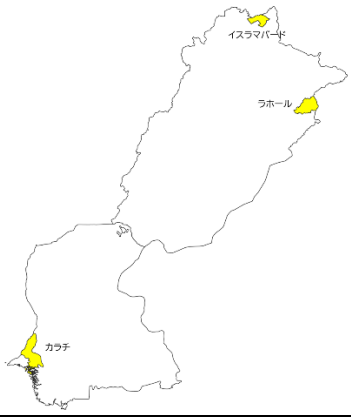



## 2024 年度 簡易型 外部事後評価結果票:無償資金協力

外部評価者：石本樹里 フォーティエンスコンサルティング株式会社<sup>1</sup>

調査期間：2024 年 11 月～2026 年 1 月

現地調査：2025 年 4 月 19 日～2025 年 5 月 2 日

国名 パキスタン	カラチ気象観測用レーダー設置計画
	
プロジェクトサイト（出典：評価者作成）	カラチ気象レーダー塔施設（出典：完了届別冊資料集）

## I 案件概要

事業の背景	<p>パキスタンでは、洪水やサイクロンなどの自然災害が頻発しており、2010 年のインダス川大洪水に代表される大規模災害も度々発生している。特にモンスーン期（6 月～10 月）及びサイクロン発生期（5 月～6 月、10 月～11 月）には、大雨や強風を伴う気象現象が発生しやすく、これらを的確に監視するためのレーダーシステムの整備は不可欠である。本事業の計画時点において、カラチ気象レーダーは南部パキスタンにおける熱帯サイクロン等の気象災害に対する早期警戒と対応の要として、重要な役割を果たしていた。しかし、同レーダーは老朽化により性能が著しく低下しており、数年以内に完全に機能停止に至る可能性が指摘されていた。万一レーダーが停止した場合、災害をもたらす気象現象の監視手段を喪失するという重大なリスクを抱えていた。このような状況を踏まえ、カラチ気象レーダーの更新は、南部地域の防災体制を維持・強化するうえで喫緊の課題と位置付けられた。</p>
事業の目的	<p>老朽化による機能不全が見られるカラチ気象レーダーシステムを更新することにより、パキスタン気象庁の気象観測能力の向上を図り、もってサイクロンや洪水等の自然災害による被害の軽減及び同国における人間の安全保障の確保と社会基盤の改善に寄与する。</p>
実施内容	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 事業サイト：カラチ、イスラマバード、ラホール</li> <li>2. 日本側： <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 気象レーダー塔（1 棟） 設置場所： カラチ気象事務所</li> <li>2) 気象レーダーデータ表示システム<sup>2</sup> 設置場所： (ア) カラチ気象レーダー塔 (イ) カラチ熱帯サイクロン警報センター（Tropical Cyclone Warning Center。以下、「TCWC」という。） (ウ) カラチ国際空港気象事務所（Meteorological Office at Karachi International Airport） (エ) 国家気象予報センター（National Weather Forecasting Center。以下、「NWFC」という。） (オ) 新イスラマバード国際空港内気象事務所（Meteorological Office at New Islamabad International Airport） (カ) ラホール洪水予報部（Flood Forecasting Division。以下、「FFD」という。）</li> <li>3) その他 (ア) コンサルティングサービス：詳細設計、施工監理等 (イ) ソフトコンポーネント：気象レーダー観測・維持管理・保守</li> </ol> </li> <li>3. 相手国側： <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 建設敷地の整地</li> <li>2) カラチ気象レーダー塔施設に必要な商用電源の基幹電気ラインからの敷設</li> <li>3) カラチ気象レーダーシステムの観測データ送信に必要な VPN（Virtual Private</li> </ol> </li> </ol>

<sup>1</sup> 株式会社メトリクスワークコンサルタンツより補強にて従事。<sup>2</sup> 取得したレーダーデータを解析・可視化するためのシステムであり、気象観測センターや運用拠点に設置されている。

	Network) の構築 4) 信頼性が高く、高速なインターネット環境の提供 5) 供給機材 (PC 端末及び周辺機器) への IP アドレスの提供 等			
事業実施スケジュール	交換公文締結日	2015 年 7 月 8 日		
	贈与契約締結日	2015 年 7 月 8 日	事業完了日	2021 年 11 月 5 日 (引き渡し日)
事業費	交換公文供与限度額・贈与契約供与限度額：1,949 百万円		実績額：1,841 百万円	
相手国実施機関	パキスタン気象庁 (Pakistan Meteorological Department。以下、「PMD」という。)			
案件従事者	本体：三菱商事株式会社/飛鳥建設株式会社 (JV) コンサルタント：日本気象協会/株式会社国際気象コンサルタント (International Meteorological Consultant Co., Ltd。以下、「IMC」という。)(JV)			

