

フィリピン共和国
フィリピン火山地震研究所
公共事業道路省

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

平成 25 年 4 月
(2013年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

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

環境
JR(先)
13-124

フィリピン共和国
フィリピン火山地震研究所
公共事業道路省

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

平成 25 年 4 月
(2013年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

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

序 文

独立行政法人国際協力機構は、フィリピン共和国の広域防災システム整備計画（フィリピン）にかかる協力準備調査を実施することを決定し、同調査を㈱オリエントタルコンサルタンツとパシフィックコンサルタンツ㈱による共同企業体に委託しました。

調査団は平成 24 年 4 月から平成 25 年 3 月までフィリピン政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地踏査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成 25 年 4 月

独立行政法人 国際協力機構
地球環境部
部長 不破 雅実

要 約

要 約

1 国の概要

(1) 国土・自然

フィリピン国（以下、「フィ」国と称する）は、環太平洋造山帯に属する島嶼国であり、7,000以上の島から構成される。その国土面積30万km²（日本の約0.8倍）のうち、ルソン、ミンダナオ、ミンドロ、サマール、レイテ、セブなどの11の大きな島が国土の面積の96%を占めている。その国土は、無数の断層、約220の火山、世界有数の3万km以上の長い海岸線を有し、地震と火山噴火および太平洋沿岸の大地震による大津波の来襲等の災害に度々見舞われてきた。また、マリアナ海近郊で発生する台風の大部分は「フィ」国に接近するという地理的な位置にある。

「フィ」国の気候は、西岸地方が熱帯モンスーン気候、東岸地方が熱帯雨林気候帯に属し、一年を通じて高温多湿である。標高1,500mの高山地域を除くほぼ全土において、気温は年間を通じて大差なく、年間平均気温は26.6℃、月間平均最高気温は28.3℃（5月）、月間平均最低気温は25.5℃（1月）である。また、月間平均湿度は71%（3月）～85%（9月）である。雨量については、地形や季節風、台風の進路等の影響を受けるため地域的に大きく変化し、年間降雨量は1,000mm以下の地域から4,000mm以上の地域まで様々である。

(2) 社会経済状況

「フィ」国の人口は、2010年国勢調査のデータによると約9,400万人（推計値）であり、そのうち1,100万人以上がマニラ首都圏に居住し、マニラ首都圏とその周辺地域（カラバルゾン、中部ルソン）に全人口の3分の1が集中している。

「フィ」国は、アジア開発途上国の中でも都市化が最も進んだ国の1つである。しかし、一般国民は貧富の差が激しく、職を求めて都市部に流入する者が多い。2009年の国家統計調整委員会（National Statistics Coordination Board: NSCB）のデータによると、貧困人口比率が最小であるのはマニラ首都圏の4.0%、最大はミンダナオ島のカラガの47.8%、同島のイスラム教徒ミンダナオ自治地域の45.9%、次いで、ルソン島のビコールの45.1%である。

近年の「フィ」国は、世界同時不況、東日本大震災やタイの洪水被害によるサプライチェーンへのダメージ、欧州債務危機に端を発した欧米諸国の景気減速等の影響を受けたものの、一貫してプラス成長を維持しており、国家統計局（National Statistics Office: NSO）による実質GDP成長率は、2009年1.1%、2010年7.6%、2011年3.9%であった。また、2011年の1人あたりGDPは2,007米ドルである。一方、失業率は、2005年以降、7～8%台を推移しており、目立った改善は見られない。国内の雇用機会が十分でないため、人口の約1割が「海外労働者」として国外に流出するという「フィ」国特有の経済構造が生じている。

2 プロジェクトの背景、経緯および概要

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、観測網は十分とは言えず、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る。また、2011年3月11日に発生した東日本大震災は、我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となった。

「フィ」国は、日本と同様に環太平洋地震帯に属しているため火山および地震活動が活発であり、地震災害は頻繁に発生している。国内に多くの断層や火山を有し、世界でも屈指の地震国である「フィ」国において、地震や津波の監視体制を強化し、リアルタイムの監視情報を提供して、災害軽減や緊急災害対応能力の向上を図ることが喫緊の課題である。また、津波リスクが高く、併せて、台風等による洪水被害も頻繁に起こることから、「フィ」国の災害対策において排水対策を強化する必要性は高い。このような背景の下、地震・津波の観測機材および災害対応機材の調達を「フィ」国から要請された。

JICAは将来の協力計画の基礎資料とするために2011年9月下旬から11月中旬にかけて地震や津波の被害リスクが高いと思われるアジア・環太平洋諸国を中心に、基礎情報収集・確認調査を実施した。外務省は、その結果などを参考にして、平成23年度第3次補正予算により実施する無償資金協力案件の形成を目的として、「東日本大震災からの復興の基本方針（平成23年7月29日 東日本大震災復興対策本部）」に基づき「広域防災システム整備計画協力準備調査」（以下、本調査と称する）を行うよう調査指示を行った。これを受け、本調査は実施されたものである。

3 調査結果の概要とプロジェクトの内容

本調査団は、第一次現地調査として2012年4月16日から5月21日まで「フィ」国に滞在し、本プロジェクトの2つの実施機関であるフィリピン火山地震研究所（Philippine Institute of Volcanology and Seismology: PHIVOLCS）と公共事業道路省（Department of Public Works and Highways: DPWH）、および、責任機関となる国家経済開発庁（National Economic and Development Authority: NEDA）等の関連機関と本計画に関する協議を通じて要請内容の確認を行った。また、同現地調査期間中、サイト状況調査、機材の運営・維持管理体制にかかる調査、機材計画の検討を行い、帰国後、現地調査結果に基づき国内解析および概略設計を行った。

国内解析の結果、PHIVOLCS対象機材の計画策定のためには複雑なシステム検討を要し、そのための追加現地調査を実施する必要性が認められた。一方、DPWH対象機材については、追加調査の必要なく概略設計の取り纏めが可能であると判断された。本プロジェクトは、平成23年度第3次補正予算による防災・減災を目的とした案件であり、可能な限り早期に調達を実施し、「フィ」国の防災・減災に寄与することが求められている。よって、DPWH機材の調達業務を先に行うこととなり、第二次現地調査として2012年12月2日から12月8日まで調査団が派遣され、DPWH機材のための概略設計概要説明、および、PHIVOLCS

機材のための追加現地調査が実施された。同現地調査を通じて協議・合意した内容は、2012年12月7日署名の討議議事録（M/D）にて確認された。

また、同調査終了後、PHIVOLCS 機材の更なる国内解析および概略設計を行い、2013年3月3日から3月8日まで第三次現地調査として調査団が派遣され、PHIVOLCS 機材の概略設計概要説明を行い、協議・合意した内容を2013年3月7日署名のM/Dにて確認した。

なお、当初要請内容と協力対象内容の比較を表1および表2に示す。「東日本大震災からの復興の基本方針」の趣旨に合致し、プロジェクト目標達成のために適切な機材計画となるよう検討を行うと共に、本プロジェクトは既に交換公文（E/N）が締結されていることから、E/N で定められた供与限度額内に納まる計画内容が検討された。

表1 PHIVOLCS からの要請内容と協力対象内容

要請内容			協力対象内容		変更理由
項目	数量	優先度	項目	数量	
1. リアルタイム地震観測システム			1. リアルタイム地震観測システム		
a. 広帯域強震計	10	A	1-1 広帯域強震計	10	変更なし
b. 強震計（更新）	36	A	1-2 強震計（更新）	36	変更なし
c. IT震度計（含・緊急時交換用）	240	A	1-3 IT震度計（含・緊急時交換用）	240	変更なし
d. GPS計測装置	10	B			日本でも試験的導入段階であるため
			1-4 地震観測用ソフトウェア	2	既存システムとの接続に不可欠
			1-5 地震情報システム	1	震度情報表示システムの構築に不可欠
			1-6 本部衛星通信機材	1	各観測機材からのデータ受信に不可欠
2. 津波警報システム			2. リアルタイム津波観測システム		
a. リアルタイム津波観測システム（津波発生確率の高い地域）	20	A	2-1 津波検知器	19	サイト状況調査に基づく検討結果による
			2-2 津波データ伝送局	19	
			2-3 津波情報システム	1	津波監視システムの構築に不可欠
b. 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	A	3. 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	変更なし
3. リアルタイム火山観測（ブルサン火山）					事業費が限られている中、地震観測および津波観測機材の方が優先度が高いと判断されたため
a. 広帯域地震計（地下マグマ変動観測）	5	B			
b. 超音波センサー（噴火規模予測）	2	B			
c. GPS計測装置（地殻変動観測）	3	B			

【優先度】 A：高、B：中

表2 DPWHからの要請内容と協力対象内容

要請内容			協力対象内容		変更理由
項目	数量	優先度	項目	数量	
1. 緊急対策およびインフラ健全性調査用機材			緊急対策およびインフラ健全性調査用機材		災害時被災状況の把握に有効だが、非常に高価であり、長期的維持管理研修が必要になるため、本プロジェクトでの供与は困難である
a-1. ヘリ画像システム	2	B			
a-2. 災害データ共有システム	1	B			
a-3. ヘリ空撮画像データ処理のための研修 ヘリ画像システムのパイロットテスト（ルソン、ピサヤ、ミンダナオ各2か所＝計6か所）	1	B			
b. 橋梁点検車	2	A			「特定被災区域の産業に資するような製品を調達する」と言う本プロジェクトの趣旨に合致した製品が調査段階では確認できなかったため
c. 非破壊検査機器					2012年開始の本邦有償資金協力を、同機材の調達が含まれているため
コンクリートリバウンドハンマー	3	A			
鉄筋レーダー探査機 赤外線イメージャー	3 3	A A			
d. 多目的浚渫船	3	B			要請内容を満たす機材が日本では製造されていないため
e. 排水ポンプ車	6	A	1. 排水ポンプ車	8	プロジェクトの趣旨に合致し、かつ、緊急を伴う投入の必要性が確認されたため数量増加

【優先度】 A：高、B：中

上表の内容に基づき検討され、先方政府から合意を得た本プロジェクトの機材計画内容を以下の表に示す。

表3 PHIVOLCS リアルタイム地震観測システム 機材計画

機材名	主要仕様	使用目的	設置場所
1-1 広帯域強震計 (10 式)			
広帯域強震計	<ul style="list-style-type: none"> ・ 3 成分サーボ型速度計 (速度型強震計) ・ 周波数応答 0.01~70Hz 以上 ・ 測定範囲 ±2m/s 以上 (±200Kine 以上) ・ ダイナミックレンジ 145dB 以上 	巨大地震でも振り切れない広帯域強震計を設置することにより、巨大地震の規模を正確に見積もり、地震被害や津波予測に役立てる。	無人地震観測所 10 カ所 ①バタラザ (BATP) ②バスコ (BBPS) ③ボロンガン (BESP) ④エルノド (ENPP) ⑤グイマラス (GUIM) ⑥ルバング (LUBP) ⑦マティ (MATI) ⑧パガディアン (PAGZ) ⑨ヴィラック (PVCP) ⑩サンマヌエル (SMPP)
デジタイザ	<ul style="list-style-type: none"> ・ Nanometrics 社製 Trident ・ 3 チャンネル ・ 24 ビット A/D 変換、$\Delta\Sigma$ 変調 ・ NMXP データフォーマット (Nanometrics 標準) ・ NMX/UDP (Nanometrics 標準伝送形式) ・ GPS による時刻補正 		
電源装置	<ul style="list-style-type: none"> ・ ソーラーパネル、チャージコントローラ、バッテリー、アレスタ (避雷器)、遮断器、等 		
1-2 強震計 (36 式)			
強震計 (計測部)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 3 成分サーボ型加速度計 ・ 24 ビット A/D 変換、$\Delta\Sigma$ 変調 以上 ・ サンプリング周波数 100Hz 以上 ・ 測定範囲 ±3,000gal 以上 	更新時期を迎えた既存強震計を更新すると共に、衛星通信によるテレメータ化を図り、震動波形および計測震度のリアルタイム観測網を構築する。	有人地震観測所 30 カ所 地震・火山観測所 6 カ所 合計 36 カ所 ①JAP ②BBP ③BCP ④BIP ⑤CGP ⑥CTB ⑦CVP ⑧DCP ⑨DMP ⑩GQP ⑪GSP ⑫KAP ⑬KCP ⑭LLP ⑮LQP ⑯MMP ⑰MPP ⑱PCP ⑲PGP ⑳PIP ㉑PLP ㉒PPR ㉓QVP ㉔RCP ㉕SCP ㉖SIP ㉗SNP ㉘TBP ㉙TGY ㉚ZCP ㉛Pinatubo ㉜Buco ㉝Mayon ㉞Sorsogon ㉟Canlaon ㊱Hibok-Hibok
デジタイザ (処理部)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 算出データ: PEIS (フィリピン震度階)、最大加速度、最大速度、最大加速度の周期、SI 値、最大加速度を含む正 10 秒間の卓越周波数、地震検出時刻 ・ SEED 形式に準拠 ・ SeedLink プロトコルに準拠 ・ GPS による時刻補正、誤差 10msec 以下 ・ モニタ出力: 計測震度、最大加速度、最大速度、地震検出時刻 		
電源装置	<ul style="list-style-type: none"> ・ ソーラーパネル、チャージコントローラ、バッテリー、アレスタ (避雷器)、遮断器、等 		
衛星通信装置	<ul style="list-style-type: none"> ・ IPSTAR 衛星通信機材 (アンテナ、モデム) ・ ABS 衛星通信機材 (アンテナ、モデム) 		
1-3 IT 震度計 (240 式)			
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 3 成分加速度センサー ・ 測定範囲 ±1,500gal 以上、ノイズ 0.1gal 未満 ・ NTP により時刻補正 ・ 算出データ: PEIS (フィリピン震度階) 	高密度の計測震度ネットワークを構築し、地震災害対応に役立てる。	「フィ」国全土 240 カ所 (携帯電話基地局または地方自治体庁舎等への設置)
1-4 地震観測用ソフトウェア (2 式)			
	<ul style="list-style-type: none"> ・ ナノメトリクス社 (カナダ) 製 Apollo Server ・ PC ワークステーション ・ UPS 	既存地震観測ネットワークシステムとの接続のため。	PHIVOLCS 本部
1-5 地震情報システム (1 式)			
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 震度表示サーバ (冗長構成) ・ 震度情報表示ソフトウェア ・ UPS、大型モニタ、KVM、ラック等 	計測震度データを受信・蓄積し、地図上に計測結果を表示する。	PHIVOLCS 本部
1-6 本部衛星通信機材 (1 式)			
	<ul style="list-style-type: none"> ・ IPSTAR 衛星通信機材 (アンテナ、モデム) ・ ナノメトリクス社(カナダ)製 Carina Hub 	衛星通信で伝送される各種観測データを受信する。	PHIVOLCS 本部

表 4 PHIVOLCS リアルタイム津波観測システム 機材計画

機材名	主要仕様	使用目的	設置場所
2-1 津波検知器 (19 式)			
津波検知器	<ul style="list-style-type: none"> ・ 空中設置型の電波式または超音波式水位計 ・ 測定間隔 1 秒間隔以下、連続計測 ・ 測定範囲 15m 以上、不感帯 1.0m 以内 ・ 測定精度 $\pm 0.3\%$ または $\pm 3\text{cm}$ 以内の最大値 ・ 測定可能変位 2.0m/s 以上の変位を追従可能であること ・ 使用温度 $-10^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ ・ 設置高 既存岸壁から +3.5m 以上 ・ 取付支柱 SUS316 または同等以上 	潮位を計測する。計測データは、無線を介し近隣の高所に設置した津波データ伝送局に送信される。	津波観測所 (19 カ所) ①マリカバン ②ナスブ ③コレヒドール ④サンフェルナンド ⑤アバリ ⑥パスコ ⑦バレール ⑧ヴィラック ⑨ (欠番) ⑩ボロンガン ⑪タクロバン ⑫ダバ ⑬タンダグ ⑭マテイ ⑮サラマンガ ⑯カラマンシグ
データ無線送信機	<ul style="list-style-type: none"> ・ 伝送距離 1km 以上 (見通し距離) ・ 周波数帯 481.250-481.475MHz もしくは 486.250-486.475MHz ・ 出力 10mW ・ 使用温度 $-10^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ 		
電源装置	<ul style="list-style-type: none"> ・ 重塩害対応ソーラーパネル、チャージコントローラ、バッテリー、アレスタ (避雷器)、遮断器、等 		
2-2 津波データ伝送局 (19 式)			
データロガー	<ul style="list-style-type: none"> ・ メモリ容量 1年間分の潮位観測データの蓄積が可能なもの ・ GPS による時刻補正、誤差 10msec 以下 ・ データプロセス 1秒以内ごとの水位データを統計処理により任意の間隔 (1~600 秒程度) で平均化可能なものとする ・ 使用温度 $-10^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ 	津波検知器から、無線を介して送信された潮位データを受信し、衛星通信を用いて PHIVOLCS 本部に中継する。	⑰サンボアング ⑱ドゥマゲッティ ⑲シバライ ⑳サンホセ
データ無線受信機	<ul style="list-style-type: none"> ・ 伝送距離 1km 以上 (見通し距離) ・ 周波数帯 481.250-481.475MHz もしくは 486.250-486.475MHz ・ 出力 10mW ・ 使用温度 $-10^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ 		
電源装置	<ul style="list-style-type: none"> ・ 重塩害対応ソーラーパネル、チャージコントローラ、バッテリー、アレスタ (避雷器)、遮断器、等 		
衛星通信装置	<ul style="list-style-type: none"> ・ IPSTAR 衛星通信機材 (アンテナ、モデム) ・ ABS 衛星通信機材 (アンテナ、モデム) 		
2-3 津波情報システム (1 式)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 津波観測データサーバ (冗長構成) ・ 津波情報表示ソフトウェア ・ UPS、モニタ、KVM、ラック等 	計測された潮位データを収集・蓄積する。また、観測潮位、推算潮位を表示する。	PHIVOLCS 本部

表5 PHIVOLCS 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 機材計画

機材名	主要仕様	使用目的	設置場所
3 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)			
計算用サーバ (10基)	<ul style="list-style-type: none"> ・CPU Intel Xeon E5-2650(2GHz,ターボ・ブースト利用時 2.8GHz/8コア/20MB)×2同等以上 ・メモリ 48GB (DDR3 1333MHz)同等以上 ・ハードディスク 4TB 以上 ・リムーバブルディスク DVD-R/RW ドライブ x1 ・LAN インターフェイス Gigabit Ethernet 規格 (IEEE 802.3z もしくは IEEE 802.3ab)以上の規格に対応。ポート×2 ・筐体 ラックマウント ・OS Linux (CentOS) 	多量なケースの津波シミュレーションを高速に実行し、津波データベースを拡充する。	PHIVOLCS 本部
NAS 装置 (1基)	<ul style="list-style-type: none"> ・対応プロトコル NFS, CIFS ・ハードディスク 物理容量 36TB 以上 ・LAN インターフェイス Gigabit Ethernet 規格 (IEEE 802.3z もしくは IEEE 802.3ab)以上の規格に対応。ポート×2 ・筐体 ラックマウント 		
管理用 PC (2基)	<ul style="list-style-type: none"> ・CPU Intel Core i7 3770 以上 ・メモリ 8GB 以上 ・ハードディスク 2TB 以上 ・リムーバブルディスク ブルーレイディスク ・OS Windows 7 pro / 64bit 		
Fortran コンパイラ	<ul style="list-style-type: none"> ・Intel 製 Fortran コンパイラ 2ライセンス (フローティングライセンス) 		
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・ネットワークスイッチ、UPS、モニタ、KVM、ラック等 		

表6 DPWH 排水ポンプ車 機材計画

機材名	主要仕様	使用目的	設置場所
4 排水ポンプ車 (8台)	<ul style="list-style-type: none"> ・ポンプタイプ 小型軽量水中モーターポンプ φ200 (5 m³/分、10m 全揚程) 津波・洪水時に使用可能であること ・排水量 10 m³/分 (5 m³/分 x 並列 2 台使用、10m 全揚程) 5 m³/分 (5 m³/分 x 直列 2 台使用、20m 全揚程) ・排水距離 50m 以上 ・発動発電機 45kVA 	津波や台風等による洪水からの災害復旧を目的として、洪水被災地域の排水を行う。	DPWH リージョナルオフィス 8カ所 ①DPWH 本部 ②リージョン III (中部ルソン) ③リージョン V (ビコール) ④リージョン VI (西部ビサヤ) ⑤リージョン VII (中部ビサヤ) ⑥リージョン VIII (東部ビサヤ) ⑦リージョン X (北部ミンダナオ) ⑧リージョン XI (ダバオ)

4 プロジェクトの工期および概略事業費

本プロジェクトは、調達代理機関（JICS）により機材調達案件の一般競争入札方式にて実施される。実施機関が2機関（PHIVOLCS、DPWH）に渡ること、および、PHIVOLCS機材とDPWH機材の内容や必要工期が大きく異なることから、入札パッケージを2つに分けて調達を行う。

PHIVOLCS機材パッケージの事業実施期間は、入札関連業務5.0ヶ月、調達期間11.5ヶ月、合計16.5ヶ月であり、DPWH機材パッケージは、入札関連業務4.0ヶ月、調達期間10.0ヶ月となる。

本プロジェクトの実施に伴う概略事業費は下記の通りである。

1. 日本側負担経費 (調達業者の契約認証まで非公表)
2. 相手国側負担経費 ￥ 5.71百万円 (2.87百万PHP)

5 プロジェクトの評価

(1) 妥当性

1) 防災・減災への貢献

本プロジェクトのうち、PHIVOLCSに対する協力は「フィ」国の地震や津波の監視体制を強化し、リアルタイムの監視情報を提供して、災害軽減や緊急災害対応能力の向上を図るものである。地震観測ネットワークは広帯域強震計、強震計、IT震度計の設置・更新からなり、現在実施中のSATREPSとの協調を通じて更なるリアルタイム地震観測ネットワークの強化、計測震度ネットワークの構築が図られ、分析精度向上、地震情報発信の迅速化、被害予測の把握など、発災後の初期対応の向上につなげることが出来る。津波観測ネットワークについては、「フィ」国において初のリアルタイム津波観測ネットワークの構築である。本プロジェクトで整備する観測機材から得られるデータにより、警報発令・解除のためのデータがリアルタイムで入手できるようになる。このように、PHIVOLCSに対する協力は、「フィ」国全土の防災・減災能力の向上に直接的な裨益を生むだけでなく、今後開発されるべきリアルタイム予警報システムの基礎として不可欠なデータベースの構築を実現する。

また、DPWHに対する協力は、津波・台風等に起因して発生する洪水災害後、インフラとしての排水ポンプ機場では対応しきれない低地や道路の局所的浸水地域の排水を行い、円滑なインフラの復旧・復興に資する。

2) 「フィ」国の上位計画に資するプロジェクト

本プロジェクトは、「Philippine Development Plan 2011-2016」の主要政策である国家／地方政府の災害リスク軽減能力強化、および、「The National Disaster Risk Reduction and

Management Framework (NDRRMF) 「The National Disaster Risk Reduction and Management Plan (NDRRMP) 2011-2028」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」、および、「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、これら上位計画の枠組みに合致している。

3) 我が国の防災分野における技術・東日本大震災で得られた教訓の活用

我が国は、1980年代から30年以上に渡って「フィ」国の防災分野における協力を実施してきており、同分野における技術、ノウハウ、幅広いネットワークを有している。本プロジェクトは、「フィ」国に対する一連の防災分野の協力を位置づけられ、我が国の強みであるこれら技術、ノウハウやネットワークを十分に生かせる。

特に防災分野における技術については、東日本大震災で得られた教訓をもとに新たな技術の開発・改良が進められており、日本国内においても、これらの各観測機材や災害対策機材の導入・整備が図られている。その代表的な例が、巨大地震に対応できる日本製広帯域強震計の導入である。また、東日本大震災の津波被災地でその有用性が認識された日本製排水ポンプ車についても、日本国内の各自治体での配備が進むと同時に、タイの洪水の際にも大きな成果を上げた。

4) 我が国および周辺国との防災情報の共有

観測された各種地震・津波観測データは、「フィ」国のみならず、国外の外部機関に対しデータ伝送されており、本プロジェクトにより整備される機材によって得られるデータも日本を含めた周辺国の地震・津波観測や予警報の精度向上に寄与することが期待されている。

PHIVOLCSは、日本の気象庁も参加しているユネスコ政府間海洋学委員会（IOC）の津波予警報に関する南シナ海地域ワーキンググループに属しており、地震および津波データの地域内共有のために、南シナ海地域津波警報センターを設立、情報共有のためのプラットフォームを整備し、2016年までに同地域での地震観測および津波予警報システムの構築と稼働を目指している。また、同センターは、全球気象通信システム（GTS）に接続される予定であり、南シナ海地域だけではなく、全世界との情報共有が図られることになる。

