

パキスタン・イスラム共和国

パキスタン気象局

パキスタン・イスラム共和国
サッカー気象レーダー整備計画
準備調査報告書
(先行公開版)

2020年7月

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 国際気象コンサルタント

環境
JR(P)
20-043

要 約

要 約

1. 国の概要

パキスタン・イスラム共和国（以下、「パキスタン」という。）の人口は 2.07 億人（パキスタン統計省国勢調査 2017）、人口増加率は年平均 2.4%、2050 年にはインド、中国、米国に次ぐ世界第 4 位の人口を抱える国になると予想されている。GDP は約 3,050 億 US ドル（2017 年世界銀行）、実質経済成長率は 5.79%（パキスタン統計省国勢調査 2017）である。

2. プロジェクトの背景、経緯及び概要

パキスタン政府は、自然災害に対する防災体制強化に向けて、国家防災管理令の公布、防災行政の中心となる国家防災管理庁（National Disaster Management Authority : NDMA）の設置、我が国の支援による「国家防災管理計画（NDMP）」の策定等、国を挙げた取り組みを行っている。「国家防災管理計画（NDMP）」では、適正な予警報システムの構築・維持を目的とした「マルチハザード早期予警報計画」が策定されている。計画実施のためには、防災行政を行う人材の育成及び住民への防災知識の普及啓発、洪水制御施設の整備等に加え、災害管理体制の中核に位置し、洪水・サイクロン等の観測及び予警報を担っている PMD の気象観測・予報能力の向上がキーポイントとなる。そのためパキスタンでは、甚大な被害を引き起こす自然災害をより軽減するため、PMD の気象観測能力及び予警報精度を向上させ、自然災害の危険を事前に予測し適切な対策を講じるために、従来以上に予警報を迅速かつ適時適所に配信することが強く求められている。しかしながら現状では、モンスーン期にインドからパキスタンのシンド州に進入して広域に大雨や集中豪雨をもたらす雨雲やサンダーストーム（雷雨）を精度良く観測できないことから、PMD が大雨の情報を洪水予警報に適切に反映することが難しいのが実情である。そのためインド側の観測データが乏しい故に気象・洪水予警報のタイムリーな発表が難しいという現状を解決するためにも、インドとの国境に近いサッカルの新たな気象レーダーを整備することが急務となっている。サッカルの新たな気象レーダーの整備が実施されることにより、PMD は、シンド州、パンジャブ州及びインド側の広域に渡る精度の高い気象観測と、気象及び洪水予警報の国民への安定的且つ持続的な提供が実施できることから、パキスタンの気象・洪水情報や予警報の精度が向上され、自然災害による被害の軽減に寄与することが可能となる。

3. 調査結果の概要とプロジェクトの内容

パキスタン政府は、2019 年に「サッカルの気象レーダー整備計画」実施のための無償資金協力を我が国政府に要請した。日本国政府は準備調査の実施を決定し、独立行政法人国際協力機構（Japan International Cooperation Agency : JICA）は、2019 年 6 月 11 日から 7 月 17 日に「サッカルの気象レーダー整備計画準備調査」を実施し、プロジェクトの実地調査、関連資料等をもとに、PMD の機材運用・維持管理能力、最適機材配置計画等の様々な観点から、最適な機材内容、規模・数量を検討した。

これを基に JICA は、2020 年 1 月 20 日から 2 月 6 日まで準備調査報告書（案）説明調査団をパキスタンに派遣し、準備調査報告書（案）の説明及び協議を重ねた。その結果、本プロジェクトの目的や効果を鑑み、最終的に以下の項目が必要である旨が確認された。各項目について国内にて解析を行い、次の表に示すものが概略設計の対象項目となった。

表 1 概略設計の対象となった機材及び施設の概要

内容	サッカー気象レーダー観測所 計画サイト（既設 PMD ローリ・サッカー気象観測所）	PMD イスラマバード 国家気象 予報センター	PMD カラチ 熱帯サイクロン 警報センター	PMD ラホール 洪水予報部	イスラマバード、 カラチ及びラホール 国際空港内 PMD 気象事務所
機材調達・据付					
S バンド固体化電力増幅式 2 重偏波気象ドップラーレーダーシステム（サージ防護装置、電源バックアップシステム、避雷システム、メンテナンス用機器及びスペアパーツ等を含む）	1 基	-	-	-	-
気象レーダー中央処理システム	-	1 式	-	-	-
気象レーダーデータ表示システム	1 式	1 式	1 式	1 式	各サイトに 1 式
施設建設					
気象レーダー塔施設建設	1 棟	-	-	-	-
技術研修	業者契約に含まれる初期操作指導				
ソフトコンポーネント					

4. プロジェクトの工期及び概略事業費

本プロジェクトの工期は、約 35.8 ヶ月（実施設計：約 8 ヶ月、建設工事：約 22.5 ヶ月、機材調達及び据付工事：約 17.3 ヶ月）と見込まれる。

5. プロジェクトの評価

<妥当性>

(1) パキスタンの開発計画

パキスタンの気象業務の強化と近代化は、気象現象による負の影響を緩和し、人々の安全な営みを確保するための喫緊の課題であり、また国の持続可能な開発に大きく貢献するものとの考えから、PMD は、パキスタンの長期国家開発方針である「ビジョン 2025」及び「国家防災管理計画 (NDMP)」で言及

されている政府目標の達成に貢献するために、2016年に10年開発計画を策定した。

「ビジョン2025」は、国が一丸となって取り組むべく国家開発方針であり、パキスタン計画開発省により2014年8月に発表された。「ビジョン2025」では、2025年までに上位中間層国（upper middle income countries）入りすることを宣言し、25の数値目標を掲げている。数値目標には、現在1,299USドルである一人当たり国民所得を4,200USドルにまで増やすこと、国民の貧困者比率を現在の49%から20%にまで減らすこと等が含まれている。加えて超長期的目標として独立100周年を迎える2047年までにGDP総額で見て世界のトップ10の経済国家になるという宣言文も盛り込まれている。

我が国のパキスタンの防災対策支援の大きな成果の1つでもある「国家防災管理計画(NDMP)」は、パキスタンの防災セクターの強化と近代化の指針であり、各援助機関の防災対策分野での支援の柱ともなっている。

国連 ESCAP・UNISDR の「Reducing Vulnerability and Exposure to Disasters」では、2004-2010年に発生したパキスタンにおけるたび重なる災害は、2011年時点で災害が全くなかった場合と比較して、パキスタンのGDPを200億USドル押し下げたとの報告もあり、このような報告に鑑みれば、持続性のある国の発展のためには、防災を促進することの意義は非常に高いものと考えられる。

PMDが策定した10年開発計画の最初の章である第1章において、最優先実施項目の1つとして気象レーダーによる観測網整備の実施を挙げており、更に、2017年5月にパキスタン政府により承認された国家洪水保護計画IV：10年計画（National Flood Protection Plan-IV：Ten Year Plan）の最初の5年間にPMDの既設気象レーダー観測網及び洪水予警報の拡充の実施が挙げられている。以上のことから、本プロジェクトは、パキスタンの国家開発計画及び防災計画に合致するものである。

(2) 我が国の援助政策・方針

我が国とパキスタンは、長期にわたり良好な二国間関係を築いており、2012年には、国交樹立60周年を迎えた。我が国の2018年2月のパキスタンに対する開発協力量針では、我が国のODAの基本方針（大目標）として、「中間層の拡大を通じた安定的かつ持続的な社会の構築」を掲げている。ついでには、開発協力を通じてパキスタンの自立的な成長を支援するとともに、高い技術力をはじめとする我が国の強みを活かした協力を行い、良好な二国間関係を更に発展させ、パキスタン国内や域内の平和と安定の促進及び経済発展を促すことを開発協力のねらいとしている。上述の大目標の達成に向けて、我が国は下記の3つを重点分野（中目標）としている。

1. 経済基盤の改善
2. 人間の安全保障の確保と社会基盤の改善
3. 平和と安定の確立

このうち、「2. 人間の安全保障の確保と社会基盤の改善」の中で、「パキスタンと我が国は、しばしば自然災害に見舞われる点で共通していることから、気候変動リスクにも鑑み、第三回国連防災世界会議において採択された『仙台防災枠組み 2015-2030』に基づき、我が国の知見と技術を活用した災害予防、減災を中心とした防災体制の強化を支援し、災害に負けない強靱な社会の構築を図る」旨が目標とされていることから、本プロジェクトによりパキスタンの気象監視体制が強化され、自然災害に対するパキスタン全体の防災能力が向上することは、我が国の援助方針に合致する。

(3) 降雨観測情報の必要性

PMD ラホール洪水予報部の洪水予測システムでは、空間的・時間的な観測情報の不足を補うため、衛星観測情報や各種機関が提供するグローバルデータ（実績降雨量、予測降雨分布、標高、土地利用など）を取得して、インダス川流域および支川流域における降雨流出・氾濫計算を実施し、氾濫するタイミング（日時）と氾濫水による浸水範囲を警報として発表している。そのため PMD は、地上観測や気象レーダー観測値等の入力データの拡充による洪水予警報精度の向上を目指しており、向上に不可欠な要素として全土をカバーする気象レーダー観測網の整備を最重要項目としている。

パキスタンの国家洪水防御計画（National Flood Protection Plan-IV, 2017-2026）によれば、観測網の整備は進んでいるが、依然として空白域が多く存在しており、精度の高い洪水に対する予警報は、人々の避難や洪水への対応のための準備時間を増やすことができ、流域全体にわたり豪雨を定量的に検出可能な気象レーダー観測網は重要な役割を果たすものとの認識がなされている。

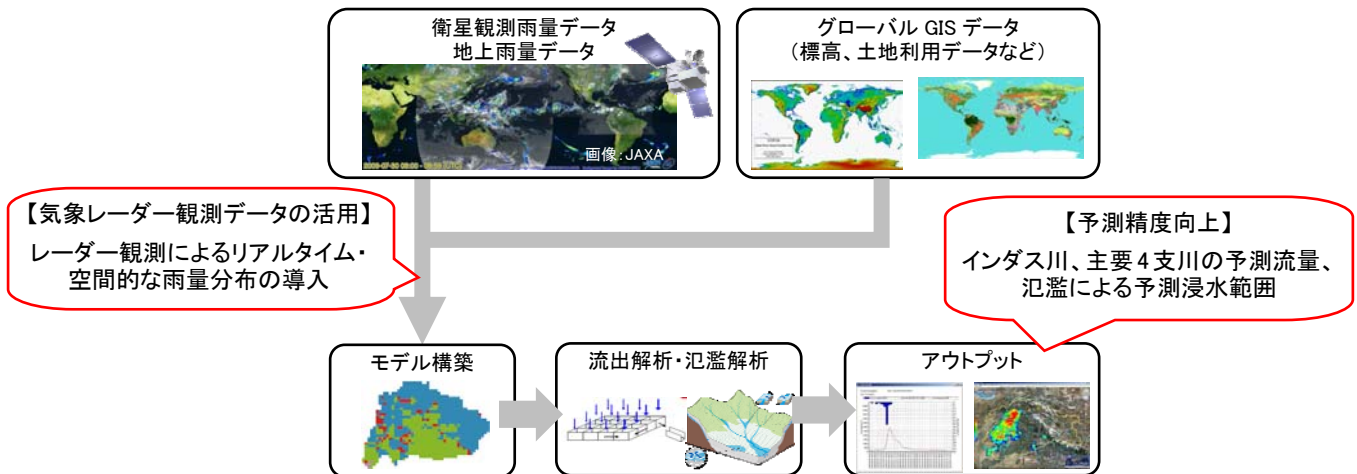


図 1 PMD 洪水予測システムの概要 画像出典: ICHARM

パキスタン国内の一部の都市河川では、フラッシュフラッドに対する予警報の発出手順が定められており、その基準として事前警戒は実績の 3 時間雨量が 50mm を超えた場合に発出されることとなっている。気象レーダー観測雨量によるリアルタイム且つ空白域の少ない空間的な雨量情報を用いれば、3 時間程度先までの短期降雨予測を行い、フラッシュフラッドが予想される地域への予警報によって、

人命・財産を守る住民・行政機関各々による準備・対策が可能となると推測される。

(4) プロジェクト実施により期待される改善

パキスタンの大雨や集中豪雨に起因する洪水に対して、サッカルのレーダー雨量の活用により以下の点において改善が期待される。

- 山間部・丘陵地のフラッシュフラッドに対する適時の予警報の発出
- 都市型洪水に対する適時の予警報の発出
- インダス川及び支川流域の洪水予測システムの高解像度の実績雨量データの提供による予測精度向上
- インダス川への流入量予測精度向上

これらの効果は、各種洪水に対するリードタイムを確保する効果が大きく、住民・行政機関・事業所等がそれぞれ危険地域から避難、防御対策の立案、機器・機材・物品等の移動・退避行動等のための貴重な時間を得ることを意味する。

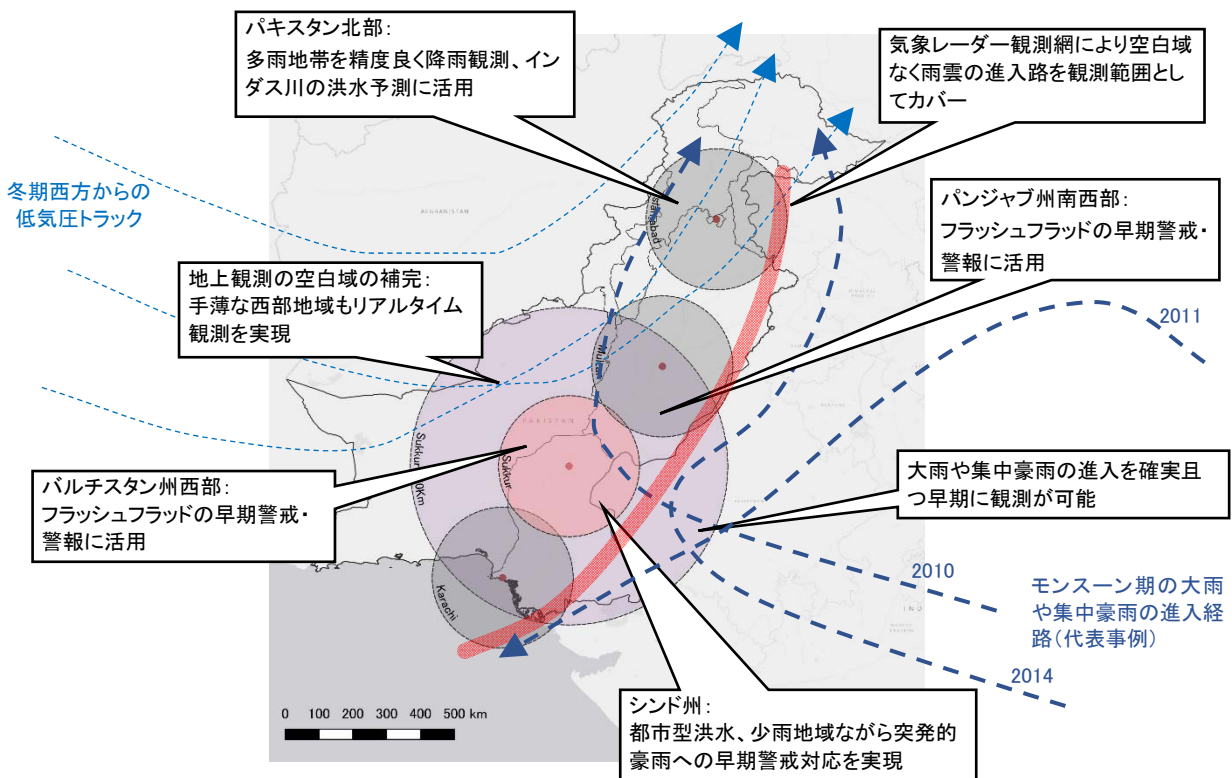


図2 サッカルの気象レーダーの重要性

<有効性>

(1) 定量的効果

表 2 成果指標案

指標名	基準値 (2020年)	目標値 (2026年) 【事業完成3年後】
災害対策関係機関等へ提供される気象情報（雨量、風向風速）の観測密度の向上	シンド州及びパンジャブ州の最新の45ヶ所の自動気象観測システムによる雨量データの空間分解能 ：平均88kmメッシュ	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 気象レーダーサイトから最大で半径450km内において提供される地上観測データにて校正された雨量データの空間分解能 ：1kmメッシュ ▪ 気象レーダーサイトから最大で半径200km内において提供される地上観測データにて校正された風向風速データの空間分解能 ：1kmメッシュ
災害対策関係機関等へ提供される気象情報（雨量、風向風速）の時間的観測能力の向上	当該地域で得られる気象情報（雨量、風向風速）の時間間隔 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 気象衛星データ：30分間隔 ▪ 地上気象観測：1時間間隔 	提供される地上観測データにて校正された気象レーダーデータの観測時間間隔 ：10分間隔

(2) 定性的効果

- ① 災害対策関係機関（国家防災庁、州防災庁、地方政府機関など）及びマスメディアに対する観測域内の雨量、風向、風速等の正確な情報提供を通じた同機関による適時かつ適切な対応により、災害被害及び被害者数の減少（人間の安全保障の確保）。
- ② パキスタンの主要国際空港への適時・正確な情報提供を通じて安全な運航が可能となり、社会基盤の改善。
- ③ 災害対策関係機関や運輸交通、観光、農業等の産業に関係する機関や利用者に対する正確な気象情報の提供により、災害被害軽減策の実施が促進され、洪水や土石流等の自然災害による被害の軽減。

プロジェクト効果に関する慎重且つ包括的な評価において、PMDの能力向上は、自然災害による人的及び経済的損失の削減に直接寄与することができるものと考えられることから、本プロジェクトは、自然災害による負の影響の軽減に大きく貢献し、パキスタン国民を効果的に保護するものである。以上の内容により、本プロジェクトの効果や先方の組織能力等を総合的に検討した結果、本プロジェクトの妥当性は高く有効性も見込まれるため、実施する意義は極めて高いものと考えられる。

目 次

要約

目次

位置図

完成予想図

写真

図のリスト

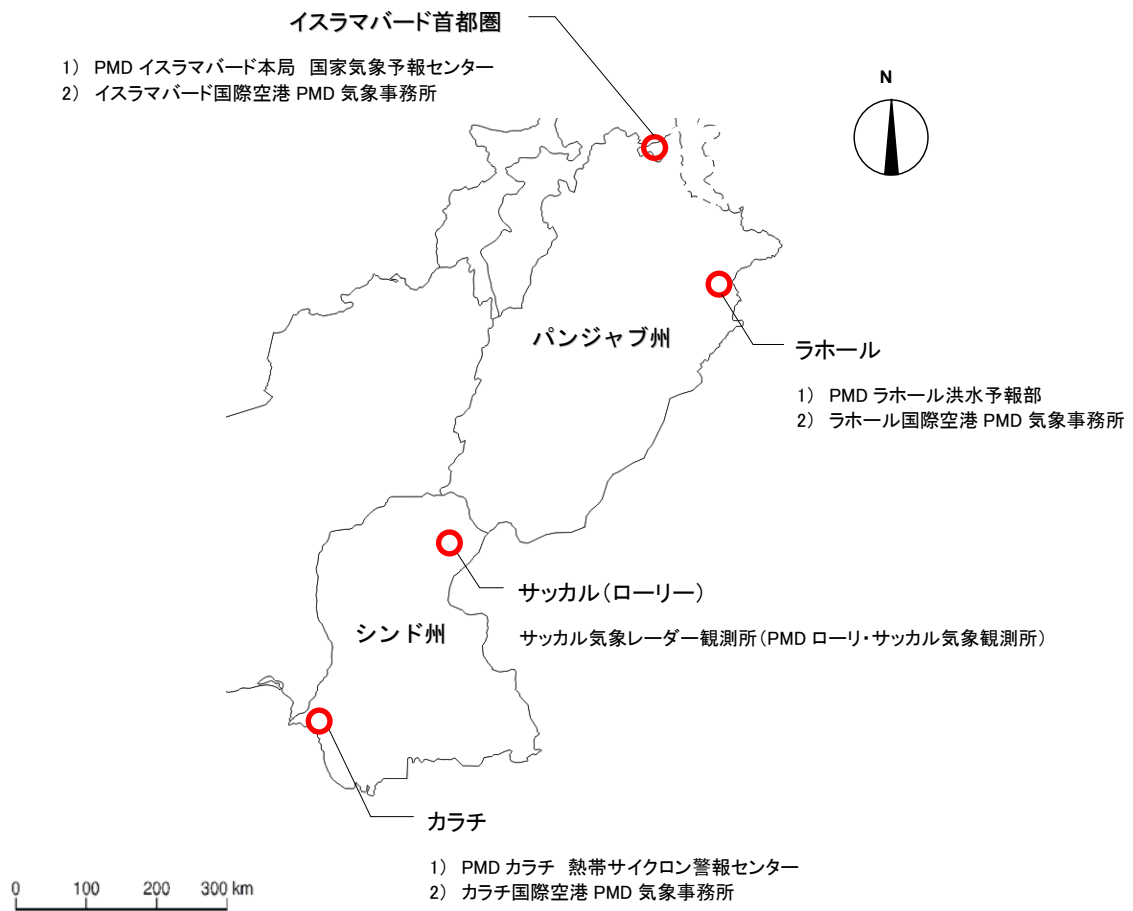
表のリスト

略語集

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 - 7
1-1-3 社会経済状況.....	1 - 10
1-2 無償資金協力の背景・経緯及び概要.....	1 - 11
1-3 気象分野に対する我が国の援助動向.....	1 - 15
1-4 他ドナーの援助動向.....	1 - 17
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 - 8
2-1-3 技術水準.....	2 - 9
2-1-4 既存施設・機材.....	2 - 10
2-2 プロジェクトサイト及び周辺の状況.....	2 - 13
2-2-1 関連インフラの整備状況.....	2 - 13
2-2-2 自然条件.....	2 - 17
2-2-3 環境社会配慮.....	2 - 20
2-3 当該国における無償資金協力事業実施上の留意点.....	2 - 20
2-4 その他（グローバルイシュー等）.....	2 - 21
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

3-2-2	基本計画	3 - 6
3-2-3	概略設計図	3 - 50
3-2-4	施工計画／調達計画	3 - 66
3-2-4-1	施工方針／調達方針	3 - 66
3-2-4-2	施工上／調達上の留意事項	3 - 66
3-2-4-3	施工区分／調達・据付区分	3 - 67
3-2-4-4	施工監理計画／調達監理計画	3 - 71
3-2-4-5	建設工事に関する品質管理計画	3 - 72
3-2-4-6	資機材等調達計画	3 - 73
3-2-4-7	初期操作指導・運用指導等計画	3 - 77
3-2-4-8	ソフトコンポーネント計画	3 - 78
3-2-4-9	実施工程	3 - 86
3-2-5	安全対策計画	3 - 87
3-3	相手国側分担事業の概要	3 - 88
3-4	プロジェクトの運営・維持管理計画	3 - 89
3-5	プロジェクトの概略事業費	3 - 91
3-5-1	協力対象事業の概略事業費	3 - 91
3-5-2	運営・維持管理費	3 - 93
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PMDによる投入（負担）事項	4 - 3
4-3	外部条件	4 - 3
4-4	プロジェクトの評価	4 - 4
4-4-1	妥当性	4 - 4
4-4-2	有効性	4 - 7
〔資料〕		
1.	調査団員・氏名	資1 - 1
2.	調査行程	資2 - 1
3.	関係者（面会者）リスト	資3 - 1
4.	討議議事録（M/D）	資4 - 1
5.	ソフトコンポーネント計画書	資5 - 1
6.	参考資料	資6 - 1

■ パキスタン・イスラム共和国





サッカル気象レーダー塔施設

写真

	
<p>サッカール気象レーダー塔施設建設予定地 サッカール空港の西南西約 10km に位置する PMD ローリ・サッカール気象観測所内に建設予定である。</p>	<p>サッカール気象レーダー塔施設建設予定地 気象事務所の屋上から撮影した建設予定地全景。写真中央の露場は移設予定である。</p>
	
<p>PMD イスラマバード本局 国家気象予報センター 気象レーダー中央処理システム及び気象レーダーデータ表示システム用機材を設置する計画である。</p>	<p>PMD ローリ・サッカール気象事務所 レーダー塔施設建設予定地に隣接する気象事務所では観測所の職員が 24 時間体制で観測業務を実施している。</p>
	
<p>PMD ラホール洪水予報部 予報室 パキスタン国全土の洪水予警報業務を行っており、気象レーダーデータ表示システム用機材を設置する計画である。</p>	<p>イスラマバード気象レーダー塔施設 我が国の無償資金協力（中期気象予報センター設立及び気象予報システム強化計画）により 2019 年 5 月に完成。</p>

図のリスト

第1章 プロジェクトの背景・経緯

図-1	洪水による被害総額 (US 百万ドル)	1 - 1
図-2	洪水による死者・行方不明者数	1 - 1
図-3	洪水による被災村落数	1 - 1
図-4	パキスタンにおける災害数、死者数及び被災者数の割合 (1982~2018 年) ...	1 - 2
図-5	洪水が起こる地域	1 - 2
図-6	パキスタンの年間平均降水量分布	1 - 3
図-7	洪水による影響を受ける地域	1 - 3
図-8	モンスーン及び冬期低気圧の接近経路	1 - 4
図-9	2010 年 7 月 26 日~29 日の降雨分布	1 - 4
図-10	洪水パターン 1.....	1 - 4
図-11	2011 年 8 月 10 日~17 日の降雨分布	1 - 5
図-12	洪水パターン 2.....	1 - 5
図-13	2014 年 9 月 2 日~7 日の降雨分布	1 - 5
図-14	洪水パターン 3.....	1 - 5
図-15	サッカル気象レーダーの有無による S バンド気象ドップラーレーダーの ドップラー観測範囲の比較	1 - 6
図-16	パキスタンの気象レーダー観測網を構成する気象レーダーの更新/整備計画 (2020 年 3 月時点)	1 - 8
図-17	パキスタンの GDP 成長率年間推移と洪水による経済損失.....	1 - 10
図-18	パキスタンの GDP 成長率年間推移と洪水による人的損失.....	1 - 11

第2章 プロジェクトを取り巻く状況

図-19	内閣府 航空部組織構成	2 - 1
図-20	PMD 組織図.....	2 - 2
図-21	パキスタンの既存気象レーダーシステム (2020 年 3 月時点)	2 - 11
図-22	我が国の無償資金協力実施時に拡充する PMD 気象レーダーと PMD イスラマバード本局間のネットワーク	2 - 15
図-23	PMD Web サイトによる気象レーダー画像の一般向け公開の仕組み	2 - 16
図-24	PMD ローリ・サッカル気象観測所における各月気温の過去 5 年間平均 (2014 年~2018 年)	2 - 18
図-25	PMD ローリ・サッカル気象観測所における各月積算降水量の過去 5 年間平均 (2014 年~2018 年)	2 - 18
図-26	PC-I フォームの承認.....	2 - 20

第3章 プロジェクトの内容

図-27	Sバンド気象ドップラーレーダーによるドップラー観測範囲のプロジェクト 実施前及び実施後の比較	3 - 10
図-28	Sバンド気象ドップラーレーダーによる雨量強度観測範囲のプロジェクト 実施前及び実施後の比較	3 - 11
図-29	既設ラホールSバンド気象レーダーが更新された場合のPMD気象レーダー 観測網予想図	3 - 12
図-30	PMD気象観測・データ通信ネットワーク概要図	3 - 17
図-31	サッカलग気象レーダー観測所建設予定サイトのPMDローリ・サッカलग気象観測所	3 - 22
図-32	サッカलग気象レーダー観測所建設予定敷地図	3 - 22
図-33	ランスドン橋の高さを考慮したサッカलग気象レーダーアンテナ中心高さ (アンテナ仰角: 0.5°)	3 - 26
図-34	気象レーダーアンテナ中心高さ及び仰角と障害物との関係図	3 - 29
図-35	気象レーダー観測の障害となる既設構造物の位置図 (サッカलग気象レーダー観測所計画サイト周辺)	3 - 30
図-36	サッカलग気象レーダーの予想観測範囲(地盤面から気象レーダーアンテナ 中心までの高さ: 48m)	3 - 31
図-37	パキスタン地震ゾーン分け地図	3 - 35
図-38	国内輸送ルート	3 - 77
図-39	各サイトまでの輸送期間	3 - 77

第4章 プロジェクトの評価

図-40	パキスタン国内において購入する資機材の一般売上税免税のための手続き	4 - 2
図-41	PMD洪水予測システムの概要	4 - 5
図-42	サッカलग気象レーダーの重要性	4 - 6

表のリスト

第1章 プロジェクトの背景・経緯

表-1	パキスタンの気象レーダー観測網を構成する気象レーダーの更新/整備計画 (2020年3月時点)	1 - 9
表-2	概略設計の対象となった機材及び施設の概要	1 - 12
表-3	鉄骨造と鉄筋コンクリート造の気象レーダー塔施設を建設した場合の比較 ...	1 - 13
表-4	我が国の無償資金協力の実績(気象分野)	1 - 16
表-5	我が国の技術協力・協力準備調査の実績(気象分野)	1 - 17
表-6	他ドナーの援助動向	1 - 17

第2章 プロジェクトを取り巻く状況

表-7	PMD イスラマバード本局 国家気象予報センター(NWFC)のシフト体制	2 - 2
表-8	PMD イスラマバード本局 国家気象予報センター(NWFC)が発表する予報	2 - 3
表-9	PMD イスラマバード本局 国家気象予報センター(NWFC)が提供している特別気象情報 ...	2 - 3
表-10	PMD イスラマバード本局 国家気象予報センター(NWFC)が発表する 報道発表、注意報、警報内容	2 - 3
表-11	PMD イスラマバード本局 国家気象予報センター(NWFC)の報道発表、注意報、 警報発表数	2 - 4
表-12	PMDの天気予報に使用している情報	2 - 5
表-13	PMD カラチ サイクロン警報センター(TCWC)の勤務体制	2 - 6
表-14	PMD カラチ サイクロン警報センター(TCWC)が発表する天気予報及び情報 ...	2 - 6
表-15	カラチ国際空港気象事務所が発表する天気予報及び情報	2 - 6
表-16	PMD ラホール 洪水予報部のシフト体制	2 - 7
表-17	PMD ラホール 洪水予報部が発表する予報	2 - 7
表-18	PMD ラホール 洪水予報部が発表する注意報及び警報	2 - 7
表-19	PMD ラホール 洪水予報部が発表する注意報及び警報発表数	2 - 8
表-20	各既設気象レーダー観測所の勤務体制(通常時及びモンスーン期(6~10月)) ...	2 - 8
表-21	PMDの年間予算内訳	2 - 8
表-22	イスラマバードSバンド固体化電力増幅式気象ドップラーレーダーシステム点検簿の項目 ..	2 - 9
表-23	イスラマバード気象レーダー塔施設内の機材付帯設備機器の定期点検・清掃項目 ..	2 - 10
表-24	パキスタンの既存気象レーダーシステム(2020年3月時点)	2 - 12
表-25	各サイト位置情報	2 - 13
表-26	サッカル気象レーダー塔施設建設計画サイトのインフラ整備状況	2 - 13
表-27	インターネット接続拡充予定推移	2 - 14
表-28	商用電源安定度(電源品質アナライザーによる)	2 - 17
表-29	サイトの接地抵抗地(接地抵抗計による)	2 - 17
表-30	陸上地形測量	2 - 19

表-31	地質調査.....	2 - 19
表-32	サッカル気象レーダー塔施設建設計画サイトのボーリング調査結果一覧.....	2 - 19
表-33	PC フォームの種類と目的.....	2 - 21

第3章 プロジェクトの内容

表-34	サッカル気象レーダー塔施設の基礎形状.....	3 - 4
表-35	計画された機材及び施設の概要.....	3 - 7
表-36	気象レーダー観測所構築の計画サイトの敷地概要とインフラ整備状況.....	3 - 7
表-37	S バンド固体化電力増幅式 2 重偏波気象ドップラーレーダーシステムの特徴..	3 - 8
表-38	気象レーダーデータ表示システムの設置場所と数量.....	3 - 13
表-39	広域観測 (S バンド : 半径 450km) 時のデータ量.....	3 - 15
表-40	狭域観測 (S バンド : 半径 200km) 時のデータ量.....	3 - 15
表-41	10 分間でレーダーデータを送信するために必要な通信回線の実効速度 (S バンド 2 重偏波レーダー).....	3 - 16
表-42	主要機材リスト.....	3 - 18
表-43	気象レーダー塔施設各室の概要、収容機器及び室面積算定根拠.....	3 - 23
表-44	気象レーダー観測の障害となる既設構造物 (2019 年 6 月時点).....	3 - 27
表-45	外部仕上、内部仕上の材料、工法.....	3 - 33
表-46	外部仕上、内部仕上の材料の採用理由.....	3 - 33
表-47	気象レーダー観測所計画サイトの地盤状況と気象レーダー塔施設の杭と基礎..	3 - 34
表-48	気象レーダー塔施設の特殊固定荷重.....	3 - 35
表-49	電力引込設備.....	3 - 36
表-50	自家発電機設備.....	3 - 36
表-51	幹線・動力設備.....	3 - 36
表-52	各室の照度基準.....	3 - 36
表-53	消火器.....	3 - 39
表-54	空調設備を設置する室.....	3 - 39
表-55	プロジェクトの実施期間中及び完了後の日本国無償資金協力と パキスタン側の施工区分.....	3 - 67
表-56	品質管理計画.....	3 - 73
表-57	主要建設資材調達計画表 建築工事.....	3 - 75
表-58	主要建設資材調達計画表 空調・衛生・電気設備工事.....	3 - 76
表-59	日本からパキスタンのカラチ港への配船予定.....	3 - 76
表-60	初期操作指導・運用指導等実施場所.....	3 - 77
表-61	ソフトコンポーネントの成果及び達成度の確認方法.....	3 - 80
表-62	ソフトコンポーネントにおいて実施することによる効果.....	3 - 80
表-63	ソフトコンポーネントの活動内容.....	3 - 82
表-64	ソフトコンポーネントの実施内容.....	3 - 83
表-65	各活動のターゲットグループ.....	3 - 84
表-66	ソフトコンポーネントの成果品 (アウトプット).....	3 - 84

表-67	実施工程.....	3 - 86
表-68	安全管理対策項目の詳細.....	3 - 87
表-69	プロジェクトの実施前、期間中及び完了後の本プロジェクト実施に必要な負担業務..	3 - 88
表-70	サッカー気象レーダー観測所の職員配置計画.....	3 - 90
表-71	サッカー気象レーダー観測所の予定勤務体制.....	3 - 90
表-72	施設定期点検の概要.....	3 - 91
表-73	設備機器の耐用年数.....	3 - 91
表-74	パキスタン政府/PMD が負担する初度経費の概算.....	3 - 92
表-75	パキスタン政府（PMD）が負担するプロジェクト全体の年間運用維持管理 コストの概算（サッカー気象レーダー観測所）.....	3 - 93
表-76	PMD の年間予算推移.....	3 - 94

第4章 プロジェクトの評価

表-77	免税及び通関必要手続き.....	4 - 1
表-78	施設建設及び機材据え付け実施のための各種必要手続き.....	4 - 1
表-79	成果指標案.....	4 - 7

略 語 集

ADB :Asia Development Bank	アジア開発銀行
AIJ :Architectural Institute of Japan	日本建築学会
ASEAN :Association of Southeast Asian Nations	東南アジア諸国連合
ASF :Airport Security Force	空港治安部隊
ASTM :American Society for Testing and Materials	米国材料試験協会
AWS :Automatic Weather Stations	自動気象観測所
CAA :Civil Aviation Authority	英国民間航空局
CAD :Computer-Aided Design	コンピュータ支援設計
CAPPI :Constant Altitude Plan Position Indicator	定高度平面位置表示機
CCCma :Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis	カナダ気候モデル解析センター
CDPC :Climate Data Processing Center	気象データ処理センター
CFSv2 :Climate Forecast System Version 2	米国環境予測センターの予報システム
E/N :Exchange of Notes	交換公文
EAD :Economic Affairs Division	経済・統計省経済課
ECMWF :European Centre for Medium-Range Weather Forecasts	ヨーロッパ中期予報センター
ECNEC :Executive Committee of National Economic Council	国家経済評議会執行委員会
EEC :Enterprise Electronics Corporation	エンタープライズエレクトロニクス社
EIA :Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EM-DAT :Emergency Events Database	緊急事象に関するデータベース
EPA :Environmental Protection Agency	環境保護庁
ESCAP :Economic and Social Commission for Asia and the Pacific	アジア太平洋経済社会委員会
F&C :Forecasting and climate	気象・予報部門
FAB :Frequency Allocation Board	周波数管理委員会
FBR :Federal Board of Revenue	連邦歳入庁
FFD :Flood Forecasting Division	ラホール洪水予報部
FY-2G :Fēngyún-2G	中国の気象衛星の名称
G/A :Grant Agreement	贈与契約
GDP :Gross Domestic Product	国内総生産
GFS :Global Forecast System	米国環境予測センターの全球数値予報システム
GIS :Geographic Information System	地理情報システム
GMDSS :Global Maritime Distress and Safety System	海上における遭難及び安全に関する世界的な制度
GOES :Geostationary Operational Environmental Satellite	アメリカの気象衛星の名称
GST :General Sales Tax	一般売上税
GTS :Global Telecommunication System	全球気象通信システム
ICON :Icosahedral Nonhydrostatic Model	ドイツ気象局の全球非静力学モデル
IEE :Initial Environmental Examination	初回環境評価書
IFS :Integrated Forecast System	ヨーロッパ中期予報センターの全球数値予報システム
IMG :Institute of Geophysics	気候地質研究所
IP-VPN :Internet Protocol - Virtual Private Network	仮想専用ネットワークの方式の一つ
JGS :Japanese Geotechnical Society	公益財団法人地盤工学会
JICA :Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
JRC :Japan Radio Co., Ltd.	日本無線株式会社

