

社会開発調査部報告書

No. 2

国際協力事業団
フィリピン共和国
公共事業道路省

フィリピン共和国

ピナツボ火山 東部河川流域
洪水および泥流制御計画調査

要約報告書

フィリピン共和国

ピナツボ火山東部河川流域
洪水および泥流制御計画調査

要約報告書

平成8年5月

日本工営
(株)建設技術研究所

JICA LIBRARY



J1128527(7)

平成8年5月

日本工営株式会社
(株)建設技術研究所

社調二

J R

96-056

118
617
SSS
BRARY

国際協力事業団
フィリピン共和国
公共事業道路省

フィリピン共和国

ピナツボ火山 東部河川流域
洪水および泥流制御計画調査

要約報告書

平成8年5月

日本工営株式会社
(株)建設技術研究所

調査報告書リスト

要約報告者 (和文)

要約報告書

主報告書

| | | |
|-----------|--|---|
| 分野別報告書 | マスタープラン調査 | <ul style="list-style-type: none"> A. 社会経済調査 B. 洪水・土砂被害調査 C. 地形変化調査 D. 水文解析 E. 土地利用調査 F. 土砂収支解析 G. 泥流解析 H. 洪水・土砂制御施設計画 J. 道路開発計画 K. 農業開発計画 L. 泥流分析調査 M. 住民移転/避難調査 N. 洪水予警報システム調査 P. 初期環境調査 Q. リモートセンシング解析 R. 地理情報システム解析 |
| 分野別報告書 | フィージビリティ調査 | <ul style="list-style-type: none"> A. 洪水・土砂制御施設計画 B. 道路・橋梁施設計画 C. 施設計画および事業費算定 D. 環境影響調査 E. 事業経済評価 |
| データブック | <ul style="list-style-type: none"> DB.1 DB.2 DB.3 DB.4 DB.5 | <ul style="list-style-type: none"> 社会経済データ 水文データ 地質データ 被害データ 地理情報システムデータ |
| 維持管理マニュアル | <ul style="list-style-type: none"> OM.1 OM.2 | <ul style="list-style-type: none"> 水文観測機器 地理情報システム運営管理 |

(注) 報告書に用いた換算レート: 1.0 US\$ = 100 Yen = 25.0 Pesos (1995年11月)



1128527〔7〕

序文

日本国政府は、フィリピン国の要請に基づき、同国のピナツボ火山東部河川流域における洪水および泥流制御計画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5年11月から平成8年3月までの間、7回にわたり、日本工営株式会社の広瀬典昭氏を団長とし、同社、株式会社建設技術研究所から構成される調査団を現地に派遣しました。

調査団は、フィリピン国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し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

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

終りに、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8年5月

国際協力事業団

総裁 藤田 公郎

国際協力事業団 ピナツボ火山東部河川洪水および泥流制御計画調査

伝達状

国際協力事業団

総裁 藤田 公郎 殿

ピナツボ火山東部河川洪水および泥流制御計画調査の最終報告書を提出いたします。本報告書は、フィリピン国ルソン島中部に位置し、1991年6月に今世紀世界最大規模の爆発を引き起こしたピナツボ火山の東部河川流域における洪水および泥流防御制御計画に寄与すべき資料として作成いたしました。

本調査の成果は大別して3つの成果で構成されております。第一の成果は東部河川流域に位置するサコピアーバンバン川流域のマスタープランおよび優先計画のフィージビリティ調査結果であります。この計画の中では、本調査開始直後に調査団が提案しフィリピン国公共事業道路省が建設したサンドポケットをいかに有効に活用していくか、また、泥流氾濫域における将来の農地回復にも配慮した施設計画を提言いたしました。

第二の成果であるアバカン川流域のマスタープランおよび優先計画のフィージビリティ調査では、フィリピン共和国公共事業道路省が噴火後建設したものの、その後損傷が激しい砂防施設および洪水制御施設を恒久施設とするための施設計画を提言しております。

第三の成果として、上述のアバカン川に隣接し、噴火後4年を経た1995年においても甚大な泥流被害が発生しているバシグ川流域の土砂移動モニタリング結果であります。1995年に発生した泥流の性質を踏まえた上で、フィリピン共和国公共事業道路省が建設した洪水および泥流制御施設の現状分析を行ないました。また、バシグ川流域における泥流氾濫危険度区域を限定するとともに、将来の施設計画策定において留意すべき事項を提言いたしました。

また、洪水および泥流予警報および住民への啓蒙に寄与すべく、洪水および泥流数値解析に基づいて氾濫被害図（デザスターマップ）および洪水／泥流氾濫想定図（ハザードマップ）を作成いたしました。

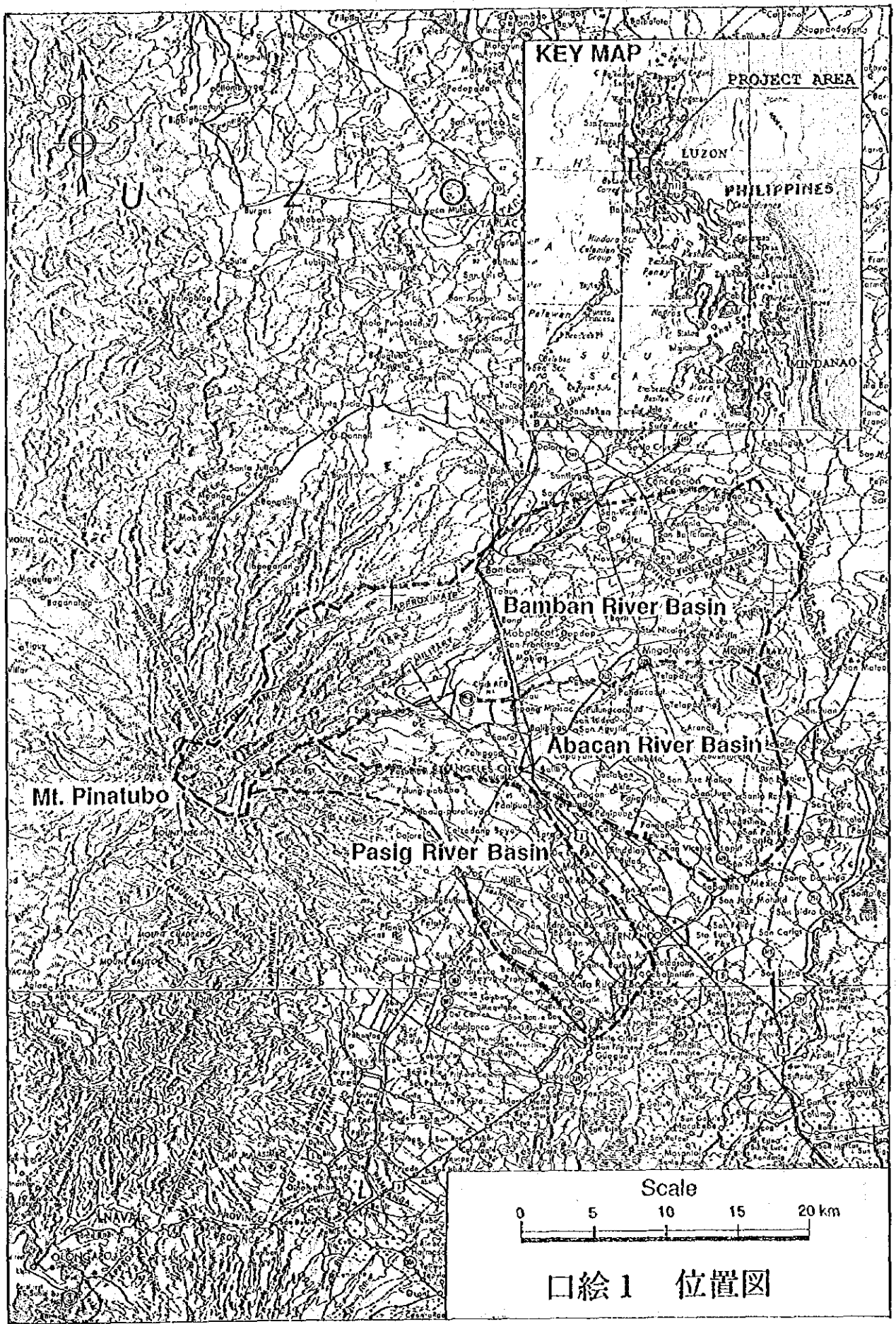
本報告書を提出するにあたり、全調査期間にわたり、多大なご支援を賜った貴事業団、作業監理委員会、外務省、建設省、在フィリピン日本国大使館の諸賢、ならびにフィリピン国政府諸機関の関係者各位に対し、心から感謝の意を表すものであります。

本調査の成果が、ピナツボ被災地における今後の洪水および泥流制御計画のために、ひいては同国の発展のために少なからず活用されるならば、これに優る光栄はないと存じます。

平成8年5月

調査団 総括担当

広瀬 典昭



口絵1 位置図

要旨

1. 背景

フィリピン国ルソン島中部のピナツポ山は1991年6月に今世紀世界最大規模の噴火を起こし、近隣諸国にまで大量の火山灰を降下堆積させた。6月15日の最大噴火時には高温の火砕流がピナツポ山周囲の山麓部に厚く堆積した。上流部の火砕流堆積物の総量は67億立方メートルと推定され、雨期には泥流となって下流域に流下・堆積している。1996年現在、火山活動そのものは鎮静化しているが、ピナツポ火山斜面の集中豪雨により未だに火砕流堆積物が流出し、下流での泥流被害および河床上昇、河道閉塞による洪水被害といった二次災害が発生している。

フィリピン国政府は、噴火直後より全力を挙げて救助活動を実施するとともに、国際機関や日本政府を含むドナー各国も緊急援助を始めとする様々な支援を行ってきた。しかし、集中豪雨により大量の火砕流堆積物が泥流として流下し火山二次災害が更に拡大する危険性があるため、フィリピン国政府はピナツポ火山東部河川流域のサコピア・バンバン川およびアバカン川の洪水および泥流制御調査計画の実施を日本政府に要請した。

