

## 2022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: 稲澤 健一 オクタヴィアジャパン株式会社

調査期間: 2022年11月~2024年1月

現地調査: 2023年2~3月

国名	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
パキスタン	

事業位置図<sup>1</sup>

整備された気象観測レーダー塔 (パキスタン気象庁イスラマバード本局内) (出典: 評価者撮影)

## I 案件概要

事業の背景	<p>パキスタン政府は、死者約7万5千人の被害をもたらした北部大震災 (2005年10月) を契機として、従来の事後対応中心の災害対策を抜本的に見直した。具体的には、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: 以下「NDMA」という) を設置し、予防・被害の軽減対応に軸を置く防災体制の強化に取り組んだ。しかしその後、インダス川大洪水 (2010年) やシンド州を中心とした洪水 (2011年) といった大きな被害が続き、抜本的な災害管理体制の整備が求められた。被害軽減のため、通常的气象観測能力、予報能力を基礎とする洪水予警報の高度化が必要とされた。同政府はパキスタン気象庁 (Pakistan Meteorological Department: 以下「PMD」という) 内に特別中期気象予報センター (Specialized Medium Range Weather Forecasting Center: 以下「SMRFC」という) を設置し、24時間以内の短期予報の精度向上、48時間を超える中期予報能力の向上を目指した。その中で、設立間もない SMRFC にはそれらの目的にかなった気象予報解析のための機材が十分に整備されていなかった。気象レーダーシステムは老朽化による機能不全が続き、数年以内に稼働停止の可能性もあり、同レーダーシステムの更新は喫緊の課題であった。</p>
事業の目的	<p>気象観測及びデータ処理解析システムの更新・新規整備を行うことにより、PMDの気象観測及び予警報能力向上を図り、もって自然災害による被害の軽減に寄与する。</p>
実施内容	<p>事業サイト: イスラマバード、ラホール、ムルタン、カラチ</p> <p>1) 施設建設、調達機器等の内容</p> <p>①施設</p> <p>&lt;PMD イスラマバード本局&gt;</p> <p>気象レーダー塔 (1棟)</p> <p>②機材</p> <p>&lt;PMD イスラマバード本局&gt;</p> <p>気象予報・開発システム、気象データ用基幹通信システム、世界気象通信回線 (Global Telecommunication System: 以下「GTS」という) メッセージスイッチシステム、気象レーダーデータ表示システム、ウィンドプロファイラシステム</p> <p>&lt;PMD イスラマバード本局 (イスラマバード気象レーダー塔施設) &gt;</p> <p>気象レーダーシステム、気象レーダーデータ表示システム</p> <p>&lt;新イスラマバード国際空港内 PMD 気象事務所&gt;</p> <p>気象レーダーデータ表示システム</p> <p>&lt;PMD ラホール洪水予報局&gt;</p> <p>気象データ用基幹通信システム</p> <p>&lt;ラホール国際空港内 PMD 気象事務所&gt;</p> <p>気象データ用基幹通信システム</p> <p>&lt;PMD カラチ サイクロン警報センター&gt;</p>

<sup>1</sup> 本地図は国連作成地図を加工した。(免責: 本地図上の表記は図示目的であり、いずれの国及び地域における、法的地位、国境線及びその画定、並びに地理上の名称についても、JICAの見解を示すものではありません)

	気象データ用基幹通信システム <ムルタン国際空港内 PMD 気象事務所> 気象データ用基幹通信システム、ウィンドプロファイラシステム 2) コンサルティング・サービス/ソフトコンポーネントの内容 ・詳細設計、施工監理、ソフトコンポーネント（気象レーダー観測・維持管理・保守）			
事業実施スケジュール	交換公文締結日	2014年11月13日		
	贈与契約締結日	2014年11月13日	事業完了日	2020年3月3日（引き渡し時期）
事業費	交換公文供与限度額・贈与契約供与限度額：2,615百万円 実績額：2,614百万円			
相手国実施機関	パキスタン気象庁（PMD）			
案件従事者	本体工事・機材調達：三菱商事株式会社／大成建設株式会社（JV） コンサルタント：株式会社国際気象コンサルタント／一般財団法人日本気象協会／株式会社建設技研インターナショナル（JV）			

