

2020 年度 外部事後評価報告書
無償資金協力「広域防災システム整備計画」

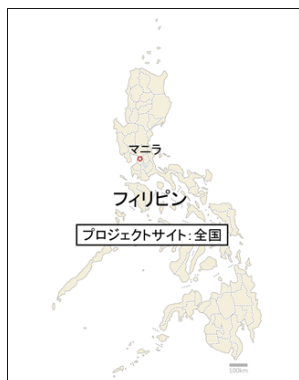
外部評価者：OPMAC 株式会社 三島 光恵

0. 要旨

本事業は、フィリピン共和国（以下、「フィリピン」という。）全土において、地震・津波等の観測機器や排水ポンプ車等を整備することにより、地震・津波等の監視能力及び排水能力の向上を図り、もって地震・津波等の災害による人的・経済的被害を低減することに寄与するものである。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。本事業の事業費、事業期間ともに計画を上回ったため、効率性は中程度である。本事業で整備された機材のうち、地震火山研究所（Philippine Institute of Volcanology and Seismology、以下、「PHIVOLCS」という。）の IT 震度計や津波探知機のデータ転送の問題は事後評価時点において解決されておらず、他の機材についても新型コロナウイルス感染症（以下「COVID-19」という。）の蔓延による各地の移動制限のためにバッテリーや部品交換、機器の不具合の対応ができず、稼働停止状態のものがみられる。しかし、これらの機材により地震・津波の観測の迅速化・情報の向上が実現した実績があり、公共事業道路省（Department of Public Works and Highways、以下、「DPWH」という。）の排水ポンプ車に関しては、洪水時の排水による現状の回復あるいは洪水予防に役立っており、人的・経済的被害を低減に貢献した。以上より、本事業の実施により一定の効果の発現がみられたことから、有効性・インパクトは中程度である。運営・維持管理の制度・体制、技術、財務面で持続性は一定程度あるが、事後評価時点で不具合や故障が発生して稼働していない機材の一部問題があり、本事業によって発現した効果の持続性は中程度となる。

以上より、本事業は一部課題があると評価される。

1. 事業の概要



事業位置図



本事業によって整備された機材
(PHIVOLCS 本部 モニター、IPSTAR 衛星通信機材)

1.1 事業の背景

フィリピンにおいては、東南アジアにおいて自然災害が最も多い国の一つである。ほぼ毎年発生する大災害による経済的、人的被害は甚大であり、また、社会基盤への度重なる被害は経済活動へ長期的な影響を与えていた。2004 年のスマトラ沖大地震とインド洋大津波の後、被害の大きかった国々は防災能力の向上に努め、地震計測や地震情報の発信などを行っているが、観測網は十分とはいえず、地震や津波の正確な情報の分析や伝達システムも改善の余地があった。

また、2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災は、わが国に甚大な被害をもたらしただけでなく、国際社会に対して防災の重要性をあらためて認識させることになった。東日本大震災の際、津波被害地域での排水が社会経済の復旧過程で大きな課題であったことは記憶に新しく、その際、排水ポンプ車の有用性が改めて認識された。

フィリピンにおいては、火山噴火、地震、津波、その他関連現象の予測技術の開発と運用、モニタリングネットワークの構築を担当するのは、科学技術省（Department of Science and Technology、以下「DOST」という。）の科学技術サービス研究開発機関である PHIVOLCS で、地震計測の機材の更新と観測網の充実、監視能力の向上が求められていた。また、地震・津波・洪水を含む災害全般に対して、防災対策としての「災害に強いインフラの整備」を行うと共に、災害後の「インフラの復興・再建」を担うのは DPWH であり、同省への排水ポンプ車の配備を充足させることとなった。

1.2 事業概要

本事業は、フィリピン全土において、地震・津波等の観測機器や排水ポンプ等を整備することにより、地震・津波等の監視能力及び排水能力の向上を図り、もって地震・津波等の災害による人的・経済的被害を低減することに寄与する。

供与限度額/実績額		1,000 百万円 /1,000 百万円
交換公文締結/贈与契約締結		2012 年 3 月/2012 年 6 月
実施機関		地震火山研究所 (PHIVOLCS) 公共事業道路省 (DPWH)
事業完成		2014 年 7 月
事業対象地域		フィリピン全土
受注企業	コンサルタント	株式会社オリエンタルコンサルタンツ*、パシフィック コンサルタンツ株式会社
	調達代理機関	一般財団法人日本国際協力システム
	機材調達	豊田通商株式会社、日本電気株式会社
協力準備調査		2012 年 4 月~2013 年 3 月

関連事業	【JICA 技術協力】 地球規模課題対応国際科学技術協力 (SATREPS)「地震火山監視能力強化と防災情報の利活用推進プロジェクト」(2010～2015 年) 【他ドナー】 国連開発計画 (UNDP)、国際開発庁 (AusAID)「READY プロジェクト」(2006～2013 年)
------	--

* 事後評価時点、株式会社オリエンタルコンサルタンツグローバル。

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

三島 光恵 (OPMAC 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： 2020 年 12 月～2022 年 1 月

現地調査： 外部評価者による現地調査は、フィリピンにおける COVID-19 の蔓延状況から渡航できず、実施しなかった。

2.3 評価の制約

フィリピンにおける COVID-19 の蔓延状況から、外部評価者のフィリピンの現地調査は実施できず、オンラインによる実施機関へのヒアリングと現地調査補助員によるプロジェクト・サイト視察を行った。それらの結果と実施機関から提出された本事業関連資料を分析し、外部評価者は机上による評価を実施した。

3. 評価結果 (レーティング：C¹)

3.1 妥当性 (レーティング：③²)

