

第3章 プロジェクトの内容

3-1 プロジェクトの概要

(1) プロジェクトの目標および範囲

ライヌラー川洪水予警報システム整備プロジェクトの上位目標は、「首都圏の洪水被害を軽減する。特に、洪水による死亡・負傷者を低減する。」ことにある。一方、本プロジェクト目標は、「洪水予警報システムの整備により、首都圏住民を迅速・安全に避難させる。」ことにある。ここで、無償資金協力の目標は、プロジェクト目標を達成するための洪水予警報システムの基盤整備にある。

図 3.1 にプロジェクト範囲と無償資金協力の範囲との関連を示す。無償資金協力の範囲は、雨量・水位のリアルタイム観測や洪水予測のためのデータ処理、避難警報などのシステムの建設・機材調達である。プロジェクト範囲には、この洪水予警報システムを有効に活用し、洪水被害を軽減するため、洪水ハザードマップなどの避難計画や洪水危機管理計画も必要となる。また、プロジェクトを効果的に実施するためには市民団体などの協力が必要となる。

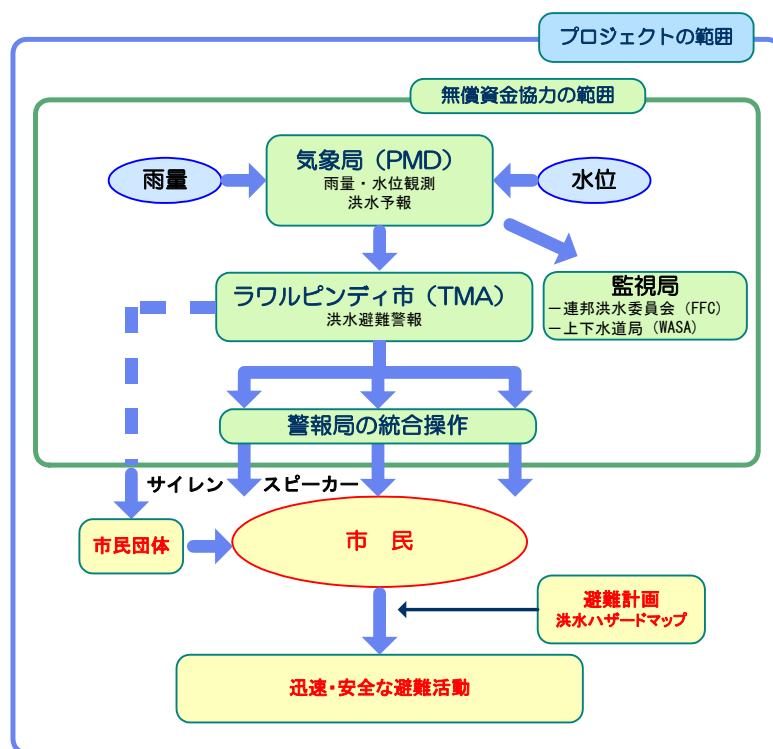


図 3.1 プロジェクトと無償資金協力の関係

ここで、プロジェクトの運営・維持管理を担当する4つの機関の役割分担を以下に示す。

- (a) 洪水予報の発表を担当するパキスタン気象局 (PMD)
- (b) 洪水避難警報発令を担当するラワルピンディ市役所 (TMA)
- (c) 関連機関との調整を行う連邦洪水委員会 (FFC)
- (d) 水防活動の支援を行う上下水道局 (WASA)

(2) プロジェクトの概要

本プロジェクトにおいてパキスタン政府より要請のあった資機材の概要を表 3.1 に示す。

表 3.1 関係機関への資機材の整備概要

<p>(a) パキスタン気象局 (PMD)</p> <ul style="list-style-type: none"> － 中央洪水予警報管理局の整備（洪水予警報情報処理システム、データ通信関連機材等）1 箇所 － 既存の雨量計の改良（転倒ます型雨量計、データ通信関連機材等）4 箇所 － 雨量計の新設（転倒ます型雨量計、データ通信関連機材、機器格納小屋等）2 箇所 － 水位計の新設（フロート式水位観測所・装置、データ通信関連機材等）2 箇所 － 緊急保守車両 1 台
<p>(b) ラワルピンディ市役所 (TMA)</p> <ul style="list-style-type: none"> － 防災管理室の整備（警報管理・発令システム、データ通信関連機材等）1 箇所 － 警報機の整備 10 箇所 － 緊急保守車両 1 台
<p>(c) 連邦洪水委員会 (FFC) および上下水道局 (WASA)</p> <ul style="list-style-type: none"> － 監視局の整備（データ通信関連機材、PC 等）2 箇所 － FFC への緊急保守車両 1 台

資機材を効率的に運営・維持管理し、さらに洪水予警報システムの効果を上げプロジェクト目標を達成するためには、下記の(a)から(d)に示す活動を実施する必要がある。

(a) 洪水予警報システムの効率的運営・維持管理

本システムの運営・維持管理に携わる PMD、TMA、FFC、WASA などの機関は、システム固有の電気通信機器や水理・水文データ処理などに関する十分な知識を有していない。従って、本システムを効率的に運営・維持管理するためには、以下の活動が必要である。

- 1) 洪水予報や洪水避難警報の発令などのシステムの運営や効率的な維持管理のため、関係機関職員の役割分担や責任体制を明確にする。
- 2) 運営・維持管理のためのマニュアルを作成し、システムの基本的な運営・維持管理を実施できる技術力と判断力を育成する。また、詳細な検査や補修は現地の民間の専門技術者に委託する体制を確立する。
- 3) システムの操作・運用に関する実地訓練を行い、システムの不具合の早期発見と的確な処理判断の習得のため、技術者を育成する。

(b) 洪水観測データを適切に分析した洪水予報および警報発令

洪水予警報を的確にタイムリーに伝達するためには、本システムの雨量・水位の観測デ

ータを適切に活用し、洪水流出計算を行い、洪水予警報を発令する必要がある。洪水予警報発令基準は、パキスタン気象局（PMD）およびラワルピンディ市役所（TMA）が非洪水期に提案し、連邦洪水委員会（FFC）との合意のうえ設定し、さらに、TMA が毎年公表する水防計画書に明記することが重要である。

(c) 洪水観測データの蓄積による洪水予測精度の向上および洪水予警報発令基準の改善

洪水観測データを蓄積し、様々な降雨パターンに対する洪水流出・氾濫計算を繰り返すことにより、降雨と高水位および氾濫の関係を的確に把握することができる。その結果、洪水予測の精度向上や洪水予警報発令基準の改善を行うことが可能となる。さらに、蓄積された観測データを基に、洪水流出・氾濫モデルを改善し、予測精度の向上を図ることが可能となる。

(d) 洪水予警報システムを活用した避難計画および洪水危機管理計画の策定

洪水被害を軽減するため、洪水予警報や構造物による治水事業などを総合的に実施する必要がある。特に財政制約の下、地方レベルで実施可能な以下の洪水危機管理計画が必要となる。

- 1) ハザードマップなどの洪水避難計画を作成する。
- 2) 河道を狭窄し流下能力を低減する可能性のある河川内への不法居住やゴミの不法投棄を防止する。
- 3) 河川のピーク流量を増加させないような土地利用規制を行う。

特に、地域住民や NGO、市民団体、市役所などが中心となり地域独自の洪水被害軽減のための避難計画を策定する必要がある。以上の洪水危機管理計画や避難計画に関する活動を実施することにより、洪水予警報システムの効果をより高めることができる。

(e) 洪水予警報システムを活用した洪水被害軽減策に対する住民への啓蒙活動の実施

洪水危険度マップや避難計画、洪水危機管理計画に対する啓蒙活動により、これらの計画を詳細に住民が理解することができる。その結果、洪水予警報システムのより効果的な活用や各地域特性に応じた洪水被害軽減策の実施が可能となる。

啓蒙活動として以下の項目が考えられる。

- 1) 洪水被害軽減の手法を住民が理解可能な洪水被害軽減マニュアルの作成。
- 2) 各地域住民の意向を反映させ、地域の洪水情報伝達体制、洪水ハザードマップ、避難方法を記述した洪水避難マニュアルの作成。
- 3) 洪水予警報や洪水避難、洪水危機管理に関するポスターやカレンダーなどの広報資料の作成。
- 4) 洪水時に適切な行動や迅速・安全な避難を行うため、上記資料を活用した啓蒙活動や避難訓練を実施する。
- 5) 啓蒙活動の評価を行い、啓蒙活動を改善する。

上記の項目(a)および(b)に関しては、洪水予警報システムを円滑に開始し継続的に実施するために必要である。そこで、項目(a)および(b)は、無償資金協力のソフトコンポーネントによる技術支援の実施が可能と判断される。

一方、(c)および(d)、(e)に関しては、システムを稼働させるための必要条件ではなく、

洪水予警報システムの効果を上げるために必要な活動である。そこで、ソフトコンポーネントによる技術支援ではなく、現地実施機関独自で行うか、他の技術支援により実施することが望ましい。

(3) 洪水予警報システム導入の効果

表 3.2 に洪水予警報システムに関連する現況の課題と洪水予警報システムの導入による効果を示す。

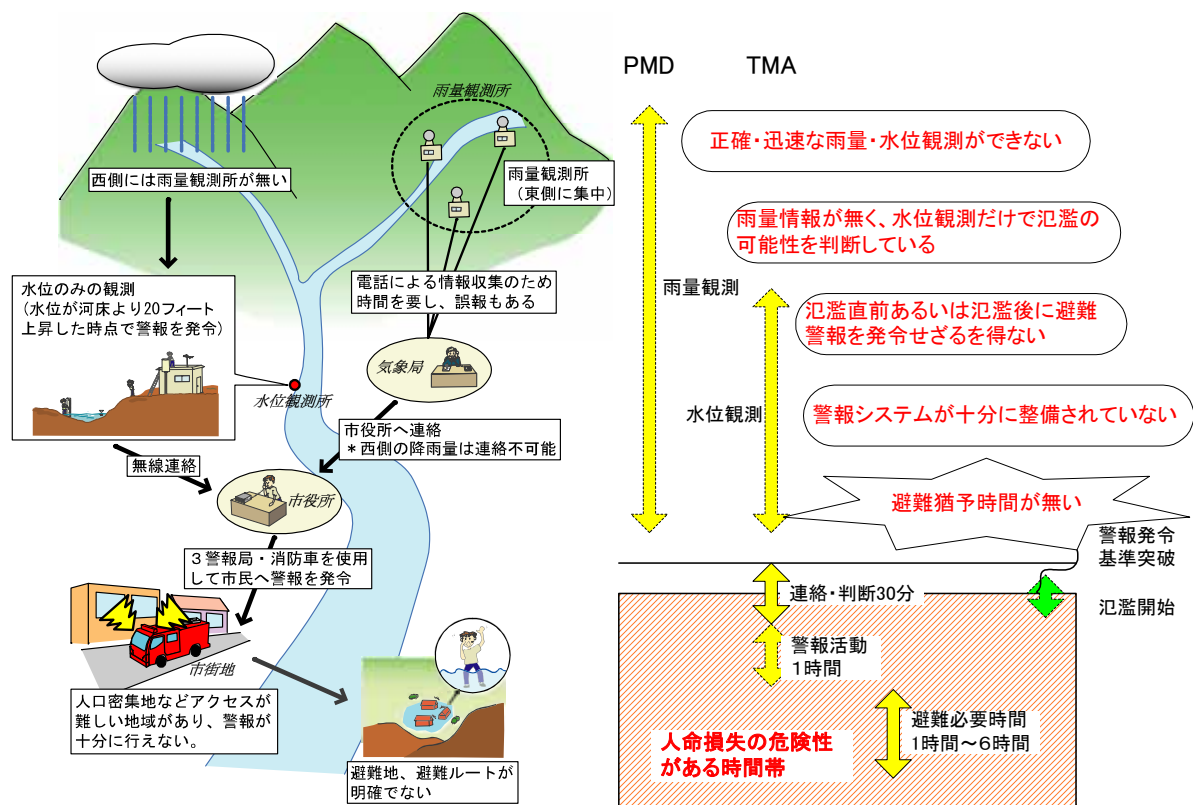
表 3.2 現状の課題と洪水予警報システム導入による効果

現状の課題	洪水予警報システムの効果
(a) 流域内の雨量計の数が少なく配置も適切ではない。また、雨量・水位データが誤報の原因となる無線電話により伝達されている。さらに、洪水時の水位・雨量記録も少ない。	(a) 洪水時にリアルタイムで正確な雨量・水位観測やこれらの自動記録が可能となる。
(b) 雨量データなしで水位観測だけで洪水の可能性を判断しているため、氾濫前に確実・迅速に氾濫の可能性を判断できない。そのため、洪水避難活動を行う余裕時間が無い。	(b) 将来の河川水位変動を予測可能なリアルタイムの雨量・水位データを提供可能。氾濫前に洪水予測が可能となり、洪水避難活動を行う余裕時間を確保できる。 ^{注1)}
(c) 警報吹鳴範囲は、氾濫域（1/100 年確率）の 1 割程度をカバーする程度である。	(c) 警報吹鳴範囲は、氾濫域の 6 割程度をカバー可能となる。
(d) 避難警報発令指示を無線電話で行うため、警報発令に時間を要する。	(d) 避難警報を遠隔操作により即時に一斉発令が可能となる。
(e) 本システムに関する運営・維持管理の経験のある職員がいない。	(e) 技術支援により効率的な運営・維持管理が可能となる。 ^{注1)}

注 1) ソフトコンポーネントによる成果

図 3.2 に洪水予警報システムを活用したプロジェクト実施後の効果を示す。洪水予警報システム導入後に観測される水位・雨量データを基に洪水流出解析を繰り返し行い、高水位の予測精度をさらに上げることができる。洪水予警報をより効果的に活用し洪水被害の軽減を図るためには、洪水データを蓄積し洪水予測精度を向上させ、避難のための余裕時間を確保する必要がある。

さらに、適切な避難計画やハザードマップを策定し、避難必要時間を短縮する必要がある。その他、洪水危機管理計画の策定や広報活動の実施も併せて総合的に洪水被害の軽減をはかることが重要である。



プロジェクト実施前

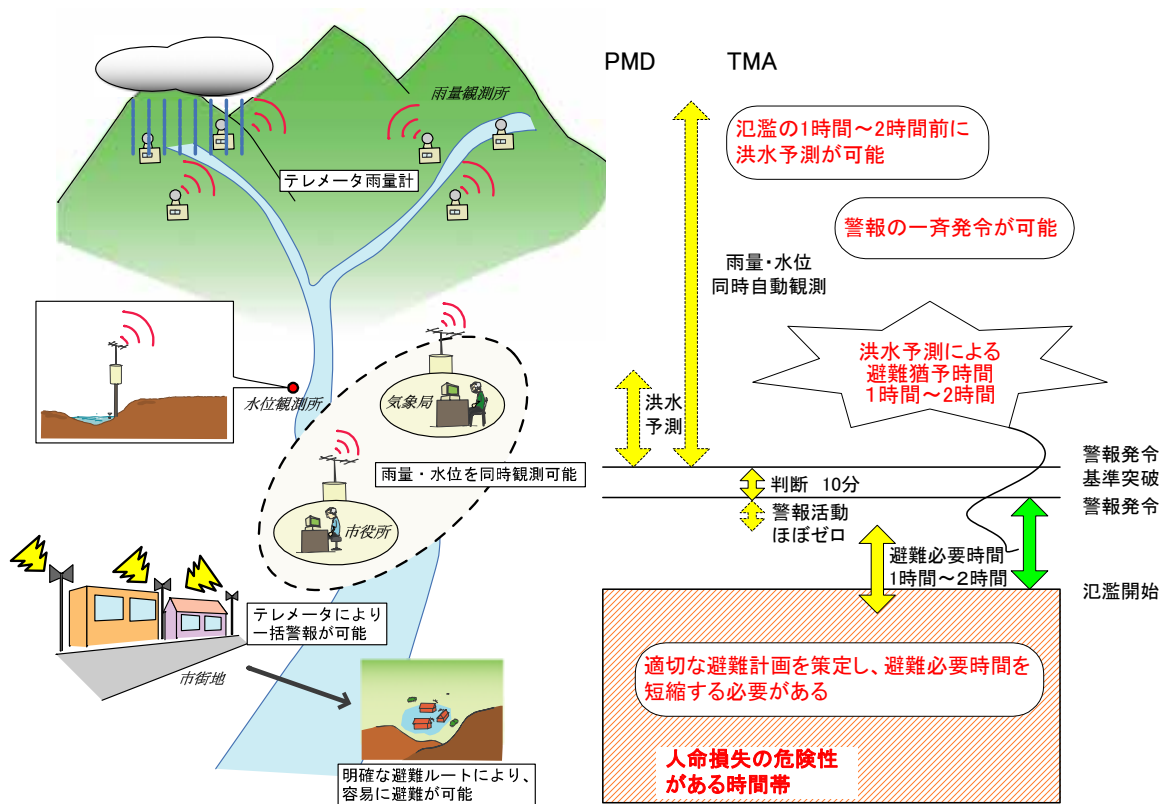


図 3.2 洪水予警報システムの現況およびプロジェクト実施後の効果

3-2 協力対象事業の基本設計

3-2-1 設計方針

(1) 基本方針

本事業の洪水予警報システムは、国際協力事業団（JICA）の技術協力により実施された「ライヌラー川流域総合治水計画調査（2002 年～2003 年）」において提案されたマスタープランの中の緊急事業の 1 つである。従って、マスタープランの考え方を基本に本事業の設計を行うものとする。基本設計の基本方針を以下に記述する。

(a) 雨量観測システムの強化

現在 4 箇所の雨量計がライヌラー川流域の東側に偏って配置されており（図 3.3 参照）、流域の正確な平均雨量を求めることができない状況にある。そこで、西側に 2 箇所の雨量計を新たに設置し、正確な流域平均雨量を把握する必要がある。

そこで、6 箇所の雨量計をテレメータによりリアルタイムで統合的に自動観測するものとした。図 3.3 にティーセン分割により求めた各雨量計の分担面積を示す。分担面積は世界気象機構（WMO）が推奨する 100 km^2 以下であり、妥当な分担面積と判断される。

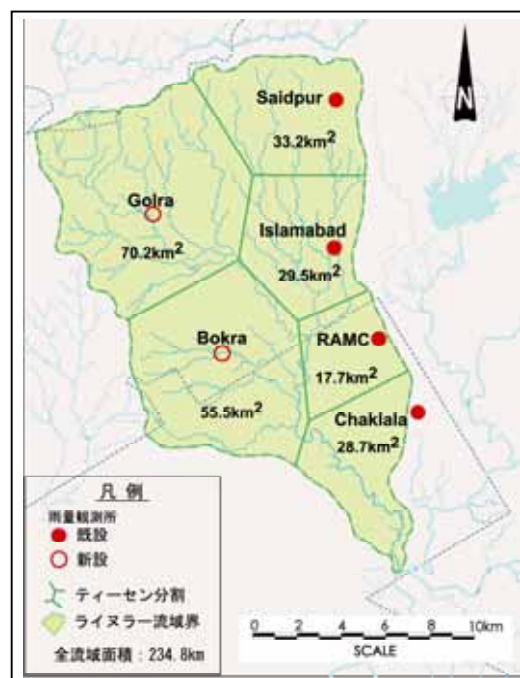


図 3.3 雨量観測位置および分担面積

(b) 水位観測システムの強化

巻頭の調査位置図に示すとおり、水位観測は、ライヌラー川のカタリアン橋およびガワルマンディ橋地点で行うものとし、リアルタイムで統合的に自動観測を行うものとする。一方、流量観測を容易に行えるよう橋梁下流部に水位計を設置する。

ライヌラー川流域の 3 つの主要支川は、カタリアン橋の直上流で合流し、洪水時にカタリアン橋上流部に集中した洪水流出が氾濫し、ラワルピンディ市に氾濫被害を及ぼしている。そこで、洪水時の水位を迅速に観測し、より早く洪水警報を発令するため、カタリアン橋地点に水位計を設置する必要がある。

ボクラの雨量計が位置する西側の主要支川がカタリアン橋とガワルマンディ橋の河道区間で、ライヌラー川に合流し、市内氾濫へ影響を与える。さらに、ガワルマンディから下流の流下能力が上流に比べて低く、ガワルマンディ周辺および下流の氾濫被害が特に大きい。そこで、洪水予警報の発令の開始と解除を決定するため、ガワルマンディ橋地点で水位観測を行う必要がある。

(c) 洪水予報の精度向上

ライヌラー川流域の丘陵地への豪雨が低地部の氾濫域へ流出し洪水となるまでの時間は、2～3 時間であり、少なくとも雨量・水位の毎時観測を行い、水位予測を実施する必要がある。

リアルタイムで自動観測された雨量・水位データは、所定のフォームに自動記録し、図式化した自動データ処理を行うものとする。これらのリアルタイムの雨量・水位データにより洪水時の水位予測を行う。

システム導入後に観測される水位・雨量データをもとに洪水流出解析を繰り返し行い、水位予測の精度をさらに上げることができる。雨量や水位、洪水予測に関する情報は、ラワルピンディ市（TMA）や連邦洪水委員会（FFC）、上下水道局（WASA）などの監視装置へ自動的に伝達され、避難警報発令や洪水被害軽減のため監視される。

(d) 避難勧告のための洪水警報の発令

現在使用されている 3 局の警報局の吹鳴範囲は、2001 年洪水（1/100 年確率）氾濫域の 1 割程度であるが、警報局を 10 箇所とすることにより、吹鳴範囲を 6 割程度はカバー可能となる。吹鳴できない範囲は、緊急車輛や地域の既設のスピーカーにより補完する必要がある。

ラワルピンディ市役所内に設置予定の防災管理室では、遠隔操作により 10 警報局の一斉警報が可能である。図 3.4 に現地関係機関と共同で確認した氾濫域における警報局の位置を示す。警報局は維持管理の容易さや保安上の理由から公共施設の敷地内に設置することを基本原則とした。

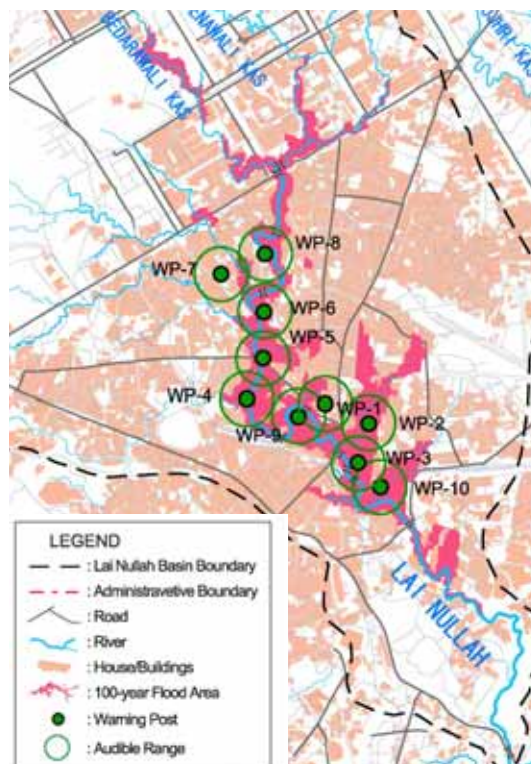


図 3.4 氾濫域における警報局の配置計画

(2) 自然条件に対する方針

プロジェクト対象地域は、パキスタンの中でも降雨量の多い地域で、雨季にはかなりの高湿度となる。全体としては東南アジアの高温多湿地帯で雷の多い環境に近い。このため設置する機材は以下の条件に対処するような設計を行う。

- (a) 屋外に設置する機材は防水・防塵構造を採用。やもりなどの侵入を防ぐ対策を採る。
- (b) 無人局の室内に設置する機材は防湿構造を採用。
- (c) 雷害対策としてすべての局に避雷対策を講じる。
- (d) アンテナマスト、水位計局舎、警報局舎などの施設に関し、耐風力や耐震性を配慮した設計を行い、パキスタンの構造物基準に準拠する。

(3) 社会経済条件に対する方針

雨量局や水位局、警報局などの新規施設は、保安上の安全性や用地取得の容易さから公共施設内を原則とする。

(4) 建設事情/調達事情に対する方針

施設の建設に要する資機材は現地調達を基本とする。また、掘削機、ダンプトラックなどの建設機械はイスラマバード市内のレンタル業者より調達する。一方、本システムは豪雨時において確実に作動する高信頼性を必要とするため、実績の多い日本の基準を使用するものとし、主要機材は本邦調達を基本とする。日本の基準によるシステムの総合動作の検証が必要であるため、据付工事は、機材調達業者の日本技術者による監督の下実施される。

(5) 現地業者の有効活用

据付工事は、現地通信システム工事会社を下請けとして雇用し、日本人の監督の下で行う。

(6) 運営・維持管理に関する方針

運用開始後の保守が出来るだけ容易に行えるよう配慮したシステム設計を行う。雨量局や水位局、警報局などの新規施設はアクセスが容易な地点とする。また、スペアパーツや消耗品の入手が現地で容易に可能なシステムとする。システムの運用や基本的な維持管理は、PMD や TMA、FFC、WASA などの現況スタッフがを行い、詳細の検査や修理などは、現地民間企業の専門技術者により実施するものとする。

(7) 施設・機材のグレード設定に関する方針

事業対象地域は社会・経済的に重要な首都圏に位置しており、既往最大洪水である 2001 年洪水（100 年確率洪水）を対象として施設の規模を設定する。また、機材の選定にあたっては、操作・運営・維持管理が容易に行えるようなグレードを設定する。本システムは防災システムであり、災害発生時には確実に作動し、事業目標を達成する必要がある。このためシステム設計には、類似システムの実績の多い以下の基準による設計を基本とする。

- (a) 国土交通省テレメータ装置標準仕様書
- (b) 国土交通省放流警報装置標準仕様書
- (c) 電気・電子技術者協会の国際基準
- (d) 国土交通省河川砂防技術基準

さらに、操作・維持管理の容易さを配慮して現地で適用されている技術基準を配慮し設計を行う。

(8) 工法／調達方法、工期に係わる方針

施設建設の中で特に土工事は非洪水期に実施する。また、水位観測局の基礎杭は、建設時の周辺に与える環境（騒音・振動）を考慮し、場所打ち杭とする。

3-2-2 基本計画

前述の 2.1 設計の基本方針を基に要請内容を検討し、無償資金協力の対象範囲を設定した。そこで、表 3.3 に示す機材は無償資金協力の対象外とした。

表 3.3 無償資金協力対象外の資機材

(a) 洪水情報の大型表示盤、FFC および WASA へ調達要請：各 1 セット 大型表示盤（プラズマディスプレイ）は、コンピュータ画面で代替できるため削除した。
(b) 非常用発電機、FFC および WASA へ調達要請：各 1 セット 屋上に設置予定であった非常用自動切換えエンジン発電機は工事が困難であり、ポータブル型エンジン発電機と無停電電源装置（1 時間用）に置き換えることとした。
(c) FFC への緊急車輛：1 台 洪水状況の監視のため、コンピュータを設置するものとし、緊急車輛は不要と判断した。

無償資金協力による洪水予警報システム設計の基本計画を以下に記述する。

3-2-2-1 全体システム計画

全体システムの基幹は、PMD による雨量・水位観測および洪水予報業務に必要な機材と TMA による避難警報の発令に必要な機材、さらに FFC および WASA に設置する洪水モニター機材からなる。PMD の中央洪水予警報管理局で観測・データ処理された洪水情報は、洪水警報ブリテンとして編集される。その結果を TMA およびモニター局に、既設の FAX およびウェブ上で送る。避難警報の発令はラウルピンディ市の防災管理室より行う。全体のシステム構成概念を図 3.5 に示す。