## II 評価結果

### 【要旨】

本事業は、首都イスラマバードを中心に気象観測及びデータ処理解析システムの更新・新規整備を通じて、気象観測及び予警報能力を向上させることにより、自然災害による被害の軽減を目指すものであった。計画時、パキスタン政府は「国家防災計画及び早期予警報システム整備計画」を策定・承認し、その中で本事業は最優先に位置づけられていた。計画時（2015年）、設立間もない SMRFC は 24 時間以内の短期予報の精度向上、48 時間を超える中期予報能力の向上を目指していたが、気象予報解析のための機材や情報通信機材が十分に整備されていなかった。PMD 内の気象レーダーシステムは老朽化による機能不全が続き、数年以内に稼働停止の可能性もあり、同レーダーシステムの更新は喫緊の課題であった。「日本政府・JICA 開発協力方針との整合性」に関して、本事業は計画時の「対パキスタン・イスラム共和国国別援助方針」の開発政策、開発ニーズと合致していることが確認された。「内的整合性」（JICA 内の他の事業・支援等との連携）に関しては、関連事業である「カラチ気象観測用レーダー設置計画」と本事業は実施時期がおおむね同じ、かつ、気象観測データを PMD イスラマバード本局へ伝送するため本事業の通信システムと整合性を取る計画であったところ、カラチ～イスラマバード間の通信データの送信状況に遅延や障害が発生していないことを踏まえると、両事業間に連携があり相乗効果が発現しているといえる。外的整合性（JICA 外の機関との連携・国際的枠組み等との協調等）に関して、計画時以降、本事業と JICA 外の事業とは具体的な連携/調整は想定されておらず、高い連携や相乗効果も確認されない。他方、国際的枠組みに関して、本事業は SDGs の「13. 気候変動に具体的な対策を」といった目標に整合する。以上より、妥当性・整合性は高い。効率性に関して、アウトプットは計画どおりに実施された。事業期間に関して、イスラマバード気象レーダー塔の建設に際し工法の変更が生じたことに加え、ムルタン国際空港内に設置するウィンドプロファイラシステム関連機材の調達が遅れたことに伴い、想定以上の時間を要したため、当初計画を大幅に上回った。一方、事業費はおおむね計画どおりであったため、効率性はやや低い。事業効果に関して、定量的効果について、設定された7つの指標の実績値は目標値どおりである。インパクトに関して、PMD では適時かつ正確な気象観測及び予警報が可能となった結果、気象災害による被害の軽減に寄与していることをインタビュー等により確認した。以上より、本事業の有効性・インパクトは高い。持続性に関して、パキスタン政府の財政事情悪化によりスペアパーツの確保や将来の事業効果への持続性にやや懸念があるものの、事後評価時において関連する政策・制度、運営・維持管理の体制、技術面、運営・維持管理状況ともに問題なく持続性が確保されている。したがって、本事業の実施によって発現した効果の持続性は高い。

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

### 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

パキスタン政府は 2013 年に国家災害管理委員会において、PMD の気象観測及び予警報能力向上を目的に「国家防災計画及び早期予警報システム整備計画」を策定・承認した。その中で、本事業は最優先事業に位置づけられていた。本事業は気象観測及び予警報能力向上、自然災害による被害の軽減につながる支援を行った事業である。したがって、同国政府の政策に合致していたといえる。

#### ・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

本事業開始前のパキスタンでは、洪水、土砂災害、サイクロン、地震等、多くの自然災害に見舞われ、被害も甚大であった。被害軽減のため、通常気象観測能力、予報能力を基礎とする洪水予警報の高度化による災害管理体制の整備が急務であった。同国政府は PMD 内に SMRFC を設置し、24 時間以内の短期予報の精度向上、48 時間を超える中期予報能力の向上を目指した。その一方、設立間もない SMRFC にはこれらの目的に合う気象予報解析のための機材や情報通信機材が十分に整備されていなかった。また、PMD 内の気象レーダーシステムは老朽化による機能不全が続き、数年以内に稼働停止の可能性もあり、同レーダーシステムの更新は喫緊の課題であった。したがって、本事業はパキスタンの開発協力方針や気象観測及び予報能力の向

<sup>2</sup> A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

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

上にかかるニーズに合致した事業であったといえる。

・事業計画やアプローチの適切性

計画時、事業実施中におけるアウトプット実施、完成時の状況に関して大きな差異は見られなかったことから、事業計画及び方針・アプローチは適切であったと判断できる。

本事業の事前評価表には、「維持管理計画に基づき機材が適切にメンテナンスされ、最大限有効活用されるようにすること」が事業実施に際しての教訓とされた。本調査では、質問票、PMD へのインタビュー、現場視察によりメンテナンス状況を確認したところ、調達された機材・設備は維持管理計画を有すること、適切に活用されていることを確認した。

【整合性】

・事前評価時における日本の開発協力方針との整合性

我が国が策定した「対パキスタン・イスラム共和国別援助方針」（2012年4月）では、援助の基本方針（大目標）として「経済成長を通じての安定した持続的な社会の構築」を掲げていた。また、経済基盤の改善をはじめとする重点分野（中目標）のひとつに「人間の安全保障の確保と社会基盤の改善」を掲げ、その中で「頻発する自然災害に対する防災能力の強化につながる支援を実施する」旨が明記されていた。加えて、同方針の事業展開計画の中では防災対策支援が重要視されていた。

本事業は、気象予報・開発システム等の導入を通じて PMD の気象観測及び予警報能力向上を図り、自然災害による被害の軽減に資するものであり、「対パキスタン・イスラム共和国別援助方針」等への対応と合致している。したがって、本事業はパキスタンに対する開発協力方針に合致した事業であったといえる。

・内的整合性

計画時までに、JICA は「気象観測網整備計画」（1989年）、「第2次気象観測網整備計画」（1997年）、開発計画調査型技術協力「国家防災管理計画策定プロジェクト」（2010～2013年）、「洪水警報及び管理能力強化計画（UNESCO 連携）（2011年）」が実施済みであり、「カラチ気象観測用レーダー設置計画」（2015年）が準備段階にあった。このうち、「カラチ気象観測用レーダー設置計画」は、気象観測データを PMD イスラマバード本局へ伝送するため本事業の通信システムと連携した計画であり<sup>4</sup>、また、実施時期の重複していた。両事業間に具体的な連携と成果（より具体的には、PMD の気象観測範囲拡大⇒気象観測及び予警報能力向上）もあると推察できる。したがって、内的整合性については整合的といえる。

