

NO. 1

フィリピン共和国

地震・火山観測網整備計画

基本設計調査報告書

平成10年2月

LIBRARY



J 1146523(4)

国際協力事業団

財団法人 日本気象協会

調無一

GR(3)

98-051

フィリピン共和国 地震・火山観測網整備計画 基本設計調査報告書

平成10年2月

1/3
20

フィリピン共和国
地震・火山観測網整備計画
基本設計調査報告書

平成10年3月

国際協力事業団
財団法人 日本気象協会



1146523 [4]

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・火山観測網整備計画にかかる基本設計調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成9年10月21日から11月24日まで基本設計調査団を現地に派遣いたしました。

調査団は、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調査を実施いたしました。帰国後の国内作業の後、平成10年1月15日から1月26日まで実施された基本設計概要書案の現地説明を経て、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10年3月

国際協力事業団
総裁 藤田 公郎

伝 達 状

今般、フィリピン共和国における地震・火山観測網整備計画基本設計調査が終了いたしましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

本調査は、貴事業団との契約に基づき、弊会が、平成9年10月21日より平成10年3月31日までの5ヶ月間にわたり実施してまいりました。今回の調査に際しましては、フィリピンの現状を十分に踏まえ、本計画の妥当性を検証するとともに、日本の無償資金協力の枠組みに最も適した計画の策定に努めてまいりました。

つきましては、本計画の推進に向けて、本報告書が活用されることを切望いたします。

平成10年3月

財団法人 日本気象協会

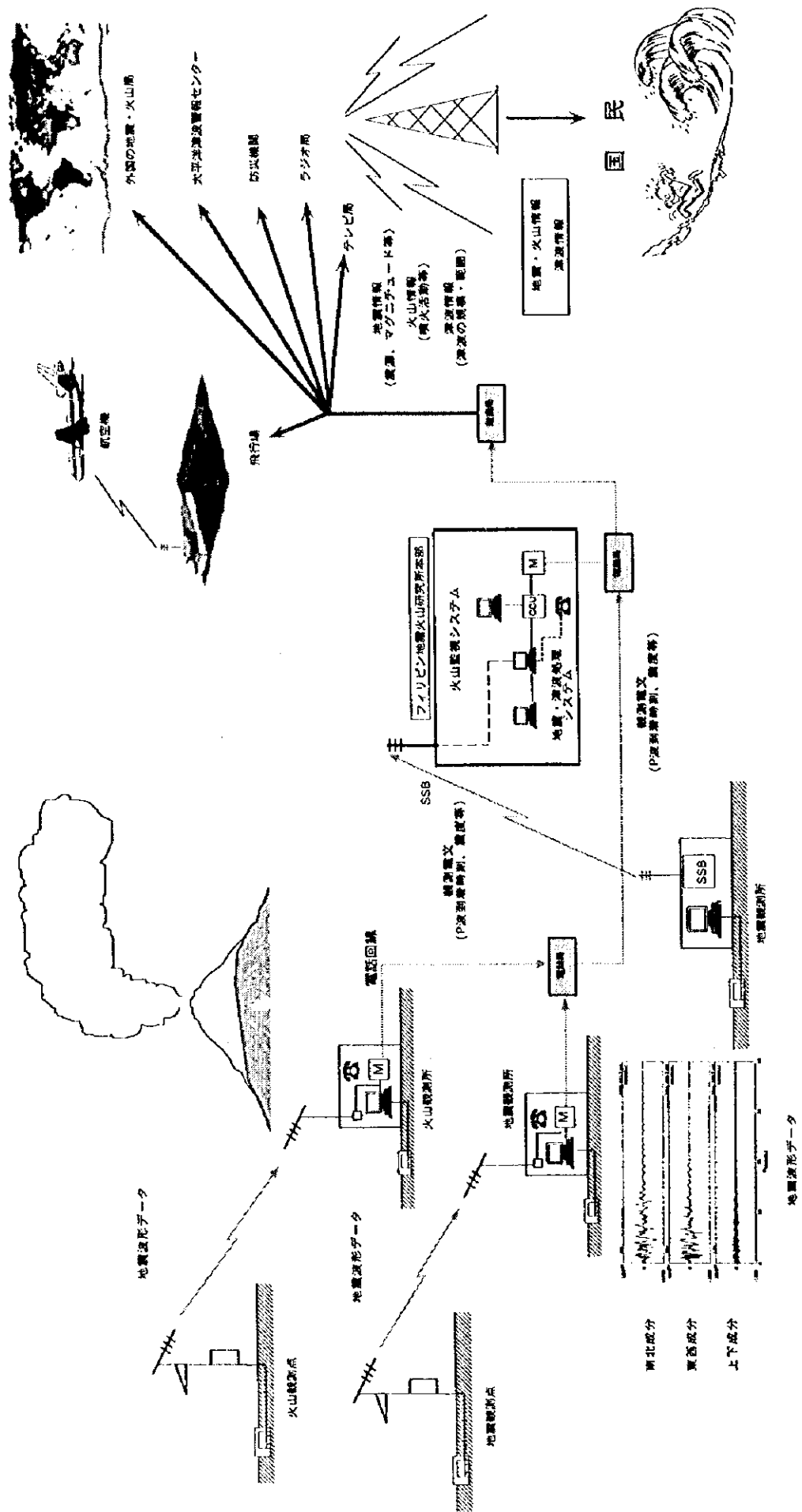
フィリピン共和国

地震・火山観測網整備計画基本設計調査団

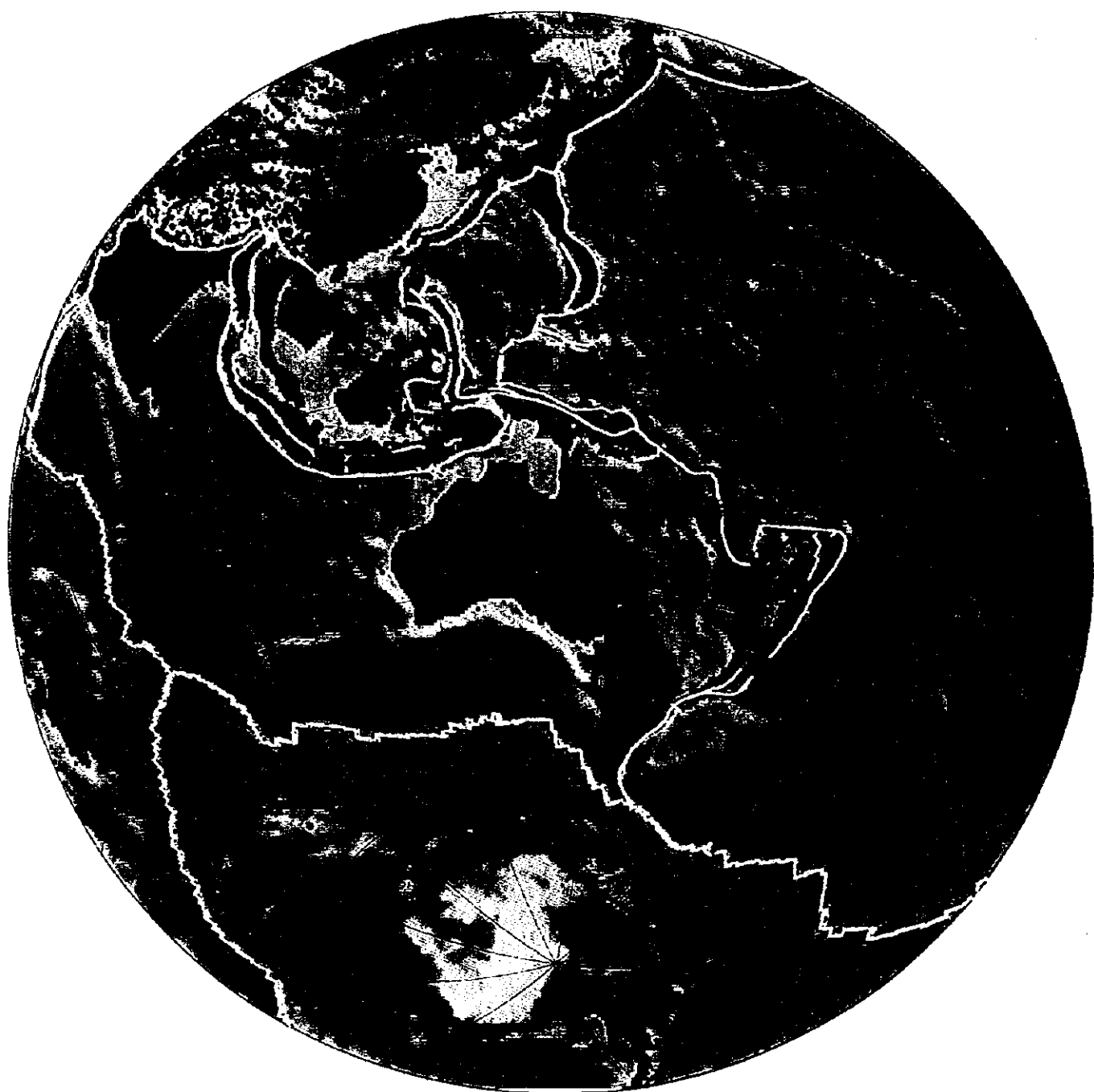
業務主任 鈴置 哲朗

THE PROJECT FOR EARTHQUAKE AND VOLCANO
MONITORING IMPROVEMENT PROGRAM
IN THE REPUBLIC OF THE PHILIPPINES

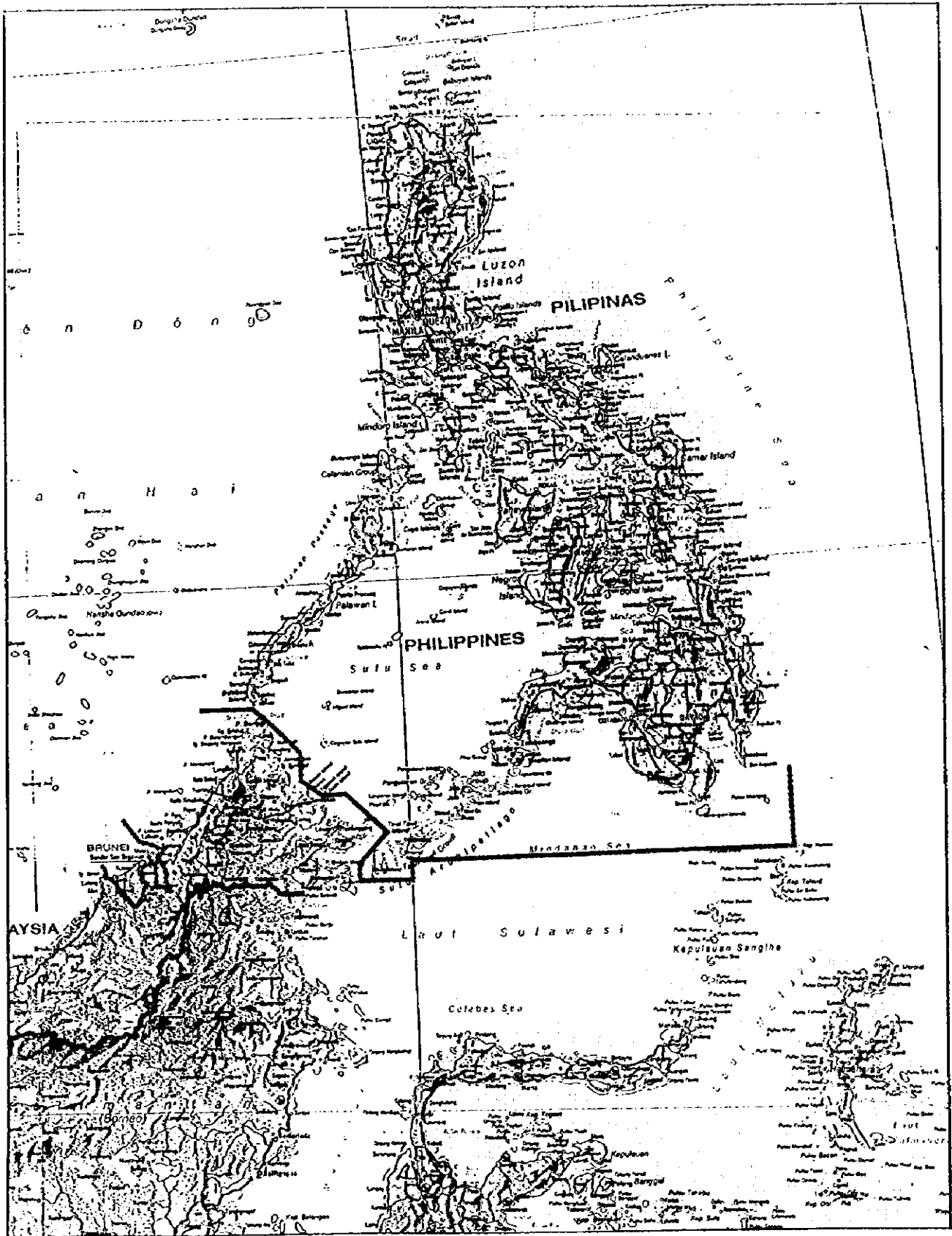




プロジェクト概念図



震源分布とプレート



フィリピン国周辺地図

略語集

1. 一般

CPU	Central Processing Unit	中央処理装置
GNP	Gross National Product	国民総生産
GPS	Global Positioning System	全世界測位システム
IOC	Intergovernmental Oceanographic Commission	政府間海洋学委員会
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development	経済協力開発機構
PAGASA	Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration	フィリピン気象局
PTWC	Pacific Tsunami Warning Center	太平洋津波警報センター
PHIVOLCS	Philippine Institute of Volcanology and Seismology	フィリピン火山地震研究所
SSB	Single Side Band	単側波帯伝送方式
UHF	Ultra High Frequency	極超短波

2. 単位

A	Ampere	アンペア
AH	Ampere Hour	アンペア・時
GB	Giga Byte	ギガバイト
GHz	Giga Hertz	ギガヘルツ
KVA	Kilo Volt Ampere	キロボルト・アンペア
KW	Kilo Watt	キロワット
M	Magnitude	マグニチュード
MB	Mega Byte	メガバイト
MHz	Mega Hertz	メガヘルツ
V	Volt	ボルト
W	Watt	ワット

目次

序文

伝達状

プロジェクト概念図

震源分布とプレート

フィリピン国周辺地図

略語集

要約.....	要--	1
第1章 要請の背景.....	1-	1
第2章 プロジェクトの周辺状況.....	2-	1
2-1 当該セクターの開発計画.....	2-	1
2-1-1 上位計画.....	2-	1
2-1-2 財政事情.....	2-	1
2-2 他の援助国、国際機関等の計画.....	2-	2
2-3 我が国の援助実施状況.....	2-	2
2-4 プロジェクト・サイトの状況.....	2-	3
2-4-1 自然条件.....	2-	3
2-4-2 社会基盤整備状況.....	2-	12
2-4-3 既存施設・機材の現状.....	2-	12
2-5 環境への影響.....	2-	17
第3章 プロジェクトの内容.....	3-	1
3-1 プロジェクトの目的.....	3-	1
3-2 プロジェクトの基本構想.....	3-	1
3-3 基本設計.....	3-	14
3-3-1 設計方針.....	3-	14
3-3-2 基本計画.....	3-	15
3-4 プロジェクトの実施体制.....	3-	49
3-4-1 組織.....	3-	49
3-4-2 予算.....	3-	55

3-4-3 要員・技術レベル.....	3-55
第4章 事業計画.....	4-1
4-1 施工計画.....	4-1
4-1-1 施工方針.....	4-1
4-1-2 施工上の留意事項.....	4-2
4-1-3 施工区分.....	4-3
4-1-4 施工監理計画.....	4-3
4-1-5 資機材調達計画.....	4-5
4-1-6 実施工程.....	4-10
4-1-7 相手国側負担事項.....	4-11
4-2 概算事業費.....	4-12
4-2-1 概算事業費.....	4-12
4-2-2 維持・管理計画.....	4-14
第5章 プロジェクトの評価と提言.....	5-1
5-1 妥当性にかかる実証・検証及び裨益効果.....	5-1
5-2 技術協力・他ドナーとの連携.....	5-2
5-2-1 技術協力.....	5-2
5-2-2 他ドナーとの関係.....	5-2
5-3 課題.....	5-3

(資料)

1. 調査団員氏名、所属.....	資1-1
2. 調査日程.....	資2-1
3. 相手国関係者リスト.....	資3-1
4. 当該国の社会・経済事情.....	資4-1
5. 収集資料リスト.....	資5-1

要 約

要 約

フィリピン国は北緯5度から21度、東経117度から127度の間に位置しており、環太平洋地震・火山帯に位置している。フィリピン列島付近には、フィリピン海プレート、ユーラシアプレート、セレベスプレート等のプレートがあり、フィリピン列島周辺はプレートテクトニクスの見地からみても非常に複雑で、この列島には南北に1,600kmにわたるフィリピン断層をはじめ、幾つもの活断層が形成されている。フィリピン国ではこれらの断層の活動による地震やプレート間での地震が発生し、地震動による建築物の倒壊等により甚大な被害が生じ、周辺海域での地震により津波が発生し、沿岸域に被害をもたらしている。また同時に、火山活動が活発であり火山の噴火により伴う降灰、火砕流、溶岩流、泥流による被害に加えて、近年は、火山灰噴煙による航空機のエンジンの損傷等航空機の安全運行にも重大な影響を生じている。

地震・火山活動により大きな被害をもたらした最近の災害は以下の通りである。

- ・ミンダナオ島南方沖地震（1976年、マグニチュード（M）7.9、約3,500人の死者）
- ・ルソン島中部地震（1990年、M7.6、1,620人を越える死者）
- ・ピナツボ火山の大噴火（1991年、約400人の死者、約90,000人の避難者、15機の航空機の運行に被害が発生）
- ・マヨン火山の噴火（1968年、1978年、1984年に噴火。1993年の噴火では、死者約70人、避難者は60,000人）

上述のような地震・火山災害が頻発する状況下、フィリピン国内では地震・火山監視の必要性に対する社会的認識が高まっている。フィリピン国においてはフィリピン火山地震研究所（PHIVOLCS）が、地震・火山噴火等の活動を監視し、国民にその情報を迅速かつ正確に伝達する責務を担い、PHIVOLCSの機能を強化して災害軽減、防災対策を改善することが期待されている。

現在、PHIVOLCSは、広域的な地震観測を行うために最も有効な手段である地震計を、同国34カ所の観測所に設置して地震現象の監視を行っている。しかし、地震観測所数が少ないこと、高感度の地震計を保有していないこと、地震観測機器の多くが老朽化し故障が多いことから、現在、地震の検知能力は極めて低い。

同時に大部分の観測所では短周期上下動1成分の地震観測しか行われておらず、時刻精度を維持する機器が不足しており、観測機器の時刻の誤差が大きいことから、地震の発生時刻、震