以上の内容により本プロジェクトの妥当性は高いものと判断される。

(2) 有効性

本協力対象事業の実施により期待される成果は以下の通りであり、本プロジェクトの有効性が見込まれる。

1) 定量的効果

● リアルタイム地震観測ネットワークの拡充

10カ所の既存無人観測所への広帯域強震計の設置、36カ所の有人地震観測所等の強震計の更新およびリアルタイム化により、リアルタイム地震観測網が拡充され、揺れの

強さの観測、震源地の特定、マグニチュード計算が迅速に行われ、その分析精度が向上する。また、SATREPS で導入を開始した 100 基の IT 震度計と共に、本プロジェクトで設置する 36 カ所の強震計および 240 カ所の IT 震度計により、計測震度ネットワークを構築する。

指標名	基準値 (2012 年)	目標値 (2017 年)
広帯域強震計 (リアルタイム)	0 カ所	10 カ所
強震計 (リアルタイム)	10 カ所 ^{※1}	36 カ所
計測震度測定機能を有した強震計 (リアルタイム)	0 カ所	36 カ所
IT 震度計 (リアルタイム)	23 カ所	340 カ所 ^{※2}
M4.5 以上の地震の場合、地震発生後 15 分以内にモーメントマグニチュード、震源解析などの重要情報を含む地震・津波情報を発出する割合	2%	60%以上 (地震観測・予測部が設定している目標値)
津波情報およ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 (PHIVOLCS が設定している目標値)

※1: 現在無人観測所に設置されているリアルタイム化された強震計は、本プロジェクトで調達する広帯域強震計に置き換えられる。

※2: 本プロジェクト 240 台、SATREPS100 台 (うち、2013 年 3 月現在、既設 23 台)、合計 340 台

- リアルタイム津波観測ネットワークの構築

19 カ所の津波検知器を設置することにより、リアルタイム津波観測ネットワークが構築され、リアルタイム潮位情報を入手することができる。現在は、地震の震源地およびマグニチュードの分析により警報を OCD 等の防災関係機関へ FAX および SMS で発信しているが、本プロジェクトによりリアルタイムの潮位データを観測することにより、警報の発令・解除の精度向上、時間短縮が可能となる。

指標名	基準値 (2012 年)	目標値 (2017 年)
津波検知器 (リアルタイム)	6 カ所 ^{※3}	35 カ所 ^{※4}
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～数時間	1 分以内

※3: 潮位データを PHIVOLCS 本部に伝送している PHIVOLCS 所有のウェットセンサー1 カ所 (ルバン島) および地方自治体所管 (予定) の 5 カ所

※4: 既設 6 カ所+本プロジェクト 19 カ所+SATREPS 10 カ所、合計 35 カ所

- 津波シミュレーション・データベース構築の促進

迅速かつ精度の高い津波警報発令のためには、津波シミュレーション・データベースの構築が不可欠である。現在、SATREPS の技術協力のもと、津波シミュレーション・データベースの構築を図られているが、現在使用している機材は演算に必要な十分な

スペックを有していない。このため、適切なスペックを有する PC クラスタ一式を整備し、津波データベースの構築を早期に実現する。

指標名	基準値 (2012 年)	目標値 (2017 年)
6 時間で処理できるシミュレーションのケース数	1 ケース	400 ケース

- 排水ポンプ車の導入

洪水災害時、インフラとしての排水ポンプ機場では対応できない低地や道路の局所型浸水に対処し、迅速かつ円滑な復旧・復興に資するため、8 台の排水ポンプ車を全国に分散配備する。

指標名	基準値 (2012 年)	目標値 (2017 年)
排水ポンプ車 (DPWH 所有分)	0 台	8 台
都市型内水の排水に要する日数	約 3 日間	1 日程度

2) 定性的効果

- 「フィ」国のリアルタイム地震観測ネットワークの強化、計測震度ネットワークの構築が図られ、分析精度向上、地震情報発信の迅速化を図ることができる。これらを OCD 等の防災関連機関に、提供することにより、被災地の特定、被害の程度の把握など緊急災害対応能力の向上に寄与できる。
- 「フィ」国において初のリアルタイム津波観測ネットワークの構築により、警報発令・解除のためのデータがリアルタイムで入手できるようになる。地震と同様、OCD 等の防災関連機関に、リアルタイムの監視情報および分析結果、警報内容を提供し、災害軽減や緊急災害対応能力の向上に寄与できる。
- 全土に展開した初のリアルタイム津波観測ネットワークを通して収集した各地の 24 時間の潮位観測データを津波シミュレーションへ反映させていくことによってその津波シミュレーションの精度を向上させていくことが出来る。
- 本プロジェクトの実施は「フィ」国全土の防災・減災能力の向上に直接的な裨益を生むだけでなく、今後開発されるべき津波早期予警報システムの基礎として不可欠なデータベースの構築を実現する。
- 津波・台風等に起因して発生する洪水災害後、インフラとしての排水ポンプ機場では対応しきれない低地や道路の局所的浸水地域の排水を行い、円滑なインフラの復旧・復興、及び衛生状態の迅速な改善等に資する。

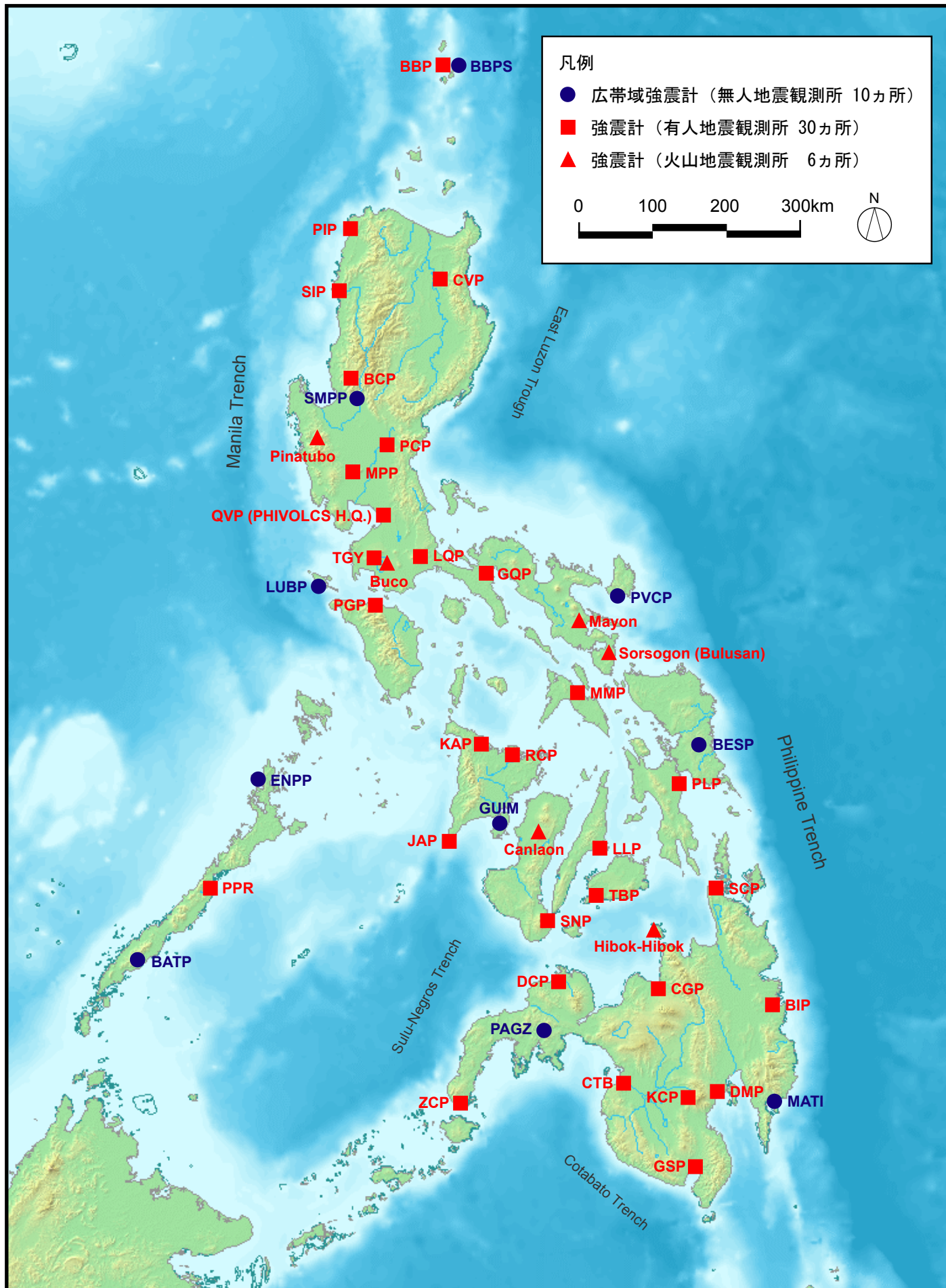
目 次

序文	
要約	
目次	
位置図／対象サイト現況写真	
図表リスト／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.....	1-3
1-1-3 社会経済状況.....	1-4
1-2 無償資金協力の背景・経緯および概要.....	1-5
1-3 我が国の援助動向.....	1-7
1-4 他ドナーの援助動向.....	1-9
1-5 過去の類似案件の評価結果と本事業の教訓.....	1-10
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.....	2-6
2-1-3 技術水準.....	2-7
2-1-4 既存施設・機材.....	2-8
2-2 プロジェクトサイトおよび周辺の状況.....	2-10
2-2-1 関連インフラの整備状況.....	2-10
2-2-2 自然条件.....	2-11
2-2-3 環境社会配慮.....	2-11
2-3 その他（グローバルイシュー等）.....	2-11
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
3-1-1 上位目標とプロジェクト目標.....	3-1
3-1-2 プロジェクトの概要.....	3-1
3-2 協力対象事業の概略設計.....	3-4
3-2-1 設計方針.....	3-4
3-2-1-1 基本方針.....	3-4
3-2-1-2 自然条件に対する方針.....	3-4
3-2-1-3 社会経済条件に対する方針.....	3-5

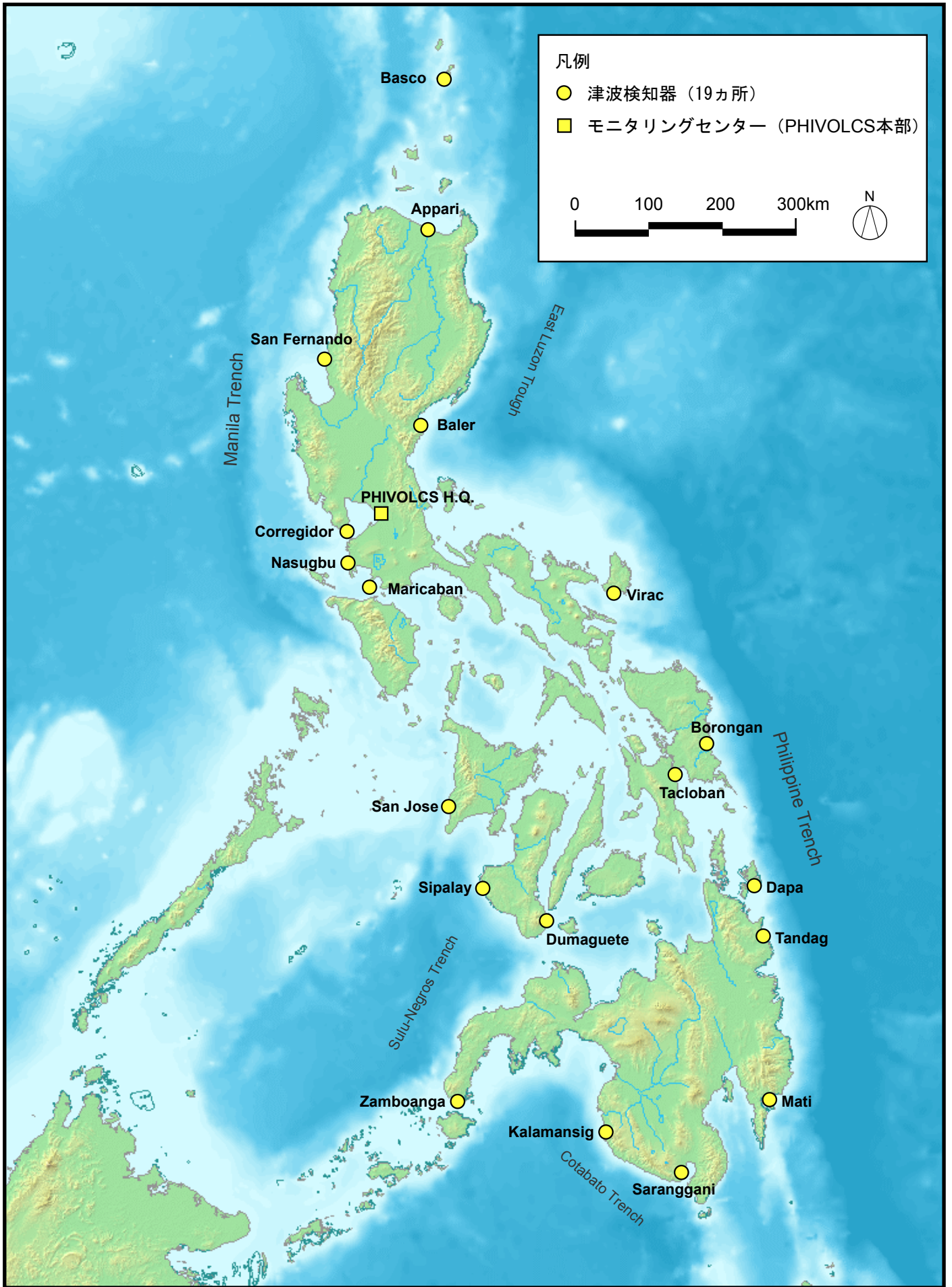
3-2-1-4	調達事情もしくは業界の特殊事情／商習慣に対する方針	3-5
3-2-1-5	現地業者（建設会社、コンサルタント）の活用に係る方針	3-5
3-2-1-6	運営・維持管理能力に対する方針	3-5
3-2-1-7	機材等のグレードの設定に係る方針	3-6
3-2-1-8	調達方法、工期に係る方針	3-6
3-2-2	基本計画（機材計画）	3-7
3-2-2-1	全体計画	3-7
3-2-2-2	機材計画	3-11
3-2-3	概略設計図	3-33
3-2-4	施工計画／調達計画	3-50
3-2-4-1	施工方針／調達方針	3-50
3-2-4-2	施工上／調達上の留意事項	3-52
3-2-4-3	施工区分／調達・据付区分	3-53
3-2-4-4	施工監理計画／調達監理計画	3-54
3-2-4-5	品質管理計画	3-56
3-2-4-6	資機材等調達計画	3-59
3-2-4-7	初期操作指導・運用指導等計画	3-62
3-2-4-8	ソフトコンポーネント計画	3-62
3-2-4-9	実施工程	3-63
3-3	相手国側分担事業の概要	3-67
3-4	プロジェクトの運営・維持管理計画	3-64
3-5	プロジェクトの概略事業費	3-65
3-5-1	協力対象事業の概略事業費	3-69
3-5-2	運営・維持管理費	3-71
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相手方投入（負担）事項	4-2
4-3	外部条件	4-2
4-4	プロジェクトの評価	4-3
4-4-1	妥当性	4-3
4-4-2	有効性	4-5

[資料]

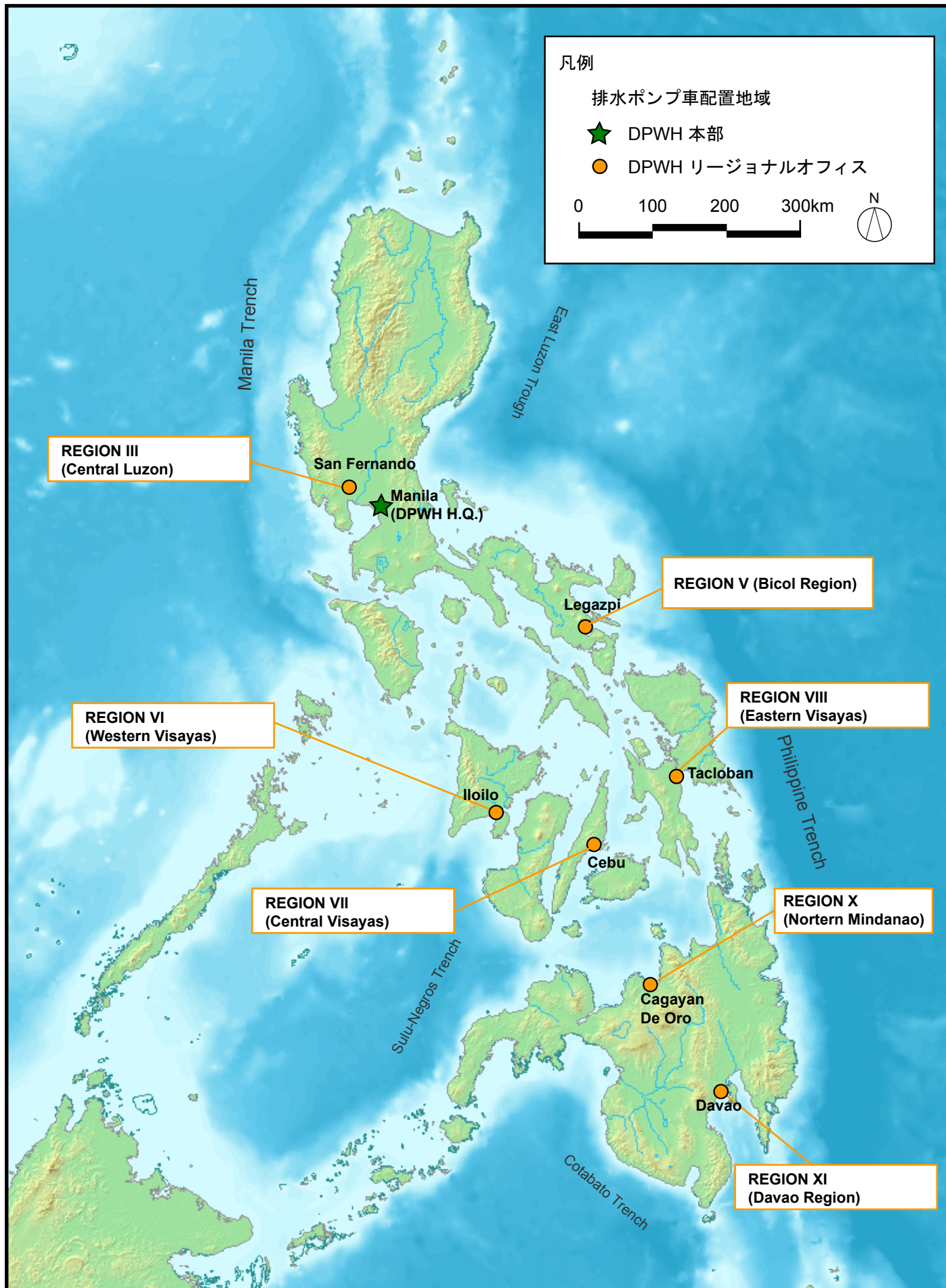
1. 調査団員・氏名
2. 調査行程
3. 関係者（面会者）リスト
4. 討議議事録（M/D）
 - 4-1 2012年4月27日署名 討議議事録
 - 4-2 2012年12月7日署名 討議議事録
5. テクニカルノート
 - 5-1 2012年5月18日署名 テクニカルノート（PHIVOLCS）
 - 5-2 2012年12月7日署名 テクニカルノート（PHIVOLCS）
 - 5-3 2012年5月18日署名 テクニカルノート（DPWH）
6. 参考資料
 - 6-1 先方負担による据付工事実施予定サイト
 - 6-2 収集資料リスト



プロジェクトサイト位置図
 (PHIVOLCS リアルタイム地震観測システム 対象サイト)



プロジェクトサイト位置図
 (PHIVOLCS リアルタイム津波観測システム 対象サイト)



プロジェクトサイト位置図
(DPWH機材 対象サイト)

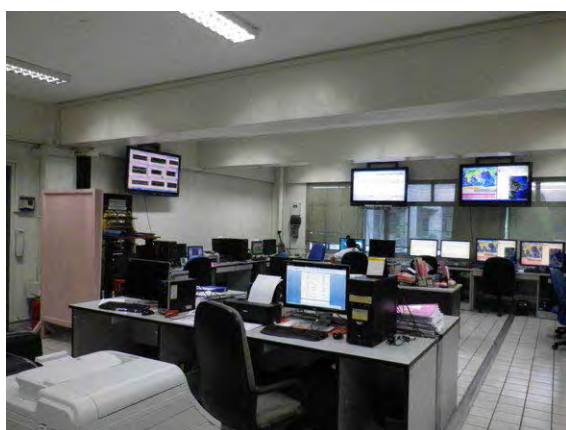


写真 - 1 : PHIVOLCS 本部・地震火山監視室。全国の観測所で計測したデータを収集・監視・分析している。本プロジェクトで調達する地震・津波観測用のサーバー機材、モニタ機材等を当該監視室内に設置する。



写真 - 2 : PHIVOLCS 本部棟と敷地内に設置された ABS 衛星通信用アンテナ (本プロジェクトでも利用する)。IP-Star 用アンテナは建物屋上に設置されている。本プロジェクトでは、IP-Star の冗長性を確保するため、IP-Star 用衛星通信機材を 1 セット調達する。



写真 - 3 : タガイタイ有人地震観測所 (強震計対象サイト)。強震計を更新し、衛星通信機材を設置することにより、波形データと震度情報のリアルタイムデータ伝送を実現する。



写真 - 4 : 同左観測所の地下室。広帯域地震計 (中央) と強震計 (後方)。手前は CTBTO の機材。建物の地下室に設置されている。本プロジェクトにより、既存強震計を計測震度機能を有する強震計に置き換える。



写真 - 5 : ヴィラック無人地震観測所 (広帯域強震計対象サイト)。衛星通信設備、広帯域地震計、強震計、太陽光発電設備を有する。ケアテイカーの定期的な維持管理により、管理状況は良好である。



写真 - 6 : ヴィラック観測所内、地震計小屋。既設の地震計小屋、設備共、良好な管理状況である。既存コンクリート基礎上に広帯域強震計を設置する。



写真 - 7 : コレヒドール島 (津波検知器設置サイト)。津波検知器設置予定栈橋 (コレヒドール島・南側)。マニラ湾の入り口にあり、マニラへの津波警報のための重要な観測ポイントとなる。



写真 - 8 : 同左。栈橋から津波データ伝送局設置予定場所を望む (距離 : 約 150m、高さ : 水面から約 15m)。



写真 - 9 : マニラ首都圏パッシング市内、パッシング川に面した DPWH 治水砂防技術センター (FCSEC)。ここに排水ポンプ車を搬入し、初期操作指導および引渡しを行う。



写真 - 10 : FCSEC 棟横の駐車スペース。排水ポンプ車の搬入後の保管予定場所。フェンス等で囲われた敷地ではないため、引渡までの機材保管期間のセキュリティ対策が必要。



写真 - 11 : 排水ポンプ車の配置対象リージョンである NCR (National Capital Region) の DPWH オフィス。マニラ首都圏マニラ市マニラ港エリア、DPWH 本部オフィスの近隣に位置する。



写真 - 12 : 同左 DPWH NCR オフィスのワークショップ。NCR の 3 District Engineering Office が所有する業務用サービス車両約 50 台 (一般車両およびダンプトラック、ロードローラを含む) 余りの車両の維持管理を担当している。