3.1.1 開発政策との整合性

本事業は、事前評価時から事後評価時までフィリピンの開発政策と整合性が高かった。

フィリピンは、地理的位置や島嶼国である特徴から、台風や地震などの影響を受けやすく、防災対策は常に優先される開発政策であった。

本事業の事前評価時の「フィリピン開発計画 (2011-2016 年)」では、国家／地方政府の災害リスク軽減能力強化が主要政策の一つであった。防災分野においては、災害リスク軽減を強化するための法律「災害リスク軽減・管理法 (共和国第 10121 号)」(2010 年に制定)に基づき、2011 年 6 月に「国家災害リスク軽減管理枠組み」、2012 年 2 月には「国家災害リスク軽減管理計画 (National Disaster Risk Reduction

¹ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

² ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

and Management Framework、以下、「NDRRMP」という。）（2011-2028 年）」が制定された。NDRRMP には、重点分野として「災害予防とリスク軽減」、「災害対策」、「災害対応」、及び「復興と再建」の 4 項目が掲げられ、各重点分野の長期目標、分野別成果目標、行動計画等が示されていた。本事業は、上位計画である NDRRMP の重点分野の一つである「災害予防とリスク軽減」において、その分野別成果目標「観測、予測、警報の強化」、「災害に強いインフラの整備」、及び「インフラの復興・再建」の推進に寄与するものと位置づけられていた。

事後評価時の「フィリピン開発計画（2017-2022 年）」では、3 本柱の政策の一つ「不平等を軽減する変革」の中でフィリピン全土における災害に対する脆弱性、災害リスク評価の実施が述べられている。洪水コントロールについては、同計画の中で洪水制御と浚渫マスタープランの更新、関係機関の調整とマネジメント能力の強化が述べられている。

PHIVOLCS では、地震の観測について、「国家地震モニタリング情報プログラム（National Earthquake Monitoring and Information Program）」のプロジェクト「フィリピン地震 IT 震度計ネットワークの開発とマネジメント（Development and Management of Philippine Earthquake Intensity Meter Network）」で IT 震度計のネットワーク強化、「地震観測所の運用管理計画（Management of Operations of Seismic Stations Project）」にて地震観測ステーションのマネジメントの向上に継続的に取り組んできている。また、津波の観測については「国家津波災害リスク低減管理プログラム 2021（National Tsunami Monitoring and Early Warning System Program 2021）」において、津波モニタリングと警報システムの整備が進められている。

3.1.2 開発ニーズとの整合性

本事業は事前評価時から事後評価時までの開発ニーズと整合性があった。地震、津波等の災害被害が多いフィリピンにおいて、それらの災害の観測モニタリング機材を充実させて正確に状況を把握、また、津波や洪水後の排水の必要性が高い。

国内に多くの断層や約 300 の火山を有する世界でも有数の地震国であるフィリピンにおいても、60 カ所を超える地震観測所が整備されているが、一部の地震観測機材が更新時期を迎えており、また強震計のテレメータ観測網の整備が他のアジア諸国と比較して遅れているところ、震源地の地震動の大きさの把握、津波早期警報の発信が実現できていなかった。さらに、津波についても、全国規模の観測ネットワークやシミュレーション・データベース等が未整備であり、正確かつ迅速な警報発信が実現できておらず、地震・津波等の監視能力の向上が必要となっていた。

また、フィリピンは、地理的位置づけから津波リスクが高く、また、毎年の台風による洪水被害も頻繁に発生している。当国では過去に整備された排水ポンプ機場の施設の一部が老朽化し、また、既往の排水ポンプ機場では対応しきれない状況も発生しており、排水対策の強化が必要とされていた。

3.1.3 日本の援助政策との整合性

対フィリピン共和国国別援助方針（2012年4月）では、重点分野「脆弱性の克服と生活・生産基盤の安定」の下、「災害リスク軽減・管理」にかかる支援策として、災害に対応するためのソフト面を含めたインフラ整備に対する支援を実施としている。また、JICA国別分析ペーパー（2012年3月策定）では防災セクターを「脆弱性の克服」の下に位置づけ、ハード及びソフトの支援を行い、その際には対象地域の地方自治体（LGU）の能力等も踏まえ、維持管理体制の在り方や組織強化への支援も実施していることから、地震・津波観測能力の向上と排水能力の向上を目指す本事業はこれらの方針に即したものである。

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

下表のとおり、PHIVOLCS へのリアルタイム地震観測システム一式、リアルタイム津波観測システム一式、そして DPWH の排水ポンプ車 8 台は、計画された全機材が当初の予定どおりの数量で整備された（各機材のサイト位置は、別添図 1～3 を参照）。その後、フィリピン側で各機材が各地に設置されたが、IT 震度計は、設置時に通信ができない問題が判明し、事後評価時点で未設置であった（理由の詳細は「3.3.1 有効性」「3.3.1.1 定量的効果（運用・効果指標）（1）運用状況」にて後述）。

表1 アウトプットの計画・実績

機材	数量(計画・実績が同数) (完了時:2015年)
● リアルタイム地震観測システム一式	
広帯域強震計(リアルタイム)	10 式
強震計(リアルタイム)	36 式
IT 震度計(リアルタイム)	240 式
地震観測用ソフトウェア	2 式
地震情報システム	1 式
本部衛星通信機材	1 式
● リアルタイム津波観測システム一式	
津波検知器	19 式
津波データ伝送局	19 式
津波情報システム	1 式
津波シミュレーション・データベース構築のためのハードウェア	1 式
● 排水ポンプ車	
排水ポンプ車	8 台

出所：数量については「平成 23 年度フィリピン共和国広域防災システム整備計画準備計画完了届」(2017年2月) p3-4。設置状況については、PHIVOLCS への質問票回答(2021年5月)。

事後評価時に PHIVOLCS に確認したところ、リアルタイム地震観測システム一式とリアルタイム津波観測システム一式は、各機材の配置はおおむね計画されていた場所に設置されていた。排水ポンプ車の配置実績について DPWH に確認したところ、計画の配置予定地から一部変更となっていた。事業実施時のマニラ都市洪水被害及び経済圏の優先を考慮し、Region V (Bicol) の Albay 州 Legazpi 市と Region VI (Wester Visaya) Iloilo 州 Iloilo 市の 2 台の予定を変更し、マニラ首都圏への配置を増加し、マニラ近郊の経済圏の Region IV-A (Calabarzon) の Laguna 州 Los Baños 市への配置となった。これは、より早期復旧のニーズが高い経済圏への配置計画の変更だった。



