

**地球規模課題対応
国際科学技術協力（防災分野）**

**フィリピン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**

**詳細計画策定調査
報告書**

平成 21 年 10 月
(2009 年)

独立行政法人 国際協力機構
地球環境部

序 文

日本国政府は、フィリピン共和国政府の要請に基づき、同国の地震、火山防災能力の向上にかかる技術協力プロジェクトを実施することを決定し、独立行政法人国際協力機構が独立行政法人科学技術振興機構との連携の下、本プロジェクトを実施することになりました。

当機構はプロジェクトの開始に先立ち、本件調査を円滑かつ効果的に進めるため、平成21年9月2日から同年9月17日までの16日間にわたり、当機構須藤国際協力専門員を団長とする詳細計画策定調査団を現地に派遣しました。

調査団は本件の背景を確認するとともに、フィリピン共和国政府の意向を聴取し、かつ現地踏査の結果を踏まえ、本プロジェクトに関する協議議事録に署名しました。

本報告書は、今回の調査を取り纏めるとともに、引き続き実施を予定しているプロジェクトに資するためのものです。

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21年10月

独立行政法人 国際協力機構
地球環境部
部長 中川 聞夫

目 次

序 文

目 次

プロジェクト位置図

写 真

略語表

事前評価表

第1章	調査概要	1-1
1-1	調査の背景.....	1-1
1-2	調査の目的.....	1-2
1-3	調査団の構成.....	1-2
1-4	調査日程.....	1-3
1-5	調査内容.....	1-3
1-6	対処方針.....	1-4
1-7	主要面談者リスト.....	1-6
第2章	協議結果の概要	2-1
2-1	協議結果.....	2-1
2-2	団長所感.....	2-2
2-3	研究主幹所感.....	2-3
第3章	フィリピンにおける地震・火山・津波災害の現状と課題.....	3-1
3-1	フィリピンにおける地震・火山・津波災害の発生状況.....	3-1
3-2	フィリピン政府の防災政策と戦略.....	3-2
3-3	フィリピン防災枠組み（防災関係機関の概要）	3-3
3-4	フィリピン火山地震研究所.....	3-6
3-5	他ドナーの動向.....	3-11
第4章	プロジェクト実施内容.....	4-1
4-1	プロジェクト概要.....	4-1
4-2	プロジェクト実施体制.....	4-2
4-3	工程.....	4-2
4-4	調査用資機材.....	4-7
4-4-1	PHIVOLCS の保有機材の現状および維持管理能力.....	4-8
4-4-2	ポータルサイトを構築するためのインターネット環境.....	4-12
4-4-3	強化機材投入の必要性・方針・具体案.....	4-12
4-4-4	機材調達における留意点.....	4-17
4-5	現地再委託.....	4-27
4-6	プロジェクト実施上の留意点.....	4-27

第5章 プロジェクトの評価	5-1
5-1 妥当性	5-1
5-2 有効性	5-2
5-3 効率性	5-2
5-4 インパクト	5-3
5-5 自立発展性	5-3

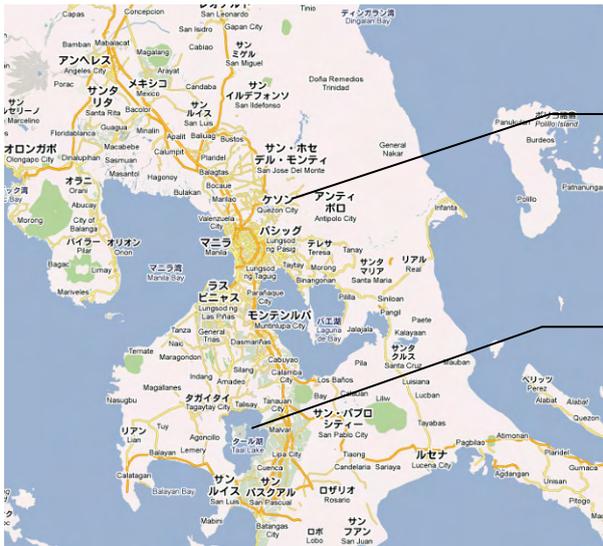
付属資料:

- 付属資料 1 PHIVOLCS 火山モニタリング・ネットワーク図
- 付属資料 2 PHIVOLCS 地震・火山観測所リスト
- 付属資料 3 PHIVOLCS・海外研究機関との共同研究プロジェクト・リスト
- 付属資料 4 PHIVOLCS 実施中プロジェクト概要
- 付属資料 5 災害情報フローチャート
- 付属資料 6 カウンターパート・リスト
- 付属資料 7 協議議事録

調査対象地域位置図



【フィリピン全図】



詳細位置図1【マニラ近郊、タール火山】

ケソン市
フィリピン火山地震研究所
(PHIVOLCS)

タール火山
PHIVOLCS タール火山観測所



詳細位置図2【マヨン火山】

マヨン火山
PHIVOLCS マヨン火山観測所

写 真



マヨン火山



マヨン火山噴火時の土石流で埋まった民家



タール火山



タール火山対岸のバラングイでの聞き取り



PHIVOLCS との協議



マニラ市内に設置された地震観測装置



アルバイ州災害管理委員会



アルバイ州防災関係者との協議



パラヤン市関係者との協議



パラヤン市災害対策ボランティア(前列)



日本の無償資金協力で供与された地震計



PHIVOLCS マヨン火山観測所



カピテ州災害調整委員会との協議



マヨン火山噴火時に避難所となる学校



協議議事録署名



協議議事録署名後 関係者集合写真

略 語 表

略語	正式名称	和訳名称
AST-DOST	Advanced Science Technology Institute (DOST)	先端科学技術研究所
AusAID	Australian Agency for International Development	オーストラリア国際開発庁
BDCC	Barangay Disaster Coordinating Council	バランガイ災害調整委員会
CDCC	City Disaster Coordinating Council	市災害調整委員会
C/P	Counterpart	カウンターパート
DiPECHO	Disaster Preparedness-European Commission's Humanitarian Aid Office	防災・欧州委員会人道援助局
DOST	Department of Science and Technology	科学技術省
FAD	Finance and Administration Division (PHIVOLCS)	財務・総務部
GDAPD	Geologic Disaster Awareness and Preparedness Division (PHIVOLCS)	地質災害啓蒙部
GGRDD	Geology, Geophysics Research and Development Division (PHIVOLCS)	地質・物理探査研究開発部
GPS	Global Positioning System	地球位置システム
IT	Information Technology	情報技術
JCC	Joint Coordinating Committee	合同調整委員会
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
JST	Japan Science and Technology Agency	科学技術振興機構
LDCC	Local Disaster Coordinating Council	地方災害調整委員会
MDCC	Municipal Disaster Coordinating Council	町災害調整委員会
M/M	Minutes of Meeting	会議議事録
NDCC	National Disaster Coordinating Council	国家災害調整委員会
NGDC	National Geographic Data Center (NDAA)	国家地理データセンター
NGO	Non-governmental Organization	非政府系機関
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration	米国海洋大気圏局
OCD	Office of Civil Defense	市民防衛局
PAGASA	Philippine Atmospheric, Geophysical, and Astronomical Services Administration	フィリピン天文気象庁
PDCC	Provincial Disaster Coordinating Council	州災害調整委員会
PHIVOLCS	Philippine Institute of Volcanology and Seismology	フィリピン火山地震研究所
R/D	Records of Discussion	合意議事録

RDCC	Regional Disaster Coordinating Council	管区災害調整委員会
REDAS	Rapid Earthquake Damage Assessment System	REDAS システム
READY	Hazards Mapping and Assessment for Effective Community-Based Disaster Risk Management Project	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
SMS	Short Message Service	ショートメッセージサービス
SOEPD	Seismological Observation and Earthquake Prediction Division (PHIVOLCS)	地震観測予知部
UNDP	United Nations Development Programme	国連開発計画
VMEPD	Volcano Monitoring and Eruption Prediction Division	火山モニタリング噴火予知部

事業事前評価表

1. 案件名 (国名)

国名：フィリピン国

案件名：フィリピン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

2. 事業の背景と必要性

(1) フィリピン国における防災セクターの現状と課題

フィリピン共和国（以下「フィ」国）は西太平洋のプレート沈み込み帯に位置し、我が国と同様に世界で最も地震・火山の活動が活発な国の一つである。東側のフィリピン海溝ではフィリピン海プレートが、西側のマニラ海溝ではユーラシアプレートが沈み込み、その中央には国を南北に縦断するフィリピン断層が存在する。これらのプレート境界と内陸活断層は、1976年ミンダナオ島沖地震（M7.8 死者約 6000 人）、1990年ルソン島地震（M7.7 死者 2412 人）、1994年ミンドロ島地震・津波（M7.1 死者 81 人）など、過去に数多くの地震・津波災害を引き起こしている。また、内陸には 22 の活火山が存在し、1981年のマヨン火山噴火では火砕流とその後の土石流で 107 人が、1991年のピナツボ火山噴火では土石流により約 200 人の犠牲者が出ている。こうした災害の被害を軽減するためには、調査研究によって将来発生する可能性のある地震・火山噴火を事前に予測し、災害に対する備えを十分に行なっていくこと、住民や行政等に地震や火山噴火の発生時にリアルタイムの監視情報を提供して、避難警報の発令や住民避難等、緊急災害対応に役立てることが必要である。

「フィ」国の地震・火山監視は、科学技術省所管のフィリピン火山地震研究所（Philippines Institute of Volcanology and Seismology: PHIVOLCS）が担っている。我が国は、これまで PHIVOLCS の地震・火山監視能力強化を目的として、無償資金協力による地震・火山監視ネットワークの設置および同監視ネットワークの運用指導を行なう技術協力プロジェクトを実施してきた。しかし、上記無償資金協力計画の設計段階から 10 年以上が経過し、その間に我が国や各国の地震火山監視技術は大きく進歩した。特に、2004年のスマトラ沖地震・津波以降、アジア各国では、津波早期警報システム構築のために広帯域地震計の整備が急速に進んでいるが、「フィ」国のみが、広帯域地震計によるテレメータ観測網を有していないことから、大地震発生時には正確なマグニチュードと震源の特定、地震波の到達予測ができず、地震発生時の緊急地震速報に正確性を欠く状態にある。火山観測についても、現存のテレメータ観測網には短周期地震計しか設置されていないため、長期的な噴火予測や正確な予警報・避難命令に必要な精度の高い噴火予測が困難な状況にある。他方、これまでの PHIVOLCS と我が国の大学との研究では、火山における電磁気観測が噴火予測に有効なことが証明されており、これまでの観測体制の強化と最新の観測技術を用いて火山噴火予測を行なうことにより信頼性の高い火山噴火予測体制の構築が可能となっている。

また、地震・火山観測から得られた情報を被害軽減に役立てるには、情報の迅速さ、正確さとともに、国・地方自治体・企業・住民が、情報の意味を理解した上で、最新観測情報に基づく防災関連情報にアクセスし、適切な緊急対応や事前の備えなどの具体的な行動に反映できる仕組みが必要である。

(2) フィリピン国における防災セクター政策と本事業の位置づけ

「フィ」国政府は、1990年代後半から、「災害発生後の緊急対応とその後の復旧・復興対応」に重点を置いた政策を、「貧困解消の一環として災害発生前の災害リスク軽減を図る総合的な災害マネジメント」に転換してきている。現行の中期国家開発計画（2004年～2010年）において、非構造物対策として、災害危険地域のマッピング（ハザードマップの作成等）と当該危険地域におけるコミュニティの予警報システムなどコミュニティ防災の推進を挙げている。また、構造物対策としては、災害発生前の予防・被害軽減を目的とする防衛施設や観測施設の整備などを目標に掲げている。しかし、防災に関する組織・制度及び技術力など多くの面でまだ整備途上にあり、財政的制約や開発優先などのため、防災の施策に十分な公共投資（予算・人材等）を投じる状況に至っていない。

本プロジェクトは、過去の日本のODA事業によって整備された地震・火山観測システムを最大限に活用し、これに最新の観測・解析技術の導入とフィリピンに最適なシステムとするための開発・改良を加えて監視能力を一層高め、より迅速で正確な震源情報・震度情報・被害推定・津波予報情報の発信や長期的な地震発生可能性の予測、ならびに火山活動の総合的な把握を可能にするものである。このように高度化された情報を地震・火山災害情報ポータルサイトから一元的に発信し、国・地方政府・民間の防災対応機関および地域住民による防災情報の利活用を推進することで災害の軽減への貢献が期待されている。

(3) フィリピン国の防災セクターに対する我が国及びJICAの援助方針と実績

「フィ」国の中期国家開発計画に対して、我が国は2008年6月に対フィリピン国別援助計画を策定し、重点開発課題の「貧困層の自立支援と生活環境改善」の中では「自然災害からの生命の保護」を重点分野と位置づけフィリピン側の財政状況を踏まえつつ、優先度の高い地域における治水・砂防インフラの整備・維持管理について支援するとともに、住民が災害から避難するために必要となる対策の強化等について支援することを明確にした。これを受けて、JICA国別援助実施方針では「貧困層の自立支援と生活環境改善」の一要素である防災プログラムにおいて、非構造物対策と構造物対策の両面で災害発生時の被害を軽減するための施策の実施を支援することとしており、防災技術の向上とそこから得られた防災情報の利活用を目的とする本プロジェクトは、これに合致するものである。

JICAは、中央行政や地域・コミュニティレベルの防災能力の向上、各種災害への対応能力強化といった支援をこれまで行なってきた。中でも、「フィ」国に対する地震火山災害分野における協力は1980年代に始まり既に20年以上に亘っており、ピナツボ火山、マヨン火山の被災地域への支援のほか、既述の無償資金協力「第一次地震・火山観測網整備計画（1999年）」、同「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3月～2006年3月）」、開発調査「マニラ首都圏地震防災対策計画調査（2002年～2004年）」などの実施実績がある。

さらに、我が国の科学技術を活用した地球規模課題に関する国際協力の期待が高まると共に、日本国内でも科学技術に関する外交の強化や科学技術協力におけるODA活用の必要性・重要性が謳われてきた。内閣府総合科学技術会議が取りまとめた「科学技術外交の強化に向けて」（H19年4月、H20年5月）や、H19年6月に閣議決定された「イノベーション

ン25」において途上国との科学技術協力を強化する方針が打ち出されている。

そのような中で環境・エネルギー、防災及び感染症を始めとする地球規模課題に対し、開発途上国と共同研究を実施するとともに、途上国側の能力向上を図ることを目指す、「地球規模課題に対応する科学技術協力」事業が H20 年度に創設された。本案件はこの一つとして採択されていることから、本プロジェクトは我が国政府の援助方針・科学技術政策にも合致していると言える。

なお、「地球規模課題に対応する科学技術協力」事業は、文部科学省、独立行政法人科学技術振興機構（以下、JST）、外務省、JICA の4機関が連携するものであり、国内での研究支援は JST が行い、開発途上国に対する支援は JICA が行うこととなっている。

(4) 他の援助機関の対応

本プロジェクトとの関連の深い支援としては、国連開発計画（UNDP）とオーストラリア国際開発庁（AusAID）が共同で資金・技術援助を行っている READY プロジェクト（2004年～2011年5月）が挙げられる。同プロジェクトは、災害の多い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、を柱としている。

3. 事業概要

(1) 事業の目的

本プロジェクトは、過去の我が国の「フィ」国に対する防災支援の成果を最大限に活用しつつ、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」による観測監視体制の強化と情報の高度化を実現し、ここから得られた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」することで、「フィ」国における中央・地方政府・コミュニティレベルの防災力の向上に貢献することを目的とする。

また、上記観測システムの導入により本プロジェクトでは、膨大な量の研究データ蓄積が見込まれており、我が国でも実現していない震度情報の収集・分析手法が組み込まれていることから、本プロジェクトから得られる実験・研究の成果は、「フィ」国だけでなく日本を含む地震火山多発国の防災にも貢献するものと期待されている。

なお、本プロジェクトの直接的裨益者として、フィリピン側研究カウンターパート16名、間接的受益者としては、災害に脆弱な地域に居住する住民が想定される。

(2) プロジェクトサイト/対象地域名

本プロジェクトでは、①即時高度震源解析と震度速報については、マニラ周辺を重点地域としたパイロット観測に基づき、最終的には全国規模でのパイロット観測を予定している。次いで②地震発生ポテンシャル評価では、「フィ」国南部ミンダナオ島周辺の海溝と同島東岸に沿って走るフィリピン断層における地震活動を対象とする。③リアルタイム統合火山監視については、タール火山およびマヨン火山の火山活動の監視強化を図る。④地震・火山情報の発信と利活用の推進は、マニラに拠点を置き、PHIVOLCS と協議しながら活動を実施していく。

なお、本プロジェクトの事務局は PHIVOLCS 本部の所在するマニラに設置する。

(3) 事業概要

① プロジェクト目標と指標・目標値

プロジェクト目標：

PHIVOLCS の地震火山監視能力が向上し、精度の高い地震火山情報が防災関係機関に活用される。

指標： 1. PHIVOLCSがOffice of Civil Defenseに通報する地震火山情報（地震の震源情報、発生時間、マグニチュード特定の手順、伝達方法など）が正確に記載される。

2. 防災関係機関による地震火山防災情報発信のためのポータルサイトの活用状況(※)

3. 地震火山防災情報発信のためのポータルサイトへの総アクセス数

(※：活用状況はアンケート調査により活用頻度、活用事例を収集する)

② 成果と想定される活動（あるいは調査項目）と指標・目標値

各成果と想定される活動は以下の通り。

成果1 リアルタイムで地震情報を把握できるようになる。

活動 1-1-1 広帯域地震計と強震計を設置し、観測網を構築する。

1-1-2 高度震源解析システムを導入し、運用する。

1-2-1 リアルタイム震度計をマニラ近郊に設置し、パイロット観測を行う。

1-2-2 上記の結果に基づき、全国規模のパイロット観測を実施する。

指標： 1. 地震発生後15分以内に高度震源情報が決定される。

2. 震度のマッピングがリアルタイムで可能になる。

成果2 地震発生ポテンシャル評価の精度が向上する。

活動 2-1-1 GPS 繰り返し観測を実施する。

2-1-2 GPS 連続観測を実施する。

2-2-1 内陸地震を対象とした地形・地質調査を行う。

2-2-2 海溝型地震を対象とした地形・地質調査を行う。

指標： 1. 地震発生の可能性が地震発生ポテンシャル評価手法(※) に則った適切なプロセスによって評価される。

2. 内陸及び海溝型地震活動履歴が明らかになる。

(※) 地殻変動、過去の地震履歴、津波発生時の堆積物の調査等を通じて、地震発生危険度を測定する手法

成果3 リアルタイムで総合的に火山情報を把握できるようになる。

活動 3-1-1 広帯域地震計と空振計(※) をタール火山及びマヨン火山に設置する。

3-1-2 地震・空振データのリアルタイム伝送・解析システムを導入し、運用する。

3-2-1 GPS をタール火山及びマヨン火山に設置する。

3-2-2 GPS データのリアルタイム伝送・解析システムを導入し、運用する。

3-3-1 地磁気地電流計と全磁力計をタール火山に設置する。

3-3-2 地磁気地電流と全磁力データのリアルタイム伝送・解析システムを導入し、運用する。

(※) 空振計：火山活動が活発になり、山体内部のマグマ、ガスなどの物質を急激に放出するような活動があると、空間の急速な体積の移動により、空气中を波動が伝播する。この気圧振動を計測する機器。

指標：1. PHIVOLCS本部で地震・空振・GPS・電磁気等のデータをリアルタイムで取得できる。

2. 火山性地震・微動の震源情報が自動的に決定される。

3. 火山体の変形がリアルタイムで監視できる。

4. 電磁気異常がリアルタイムで監視できる。

成果4 ポータルサイトを通じて、より精度の高い防災情報が迅速に発信される。

活動 4-1-1 地震火山防災情報ポータルサイトを構築する。

4-1-2 成果1と2のための活動から得られた結果を活用するために災害解析システムである REDAS (Rapid Earthquake Damage Assessment System) の改良を行う。

4-1-3 住宅簡易耐震診断ツールを作成する。

4-1-4 プロジェクトで得られた地震火山情報をポータルサイトを通じて発信する。

4-2 ポータルサイトの利活用に関するセミナー・研修を実施する。

指標：1. REDASの結果が自動的にポータルサイトを通じて提供される。

2. 住宅簡易耐震診断ツールがポータルサイトを通じて提供される。

3. 最新の地震火山情報が常に更新されてポータルサイトに掲載される。

4. 過去の地震火山情報がポータルサイトを通じて取得できる。

5. セミナー・研修が実施され、ポータルサイトに関する理解が深まる。

(※：理解状況はアンケート調査により確認する)

③ 投入の概要

日本側

(a) 専門家：短期専門家 27 名

(b) 本邦研修：10 名/5 年

(c) 供与機材：広帯域地震計等観測機材

(d) 在外事業強化費

フィリピン国側

(a) カウンターパート (C/P)：16 名

(b) 施設、機材等：PHIVOLCS における研究者執務用事務室と設備

参加研究者の研究に係る諸費用（研究予算、旅費等）

(4) 総事業費/概算協力額

約 4.2 億円（JICA 予算ベース）

(5) 事業実施スケジュール（協力期間）

平成 22 年 2 月～平成 27 年 2 月（5 年間）

(6) 事業実施体制（実施機関/カウンターパート）

日本側

独立行政法人 防災科学技術研究所 地震研究部を代表とする 2 政府機関及び 7 大学

フィリピン側

フィリピン火山地震研究所（PHIVOLCS）

(7) 環境社会配慮・貧困削減・社会開発

① 環境社会配慮

環境社会配慮カテゴリ：C

地質調査に係る小規模なボーリング調査、地震、火山観測に伴う観測機器の設置等を行なうため極小規模の国有地の借地を予定しているもののいずれも、環境、社会に与える影響は小さい。