表リスト

表 1-1	「フィ」国における主な地震災害-----	1-1
表 1-2	「フィ」国における主な津波災害（最高津波高 1.0m 以上）-----	1-2
表 1-3	PHIVOLCS からの要請内容と M/D で合意した数量および優先度-----	1-6
表 1-4	DPWH からの要請内容と M/D で合意した数量および優先度-----	1-6
表 1-5	我が国の防災分野の援助実績-----	1-7
表 1-6	他ドナー国・機関援助実績（防災分野）-----	1-9
表 2-1	PHIVOLCS 人員配置-----	2-3
表 2-2	SOEPD 人員構成-----	2-3
表 2-3	DPWH 人員配置（本部所属）-----	2-4
表 2-4	DPWH 人員配置（地方・地域事務所所属）-----	2-5
表 2-5	DPWH 人員配置（プロジェクト マネジメント オフィス）-----	2-5
表 2-6	PHIVOLCS の予算状況-----	2-6
表 2-7	DPWH の予算状況-----	2-6
表 2-8	PHIVOLCS が保有する主な地震観測機材の一覧-----	2-8
表 3-1	PHIVOLCS に対する協力対象計画概要-----	3-2
表 3-2	DPWH に対する協力対象計画概要-----	3-3
表 3-3	PHIVOLCS からの要請内容と協力対象内容-----	3-7
表 3-4	DPWH からの要請内容と協力対象内容-----	3-8
表 3-5	リアルタイム地震観測システム 機材計画-----	3-11
表 3-6	リアルタイム津波観測システム 機材計画-----	3-21
表 3-7	リアルタイム津波観測システム サイト状況調査評価結果-----	3-23
表 3-8	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機材計画	3-28
表 3-9	主な台風・洪水災害（2008～2012 年）-----	3-29
表 3-10	排水ポンプ車 機材計画-----	3-30
表 3-11	内水氾濫による洪水危険度の高い市町-----	3-31
表 3-12	日本国と「フィ」国の負担事項区分-----	3-53
表 3-13	対象機材調達先一覧（PHIVOLCS）-----	3-59
表 3-14	対象機材調達先一覧（DPWH）-----	3-60
表 3-15	建設資材調達先一覧（PHIVOLCS）-----	3-60
表 3-16	事業実施工程（PHIVOLCS）-----	3-63
表 3-17	事業実施工程（DPWH）-----	3-63

図リスト

図 2-1	DOST 組織図	2-2
図 2-2	PHIVOLCS 組織図	2-2
図 2-3	DPWH 組織図	2-3
図 2-4	現在の PHIVOLCS 地震観測網システム系統図	2-9
図 2-5	Wet センサー	2-9
図 3-1	リアルタイム地震観測システム・衛星通信ネットワーク概念図	3-12
図 3-2	リアルタイム地震観測システム・計測震度ネットワーク概念図	3-12
図 3-3	IT 震度計の震度演算式パラメータ更新方法	3-17
図 3-4	リアルタイム津波観測システム・衛星通信ネットワーク概念図	3-24
図 3-5	「フィ」国に來襲した津波の高さ（1900 年以降）	3-26
図 3-6	マニラ首都圏および周辺地域の洪水被害（2009～2012 年）	3-32
図 3-7	事業実施体制	3-27

略 語 集

略語	英語名	和訳名称
ARMM	Autonomous Region in Muslim Mindanao	イスラム教徒ミンダナオ自治地域
ASTM	American Society of Testing and Materials	米国材料試験協会規格
B/A	Banking Arrangement	銀行取極
DOST	Department of Science and Technology	科学技術省
DOST-ASTI	Advanced Science and Technology Institute, Department of Science and Technology	科学技術省・産業技術総合研究所
DPWH	Department of Public Works and Highways	公共事業道路省
DRRM Act	Republic Act No.10121 (Philippine Disaster Risk Reduction and Management Act)	共和国法第 10121 号 (災害リスク軽減・管理 (DRRM) 法)
E/N	Exchange of Notes	交換公文
FCSEC	Flood Control and Sabo Engineering Center, DPWH	公共事業道路省・治水砂防技術センター
G/A	Grant Agreement	贈与契約
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GTS	Global Telecommunication System	全球気象通信システム
IOC	Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO	ユネスコ政府間海洋学委員会
JASS	Japanese Architectural Standard Specification	日本建築学会建築工事標準仕様書
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
JICS	Japan International Cooperation System	一般財団法人日本国際協力システム
JIS	Japanese Industrial Standards	日本工業規格
JIS	Japanese Industrial Standards	日本工業規格
JST	Japan Science and Technology Agency	独立行政法人科学技術振興機構
M/D	Minutes of Discussions	討議議事録
MMI	Modified Mercalli Intensity Scale	改正メルカリ震度階級
NAMRIA	National Mapping and Resource Information Authority	国土地理・資源情報庁
NDRRMC	National Disaster Risk Reduction and Management Council	国家災害リスク軽減管理評議会
NDRRMF	The National Disaster Risk Reduction and Management Framework	国家災害リスク軽減管理枠組
NDRRMP	The National Disaster Risk Reduction and Management Plan	国家防災計画
NEDA	National Economic and Development Authority	国家経済開発庁
NSCB	National Statistics Coordination Board	国家統計調整委員会

略語	英語名	和訳名称
NSO	National Statistics Office	国家統計局
OCD	Office of Civil Defense	市民防衛局
PAGASA	Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration	気象天文庁
PEIS	PHIVOLCS Earthquake Intensity Scale	フィリピン地震震度階
PGA	Peak Ground Acceleration	最大加速度
PGV	Peak Ground Velocity	最大速度
PHIVOLCS	Philippine Institute of Volcanology and Seismology	フィリピン火山地震研究所
PNS	Philippine National Standards	フィリピン工業規格
PPA	Philippine Ports Authority	フィリピン港湾局
REDAS	Rapid Earthquake Damage Assessment System	緊急地震被害アセスメントシステム
SATREPS	Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development	地球規模課題対応国際科学技術協力
SNAP	The Strategic National Action Plan on Disaster Risk Reduction	災害リスク軽減にかかる戦略的 国家行動計画
SOEPD	Seismological Observation and Earthquake Prediction Division, PHIVOLCS	フィリピン火山地震研究所・地震 観測・予測部
T/N	Technical Notes	テクニカルノート
TDMA	Time Division Multiple Access	時分割多元接続
UNDP	United Nations Development Programme	国連開発計画
USGS	U.S. Geological Survey	米国地質調査所
WB	World Bank	世界銀行

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

フィリピン国（以下、「フィ」国と称する）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。災害は、地震、火山噴火、洪水、台風・暴風雨、旱魃、自然火災、斜面災害および高波・高潮等の多様な分野に及んでいる。その国土は環太平洋造山帯における島嶼国であり、無数の断層、世界有数の3万 km 以上の長い海岸線を有し、地震と火山噴火および太平洋沿岸の大地震による大津波の来襲等の災害に度々見舞われてきた。また、マリアナ海近郊で発生する台風の大部分は「フィ」国に接近するという地理的な位置にあり、洪水関連災害による死者が際立って多くなっているのが現状である。

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、観測網は十分とは言えず、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る。また、2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災は、我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となった。

「フィ」国は、日本と同様に環太平洋地震帯に属しており、火山および地震活動の活発な地域で、地震災害は頻繁に発生している。中でも、1990 年 7 月 16 日に発生した中部ルソン島地震はバギオ市など都市部を襲い、死者 1,200 名以上を記録し、各地に大きな被害をもたらした。また、津波も多数発生しており、1976 年 8 月 16 日にミンダナオ島を襲った地震では 4,000 名以上の死者が出ている。以下に、「フィ」国における主な地震・津波災害を示す。

表 1-1 「フィ」国における主な地震災害

発生年月日	地震名	M	津波	死者 (人)	負傷者 (人)	被害額
1954 年 7 月 2 日	Luzon: Bacon, Sorsogon	6.5		13	101	(不明)
1955 年 4 月 1 日	Mindanao: Lanao	7.6		291	713	5 mil USD
1968 年 8 月 2 日	Luzon: Casiguran	7.3		270	600	8 mil USD
1970 年 4 月 7 日	Luzon: Baler	7.3	観測*	15	200	(不明)
1973 年 3 月 17 日	Luzon: Ragay Gulf, Bicol	7.0	観測*	14	100	0.5 mil USD*
1976 年 8 月 17 日	Mindanao: Moro Gulf	7.9	観測	3,739	8,000	276 mil PHP
1990 年 7 月 16 日	Luzon: Baguio	7.8		1,283	2,786	12,226 mil PHP
1994 年 11 月 15 日	Mindoro	7.1	観測	78	430	515 mil PHP
2002 年 3 月 5 日	Mindanao	6.8	観測	8	41	4,175 mil PHP
2003 年 11 月 18 日	Samar: Can-Avid	6.5		1	21	1~5 mil USD
2012 年 2 月 6 日	Negros Oriental	6.9		51	112	383 mil PHP
2012 年 8 月 31 日	Eastern Smar, Guian	7.7	観測	1	10	134 mil PHP

出典： PHIVOLCS および NDRRMC（斜体は米国海洋大気庁 (National Oceanic and Atmospheric Administration: NOAA) の国立地球物理データセンター (National Geophysical Data Center: NGDC)）

備考：被害は出典により異なる。本表の数値は、* のデータを除いて、「フィ」国の公式発表に基づく。

表 1-2 「フィ」国における主な津波災害（最高津波高 1.0m 以上）

発生年月日	津波名	最高津波高 (m)	死者 (人)	負傷者 (人)	被害額
1830年1月18日	W. Luzon Island	1.0			(不明)
1987年9月20日	Sulu Sea	2.0			(不明)
1987年9月21日	Sulu Sea	7.0	13	14	(不明)
1911年1月30日	Taal, Luzon Island	3.0	54		(不明)
1917年1月31日	Celebes Sea	1.5			(不明)
1918年8月15日	Celebes Sea	7.2	6		(不明)
1973年3月17日	Quezon	1.3			(不明)
1975年10月31日	Philippine Trench	4.0	1		(不明)
1976年8月16日	Moro Gulf	8.5	4,376	5,099	134 mil USD
1988年6月24日	North of Luzon Island	1.0			(不明)
1990年2月8日	Philippines	2.1			(不明)
1990年5月	Caniguin Island	5.0			(不明)
1994年11月14日	Phillipine Island	7.3	81	225	3.7 mil USD
2000年1月26日	Tawi-Tawi	20.0			(不明)
2002年3月5日	Mindanao Island	3.0			(不明)

出典：米国海洋大気庁 (National Oceanic and Atmospheric Administration: NOAA) の国立地球物理データセンター (National Geophysical Data Center: NGDC)

備考：被害は出典により異なる。

国内に多くの断層や約 220 の火山を有し、世界でも屈指の地震国である「フィ」国において、地震や津波の監視体制を強化し、リアルタイムの監視情報を提供して、災害軽減や緊急災害対応能力の向上を図ることが喫緊の課題である。

(1) 地震観測網

「フィ」国の地震観測は、科学技術省 (Department of Science and Technology: DOST) 傘下のフィリピン火山地震研究所 (Philippine Institute of Volcanology and Seismology: PHIVOLCS) が所管している。我が国は、PHIVOLCS の地震・火山監視能力強化を目的として、無償資金協力「第一次地震・火山観測網整備計画 (1999 年)」、「第二次地震・火山観測網整備計画 (2001 年～2002 年)」、技術協力プロジェクト「地震火山観測網整備計画 (2004 年～2006 年)」、JST-JICA 地球規模課題対応国際科学技術協力 (2010 年～現在実施中) (Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development: SATREPS) を実施するなど、継続的な協力を行っている。

「フィ」国における地震観測網は、31 ヶ所の無人地震観測所、30 ヶ所の有人地震観測所、6 ヶ所の地震・火山観測所 (有人) が整備されているが、上記無償案件の実施から 10 年以上が経過し、一部の地震観測機材が更新時期を迎えている。また、2004 年のスマトラ沖大地震とインド洋大津波以降、アジア各国で地震計測や津波早期警報システム構築のためのテレメータ観測網が急速に整備されているが、「フィ」国においては強震計のテレメータ観測網の整備が遅れており、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い。

また、マグニチュード計算に必要な広帯域地震計のテレメータ観測網が整備されているものの、東日本大震災等の巨大地震が発生した場合には広帯域地震計が振り切れてしまうことが課題として挙げられており、日本においても、巨大地震に対応できる広帯域強震計の整備が急がれているところである。

(2) 津波観測網

「フィ」国における津波観測は、PHIVOLCS の所有する 1 ヶ所の津波検知器（ルバング島の Wet センサー）および 5 ヶ所の地方自治体所管（予定）の津波検知器からの潮位データが PHIVOLCS 本部に伝送されているものの、全国規模の観測ネットワークが構築されているとは言えず、また、予警報システムも整備されていない。国土地理・資源情報庁（National Mapping and Resource Information Authority : NAMRIA）は 47 基の潮位観測用機材を有しており、うち 6 基はユネスコ政府間海洋学委員会（Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO: IOC）により整備され、衛星通信によってデータが各国に送られているが、その他の 41 基については衛星データ伝達システムの整備が不十分であるため、津波警報システムとして利用できていない。また、科学技術省・産業技術総合研究所（以下、DOST-ASTI とする）が超音波式津波検知器の設置を試験的に開始（2012 年 2 ヶ所、来年以降も継続）しているが、ASTI が独自に開発した通信システム（GDM-GPRS）として携帯電話の SMS 回線を利用しており、リアルタイムのデータ伝送は実現できていない。今後は本プロジェクトを中心にこれら既存システムの機能向上と一体的運営に向けた検討が望まれる。

「フィ」国では、現時点で津波シミュレーション・データベースが構築されておらず、津波の危険性が想定される規模の地震が発生した場合には、震源位置とマグニチュード情報だけで、避難の必要性、避難が必要な地域、避難レベルを判断している。このため、正確かつ迅速な警報発信は実現できていない。PHIVOLCS では現在、SATREPS のプロジェクトとして、津波シミュレーション・データベースを構築している最中である。しかしながら、現在使用しているコンピューターは、津波データベースのための演算に十分なスペックを有しておらず、データ処理に非常に時間がかかっている状況である。データベースの構築には多数のシミュレーションを継続的に行うことが重要であり、そのための機材の導入が SATREPS の成果を実のあるものとするためにも必須である。

(3) 防災対策（地震・津波を含む災害全般）

東日本大震災の際、津波被害地域での排水が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あらためて認識されたばかりである。「フィ」国においても津波リスクは高く、併せて、台風等による洪水被害も頻繁に起こることから、「フィ」国の災害対策において排水対策を強化する必要性は高い。

1-1-2 開発計画

「フィ」国政府は、2011 年 5 月に施行した「Philippine Development Plan 2011-2016」の中で、国家／地方政府の災害リスク軽減能力強化を主要政策として掲げている。

防災分野においては、2010 年に制定された災害リスク軽減を強化するための法律

「Republic Act No.10121」に基づき、2011年6月に「The National Disaster Risk Reduction and Management Framework (NDRRMF)」、2011年12月には「The National Disaster Risk Reduction and Management Plan (NDRRMP) 2011-2028」が制定された。NDRRMP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」「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る。

こ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」を担うのがDOST、「災害に強いインフラの整備」を担うのが公共事業道路省 (Department of Public Works and Highways: DPWH) である。またDPWHは、「復興と再建」分野の「災害に強いインフラの復興・再建」の役割も担う。

地震・津波防災に関しては、DOSTの研究開発機関に位置づけられるPHIVOLCSが所管しており、その役割は、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、ハザードマップの策定、防災教育と多岐に渡る。

1-1-3 社会経済状況

「フィ」国は、7,000以上の島から構成される島嶼国であり、その国土面積30万km² (日本の約0.8倍)のうち、ルソン、ミンダナオ、ミンドロ、サマール、レイテ、セブなどの11の大きな島が国土の面積の96%を占める。同国の人口は、2010年国勢調査のデータによると約9,400万人 (推計値) であり、そのうち1,100万人以上がマニラ首都圏に居住し、マニラ首都圏とその周辺地域 (カラバルゾン (リージョンIV-A)、中部ルソン (リージョンIII)) に全人口の3分の1が集中する。

「フィ」国は、アジア開発途上国の中でも都市化が最も進んだ国の1つである。しかしながら、一般国民は貧富の差が激しく、職を求めて都市部に流入する者が多い。2009年の国家統計調整委員会 (National Statistics Coordination Board: NSCB) のデータによると、貧困人口比率が最小であるのはマニラ首都圏の4.0%、最大はミンダナオ島のカラガ (リージョンXIII) の47.8%、同島のイスラム教徒ミンダナオ自治地域 (ARMM) の45.9%、次いで、ルソン島のビコール (リージョンV) である。

近年の「フィ」国は、世界同時不況、東日本大震災やタイの洪水被害によるサプライチェーンへのダメージ、欧州債務危機に端を発した欧米諸国の景気減速等の影響を受けたものの、一貫してプラス成長を維持しており、国家統計局 (National Statistics Office: NSO) による実質GDP成長率は、2009年1.1%、2010年7.6%、2011年3.9%であった。また、2011年の1人あたりGDPは2,007米ドルである。一方、失業率は、2005年以降、7~8%台を推移しており、目立った改善は見られない。国内の雇用機会が十分でないため、人口の約1割が「海外労働者」として国外に流出するという「フィ」国特有の経済構造が生じている。

1-2 無償資金協力の背景・経緯および概要

広域防災システム整備計画（フィリピン）（以下、本プロジェクトと称する）は、前述の現状および課題を踏まえて、「フィ」国内に地震・津波等の観測機器等を整備することにより、同国の地震・津波防災能力を向上し、人的被害を低減することを目標として要請されたものである。

JICA は将来の協力計画の基礎資料とするために 2011 年 9 月下旬から 11 月中旬にかけて地震や津波の被害リスクが高いと思われるアジア・環太平洋諸国を中心に、基礎情報収集・確認調査を実施した。外務省は、その結果などを参考にして、平成 23 年度第 3 次補正予算により実施する無償資金協力案件の形成を目的として、「東日本大震災からの復興の基本方針（平成 23 年 7 月 29 日 東日本大震災復興対策本部）」に基づき「広域防災システム整備計画協力準備調査」（以下、本調査と称する）を行うよう調査指示を行った。これを受け、本調査は実施されたものである。

本プロジェクトの実施に当たっては、原則、日本調達または現地調達とし、「東日本大震災からの復興の基本方針」に沿って検討を行い、調達条件を設定する方針とする。

要請内容の優先度について、本プロジェクトの責任機関となる国家経済開発庁（National Economic and Development Authority: NEDA）および実施機関となる PHIVOLCS と DPWH との協議を行い、討議議事録（以下、M/D と称する）にて確認した内容を以下に示す。

表 1-3 PHIVOLCS からの要請内容と M/D で合意した数量および優先度

項目	数量	優先度
1. リアルタイム地震観測システム		
a. 広帯域強震計	10	A
b. 強震計（更新）	36	A
c. 震度計（緊急時交換用を含む）	240	A
d. GPS 受信機	10	B
2. 津波警報システム		
a. リアルタイム津波観測システム（津波発生確率の高い地域）	20	A
b. 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 cluster	A
3. リアルタイム火山観測（ブルサン火山）		
a. 広帯域地震計（地下マグマ変動観測）	5	B
b. 超音波センサー（噴火規模予測）	2	B
c. GPS 受信機（地殻変動観測）	3	B

優先度

A：高、B：中

表 1-4 DPWH からの要請内容と M/D で合意した数量および優先度

項目	数量	優先度
1. 緊急対策およびインフラ健全性調査用機材		
a-1. ヘリ画像システム	2	B
a-2. 災害データ共有システム	1 lot	B
a-3. ヘリ空撮画像データ処理のための研修	1 lot	B
ヘリ画像システムのパイロットテスト （ルソン、ビサヤ、ミンダナオ各 2 か所＝計 6 か所）	1 lot	B
b. 橋梁点検車	2	A
c. 非破壊検査機器（運用維持管理研修を含む）		
コンクリートリバウンドハンマー	3	A
鉄筋レーダー探査機	3	A
赤外線イメージャー	3	A
d. 多目的浚渫船	3	B
e. 排水ポンプ車（運用維持管理研修を含む）	6	A

優先度

A：高、B：中

1-3 我が国の援助動向

我が国の当該セクターに関連する援助実績は以下の通りである。

表 1-5 我が国の防災分野の援助実績

協力内容	実施年度	案件名／その他	概要
技術協力	2012-2015	災害リスク軽減・管理能力向上プロジェクト	2010年5月に制定された「災害リスク軽減・管理法（共和国法第10121号）」（DRRM法）により、DRRM活動の中心を担う市民防衛局（OCD）に対し、従来OCDが担ってきた災害後の対応に加え、予防・軽減を含む広範囲かつ多様なDRRM活動に必要なOCDの組織・人材の能力強化を図る。
	2009-2014	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（科学技術）	過去の我が国の防災支援の成果を活用しつつ、新たに最新の観測・解析システムを導入することにより、①即時高度震源解析と震度速報、②地震発生ポテンシャル評価、③リアルタイム統合火山監視、④精度の高い地震火山情報を迅速に発信するとともにその利活用を推進し、中央・地方政府・コミュニティレベルの防災力向上に貢献することを目的としている。
	2007-2014	道路・橋梁の建設・維持に係る品質管理向上プロジェクト（I～II）	道路・橋梁の維持管理体制の向上のため、各種マニュアル等の整備、研修等による道路・橋梁の維持管理に関する技術・知識向上を図り、点検計画、点検、点検評価、補修計画、補修・対策工等の一連の維持管理サイクルの確立を目的としている。
	2004-2006	地震火山観測網整備プロジェクト	無償資金協力「地震火山観測網整備計画（第1次）（第2次）」によりPHIVOLCSの観測機材は大幅に改善されたが、地震規模の正確な把握・メカニズム解明に必要なデータ収集・処理など組織体制の改善等、長期的な課題も少なくなかった。「フィ」国内および周辺における地震・火山の観測能力及び精度が向上し、災害情報を正確かつ迅速にできる体制を確立するために実施された。
有償資金協力	1996-2013	ピナツボ火山災害緊急復旧事業（I～III）	1991年のピナツボ火山噴火の被害地域において、河川改修、道路復旧、排水路整備・河川改修等のハード対策、流域・土地管理計画や災害防止・避難計画の策定支援等のソフト対策を行い、洪水・浸水被害を軽減し、物流の確保・衛生環境の改善、同地域が持続的に成長することを目的とする。
無償資金協力	2012	ノンプロジェクト無償	2011年秋に上陸した一連の台風により道路網、家屋、公共施設、農地等住民の生活基盤となっている様々なインフラに被害を受けた「フィ」国において、これら災害被害からの迅速な復興・復旧を支援するため、災害復興などの取組に必要な資機材の購入を支援する。

無償資金 協力	2011	マヨン火山周辺地域避難 所整備計画	アルバイ州は、「フィ」国の中でも特に活動が活 発な活火山の一つであるマヨン火山が位置するほ か、台風が年平均3～5回襲来するため、火山灰の 泥流化、土石流、洪水等による被害が頻発してい る。このため、マヨン火山周辺地域において避難 所と位置づけられている学校6校の校舎兼避難所 施設を整備する。
	2009	気象レーダーシステム整 備計画	防災機関や国民に対して、より精度の高い台風警 報シグナルと台風情報を提供することを目的とし て、気象レーダー機材および施設の整備が実施さ れた。
	2009	環境プログラム無償	2009年の台風「オンドイ」「ペペン」による被害 を受け、洪水対策の重要性が改めて認識された。 このため、排水ポンプ等の洪水対策機材の供与を 行う計画である。
	2001-2002	地震火山観測網整備計画 (第二次)	既設地震・火山観測所における観測機材の拡充及 び地震・火山観測地点の新設を実施し、地震や火 山活動の検知能力向上を図った。
	1998	地震火山観測網整備計画 (第一次)	既設地震・火山観測所の機材更新およびデータ処 理・解析システムの整備を実施した。

出典：調査団作成

1-4 他ドナーの援助動向

表 1-6 他ドナー国・機関援助実績（防災分野）

単位(千USD)

実施年度	機関名／ドナー国名	案件名	金額	概要
2011	世界銀行	災害リスク繰り延べ引き出しオプション (Cat-DDO)付災害リスク軽減管理開発政策借款	500,000	DRRM 枠組の強化を目的に、①災害リスク管理の組織のキャパシティ強化、②災害リスク軽減対策の開発計画への組み込み、③自然災害対策への国庫支出管理
2009	EU / UNISDR / UNDP / AusAID	「災害リスク軽減にかか る戦略的国家行動計画 (SNAP) 2009-2019」の作 成支援		2005年1月「兵庫行動枠組」 採択以降の、災害管理強化のた めの具体的な行動計画の策定
2006-2013	UNDP / AusAID	READY プロジェクト (効果的コミュニティベ ース災害リスク管理のた めのハザードマッピング 及び評価プロジェクト)	2,000	災害に弱い27州を対象として ①ハザードマップの作成支援、 ②PHIVOLCS のコミュニティ 防災活動支援、③地方政府の開 発計画への防災管理の観点組 み込み支援

出典：調査団作成

1-5 過去の類似案件の評価結果と本事業の教訓

(1) 類似案件の評価結果

地球上で発生する地震の2割は日本、ないし日本近郊でおきていると言われる中で、蓄積してきた地震、及び津波防災への知見に基づく支援は、他の地震災害国から多大なる貢献として感謝されてきた。以下に代表的な案件の状況を述べる。