写真1 強震計
(Region VIII Leyte、
Palo 地震観測所)



写真2 津波検知器
(Region X Mindanao、
Mati)



写真3 排水ポンプ車
(Region III Pampanga、
San Fernando)

3.2.2 インプット

3.2.2.1 事業費

事業費は、下表に示すとおり、先方負担分が計画より増加し、全事業費は計画を上回った（計画比 100.6%）。IT 震度計の設置費用が今後さらに発生するが、それを加えたとしても、全事業費の計画比で 150%には達しないことを鑑みて、サブレーティングの評価は②中程度とする。

表 2 事業費計画・実績

事業費	計画 (2012 年 5 月)	実績 ² (2021 年 8 月時点)
全事業費	10.05 億円	10.11 億円
無償資金協力	10 億円	10 億円
先方負担 ¹	5.71 百万円 (2.87 百万フィリピンペソ)	11.38 百万円 (4.97 百万フィリピンペソ ³)

出所：JICA 提供資料、実施機関への質問票回答。

注 1：換算レート：（計画時）1PHP=1.99 円（2012 年 5 月）、（実績）1PHP=2.29 円（2012 年～2017 年平均レート）

注 2：IT 震度計については、各地への設置がなされておらず、設置費用の先方負担の実績は含まれていない。

注 3：4,834,337 フィリピンペソ（PHIVOLCS）+137,000 フィリピンペソ（DPWH）の合計。

3.2.2.2 事業期間

事業期間は、E/N 締結から全機材の引き渡しまでとなり、計画では 2012 年 3 月～2015 年 2 月（36 カ月）だったが、実績では、2012 年 3 月～2015 年 10 月（44 カ月）と 8 カ月の遅延で計画を上回った（計画比 122%）。したがって、サブレーティングの評価は②中程度となる。

表 3 の各期間の事業期間の計画・実績をみると、事業期間の主な遅延は PHIVOLCS の機材についてである。PHIVOLCS によると、機材設置予定であったレイテ島 Tacloban の港湾が 2013 年 11 月に発生した大規模なヨランダ台風の被害を受け、改修・拡大を決定したことから、機材設置のサイトを当初から変更する必要が生じた。PHIVOLCS の報告では、ほかにも機材の設置場所が港湾運営に影響を与えると港湾公社からクレームされたサイトがあり、設置場所について再検討し、交渉しなければならなくなったことも遅延要因となった。

表 3 事業期間の計画・実績

期間	計画	実績	差異
E/N 締結～準備調査終了	2012 年 3 月～2013 年 3 月 (13 カ月)	2012 年 3 月～2013 年 3 月 (13 カ月)	—
(PHIVOLCS) リアルタイム地震観測システム 及びリアルタイム津波観測シ ステムの入札・調達～引き渡し	2013 年 9 月～2015 年 2 月 (18 カ月)	2013 年 9 月～2015 年 10 月 (26 カ月)	+8 カ月
(DPWH) 排水ポンプ車の入札・調達～ 引き渡し	2013 年 6 月～2014 年 6 月 (13 カ月)	2013 年 6 月～2014 年 7 月 (計 14 カ月)	+1 カ月

出所：JICA 提供資料、実施機関への質問票回答。

注：本事業の事業完了の定義は、計画時に合わせて機材の引き渡し時点としている。

以上より、本事業は事業費、事業期間ともに計画を上回ったため、効率性は中程度である。

3.3 有効性・インパクト³（レーティング：②）

3.3.1 有効性

3.3.1.1 定量的効果（運用・効果指標）

（1）運用状況

【リアルタイム地震観測及び津波観測システム一式】

事後評価時（2021 年 8 月時点）の各機材の運用状況は表 4 のとおりであり、事後評価時点で未設置の IT 震度計の他、各機材で運用停止中のものがあった。

本事業に先立って、地球規模課題対応国際科学技術協力（SATREPS）「地震火山監視能力強化と防災情報の利活用推進プロジェクト」（2010～2015 年）にて、PHIVOLCS が地震・津波・火山の観測・解析を行い、信頼性の高い情報を防災関係機関に迅速に伝達するための技術協力を実施中であった。IT 震度計は、この SATREPS 事業で調達された機材と同じ機材が本事業でも本事業でも調達され、出荷前及び試行的に設置されたフィリピンの 2 カ所の計測所において動作確認実施の上、機材が正常に作動することが確認された。しかし、機材の引き渡し後に各地に設置したところ、データ伝送できない箇所がほとんどであることが判明し、PHIVOLCS 本部へ機器が回収された。その後もデータ伝送問題への対応が遅れ、事後評価時点においても未設置のままとなっている。本事業では、機材の先方政府への引き渡しを事業完了としており、ほとんどの機材設置と運用システムの確認は先方負担となっていたが、各地での設置とシステムの運用を担保するには、設置後の運用面での支援も必要だったのではとみられる。

IT 震度計のデータ伝送の不具合は SATREPS 事業でも判明しており、不具合解消のためデータ転送速度の調整をして使われていた。IT 震度計の問題について

³ 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。

は、2017 年にフィリピン側から JICA へフォローアップ協力調査の要請がなされており、本事後評価中（2021 年度）にフォローアップ事業により SATREPS 事業と同様、IT 震度計の調整と同様の対応策をとる予定である。