② 貧困削減促進

災害予測、減災能力の向上により、特に災害に脆弱な地域の人的、経済的損失が軽減され、貧困削減にも貢献する。

③ ジェンダー

特に該当事項なし。

(8) 他ドナー等との連携

UNDP と AusAID が共同で資金援助を行っている、READY プロジェクト（2004 年～2011 年 5 月予定だが、延長の可能性有り）との連携可能性を模索する。

4. 外部条件

- ・ 大規模な自然災害が発生して、プロジェクト活動が妨げられない。
- ・ 設置した機材が人災・自然災害によって影響を受けない。
- ・ PHIVOLCS に対して予算・人員が適切に配分される。

5. 過去の類似案件の評価結果と本事業への教訓

これまでに「フィ」国で実施された類似案件からの教訓としては、次の点が重要であると考えられる。

- ・ 「フィ」国の災害対策においては、コミュニティ、中央・地方政府、民間セクター、NGO 等、多くの関係者が関与しているが、特に、災害発生直後から最前線で対応することになるコミュニティの果たす役割は大きい。

- ・ ハザードマッピングや建築物の耐震強化など、防災に関係した計画づくりには、多様な関係者間でのコンセンサスに基づいた策定プロセスを経ることが必要である。また、資機材の維持管理や必要な経費負担においてもコミュニティや地方政府のプロジェクトへの関与が不可欠である。

- ・ 災害対策は、複数セクター/関連機関間による取り組みが求められる。

これらの教訓を踏まえ、本プロジェクトでは、PHIVOLCS のネットワークおよび他ドナーとの連携を最大限に活用し、成果 4 のための諸活動において地方政府や民間セクター、NGO を対象とするセミナーや普及活動を実践していく。

6. 評価結果

(1) 妥当性

本案件は以下の理由から妥当性が高いと判断される。

① 優先度

- ・ 「フィ」国政府は、1990 年代後半から、「災害発生後の緊急対応とその後の復旧・復興対応」に重点を置いた政策から、「貧困解消の一環として災害発生前の災害リスク軽減を図る総合的な災害マネジメント」へと転換してきている。同国政府は、中期国家開発計画（2004 年～2010 年）において、非構造物対策として、危険地域におけるコミュニティの予警報システムなどコミュニティ防災の推進を挙げている。また、構造物対策としては、災害発生前の予防・被害軽減を目的とする防御施設や観測施設の整備などを目標に掲げている。本プロジェクトは、我が国と「フィ」国両国の研究者による最先端の地震火山研究の成果を、地域行政やコミュニティに活用することで災害被害の軽減を目指すものであり、「フィ」国政府の防災政策との整合性が高い。

- ・ 「フィ」国の中期国家開発計画に対して、我が国は 2008 年 6 月に対フィリピン国別援助計画を策定し、重点開発課題の「貧困層の自立支援と生活環境改善」の中では「自然災害からの生命の保護」を重点分野としてフィリピン側の財政状況を踏まえつつ、優先度の高い地域における治水・砂防インフラの整備・維持管理について支援するとともに、住民が災害から避難するために必要となる対策の強化等について支援することを明確にした。これを受けて、JICA 国別援助実施方針において「貧困層の自立支援と生活環境改善」の一要素として防災プログラムを設立、非構造物対策と構造物対策の両面で災害発生時の被害を軽減するための施策の実施を支援することとしており、防災技術の向上とそこから得られた防災情報の利活用の推進を目的とする本プロジェクトは、これに合致するものである。

② 必要性

- ・ JICA では、「フィ」国の地震火山災害に対しては、1980 年代から 20 年以上に亘って協力しており、これら支援で供与された観測機材により、地震発生後 15 分程度で震源や規模を把握する体制と主要 6 活火山の常時観測体制が構築され、地震・火山観測能力はそれ以前に比べて大きく向上した。

しかし、上記無償資金協力によるプロジェクトの実施から 10 年近くが経ち、その間に日本や各国の地震火山監視技術は大きく進歩した。特に、2004 年のスマトラ沖地震・津波以降、アジア各国では、津波早期警報システム構築のために広帯域地震計の整備が急速

に進んでおり、そのような中において、「フィ」国のみが、広帯域地震計によるテレメータ観測網を有しておらず、大地震発生時に正確なマグニチュードと震源の特定、地震波の到達予測が行なえておらず、地震発生後の緊急地震速報も正確性を欠くものとなっている。火山観測においては、「第二次地震・火山観測網整備計画（2001年～2002年）」において、テレメータ観測網が整備されたが、観測網には短周期地震計のみが設置されているため、長期的な噴火予測や避難命令に必要な、精度の高い噴火予測を行うこと、予警報を発信することが困難な状況にある。また、これまでの PHIVOLCS と日本の大学との研究では、火山における電磁気観測に関する研究実績があり、電磁気観測が噴火予測に有効なことが証明されている。このように、これまでの観測体制の強化と最新の観測技術を用いて火山噴火予測を行なうことにより信頼性の高い火山噴火予測体制の構築が可能となる。

- ・ 地震・火山観測から得られた情報を被害軽減に役立てるには、情報の迅速さと正確さだけでなく、国・地方自治体・住民が、最新観測情報に基づく防災関連情報にアクセスし、その意味を理解し、情報を適切な緊急対応や事前の備えといった具体的な行動に反映できる仕組みが必要である。

③ 手段としての妥当性

- ・ 日本は、世界有数の地震国であり、地震火山研究において国際的に比較優位にある。本プロジェクトは我が国と「フィ」国の最先端の学術研究の成果を防災に生かす試みであり、防災分野での技術協力の方法として適切である。
- ・ 本プロジェクトのカウンターパート機関である PHIVOLCS は、「フィ」国における唯一の地震火山監視に関する研究所であり、この分野での研究実績がある。また、PHIVOLCS は「フィ」国の国家災害調整委員会のメンバーであり、地震や火山噴火の予知・観測、地震・火山噴火発生時には同委員会への情報提供機関としての役割を担っている。PHIVOLCS は、本プロジェクトのカウンターパートとして最適であり、特に、研究成果の利活用の部分については PHIVOLCS の積極的な関与が不可欠である。

(2) 有効性

本案件は以下の理由から有効性が認められる。

- ・ 期待される成果 1～3 は、主に PHIVOLCS 研究員の観測、予測技術面の能力向上である。他方、期待される成果 4 では、成果 1～3 で得られた研究成果が分かりやすく使いやすい形に加工して提供され、防災関係機関や一般住民に実際に利活用されることが目指されているため、研究から成果の社会還元に至るプロセスが明確に示されている。

また、有効性の阻害・促進要因としては、次の諸点が想定される。

- ・ 本プロジェクトの活動には、一部日本でも実用化されていない震度解析手法の試験運用が含まれている。これら革新的な技術については、研究開発の過程で代替案を並行して研究開発するなど、期待される最終的な成果とプロジェクト目標の達成に向けて必要に応じて柔軟に活動計画を変更・改善することが想定されている。
- ・ 災害情報の共有、防災指導を行なっている国家防災調整委員会のメンバー機関、及び地方防災調整委員会の協力を得ることにより、特に成果 4 の普及の観点において、本プロ

プロジェクトの有効性は大きく促進されると想定される。

(3) 効率性

本案件は、以下の理由から効率的な実施が見込める。

- ・ 本プロジェクトでは、無償資金協力「地震・火山観測網整備計画（第一次、第二次）」、技術協力プロジェクト「地震火山観測網整備計画（2004年3月～2006年3月）」など既往の技術協力及び供与機材を最大限に活用し、これに新たな科学技術協力及び最新の供与機材を追加することによって、より迅速で正確な震源情報・震度情報・被害推定・津波予測情報を効率的に発信することを目指す。
- ・ PHIVOLCS は、国家災害調整委員会のメンバー機関であり、研究機関として平素より中央・地方政府や教育機関、住民に対する防災セミナー・教育を実施していることから、中央レベルの防災関係機関だけでなく、地方レベルの防災関係機関についてもネットワークを有している。加えて、地震火山情報を提供している関係から、メディアとも密接なつながりを有する。これら PHIVOLCS のネットワークを活用することにより、本プロジェクトの効率的な実施（特に、成果4の諸活動）が見込まれる。

また、効率性の阻害・促進要因としては、次の諸点が想定される。

- ・ PHIVOLCS は、地震・火山噴火等の自然災害が発生する（或いは、予兆が観察される）と、組織を挙げて対応しなければならない場合がある。その場合は、プロジェクト活動を一時的に中断せざるを得ず、進捗が阻害される可能性がある。
- ・ 地震・火山監視用の機材は、山間部や噴火口付近など、外気に直接接触する、人家から離れた地域に設置される場合がある。したがって、設置機材が故意に破壊されたり、天候や自然災害によって機能しなくなったりする可能性がある。また、観測地点で得られた情報をテレメータで PHIVOLCS 本部へ、加工された情報をポータルサイトを通じて関係諸機関及び一般国民に提供するため、それぞれの回線が安定的に機能しない場合には、効率性が阻害される可能性がある。
- ・ PHIVOLCS は研究機関であり、その職員は観測所勤務者を含めパーマメントであるが、修士・博士の学位取得のために奨学金等を得て留学する研究員も多いため、カウンターパート変更の必要が生じた場合には、できるだけ速やかに人員配置が行われることが望ましい。

(4) インパクト

本案件のインパクトは以下のように予測できる。

- ・ 本プロジェクトは、我が国と類似した災害環境を持つ「フィ」国で行なわれることにより、災害の基礎研究、防災への応用研究の両面の共同研究において得られた学術的成果は、日本の防災技術にも寄与するものとなることが期待される。
- ・ PHIVOLCS は既に「フィ」国の中央・地方レベルにおいて様々な防災関連機関とのネットワークを構築している。このネットワークを活用することにより、中長期的には、本プロジェクトの学術的成果がフィリピン国防災関係機関に効果的に利活用されることが期待できる。

- ・ また、本プロジェクトの我が国と「フィ」国両国の実施機関は、世界中の防災研究ネットワークとのつながりを有する。本プロジェクトから得られた学術的成果が、論文や学会発表を通じて、国際的な防災科学技術の発展に寄与することも期待される。

(5) 自立発展性

本案件の自立発展性の見込みは、以下のように予測できる。

① 政策

「フィ」国では自然災害が頻繁に発生しており、防災政策が同国の中長期国家開発計画の重点課題に位置づけられていることから、本プロジェクトが目指している効果は、援助終了後も持続する可能性が高い。

② 組織・制度

本プロジェクトのカウンターパートである PHIVOLCS は、「フィ」国の地震火山研究の唯一の担い手であり、その基本的な役割は援助終了後も継続すると見込まれる。

PHIVOLCS は、研究所としての性格上、職員全員が大卒以上のパーマメント雇用であり、「フィ」国の他の政府系機関と比較して組織・制度面で非常に安定していると言える。研究職員に要求される専門性も非常に高いため、修士・博士の学位を取得するために留学する者も多いが、活動に影響の出ないよう人員配置に留意しつつ、本プロジェクトを通じて、次世代を担う研究者を十分に育成しておくことは非常に意義がある。

③ 技術力

PHIVOLCS 研究者の多くは修士号・博士号取得者であり、高い専門的技術力を有しており、本プロジェクトの活動及び機材供与を通じて、最新機材の運用技術及びここから得られたデータの分析技術を習得し、不足している基礎データの収集・分析に尽力すれば、プロジェクト終了後も技術力は高い水準で維持されると見込まれる。また中長期的には、本プロジェクトの成果を踏まえ、「フィ」国に適した防災技術の開発・改良とさらなる進展が期待される。

④ 財源

PHIVOLCS の機材の運用・維持管理の予算は、38,153,000 ペソ（2008 年）、45,431,000 ペソ（2009 年）、51,703,000 ペソ（2010 年要求額）と毎年着実に増加しており、本プロジェクトにおいて供与予定の機材についても、2010 年度の予算要求額に含まれており、その運用・維持管理の経費は確保できる見込みである。PHIVOLCS を管轄する科学技術省（Department of Science and Technology :DOST）も本プロジェクトに大きな期待を寄せており、支援を約束してくれていることから、プロジェクト期間中に必要な経費については、毎年適切な予算要求を継続して実施すれば、大きな問題は発生しないものと思われる。本プロジェクト終了後もテレメータ観測網や大容量のインターネット回線を維持管理していくために必要な予算を継続的に確保する必要がある。

(6) 実現可能性（リソース確保、前提条件）

本プロジェクトでは該当する共同研究・開発分野での必要な日本側、「フィ」国側の人的・組織的なリソースがすでにほぼ確保されていることから、プロジェクト開始の前提となる必要条件是特に存在しない。

7. 今後の評価計画

- ・ 中間レビュー 平成 24 年 8 月頃
- ・ 終了時評価 平成 26 年 8 月頃

第1章 調査概要

1-1 調査の背景

フィリピン共和国（以下「フィ」国）は西太平洋のプレート沈み込み帯に位置し、我が国と同様に世界で最も地震・火山の活動が活発な国の一つである。東側のフィリピン海溝ではフィリピン海プレートが、西側のマニラ海溝ではユーラシアプレートが沈み込み、その中央には国を南北に縦断するフィリピン断層が存在する。これらのプレート境界と内陸活断層は、1976年ミンダナオ島沖地震（M7.8 死者約6000人）、1990年ルソン島地震（M7.7 死者2412人）、1994年ミンドロ島地震津波（M7.1 死者81人）など、過去に数多くの地震災害を引き起こしている。また内陸には、22の活火山が存在し、1981年のマヨン火山噴火では、泥石流と火砕流で107人の、1991年のピナツボ火山噴火では土石流により約200人の犠牲者が出ている。

上記災害を軽減するためには、調査研究によって将来発生し得る地震・火山噴火を長期的に予測し、災害に対する備えを十分に行なっていくこと、住民や、行政等に地震や火山噴火の発生時にリアルタイムの監視情報を提供して、避難警報の発令や住民避難等、緊急災害対応に役立てることが必要である。

「フィ」国において地震・火山監視は、科学技術省（Department of Science and Technology: DOST）所管のフィリピン火山地震研究所（Philippines Institute of Volcanology and Seismology: PHIVOLCS）が担っている。我が国は、PHIVOLCSの地震・火山監視能力強化を目的として、無償資金協力による「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）」を実施し、地震・火山監視ネットワークの設置を行なった。また、同無償資金協力で設置した監視ネットワークの運用指導を行なう技術協力プロジェクト「地震火山観測網整備計画」（2004年3月～2006年3月）を実施した。これにより、地震発生後15分程度で震源や規模を把握する体制と主要6活火山の常時観測体制が構築され、地震・火山観測能力はそれ以前に比べて大きく向上した。

しかし、上記無償資金協力によるプロジェクトの実施から10年近くが経ち、その間に我が国や各国の地震火山監視技術は大きく進歩した。特に、2004年のスマトラ沖地震・津波以降、アジア各国では、津波早期警報システム構築のために広帯域地震計の整備が急速に進んでおり、そのような中において、「フィ」国のみが、広帯域地震計によるテレメータ観測網を有しておらず、大地震発生時に正確なマグニチュードと震源の特定、地震波の到達予測が行なえておらず、地震発生後の緊急地震速報も正確性を欠くものとなっている。

火山観測においては、「第二次地震・火山観測網整備計画（2001年～2002年）」において、テレメータ観測網が整備されたが、観測網には短周期地震計のみが設置されているため、長期的な噴火予測や避難命令に必要な、精度の高い噴火予測を行うこと、予警報を発信することが困難な状況にある。また、これまでのPHIVOLCSと我が国の大学との研究では、火山における電磁気観測に関する研究実績があり、電磁気観測が噴火予測に有効なことが証明されている。このように、これまでの観測体制の強化と最新の観測技術を用いて火山噴火予測を行なうことにより信頼性の高い火山噴火予測体制の構築が可能となる。

上記に加えて、地震・火山観測から得られた情報を被害軽減に役立てるには、情報の迅速さと正確さだけでなく、国・地方自治体・企業・住民が、最新観測情報に基づく防災関連情報にアクセスし、その意味を理解し、情報を適切な緊急対応や事前の備えといった具体的な行動に反映できる仕組みが必要である。

以上の状況を受けて、「フィ」国政府は、我が国の地震火山観測技術、情報伝達技術のフィリピンでの適用に関する支援を地球規模課題対応国際科学技術協力案件として我が国に要請した。

1-2 調査の目的

本詳細計画策定調査は、「フィ」国政府からの協力要請の背景、内容を確認し、本プロジェクトの実施内容の計画策定に必要な情報・資料を収集・分析し、先方実施機関とプロジェクト実施を確認する M/M の協議・署名を行うことを目的として実施した。

1-3 調査団の構成

JICA 詳細計画策定調査団に科学技術振興機構 (JST) の調査団が同行し、また一部同行程で (独) 防災科学技術研究所による本案件実施準備にかかる事前調査が行なわれ、詳細計画策定調査中に行なわれる協議に一部オブザーバーとして参加した。

JICA 詳細計画策定調査団				
No.	名前	担当	所属	滞在期間
1	須藤 和男	団長・総括	JICA 国際協力専門員	9月7日-9月17日
2	井上 公	研究主幹	独立行政法人 防災科学技術研究所 地震研究部国際地震観測管理室 室長	9月2日-9月17日
3	小林 千晃	調査企画	JICA 地球環境部水資源・防災グループ 防災第一課 職員	9月7日-9月17日
4	今村 杉夫	機材/積算	有限会社 地圏探査技術研究所 取締役社長	9月2日-9月17日
5	佐久間 美穂	評価分析	財団法人 国際開発センター	9月7日-9月17日

JST 調査団			
No.	名前	所属	滞在期間
1	本藏 義守	東京工業大学 理工学研究課 地球惑星科学専攻 教授	9月12日-9月17日
2	月岡 康一	独立行政法人科学技術振興機構 地球規模課題 国際協力室 主任調査員	9月12日-9月17日

1-4 調査日程

		JI CA 詳細計画策定調査団			JST調査団	
		今村杉夫	井上公	須藤和男 小林千晃 佐久間美穂	月岡康一	本蔵義守
Wed	9/2	成田⇒マニラ PM PH VOLCS FM JI CA事務所打合せ				
Thu	9/3	マニラ⇒ダバオ...ダバオ観測点...マ テイVSAT観測点				
Fri	9/4	マテイ...GPS 観測点...フィリピン断層 ... ブトゥアン				
Sat	9/5	ブトゥアン VSAT観測点... ブトゥアン⇒マニラ				
Sun	9/6	国内作業				
Mon	9/7	国内作業		成田⇒マニラ		
		PH VOLCSとの打合せ	JI CA事務所打合せ(日本大使館書記官同席)			
Tue	9/8	マニラ...タガイタイ ...タール	AM PH VOLCSとの打合せ...強震観測点...Tagaytay観測所			
Wed	9/9	タール火山調査	タガイタイ...タール火山調査...トゥレセマルティーレス市との 打合せ...マニラ			
Thu	9/10	タガイタイ...マニラ マニラ⇒レガスビ... マヨン	マニラ...ガバルドン断層...パラヤン観測所...パラヤン市との 打合せ...マニラ			
Fri	9/11	マヨン火山調査	マニラ⇒レガスビ... マヨン火山観測所... レガスビ市との打 合せ			
Sat	9/12	土石流災害現場視察 レガスビ⇒マニラ				
Sun	9/13	国内打合せ				成田⇒マニラ 国内打合せ
Mon	9/14	AM FM PH VOLCSとの協議				
Tue	9/15	AM PH VOLCSとの協 議 FM JI CA事務所調達 班との打合せ	AM PH VOLCSとの協 議	AM PH VOLCSとの協 議 FM JI CA事務所 調達班との打合せ (小林団昌)	AM PH VOLCSとの協議	
Wed	9/16	AM PH VOLCSとの打合せ PM UNDPとの打合せ PM: JI CA事務所への報告 (日本大使館書記官同席)		AM PH VOLCSとの打 合せ(佐久間団昌) PM UNDPとの打合せ PM: JI CA事務所への 報告(日本大使館書 記官同席)	FM UNDPとの打合せ FM: JI CA事務所への報告(日本大使館書 記官同席)	
Thu	9/17	AM 協議議事録署名 マニラ⇒成田				

…陸路移動 ⇒空路移動

1-5 調査内容

【プロジェクト要請内容、実施体制の確認】

- ① 要請されたプロジェクトの協力要望
- ② プロジェクト実施に係る妥当性の検証 (①を含めた「フィ」国上位/関連計画との整合性)
- ③ 地震、火山の被害状況、PHIVOLCS の対策方針・状況
- ④ 先方政府実施体制(人員、予算、機材等)及び能力

【プロジェクトデザインの検討】

- ⑤ プロジェクトデザイン、プロジェクトマスタープランの検討

- ⑥ プロジェクト投入機材の確認及びローカルコンサルタントの能力、契約単価他付帯条件
- ⑦ 関連資料・情報の収集（既存の計画、他援助機関の動向、関連プロジェクト、関連施設、調査経費積算資料等）

【その他付帯条件の確認】

- ⑧ 他援助機関の本分野援助動向及び PHIVOLCS と他機関の共同研究状況（台湾とのタール火山研究、フランスとの火山・地震の電磁気研究、シンガポール EOS とのマヨン火山研究など）
- ⑨ プロジェクト実施における留意事項