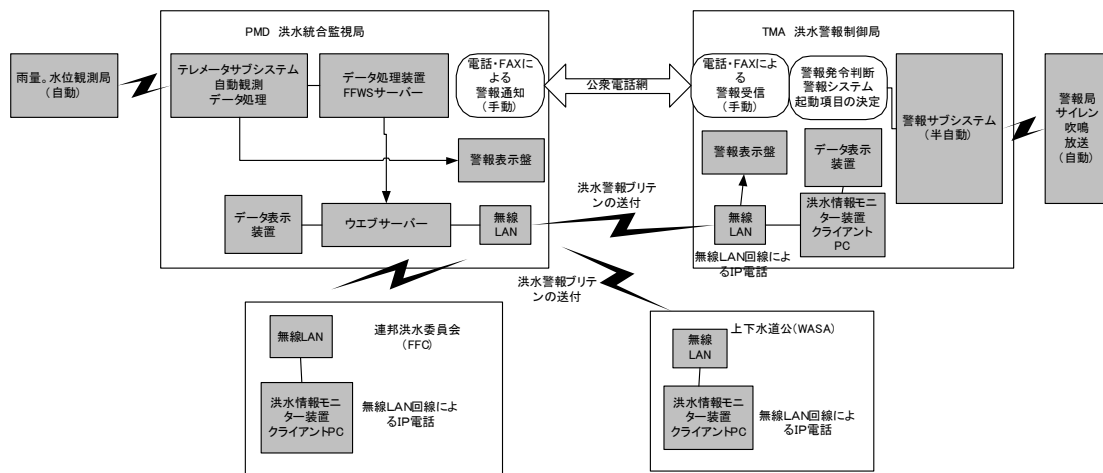


図 3.5 全体システム構成概念図

洪水予警報システムプロジェクトに関連する局舎の位置、機能、担当機関を表 3.4 に列記する。

表 3.4 局舎の位置、機能、担当機関

局舎位置	機能	担当機関
1. 中央洪水予警報管理局		
パキスタン気象局 (PMD) 気象予報ビル3階 イスラマバード	・水文および洪水予測情報収集 ・データ処理 ・関係機関への洪水情報配信 (データ伝送サブシステム)	PMD
2. 雨量局		
2.1 パキスタン気象局、イスラマバード 2.2 Saidpur 測候所、イスラマバード 2.3 Golra (新設)、イスラマバード 2.4 Bokra (新設)、イスラマバード 2.5 RAMC測候所、ラウルピンディ 2.6 Chaklala測候所、空港ビル内	降雨データの自動観測 (無線テレメータサブシステムによる)	PMD
3. 水位局		
3.1 Kattarian Bridge (新設) 3.2 Gawal Mandi Bridge (新設)	水位データの自動観測 (無線テレメータサブシステム)	PMD
4. 中継局		
4.1 RAMC Telemetry Repeater、ラウルピンディ 4.2 RAMC Wireless LAN Repeater、ラウルピンディ	・テレメータ観測局の中継機能 ・データ伝送システムの中継機能	PMD
5. 監視局		
5.1 連邦洪水委員会 (FFC)、イスラマバード 5.2 下水道局 (WASA)、ラウルピンディ	洪水情報モニター (データ伝送サブシステムによる) 洪水情報モニター (データ伝送サブシステム)	FFC WASA of RDA
6. 防災管理室、ラウルピンディ市役所 (TMA) 2階		
TMA Rawalpindi: - Warning Control & Supervisory - Flood Information Monitoring	警報局制御・監視 洪水情報モニター (データ伝送サブシステム)	TMA
7. 警報局		
7.1 WP-1: ラウルピンディ市屋上 7.2 WP-2: Christian Colony Arra Muhallah (新設) 7.3 WP-3: Water Treatment adjacent to MC Dispensary (新設) 7.4 WP-4: Ratta Amral Bridge (新設) 7.5 WP-5: Gunj Mandi Bridge (新設) 7.6 WP-6: Pir Wadhai Bridge (新設) 7.7 WP-7: Fire Station Pir Wadhai (新設) 7.8 WP-8: Sector IV-B, Khayaban Park (新設) 7.9 WP-9: Gawal Mandi Children's Park (新設) 7.10 WP-10: Government Middle School, Dhoke Chiraghdin (新設)	スピーカーとサイレンによる洪水警報吹鳴	TMA

3-2-2-2 機材設置計画

機材設計に先立ち、前述の設計方針に示すとおり、機材の適切な設置場所を調査し、設置場所の特定を行った。新たに土地を取得することを可能な限り避け、本プロジェクト関係機関の所有地及び土地利用が可能な公共施設に局舎を設置するよう計画した。各局舎の設置位置は、表 3.4 に示すとおりである。機材設置のため新たに新設する局舎は、雨量局 2 箇所（ゴルラ、ボクラ）、水位局 2 箇所（カタリアン、ガワルマンディ）、警報局 9 箇所（WP2～WP10）となる。その他の機材は既設の建物内に設置する。

3-2-2-3 無線回線の確保

本システム構築の基幹となる無線回線網の確保を確実に行うことが必須である。そこで、以下の手順により、無線回線網を構築した。

(1) 無線使用許可の内諾

要請されたテレメータシステムおよび警報システムの周波数（400 MHz）および無線 LAN の周波数（5.2 GHz）の使用許可の取得可能性を確認するため Pakistan Telecommunication Authority の下部機関である Frequency Allocation Board と折衝し、テレメータ及び警報用に 400 MHz から 450 MHz 間の 3 波、無線 LAN については 5.752 GHz から 5.875 GHz の使用の内示を得た。正式には無線機材が決定してから各局個別の申請書を作成して許可を得ることになる。

(2) 無線回線の机上検討

使用許可が得られた周波数帯により地図上で回線設計を行い、所定の電波強度、信号対雑音比、回線信頼性などを算出した。

(3) ミラーテストによる無線 LAN の回線検討

無線 LAN の周波数は高周波数であり、直進性が高く見通し距離内の伝播となることからミラーテストにより通信の信頼性を検証した。また降雨による減衰や障害物の影響度を考慮して出来るだけマージンを確保した。PMD に設置される無線 LAN は PMD の既設の気象レーダーと運用周波数が近い。このためレーダーよりの干渉障害について計算し、問題のないことを確認した。

(4) 電波伝搬試験による無線回線検討と中継局の検討

イスラマバードからラワルピンディの境界にかけて多くの建物と林があり、電波伝播の障害となる。このためプロジェクトサイト内の確実な電波伝播を確保するために中継局を適切な場所に計画した。中継局の場所選定はプロジェクト関係機関が所有する土地や施設のある場所に限定される。このような条件をクリアーして無線回線系統を検討した。

テレメータサブシステム中継用及び無線 LAN 中継として、RAMC 敷地内の雨量観測局に中継局を併設する計画とした。この計画に従って電波伝播試験及びミラーテストにより実際に必要とする着信電界が確保できることを確認し、計画した全区間が使用可能であることを検証した。回線計算書及び電波伝播試験結果を表 3.5 に示す。

表 3.5 電波伝播試験結果概要

テレメータ回線		402MHz、2W出力、3素子八木、アンテナ高10mで実験				
基地局	対向局	実験値		補正值		
		受信電界	S/N	アンテナ	送信出力	補正後
RAMC	Saidpur	31.5dB/μV	59.4dB	3-ele Yagi	10W	38dB/μV
	Golra	15.0dB/μV	54.0dB	5-ele Yagi	10W	28dB/μV
	Bokra	37.7dB/μV	60.4dB	3-ele Yagi	10W	45dB/μV
	Chaklala (Airport)	42.5dB/μV	60.8dB	3-ele Yagi	1W	48dB/μV
	Kattalian Bridge	16.0dB/μV	52.1dB	5-ele Yagi	10W	29dB/μV
	Gawal Mandi Bridge	11.7dB/μV	39.8dB	5-ele Yagi	10W	24dB/μV
	RAMC		49.0dB	3-stage coliner	10W	+8.0dB/μV
						判定
警報回線		402MHz、2W出力、3素子八木、アンテナ高10mで実験				
基地局	対向局	実験値		補正值		
		受信電界	S/N	アンテナ	送信出力	補正後
TMA Rawalpindi	WP-2	40.3dB/μV	48.0dB	3-ele Yagi	1W	46dB/μV
	WP-3	32.4dB/μV	47.0dB	3-ele Yagi	1W	38dB/μV
	WP-4	38.7dB/μV	48.0dB	3-ele Yagi	1W	44dB/μV
	WP-5	34.4dB/μV	47.60dB	3-ele Yagi	1W	40dB/μV
	WP-6	18.7dB/μV	49.0dB	5-ele Yagi	10W	40dB/μV
	WP-7	36.0dB/μV	55.1dB	3-ele Yagi	1W	42dB/μV
	WP-8	36.0dB/μV	55.1dB	3-ele Yagi	1W	42dB/μV
	WP-9	61.0dB/μV	48.0dB	3-ele Yagi	1W	67dB/μV
	WP-10	36.7dB/μV	59.8dB	3-ele Yagi	1W	42dB/μV
	TMA			3-stage coliner	10W	+8.0dB/μV
						判定
無線LAN回線		ミラーテスト:相互に太陽の反射を確認				
基地局	対向局	見通し		近接障害物		
		見通し	見通し	アンテナ位置高	補正	判定
RAMC	PMD	見通し	見通し	地上高20m	なし	良
	FFC(New building)	見通し	見通し	地上高55m	なし	良
	WASA	見通し	見通し	地上高24m	なし	良
	TMA	見通し	見通し	地上高27m	なし	良

3-2-2-4 サブシステム検討

本プロジェクトの全体システムを水文データ収集サブシステム、データ処理・伝送サブシステム、洪水避難警報サブシステムに区分し、最適システムの検討を行った。

(1) 水文データ収集サブシステム

水文データ収集サブシステムは遠隔地の水文データを収集するテレメータによるもので、そのデータ収集のための回線方式は種々のものがある。パキスタンで実施可能な方式は V-SAT、携帯電話及び無線テレメータ方式などがある。このうち携帯電話方式は洪水などの災害時に通信量が増大し、接続が出来なくなるため防災システムには向いていない。また V-SAT 方式も方式自体の問題は無いが、システムの無停電化などを考慮すると機材コスト、運用費などが高くなる。一方、無線テレメータ方式は、初期投資費が高いがランニングコストが発生しないことから総合的な経済性は高い。また災害時において信頼性の高い回線とリアルタイム性を確保できる。防災システムとして最も安定し信頼性のある回線であり無線テレメータ方式を採用した。

(2) データ処理・伝送サブシステム

パキスタンで実施可能なデータ伝送方式は無線 LAN 方式、ISDN 電話回線、V-SAT などがある。ISDN 電話回線は洪水時に回線の災害罹災のおそれがあり、通話の輻輳による回線不通のおそれがあるため回線の信頼性が劣る。また、回線障害に自力復旧ができないため保守性が劣る。また V-SAT 回線は常時接続の形態のため電源消費が大きく太陽電池などの電源装置の容量が大きくなり価格が高くなる。回線障害に自力復旧ができないため保守性が劣る、などの欠点がある。一方、無線 LAN 方式は高速のデータ伝送が可能であり、かつ専用回線として使用出来るため画像を伴うデータ伝送には最適である。またパキスタンでは 5.7 GHz band が認められており 5～6 Km 程度の短距離回線に降雨減衰を考慮しても使用出来ることから、無線 LAN 方式を採用する。

(3) 洪水避難警報サブシステム

警報サブシステムはリモートコントロールシステムであり、正確な動作が要求される。その目的の為に無線制御、電話回線制御、携帯電話制御などの方式がある。一般公衆電話回線による方式は洪水時に電話線が冠水することで使用不能となる為採用できない。また携帯電話方式はテレメータ方式で述べた同じ理由で洪水時の信頼性が低い為採用できない。従って多くの国で採用している無線回線による制御方式を採用する。無線制御方式は周波数取得申請などの面倒さはあるが、防災システムのためのシステムとして最も安定した回線であり運用コストも安価である。特に放送操作には最適である。

上記の検討の結果、水文データ収集サブシステムには無線テレメータ方式を、データ伝送サブシステムには無線 LAN 方式を、洪水避難警報サブシステムには無線制御方式をそれぞれ採用する。

3-2-2-5 水文テレメータサブシステム機材計画

テレメータシステムは雨量 6 局、水位 2 局よりなり、RAMC の既設 100 フィート鉄塔を使用した中継局を経由してパキスタン気象局（PMD）に設置されるテレメータ監視制御装置によりデータを自動的に収集する。PMD のテレメータ監視制御装置で水文観測データを 10 分、30 分、1 時間おきに自動観測を行う。観測装置は観測指令に応答してデータを返送すると共にイベント起動機能を持ち、降雨開始、注意水位、警戒水位に達したとき自動的に起動要求を監視制御装置に送出する。PMD は起動要求信号を受信すると全局観測を開始する。監視制御装置は 1 時間、3 時間雨量をそれぞれ算出して、水位との相関をチェックし警戒値に達した場合警報を出す。雨量・水位が警戒値に達した場合 PMD の係員の注意を喚起するために可視、可聴の警報を出すための警報表示盤を設置する。警報表示盤は PMD 及びラワルピンディ市役所（TMA）に設置し同じ内容の情報を警報表示盤に表示する。

(1) テレメータ監視制御装置

PMD へ設置予定のテレメータ監視制装置の主要機材の機能を表 3.6 に示す。

表 3.6 テレメータ監視制御装置の機能

機材名	機能（使用目的、主要スペック）	数量
テレメータ監視制御装置	合計 8 局の雨量・水位観測局を一定時間で自動的に呼び出し、受信したデータを FFWS サーバーに格納する。観測局の水位が警戒水位に達した場合には自動的に観測を行い、最新データを取り込む。	1
PC タイプ操作卓	観測局、中継局の制御、データ収集を行うための PC 制御操作卓で、観測局呼び出しは手動、全局自動（10 分、30 分、1 時間間隔）で行う。また中継局の動作状態データを表示する。	1
プリンター	テレメータ観測データ、処理後のグラフィックスなどの印字を行う。	1
400 MHz 無線装置	受信機と送信機からなり監視局よりの指令を観測装置に送り蓄積データを監視局に送信する。	1
アンテナシステム	無線機に接続して中継局との無線回線を形成する。	1
直流電源装置	監視制御装置、無線装置などに直流を供給する。停電時約 10 分間動作する。	1
電源安定化装置・避雷装置	商用電源の電源が不安定なため自動安定電源装置と雷による被害を防ぐための装置を装備する	1
エンジン発電機	最大 48 時間の商用電源の停電に備えて装備する。停電時自動的に運転する。	1
緊急保守車両	洪水時に観測局に不具合が発生した場合、観測局に行き、電話でデータをセンターに連絡する。平常時には観測局の保守車両として利用。	1

(2) 雨量観測局

雨量観測局の機器構成および機能を表 3.7 に示し、機器構成図を図 3.6 に示す。

表 3.7 雨量観測局装置の機能

機材名	機能（使用目的、主要スペック）	数量
テレメータ観測装置	監視局よりの観測指令に従って収集データを送出する。また降雨開始信号を検出して監視局に知らせる。	1
データメモリパック	雨量データのバックアップとして3ヶ月以上のデータをメモリーする。	1
転倒枡雨量計	1 転倒 1 mm の雨量を測定しパルス信号として観測装置に送出する。	1
400 MHz 無線装置	受信機と送信機からなり監視局よりの指令を観測装置に送り蓄積データを監視局に送信する。	1
アンテナシステム	無線機に接続して中継局との無線回線を形成する。	1
太陽電池及び配電盤	バッテリーへの充電を行う。	1
バッテリー	上記装置の電源として無日照7日間の動作を確保する	1

(3) 水位観測局

水位観測局の構成と機能を表 3.8 に列記し、機器構成図を図 3.7 に示す。

表 3.8 水位観測局装置の機能

機材名	機能（使用目的、主要スペック）	数量
テレメータ観測装置	監視局よりの観測指令に従って収集データを送出する。また警戒水位に達すると信号を検出して監視局に知らせる。	1
データメモリパック	水位データのバックアップとして3ヶ月以上のデータをメモリーする。	1
フロート式水位計	1 cm 単位の水位を測定し BCD 信号として観測装置に送出する。	1
スタッフゲージ	水位計井筒に取り付ける水位測定目盛りで目視で水位を観測する。	1
400 MHz 無線装置	受信機と送信機からなり監視局よりの指令を観測装置に送り蓄積データを監視局に送信する。	1
アンテナシステム	無線機に接続して中継局との無線回線を形成する。	1
スタッフゲージ	水位計井筒に装着し水位を目視観測する。	1
太陽電池及び配電盤	バッテリーへの充電を行う。	1
バッテリー	上記装置の電源として無日照7日間の動作を確保する	1

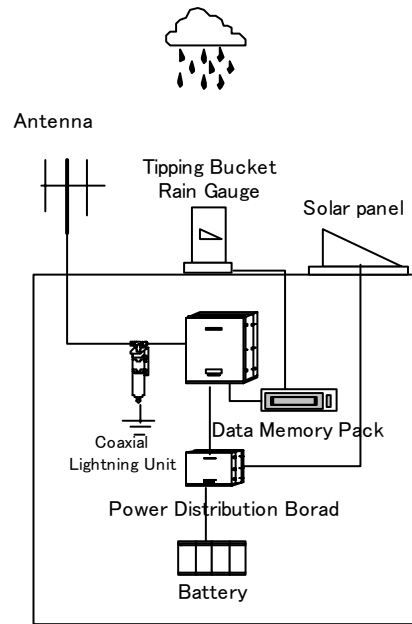


図 3.6 雨量観測局の構成

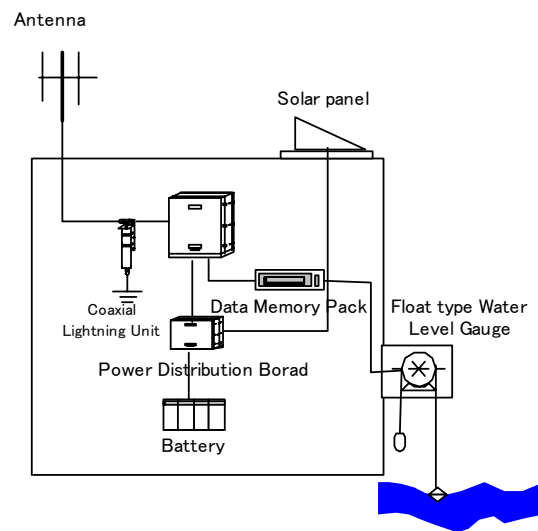


図 3.7 水位観測局の構成

(4) 中継局

ラワルピンディ農業気象センター（RAMC）に設置される中継局はテレメータ中継、無線 LAN 中継及び雨量観測装置で構成される。中継局装置の機能を表 3.9 に、RAMC テレメータ・無線 LAN 中継局の構成を図 3.8 に示す。

表 3.9 中継局装置の機能

機材名	機能（使用目的、主要スペック）	数量
テレメータ無線中継装置	テレメータ監視制御局と観測局間の電波を中継し、観測データを正しく伝送する。また中継装置の状態データを監視制御局に伝送する。送受信機は2台方式とし送信機故障時には自動的に予備送信機に切り替わる機能を持つ。	1
400 MHz 無線装置	受信機と送信機からなり監視局よりの指令を観測装置に送り観測局の蓄積データを監視局に送信する。	2
アンテナシステム	無線機に接続して中継局との無線回線を形成する。	2
5.7 GHz 無線 LAN DU 装置	PMD の無線 LAN 出力を受信し、モニター局に中継する。1 対 1 中継のため 4 方向に無線 LAN ODU が必要になる。	4
アンテナシステム	上記 ODU に接続して回線を形成する。	4
テレメータ観測装置	監視局よりの観測指令に従って収集データを送出する。また降雨開始信号を検出して監視局に知らせる。	1
データメモリパック	雨量データのバックアップとして3ヶ月以上のデータをメモリーする。	1
転倒枴雨量計	1 転倒 1 mm の雨量を測定しパルス信号として観測装置に送出する。	1
直流電源装置	商用電源によりバッテリーへの充電を行う。	1
バッテリー	上記装置の電源として停電時3日間の動作を確保する	1

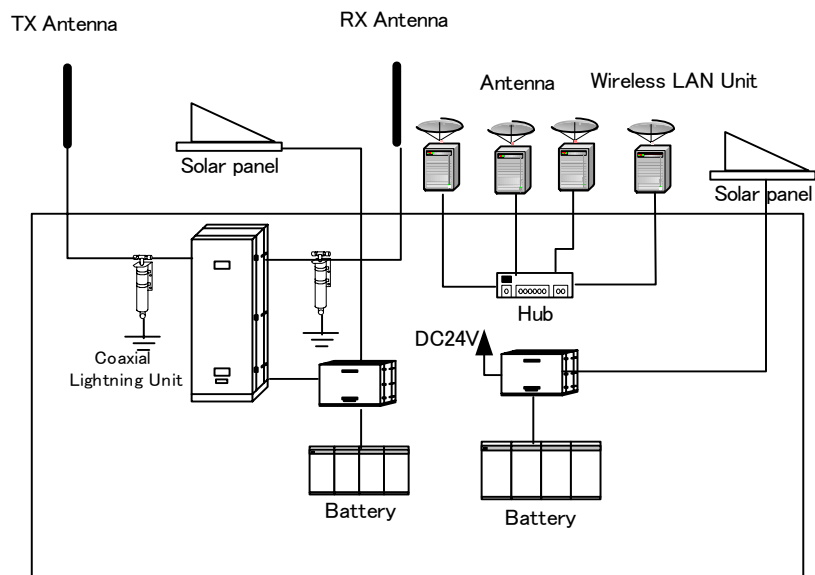


図 3.8 RAMC テレメータ・無線 LAN 中継局の構成

3-2-2-6 データ処理伝送サブシステム機材計画

データ処理伝送サブシステムは PMD に設置されるデータ処理装置、FFC 及び WASA に設置される洪水情報モニター装置、及びそれらを接続する無線 LAN 回線より構成される。

(1) データ処理装置

PMD のテレメータ監視制御装置と併設されるデータ処理装置の機能を表 3.10 に示し、その機器構成図を図 3.9 に示す。水文観測データのデータベース作成、データ処理を行う。

表 3.10 データ処理伝送装置の機能

機材名	機能（使用目的、主要スペック）	数量
データ処理システム装置	FFWS サーバー：収集データの編集、格納、処理を行う。	1
	ウェブサーバー：処理データをウェブ情報としてモニター局に伝送する。	1
	クライアント PC：データ処理、プログラム作成など	1
	ネットワーク機材：上記機材のネット接続機器	1
	プリンター等周辺機器	1
情報表示装置	FFWS サーバーで処理した帳票、画面、グラフィックスなどを大型プラズマディスプレイに表示する。	1
5.7 GHz 無線 LAN 装置	ウェブサーバーに蓄積された洪水情報をモニター局に配信するための無線 LAN システム。IP 電話を含む。	1
UPS	サーバー、PC などの電源保護のための電源装置	5

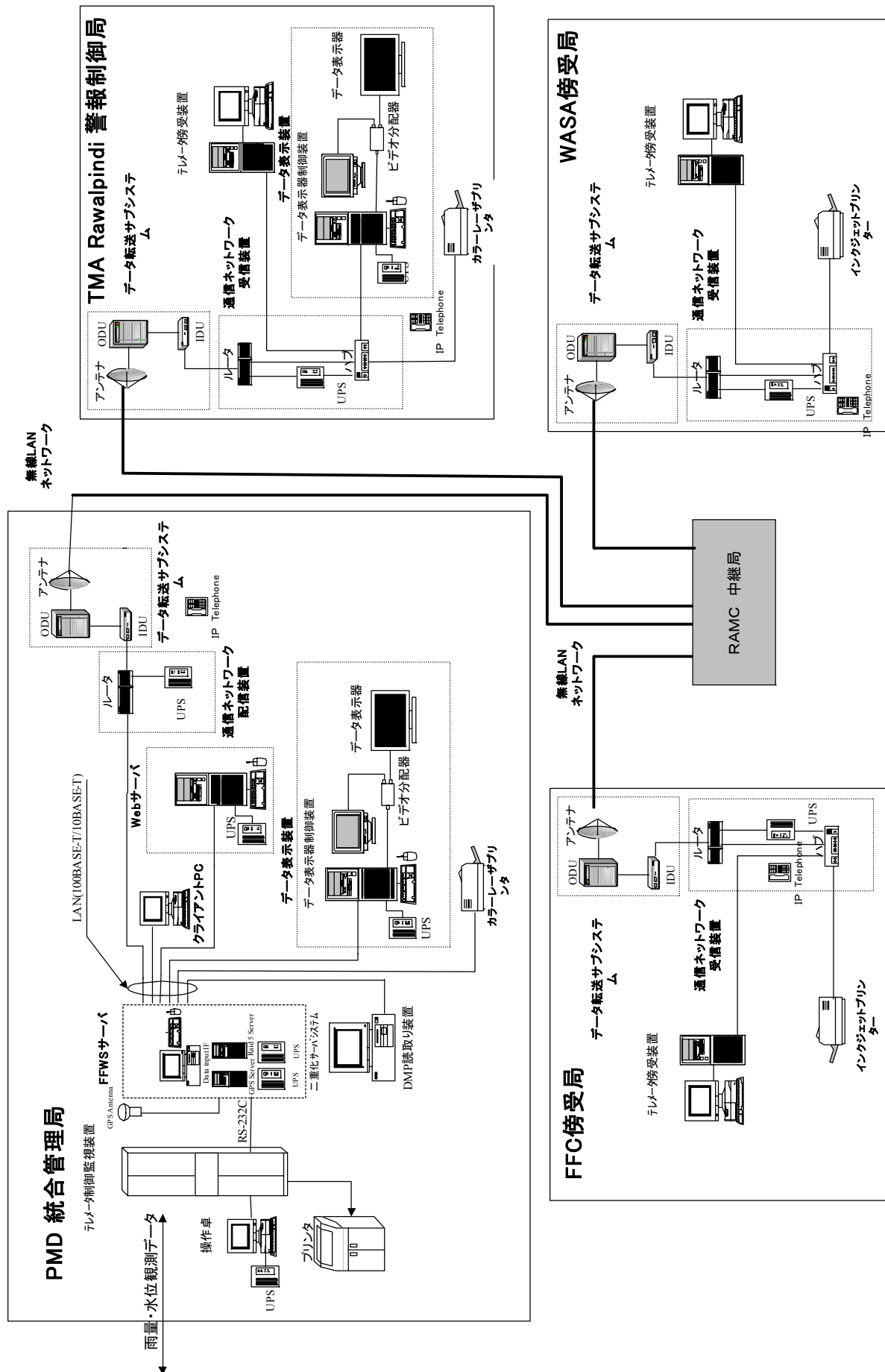


図 3.9 データ処理システムハードウェアの構成

(2) 洪水情報モニタリング装置

洪水情報モニタリング装置を FFC 及び WASA に設置する。また同等の装置を TMA の洪水避難警報制御監視局に設置する。洪水情報は PMD の WEB サーバーに蓄積されており、必要に応じて各モニタリング局がその情報にアクセスする。なお PMD WEB サーバーと各モニター局は無線 LAN により個別に接続されているため、一度接続すると 10 分ごとに更新される洪水情報をリアルタイムにモニターできる（表 3.11 を参照）。

表 3.11 洪水情報モニタリング装置の機能

機材名	機能（使用目的、主要スペック）	数量
5.7 GHz 無線 LAN 装置	PMD の WEB サーバーと接続し、洪水情報を送受するための装置。IP 電話を含む。	1
アンテナ装置	最大 7 Km の距離の電波伝播に必要なアンテナ装置を装備。	1
クライアント PC	PMD の WEB サーバーと接続し、洪水情報にアクセスし、情報を表示するパソコン。	1
UPS	上記装置の短時間停電時に電圧を供給する。	3
空調設備	モニタールームの機材保全のため安定した室温を保つ。	1

3-2-2-7 洪水避難警報サブシステム機材計画

ラワルピンディ市（TMA）防災管理室に設置する警報制御監視装置は主としてライスラー川に沿って建設される 10 局の洪水避難警報局を制御・監視する。TMA は PMD の洪水情報を受信すると TMA の洪水運用基準に従って洪水警報や避難警報の警報を洪水避難警報監視制御装置により送出する。この警報指令に基づき警報局は以下のパターンのサイレンを吹鳴する。地域住民がサイレン音の意味を容易に判断できるよう簡潔なパターンとする。

- － 洪水警報の場合：吹鳴 10 秒、休止 5 秒を 5 回繰り返す。
- － 避難警報の場合：吹鳴 50 秒、休止 10 秒を 5 回繰り返す。
- － 警報解除の場合：サイレン吹鳴は行わず洪水危険が去った事を放送で周知する。