・外的整合性

計画時までに、UNESCO は「津波早期警戒システムの強化<sup>5</sup>」（2008年～2009年）、ADB は「国家洪水防止計画（III）<sup>6</sup>」（1998年～2007年）を通じて、パキスタンの防災セクターへの支援を行っていた。しかしこれら事業は、津波早期警戒システムの強化や洪水防止を目的としたものであり、気象観測や洪水予警報・管理能力向上を目指す本事業の方向性とは厳密には異なっていたといえる。また、実施された時期や完了時期も本事業開始前（1990～2000年代）であったため、相互連携や具体的な相乗効果を生み出したとは言い難い。

その一方、国際的な枠組みとの関連について、本事業は気象観測及び予警報能力向上を通じて、自然災害による被害の軽減への貢献という観点から、SDGs の「13. 気候変動に具体的な対策を」といった目的に整合する。

【評価判断】

以上より、本事業の妥当性・整合性は高い<sup>7</sup>。

2 有効性・インパクト<sup>8</sup>

【有効性】

<定量的効果>

本事業の定量的効果指標（基準値・目標値・実績値）を表1に示す。計画時に7つの指標と目標値が設定され、気象観測と予警報能力向上が期待されていた。また、参考として表2に新・旧気象レーダーシステムの主要諸元と探知距離の比較を示す。

表1：本事業の定量的効果指標（基準値・目標値・実績値）

指標名	基準値 (2014年実績値)	目標値 完成3年後(2020年)	実績値 (2022年)
a) イスラマバードにおける最大 75m/秒までの風速観測の有無	なし (風速はマニュアル観測のみ)	あり (気象レーダーの半径 200km)	あり (気象レーダーの半径 200km)
b) イスラマバード気象レーダーによる雨量強度 1mm/h 以上の降雨探知範囲(単位:半径 km)	350	450	450
c) イスラマバード気象レーダーの 1 時間あたりの積算雨量データの有無	なし	あり	あり
d) イスラマバード気象レーダーの降水データの空間分解能及び観測間隔	81.9	2.5	2.5

<sup>4</sup> 本調査では、カラチ～イスラマバード間の通信データの送信状況に遅延や障害発生はないことを PMD へのヒアリングにより確認した。

<sup>5</sup> 英語案件名は Strengthening Tsunami Early Warning System in Pakistan

<sup>6</sup> 英語案件名は The National Flood Protection Plan III

<sup>7</sup> 妥当性は③、整合性は③。

<sup>8</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。

(単位：平均メッシュ km)			
e) イスラマバード気象レーダーの降雨データの階調 (単位：階調値)	6	256	256
f) イスラマバード、ムルタンにおける風向・風速の最大観測高度 (単位：km)	3	12	12
g) 気象予報ガイダンス (定量的な降水量、気温、湿度、風速の予測) の有無	なし	あり	あり

出所：JICA 資料 (基準値・目標値)、質問票回答及び PMD へのヒアリング (実績値)

(参考) 表 2：新・旧気象レーダーシステムの主要諸元と探知距離の比較

主要諸元	旧・気象レーダーシステム	新・気象レーダーシステム
周波数	5.3GHz (C バンド)	2.7~2.9GHz (S バンド) <sup>9</sup>
波長	約 5.7cm	約 10cm
雨量強度 1mm/h 以上の降雨の最大探知距離	半径 350km	半径 450km
風速の最大探知距離	—	半径 200km
データグリッド (メッシュ)	5.0km	0.625km
観測可能な最大風速	—	±70m/秒以上
送信パワー	250kW	10kW (ピーク値)
強風、暴風、嵐等の監視機能	なし	あり
雨量積算機能	なし	あり
降雨データ	6 階調の雨量定性データ	0~250mm/h の降雨強度定量データ

出所：JICA 資料

表 1 のとおり、実績値は目標値どおりである。本事業開始前、PMD は気象情報の伝達・配信の能力強化を計画していたが、設立されたばかりの SMRFC には気象予報解析のための機材や情報通信機材が不足していた。計画当時、気象レーダーシステムは老朽化による機能不全が続いていたため、数年以内に稼働停止も見込まれていた。しかし本事業を通じて、気象予報・開発システム、GTS メッセージスイッチシステム、気象ドップラーレーダーシステム、気象データ用基幹通信システム、気象レーダーデータ表示システム、ウィンドプロファイラシステム等の導入が実現したことで気象観測及び予警報能力が向上している。なお参考として表 2 に、新・旧の気象レーダーシステム主要諸元と探知距離の比較を示す。表 1 の実績値がどのような諸元をもって達成しているかを示す。

#### < 定性的効果①：気象予報精度の向上と 48 時間を超える中期予報の実現 >

本事業の結果、24 時間以内の短期予報に加え、当初企図していた 48 時間を超える中期予報が実現し、気象予報精度も向上している。表 3 に PMD の気象予報精度を示す。

表 3：PMD の気象予報精度<sup>10</sup> (2023 年 2 月現在)

24 時間先	48~72 時間先	1 週間先
90%	80%	60~70%

出所：PMD

PMD の気象予報は 24 時間先から 1 週間先まで行われている。PMD へのヒアリングによると、気象予報は、イスラマバードやカラチの都市圏では気象レーダーシステムが導入されたことで精度がより高く、その他の地方部ではやや低い実態<sup>11</sup>があるものの、おおむね表 3 で示す数値 (平均値) であることを確認した。導入された機材により気象予報精度が事業開始前と比較して格段に高まったとの見解を示している<sup>12</sup>。

