

No. 1

フィリピン共和国

ピナトウボ火山災害復旧機材整備計画

基本設計調査報告書

平成4年2月

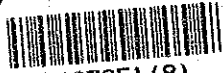
国際協力事業団

無調二

92-008

フィリピン共和国
ピナトウボ火山災害復旧機材整備計画
基本設計調査報告書
平成4年2月
18 53 8

JICA LIBRARY



1097851 (8)

23755

フィリピン共和国

ピナトゥボ火山災害復旧機材整備計画

基本設計調査報告書

平成 4 年 2 月

国際協力事業団

国際協力事業団

23755

序 文

日本国政府は、フィリピン共和国の要請に基づき、同国のピナトゥポ火山災害復旧機材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3年9月29日から10月18日まで国際協力事業団無償資金協力調査部基本設計調査第二課長の三好皓一を団長とする基本設計調査団を現地に派遣しました。

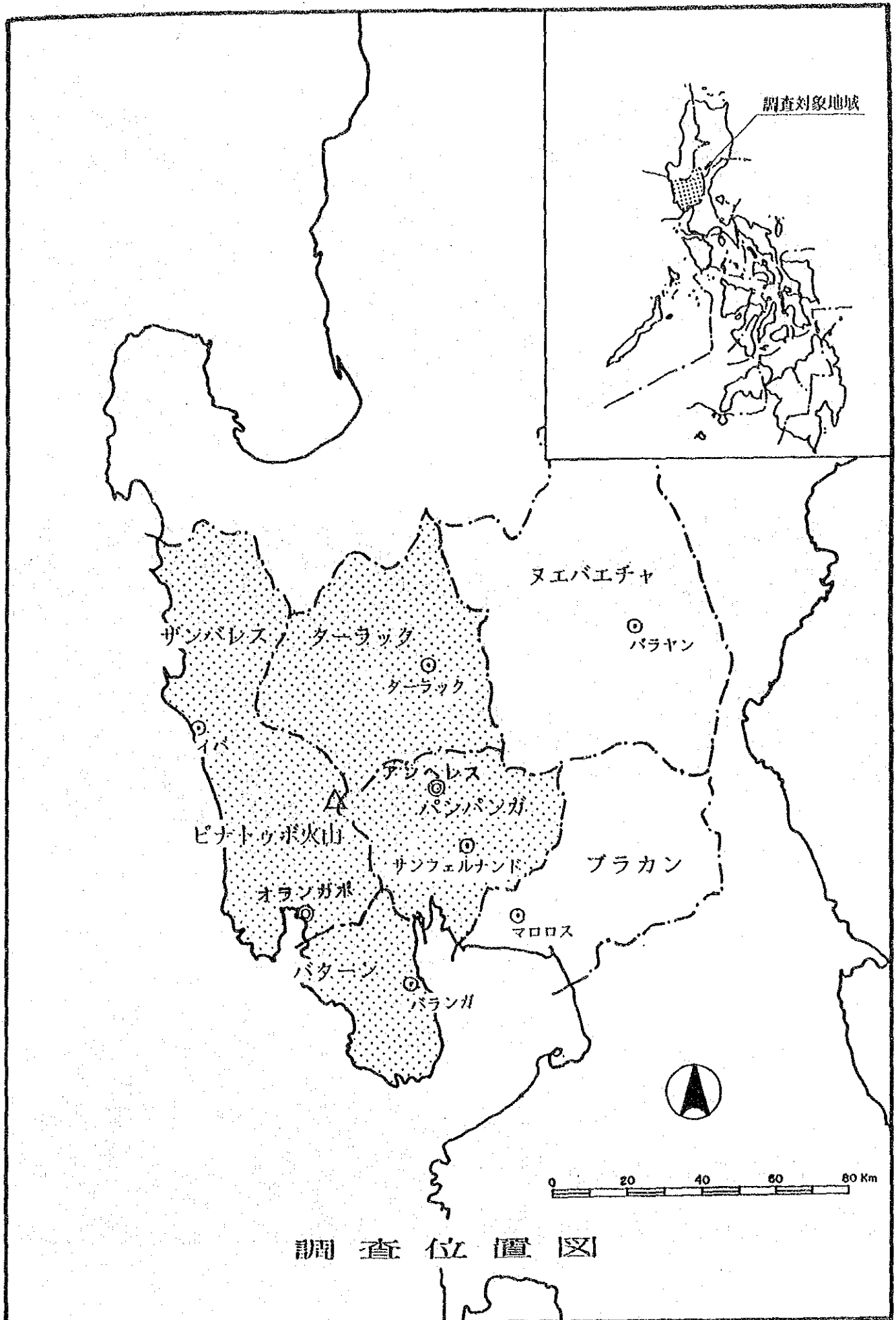
調査団は、フィリピン政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施いたしました。帰国後の国内作業の後、建設省大臣官房技術調査室施工管理官太田 宏氏を団長として平成3年12月8日から12月15日まで実施された報告書案の現地説明を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

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。

最後に、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4年2月

国際協力事業団
総裁 柳谷謙介

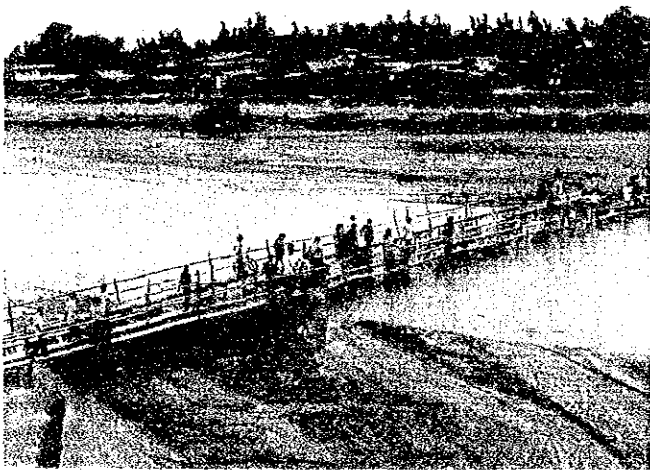




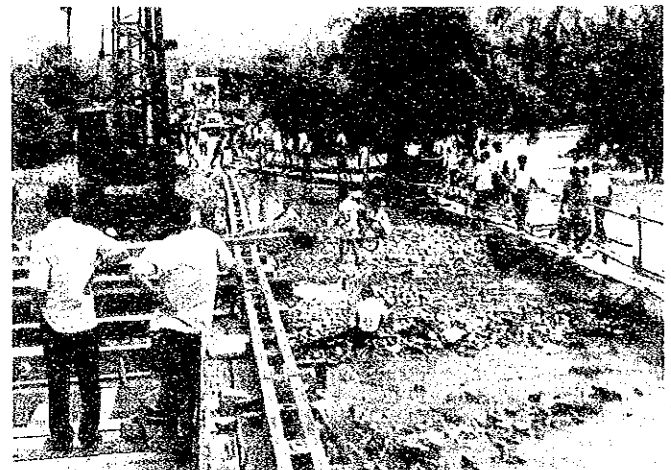
出水による道路冠水状況



人家浸水状況



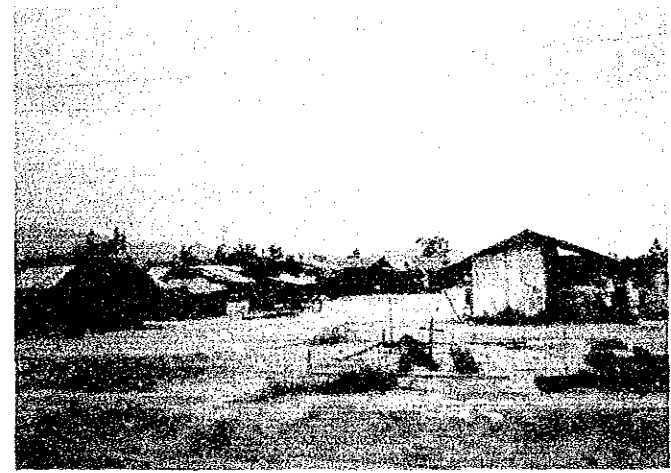
仮橋による河床渡河



道路冠水箇所の仮橋建設作業



降灰後の雨による家屋倒壊



難民センター



河床掘削・築堤作業



蛇籠の準備



土のう積による越流防止



シートパイルによる洗掘防止



道路越流部の盛土かさ上げ



道路越流部の仮橋設置

要 約

1991年6月、611年の沈黙の後ルソン島のパンパンガ、ザンバレス、ターラックの境界上に位置するピナトゥポ火山は、今世紀最大級といわれる大爆発を起こし大量の火山性破砕物を噴出した。さらに折りからの激しい降雨のため、噴火物は泥流として流出し、居住地域や農地、および道路、橋梁等の公共施設に多大の被害をもたらした。山麓には、火山灰がまだ多量に残っており今後も長期間にわたって被害がつづくと予想されている。

フィリピン政府は災害に対応し、国家災害復旧計画の作成のため、社会基盤施設委員会、定住委員会、生計委員会、社会奉仕委員会の4つの委員会を設立した。各委員会は、それぞれの担当分野で災害に対しての救援・復旧に努めている。この災害対策計画のうち社会基盤施設委員会のもと公共事業道路省は、火山爆発によって被害を受けたインフラ施設、特に道路、橋梁及び関連河川の復旧作業に当たった。しかし被災規模が大きく現有の建設機械は絶対数が不足し、復旧には相当の時間を要することとなった。

フィリピン共和国政府はこのような状況を認識し、日本国政府に対しピナトゥポ火山災害の復旧作業を促進するための機材の整備を要請した。これは、公共事業道路省が実施しているインフラ施設等の復旧作業を促進させ、社会・経済活動を活性化することを目的とするものである。

日本国政府は、フィリピン政府の要請に応じフィリピン共和国ピナトゥポ火山災害復旧機材整備計画基本設計調査の実施を決定し、国際協力事業団（JICA）は、1991年9月29日から10月18日迄基本設計調査団を派遣した。

基本設計調査団は、本計画の背景・目的の確認のため、現地調査を行い、被災状況及び被災地の社会経済的損失の確認、無償資金協力の妥当性調査、基本設計に必要な資料の収集などを実施した。

調査団は、これらの調査結果、収集資料に基づき、国内解析として、必要性、緊急性、妥当性、社会経済的効果、実行組織などの解析を行ない、要請建設機械の機種を選定、必要数の分析を検討した。

国際協力事業団は、これらの調査、国内解析結果に基づき、基本設計ドラフト・ファイナル・レポートを作成し、その協議のため、1991年12月8日より12月15日まで同レポート説明調査団を派遣した。

調査団は復旧作業の規模、現地状況、周辺状況を考慮した基本設計を策定した。これに基づき、次表に示す機械の選定を行なった。

表1 選定機械リスト

| 機 種 | 数 量 |
|-------------|-----|
| 1. 土工機械 | |
| ブルドーザー | 10 |
| 湿地ブルドーザー | 9 |
| 被けん引式スクレーパー | 10 |
| 2. 掘削機械 | |
| 油圧ショベル | 10 |
| 3. 荷役機械 | |
| トラッククレーン | 8 |
| 4. その他 | |
| 蛇籠製造機 | 1 |
| ジャックハンマー | 4 |
| ディーゼルハンマー | 4 |
| 多目的用途車 | 7 |
| 汚泥吸込車 | 2 |
| 5. スペアーパーツ | 15% |
| 合 計 台 数 | 65台 |

これら選定された機械は、社会基盤施設委員会のもとに公共事業道路省が実施している災害復旧対策として種々の対策が行なわれている中で、道路・排水系の清掃及び改修、橋梁補修、築堤、河川浚渫などのインフラ施設等の復旧作業に使う機械として、選定されたものである。

本計画の必要工期は、実施設計に5ヶ月、調達納入に7ヶ月、運転指導に8ヶ月と見込まれる。概算事業費は約22.08億円（日本側14.55億円、フィリピン側7.53億円）である。

フィリピン政府の実行組織は、公共事業道路省であり、同省内に設置されたピナトゥボ火山災害復旧本部が、復旧作業に調達された機械の運用、管理について直接の責任を持つ。計画機械は、ピナトゥボ火山災害復旧事業のみに使われる。

受益対象地域は、ピナトッポ火山周辺の4県2市（バターン、パンパンガ、ターラック、ザンバレスの各県及びオロンガポ、アンヘレスの各市）が中心となる。この復旧事業は単に公共施設の復旧のみならず、住民の生活基盤を改善し、社会経済活動に活力を与えるものとなるであろう。

以上により、調査団は本計画を無償資金協力で実施する意義が大きいと判断する。

なお、本計画をより効果的なものとし効率よく実施する上で以下の3点が必要である。

- 1) 蛇籠製造工場の建設
- 2) 各機械のオペレーターの確保
- 3) 維持・管理のための予算確保

目 次

| | |
|----------------------|-----|
| 序 文 | |
| 位置図 | |
| 写 真 | 写-1 |
| 要 約 | i |
| 第1章 結 論 | 1 |
| 第2章 計画の背景 | |
| 2.1 当該セクターの概要（災害の概要） | 3 |
| 2.2 関連計画の概要 | 22 |
| 2.2.1 国家災害復旧計画 | 22 |
| 2.2.2 DPWH復旧計画 | 25 |
| 2.3 要請の経緯と内容 | 32 |
| 第3章 計画地の概要 | |
| 3.1 計画地の位置及び社会経済事情 | 35 |
| 3.1.1 計画地の位置・人口 | 35 |
| 3.1.2 計画地の社会経済状況 | 37 |
| 3.2 自然条件 | 37 |
| 3.3 道路の概要 | 40 |
| 3.4 災害の概要 | 42 |
| 3.4.1 道路の災害 | 42 |
| 3.4.2 橋梁の災害 | 48 |
| 3.4.3 河川の災害 | 52 |

| | | |
|-------|------------------|----|
| 第4章 | 計画の内容 | 61 |
| 4.1 | 目的 | 61 |
| 4.2 | 要請内容の検討 | 62 |
| 4.2.1 | 計画の妥当性及び必要性の検討 | 62 |
| 4.2.2 | 実施運営計画の検討 | 64 |
| 4.2.3 | 類似計画／援助計画との関係の検討 | 65 |
| 4.2.4 | 要請機械の内容 | 65 |
| 4.2.5 | 技術協力の必要性の検討 | 68 |
| 4.2.6 | 協力実施の基本方針 | 68 |
| 4.3 | 計画の概要 | 69 |
| 4.3.1 | 実施機関及び運営体制 | 69 |
| 4.3.2 | 事業計画 | 73 |
| 4.3.3 | 機械の概要 | 77 |
| 4.3.4 | 維持・管理計画 | 79 |
| 4.4 | 技術協力 | 81 |
| 第5章 | 基本設計 | |
| 5.1 | 設計方針 | 83 |
| 5.2 | 設計条件の検討 | 83 |
| 5.3 | 基本計画 | 84 |
| 5.3.1 | 機種を選定 | 84 |
| 5.3.2 | 作業フロー | 84 |
| 5.3.3 | 復旧工事の内容の確認－機種を選定 | 85 |
| 5.3.4 | 計画台数の決定 | 85 |
| 5.3.5 | 機械諸元 | 90 |
| 5.4 | 施工計画 | 95 |
| 5.4.1 | 施工方針 | 95 |
| 5.4.2 | 施工監理計画 | 95 |
| 5.4.3 | 資機材調達計画 | 96 |
| 5.4.4 | 実施工程 | 96 |
| 5.4.5 | 概算事業費 | 99 |

資料編

1. 調査団氏名
2. 調査日程
3. 相手国関係者リスト
4. 討議議事録
5. 収集資料リスト
6. カントリーデータ
7. 保有機械リスト
8. 災害復旧工程と必要機材一覧
9. ピナトゥボ火山災害に対する外国からの援助一覧
10. 関係機関組織表および職員数一覧
11. 関係修理基地図
12. フィリピン国側負担分概算費用
13. 災害状況写真（主要災害地点）
14. 災害状況写真（災害の種別）

第 1 章 緒 論

1991年6月、ピナトゥポ火山は、大爆発を起こし、大量の火山性破砕物を噴出した。ピナトゥポ火山一帯に降ったはげしい雨のため、噴火物は泥流となり流出し、居住地域や農地および道路・橋梁等の公共施設に多大な被害をもたらした。

フィリピン政府は災害に対応し、国家災害復旧計画の作成のため、社会基盤施設委員会、定住委員会、生計委員会、社会奉仕委員会の4つの委員会を設立した。各委員会は、それぞれの担当分野で災害に対するの救援・復旧に努めている。この災害対策計画のうち社会基盤施設委員会のもと公共事業道路省は、火山爆発によって被害を受けたインフラ施設、特に道路、橋梁及び関連河川の復旧のため、現有の建設機械をリージョンⅢのみならず他の地区からも投入し、復旧作業を進めようとしているが、被害の大きさに比して利用する建設機械の台数が限られている上に、スペアパーツの不足から十分な稼働ができないでいる。

こうした状況から、フィリピン共和国政府は日本国政府に対し、ピナトゥポ火山災害復旧事業のために建設機械の無償援助協力を要請した。

日本国政府は、フィリピン政府の要請に応じて、フィリピン共和国ピナトゥポ火山災害復旧機材整備計画に関わる基本設計調査を実施することを決定し、国際協力事業団が平成3年9月29日より同年10月18日まで、同国に国際協力事業団無償資金協力調査部基本設計調査第二課長三好皓一を団長とする基本設計調査団を派遣し調査を実施した。

基本設計調査団は、本計画の背景・目的・内容などを確認するとともに、関連する資料の収集及びDPWHの機械整備状況や被災地の調査などを行った。これらの収集資料及び調査結果に基づき、国内解析として必要建設機械の選定及びその基本設計を実施し、本計画の妥当性・緊急性・社会経済的効果などについて検討した。

国際協力事業団は、これらの調査・解析結果に基づき、基本設計ドラフト・ファイナル・レポートを作成し、その協議のため建設省大臣官房技術調査施工管理官 太田 宏氏を団長とする同レポート説明調査団を平成3年12月8日より12月15日まで同国に派遣した。

本報告書は、以上の調査・解析・現地説明を経て、本計画の事業計画・事業評価などを含み、平成4年2月に基本設計調査報告書としてとりまとめられたものである。なお、上記調査団の構成、調査日程、相手国関係者リスト、協議議事録などを巻末の付属資料に収録した。

第2章 計画の背景

2.1 当該セクターの概要（災害の概要）

(1) フィリピンの火山災害事情

フィリピンには第四紀火山が 220あり、そのうち22は、有史あるいはここ 600年の間に噴火したことがある活火山であると考えられている。表 2.1-1では、20世紀に噴火がみとめられている火山を列挙している。

