

フィリピン

2016 年度 外部事後評価報告書
無償資金協力「気象レーダーシステム整備計画」

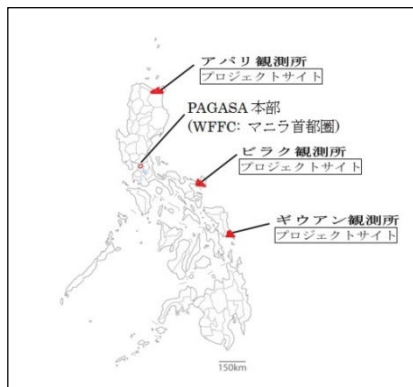
外部評価者：オクタヴィアジャパン株式会社 稲澤 健一

0. 要旨

本事業は、ビラク、アパリ、ギウアンの既存気象レーダーシステムの更新を行うことにより、フィリピン天文気象庁（Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration; 以下「PAGASA」という。）の台風監視能力の向上及び気象予測の精度更新を図り、台風をはじめとする災害リスクの軽減に寄与することを目的とした。本事業の実施はフィリピンの開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分に合致しており、妥当性は高い。事業費は計画内に収まり、事業期間は計画を超過した。したがって、効率性は中程度である。定量的効果は、ビラク、ギウアン、アパリの各レーダー観測所においてほぼ達成している。また PAGASA 本部の気象・洪水予報センター（Weather and Flood Forecasting Center、以下「WFFC」という）では、気象レーダーシステムから得られる雨や風の情報をリアルタイムに受信し、24 時間連続の監視及び台風情報の毎時間発令が可能となった。加えて、PAGASA から発令される台風進路予測情報に基づいて、地方自治体は住民に避難指示を出すにあたり、余裕時間（リードタイム）を十分に確保していることがインタビューを通じて確認できた。つまり、自然災害に起因する人命や資産の被害軽減に本事業は間接的に貢献している可能性が考えられる。したがって、本事業の有効性・インパクトは高い。持続性に関して、運営・維持管理の体制、技術、財務、直近の業務状況に大きな問題は見受けられない。しかし、2016 年 12 月の台風第 26 号（フィリピン名はニーナ）により被害を受けたビラクの気象レーダー観測所の運営は事後評価時において稼働を停止している。そのため、持続性は中程度である。

以上より、本事業の評価は高いといえる。

1. 事業の概要



事業位置図



ビラクの気象レーダー観測所

1. 1 事業の背景

1994 年にビラク、アパリ及びギウアンにおいて整備された気象レーダーシステムは老朽化が進み、PAGASA のレーダー観測に困難が生じていた。上記の既設気象レーダーシステムはドップラー機能¹を有していなかったため、PAGASA は太平洋上及び沿岸域で台風がもたらす暴風及び降雨の移動方向、竜巻を伴う暴風雨をリアルタイムで監視することができなかった。PAGASA は風の収束場データを得ることができなかったため、台風の正確な位置や強度、もしくは多降雨地域を特定することが困難であった。かかる状況の下、フィリピン政府は日本政府に対し、気象レーダーシステムの整備に関する無償資金協力事業を要請した。

1. 2 事業概要

ビラク、アパリ、ギウアンの既存気象レーダーシステムの更新を行い、PAGASA の台風監視能力の向上及び気象予測の精度更新を図り、もって台風をはじめとする災害リスクの軽減に寄与する。

供与限度額/実績額	23 百万円 (詳細設計) 及び 3,350 百万円 (本体工事) / 23 百万円 (詳細設計) 及び 3,169 百万円 (本体工事)
交換公文締結/贈与契約締結	2009 年 3 月 (詳細設計) 及び 2009 年 10 月 (本体工事) / 2009 年 5 月 (詳細設計) 及び 2009 年 11 月 (本体工事)

¹ 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することが可能であり、台風による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。また、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。

実施機関	フィリピン天文気象庁 (PAGASA)	
事業完成	2013年9月	
案件従事者	本体	丸紅株式会社 / 清水建設株式会社 (JV)
	コンサルタント	一般財団法人日本気象協会
基本設計調査	2008年6月～2009年2月	
関連事業	<p>【無償資金協力】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・気候変動による自然災害対処能力向上計画 (2010年) ・台風ヨランダ災害復旧・復興計画 (2014年) <p>【円借款】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・気象通信網整備事業 (1990年) <p>【技術協力】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・気象観測・予報・警報能力向上プロジェクト (2014年～2017年) ・洪水予警報の統合データ管理能力強化プロジェクト (2016年～2019年) <p>【その他国際機関の事業】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・30ヶ所 (ラナオ、イロイロ、アウロラ及び他の県) の自動気象観測装置設 (2007年) (韓国国際協力事業団 (KOICA)) ・タナイ及びリーサル高層気象観測所 (ラジオゾンデ) 改善 (2008年) (台北経済文化庁科学委員会) ・災害危険区域図作成 (2006年) (国連開発計画 (UNDP)) ・既設気象水文通信施設評価報告書作成 (2008年) (米 国貿易開発庁 (USTDA)) 	

2. 調査の概要

2. 1 外部評価者

稲澤 健一 (オクタヴィアジャパン株式会社)

2. 2 調査期間

今回の事後評価にあたっては、以下のとおり調査を実施した。

調査期間：2016年8月～2017年11月

現地調査：2017年1月11日～28日、2017年4月19日～26日

3. 評価結果（レーティング：B²）

3. 1 妥当性（レーティング：③³）

3. 1. 1 開発政策との整合性

計画時、フィリピン政府は2004年に「中期フィリピン開発計画」（2004年～2010年）を策定した。当計画は10項目のアジェンダを掲げた。その中の5番目に、自然災害の発生を軽減し、人命や財産の損失を防止することが至上命題とされていた。また同政府は、2004年にオーロラ州、ケソン州及び周辺地域を襲った一連の自然災害を踏まえ、「4つの災害対策実行計画」を策定した。その中で、1) PAGASAの予報能力向上、2) 災害対策に関する公共情報の普及活動、3) 災害脆弱地域における地方政府の能力向上、及び4) 政府と民間の救助活動と復旧に関する協力体制の強化が謳われていた。加えて、同政府は2020年迄のフィリピンの長期的な科学技術開発の方向性を定める「国家科学技術計画」（2002年～2020年）を策定した。その中で優先度が高いものとして自然災害の軽減が挙げられ、本事業の早急な実施が望まれていた。