「フィ」国における同分野への我が国の協力は1980年代から始まり、既に30年以上続いている。特に、1999～2004年の無償資金協力「地震・火山観測網整備計画（第一次、第二次）」の機材調達により機材の大幅な改善を行った。引き続き実施された、技術協力プロジェクト「地震火山観測網整備プロジェクト」（2004～2006年）の中で、長期的な取り組みが必要な組織体制の改善・研究能力の向上等（データ処理・解析システムの拡充、地震規模メカニズム解明に必要なデータの収集等）の強化を図り、より効果が発現することが確認された。更に、現在、「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」（2009～2014年）を実施中であり、最新の観測・解析システムを導入することにより、①即時高度震源解析と震度速報、②地震発生ポテンシャル評価、③リアルタイム統合火山監視、④精度の高い地震火山情報を迅速に発信するとともにその利活用を推進し、中央・地方政府・コミュニティレベルの防災力向上に貢献することが期待されている。

インドネシア国においては2004年のスマトラ沖地震を契機として2007年の「災害復興・管理セクターローン」をはじめとした技術協力プロジェクト、無償資金協力案件などが継続的に実施されている。

また、イラン国においては「大テヘラン圏地震マイクロゾーニング計画調査」（1999～2000）以降「大テヘラン圏総合地震防災および管理計画調査」（2002～2004）、「地震後72時間緊急対応計画構築プロジェクト、Stage I, II」（2006～2009）が実施され、現在は「テヘラン地震災害軽減プロジェクト」（2012～2015）が実施されている。

(2) 本事業への教訓

(1)で述べたように、地震防災分野への協力は各国・各地域で多大な成果を挙げている。しかしこの分野への協力は単に機材供与単体や、技術協力だけの貢献では不十分で、これら複数の協力方式を組み合わせることによってより多大な貢献が期待できる。本事業においても1980年代からの協力の成果の上に成り立って居り、且つ現在も進められているSATREPSなどとの密接な協力体制を築き上げていくことがその成果を更に高めることとなると確信する。

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

本プロジェクトの実施機関は PHIVOLCS と DPWH の2つの機関に渡ることから、実施機関間の調整を図るため、上位機関である NEDA が責任機関として位置づけられている。以下に、PHIVOLCS と DPWH の組織・体制について述べる。

(1) PHIVOLCS

地震・津波観測の実施機関である PHIVOLCS は、DOST の科学技術サービス機関として位置づけられ、その業務所掌は行政命令第 128 号により以下の通り規定されている。

- 火山噴火、地震の発生、関連する地殻変動現象の予知
- 火山噴火、地震発生メカニズムの解明、影響を受ける地域の決定
- 行政の社会経済開発促進における火山及び火山地形の有効活用方法の開発
- 火山噴火、地震の予測における必要データの生成
- 火山活動の検知、予知、警戒システムを用いた災害の低減

また地震・津波対策として、現在、以下のプログラムが進行中である。

- 早期地震被害評価システム（リスク評価、土地利用計画、設計基準の整備）
- 津波リスク軽減プログラム（ハザードマップ、リスク評価、教育、予警報システム）
- 津波早期警報システムの開発（Wet センサー、警報システム、GSM データ送受信）
- 津波モニタリングシステムの開発（低価格の Met ブイ、GSM/GPRS 通信、衛星通信）
- GPS による地殻変動観測システム

これらの業務を実施するため、PHIVOLCS の職員には高度な専門知識が必要とされる。本プロジェクトの担当部署である地震観測・予測部 (Seismological Observation and Earthquake Prediction Division: SOEPD) では、自国または日本を含む海外の大学で専門の教育を受けた職員が多く、博士号を取得している職員も少なくない。高い技術力を有する職員が、PHIVOLCS 本部や有人地震観測所・地震火山観測所に配置されており、業務を運営するために十分な体制が構築されている。

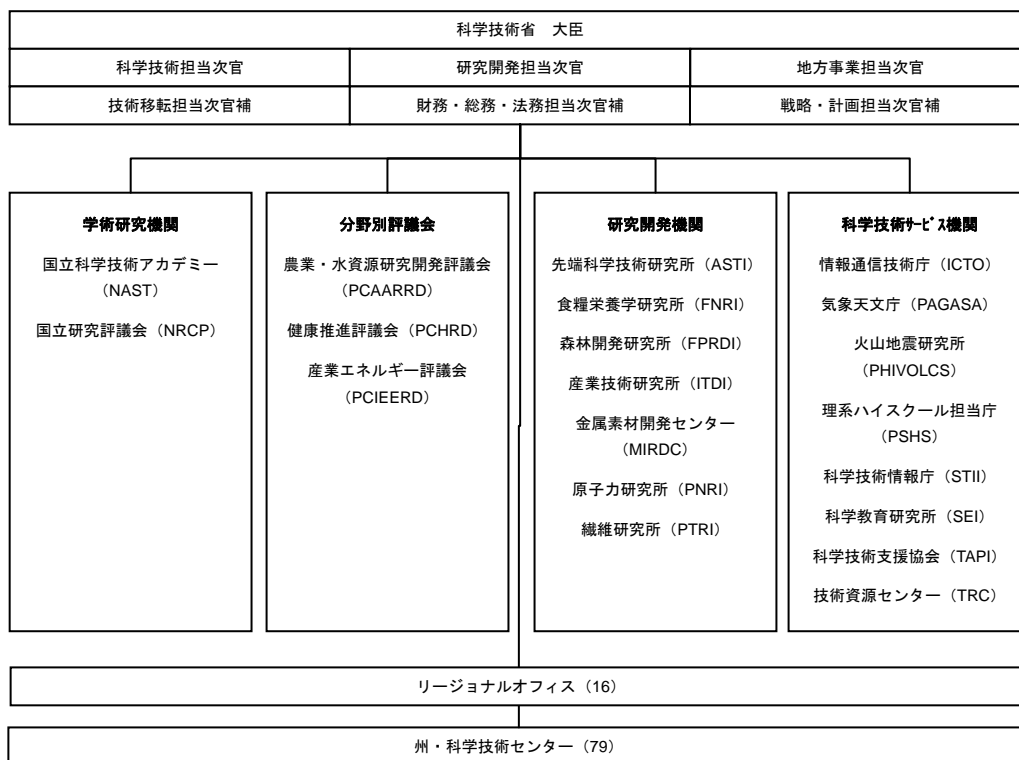


図 2-1 DOST 組織図

出典：DOST 組織図をもとに調査団作成

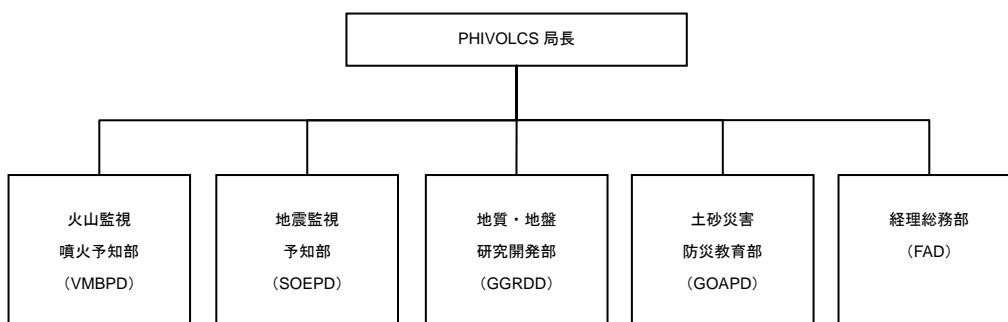


図 2-2 PHIVOLCS 組織図

出典：PHIVOLCS 組織図をもとに調査団作成

表 2-1 PHIVOLCS 人員配置

部	マニラ本部		有人観測所		合計		
	実数	(欠員)	実数	(欠員)	実数	(欠員)	定員
火山モニタリング噴火予知部 (VMEPD)	22	(8)	26	(0)	48	(8)	56
地震観測・予測部 (SOEPD)	26	(6)	46	(11)	72	(17)	89
地質・物理探査研究開発部 (GGRDD)	19	(12)	—	—	19	(12)	31
地質災害啓蒙部 (GDAPD)	15	(4)	—	—	15	(4)	19
財務・総務部 (FAD)	36	(2)	—	—	36	(2)	38
所長室 (Office of Director)	4	(0)	—	—	4	(0)	4
合計	122	(32)	72	(11)	194	(43)	237

出典：PHIVOLCS 質問票回答

表 2-2 SOEPD 人員構成

	ポジション	定員	必要とする専門技術	要求される資格
1	Chief SRS / Officer-in-Charge	1	Seismology, Seismic Hazard Assessment, Tsunami Modelling, Earthquake Body-wave Inversion, Strong-motion Seismology, Community-based Early Warning System for Tsunami, Active faults mapping and Paleoseismology, Seismic Instrumentation, Seismic Tomography	MS Graduate
2	Supervising Science Research Specialist	4		BS Graduate
3	Senior Science Research Specialist	4		BS Graduate
4	Science Research Specialist II	5		BS Graduate
5	Science Research Specialist I	13		BS Graduate
6	Science Research Analyst	28		BS Graduate
7	Science Research Assistant	30		Completion of 2 year college education
8	Science Aide	4		High School Graduate
	合計	89		

出典：PHIVOLCS 質問票回答

(2) DPWH

DPWH の組織図と人員配置を以下に示す。本プロジェクトの関係部局は、計画局 (Planning Services: PS) の開発計画部門 (Development Planning Division: DPD)、およびプロジェクトマネジメント オフィス (PMO) のうちの治水砂防技術センター (Flood Control and Sabo Engineering Center: FCSEC) であり、FCSEC が移動ポンプ車の管理監督部門となる。また 16 の地方事務所 (Regional Office: RO) とその下部組織である 175 の地域事務所 (District Engineering Office: DEO) が設けられており、本プロジェクトによって調達する機材は、これらの RO に配置され、運用・維持管理される。

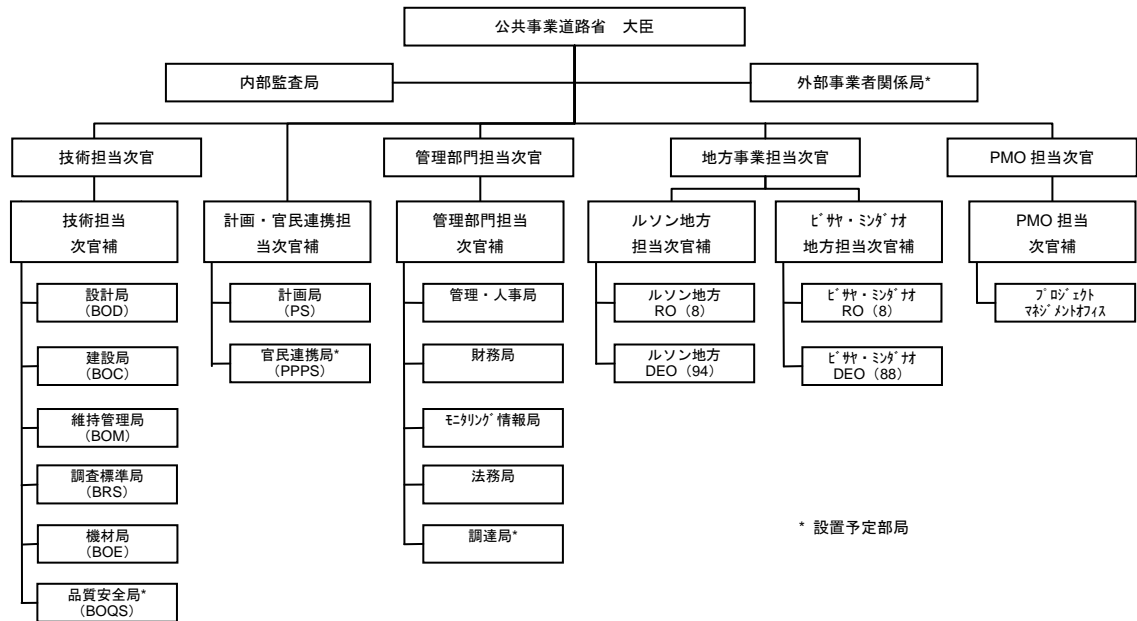


図 2-3 DPWH 組織図

出典：DPWH 組織図をもとに調査団作成

表 2-3 DPWH 人員配置 (本部所属)

Department Proper	常勤職員		契約職員	非常勤職員	維持管理要員	合計 (実働)	業務単位契約
	実数	(欠員)					
Office of the Secretary	59	(17)	0	2	0	61	19
Project Management Pool	60	(52)	0	0	0	60	0
小計	119	(69)	0	2	0	121	19
Services							
Adm. & Manpower Mgt.	367	(193)	1	23	0	391	13
Comptrollership & Financial Mgt.	138	(73)	0	40	0	178	15
Internal Audit Service	48	(24)	0	0	0	48	0
Legal Service	31	(33)	5	5	0	41	10
Monitor. & Inform. Service	103	(33)	0	1	0	104	6
Planning Service	102	(29)	0	21	0	123	4
小計	789	(385)	6	90	0	885	48
Bureaus							
Bureau of Construction	129	(47)	0	37	0	166	13
Bureau of Design	110	(77)	0	5	0	115	7
Bureau of Equipment	235	(211)	0	0	0	235	0
Bureau of Maintenance	108	(51)	0	1	0	109	0
Bureau of Research & Standard	125	(42)	0	0	0	125	0
小計	707	(428)	0	43	0	750	20
合計	1,615	(882)	6	135	0	1,756	87

出典：DPWH MANPOWER COMPLETMENT AS OF AUGUST 31, 2012 より調査団作成

表 2-4 DPWH 人員配置（地方・地域事務所所属）

Regional & District Engineering Office		常勤職員		契約職員	非常勤職員	嘱託職員	維持管理要員	合計(実働)	業務単位契約
		実数	(欠員)						
1	NCR (National Capital Region)	319	(322)	0	688	317	5	1,329	225
2	CAR (Cordillera Administration Region)	434	(320)	0	161	173	5	773	1,554
3	Region I (Ilocos Region)	330	(455)	21	193	288	14	846	867
4	Region II (Cagayan Region)	393	(378)	0	0	256	0	649	1,351
5	Region III (Central Region)	524	(563)	0	429	421	46	142	528
6	Region IV-A (CALABARZON)	415	(632)	0	381	273	13	1082	1,193
7	Region IV-B (MIMAROPA)	365	(634)	0	196	138	18	717	1,360
8	Region V (Bicol Region)	830	(167)	0	271	239	32	1372	1,316
9	Region VI (Western Region)	505	(528)	0	587	320	52	1464	1,895
10	Region VII (Central Region)	546	(368)	0	307	276	22	1151	1,297
11	Region VIII (Eastern Region)	426	(481)	0	165	338	22	951	2,239
12	Region IX (Zamboanga Peninsula)	312	(337)	0	228	285	0	825	1,401
13	Region X (Northern Mindanao)	622	(203)	1	214	176	21	1034	1,567
14	Region XI (Davao Region)	245	(426)	0	381	194	9	829	913
15	Region XII (Soccsksargen)	446	(195)	0	236	186	4	872	1,204
16	Region XIII (Caraga)	484	(183)	0	219	146	10	859	1,715
合計		7,196	(5,922)	22	4,656	4,026	273	16,173	20,625

出典：DPWH MANPOWER COMPLETMENT AS OF AUGUST 31, 2012 より調査団作成

表 2-5 DPWH 人員配置（プロジェクト マネジメント オフィス）

Project Management Office	常勤職員		契約職員	非常勤職員	維持管理要員	合計(実働)	業務単位契約
	実数	(欠員)					
Asian Development Bank	0	(0)	32	7	0	39	2
Build-Operate-Transfer(BOT)	0	(0)	4	2	0	6	7
Cebu South Coastal Road Project (CSCR-PCDP III)	0	(0)	17	0	0	17	4
Feasibility Studies (FS)	0	(0)	37	18	0	55	0
Flood Control & Sabo Engineering Center (FCSEC)	0	(0)	12	1	0	13	6
Infrastructure Right-of-Way & Resettlement (IROWR)	0	(0)	21	58	0	79	21
International Bank for Reconstruction & Development (IBRD/NRIMP II)	0	(0)	32	9	0	41	0
KAMANAVA-(NCR)	0	(0)	4	19	0	23	61
Saudi Fund for Development (SFD)	0	(0)	19	0	0	19	1
Major Flood Control Projects Cluster I (MFCP I)	0	(0)	30	9	0	39	10
Major Flood Control Projects Cluster II (MFCP II)	0	(0)	0	27	0	27	0
Mount Pinatubo Emergency (MPE)	0	(0)	21	2	0	23	23
Philippine-Japan Highway Loan (PJHL)	0	(0)	61	70	0	131	7
President's Bridge Program Office (PBPO)	0	(0)	56	4	0	60	3
Rural Road Network Development Project (RRNDP)	0	(0)	21	5	0	26	0
Rural Water Supply /Comprehensive Agrarian Reform Projects (RWS/CARP)	0	(0)	21	14	0	35	2
Special Bridge Projects	0	(0)	21	2	0	23	2
Special Buildings	0	(0)	29	0	0	29	0
Traffic Engineering & Management Team (TEAM)	0	(0)	0	10	0	10	8
Urban Road Projects (URPO)	0	(0)	85	0	0	85	0
CARBDP	23	(4)	23	0	0	46	0
Korean Economic Development Cooperation Fund	0	(0)	0	0	0	0	1
合計	23	(4)	546	257	0	826	158

出典：DPWH MANPOWER COMPLETMENT AS OF AUGUST 31, 2012 より調査団作成

2-1-2 財政・予算

(1) PHIVOLCS

2008年以降の財務状況を下表に示す。維持管理予算は年々増加し、2012年は2008年以降で最も多くの予算が確保されている。機材購入費については2009年から減少していたものの、2011年に増加に転じ、2012年は2008年に次ぐ予算が確保されている。なお、2011年および2012年の機材調達費は、主に地震観測所の新設に使用される予定であり、地震計等の観測機材の調達予算は確保されていない。

機材購入より維持管理に多くの予算が投入されている状況から、保有機材やシステムの維持管理を重視している姿勢が窺える。

またPHIVOLCSが機材を新規導入する場合には、上位機関であるDOSTに維持管理まで含めた予算計画書を提出し、承認を受ける必要がある。このため既調達機材に関しては、DOSTの承認を受けた計画が毎年の維持管理予算に反映されている。

表 2-6 PHIVOLCS の予算状況

単位：千フィリピンペソ

	2008	2009	2010	2011	2012
人件費	48,264	53,475	52,779	61,477	65,791
維持管理費	38,153	45,431	51,703	76,458	79,108
資機材調達費	111,250	65,225	3,000	62,793	69,685
合計	197,667	164,131	107,482	200,728	214,584

出典：予算管理省データより調査団作成

(2) DPWH

2008年以降の財務状況を示す。維持管理費は2009年から2012年の間において、全体予算の5～6%程度確保されている。

表 2-7 DPWH の予算状況

単位：千フィリピンペソ

	2008	2009	2010	2011	2012
人件費	3,231,858	3,608,519	3,540,008	3,828,718	4,122,347
維持管理費	8,162,531	8,983,038	6,630,664	6,310,164	6,205,960
資機材調達費	83,334,570	117,298,466	116,760,316	90,687,201	99,505,098
合計	94,728,959	129,890,023	126,930,988	100,826,083	109,833,405

出典：予算管理省データより調査団作成

2-1-3 技術水準

(1) PHIVOLCS

前述の通り、PHIVOLCS に所属する職員は地震・津波に関する科学的見識が深く、観測機材やデータ通信システムに関する知識も豊富である。このため、SOEPD が管理する機材の修理や更新、拡張に関する今後数年間の計画を各ドナーの協力と独自の見識に基づき立案している。「フィ」国全土に配置される地震計等の保有機材についても、配置先や機材種別、データ通信システムの状況や各種課題を適切に把握しており、技術水準は極めて高いといえる。

地震観測システムに関しては、既存の観測所への機材追加または更新となるため、現在の運営体制、維持管理能力および維持管理予算の中で十分に対応が可能である。

津波観測システムに関しては、これまで PHIVOLCS が保有していない観測機材および観測網を構築することとなるものの、PHIVOLCS の運営体制および職員の能力の高さから、適切な維持管理が実施可能である。

(2) DPWH

前述の通り、本プロジェクトによって調達する機材は、RO に配置され、運用・維持管理されることとなる。

DPWH が現有する諸機材は、配置された各 RO によってよく維持管理されており、使用状況も良好である。

これらの状況から、本プロジェクトで調達する排水ポンプ車の適切な維持管理は十分に実施可能であるといえる。

2-1-4 既存施設・機材

(1) PHIVOLCS

PHIVOLCS の 30 ヲ所の有人地震観測所、6 ヲ所の地震・火山観測所（有人）、31 ヲ所の無人地震観測所には、過去の本邦無償資金協力「地震火山観測網整備計画（第一次・第二次）」により、全国を網羅する基本的な観測網が整備され、並行して実施された技術協力により収録したデータの基本的な評価・解析技術が移転された。また現在、SATREPS プロジェクト「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」を実施中であり、地震火山監視能力の向上を図っているところである。以下に、各地震観測所の現有地震観測機材の概要を表 2-8 に、現在の地震観測網のシステム系統図を図 2-4 に示す。

表 2-8 PHIVOLCS が保有する主な地震観測機材の一覧

地震観測所	機材	数量	リアルタイム 伝送	関連プロジェクト			
				本邦 ODA			その他
				無償 ①	無償 ②	SAT REPS	
有人地震観測所 (含・地震火山観測所) 36 ヲ所	短周期地震計	35 ヲ所	×	○	○		
	強震計	35 ヲ所	×	○	○		
	広帯域地震計	10 ヲ所	×	○	○		○
	中周期地震計	6 ヲ所	×		○		
	デジタイザー	36 ヲ所	—	○	○		○
	ドラムレコーダー	35 ヲ所	—	○	○		
	波形収録・解析用 PC+ソフトウェア	36 ヲ所	—	○	○		○
	GPS 時計	35 ヲ所	—	○	○		
	非常用発電機	12 ヲ所	—		○		
	太陽光発電システム	2 ヲ所	—				○
	バッテリー	13 ヲ所	—		○	○	
無人地震観測所 31 ヲ所	短周期地震計	21 ヲ所	○		○		
	強震計	10 ヲ所	○			○	
	広帯域地震計	10 ヲ所	○			○	
	衛星通信用モデム	31 ヲ所	—		○		
	デジタイザー	36 ヲ所	—		○	○	
	パラボラアンテナ	31 ヲ所	—		○		
	衛星通信送信装置	31 ヲ所	—		○		
	GPS 時計	31 ヲ所	—	○	○		
	太陽光発電システム	31 ヲ所	—			○	○
バッテリー	31 ヲ所	—			○	○	
データ収集センター 1 ヲ所 (PHIVOLCS 本部)	パラボラアンテナ		—		○		
	衛星通信受信装置		—			○	
	波形収録 PC+ソフトウェア		—			○	
	データ解析用 PC+ソフトウェア		—		○		
	GPS 時計		—	○	○		
ミラーセンター 2 ヲ所 (ダバオ、タガイタイ)	パラボラアンテナ		—		○		○
	衛星通信受信装置		—		○		○
	波形収録 PC+ソフトウェア		—		○		○

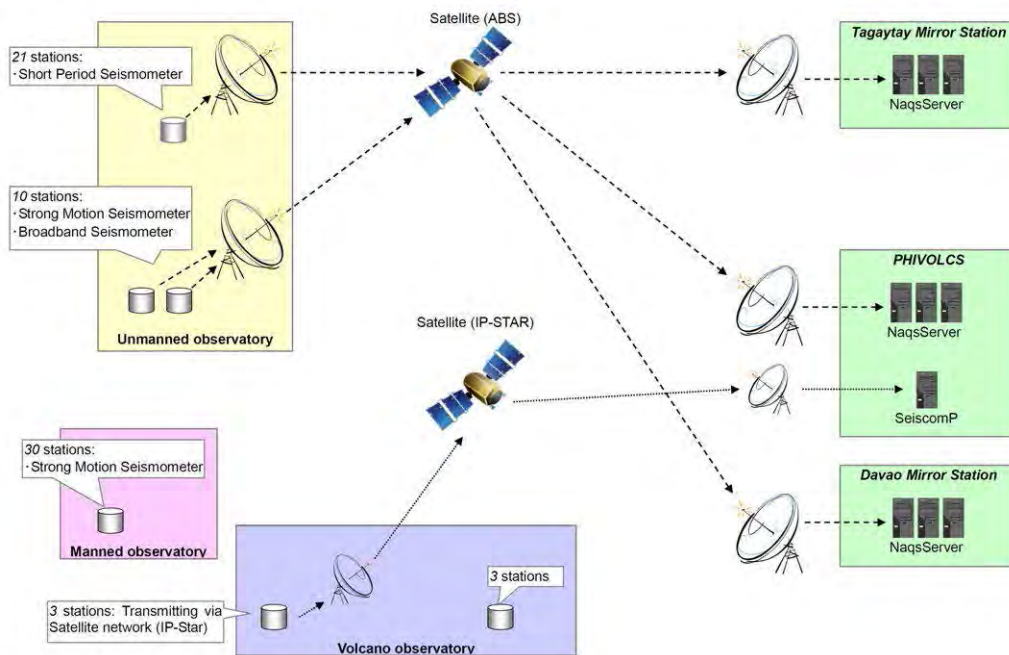


図 2-4 現在の PHIVOLCS 地震観測網システム系統図

なお、津波警報システムにかかる機材については、フィンランド政府支援による Wet センサーと呼ばれる簡易型津波検知システム 1 セット、および、5 ヶ所の地方自治体所管（予定）の津波検知器からの潮位データが PHIVOLCS 本部に伝送されているが、全国規模の観測ネットワークが構築されているとは言えず、また、予警報システムも整備されていない。