2. 目的

この技術協力の目的は以下の通りである。

- (1) ピナツポ火山噴火による火山堆積物がもたらす洪水および泥流について制御計画を策定する。調査対象となるのはサコピア／バンバン川およびアバカン川流域である。
- (2) 調査期間中に河川・砂防セミナーを実施し、砂防技術の移転を図る。また、比国公共事業道路省のカウンターパートに対して、調査作業を通じて技術移転を図る。

また、調査地域に隣接するバシグ川流域では、1994～1995年においても大量の泥流が流出し甚大な被害を与えた。このため、フィリピン国政府より調査対象流域をバシグ川へ拡大するよう強い要請があり、貴事業団の承認の下にバシグ川における土砂移動モニタリングを実施した。

3. 調査対象流域

ピナツポ火山の位置する中部ルソン（第3開発地域）は、6つの州から構成されており、総面積は18,231平方キロメートル（国土面積の6.1%）である。このうち、本調査の対象流域であるサコピア・バンバン川流域（流域面積207平方キロメートル）はバンバンガ州からクルラック州にまたがって位置し、アバカン川流域（流域面積77平方キロメートル）およびバシグ川流域（流域面積280平方キロメートル）はバンバンガ州に位置している。

比国国家統計局のデータ（1990年）によれば、第3開発地域の総人口は6,191,000人（全国比10.2%）、人口密度は340人/平方キロメートルである。特に、バンバンガ州の人口密度は702人/平方キロメートルであり第3開発地域の中で最高値となっている。また、噴火前後の人口動態調査結果によれば、調査対象地域における人口は736,000人（1990）から680,800人（1994）～55,200人の減少となっている。一方、第3開発地域はフィリピン国における主要な穀倉地帯であり、1980～1989年の10年間における年平均米作地面積は476,000 ha（全国合計の14%）、米収穫高は1.5百万トン（全国米収穫高の18%）であった。

4. ピナツボ火山噴火による災害の発生プロセス

ピナツボ火山噴火により大量の火砕流堆積物が山腹を覆い山頂から半径50kmの範囲には大量の火山灰が堆積した。また、火砕流堆積物は摂氏700度で堆積深は100m以上であったため、山腹の樹木や生物をことごとく壊滅させた。これが一次災害（噴火災害）である。

火砕流堆積物の内部は高温のままである。降雨や地下水と接触し水蒸気爆発を起こし大量の火砕流堆積物を泥流として下流へ流している。これが二次災害（泥流災害）である。また、大量の土砂を含んだ泥流は河岸を侵食しながら下流へ流れ大規模な泥流が発生している。勾配の緩やかな下流になると、泥流は運びきれない土砂を残して流れていき、河床が上昇し土砂が堆積する現象が起きている。逆に、混入土砂が少ない場合には、可能な限り土砂を含んで流れようとするため、堆積していた土砂をさらに下流へ運ぶようになり河床低下が生じている。このような現象が、毎年繰返され二次災害（泥流災害）が下流へと広がっている。このため被災者数は1995年においても増加した。

ピナツボ火山東部流域における毎年の泥流氾濫増加面積を以下に示す（口絵2参照）。

(単位：ヘクタール)

| 流域 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 合計 |
|-----------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| サコピアーバンバン | 8,125 | 2,183 | 1,267 | 118 | 60 | 11,753 |
| アバカン | 2,930 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,930 |
| バシグ | 3,700 | 600 | 500 | 3,000 | 1,900 | 9,700 |
| 合計 | 14,755 | 2,783 | 1,767 | 3,118 | 1,960 | 24,383 |

5. 被害額の算定

- ① 人的災害 フィリピン政府の集計によれば、ピナツボ火山の噴火後5年(1991年6月～1995年10月)における死亡者は以下に示すように1,034人である。ただし、ピナツボ火山の噴火後3ヵ月(1991年6～8月)の各月末における被害状況の推移から判断して噴火直後の一次災害による死亡者は277名と推定される。1991年7月以降の死者は、当時劣悪な環境下にあった緊急避難所で亡くなった方（主に老人・幼児）である。なお、1992年以降の死傷者はおもに泥流災害（二次災害）によるものである。

(単位：人)

| 人的被害 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 合計 |
|------|------|------|------|------|------|-------|
| 死者 | 934 | 18 | 11 | 21 | 50 | 1,034 |
| 負傷者 | 184 | 7 | 0 | 3 | 2 | 196 |
| 行方不明 | 23 | 1 | 4 | 2 | 0 | 30 |

- ② 埋没土地 噴火直後には約18,000 haの森林が火山噴出物で覆われた。また、植林が実施されていた20,000 haの森林が埋没し、樹木の苗木（約1.25百万本）が失われた。
- ③ 農業 農業耕作地（約 86,000 ha）が被害を受け、被害額の合計は605百万本と推定される。
- ④ 教育施設 噴火直後の災害で24万人の生徒および7,000人の教師が関係する校舎・教育施設の被害を受けた。被害額は93百万本と算定されている。
- ⑤ 雇用 65万人が失業あるいは休業を余儀なくされ、これは第三開発地域における総就業者数の28%にあたる。また、在比米軍の撤退により基地の従業員26,000人が失業した。

6. 調査実施の手法

本調査の重要課題として次の5項目が挙げられた。

① 火山砂防計画の目標設定

本調査における火山砂防計画の達成目標は、砂防施設（ハード対策）による不安定土砂の抑制・捕捉・制御を行ない、危険区域の人家、公共施設を保全することにある。この目標を達成するまでに長期にわたる実施期間を要する場合には、砂防施設の整備を進めつつ地域住民の安全を図るための警戒避難等のソフト対策を整備する必要がある。調査団は、現地での土砂堆積調査に基づき土砂流出量を推定し、計画規模については被害が予想される地域の社会・経済的重要度と投資効果を評価して決定した。

② 洪水・泥流防御対策のための短・中期シナリオの作成

本調査で提案した各種対策工は、砂防計画上の明確な達成目標を踏まえ、各種対策工間の相乗効果が期待できるよう実施計画を策定した。また、各対策工の(1)合目的性、(2)必要性/緊急性、(3)便益性および(4)実施可能性の観点から地域住民への公聴会を幾度も開催し比国政府と十分な協議を重ねて決定した。

③ 既存の防災計画との整合性

これまで比国公共事業道路省が実施してきた緊急対策工事はいずれも応急措置的なものであるため技術面からの緊急提言が必要であった。このため、サコピア/バンバン川の中・下流部において上流からの土砂を捕捉するためサンドポケットの建設を緊急提案し具体的な施設の位置・規模を提示した。また、既存の砂防ダムはサイトとしては良好な場所を選定しているものが多いが強度的に不安な点があり、すでに破壊したダムも見受けられるため、各種の補強案について提示した。

④ 泥流警戒避難システムの充実

警戒避難体制の整備に当たって重要なのは警戒避難情報を発令するタイミングである。特に、本調査対象地域では流速が非常に速い火山泥流を対象とするため、現象の発生がわかってから各種の指示が出されては避難に間に合わない場合が多い。泥流活動の前兆や集中豪雨が観測されると臨時情報が関係機関に伝えられ、地域住民に伝えられるシステムとなるための現状の問題点を挙げた。

⑤ 住民移転対策の指針（長期シナリオの作成）

本調査で提案される各対策工は経済効率の観点に立った指標から統合的に決定された。しかしながら、地域住民の立場に立てばピナツボ火山噴火以前に永々と築いてきたコミュニティの存続が社会的な最重要課題である。特に、ピナツボ火山周辺地区における被災世帯総数は5万4千戸を数え、また、失業あるいは休業を余儀なくされた者は65万人と推定されており、雇用機会の創出はフィリピン政府の緊急課題となっていた。本調査はあくまでも「経済最適化」の評価基準による火山防災計画の立案を中心とした調査業務であるが、副次的に「社会最適化」を目標とした住民移転対策を提案することも必要であった。住民移転対策の実施はフィリピン政府の手に委ねられているので、本調査ではフィリピン側の関係各省庁との協議とともに、住民公聴会により生の地域住民の声を聴取しながら、長期計画の一部として住民移転の方向性（農業復興計画）を提案した。

7. 土砂流出量の予測

サコピアーバンバン川流域の土砂堆積状況をみると、大別して以下の3区域に分類される。

- ① 土砂生産域 ピナツボ山頂からマクタンまでの区間。この区間では火砕流堆積物に覆われており、二次爆発あるいは豪雨による土砂生産が著しい。
- ② 土砂堆積域 マクタンからサンフランシスコ橋までの区間。この区間では土砂生産域から流出した土砂が広く堆積し二次侵食が発生している。
- ③ 土砂流送域 サンフランシスコ橋 からリオチコ川との合流点までの区間。この区間では河川流量に見合った土砂量が下流へ流送されている。ただし、現在は上流からの土砂量が下流への土砂流送力を上回っているため河床上昇の傾向にある。

サンドポケットでの土砂移動モニタリング結果によれば、1994年にはサンドポケットに10百万立方メートルが堆積した。また、1995年には大規模な河川流路変更・土砂堆積は発生していなかったが、1995年10月1日の台風通過時に大量の土砂移動（4百万立方メートル）が発生し、噴火後1995年までの土砂堆積量は302百万立方メートルとなった。この結果に基づいてサコピア川における土砂流出減衰率を推定し1996年以降の土砂流出量を算定した。噴火後続いていた大規模な土砂流出は1997年雨期にはほぼ収束し、1998年以降はほぼ噴火前の状態に戻ると推定された。

| | | 土砂移動モニタリング結果および推定値 | | | | | | | | (単位：百万m ³) | |
|-------|--|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------------------------|------|
| 年 | | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
| 土砂流出量 | | 150.0 | 80.0 | 65.0 | 8.0 | 4.0 | 2.0 | 0.9 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |

一方、アバカン川では1992年以降泥流の流下は観測されていない。しかし、上流域の不安定土砂は3.7百万立方メートル（河道内堆積：2.2百万立方メートルおよび砂防ダム貯留：1.5百万立方メートル）と推定され、今後の土砂生産源と考えられる。

ここで、上流域における年間土壌侵食量を10 mm（土壌侵食）および1 mm（ガリ・リルによる侵食量）と仮定すれば、上流域において砂防ダムの維持管理が十分に実施された場合には上流域の不安定土砂（3.7百万立方メートル）は流出せず、今後は表層侵食による年間4万立方メートルが下流へ流出すると考えられる。