表 4 機材の運用状況

機材	設置数 (完了 2015 年)	運用中 機器数 (2021 年 8 月)	運用状況(2021 年 8 月)
広帯域強震計 (リアルタイム)	10	3 セット稼働中	➤ 6 セットについてはバッテリーやスペアパーツの交換、機器の不具合の現場での確認・修理が必要だが COVID-19 の蔓延の状況で移動が制限されており現場へ職員がいけないため稼働停止中。 ➤ 1 セットについては故障中、自己資金にて日本で修理予定。
強震計 (リアルタイム)	36	34 セット稼働中	➤ 2 セットは稼働停止状況。1 セットは Intensity Meter Module が故障しており、製造業者に解決策を確認中、1 セットは台風により建屋が被害を受け、昨年末に Intensity Meter Display Monitor が壊れたが COVID-19 の蔓延による移動制限で現場にアクセスできないため、対応が遅延。
IT 震度計 (リアルタイム)	未設置	—	➤ 200 カ所に設置予定であったがデータ伝送に問題があり未設置(40 式は予備)
津波探知機・ データ転送局 (リアルタイム)	19	6 カ所稼働中 6 カ所データ記 録稼働中	➤ データ記録し、データ転送可能な転送局は 6 カ所のみ。本部へデータ転送できないが、津波探知機は稼働しており、データは記録されているのは 6 カ所。 ➤ 残りの 7 カ所の探知機は、船の衝突によりダメージを受けて部品交換が必要である等、機材やバッテリーに問題があり、稼働しておらずデータ自体を記録できていない。COVID-19 感染蔓延で現場にアクセスできないため、対応が遅延。
排 水 車 (DPWH 所有 分)	8	6 車稼働中 2 車修理中	➤ 修理中の 2 車は、ダバオ、ラグーナに配置されたもの。 ➤ 6 車稼働中のうち、1 車は水中ポンプ 2 台のうち 1 台故障中。

出所：JICA 資料及び実施機関への質問票回答。

事業関係者によると、2017 年に要請されたフォローアップ協力が実施までに時間を要したのは、IT 震度計の問題の対応について JICA と機器メーカーや事業関係者とのやりとりに非常に時間を要したためであった。2020 年度に予定されたフォローアップ協力は、COVID-19 の感染の蔓延で実施がさらに 1 年遅延した。

IT 震度計以外の地震および津波観測の機材の運用状況を確認したところ、運用開始後は稼働していた機器について 2021 年 8 月時点では各機材のバッテリー交換ができていない、故障により部品交換が必要、データ通信ができない、等の理由で稼働停止状態の機材があった。事後評価時点では、機材の稼働率が低いことから、当初目指されていた範囲のデータ収集とその分析については現時点は限定的な状況といえる。ただし、広帯域強震計や津波探知機やデータ転送局については職員が現場に行ってバッテリーや部品の交換を実施、あるいは、データ転送

の不具合が修理できれば、それらの機器は再稼働することが見込まれる。2021年8月時点でCOVID-19の収束時期は予測できないため、いつ職員が現場に行けるのか不明である。事後評価時点で実施中のフォローアップ協力では、これらの不具合の状況も可能な範囲で確認して対応策を提案する予定とのことである。

【排水ポンプ車】

DPWHによると、排水車の方は事後評価時点で1台故障して稼働しておらず、2台は修理中であった。

(2) 効果指標

【リアルタイム地震観測及び津波観測システム一式】

事前評価時に設定された本事業の効果指標の目標値の達成度は PHIVOLCS 及び DPWH によると、表 5 のとおりである。

「1) M4.5以上の地震発生後約15分以内にモーメントマグニチュード⁴、震源情報等を発出できる割合」は目標値の60%を達成しておらず、PHIVOLCSによると計算の精度にまだ課題があるとしている。引き続き課題はあるものの、事業実施前と比較し、本事業の機材により、大きな地面の揺れを測定して記録できるようになり、マグニチュード震源を把握できるようになり、巨大地震についてより正しく把握できるようになったことは本事業の効果である。

「2) 津波情報及び地震被害予測に有効な巨大地震のマグニチュード計算に要する時間」については、事業完成後に実際に巨大地震は発生していないため、実際に発生した際の実績値はないが、広帯域強震計の設置によって巨大地震の津波の波形はすぐに本部に伝えられるようになった。PHIVOLCSによると15分以内には計算できる体制にあるとのことである。

「3) 津波の第一波の目視または検知の確認に要する時間」については、目標値の1分以内は達成していないものの、本事業以前は30分～数時間を要していたことを考慮すると、事業実施前との比較では本事業により津波検知の確認の迅速化の効果はあったとみなされる。本事業実施以前、PHIVOLCSは、津波の検知にフィリピン測量局(National Mapping and Resource Information Agency、以下「NAMRIA」という。)の潮位計を利用していたが、これは地図作成が目的のものであり、津波情報をリアルタイムで把握できていなかったという状況だった。

⁴ 地震は地下の岩盤がずれて起こるが、この岩盤のずれの規模(ずれ動いた部分の面積×ずれた量×岩石の硬さ)をもとにして計算したマグニチュードを、モーメントマグニチュードという。一般に、マグニチュードは地震計で観測される波の振幅から計算されるのに対し、モーメントマグニチュードは大きな地震に対しても有効である。ただし、その値を求めるには高性能の地震計のデータを使った複雑な計算が必要とされる(気象庁ウェブサイト <https://www.jma.go.jp/jma/kishou/now/faq/faq27.html#8>より。2021年8月時点)。

1)～3)の指標については、事後評価時点において(1)運用状況で述べたとおり、本事業で整備された広帯域強震計の稼働していない箇所が7カ所、津波検知器も稼働停止中の機材が7カ所あるため、機材がフル稼働していることを前提とした効果には至っていない。また、目標値も達成していない。しかし、事業実施前との比較では指標が向上している。SATREPS 案件の実施者及び PHIVOLCS からのヒアリングでは、先行して実施していた SATREPS 案件で本事業と同じ地震や津波の観測機器を用いて監視や分析能力を高める指導をしていた。本事業の目的の地震・津波等の PHIVOLCS 職員の監視能力は事業前との比較では向上したとみられる。