事後評価時の国家計画である「フィリピン国家開発計画」（2011年～2016年）では、気候変動とそれによる自然災害への影響は、貧困の拡大と環境破壊につながると認識している。同認識を踏まえ、フィリピン政府は2010年に「災害リスク軽減管理評議会法」（共和国法10121号）を制定し、自然災害や人的災害など多様な災害に対する統合的な管理手法を用いた「国家災害リスク軽減フレームワークの策定」が重要と位置づけている。かかる背景の下、本事業の実施機関であるPAGASAは2016年に「PAGASAの戦略とプログラム2016」を策定し、その中で自然災害・人的災害の予測システムの向上を掲げている。さらに中央政府は、2015年に「共和国法10692号（通称PAGASA近代化実現のための法）」を制定した。その中で、洪水予警報・モニタリング・気象観測システムを中心に、最先端の施設・機材・システムを伴うPAGASAの運用技術の近代化を促進することで、農業や食料の安全保障に役立てることを企図している。

以上より、本事業は計画時・事後評価時ともにフィリピンの国家計画、セクター計画等それぞれにおいて政策・施策との整合性が認められる。

3. 1. 2 開発ニーズとの整合性

計画時、フィリピンに到来または通過する台風の監視に最も重要な位置にあるビラク、

² A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

³ ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

アパリ及びギウアの既存気象レーダーシステムは、円借款「気象通信網整備計画」の実施により 1994 年に建設されたものであり、既に 15 年以上の歳月が経過していた。同システムの老朽化により、観測業務の遂行は困難に直面していた。また、既設の同システムは、ドップラー機能を有していなかったことから、PAGASA は太平洋上及び沿岸域で台風がもたらす暴風及び降雨の移動方向、竜巻を伴う暴風雨をリアルタイムで監視することができないほか、風の収束場データを得ることができず、多降雨地域を特定することも困難であった。さらには、気象レーダーから得られる雨量強度や風向・風速といった気象レーダーデータを PAGASA 内部で送信を行う通信網も整備されていなかった。したがって、台風から人命や財産を適切に保護することを考えると、連続的かつタイムリーに暴風シグナル警報と台風情報を国民に伝達するために、早急に状況を改善することが不可欠であった。

事後評価時、フィリピンでは台風規模の拡大に加え、これまで通過しなかったエリア及びルートへの台風襲来も増えてきている。このため、PAGASA では、2020 年迄に気象レーダーシステムを全 20 ヶ所（事後評価時、本事業で整備されたピラク、ギウアン、アパリを含め 14 ヶ所にレーダーシステムがある）で整備し、台風進路や豪雨等の観測体制の強化を図る予定である。加えて、PAGASA は最新の科学技術を用いた気象研究の充実・強化、人材育成と組織開発の強化等を掲げ、自然災害・人的災害の軽減に対応すべく気象予報の精度の向上、組織体制の強化を目指している。

以上より、本事業は計画時・事後評価時ともに開発ニーズとの整合性が認められる。

3. 1. 3 日本の援助政策との整合性

2000 年に外務省が策定した「フィリピン国別援助計画」では、①「持続的成長のための経済体質の強化及び成長制約要因の克服」、②「格差の是正（貧困緩和と地域格差の是正）」、③「環境保全と防災」、④「人材育成及び制度造り」が重点分野・課題別援助方針とされた。このうち③については、「大規模な自然災害の頻発によって開発が制約されるとともに、貧困層がより大きな打撃を受けがちであることから、治水、砂防、地震対策等への支援を引き続き進めるとともに、中長期的な観点から関係政府機関の体制整備・能力向上のための支援を行う」必要性が提唱されていた。

本事業は、フィリピンの災害監視機能の強化への支援を行うものであり、上記の重点分野・課題別援助方針（③「環境保全と防災」）に合致していることから、日本の援助政策としての整合性が認められる。

以上より、本事業の実施はフィリピンの開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分に合致しており、妥当性は高い。

3. 2 効率性（レーティング：②）

3. 2. 1 アウトプット

表1はアウトプット計画及び実績を示す。

表1：本事業のアウトプット（計画/実績）

計画（事業開始前）		実績（事後評価時）
【日本側】		
[機材調達・据付]		
1	気象レーダーシステム：3基（ビラク、アパリ、ギウアン）	計画どおり実施された
2	気象レーダーデータ表示システム：4式（WFFC、ビラク、アパリ、ギウアン）	
3	気象データ衛星通信システム（VSAT ⁴ ）：4式（WFFC、ビラク、アパリ、ギウアン）	
[施設建設]		
1	気象レーダー塔施設（機材用家具を含む）：ビラク、アパリ、ギウアンの3箇所	計画どおり実施された
【フィリピン側】		
1	既設施設・建物の撤去	計画どおり実施された
2	既存職員宿舍の改装	
3	既存レーダー塔施設の撤去、気象レーダー塔施設のための150kVA電源供給用ステップダウン変圧器の据付	
4	接続道路の建設	

出所：国際協力機構（JICA）提供資料、PAGASA 質問票回答

事業実施前に計画された日本側のアウトプットは、設計上において軽微な変更⁵があったものの、おおむね計画どおりに実施された。

一方、ギウアンの気象レーダー観測所は2013年11月に発生した2013年台風30号（フィリピン名はヨランダ）の影響により損壊した⁶。その後、新規の無償資金協力事業「台風ヨランダ災害復旧・復興計画」により、同観測所は修復された。当該事業は、本事業と同じ設計・規模での整備、機材調達が行われ、2015年12月に完成した⁷。その後は台風による更なる被害も発生しておらず、事後評価時において稼働状況は良好である。

⁴ Very Small Aperture Terminal の略語で、通信衛星を利用した高速データ通信システムを指す。

⁵ 基本設計（BD）から詳細設計（DD）において軽微な変更が生じた。次のとおりである：

-ビラク：杭番号2は当初設計位置から1,600mm北へ移動した。杭番号5は当初設計位置から1,600mm南へ移動した。施設への水源を井戸掘削による計画から湧水集積地利用へ変更され、集積樹の拡充と濾過機能が追加された。