【M/M 協議】

- ⑩ 上記確認の結果に基づくプロジェクト内容（プロジェクトの成果、範囲、規模、期間、要員など）の検討、M/M 上での合意

1-6 対処方針

(1) 地球規模課題国際科学技術協力

- ・ 本プロジェクトが地球規模課題国際科学技術協力の枠組みのもと、JICA の技術協力によって行われる旨、先方に説明する。
- ・ プロジェクト全体計画について説明を行い、日本、フィリピン側双方で計画の齟齬が無いか確認を行う。
- ・ プロジェクト開始に必要な準備（R/D 締結、研究機関間の MOU 締結）に関し説明を行う。

(2) プロジェクトタイトル

以下の通り変更することとし、先方と協議し変更を合意する。合意後は在フィリピン日本大使館に報告し、案件名変更の手続きを依頼する。

【要請時案件名】

(英文名称)

Enhancement of Monitoring Capabilities and Source Process Studies of Earthquakes and Volcanoes in the Philippines

(和文名称)

地震・火山観測能力強化プロジェクト

【変更後案件名（案）】

(英文名称)

Enhancement of Earthquake and Volcano Monitoring and Effective Utilization of Disaster Mitigation Information in the Philippines

(和文名称)

フィリピン地震火山監視能力強化と防災情報の利活用推進

(3) M/M 署名相手

カウンターパートは、フィリピン火山地震研究所（Philippines Institute of Volcanology and Seismology: PHIVOLCS）とし、署名者は PHIVOLCS 及び上位機関である科学技術省 (Department

of Science and Technology: DOST) 次官とする。

(4) 対象地域

マニラ及び PHIVOLCS が所管する観測所の所在地

(5) プロジェクト対象範囲

PHIVOLCS 本部及び PHIVOLCS が所管する観測所職員の能力強化

(6) プロジェクトマスタープラン

先方との協議を通じて決定する。決定したマスタープランは M/M に記載する。

(7) 対象国による便宜供与

以下先方負担事項を双方確認の上、合意する。

- ・ 専門家用のオフィス、電気・水道・電話回線の提供を依頼する。
- ・ 人件費については、プロジェクトのみに臨時に雇用する補助員、人夫等については、日本側経費負担とすることが可能であるが、公務員である C/P に係る経費（給料・日当・調査旅費等）は相手国側負担である旨説明する。
- ・ C/P 配置については、プロジェクト専門家の人数や研究項目に応じた配置を求めると共に、プロジェクトの現地活動等に積極的に同行するよう依頼する。
- ・ 供与機材について、「フィ」国国際港到着後の関税、輸送費、設置費、維持管理費については「フィ」国側の負担になることを説明し、予算確保を促す。また、供与機材の管理責任は、「フィ」国側にあることを説明し、地方に展開する地震計の設置も含めて適切な維持管理を行なうよう先方に申し伝える。
- ・ プロジェクト実施に係る、PHIVOLCS 本部のインターネット料金と火山用衛星通信料金については、日本側負担として、これまで PHIVOLCS と日本側研究者間で調整していたが、プロジェクト開始当初から PHIVOLCS 負担が可能であるか先方と協議する。なお、地震観測機器の導入に係る、衛星テレメータ料金増加分は PHIVOLCS 側が負担することが合意されている。

(8) プロジェクト実施体制

- ・ PHIVOLCS 予算による観測網整備状況に関し、昨年の基礎調査以後、5カ所分の衛星テレメータ広帯域地震観測機材の調達が行なわれており、その設置計画について、本プロジェクトによる整備計画と調整する必要がある。
- ・ 以下の投入内容を想定している旨先方に申し伝え、合意が得られた内容を M/M に記載する。プロジェクト用資機材については、現地調査結果を踏まえ必要性を確認の上、「フィ」国側各資機材の保有台数、利用状況、使用可能性等を検討し、可能な限り先方の保有機材の活用を申し入れる。また、プロジェクトの実施に際して、必要に応じてローカルコンサルタントまたは NGO を活用する方針とする。

日本側：

① 専門家派遣

- ② 本邦研修の実施
- ③ 観測機材等の機材供与
- ④ 在外事業強化経費

フィリピン側：

- ① カウンターパートの配置
- ② 執務環境（執務室、設備）の整備
- ③ プロジェクト運営管理費の確保

(9) プロジェクト監理体制

プロジェクトダイレクター、プロジェクトマネージャー、プロジェクトカウンターパートの選出とともに合同調整委員会 (JCC) の設置を求める。選出されたプロジェクトダイレクター、マネージャー、カウンターパート及び JCC のメンバーは、討議議事録 (R/D) (案) に記載する。

(10) 討議議事録 (R/D) に関する説明

プロジェクトの開始に関し、日本側、「フィ」国側双方で合意が得られた場合は、R/D 案について説明を行い、R/D 雛形を M/M に添付して先方の合意を得る。

(11) JICA 及び大使館への報告

協議の進捗状況、内容等については、調査中に在フィリピン日本国大使館および JICA フィリピン事務所へ報告する。

1-7 主要面談者リスト

- ・ 科学技術省 (DOST)

Dr. Graciano P. Yumul, Jr.

Undersecretary, Department of Science and Technology

- ・ フィリピン火山地震研究所 (PHIVOLCS)

Dr. Renato U. Solidum, Jr.

Director, Philippine Institute of Volcanology and Seismology (PHIVOLCS)

Bartolome C. Bautista

Deputy Director, PHIVOLCS

Jaime S. Sincioco

OIC, Volcano Monitoring and Eruption Prediction Division

Ishmael C. Narag

OIC, Seismological Observation and Earthquake Prediction Division

Perla J. Delos Reyes

OIC, Geology and Geophysics Research and Development Division

Ma. Mylene M. Villegas

Chief, Geologic Disaster Awareness and Preparedness Division

- ・ 在フィリピン日本大使館

白井 正興

・ JICA フィリピン事務所

松田 教男 所長

永石 雅史 次長

第2章 協議結果の概要

2-1 協議結果

本案件の要請機関であり、実施機関である PHIVOLCS に対し、要請内容、実施体制の確認、プロジェクト基本計画に関する協議を行った。協議結果は協議議事録（M/M）としてまとめ、9月17日に PHIVOLCS の上位機関にあたる DOST 次官（Undersecretary）及び PHIVOLCS との間で署名を行った。

(1) 地球規模課題国際科学技術協力

- ・ 本プロジェクトが地球規模課題国際科学技術協力の枠組みのもと、JICA の技術協力によって行われる旨、先方に説明し、M/M 上で確認した。
- ・ プロジェクト開始に必要な準備（R/D 締結、研究機関間の MOU 締結）及び準備スケジュールに関し説明を行い、M/M 上で確認した。

(2) プロジェクトタイトル

以下の通り変更することを合意し、変更にかかる手続きを在フィリピン日本大使館に依頼した。

【要請時案件名】

(英文名称)

Enhancement of Monitoring Capabilities and Source Process Studies of Earthquakes and Volcanoes in the Philippines

(和文名称)

地震・火山観測能力強化プロジェクト

【変更後案件名】

(英文名称)

Enhancement of Earthquake and Volcano Monitoring and Effective Utilization of Disaster Mitigation Information in the Philippines

(和文名称)

フィリピン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

(3) 対象地域

フィリピン国全土

(4) プロジェクト対象範囲

PHIVOLCS 本部及び PHIVOLCS が所管する観測所職員の能力強化

(5) プロジェクトマスタープラン

ロジカルフレームワークを用いて付属資料7の通り合意した。

(6) 対象国による便宜供与

以下先方負担事項を M/M 上で確認した。

- ・ PHIVOLCS 内の専門家用のオフィス、電気・水道・インターネット・電話回線の提供
- ・ 人件費については、プロジェクトのみに臨時に雇用する補助員、人夫等については、日本側経費負担とすることが可能であるが、公務員である C/P に係る経費（給料・日当・調査旅費等）は相手国側負担である旨説明した。
- ・ C/P 配置については、プロジェクト専門家の研究項目に応じた配置を行うこととした。
- ・ 供与機材について、「フィ」国国際港到着後の関税、輸送費、設置費、維持管理費については「フィ」国側の負担になることを説明し、各年度の機材投入量を説明した。また、供与機材の管理責任は、「フィ」国側にあることを説明し、地方に展開する地震計の設置も含めて適切な維持管理を行なうよう先方に申し伝えた。
- ・ プロジェクト実施（新規機材設置含む）にかかる、PHIVOLCS 本部の通信料金（衛星通信料）の増加分については、日本側負担として、これまで PHIVOLCS と日本側研究者間で調整していたが、プロジェクト開始当初から PHIVOLCS 負担とすることとした。

(7) プロジェクト実施体制

- ・ 以下の投入内容を想定している旨先方に申し伝え、M/M 上で合意した。

日本側：

- ① 専門家派遣（長期専門家及び短期専門家）
- ② 本邦研修の実施
- ③ 機材供与
- ④ 在外事業強化経費

フィリピン側：

- ① カウンターパートの配置
- ② 執務環境（執務室、設備）の整備
- ③ プロジェクト運営管理費の確保

(8) プロジェクト監理体制

プロジェクトダイレクター、プロジェクトマネージャー、プロジェクトカウンターパートの選出に関し、選出されたプロジェクトダイレクター、マネージャー、カウンターパート及び JCC のメンバーを、討議議事録（R/D）（案）に記載した。

(9) 討議議事録（R/D）に関する説明

R/D 案について説明を行い、R/D 雛形を M/M に添付して先方の合意を得た。

2-2 団長所感

(1) 本プロジェクトのカウンターパート機関であるフィリピン火山地震研究所（PHIVOLCS）との協力内容、JICA 及びフィリピン政府の責任・負担事項等に関する協議は順調に進展し、9月17日予定通り議事録（M/M）に署名した。

今回のプロジェクトの実施に関する現場調査及び協議が円滑に進展した主な理由としては、① 本技術協力の専門家代表者である井上先生他、関係専門家が事前に PHIVOLCS 関係者と協力内容について協議し、大方の共通理解ができていたこと ② PHIVOLCS 所長（Dr. Renato Solidum）

をはじめ、他の職員が今までの JICA の協力を高く評価し、JICA の技術協力について過去の経験から相当の理解があったことが挙げられる。

- (2) 本調査を通じ感じられたのは、PHIVOLCS 所長をはじめ、主要スタッフの本プロジェクトに対する高い期待と地震・火山活動の精度の高いデータ・情報を迅速に収集・分析し、地震・火山活動に起因する災害を軽減しようとする彼らの業務に対する強い責任感と熱意である。また、PHIVOLCS の上部組織である科学技術省 (DOST) の長官及び担当次官 (Dr. Graciano Yumul, Jr.) も本プロジェクトに対し、強い関心を持っており、支援の姿勢が感じられた。
- (3) 1990 年代後半及び 2000 年代前半の 2 回に分け、我が国の無償資金協力で地震及び火山活動の観測網が整備されたが、今回、現場調査を行ったタール火山及びマヨン火山周辺の観測関連機材を見る限り、それらの機材は概して適切に維持管理され、非常に有効に活用されていると思われた。PHIVOLCS の機材の運用・維持管理の予算は、2008 年・38,153,000 ペソ、2009 年・45,431,000 ペソ、2010 年・51,703,000 ペソ (要求額) と毎年着実に増加しており、本技術協力において供与予定の機材についても、その運用・維持管理の経費は確保できると推察される。
- (4) また、PHIVOLCS は UNDP, AusAid, EU 他、我が国の複数の大学とも協力を実施しているが、今回、調査した限りでは本技術協力との重複は見られない。むしろ、本技術協力により構築予定の PHIVOLCS のポータルサイトを通じた関係政府機関、住民等への情報提供と UNDP 等が実施している READY プロジェクト (①ハザード・マップの作成 ②コミュニティ防災能力の強化 ③地方政府の開発計画に防災管理を組み込むこと) や他の協力プロジェクトとの効果的な連携、或いはその成果の活用を本協力の過程で積極的に模索すべきである。
- (5) 今回の現地調査において 3 ヶ所の州政府、或いは市政府の防災担当者と面談したが、それぞれの自治体の本プロジェクトへの期待の高さが窺えた。一方、PHIVOLCS 所長は本プロジェクトの広報にも積極的な姿勢を示しており、討議議事録 (R/D) 署名前、また、協力が開始されてからも機会を捉え、マスコミ等を通じ、広くフィリピン人に本プロジェクトの内容、意義等を知らせたいとの意向を示している。JICA フィリピン事務所への調査結果報告の際、私からも必要に応じ、PHIVOLCS とも連携し、本プロジェクトの広報を積極的に行うよう当事務所に要望した。

2-3 研究主幹所感

2008 年の本課題の提案準備以来、これまでに 5 回フィリピンを訪問したが、今回の調査では新たに発見や再認識が多々あった。本団に先立って機材担当の今村技師とともにミンダナオ島の地震観測点、GPS 観測点を調査した。調査にはソリダム所長、メロサントス地震課職員、バコルコル地質研究課職員が同行した。衛星テレメータ無人地震観測点を初めて 2 ヶ所訪問したが、いずれも手入れは行き届いていた。しかし地盤や環境条件は思っていたより悪く今後開発が進むにつれてさらに人工ノイズが増加することが予想される。高度な地震情報を提供するためには、観測点を長期計画で順次静かな場所に移設する必要がある。一方 GPS 観測は PHIVOLCS による計画が既に先行しており、

十分に信頼できる観測を実施しているようであった。これはひとえに若いリーダーであるバコルコル職員の実力によるものと思われる。

ミンダナオ島ではダバオからスリガオまで車で北上してフィリピン断層沿いの町や村を見た。ここでの新たな発見は、ミンダナオ島では多くの庶民住宅が木造だったことである。またガバルドン断層の調査ではルソン島でも田舎では木造住宅が散見されることがわかった。今回の計画で実施する地震発生ポテンシャル評価は、その結果を PHIVOLCS の開発した REDAS を用いてハザード評価に変換し、地域の防災対策に資する情報を提供することを目指している。地震防災対策とは具体的には住宅の耐震化であるが、木造住宅はブロック造住宅に比較して地震に対する安全性が高いため、木造住宅にいかに住み続けるかが防災上重要であろう。また、今回の調査で衝撃を受けたのはマヨン火山の麓のレガスピ市で見た粗悪な品質のブロックである。人間の手の力で簡単に崩れ、もはやコンクリートブロックとは言い難い。フィリピンのブロック造住宅はインドネシアのレンガ造住宅より耐震性が高いという印象を持っていたが、少なくともこのような粗悪なブロックが出回っている地域ではそれが正しくないことが分かった。

REDAS による地震ハザード評価は、それに被害関数（脆弱性）を掛け合わせて初めて防災に有用なリスク情報となる。ブロック造住宅と木造住宅や竹を編んだだけの住宅、普通のブロックと粗悪なブロックでは建物の被害関数、とくに人的被害関数は非常に大きく異なる。これはフィリピンの住宅に対する地震リスク評価の困難さを示すと同時に、工学的に必ずしも厳密でない、おおざっぱな家屋の構造区分調査の必要性と有用性を意味すると考える。

今回の調査では、トレスマルチレス市、パラヤン市、レガスピ市、およびタール火山の対岸のバラングイであるビリピンワンを訪問し各自治体の防災への取り組みを聞いた。それぞれの自治体で、PHIVOLCS の日ごろの活動への深い理解と評価が聞かれたことは印象的であった。また本課題で我々が提供する、より高度化された地震火山情報を地域の防災に役立てる方策のイメージを掴むためにこれら自治体の訪問は思っていた以上に有用であった。

また、今回あらためて感じたのは共同研究のカウンターパート機関としての PHIVOLCS の適性の高さである。地震課、火山課、研究開発課、防災課の各課長以下、職員はみな本プロジェクトへの参加に非常に積極的である。特にソリダム所長の強いリーダーシップと防災行政への深い理解は本プロジェクトの強力な推進力となることを確信した。我々の提案課題は、昨年度いきなり採択はされず、特定予備調査課題として採択されたことによって、防災への出口が見える内容に変更することができた。これは PHIVOLCS の本来のミッションにも合致している。今回の調査で英語課題名に **Effective Utilization of Disaster Mitigation Information** の語が入り気持ちの区切りともなった。本制度への課題提案の準備を始めてから約2年、特定予備調査を経て課題が採択され、今回プロジェクトの開始に向けて正式な調査団の一員として調査に参加できたことは感慨深い。我々の研究課題をご支援いただいているすべての関係者の皆様に改めて感謝の意を表すとともに、5年間の計画でフィリピンを始めとする開発途上国、ひいては日本の地震火山防災に貢献する研究開発成果を創出する決意を新たにした次第である。

第3章 フィリピンにおける地震・火山・津波災害の現状と課題

3-1 フィリピンにおける地震・火山・津波災害の発生状況

(1) 自然概況

フィリピン国は、7,107の島々から構成される。国土面積は約30万km²（日本の約80%）、その海岸線は総計34,000kmにも及び、世界一の長さを誇っている。

フィリピン列島は、地質構造的には流動地帯と安定地帯の2つの地質構造体で構成されているが、流動地帯がほぼ列島の大部分を覆っており、地震の震源地が集まっている。フィリピン群島に接している海溝に沿って、フィリピン海プレート、ユーラシアプレートの衝突による多くの沈み込み帯が存在している。フィリピン国には約220の火山があり、活動中のものと噴火の記録が残っている22の火山を活火山として特定している。これらの火山は細長い帯状に分布し、それぞれの分布帯は近く海溝に並走している。また、海溝に直接関係しない地震は、主要な断層（マリキナ断層、フィリピン断層、ルバング断層、ディグディグ断層、ミンダナオ断層等）に沿って発生するか、火山活動に起因するかのいずれかであり、その震源は概ね80km以浅である。

フィリピン国は熱帯気候に属し、雨季と乾季があるが、地勢風、季節風、台風の進路の影響を受けるため地域によって気候は大きく異なる。平均気温は28～36度、湿度は70～80%である。内陸部や島の外延部では若干気温は高く、山地では低い。年平均降雨量は約2,400mmであるが、ミンダナオ島南部の960mmからルソン島東部の4,050mmまでと地域差が大きい。年間降雨のほぼ半分は台風によってもたらされる。特に、東部のレイテ島からルソン島東部沿岸、北端のバタネス諸島にかけては、例年台風の影響を最も強く受ける地域である。毎年約20個の台風がフィリピンに接近し、そのうちの4～5個が上陸して暴風雨、洪水被害、土砂災害等をもたらしている。

(2) 地震・津波災害

フィリピン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。なかでも、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2,000人以上を記録し、各地に大きな被害をもたらした。津波も多数発生しており、遡上高も数mを超えるものがある。主要な地震における被害状況を表3-1にまとめた。途上国一般における状況と同様、フィリピンにおいても地震に対する備えが十分でない中で、ひとたび地震が発生すると甚大な被害が発生する状況にある。

表 3-1 主要な地震災害と被害金額

発生年月日	地震名	津波	死者 (人)	負傷者 (人)	影響世帯数 (世帯)	被害額 (Billion PhP)
1976 年 8 月 16 日	Moro Gulf Earthquake	観測 (津波被害あり)	3,700	8,000	12,000	0.276
1990 年 7 月 16 日	Luzon Earthquake		1,283	2,786	227,918	12.226
1994 年 11 月 14 日	Mindoro Earthquake	観測	83	430	22,452	0.515
2002 年 3 月 5 日*	Mindanao Earthquake	観測	15	-	-	1.714

出典：PHIVOLCS

*のみ NOAA (米国海洋大気庁) の NGDC (National Geographic Data Center) のデータ
(<http://www.ngdc.noaa.gov/hazard/earthqk.shtml>)

備考：被害は出典によって異なる。本表の数値は、*のデータを除いて、フィリピン国の公式発表に基づく。

(3) 火山災害

フィリピン国では過去およそ 500 年以内に噴火の記録がある火山を活火山と定義し、全 22 火山のうち 6 火山 (ピナツボ、タール、マヨン、ブルサン、カンラオン、ヒボック・ヒボック) について有人観測所を設け、常時監視を行っている。表 3-2 に主要な火山災害 (概ね死者数が 50 人以上) をまとめる。

表 3-2 主要な火山災害

発生年月日	火山名	場所	現象	死者数 (人)
1766 年 7 月 20 日	Mayon	Luzon	土石流/ラハールの 2 次移動	49
1814 年 2 月 1 日	Mayon	Luzon	火砕流、土石流/ラハール、雷	1,200
1897 年 5 月 23 日	Mayon	Luzon	火砕流、火山灰、土石流/ラハール	350
1911 年 1 月 27 日	Taar	Luzon	火砕流、津波	1,335
1948 年 9 月 1 日	Hibok-Hibok	Mindanao	火砕流	68
1965 年 9 月 28 日	Taar	Luzon	火砕流、津波	200
1991 年 6 月 15 日	Pinatubo	Luzon	火砕流、土石流/ラハールの 2 次移動、疫病、飢餓等の間接被害	350
1993 年 2 月 2 日	Mayon	Luzon	火砕流	75

出典：NOAA (米国海洋大気庁) の NGDC (National Geographic Data Center) のデータ

<http://www.ngdc.noaa.gov/hazard/volcano.shtml>

過去の火山災害データによれば、マヨン火山の死者数が最も多く、活動頻度も 8~10 年に 1 回と最も多い。マヨン火山は、近年も 1999 年~2000 年、2006 年など数回にわたって噴火しており、火砕流の発生、溶岩の流出等が確認されている。また、ピナツボ火山では、1991 年に 500 年ぶりの大噴火が発生し、多数が死傷・移住を余儀なくされた。

3-2 フィリピン政府の防災政策と戦略

フィリピン国政府は、1990 年代後半から、「災害発生後の緊急対応とその後の復旧・復興対応」に重点を置いた政策から、「貧困解消の一環として災害発生前の災害リスク軽減を図る総合的な災害マネジメント」へと転換を図ってきている。