警報局制御は流域面積が狭いため基本的に全局一斉制御とするが、個別順次制御、個別制御の機能も持たせることで、各種の洪水形態に対応できることとした。

すべての警報局が市街の周密地にあり、周辺に 10 メートルを越す建物がある。このため場所によってサイレンやスピーカーの音達距離をできるだけ広げるため 15 メートルのポールをたて、地上高 10 メートルあたりにサイレンを 14 メートル周辺にスピーカーを設置する計画とした。サイレン警報の場合での音達距離は半径 500m を計画している。又洪水時に停電が発生した場合、サイレンを駆動できなくなる。この場合内蔵するアンプにより擬似サイレン音（サイレン音と同等の 560 Hz）をスピーカーより放送することで警報を発令する。

(1) 防災管理室

防災管理室（洪水避難警報制御監視局）の主要機材と機能を表 3.12 に示す。

表 3.12 防災管理室主要機材の機能

機材名	機能（使用目的、主要スペック）	数量
警報制御監視装置	監視局よりの制御指令に従ってサイレンの吹鳴を行う。また動作状態データを警報局から収集し操作コンソールでの表示、プリンターで印字する。	1
操作コンピュータ	警報局を制御する PC タイプのコンソールで、局選択、サイレンパターンの指定、放送、など警報局制御監視に必要な項目の操作を行う。	1
プリンター	操作記録をとるためのプリンター	1
警報装置 （拡声装置含む）	WP-1 として警報装置を警報制御監視局に装備する。	1
サイレン及び制御盤	TMA 屋上に設置し警報装置によりサイレンを制御する。	1
スピーカー	TMA 屋上に設置し警報装置により停電時擬似サイレン音を放送する。	1
集音マイク	実際にサイレンまたはスピーカーよりの音を集音し、その音を動作確認のため制御監視局に返送する。	1
警報回転灯	洪水避難警報発令以降警報解除まで点灯し、警報発令中であることを示す。	1
400 MHz 無線装置	受信機と送信機からなり監視局よりの指令を観測装置に送り蓄積データを監視局に送信する。	1
アンテナシステム	無線機に接続して制御局との無線回線を形成する。	1
直流電源装置	商用電源によりバッテリーへの充電を行う。	1
バッテリー	上記装置の電源として停電 3 日間の動作を確保する	1
非常用エンジン発電機	停電の際上記装置に最大 48 時間電源を供給し動作を確保する。	1
空調設備	モニタールームの機材保全のため安定した室温を保つ。	1
緊急保守車両	洪水時に警報局に不具合が発生した場合、警報局に行き、周辺住民にサイレンやスピーカーで警報を周知する。平常時には警報局の保守車両として利用。	1

(2) 警報局

警報局の主要機材と機能を表 3.13 に列記し、機器構成図を図 3.10 に示す。

表 3.13 警報局主要機材の機能

機材名	機能（使用目的、主要スペック）	数量
警報装置 （拡声装置含む）	警報制御監視局よりの指令によりサイレン吹鳴、放送、点検などの動作を行う。	1
サイレン及び制御盤	警報装置に接続しサイレン吹鳴を行う。	1
スピーカー	停電時擬似サイレン音にて警報を発令する。	1
集音マイク	実際にサイレンまたはスピーカーよりの音を集音し、その音を動作確認のため制御監視局に返送する。	1
警報回転灯	洪水避難警報発令以降警報解除まで点灯し、警報発令中であることを示す。	1
400 MHz 無線装置	受信機と送信機からなり監視局よりの指令を観測装置に送り蓄積データを監視局に送信する。	1
アンテナシステム	無線機に接続して制御局との無線回線を形成する。	1
直流電源装置	商用電源によりバッテリーへの充電を行う。	1
バッテリー	上記装置の電源として停電 3 日間の動作を確保する	1

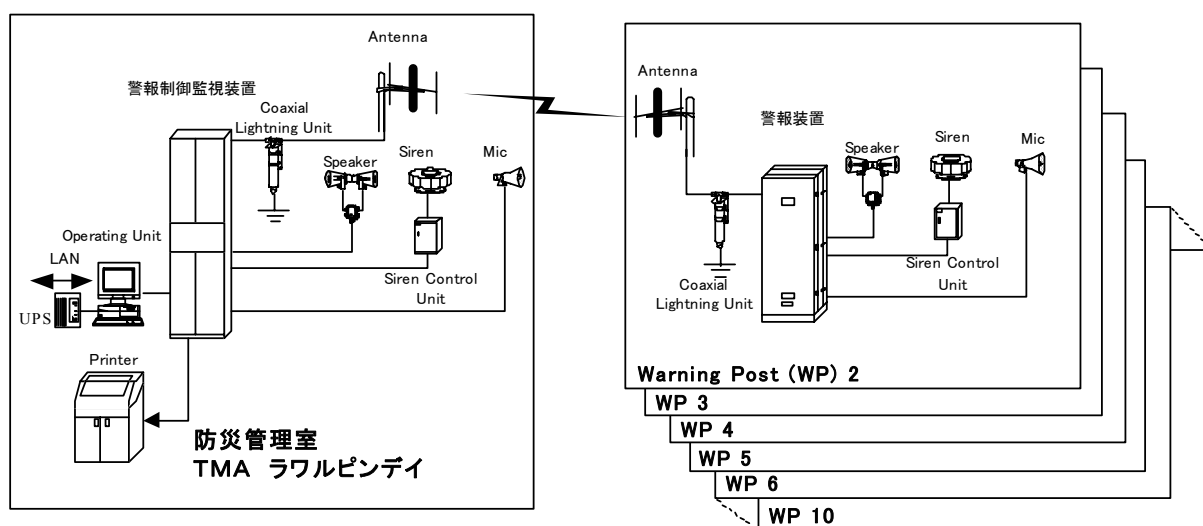


図 3.10 警報システム概念図

3-2-2-8 維持管理用資機材

維持管理用資機材としては、緊急車両および調達機材の維持管理を行うための測定器、交換予備品がある。

(1) 緊急保守車両

緊急保守車両は維持管理用および警報支援パトロールカー用にパキスタン気象局（PMD）およびラワルピンディ市役所（TMA）へ各 1 台調達する。これらの車両は目的以外で利用することの無いよう車体を赤色塗装し、プロジェクト名やロゴなどを目立つように表記する。表 3.14 に緊急保守車両の機能および数量を示す。

表 3.14 緊急保守車両の機能

機材名	機能（使用目的、主要スペック）	数量
緊急保守車両	<p>洪水期に観測局などで重大な不具合が生じデータが取れないときなどに出動してデータのバックアップなどを行う。</p> <p>洪水時に警報局に不具合が発生した場合、警報局に行き、周辺住民に警報を周知する。</p> <p>平常時は機器の維持管理のために使用する。</p> <p>ラワルピンディ市内は極めて狭い道路が多く、大型車では立ち入ることが出来ないため、小型の 4WD とする。</p> <p>洪水時の夜間緊急通行のため、サイレン、拡声装置、サーチライトなどを装備する。</p>	2

(2) 測定機器

実施機関職員による簡易な維持管理を行うために最低限必要な測定器を調達する。実施機関職員による点検は、無線機の出力、低周波レベルのチェック、電源電圧、電池電圧など電子技術の知識がなくても訓練を行えば出来る点検に留める。この測定器は水文データ収集サブシステムの維持管理を担当する PMD と洪水警報サブシステムの維持管理を担当する TMA にそれぞれ 1 式ずつ調達する。表 3.15 に主要測定機器の機能および数量を示す。

表 3.15 主要測定機器の機能

機材名	機能（使用目的、主要スペック）	数量
通過型電力計	<p>無線機の高周波数の出力測定を行う。</p> <p>測定周波数範囲：50～500 MHz、測定電力：0～30 W</p>	2
レベル測定器 （対向用：1 ペア）	<p>無線機の低周波数の出力測定を行う。</p> <p>測定周波数範囲：200 Hz～10 kHz、 発振周波数：200 Hz～9.99 kHz（10 Hz ステップ）。</p>	2
ポータブル発動機 および充電器	<p>テレメータ、警報局のバッテリーが過放電した場合、バッテリーの充電を行う。12V 型はテレメータ観測器と警報器に使用し、24V 型は無線 LAN に使用する。</p>	2

(3) 交換予備品

日本より調達される主要機材の交換予備品を調達する。主要機材に不具合が発生した場合、前述の主要機材（装置）のユニット（基板）や損傷を生じやすい主要機材を交換し復旧する。
表 3.16 に前述の主要機材に関連した主要交換予備品名を記述する。

表 3.16 主要交換予備品の機能

関連主要機材名	主要交換予備品	数量
水文データ収集サブシステム	テレメータ監視装置主要ユニット、テレメータ中継装置主要機材、観測装置主要機材、雨量計、水位計シャフトエンコーダ、テレメータ用 UHF 無線機	1
データ処理・伝送サブシステム	ルータ、ハブ、無線 LAN ユニット	1
洪水避難警報サブシステム	警報制御監視装置主要ユニット、警報装置主要ユニット、無線機、スピーカー、警報装置用音声増幅器 100W	1

3-2-2-9 施設計画

新しく建設される施設は、雨量観測局 2 ヲ所、水位観測局 2 ヲ所、警報局 9 ヲ所である。これらの施設は、2001 年 7 月洪水の洪水規模（100 年確率規模）に対し安全となるよう計画する。したがって、シミュレーションによる 100 年確率の洪水氾濫水位と、聞き取り調査による既往最大高水位を比較し、高い方の水位より高く各局舎を設置する。

水位計は河道内に水位塔を設置するため、日本の河川構造令を満足するように計画高水位に余裕高 1.2m を考慮して局舎を設置する。

以下に新設施設の施設計画を示す。

(1) 雨量観測局

(a) ゴルラ雨量観測局

設置予定場所は道路脇の窪地で、調査時点では水溜りとなっている。したがって、観測局の設置にあたり盛土による整備が必要である。この盛土整備は現地負担で行う。1995 年の洪水時には 1.2m まで水に浸かったことから床の高さを 1.2m とする。また、保安面上、管理人が常駐する必要があるため管理人室・トイレ・キッチン・廊下を設置する。

局舎の施設計画は表 3.17 のとおりである。

表 3.17 ゴルラ雨量観測局の施設計画

項目	計画内容
平面計画	機材の保守性を考慮し、幅 2m、奥行 2m が必要
設備計画	換気用通気口、採光用ガラスブロック、屋上点検用タラップ
建築資材計画	鉄筋コンクリート造、モルタル仕上げブリック壁

(b) ボクラ雨量観測局

ゴルラ雨量観測局と同様に、保安面上、管理人を常駐させる必要がある。そのため、雨量計局舎の他に、管理人室・トイレ・キッチン・廊下を設置する。

局舎の施設計画は表 3.18 のとおりである。

表 3.18 ボクラ雨量観測局の施設計画

項目	計画内容
平面計画	機材の保守性を考慮し、幅 2m、奥行 2m が必要
設備計画	換気用通気口、採光用ガラスブロック、屋上点検用タラップ
建築資材計画	鉄筋コンクリート造、モルタル仕上げブリック壁

(2) 水位観測局

(a) カタリアン橋水位観測局

設置予定場所はライヌラー川に現在建設中の橋脚から下流 35m の左岸に位置している。右岸側には河川管理用の道路がなく、また、周辺は川縁まで民有地となっているために河川管理用道路のある左岸側を選定した。また、本水位塔が洪水の流下に影響を及ぼさないように河岸から 15m 離して建設する。局舎へは管理橋と回り階段を通じてアクセスする。機材の保安上の安全性を考えて河岸上の回り階段下部と鉄塔をフェンスで囲む。

局舎・水位塔の施設計画は表 3.19 のとおりである。

表 3.19 カタリアン水位観測局の施設計画

項目	計画内容
局舎平面計画	水位塔径および機材の保守性を考慮し、幅 2.5m、奥行 2.5m が必要
護岸工の施工範囲	水位塔の上流および下流 10m の区間
護床工の施工範囲	水位塔周辺 10m
水位塔断面計画	管理人が点検や維持管理のために中に入ることを考慮し、内空径 90 cm が必要
水位塔構造計画	計画高水位 EL.505.6 m、計画高水位流速 4.8 m/sec 通常時水位 EL.495.0 m、通常時流速 0.8 m/sec 設計震度 0.075 g
局舎設備計画	換気用通気口、採光用ガラスブロック、屋上点検用タラップ
局舎建築資材計画	鉄筋コンクリート造、モルタル仕上げブリック壁

(b) ガワルマンディ橋水位観測局

設置予定場所は既設ガワルマンディ橋から下流 35m の右岸側河岸である。左岸側は河

川湾曲の水衝部にあたるので右岸側を選定した。また、本水位塔が洪水の流下に影響を及ぼさないように河岸から 15m 離して建設する。局舎は管理橋と回り階段を通して河岸に通じる。機材の保安性を考えて、河岸上の回り階段下部と鉄塔をフェンスで囲む。

局舎・水位塔の施設計画は表 3.20 のとおりである。

表 3.20 ガワルマンディ水位観測局の施設計画

項目	計画内容
局舎平面計画	水位塔径および機材の保守性を考慮し、幅 2.5m、奥行 2.5m が必要
護岸工の施工範囲	水位塔の上流および下流 10m の区間
護床工の施工範囲	水位塔周辺 10m
水位塔断面計画	管理人が点検や維持管理のために中に入ることを考慮し、内空径 90 cm が必要
水位塔構造計画	計画高水位 EL.498.3 m、計画高水位流速 3.7 m/sec 通常時水位 EL.488.7 m、通常時流速 0.7 m/sec 設計震度 0.075 g
局舎設備計画	換気用通気口、採光用ガラスブロック、屋上点検用タラップ
局舎建築資材計画	鉄筋コンクリート造、モルタル仕上げブリック壁

(3) 警報局 WP-2 から WP-10

2001 年の洪水時には、これらの警報局の設置場所はかなりの高さまで水に浸かったことから基本的に高床式の局舎とする。各警報局の床の高さは以下のとおりである。機材の保安上の安全性を考慮してフェンスで警報局と鉄塔を囲む。

表 3.21 に警報局 WP-2 から WP-10 のの床高を示す。警報局の施設計画の条件を表 3.22 に示す。

表 3.21 警報局（WP-2 から WP-10）の床高

警報局	場所	床の高さ (m)
WP-2	Christian Colony Arra Muhallah	4
WP-3	Treatment Plant near MC Dispensary	6
WP-4	Ratta Amral Bridge	2
WP-5	Back of Tube Well, Gunj Mandi Bridge	4
WP-6	Tube Well near Pir Wdhai Bridge	7.5
WP-7	Pir Wadhai Fire Brigade	1
WP-8	Park, Section IV-B Khayalean	1
WP-9	Gawal Mandi Children Park	5
WP-10	Government Middle School, Dhoke Chiraghadin	5

表 3.22 警報局（WP-2 から WP-10）の施設計画

項目	計画内容
平面計画	機材の保守性を考慮し、幅 2.5m、奥行 2.5m が必要
構造計画	設計震度 0.075g
設備計画	換気用通気口、採光用ガラスブロック
建築資材計画	鉄筋コンクリート造、モルタル仕上げブリック壁

3-2-3 基本設計図

3-2-3-1 機材設計

(1) パキスタン気象局（中央洪水予警報管理局）

テレメータ監視制御装置及びデータ処理装置を主体とする機材で構成され、PMD のライブラリービルの 2 階をほぼ半分に仕切り設置する。機材を高温から守るために空調設備を装備する。予定地の周辺図及び機材の配置は添付の参考図面に示す。転倒杓雨量計はこのビルの屋上に設置する。テレメータ用 UHF アンテナと無線 LAN Out Door Unit (ODU) は、気象レーダーアンテナドームのある屋上に据え付け、ここから機器室まで引き込む。また非常用発電機は既設気象レーダーの発電機室に装備する。商用電源はこの発電機室にある分電盤より分岐して 2 階の機器室まで新たに引き込む。

(2) テレメータ雨量観測局

雨量観測局には雨量観測装置、データ記憶装置 (DMP)、バッテリーなどを新設又は既設局舎に設置する。電源は原則太陽電池を使用する。取り付け詳細は表 3.23 の通りである。添付の参考図面に機器配置図を示す。

表 3.23 雨量観測局の機材計画

雨量局名	機材設置場所	アンテナマスト・ポール	太陽電池・雨量計の設置場所
Saidpur	Saidpur 地震観測所（既設）	高さ 7 メートルのアンテナポールは建物北側の壁に沿って設置	地震センサーのある建物の屋上
Golra	獣医院に隣接する敷地に局舎を新設	高さ 10 メートルの鋼版組柱アンテナマストを敷地内に建設	新設局舎屋上
Bokra	公立の土木機材訓練学校敷地内に局舎を新設	高さ 15 メートルのアンテナマストを敷地内に建設	新設局舎屋上
RAMC	PMD の RAMC 敷地内にある既設測候所内	中継装置に有線接続	既設建物屋上
Chakrara	空港ターミナルビル内の PMD 空港事務所	高さ 4 メートルのアンテナポールは屋上の建物に沿って据付け	空港ターミナルビルの屋上
PMD Islamabad	パキスタン気象局（PMD）ライブラリービル 2 階	監視装置に有線接続	ライブラリービル屋上に設置

(3) テレメータ水位観測局

(a) カタリアン橋水位観測局

水位観測装置、DMP、バッテリーなどは新設する観測局舎内に設置する。太陽電池パネルは新設する局舎の屋上に設置する。また高さ 15 メートルの鋼版組柱アンテナマストを河川敷地内に建設し、アンテナ、避雷針などを取り付ける。添付の参考図面に敷地図、機器配置などを示す。

(b) ガワルマンディ橋水位観測局

水位観測装置、DMP、バッテリーなどは新設する観測局舎内に設置する。太陽電池パネルは新設する局舎の屋上に設置する。また高さ 15 メートルの鋼版組柱アンテナマストを河川敷地内に建設し、アンテナ、避雷針などを取り付ける。添付の参考図面に敷地図、機器配置などを示す。

(4) 中継局（RAMC）

中継局は PMD 所有のラワルピンディ農業気象センター（RAMC）内に設置する。中継装置、直流電源装置、バッテリーなどを RAMC 既設局舎内に据え付ける。UHF アンテナ及び無線 LAN 外部装置（Outdoor unit: ODU）は、既設 100 フィート鉄塔に取り付ける。アンテナ位置が高いためアンテナケーブルは低損失型のケーブルを使用し、損失を押さえる。また無線 LAN ODU には電源供給ケーブルも組み込んだイーサネット複合ケーブルを使用する。この部屋に機材を高温から守るために空調設備を装備する。商用電源は既設分電盤に今回分の分電盤を取り付け分岐する。敷地図、機器配置図を添付の参考図面に示す。

(5) 洪水モニター局

(a) FFC モニター局

現在の連邦洪水委員会 (FFC) は、2005 年 8 月までにイスラマバード市ブルーエリアにある Sheheed-e- millat building に移転する予定である。このビルの 13 階にクライアント PC などの機器を据え付ける。無線 LAN ODU は、屋上のエレベータ機械室屋上に沿って 7 メートルのアンテナポールを据付け、それに取り付ける。無線 LAN ODU には電源供給ケーブルも組み込んだイーサネット複合ケーブルを使用する。地上高が 30 メートルを超えるためアンテナポールの先端には航空障害灯を設置する。添付の参考図面にビル 13 階のフロア-レイアウト、機器配置図を示す。この部屋に機材を高温から守るために空調設備を装備する。商用電源は 13 階の分電盤から分岐する。

(b) WASA モニター局

ラワルピンディにある上下水道局 (WASA) の附属建物の 2 階にモニター室を設け、クライアント PC などを据え付ける。無線 LAN ODU は屋上に 11 メートルのアンテナポールを据付け、それに取り付ける。無線 LAN ODU には電源供給ケーブルも組み込んだイーサネット複合ケーブルを使用する。添付の参考図面にビルのフロア-レイアウト、機器配置図を示す。商用電源は 2 階の分電盤から分岐する。

(6) ラワルピンディ市防災管理室

ラワルピンディ市庁舎の 2 階の部屋を防災管理室とし警報監視制御装置、モニター装置、電源などを装備する。この局には警報局 WP-1 を併設するため、警報設備の警報装置やサイレン制御盤なども設置される。屋上に高さ 11 メートルの自立アンテナポールをエレベータ機械室跡の壁に沿って設置する。このアンテナには警報用アンテナ、無線 LAN ODU 及び既設 VHF アンテナを設置する。またアンテナポール先端には避雷針を装備し落雷被害を防ぐ。このポールは地上高が 30 メートルを超えるため、アンテナポールの先端には航空障害灯を設置する。また屋上にはモーターサイレンやスピーカーなどを設置する。商用電源は付近の柱上トランスから直接屋上へ取り込みエレベータ機械室外壁に電力計を取り付ける。この電力計設置はラワルピンディ市役所 (TMA) が行う。使用していないエレベータ機械室をエンジン発電機室として使用し、分電盤を設け外部電力計に接続し、電力を取り入れる。添付の参考図面に屋上見取り図、機器据付図などを示す。

(7) 洪水避難警報局

すべての警報局は TMA 所有地に新設局舎を建設する。局舎内には警報装置、サイレン制御盤、直流電源装置などを装備する。敷地内に高さ 15 メートルの鋼板組柱を建柱し最上部に避雷針を取り付ける。その下にアンテナと 4 個のスピーカーを取り付ける。商用電源は局舎近くの柱上トランスから局舎に引き込む。このトランスから局舎の壁に取り付ける電力計までの工事はパキスタン側で実施する。各局の詳細は表 3.24 の通りである。添付の参考図面に敷地図、機器据付図などを示す。

表 3.24 洪水避難警報局の機材計画

警報局名	機材設置場所	サイレン取り付け位置
WP-1	ラワルピンディ市役所（TMA）建物内	屋上に設置
WP-2	Christian Colony Arra Muhallah の敷地内	新設局舎屋上に設置
WP-3	上下水道局（WASA）所有の Water Treatment の敷地内	新設局舎屋上に設置
WP-4	Ratta Amral 橋の TMA 所有地	地上高 14m に設置
WP-5	Gunj Mandi 橋の TMA 所有地	新設局舎屋上に設置
WP-6	Pir Wadhai 橋の舗道上の空き地（TMA 所有地）	新設局舎屋上に設置
WP-7	Pir Wadhai の消防署敷地内（TMA 所有地）	地上高 14m に設置
WP-8	Sector IV-B にある Khayaban Park 敷地内（TMA 所有地）	地上高 14m に設置
WP-9	Gawal Mandi にある Children's Park 敷地内 （ラワルピンディ・カントウメント管理地）	新設局舎屋上に設置
WP-10	Dhoke Chiraghdin の Government Middle School 敷地内	新設局舎屋上に設置

3-2-3-2 施設設計

(1) 雨量観測局

ゴルラ雨量観測局とボクラ雨量観測局が新しく建設される。局舎の大きさは床幅 2m、床奥行 2m、高さ 2.5m で、局舎には換気用通気口、採光用ガラスブロック、屋上点検用タラップが設置される。なお、設備の保安面上、両雨量観測局には管理人が常駐する必要がある。そのため、管理人室、トイレ、キッチン、廊下などが設置されるが、これらはパキスタン国側の負担事項である。両雨量観測局の平面図、立面図、断面図を添付の参考図面に示す。

(2) 水位観測局

カタリアン橋水位観測局とガワルマンディ橋水位観測局が新しく建設される。これら観測局の主要な施設は、水位観測塔基礎（場所打ち杭、基礎フーチング）、水位観測塔躯体（中空円筒躯体）、局舎（水位観測塔上局舎、管理橋、回り階段）、護岸（石積）、護床（ふとん籠）である。局舎の大きさは幅 2.5m、奥行 2.5m、高さ 2.5m で、局舎には換気用通気口、採光用ガラスブロック、屋上点検用タラップが設置される。両水位観測局の平面図、縦断図、構造図を添付の参考図面に示す。

(3) 警報局

警報局 WP-2 から WP-10 までの 9 警報局が新しく建設される。局舎の大きさは幅 2.5m、奥行 2.5m、高さ 2.5m で、局舎には換気用通気口と採光用ガラスブロックが設置される。また、局舎の床高さは 1m から 7.5m である。警報局 WP-2 から WP-10 までの平面図、立面図、断面図を添付の参考図面に示す。

3-2-4 施工計画/調達計画

3-2-4-1 施工方針/調達方針

機器の施工および調整作業には特殊な技術を要するため、日本から技術者を派遣して指導、実施する必要がある。現地での資機材の調達および機器の据付工事等に対しては現地の事情に明るい現地施工業者および建設業者等を活用し、業務の効率化を図るものとする。

新しく建設される施設は雨量観測局 2 ヲ所、水位観測局 2 ヲ所、警報局 9 ヲ所、合計 13 ヲ所と数が多く、かつ広い範囲に散らばって位置している。機材の据付はこれらの施設が完成した後に行われるので、施設の建設には工程の厳守が求められる。さらに、水位観測局はライヌラー川の河道内に設置され、洪水時には激流にさらされる。そのため、洪水時の倒壊を回避するためには高品質の施工が要求される。

このように工程を厳守しつつ高品質の施工を実現するためには、施工業者は工程管理と品質管理を厳密に行うことが求められ、日本の施工業者による施工が必要である。

パキスタン側の本事業に対する実施体制は、施工段階と維持管理段階に大別され、それぞれの段階によって実施体制が組織されている。

施工段階の実施体制は、連邦洪水委員会（FFC）がまとめ役となり、実際のテレメータ観測装置やデータ処理・伝送システムの施工および運用を担当するパキスタン気象局（PMD）と警報システムの運用を担当するラワルピンディ市役所（TMA）が監理する。

3-2-4-2 施工上/調達上の留意事項

イスラマバードは、パキスタンの首都でありビルが建ちならび道路建設、住宅建設が盛んに行なわれており、建設業界の発展ぶりが伺える。特に本事業の施工場所であるカタリアン橋においては、現在架橋工事が行なわれており、また、FFC モニター局の新しい移転先においても、火災後の普及工事が実施されている状況にある。建設資材の調達および施工については特に問題ないと考えられる。

一方、通信システムの施工およびその維持管理に関しては、イスラマバードにはコンピュータシステムや無線システムのシステム設計、販売、施工、保守業務等を受注し実施できる企業が存在するため、日本人技術者の指導のもと、本事業の内容を遂行できる能力は充分持っている。また、日本と比較して、現地状況における慣習の違いや特殊工法の必要性、法規上の制限等で特筆する点は見当たらない。

主要資機材が本邦調達であり、かつシステムの総合動作の検証が必要であるため、据付工事は現地通信システム工事会社を下請けとして雇用し、日本人の監督の下で行う。また調整検査に関しては、それぞれ専門の技術者が必要期間現地で行い、システム総合の性能を検証する必要がある。この業務を実施できる現地会社を調査し、能力のあることを確認した。

受注業者と提携して通信機材の現地据付工事、無償保障期間の保守サービス及び有償保守期間のパキスタン実施機関との保守契約による保守サービスを実施できる現地会社が 3 社以上あることを確認している。

なお、カタリアン・ガワルマンディ橋の両水位観測局は、ライヌラー川の河道内に設置される。これら水位観測局の基礎には直径 762 mm の杭（カタリアン 18m x 4 本、ガワルマンディ

15m x 4 本) が使用される。両水位観測局は住宅密集地に近接しているため、杭の打ち込みによる騒音・振動を避ける必要がある。これにより、場所打ち杭を採用する。