## II 評価結果

### 【要旨】

本事業は、老朽化により機能不全が見られたカラチ気象レーダーを更新し、パキスタン気象庁の気象観測能力の向上を通じて、サイクロンや洪水等の自然災害による被害の軽減、ひいては同国における人間の安全保障の確保と社会基盤の改善に寄与することを目的として実施された。

本事業は、実施当時のパキスタンの開発政策や災害対策ニーズに合致しており、日本の開発協力方針との整合性も確認されている。加えて、JICA の他の技術協力事業等との連携を通じて、本事業の成果は相乗的に発揮された。総じて事業の妥当性と整合性は高い。

有効性については、風速観測、降雨探知範囲、積算雨量データ、空間分解能、階調数等の主要指標において、目標を達成し、カラチ気象レーダーの観測性能は大幅に向上した。特に、サイクロン等の極端気象の早期検出や詳細監視、進路予測において有用な情報提供が可能となり、災害時の警報発出・避難促進に貢献している。2023 年のサイクロン「Biparjoy」では、レーダー観測に基づく早期警戒が行われ、住民の避難行動が促進された。こうした成果から、事業の有効性・インパクトは高い。

効率性については、事業費は計画内に収まったものの、事業期間は計画を大幅に上回ったため、やや低い。

持続性については、政策的支援や技術・人材面での体制整備はおおむね良好であり、レーダー運用課による 24 時間体制での監視や点検マニュアルの整備、社内研修、OJT の実施により、レーダーの安定運用が維持されている。財務面では、電力単価の上昇により運用コストが当初見積の 5～6 倍に増加しているものの、乾季には降雨が少ないことから運用頻度を抑え、雨期にはほぼ常時運用するなど、状況に応じた柔軟な運用調整が行われている。また、現時点までに運用を妨げるような故障は発生しておらず、大規模な修繕も想定されていない。これらの点を踏まえ、持続性に大きな懸念はないと判断される。

以上より、本事業の評価は非常に高いといえる。

総合評価 <sup>3</sup>	A	妥当性・整合性	③ <sup>4</sup>	有効性・インパクト	③	効率性	②	持続性	③
-------------------	---	---------	----------------	-----------	---	-----	---	-----	---

### 【留意点/評価の制約】

・本事業のアウトカム (気象観測能力の向上) の達成度を検証するにあたり、事後評価時に追加の指標を設定した。具体的には、「カラチ気象レーダーの更新により気象観測の質が向上しているかどうか」を指標とし、更新後にどのような性能向上が見られたか、またその向上が気象観測の質にどのように寄与したかを分析することで、アウトカムの達成度を評価した。

・カラチの住民が気象情報にアクセスできているか、またその情報が気象災害の被害軽減に役立っていると認識しているかを確認するため、簡易住民インタビューを実施した。調査対象は、貧困層に属するコミュニティから男女のバランスを考慮して選定し、特に洪水等の自然災害に対する脆弱性が高いとされる河川周辺の住民に着目した。具体的には、マリール川流域に居住する貧困世帯の中から 20 世帯を対象とした。治安上の懸念を踏まえ、インタビューは現地事情に精通した調査補助員のみで実施した。

### 1 妥当性・整合性

#### 【妥当性】

・事前評価時のパキスタン政府の開発政策との整合性

本事業は、パキスタン政府の中長期的な開発政策及び防災戦略との高い整合性を有している。まず、「ビジョン 2025」(2014 年～2025 年) では、水関連の持続可能な災害レジリエンスの確立が優先課題として位置付けられており、本事業における気象レーダーシステムの更新は、気象災害に対する監視能力の強化を通じて、この方針の実現に資するものである。

また、「国家防災管理計画」(2012 年～2022 年) では、災害介入策の一環として、気象レーダーシステムの整備や水位観測網の拡充が明記されており、本事業の内容と直接的に合致している。

さらに、「マルチハザード早期予警報計画」(2012 年～2022 年) においては、気象予報の能力強化や早期警報システムの構築・伝達体制の強化が主要戦略として示されており、本事業が目指す気象観測能力の向上や災害リスク軽減への貢献は、これらの戦略目標とも整合的である。

<sup>3</sup> A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

<sup>4</sup> ④：「非常に高い」、③：「高い」、②：「やや低い」、①：「低い」

・事前評価時のパキスタンにおける開発ニーズとの整合性

事前評価時点において、パキスタンでは洪水やサイクロン等の気象災害が頻発しており、特に南部では監視体制の強化が喫緊の課題であった。本事業は老朽化したカラチ気象レーダーを更新するものであり、同国の防災分野における開発ニーズとの整合性が認められる。