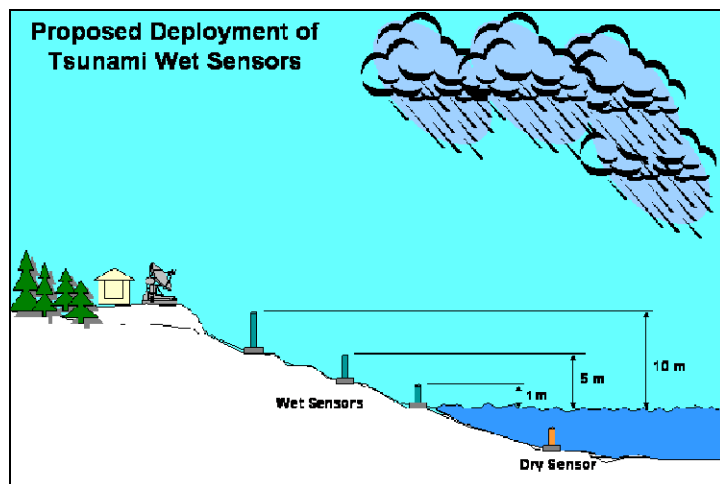


図 2-5 Wet センサー

(2) DPWH

DPWH は、多数の建設機材、車両などを所有しているが、排水ポンプ車については MMDA に譲渡後は所有していない。

2-2 プロジェクトサイトおよび周辺の状況

2-2-1 関連インフラの整備状況

(1) PHIVOLCS

本プロジェクトで調達される機材は、既存の PHIVOLCS 本部、無人地震観測所、有人地震観測所、地震・火山観測所、および、新設の津波検知器サイトに設置されることとなり、そのインフラ整備状況は多岐に渡る。

PHIVOLCS 本部については、マニラ首都圏ケソン市のフィリピン大学ディリマン・キャンパス敷地内にあり、アクセス、電力（商用電源、および、ディーゼル発電機による非常用電源）、給排水、インターネット通信等のインフラ状況に問題は無い。衛星通信設備についても、既に 2 種類の衛星通信サービスと契約しており、33 カ所の観測所よりリアルタイムで遠隔観測・コントロールを行っている。

広帯域強震計の対象サイトとなる無人地震観測所は、敷地形状はサイトによって異なるが、およそ 5～6m 四方のフェンスに囲われた敷地内に、地震計のためのシェルター、衛星通信設備、ソーラーパネルによる独立電源システムを有している。

強震計設置対象となる有人地震観測所、および、地震・火山観測所は、計測機器を設置するシェルター、観測所、非常用電源、一部には衛星通信のための施設などが配置されている。観測所は観測機器が設置された観測室、監視員の宿泊室・トイレ・シャワー、及び近隣住民への広報スペースなどから構成されている。

津波観測システムは、既存の棧橋、防波堤などに設置する津波検知器部分、および、数百メートル離れた高台または既存の建屋の上に建設されるデータ伝送局は、その大半がフィリピン港湾局（Philippine Ports Authority : PPA）の敷地内に建設されるため、アクセス道路、フェンスなどは整備されている。また PPA の職員などにケアテイカーとして日常の管理を依頼することも可能である。少数のサイトにおいては民間の敷地に設置されるが、いずれも大企業の自前の棧橋や敷地内に設置されるため PPA 同様の設備・機能がある。

(2) DPWH

DPWH は多数の建設機材、車両を保有して全国の道路・橋梁などの建設・維持管理を行っている。現在 DPWH の技術者の道路・橋梁維持管理に係る能力向上を目標として、技術協力プロジェクト「道路・橋梁の建設・維持に係る品質向上プロジェクト」フェーズ I（2007 年～2009 年）（以下、TCP I とする）およびフェーズ II（2012 年～現在実施中）（以下、TCP II とする）が実施され、3 つのパイロットリージョンを対象（ただし、橋梁の点検にかかる機材調達は 2 リージョンのみが対象）に、道路・橋梁維持管理に係る各種マニュアル、ハンドブックの整備、OJT による技術者の点検・補修等能力の向上、技術研修講師の育成、技術研修の実施拡大、維持管理サイクルの定着を図っている。

2-2-2 自然条件

「フィ」国は、西岸地方が熱帯モンスーン気候、東岸地方が熱帯雨林気候帯に属し、一年を通じて高温多湿である。標高 1,500m の高山地域を除くほぼ全土において、気温は年間を通じて大差なく、年間平均気温は 26.6℃、月間平均最高気温は 28.3℃（5 月）、月間平均最低気温は 25.5℃（1 月）である。また、月間平均湿度は 71%（3 月）～85%（9 月）である。雨量については、地形や季節風、台風の進路等の影響を受けるため地域的に大きく変化し、年間降雨量は 1,000 mm 以下の地域から 4,000 mm 以上の地域まで様々である。

本プロジェクトの対象サイトは「フィ」国全土に点在する。熱帯気候特有の高温多湿、多雨、落雷等の諸条件に配慮した仕様とし、また、津波検知器に関しては、塩害対策を行うと共に、想定される津波の高さおよび津波荷重を考慮した設計を行う必要がある。

2-2-3 環境社会配慮

本プロジェクトは、PHIVOLCS 機材は既設の地震観測所または開発済み港湾施設内への極めて小規模な建築工事を伴う機材の設置であり、DPWH 機材は車輛機材の調達であるため、自然環境の大幅な改変や住民移転の必要はない。計画に際しては、現地の建築基準、通信関連法規、ディーゼル規制関連法規を遵守する計画とする。

2-3 その他（グローバルイシュー等）

第 4 章「プロジェクトの評価」にて後述するように、PHIVOLCS はユネスコ政府間海洋学委員会（Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO : IOC）南シナ海地域ワーキンググループのメンバーであり、2016 年までの同地域での地震観測および津波予警報システムの構築と稼働に向けた一層の努力が期待される。また、南シナ海地域津波警報センターの設立、情報共有のためのプラットフォームの整備、全球気象通信システム（Global Telecommunication System : GTS）への接続など、南シナ海地域だけではなく、全世界との情報共有にも貢献が期待される。

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

3-1-1 上位目標とプロジェクト目標

「フィ」国政府は、2011年5月に施行した「Philippine Development Plan 2011-2016」の中で、国家／地方政府の災害リスク軽減能力強化を主要政策として掲げている。

防災分野においては、2010年に制定された災害リスク軽減を強化するための法律「Republic Act No.10121」に基づき、2011年6月に「The National Disaster Risk Reduction and Management Framework (NDRRMF)」、2011年12月には「The National Disaster Risk Reduction and Management Plan (NDRRMP) 2011-2028」が制定された。NDRRMP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」「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る。

本プロジェクトは、これらの上位計画の重点分野の一つである「災害予防とリスク軽減」の分野別成果目標「観測、予測、警報の強化」と「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、同国の防災能力の向上により人的被害を低減することを上位目標とする。

このような上位目標の下、本プロジェクトは、機材の調達を通じ、(1) PHIVOLCS の地震・津波の監視能力が向上し、精度の高い地震・津波情報が防災関係機関に活用されること、および、(2) DPWH のインフラの円滑な復旧・復興に資することを目標とするものである。

3-1-2 プロジェクトの概要

上記プロジェクト目標を達成するための本プロジェクトの概要は以下の通りである。

(1) PHIVOLCS

PHIVOLCS の地震・津波の監視能力向上のため、「フィ」国全土を対象として、リアルタイム地震観測システム、リアルタイム津波観測システム、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の整備を行う。

地震観測については、我が国が PHIVOLCS の地震・火山監視能力の向上を目的として継続的な協力を行っているところである。しかしながら、一部の地震観測機材が更新時期を迎えている状況や、2004年のスマトラ沖地震、2011年の東日本大震災の課題や教訓を踏まえ、PHIVOLCS の地震観測網の拡充およびリアルタイム化を図る。具体的には、広帯域強震計、強震計、IT 震度計の調達を行うと共に、地震情報のリアルタイムデータ伝送、および、既設 PHIVOLCS の地震情報システム（本部の地震解析・監視システム）との接続に必要な機材・ソフトウェアの調達を行う。

これにより、精度の高い震源解析、マグニチュード計算および全国的な震度マッピングが可能となり、これら地震情報が各防災関係機関に迅速に発信されることにより、適切な警報の発令、防災・減災対策、被害予測と災害対策等に有用に活用されることが期待される。

津波観測については、「フィ」国には系統的な津波観測網が整備されていない状況下、本プロジェクトにより整備されるリアルタイム津波観測システムは、「フィ」国で初となる全国規模の津波観測システムである。津波検知器と津波データ伝送局を整備すると共に、津波情報システム（本部の津波監視システム）を構築する。また、正確かつ迅速な津波警報の発令には、「フィ」国周辺で発生することが想定されるケースごとの津波シミュレーション結果が格納されたデータベースの整備が不可欠であり、多量な条件の津波シミュレーション計算を実行するために必要なスペックを有する PC クラスタを調達する。

現在は、津波の危険性が想定される規模の地震が発生した場合には、震源位置、マグニチュード情報という限られた情報から避難の必要性、避難が必要な地域、避難レベルを判断している状況であるが、これらの機材を導入することでリアルタイムの津波観測が可能となるとともに、津波データベースの整備が推進されることが期待でき、地震観測網の拡充により得られる精度の高い震源解析の結果等と併せて総合的な津波対策が可能となる等、従前よりも高精度かつ迅速な警報発信の実現が期待される。また、将来は、津波予警報システム構築に応用することも期待できる。

PHIVOLCS に対する協力対象コンポーネントを以下に示す。

表 3-1 PHIVOLCS に対する協力対象計画概要

機材名	期待される成果	投入計画
1. リアルタイム地震観測システム	リアルタイム地震観測網が強化され、地震・震度情報の分析精度が向上する。	<ul style="list-style-type: none"> • 広帯域強震計：10 ヶ所（既設衛星通信設備網への接続） • 強震計：36 ヶ所（衛星通信設備網の新規構築含） • IT 震度計：240 個（含緊急時交換用） • その他、既設 PHIVOLCS 地震情報システムへの接続に必要な機材、ソフトウェア
2. リアルタイム津波観測システム	リアルタイム津波観測システムが整備され、津波情報が把握できるようになる。	<ul style="list-style-type: none"> • 津波検知器および津波データ伝送局：19 ヶ所 • その他、リアルタイム津波観測システム構築のために必要な機材、ソフトウェア
3. 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	津波データベース構築能力が強化され、津波解析能力が向上する。	<ul style="list-style-type: none"> • PC クラスタ：1 式

(2) DPWH

DPWH のインフラの円滑な復興・再建に資することを目的として、排水ポンプ車の調達を行う。

東日本大震災の際、津波被害地域での排水が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あらためて認識されたばかりである。「フィ」国においても、津波リスクは高く、併せて、台風等による洪水被害も頻繁に起こることから、排水ポンプ車を供与することにより、「フィ」国の災害対策において洪水時における排水能力を強化し、災害後の速やかなインフラの復興・再建に寄与することが期待される。

表 3-2 DPWH に対する協力対象計画概要

機材名	期待される成果	投入計画
4. 排水ポンプ車	津波や台風による洪水災害時の排水対策が強化され、災害後の速やかなインフラの復興・再建に寄与することができる。	• 排水ポンプ車：8台

3-2 協力対象事業の概略設計

3-2-1 設計方針

3-2-1-1 基本方針

(1) 基本方針

JICA は将来の協力計画の基礎資料とするために 2011 年 9 月下旬から 11 月中旬にかけて地震や津波の被害リスクが高いと思われるアジア・環太平洋諸国を中心に、基礎情報収集・確認調査を実施した。外務省は、その結果などを参考にして、平成 23 年度第 3 次補正予算により実施する無償資金協力案件の形成を目的として、「東日本大震災からの復興の基本方針（平成 23 年 7 月 29 日 東日本大震災復興対策本部）」に基づき「広域防災システム整備計画協力準備調査」（以下、本調査と称する）を行うよう調査指示を行った。これを受け、本調査は実施されたものである。

本プロジェクトの実施に当たっては、原則、日本調達または現地調達とし、「東日本大震災からの復興の基本方針」に沿って検討を行い、調達条件を設定する方針とする。

(2) 協力対象範囲

現地調査においては、要請された機材の要請理由や優先度にかかる協議を行うと共に、各実施機関が現有する機材についての調査を行い、要請の背景と内容を確認した。国内解析作業では、現地調査結果を踏まえ、上記の基本方針に従い機材の仕様、数量等を検討した。本プロジェクトでは、既に交換公文（Exchange of Notes : E/N）が締結されていることから、E/N で定められた供与限度額内に納まる計画内容となるよう、協力対象範囲の検討を行う必要がある。

各実施機関との協議、現地調査および国内解析の結果として決定された協力対象内容については、「3-2-2 基本計画（機材計画）」にて詳述する。

3-2-1-2 自然環境条件に対する方針

「フィ」国は、西岸地方が熱帯モンスーン気候、東岸地方が熱帯雨林気候帯に属し、一年を通じて高温多湿である。標高 1,500m の高山地域を除くほぼ全土において、気温は年間を通じて大差なく、年間平均気温は 26.6℃、月間平均最高気温は 28.3℃（5 月）、月間平均最低気温は 25.5℃（1 月）である。また、月間平均湿度は 71%（3 月）～85%（9 月）である。雨量については、地形や季節風、台風の進路等の影響を受けるため地域的に大きく変化し、年間降雨量は 1,000 mm 以下の地域から 4,000 mm 以上の地域まで様々である。

本プロジェクトの対象サイトは「フィ」国全土に点在するため、熱帯気候特有の高温多湿、多雨、落雷等の諸条件に配慮した仕様として設計を行う。

特に、PHIVOLCS 機材の落雷対策については、過去に避雷針を通じて機材が被雷した経験から、避雷針は設置せず、避雷器による回路遮断とするよう PHIVOLCS から要請があったため、これを考慮した計画とする。

また、津波検知器に関しては、塩害対策を行うと共に、想定される津波の高さおよび津波荷重を考慮した設計を行う。

3-2-1-3 社会経済条件に対する方針

各実施機関（PHIVOLCS、DPWH）の財政負担を出来るだけ軽減するため、運営・維持管理費が極力最少となる機材計画とする。また、機材の盗難防止に配慮する。

また、ルソン、ビサヤ、ミンダナオの三地域に対する地域配分に配慮した機材配置を計画することとする。

3-2-1-4 調達事情もしくは業界の特殊事情／商習慣に対する方針

本プロジェクトで整備予定の機材のうち、地震・津波観測機材（センサー）および通信用機材には、本邦の外国為替及び外国貿易法に定める規制対象貨物（または技術）に該当する製品が含まれることから、本邦から輸出する際には、同法に基づく輸出許可の手続きが必要となる。上記機材の調達に関しては、許認可を受けることにより問題は生じないが、工程計画の策定に当たっては、上述した輸出手続き等の必要期間を考慮する。

3-2-1-5 現地業者（建設会社、コンサルタント）の活用に係る方針

上述の通り、本プロジェクトにより整備する機材は原則日本タイドであるが、地震・津波観測機材・通信機材等のための基礎や盗難防止用フェンス等は現地調達とする。なお、全ての機材の開梱・搬入・組立・据付は日本企業の技術者の指導の下、現地作業員にて行う計画とする。

3-2-1-6 運営・維持管理に対する対応方針

各実施機関（PHIVOLCS、DPWH）とも、本プロジェクトで整備予定の同種の機材やシステムを運用しており、維持管理体制も十分整備されている。また、各実施機関の財政面についても特に問題は無く、本プロジェクトにより整備される機材の運用・維持管理能力を十分有していると判断できる。

PHIVOLCS については、本プロジェクトによるリアルタイム地震・津波観測システムの整備後は、操作方法、運用方法、保守・点検方法について、メーカー技術者による初期操作指導を行う計画とする。なお、ソフトコンポーネントによる各種訓練については、高い技術力を有する職員達により、高いレベルで既存地震観測システムを運用・維持管理している実績から不要であると判断する。

DPWH についても、PHIVOLCS と同様、機材の整備後に初期操作指導を行う計画とする。なお、排水ポンプ車の維持管理については特別な技術を要しないことから、本プロジェクトによるソフトコンポーネントは実施しない計画とする。

3-2-1-7 機材のグレードの設定に係る方針

調達機材のグレードは、我が国又は国際規格に準拠した機材とするが、東日本大震災で得られた教訓や技術、防災分野における我が国の先端技術を含む地震・津波等の防災関連機材を調達する方針とする。

3-2-1-8 調達方法、工期に係る方針

本プロジェクトは、調達代理機関（JICS）により機材調達案件の一般競争入札方式にて実施される。実施機関が2機関（PHIVOLCS、DPWH）に渡ること、および、PHIVOLCS 用機材と DPWH 用機材の内容や必要工期が大きく異なることから、入札ロットを2つに分ける方針とする。

なお、本プロジェクトは、防災・減災を目的とした緊急性の高い案件であり、可能な限り早期に調達を実施し、「フィ」国の防災・減災に寄与することが求められている。よって、複雑なシステム検討を要する PHIVOLCS 機材の調達を待たず、まず、DPWH 機材の調達を先行して実施する計画とする。

工期の設定に当たっては、上記方針に基づき、経済性を損なわない範囲内で、効率的な工期を設定する。

3-2-2 基本計画（機材計画）

3-2-2-1 全体計画

本プロジェクトは、機材の調達を通じて、(1) PHIVOLCS の地震・津波の監視能力が向上し、精度の高い地震・津波情報が防災関係機関に活用されること、および、(2) DPWH のインフラの円滑な復旧・復興に資することを目標とするものである。

上記プロジェクト目標達成のため適切な機材計画となるよう、各実施機関との協議、現地調査、国内解析を行うと共に、本プロジェクトは既に E/N が締結されていることから、E/N で定められた供与限度額内に納まる計画内容となるよう、協力対象範囲の検討を行った。

以下に、M/D で確認された要請内容と、各実施機関との協議、現地調査、国内解析の結果として決定された協力対象内容の比較を示す。

表 3-3 PHIVOLCS からの要請内容と協力対象内容

要請内容			協力対象内容		変更理由
項目	数量	優先度	項目	数量	
1. リアルタイム地震観測システム			1. リアルタイム地震観測システム		
a. 広帯域強震計	10	A	1-1 広帯域強震計	10	変更なし
b. 強震計（更新）	36	A	1-2 強震計（更新）	36	変更なし
c. IT 震度計（含・緊急時交換用）	240	A	1-3 IT 震度計（含・緊急時交換用）	240	変更なし
d. GPS 計測装置	10	B			日本でも試験的導入段階であるため
			1-4 地震観測用ソフトウェア	2	既存システムとの接続に不可欠
			1-5 地震情報システム	1	震度情報表示システムの構築に不可欠
			1-6 本部衛星通信機材	1	各観測機材からのデータ受信に不可欠
2. 津波警報システム					
a. リアルタイム津波観測システム（津波発生確率の高い地域）	20	A	2. リアルタイム津波観測システム		
			2-1 津波検知器	19	サイト状況調査に基づく検討結果による
			2-2 津波データ伝送局	19	
			2-3 津波情報システム	1	
b. 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	A	3. 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	変更なし
3. リアルタイム火山観測（ブルサン火山）					事業費が限られている中、地震観測および津波観測機材の方が優先度が高いと判断されたため
a. 広帯域地震計（地下マグマ変動観測）	5	B			
b. 超音波センサー（噴火規模予測）	2	B			
c. GPS 計測装置（地殻変動観測）	3	B			

【優先度】 A：高、B：中

表 3-4 DPWH からの要請内容と協力対象内容

要請内容			協力対象内容		変更理由
項目	数量	優先度	項目	数量	
1. 緊急対策およびインフラ健全性調査用機材			緊急対策およびインフラ健全性調査用機材		災害時被災状況の把握に有効だが、非常に高価であり、長期的維持管理研修が必要になるため、本プロジェクトでの供与は困難である
a-1. ヘリ画像システム	2	B			
a-2. 災害データ共有システム	1	B			
a-3. ヘリ空撮画像データ処理のための研修	1	B			
ヘリ画像システムのパイロットテスト（ルソン、ピサヤ、ミンダナオ各2か所＝計6か所）	1	B			
b. 橋梁点検車	2	A			「特定被災区域の産業に資するような製品を調達する」と言う本プロジェクトの趣旨に合致した製品が調査段階では確認できなかったため
c. 非破壊検査機器					2012年開始の本邦有償資金協力に、同機材の調達が含まれているため
コンクリートリバウンドハンマー	3	A			
鉄筋レーダー探査機	3	A			
赤外線イメージャー	3	A			
d. 多目的浚渫船	3	B			要請内容を満たす機材が日本では製造されていないため
e. 排水ポンプ車	6	A	1. 排水ポンプ車	8	プロジェクトの趣旨に合致し、かつ、緊急を伴う投入の必要性が確認されたため数量増加

【優先度】 A：高、B：中

本プロジェクトは、前述の通り、原則、日本調達または現地調達とし、「東日本大震災からの基本方針」に沿って検討を行い、調達条件を設定することを基本方針とする。これを受け、当該基本方針を踏まえた技術的検証を行い、本プロジェクトの機材計画が決定された。

要請内容からの主な変更点は、以下の通りである。

(1) PHIVOLCS リアルタイム地震観測システム

既存の PHIVOLCS 地震観測網の拡充は、地震観測の精度向上のみならず、より効果的な防災情報・警報の迅速な発信に繋がることから、本プロジェクトにおいて最優先に整備することとする。また、地殻変動観測用の GPS 計測装置については、現時点では、日本においても試験的導入段階であることから、本プロジェクトには含めないこととした。

なお、M/D で確認した要請内容ではないが、現地調査時にテクニカルノート（以下、T/N と称する）で検討を要請された 2 ヶ所のミラーセンター（タガイタイ、ダバオ）への地震情報システム機材の整備については、事業費の制約から、これを計画に含めないこととする。

(2) PHIVOLCS リアルタイム津波観測システム

当初要請は 20 サイトであったが、現地調査時に実施したサイト状況調査により、1 ヶ所の候補サイトにおいて適切な機材設置箇所を確保できなかったことから、19 サイトを候補サイトとして検討することとなった。サイト選定の経緯については、「3-2-2-2 機材計画 (2)PHIVOLCS リアルタイム津波観測システム」に後述する。

また、津波情報システム機材については、地震情報システムと同様に、2 ヶ所のミラーセンターへの整備は行わない。

(3) PHIVOLCS リアルタイム火山観測システム（ブルサン火山）

タール火山（ブコ地震・火山観測所）およびマヨン火山（マヨン地震・火山観測所）に整備済みの広帯域地震計、超音波センサー等の機材を、ブルサン火山（ソルソゴン火山・地震観測所）に整備する要請であった。しかしながら、事業費が限られている中、地震観測および津波観測のための機材の方が優先度が高いと判断され、現地協議を通じ M/D においてこれを確認した。よって、本プロジェクトに当該機材は含めないこととする。

(4) DPWH ヘリ画像システム、および、関連機材・研修

災害発生時など、ヘリコプターから被害地を撮影した場合、斜め遠方からの撮影でも正確に場所（座標）を特定できる特殊な機能を有する画像撮影システムである。いち早く被害箇所を特定し、被害状況を確認することができるため、災害後の緊急援助や対策までの時間と精度を大幅に改善できる非常に有効な機材である。しかし、機材が非常に高価である上、長期的な運用維持管理研修が必要となることから、本プロジェクトによる供与は困難であり、本プロジェクトに当該機材は含めないこととする。