国家開発計画レベルでは、現行の『中期国家開発計画（2004年～2010年）』において、災害発生前の災害リスク軽減化の総合的な戦略が明示されている。河川改修など従来の構造物対策だけでなく、地すべり災害危険地域のマッピング（ジオハザードマップの作成）や当該危険地域におけるコミュニティの予警報システムなどコミュニティ防災の推進をはじめ、流域の森林管理との連携や土地利用を含む開発計画分野の災害リスク軽減化など非構造的対策を進めていく方向が示されている。しかし、防災対策に関する組織・制度及び技術力など多くの面でまだ整備途上であり、財政的制約・開発優先度などにより、防災上の施策に十分な公共投資（予算・人材等）を投じる状況に至っていない。

国家災害調整委員会（National Disaster Coordinating Council : NDCC）及び市民防衛局（Office of Civil Defense : OCD）を中心とする防災関係機関では、①災害発生前の軽減策、②事前の備え、③発生直後の救援、④復興復旧からなる、「災害マネジメントサイクル」の概念が共有されてきている。政府機関、地方自治体の職員や地方災害調整委員会に対して、災害マネジメントサイクルに基づいた能力向上のための研修・セミナーを頻繁に行っている。

(1) 法制度

現行の災害対策体制は、1978年「大統領令第1566号」に基づいている。同法は、災害等による緊急事態発生後の応急的対応から復旧・復興に至る中央政府と地方政府の対応原則と対応力強化を図るための事前準備に関する基本法である。中央レベルにおけるNDCC、及び地方の各レベルにおける地方災害調整委員会（Local Disaster Coordinating Council : LDCC）の設置を定め、それぞれの責任と行動原則を明らかにしている。

また、1991年「共和国法第7160号（1991年地方政府法）」は、中央政府から地方政府への権限移譲を定めた地方分権に関する基本法である。同法は、防災に関しても地方政府の責任・権限・義務を次のように明確化している。①地方政府の首長は、行政域内の災害時対応の責任者である、②地方議会は、災害時及び復旧・復興に必要な手段を講ずること。さらに、内務自治省の通達によって、州、市、町、バラングイの各レベルにおける災害調整委員会の設置が全国的に推進されている。

その他の防災関連法としては、火災と自然災害から建築物を護るための最低限の要求事項及び設計基準を定めた「大統領令第1096号国家建築基準（National Building Code of the Philippines）」、建築物の火災を予防するための安全対策、責任者の義務等を規定した「大統領令第1185号国家防火基準（Fire Code of the Philippines）」がある。

また、NDCCは、1990年代からの国連「国際防災の10年」の取り組みなどを通して、災害発生前の災害リスク軽減・予防の重要性を認識し、2004年に災害前リスク・マネジメントを包摂する災害対策基本法案を取りまとめた。その後、修正改良を重ね、災害マネジメント体制の強化、国家災害リスク・マネジメント計画の策定やコミュニティベースの災害事前準備委員会の設置、国家災害基金の強化など画期的な内容を含む「災害リスク・マネジメント法案」が国会で継続審議されているが、未だ制定には至っていない。

3-3 フィリピン防災枠組み（防災関係機関の概要）

(1) 国家災害調整委員会（National Disaster Coordinating Council : NDCC）

防災体制の中心はNDCCである。NDCCは、中央省庁及び防災関係機関をメンバーとする、

行政における最高レベルの評議会である。

NDCC の位置づけと役割は次の通り。

- ① 全国の災害マネジメントのための国家レベルにおける政策決定・調整・管理の最高機関
- ② 国家の災害準備・災害マネジメント計画の状況に関して大統領に助言・勧告すること。
- ③ 広域的な緊急事態宣言と、緊急活動・非常事態活動の支援のために、国家緊急（災害）基金の拠出について大統領に提言すること。

NDCC の構成は、以下の通り。

- ・ 議長：国防長官
- ・ 事務局および実施局：市民防衛局（OCD）
- ・ 防災関連 16 省庁（次項に示す）の長官
- ・ フィリピン情報局理事
- ・ 国軍参謀総長
- ・ フィリピン赤十字社事務総長

(2) NDCC メンバー機関及びその他の災害対応関連政府機関の役割

NDCC メンバー機関の構成及び災害対応関連機関の基本的役割を表 3-3 に示す。

表 3-3 NDCC メンバー機関及び関係機関の主な役割

メンバー機関	役割分担
内務地方自治省	各レベルの DCC を監督、地方政府の DCC を訓練
公共事業道路省	公共施設の復旧、救助・救援活動への運営機材提供
運輸通信省	緊急時の運輸通信を管理、運輸通信施設の復旧
社会福祉開発省	OCD、内務地方自治省と協力して DCC を訓練、救援・復興活動を組織
農業省	農漁業被害額を推計、被災農民への技術的支援など
教育省	防災広報活動支援、学校建物を避難所に利用
財務省	地方政府の防災基金に関する規則を制定
労働省	工場の防災組織を指導、被災者に緊急の雇用を提供
貿易産業省	緊急時の物価管理と物資確保
保健省	医療・衛生業務、病院の防災組織を指導
科学技術省（DOST）	洪水予警報・台風警報（PAGASA）、地震・火山監視（PHIVOLCS）
予算管理省	防災活動に必要な予算の管理
法務省	（「国家緊急時・災害時への事前準備計画」に言及なし）
環境天然資源省	洪水多発地域への再植林
外務省	（「国家緊急時・災害時への事前準備計画」に言及なし）
フィリピン情報庁	防災に関する広報
フィリピン赤十字社	防災業務訓練の実施と DCC 訓練への支援
国防省	通信確保、緊急的復旧及び救助・救援活動を支援

その他のおもな機関

国家経済開発庁	災害による社会経済的被害の評価、新コミュニティ建設を含む復興計画の作成など
国家住宅庁	緊急時の住宅確保など
観光省	緊急時の観光客の安全確保など

(3) 地方レベルの災害調整委員会

大統領令第 1566 号は、緊急時の対応と事前の災害対応力の強化を図る中心的な組織として、全国の行政管区、州、市、町、バランガイに対して、それぞれのレベルの災害調整委員会を組織し、事前準備計画の作成及び事前準備（訓練・機材準備など）を行うよう定めている。

NDCC を頂点とする災害調整委員会の全国的なネットワークは以下の通り。

- ・ 行政管区レベルの災害調整委員会
- ・ 州災害調整委員会
- ・ 市災害調整委員会
- ・ 町災害調整委員会
- ・ バランガイ災害調整委員会

本調査では、パラヤン市災害調整委員会（ガバルドン断層所在地）、カビテ州災害調整委員会（タール火山所在地）、ビリビヌアン・バランガイ災害調整委員会（タール火山の対岸、バタンガス州アゴンシルリョ町）、アルバイ州災害調整委員会（マヨン火山所在地）の関係者をそれぞれ訪問し、災害調整の現状と防災対策について聞き取りを行った。

いずれも、火山・地震・津波被害を繰り返し被っている地域であり、非常に防災意識が高いことが聞き取りを通じて明らかになった。災害時には、NDCC→行政管区レベルの災害調整委員会→州災害調整委員会→市・町災害調整委員会→バランガイ災害調整委員会の経路で情報が伝達されること、火山・地震・津波観測・予測に関する PHIVOLCS の役割がよく知られていることが確認された。各災害調整委員会での主要な聞き取り項目は次の通り。

① パラヤン市災害調整委員会（ガバルドン断層所在地）

- ・ 2008 年にパラヤン市災害調整委員会を再組織化した。同委員会が主導して、災害時の応急手当や救急訓練などを行っている。
- ・ ハザード・マップはまだできていないが、学校や公共機関では定期的に避難訓練を実施している。
- ・ 各バランガイから 3 名ずつ災害時救急ボランティアを募り、パラヤン市災害調整救急チーム（Palayan City Disaster Coordinating Rescue Team）を構成している。

② カビテ州災害調整委員会（タール火山所在地）

- ・ 1965 年以降タール火山噴火は起きていないが、常に PHIVOLCS や NDCC の発出する情報には注意を払っており、これら防災機関との連携は密である。
- ・ 州災害調整委員会の活動は、通常は、火山・地震対策よりも台風や地滑り対策を中心に

行っている。

- ・ 地方政府は、建築許可の発出や建築物の定期検査等を行っているので、その分野での地震対策に関心がある。

③ ビリビヌアン・バランガイ災害調整委員会（タール火山の対岸、バタンガス州アゴンシルリョ町）

- ・ 1965年のタール火山噴火では、バランガイの約100名が死亡した。
- ・ 噴火の予兆があれば、PHIVOLCSから予報が出て、NDCCから下部の災害調整委員会ネットワークを通じて当該バランガイに連絡が来ることは承知している。
- ・ これまでにもPHIVOLCSがバランガイを訪問し、防災ワークショップを開催しており、住民の多くが参加している。
- ・ 年に3回は町政府の主導で避難訓練を実施しており、懐中電灯や災害をコミュニティに知らせるベルを常備している。防災ハンドブックも町政府から配布されている。

④ アルバイ州災害調整委員会（マヨン火山所在地）

- ・ アルバイ州は台風をはじめ、自然災害の多い地域である。特にマヨン火山のあるレガスピ市は、ほぼ恒常的に自然災害に見舞われており、災害調整委員会も普段から活発に活動している。防災計画・防災時の行動計画（地震対策については、PHIVOLCSのAlert level 3になったら緊急体制を取るなどと具体的に文書で決められている）が策定されており、防災教育にも力を入れている。
- ・ 同州災害調整委員会は、NDCCが発出する公的な災害情報に基づいて行動・住民への広報を行っている。噴火・地震予報を踏まえ、避難勧告しても住民が応じないことも多い。逆に、避難期間が長引けば、行政にとっては負担が増えることになる。いつ避難勧告を解除するかを決める際にも、公的な災害情報は重要である。
- ・ 同州災害調整委員会ではメディア（地元ラジオ局など）もメンバーになっており、住民への情報伝達に役立っている。

上記の聞き取りに加え、パラヤン市政府、カビテ州政府、アルバイ州政府に対しては、本プロジェクトの概要を説明し、IT強震計の設置についての目的（IT強震計を設置した建物の震度を測定し、情報をインターネットでPHIVOLCSに伝える）と効果（現地震度を即時に知ることができる）、設置した場合の地方政府側の責任事項（インターネットへのアクセス準備と軽微な電気代負担）を説明し、3地方政府側からは設置希望の意向が示された。

3-4 フィリピン火山地震研究所

(1) 任務

フィリピンにおける地震・火山監視は、フィリピン火山地震研究所（Philippine Institute of Volcanology and Seismology : PHIVOLCS）が担っている。同研究所は科学技術省の管轄下であり、その任務は、効果的なモニタリング・ネットワークの構築、火山噴火、地震、津波、その他関連現象の正確な予測のための技術の応用と開発、火山噴火、地震の危険範囲の評価と図化、

総合的な災害認識及び減災の能力向上を通じてコミュニティの安全を確保することである。

(2) 組織

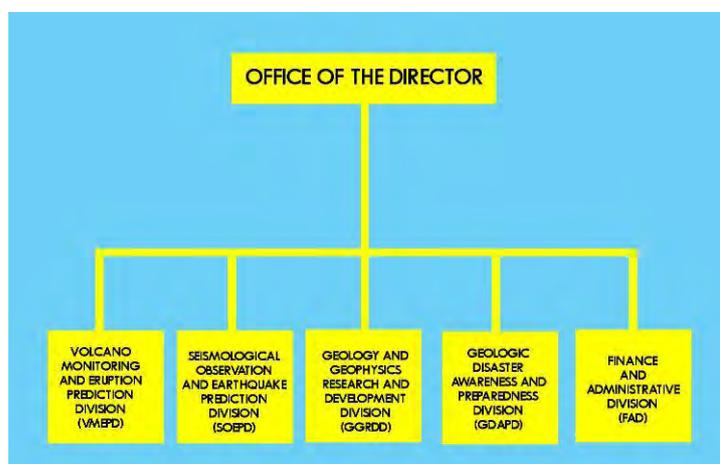


図 3-1 PHIVOLCS 組織図

PHIVOLCS 所長のもとに、火山モニタリング噴火予知部（VMEPD）、地震観測予知部（SOEPD）、地質・物理探査研究開発部（GGRDD）、地質災害啓蒙部（GDAPD）、財務・総務部（FAD）がある。図 3-1 に組織図を示す。

火山モニタリング噴火予知部には 57 名、地震観測予知部には 91 名がフルタイムで観測・分析及び機材の管理運用に従事している。PHIVOLCS の職員構成を表 3-4 に示す。また、PHIVOLCS の火山モニタリング・ネットワーク図を付属資料 1、PHIVOLCS 地震・火山観測所リストを付属資料 2 に示す。

表 3-4 PHIVOLCS 職員構成

部	職員数		合計
	マニラ本部	有人観測所*	
VMEPD	30	27	57
SOEPD	39	52	91
GGRDD	24		24
GDAPD	19		19
FAD	33		33
所長室 (Office of Director)	8		8
合計	153	79	232

* 28 地震観測所及び 6 火山観測所

(3) 業務分担

PHIVOLCS の業務所掌は、行政命令第 128 号により以下のように規定されている。

- ・ 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
- ・ 災害予防対策計画の作成
- ・ 火山活動の検知、予知、警戒システムを用いた災害の低減

(4) 現行計画の概要

- ・ 火山観測所及び地震観測所の維持管理と運営
- ・ フィールド観測所の改修繕と維持管理
- ・ 地震観測所の改善、拡充、クラスタ化
- ・ マルチ・ハザード・マッピングの作成
- ・ 防災に係る広報・教育の集中的な実施

(5) 予算

PHIVOLCS の 2008 年度予算、2009 年度予算及び 2010 年度予算（要求額）を以下に示す。PHIVOLCS の機材の運用・維持管理の予算は、38,153,000 ペソ（2008 年）、45,431,000 ペソ（2009 年）、51,703,000 ペソ（2010 年要求額）と毎年着実に増加しており、本技術協力において供与予定の機材についても、その運用・維持管理の経費は確保できる見込みである。

表 3-5 2008 年 PHIVOLCS 予算 (in pesos)

部	内 訳			
	人件費	維持管理費・ 運営費	資本投資	計
VMEPD	13,753,000	7,629,000	18,300,000	39,682,000
SOEPD	15,544,000	8,981,000	75,580,000	100,105,000
GGRDD	4,464,000	2,387,000	5,870,000	12,721,000
GDAPD	3,906,000	1,477,000	2,000,000	7,383,000
FAD	14,211,000	17,679,000	9,500,000	41,390,000
PHIVOLCS (合計)	51,878,000	38,153,000	111,250,000	201,281,000

表 3-6 2009 年 PHIVOLCS 予算 (in pesos)

部	内 訳			
	人件費	維持管理費・ 運営費	資本投資	計
VMEPD	13,088,000	10,087,400	7,400,000	30,575,400
SOEPD	18,750,000	11,812,600	51,530,000	82,092,600
GGRDD	5,619,000	2,512,000	3,245,000	11,376,000
GDAPD	4,870,000	1,740,000	550,000	7,160,000
FAD	15,564,000	19,279,000	2,500,000	37,343,000
PHIVOLCS (合計)	57,891,000	45,431,000	65,225,000	168,547,000

表 3-7 2010 年 PHIVOLCS 予算 (要求額) (in pesos)

部	内 訳			
	人件費	維持管理費・ 運営費	資本投資	計
VMEPD	13,178,000	11,757,000	-	24,395,000
SOEPD	18,171,000	13,820,000	3,000,000	34,991,000
GGRDD	4,961,000	2,700,000	-	7,661,000
GDAPD	5,333,000	2,159,000	-	7,492,000
FAD	15,469,000	21,267,000	-	36,736,000
PHIVOLCS (合計)	57,112,000	51,703,000	3,000,000	111,815,000

(6) これまでの日本政府支援事業

これまで日本政府は PHIVOLCS を対象機関として、無償資金協力による「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)」を実施し、地震・火山監視ネットワークの設置を行なった。また、同無償資金協力で設置した監視ネットワークの運用指導を行なう技術協力プロジェクト「地震火山観測網整備計画」(2004 年 3 月～2006 年 3 月) も実施された。これら一連の支援事業により、地震検知能力の向上、地震情報発表までの時間の短縮 (ネットワーク設置前：2 時間、設置後：10～15 分程度)、火山の監視地点の増加に伴う火山活動のより精密な把握による避難期間の短縮 (マヨン火山でネットワーク設置前 3 カ月、設置後 1 カ月、ブルサン火山では避難せずに済んでいる)、災害情報基礎データの蓄積等の成果が上がっている。

PHIVOLCS は、開発調査「マニラ首都圏地震防災対策計画調査 (2002 年～2004 年)」の実質的な受け入れ機関にもなっている。

(7) 研究開発・防災関連活動

PHIVOLCS では、広範な研究開発、防災教育活動、啓蒙普及活動を実施している。海外の大学・研究機関との共同研究プロジェクト・リストを付属資料 3、同共同研究プロジェクトの中でも主要なものであり且つ現在継続中のプロジェクト概要を付属資料 4 に示す。

PHIVOLCS は、地震・火山を監視するだけでなく、震源情報を地震動や地震動被害、津波、液状化等に翻訳・表示する REDAS (Rapid Earthquake Damage Assessment System) ソフトウェアを開発し、その普及活動を行っている。PHIVOLCS は 3-5 の項で詳述する「READY プロジェクト (2006 年～2011 年)」の実施機関の一つとして、①ハザード・マップの作成 ②コミュニティ防災能力の強化 ③地方政府の開発計画への防災管理の組み込み、を目的とした防災活動を推進しているが、③の活動の中で REDAS ソフトウェアを使い、開発計画に災害軽減を統合するための研修を行っている。

また、PHIVOLCS 独自の情報提供活動として、災害予防に関する講義を生徒、教師、中央・地方政府機関、民間企業等に対して多数実施しているほか (2006 年だけで 252 回開催)、PHIVOLCS 本部及びフィールド観測所 (有人) に防災関連資料を展示して、一般に対する啓蒙普及活動を常時行っている。

(8) 現状と課題

上記(6)で述べたとおり、過去の日本政府支援事業により、PHIVOLCSの地震・火山監視能力は、それ以前に比較して格段に向上した。

しかし、第一次無償資金協力計画の設計段階から十数年が経過し、その間に我が国や各国の地震火山監視技術は大きく進歩した。特に、2004年に発生したスマトラ島沖地震・インド洋大津波以降、アジア各国で津波早期警報システム構築のために広帯域地震計の整備が急速に進んだ。その結果、アジアの主な地震国では、フィリピンのみが広帯域地震計のテレメータ観測網を有しておらず、大地震の際に迅速で正確なマグニチュードの推定と津波早期警報の発信が実現していない。また、日本では全国に4千カ所を超える震度計が整備されているが、フィリピンではわずか20カ所のしかもオフラインの強震計が整備されているのみであり、震源地での地震動の大きさが把握できない。

フィリピンは、日本と異なり、地震発生ポテンシャルの推定根拠となる古地震の資料や地殻変動観測データが乏しく、海溝や活断層の大規模な地震の発生頻度が十分に研究されていない。特に、ミンダナオ島とその周辺は、最近300年間にフィリピン全土で発生したマグニチュード8級大地震のうち4回が発生しているにもかかわらず、地震発生ポテンシャル評価の基礎データとなるGPS地殻変動観測はほとんど行われていない。

フィリピンの主要6火山には、日本の無償資金協力事業でテレメータ地震観測網が整備され、監視能力が向上したが、短周期地震計のみしか設置されていないため、信頼度の高い噴火予測や避難命令の解除に必要な地下のマグマの活動の推移を推定することが困難である。また、PHIVOLCSと日本の大学等との間では、火山における電磁気観測に関する研究実績があり、その結果電磁気的手法が火山監視能力の強化に有効であることが明らかになっているが、電磁気観測は定常的に行われていない。さらに、フィリピンの火山観測網のデータは、いずれもマニラのPHIVOLCS本部までテレメータされていないため、活動の活発化や噴火の際の緊急対応に課題が残されている。特にタール火山は過去の活動歴からみて異常に長い空白期が続いており、監視体制の強化が急務である。

PHIVOLCSは緊急時に、国家災害調整委員会(NDCC)の事務局である市民防衛局(OCD)に対し、地震火山情報(bulletin)を発出する。公式な災害情報は、NDCC⇒管区災害調整委員会(RDCC)⇒当該市・町災害調整委員会(CDCC・MDCC)⇒当該バラングイ災害調整委員会(BDCC)へと連携されていく(災害情報のフローチャートを付属資料5に示す)。PHIVOLCSは、電話、FAX、ウェブサイト等を通じて、地震火山情報を発信しているが、ホームページ上の情報は、集約されていない、定期的に更新されていない、開くのに時間がかかって実用的でないなど、問題が多い。

PHIVOLCSの地震火山監視情報を災害軽減に役立てるためには、情報の迅速さと正確さだけでなく、国・地方政府・企業・住民が、最新の監視情報と関連する防災関連情報に常時アクセスでき、その意味を理解して、情報を適切な緊急対応や事前の備えといった具体的活動に反映できる仕組みが必要である。PHIVOLCSは、地震・火山の監視だけでなく、震源情報を地震動や地震動被害、津波、液状化等に翻訳・表示する「REDASシステム」を開発し、その普

及を行っている。また、コミュニティ防災支援のための「READY プロジェクト」など、監視情報を防災に役立てるための活動も実施している。PHIVOLCS が提供する情報の内容と発信の方法を改善し、このような既存の枠組みを活用して、地震火山情報を防災に有効に利活用することが求められている。