#### < 定性的効果②：全球数値予報モデルの精度向上及び気象観測データの各国気象機関への配信 >

本事業開始前、PMD は SMRFC の設立を通じて、より精度の高い中期気象予報を国民に提供するため、数値予報システムの導入を計画していた。多くの先進国で活用されている全球数値予報モデル<sup>13</sup>を使い、気象予報ガイダンス (例：降水量、気温、

<sup>9</sup> C バンド、S バンドはマイクロ波の周波数帯域を示す。C バンドは通信衛星、固定無線、無線アクセス、衛星電話等で使用され、S バンドはそれらに加えてレーダーや衛星放送など向けに使用される。周波数は波長の長さ・短さを示す。

<sup>10</sup> 本事業開始前の数値は存在しないため、比較検証は困難である。

<sup>11</sup> 特に山岳地域では地理的な要因から気象予報精度が相対的にやや低い。

<sup>12</sup> 今後、無償資金協力「ムルタン市気象レーダー整備計画」及び「サッカル市における気象レーダー設置計画」により両市で気象レーダー塔の整備が進み、PMD の気象観測体制がさらに強化されることから、両市周辺の地域を含む広範囲での予報精度はさらに高まると考えられる。

<sup>13</sup> 全球数値予報モデル (Global Spectral Model : GSM) とは、地球大気や海洋・陸地の状態の変化について数値シミュレーションを用いて予報に結びつける様式である。地球大気や海洋・陸地を細かい格子に分割し、それぞれの格子にある時刻の気温・風といった気象要素や海面水温・地面温度等の値を割り当て、物理学・化学の法則に基づいてそれぞれの値の時間変化を計算し、近い将来の状態を予測して予報を行う。計算に用いるコンピュータープログラムを数値予報モデルという。

湿度、風速)を行うべく、高い精度となる中期気象予報に必要な計算システムや周辺機器の導入を計画していた。PMD へのヒアリングを通じて、全球数値予報モデルを用いた気象予報の精度は年々高まっていることを確認した<sup>14</sup>。

また、本事業では世界気象機関 (WMO)<sup>15</sup>の情報システム (WMO Information System : WIS) も導入された。当システムは、地上実況気象通報式 (Surface Synoptic Observations : SYNOP)<sup>16</sup>の情報・データを、国際通信回線を用いる GTS に送信するために使用されている。事後評価時までには PMD はイスラマバード～テヘラン間の配信網 (リンク) を確立しているが<sup>17</sup>、我が国を含む各国気象機関に主だって気象観測情報・データは配信されていない。他方、将来は WMO の後押しもあり、パキスタン国内の気象観測体制の整備が進むにつれ、配信網が拡大する可能性を PMD は述べている。

#### <定性的効果③：ソフトコンポーネント研修による効果>

本事業のソフトコンポーネント研修により、PMD 職員は最新の気象レーダーの基礎知識、コンピュータスキルの習得に加え、①測定機器類を用いた保守点検、予備品の実機への組入れ (交換) 及び動作確認、軽微な故障の探求・処置・復旧確認作業、重大な故障発生時に備えられるようになったこと、②気象ドップラー<sup>18</sup>レーダーシステムマニュアル概要の利用頻度やレーダーシステム保守管理台帳を記録し管理できるようになったこと、③雨量強度及びドップラー速度観測データより、観測シーケンススケジュールに沿った気象レーダー観測できるようになっていることを確認した。PMD 職員からは、「実施された研修は対話的 (双方向、インタラクティブ) であった。職員は新しい技術・知識を習得できた。研修後は現場で身につけた技術・知識を活かしている。良い機会であったと思う」といったコメントが得られた。したがって、気象観測や調達機材の維持管理の業務環境や職員の意識に変化が生じていると推察される。

以上より、本事業の気象観測機材の導入により、24 時間以内の短期予報、48 時間を超える中期予報の実現を含め、PMD では気象観測及び予警報能力が向上し、職員は最新の気象レーダーの技術や知識を得て業務に取り組んでいると判断できる。したがって、定量的効果・定性的効果はともに計画時の想定どおり達成された。

#### 【インパクト】

<定量的・定性的効果 (適時かつ正確な気象観測及び予警報が可能となる結果) 気象災害による被害の軽減への貢献>

パキスタンではほぼ毎年、豪雨、洪水、土砂災害、サイクロンなどの自然災害が発生し、洪水や田畑の冠水、家屋の倒壊、送電線の切断、土砂崩れ、道路の斜面崩壊等に直面している。自然災害時における人的・経済的被害は大きい。直近では、2022 年 9 月にモンスーンによる記録的な豪雨と北部山間部の氷河の融解によって洪水が発生し、330 万人以上が被災した。NDMA によると、損害・被害額合計は 300 億 US ドル以上となり、社会・生活インフラの復興復旧費用として 100～160 億 US ドルが推算されている。

その中で、PMD は自動・手動による気象観測に加え、気象レーダーシステムや衛星を活用した気象観測を行える体制を整えている。最新の予測モデルを活用できるようになり、各地域の地理・気象などの特性を十二分に考慮した上で、より正確かつ合理的に気象プロダクト<sup>19</sup>を生成できるようになった。洪水自体や地滑りのような災害予測は難しいものの、干ばつ、熱波、豪雨、サイクロンなどの予測及び早期警報の精度は向上している。PMD からは以下のコメントが得られた。