源の位置・マグニチュードといった震源要素決定に必要な要素について十分な精度が得られていない。震源決定が困難な場合には、震度観測により震源を推定している。

また、観測データを収集するための通信システムが未整備のため、地震観測所からの観測データについては観測員等の人手を介しPHIVOLCS本部1カ所でSSB等で収集しており、観測データが本部に伝送されてくるのにかなりの時間を要している。

さらに、収集した観測データを処理・解析するシステムが不十分で、人手に依存せざるを得ないため、震源要素の決定・情報作成までに長時間を要し、緊急を要する地震・津波情報を迅速に発表することができない状況にある。

一方、火山観測は常時観測と機動観測の2つの方法で対応しており、フィリピン国の21カ所の活火山のうち、6火山については火山観測所で常時観測を行っている。しかし、マグマの状態等地下の火山活動を把握する上で重要な指標となる火山性地震・微動等を観測する機材の老朽化やテレメータ機器の未整備により火山活動状況の把握等の迅速な対応ができない。また、常時観測を行っていない他の活火山については、火山現象に異常が発生したとき、機動観測により対応しているが、機材不足から観測に支障をきたしており、火山活動状況をほとんど把握できていない。

このような背景から、フィリピン政府は我が国に対し、以下の無償資金協力を要請してきた。要請内容では3フェーズに分け実施する計画となっており、各フェーズごとの機材内容は以下の通りである。

- a) 第1フェーズ (地震火山活動の監視能力強化)
 - ・ PHIVOLCSの既設地震観測所、火山観測所の機材整備
- b) 第2フェーズ (処理・解析機能強化による情報発表の強化、緊急時の観測能力の強化)
 - ・ PHIVOLCS本部、サブセンターのデータ処理・解析機材および機動観測機材整備
- c) 第3フェーズ (地震火山活動の検知能力強化、防災情報発表の迅速化)
 - ・ 火山観測点、火山衛星観測点、地震観測点、中継点の機材整備

すなわち要請は、フィリピン政府はフィリピン国の社会・経済に大きな影響を与える地震・火山災害に対して、的確な観測、迅速なデータ伝達、的確な情報を発する体制を確立して、これを軽減することを目指し、全国的な地震・火山観測網を構築しようとするものである。

これが実現すれば、地震・火山による人的被害、居住地域への土石流・火砕流等による災害の軽減、航空機の安全航行、建築構造物の耐震基準を改善するための基礎資料の集積等が図られることになる。

この要請に対し日本政府は、フィリピン国の自然災害の現状、地震・火山観測業務の現状と将来計画を調査し、本計画の妥当性を検証するため1997年10月21日から11月24日まで基本設計調査団をフィリピン国へ派遣した。

調査団は、機材整備に関する要請内容の確認、計画の妥当性および機材の規模等の検討を行っ

たほか、フィリピン国の地震・火山観測業務の現状の把握、関連既存機器・施設の稼働状況、本計画の実施体制、PHIVOLCSの運営管理計画・体制、既設観測所の状況、インフラストラクチャーの整備状況、輸送関係およびその他本計画に関連する事項について現地調査を実施した。また、フィリピン国政府と調査内容および協議結果を議事録にしてとりまとめた。

帰国後、現地調査結果を踏まえ、本計画の妥当性を検討すると共に本計画の内容、形式、規模等について更に検討を加え、機材の設計、施工計画の策定、輸送計画および概算事業費の算定を内容とする基本設計および事業評価を実施し、これらの内容を取りまとめた基本設計概要書案を作成した。

さらに国際協力事業団は1998年1月15日より1月26日まで現地へ調査団を派遣し、基本設計概要書案の内容説明および打合わせを行ったほか、フィリピン国政府関係機関と本計画内容についての最終確認を行った。

フィリピン政府の要請に対し、調査・解析した結果、本計画では現状のPHIVOLCSの運用・管理能力を勘案し、以下のとおり第1次整備計画および第2次整備計画の2フェーズに分けて実施することを計画した。

第1次整備計画：フィリピン国およびその周辺で発生する地震活動の把握、津波を伴う恐れのある近海で発生する大きな地震の把握および耐震設計基準の改善に資する資料の蓄積等のため、既設観測所の観測機材の更新およびデータ処理・解析システムを整備する。

1) 既設地震観測所、既設火山観測所の機材更新（34ヶ所：全35カ所のうちブコ観測所を除く）

各既設観測所の観測機材を更新する。なお、観測機材のうち製作に長期間を必要とする大部分の中・長周期地震計等は、後述の第2次整備計画時に整備し、第1次整備では短周期地震計および強震計を整備する。

2) PHIVOLCS本部のデータ処理・解析システムの整備

各既設観測所からの地震データを解析するデータ処理・解析システムをPHIVOLCS本部に整備する。この段階では各観測所からのデータはオフライン処理である。

第2次整備計画：フィリピン国における火山活動を把握するための無人の火山観測点の新設、主にフィリピン国内陸のマグニチュード4.0程度以上の地震を検知するために最低限必要な無人の地震観測点の新設、地震の規模の正確な把握・メカニズム解明のための中・長周期地震計の整備を行って、火山・地震活動の検知・監視能力を強化する。

また、的確で迅速な情報発表を図るためPHIVOLCS本部のデータ処理・解析システムの拡充、サブセンターのデータ処理・解析システムの整備を行う。さらに地震・火山活動に臨機に対応

するため、機動観測機材及びメンテナンス用車両の整備を行う。

1) 既設観測所の機材整備・更新 (35カ所)

第1次整備計画で整備しない既設観測所の観測機材 (中・長周期地震計等) を整備する。さらに、ブコ火山観測所にはタール火山の活動を監視する機材等を整備する。

2) 火山衛星観測点の新設 (6火山×3カ所=18カ所)

既設の観測所がある6活火山について、各火山の火口の周囲3カ所に火山衛星観測点を新設し、火山で発生する火山性地震を観測する。観測データは既設火山観測所まで伝送する。

3) 火山衛星観測点に必要な中継点の新設 (9カ所)

火山衛星観測点の観測データを既設観測所まで直接伝送できない場合、途中に中継点を新設する。

4) 火山観測点の新設 (13カ所)

既設観測所がなく常時監視されていない活火山全てについて、各1カ所の火山観測点を新設し、観測データは最も近い既設火山観測所まで伝送する。これには、地震観測点としての機能も持たせ、その観測データは地震観測データとしても活用する。

5) 地震観測点の新設 (19カ所)

既設地震観測所が周辺に存在せず、新設する火山観測点も周辺に位置しない地域に、地震観測点を新設する。観測データは最も近い既設地震観測所まで伝送する。ただし、9カ所については中継点の機能を持たせ、新設する火山観測点及び地震観測点の観測データを既設観測所まで伝送する。

6) 火山・地震観測点に必要な中継点の新設 (9カ所)

新設する火山観測点及び地震観測点の中で観測データを既設観測所まで直接伝送できない箇所に対して、途中に中継点を新設する。

7) PHIVOLCS本部のデータ処理・解析システムの拡充

新設する観測地点にあわせ、PHIVOLCS本部の火山観測データ処理・解析システムを拡充整備する。公衆電話回線が整備されている既設観測所は、観測データをダイヤルアップ方式によりオンラインで本部に伝送し、本部では観測データのオンライン処理を可能とする。

8) サブセンターのデータ処理・解析システムの整備 (4カ所)

観測データがPHIVOLCS本部に一極集中することによるデータの遅れを防ぐため、地

域ごとにデータ中継・収集機能をもつサブセンター（ツゲガラオ、バギオ、セブ、ダバオ）を設置する。サブセンターは地方で地震等により大きな災害が発生したときの前進基地としての機能をも持ち合わせるため、インフラの整備が整っている地方の主要都市に設置する。

9) 機動観測機材の整備（30台）

機動観測には、大地震の余震観測や群発地震の活動把握のための地震機動観測及び火山に異常な活動が認められる場合に実施する火山機動観測の2種類がある。地震機動観測には、高感度の短周期地震計と強震を観測するための強震計を組み合わせ用い、精密な震源決定、地震波形解析のために10組の機材を整備する。また火山機動観測には高感度の短周期地震計を用い、火山周辺に10点の観測点を展開できる機材を整備する。このため短周期地震計20台、強震計10台の併せて30台の地震計を整備する。

10) メンテナンス用車両の整備（ピックアップトラック及びオートバイ）

多数の無人観測点が新設されるため、メンテナンス用車両としてピックアップトラック3台、オートバイ9台を整備する。

本計画を日本国の無償資金協力により実施する場合に必要な事業費総額は、全体で約25.94億円と見込まれている。工期は、実施設計を含め35.5ヶ月程度が必要となる。

本計画を実施することによりフィリピン国内の地震・火山観測業務遂行のための設備が強化される。具体的には、地震・火山活動の監視に必要な多数の点における短周期・中周期・長周期・強震動といった幅広い地震動の観測データを収集することが可能となり、観測データの質が向上し、地震・火山活動の監視能力が格段に向上する。無人観測点における観測データの無線回線を使用した観測所への自動伝送、観測所における電話回線を利用した観測データの自動伝送が可能となり、観測データの本部への伝送に要する時間が短縮される。さらに、データの収集・解析システムが強化され、地震発生時刻、震源位置、マグニチュードの計算、震度分布の把握や火山性地震の波形解析等のデータ解析に要する時間が短縮され、かつ、精度のよい解析結果が得られることになる。これらの結果、防災機関、航空機関等へ正確な地震・津波情報、火山活動情報等の迅速な提供により、災害発生時の応急対策が迅速に行えるなど地震・火山に伴う災害を大幅に軽減できるほか、建物の耐震基準の改善のための基礎資料の集積等が図られることになる。

また、本計画により、フィリピン国が太平洋津波警報組織国際調整グループのメンバーとして、津波の発生が予想される大きな地震についての情報を提供することを可能となり、国際的にも貢献する。

さらに、包括的核実験禁止条約に基づく国際監視システムの地震学的監視のため、本計画に

より整備された地震計のデータが活用されることが期待される。

以上のように本計画における裨益効果は、一般市民、防災機関、航空機関等にとって多大であり、フィリピン国外にも及ぶものである。

本計画は上記のような効果が期待されることから、本計画を無償資金協力で実施することの妥当性が確認できる。さらに、本計画の運営・管理についても、フィリピン国側体制は人員・資金ともに十分で問題はないと推測される。

ただし、以下の点がさらに改善・整備されれば、本計画はより円滑かつ効果的に実施可能である。

- ・地震・火山観測網を総合的に運用するためには、地震観測データの規格化と地震・火山観測業務の円滑化を図る必要がある。地震・火山観測データの総合的な処理・管理を推進する必要がある。
- ・本計画で導入予定の機器は35カ所の観測所、41カ所の観測点、6カ所の火山衛星観測点に設置される。全国に散らばったサイトの機器を総合的に運用するには、これらの機器を定期的に点検・保守・調整等を実施する必要がある。このためには、機器の保守体制を確立することが重要である。
- ・PHIVOLCS本部では全国の地震観測データを収集できるようになり、これらのデータは地震・火山・津波監視業務に利活用されることになる。地震観測データを利用した震源決定、津波予報技術の精度向上を図るため、新たな技術者の養成や津波予報の技術開発を継続的に実施することが望まれる。
- ・本計画では地震観測機器だけでなく地震観測データ処理装置、地震観測データを伝送する無線通信装置、地震観測データ解析装置等が導入されることから、これら新しい機器を含めた保守技術者の確保が必要である。このためには、効率的かつ効果的な研修計画を立て、継続的に技術者を養成することが必要である。
- ・各観測所から地震・火山観測データをより迅速かつ的確に収集し、必要な情報を関係機関に配信するには、将来的には専用線によるデータの送受信が必要となろう。本計画完成時では、既設公衆回線を利用したダイヤルアップ方式により、地震・火山観測データ及び情報を送受信するため専用線と比べて迅速性及び的確性に乏しい。そのため津波予・警報を発表するためには、約13分程度の時間が必要である。災害をより軽減するためには各観測所からの

データ受信及び予・警報配信時間の短縮が不可欠である。

- ・第2次整備計画で整備予定の無人観測点（火山と地震）及び中継点についてはフィリピン側で地点選定、電波伝搬試験を行っているが、計画を実施する前までに土地の確保、地点の確定、伝搬路の確認が終了していることが必要である。

第 1 章 要請の背景

第1章 要請の背景

先進国、開発途上国を問わず、地震国・火山国といわれる国々においては、地震、津波、火山噴火等の自然災害による被害を防止・軽減し、国民の安全を確保することが、国の最重要課題の1つである。

地震や火山噴火に伴う災害は世界各地で頻発しているが、地震や火山は地球上の限られた場所に分布しており、太平洋の周辺はその代表的な地域の1つである。この地域の地震や火山が集中している場所は、プレートとプレートが互いに接しているプレート境界域であり、地震・火山活動は、これらプレートの運動と密接に関連している。

フィリピン国は北緯5度から21度、東経117度から127度の間に位置しており、環太平洋地震・火山帯に位置しているフィリピン列島周辺は、プレートテクトニクスの見地からみても非常に複雑であり、この列島には南北に1,600kmにわたるフィリピン断層をはじめ、幾つもの活断層が形成されている。フィリピン国ではこれらの断層の活動やプレート間での地震が発生し、建築物の倒壊等による甚大な被害や周辺海域での地震により津波が発生し、沿岸域に被害をもたらしている。また同時に、火山活動が活発であり火山の噴火により伴う降灰、火砕流、溶岩流、泥石流による被害に加えて、近年は、火山灰噴煙による航空機のエンジンの損傷等航空機の安全運行にも重大な影響を生じている。

地震・火山活動により大きな被害をもたらした最近の災害は以下の通りである。

・ミンダナオ島南方沖地震

1976年8月17日、ミンダナオ島南方沖にマグニチュード(M)7.9の地震が起きた。この地震により津波が発生し、津波はミンダナオ島南部の沿岸全域におよび、津波の高さが7mに達したところもあった。津波が襲った沿岸では海岸近くや水上生活をする住民が多く、津波による被害が大きくなり、約3,500人の死者を出した。

・ルソン島中部地震

1990年7月16日にルソン島中部のバギオで起きたM7.6の地震により2,600人を越える死者を出す甚大な被害を受けた。この時被害が最も大きかったバギオ市は、標高1500mの急峻な山岳地に避暑地として発展した町である。被害の多くはホテル等の鉄筋コンクリート造建物であった。近くのダグバン市ではその中心街では鉄筋コンクリート造建物と電柱が傾斜、沈下する等、液状化現象による被害を受けた。市内を流れるパンタル川にかかるマグサイサイ橋は、液状化現象により橋脚の沈下と傾斜で橋桁も一部落下した。

・ピナツポ火山の大噴火

ピナツポ火山は600年以上噴火活動の記録は無かったが、1991年4月から噴火活動が

始まり、6月15日に大噴火した。この大噴火による人的被害は、死者938人、行方不明23人に達し、避難者は1,180,132人であった。

この大噴火は今世紀最大級といわれ、多量の火砕流が流れ出して多くの谷を埋め尽くし、山腹に厚さ200mもの噴出物を堆積させた。堆積物はラハール（泥流）となって河川下流域で橋、家屋等を破壊し、農地を埋め尽くし、河岸を浸食する等噴火後6年以上たった現在でも多くの被害を出している。また、火山灰が火口から3万メートル以上の高度まで上昇し、航空機の運行に深刻な影響を及ぼしたほか、降灰の影響でマニラ空港が閉鎖され航空機の運行に多大な影響を与えた。

・マヨン火山の噴火

マヨン火山は1960年以降でも1968年、1978年、1984年、1993年と4回の噴火を繰り返し、大きな被害を出している。1993年2月2日の噴火では火砕流により死者約70人を生じ、避難者は約60,000人にのぼった。

上述のような地震・火山災害が頻発する状況下、フィリピン国内での地震・火山監視の必要性に対する社会的認識が高まりつつある。

フィリピン国では科学技術省に属するフィリピン火山地震研究所（PHIVOLCS）が地震・火山の調査・研究、活動状況の把握、国民への情報発表の責務を担っており、災害軽減、防災対策の改善への寄与が期待されている。

しかしながら、PHIVOLCSでは次のような課題を抱えている。

- 1) 現在、PHIVOLCSは、広域的な地震観測を行うために最も有効な手段である地震計を同国35カ所の観測所に設置して地震現象の監視を行っている。しかし、地震観測所数が少ないこと、高感度の地震計を保有していないこと、地震観測機器の多くが老朽化し故障が多いことから、現在、地震の検知能力は極めて低く、マグニチュード4.7～5程度の地震の検知が限界であり、地震活動の状況・推移等をできる状況にない。
- 2) 同時に大部分の観測所では短周期上下動1成分の地震観測しか行われておらず、また、時刻精度を維持する機器が不足していて、必要な精度が得られないことから、地震の発生時刻・震源の位置・マグニチュードといった震源要素決定に必要な要素について十分な精度が得られていない。

【注】現在、PHIVOLCSでは地震観測に必要な時刻精度を維持するため、正確な時刻を1日2回（10時と15時）本部から音声によるカウントダウン方式で短波無線（単側波帯伝送方式：SSB）を用いて全観測所に通知しているが、このような手法では十分な時刻精度の維持は期待できない。

- 3) 観測データを収集するための通信システムが未整備のため、地震観測所からの観測データについては観測員等の人手を介しPHIVOLCS本部1カ所でSSB等で収集しており、観測データが本部に伝送されてくるのにかなりの時間（約35分）を要している。また、

収集した観測データを処理・解析するシステムが不十分で、人手に依存せざるを得ないため、震源要素の決定・情報作成までに長時間（約25分）を要している。これらのため、地震・津波情報を迅速に発表することができていない状況にある。

- 4) 一方、火山観測は常時観測と機動観測の2つの方法で対応しており、フィリピン国の19カ所の活火山のうち、6火山については火山観測所で常時観測を行っている。しかし、マグマの状態等地下の火山活動を把握する上で重要な指標となる火山性地震・微動等を観測する機材の老朽化やテレメータ機器の未整備により、火山活動状況の把握等に迅速な対応ができないでいる。また、常時観測以外の活火山については、火山現象に異常が発生したとき機動観測により対応することになっているが、機材不足から観測に支障をきたしており、火山活動状況をほとんど把握できていない。
- 5) なお、これら地震・火山関連情報を正確かつ迅速に国民に伝達するためには、政府機関内の情報伝達網の整備およびラジオ・テレビの緊急番組等が必要であるが、現状では政府機関への情報伝達でさえ専用線はなく一般公衆回線を使用しているのみである。フィリピン政府は専用線に切り替える等の改善策を進めている。