8. 氾濫予測図の作成

本調査で1994年4月に新規作成した地形図（1万分の1）をもとに数値地形データメッシュを作成し泥流解析を実施した。解析プログラムは建設省土木研究所および（財）砂防地滑り技術センターが開発した泥流解析プログラムを利用させて頂いた。解析は100年確率洪水が生じた場合に洪水・土砂氾濫地域がどのように拡大するかを示している。

また、解析条件として施設計画なしを前提条件とした。なお、1994年4月の地形をもとにしているため、一部の泥流堆積地点では比高が大きいため洪水氾濫は起こらない結果を得ている。結果は地理情報システム（GIS）へ入力し社会基盤施設とともに図示した。ハザードマップを口絵3に示した。

9. 段階的施設計画案の提案

ピナツボ噴火後、公共事業道路省は砂防ダムおよび堤防施設建設を精力的に実施した。特に、調査対象流域における砂防ダム完成直後の1992年4月に大規模二次爆発を起因とした泥流が発生し、サコビア川およびアバカン川へ大量の二次火砕流が流入したが、砂防ダム群により下流への流出を制御したことは特筆に値する事項である。

一方、下流域では十分な洪水通水能力を持つ堤防建設が段階的に実施された。しかしながら、一部はコンクリートで法面被覆が実施されたが、基本的には泥流堆積物を盛土して築堤されているため堤体の強度低下あるいは河川蛇行部での侵食崩壊が発生している。

このような公共事業道路省による復旧計画の現状を分析し、将来の地域開発計画との整合性について検討した後、施設計画案の位置付けを提案した。

- ① 緊急復旧計画 : 公共事業道路省が1991年から1993年にかけて実施した施設計画を緊急復旧計画のハード対策と位置付け、また、第三開発地域災害対策委員会の管理する泥流警戒システムおよびピナツボ災害対策委員会が推進している住民移転計画をソフト対策と位置付けた。
- ② 短期計画 : 本調査で緊急提言し公共事業道路省が1994年雨期前に建設したバンバン川中流部におけるサンドポケット施設を短期施設計画と位置付けた。建設した施設は1994年雨期中の土砂移動に対応したものであったため、1994年以降の土砂堆積状況をモニタリングすることにより施設位置、構造が見直された。また、施設構造の見直し後、短・中期施設計画へ取り込まれた。
- ③ 中期計画 : 中期施設配置計画は土砂の生産抑制・調節・貯留あるいは洪水防御を目的とした砂防・洪水防御施設から構成される。これらの構造物は土砂の堆積・移動状況に応じて組み合わせを変えるべき施設である。各対策工は経済効率の観点に立った指標から統合的に決定されたが、将来は地域開発計画を推進する上で重要となる洪水防御施設の建設あるいは農業用地の回復を容易にすることを目的とする。
- ④ 長期計画 : 長期計画に示される施設計画は副次的に「社会最適化」を目標として、地域開発計画のシナリオを加速するために実施されるべきものである。道路網整備、農地開発のための灌漑開発、観光開発が挙げられる。
- ⑤ 地域開発計画 : 現在、フィリピンでは「Philippine 2000」とよばれる中期開発計画(1993~1998)が示され、このシナリオに沿った形で各開発地域・州により開発計画が策定されている。フィリピン政府あるいは第三開発地域の方針から判断して、マニラ首都圏への過度の人口集中を避けるため衛星都市としての機能をピナツボ火山東部地域に期待している。北から、タルラック、コンセプション、アンヘレス、サンフェルナンドの各都市の旧クラーク基地再開発を中心とした発展が地域開発計画のメインフレームとなっている。

10. 施設計画マスタープランの策定

サコピアーバンバン川流域

洪水安全度(1/20)を満足し実施可能性のある各種施設の組み合わせを比較検討し、最も高い経済指標を示した段階的施設計画が優先計画として選定されフィージビリティ調査を実施した。優先計画は以下の構造物の組み合わせからなっている。また、施設計画概要図を口絵4に示す。短・中期計画に示した施設建設費は2,834百万ペソ(約113億円)および経済内部収益率は16.4%と推定された。

①短期計画(第一次):1994年

本調査団の提案した線形に基づいて公共事業道路省により既に建設されたサンドポケット施設である。また、サコピア川とバンバン川を分離するためサンドポケット左岸部に堤防を建設した。この分隴堤はサコピア川からの土砂流出をサンドポケット内に確実に堆積させ、かつバンバン川の河床上昇をできるだけ抑えることを目的としている。

②短期計画(第二次):1995~1996年

この期間には、サンドポケットの土砂堆積機能を高め、二次侵食を防止するため施設補強が図られる。また、国道329号線より下流のサバンバレン川では拡幅工事を実施するとともにバンバン川と合流させる。国道329号線の直上流には、サンドポケット施設の下流端施設として高さ3mの堤防が建設される。この堤防天端は新国道329号線として利用され、現在、新規建設中で1996年完成予定のサンフランシスコ橋と連絡し、国道329号線の洪水に対する安全性が確保される。

③中期計画(第一次):1997年

サコピア川に堆積した土砂の二次侵食を防止するため、マクタン~マスカップ間に床固工を建設する。また、サコピア川の河道を固定するための流路整備が必要である。この流路整備が終了した時点で国道3号線の再建設が可能となる。一方、サンドポケット内では段階的に一連の横堤を建設していくことで下流への土砂流出を制御する。

④中期計画(第二次):1998~1999年

国道3号線ぞい床固工が完成した時点で、サコピア川の流水中に含まれる土砂はほぼ噴火前の状況へ回復していると考えられる。この時点で、サコピア川をバンバン川と合流させることが可能となる。合流点は、マロンソ~サンベドロヒル間に位置すると予想される。同時期に国道3号線の建設が開始される。一方、バンバン川の中下流における河道の維持が図り、将来に亘って河道の浚渫(9年間で約13.5百万立方メートル)が必要である。

⑤長期計画:2000年以降

(1) サンドポケット内の畑地かんがい事業

未だに避難地での生活を強いられている被災者(8,400名)を噴火前の土地へ戻すことが必要である。短期、中期施設計画に伴って、土砂移動および洪水に対する安全度は飛躍的に増大する。この時点サンドポケット内でのパイロット事業・農地回復・灌漑事業が実施可能となる。

(2) 北方マニラ高速道路拡張計画事業

国道3号線に沿って、国家経済企画庁が将来開発計画の一部として提案し、中部ルソン地域開発計画調査(JICA,1995)でも優先度の高いプロジェクトと指摘されている北方マニラ高速道路拡張計画が実施可能となる。

(3) 観光開発事業

サバンカウアヤン川下流端には、サコビア川からの泥流堆積によるせき止め湖が現状のまま残ると考えられる。周辺の景観も良好であるため観光開発が望ましい。クラーク基地開発公社が進めているクラーク基地内および周辺でのリゾート開発とリンクして将来の発展の一翼を担うものとなり、現地住民の雇用創出ともなろう。

アバカン川流域

アバカン川におけるマスタープランで示した施設計画は、主に既存施設の強化・修復である。洪水安全度(1/20)を満足し最も経済的な施設についてフィジビリティ調査を実施した。施設計画概要図を口絵5に示す。施設建設費は1,005百万ペソ(約40億円)および経済内部収益率は24.1%と推定した。

① 上流域：土砂捕捉、河床固定および側岸侵食の防止

上流域には噴火後10基の砂防ダムが建設された。今後、上流域における恒久構造物として土砂捕捉機能を維持していくためには7基の砂防ダムのうち、特に(1)No.6砂防ダム(サバンバト川)、(2)TM-1砂防ダム(タウグ川)および(3)No.9砂防ダム(アバカン川最上流端)以下の3基の砂防ダムが重要である。また、サバンバト川は流路幅50~200m幅で深さ5~10mを維持して流下している。両岸はほぼ垂直崖となっており側岸侵食防止工が必要である。総延長は3,400mである。

③ 中流域：低水路の建設

フレンドシップ橋~カバヤ橋区間では、河道は200~300m幅、深さ5~10mを維持している。特に、家屋が密集している区間であり、低水路(幅100m、深さ2m)の建設が必要である。低水路を固定することにより河岸の侵食を防止する。低水路総延長は7,300mである。

④ 下流域：堤防補強および河道浚渫

カバヤ橋から下流端までの蛇行部において堤防の補強が必要である。総延長は14,000mである。一方、上中流域からの土砂は下流端に徐々に堆積していく。河道の浚渫(5年間で約2百万立方メートル)が必要である。

④ 橋梁の建設

噴火前、アバカン川には上流からフレンドシップ橋、ヘンソンビル橋、アバカン橋、バンダン橋、カバヤ橋、ニノイアキノ橋、メキシコ橋の7橋が建設されていた。いずれも1991年の泥流流下時に損傷あるいは崩落したが新設・復旧工事が実施された。なお、未だに復旧されていないヘンソンビル橋およびバンダン橋については新設が必要である。また、一次的に修復されているメキシコ渡河地点にも橋梁の新設が必要である

11. 施設計画 (ソフト面)

① 泥流警戒避難体制

ピナツボ火山災害に関する情報は第三開発地区災害調整委員会で収集伝達されている。同委員会は警察軍を主体とし21の政府機関から出向しているメンバーから成り立っており、被災状況、降雨状況、泥流の発生情報、警戒・避難に関する情報を各地方自治体へ伝達すると同時にラジオで流している。1991年噴火直前には、フィリピン火山地震研究所の公表したハザードマップに基づいた警戒警報の発令により、大噴火の際に住民の避難が非常にスムーズであり噴石や火砕流により直接死亡した人が少なかった一因となっている。また、泥流の流下情報は、泥流の発生する川に観測地点を設置して情報収集を行なっている。最も上流で監視を行なう10ヶ所の見張り小屋はピナツボ山頂から10km以内の危険な場所にある。各自治体は小型無線機により見張り小屋と連絡し泥流流下状況をモニターしている。