火山の危険は、突然噴き出す溶けた岩石とその他の噴出物である。噴出物の粒径は、細かいダスト（火山灰）から大きな礫（火山弾、火山塊）までさまざまである。

また液状体であれ、固体であれ、それらは有害ガスをまきちらす。また他の危険は地震である。地震はマグマの上昇力で生ずる地割山、津波、陥没、地すべりを引き起こす。

火山は図 2.1-1に示す10の火山帯に分布している。

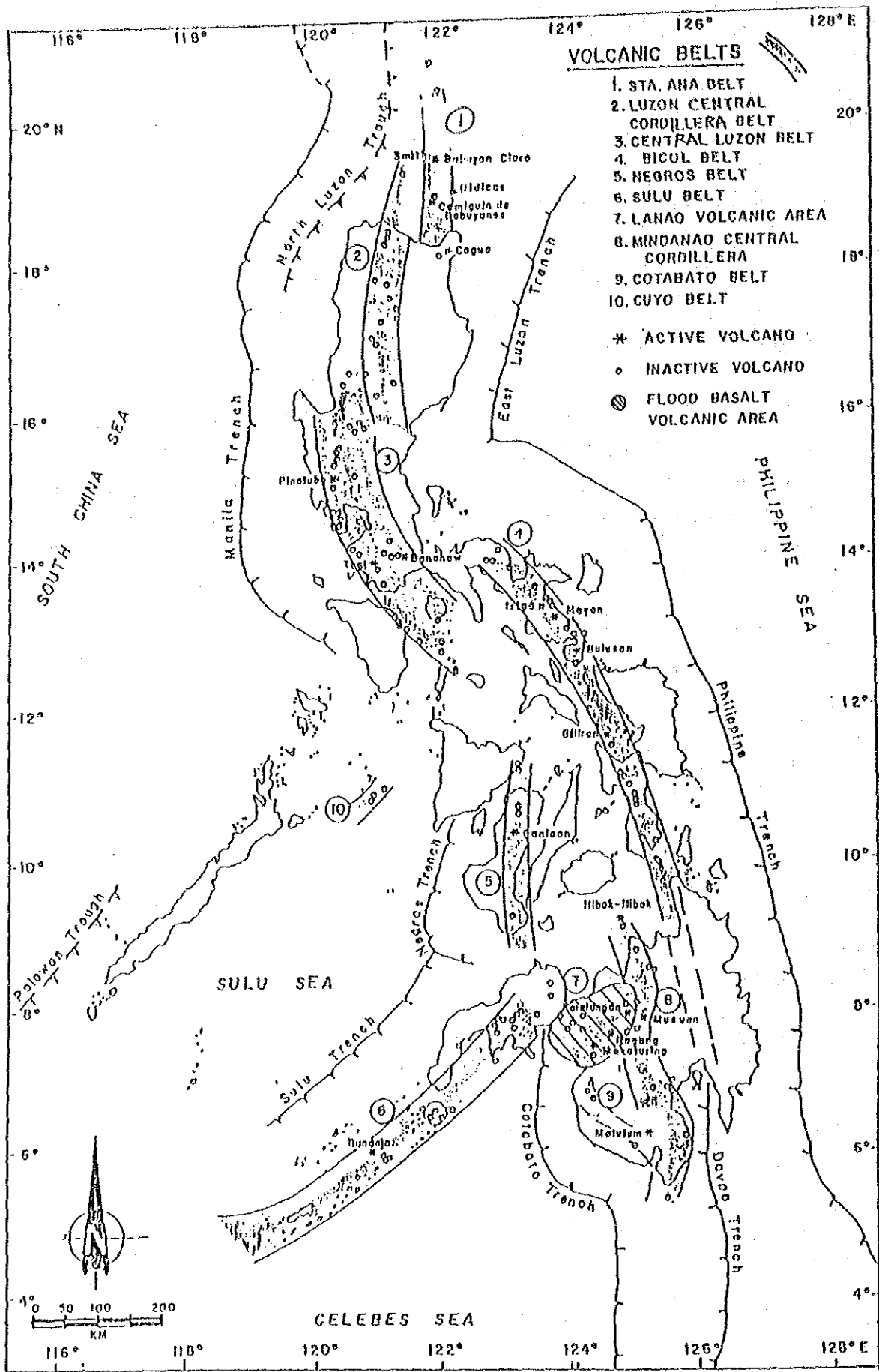


图 2.1-1 火山位置图

(2) ピナトゥポ火山噴火概要

a. 概 論

以下は、科学技術省地震火山研究所（PHILVOCS）のレポートを引用する。

位 置

ピナトゥポ火山は、フィリピンに22ある活火山の一つであり、北緯15° 08.70分、東緯 120° 21.35分に位置し、三つのプロビンス、パンパンガ、ザンバレス、ターラックの境界上にある。（図 2.1-2参照）

地 形

ピナトゥポ火山はルソン島の西側を境界とする火山帯の一部に属しており、南はバターンから北はリングヨン湾へと北北西に約 220km連なるザンバレス山脈の中央に位置している。ピナトゥポ火山の他にも、ナティブ火山とマリベレス火山がこの山脈にある。また、小さな火山錐として、アラシンボ山、バラキボック山、ネグロク山がある。標高はピナトゥポ火山が最も高く約 1,745mであり、ナティブ火山、マリベレス火山はそれぞれ 1,278m、1,388mである。これら3つの火山はクレーターと山腹噴火口（孔）が複合している複合火山である。

地 質

第四紀安山岩－石英安山岩質火山層が、ピナトゥポ火山とそれに続く山頂を形成しており、噴火の際にはピナトゥポ火山頂近くの数ヶ所の噴火口から発生していると思われる溶岩流、火砕灰、火砕流となる。

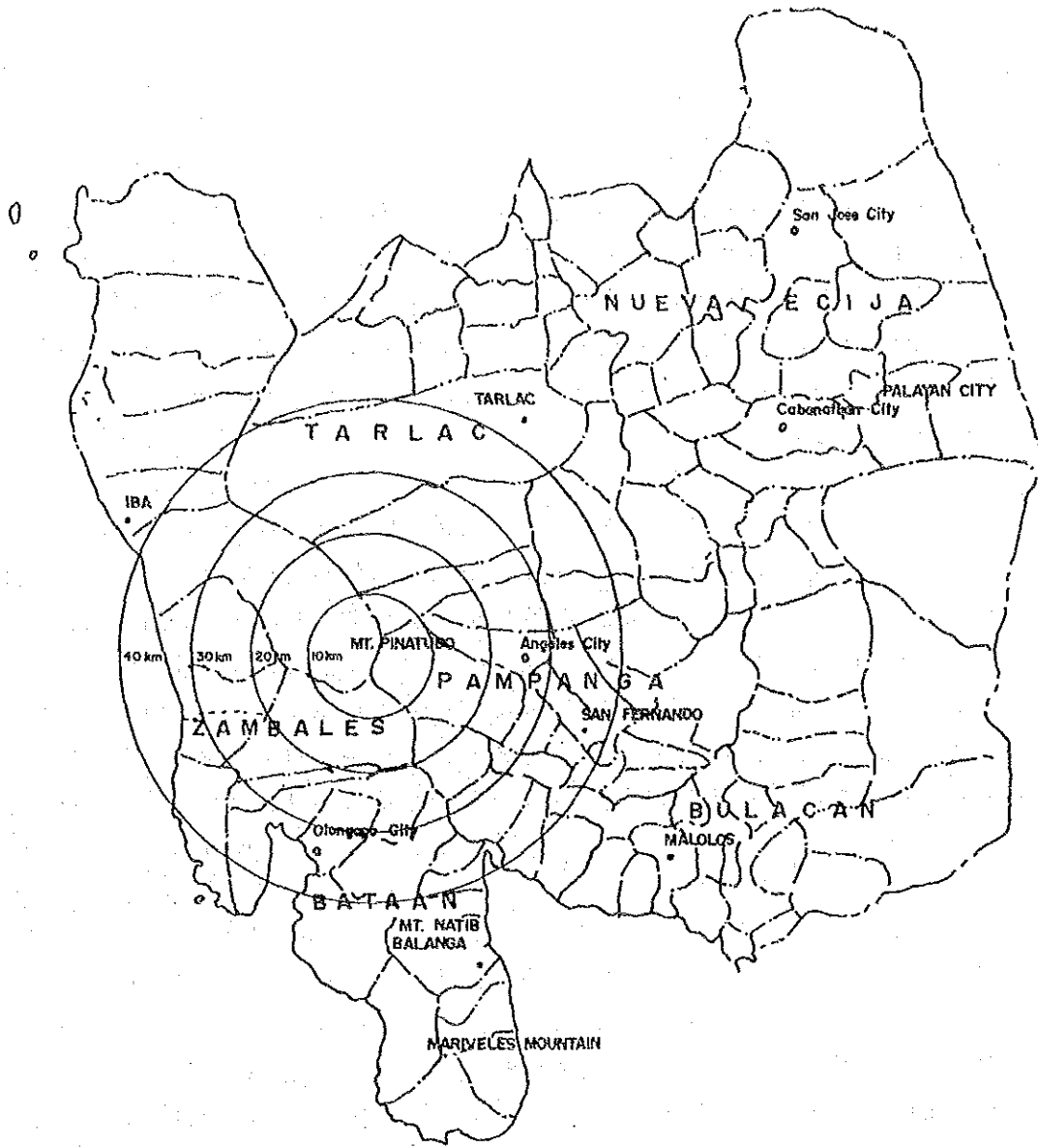
ザンバレス山脈の噴火活動は、700万年前に始まり 600年前まで続いていた。最近の噴火は 600年以上前であり、その噴火ではほぼ1㎩の火山砕屑物の堆積があった。またそれ以前の噴火では 6.7㎩以上の火山砕屑物を西側フランクに堆積させている。

社会・経済

ピナトゥポ火山の山腹から裾野にかけては、アエタ族あるいはネグリト族といった土着部族の生活の場ともなっている。それらの種族はザンバレス、ターラック、パンパンガに属する火山の山腹に散在し生活している。最近のPNOC-EDC（フィリピン国営石油会社－エネルギー開発公社）が調査した資料によれば、500世帯以上のアエタ族がピナトゥポ火山近くに居をかまえていた。

これらの土着部族は伝統的な遊牧民族であり、カインギン (Kaingin) (灌木の伐採)、主としてコーヒー根菜作物、バナナの栽培で生計をたてている。また、藤、らん、ヤンナック (竹の一種) を栽培し、山麓の仲買人と商売しているものもある。

また本計画の対象地域である4県2市 (サンパレス、ターラック、バターン、パンパンガの4県、オロンガポ、アンヘルスの2市) の人口は約 381万人である。



- LEGEND
- Regional Boundaries
 - Provincial Boundaries
 - City / Municipal Boundaries
 - Provincial Capital
 - City

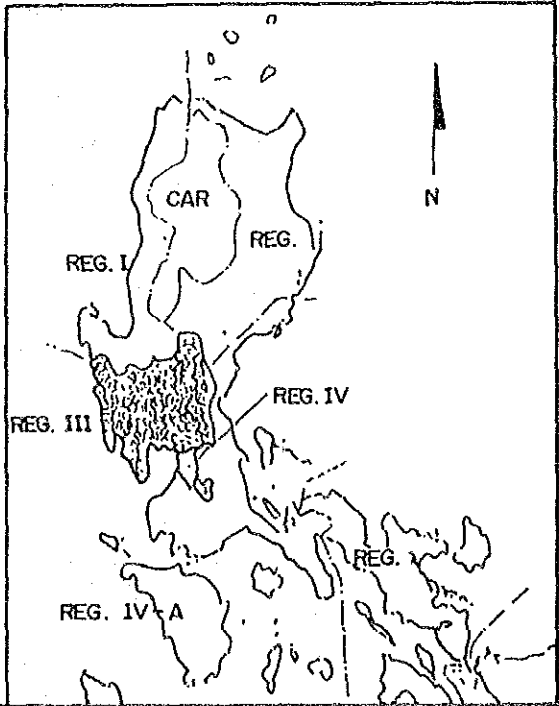


図 2.1-2 ピナトゥボ火山位置図

b. 噴火活動

前 兆

ピナトゥポ火山は 611年間の活動休止を破り、1991年4月2日活動の兆候をあらわした。そのとき、高温域を形成している火山クリーターで熱水爆発が観測された。熱水爆発は、少量の灰を伴った蒸気雲を発生させ、その高さは噴火口より 500～800mにおよんだ。北北西の斜面上の5つの噴火孔が活動をはじめ白色の蒸気柱を放射した。

噴 火

1991年6月3日午前7時3分、最初の火山灰噴出が観測された。この噴出は30分間続きその後、6月4日まで短い周期で同様な噴出が連続して発生した。その後、2～3日は小康状態を保っていたが、再び火山灰の噴出を伴った活動を開始し、1991年6月8日15時25分火山性地震が記録された。翌6月9日には午前6時から14時50分まで、火山灰を多量に含んだ蒸気雲を発生しつづけた。その後、14時55分、火砕流が発生し、マラウノット河のガリに至る西北西及び西側斜面を流下しはじめ、マラガ河の西側にまでかけ下り、その距離は、噴火口から4～5kmに達した。

独立記念日の6月12日になると火山活動はますます激しさを増し、噴火口上 2,000mにまで達する火山灰を多量に含んだ蒸気雲が発生し、大規模な火山性爆発も数回発生した。その内最も大規模なものは午前8時51分と記録されている。この大火山性爆発は雷鳴と「巨大な灰色のキノコ状雲」を伴い、その高さは風に逆らって噴火口上20kmにも達した。また、火山灰、軽石、火山砕屑物が火山の西、北西、南西地域に降下し火砕流がピナトゥポ火山を源とする主な河川、マレラ川、マラウノット川、オードネル川を滝の如く流下した。

次に発生した大噴火活動は6月12日午前8時51分のものより大規模で、6月14日13時9分から6月15日までの48時間連続した。中でも6月14日15時20分に発生した噴火では、噴火口上 3,000mにも達するカリフラワー状雲を噴出した。

c. 火山災害要因

多量の火山灰や他の噴出物の降下がディデング台風により、マニラ首都圏や南のパラワンにまで及んでいる。しかし、ピナトゥポ火山噴火がもたらす最も甚大な災害の要因は溶岩流、火砕流、降灰、泥流である。

溶岩流

溶岩流の温度は噴火口から流下する直前で約 1,000℃といわれている。粘性の高い溶岩流はその流速も遅く（毎時2～3m）、その到達距離も短い。しかし1991年6月15日現在、溶岩流は確認されていない。

火砕流

火砕流は約 1,000度ときわめて高温であり、時として白熱を帯びることもある。また、火砕流は、噴火によって噴き飛ばされた火山砕屑物弾（玉石、小石、砂、ごみ屑）と高温の火山ガスを含んでおり、ハリケーンなみの時速 500kmという早い速度で地形の高低やガリに沿って流下する。

火砕流が流下した地域は、高質量、高温多量の有害ガスのため、致命的な被害をこうむる。つまり、生きるものすべてがうずもれるか、高温で焼けつくされてしまう。

ピナトゥポ火山の場合、最大の火砕流は、6月12日から15日の間の噴火の後発生した。そのときの火砕流は、ピナトゥポ火山から放射状に流下しているマレラ川、マラウノット川、オードネル川を高速でかけぬけその距離は15kmにも達した。また、サコビア川には流下距離1km程度の小規模な火砕流が観測されている。

図 2.1-3は火砕流による被災地域を示している。

火山灰

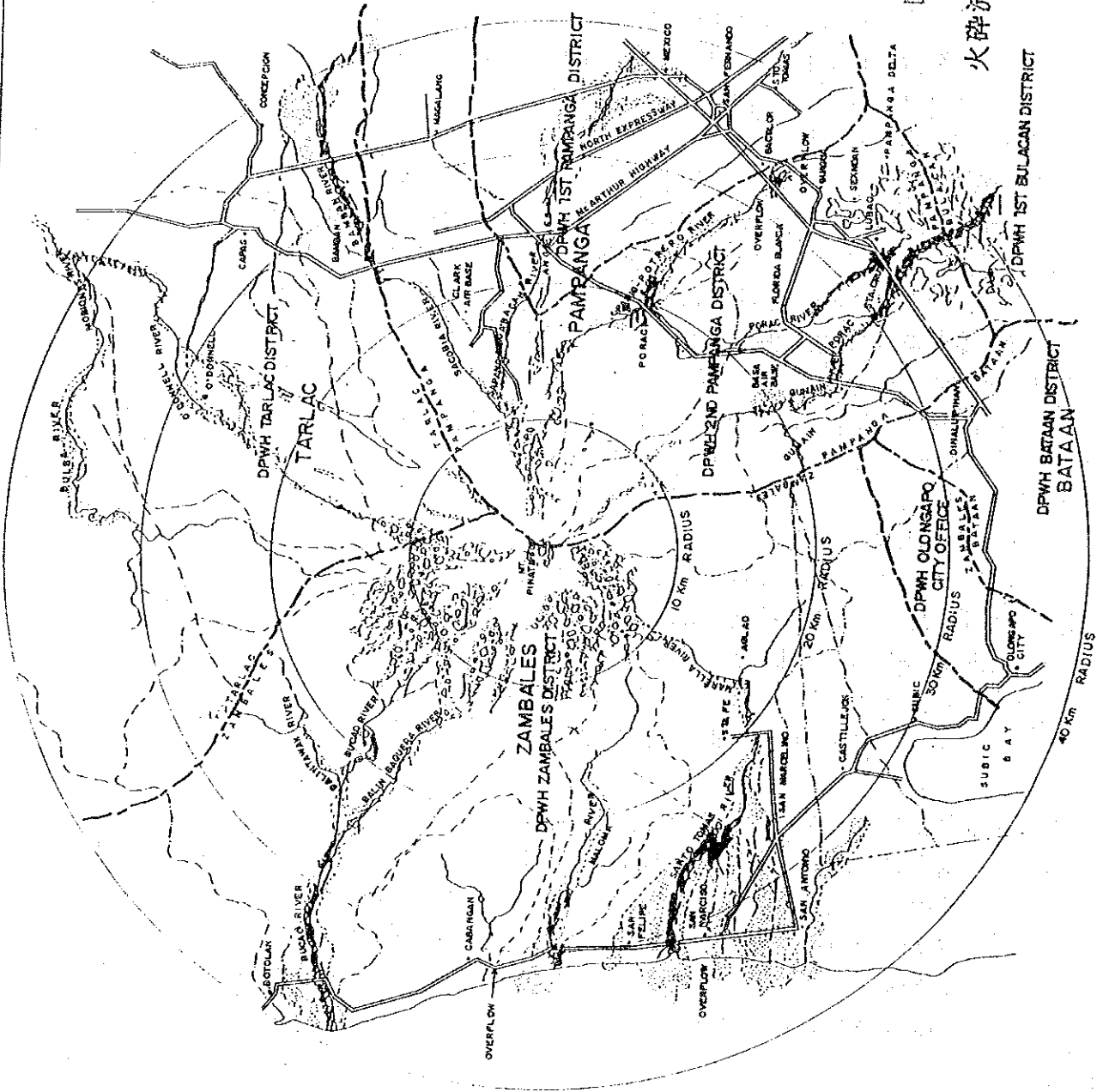
多量の降灰は人間、動物、穀物、工場、建造物に多大の被害をもたらす。粒子の細かい火山灰（0.01mm）は容易に発散する。しかも火山灰に含まれている物質は人間にとって有害であるはずである。また、厚い降灰は光をもうばってしまうし、航空機のエンジンや濃作物に被害を及ぼし時として建物の屋根をも破壊してしまう。酸性灰による金属の腐食も予想される。

凡 例

- PYRO-CLASTIC DEPOSIT AT PINATUBO
- MUDFLOWS
- RIVERS
- RIVER CATCHMENT AREA BOUNDARIES
- ROADS
- PROVINCIAL / DISTRICT BOUNDARIES

図 2.1-3

火砕流による被災地域図



ピナトゥポ火山噴火の場合、6月12日の大噴火の際は、火山灰は30km西方の南シナ海まで達した。しかもこの降灰はザンバレスにある各都市を闇に包むほど厚いものであった。このことは、ピナトゥポ火山噴火の噴出物は西及び南西方向にふき流されたことをものがたっている。

また、6月14日から15日に発生した噴火では火山灰と火山砕屑物は6月12日の噴火の時より、ディデング台風の風のにりもって広範囲に広がった。南はマニラ首都圏、パラワン、西はカンボディアにまで及んだと記録されている。