3-5 他ドナーの動向

国連開発計画（UNDP）、オーストラリア国際開発庁（AusAID）は、災害リスクの高い 27 州を対象とした「READY プロジェクト（Hazards Mapping and Assessment for Effective Community-Based Disaster Risk Management Project: 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）」を支援している。当初、2004 年から 2 年間の予定で開始されたが、2011 年 5 月までの延長が決定している。

同プロジェクトは、OCD を管理・調整機関とし、PHIVOLCS（火山・土砂災害）、フィリピン天文気象庁（洪水ハザードマップ）、鉱山・地質科学局（土砂災害ハザードマップ）、国家地理資源情報庁（地図作成）が実施機関として連携して実施しており、次の 3 つのプロジェクトから構成されている。

- ①プロジェクト 1：マルチ・ハザードの特定と災害リスクアセスメント（8 種類のマップ作り）を 27 州で実施する。
- ②プロジェクト 2：コミュニティ主体の災害事前準備を進める。
 - ーコミュニティ主体の早期警報システムの構築：洪水・フラッシュフラッド・地滑り、津波
 - ー特定ターゲットグループへの戦略と機材の開発
- ③プロジェクト 3：「地方政府の開発計画作成における災害リスク軽減の主流化」を立ち上げ、実施機関・ドナー機関（UNDP、DiPECHO、ADB など）と調整する。

PHIVOLCS は「READY プロジェクト」の実施機関でもあり、「READY プロジェクト」は地震火山監視強化と防災情報の利活用推進を目指す本プロジェクトとの共通点も多いことから、何らかの形で連携の可能性を模索していくことが望まれる。

第4章 プロジェクト実施内容

4-1 プロジェクト概要

プロジェクト目標：

PHIVOLCS の地震火山監視能力が向上し、精度の高い地震火山情報が防災関係機関に活用される。

上位目標：

防災関係機関の地震火山災害対応能力が向上する。

期待される成果：

成果 1 リアルタイムで地震情報を把握できるようになる。

成果 2 地震発生ポテンシャル評価の精度が向上する。

成果 3 リアルタイムで総合的に火山情報を把握できるようになる。

成果 4 ポータルサイトを通じてより精度の高い防災情報が迅速に発信される。

活動

(成果 1 のための活動)

1-1-1 広帯域地震計と強震計を設置し、観測網を構築する。

1-1-2 高度震源解析システムを導入し、運用する。

1-2-1 リアルタイム震度計をマニラ近郊に設置し、パイロット観測を行う。

1-2-2 上記の結果に基づき、全国規模のパイロット観測を実施する。

(成果 2 のための活動)

2-1-1 GPS 繰り返し観測を実施する。

2-1-2 GPS 連続観測を実施する。

2-2-1 内陸地震を対象とした地形・地質調査を行う。

2-2-2 海溝型地震を対象とした地形・地質調査を行う。

(成果 3 のための活動)

3-1-1 広帯域地震計と空振計をタール火山及びマヨン火山に設置する。

3-1-2 地震・空振データのリアルタイム伝送・解析システムを導入し、運用する。

3-2-1 GPS をタール火山及びマヨン火山に設置する。

3-2-2 GPS データのリアルタイム伝送・解析システムを導入し、運用する。

3-3-1 地磁気地電流計と全磁力計をタール火山に設置する。

3-3-2 地磁気地電流と全磁力データのリアルタイム伝送・解析システムを導入し、運用する。

(成果 4 のための活動)

4-1-1 地震火山防災情報ポータルサイトを構築する。

4-1-2 成果 1 と 2 のための活動から得られた結果を活用するための REDAS の改良を行う。

4-1-3 住宅簡易耐震診断ツールを作成する。

4-1-4 プロジェクトで得られた地震火山情報をポータルサイトを通じて発信する。

4-2 ポータルサイトの利活用に関するセミナー・研修を実施する。

投入の概要

日本側

- (a) 専門家 : 短期専門家 27 名
- (b) 本邦研修 : 10 名/5 年
- (c) 供与機材 : 広帯域地震計等観測機材
- (d) 在外事業強化費

フィリピン国側

- (a) カウンターパート (C/P) : 16 名
- (b) 施設、機材等 : PHIVOLCS における研究者執務用事務室と設備
参加研究者の研究に係る諸費用 (研究予算、旅費等)

総事業費/概算協力額

約 4.2 億円 (JICA 予算ベース)

事業実施スケジュール (協力期間)

平成 22 年 2 月～平成 27 年 2 月 (5 年間)

4-2 プロジェクト実施体制

日本側

独立行政法人 防災科学技術研究所を代表とする 2 政府機関及び 7 大学

フィリピン側

フィリピン火山地震研究所 (PHIVOLCS)

4-3 工程

本プロジェクトで期待される 4 つの成果 (即時高度震源解析と震度速報、地震発生ポテンシャル評価、リアルタイム総合火山監視、防災情報の発信と利活用の推進) のための活動は、いずれも日本とフィリピンの研究機関との間の共同研究である。それぞれの活動の 5 年間の年次計画は次の通り。

成果 1 リアルタイムで地震情報を把握できるようになる。

即時高度震源解析					
	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年
日本側	<ul style="list-style-type: none"> 解析装置、自動震源解析プログラムの改良 	<ul style="list-style-type: none"> プログラム改良・移植 	<ul style="list-style-type: none"> プログラム改良 相似・ゆっくり地震 	<ul style="list-style-type: none"> 相似・ゆっくり地震 地震活動様式モデル 	<ul style="list-style-type: none"> 地震活動様式モデル
フィリピン側	<ul style="list-style-type: none"> 広帯域地震計、強震計、解析装置の設置 	<ul style="list-style-type: none"> 広域帯地震計、強震計の設置 定常解析 波形メカニズムデータベース(DB)構築 地震動・津波推定 	<ul style="list-style-type: none"> 広帯域地震計、強震計の設置 定常解析 波形メカニズムDB構築 地震動・津波推定 	<ul style="list-style-type: none"> 定常解析 波形メカニズムDB構築 地震動・津波推定 	<ul style="list-style-type: none"> 定常解析 波形メカニズムDB構築 地震動・津波推定
震度速報システム					
日本側	<ul style="list-style-type: none"> ネットワーク震度計開発 中央処理システム開発 	<ul style="list-style-type: none"> システム改良 	<ul style="list-style-type: none"> システム改良 	<ul style="list-style-type: none"> システム改良 	<ul style="list-style-type: none"> 将来システム設計
フィリピン側	<ul style="list-style-type: none"> 観測点選定・交渉 データ通信試験 地震・建物DB改良 	<ul style="list-style-type: none"> マニラ首都圏震度計の設置 中央システムの設置 単独震源推定・警報装置の設置 地盤・建物DB改良 	<ul style="list-style-type: none"> ルソン島南部震度計の設置 システム運用 地盤・建物DB改良 	<ul style="list-style-type: none"> 全国震度計の設置 システム運用 地盤・建物DB改良 	<ul style="list-style-type: none"> システム運用 将来システム設計

成果 2 地震発生ポテンシャル評価の精度が向上する。

	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年
日本側	<ul style="list-style-type: none"> 観測・解析のシステム開発 過去の観測結果の再考察 	<ul style="list-style-type: none"> 観測プログラム改良・移植 	<ul style="list-style-type: none"> プログラム改良 相似・ゆっくり地震 	<ul style="list-style-type: none"> 相似・ゆっくり地震 地震活動様式モデル 	<ul style="list-style-type: none"> 地震活動様式モデル
フィリピン側	<ul style="list-style-type: none"> 臨時観測の実施 観測機材調達 	<ul style="list-style-type: none"> 広域帯地震計、強震計の設置 定常解析 波形メカニズムDB構築 地震動・津波推定 	<ul style="list-style-type: none"> 広帯域地震計、強震計の設置 定常解析 波形メカニズムDB構築 地震動・津波推定 	<ul style="list-style-type: none"> 定常解析 波形メカニズムDB構築 地震動・津波推定 	<ul style="list-style-type: none"> 定常解析 波形メカニズムDB構築 地震動・津波推定

成果3 リアルタイムで総合的に火山情報を把握できるようになる。

	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年
日本側	・解析システム開発	・解析システム開発	・システム導入	・システム改善結果の解釈	・地震活動様式モデル
フィリピン側	・機材調達 ・GPS 臨時観測	・タール火山観測用機材の設置	・マヨン火山・ブルサン火山観測用機材の設置	・システム運用	・総合監視システムの構築

成果4 ポータルサイトを通じてより精度の高い防災情報が迅速に発信される。

	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年
日本側	・ポータルサイトのコンテンツ検討 ・簡易耐震診断法の検討	・ポータルサイトの設計支援 ・簡易耐震診断法の検討	・ポータルサイトの改良支援 ・簡易耐震診断システムの制作 ・セミナー参加	・ポータルサイトの改良支援 ・セミナー参加	・ポータルサイトの改良支援 ・セミナー参加
フィリピン側	・ポータルサイトのコンテンツ検討	・サーバーと回線の導入 ・ポータルサイトの設計制作	・ポータルサイトの改良・更新 ・セミナーの開催 ・地域コミュニティの啓蒙	・ポータルサイトの改良・更新 ・セミナーの開催 ・地域コミュニティの啓蒙	・ポータルサイトの改良・更新 ・セミナーの開催 ・地域コミュニティの啓蒙

(1) 資機材の調達・設置工程

次に、各年次に調達予定の資機材の一覧と概略費用を表 4-1 から表 4-4 に示す。

表 4-1 調達予定資機材一覧 (2010 年)

	機材名	概略単価 (千円)	数量	概略価格 (千円)	参考銘柄(メーカー)
1-1.	即時高度震源解析		計	27900	
	広帯域地震計(高精度)	2800	5	14000	Trillium240(Nanometrics社製)
	強震計	630	5	3150	Titan(Nanometrics社製)
	ソーラー電源システム	900	5	4500	KC85(KYOCERA製)
	送受信用PCサーバー	350	1	350	HP ProliantML110G5
	表示用PCワークステーション	400	1	400	HP Z600/CT workstation(X5504x2)
	VSATレシーバー	2300	1	2300	Libra(Nanometrics)
	無停電電源	200	1	200	
	システム調整費	3000	1	3000	現地でのシステム構築・調整費
1-2.	震度速報		計	8600	
	IT強震計	250	30	7500	IT強震計コンソーシアム/研究会仕様
	解析処理用PCクラスター	1100	1	1100	HP Business Desktop dx7500SF/CT
				0	
3.	リアルタイム総合火山監視		計	54500	
	火山地震・空振				
	広帯域地震計(廉価)	2200	5	11000	CMG-40T(Guralp社製)
	空振計	1000	2	2000	TYPE3348/7144(アコー社製)
	データロガー	2200	3	6600	Makalu(Kinemetrix社製)
	表示用PCワークステーション	400	1	400	HP xw4600/CT workstation
	解析用PCクラスター (モニタ切替器含む)	1100	1	1100	HP ProliantDL160G6(X5550)x2
	火山GPS				
	GPS受信機	2000	3	6000	NetRS(ニコン・トリンプル社製)
	処理システム	5000	1	5000	NGS社製
	火山電磁気				
	オーバーハウザー磁力計	2100	3	6300	OVH216(テラテクニカ社製)
	地磁気地電流計	4700	1	4700	U-56F(テラテクニカ社製)
	測定用PCワークステーション	300	1	300	HP xw4600/CT workstation
	解析用PCワークステーション	400	1	400	HP Z600/CT workstation(X5504x2)
	火山共通				
	ソーラー電源システム	700	5	3500	KC50(KYOCERA製)
	送受信用PCサーバー	350	2	700	HP ProliantML110G5
	無停電・安定化電源	500	1	500	
	システム調整費	6000	1	6000	現地でのシステム構築・調整費
4.	防災情報利活用		計	6600	
	インターネット回線強化	6000	1	6000	光ファイバー3km敷設
	衛星IPネットワーク強化	600	1	600	衛星モデム配備
	合計(千円)			97600	

表 4-2 調達予定資機材一覧 (2011 年)

	機材名	概略単価 (千円)	数量	概略価格 (千円)	参考銘柄(メーカー)
1-1.	即時高度震源解析		計	25950	
	広帯域地震計(高精度)	2800	5	14000	Trillium240(Nanometrics社製)
	強震計	630	5	3150	Titan(Nanometrics社製)
	ソーラー電源システム	900	5	4500	KC85(KYOCERA製)
	解析用PCクラスター (モニタ切替器含む)	1100	1	1100	HP ProLiantDL160G6(X5550)
	無停電電源	200	1	200	
	システム調整費	3000	1	3000	現地でのシステム構築・調整費
2.	地震発生ポテンシャル評価		計	10900	
	GPS受信機	2000	5	10000	5700 II (ニコン・トリンプル社製)
	解析用PCワークステーション	900	1	900	HP Z600/CT workstation(x5570x2)
3.	リアルタイム総合火山監視		計	19400	
	火山地震・空振				
	広帯域地震計(廉価)	2200	3	6600	CMG-40T(Guralp社製)
	空振計	1000	2	2000	TYPE3348/7144(アコー社製)
	データロガー	2200	0	0	Makalu(Kinemetrix社製)
	表示用PCワークステーション	400	1	400	HP xw4600/CT workstation
	解析用PCクラスター (モニタ切替器含む)	1100	1	1100	HP ProLiantDL160G6(X5550)x2
	火山共通				
	ソーラー電源システム	700	3	2100	KC50(KYOCERA製)
	送受信用PCサーバー	350	2	700	HP ProLiantML110G5
	無停電・安定化電源	500	1	500	
	システム調整費	6000	1	6000	現地でのシステム構築・調整費
4.	防災情報利活用		計	1550	
	WEBサーバ兼ストレージ用 PCサーバー	750	1	750	HP ProLiant DL160 G6
	モニター・ラック等	600	1	600	Monitor/Keyboard/Console switch/Rack
	無停電電源	200	1	200	
	合計(千円)			57800	

表 4-3 調達予定資機材一覧（2012年）

	機材名	概略単価 (千円)	数量	概略価格 (千円)	参考銘柄(メーカー)
1-1. 即時高度震源解析			計	750	
	送受信用PCサーバー	350	1	350	HP ProLiant ML110 G5
	表示用PCワークステーション	400	1	400	HP Z600/CT workstation(X5504x2)
1-2. 震度速報			計	19500	
	IT強震計	250	70	17500	IT強震計コンソーシアム/研究会仕様
	中央処理ソフト	2000	1	2000	
3. リアルタイム総合火山監視			計	6000	
	火山GPS				
	GPS受信機	2000	3	6000	NetRS (ニコン・トリンブル社製)
		合計(千円)		26250	

表 4-4 調達予定資機材一覧（2013年）

	機材名	概略単価 (千円)	数量	概略価格 (千円)	参考銘柄(メーカー)
2. 地震発生ポテンシャル評価			計	900	
	解析用PCワークステーション	900	1	900	HP Z600/CT workstation(x5570x2)
4. 防災情報利活用			計	1000	
	負荷分散用PCサーバー	250	1	250	HP ProLiant DL120 G5
	WEBサーバ兼ストレージ用PCサーバー	750	1	750	HP ProLiant DL160 G6
		合計(千円)		1900	

4-4 調査用資機材

「フィ」国に対しては、表 4-5 に示す無償資金協力「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。これらの協力事業により同国では地震・火山観測用資機材およびそれらを用いた基礎的な観測・解析技術が構築されている。

表 4-5 無償資金協力（地震火山観測網整備計画）の主な内容

第1次	<ul style="list-style-type: none"> 既存のPHIVOLCS本部、既設の地震観測所、火山観測所の計35カ所の改善 デジタル地震観測装置の導入 地震観測データ処理、伝達装置、GPS時計装置の導入
第2次	<ul style="list-style-type: none"> 無人地震観測点・データ送信装置 29カ所 無人火山観測点・データ送信装置 20カ所 広帯域地震計 7カ所 中周期地震計 6カ所 火山・地震観測データ処理・解析装置 1カ所 火山観測データ処理・解析装置 6カ所 ミラーセンターデータ処理・保存装置 1カ所 機動観測装置 1式

本プロジェクトでは、現有の地震・火山観測システムを最大限活用しつつ、より先進的な観測・解析技術を同国に導入し最適化を図ることにより監視能力を一層高め、加えて、得られた情報を有効に伝達するツールを提供することにより災害対応能力を向上させることを目的としている。これらの目的を達成するためには目的に即したセンサーや伝送システムが必要となるので、不足する資機材を調達しなければならない。

資機材の調達にあたっては、プロジェクトの遂行に最適な機種を選択し、それらを今後十分な年月にわたって有効に活用しなければならないことを鑑み、下記に関する事前調査を実施した。

- ① PHIVOLCS の保有機材の現状および維持管理能力
- ② ポータルサイトを構築するためのインターネット環境
- ③ 強化機材投入の必要性・方針・具体案
- ④ 機材調達における留意点

4-4-1 PHIVOLCS の保有機材の現状および維持管理能力

表 4-6 に、主な PHIVOLCS 保有機材の一覧を示す。

過去 PHIVOLCS に供与された機材は、おおむね有効に活用されており、当時構築された観測網は現在も良好に稼動している。

例えば、表 4-7 は無人地震観測点の機材の現状を示したもので、表中のGは Good Condition を意味している。機材はおおむねよい状態で稼動していることがわかる。

表 4-6 主な PHIVOLCS 保有機材の一覧

地震観測用機材	有人地震観測点 (35地点)	短周期速度型地震計
		強震計
		デジタルレコーダー
		ドラムレコーダー
		波形収録・解析用PC
		GPS受信機
	無人地震観測点 (30地点)	短周期速度型地震計
		デジタイザー
		GPS受信機
		バッテリー／ソーラーパネル
		VSAT送信装置
	データ収集センター (PHIVOLCS)	VSATアンテナ・受信装置
		波形収録・保存用PC
		解析用PC
		図化報告用PC
SMS用PC		
REDAS用PC		
火山観測用機材	火山観測点 (各火山に3地点程度)	短周期速度型地震計
		デジタイザー
		無線LAN送受信器
		無線LAN高利得アンテナ
		バッテリー／ソーラーパネル
	火山観測所 (6火山)	無線LAN送受信器
		無線LAN高利得アンテナ
		無停止デジタルデータレコーダー
		収録用PC
		解析用PC
		ドラムレコーダー
		絶縁トランス・安定化電源

トラブルの頻度が比較的多いのは電源関係と火山観測用無線 LAN システムである。

電源関係では、バッテリーの消耗と商用電源の停電や電圧変動による機材へのダメージがある。バッテリーは設置地点の気候に応じて1～2年で交換しなければならないものもあれば、現在まで（6年間）交換せず良好に動作するものまでである。

商用電源の環境は総じて良好でない。Buco 火山観測所では、商用電源に対して絶縁トランスと安定化電源を介して観測装置に電源を供給しているが、安定化電源は2年に1回程度故障している。火山観測用無線 LAN システムは落雷や人による盗難・破壊、動物によるケーブル切断等のトラブルがある他、最近では 2.4GHz 帯の一般向け無線 LAN が普及してきたことに伴う混信による通信断が起きている。

バッテリーの消耗等の小さなトラブルには自力でバッテリー交換を行うなどしてシステムは維持できている。無人地震観測点では8地点で既にバッテリーを交換した。安定化電源のようなある程度一般的な機材については修理や交換等によりトラブルに対応している。無線 LAN の混信の問題では使用チャンネルの変更などによりその都度対応している。

観測機材のトラブルに対しても、自力でメーカーに問い合わせるなどして少々の不具合には対処できる能力を維持している。

例えば、図 4-1 は火山観測システムのブロック図を示しているが、この中の左に太線で囲った Flex という無停止データ保存装置の故障に対して、PHIVOLCS の研究員は製造元である米国 Kinemetrics 社に直接問合せ、市販 PC による代替システムを構築することに成功し観測システムを維持することができた。これは、PHIVOLCS の研究員が単に運用マニュアルだけでなくシステム内部の詳細な技術情報まで修得していることを示している。

