of Civil Defense	市民防衛局
PAGASA	Philippine Atmospheric Geophysical and Astronomical Services Administration	フィリピン気象天文庁
PDRRC	Provincial Disaster Risk Reduction and Management Council	州災害リスク削減管理評議会
PRSD	PAGASA Regional Services Division	PAGASA 地方管区
RDRRC	Regional Disaster Risk Reduction and Management Council	州災害リスク削減管理評議会
RFFWC	River Flood Forecasting and Warning Center	河川洪水予警報センター
UNDP	United Nations Development Programme	国連開発計画

第 1 章 プロジェクトの背景・経緯

第1章 プロジェクトの背景・経緯

1-1 当該セクターの現状と課題

1-1-1 現状と課題

フィリピン国（以下「フィリピン」とする）は日本と同様に台風、洪水、地震、火山等の自然災害多発国である。国連大学の世界リスク報告（World Risk Report 2016）によると、フィリピンは新興国の中で最も自然災害のリスクにさらされている国であり、世界リスク指標（World Risk Index）は世界 171 ヶ国のなかで 3 位に順位付けされている。1970 年から 2009 年までに発生した自然災害による直接被害額の合計は 100 から 300 百万米ドルと推計され、2009 年の GDP を基準に 0.5% から 1.5% に相当する。また、毎年 1,000 人以上の命が失われていることから、フィリピンにとって災害は人的及び経済的な側面から、持続的な開発を阻害する一因となっており、災害対策はフィリピン政府にとって重要課題として位置付けられている。フィリピンにおいては、特に 2005 年からの 10 年間で発生した自然災害による死者・行方不明者数の 48%、被災人口の 70% が台風やモンスーンがもたらした洪水によるものであり、洪水が最大の自然災害リスクとして、人的にも経済的にも当国に深刻な影響を与えている。

フィリピンは気候変動による台風被害増加の影響を受けやすい国であり、台風による被害はさらに深刻化するおそれがある。そのため、日常的に頻発する豪雨による洪水への対策を進めつつ、リスク削減と被害の最小化を図っていくことが重要な課題である。

フィリピン政府は、1990 年代から「災害発生後の対応とその準備に重点をおいた政策」から「貧困削減の一環として、災害発生前の災害リスクの削減を図る災害リスクマネジメントを重視した政策」への転換を図っている。また、大河川のうち 18 流域を主要流域と定め、人口が多く経済活動の中心となっている都市を抱える河川流域から優先的に洪水対策計画を策定し、治水事業及び洪水予警報システムの整備を進めている。現在までに 12 主要流域で治水計画が策定されており、そのうちカガヤン・デ・オロ川流域を含む 8 流域で治水事業が進行中である。

また、フィリピンの気象天文庁（Philippine Atmospheric Geophysical and Astronomical Services Administration、以下「PAGASA」とする）は 1972 年の大統領令第 78 号（Presidential Decree No. 78）、1977 年の大統領令第 1149 号（Presidential Decree No. 1149）によって、気象、洪水とそれ以外に国民の安全、健康と国家経済に影響を与えうる気候事象の観測と予報の責任機関として位置づけられている。

現在、18 主要流域において河川洪水予警報センター（River Flood Forecasting and Warning Center、以下「RFFWC」とする）の設立、洪水警報システム（Flood Forecasting and Warning System、以下「FFWS」とする）の構築などに取り組んでいる。PAGASA 内組織の水文気象部（Hydro-Meteorology Division、以下「HMD」とする）は、FFWS が既に整備されている 7 流域（アグノ川、ビコール川、カガヤン川、パンパンガ川、パッシング・ラグナデベイ川、カガヤン・デ・オロ川、タグム・リブガノン川）の管理責任を有する。一方、PAGASA 地方管区（PAGASA Regional Services Division、以下「PRSD」とする）は、前述の 7 流域に RFFWC を設置し、各流域で洪水の観測と観測局の維持管理業務を行っている。

カガヤン・デ・オロ川流域においては予警報システムが既に整備されているが、故障やシステムの不具合が発生しており、目的を果たしていない。また、PRSD の人員も十分ではない。

1-1-2 開発計画

2010 年 5 月に、「災害リスク削減管理法（共和国法第 10121 号）：Philippine Disaster Risk Reduction and Management Act of 2010（RA10121）」、以下「DRRM 法」とする）が

制定され、災害リスク削減管理（DRRM：Disaster Risk Reduction and Management）という新たなアプローチに基づいた災害管理を実施するための法的整備がなされた。DRRM 法では、国レベルの災害管理に関する最高意思決定機関を国家災害リスク削減管理評議会（National Disaster Risk Reduction and Management Council：NDRRMC）へと再編するほか、2011 年 6 月には国家防災フレームワーク（National Disaster Risk Reduction and Management Framework：NDRRMF）が NDRRMC によって承認され包括的な DRRM 活動の方向性が決定された。さらには、24 の DRRM 成果を 2028 年までに達成することを明記した国家災害リスク削減管理計画（National Disaster Risk Reduction and Management Plan：NDRRMP）が 2012 年 2 月に策定され、同年の 10 月には関係機関の NDRRMP 承認の下、国家計画に基づいた DRRM 活動強化を開始している。

フィリピン政府による「国家開発計画 2017－2022」において、5 つの優先領域は以下のとおりである。

- 貧困削減と社会的包
- 環境の持続可能性・気候変動と災害リスク管理
- 説明責任を果たし、迅速に対応する参加しやすい政府
- 国際的な法律や規定に基づく公平で安定した社会秩序
- 平和と治安の実現

上記の環境の持続可能性・気候変動と災害リスク管理の中で洪水を管理することの重要性を掲げており、治水に関する設計および運用維持管理基準の見直し、河川情報のデータベースの確立、18 の主要流域における治水事業の完遂や開発計画の策定、更には洪水管理能力の向上が言及されている。このことから、フィリピンにおける洪水に関する事業はフィリピンにおける開発計画上で重要な位置づけになる。

1-1-3 社会経済状況

2017 年 1～3 月の国内総生産（Gross Domestic Product、以下「GDP」とする）成長率は 6.4%（速報値、前年は 6.8%）で、選挙の反動で政府支出が鈍化したものの、2016 年 10～12 月（6.6%）と同水準の高成長を維持。なお 2016 年通年では 6.9%の成長となった。国際通貨基金（International Monetary Fund）は 2017 年 6.8%の成長を予測しており、2017 年推計では、1 人当たりの GDP は 3,200 米国ドルである*。

フィリピンでは、GDP の 6 割近くをサービス業が占め、続いて約 3 割が鉱工業、農林水産業が約 1 割である。就業人口で見ると、農林水産業は全就業人口の約 31%、コールセンター事業等のビジネス・プロセス・アウトソーシング産業を含めたサービス業が全就業人口の約 53%を占めている。

なお、ドゥテルテ政権は格差是正を目標に掲げており、貧困率を 2015 年 6 月末の 26.3%から、年に 1.25～1.5 ポイントずつ低下させ、22 年までに 16～17%まで引き下げる方針である。その間の GDP 成長率は年率 7～8%を目指している。

人口増加に伴う雇用創出と貧困削減が課題であり、失業率 5.4%（16 年）、貧困率 21.6%（15 年）、海外出稼ぎ労働者 約 245 万人（15 年）である。

ミンダナオ島は人口 2000 万人で、金やニッケルなど天然資源が豊富であるが、長年の紛争のため経済発展が遅れ、開発余地が大きいといわれている。ドゥテルテ政権では同地方の産業化や雇用創出を重点政策としている。

このような状況から、近年、フィリピンの経済成長は高く、中進国化しつつあるものの、貧困率の改善はペースが遅く、所得格差も依然として大きい状況にある。

備考 (*) 出典は国際通貨基金 World Economic Outlook Database October 2016

1-2 無償資金協力の背景・経緯及び概要

北部ミンダナオ地域のカガヤン・デ・オロ川は、長さ約 97km、流域面積 1,364km² のフィリピン主要 18 河川の一つである。地域の中心都市である人口約 60 万人のカガヤン・デ・オロ市を抱えているが、同流域にて本格的な治水対策計画、治水事業は実施されてこなかった。そのような中、近年になり、2009 年の熱帯低気圧ウルドゥジャ、2011 年の台風センドン、2012 年の台風パブロ、2014 年の台風セニアン、2017 年の台風ヴィンタと連続して、最大規模の洪水被害を受けた。特に、2011 年 12 月 16 日のセンドンは、北部ミンダナオ地域を直撃し、被災者 117 万人、死者約 1,250 人という甚大な被害をもたらした。

ミンダナオ島は台風の上陸が非常に少ない台風フリーゾーンと言われていた。しかしながら近年のフィリピン付近の台風の進路は、南寄りとなる傾向にあり、ミンダナオ島における台風被害が増加している。前述したセンドンやパブロは、赤道付近で発生し西に進み、ミンダナオ島に上陸している。

カガヤン・デ・オロ川流域では、上流の降雨による洪水が数時間程度で下流の市街地に到達し、継続時間の短い大きな流量の洪水が、氾濫域を直進して被害をもたらす。避難猶予時間が短くかつ洪水位が高く、氾濫流の流速が速い、非常にリスクが高い洪水形態となる。また、現河道は通水能力が低くかつ不連続堤であるため、住居が密集する河川周辺部の脆弱性が高く、大きな洪水被害となる危険性が極めて高い。このような状況において、台風センドン時は著しい洪水となり、かつ夜間に発生したことで多くの人的被害をもたらした。台風センドン時を含む既往洪水の浸水範囲を図 1-1 に示す。

また、2017 年 12 月の台風ヴィンタによる洪水では、センドン時に比べて浸水範囲は狭かったものの、河川沿いの住居に浸水被害が生じた。台風ヴィンタ時のカガヤン・デ・オロ川の状況を図 1-2 に示す。なお、カガヤン・デ・オロ市内では早期の避難が実施されたことにより、人的被害はなかった。

これら台風による洪水被害に加え、カガヤン・デ・オロ市内では都市型水害も発生している。2017 年 1 月には寒冷前線と低気圧の影響による集中豪雨により、市内で大規模な浸水被害が生じた（図 1-3）。PAGASA によれば、排水不良が主たる原因と推察されている。このような都市型水害に対する的確な警報発令のためには、集中豪雨を時空間的に密に観測する必要がある。

係る状況の下、「カガヤン・デ・オロ川洪水予警報システム改善計画」（以下、「本案件」とする）が、カガヤン・デ・オロ川流域における PAGASA による洪水予警報システムの構築、ひいては同流域における統合的な洪水リスク管理能力の向上を目的として要請された。

なお、センドン洪水被害後に洪水被害低減を目的として JICA による協力準備調査「洪水リスク管理事業（カガヤン・デ・オロ川）」を通じて、円借款案件が形成され、2015 年 3 月に借款契約が締結され、現在、フィリピン政府により事業が進められている。また、フィリピン全域の洪水予警報能力の向上を目的とした JICA が実施中の技術協力プロジェクト「洪水予警報の統合データ管理能力強化プロジェクト」（以下「技プロ」とする）では、カガヤン・デ・オロ川をパイロット地域としている。

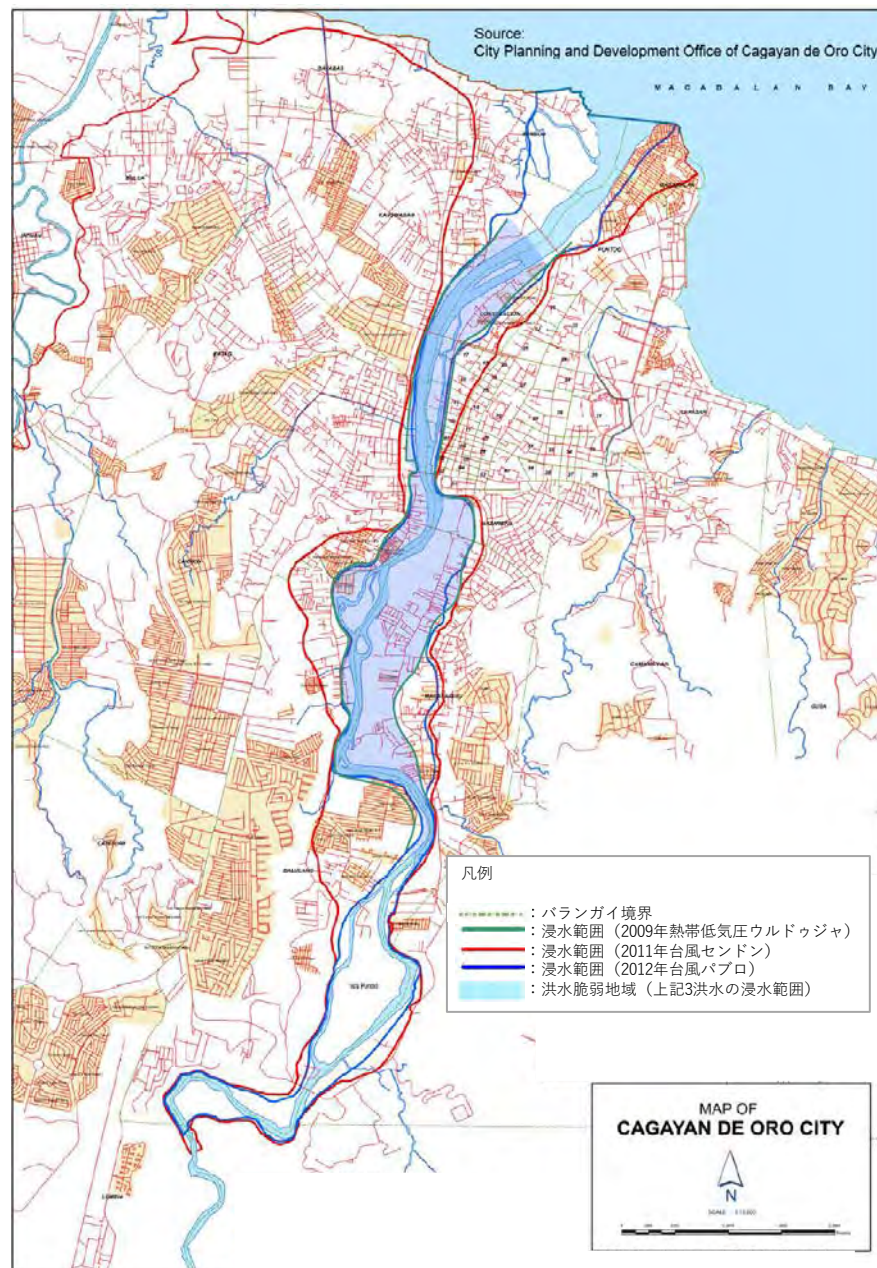


図 1-1 既往洪水の浸水範囲

(2009 年熱帯低気圧ウルドゥジャ、2011 年台風センドン、2012 年台風パブロ)

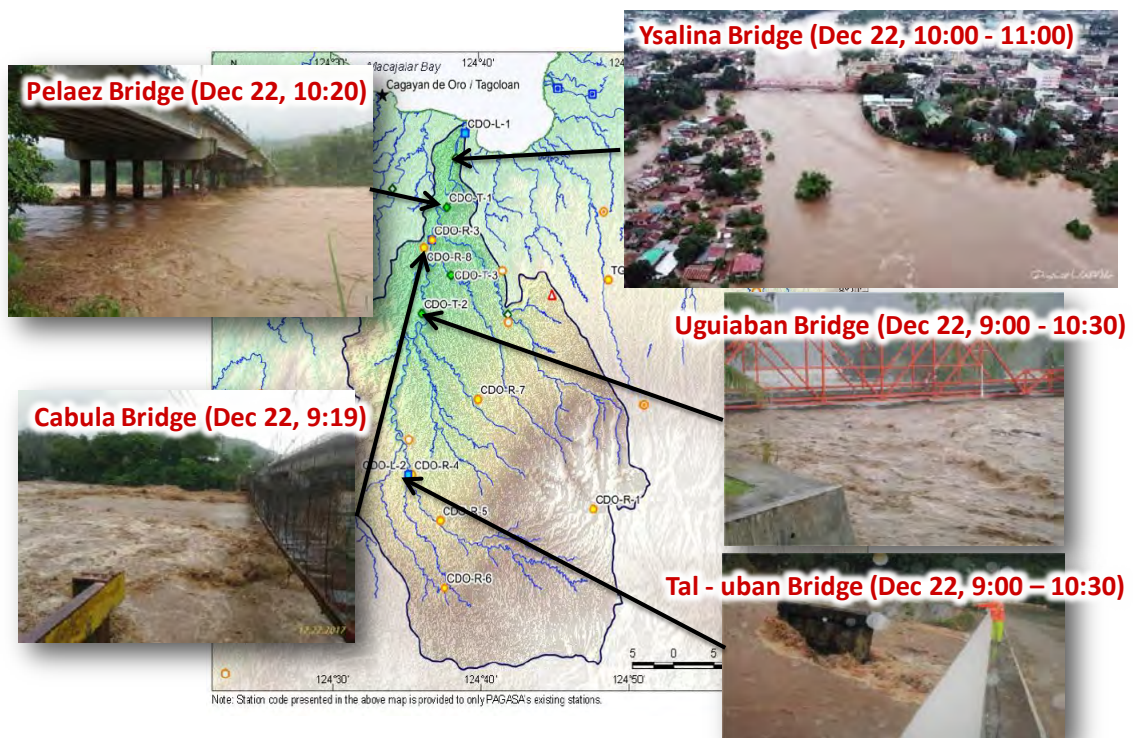
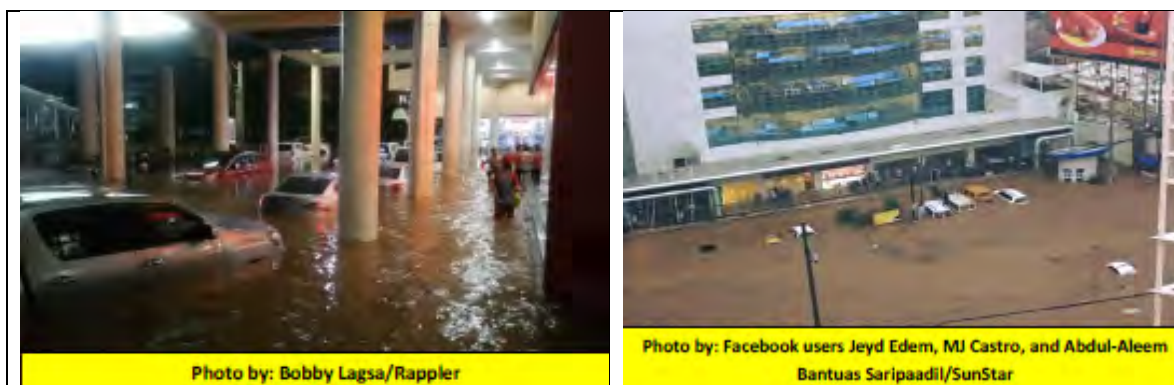


図 1-2 2017 年 12 月の台風ヴィンタ時のカガヤン・デ・オロ川の状況



出典 Heavy Precipitation Event and Urban Flooding in Cagayan de Oro on January 16, 2017 (Mindanao PRSD)

図 1-3 2017 年 1 月の都市型水害におけるカガヤン・デ・オロ市内の浸水状況

1-3 我が国の援助動向

洪水対策セクターに関する我が国におけるフィリピンへの協力実績は以下のとおりである。

表 1-1 我が国、円借款事業の実績（過去 10 年分・洪水対策セクター）

契約年度	案件名	契約額 (億円)	概要
2007	パッシング - マリキナ川河川改修計画 (II)	85.29	パッシング・マリキナ川の洪水対策（構造物／非構造物）の実施
2012	洪水リスク管理計画（カガヤン川，タゴロアン川，イムス川）	75.46	カガヤン川，タゴロアン川，イムス川の洪水対策（構造物／非構造物）の実施
2012	パッシング - マリキナ川河川改修事業 (III)	118.36	パッシング - マリキナ川の洪水対策（構造物／非構造物）の実施
2015	洪水リスク管理事業（カガヤン・デ・オロ川）	115.76	カガヤン・デ・オロ川流域の洪水対策（構造物／非構造物）の実施
2017	カビテ州産業地域洪水リスク管理事業	159.28	カビテ州の分水路の建設や河川改修等の洪水対策（構造物）の実施

表 1-2 我が国、無償資金協力の実績（過去 10 年分・洪水対策セクター）

契約年度	案件名	契約額 (億円)	概要
2007	パンパンガ河及びアグノ河洪水予警報システム改善計画(第1期) (防災・災害復興支援無償)	7.79	パンパンガ河及びアグノ河流域における洪水予警報システム及び通信網の改善・観測局の整備、中央監視センター及び防災関連機関の監視機器等の整備。第1期においては、上記のうち、パンパンガ河流域、中央監視センター及び防災関連機関に関する整備等を実施。
2008	パンパンガ河及びアグノ河洪水予警報システム改善計画(第2期) (防災・災害復興支援無償)	3.76	パンパンガ河及びアグノ河流域における洪水予警報システム及び通信網の改善・観測局の整備、中央監視センター及び防災関連機関の監視機器等の整備。第2期においては、上記のうち、アグノ河流域におけるシステム整備等を実施。
2014	台風ヨランダ災害復旧・復興計画	46.0	災害に強い社会の形成に向け、医療施設、小学校、地方政府庁舎等の社会インフラや空港、電力等の経済インフラ、気象レーダ等の防災インフラの早期復旧・復興等の支援

表 1-3 我が国、技術協力プロジェクトの実績（過去 10 年分・洪水対策セクター）

実施年度	案件名	概要
2005 年 7 月～ 2010 年 6 月	治水行政機能強化プロジェクト	公共事業道路省の治水・砂防分野の技術力向上
2009 年 10 月～ 2012 年 12 月	ダム放流に関する洪水予警報能力強化プロジェクト	洪水予警報システムの維持管理・操作能力の改善
2014 年 2 月～ 2016 年 10 月	台風ヨランダ災害緊急復旧復興支援プロジェクト	台風被災地の早期復旧・災害に強い地域社会の復興支援
2016 年 6 月～ 2019 年 9 月	洪水予警報の統合データ管理能力強化プロジェクト	HMD 及び河川洪水予警報センターにおける洪水予警報に係る統合データ管理・活用能力の強化

1-4 他ドナーの援助動向

韓国国際協力団（Korean International Cooperation Agency、以下「KOICA」とする）によるマニラ首都圏におけるプロジェクト(KOICA I, II と III)の概要を下表に示す。

表 1-4 韓国国際協力機構によるプロジェクトの概要

案件名	KOICA I（早期警戒システム、The Early Warning System）
機関名	KOICA
実施年度・機関	2009 年完成・PAGASA
金額	不明
援助形態	無償
案件名	KOICA II（メトロマニラ災害軽減のための早期警戒システム、The Establishment of an Early Warning and Response Sytem for Disaster Mitigation in Metro Manila）
機関名	KOICA
実施年度・機関	2012 年完成・PAGASA
金額	不明
援助形態	無償
案件名	KOICA III（メトロマニラ災害軽減のための自動早期洪水警戒システム、Automation of Flood Early System for Disaster Mitigation Greater Metro Manila）
機関名	KOICA
実施年度・機関	2017 年 1 月～2018 年 12 月・PAGASA
金額	5.2 百万米国ドル（2015 年～2017 年）
援助形態	無償

KOICA III は KOICA-I と-II によって建設されたマニラ首都圏にあるマリキナ川の洪水予警報システムの拡張およびタルアハン川へのテレメータシステムの新設である。

また、当事業の対象エリアに洪水予警報に関する他ドナーによる Twin Phoenix テレメータシステムと韓国国家防災研究所 (National Disaster Management Institute、以下「NDMI」とする) テレメータ警報システムが設置されている。概要は以下のとおりである。

表 1-5 Twin Phoenix テレメータシステムの概要

援助機関	国連開発計画 (UNDP)、オーストラリア国際開発庁 (AusAID)
システム構成	監視制御局：1 箇所 (MPRSD*)
	VHF 無線中継局：1 箇所
	雨量・水位観測局：1 箇所
	水位観測局：3 箇所
	雨量観測局：5 箇所
データ伝送	VHF 帯無線 162.35 MHz
施工業者	セブンレイク (Seven Lake、フィリピン)
システム運用開始時期	2015 年 12 月

備考：(*) ミンダナオ PAGASA 地方管区：MPRSD, Mindanao PAGASA Regional Services Division

表 1-6 NDMI テレメータ警報システム概要

援助機関	NDMI
システム構成	監視制御局：1 箇所 (CDO-CDRRMD*)
	雨量・水位観測局：0 箇所+ASTI**システム 2 箇所
	水位観測局：1 箇所+ASTI システム 1 箇所
	雨量観測局：2 箇所+ASTI システム 3 箇所
	CCTV 局：1 箇所
	警報局：5 箇所
データ伝送	SMS (携帯電話網)
施工業者	韓国企業 (Data PCS、NOAA Solution)
システム運用開始時期	2015 年 12 月頃

備考：(*) カガヤン・デ・オロ市災害リスク削減管理局：Cagayan de Oro City Disaster Risk Reduction and Management Department

(**) 先端科学技術研究所：ASTI, Advanced Science and Technology Institute

また、その他ドナーによる援助案件の概要を下表に示す。

表 1-7 その他ドナーによる援助案件の概要

案件名	メトロマニラ洪水管理プロジェクト (Metro Manila Flood Management Project)
援助機関	世界銀行
実施年度・機関	2017 年 9 月～2024 年 11 月 METRO MANILA DEVELOPMENT AUTHORITY
金額	500.0 百万米国ドル
援助形態	有償
案件名	洪水管理のためのコンサルティングサービス (Water (flood control) consultant firm to support DPWH* with project preparation activities)
援助機関名	アジア開発銀行
実施年度・機関	2018 年 1 月～2020 年 12 月 公共事業道路省 (DPWH)
金額	114.0 百万米国ドル
援助形態	有償

備考：(*) 公共事業道路省：DPWH, Department of Public Works and Highways

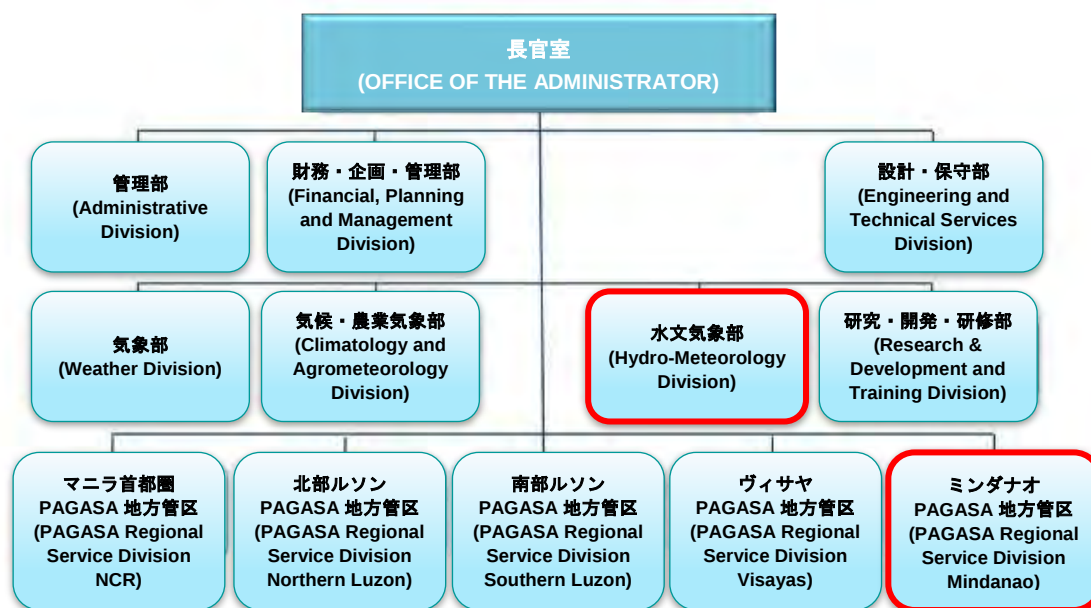
第 2 章 プロジェクトを取り巻く状況

第2章 プロジェクトを取り巻く状況

2-1 プロジェクトの実施体制

2-1-1 組織・人員

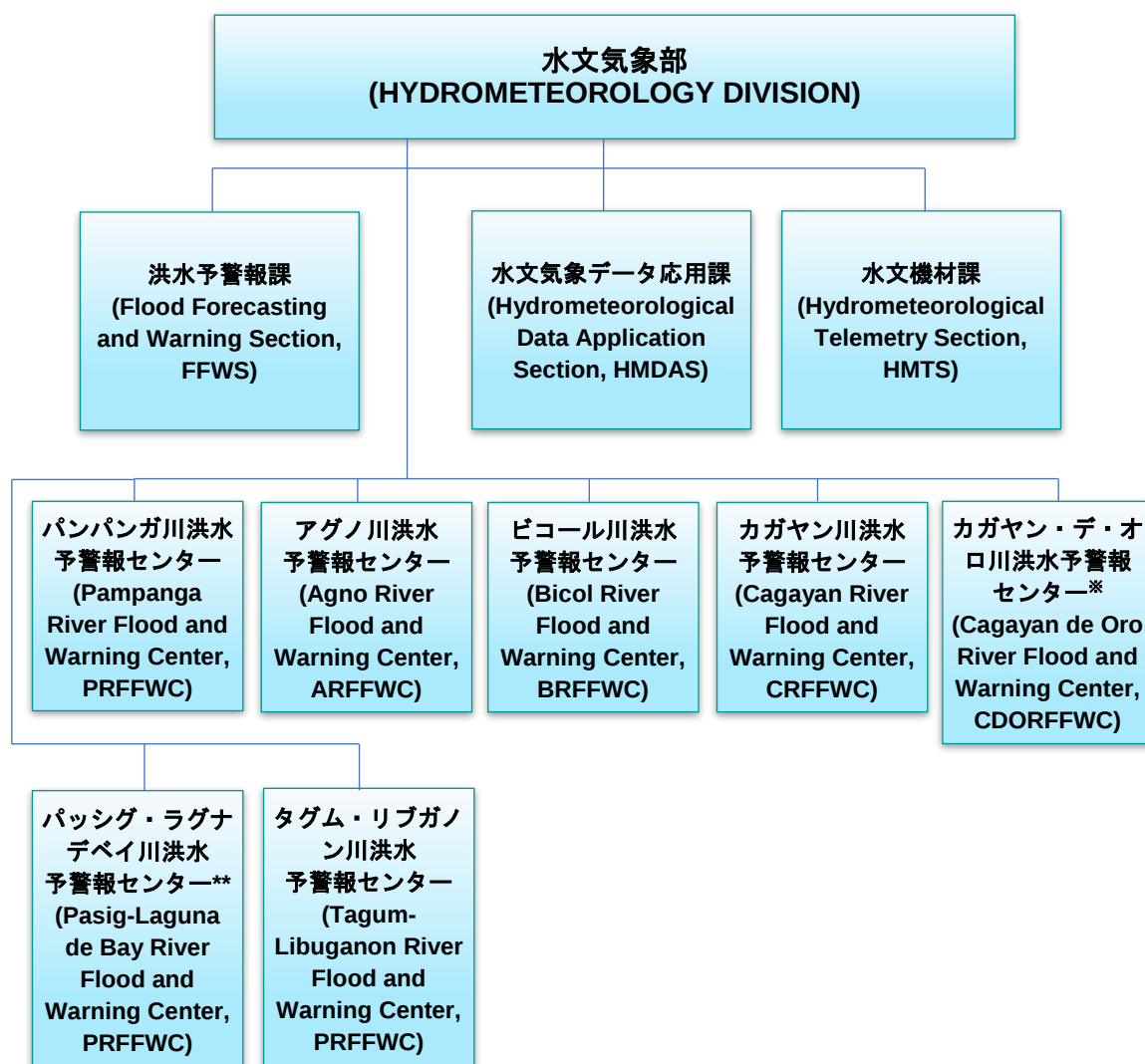
実施機関である PAGASA の組織図を図 2-1 に示す。このうち、カガヤン・デ・オロ川はミンダナオ PAGASA 地方管区 (PAGASA Regional Services Division, Mindanao、以下、「MPRSD」とする)の管轄となる。また、FFWS を管轄している部署は HMD となる。



出典 PAGASA Home page

図 2-1 PAGASA 組織図

HMD の組織図を図 2-2 に示す。HMD には洪水予警報課、水文気象データ応用課、水文機材課 (Hydrometeorological Telemetry Section、以下「HMTS」とする)、及び4つの各河川に対応した洪水予警報センターがある。洪水予警報課は各洪水予警報センターと協力し水文、気象データを観測し、それらの情報を提供する。水文気象データ応用課は収集されたデータを処理し、水文気象の予測、各種予測モデルの構築等を実施する。また、HMTS は PAGASA が管理するテレメータシステム、それらの計測器や装置の運用・維持管理をする。また、MPRSD はミンダナオ島全域の気象情報を監視しており、ミンダナオ島内の 10 の測候所 (ダバオ、エル・サルバトル、コトバト等) と 3 つの農業用測候所を管理している。



備考 (※) 現在、カガヤン・デ・オロ川洪水予警報センターはタゴロアン川も管轄している
(**) RFFWC 建屋はなく、専属スタッフも配置されていないが、導入された FFWS を HMD が運営している

図 2-2 水文気象部組織図

また、HMD の人員構成推移を表 2-1 に示す。職員数は若干減少傾向にある。

表 2-1 水文気象部職員構成推移

	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
水文気象部直属	11 人	12 人	11 人	9 人
洪水予警報課	17 人	15 人	14 人	14 人
水文気象データ応用課	8 人	9 人	8 人	8 人
水文機材課	12 人	10 人	10 人	9 人
合計	48 人	46 人	43 人	40 人

出典 PAGASA

2-1-2 財政・予算

HMD の予算推移を表 2-2 に示す。表 2-1 に示した通り、職員数は若干減少傾向にあるものの、予算は増加傾向にある。特に資機材費の 2017 年予算が大きく上昇している。また、MPRSD の予算推移を表 2-3 に示す。MPRSD においても資機材費が増加傾向にあり、更に機材保守費も 2017 年に大きく増加している。

PAGASA では 2015 年に①組織の運用に関する技術と物的資産のアップグレード、②研究・

開発能力の強化、③災害リスク削減・管理、気候変動と水資源の統合、④中央レベルの連携と協力関係の強化、⑤フィールド気象サービスセンターの設立と強化、⑥国際基準に準拠した科学技術のデータセンターの強化と⑦気象情報周知、教育や広報活動の促進を目的とした PAGASA の近代化法 (Modernization Act) が制定され、組織の強化が図られている。2017 年から 2019 年でも PAGASA の近代化法に基づくプロジェクトを実施しており、それに伴った予算の増加と考えられる。

表 2-2 HMD 予算推移

項目	2014年(実績)		2015年(実績)		2016年(実績)		2017年(予算)	
	費用 (千PHP)	円換算 (千円)	費用 (千PHP)	円換算 (千円)	費用 (千PHP)	円換算 (千円)	費用 (千PHP)	円換算 (千円)
人件費	15,518	37,088	14,158	33,837	14,068	33,622	14,992	35,830
旅費	1,658	3,962	2,371	5,666	2,584	6,175	2,677	6,398
トレーニング費	170	406	553	1,321	516	1,233	586	1,400
資機材費	2,750	6,572	3,763	8,993	3,827	9,146	9,358	22,365
ガソリン費	276	659	453	1,082	49	117	684	1,634
水道光熱費	6,688	15,984	5,699	13,620	6,944	16,596	6,936	16,577
通信費	1,578	3,771	1,218	2,911	1,973	4,715	1,752	4,187
一般人件費(清掃、守衛)	4,318	10,320	4,133	9,877	4,135	9,882	4,636	11,080
機材修理保守	4,186	10,004	1,802	4,306	5,637	13,472	4,501	10,757
車両修理保守	176	420	507	1,211	813	1,943	2,858	6,830
税/保険費	247	590	419	1,001	452	1,080	623	1,488
移動輸送費	12	28	149	356	26	62	362	865
レンタル費	333	795	295	705	122	291	512	1,223
その他	1,268	3,030	1,689	4,036	5,681	13,577	767	1,833
合計	39,178	93,635	37,209	88,929	46,827	111,916	51,244	122,473