しかもこれらの降下物は、昼間にヤミ夜の世界をつくり出し、降灰による重みで多くの建物の屋根が押しつぶされた。

図 2.1-4は、6月12日から15日までの噴火により噴出された換算灰の平均堆積深さを示している。

泥 流

時として火山泥流あるいは火山性土石流と呼ばれる泥流は、火山噴出物が水と混ざり流れ出すことをいう。つまり、山腹に堆積した火山灰や火砕物が、強度の降雨により、土石流（コンクリート程度の濃度がある）となって流下するものである。泥流は、ふつうガリ跡や峡谷に沿って流れる。その速度は火砕流よりもおそいが、ゆるやかな傾斜地の広い範囲を覆い包むのが普通である。

泥流が発生すると、低地にあるものすべてが玉石や砂、泥に埋もれ、建物、インフラ施設、排水施設に被害を与え、特に、河床の上昇による洪水を広範囲にひきおこす。

6月12日にピナトゥポ火山一帯に降った雨は、アラウノット川を流下する泥流を引き起こし、大量の土砂を堆積させた。そのためモラザへの道路は完全に通行不能となった。6月14日以降、さらに降雨が続き、泥流が河川流域をおそっている。図 2.1-5は泥流被災地域を示している。

凡 例

- 5 - SAND AND ASH THICKNESS IN CM
- PROVINCIAL BOUNDARY

NOTES

I. PREPARED BY PHIVOLCS - MCB LAHAR TASK FORCE

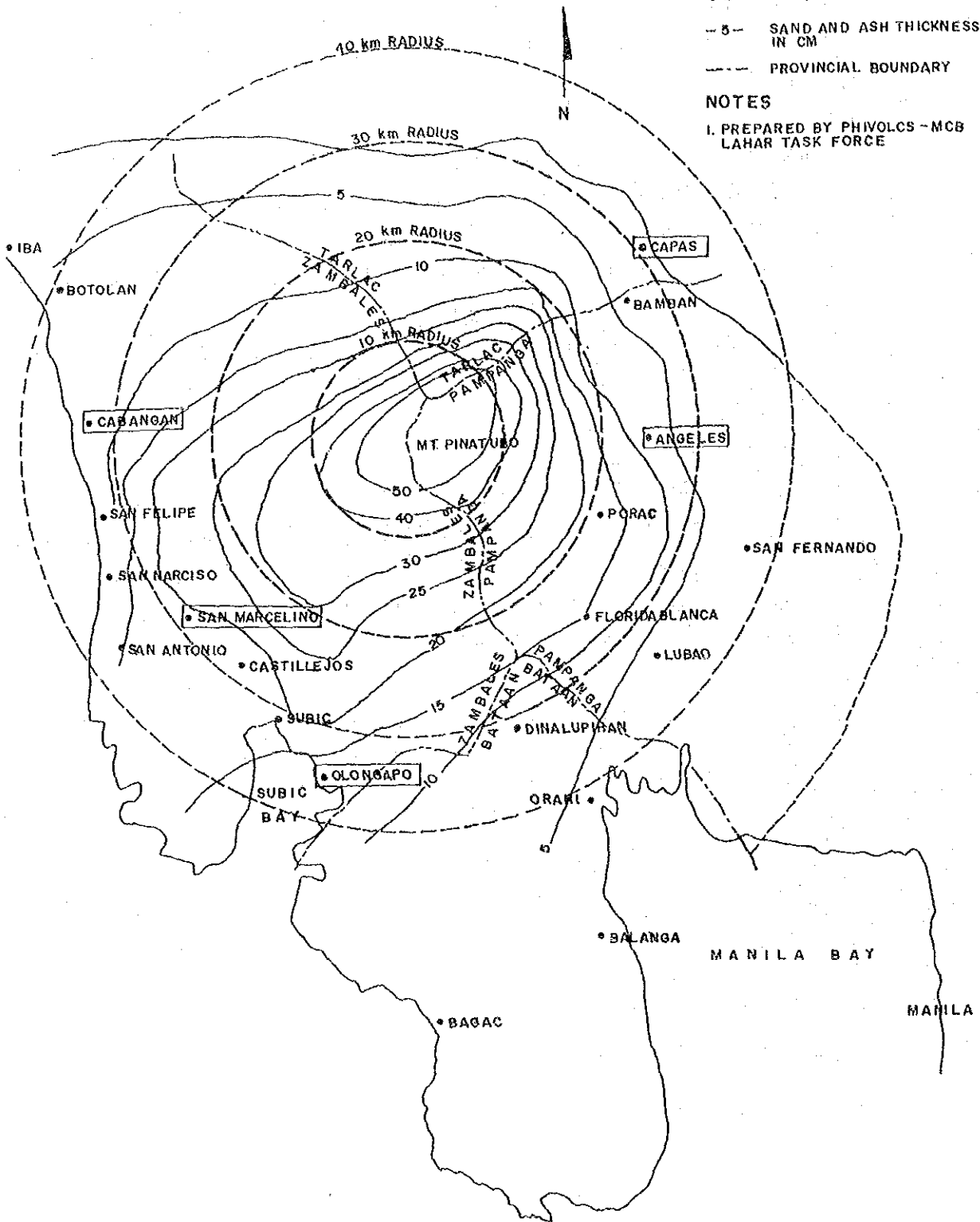


図 2.1-4 火山灰堆積分布図 (1991年6月12日~6月15日の噴火によるもの)

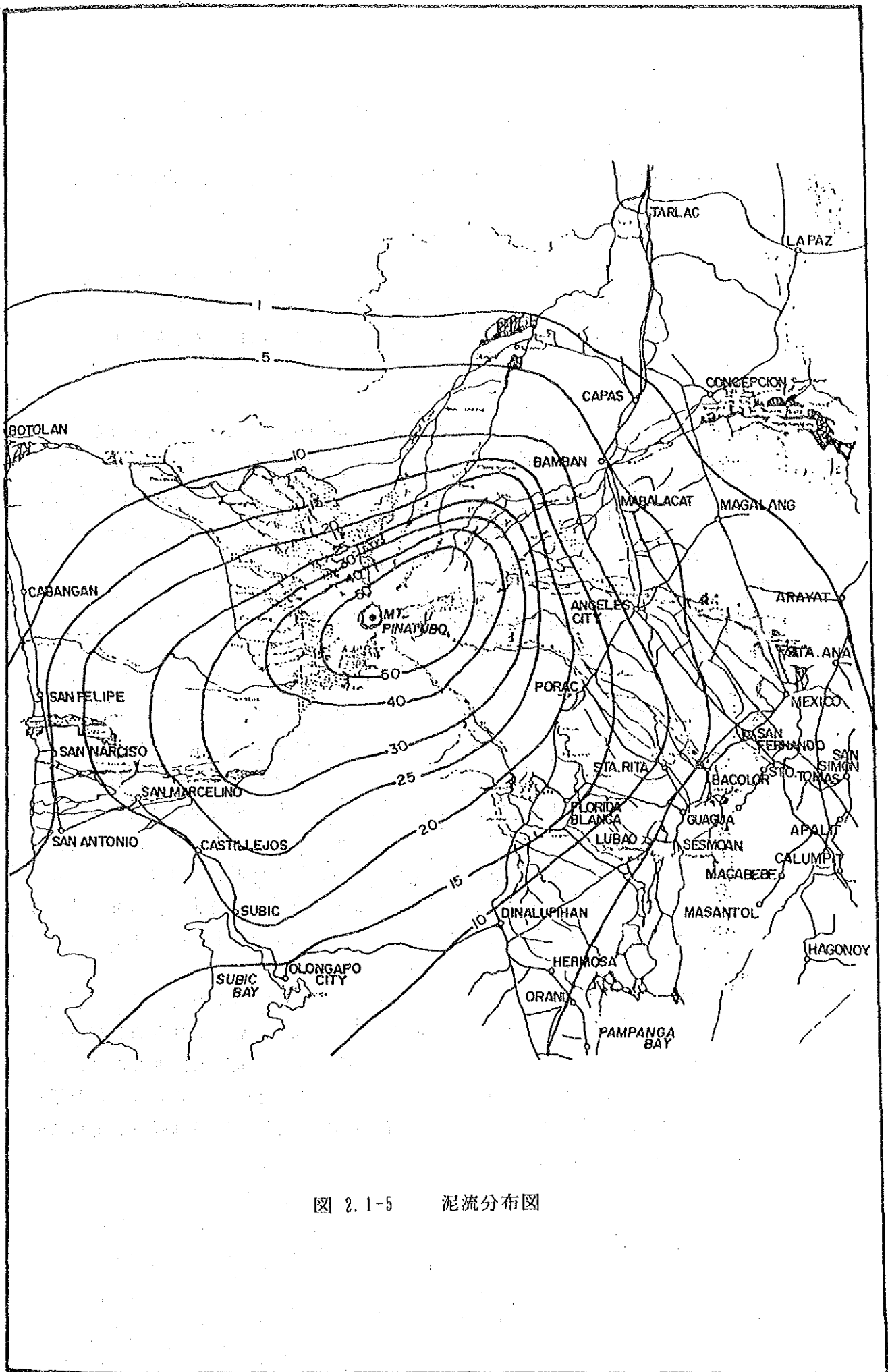


图 2.1-5 泥流分布图

d. 災害の概要

ピナトゥポ山を中心に、30kmの範囲は火山灰の降灰により、家がつぶれ、立木が折れるなどの被害を生じた。

一連のピナトゥポ火山の火山活動により堆積した火山灰がおりからの台風およびモンスーン性降雨により流出し、火山泥流となり、そのふもとのパンパンガ、ターラック、ザンバレス、バターン県などの市、町、村に甚大な被害を与えている。

最近（9月）、約6mの厚さの火山泥流がパンパンガ県の市町村を襲うなど、この火山の影響圏でこの泥流によってすでに33,400の世帯（約16万人）が被災している。又DSWD（Department of Social Welfare and Development）の発表では9月15日現在この火山により、なんらかの被害を受けた世帯は249,000（約118万人）にのぼると報告されている。

このように日々増加する被災者に対し有効な手段の施しようがなく、特に泥流に対してはほとんど手離しの状態である。

又道路、橋梁、灌漑、上水道、学校、病院、そして市役所、公会堂、教会などの公共の建造物にも、火山によって（特に降下火砕物および火山泥流によって）膨大な被害を生じている。一連の火山活動による降下火砕物の堆積が、折からのモンスーン性降雨により土石流、土砂流、洪水流となり、道路及び橋梁にかなりの被害を与えている。DPWHのリージョンIIIオフィスが1991年8月20日現在のデータをもとに算定した道路、橋梁に関する復旧総額は表2.1-1に示すとおりであり、国道で1億8千万ペソ、国有橋が6億1千万ペソその他の道路を含めた合計額は10億6千万ペソとなっている。

フィリピン国政府は、ピナトゥポ火山噴火後直ちに国防庁内にNDCC（National Disaster Coordinating Council）を設け、インフラ施設被災状況の確認を行った。現在はその業務はサン・フェルナンドのオリバス基地内に設置されたRDCC（Regional Disaster Coordinating Council）に引き継がれている。1991年8月19日現在のRDCCの発表によると、死者505名、全壊家屋39,960戸、半壊家屋70,466戸となっている。

9月15日現在の社会基盤施設の災害の状況は、公共建造物の被害件数約4,300件、農産物の被害総額約17億ペソ、灌漑の補修費総額2億6,580万ペソ、上水道の被害総額1億7,300万ペソ、工業施設の被害総額7億4百万ペソと報告されている。全インストラクターの復旧総額はADB (Asian Development Bank) のプロジェクトチームによれば9月現在で約90億ペソ (450億円) と試算された。

表 2.1-1 道路・橋梁に関する復旧総額

単位：ペソ

| 県名 / 市名 | 国道 | プロビシヤル道 | 町道 | バランガイ | 国有橋 | 計 |
|---------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| ブラカン (第1地域) | 1,950,000 | 50,000 | 0 | 5,693,000 | 1,250,000 | 8,943,000 |
| ヌエバエシア (第1地域) | 2,820,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,820,000 |
| パンパンガ (第1地域) | 7,396,000 | 0 | 100,000 | 13,000,000 | 3,000,000 | 23,496,000 |
| ブラカン (第2地域) | 7,210,000 | 3,701,000 | 0 | 9,455,000 | 3,050,000 | 23,416,000 |
| ヌエバエシア (第2地域) | 4,350,000 | 0 | 555,000 | 4,320,000 | 450,000 | 9,675,000 |
| パンパンガ (第2地域) | 24,270,000 | 0 | 16,000,000 | 43,750,000 | 76,110,000 | 160,130,000 |
| アンヘレス市 | 14,000,000 | 0 | 0 | 0 | 461,650,000 | 475,650,000 |
| バター | 62,737,000 | 1,769,000 | 270,000 | 4,457,000 | 164,000 | 69,397,000 |
| カバナツアン市 | 1,450,000 | 0 | 0 | 1,500,000 | 1,150,000 | 4,100,000 |
| オロンガボ市 | 9,300,000 | 0 | 58,245,000 | 0 | 0 | 67,545,000 |
| パラヤン市 | 1,500,000 | 0 | 5,500,000 | 8,500,000 | 0 | 15,500,000 |
| サンホセ市 | 3,000,000 | 0 | 100,000 | 4,550,000 | 500,000 | 8,150,000 |
| ターラック | 6,725,000 | 1,895,000 | 255,000 | 12,977,000 | 3,650,000 | 25,502,000 |
| ザンバレス | 31,782,000 | 8,653,000 | 27,500,000 | 37,274,000 | 63,800,000 | 169,009,000 |
| 計 | 178,490,000 | 16,068,000 | 108,525,000 | 145,476,000 | 614,774,000 | 1,063,333,000 |

- 注： 1. 出典 災害見積り報告書：1991年8月20日 DPWH 第3リージョンオフィス発行
 2. いくつかの工事はすでに開始され、完工している。

e. その他社会基盤施設の災害

その他の社会基盤施設の災害には、公共建造物、農産物、灌漑、上水道、工業施設、その他への災害がある。以下に夫々の災害について9月15日現在の被害状況を簡単に述べた。

1) 公共建造物の被害

この被害は学校、病院、その他（公共マーケット、市庁舎、公会堂など）の建造物が降灰により、その重量で屋根がおしつぶされたり、折り曲がったりした被害がほとんどである。表 2.1-2 にその被害件数を建造物の種類ごとに示した。この被害のほとんどは6月12日～15日の大噴火の直後に発生したものである。

表 2.1-2 被害を受けた公共建造物の件数

| 県 / 市 | 学 校 (教室数) | 病 院 (建物数) | そ の 他 (建物数) | 備 考 |
|-----------|--------------|--------------|----------------|-----|
| バター | 413 | - | 3 | |
| ヌエバエチャ | 126 | - | - | |
| パンパンガ | 1,039 | 3 | 22 | |
| ザンバレス | 1,898 | 78 | 34 | |
| アンヘレス市 | 76 | 12 | 1 | |
| カバナットゥアン市 | 10 | - | - | |
| オロンガポ市 | 498 | 3 | 45 | |
| サンホセ市 | 65 | - | - | |
| Total | 4,125 | 96 | 104 | |

2) 農産物の災害

農産物の被害は降灰により、最低約16,500ヘクタールの農地が影響を受けた。その内57,500ヘクタールは15cm以下で19,000ヘクタールは15～30cmの降灰量がそれぞれ記録され、これによる農産物の被害額は表 2.1-3に示す通りである。

表 2.1-3 農産物の被害額（百万ペソ）

| 県 / 市 | 米 | 野 菜 | 果 物 | 家 畜 | 養 鶏 場 | 根 菜 類 | トウモロコシ | 砂糖きび |
|-------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|
| バターン | 23.950 | 5.122 | 131.633 | 3.547 | 5.000 | | | |
| ブラカン | 15.772 | 1.658 | | 0.349 | | | | |
| バンパンガ | 181.685 | 22.000 | 146.057 | 122.730 | 55.333 | 159.708 | 108.000 | |
| ターラック | 106.906 | 24.094 | 65.630 | 7.804 | 1.522 | 8.113 | | 65.020 |
| ザンパレス | 19.962 | 4.710 | 306.637 | 12.590 | 7.578 | 14.970 | | |
| 計 | 348.275 | 57.583 | 643.957 | 147.619 | 69.432 | 182.791 | 108.000 | 65.020 |

この他に農産物作成のための施設、果樹などの被害を入れると約17億ペソの被害総額となった。

3) 灌漑の災害

灌漑の被災は、降灰によるものと泥流によるものがある。表 2.1-4に示す数字は各県の灌漑用水の面積と降灰量の厚さである。この被害の修復作業は溝から泥流の除去、運搬、代替の溝の建設、灌漑施設の補修、補強などであるが、その補修総額は国営の灌漑で約 9,250万ペソ、自治体のそれは1億 7,330万ペソ、合計補修総額としては2億 6,580万ペソと報告されている。しかし、この補修額は雨季の中間での発表であり、補修額は今後増大する見込みである。

表 2.1-4 灌漑の被害面積 単位 (ha)

| | | 降 灰 量 | | 合 計 面 積 |
|-------|-------|----------|----------|---------|
| | | 10 cm 以下 | 10 cm 以上 | |
| 国 営 | ザンパレス | 1,231 | 3,924 | 5,155 |
| | バターン | 1,417 | 0 | 1,417 |
| | ターラック | 13,976 | 0 | 13,976 |
| | バンパンガ | 4,486 | 0 | 4,486 |
| | 小 計 | 21,110 | 3,924 | 25,034 |
| 自 治 体 | ザンパレス | 513 | 3,950 | 4,463 |
| | バターン | 752 | 803 | 1,555 |
| | ターラック | 2,604 | 0 | 2,604 |
| | バンパンガ | 11,315 | 986 | 12,301 |
| | 小 計 | 15,184 | 5,739 | 20,923 |
| 合 計 | | 36,294 | 9,663 | 45,957 |

4) 上水道の災害

水道の被害は、火山噴火により公共の水道施設17ヶ所の被害により、約120万人の人達がなんらかの影響を受けた。その被害の内訳を各県別に表わすと表2.1-5のようになり、その被害総額は約1億7,300万ペソと報告されている。しかしこの中にはバラングイで使用されている井戸およびタンクなどの被害は含まれていない。

表 2.1-5 被害ヶ所とその影響を受けた人数

| 公 共 水 道 施 設 | | |
|-------------|-------|------------|
| 県 | 被害ヶ所数 | その影響を受けた人数 |
| ザンパレス | 7 | 385,000 |
| バターン | 2 | 78,000 |
| パンパンガ | 6 | 737,000 |
| 合 計 | | 1,200,000 |

5) 工業施設の災害

工業施設の被害は被災した地域の人口の50%に当る293の工場を調査した結果146の工場がなんらかの被害を受けていた。これはアンヘレス、オロンガポ両市とパンパンガ、ザンパレス両県内の工場である。その被災した工場数を地域別に表わすと下記のようなになる。

| | |
|----------|----|
| アンヘレス市 | 47 |
| グアグア | 20 |
| サンフェルナンド | 20 |
| オロンガポ市 | 18 |
| ディナルピハン | 11 |
| サンアントニオ | 8 |

上記の被害額はそれぞれ資産1億8,700万ペソ、建造物6,000万ペソ、機械6,000万ペソで小計3億700万ペソとなり、その他に家具1億5,300万ペソ、食料9,700万ペソ、その他1億4,500万ペソであり合計7億400万ペソの被害総額であると報告されている。

(3) その他災害概要

a. 地震

フィリピンは環太平洋地震帯にあるため、常に大小さまざまな地震に見舞われている。Philippine Institute of Volcanology and Seismologyによれば、1599年から1988年までの間に40回の大地震が発生している（図 2.1-6 参照）。