また、掘削機・トラッククレーン・ダンプトラックなどの建設機械は、イスラマバード市内のリース業者より調達が可能である。

3-2-4-3 施工区分/調達・据付区分

本事業におけるわが国とパキスタン国の施工区分/調達・据付区分を表 3.25 に示す。また、ゴルラ・ボクラ雨量観測局の工事分担境界を添付の参考図に示す。

表 3.25 施工区分/調達・据付区分表

区分	項目	日本側	パキスタン側
施工	1 雨量観測局（ゴルラ、ボクラ）の機材用局舎	○	
	2 雨量観測局（ゴルラ、ボクラ）の機材用局舎を除く部分 ゴルラ観測局の敷地整備		○
	3 水位観測局（カタリアン橋、ガワルマンディ橋）の水位塔、局舎、管理橋、回り階段、護岸工、護床工	○	
	4 警報局（WP-2 から WP-10）の局舎、回り階段	○	
	5 警報局（WP-2 から WP-10）と水位観測局（カタリアン橋、ガワルマンディ橋）のフェンス		○
	6 TMA 屋上オイルタンクの囲い		○
調達	1 テレメータシステム機器	○	
	2 データ伝送システム機器	○	
	3 警報システム機器	○	
	4 無線 LAN	○	
	5 パーソナルコンピュータおよび周辺機器	○	
	6 発動発電機、UPS、太陽電池等	○	
	7 プラズマディスプレイ、IP 電話等	○	
	8 緊急車両	○	
据付	1 機器据付工事	○	
	2 アンテナマスト建柱工事（鋼板組柱、鋼管柱、基礎工事を含む）	○	
	3 TMA 防災管理室のため、TMA 敷地内の柱上トランスより単相 AC220V を TMA 建物屋上まで約 50m 引き込み、屋上の壁に電力計を取り付ける。		○
	4 WP-2～WP-10 までの洪水避難警報局の商用電源を周辺（約 50m）の柱上トランスより新設局舎まで引き込み建物の壁面に電力計を取り付ける。		○

3-2-4-4 施工監理計画/調達監理計画

業者契約の後、乾期を中心とした 7 ヶ月間で施設の建設を行う。施設の建設は、雨量観測局 2 ヶ所、水位観測局 2 ヶ所、警報局 9 ヶ所、合計 13 ヶ所である。

施設の完成後、約 6 ヶ月をかけて機材の開梱・搬入・据付から検収・引渡しまでを行う。設置するシステムは、水文データ収集サブシステム、データ処理・伝送サブシステム、洪水避難警報サブシステムから構成される。

コンサルタントはこれら多数の施設の建設とシステムの構築に対し、適切な工程管理、品質管理、出来高管理が実施されているかの調達・施工監理を実施する。コンサルタントは工場立会い検査と梱包検査を行うとともに、船積み前検査については第三者機関による検査を行う。以上を踏まえ、コンサルタントの監理体制を表 3.26 のように設定する。

表 3.26 施工/調達監理体制表

担 当		常駐／ スポット	業務内容	採用理由
調達・ 施工監理	日本人 技術者	スポット	事前打合、現地確認、検 収・引渡しに係わる監理	調達・施工監理の総括監理
常駐調達 監理	日本人 技術者	常駐	調達全体の調達監理	設置するサブシステムの 数が多く、十分な監理が必要 なため
施工監理	日本人 技術者	スポット	施設建設の完了時検査、検 収・引渡し時検査	施設建設に係わる検査技 術者
常駐施工 監理	日本人 技術者	常駐	施設建設全体の施工監理	建設する施設の数 13 ヶ 所と多く、また水位塔・高 床式局舎には十分な監理 が必要なため
検査 技術者	日本人 技術者	スポット	機器製作開始時検査	国内における機材検査技 術者
運転手	現地雇人	常駐	日本人用の運転手	日本人用の運転手
雑役	現地雇人	常駐	現地監理事務所で使役す るオフィスボーイ	雑役使用および技術者不 在時の保安上

3-2-4-5 品質管理計画

(1) 機材品質

機材の品質を調達から工事完成まで一貫して保つために以下の検査などを行う。

(a) 検査

本邦より出荷される資機材に関して下記項目の検査を実施し、員数、性能及び納期が各検査における承認書で契約どおり実施されたことを確認する。

① 工場立会い検査

契約者が機材の製造・検査、資材の購入を完了し、システムとしての総合動作を確認し

仕様書の性能・数量を満足した場合契約者の工場で立会い検査を行い、数量・性能の検証を行う。

② 梱包検査

工場検査が完了し、契約者がすべての資機材を梱包し出荷準備が出来たところで梱包検査を行い、資機材の梱包数量、荷姿、ケースマークなどをパッキングリストにより検査し、海上輸送及びパキスタン国内陸輸送に耐える梱包であることを検査する。輸出梱包の方法は下記の通りとする。

1) 主要機材

真空包装し機器が輸送中の振動に耐えるよう補強して木枠梱包とする。

2) 空中線柱

輸送中の振動に耐えるよう補強して木枠梱包とする。

③ 第三者機関による船積み検査

梱包検査完了後船積みの前に第三者機関による検査を実施し、正しく船積みされたことを確認する。

④ 現地員数検査

本邦より出荷した資機材、現地にて調達した資機材すべての員数検査をイスラマバードの指定場所で行い不足のないことを確認する。

⑤ 完工引渡し検査

契約者によるシステム全体の土木工事、据付工事、調整・検査が完了した後、員数、性能の確認を行い、パキスタン政府に検査完了報告書を提出し完了を証明する。

⑥ 無償補償期間

契約者は完工引渡し検査完了後、1 カ年間、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。

(b) 海上輸送・内陸輸送・保管

海上輸送は通常パキスタン船籍の船に船積みすることになる。本船の配船計画が月 1～2 船であるため、配船計画を調査し、輸送計画を立てる。

日本国調達機材は、横浜港から海上輸送によりカラチ港到着とする。機器に関しては、カラチ港から PMD イスラマバード及び TMA ラワルピンディへ陸路輸送を行い、保管するものとする。その後施工計画に従って各設置場所へ搬入する。

鉄柱等の日本国調達材料も、カラチ港から陸路輸送を行い PMD イスラマバード構内及び TMA ラワルピンディ構内へ搬入し、各関係事務所において保管する。これらの材料は施工計画に従って各設置場所へ個別に搬入する。

日本国調達機材は契約業者から輸出梱包済みで横浜又は同等地へ搬入しパキスタン国へ船舶輸送とする。カラチ港到着後、通関業務はパキスタン側が行い、通関後の各関係事務所保管場所までの内陸輸送は契約者が行う。その後実施工程に従い各現場へ小出し運搬をする。またカラチよりイスラマバードまでの内陸輸送は陸上輸送税などの特殊条件の有無を調査し、輸送に遅延の発生しない計画を立てる。

(c) 工程管理

すべての機材製造期間、資材調達期間を調査し、製造期間の短縮を図る。また据付工事が雨季に掛かることから短期間で終了させるため、アンテナポールを現地調達とし、局舎建設時にアンテナマストを建てることにする。プロジェクト全体工程の管理は PART 手法によりクリティカルパスを設けて管理する。

(2) 施工品質

本事業の場合、1施設あたりのコンクリート量が比較的小さいので、コンクリートの品質管理項目、試験方法、試験頻度を表 3.27 のとおり設定する。

表 3.27 施工品質管理計画

品質管理項目	試験方法	試験頻度
スランプ	スランプ試験	1 種類のコンクリートについて 2 回／日
圧縮強度 (材齢 28 日)	圧縮強度試験	打込み工区ごと、打込み日ごとに 1 回、1 検査ロットに 3 供試体

管理試験結果は統計的手法（ヒストグラムおよび管理図）を用い、品質標準を満足しているかどうか、品質が安定しているかを判定する。

3-2-4-6 資機材調達計画

(1) 電気通信機器

本プロジェクトは防災システムでありシステムの高信頼性が要求される。国土交通省のテレメータ・放流警報システムの仕様は防災システムとして成熟度の高い仕様であり高信頼度設計となっている。従って、基幹システムであるテレメータ装置および警報装置は、それぞれ建電通仕様 21 号および 27 号に準拠している。無線 LAN 装置は世界標準の電気・電子技術者協会国際基準に準拠した装置を基本仕様としている。

テレメータの処理データは無線 LAN 通信回線により各モニター局に伝送されるため、テレメータ装置および無線 LAN 装置は単一システムとして機能している。

以上の結果、テレメータ装置・無線 LAN 装置・警報装置の一体性、システム構築の容易性、実施機関による維持管理作業の習熟性等を考慮し、本邦国土交通省仕様に精通した業者から電気・通信関連の主要システム機器を調達するものとする。

なお、本邦国土交通省仕様に精通し、わが国においてテレメータや警報装置を納入した実績のある業者としては 5 社が挙げられる。この中で海外での洪水予警報システムや、これらに関連した装置の納入実績があるのは 3 社である。また、この 3 社はパキスタンに現地事務所あるいは現地代理店を有しており、機材納入後の維持管理についても実施機関への対応が可能と判断される。

一方、データ処理の中核であるオンラインデータ処理（自動データ入力、自動図化）および演算処理（洪水予測）の開発は、水文技術者、コンピュータシステム技術者、プログラマーなど多分野の技術者により行われ、洪水予測という特殊な分野の専門技術を要するため、

わが国において開発することが望ましい。さらに、実際に調達されるコンピュータシステムを使って開発されることが求められる。

このデータ処理システムは、データ処理サーバー、パーソナルコンピュータおよびプリンターにより構成される。パキスタンで製造されているものではなく、すべて第 3 国製である。ただし、英文仕様のこれら機材はパキスタン調達が可能である。納入後のサービスを考慮してこれらコンピュータシステムやプリンターはパキスタン国調達とする。

(2) 電気通信資材

据付工事部材などは、パキスタンにおいて輸入品が主体であり、まとまった量を常時在庫していないため、大量に注文しないと供給できなかったり、納期が不確実の場合が多い。また、パキスタン国内で調達した場合、低レベルの仕様で耐久性の劣る材料が混在している場合が多い、例えば、同軸ケーブルなどの電線の被覆については、日本で使用されているポリエチレン製ではなくビニール製のものが多々見受けられる。また、取付金具も変形しやすいものが多い。電線管も内側に突起のある劣悪な品質のものが多く、電線の破損原因となる。

従って、電線類および、電線管、取り付け金具等に関しては、少量でも調達可能で、納期が確実な日本調達を原則とする。

アンテナを搭載するアンテナマストは、高さ 10m～15m の自立鉄管柱であるが、警報局が狭隘な市街地の敷地に建てるため、現場への搬入と基礎の施工を考慮し、必要な用地面積が小さく、また基礎の根入れ深さが浅く、さらに施工が容易な自立式の鋼板組柱（5m-10m）を適用する。また、既設の建物の屋上に鉄柱を設置する場合、設置範囲を広く確保できるため非自立式のアンテナポール（5m～10m）を適用する。

鋼板組柱は日本製であるため、日本国調達となる。また、アンテナポールは、パキスタンで調達可能であるが、所定の均一な溶融亜鉛メッキにより良質の品質を確保するため、日本国調達とする。

(3) 現地調達

性能・納期・価格が十分満足できる資機材は、現地製造による資機材を採用する。調査の結果下記資機材に関しては現地調達（第 3 国調達を含む）が可能である：パーソナルコンピュータ、データ処理サーバー、プリンター、無線 LAN 機器、空調設備、緊急車両。

3-2-4-7 ソフトコンポーネント計画

(1) ソフトコンポーネント導入の背景と目標

洪水予警報システムの運営・維持管理に携わる PMD、TMA、FFC、WASA などの機関は、システム固有の電気通信機器の操作などに関する十分な知識を有していない。また、PMD や FFC は、ライヌラー川流域の洪水流出特性を定性的には把握しているが、洪水流出モデルを詳細に理解し、洪水予測を行うための十分な知識を有してはいない。そこで、これらの課題を解決しシステムを円滑・継続的に稼働させるために、無償資金協力のソフトコンポーネントによる技術支援の実施が必要である。

無償資金協力のソフトコンポーネントによる技術支援の目標は、洪水予警報システムの運営・維持管理を適切に行うための人材を育成することにある。

(2) ソフトコンポーネントの成果

洪水予警報システムの効率的な運営・維持管理に関する技術支援による成果を運用面と技術面に分けて以下に示す。

運用面の成果

- (a) 本システムの管理者及び技術者の責任分担が明確となり、本計画のシステム全体の運用と維持管理が効率よく持続的に遂行できる。さらに、洪水予報や洪水避難警報の発令を各担当者が責任を持って実施することが可能となる。
- (b) システムの運営・維持管理を効率的に実施するためのマニュアルを作成し、基本的な運営・維持管理を実施できる技術力と判断力を育成する。
- (c) 雨量・水位観測や洪水予警報システム操作に係わるデータや情報を確実に記録することが可能となる。
- (d) システムの不具合の早期発見と的確な処理判断の技術習得が可能となる。
- (e) 警報システムや監視システムを確実に操作することが可能となる。

技術面の成果

- (a) 洪水流出・氾濫モデルを習熟することにより、洪水氾濫の予測および氾濫の程度を分析することができる。
- (b) 流出・氾濫計算を繰り返し行うことにより降雨－水位関係（流出・氾濫特性）を定量的に把握でき、適切な洪水予警報が可能となる。

(3) 活動と投入計画

洪水予警報システムの維持管理に関する技術支援の活動内容を表 3.28 に列記する。ここで、技術支援の対象となる関連機関の必要職員数を表 3.29 に示す。

表 3.28 技術支援の活動内容

活動内容	受講者 グループ	期間
運用面(マネジメント型)	E	2 週間
1. 組織体制の形成 本システムに関係する各機関の担当部門と役割分担を設定し、各機関および職員の責任体制を明確にする。		
2. システムの運営・維持管理マニュアルの作成 システムの洪水期と非洪水期の運営・維持管理基準の設定を行う。 テレメータによる水位・雨量データのバックアップと保管方法、洪水予報および警報システムの操作記録の保管などに関するマニュアルを作成する。	C	3 週間
3. システムの維持管理手法の説明・指導 システムの不具合を早期に発見し、適切な対策を判断するため、維持管理方法の説明と実地訓練を行う。	C	2 週間
4. 関連機関への洪水情報の伝達に関する説明・指導 PMD から TMA やその他の機関への洪水時の情報伝達の方法を説明し実地訓練を行う。	E	1 週間
5. 洪水情報モニターシステムの操作・運用に関する説明・指導 FFC、WASA、TMA、PMD の各モニター装置の操作運用説明・実地訓練を各施設内で行う。	C	1 週間
6. 警報システムの操作・運用に関する説明・指導 警報局および緊急車両を活用した警報の統合操作に関し、指導および実地訓練を行う。	D	2 週間
7. 評価 本技術支援の評価を行う。併せて全体システムの概要説明を行う。	E	1 週間
技術面(エンジニアリング)	A	3 週間
1. 洪水流出・氾濫プログラムの説明・指導 洪水流出・氾濫プログラムの構成・内容を説明し、プログラムの操作方法を実地訓練し、流出・氾濫計算を行えるよう指導する。		
2. 洪水予測手順の説明・指導 洪水予測手法の基本的なフロー、洪水予測に必要な水文データ、現状の課題、洪水予測手法を説明・指導する。	E	1 週間
3. 観測データの整理と分析 ライヌラー川流域の降雨特性および河川水位特性に関し説明し、データの整理・分析方法を説明・指導する。	B	1 週間
4. ライヌラー川の洪水流出モデルの説明 ライヌラー川の洪水流出・氾濫モデルおよび現状のモデルの課題を説明し、流出・氾濫モデルの精度向上に向けて改善方法を説明する。	B	1 週間
5. ライヌラー川の洪水流出計算の指導 ライヌラー川の洪水流出・氾濫モデルを詳細に説明し、モデル操作の実地訓練を行う。流出・氾濫モデルの改善方法を指導する。	A	3 週間
6. 洪水予警報の実施方法の説明・指導 洪水予警報の発令基準の設定方法を説明し、課題および改善方法を説明・指導する。	B	1 週間
7. 評価 本技術支援の評価を行う。併せて洪水予警報発令基準の改善をワークショップ形式で行う。	E	1 週間

表 3.29 関連機関の必要職員数

機関	責任者 (副責任者)	水理・水文技師 (河川技師・ 治水技師)	電通技師	コンピュータ 技師
PMD	2 名	2 名	1 名	1 名
TMA	2 名	(1 名)	1 名	1 名
FFC		(2 名)		1 名
WASA		(1 名)		1 名

受講者のグループ分けを以下に示す。

グループ A： 水理・水文技師（PMD）

グループ B： 水理・水文技師、河川・治水技師（PMD、TMA、FFC、WASA）

グループ C： 電通技師・コンピュータ技師（PMD、TMA、FFC、WASA）

グループ D： 電通技師・コンピュータ技師（TMA）

グループ E： 関係職員全員（PMD、TMA、FFC、WASA）

一方、各機器の操作説明に関する詳細マニュアルは、機材調達の契約者によって納入される。本技術支援では、関係機関やその職員の役割およびシステム全体の運営・維持管理体制を明確にしたマニュアルを現地関係者の協力により作成する。このマニュアルの概要を以下に列記する。

組織・体制

- ・ PMD、TMA、FFC および WASA の役割分担
- ・ 中央洪水予警報管理局の役割
- ・ 防災管理室の役割
- ・ 通常時及び洪水時の各担当課職員の業務役割分担と責任体制

洪水予警報の方法論マニュアル

- ・ 洪水注意雨量・水位、洪水警戒雨量・水位の設定
- ・ 洪水予警報に係わる操作規定
- ・ 洪水予報および洪水避難警報の伝達記録のフォーム

システムの維持管理マニュアル

- ・ システムの洪水期（7～9 月）と非洪水期の維持管理基準の設定
- ・ テレメータデータのバックアップと保管方法
- ・ 予警報システムの点検記録の保管

技術支援を遂行するために必要な日本側からの投入は、システム全体の運営・維持管理を指導する電通技師およびライヌラー川の流出・氾濫モデルに精通した水理・水文技師の 2 名とする。実施期間はそれぞれ 2.5 ヶ月とする。

パキスタン側の負担事項は、技術支援を実施するための講義室とコンピュータ 2 台程度である。

3-2-4-8 実施工程

実施設計をはじめとして、入札、契約関連業務、施工/調達監理および検査に到るまでの業務は次の手順で行われる。

- 1) 機材調達・施設建設に関する実施設計の実施と入札図書の作成
- 2) 入札業務の支援と入札結果の評価
- 3) 入札から契約に到る諸手続きの立会いと助言
- 4) 契約業者の機材調達・施設建設に対する監理
- 5) パキスタン国側負担事項の進捗状況の確認
- 6) 検査の実施
- 7) 報告書の作成など

本事業は、日本・パキスタン両国政府間で、この計画に関し無償資金協力の公文が交換（E/N）されることにより開始される。E/N 締結後、パキスタン国側実施機関は日本のコンサルタントと本事業に関するコンサルタント契約を行う。コンサルタントは実施設計を行い、我が国政府のコンサルタント契約認証後、入札図書を準備し、日本・パキスタン両国政府より入札図書の承認を得て、入札、入札評価、パキスタン国側実施機関と落札者との交渉および業者契約までの全作業を行う。業者契約は我が国政府の認証により発効する。

表 3.30 に示すように、プロジェクトの実施期間は、入札業務等を含む実施設計に 4 ヶ月、機材の調達および施設建設に 17 ヶ月、全体で約 21 ヶ月の実施工程となる。

表 3.30 事業実施工程表

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
実 施 設 計	(計画最終確認:1)																				
	(入札図書作成:2)																				
	(入札図書承認:3)																				
	(公示案作成、公示、図渡し・現説:4)																				
	(入札)																				
	(入札評価:5)																				
	(業者契約)																				
	(計 2.33月 = 1+2+3+4+5)																				
施 工 ・ 調 達	(機器製作図作成)																				
	(機器製作)																				
	(検査・通関・船積み)																				
	(輸送)																				
	(開梱・搬入・据付工事)																				
	(調整・試運転)																				
	(初期操作指導・運用指導)																				
	(検収・引渡し)																				
	(計 16.16月)																				

3-3 相手国分担事業の概要

パキスタン国分担事業の概要を以下に示す。

(1) ゴルラ雨量観測局

本観測局に係わるパキスタン国側施工分担は、観測局を建設する前に必要となる敷地整備と、調達した機材を保安するための管理人のための施設である。土地所有者からの無償提供が確約されており、用地上の問題は無いので本施設の施工は可能である。また、日本側の施工分担である雨量観測局舎と管理人用施設が一体となった建設はパキスタン国側の強い要望であるが、施工時期が同時ではなく局舎を切り離して施工可能な構造とした。パキスタン国側施工分担施設の概要は表 3.31 のとおりである。

表 3.31 ゴルラ雨量観測局のパキスタン側施設分担

パキスタン側施工分担	施設の概要
敷地整備	盛土 (0.6m、50m ²)
管理人室	建坪 7.5m ² (3m x 2.5m)
トイレ	建坪 4.5m ² (3m x 1.5m)
キッチン	建坪 4.625m ² (1.85m x 2.5m)
廊下	建坪 6.45m ² (4.3m x 1.5m)
階段	高さ 1.2m
設備	電気・給排水設備
商用電力の引き込み	敷地の直近の柱上トランスから AC220V を 3 相で引き込み局舎に電力計を取り付ける。
水源施設	井戸およびポンプ

(2) ボクラ雨量観測局

本観測局に係わるパキスタン国側施工分担は、調達した機材を保安するための管理人のための施設である。用地上の問題は無いので本施設の施工は可能である。また、日本側の施工分担である局舎と一体となった設計はパキスタン国側の強い要望であり、さらに局舎を切り離して施工することも可能であるので問題は無い。パキスタン国側施工分担施設の概要は表 3.32 のとおりである。

表 3.32 ボクラ雨量観測局のパキスタン側施設分担

パキスタン側施工分担	施設の概要
管理人室	建坪 7.5m ² (3m x 2.5m)
トイレ	建坪 4.5m ² (3m x 1.5m)
キッチン	建坪 4.625m ² (1.85m x 2.5m)
廊下	建坪 6.45m ² (4.3m x 1.5m)
階段	高さ 0.45m
設備	電気・給排水設備
商用電力の引き込み	敷地の直近の柱上トランスから AC220V を 3 相で引き込み局舎に電力計を取り付ける。
水道の引き込み	既設水道管から観測局まで引き込み、水道計を取り付ける。

(3) カタリアン橋水位観測局

本観測局に係わるパキスタン国側施工分担は、調達した機材を保安するためのフェンスで、その概要は表 3.33 のとおりである。本フェンスはライヌラー川の維持管理用道路の上に設置されるが、必要な道路幅（最小 3m）を確保しつつ設置することは可能であり、本施設の施工は可能である。

表 3.33 水位観測局のパキスタン側施設分担

パキスタン側施工分担	施設の概要
フェンス	高さ 2.5m、長さ約 13.5m

(4) ガワルマンディ橋水位観測局

本観測局に係わるパキスタン国側施工分担はフェンスで、その目的・概要・実施可能性などはカタリアン橋水位観測局の場合と同様である。

(5) ラワルピンディ市役所（TMA）防災管理室

既設の TMA ラワルピンディの建物に警報制御監視局などを据え付ける。本防災管理室に係わるパキスタン国側施工分担は、調達した機材に商用電力を供給するための商用電力の引き込みおよび屋上オイルタンクの囲いで、その概要は表 3.34 のとおりである。

表 3.34 TMA 防災管理室のパキスタン側分担

パキスタン側施工分担	施設の概要
オイルタンクの囲い	煉瓦積み造（2m x 1.2m x 高 2.5m）
商用電力の引き込み	敷地の直近の柱上トランスから AC220V を単相で屋上まで引き込み屋上の壁に電力計を取り付ける。

(6) 警報局

本警報局（WP-2 から WP-10）に係わるパキスタン国側施工分担は、調達した機材を保安するためのフェンス及び商用電力の引き込みで、その概要は表 3.35 のとおりである。用地上の問題は無いので本施設の施工は可能である。

表 3.35 警報局のパキスタン側分担

パキスタン側施工分担	施設の概要
フェンス	高さ 2.5m、長さ約 27m
商用電力の引き込み	敷地の直近の柱上トランスから AC220V を 3 相で引き込み局舎に電力計を取り付ける。

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

(1) システムの運営体制

ライヌラー川流域洪水予警報システムの運営は、中央洪水予警報管理局である気象局（PMD）、防災管理室を設置するラウルピンディ市役所（TMA）、各機関の調整機関である連邦洪水委員会（FFC）、水防支援を担当する上下水道局（WASA）により実施される。各関係機関は、洪水予警報システムを活用し、洪水期および非洪水期に図 3.11 に示す役割を果たす。ここで、7月～9月が洪水期であり、10月～6月が非洪水期である。

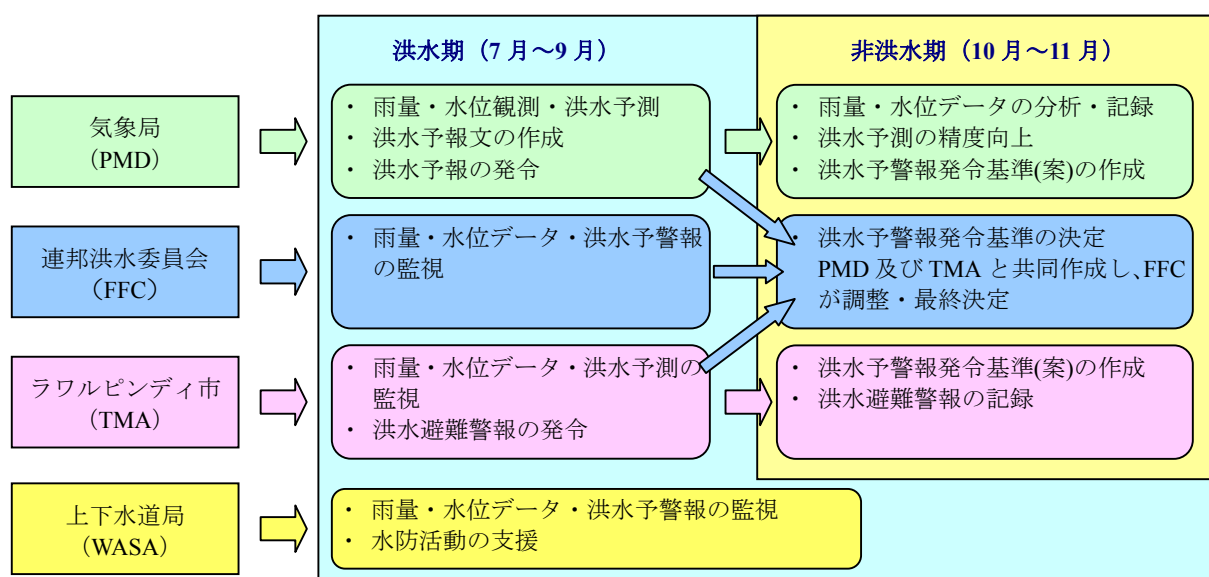


図 3.11 システムの運営体制

(2) システムの維持管理体制

本システムを可能な限り永続的に、さらに確実に運営するためには、システムの維持管理が重要である。表 3.36 に本システムの維持管理の種類・内容・時期、対象局舎を示す。

表 3.36 システムの維持管理の概要

種類	対象局舎	保守・点検内容	時期
日常保守	中央洪水予警報管理局 防災管理室、モニター局	機材の清掃、概観点検、	洪水期
定期点検(3ヶ月毎)	全局舎	清掃、概観点検、簡易テスト	非洪水期
定期点検(1年点検)	全局舎	清掃、概観点検、詳細テスト	非洪水期
異常時点検	全局舎	詳細テスト、修理・部品交換	必要時

洪水期に実施する日常保守と非洪水期に実施する 3 ヶ月定期点検（年 4 回）は、各関係機関職員が実施する。また、年 1 回、洪水期前に実施する 1 年定期点検および異常時の点検には、高度な専門技術を必要とする。関連機関の技術者を専門の点検修理のため訓練する方法や新たに技術者を雇用することは实际的ではないと判断される。そこで、これらの点検は、外部委託により実施するものとする。イスラマバードあるいはラワルピンディにある通信・コンピュータ専門業者により 1 年点検および異常時点検は可能と判断される。

一方、各担当機関が担当する保守点検の対象局舎を表 3.37 に示す。ここで、監視局の通信関連機能の点検は、全体システム機能に係わるため、PMD が担当する。監視局における通信関連機材の民間委託による点検および部品交換は FFC および WASA の責任で実施するものとする。