PHIVOLCSの保有する観測点及び主要な観測機材の現状を次に示す。

観 測 所 の 現 状

	地 点 名	地点数
本 部	ケソン市	1
地震観測所	バスコ、バスクイン、ツゲガラオ、サンタ、バギオ、バラヤン、タガイタイ、ラクバン、グイナヤンガン、プエルトガレラ、マスバテ、カリボ、ロハス、バロ、アンテイク、セブ、シブラン、タグピララン、プエルトプリンセサ、スリガオ、カガヤンデオロ、ピスリグ、デイボログ、ダバオ、コタバト、キダパワン、ジェネラルサントス、ザンボアンガ	28
火山観測所	ピナツボ、ブコ、マヨン、ソルソゴン、カンラオン、ヒボックヒボック	6
合 計		35

機材の現状 (代表的なもの)

	機 材
地震観測所	<ul style="list-style-type: none"> ・短周期地震計 (上下動) ・ドラムレコーダー ・SSB又は電話
火山観測所	<ul style="list-style-type: none"> ・短周期地震計 (3成分) ・ドラムレコーダー ・SSB又は電話

このような背景から、フィリピン政府は我が国に対し、以下の無償資金協力を要請してきた。

要請内容では3フェーズに分け実施する計画となっており、各フェーズごとの機材内容は以下の通りである。

- a) 第1フェーズ (地震火山活動の監視能力強化)
 - ・ PHIVOLCSの既設地震観測所、火山観測所の機材整備
- b) 第2フェーズ (処理・解析機能強化による情報発表の強化、緊急時の観測能力の強化)
 - ・ PHIVOLCS本部、サブセンターのデータ処理・解析機材および機動観測機材整備
- c) 第3フェーズ (地震火山活動の検知能力強化、防災情報発表の迅速化)
 - ・ 火山観測点、火山衛星観測点、地震観測点、中継点の機材整備

すなわち要請は、フィリピン国の社会・経済に大きな影響を与える地震・火山災害に対して、的確な観測、迅速なデータ伝達、的確な情報を発する体制を確立して、これを軽減することを目指し、全国的な地震・火山観測網を構築しようとするものである。

要請された主要な機材を表1-1に示す。

主要要請機材リスト

機材名	使用目的	設置場所	数量
第1フェーズ機材			
短周期地震観測システム	東西・南北・上下動の3成分の短周期地震を観測し、観測データを記録及び保存する。	既設地震、火山観測所 (ブコ火山観測所を除く)	34地点
中・長周期地震観測システム	東西・南北・上下動の3成分の中・長周期地震を観測し、観測データを記録及び保存する。	既設地震、火山観測所 (ブコ火山観測所を除く)	34地点
強震観測システム	東西・南北・上下動の3成分の地震加速度を観測し、観測データを記録及び保存する。	既設地震、火山観測所 (ブコ火山観測所を除く)	34地点
電源システム	各システムに安定した電源を供給するとともに、無停電電源装置により停電時の電源供給バックアップを行う。	既設地震、火山観測所 (ブコ火山観測所を除く)	34地点
第2フェーズ機材			
PHIVOLCS本部・データ処理・解析・保存システム	火山・地震観測データを処理・解析・保存し、研究・技術開発等に使用する。	PHIVOLCS 本部	1地点
サブセンター・データ処理・解析・保存システム	火山・地震観測データの収集、処理・解析に使用する。	ツゲガラオ、バギオ、セブ、 タバオ各既設観測所	4地点
地震機動観測システム	臨時の移動観測に使用する。	PHIVOLCS 本部	30セット
第3フェーズ機材			
火山3衛星点地震観測及びデータ送信システム	火山の火口周辺に各3箇所の衛星観測点を構築し火山活動の東西・南北・上下動の3成分の観測データを既設火山観測所へ送信する。	既設6火山観測所周辺	18地点
短周期地震観測及びデータ送信システム	上下動成分の短周期地震を観測し、送信する	新設、無人 (火山観測点、地震観測点)	38地点
短周期地震観測、データ送信及び中継システム	上下動成分の短周期地震を観測し、送信する。また、他の新設観測点のデータを受信し、そして送信する。	新設、無人 (中継機能付地震観測点)	20地点
データ中継システム	新設観測点からのデータを受信し、そして送信する。	新設、無人 (中継点)	7地点
データ受信システム	新設観測点または中継点等からのデータを受信する。	既設火山、地震観測所	23地点

第 2 章 プロジェクトの周辺状況

第2章 プロジェクトの周辺状況

2-1 当該セクターの開発計画

2-1-1 上位計画

PHIVOLCSの上位監督官庁である科学技術省は、下記の3つの計画を進めている。

1. 技術開発のための資金確保に関する計画
2. 海洋科学研究開発の拡張に関する計画
3. 災害に対する早期警報システムの改善

このうち、「災害に対する早期警報システムの改善」計画は、台風、洪水、地震、火山、津波等により引き起こされる自然災害を軽減するために、PHIVOLCS及びフィリピン気象局(PAGASA)の早期警報システムを改善することを目的としているものであり、本プロジェクトの上位計画として位置づけられている。

この計画の中でPHIVOLCSの緊急課題として、科学技術の向上、要員の確保、通信網の整備が上げられている。更に、科学技術の向上のために必要な観測機器、データ解析装置等の更新及びこれらの機器を運用・管理するための要員確保、要員に対する研修・教育の必要性も謳われている。PHIVOLCSでは、1996年8月現在、国内、国外の大学に12人の職員を派遣し、教育を受けさせている。

2-1-2 財政事情

1992年に発足した現政権は、経済再建を最優先課題としており、この方針に基づきフィリピン政府は1993年から5カ年国家中期開発計画を開始している。この期間、フィリピン経済は順調な回復・成長の軌道を歩みつつあり、国民総生産(GNP)成長は5%を越えている。しかしながら、1997年後半の通貨危機の影響で、政府財政収支の悪化が予想され、緊縮財政政策が取られている。このため、1998年度の予算では、一般人件費以外の経費は一律25%削減するよう大統領令が出ている。

PHIVOLCSの経費は科学技術分野に含まれており、これを統括しているのは科学技術省である。1998年度のPHIVOLCSの予算は、1億2,287万ペソ(約4億7500万円)であり、これは国家予算の約0.02%である。PHIVOLCSの予算は、1997年までは毎年10%の割合で伸びを示したが、1998年以降は伸びは期待できないものと思われる。その他、当該国の社会・経済事情は資料編(資料4)の通りである。

2-2 他の援助国、国際機関の計画

他の援助国・国際機関による地震・火山分野での援助はないが、以下の共同研究が実施されている。

1. 自然災害の評価に関する、フィリピン-フランス共同プロジェクト

(フランス：ピエール・マリーキューリー大学、サボイ大学、国立地球物理研究所、国立地理研究所、フィリピン：PHIVOLCS、鉱業地球科学局、フィリピン国立石油公団)

1991年に始まり、現在も継続されている。本プロジェクトは、フィリピン-フランス科学技術協力の一環であり主として火山学の分野に亘る研究が行われている。

火山学の分野では、アルゴス衛星によるデータ伝送システムを利用した音響観測システムをタール火山に設置したり、水位観測機器をマヨン火山に設置したりしている。

地震学の分野では、レイテ及びマニラ近郊のマリキナの断層を調査して、その危険度を評価することを目的とし、機動観測機材(5台)を断層周辺に配置し、データを収集・処理している。

2. マヨン火山の重力的、地球物理学的モデリング

(ドイツ：クローサル大学、フィリピン：PHIVOLCS)

1992年に始まり、現在も継続されている。火山の噴火前の重力場の変化を綿密に調査し、精度の良い噴火予知を行うことを目的として実施されている。マヨン火山周辺に、重力基準地点が設置されている。

3. GPSを用いたルソン島におけるフィリピン断層の調査

(台湾：台湾科学アカデミー、フィリピン：PHIVOLCS)

1995年に始まり、現在も継続されている。本プロジェクトは、フィリピンプレートとユーラシアプレートの衝突の各段階におけるルソン島の変形や両プレートの相対運動の速度等を、GPSによる計測を通じて調べ、大地震発生の可能性がある地域がどこかを推定することを目的としている。

現在のところ、17の基標がルソン島全域に展開されており、1996年3月、1997年5月にGPSによる測量が実施された。

2-3 我が国の援助実施状況

我が国のフィリピンに対する地震・火山分野での援助実績はない。ただし、日本とPHIVOLCSとが参加している共同研究の実績として次のものがある。

1. アジア自然災害地図の作成

(日本：地質調査所、東南アジア諸国、フィリピン：PHIVOLCS)

1992年に5か年計画で始まった日本（地質調査所）と東南アジア7ヶ国（中国、インドネシア、韓国、マレーシア、台湾、ヴェトナム、フィリピン）の共同プロジェクトであり、500万分の1の災害地図の作成を行っている。

PHIVOLCSは主として火山災害の部分を担当しており、1991年6月のピナツボ火山噴火の際の熱的・堆積学的研究、ブルサン火山の重力特性調査等を実施している。

2. フィリピン諸島のネオテクトニクス解明のための総合研究

(日本：京都大学、フィリピン：PHIVOLCS)

1997～1998年の2年に亘り実施中である。地球年代学、岩石学調査、GPS観測等による総合調査である。

3. 活性化するフィリピン・タール火山の噴火予知と火山災害の研究

(日本：京都大学、フィリピン：PHIVOLCS)

1993～1994年の2年に亘り実施された。タール火山直下のマグマ溜まりの位置と地下構造を調べるための人工地震観測及び重力測定による調査である。

4. 強震計観測網の展開

(日本：関東学院大学、フィリピン：PHIVOLCS)

構造物の耐震に係わる地盤構造調査を行い、地震による災害削減を図るための基礎資料を得る目的で、強震計（加速度計）の展開を行っている（マニラ首都圏）。

2-4 プロジェクトサイトの状況

2-4-1 自然条件

1) 気候

フィリピン全土は熱帯性モンスーン気候帯に属し、年間を通じて高温、多湿である。例えばマニラ首都圏のパサイ市では、年平均気温は27.4℃、年平均相対湿度は76%である。気候に影響を及ぼす主風系としては、北東季節風、南西季節風等があり、降水量の空間分布と季節変化はこの2風系により支配されている。すなわち10月から3月にかけて吹く北東季節風はフィリピン諸島の東海岸に多くの降水をもたらす。一方、5月から10月にかけて吹く（最も卓越するのは6月から9月）南西季節風は、この時期に活発な台風を含む熱帯性低気圧等の擾乱と合わせて、フィリピン諸島全域にわたり多量の降水をもたらす。

表2-1に、図2-1に示す代表地点における月毎の気温、相対湿度、降水量、最多風向を示す。

フィリピンの気候は主に降水の分布状況により図2-2に示すように4つのタイプに分けられている。4つのタイプ内容は次の通りである。

- ①タイプ1：乾季（11月～5月）と雨季（6月～10月）が明瞭に分かれ、南西季節風によって多量の雨が降る地域。諸島に西岸に分布している。
- ②タイプ2：明瞭な乾季が無く、冬季の北東季節風時に雨が特に多い地域。諸島の東岸に分布している。
- ③タイプ3：乾季が2月から4月ころまでと比較的短く、その他の期間は雨季となる地域。しかし特に降水量は多くない。諸島の中央部に分布している。
- ④タイプ4：年間を通して乾季はなく、降水量が多い時期もない。およそ諸島の中央部東岸に分布している。

2) 地形

フィリピン国は北緯5度から21度、東経117度から127度の間に位置し、南北約2,000kmにわたり7,107個の島嶼からなる国で、陸地面積は300,000km²、人口は1993年現在65,649千人である。島々のなかではルソン島が一番大きく、その他主要な島としてはミンダナオ島、サマル島、パナイ島、ネグロス島等がある。環太平洋地震・火山帯に位置しているフィリピン列島付近には、フィリピン海プレート、ユーラシアプレート、セレベスプレート等のプレートがある。フィリピン国周辺はプレートテクトニクスの見地から見て非常に複雑である。この列島には南北に1,200kmにわたるフィリピン断層をはじめ、幾つもの活断層が形成されており、地震・火山活動が活発である。

図2-3にフィリピン周辺のプレート構造と活断層を示し、図2-4にフィリピン周辺の震央分布を示す。これらの図から分かるように、プレート境界域や活断層付近で地震活動が活発なことが分かる。

フィリピンの火山分布を図2-5に示す。この図から分かるようにフィリピンにはプレートの活発な沈み込みに対する火山列が2つある。1つは、ルソン島西方にあるマニラ海溝に沿って、ピコール半島を除くルソン島とミンドロ島及び台湾との間のバシー海峡の島々の火山列である。これには、タール火山やピナツボ火山が含まれる。もう1つは、フィリピン海溝に沿ってルソン島のピコール半島とレイテ島そしてミンダナオ島東部までの火山列である。これには、マヨン火山が含まれる。

現在はあまり活発でない沈み込みに対応する火山列もある。ミンダナオ島のザンボアンガ半島の火山群およびスル群島の火山群からなる火山列、そしてネグロス島とパナイ島東部に連なる火山列である。これには、カンラオン火山が含まれる。このほか、ミンダナオ島中部には多数の火山が不規則に分布している。これらを挟むようにコタバト海溝とダバオ海溝がある。

フィリピン国における最近の火山噴火の例として、マヨン火山の噴火概要を表2-2示す。

表2-1(a)代表的地点における月平均気温(統計期間1961~1990年)

気 温		(単位:℃)												
地点	月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	通年
バスコ		22.0	22.9	24.4	26.5	28.1	28.5	28.5	28.1	27.9	26.7	25.0	22.9	26.0
バギオ		17.8	18.4	19.6	20.6	20.6	20.1	19.6	19.2	19.6	19.6	19.3	18.5	19.4
バサイ		25.6	26.2	27.6	29.1	29.5	28.4	27.7	27.4	27.5	27.3	26.9	26.0	27.4
レガスビ		25.5	25.7	26.5	27.5	28.4	28.2	27.8	27.8	27.6	27.2	26.8	26.1	27.1
セブ		26.9	27.0	27.8	28.9	29.4	28.7	28.2	28.4	28.3	28.1	27.9	27.2	28.1
ダバオ		26.6	26.7	27.4	28.1	28.1	27.5	27.3	27.4	27.5	27.6	27.6	27.1	27.4

表2-1(b)代表的地点における月平均相対湿度(統計期間1961~1990年)

相対湿度		(単位:%)												
地点	月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	通年
バスコ		83	83	83	83	84	85	85	87	85	83	82	82	84
バギオ		81	80	79	81	86	89	91	92	91	87	83	81	85
バサイ		74	71	68	66	70	78	81	83	83	81	79	78	76
レガスビ		84	83	82	82	81	82	84	84	85	85	85	85	84
セブ		81	80	77	75	75	79	80	79	81	81	81	82	79
ダバオ		83	82	80	79	81	83	83	82	82	82	82	82	82

表2-1(c)代表的地点における月降水量(統計期間1961~1990年)

降水量		(単位:mm)												
地点	月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	通年
バスコ		178.3	123.2	90.8	73.6	169.7	258.8	276.3	420.5	380.0	328.0	304.5	250.9	2854.6
バギオ		13.0	8.6	24.8	91.2	361.6	522.0	832.5	925.6	650.7	355.9	118.2	25.5	2329.8
バサイ		8.6	3.1	6.4	11.6	113.5	263.4	362.0	389.0	310.2	227.1	119.5	42.9	1857.4
レガスビ		294.9	188.8	158.7	150.4	168.1	251.8	267.0	272.9	272.7	340.5	479.9	475.5	3321.3
セブ		89.5	63.8	40.6	31.2	66.4	156.5	170.5	141.0	176.6	158.0	156.3	111.8	1362.2
ダバオ		115.1	106.5	87.9	150.0	196.3	194.3	150.5	180.0	185.3	177.3	131.0	97.0	1771.2

表2-1(d)代表的地点における月最多風向(統計期間1961~1990年)

風 向		(単位:8方位)												
地点	月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	通年
バスコ		NE	NE	NE	SE	SE	SE	SE	SW	NE	NE	NE	NE	NE
バギオ		SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	NW	SE	SE	SE	SE	SE
バサイ		E	E	E	E	SE	W	W	W	W	E	E	E	E
レガスビ		NE	NE	NE	NE	NE	SW	SW	SW	SW	NE	NE	NE	NE
セブ		NE	NE	NE	NE	NE	SW	SW	SW	SW	NE	NE	NE	NE
ダバオ		N	N	N	N	N	S	S	S	S	N	N	N	N