フィリピンにおける地震の危険性については、1986年4月に開発されたEarthquake Hazard Mitigation Programme in Southeast Asia で研究発表されている。

1990年7月16日の地震

1990年7月16日、フィリピンでは最大級の地震が、Luzon 島をおそった。その震度は、Richter Scale で 7.7、震源地はNueva Ecija プロビンスのCabanatuan Cityとされている。

図2.1-7 はModified Rossi-Forel Scale (M. R. F.) <注> 参照> で表した等震度線図である。これによると、最大震度はⅧで、Nueva Ecija, Pangasinan 全域と、Tarlac, Nueva Vizcaya, Benguet, La Union, Auroraの一部の地域がその範囲である。

その被害は20,000人に及び、少なくとも1,666名の死者、900名以上の行方不明者、3,500名以上の重傷者、建物の全壊25,000戸以上、半壊60,000戸であった。不等地表動現象の観測と断層線に沿って発生した群発地震の分布からこの地震は、Philippine Faultの活動によって発生したと考えられている。

もちろん、商業、住居建物、道路、橋梁にも大きな被害があった。主な被害を受けた幹線道路及び橋梁は、Nueva Ecija にあるPan-Philippine HighwayのSan Jose-Sta. Feの間、PangasinanのCarmen Bridge, Baguio-Bontoc (Halsema) Road, Baguio City への道路、Kennon Road, Ago-Baguio Road, Naguilian Road である。

注) Rossi-Forel スケールはもともと10段階であるが、フィリピンでは、9段階のModified Rossi-Forel (M. R. F.) スケールを用いている。このスケールは他の地震国ではあまり一般的ではない。例えば12段階のModified Mercalli (M. M.) スケールはアメリカ、南米諸国、イタリアで、8段階のJapan Meteorological Agency (J. M. A.) スケールは日本、台湾でそれぞれ使われている。M. R. F., M. M., J. M. A. 間の相関を次に示す。

| | | | | | | | | | | | | |
|----------|---|----|-----|-----|----|----|-----|------|------|---|----|-----|
| M. R. F. | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | | | |
| M. M. | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| J. M. A. | 0 | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | | | |

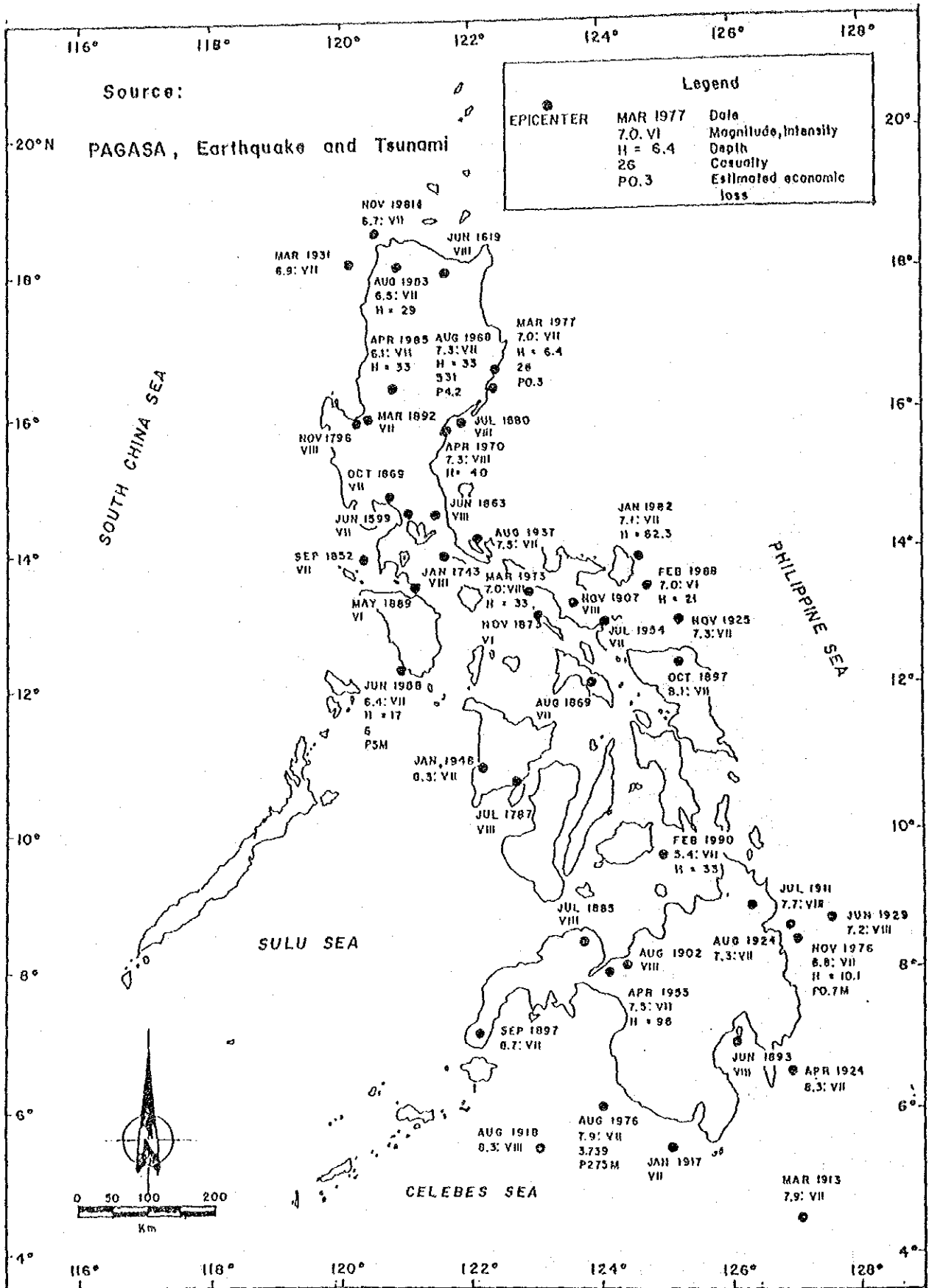


図 2.1-6 1599~1988年の間の大規模地震発生位置図

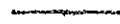
NEDA, Reconstruction and Development Program, Nov. 1990

Source: PAGASA
As of Dec., 1990

LEGEND



EPICENTER OF THE 16 JULY 1990 LUZON EARTHQUAKE



ISOSEISMAL LINE
INDICATING INTENSITY OF
GROUND SHAKING (M.R.F. Scale)



PROVINCIAL BOUNDARY

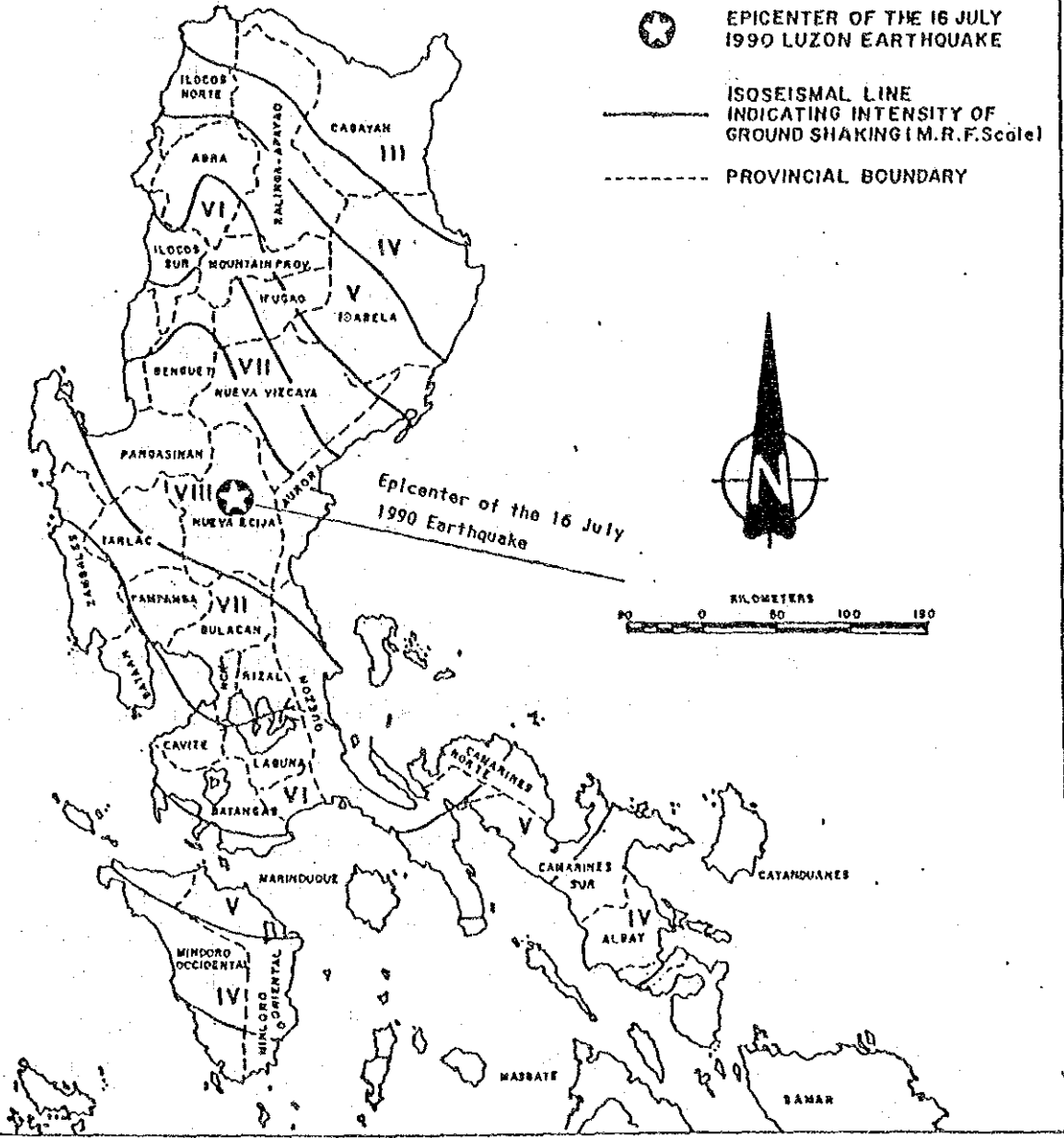


图 2.1-7 等震度线图

2.2 関連計画の概要

2.2.1 国家災害復旧計画

本節で述べる国家災害復旧計画は、後述する4つの委員会により企画・編集された、「復旧・復興計画の詳細 (BRIEF OF REHABILITATION AASD RECONSTRUCTION EFFORTS)」を参考にしている。

この時点で算出された4つの委員会全体での必要資金は表 2.2-1に示すように約 237 億ペソであり、その内91%に相当する約 216.5億ペソは、最重要プロジェクトとしている。

表 2.2-1 必要資金

| 分 類 | 金額 (百万ペソ) | 割合 (%) |
|-------|-----------|--------|
| 救 援 | 785.74 | 3.32 |
| 減 災 | 1,512.93 | 6.38 |
| 復 旧 | 8,455.37 | 35.68 |
| 再建・開発 | 12,945.81 | 54.62 |
| 計 | 23,699.85 | 100.00 |

フィリピン政府はピナトゥボ火山噴火により被災した地域の再建・復興にかかわるフレームワークを設定した。このフレームワークは、施設の復元、防災はもとより、施設の改善、改良によりその地域の再開発をも実施しようとするものである。主な目的を次に列挙する。

- a. 火砕流や泥流といった今後発生しうる災害の鎮静を図る。
- b. 経済の正常化を加速させ、同時に投機気運を高める。
- c. 移住をよぎなくさせられた農民や労働者の生活の安定と雇用機会を確保する。
- d. 移住地の開発を促進する。
- e. 特に救援活動中の物資、サービスの流れを常時確実なものにする。
- f. 防災と災害予測のための体制とメカニズムを強化し、さらに自然災害に対する国民意識の高揚を計る。
- g. 火砕流や他の自然災害により被災した社会基盤施設に対する過敏な感情を除去する。
- h. 環境の悪化を防ぎ、破壊された生態系を回復させる。

以上の目的を継続的に遂行し、復興を完璧なものにするために、マラカニアンは6月26日付の MEMORANDUM ORDER NO. 369に従い、ピナトゥボ火山災害被災地復旧対策にかかわる委員会として4つの委員会を設定し招集した。4つの委員会は構成されている各省の担当する分野での種々の救援、復旧活動を行なっている。しかし、災害の規模は大きく、それに対する対策予算もまだまだ不十分な状況である。4つの委員会の構成は次のとおりである。

(i) 社会基盤施設委員会

社会基盤施設（インフラストラクチャー）関係の復旧、確保のための活動を行っている。

- | | |
|-----|----------|
| 委員長 | ・公共事業道路省 |
| 委員 | ・運輸通信省 |
| | ・AFP技師会 |
| | ・地方上下水道庁 |
| | ・国家灌漑事業庁 |
| | ・国家電化庁 |
| | ・国家電力庁 |

(ii) 定住委員会

ピナトゥボ火山周辺の住民で、噴火により住居を失った住民に対しての再定住、移住等の対策を実施している。

- | | |
|-----|------------|
| 委員長 | ・資源環境省 |
| 委員 | ・農地改革省 |
| | ・社会福祉開発省 |
| | ・国家住宅供給公社 |
| | ・北部地方開発委員会 |

(iii) 生計委員会

ピナトゥボ火山周辺の住民で、職を失い、そのため収入がなくなっている被災民に対する、生計確保を目的とした活動を行なっている。

- | | |
|-----|---------|
| 委員長 | ・通商産業省 |
| 委員 | ・農業省 |
| | ・労務省 |
| | ・科学技術省 |
| | ・生計手段法人 |

(iv) 社会奉仕委員会

医療、教育など被災民の生活をささえるためのボランティア活動の窓口となっている。

- 委員長 ・社会福祉開発省
委員 ・保健省
 ・文部省
 ・労働省
 ・北部地方開発委員会

この中で本計画の受け入れ省である公共事業道路省が中心となり活動している社会基盤施設委員会で実行すべき政策は、以下の通りである。

社会基盤施設委員会の戦略

被災地域の再建・復興でなされなければならないのは、その地域の社会基盤を復元し被災民家族の生活を通常な状態にもどすことである。従って何をすべきかの決定に際しては次に挙げる事項をよく考慮すべきであろう。

- a. 火山灰を撤去するための運搬路の清掃と、被害を受けた運輸システムと施設の復旧を可能にする人、物、サービスのスムーズな流れ。
- b. 火砕流の処理が緊急に必要である地域での情報、伝達のやりとりをより効果的にするための通信施設の復旧と改善。
- c. 被災した地域で、河川堤防を築いたり、斜面安定工をほどこしたり、水路を浚渫したりすることにより、火砕流や火砕堆積物が流れ出すといった危険にさらされる地域の防災。水路のつけ替え、砂防ダム遊水池の建設、洪水を減災するための対策。
- d. 影響を受けたコミュニティーや施設が通常状態で稼動するための電力、上水道の回復と改良。
- e. 灌漑システムを修理、改良することによる、農業生産能力の復旧対策。
- f. 被災した学校、病院施設等の再建、修理による永続的社会基盤サービスの完備。
- g. 公共市場、畜殺場、村役場、他の公共建物の再建、修理による被災した町村の経済、行政の復建。
- h. 移住先の社会基盤施設の受入れ準備
- i. 施設の復旧や修理はできるだけ早く、しかもできるだけ多くの人のためになるようになされなければならない。
- j. 社会基盤施設の設計は、同じような災害が発生しても耐えられるものでなければならない。

以上の他にも社会基盤施設委員会は他の三つの委員会と協力し、ピナトゥポ山麓の住民やアエタスの移住計画にも参画することになっている。

2.2.2 DPWH復旧計画

前節の国家復旧計画を受け、DPWH（公共事業道路省）では、1991年7月1日付でピナトゥボ火山災害復旧本部（A Task Force for Mt. Pinatubo Rehabilitation Projects）を下記の如く設置した。

- a. DPWH地震災害復旧本部委員長兼務 委員長
- b. リージョンⅢ地方建設局局长 副委員長
（リージョンⅢ：ヌエバエチャ、ターラック、ザンバレス、バターン、パンパンガ、ブラカンの6県）
- c. 地方建設局次長 委員
地方建設事務所所長、市工事事務所所長
プロジェクト責任者、地方機械局長及び技術部各課長（リージョンⅢ）
- d. DPWH大臣が指名する他の職員 委員

また、同時に水制及び土石流対策部（A Sub-Task Force for River and Debris Flow Control Works）も設置され、JICAの河川専門家も助言者として指名された。

この災害復旧本部の任務は、社会基盤施設復旧計画の立案から実施までのすべてを含んでおり、実行部隊はリージョンⅢ地方建設局が中心となり、官民合同で実施にあっている。その成果はすべて社会基盤施設委員会に報告することとなっている。

今回のピナトゥボ火山の噴火は、今世紀最大級のものであり、未だに、大量の火山性破砕物が火山周辺に堆積している。それが今後も長期間にわたって下流域におしよせるたびに新たな災害が発生すると予想されている。

1991年9月までにリージョンⅢ地方建設局管内の各工事事務所が実施し完了あるいは継続中の対策工事費は以下のとおりである。各工事事務所の合計は15.7億ペソ、工種別の内訳は表 2.2-2に示す。

| リージョンⅢ地方建設局 | |
|-------------|--------------|
| 道路・排水系統関係 | 570.24百万ペソ |
| 橋梁関係 | 161.42百万ペソ |
| 河川関係 | 836.98百万ペソ |
| 合 計 | 1,568.64百万ペソ |

一方、ピナトゥボ火山災害復旧本部が9月25日に作成したアクション・プログラムによれば、今後必要とする復旧工事費は以下に示すように合計11.4億ペソである。その流域別、工種別の内訳を表 2.2-3に示す。

| | |
|-----------|---------------|
| 道路・排水系統関係 | 12.00 百万ペソ |
| 橋梁関係 | 156.84 百万ペソ |
| 河川関係 | 967.58 百万ペソ |
| <hr/> | |
| 合 計 | 1,136.42 百万ペソ |

これらの事業に現在DPWHが投入している機械および各地方工事事務所から提案されている機械数は次の様になり、その内訳は付属資料7にのせる。

| | 投入機械数 | 提案機械数 |
|--------|-------|-------|
| 土工機械 | 194台 | 232台 |
| 掘削積込機械 | 72台 | 100台 |
| 荷役機械 | 4台 | 12台 |
| その他の機械 | 145台 | 341台 |
| <hr/> | | |
| 合 計 | 415台 | 686台 |

表 2.2-2 インフラ復興計画プロジェクト一覧表

| 工 種 | プロジェクト数 (箇所) | | | | | | | | | | 合 計 |
|---------------|--------------------|--------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|--|--|--|------------|
| | 金 額 (百万円) | | | | | | | | | | |
| | 第1パンパンガ 地方工専事務所 | 第2パンパンガ 地方工専事務所 | ブラカン 地方工専事務所 | ターラック 地方工専事務所 | バクターン 地方工専事務所 | ザンパレス 地方工専事務所 | オロンガホ市 工専事務所 | | | | |
| A.1 道路の清掃 | 47 | 1 | 14 | 81 | 202 | 117 | 3 | | | | 465 |
| | P 19.40 | P 1.94 | P 3.75 | P 39.85 | P 312.64 | P 80.30 | | | | | P 457.83 |
| A.2 道路排水系統の清掃 | 20 | | 25 | 1 | 74 | 7 | 2 | | | | 131 |
| | P 9.54 | | P 9.90 | P 0.50 | P 73.32 | P 19.10 | | | | | P 112.36 |
| B 橋梁改築 | 22 | | | 6 | 69 | 47 | | | | | 142 |
| | P 14.45 | | | P 5.45 | P 51.47 | P 90.05 | | | | | P 161.42 |
| C 河川整備 | 58 | | | 3 | 144 | 24 | 6 | | | | 235 |
| | P 52.19 | | | P 13.50 | P 147.33 | P 623.96 | | | | | P 836.98 |
| D 公共建築物の改築 | 178 | 51 | 32 | 38 | 191 | 468 | 81 | | | | 1,039 |
| | P 46.49 | P 122.15 | P 1.79 | P 46.56 | P 213.98 | P 482.76 | | | | | P 913.73 |
| E 泥流のモニタリング | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| F その他 | 16 | | 13 | | 25 | 113 | | | | | 167 |
| | P 1.85 | | P 7.77 | | P 9.33 | P 1.67 | | | | | P 20.62 |
| 合 計 | 341 | 52 | 84 | 129 | 705 | 776 | 92 | | | | 2,179 |
| | P 143.92 | P 124.09 | P 23.21 | P 105.86 | P 808.07 | P 1,297.84 | | | | | P 2,502.99 |