表 3.37 関係機関の保守点検対象局舎

担当機関	対象局舎
パキスタン気象局（PMD）	中央洪水予警報管理局、雨量・水位観測局、中継局
ラワルピンディ市役所（TMA）	防災管理室、警報局
連邦洪水委員会（FFC）	FFC 監視局
上下水道局（WASA）	WASA 監視局

3-4-2 人員配置体制

本プロジェクトの運営・維持管理に必要とされる職員の人数を表 3.38 に示す。

表 3.39 に関連機関担当者の運営・維持管理のための業務内容および業務期間を示す。24 時間体制でモニター設備を監視する必要がある期間は年間 10～20 日（洪水発生の可能性のある日雨量 20mm 以上の降雨日数）、平均 0.5 ヶ月である。各機関が運営、維持管理専用の職員を配置することは、余剰に人員を抱えることとなり、効率的ではない。従って、洪水期および非洪水期に本プロジェクトのために召集するタスクフォース方式が望ましいと判断される。

表 3.38 関連機関の必要職員数

機関	責任者および副責任者	水理・水文技師 （河川技師・治水技師）	電通技師	コンピュータ技師
PMD	2 名	2 名	1 名	1 名
TMA	2 名	(1 名)	1 名	1 名
FFC		(2 名)		1 名
WASA		(1 名)		1 名

表 3.39 関連機関担当者の業務内容および業務期間

関連機関担当者	主要機材	洪水期 (7月～9月)	非洪水期 (10月～6月)	洪水期 (7月～9月)	非洪水期 (10月～6月)	合計 月数
PMD(中央洪水予警報管理局)	・水文観測機材 ・データ処理・ 監視用関連機材 ・通信関連機材	・洪水予警報令文の作成 ・関係機関・住民への洪水予報の発令	・洪水予警報発令基準の改善(TMA、FFCと共同) ・資機材の維持管理の実施	・(05ヶ月)..... ・(05ヶ月)..... ・(3ヶ月).....	・(1ヶ月)..... ・(3ヶ月)..... ・(3ヶ月).....	1.5 0.5 6.0
水理・水文技師 A		・気象衛星、気象レーダー、水位・雨量データの監視 ・洪水予測の実施、洪水予報発令文(案)の作成	・洪水予警報発令基準(案)の提案(TMA、FFCと共同)	・(05ヶ月)..... ・(15ヶ月).....	・(3ヶ月)..... ・(1ヶ月).....	4.0
水理・水文技師 B		・資機材の日常点検 ・資機材の異常時点検	・資機材の定期点検・異常時点検 *1)	・(15ヶ月)..... ・(15ヶ月).....	・(1ヶ月)..... ・(1ヶ月).....	2.5
電通技師				合 計		2.5
コンピュータ技師						17.0
TMA(防災管理室)	・警報関連機材 ・監視用関連機材 ・通信関連機材	・住民への避難勧告のための警報発令	・洪水予警報発令基準の改善(PMD、FFCと共同) ・資機材の維持管理の実施	・(05ヶ月)..... ・(05ヶ月).....	・(1ヶ月).....	1.5
責任者				・(3ヶ月).....		0.5
副責任者				・(15ヶ月).....		4.0
河川技術者				・(15ヶ月).....		2.5
電通技師				・(15ヶ月).....		2.5
コンピュータ技師				合 計		11.0
FFC(監視局)	・監視用関連機材 ・監視用関連機材 ・通信関連機材	・水位・雨量データ、洪水予報の監視 ・洪水予警報に関する関係機関との調整	・洪水予警報発令基準の改善を行い(PMD、TMAと共同)、関係機関との調整後、最終決定をする。 ・資機材の定期点検・異常時点検 *1)	・(3ヶ月)..... ・(05ヶ月)..... ・(12ヶ月).....	・(1ヶ月)..... ・(1ヶ月)..... ・(1ヶ月).....	4.0 1.0 2.0
責任者				合 計		7.0
WASA(監視局)	・監視用関連機材 ・監視用関連機材 ・通信関連機材	・水位・雨量データ、洪水予報の監視、 水防支援活動の連絡	・資機材の定期点検・異常時点検 *1)	・(3ヶ月)..... ・(1ヶ月).....		3.0 2.0
河川・排水技師				合 計		5.0
コンピュータ技師						
外部委託	・データ処理・ 監視用関連機材 ・通信関連機材	・資機材の定期点検(年1回点検) ・資機材の異常時点検		・(12ヶ月)..... ・(12ヶ月).....		1.0 1.0
電通技師				合 計		2.0
コンピュータ技師						

*1) 資機材の定期点検・異常時点検

3-5 プロジェクトの概算事業費

3-5-1 協力対象事業の概算事業費

本計画を日本の無償資金協力により実施する場合に必要な事業費総額は、714 百万円となり、日本とパキスタン国との負担区分に基づく双方の経費内容は、下記のとおりとなる。なお、表 3.40 に示す日本側負担経費は、暫定的なものであり今後、見直しを行うものとする。

(1) 日本側負担経費673.6 百万円

表 3.40 協力対象事業の概算事業費

費目			概算事業費（百万円）
機材	ライヌラー川洪水予警報システム	テレメータサブシステム機材、データ処理・データ伝送サブシステム機材、洪水避難警報サブシステム機材、測定器、交換部品、据付施設	607.0
実施設計・調達監理・技術指導			66.6

注）なお、上記概算事業費は即交換公文書上の供与限度額を示すものではない。

(2) パキスタン国負担経費1,960.0 万 Rs.（約 40.6 百万円）

土地取得・設備	306.5 万 Rs.	（約 6.3 百万円）
電気引き込み費	89.5 万 Rs.	（約 1.9 百万円）
フェンス等	425.1 万 Rs.	（約 8.8 百万円）
銀行取極費	813.5 万 Rs.	（約 16.8 百万円）
行政監理費	325.4 万 Rs.	（約 6.7 百万円）

(3) 積算条件

積算時点：平成 16 年 9 月

為替交換レート：1US\$ = 111 円

：1EUR = 135 円

：1Rs. = 2.07 円

施工期間：詳細設計、機材調達、据付工事の期間は施工工程に示したとおりである。

その他：本計画は、日本国政府の無償資金協力の制度に従い、実施されるものである。

3-5-2 運営・維持管理費

(1) 必要予算

本プロジェクトにおいて調達・建設される機材および施設に関し最も早く交換や修理が必要となるものはコンピュータ関連機材であり、次いで無線通信機材、水文観測機材、コンクリート施設といった順番となる。

装置寿命は、適切な保守作業を行うことで延長できるが、一つの目安として以下の寿命が

想定できる。コンピュータ関連機材では、ハードディスクドライブなどの部品が 3 年から 5 年に掛けて交換が必要となり、さらに無線通信機材では 10 年から 15 年程度で寿命となる部品がある。水文観測機材の場合、厳しい気象条件の下で稼働可能となるよう開発されているため、故障なしで長期間稼働可能である。コンクリート施設は 30 年から 50 年の耐用年数がある。

本システムの運営・維持管理費としては、過去の日本などでの経験を基に提案する。設置から 3 年まではスペアパーツなどの購入などで機材費の 1%を見積もれば十分である。また、5 年以降は機材費の 3%程度を見積もり適切な保守を行い機材の延命化を図ることが望ましい。

一方、専門的維持管理のため外部委託費用が必要となる。運営・維持管理のための職員に関しては、表 3.39 に示したとおり短期間のみ本事業のために従事することとなるため、運営・維持管理費用には含めないものとし、年間必要延べ職員数を表 3.41 に示す。

表 3.41 運営・維持管理職員の年間必要人数

PMD	TMA	FFC	WASA	合計
17 人・月	11 人・月	7 人・月	5 人・月	40 人・月

以上の結果、機材設置後から 3 年目までの運営・維持管理費は、機材費の 1%および外部委託費とし、4 年目以降は、機材費の 3%および外部委託費とし、表 3.42 に列記する。この結果、運営維持管理の必要予算は、3 年までが 172 万ルピー（360 万円）、4 年目以降が 453 万ルピー（940 万円）となる。

表 3.42 運営・維持管理に必要な予算

機関名	維持管理費用	外部委託費用	合計必要経費
機材設置後 3 年目まで（機材費の 1%および外部委託費）			
PMD	70 万ルピー (145 万円)	14 万ルピー	84 万ルピー
TMA	68 万ルピー (140 万円)	14 万ルピー	82 万ルピー
FFC	2 万ルピー (5 万円)	1 万ルピー	3 万ルピー
WASA	2 万ルピー (5 万円)	1 万ルピー	3 万ルピー
合計	142 万ルピー (約 300 万円)	30 万ルピー (約 60 万円)	172 万ルピー (約 360 万円)
機材設置後 4 年目以降（機材費の 3%および外部委託費）			
PMD	208 万ルピー (430 万円)	14 万ルピー	222 万ルピー
TMA	203 万ルピー (420 万円)	14 万ルピー	217 万ルピー
FFC	6 万ルピー (13 万円)	1 万ルピー	7 万ルピー
WASA	6 万ルピー (13 万円)	1 万ルピー	7 万ルピー
合計	423 万ルピー (約 880 万円)	30 万ルピー (約 60 万円)	453 万ルピー (約 940 万円)

1Rs. = 2.07 円

(2) 予算確保の可能性

運営・維持管理費の大部分を負担する PMD と TMA の年平均増額予算は、表 3.43 のとおりである。本事業の運営・維持管理に必要な経費が占める割合は増額予算の 1～3%であり、運営・維持管理のための増額は可能と判断される。FFC および WASA に必要とされる維持管理費は、非常に少ないため、十分に管理可能と判断される。

表 3.43 年間の維持管理費用が全体増額予算に占める割合

項目	PMD	TMA
年平均増額予算	64 百万ルピー	102 百万ルピー
運営・維持管理に必要な経費	84 万～222 万ルピー	82 万～217 万ルピー
運営・維持管理費が増額予算に占める割合	1～3%	1～2%

さらに、PMD および TMA の施設・機材の維持補修を含む建設等に係わる最近 3 ヶ年の予算は表 3.44 のとおりである。この維持補修および建設に係わる経費の中で、上述の本事業の運営・維持管理に必要な経費が占める割合は、PMD および TMA、それぞれ最大でも 5%および 2%以下となる。従って、運営・維持管理のための予算を十分に確保できるものと判断される。

表 3.44 施設・機材の補修を含む建設等に係わる予算

(百万ルピー)

年度	PMD	TMA
2002	47	156
2003	49	122
2004	53	146

3-6 協力対象事業実施に当たっての留意事項

協力対象事業の円滑な実施を進めるにあたり、直接的な影響を与えると思われる事項は相手国側負担分の事業で、特に下記事項は概要説明調査時に合意されているものの、期限が厳守されるよう、定期的に作業の進捗具合を注意深く見守っていく必要がある。

(1) PMU の設置

事業実施に当たり、現地関係機関により Project Management Unit (PMU)を 2005 年 3 月までに設置することが合意されている。

(2) 用地の使用許可

雨量局舎（2 局）および水位局舎（2 局）、警報局舎（9 局）の新設に伴い、用地所有者からの使用許可を文書で入手する必要がある。ゴルラ雨量局舎を除いて官地であり、用地使用は問題ない。また、ゴルラ雨量局舎も口頭での使用許可を実施機関であるパキスタン気象庁（PMD）は得ている。そこで、文書で使用許可を 2005 年 3 月末日まで得るよう概要説明調査時に確認している。

(3) 無線の使用許可

本件が実施された場合、本計画の無線データ送受信に必要な周波数帯の使用許可を入札後にパキスタン気象局（PMD）が責任を持ってパキスタン無線公社（PTA）から得るよう、概要説明調査時に合意している。

第4章 プロジェクトの妥当性の検証

4-1 プロジェクトの効果

(1) 直接効果

無償資金協力による洪水予警報システムの整備により、洪水を観測・予測するための機材・施設が整備され、さらに、洪水予警報を伝達・発令するための機材・施設が整備される。その結果、首都圏の洪水予警報精度が向上されるとともに、洪水予警報伝達・発令網が強化される。

このシステム整備による裨益対象は、ライスラー川下流の常襲的氾濫地域であり、首都圏の人口密集地帯 7.6km²に居住する 15 万人である。

図 4.1 に洪水予警報に係わる現況の課題および無償資金協力の成果を確認するための指標を示す。さらに、現状の問題とその改善点に関する詳細を表 4.1 にとりまとめる。

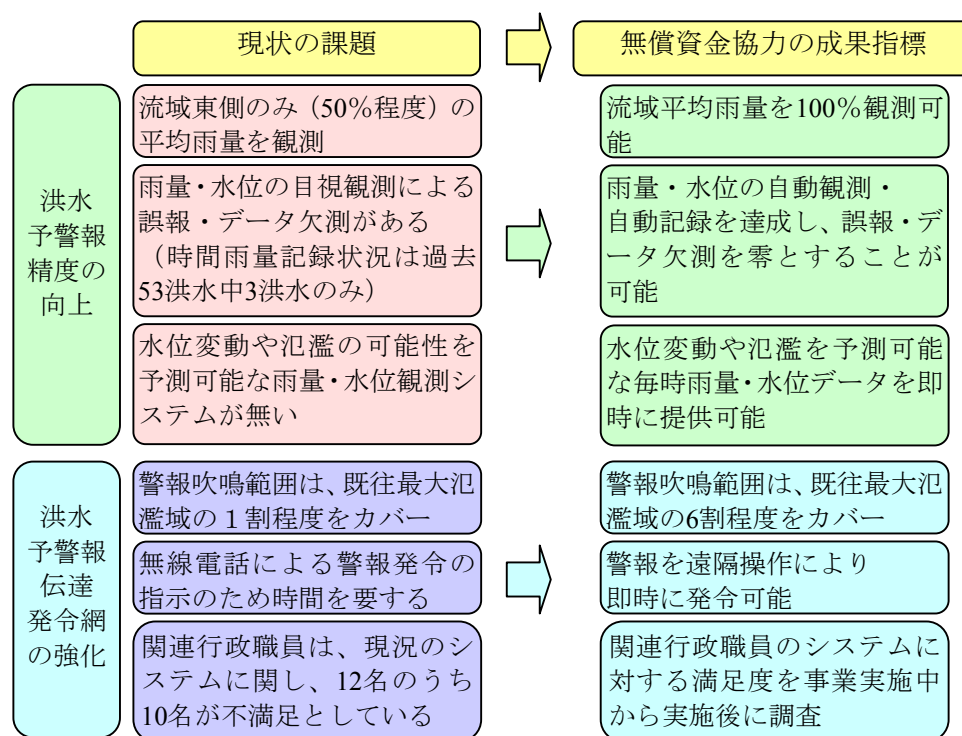


図 4.1 洪水予警報に係わる課題および無償資金協力の成果指標

事業効果の発現は、プロジェクトが運営開始されてから3年後の2010年を目標年とし、モニタリングにより上記に示す成果指標を活用して事業効果を評価する。事業の成果指標を設定するために実施されたベースライン調査の概要を巻末に添付する。

表 4.1 洪水予警報に係わる現況の課題およびその改善点

現状と問題点	本計画での対策（協力対象事業）	計画の効果・改善程度
1. 洪水予警報精度の向上		
1.1 雨量観測の強化		
<ul style="list-style-type: none"> 雨量観測局(4箇所)が東側に偏って配置されており、流域全体の平均雨量を把握できない。 雨量計4箇所は、気象局職員の目視により、毎時観測が可能であるが、読み取り誤差の可能性がある。 豪雨の中での夜間の毎時観測を正確に実施することは難しい。 雨量観測結果を電話や無線等で観測局からパキスタン気象局や関係機関へ連絡しているため、情報伝達に時間を要し誤報も生じる。 詳細な洪水解析に必要な時間雨量記録は、1970年から2001年の53洪水に対し3洪水のみである。 	<ul style="list-style-type: none"> 雨量観測局を2箇所西側へ追加し、6箇所とする 雨量を自動観測し、テレメータにより気象局へ自動送信する。 	<ul style="list-style-type: none"> 流域全体の平均雨量を把握できる。 雨量をリアルタイムで確実に自動観測することが可能となる。 誤報や読み取り誤差が無くなる。
1.2 水位観測の強化		
<ul style="list-style-type: none"> ラワルピンディ市の職員が橋梁2箇所の水位標による目視観測を行い、無線により市役所へ連絡しているため、読み取り誤差や誤報の可能性がある。 豪雨の中で夜間に毎時観測を実施することは難しい。 水位観測記録が無い。 流域内の約8割の流量が合流するカタリアン橋での水位自動観測が実施されていない。 流域内の約9割の流量が合流し、その周辺及び下流に最も被害の大きい地域を抱えるガワルマンディ橋での水位自動観測が実施されていない。 	<ul style="list-style-type: none"> 水位計2箇所を自動観測し、テレメータにより気象局へ自動送信する。 	<ul style="list-style-type: none"> 位をリアルタイムで確実に自動観測することが可能となる。 誤報や読み取り誤差が無くなる。 下流の氾濫域へ影響を与える流量の大部分をより早く観測できる。 最も被害の大きい氾濫地域へ影響を与える高水位を正確に観測できる。 避難勧告解除のための水位観測に有効。
1.3 洪水予報システムの整備（パキスタン気象局：中央洪水予警報管理局の整備）		
<ul style="list-style-type: none"> 電話や無線により収集した雨量・水位観測データをパソコンに手入力しており、入力ミスやデータ欠測が生じる。 実効的な洪水予測解析は行われていない。 雨量・水位観測データが関係機関、特に水防実施機関であるラワルピンディ市役所へ確実に伝達されていない。 洪水時、観測局に不具合を生じた場合の対策が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> 雨量・水位データを自動的に所定のフォームや図にデータ処理する。 雨量・水位の同時観測により洪水予測を行う。 緊急車輛を使用し、観測局より電話によりデータをセンターへ連絡する。 急時に観測局の保守を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 所定のフォームに確実に自動データ入力が可能となる。 洪水予測が可能となる。 ラワルピンディ市は正確な洪水情報を把握・予測することができる。 観測システムに不具合を生じた場合、データ収集や保守・点検を迅速に実施することが可能となる。
2. 洪水予警報伝達・発令網の強化		
2.1 洪水避難警報システムの整備（警報局：10箇所およびラワルピンディ市役所 防災管理室の整備）		
<ul style="list-style-type: none"> 状の3箇所の警報局の吹鳴範囲は、洪水氾濫域の1割程度しかカバーしていない。 難警報に活用される消防車は、氾濫域の狭い道路を通過できないため、警報局の増設が望まれている。 現状の3箇所の警報局は、市役所からの無線連絡により警報を吹鳴しているため、警報に時間を要する。 サイレンのみでアナウンスが無いため、洪水情報と他の警報との区別がつかない場合がある。 洪水時に警報局に不具合を生じた場合の対策が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> 水氾濫域を可能な限りカバーするよう警報機10箇所を整備する。 防災管理室における一括遠隔操作により、サイレンやスピーカーによる避難警報を発令する。 緊急車輛を使用し、緊急時に警報局の保守を行う。 警報局の代わりに警報を発令する。 	<ul style="list-style-type: none"> 鳴範囲は、洪水氾濫域の6割程度をカバーすることが可能。 洪水避難警報を迅速・確実に発令することが可能となる。 警報システムに不具合を生じた場合、保守・点検が可能となる。 警報局の代わりに避難警報を発令することが可能となる。
2.2 監視局の整備（連邦洪水委員会（FFC）および上下水道局（WASA）の整備）		
<ul style="list-style-type: none"> 流域を治水上、統合管理する機関が無く FFC が調整機関の役割を果たしているが、洪水時の治水関連施設を総合的に監視することができないため、水防活動への技術的アドバイスができない。 FFC は社会・経済上、重要な首都圏の洪水状況を監視できないため、より効率的で詳細な治水・排水計画を策定できない。 洪水情報が迅速に WASA へ伝達されないため、水防の支援活動が遅延する。 	<ul style="list-style-type: none"> 洪水状況を総合的に監視するため、洪水情報を共有する。 迅速に水防活動を支援するため、洪水情報を共有する。 	<ul style="list-style-type: none"> 洪水状況の監視により、効果的な治水施設の機能を把握することができる。 洪水時に水防活動に対する治水上の技術的アドバイスや調整が可能となる。 FFC が全国で唯一直接監視する首都圏流域に対し、効率的で詳細な治水・排水計画を策定できる。 水防活動を迅速に支援することが可能となる。

(2) 間接効果

首都圏における洪水予警報システムを整備することにより以下の間接効果が期待できる。

- (a) 雨量・水位の自動観測と水位・氾濫予測の精度向上、警報機能の拡充などにより、死傷者や動産被害が軽減し、水害防止に対する安全性が向上する。その結果、首都圏の民生の安定や生活環境の改善、貧困軽減などにつながる。
- (b) 政治・経済上、重要な役割を果たしている首都圏が、洪水被害軽減や生活環境改善、民生の安定などの裨益を受けることは、パキスタン国全体の社会経済の安定上、波及効果が大きい。
- (c) パキスタン気象局の洪水予報に係わる技術が向上し、インダス川流域の洪水被害軽減に活用可能となる。
- (d) 首都圏の洪水予警報システム整備による洪水被害軽減は、連邦洪水委員会（FFC）を通じて、パキスタン国内の他の洪水常襲地域でも緊急的な非構造物対策として適用・有効活用されるという波及効果につながる。
- (e) ラワルピンディ市への洪水避難警報システム整備は、既存のモスクなどの住民への連絡システムの有効活用や洪水避難に対する住民の連携強化につながる。ここで、洪水避難計画が策定された場合、住民や NGO、地方自治体などが連携した、より効果的避難の実現が可能となる。

4-2 課題・提言

プロジェクトの効果が発現・持続し、さらに効果を高めるためには、第3章で記述したように以下の活動を実施することが課題である。

- (1) 洪水予警報システムの効率的な運営・維持管理
- (2) 洪水観測データを適切に分析した洪水予報および警報発令
- (3) 洪水観測データの蓄積による洪水予測精度の向上および洪水予警報発令基準の改善
- (4) 洪水予警報システムを活用した避難計画および洪水危機管理計画の策定
- (5) 洪水予警報システムを活用した洪水被害軽減策に対する住民への啓蒙活動の実施

これらの課題の中で上記(1)および(2)の項目は、システムを円滑に開始し継続的に実施するために無償資金協力によるソフトコンポーネントとして実施することが可能である。また、項目(3)から(5)は、洪水予警報システムの効果をあげるために必要な課題であり、技術協力などにより実施されることが提案される。

無償資金協力と同時に技術協力を実施した場合の成果指標を現状の課題と併せて図 4.2 に列記する。

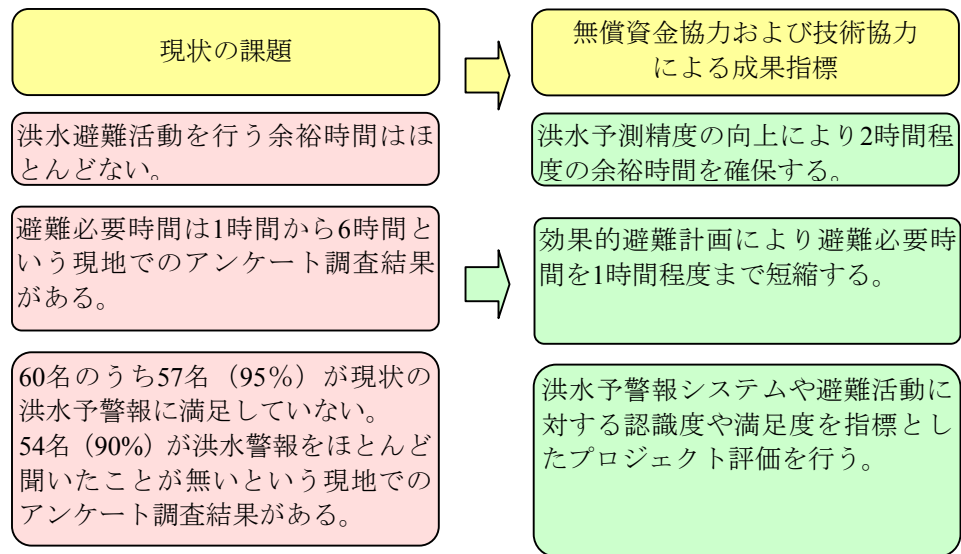


図 4.2 現状の課題に対する無償資金協力および技術協力の成果指標

4-3 プロジェクトの妥当性

プロジェクトの裨益対象は、河川沿いの低地部に居住する一般住民約 15 万人である。本事業により、洪水被害の軽減、特に死傷者の軽減を図ることが可能となり、BHN に合致する。さらに、技術協力により避難計画の策定や啓蒙活動を併せて行った場合、地域住民のコミュニティ強化や教育・人造りに貢献する。また、本システム整備により生活環境が改善され、災害軽減に対する政府実施機関への信頼性が向上し、民生の安定につながる。

これらの効果は、10 カ年開発計画（2001－2011）で挙げられている貧困率の削減や、経済成長、人間開発指数の向上、良い統治などに貢献することができる。また国家洪水防御計画では、洪水予警報などの非構造物治水対策を推進しており、本事業内容と合致する。

本事業の効果をさらに高めるためには、警報システムを活用した住民組織の連絡体制の拡充・連携が必要となり、高度な技術よりむしろ関係機関と住民との連携が重要となる。

一方、洪水予報を担当するパキスタン気象局および洪水警報を担当するラワルピンディ市は、現在、関連業務を実施しており、人材面で運営・維持管理のための十分な実施能力を有している。しかし、本洪水予警報システムは現地関係機関において初めて導入するシステムであり、運営・維持管理を円滑に実施するため、ソフトコンポーネントを通じた技術移転が必要である。また、本事業は収益性が無いものの、関係機関による運営・維持管理のための予算確保が可能である。

本事業は洪水被害軽減を目的としており、住民の生活環境の向上に寄与するものであり、環境面での負の影響はない。また、対象流域は地形が急峻で洪水流出時間が 2～3 時間と短く、わが国の洪水流出特性と類似している。そこで、わが国の治水技術を十分に活用し現地の BHN に応えることができるため、無償資金協力の制度により実施可能である。

4-4 結論

本プロジェクトは、前述のように多大な効果が期待されると同時に、本プロジェクトが広く住民の BHN の向上に寄与するものであることから、協力対象事業の一部に対して、我が国の無償資金協力を実施することの妥当性が確認される。さらに、本プロジェクトの運営・維持管理についても、相手国側体制は人員・資金ともに十分で問題ないと考えられる。しかし、以下の点が改善・整備されれば、本プロジェクトはより円滑かつ効果的に実施しうると考えられる。

- (1) 洪水予警報システムの効率的な運営・維持管理
- (2) 洪水観測データを適切に分析した洪水予報および警報発令
- (3) 洪水観測データの蓄積による洪水予測精度の向上および洪水予警報発令基準の改善
- (4) 洪水予警報システムを活用した避難計画および洪水危機管理計画の策定
- (5) 洪水予警報システムを活用した洪水被害軽減策に対する住民への啓蒙活動の実施

参 考 図 面

参考図面

機器配置図

- 図 - 1. パキスタン気象局（PMD）中央洪水予警報管理局、雨量観測局
- 図 - 2. サイドプール雨量観測局
- 図 - 3. ゴルラ雨量観測局
- 図 - 4. ボクラ雨量観測局
- 図 - 5. チャクララ雨量観測局
- 図 - 6. ラウルピンディ農業気象センター（RAMC）雨量観測局、中継局
- 図 - 7. カタリアン橋水位観測局
- 図 - 8. ガワルマンディ橋水位観測局
- 図 - 9. 連邦洪水委員会（FFC）監視局
- 図 - 10. 上下水道局（WASA）監視局
- 図 - 11. ワラルピンディ市役所（TMA）防災管理室（洪水避難警報制御監視局）
- 図 - 12. 洪水警報局 WP-2
- 図 - 13. 洪水警報局 WP-3
- 図 - 14. 洪水警報局 WP-4
- 図 - 15. 洪水警報局 WP-5
- 図 - 16. 洪水警報局 WP-6
- 図 - 17. 洪水警報局 WP-7
- 図 - 18. 洪水警報局 WP-8
- 図 - 19. 洪水警報局 WP-9
- 図 - 20. 洪水警報局 WP-10