出典 PAGASA

表 2-3 MPRSD 全体の予算

項目	2014年(実績)		2015年(実績)		2016年(実績)		2017年(予算)	
	費用 (千PHP)	円換算 (千円)	費用 (千PHP)	円換算 (千円)	費用 (千PHP)	円換算 (千円)	費用 (千PHP)	円換算 (千円)
旅費	1,210	2,891	1,577	3,769	1,676	4,005	1,241	2,965
トレーニング費	584	1,395	665	1,589	486	1,161	624	1,491
資機材費	9,467	22,626	16,556	39,568	20,252	48,402	23,172	55,381
ガソリン費	850	2,031	378	903	737	1,761	1,299	3,104
水道光熱費	1,498	3,580	2,817	6,732	2,904	6,940	2,601	6,216
通信費	2,521	6,025	4,319	10,322	2,421	5,786	5,834	13,943
その他専門家	865	2,067	1,931	4,615	3,892	9,301	1,997	4,772
一般人件費(清掃、守衛)	0	0	586	1,400	605	1,445	259	619
機材修理保守	1,556	3,718	2,368	5,659	3,297	7,879	10,801	25,814
車両修理保守	84	200	239	571	236	564	807	1,928
税/保険費	104	248	2,005	4,791	1,319	3,152	1,921	4,591
移動輸送費	0	0	299	714	23	54	74	176
レンタル費	5	11	16	38	6	14	137	327
その他	136	325	427	1,020	625	1,493	141	336
合計	18,880	45,123	34,183	81,697	38,479	91,964	50,908	121,670

出典 PAGASA

2-1-3 技術水準

2-1-3-1 洪水予警報技術

HMD および既存の RFFWC では、FFWS による洪水のリアルタイム監視、洪水予測ならびに警報発令を実施しており、洪水予警報に関する技術を有している。しかしながら、今後、主要 18 流域全ての洪水予警報の運営ならびに FFWS の維持管理を担うには、人員不足が懸念される。

(1) 洪水予測

CDORFFWC では、既存の FFWS の観測局におけるリアルタイム観測データをもとに、各水位観測局の水位の上昇・下降のトレンドを整理し、上流域の雨量も勘案し、水位予測を実施している。水位相関法や流出解析モデルによる洪水予測は実施されていない。しかしながら、既存の FFWS の観測局は観測・通信機器の故障等で欠測が多く、早期の復旧が必要である。

(2) 洪水警報発令

洪水予警報は、最近の前期雨量、各地での観測雨量、観測水位、PAGASA 内の気象部からの雨量予測（小雨、中雨、大雨）、台風の進路予測などから、これまでの経験を踏まえて各地で今後どの程度の洪水となるかを予測し、洪水警報発令文（洪水注意報（Flood Advisory））ならびに洪水警報（Flood Bulletin））を関係機関に発令している。

2-1-3-2 設備運営維持管理技術

HMTS は、FFWS（パンパンガ・アグノ・ビコール・カガヤン）に関する観測機器、テレメータ通信機器、多重無線機器についての維持管理を実施している部署である。次項に示す調査の結果、センサー等の故障等により観測不可能、または混信等の外的障害により情報収集が不可能になったりしていることはあるが、テレメータを中心とした機器に関しては、継続的に一定の維持管理が行われており、パンパンガ・アグノ川流域の既存 FFWS は正常に動作している。また、ビコール川流域の既存 FFWS は、日本国の環境無償案件として現在改修中である。カガヤン川流域の既存 FFWS に関しては、耐用年数を既に超えているが、PAGASA 手持ちの予備機材への交換などの対応をしている。これらのことから、維持管理に関する技術力は十分に備えている。

一方、MPRSD では既存システムの機材不具合について水文担当者が対応している状況である。観測局周辺の保全を担当するパートタイムの保守員が 1 名いるが、機材修理までは対応できていない。システムと機材の維持・管理要員の増強が必要である。

2-1-4 既存施設・機材

当事業の対象エリアには 1-4 章に示す他ドナーによる洪水予警報に関連する機材が設置されている。

2-1-4-1 Twin Phoenix テレメータシステム

システム運用開始時期の 2015 年 12 月から約 1 年は、システムとして稼働していたとのことであるが、2016 年 12 月時点ではデータがほとんど収集できない状態となり、2017 年 1 月に施工業者（セブンレイク）が修理・改修を実施した。しかし、本案件での現地調査にて、以下の稼働状況と問題点が確認された（2017 年 5 月の時点）。既存システムの状況を図 2-3 に示す。

(1) 機能の問題

- マンブアヤ（Mambuaya）雨量・水位観測局：バッテリー電圧低下
- チカラン（Tikalaan）雨量局：夜間にデータ送信が停止
- 水位観測局 3 箇所は全局においてデータが収集できない。一部の局は現場ではデータが観測されているようだが、観測データがダウンロードできないため、監視局で集計ができない。システムソフトに問題があると推定

(2) 施工の問題

- 水位計センサーが河川水面より高い位置に設置されており、川の水位がセンサー位置まで増水しないと水位は常にセンサー設置位置の標高を示す。（図 2-3 No. 3）
- 水位計センサーケーブルが固定されておらず、河川増水時に破損する危険がある（図 2-3 No. 5）
- 雨量計はマストに取付けられているがその位置が高すぎるために、メンテナンスに支障をきたす。（図 2-3 No. 4）
- マストの防錆処理が十分ではない（2015 年から 2 年経過しただけでマストに大量の錆が発生している）。（図 2-3 No. 6）

(3) 設計の問題

機材を収納する筐体が熱遮蔽構造になっておらず、筐体内部の温度が上がり、機材の誤動作の要因となり、また寿命を短くする。

(4) 運営・維持管理の問題

現状では故障修理の現場体制はなく、PAGASA 本部の HMTS 経由で施工業者（セブンレイク）に修理を依頼しているが、施工業者の修理対応が良くない。2015 年 12 月の運用開始以来、システムが十分機能していない状況であるにもかかわらず、2017 年 1 月によりやうく施工業者による現場修理が実施された。また、機材保守に必要なマニュアルが施工業者から提供されていないことも問題である。これは、機材マニュアルの提供が契約に含まれていないことが原因である。

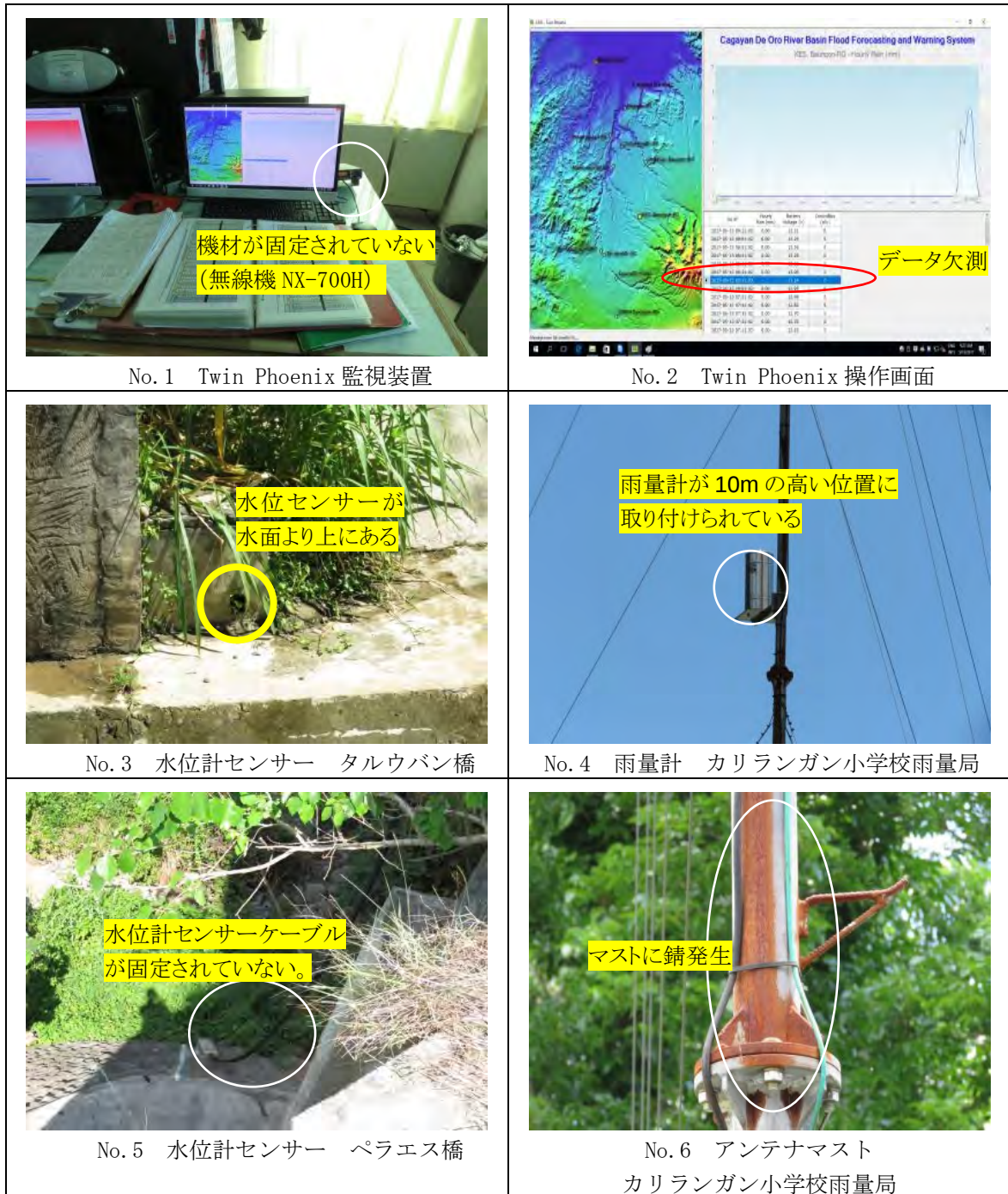


図 2-3 Twin Phoenix 設備の状況

2-1-4-2 NDMI テレメータ警報システム

現地調査から、2017 年 5 月の時点で以下の稼働状況と問題点が確認された。既存システムの状況を図 2-4 に示す。

(1) 機能の問題

- 監視制御局（カガヤン・デ・オロ市災害リスク削減管理局（Cagayan de Oro City Disaster Risk Reduction and Management Department、以下「CDO-CDRRMD」とする））：水位・雨量データが表示されない（データベースにはデータは蓄積されているが、画面表示ができない）（図 2-4 No. 1）

- 同上：操作画面において警報スピーカーのオン・オフができない。
- SIM カードの有効期限が切れていたため、SMS を使用した警報スピーカーの起動・停止ができない（前述した 2017 年 1 月のカガヤン・デ・オロ市内の洪水時には、警報起動を実施することができなかった）。（図 2-4 No. 3）
- 観測局から収集したデータを画面表示出来ないというシステムソフト上の問題が未解決であり、納入業者側の修理対応等が悪い。

(2) 設計の問題

- 筐体内のデータロガー、充電器などの機材が固定されていない（機材が脱落し破損の原因となる）。（図 2-4 No. 4）
- 機材を収納する筐体が熱遮蔽構造になっておらず、筐体内部の温度が上がり、機材の誤動作の要因となり、また寿命を短くする。

(3) 運営・維持管理の問題

機材の不具合が発生すると、機材の運用管理を担う CDO-CDRRMD は MPRSD に連絡する。MPRSD から NDMI にメール連絡し、NDMI から韓国国内の施工業者に対して修理依頼がなされる。システムソフト動作の不具合については、韓国からリモートアクセスにより対応しているようであるが、十分な故障対応はできていない。ハードの修理対応は、HMTS あるいは施工業者が対応しているが十分ではない。現状ではソフトおよびハードともに故障対応は十分とはいえない状況である。

機材保守体制に関して CDO-CDRRMD と MPRSD の責任範囲・分担が明確になっていない。両者へのヒアリングの結果、機材保守の責任分担について明確な回答はなく、文書化もされていない。



図 2-4 NDMI 監視局 (CDO-CDRRMD) の状況

2-1-4-3 ASTI テレメータシステム

先端科学研究所(Advanced Science and Technology Institute、以下「ASTI」とする)テレメータシステムは国家災害対策プロジェクト(Nationwide Operational Assessment of Hazards、NOAH プロジェクト)のコンポーネントとして、2012年に整備着手した全国規模の雨量・水位データ収集システムである。SMSを使用して全国に設置した観測局からデータを収集しASTIサーバーでウェブ表示する。観測局のコントローラー/ロガーはASTIの独自設計、金具類はフィリピン製、水位センサーとソーラーパネルは輸入品を使用している。

(1) 機能の問題

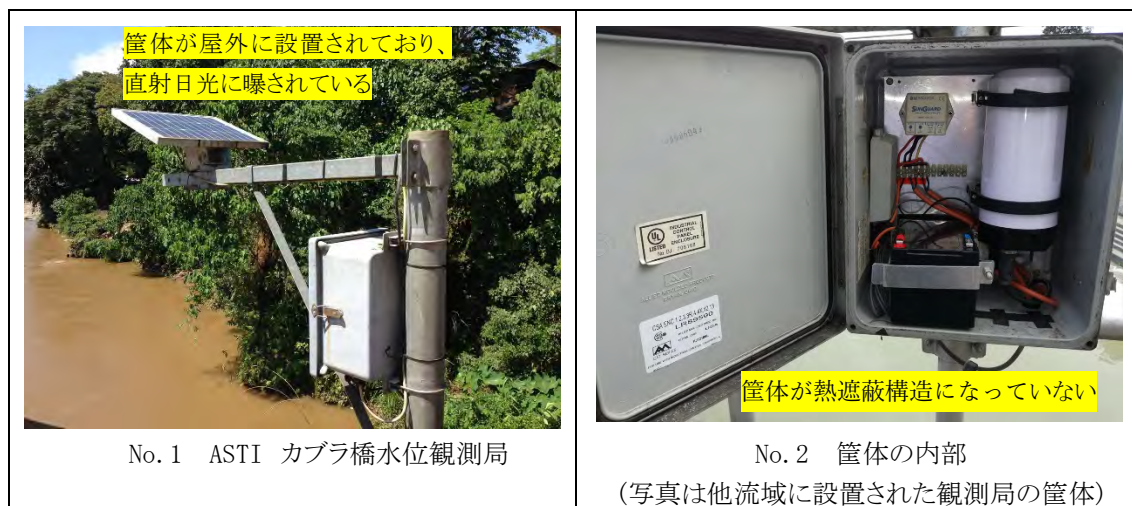
- 機材を収納する筐体が熱遮蔽構造になっておらず、筐体内部の温度が上がり、機材の誤動作の要因となり、また寿命を短くする。(図 2-5 No.1 と No.2)

(2) 設計の問題

- 短期間に多くの観測局を設置する計画であったため、水文学的に十分な検討がなされないまま取り付けられた観測局が見られる。例えば、水文学的観点よりも取り付け易さが優先されて橋梁などに多く取り付けられている、雨量計が比較的狭いエリアに高密度で取り付けられている、などが挙げられる。
- ASTI には水文学の専門家がいいため観測局から収集したデータを水文学的に品質チェックする発想はなく単に収集したデータをウェブ表示している。

(3) 運営・維持管理の問題

ASTI システムは昨年度、ASTI から PAGASA に移管され、全体の活用・運用について PAGASA 本部で検討している。ASTI システムの観測局は全国に1,000か所以上あり、すべてを今後維持管理できるかどうか非常に不透明である。水文学的視点から必要な観測局は残す、不要な観測局は撤去するなど取捨選択が必要となる。



2-1-4-4 既存システム設置位置

Twin Phoenix、NDMI 及びASTIによるテレメータシステムの観測局の位置を次図に示す。



出典：Construction of Forecasting and Warning System for Disaster Risk Reduction in the Philippines (Ⅲ)
(NDMI, December 2015)

図 2-6 Twin Phoenix、NDMI、ASTI テレメータシステム位置図

2-1-4-5 既存システムの活用方針

(1) Twin Phoenix テレメータシステム

Twin Phoenix システムについては導入以来、システム不具合が繰り返し発生しておりテレメータシステム全体の動作が不安定である。2017 年 1 月の施工業者による現場修理実施後、2018 年 1 月に HMTS と MPRSD が不具合調査を実施しているが、システム設計の不備、機材品質などの問題があり根本的な解決には至っていない。当事業で整備するテレメータシステムは高信頼・高精度かつ長期に亘り安定動作することを第一の条件とすべきであり、不安定な既設テレメータ設備とのシステム統合は避けるべきと考える。Twin Phoenix システムから得られる水位・雨量データは、当事業で整備するテレメータシステムの補足情報として活用するのが良い。

(2) NDMI テレメータ警報システム

基本的に NDMI システムの運用管理は CDO-CDRRMD でありカガヤン・デ・オロ川洪水予警報センター（Cagayan de Oro River Basin Flood Forecasting and Warning Center、以下「CDORFFWC」とする）ではない。NDMI システムはカガヤン・デ・オロ川の河川氾濫時の住民への避難警報サイレン起動を目的とするシステムである。一方、Twin Phoenix テレメータシステムは同河川流域の雨量・水位を観測し洪水情報を関係機関に配信することを目的としており、両者のシステムの目的は異なる。CDORFFWC と CDO-CDRRMD 間で雨量・水位情報を相互に活用利用することは監視精度を高めるために有益であるが、NDMI システムは運用主体が CDO-CDRRMD であること、利用目的が異なることによる機能の差異に留意する。したがって、NDMI システムの水位・雨量情報は別システムとして補足情報として活用するのが良い。

(3) ASTI テレメータシステム

ASTI テレメータシステムは国家災害対策プロジェクトのコンポーネントとして、2012 年に整備着手した全国規模の雨量・水位データ収集システムである。NDMI システムは、この ASTI システムの 2 か所の水位・雨量データと 1 か所の水位データおよび 3 か所の雨量データを取り込んでいる。Twin Phoenix システムとの間には相互のデータの取り込みはない。ASTI システムは昨年度、ASTI から PAGASA に移管され、全体の活用・運用について PAGASA 本部で検討している。ASTI システムの観測局は全国に 1,000 か所以上あり、すべてを今後維持管理できるかどうか非常に不透明である。ASTI システムの活用方針が PAGASA から明確に示されていない現状では、このような不確定な要因は取り除いて、当事業のテレメータシステムとは分離して検討すべきと判断した。

(4) 活用方針

2018 年 1 月に、PAGASA は長官命令において既存施設の詳細な現況調査、復旧対策の検討を始めた。そのため、上記の Twin Phoenix テレメータシステムおよび NDMI テレメータ警報システムの 2 つのシステムの復旧動作については、今しばらく結論を待つ必要がある。復旧後には上項に記載の通り、各システムから得られる水位・雨量データが当事業で整備するテレメータシステムの補足情報として活用されることが期待される。

JICA 調査団としては、上記 2 つのシステムの不具合の原因は、計画（設置場所の選定）、設計、機材品質、施工方法等に起因すると考えている。そのため、当事業では、上記 3 つのシステムとの統合は検討しないものとする。

2-2 プロジェクトサイト及び周辺の状況

2-2-1 関連インフラの整備状況

(1) 道路事情

カガヤン・デ・オロ市から各サイトまでは舗装道路（国道）が整備されている。システム設置後の維持・管理を考慮して雨量・水位観測局、X バンドレーダー雨量観測局は既存道路からアクセスが容易な範囲に設置する計画とする。

(2) 商用電源事情

商用電源を必要とする X バンドレーダー雨量観測局（XR-2）の小学校建屋の保健室内に許可を得てパワーロガー測定器を設置し、2017 年 4 月 21 日から 5 月 15 日の期間の間に 569 時間の総測定時間にて商用電源の安定度を調査した。なお、XR-1 は現時点では商用電源がないため、調査対象から外した。また、測定は測定器のログファイルの上限サイズにより 5 回に分けて実施した。それぞれの測定期間は以下となる。

1 回目：2017/4/21 14:12 ～ 4/28 18:03 2 回目：2017/4/28 18:03 ～ 5/5 22:29
3 回目：2017/5/5 22:30 ～ 5/6 7:44 4 回目：2017/5/6 7:45 ～ 5/13 12:16
5 回目：2017/5/13 12:17 ～ 5/15 6:52

測定結果を表 2-4 に示す。この結果から電圧変動よりもむしろ、電圧が 10V 以下となる停電が累計約 57 時間、時間率にして 10.0%もあることが観測された。この電源状況から、X バンドレーダー雨量観測局設置するには、長時間の停電にも耐えられるだけの容量のバックアップ電源を設置する必要となる。

表 2-4 商用電圧モニタリング結果

電圧範囲[V]	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	100-110	110-120	120-130
検出数（サンプリング数）	204,527	2	3	2	0	812	100	1	2	3,756	1,542	5	3
総サンプリング数に対する比率	10.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%

電圧範囲[V]	130-140	140-150	150-160	160-170	170-180	180-190	190-200	200-210	210-220	220-230	230-240	240-250	250-260
検出数（サンプリング数）	5,171	302	8	6	5	3	51	31,873	558,797	618,550	611,174	10,541	0
総サンプリング数に対する比率	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.6%	27.3%	30.2%	29.9%	0.5%	0.0%

総サンプリング数	2,047,236
総測定時間[時間]	569
総測定時間[日]	23.7

停電（10V以下）サンプリング数	204,527
停電（10V以下）時間[時間]	57
停電（10V以下）時間[日]	2.4

2-2-2 自然条件

2-2-2-1 対象流域の降雨特性ならびに地形特性

カガヤン・デ・オロ川は、ミンダナオ島北部に位置する流域面積 1,364 km²の河川で、フィリピン主要 18 河川流域のひとつに位置づけられている。その源を標高 2,927mのキタングラッド山地とカラトゥンガン山地の 2 つの山地を發し、複数の支川を取り込みながら、タラカグ、バウンゴン、リボナといった町を貫流し、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マカハラル湾に注ぐ。

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主にタイプ III に分類される。タイプ III は雨期と乾期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。年間降水量は約 1830mm である。以前は、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、台風被災地域と考えられるようになっている。特に 11 月から 1 月は台風シーズンとされている。

カガヤン・デ・オロ川の河川勾配は、下流の河口部は約 1/1000 であるが、中流部で約

1/80～1/200、上流の山間部では約 1/10～1/40 と急勾配である（図 2-7）。フィリピン主要 18 河川のなかでも急流河川であり（図 2-8）、日本の河川と比較すると、北陸地方の急流河川と類似しており、庄川と同程度である（図 2-9）。洪水到達時間は上流端から河口のカガヤン・デ・オロ市内まで 7 時間程度と短い（洪水時の流速は、観測データが縦断的にないため、河床勾配や現地調査時の流況などを勘案し、4m/s と仮定して推定）。本川の中流域と上流域ならびに支川は、台地を削り形成された谷底を河川が流下しているため、上流域の降雨は洪水流として途中氾濫することなく短時間で下流域に到達する。一方、本川下流域に位置するカガヤン・デ・オロ市内は比較的平坦な低平地であるため、洪水流が容易に氾濫し、甚大な洪水被害が発生しやすい。

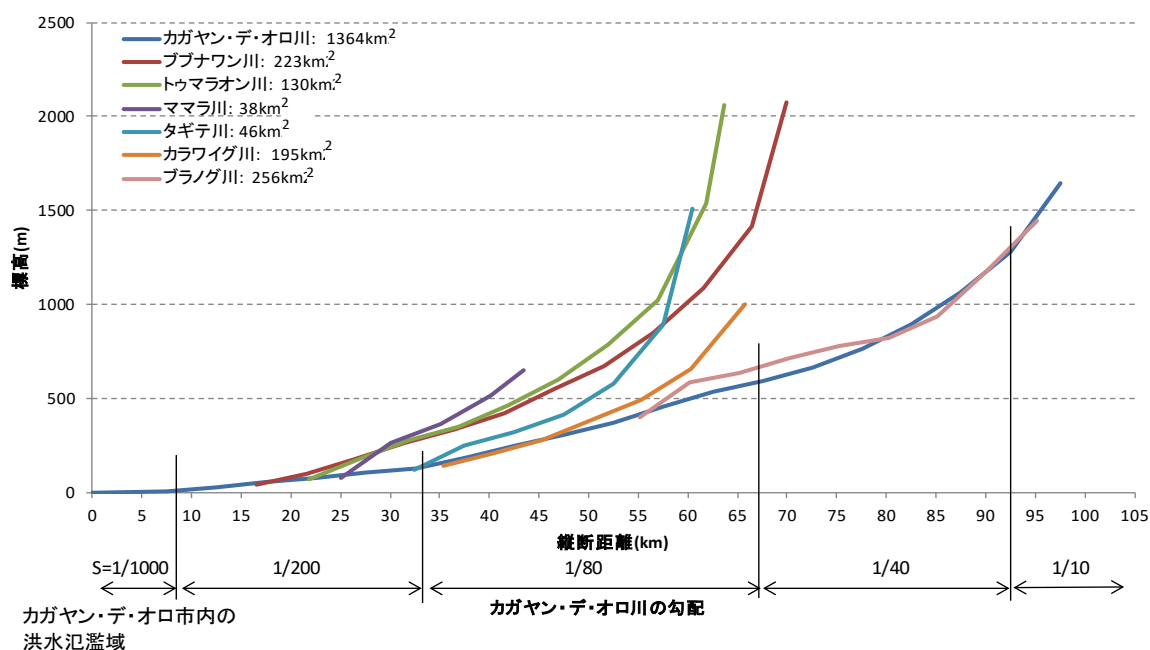
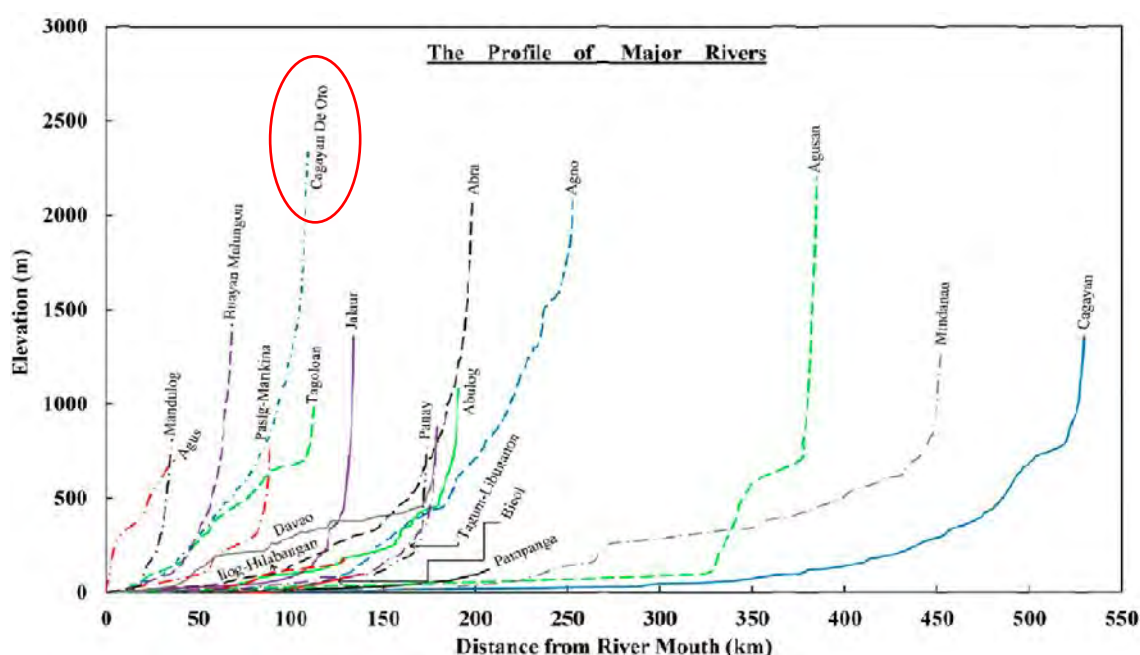


図 2-7 カガヤン・デ・オロ川の河川縦断図



出典：全国洪水予警報システム情報収集・確認調査（JICA、2013 年）に調査団が追記

図 2-8 フィリピン主要 18 河川の河川縦断図

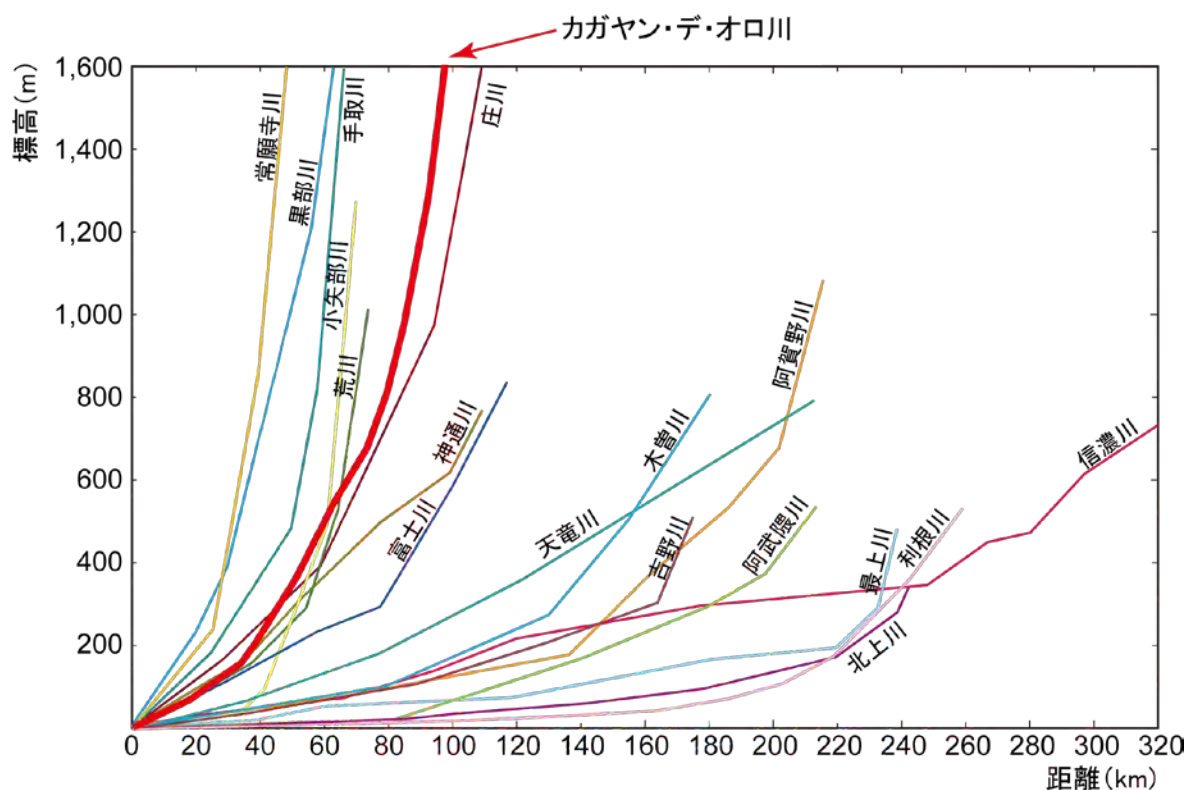


図 2-9 カガヤン・デ・オロ川と国内主要河川の勾配の比較

2-2-2-2 自然条件調査

(1) 調査目的ならびに調査細目（調査方法、項目、手法、位置、数量等）

本案件では、自然条件調査として、地形測量ならびに地質調査を現地再委託により実施した。自然条件調査の概要を表 2-5 に、調査項目ならびに調査箇所を表 2-6 に、調査数量を表 2-7 にそれぞれ示す。

表 2-5 自然条件調査の概要

項目	地形測量	地質調査
調査目的	Xバンドレーダー用鉄塔、データ中継局、水文観測機材の設計・施工計画・積算に必要な地形情報を把握する。	Xバンドレーダー用鉄塔、データ中継局、水文観測機材の設計・施工計画・積算に必要な地質情報を把握する。
調査内容	平板測量、地形縦断測量、河川横断測量	ボーリング、標準貫入試験、テストピット、土質試験、CBR試験(California Bearing Ratio:路床土支持力比)
契約期間	当初 4/19～6/17(60 日間)、変更 4/19～6/24(67 日間)※RW-6 代替地での測量追加	当初 4/19～6/12(55 日間)、変更 4/19～6/30(73 日間)※XR-1 における CBR 試験追加
現地再委託業者	Bravo3 Surveying Services	George B. Padilla & Associates
基準	緯度経度ならびに標高は、HMD に確認し、PAGASA の既往調査と同様に世界測地系の World Geodetic System 1984 (WGS84)、ならびに平均海水面 (Mean Sea Level) を採用した。	各種調査は米国試験材料協会 (American Society for Testing and Materials) 規格を準拠する。
成果品	報告書、地形平面図、縦横断面図	報告書、平面図、断面図、ボーリング柱状図、土質試験結果

表 2-6 自然条件調査の調査項目ならびに調査対象

調査項目 (○:調査対象)		再委託 成果品	設計・施工計画・積算への活用	X バンド レーダー (2 局)	中央 監視局 (1 局)	水位計・ 雨量計 (7 局)	雨量計 (6 局)
地形 測量	平板測量	等高 線図	施設の設計・積算に活用する	○	○	○	○
	地形縦断測量	地形 縦断図	施設の設計・積算に活用する	○	○	○	○
	河川横断測量	河川 横断図	河川水理条件(洪水位、流速)を 推定し、水位観測施設の設計・ 積算に活用する	×	×	○	×
地質 調査	ボーリング 標準貫入試験	ボーリン グログ 柱状図	地盤の硬軟、締まり具合や土層 構成を把握し、施設の設計・積算 に活用する (鉄塔構造計算 等)。	○	○	○*	×
	テストピット (幅 1.5m×奥行 1.5m×深さ 2.0m)	テスト ピット ログ	地表面近傍の土質特性を把握 し、局舎等の設計・積算に活用 する。	×	×	○	○
	土質試験 (含水比、粒度 分布、液性・塑 性限界、比重、 せん断力)	土質 試験 結果	ボーリングならびにテストピットで 採取したサンプルの土質特性を 把握し、施設の設計・積算に活 用する。	○	○	○	○
	路床土支持力 比試験(CBR 試験)	土質 試験 結果	X バンドレーダー雨量観測局 (XR-1:ポブラシオン)のアクセス 道路の路床土支持力比を把握 し、設計・積算に活用する。	○**	×	×	×

備考 (*) 下流に位置するペラエス橋、リボランの 2 箇所のみ

(**) XR-1:ポブラシオンの 1 箇所のみ

表 2-7 自然条件調査の調査数量

種類	番号	名前	地形測量			地質調査		
			地形図 (ha)	縦断図 (測線)	河川 横断図 (測線)	ボーリング (m)	テストピット (箇所)	路床土支持 力比試験 (箇所)
X-バンドレー ダー雨量 観測局	XR-1	ポブラシオン	16.00	1	-	20	-	4
	XR-2	ダグンバン	1.00	1	-	20	-	-
中央監視局	MS	CDORFFWC (MPRSD)	0.30	1	-	40	-	-
雨量・水位 観測局	RW-1	ボルハ橋	0.54	1	2	-	1	-
	RW-2	ペラエス橋	0.50	1	2	30	1	-
	RW-3	カブラ橋	0.49	1	2	-	1	-
	RW-4	ウギアバン橋	0.26	1	2	-	1	-
	RW-5	タルウバン橋	0.15	1	2	-	1	-
	RW-6	リボラン	0.50	1	3	20	1	-
	RW-7	灌漑局ブブナワン灌漑施設	0.50	1	3	-	1	-
雨量観測局	R-8	インバツ小学校	0.24	1	-	-	1	-
	R-9	ナンカ小学校	0.25	1	-	-	1	-
	R-10	タラカグ消防署	0.25	1	-	-	1	-
	R-11	チカラン高等学校	0.70	1	-	-	1	-
	R-12	マシマグ小学校	0.50	1	-	-	1	-
	R-13	ミアラヨン小学校	0.50	1	-	-	1	-
合計			22.66	16	16	130	13	4

(2) 調査結果

自然条件調査の成果品一例として、図 2-10 に RW-2:ペラエス橋の地形平面図ならびに河川横断面図を、図 2-11 にボーリングログを示す。自然条件調査の成果は、X バンドレーダー用鉄塔、データ中継局、水文観測機材の設計・施工計画・積算に活用された。