出典 : DPWH各地方工専事務所 (1991年9月)

表 2.2-3 ピナトゥボ火山災害復旧対策本部による流域別緊急復興対策計画 (1/3)
(1991年9月25日現在)

・道路復旧計画

(1) 道路・排水系統の清掃／改修

| | 箇所数 | 延 長 | 金額 (百万ペソ) |
|-------------|---------|---------|-----------|
| パーシグ・ポトレロ川 | 1 | 3.00 km | 1.00 |
| アバカン川 | 2 | 1.15 km | 3.00 |
| グマイン・ポーラック川 | 2 | 2.00 km | 3.30 |
| バンバン川 | 1 | 0.30 km | 0.70 |
| セント・トーマス川 | 1 | 1.00 km | 1.50 |
| カバンガン川 | 2 | 0.50 km | 1.70 |
| ブカオ川 1 | 2.00 km | 0.80 | |
| 合 計 | 10 | 9.95 km | 12.00 |

・橋梁復旧計画

(1) 橋梁補修

| | 箇所数 | 金額 (百万ペソ) |
|-------------|-----|-----------|
| グマイン・ポーラック川 | 2 | 1.80 |
| 合 計 | 2 | 1.80 |

(2) 橋梁附近の河床掘削

| | 箇所数 | 延 長 | 金額 (百万ペソ) |
|-------------|---------|----------|-----------|
| パーシグ・ポトレロ川 | 2 | 4.00 km | 14.40 |
| アバカン川 | 1 | 2.00 km | 9.00 |
| グマイン・ポーラック川 | 1 | 2.00 km | 5.00 |
| バンバン川 | 1 | 2.00 km | 7.20 |
| オードネール川 | 2 | 3.00 km | 10.80 |
| セント・トーマス川 | 1 | 1.00 km | 3.60 |
| マロマ川 1 | 1.00 km | 3.60 | |
| カバンガン川 | 1 | 1.00 km | 3.60 |
| ブカオ川 1 | 1.00 km | 3.60 | |
| 合 計 | 11 | 17.00 km | 60.80 |

表 2.2-3 ピナトゥボ火山災害復旧対策本部による流域別緊急復興対策計画 (2/3)
(1991年9月25日現在)

(3) 遊砂池設置

| | 箇所数 | 延長 | 金額 (百万ペソ) |
|-------------|-----|----------|-----------|
| パーシグ・ポトレロ川 | 4 | 34.00 km | 25.32 |
| アバカン川 | 1 | 7.00 km | 4.48 |
| グマイン・ポーラック川 | 5 | 11.00 km | 17.44 |
| バンバン川 | 1 | 10.00 km | 6.40 |
| 合 計 | 11 | 62.00 km | 53.64 |

(4) 築 堤

| | 箇所数 | 延長 | 金額 (百万ペソ) |
|-------------|-----|----------|-----------|
| パーシグ・ポトレロ川 | 1 | 4.00 km | 2.40 |
| アバカン川 | 2 | 5.30 km | 3.50 |
| グマイン・ポーラック川 | 3 | 4.80 km | 7.40 |
| バンバン川 | 2 | 4.30 km | 16.70 |
| オードネール川 | 1 | 3.00 km | 5.80 |
| セント・トーマス川 | 3 | 6.50 km | 1.20 |
| マロマ川 | 1 | 3.00 km | 積算中 |
| カバンガン川 | 1 | 4.50 km | 積算中 |
| ブカオ川 | 2 | 12.50 km | 3.60 |
| 合 計 | 16 | 47.90 km | 40.60 |

・河川浚渫計画

(1) 河口浚渫

| | 箇所数 | 延長 | 金額 (百万ペソ) |
|-------------|-----|----------|-----------|
| パーシグ・ポトレロ川 | 1 | 2.00 km | 4.50 |
| グマイン・ポーラック川 | 1 | 2.00 km | 9.00 |
| セント・トーマス川 | 1 | 3.00 km | 27.00 |
| マロマ川 | 1 | 3.00 km | 18.00 |
| カバンガン川 | 1 | 3.00 km | 13.50 |
| ブカオ川 | 1 | 4.00 km | 30.00 |
| バンパンガ デルタ地帯 | 8 | 58.20 km | 314.18 |
| サンタ・リタ川 | 1 | 1.00 km | 3.00 |
| 合 計 | 15 | 76.20 km | 419.18 |

表 2.2-3 ピナトゥボ火山災害復旧対策本部による流域別緊急復興対策計画 (3/3)
(1991年9月25日現在)

(2) 一般河川河床掘削

| | 箇所数 | 延 長 | 金額 (百万ペソ) |
|-------------|-----|-----------|-----------|
| パーシグ・ポトレロ川 | 1 | 8.00 km | 28.80 |
| アバカン川 | 4 | 10.00 km | 48.20 |
| グマイン・ポーラック川 | 1 | 7.00 km | 17.50 |
| バンバン川 | 1 | 23.00 km | 82.80 |
| オードネール川 | 1 | 23.00 km | 82.80 |
| セント・トーマス川 | 1 | 15.00 km | 54.00 |
| マロマ川 | 1 | 5.00 km | 18.00 |
| カバンガン川 | 1 | 4.00 km | 14.40 |
| ブカオ川 | 1 | 5.00 km | 18.00 |
| 合 計 | 12 | 100.00 km | 364.50 |

・その他の計画

(1) 砂防ダム

| | 箇所数 | 延 長 | 金額 (百万ペソ) |
|-------------|-----|-----------|------------|
| アバカン川 | 3 | 162.00 km | 21.90 |
| グマイン・ポーラック川 | 3 | 190.00 km | 33.00 |
| バンバン川 | 2 | 65.00 km | 17.00 |
| オードネール川 | 3 | 180.00 km | 24.00 |
| セントトーマス川 | | | (概算) 88.00 |
| 合 計 | 11 | 597.00 km | 183.90 |

今回の災害原因である火砕流堆積物はまだ全量の1割程度しか下流域に流出していないといわれており、この泥流による災害は今後も継続的に起きると考えられる。この対策が前述のSub-TaskForceで検討されている。現時点では以下の対策が考えられている。

(1) 緊急計画

- 泥流監視装置の設置（日本の技術協力で実施済み）
- 住民に対する教育・広報・危険予知プログラムの確立
- 流路の掘削、浚渫、整形による河川断面の確保
- 階段工・床固めの建設
- 排水系統の復旧
- 河川堤の建設
- 避難高台の建設
- 泥流遊砂池の建設

(2) 中期計画

- 全体河川・排水系統の見直し
- 地形測量の実施
- 堤防の建設

(3) 長期計画

- 砂防工事の実施
- 河道計画の策定実施

2.3 要請の経緯と内容

この要請はピナトゥポ火山の噴火によって被害を受けた道路・橋梁をはじめとするインフラ施設の復旧作業を促進するためのものである。

1991年6月に起きたピナトゥポ火山の大爆発は周辺のザンバレス・パンパンガ・ターラックおよびバターン県の道路・橋梁をはじめとするインフラ施設に崩壊的な打撃を与えた。折からの激しい降雨のため、噴出物は泥流となって流出し、周辺の市町村に甚大な被害を与えている。

この災害に対して、政府は前節で述べた国家再開復旧計画を策定した。この計画に基づき公共事業道路省（DPWH）はピナトゥポ火山災害緊急対策本部を設置し、同省が所有している稼働可能な機械の他に、民間からの機械も多数投入して公共施設の復旧・再建に取り組んでいる。しかし被害規模に比べ建設機械の数が不足しているため十分な復旧活動がなされていない。

このような背景からフィリピン共和国政府は日本国政府に対し、ピナトゥポ火山災害復旧事業のために建設機械の無償資金協力を要請した。

計画機材は、被災したリージョンⅢの住民生活及び経済再建のための道路等インフラ施設の緊急な機能回復及び、被害の拡大を最小限におさえるための対策工事等に至急必要なものである。要請された機械リストを表 2.3-1に示す。

本計画の監督機関は公共事業道路省であり、直接の実施機関は、ピナトゥポ火山災害復旧本部である。ピナトゥポ火山災害国家災害復旧計画は4つの委員会がそれぞれの分野での復旧活動を行なっているが、本計画は、社会基盤施設委員会のもと公共事業道路省が実施する緊急復旧対策計画として位置付けされており全体計画の中での本計画の位置付けについては、図 2.3-1となる。

表 2.3-1 要請機械リスト

| 項 目 | 数 量 |
|------------|------|
| 1. 土工用機械 | 39台 |
| 2. 掘削積込機械 | 20台 |
| 3. 運搬機械 | 25台 |
| 4. 荷役機械 | 22台 |
| 5. 基礎工事用機械 | 27台 |
| 6. 締固め機械 | 15台 |
| 7. 道路維持用機械 | 27台 |
| 合 計 | 175台 |

以下に各項目の主要機械を示す。

1. 土工用機械 : ブルドーザー、湿地ブルドーザー、モーターグレーダー
2. 掘削積込機械 : 油圧式掘削機、ホイールローダー
3. 運搬機械 : ダンプトラック、Stakeトラック
4. 荷役機械 : トラッククレーン、多目的小型クレーン車
5. 基礎工事用機械 : ディーゼルハンマー、ジャックハンマー
6. 締固め機械 : 振動ローラ
7. 道路維持用機械 : 路面清掃車、高圧洗浄車、給水車、汚泥吸塵車

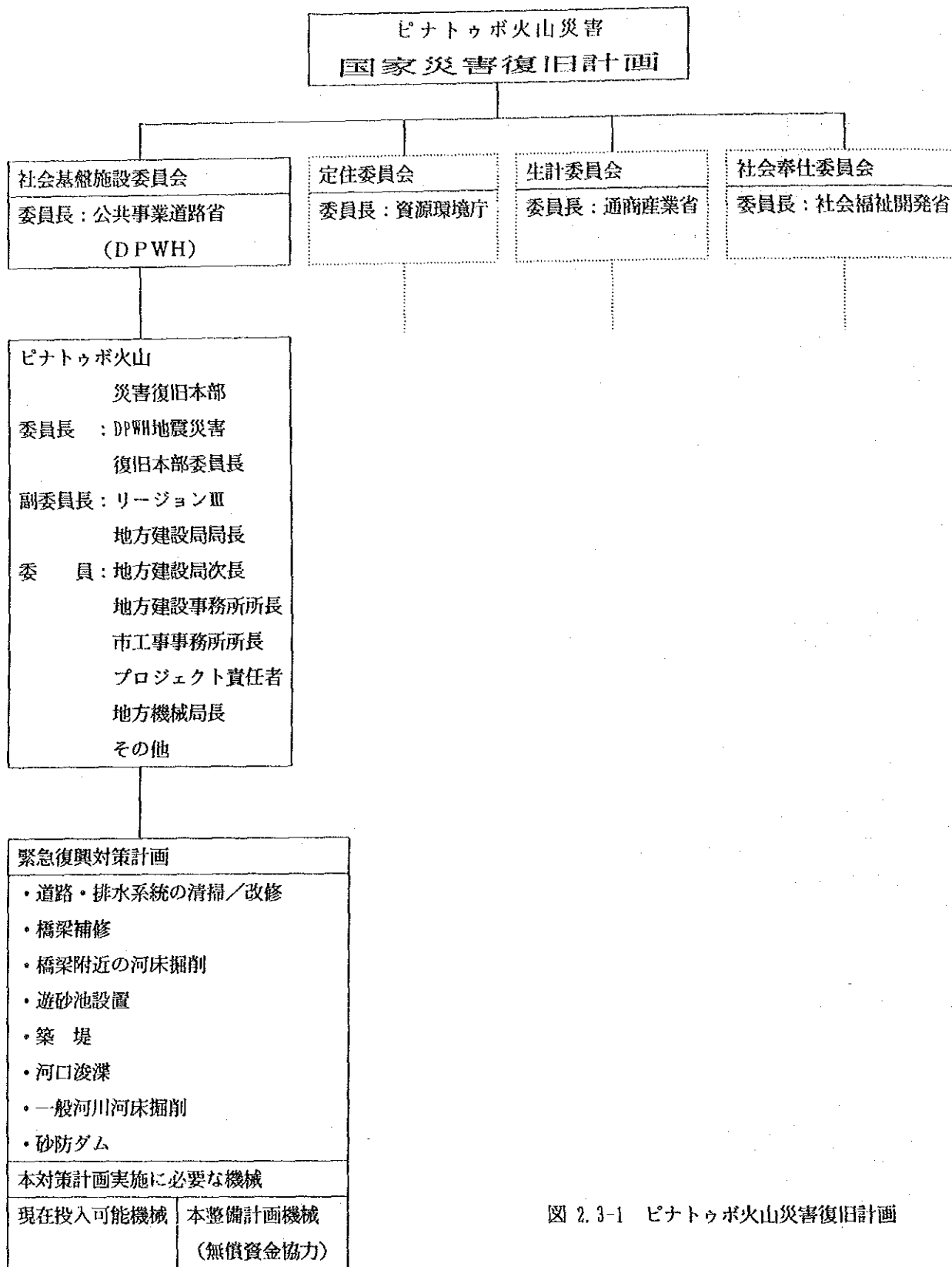


図 2.3-1 ピナトゥボ火山災害復旧計画

第3章 計画地の概要

3.1 計画地の位置及び社会経済事情

3.1.1 計画地の位置・人口

・位置

フィリピン共和国は、造山活動や火山運動の繰返しによって造成された 7,100 余りの島により形成されている。それらの島々は、大きく 3 つのグループに分けられ、ルソン、ビサヤ、ミンダナオと呼ばれる。

ルソンは最北部に位置する最大の島であり、ミンダナオは 2 番目に大きい島で最南部に位置する。

ビサヤはこの 2 つの島に挟まれる地域にあり、サマール、レイテ島よりなっている。

ピナトゥボ火山は、ルソン島中部に位置し、リージョンⅢ地域のパンパンガ、ターラック、サンバレスの 3 リージョンの境界上にある。本計画の対象地域は、4 県 2 市（サンバレス、ターラック、バターン、パンパンガの 4 県、オランガポ、アンヘレスの 2 市）である。

・人口

本計画の対象地域であるリージョンⅢの人口は約 620 万人（総人口の約 10%）、面積は約 18,000 ㎓²（全土の約 6%）、人口密度は 340 人/㎓²であり、全国平均の 202 人より高い値となっている。表 3.1-1 に関係地域別の面積・人口等を示す。

ピナトゥボ火山を中心とする山岳地には 500 世帯以上のアエタ族が居住していた。これらの土着部族は伝統的な放牧民族であり、主としてコーヒー、根葉作物、バナナの栽培で生計をたてている。また藤、ラン、ヤトック（竹の一種）を栽培し、山麓の仲買人と商売しているものもある。

表 3.1-1 関係地域別面積・人口(1990年)

| | 面積 (km ²) | 人口 (千人) | 人口密度 (人/km ²) |
|--------|--------------------------|------------|------------------------------|
| リージョンⅢ | 18,230.8 | 6,199 | 340 |
| バター | 1,373.0 | 426 | 310 |
| パンパンガ | 2,180.7 | 1,533 | 703 |
| ターラック | 3,053.4 | 860 | 282 |
| ザンバレス | 3,714.4 | 563 | 152 |
| オロンガボ市 | 464.3 | 193 | 278 |
| アンヘレス市 | 60.3 | 237 | 3,930 |
| 全 国 | 299,970.4 | 60,685 | 202 |

(出典：フィリピン統計1991年版)

3.1.2 計画地の社会、経済状況

・主要産業

この地域における産業は、産業別就業者数によると、農林業、サービス業、製造業の順となっている。フィリピン年鑑1990年版によれば、リージョンⅢ地域では、おおむね農業、養鶏業、林業が主たる産業である。この地域での主要農産物は米、砂糖きび、とうもろこしである。

・この地域の社会・経済的な重要性

メトロマニラ首都圏に隣接しているこの地域は、首都圏で消費する米等の農産物の生産地として、また、首都圏の労働力の受け皿としての役割をになっており、経済的にも社会的にもマニラ首都圏と密接な関係にある。

ピナトゥポ火山東側には、フィリピンで最も大きな平野があり、この国で最大量の米を産出している。また、砂糖きびの生産量は、フィリピンで第2位となっている。

3.2 自然条件

・地 形

ピナトゥポ火山は、ルソン島中部の西側を南北に横たわる山脈の南に位置し、標高は1,780mである。西方はルソン海、東方はルソン島中央平野を経てフィリピン海に面している。ルソン島中央平野はフィリピン最大の沖積平野であり、従って河川も他の地域と比べれば長く、蛇行部分が多く、流域面積も広い。

・気 象

フィリピンの気象は雨季と乾季の関係から図3.2-1に示すように4タイプの地域に分けられている。本計画地域のほとんどはタイプAに属し、乾季（11月～4月）と雨季（5月～10月）がはっきりしているのが特徴である。年間平均降雨量は2,100mmと日本のそれと大差ないが、降雨が雨季に集中しているため降雨強度は日本より高い。

また図3.2-2に示すように台風の頻度は年5～6回と非常に多く、熱帯性サイクロンの通過頻度3年に5回を加えればこの地域での雨季における気象条件は容易に想像できる。