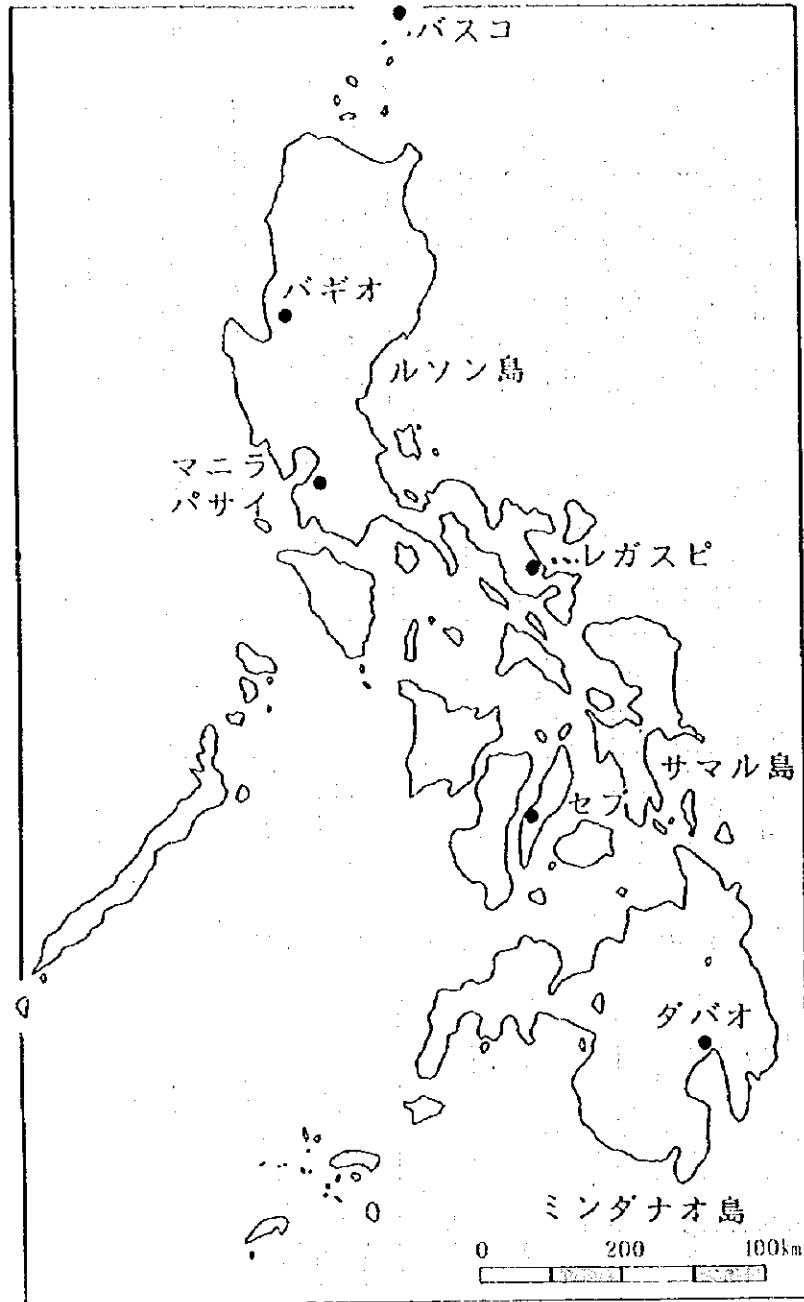


図2-1 気候統計の対象地点

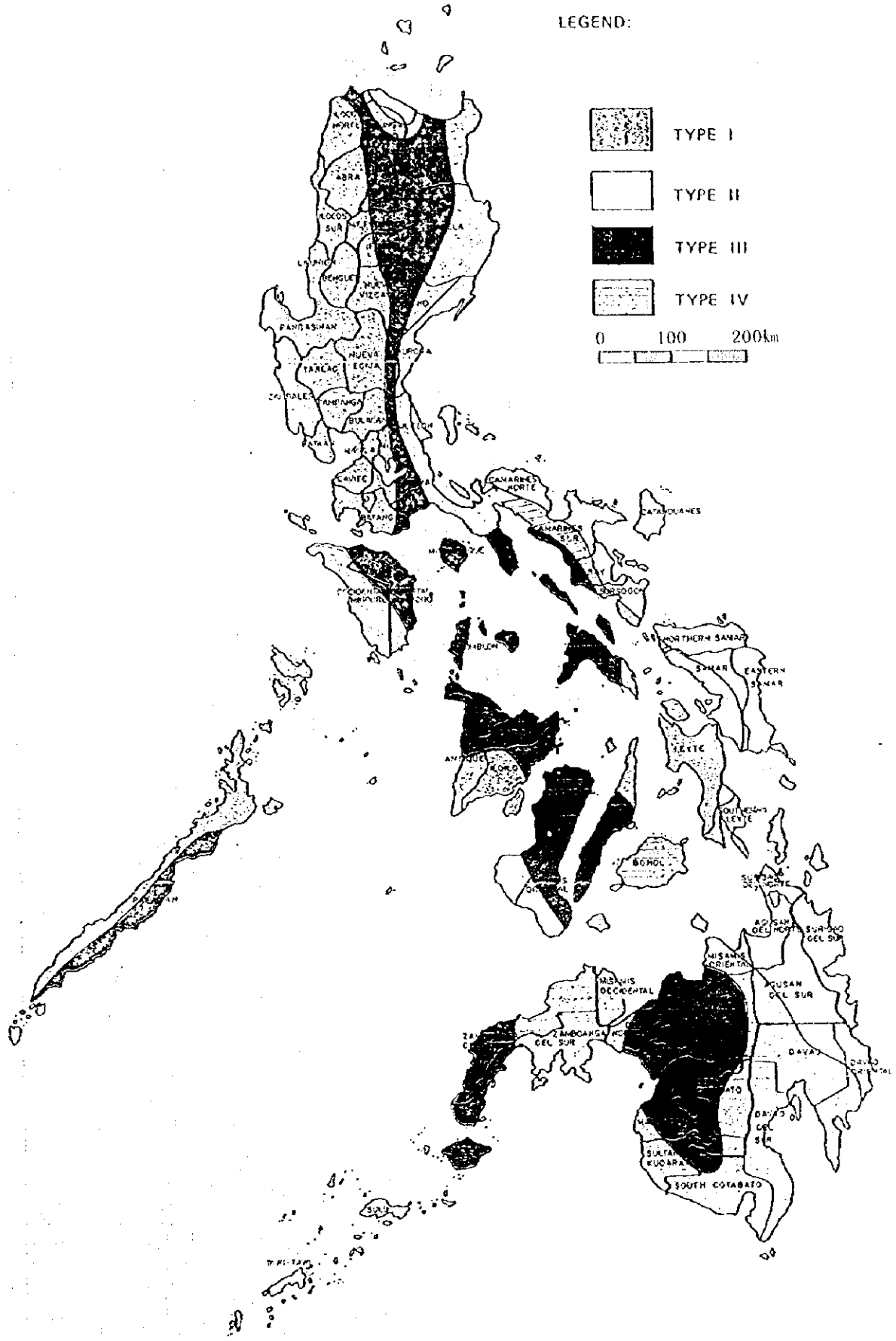


図2-2 フィリピンの気候区分 (PAGASAより)

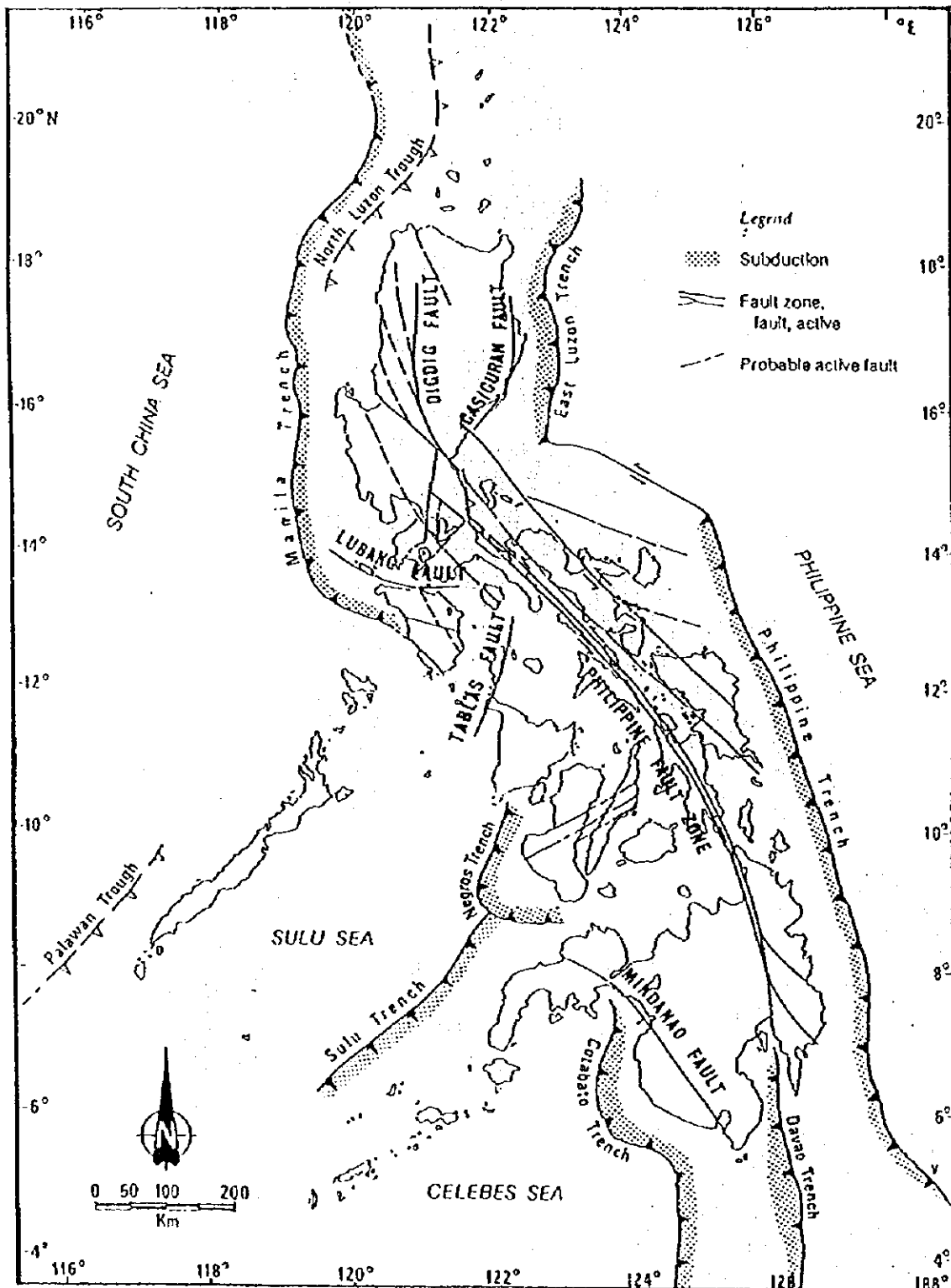


図2-3 フィリピン周辺のプレート構造と活断層 (Punongbayan、1986)

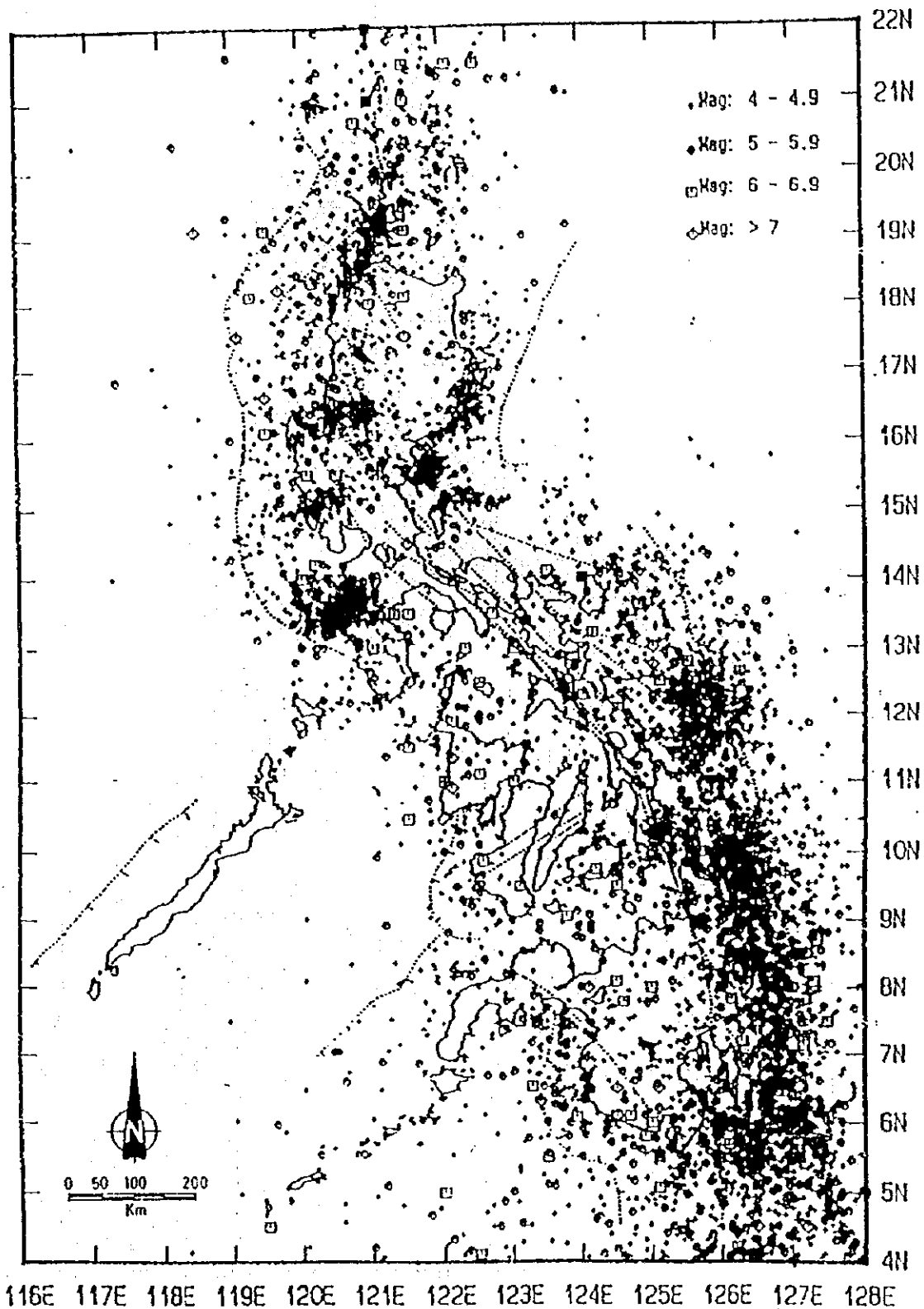


図2 - 4 フィリピン周辺の震央分布 (PHIVOLCSより)

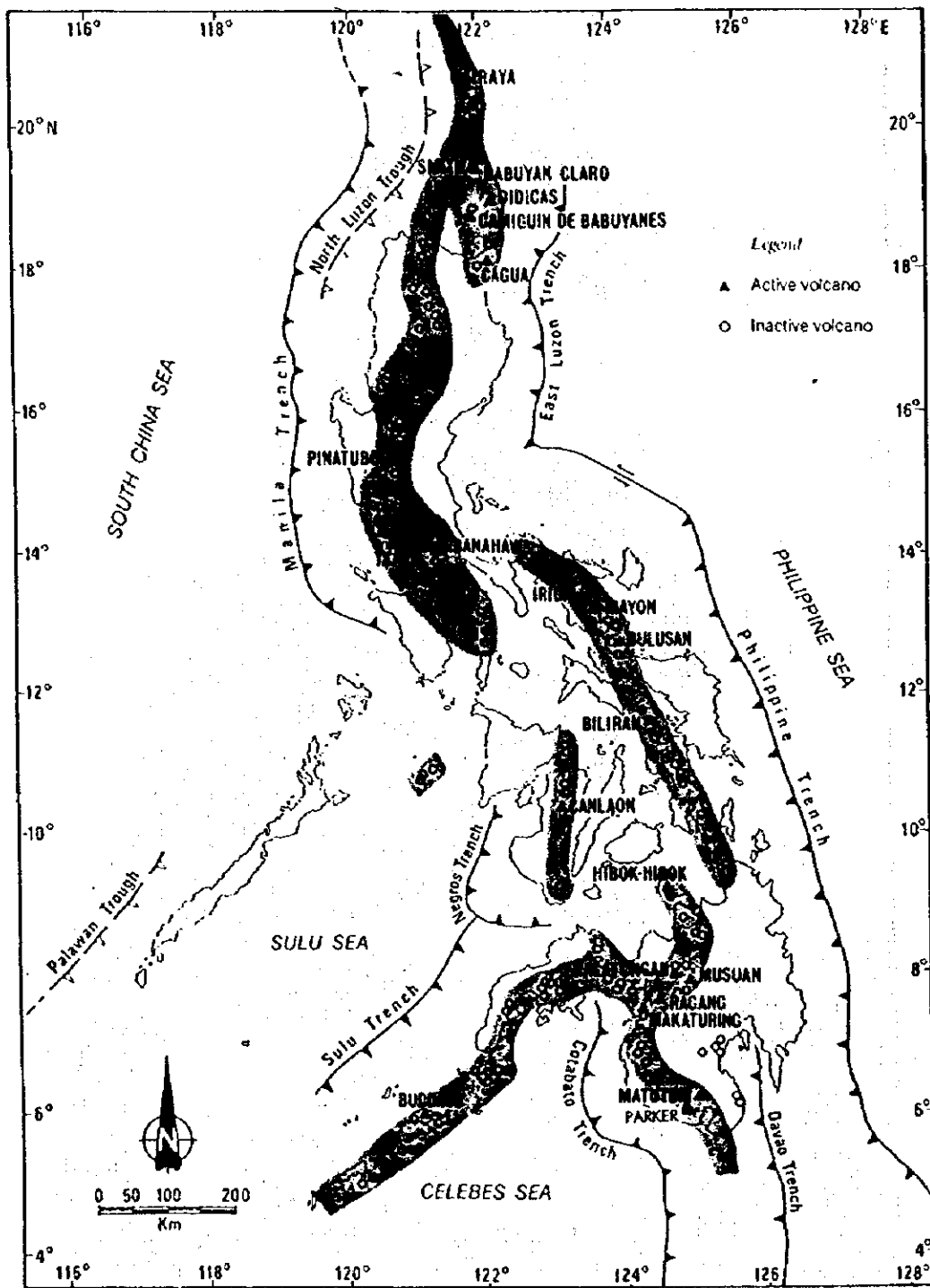


図2 - 5 フィリピンの火山分布 (Punongbayan、1987)

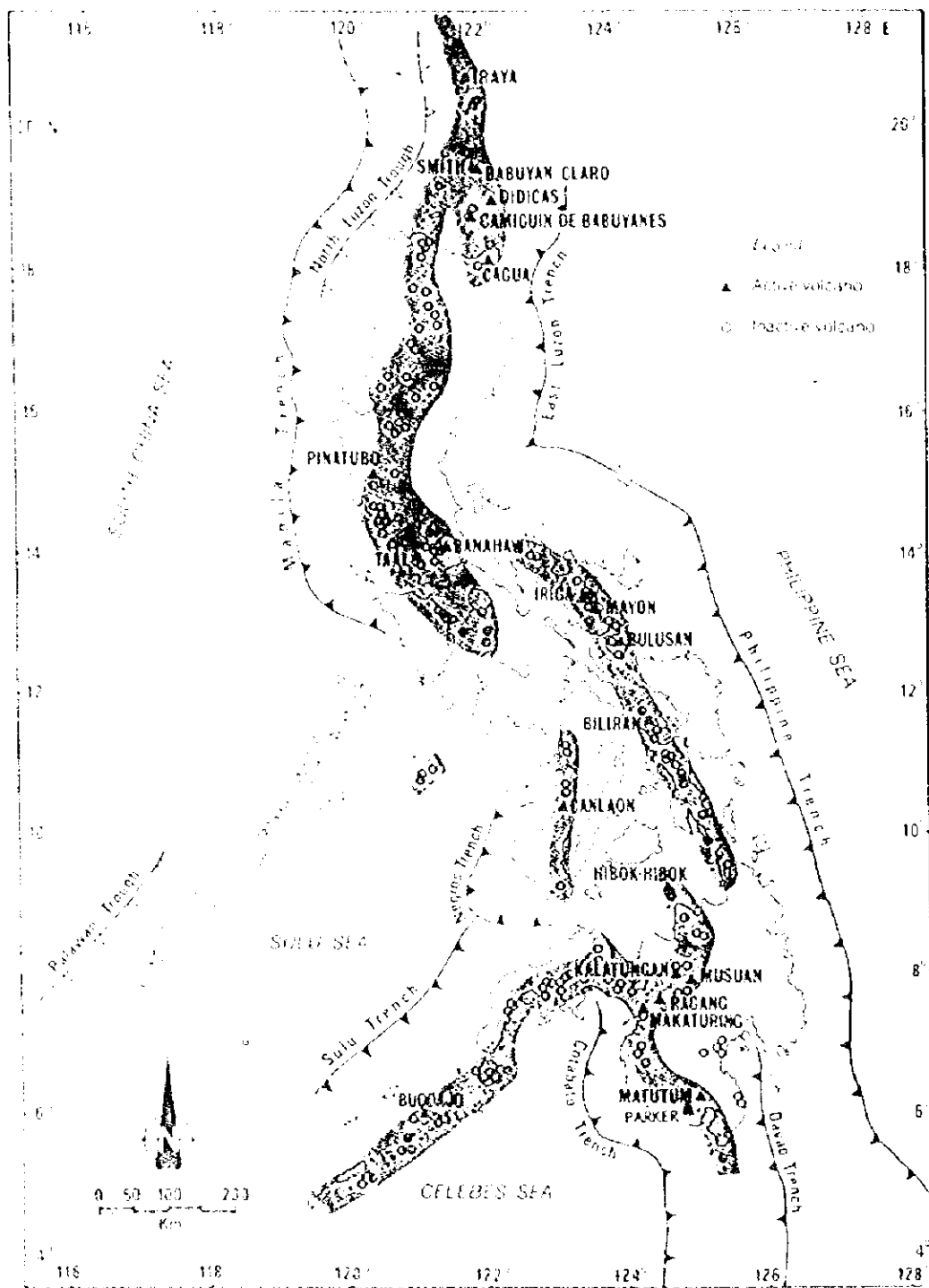


図2-5 フィリピンの火山分布 (Pinongbayan, 1987)