「4)6時間で処理できる津波シミュレーションのケース数」については、目標値の400ケースの目標値の設定根拠について本事業のコンサルタント、PHIVOLCS、SATREPS 事業の関係者の各方面にヒアリングしたが、明確に確認できず、評価判断ができなかった。関係者によると、おそらく、津波シミュレーション・データベース構築のためのハードウェア式で高性能のPCクラスタ(PC10台)の整備とシミュレーションソフト導入で計算できると想定されるケース数であろうという意見があった。PHIVOLCS ではそのようなシミュレーション計算はされなかったが、本事業で導入されたソフトは、導入後は複数のPC同時使用でなく、単体のPCでのシミュレーションは実施しているとのことである。PHIVOLCS によると SATREPS 事業の方で津波のシミュレーションケースをすでに相当数蓄積していたこと、実際に巨大地震による津波がこれまでになかったためその実績とシミュレーションケース数はなく、今まで研修目的でもそのような使い方はしていない。なお、本事業で調達されたPCは事後評価時点で何台かは既に PHIVOLCS によって新しいPCに更新されていた。

【排水ポンプ車】

排水ポンプ車については、各地のその時々洪水被害状況などにより、排水に要する時間が1～8時間と異なるが、事後評価時点までの実績では、都市型内水の排水に要する日数の目標地約1日以内の排水を達成していた。

表 5 本事業の効果指標

指 標	基準値 (2012 年)	目標値 (2018 年) 【事業完成 3 年後】	実績値 (2021 年 7 月時点)
1) M4.5 以上の地震発生後約 15 分以内にモーメントマグニチュード、震源情報等を発出できる割合	2%	60%	<u>43%</u> 15 分以内に M4.5 以上の地震情報(通常のマグニチュード)を発出できる割合は、2018～2020 年の毎年、全発生件数の 90%以上であった。しかし、M4.5 以上のモーメントマグニチュードは日常的に計算されていても、計算精度の問題から公表しているとは限らない。また、モーメントマグニチュードは、十分な数のステーションがセンターへ波形データを送信可能な際に計算され、通常のマグニチュードの情報がモーメントマグニチュードに後から更新される。 PHIVOLCS は、より多くの他の広帯域ステーションをシステムに導入し、計算を改善するように尽力してきている。
2) 津波情報及び地震被害予測に有効な巨大地震のマグニチュード計算に要する時間	不可	15 分以内	<u>15 分以内</u> 機材の整備で目標値以内にできるようになったということだが、機材設置後に津波が起こるような巨大地震は発生しておらず、実際の災害時の実績は確認できていない。
3) 津波の第一波の目視または検知の確認に要する時間	30 分から数時間	1 分以内	<u>1 分以内</u> 事後評価時点までは、1m 未満の小さな波が発生したケースのみ。
4) 6 時間で処理できる津波シミュレーションのケース数	1 ケース	400 ケース	PHIVOLCS によると、SATREPS 事業の方で相当数の津波シミュレーションケースを計算して蓄積していた。本事業の PC クラスタによるシミュレーション、あるいは、各 PC に分析ソフトをインストールして複数の PC を同時に動かして多くのケースを計算することが可能であるが、そのようなシミュレーションを実施した実績はなかった。
5) 都市型内水の排水に要する日数	約 3 日	約 1 日	各地によって 1～8 時間以内

出所：JICA 提供資料、実施機関への質問票回答

3.3.1.2 定性的効果（その他の効果）

PHIVOLCS によると以下の点が定性的効果として指摘があった。地震や津波の情報は、国内外の防災関連機関（Office of Civil Defense of the Department of National Defense、National Disaster Risk Reduction and Management Council、South China Sea Tsunami Advisory Center（SCSTAC））への情報を提供している。

【地震監視能力の向上】

地震観測のネットワークが強化され、地震を感知した際には、その観測情報を発表している。M4.5 以上の地震について、モーメントマグニチュードや発生状況の詳細を地震状況のレポートでまとめられるようになり、被害地域のレスキュー

一オペレーションの間に、余震が予想されるかどうかの重要な情報を提供したことがある。

稼働中の津波検知器からのデータは他の政府組織にも提供され、火山活動や台風進路のモニタリングに役立っている。例えば、2020 年前半のナスグブ（Nasugbu）、バウアン（Bauan）、バタンガス（Batangas）海上局の水位調査で水位の変化が当時のタール火山活動と関連する可能性が判明した。また、フィリピンの台風の進行路に関し、NAMRIA に海水位データを提供した。

【津波監視能力向上】

今までに津波を発生させる巨大地震はなかったが、PHIVOLCS は、海上の地震による小さな津波発生時には、津波の脅威に関する評価と津波情報の発出を行っている。津波の監視については、津波シミュレーションソフトを使い、NAMRIA と協力してリアルタイムの潮流分析を行うようになった。また、本事業により津波のより早期の発見と津波の状況のより正確な計算ができるようになり、その結果、津波発生の早期警報システムにおいてより明確な指示がだせるようになった。

3.3.2 インパクト

3.3.2.1 インパクトの発現状況

「地震・津波等の災害による人的・経済的被害低減への寄与」に関連するインパクトについては、DPWH によると、排水ポンプ車により、洪水時に排水路の余分な水を取り除いて洪水地域が最小化された。

DPWH のサンフェルナンド事務所では、本事業の排水ポンプ車が対象地域では唯一のものであり、パンパンガ（Pampanga）の Manila North Road の主要な洪水の際に排水ポンプ車が利用されている。この場所は、商業コンプレックスにつながっており、排水ポンプ車がないと洪水による大変な被害をもたらす可能性があるという。そして、マニラ首都圏で大被害が起こった際には、サンフェルナンド地域事務所の排水ポンプ車が利用されることとなっている。マニラ首都圏に配置された排水ポンプ車は、排水ポンプ機場を支援し、排水を行なった実績もあった。DPWH ダバオ支所については、排水車は側溝の詰まりを取り除く作業にも利用され、洪水予防に役立っている。