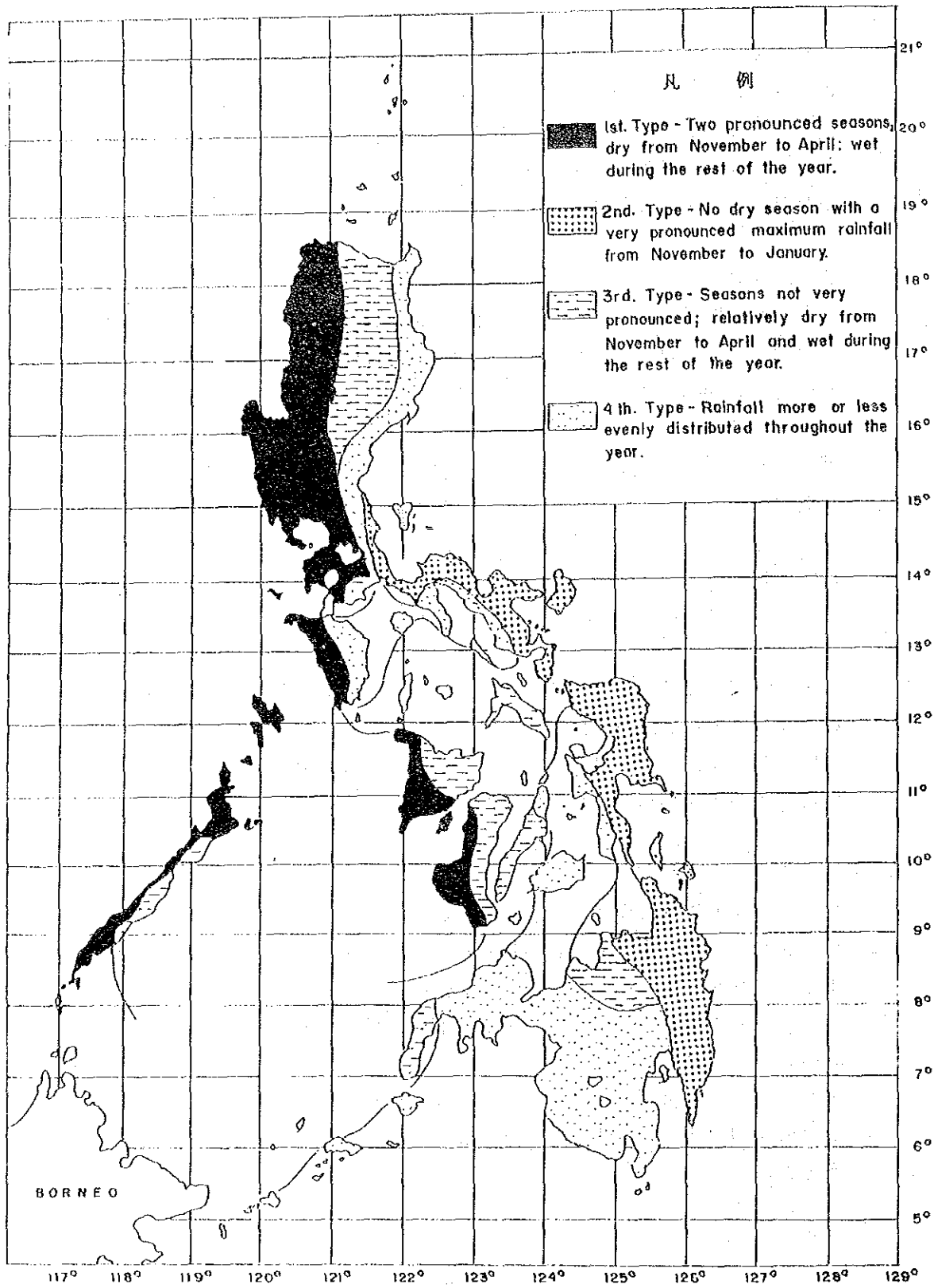
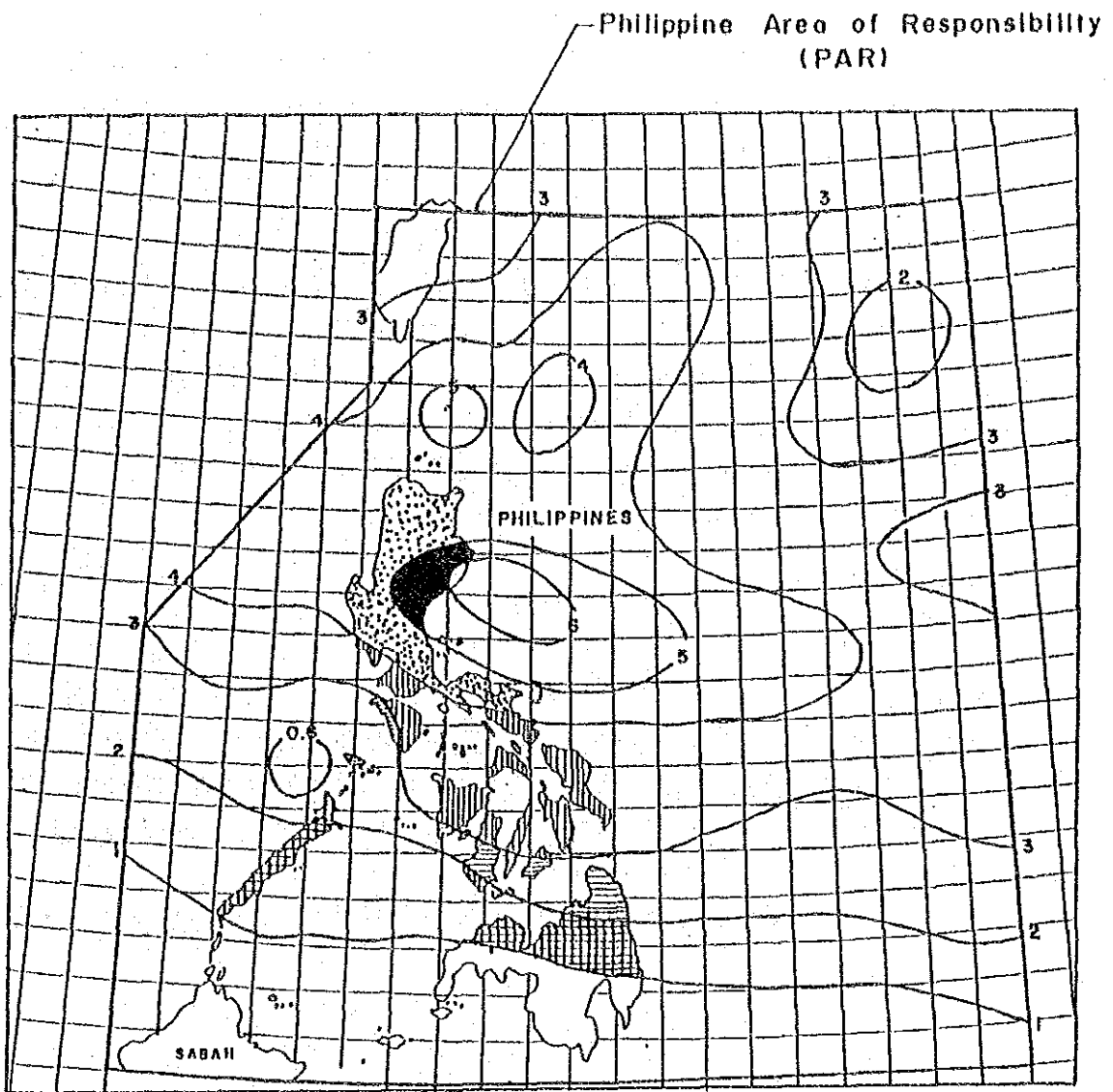


図 3.2-1 ルソン島気象区分



凡 例：

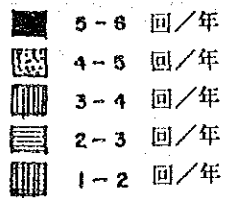


図 3.2-2 ルソン島の台風頻度

Source: PAGASA, 1987

・火山

フィリピン全土が環太平洋火山帯の中にあり、全国で36の主な活火山及び現在活動していない火山がある。ピナトゥポ火山は活火山のうちの一つであり、前回の噴火活動は649年前であった。

・水文河川

ルソン島中央平野には、パンパンガ川と、アグノ川の2つの主要な河川がある。パンパンガ川は、中央平野東側のシエラ山脈に源を発し、ヌエバエチャ、パンパンガを南下し、マニラ湾に達している。ピナトゥポ山の東側に源を発する河川の大半を支流としてる。その流域面積は延長160km、幅70kmにおよぶ。

アグノ川は、中央平野北東部のカラバロ山を源とし、ターラック、パンガシナンと北上し、リングエン湾にそそぐ。

3.3 道路の概要

・道路

フィリピン共和国の道路は、国道・プロビンス道、市道、ムニシパル道、そしてバラングイ道の5種類である。国道及びバラングイ道の建設、管理は公共事業省が行っており、プロビンス道、市道そしてムニシパル道は地方自治省が行っている。図3.3-1に中部ルソン地域の道路図を示す。

リージョンⅢ地域の道路延長は13,074.6kmであり、その構成比率は表3.3-1に示す通りである。

表 3.3-1 道路の種類別構成比

| | 国 道 | プロビンス道 | 市 道 | ムニシパル 道 | バラングイ 道 | 計 |
|---------|-----|--------|-----|---------|---------|------|
| リージョンⅢ | 13% | 18% | 2% | 8% | 59% | 100% |
| フィリピン全土 | 17% | 18% | 3% | 8% | 54% | 100% |

フィリピン全体にくらべリージョンⅢの道路状況は概して国道が少なく、バラングイ道が多い。

道路別の舗装状況について、表3.3-2に示す。

リージョンⅢの舗装率は、フィリピン全土のそれと比較すると高い値となっている。

表 3.3-2 道路別舗装率 (%)

| | 国 道 | プロビンス道 | 市 道 | ムニシパル 道 | バラングイ 道 |
|---------|------|--------|------|---------|---------|
| リージョンⅢ | 76.8 | 26.8 | 66.6 | 40.0 | 1.3 |
| フィリピン全土 | 45.9 | 11.4 | 66.6 | 25.3 | 1.0 |

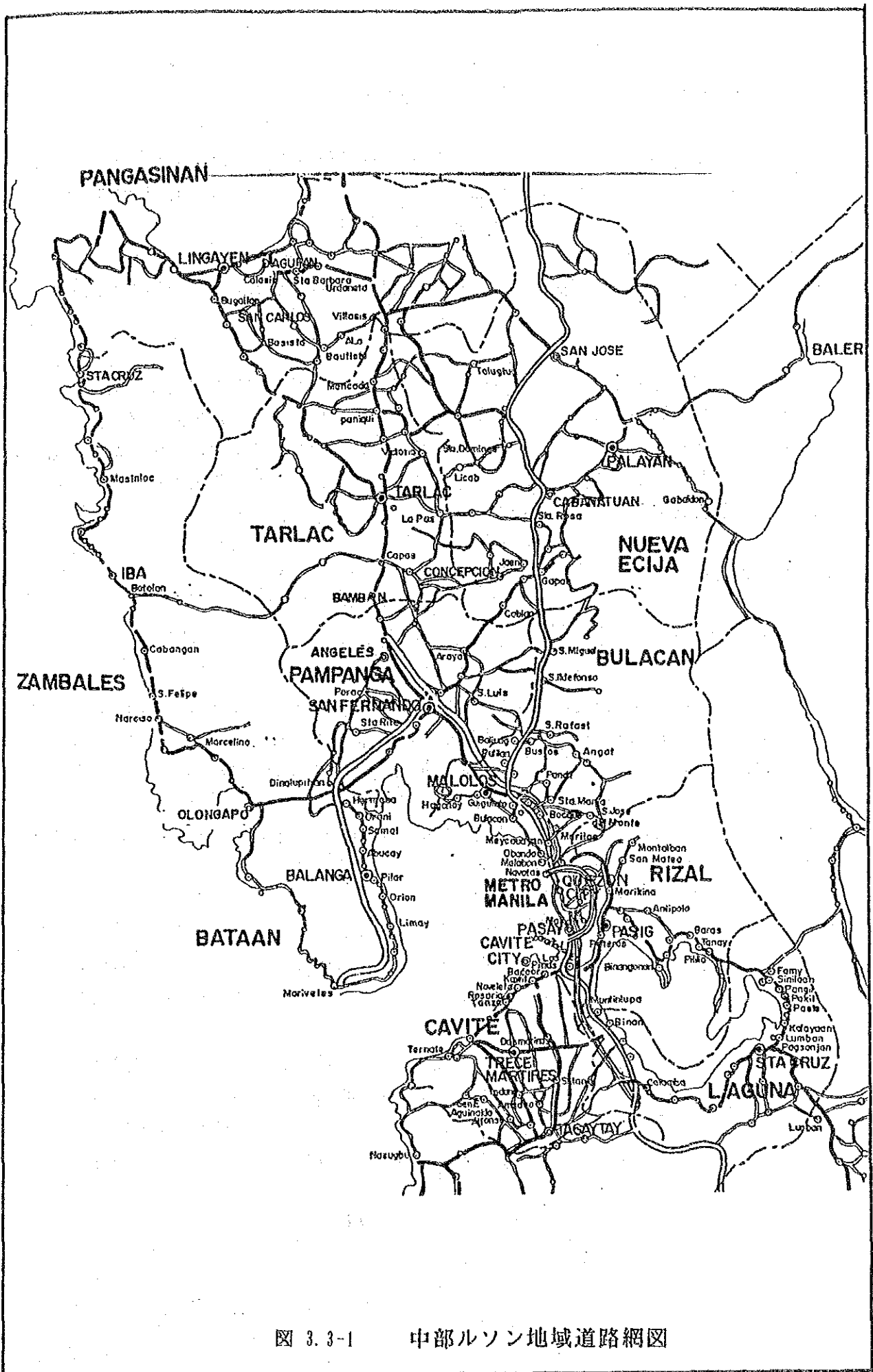


図 3.3-1 中部ルソン地域道路網図

3.4 災害の概要

ピナトゥボ火山の噴火は、2.1 節当該セクターの概要（災害の概要）で述べたとおり、各種のインフラストラクチャーに膨大な被害をもたらし、1991年9月現在での全インフラストラクチャーの復旧総額は90億ペソと試算されている。

本計画は、これら各種の災害のうち道路、橋梁、河川の復旧対策を目的としたものである。

道路、橋梁、河川の災害は交通を遮断し住民の足をうばい、それにより経済活動、食料供給、医療活動、学校教育活動などを妨げ、住民の不安感、孤独感を増加させている。したがって、これら災害の復旧は極めて緊急を要し、不十分な対策であっても政府としてなるべく早く実施すべきものである。ここに本計画の対象となる道路、橋梁、河川の災害状況をタイプ、規模別に述べる。

3.4.1 道路の災害

(1) タイプ・規模

本火山による道路災害のタイプとして、火山灰の道路上への堆積、火山泥流による道路、橋梁取付道路の洗掘、決壊などがあり、その被害総額は1991年8月現在で44億8,500万ペソである。以下に道路災害をタイプ別に述べる。

- (a) 火山灰が道路上及びその排水溝に堆積し車両の運行を阻害したり、道路の排水機能を妨げる。（図 3.4-1参照）

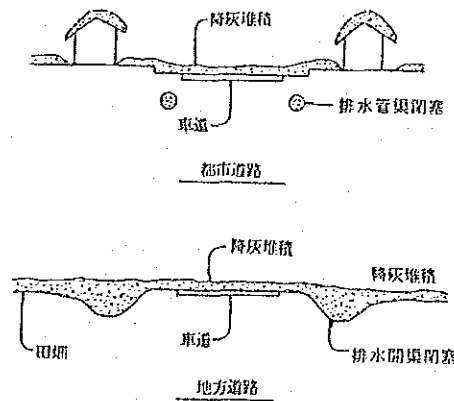


図 3.4-1 降灰の堆積

この道路災害は、噴火直後に降灰量が30km圏内では5cmから20cm以上の厚さとなり、その後のたびかさなる噴火により、この地域を通過する幹線道路は道路上から除去された火山灰が道路の両側に1m以上の山状に積まれている。幹線道路以外の道路、プロビシヤル、シティー、バランガイ道路などではそのままになっている地域もある。

排水溝は堆積した火山灰と道路上から除去されたそれで埋まり、ほとんどの道路は排水機能を失い、降雨時にはいたるところに水溜りができ、これが道路を損傷する原因となっている。

(b) 火山泥流が道路を洗掘及び決壊させ車両の通行に支障をきたしたり、通行不能とする。(図 3.4-2参照)

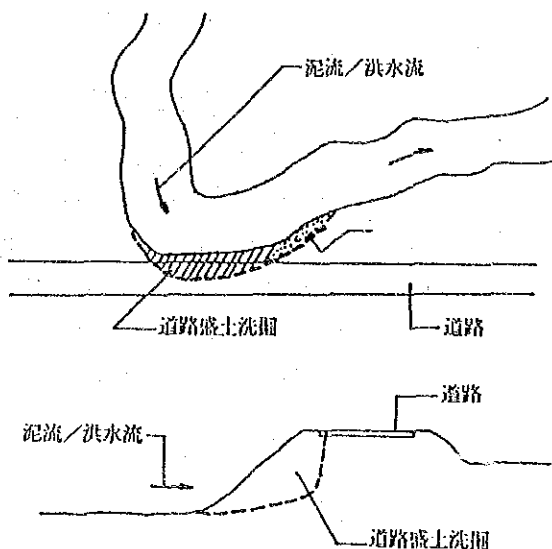


図 3.4-2 道路洗掘

この道路災害は、在来の河床に大量の火砕流、堆積物及び火山噴出物が堆積、河床が上昇し、河道がそれにより埋没する。したがって河川本流が本来の河道を流れず、橋梁でない盛土部に火山泥流が衝突し、これを決壊させる。

決壊幅は大きい所では1km以上に及ぶ箇所もある。この現象は河床勾配が比較的急勾配からなだらかになる平地部に発生している。これに対し河床勾配が比較的急な丘陵地帯の上流部では河岸侵食、河床洗掘が激しく、侵食された河岸は崖状になり、流れによって容易に再侵食され在来の河川と並走している道路は、これにより洗掘される。

- (c) 火山泥流が道路上に堆積あるいは、在来河床に堆積し、その結果橋梁取付道路を決壊させたり、道路上に長期湛水し車両の通行に支障をきたしたり、通行不能とする。(図 3.4-3参照)

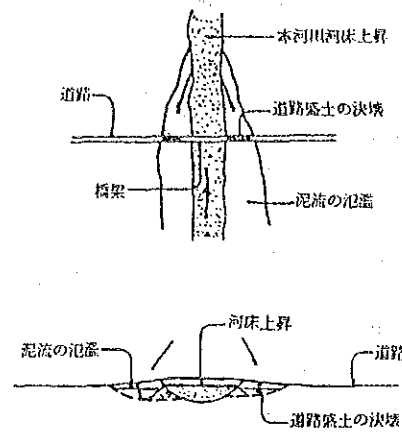


図3.4-3 橋梁取付部決壊

この道路災害は、上記(b)の場合と同様な原因で、河道が変わり、平地部の道路上に、火山泥流土砂が堆積したり、流水が道路上に長期的に湛水する。この湛水幅は長い所で5km以上、深さ50cm以上にも及ぶ。また在来の河床に火山泥流、土砂が堆積し、橋梁の桁下空間がなくなり、流水が橋梁と並走して、橋台の背面を侵食し、道路交通に支障をきたしている。この災害は平地部に発生するが、湛水が消失した後は道路損傷の大きな原因となっている。

(2) 現 況

前節では道路災害のタイプとその規模について述べたがここでは災害のタイプ別に、主に幹線道路についてその現況を表 3.4-1に表わす。又その災害の位置は図 3.4-7に示した。

(3) 現在までに実施された対策

これからの道路災害に対し、復旧及び災害の拡大防止を目的として現在までに以下の対策が講じられている。

- 道路上の降灰の除去及びその運搬。
- 道路の洗堀に対して鋼矢板、サンドバックなどで防護、。
- 道路湛水地帯に盛土や架設橋の施工。
- 取付道路の決壊ヵ所に仮設橋の設置。
- 河川の流路の堀削、浚渫、整形。