KML :Keyhole Markup Language	キーホールマークアップ言語
LAN :Local Area Network	ローカル・エリア・ネットワーク
LED :Light Emitting Diode	発光ダイオード
METAR :Meteorological Terminal Aviation Routine Weather Report	定時航空実況気象通報式
MTBF :Mean Time between Failure	平均故障間隔
MTTR :Mean Time to Repair	平均修復時間
NASA :National Aeronautics and Space Administration	アメリカ航空宇宙局
NCAR :National Center for Atmospheric Research	アメリカ大気研究センター
NDMA :National Disaster Management Authority	国家防災管理庁
NDMO :National Disaster Management Ordinance	国家防災管理令
NDMP :National Disaster Management Plan	国家防災管理計画
NetCDF :Network Common Data Form	ネットワーク共通データ形式
NOAA :National Oceanic and Atmospheric Administration	アメリカ海洋大気庁
NOC :No Objection Certificate	異議なし証明書
NSMTC :National Seismic Monitoring & Tsunami/Tropical Cyclone Warning Center	地震監視及び津波警報センター
NWFC :National Weather Forecasting Center	国家気象予報センター
NWP :Numerical Weather Prediction	数値予報
OJT :On-the-Job Training	現場研修
PIA :Pakistan International Airline	パキスタン国際航空
PKR :Pakistani Rupee	パキスタン・ルピー(通貨)
PMD :Pakistan Meteorological Department	パキスタン気象局
PPI :Plan Position Indicator	平面座標指示画面(レーダーディスプレイの一種)
PST :Pacific Standard Time	太平洋標準時
PTCL :Pakistan Telecommunication Company Limited	パキスタンテレコム社
PVC :Polyvinyl Chloride	ポリ塩化ビニル
PVT Ltd. :Private Limited	非公開株式の株式会社
R&D Division :Research and Development Division	研究開発部
RHI :Range Height Indicator	距離高度指示装置
SEPCO :Sukkur Electric Power Company	サッカル電力公社
SMRFC :Specialized Medium Range Forecasting Center	中期気象予報センター
SRTM :Shuttle Radar Topography Mission	スペースシャトル地形データ
STALO :Stabilized Local Oscillator	安定化局部発振器
TAF :Terminal Aerodrome Forecast	飛行場予報気象通報式
TCWC :Tropical Cyclone Warning Center	熱帯サイクロン警報センター
UBC :Uniform Building Code	統一建築基準法
UNISDR :United Nations International Strategy for Disaster Reduction	国連国際防災戦略事務局
UPS :Uninterruptible Power Supply	無停電電源装置
UTC :Coordinated Universal Time	協定世界時
VoIP :Voice over Internet Protocol	IP ネットワーク上で音声伝送を行う技術
VPN :Virtual Private Network	仮想プライベートネットワーク
WGS :World Geodetic System	世界測地系
WIS :WMO Information System	WMO 情報システム
WMO :World Meteorological Organization	世界気象機関
WRF :Weather Research and Forecasting	NCAR などで開発されている領域気象モデル

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

パキスタン・イスラム共和国（以下、「パキスタン」という。）は、南北に 1,500km と長く標高差が大きいことから、地域により地形及び気象現象が多様であり、大雨、集中豪雨、洪水、土砂災害、サイクロン、干ばつ等様々な自然災害に見舞われている。地球規模の気候変動が中長期的に自然災害の頻度及び規模を増大させる可能性があり、自然災害多発地帯であるパキスタンへの影響は顕著に現れると想定されることから、自然災害に対する早期警戒を含む災害管理体制の整備が急務となっている。

パキスタン連邦洪水委員会（Federal Flood Commission : FFC）の 2018 年洪水報告書（Annual Flood Report 2018）によれば、近年では、2010 年、2011 年、2012 年と連続して大規模な洪水が発生し、パキスタン史上最悪の洪水となった 2010 年のインダス川大洪水（死者・行方不明者約 2 千人、被災者 2 千万人超（EM-DAT）、被害総額 100 億ドル）及び 2011 年のシンド州を中心とした洪水（死者・行方不明者 5 百人超、被災者約 5 百万人（EM-DAT）、被害総額 37 億ドル）は甚大な被害をもたらした。1950 年から洪水によりパキスタンが被った損失総額（38,171 百万ドル）の約半分に当たる 18,986 百万ドルが 2010 年以降に発生した洪水によるものであり、モンスーン期の大雨や集中豪雨が引き金となっている。

モンスーン期に大雨や集中豪雨をもたらす雨雲の殆どが、インドからパキスタンに進入し、それらの約 8 割が北上して洪水を引き起こす大雨をもたらす。洪水は、パキスタンにおける災害数の約 6 割、死者数の約 7 割、被災者数の 9 割以上を占め、人命や財産の損失及び社会経済活動の停滞をもた

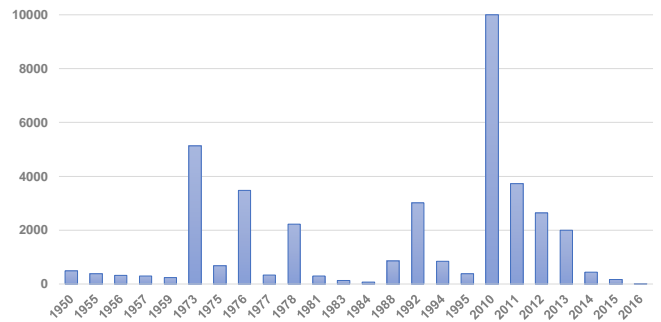


図1 洪水による被害総額(US 百万ドル)

出典:FFC 2018 年洪水報告書

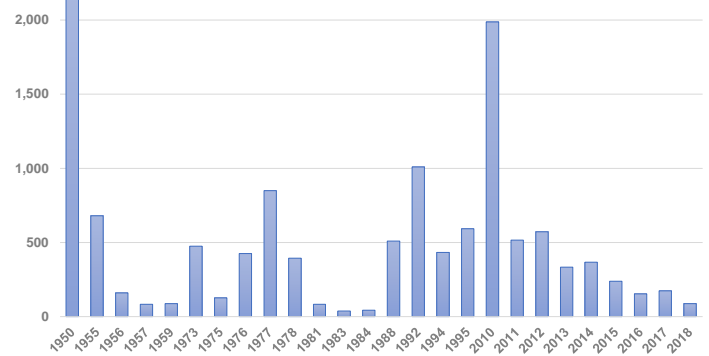


図2 洪水による死者・行方不明者数

出典:FFC 2018 年洪水報告書

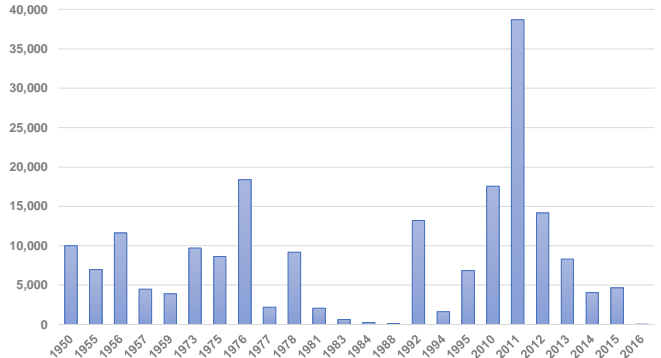


図3 洪水による被災村落数

出典:FFC 2018 年洪水報告書

らすだけでなく、貧困層に対し大きな打撃を与えるため、パキスタン政府の開発戦略の一つである貧困削減への弊害ともなっている。

そのため洪水被害をより軽減するには、モンスーン期に大雨や集中豪雨をもたらす雨雲の進入路であるパンジャブ州及びシンド州のインドとの国境に面する全域を、隈なく且つ精度良く観測するための気象レーダー観測網を整備してPMDの気象観測能力を向上させ、自然災害の危険を事前に予測し、適切な対策を講じるよう、これまで以上に予警報を迅速に、適時適所へ配信することが、強く求められている。

<パキスタンの自然災害>

パキスタンにおける1982年～2018年の災害数(139件)、死者数(約1万6千人)及び被災者数(約7.2千万人)において、洪水は災害数の約6割、死者数の約7割、被災者数の9割以上を占めており、モンスーン期の大雨や集中豪雨による洪水被害の軽減はパキスタンにとって喫緊の課題である。

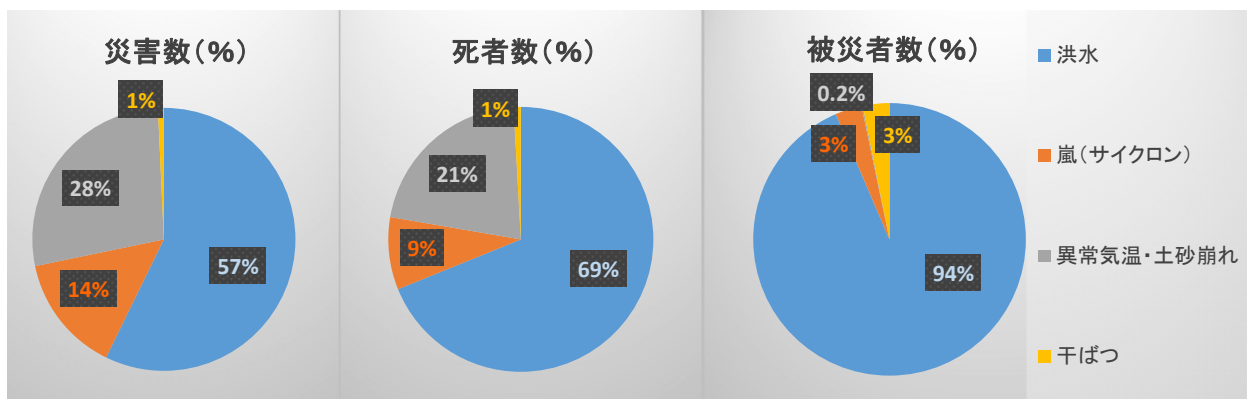


図4 パキスタンにおける災害数、死者数及び被災者数の割合(1982～2018年)

出典:Emergency Events Database (EM-DAT)

右の図のように洪水はインダス川に沿ってパキスタンの広い範囲で発生しており、カイバル・パクトゥンクワ州の北部地域、パンジャブ州の中部地域、シンド州及びバロチスタン州が特に脆弱である。モンスーン期に大雨や集中豪雨をもたらす雨雲の殆どが、インドからパキスタンに進入し、それらの約8割が北上して、洪水を引き起こす大雨をもたらす。北部で降った大雨が、河川の上流域で鉄砲水や土砂崩れを発生させ、その雨水が中・下流域に流れ込んで、大規模な洪水を発生させる。加えて、パンジャブ



図5 洪水が起こる地域

出典:PMD

ブ州の豪雨地域で降った大雨の雨水がインダス川、サトレジュ川、ラヴィ川、チェナブ川、ジェル

ム川等に流れ込み、パキスタン中部・南部地域の洪水の規模を更に増大させている。

＜パキスタンにおける降雨状況と洪水災害＞

パキスタンの中部地域は、モンスーン期にはインドから大雨や集中豪雨をもたらす雨雲が接近して進入するための入口となっており（パンジャブ州南部、シンド州北部）、更には冬期には西方から接近する中緯度低気圧の接近経路（バロチスタン州）となっている。これらの低気圧はパキスタン国内で北上し、しばしば北部地域において大雨や集中豪雨をもたらす。年間を通じてみると、降水量は北部地域では1,500mmを超え、サッカルを含むシンド州北部、パンジャブ州南部、バロチスタン州西部は150mm以下と非常に降水量が少ない地域となっているが、少雨地域であってもモンスーン時や気象条件によっては冬期にも非常に局所的な大雨や集中豪雨が発生している。

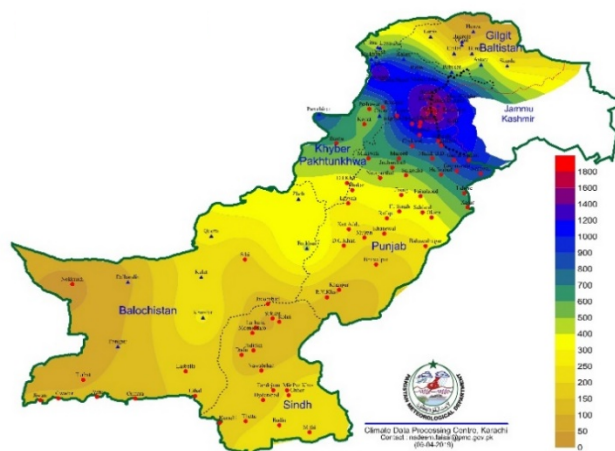


図6 パキスタンの年間平均降水量分布 出典:PMD

パキスタンの大雨や集中豪雨による洪水には、大きく分けて河川洪水とフラッシュフラッド・都市型洪水がある。河川洪水は、主にインダス川及びその主要4支川（ジェルム、チェナブ、ラヴィ、サトレジュ川）の沿川地域で発生している。特に低平地が浸水した場合、長期間にわたり冠水が継続する傾向があり、経済活動や住民生活への影響が大きくなる特徴がある。フラッシュフラッドは、モンスーン期及び冬期の低気圧がもたらす局所的かつ短時間の大雨や集中豪雨により、主に山間地、丘陵地の中小規模の急流河川における急激な増水が起こる現象である。都市型洪水は、都市化された市街地において大雨や集中豪雨が発生した場合、排水処理しきれない雨水が排水路等からの溢水により短時間で浸水するものである。

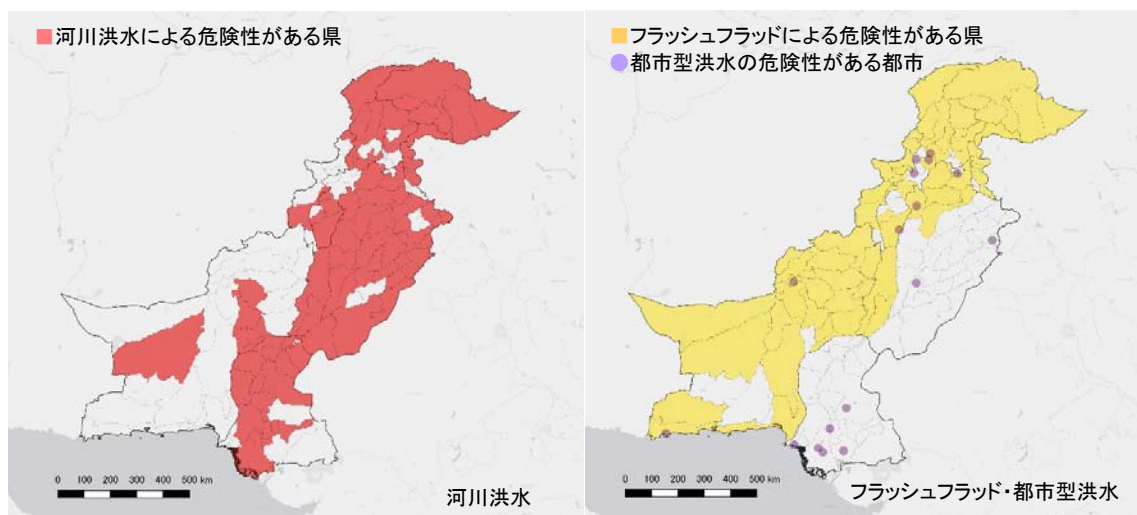


図7 洪水による影響を受ける地域

NDMA, National Monsoon Contingency Directive 2018 記載データに基づいて作成

＜パキスタンにおける洪水発生メカニズム＞

パキスタンでは、北部から南部にかけて国土を縦断するインダス川を中心に、北東部の4つの支川（ジェルム、チェナブ、ラヴィ、サトレジュ川）が主要河川として位置づけられている。インダス川では、パンジャブ州南部で支川が合流することにより本川流量に支川流量が加わるため、合流点より下流域での洪水危険性が高まる。更に下流域に豪雨等による小支川からの流入が氾濫発生や既に発生した浸水被害を大きくする可能性がある。パンジャブ州南部から下流域はインダス川氾濫原であり非常に平坦な土地であることから、氾濫水が河川に戻ることはなく浸水期間が長期化して被害の拡大を招き、地域の社会機能回復を遅らせる。

降雨域と浸水域の違いに着目し、近年の洪水事例の情報に基づいて3パターンに分け、2010年、2011年および2014年の洪水を例として洪水発生メカニズムを整理した。

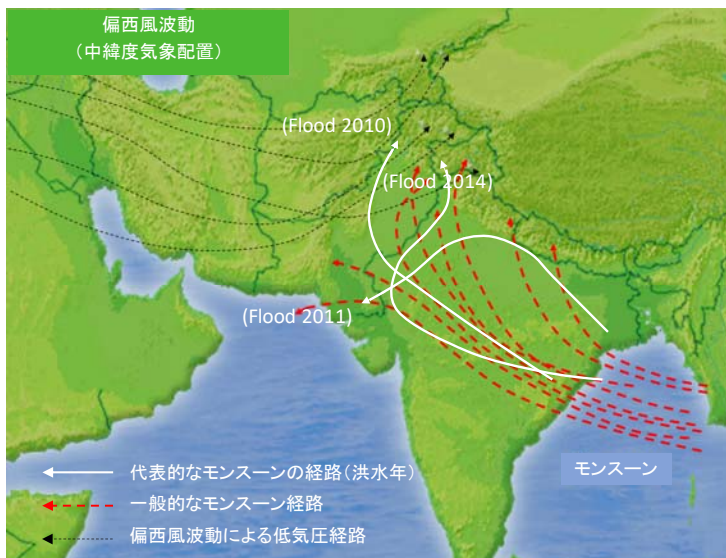


図8 モンスーン及び冬期低気圧の接近経路 出典:PMD

- **洪水パターン 1**: 2010年の洪水はパキスタン史上最大級の浸水面積、人的被害、経済損失をもたらした。サッカル流量観測点（サッカル堰）において基準流量の超過を記録し、広域にわたって浸水した。この洪水は、豪雨域と氾濫域が遠く離れているのが特徴であり、インダス川本川とともに支川（ジェルム、チェナブ川）も流量超過となったため、下流域での氾濫が最大規模となった。

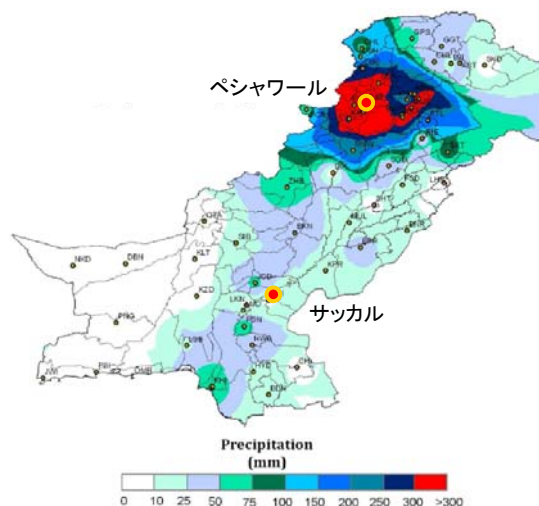


図9 2010年7月26日～29日の降雨分布

出典:PMD

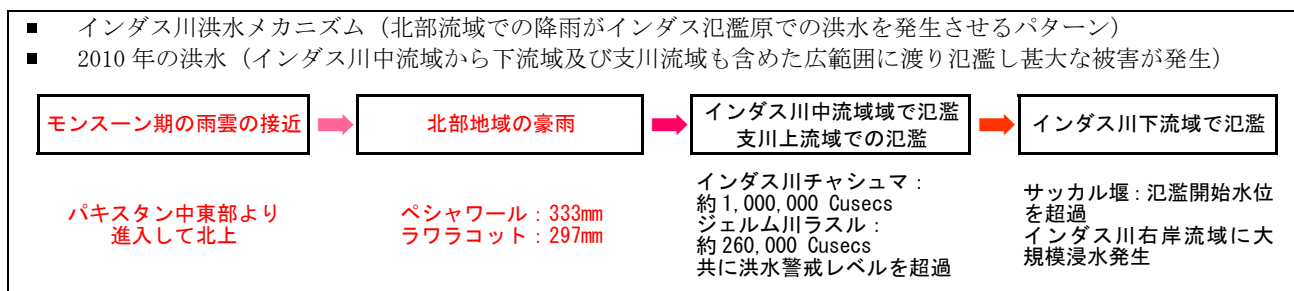


図10 洪水パターン1 出典:PMD

- 洪水パターン2: 2011年の洪水では、南部地域にモンスーンに伴う豪雨が2期間にわたり発生し、インダス川自体の流量は洪水警戒レベルに達していなかったものの、豪雨地域の排水能力が追い付かず、一帯に浸水被害をもたらした。

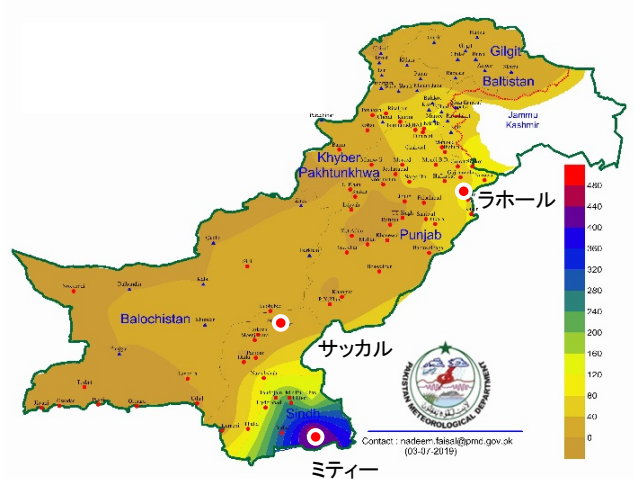


図11 2011年8月10日～17日の降雨分布

出典:PMD

- インダス川洪水メカニズム (インダス氾濫原での降雨が周辺地域に洪水を発生させるパターン)
- 2011年の洪水 (シンド州南部において小支川、水路から溢水、浸水被害が発生)

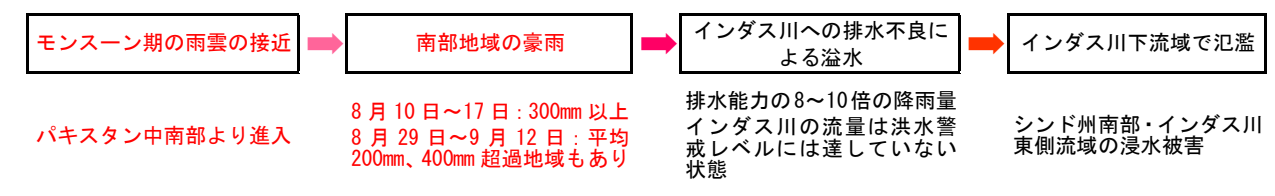


図12 洪水パターン2 出典:PMD

- 洪水パターン3: 2014年の洪水では、インダス川支川の上流域にあたるパンジャブ州北部地域に豪雨が発生し、複数の支川が氾濫するとともに、インダス川との合流後に本川も氾濫している。



図13 2014年9月2日～7日の降雨分布

出典:PMD

- 洪水メカニズム (インダス川支川流域での降雨が支川流域と本川下流に洪水を発生させるパターン)
- 2014年の洪水 (パンジャブ州においてインダス川支川が氾濫、本川合流後の下流域でも氾濫発生)

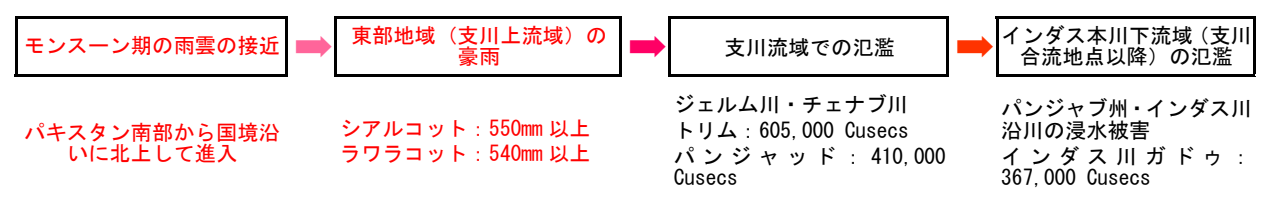


図14 洪水パターン3 出典:PMD

洪水のメカニズムや浸水発生区域は、主にモンスーン期の豪雨をもたらす雨雲の移動経路の違いによって生じる。豪雨の時期と氾濫・浸水発生時期が大きく異なり、インダス川の氾濫による場合は、浸水が見込まれる下流域に人の避難や物品の退避のためのリードタイムに余裕がある。一方で、2011年の洪水のような本川への排水機能不足による排水路等からの溢水を原因とする場合は、豪雨地域と浸水地域がほぼ同じ場所となり、避難等の時間的余裕がないことが多い。

<気象観測上のサッカール気象レーダーの重要性>

我が国の支援で整備が進められている前述のイスラマバード、カラチ及びムルタンに S バンド気象ドップラーレーダーが全て完成すると、高精度の観測が可能なドップラー観測(観測範囲:半径 200km)により約 1km メッシュの雨量強度及び風向風速の観測データが得られるようになり、パキスタンにとって目覚ましい観測の向上となる。しかし右図に示したようにカラチとムルトンの間の中部・南部地域には観測範囲外の地域が存在する。モンスーン期にインドからパキスタンの中部地域より進入する大雨や集中豪雨を確実に把握するには、カラチとムルトンの間に位置するサッカールに新たな気象ドップラーレーダーを整備することが必要である。右図に示したように、サッカールに気象レーダーが整備されると観測空白地域が完全に補完され、インドからパキスタンに進入してくる大雨や集中豪雨をもたらす雨雲の進入路を全て観測範囲に収めることが可能となる。

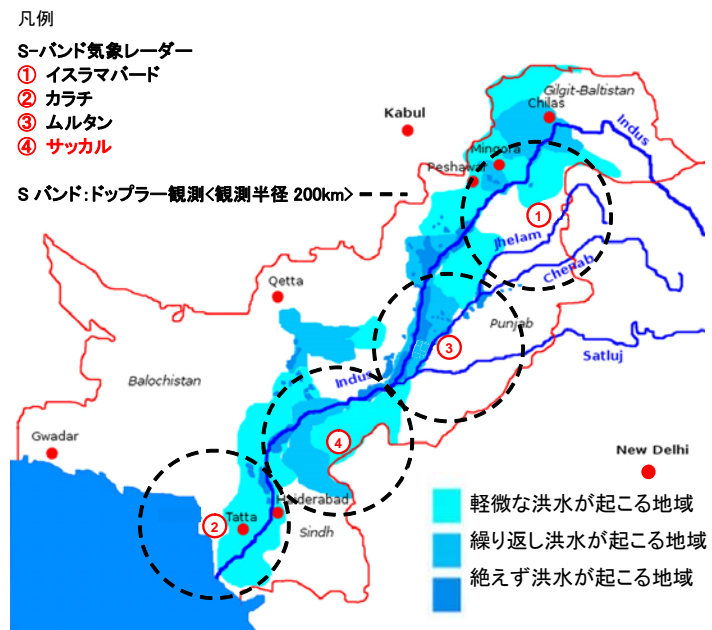
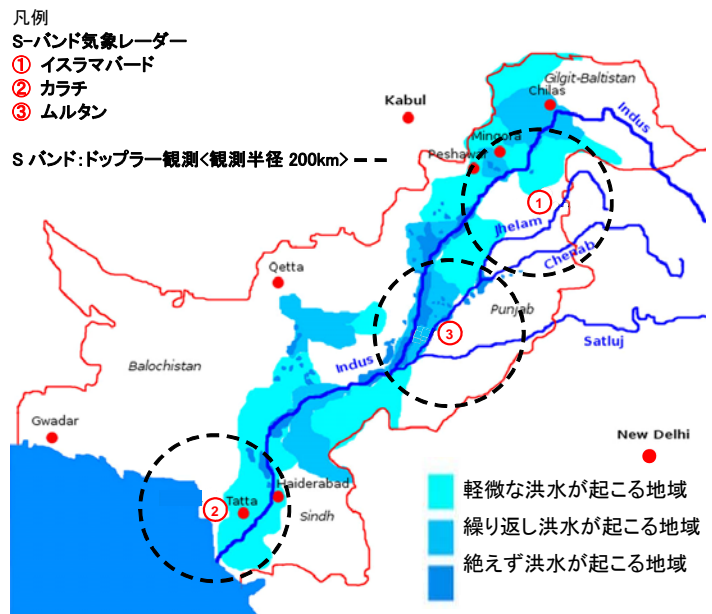


図 15 サッカール気象レーダーの有無による S バンド気象ドップラーレーダーのドップラー観測範囲の比較
洪水範囲図の提供:PMD

＜2 重偏波気象ドップラーレーダーシステムの必要性＞

気象レーダーは電波を発射し雨滴によって散乱され戻ってきた電波から降水量を推定するが、推定雨量の精度は気象レーダーの種類によって異なる。従来の単偏波気象レーダーは、気象レーダーで観測される降水量の精度が十分ではないため、観測された電波強度と地上雨量計の観測雨量値を比較、統計処理をすることで適切な雨量変換係数を求め、雨量推定の精度向上に繋げている。PMDが有する地上雨量計のうち、サッカール気象レーダーの観測範囲（半径450km）に入るのは、日本が支援する経済社会開発計画プログラムにて新設予定の自動気象観測システムを入れても約40ヶ所であり（日本気象庁の地上観測密度の約25%）十分ではない。また稼働（維持管理）状況を加味すると、単偏波気象レーダーの推定値を補正するには、現時点の地上雨量観測値の密度では十分とは言い切れない。

一方、2重偏波気象レーダーは水平偏波・垂直偏波の2つの電波を発射し、降水粒子の扁平度合いに起因する散乱波の水平・垂直2方向の偏波間の反射強度の差や位相情報を用いることでより正確な降水粒子の状況の把握が可能となるため、単一偏波による反射強度から雨量推定を行う単偏波レーダーより高い精度で雨量推定を行える。従って、2重偏波気象レーダーを十分に各種調整（天頂及び平面観測等による偏波パラメータ値の検証、クラッタ処理に関する仰角設定の最適化、クラッタ地域の特定、雨量算定係数（ B 、 β 、 α ）の算出・検証、地上雨量計との比較検証等）をすることで、サッカール気象レーダーの観測範囲のように地上雨量観測網が不十分な場合でも高精度な雨量推定を実施する事が可能となる。

以上のことから、前述のサッカール気象レーダー観測領域の自動地上雨量計の配備状況を考慮すると、サッカール気象レーダーとして単偏波レーダーではなく2重偏波気象レーダーを配備し、雨量推定の精度の向上を図ることが、本無償資金協力事業の成果発現に資するものと考えられる。

1-1-2 開発計画

パキスタンの長期国家開発方針である「ビジョン2025」及び「国家防災管理計画(National Disaster Management Plan: NDMP)」で言及されている政府目標の達成に貢献するために、PMDは2016年に10年開発計画を策定した。10年開発計画の第1章において、最優先実施項目の1つとして気象レーダーによる観測網整備の実施を挙げており、PMDが、現在、独自に計画している気象レーダー観測網（改定版）の近代化に関する詳細を次ページの図に示す。

凡例

[S バンド・気象レーダー]

- ① イスラマバード
- ② マングラ
- ③ ラホール
- ④ ムルタン
- ⑤ サッカル
- ⑥ カラチ
- ⑦ グワダ

[C バンド・気象レーダー]

- ① ラヒムヤル・カーン
- ② デラ・イスマイル・カーン
- ③ シアルコット

[X バンド・気象レーダー]

- ① ギルギッド
- ② チトラル
- ③ マルダン
- ④ クエッタ

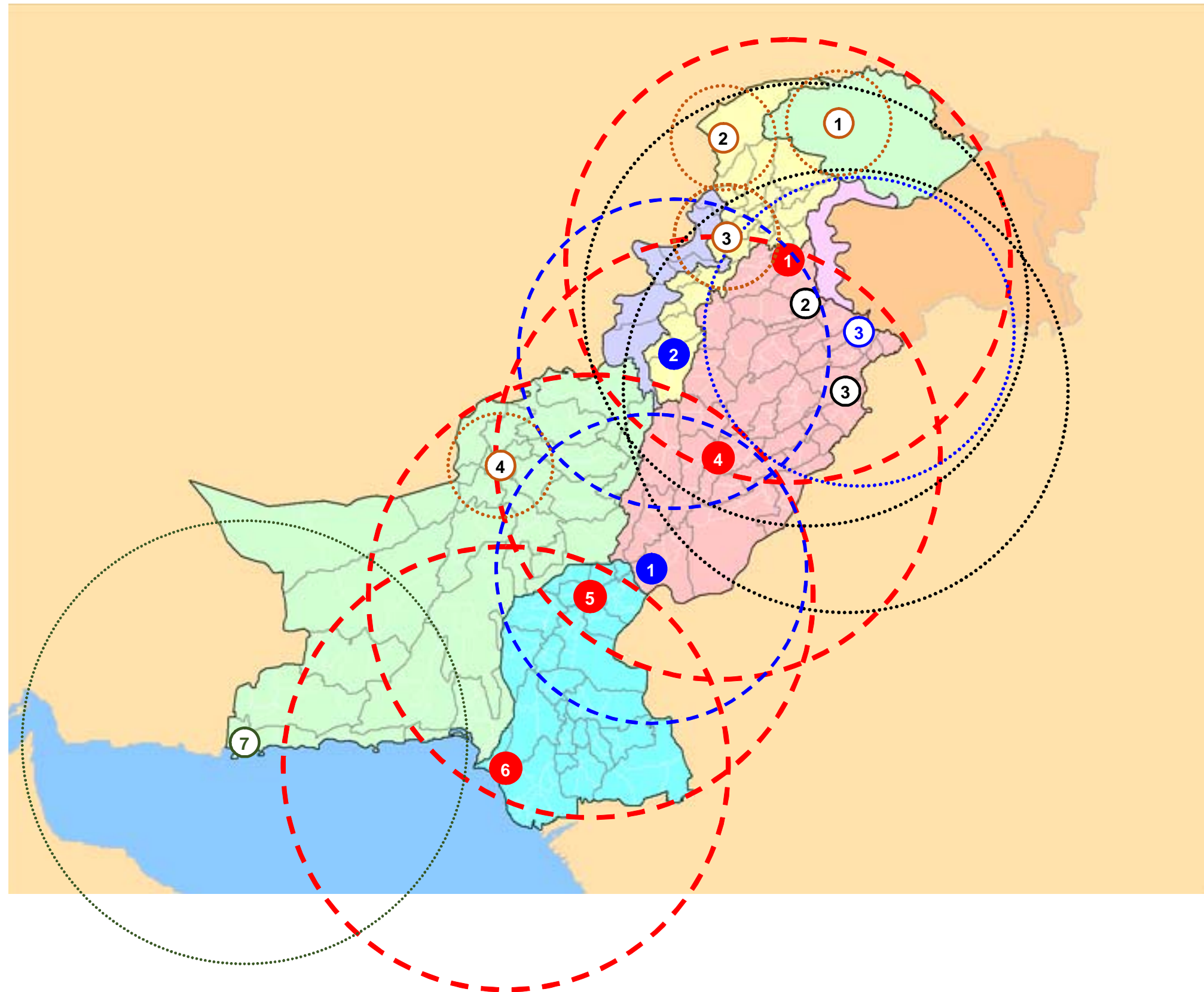


図 16 パキスタンの気象レーダー観測網を構成する気象レーダーの更新/整備計画(2020年3月時点)

表1 パキスタンの気象レーダー観測網を構成する気象レーダーの更新/整備計画(2020年3月時点)

図番号	気象レーダー観測所	資金の支援	種類(通常/ドップラー)	空中線直径	設置時期	更新必要性	稼働状況(2020年3月時点)/その他情報
Sバンド・気象レーダー							
①	イスラマバード	日本国政府の無償資金協力	ドップラー(固体化電力増幅式):日本製	5m	2019年5月	無い	<ul style="list-style-type: none"> 既設Cバンド通常気象レーダーが、我が国の無償資金協力によりSバンド固体化電力増幅式気象ドップラーレーダーに更新が完了 稼働中
②	マンガラ	アジア開発銀行	ドップラー(マグネトロン):アメリカ製	8m	2004年	有る	稼働はしているがアンテナELモーターが故障しているほか、マグネトロンの予備が無い
③	ラホール	アジア開発銀行	ドップラー(マグネトロン):アメリカ製	8m	1997年	早急な更新を実施する必要がある	<ul style="list-style-type: none"> 送信機能低下により観測能力が半径120km程度に縮小し(既に75%減少)稼働停止が懸念され、パキスタンの洪水予警報に甚大な影響を及ぼす可能性がある マグネトロンの予備が無い
④	ムルタン	日本国政府の無償資金協力	2偏波ドップラー(固体化電力増幅式):日本製	8m	2023年予定	-	我が国の無償資金協力により整備される予定
⑤	サッカル	日本国政府の無償資金協力	2偏波ドップラー(固体化電力増幅式):日本製	8m	2024年予定	-	我が国の無償資金協力により整備される予定
⑥	カラチ	日本国政府の無償資金協力	ドップラー(固体化電力増幅式):日本製	5m	2020年3月	無い	<ul style="list-style-type: none"> 既設Cバンド通常気象レーダーが、我が国の無償資金協力によりSバンド固体化電力増幅式気象ドップラーレーダーに更新
⑦	グワダ	-	ドップラー(固体化電力増幅式)	5m	未定	-	計画はあるが、資金調達の見込みが立っていない(世界銀行が興味を示している)
Cバンド・気象レーダー							
①	ラヒムヤル・カーン	日本国政府の無償資金協力	通常(マグネトロン):日本製	4m	1999年	更新の計画は無い	既設Cバンド通常気象レーダーをイスラマバード及びカラチ既設Cバンド通常気象レーダーのパーツと交換して運用を機材寿命まで継続予定
②	デラ・イスマイル・カーン	日本国政府の無償資金協力	通常(マグネトロン):日本製	4m	1999年	有る	稼働停止中:パキスタン政府資金による更新を計画
③	シアルコット	アジア開発銀行	ドップラー(マグネトロン):アメリカ製	4m	2005年	有る	<ul style="list-style-type: none"> 稼働はしているが、マグネトロンの予備が無い 更新計画はあるが、資金調達の見込みが立っていない
Xバンド・気象レーダー							
①	ギルギッド	-	2偏波ドップラー(固体化電力増幅式)	-	-	-	計画はあるが、資金調達の見込みが立っていない
②	チトラル	-	2偏波ドップラー(固体化電力増幅式)	-	-	-	計画はあるが、資金調達の見込みが立っていない
③	マルダン	パキスタン政府資金	2重偏波ドップラー:中国製	1.2m	2018年	無い	稼働中
④	クエッタ	-	2偏波ドップラー(固体化電力増幅式)	-	-	-	計画はあるが、資金調達の見込みが立っていない

出典:PMD

1-1-3 社会経済状況

パキスタンの人口は2.07億人（パキスタン統計省国勢調査2017）、人口増加率は年平均2.4%、2050年にはインド、中国、米国に次ぐ世界第4位の人口を抱える国になると予想されている。GDPは約3,050億USドル（2017年世界銀行）、実質経済成長率は5.79%（パキスタン統計省国勢調査2017）である。

次の2つの図はパキスタンにおけるGDP成長率年間推移と洪水による被害との関係図である。2010年には、パキスタンの災害史上最悪と言われる大洪水が発生し、GDP成長率は1.6%まで下降した。GDP成長率と経済損失額、そしてGDP成長率と人的被害（死者・行方不明者及び被災者数）が反比例の関係が見られることから、洪水がもたらす被害は、パキスタンの経済発展を大きく阻害していることが伺える。また農業生産が盛んで、パキスタンの人口の7割以上が集中しているパンジャブ州及びシンド州における洪水による被害はパキスタン全体の経済発展に大きな負の影響を及ぼすと考えられる。