-アパリ：レーダー塔の向きが変更された。

-ギウアン：レーダー塔の位置が北に2m移された。

⁶ 本事業により2013年9月に完成したものの、その2カ月後に損壊した。

⁷ 贈与契約期日は2014年5月

また、ビラクの気象レーダー観測所は2016年12月に発生した2016年台風26号（フィリピン名はニーナ）の影響により、構造物の一部が被害を受けた。写真1及び2は実際の被害状況である。2017年1月以来、当該台風により生じた水漏れによるさらなる被害を避けるため、電力供給が停止状態にあり、事後評価時、運用を停止している。その一方、2017年4月現在、PAGASAは自己予算により同観測所の修復作業を検討しており、PAGASAによると、まもなく稼働するとしている。



写真1: 台風26号（ニーナ）により被害を受けた太陽光パネル



写真2: 台風26号（ニーナ）により施設内天井にひびが入り、時折水漏れが生じている

3. 2. 2 インプット

3. 2. 2. 1 事業費

当初計画の総事業費約3,961百万円に対して、実績は約3,333百万円と、計画内に収まった（計画比約84%）。表2は本事業の当初計画事業費及び実績事業費の差異を示す。

表2：当初計画事業費及び実績事業費

	計画事業費	実績費
日本側	3,406百万円	3,169百万円
フィリピン側	約555百万円 (=約214百万PHP ⁸)	約164百万円 (=約71.74百万PHP ⁹)
合計	約3,961百万円	約3,333百万円

出所：JICA提供資料（計画・実績）、質問票回答（実績）

⁸ 為替レート：1PHP=約2.6円（2008年8月時）

⁹ 為替レート：1PHP 1.00=約JPY 2.29円（注：為替レートはフィリピン側の事業実施期間（2011年11月～2015年11月）における平均レート（国際通貨基金（IMF）の国際金融統計（IFS）のレート）に基づいて計算されている）

計画内に収まった理由は、1) 日本側の工事費について競争入札により抑えられたこと、2) フィリピン側の事業費は、当初計画において機材調達に係わる消費税及び輸入税概算総額が積算されていたが、事業開始後にフィリピン政府の措置により大幅に免除となった結果、実績額は大幅に抑えられたことに起因する。

3. 2. 2. 2 事業期間

当初計画の総事業期間は2009年5月～2013年7月迄の51カ月間に対して、実績は2009年5月～2013年11月迄の55カ月と、計画より遅延した（計画比約108%）。主な遅延の理由は、ギウアンの気象レーダー観測所の接続道路の整備（フィリピン側負担）に関し、工事開始迄の手続きや工事に、想定より時間を要したためである（約4カ月の遅延）¹⁰。なお、フィリピン側負担の工事を含む各気象レーダー観測所整備の完成期日は、ビラクは2011年12月、アパリは2013年5月、ギウアンは2013年11月であった。

事業費は計画内に収まったものの、事業期間は計画を超過した。その一方、アウトプットは計画通り実施された。したがって、効率性は中程度である。

¹⁰ PAGASAによれば、アクセス道路部分の土地を有していた所有者の一人との用地取得の交渉に時間を想定以上に要したとのことである。

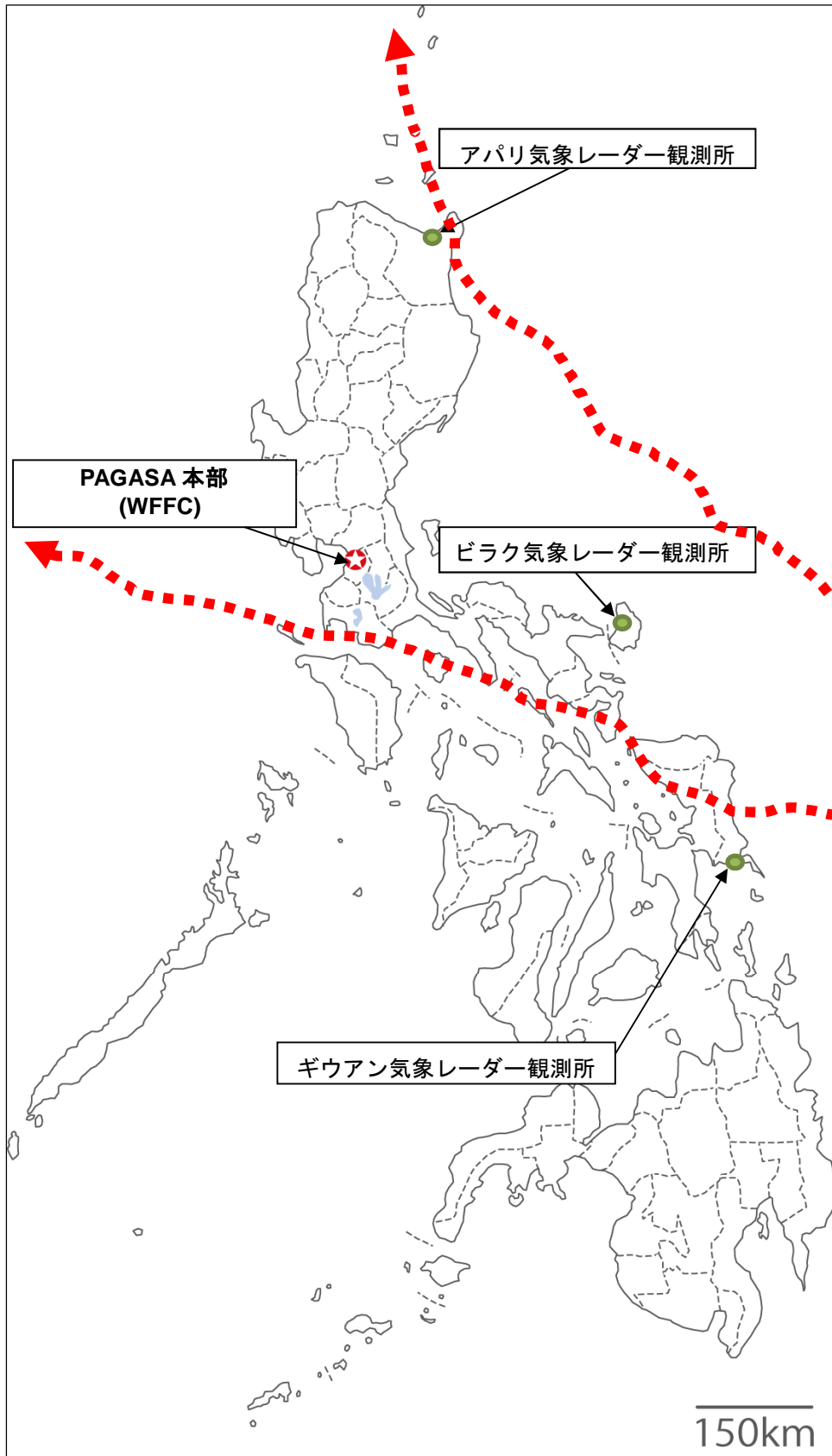


図1：本事業で整備された気象レーダー観測所サイト
 (赤点線は直近のフィリピンにおいて最も頻繁に台風が通過するルート2つを示す)