表 2-2 マヨン火山の最近の噴火概要

項目\年	1968年	1978年	1984年	1993年
主活動 期間	4月22日	5月22～27日	9月23～25日	2月2日(3.20-21)
タイプ	ブルカノ式	ストロンボリ式	ブルカノ式	ブルカノ式(～ストロンボリ)
活動開始	4月20日	5月3日	9月9日	2月2日
活動終了	5月20日	7月4日	10月6日	4月上旬
爆発規模指数(VEI)	3	2	3	2
噴出物量(万立方m)	3,500	2,000	7,000	6,000(?)
噴煙高度(m)	3～10km	2.5～3km(5.15)	16km(9.23-25)	4.5km(2.2), 5km(3.21)
火砕流(熱雲)	熱雲多発, 7km SW	熱雲発生せず	熱雲多発, SEへ6km	SE, 6km(2.1), 5km(3.21)
溶岩流(万立方m)	発生, 3.5km SW	発生, 4.2km SW	SWへ4.2km(2,000)	SSEへ5.4km(6,000)
ラハール(火山泥流)	噴火中・後に多発	2年後台風時に大被害	噴火後多発	小規模
前兆地震	前年11月から, 有感あり	地震増加, 有感あり	地震増加	地震増加せず
微動	4.21～微動	5.1～微動		特別の微動発生なし
火口赤熱	4.20～火口赤熱	11.6～火口赤熱	火口赤熱	特に異常なし
噴気量の増加		12.22～噴気量増加	噴気量増加	特に異常なし
青色ガス噴煙	煙の異常	青色ガス		特に異常なし
灰混じり噴煙		褐色噴煙	褐色噴煙	特に異常なし
山頂での落石崩壊	斜面崩壊, 落石多発		落石多発	特に異常なし
井戸水位低下			井戸水の枯渇	5～10フィート井戸水位低下
その他	磁場強度低下	新噴気孔,	火口内の地形盛り上り	
犠牲者等	死者6人	(死者40人, 2年後ラハール)	直接の犠牲者なし	死者70～75(2.2火砕流)
避難者数		8,000～15,000人	16,000～73,000人	約60,000人

2-4-2 社会基盤整備状況

プロジェクトサイト周辺の社会基盤整備状況をみると、PHIVOLCS本部はマニラ首都圏のケソン市内にあり、他の34カ所の観測所も、地域住民に防災情報を提供するという立場から、市街地または市街地近傍に位置することが多い。このため、既設観測所については商用電源が存在し、電話回線の整備も進行中で、道路事情も概ね問題はない。しかし商用電源は安定した供給がなされていない観測所が多く、PHIVOLCS本部においても停電がみられることがある。

要請に含まれる無人観測点、中継点は商用電源、電話回線の有無に関係なく、地震・火山観測網構築に必要な地点として選定している。

2-4-3 既存施設・機材の現状

(1) 既存施設

PHIVOLCS本部は、1997年に新築された建物を使用している。

地方には、地震観測所が28カ所、火山観測所が6カ所あり、24時間体制で観測を行っている。各観測所の位置を図2-6に、各観測所で使用している機材等を表2-3に示す。

これらの観測所のうち、21カ所は1991年～1996年にかけて建物が新たに建てられたが、残り13カ所についてはPAGASAから移管されたもので、老朽化が激しく、面積も不足しているものが多いため、PHIVOLCSはこれらの施設の改修計画を策定し、順次実施する予定である。

地震計センサーが設置されている地震計台については、観測所ごとに構造、大きさ等が異なり、また観測所によっては、地震計を地震計台の上に置かずに、観測所の床に設置している場合もある。標準的な地震計台を全観測所にそろえることが望ましい。

火山観測所の場合には、地震計センサーは火山の至近に設置することが望ましいが、観測所がその町の防災拠点の役割を担っているため、市街地または市街地近傍に位置していることが多く、地震計センサーの設置場所としては必ずしも適当ではない場合がある。

(2) 既存機材

・観測機材

PHIVOLCSで使用している地震計は、PHIVOLCS本部やバギオ、ピナツボ、タガイタイ等の観測所では整備が行き届いている。地震観測のために、上下動1成分の短周期地震計のみを使

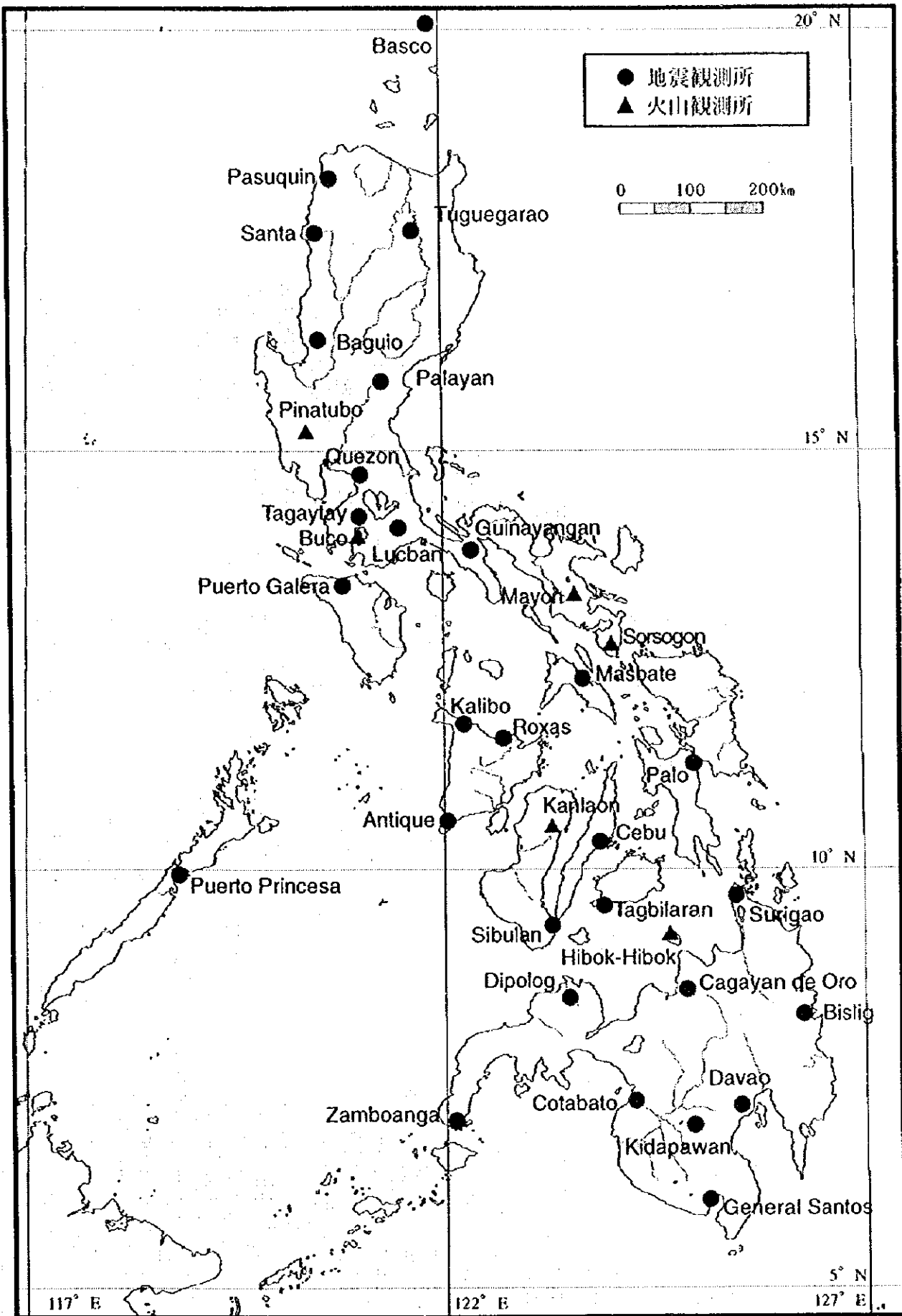


図 2-6 既設観測所の配置図

表2-2-3(a) 地震・火山観測所一覧

	観測所	位置	地震計		データ伝送方法	その他
			種類	製作年		
1	Antique 地震観測所	10.420° N, 121.944° E	RV-301B	1995年	SSB	
2	Basco 地震観測所	20.441° N, 121.965° E	RV-320B	1991年	SSB	
3	Baguio 地震観測所	16.381° N, 120.581° E	Hosaka	1971年	SSB/電話	
4	Bislig 地震観測所	08.184° N, 126.361° E	RV-301B	1995年	SSB/電話	
5	Cotabato 地震観測所	07.221° N, 124.246° E	RV-301B	1990年	SSB/電話	
6	Cagayan de Oro 地震観測所	08.455° N, 124.694° E	RV-301B	1975年	SSB/携帯電話	
7	Tuguegarao 地震観測所	17.703° N, 121.822° E	RV-301B	1995年	SSB/携帯電話	
8	Dipolog 地震観測所	08.583° N, 123.352° E	RV-301B	1995年	SSB/電話	
9	Davao 地震観測所	07.083° N, 125.508° E	RV-301B	1975年	SSB/電話	
10	Guinayangan 地震観測所	13.905° N, 122.446° E	RV-301B	1975年	SSB/電話	
11	General Santos 地震観測所	06.087° N, 124.949° E	RV-320B	1991年	SSB/電話	
12	Kalibo 地震観測所	11.678° N, 122.338° E	RV-320B	1991年	SSB/電話	
13	Kidapawan 地震観測所	07.009° N, 125.090° E	VR-1	1975年	SSB/電話	
14	Cebu 地震観測所	10.317° N, 123.966° E	RV-301B	1976年	SSB/電話	
15	Lucban 地震観測所	14.112° N, 121.539° E	Hosaka	1971年	SSB/電話	
16	Masbate 地震観測所	12.358° N, 123.624° E	RV-301B	1995年	SSB/電話	
17	Puerto Galera 地震観測所	13.502° N, 120.953° E	RV-1	1975年	SSB/携帯電話	
18	Palayan 地震観測所	15.562° N, 121.096° E	RV-301B	1975年	SSB/携帯電話	
19	Pasauquin 地震観測所	18.325° N, 120.619° E	RV-301B	1976年	SSB/携帯電話	
20	Palo 地震観測所	11.165° N, 124.979° E	RV-301B	1995年	SSB/電話	
21	Puerto Princesa 地震観測所	09.776° N, 118.730° E	RV-301B	1975年	SSB/携帯電話	
22	Roxas 地震観測所	11.560° N, 122.745° E	RV-320B	1991年	SSB/携帯電話	
23	Surigao 地震観測所	09.782° N, 125.489° E	RV-301B	1995年	SSB/電話	
24	Sibulan 地震観測所	09.343° N, 123.236° E	RV-301B	1984年	SSB/携帯電話	
25	Santa 地震観測所	17.551° N, 120.456° E	RV-301B	1977年	SSB/携帯電話	

表2-3(b) 地震・火山観測所一覧

	観測所	位置	地震計		データ伝送方法	その他
			種類	製作年		
26	Tagbilaran 地震観測所	09.691° N, 123.962° E	RV-301B	1984年	SSB/携帯電話	
27	Tagaytay 地震観測所	14.103° N, 120.934° E	STS-Broadband	1992年	SSB/電話	
28	Zamboanga 地震観測所	06.654° N, 122.064° E	RV-301B	1984年	SSB/携帯電話	
29	Buco 火山観測所	14.085° N, 120.984° E	RV-320B	1991年	電話	
30	Pinatubo 火山観測所	15.186° N, 120.528° E	PS-2	1991年	SSB/電話	
31	Kanlaon 火山観測所	13.160° N, 123.726° E	RV-301B	1984年	SSB	
32	Mayon 火山観測所	10.456° N, 123.131° E	Hosaka	1971年	SSB/電話	
33	Hibok-Hibok 火山観測所	9.233° N, 124.671° E	RV-320B	1991年	SSB	
34	Sorsogon 火山観測所	12.731° N, 124.025° E	RV-320B	1991年	SSB	

注：1、地震計の機種は下記のとおりである。全て短周期地震計であり、大部分は上下動だけの測定である。

RVシリーズ：Teledyne 製, VR-1, PS-2；Kinematics 製, Hosaka; Ogawa Seiki 製, STS-Broadband；G.Streckeisen 製

2、データ伝送方法について、SSBと電話、またはSSBと携帯電話が併設されている観測所では、電話または携帯電話を主な伝送手段として使用し、SSBは予備となっている。

用している。これらの地震計は良く保守されているものの、老朽化した機器（1970年代の機器が13カ所に設置）が多い。このため、震源計算に必要なP～S時を計測するためのS時の検知が困難である。マグニチュードの計算には、主要動の最大振幅が必要であり、さらに水平動の観測データがないとマグニチュードの精度がよくない。また、正確な時刻を1日2回（10時と15時）本部からSSBを用いて全観測所に通知しているが、この方法では十分な時刻管理が期待できない。

このようなことから、地震の発生時刻・震源位置・マグニチュードといった震源要素決定に必要な要素について十分な精度が得られていない。震源決定が困難な場合には、震度観測により震源を推定している。

また、取得される観測データは大部分はドラムレコーダー上のペン書き記録だけとなっており、位相の初動時刻や振幅等の測定を行う検測処理に時間を要している。

・データ伝送機材

観測所からPHIVOLCS本部への観測データの伝送については、一部の観測データはテレメータで、大部分は電話もしくはSSBにより行われている。本部を除き18カ所の観測所に電話回線があり、携帯電話は11カ所に配置されており、SSBは5カ所のみとなっている。電話回線の整備は進行しているが、電話を使用しても口頭による検測結果の通報であり、観測データが本部に通報されてくるのにかなりの時間を要している。

・本部のデータ処理・解析機材

PHIVOLCS本部での震源計算は、自動化されておらず、職員の手作業に負うところが大きい。その主な理由は以下の通りである。

- ・観測所からのデータの収集が自動ではない。したがって、収集したデータのコンピュータへの入力も自動化されていない。
- ・観測所の時計が正確ではないため、絶対時刻を解析に利用した場合、十分な震源の精度が得られず、P～S時のような相対時間を利用せざるを得ない場合が多い。
- ・P～S時を用いた簡易的な震源計算をするためのパソコンの数が限られており、しかもネットワーク環境が悪く処理効率が悪い。

前項でも述べた観測所のデータ収集が短時間にできないことも相俟って、緊急を要する地震・津波情報を迅速に発表することができない状況にある。

・火山観測機材

現在PHIVOLCSでは、タール火山、マヨン火山、ピナツボ火山、ブルサン火山、カンラオン火山、ヒボクヒボク火山の6活火山について常時観測を行っている。図2-7から図2-12に各火山の監視網を示す。機器を用いた観測項目としては、火山性地震と火山性微動を観測する震動観測、傾斜計・光波測距儀及び重力計等を用いた地殻変動観測、火口湖や温泉の水温測

定・化学分析等がある。しかしながら、マグマの活動（上昇や噴出等）により発生する火山性地震と火山活動が活発化したときに観測される火山性微動を観測する機器の老朽化や地震波形データを伝送するテレメータ機器の故障や未整備のために、最寄りの火山観測所（ピナツボ火山についてはPHIVOLCS本部）では観測に支障をきたしており、火山活動状況を十分に把握できていない。

・維持・管理用機材

PHIVOLCS本部での観測機材等の保守は専門の職員によりなされているが、これに使用する測定機器等の維持・管理用機材も老朽化し、数量も不十分である。観測機材の保守に際しては、不足の部品等を担当職員があり合わせの素材から手作りしたり、別の機器を分解してその部品を用いたりするなど、多大の労力が払われている。また、その結果、機器の仕様が一定ではなく、保守の際に混乱が生じることもある。

・その他の機材

現在、PHIVOLCSの所有する車両は4輪自動車5台、2輪車3台だけであり、これを既設観測所のうち、公共交通の不便な地点に配置し、機材の保守（観測所と地震計台とが離れている場合）、緊急時における自治体等との連絡に使用している。現状でも十分な台数とはいえないが、これを政府機関が増備することはフィリピン政府より厳禁されている。

2-5 環境への影響

後述するように本計画では、地震観測網の整備、地震計と関連する施設の設置を行うこととしている。新たな観測点、中継点を設置する際に必要な面積は10～20 m²程度であり、若干の樹木を伐採することがある程度で、環境に影響を与えるようなことはない。