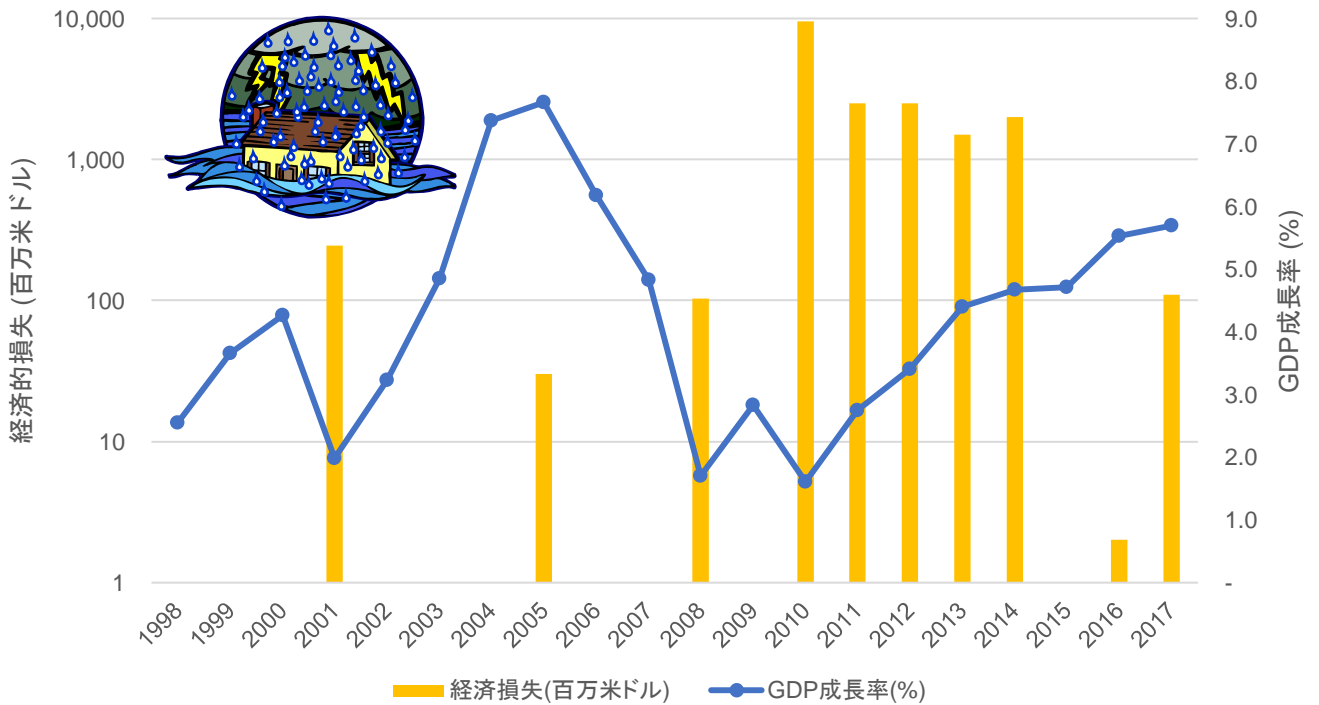


図 17 パキスタンの GDP 成長率年間推移と洪水による経済損失

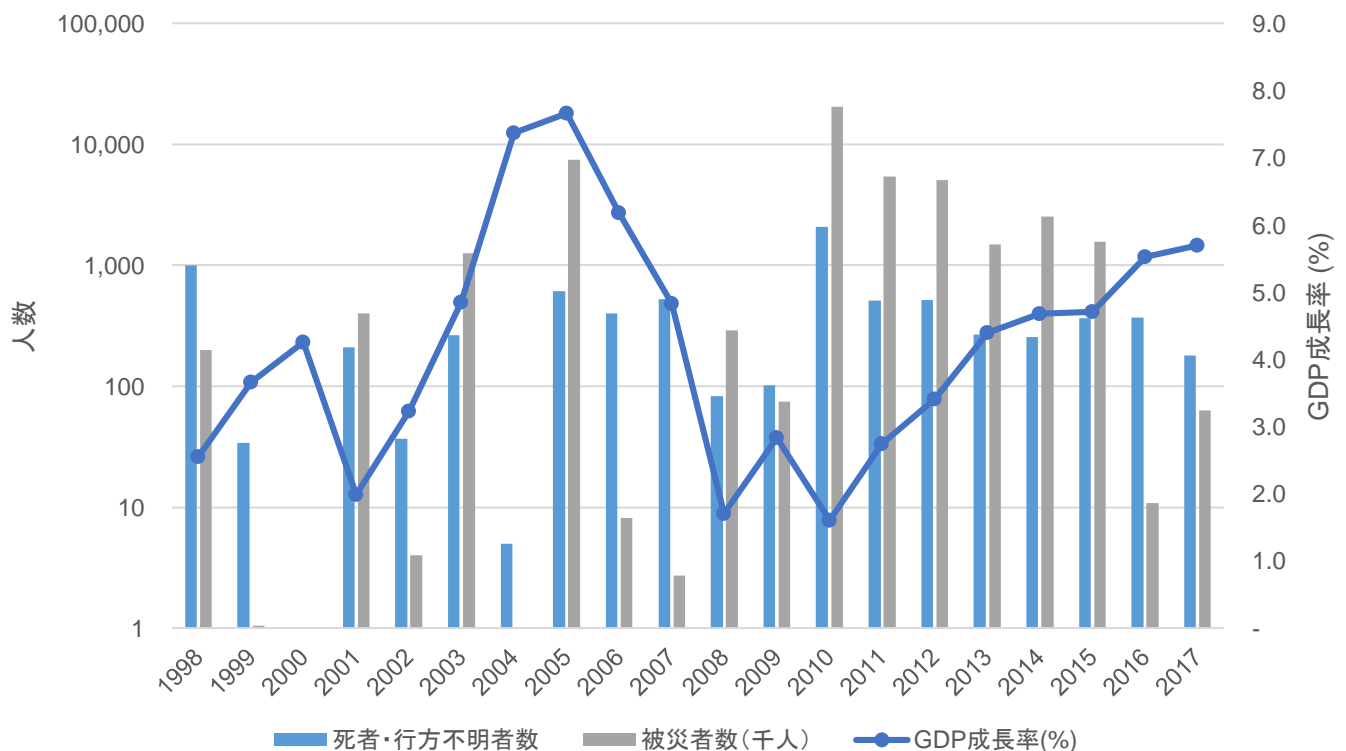


図 18 パキスタンの GDP 成長率年間推移と洪水による人的損失

1-2 無償資金協力の背景・経緯及び概要

パキスタン政府は、自然災害に対する防災体制強化に向けて、国家防災管理令 (National Disaster Management Ordinance : NDMO) の公布、防災行政の中心となる国家防災管理庁 (National Disaster Management Authority : NDMA) の設置、我が国の支援による「国家防災管理計画 (NDMP)」の策定等、国を挙げた取り組みを行っている。「国家防災管理計画 (NDMP)」では、適正な予警報システムの構築・維持を目的とした「マルチハザード早期予警報計画」が策定されている。計画実施のためには、防災行政を行う人材の育成及び住民への防災知識の普及啓発、洪水制御施設の整備等に加え、災害管理体制の中核に位置し、洪水・サイクロン等の観測及び予警報を担っている PMD の気象観測・予報能力の向上がキーポイントとなる。そのためパキスタンでは、甚大な被害を引き起こす自然災害をより軽減するため、PMD の気象観測能力及び予警報精度を向上させ、自然災害の危険を事前に予測し適切な対策を講じるために、従来以上に予警報を迅速かつ適時適所に配信することが強く求められている。しかしながら現状では、モンスーン期にインドからパキスタンのシンド州に進入して広域に大雨や集中豪雨をもたらす雨雲やサンダーストーム (雷雨) を精度良く観測できないことから、PMD が大雨の情報を洪水予警報に適切に反映することが難しいのが実情である。そのためインド側の観測データが乏しい故に気象・洪水予警報のタイムリーな発表が難しいという現状を解決するためにも、インドとの国境に近いサッカルに新たな気象レーダーを整備することが急務となっている。

パキスタン政府は、2019 年に「サッカル気象レーダー整備計画」実施のための無償資金協力を我が

国政府に要請した。日本国政府は準備調査の実施を決定し、独立行政法人国際協力機構（Japan International Cooperation Agency：JICA）は、2019年6月11日から7月17日に「サッカー気象レーダー整備計画準備調査」を実施し、プロジェクトの実地調査、関連資料等をもとに、PMDの機材運用・維持管理能力、最適機材配置計画等の様々な観点から、最適な機材内容、規模・数量を検討した。

これを基にJICAは、2020年1月20日から2月6日まで準備調査報告書（案）説明調査団をパキスタンに派遣し、準備調査報告書（案）の説明及び協議を重ねた。その結果、本プロジェクトの目的や効果を鑑み、最終的に以下の項目が必要である旨が確認された。各項目について国内にて解析を行い、次の表に示すものが概略設計の対象項目となった。

表2 概略設計の対象となった機材及び施設の概要

内容	サッカー気象レーダー観測所 計画サイト（既設PMDローリ・サッカー気象観測所）	PMD イスラマバード本局 国家気象予報センター	PMDカラチ 熱帯サイクロン警報センター	PMDラホール 洪水予報部	イスラマバード、カラチ及びラホール国際空港内 PMD気象事務所
機材調達・据付					
Sバンド固体化電力増幅式2重偏波気象ドップラーレーダーシステム（サージ防護装置、電源バックアップシステム、避雷システム、メンテナンス用機器及びスペアパーツ等を含む）	1基	-	-	-	-
気象レーダー中央処理システム	-	1式	-	-	-
気象レーダーデータ表示システム	1式	1式	1式	1式	各サイトに1式
施設建設					
気象レーダー塔施設建設	1棟	-	-	-	-
技術研修	業者契約に含まれる初期操作指導				
ソフトコンポーネント					

上述準備調査期間中において、建設予定の気象レーダー塔施設を鉄骨造又は鉄筋コンクリート造のどちらにすべきかについて、工事費、パキスタン側の負担、建設工事上の問題点、工期等に関して比較検討を行った。

表3 鉄骨造と鉄筋コンクリート造の気象レーダー塔施設を建設した場合の比較

比較項目	鉄骨造の 気象レーダー塔施設の建設	鉄筋コンクリート造の 気象レーダー塔施設の建設	
構造体	*パイプトラス鉄骨造（重量：250トン）	建物は、鉄筋コンクリート造が一般的	
躯体の建設資材の調達	鉄骨は全て日本又は第三国調達（日本企業が多く進出している東南アジア又はドバイ）	100%現地調達が可能	
現地建設会社の建設工事に対する活用	<ul style="list-style-type: none"> ■ 鉄骨躯体の製作に関する現地建設会社の活用は難しい（鉄骨躯体の製作以外の工事は活用が可能） ■ 鉄骨の建て方に日本又は第三国の専門の職人が必要 	最も一般的な工法であるため鉄筋コンクリート躯体工事を含む建設工事全体に対する現地建設会社の活用度が大きい	
建設資材の海上輸送	海外からの高価な海上輸送が必要	不要	
現地での輸入通関と関税	輸入通関、パキスタンによる関税の支払い（輸送費を含む調達費の30%）又は免税が必要	不要	
建設資材の海上輸送及び国内輸送費	海外からの海上輸送費及びカラチからサッカ（350km）*鉄骨約250トンの国内輸送費が必要 鉄骨調達先をタイ国（日本での調達に比べて安価であるため）とした場合、約1億円の費用が必要となる	セメント、細骨材である砂及び砂利は、建設現場近郊（サッカ）で調達可能であり、国内輸送費は発生しない	
工事契約後の躯体工事の工期	日本又は第三国	現地	現地
	鉄骨製作/作成：3～4ヶ月 鉄骨製作：6ヶ月 海上・国内輸送：2ヶ月	仮設工事：1ヶ月 （杭工事：2ヶ月） 基礎工事：3ヶ月 鉄骨建て方：3ヶ月 設備・仕上工事：4ヶ月	準備・仮設工事：1ヶ月 （杭工事：2ヶ月） 基礎工事：3ヶ月 躯体のコンクリート工事：10ヶ月 設備・仕上工事：4ヶ月
建設工事全体の工期	*約18～19ヶ月（杭工事がある場合：20～21ヶ月）	*約18ヶ月（杭工事がある場合：20ヶ月）	
杭工事及び基礎工事	建物全体重量が鉄筋コンクリート造と比較すると軽くなるため、杭及び基礎工事の規模が鉄筋コンクリート造よりも小さくなる	建物全体重量が鉄骨造と比較すると重くなるため、杭及び基礎工事の規模が鉄骨造よりも大きくなる	
主要構造部の建設	鉄骨の建て方に、鉄骨工（鳶職）が8名、鉄骨製造工場から2名の鉄骨鍛冶工が必要 第三国からの派遣を想定すると、（鉄骨工（鳶職）：8名×80万円/月×3ヶ月）＋（鉄骨鍛冶工：2名×100万円/月×3ヶ月）＋（航空運賃10名×15万円）＝約0.27億円の費用が必要となる	建設に関して、特殊工や技術者の派遣は不要	
サイトでの工期	サイトでの工事期間が短くなる	サイトでの工事期間が長くなる	
階段を含む主要構造部の錆の発生	鉄骨の防錆処理及び適切な施工監理が実施され定期メンテナンスが行われていれば錆の発生をある程度は防げる	錆の発生は無い	
耐火性能と熱伝導率	鉄骨造は耐火構造ではなく、また熱伝導率が高いことから外気温が高い地域で使用する場合は、外気温が室内温度に影響を及ぼす可能性が高いことから、主要構造部全てに耐火及び断熱被覆が必要となる	鉄筋コンクリート造は耐火構造であり、鉄骨と比較した場合、熱伝導率が低いことから、主要構造部に耐火及び断熱被覆が不要である	
定期塗装	構造強度確保のため定期塗装が必要 特に、防錆処理ができない部分（ボルト、ナット、構造材接続部等）は短期の定期塗装が必要	実施しなくても構造強度に大きな影響なし	
保管スペース及	計画サイトに、鉄骨を仮保管するスペースがな	鉄筋コンクリート造施設建設に小/中型クレー	

び工事用クレーン	いことから、計画サイトの近郊に仮設保管スペースの確保、仮設保管スペースに鉄骨の荷卸し/荷揚げ用の20トンクレーン1台及び計画サイトに100トンクレーンが必要となる	ン及びタワークレーンが必要となる
----------	---	------------------

* 気象レーダー塔施設の高さを50m程度と仮定

比較検討を行った結果、以下の事由よりサッカル気象レーダー塔施設は鉄筋コンクリート造とすることが最善であると判断された。

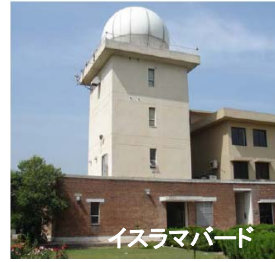
- ① 鉄筋コンクリート造とした方が、建設工事費が安価であり且つ工期も短いこと。
- ② パキスタンでは鉄骨構造が一般的ではなく、維持管理の観点からパキスタン側より鉄筋コンクリート造を強く希望している旨、協力準備調査団に対する申し入れがあったこと。
- ③ 鉄筋コンクリート造とした方が、パキスタン側の負担事項（関税免除手続き等）が少ないこと。
- ④ 鉄筋コンクリート造の場合は、現地の施工業者を気象レーダー塔施設建設のサブコントラクターとして有効に活用することが可能であること。
- ⑤ 鉄筋コンクリート造の全ての建設資材をパキスタンで調達可能であることから、PMDによる気象レーダー塔施設の補修や改修等の実施が容易であること。
- ⑥ 鉄骨造の場合は、以下の事項について懸念点があること。
 - 鉄骨造の場合は、計画サイトに鉄骨を仮保管するスペースがないことから、計画サイトの近郊に仮設保管スペースの確保が必要となり、仮設保管スペースに鉄骨の荷卸し/荷揚げ用の20トンクレーン1台が必要となること。
 - 鉄骨造の場合は、鉄骨組立工事に大型クレーン（100トンクラス）が必要となるが、計画サイトまでの道路幅が狭く且つ道路上空を横断するように高圧ケーブルが配置されていること。
 - 鉄骨造の場合は、鉄骨組立工事に関しては、第三国よりサブコントラクター（鉄骨工、鉄骨製造工場の鉄骨鍛冶工等）を連れて来る必要があること。

1-3 気象分野に対する我が国の援助動向

30年近くに渡り我が国は、パキスタンの自然災害による被害の軽減を目的として、気象分野に対して様々な協力を行っている。1990年度より「気象レーダー網整備計画（フェーズⅠ事業）」（1991年3月完成）が実施され、北部の首都イスラマバード及び南部のカラチにCバンド気象レーダーが整備された。1998年度からは「第2次気象観測網整備計画（フェーズⅡ事業）」（1999年3月完成）が実施され、パキスタン中部のデラ・イスマイル・カーン及びラヒムヤル・カーンにCバンド気象レーダーが整備され、初めてパキスタンに気象レーダー観測網が構築された。しかしながら、イスラマバード及びカラチ気象レーダーは設置から29年、デラ・イスマイル・カーン及びラヒムヤル・カーン気象レーダーは設置から20年以上の歳月が経過していることから老朽化に伴い不具合が頻発し、4基ともにアナログ気象レーダーであることからメーカーによるスペアパーツ供給が困難になっており、近い将来、稼働が完全に停止することが予期されている。

更に、現在PMDは、前述4基のアナログ気象レーダーの他にアジア開発銀行（Asia Development Bank：ADB）の支援により設置されたラホール、シアルコット、マンガラの3基の気象レーダーを有しているが、いずれも老朽化が進み、中でも洪水予警報作成上、最も重要な気象レーダーの1つであるラホールSバンド気象レーダー（1997年完成）は送信機能の大幅な低下により本来半径450kmの観測能力が半径120km程度に縮小し、送信管であるマグネトロンの予備が無いことから、近い将来、稼働が停止することが懸念されている。このような状況下、我が国の無償資金協力プロジェクトにより、イスラマバード（2019年5月完成）及びカラチの気象レーダー（2020年完成予定）の更新が実施されたが、これら2基のSバンド気象ドップラーレーダーだけでは、モンスーン期にインドからパキスタンの中部地域より進入して大雨や集中豪雨をもたらす雨雲や積乱雲に伴う雷雨やスライマーン山脈周辺での大雨を精度良く観測できない。

また老朽化が進み近い将来稼働の停止が予期されている既設デラ・イスマイル・カーン気象レーダーの観測範囲を補完する必要もあることから（ラヒムヤル・カーン気象レーダーは、修理パーツが無く稼働停止中）、



イスラマバード



カラチ



ラヒムヤル・カーン



デラ・イスマイル・カーン



完成した新しいイスラマバード
気象レーダー塔施設



完成した新しいカラチ
気象レーダー塔施設



ムルタン気象レーダー塔施設

我が国の無償資金協力プロジェクトによるムルタンでの新たなSバンド固体化電力増幅式2重偏波気象ドップラーレーダーの整備が2020年より実施される予定である。

表4 我が国の無償資金協力の実績(気象分野)

(単位:億円)

実施年度	案件名	供与限度額	概要
1990～1991	気象レーダー網整備計画	8.05	気象観測能力を向上させ、気象災害の軽減や航空交通の安全確保のために、イスラマバード及びカラチに気象レーダー塔施設の建設及び気象レーダーの機材を調達した。
1998～1999	第2次気象観測網整備計画	13.67	デラ・イスマイル・カーン及びラヒムヤル・カーンに気象レーダー塔施設の建設及び気象レーダー、イスラマバード及びカラチには、画像合成処理装置、国際空港・洪水予報センター等には、画像表示装置、レーダー画像及び合成画像等を伝送・配信するための無線通信装置等の機材を調達した。
2005～2006	ライヌラー河洪水予警報システム整備計画	6.61	ライヌラー川流域において、雨量観測局・水位観測局・洪水警報局の整備に必要な施設建設及び関連機材を調達した。
2011～2014	洪水警報管理能力強化プロジェクト(ユネスコ(国際連合教育科学文化機関)連携無償)	2.84	インダス川及びカプール川等の支川(東側支川を除く)において、気象衛星による降雨情報を活用した統合洪水予測システムを導入し、洪水予報の試験運用を実施した。
2016～2019	中期気象予報センター設立及び気象予報システム強化計画	26.15	24時間以内の短期予報精度の強化、48時間を超える中期予報能力向上を目的として、PMDイスラマバード本局に中期気象予報センター(Specialized Medium Range Forecasting Center: SMRFC)を設立するために必要な機材を調達するとともに、首都圏の気象観測の中核を担う既設イスラマバード気象レーダーシステム(老朽化により機能不全が続いている)を気象の急激な変化を把握できる固体化電力増幅式Sバンド気象ドップラーレーダーシステムに更新する計画である。
2017～2020(実施中)	カラチ気象観測用レーダー設置計画	19.49	PMDの気象観測・気象予報・予警報発信能力を一層向上させ、自然災害による被害の軽減に寄与することを目標として、既設カラチCバンド気象レーダーシステムを、気象の急激な変化を把握できる固体化電力増幅式Sバンド気象ドップラーレーダーシステムに更新する計画である。
2018～2020(実施中)	平成29年度パキスタン・イスラム共和国経済社会開発計画	5.00	気象現象の監視能力を強化するため、パンジャブ州及びシンド州の45ヶ所のPMD既設シノプティック気象観測所にハイブリッド(自動+マニュアル)気象観測システムやPMDカラチ国家測器校正管理センターに気象測器校正機材等を整備する計画である。
2018～2023(実施予定)	ムルタン市気象レーダー整備計画	20.42	災害を引き起こす気象現象の監視能力を強化することによりパキスタンの気象・洪水情報や予警報の精度を向上させて自然災害被害の軽減に寄与するため、パンジャブ州ムルタンにSバンド固体化電力増幅式2重偏波気象ドップラーレーダーシステムを整備し、加えて気象レーダー中央処理システム、気象レーダーデータ表示システム及び気象データ通信システム機材を整備する計画である。

表5 我が国の技術協力・協力準備調査の実績(気象分野)

協力内容	実施年度	案件名	概要
技術協力プロジェクト	2007～2009年度	ライヌラー川洪水危機管理強化プロジェクト	ライヌラー川流域において、洪水時に住民が適切に避難できる体制を構築することを目的とし、気象局及びレスキューの洪水警報発出にかかる能力強化、地方防災関係機関の啓発能力強化、防災関連機関の応急対応能力の強化を図るもの。
開発計画調査型技術協力プロジェクト	2002～2003年度	ライヌラー川流域総合治水計画調査	イスラマバードおよびラワル・ピンディー市街地およびその周辺地域における治水安全度の向上と、沿川地域の生活環境改善を図るためのライヌラー川流域総合治水計画マスタープランを策定し、最も経済的かつ効果的な手法により、同河川および流域管理のための具体的方策を提案することによって、地域住民の福祉の向上に寄与するもの。
	2009～2012年度	国家防災管理計画策定プロジェクト	国家レベルの防災対策の基本となる計画の策定を行うとともに、実行支援のプロセスを通じてパキスタン国内の防災行政機関の能力強化を図り、自然災害による住民被害の軽減に資するもの。
協力準備調査	2012～2013年度	中期気象予報センター設立及び気象予報システム強化計画準備調査	イスラマバードの気象レーダー更新及び中期気象予報センター設立に係る機材調達のための準備調査。
	2013～2014年度	カラチ気象レーダー整備計画準備調査	カラチの気象レーダーを更新するための準備調査。
	2017年度	ムルタン気象レーダー整備計画準備調査	ムルタンに気象レーダーを新規に設置するための準備調査。
	2019年度	サッカル気象レーダー整備計画準備調査	サッカルに気象レーダーを新規に設置するための準備調査。

1-4 他ドナーの援助動向

他ドナーによるパキスタンの気象分野（PMD）に対する援助活動は、以下の通りである。本プロジェクトと重複する援助計画はない。

表6 他ドナーの援助動向

援助機関	年	プロジェクト	プロジェクト費用	援助内容
国連ユネスコ	2011	スタジオ設立計画	9,200,000 ルピー	気象情報番組作成のためのスタジオ機材供与
中国	2011～2013	パキスタン-中国地震観測網整備計画	161,391,000 ルピー	地震観測網整備のための地震観測機材供与
ノルウェー	2011～2013	パキスタン地震危険調査	30,270,000 ルピー	パキスタンの地震危険調査の実施
フィンランド	2012	自動気象観測装置	135,998 ユーロ	10台の自動気象観測装置供与
イタリア	2012	シェア-03AWS	イタリア政府より直接機材を受領	気候調査のための自動気象観測装置(3台)による高地観測データ収集

米国国際開発庁 (WMO を通じて)	2012～ 2013	地域フラッシュフラ ッドガイダンスシス テム	2,810,000 US ドル	南アジア地域協力連合 (SAARC) 加盟国に対する フラッシュフラッド予報 の配布
国連ユネスコ	2013	ギルギッド・バルチス タン州小地域洪水警 報システムの構築	50,000 US ドル	ギルギッド・バルチスタン 州における洪水予警報シ ステムの構築
イスラミック開発 銀行／トルコ政府	2016	PMD とトルコのマルマ ラ研究センター (Marmara Research Center :MRC) との間 のリバースリンケー ジプロジェクト	101,000,000 ルピー	地震に関する研修及び地 震関連機材の購入・設置
イスラミック開発 銀行／トルコ政府	2017	PMD とトルコのマルマ ラ研究センター (Marmara Research Center :MRC) との間 のリバースリンケー ジプロジェクト	5,000,000 ルピー	PMD の地震観測網の強化
イスラミック開発 銀行／トルコ政府	2018	PMD とトルコのマルマ ラ研究センター (Marmara Research Center :MRC) との間 のリバースリンケー ジプロジェクト	12,732,000 ルピー	PMD の地震観測網の強化
中国	2019	プロジェクト名無し (援助のみ)	プロジェクト費不明 (金額を開示せず機材 のみ提供)	映像の撮影及び記者会見 に使用される機材供与 (PMD ラホール洪水予報 部及び PMD カラチ)

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

パキスタンの気象業務を行う唯一の政府機関である PMD は、以前は国防省を上部官庁として配置されていたが、2013 年 6 月より内閣府の航空部の下に配置転換された。

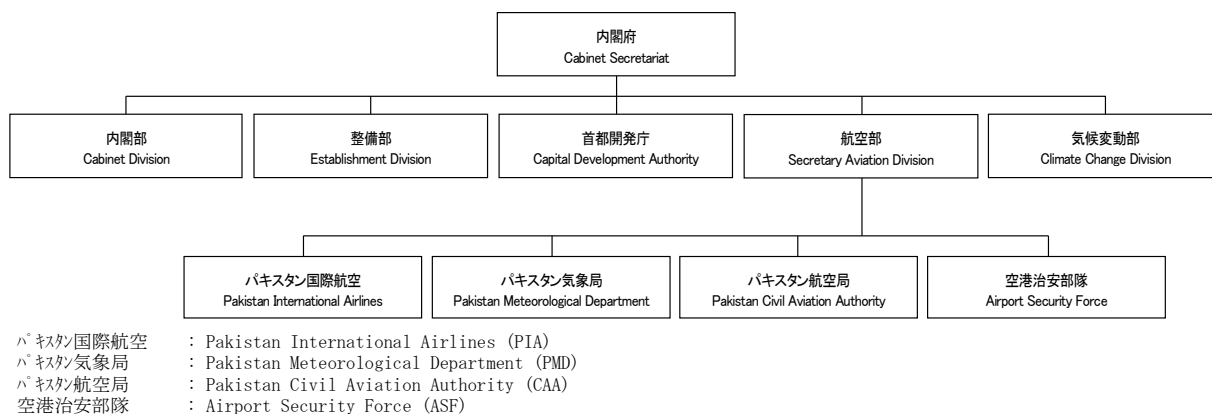


図 19 内閣府 航空部組織構成

全体の職員数は 2,424 名（2019 年 6 月時点）で、その内 344 名が幹部職員（Officer）である。イスラマバードにある PMD 本局を中枢として、全国をカラチ、ラホール、クエッタ、ペシャワール及びギルギッド-バルチスタンの 5 つの気象管区に分けて、地方気象センターを配置して気象業務を行っている。PMD 長官（Director General）の下に、4 名（イスラマバード：2 名、ラホール：1 名、カラチ：1 名）の気象統括官（Chief Meteorologist）が配置されており、イスラマバード本局の 1 名の気象統括官が PMD 副長官（Deputy Director General）を兼務している。

世界気象機関（World Meteorological Organization：WMO）及び国際民間航空機関（International Civil Aviation Organization：ICAO）が定める国際規則に従って、気象・気候に関する情報、悪天候時（サイクロン、大雨、強風、雷災）の注意報や警報等を一般国民、農業、エネルギー、漁業、船舶等の分野に提供しているほか、気象に関する教育・研修活動も行っている。

PMD の組織構成図を次ページに添付する。

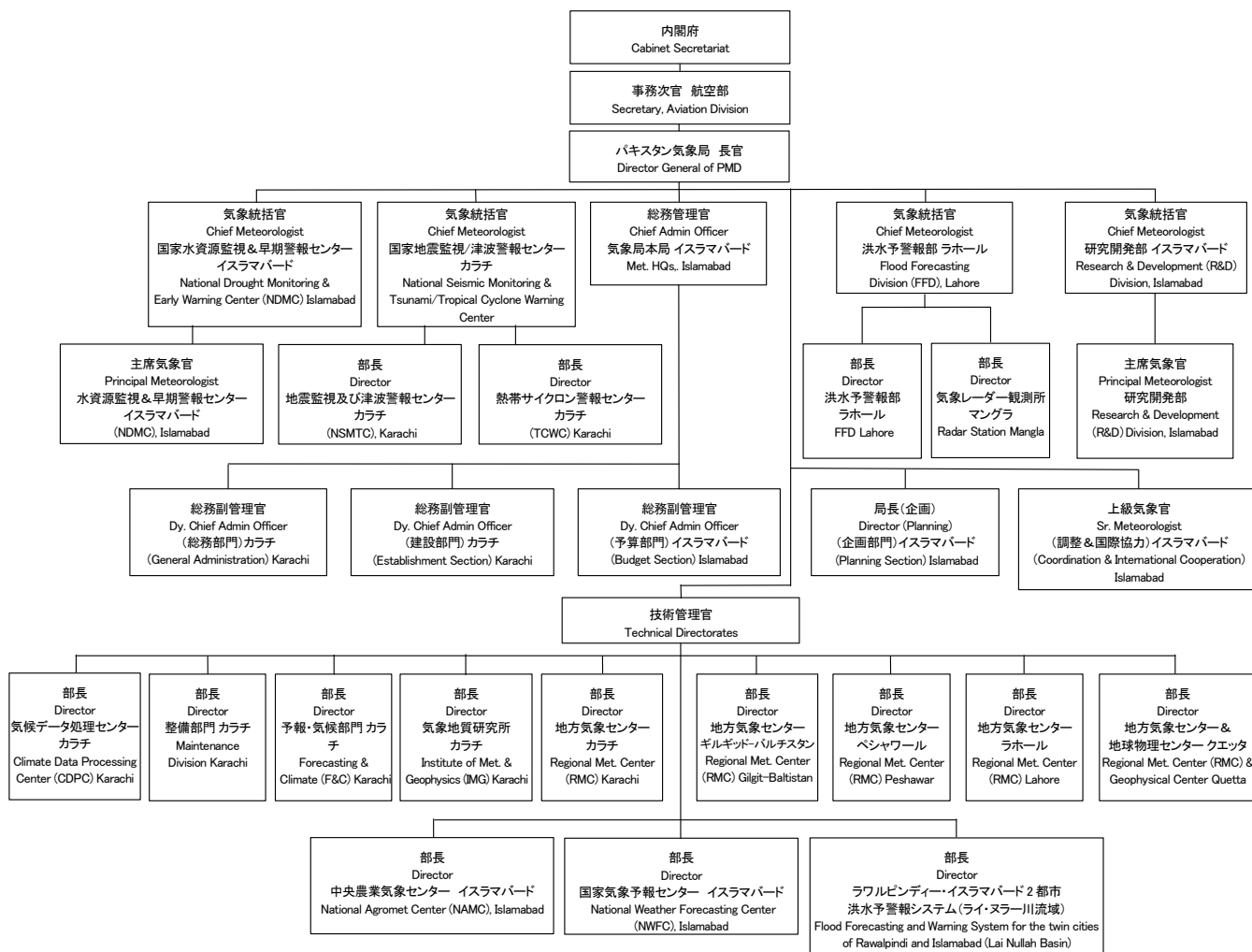


図 20 PMD 組織図

<PMD イスラマバード本局の気象業務>

■ PMD イスラマバード本局の業務体制

気象に関する予報を発表しているのは、イスラマバードにある NWFC である。下表は NWFC における気象予報官及び気象技術者の勤務体制である。24 時間体制で予報業務を行っており、昼夜問わず、パキスタン国内の様々な気象現象を監視している。

表 7 PMD イスラマバード本局 国家気象予報センター(NWFC)のシフト体制

シフト名	時間	勤務時間	スタッフ数			
			予報官	予報補佐官	観測員	データ入力官
一般勤務	09:00-17:00	8	1	2	2	2
午前シフト	08:00-14:00	6	1	1		
午後シフト	14:00-20:00	6	1	1	1	1
夜勤シフト	20:00-08:00	12	1	1	1	-
緊急時	大気現象の状態による					

出典:PMD
現地時間 (PST) = UTC + 5

■ PMD イスラマバード本局の気象情報

PMD イスラマバード本局が発表する天気予報、特別気象サービス、注意報及び警報の概要を以下の各表にまとめた。

表 8 PMD イスラマバード本局 国家気象予報センター(NWFC)が発表する予報

予報の種類	予報対象期間	内容	予報対象地域	発表時間 (現地時間)	発表言語
一般予報					
一般天気予報	24 時間 48 時間	24 時間及び 48 時間先までの全国天気予報、24 時間先までの都市別天気予報・警報 (発表時)	全国及び 60 都市	10:00 19:00	ウルドゥー語 (現地言語)
天気概況	24 時間	現在天気概況、天気予報	6 州	13:00	英語
3 日間予報	3 日間	天気、日最高気温	50 都市	19:00	気温と天気の 図解
週間天気予報	7 日間	気圧配置及び週間天気予報	6 州	月曜日 (午前)	英語
季節予報					
夏期のモンス ーン予報	3 ヶ月間 (7 月～9 月)	モンスーン活動、予想総降水量 (平年値差: % で表示)	全国	モンスーン 期前 (6 月末)	英語
冬期予報	3 ヶ月間 (12 月～2 月)	予想総降水量 (平年値差: % で表示)	全国	12 月初旬	英語

全ての予報は PMD ウェブサイトを通してテレビ、ファックス、ラジオ及び新聞で発表

出典: PMD

現地時間 (PST) = UTC + 5

表 9 PMD イスラマバード本局 国家気象予報センター(NWFC)が提供している特別気象情報

サービスの種類	内容	主な提供先
航空気象予報・ 注意報・警報	航空天気図、気象衛星画像、METAR、TAFs、都市別週間天気予報、航空業務用天気概況、飛行場警報	民間航空会社、軍事関連組織
農業気象情報・ 注意報・警報	モンスーン注意報、週間予報、10 日間予報、1 ヶ月予報、干ばつの予測	農業受益者
海上気象予報・ 注意報・警報	潮汐、波高、風速、沿岸予報、海水面温度、海上気象注警報	漁業関係者
公共事業用注意 報・警報	要請に応じて	計画及び開発セクター、建設会社 (道路・空港・発電所等)
軍事活動用予報	要請に応じて	軍事関連組織

出典: PMD

表 10 PMD イスラマバード本局 国家気象予報センター(NWFC)が発表する報道発表、注意報、警報内容

気象情報	内容
報道発表、注意報、 警報及び特別警報 に関する概要	パキスタンに前線や低気圧等が近づいているときに報道発表が行われ、その大気現象が翌日から少なくとも 3-4 日以内にパキスタンに災害もしくは重大な災害をもたらす恐れがあると予測された場合、PMD は注意報、警報、もしくは特別警報を適切に判断し発表する。
主な大気現象	(大雨/大雪、雷雨、砂風、熱波/寒波、異常乾燥、濃霧、サイクロン/発達した熱帯低気圧/熱帯低気圧)
発表の種類	上記大気現象に対しそれぞれ注意報、警報、及び特別警報が設けられている。 (濃霧: 注意報、警報)

発表基準	<p>例) 大雨に関する注意報、警報、特別警報の場合 特別警報：(24 時間予想雨量 > 244.5 mm)、警報：(7.6mm ≤ 24 時間予想雨量 ≤ 244.5mm)、注意報及び報道発表：24 時間予想雨量 7.6mm 未満であるが、状況に応じて発表又は発表を行わない。警報及び特別警報においても同様に発表内容が変わることもある。</p>
------	---

出典:PMD

表 11 PMD イスラマバード本局 国家気象予報センター(NWFC)の報道発表、注意報、警報発表数

年	報道発表	注意報	警報	
			警報	特別警報
2019(6月時点)	8	1	9	1
2018	29	0	0	0
2017	18	7	0	0
2016	9	6	0	1

出典:PMD

表 12 PMD の天気予報に使用している情報

天気予報に利用している情報	天気予報	短時間予報	天気予報 (現地言語：ウルドゥー語)			一般天気情報			3日間予報	週間天気予報	月間天気予報	モンスーン期及び冬期予報	航空気象予報	農業気象情報	航路気象予報
		1-6時間	12時間	24時間	48時間	12時間	24時間	48時間							
観測値	地上気象観測	○	○	○		○	○					○		○	
	レーダー	○	○	○		○	○					○		○	
	ウィンドプロファイラ	○	○	○		○	○					○		○	
	パイロットバルーン	○	○	○		○	○					○		○	
	ラジオゾンデ (インド)	○	○	○		○	○		○			○		○	
	極軌道気象衛星	NOAA (アメリカ)	○	○	○		○	○					○		○
		GOES (アメリカ)											○		○
静止気象衛星												○		○	
	FY-2G (中国)	○	○	○		○	○					○		○	
	EUSAT (欧州)	○	○	○		○	○					○		○	
気候値	降水量、気温、湿度及び風向風速等									○	○		○		
天気図	200hPa	○	○	○	○	○	○	○	○	○			○		
	300hPa	○	○	○	○	○	○	○	○	○			○		
	500hPa	○	○	○	○	○	○	○	○	○			○	○	
	700hPa	○	○	○	○	○	○	○	○	○			○	○	
	850hPa	○	○	○	○	○	○	○	○	○			○	○	
	地上	○											○	○	
NWP 全球モデル の製品	1. IFS (ECMWF)	天気予報	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	2. ICON (DWD)														
	3. GFS (NOAA)														
	4. GSM (CMA)														
	5. CFSv2 及び CM3 (NOAA)	季節予報													
	6. GISS (NASA)														
	7. CCSM3 (NCAR)														
	8. CanCM1 (CCCma)														
NWP 地域モデル の製品	PMD Weather Research and Forecasting (WRF) Model	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ガイダンス データ	Operational Consensus Forecasts (OCF)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

1. IFS: Integrated Forecast System	ECMWF: ヨーロッパ中期予報センター
2. ICON: Icosahedral Nonhydrostatic	DWD: ドイツ気象局
3. GFS: Global Forecast System	NOAA: アメリカ海洋大気庁
4. GSM: Global Spectral Model	CMA: 中国気象局
5. CFSv2: Climate Forecast System Version 2、CM3: Climate Model Version 3	NOAA: アメリカ海洋大気庁
6. GISS: Goddard Institute for Space Studies	NASA: アメリカ航空宇宙局
7. CCSM3: Community Climate System Model Version 3	NCAR: アメリカ大気研究センター
8. CanCM1: Canadian Climate Model 1	CCCma: カナダ気候モデル解析センター