3. 3 有効性¹¹（レーティング：③）

3. 3. 1 定量的効果（運用・効果指標）

(1) 本事業の運用指標：PAGASA の台風監視能力の向上

本事業では、ビラク、アパリ、ギウアンの各気象レーダー観測所のシステム整備を通じた台風監視能力の向上が目標とされた。表 3 は、PAGASA の台風監視能力の向上に関する運用指標を示す（基準値・目標値・実績値）。

表 3：本事業の運用指標
PAGASA の台風監視能力の向上（基準値・目標値・実績値）

基準値 (2008 年)	目標値(2014 年) (事業完成 1 年後)	実績値				
		2012 年	2013 年 (完成年)	2014 年 (完成 1 年後)	2015 年 (完成 2 年後)	2016 年 (完成 3 年 後)
雨量強度 1mm/h 以上の降雨探 知距離が半径 300km	雨量強度 1mm/h 以上の降雨探 知距離が半径 450km ¹²	[ビラク] 目標値は 2012 年 5 月以降、達成している。 (ただし 2016 年 12 月末以降、2016 年台風 26 号(ニーナ)で生じた被害により同観測所は機能を停止している)				
		[アパリ] N/A (当時は 未完成) 目標値は 2013 年 8 月以降、達成している。				
		[ギウアン] N/A (当時は 未完成) 2013 年 11 月、2013 年超大型台風 30 号(ヨランダ)がギウアン観測所に甚大な被害を与えた。つまり、同観測所は 2013 年 9 月～11 月の 2 カ月間のみ運用であった。そのため、本評価では当該期間の実績を判断材料とするが、当該期間における目標値は達成していたといえる。なお、同観測所は 2015 年 12 月迄に JICA 無償資金協力事業により修復が行われ、それ以降は順調に機能しており、目標値も達成している。				
台風の風速の監視が不可能	半径 200km 内の最大 75m/秒迄の風速が観測可能となる ¹³	[ビラク] 同上				
		[アパリ] N/A (当時は 未完成) 同上				
		[ギウアン]				

¹¹ 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。

¹² PAGASA によると、雨量強度 1mm/h 以上の降雨探知距離は、ドップラー機能が最大効果を発揮する場合、半径 550km 迄に達することが時折あるとしている。

¹³ PAGASA によると、台風の風速最大 75m/秒の監視能力は、ドップラー機能が最大効果を発揮する場合、半径 250km 迄に達することが可能としている。

		N/A (当時は 未完成)	同上
降雨の移動方向 が観測不可能	半径 200km 内 の降雨の移動方 向が観測可能と なる	【ビラク】	
		同上	
		【アパリ】	
		N/A (当時は 未完成)	同上
		【ギウアン】	
		N/A (当時は 未完成)	同上

出所：JICA 提供資料（基準値・目標値）、質問票回答（実績）

表 3 が示すとおり、ビラクでは 2012 年 5 月の完成以来、「雨量強度 1mm/h 以上の降雨探知距離が半径 450km となること」、「半径 200km 内の最大 75m/秒までの風速が観測可能となること」及び「半径 200km 内の降雨の移動方向が観測可能となること」を達成している。なお、3. 2. 1 効率性・アウトプットの記載のとおり、2016 年 12 月末に発生した台風 26 号（ニーナ）により、同観測所の構造物の一部が破損し、本事後評価の現地調査時（2017 年 4 月末）、運用を停止している。降雨・風速・台風監視能力の維持のために速やかな復旧が望まれる。アパリでは 2013 年 8 月の完成以来、運用指標の目標値を達成している。ギウアンでは 3. 2. 1 効率性・アウトプットで記載したとおり、2013 年 11 月に発生した 2013 年台風 30 号（ヨランダ）の影響により損壊し、新規の無償資金協力事業により同じ設計・規模で 2015 年 12 月に修復された。事後評価時において稼働状況は良好であり、運用指標の目標値を全て達成している。ただし、本事業としての稼働期間は 2013 年 9 月～11 月であったため、その 2 カ月間の実績をもってギウアンの運用指標を評価する。つまり、本事業は当該期間において PAGASA の災害監視機能強化に貢献していたといえる。

運用指標の目標値を達成している要因として、本事業の気象レーダーシステムではドップラー機能が導入されたことが挙げられる。同機能は、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等を観測することが可能である。なお本事業開始前、フィリピン太平洋側ではルソン島東部に位置するバレル観測所を除いて同機能を有した観測所は存在しなかった。

(2) 効果指標：PAGASA の台風警報シグナル発令能力の向上（フィリピンに 36 時間以内に到達する台風を感知）

表 4 に示す効果指標に関して、ビラク、アパリ、ギウアン観測所においてドップラー機能を有した気象レーダーシステムが整備されたことにより、2013 年以降、台風襲来時に 24