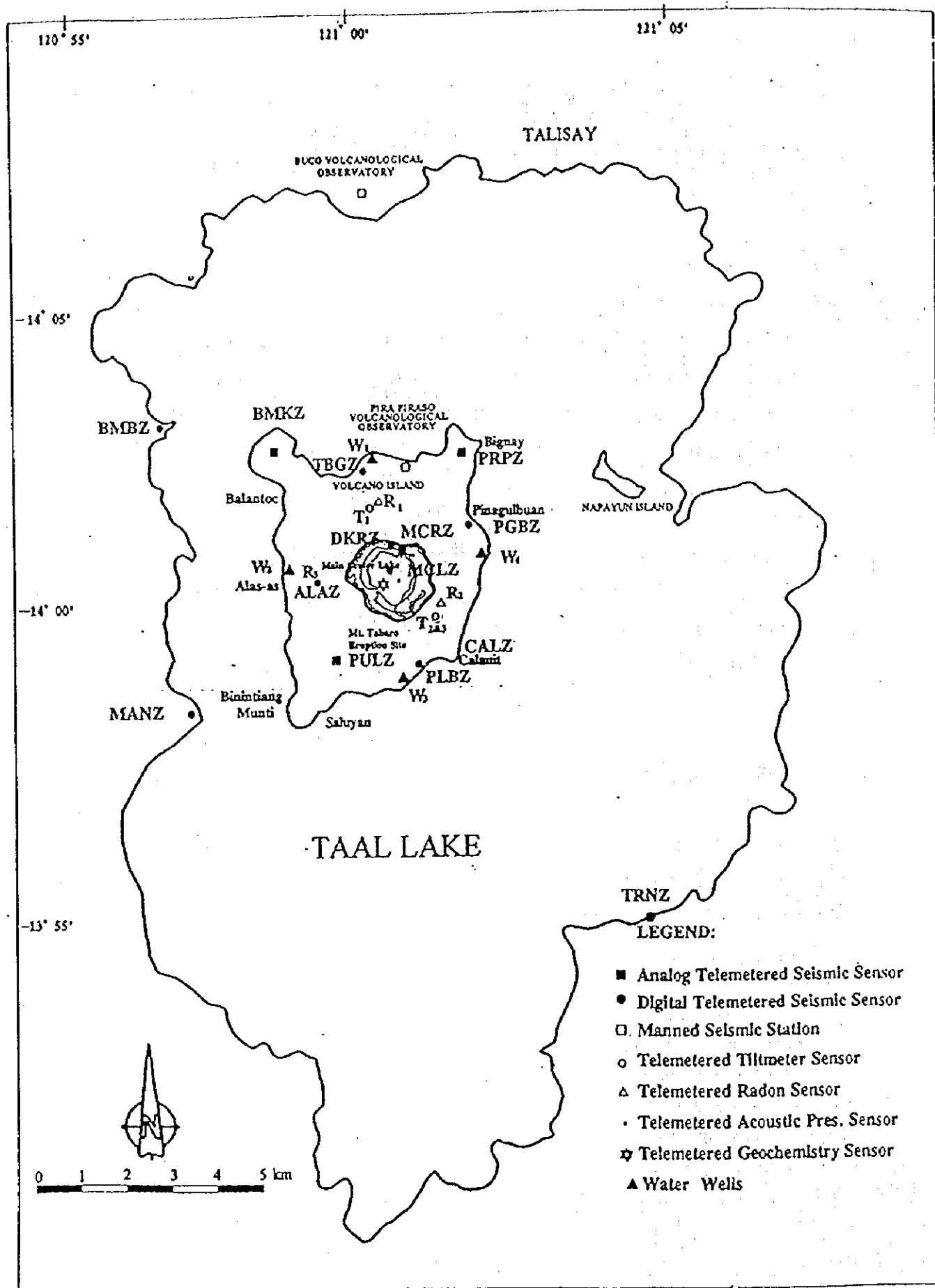
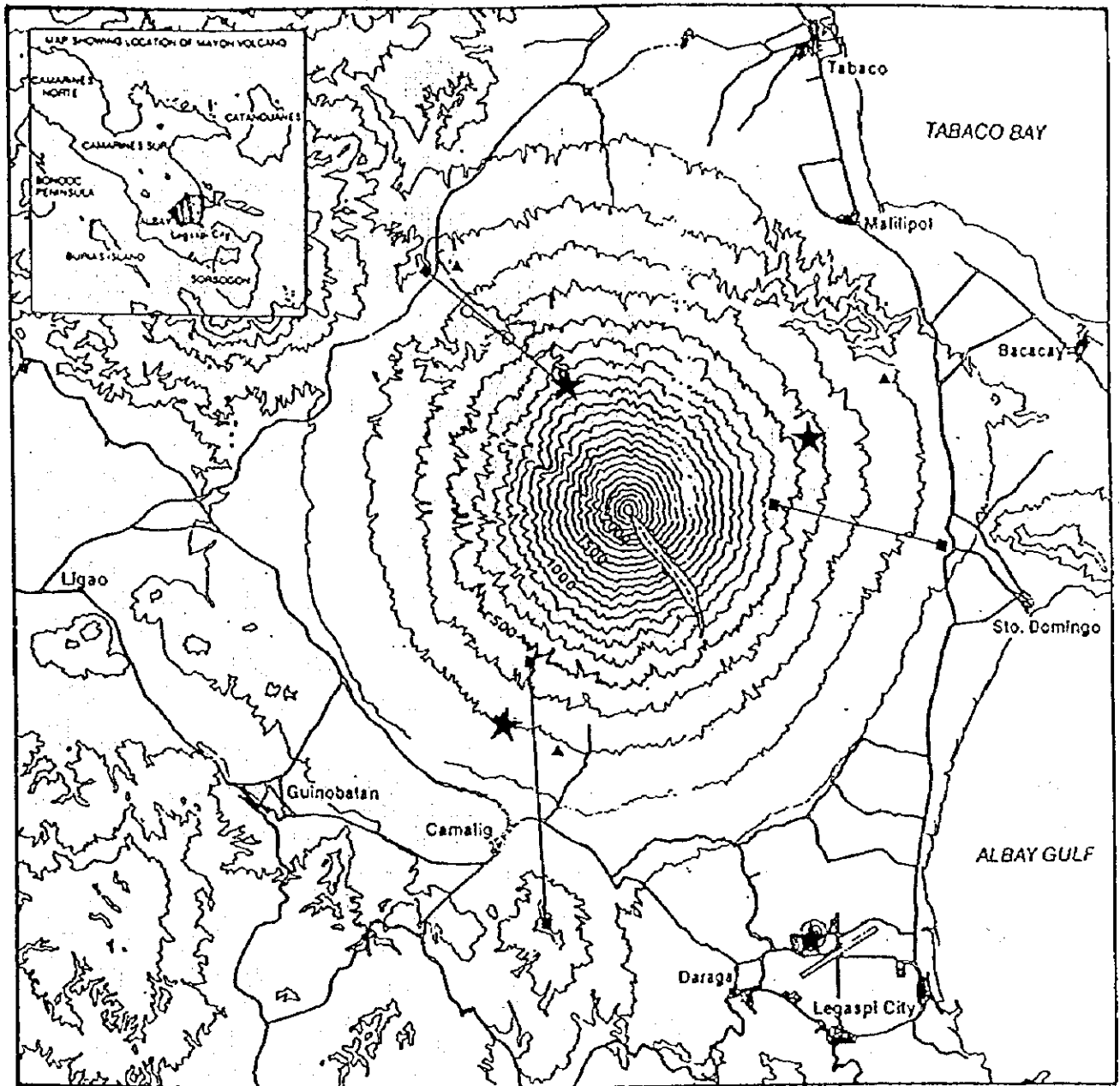


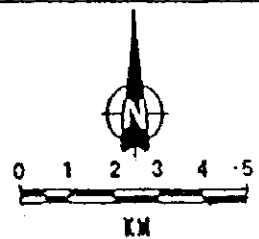
図2-7 タール火山監視網



LEGEND:

- ★ Seismic Station
- Precise Levelling Line
- ▲ Dry Tilt Station
- EDM Line

図2-8 マヨン火山監視網



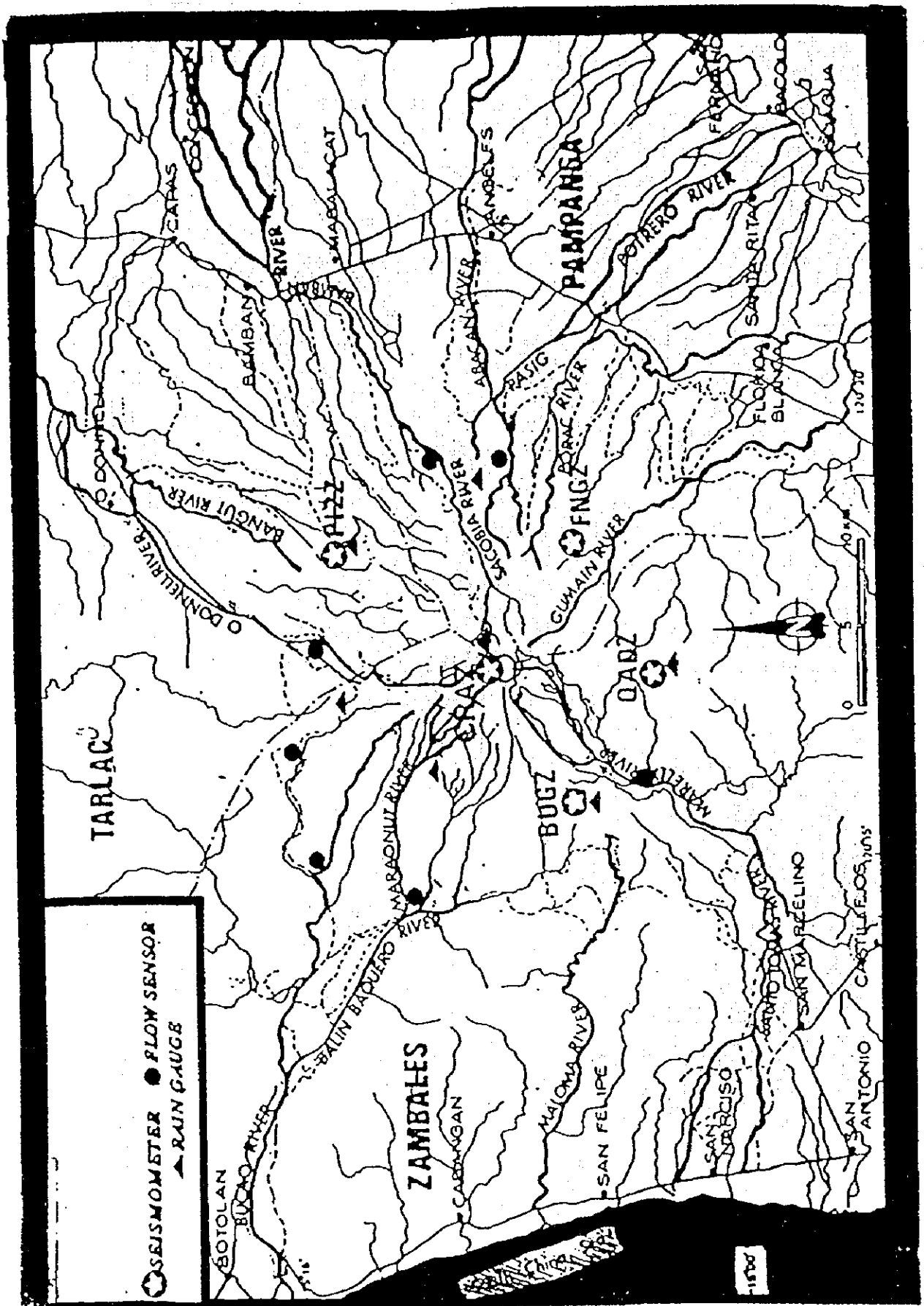


図2-9 ピナツボ火山監視網

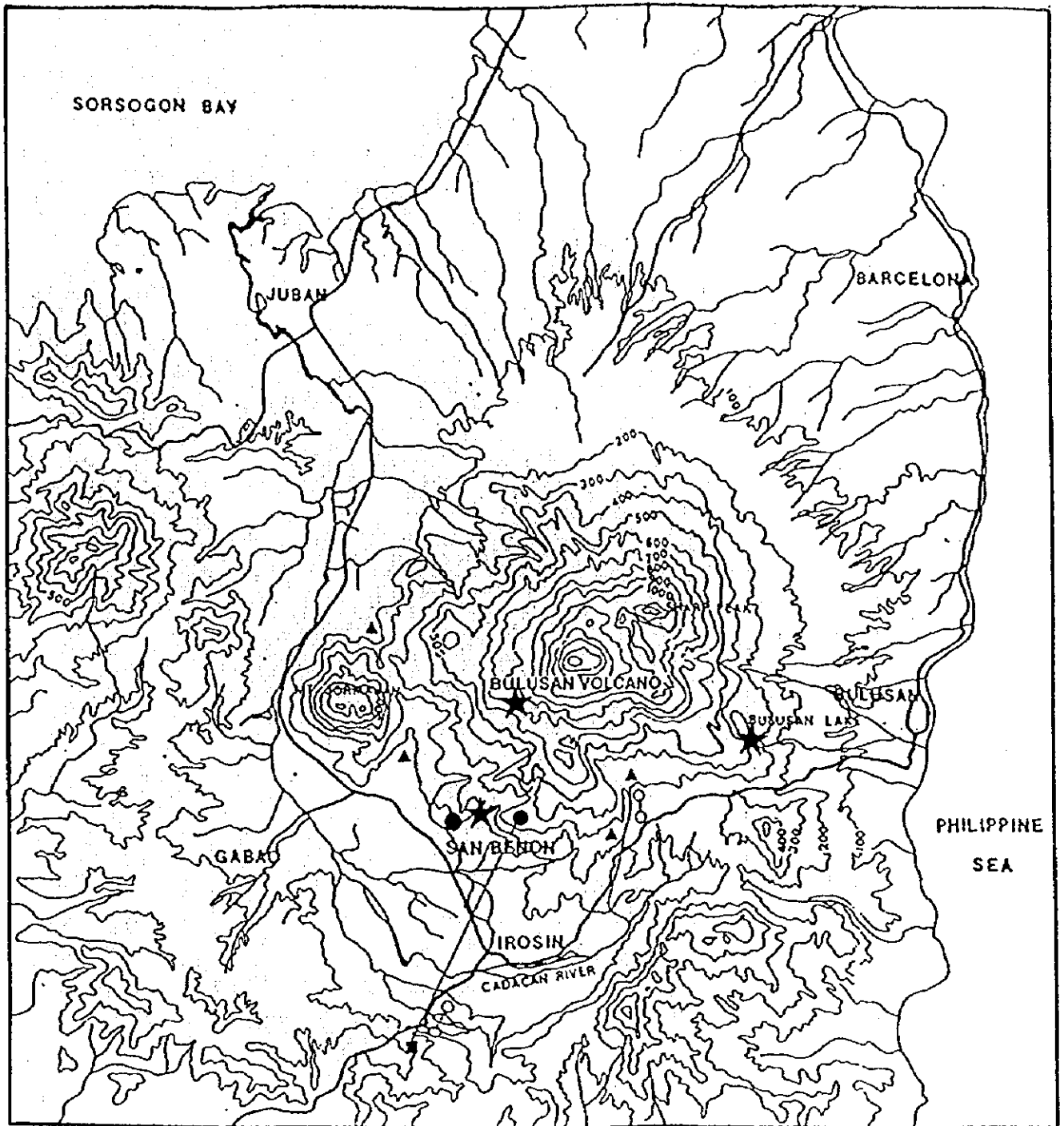


図2-10 ブルサン火山監視網

LEGEND:

- ★ Seismic Station
- Precise Levelling Line
- ▲ Dry Tih Station
- EDM Line
- Hot Spring



Scale 1:50,000



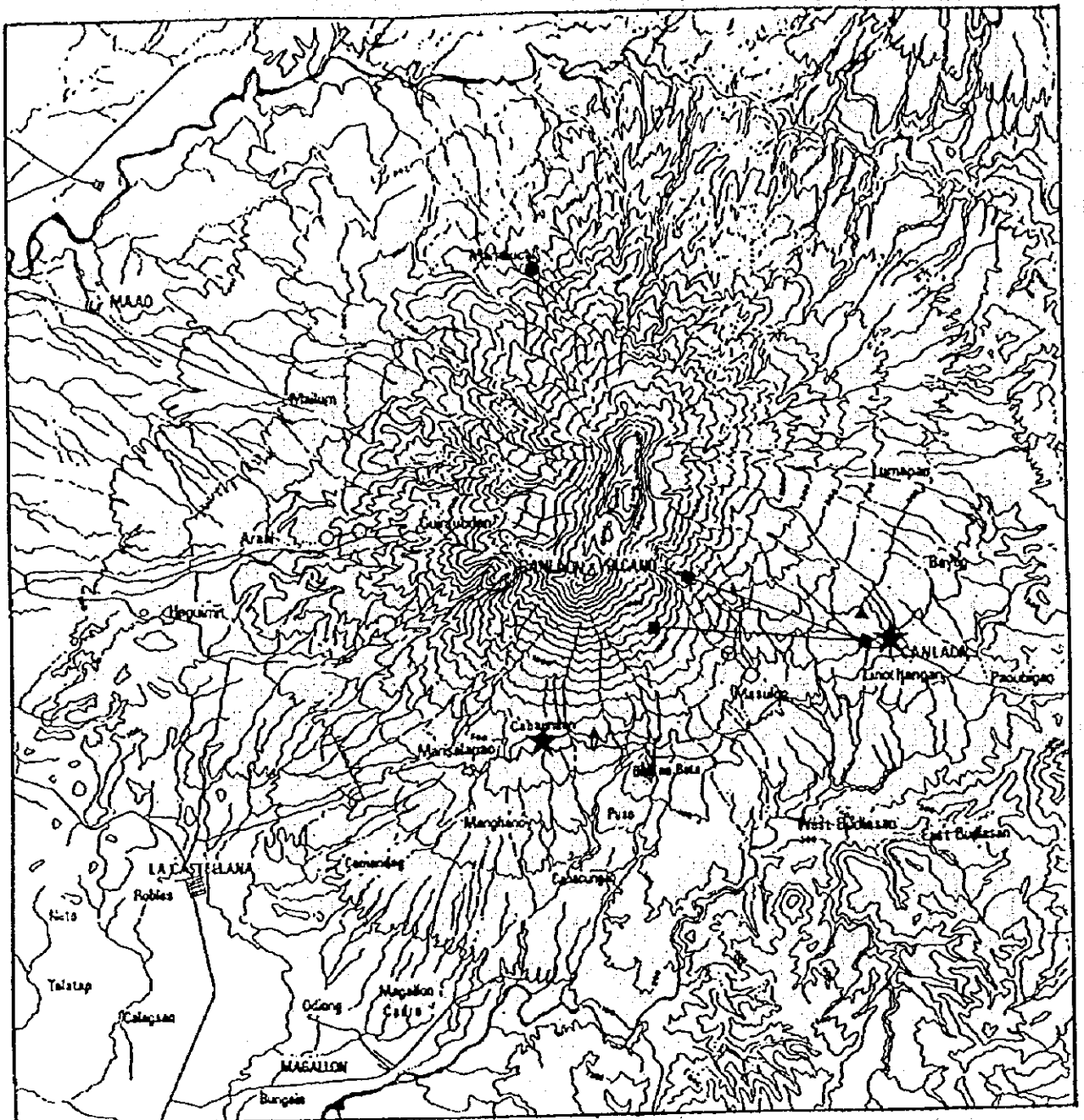
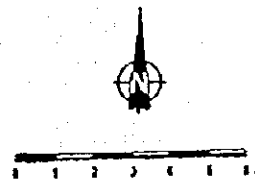


図2-11 カンラオン火山監視網

LEGEND:

- ★ Seismic Station.
- Precise Levelling Line.
- ▲ Dry Tilt Station
- EDM Line.
- Hot spring



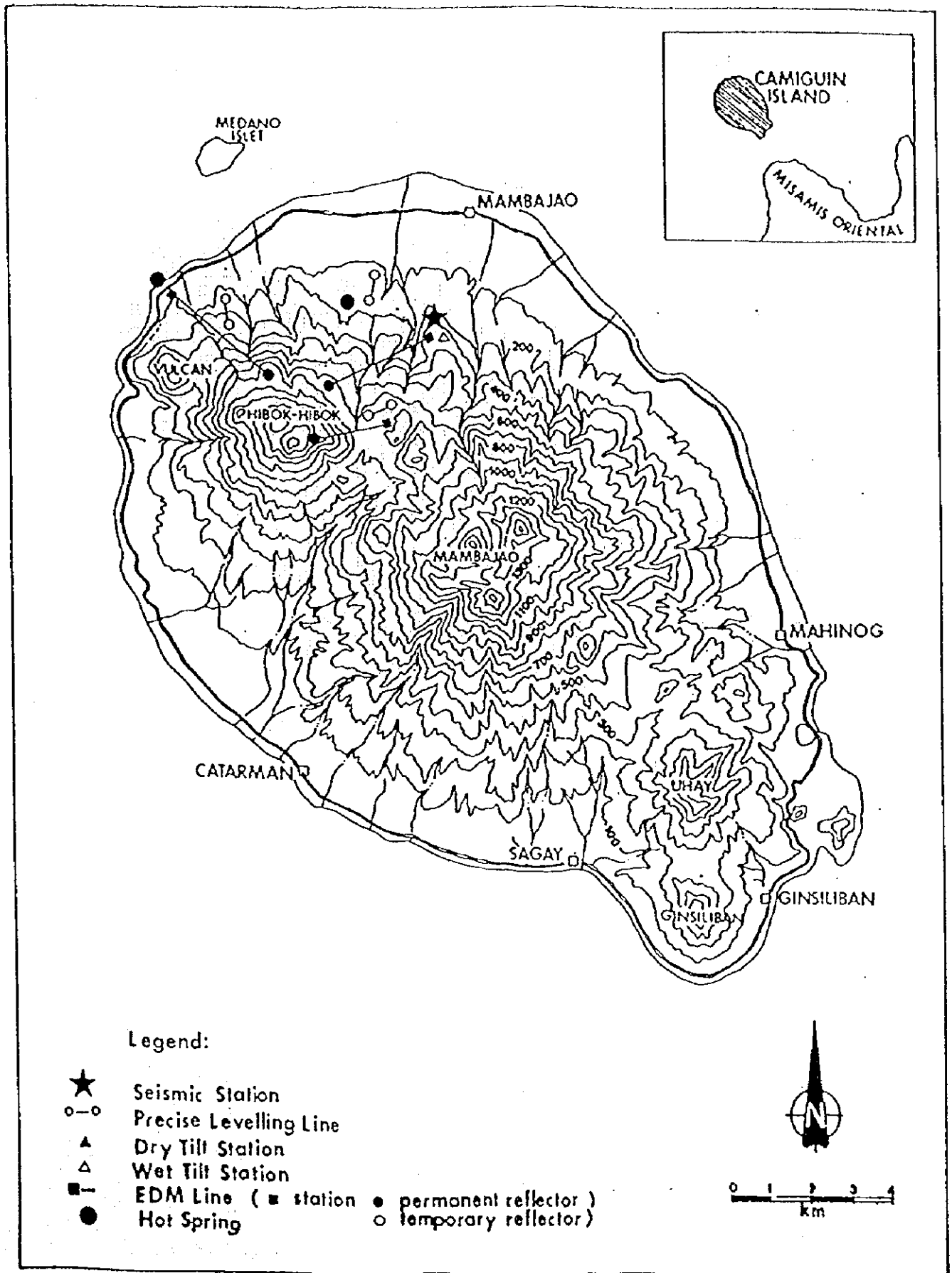


図2-12 ヒボクヒボク火山監視網

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 プロジェクトの目的

フィリピン国は地理的要因から地震、津波、火山噴火等の自然災害を受けやすく、近年における都市化社会の進展に伴い、自然災害による人的、経済的被害は年々増大している。このためフィリピン政府は、国の発展に大きな障害となる自然災害の軽減を図るため、災害に対する早期警報システムの改善計画を策定した。この改善計画の中で、地震活動の把握、津波を伴う恐れのある大きな地震についての情報の迅速な提供、火山噴火予知技術の確立が緊急課題として位置づけられている。

本計画は、前記の緊急課題に対して、地震・津波・火山災害時の迅速な対応、災害拡大防止の活動推進および太平洋諸国に対する津波災害の軽減、そして火山灰による航空機事故の軽減に資するため、全国的な地震火山観測網を整備することにより、地震・津波・火山現象に関する迅速・確実な防災情報提供体制の確立を目的とするものである。

3-2 プロジェクトの基本構想

フィリピン国政府からの要請内容は以下の通りである。

- a) 第1フェーズ（地震火山活動の監視能力強化）
 - ・ PHIVOLCSの既設地震観測所、火山観測所の観測機材等の整備
- b) 第2フェーズ（処理・解析機能強化による情報発表の強化、緊急時の観測能力の強化）
 - ・ PHIVOLCS本部、サブセンターのデータ処理・解析機材および機動観測機材整備
- c) 第3フェーズ（地震火山活動の検知能力強化、防災情報発表の迅速化）
 - ・ 火山観測点、火山衛星観測点、地震観測点、中継点の機材整備

上記の要請内容について基本設計調査・解析の結果、以下の点を考慮し、第1次整備計画及び第2次整備計画の2フェーズに分けて計画を実施することが適当と判断する。

・ 運用・維持管理

要請通り実施すると新設する無人観測点と中継点の数が既設観測所の数の3倍あまりに達するため、フィリピン国側の運営・管理体制に負担になることも懸念される。そのため、地震検知能力の抜本的改善は、将来の課題とし、無人観測点の新設は火山観測点と地震観測網の空白を埋めるために必要な観測点に限定する。

・ 裨益効果

本計画を実施することによる効果が大きくかつ即効性が期待されるものを優先することとし、フェーズ分けして実施する場合のその優先度を以下の通りとする。

- a) 第1次整備計画（地震活動の監視能力強化、防災情報発表の迅速化）
- b) 第2次整備計画（火山活動の監視能力強化、地震活動の監視能力強化、処理・解析機能強化による情報発表の強化、緊急時の観測能力の強化、防災情報発表の迅速化）

第1次及び第2次整備計画整備をすることにより得られる効果は次の通りである。

- ① 地震観測機材の整備 → 地震活動の監視能力の強化
- ② データ伝送機材の整備 → 防災情報発表の迅速化
- ③ データ処理・解析機材の整備 → 処理・解析機能強化による情報発表の強化
防災情報発表の迅速化
- ④ 火山観測機材の整備 → 火山活動の監視能力の強化
- ⑤ 地震観測点の新設 → 地震活動の検知能力の強化
- ⑥ 火山観測点、火山衛星点の新設 → 火山活動の検知能力の強化
- ⑦ 機動観測機材の整備 → 緊急時の観測能力の強化

1. 全体の基本構想

フィリピン国の過去の地震被害をみると耐震基準が低いため、マグニチュード4.0程度の地震が直下で発生すれば、震央付近では被害が生じていると推定される。したがって、マグニチュード4.0以上の地震を検知する観測網を整備することとする。このため、PHIVOLCSが選定した地点を基に、フィリピン全土のマグニチュード4.0までの地震を震源計算ができる最低3点で捕らえられる観測点の分布を検討し、これを基に、地形図等による修正、地震活動が活発な地域への観測点密度の考慮、データ伝送における電波伝搬条件を考慮してPHIVOLCSとの協議を行い、観測点の基本配置計画を策定した。

なお、新設の地震観測点、火山観測点、中継点の地点選定については以下のような視点でPHIVOLCSにより作業が実施されており、大部分は官有地である。

- ・観測点は、全国的にみて均質な配置になること。
- ・観測点は、より精度の高い地震観測を行うため、地盤状況としてできる限り付近に岩が露出している場所であること。
- ・観測点は、可能な限り、走行する車輛や付近の樹木等による揺れにより伴うノイズの影響が少ない場所であること。
- ・中継点は、観測点で観測したデータが、既設観測所へ確実に伝送されること（見通しが確保できること、豪雨等の気象災害による施設破損の危険性が少ないこと等）。
- ・治安状況及び維持管理の容易さ等に配慮すること。

本計画で実施する第1次整備計画及び第2次整備計画の内容は以下の通りである。また、本計画で整備する機材については、機材の適切な運用・管理ができるよう運用・管理マニュアルを備えることとする。

【注】本計画で対象とするサイトの種類と定義は以下の通りである。

- * 地震観測所 既存の地震観測点で有人である。

- * 火山観測所 既存の火山観測点で有人である。
- * 火山衛星観測点 本計画で新設する無人の火山観測点である。1つの火山につき、火山口または火山中心部を取り囲む3地点の観測点からなる。
- * 地震観測点 本計画で新設する無人の地震観測点である。
- * 火山観測点 本計画で新設する無人の火山観測点である。
- * 中継点 本計画で新設する無人の中継点である。

第1次整備計画：フィリピン国およびその周辺で発生する地震活動の把握、津波を伴う恐れのある近海で発生する大きな地震の把握および耐震設計基準の改善に資する資料の蓄積等のため、既設観測所の観測機材の更新およびデータ処理・解析システムを整備する。既設観測所のデータ処理機器が整備されることにより、本部へ通報する地震観測内容を作成する時間が約15分から約5分となり、観測から通報までに要する時間が約35分から約25分に短縮される。また、本部のデータ処理・解析システムが整備されることにより、震源計算および情報作成までの時間が約25分から約20分に短縮される。ただし、地震検知能力については、現状と同じマグニチュード4.7～5.0程度である。

- 1) 既設地震観測所、既設火山観測所の機材更新(34ヶ所：バスコ、バスクイン、ツゲガラオ、サンタ、バギオ、バラヤン、ピナツボ、ケソン、タガイタイ、ラクバン、グイナヤンガン、マヨン、ソルソゴン、プエルト ガレラ、マスパテ、カリボ、ロハス、アンティーク、パロ、カンラオン、シブラン、セブ、タグピララン、プエルト プリンセサ、ヒボック ヒボック、スリガオ、カガヤン、ディポログ、ビスリグ、ダバオ、コタバト、キダパワン、ザンボアンガ、ジェネラルサントス)

各既設観測所の観測機材を更新する。なお、観測機材のうち製作に長期間を必要とする中・長周期地震計等は、第1次ではサイトの条件が良好なバギオおよびタガイタイに設置し、その他の箇所については後述の第2次整備計画時に検討する。但し、プロ火山観測所については、現在地震計による観測は行っていないため機材更新の対象とはせず、第2次整備計画時に火山監視機材等を整備する。

- 2) PHIVOLCS本部のデータ処理・解析システムの整備

各既設観測所からの地震データを解析するデータ処理・解析システムをPHIVOLCS本部に整備する。この段階では各観測所からのデータは電話またはSSBにより音声で伝達される。

第2次整備計画：フィリピン国における火山活動を把握するための無人の火山観測点の新設、主にフィリピン国内陸で発生した場合、震源の直上で建物の被害が予想されるマグニチュード4.0程度以上の地震を検知するために最低限必要な無人の地震観測点の新設、地震の規模の正確な把握・メカニズム解明のための中・長周期地震計の整備を行って、火山・地震活動の検

知・監視能力を強化する。

また、的確で迅速な情報発表を図るためPHIVOLCS本部のデータ処理・解析システムの拡充、サブセンターのデータ処理・解析システムの整備を行う。さらに地震・火山活動に臨機に対応するため、機動観測機材及びメンテナンス用車輛の整備を行う。本部およびサブセンターのデータ処理機器の整備により、観測から通報までに要する時間が約25分から約3分に短縮される。

1) 既設観測所の機材整備・更新 (35カ所)

既設観測所 (34カ所) において第1次整備計画で整備しない観測機材 (中・長周期地震計等) を整備する。さらに、プロ火山観測所にはタール火山の活動を監視する機材等を整備する。

2) 火山衛星観測点の新設 (6火山×3カ所、合計18カ所)

既設の観測所があるタール火山、マヨン火山、ピナツボ火山、ブルサン火山、カンラオン火山、ヒボクヒボク火山の6活火山について、火山性地震の震源位置決定に最低限必要な3カ所の火山衛星観測点を各火山の火口周囲に新設し、火山で発生する火山性微動や火山性地震を観測する。観測データは既設火山観測所まで伝送する。

3) 火山衛星観測点に必要となる中継点の新設 (4火山×2カ所及び1火山×1カ所、合計9カ所)

火山衛星観測点の観測データを既設観測所まで直接伝送できない場合、途中に中継点を新設する。マヨン火山については1カ所、ピナツボ火山、ブルサン火山、カンラオン火山、ヒボクヒボク火山の4火山については各2カ所の中継点を新設する。

4) 火山観測点の新設 (13カ所：イラヤ、バプヤン、カミギン、バナハウ、イリガ、ピリラン、カラトゥンガン、カラヨ、マカトゥリング、ラガング、マトゥタン、パーカー、ブダジョー)

既設観測所がなく常時監視されていない活火山全てについて、各1カ所の火山観測点を新設し、観測データは最も近い既設火山観測所まで伝送する。これには、地震観測点としての機能も持たせ、その観測データは地震観測データとしても活用する。

5) 地震観測点の新設 (19カ所：カガヤン、アバヤオ、カワヤン、ポリナオ、ピラク、カタルマン、グイヤン、ブスアング、エル・ニド、バタラザ、カラヤン、ラブラブ、マヨンリレー、サン・ホセ、ノーザンセブ、カバリアン、タブラス、カモテス、ダバオリレー)

既設地震観測所が周辺に存在せず、新設する火山観測点も周辺に位置しない地域に、地震観測点を新設する。観測データは最も近い既設地震観測所まで伝送する。ただし、9カ所については中継点の機能も持たせ、新設する火山観測点及び地震観測点の観測データを既設観測所まで伝送する。

6) 火山・地震観測点に必要な中継点の新設（9カ所：イラガン、リングエン、アヤラ、イリアン、ティニティアン、ナラ、ドーガル、サブタン、タガイタイ）

新設する火山観測点及び地震観測点の観測データを既設観測所まで直接伝送できない箇所に対して、途中に中継点を新設する。新設する9カ所の中継点とは別に、ソルソゴン火山観測所は地震観測点からのデータをマสบアテ地震観測所に伝送するため、中継点としての機能を持つ。

7) PHIVOLCS本部のデータ処理・解析システムの拡充

新設する観測地点にあわせ、PHIVOLCS本部の火山観測データ処理・解析システムを拡充整備する。公衆電話回線が整備されている既設観測所は、観測データを電話回線を利用してオンラインで本部に伝送し、本部では観測データのオンライン処理を可能とする。

8) サブセンターのデータ処理・解析システムの整備（4カ所：ツゲガラオ、バギオ、セブ、ダバオ）

観測データが電話回線を利用してPHIVOLCS本部に一極集中することにより、電話回線の話中によるデータの遅れを防ぐため、地域ごとにデータ中継・収集機能をもつサブセンター（ツゲガラオ、バギオ、セブ、ダバオ）を設置する。サブセンターは、収集した複数箇所の観測データを本部に伝送する。サブセンターは地方で地震等により大きな災害が発生したときの前進基地としての機能をも持ち合わせるため、インフラの整備が整っている地方の主要都市に設置する。

9) 機動観測機材の整備（30台）

機動観測には、大地震の余震観測や群発地震の活動把握のための地震機動観測及び火山に異常な活動が認められる場合に実施する火山機動観測の2種類がある。大地震が発生した後の余震観測は、地震断層などに重要な役割を果たす。また、群発地震が発生している場合、その活動が大地震の発生に結びつく可能性があるかどうかの判断、活動域の移動等の把握が必要になる。このために機動観測で臨時に観測点を展開し、震源分布を把握する必要がある。また規模の大きい地震を含むことが多く、高感度の短周期地震計に併せ、強震計が必要である。特に、大地震の場合、余震域の広がりには50 km近くに達する場合があります。深さ等を正確に決めるためには、10 kmメッシュ程度の密度で、地震計を展開する必要があり、10組の機材が必要である。

また、火山の下で発生する火山性地震や火山性微動の観測は、火山噴火を予知するための最も有効な手段であり、規模の大きい火山性地震の震源を求める場合には、最低3点の短周期地震計による観測点を設ける必要がある。しかし、火山の山体は構造が複雑で地震波の減衰も大きく、一般的には5～10点程度の観測点が必要である。特

に、活動が活発化した火山を対象に機動観測を行う場合には、最低限10台の高感度の短周期地震計を整備する必要がある。このため機動観測機材として短周期地震計20台、強震計10台の併せて30台の地震計を整備する。

10) メンテナンス用車両の整備 (ピックアップトラック及びオートバイ)

多数の無人観測点の新設されるため、メンテナンス用車両としてピックアップトラック3台、オートバイ9台を整備する。

なお、フェーズ分けのコンセプトについて要請と本計画後の比較を表を示す。

フェーズ分けのコンセプト

	要 請 時	調 査 ・ 解 析 後	
第1フェーズ	<p>フィリピン国およびその周辺で発生する地震火山活動の監視能力強化のため、既設観測所の機材更新。</p> <ul style="list-style-type: none"> 既設地震観測所の機材更新 (短周期地震計、中長期地震計、強震計) 既設火山観測所の機材更新 (短周期地震計、中長期地震計、強震計) 	<p>フィリピン国およびその周辺で発生する地震活動の把握、津波を伴う恐れのある近海で発生する大きな地震の把握を行うため、既設観測所の機材、データ処理解析システム更新を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> 既設地震・火山観測所の機材の更新 (短周期地震計、強震計) 2ヶ所の既設地震観測所の機材整備 (長期地震計) 本部のデータ処理・解析システムの整備 	第1次
第2フェーズ	<p>処理・解析機能を強化することにより、火山活動の予知等の情報発表および緊急時の観測能力の強化のための機材整備。</p> <ul style="list-style-type: none"> 本部のデータ処理・解析機材の整備 サブセンターのデータ処理・解析機材の整備 機動観測機材整備 	<p>フィリピン国における火山活動を把握するための無人火山観測点の新設、主に国内のマニラで4.0程度以上の地震を検知するために最低限必要な無人地震観測点を新設する。</p> <p>また、的確で迅速な情報発表を図るため本部のデータ処理・解析システムの拡充、サブセンターのデータ処理・解析システムの整備を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> 既設観測所の機材整備・更新 (中長期地震計等) 火山衛星観測点の新設 火山衛星観測点に必要な中継点の新設 火山観測点の新設 地震観測点の新設 火山・地震観測点に必要な中継点の新設 PHIVOLCS本部のデータ処理・解析システムの拡充 サブセンターのデータ処理・解析システムの整備 機動観測機材の整備 メンテナンス用車両の供与 (ピックアップトラックおよびオートバイ) 	第2次
第3フェーズ	<p>地震火山活動の検知能力の強化、データ伝送能力の強化をはかるための機材整備。</p> <ul style="list-style-type: none"> 地震観測点の機材整備 火山観測点の機材整備 火山衛星観測点の機材整備 中継点の機材整備 		