<PMD カラチの気象業務>

■ PMD カラチの業務体制

下表は PMD カラチにおける気象予報官及び気象技術者の勤務体制である。

表 13 PMD カラチ サイクロン警報センター(TCWC)の勤務体制

シフト名	勤務時間	従事時間	職員数		
			管理予報官/ 予報担当官	観測官	サポートスタッフ
日勤シフト	08:00-20:00	12	1	3	2
一般勤務	08:00-16:00	8	2	4	1

*緊急時と同じ勤務体制

出典:PMD

■ PMD カラチの気象情報

PMD カラチが発表する天気予報、特別気象サービス、注意報及び警報の概要を以下の各表にまとめた。

表 14 PMD カラチ サイクロン警報センター(TCWC)が発表する天気予報及び情報

気象予報及び情報	予報期間	予報項目	予報地域	発表時間 (現地時間)
熱波警戒情報 (期間 : 4月1日~10月31日)	72 時間	天気/最高気温/最低気温 /湿度 (朝と夕方) /風向	カラチ	09:00
熱帯サイクロン情報	6 日間	中心気圧/熱帯低気圧 (サイクロン) の勢力/中心付近の風速/移動情報	熱帯サイクロン 周辺域	6 時間、12 時間及び 24 時間毎
熱帯サイクロン監視情報	熱帯サイクロンがアラビア海 (北緯 10° 以北) に発生もしくは進入した時			
熱帯サイクロン注意報	熱帯サイクロンがパキスタンの沿岸部に影響を及ぼす可能性がある時			
熱帯サイクロン警報	熱帯サイクロンがパキスタンの沿岸部に影響を及ぼす可能性が非常に高い時 3 時間/6 時間/必要に応じて発表される			

出典:PMD

現地時間(PST)=UTC+5

表 15 カラチ国際空港気象事務所が発表する天気予報及び情報

気象予報及び情報	予報期間	予報項目	予報地域	発表時間 (現地時間)
海上気象情報 (「海上における遭難及び安全に関する世界的な制度」(GMDSS) に沿った海上安全メッセージの作成及び発表)	24 時間	風向風速/天気/視程/海面の状態	PMD 担当海域 : Met Area IX 	12:00

出典:PMD

現地時間(PST)=UTC+5

<PMD ラホールの気象業務>

■ PMD ラホールの業務体制

下表は PMD ラホールにおける気象予報官及び気象技術者の勤務体制である。

表 16 PMD ラホール 洪水予報部のシフト体制

シフト名	時間 (現地時間)	勤務時間	スタッフ数 (通常/モンスーン期)			
			管理予報官	管理予報補佐官	上級観測員	データ入力官
一般勤務	09:00-17:00	8	1/1	1/2	1/2	1/2
午前シフト	08:00-14:00	6	1/1	1/1		
午後シフト	14:00-20:00	6	1/1	1/1	1/1	1/1
夜勤シフト	20:00-08:00	12	1/2	1/1	1/1	-
緊急時 ^(※)	気象現象の勢力による					

出典:PMD
 現地時間(PST)=UTC+5
 モンスーン期:6月~10月
 (※)危険な気象現象が発生した場合

■ PMD ラホールの気象情報

PMD ラホール 洪水予報部が発表する天気及び河川水位に関する予報、注意報及び警報の概要を以下の各表にまとめた。

表 17 PMD ラホール 洪水予報部が発表する予報

予報の種類	予報対象期間	内容	予報対象地域	発表時間 (現地時間)	発表言語
天気予報	24 時間及び 72 時間	天気概況、24 時間先までの 天気及び降水予報、72 時間 先までの天気の見通し	全国主要 5 河川流域 (インダ ス川、ジェルム川、チェナブ 川、ラヴィ川、サトレジュ川)	10:30	英語
河川水位予 報	24 時間	河川流量及び水位の予報	6 河川: インダス川、ジェル ム川、チェナブ川、ラヴィ川、 サトレジュ川及びカプール川 (合計 22 ヶ所の観測所)	10:30	英語
週間天気及 び河川水位 予報	7 日間	天気概況、雨の見通し、河 川の上流域における強雨の 予測及び主要河川における 増水状況の予測	全国主要 5 河川流域 (インダ ス川、ジェルム川、チェナブ 川、ラヴィ川、サトレジュ川)	10:30	英語

上記全ての予報は PMD ウェブサイト、電子メール、ショートメール及びファックスにて報道機関に伝えられ、テレビ、ラジオ及び新聞等で発表される。

出典:PMD
 現地時間(PST)=UTC+5

表 18 PMD ラホール 洪水予報部が発表する注意報及び警報

注意報及び警報 の種類	発表基準	対象地域
洪水注意報	河川水位が氾濫危険レベルに到達し、その後も雨が持続 し河川水位の上昇が予測される場合	5 主要河川流域: インダス、ジ ェルム、チェナブ、ラヴィ及び サトレジュ川
洪水 警報	河川水位が氾濫危険レベルを超えて、災害発生予測され る場合	
	特別警報	河川水位が氾濫危険レベルを超え、災害発生が、ほぼ確 実で深刻な被害が予測される場合

出典:PMD

表 19 PMD ラホール 洪水予報部が発表する注意報及び警報発表数

年	洪水注意報	洪水警報	
		警報	特別警報
2018	4	4	4
2017	2	2	2
2016	10	5	5
2015	24	24	24
2014	22	20	22

出典:PMD

<PMD 気象レーダー観測所>

■ PMD 気象レーダー観測所の観測体制

PMD 職員による各既設気象レーダー観測所の観測体制は以下の通りである。

表 20 各既設気象レーダー観測所の勤務体制(通常時及びモンスーン期(6~10月))

	勤務時間	午前シフト	午後シフト	夜勤	観測所職員数
イスラマバード気象レーダー観測所		08:00~14:00	14:00~20:00	20:00~08:00	13
カラチ気象レーダー観測所		08:00~14:30	14:30~20:30	20:30~08:00	13
デラ・イスマイル・カーン気象レーダー観測所		08:00~14:00	14:00~20:00	20:00~08:00	8
ラヒムヤル・カーン気象レーダー観測所		08:00~14:00	14:00~20:00	20:00~08:00	8
ラホール気象レーダー観測所		08:00~14:00	14:00~20:00	20:00~08:00	13
シアルコット気象レーダー観測所		08:00~14:00	14:00~20:00	20:00~08:00	8
マンガラ気象レーダー観測所		08:00~14:00	14:00~20:00	20:00~08:00	11

2-1-2 財政・予算

パキスタンの会計年度は、7月1日から翌年6月30日までである。下表は、パキスタンの会計年度2009-10年度から2018-19年度までの10年間のPMDの年間予算及びその内訳を示している。年間予算は年々増加傾向にあり、主な内訳は、人件費、交通費、研修費、公共料金、通信費等である。プロジェクトが実施される場合には、プロジェクト実施・開発費としてPC-Iの承認により、特別予算が割り当てられる仕組みになっている。

表 21 PMD の年間予算内訳

(1,000 ルピー)

予算項目	2009-10	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17	2017-18	2018-19	2019-20 (予算要求額)
人件費 (職員給与)	323,928	356,513	478,126	574,143	676,298	732,854	819,000	870,000	908,741	1,035,000	1,199,804
交通費、研修費、公共料金、通信費等	70,157	71,019	74,728	88,940	95,279	107,849	110,822	114,018	122,433	129,887	169,688
職員退職手当	1,500	1,500	1,500	1,100	7,470	11,160	12,926	16,677	16,260	21,219	27,875
政府補助金、助成	2,000	2,000	2,000	2,000	4,000	4,445	4,450	2,034	2,242	15,858	342

金、貸付金												
転勤費用	500	500	100	80	80	87	101	101	121	131	131	
機材購入費等	11,000	11,000	13,264	11,449	10,508	13,722	15,551	17,314	17,995	20,881	92,714	
工事関連費	2,000	2,000	1,998	250	250	278	1,400	1,872	2,825	3,246	8,202	
機材・施設修理及び維持管理費	6,795	6,795	7,109	2,385	3,335	3,974	4,750	5,921	8,670	8,778	23,243	
計	417,880	451,327	578,825	680,347	797,220	874,369	969,000	1,027,937	1,079,287	1,235,000	1,521,999	
プロジェクト実施及び開発に必要となる特別予算(PC-Iの承認による)												
プロジェクト実施・開発費	363,165	165,136	110,654	62,616	152,554	76,906	28,581	419,375	608,000	767,337	1,108,566	

2-1-3 技術水準

PMD 技術職員の気象レーダー維持管理作業経験をみると、専門学校又は大学卒業後数年～十数年程度の電気及び機械関連の作業経験を有している技術職員もおり、故障探求やその後の不良部品の抽出、交換及び測定器を使用した調整等、幅広い技能を保持している。空中線装置関連の作業に関しても、回転機構の注油、グリスアップ、サーボモータの交換又は機械部品の応急的な修理等は実施可能であり、その習熟度は高い。殆どの技術者が信号処理、画像処理及びレーダー制御等のコンピューターのハードウェア及びソフトウェアについての知識があり、取扱いについても熟知している。

気象レーダー観測所の技術者により我が国の無償資金協力で整備されたイスラマバード気象レーダー（2019年5月完成）の運用保守作業は毎日行われており、気象レーダー導入時、日本のレーダーメーカーの技術者による現地研修（OJT）で得た要領に従い、レーダーの基本性能については観測時毎に、他の装置の稼動状態については毎月点検し、点検簿に記録している。なお殆どの故障修理は、各既設レーダー観測所の技術者により行われている。

表 22 イスラマバード S バンド固体化電力増幅式気象ドップラーレーダーシステム点検簿の項目

	毎日	毎週	毎月	半年毎	毎年
定期点検	<電源設備> 機材電源制御装置及びレーダー電源切替盤の入出力電圧電流値	<レドーム> 航空障害灯の動作確認	<空中線装置> スリップリング表面及びブラシの状態	<レドーム> 外表面及びコーキング部分の確認	<空中線装置> 仰角及び方位角ギヤボックスのオイル交換
	<空中線装置> アラームの有無	<空中線装置> 回転中の振動、異音及び回転速度の確認	<レーダー動作制御装置> 装置内直流電圧値	<空中線装置> 駆動用ベルトの確認 水平及び垂直停止精度	アンテナ角度制限スイッチの精度確認 安全スイッチの動作確認
	<導波管加圧装置> 加圧装置動作回数 導波管内圧力値	<送受信装置> 装置内直流電圧値	<送受信装置> 測定器による動作特性の確認		<システム点検> 総合動作確認
	<送受信装置> アラームの有無		・送信周波数 ・送信パルス繰り返し周波数 ・パルス幅		

	送信時間 〈データプロトコル変換装置〉 アラームの有無 作成された気象プロダクトの状態確認		・送信電力 ・受信機特性 〈導波管加圧装置〉 乾燥剤の状態		
清掃	〈各装置〉 コンピューター及びキャビネット表面の清掃	〈各装置〉 装置内部の清掃	〈空中線装置〉 スリップリング表面及びブラシの清掃	〈空中線装置〉 オイル漏れ確認及び清掃 駆動ギアのグリス清掃及びグリス追加 〈各装置〉 エアフィルタ清掃	

次表のように、PMD 職員によりイスラマバード気象レーダー塔施設内の機材付帯設備機器の定期点検及び日常的な清掃が実施されている。

表 23 イスラマバード気象レーダー塔施設内の機材付帯設備機器の定期点検・清掃項目

	毎日	毎週	毎月	毎年
定期点検	〈電気設備〉 発電機出力電源の電圧電流値、分電盤の入出力電源の電圧電流値 〈空調・換気設備〉 空調機・換気扇の動作確認 〈給排水設備〉 給水ポンプの動作確認	〈電気設備〉 発電機のバッテリー液・燃料・エンジンオイルレベルの確認 〈給排水設備〉 給水タンクの水漏れ有無の確認	〈換気設備〉 シロッコファンの V ベルトの損傷有無の確認 〈電気設備（発電機）〉 発電機ファンベルトの損傷有無の確認 〈電気設備〉 アラーム制御盤・火災報知機の動作確認	〈電気設備（発電機）〉 エンジンオイル及びエアフィルタの交換 〈空調設備〉 冷媒ガスの圧力確認
清掃	〈施設〉 室内及びトイレの清掃	〈電気設備〉 照明機器・分電盤等の清掃	〈空調設備〉 エアフィルタの清掃	〈給排水設備〉 受水槽及び高架水槽内清掃 浄化槽の汚物汲取り

上述のことから、我が国の無償資金協力で整備された機材及び施設は適切に管理されており、PMD の技術力の高さと自助努力が見受けられる。

2-1-4 既存施設・機材

パキスタンにおける 7 基の既存気象レーダーシステムに関する情報は、次に添付する図及び表の通りである。

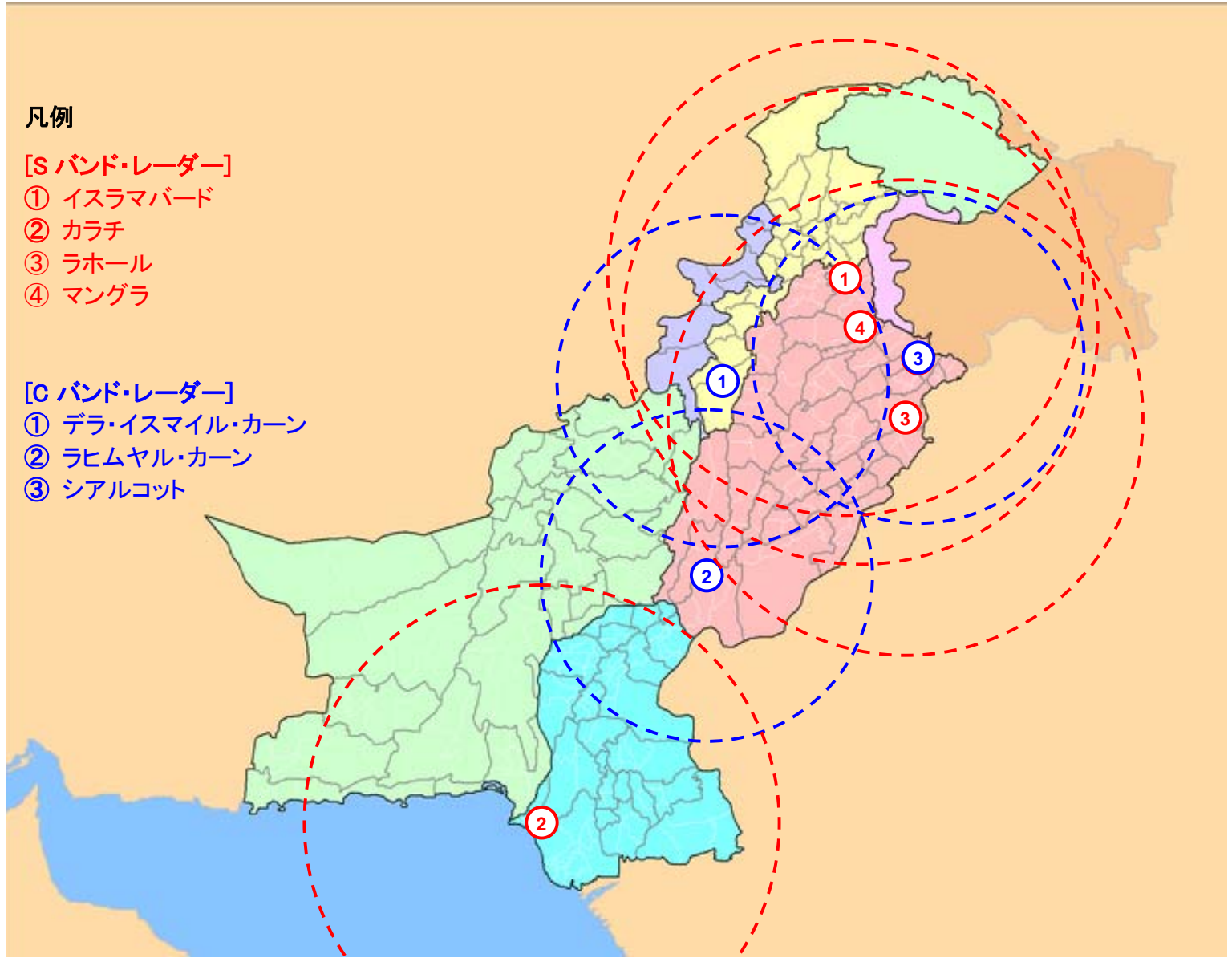


図 21 パキスタンの既存気象レーダーシステム(2020年3月時点)

出典 PMD

表 24 パキスタンの既存気象レーダーシステム(2020年3月時点)

既設気象レーダー観測所	位置 緯度 経度	資金の支援	周波数 バンド	種類(通常/ ドップラー/ マルチパラ メーター)	空中線 直径	送信機の種類(マグ ネトロン/クライス トロン/固体化)	製造国 メーカー名	設置時期	観測データのイス ラマバードンター への送信方法	観測データ処 理システム	稼働状況 (2020年3月時点)
イスラマバード	N 33° 40' 57.52" E 73° 03' 51.08"	日本国政府 (無償資金協力)	Sバンド	ドップラー	5m	固体化電力増幅式	日本 日本無線 (JRC)	2019年5月	PMD Web サイトへ直 接自動でアップロ ード	J-Birds ソフ トウェア	稼働中
カラチ	N 24° 55' 44.71" E 67° 08' 36.31"	日本国政府 (無償資金協力)	Sバンド	ドップラー	5m	固体化電力増幅式	日本 日本無線 (JRC)	2020年3月	PMD Web サイトへ直 接自動でアップロ ード	J-Birds ソフ トウェア	稼働中
ラホール	N 31° 32' 33.16" E 74° 19' 28.61"	アジア開発銀行	Sバンド	ドップラー	8m	マグネトロン (予備残量:0)	アメリカ EEC	1997年	PMD Web サイトへ手 動でアップロード	Edge ソフトウ ェア	送信機能の低下によ り観測能力が半径 120km 程度に縮小し、 マグネトロンの予備 が無いことから稼働 停止が懸念されるた め、早急に更新が必要
マンガラ	N 33° 03' 58.66" E 73° 37' 58.98"	アジア開発銀行	Sバンド	ドップラー	8m	マグネトロン (予備残量:0)	アメリカ EEC	2004年	PMD Web サイトへ手 動でアップロード	Edge ソフトウ ェア	稼働中(更新が必要)
デラ・イス マール・カーン	N 31° 50' 10.19" E 70° 55' 01.51"	日本国政府 (無償資金協力)	Cバンド	通常	4m	マグネトロン (予備残量:1)	日本 日本無線 (JRC)	1999年3月	PMD Web サイトへ手 動でアップロード	JRC 社製ソフ トウェア	稼働停止中 イスラマバード既設 C バンド通常気象レー ダーのパーツと交換 して復旧させて運用 を継続する予定
ラヒムヤ ール・カーン	N 28° 23' 34.88" E 70° 17' 15.84"	日本国政府 (無償資金協力)	Cバンド	通常	4m	マグネトロン (予備残量:1)	日本 日本無線 (JRC)	1999年3月	PMD Web サイトへ手 動でアップロード	JRC 社製ソフ トウェア	イスラマバード及び カラチ既設 C バンド 通常気象レーダーの パーツと交換して稼 働中
シアルコット	N 32° 31' 28.98" E 74° 32' 33.28"	アジア開発銀行	Cバンド	ドップラー	4m	マグネトロン (予備残量:0)	アメリカ EEC	2005年	PMD Web サイトへ手 動でアップロード	Edge ソフトウ ェア	稼働中(更新が必要)

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

<サイトの位置情報>

各プロジェクトサイトの位置情報及びサッカー気象レーダー塔施設建設計画サイトのインフラ整備状況は以下の通りである。

表 25 各サイト位置情報

サイト名	サッカー気象レーダー塔施設建設計画サイト (既設 PMD ローリ・サッカー気象観測所)	PMD イスラマバード本局 国家気象予報センター	PMD カラチ 熱帯サイクロン警報センター	PMD ラホール 洪水予警報部
緯度	N 27° 41' 06.48"	N 24° 55' 58.9"	N 24° 55' 58.9"	N 31° 32' 33.1"
経度	E 68° 53' 25.15"	E 67° 08' 32.8"	E 67° 08' 32.8"	E 74° 19' 29.5"
標高	69m	39m	39m	163m
サイト名	イスラマバード国際空港 PMD 気象事務所	カラチ国際空港 PMD 気象事務所	ラホール国際空港 PMD 気象事務所	
緯度	N 33° 32' 36.43"	N 24° 54' 01.7"	N 31° 31' 14.02"	
経度	E 72° 49' 40.22"	E 67° 10' 05.6"	E 74° 24' 37.81"	
標高	530m	37m	238m	

<建設計画サイトのインフラ概要>

サッカー気象レーダー塔施設建設計画サイト内のインフラ概要は以下の通りである。

表 26 サッカー気象レーダー塔施設建設計画サイトのインフラ整備状況

	サッカー気象レーダー塔施設建設計画サイト
商用電源 (入力電源)	400V、3相4線、50Hz
上水道設備	無い
下水道設備	無い
電話設備	有る
インターネット接続	無い
敷地内での携帯電話	利用可能

<PMD が利用しているインターネット回線>

PMD が利用しているインターネット回線の現状及び我が国の無償資金協力案件の実施に伴うインターネット回線拡充に関する将来計画は、以下の通りである。

表 27 インターネット接続拡充予定推移

我が国の PMD 向け無償資金協力プロジェクト

主要プロジェクト構成要素	特別中期気象予報センター、イスラマバード気象レーダー及びウィンドプロファイラ（イスラマバード及びムルタン）構築	カラチ気象レーダー構築	ムルタン気象レーダー構築	サッカール気象レーダー構築
完了時期	2019年5月	2020年3月	2023年（予定）	2025年（予定）
特別中期気象予報センター PMD イスラマバード本局 全球通信システム（GTS）、世界気象機関情報システム（WIS）及びカラチ気象レーダー向け				
サービスプロバイダ	NTC	NTC	NTC	NTC
接続形態	共有回線	共有回線	共有回線	共有回線
パブリック IP アドレス	○	○	○	○
契約通信速度（bps）	100M	100M	100M	100M
特別中期気象予報センター PMD イスラマバード本局 ムルタン気象レーダー、サッカール気象レーダー向け				
サービスプロバイダ	-	-	PTCL	PTCL
接続形態	-	-	IP-VPN	IP-VPN
パブリック IP アドレス	-	-	○	○
契約通信速度（bps）	-	-	4M	8M
特別中期気象予報センター PMD イスラマバード本局 PMD ラホール洪水予報部向け				
サービスプロバイダ	-	-	NTC / PTCL	NTC / PTCL
接続形態	-	-	IP-VPN	IP-VPN
パブリック IP アドレス	-	-	○	○
契約通信速度（bps）	-	-	6M	10M
イスラマバード新国際空港（バナジル・ブット新国際空港）PMD 気象事務所				
サービスプロバイダ	NTC	NTC	NTC	NTC
接続形態	共有回線	共有回線	共有回線	共有回線
パブリック IP アドレス	×	×	×	×
契約通信速度（bps）	2M	4M	4M	100M
PMD カラチ熱帯サイクロン警報センター				
サービスプロバイダ	NTC	NTC	NTC	NTC
接続形態	共有回線	共有回線	共有回線	共有回線
パブリック IP アドレス	○	○	○	○
契約通信速度（bps）	100M	100M	100M	100M
カラチ国際空港 PMD 気象事務所				
サービスプロバイダ	NTC	NTC	NTC	NTC
接続形態	共有回線	共有回線	共有回線	共有回線
パブリック IP アドレス	×	×	×	×
契約通信速度（bps）	2M	4M	4M	100M
カラチ気象レーダー観測所レーダー塔施設				
サービスプロバイダ	-	無	無	無
接続形態	-	LAN	LAN	LAN
パブリック IP アドレス	-	×	×	×
契約通信速度（bps）	-	100M	100M	100M
PMD ラホール洪水予報部				
サービスプロバイダ	NTC	NTC	NTC / PTCL	NTC / PTCL
接続形態	共有回線	共有回線	IP-VPN	IP-VPN
パブリック IP アドレス	○	○	○	○
契約通信速度（bps）	4M	6M	6M	10M
PMD ラホール地方気象センター				
サービスプロバイダ	NTC	NTC	NTC	NTC
接続形態	共有回線	共有回線	共有回線	共有回線
パブリック IP アドレス	○	○	○	○
契約通信速度（bps）	2M	2M	2M	2M

PMD ムルタン地方気象センター（ムルタン気象レーダー観測所レーダー塔施設）				
サービスプロバイダ	-	-	無	無
接続形態	-	-	長距離無線 LAN	長距離無線 LAN
パブリック IP アドレス	-	-	×	×
契約通信速度 (bps)	-	-	54M	54M
ムルタン国際空港 PMD 気象事務所				
サービスプロバイダ	NTC	NTC	PTCL	PTCL
接続形態	共有回線	共有回線	IP-VPN	IP-VPN
パブリック IP アドレス	×	×	×	×
契約通信速度 (bps)	1M	1M	4M	4M
PMD ギルギット地方気象センター				
サービスプロバイダ	NTC	NTC	NTC	NTC
接続形態	共有回線	共有回線	共有回線	共有回線
パブリック IP アドレス	×	×	×	×
契約通信速度 (bps)	1M	1M	1M	1M
サッカル気象レーダー観測所レーダー塔施設				
サービスプロバイダ	-	-	-	PTCL
接続形態	-	-	-	IP-VPN
パブリック IP アドレス	-	-	-	×
契約通信速度 (bps)	-	-	-	4M

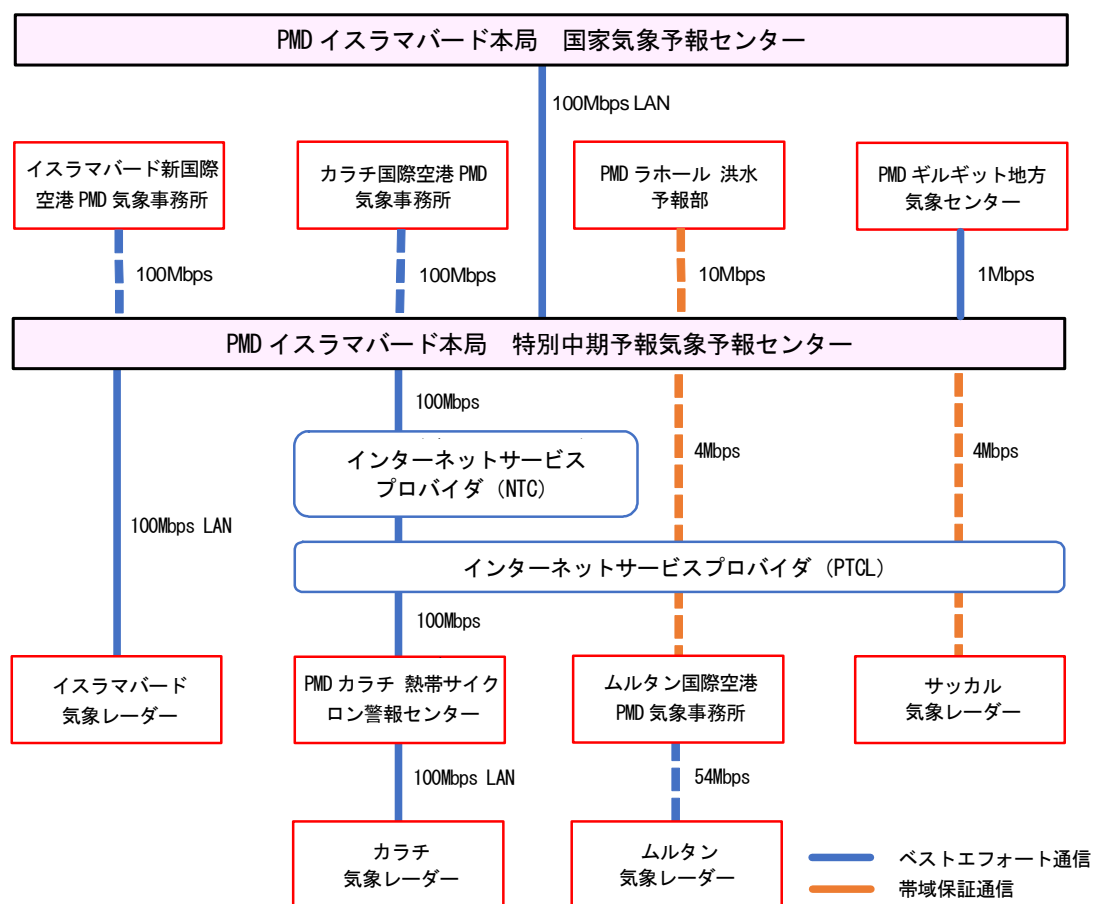


図 22 我が国の無償資金協力実施時に拡充する PMD 気象レーダーと PMD イスラマバード本局間のネットワーク

<PMD が公開している気象レーダー画像>

新たに我が国の無償資金協力により整備されたイスラマバード及びカラチの気象レーダーの 3 種類の画像は、PMD が下図に示す仕組みにより PMD Web サイトにて一般向けに公開している。また将来、ムルタン及びサッカルの気象レーダーが完成した際にも、この仕組みにより、合成画像を含め、PMD は一般向けに公開する計画を有している。

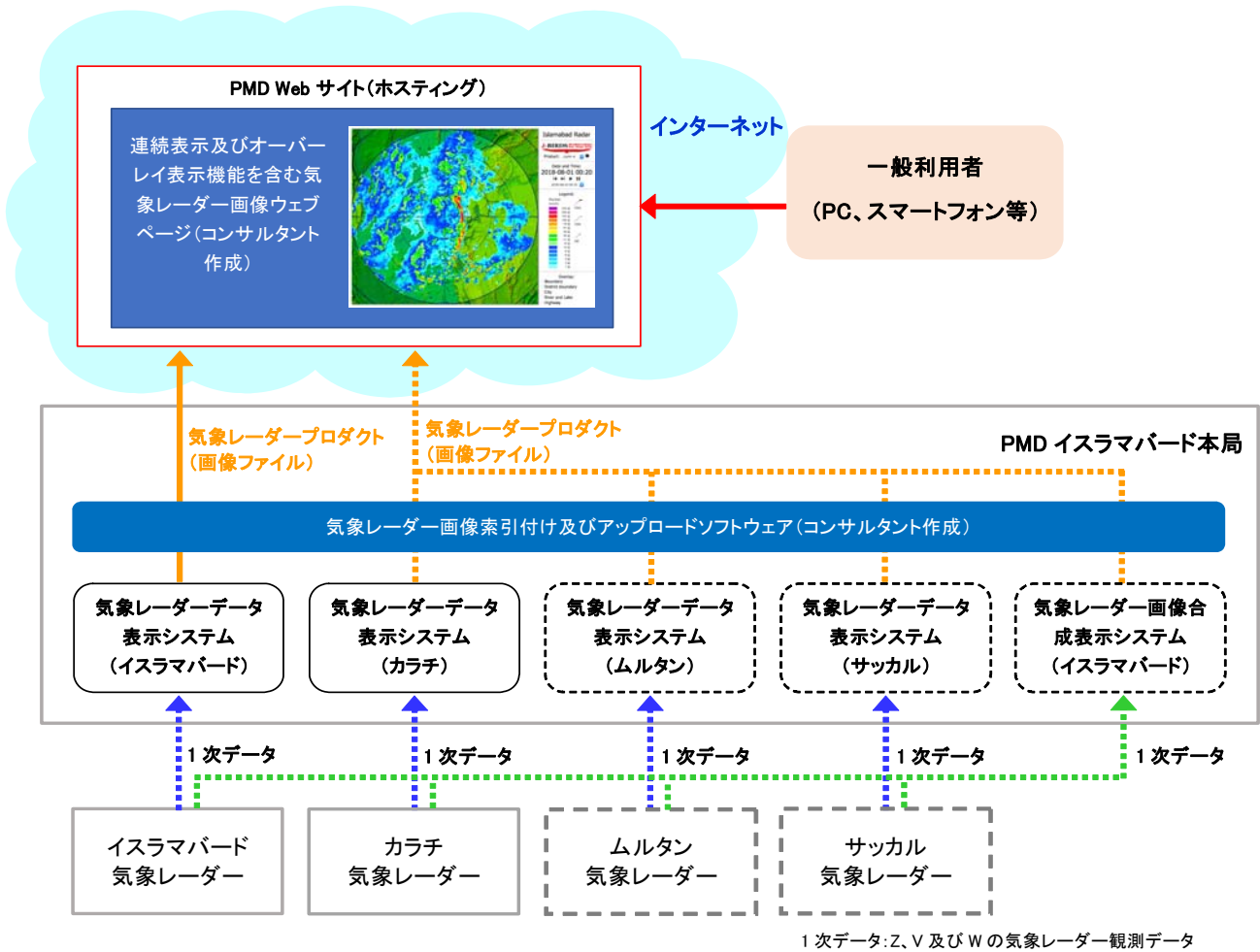


図 23 PMD Web サイトによる気象レーダー画像の一般向け公開の仕組み

<商用電源の安定度>

サッカルの気象レーダー塔施設建設計画サイトである既設 PMD ローリ・サッカルの気象観測所の気象観測棟施設において、電源品質アナライザーにより約 3 週間の連続データを記録し、商用電源の安定度調査を実施した。現状、既設 PMD ローリ・サッカルの気象観測所には、通常電源 (Ordinary Line) が敷設されていることから、計画停電の対象となっているため、1 日約 8 時間の停電が発生する。

表 28 商用電源安定度(電源品質アナライザーによる)

サイト名		サッカル気象レーダー塔施設建設計画サイト
商用電源(電圧: 定格)		230V、50Hz、単相 2 線
電圧 (V)	最大値	224. 2
	最小値	170. 0
	平均値	201. 0
周波数 (Hz)	最大値	50. 6
	最小値	49. 5
停電頻度 (計画停電)		4 回/日 (1 日の停電時間合計約 8 時間程度)

サッカル気象レーダー観測所を新たに構築するには現状の改善が不可欠であることから、サッカル電力供給会社 (SEPCO) と打合せを行った。その結果、計画停電の対象とならない電源供給電源である工業電源 (Industrial Line) が既設 PMD ローリ・サッカル気象観測所の前面道路に既に敷設済みであり、サッカル気象レーダー塔施設に受電可能であることが確認された。工業電源は、日々の計画停電からは除外されている電源であり、気象レーダー運用に係る安定的な電源が確保できると考えられる。ただし、使用量が供給量を超過した場合の電圧降下や発電会社機材の故障時、災害発生時等の緊急時に備えて、24 時間運用を行うには、発電機、電圧制御装置等の電源バックアップシステムの導入は不可欠であるといえる。

<接地抵抗>

サッカル気象レーダー塔施設建設計画サイトである既設 PMD ローリ・サッカル気象観測所の気象観測棟施設において、接地抵抗地の計測を実施した。

表 29 サイトの接地抵抗地(接地抵抗計による)

サイト名	サッカル気象レーダー塔施設建設計画サイト (PMD ローリ・サッカル気象観測所)
接地抵抗地	5.4 オーム (Ω)

2-2-2 自然条件

1) 気象条件調査

PMD ローリ・サッカル気象観測所があるローリは、シンド州 (Province)、サッカル県 (Division)、サッカル市 (District) のローリ区 (Sub-division) に位置している。サッカル市は、パキスタンの 14 番目に人口が多い都市であり、インダス川西岸がサッカル区で、東岸がローリ区である。夏期は猛烈に暑く、PMD ローリ・サッカル気象観測所は 1925 年から観測を実施しており、95 年間の観測上の最高気温は 51.0 度 (1996 年 6 月 1 日)、最低気温は -1.5 度 (1986 年 12 月 15 日) が記録されている。

2014年～2018年の5年間の年平均降水量は22.56mmで、降水量はパキスタン北部と比較すると極めて少なく、4月、5月、6月は、最高気温が50度近くにもなる。

以下に添付する図は、PMD ローリ・サッカル気象観測所における各月気温（最高・平均・最低気温）及び各月積算降水量の過去5年間平均を示したものである。

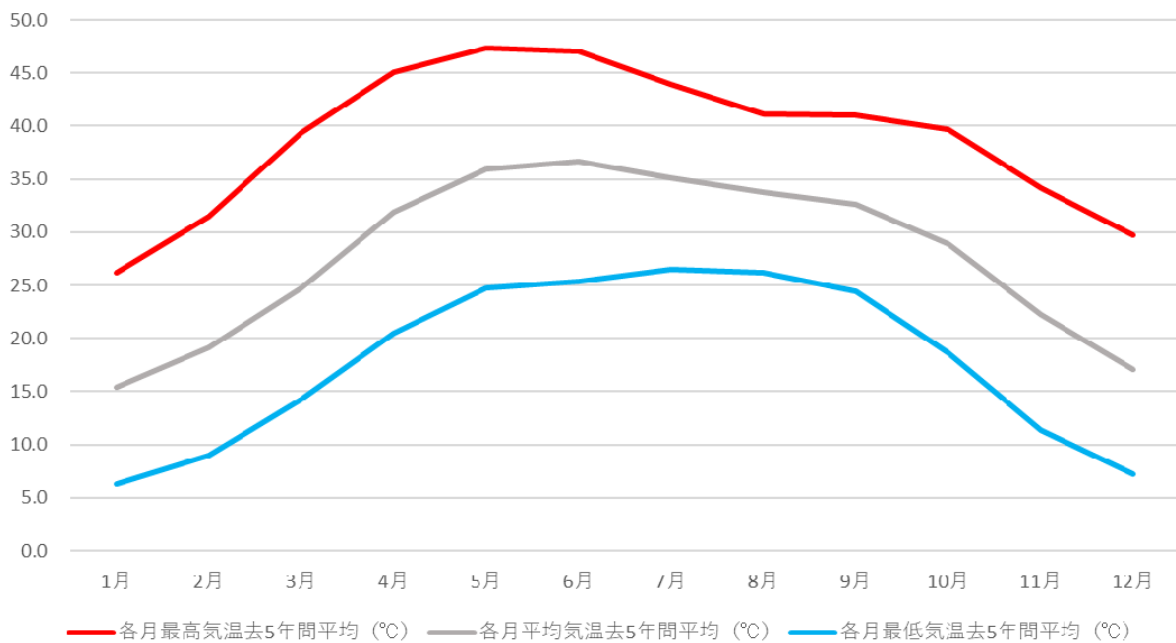


図 24 PMD ローリ・サッカル気象観測所における各月気温の過去5年間平均(2014年～2018年)