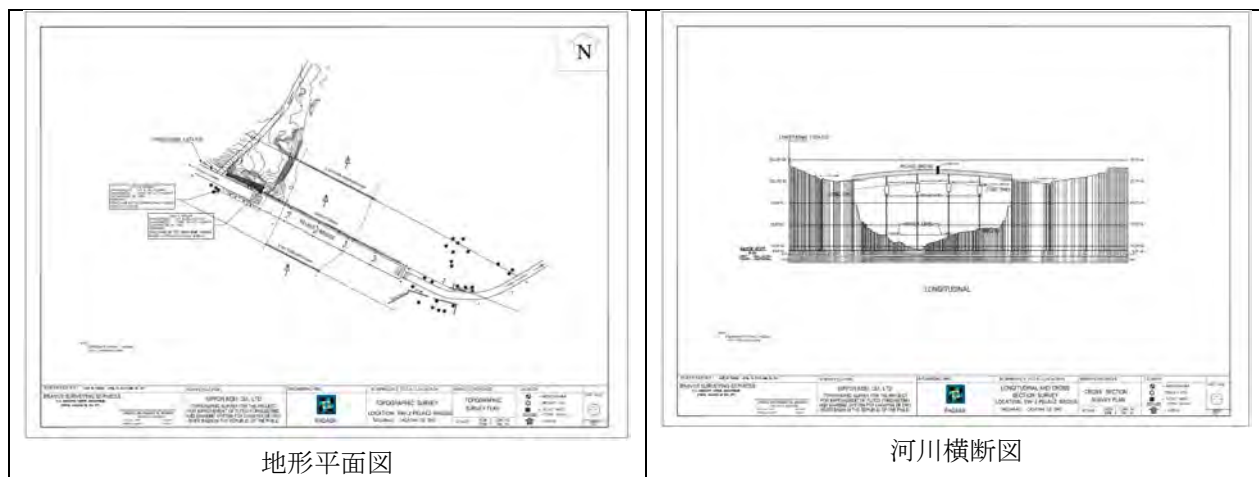


図 2-10 地形測量の成果品一例（RW-2:ペラエス橋の地形平面図ならびに河川横断面図）

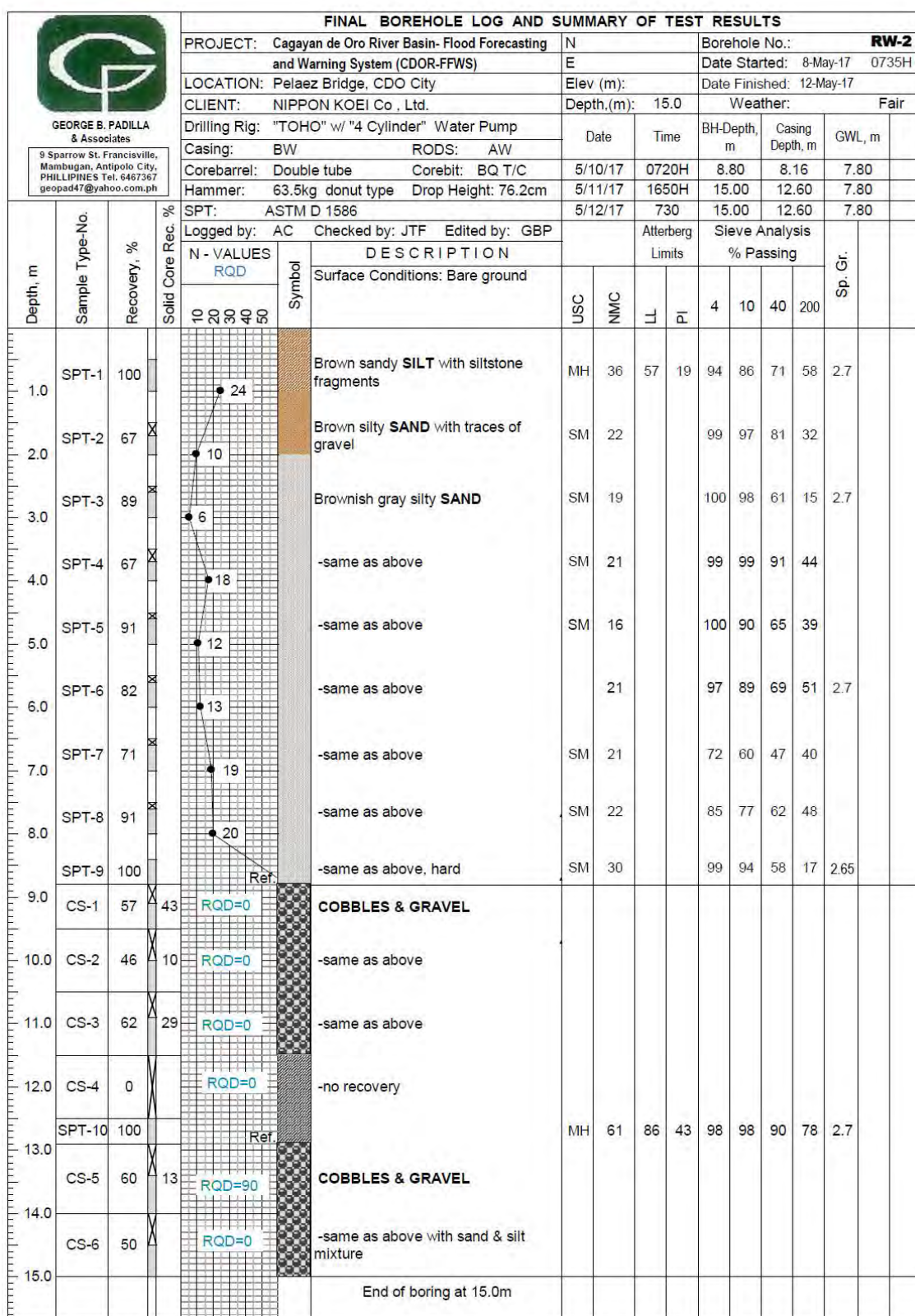


図 2-11 地質調査の成果品一例 (RW-2 : ペラエス橋でのボーリングログ)

2-2-2-3 台風センドン時の洪水水位推定

水位観測局施設の設計に資するため、既往最大洪水であった 2011 年 12 月台風センドン時の洪水水位を、下記 2 つの方法により推定した。

- (1) 近隣住民へのヒアリングによる洪水水位
- (2) 再委託による河川横断測量データを用いた不等流計算による洪水水位

推定結果を表 2-8 に示す。参考までに、近隣住民へのヒアリングによる洪水水位と現地写真を図 2-12 に、不等流計算による洪水水位推定の計算条件を表 2-9 に、また、不等流計算に用いたセンドン洪水時の流量推定値を表 2-10 に示す。RW-2 から RW-7 の水位計設置地点では、近隣住民へのヒアリングによる洪水水位の方が、不等流計算による洪水水位を上回った。なお、RW-1 が位置する下流の区間は、洪水リスク管理事業（カガヤン・デ・オロ川）による洪水擁壁が建設済みで、センドン洪水時と現在では現地の状況が異なるためヒアリングによる洪水水位は示していないが、観測局の設計には、洪水リスク管理事業（カガヤン・デ・オロ川）で設定された設計洪水水位 6.27m を考慮した。

洪水リスク管理事業（カガヤン・デ・オロ川）では、センドン洪水の生起確率は 50 年程度と推定されている。当事業のテレメータ局舎等の施設を、今回推定した洪水水位より高い位置に設置することで、50 年確率よりも小さい洪水（低確率規模、つまり、高い頻度で発生する洪水）による水没等の被害を回避できると考えられる。

表 2-8 2011 年 12 月センドン洪水時の洪水水位推定結果

番号	水位観測局名	河川	台風センドン時の洪水水位 (m)		
			(1) 近隣住民への 聞き取り調査	(2) 水理解析	採用値 ((1)と(2)のい ずれか高い値)
RW-1	ボルハ橋	カガヤン・デ・オロ川 (本川)	－ 注	5.75	5.75
RW-2	ペラエス橋	カガヤン・デ・オロ川 (本川)	19.62	18.17	19.62
RW-3	カブラ橋	カガヤン・デ・オロ川 (本川)	49.52	45.13	49.52
RW-4	ウギアバン橋	カガヤン・デ・オロ川 (本川)	150.22	145.97	150.22
RW-5	タルウバン橋	カガヤン・デ・オロ川 (本川)	463.30	460.16	463.30
RW-6	リボナ	ブブナワン川 (支川)	80.18	77.98	80.18
RW-7	灌漑局ブブナワン 灌漑施設	ブブナワン川 (支川)	484.30	484.25	484.30

注：洪水リスク管理事業（カガヤン・デ・オロ川）による洪水壁が建設され、センドン時から河道形状が大きく変更されたため、聞き取り調査結果は示していない。

RW-1: ボルハ橋



RW-2: ペラエス橋



RW-3: カブラ橋



RW-4: ウギアバン橋



RW-5: タルウバン橋



RW-6: リボラン



RW-7: 灌漑局ブブナワン灌漑施設



注：RW-1 は洪水リスク管理事業（カガヤン・デ・オロ川）による設計洪水位を示している。

図 2-12 近隣住民へのヒアリングによるセンドン洪水時の洪水位

表 2-9 不等流計算の計算条件

項目	計算条件
不等流計算	常流・射流の混在
河道断面	地形測量成果の河川横断データ（3 断面）
下流端出発水位	等流水位
流量	洪水リスク管理事業（カガヤン・デ・オロ川）で推定された流量（記載がない地点は、比流量で設定。表 2-10 参照）
粗度係数	河床状況から 0.035 と設定
橋脚による水位上昇	考慮
急拡・急縮による水位変化	死水域を設定

表 2-10 不等流計算に用いたセンドン洪水時の流量

番号	水位観測局の名前	河川	河口までの距離 (km)	勾配	台風センドン 時のピーク流量 (m ³ /s)	流域面積 (km ²)
RW-1	ボルハ橋	カガヤン・デ・オロ川（本川）	3.8	1/1000	5000	-
RW-2	ペラエス橋	カガヤン・デ・オロ川（本川）	12.0	1/200	5000	1317
RW-3	カブラ橋	カガヤン・デ・オロ川（本川）	18.8	1/200	4100	1094
RW-4	ウギアバン橋	カガヤン・デ・オロ川（本川）	36.0	1/80	2300	614
RW-5	タルウバン橋	カガヤン・デ・オロ川（本川）	60.0	1/80	1285	343
RW-6	リボナ	ブブナワン川（支川）	20.8	1/70	900	203
RW-7	灌漑局ブブナワン灌漑施設	ブブナワン川（支川）	45.7	1/30	486	109

2-2-3 環境社会配慮

過去の類似案件（JICA 無償案件のパンパンガ・アグノ川洪水予警報システム、環境無償案件のビコール川洪水予警報システム）では、環境適合証明書（Environmental Compliance Certificate、以下「ECC」とする）の取得は必要とされておらず、当事業においても同様の扱いとなる。しかしながら、ECC の代わりに非対象事業証明書（Certificate of Non-Coverage、以下「CNC」とする）を過去の類似案件と同様に環境天然資源省（Department of Environment and Natural Resources）より取得することが望ましい。

土地収用に関しては、土地取得に求められる手続き等を行う必要がある。また、土地収容後の樹木伐採は管轄の環境天然資源省地方事務所（Community Environment and Natural Resources Office）と協議を実施し承諾を得る必要がある。通常は、伐採した樹木 1 本当たり 20 本の苗を植えることが求められる。ココナッツに関しては、フィリピンココナッツ局（Philippine Coconut Authority）と協議を実施する必要がある。

第 3 章 プロジェクトの内容

第3章 プロジェクトの内容

3-1 プロジェクトの概要

プロジェクト上位目標は、CDORFFWC において精度の高い洪水予警報が継続的に運用され、カガヤン・デ・オロ川流域における洪水被害が軽減されることである。

本案件は、カガヤン・デ・オロ川流域における PAGASA による FFWS の構築、ひいては同流域における統合的な洪水リスク管理能力向上を目的としている。この FFWS に関して PAGASA と協議を行い、以下の支援内容とすることとした。

表 3-1 無償資金協力による支援の内容

項目	詳細	数量
1	雨量観測機材の配置	
	(1) 地上雨量計	13 地点 (うち 7 箇所は 水位計配置箇所と重複)
	(2) X バンドレーダー雨量計	2 地点
2	水位観測機材の配置	
	(1) 水位計	7 地点
3	通信網の機材の設置	
	(1) 通信網の機材 水文観測機器から CDORFFWC までの専用通信	1 式
	(2) 中継基地 (X バンドレーダー雨量観測装置と共用)	2 地点
	(3) CDORFFWC から CDO-CDRRMD までの専用線伝送接続装置	1 式
4	観測データ表示のための可視化システムの設置	
	(1) CDORFFWC と CDO-CDRRMD へのモニタリング用ディスプレイの設置	2 台
	(2) 地方自治体や他の防災関連機関が降雨強度や水位をリアルタイムでモニタリングするために活用できるウェブサイトの構築	1 式
5	機材調達および設計監理	
	(1) 機材調達(機材調達、輸送梱包、据付工事、調達管理)	1 式
	(2) 設計監理(機材設計監理、ソフトコンポーネント)	1 式

3-2 協力対象事業の概略設計

3-2-1 設計方針

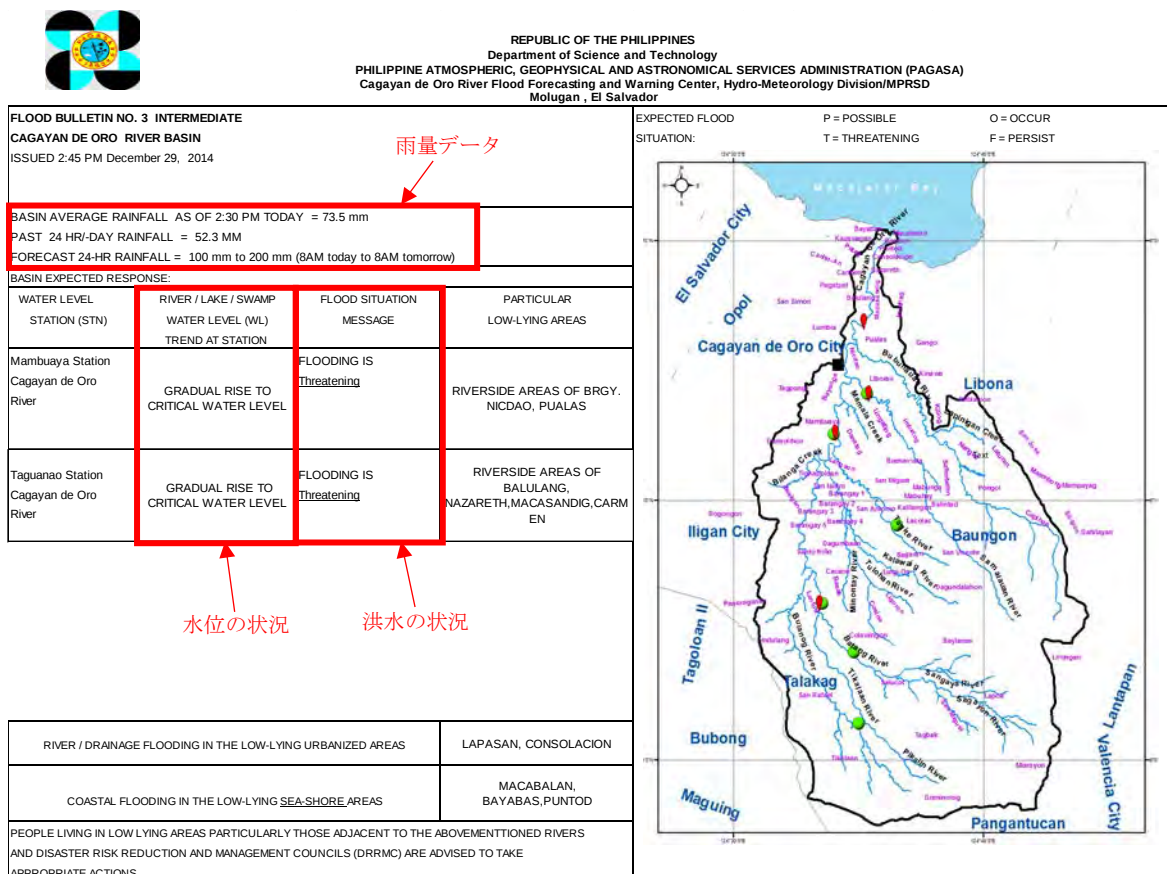
設計は以下に示す方針で実施する。

3-2-1-1 基本方針

(1) X バンドレーダーの必要性と配置

洪水警報発令の観点から、流域内の水位だけでなく雨量も時空間的に密に観測する必要がある。現在、PAGASA では、観測された水位と雨量を勘案して洪水の状況を判断し、洪水注意報 (Flood Advisory) と洪水警報 (Flood Bullutin) を発表している。参考までに、2014

年の台風 Seniang の際に MPRSD が発表した洪水警報を図 3-1 に示す。しかしながら、現状問題なく稼働している水位計ならびに雨量計は限られており、より確度の高い洪水警報発令のためには、水位と雨量データは量と質ともに十分ではない。また、カガヤン・デ・オロ川は日本の河川と同様に洪水到達時間が短いため、水位だけでなく、流域内の雨量を時空間的に精度良く観測する必要がある。そのため、当システムでは、水位計に加えて、X バンドレーダー雨量観測装置ならびに地上雨量計が必須となる。



出典 MPRSD

図 3-1 2014 年の台風 Seniang の際に MPRSD が発表した洪水警報

PAGASA は「PAGASA 近代化計画」にて、主要河川流域への X バンドレーダー雨量観測装置の導入を計画しており、カガヤン・デ・オロ川流域への X バンドレーダー雨量観測装置設置は同計画の基本方針にも合致している。

また、PAGASA は都市部の水害を軽減するために、大雨警報基準の更新も計画している。カガヤン・デ・オロ流域では、2017 年 1 月の豪雨によりカガヤン・デ・オロ市内で深刻な浸水被害が生じた。時空間的に密な雨量観測は PAGASA だけでなく CDO-CDRRMD もその必要性を認識しており、本システムによる X バンドレーダー雨量観測装置設置はその要望に答えることができる。

なお、技プロで検討中の洪水予警報に関するロードマップでは、洪水予測手法の将来開発構想をステージ 1 から 3 で段階を経て高度化することを提唱し、リアルタイム観測データをもとにした各水位観測所の水位の上昇・下降トレンドによる洪水予測をステージ 1 に、水位相関法はステージ 2 に、洪水予測モデルはステージ 3 に位置づけられている。洪水予測モデルの同定にはある程度の期間で蓄積された水文データが必要で、X バンドレーダー雨量観測装置が観測する流域内の時空間的に密な降雨データはそのひとつとなる。

カガヤン・デ・オロ流域は狭い範囲で高強度の降雨が生じかつ雨域が早い速度で移動する降雨特性をもち、また、治安やアクセスの観点から山間地に地上雨量計を設置すること

が困難なため、X バンドレーダー雨量観測装置による面的な観測が非常に有益である。

(2) 水位観測局ならびに雨量観測局の配置

新設する雨量観測局および水位観測局については PAGASA と協議および調整をしつつ、技プロの提案場所も含めて水文の妥当性を検証し、現地調査を実施した上で水文観測網の設置位置を選定した。

その際、地上雨量計は X バンドレーダーの校正にも活用されるため、地上雨量計と X バンドレーダーの距離や地上雨量計の標高を考慮し、設置位置を選定した。

一方、洪水リスク管理事業（カガヤン・デ・オロ川）では、現状認識で述べたように河口から 10km 上流までの構造物対策（堤防整備、カガヤン橋改修等）を実施中である。改修後の河川地形や計画高水位、水理条件を考慮して下流域水位計の設置場所を選定した。

(3) 洪水予警報発出のための洪水予測

当事業による FFWS は、洪水予測の手法として水位相関法を採用することを基本とする。水位相関法は、上流の水位観測局で観測された水位を用いて、水位相関式により、下流の水位観測局での洪水到達時間を考慮した時刻における水位を予測する手法で、既存のパンパンガ RFFWC でも採用されている。洪水予測に必要なデータは、同定された水位相関式と上流観測局のリアルタイム観測水位である。なお、水位相関法による実運用は、施設設置後に各水位観測局で洪水中の時系列水位データが十分に蓄積され、水位相関式のパラメータが決定された後になる。水位相関法の実運用までの期間は、現状の洪水予測手法と同様、リアルタイム観測データをもとにした各水位観測局の水位の上昇・下降トレンドによる洪水予測を実施する。

(4) 通信手段の選定

当事業における通信には、通常時だけでなく台風による豪雨・強風等の厳しい自然条件下においても雨量・水位データがリアルタイムに確実に伝送される必要がある。そのため、雨量・水位計観測局と中継所の通信手段はかかる自然環境においても信頼性が高い、VHF 帯無線テレメータシステムを採用する。

また、X バンドレーダーによる画像データを CDORFFWC へ伝送する必要があり、数 Mbps 程度のデータ伝送が可能で信頼性が高いマイクロ波無線システムを採用する。

CDORFFWC と CDRRMD 間の通信もマイクロ波無線を検討するが、見通しが取れない場合は通信業者が提供する通信サービスの利用を検討する。

CDORFFWC と PAGASA 本部間との通信は、ミンダナオ島とルソン島間が長距離であることから、自営によるマイクロ波建設及び維持管理コストは膨大となるため現実的ではない。そのため、通信業者が提供する通信サービスまたは通信衛星回線の利用を検討する。

(5) システム設計の方針

観測した雨量・水位データはメーカー特定のフォーマットではなく PAGASA が採用するデータベースシステム（アクエリアス）に適用可能なデータベースシステムを構築する。また、降雨量及び水位データのリアルタイムモニタリングのためのウェブサイトの構築には、地方自治体や防災削減関連機関へ提供することから、受信者が理解し判断・行動に役立つものになることを検討する。

(6) 関連機関の運用に即した洪水予警報の検討

洪水予警報情報を利用する関連機関の運用形態に即した情報を PAGASA が発出できるようなシステムとする必要がある。そのために、関連機関が必要とする情報、つまり避難の必要性の有無に関する情報を含めたコンテンツと情報提供方法について検討する。

(7) 土木施設設計方針

FFWS を構成する各機材を設置するための水位・雨量観測局及び水位計施設、雨量観測局、X バンドレーダー雨量観測局の局舎の設計方針を以下に示す。

1) 水位・雨量観測局及び水位計施設

- 水位計は以下理由により圧力式タイプを採用する。
 - ✓ 既存パンパンガ・アグノ FFWS の稼働状況から高い信頼性が得られている
 - ✓ 過去に設置のフロート式水位計と比べて PAGASA による維持管理が容易である
 - ✓ HMD において圧力式タイプを標準化とする検討がなされている
- 水位計施設は河床勾配、河床材料、流速、浸食・洗堀（構造物設置前後）等を十分に検討し、それによる負の影響やその可能性等を十分に考慮する
- 観測建屋（局舎）は、雨量観測、データ送信に適した場所を選定する。観測建屋（局舎）は、地上設置タイプを原則とするが、現地の防災および保安上の視点から、高床式タイプの局舎構造についても検討を行った。
- 水位計及び観測・通信建屋および雨量観測局（局舎）、およびレーダー・中継所サイトへのアクセスは、既存道路も含めた恒久的なアクセス施設（1 車線以上の道路および橋梁など）の設置を検討する。
- アクセス道路は砂利舗装を基本とするが、現場の状況等（想定される使用車両や通行頻度、施設の重要度や防災の視点など）に合わせ、アスファルトやコンクリートの舗装を検討する
- 観測建屋は防災（洪水浸水被害防止）の観点から、水位計設置位置から離れた高台の場所に設置することを基本とする。観測建屋を水位計のある河道から離す（距離をおく）目的は、i) 災害時（洪水時）における倒壊・流失によるリスク軽減・分散を図り、ii) 局舎内部に設置する水文観測や通信機器の機能停止などのリスクを排除し、iii) 常時・非常時のアクセスと保守点検・維持管理作業時の安全を確保することにある。
- 水位計、局舎（水位・雨量観測、通信施設）およびレーダー・中継所サイトが急斜面の場合、落石、斜面崩壊、地すべりなどの災害の可能性を考慮する。
- 施設計画及び設計においては、現場の状況に合わせて、土木構造物が周辺景観へ及ぼす影響を抑える計画・設計とする。

2) 雨量観測局

雨量観測局舎は原則、水位・雨量観測局舎と同じ設計方針とし、洪水・豪雨・浸水などの自然災害に対する防災上の視点と盗難や破壊行為などの保安上の視点の2つの視点を念頭に、現場の状況に応じて、高床式等の建屋形式について検討を実施した。

3) X バンドレーダー雨量観測局

建屋は、操作室、機器設置室、保安員宿泊施設、備品室、水道・下水施設、部品保管室、電気施設などから構成される。特に、警備小屋と観測建屋に保安員宿泊施設の付設は、レーダー雨量観測・中継局の洪水予警報システム上の重要性、レーダー施設・機器類（X-band Radar System）の保安の必要性を考慮し検討を実施した。また、鉄塔は、X バンドレーダーを最上段に設置するため、X バンドレーダー重量を考慮し検討を実施した。また、鉄塔の設計においては、鉄塔の高さが20m～60mになり、鉄塔やX バンドレーダー機材の自重、また最大風速時の（設計風速）の鉄塔にかかる風圧に対して十分な構造と地盤の支持力を維持するための設計を実施した。

但し、RW-2 ペラエス橋 水位観測局（カガヤンデオロ川）と RW-6 リボラン 水位観測局

(ブブナワン川) は、土地収用の問題等で、上述の設計方針の維持が困難となった。このため、調査団は下表に示す様に、上述の 2 箇所のサイトに限って設計方針を変更した。

表 3-2 設計方針変更の原因と対応策（設計方針変更後の基本設計）

番号	水位 観測所名	設計方針変更の原因	設計方針変更の対応策（設計方針変更後の基本設計）
RW-2	ペラエス橋 水位観測局 (カガヤンデ オロ川)	<u>設計変更対象:水位計および水位・雨量観測建屋</u> 当初、Pelaez (ペラエス) 橋の左岸側の橋台直下流の河岸上の平地(私有地)を水位・雨量観測建屋設置の候補地と選定した。水位計は同左岸の河道内に設置箇所として、橋脚型の水位計とする設計案(水位計・局舎分離型)を提示した。 しかし、左岸下流部の観測建屋の建設予定地の土地所有者が同地の提供を拒否、また左岸上流部に関しては、提供を否定しないが期限付きの土地貸与を条件として提示したために、(上流域と下流域共に)左岸側の土地使用を断念した。このため、水位計と観測建屋の候補地を(i)「右岸側に設置する案」と(ii)「左岸側の河道内の設置する案」の 2 代替案を検討することになった。	<u>(設計変更対象:水位計および水位・雨量観測建屋)</u> (i)「右岸側に設置する案」と(ii)「左岸側の河道内の設置する案」の 2 代替案の検討の結果、川の流れの向き(滞筋の流れ)、河岸の堆積土砂等の状況、右岸の土地所有等を総合的に分析・検討し、(ii)案を採用することに決定した。なおこの場合、観測建屋の設置位置は、橋脚型水位計の上部デッキとして、「水位計・観測建屋一体型」の基本設計を採用した。観測局舎へのアクセスは、ペラエス橋から直接アクセスする格子状の鋼鉄板を採用する。 水位計・観測建屋一体型の「橋脚型の構造物」基礎は、河道の地質の状況から地下 10m～15m 深、直径約 1.0m のコンクリート杭(1 本、場所打ち)を採用し、地上は水理学的な視点から同様なサイズの円柱コンクリート(10m 高以上)を採用する。橋脚タイプの基礎杭及び円柱コンクリートの位置は、既存のペラエス橋の橋脚の下流側に設置し、地質・構造・地質・水理学的な視点から十分な距離(10m 以上)を保つものとする。
RW-6	リボラン水位 観測局(ブブ ナワン川)	<u>(設計変更対象:水位計および水位・雨量観測建屋)</u> PAGASA 所有の水位標が設置されている Liboran(リボラン)地区のブブナワン川の左岸河岸上の丘陵地を水位・雨量観測建屋の候補地として選定した。水位計は左岸側の河道内に設置する橋脚型の水位計とする設計案(水位計・局舎分離型)を提示した。 同川の左右両岸の河岸上の土地(法律で規定された Easement 内)は原則、政府(環境省・林野庁)所有の土地所有に当たる。しかし、現在その土地を利用する農民が、観測局舎の建設に反対の立場をとり続けたため、左岸河岸丘陵地への観測局舎の建設を断念した。	<u>(設計変更対象:水位計および水位・雨量観測建屋)</u> 左岸側河道に設置する橋脚型水位計のデッキ上に観測建屋を設置する「水位計・観測建屋一体型」に変更する設計案の採用を検討した。また、水位計・観測建屋の維持管理の観点から、洪水時などの非常時にもアクセス可能な歩道橋(PC 桁橋)を設置する基本設定案を提示した。 水位計・観測建屋一体型の「橋脚型の構造物」基礎は、河道の地質の状況から地下 10m 深迄、直径約 1.0m のコンクリート杭(1 本、場所打ち)を採用し、地上は水理学的な視点から同様なサイズの円柱コンクリート(約 5～7m)を採用する。

3-2-1-2 自然環境条件に対する方針

(1) 降雨・風・気温・湿度

カガヤン・デ・オロ川流域は、熱帯気候に属し比較的に多雨であることから、雨量・水位観測機器のうち、テレメータ装置、無線装置、データロガーは局舎内に収納することとする（屋外筐体に設置の場合は、筐体内の温度が上昇するために機器の誤動作や短寿命の原因となる）。

フィリピンの建築構造物の設計基準（National Structural Code of Philippines, NSCP- 2010）では、当事業対象地域の耐風速を次のように規定している。

ゾーン区分け（基本耐風速）	対象の州
ゾーン 2（耐風速=200 kph, 55 m/s）	ミサミスオリエンタル州
ゾーン 3（耐風速=150 kph, 40 m/s）	ブキドノン州

上記の規定は地域により異なっており、当事業の建築構造物に対しては、地域に従い、それぞれの規定に従うものとする。

(2) 洪水

当事業が対象とする流域での洪水特性は以下となる。

- フラッシュフラッド
 - ✓ 警報、避難のリードタイムが短いゆえ、洪水発生後の避難が困難。
 - ✓ 夜間時の対応が必要となる場合がある。
 - ✓ 一方で、洪水位の継続時間は短い。
- 沖積デルタ上の洪水（地形上の特性）
 - ✓ 比較的速い流速で、狭い氾濫原を洪水が流下する。
 - ✓ 外力（流速）が強く、人的避難に不利な状況。

当事業で導入される洪水予警報システムは、これらの洪水特性に対応したものとする必要があり、特に水位計の位置選定には十分留意する必要がある。

(3) 地盤

新設されるカガヤン・デ・オロ川洪水予警報センターの2階に機器を設置する。

自然条件調査として、フィリピンの現地業者へ再委託した地質調査の結果に従い、構造計算を実施する。

(4) 雷

雷は各機材に甚大な被害をもたらすため、以下の対策を検討する。

- 屋外施設（局舎）：避雷針およびアース
- 無線アンテナ；同軸避雷器
- 雨量計・水位計信号線保護：避雷器
- 機材電源：耐雷変圧器

3-2-1-3 社会経済条件に対する方針

フィリピンの経済は高成長を遂げているが、貧困問題の解決が未だ課題である。そのよ

うな状況では、施設への盗難や破壊の恐れがある。それらリスクから施設を守るために、観測局舎はフェンスで囲い、太陽電池は屋上に設置することとする。

また、レーダ雨量計施設は高額な装置であり、且つ屋外に設置されるため、盗難や破壊といったリスクが高い。そのため、通常のセキュリティに加えて、警察又は軍隊の常駐が可能となる建物を建設する。なお、PAGASA は完工後に警察や軍隊と協力し、警備員を少なくとも 1 名常駐させることにしている。

3-2-1-4 建設事情／調達事情若しくは業界の特殊事情／商習慣に対する方針

コンクリート、セメント、鋼材や建設機械などの土木・鉄塔工事に使用される資機材については、現地での調達が可能である。電設資材については、一般的なケーブルの調達は可能であるが、高周波用ケーブル等で特殊な仕様とした場合は品質も十分とは言えず、フィリピンでの調達は困難であるため、本邦調達を基本とする。

3-2-1-5 現地業者（建設会社）の活用に係る方針

当事業には水位、雨量局の局舎設置に係る土木・施設工事、X バンドレーダー雨量観測局の鉄塔工事が含まれており、これらの工事を安全・確実に実施する能力が求められる。

フィリピンにおける現地工事会社の業務実績から、過去に類似案件の経験があり、当事業に係る土木、施設、据付工事に必要な実施能力を有していると考えられる。業者選定時においては現地工事会社の業務実績を加味した評価が必要と考える。

3-2-1-6 運営・維持管理に対する対応方針

2-1-3-2 章に示すとおり、パンパンガ・アグノ川流域やカガヤン川流域の既存 FFWS の状況から、テレメータに関する機器については継続的に一定の維持管理が行われており、維持管理に関する技術力は十分に備えている。しかし、当事業で設置される X バンドレーダー雨量観測装置に関して、車載型 X バンドレーダー雨量観測装置および C バンドや S バンドの雨量観測装置が既に導入されており運用・維持管理の経験はあるが、固定のタイプの X バンドレーダー雨量観測装置は初である。この状況から、X バンドレーダー雨量観測装置を中心に、この装置を取り込んだ洪水予警報システムの運営・維持管理に関する指導を実施する必要がある。

運営・維持管理に関する指導内容としては、機材の操作からトラブルシューティングまでを含み、相手国操作員または保守作業員が維持管理できるようにする必要がある。

3-2-1-7 施設、機材等のグレードの設定に係る方針

当事業に使用する機材は洪水予警報システムとして使用されるものであり、災害発生時に確実に動作する高い信頼性が要求される。よって、主要機材は本邦調達を基本とし、品質を確保する方針とする。

3-2-1-8 工法/調達方法、工期に係る方針

当事業は雨量と水位の観測局が 13 局、X バンドレーダー雨量観測局が 2 局、それら観測局と中央監視局間を無線で接続するための鉄塔を 3 基設置する。また、水位を測定する観測局は河川での工事となり、雨季の影響を考慮する必要がある。以上から、この施工規模の工事を、雨季の影響を考慮し、短期間で実施するために複数班での施工を計画するものとする。

3-2-2 基本計画（施設計画／機材計画）

3-2-2-1 観測局配置計画の概要

当事業で導入される洪水予警報システムは以下の観測局及び監視局による構成とする。

表 3-3 観測局及び監視局構成

種別		局数	対象局名称
観測局	水位・雨量観測局	7	RW-1：ボルハ橋 (Borja Bridge) RW-2：ペラエス橋 (Pelaez Bridge) RW-3：カブラ橋 (Cabula Bridge) RW-4：ウギアバン橋 (Uguiaban Bridge) RW-5：タルウバン橋 (Tal-uban Bridge) RW-6：リボラン (Liboran) RW-7：灌漑局 (NIA) プブナワン灌漑施設 (NIA Bubunawan Irrigation Intake)
	雨量観測局	6	R-8：インバツ小学校 (Imbatug Central Elementary School) R-9：ナンカ小学校 (Nangka Elementary School) R-10：タラカグ消防署 (Talakag Bureau of Fire) R-11：チカラン高等学校 (Tikalaan National High School) R-12：マシマグ小学校 (Masimag Elementary School) R-13：ミアラヨン小学校 (Miarayon Elementary School)
	X バンドレーダー 雨量観測局	2	XR-1：ポブラシオン (Poblacion) XR-2：ダグンバン (Dagumbaan)
監視局	中央監視局	1	MS：カガヤン・デ・オロ川洪水予警報センター (CDORFFWC) (MS: Master Station)
	モニター局	2	カガヤン・デ・オロ市災害リスク削減管理局 (CDO-CDRRMD) フィリピン気象天文庁 水文気象部 (PAGASA HMD)

これらの観測局は 150MHz 無線通信及び 7.5GHz 多重無線通信を用いて中央監視局に測定データを伝送し、収集されたデータを演算・処理・表示を行う。また、演算・処理されたデータ及び生データを中央監視局からモニター局に有線回線にて伝送する。