排水ポンプ車のその他の用途として災害時の緊急電源として利用されたことがあった。DPWH のレイテ島の地域事務所では、2017 年 7 月にマグニチュード 6.5 の地震が発生した際にオフィスの電源として利用、2019 年 12 月に Ursula 台風の被害があった際には維持管理課の電源となった。また、2021 年 3 月には大統領が滞在しているホテルのスタンドバイ電源として利用されたという。

3.3.2.2 その他、正負のインパクト

排水ポンプ車によって、迅速な排水を実現したことで、円滑な道路交通の流れにも役立ったという。それ以外の主だった正負のインパクトは確認されなかった。

本事業の機材のうち、事業完了後に判明した PHIVOLCS の IT 震度計や津波探知機のデータ転送の問題は事後評価時点において未解決で、COVID-19 の感染の蔓延による各地の移動制限のためにバッテリーや部品交換ができない、あるいは、機器の不具合を現場にいて対処できず、他の機材についても稼働停止状態のものがみられる。ただし、未設置の IT 震度計以外の機材は概ね稼働して、各災害対応機関への情報提供に役立ったこともあった。DPWH の排水ポンプ車に関しては、事後評価時点で修理中のものがあるが、洪水サイトの排水を実施して現状の回復に、あるいは洪水予防に役立っており、人的・経済的被害の低減に貢献した。以上より、本事業の実施により一定の効果の発現がみられた実績があることから、有効性・インパクトは中程度である。

3.4 持続性（レーティング：②）

3.4.1 運営・維持管理の制度・体制

本事業の機材の運営・維持管理に必要な人員体制面の持続性は一定程度あるとみなされる。

PHIVOLCS では事前評価時と同様、地震観測・予測部（Seismological Observation and Earthquake Prediction Division、以下「SOEPD」という。）が本事業で調達された機材の運営・維持管理を行っており、職員数は 71 名である。SOEPDによると、人員体制の充足度合いは部分的であるという評価である。より効果的に維持管理をするには新しい技術職員が必要としており、PHIVOLCS 技術職員が直接監督して決められた技術業務を実施する人員を特定期間のみ雇用している。また、日常のモニタリング業務をレビューし、ワークロードを減少して人的ミスを最小化するため、データの自動処理化を推進してきている。

DPWH の排水車の運営・維持管理担当は、排水車が配置された各地域事務所の機材管理課で職員は各事務所 6 名程度であり、DPWH の自己評価では人員は十分としている。DPWH では排水ポンプ車担当の職員は必要な人数を配置しており、問題ないとみられる。

3.4.2 運営・維持管理の技術

本事業の機材の運営・維持管理技術について、日常の運営・維持管理を行うレベルでは問題ない。

PHIVOLCS の自己評価では、サプライヤーからの運営・維持管理のオリエンテーション、コントラクターから特定の職員への技術移転があったが、それらの職員は昇進あるいは退職したために、新職員への一部のトラブルシューティング技術につ

いて技術移転が不十分であると指摘している。その点に関しては各課で必要な技術
を特定して外部委託で人員を補充する対応を始めている。

DPWH の排水車担当のエンジニアや整備士の技術能力は十分と自己評価している。
年間維持管理スケジュールと予算をベースに予防メンテナンスを実施しており、職
員の維持管理の知識があり、訓練を受けていることから、技術について問題ないと
みられる。

3.4.3 運営・維持管理の財務

本事業の機材の日常の運営・維持管理を行うために必要な予算は概ね手当されて
いる。

PHIVOLCS SOEPD によると、2017 年以降の年間の運営・維持管理予算は、年間
6～8 百万フィリピンペソとなっていた。予備部品調達や修理代等の日常の運営・維
持管理を実施する予算は得ているという。DPWH 本部及び各地域事務所からの質問
票への回答には、排水車の維持管理に必要な年間予算は各地域事務所の維持管理担
当のユニットに手当されているとある。

3.4.4 運営・維持管理の状況

各機材の事後評価時点での運用状況は、表 4 で示したとおりである。PHIVOLCS
の機材については、PHIVOLCS 本部、Region VIII 地域事務所（レイテ島）、Region
X 地域事務所（ミンダナオ島）の管轄の機材をサイト実査によって確認したところ、
いずれも問題なく稼働中であった。

DPWH の排水ポンプ車については、マニラ首都圏の 2 カ所、パンパンガ地域事務
所、レイテ島地域事務所、ダバオ地域事務所直接して確認した。ダバオに配置さ
れた排水ポンプ車は質問票回答で報告されたとおり故障中だったが、それ以外の排
水ポンプ車は稼働中であった。マニラ首都圏のビクタン（Bictan）に配置されてい
た排水ポンプ車は二つの水中ポンプのうち、一つが故障していたが、残りの一つで
稼働中であった。

機材の運営維持管理において事後評価時点で確認した状況は以下のとおりである。

- PHIVOLCS によると日常的な維持管理を予算は手当されているが、不具合が
ある機材の更新のために必要なスペアパーツをサプライヤーから入手するの
が困難であるという。
- 交換用のバッテリーや部品の一部は調達済みであるが、COVID-19 の蔓延の
ため、現場へアクセスが制限され、事後評価実施時点（2021 年 8 月）ではま
だ交換にいたってないものがあつた。すでに配送手続きはとられているので、
今後、現場でバッテリーや部品交換が進めば再稼働となる機材が増える見込
みはある。

- 修理中の排水車 2 台については、ラグーナではポンプを修理中、ダバオではインバーターの更新と排水ポンプの修理を実施中である。排水ポンプのホース交換する際にフィリピン国内ではそのホースを調達できないので時間を要する。

以上、運営・維持管理の制度・体制、技術、財務面で持続性は一定程度あると評価するが、不具合や故障が発生して稼働していない機材があり、それらの稼働に向けて事後評価実施時点で JICA フォローアップ協力は実施中、スペアパーツの調達等の対応も実施中で、事後評価時点ではまだ状況改善が確認できていない。したがって、本事業の運営・維持管理は制度・体制、技術、財務に一部問題があり、本事業によって発現した効果の持続性は中程度となる。