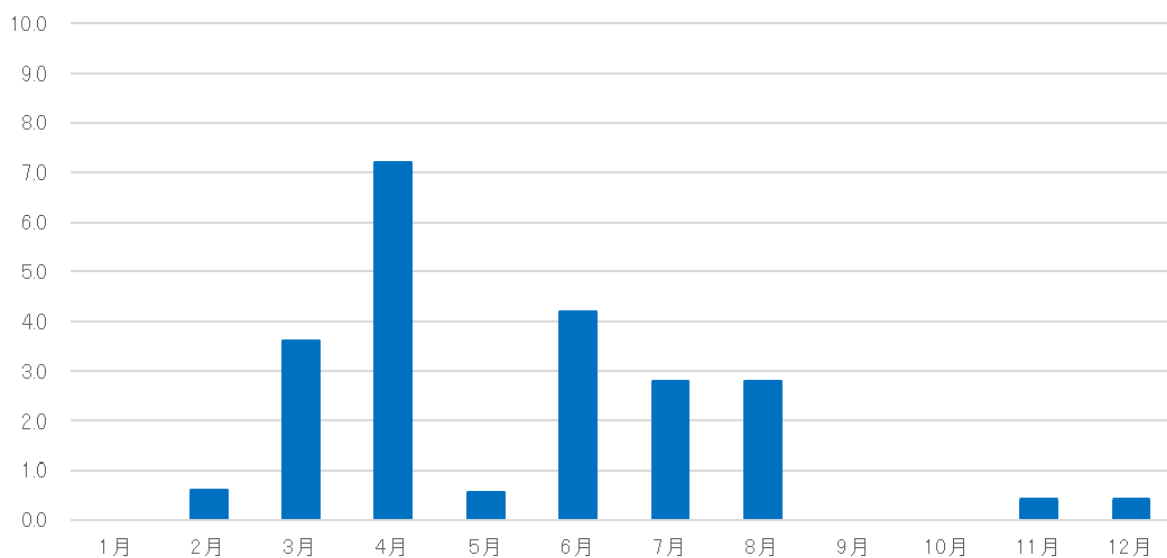


図 25 PMD ローリ・サッカル気象観測所における各月積算降水量の過去5年間平均(2014年～2018年)

2) 自然条件調査

自然条件調査として、サッカル気象レーダー塔施設建設計画サイト（PMD ローリ・サッカル気象観測所）において、下表に列記する陸上地形測量及び地質調査をパキスタンの現地業者へ再委託して実施した。

<陸上地形測量>

表 30 陸上地形測量

調査内容	<ul style="list-style-type: none"> 既設施設、前面道路歩道、排水溝等を含む 磁北測量 敷地面積算出
	<ul style="list-style-type: none"> 地形平面測量（0.5m コンタ）：電線、水道設備、電話線、前面道路、歩道、既設建物及び塀、敷地内 4m 以上の樹木、道路外灯、マンホール、排水溝等の位置も測量する
	<ul style="list-style-type: none"> 縦横断測量：10m コンタ、前面道路と歩道のレベルも測量する、水準点を新設する
成果品	<ul style="list-style-type: none"> 地形平面図 縦横断面図 AutoCAD データにて受領

<地質調査>

表 31 地質調査

ボーリング調査 （オールコア）	本数：3本 深さ：40m、支持層を確認後 5m まで（指定の深さまでで支持層を確認できない場合でも確認できるまで継続）
サンプル採取	<ul style="list-style-type: none"> 3 サンプル（ホール毎に） 攪乱サンプル及び不攪乱サンプルの採取 ASTM 又は JGS に準拠
標準貫入試験	1m 毎
土質ラボ試験	<ul style="list-style-type: none"> 物理試験（粒度分布、比重、含水比、液性限界、塑性限界） 一軸圧縮試験及び圧密試験
成果品	報告書：圧密係数及び地耐力の算定

<地質調査結果>

表 32 サッカル気象レーダー塔施設建設計画サイトのボーリング調査結果一覧

ボーリング No.	深度 (m)	土質	N 値
BH-1	0.0-0.3	シルト質砂	-
	0.3-15.0	石灰岩	>50
	15.0-31.5	石灰岩	>50
	31.5-40.0	石灰岩	>50
BH-2	0.0-0.3	シルト質砂	-
	0.3-7.5	石灰岩	>50
	7.5-30.0	石灰岩	>50
	30.0-45.0	石灰岩	>50
BH-3	0.0-0.3	シルト質砂	-
	0.3-7.5	石灰岩	>50
	7.5-30.0	石灰岩	>50
	30.0-40.0	石灰岩	>50

2-2-3 環境社会配慮

JICA 環境配慮ガイドラインにおけるカテゴリ C：環境や社会への望ましくない影響が最小限かあるいは殆ど無いと考えられる協力対象事業と位置づけできる。

<環境影響評価(EIA)>

本プロジェクト実施にあたり、環境影響評価 (Environmental Impact Assessment : EIA) は不要である旨、PMD がカラチにあるシンド州環境保護庁 (Environmental Protection Agency (EPA)、Sindh Province) の本庁より確認を取っている。そのため PMD は、シンド州環境保護庁からの「異議なし証明書 (No Objection Certificate : NOC)」を受領するため、初回環境評価書 (Initial Environmental Examination (IEE) on the Project “Installation of Weather Surveillance Radar at Sukkur in the Islamic Republic of Pakistan”) を作成して、2020 年 5 月にシンド州環境保護庁へ提出した。

2-3 当該国における無償資金協力事業実施上の留意点

<PC-I フォーム>

PC-I フォームは計画の根源であり、また要請の全てが集約されることから、PC-I の承認は、プロジェクトの実施に不可欠なものである。本プロジェクトの場合、承認された PC-I フォーム内に記載されている予算額と本プロジェクトの援助額、計画機材項目と本プロジェクトの対象となった機材項目が異なることから、PC-I フォームの再承認が必要となる。また本プロジェクトの全体コストが 10 億パキスタンルピーを超えていることから、中央開発部会 (CDWP) の承認が必要となる。

PC フォームには、次の表に示す 5 つのフォームがあり、PMD は、PC-II を除く全てのフォームを作成して、計画委員会 (Planning Committee) へ提出する必要がある。本プロジェクトの持続性を確保するため、プロジェクト完了後に必要となる運用維持管理費、人員の雇用・配置等がパキスタン政府により担保されるに

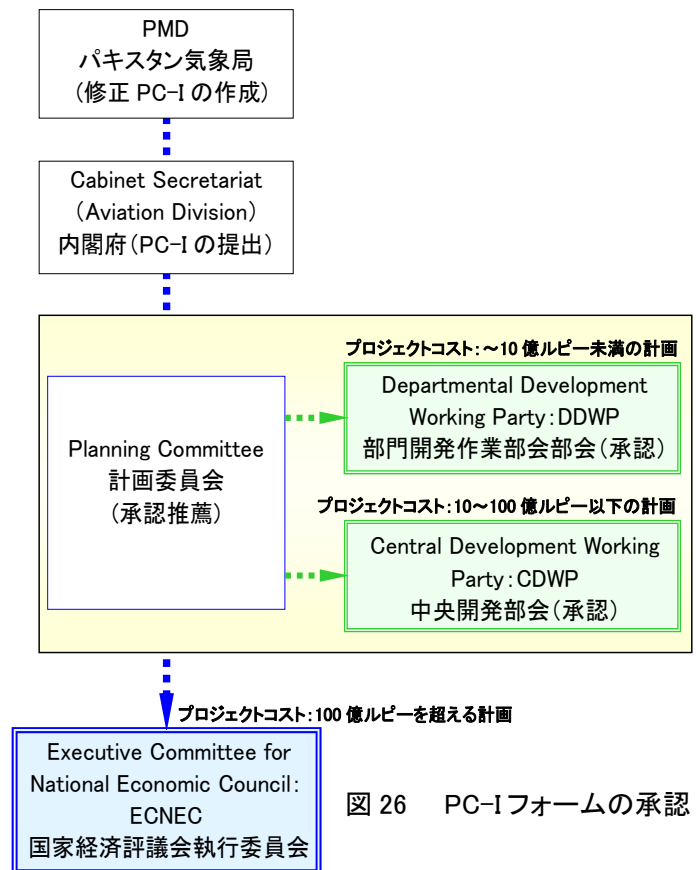


図 26 PC-I フォームの承認

は、PC-IV フォームの承認が不可欠となる。そのため、プロジェクト完了直前に PMD に対して PC-IV フォーム作成支援を実施する必要がある。

表 33 PC フォームの種類と目的

PC フォームの種類		PC フォームの目的
PC-I	プロジェクト詳細の承認	プロジェクト実施のための各詳細内容（プロジェクトコンポーネント、初度経費、運用維持管理費、人員確保、プロジェクトコスト、プロジェクト実施体制等）の承認を得るためのフォーム
PC-II	プロジェクトの実施可能性調査の承認	プロジェクトの実施可能性調査内容の承認を得るためのフォーム
PC-III	プロジェクトの実施月毎進捗報告書	プロジェクト実施の月毎の進捗報告を行うためのフォーム
PC-IV	プロジェクト完了後に関する承認	プロジェクトの完了後に必要となる運用維持管理費、人員の雇用・配置等に関する承認を得るためのフォーム
PC-V	プロジェクト完了後5年目の報告書	プロジェクト完了後5年目の状況報告を行うためのフォーム

2-4 その他(グローバル 이슈等)

<プロジェクトの実施とグローバル 이슈(ジェンダー)>

社会における固定的な男性と女性の役割及び責任は、その地域の人々の価値観、宗教、文化、伝統、慣習等によって無意識のうちに規定されていることが多く、政府政策や制度、組織等もその影響を受けていることが多い。パキスタンでは、労働市場に参加している女性の割合は、現在も低い水準に留まっている。PMD においても、女性職員の数は現状限られたものであるが、女性の幹部職員 19 名、一般職員 64 名の計 83 名（2019 年 7 月時点）が、予報官や技官として活躍の場が与えられている。そのため、本プロジェクトで建設が計画されているサッカル気象レーダー塔施設においても、女性職員の配置が想定されることから、執務室、トイレ、シャワー室、その他共有スペース等を女性職員が利用しやすい環境が整備されるように施設計画を実施する。

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

本プロジェクトは、シンド州サッカルに S バンド固体化電力増幅式 2 重偏波気象ドップラーレーダーシステム、気象レーダー中央処理システム及び気象レーダーデータ表示システムの整備（アウトプット）を行うことにより、PMD の災害を引き起こす気象現象の監視能力を強化してシンド州、パンジヤブ州及びインド側の広域に渡る精度の高い気象観測と気象及び洪水予警報の国民への迅速且つ適時な提供（アウトカム）を可能として、もってパキスタンの自然災害（特に大雨や集中豪雨による洪水）による被害の軽減（インパクト）に寄与するものである。

3-2 協力対象事業の概略設計

3-2-1 設計方針

(1) 基本方針

- a) 災害を引き起こす気象現象の監視能力を向上させることで、自然災害（主に大雨や集中豪雨による洪水被害）による人的・経済的損失の軽減を図ることが可能となるよう設計する。
- b) PMD が、気象情報を正確且つ迅速に伝達することで、パキスタン国民の生命と財産を災害から保護することに寄与し、社会基盤の改善に貢献できるよう設計する。
- c) 災害を引き起こす気象現象を 24 時間体制でリアルタイムに監視することができるよう設計する。
- d) 迅速な気象予警報及び気象情報の提供が可能となるよう設計する。
- e) パキスタンの気象レーダー監視網の重要な役割を担うことが可能となるように計画する。
- f) PMD の技術レベル、運用維持管理能力に適した事業内容、規模となるように設計する。

<機材の設計方針>

本プロジェクトで新設するシステムの設計方針は以下の通りである。

- a) WMO の定める技術仕様に適合した設計を行う。
- b) PMD の気象観測・予報業務と整合する計画とする。
- c) 気象予報精度のより一層の向上のため、降雨監視機能と、風の速度検出ができる機能を気象レーダーシステムに付帯させる計画とする。

- d) 観測範囲をより広域なものとして各高度の雨量分布を把握するため、複数仰角での気象レーダー観測を自動で連続的に行い、エコー強度データを3次的に得られるように計画を行う。
- e) 気象レーダーシステムの観測データを10分毎にPMD イスラマバード本局 国家気象予報センターにおいて受信することが可能となるよう気象データ通信システムの計画を行う。
- f) PMD の運用・保守体制能力を考慮して設計する。
- g) 予備部品・消耗品は容易に調達できるものとする。
- h) パキスタンの自然条件を考慮し、高い耐久性や信頼性を確保する。
- i) PMD の維持管理費を極力軽減する設計とする。
- j) 実雨量データを用いたレーダーデータ精度の校正が可能なシステム（雨量値算出パラメーターの最適化）計画を行う。
- k) 停電及び落雷による影響が最小限となるようシステム計画を行う。
- l) 1年を通して24時間体制で稼動する、気象業務に適応した機材用電源設備（発電機、無停電設備及び電圧安定装置等）を整える。
- m) 商用電源（230V 単相2線／400V 3相4線 50Hz）の電圧変動 $\pm 20\%$ においても稼動するようシステム計画を行う。

<施設(気象レーダー塔)の設計方針>

PMD の将来計画を踏まえ、気象レーダー観測業務の拠点となる気象レーダー施設としての機能を備え、システム・機材・職員が適切かつ効率的に稼動及び収容が可能な施設計画を行う。以下の機能を有する施設として設計を行う事を方針とする。

- a) より広域な気象レーダー観測を可能とするため、観測の遮蔽となる既存施設及び山等の影響を極力受けないよう、気象レーダー塔施設の高さを計画する。
- b) 観測精度を維持するため、建物が設計用速度圧により傾く角度（水平変形角）が建物の高さに対して1/1000以下となるように基礎構造を決定する。
- c) パキスタンの建築基準「BCP-SP-2007（Building Code of Pakistan - Seismic Provisions-2007）」に従い算出した、サッカルの設計用速度圧： 6kN/m^2 及び地震地域係数： $Z = 0.15$ を用いて設計する。
- d) 執務室を兼用する施設とし、気象業務の流れに沿った動線計画を踏まえ、24時間の交代制勤務及び業務職員数に対応できる施設とする。
- e) 災害を引き起こす気象現象発生時にレーダー観測を遂行する必要があるため、自然災害発生時においても気象業務が可能な施設とする。
- f) 現地入手可能な材料を最大限に活用し、PMD の維持管理が容易となる計画とする。
- g) 停電及び落雷による影響が最小限となるよう計画する。
- h) PMD の業務体制・業務形態・業務実施方法等に適合した施設計画とする。

(2) 自然環境条件に対する方針

a. 気温・湿度

室温及び湿度を一定に保ち、適切な環境下にて調達される機材を良好に稼働させるため、気象レーダー送受信機が設置されるレーダー機械室、気象レーダー操作関連装置等が設置されるレーダー観測室、画像表示システム等が設置される各室、スペアパーツ及び計測機器が収納されるメンテナンス室、電源バックアップシステムが設置される電気室、地上気象観測室等には、冷房設備の設置を計画する。

b. 降雨

大雨時においても、気象観測データを良好に送受信することが可能となるシステム計画を行う。降雨時の気象レーダー機器の定期点検を容易とするため、職員が濡れずに各室まで行けるよう、1階からレーダー機械室及びレドーム内部までの階段は、気象レーダー塔施設の中心に配置し、上部の屋上スラブ下となるよう計画する。

c. 洪水

将来的な水害による影響を避けるために地盤面から1階スラブまでの高さ(2m)を確保し、被害が最小限となるように計画する。

d. 雷

雷が各システム等に甚大な被害をもたらすことも予想され、被害を極力最小限に食い止めるために、以下の避雷・接地設備(詳細は、添付の「避雷・接地設備系統図」を参照)を計画する。

- ◆ レドーム頂上に避雷針の設置
- ◆ 最上階及び観測デッキのパラペット上に棟上避雷導体の設置
- ◆ レーダー塔施設中心部に引下げ接地導体の設置
- ◆ 主要柱に引下げ避雷導体の設置
- ◆ 環状接地極方式の採用

e. 風速

パキスタンの建築基準(BCP-SP-2007)に従い算出した、サッカーの設計用速度圧: 6kN/m^2 を用いて設計する。

f. 地震

パキスタンの建築基準（BCP-SP-2007）に従い、サッカルの地震地域係数：Z=0.15 及び重要度係数 I：1.25（最重要施設）を適用し、地震荷重を用いて設計する。

g. 地盤

自然条件調査として、パキスタ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。サッカル気象レーダー塔施設の基礎形状は、以下の通りとする。

表34 サッカル気象レーダー塔施設の基礎形状

	サッカル気象レーダー塔施設
基礎形態	直接基礎

(3) 社会経済条件に対する方針

パキスタンにおける洪水は、人命や財産の損失及び社会経済活動の停滞をもたらすだけでなく、貧困層に対して大きな打撃を与えることから、PMD が、シンド州、パンジャブ州及びインド側の広域に渡る精度の高い気象観測と、気象及び洪水予警報の国民への安定的且つ持続的な提供が実施できるように計画を行う。

(4) 建設事情に対する方針

1) 環境規制

気象レーダー塔施設の汚水に関しては、既施設同様に、一次処理をした後に敷地内において浸透処理することとする。

2) 現地調達可能資材の活用

建設資材の殆どが現地において調達可能であるため、維持管理が容易であり、アスベストを使用していない材料を選定して使用する。

3) 現地工法・労務者の活用

パキスタンでは、大工、左官、鉄筋工等の職種が確立されており、慢性的に労働力供給が過多となっている。そのため、建設業の一般作業員、熟練労働者の調達に問題はない。現地労働者の活用を図るため、現地労働者が慣れている一般的な工法である鉄筋コンクリート造を採用する。

(5) 現地業者の活用に係る方針

1) 施設建設工事

一般的に現地建設業者は技術レベルが比較的高く、特殊工事を除き十分な経験を有している。本プロジェクトの気象レーダー塔施設建設のサブコントラクターとして有効に活用する。

2) 機材据付工事

日本人機材据付技術者の監督の下、現地電設工事業者等をサブコントラクターとして有効に活用する。

(6) 日本企業活用に係る方針

計画されている固体化電力増幅式2重偏波気象ドップラーレーダーシステムは、この分野で先端に行く日本製システムを取り入れる計画であることから、気象レーダーメーカーの傘下で、多数の日本の中小企業が参入し貢献することが期待される。また機材の設置工事を請け負う企業の多くは日本の中小企業であることから、高品質で信頼の厚い日本の技術力が本プロジェクトに反映されるよう計画を行う。

(7) 運営・維持管理に対する対応方針

1) 操作が容易なシステム

各システムは、PMDが国の気象機関として、自然災害軽減のための気象業務をタイムリーに行うことをサポートするものである。そのため、システムの複雑な操作が少なく、迅速に各種データの処理、解析、表示、送受信等を行うことが可能となるよう計画する。

2) 点検修理等が容易なシステム

機材の交換部品や消耗品が最小限となるよう計画し、定期点検が容易で且つ部品交換が短時間でできるよう機材計画を行う。

3) 運営維持管理費の低減

機材計画及び施設計画において、運用維持管理費の中で最も大きなウェイトを占める電気代を極力抑え、PMDによる運営維持管理費の長期にわたる確保を容易とするため、以下の対策を機材及び施設計画に盛り込む。

- 施設の利用エリアのみの運転が可能な電気・空調システムを計画し、省エネルギー化を図る。
- 自然光を極力活用する等、照明等の使用時間を削減し、省エネルギー化を図る。
- LED照明を使用する。
- レーダーシステムの各部品を可能な限り劣化しない構造（固体化）のものとし、交換頻度を

低減する。

(8) 施設、機材等のグレードの設定に係る方針

PMD は観測・予報等の気象業務を行う義務を有していることから、大雨、暴風雨及び落雷等に対して強靱で、且つ1年を通して24時間体制で稼動することが可能な施設及び機材のグレードを目指す方針とする。

(9) 工法／調達方法、工期に係る方針

施設建設に関しては、出来る限り現地調達が可能で資材と、現地で一般的な工法を採用する。気象レーダー塔施設に設置される機材バックアップ用特殊電源装置及び気象関連機材に関しては、現地での調達が出来ない。また、計画されているSバンド固体化電力増幅式2重偏波気象ドップラーレーダーシステムに関しては、既に実用化・技術確立がされており、観測精度、信頼性、耐久性が気象観測業務に耐えうるものとして確認されている日本製システムとする。またサッカは、4月、5月、6月は、外気温が50度近くに達することから日中は工事実施が難しく工事工程に対する配慮が必要である。

(10) 施工監理に係る方針

本プロジェクトは、気象観測機材、通信機材の調達・据付及び建築工事から構成されていることから、施工監理において、それらの整合性を図ることを方針とする。

(11) 安全対策に係る方針

プロジェクト実施期間中の安全を確保するため、PMDを含め、シンド州中央警察やJICAパキスタン事務所のセキュリティ担当者や調査団で協議を行った結果やJICA安全対策ガイダンスの内容を的確に計画に反映する。

3-2-2 基本計画

(1) 全体計画

本プロジェクトで導入予定の機材及び施設は、以下の通りである。

表 35 計画された機材及び施設の概要

内容	サッカール気象レーダー観測所 計画サイト（既設 PMD ローリ・サッカール気象観測所）	PMD イスラマバード本局 国家気象予報センター	PMD カラチ熱帯サイクロン警報センター	PMD ラホール洪水予報部	イスラマバード、カラチ及びラホール国際空港内 PMD 気象事務所
機材調達・据付					
Sバンド固体化電力増幅式2重偏波気象ドップラーレーダーシステム（サージ防護装置、電源バックアップシステム、避雷システム、メンテナンス用機器及びスペアパーツ等を含む）	1 基	-	-	-	-
気象レーダー中央処理システム	-	1 式	-	-	-
気象レーダーデータ表示システム	1 式	1 式	1 式	1 式	各サイトに1式
施設建設					
気象レーダー塔施設建設	1 棟	-	-	-	-

サッカール気象レーダー塔施設の計画サイトのインフラストラクチャーの概要と現状を次ページの表に示す。

表 36 気象レーダー観測所構築の計画サイトの敷地概要とインフラ整備状況

調査項目	PMD サッカール気象レーダー観測所計画サイト
候補地の写真	
緯度 (N)	N 27° 41' 06.48"
経度 (E)	E 68° 53' 25.15"
海拔高度	67m
観測所敷地面積	4,518m ²
気象レーダー塔施設建設に必要な敷地の有無	十分な広さがあり問題ない
アクセス道路	レーダー塔施設建設実施において問題はない
敷地状況	前面道路より 2m 程度地盤が低い
インフラストラクチャー	
商用電源	400V、3相4線、50Hz
上水道設備	無
下水道設備	無

電話設備	有
インターネット接続	利用可能（携帯電話網接続：テザリング）
敷地内での携帯電話	利用可能

(2) 機材の基本計画

1) Sバンド固体化電力増幅式2重偏波気象ドップラーレーダーシステム

気象レーダーは、降水現象及びそれに密接に関連する気象現象を、空間的、時間的にきめ細かく定量的に把握することができ、リアルタイムの広域降水観測に非常に有効な機器である。気象レーダーの安定した稼働を確保するため、寿命が短く交換や保守点検が必要なクライストロンやマグネトロンに代わり、交換も保守点検も不要な固体増幅素子を用いた固体化電力増幅式気象レーダーシステムへの需要が高まっている。

一般的な気象ドップラーレーダーシステムは、雨量情報の推定のために発射する電波は単偏波であるが、2重偏波気象ドップラーレーダーシステムは、水平と垂直の偏波面を持った2種類の電波を発射する。これにより雨からの反射信号から様々なパラメーターが得られ、偏波パラメーターは雨の形や粒径分布と密接な関係があるために、精度の良い降雨量を推定することが可能となる。加えて、気象ドップラーレーダーシステムは、降水粒子のドップラー速度を観測することで、風況を推定することができる。

Sバンド気象レーダーは、気象レーダーの基本的な特長である“ロングレンジ”、“リアルタイム”を最大限に活かしたバンド帯である。他のバンド帯に比べ、容易に高出力な電波を送受信でき、大気や降雨の減衰を受けることが少なく、広域にわたり定量的な雨量情報を得ることができる。

Sバンド固体化電力増幅式2重偏波気象ドップラーレーダーシステム（波長約10cm）は、理論的に半径450kmの雨雲を観測することが可能である。使用する予定の帯域幅±5MHzのSバンドの周波数帯は、周波数割当委員会（Frequency Allocation Board：FAB）に対してPMDが取得許可申請を行い取得される計画である。Sバンド固体化電力増幅式2重偏波気象ドップラーレーダーシステム（アンテナ直径：約8.5m、ビーム幅：レドームを除いた状態において-3dB点において1.0°以下）の特徴の概要は、以下の通りである。

表 37 Sバンド固体化電力増幅式2重偏波気象ドップラーレーダーシステムの特徴

周波数	Sバンド帯
周波数帯域幅	10MHz（中心周波数±5MHz）
波長	約10cm
降水強度1mm/hの最大探知距離	半径450km以上
風速の最大探知距離	半径200km
観測可能な最大風速	±70m/秒以上
送信ピークパワー	10kW+10kW
2重偏波機能	有
強風、暴風、嵐等の監視（ドップラー）機能	有
降水強度積算機能	有
2重偏波機能による降水強度データ	0～250mm/h 定量データ

<気象ドップラーレーダーの付帯機能>

本プロジェクトの成果目標を達成するために、対象とする気象現象を把握する必要があることから、Sバンド固体化電力増幅式2重偏波気象ドップラーレーダーシステムのアンテナ直径は約8.5m（アンテナビーム角：1度以下）として、以下の機能を付帯させるものとする。

① ドップラーモード機能

気象レーダーのドップラーモード機能により、降水位置や強度の他に、風により移動する降水粒子から反射される電波のドップラー効果を用いて気象レーダーに近づく風の成分と遠ざかる風の成分（ドップラー速度）を観測することが可能である。一般的に、救急車のサイレンの音が近づいてくる時には音が高く聞こえ、遠ざかる時には低く聞こえるという例を用いてドップラー効果が説明されるが、電波に関しても同じであり、降水粒子が気象レーダーに近づいてくる時は受信される電波の周波数が高くなり、遠ざかる時には周波数が低くなるため、気象レーダーが送信周波数と反射されてきた受信周波数の差を検出することにより降水粒子の移動速度が観測できる。本プロジェクトにおいて導入される気象レーダーは、半径200km程度の範囲内の風の世界速度検出ができる機能を有する気象ドップラーレーダーとする。

② 一定高度面表示（Constant Altitude PPI（Plan Position Indicator）：CAPPI）機能

気象レーダーシステムによる降雨観測においては、地上により近い一定高度面での雨粒の状況を把握することが望ましい。CAPPI処理は複数の仰角での観測を連続して自動で行い、エコー強度データを3次元的に得ることができる。CAPPI処理のデータをもとに地上により近い一定高度面のデータを取り出し雨量データに換算することで、地上の降雨状況に近い観測データが得られ、観測精度を向上させることが可能となる。

パキスタンの気象観測上、PMDが最も重要と位置づけている、我が国の無償資金協力により整備された／されるイスラマバード、カラチ、ムルタン及びサッカール気象レーダー、そしてラホール（既設）気象レーダーが構成する気象レーダー観測網の観測範囲予想図を次に示す。

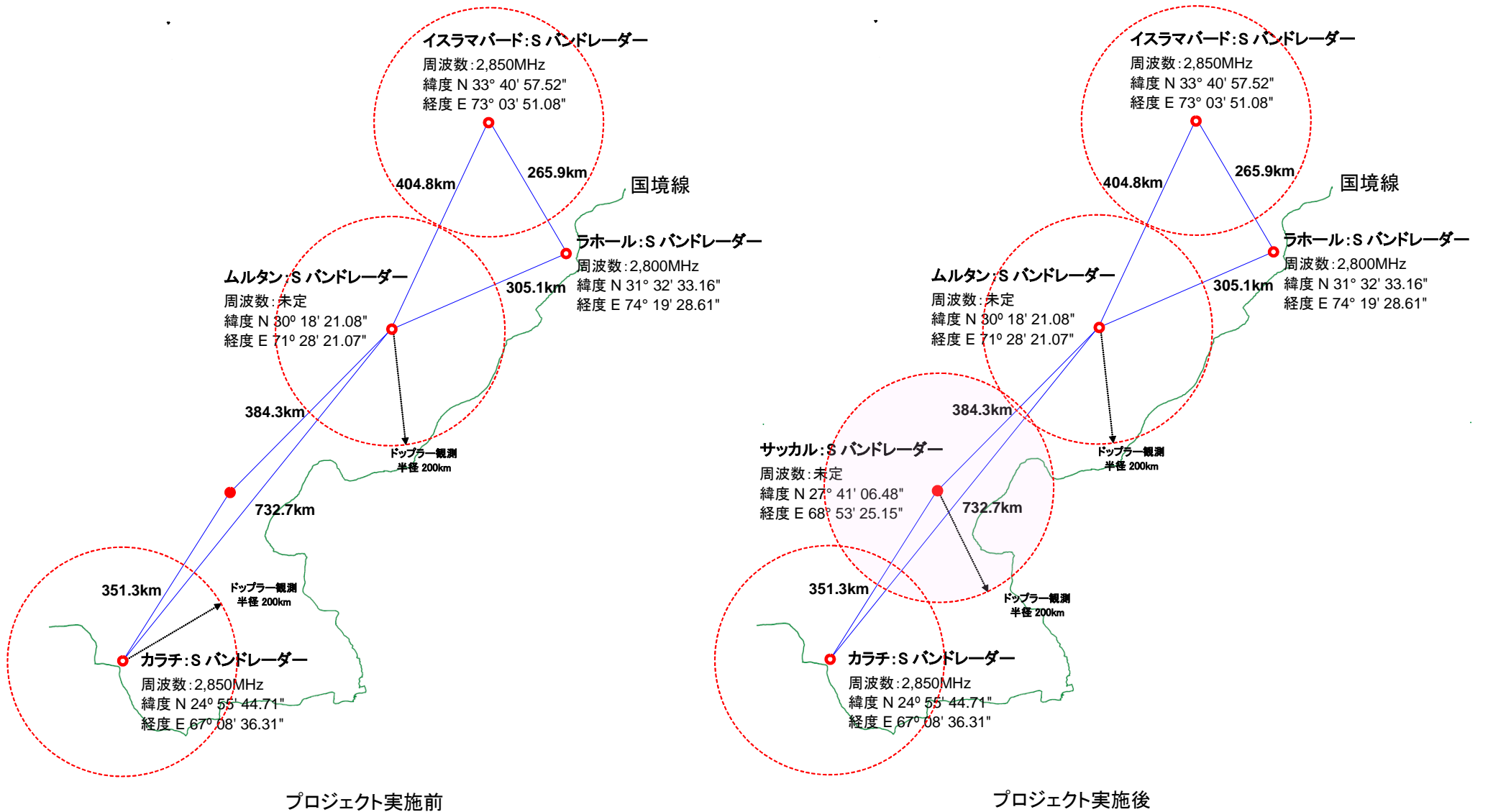


図 27 S バンド気象ドップラーレーダーによるドップラー観測範囲のプロジェクト実施前及び実施後の比較

ラホール S バンド気象レーダー(1997 年にアジア開発銀行の支援により完成)は送信機能の大幅な低下によりドップラー観測が実施できない状況である。また送信管であるマグネトロン予備が無いことから、近い将来、稼働が停止することが懸念されている。

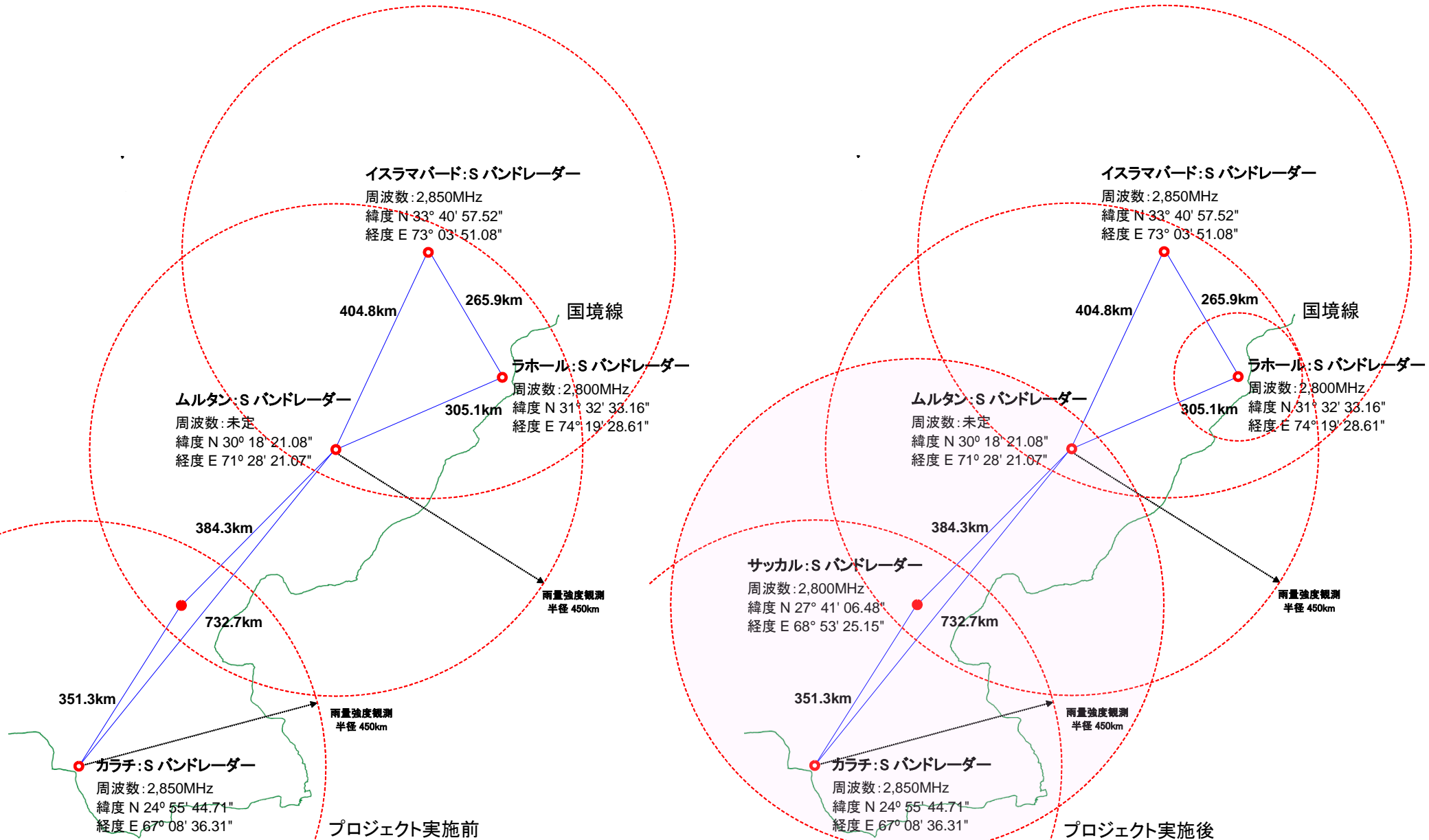


図 28 S バンド気象ドップラーレーダーによる雨量強度観測範囲のプロジェクト実施前及び実施後の比較

ラホール S バンド気象レーダー(1997 年にアジア開発銀行の支援により完成)は送信機能の大幅な低下により本来半径 450km の雨量強度観測能力が半径 120km 程度に縮小し、また送信管であるマグネトロンが予備が無いことから、近い将来、稼働が停止することが懸念されている。

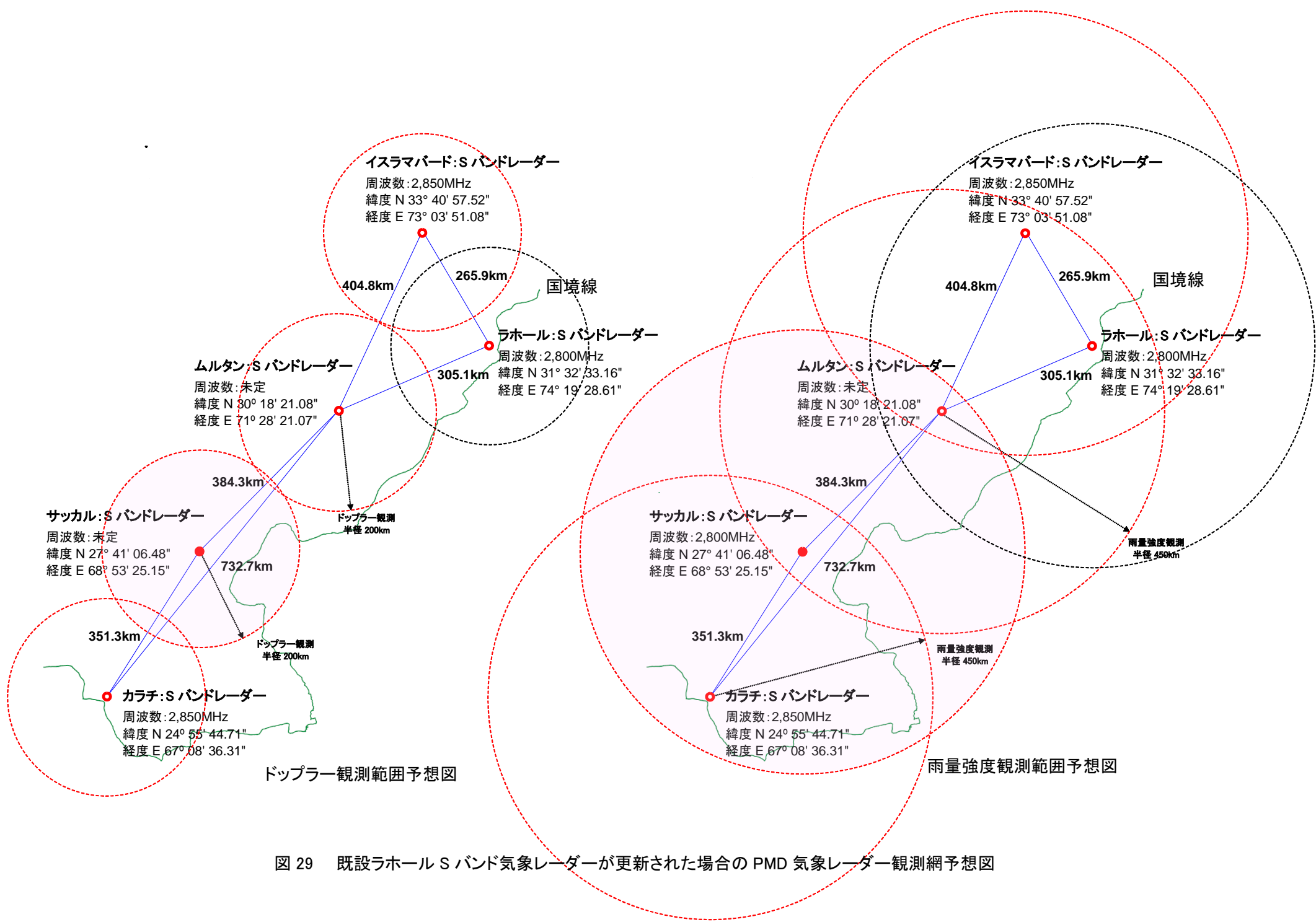


図 29 既設ラホール S バンド気象レーダーが更新された場合の PMD 気象レーダー観測網予想図

2) 気象レーダー中央処理システム

PMD イスラマバード本局 国家気象予報センターにおいて、サッカール気象レーダー観測所を遠隔操作・制御・維持管理するためには、以下の機能を付帯した本システムが不可欠となる。