施設図

- 図 - 21. ゴルラ雨量観測局平面図
- 図 - 22. ゴルラ雨量観測局立面図
- 図 - 23. ボクラ雨量観測局平面図
- 図 - 24. ボクラ雨量観測局立面図
- 図 - 25. ガワルマンディ橋水位観測局平面図
- 図 - 26. ガワルマンディ橋水位観測局立面図
- 図 - 27. カタリアン橋水位観測局平面図
- 図 - 28. カタリアン橋水位観測局立面図
- 図 - 29. 洪水警報局平面図
- 図 - 30. 洪水警報局立面図

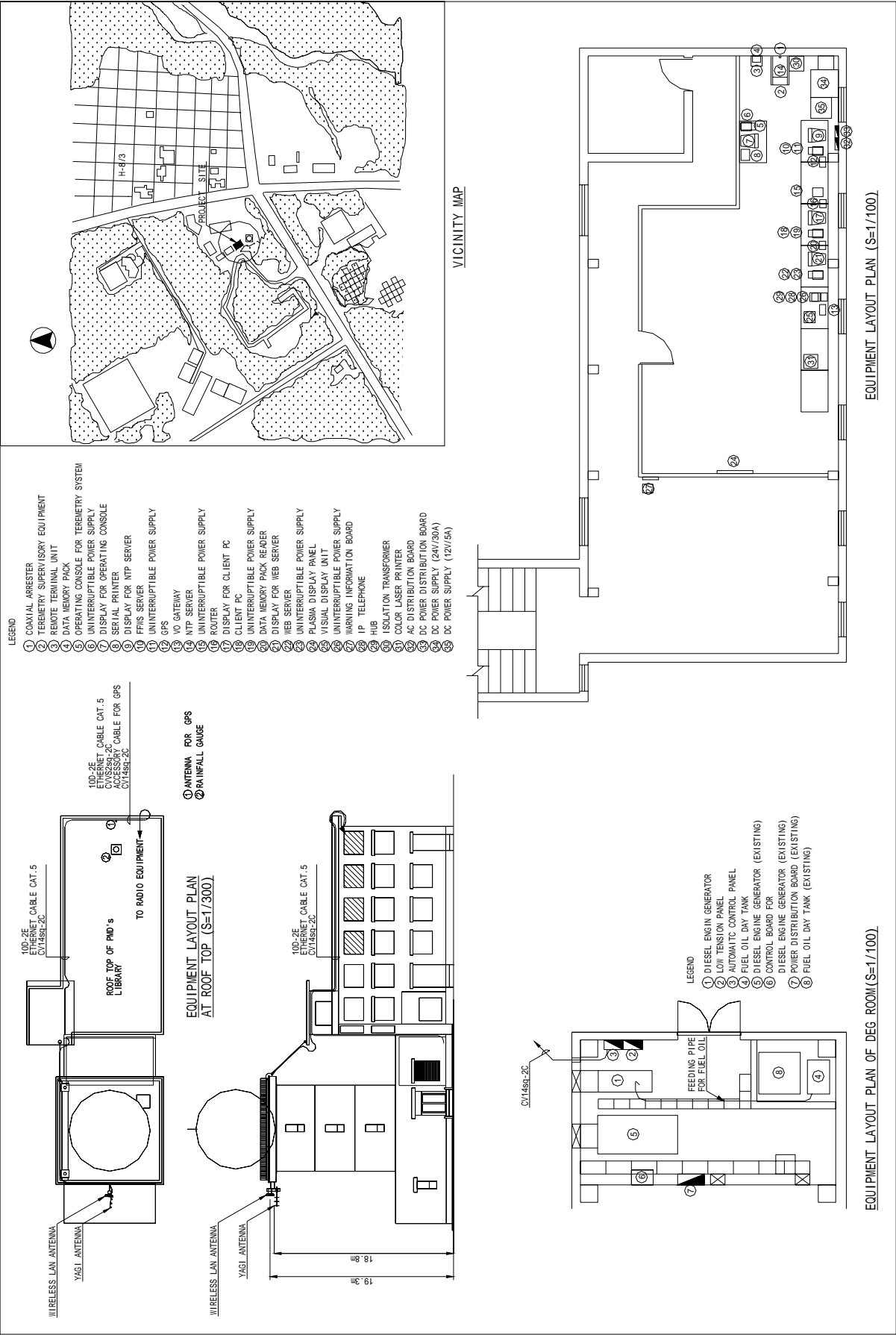


図 - 1. パキスタン気象局 (PMD) 中央洪水予警報管理局、雨量観測局

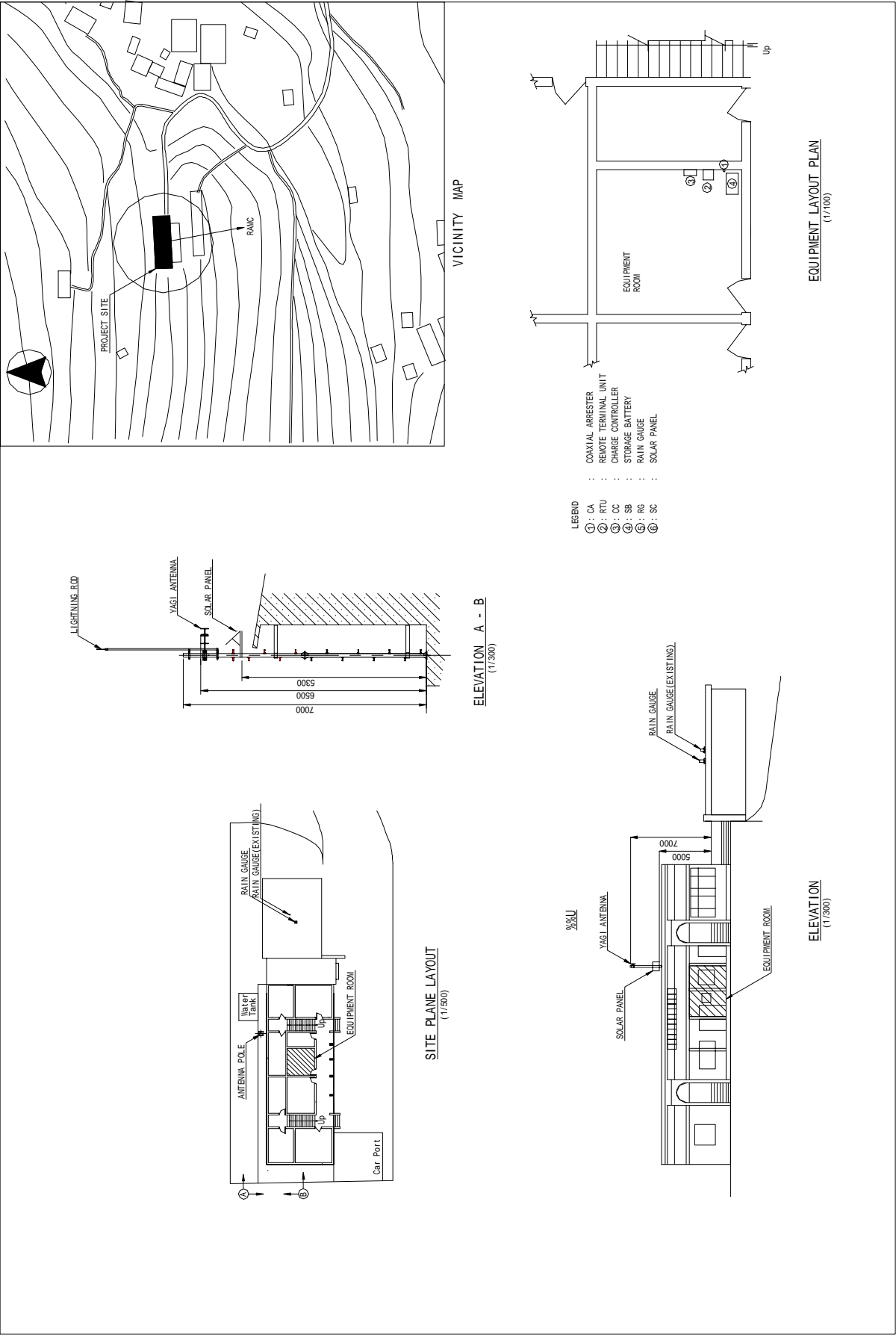


図 - 2. サイドプールの雨量観測局

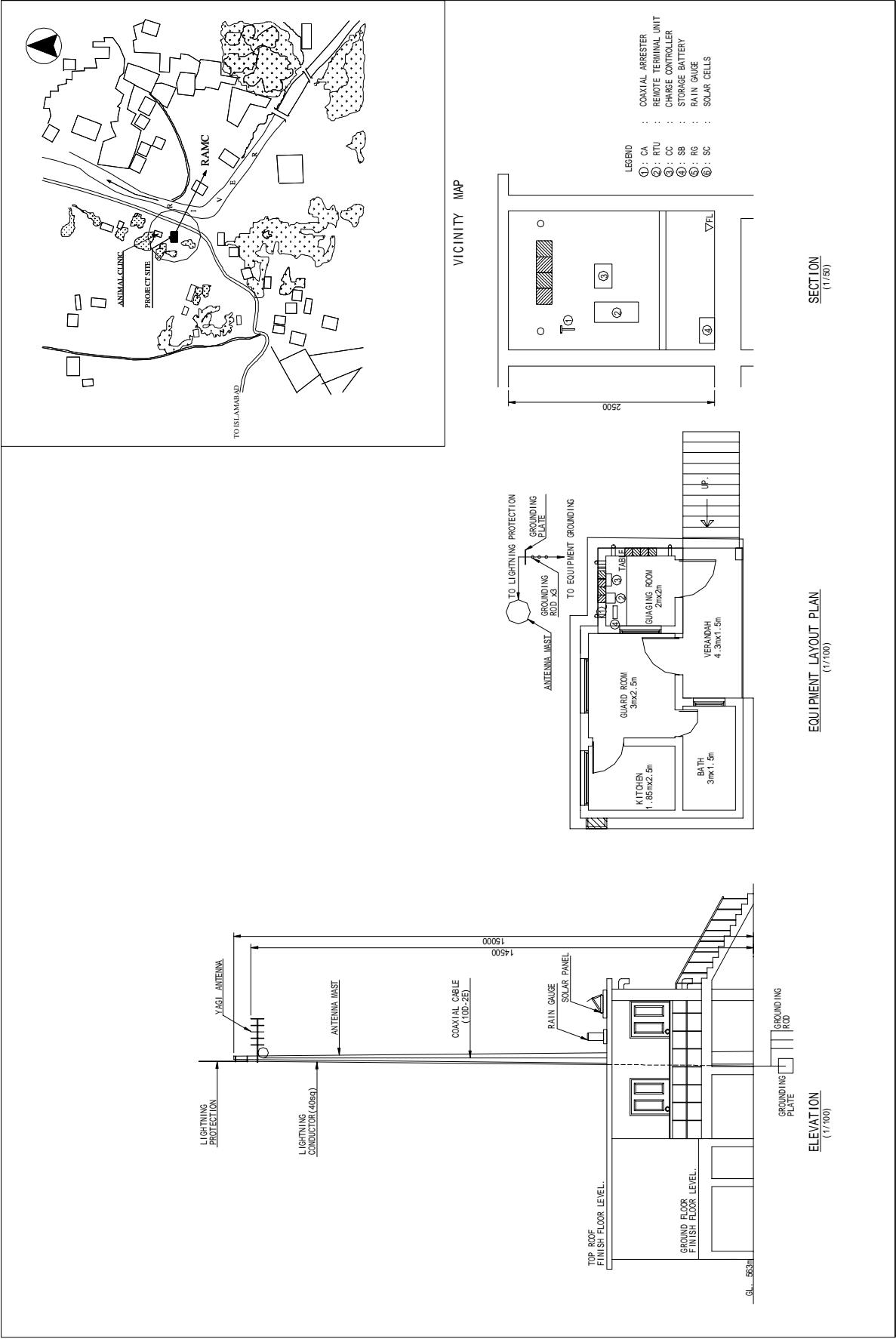


図 - 3. ゴルラ雨量観測局

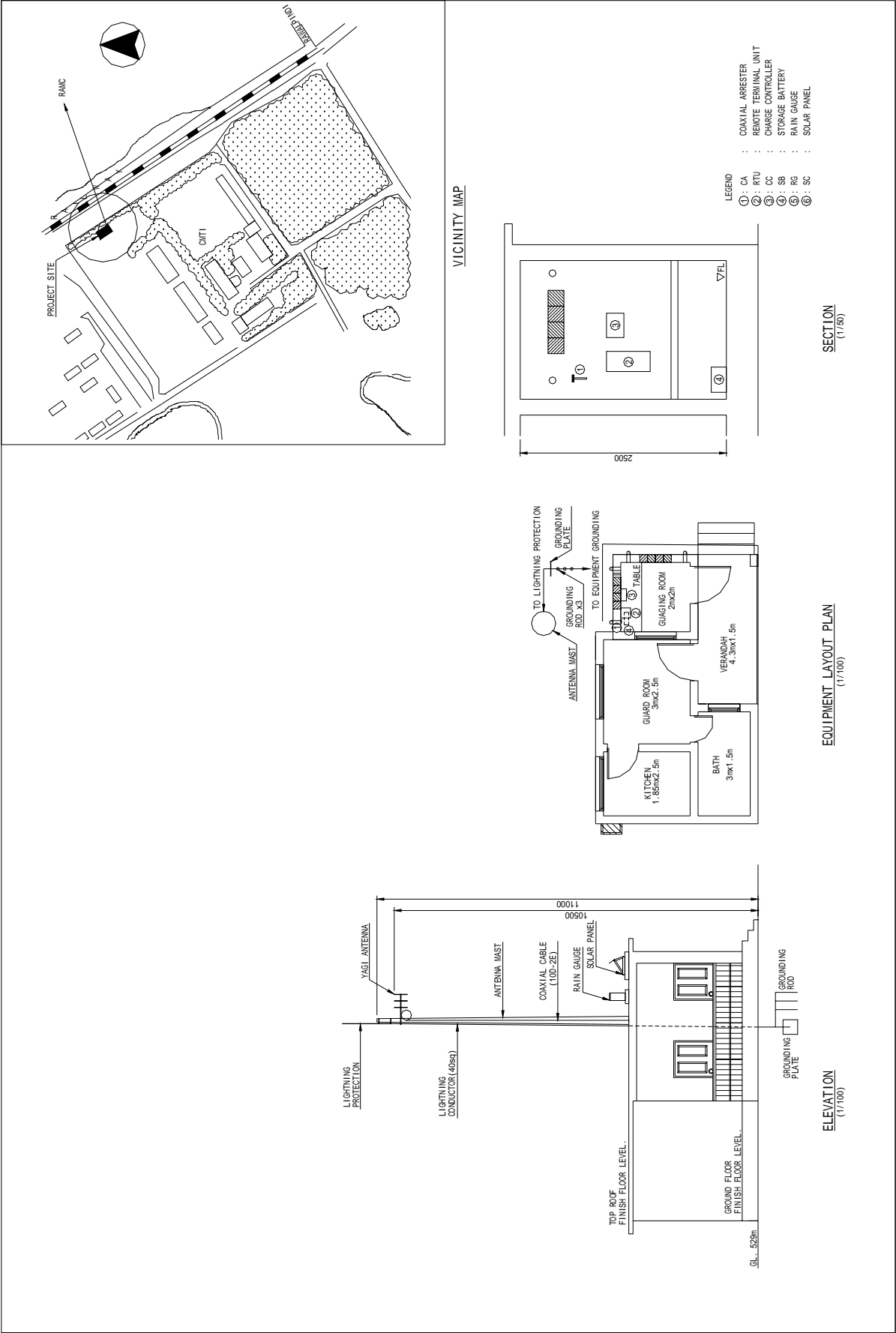


図 - 4. ボクラ雨量観測局



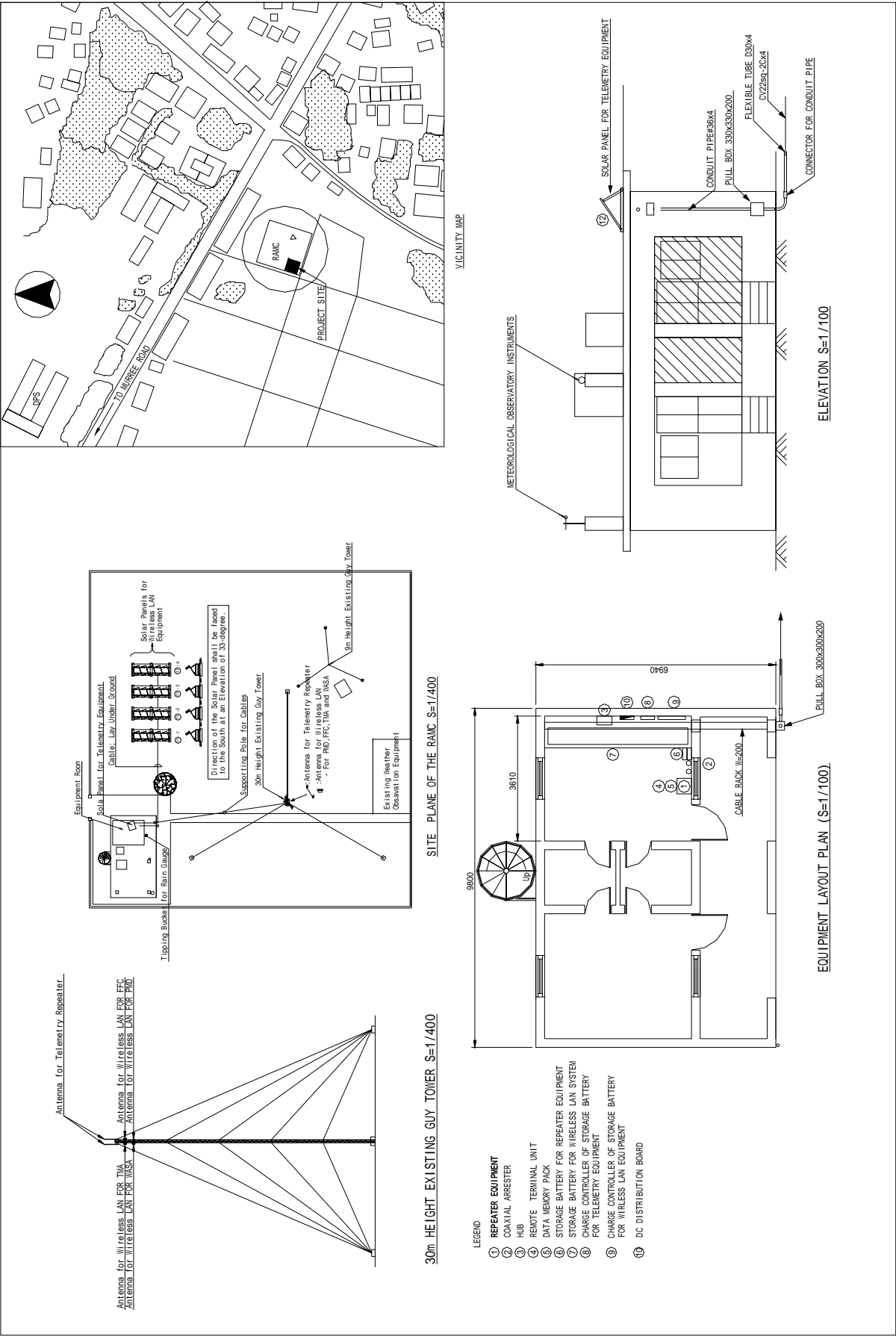


図 - 6. ワルピンディ農業気象センター (RAMC) 雨量観測局 中継局