【整合性】

・我が国の国別開発協力方針及び事業展開計画との整合性

「対パキスタン国別援助方針」（2012年）では、重点分野の一つとして「人間の安全保障の確保と社会基盤の改善」が掲げられており、その中で「防災対策支援」が主要な開発課題として位置付けられている。気象災害に対する早期警戒能力の強化を目的とする本事業は、同方針の趣旨に合致しており、災害リスクの低減を通じて人命の保護及び持続可能な開発に貢献するものである。

・内的整合性

本事業は、JICAの他事業との間で高い内的整合性を有している。具体的には、事前評価時より、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」<sup>5</sup>（2014年～2020年）で構築されたネットワークを活用し、カラチ気象レーダーの観測データをイスラマバードの国家気象予報センター（NWFC）等へ伝送することが計画されていた。

実際に、本事業を通じて導入されたデータ通信システムにより、カラチ気象レーダーのデータはTCWC（熱帯サイクロン警報センター）、カラチ国際空港気象事務所、NWFC等の複数拠点に転送されており、その際、同無償資金協力で整備されたVPNサーバが通信インフラとして活用されている。これにより、サイクロン監視、海上監視、航空管制等の分野において具体的な運用成果が確認されており、両事業の相乗効果により本事業の効果が一層高まっている。

・外的整合性

本事業の計画段階において、TCWCは国際海事衛星（INMARSAT）を通じて世界の船舶へ情報を配信しており、本事業でレーダーの観測能力が向上することにより、この国際的な責務をより高い精度で果たすことが可能となり、海上交通の安全に貢献していることが期待されていた。

【評価判断】

以上より、本事業の妥当性・整合性は高い<sup>6</sup>。

2 効率性

軽微な変更はあったものの、各アウトプットはおおむね計画通りに産出された<sup>7</sup>。また、PMDによると、パキスタン側負担事項も計画どおり履行された。

事業費総額は、計画額 1,977 百万円に対し実績は 1,874 百万円となり、計画内に収まった（計画比 95%）。内訳として、日本側事業費は計画額 1,940 百万円に対し実績 1,841 百万円（計画比 94%）、パキスタン側負担分は計画 37 百万円に対し実績 33 百万円（計画比 90%）であった<sup>8</sup>。

本事業の事業期間は、当初 2015 年 9 月から 2018 年 9 月までの 37 カ月とされていたが、2 度の期間変更を経て、最終的に 2015 年 7 月から 2021 年 12 月までの 78 カ月に延長された。実際の完了時期は 2021 年 11 月であった。2020 年 12 月から 2021 年 12 月までの G/A 贈与期限の延長は、新型コロナウイルス感染症の影響により、最終年の雨期に予定されていた技術指導が実施できず、雨期中の現地作業が延期されたことが主な理由であった。このような外部要因を踏まえると、実質的な実績期間は新型コロナウイルス感染症の影響分を（13 カ月）差し引いた 65 カ月とみなすことができ、計画比では 176%となり、当初計画を大幅に上回ったと判断される。

【評価判断】

以上より、本事業の効率性はやや低い。

3 有効性・インパクト<sup>9</sup>

【有効性】

運用・効果指標の達成状況

本事業のアウトカム（気象観測能力の向上）の達成度を検証するために設定された指標及びその実績は、下表のとおりである。本事業の完了以降、故障その他の理由によるカラチ気象レーダーの長期停止事例は確認されておらず、また、これまで災害時に対応できなかったという問題も発生していない。カラチ気象レーダーの更新により、基準年と比較して、風速観測、降雨探知範囲、積算雨量データ取得、空間分解能、階調数の各指標が大幅に向上し、目標水準を達成している。

<sup>5</sup> パキスタンでは、気候変動の影響により豪雨、洪水、サイクロンなどの気象災害が頻発しており、数日から 10 日程度の中期予測能力の強化が喫緊の課題となっていた。本事業は、特別中期気象予報センター（Specialized Medium Range Forecasting Center。以下、「SMRFC」という。）の設立に加え、数値予報システム、通信ネットワーク、人材育成の支援を通じて、同国の気象予報能力及び情報提供体制の強化を図るものであった。