- ① 気象レーダーシステムのリモートコントロール
- ② 気象レーダーシステムの運用モニタリング
- ③ 気象レーダー観測データのモニタリング
- ④ 気象レーダーシステムの設定変更
- ⑤ 全ての気象レーダー観測生データの収集・保管
- ⑥ 信号処理調整
- ⑦ 気象レーダー画像合成処理
- ⑧ 気象レーダー機械室の空調機制御
- ⑨ 発電機遠隔制御
- ⑩ 気象レーダー機械室の運用環境監視（機材及び室内温度監視）
- ⑪ レドーム室及び気象レーダー機械室のセキュリティ監視
- ⑫ PMD の Web サイトに掲載するためのレーダープロダクトの提供

3) 気象レーダーデータ表示システム

PMD の要望に基づき検討した結果、気象レーダーデータ表示システムを設置する場所は、下表に示す場所とした。

表 38 気象レーダーデータ表示システムの設置場所と数量

設置場所	気象レーダーデータ表示システムの数量
サッカール気象レーダー観測所（気象レーダー塔施設）	1 式
PMD イスラマバード本局 国家気象予報センター	1 式
PMD カラチ熱帯サイクロン警報センター	1 式
PMD ラホール洪水予報部	1 式
イスラマバード国際空港内 PMD 気象事務所	1 式
カラチ国際空港内 PMD 気象事務所	1 式
ラホール国際空港内 PMD 気象事務所	1 式

また気象業務で利用するには、気象レーダーデータはリアルタイムで迅速に提供されなければならないため、本システムはリアルタイムでデータを受信、表示する機能を有するものとする。ディスプレイは、設置スペースを大きく取らず、消費電力が少なく、冷房効率を考慮して発熱が小さなものとし、且つ各室係官の円滑な業務の実施と長時間の使用も可能となるよう、画面の反射が極力少ないものとする。また各気象レーダー観測範囲内全ての雨量強度のデータファイルは、PMD イスラマバード本局 国家気象予報センターにおいて、レーダー観測範囲内の 1.0km 以下間隔

の1時間雨量をバイナリー形式で格納可能となるよう計画する。

PMDにより構築されるVPN接続による必要なデータ通信速度、ロングレンジ及びショートレンジ観測のデータ量及びレーダーデータ送信時間（10分間以内にレーダーデータ送信が可能なレーダー観測スケジュール）は、次の表の通りである。

表 39 広域観測(Sバンド:半径450km)時のデータ量

項目	単位	方位分解能 (方位セクター数)									
		0.7° (360° /0.7° =512)					1.0° (360° /1.0° =360)				
		距離分解能 (距離セクター数)									
		150 (3000)	300 (1500)	450 (1000)	600 (750)	750 (600)	150 (3000)	300 (1500)	450 (1000)	600 (750)	750 (600)
ヘッダーデータ量	バイト	512									
観測データ量 (方位セクター×距離セクター×2バイト)	バイト	3,072,000	1,536,000	1,024,000	768,000	614,400	2,160,000	1,080,000	720,000	540,000	432,000
仰角データ量 (方位セクター×32バイト)	バイト	16,384					11,520				
広域観測1仰角当たりのデータ量合計 (A) *1	バイト	3,088,896	1,552,896	1,040,896	784,896	631,296	2,172,032	1,092,032	732,032	552,032	444,032

*1 広域観測1仰角当たりのデータ量合計(A):データ種類:反射強度(Z)

表 40 狭域観測(Sバンド:半径200km)時のデータ量

項目	単位	方位分解能 (方位セクター数)									
		0.7° (360° /0.7° =512)					1.0° (360° /1.0° =360)				
		距離分解能 (距離セクター数)									
		150 (1333)	300 (667)	450 (444)	600 (333)	750 (266)	150 (1333)	300 (667)	450 (444)	600 (333)	750 (266)
ヘッダーデータ量	バイト	512									
観測データ量 (方位セクター×距離セクター×2バイト)	バイト	1,364,992	683,008	454,656	340,992	272,384	959,760	480,240	319,680	239,760	191,520
仰角データ量 (方位セクター×32バイト)	バイト	16,384					11,520				
狭域観測1仰角当たりのデータ量合計 (B) *2	バイト	8,291,328	4,199,424	2,829,312	2,147,328	1,735,680	5,830,752	2,953,632	1,990,272	1,510,752	1,221,312
圧縮後 (C) *3	バイト	6,218,496	3,149,568	2,121,984	1,610,496	1,301,760	4,373,064	2,215,224	1,492,704	1,133,064	915,984

*2 狭域観測1仰角当たりのデータ量合計(B):データ種類:反射強度(Z)、ドップラー速度(V)、速度幅(W)、反射因子差(ZDR)、偏波間位相差(φDP)、偏波間相関係数(ρHV)

*3 圧縮後の狭域観測1仰角当たりのデータ量合計:(B)×0.75(最低でも25%減少)

表 41 10 分間でレーダーデータを送信するために必要な通信回線の実効速度(S バンド 2 重偏波レーダー)

アンテナ回転数 (rpm)	10分間で観測可能な仰角数 (回)	レーダー観測スケジュール (回/10 分間)		10 分間でレーダーデータを送信するために必要な通信回線の実効速度 (kbps)									
				方位分解能 (方位セクター数)					距離分解能				
		広域観測	狭域観測	0.7° (360° /0.7° =512)					1.0° (360° /1.0° =360)				
				150m	300m	450m	600m	750m	150m	300m	450m	600m	750m
1.5	11	2	6	1,133	573	386	293	236	796	403	271	206	166
		2	7	1,294	655	441	334	270	910	461	310	235	190
		2	8	1,456	737	496	376	304	1,024	518	349	265	214
		2	9	1,618	819	552	418	338	1,138	576	388	294	238
		3	5	1,051	531	358	271	219	739	374	252	191	154
		3	6	1,213	613	413	313	253	853	431	290	220	178
		3	7	1,375	695	468	355	287	967	489	329	250	202
		3	8	1,537	777	523	397	321	1,081	547	368	279	226
		4	4	970	490	329	250	201	682	345	232	176	142
		4	5	1,131	572	385	291	235	796	402	271	205	166
2	15	2	10	1,780	901	607	460	372	1,252	634	427	324	262
		2	11	1,942	983	662	502	406	1,366	691	466	353	286
		2	12	2,104	1,065	717	544	440	1,480	749	505	383	309
		2	13	2,266	1,147	773	586	474	1,594	807	543	412	333
		3	9	1,699	860	579	439	354	1,195	605	407	309	249
		3	10	1,861	942	634	481	388	1,309	662	446	338	273
		3	11	2,023	1,024	689	523	422	1,422	720	485	368	297
		3	12	2,185	1,106	744	565	456	1,536	778	524	397	321
		4	8	1,617	818	551	417	337	1,137	575	387	294	237
		4	9	1,779	900	606	459	371	1,251	633	426	323	261
		4	10	1,941	982	661	501	405	1,365	691	465	353	285
		4	11	2,103	1,064	716	543	439	1,479	748	504	382	309

実効速度 2,048kbps では 10 分以内にレーダーデータを送信することが不可能なレーダー観測スケジュール

本プロジェクトの全体システム構成は、次ページに添付する「PMD気象観測・データ通信ネットワーク概要図」の通りである。

PMD気象観測・データ通信ネットワーク概要図

青色の機材: 「中期気象予報センター設立及び気象予報システム強化計画」、「カラチ気象レーダー整備計画」及び「ムルタン気象レーダー整備計画」により整備予定

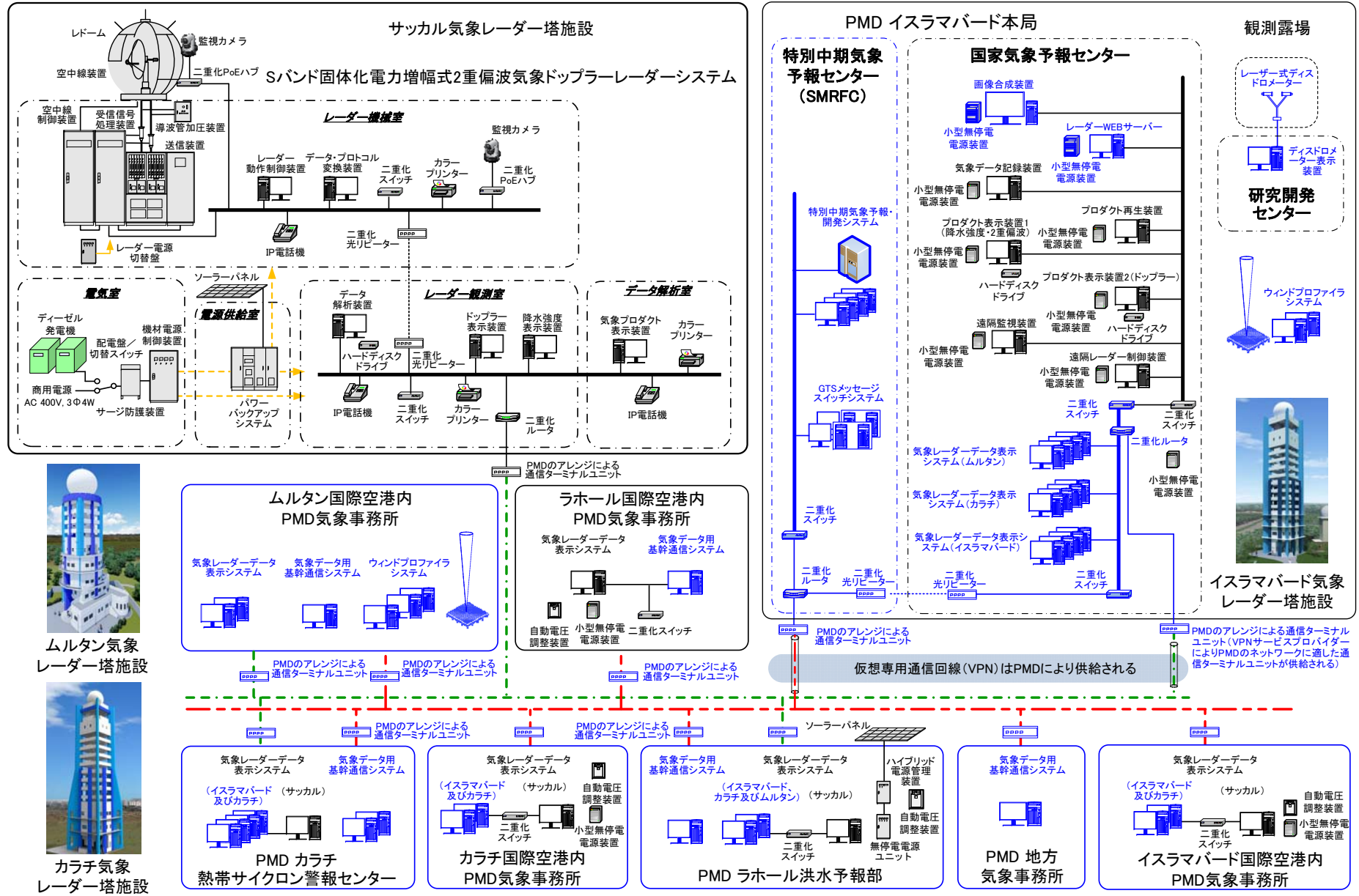


図 30 PMD 気象観測・データ通信ネットワーク概要図

(3) 主要機材リスト

主要機材は以下の通りである。

表 42 主要機材リスト

内容	サッカル気象レーダー観測所 計画サイト（既設 PMD ローリ・サッカル気象観測所）	PMD イスラマバード 本局 国家気象予報センター	PMD カラチ 熱帯サイクロン警報センター	PMD ラホール 洪水予報部	イスラマバード、 カラチ及びラホール 国際空港内 PMD 気象事務所
機材調達・据付					
Sバンド固体化電力増幅式2重偏波気象ドップラーレーダーシステム（サージ防護装置、電源バックアップシステム、避雷システム、メンテナンス用機器及びスペアパーツ等を含む）	1基	-	-	-	-
気象レーダー中央処理システム	-	1式	-	-	-
気象レーダーデータ表示システム	1式	1式	1式	1式	各サイトに1式

主要機材リスト

Sバンド固体化電力増幅式2重偏波気象ドップラーレーダーシステム

サイト名：サッカル気象レーダー観測所		
名称	数量	目的
レドーム	1式	レーダー-空中線装置、作業員等を過酷な気象条件から保護する。頂部に避雷針を設け、全体を落雷から保護する。
空中線装置	1式	パラボラアンテナを方位角 360°、仰角 0~60° の任意の方位に指向、あるいは回転させ、送信装置からの送信電波をペンシルビーム状に空間に放射する。降水粒子により散乱された電波を受け、受信装置に送り込む。
空中線制御装置	1式	レーダー観測モードに従った空中線制御信号により、空中線の水平、垂直用モータを駆動し、空中線を指示された方位に指向あるいは回転させる。
送信装置	1式	リットステート増幅部でパルス状のマイクロ波を所定の電力まで増幅発生させ、これを送信電波として空中線装置に送る。
受信信号処理装置	1式	空中線装置からの受信電波を受信部で増幅、中間周波数に変換しデジタル値に変換したのち、地形エコーの除去、受信信号の平均化、距離に応じた受信信号強度の補正等の処理を行う。 位相検波の結果からドップラー速度を算出しレーダー動作制御装置へ出力する。
導波管加圧装置	1式	空中線と送信装置とを結ぶ導波管内部に乾燥空気で加圧し、電波の伝播損失を軽減する。
導波管	1式	空中線装置と送信装置とを結び、低損失で送受信電波を伝達させる。
レーダー動作制御装置	1式	レーダーの観測制御並びに RAW データの生成及び配信を行う。制御監視項目：データ配信、方位・高度位置、送信装置スタンバイ状態、パルス幅、空中線のメンテナンスモード状態
データ・プロトコル変換装置	1式	回線容量に応じた RAW データを生成し伝送する。
レーダー電源切替盤	1式	電源装置から供給される電力をレーダーシステム等に分配、供給する。
二重化スイッチ 1	1式	ネットワーク上において指定させたポートへ LAN 接続を行う。
カラープリンター	1式	レーダー画像の表示を印刷する。
二重化光リピーター	1式	サージ保護のため、ネットワーク上の電気信号を光信号に変換し伝送する。
サージ防護装置	1式	電源から進入する雷サージ電圧から負荷機器を保護する。

機材電源制御装置	1 式	機器に安定した電圧の電力を供給する。	
パワーバックアップシステム	1 式	停電時にレーダーシステムに電力供給する。	
ソーラーパネル	1 式	太陽光発電によりパワーバックアップシステムに電力供給する。	
光ファイバーケーブル	2 式	ネットワーク上の光信号を伝送する。	
LAN ケーブル	10 式	ネットワーク上の電気信号を伝送する。	
偏波機能試験装置	1 式	メンテナンスに使用する。	
スペクトラムアナライザー	1 式		
試験信号発生器	1 式		
電力計	1 式		
パワーセンサー	1 式		
周波数計	1 式		
検波器	1 式		
減衰器セット	1 式		
検波器用終端器	1 式		
オシロスコープ	1 式		
デジタルマルチメーター	1 式		
同軸-導波管変換器	1 式		
ポータブル電源装置	1 式		
監視カメラ	2 式		
二重化 PoE ハブ	2 式		
工具セット	1 式		
延長コード	1 式		
水準器	1 式		
保守用梯子	1 式		
クランプ電流計	1 式		
掃除機	1 式		
レーダー空中線保守用デッキ	1 式		
交換部品	空中線用タイミングベルト (水平駆動用)	1 式	メンテナンスに使用する。
	空中線用タイミングベルト (垂直駆動用)	1 式	
	空中線用エンコーダ (方位角用)	1 式	
	空中線用エンコーダ (仰角用)	1 式	
	空中線用モータ (水平駆動用)	1 式	
	空中線用モータ (垂直駆動用)	1 式	
	空中線制御装置用サーボユニット (水平駆動用)	1 式	
	空中線制御装置用サーボユニット (垂直駆動用)	1 式	
	空中線制御装置用電源ユニット	1 式	
	送信装置制御部用電源ユニット	1 式	
	受信信号処理装置用電源ユニット	1 式	
	リフトステートワーアンプ	2 式	
	各装置用ファンユニット	2 式	
	LAN アレスタ	2 式	
	航空障害灯	2 式	
	安定化局部発振器 (STALO)	2 式	
	空中線スリップリング電源用カーボンブラシ	1 式	
空中線スリップリング信号用カーボンブラシ	1 式		
消耗品	空中線潤滑油	1 式	メンテナンスに使用する。
サービスマニュアル - 取扱説明書	2 式	メンテナンスに使用する。	

気象レーダー中央処理システム

サイト名：PMD イスラマバード本局 国家気象予報センター		
名称	数量	目的
遠隔レーダー制御装置	1 式	気象レーダー観測の制御を行う。
遠隔監視装置	1 式	気象レーダー塔施設及び気象レーダーシステム機材の監視を行う。
小型無停電電源装置	2 式	コンピュータ機器に安定した電源を供給する。電源異常発生の場合にも安

		定した電源を供給し続け、シャットダウン信号をコンピュータに送出する。
LAN ケーブル	2 式	ネットワーク上の電気信号を伝送する。
交換部品 LAN アダプタ	2 式	メンテナンスに使用する。
サービスマニュアル - 取扱説明書	2 式	メンテナンスに使用する。

気象レーダーデータ表示システム

サイト名：サッカー気象レーダー観測所		
名称	数量	目的
降水強度表示装置	1 式	観測されたレーダーデータから気象プロダクト（降水強度・2重偏波）を生成し表示する。
ドップラー表示装置	1 式	観測されたレーダーデータから気象プロダクト（ドップラー）を生成し表示する。
データ解析装置	1 式	レーダーで観測されたデータから気象現象の解析を行う。
気象プロダクト表示装置	1 式	観測されたレーダーデータから気象プロダクト（全般）を生成し表示する。
カラープリンター	2 式	レーダー画像の表示を印刷する。
二重化スイッチ 2	1 式	ネットワーク上において指定させたポートへ LAN 接続を行う。
二重化光リピーター	1 式	サージ保護のため、ネットワーク上の電気信号を光信号に変換し伝送する。
二重化ルーター	1 式	ネットワークとネットワークを結びつけ、伝送するデータを制御する。
IP 電話機	3 式	LAN 上のパケット信号を音声のアナログ信号に変換し、電話による音声通話を行う。
LAN ケーブル	10 式	ネットワーク上の電気信号を伝送する。
交換部品 LAN アダプタ	4 式	メンテナンスに使用する。
サービスマニュアル - 取扱説明書	2 式	メンテナンスに使用する。

気象レーダーデータ表示システム

サイト名：PMD イスラマバード本局 国家気象予報センター		
名称	数量	目的
画像合成装置（ソフトウェア）	1 式	各レーダーからデータを受信し、全国合成画像を生成する。
気象データ記録装置	1 式	観測されたレーダーデータ及び気象プロダクトを指定された媒体に記録を行う。
プロダクト再生装置	1 式	各種記録媒体から記録されたレーダーデータ及び気象プロダクトの再生表示を行う。
プロダクト表示装置 1（降水強度・2重偏波）	1 式	観測されたレーダーデータから気象プロダクト（降水強度・2重偏波）を生成し表示する。
プロダクト表示装置 2（ドップラー）	1 式	観測されたレーダーデータから気象プロダクト（ドップラー）を生成し表示する。
二重化スイッチ 3	1 式	ネットワーク上において指定させたポートへ LAN 接続を行う。
小型無停電電源装置	5 式	コンピュータ機器に安定した電源を供給する。電源異常発生の場合にも安定した電源を供給し続け、シャットダウン信号をコンピュータに送出する。
LAN ケーブル	5 式	ネットワーク上の電気信号を伝送する。
交換部品 LAN アダプタ	4 式	メンテナンスに使用する。
サービスマニュアル - 取扱説明書	2 式	メンテナンスに使用する。

気象レーダーデータ表示システム

サイト名：PMD カラチ 熱帯サイクロン警報センター		
名称	数量	目的
気象プロダクト表示装置	1 式	観測されたレーダーデータから気象プロダクトを生成し表示する。
LAN ケーブル	1 式	ネットワーク上の電気信号を伝送する。
レーザー式ディストロメーター	1 式	メンテナンスに使用する。
交換部品 LAN アダプタ	1 式	メンテナンスに使用する。
サービスマニュアル - 取扱説明書	2 式	メンテナンスに使用する。

気象レーダーデータ表示システム

サイト名：PMD ラホール 洪水予報部		
名称	数量	目的
気象プロダクト表示装置	1 式	観測されたレーダーデータから気象プロダクトを生成し表示する。
二重化スイッチ 4	1 式	ネットワーク上において指定させたポートへ LAN 接続を行う。

自動電圧調整装置	1 式	機器に安定した電圧の電力を供給する。
ハイブリッド電源管理装置	1 式	ソーラーパネルにより発電された直流電力をシステムで利用可能な交流電力に変換し、商用電力を補助するための制御を行う。無停電電源ユニットの充電、管理を行う。
無停電電源ユニット	1 式	コンピューター機器に安定した電源を供給する。電源異常発生の場合にも安定した電源を供給し続け、シャットダウン信号をコンピューターに送出する。
ソーラーパネル	1 式	太陽光により発電し、システムに電力を供給する。
LAN ケーブル	2 式	ネットワーク上の電気信号を伝送する。
交換部品 LAN アダプタ	1 式	メンテナンスに使用する。
サービスマニュアル - 取扱説明書	2 式	メンテナンスに使用する。

気象レーダーデータ表示システム

サイト名：イスラマバード及びラホール国際空港内 PMD 気象事務所		
名称	数量	目的
航空気象表示装置	1 式	様々なドップラーレーダープロダクトを用いて、航空気象現象の監視を行なう。
二重化スイッチ 4	1 式	ネットワーク上において指定させたポートへ LAN 接続を行なう。
小型無停電電源装置	1 式	コンピューター機器に安定した電源を供給する。電源異常発生の場合にも安定した電源を供給し続け、シャットダウン信号をコンピューターに送出する。
自動電圧調整装置	1 式	機器に安定した電圧の電力を供給する。
LAN ケーブル	2 式	ネットワーク上の電気信号を伝送する。
交換部品 LAN アダプタ	1 式	メンテナンスに使用する。
サービスマニュアル - 取扱説明書	2 式	メンテナンスに使用する。

気象レーダーデータ表示システム

サイト名：カラチ国際空港内 PMD 気象事務所		
名称	数量	目的
気象情報受信端末	1 式	イスラマバード本局からの気象データを受信する。
二重化スイッチ 4	1 式	ネットワーク上において指定させたポートへ LAN 接続を行なう。
小型無停電電源装置	1 式	コンピューター機器に安定した電源を供給する。電源異常発生の場合にも安定した電源を供給し続け、シャットダウン信号をコンピューターに送出する。
自動電圧調整装置	1 式	機器に安定した電圧の電力を供給する。
LAN ケーブル	2 式	ネットワーク上の電気信号を伝送する。
交換部品 LAN アダプタ	1 式	メンテナンスに使用する。
サービスマニュアル - 取扱説明書	2 式	メンテナンスに使用する。

(4) サッカル気象レーダー塔施設の基本計画

1) 敷地・施設配置計画（施設建設
予定敷地の現状）

右に示す図は、サッカル気象レー
ダー観測所の計画サイトである PMD
ローリ・サッカル気象観測所である。

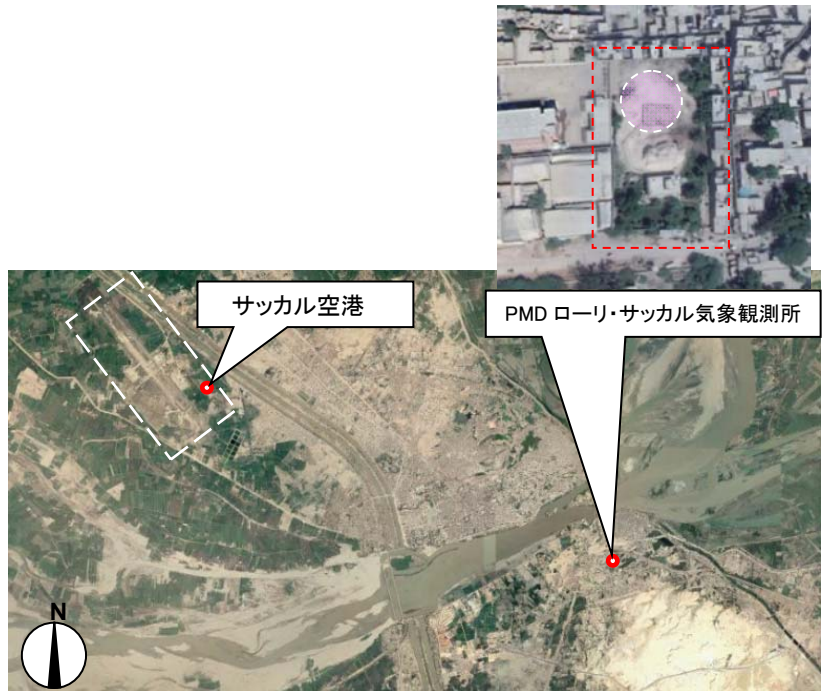


図 31 サッカル気象レーダー観測所建設予定サイトの
PMD ローリ・サッカル気象観測所

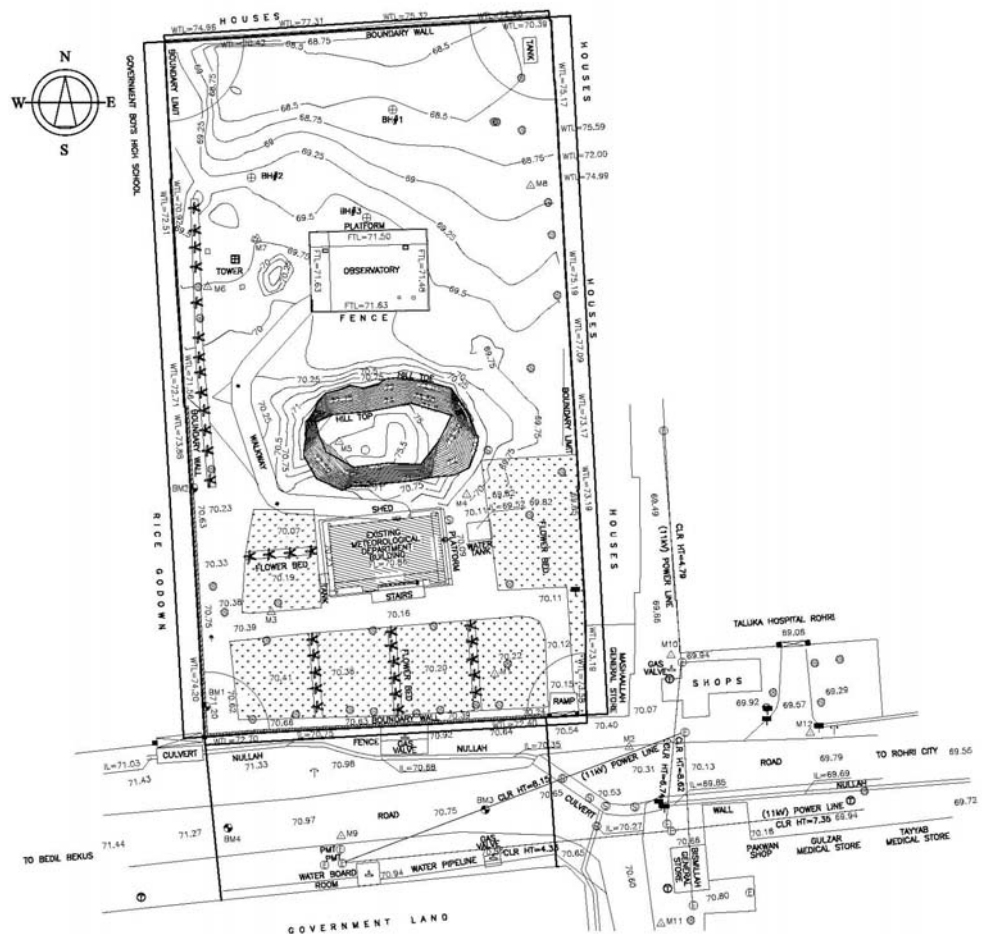


図 32 サッカル気象レーダー観測所建設予定敷地図

2) 建築計画

1. 平面計画

サッカル気象レーダー塔施設の平面計画は、シンメトリーに近い平面形とし、偏心を避けることにより安定した建物の構造設計が可能となるよう配慮した。塔中心部の平面計画は、構造体を外部に出すことにより部屋の使い勝手を良くし、また避難路でもある階段室内部に柱及び梁型を出さないように平面計画を行った。施設のグレードについては、現地で一般的な工法・資材を採用するため、標準的グレードの施設となる。

気象レーダー塔施設の各室面積、収容人員、面積算定根拠を次に示す。

表 43 気象レーダー塔施設各室の概要、収容機器及び室面積算定根拠

部屋	サッカル 気象レーダー塔施設 床面積(m ²)	設置機器、室概要	室面積算定根拠
9 FL			
レドーム室	35.78	レーダー空中線設備等を設置。	レーダー空中線設備等の保守作業用スペース。床面積は、レドームベースリングサイズ直径 7.0m による。
4 FL			
レーダー機械室 (スペアパーツ倉庫を含む)	84.26	送信装置、空中線制御装置、受信信号処理装置、レーダー動作制御装置、導波管加圧装置、導波管、分電盤、オプティカルリピーター、保守管理品戸棚、空調機等を設置。	左記装置の運用維持管理作業スペース。全ての装置を設置することを考えると、スペアパーツ倉庫を含め最低でも 80m ² 程度必要。
倉庫7	5.44	建物維持管理のためのスペアパーツ、その他雑物保管場所。	資材、材料等の保管場所を確保。
3 FL			
レーダー観測室	159.61	<ul style="list-style-type: none"> ■ 気象レーダー観測用ターミナル ■ データ解析用ターミナル ■ VoIP 交換機 ■ オプティカルリピーター ■ デュアルスイッチ ■ プリンター ■ IP 電話 ■ 各 PC 用 UPS ■ ターミナル用デスク ■ 書類棚 ■ ホワイトボード ■ 気象観測記録及び気象レーダーデータ解析用データ保存戸棚 ■ 工具・測定器・マニュアル収納棚等を設置。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 気象レーダー観測スペース ■ 機材設置スペース ■ データ解析用ターミナル及びデスク、データ保存戸棚設置スペース ■ 職員が業務を実施するために必要なスペース ■ 各データを収容するための必要なスペース ■ 気象レーダーシステム消耗品及びスペアパーツ保管スペース ■ 維持管理機材及び測定器の保管スペース を確保。

倉庫6	5.05	建物維持管理のためのスペアパーツ、その他雑物保管場所。	資材、材料等の保管場所を確保。
2 FL			
電気・電源供給室	41.93	絶縁変圧器、受電盤、分電盤、商用電源電圧調整機、ケーブルラック、接地端子盤及びケーブル配線等のスペース。 サージ防護装置、機材電源制御装置及びケーブル配線等のスペース。 気象レーダーシステムのためのパワーバックアップシステム及びコントロールラックの設置スペース。	左記機器の収容スペース、点検スペース及びケーブル配線スペースを確保。 パワーバックアップシステム及びコントロールラックの設置の場所、全面点検スペースを確保。
便所（女）2	7.90	(女)大便器：1+手洗器：1	—
便所（男）2	7.90	(男)大便器：1+小便器：1+手洗器：1 掃除流し：1	—
湯沸室2	6.92	キッチン1	—
脱衣室	2.55	脱衣スペース	—
シャワー室	3.69	シャワースペース	—
倉庫4	4.04	建物維持管理のためのスペアパーツ、その他雑物保管場所。	資材、材料等の保管場所を確保。
倉庫5	3.39	建物維持管理のためのスペアパーツ、その他雑物保管場所。	資材、材料等の保管場所を確保。
1 FL			
地上観測室	15.84	地上気象観測業務スペース	既施設を参考に、職員1名が定常業務を実施するために必要となるスペースを確保。
データ解析室	16.33	データ解析業務スペース	既施設を参考に、職員1名が定常業務を実施するために必要となるスペースを確保。
プロットイング室	15.96	プロットイング業務スペース	既施設を参考に、職員1名が定常業務を実施するために必要となるスペースを確保。
レストルーム	3.84	運営・総務室用便所 大便器：1+手洗器：1	—
運営・総務室	18.51	PMD ローリ・サッカル気象観測所の運営・総務を実施するためのスペース	既施設を参考に、職員2名が定常業務を実施するために必要となるスペースを確保。
便所（女）1	6.47	(女)大便器：1+手洗器：1	—
便所（男）1	6.87	(男)大便器：1+小便器：1+手洗器：1 掃除流し：1	—
湯沸室1	7.11	キッチン1	—
発電機室	67.51	125kVA 予備発電機2機、オイルタンク及びオイルポンプ：1、自動切換盤等の設置。	左記機器の収容スペース、点検スペース及びケーブル配線スペースを確保。
ポンプ室	7.68	受水槽：1 揚水ポンプ：2	受水槽及び点検スペースとして約8m ² 必要。
倉庫1	2.39	建物維持管理のためのスペアパーツ、その他雑物保管場所。	資材、材料等の保管場所を確保。
倉庫2	2.47	建物維持管理のためのスペアパーツ、その他雑物保管場所。	資材、材料等の保管場所を確保。
倉庫3	3.84	建物維持管理のためのスペアパーツ、その他雑物保管場所。	資材、材料等の保管場所を確保。

2. 断面計画

I. 気象レーダー塔施設の高さ

< サッカル気象レーダー観測所の周辺域における高層建築物の建設制限 >

サッカル市 (District) を構成するサッカル区 (Sukkur Sub-division) 及びローリ区 (Rohri Sub-division) の開発計画について、シンド州建築物管理庁サッカル地域事務所 (Sindh Building Control Authority, Regional Office, Sukkur) に確認したところ、既に建設されている建築物は除き、今後、高さ 22.86m (75 フィート) 以上の建築物の建築計画はない旨確認が取れている。2016 年にサッカル市内の建築物の高さ制限が設けられ、22.86m (75 フィート) が上限となっているが、サッカル気象レーダー観測所計画サイトである PMD ローリ・サッカル気象観測所が位置するローリ区は除外されていることから、既に建設されている建築物に関しては、やむを得ないものの、今後計画されるものに関しては、気象レーダー観測に支障をきたさないために、建設される建築物の高さについてパキスタン側の配慮が不可欠である。本プロジェクトは、我が国の無償資金協力により実施される計画であり、またパキスタンにとっては国家プロジェクトであることから、将来的に気象レーダー観測に重大な障害を与えないよう、サッカル気象レーダー観測所の周辺域 (半径 10km 程度) において、高層建築物の建設制限を設けることが重要である旨を調査団は推奨し、パキスタン側は理解を示した。

< 気象レーダー観測からの検討 >

サッカル気象レーダー観測所計画サイトである PMD ローリ・サッカル気象観測所から、一番近くにある気象レーダー観測の障害となる恐れがある既設構造物は、約 1km 南に位置するランスドン橋 (Lansdowne Bridge) である。この橋は、鉄道用の橋：銀色と道路用の橋：赤色の 2 つで構成されており、2 つ橋が平行して並んでインダス川に架けられている。また橋の周辺には、高さがあり回避することが不可能な 4 本の通信用鉄塔が林立しているが、完全なソリッド構造ではないため、気象レーダー観測の深刻な障害とならないと考えている。しかしながら、



PMD ローリ・サッカル気象観測所より地盤が4m高い+ランスドン橋の高さ43m=47m
+1mのクリアランス=48m

ランスドン橋は、写真からもわかるように、橋が2つ平行して並んで構成されているため、ソリッド構造のように面的に遮蔽した形となっており、気象レーダー観測の障害となる恐れがあることから、レーダービームがこの橋の上を通過できるようにサッカール気象レーダーシステムのレーダーアンテナ中心高さを計画する必要がある。サッカール気象レーダー塔施設は、平地に建設される計画であるため、レーダービームが地面に接しないためにも必然的にアンテナ仰角を+0.5度程度として観測を始める必要があると考えられることから、サッカール気象レーダーアンテナ中心高さを上図のよう48mとすることは、妥当であるとする。

気象レーダー観測の障害となる恐れがある既設構造物（通信鉄塔を含む）によるレーダー探知範囲内のシャドーエリア（観測障害範囲）は、CAPPI観測のデータで技術的に補足・補完することが可能であるが、観測の障害を避けるためにレーダーアンテナ仰角を高くすることによる観測範囲の多少の狭小は避けられない。

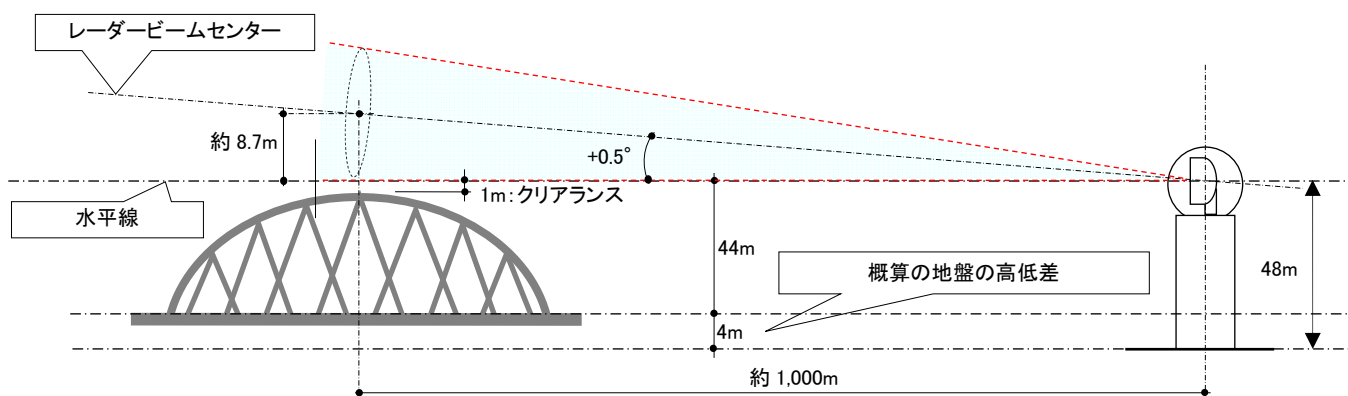



図 33 ランスドン橋の高さを考慮したサッカール気象レーダーアンテナ中心高さ(アンテナ仰角:0.5°)

PMD サッカール気象レーダー観測所計画サイトの周辺域にある、気象レーダー観測の障害となる恐れがある既設構造物を下表及び下図にまとめた。

表 44 気象レーダー観測の障害となる既設構造物 (2019年6月時点)