3-2-2-2 水位観測局の配置計画

(1) 配置方針

的確な予警報ならびに早期避難などの実施に役立てることを第一の目的とし、流域の流出特性を踏まえつつ以下の観点から水位観測局を配置する。なお、流域内で流量が継続的に観測されている地点は、公共事業道路省 (Department of Public Works and Highways、以下「DPWH」とする) 管理のカブラ橋しかなく、流出特性を定量的に把握できていない。そのため、将来の河川計画・管理に資するための水文データ (水位、流量) の継続的な蓄積も考慮する必要がある。

- 人口・資産が集積するカガヤン・デ・オロ市内洪水氾濫域の直上流地点
- 洪水流が下流の洪水氾濫域に到達するまでのリードタイムが確保できる地点 (なるべく上流の地点)
- 洪水流出量が大いいと推測される、洪水予警報システム上重要な支川の本川合流点前後
- 洪水氾濫域内ならびに潮位変動の影響を受ける河川感潮区間内
- 上記を満たし、かつ流量の観測が可能な地点

なお、以下の理由により、ブブナワン川を FFWS 上重要な支川として位置づけた。

- 6 支川のなかでも流域面積が大きい (223km²)
- キタングラッド山を上流域にもち、地形性降雨により支川流域内の降雨量が大きく、それに伴い洪水流出量が大きいと推測される
- カガヤン・デ・オロ川流域内に降雨をもたらす台風は、一般的に流域の東側から接近する。ブブナワン川は流域内の東側に位置し、洪水流が他の支川よりも早くカガヤン・デ・オロ市内に到達すると推測される。
- PAGASA の既往洪水調査レポートによれば、センドン洪水時も洪水流出量が大きかったと推測されている。

(2) 選定結果

上記の配置方針に従い、技プロならびに PAGASA とも協議を継続しつつ、下記手順により水位観測局の配置を決定した。

- ① 配置方針を満足するために必要な選定基準を設定する。
- ② 上記の選定基準を考慮しながら、地図上で候補地点を選定する。
- ③ 現地調査により現場の状況を実際に確認して候補地点を絞り込む。
- ④ 最後に、電波伝搬試験結果を受け、水位観測局の設置地点を決定する。

本調査では、アクセス、水文、セキュリティ、水理、河川改修予定、工事のしやすさ、技プロ観測地点、電波伝送の 8 つを選定基準として設定した。必要な検討内容と併せて表 3-4 に示す。

表 3-4 水位観測局の選定基準

No.	選定基準	検討内容
①	アクセス	維持管理のために車でアクセスが容易か
②	水文	洪水流出特性の観点から重要と判断される地点か。さらに、洪水予警報に必要なリードタイムが確保できるか。
③	セキュリティ	治安・安全上の問題がないか
④	水理	瀬・淵がなく、みお筋が安定しており、洪水時も水位を安定して観測できるか。さらに、洪水時にも流量観測が確実かつ安全に実施できるか。
⑤	河川改修予定	大規模な河川改修が予定されているか
⑥	工事のしやすさ	水位観測局の設置工事が容易か
⑦	技プロ観測地点	技プロの観測地点と整合が図れているか
⑧	電波伝送	テレメータによるデータ転送が可能か

次に、これら選定基準を考慮しつつ、地図上で候補地点 12 箇所を選定した。そして、現地調査により現場の状況を確認して候補地点を絞り込み、最後に、電波伝搬試験結果を受けて、水位観測局の設置地点を決定した。候補地点の一覧とその選定結果を表 3-5 に示す。なお、選定基準の②水文の観点からの検討に資するため、候補地点の水文特性を表 3-6 のとおり整理している。ここでは、候補地点が位置する河川（本川もしくは支川）、河口からの距離、リードタイム、流域面積を水文特性として挙げた。本川に位置するペラエス橋は、本川ならびに主要な支川からの洪水流が全て集中する地点である。また、カガヤン・デ・オロ市内洪水氾濫域の直上流に位置しており、本地点を通過した洪水流がほぼそのまま氾濫域に到達するため、当事業で設置する水位観測局のうち、最も重要な地点と位置付けた。よって、表 3-6 に示しているリードタイムは、各候補地点からペラエス橋までの洪水到達時間としている。しかしながら、洪水時に観測された流速データがないため、河床勾配や現地調査時の流況などを勘案し、洪水時の流速は 4m/s と仮定して洪水到達時間を

推定した。加えて、図 3-2 に示すように洪水到達時間と河川縦断との関係も併せて整理し、水位観測局選定の判断材料とした。なお、全区間を網羅する河川測量成果はないため、DEM（数値標高モデル）データから標高を整理している。

表 3-5 水位観測局選定表

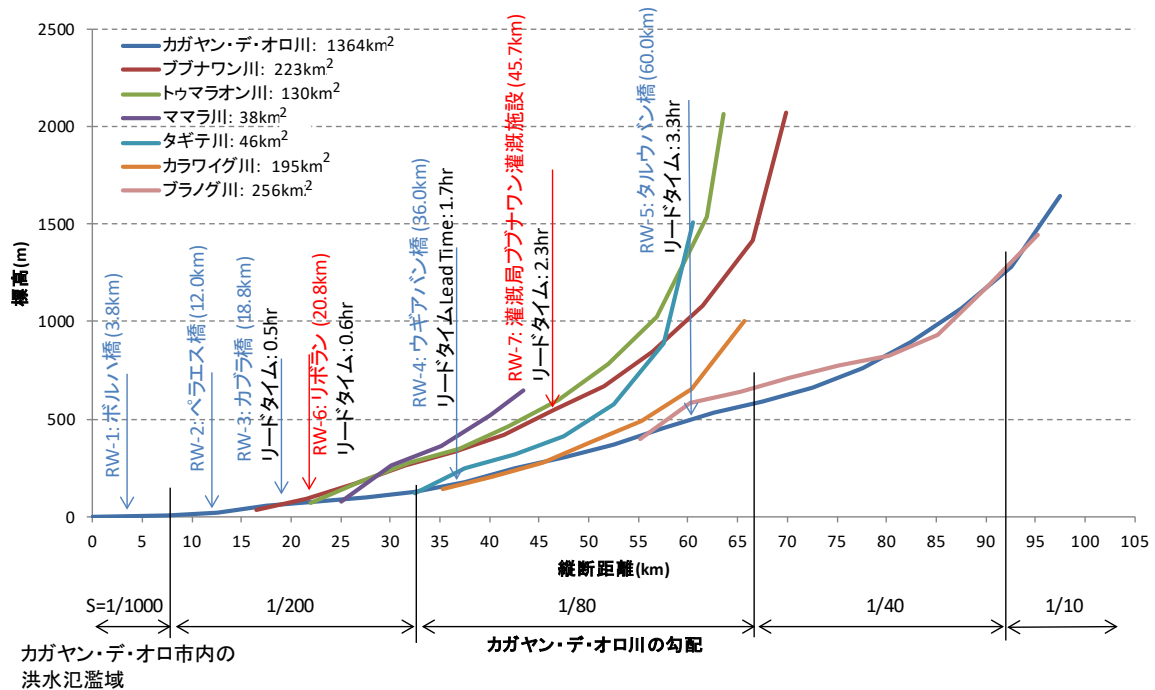
番号	水位観測局の候補地点	河川	選定基準								選定地点	備考
			1	2	3	4	5	6	7	8		
			アクセス	水文	セキュリティ	水理	河川改修予定	工事のしやすさ	技プロ観測地点	電波伝送		
1	ボルハ橋	カガヤン・デ・オロ川 (本川)	○	○	○	○	○	○	-	△	RW-1	感潮区間に位置する
2	ゴールデンマイル橋	カガヤン・デ・オロ川 (本川)	○	○	○	○	×	-	-	-	-	感潮区間に位置する
3	ペラエス橋	カガヤン・デ・オロ川 (本川)	○	○	○	○	○	○	○	△	RW-2	Twin Phoenix の水位観測局あり
4	カブラ橋	カガヤン・デ・オロ川 (本川)	○	○	○	○	-	○	○	○	RW-3	
5	マンブアヤ	カガヤン・デ・オロ川 (本川)	○	○	○	○	-	×	-	×	-	Twin Phoenix の水位観測局あり
6	ウギアバン橋	カガヤン・デ・オロ川 (本川)	○	○	○	○	-	○	○	△	RW-4	
7	タルウバン橋	カガヤン・デ・オロ川 (本川)	○	○	○	○	-	○	-	○	RW-5	Twin Phoenix の水位観測局あり
8	灌漑局バタン灌漑施設	カガヤン・デ・オロ川 (本川)	○	○	×	-	-	-	-	-	-	
9	リボラン	ブブナワン川 (支川)	○	○	○	○	-	○	○	○	RW-6	
10	灌漑局ブブナワン灌漑施設	ブブナワン川 (支川)	○	○	○	○	-	○	-	○	RW-7	
11	トゥマラオン	トゥマラオン川 (支川)	○	△	-	-	-	-	-	-	-	Twin Phoenix の水位観測局あり
12	トゥマラオン川代替地点	トゥマラオン川 (支川)	○	△	-	-	-	-	-	-	-	
合計											7	

凡例 ○：選定基準を十分に満足する、△：選定基準をほぼ満足する、×：選定基準を満足しない、-：検討せず

表 3-6 水位観測局候補地の水文特性

番号	選定地点	水位観測局の候補地点	河川	河口までの縦断距離 (km)	RW-2 ペラエス橋 までの 縦断距離 (km)	RW-2 ペラエス橋 までの リードタイム (hr) *	流域 面積 (km ²)	備考
1	RW-1	ボルハ橋	カガヤン・デ・オロ川 (本川)	3.8	-	-	-	感潮区間に位置する
2	-	ゴールデンマイル橋	カガヤン・デ・オロ川 (本川)	4.8	-	-	-	感潮区間に位置する
3	RW-2	ペラエス橋	カガヤン・デ・オロ川 (本川)	12.0	-	-	1317	Twin Phoenix の 水位観測局あり
4	RW-3	カブラ橋	カガヤン・デ・オロ川 (本川)	18.8	6.8	0.5	1094	
5	-	マンブアヤ	カガヤン・デ・オロ川 (本川)	30.5	18.5	1.3	874	Twin Phoenix の 水位観測局あり
6	RW-4	ウギアバン橋	カガヤン・デ・オロ川 (本川)	36.0	24.0	1.7	614	
7	RW-5	タルウバン橋	カガヤン・デ・オロ川 (本川)	60.0	48.0	3.3	343	Twin Phoenix の 水位観測局あり
8	-	灌漑局バタン灌漑 施設	カガヤン・デ・オロ川 (本川)	68.0	56.0	3.9		
9	RW-6	リボラン	ブブナワン川 (支川)	20.8	8.8	0.6	203	
10	RW-7	灌漑局ブブナワン 灌漑施設	ブブナワン川 (支川)	45.7	33.7	2.3	109	
11	-	トゥマラオン	トゥマラオン川 (支川)	24.9	12.9	0.9	109	Twin Phoenix の 水位観測局あり
12	-	トゥマラオン川代替 地点	トゥマラオン川 (支川)	35.6	23.6	1.6	81	

注：洪水時流速の観測データがないため、河川勾配や現地調査時の流況などを勘案し、洪水時の流速は4m/sと仮定して推定。



注1：リードタイムは流速4m/sと仮定して算定 注2：標高はDEMから取得

図 3-2 水位観測局地点とRW-2（ペラエス橋）へのリードタイム

上記検討の結果、選定された水位観測局の位置と配置理由を図 3-3 に示す。最終的に選定された水位観測局は、カガヤン・デ・オロ川本川に 5 地点、支川のブブナワン川に 2 地点の合計 7 地点である。特に、本川の最上流に位置する RW-5 タルウバン橋は、ペラエス橋までのリードタイムは概ね 3 時間であり、洪水予測、警報発令、避難等に必要な時間を確保できる。なお、候補地点 12 箇所のうち、選定外となった 5 地点の理由は以下の通りである。

- No. 2 ゴールデンマイル橋：洪水リスク管理事業（カガヤン・デ・オロ川）の円借款事業により、橋梁の架替が予定されているため、選定基準の⑤河川改修予定の観点から却下した。
- No. 5 マンプアヤ：水位計を設置可能な唯一の地点が河川湾曲後の水衝部に位置しており、水位計の設置工事が大規模かつ難工事になると推測される。加えて、電波伝搬試験の結果が悪かったため、選定基準のうち、⑥工事のしやすさ、⑧電波伝送の観点から却下した。
- No. 8 灌漑局バタン灌漑施設：本川の上流に位置するため、リードタイムをより確保できるが、現地視察時のバランガイへの聞き取り調査では、新人民軍（New Peoples Army、以下「NPA」とする）が出没する地点であるとの情報を得たために、選定基準の③セキュリティの観点から却下した。
- No. 11 トゥマラオンならびに No. 12 トゥマラオン川代替地点：支川のトゥマラオン川に位置しており、アクセスは容易だが、流域面積は隣のブブナワン川に比べて小さく、また、上流には標高の高い山を有していないため、洪水流出量は小さいと判断し、選定基準の②水文の観点から却下した。

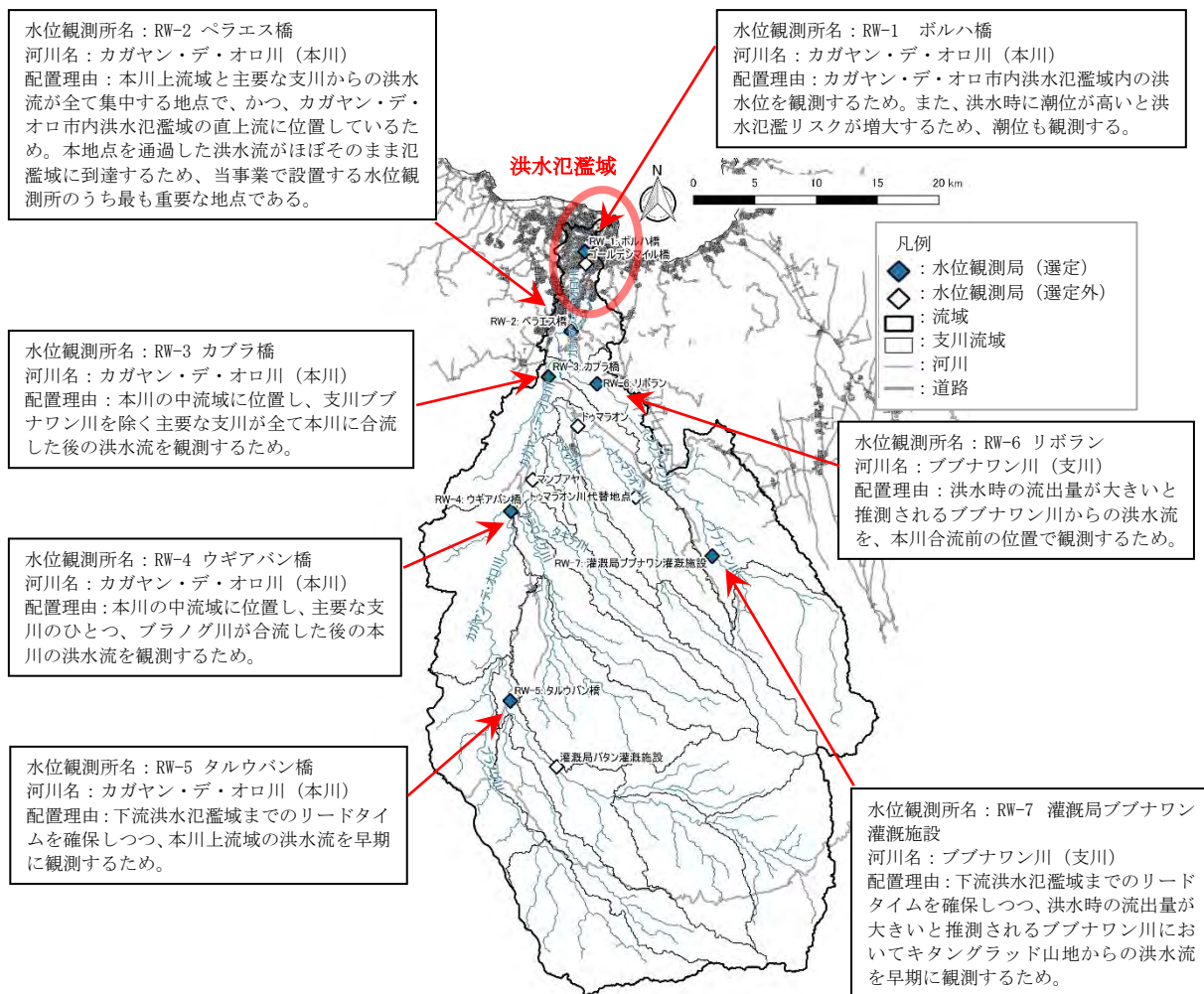


図 3-3 水位観測局の配置理由

(3) 洪水警報水位の設定

現在、HMD は 2005 年作成の FFWS 運用マニュアル（Operation Manual of FFWS for River Basin, November 2005）に従い、水位観測局における河道断面積の比率に応じて、注意水位（Alert Level (40%)）、警戒水位（Alarm Level (60%)）ならびに危険水位（Critical Level (80%)）の 3 段階で洪水警報水位を設定している。なお、運用マニュアルでは危険水位を河道断面積 100%と規定されているが、現状の河道内状況等を勘案した上で 80%を適用している。技プロでは、既往最大洪水であった台風センドン時の推定洪水水位を 100%とし、上記手法により、カガヤン・デ・オロ川本川に位置するペラエス橋 (RW-2)、カブラ橋 (RW-3) ならびにウギアバン橋 (RW-4) に加え、支川のブナワン川に位置するリボラン (RW-6) の合計 4 地点を対象にすでに洪水警報水位を設定している。そこで、上記 4 観測局の洪水警報水位は技プロによる設定値を踏襲し、当事業では上記以外の 3 地点である、本川のボルハ橋 (RW-1) とタルウバン橋 (RW-5)、ブナワン川の灌漑局ブナワン灌漑施設 (RW-7) を対象に、同手法により洪水警報水位を設定した。表 3-7 に設定された洪水警報水位の一覧を、図 3-4 に洪水警報水位と河道断面図を示す。なお、今回設定した洪水警報水位は、洪水後にその有効性を検証し、必要に応じて更新する必要がある。

表 3-7 水位観測局の洪水警報水位

番号	水位観測局	河川	台風センドン 時の洪水位 (100%)	危険水 位 (80%)	警戒水 位 (60%)	注意水 位 (40%)	備考
RW-1	ボルハ橋	カガヤン・デ・オロ川(本川)	5.75	4.61	3.25	1.80	
RW-2	ペラエス橋	カガヤン・デ・オロ川(本川)	19.62	18.35	16.96	15.48	技プロで設定済み
RW-3	カブラ橋	カガヤン・デ・オロ川(本川)	49.52	48.22	46.89	45.47	技プロで設定済み
RW-4	ウギアバン橋	カガヤン・デ・オロ川(本川)	150.22	149.44	148.30	146.41	技プロで設定済み
RW-5	タルウバン橋	カガヤン・デ・オロ川(本川)	463.30	462.00	460.56	458.98	
RW-6	リボラン	ブブナワン川(支川)	80.18	79.42	78.57	77.60	技プロで設定済み
RW-7	灌漑局ブブナワン 灌漑施設	ブブナワン川(支川)	484.30	483.70	483.07	482.40	

単位: 平均海水面からの標高(m)

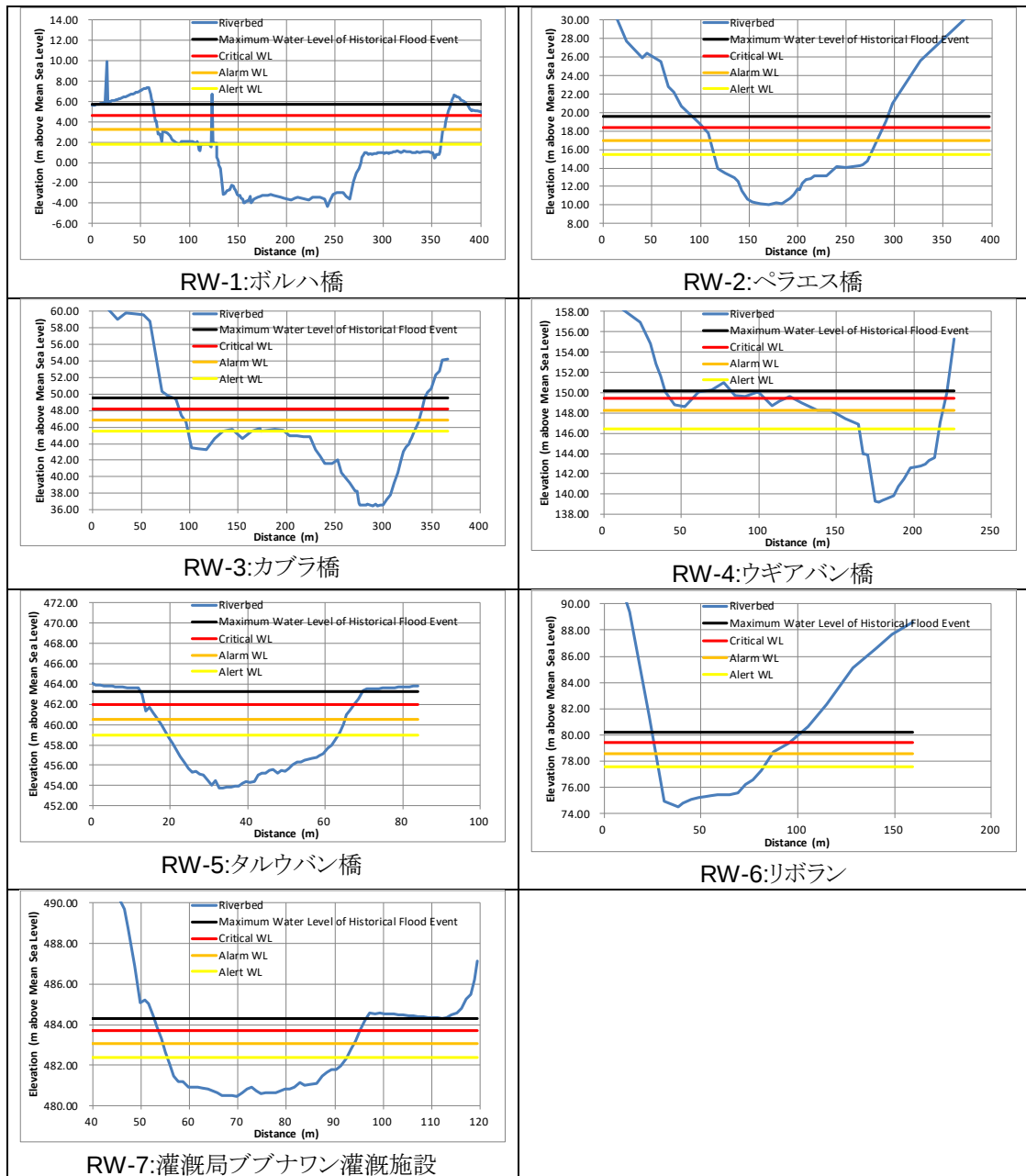


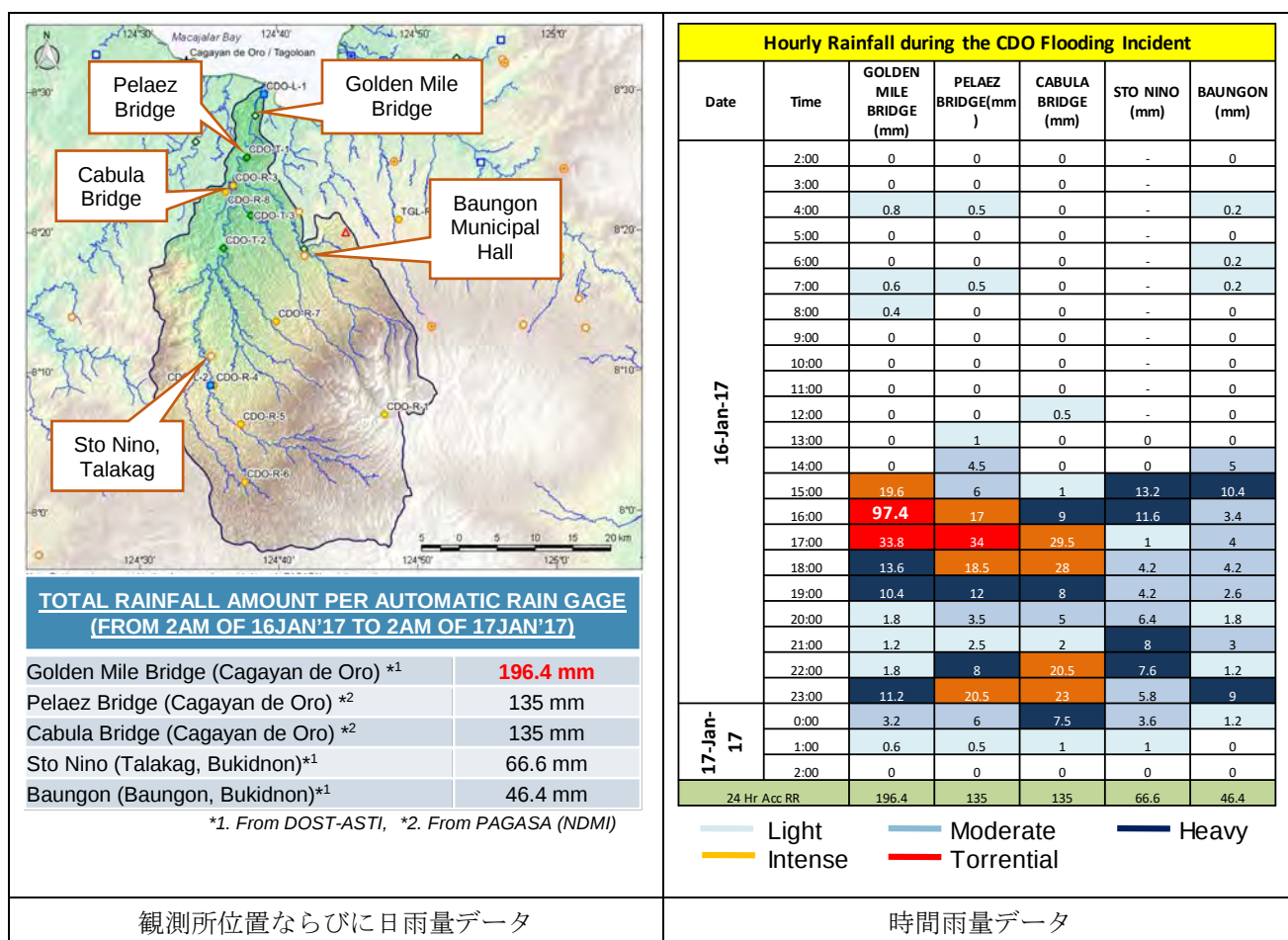
図 3-4 水位観測局の警戒水位

3-2-2-3 雨量観測局の配置計画

(1) 配置方針

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主にタイプ III に分類される。タイプ III は雨期と乾期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。しかしながら、近年の豪雨イベントである 2011 年の台風センドンならびに 2012 年の台風パブロは 12 月に、2009 年の熱帯低気圧ウルドゥジャは 11 月に到来しており、乾期でも豪雨による洪水リスクがある。

キタングラッド山とカラトゥンガン山の 2 つの山地には降雨観測局が設置されておらず、降雨量の定量的な評価はできないが、一般的に、地形性降雨により比較的多雨であると推察される。一方、下流のカガヤン・デ・オロ市内では 2017 年 1 月豪雨時に狭い範囲で高強度の降雨が生じ、かつ雨域が早い速度で移動したと推察される。図 3-5 に 2017 年 1 月豪雨時の日雨量ならびに時間雨量観測データを示す。下流の市内に位置するゴールデンマイル橋とその上流のペラエス橋の時間データに着目すると、1 月 16 日の 15～16 時の間にゴールデンマイル橋では 97.4mm/hour と高強度の降雨を観測したのに対し、ペラエス橋では 17mm/hour と少なく、また、時間雨量ピークは 1 時間の差があった。両観測局は直線距離で 5.6km しか離れていないことも考慮すると、狭い雨域が短時間に移動したと推測される。カガヤン・デ・オロ川の流域面積は 1,364 km² と比較的小さいが、上記の通り、流域内の降雨は一様ではない。



出典 洪水予警報の統合データ管理能力強化プロジェクト (JICA)

図 3-5 2017 年 1 月豪雨で観測された日雨量ならびに時間雨量データ

上記の降雨特性を踏まえ、的確な予警報ならびに早期避難などの実施に役立てることを第一の目的として以下の観点から雨量観測局の配置を検討した。

- 流域内の降雨は様ではないため、流域内の標高の高低、支川流域分割を考慮しつつ、空間的にもなるべく均等かつ密に配置する。
- 水位計設置地点に雨量計を併設し、水位計のテレメータ設備をできるだけ有効活用する。

(2) 選定結果

水位観測局の配置計画と同様、技プロならびに PAGASA とも協議を継続しつつ、下記手順により雨量観測局の配置を決定した。

- ① 配置方針を満足するために必要な選定基準を設定する。
- ② 上記の選定基準を考慮しながら、地図上で候補地点を選定する
- ③ 現地調査により現場の状況を実際に確認して候補地点を絞り込む。
- ④ 最後に、電波伝搬試験結果を受け、雨量観測局の設置地点を決定する。

本調査では、アクセス、水文、セキュリティ、用地確保、本調査で選定した水位観測局との重複、既存の雨量観測局との重複、電波伝送の7つを選定基準として設定した。必要な検討内容と併せて表 3-8 に示す。

表 3-8 雨量観測局の選定基準

No.	選定基準	検討内容
①	アクセス	維持管理のために車でのアクセスが容易か
②	水文	標高や支川の流域分割を考慮しつつ、流域内になるべく均一に配置できるか。また、山地部を含め、可能な限り上流部に配置できるか。
③	セキュリティ	治安・安全上の問題がないか
④	用地確保	雨量観測局を設置するために必要な用地を確保できるか
⑤	本調査で選定した水位観測局との重複	雨量観測局を本調査で選定した水位観測局に併設し、テレメータ機器を有効活用できるか。
⑥	既存の雨量観測局との重複	既存の洪水予警報システムの雨量観測局や、PAGASA の気象観測局からはある程度離れた地点に配置できるか。
⑦	電波伝送	テレメータによるデータ転送が可能か

次に、これら選定基準を考慮しつつ、地図上で候補地点 20 箇所を選定した。そして、現地調査により現場の状況を確認して候補地点を絞り込み、最後に、電波伝搬試験結果を受けて、雨量観測局の設置地点を決定した。候補地点一覧とその選定結果を表 3-9 に示す。表には、位置する河川名（本川もしくは支川）に加え、標高も併せて整理している。なお、流域中央部はアクセスや治安上の問題があるため、候補地点の選定からはすでに除外している。また、用地取得の容易さを考慮し、学校を候補地点に含めることとした。

表 3-9 雨量観測局候補地の選定表

番号	雨量観測局の候補地点	河川流域	標高(m)	選定基準							選定地点	備考
				1	2	3	4	5	6	7		
				アクセス	水文	セキュリティ	用地確保	本調査で選定した水位観測局との重複	既存の雨量観測局との重複	電波伝送		
1	ボルハ橋	カガヤン・デ・オロ川(本川)	7	○	○	○	○	○	-	△	RW-1	
2	ペラエス橋	カガヤン・デ・オロ川(本川)	21	○	○	○	○	○	△	△	RW-2	NDMI の雨量観測局あり
3	カブラ橋	カガヤン・デ・オロ川(本川)	48	○	○	○	○	○	△	○	RW-3	NDMI の雨量観測局あり
4	ウギアバン橋	カガヤン・デ・オロ川(本川)	150	○	○	○	○	○	-	△	RW-4	
5	タラカグ小学校	カガヤン・デ・オロ川(本川)	400	○	○	○	×	-	-	-	-	
6	タラカグ消防署	カガヤン・デ・オロ川(本川)	405	○	○	○	○	-	-	○	R-10	
7	タルウバン橋	カガヤン・デ・オロ川(本川)	467	○	○	○	○	○	-	○	RW-5	
8	コシナ小学校	カラワイグ川(支川)	696	○	○	○	○	-	×	-	-	Twin Phoenix の雨量観測局あり
9	インドウラン小学校	カガヤン・デ・オロ川(本川)	718	○	○	×	-	-	-	-	-	
10	サンラファエル小学校	ブラノグ川(支川)	848	○	○	×	-	-	-	-	-	
11	チカラン小学校	ブラノグ川(支川)	828	△	○	△	○	-	-	△	R-11	
12	マシマグ小学校	カガヤン・デ・オロ川(本川)	1275	△	○	△	○	-	-	○	R-12	
13	ミアラヨン小学校	カガヤン・デ・オロ川(本川)	1410	△	○	△	○	-	-	○	R-13	
14	リボラン	ブブナワン川(支川)	88	○	○	○	○	○	-	○	RW-6	
15	インバツ小学校	トゥマラオン川(支川)	400	○	○	○	○	-	-	○	R-8	
16	バウンゴン庁舎	トゥマラオン川(支川)	425	○	○	○	○	-	×	-	-	Twin Phoenix の雨量観測局あり
17	ナンカ小学校	ブブナワン川(支川)	600	○	○	○	○	-	-	○	R-9	
18	リボナ庁舎	ブブナワン川(支川)	601	○	△	○	○	-	△	-	-	ASTI の雨量観測局あり
19	灌漑局ブブナワン灌漑施設	ブブナワン川(支川)	499	○	○	○	○	○	-	○	RW-7	
20	キタングラッド山軍事キャンプ	ブブナワン川(支川)	-	△	○	×	-	-	-	-	-	
合計											13	

凡例 ○：選定基準を十分に満足する、△：選定基準をほぼ満足する、×：選定基準を満足しない、-：検討せず

上記検討の結果、選定された雨量観測局の位置と配置理由を図 3-6 に示す。最終的に選定された雨量観測局は 13 箇所である。そのうち、本調査で選定した水位観測局 7 箇所全てに雨量観測局を併設することとし、残りの 5 地点は雨量観測局を単独で設置することとした。流域の中央部はアクセスや治安上の問題から配置できなかったが、標高や支川の流域分割を考慮しつつ、可能な限り均一に雨量観測局を配置した。なお、候補地点 20 箇所のうち、選定外となった 7 地点の理由は以下の通りである。

- No. 5 タラカグ小学校：アクセスが容易な学校であるが、必要な用地の確保が困難なため、選定基準の④用地確保の観点から却下した。その代わりとして、近接する No. 6 タラカグ消防署を選定している。
- No. 8 コシナ小学校、No. 16 バウンゴン庁舎ならびに No. 18 リボナ庁舎：アクセスの容易な学校ならびに政府機関であるが、既存の洪水予警報システムの雨量計や PAGASA の気象観測局が設置済みのため、選定基準の⑥既存の雨量観測局との重複の観点から却下した。
- No. 9 インドゥラン小学校ならびに No. 10 サンラファエル小学校：アクセスが容易な小学校であるが、現地視察時の聞き取り調査で、学校の備品が盗難にあうなど、治安が良くないことが判明した。そのため、選定基準の③セキュリティの観点から却下した。

No. 20 キタングラッド山軍事キャンプ：CDO-CDRRMD 訪問時の聞き取り調査で候補に挙がった地点で、ブブナワン川上流の山間部に位置するため、水文の観点からは特に設置すべき地点であるが、軍事施設であり、反政府組織の標的となる可能性があることから、選定基準の③セキュリティの観点から却下した。なお、正確な位置は不明なため、図 3-6 には示されていない。