表 3.4-1 (1/2) 道路災害のタイプと現状

| 番号 | 道路災害の位置 | 道路災害のタイプ・規模 | 備考 |
|----|---|--------------------------------|--|
| 1 | サンフェルナンド・オロンガポ区間の国道 サンフェルナンドから約10kmの地点 | (3) 約5kmの区間が50cmの深さで泥流で湛水している。 | パーング川が下流堆積区間に入りパコロールの北東約5km地点付近の堤防の決壊により、左右岸に泥流が300m以上の範囲に氾濫し、ところにより2m以上の土砂が堆積する。泥流氾濫は国道7号線を越えさらさら下流まで達している。 |
| 2 | サンフェルナンド・オロンガポ区間の国道 ルバオ市周辺 | (3) 約2kmの区間が50cmの深さで湛水している。 | グマイン・ポーラック導水路により運搬された土砂が流入先のパサグ川及び周辺の低湿地に堆積し、パサグ川の通水能力を減少させ、ルバオ付近が長期湛水し国道7号線もこの範囲に入っている。 |
| 3 | アンヘレス・サパンバト区間のプロビンシャル道路 (サパンバト放水路) | (2) 放水路の前後の取付道路約100mが決壊 | アバカン川の上流部が土砂流により河岸侵食、河床洗掘が激しく、100戸以上の家屋が流失している。 |
| 4 | サンフェルナンド・ターラック区間の国道(アバカン橋) | (2) 橋梁前後の取付道路が決壊 | アバカン橋は河橋侵食、河床洗掘による流出、これより下流は堆積区間となっている。 |
| 5 | マニラ・マバラカット区間の高速国道 の高橋梁 | (3) 橋梁の取付道路が約50m決壊 | 火山泥流が堆積し、桁下空間を失い、流水が橋梁と並走して、橋台背面を侵食。 |
| 6 | サンフェルナンド・カパス区間の国道 (サンジェアン橋) | (3) 左岸の橋梁取付道路が約150m決壊 | 火山泥流が堆積し、桁下空間を失い、流水が橋梁と並走して、橋台背面を侵食。 |
| 7 | サンマルセリーノ・サンタフェ区間のプロビンシャル道路のサンタフェ橋 | (2, 3) 河川西側の橋梁取付道路が約2km決壊 | 火山泥流が最大で約5m堆積し、橋梁はその下に埋まる。 |
| 8 | オロンガポ・イバ区間の国道 マクルコル橋の南側 | (3) 河川南側の国道が約1km決壊 | セントトーマス川の河床が堆積により2m上昇し、この上流左岸から泥流が道路上に氾濫。 |

表 3.4-1 (2/2) 道路災害のタイプと現状

| 番号 | 道路災害の位置 | 道路災害のタイプ・規模 | 備 | 考 |
|----|--|---|--|---|
| 9 | オロンガボ・イバ区間の国道 サントカロサ橋の南側 100 m 地点 | (2, 3) 河川南側の国道が約 50 m 決壊 | タンガイ川の河床が堆積により約 5 m 上昇し、この上流左岸から泥流が道路を超流、現在道路上に簡易橋を架橋。 | |
| 10 | ポトラン・カパス区間の国道 ポトランから 8 km の地点 | (2, 3) 道路が約 1 km 決壊 | フカオ川上流区間で土砂堆積による河床の上昇、これに伴う左右岸の侵食、氾濫が顕著で道路が分断されている。 | |
| 11 | ピナトックボ山を中心として 30 km の範囲 の国道、プロピンシャル、市、バラ ンガイ道路 | (1) 国道道路両側に多い所で高さ 1 m その他の道路は国道より多い。 | | |

3.4.2 橋梁の災害

(1) タイプ規模

本火山による橋梁の災害のタイプとして、橋脚の倒壊、上部工の流失、取付道路の流出、橋台背面の流出などがあり、その被害総額は、1991年8月現在の国有橋関係で61億4,800万ペソである。以下に橋梁の災害をタイプ別に述べる。

(a) 河床の洗掘、河岸の侵食により橋脚の倒壊及び傾斜と橋台背面土の流出。

(図 3.4-4参照)

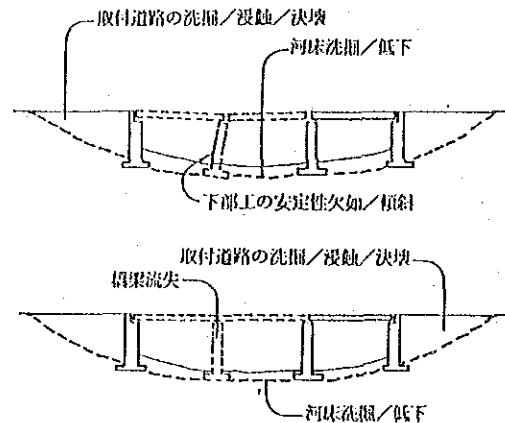


図 3.4-4 橋梁下部工の損傷

この橋梁災害は火山泥流により河床が洗掘されるとともに、河岸の侵食により橋脚の倒壊及び傾斜が起き、橋台背面土が流出する。この現象は主に河床勾配が比較的急勾配な丘陵地の橋梁に多くみられる。被害の規模は土石流及び泥流の流速が速いため、もともと構造的に強固でない橋梁（パイルベント基礎）橋梁が多いためこのタイプの災害を受けた橋梁はほとんど全壊に近い状態である。

(b) 火山泥流土砂が河床に堆積して桁下空間がなくなり、上部工の流失、あるいは橋台背面取付道路の流出、極端な場合は橋梁全体が火山泥流堆積物で埋没してしまう。(図 3.4-5参照)

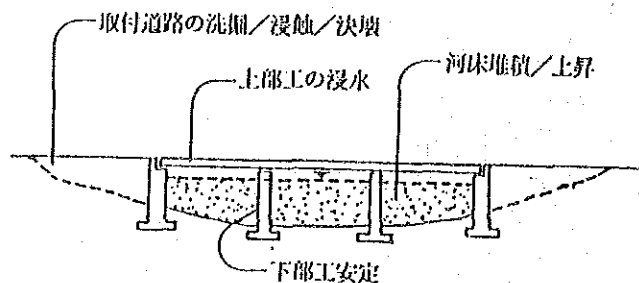


図 3.4-5 桁下空間の縮少

この橋梁災害は火山泥流土砂が河床に堆積して、桁下空間がなくなり、上部工の流出、あるいは橋台背面の取付道路の流出を招く。泥流の量が多い河川では、河床にこれが大量に堆積し、橋長 100 m 以上の橋梁が完全に土砂に埋没した。この現象は河床勾配がゆるやかな平地部の橋梁に多く発生している。

(c) 上記 (a), (b) の災害が同時に起こり、橋脚の倒壊及び傾斜そして橋台背面の流出、一方同じ河川内で火山泥流が堆積し桁下空間がなくなる。(図 3.4-6 参照)

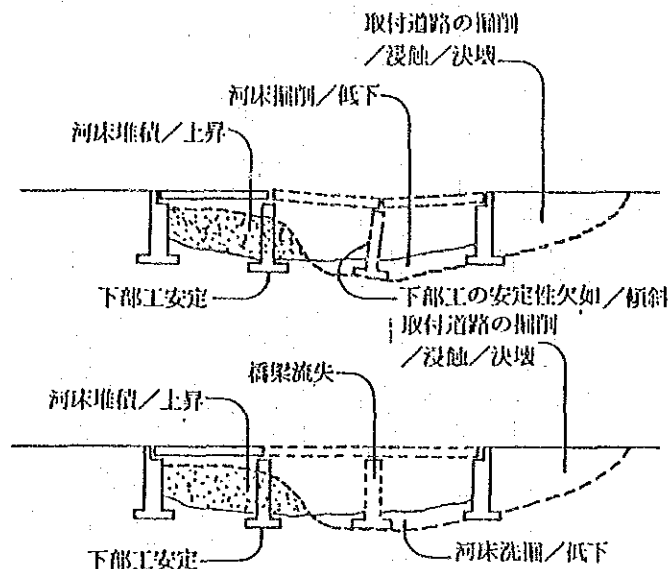


図 3.4-6 堆積と洗掘

この橋梁災害は (a) と (b) の災害が同時期に起こり、その災害も (a) と (b) のものを合体した現象となる。この現象は河床勾配が比較的急勾配からなだらかになる (a) と (b) の地形の変化点付近の橋梁に発生している。

(2) 橋梁被害の現況

前節では橋梁被害とその規模について述べたが、ここでは災害のタイプ別に、主に幹線道路に架橋されている橋梁についてその現況を表 3.4-2 に表わす。又その災害を受けた橋梁の位置を図 3.4-7 に示した。

表 3.4-2 橋梁災害のタイプと現状

| 番号 | 被災道路・橋梁の位置 | 道路・橋梁の災害タイプ・規模 | 備考 |
|----|--|--|---|
| 1 | サンフェルナンド・オロンガボ区間の国道 バンバン橋 | (2) 泥流堆積物で橋梁が完全に埋没 その深さ約10m | 泥流の堆積が激しく、河川断面が泥流の堆積で完全に埋没。 |
| 2 | メキシコ・カオアス区間の国道 サンフラスシスコ橋 | (2) 泥流堆積物で河積が減少 危険な状態。その深さ約3m | バンバン橋の下流の本橋地点では、河床上昇、及び橋の存在による流水障害により橋の上流地点で左右岸に泥流が氾濫している。 |
| 3 | アンヘレス・サパンバト区間の プロビシヤル道路 サパンバト放水路 | (1) 放水路は河床の洗掘により流出 河岸は両岸ともに50m以上が洗掘 されている。その洗掘深さは5m 以上。 | アバカン川の上流部で、この地点では河岸侵食、河床洗掘が激しく、100戸以上の家屋が流失している。侵食された河岸は崖状になり、流水により、容易に侵食される状況にある。 |
| 4 | サンフェルナンド・カバス区間の国道 アバカン橋 | (3) 橋梁位置で左岸側で河岸侵食が約 30m、河床洗掘は5m以上、右岸 側では河岸侵食、河床洗掘はなく、 むしろ泥流が堆積している。 | 橋梁左岸側100m以上は河岸侵食、河床洗掘により流出。左岸側はこれか らも降雨のたびに侵食は大きくなる見込み。 |
| 5 | アンヘレス市内の市道、アバカン橋の 下流に位置する バンダン橋 | (3) 橋梁位置で左右両側で河岸侵食、 河床洗掘が起こり、河川中央部で は、泥流の土砂が堆積している。 左岸の侵食幅は100m以上。 | 橋梁（橋長108m、支間数9径間）は完全に流出。左・右両側ともに 河岸侵食が進行する見込み。 |
| 6 | マニラ・マバラカット区間の高速国道 カバヤ橋 | (2) 泥流堆積物で河床が上昇し、通水 断面が種桁により阻害され雨岸が 河岸侵食され、これは左岸上流側 が特に激しく、その幅は100m以 上におよぶ。 右岸橋台裏面50m侵食 | この地点はアバカン川の堆積区間で大量の泥流土砂や堆積、通水断面 を主桁により阻害しているため、主桁も流失する危険がある。河川両 岸も河岸侵食が進行し、河川、中央部では堆積が進行する。 |

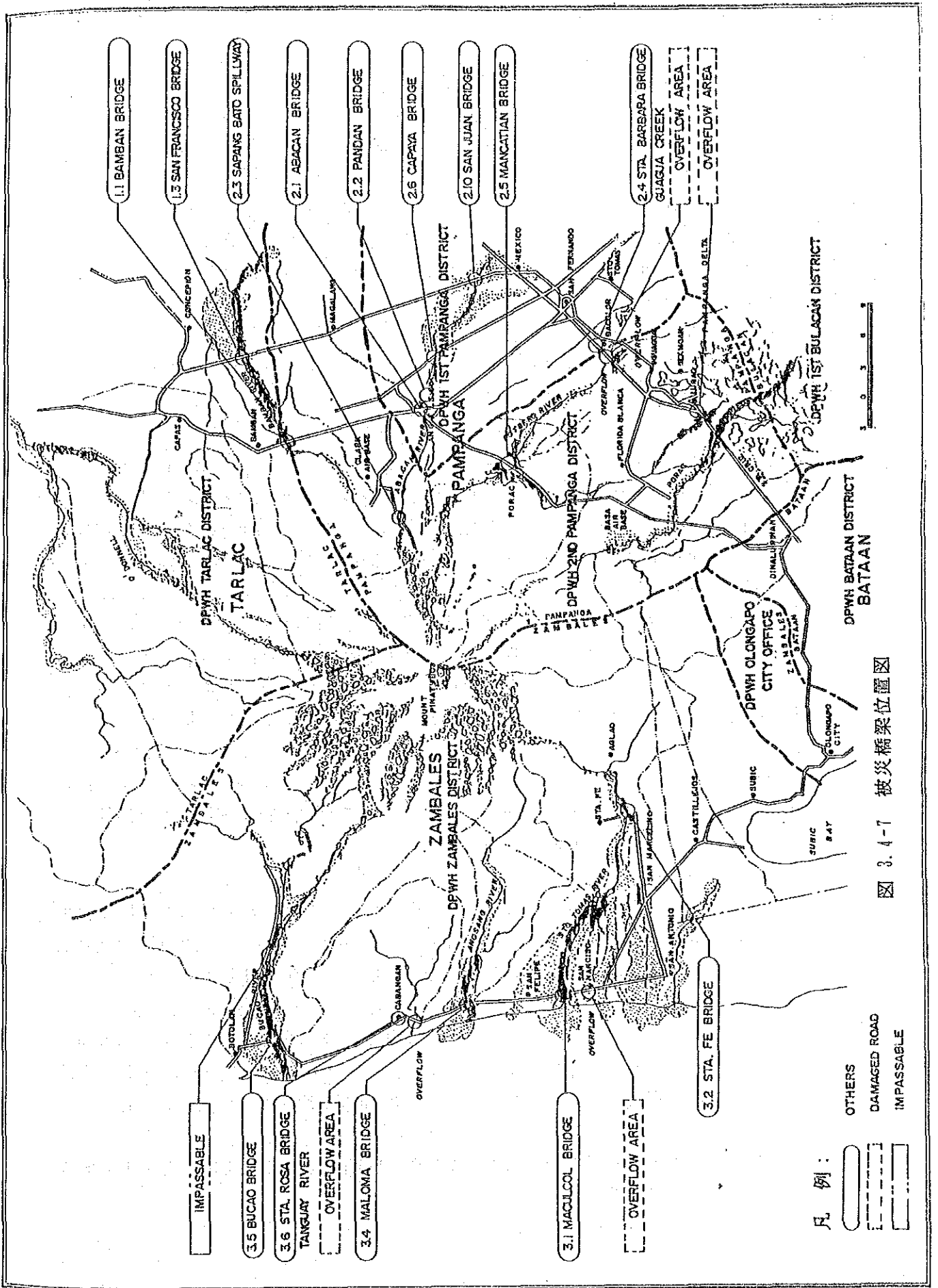


图 3.4-7 被災橋梁位置图

3. 4. 3 河川の災害

(1) ピナトゥポ山の山系

ピナトゥポ山域は、大きく次の9河川により構成される。

- ・オードネール川
- ・スコビア・バンバン川
- ・アバカン川
- ・パーシグ・ポトレロ川
- ・ポーラック川
- ・グマイン川
- ・マララ・セントトーマス川
- ・マロマ川
- ・バリン・ブケロ・ブカオ川

これら河川が今回の火山噴火により災害を引き起こした背景の一つとして、これら9河川も他のフィリピンの河川と同様に護岸工事、築堤、河道掘削などの河川災害に対する予防措置が、全く取られていなかった点があげられる。

ルソン島内の水系で見ると、オードネール川がアグノ川水系に、上記のスコビア・バンバン川からグマイン川までがパンパンガ川水系に属する。これらの河川はいずれも火口近くに幾多の支流を持ち、流水を集めた後、火口を中心に放射状に流下し、下流部では扇状地、低平地を形成する。噴火前のピナトゥポ山域の状況は以下のとおりである。

山頂から標高 200～400m 付近までは1/10以上の急勾配斜面からなり、表土、或いは、地覆は殆どない。この付近の河相は地形の影響を強く受け、比較的直接的で火山性基盤岩を深く下刻した谷に流下する。

標高 200m 以下の地域は1/200～1/300の緩い傾斜となり、基盤岩は上流域で侵食され流水により運ばれた土砂に覆われている。山の東側では、この緩斜面地域は広大な沖積平野へと広がり、この地域では蛇行、網状河川が発達している。

山の西側は標高 300～1300mの山並が南シナ海沿いの平野部とピナトゥポ山の間、河川は、南北方向の谷を南から北へ流下する。ピナトゥポ山頂域で侵食された土砂はこの谷、及び西流して南シナ海に流入する数本の河川沿いに堆積している。

上記9河川の噴火前の河川別特徴の概要及び今回噴火による災害概要をまとめてみると、以下のとおりである。

(a) オードネール川

オードネール側はピナトゥポ山の北側斜面の標高約 1,200mの地点に水源を発し、北東方向へ約45km流下した後、ターラック市の南西地点でターラック川に流入する。河床勾配は水源部の約1/10からターラック川流入地点の1/20まで連続的に変化する。

火山泥流が発生し、上流部では河川狹窄部が自然の遊砂池の機能を果たして堆砂している部分がある。ターラック市の南約10kmのサンアントニオ付近では堆砂による河床上昇が激しく、かんがい取付設備が2箇所埋没している。泥流はターラック川にまで及んでいる。

(b) スコビア・バンバン川

スコビア川はピナトゥポ山旧火口付近の標高約 1,300mの地点に源を発する。ここから標高約 120m地点まで東北東へ約23km流下し、この地点付近から名称をバンバン川に変える。スコビア川の河道はピナトゥポ山斜面を下刻された40m近い深さの谷からなる。バンバン川は東北東へ約28km流下した後、アラヤット山北側、コンセプション町の東部の低平地で無数の派川に分岐する。河床勾配は、スコビア川水源部の1/10以上から約1/80まで連続的に変化し、バンバン川に入り緩勾配になり、バンバン橋上流部の急勾配区間を除き、ほぼ 1/170から 1/300の勾配で流下する。バンバン橋からサンフランシスコ橋の間の河床勾配は約 1/450である。

クラーク米軍基地付近からバンバン町にかけて泥流の堆積が激しく、河積が著しく減少し、バンバン橋地点では既存の橋レベルまで10m以上の厚さで土砂が堆積している。サンフランシスコ橋地点では、河床上昇、及び橋の存在による流水の阻害により橋の上流地点で左右岸に泥流が氾濫している。

(c) アバカン川

アバカン川はピナトゥポ山東斜面の標高約 600mの地点に源を発する。他のピナトゥポ山を水源とする河川と比較すると低い標高を水源とし、水源付近約4km区間はスコビア川の約1km南をほぼ平行に流下する。アバカン川はその後東方向に流下し、標高 100m地点付近でアンヘレス市を南北に二分する。アンヘレス市の東、アラヤット山南西の低平地で幾多の派川に分岐する。河床勾配は、標高 200mのサバンバト橋地点付近で約1/50、標高80-100mのアンヘレス市付近で約 1/130である。

泥流により上流部のサパンバト橋地点で河岸侵食、河床洗掘が激しく、100戸以上の家屋が流亡している。侵食された河岸は崖状に流水により、容易に侵食される状況にある。アバカン町付近が侵食区間と堆積区間の境界になっており、アバカン橋は河岸侵食、河床洗掘により流亡、これより下流は堆積区間で、カパヤ橋地点ではバンバン川サンフランシスコ橋と同様に、橋の上流側右岸で堤防が決壊し泥流氾濫を招いている。下流部での泥流氾濫が激しい。

(d) パーシグ・ポトレロ川

パーシグ川はピナトゥポ山頂の東約7kmの標高約800m付近の地域に水源を発生し、約10km東流した後、南東に約4km流下する。この地点で、河相は幅の狭い溪谷から扇状地緩斜面を流下する網状河川へと著しく変化する。この付近から名称はポトレロ川になる。網状河川になった後、河川は南東へ約22km流下し、最終的には、パンパガ湾の北側に位置する低湿地に流入する。河床勾配はパーシグ川の水源地で1/10以上、下流部で約1/50、ポトレロ川に入り徐々に緩くなり標高20m地点で約1/200である。