(5) DPWH 橋梁点検車

「フィ」国最大の輸送手段は道路交通であり、災害時にボトルネックとなると懸念されているのが全国に約 8,000 あると言われている橋梁である。これら橋梁は、建設後 30~40 年を経て、その点検・維持管理が大きな課題となっており、DPWH は道路・橋梁の維持管理能力の向上を図っているところである。現在、DPWH は、橋梁点検車を 2 台保有しており、そのうち 1 台は JICA の技術協力プロジェクト TCP I により調達され、もう 1 台は世銀により調達されたものである。既存の 2 台を所有する DPWH リージョンオフィスは、TCP I および TCP II のパイロットリージョンに位置付けられ、TCP I および TCP II による研修等を通じた橋梁維持管理能力の強化が図られる中、高い頻度で橋梁点検を実施し、橋梁点検車も良好な状態で維持管理されている。

しかしながら、当該機材は「『東日本大震災に対処するための特別の財政援助及び助成に関する法律』における『特定被災区域』の産業の振興に資する製品または部品を含む製品の

調達可否について、本準備調査期間中に確証が得られなかった。よって、外務省の判断により、当該機材を計画に含めないとする方針が示された。

(6) DPWH 非破壊検査機器

上述の通り DPWH は道路・橋梁の維持管理能力の向上を図っているところであり、TCP I のパイロットリージョンを対象として、橋梁の維持管理のための非破壊検査機器（コンクリートリバウンドハンマー、鉄筋レーダー探査機、赤外線イメージャーを含む）が供与され、TCP I および TCP II により、研修や、維持管理マニュアルの策定が実施されているところである。今回要請された非破壊検査機器は、TCP I および TCP II のパイロットリージョン以外の地域の橋梁の維持管理状況の改善を図るために要請されたものである。

しかしながら、2012 年から開始される日本の円借款事業により、DPWH の 13 リージョンオフィスを対象に非破壊検査機器を調達する計画のため、本プロジェクトでは、非破壊検査機器を調達計画に含めないこととする。

(7) DPWH 排水ポンプ車

DPWH からの当初要請は、排水能力 10 m³/分の排水ポンプ車を、ルソン、ビサヤ、ミンダナオの地域に属する各 2 ヲ所のリージョンオフィスに対し 1 台ずつ、計 6 台であった。

東日本大震災の際、津波被害地域での排水が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あらためて認識されたばかりである。また、2011 年のタイ国における洪水被害においても排水ポンプ車は大きな成果を挙げた。「フィ」国においても津波リスクは高く、併せて、台風等による洪水被害も頻繁に起こることから、「フィ」国の災害対策において排水対策を強化する意義は高く、その妥当性は高い。

「3-2-2-2 機材計画 (4) 排水ポンプ車」に後述する通り、「フィ」国における津波や台風・大雨に起因する洪水被害は全土に渡っている。洪水被害後の迅速な復旧・復興のためには、インフラとしての排水ポンプ場の整備・改善・維持管理が肝要であると共に、局所的な道路および低地の浸水に対応できる排水ポンプ車の導入の必要性が高い。

このような背景の下、2012 年 7 月の台風、同年 8 月の大雨および同年 12 月の台風により発生した深刻な洪水被害により、排水ポンプ車の追加配備の必要性が高いことが確認された。このため、E/N 供与限度額、各実施機関の事業費配分など、全体事業費の検討の結果により 8 台の排水ポンプ車を本プロジェクトで調達する計画とした。

3-2-2-2 機材計画

本プロジェクトで調達する機材について、各機材の機材計画を以下に述べる。

(1) PHIVOLCS リアルタイム地震観測システム

各地に配置する広帯域強震計、強震計、IT 震度計で計測した地震情報、震度情報を、衛星回線またはインターネット回線を通じてリアルタイムで PHIVOLCS 本部へ伝送することにより、PHIVOLCS 本部のデータ処理、解析の精度の向上を図ることが可能となる。

表 3-5 リアルタイム地震観測システム 機材計画

機材名	主要仕様	使用目的	設置場所
1-1 広帯域強震計 (10 式)			
広帯域強震計	<ul style="list-style-type: none"> ・ 3 成分サーボ型速度計 (速度型強震計) ・ 周波数応答 0.01~70Hz 以上 ・ 測定範囲 ±2m/s 以上 (±200Kine 以上) ・ ダイナミックレンジ 145dB 以上 	巨大地震でも振り切れない広帯域強震計を設置することにより、巨大地震の規模を正確に見積もり、地震被害や津波予測に役立てる。	無人地震観測所 10 カ所 ①バタラザ (BATP) ②バスコ (BBPS) ③ボロンガン (BESP) ④エルニド (ENPP) ⑤グイマラス (GUIM) ⑥ルバング (LUBP) ⑦マティ (MATI) ⑧バガディアン (PAGZ) ⑨ヴィラック (PVCP) ⑩サンマヌエル (SMPP)
デジタイザ	<ul style="list-style-type: none"> ・ Nanometrics 社製 Trident ・ 3 チャンネル ・ 24 ビット A/D 変換、$\Delta\Sigma$ 変調 ・ NMXP データフォーマット (Nanometrics 標準) ・ NMX/UDP (Nanometrics 標準伝送形式) ・ GPS による時刻補正 		
電源装置	<ul style="list-style-type: none"> ・ ソーラーパネル、チャージコントローラ、バッテリー、アレスタ (避雷器)、遮断器、等 		
1-2 強震計 (36 式)			
強震計 (計測部)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 3 成分サーボ型加速度計 ・ 24 ビット A/D 変換、$\Delta\Sigma$ 変調 以上 ・ サンプリング周波数 100Hz 以上 ・ 測定範囲 ±3,000gal 以上 	更新時期を迎えた既存強震計を更新すると共に、衛星通信によるテレメータ化を図り、震動波形および計測震度のリアルタイム観測網を構築する。	有人地震観測所 30 カ所 地震・火山観測所 6 カ所 合計 36 カ所 ①JAP ②BBP ③BCP ④BIP ⑤CGP ⑥CTB ⑦CVP ⑧DCP ⑨DMP ⑩GQP ⑪GSP ⑫KAP ⑬KCP ⑭LLP ⑮LQP ⑯MMP ⑰MPP ⑱PCP ⑲PGP ⑳PIP ㉑PLP ㉒PPR ㉓QVP ㉔RCP ㉕SCP ㉖SIP ㉗SNP ㉘TBP ㉙TGY ㉚ZCP ㉛Pinatubo ㉜Buco ㉝Mayon ㉞Sorsogon ㉟Canlaon ㊱Hibok-Hibok
デジタイザ (処理部)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 算出データ: PEIS (フィリピン震度階)、最大加速度、最大速度、最大加速度の周期、SI 値、最大加速度を含む正 10 秒間の卓越周波数、地震検出時刻 ・ SEED 形式に準拠 ・ SeedLink プロトコルに準拠 ・ GPS による時刻補正、誤差 10msec 以下 ・ モニタ出力: 計測震度、最大加速度、最大速度、地震検出時刻 		
電源装置	<ul style="list-style-type: none"> ・ ソーラーパネル、チャージコントローラ、バッテリー、アレスタ (避雷器)、遮断器、等 		
衛星通信装置	<ul style="list-style-type: none"> ・ IPSTAR 衛星通信機材 (アンテナ、モデム) ・ ABS 衛星通信機材 (アンテナ、モデム) 		
1-3 IT 震度計 (240 式)			
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 3 成分加速度センサー ・ 測定範囲 ±1,500gal 以上、ノイズ 0.1gal 未満 ・ NTP により時刻補正 ・ 算出データ: PEIS (フィリピン震度階) 	高密度の計測震度ネットワークを構築し、地震災害対応に役立てる。	「フィ」国全土 240 カ所 (携帯電話基地局または地方自治体庁舎等への設置)
1-4 地震観測用ソフトウェア (2 式)			
	<ul style="list-style-type: none"> ・ ナノメトリクス社 (カナダ) 製 Apollo Server ・ PC ワークステーション ・ UPS 	既存地震観測ネットワークシステムとの接続のため。	PHIVOLCS 本部
1-5 地震情報システム (1 式)			
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 震度表示サーバ (冗長構成) ・ 震度情報表示ソフトウェア ・ UPS、大型モニタ、KVM、ラック等 	計測震度データを受信・蓄積し、地図上に計測結果を表示する。	PHIVOLCS 本部
1-6 本部衛星通信機材 (1 式)			
	<ul style="list-style-type: none"> ・ IPSTAR 衛星通信機材 (アンテナ、モデム) ・ ナノメトリクス社(カナダ)製 Carina Hub 	衛星通信で伝送される各種観測データを受信する。	PHIVOLCS 本部

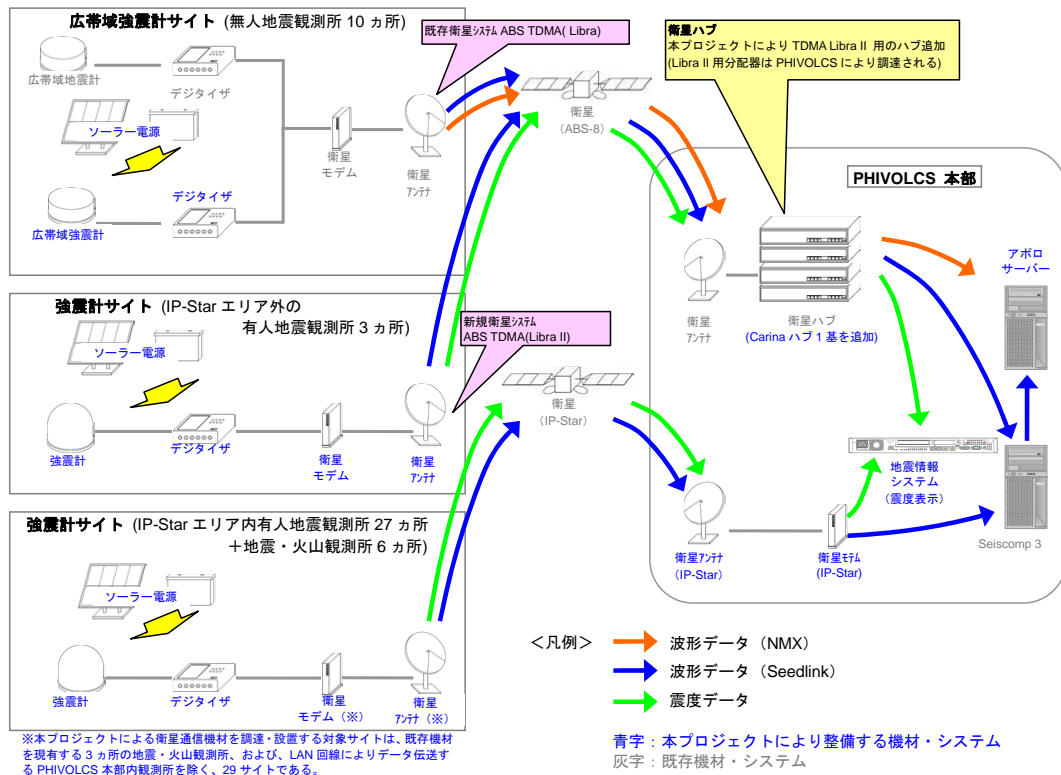


図 3-1 リアルタイム地震観測システム・衛星通信ネットワーク概念図

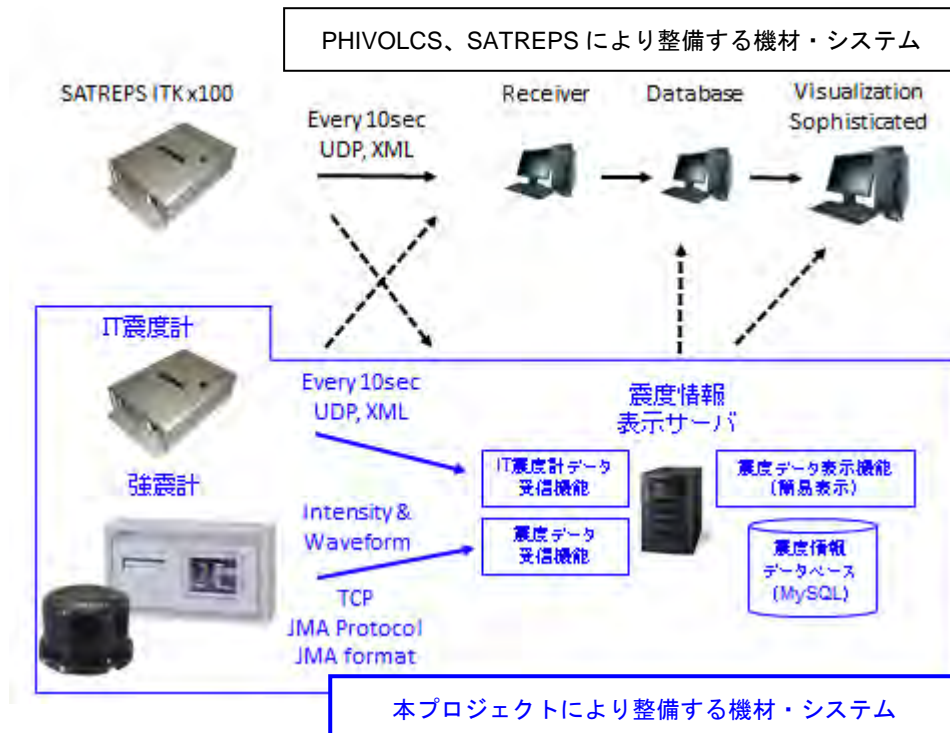


図 3-2 リアルタイム地震観測システム・計測震度ネットワーク概念図

リアルタイム地震観測システムを構成する各機材について以下に詳述する。

1) 広帯域強震計

全 31 ヶ所の既設無人地震観測所のうち、10 ヶ所の観測所には、SATREPS により広帯域地震計および強震計が整備され、長周期の揺れを観測し、震源地の特定とマグニチュード計算に役立てられている。しかしながら、広帯域地震計は、東日本大震災等の巨大地震が発生した場合には振り切れてしまうことが課題として挙げられており、日本においても、巨大地震に対応できる広帯域強震計の整備が急がれているところである。東日本大震災の経験から得られたこの教訓を活かし、「フィ」国においても、広帯域地震計が既設されている 10 ヶ所の無人地震観測所を対象として広帯域強震計を整備する。

協力対象サイトとして予定されている 10 ヶ所の無人地震観測所においては、過去の本邦無償資金協力等により地震観測機材用のコンクリート基礎が整備されている。よって、本プロジェクトにて新規に広帯域強震計を設置する場合には、これらの既設基礎を利用する予定である。

a. 広帯域強震計およびデジタイザ

広帯域強震計については、要求仕様を満たす製品が被災地で製造されていることが確認されている。

他方、デジタイザについては、後述する通り敷地条件の制約から省電力タイプとすることが求められており、かつ、ナノメトリクス社（カナダ）製品を中心に構成されている既存地震観測システムとの接続実績を考慮する必要がある。この二点を併せて検討し、PHIVOLCS と技術協議を行った結果、ナノメトリクス社製のデジタイザ（銘柄指定製品）を調達する計画とした。

b. 衛星通信システム

全ての無人地震観測所は衛星通信システムが整備されており、リアルタイムで PHIVOLCS 本部およびミラーセンターへ伝送されている。本プロジェクトによる広帯域強震計の整備にあたっては、これらの既設衛星通信システムを利用する予定である（図 3-1 参照）。なお、本プロジェクトにより広帯域強震計を設置し既存強震計と併存させた場合、現在の衛星通信設備で保障される機器数を超過する恐れがある。広帯域強震計は強震計の機能を包括できることと、通信に係る PHIVOLCS の費用負担の二点を考慮し、既存の強震計を広帯域強震計に置き換える方針である。

c. 電源システム

広帯域強震計の対象サイトとなる無人地震観測所は、太陽光発電の独立電源システムにより電力供給されている。本プロジェクトでは、ソーラーパネルを増設し、今回整備する機材に必要な電力を供給する計画とし、既存施設の電源との接続は行わない。ソーラーパネルとバッテリーは、無日照 3 日間まで電力供給可能とする容量とした。

当該ソーラーパネルは、新規に基礎および架台を設け設置する。基礎・架台の接合部、架台・フレーム・ソーラーパネルの接合部は、海外案件でも適用実績のある特殊ボルト・ナットを一定数採用することによって盗難防止策を講じることとする。

なお、無人地震観測所の敷地は、各サイトによってその形状は異なるが、およそ5～6m四方のフェンスで囲われた非常に狭い敷地である。加えて、観測機材が既設されているため、屋外に新規機材を設置するスペースに制約がある。そのため、追加のソーラーパネルを設置するためのスペースが不十分な観測所については、PHIVOLCSにより、必要な土地の確保（使用権の確保）を行う。

2) 強震計

PHIVOLCSでは、上記31カ所の無人地震観測所の他に、30カ所の有人地震観測所および6カ所の地震・火山観測所（有人）を有している。これらの全36カ所のうち、29カ所の有人地震観測所、および、6カ所の地震・火山観測所は、本邦無償資金協力により強震計が整備されたものである。しかしながら、これらの強震計は供与から10年以上が経過し機材の更新時期を迎えていることに加え、テレメータ化されていないという問題点を抱えている。このため、全36カ所の有人観測所の強震計機材を更新し、テレメータ化（衛星通信）することを目的として、本プロジェクトによる強震計の整備を行う。

なお、協力対象予定サイトは全て既設の観測所であり、強震計を設置するコンクリート基礎は整備されており、これらの基礎を利用して強震計を設置する。

a. 強震計（処理部）およびデジタイザ（計測部）

強震計（計測部）は、要求仕様を満たす製品が日本で製造されており、かつ、被災地で製造された部品を含めた製品として調達可能であることが確認されている。今回整備する強震計は、波形データ（加速度）に加え、日本の気象庁と同様に震度演算機能を持つ強震計（いわゆる計測震度計）とし、設置場所で震度をモニタ表示すると共に、PHIVOLCS本部に震度情報を伝送することが求められている。

一方、デジタイザ（処理部）については、日本製機材は震度データの伝送機能は標準で有しているものの、波形データの伝送については、日本の独自フォーマット（WIN形式/WIN32形式）であるのが一般的であり、ナノメトリクス社の製品で構成された既存システムとの接続性を考慮する必要がある。日本製機材を製造する各メーカーにヒアリングを行った結果、世界的に広く用いられ、ナノメトリクス社のシステムともデータ交換が可能なSeed形式の対応が可能であることが確認できた。よって、日本製デジタイザにSeed対応機能を付加する計画とする。

b. 衛星通信システム

衛星通信については、図3-1に示す通り、有人地震観測所のうちPHIVOLCS本部内の観測所は施設内LAN回線によりデータ伝送するため、また、地震・火山観測所のうち3カ所（Buco、Mayon、Canlaon）は送信用衛星通信システムを現有しているため、

新規の送信用衛星通信機材を必要としない。よって、上記4カ所を除く32カ所の有人観測所を対象として衛星通信機材を整備し、強震計によるリアルタイム観測ネットワークを構築する計画とする。現在、PHIVOLCSは、ABSとIP-Starという2種類の衛星通信サービスを利用している。PHIVOLCSの維持管理費用の負担を鑑み、通信費が比較的安価で、既契約枠内で通信容量に比較的余裕のあるIP-Starを利用することを基本とする。しかしながら、IP-Starは「フィ」国の一部地域をカバーしていないことから、IP-Starサービスエリア外のサイトはABSによりカバーすることとする。ただし、現行のABS衛星通信サービスで使用しているナノメトリクス社Libraは、製品モデルチェンジによる旧式化に伴い部品の調達が困難となりつつあるため、後継製品であるLibra IIを採用することとする。なお、各衛星通信ネットワークに必要な受信側機材・システムについては「5) 地震情報システム」にて後述する。なお、IP-Star、ABSの両システム共、現地の衛星通信業者のシステムを利用し、かつ、既存地震観測システムに接続する必要があることから、本プロジェクトにより調達する機材は銘柄指定品(第三国製品)となる。

c. 計測震度

計測震度については、設置場所で震度をモニタ表示すると共に、PHIVOLCS本部に震度情報を伝送することが求められている(図3-2参照)。震度演算式については、SATREPSの技術支援のもとPHIVOLCSにより定義されたフィリピン震度階に基づく震度演算式を採用する計画である。ただし、震度演算式の運用開始後、震度と被害の相関関係をより実態に即したものとするため、震度演算式のパラメータ調整が発生する。よって、本プロジェクトで調達する強震計には、演算式のパラメータを書き換えられる機能をもたせることとする。なお、震度演算式については「5) 地震情報システム」にて後述する。

d. 電源システム

強震計の対象サイトとなる有人地震観測所等は、基本的に商用電力により電力供給されている。しかしながら、本プロジェクトでは、非常時でもできる限り衛星通信が可能となるよう、既設電源とは接続せず独立したソーラーパネル電源による電力供給を行うこととする。ソーラーパネルとバッテリーの容量は、無日照3日間まで電力供給可能とする設定とした。なお、当該ソーラーパネルについても、広帯域強震計と同様に特殊ボルト・ナットを用いた盗難対策を講じることとする。

PHIVOLCS本部内に設置する強震計については、施設内の電力供給が安定していること、および、非常時のバックアップ電源が確保されていることから、施設内既設電源を利用することとする。

3) IT 震度計

「フィ」国では従来、計測震度ネットワークは整備されていなかったが、2010年から実施中のSATREPSにより、100基のIT震度計の導入を開始したところである。地震

災害の被害予測および迅速な緊急対応を目指して、震度観測の精度を高めるため、本プロジェクトにおいても 240 基（緊急時交換用を含む）の IT 震度計の調達を行う。

a. IT 震度計

IT 震度計は、東京大学地震研究所を中心に複数の民間企業や研究機関等による産学連携共同研究を実施する「IT 強震計コンソーシアム」により研究開発された日本製の簡易型震度計である。IT 震度計は、要求仕様を満たす製品が、被災地で製造された製品として調達可能であることが確認されている。

当該機材は、センサー部とモニタ部から構成され、センサー部で計測した加速度から震度を演算処理し、震度をモニタ画面に表示すると共に、インターネットを經由して震度情報を PHIVOLCS に伝送する。

なお、本プロジェクトで調達する IT 震度計は、既に SATREPS で調達された IT 震度計と同一の震度ネットワークを構成することになるため、震度演算の方法や測定データの伝送方法等の基本仕様は SATREPS と統一を図る必要がある。

b. データ伝送方法

IT 震度計により計測された震度は、既存のインターネット回線を介して、PHIVOLCS 本部にデータ伝送される。本プロジェクトにより調達する IT 震度計を含めた計測震度ネットワークは、図 3-2 に示した通りである。

c. 設置方法

IT 震度計は、設置・調整に係る特別な技術を要しない。よって、全数を PHIVOLCS 本部にて引渡し、PHIVOLCS の責任において各サイトへの運搬、設置を行う計画とする。機材の引渡しに当たっては、請負業者により設置基準の説明と設置のデモンストレーションを行うこととする。IT 震度計を設置するサイトについては、携帯電話の基地局および地方自治体庁舎等が検討されており、PHIVOLCS によるサイト選定後、対象サイトのリストが日本側に提出される予定である。

d. パラメータ更新方法

IT 震度計についても、強震計と同様、フィリピン震度階に基づく震度演算式を組み込む必要がある（震度演算式については「5) 地震情報システム」にて詳述する）。

なお、多数の IT 震度計が PHIVOLCS の管轄外の施設に設置され、インターネットを介して接続されることを踏まえ、IT 震度計の震度演算式パラメータ変更機能については、図 3-3 に示す通り、インターネット経由での遠隔更新方式を採用する。

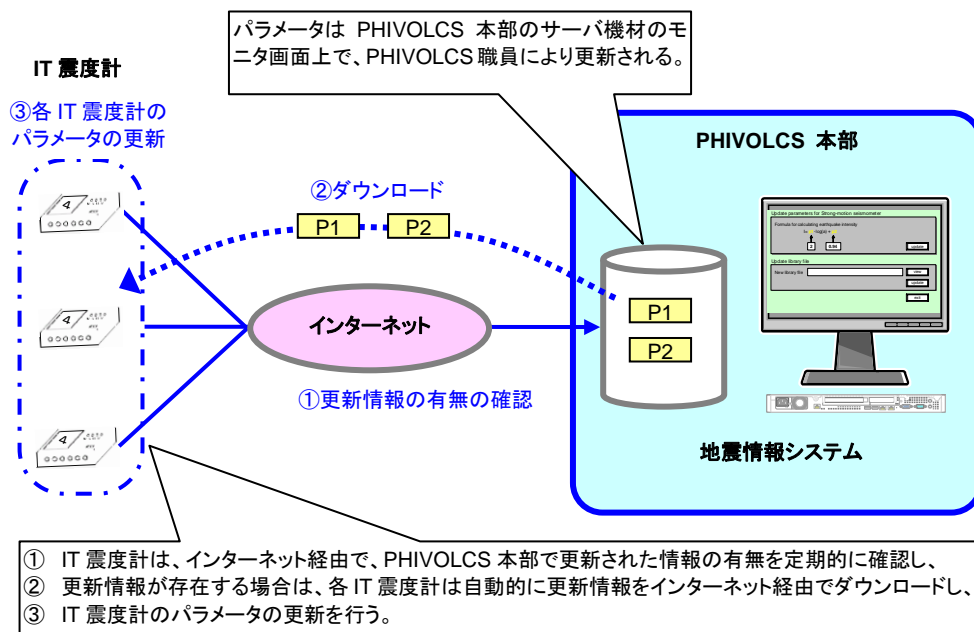


図 3-3 IT 震度計の震度演算式パラメータ更新方法

4) 地震観測用ソフトウェア (PHIVOLCS 本部)