<sup>6</sup> 妥当性は③、整合性は③。

<sup>7</sup> 基礎構造・給水接続先・機材機種に関する軽微な設計変更があり、いずれも JICA の承認を経て実施された。（出所：JICA 提供資料）

<sup>8</sup> 出所：PMD 提供資料

<sup>9</sup> 有効性の判断にインパクトも加味して、レーティングを行う。

## &lt; 定量的効果 &gt;

指標	基準年 2015 年 計画年	目標年 2021 年 事業完成 3 年後	実績値 2021 年 事業完成年	実績値 2022 年 事業完成 1 年後	実績値 2023 年 事業完成 2 年後	実績値 2024 年 事業完成 3 年後
カラチにおける 最大 75m/秒まで の風速観測 (気象 レーダーの半径 200km 内)	なし	あり	あり	あり	あり	あり
カラチ気象レー ダーによる雨量 強度 1mm/h 以上 の降雨探知範囲 (半径 km)	350	450	450	450	450	450
カラチ気象レー ダーの1時間当 たりの積算雨量デ ータ	なし	あり	あり	あり	あり	あり
カラチ気象レー ダーの降雨デー タの空間分解能 及び観測間隔 (平 均メッシュ km)	81.9	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
カラチ気象レー ダーの降雨デー タの階調	6	256	256	256	256	256

出所：PMD 質問票回答、PMD へのインタビュー

補完指標：更新後の性能がどのように向上し、その向上が気象観測の質にどのように貢献したか

カラチ気象レーダーの更新前は、老朽化の影響により、風速や降雨量の高精度な観測が困難であり、特にサイクロンの早期検出や詳細な監視に課題があった。更新後は、風速 75m/s までの観測や高解像度の降雨データ取得が可能となり、サイクロンの強度や進路をより正確に把握できるようになった。

下表は、更新前後における主要な機能の改善点と、それに伴う観測の質の向上を整理したものである。このように、カラチ気象レーダーの更新により、風速観測、降雨探知範囲、空間分解能、階調数、3次元観測機能といった主要性能が大幅に向上し、それに伴って、サイクロンなどの極端気象現象に関する早期検出、強度・進路の精緻な把握、迅速な警報発出など、気象観測の質は格段に向上したと判断できる。

表 1 カラチ気象レーダー更新による観測機能の改善点

機能項目	更新前の課題	更新後の改善点	向上した観測の質
風速観測能力	レーダー老朽化によりドップラー風速観測 <sup>10</sup> が不能で、手動観測のみ。	最大 75m/s までの高風速を自動で観測可能に改善。	サイクロンの強度や風構造を正確に把握。
降雨探知範囲	探知可能範囲は半径 350km までに限られ、遠方監視が不十分	探知範囲が半径 450km まで拡大し、1mm/h 以上の降雨を探知可能に改善。	サイクロンの早期発見と長時間追跡が可能に。
積算雨量データの空間分解能・観測間隔	平均 81.9km メッシュ、3 時間間隔と粗く即時性が低い。	約 2.5km メッシュ、数分ごとの観測が可能に改善。	サイクロンの内部構造や降雨パターンの詳細な監視が可能に。
降雨データの階調	6 階調表示で定性的にしか把握できず、定量的把握が困難。	256 階調で 0~250mm/h を精密表示可能に改善。	定量的な降雨予測・警報、浸水予測、避難判断が的確に。
3次元観測 (CAPPI <sup>11</sup> 等)	水平面のみ観測で雲の垂直構造を把握できない。	複数仰角観測により CAPPI を生成可能に改善。	サイクロンの立体構造や発達状況をリアルタイム監視。

出所：PMD 質問票回答、PMD へのインタビュー

<sup>10</sup> 通常の気象レーダーが降雨の位置や強さを観測するのにに対し、ドップラー気象レーダーは、電波の周波数変化 (ドップラー効果) を解析することで、降水粒子の移動方向や速度を測定できる。

<sup>11</sup> CAPPI (Constant Altitude Plan Position Indicator) とは、一定高度における水平断面の気象レーダー画像で、雲や降雨の構造を立体的に把握するために用いられる機能を指す。

## 【インパクト】

### ・インパクトの発現状況

本事業は、事前評価時より、サイクロンや洪水等の自然災害による被害の軽減、パキスタンにおける人間の安全保障の確保及び社会基盤の改善が期待されていた。

実際に、2023年6月に発生したサイクロン「Biparjoy」の際には、カラチ気象レーダーによる高精度な観測と早期警戒が行われ、避難行動の促進及び人的被害の抑制に寄与した。また、レーダーデータは水害予測モデルや進路予測の高度化にも活用され、特にサイクロンの進路上に位置し被害リスクが高いシンド州南部において、事前対策に有用な情報を提供した。さらに、海上監視機能の強化により、航行中の船舶が危険海域を回避できるようになり、サイクロン直撃や高波による災害リスクの低減にも貢献した。