② 再定住地区の建設

1992年10月に設立されたピナツボ災害復旧委員会は、精力的に被災者の就労および被災民の再定住地区建設を推進してきた。1995年10月までに再定住地域では34,000戸が建設されている。また避難世帯数および再定住地区の家族数の推移を以下に示す。

第三開発地域における被災世帯と再定住世帯数 (1995年10月)

| 項目 | | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 合計 |
|-------|---------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| 被災世帯 | バンバンガ | 8,480 | 7,857 | 2,123 | 7,156 | 11,455 | 37,071 |
| | タルラック | 5,618 | 4,514 | 1,173 | 0 | 0 | 11,305 |
| | ザンパレス | 1,769 | 0 | 4,104 | 0 | 113 | 5,986 |
| | 計 | 15,867 | 12,371 | 7,400 | 7,156 | 11,568 | 54,362 |
| 避難所 | バンバンガ | 14,171 | | 2,123 | 2,492 | 11,455 | 30,241 |
| | タルラック | 9,604 | | 1,173 | 0 | 0 | 10,777 |
| | ザンパレス | 3,012 | | 4,104 | 0 | 113 | 7,229 |
| | 計 | 26,787 | | 7,400 | 2,492 | 11,568 | 48,247 |
| 再定住地区 | バンバンガ | | | 6,100 | 8,121 | 2,279 | 16,500 |
| | タルラック | | | 1,412 | 5,340 | 1,498 | 8,250 |
| | ザンパレス | | | 672 | 832 | 227 | 1,731 |
| | その他 | | | 1,232 | 502 | 602 | 2,336 |
| | 元居住地へ復帰 | | | | 1,770 | 3,352 | 5,122 |
| 計 | | | 9,416 | 16,565 | 7,958 | 33,939 | |

(注) ピナツボ委員会資料 (1995年10月) に基づく

比国政府は被災者に対して住居建設を実施してきたが、被災者は主に農民であり耕作地が無ければ彼らの生活を保証できない。しかし、再定住地区面積は限られているため、すべての再定住世帯へ耕作地を供与できないのが実情である。ピナツボ災害復旧委員会は旧クラーク基地内の工場誘致の際に就職を斡旋し、1995年末までに各被災世帯に一人の割合で定収入を得られるようになった。しかし、就職には35歳以下などの制限があり、被災者農民の旧耕作地への復帰に対する希求は大きくなっている。

また、ピナツボ災害復旧委員会は当初、再定住地区内に新たなコミュニティーの建設を提案しており公共施設、市場などの流通施設を建設したが、新旧被災者の対立、出身バランガイ別被災者の対立などが新たな問題点として浮上しており、新たなコミュニティー建設の進捗が遅滞している。

12. バシグ川流域土砂移動モニタリング

バシグ川における1995年の泥流流出状況を、1994年と比較しながら整理したものが次表である。同表から、今雨季のバシグ川の泥流流出の概括的な特長として、次のことがわかる。

- ・ 1995年の雨量は、10月末現在、昨年を若干上回る程度で昨年同様の比較的小雨傾向の年といえる。
- ・ 二次爆発の頻度は極めて減少しており、これは二次爆発をおこしうる厚くかつ高温の火砕流堆積物の残存区域がほとんどなくなりつつあることを示している。
- ・ 同様に、泥流の流出状況も大きく地形を変えるほどの大規模なものが減少しており、かつ泥流の土砂濃度もかなり減少しつつあることが、現地で観測されている。

バシグ川における泥流等の発生状況 (1995年10月末)

| 月 | 1994年 | | | 1995年 | | |
|----|------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| | 雨量 (mm) | 二次爆発 (回) | 泥流発生 (日) | 雨量 (mm) | 二次爆発 (回) | 泥流発生 (日) |
| 1 | 21 | 1 | 1 (0) | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 59 | 4 | 2 (0) | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 29 | 3 | 2 (0) | 19 | 0 | 1 (0) |
| 4 | 2 | 3 | 1 (0) | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 28 | 5 | 0 | 258 | 1 | 2 (0) |
| 6 | 120 | 4 | 2 (0) | 211 | 0 | 4 (1) |
| 7 | 1,086 | 14 | 8 (3) | 508 | 5 | 9 (3) |
| 8 | 434 | 27 | 2 (0) | 501 | 5 | 5 (1) |
| 9 | 289 | 13 | 7 (5) | 484 | 4 | 3 (0) |
| 10 | 188 | 12 | 1 (1) | 374 | 7 | 1 (0) |
| 11 | 0 | 0 | 0 | | | |
| 12 | 13 | 0 | 0 | | | |
| 合計 | 2,269 | 86 | 26 (10) | 2,355 | 22 | 25 (5) |

- 注： 1. 雨量はUpper-Sacobia観測所 (PHVOLCS) を採用
 2. 二次爆発の頻度は、サコビア火砕流堆積原全体を対象に高さ1kmを超える爆発を抽出
 3. 泥流発生については、中規模ないし大規模泥流が発生した日数を計上、() 内は大規模泥流の発生日数

1995年雨期における泥流観測によれば泥流総堆積量 8,600万立方メートルのうち河道浸食によるものが約半分の4,100万立方メートルを占めている。これを基に火砕流堆積原からの流出土砂量を予測すると、1996年雨期におけるバシグ川の火砕流堆積物からの流出土砂を3,400~4,700万立方メートルと予想した。しかし、急速な河道の下刻に見られるような1995年雨期後半の土砂流出の激減状況を勘案すると、最大値として(新規河道が形成された場合)1995年雨期と同等の4,100万立方メートル、また最小値として(河道の蛇行が半波長進み旧流路を半分程度埋め戻した場合)1995年雨期の1/2の土砂供給量である2,100万立方メートルとなる。この結果、1996年雨期には合計5,500~8,800万立方メートルの土砂が流送されると予測した。

また、1995年10月1日の台風マメンによる被害も踏まえて現状の危険箇所(口絵6参照)を指摘し、その緊急性の有無と当面の対応策を提案した。しかしながら、現河道に沿った低平地、とくにアンヘレス~ポーラック道路の下流では、洪水のたびに氾濫・土砂堆積が生じており、氾濫堆積域の拡大とともにサンフェルナンド川等の排水不良を引き起こし、サンフェルナンド市街地等で湛水の長期化を招いている。1996年以降の土砂移動モニタリングに基づいた抜本的な防御ラインの建設が必要である。

1 3. 環境調査

被災地域はサコピアーバンパン川、アバカン川流域でそれぞれ23,100ha、4,060haに及んでおり、多数の住民が避難生活を余儀なくされている。被災地域に居住していた住民（8,400名）の多くが農民であるため、彼らが避難地から復帰し農業活動を再開することが本調査の主要目的の一つであった。したがって、環境調査も住民公聴会により生の地域住民の声を聴取しながら農業復興による住民移転の方向性を主眼に進めるといった社会環境調査に重点を置いた。平成7年度には、調査対象流域における噴火前後の環境変化を定性的に把握するため初期環境調査を実施するとともに州レベルでの公聴会を2度開催した。また、平成8年度には、マスタープランで示された施設計画に係る balan ガイレベルでの住民公聴会を26回、州レベルでのセミナーを2回開催し、住民参加型のプロジェクト形成を目指した。

噴火前後の環境変化については、噴火前は調査対象地域（特に山間部）に生息していた野生動物が、噴火後の調査では確認できないなど生物の生息状況に変化が生じている例が報告されている。しかし、噴火によって生じた最も大きな変化は、地形の変化とそれに起因する洪水災害の発生である。噴火とその後の火砕流、泥流堆積物によって流域面積や河道が急激に変化し、噴火前には起こりえなかった地点で洪水が発生するようになった。本調査で提案された施設計画実施により河道を固定し、灌漑施設の再編成と河川改修により農地の安全が確保されることが必要である。

一方、比国政府は、サコピアーバンパン川流域に位置するサンドポケットを緊急構造物と位置付けており、土地所有者に免税措置を行なっているが用地買収の対象にはなっていない。河川改修後には地主に返還されるが、この間の農業活動による収入を得ることができないのも事実である。政府関係機関によるサンドポケット内の農地整備計画を至急実施する必要がある。

また、調査対象地域東端に位置するアラヤット山の森林の伐採が進んでいる。アラヤット山周辺では多数の避難民が生活しているが、収入源が無いためにガス、灯油の入手が困難であり木材の使用量が増加し伐採が進んでいる。したがって、伐採を抑制するため道路網を復旧させるとともに農業活動を早急に再開させ、同地域の生活レベルをピナツボ火山噴火前と同じ程度まで向上させる必要がある。

1 4. 技術移転

本調査の第二の目的である技術移転については、①社会・経済データ収集は、公共事業道路省計画局から参加したカウンターパートと共に、②既設砂防・洪水防衛施設の現地踏査および泥流堆積深・泥流サンプリングについては公共事業道路省ピナツボ復興局現場事務所のカウンターパートと共に、また③農業復興については国家かんがい局のカウンターパートと共に調査を実施し現状の問題点を抽出した。

一方、地理情報システムの有効利用に関する技術移転については、公共事業道路省ピナツボ復興局技術者へ現地委託調査業務の一環として教育研修を2年度に亘って実施した。

なお、本調査にて設置した水文観測機器（水位流速計、自記雨量計、地下水位計）の維持管理については、公共事業道路省ピナツボ復興局アバカン事務所内に水文・地形変化観測担当室を新たに設置し担当者へデータ処理手法・維持管理手法を指導した。

また、ドラフトファイナルレポート提出時に河川砂防セミナーをマニラ（中央政府機関関係者）およびアンヘレス市（地元政府機関関係者）にて開催し提案した施設計画に関して意見交換を実施した。

15. 今後の課題

① ハード面の対策

(1) モニタリングの重要性と施設計画

噴火後5年を経た現在でも、上流域からの大量の土砂流出および二次侵食による土砂移動が発生している。今後も土砂流出による地形変化が続くことは確実である。ハード施設計画において不確定要素が多く含まれているため、現地での観測を実施し地形変化に柔軟に対応できる適切な施設計画を立案することが必要である。