本プロジェクトで整備される地震観測機材で得られるデータは、リアルタイムで PHIVOLCS 本部に伝送され、既存のデータ処理・解析システムにて扱える仕組みとする。ただし、PHIVOLCS の既存地震観測ネットワークは、ナノメトリクス社 (カナダ) 製品を中心に構成されている。同社製品は、独自仕様のコネクタやケーブルを使用しているものが多く、データ伝送仕様についても独自の形式 (NMX 形式) が採用されている。

一方、本プロジェクトにより整備する地震観測機材は、プロジェクトの趣旨を踏まえ、日本タイドである。日本製地震観測機材は NMX 形式ではなく、日本独自の気象庁仕様フォーマット (WIN 形式) が採用されている。また、現在、世界的に用いられている Seed 形式および SeedLink 形式搭載の取り組みも行われている。

現在の PHIVOLCS では、ナノメトリクス社製の地震情報収集ソフトウェア (Naqs Server) を用いてデータを集約した上で、様々な分析等が行われる仕組みとなっているが、当該ソフトウェアは WIN 形式や Seed 形式、SeedLink 形式の通信データを取り込む仕組みを有していない。そのため、既存のナノメトリクス社製サーバに取り込むための仕組みが必要である。

上記データの取り込みを実現するため、既存の地震情報収集ソフトウェアの上位バージョンであるナノメトリクス社「Apollo Server」 (NMX 形式、Seed 形式、SeedLink 形式のデータを読み込み可能) が不可欠であるため、銘柄指定製品 (第三国製品) として導入する計画とする。

これにより、強震計の波形データについては、PHIVOLCS が導入済みの「Seiscomp3」(ドイツ地球科学研究センター(以下、GFZ とする)が開発した無償ソフトウェア)で収集した後、Apollo Server に集約する計画とする。

なお、既存の地震情報収集ソフトウェアが稼働する PC ワークステーションの老朽化と、観測所の増加に伴うハードディスクの容量不足等が懸念される点も勘案し、地震情報収集ソフトウェア用の PC ワークステーションについても、今回更新を行う計画とする。

5) 地震情報システム (PHIVOLCS 本部)

a. 計測震度のデータ処理・解析・表示

震度情報については、「フィ」国で初となる震度観測ネットワークを構築することになることから、震度情報表示サーバ、ソフトウェア、モニタを新設する。このうち、サーバ機材については、要求性能を満たす製品が、被災地で製造されていることが確認されている。

PHIVOLCS 本部にはモニタを設置し、本プロジェクトで整備される各地震観測機材からのデータを画面上の地図に表示するシステムとし、モニタ画面には、JICA ロゴ(または ODA マーク)を表示する仕様とする。また、強震計対象サイトにおいては有人観測所内に設置するデジタイザ付属の小型モニタ上で震度表示を行う。

本プロジェクトで整備する震度表示システムは、本プロジェクトで設置する強震計および IT 震度計からの震度情報のみを表示する簡易なスタンドアロン型の表示システムとする。これは、PHIVOLCS が目指す総合的な震度表示システムの開発にはかなりの時間を要すると判断されたためである。ただし、本プロジェクトで整備する各地震計測機材からのデータを、将来 PHIVOLCS が SATREPS の技術支援のもとに開発する総合的な震度表示システムに容易に取り込むことができるよう、震度情報を格納するデータベースとして MySQL を採用する。

なお、2カ所のミラーセンターについては、事業費予算の制約から、本プロジェクトの協力対象外とする。

b. 震度階および震度演算式

震度情報の基礎となる震度階は、米国地質調査所 (U.S. Geological Survey: USGS) の改正メルカリ震度階級 (Modified Mercalli Intensity Scale: MMI) をベースに PHIVOLCS により開発された 10 段階の震度階 (PHIVOLCS Earthquake Intensity Scale: PEIS) である。また、PHIVOLCS は独自に緊急地震被害アセスメントシステム (Rapid Earthquake Damage Assessment System: REDAS) を開発している。しかしながら、現在の「フィ」国の震度は体感および被害状況から決定されており、計測震度システムは構築されていない。このため、PHIVOLCS では、SATREPS の技術支援のもと、USGS の ShakeMap の震度演算式に基づき、PEIS 震度演算式を作成した。また、演算式からの算出とは別

に、震度換算表からの震度算出の方式についても作成している。今回、これを「フィ」国の震度演算式として PHIVOLCS の計測震度システムに適用することを決定した（資料 5-2「2012 年 12 月 7 日署名テクニカルノート 添付資料-1、2」参照）。

本プロジェクトでは、当該震度演算式および換算表による震度算定方式の 2 通りの方法を採用し、震度観測を行う強震計と IT 震度計、および、PHIVOLCS 本部に設置する地震情報システム機材の仕様に反映する計画である。なお、震度とは「人間の体感や周囲の被害の状況から決定する観測方法」¹である。この指標は建物や人的被害に対する指標となり、各国の建設構造物の事情により変動する。そのため、過去に発生した地震被害との相関を分析した回帰式とするべきであるが、フィリピンでは過去の地震被害に関するデータ等が十分ストックされておらず、これらの検証は実施されていない。よって、震度演算式の運用開始後、発生した地震に対する被害と震度演算式の相関分析等が行われるとともに、よりフィリピンの実態に合わせるための震度演算式のパラメータ調整が発生することが見込まれる。これを踏まえ、本プロジェクトで調達する震度情報関連の各機材には、演算式のパラメータを書き換えられる機能をもたせることとする。

6) 本部衛星通信機材 (PHIVOLCS 本部)

上述した通り、本プロジェクトで整備する衛星通信システムは、IP-Star を基本とするが、一部 IP-Star のカバーエリア外の地域に位置するサイトについては、PHIVOLCS で現行運用されている ABS のナノメトリクス社 Libra ではなく、後継製品の Libra II を採用することとする。

ABS の衛星通信システムについては、現在 PHIVOLCS が運用している Libra は製品モデルチェンジによる旧式化に伴い部品の調達が困難になりつつある。よって、PHIVOLCS は Libra から Libra II へ更新することを計画しており、Libra II のための分配器の調達手続きを開始している。Libra II 用の分配器を設置すれば、PHIVOLCS が現有する ABS 衛星通信受信用機材で Libra および Libra II 双方を使用することが可能になる。ただし、PHIVOLCS 本部に設置されたハブ局機材 (ナノメトリクス社製 Carina Hub) は Libra 用 Hub のみであるため、本プロジェクトにより同社製の Libra II 用 Carina Hub を銘柄指定製品として調達する。なお、ABS の衛星通信システムは、バックアップシステムを有していることを現地調査において確認した。

一方、IP-Star の衛星通信システムは、PHIVOLCS の現有機材の更新を考慮する必要は無い。しかし、PHIVOLCS が現有しているシステムは冗長性を確保できていないことから、本プロジェクトにより受信用機材一式を PHIVOLCS 本部に設置する。

なお、IP-Star、ABS の両システム共、現地の衛星通信業者のシステムを利用し、かつ、既存地震観測システムに接続する必要があることから、本プロジェクトにより調達する機材は銘柄指定品 (第三国製品) となる。

¹ 鉢嶺 猛(1989)『震度の計測化について』 験震時報第 52 巻第 3~4 号別冊(気象庁)

(2) PHIVOLCS リアルタイム津波観測システム

上述の通り、「フィ」国には系統だった津波観測ネットワークが存在しておらず、その整備が喫緊の課題であることから、本プロジェクトにて「フィ」国で初となる全国規模のリアルタイム津波観測システムの整備を行う。

「フィ」国においては、現在でも津波警報の発令を行なっているが、津波の危険性が想定される規模の地震が発生した場合には、震源位置、マグニチュード情報という限られた情報から避難の必要性、避難が必要な地域、避難レベルを判断している状況である。なお、現時点での津波警報は、PHIVOLCS から市民防衛局 (Office of Civil Defense: OCD) に FAX や SMS で伝達し、OCD から関係機関、マスコミに周知される仕組みである。

本プロジェクトでは、PHIVOLCS 作成のハザードマップに基づいた津波リスクの高い地域に津波観測所を新設し、潮位計測データをリアルタイムで PHIVOLCS 本部に伝送することにより、精度の高い津波警報の発令／解除を行うことを目指すものである。全国規模のネットワークとして常時津波観測を行うことにより、正確な津波情報を把握し、津波襲来後の迅速な初動対応による減災につなげることを可能とする。また、観測された潮位データの蓄積を津波シミュレーションにフィードバックすることで、予測精度の向上が期待される。これは、将来の津波予警報システムの根幹をなすものである。

表 3-6 リアルタイム津波観測システム 機材計画

機材名	主要仕様	使用目的	設置場所
2-1 津波検知器 (19 式)			
津波検知器	<ul style="list-style-type: none"> ・ 空中設置型の電波式または超音波式水位計 ・ 測定間隔 1 秒間隔以下、連続計測 ・ 測定範囲 15m 以上、不感帯 1.0m 以内 ・ 測定精度 ±0.3%h または±3cm 以内の最大値 ・ 測定可能変位 2.0m/s 以上の変位を追随可能であること ・ 使用温度 -10℃～50℃ ・ 設置高 既存岸壁から+3.5m 以上 ・ 取付支柱 SUS316 または同等以上 	潮位を計測する。計測データは、無線を介し近隣の高所に設置した津波データ伝送局に送信される。	津波観測所 (19 カ所) ①マリカバン ②ナスブ ③コレヒドール ④サンフェルナンド ⑤アパリ ⑥バスコ ⑦バレール ⑧ヴィラック ⑨ (欠番) ⑩ボロンガン ⑪タクロバン ⑫ダバ ⑬タンダグ ⑭マティ ⑮サラマンガ ⑯カラマンシグ ⑰サンボアンガ ⑱ドゥマゲッティ ⑳シバライ ㉑サンホセ
データ無線送信機	<ul style="list-style-type: none"> ・ 伝送距離 1km 以上 (見通し距離) ・ 周波数帯 481.250-481.475MHz もしくは 486.250-486.475MHz ・ 出力 10mW ・ 使用温度 -10℃～50℃ 		
電源装置	<ul style="list-style-type: none"> ・ 重塩害対応ソーラーパネル、チャージコントローラ、バッテリー、アレスタ (避雷器)、遮断器、等 		
2-2 津波データ伝送局 (19 式)			
データロガー	<ul style="list-style-type: none"> ・ メモリ容量 1 年間分の潮位観測データの蓄積が可能なもの ・ GPS による時刻補正、誤差 10msec 以下 ・ データプロセス 1 秒以内ごとの水位データを統計処理により任意の間隔 (1～600 秒程度) で平均化可能なものとする ・ 使用温度 -10℃～50℃ 	津波検知器から、無線を介して送信された潮位データを受信し、衛星通信を用いて PHIVOLCS 本部に中継する。	⑰サンボアンガ ⑱ドゥマゲッティ ⑳シバライ ㉑サンホセ
データ無線受信機	<ul style="list-style-type: none"> ・ 伝送距離 1km 以上 (見通し距離) ・ 周波数帯 481.250-481.475MHz もしくは 486.250-486.475MHz ・ 出力 10mW ・ 使用温度 -10℃～50℃ 		
電源装置	<ul style="list-style-type: none"> ・ 重塩害対応ソーラーパネル、チャージコントローラ、バッテリー、アレスタ (避雷器)、遮断器、等 		
衛星通信装置	<ul style="list-style-type: none"> ・ IPSTAR 衛星通信機材 (アンテナ、モデム) ・ ABS 衛星通信機材 (アンテナ、モデム) 		
2-3 津波情報システム (1 式)			
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 津波観測データサーバ (冗長構成) ・ 津波情報表示ソフトウェア ・ UPS、モニタ、KVM、ラック等 	計測された潮位データを収集・蓄積する。また、観測潮位、推算潮位を表示する。	PHIVOLCS 本部

津波観測所の設置予定サイトは、当初要請では 20 カ所であったが、現地調査期間中に実施したサイト状況調査により 1 カ所のサイト (Rapu-Rapu) において適切な機材設置場所が確保できないことが判明したため、PHIVOLCS と協議を行い、津波観測所の候補地を 19 カ所とすることを確認した。

サイト状況調査では、PHIVOLCS 担当者立会いの下、津波ハザードマップに基づき PHIVOLCS により選定された津波リスクの高い地域において、機材設置の条件を満たす港湾施設等の調査を行った。下記に、主な調査項目を記す。

- ① 地震発生の可能性の高い海溝や大都市との位置関係
- ② 土地 (施設) 所有者の確認、機材設置にかかる土地 (施設) 所有者の合意取付 (口頭)

- ③ 港湾内の船舶碇泊位置と棧橋等の利用状況確認
- ④ 船舶が停泊しない位置の棧橋等港湾施設の健全度チェック
- ⑤ 津波検知器設置位置の確認
- ⑥ 測量および潮位計測
- ⑦ 津波データ伝送局設置位置にかかる調査（津波検知器設置箇所より標高が高く、津波データ伝送局が設置可能な土地の測量、または、既存施設の調査）

サイト状況調査の結果は、国内解析において詳細に分析を行い、以下のクライテリアに基づき評価を行った。

重要度判定	
ランク a:	津波発生確率の高い海溝に面している、または、大都市周辺であるため津波観測の重要度は非常に高い。
ランク b:	津波発生確率の高い海溝に面しているが、内海寄りである、または湾内である。
技術的判定	
ランク A:	津波観測機材の設置にかかる全ての条件を満たしている。
ランク B:	一部機材の設置場所（方法）が条件を満たしていないが、代替案により条件をクリアする。

サイト状況調査の評価結果を「表 3-7 リアルタイム津波観測システム サイト状況調査評価結果」に示す。

重要度については、いずれのサイトも津波観測の重要度は高いが、若干内海寄りであるマリカバン、海溝から距離のあるバスコ、内海かつ湾内に位置するタクロバンをランク b に区分した。

技術的判定では、津波検知器の設置に関しては全てのサイトで条件を満たしていた。しかし、津波データ伝送局については、設置に適した高台または既存施設が確認できなかったサイトが複数あり、これをランク B に区分した。ただし、これらのサイトの多くが、津波観測の重要度が特に高いと考えられるフィリピン海溝に面したサイトであったため、鉄筋コンクリート製高架架台を建設し、その上に機材を設置することにより計画に含めることとする。

なお、事業費積算の結果、全ての津波検知器候補サイトへの機材設置が可能となったため、全 19 サイトを協力対象とする。

表 3-7 リアルタイム津波観測システム サイト状況調査評価結果

調査サイト	重要度判定	岸壁/護岸構造	津波検知器 (TWD)	津波データ伝送局 (DTS)					技術的判定	備考								
				設置場所	所有者	MLLWからの高さ	津波検知器からの距離	評価			設置場所 (代替案)							
サイト名	港名	サイト位置	構造形式	評価 (健全性)	設置場所	MLLWからの高さ	所有者	評価	設置場所 (代替案)	技術的判定	備考							
1	MARICABAN	Tingloy港	ルソン島 バタンガス湾口	b	重力式岸壁	○	岸壁上	2.0m	ティンガロイ市	○	近隣空地 (道路沿い擁壁上)	ティンガロイ市	6.5m	85m	○	-	A	
2	NASUGBU	Wawa港	ルソン島 マニラ湾口 (ルバング島対岸)	a	重力式岸壁	○	岸壁上	3.0m	フィリピン港湾局	○	近隣空地 (崖上)	国有地	16.5m	200m	○	-	A	
3	CORREGIDOR	Corregidor港	ルソン島 マニラ湾口	a	栈橋	○	栈橋上	4.1m	コレヒドール財団	○	近隣空地 (崖上)	コレヒドール財団	19.6m	182m	○	-	A	
4	SAN FERNANDO	Poro Point港	ルソン島 マニラ湾沿い	a	栈橋	○	栈橋上	2.8m	ポロポイント・イン ダストリアル社 (PPIC)	○	PPIC敷地内の空地、 または、 使用していないコンクリート製貯 水橋のトップスラブ上	ポロポイント・イン ダストリアル社 (PPIC)	2.9m 約6m	261m 約300m	△	PPIC敷地内の空地 (RC製高架架台 (GL+2.5m))	B	使用していないコンクリート貯水橋上への設置については再検証が必要であるため、平地にRC製高架架台を設置し、その上にDTS機材を据付ける計画とする。
5	APARRI	Punta港	ルソン島 バブヤン海峡沿い	a	重力式岸壁	○	岸壁上	2.8m	アバリ市	○	PAGASA倉庫 コンクリート屋根スラブ上	PAGASA	7.8m	347m	○	-	A	
6	BASCO	Basco港	バタン諸島 (ルソン島北側)	b	栈橋	○	栈橋上	3.0m	フィリピン港湾局	○	Ivatan Lodgeの裏庭 (擁壁上)	バタネ州	18.5m	72m	○	-	A	
7	BALER	Baler港	ルソン島 東ルソン湾沿い	a	栈橋	○	栈橋上	3.0m	バレル市	○	漁港倉庫 コンクリート屋根スラブ上	バレル市	5.2m	172m	○	-	A	
8	VIRAC	Virac港	カタンドアネス島 フィリピン湾沿い	a	栈橋	○	栈橋上	3.0m	フィリピン港湾局	○	PPAオフィス コンクリート屋根スラブ上 および建屋内	フィリピン港湾局	10.7m	172m	△	PPA敷地内の空地 (RC製高架架台 (GL+2.5m))	B	既存施設の屋根に設置する場合、屋根スラブ上のGI折板屋根を一部撤去する必要があるため、許可の取付が困難と思われる。そのため、PPA敷地内の平地部分にRC製高架架台を設置し、その上にDTS機材を据付ける計画とする。
9	RAPU-RAPU	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	適当なサイト候補地が無く、キャンセル (PHIVOLCSと確認済み)。
10	BORONGAN	Borongan港	ザマル島 フィリピン湾沿い	a	栈橋	○	栈橋上	2.3m	フィリピン港湾局	○	PPA敷地内の空地	フィリピン港湾局	2.7m	199m	△	PPA敷地内の空地 (RC製高架架台 (GL+2.5m))	B	周辺にDTS機材の設置に適した高台や既存公共施設が無い場合、PPA敷地内の平地部分にRC製高架架台を設置し、その上にDTS機材を据付ける計画とする。
11	TACLOBAN	Tacloban港	レイテ島 レイテ湾内	b	栈橋	○	栈橋上	3.0m	フィリピン港湾局	○	税関オフィス コンクリート屋根スラブ上	税関 (財務省)	10.0m	85m	○	-	A	
12	DAPA	Dapa港	シャルガオ島 フィリピン湾沿い	a	傾斜護岸	○	傾斜護岸上	2.4m	フィリピン港湾局	○	PPA敷地内の空地	フィリピン港湾局	4.0m	35m	△	PPA敷地内の空地 (RC製高架架台 (GL+2.5m)) (または、フェリターミナル・エント ランス部のコンクリート底上)	B	TWD：設置予定箇所の護岸がスロープであるため、センサー取付アーム長を延長する必要がある。 DTS：周辺にDTS機材の設置に適した高台や既存公共施設が無い場合、PPA敷地内の平地部分にRC製高架架台を設置し、その上にDTS機材を据付ける計画とする。
13	TANDAG	Tandag港	ミンダナオ島 フィリピン湾沿い	a	栈橋	○	栈橋上	3.0m	フィリピン港湾局	○	近隣空地 (崖上)	フィリピン港湾局	18.3m	65m	○	-	A	
14	MATI	Mati港	ミンダナオ島 フィリピン湾沿い	a	栈橋	○	栈橋上	3.0m	フィリピン港湾局	○	PPA敷地内の空地	フィリピン港湾局	3.6m	95m	△	PPA敷地内の空地 (RC製高架架台 (GL+2.5m))	B	周辺にDTS機材の設置に適した高台や既存公共施設が無い場合、PPA敷地内の平地部分にRC製高架架台を設置し、その上にDTS機材を据付ける計画とする。
15	SARANGGANI	Gensen港	ミンダナオ島 サラガン二湾内	a	傾斜護岸	○	傾斜護岸上	3.6m	GENSAN Shipyard	○	GENSAN Shipyard敷地内の通信用 鉄塔、または、高架水橋上	GENSAN Shipyard	15m以上	50~220m	△	GENSAN Shipyard敷地内の空地 (RC製高架架台 (GL+2.5m))	B	TWD：設置予定箇所の護岸がスロープであるため、センサー取付アーム長を延長する必要がある。 DTS：サイト状況調査時に確認した既存構造物の健全性、耐久性が不明であるため、敷地内の平地部分にRC製高架架台を設置し、その上にDTS機材を据付ける計画とする。
16	KALAMANSIG	Kalamansig港	ミンダナオ島 コタバト湾沿い	a	栈橋	○	ドルフィン上	3.3m	フィリピン港湾局	○	PPAオフィス 電気設備棟 コンクリート屋根スラブ上	フィリピン港湾局	6.4m	155m	○	-	A	
17	ZAMBOANGA	Zamboanga港	ミンダナオ島 ネグロス湾沿い	a	栈橋	○	栈橋上	3.0m	フィリピン港湾局	○	PPAオフィス コンクリート屋根スラブ上	フィリピン港湾局	16.0m	129m	○	-	A	
18	DUMAGUETE	Dumaguete港	ネグロス島 ネグロス湾沿い (内海側)	a	栈橋	○	栈橋上	2.5m	フィリピン港湾局	○	沿岸警備隊敷地内照明塔	フィリピン港湾局	12.6m	12.6m	△	PPA敷地内の空地 (RC製高架架台 (GL+2.5m))	B	周辺にDTS機材の設置に適した高台や既存公共施設が無い場合、PPA敷地内の平地部分にRC製高架架台を設置し、その上にDTS機材を据付ける計画とする。
19	SIPALAY	Maricalum港	ネグロス島 ネグロス湾沿い	b	栈橋	○	栈橋上	2.9m	シバライ市	○	港湾敷地内空地	シバライ市	3.8m	53m	△	PPA敷地内の空地 (RC製高架架台 (GL+2.5m))	B	周辺にDTS機材の設置に適した高台や既存公共施設が無い場合、港湾敷地内の平地部分にRC製高架架台を設置し、その上にDTS機材を据付ける計画とする。
20	SAN JOSE	San Jose港	バナイ島	a	栈橋	○	栈橋上	3.0m	フィリピン港湾局	○	PPAオフィス コンクリート屋根スラブ上	フィリピン港湾局	6.5m	157m	○	-	A	

「凡例」 ○：条件を満たしている △：一部の条件を満たしていないが、代替案が存在する
 重要度判定： a：津波発生確率の高い海溝に面している、または、大都市の周辺であるため、津波観測の重要度は非常に高い b：津波観測の重要度が高い海溝に面しているが、内海寄りである、または、湾内である
 技術的判定： A：津波観測機材の設置にかかる全ての条件を満たしている B：一部機材の設置場所 (方法) が条件を満たしていないが、代替案により条件をクリアできるため、代替案を採用する計画とする