住民調査の結果では、95%の回答者が、気象情報が被害回避に役立ったと認識しており、情報の有用性が確認された。これは、カラチにおいてテレビ・ラジオや携帯電話等を通じて気象情報に比較的容易にアクセスできる環境が整っていたことも一因と考えられる。一方で、情報の精度や即時性に関しては改善の余地が残ることも明らかとなった<sup>12</sup>。具体的には、住民調査において全員がPMDからの気象情報をモバイルアプリ、ソーシャルメディア、テレビ等を通じて受信していたものの、情報が「正確かつタイムリーである」と回答したのは約25%にとどまった。また、95%の住民が「被害回避に少なくともある程度役立った」と認識した一方で、「完全に信頼できる」との回答は少なく、多くは「ある程度役立った」ととどまった。特に、豪雨やサイクロンといった極端気象時には、情報の正確性や迅速性へのニーズが一層高いことが確認された。

以下に、事後評価時に確認された具体的なインパクトを記述する。

### サイクロン観測への貢献<sup>13</sup>

サイクロン「Biparjoy」の際、カラチ気象レーダーはサイクロンの目や降雨域の構造を高解像度で観測し、早期警戒及び避難勧告に活用された。これにより数万人規模の避難行動が促され、人的被害の最小化に貢献した。

### 船舶の安全性向上への貢献<sup>14</sup>

海上においては、自動気象観測装置（Automatic Weather Station。以下、「AWS」という。）<sup>15</sup>の設置が難しいことから、レーダーや衛星による監視が重要である。カラチ気象レーダーの更新により、PMDから海洋庁への情報提供が強化され、特にサイクロンの早期検出や進路予測の精度向上によって、船舶が危険海域を事前に回避することが可能となり、海上の災害リスクの低減に具体的に寄与した。

### 人間の安全保障の確保と社会基盤の改善への貢献

カラチ市内の住民への聞き取り調査では、すべての回答者がモバイルアプリ、SNS、テレビなどを通じてPMDからの天気予報を受信していた。また、95%（19人/20人）が、気象災害時にその情報が被害回避に「少なくともある程度役立った」と回答し、実際に外出を控えたり安全な場所へ移動したりといった行動が確認された。

### ・その他、正負のインパクト

#### 環境へのインパクト

本事業は、「JICA 環境社会配慮ガイドライン」（2010年4月）に基づき、環境への悪影響が最小限またはほとんどないと判断され、環境カテゴリ「C」に分類された。実際にも、事業実施段階及び完了後において、PMDによれば、本事業に起因する環境への負の影響は確認されていない。

#### 社会環境（用地取得・住民移転）へのインパクト

事前評価時点で、本事業に伴う用地取得や住民移転は想定されておらず、PMDの報告によれば、実際の事業実施においてもこれらは発生していない。

#### ジェンダー、公平な社会参加を阻害されている人々、社会的システムや規範・人々の幸福・人権へのインパクト

本事業は、災害に脆弱な地域の住民、特に貧困層や弱い立場にある人々の安全確保に資するものであり、間接的にジェンダー、社会的包摂、人権及び幸福の促進にも寄与したと評価される。

サイクロン「Biparjoy」発生時には、レーダーによる高精度な観測と早期警戒情報の発信により、女性や高齢者を含む脆弱層の避難行動が促され、安全確保に貢献した。また、住民調査の結果によると、住民の多くがモバイルアプリやテレビ、SNS等を通じて気象情報を受信し、避難や外出回避といった行動に活用していたことから、情報アクセスの一定の公平性も確認された。

## 【評価判断】

以上より、本事業の有効性・インパクトは高い。

<sup>12</sup> ただし、本調査には以下の制約がある。本事後評価では、男女のバランスに配慮し、カラチのマリーール川周辺に居住する世帯から無作為に男性11名、女性9名の合計20名を抽出し、簡易的なインタビューを実施した。しかし、治安面及び調査期間の制約により、現地調査補助員1名に限られた時間内で対応せざるを得なかった。そのため、サンプルサイズが小さく、結果を一般化するには限界がある点に留意する必要がある。