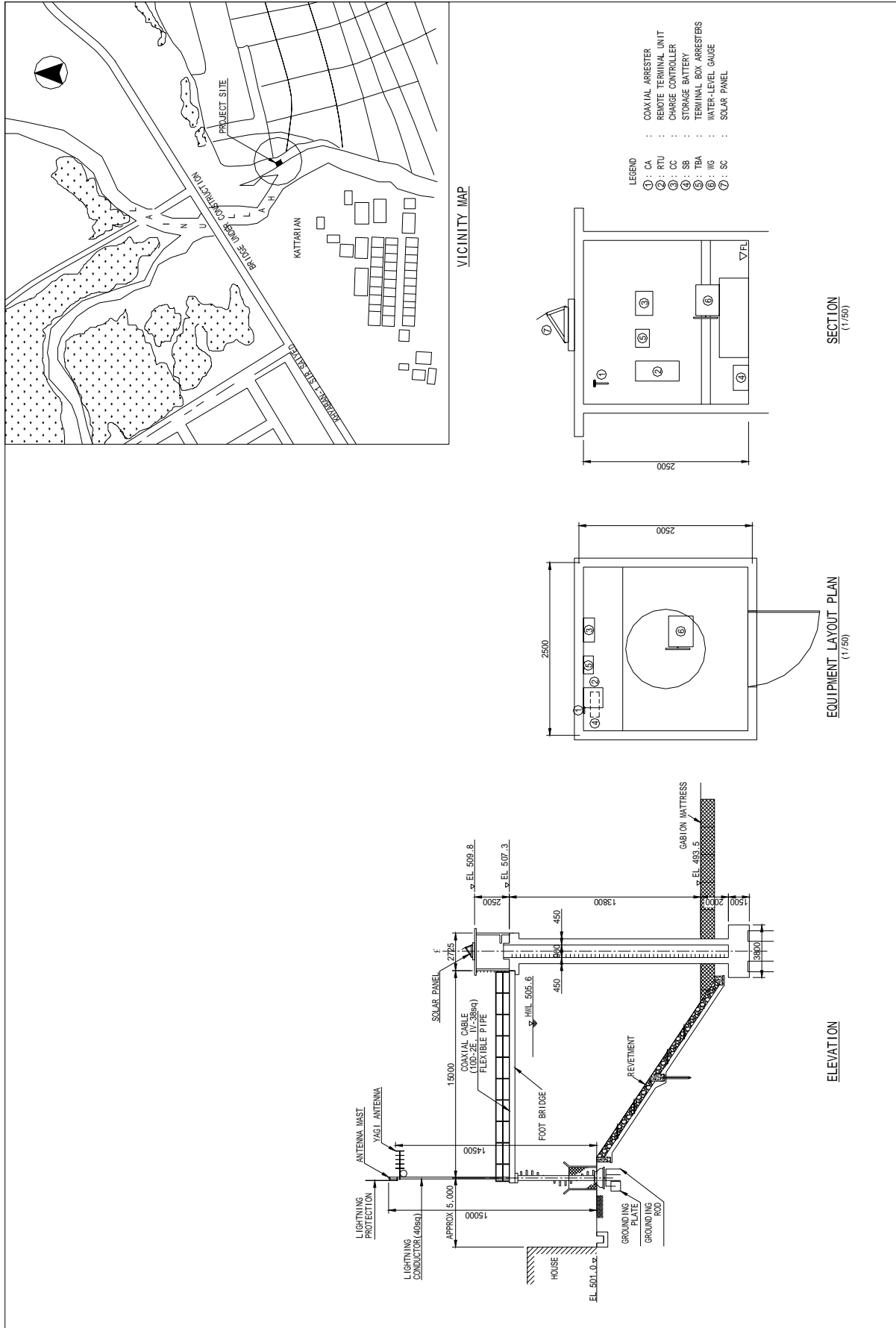


図-7. カタリアン橋水位観測局

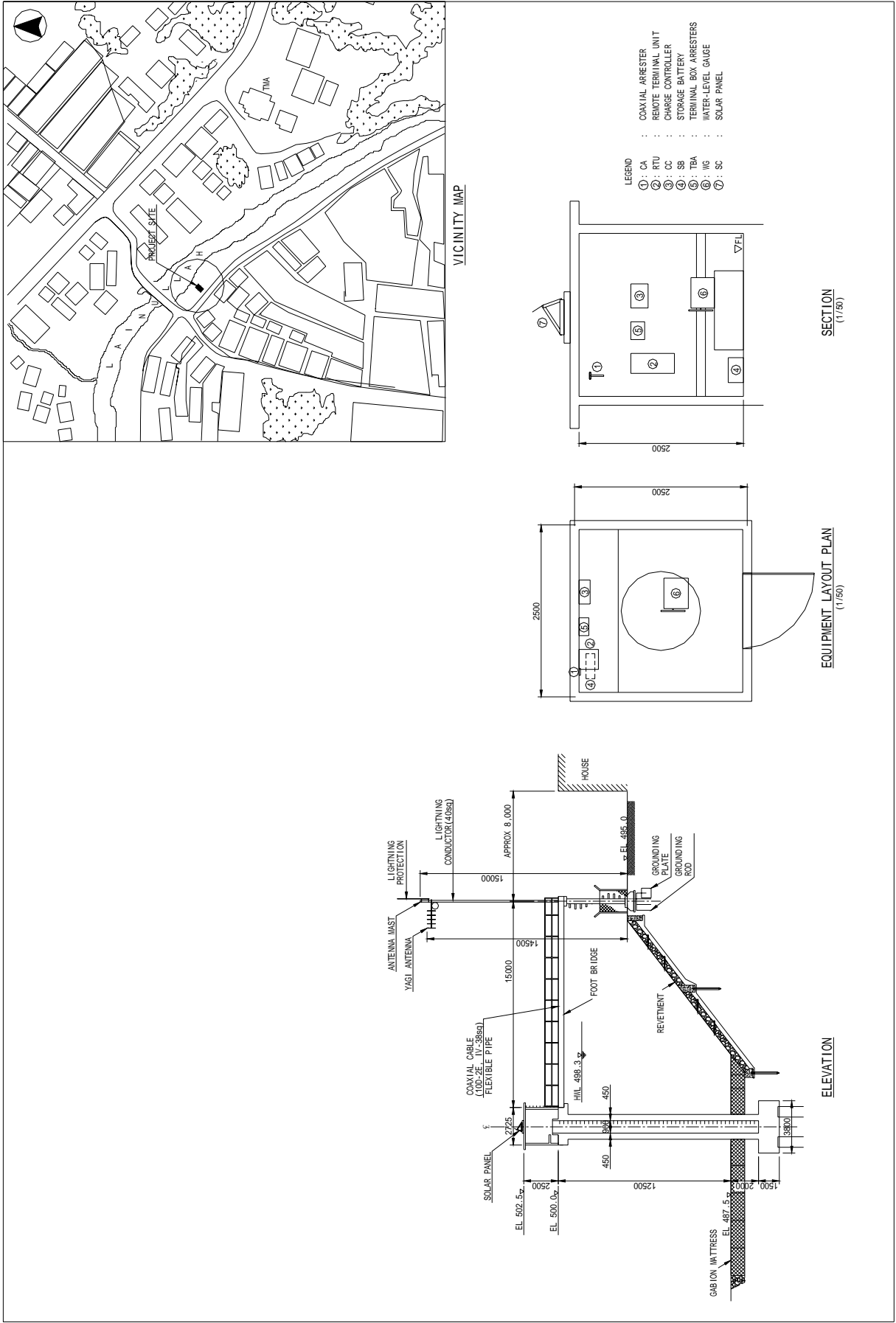


図-8

図-8. ガフルマンデン橋水位観測局

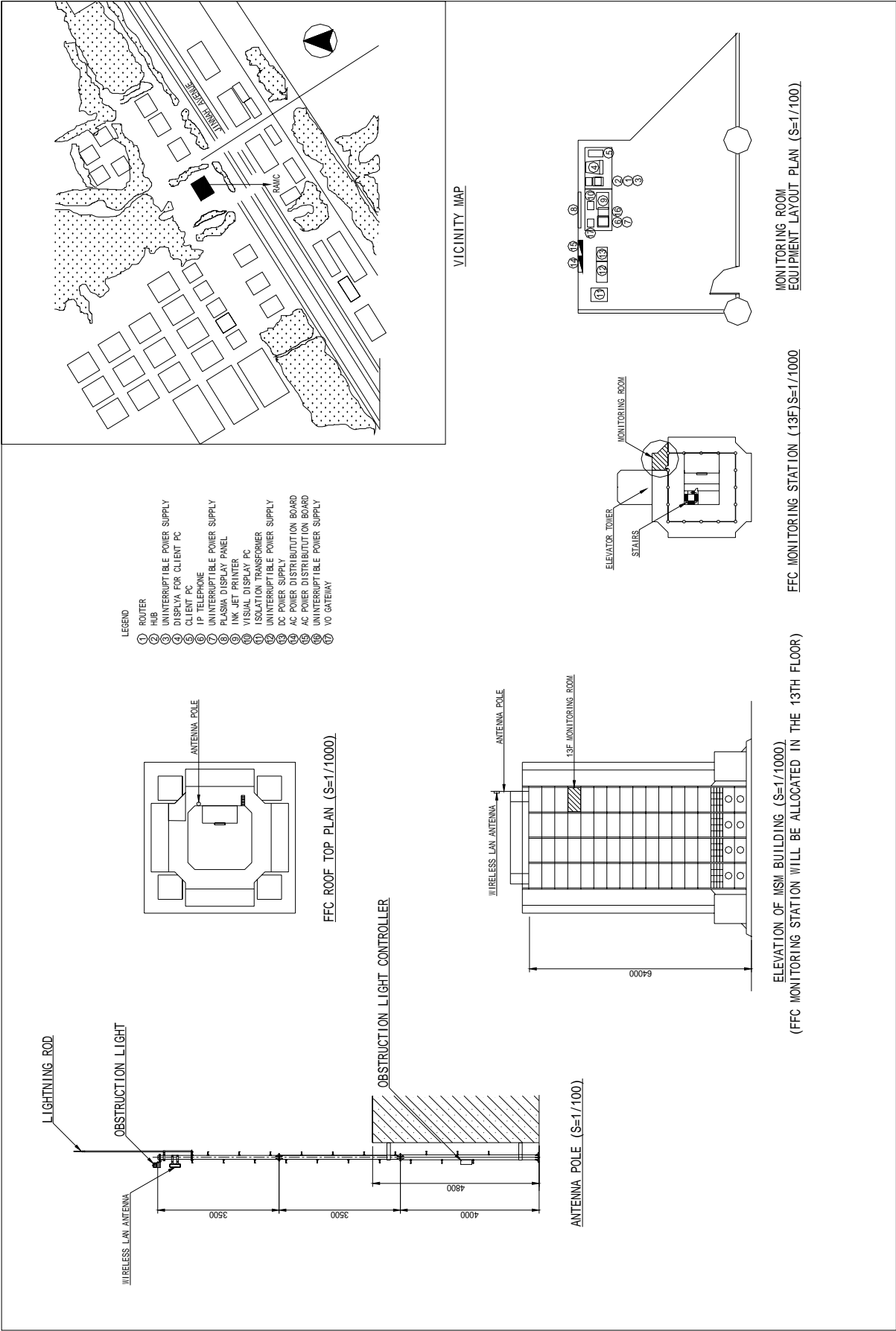


図 - 9. 連邦洪水委員会 (FFC) 監視局

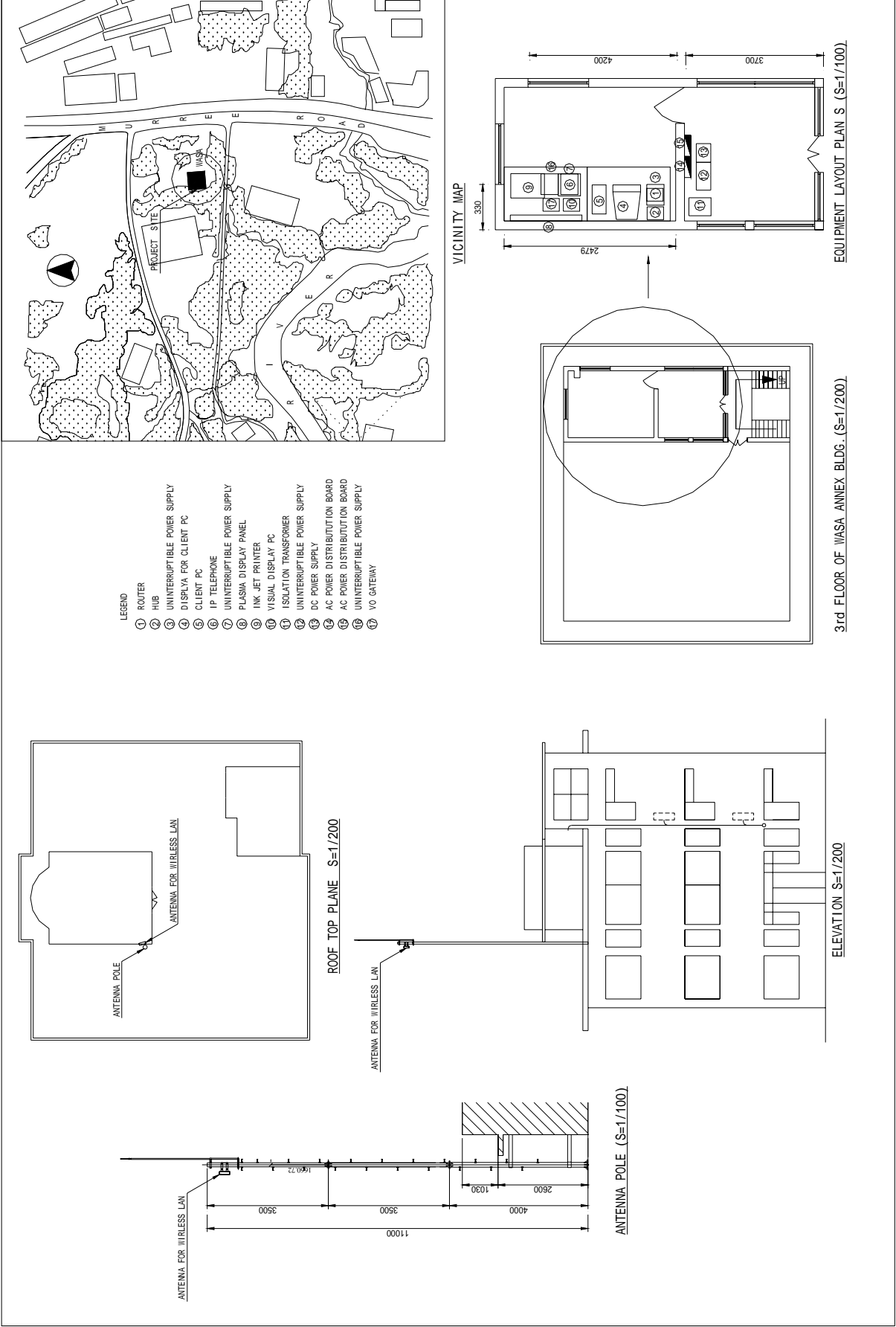


図 - 10. 上下水道局 (WASA) 監視局

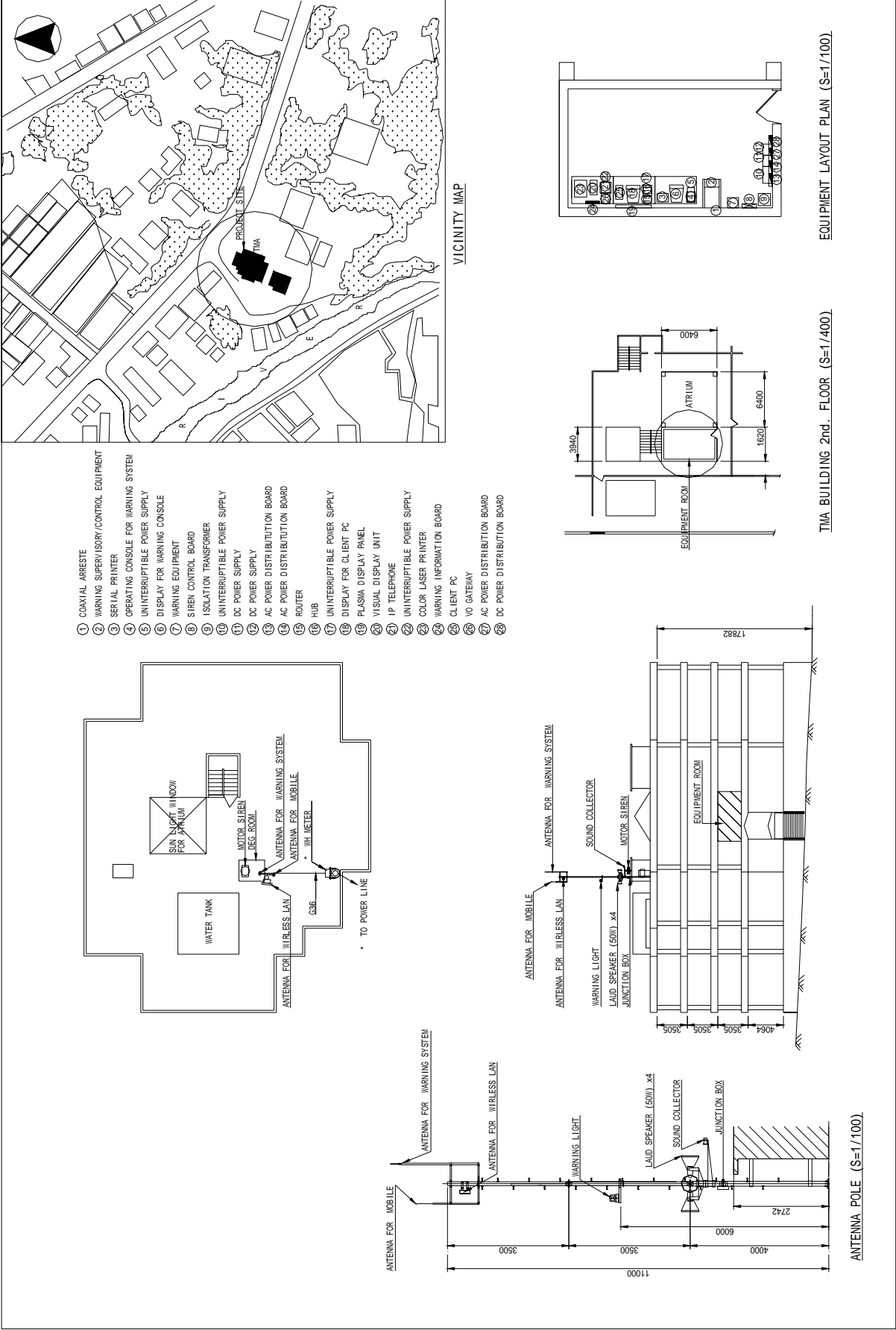


図 - 11. ワラルペンデイ市役所 (TMA) 防災管理室 (洪水避難警報制御監視局)

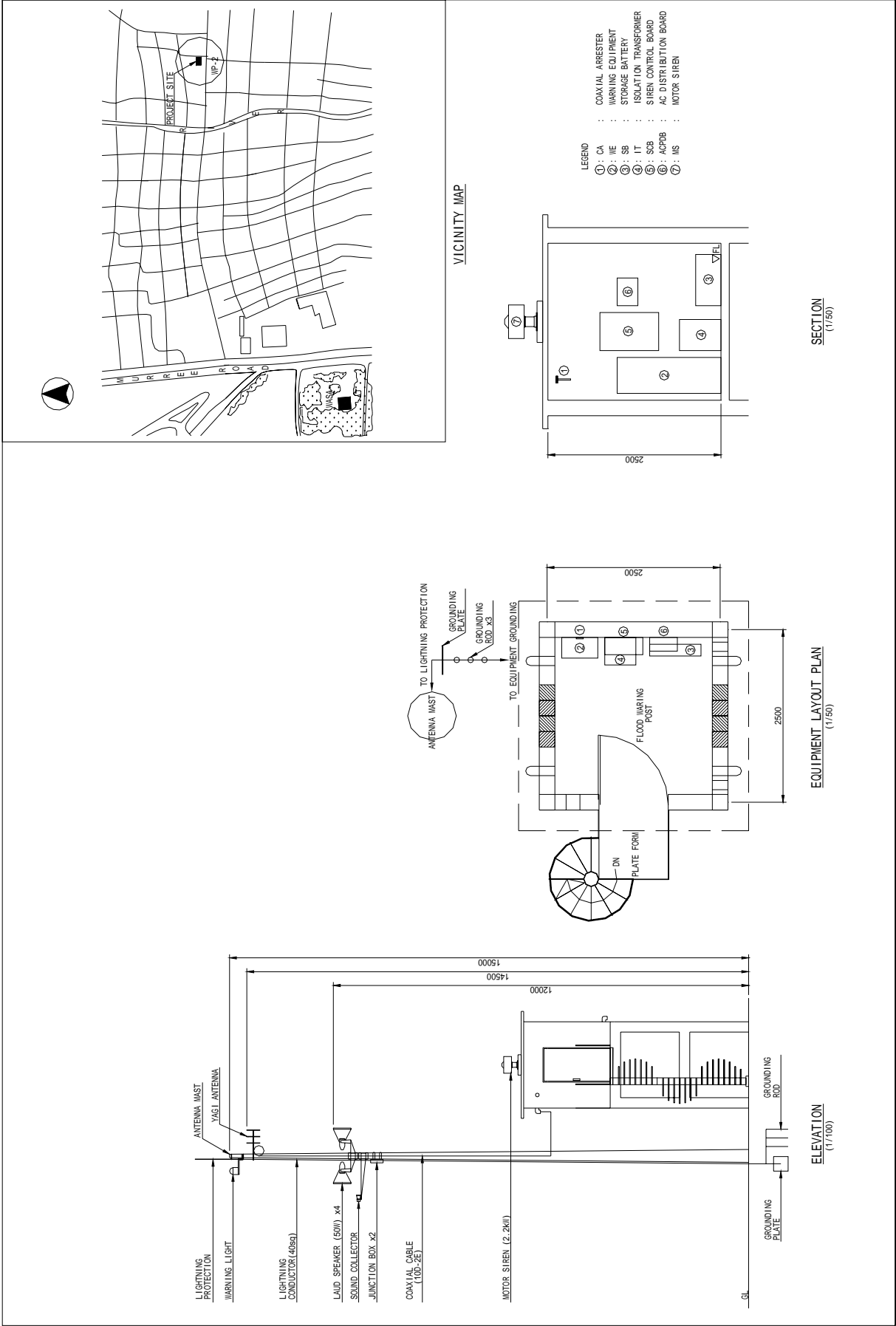


図 - 12. 洪水警報局 WP-2

図-13. 洪水警報局WP-3

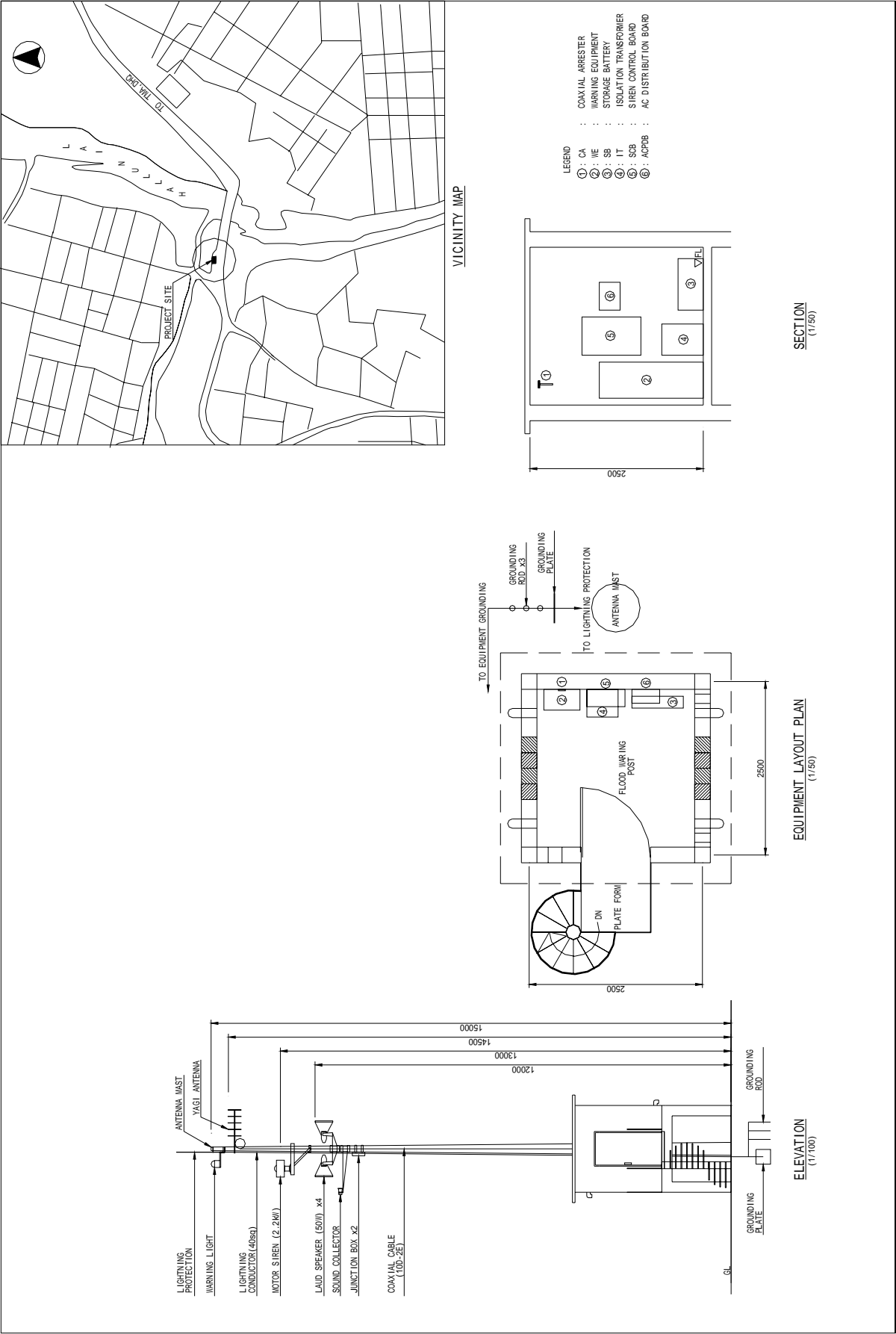


図-14

図 - 14. 洪水警報局 WP-4

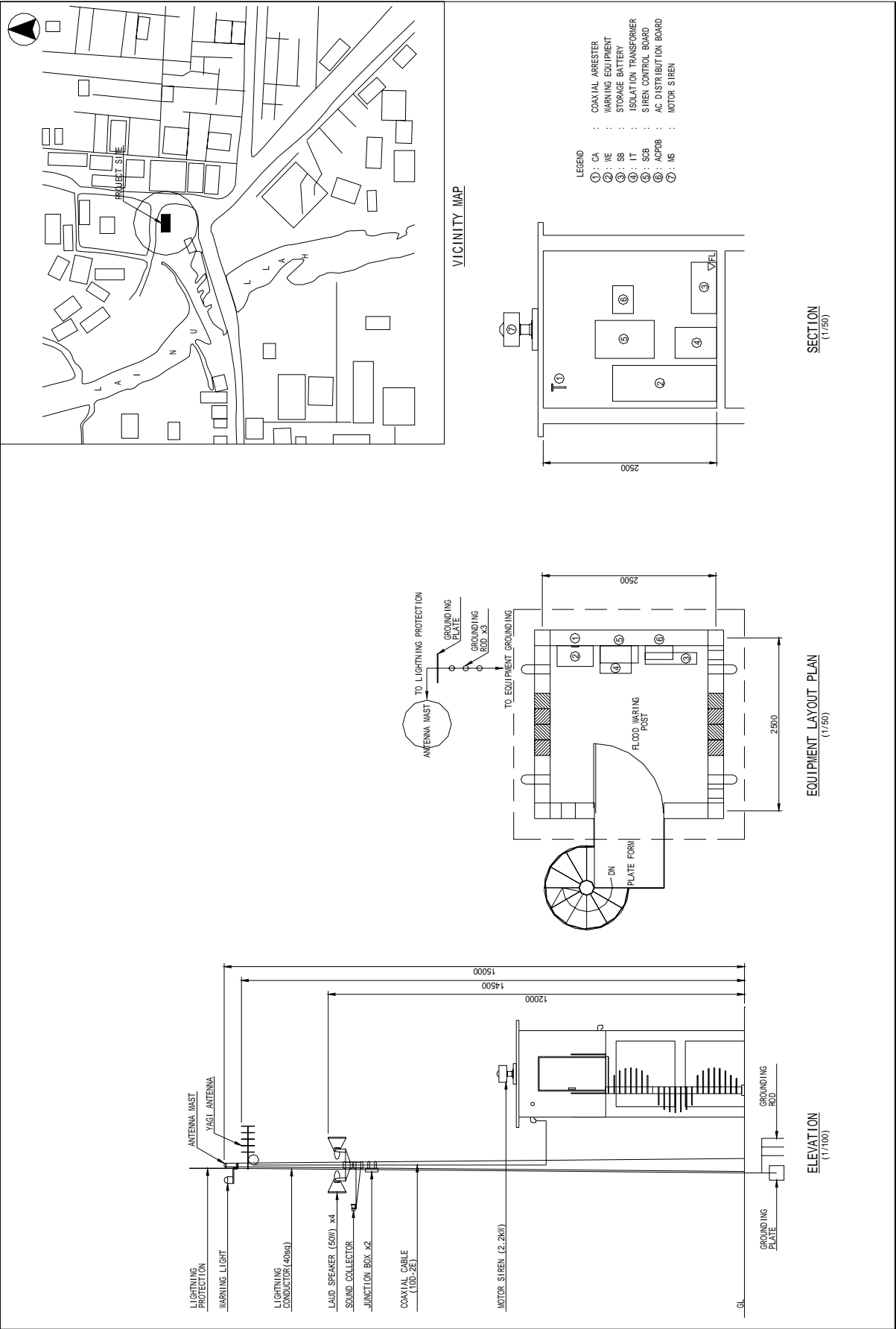
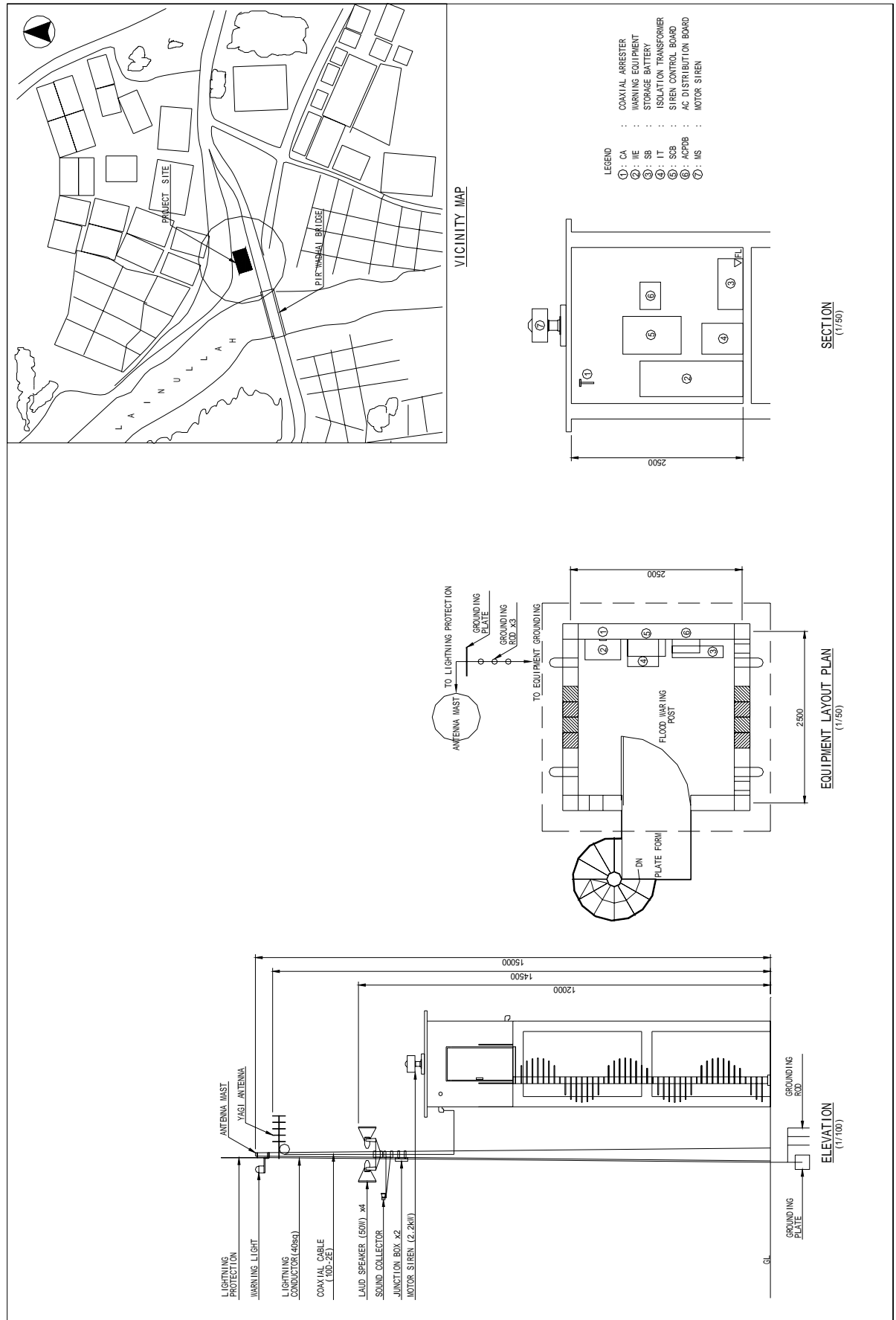