しかしながら、第2次整備計画を実施する前に以下に述べる事情から再度調査を実施することが必要である。

- ① 今回の基本設計調査時に新設するサイトが確定していなかったことから、サイトの確認ができなかった。
- ② 基本設計調査実施後に、フィリピン国の経済状況に大きな変化が生じたため、PHIVOLCSの維持管理体制を見直す必要が生じた。

2. 機材の基本構想

1) 既設地震観測所、火山観測所の地震動観測機器

地震動には1秒以下の短周期から数分以上といった長周期の揺れまで幅広い周期の信号が含まれている。また、振幅についても高感度でしか捉えられない μm 以下の震動から、大地震に伴う数十 cm 以上の強震動まで様々である。このような広い周期・振幅範囲の地震動を一台の地震計で忠実に捉えることは困難であるので、地震観測には同じ観測点で複数の地震計を用いることが一般的である。

1980年頃に編集されたユネスコの国際地震観測マニュアルにも、標準的な地震計の組み合わせとして、短周期地震計、長周期地震計、強震計の組み合わせによる観測が示されている。近年地震計の性能の向上が計られ中周期地震計の帯域の拡大が計られ、以前は長周期として扱われていた100秒までの周期の観測が可能となっている。

また近年、地震による津波の発生メカニズムの研究により、地震動の大きさの割に大きな津波を出す地震（明治の三陸地震や近年ではニカラグアの津波地震等）の判別には、周期が数百秒の長周期地震波の観測が重要であることも明らかにされてきた。そのため最近では固有周期300秒相当以上の長周期地震計も開発され用いられるようになってきている。しかし、長周期地震計は地盤や温度変化等の観測環境に敏感な地震計であるため、取り扱い・運用に特別な工夫が必要となり、地震計設置に適した観測所は限定される。また観測する地震波の波長が長いこと1つの国では多数の観測点を設ける必要はない。本計画では、地盤条件が優れていること、半地下・地下壕等観測所のスペース、構造等が設置に適していること、国際的な地震波形データ交換のための通信環境、観測所としての重要度を考慮し、6カ所の観測所に長周期地震計を整備することとする。これらの中でタガイタイは包括的核実験禁止条約に基づく監視観測点として指定されていること、バギオは最も観測環境に優れていることとかつての世界標準地震計の観測点であったことから観測の持続性を考慮して優先的に第1次に整備することとした。

その他の長周期地震計の観測点としては、観測網の中核でありインターネットとの接続が可能なPHIVOLCS本部、サブセンターであり地盤の条件を満たしているツゲガラオ、セブ、ダバオの各観測所を選定した。

このため、フィリピン国における地震・火山観測の拠点である既設観測所には、上述したような幅広い周期や振幅が含まれる地震動を捉えるため短周期地震計、中・長周期地震計、強震計の3種類を整備する（各3成分）。

各地震計の特徴等は次の通りである。

・短周期地震計

主として近地の小さい地震までの観測を目的とし、卓越する1秒までの周期の地震動を捉える最も高感度の地震計である。地震波の初動の読み取りに適した特性を持ち、

震源計算、小さい地震のマグニチュード計算に必要な要素を観測できるように、観測成分は水平成分を含む3成分とする。

・中・長周期地震計

主として地震発生過程（メカニズム）の解明及び正確な地震の規模を推定することを目的とし、短周期地震計では捉えることができない周期（中周期：周期100秒、長周期：周期360秒）を捉える高感度な地震計である。短周期地震計と同様地震動の3成分を観測する。

・強震計

短周期地震計、中・長周期地震観測機器では振り切れてしまう2Gまでの振幅の強震動を捉えることを目的としたものであり、震度の算出はこの強震計の波形を用いて行う。

これらの機器を整備することにより、地震活動・火山活動の監視能力の強化が図れる。

2) 既設地震観測所、火山観測所のデータ処理・伝送機器

地震観測所の機器は、当該観測所地震波形データおよび新設される無人の火山、地震観測点からの地震波形データに対し、オンライン処理とオフライン処理を行う。

オンライン処理下での主な処理を以下に述べる。

- ・トリガー処理：観測データからグランドノイズを除去し、地震波形データを抽出する処理。
- ・検測処理：地震波形データから、P波（縦波）を取り出しその到着時刻を検測したり、最大振幅を抽出し、その変位量を検測する処理。
- ・観測電文作成・送信処理：検測処理により得られたデータから、フォーマット化した電文を作成し、決められた箇所にその電文を送信する処理。電文の内容として、P波到着時刻、地震波の初動の方向、最大振幅、周期、震度等がある。
- ・蓄積処理：地震波形データを連続して収録したり、時刻データを付加した地震波形データを収録する処理。

次に、オフライン処理下での主な処理を以下に述べる。

- ・電文処理：マニュアル検測処理で得られたデータにより観測電文を作成し、送信する処理。
- ・マニュアル検測処理：ディスプレイ上に地震波形を表示し、マニュアル処理により位相、最大振幅等を検測する処理。
- ・波形データ編集処理：MOに収録された地震波形データからノイズの除去等をする処理。

火山の噴火については、活動を繰り返している火山の観測データの積み重ねから、火山性地震の発生の増加、火山性微動の出現、地殻活動、噴気活動の活発化等が噴火の前兆として現れることが経験則として知られている。

これらの観測項目の中では、地震観測が最も基本的な火山活動の把握手段であり、火山観測所の機器では、地震観測所の機能に加えて、以下に述べる火山周辺の火山性地震の発生状況等の地震解析処理や火山性微動の解析処理を行う。

- ・地震解析処理：時間別・日別・月別地震回数で作表、震源分布図等を作成する処理。
- ・火山性微動の解析処理：火山性微動回数、火山性微動の継続時間、火山性微動の振幅、火山性微動のエネルギー積算等を行う処理。

地震・火山情報については、FAXを整備することにより、電話に代わり情報を防災機関等に確実に伝送することが可能となる。

この機器を整備することにより、地震活動・火山活動の監視能力の強化及び情報発表の強化が図れる。

3) 新設の火山衛星観測点の地震観測機器

通常振幅が小さく、短周期成分の卓越している火山性地震・微動を捉えるため、高感度な短周期地震計（3成分）とする。電源はソーラーシステムとする。

この機器を整備することにより、火山性地震や火山性微動の観測が行え、火山活動の監視能力の強化が図れる。

4) 新設の地震観測点、火山観測点、地震計設置を伴う中継点の地震観測機器

小さい近地地震または微小な火山性地震等までを捉えるため、高感度な短周期地震計とする。既設観測所から離れた場所に新設する無人の地震、火山観測点の機器は、故障率の低減、信頼性の確保、保守等の運用上の負担を抑えるために、短周期上下動1成分という必要最低限の機器構成とする。電源はソーラーシステムとする。

この機器を整備することにより、地震及び火山活動の検知能力の強化が図れる。

5) 新設の地震観測点、火山観測点及び中継点の観測データ伝送機器

地震波形データを送信し、既設観測所で受信できるシステムとする。電源はソーラーシステムとする。

このシステムを整備することにより、データ伝送機能が強化され、情報発表の強化が図れる。

6) PHIVOLCS本部の地震・火山観測データ処理・解析機器

この機器は、既設地震観測所で行う処理に加えて、全国の観測所からの観測データに対し、オンライン処理とオフライン処理を行う。

オンライン処理下での主な処理を述べる。

- ・電文受信処理：地震観測所、火山観測所からの観測電文あるいはサブセンターか

らの編集観測電文を受信する処理。

オフライン処理下での主な処理を述べる。

- ・地震解析処理：全国規模での時間別・日別・月別地震回数の作表、震央の時系列分布・震源分布図の作成、メカニズム解析等をする処理。
- ・地震震源処理：観測電報等により震源・マグニチュードを計算する処理。
- ・地震速報・情報処理：地震解析処理により得られたデータから、地震速報または地震情報を作成、送信する処理。
- ・津波情報処理：地震震源処理から得られたデータから、津波の発生が予想される場合、その規模、範囲について津波情報を作成、送信する処理。
- ・波形データ編集処理：全国の観測所で作成した地震波形データの編集およびCD-ROMへの書き込みをする処理。
- ・データベース作成処理：過去の波形データのデータベース化およびアナログ記録のデジタル化とそのデータベース化をする処理。

この機器を整備することにより、地震の震源等の解析処理が自動化され、地震の震源計算や地震情報の作成等の迅速化、規模の大きい地震による津波の発生予測の精度向上が図られる。地震・火山・津波情報については、今まで1台のFAXで情報伝送を行っていたが、新たに設置する2台のFAXおよびパソコン通信により同時に複数箇所に情報を伝送することが可能となる。

さらに、地震・津波・火山情報の作成時間を短縮し、防災機関等への情報提供機能が強化され、また、大容量の観測データを保存することにより、研究、教育等幅広い活用が図れる。

7) サブセンターのデータの処理・解析機器

この機器は、既設地震観測所で行う処理に加えて、観測電文受信・編集処理、地震解析処理、地震速報処理等を行えるものとし、地方で地震等により大きな災害が発生したとき、前進基地としての機能が発揮できるものとする。

このシステムを整備することにより、大地震発生時に観測データがPHIVOLCS本部に集中し、データの遅れが生ずることを防止するため、地域ごとにデータ中継・収集機能の強化が図れる。

8) 機動観測機器

機器は、3成分の短周期地震計及び強震計とする。火山機動観測には短周期地震計を、地震機動観測には短周期地震計及び強震計を使用する。

このシステムを整備することにより、大きな被害が発生した地震の余震活動の把握や観測施設が十分でない火山における活動の監視等の緊急時の観測体制の強化が図れる。

本計画の第1次整備計画の実施後は、既設観測所での観測電文作成等のデータ処理が迅速化され、地震・火山活動、津波等の防災に必要な情報を迅速かつ的確に提供することが可能となる。これによりフィリピン国での地震・火山活動の監視能力が強化され、地震、火山活動に伴う災害による被害の軽減、防災活動の推進、航空機の安全航行等に貢献することが可能になる。

第2次整備計画の実施後は、観測電文を公衆回線で自動伝送することにより既設観測所からのデータ収集が迅速化される。また、新設する観測点を含むフィリピン全国から収集される観測データをより詳細に解析することにより地震検知能力がマグニチュード4.0程度まで向上し、精度の高い地震・火山活動、津波等の情報を迅速に提供出来る。

図3-1に要請されたプロジェクトサイト及びデータ経路配置図（第1フェーズ、2フェーズ、3フェーズ）を、図3-2に本計画のプロジェクトサイト及びデータ経路配置図（第1次、2次）を示す。

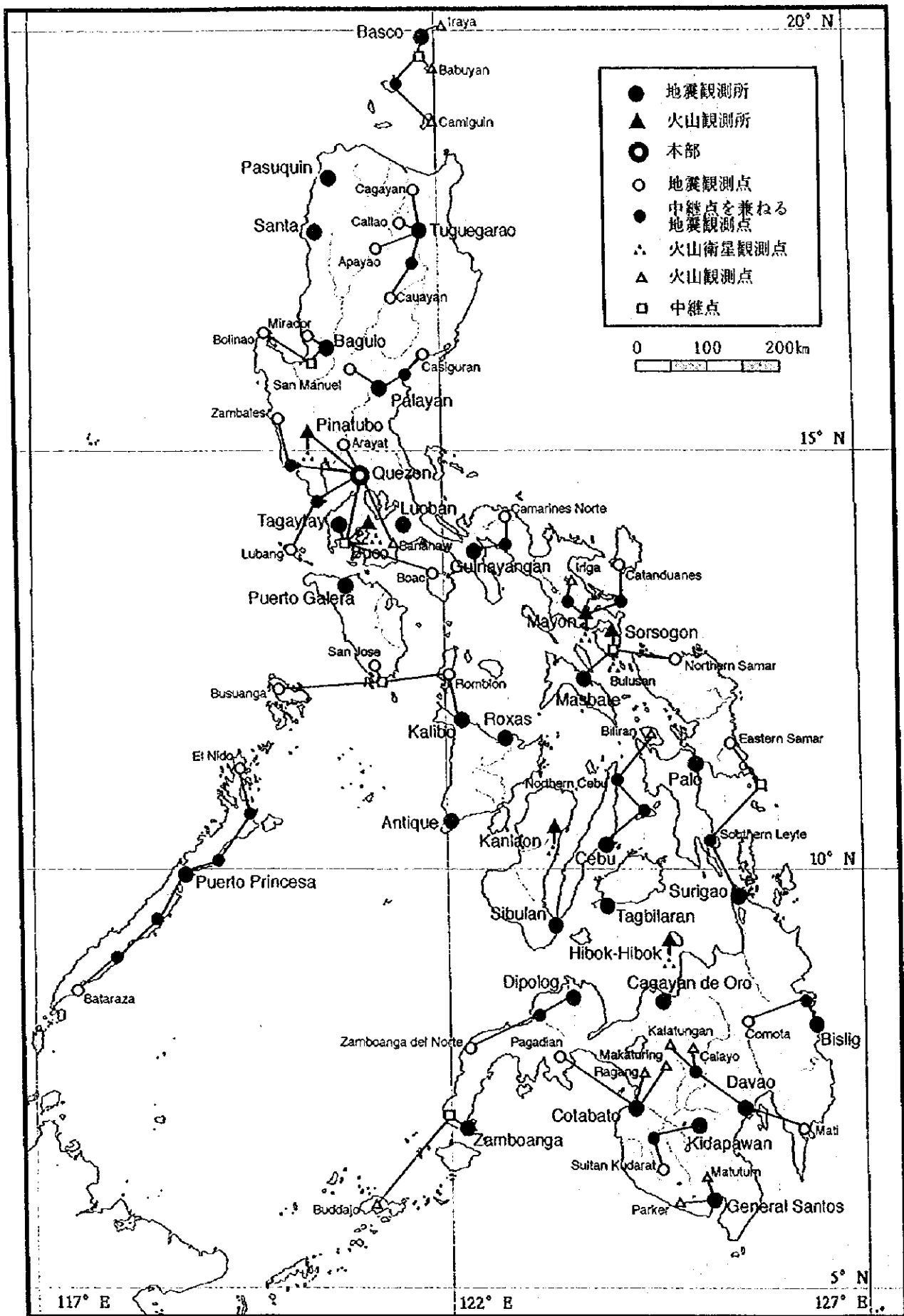


図 3-1 要請されたプロジェクトサイト及びデータ経路配置図 (第17r-s、27r-s、37r-s)

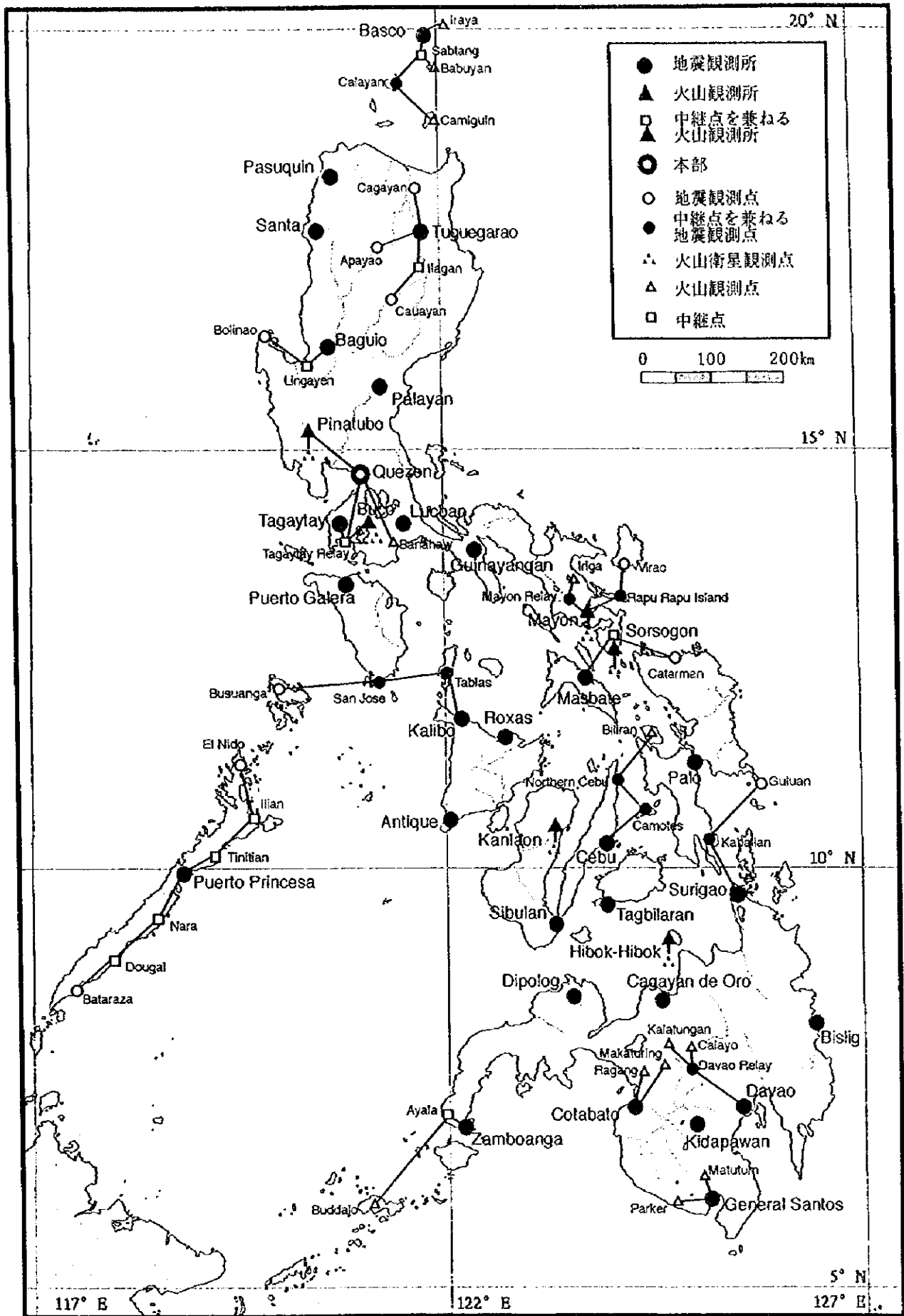


図 3-2 本計画のプロジェクトサイト及びデータ経路配置図 (第 1 次、2 次)