- 「2022 年 9 月の豪雨と洪水被害発生時には、48 時間以上前の時間帯で雨量予測と警報を発令し、本事業開始前と比べて精度の高い気象プロダクトを提供できた」
- 「その他の例として、本事業開始前は熱波の予測を正確にできなかったが、来襲の 2～3 日前までに正確に予測し、国民に周知することができている。本事業開始前、熱波により 1 日に 200 人程度亡くなることもあったが、(具体的な統計はないものの) 人命を救えていると考える。」
- 「農家は、時間 (リードタイム) を確保し熱波対策を行い、作物を守る備えができていると思う。農業国のパキスタンにとって、精度の高い気象プロダクトを早いタイミングで国民に知らせることができている事例と思う。したがって、社会経済面でのインパクトは小さくないと考える」
- 「電力会社も熱波の際に、早い段階で気象情報入手し、送配電管理を万全とし、人的・経済的ロスの低減に取り組んでいると思う<sup>20</sup>」
- 「省庁間定例会議の際に、PMD の気象予報精度の向上や観測体制の強化が進んでいることは他省庁からの評判も高い」
- 「現段階で本事業のイスラマバード気象観測レーダー塔及び後続事業であるカラチの気象観測レーダー塔が最新の技術を伴う観測システムであり、今後ムルタンやサカルでの気象観測レーダー塔の整備が完了すると、広範囲でより精度の高い気象観測・予警報が見込まれる」
- 「豪雨、サイクロン、熱波以外に、PMD は大雪の早期警報も発令している。2022 年 1 月にパンジャブ州 Murree 市で大雪に見舞われたが、PMD は早期に大雪に関する予警報を発令し、多くの観光客が訪問を見送った。これは早期予警報が降雪にも対応し、精度も高い事例を示す」

<sup>14</sup> 将来的に、全球数値予報モデルとは別に、PMD では非静力学領域数値予報モデル (領域気象モデル : Weather Research and Forecasting Model 等) の導入も計画している。数値予報で用いる物理学の方程式のうち、鉛直方向の運動方程式に静水圧近似を用いない数値予報モデルのひとつである。それにより、より高い分解能力を用いて気象予報を行うことができる。

<sup>15</sup> 気象事業の国際的な標準化、調整、各加盟国・地域間における気象情報・資料の交換等を行っている国際機関である。

<sup>16</sup> 有人観測所や無人観測所からの気象観測結果に使われている数値コードを意味する。通信網 (有線・無線通信) を用いて送信される。観測結果は観測所の温度や気圧や視程といった一般的な気象情報を記述した数値グループにより構成されている。

<sup>17</sup> PMD によると、イラン側に配信される気象予報データの精度について現状は特に問題ないとの見解を示している。なお、イスラマバード～デリー (インド) 間の配信網の確立も検討段階にある。

<sup>18</sup> ドップラー機能は、探知距離半径 200km 内の最大 75m/秒までの風速と降雨の移動方向を観測でき、暴風や降雨の移動方向及び極めて短時間で発生し被害を及ぼす竜巻を伴う暴風雨をリアルタイムで精度良く監視することが可能である。風の収束場データから多降雨地域を特定することも可能である。

<sup>19</sup> 気圧や気温、風、湿度などの数値データの集まり。近未来の気象状態を予測するもの。

<sup>20</sup> 電力会社の営業損失減少にも結びついているのではという意見も出された。

また、新イスラマバード国際空港（2018年開港）には、本事業で気象レーダーデータ表示システムが導入されている。同空港職員からは以下のコメントが得られた。

- 「本事業実施に際し、新イスラマバード国際空港では通信インフラ設備を立ち上げ、気象観測データを運用するには機密・セキュリティ面をはじめ制約や課題があった。そのために時間を要したが、事後評価時現在、同空港とPMDイスラマバード本局との通信は円滑に行われ、気象観測データは遅延なく配信されている」
- 「PMDから配信される気象観測データに関して、同空港で必要とされるのはPMDイスラマバード本局の気象観測レーダー塔から半径200kmの範囲内のデータである。特に円心の半径50kmの範囲内の気象レーダープロダクトを重要視している。特に風に関しては、航空管制官に精度の高い気象プロダクトを提供している。旧空港や他の地方空港との違いとして、（気象レーダーデータ表示システムにより）垂直方向の風データを提供できているが、新空港ではその精度は高く、フライト離発着の安全性・確実性を高めている」

加えて、NDMA<sup>21</sup>及び気候変動省（Ministry of Climate Change：以下「MOCC」という）からは以下のコメントが得られた。

- 「NDMAとPMDは国民向けの公開セミナー等を通じて気象予報システムの強化や本事業（SMRFCの体制強化）の貢献について情報発信を行った。政府機関のみならず、一般国民の間でも気象予報能力の向上は知られている。短期・中期の気象予報は、本事業が精度を高めているといえるが、気候変動が激しい昨今において、機材やソフトウェアの技術革新は今後も重要と考える。それにより、さらに正確な気象予報データが生成される。災害への備えが国民の間で広まると考えられる」（NDMA幹部のコメント）
- 「パキстанは気候変動に対する脆弱な国として上位10位以内にランクしている。同国政府は気候変動に対する適切な措置を講じる必要がある。人口増加や急速な都市化は、熱波、洪水、サイクロンのパターンを年々複雑化させている。その中で、PMDの気象観測と早期警報能力の向上は必要な施策であり、タイムリーな情報提供手段といえる。PMDが保有する気象観測システムやインフラ施設は同国にとって大きな価値があり、本事業が果たしている役割は大きい」（MOCC幹部のコメント）

以上のコメントを踏まえると、本事業はPMDの気象観測及び予警報能力の向上を実現し、気象災害による被害の軽減にも寄与していると考えられる<sup>22</sup>。