このように、PHIVOLCS 側の維持管理能力は十分に高いレベルにあると判断できる。

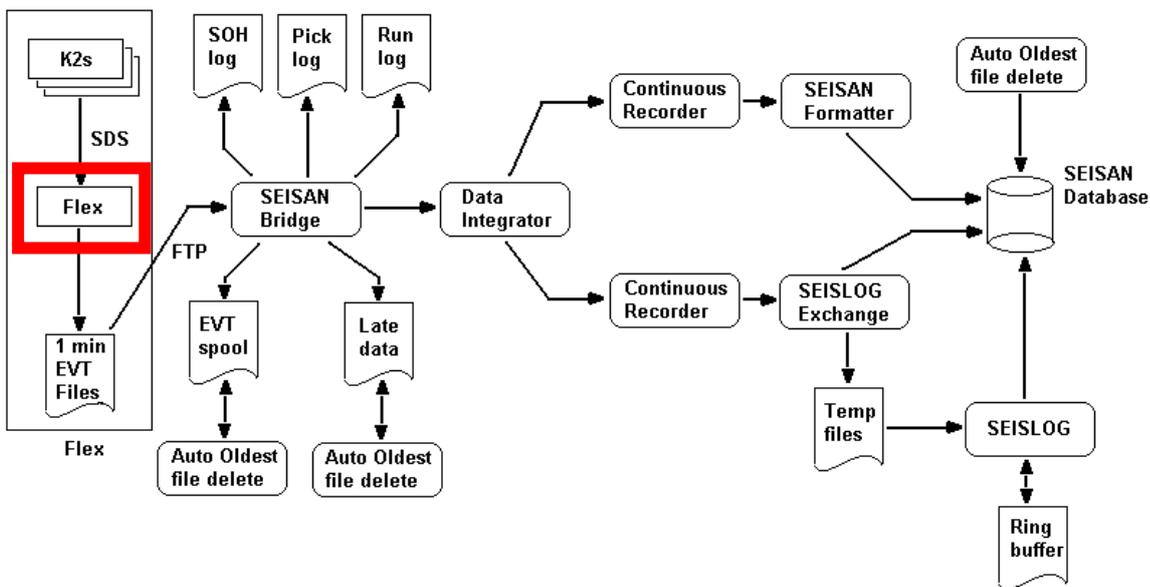


図 4-1 既存火山観測システムブロック図

表 4-7 無人地震観測点機材の現在の稼働状況

Station Code	Solar Panel/ Battery Charger	Solar Charge Regulator	Battery	VSAT			GPS	SSPB Xmitter	LNB Rcvr	Short Period Sensor SS-1			Remarks
				Cygnus (modem)	Satellite Dish	Trident (Digitizer)				V	NS	EW	
1	CAUP	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Operational
2	BALP	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Operational
3	ABRA	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Operational
4	GUIM	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Operational
5	BOAC	G	G	交換済	G	G	G	G	G	G	G	G	Operational
6	BBPS	G	G	交換済	Damaged	G	G	G	G	G	G	G	Not working since July/2008
7	SJMP	G	G	交換済	G	G	G	G	G	G	G	G	Operational/Re-installed March/2009
8	BATP	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Operational
9	LUBP	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Operational
10	CUYO	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Operational
11	SGCP	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Operational/Repaired May/2009
12	APYP	G	G	交換済	G	G	G	G	G	G	G	G	Operational
13	PALP	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Operational/Repaired August/2009
14	BOLP	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Operational
15	SCZP	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Operational/Repaired March/2009
16	POLP	G	G	交換済	G	G	G	G	G	G	G	G	Operational
17	OTRP	G	G	交換済	G	G	G	G	G	G	G	G	Operational/Repaired August/2009
18	PVCP	G	G	交換済	G	G	G	G	G	G	G	G	Operational
19	AUQP	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Operational/Need to install 2-80W solar panel
20	ENPP	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Operational/intermittent transmission
21	CNPS	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Operational
22	BESP	G	G	G	G	G	G	G	G	No sens	G	G	Operational
23	OCLP	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Operational
24	MSLP	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Operational
25	IPIL	G	G	交換済	G	G	G	G	G	G	G	G	Operational
26	BUTP	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Operational
27	BUKP	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Operational
28	PAGZ	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Operational
29	MATI	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Operational
30	BUSP	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Operational/Repaired July/2009

4-4-2 ポータルサイトを構築するためのインターネット環境

PHIVOLCS のインターネット環境は貧弱である。

インターネット回線としては、商用回線（384kbps:16,500peso/month）と、PAGASA（「フィ」国気象庁）も使用している政府系回線（PREGINET（Government Research Information Network）: 2Mbps:無料）の2回線を所有している。維持費や信頼性の面で政府系ネットワークを使用すべきだが、政府系回線 PREGINET は、AST-DOST（Advanced Science and Technology Institute（DOST））から近隣の大学の2地点のゲートウェイを経由して PHIVOLCS に接続されており、ゲートウェイの不具合による通信断が多く、稼働率は 85%程度と安定性に乏しい。

解決策としては、図 4-2 のように大学のゲートウェイをバイパスして AST-DOST に直接光回線を布設する方法が有効である。そのための費用は 600 万程度と推計されている。

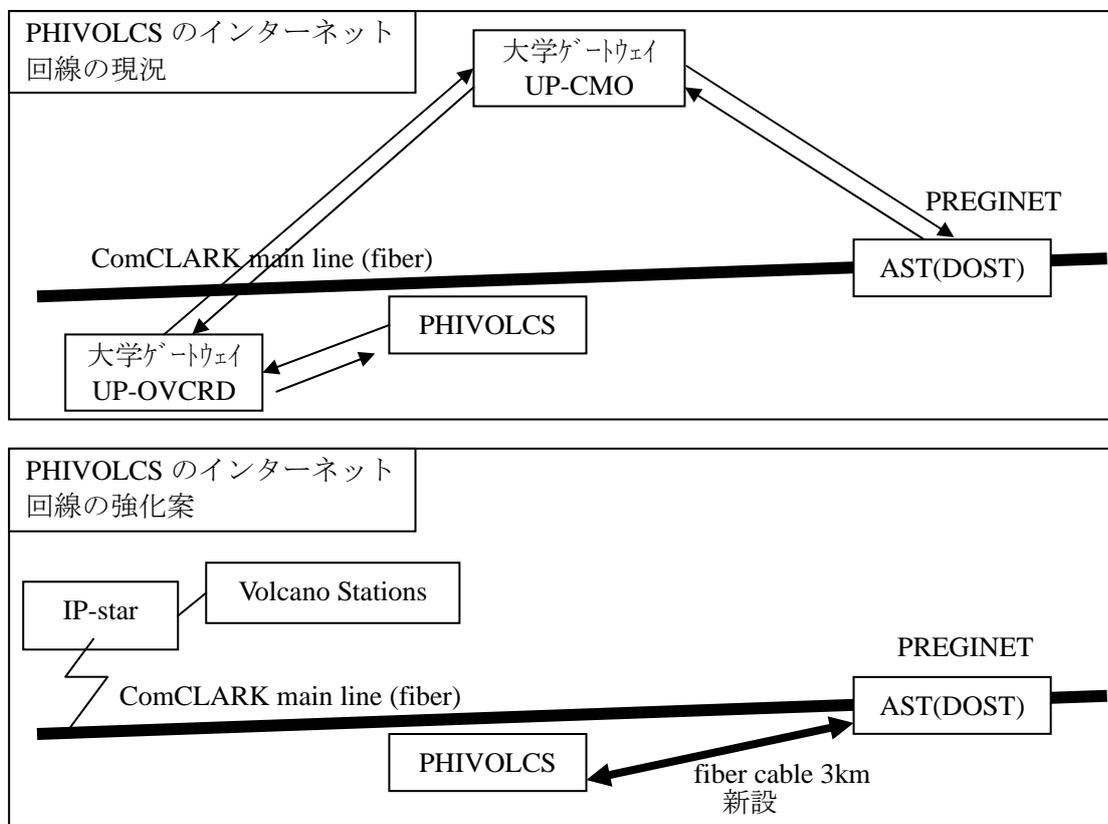


図 4-2 PHIVOLCS のインターネット環境の現況と強化案

4-4-3 強化機材投入の必要性・方針・具体案

(1) 必要性

現有観測システムはおおむね良好に稼働しているが、機材および伝送システムの制限により、得られる情報は基本的な情報に限られており、即時性も十分ではない。

本プロジェクトで計画されている先進的な地震・火山監視・情報発信システムを構築するためには、現有システムは以下の点で不十分である。

① 高度震源解析

- ・リアルタイムでデータを伝送できる無人観測点には短周期速度型地震計しか配備されていないため、利用できる周波数帯および振幅情報が限られるとともに、巨大な地震時には正確な波形が取得できない。
- ② 即時震度情報
 - ・強震計の高密度リアルタイム観測網が存在しないため、地震時に即座に正確な震度分布を把握することができない。
- ③ 地震発生ポテンシャル
 - ・地震発生の危険性切迫性等を評価する手法がない。
- ④ リアルタイム総合火山監視
 - ・観測所と PHIVOLCS 本部とがネットワーク化されていないため、迅速に本部にて火山観測データを確認し解析することができない上、短周期速度型地震計しか配備されていないため情報が限られ、高度で総合的な火山活動の評価ができない。
- ⑤ 防災情報の発信・利活用
 - ・防災情報を発信する仕組みが貧弱で即時性がない。

従って、資機材に対して以下の強化が必要となる。

- ① 高度震源解析
 - ・短周期地震計を広帯域地震計に交換する。
 - ・強震計を増設する。
- ② 即時震度情報
 - ・IT 強震計を各自治体に配備する。
(ただし、IT 強震計は開発段階の機器のためパイロット地区での試験運用結果に基づいて配備計画を調整する。)
- ③ 地震発生ポテンシャル評価
 - ・断層近傍の地殻の動きを把握するため GPS 装置を増設する。
(ただし、PHIVOLCS 側で合計 17 台を所有する見通しのため、増設の必要性を再度検討する)
- ④ リアルタイム総合火山監視 (タール火山とマヨン火山を対象)
 - ・観測システムをオンライン化する。
 - ・短周期地震計を広帯域地震計に交換するとともに観測地点を増設する。
 - ・空振計を設置する。
 - ・電磁気観測と GPS 観測を増設する。
- ⑤ ポータルサイト (情報発信サイト)
 - ・ポータルサイトの提供のためのコンピュータを配備する。
 - ・ポータルサイト運用のためのインターネット環境を整備する。

表 4-8 に機材強化項目一覧を示す。

表記の他、それぞれの目的に応じたデータ送受信・モニター・解析用計算機を調達するほか、電源装置や通信機器を調達する必要がある。

表 4-8 主な機材強化項目一覧

項目/場所	項目	現状	強化後
無人地震観測地点	センサー	短周期地震計	広帯域地震計10地点
			強震計10地点
タール火山観測システム	センサー	短周期地震計3地点	広帯域地震計6地点
			空振計2地点
			GPS3地点
			地磁気地電流計1地点
			全磁力計3地点
	PHIVOLCSとの接続	オフライン	オンライン
マヨン火山観測システム	センサー	短周期地震計3地点	広帯域地震計3地点
			空振計2地点
			GPS3地点
	PHIVOLCSとの接続	オフライン	オンライン
(地震発生ポテンシャル)		機動観測用GPS17台	機動観測用GPS22台)
即時震度情報		なし	IT強震計100地点
ポータルサイト		なし	負荷分散用コンピュータ
			WEBサーバー・ストレージコンピュータ2台

(2) 他プロジェクトでの機材設置計画

「フィ」国では、本プロジェクト以外に多くの地震火山防災関連プロジェクトが進行または計画中である。その中で観測機材を新たに設置するものを表 4-9 にまとめた。

本プロジェクトで強化する観測システムはこれらと重複するものではなく、むしろ他プロジェクトにとっても有効な情報を提供できるものである。

表 4-9 他プロジェクトによる機材の設置予定

国	機関	タイトル	内容	期間
日本	京都大学	超広帯域地震計を用いた地域地震監視協力プロジェクト	超広帯域地震計の設置 (Guinayangan, Quezon, Palayan)	継続中
日本	東京工業大学	マニラ首都圏強震観測アレイの開発	マニラ首都圏への強震加速度計の設置	2002～ 継続中
日本	東京大学 (独) 海洋科学研究機構	海洋半球プロジェクト	超広帯域地震計を用いたリアルタイム観測の実施 (Baguio Mirador Station)	継続中
台湾	Academia Sinica	北部ルソン地域での広帯域地震観測システム構築	5 台の広帯域地震計の設置	計画
台湾	National Cheng Kung University The Institute of Earth Science, Academia Sinica	フィリピン・台湾地域地震テクニクス・地殻変動・地震・火山研究	高密度広帯域地震計ネットワークと連続GPS観測ネットワークの構築・運用 (Taal Volcano, other parts of Luzon.)	2007～ 継続中

(3) 観測システムの強化方針と具体案

上記観測システムの強化にあたっては、既存システムをなるべく有効に活用し整合性・継続性を考慮する。これによりシステム移行に伴う「フィ」国側の負担を軽くすることができ、強化されたシステムの継続的な有効活用が実現できる。

例えば、火山観測所では研究者は短周期地震計による観測波形になじんでいるため、すべてのセンサーが突然広帯域地震計に変わった場合、その観測波形に戸惑い正しい評価ができない恐れがある。そこで、短周期地震計の少なくとも1成分は現状のまま残して、広帯域地震計の観測波形と比較できるようにする。これにより、研究者のスキルを継続的に向上させることができる。

継続性を考慮する一方で、強化されたシステムは今後少なくとも5年間は良好に稼動する必要があるため、5年後でも陳腐化しない機材を選ぶことも考慮しなければならない。

以下に具体案を示す。

図 4-3 には、全体の観測ネットワーク構成概念図を示す。

高度震源解析、即時震度情報、地震発生ポテンシャル、総合火山監視、ポータルサイト、それぞれのシステムは基本的には別システムとして構成され、PHIVOLCS 内 LAN にて接続される。得られた情報は WEB サーバーにより発信される。高度震源解析用の地震観測システムは既存の VSAT を用いた衛星通信回線を利用する。火山観測所と PHIVOLCS とを結ぶ回線は、初期費用が安価でライフサイクルコストでも安価な IPSTAR を利用した衛星インターネット回線を利用する。IT 強震計のデータはインターネット経由で収集する。

地震観測地点の強化具体案を図 4-4 に示す。太字下線が新たに調達する部分である。短周期地震計を広帯域地震計と強震計に置き換える。強震計のためのデジタイザーは既存予備機を利用する。電源強化のため、ソーラーパネルを増設する他、バッテリーを増設交換する。

高度震源解析・即時震度情報ネットワークと計算機等の配置構成案を図 4-5 に示す。高度震源解析のシステムで使用する観測データは 10 地点の無人観測点から既存 VSAT にて伝送される。PHIVOLCS 内に観測データの送受信用と波形モニター用および解析用の PC を設置する。即時震度情報のシステムでは各地方自治体等からインターネット回線を通じて震度情報が伝送される。PHIVOLCS には IT 強震計を監理し伝送されてきたデータに基づいて震度マップを作成するための PC クラスタを導入する。

火山観測の強化具体案を図 4-6 および図 4-7 に示す。太字下線部が新たに調達する機材を表す。図 4-6 はタール火山の観測システム、図 4-7 はマヨン火山の観測システムである。なお、図 4-8 にタール火山およびマヨン火山の観測地点配置図を示す。

火山観測の強化では、地震計の交換と増設、空振計の設置、電磁気観測と GPS 観測の機材の設置、観測所と PHIVOLCS との間のネットワーク接続を行う。

タール火山では、3 地点に配備されている短周期地震計をそれぞれ上下成分 1 成分を残して撤去し、広帯域地震計 (3 成分) に置き換える。広帯域地震計は現在の中継点にも設置し、合

計 5 地点（オプションでもう 1 点）で観測を行う。さらに、空振計を 2 地点に設置する。また、GPS 連続観測を実施するため、GPS 受信機を 3 地点に設置する。電磁気モニタリングのため、全磁力計を 3 地点、地磁気地電流計を 1 地点に設置する。

マヨン火山では、3 地点に配備されている短周期地震計をそれぞれ上下成分 1 成分を残して撤去し、広帯域地震計（3 成分）に置き換える。空振計を 2 地点に設置、GPS 連続観測を実施するため GPS 受信機を 3 地点に設置する。

火山観測所と PHIVOLCS とはネットワーク接続され観測データがリアルタイムで PHIVOLCS へ届かなければならない。従って、火山観測所に導入されるネットワークの選定は重要である。

以下に、観測所～PHIVOLCS 間ネットワークに要求される通信帯域幅についてまとめる。

表 4-10 に強化後に推定されるデータ転送量の一覧を示す。これは TCP ヘッダ等を考慮していないため、実際にはこの値の 1.5 倍～2 倍程度の帯域が必要と推定される。従って、タール観測所～PHIVOLCS 間の回線は 64kbps では不十分で、128kbps 以上が必要と考えられる。マヨン観測所～PHIVOLCS 間は 64kbps で十分と考えられる。

現在、各観測点から観測所へのデータ伝送には無線 LAN を用いている。タール火山では観測システムの強化によりデータ量が増加することから、無線 LAN の帯域幅を確認する。

現在使用している無線 LAN の帯域幅の理論値は 1Mbps である。通常、実効値はこれのほぼ半分であり、さらに中継 1 回につき 75%減少する。また、コネクションが複数ある場合は帯域幅は分割される。

タール火山では最大 2 回中継されるため理論値の 50%のさらに 56%に低下する。従って 280kbps 程度の帯域となる。さらに、無線 LAN のコネクションが 3 つあるため 1/3 になる。従って最低 90kbps 程度まで低下することが予想されるが、伝送されるデータ量に比較してこの値は十分であり、帯域幅の面からは無線 LAN を補強あるいは強化する必要はない。

総合火山監視システムのネットワークと計算機等の配置構成案を図 4-9 に示す。

表 4-10 火山観測システム強化後の推定データ転送量一覧

タール火山観測所→PHIVOLCS		毎秒 (byte)	毎秒 (bit)	毎日 (Mbyte)	毎月 (Mbyte)	毎年 (Gbyte)	
広帯域地震計データ	6地点、3成分、50s/s、 4byte/sample (オプション1含む)	3600	28800	311.0	9331.2	112.0	
短周期地震計データ	3地点、1成分、50s/s、 4byte/sample	600	4800	51.8	1555.2	18.7	
空振計データ	2地点、1成分、50s/s、 4byte/sample	400	3200	34.6	1036.8	12.4	
GPSデータ	3地点、1成分、1s/s、 4byte/sample	12	96	1.0	31.1	0.4	
電磁気データ	(最大)	全磁力:3地点、1成分、1s/s、 4byte/sample	12	96	1.0	31.1	0.4
		MTデータ:1地点、磁場3成分電 場2成分、32s/s、4byte/sample	640	5120	55.3	1658.9	19.9
	(最小)	全磁力:3地点、1成分、1s/s、 4byte/sample	12	96	1.0	31.1	0.4
		MTデータ:1地点、磁場3成分電 場2成分、1s/s、4byte/sample	20	160	1.7	51.8	0.6
合計	(最大)	広帯域地震計、空振計、GPS、 全磁力、MTデータ時系列	5264	42112	454.8	13644.3	163.7
	(最小)	広帯域地震計、空振計、GPS、 全磁力、MTデータ間引	4044	32352	349.4	10482.0	125.8

マヨン火山観測所→PHIVOLCS		毎秒 (byte)	毎秒 (bit)	毎日 (Mbyte)	毎月 (Mbyte)	毎年 (Gbyte)
広帯域地震計データ	4地点、3成分、50s/s、 4byte/sample (中周期1含む)	2400	19200	207.4	6220.8	74.6
空振計データ	2地点、1成分、50s/s、 4byte/sample	400	3200	34.6	1036.8	12.4
合計	広帯域地震計、空振計、GPS、 全磁力、MTデータ時系列	2800	22400	241.9	7257.6	87.1

4-4-4 機材調達における留意点

機材の選定は本件の研究内容と密接に関わってくる。留意点を列記すると以下のとおりである。

- ① 研究内容に合致した製品を選択する。
- ② 本邦で調達する場合は輸出入の規制に該当しない（いわゆる非該当証明のある）機材を選定する。
- ③ 国際協力の枠組みの中での免税措置に要する期間が全体の研究計画に影響をおよぼさないよう調達スケジュールを調整する。免税措置には2～3ヶ月を要するため、本邦調達の場合は、稼働させたい時期の2～3ヶ月前に納品できるように工程を組む必要がある。
- ④ 本件のような総合的な観測システムは、単体の機器を個々に購入しただけでは性能を発揮できず現場状況に応じた調整を必要とすること、一方、観測機材の種類が多くすべてを技術的に細部まで理解した業者は存在しないことから、全体をある程度まとまった観測システムに分割し、それぞれのシステムが稼働することを確認するまでを調達の範囲とする。
- ⑤ 継続的な運用管理のため、調達機材のインストールおよびシステム構築には「フィ」国側を積極的に関与させる。

強化用資機材の一覧および概略価格を表 4-11 に示す。右の欄には、2010 年より年次毎に調達する機材の数量と概略費用を記している。金額欄の太字は業者からの参考見積等により確認が取れているものを示す。未確認のもの総額は 3520 万円である。なお、地震発生ポテンシャル評価のための GPS 受信機（1000 万円）については、既述のように PHIVOLCS が近い将来 17 個所有することになるため、購入の是非を再検討する必要がある。また、IT 強震計は開発段階の機材のため、初年度の 30 個のパイロット配備の結果により実用性を評価した後、次年度以降の調達を行う。

中央右の欄には現地調達の可否についても併記している。

既述のように、本プロジェクトのような先進的な研究的業務で使用する資機材は、単品で購入して機械的に設置すれば性能を発揮するというものではなく、設置する現場にあわせてトータルなシステムとして最適な調整を行う必要がある。従って、現地調達が可能な機材はすべて現地で購入するというだけでなく、その機材が独立したものでないかぎり、観測システムを構成する機材のうち一部分でも本邦調達する必要があるれば、すべて本邦で調達してシステムを構成し、本邦内で動作確認を行った後に「フィ」国へ輸送して設置作業に取り掛かるべきである。