<sup>13</sup> 出所：TCWC へのインタビュー

<sup>14</sup> 出所：IMC へのインタビュー、カラチ国際空港気象事務所へのインタビュー

<sup>15</sup> 自動で気温、湿度、風速・風向、気圧、降水量などを連続観測・記録する装置。遠隔地や無人地域での気象監視に広く用いられる。

4 持続性<sup>16</sup>

## ・政策・制度

本事業の成果である気象レーダーシステムの持続的な活用は、パキスタンの国家政策及び関連制度において明確に位置付けられており、政策面での支援体制はおおむね確保されている。具体的には、2024年に策定された「国家防災計画（NDMP-2025）」において、早期警報システムの高度化が重点課題として掲げられ、AWS、気象レーダー、上空観測（高層気象）、衛星を活用したマルチハザード早期警報体制の強化が明確に優先事項とされている。また、2024年に更新された「国家洪水防衛計画IV（2017-2027）」においても、気象レーダー網の強化による降雨監視及び洪水予測能力の向上が計画に組み込まれている。

## ・組織・体制

事前評価時には、レーダーの運用・保守を担う技術者体制としてカラチ気象台に36名の配置が計画されていた。一方、事後評価時点では、カラチ気象統括官の下に設置された「気象レーダー運用課」において、ディレクター1名及び職員13名による24時間体制で運用・保守が実施されている。職員は複数の技術職種から構成されており、レーダーの維持管理に必要な人材が確保されている。

この体制により、日次・週次・月次・半年・年次の定期的な保守点検が行われており、人員不足による支障は確認されていない。また、事前評価で記載されていた人員数との相違は、観測部門以外の要員を含んだ記載であったことが確認されており、レーダー専属要員としては必要な人員が確保されていると判断できる<sup>17</sup>。

加えて、レーダー画像の監視については、TCWC（熱帯低気圧警報センター）を中心に、画像表示システムが導入された複数の事務所（既述「I 案件概要 実施内容」参照）においても分担して行われており、組織全体としての監視体制も機能している。

以上より、事業成果の将来的な持続を支える運用体制は、組織・体制両面においておおむね十分に確保されていると評価される。

## ・技術

PMDの担当技術者は、電子工学分野の学士号または準学士号を有する者で構成されており、日常的な運用や保守作業を自立的に実施できる体制が整っている。これらの担当技術者は、組織体制上は主に電子技師に相当し、学士号を有する者は上級電子技師や電子技師として、準学士号を有する者は技師補や電子技師補佐として配置されている。

技術レベルの維持についても、半年ごとに実施される社内研修を通じて、レーダー機器の基本操作、トラブル対応、電源供給システムの取り扱いなどの知識が継続的に更新・共有されている。新規採用者にはOJT（On-the-Job Training）を通じた技術継承が行われており、組織内で持続的な人材育成の仕組みが機能している。

また、カラチ気象レーダー塔内には、レーダー本体やデータ表示システム、周辺機器に関する体系的かつ網羅的なマニュアルが整備されており、日常業務やトラブル時に参照されている。マニュアルには運用開始・停止手順に加え、日次・週次・月次・年次の点検項目が記載されており、標準化された技術的手順に基づく運用が実施されている。さらに、これらの運用はカラチ気象台の「気象レーダー運用課」が中心となって担っており、24時間体制でマニュアルに基づく維持管理を行うことで、安定的な運用が確保されている。

これらの要素を踏まえ、本事業により導入された施設・機材・システムの効果が今後も持続的に発揮されるために必要な技術的基盤は整っていると評価される。

## ・財務

カラチ気象レーダーに関しては、事前評価時の計画において年間電気料金を約100万パキスタンルピー（以下、「PKR」という。）と見積もっていたのに対し、2025年時点では電気単価の上昇により年間550万～600万PKRのコストが発生しており、当初想定との5～6倍に達している。このため、乾季の稼働抑制や雨期への重点運用などの工夫により、運用効率の最適化が図られている。PMD担当者への聞き取りによれば、レーダー専属の人員体制は安定しており、人件費も通常予算内で確保されている。一方で、大型修理や定期検査に係る費用は現行予算には含まれておらず、その都度、追加の政府予算措置を申請する必要があるとされるが、現時点で大規模な修繕や設備更新は想定されていないため、大きな懸念はないと判断される。

各拠点に設置されたデータ表示システムについては、維持管理費がPMDの地方事務所の年間予算から賄われており、費用の規模も小さいことから、現地調査及び関係者からの聞き取りを通じて、問題なく運用されていることが確認された。現時点では必要な維持管理資金も確保されており、財務的な持続性に大きな懸念はないと判断される。

## ・環境社会配慮

本事業は、「JICA 環境社会配慮ガイドライン」（2010年4月）に基づき、環境への悪影響が最小限またはほとんどないと判断され、環境カテゴリ「C」に分類された。実際にも、事業実施段階及び完了後において、PMDによれば、本事業に起因する環境への負の影響は確認されていない。