(2) 維持管理の実施

ハード対策には構造物の維持管理が極めて重要である。現地状況を分析すると砂防ダムはたとえ蛇籠製であっても、不安定土砂の捕捉に有効に機能している。しかしながら、維持管理不足のため材料の劣化による砂防ダムの崩壊が顕著である。また、築堤についても洪水通水能力は確保しても維持管理不足により堤体の侵食による破壊箇所が数多く見受けられる。構造物のメンテナンス作業を実施するために、フィリピン政府の予算措置・人材教育・人員配置が必要である。

② ソフト面の対策

(1) 国家災害対策委員会の強化による法制度・財源の整備

地方分権化にともなう防災組織体制の再編成により、国の役割は国家防災政策の立案、地方自治体への技術的支援・財政支援を中心にますます重要視されているが、国家災害対策委員会は人材・予算共に極めて不十分なため政策立案能力が弱く、また国家災害対策委員会自体も行政上の権限を持たないために調整能力を十分に発揮できない。政府による防災支援施策分野の中核として国家災害対策委員会の組織強化が必要である。また、ピナツポ噴火災害の経験を通じて情報・技術・ノウハウを蓄積し、広く政策に反映できる大学等との協力といった研究開発機能の強化が必要である。

(2) 雨量観測網の一元管理

ピナツポ火山噴火災害の特徴は、噴火直後の火山灰災害を除くと主に集中豪雨に起因した泥流および洪水被害といったいわゆる二次災害が卓越している点である。現在、雨量観測網は気象局および市民防衛局による二元管理であり、それぞれの観測網がオーバーラップしていないためデータの集積および警報発令に際して十分な情報交換が行われていない。台風情報あるいは西部海上からのモンスーンによる集中豪雨情報を一元管理すれば、二次災害の危険性をある程度避ける警報を発令することができる。

(3) 非政府組織 (NGO) との連携

ピナツポ災害復旧活動でNGOの活躍には目覚ましいものがある。最近、ピナツポ被災地に限らず全国に向けてNGOの防災ネットワークが構築されようとしている。地域防災計画作り、防災研修計画の作成・研修の企画等において国際機関との共同実施とともに、政府のチャンネルとは別の一つの防災組織体制を非政府組織を中心として形成することが必要である。

表1 施設の概要

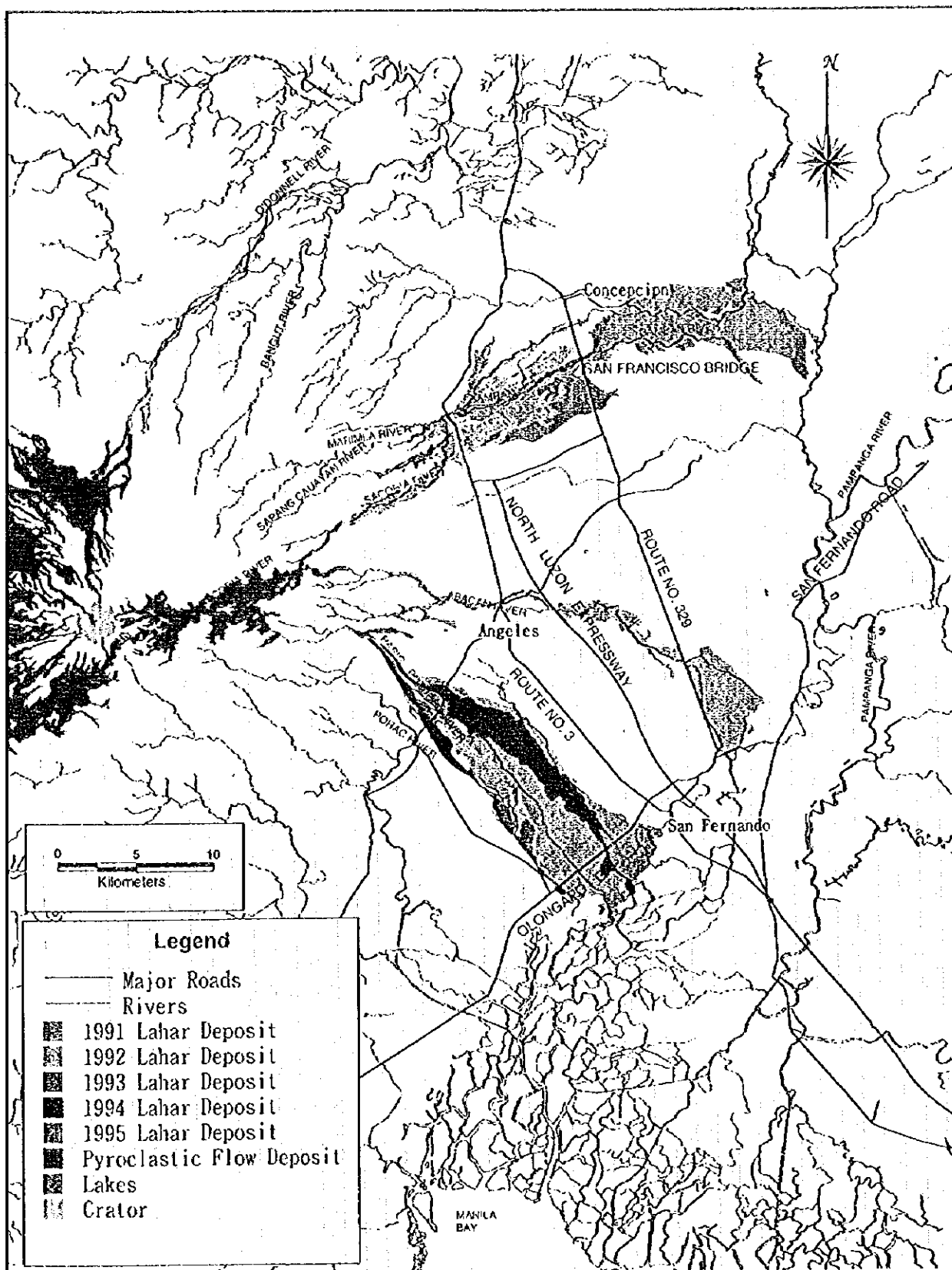
サコビアーバンバン川流域

| | | |
|-------------------|---------------------|--------------------------|
| (1) サンドポケット施設補強 | | |
| a) 既設堤防の補強 | 不連続堤の締め切り | 3,050 m |
| | 既設堤防の補強 | 4,190 m |
| b) サンドポケット内の横堤 | 第一列 (延長 1,110m、蛇籠製) | 11,000m ³ |
| | 第二列 (延長 2,130m、蛇籠製) | 21,000m ³ |
| | 第三列 (延長 2,720m、蛇籠製) | 27,200m ³ |
| c) 国道329号線の嵩上げ | 延長 (盛土高: 3.5 m) | 1,650 m |
| | 盛土量 | 76,500 m ³ |
| (2) サバンバレン川河川改修 | 河道掘削 | 240,000 m ³ |
| (3) マスカップ床固工 | 鋼矢板によるダブルウォール形式 | |
| | ダム高 | 12.7 m (地上部 3.7 m) |
| | 水通し部幅 | 150 m |
| (4) サコビア川導流水路 | 掘込み河道長 | 5,000 m |
| | 河道掘削 | 2,800,000 m ³ |
| | 河道幅 | 150 m (河床勾配 1/180) |
| | 落差工 | 7基 (鋼矢板製) |
| (5) バンバン川河川改修 | 河道掘削 | 3,400,000 m ³ |
| | 法面保護工 (練石積工) | 29,200 m |
| | 下流域堤防嵩上げ | 6,000 m |
| | 堤防補強 | 12,500 m |
| (6) サバンカウアヤン川河川改修 | 法面保護工 (練石積工) | 2,700 m |
| (7) 国道3号線復旧 | 延長 | 3,023 m |
| | 盛土量 | 206,000 m ³ |
| | バンバン橋 (PC桁橋) | 2,041 m |
| | マバラカット橋 (PC桁橋) | 2,751 m |