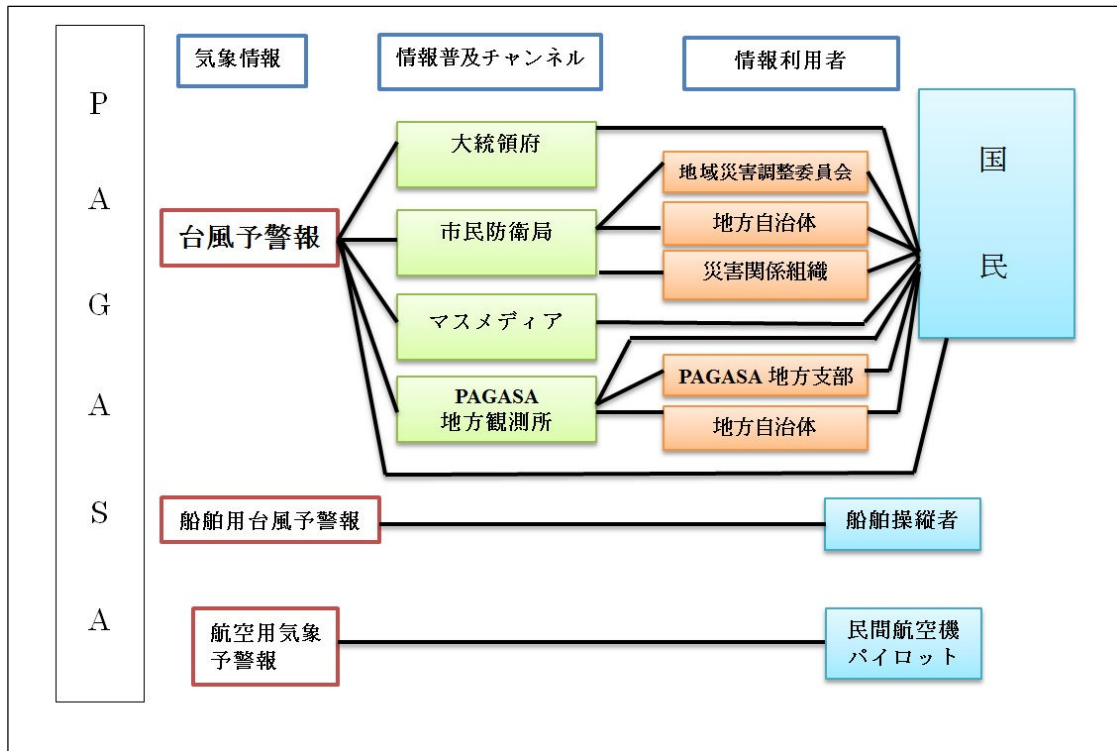
時間連続監視が可能となった。具体的には、PAGASA 本部 (WFFC) では、ビラク、アパリ、ギウアの気象レーダーシステムより得られる雨や風の情報をリアルタイムに受信できるようになり、迅速に各関係機関 (図 2) に台風警報シグナルや台風情報 (主に台風の勢力や位置) を毎時間発令することが可能となった (本事業開始前は 6 時間毎に 1 回 (1 日 4 回) が限度であった)。

表 4 : 本事業の効果指標 : PAGASA の台風警報シグナル発令能力の向上
(フィリピンに 36 時間以内に到達する台風を感知)
(基準値・目標値・実績値)

基準値 (2008 年)	目標値(2014 年) (事業完成 1 年後)	実績値				
		2012 年	2013 年 (完成年)	2014 年 (完成 1 年後)	2015 年 (完成 2 年後)	2016 年 (完成 3 年後)
1 日 4 回発令 (6 時間毎)	<u>毎時間発令 (台風の勢力・位置)</u>	N/A	2013 年以降、目標値は達成している : <u>毎時間発令 (台風の勢力・位置)</u>			

出所 : JICA 提供資料 (基準値・目標値)、質問票回答 (実績)

本事業の各気象レーダー観測所で観測される台風や暴風雨、進路予測などは一旦 PAGASA 本部 (WFFC) に送信される。その後、図 2 の警報発令体制図で説明するとおり、同本部により発令される台風予警報は、大統領府、市民防衛局、メディア、PAGASA 地方支部、メディアを経由し、地方自治体やその他関係各省、一般国民に伝達される。一般国民はラジオ、テレビ放送及び新聞報道、SNS、スマートフォンのアプリケーションソフトウェアを通じて台風予警報情報を入手することができる。



出所: PAGASA

図 2 : 警報発令体制図

3. 3. 2 定性的効果（職員の運用技能向上）

本事業は気象予報及びレーダーシステムに携わる PAGASA 技術系職員の職務技能を向上させるきっかけとなった。また、気象予報の精度向上にも貢献している。PAGASA 本部（WFFC）の気象予報官、今次調査で訪問したビラク及びアパリの気象レーダー観測所で従事する職員に対して、本事業を通じた職務技能向上の有無についてインタビューを行ったところ、「本事業により台風監視能力及び台風警報シグナル発令能力や精度は高まり、国民の PAGASA の気象予報への信頼は高まっていると思う。一方、年々、台風の規模・性質の予測が困難になりつつあり、気象観測の精度の高さが求められるようになってきている。機材の更新、運用技術の向上等といった幅広い技能を常に身につける必要がある。また、組織全体として運用能力向上も必要と思う」（WFFC）、「本事業開始前と比べて変わったことは、ドップラー機能など最先端のシステムに携わることができるようになったため、日々の業務へのモチベーションが上昇している」（ビラク）、「ドップラー機能など最先端のシステムの導入により、IT スキル・解析スキル等の向上の必要性を常に感じている」（アパリ）といったコメントが得られた。