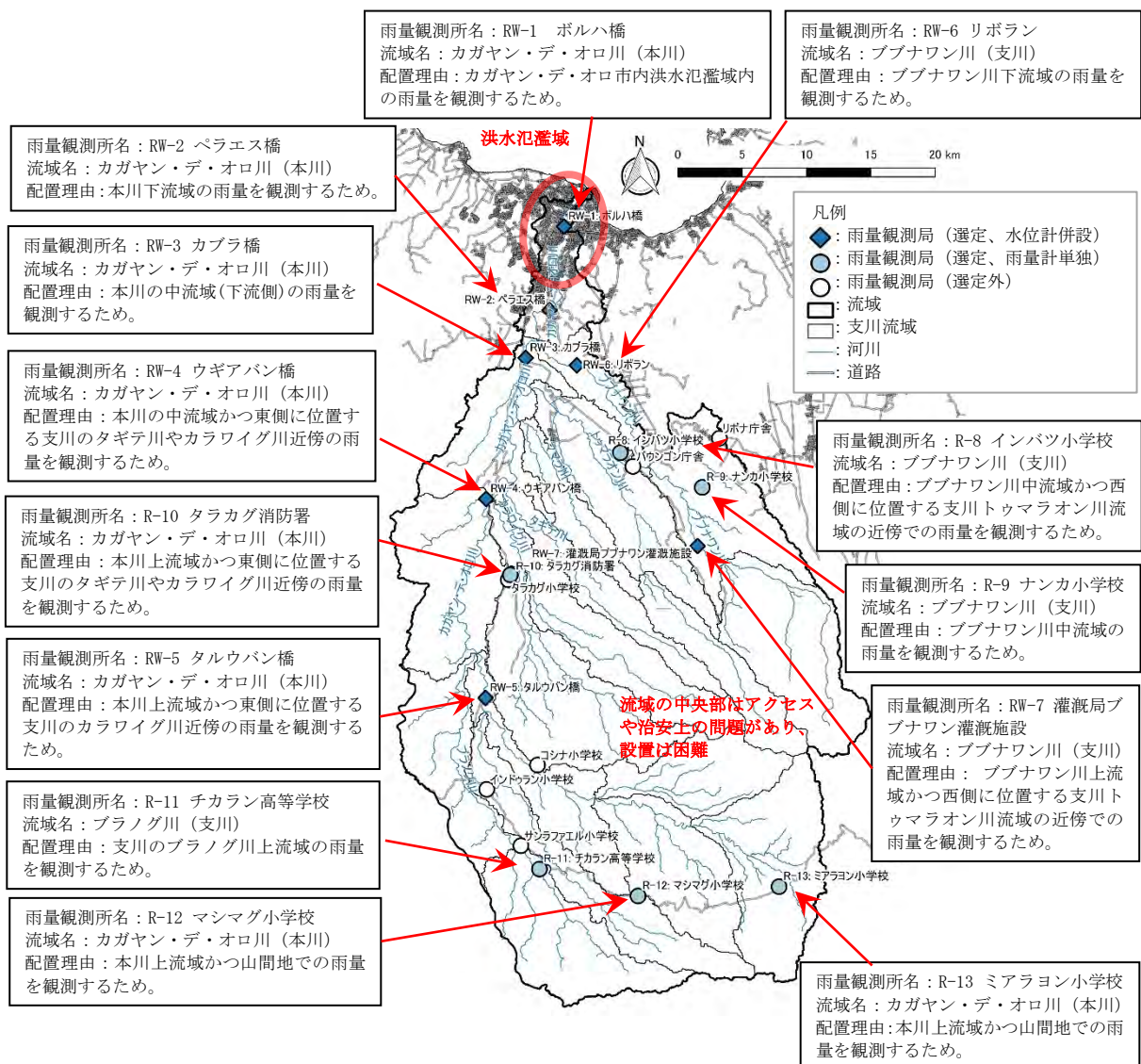


図 3-6 雨量観測局の配置理由

3-2-2-4 Xバンドレーダー配置計画

(1) レーダーサイト候補地

表 3-10 に掲げる条件に従いレーダーサイトの選定を検討した。レーダー覆域、マイクロ無線回線構成の可否さらに VHF 電波伝搬条件をおおよそ机上で確認し、候補地を以下の 8 か所に絞った。

表 3-10 X-Band レーダーサイト候補地

No.	候補地名	緯度 N	経度 E	標高 (m)
1.	マカパヤ	8° 26' 48.78"	124° 40' 16.72"	224
2.	運輸通信省 (DOTC)	8° 27' 32.68"	124° 38' 51.92"	122
3.	副知事所有地	8° 19' 21.40"	124° 32' 20.96"	615
4.	ポブラシオン	8° 19' 56.58"	124° 43' 55.46"	637
5.	イバ小学校	8° 17' 55.40"	124° 32' 20.96"	667
6.	ダグンバン小学校	8° 08' 42.15"	124° 35' 44.46"	542
7.	コシナ小学校	8° 06' 15.01"	124° 36' 35.40"	705
8.	サンラファエル小学校	8° 02' 51.21"	124° 38' 51.92"	847

8 か所の位置を下図に示す (黄色ピン)。

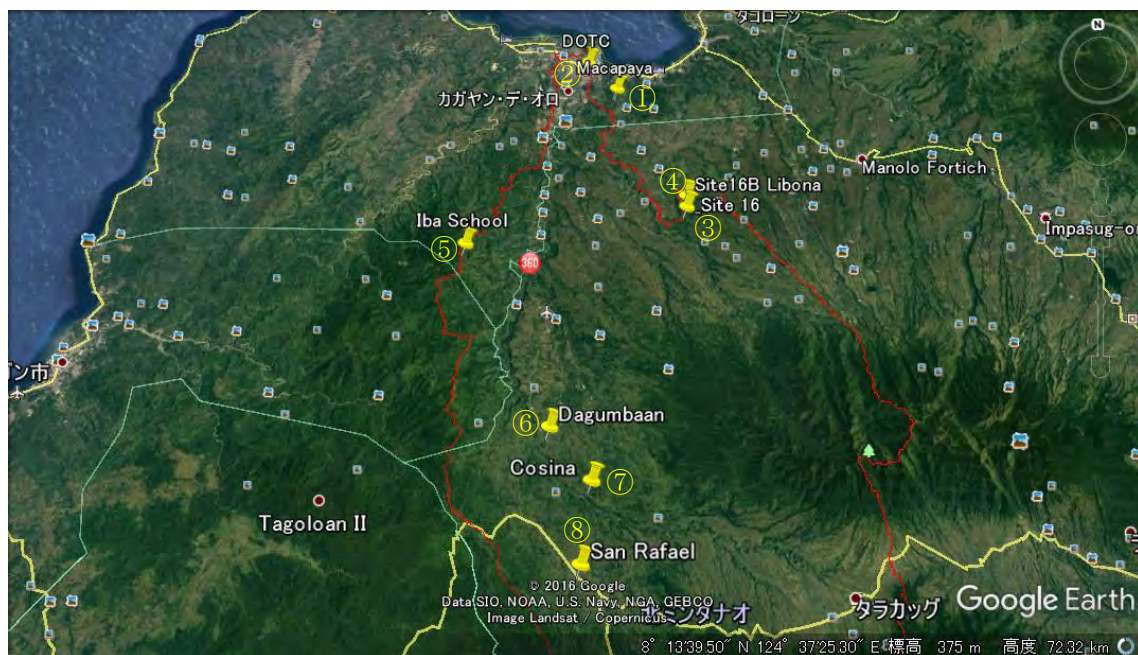


図 3-7 X-band レーダーサイト候補地

(2) 現地踏査

8 か所の候補地について表 3-11 の調査項目を現地で確認した。調査結果を表 3-12 に示す。表 3-12 中に「NOT GOOD」と評価された項目のサイトはXバンドレーダー雨量観測装置のサイトとしては不適と判定した。「GOOD」は問題ないことを示す。「NOT GOOD」とも「GOOD」とも記載がない項目は、設計段階で対処できることを示す。

表 3-11 候補サイトの調査項目と内容

No.	調査項目	調査内容
1.	治安状況	地域の DRRMO*からサイト周辺の治安状況を確認した。特に NPA、MAUTE 等の反政府組織の活動状況について情報を収集した。反政府組織の活動地域にレーダー、無線中継所を計画することは、設置後の設備維持の障害となるため避けた。
2.	レーダー覆域	シミュレーションを参考に現場の地形との整合を確認した。
3.	レーダーサイト近傍遮蔽状況	樹木、建物などサイト近傍の遮蔽物の高さを調査する。レーダー高は近傍遮蔽高より高く設計する。
4.	マイクロ無線回線接続の可否	レーダーデータを CDORFFWC に伝送する手段としてマイクロ無線回線を想定した。マイクロ無線の見通し条件が得られることが、レーダーサイトとして必須の条件となるため、マイクロ無線回線見通し調査の結果を併せて検討した。
5.	VHF 電波伝搬の良否	レーダーサイトとテレメーターVHF 無線中継所を併設すれば、機材費の削減効果大きい。VHF 電波伝搬調査結果と併せてレーダーサイトの適否を検証した。
6.	商用電源の有無	商用電源引き込み用配電トランスがサイトの近くにあるか確認した。商用電源をサービスする地域配電会社、電力線引き込み申請手続き等を調査した。
7.	サイトアクセス状況	サイトへのアクセス（車両横づけ、徒歩など）について調査した。
8.	スペースの確保	レーダーサイト建設の用地として 10 x 15m 程度以上のスペースが必要である。候補地として選定されたサイトに用地が確保できるか調査した。
9.	落雷の危険度	サイトの標高、周囲の状況などから落雷の危険度を推定する。
10.	X-Band レーダー電波干渉	サイト周辺 (10km 程度以内) に他機関 X-Band レーダー設備の有無を確認した。
11.	用地確保の難易度	サイトが公用地か私有地か確認した。土地管理者、地権者等の情報を入手する。

備考 (*) 災害リスク削減管理事務所: Disaster Risk Reduction Management Office

表 3-12 候補地の調査結果一覧

番号	サイト 名称	Xバンドレダーデータサイト選定基準										選定 サイト
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		治安状況	レーダー覆 域	レーダー近 傍遮蔽	マイクロ無線 接続	VHF 電波伝搬	商用電源	アクセス	用地	落雷の危険	電波干渉	
1	マカパヤ	GOOD 治安の問題はなし	NOT GOOD 上流域まで距離があり、上流域の観測精度が落ちる	周辺の樹木高は 20～25m	CDORFFWC 方向に樹木遮蔽あり	NOT GOOD 観測局との電波伝搬条件は良くない	GOOD 商用電源あり	GOOD アクセスは容易、車両にてアクセス可能	十分な建設スペースの確保が困難	被雷確立は高い	GOOD 空港から 10km 以上離れているため干渉の可能性は低い	GOOD 自治体
2	イババ小学校	GOOD 治安の問題はなし	NOT GOOD 南側に山遮蔽があり上流域の観測は困難	周辺の樹木高は 20～25m	CDORFFWC 方向の電波見通しは不可	NOT GOOD 観測局との電波伝搬条件は良くない	GOOD 商用電源あり	GOOD 車両アクセス可能	建設スペースはあり	被雷確立は高い	GOOD 空港から 10km 以上離れているため干渉の可能性は低い	GOOD 自治体
3	副知事 所有地	GOOD 治安の問題はなし	GOOD 上流域のカバーは可能	周辺は低木	CDORFFWC 側に樹木遮蔽あり	GOOD VHF の電波伝搬条件は良い	電源線を延長して局舎引き込みが必要。BUSECO**との協議あり	個人の敷地を通過するためアクセスはどうかと言えば困難	NOT GOOD 用地のレーベリングと樹木伐採が必要。リーダーサイトとして不適	被雷確立は高い	GOOD 空港から 10km 以上離れているため干渉の可能性は低い	個人
4	ボブラ ン	GOOD 治安の問題はなし	GOOD 上流域のカバーは可能	周辺に高い樹木はない	CDORFFWC 側に樹木遮蔽あり	GOOD VHF の電波伝搬条件は良い	GOOD 電源線を延長して局舎引き込みが必要。BUSECO**との協議あり	600m 程度のアクセス道路延長が必要	GOOD 建設スペースは問題なし	被雷確立は高い	GOOD 空港から 10km 以上離れているため干渉の可能性は低い	個人 ○ XR-1

番 号	サイト 名 称	X バンドレドレーダーサイト選定基準											選定 サイト
		1 治安状況	2 レーダー覆 域	3 レーダー近 傍遮蔽	4 マイクロ無線 接続	5 VHF 電波伝搬	6 商用電源	7 アクセス	8 用地	9 落雷の危険	10 電波干渉	11 地権者	
5	ダグバン 小学校	GOOD 治安の問 題はなし	GOOD 上流域のカ バーは可能	周辺樹木高 は 20～25m	GOOD Site16B 方向 は電波見通し あり	GOOD VHF の伝搬条 件は良い (上流域)	GOOD 電源引き込 みは容易	GOOD 車両でのア クセスは 容易	GOOD 建設スペー スは問題 なし	被雷確立は 高い	GOOD 空港から 10km 以上離 れているため 干渉の可能性 は低い	GOOD 自治体	○ XR-2
6	コシナ 小学校	GOOD 治安の問 題はなし	GOOD 上流域のカ バーは可能	NOT GOOD 周辺樹木が 高い。30～ 35m レーダーサ イトとして は不適	GOOD Site16B 方向 に樹木遮蔽 あり	GOOD VHF の伝搬条 件は良い (上流域)	GOOD 電源引き込 みは容易	GOOD 車両でのア クセスは 容易	NOT GOOD 建設スペー スが狭い	被雷確立は 高い	GOOD 空港から 10km 以上離 れているため 干渉の可能性 は低い	GOOD 自治体	
7	サンラフア エル小学校 *	NOT GOOD 反政府組 織の拠点 に近いた めレーダ ーサイト としては 不適	GOOD 上流域のカ バーは可能	未確認	GOOD Site16B への 電波見通しは あり	VHF の伝搬条 件は良い (上流域)	未確認	未確認	未確認	未確認	GOOD 空港から 10km 以上離 れているため 干渉の可能性 は低い	GOOD 自治体	
8	運輸通信省 (DOTC****)	GOOD 治安の問 題はなし	NOT GOOD 上流域をカ バーでき ない	NOT GOOD 周囲が携帯 基地局に囲 まれており レーダーサ イトとして は不適	CDORFFWC へ の電波見通し は取れない	VHF の電波伝 搬条件はあま りよくない	GOOD 商用電源の 引き込みは 容易	GOOD 車両でのア クセス	建設スペー スは問題 なし	被雷確立は 高い	GOOD 空港から 10km 以上離 れているため 干渉の可能性 は低い	GOOD 自治体	

Remarks

(*) サンラフアエル小学校は治安の問題があり現場調査を実施出来なかった。机上検討のみ。

(**) BUSECO: ブキドノン第二電力会社 (Bukidnon Second Electric Cooperative, Inc., 地域配電会社)

(****) DOTC: 運輸通信省 (Department of Transportation and Communications)

以上の結果から、以下の2か所をXバンドレーダー雨量観測局として計画する。

表 3-13 選定されたレーダーサイトの設置目的と課題

レーダーサイト	設置の目的	課題
XR-1：ポブラシオン	キタングラッド山 (Mt. Kitanglad) 北北側斜面の雨量観測を主目的とする。また、下流域も同時に観測する	土地使用について地権者との交渉 配電会社との電力線引き込み協議
XR-2：ダグンバン小学校	キタングラッド山 (Mt. Kitanglad) 南側斜面、カラトゥンガン山 (Mt. Kalatungan) 北側斜面および上流支流流域を観測する	小学校が近くに存在するため、Xバンドレーダーから放射される電磁波が人体に影響がないことを示す書類を食品医薬品局 (FAD) に提出する

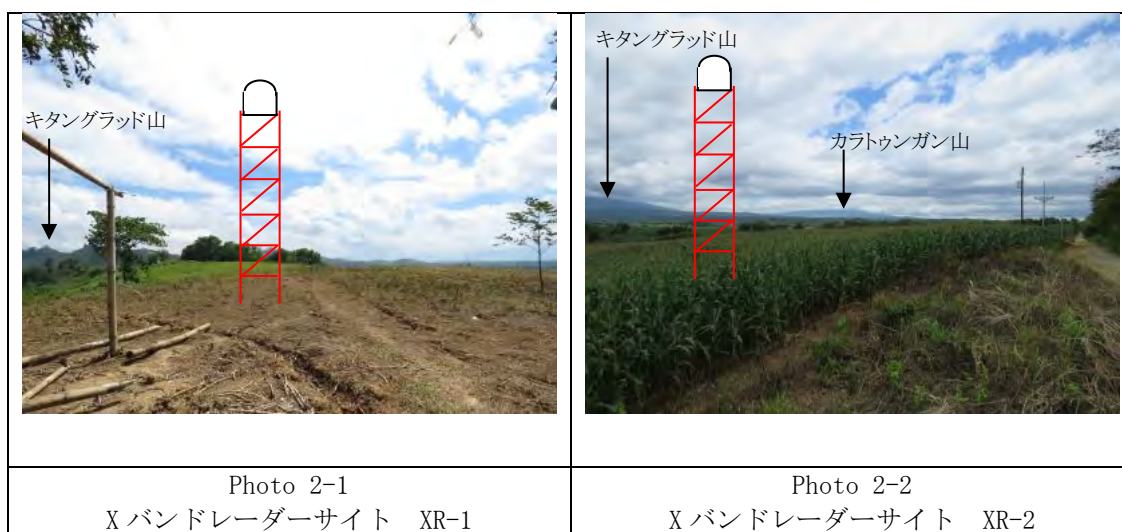


図 3-8 X バンド レーダーサイトの現地写真

(3) X バンドレーダーアンテナ所要高

レーダーアンテナ所要高は机上シミュレーション結果およびレーダーサイト周辺の樹木・建物等のレーダーの見通しを遮る地上障害物を現地調査して検討した。結果を表 3-14 に示す。

表 3-14 X バンドレーダーアンテナ所要高

レーダーサイト	X バンドレーダー所要高	備考
XR-1：ポブラシオン	20m	レーダーサイトは丘陵地の頂上付近にあり周辺の樹木は 15m 程度である。人工地上物はない。
XR-2：ダグンバン小学校	30m	レーダーサイトは小学校建物（平屋）に隣接した畑である。周辺樹木高は 20～25m である。学校以外の人工地上物はない。

(4) 二重偏波レーダーの採用

単一偏波レーダーと二重偏波レーダーの比較を表 3-15 に示す。カガヤン・デ・オロ流域の降雨強度をより正確に観測するため単一偏波レーダーよりも二重偏波レーダーのほうが特性上優れていることから、後者を採用する。

表 3-15 単一偏波レーダーと二重偏波レーダーの比較

項目	単一偏波レーダー	二重偏波レーダー
偏波方式	水平偏波の反射電力を観測	水平偏波と垂直偏波の反射電力及び位相差を観測
観測パラメータ種類	- レーダ反射因子 Z - 平均ドップラ速度 V^* - 速度スペクトラム幅 W^*	- レーダ反射因子 Z - 平均ドップラ速度 V^* - 速度スペクトラム幅 W^* - 反射因子差 ZDR - 偏波間位相差 ϕ_{DP} - 偏波間位相差変化率 KDP - 偏波間相関係数 ρ_{HV} - 直線偏波抑圧比 LDR
特徴	同じ強さの雨でも大きな雨滴が多く存在する場合は、小さな雨滴が多く存在する場合にくらべて受信電力は大きくなるが、単一偏波レーダーでは雨粒の形状を検知できないため、降雨強度推定の主要な誤差要因となる そのため単一偏波レーダーでは地上観測値による降雨強度の補正が必要となる。	雨粒の情報そのものの形や大きさが識別できるため雨の強さを正確に測定できる。雨粒形状を直接観測可能なため原理的には補正が不要である。また、二重偏波を利用することにより反射電力位相等の観測パラメータを得ることができる。

備考 (*) ドップラーレーダー機能

(5) Xバンドレーダー覆域

レーダー雨量計は一般的に S バンド以上の高い周波数を利用する特性上、次のような問題がある。

- 山や建物等の遮蔽により観測できないエリアが存在する。
- 仰角を上げて遮蔽を避けられたとしても、遠方でのビーム高度が高くなり、地上付近の降雨を正確に捉えられないエリアが存在する。
- 遠方になるに従って、ビーム幅が広がり観測データの精度が劣化する。
- 二重偏波方式をもっても、遠方になるにつれ、降雨減衰の影響により降雨が捉え難くなる。

特に X バンドレーダーは 9GHz～10GHz のより高い周波数を利用するため、高分解能というメリットが得られる反面、上述の問題がより顕著に現れる。二重偏波レーダーの位相検出を用いても降雨減衰の影響は無視できない。日本の国土交通省で稼働している X バンドレーダーの性能仕様は 80km 遠方で雨量強度 1mm/hr を捉えられることとされるが、実際には上述の様々な影響から有効観測範囲は 50km 程度となる。

このような問題を改善するため、2 基の雨量データを合成することにより、互いに補完し合い、観測精度の向上を図る。複数基の雨量レーダーの合成観測は、日本に於いて気象庁、国土交通省で広く取り入れられており、実証されている。さらに、2 基のレーダー合成について同一ベンダーの供給するレーダーであれば、出力インターフェースの違いに起因する問題が無くレーダー合成は容易である。選定した 2 か所にレーダーを設置した場合のレーダー覆域のシミュレーションを図 3-9 に示す。レーダー仰角は通常運用時の観測範囲を想定して +2 度としている。ポブラシオン (XR-1) からはキタングラッド山の南側をレーダー観測できないが、ダグンバン (XR-2) からの観測は有効であることが分かる。

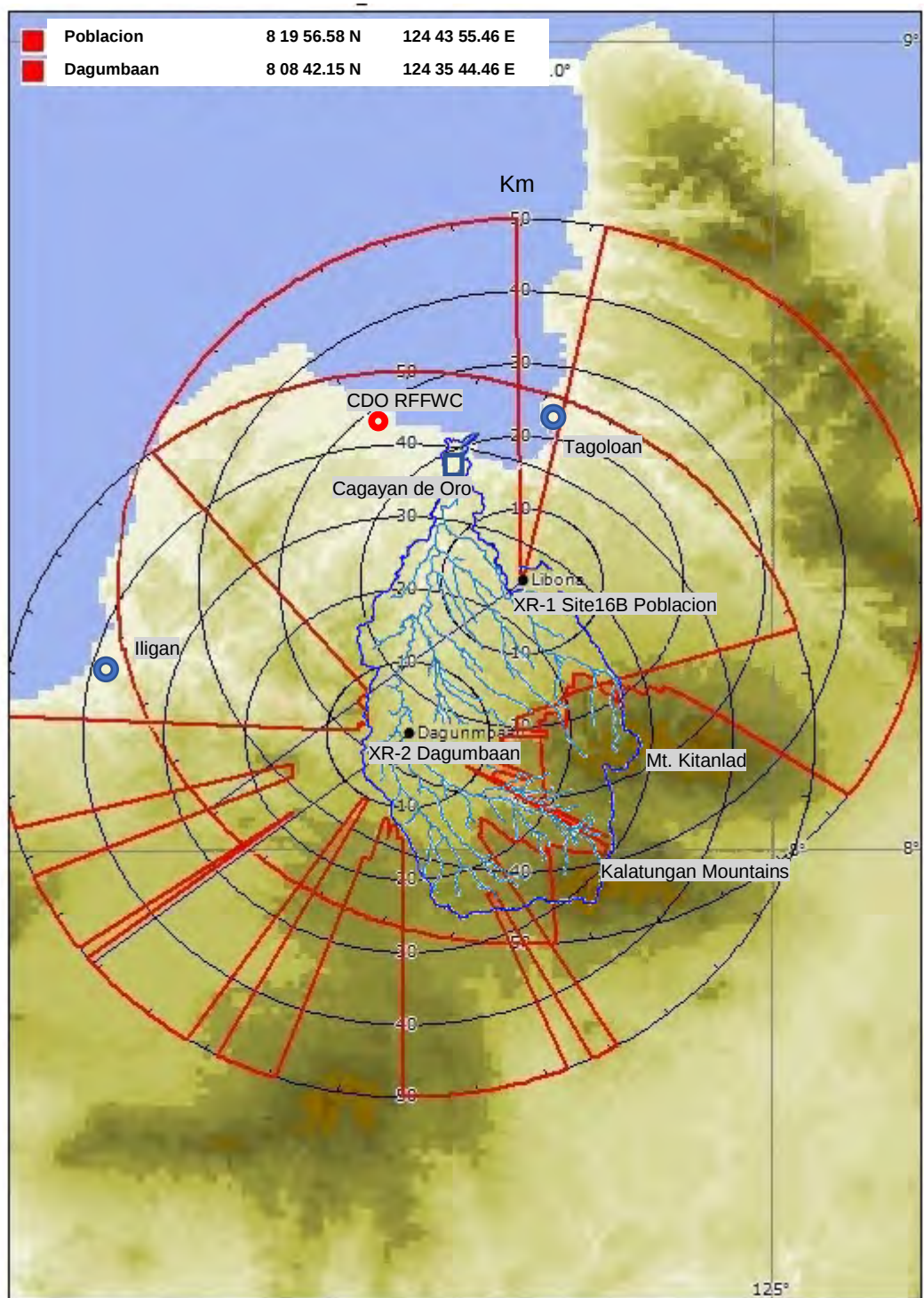


図 3-9 Xバンドレーダー覆域図

(6) Xバンドレーダーデータ量と伝送方法の検討

1) Xバンドレーダー伝送帯域

我が国で使用されているXバンドレーダーの一般的な仕様からレーダーRAWデータを伝送する時必要となる伝送帯域を試算すると2Mbps～3Mbpsとなる。

- 距離範囲：80km （帯域計算上レーダー最大性能値を用いる。）
- 距離分解能：150m
- 距離方向メッシュ：534
- 方位セクタ：360
- 単一データバイト数：2 バイト
- データ種類：8 種類
- レーダーパラボラ回転数：3rpm
- 伝送回線利用率：50%

以上から、必要となる回線速度を計算すると、

$2 \text{ バイト} \times 534 \text{ メッシュ} \times 360 \text{ セクタ} \times 8 \text{ 種類} \times 8 \text{ ビット} / (20 \text{ 秒} \times 50\%) = 2,460,672 \text{ bp} \div 2.4 \text{ Mbps}$ となる

2) Xバンドレーダーデータ伝送方法

2 か所の X バンド二重偏波レーダーの各種観測パラメーターをリアルタイムで伝送するには 4Mbps～5Mbps の伝送帯域が必要である。さらに地上系雨量・水位データの伝送、VoIP、局舎監視カメラなどの通信用途も考慮すると 6Mbps 程度以上の帯域を確保しなければならない。レーダーサイト（XR-1、XR-2）から CDORFFWC まで X バンドレーダーデータを伝送する伝送手段を表 3-16 に示す。衛星回線はランニングコスト的に採用が困難である。また、IP-VPN はレーダーサイト周辺地域でのサービスがない。したがって、マイクロ無線伝送方式を採用する。

表 3-16 伝送方法と特徴

通信手段	プラス点	マイナス点	利用の可否
マイクロ無線伝送	Pampanga、Agno 既設テレメータ設備と PAGASA 本部とのデータ伝送に使われている。長期の実績があり災害に強く信頼性が高い。	初期設備コストが高い。	○
IP-VPN	通信事業者が提供する閉域網を利用した広帯域回線。	サービス地域が限定される。 毎月の利用料が発生する。	×
衛星回線	災害時に非常に高い信頼性を確保できる。	X バンドレーダーの RAW データ伝送には広い帯域を必要とする。回線使用料が高額であるためランニングコスト的に利用は難しい。	×

(7) レーダーサイト周辺地域の商用電源事情

X バンドレーダーサイト XR-2（ダグンバン小学校）に商用電源監視用ロガーを設置し約 24 日間（2017 年 4 月 21 日～5 月 15 日）に亘り、商用電源の安定度を調査した。2-2-1(2) 項に示した観測結果の分析から、数時間の停電が日常的に発生することが分かった。また、本測定期間において断続的な停電が累計約 57 時間記録された。X バンドレーダー雨量観測局の非常用発電機の燃料タンクは、最低でも 2～3 日程度の連続停電に対応できる容量とする。

(8) X バンドレーダー主要諸元

X バンドレーダー主要諸元を表 3-17 の通りとする。

表 3-17 Xバンドレーダー主要諸元

No.	項目	諸元	備考
1	周波数	9GHz 帯	
2	アンテナ	パラボラタイプ、直径 2.2m 以下	
3	レドーム	ポリウレタンガラスファイバー	耐風速 60m/s
4	送信機出力	ピーク 125W 以上	
5	受信感度	-110dBm 以下	
6	データ処理	ワークステーション、専用ソフトウェア	

3-2-2-5 マイクロ無線通信回線の計画

(1) マイクロ無線通信回線構成

XR-1(ポブラシオン)およびXR-2(ダゲンバン小学校)にマイクロ無線中継局を設置し雨量・水位データ(レーダーデータを含む)をCDORFFWCに伝送する回線構成とする。また、雨量・水位データをCDORFFWCからCDO-CDRRMDに配信する計画であるが、CDORFFWC～CDO-CDRRMD間の電波見通しが得られないため現地通信会社のIP-VPN有線回線を利用する。IP-VPNの利用回線速度は2Mbps程度必要である。マイクロ回線構成を図3-10に示す。

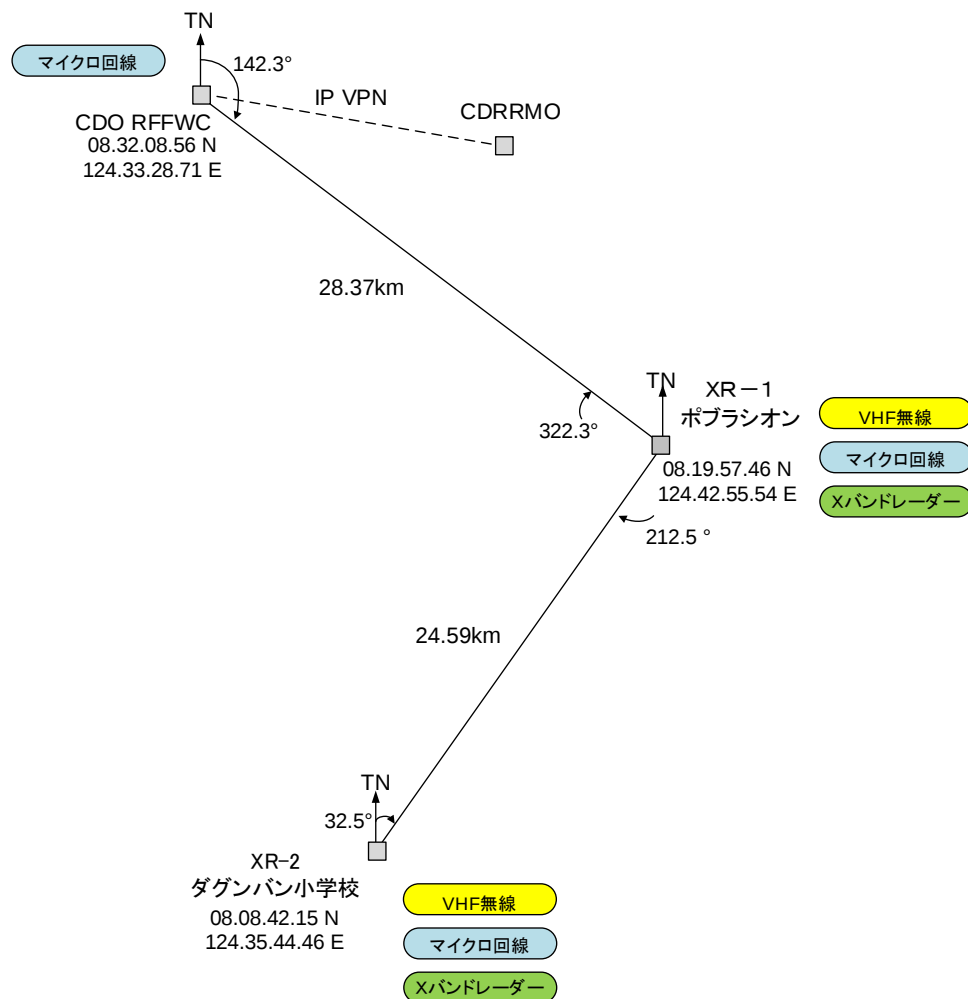


図 3-10 マイクロ無線通信回線構成

1) 電波見通し CDORFFWC～XR-1

CDORFFWC～XR-1 間には CDORFFWC 手前の 1.2km に樹木遮蔽があるため、ミラーテストを実施したが見通しが得られなかった。CDORFFWC 前方 2km の下図 A 点から XR-1 間のミラーテストを実施して見通しであることを確認した。したがって、樹木遮蔽をクリアーするため CDORFFWC に 60m 鉄塔を建設し電波見通しを確保する。