アバカン川流域

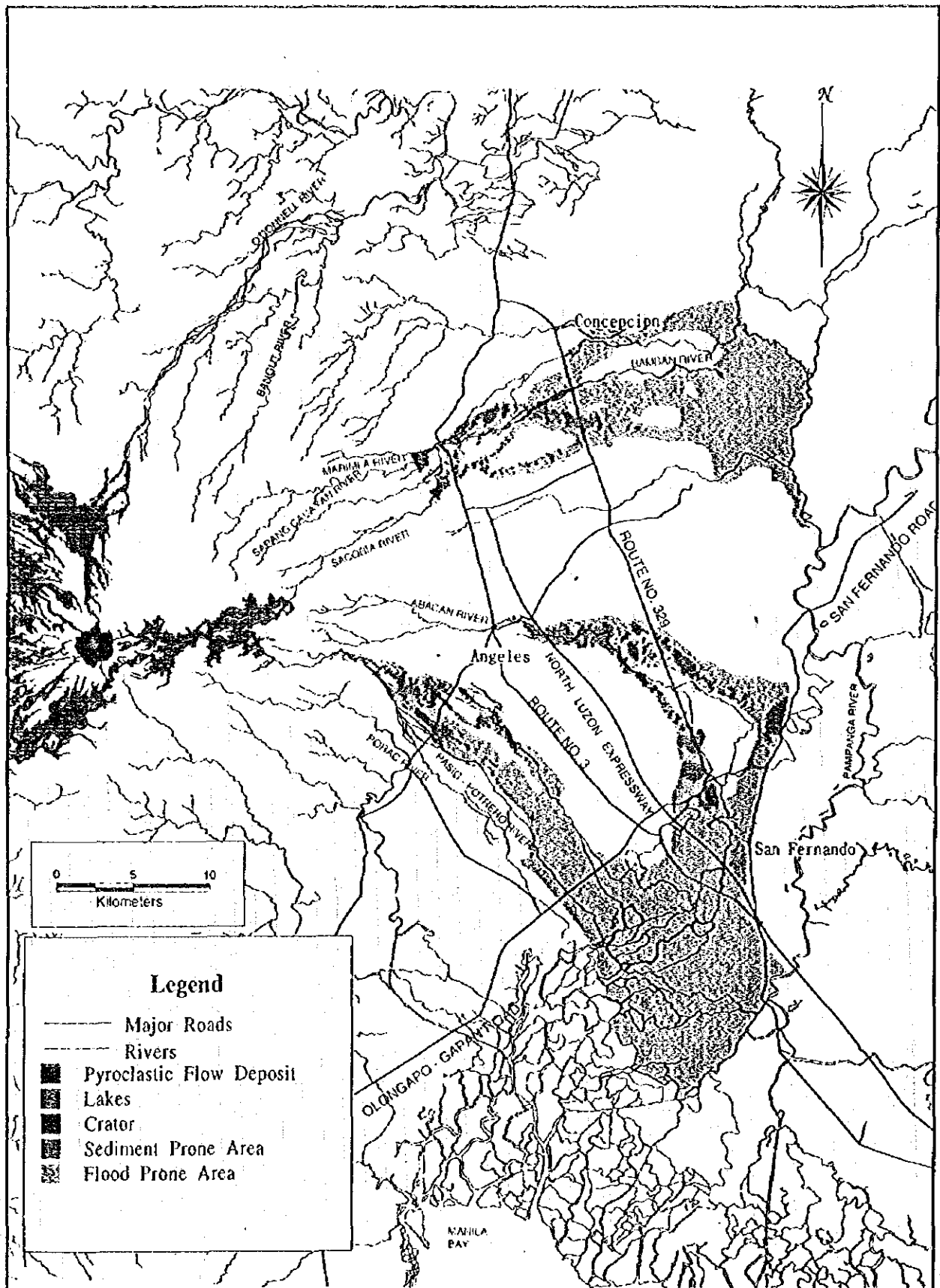
| | | |
|--------------------|----------------------|------------------------|
| (1) 砂防ダム | a) 砂防ダムNo.6 (サバンバト川) | 鋼矢板形式 |
| | b) 砂防ダムTM-1 (タウグ川) | 鋼矢板形式 |
| | c) 砂防ダムNo.9 (アバカン川) | 鋼矢板形式 |
| (2) 河岸法面保護工 (上流支川) | 総延長 | 3,400 m |
| (3) 中流域低水路掘削 | 掘込み河道長 | 7,900 m |
| | 河道掘削 | 880,000 m ³ |
| | 河道幅 | 100 m |
| (4) 堤防法面保護工 | 練石積工 | 12,600 m |
| (5) 既設堤防補強 | 山土による被覆 | 154,000 m ³ |
| | 植生 | 423,000 m ² |
| (6) 橋梁 | ヘンソンビル橋 | 150 m |

(注) サンフランシスコ橋 (バンバン川)、バングン橋 (アバカン川)、メキシコ橋 (アバカン川) については工事開始のため記載せず。



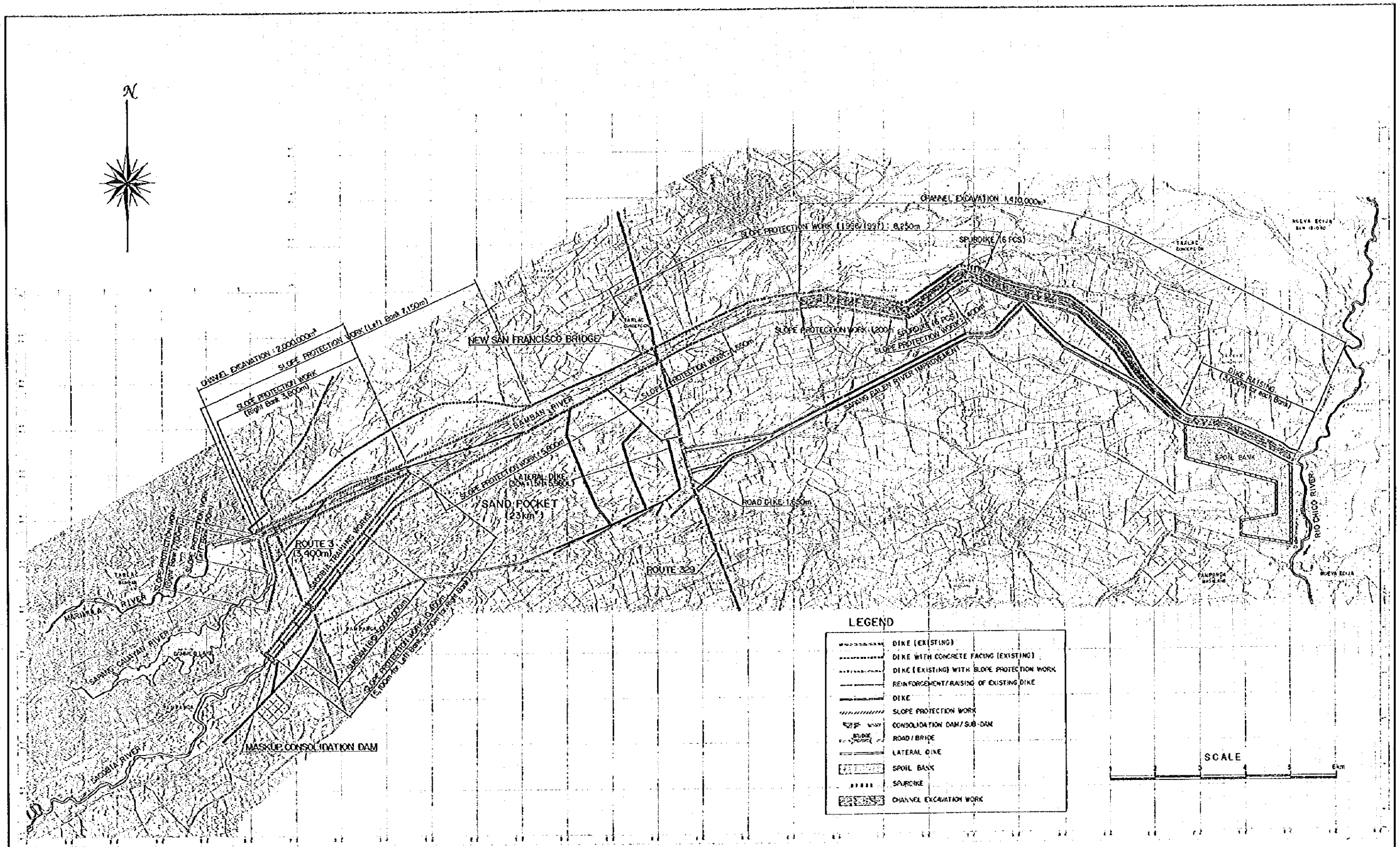
口絵2 泥流氾濫実績図

THE GOVERNMENT OF THE PHILIPPINES
 THE DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS AND HIGHWAYS
 THE STUDY ON FLOOD AND MUDFLOW CONTROL
 FOR SACOBIA-BAMBAN/ABACAN RIVER
 DRAINING FROM MT. PINATUBO
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



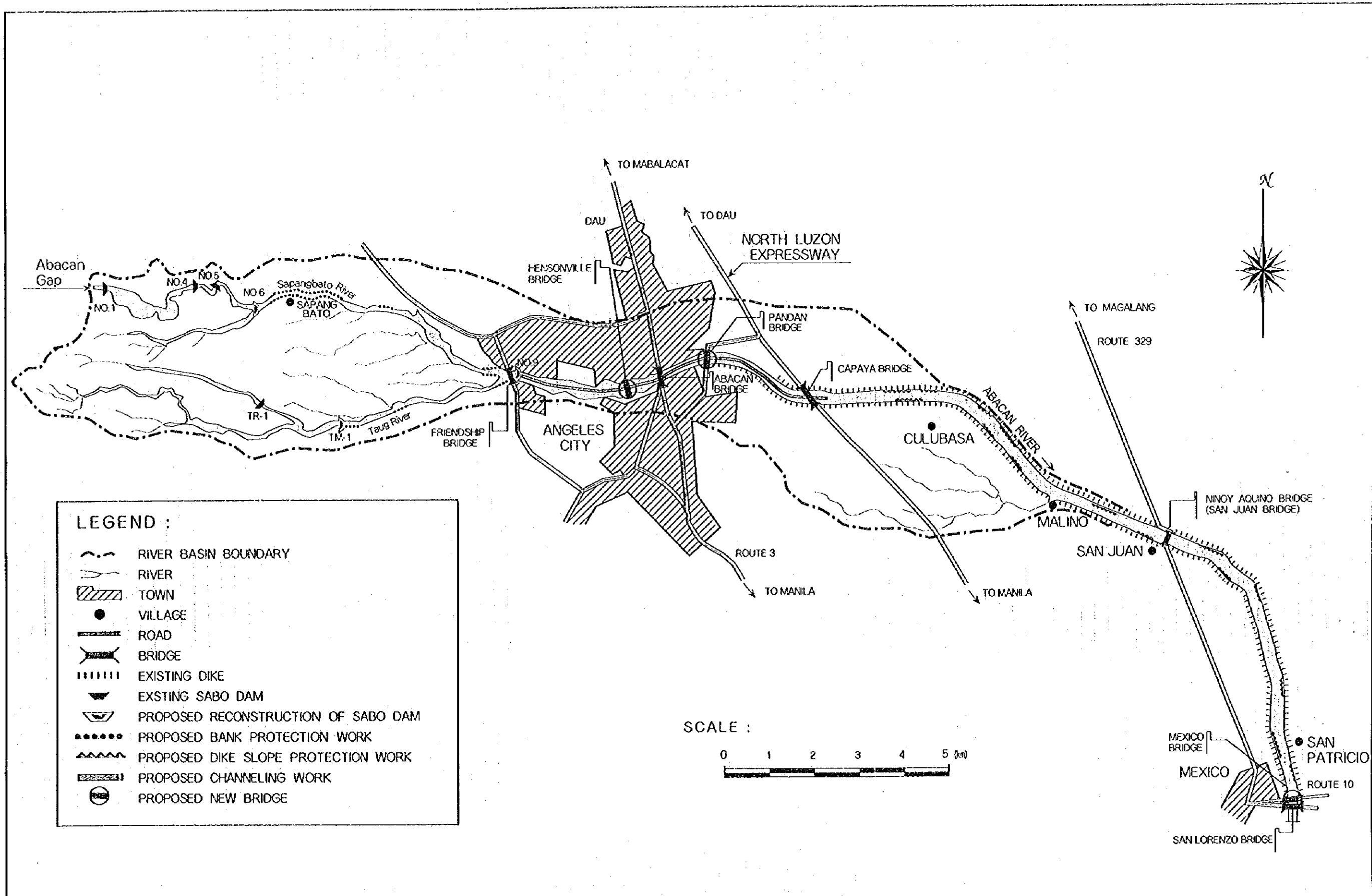
口絵3 洪水氾濫想定図

THE GOVERNMENT OF THE PHILIPPINES
 THE DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS AND HIGHWAYS
 THE STUDY ON FLOOD AND MUDFLOW CONTROL
 FOR SACOBIA-BAMBAN/ABACAN RIVER
 DRAINING FROM MT. PINATUBO
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