## (2) その他正負のインパクト

### ①環境へのインパクト

本事業は「国際協力機構環境社会配慮ガイドライン」（2010年4月公布）上、環境への望ましくない影響は最小限であると判断されカテゴリCに分類された。事業実施中及び完成後において、環境面の負のインパクト（大気汚染、水質、騒音・振動、生態系への負の影響等）は特に発生していないことを質問票、PMDへのヒアリング、現地視察を通じて確認した<sup>23</sup>。

### ②社会環境（用地取得・住民移転）へのインパクト

本事業はPMD本部や気象レーダー塔内の気象観測及びデータ処理解析システムの更新・新規整備が主たる事業コンポーネントであるため、住民移転・用地取得は発生しなかった。周辺住民への補償金等の支払も発生しなかった。

### ③ジェンダー平等、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

本事業はPMDの気象観測及び予警報能力向上を通じて、パキスタンの自然災害による被害の軽減に貢献するものといえる。ジェンダーへの影響や平等の実現、公平な社会参加を阻害されている人々への影響、社会システムや人々の幸福・人権に関して、本事業が直接的に影響を及ぼしている具体的な事例は質問票やヒアリング等を通じて確認できなかったが、PMDは本事業を含め気象観測及びデータ処理解析システムの更新を継続的に行っており、今後もさらに信頼度の高い気象観測・予警報に取り組む方針を示している。今後も精度の高い気象観測及びデータ処理解析システムの導入が進むことで、全国民の安全・安心度を高め、防災への備えを促し、人的・物的被害の軽減にも恩恵をもたらすと考えられる。本事業はその一助を担うと考えられる。

## 【評価判断】

定量的効果指標に関して、7つの指標の実績値は目標値どおりである。インパクトに関して、PMDでは適時かつ正確な気象観測及び予警報が可能となった結果、気象災害による被害の軽減に寄与していると考えられる。本事業により期待されたアウトカムやインパクトはおおむね計画どおりに達成されたと判断できる。以上より、本事業の有効性・インパクトは高い。

## 3 効率性

### <アウトプット>

本事業のアウトプットは上記「I 案件概要 実施内容」に記載のとおりである。計画どおり実施された。

気象レーダー塔は、より広域な気象レーダー観測が実現することを目指してPMDイスラマバード本局敷地内に最新の機材が整備された。気象予報・開発システムは、精度の高い中期気象予報を行うために必要な計算機・周辺機器を中心とするシステムである。気象データ用基幹通信システムは、気象データ通信網を管理、データ制御等の目的を有する。GTSメッセージ

<sup>21</sup> NDMAは地方レベルの災害管理局の設置や地方レベルの防災計画立案を担い、PMDは気象観測や自然災害等の予警報を担う役割を有する。

<sup>22</sup> （参考情報）PMDは国民向けの情報発信力の強化にも注力している。Webサイトを開設し閲覧者（国民）にわかりやすい・見やすい気象関連情報の提供に取り組み、動画視聴サービスによる情報発信にも力を入れている。YouTubeサイト（PMD Weather TV）を通じてわかりやすいコンテンツとなるような情報提供に取り組んでいる。また、スマートフォンアプリ（ただしAndroid限定）も開発し、国民の気象関連情報を入手する機会を増やしている。

<sup>23</sup> PMDには環境面を担当する専属部署（計画部）がある。しかし、完成後は特に負の影響は生じていないため、大気汚染・水質・騒音・振動、生態系への影響など環境モニタリング・データの計測は行っていない。他方、仮に環境面の負のインパクトが確認される場合、PMDはパキスタン環境保護庁（EPA）に連絡して対処を仰ぎ、同庁が対応する体制が整っている。

イチシステムは、観測データをタイムリーに世界へ配信することが可能である。気象レーダーデータ表示システムは、継続的な気象レーダー観測を可能にし、予警報の精度向上を図る。ウィンドプロファイラシステムは、地上から上空へ電波を放射し、降水時に上空約4~12kmまでの風向・風速の鉛直分布及び乱気流等の気象現象を監視する装置である<sup>24</sup>。

## <インプット>

### 1) 事業期間

計画時の予定では、2015年1月~2017年9月(33ヶ月間)であった。実際の期間は、2015年1月~2020年3月(63ヶ月間)と計画を大幅に超過した(対計画比約190%)。超過の主な理由は、a) イスラマバード気象レーダー塔建設の工事が遅延した。タワークレーン支持鋼材設置箇所周辺の外壁工事・塗装に際して、当初、タワークレーンを外構工事と干渉しない場所に設置する設計計画であったが、その後、同レーダー塔の屋外階段とひさしがプレキャスト・コンクリート工法に変更となった。安全上の配慮も踏まえられ、外構工事と重なる場所でのタワークレーンの設置が必要になるなど、調整から工事まで想定以上の時間を要したこと(約3カ月の遅延)、b) ムルタン国際空港内に設置するウィンドプロファイラシステム関連機材の調達に際して(カラチ税関での検査時)、不慮の事故によりアンテナ部分が甚大な折傷を被り、日本の製造工場においてアンテナを再製作することになったため、調達・納入手続きを含め大幅に調達が遅れたこと(約24カ月の遅れ)等が挙げられる。