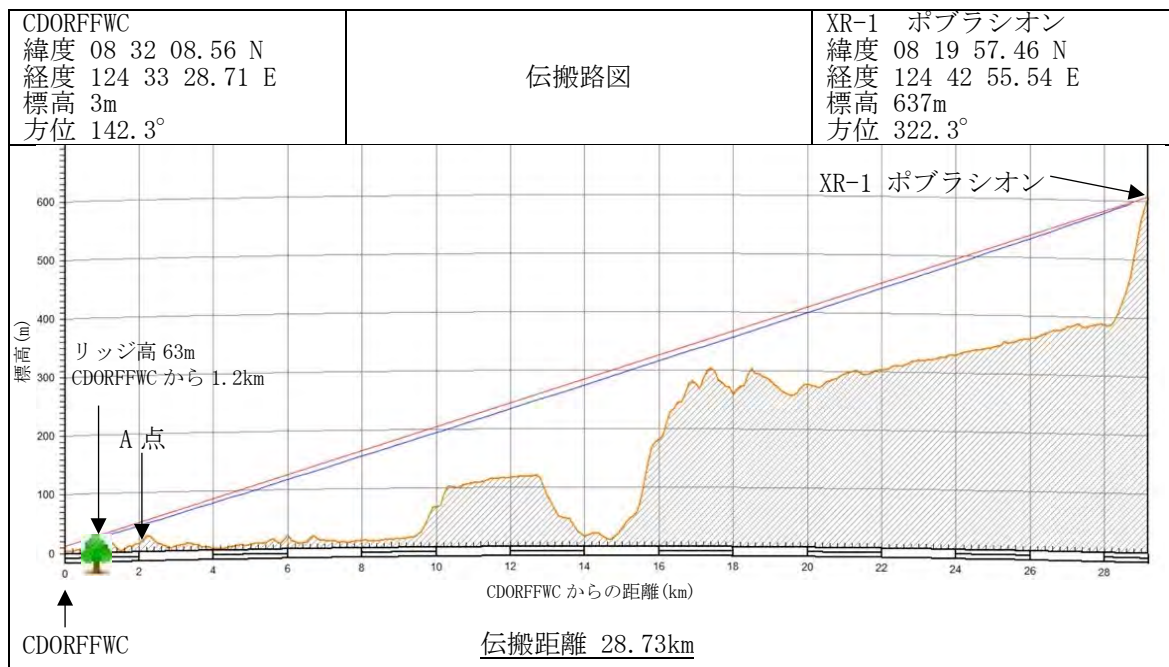


図 3-11 CDORFFWC～XR-1 間電波見通し図

2) 電波見通し XR-1～XR-2

XR-1～XR-2 間は見通しに問題はない。ミラー試験を実施し問題ないことを確認した。

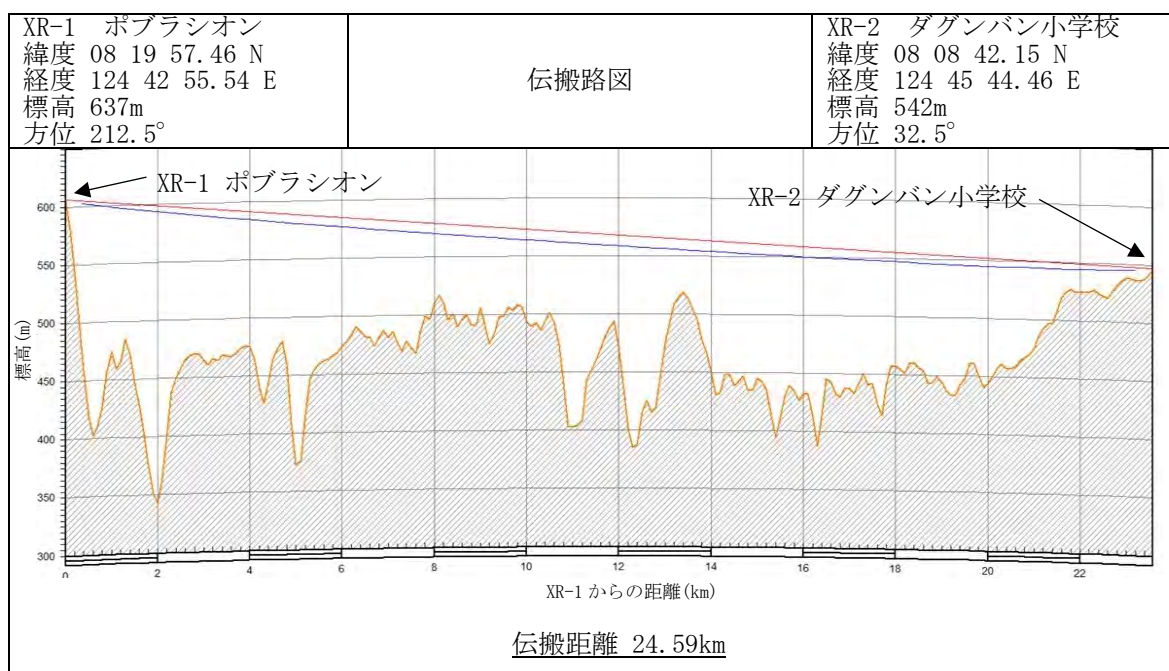


図 3-12 XR-1～XR-2 間電波見通し図

3) 電波見通し CDORFFWC～CDO-CDRRMD

CDORFFWC から 7.5km の丘陵に遮蔽され電波見通しが得られない。よって、現地通信会社の IP-VPN 有線回線をリースする。

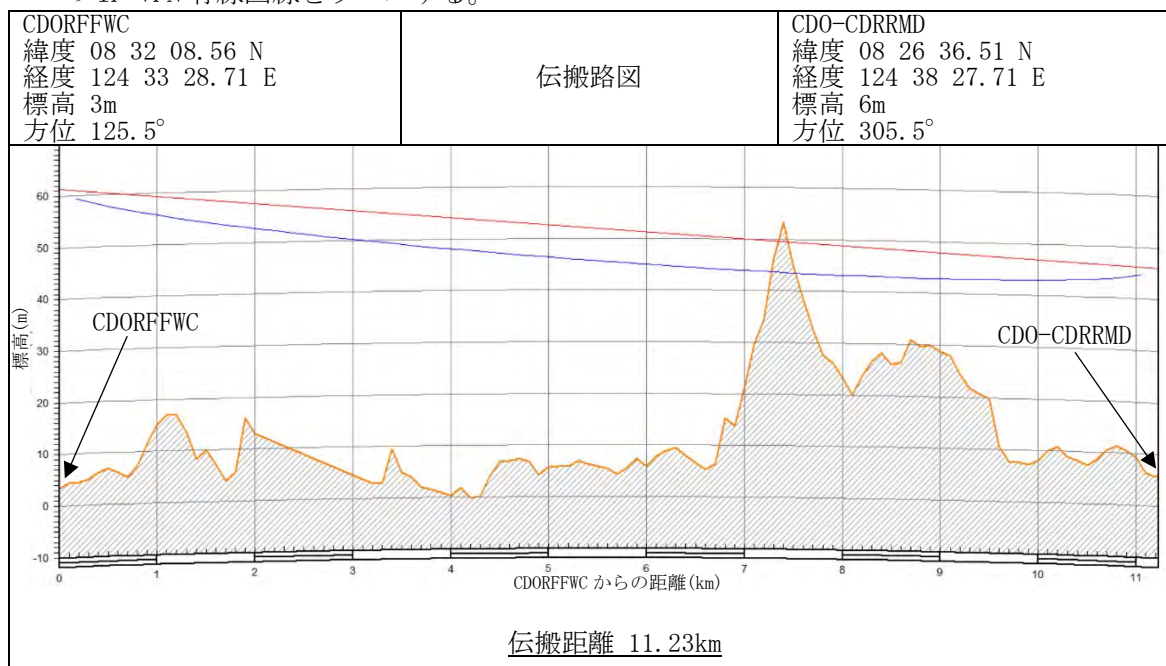


図 3-13 CDORFFWC～CDO-CDRRMD 間電波見通し図

(2) マイクロ無線通信回線主要諸元

マイクロ無線通信回線主要諸元を表 3-18 の通りとする。また、回線信頼度は国際電気通信連合 (ITU) が用いている ITU-R P530-7/8 に基づくものとする。

表 3-18 マイクロ無線通信回線主要諸元

No.	項目	諸元		備考
1	伝送区間	CDORFFWC～XR-1 ポブラシオン	XR-1 ポブラシオン～XR-2 ダグンバン小学校	
2	伝送距離	29.01km	23.95km	
3	周波数	7.5GHz	7.5GHz	PAGASA 使用周波数
4	機器タイプ	ODU-IDU	ODU-IDU	IP インターフェース
5	冗長構成	無線装置 現用/予備	無線装置 現用/予備	ホットスタンバイ方式
6	アンテナ	1.8m パラボラアンテナ (CDORFFWC) 1.8m パラボラアンテナ (XR-1 ポブラシオン)	1.8m パラボラアンテナ (XR-1 ポブラシオン) 1.8m パラボラアンテナ (XR-2 ダグンバン小学校)	利得 40.5dBi 以上
7	アンテナ高	58m (CDORFFWC) 12m (XR-1 ポブラシオン)	10m (XR-1 ポブラシオン) 25m (XR-2 ダグンバン小学校)	

冗長方式にはループ回線構成と無線装置を現用/予備の 2 台構成にする方式がある。両者を併用する冗長構成が最も信頼性が高い。しかし、治安条件からマイクロ中継局の設置場所が著しく制限されループ回線構成は実現出来ない。したがって、無線装置をホットスタンバイ現用/予備方式としてシステム信頼性を確保する。現用と予備の切替えはホット

スタンバイ方式とコールドスタンバイ方式があるが、障害時の切替え動作の早いホットスタンバイ方式とする。

3-2-2-6 テレメータ VHF 無線回線計画

(1) テレメータ VHF 無線回線構成

観測局設置案から観測局の位置を特定し、XR-1 および XR-2 の無線中継により VHF 無線回線が構成可能か検討した。表 3-19 の電波伝搬試験の結果が示すように概ね安定回線の目安とされる 30dBuV の受信電圧が得られることが分かった。受信電圧が 30dBuV 以下で若干受信レベルが低いサイトが確認されたが、アンテナ高を上げる、高利得の八木アンテナ※¹を採用する等の対策を取ることで回線構成可能と判断した。RW2～中継局 XR-1 間は遮蔽損失が大きいため RW1 経由の蓄積中継(Store & Forward)を採用する。これらの結果による無線回線構成を図 3-14 に示す。

※1 棒状の導体を直線上に配置したアンテナを八木アンテナと一般的に呼称する。この棒状導体を素子と言って、例えば 5 素子八木アンテナとは棒状導体を 5 本並べたアンテナ形状となる。素子数が多くなるほどアンテナの性能は良くなり、より遠方まで安定した通信が可能となる。このような特性を持つアンテナを高利得アンテナと言う。

表 3-19 電波伝搬試験結果

番号	VHF 無線区間		受信レベル (dBuV)	雑音 (dBuV)	音声信号 (dBm)	音声雑音 (dBm)	信号対 雑音比 (dB)	備考
1	RW1	→ RW2	27.8	-5	-9.8	-60.0	50.2	
	RW2	→ RW1	26.8	-2	-9.6	-60.0	50.4	
2	XR-1	→ RW1	28.7	-5	-9.4	-49.0	39.6	
	RW1	→ XR-1	30.0	-5	-9.8	-53.5	43.7	
3	XR-1	→ RW3	46.2	-5	-9.8	-60.0	50.2	
	RW3	→ XR-1	45.8	-5	-9.8	-60.0	50.2	
4	XR-1	→ RW4	26.8	-5	-9.8	-50.7	40.9	
	RW4	→ XR-1	24.9	-5	-8.1	-47.0	38.9	
5	XR-1	→ RW7	68.0	-5	-9.7	-60.0	50.3	
	RW7	→ XR-1	67.9	-5	-8.2	-60.0	51.8	混信有*
6	XR-1	→ RW6	40.7	-5	-8.2	-60.0	51.8	
	RW6	→ XR-1	40.4	-5	-8.2	-60.0	51.8	
7	XR-1	→ R9	74.8	-5	-9.9	-60.0	50.1	
	R9	→ XR-1	74.6	-5	-8.1	-60.0	51.9	
8	XR-1	→ R8	70.4	-5	-9.7	-60.0	50.3	
	R8	→ XR-1	70.4	-5	-8.2	-60.0	51.8	
9	XR-1	→ R10	62.3	-5	-9.8	-60.0	50.2	
	R10	→ XR-1	59.9	-5	-8.3	-60.0	51.7	
10	XR-2	→ RW5	46.6	-5	-9.7	-60.0	50.3	
	RW5	→ XR-2	46.1	-5	-8.1	-60.0	51.9	
11	XR-2	→ RW5	51.2	-5	-9.7	-60.0	50.3	
	RW5	→ XR-2	49.1	-5	-8.1	-60.0	51.9	
12	XR-2	→ R11	28.5	-5	-9.8	-52.1	42.3	
	R11	→ XR-2	27.8	-5	-8.0	-48.1	40.1	
13	XR-2	→ R12	50.9	-5	-9.9	-60.0	50.1	
	R12	→ XR-2	50.5	-5	-8.1	-60.0	51.9	
14	XR-2	→ R13	46.2	-5	-9.8	-60.0	50.2	
	R13	→ XR-2	45.3	-5	-8.0	-60.0	52.0	

特記事項

(*)微弱混信確認(レベル: -1~-2dBuV、確認された時間 11:00~12:00)

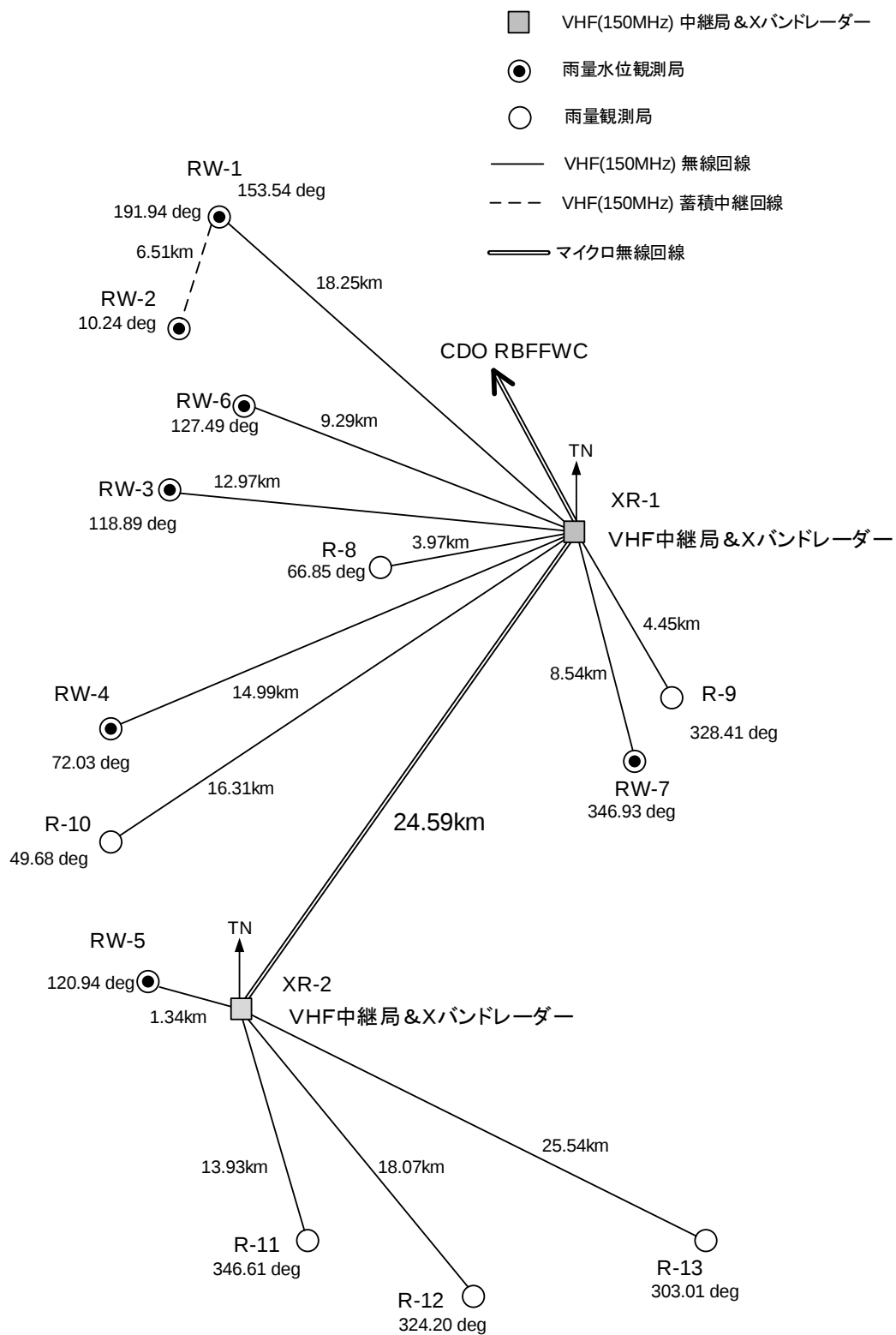


図 3-14 テレメータ VHF 無線回線

(2) テレメータ VHF 無線通信回線主要諸元

テレメータ VHF 無線通信回線の主要諸元を表 3-20 の通りとする。

表 3-20 テレメータ VHF 無線通信回線主要諸元

No.	項目	諸元	備考
1	周波数	150MHz 帯	
2	無線方式	単信アナログ方式	AFSK
3	無線装置出力	10W/1W	無線回線による。
4	回線制御	ポーリング方式	データリンク制御手順
5	アンテナ	5 素子/8 素子（八木アンテナ）	無線回線による。
6	電源供給	ソーラー電源	12V 蓄電池設備を有する。

3-2-2-7 鉄塔/アンテナマストおよび付帯設備計画

電波伝搬試験、現地調査の結果、鉄塔/アンテナマストおよび空中線等の付帯設備の設計諸元を表 3-21 および表 3-22 の通りとする。

表 3-21 鉄塔および付帯設備（XR-1、XR-2、MS）

No.	略称	局名称	鉄塔 地上高 (m)	タイプ	アンテナ地上高(m)			備考
					レーダー	マイクロ	VHF	
					2mφPBA 以下	1.8mφPBA 以下	3 段 コリニア	
1	MS	CDORFFWC	60	トラス 鉄塔	-	58	-	航空障害 標識灯、 避雷針
2	XR-1	ポブラシオン	20	トラス 鉄塔	20	12、10	15	避雷針
3	XR-2	ダグンバン小学校	30	トラス 鉄塔	30	22	25	避雷針

表 3-22 アンテナマストおよび付帯設備（テレメータ観測局）

No.	略称	局名称	マスト 地上高 (m)	空中線 地上高(m)	タイプ	マスト負荷			無線 出力 (W)
						八木	台 数	避雷 針	
1	RW1	ボルハ橋	20	18	地上置き マスト	5 素子	2	1	10
2	RW2	ペラエス橋	20	18	地上置き マスト	8 素子	1	1	10
3	RW3	カブラ橋	6	5	局舎置き マスト	5 素子	1	1	10
4	RW4	ウギアバン橋	20	18	地上置き マスト	8 素子	1	1	10
5	RW5	タルウバン橋	6	5	局舎置き マスト	5 素子	1	1	10
6	RW6	リボラン	10	9	地上置き マスト	5 素子	1	1	10
7	RW7	灌漑局ブプナワン 灌漑施設	6	5	局舎置き マスト	5 素子	1	1	1
8	R8	インバツ小学校	10	9	地上置き マスト	5 素子	1	1	1
9	R9	ナンカ小学校	10	9	地上置き マスト	5 素子	1	1	1
10	R10	タラカグ消防署	10	9	地上置き マスト	5 素子	1	1	1
11	R11	チカラン小学校	20	18	地上置き マスト	8 素子	1	1	10
12	R12	マシマグ小学校	10	9	地上置き マスト	5 素子	1	1	10
13	R13	ミアラヨン小学校	10	9	地上置き マスト	5 素子	1	1	10

3-2-2-8 被雷対策の計画

東南アジアに位置するフィリピンは雨期に積乱雲の発生に伴う発雷が顕著な地域である。特に X バンドレーダーは見晴らしの良い周囲が開けた場所に建設するため、被雷の確率が高くなる。テレメータ観測局においても受信電界の改善のためアンテナ高を地上 10～20mとしているため被雷の危険を伴う。設備を雷害から保護するため表 3-23 に示す被雷対策を実施する。

表 3-23 被雷対策の内容

共通接地	鉄塔/アンテナマストの接地と局舎接地を地中ボンディングして等電位化する。地中ボンディングを実施することにより落雷時に地電位上昇を抑制し観測機材への雷サージの侵入を防ぐ。
局舎内 1 点接地	局舎内に接地ターミナルを設置して観測機材の接地線はすべてこの接地ターミナルに接続する。この接地方法を 1 点接地という。共通接地と同様に被雷時の観測機材間の電位上昇を抑え観測機材への雷サージの侵入を防ぐ。
避雷針	鉄塔/アンテナマストの頂部には避雷針を設置する。避雷針により雷撃を受け止め X バンドレーダーアンテナ/マイクロアンテナ/VHF アンテナへの直撃雷を防ぐ。
耐雷トランス	電源系から侵入する雷サージの侵入を防ぐ。商用電源を利用する X バンドレーダーサイト (XR-1、XR-2) および CDORFFWC (MS) に設置する。
アレスターの設置	アンテナ系から侵入する雷サージを遮断する目的でアレスターを設置する。また水位センサーケーブルは雷撃に伴う誘導雷サージを受けやすい。水位センサーケーブルの両端にアレスターを設置する。

3-2-2-9 CDORFFWC 監視制御の計画

(1) X バンドレーダー主要監視制御機能

CDORFFWC から X バンドレーダーをウェブベースで遠隔制御監視する。スケジューリング機能による制御、監視、観測を可能とする。操作履歴表示機能を有する。

マルチウィンドウディスプレイ機能、データのズームイン・ズームアウトを可能とする。また、地図表示を編集可能とする。次のレーダー補正機能を実装する。

- 探知距離補正
- 大気減衰補正
- 降雨減衰補正
- 海面クラッタの検知と補正
- ブライトバンドの補正
- 垂直プロファイルの補正
- 遮蔽補正

RAW データを外部出力する。データフォーマットは他のベンダー製品との統合を可能とする。

(2) マイクロ無線通信回線主要監視制御機能

ネットワーク監視制御装置によりマイクロ無線通信回線の状態を監視制御する。以下の機能を有する。

- リアルタイムアラーム取得とロギング機能
- アラームとイベントのディスプレイ表示機能
- イベントログ履歴とレポート機能

(3) テレメータ無線回線主要監視制御機能

1) テレメータシステム制御項目

- 事前に設定された時間（10 分、30 分、60 分）毎に自動でデータの収集を行う。
- 監視制御局から送られたポーリング信号に観測局は応答する。
- イベント（降雨）が発生すると自動で 10 分間隔データ収集に切り替わる。
- 監視制御局によって個別に呼び出された観測局は観測データを送信する。
- 監視制御局が混信を受けている時でもシステム動作シーケンスが中断しないよう監視制御局送信優先の制御とする。

2) テレメータシステム監視項目

- 観測局の異常状態（開扉、バッテリーの容量低下等）を自動で監視制御局に通知する。

3-2-2-10 CDORFFWC と PAGASA 本部間の通信計画

(1) 通信の目的

X バンドレーダー導入に伴い従来の単偏波レーダーにはないレーダー反射因子差 ZDR、偏波間位相差 ϕ DP、伝搬位相差変化率 KDP など様々な観測値が得られる。これらの観測データは CDORFFWC に設置する解析サーバーにより処理され正確な雨量を捉えることが可能となる。同時にこれらの RAW データを PAGASA 本部にリアルタイムに伝送することで、PAGASA 本部においても CDORFFWC と同様に観測データを解析し、相互に協力体制を実現できる。この目的のため CDORFFWC と PAGASA 本部間には信頼性の高い広帯域のデータ伝送回線が必要となる。

(2) 伝送帯域と通信手段の選択

X バンド二重偏波レーダーの各種の観測パラメーターをリアルタイムで伝送するには 4Mbps～5Mbps の伝送帯域が必要である。さらに地上系雨量・水位データの伝送、VoIP、テレビ会議電話などの業務通信用途も考慮すると 6Mbps 程度の帯域を確保しなければならない。表 3-24 に示すようにいくつかの通信手段の比較検討から通信事業者の提供する IP-VPN WAN 回線を利用する案とする。MPRSD と PAGASA 本部間には、VoIP、テレビ会議電話用に 1Mbps の IP-VPNWAN 回線が既に導入されている。現状のリース帯域をアップグレードするか、新たに 6Mbps を契約する。PAGASA 内での経費分担の煩雑を避ける、回線障害時の切り分けの容易さ、回線の冗長性確保などの観点から後者を推奨する。

表 3-24 通信手段と特徴

通信手段	プラス点	マイナス点	利用の可否
マイクロ無線 伝送	パンパンガ、アグノ既設テレメータ設備と PAGASA 本部とのデータ伝送に使われている。長い実績があり災害に強く信頼性が高い。	初期設備コストが高い。ミンダナオとマニラ間は長距離であるため建設コストが問題となり実現は出来ない。	×
IP-VPN	通信事業者が提供する閉域網を利用した WAN 回線。すでに MPRSD と PAGASA 本部間で 1 Mbps IP-VPN 回線を利用している。実績もあり現状では最も実現性の高い通信手段と言える。	毎月の利用料が発生するので毎年度経費を予算化する。	○
インターネット VPN	通信事業者が提供するインターネット回線のことである。セキュリティ確保のため SSL/TLS などの暗号化技術を利用する。利用価格が安い。すでに MPRSD と PAGASA 本部間の通信に導入されている。	IP-VPN と異なりベストエフォートサービスが原則である。回線輻輳時の信頼性は保証されていない。	△
DICT*バック ボーン	PAGASA 近代化計画には広帯域回線で全国の政府機関を接続する計画がある。この DICT バックボーンが将来、完成の暁には、これを利用する価値は高い。	現状では完成時期、実行予算など不透明な要因が多く、当事業における通信手段として選択するにはリスクが大きい。	△
衛星回線	災害時に非常に高い信頼性を確保できる。	X バンドレーダーの RAW データ伝送には広い帯域を必要とする。コスト的に利用は難しい。	×

備考 (*) 情報通信技術省 : DICT, Department of Information and Communications Technology

3-2-2-11 土木施設設計画

(1) 土木施設設計計画

設計方針に基づき、各施設の標準設計を以下に示す。

1) 水位観測施設

水位計の土木構造物のタイプは、コスト最小化の観点と構造物による河積の減少等に影響を与えないことを基本原則として、護岸設置型、橋脚型、河道埋設型の 3 つとする。水位計構造物の上端部には、ハンドホール用の作業デッキを設置し、センサーケーブルの設置角の変更や余分長の収納を行う。

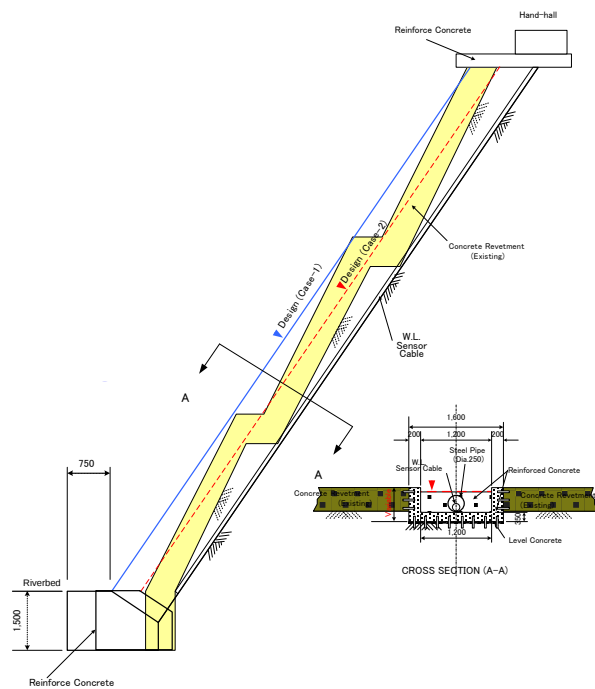


図 3-15 護岸設置型の水位計の標準断面図

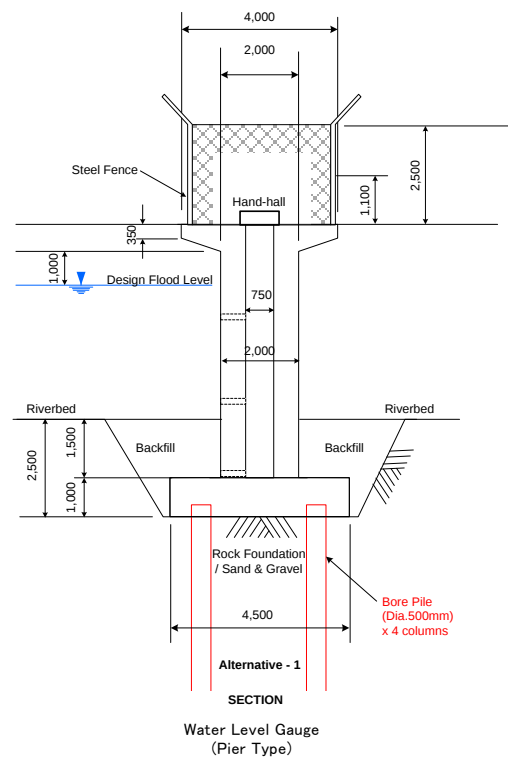


図 3-18 橋脚型の水位計の標準断面図



図 3-16 RW-5: Tal-uban 橋サイト

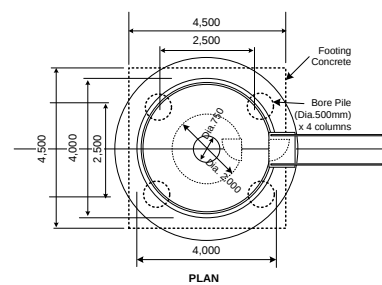


図 3-19 橋脚型の水位計の平面図（丸型）

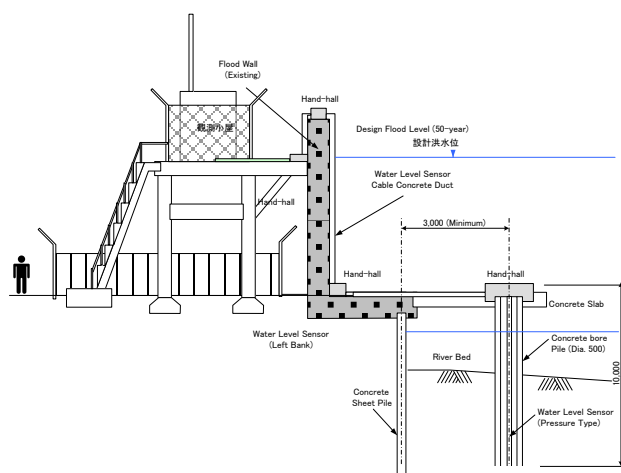


図 3-17 河道埋設型の水位計（標準設計案）

2) 水位・雨量観測局の建屋

水位計と観測建屋の設置は別々の地点に設置し、両者間は地中コンクリート・ダクトを通して通信ケーブルで繋ぐ設計を原則とする。観測建屋は原則、地上設置タイプとするが、現場の状況や設計の要求事項に応じて高床式タイプを採用する。

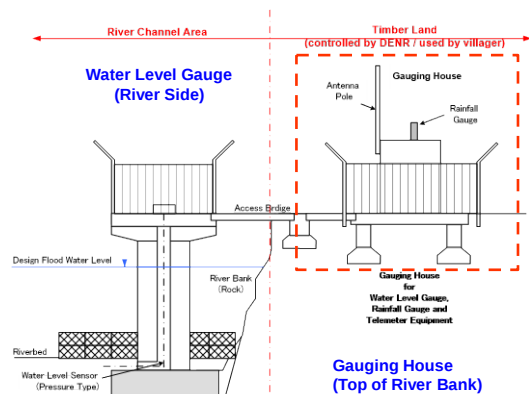


図 3-20 地表設置型の水位・雨量観測建屋（局舎）（水位・雨量観測建屋の分離）

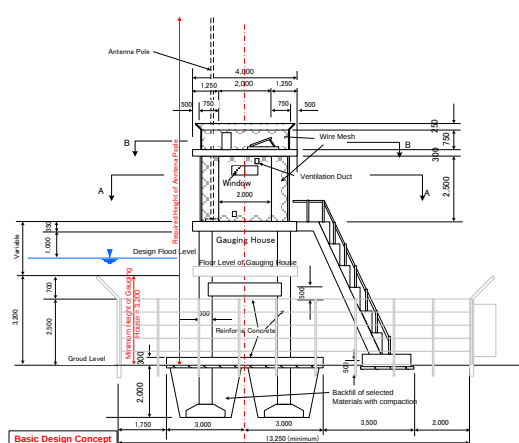


図 3-21 高床式の水位・雨量観測建屋（局舎）略図（1/2）

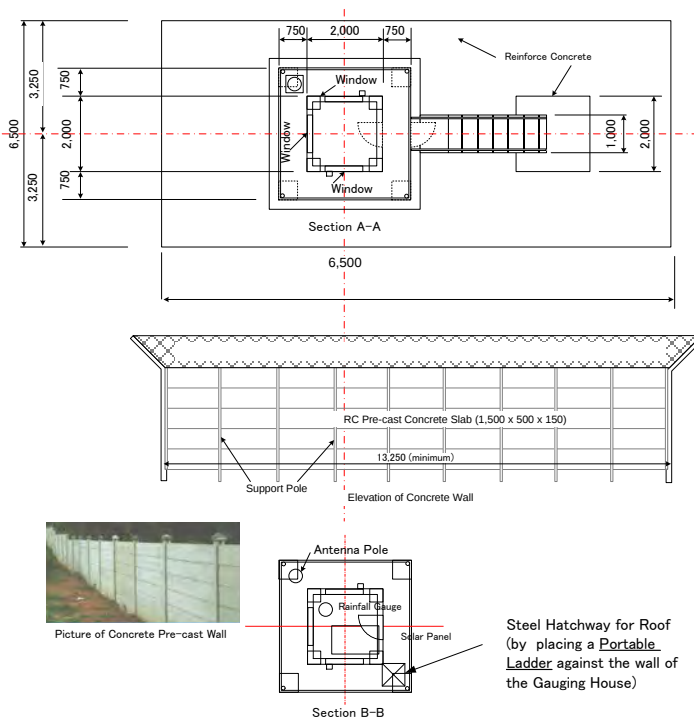


図 3-22 高床式の水位・雨量観測建屋（局舎）略図（2/2）

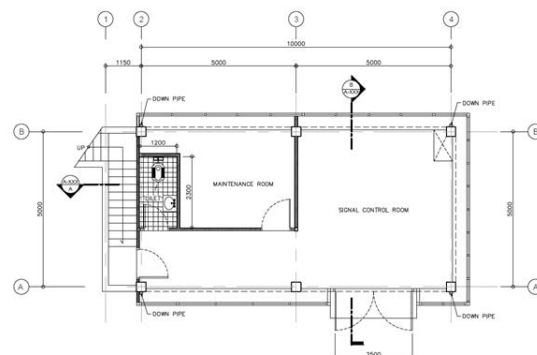


図 3-23 Xバンドレーダー観測建屋の平面図

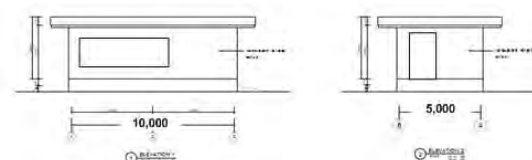


図 3-24 Xバンドレーダー観測建屋の標準断面図

3) アクセス施設（道路・橋梁）

アクセス施設（道路・橋梁）の設計に当たっては、既存道路および交通の障害にならない配置計画とする。アクセス道路の設計に当たっては、洪水被害や斜面崩壊などの自然災害に対する防災上の視点を念頭に、24 時間アクセス可能となる条件を満足する設計とする。道路によるアクセス条件を満足できない場合は、橋梁等による設計とする。

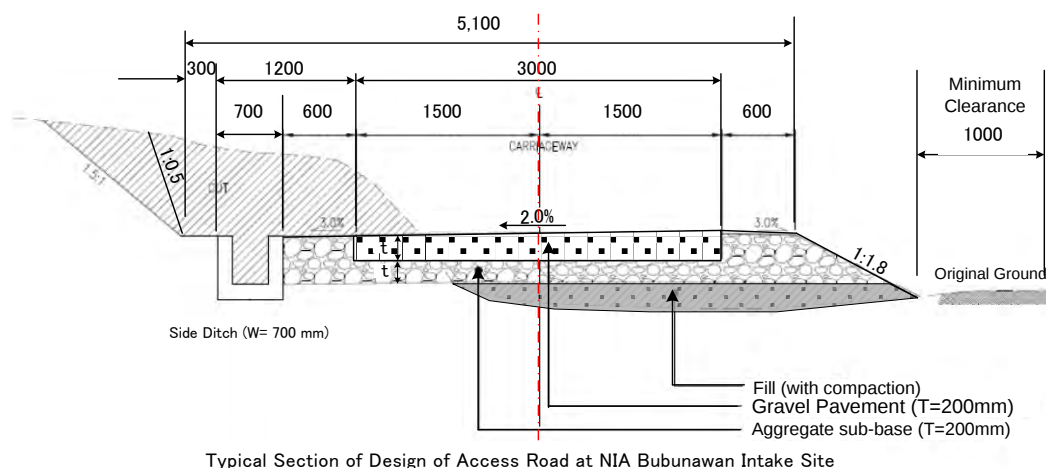


図 3-25 アクセス道路（片側車線 W=3,000mm）の標準断面図

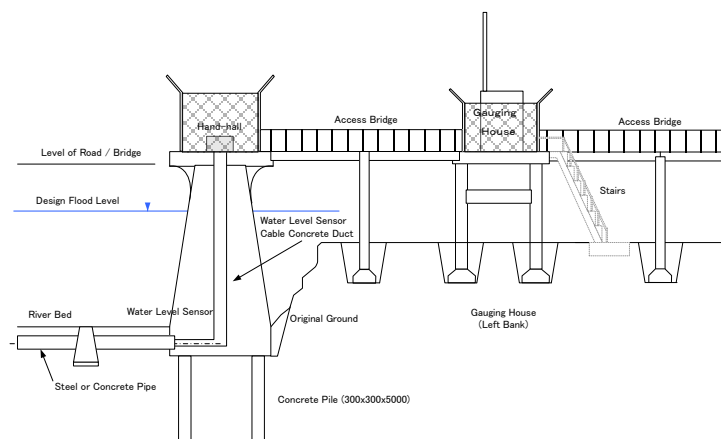


図 3-26 アクセス橋 標準断面

（橋梁による水位計と水位・雨量観測局舎へのアクセス：Pelaez 橋サイト_RW-2）

3-2-2-12 機材計画

当事業によるシステムは、テレメータ観測局で測定した雨量及び水位データを 150MHz 帯無線回線により X バンドレーダー雨量観測局に情報を伝送する。X バンドレーダー雨量観測局では、テレメータ観測局からのデータ及び X バンドレーダーによるデータを 7.5GHz 帯多重無線回線にて CDO-CDRRMD にある中央監視局に伝送する。受信したデータは洪水予警報システムとして、演算・処理・表示が行われるとともに、関連機関に同データまたは生データを有線回線にて情報提供する。

(1) テレメータ観測局

本観測局では、転倒ます式雨量計及び圧力式水位計にて雨量と水位の測定を実施し、測定されたデータをテレメータ観測装置に取り込み、150MHz 帯無線機により X バンドレーダー雨量観測局を経由し、中央監視局に伝送する。また、データ欠測時を考慮してデータメモリ装置を具備し、無線回線障害時でもデータの取得が可能な構成とする。

本観測局の電源供給は、本観測局に設置する機材の電力消費量から太陽電池による供給を基本とする。また、セキュリティ面の観点から、観測局のドアに開閉状況を検出するセンサーを取付けて CDORFFWC において監視できる構成とする。この監視機能は第三者が観測局を無断で開けた場合に、直ちに CDORFFWC で感知して、観測局の保全を依頼する予定の近隣地方自治体（Local Government Unit）に連絡することが目的である。