以上のコメントを踏まえると、職務技能向上を通じた職務への意識向上、及び気象予報の精度向上に本事業は一役買っていると推察される。

3. 4 インパクト

3. 4. 1 インパクトの発現状況

3. 4. 1. 1 台風及びその他深刻な気象現象による荒廃の軽減への貢献

本事業は台風及びその他深刻な気象現象による災害リスクを軽減することが期待された。昨今において、気候変動と考えられる理由により、突発的な暴風雨や雷雨を伴う事例が増えたり、これまでにない台風進路が見られたり、自然災害の性質も変わっている。しかしながら、今次現地調査では本事業のインパクトに関して、次のようなコメントが事業関係者より得られた。カガヤン州の州防災局、傘下のアパリ市役所防災局の幹部職員にインタビューを行ったところ、「本事業開始前（2009年以前）、PAGASA から一般国民・地元自治体に提供される気象情報の精度はかなり低いと言わざるを得なかった。天気予報は外れることも少なくなく、信頼度は高くなかった。しかし新しいレーダー塔が整備されてからは、PAGASA の気象予報・警報は精度が高く、我々は信頼を置いている。PAGASA から提供される情報を基に、台風襲来時において住民に適切な避難指示を即座に出せている。その要因のひとつに、ドップラー機能を有しているアパリの観測所の存在は小さくないと思われる。一例として、2016年10月に台風22号（フィリピン名はローウィン、超大型台風）が襲来した際、住民から台風の進路予測についての問い合わせが四六時中あったが、PAGASA の台風進路予測情報に基づいて、迅速かつ適切な情報提供ができたと思う。もし PAGASA の情報に信用が置かれていなかったならば、表5の死者数（6名）はもっと多かつたはずである。PAGASA の気象予報・警報を基に台風の進路、今後の降雨量が予測できることのみならず、避難活動の準備・住民への指示にも役に立っていると思う」といったコメントが出された。かかるコメントを踏まえると、台風襲来時における住民の避難までの余裕時間（リードタイム）の確保に、本事業によるレーダー観測所から精度の高い気象・警報を提供していることが要因にあるといえる。その結果、人命や資産の被害軽減への貢献度も小さくないと判断される。

したがって、自然災害による被害は軽減されている可能性があると推察される。

（参考）上記のコメントに関連して、表5はアパリの観測所が属するカガヤン州における直近数年の台風・暴風雨・死者・負傷者・行方不明者・影響を受けた人数である。

(参考) 表 5 : カガヤン州における死傷者及び影響を受けた人数 (2013 年～2016 年)
(単位 : 人)

自然災害及び年	死傷者			影響を受けた人数
	死者	負傷者	行方不明者	
台風オデッテ (2013)	0	0	0	12,785
台風ヴィンタ (2013)	2	11	0	287,826
台風ルイス (2014)	1	1	0	47,310
台風ドドン (2015)	0	0	0	6,825
台風イネン (2015)	0	3	0	75,891
台風ランド (2015)	1	2	0	157,362
モンスーン及び東風等 (2015)	0	1	0	88,071
台風ローウィン (2016)	6	111	0	856,243

出所 : カガヤン州気候変動及び災害リスク軽減管理局



写真 3 : アパリの気象レーダー観測所

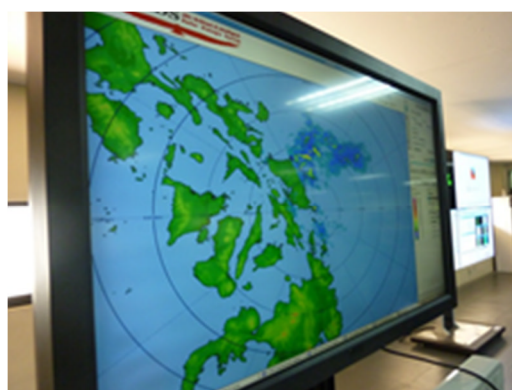


写真 4 : WFFC における台風の観測

3. 4. 2. 1 自然環境へのインパクト

質問票、インタビュー及び現地調査を通じて、ビラク、アパリ、ギウアンの気象レーダー観測所では、事業実施中及び完成後において事業サイト内の環境問題（騒音、振動、大気汚染、車両通行に伴う粉塵の発生等）といった問題は発生していないことを確認した。

事業完成後、本事業で整備された施設・機材の環境モニタリングは実施されていない。PAGASA も監督官庁である科学技術省 (Department of Science and Technology、以下「DOST」とする。) も環境モニタリング体制を敷いていない。PAGASA によれば、もし仮に環境への問題が発生した場合は、環境庁が先ず確認を行い、地元自治体との協働の下、対処に努めるとのことである。しかし、事後評価時までには何ら問題は発生していないため、実例がない状況にある。

3. 4. 2. 2 住民移転・用地取得

本事業では住民移転は発生しなかった¹⁴。ビラクの事業サイトにおいて、アクセス道路整備箇所が用地取得の対象となったが、地元自治体が保有する土地（数百 m²¹⁵）が PAGASA に無償で提供されていた。アパリの事業サイトでは、アクセス道路を含む敷地エリア（約 5,000 m²）について地元自治体より無償提供されていた¹⁶。ギウアの事業サイトでも用地取得は発生しなかった（以前より PAGASA が所有しているアクセス道路分の土地（約 975 m²）が存在した）。

<有効性・インパクトのまとめ>

定量的効果に関して、ビラク、ギウア、アパリの各レーダー観測所では「雨量強度 1mm/h 以上の降雨探知距離が半径 450km となること」、「半径 200km 内の最大 75m/秒までの風速が観測可能となること」、「半径 200km 内の降雨の移動方向が観測可能となること」をほぼ達成している¹⁷。また PAGASA 本部（WFFC）では、ビラク、アパリ、ギウアの各気象レーダーシステムから得られる雨や風の情報をリアルタイムに受信し、24 時間連続の監視及び台風情報の毎時間発令が可能となっている。加えて、地方自治体は PAGASA から発令される台風進路予測情報に基づいて、住民が避難するまでの余裕時間（リードタイム）を十分に確保していることがインタビューを通じて確認できた。つまり、人命や資産の被害軽減に本事業は間接的に貢献している可能性が考えられる。したがって、本事業は概ね計画どおりの効果発現が見られ、有効性・インパクトは高い。

3. 5 持続性（レーティング：②）

3. 5. 1 運営・維持管理の体制

本事業の実施機関は PAGASA である¹⁸。PAGASA は主に気象観測・通信・解析、洪水予警報、及びそれらに関連する研究や啓発活動を行っている。

気象レーダー観測所における運営は、「通常観測」と「特別観測」の 2 つの観測体制により観測が行われている。「通常観測」は 1 日 1 回観測が行われている。「特別観測」は、台風や豪雨・暴風雨の発生を気象レーダーで確認した時点で開始され、毎時間（1 日 24 回）

¹⁴ 本事業のビラク、アパリ、ギウアの事業サイトは、住宅エリアから遠く離れた丘陵地や海岸沿いに建設されているため、住民移転を要するものではなかった。

¹⁵ 正確な面積数は判明しなかった。

¹⁶ 用地取得についても、特に地元自治体に対して補償金の支払いを要するものではなかった。円滑に手続きが進められた。

¹⁷ ビラクの気象レーダー観測所は事後評価時において稼働していないものの、全観測所の指標実績はほぼ達成していると判断される。

¹⁸ PAGASA は科学技術省（DOST）傘下の組織であり、国の防災管理体制の中で気象に関する情報を提供する中心的役割を担っている。PAGASA は DOST の監督を受ける立場にある。