なお、同表には、システム調整費として約 1 割の金額を含んでいる。

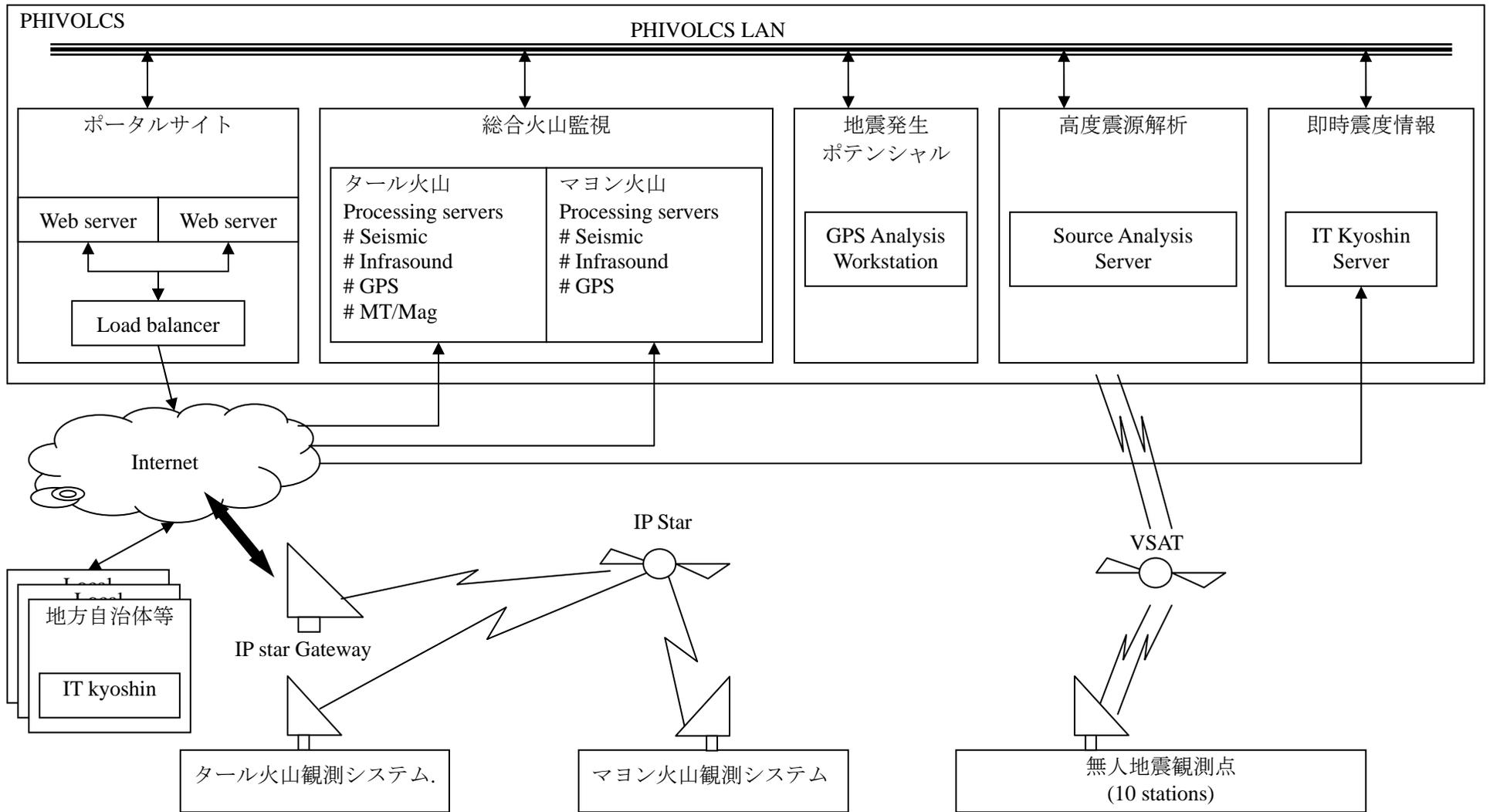


図 4-3 全体の観測ネットワーク構成概念図

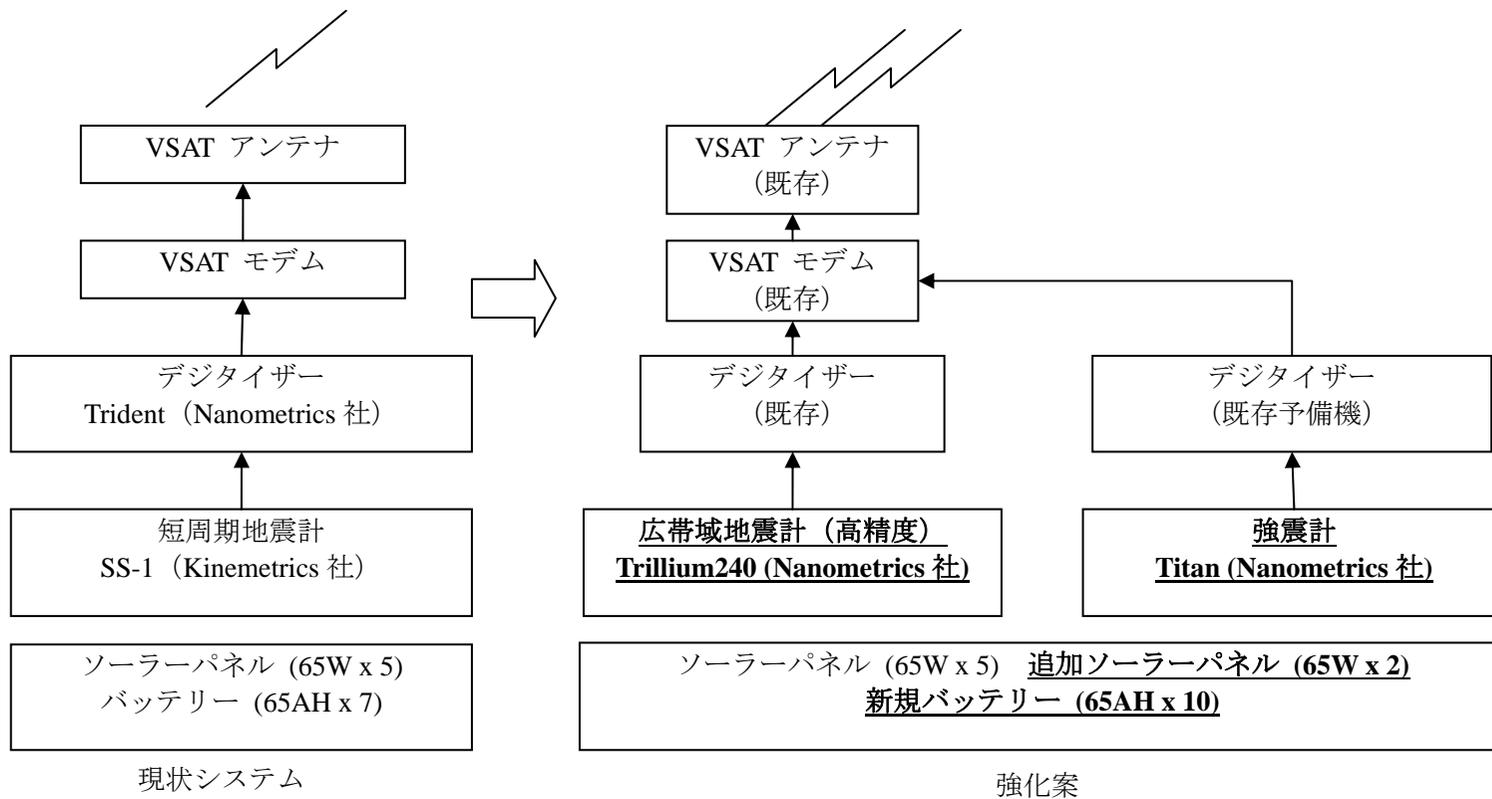


図 4-4 地震観測点の観測機材の強化案

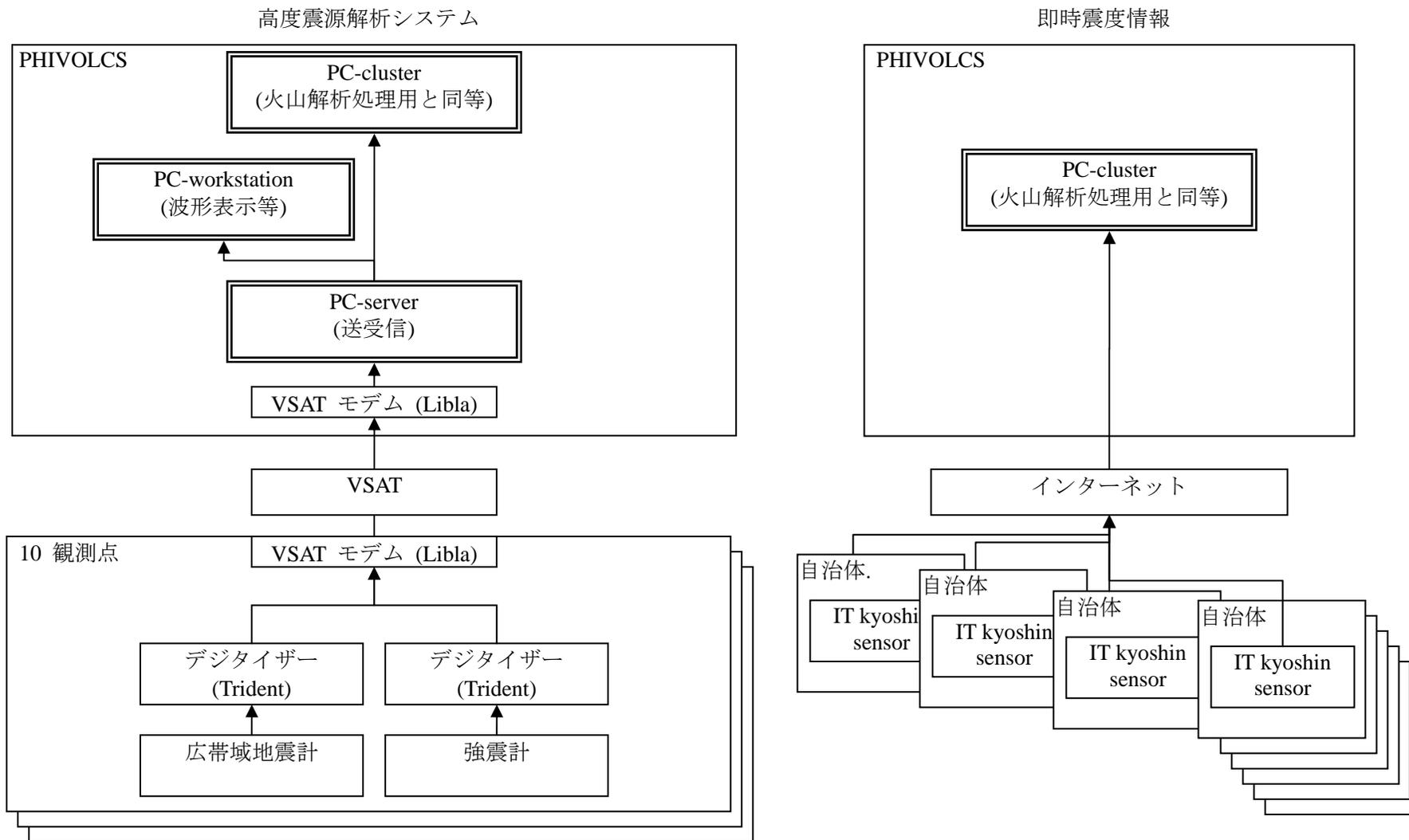


図 4-5 高度震源解析・即時震度情報ネットワークと計算機等の配置構成案

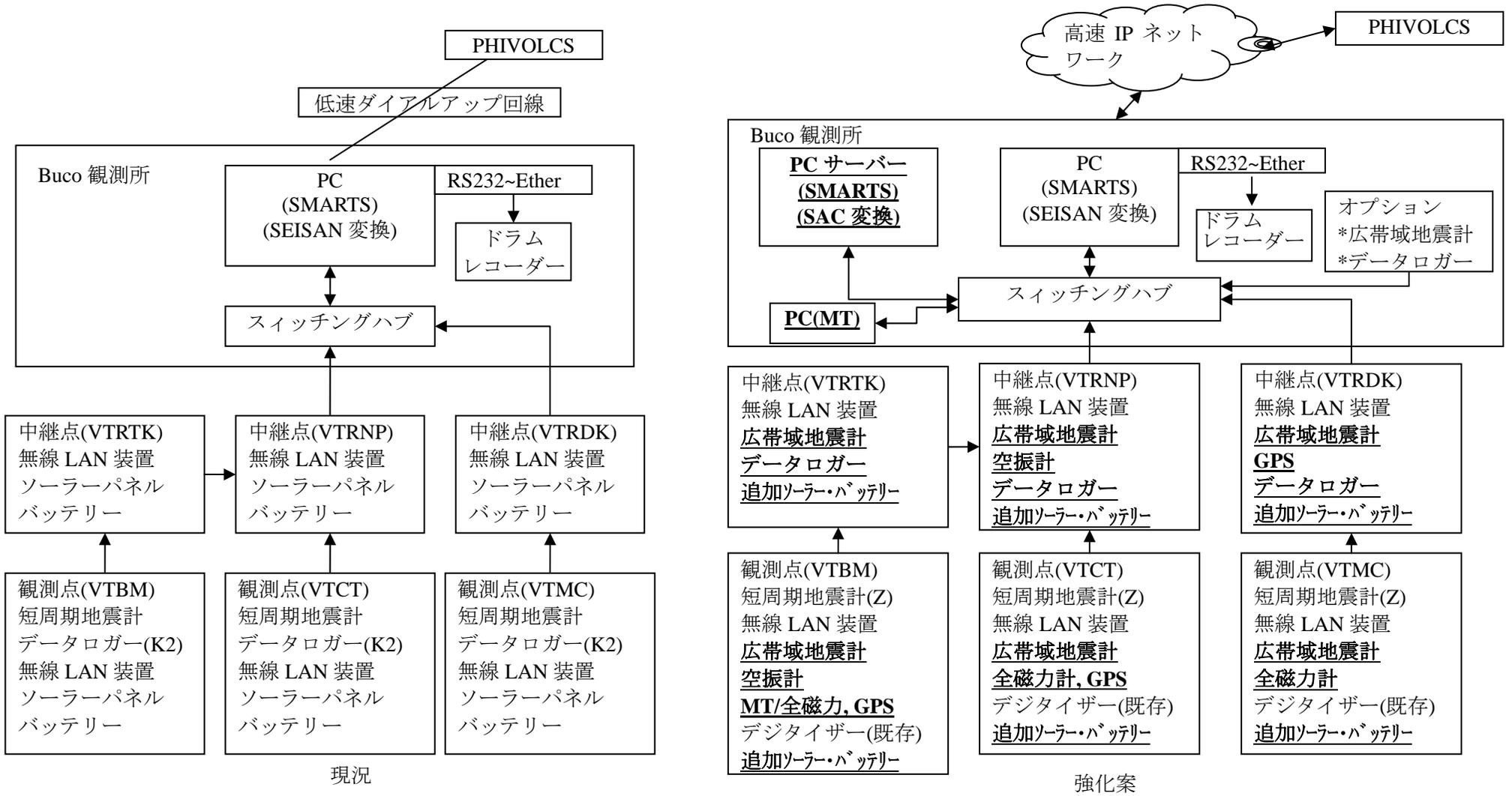


図 4-6 タール火山観測地点の観測機材の強化案

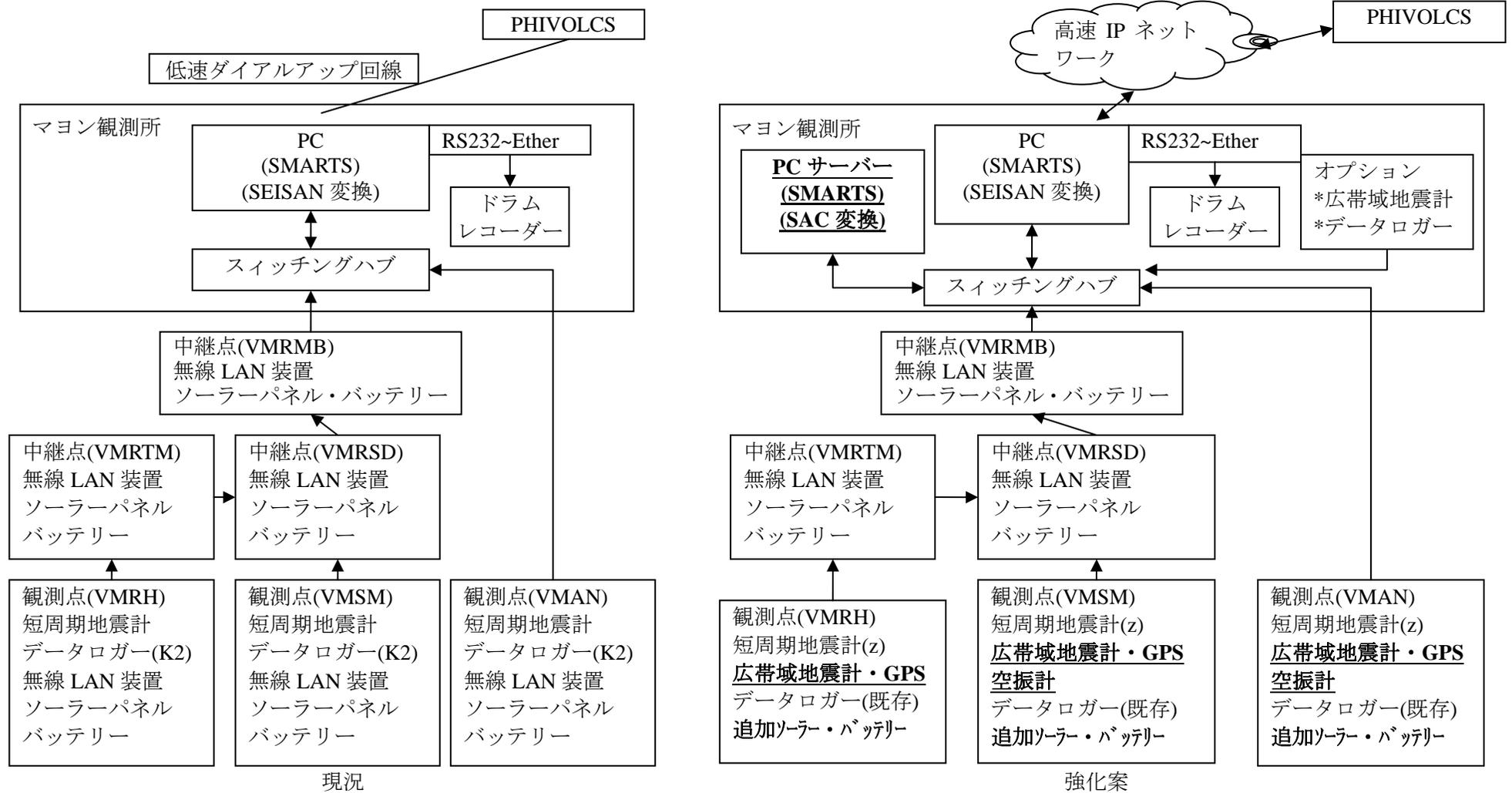


図 4-7 マヨン火山観測点の観測機材の強化案

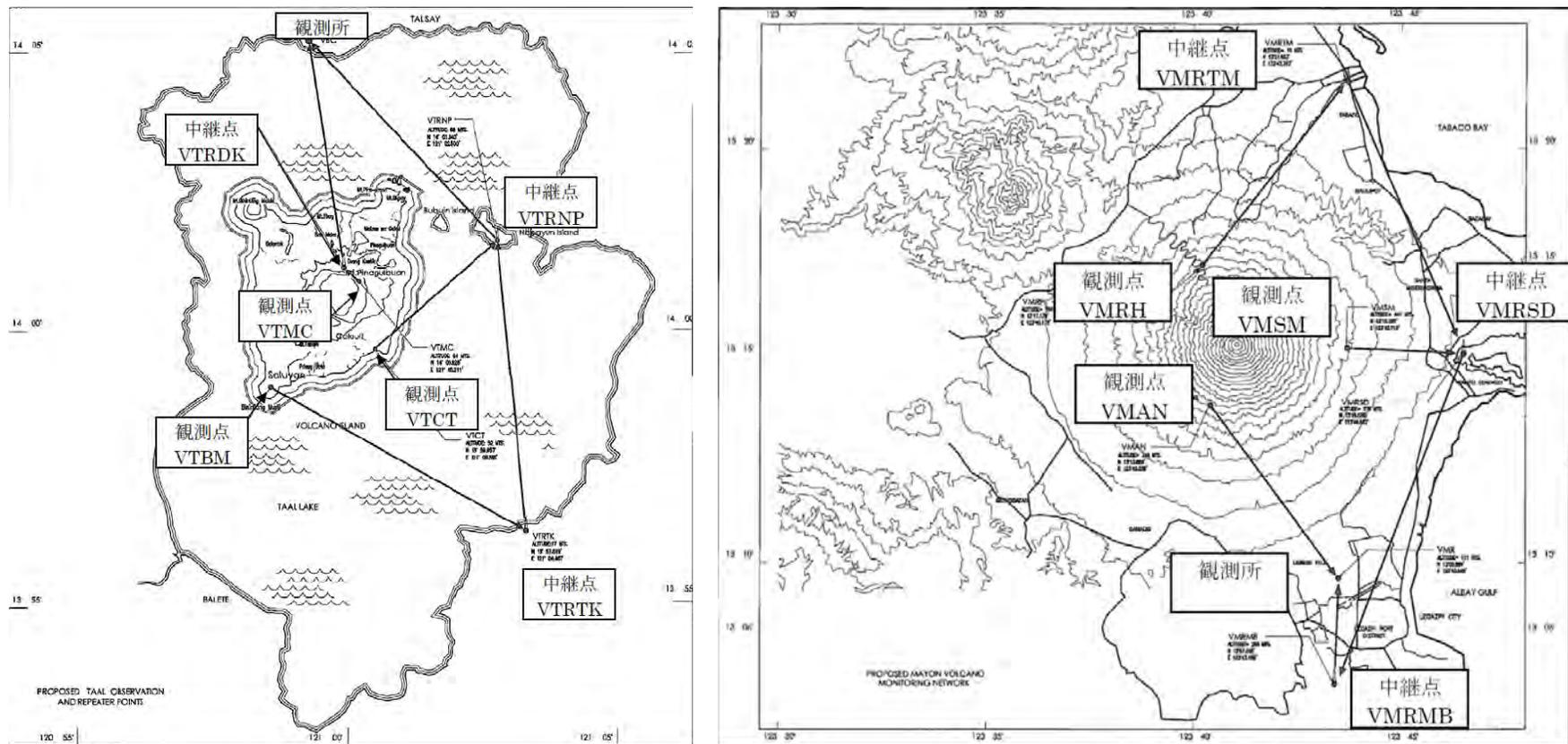


図 4-8 タール火山（左）およびマヨン火山（右）観測点配置

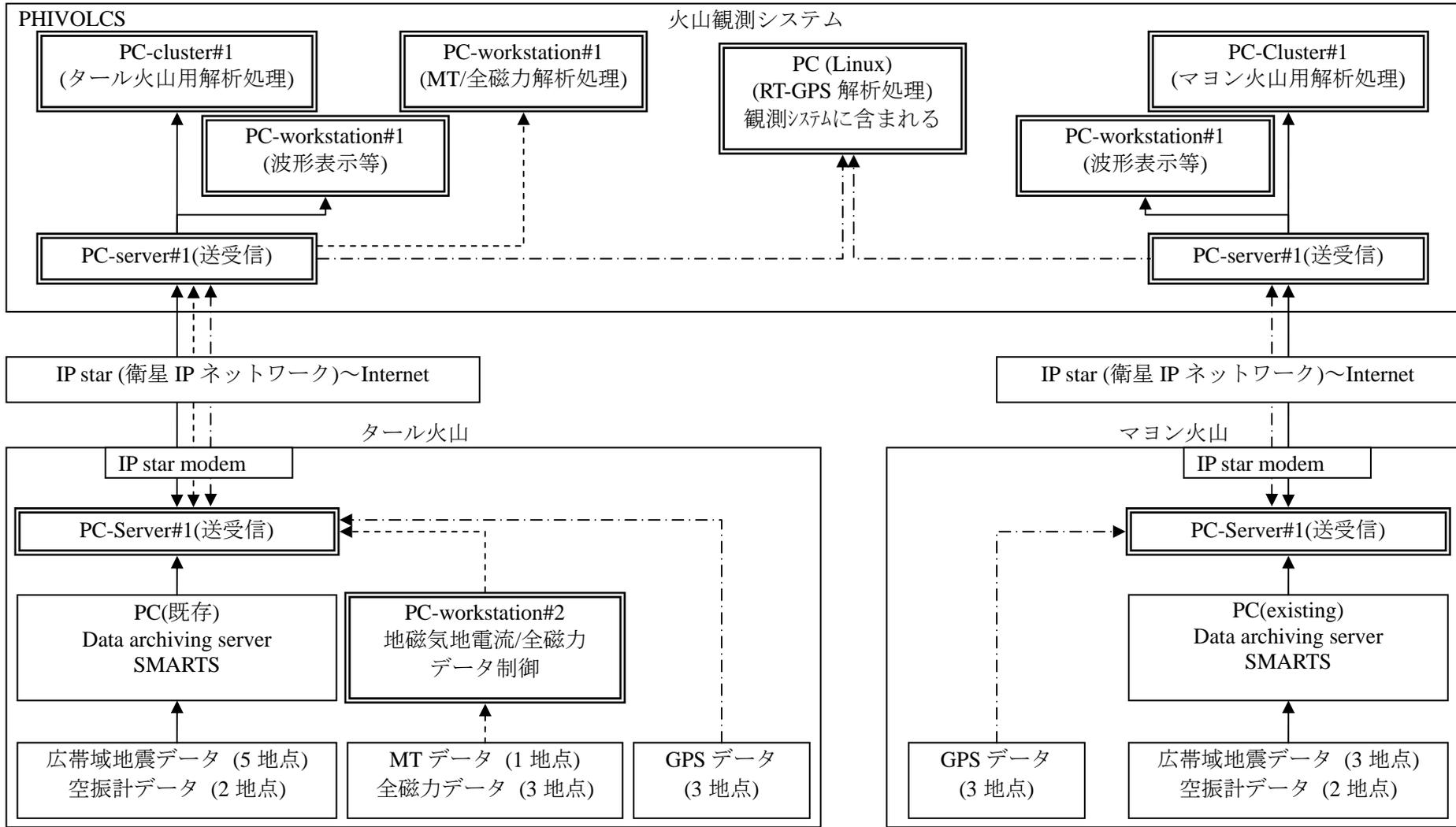


図 4-9 総合火山監視システムネットワークと計算機等の配置構成案

表 4-11 観測強化機材一覧および見積り

機材名	概略単価 (千円)	数量	概略価格 (千円)	参考銘柄(メーカー)	現地 調達	2010	2011	2012	2013	2014
1-1. 即時高度震源解析		計	54600			27900	25950	750	0	0
広帯域地震計(高精度)	2800	10	28000	Trillium240(Nanometrics社製)	N	5	5	0	0	0
強震計	630	10	6300	Titan(Nanometrics社製)	N	5	5	0	0	0
ソーラー電源システム	900	10	9000	KC85 (KYOCERA製)	N	5	5	0	0	0
送受信用PCサーバー	350	2	700	HP ProLiantML110G5	Y	1	0	1	0	0
表示用PCワークステーション	400	2	800	HP Z600/CT workstation(X5504x2)	Y	1	0	1	0	0
解析用PCクラスター (モニター切替器含む)	1100	1	1100	HP ProLiantDL160G6(X5550x2)	Y	0	1	0	0	0
VSATレシーバー	2300	1	2300	Carina(Nanometrics)	N	1	0	0	0	0
無停電電源	200	2	400		Y	1	1	0	0	0
システム調整費	3000	2	6000	現地でのシステム構築・調整費	N	1	1	0	0	0
1-2. 震度速報		計	28100			8600	0	19500	0	0
IT強震計	250	100	25000	IT強震計 Consortium/研究会仕様	N	30	0	70	0	0
解析処理用PCクラスター	1100	1	1100	HP ProLiantDL160G6(X5550x2)	Y	1	0	0	0	0
中央処理ソフト	2000	1	2000		N	0	0	1	0	0
2. 地震発生ポテンシャル評価		計	11800			0	10900	0	900	0
GPS受信機	2000	5	10000	5700 II (ニコン・トリンプル社製)	N	0	5	0	0	0
解析用PCワークステーション	900	2	1800	HP Z600/CT workstation(x5570x2)	Y	0	1	0	1	0
3. リアルタイム総合火山監視		計	79900			54500	19400	6000	0	0
火山地震・空振										
広帯域地震計(廉価)	2200	8	17600	CMG-40T(Guralp社製)	N	5	3	0	0	0
空振計	1000	4	4000	TYPE3348/7144(アコー社製)	N	2	2	0	0	0
データロガー	2200	3	6600	Basalt(Kinemetrix社製)	N	3	0	0	0	0
表示用PCワークステーション	400	2	800	HP xw4600/CT workstation	Y	1	1	0	0	0
解析用PCクラスター (モニター切替器含む)	1100	2	2200	HP ProLiantDL160G6(X5550x2)x2	Y	1	1	0	0	0
火山GPS										
GPS受信機	2000	6	12000	NetRS (ニコン・トリンプル社製)	N	3	0	3	0	0
処理システム	5000	1	5000	NGS社製	N	1	0	0	0	0
火山電磁気										
オーバーハウザー磁力計	2100	3	6300	OVH216(テラテクニカ社製)	N	3	0	0	0	0
地磁気地電流計	4700	1	4700	U-56F(テラテクニカ社製)	N	1	0	0	0	0
測定用PCワークステーション	300	1	300	HP xw4600/CT workstation	Y	1	0	0	0	0
解析用PCワークステーション	400	1	400	HP Z600/CT workstation(X5504x2)	Y	1	0	0	0	0
火山共通										
ソーラー電源システム	700	8	5600	KC50 (KYOCERA製)	N	5	3	0	0	0
送受信用PCサーバー	350	4	1400	HP ProLiantML110G5	Y	2	2	0	0	0
無停電・安定化電源	500	2	1000		Y	1	1	0	0	0
システム調整費	6000	2	12000	現地でのシステム構築・調整費	N	1	1	0	0	0
4. 防災情報利活用		計	9150			6600	1550	0	1000	0
負荷分散用PCサーバー	250	1	250	HP ProLiant DL120 G5	Y	0	0	0	1	0
WEBサーバー兼ストレージ 用PCサーバー	750	2	1500	HP ProLiant DL160 G6	Y	0	1	0	1	0
モニター・ラック等	600	1	600	Monitor/Keyboard/Console Sw/Rac	Y	0	1	0	0	0
無停電電源	200	1	200		Y	0	1	0	0	0
インターネット回線強化	6000	1	6000	光ファイバー3km敷設	Y	1	0	0	0	0
衛星IPネットワーク強化	600	1	600	衛星モデム配備	Y	1	0	0	0	0
合計			183550			97600	57800	26250	1900	0

4-5 現地再委託

機材の設置作業や、地震発生ポテンシャル評価における断層調査では、現地の業者に作業を再委託する可能性がある。PHIVOLCS への質問表ならびにヒアリングにより再委託に関する情報を取得した。

それによると、「フィ」国内には断層トレンチ調査等の技術・経験を持った地質調査業者は存在しない。しかし、PHIVOLCS では既に断層のトレンチ調査や地震計設置小屋の土木建設工事および地震計設置作業を現地の作業員を使用して自力で実施する能力を持っている。

例えば、断層のトレンチ調査では、長さ 15m、掘削深度 2m 程度の規模の調査に対し、調査地の土地の所有者に対して土地の借用料と労務者の賃金として 30000 ペソを支払い、PHIVOLCS の研究員が監督・指示することにより調査を実施している。重機が必要な場合は 1 時間あたり 1500 ペソで使用する事ができる。

地震計設置小屋の土木建設作業やセンサーの設置作業に関しても、PHIVOLCS の研究員が日本人専門家と共同で監理指導することにより実施できると考えられる。その場合の労務費は PHIVOLCS の年次予算から捻出可能である。

4-6 プロジェクト実施上の留意点

- ・ 機材調達に係る留意事項については 4-4-4 参照。
- ・ 本プロジェクトの活動には、一部日本でも実用化されていない震度解析手法の試験運用が含まれている。これら革新的な技術については、研究開発の過程で代替案を並行して研究開発するなど、期待される最終的な成果とプロジェクト目標の達成に向けて必要に応じて柔軟に活動計画を変更・改善するなどの対応を取る必要がある。
- ・ 特に成果 4 の普及の観点において、災害情報の共有、防災指導を行っている国家防災調整委員会のメンバー機関、及び、地方防災調整委員会、メディアとの協力関係を強化する必要がある。
- ・ 留学等によりカウンターパート変更の必要が生じた場合には、できるだけ速やかに人員配置を行うよう留意する必要がある。
- ・ 既存の機材に加えて、本プロジェクトで供与する機材についても、順次、維持管理費が必要となる。プロジェクトを円滑に運営するため、機材の調達工程およびフィリピンの会計スケジュールに合わせて、必要な予算を前倒して計上していく必要がある。
- ・ プロジェクトの進捗に伴い、成果 1~3 については学術的側面を考慮した指標、成果 4 についてはより実地的な指標の設定となるよう、見直しが必要である。併せて、中間レビューの際に上位目標及びプロジェクト目標の妥当性についても再検討する必要がある。

第5章 プロジェクトの評価

5-1 妥当性

本案件は以下の理由から妥当性が高いと判断される。

① 優先度

- ・ 「フィ」国政府は、1990年代後半から、「災害発生後の緊急対応とその後の復旧・復興対応」に重点を置いた政策から、「貧困解消の一環として災害発生前の災害リスク軽減を図る総合的な災害マネジメント」へと転換してきている。同国政府は、中期国家開発計画（2004年～2010年）において、非構造物対策として、危険地域におけるコミュニティの予警報システムなどコミュニティ防災の推進を挙げている。また、構造物対策としては、災害発生前の予防・被害軽減を目的とする防御施設や観測施設の整備などを目標に掲げている。本プロジェクトは、我が国と「フィ」国両国の研究者による最先端の地震火山研究の成果を、地域行政やコミュニティに活用することで災害被害の軽減を目指すものであり、「フィ」国政府の防災政策との整合性が高い。