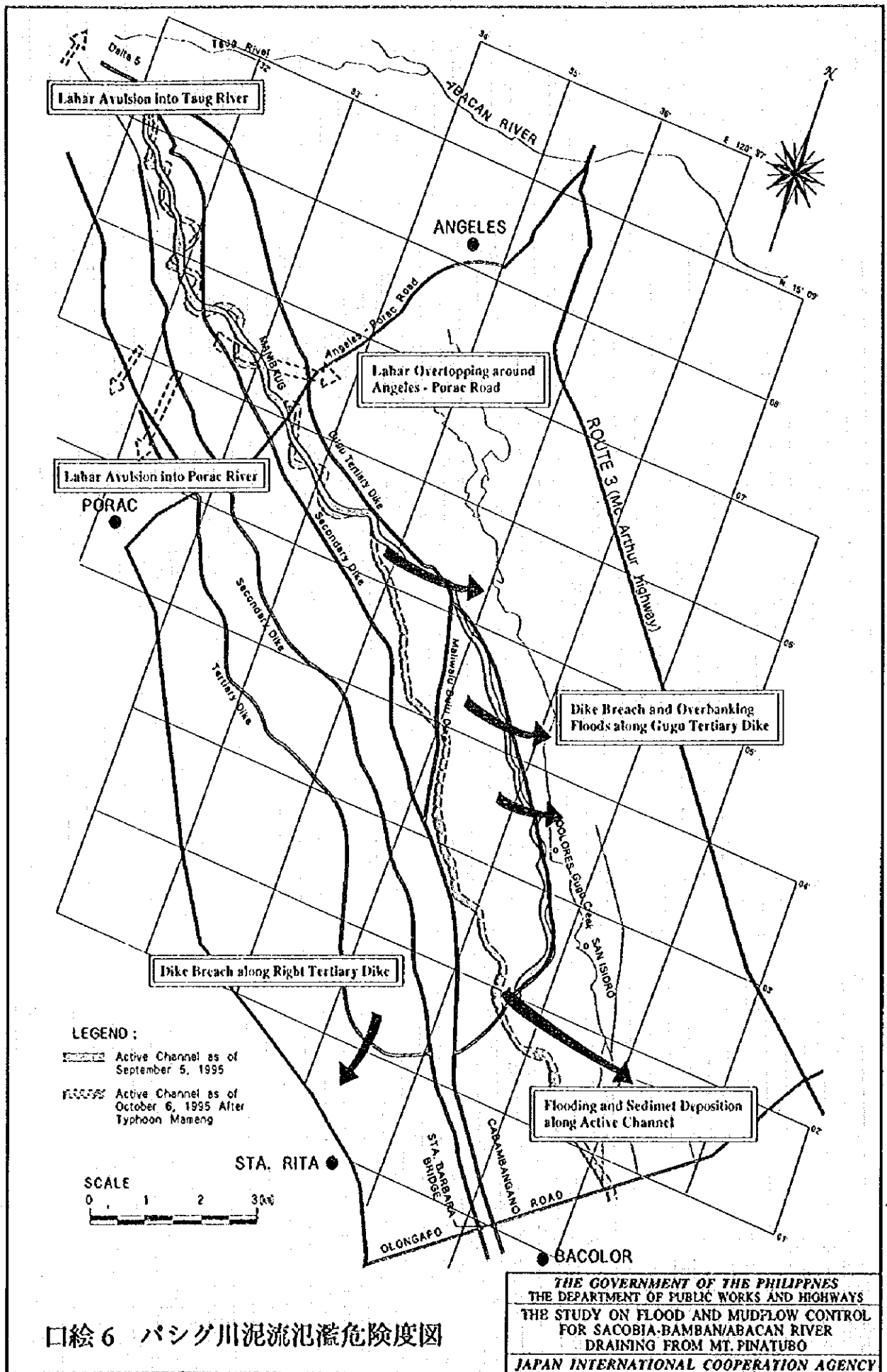
口絵4 サコビアーバンバン川流域施設配置計画図

THE GOVERNMENT OF THE PHILIPPINES
 THE DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS AND HIGHWAYS
 THE STUDY ON FLOOD AND MUDFLOW CONTROL
 FOR SACOBIA-BAMBAN/ABACAN RIVER
 DRAINING FROM MT. PINATUBO
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



口絵5 アバカン川流域施設配置計画図

THE GOVERNMENT OF THE PHILIPPINES
 THE DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS AND HIGHWAYS
 THE STUDY ON FLOOD AND MUDFLOW CONTROL
 FOR SACOBIA-BAMBAN/ABACAN RIVER
 DRAINING FROM MT. PINATUBO
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



口絵 6 パシグ川泥流氾濫危険度図

ピナツボ火山東部河川洪水および泥流制御計画調査
要約報告書

目次

| | 頁 |
|--------------------------------|----|
| 第1章 調査の背景と目的 | 1 |
| 1.1 調査の背景 | 1 |
| 1.2 調査の必要性 | 2 |
| 1.3 調査の目的 | 4 |
| 1.4 調査の工程 | 4 |
| 1.5 調査の成果 | 6 |
| 1.6 謝辞 | 6 |
| 第2章 ピナツボ火山噴火 | 8 |
| 2.1 ピナツボ火山噴火の前兆と経過 | 8 |
| 2.2 ピナツボ火山噴火による災害の発生プロセス | 8 |
| 2.3 ピナツボ火山噴火による被害 | 10 |
| 2.4 復旧活動 | 12 |
| 2.4.1 社会基盤施設 | 12 |
| 2.4.2 泥流警戒避難体制 | 12 |
| 2.4.3 再定住地区の建設 | 14 |
| 第3章 調査地域の概要 | 18 |
| 3.1 調査対象流域の概要 | 18 |
| 3.1.1 流域面積と行政区分 | 18 |
| 3.1.2 サコピアーバンバン川 | 18 |
| 3.1.3 アバカン川 | 18 |
| 3.1.4 バシグ川 | 20 |
| 3.2 社会経済 | 21 |
| 3.2.1 社会経済指標 | 21 |
| 3.2.2 噴火後の社会経済変化 | 21 |
| 3.3 自然条件 | 24 |
| 3.3.1 気象条件 | 24 |
| 3.3.2 雨量解析 | 24 |
| 3.3.3 高水解析 | 27 |
| 3.3.4 低水解析 | 27 |
| 3.4 土砂氾濫被害 | 31 |
| 3.4.1 土砂氾濫面積 | 31 |
| 3.4.2 洪水・土砂氾濫想定図 | 31 |

| | 頁 |
|------------------------------|-----|
| 第4章 ピナツボ東部斜面における地形変化 | 35 |
| 4.1 地形の概要 | 35 |
| 4.2 ピナツボ火山の火山活動 | 35 |
| 4.2.1 過去の噴火活動 | 35 |
| 4.2.2 1991年の火山活動 | 36 |
| 4.3 噴火後の地形変化 | 39 |
| 4.3.1 噴火から1雨期後まで | 39 |
| 4.3.2 噴火から2雨期後まで | 42 |
| 4.3.3 噴火から3雨期後まで | 43 |
| 4.3.4 噴火から4雨期後まで | 45 |
| 4.3.5 噴火から5雨期後まで | 46 |
| 4.4 火砕流堆積物の土砂収支と河床変動 | 47 |
| 第5章 サコビアーバンバン川流域施設計画 | 53 |
| 5.1 計画の基本方針 | 53 |
| 5.1.1 地域開発計画との整合性 | 53 |
| 5.1.2 施設計画の基本条件 | 55 |
| 5.2 土砂収支 | 57 |
| 5.2.1 土砂堆積域の分類 | 57 |
| 5.2.2 土砂移動モニタリング | 57 |
| 5.2.3 土砂収支 | 57 |
| 5.2.4 土砂濃度 | 62 |
| 5.2.5 土砂輸送能力 | 65 |
| 5.2.6 年間土砂輸送量 | 65 |
| 5.2.7 土砂収支 | 65 |
| 5.2.8 バンバン川の河床変動解析 | 72 |
| 5.3 DPWHによる砂洪水対策事業の概要 | 75 |
| 5.3.1 砂防ダム | 75 |
| 5.3.2 堤防 | 75 |
| 5.4 緊急施設建設の提言 | 76 |
| 5.4.1 1994年3月時点での現地の状況 | 76 |
| 5.4.2 緊急施設対策の基本的考え方 | 76 |
| 5.4.3 サンドポケットの洪水泥流制御効果 | 79 |
| 5.5 構造物の選定 | 81 |
| 5.5.1 候補施設の選定 | 81 |
| 5.5.2 洪水・泥流防御計画代替案の検討 | 83 |
| 5.5.3 優先計画における施設配置計画 | 87 |
| 5.6 施設の構造 | 94 |
| 5.6.1 短期計画（第二次） | 94 |
| 5.6.2 中期計画（第一次） | 94 |
| 5.6.3 中期計画（第二次） | 108 |
| 5.7 事業の実施計画 | 116 |