### 2) 事業費

当初、日本側事業費は2,615百万円と計画されていた。一方、実績額は約2,614百万円(対計画比約100%)であり、おおむね計画どおりであったといえる。

## 【評価判断】

以上より、事業期間は計画を大幅に上回ったものの、事業費は計画どおりであったため、本事業の効率性はやや低い。

## 4 持続性

### ・政策・制度

パキスタン政府が2013年に公表した「国家防災計画及び早期予警報システム整備計画」では、PMDの気象観測及び予警報能力の向上を通じて、自然災害による被害の軽減及び防災体制の強化を目指していた。本事業は同国の防災分野への支援を通じて気象観測及び予警報能力の向上や災害リスクの軽減を目指すものであったことを踏まえると、政策・制度面の持続性は高いといえる。

### ・組織・体制

実施機関はPMD(本局はイスラマバード)である。PMDは1947年に設立されたパキスタンで気象業務を行う唯一の政府機関である。事後評価時の職員数(全体)は2,000名以上である。長官の下に、SMRFC、中央水資源監視&早期警報センター、中央地震監視/津波警報センター、管理事務所、洪水予報局、研究開発局が配置されている。地方別、予報対象項目別に部署が細分化されている。気象予報業務を行う国家気象予報センター(NWFC)やサイクロン監視センター(TCWC)といった部署が存在する。PMDはNWFCを中核に位置づけ、4つの気象管区(カラチ、ラホール、クエッタ、ペシャワール)に分けて気象業務を担っている。

本事業の主要な気象観測機材・気象レーダー塔設の運営・維持管理を担うのは、PMDイスラマバード本局(担当部局職員数は28名<sup>25</sup>)である。また、新ベナジルブット国際空港気象事務所には3名、PMDラホール地方気象センターには28名、PMDラホール洪水予報局には22名、PMDカラチサイクロン警報センターには2名、PMDムルタン気象事務所には9名が運営・維持管理職員として勤務している。主な業務は、気象予報業務、データ転送・受信・記録・モニタリング、ソフトウェア操作、サーバー管理、通信機器の管理、高性能端末機器(ワークステーション)の管理・運営等である。本調査では、現場視察とヒアリングを通じて、運用・維持管理業務に必要な職員数が充てられていることも確認した。気象レーダーをはじめとする機材・設備は、毎日・毎週・毎月・毎年点検と維持管理が行われている。システムの検査(稼働チェック)も定期的に行われている。

以上より、運営・維持管理に関する組織・体制面には特に大きな問題はないと判断される。

### ・技術

本調査では質問票、ヒアリング、現場視察を通じて、PMDイスラマバード本局、新ベナジルブット国際空港気象事務所、PMDラホール地方気象センター、PMDラホール洪水予報局、PMDカラチサイクロン警報センター、PMDムルタン気象事務所の運営・維持管理職員は業務経験が豊富であることを確認した。技術系職員は、電気工学などの専攻で大学院修了や4年制大学卒業、もしくはディプロマの資格を取得している。

PMDでは本局・地方組織を問わず定期的に職員向けの研修も開催されている。カラチにある気象地球科学研究所(IMG)では気象予報・観測手法等に関する研修が行われている。また、職務実施研修(OJT)も行われている。

他方、PMDカラチ支局とラホール支局からは「適切な維持管理を行うために研修の継続、視聴覚ソフト(Visual weather software)の操作にかかる研修」が必要とのコメントが複数出された。現状として、地方支局が本部に対して直に要望を行っていない上、運営・維持管理は大きな問題も出ていない。直ちに導入すべき研修でも早急な解決が必要とも見受けられないが、気象観測・予警報を不安なく遂行するには現場のニーズに応じた研修導入を常に検討する仕組みは必要と考えられる。

その他、気象レーダー機器の運営・維持管理マニュアルは各施設内に保管されている。担当職員は必要に応じて閲覧・活用している。

以上より、本事業の運営・維持管理に係る技術レベルに特に大きな問題はないと判断される。

### ・財務

表4に気象観測機材と気象レーダー塔施設(PMDイスラマバード本局の機材・施設)にかかる運営・維持管理予算を示す。

<sup>24</sup> 時間的に連続した観測が可能であり、ほとんど人手を掛けずに自動観測が可能である。

<sup>25</sup> 気象レーダー塔で勤務する職員を含む

表4：PMDの運営・維持管理予算

(単位：Rs.)

費目	2020年	2021年	2022年
運営予算	15.7百万	15.7百万	15.7百万
維持管理予算	1.65百万	1.65百万	1.65百万

出所：PMD

備考：1Rs.=0.496円(2023年2月のJICAレート)

表4についてPMD職員によると、「決して十分な水準とはいえないが、必要な金額は配賦されている」「他方、会計年度開始は7月であるが、それから半年が経過し、2023年2月末現在、イスラマバード本局の気象観測レーダー塔で使用する発電機稼働用のディーゼル燃料は既に使い切っている。新たに購入する予算がないため、電力不足など緊急時の発電機稼働に懸念がある。翌会計年度まで待たなくてはならないが、中央政府はディーゼル燃料購入予算を新たに配賦しない通達を出している」「気象観測レーダー塔内に据付けられている小型無停電電源装置(UPS)用のバックアップ・バッテリーは今後購入できる見込みがない。中央政府はバックアップ・バッテリーを高額な物品とみなし、購入を控えるよう通達を出している。事後評価時現在、予算不足による重大な問題は生じていないが、将来、故障や取り替えが必要になる際にやや不安」「本事業ではスペアパーツを約5年分調達したため、事後評価時点で不足に直面していない。とても助かっている。残り2年分を保有するものの、上記のような状況を踏まえると、その時点になって資金的に調達できるか、購入手続きに支障が出てしまわないか、少し気に掛けている」等といったコメントも出された。かかるコメントの背景には、中央政府の財政危機が挙げられる。外貨準備高の慢性的な不足に加え、2022年9月に発生した災害(洪水被害)に直面し、同政府は復旧に予算配賦を優先している事情がある。PMD幹部によると、「国内すべての公的機関は予算不足に直面している」とのコメントが出された。将来、PMDは予算が確保できるのかは事後評価時点において正確とはいえないが、国民向けの気象予報や早期警報は災害防止・被害軽減に結びつく重要なイシューであるため、対応が全く取られないということは考えにくく、政府予算配賦の優先順位は低くはないと推察される。