- ・ 「フィ」国の中期国家開発計画に対して、我が国は2008年6月に対フィリピン国別援助計画を策定し、重点開発課題の「貧困層の自立支援と生活環境改善」の中では「自然災害からの生命の保護」を重点分野としてフィリピン側の財政状況を踏まえつつ、優先度の高い地域における治水・砂防インフラの整備・維持管理について支援するとともに、住民が災害から避難するために必要となる対策の強化等について支援することを明確にした。これを受けて、JICA 国別援助実施方針において「貧困層の自立支援と生活環境改善」の一要素として防災プログラムを設立、非構造物対策と構造物対策の両面で災害発生時の被害を軽減するための施策の実施を支援することとしており、防災技術の向上とそこから得られた防災情報の利活用を目的とする本プロジェクトは、これに合致するものである。

② 必要性

- ・ JICA では、「フィ」国の地震火山災害に対しては、1980年代から20年以上に亘って協力しており、これら支援で供与された観測機材により、地震発生後15分程度で震源や規模を把握する体制と主要6活火山の常時観測体制が構築され、地震・火山観測能力はそれ以前に比べて大きく向上した。しかし、上記無償資金協力によるプロジェクトの実施から10年近くが経ち、その間に日本や各国の地震火山監視技術は大きく進歩した。特に、2004年のスマトラ沖地震・津波以降、アジア各国では、津波早期警報システム構築のために広帯域地震計の整備が急速に進んでおり、そのような中において、「フィ」国のみが、広帯域地震計によるテレメータ観測網を有しておらず、大地震発生時に正確なマグニチュードと震源の特定、地震波の到達予測が行なえておらず、地震発生後の緊急地震速報も正確性を欠くものとなっている。火山観測においては、「第二次地震・火山観測網整備計画（2001年～2002年）」において、テレメータ観測網が整備されたが、観測網には短周期地震計のみが設置されているため、長期的な噴火予測や避難命令に必要な、精度の高い噴火予測を行うこと、予警報を発信することが困難な状況にある。また、これまでの PHIVOLCS と日本の大学との研究では、火山における電磁気観測に関する研究実績があり、電磁気観測が噴火予測に有効なことが証

明されている。このように、これまでの観測体制の強化と最新の観測技術を用いて火山噴火予測を行なうことにより信頼性の高い火山噴火予測体制の構築が可能となる。

- ・ 地震・火山観測から得られた情報を被害軽減に役立てるには、情報の迅速さと正確さだけでなく、国・地方自治体・企業・住民が、最新観測情報に基づく防災関連情報にアクセスし、その意味を理解し、情報を適切な緊急対応や事前の備えといった具体的な行動に反映できる仕組みが必要である。

③ 手段としての妥当性

- ・ 日本は、世界有数の地震国であり、地震火山研究において国際的な比較優位を有する。本プロジェクトは日々の最先端の学術研究の成果を防災に生かす試みであり、防災分野での技術協力の方法として適切である。
- ・ 本プロジェクトのカウンターパート機関である PHIVOLCS は、「フィ」国における唯一の地震火山監視に関する研究所であり、この分野での研究実績がある。また、PHIVOLCS は「フィ」国の国家災害調整委員会のメンバーであり、地震や火山噴火の予知・観測、地震・火山噴火発生時には同委員会への情報提供機関としての役割を担っている。PHIVOLCS は、本プロジェクトのカウンターパートとして最適であり、特に、研究成果の利活用の部分については PHIVOLCS の積極的な関与が不可欠である。

5-2 有効性

本案件は以下の理由から有効性が認められる。

- ・ 期待される成果 1～3 は、主に PHIVOLCS 研究員の観測、予測技術面の能力向上である。他方、期待される成果 4 では、成果 1～3 で得られた研究成果が分かりやすく使いやすい形に加工して提供され、防災関係機関や一般住民に実際に利活用されることが目指されているため、研究から成果の社会還元に至るプロセスが明確に示されている。

また、有効性の阻害・促進要因としては、次の諸点が想定される。

- ・ 本プロジェクトの活動には、一部日本でも実用化されていない震度解析手法の試験運用が含まれている。これら革新的な技術については、研究開発の過程で代替案を並行して研究開発するなど、期待される最終的な成果とプロジェクト目標の達成に向けて必要に応じて柔軟に活動計画を変更・改善するなどの対応を取ることが想定されている。
- ・ 災害情報の共有、防災指導を行っている国家防災調整委員会のメンバー機関、及び、地方防災調整委員会の協力を得ることにより、特に成果 4 の普及の観点において、本プロジェクトの有効性は大きく促進されると想定される。

5-3 効率性

本案件は、以下の理由から効率的な実施が見込める。

- ・ 本プロジェクトでは、無償資金協力「地震・火山観測網整備計画（第一次、第二次）」、技術協力プロジェクト「地震火山観測網整備計画（2004年3月～2006年3月）」など既往の技術協力及び供与機材を最大限に活用し、これに新たな科学技術協力及び最新の供与機材を追加することによって、より迅速で正確な震源情報・震度情報・被害推定・津波予測情報を効率的に発信することを目指す。

- ・ PHIVOLCS は、国家災害調整委員会のメンバー機関であり、研究機関として平素より中央・地方政府や教育機関、民間セクターに対する防災セミナー・教育を実施していることから、中央レベルの防災関係機関だけでなく、地方レベルの防災関係機関についてもネットワークを有している。加えて、地震火山情報を提供している関係から、メディアとも密接なつながりを有する。これら PHIVOLCS のネットワークを活用することにより、本プロジェクトの効率的な実施（特に、成果4の諸活動）が見込まれる。

また、効率性の阻害・促進要因としては、次の諸点が想定される。

- ・ PHIVOLCS は、地震・火山噴火等の自然災害が発生する（或いは、予兆が観察される）と、組織を挙げて対応しなければならない場合がある。その場合は、プロジェクト活動を一時的に中断せざるを得ず、進捗が阻害される可能性がある。
- ・ 地震・火山監視用の機材は、山間部や噴火口付近など、外気に直接接触れる、人家から離れた地域に設置される場合がある。したがって、設置機材が故意に破壊されたり、天候や自然災害によって機能しなくなったりする可能性がある。また、観測地点で得られた情報をテレメータで PHIVOLCS 本部へ、加工された情報をポータルサイトを通じて関係諸機関及び一般国民に提供するため、それぞれの回線が安定的に機能しない場合には、有効性が阻害される可能性がある。
- ・ PHIVOLCS は研究機関であり、その職員は観測所勤務者を含めパーマネントであるが、修士・博士の学位取得のために奨学金等を得て留学する研究員も多いため、カウンターパート変更の必要が生じた場合には、できるだけ速やかに人員配置が行われることが望ましい。

5-4 インパクト

本案件のインパクトは以下のように予測できる。

- ・ 本プロジェクトは、我が国と類似した災害環境を持つ「フィ」国で行われることにより、災害の基礎研究、防災への応用研究の両面の共同研究において得られた学術的成果は、日本の防災技術にも寄与するものとなることが期待される。
- ・ PHIVOLCS は既にフィリピンの中央・地方レベルにおいて様々な防災関連機関とのネットワークを構築している。このネットワークを活用することにより、中長期的には、本プロジェクトの学術的成果がフィリピン国防災関係機関に効果的に活用されることが期待できる。
- ・ また、本プロジェクトの我が国と「フィ」国両国の実施機関は、世界中の防災研究ネットワークとのつながりを有する。本プロジェクトから得られた学術的成果が、論文や学会発表を通じて、国際的な防災課科学技術の発展に寄与することも期待される。

5-5 自立発展性

本案件の自立発展性の見込みは、以下のように予測できる。

① 政策

「フィ」国では自然災害が頻繁に発生しており、防災政策が同国の中長期国家開発計画の重点課題に位置づけられていることから、プロジェクト目標、上位目標などのプロジェクトが目指している効果は、援助終了後も持続する可能性が高い。

② 組織・制度

本プロジェクトのカウンターパートである PHIVOLCS は、フィリピンの地震火山研究の唯一の担い手であり、その基本的な役割は援助終了後も継続すると見込まれる。

PHIVOLCS は、研究所としての性格上、職員全員が大卒以上のパーマネント雇用であり、「フィ」国の他の政府系機関と比較して組織・制度面で非常に安定していると言える。研究職員に要求される専門性も非常に高いため、修士・博士の学位を取得するために留学する者も多いが、活動に影響の出ないよう人員配置に留意しつつ、本プロジェクトを通じて、次世代を担う研究者を十分に育成しておくことは非常に意義がある。

③ 技術力

PHIVOLCS 研究者の多くは修士号・博士号取得者であり、高い専門的技術力を有しており、本プロジェクトの活動及び機材供与を通じて、最新機材の運用技術及びここから得られたデータの分析技術を習得し、不足している基礎データの収集・分析に尽力すれば、プロジェクト終了後も技術力は高い水準で維持されると見込まれる。また中長期的には、本プロジェクトの成果を踏まえ、「フィ」国に適した防災技術の開発・改良とさらなる進展が期待される。

④ 財源

PHIVOLCS の機材の運用・維持管理の予算は、38,153,000 ペソ（2008 年）、45,431,000 ペソ（2009 年）、51,703,000 ペソ（2010 年要求額）と毎年着実に増加しており、本プロジェクトにおいて供与予定の機材についても、2010 年度の予算要求額に含まれており、その運用・維持管理の経費は確保できる見込みである。PHIVOLCS を管轄する科学技術省（Department of Science and Technology : DOST）も本プロジェクトに大きな期待を寄せており、支援を約束してくれていることから、プロジェクト期間中に必要な経費については、毎年適切な予算請求を継続して実施すれば、大きな問題は発生しないものと思われる。本プロジェクト終了後もテレメータ観測網や大容量のインターネット回線を維持管理していくために必要な予算を継続的に確保する必要がある。