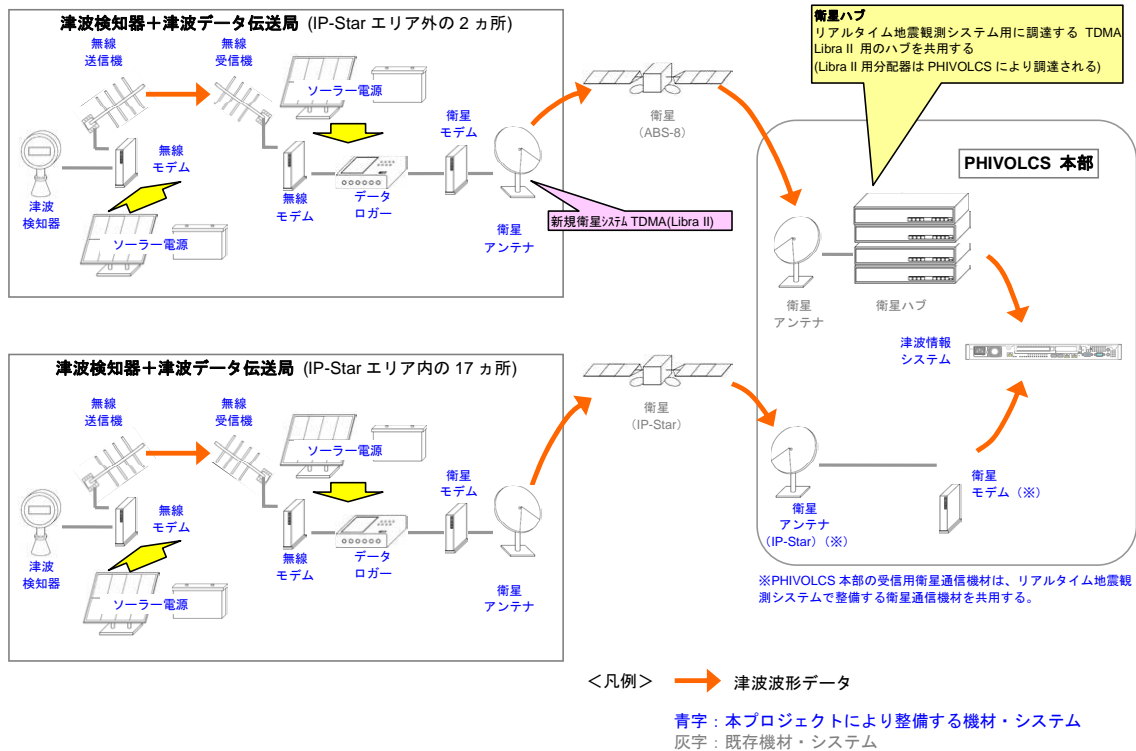


図 3-4 リアルタイム津波観測システム・衛星通信ネットワーク概念図

リアルタイム地震津波観測システムを構成する各機材について以下に詳述する。

1) 津波検知器

本プロジェクトにより整備されるリアルタイム津波観測システムは、「フィ」国初の全国規模の津波観測システムである。津波検知器のセンサー部分は、設置する箇所の想定津波高さ以上にすることが望ましいが、今回は初めてのネットワーク構築であること、設置の容易性、箇所数の確保などの観点から、標準的な電波式/超音波式津波検知器を津波リスクの高い地域に数多く配置することを最優先とした計画とする。

a. 津波検知器

津波検知器は、日本の気象庁でも標準的に用いられる電波式もしくは超音波式津波検知器を採用する。要求仕様を満たす津波検知器は、被災地で製造された部品を含む製品が調達可能であることが確認されている。

なお、日本においては、温度や風による影響の補正が不要とされる電波式津波検知器が推奨されているが、現在用いられている電波式津波検知器は、水位の急激な変動に追従できない仕様となっている。日本の場合、特に東日本大震災以降、沿岸水圧計、沖合の海底水圧計、GPS 波浪計と併用し、それぞれで補完しながら計測が行われているため問題は生じないが、「フィ」国の場合、同国初のリアルタイム津波観測システムの構築であるため、他の津波観測機材との併用が即時に期待できない。

既存機器から選定するのであれば、急激な水位変化に対応できる超音波式津波検知器を採用すべきであると考えられるが、現在、急激な水位変化に対応できる電波式津波検知器の開発が進められており、入札時には製品化が見込まれていることから、測定可能変位として「2.0m/s 以上の変位に追従可能」であること仕様に明記した上で、電波式／超音波式津波検知器のいずれかを選択可能な計画とした。

b. 無線通信機材

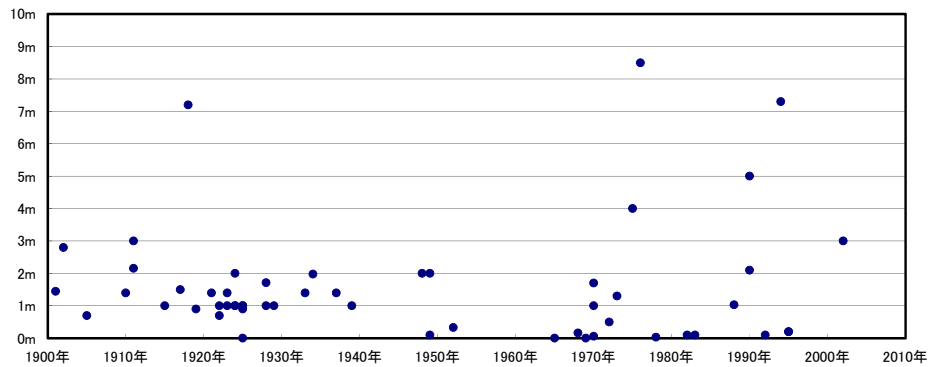
津波検知器で計測した潮位データは、見通しの良い数百 m 以内の距離に配置する津波データ伝送局に無線通信により伝送する。津波検知器およびその付属機材は、津波検知器用のステンレス製取付支柱に取り付ける。このため、ソーラーパネルおよびバッテリーの数量が最少となるよう、無線通信機材は「フィ」国のテレメタリーネットワーク用の帯域に対応し、消費電力が少ないタイプの機材を採用する。

c. 電源システム

電源については、非常時でもできる限りデータ伝送が可能となるよう、独立したソーラーパネル電源による電力供給を行うこととする。ソーラーパネル（重塩害対応品）とバッテリーの容量は、無日照 3 日間まで電力供給可能とする設定とした。当該ソーラーパネルについても、広帯域強震計や強震計と同様に、特殊ボルト・ナットを用いた盗難対策を講じることとする。

d. 設定津波高と機材の設置方法

下図に示す通り、過去「フィ」国に来襲した津波は、そのほとんどが津波高 2.0m 以下である。よって、津波検知器設計のための設定津波高は 2.0m とする。津波が壁にぶつかった場合 3 倍の高さに跳ね上がるため、2.0m の津波から検知器を保護するためには 6.0m の高さが必要である。検知器設置箇所の構造や高さはサイト毎に異なるが、各設置箇所の諸条件に拠らず 2.0m の津波に耐えられるよう安全側での検討を行い、センサー部の設置高さを海水面から 6.0m 高と設定した。なお、バッテリー等は防水筐体に格納するが、可能な限り水没から保護するため、筐体の下部高さを栈橋または護岸から最低でも 2.0m 高とする。また、津波検知器を設置する基礎およびポールについても、設定津波高 2.0m の条件に基づき、構造の検討を行った。



出典：米国海洋大気庁（National Oceanic and Atmospheric Administration: NOAA）の
 国立地球物理データセンター（National Geophysical Data Center: NGDC）より調査団作成

図 3-5 「フィ」国に来襲した津波の高さ（1900 年以降）

2) 津波データ伝送局

栈橋や護岸等に設置する機材は、高波等にさらされる可能性が高く、大きな津波等を被った場合、設置機材が水没する可能性が高い。そのため、設置する機材には防水等の対応を行う必要があるが、全ての機材に防水対応を施すことは費用面等からも得策ではない。そのため、栈橋や護岸等には最低限度の機材（津波検知器）を設けるものとし、その他のデータ蓄積、伝送用の機材については、海岸から数百メートル離れた陸上に設置する計画とする。

a. データロガー

無線通信により受信した潮位データの平均化処理を行うとともに、衛星通信システムを介して PHIVOLCS 本部に伝送するデータロガーを設ける。なお、データロガーには、衛星通信システムの伝送障害等にも備え、後日観測データの回収が行えるよう長期蓄積機能（1 年間分）も設ける計画とする。

b. 衛星通信システム

リアルタイム観測ネットワーク構築のため、衛星通信網を整備する。衛星通信は、リアルタイム地震観測システムと同様、IP-Star を利用することを基本とする。しかしながら、IP-Star は「フィ」国の一部地域をカバーしていないことから、IP-Star サービスエリア外のサイトは ABS の Libra II によりカバーすることとする。なお、IP-Star、ABS の両システム共、現地の衛星通信業者のシステムを利用し、かつ、既存地震観測システムに接続する必要があることから、本プロジェクトにより調達する機材は銘柄指定品（第三国製品）となる。

c. 電源システム

電源については、非常時でもできる限りデータ伝送が可能となるよう、独立したソーラーパネル電源による電力供給を行うこととする。ソーラーパネル（重塩害対応品）と

バッテリーの容量は、無日照 3 日間まで電力供給可能とする設定とした。当該ソーラーパネルについても、他の観測機材と同様に、特殊ボルト・ナットを用いた盗難対策を講じることとする。

d. 機材の設置方法

津波データ伝送局は、万が一、2.0m を超える津波が来襲した場合でも、できる限りデータ伝送機能や潮位データ蓄積機能を維持できるよう、高台または既存施設の 2 階以上に設置することを基本とする。ただし、周辺に適切な高台または既存施設が無い場合には、鉄筋コンクリート製の高架架台（津波検知器のバッテリー等の筐体下部以上の高さ）を建設し、その上に機材を据付ける計画とする。

3) 津波情報システム（PHIVOLCS 本部）

本プロジェクトで整備される津波観測機材で得られるデータは、リアルタイムで PHIVOLCS 本部に伝送され、本プロジェクトにより新設される津波情報システムでデータ処理・解析が行われる。

a. 潮位データの処理・解析・表示

PHIVOLCS 本部にはモニタを設置し、各津波観測機材からの潮位データを画面上に表示するシステムとする。モニタ上では、観測所ごとに観測潮位と推算潮位を比較できるグラフ表示とし、全ての観測地点の観測データを表示できる仕様とする。

なお、推算潮位を算出するために必要となる設定情報について、初期情報は、調達業者が最新の潮位観測データを用いた調和分解を行い、必要な初期情報を算出・格納するものとする。ただし、当該情報は近隣の潮位観測データを用いた推測値となるため、各観測所の実績潮位の蓄積が進んだ後に、再度 PHIVOLCS 側で調和解析を実行し、各観測所に合ったパラメータに修正・格納することとする。

PHIVOLCS 本部に設置するモニタ画面には、JICA ロゴ（または ODA マーク）を表示する仕様とする。

なお、2 ヶ所のミラーセンターについては、事業費予算の制約から、本プロジェクトの協力対象外とする。

b. 本部衛星通信機材

PHIVOLCS 本部の受信用の衛星通信機材は、リアルタイム地震観測システムで整備する機材を共用するものとする。

(3) 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 (PC クラスタ)

「フィ」国では、現時点で津波シミュレーション・データベースが構築されておらず、津波の危険性が想定される規模の地震が発生した場合には、震源位置とマグニチュード情報だけで、避難の必要性、避難が必要な地域、避難レベルを判断している。このため、正確かつ迅速な警報発信は実現できていない。

PHIVOLCS では現在、SATREPS のプロジェクトとして、津波シミュレーション・データベースを構築している最中である。しかしながら、現在使用している PC クラスタは、津波データベースのための演算に十分なスペックを有しておらず、データ処理に非常に時間がかかっている状況である。喫緊の課題である津波データベースの構築を早期に実現するために、適切なスペックを有する PC クラスタ 1 式を整備する。

表 3-8 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 機材計画

機材名	主要仕様	使用目的	設置場所
3 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)			
計算用サーバ (10 基)	<ul style="list-style-type: none"> ・ CPU Intel Xeon E5-2650(2GHz,ターボ・ブースト利用時 2.8GHz/8 コア/20MB)×2 同等以上 ・ メモリ 48GB (DDR3 1333MHz)同等以上 ・ ハードディスク 4TB 以上 ・ リムーバブルディスク DVD-R/RW ドライブ x1 ・ LAN インターフェイス Gigabit Ethernet 規格 (IEEE 802.3z もしくは IEEE 802.3ab)以上の規格に対応。ポート×2 ・ 筐体 ラックマウント ・ OS Linux (CentOS) 	多量なケースの津波シミュレーションを高速に実行し、津波データベースを拡充する。	PHIVOLCS 本部
NAS 装置 (1 基)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 対応プロトコル NFS, CIFS ・ ハードディスク 物理容量 36TB 以上 ・ LAN インターフェイス Gigabit Ethernet 規格 (IEEE 802.3z もしくは IEEE 802.3ab)以上の規格に対応。ポート×2 ・ 筐体 ラックマウント 		
管理用 PC (2 基)	<ul style="list-style-type: none"> ・ CPU Intel Core i7 3770 以上 ・ メモリ 8GB 以上 ・ ハードディスク 2TB 以上 ・ リムーバブルディスク ブルーレイディスク ・ OS Windows 7 pro / 64bit 		
Fortran コンパイラ	<ul style="list-style-type: none"> ・ Intel 製 Fortran コンパイラ 2 ライセンス (フローティングライセンス) 		
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・ ネットワークスイッチ、UPS、モニタ、KVM、ラック等 		

(4) 排水ポンプ車

「フィ」国における代表的な災害のうちの一つが台風・暴風雨による洪水である。また、東日本大震災の際、津波被害地域での排水が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あらためて認識されたばかりである。洪水災害時の災害復旧を目的として6台の排水能力10 m³/分の排水ポンプ車が要請された。なお、本プロジェクトで調達する排水ポンプ車は、地域配分を考慮して、ルソン、ビサヤ、ミンダナオの各地域に均等に配置される方針が現地調査期間中に確認された。

「フィ」国では、表 3-9 に示す通り、毎年約 20 個の台風が接近ないし上陸し、全国各地に甚大な被害を及ぼし、台風・洪水の災害リスクの高い地域は「フィ」国全土に渡っている。

表 3-9 主な台風・洪水災害 (2008～2012 年)

発生日月	災害形態	主な被災地域	被害規模		
			死者/行方不明者 (人)	被災者 (千人)	被害額 (百万ペソ)
2008 年 5 月 17 日	台風	イロコス、中部ルソン、西部ビサヤ、コルディエラ行政区など	58/0	1,392	(不明)
2008 年 6 月 21 日	台風フランク	西部ビサヤ、中部ビサヤ、中部ミンダナオなど	557/87	4,785	13,525
2009 年 1 月 7 日	大雨・洪水	フィリピン東部	53/12	1,187	(不明)
2009 年 10 月 4 日	台風オンドイ・ペペン	マニラ首都圏、カラバルゾン、中部ルソン、コルディエラ行政区、イロコスなど	929/84	9,208	30,811
2010 年 7 月 14 日	台風バスヤン	カラバルゾン、ビコール、中部ルソン、マニラ首都圏など	102/46	585	378
2010 年 12 月 31 日	大雨・洪水	東部ビサヤ、カラガ、西部ビサヤ、ビコールなど	75/22	1,972	2,052
2011 年 7 月 26 日	台風ジュニン	ビコール、コルディエラ行政区、カラバルゾンなど	75/9	1,018	2,694
2011 年 9 月 27 日	台風ペドリン	ビコール、カガヤンバレー、マニラ首都圏など	35/45	489	1,147
2011 年 12 月 16 日	台風センドン	北部ミンダナオ、ARMM、中部ビサヤなど	1,257/182	1,141	1,456
2012 年 7 月 30 日	台風ゲネル	中部ルソン、カラバルゾン、イロコス、中部ビサヤ、マニラ首都圏など	51/6	868	404
2012 年 8 月 7 日	大雨・洪水	マニラ首都圏、中部ルソン、カラバルゾンなど	109/2	4,191	3,056
2012 年 8 月 15 日	台風ヘレン	イロコス、中部ルソン、カガヤンバレーなど	10/0	160	59
2012 年 12 月 4 日 (2012 年 12 月 19 日発表)	台風パブロ (ボーファ)	ダバオ、カラガ、北部ミンダナオ、中部ビサヤ、西部ビサヤなど	1,047/841	6,204	24,223

出典：National Disaster Risk Reduction and Management Council (NDRRMC)発表データより調査団作成

洪水被害後の迅速な復旧・復興のためには、インフラとしての排水ポンプ場の整備・改善・維持管理が肝要であると共に、局所的な道路および低地の浸水に対応できる排水ポンプ車の導入の必要性が高い。このような背景の下、2012年7月の台風、同年8月の大雨、および、同年12月の台風により発生した深刻な洪水被害により、排水ポンプ車の追加配備の必要性が高いことが確認された。このため、E/N 供与限度額、各実施機関の事業費配分など、全体事業費の検討の結果により8台の排水ポンプ車を本プロジェクトで調達する計画とした。

表 3-10 排水ポンプ車 機材計画

機材名	主要仕様	使用目的	設置場所
4 排水ポンプ車 (8 台)	<ul style="list-style-type: none"> ・ ポンプタイプ 小型軽量水中モーターポンプ φ200 (5 m³/分、10m 全揚程) ・ 津波・洪水時に使用可能であること ・ 排水量 10 m³/分 (5 m³/分 x 並列 2 台使用、10m 全揚程) 5 m³/分 (5 m³/分 x 直列 2 台使用、20m 全揚程) ・ 排水距離 50m 以上 ・ 発動発電機 45kVA 	津波や台風等による洪水からの災害復旧を目的として、洪水被災地域の排水を行う。	DPWH リージョナルオフィス 8 ヲ所 ①DPWH 本部 ②リージョン III (中部ルソン) ③リージョン V (ビコール) ④リージョン VI (西部ビサヤ) ⑤リージョン VII (中部ビサヤ) ⑥リージョン VIII (東部ビサヤ) ⑦リージョン X (北部ミンダナオ) ⑧リージョン XI (ダバオ)

本プロジェクトでは、現地協議で確認した通り、ルソン、ビサヤ、ミンダナオの地域に属する各 2 ヲ所のリージョンオフィスに対し 1 台ずつ配置するのに加え、三地域の中で洪水被害発生確率の高いルソン地域、ビサヤ地域に更に 1 台ずつ配置する計画とする。

JICA が 2006～2008 年に実施した「フィリピン国 全国洪水リスク評価及び特定地域洪水被害軽減計画調査」によると、洪水危険地域としてスクリーニングされた 120 の河川流域の洪水被害タイプの分類を行ったところ、30 の河川流域において内水による被害が顕著であり、浸水被害の多くは 1～2 日間であるが、1 週間以上継続するケースも少なからず発生している。

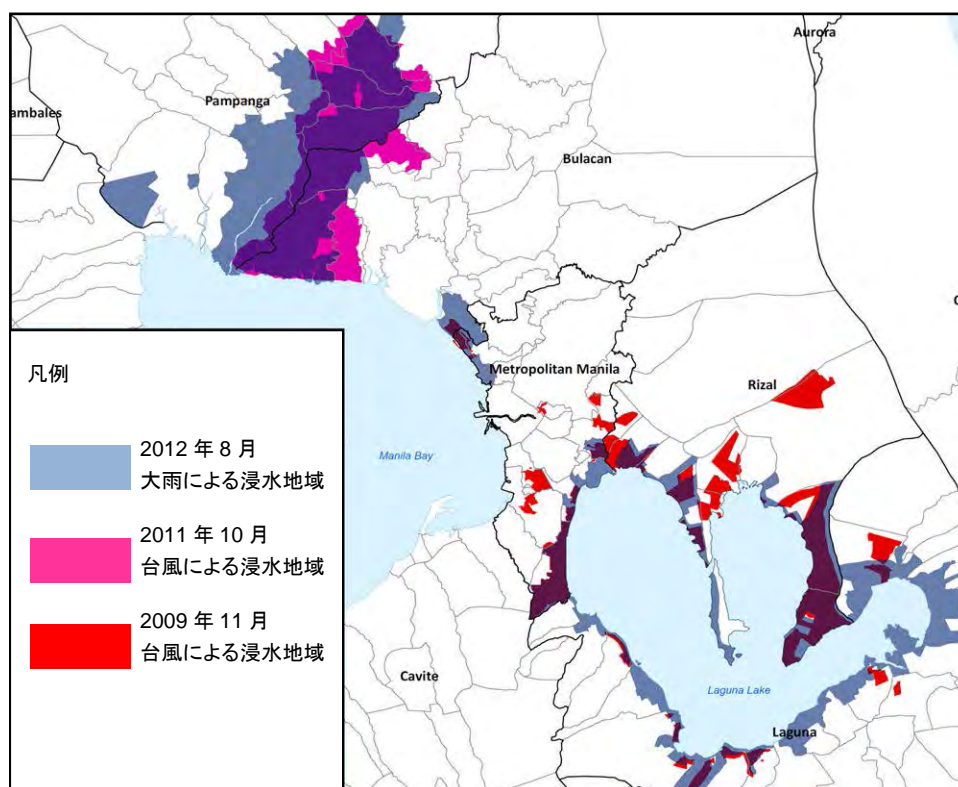
「フィ」国の各都市では、特に平地部または河川や海に面した低地部において、台風や大雨の際に、内水氾濫による洪水が度々発生している。「フィ」国の各主要都市では、インフラとしての洪水対策（河川改修、排水路網や排水ポンプ機場の整備）が進められているが、依然として都市内の局所的な浸水問題には対応できていない。都市の浸水問題が長期化すると、コレラや下痢など汚染水による伝染病の蔓延の原因となるだけでなく、交通網や通信網にも影響を及ぼし、当該都市およびその周辺地域全体の速やかな復興・復旧を阻害する要因ともなる。実際に、大雨による土砂崩れ等の災害が発生した際、局所的な洪水・浸水に阻まれ必要な重機を現地搬入できず、救助や復旧・復興活動が大幅に遅れた例も報告されている。

このような背景の下、上述の JICA による洪水リスク評価を基にすると共に、同調査以降に発生した洪水被害を考慮した上で DPWH と協議を行い、以下の表に示す 8 つの都市を優先度の高い洪水危険都市として選定した。

表 3-11 内水氾濫による洪水危険度の高い市町

	リージョン	地方	流域名	市町名	近年の主な洪水被害
1	NCR (マニラ首都圏)	ルソン	パッシングーマリキ ナ流域	マニラ首都圏	<ul style="list-style-type: none"> • 2009年9月(台風) • 2012年8月(大雨)
2	リージョン III (中部ルソン)	ルソン	パンパンガ川流域	サンフェルナンド	<ul style="list-style-type: none"> • 2009年9月(台風) • 2012年8月(大雨および台風の連続来襲)
3	リージョン V (ビコール)	ルソン	ヤワ川流域	レガスピ	<ul style="list-style-type: none"> • 2006年10月(台風) • 2011年11月(台風)
4	リージョン VI (西部ビサヤ)	ビサヤ	イロイロ川流域	イロイロ	<ul style="list-style-type: none"> • 2008年6月(台風) • 2012年12月(台風)
5	リージョン VII (中部ビサヤ)	ビサヤ	グイナバサン川 流域	セブ	<ul style="list-style-type: none"> • 2011年12月(大雨) • 2012年12月(台風)
6	リージョン VIII (東部ビサヤ)	ビサヤ	バンゴン川流域	タクロバン	<ul style="list-style-type: none"> • 2011年3月(大雨) • 2012年3月(大雨)
7	リージョン X (北部ミンダナオ)	ミンダナオ	カガヤンデオロ川 流域	カガヤンデオロ	<ul style="list-style-type: none"> • 2011年12月(台風) • 2012年12月(台風)
8	リージョン XI (ダバオ)	ミンダナオ	リブガオン川流域	ダバオ	<ul style="list-style-type: none"> • 2011年12月(台風) • 2012年12月(台風)

上表に示す都市のうち、マニラ首都圏については、「共和国法第 7924 号」により、マニラ首都圏内の治水・排水の実施・維持管理権限が DPWH からマニラ首都圏開発庁 (Metropolitan Manila Development Authority : MMDA) に移管された。よって、洪水対策を含めた排水事業は、MMDA により実施されるのが基本である。しかしながら、マニラ首都圏内の国道保全の責任は DPWH にあり、道路ネットワークの要であるマニラ首都圏およびその周辺地域の道路の早期復旧は、当該地域だけでなくルソン地域全体の災害対策の早期実施に密接に関係している。また、下図に示す通り、マニラ首都圏の周辺地域には、洪水常襲地域が広範囲にわたって存在しており、災害時の緊急対応において、DPWH 本部のあるマニラから排水活動のための応援部隊を派遣する必要性は大きい。このため、マニラ首都圏の道路保全、および、マニラ近郊の局所的洪水に対応することを主目的として、DPWH 本部に排水ポンプ車を配置する計画とする。



出典：OCHA/Reliefwebより調査団作成

図 3-6 マニラ首都圏および周辺地域の洪水被害（2009～2012年）

また、リージョン III（中部ルソン）については、洪水常襲地域の一つであるカラ克蘭川流域のオロンガボへの配置を要請され、2012年12月署名の M/D の中でこれを確認したが、その後、同リージョン内のパンパンガ川流域のサンフェルナンド（DPWH リージョン III オフィスの所在地）への配置変更要請が示された。洪水被害の頻度、機材の維持管理体制の両面から、サンフェルナンドへの配置は妥当であると判断する。

なお、その他の6都市については、洪水常襲地域内の都市であり、また、DPWH の各リージョンオフィスの所在地であることから、必要性・妥当性は高く、かつ、維持管理上の問題は無いと判断した。