テレメータ観測局は 13 局とし、1 局あたりの機材構成及び数量を表 3-25 に示す。

表 3-25 テレメータ観測局機材構成

機材名	機能	数量	備考
テレメータ観測装置	雨量、水位データを収集し、中央監視局からの呼出信号に従って測定データを送信する。	1 式	
アンテナ	150MHz 帯無線用のアンテナ	1 式	RW-1 は 2 式
アレスタ	アンテナからの誘導雷を内部装置への侵入を防ぐ	1 式	
RF 分配器	複数のアンテナ接続時の分配器	1 式	RW-1 のみ
フィルタ	既存他システムからの干渉波を除去する	2 式	RW-2、5 のみ
同軸ケーブル	アンテナとテレメータ観測装置を接続する	1 式	
水位センサー	圧力方式により水位を測定するセンサー	1 式	RW-1～7 の水位雨量観測局のみ
水位センサー用変換器	水位センサーの出力信号を BCD フォーマットに変換する	1 式	RW-1～7 の水位雨量観測局のみ
水位センサー用中継器	水位センサーと変換器間に設置され、センサーケーブルの中継を行う。	2 式	RW-1～7 の水位雨量観測局のみ
雨量計測器	転倒ますタイプにて雨量を測定する	1 式	
チャージコントローラー	ソーラーパネルとバッテリー間に設置され、バッテリーの過充電、過放電を防止する	1 式	
ソーラーパネル	太陽光を電気エネルギーに変換する	1 式	
バッテリー	ソーラーパネルからの電気を蓄え、観測局の装置に電源を供給する	1 式	
水位標	河岸に設置し、河川水位を目視確認する（垂直タイプ及び斜タイプ）	1 式	RW-1～7 の水位雨量観測局のみ
ドアスイッチ	防犯用ドア開閉センサー	1 式	

(2) X バンドレーダー雨量観測局

当観測局は X バンドレーダーにて雨量を測定し、測定したデータを中央監視局に 7.5GHz 多重無線にて伝送する。また、各テレメータ観測局からの水位・雨量データを受信し、同様の無線回線にて中央監視局に伝送する。当局には X バンドレーダーのデータ処理及び装置を制御監視するワークステーションが設置される。当局の消費電力は、X バンドレーダーにより大きくなるため、商用電源による電源供給とする。よって、長時間停電時に対応するための発動発電機を設置する。また、当局は X バンドレーダーを設置するための鉄塔により目立つこと及び高額な機材が設置されていることから、監視目的のネットワークカメラを設置する。

X バンドレーダー雨量観測局は 2 局であり、1 局あたりの機材構成及び数量を表 3-26 に示す。

表 3-26 Xバンドレーダー雨量観測局機材構成

機材名	機能	数量	備考
レドーム	Xバンドレーダー用のアンテナ、制御機等を収納し、屋外に設置する	1 式	
アンテナ	Xバンドレーダー用のアンテナで、Xバンド周波数の送受信を行う	1 式	
アンテナ制御機	X バンドレーダー用のアンテナを回転、角度変更等の制御を行う	1 式	
送信機	X バンドレーダー用の無線送信機	1 式	
受信機	X バンドレーダー用の無線受信機	1 式	
レーダー用ワークステーション	X バンドレーダー装置を制御、監視するための装置	1 式	
テレメータリピーター装置	テレメータ観測局からのデータを中継する装置	1 式	
アンテナ	150MHz 帯無線用のアンテナ	1 式	
アレスタ	アンテナからの誘導雷を内部装置への侵入を防ぐ	1 式	
フィルタ	既存他システムからの干渉波を除去するフィルタ	1 式	
7.5GHz 多重無線装置	7.5GHz 帯無線用の送受信装置	1 式	XR-1 は 2 式
パラボラアンテナ	7.5GHz 帯無線用のアンテナ	1 式	XR-1 は 2 式
ネットワークスイッチ	各ネットワーク装置を接続する	1 式	
ネットワークカメラ	防犯用のカメラ	1 式	
VoIP 電話機	観測局間または監視局との通話用	1 式	
ドアスイッチ	防犯用ドア開閉センサー	1 式	
無停電電源装置	停電時(瞬断等)に各装置に電源を供給する	5 式	
安定化電源	商用電源及び発動発電機からの電源電圧を安定させる	1 式	
耐雷トランス	商用電源からの誘導雷を防止する	1 式	
発動発電機	商用電源停電時にディーゼルエンジンにて発電し、観測局に電源を供給する。	1 式	
分電盤	商用電源、発動発電機の電源ラインを分電する(小型及び中型)	1 式	

(3) 中央監視局・関連機関設備

当局の機材は、観測局からの各データを 7.5GHz 多重無線装置で取得し、洪水予警報システムとして、各データをサーバー等で演算・処理し、大型ディスプレイ等に表示する。各装置間はネットワークスイッチで接続される。当局の電源は商用電源とし、停電時用に発動発電機を設置する。また当局は外部ネットワーク回線にて CDORFFWC を経由して HMD 及び CDO-CDRRMD に接続される。CDORFFWC にはネットワーク接続用のルーターを設置し、CDO-CDRRMD に本洪水予警報システムの閲覧用モニタ、HMD に X バンドレーダーの生データ処理用のサーバーを設置する。

中央監視局・関連機関設備は以下の装置で構成する。

表 3-27 中央監視局機材構成

機材名	機能	数量	備考
7.5GHz 多重無線装置	7.5GHz 帯無線用の送受信装置	1 式	
パラボラアンテナ	7.5GHz 帯無線用のアンテナ	1 式	
ネットワーク監視ワークステーション	7.5GHz 帯無線ネットワークを監視する	1 式	
ネットワークスイッチ	各ネットワーク装置を接続する	1 式	
セキュリティサーバー	各ネットワーク装置のインターネットセキュリティを確保する	1 式	
無停電電源装置	停電時（瞬断等）に各装置に電源を供給する	14 式	
テレメータ監視装置	テレメータ観測局からのデータを収集・制御する	1 式	
NTP サーバー	GPS 信号を受信し、本システム内の時刻同期を行う	1 式	
FFWS サーバー	各観測局のデータを収集、テレメータ装置の監視、データ処理、状況表示を行う	1 式	
操作卓	テレメータ装置の監視するための端末	1 式	
ネットワークプリンタ	各端末のデータを印字する	1 式	
FAX/TEL	外部連絡用の FAX 兼用電話機	1 式	
VoIP 電話機	観測局間または監視局との通話用	1 式	
データ処理サーバー	X バンドレーダー装置のデータを処理するための装置	1 式	
画像処理サーバー	X バンドレーダー装置のデータから画像データを生成するための装置	1 式	
X バンドレーダー用端末	X バンドレーダー装置のデータ閲覧、装置状態監視等を行う装置	1 式	
マルチディスプレイ	X バンドレーダー装置のデータを表示するためのモニタ	1 式	
マルチディスプレイ制御機	マルチディスプレイの表示を制御するための装置	1 式	
安定化電源	商用電源及び発動発電機からの電源電圧を安定させる	1 式	
耐雷トランス	商用電源からの誘導雷を防止する	1 式	
発動発電機	商用電源停電時にディーゼルエンジンにて発電し、観測局に電源を供給する。	1 式	
分電盤	商用電源、発動発電機の電源ラインを分電する（小型及び中型）	1 式	

表 3-28 モニター局（HMD）機材構成

機材名	機能	数量	備考
データ処理サーバー	X バンドレーダー装置のデータを処理するための装置	1 式	
X バンドレーダー用端末	X バンドレーダー装置のデータ閲覧、装置状態監視等を行う装置	1 式	
FAX/TEL	外部連絡用の FAX 兼用電話機	1 式	
VoIP 電話機	観測局間または監視局との通話用	1 式	
無停電電源装置	停電時（瞬断等）に各装置に電源を供給する	2 式	

表 3-29 モニター局（CDO-CDRRMD）機材構成

機材名	機能	数量	備考
ディスプレイ端末	情報表示のための制御をする装置	1 式	
モニター	FFWS の情報を表示する	1 式	
ルーター	各ネットワーク装置を接続する	2 式	
FAX/TEL	外部連絡用の FAX 兼用電話機	1 式	
VoIP 電話機	観測局間または監視局との通話用	1 式	
無停電電源装置	停電時（瞬断等）に各装置に電源を供給する	2 式	

また、中央監視局が設置される建屋はフィリピン側の分担で建設される。PAGASA は地元建設業者との工事契約をすでに締結し、2018 年 9 月に完成を見込んでいる。当事業で設置する機材に必要な諸元は次の通りである。

- 部屋広さ：約 6 m x 10 m
- 天井高：2.2 m
- 電源：AC220V 単相（無停電電源装置は当事業にて設置する）

設置場所は PAGASA と協議ができていないので、詳細設計時に、協議をして決定する（調査団は 2 階の事務室の全体を使うことを想定している）。なお、中央監視局に必要なとなる鉄塔及び発動発電機用の建屋は当事業にて建設する。

3-2-3 概略設計図

以下概略設計図を付属資料 6 に示す。

- 洪水予警報システム構成図
- 水位雨量観測局（RW-1、RW-2、RW-3、RW-4、RW-5、RW-6、RW-7）
- 雨量観測局（R-8、R-9、R-10、R-11、R-12、R-13）
- X バンドレーダー雨量観測局（XR-1、XR-2）
- 中央監視センタ（CDORFFWC）
- モニター局（MMD、CDO-CDRRMD）

3-2-4 施工計画／調達計画

3-2-4-1 施工方針／調達方針

(1) 機材据付工事

機材を設置するための土木・施設工事完了後に据付工事を実施する。機材据付工事は、機器の搬入、設置、固定等の据付作業と機器の調整試験からなる。本据付作業時に各アンテナ設置も実施する。また、調整試験時に電波受信状況や通信状況を確認する無線回線の試験も実施する。

機材の据付には鉄塔への X バンドレーダー雨量観測装置及びアンテナの据付、配線、河川への水位計の据付、施設内への機材の据付及び配線が含まれる。本工事には各機材据付後の正常性確認や調整作業も含む。当システムは大きく観測局（水位、雨量を測定する設備からなる施設）と中央監視局（観測局のデータを遠隔地で収集、処理、表示する施設）からなり、中央監視局の調整作業には観測局設置完了後が望ましいため、中央監視局の据え付け作業は最終工程とする。また、当事業の施工は工期が短いため、複数の班編成にて実施する。

(2) 土木・施設工事

土木施設設計計画に基づき、土木施設計画及び基本設計案を策定した。その基本設計案

の主要な構造物と想定される工法および施工計画を策定する上での留意点を下表にまとめた。いずれの工法もフィリピンの現地業者で施工可能であり、建設材料も現地にて調達可能であると判断する。

表 3-30 主要構造物の工種・工法および施工計画での留意点

主要な構造物	想定される工種・工法など	施工計画策定での留意点
護岸設置型の水位計	● 既存コンクリート構造物の部分的な撤去 ● センサーケーブル用鉄管の埋設 ● コンクリート打設工事（斜面、作業デッキ） ● 掘削（河床・斜面）と仮締切（土嚢）	● 既存コンクリートの撤去の施工方法 ● 基礎部の掘削とコンクリート工における仮締切の必要性
橋脚型の水位計	● 基礎杭の建設（場所打ち） ● 橋脚型水位計へのコンクリート打設（水際、高所） ● 掘削（河床・斜面）、仮締切（土嚢）	● 場所打ちコンクリート杭の施工と仮締切、水中コンクリートの使用など ● 橋脚型水位計構造物のコンクリート打設（高所） ● 基礎部の掘削とコンクリート打設時の仮締切工
観測局舎	● 土工（掘削、埋め戻し） ● 保安擁壁（コンクリートプレキャスト製） ● 保安ワイヤメッシュ・フェンス ● 建築の基礎工事 ● 建築工事（鉄筋コンクリート） ● アンテナ鉄塔工事（基礎）	● 保安擁壁のプレキャスト化、工期短縮 ● 配電、アースなどの電気施設物の工事 ● アンテナ鉄塔基礎（10m以上）の工事
レーダーサイト	● 土工（掘削、埋め戻し） ● 建築の基礎工事 ● 建築工事（鉄筋コンクリート） ● 排水工 ● 擁壁（コンクリートプレキャスト製） ● 保安ワイヤメッシュ・フェンス	● 鉄塔基礎の工事とその他工事の同時施工 ● 排水工の工事 ● 水道・下水の工事 ● 電気施設の工事
アクセス施設 （道路・橋梁）	● 土工（掘削、盛土、路盤締固め、埋め戻し） ● 排水工 ● アクセス橋（PC 桁、桁長＝10m以上） ● 舗装（砂利、鉄筋コンクリート）	● 排水工の設置 ● 工事車両用の仮設道路と ● 本設道路スペースの確保 ● 建設材料スペースの確保

(3) 鉄塔建設工事

X バンドレーダー雨量観測局及び中央監視局に設置される多重無線用のアンテナを設置するための鉄塔であり、基礎工事、鉄塔建設工事（仮組、塗装・メッキ、組立部材の地組、組立・ボルト締め、電設設備設置）からなる。

3-2-4-2 施工上／調達上の留意事項

当事業では土木・施設工事、鉄塔建設工事、ならびに各種機材据付工事等の多岐に渡る工事で構成されるため、連携を取りながら実施し、期日内完成を目指す必要がある。施工計画立案において、土木・施設工事は、安全面の観点より、特に水位計の工事に際しては、雨季（6月～9月）を極力避けて実施されるよう計画する。

3-2-4-3 施工区分／調達・据付区分

当事業ではテレメータ観測・監視設備、多重無線設備等の据付、土木・施設工事、鉄塔建設工事等の多種多様な工事が複数のサイトで輻輳して行われるため、受注業者とフィリピン側とが施工区分を明確に認識したうえで、連携・協力関係を密にして進めていく必要がある。

本計画における施工区分は以下の通りである。

表 3-31 施工区分

日本国側	フィリピン側
●資機材調達 ●機器据付・調整工事（全局） ●土木工事（基礎工事、局舎・施設工事、アクセスロード敷設） ●鉄塔建設工事 ●初期操作指導・試運転	●カガヤン・デ・オロ川洪水予警報センター建屋建設 ●用地取得 ●カウンターパートの派遣 ●VAT*予算確保・支払い ●社会環境関連許可 ●各種関連機関との調整・申請手続き - 周波数取得申請 - 税関手続き - 施工時の通行規制等の調整 - 伐採許可 - 鉄塔建設許可 - Xバンドレーダー設置許可 - 商用電源の確保 - 有線通信の確保 ●その他必要な調整・申請手続き

備考 (*)付加価値税：VAT, Value-added tax

3-2-4-4 施工監理計画／調達監理計画

(1) 実施設計体制

フィリピンの実施機関である PAGASA と日本人コンサルタントの間でコンサルタント業務契約を結ぶ。コンサルタント業務契約に含まれる実施設計内容は次のとおりである。

(2) 詳細設計業務

本業務では PAGASA と計画内容最終確認を実施し、その結果をもって国内で機材仕様等の確認を実施する。

計画内容最終確認では、本案件の結果を踏まえ、現地調査及びフィリピン側との協議を通して、設計内容、局舎詳細位置を確定するとともに、フィリピン側の負担事項の進捗、予定も明確にする。

機材仕様等の確認では、計画内容最終確認の結果をもって、本案件による機材及び土木関連の仕様を確認及び必要であれば修正を実施し、工事費の積算及び施工計画の策定を行う。

1) 入札関連業務 1

本業務では国内で入札図書の作成を実施し、現地でフィリピン側実施機関に入札図書の説明及び承認を受諾する。

2) 入札関連業務 2

本業務では入札に関する公示、図渡し・内説を国内で実施し、入札の立ち会い、入札結果の評価を現地にて実施する。

本実施設計に係る業務には下記の要員が必要である。

表 3-32 実施設計体制

名称	担当業務内容
業務主任	・実施設計に係わる業務全体の総括 ・入札図書承認、内説、入札、入札結果評価
設計技術者（土木）	・水位計設備、局舎建屋等の土木・施設設計 ・土木関連の仕様レビュー、入札図書作成
設計技術者（機材）	・機材関連の設計 ・機材関連の仕様レビュー、入札図書作成 ・入札図書承認、内説、入札、入札結果評価

(3) 調達監理体制

本業務に含まれる調達監理内容を以下に示す。

1) 監督業務

事前打合せ、設計図の承認業務、出荷前製品検査、据付工事監理、工事期間中の業務報告書作成、竣工検査と手続きを実施する。

2) 承認図確認・照合

業者から提示された機器製作図やその他関連図書等の確認・照合を行う。本業務は、検査技術者が担当する。

3) 出荷前検査の立会検査

調達業者は輸出梱包に先立ち、調達品の員数確認検査を実施する。本検査への立会いは、検査技術者が担当する。

4) 船積前機材照合検査

機材船積み前には、調達業者立会いのもと、コンサルタントによって委託された第三者検査機関によって、契約書機材リストと船積み書類との照合、船積み書類と機材との照合を目的とした機材照合検査を実施する。

5) 据付工事監理

工事監理業務、工事進捗ミーティング開催（Monthly progress meeting）・進捗状況報告書作成、竣工検査日の調整、竣工証明書の発行、竣工引渡手続き業務、最終業務報告書等の業務及び保証期間満了前検査が含まれる。また、常駐調達監理技術者に関して、機材と土木の分野の技術者を各々配置し、各々の分野に関して監理することとする。

調達監理業務に関して、下記要員にて実施される。また、複数個所で同時に施工が行われるため、調達監理補助として現地傭員を雇用するものとする。

表 3-33 調達監理体制

名称		担当業務内容
日本人技術者	業務主任	現地にて PAGASA との事前打合せ及び検収・引渡し の立会
	常駐調達監理技術者 (機材関連)	・機材据付の現地施工期間を通して現地に駐在し、全体の機材に関する調達監理業務を実施 ・品質、進捗、支払い手続き、安全管理、フィリピン側との協議・交渉及び報告
	常駐調達監理技術者 (土木関連)	・土木・施設工事の現地施工期間を通して現地に駐在し、全体の土木に関する調達監理業務を実施 ・品質、進捗、支払い手続き、安全管理、フィリピン側との協議・交渉及び報告
	調達監理技術者 (土木関連)	土木設備の施工の品質監理（外観検査、製作図との照合等）
	調達監理技術者 (通信関連)	・機材の調達・据付の品質監理（外観検査、性能確認、図面との照合等） ・メーカー保証期間満了前検査の実施
	調達監理技術者 (通信施設関連)	通信施設（鉄塔）の施工の品質管理（外観検査、製作図との照合等）
	検査技術者 (機材関連)	機材関連の承認図確認・照合
	検査技術者 (土木・通信施設関連)	土木及び通信施設関連の承認図確認・照合
	検査技術者	出荷前検査、船積前検査
現地傭人	調達監理補助要員 (機材)	・常駐調達監理技術者（機材関連）の補助 ・機材の調達・据付の進捗監理、品質監理、安全管理
	調達監理補助要員 (土木)	・常駐調達監理技術者（土木関連）の補助 ・土木の施工進捗監理、品質監理、安全管理

3-2-4-5 品質管理計画

当事業で調達する資機材及び工事の品質管理は次の方法で実施する。

(1) 承認図確認・照合

請負業者に全ての資機材及び施工計画に関する図面の提出を義務づけ、コンサルタントは、それらの仕様および品質が契約仕様書と一致していることを確認する。

(2) 出荷前検査

請負業者は輸出梱包に先立ち、調達品の員数確認検査を実施する。コンサルタントは、それら調達品の員数が正しく確認されているか確認する。

(3) 船積前機材照合検査

請負業者が全ての資機材を梱包し出荷準備が出来たところで第三者機関による検査を実施し、資機材の梱包数量、荷姿、 SHIPPING マークなどをパッキングリストにより検査し、海上輸送及びフィリピン内陸輸送に耐える梱包であることを検査する。

(4) 現地試験

現場での据付工事の成果は、据付検査及び現場試験により確認する。現場試験は、個々の機器の機能を確認するための単体試験と総合的なシステム機能確認のための総合試験に分けられる。現場試験は、請負業者が主導で実施し、コンサルタントと PAGASA の担当

者がこれに立ち会う。総合試験を行った後、JICA、フィリピン政府に検査完了報告書を提出し完了を証明する。

(5) 瑕疵保証

請負業者は、完工引渡し検査完了後1年間、資機材の品質を保証し、不具合が生じた場合には遅滞なく復旧に努めるものとする。

3-2-4-6 資機材等調達計画

(1) 調達の方針

当事業にて供給する機材は大きく水位及び雨量を測定するテレメータ設備、2重偏波およびドップラー効果にて降雨量を測定するXバンドレーダー設備、それらのデータを送受信する装置、処理及び表示を行う監視設備からなる。これらの機材は洪水予警報システムで使用されるものであり、災害事の際に確実に動作する信頼性が要求される。また、本システムを導入する地域には既存の洪水予警報システムがあるが、運用状況が芳しくないことから、当事業で導入されるシステムは安定した動作も望まれている。

システムの安定性及び信頼性の観点及び当事業は無償資金協力であり、また、これらの要件を満たす機材の調達はフィリピンでは難しいことから、主要機材は本邦調達を基本とする。

ただし、機材調達価格及び導入後のメンテナンスにおける機材調達のし易さの観点から以下の機材についてはフィリピン調達が望ましいと考える。

- 無停電電源装置
- L2/L3 スイッチ
- プリンター
- VoIP 電話機
- FAX 機

また、サーバー、ワークステーション及び各端末装置もフィリピンで調達可能であるが、受注業者による製造時のソフトウェア検証等を考慮すると日本国での調達が望ましいと考えられる。

(2) 輸送計画

本無償事業の対象地域であるカガヤン・デ・オロ市はミンダナオ島北部にあり、ミンダナオ島の主要港であるダバオ港から約250kmの距離にある。また、近隣にはカガヤン・デ・オロ市にカガヤン・デ・オロ港があり、フィリピン内海上輸送及び国際海上輸送が可能である。ただし、カガヤン・デ・オロ港は国際海上輸送の取引量が少ないため、安全性や実績の観点からダバオ港を荷揚げ港として採択することとする。また、横浜港からダバオ港までの輸送は可能であり、ダバオ港を経由した海上輸送および陸上輸送を利用した機材輸送とする。

3-2-4-7 初期操作指導等計画

フィリピンではSバンド及びCバンド雨量レーダーが設置されているが、本無償事業で導入されるXバンド雨量レーダー装置の扱いには不慣れである。また、カガヤン・デ・オロ市には既存の洪水予警報システムが導入されているが、機材構成及び種類が異なっており、本無償事業の機材に対する初期操作指導は必須である。このため、据付・調整が終了した機材に関して、日本人技術者によりフィリピン側操作担当者に機材操作説明・指導を行う。本指導では、観測局の機材及び中央監視局の機材に対して、操作方法の説明からトラブルシューティング、メンテナンス方法の説明・訓練を想定する。本計画ではメーカー

調整技術者を2名派遣しXバンド雨量レーダーシステムとテレメータシステムをそれぞれ担当するものとする。なお、メーカー調整技術者は調整・試運転から継続して従事するものとする。補助要員として現地人技師2名を加えて調整・試運転後約1.6ヶ月の期間にて実施するものとする。

3-2-4-8 ソフトコンポーネント計画

(1) ソフトコンポーネントを計画する背景

本無償事業では、雨量、水位観測施設用の局舎建設、機材（水位雨量観測局、雨量観測局、Xバンドレーダー雨量観測局、中央監視局、無線設備など）の設置及び機材納入業者による初期操作指導や維持管理方法の指導等が実施される。ただし、これらの指導は機材の基本的な使い方にとどまる。当事業で目標としている洪水予警報能力の向上は一時的なものではなく継続的に発揮されるべきものであり、運営維持管理を適切に実施していくことが重要である。よって、運営維持管理を適切に実施されるために更なる指導が必要である。

本無償事業のソフトコンポーネントでは、更なる運営維持管理能力の向上を促すために、技プロでは実施できなかった本無償事業により構築された洪水予警報システムの実機及び実データを使用した運営維持管理に関する技術移転を目的とする。実機及び実測データを使用することにより、受講者の機材・システムや計測データに対する知識や技術力の習熟を図るとともに、より現場運用に即した運営維持管理の技術習得が期待される。

(2) ソフトコンポーネントの目標

前章において言及した背景から、目標を以下のように設定する。

- 現地職員（洪水予警報センターに技プロ計画に従い配属される）と関連機関の担当職員（CDO-CDRRMD など）が、当事業にて設置される洪水予警報システムの運営維持管理を適切に実施し、洪水予警報が継続的に運用される
- 防災関連機関（CDO-CDRRMD、市民防衛局（Office of Civil Defense、以下「OCD」とする）、公共事業道路省、地方自治体）による防災情報提供が活性化される

(3) ソフトコンポーネントの成果

ソフトコンポーネントによる成果を下記に示す。

- ① PAGASA 及び防災関連機関の管理技術者の洪水予警報システム運営維持管理能力の向上
- ② 水位相関法を利用した洪水予測能力の向上
- ③ Xバンドレーダー雨量計の観測データの解析技術の習得
- ④ PAGASA 及び防災関連機関（CDO-CDRRMD、OCD、公共事業道路省、地方自治体）の管理技術者による防災情報提供システムに必要な情報の伝達技術の習得

また、上記成果が達成されることにより、本無償事業により設置された観測施設およびデータ伝送施設が適切に運用・維持管理がなされ、PAGASA と CDO-CDRRMD においてリアルタイムなデータ共有が可能となり、急激な状況変化に対して迅速な対応が可能となる。その結果として、カガヤンデ・オ・オロ川流域の洪水災害軽減に寄与する。

(4) ソフトコンポーネントの活動（投入計画）

上記4つの成果に対するソフトコンポーネントの活動（投入計画）を表 3-34 に示す。ソフトコンポーネント計画書は付属資料5として巻末に示す。

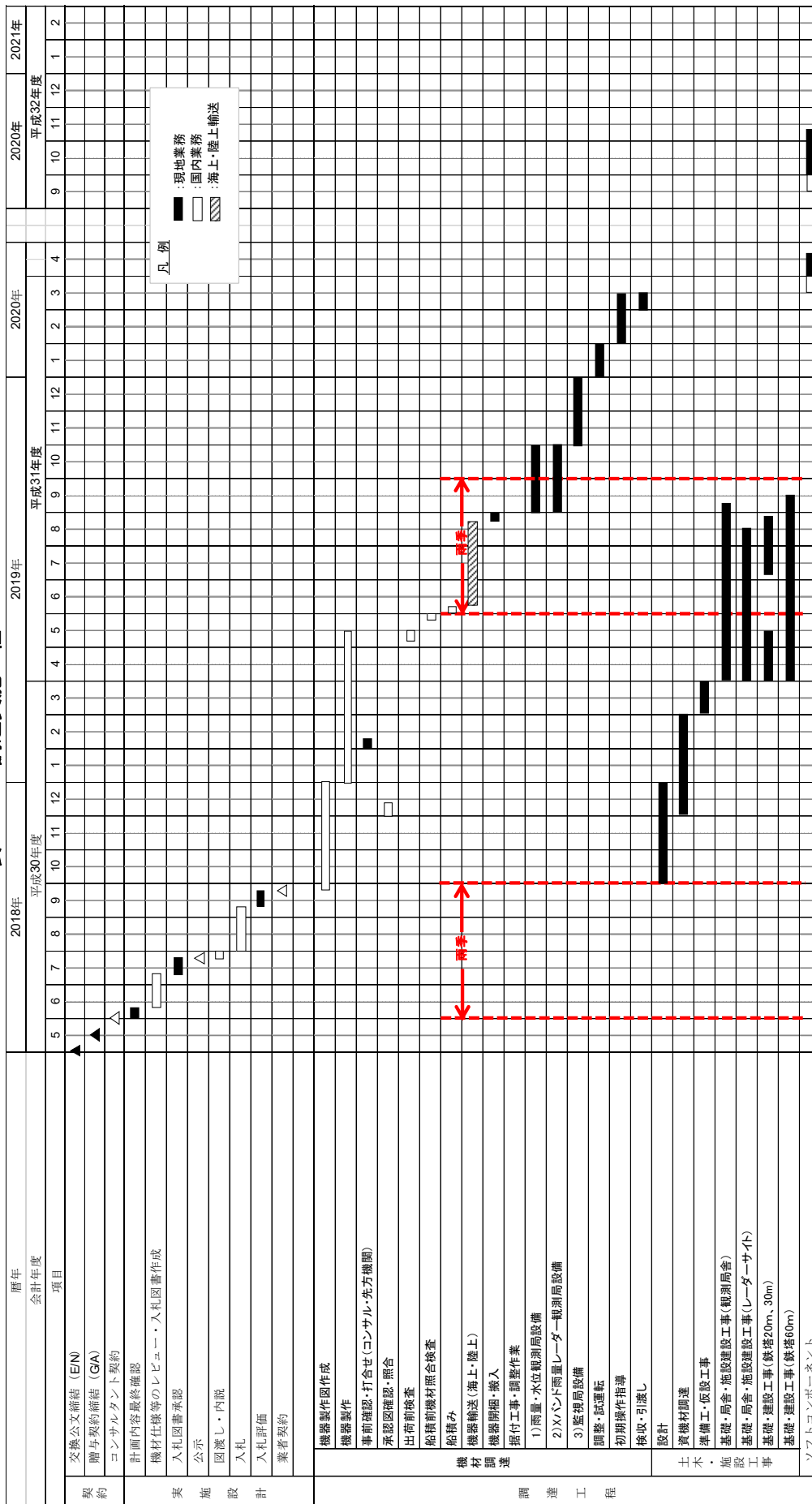
3-2-4-9 実施工程

当事業の実施工程を表 3-35 に示す。当事業の必要工期は、実施設計に 4 ヶ月、調達工程（機器製作図作成、機材調達、土木・施設工事、機材据付工事、検収・引渡し）に 17.5 カ月の計 21.5 ヶ月である。

表 3-34 ソフトコンポーネント投入計画

成果	必要な技術・業種	現状の技術水準と必要とされる技術水準	成果品	実施方法	実施リソース
成果① PAGASA 及び防災関連機関の管理技術者の洪水予警報システム運営維持管理能力の向上	洪水予警報システムの運営管理技術を有する技術者	自動化されたテレメータと監視システム運用・管理の経験は乏しく、それらシステムの継続的な運営維持管理技術を修得する必要がある。	● 研修資料（運営維持管理・防災情報システム手順書） ● 達成度確認結果	洪水予警報システムを実用した以下の研修を実施 ● 洪水予警報システム運用維持に関する研修(2日) ● 情報管理方法に関する研修(3日) ● 予警報発令基準に関する研修(3日)	洪水予警報システム技術者： -国内：8日 -現地：8日（滞在11日）
成果② 水位相関法に関する技術の向上	水位相関法の知識を有している技術者	水位相関法の基礎知識は技術協力プロジェクトで習得されると想定されるが、実際に洪水予警報には当該知識の応用が求められる。	● 研修資料（水位相関法による洪水予警報と警報発令基準手順書） ● 達成度確認結果	洪水予警報システムにより取得された実データによる以下の研修を実施 ● 流域洪水流出特性に関する水文データの研修(3日) ● 水位相関法に関する研修(5日) ● 洪水予測に関する研修(5日) ● 評価(2日)	水文技術者： -国内：8日 -現地：16日（滞在23日）
成果③ X バンドレーダー雨量計の観測データの解析に関する技術の習得	X バンドレーダー雨量計の運用を担当する技術者	フィリピンにおいて、X バンド雨量レーダーを組み込んだ洪水予警報システムは初めてであり、本装置の継続的な運営維持管理技術を修得する必要がある。	● 研修資料（X バンド雨量レーダーデータ解析手順書） ● 達成度確認結果	洪水予警報システムを実用した以下の研修を実施 ● 流域平均雨量の算出に関する研修(5日) ● 観測データ（データの基本処理、蓄積データの利活用方法、地上観測雨量との比較方法等）に関する研修(5日) ● 評価(2日)	X バンド雨量レーダーシステム技術者： -国内：8日 -現地：12日（滞在20日）
成果④ PAGASA 及び防災関連機関の管理技術者による防災情報提供システムに必要な情報の伝達技術の習得	防災情報提供システムの伝達技術に関する技術者を有する者	洪水情報提供システムの伝達技術はある程度蓄積されているが、継続的な運用に関する技術を修得する必要がある。	● 研修資料（運営維持管理・防災情報システム手順書） ● 達成度確認結果	洪水予警報システムを実用した以下の研修を実施 ● 情報提供及び連携方法に関する研修(2日) ● 運用訓練(2日) ● 評価(2日)	防災情報提供システム技術者： -国内：成果1を含む -現地：6日（滞在9日）

表 3-35 調達実施工程



3-3 相手国側分担事業の概要

本無償事業において、次の作業はフィリピン側の分担事業とする

(1) カガヤン・デ・オロ川洪水予警報センター建屋建設

本建屋に中央監視局の機材を設置するため、フィリピン側の分担で本建屋が計画通り建設される必要がある。なお、3-2-2-12(3)に記載の通り、PAGASA は地元建設業者との工事契約を既に締結し、2018 年 9 月の完成を見込んでいる。

万が一その完成が当事業に間に合わない場合は、既存 MPRSD の建物内に設置する（1 階の空いている部屋に機材を仮設として設置する）

なお、PAGASA によれば、MPRSD の建物内に設置されている気象観測設備は、数年の内にラギンディンガン国際空港へ移設される計画である。この場合は、既存建物内に十分なスペースが確保できる。

(2) 用地取得

水位・雨量観測局や X バンドレーダー雨量観測局の建設予定地は以下のとおりであり、PAGASA は地元地方自治体の協力のもと用地取得を閣議前に確実にする必要がある。建設予定地および所有者等に関する情報を表 3-36 に示す。

表 3-36 建設予定地一覧

建設予定地	局種	所有者または 取得許可の対象	取得状況
リボナ市、 ブキドノン	X バンドレーダー雨量観測 局 (XR-1) : 局舎と鉄塔	・土地利用の先住民 ・先住民国家評議委員会 (National Commission on Indigenous Peoples)	2018 年 1 月 29 日に左記 の関係者と土地利用の合 意に至った。正式な合意 書は、2018 年 3 月に完了 の見込み。
ダグンバン小中学校、 タラカグ市、 ブキドノン	X バンドレーダー雨量観測 局 (XR-2) : 局舎と鉄塔	ブキドノン州の教育省 (Department of Education (DepED) - Bukidnon)	・2018 年 1 月 31 日に教 育省と合意書の締結完了 ・2018 年 2 月 2 日に各学 校校長と合意書の締結完 了。
インバツ小学校、 バウンゴン市	雨量観測局 (R-8) : 局舎		
ナンカ小学校、 リボナ市	雨量観測局 (R-9) : 局舎		
チカラン高等学校、 タラカグ	雨量観測局 (R-11) : 局舎		
マシマグ小学校、 タラカグ	雨量観測局 (R-12) : 局舎		
ミアラヨン小学校、 タラカグ	雨量観測局 (R-13) : 局舎		
ボルハ橋、 バランガイ 7、 カガヤン・デ・オロ市	水位・雨量観測局 (RW-1) : 水位計施設と局舎	公共事業道路省 第 10 管区 (Department of Public Works and Highways Reginal Office 10)	2018 年 1 月 22 日に公共 事業省第 10 管区より建 設許可を取得
カブラ橋、バランガイ ルンピア、 カガヤン・デ・オロ市	水位・雨量観測局 (RW-3) : 水位計施設と局舎		
ウギアバン橋、バラン ガイ ダンソロハン、 カガヤン・デ・オロ市	水位・雨量観測局 (RW-4) : 水位計施設と局舎		
タルウバン橋、 バランガイ バサク、 タラカグ市	水位・雨量観測局 (RW-5) : 水位計施設と局舎		
ペラエス橋、バランガ イ タグアナオ、 カガヤン・デ・オロ市	水位・雨量観測局 (RW-2) : 水位計施設と局舎	・建設期間のアクセス箇所 (私有地) の地権者 ・橋を管理しているカガヤ ン・デ・オロ市	・私有地の地権者との合 意書は 2017 年 11 月 20 日に取得 ・カガヤン・デ・オロ市 よりの建設許可は 2017 年 12 月 27 日に取得
カブラ橋、バランガイ ルンピア、 カガヤン・デ・オロ市	水位・雨量観測局 (RW-3) : 水位計施設と局舎	・公共事業道路省第 10 管区 ・局舎建設予定地の一部の 地権者	・2018 年 1 月 22 日に公 共事業省第 10 管区よ り建設許可を取得 ・地権者との譲渡合意書 は 2018 年 1 月 17 日に 取得
リボラン、 バウンゴン市	水位・雨量観測局 (RW-6) : 水位計施設と局舎	・施設へのアクセス部分の 地権者	地権者との合意書は 2017 年 9 月 4 日に取得
NIA ブブナワン灌漑 施設、 バランガイ サリンバ ラン、 バウンゴン市	水位・雨量観測局 (RW-7) : 水位計施設と局舎	・灌 漑 局 (National Irrigation Administration、以下「NIA」 とする) ・施設へのアクセス部分の 地権者	・灌漑局より建設許可は 2018 年 1 月 4 日に取 得 ・地権者とは 2017 年 8 月 30 日に土地利用の合意 を取得
タラカグ消防署、バラ ンガイ ポブラシオン、 タラカグ市	雨量観測局 (R-10) : 局舎	タラカグ市	タラカグ市より建設同意 書を 2018 年 1 月 12 日に 取得