泥流により、パーシグ川が流下する扇頂部での河岸侵食、河床洗掘が激しく、以前より更に深い谷を形成している。これより下流堆積区間に入りバコロールの北西約5km地点付近の砂が堆積する。泥流氾濫は国道7号線を越えて更に下流まで達している。左岸側はググクリーク、右岸側はパッテロクリークの堤防で止まっている。破堤区間下流区間では河床が上昇しているが、通水断面は比較的維持されている。

(e) ポーラック川

ポーラック川はピナトゥポ山の東側斜面の標高約1,000m付近に源を発生し、約12km東流した後、向きを南側に変え約18km流下してグマイン・ポーラック放水路の上流橋でグマイン川と合流する。河床勾配は山地部で1/60以上、扇状地部に入り一度1/160程度に緩くなった後、1/70から1/300まで変化する。

泥流が生じてポーラック付近は河床が左岸堤近くまで上昇しポーラック町に泥流氾濫の危険がある。フロリダブランカで泥流氾濫しているが、下流域では、グマイン・ポーラック導水路の築堤がうまく機能して泥流は河道内に収まっているが、河床上昇は激しい。グマイン・ポーラック導水路により運搬された土砂が流入先のパーシグ川、及び周辺の低湿地に堆積し、パーシグ川の通水能力を減少させ、マニラ湾への排水を阻害しているものと思われる。ルバオ周辺（プロ橋地点）の長期湛水はこれが原因ではないかと考えられる。

(f) グマイン川

グマイン川はピナトゥポ山頂域の標高 1,200m 付近に水源を発し、南東方向に約33 km 流下した後、ポーラック川に合流する。流水はポーラック川の流水と共に、東南東方向に流下する放水路を経てパンパンガ湾北側の低湿地に流入する。勾配は水源部の1/10以上から下流部の 1/500まで連続的に変化する。

泥流による河床上昇が激しい。下流部ではポーラック川と同様、グマイン・ポーラック導水路の築堤がうまく機能して泥流は河道内に収まっている

(g) マレラ・セントトーマス川

マレラ川はピナトゥポ山頂の南西斜面の標高 1,000m 以上の地域に水源を発し、セントトーマス川への合流点まで約18kmを南西方向に流下する。標高 400m 以上の上流部ではV字谷を1/10前後の勾配で流下し、下流部では扇状地の斜面を約1/50の勾配で流下する。セントトーマス川は標高約 100m 地点でマレラ川を合流後、約23km 西流し南シナ海に注ぐ。上流部では幅約 1 km の氾濫源を蛇行しながら流下し、下流部に入ると低平地に網状河川を形成している。

泥流により、サンラファイエル地点で左岸側が月型湖状に大規模に河岸侵食されている。国道7号線マクルコル橋地点の堆積区間では2 m 近い河床上昇をきたし、この上流左岸から泥流が氾濫している。

(h) マロマ川

マロマ川はピナトゥポ山頂から南東約7 km の標高 500m 付近の斜面に源を発する。河川はピナトゥポ山と海岸線との中間に位置する山地部をほぼ西に30km 流下してセントトーマス川の河口の7 km 北の地点で南シナ海に注ぐ。マロマ川沿いには扇状地は発達しておらず、幅 1 km 以上のU字谷を出て約2 km で海岸である。河川勾配は上流部の1/50から下流部の1/1,000 まで変化する。

国道7号線マロマ橋地点は泥流土砂堆積区間となり河床が上昇し、右岸の堤防が橋上流部で決壊し、泥流が氾濫している。上流部の火砕流堆積物が他の河川と比較すると少ないためか、泥流の規模は小さく右岸の氾濫も国道は超えていない。マロマ川の北側に隣接するタンガイ川は泥流により国道7号線の橋の上流部で左岸に流路を変え、道路が冠水している。

(i) バリン・ブケロ・ブカオ川

ブカオ川の支流バリン・ブケロ川はピナトゥポ山頂域標高 1,100m 付近に水源を発する。上流域で多岐の支川によりピナトゥポ山の西側斜面の流水を集めて北上し、最大の支流であるマロナット川を合流した後、西北に向きを変えブカオ川の河口から15km地点でブカオ川に合流する。上流部では勾配1/10以上、下流域ではこれより1/100までの間で変化する。マロナット川はピナトゥポ山頂の北の標高 1,300m 付近に水源を発し、北西に9km流下した後、6km西流してバリン・ブケロ川に合流する。河床勾配は1/10から1/25の間で変化する。

河口から10~15km上流区間で土砂堆積による河床の上昇、これに伴う左右岸の侵食、氾濫が顕著で、道路が分断されている。しかし、この部分が自然の遊砂池の機能を果たしている。国道7号線の上流部は右岸に泥流氾濫が生じている。

ブカオ川及びその上流域のロボトンクリークはピナトゥポ山の北西域標高約 700m の地域に源を発し、上流端から南シナ海の海岸線まで約37kmを西流する。標高 100m 地点より下流のブカオ川は延長約17kmにわたって所により幅 2 kmにも達する氾濫源を形成しながら流下する。下流部約 9 km区間は右岸に水田地帯が広がる平地を流れる。

(2) 火砕流・降灰の分布

ピナトゥポ火山の噴火により、大きく分けて二種類の物質が山域及び周辺地域に堆積した。

- ・火口からせり出し、火山の上流部に流出、堆積する火砕流堆積物
- ・噴火により大気中に噴出後地上に降った火山噴出物（火山灰、火山レキ）

火砕流堆積物は、火口から全方位に放射状に流下する河谷を埋める形で堆積し、図にあるとおり、山頂域の急斜面約 130km²の範囲に分布する。直径にして約13km圏内である。火砕流堆積物の広い範囲の粒径の粒子により構成され、火山噴出物より粗粒分が多い。火砕流堆積物の厚さ及び量については種々の試算がなされているが、これによると、厚さは数mから 200m、量は1~8km³の範囲にある。既に説明したピナトゥポ山を源流とする主要9河川の最上流河谷は全て火砕流堆積物で埋められている状態であると思われる。火砕流堆積物の分布状況は図 3.4-8に、河川別火砕流堆積物の量及び、このうち火山泥流として流出すると思われる量は表 3.4-3に示すとおりである。

凡例







-  PYRO-CLASTIC DEPOSIT AT PINATUBO
-  MUDFLOWS
-  RIVERS
-  RIVER CATCHMENT AREA BOUNDARIES
-  ROADS
-  PROVINCIAL / DISTRICT BOUNDARIES

图 3.4-8

火碎流堆積物分布图

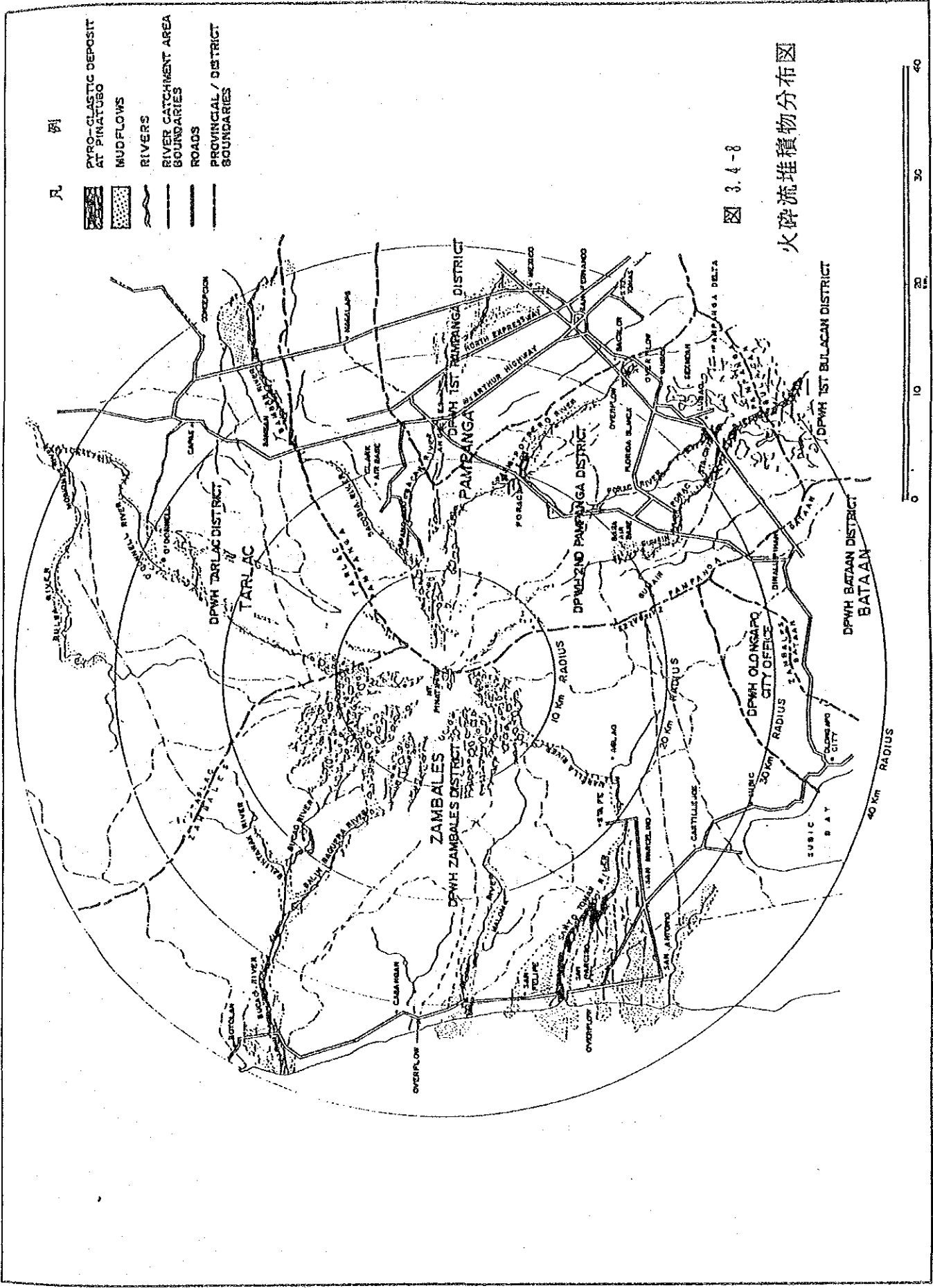
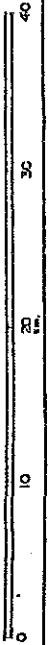


表 3.4-3 河川別火砕流堆積物堆積量

| 河 川 名 | 火 砕 流 堆 積 物 (1,000 <i>m</i> ³) | 泥流として流出する 可能性のある量 (1,000 <i>m</i> ³) |
|-----------------|--|---|
| a. オードネール川 | 478,500 | 47,850 |
| b. スコビア・バンバン川 | 442,200 | 44,220 |
| c. アバカン川 | 29,700 | 2,970 |
| d. パーシング・ポトレロ川 | 178,200 | 17,820 |
| e. ポーラック川 | | |
| f. グマイン川 | 46,200 | 4,620 |
| g. セントトーマス川 | 726,000 | 72,600 |
| h. マロマ川 | | |
| i. バリン・ブケロ・ブカオ川 | 3,804,900 | 380,490 |

出 典 'Assessment of Damages to Infrastructure Caused by the June 1991 Eruption of Mount Pinatubo', DPWH

(3) タイプ・規模

火砕流堆積物及び火山噴出物による河川災害は主に次の二つである。

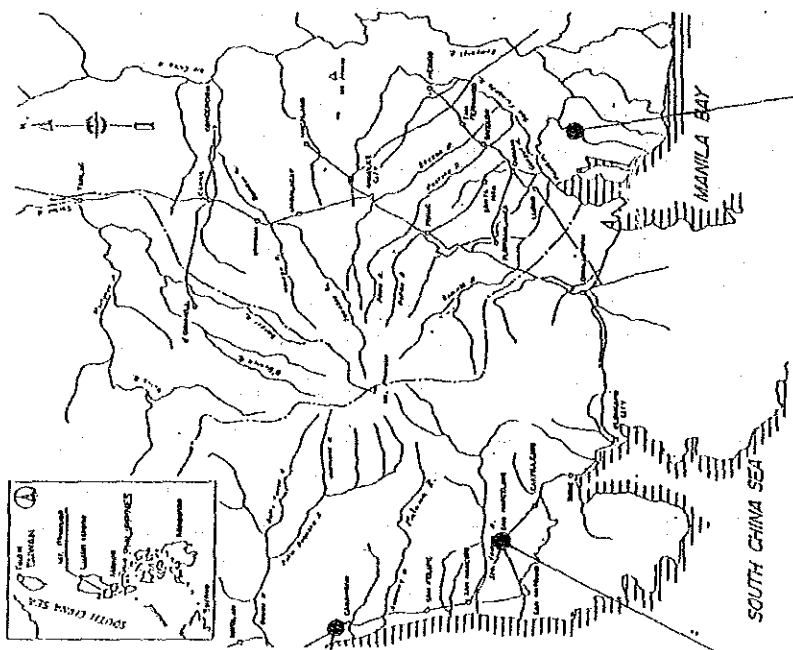
- ・大量の堆積物の大規模土砂移動
- ・堆積物による河道埋没に起因する流水の氾濫

大規模土砂移動は、高速で破壊的な土石流、或いは泥流（火山泥流を特に、ラハールという）という形で生ずる。噴火と時期を同じくして起きた台風ディディングによる6月12日から15日にかけての火山泥流、及びその後の火山泥流はピナトゥボ山の東西両側知的の河道、及び洪水調節施設に膨大な被害をもたらした。

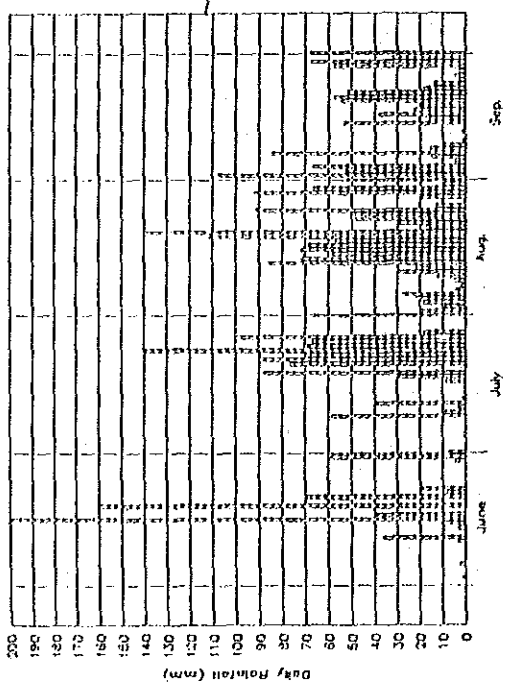
これまでに発生した火山泥流は、台風時の大雨が原因となっているもの以外に、常時ではそれ程問題にならないような雨量が原因となっているものもあると見られる。この理由は、河口周辺の火砕流堆積物及び火山灰がモルタル状に固結し、流出係数が極めて高くなっていることになるものと思われる。このモルタル状の被覆は雨水の浸透を妨げることから流出率を上昇させるが、集中した流れに一度侵食されると、側方からの侵食は容易であり、これが破壊的な泥流の原因となる。ピナトゥボ山周辺の日雨量データと災害の関係を図 3.4-9に示す。泥流が特別に激しい雨だけによるものではないことがわかる。

現地調査の結果によると、主な河川災害は以下のとおりである。

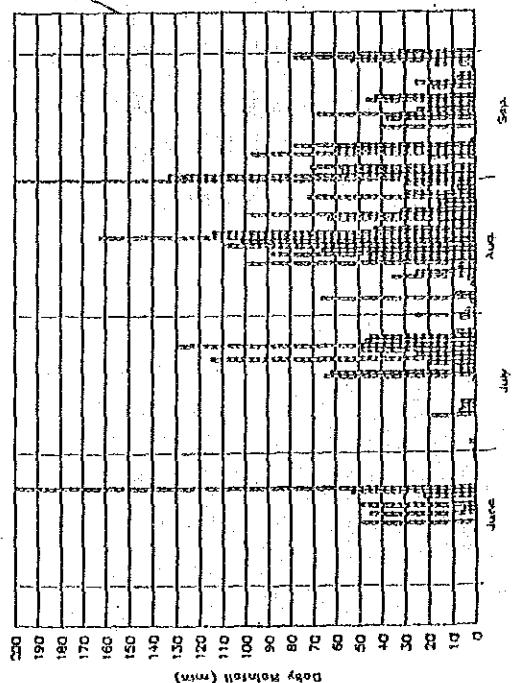
- ・火山泥流による河岸侵食・河床洗掘（縦横断面の変化）
- ・火山泥流の河床堆積による通水断面の減少（縦横断面の変化）
- ・泥流・洪水流の氾濫による堤防の流亡（洪水防御施設の損傷）
- ・火山泥流の氾濫
- ・洪水の氾濫



0320: Sta Rita E.S., Cabangan, Zambales



0322: WLAC, San Marcelino, Zambales



0314: Masantol, Pampanga

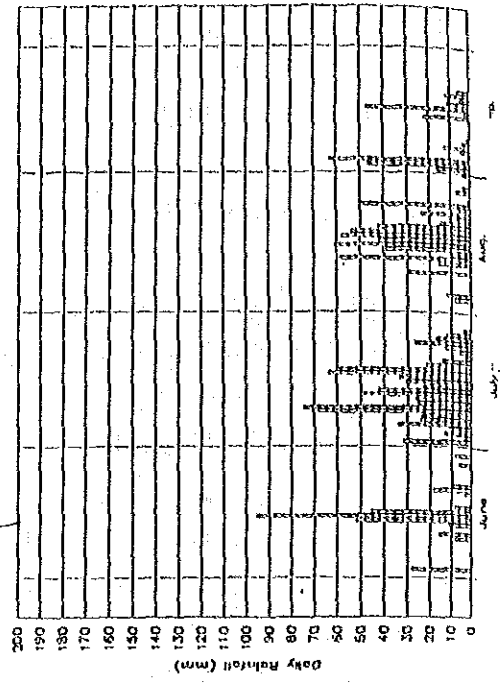


図 3.4-9 ピナトウボ火山周辺の降雨量

第4章 計画の内容

4.1 目的

ピナトゥボ火山の大噴火は、周辺のザンバレス・パンパンガ・ターラックおよびバターン県の道路・橋梁を始めとする社会インフラ施設に崩壊的な打撃を与えた。さらに折からの台風及びモンスーン性降雨により、堆積した降下火砕流が押し流され、泥流となって周辺市町村に甚大な被害を与えている。

この災害に対して公共事業道路省（DPWH）は、ピナトゥボ火山災害対策本部を設置し、建設機械を該当するリージョンⅢ地方のみならず周辺地区からも投入して、被災地の道路やインフラ施設の復興にあたっていることは第2.2節で述べたとおりである。

災害復旧対策本部による緊急対策計画では、道路・排水系の清掃、改修、橋梁補修、築堤、河川浚渫などが計画され、官民所有の稼働可能な建設機械を投入し復旧活動を行ないつつある。しかし、被害の規模は台風や大雨によってさらにピナトゥボ山の裾野からその下流域へと拡大しており、十分な復旧活動が追いつかない状況となっている。

このような背景から、本計画は緊急対策計画のうちインフラ施設の復旧・整備に必要な土木用機械、掘削積込機械、運搬機械、荷役機械、基礎工事用機械、締固め機械、道路維持用機械などの現在不足している建設機械を早急に投入して、災害の速やかな復興を図ることを意図したものである。また、本計画実施により公共事業省が建設機械を自ら所有することにより、災害復旧のための機械力を高めるばかりでなく、将来発生可能性のある雨期の泥流や土石流などの緊急災害に対しても機動性のある対応が可能になるものと期待されている。