観測が行われる。リアルタイムに PAGASA 本部 (WFFC) に電話、電子メール、無線機、気象データ衛星通信システム (VSAT) 等で報告されている。台風の位置が気象レーダー観測範囲外もしくはフィリピン領域外となった時点で「特別観測」が終了となる。

気象レーダー観測所における主な維持管理は、日常的な清掃、施設内の構造物の点検・修繕、敷地内の防犯を目的とする警備等である。また、レーダーシステムの維持管理は、データ出力解析を含む機材の点検、IT ソフトウェアの更新・管理、部品交換等である。

PAGASA の総職員数は 855 人である (2016 年 12 月現在)。また、本事業で整備されたビラク、アパリ、ギウアンの各気象レーダー観測所、PAGASA 本部 (WFFC) における職員数は表 6、表 7、表 8 のとおりである。

表 6：各気象レーダー観測所の職員

(単位：人)

職位	気象レーダー観測所 ¹⁹		
	ビラク	アパリ	ギウアン
観測所長	1	1	1
観測所長補	1	0	1
レーダー運用/観測官	4	4	3
電子エンジニア/技師	(4)	(4)	(3)
機械技師	(4)	(4)	(3)

出所：質問票回答

注*：表内のカッコ書きについて、レーダー運用/観測官は電子エンジニア/技師と機械技師の業務も兼務している。複数名体制で複数の業務に従事していることを示す。

表 7：PAGASA WFFC のレーダーシステム・クイックレスポンスチーム²⁰の職員

(単位：人)

職位	PAGASA本部 (WFFC)
気象機材・維持管理セクションチーフ	1
レーダー維持管理ユニット長代理	1
気象レーダー・エンジニア	2
気象レーダー・技師	4

出所：質問票回答

¹⁹ 各気象レーダー観測所は PAGASA の地方サービス支部 (PAGASA Regional Services Division; 以下「PRSD」という) の管轄下にある。ビラク観測所は南ルソン PRSD、アパリ観測所は北ルソン PRSD、ギウアン観測所はビサヤ PRSD の管轄下にある。なお、各支部から各観測所に運営・維持管理予算が配賦されて業務が行われている。

²⁰ PAGASA 本部 (WFFC) には、各気象レーダー観測所の業務支援、各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、VSAT の故障時に対して迅速な対応ができるようクイックレスポンスチームが構築されている。

表 8 : PAGASA WFFC の通信/ICT・クイックレスポンスチームの職員

(単位：人)

職位	PAGASA本部 (WFFC)
電子エンジニア (通信機器、VSAT、GPRS ²¹ /EDGE ²² 機器)	1
電子技師 (通信機器、VSAT、GPRS/EDGE 機器)	4
ICT/ソフトウェア・エンジニア (ネットワーク及びコンピュータ機器+ソフトウェア維持管理)	1
ICT/ソフトウェア技師 (ネットワーク及びコンピュータ機器+ソフトウェア維持管理)	9

出所：質問票回答

職員数に関して、今次調査で訪問した PAGASA 本部 (WFFC)、ビラク、アパリの気象レーダー観測所の職員にインタビューしたところ、「運営・維持管理業務に当たる職員は過不足なく配置されており、必要数は確保されている。足りないということはない」といったコメントが得られた。なお、PAGASA では、後述の 3. 5. 3 運営・維持管理の財務でも説明するとおり、昨今、気象予報や洪水予警報の重要性が高まり、中央政府から配賦される予算が増加傾向にある。それに伴い業務量も増え、本部を中心に職員数は増加傾向にある。

以上より、本事業の運営・維持管理上の体制面に関して特段問題は見受けられないと判断できる。

3. 5. 2 運営・維持管理の技術

本事業完成後、PAGASA 本部 (WFFC) や各レーダー観測所の職員向けに定期的に研修・トレーニングが実施されている。一例として、「予報官のための降雨警報システムトレーニング/ワークショップ」(2013 年)、「レーダー観測及びデータ解析のトレーニング・セミナー」(2013 年)、「確率に基づいた定量的降雨予測に関するトレーニングコース」(2014 年)、「気象技師のためのトレーニングコース」(2015 年)、「PAGASA 職員のための災害リスク軽減管理トレーニング」(2016 年) 等といった実務的な内容の研修・トレーニングが開催されている。加えて、新規職員向けの職務実地研修 (OJT) も実施されている。特に気象予報官として業務に就くには、大卒時に技師の資格を有することが必須であり、PAGASA に入職後、1年間の気象予報研修を受け、その後1カ月の職務実地訓練を受けることになっている。

PAGASA 本部 (WFFC) や各レーダー観測所の職員へのインタビューを通じて、運営・維持管理業務の重要性や本事業で調達された機材の性能を理解していることが確認できた。また、機材の運営・維持管理を担当する職員は職務経験が豊富であり、機材に不具合や故

²¹ General Packet Radio Service の略語。2G・3G のセルラー通信システムである GSM 上のパケット方式の携帯データサービス。

²² Enhanced Data GSM (Global System for Mobile Communications) Environment の略語。デジタル携帯電話技術の通信方式である GSM 方式の拡張方式でデータ転送の改善が見込める。

障が生じた場合、直ちに対応する技術も十分であることをインタビューにより確認した。

本事業実施中、本邦コンサルタントより観測所レーダーシステムの運営に関する技術的支援・助言も提供された。具体的には、レーダーシステムのデータ解析、使用、運営・維持管理を担う観測所職員の能力強化のために、WFFC 及び観測所において研修が計画・実施された。

維持管理マニュアルは本事業コンサルタントにより提供され、気象レーダー観測所の各職員は日々の業務において必要に応じて活用している。

以上より、本事業の運営・維持管理上の技術面に関して特段問題は見受けられないと判断される。

3. 5. 3 運営・維持管理の財務

表 9 は、直近 3 カ年における PAGASA 全体の予算である。事業開始前と比較して大きく増加している。その理由は、近年 PAGASA では、気象観測・通信・解析・予警報、洪水予警報、及びそれら関連する研究と啓発活動に関する業務量が増え、その予算が充当されているためである。2014 年から 2015 年にかけて約 3 倍に増えているが、中央政府が PAGASA の役割・業務の重要性を大いに考慮した結果である。PAGASA によれば、2016 年以降も前年同様水準の予算が配賦されているとのことである。