図 - 15. 洪水警報局 WP-5



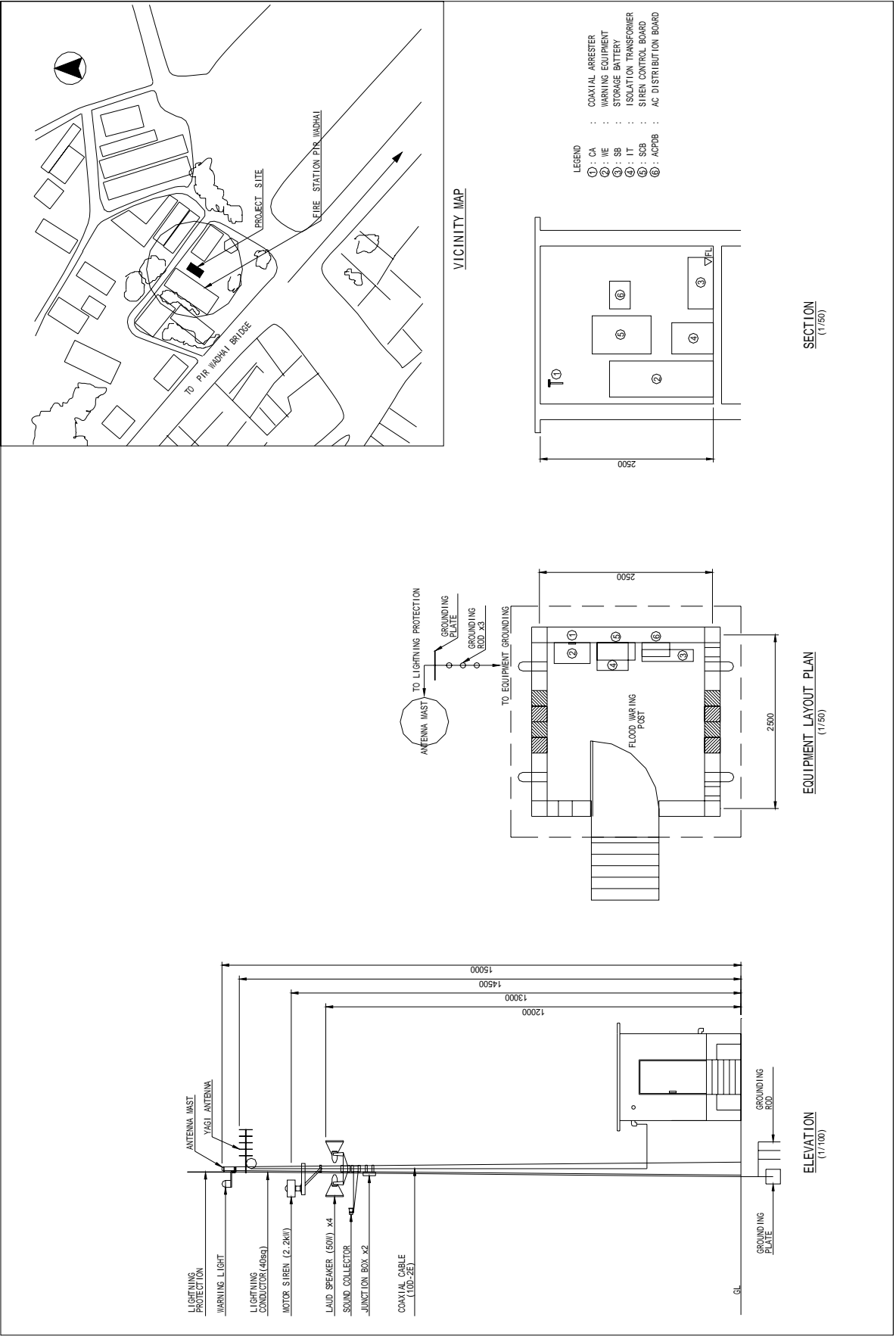


図-17

図 - 17. 洪水警報局 WP - 7

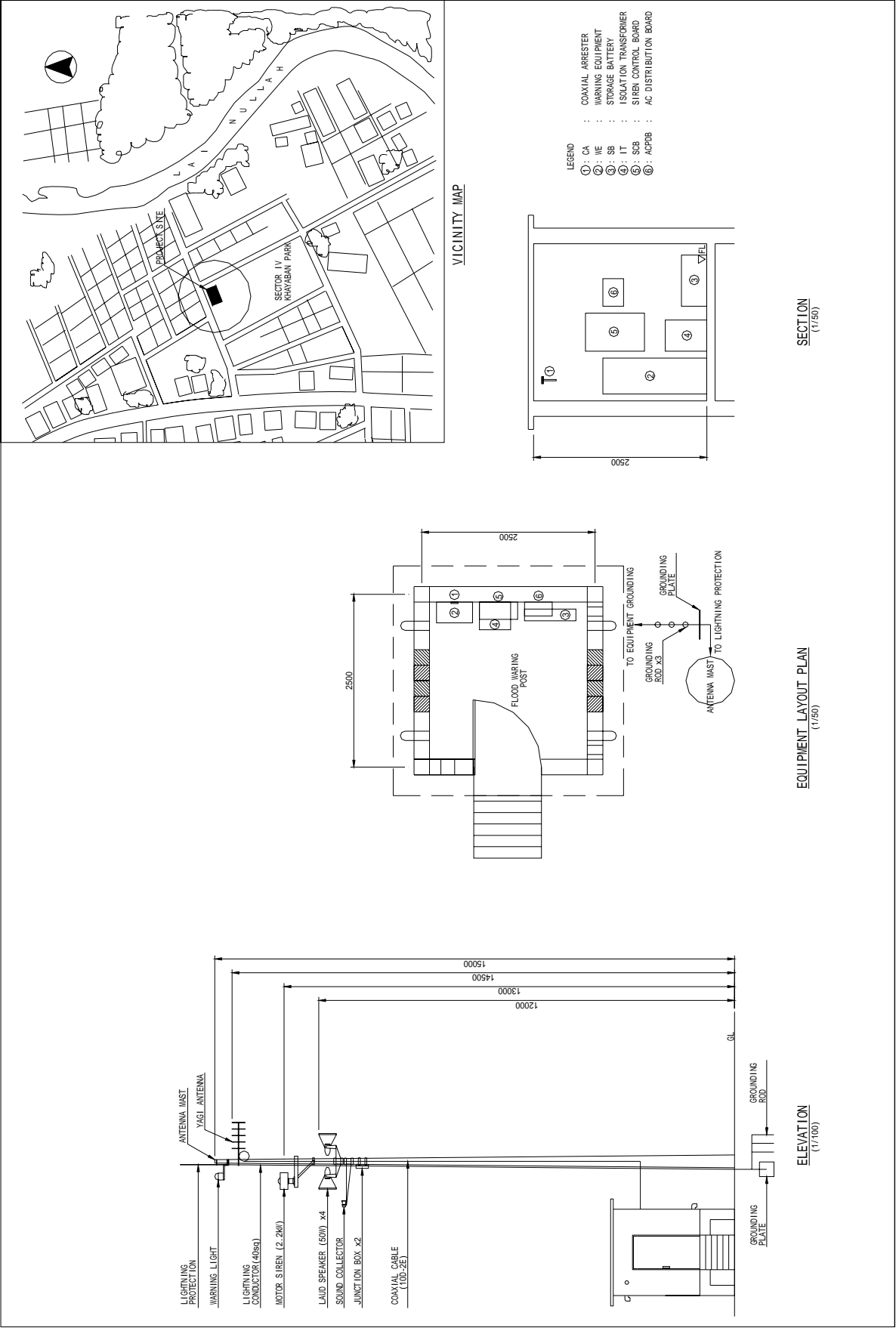


図 - 18. 洪水警報局 WP - 8

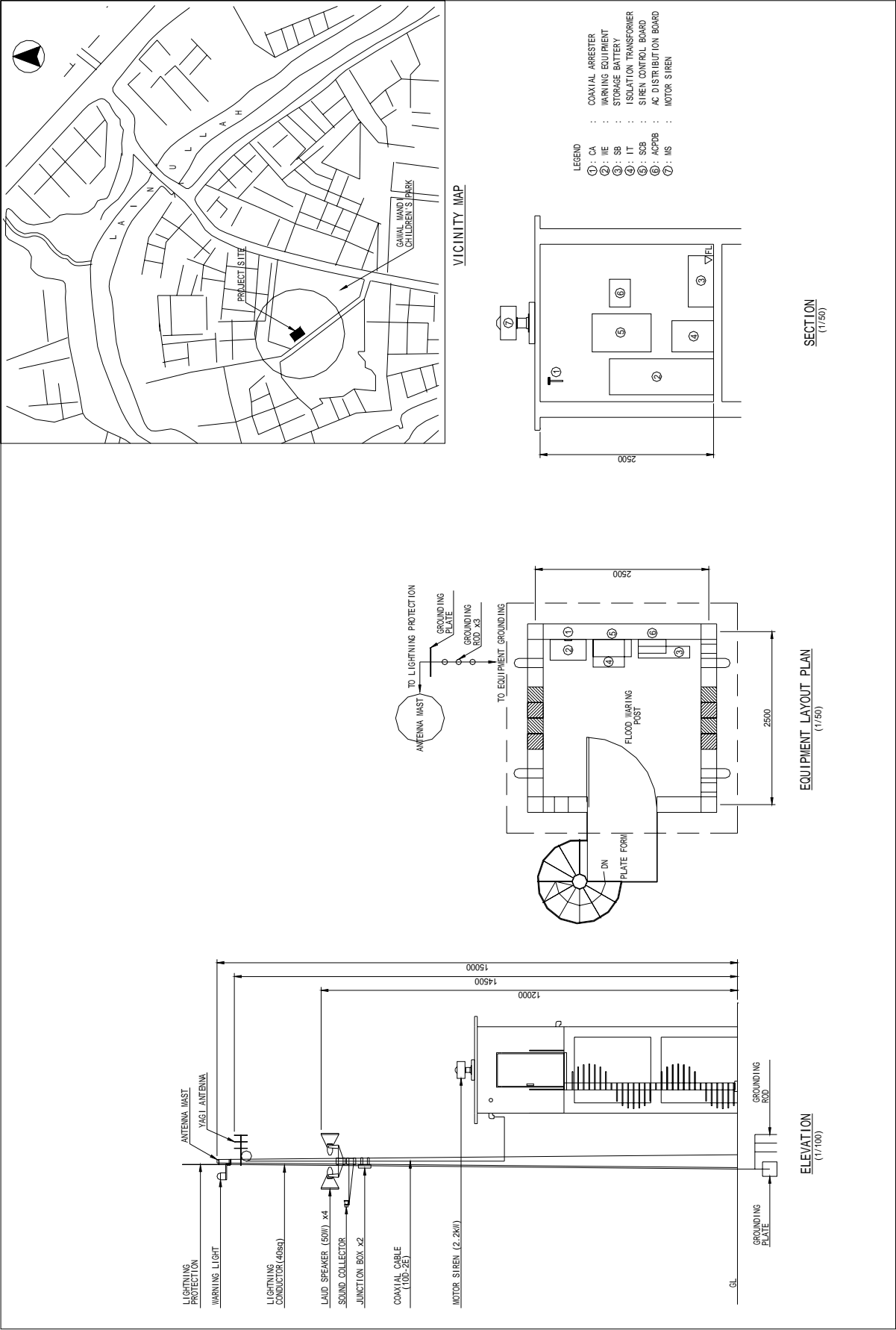


図 - 19. 洪水警報局 WP - 9

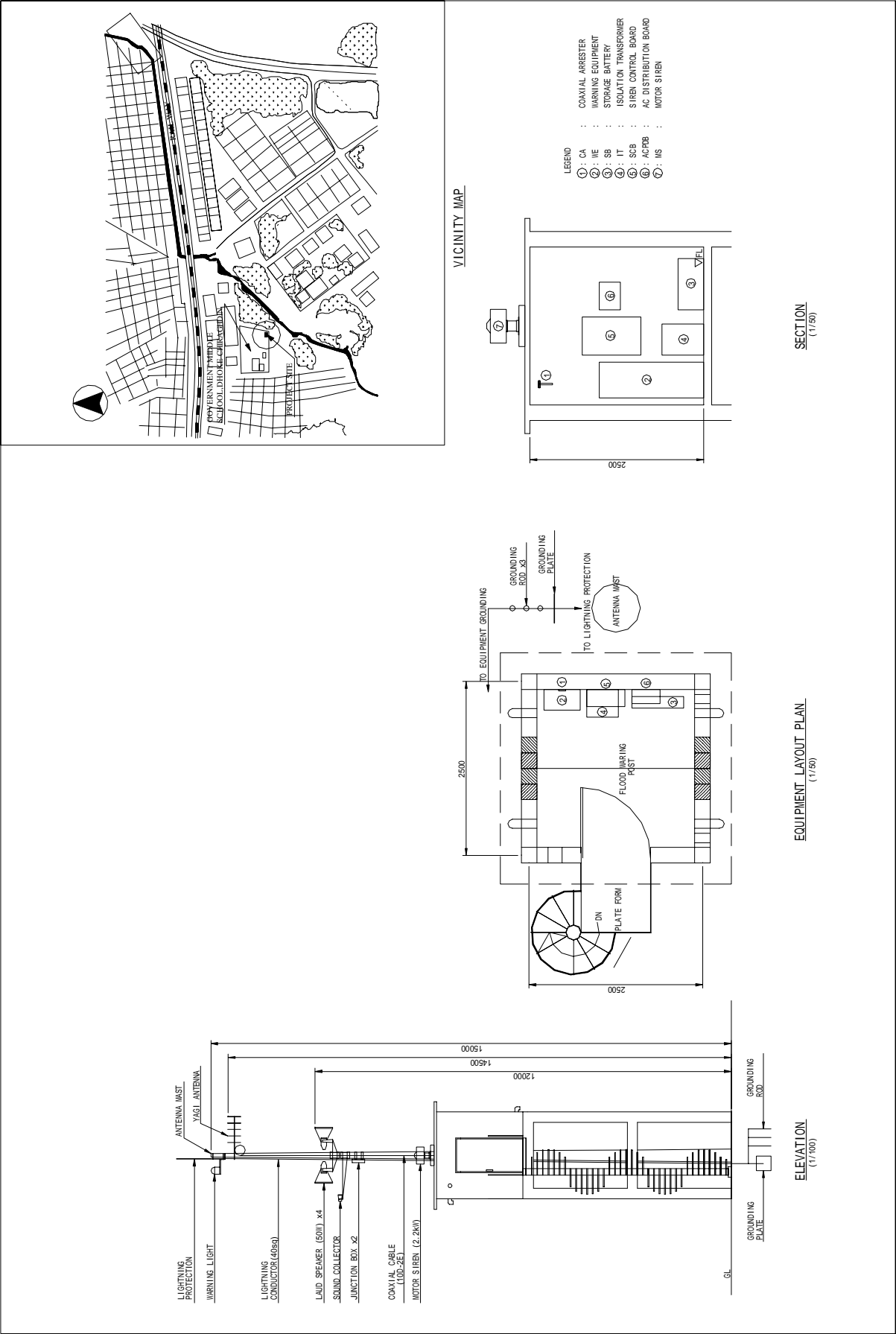


図 - 20. 洪水警報局 WP - 10

NOTE:
 (1) SCOPE OF WORK
 a) GAUGING ROOM : BY JAPAN
 b) EXCEPT FOR GAUGING ROOM : BY PAKISTAN

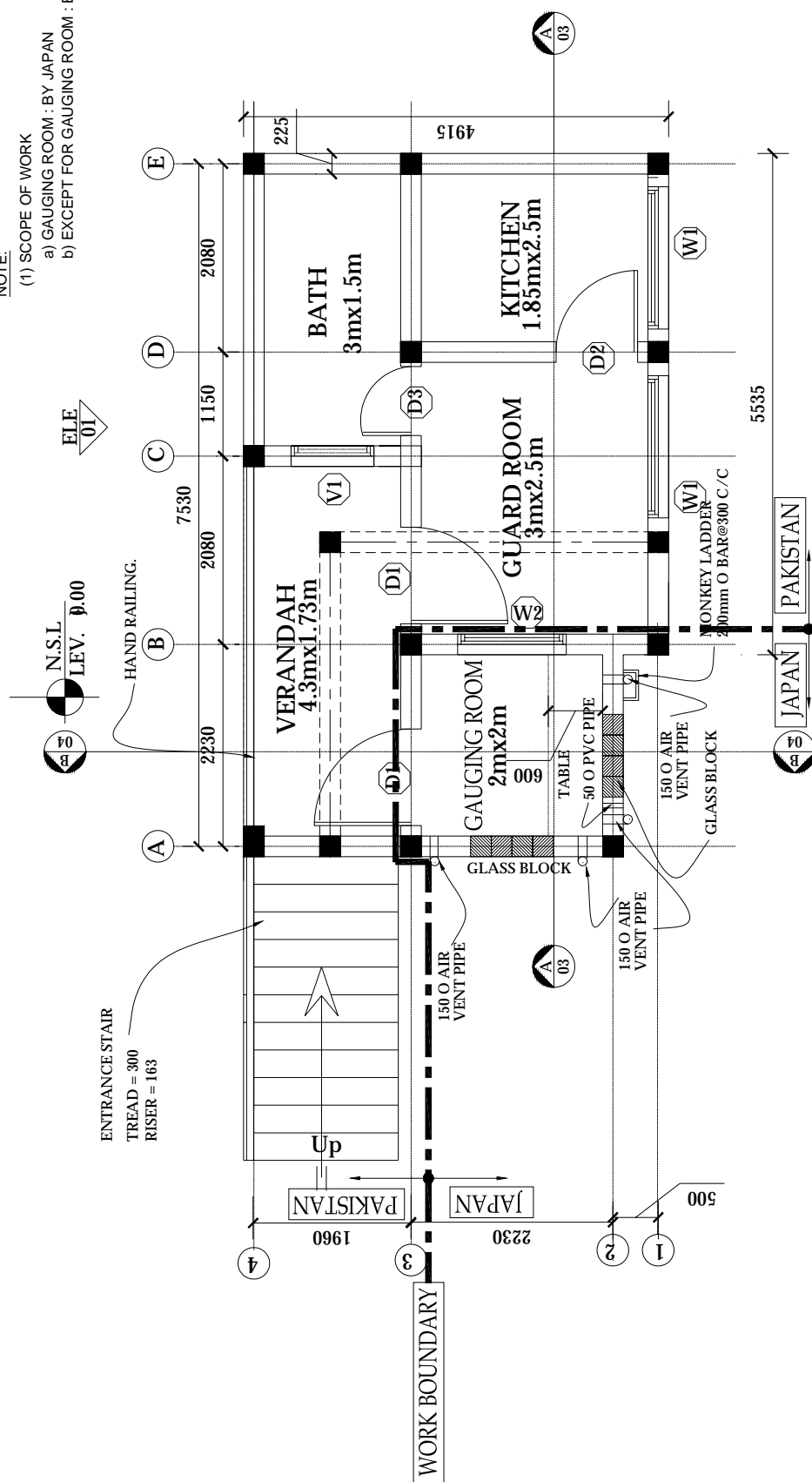


図 - 21 . ゴリラ雨量観測局平面図

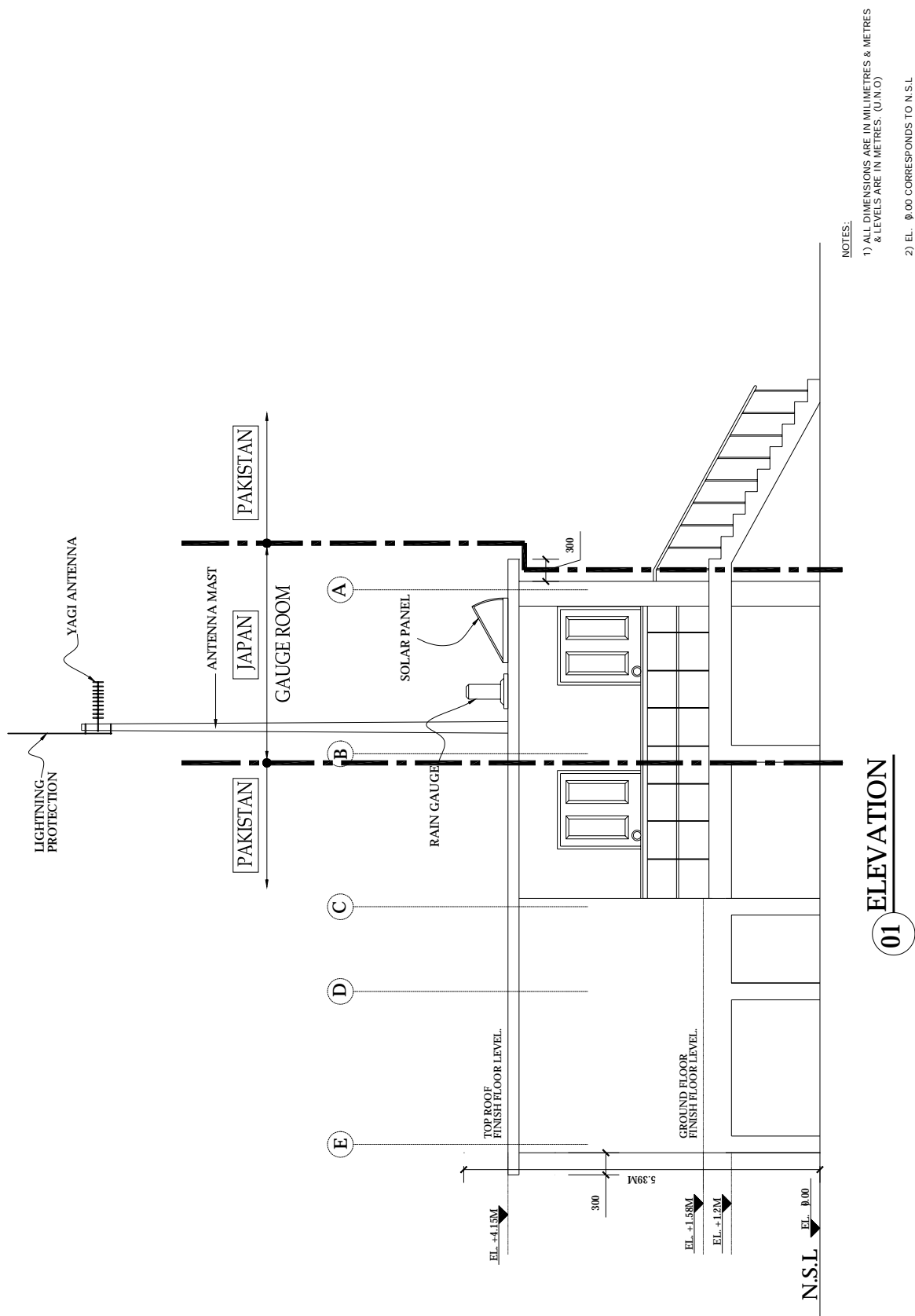


図 - 22 . ゴルラ雨量観測局立面図

NOTE:
 (1) SCOPE OF WORK
 a) GAUGING ROOM : BY JAPAN
 b) EXCEPT FOR GAUGING ROOM : BY PAKISTAN

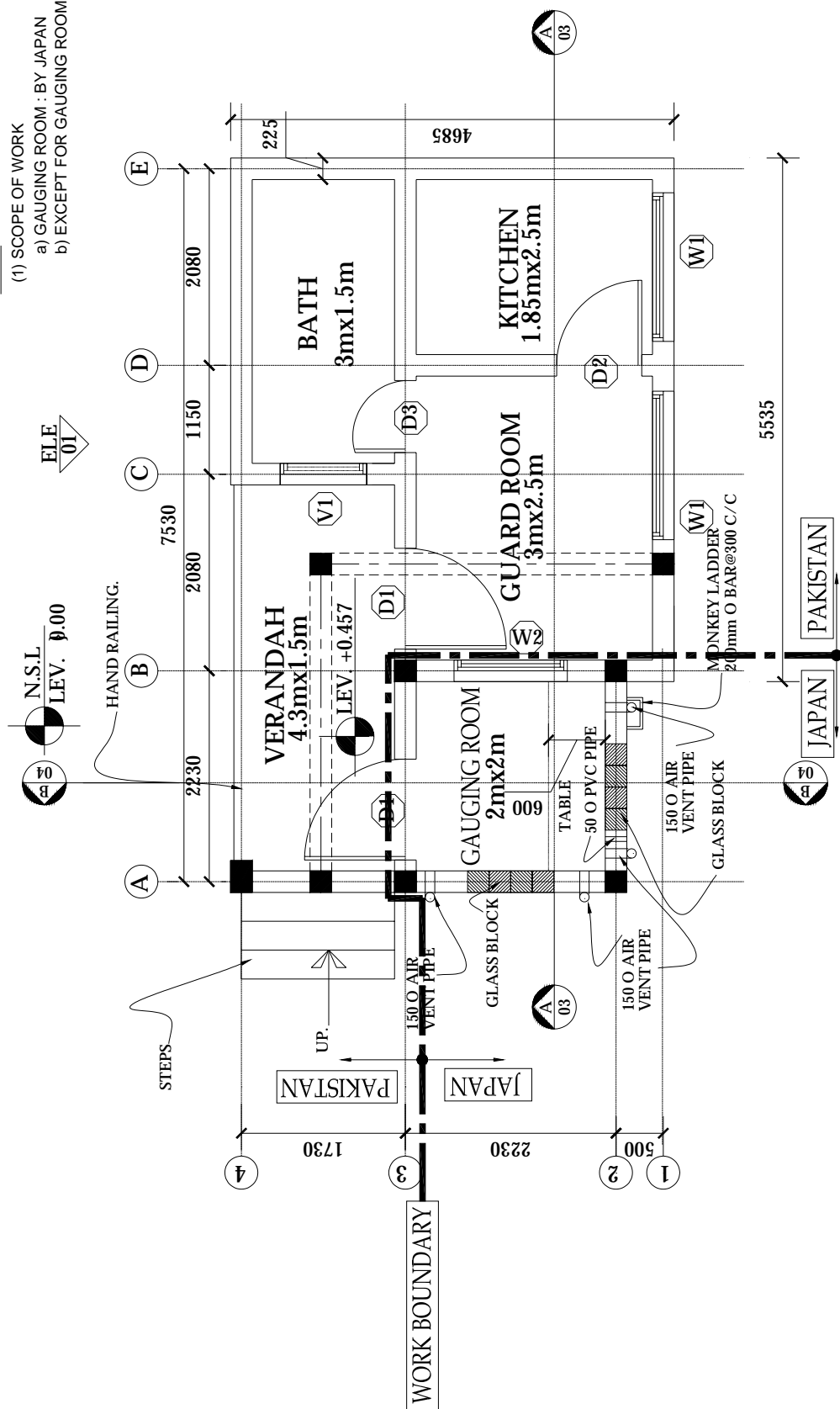
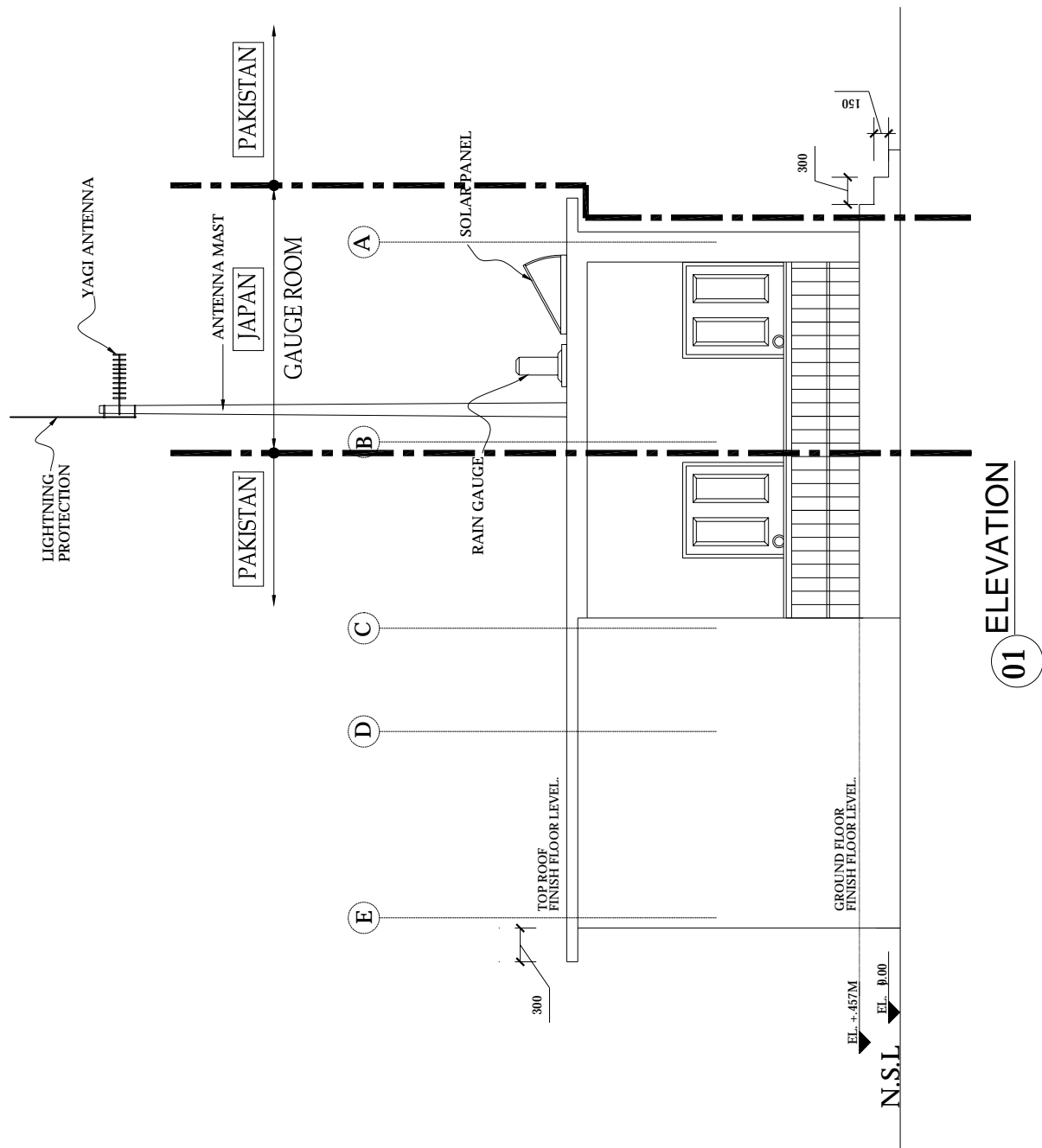


図 - 23 . ボクラ雨量観測局平面図



NOTES:
1) ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETRES & METRES
& LEVELS ARE IN METRES. (U.N.O.)

図 - 24 . ボクラ雨量観測局立面図