(3) カウンターパートの派遣

土木・施設工事、機材据付工事、調整作業等の立会及び当事業に係る PAGASA の窓口としてのカウンターパートを配置する必要があることを確認した。

(4) VAT 予算確保・支払い

フィリピン内にて調達される機材、資機材及び労務費等に係る付加価値税 (Value-added Tax、以下「VAT」とする) に関して、PAGASA にて事前に予算を確保し、請負業者への支払いを実施することを確認した。

(5) 社会環境関連許可

当事業は自然環境への影響や住民移転等の項目はないが、PAGASA からフィリピン側の環境省に CNC の発行が必要である。既に PAGASA から同省に 2017 年 12 月時点で依頼済である。

(6) 各種関連機関との調整・申請手続き

1) 周波数取得申請

当事業は無線通信機材を活用するため以下周波数利用を 2017 年 11 月に監督官庁(NCT)に申請した、2018 年 4 月頃に許可取得の見込みである。なお、この申請は事前の仮取得の位置づけとなり、業者契約完了後に納入機材の型式を元に本申請をする必要がある。

- X バンドレーダー : 9.730/9.770 GHz
- テレメータ回線無線 : 138.20 MHz
- マイクロ無線
 - カガヤン・デ・オロ川洪水予警報センター : 7,498/7,659 MHz
 - ポブラシオン中継所 : 7,659/7,498 MHz と 7,631/7,470 MHz
 - ダグンバン中継所 : 7,470/7,631MHz

2) 税関手続き

機材の輸入に関して、通関手数料を負担し、これに係る所要の手続きを実施する必要があることを PAGASA と確認した。

3) 施工時の通行規制等の調整

水位観測局、雨量観測局等の土木・施設工事及び据付工事時に、必要であれば、通行規制等の調整を実施する必要があることを PAGASA と確認した。

4) 伐採許可

水位・雨量観測局や X バンドレーダー雨量観測局の建設に際し、アンテナ、ソーラーパネルおよび雨量計に障害となる樹木については、伐採を必要とするが、伐採に際しては、環境天然資源省地方事務所を通して許可を得る必要があることを PAGASA と確認した。

5) 鉄塔建設許可

7.5GHz 帯無線通信を行うための鉄塔を X バンドレーダー雨量観測局及びカガヤン・デ・オロ川洪水予警報センターに建設する必要がある。PAGASA から 2017 年 12 月に以下鉄塔の建設許可 (高さ制限) を航空局 (Civil Aviation Authority of the Philippines) に申請した。

- カガヤン・デ・オロ川洪水予警報センター : 60m

- ポブラシオン中継所：20m
- ダグンバン中継所：30m

6) Xバンドレーダー設置許可

X バンドレーダーから放射される電磁波が人体に影響がないことを示す書類を食品医薬品局（Food and Drug Administration）に提出する必要がある。本手続きについて、2017 年 12 月に PAGASA から同局に申請済である。（周波数帯は上記 1）参照）。

7) 商用電源の確保

X バンドレーダー雨量観測局にて使用する商用電源の引き込みを PAGASA からブキドノン第二電力会社（BUSECO, Bukidnon Second Electric Cooperative, Inc.）に依頼、実施する必要があり、電力会社との必要な手続き等を PAGASA と確認した。

8) 有線通信の確保

カガヤン・デ・オロ川洪水予警報センターと PAGASA HMD およびカガヤン・デ・オロ市災害リスク削減管理部を接続する IP ネットワーク回線を確保し維持する必要がある。本インターネット回線は通信会社（PLDT, Philippine Long Distance Telephone Co.）が保有しており、PAGASA から契約をする必要があることを PAGASA と確認した（通信サービスの価格も入手した）。

9) その他必要な調整・申請手続き

- LGU による施設（局舎、鉄塔）の建設許可
- 銀行取引、支払授權書の発給
- 業者持ち込みの各種機材（仮設資材、試験機材など）に対する免税処置
- 当事業に係わる日本人を含む外国人に対する各種免税処置

3-4 プロジェクトの運営・維持管理計画

3-4-1 運営維持管理体制

3-4-1-1 PAGASA の運営維持管理

(1) PAGASA の保守・運用部門

PAGASA 本部では運用・保守を以下の 3 部門で担当している。それぞれ担当する機材と範囲が異なるが最近の通信技術の発展に伴い相互に連携して作業する機会が多くなりつつある。このうち洪水予警報テレメータ設備の保守・運用は水文機材課（HMTS）が担当している。設計保守課および ICT グループはコンピューターネットワークの管理・保守を担当している。

表 3-37 PAGASA の保守・運用部門と担当

部署名称	担当職務	備考
設計保守課	建築、電気、通信ネットワークに係わる設計業務および保守のエンジニアリング	
水文機材課 (HMTS)	洪水予警報テレメータの保守・運用	PRSD の故障対応
ICT グループ	通信ネットワーク管理・保守	設計保守課および派遣技術員で構成されたタスクフォースグループ

(2) 保守部門の人員構成

それぞれの部署に配置されている運用・保守を担当する人員を表 3-38 に示す。

表 3-38 PAGASA 本部 の保守部門人員構成（電気通信のみ）

	職種（人）			合計 （人）
	Engineer	Technician	JOB Order	
設計保守課 （通信担当）	3	4	2*	9
HMTS	3	4	3	10
ICT グループ	1	9 （内 4 人は派遣**）	5 （内 2 人は派遣**）	15

備考 （*） JOB Order とは PAGASA の臨時雇用の職員

（**） 設計保守課から派遣されている職員数

(3) 運用・保守における HMTS と PRSD との責任範囲

保守点検は大別して、日常点検、定期点検、緊急点検（故障修理）に分けられる。マニラ首都圏（National Capital Region）に設置されている KOICA テレメータシステムおよび GMMA-READY（表 3-39 の備考参照）テレメータシステムは HMTS がすべての運用・保守を担当している。その他流域の PRSD に設置されているテレメータシステムについては、基本的に装置故障の対応（緊急点検）以外は、PRSD の保守員が担当することになっている。パンパンガ FFWC 以外の PRSD は独自で定期点検を実施することになっている。定期点検は 3 か月毎に実施される。しかし、保守員がひとりも配置されていない CDORFFWC のようなところもあり問題である。HMTS の通常業務は朝 8 時から夕方 5 時までであるが、通常業務のほかに 3 シフト勤務により 24 時間保守体制をとっている。

表 3-39 運用・保守における HMTS と PRSD との責任範囲

	パンパンガ川洪水 予警報センター		洪水予警報センター （アグノ川、カガヤン 川、ビコール川、カガ ヤン・デ・オロ川）		マニラ首都圏 （KOICA*, GMMA- READY**）	
	HMTS	PRSD	HMTS	PRSD	HMTS	PRSD
日常点検		✓		✓	✓	
定期点検	✓			✓	✓	
緊急点検	✓		✓		✓	

備考：（*） KOICA システム

マニラ首都圏の Tullahan River、Pasig-Marikina River、San-Juan River 流域に設置されたテレメータシステムである。水位・雨量観測だけでなく警報機能も備えている。

（**） GMMA-READY システム

マニラ首都圏の Bulacan、Rizal、Laguan、Cavite 地区に設置された 4 システムで構成される水位・雨量観測テレメータシステムである。

HMTS は表 3-38 に示す通り、契約職員（Job Order）含め 10 名体制となっている。これは既存のパンパンガ川、アグノ川、ビコール川、カガヤン川の洪水予警報に関するシステムの緊急点検および KOICA、GMMA-READY システム保守を担当する人員構成であり、カガヤン・デ・オロおよびその他流域にまでテレメータシステムが拡張されたときの人員構成ではない。今後は各流域の RFFWC で HMTS に依存しない保守・修理体制を構築する必要がある。

あり、現状のカガヤン・デ・オロの保守・修理人員は不足している。

テレメータ設備の整備レベルに応じて必要と想定される保守人員を表 3-40 に示す。カガヤン・デ・オロの整備レベルは現状においてステージ1であり、今後、当事業による FFWS が完成するとステージ2に達する。少なくとも当システムに対して 3 名の保守人員の確保が必要である。ステージ2はデータ収集を完全自動化した状況であり、マニュアル、半自動のステージ1に比べ、ネットワーク及び自動測定やネットワーク機器用の電源関連を担当する 2 名の人員追加が必要となる。

一方、当事業による FFWS で X バンドレーダー施設が新たに導入される。テレメータ設備維持管理とは異なる技術が求められるのであり、新たに専任の 1 名が必要と考える。よって、表 3-40 に示す合計の人員が必要となる。

表 3-40 テレメータ設備の整備レベルに応じた保守人員 (単位：人)

整備レベル	ステージ 1	ステージ 2	ステージ 3
		必要人員	必要人員
テレメータ設備維持管理	1	3*	4
X バンドレーダー施設維持管理	－	1	1
計	1	4	5

備考

ステージ 1：マニュアル/半自動で雨量および水位を観測してパソコンもしくは台帳によりデータを管理している、データの共有はリアルタイムにできていないレベル

ステージ 2：完全自動で雨量・水位データを収集できる、収集されたデータはリアルタイムで共有できるようなる。しかし、洪水予測モデルなど高度なデータ活用には至らないレベル

ステージ 3：雨量・水位の地点データ収集の他、リモートセンシング技術などによる面的データ収集、CCTV による河川監視、洪水予測モデルの活用、データベースを利用した解析など可能となるレベル

(*) 3 名の内訳は以下となる

機器日常・定期点検要員 1 名、電気系統関連点検要員 1 名、ネットワーク関連要員 1 名

第三次現地調査時の PAGASA との概略設計案に関する協議（以下「DOD 協議」とする）において、PAGASA は表 3-41 に示す人員増加計画を説明した。この人員計画では、当事業による洪水予警報システムが稼働する 2020 年には合計 5 名の人員が確保されている。一方、整備レベルに応じた保守人員が示すステージ 2 では合計 4 名を必要としており、PAGASA の人員計画により人員数は確保されている。職種の違いがあるものの、当事業による操作指導やソフトコンポーネントを通じて該当技術を修得することで、当システムの保守は可能となる。

表 3-41 PAGASA (MPRSD) の人員増加計画 (単位：人)

専門職種	現状	2018 年 第二四半期	2019 年	2020 年
水理・水文	2	2	2	3
通信	0	1	2	2
合計	2	3	4	5

出典：PAGASA

3-4-1-2 その他の防災関連機関

(1) CDO-CDRRMD

1) CDO-CDRRMD の役割

CDO-CDRRMD は、カガヤン・デ・オロ市の災害対策本部であり、洪水など災害の発生が見込まれる際に避難警報を発出し、住民の安全を守る組織である。

備考：CDRRMD の旧称は CDRMO (City Disaster Risk Reduction and Management Office) であり、2016 年末の組織変更により、CDRRMD (Department) に名称変更された。

2) 警報 (Alert) の区分とその基準

CDO-CDRRMD の避難訓練資料によれば、NDMI システムでモニタする特定箇所の河川水位と雨量情報、PAGASA から受信する気象情報を基に、Yellow (氾濫注意)、Orange (氾濫警戒)、Red (氾濫危険) の 3 種類の警報を発出することになっている。その基準を下表に示す。本表に示す基準値は 2017 年 6 月時点のものであり、当事業で設置される洪水予警報システムにて、収集された水文データを基に、よりの確な基準値へ改版が可能となる。

表 3-42 CDO-CDRRMD の警報発出基準

項目		Yellow	Orange	Red
水位	サン シモン	規定なし	3.5m	4.5m
	ポントッド	規定なし	4m	5m
	カガヤン橋	規定なし	4m	5m
	タグアナオ	15.23m	17.92m	20.47m
	ブブナワン	規定なし	48m *	49m **
	カブラ	規定なし	48m	49m
	マンブアヤ	108.58m	109.63m	110.73m
	ツマラン	110.69m	111.14m	111.58m
	バシ	457.61m	459.45m	460.93m
雨量 レベル	観測雨量	連続雨量 2.5-7.5mm/h (カガヤン・デ・オロにて)	連続雨量 2.5-7.5mm/h (タラカグ、バウンゴン、リボナにて)	1 時間当たりの雨量 >30mm/h
	予測雨量	予測雨量 7.5-15mm/h (2 時間)	規定なし	予測雨量 2.5-7.5mm/h (2 時間) (タラカグ、バウンゴン、 リボナにて)
その他状況		強風注意報(種別 1)がカガヤン・デ・オロで発生 又は 1 週間以上雨を伴う低気圧がある	規定なし	規定なし

出典：CDO-CDRRMD 避難訓練資料

備考 (*) (実際の水位 -5) x 30% + カブラの水位 > 48m
(**) (実際の水位 -5) x 30% + カブラの水位 > 49m

3) CDO-CDRRMD 避難警報伝達

CDO-CDRRMD が警報を発出した場合、その情報は図 3-27 のような情報伝達経路で市内住民および近隣市町村 (Municipal) に伝達される。

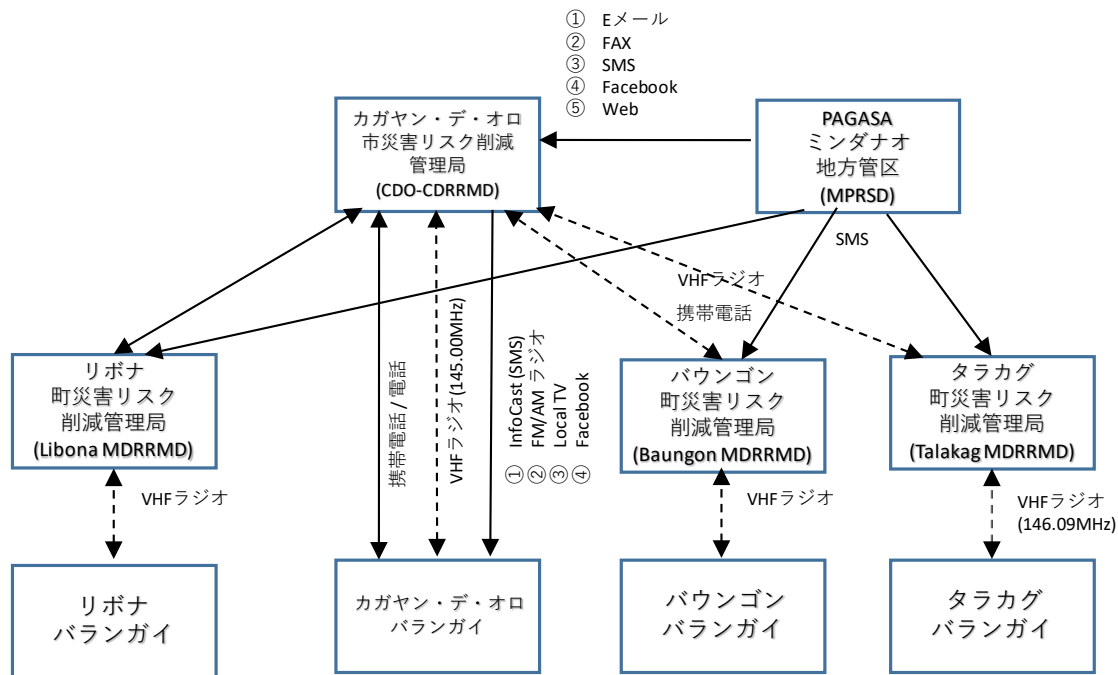


図 3-27 CDO-CDRRMD からの情報伝達フロー

(A) 警報伝達手段

伝達手段として主に VHF 帯の無線、SMS、携帯電話及び固定電話が利用されている。VHF 帯の無線は CDO-CDRRMD と各管理事務所、各地域内の連絡手段として使用している。それぞれ異なる周波数が割り当てられているが、送信相手毎に周波数を変更して連絡している。また、CDO-CDRRMD、PRSD では携帯電話を利用した SMS が利用されている。SMS 送信には、Smart (携帯オペレータ) が提供する InfoCast という同報システムを使用している。このシステムで月当たり 30,000 通までのメッセージが無料で送信可能である。さらに、CDO-CDRRMD では Facebook も利用した情報発信もしている。

また、バランガイ内での最終的な住民への情報伝達は、RECORRIDA (リコリーダ) と呼ばれるメガホン広報で行われる。

(B) 警報伝達経路

情報伝達経路は図 3-27 に示すとおりであるが、InfoCast では学校の教師、消防署、サポーターと呼ばれるボランティアも含まれている。また、PRSD から Libona MDRRMD への情報伝達は CDO-CDRRMD を経由する関係者間の取り決めがあるため、CDO-CDRRMD からの伝達のみとなる。

CDO-CDRRMD では洪水警報などの非常時の警報だけでなく、道路通行止め情報なども配信しているが、それも上図フローに従って送信される。

4) 避難警報伝達の問題点と改善案

- CDO-CDRRMD の FAX が故障しているため MPRSD からの洪水予警報は E メールで受信している。洪水予警報を PDF ファイル添付して送る方法であり、FAX と同様受信記録が残るので利用している。しかし、Eメールの利用においては着信確認の有無が重要となる。Eメールが着信していても気づかずに放置されることのないよう相互に受信・送信確認の手順を決めておく必要がある。以下の点についても留意する。
 - ✓ 送信者は他の通信手段、例えば携帯などにより Eメールを送信したことを相手に連絡する。

- ✓ 受信者は受信確認のメールを返信する。
 - ✓ SMS など片方向通信は補助手段としての利用にとどめる。
 - ✓ 送信者、受信者ともに送信および受信の記録を残す。
 - ✓ 以上のルールを文書化して誰でも同じ方法で処理できるようにする。
 - ✓ Eメールで受信した洪水予警報を SMS で送る場合、情報の洩れ、間違いが発生しないよう発信する前に第三者がチェックするルールとする。
- 避難警報の伝達において留意すべき点は確実に間違いなく情報が迅速に末端まで到達することにある。したがって、ひとつの通信手段に頼らず、必ず複数の手段を併用する。例えば、有線電話と SMS、携帯電話と Eメールなど。複数の通信手段を用いることで通信過密時の情報伝達遅延を回避することができる。
 - 重要な連絡先は事務所内に掲示して誰の目にも触れるようにしておく。連絡先のアップデートは定期的に実施するルールとする。
 - 近年、SNS の普及により Facebook などを利用して情報拡散することが多い。しかし、これらの伝達手段はテレビ、ラジオと同様に受信者が確かに情報を受け取っているかの保証がない。常にこのことを留意して情報を伝達する。伝達する情報の種類と内容をあらかじめ決めておくのが良い。
 - 洪水予警報は出来る限り平易な表現を用いて、専門用語の使用は少なくする。また、地域住民への情報伝達はできるだけ地方語を使用するよう努める。

(2) OCD 第 10 管区

ミンダナオ島北部地方は行政上、ミサミスオリエンタル州に区分され、その州都はカガヤン・デ・オロ市である。市内にある市民防衛局（Office of Civil Defense、以下「OCD」とする）は、中央政府の地方組織（第 10 管区）であり、災害情報の展開や災害時の避難・復旧を管理・監督している。OCD 第 10 管区には平常時は 1 名、非常時は複数名が待機して 24 時間体制としている。

1) OCD と関連する組織

第 10 管区（ミンダナオ）の州災害リスク削減管理評議会（Reginal Disaster Risk Reduction and Management Council、以下「RDRMC」とする）の役割を図 3-28 に示す。

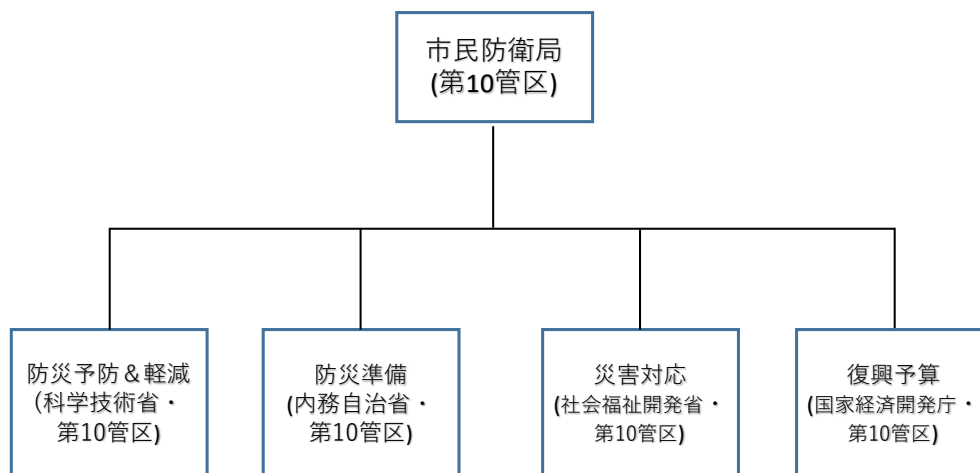


図 3-28 第 10 管区における災害リスク削減管理評議会での役割

2) 災害発生時の避難警報伝達と情報伝達手段

PAGASA から受信した洪水情報は、図 3-29 のフローで OCD 第 10 管区の地域災害リスク削減管理評議会（Provincial Disaster Risk Reduction and Management Council、以下「PDRRMC」とする）、町災害リスク削減管理評議会（Municipal Disaster Risk Reduction and Management Council、以下「MDRRMC」とする）、市災害リスク削減管理評議会（City Disaster Risk Reduction and Management Council、以下「CDRRMC」とする）に伝達される。情報伝達には FAX、SMS を使用している。なお、台風センドンなどの災害時に通信の途絶は発生しなかった。また、連絡用の VHF 無線を 5 台、衛星電話も 2 台常備している。

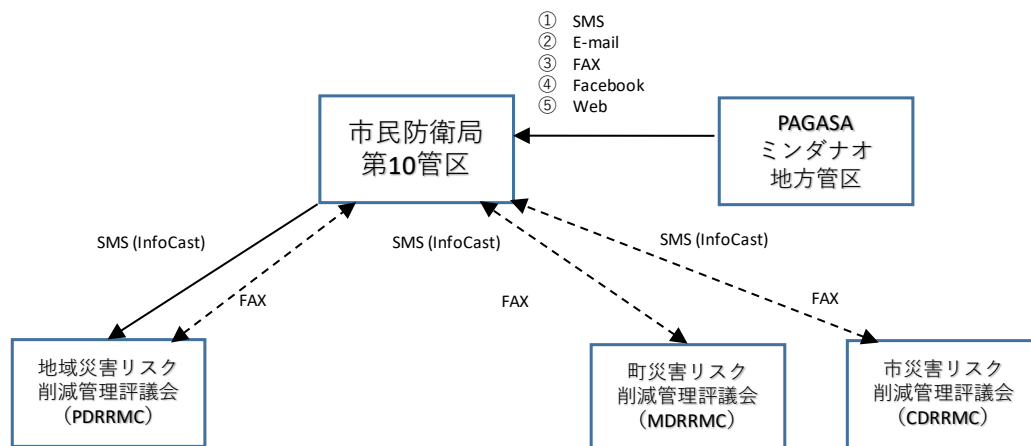


図 3-29 情報伝達（OCD 第 10 管区）

3) 警報伝達方法の問題点と改善案

CDO-CDRRMC の場合と基本的に同様の手順にしたがう。ただし、OCD の避難警報伝達対象は、PDRRMC や MDRRMC などの上位組織であり、通信手段には主に FAX を利用する。MPRSD から OCD への洪水予警報伝達も FAX を主として他の通信手段を併せて利用する。

FAX は受信記録が残る、目視で内容を確認できるなどメリットがあるが、勤務時間外で受信者が不在になるという問題も見られる。したがって、災害時には受信者不在ということがないよう役所間におけるルール設定が必要である。また、FAX の受信者は確かに受け取った旨、送信者に連絡する。

3-4-2 運営維持管理の技術レベルと人員計画

(1) 技術レベル

当事業にて導入されるシステムを継続的に維持するため、想定される必要な作業を以下に示す。

- 日常点検
- 定期点検
- 緊急点検（修理）

また、継続的且つ確実な点検、点検を有効的なものとしていくために、点検結果管理、点検修理計画、保守部品調達計画・管理も必要である。

これらの作業には請負業者により実施される初期操作指導を受講し、指導内容を遂行できる技術レベルの人員が必要である。また、X バンドレーダーについても同様に点検作業が必要であるが、テレメータ機材と比較して複雑であり、継続的な運用に資する専門性の高い技術レベルの人員が必要である。

(2) 人員計画

現状、表 3-39 に記載の通り、日常点検及び定期点検は PRSD、緊急点検は HMTS の分担となっている。当事業完成時点では、PAGASA 地方管区では水理・水文専門家の 2 名で日常点検、定期点検を実施される計画である。

一方、当事業による洪水予警報システムで X バンドレーダー施設が新たに導入される。テレメータ設備維持管理とは異なる技術が求められ、新たに専任の 1 名が必要と考える。更に、表 3-40 に示した設備レベルに応じた保守人員の確保が必要である。

表 3-43 運用維持管理体制

担当作業	人員数	備考
日常点検	4 名 (PRSD)	テレメータ装置 : 3 名※ X バンドレーダー : 1 名
定期点検		
緊急点検	2 名 (HMTS)	本人員はカガヤン・デ・オロへの専属ではないため、当事業の維持管理費用には含まれない。

備考 (※) 3 名の内訳は以下となる
機器日常・定期点検要員 1 名、電気系統関連点検要員 1 名、ネットワーク関連要員 1 名

3-5 プロジェクトの概略事業費

3-5-1 協力対象事業の概算事業費

日本とフィリピン側との負担区分に基づく双方の経費内訳を以下に示す。

3-5-1-1 日本側負担経費

※概略事業費は、施工・調達業者契約認証まで非公表

表 3-44 日本側負担経費

項目	費用 (単位 : 百万円)
総事業費 (I + II)	
I 機材調達費 (1+2)	
1 調達原価 (1)+2)+3)+4)+5))	
1) 機材費	
2) 輸送梱包費	
3) 据付工事費等 (機材工事)	
4) 据付工事費等 (土木工事)	
5) 調達管理費	
2 一般管理費等	
II 設計監理費 (1+2)	
1 機材設計監理費	
2 ソフトコンポーネント費	

3-5-1-2 相手国負担経費

表 3-45 相手国負担経費

項目	費用 (PHP)	円換算 (円)
VAT 予算措置	20,303,284.00	48,524,849
CDORFFWC 建設費	7,938,630.13	18,973,326
土地取得費	80,000.00	191,200
銀行支払い手数料	1,366,181.00	3,265,172
合計	29,688,095.13	70,954,547

3-5-1-3 積算条件

(1) 積算時点

2017 年（平成 29 年）6 月

(2) 為替交換レート

1PHP = 2.39JPY

1USD = 112.84JPY

（2017 年 3 月 1 日から 2017 年 5 月 31 日までの平均レート）

(3) 施工期間

調達実施工程表に示す。

(4) その他

当事業は日本国政府の無償資金協力制度に従い実施される。

3-5-2 運営・維持管理費

運営・維持管理費については表 3-46 の通り積算した。

表 3-46 運営・維持管理費

費目	年間維持管理費		備考
	費用 (PHP)	円換算 (円)	
人件費	2,184,000	5,219,760	要員（7 名）：通信専門家 4 名と水理・水文専門家 3 名
光熱費	1,960,000	4,684,400	X バンド雨量観測局、中央監視局
燃料費	428,000	1,022,920	発動発電機用
移動費	105,000	250,950	ガソリン代
通信費	892,000	2,131,880	インターネット回線
土地維持費	50,000	119,500	土地の借用代
修理部品費*	531,000	1,268,000	
消耗品費**	302,000	721,230	発動発電機消耗品、避雷器、プリンターインク
合計	6,452,000	15,418,640	

備考 (*) 修理部品費は 既存のパンパンガ・アグノ川洪水予警報システムの経験から 5 年毎の修理とし、機器（テレメータ装置、テレメータ中継装置、水位計、無停電電源装置）の修理が予想される。部品修理費は 5 年毎に納入機材の総額から想定し、その額から年毎の費用に換算して計上している。

(**) 消耗品の内、発動発電機の消耗品や 5 年毎、避雷器は 10 年毎、インクは 1 年毎に発生する予算として積算し、その費用から年毎の費用に換算して計上している。

上記費目に関する条件は以下のとおりである。

- 表 3-41 に示すように、2020 年（ステージ 2 完成）時においても、PAGASA は通信専門家合計で 2 名の想定であるが、4 名の通信専門家と 3 名の水理・水文専門家が必要と考え、計 7 名で計算。

上記運営・維持管理費は、表 2-2 と表 2-3 に示す HMD と MPRSD の全体予算（102,152,000 ペソ＝244,143,000 円）に比して 6.3%程度であり、大きな負担にはなっていない。

なお、PAGASA が想定していた運営・維持管理費の概要は以下のとおりである（費用内訳を表 3-47 に示す）。概要は以下の通りである。

- 人件費（点検要員）は、CDORFFWC に勤務する要員として 5 名で計算（X バンドレーダー施設維持管理要員 1 名は納入業者との保守契約に含まれる）
- X バンドレーダー雨量観測装置は納入業者と保守契約を締結する（X バンドレーダー施設維持管理の人件費はこの契約に含まれる）
- PAGASA 近代化法により PAGASA 全体の予算は増加が可能

表 3-47 X バンドレーダー雨量観測装置保守契約を含む場合の運営・維持管理費

費目	年間維持管理費		備考
	費用（PHP）	円換算（円）	
人件費	1,872,000	4,474,080	要員（6 名）：通信専門家 3 名と水理・水文専門家 3 名
光熱費	1,960,000	4,684,400	X バンド雨量観測局、中央監視局
燃料費	428,000	1,022,920	発動発電機用
移動費	105,000	250,950	ガソリン代
通信費	892,000	2,131,880	インターネット回線
土地維持費	50,000	119,500	土地の借用代
修理部品費*	531,000	1,268,000	
消耗品費**	302,000	721,230	発動発電機消耗品、避雷器、プリンターインク
X バンドレーダー雨量観測装置保守契約	11,427,000	27,310,530	既存の S バンドレーダー雨量計 3 箇所の契約額から算定
総計	15,695,000	37,509,410	

備考 (*)修理部品費は 既存のパンパンガ・アグノ川洪水予警報システムの経験から 5 年毎の修理とし、機器（テレメータ装置、テレメータ中継装置、水位計、無停電電源装置）の修理が予想される。部品修理費は 5 年毎に納入機材の総額から想定し、その額から年毎の費用に換算して計上している。

(**)消耗品の内、発動発電機の消耗品や 5 年毎、避雷器は 10 年毎、インクは 1 年毎に発生する予算として積算し、その費用から年毎の費用に換算して計上している。

X バンドレーダー雨量観測装置保守契約を含む場合では、HMD と MPRSD 全体予算に対して 15.4%となり高額となる。そのため X バンドレーダー雨量観測局保守契約を含む案（表 3-47）ではなく、費用が抑えられる表 3-46 に示す運営維持管理費を推奨する。

第 4 章 プロジェクトの評価

第4章 プロジェクトの評価

4-1 事業実施のための前提条件

3-3 章に記載の相手国負担事項が当事業の進行に合わせてタイムリーになされることが必要である。特に CDORFFWC の建屋建設は重要な事項であり、建屋建設が 1 年以上遅延の場合、機材を既存建物に仮設置することになり、追加工事等が発生する。

また、業者契約後に LGU よりの建設許可取得が遅れた場合には、工事工程の全体の遅れの要因となるため、業者選定の入札図書に設計期間を明記する。

4-2 プロジェクト全体計画達成のために必要な相手方投入（負担）事項

当事業は CDORFFWC の洪水予警報能力の向上を目標としている。予警報能力向上には当事業により提供される FFWS が十分に機能するとともに、その機能が継続的に発揮されることが必要となる。

これに対し、必要な相手方投入事項は維持管理の確実な履行となる。この維持管理では、重大なシステムダウンを未然に防ぐための定期的な保守点検が行われ、故障が発生した場合にはメンテナンスマニュアルに沿った緊急点検が必要となる。よって、PAGASA ではこれらに対応する人員および予算の確保が必要である。また、同時にこれらの点検が確実になされるための管理も必要である。

4-3 外部条件

当事業実施に際しての外部条件は下記が前提となる。

- フィリピンにおける自然災害リスク軽減活動にかかる政策の変更がない
- PAGASA とリスク軽減活動の関連機関の連携協力体制が維持される
- PAGASA に設置される FFWS の運用・維持管理に必要な予算と人員が確保され、長期にわたって継続的にシステムの有効活用が実施され、必要に応じて改善が図られる

4-4 プロジェクトの評価

4-4-1 妥当性

当事業は、雨量・水位計測用の各機材（テレメータシステム）、X バンド雨量レーダー用の各機材、及び雨量・水位データの伝送・処理・表示用の各機材で構成され、カガヤン・デ・オロ流域の洪水被害の軽減が目的であり、フィリピンの国家開発計画（2017 年－2022 年）、我が国の援助方針、JICA の協力方針等に合致するものである。

防災・災害対策に関するわが国による支援を踏まえ、効果的な援助の継続の観点からも当事業実施を支援する必要性は高く、妥当であると判断される。

4-4-2 有効性

当事業の実施による定量的な効果として、下表に示すように、テレメータシステムの稼働率（欠測率の改善）、レーダーによる雨量データの空間解像度の向上、観測データの収集時間の短縮、洪水予警報の発出の短縮が挙げられる。これにより PAGASA より防災関連機関への洪水予警報が迅速かつ的確に伝達されることになる。

表 4-1 定量的な指標

指標名称		現状*	目標値** 【事業完成 3 年後】
水文データ 観測密度	雨量データのエリア解像度 (雨量計数量またはレーダー雨量計の分解能による)	105km ² (流域面積 1,364km ² ÷ 既存の 13 雨量観測局)	0.022km ² (150m x 150m メッシュ = 0.022km ²)
	水位計の数量	8	15
水位・雨量観測のデータの欠測率		84.2%*	5%以内

備考 (*)現状は既存の洪水予警報システム (Twin Phoenix テレメータシステム、NDMI テレメータシステム、ASTI テレメータシステム) による。

(**)目標値は当事業により導入されるシステムでの値を示す (当事業では既存の洪水予警報システムの復旧等は対象としない)。

(***)Twin Phoenix テレメータシステム (雨量計) 6 台の内 3 台は 5%以下の欠測率を記録し、NDMI テレメータシステム (雨量計) 5 台はすべて 100%欠測の状態。また、TwinPhoenix テレメータシステム (水位計) 4 台および NDMI テレメータシステム (水位計) 4 台はすべて 100%欠測の状態。

計算：データ欠測の観測局数/全観測局数 = (3+5+4+4) / (6+5+4+4) = (16/19) * 100 = 84. 2%

また、定性的な効果としては、下記の事項が挙げられる。

- カガヤン・デ・オロ川流域洪水発生に対して、的確な洪水予警報により、地域住民の避難等に寄与する
- PAGASA 及び CDO-CDRRMD とリアルタイムに水文情報を共有することで、災害に対する効果的な対応に寄与する
- 専用通信回線により安定したデータ通信が確保される
- 雨量観測点が高密度化することにより、都市部での洪水も含めた洪水予警報の正確性の向上に寄与する