実施後においても、環境や社会面への重大な影響は報告されておらず、また、現地調査及び関係機関からの聞き取りを通じて、事業に起因する環境社会面での問題は確認されていない。

## ・リスクへの対応

本事業においては、事前評価表及び準備調査報告書において、持続性に係る特段のリスクは明示的に想定されていなかった。実施段階でも、計画時に想定されたリスクへの対応が求められるような重大な事象は発生しておらず、特記すべき

<sup>16</sup> 出所：IMC へのインタビュー、PMD 質問票回答及び聞き取り結果

<sup>17</sup> 事前評価時の36名は、レーダー運用課（22名：上級電子技師1、電子技師3、電子技師補佐1、技師補12、技術補佐1、下級職員4）に加え、開発部門（14名：上級電子技師1、電子技師3、技師補6、下級職員4）を含む総数であった。

対応事例は確認されていない。

#### ・運営・維持管理状況

本事業により整備されたカラチ気象レーダーの運営・維持管理体制は、事後評価時点においておおむね良好であり、日次・週次・月次・年間といった階層的な点検体制に基づき、定期的な保守活動が適切に実施されている。点検記録には担当者の署名欄も設けられており、責任の明確化と記録管理も適切に行われている。長期的なダウンタイムや重大な機能停止の報告はなく、PMD による安定的な運用が確認されている（写真①）。

機材の状態についても、2022 年以降に発生した電源ユニットの発火<sup>18</sup>や送受信機リミッター<sup>19</sup>（Transmitter/Receiver。以下、「T/R」という。）（写真②）、ファンユニット<sup>20</sup>の故障等に対しては、いずれも速やかな交換や対応が行われており、重大な影響は回避されている。ただし、2022 年に交換されたファンユニットの一部で、モニタリング上「作動していない」とのエラー表示が継続している。物理的異常は確認されておらず、原因は不明でソフトウェア不具合が疑われる。この点については、現時点で実際の機能異常は確認されていないものの、引き続き経過観察が必要である。

スペアパーツの管理面では、消耗品や主要部品の多くで予備が確保されており、おおむね適切に管理されている。一方で、T/R リミッターについては今後の故障に備えた調達体制の強化が望まれる。外貨建て調達の制約下で、現地通貨での調達ルートの確保や日本メーカーの現地代理店設置など、安定供給体制の構築に引き続き留意が必要である<sup>21</sup>。

以上を踏まえると、一部に留意すべき点は残るものの、現時点で大きな問題は認められないことから、本事業の運営・維持管理状況はおおむね良好と評価される。

#### 【評価判断】

以上より、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

### III 提言・教訓

#### ・実施機関への提言：

##### ファンユニットの表示エラーに対する原因究明と恒久対策

**課題：**2022 年に交換されたファンユニットの一部において、モニタリングシステム上で「作動していない」とのエラーメッセージが継続して表示されている。しかし、現時点では物理的な異常は確認されておらず、原因も特定されていないことから、ソフトウェア側の不具合が疑われている。この状況が解消されない場合、将来的に実際の異常が発生した際に、故障の早期発見を妨げる可能性がある。

**提言：**PMD カラチ事務所は、2025 年度内までに、モニタリングシステムのログとハードウェアの診断結果を照合・分析し、表示エラーの原因を特定する。実機に問題がない場合には、ソフトウェア側のパラメータ調整や検出アルゴリズムの見直しを行い、必要に応じて遠隔診断ツールの導入も検討する。

#### ・JICA への提言：

特になし。

#### ・教訓：

##### 長期使用を前提とした機材供与案件では、保守契約、現地調達ルートの整備を計画段階から制度的に組み込むべき

（対象：外貨調達に制限がある国における JICA 無償資金協力案件、特にハード機器の供与案件）

本事業では、気象レーダーのように 10 年以上の長期使用を前提とした機材において、供与後の維持管理に課題が生じた。長期保守契約が未締結であったため、故障原因の特定や技術支援に制限が生じたほか、外貨建て購入が制限されているパキスタンにおいては、現地通貨で調達可能なルートが確保されておらず、今後、部品調達に時間とコストを要することが懸念される。

この経験を踏まえると、長期使用を前提としたハード機器（例：気象レーダー、医療機器、水処理機材等）の供与にあたっては、以下の観点を案件形成・設計段階から制度的に組み込む必要がある。

- ・ 長期保守契約の締結（故障原因の特定、リモート支援、ソフトウェア更新、部品供給等を含む）
- ・ 外貨取引が制限されている国における現地通貨での代理店調達ルートの整備