位置図番号	1	2
構造物名称	セメント工場 (Rohri Cement (PVT) Ltd.)	橋 (Lansdowne Bridge)
写真		
構造物高さ	108m	43m
緯度 (北緯)	N 27° 40' 10.76"	N 27° 41' 37.79"
経度 (東経)	E 68° 53' 29.18"	E 68° 53' 17.81"
標高	70m	71m
サッカル気象レーダー観測所からの距離	約 1.72km	約 1.00km
サッカル気象レーダー観測所からの方角	176.3°	348.5°
概算の地盤の高低差	70m-67m=3m サッカル気象レーダー観測所計画サイトより地盤が 3m 高い	71m-67m=4m サッカル気象レーダー観測所計画サイトより地盤が 4m 高い
特定されている既設構造物による観測の障害を避けるために必要なレーダーアンテナ仰角	約+2.6°	約+0.5°
位置図番号	3	4
構造物名称	美術大学記念塔 (Monument Tower, Aror University of Art, Architecture, Design & Heritages, Sukkur)	食品工場 (Engro Foods Limited, Sukkur Plant)
写真		
構造物高さ	43m	30m
緯度 (北緯)	N 27° 39' 27.30"	N 27° 40' 37.74"
経度 (東経)	E 68° 53' 57.27"	E 68° 51' 43.10"
標高	77m	63m
サッカル気象レーダー観測所からの距離	約 3.17km	約 2.93km
サッカル気象レーダー観測所からの方角	163.94°	252.42°
概算の地盤の高低差	77m-67m=10m サッカル気象レーダー観測所計画サイトより地盤が 10m 高い	63m-67m=-4m サッカル気象レーダー観測所計画サイトより地盤が 4m 低い

特定されている既設構造物による観測の障害を避けるために必要なレーダーアンテナ仰角	約+0.6°	約+0.1°
位置図番号	5	6
構造物名称	事務所ビル (Chamber Avenue Bldg.)	宿泊施設 (Hussain Heights)
写真		
構造物高さ	40m (12階)	47m (14階)
緯度 (北緯)	N 27° 41' 29.75"	N 27° 41' 35.79"
経度 (東経)	E 68° 52' 21.81"	E 68° 52' 20.00"
標高	68m	74m
サッカル気象レーダー観測所からの距離	約 1.88km	約 2.00km
サッカル気象レーダー観測所からの方角	292.70°	297.11°
概算の地盤の高低差	68m-67m=1m サッカル気象レーダー観測所計画サイトより地盤が1m高い	74m-67m=7m サッカル気象レーダー観測所計画サイトより地盤が7m高い
特定されている既設構造物による観測の障害を避けるために必要なレーダーアンテナ仰角	約+0.4°	約+0.7°
位置図番号	7	8
構造物名称	事務所・住居ビル (Dolphin Tower)	事務所・住居ビル (Queens Tower)
写真		
構造物高さ	52m (16階)	40m (12階)
緯度 (北緯)	N 27° 41' 49.83"	N 27° 42' 03.41"
経度 (東経)	E 68° 52' 29.15"	E 68° 52' 46.35"
標高	72m	69m
サッカル気象レーダー観測所からの距離	約 2.04km	約 2.05km
サッカル気象レーダー観測所からの方角	311.30°	328.99°
概算の地盤の高低差	72m-67m=5m サッカル気象レーダー観測所計画サイトより地盤が5m高い	69m-67m=2m サッカル気象レーダー観測所計画サイトより地盤が2m高い

特定されている既設構造物による観測の障害を避けるために必要なレーダーアンテナ仰角	約+0.7°	約+0.4°
位置図番号	9	10
構造物名称	事務所・住居ビル (Madina Mall)	学校施設 (National Institute of Cardiovascular Diseases, Sukkur)
写真		
構造物高さ	41m (11階)	50m (9階)
緯度 (北緯)	N 27° 41' 27.29"	N 27° 42' 10.16"
経度 (東経)	E 68° 51' 22.56"	E 68° 50' 02.10"
標高	65m	59m
サッカル気象レーダー観測所からの距離	約 3.42km	約 5.90km
サッカル気象レーダー観測所からの方位	280.93°	289.56°
概算の地盤の高低差	65m-67m=-2m サッカル気象レーダー観測所計画サイトより地盤が2m低い	59m-67m=-8m サッカル気象レーダー観測所計画サイトより地盤が8m低い
特定されている既設構造物による観測の障害を避けるために必要なレーダーアンテナ仰角	約+0.4°	約+0.5°

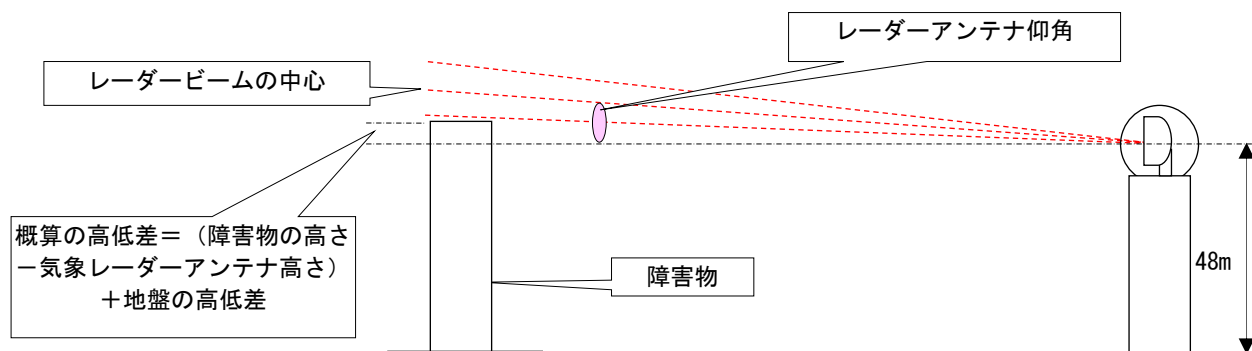


図 34 気象レーダーアンテナ中心高さ及び仰角と障害物との関係図

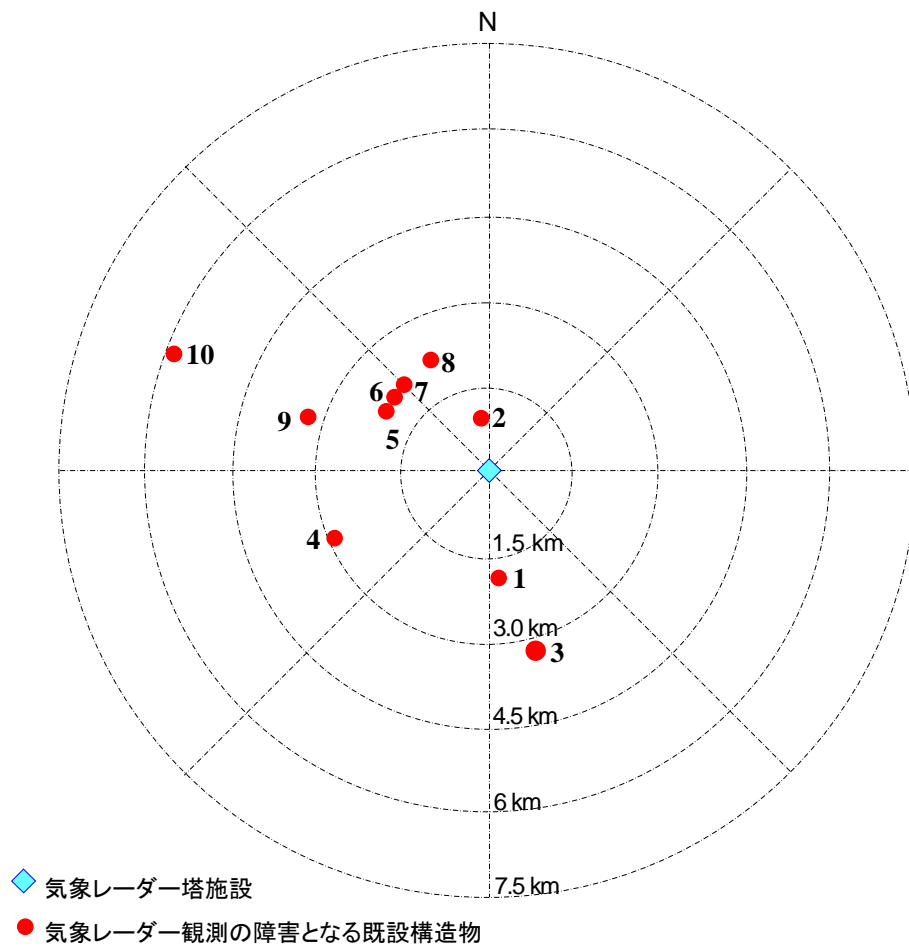


図 35 気象レーダー観測の障害となる既設構造物の位置図
(サッカール気象レーダー観測所計画サイト周辺)

<レーダー遮蔽領域>

コンサルタントが開発したレーダー遮蔽領域分析ソフトウェアを使用し、サッカル気象レーダーにて 450km の観測半径内にて遮蔽物を回避するために必要なアンテナの中心高さの分析を実施した。遮蔽物の推定に使用した数値標高モデルは NASA の SRTM-3 (Shuttle Radar Topography Mission)、3 秒 (約 90m) メッシュの標高データである。当ソフトウェアは数値標高モデルより標高データを取得し、緯度経度にて場所を指定する WGS84 座標系から気象レーダー設置位置を原点とする極座標系に座標変換した上で、方位角 1.0° 毎に建物等は除いた地表遮蔽物までの距離を計算するものである。気象レーダービームと地表の高度差は地球の曲率及び大気による電波の屈折率を考慮した等価地球半径を使用して計算され、一部でも遮蔽される場合は、その地点から先は遮蔽として取り扱う。計算結果は観測可能領域を方位角 1.0° 毎の扇型として表示するように KML ファイルに出力される。以下にサッカル気象レーダーシステムの予想観測範囲図を示す。

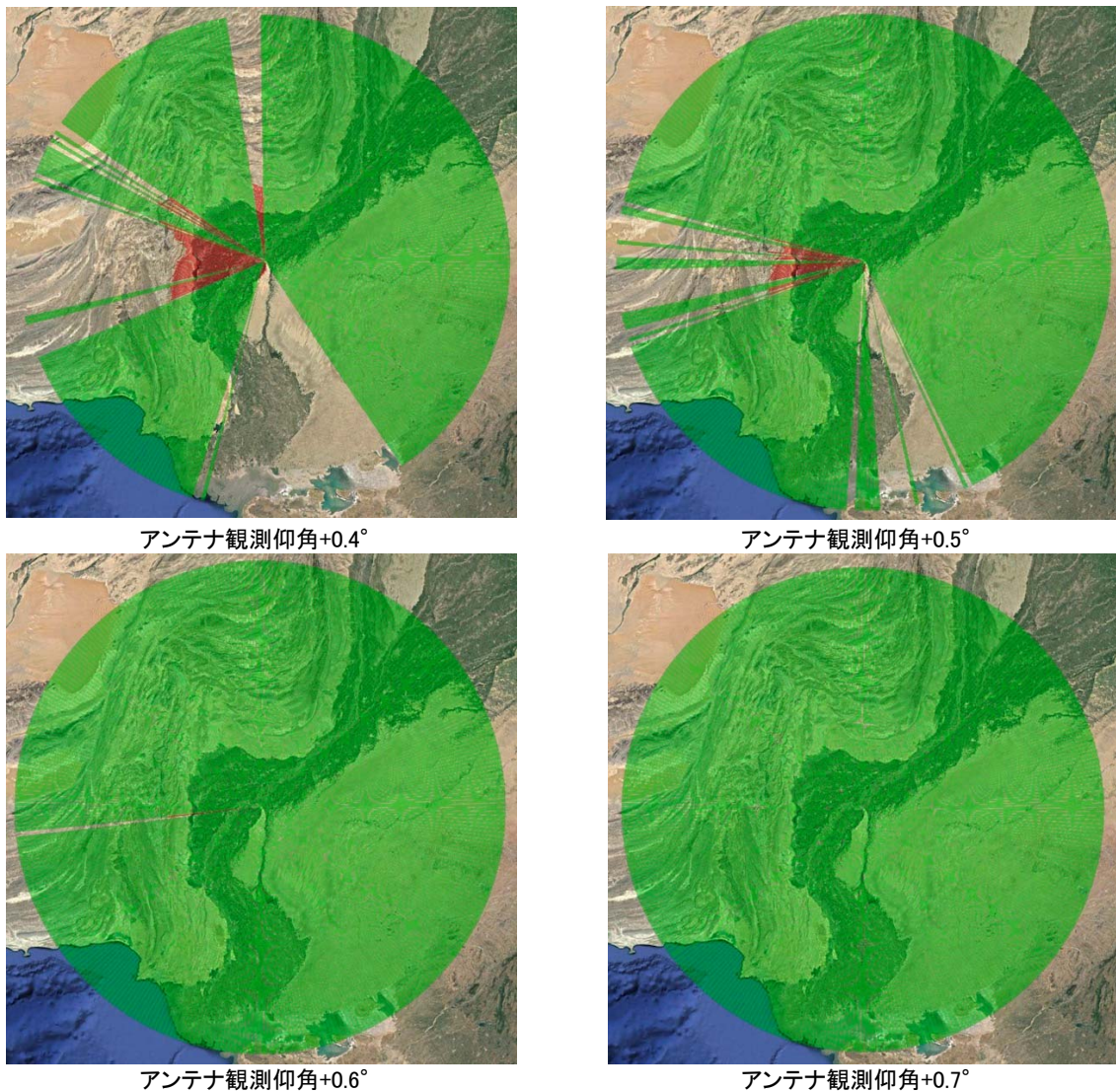


図 36 サッカル気象レーダーの予想観測範囲(地盤面から気象レーダーアンテナ中心までの高さ:48m)
(計画サイト周辺の障害となる人口構造物は考慮していない)

アンテナ仰角+0.4°で観測領域の約2/3の範囲を障害なく観測することが可能で、+0.7°で遮蔽領域が全て無くなるものと推測される。地表近くのエコーが観測可能であるアンテナ仰角+0.4°と観測領域全域を障害なく観測することが可能なアンテナ仰角+0.7°を基本として、他のアンテナ仰角を組み込む等、分析の結果を観測スケジュールの決定に役立てる計画である。

II. 地盤面レベル

敷地内には、自然条件調査において設定したベンチマークがあるため、これを本気象レーダー塔施設の基準レベルとする。

III. レーダー機器の搬入方法

レーダー機械室へ外部から機器を直接搬入する方法は、レーダー機械室に接する階段室踊場の外に搬入用バルコニーを設けて、バルコニー上部に搬入用フック（2トン用）を突出して設ける。

3. 立面計画

柱・梁を外壁側へ出し、構造形態をアピールする立面計画とした。これにより、室内側及び階段室には柱型が出ないため、機器や家具等のレイアウト、室内の使い勝手及び階段での上り下りを容易とした。

4. 内外装計画

I. 主要諸室（レーダー機械室及びレーダー観測室）の仕上げ

a) 床

気象レーダー塔施設の主室であるレーダー機械室及びレーダー観測室の床は、パワーケーブル及びシグナルケーブルの配線を容易にし、且つ将来的なシステムの増設をも可能とし、また維持管理も容易になることから、高さ150mmのアクセスフロアを採用する。レーダー機械室は、重さ1トン程度の送受信機の各ユニットが設置されるため、耐重・帯電防止アクセスフロアとする。

b) 外壁

エアコン設備が設置される電気室、レーダー観測室、レーダー機械室の外壁は、部屋の気密性を高め、外部からの湿気及び外気温の影響を極力減ずるため二重壁とし、それらの間には不燃材料のグラスウールを充填する。冷房効率が向上することで消費電力を抑え、PMDの運用維持管理費を極力軽減する。

c) 天井

レーダー機械室及びレーダー観測室の天井は、ケーブルラックの上にたまる埃から機器を守り、部屋の気密性を高めること、機器から発生する騒音を減ずることを主目的として、吸音性の高いボード貼りの天井を設ける。この 2 室には空調設備を設けるので、冷房効果を高める上でも天井貼りは有効である。

d) 開口部

地盤からの高さ約 22m に位置するレーダー機械室の開口部のガラスに対する設計用速度圧が 2,100 N/m² であるため、強化フィルムとの合わせガラスとする。またサッシを 2 重に設け、外側サッシのガラスが破損しても内側サッシで風雨をしのげるよう計画した。

II. 各部の仕上げ

外部仕上げ、内部仕上げの材料はメンテナンスの容易さを考慮し、一部を除き全て現地調達が可能なものを選定した。外部仕上、内部仕上の材料、工法、採用理由等を次の表に示す。

表 45 外部仕上、内部仕上の材料、工法

		仕上げ・工法
外部仕上	観測デッキ	モルタル下地アスファルト防水 断熱材 押えコンクリート
	屋上	モルタル下地アスファルト防水 断熱材 押えコンクリート
	外壁	ブロック積みモルタル金ゴテ コンクリート打放しモルタル補修 吹付タイル塗装（合成樹脂エマルジョン系複層塗材）
内部仕上	床	カーペットタイル ビニールタイル貼 磁器質タイル貼 モルタル金ゴテエポキシ防塵ペイント
	巾木	木製巾木 SOP 塗、モルタル巾木 VP 塗、モルタル金ゴテエポキシ防塵ペイント、磁器質タイル
	壁	モルタル金ゴテ VP 塗 陶器質タイル貼り ガラスウール張り
	天井	無機質吸音板（システム天井下地） セメント板（システム天井下地） モルタル補修 EP 塗 ガラスウール板張り
建具	外部	アルミ製窓、アルミ製ガラリ、アルミ製ドア及びスチール製ドア
	内部	アルミ製、スチール製及び木製建具

表 46 外部仕上、内部仕上の材料の採用理由

		採用理由	調達方法
外部仕上	屋上	外気温が 45 度程度に達するため、断熱材は不可欠である。従って断熱層厚さ 30mm を確保し、防水材として最も信頼のおけるアスファルト防水を施す。	現地調達可能
	外壁	現地で一般的に使用されているブロック積みとする。施工性及び精度の点から、現地に於いて一般的に用いる材料であるため信頼性が高い。	
内部仕上	床	耐久性、維持管理に優れた材料を適材適所に使用する。業務を行う室、一般室、	

		廊下・階段はビニールタイル、塵等を嫌う部屋には防塵ペイント仕上げとする。 コンピューターを設置する室は床下配線のためアクセスフロアとする。
	壁	耐久性を重視しモルタル金ゴテとし、汚れを防ぐためビニール系の塗装とする。 また便所、掃除用具室及びシャワー室には陶器質タイルを使用する。
	天井	居室の部屋には空間の環境と空調性能を高めるために、無機質吸音板を使用する。 無機質吸音はアスベストが含まれないものとする。
建具	外部	耐久性、扱い易さ、精度の点からスチール製及びアルミ製とする。
	内部	施工性、維持管理の点からスチール製及び木製建具でオイルペイント塗りとする。

5. 構造計画

I. 構造設計基準

構造計算はパキスタン建築基準 (Building Code of Pakistan : BCP) を基本として、必要に応じて日本建築基準法、日本建築学会設計基準 (AIJ)、米国の Uniform Building Code (UBC) を参考にする。

II. 地盤状況と基礎計画

気象レーダー塔施設の場合、ごくわずかな不同沈下でも精度の高い気象レーダー観測にとって致命傷となることから、建物を沈下させない基礎構造が要求される。加えて、気象レーダーの観測精度を保つためには、気象レーダー塔施設の剛性が重要であり、設計用速度圧による建物の水平変形角を建物高さの 1/1000 以下とする。各気象レーダー観測所の地盤状況と建設予定の気象レーダー塔施設の基礎計画を次の表に示す。

表47 気象レーダー観測所計画サイトの地盤状況と気象レーダー塔施設の杭と基礎

	サッカル気象レーダー塔施設
支持層の深さ	設計GLから4.5m
支持層のN値	50以上
杭の必要性	無
基礎形態	直接基礎

III. 架構形式

架構はパキスタンの一般的構法である鉄筋コンクリート・ラーメン構造とする。床版は鉄筋コンクリート造とし、外壁及び間仕切壁はブロックとする。

IV. 設計荷重

a) 固定荷重

建築構造材・仕上げ材の自重を全て計算する。また特殊固定荷重として以下のものを見込む。

表 48 気象レーダー塔施設の特種固定荷重

機材設置場所 (室名)	気象レーダーシステム機材名	重量
屋上	レドーム、アンテナ、ペデスタル、ベースリング	14.0 トン
レーダー機械室	送受信機、信号増幅装置、信号処理装置、アンテナ制御装置等	3.0 トン
電気・電源供給室	絶縁変圧器、サージ防護装置、商用電源電圧調整機、機材電源制御装置、パワーバックアップシステム	7.5 トン

b) 積載荷重

気象レーダー塔施設内の殆どの部屋は、機器を収容するものであるため、日本国における通信機械室の積載荷重と同程度の荷重を採用する。

c) 風荷重

パキスタンの建築基準 (BCP-SP-2007) に記載されている以下の設計用速度圧の算出方法を用いて、風荷重を算出する。

$$\text{設計用速度圧 } P = C_e \times C_q \times I_w \times Q_s \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

C_e : 地表面粗度区分と施設高さによるガスト影響係数

C_q : 風力係数

I_w : 重要度係数

Q_s : 基準風速圧 (kN/m²)

$$\blacksquare P = 1.87 \times 3.6 \times 1.15 \times 0.78 = 6.04 \text{ kN/m}^2 \approx 6 \text{ kN/m}^2$$

$$C_e = 1.87 \quad C_q = 3.60 \quad I_w = 1.15 \quad Q_s = 0.78$$

d) 地震力

サッカルはパキスタンの建築基準 (BCP-SP-2007) の地震ゾーン分け地図の Zone 2A に位置している。そのため、Zone 2A の地震地域係数である $Z = 0.15$ を適用して地震荷重を算出する。また気象レーダー塔施設の重要度を考慮して、重要度係数 I は最も重要な施設に使用する 1.25 を採用する。

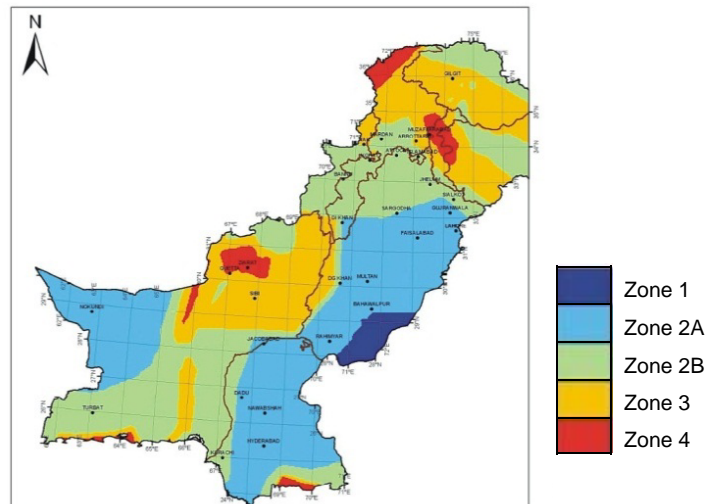


図 37 パキスタン地震ゾーン分け地図

V. 使用構造材料

使用材料は全て現地調達とする。

- ・ コンクリート：普通コンクリート 設計基準強度 $F_c=21\text{N/mm}^2$
- ・ セメント（ASTM (American Society for Testing and Materials) 又は同等品）
- ・ 鉄筋：異形鉄筋（ASTM A615 Grade 60 又は同等品）

6. 電気設備計画

I. 電力引込設備

表 49 電力引込設備

	サッカル気象レーダー塔施設
施設内引込電力(既設電力計定格出力)	400V、3相4線、50Hz

II. 非常用発電機設備

表 50 自家発電機設備

	サッカル気象レーダー塔施設
自家発電機台数	2台
発電容量	125kVA
発電機出力	400V、3相4線、50Hz
燃料タンク容量	1,500リットル

III. 幹線・動力設備

電力幹線は、電気室内の配電盤から建物内の電灯分電盤、動力制御盤までケーブルラック及び金属管内配線にて配電を行う。電気室内の配電盤から施設内の各分電盤及び制御盤へ配電し、施設内部は鉄製配管方式とする。各機器の異常警報は、24時間体制で運用されるレーダー観測室の警報盤に表示させる計画とする。

表 51 幹線・動力設備

	サッカル気象レーダー塔施設
電灯・動力幹線	230V/400V、3相4線
動力分岐	400V、3相4線
電灯分岐	230V、単相2線
機材側分岐	400V、3相4線

IV. 電灯・コンセント設備

使用電圧は単相230Vとし、すべての器具類には接地極を設け、配管は鉄製鋼管とする。照明器具は、エネルギー消費が少ないLEDを使用する。各室の照度基準は以下の通りとする。

表 52 各室の照度基準

	サッカル気象レーダー塔施設
レドーム室	200 Lx
レーダー機械室	300 Lx
レーダー観測室	300 Lx

発電機室	200 Lx
電気・電源供給室	200 Lx
ポンプ室	200 Lx
エントランスホール	200 Lx
地上観測室	200 Lx
データ解析室	200 Lx
プロットイング室	200 Lx
運営・総務室	200 Lx
その他の部屋	200 Lx

一般用コンセントの他に、レーダー機械室、レーダー観測室にOA機器専用のコンセントを設け、各機材の配置や容量に合わせて計画する。

V. 電話設備

建物内に引込み端子盤、中継端子盤及び電話機を設け、必要各室の電話アウトレットまで配管配線を行う。

VI. インターホン設備

レーダー機械室及びレーダー観測室の夜勤職員と夜間来訪者の防犯管理のため、玄関口及び各現業室内にインターホン設備を設置する。

VII. 警報設備

レーダー観測室に警報盤を設け、下記設備の警報を表示する。

- ・ レーダー機械室エアコン（ユニット）の故障
- ・ レーダーバックアップユニットの故障
- ・ 発電機の故障及びオーバーヒート
- ・ 施設配電盤、施設用分電盤、機材用分電盤のブレーカトリップ

VIII. 接地設備

接地設備をレーダー機械室及び電気・電源供給室に設ける接地用端子盤に接続し接地する。電気室内の機器の接地工事は接地端子盤を経て接地し、電話設備用接地は敷地内に接地極を設け端子盤まで配線する。

IX. 避雷設備

レドーム上部に避雷針（機器工事ポーション）及び屋上手摺にむね上導体を設置する。レドーム内に接続ボックスを設け、建物内は銅バー及びビニール管で配線し、試験用端子盤を経て接地

する。レドームに付帯している避雷針からレドーム内接続ボックスまでの接続は、機器工事ポジションとする。

X. 航空障害灯設備

機材ポジションであるレドーム上部に設置する LED 航空障害灯のための接続ボックスを、レドーム内に設ける。またレドームルーフに設置される航空障害灯は建築ポジションとし、全ての航空障害灯用の配電盤を電気・電源供給室に、また自動点滅スイッチをレーダー観測室の外壁に設けることとする。全ての航空障害灯に避雷器（サージアレスター）を付帯させる。レドームに付帯している航空障害灯からレドーム内に設ける接続ボックスまでの接続は、機器工事ポジションとする。

XI. 火災報知設備

火災報知設備を、レーダー機械室、電気・電源供給室、発電機室に設置する。警報盤は、レーダー観測室に設置する。

7. 給排水衛生設備計画

I. 給水設備

公共の給水設備がないため、計画サイト内に施設建設用井戸を掘削して使用する。建設工事完了後は、施設用給水設備としてこの井戸を使用する。そのため、施設外部に給水管接続用ゲートバルブを設け、井戸からの給水管と接続する。給水方式は受水槽、揚水ポンプ、高置水槽を設置した重力給水方式とする。

II. 排水設備

排水は雨水排水と分流とし、汚水、雑排水の 2 系統に分ける。汚水は浄化槽で処理し、浸透弁に流入させる。雑排水は、直接浸透弁に流入させる。浄化槽及び浸透弁の容量は気象レーダー塔施設内で業務を行う職員数と外来者等を考慮して、25 人用とする。

III. 衛生器具設備

- 大便器 : タンク式洋風便器とする
- 小便器 : ストール型とする
- 洗面器 : 壁掛そで付型とする
- 掃除流し : 壁掛型とする

IV. 消火器

表 53 消火器

サッカル気象レーダー塔施設	
レドーム室	C02 タイプ
レーダー機械室	C02 タイプ
レーダー観測室	C02 タイプ
発電機室	ABC タイプ
電気・電源供給室	C02 タイプ
ポンプ室	C02 タイプ
湯沸室	ABC タイプ

V. 空調・換気設備計画

レーダー機械室、レーダー観測室及び電気・電源供給室に設置されるレーダー関連機材等は、空調設備がないと運用が困難なため、複数台設置して、絶えず機材のために良好な環境が保たれるよう計画する。空調機器は、万一の故障が起きてもレーダーシステム運用に対する弊害を最小限に抑えるため、パッケージシステムとする。次表の各室に空調（冷房）及び換気設備を設置する。

表 54 空調設備を設置する室

サッカル気象レーダー塔施設	
レドーム室	強制換気
レーダー機械室	エアコン設備 全熱交換機
レーダー観測室	エアコン設備 強制換気
電気・電源供給室	エアコン設備 強制換気
地上観測室	エアコン設備 強制換気
データ解析室	エアコン設備 強制換気
プロット室	エアコン設備 強制換気
運営・総務室	エアコン設備 強制換気
発電機室	強制換気
ポンプ室	強制換気
シャワー室	強制換気
便所	強制換気
湯沸室 1 及び 2	エアコン設備 強制換気

湯沸室及び便所等の臭気を生ずる部屋には、天井扇を設置し強制換気を行う。発電機室、電気・電源供給室、ポンプ室等は、発熱する機器が多く設置されるため同様に換気を行う。また室内環境を以下の環境条件にする必要がある部屋には換気設備を設ける。

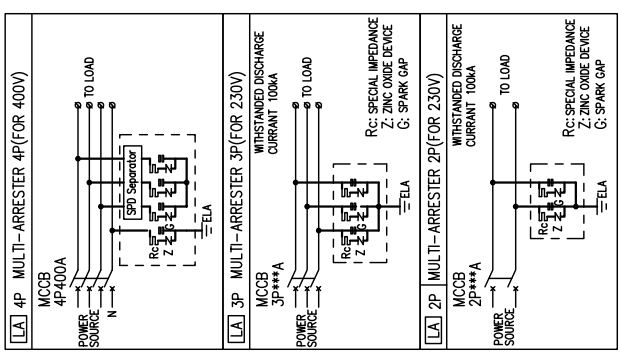
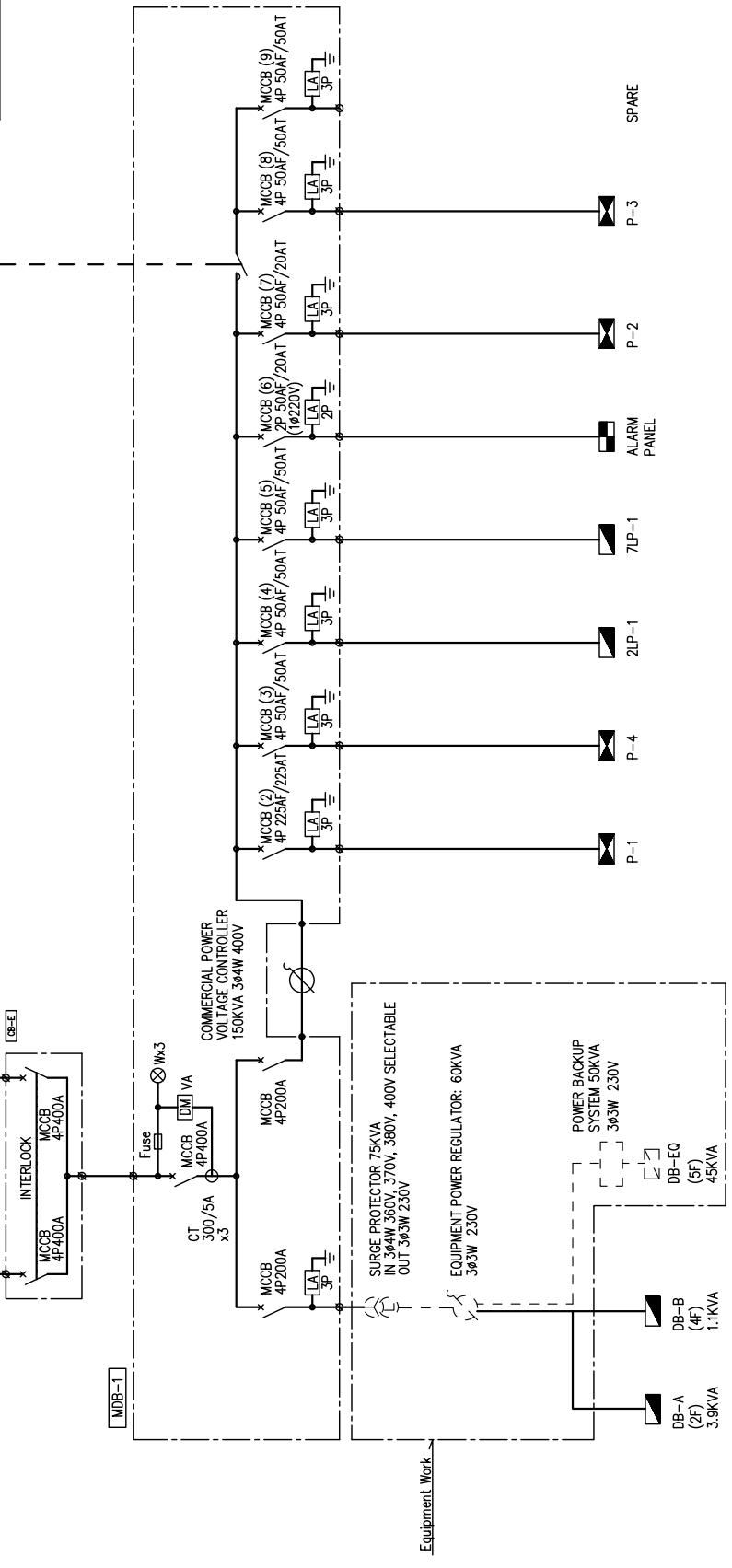
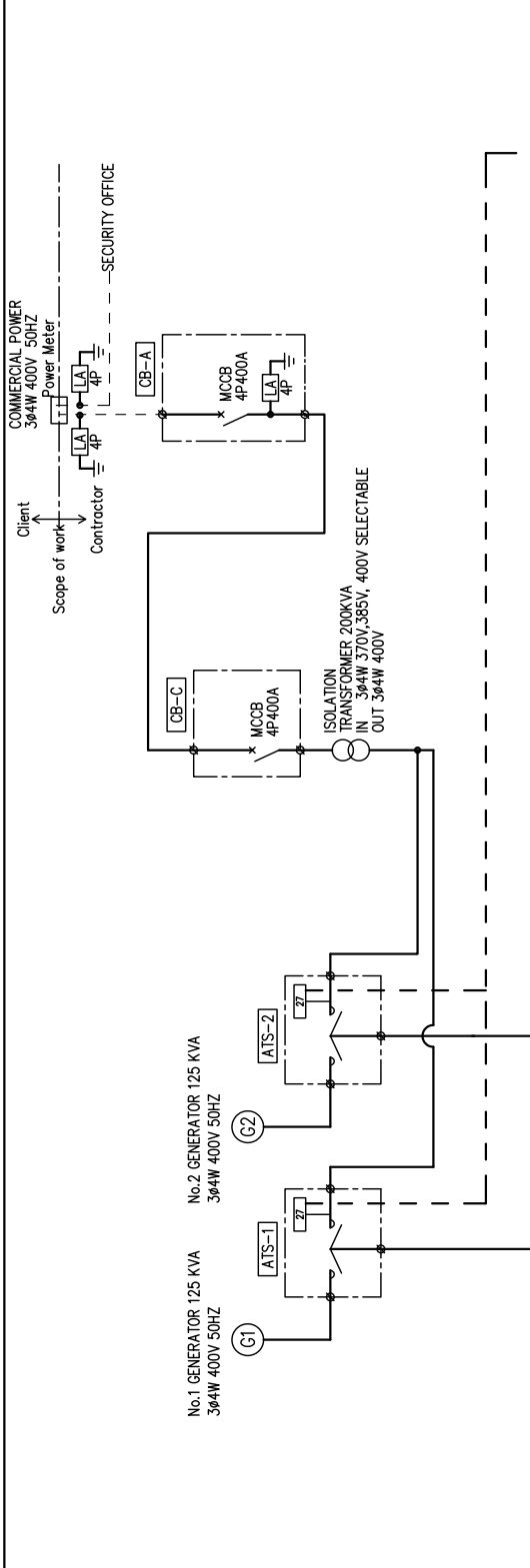
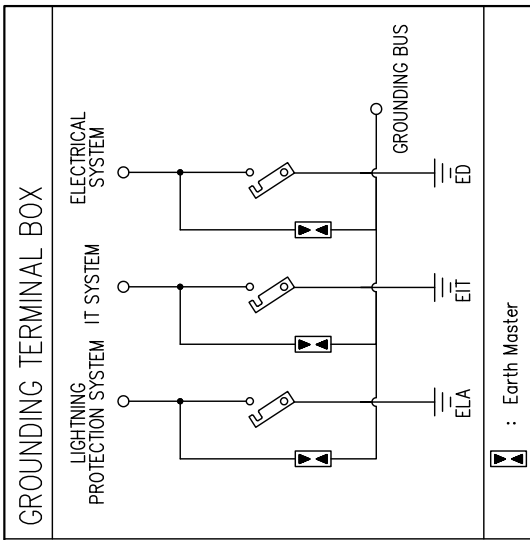
<環境条件>

- ・ 外気条件：気温 45℃ （最高気温 51.0 度：1996 年 6 月 1 日）
 - ・ 内部条件：温度 26℃ 湿度 40～60%
- レーダー機械室及び電気・電源供給室温度 25℃ 湿度 40～60%

気象レーダー塔施設設備計画関連系統図を次ページより添付する。

サッカー気象レーダー塔施設

- 電気引込系統図 : SD-01
- 幹線・動力設備系統図 : SD-02
- 電話・インターホン設備系統図 : SD-03
- 火災報知設備系統図 : SD-04
- 警報設備系統図 : SD-05
- 避雷・接地設備系統図 : SD-06
- 航空障害灯設備系統図 : SD-07
- 給水・排水設備系統図 : SD-08
- 空調・換気設備系統図 : SD-09