4. 結論及び提言・教訓

4.1 結論

本事業は、フィリピン全土において、地震・津波等の観測機器や排水ポンプ等を整備することにより、地震・津波等の監視能力及び排水能力の向上を図り、もって地震・津波等の災害による人的・経済的被害を低減することに寄与するものである。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。本事業の事業費、事業期間ともに計画を上回ったため、効率性は中程度である。本事業で整備された機材のうち、PHIVOLCS の IT 震度計や津波探知機のデータ転送の問題は事後評価時点において解決されておらず、他の機材についても COVID-19 の蔓延による各地の移動制限のためにバッテリーや部品交換、機器の不具合の対応ができず、稼働停止状態のものがみられる。しかし、これらの機材により地震・津波の観測の迅速化・情報の向上が実現した実績があり、DPWH の排水ポンプ車に関しては、洪水時の排水による現状の回復あるいは洪水予防に役立っており、人的・経済的被害を低減に貢献した。以上より、本事業の実施により一定の効果の発現がみられたことから、有効性・インパクトは中程度である。運営・維持管理の制度・体制、技術、財務面で持続性は一定程度あるが、事後評価時点で不具合や故障が発生して稼働していない機材の一部問題があり、本事業によって発現した効果の持続性は中程度となる。

以上より、本事業は一部課題があると評価される。

4.2 提言

4.2.1 実施機関への提言 (DPWH)

地域事務所については、PHIVOLCS 同様に部品調達の時間を要するとのことであり、バッテリー交換など予めある程度の時期がわかる部品等に関しては、定期点検

などの機会に早めに交換する等、各サイトの予備部品管理計画の見直しを検討されたい。

4.2.2 JICA への提言

PHIVOLCS の IT 震度計や津波検知器など運用できていない機器については、2021 年度実施中のフォローアップ協力を通じた日本側全関係者（フォローアップ協力実施者、機器開発者、メーカー等も含め）の調整を支援し、対応策の実施を促進し、早期の運用開始をめざすことが望まれる。

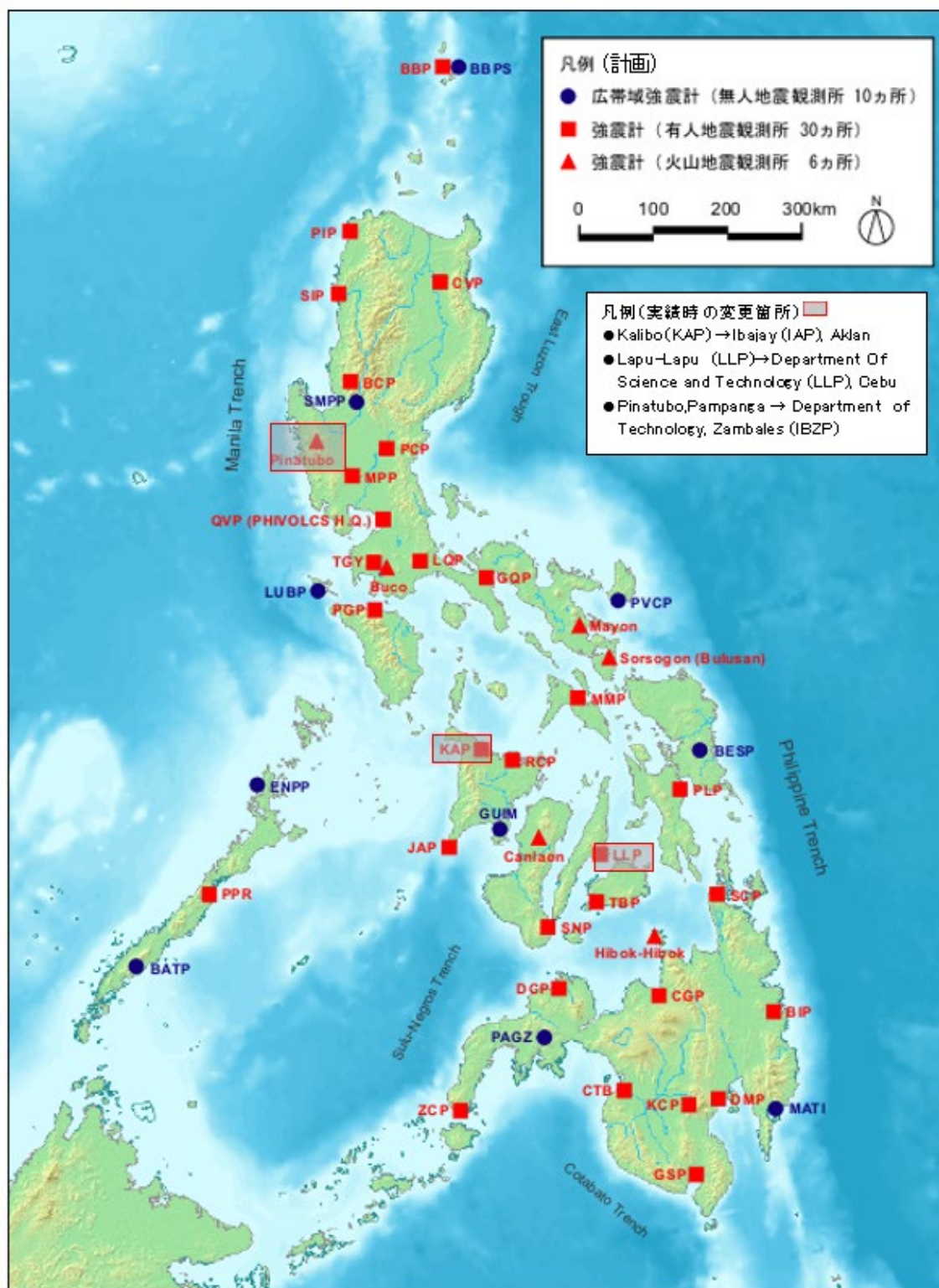
4.3 教訓

データ転送ネットワーク構築における事前の通信インフラのリスクの洗い出しとその対処の検討

PHIVOLCS の地震・津波の観測の一連の機器の運用に関しては、それらが機能するための通信システムは前提であり、必須条件であったといえる。通信システムの発展予測や進化する通信機器と導入機材との互換性等、さまざまな検討課題があり、それらの正しい見解をすぐに得ることは困難とみられる。また対象国フィリピンのような島嶼国でアクセス手段があまりない地域も含めた広範囲にわたるデータ転送ネットワークを構築することは、各地域の固有の問題も予見され、より慎重な検討と実施体制が必要であったと考えられる。