特に、パキスタン、バングラデシュ、スーダン等の外貨制限国における類似案件では、JICA、実施機関、メーカーの三者が連携し、実施支援チームを含めた段階的な役割分担のもと、調達体制と支援スキームを事前に構築しておくことが、機材の継続的活用と持続的な運用に資する重要な要素となる。

### VI ノンスコア項目

#### ・適応・貢献（客観的な観点による評価）

本事業における JICA 資金協力業務部及び JICA パキスタン事務所の役割と貢献は、総じて高く評価できる。JICA パキスタン事務所は、IMC や契約業者への支払いが遅延なく実施されるよう、銀行手続や支払承認の発行に關して的確な支援

<sup>18</sup> 電力会社から供給された電力の過電圧・電圧変動が原因だったが、無停電電源装置（停電や電源障害が発生した際に、接続された機器に一時的に電力を供給する装置）や非常用発電機によるバックアップにより、レーダーの稼働には支障がなかった。スペアユニットへの交換も速やかに行われ、調達に遅延はなかった。

<sup>19</sup> レーダーの受信機を送信時の高出力から保護する回路。強い送信信号は遮断し、微弱な受信信号のみを通すことで、機器の損傷を防ぐ役割を担う。

<sup>20</sup> 主にレーダー装置や関連する電子機器の冷却を目的とした換気・空調装置のこと。

<sup>21</sup> 消耗品や主要部品の予備はおおむね確保されているが、T/R リミッターについては今後の故障に備えた調達体制の整備が必要である。追加調達はイスラマバード本部に申請済みであり、現地通貨での取引が可能な代理店経由での調達が望ましいとカラチ事務所からの指摘があったものの、日本メーカーの代理店設置はメーカーの判断に委ねられており、現時点では実現は困難と考えられる。

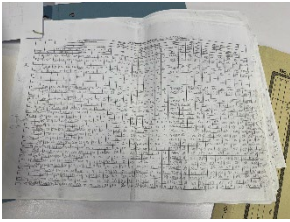
を行い、契約履行及び事業進行の円滑化に貢献した。

また、事業実施中には JICA 本部のミッションと連携したモニタリング訪問が複数回行われ、変化する事業環境に応じた適切な監理体制が構築されていた。さらに、レーダー運用に必要な周波数の割当てや同意書 (No Objection Certificate)<sup>22</sup>の取得に際しても、JICA パキスタン事務所が関係当局との調整を主導し、PMD に対して技術的・制度的な支援を行った点は、PMD の対応能力強化にも寄与している。

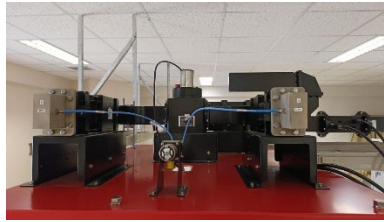
加えて、JICA と PMD との間では、電話・電子メール・対面会議等を通じて、事業開始から完了まで一貫した効果的なコミュニケーションが維持されており、両者の過去の協力実績に基づく信頼関係が、円滑な意思疎通と本事業の安定的な実施に貢献したと考えられる。さらに、これまで JICA が気象・防災分野で継続的に実施してきた協力の蓄積も、PMD との信頼関係の基盤となっており、本事業における協力体制の円滑化を支える背景要因となっていた。

以上を踏まえると、JICA 関係者の貢献、監理体制の適切性、実施機関との良好な協力関係はいずれも良好に機能しており、本事業の成果達成に大きく寄与したと評価される。

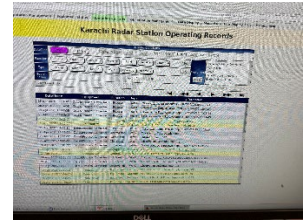
- ・付加価値・創造価値  
特になし。



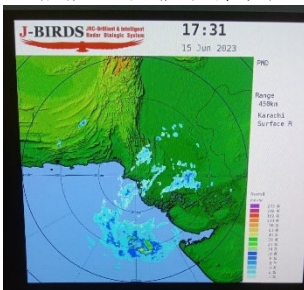
写真①点検記録  
(出典：評価者撮影)



写真②T/R リミッター  
(出典：評価者撮影)



写真③エラーメッセージ  
(出典：評価者撮影)



写真④気象レーダー画像  
(出典：評価者撮影)

<sup>22</sup> パキスタン政府機関が「当該事業（または施設・設備の設置）に異議がない」と正式に認める承認書であり、本事業の実施にあたってパキスタン側が発行し、日本側が取得する必要があった。