以上より、将来の持続性・財務面において若干懸念があると見受けられるが、現状として調達機材やイスラマバード気象観測レーダー塔等にかかる予算不足による維持管理不足はなく、効果の継続性に問題があるとは断定できない。

- ・環境社会配慮

環境社会面での負の影響インパクトは確認されない。特に取られた緩和策もない。

- ・リスクへの対応

事業実施中、ユーティリティー設備供給をはじめ、事業アウトプットに係るパキスタン側負担事項が適切に実施された。また、事業期間中に重大な治安問題や政情不安は起こらず、特段リスクや外部条件、コントロールすべきものは見られなかった。

- ・運営・維持管理状況

財務の項目で述べたとおり、スペアパーツは一定数が確保されている。その一方、中央政府の財政事情に改善が見られない場合は、将来、スペアパーツの調達体制に懸念が生じる可能性は排除できない。

イスラマバードの気象観測レーダー塔をはじめ、地方施設職員の勤務体制は24時間体制(3交代制)である。いずれの施設でもシフト体制が機能しており、出勤体制に問題はないと見受けられた。

PMDイスラマバード本局、新イスラマバード国際空港内PMD気象事務所、PMDラホール洪水予報局、ラホール国際空港内PMD気象事務所、PMDカラチサイクロン警報センター及びムルタン国際空港内PMD気象事務所の全ての機材の運営・維持管理状況は良好であることを確認した。上記の組織・体制の項目で述べたとおり、PMDの各施設では気象予報業務、データ転送・受信・記録・モニタリング、ソフトウェア操作、サーバー管理、通信機器の管理、高性能端末機器(ワークステーション)の管理・運営等が行われている。機材や施設内の清掃や点検作業も随時行われている。本調査では、質問票、PMDイスラマバード本局や各地方施設で勤務する職員へのヒアリングや現場視察を通じて、調達された機材や気象レーダー塔の維持管理状況はおおむね良好であることを確認した。

以上より、本事業の運営・維持管理状況に重大な問題はないと考えられる。

【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：

特になし。

- ・JICAへの提言：

特になし。

- ・教訓：

(事業開始前あるいは開始後の早い段階において、工法・設計が変更にならないよう工事現場の確認、工事方法の選択、事業関係者間の意思疎通を徹底し、工法が変更になる場合に工期の遅延防止に注力する重要性)

イスラマバード気象レーダー塔建設では、タワークレーン支持鋼材設置箇所周辺の外壁工事・塗装を行う際、タワークレーンの解体後のみにしか設置箇所周辺の外構工事が行えないことが発覚し、外構工事を含む全工事が遅延した。背景には、当初



計画においてタワークレーンを外構工事と干渉しない場所に設置することが計画されていたが、設計後に同レーダー塔の屋外階段とひさしがプレキャスト・コンクリート工法に変更となったことから、外構工事と重なる場所でのタワークレーンの設置が必要となり、再調整から工事まで時間を要した。今後の類似案件の形成時において、事業開始前あるいは開始後の早い段階で、極力、工法・設計が変更にならないよう工事現場の確認や工事方法の選択、事業関係者間の意思疎通を徹底し、工法が変更になる場合は工期の遅延防止に注力することが望ましい。

## VI ノンスコア項目

### ・適応・貢献

[客観的な観点による評価]

本事業ではコンサルティング・サービスの一環として、PMD 技術系職員向けに気象レーダー調整・故障探求、気象レーダー運用・管理、気象レーダー観測、気象予報ガイダンスといったテーマを中心にソフトコンポーネント研修が実施された。同研修は、最新技術の気象観測システムの導入は PMD にとって馴染みがなかったため、その運用や維持管理を円滑に行うためには必要な研修であった。いわば、PMD の業務運営能力の強化に資するものであった。これは、事業環境への適合を目指した対応といえ、実施機関への必要なサポートが行われたといえる。

### ・付加価値・創造価値 特になし。



写真1：ウィンドプロファイラシステム (一部)  
(PMD イスラマバード気象観測レーダー塔内部)  
(出典：評価者撮影)



写真2：気象レーダーデータ表示システム  
(新イスラマバード国際空港内 PMD 気象事務所)  
(出典：評価者撮影)



写真3：気象データ用基幹通信システム (一部)  
(PMD ラホール洪水予報局)  
(出典：現地調査補助員撮影)



写真4：ウィンドプロファイラシステム (一部)  
(ムルタン国際空港内 PMD 気象事務所)  
(出典：現地調査補助員撮影)



写真5：気象データ用基幹通信システム（一部）  
（PMD ラホール洪水予報局）  
（出典：現地調査補助員撮影）



写真6：カラチサイクロン警報センター内の様子  
（出典：現地調査補助員撮影）