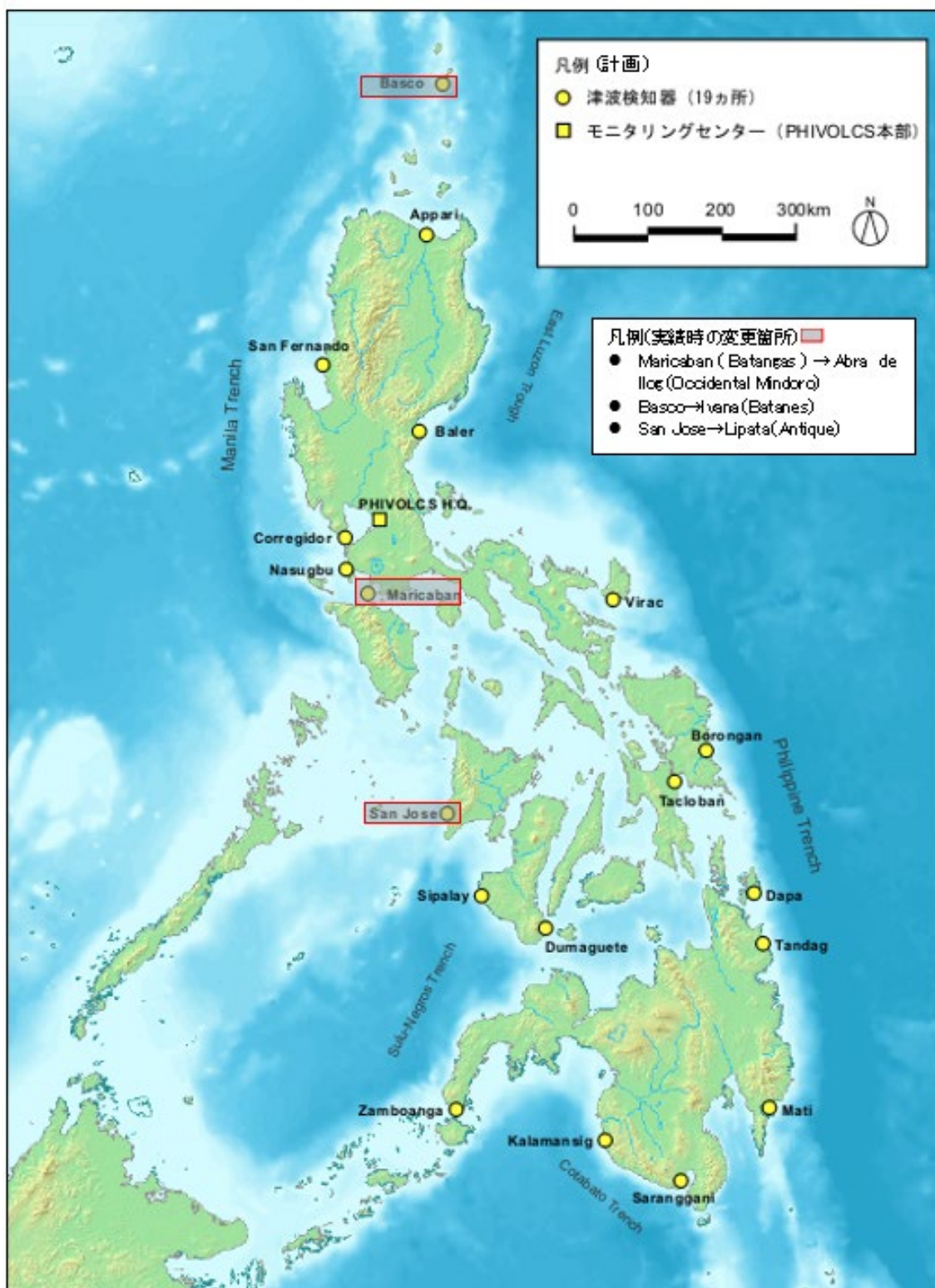
準備調査の段階においては、リスクを想定した詳細な検討とリスクが発生した際の対応策の提示を調査内容に含めておくこと、そして、事業計画には、①事業実施中の機器の設置と通信テストについて支援、②機器の設置後に発生する可能性があるリスクの洗い出しとその対処に関する提案、③本事業のような通信機器の場合、機材納入業者が稼働の点検を行う場所は各地の通信環境の違いを考慮して稼働確認の場所を選定し、点検期間を長くして入念に確認を行うこと、をソフトコンポーネントに入れておくことは一案であった。

以 上



出所：JICA「フィリピン共和国広域防災システム整備計画準備調査報告書」（2013 年）。実績についてはその他 JICA 提供資料より作成。

別添図 1 PHIVOLCS リアルタイム地震観測システム 対象サイト



出所：JICA「フィリピン共和国広域防災システム整備計画準備調査報告書」（2013 年）。実績についてはその他 JICA 提供資料より作成

別添図 2 PHIVOLCS リアルタイム津波観測システム 対象サイト



出所：JICA「フィリピン共和国広域防災システム整備計画準備調査報告書」（2013 年）。実績についてはその他 DPWH 及び JICA 提供資料より作成

別添図 3 DPWH 排水ポンプ車 対象サイト