表9： PAGASAの全体予算

(単位：1,000PHP)

2013年	2014年	2015年
1,452,205	1,256,104	3,464,214

出所: PAGASA

表 10 は直近 3 カ年における WFFC の運営・維持管理予算、及びビラク、アパリ、ギウアンの各観測所を管轄する各 PRSD に配賦されている運営・維持管理予算である。WFFC、各 PRSD の運営・維持管理予算は増加傾向にある²³。WFFC の幹部職員及び今次訪問したビラク、アパリ観測所の所長にインタビューを行ったところ、「直近数年は必要十分な予算が毎年配賦されており、業務に支障はない。また今後も同様水準が見込まれる」といったコメントが出された。

²³ 各観測所個々の運営・維持管理予算のみは判明しなかった。

表10：WFFC及びPRSDの運営・維持管理予算

(単位：1,000PHP)

	2013年	2014年	2015年
WFFC	22,853	59,131	56,808
南ルソン PRSD (ビラクレダー観測所は本 PRSD 管轄下)	8,240	11,675	11,675
北ルソン PRSD (アパリレーダー観測所は本 PRSD 管轄下)	16,481	23,350	23,350
ビサヤ PRSD (ギウアンレーダー観測所は本 PRSD 管轄下)	15,794	22,377	22,377

出所：PAGASA

注：観測所個々の運営・維持管理費データや PRSD が支出している割合については入手できなかった。

以上より、本事業の運営・維持管理上の財務面に関して特段問題は見受けられないと判断できる。

3. 5. 4 運営・維持管理の状況

本事業で整備された気象レーダー観測所の施設・機材の維持管理に関して、各レーダー観測所の職員は、毎日、毎週、毎月分類された清掃や修理等を行っている²⁴。なお、仮に気象レーダーシステム機材に大がかりな修理が必要、かつ、PAGASA で対処できない場合は、その都度、地元の業者（日系企業の現地法人）に依頼して対処している。

スペアパーツは PAGASA 本部にて保管されている。PAGASA によれば、事後評価時における調達状況については、不足・配送の遅れ等はないとのことであった

ビラクの気象レーダー観測所に関して、台風第 26 号（ニーナ）によって生じた水漏れによるさらなる被害を避けるため、2017 年 1 月初旬より電力供給を停止しており、同観測所は 2017 年 1 月末時点で稼働を停止している。その後、2017 年 4 月現在、PAGASA はビラク観測所の修復を検討している。PAGASA によると、まもなく稼働するとしている。

<持続性のまとめ>

事後評価時における PAGASA の運営・維持管理体制に関して、運営・維持管理業務に当たる必要な人員数が確保されている。技術面に関しては、定期的に研修・トレーニングが開催され、経験豊富な職員で構成されている。財務面については、現場視察及び WFFC、ビラク及びアパリの気象レーダー観測所の職員へのインタビューを通じて、本事業で整備された気象レーダーシステムにかかる運営・維持管理予算は十分であると判断される。しかし、2016 年 12 月の台風第 26 号（ニーナ）により被害を受けたビラクの気象レーダー観測

²⁴ 維持管理業務の分類について、各気象レーダー観測所における毎日の維持管理業務は、施設内の清掃と機材の簡単な稼働確認、毎週の同業務はデータの出力解析を含む機材の点検、毎月の同業務はレーダーのアンテナの点検や周波数データの点検等が挙げられる。

所は、事後評価時において稼働を停止している状況であり、早急な修復が望まれる。以上を踏まえると、本事業の実施によって発現した持続性は中程度である。

4. 結論及び教訓・提言

4. 1 結論

本事業は、ビラク、アパリ、ギウアの既存気象レーダーシステムの更新を行うことにより、PAGASA の台風監視能力の向上及び気象予測の精度更新を図り、台風をはじめとする災害リスクの軽減に寄与することを目的とした。本事業の実施はフィリピンの開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分に合致しており、妥当性は高い。事業費は計画内に収まり、事業期間は計画を超過した。したがって、効率性は中程度である。定量的効果は、ビラク、ギウア、アパリの各レーダー観測所においてほぼ達成している。また PAGASA 本部の WFFC では、気象レーダーシステムから得られる雨や風の情報をリアルタイムに受信し、24 時間連続の監視及び台風情報の毎時間発令が可能となった。加えて、PAGASA から発令される台風進路予測情報に基づいて、地方自治体は住民に避難指示を出すにあたり、余裕時間（リードタイム）を十分に確保していることがインタビューを通じて確認できた。つまり、自然災害に起因する人命や資産の被害軽減に本事業は間接的に貢献している可能性が考えられる。したがって、本事業の有効性・インパクトは高い。持続性に関して、運営・維持管理の体制、技術、財務、直近の業務状況に大きな問題は見受けられない。しかし、2016 年 12 月の台風第 26 号（ニーナ）により被害を受けたビラクの気象レーダー観測所の運営は事後評価時において稼働を停止している。そのため、持続性は中程度である。

以上より、本事業の評価は高いといえる。

4. 2 提言

4. 2. 1 実施機関への提言

PAGASA は 2016 年の台風第 26 号（ニーナ）により被害を受けたビラクの気象レーダー観測所に関して、降雨・風速・台風監視能力の維持のためにもできるだけ早くに修復を行うことが望ましい。

4. 2. 2 JICA への提言

なし。

4. 3 教訓

気象レーダーシステムのサイト選定と迅速な整備の重要性

本事業では、気象レーダー観測所整備のためビラク、アパリ、ギウアンが選定された。図 1 に示すとおり、フィリピンの台風はこれら 3 つの観測所の上空を非常に頻繁に通過する。かかるエリアにおいて観測所を整備することは重要であり、緊急性も求められた。一方、フィリピンでは年々台風の規模が変化し、予測も複雑になっており（PAGASA によれば、主に気候変動の影響によるとしている）、PAGASA は常に台風観測の向上に対応する必要性に迫られている。精度の高い台風観測を行うためには、観測所のサイト選定の正確さとその迅速な整備が常時求められるといえる。

以上