パキスタン・イスラム共和国
サッカー気象レーダー整備計画

DRAWING TITLE
サッカー気象レーダー塔施設
電気引込系統図

SCALE
NONE

DRAWING NO.
SD - 01

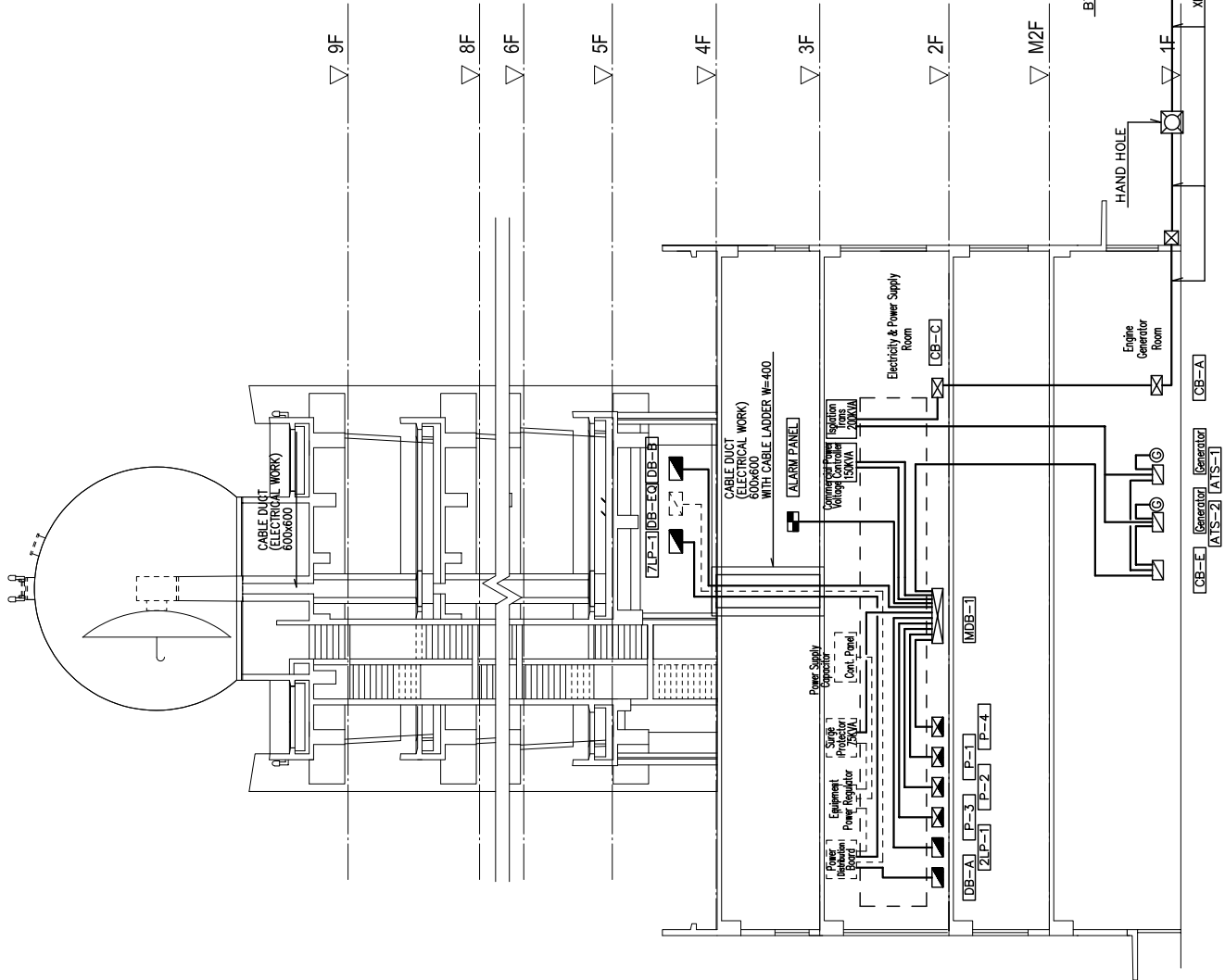
International Meteorological Consultant Inc.
Avinu Building 2F, 1-1-16 Nishi-Gomaba, Shingagawaku, Tokyo 141-0031, Japan
Tel. +81-3-5443-9859 Fax. +81-3-5443-9759

POWER CABLE LIST

FROM	TO	CABLE SIZE	CONDUIT
CB-A	CB-C	XLPE/PVC 1C-4x120sq +E70sq	G80 / CABLE LADDER
CB-C	ISOLATION TRANS 150KVA	XLPE/PVC 1C-4x120sq +E70sq	G80 / CABLE LADDER
ISOLATION TRANS	ATS-1	XLPE/PVC 1C-4x120sq +E70sq	G80 / CABLE LADDER
ISOLATION TRANS	ATS-2	XLPE/PVC 1C-4x120sq +E70sq	G80 / CABLE LADDER
GENERATOR	ATS-1	XLPE/PVC 1C-4x120sq +E70sq	G80 / CABLE LADDER
GENERATOR	ATS-2	XLPE/PVC 1C-4x120sq +E70sq	G80 / CABLE LADDER
ATS-1	CB-E	XLPE/PVC 1C-4x120sq +E70sq	G80 / CABLE LADDER
ATS-2	CB-E	XLPE/PVC 1C-4x120sq +E70sq	G80 / CABLE LADDER
CB-E	ISOLATION TRANS 75KVA(EQUIP WORK)	XLPE/PVC 1C-4x120sq +E70sq	G80 / CABLE LADDER
MDB-1	P-1	XLPE/PVC 4C-30sq +E22sq	G570 / CABLE LADDER
MDB-1	P-2	XLPE/PVC 4C-16sq +E16sq	G570 / CABLE LADDER
MDB-1	P-3	XLPE/PVC 4C-16sq +E16sq	G40 / CABLE LADDER
MDB-1	P-4	XLPE/PVC 4C-16sq +E16sq	G40 / CABLE LADDER
MDB-1	7LP-1	XLPE/PVC 4C-16sq +E16sq	G40 / CABLE LADDER
MDB-1	ALARM PANEL	XLPE/PVC 4C-16sq +E16sq	G40 / CABLE LADDER
Power Distribution Board	DB-A	XLPE/PVC 2C-10sq +E10sq	G40 / CABLE LADDER
Power Distribution Board	DB-B	XLPE/PVC 2C-10sq +E10sq	G40 / CABLE LADDER
MDB-1	Commercial Power Voltage Controller 150KVA	XLPE/PVC 1C-4x85sq +E50sq	G70 / CABLE LADDER
AVR 100KVA	MDB-1	XLPE/PVC 1C-4x85sq +E50sq	G70 / CABLE LADDER

SPARE PARTS LIST FOR LIGHTNING PROTECTION SYSTEM

FROM	DESCRIPTION	UNIT
CB-A	MCCB 4P300A	1
ARRESTER	MULTI-ARRESTER 4P	2
CB-C	MCCB 4P300A	1
ATS-1	UNDER VOLTAGE RELAY	1
	CHANGE OVER SWITCH	1
	RELAY	4
MDB-1	MCCB 3P300A	1
	FUSE	6
	INDICATING LAMP	3
	VOLTAGE AMPERE INDICATOR	1
	ARRESTER 3P	2
CB-E	MCCB 3P300A	7
	RELAY	1
	FUSE	4
GENERATOR	CONTROL CIRCUIT BOARD	1
	RELAY	4
	FUSE	4
	VOLT METER	1



パキスタン・イスラム共和国
サッカ氣象レーダー整備計画

サッカ氣象レーダー塔施設
幹線・動力設備系統図

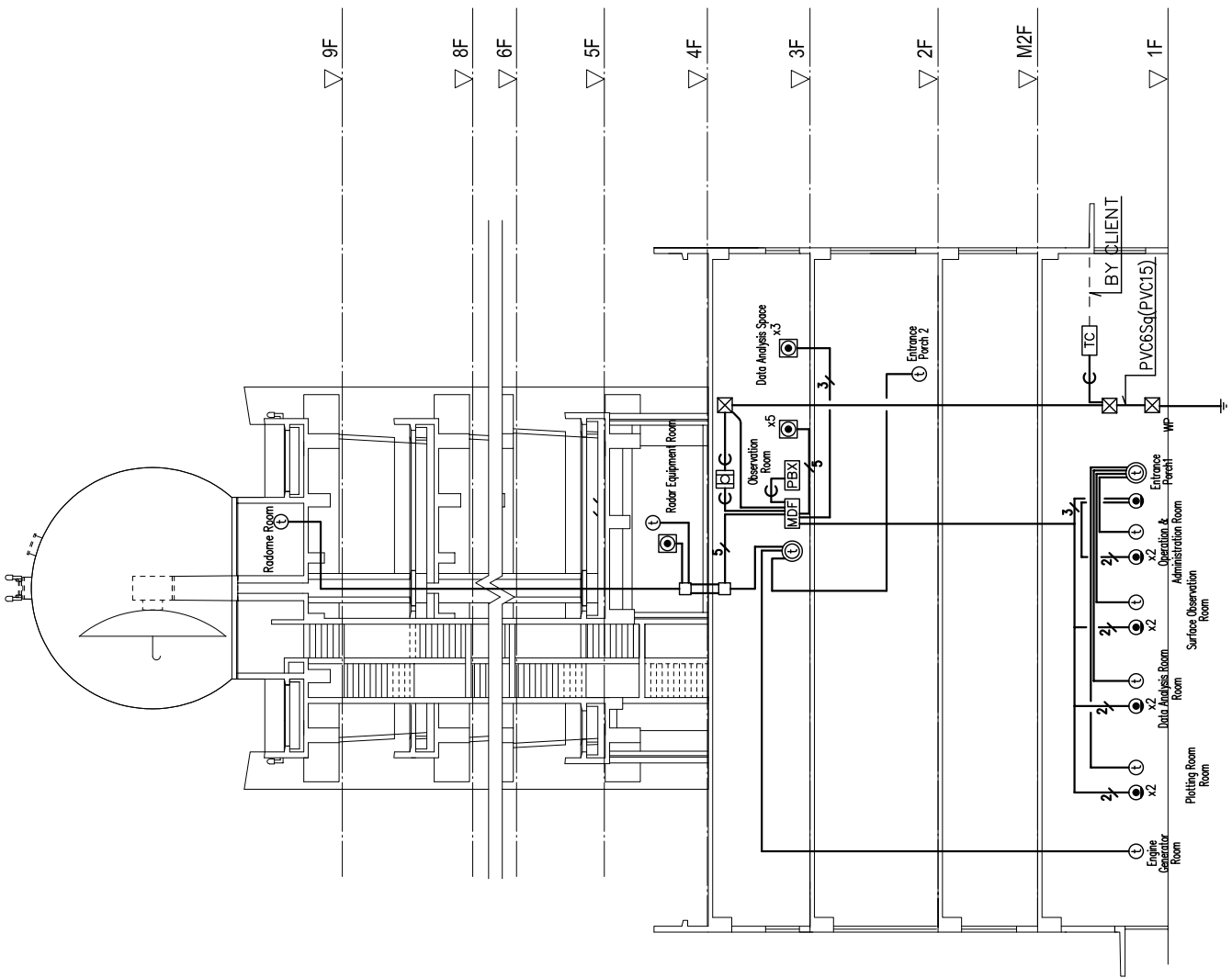
DRAWING No.
SD-02

SCALE
NONE

DRAWING TITLE

International Meteorological Consultant Inc.
Aino Building 2F, 1-1-13 Nishi-Gomaba, Shingagawaku, Tokyo 141-0031, Japan
Tel. +81-3-5443-9859 Fax. +81-3-5443-9759





REMARK

- C— : —C— (G36)
- /— : TIEV 0.65-4C (G20)
- 2— : TIEV 0.65-4Cx2 (G20)
- 3— : TIEV 0.65-4Cx3 (G25)
- /— : TIEV 0.65-4C (UNDER THE ACCESS FLOOR)
- 2— : TIEV 0.65-4Cx2 (UNDER THE ACCESS FLOOR)
- 3— : TIEV 0.65-4Cx3 (UNDER THE ACCESS FLOOR)
- : AE 0.9-2C (G20)
- : AE 0.9-2C (UNDER THE ACCESS FLOOR)
- PBX : PBX COT. 5L , EXT. 15L
- MDF : MAIN DISTRIBUTION FRAME 30P TELEPHONE 7UNIT
- ⊙ : TELEPHONE OUTLET (MODULAR JACK)
- ⊙ : TELEPHONE OUTLET SLAB MOUNT
- B : ARRESTER
- ⊙ : INTERCOM (POWER SUPPLY FOR INTERCOM)
- ⊙ : INTERCOM
- ⊗ : PULL BOX 200x200x200 (WATER PROOF TYPE)
- TC : INCOMING TERMINAL FRAME



International Meteorological Consultant Inc.
 Avino Building 2F, 1-1-13 Nishi-Gomaba, Shingagawaku, Tokyo 141-0031, Japan
 Tel. +81-3-5443-9859 Fax. +81-3-5443-9759

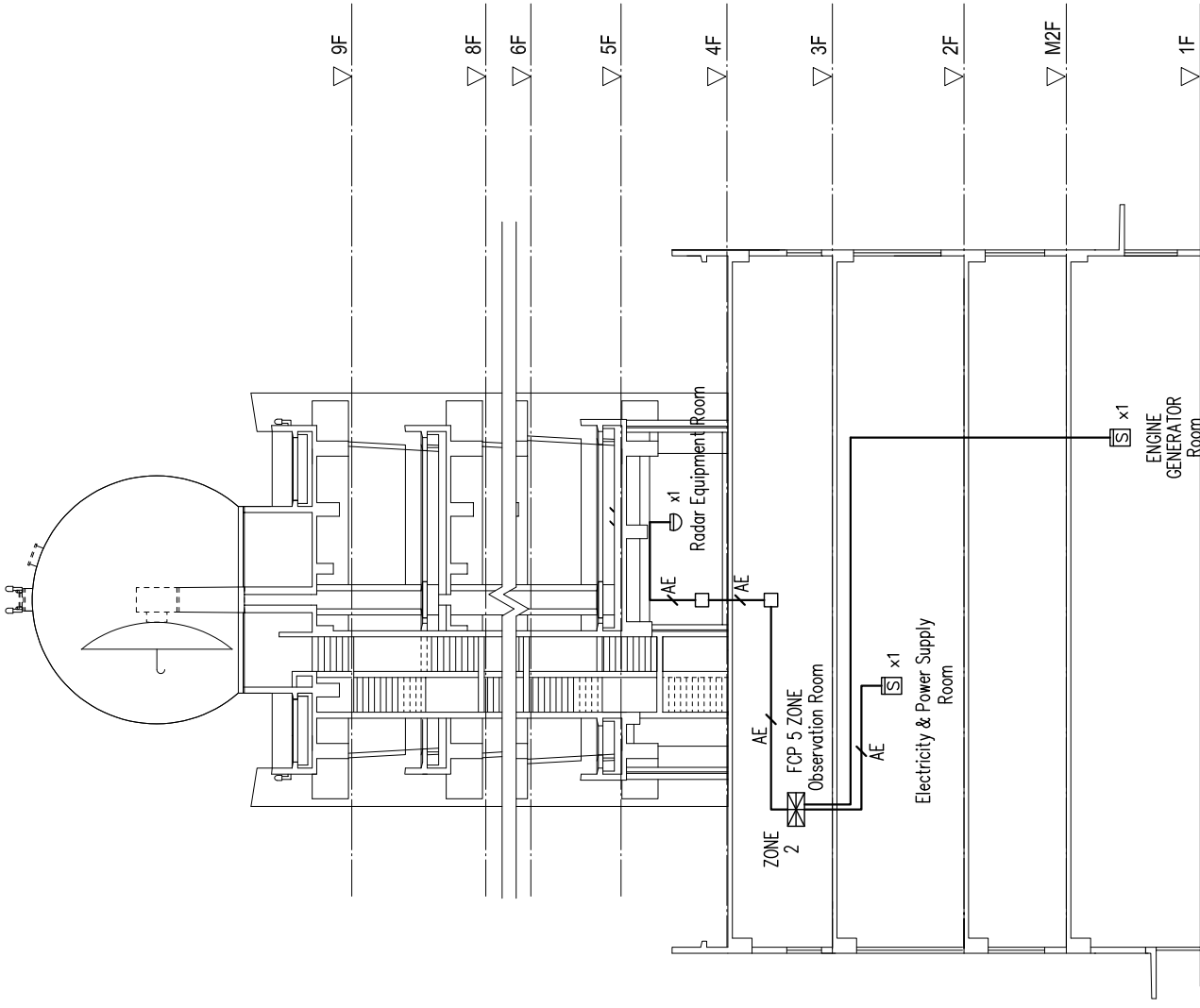
パキスタン・イスラム共和国
 サッカ氣象レーダー整備計画




DRAWING TITLE
 サッカ氣象レーダー塔施設
 電話・インターホン設備系統図

SCALE
 NONE

DRAWING No.

SD-03



-  FIRE ALARM CONTROL PANEL 5 ZONE
-  SMOKE DETECTOR (PHOTO TYPE)
-  RATE OF RISE HEAT DETECTOR

DRAWING No. SD-04

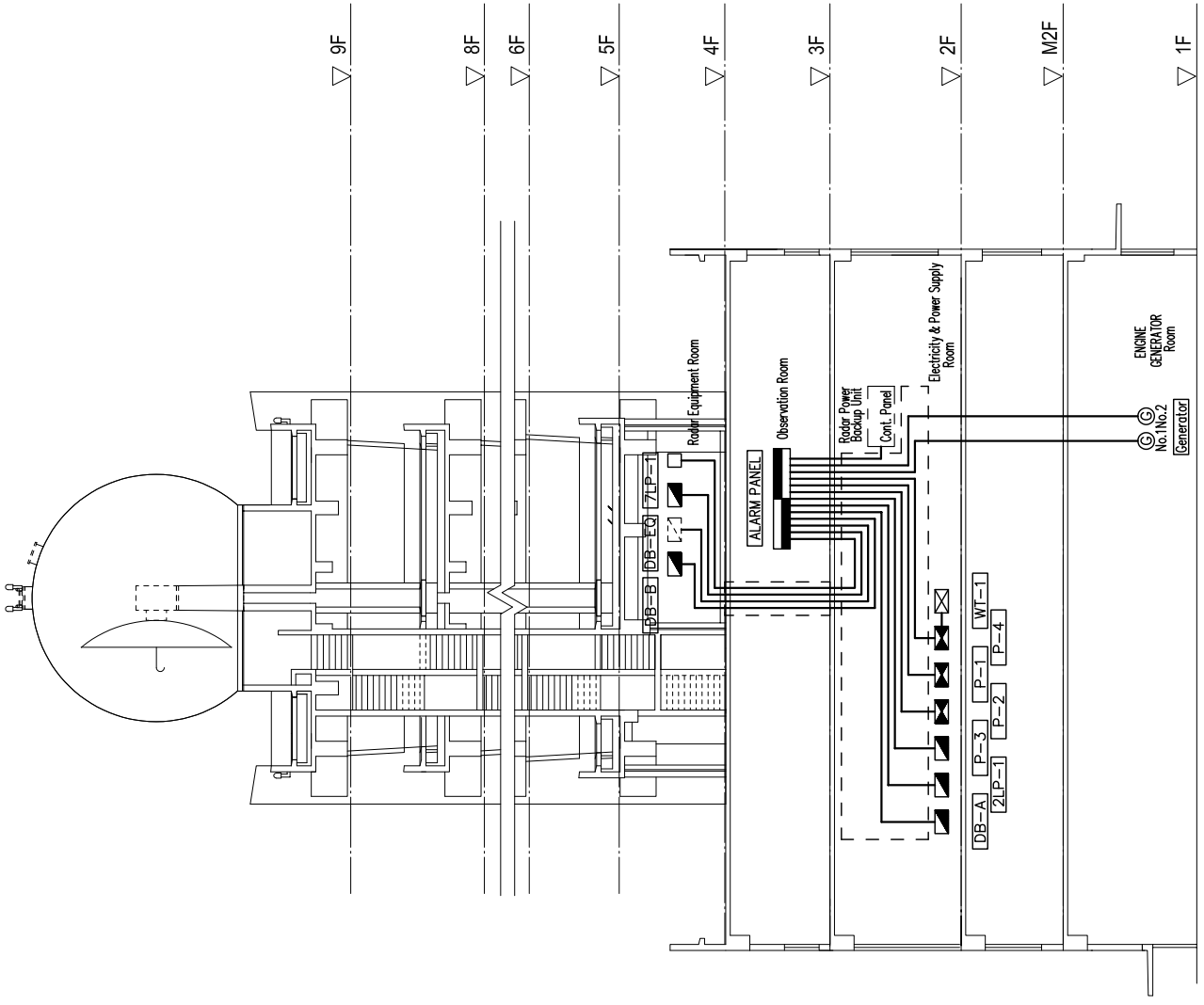
SCALE NONE

DRAWING TITLE
 サツカル気象レーダー塔施設
 火災報知設備系統図

パキスタン・イスラム共和国
 サツカル気象レーダー整備計画

International Meteorological Consultant Inc.
 Avino Building 2F, 1-16-16 Nishi-Gomme, Shibuya-ku, Tokyo 141-0031, Japan
 Tel. +81-3-5443-9859 Fax. +81-3-5443-9759





□ TEMPERATURE SWITCH
FOR ROOM TEMPERATURE ALARM



International Meteorological Consultant Inc.
 Avino Building 2F, 1-14-8 Nishi-Gomaba, Shinagawa-ku, Tokyo 141-0031, Japan
 Tel. +81-3-5443-9859 Fax. +81-3-5443-9759

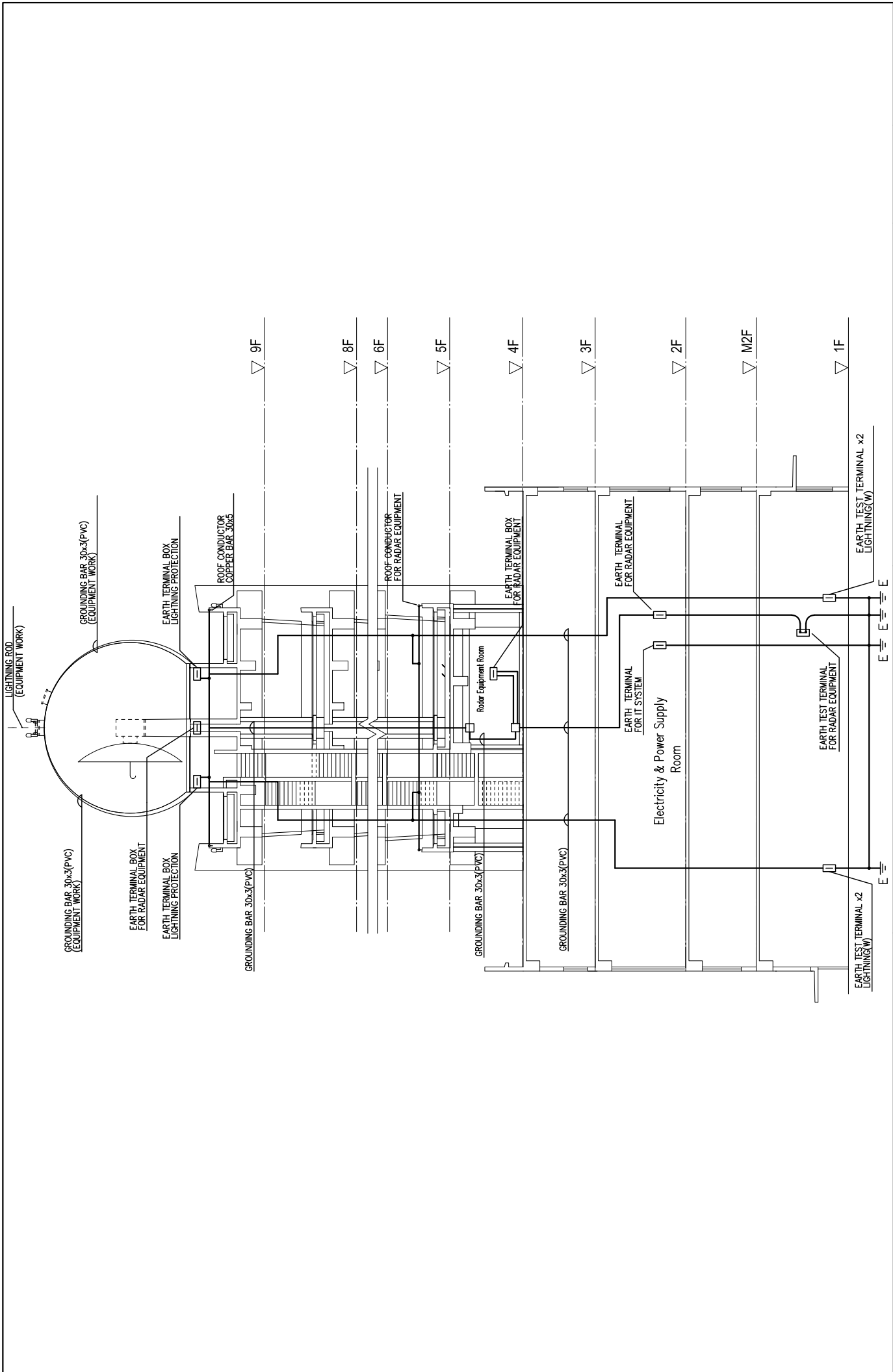
パキスタン・イスラム共和国
 サッカル気象レーダー整備計画

DRAWING TITLE
 サッカル気象レーダー塔施設
 警報設備系統図

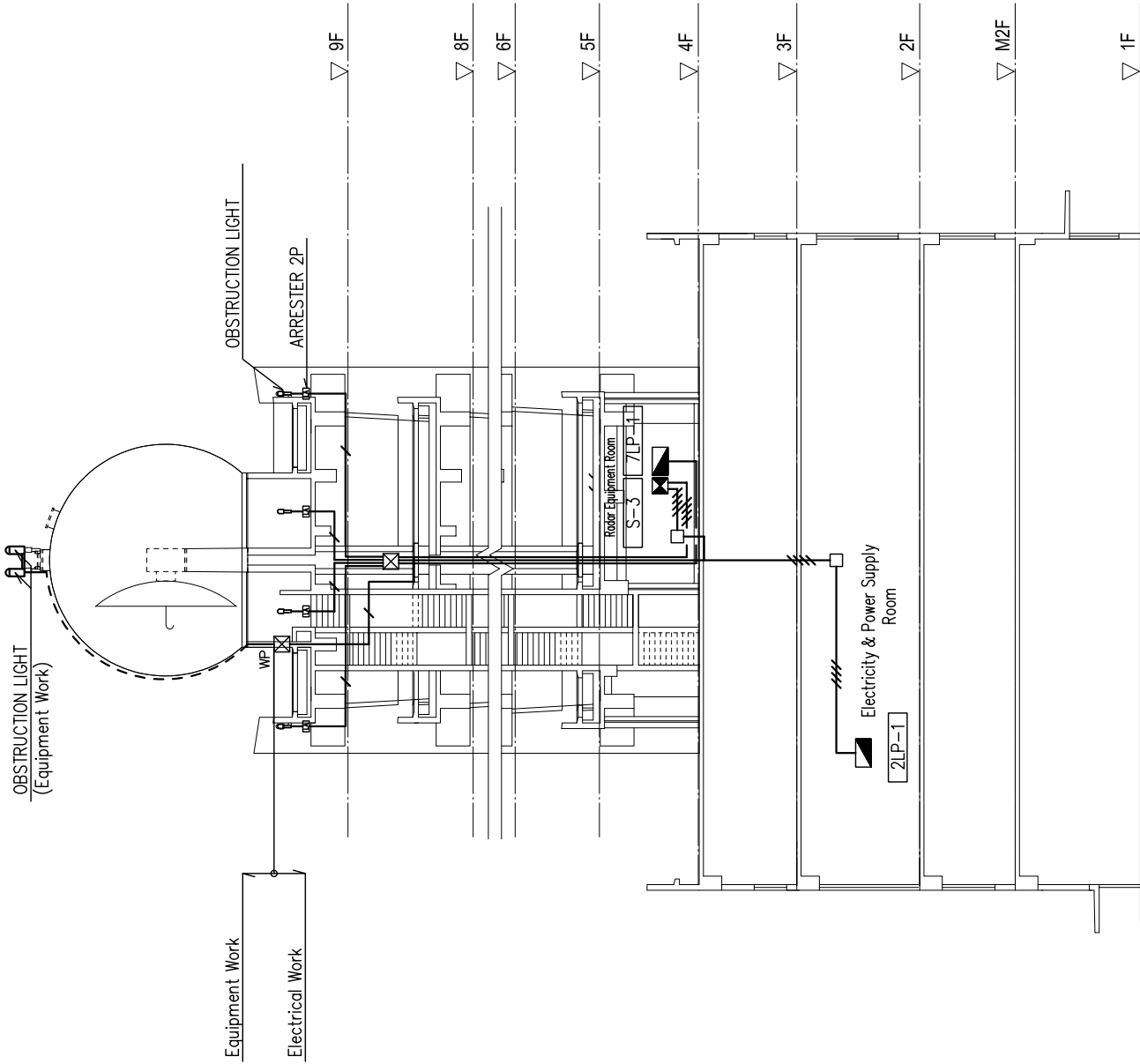
SCALE
 NONE

DRAWING No.

SD-05



DRAWING No. SD - 06	SCALE NONE	DRAWING TITLE サッカカル気象レーダー塔施設 避雷・接地設備系統図	パキスタン・イスラム共和国 サッカカル気象レーダー整備計画	International Meteorological Consultant Inc. Avinu Building 2F, 1-1-6 Nishi-Gomanda, Shingagawaku, Tokyo 141-0031, Japan Tel. +81-3-5443-9859 Fax. +81-3-5443-9759
------------------------	---------------	---	----------------------------------	--



International Meteorological Consultant Inc.
 Avino Building 2F, 1-1-6 Nishi-Gotanda, Shibuya-ku, Tokyo 141-0031, Japan
 Tel. +81-3-443-9859 Fax. +81-3-443-9759

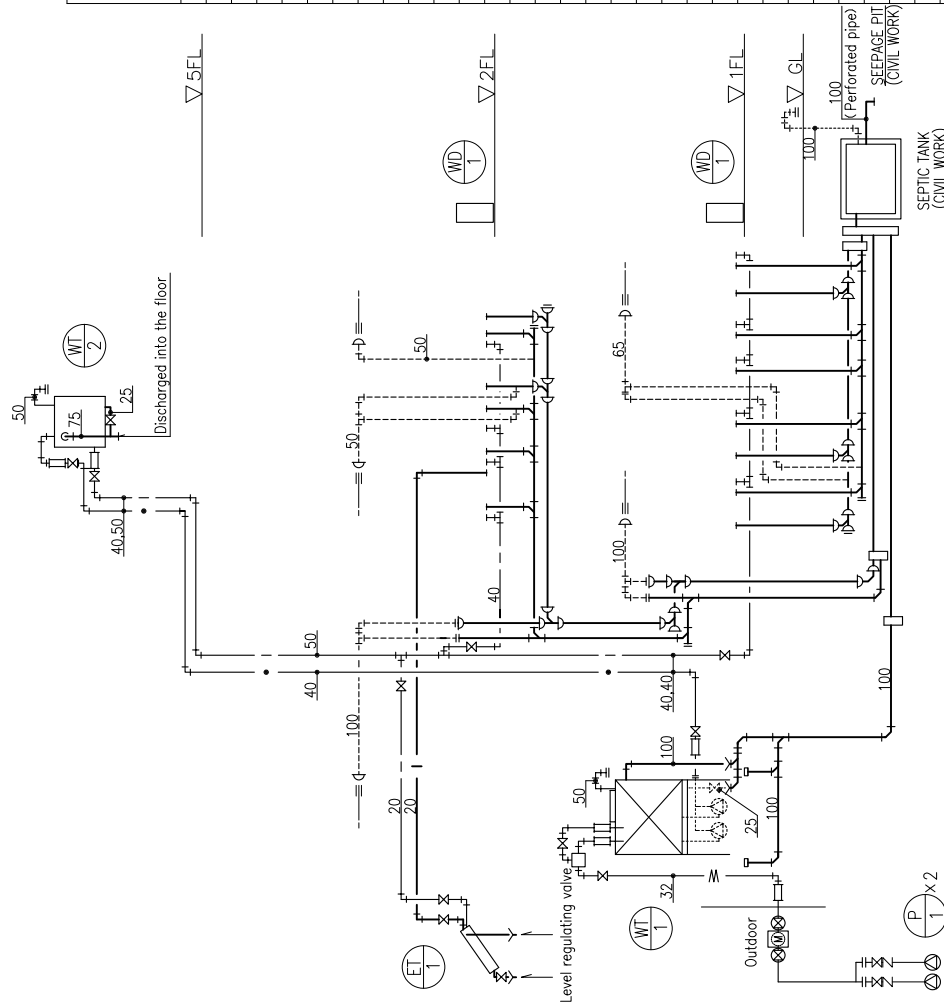
パキスタン・イスラム共和国
 サッカール気象レーダー整備計画

DRAWING TITLE
 サッカール気象レーダー塔施設
 航空障害灯設備系統図

SCALE
 NONE

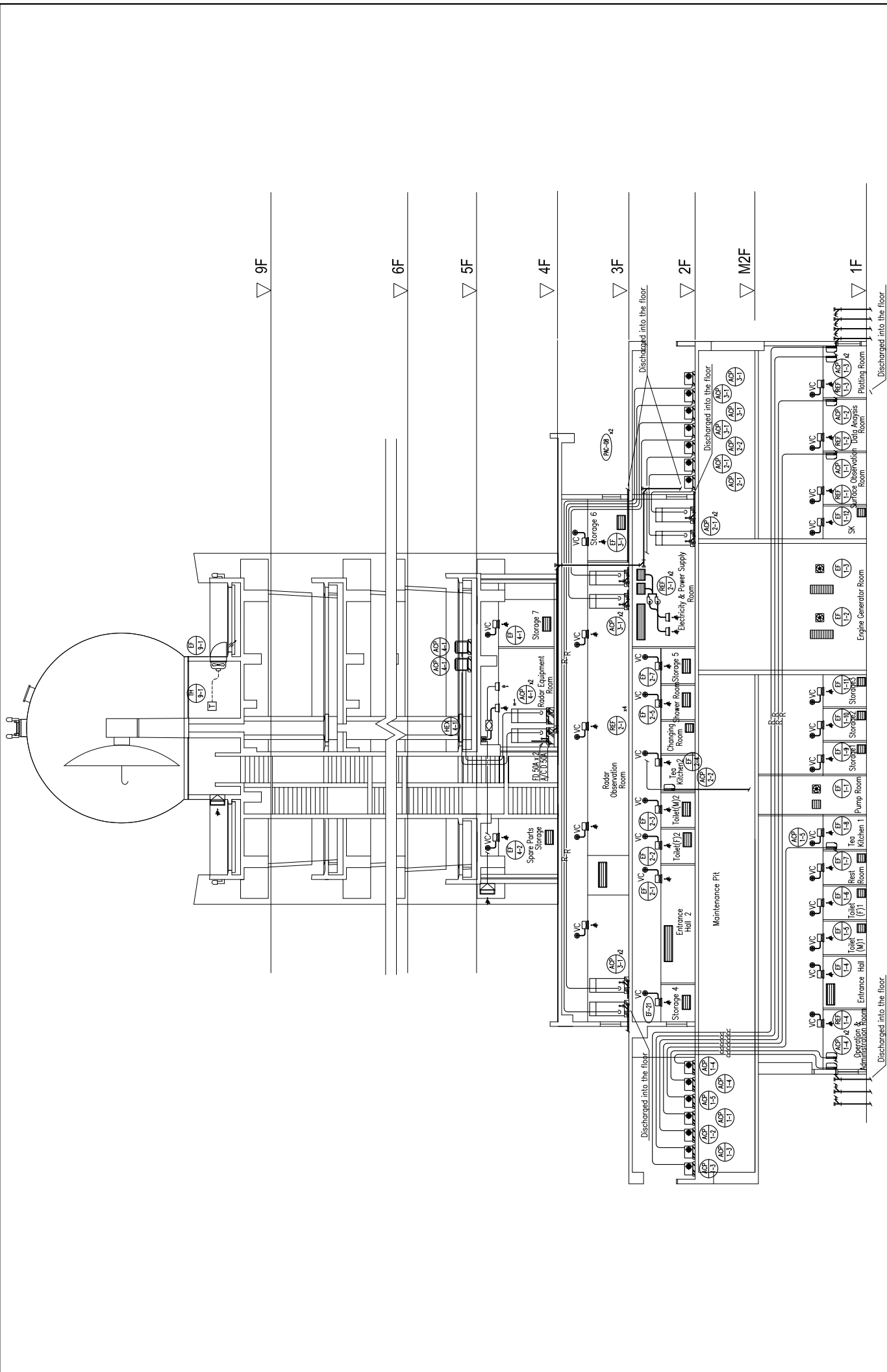
DRAWING No.

SD-07



ITEM	FLOOR					TOTAL	REMARK
	1F	2F	5F	ROOF	ROOF		
WATER CLOSET	1	1	1			5	
LAVATORY	1	1	1			5	
PAPER HOLDER	1	1	1			5	
FAUCET	1	1	1	1	1	11	
MIRROR	1	1	1			5	
SHOWER HEAD		1				1	
KITCHEN SINK	1					1	
URNAL						2	
SERVICE SINK	1	1				2	
HAND SHOWER	1	1				5	

NO.	NAME	SPECIFICATION	Q'TY	POWER SUPPLY				LOCATION	REMARKS
				PHASE	VOLT (V)	FREQUENCY (Hz)	MOTOREMERGENCY POWER SUPPLY (KW)		
WT-1	POTABLE WATER TANK / PUMP	FRP Tank Rated capacity 4.0 m ³ Dimension 2,500 x 1,500 x 1,500H Accessories Manhole 600φ Electrode 4P Constant pressure type pump 32 φ x 40 l/min x 370 kpa x 2 pcs (1 spare)	1				○	1F Pump Room	RC FOUNDATION (CIVIL WORK)
WT-2	POTABLE WATER GRAVITY TANK	FRP tank Rated capacity 2.0 m ³ Dimension 1,000 x 1,500 x 1,500H Earthquake proof 2.0G (Wind - Proof type) Accessories manhole 600 φ Electrode 4P	1					6FL Roof	RC FOUNDATION (CIVIL WORK)
P-1	PUMP	Model : Deep Well Submerged Pump (50mDeep) stainless steel 25 φ x 30 l/min x 1350 kpa Accessories : Panel, Ball valve, Check valve Automatic alternate operation	2	3	230	50	1.5	Out door	Automatic- alternate operation
ET-1	Solar powered water heater	Model : Natural circulation 2 circuits type Dimension: Solar heater panel 2010x1250x80 Heat to collect Area : 2.5m ² Water storage volume : 200 LIT	1					3F Balcony	
ABC	FIRE EXTINGUISHER	ABC Dry chemical, wall hang 10 Lbs Discharge time 14 sec	3					Each room	
CO2	FIRE EXTINGUISHER	Carbon dioxide, wall hang 10 Lbs Discharge time 14 sec	5					Each room	
WD-1	Water Dispenser	Hot & Cool Water type	2	1	230	50	0.5	Tea Kitchen, 1, 2	
	SEPTIC TANK (CIVIL WORK)	Septic tank & Seepage pit (RC type, Civil work)	1					Out door	



DRAWING No. SD - 09

SCALE NONE

DRAWING TITLE
 サツカル気象レーダー塔施設
 空調・換気設備系統図

パキスタン・イスラム共和国
 サツカル気象レーダー整備計画

International Meteorological Consultant Inc.
 Avino Building 2F, 1-1-6 Nishi-Gomaba, Shingagawaku, Tokyo 141-0031, Japan
 Tel. +81-3-5443-9859 Fax. +81-3-5443-9759