| | 頁 |
|------------------------------------|---------|
| 5.8 事業費の算定 | 116 |
| 5.8.1 積算基準 | 116 |
| 5.8.2 工事費 | 116 |
| 5.9 事業効果 | 120 |
| 5.9.1 定量的効果 | 120 |
| 5.9.2 定性的効果 | 120 |
| 第6章 アバカン川流域施設計画 | 129 |
| 6.1 アバカン川の現状 | 129 |
| 6.1.1 上流部 | 129 |
| 6.1.2 中流部 | 129 |
| 6.1.3 下流部 | 129 |
| 6.2 噴火後から調査開始までの砂防洪水対策事業の概要 | 130 |
| 6.2.1 砂防ダム | 130 |
| 6.2.2 堤防 | 130 |
| 6.3 土砂収支 | 134 |
| 6.3.1 概要 | 134 |
| 6.3.2 土輸送能力 | 134 |
| 6.3.3 年間土砂輸送量 | 134 |
| 6.4 施設計画 | 136 |
| 6.4.1 上流域：土砂捕捉および河床固定 | 136 |
| 6.4.2 上流域：側岸浸食の防止 | 136 |
| 6.4.3 中下流域：河道の維持 | 136 |
| 6.4.4 下流域：堤防の補強 | 136 |
| 6.4.5 下流域：河道の浚渫・橋梁の建設 | 136 |
| 6.5 事業の実施計画 | 141 |
| 6.5.1 実施工程 | 141 |
| 6.6 事業費の算定 | 141 |
| 6.6.1 積算基準 | 141 |
| 6.6.2 工事費 | 141 |
| 6.7 事業効果 | 145 |
| 第7章 バシグ川流域における土砂移動モニタリング | 149 |
| 7.1 噴火後の地形変化 | 149 |
| 7.1.1 噴火前 | 149 |
| 7.1.2 噴火直後 | 149 |
| 7.1.3 1991年泥流災害 | 149 |
| 7.1.4 1992年泥流災害 | 149 |
| 7.1.5 1993年泥流災害 | 152 |
| 7.1.6 1994年泥流災害 | 152 |

| | 頁 |
|--------------------------------------|-----|
| 7.2 1995年雨期前までの施設建設の概要 | 153 |
| 7.2.1 噴火前 | 153 |
| 7.2.2 1991/1992/1993の堤防建設 | 153 |
| 7.2.3 1993/1994の堤防建設 | 153 |
| 7.2.4 1994/1995の堤防建設 | 153 |
| 7.3 1995年雨期における泥流流出の特徴 | 155 |
| 7.3.1 1994年雨期との比較 | 155 |
| 7.3.2 今雨期における泥流氾濫の特徴 | 155 |
| 7.3.3 1995年雨期後半の河道変化 | 156 |
| 7.3.4 河道の蛇行と下刻の要因に対する考察 | 158 |
| 7.4 1996年雨期の見通し | 160 |
| 7.4.1 1996年に予想される泥流流出量 | 160 |
| 7.4.2 危険箇所の抽出と対応策の提案 | 160 |
| 7.5 DPWHによる対策工の提案 | 165 |
| | |
| 第8章 防災体制の現状分析と課題 | 168 |
| 8.1 防災体制の現状 | 168 |
| 8.2 ピナツボ火山災害に係る防災体制の現状分析 | 169 |
| 8.2.1 構造的改善：開発・計画段階における防災 | 169 |
| 8.2.2 防災意識啓蒙：防災教育および広報の推進 | 169 |
| 8.2.3 災害発生時の防災活動：防災組織体制の整備 | 169 |
| 8.2.4 災害発生時の防災活動：通信体制の整備 | 170 |
| 8.2.5 災害発生時の防災活動：予警報および避難体制の整備 | 170 |
| 8.2.6 復旧策：災害復旧体制の整備 | 171 |
| 8.2.7 その他 | 171 |
| 8.3 ピナツボ防災体制整備の優先分野 | 172 |
| 8.3.1 概説 | 172 |
| 8.3.2 短・中期整備課題 | 172 |
| 8.3.3 長期重点整備課題 | 172 |
| 8.3.4 継続整備課題 | 172 |
| 8.4 今後の課題 | 175 |
| | |
| 第9章 環境調査 | 177 |
| 9.1 調査の手法 | 177 |
| 9.2 初期環境調査 | 177 |
| 9.3 環境影響評価 | 177 |
| 9.3.1 地形変化の影響 | 177 |
| 9.3.2 生物環境 | 178 |
| 9.3.3 社会環境 | 178 |
| 9.4 環境マネジメント/モニタリング計画 | 178 |

表

| 表番号 | 頁 |
|--|-----|
| 表 1.1 調査報告書リスト | 7 |
| 表 2.1 災害の経年変化 | 11 |
| 表 2.2 再定住地区建設の進捗状況 | 17 |
| 表 3.1 調査対象地域の社会経済指標 | 22 |
| 表 3.2 各セクター別の国民総生産 | 23 |
| 表 3.3 調査対象地域の人口動態調査結果(1990-1994) | 23 |
| 表 5.1 土砂流送能力 | 66 |
| 表 5.2 年間流送土砂量 | 66 |
| 表 5.3 実施可能施設リスト | 82 |
| 表 5.4 代替案の比較 | 85 |
| 表 5.5 建設費の比較 | 86 |
| 表 5.6 事業費の算定 | 118 |
| 表 5.7 事業費の年次計画 | 119 |
| 表 5.8 被害単価 | 121 |
| 表 5.9 確率規模別直接被害額の算定(施設なし) | 123 |
| 表 5.10 確率規模別の年平均直接被害額の算定(施設なし) | 123 |
| 表 5.11 迂回交通費用の算定 | 124 |
| 表 5.12 洪水による域内総生産(GRDP)の被害算定 | 126 |
| 表 5.13 確率規模別の間接被害額(施設なし) | 127 |
| 表 5.14 確率規模別の年平均洪水間接被害額の算定(施設なし) | 127 |
| 表 5.15 費用便益分析 | 128 |
| 表 5.16 感度分析結果 | 128 |
| 表 6.1 土砂流送能力 | 135 |
| 表 6.2 年間流送土砂量 | 135 |
| 表 6.3 事業費の算定 | 143 |
| 表 6.4 事業費の年次計画 | 144 |
| 表 6.5 確率規模別直接被害額の算定(施設なし) | 146 |
| 表 6.6 確率規模別の年平均直接被害額の算定(施設なし) | 146 |
| 表 6.7 確率規模別の間接被害額 | 147 |
| 表 6.8 確率規模別の年平均洪水間接被害額の算定(施設なし) | 147 |
| 表 6.9 費用便益分析 | 148 |
| 表 6.10 感度分析結果 | 148 |
| 表 7.1 バシク川流域における泥流観測結果(1995) | 161 |
| 表 7.2 河道二次浸食量の推定(1995) | 162 |
| 表 8.1 ピナツボ防災体制整備における優先課題 | 173 |
| 表 8.2 ピナツボ災害に係る防災施策の課題 | 174 |

図

| 図番号 | | 頁 |
|--------|---|----|
| 図 1.1 | 第三開発地域における地域開発計画 | 3 |
| 図 1.2 | 調査業務の流れ図 | 5 |
| 図 2.1 | ピナツボ火山噴火災害図(1991) | 9 |
| 図 2.2 | 第三開発地域における泥流・洪水警報救助システム | 13 |
| 図 2.3 | 泥流・洪水警報機器配置図 | 15 |
| 図 2.4 | 再定住地区位置図 | 16 |
| 図 3.1 | 調査対象流域図 | 19 |
| 図 3.2 | 年降雨量の経年変化 | 25 |
| 図 3.3 | ルソン島における月平均雨量 | 26 |
| 図 3.4 | サコピアーバンバン川流量配分図、確率洪水ハイドログラフ | 28 |
| 図 3.5 | アバカン川流量配分図、確率洪水ハイドログラフ | 29 |
| 図 3.6 | 無次元化した流況曲線 | 30 |
| 図 3.7 | サコピアーバンバン川における洪水・泥流氾濫想定図 | 32 |
| 図 3.8 | アバカン川における洪水・泥流氾濫想定図 | 33 |
| 図 3.9 | バシグ川における洪水・泥流氾濫想定図 | 34 |
| 図 4.1 | 東部斜面における火砕流堆積物の推定 | 37 |
| 図 4.2 | 東部斜面における火砕流堆積物の推移 | 38 |
| 図 4.3 | 東部斜面における地形分類図(1980および1991) | 41 |
| 図 4.4 | 東部斜面における地形分類図(1992および1994) | 44 |
| 図 4.5 | 東部斜面における河川流域変化図 | 49 |
| 図 4.6 | サコピアーバンバン川およびアバカン川の河床縦断面図 | 50 |
| 図 4.7 | バシグ川の河床縦断面図 | 51 |
| 図 4.8 | バシグ川およびサコピアー川の河床変動図 | 52 |
| 図 5.1 | 洪水・泥流制御施設の建設実施概念図 | 54 |
| 図 5.2 | サコピアーバンバン川およびアバカン川の確率直接被害 | 56 |
| 図 5.3 | 土砂供給分類図 | 58 |
| 図 5.4 | サコピアー川の河道変化(1994-1995) | 59 |
| 図 5.5 | サンドポケット内の土砂堆積図(1994) | 60 |
| 図 5.6 | サンドポケット内の土砂堆積図(1995) | 61 |
| 図 5.7 | サコピアー川の火砕流堆積物流出予測図 | 63 |
| 図 5.8 | サンフランシスコ橋の桁下余裕高変化図 | 64 |
| 図 5.9 | 土砂収支解析図(1995～2000)(施設なし) | 67 |
| 図 5.10 | 土砂収支解析図(1995～2000)(サンドポケットの恒久利用) | 68 |
| 図 5.11 | 土砂収支解析図(1995～2000) (サンドポケット一時利用+マクスタン～マスカップ間の床固工群) | 69 |
| 図 5.12 | 土砂収支解析図(1995～2000) (サンドポケット一時利用+マスカップ床固工+国道3号線床固工) | 70 |
| 図 5.13 | 土砂収支解析図(1995～2000) (サンドポケット一時利用+マスカップ、国道3号線、バンバン川床固工群) | 71 |
| 図 5.14 | バンバン川河床変動解析図 | 73 |
| 図 5.15 | サンドポケット施設配置平面図 | 77 |
| 図 5.16 | サンドポケット下流端処理施設配置平面図 | 78 |

| 図番号 | 頁 |
|--------|-----|
| 図 5.17 | 80 |
| 図 5.18 | 84 |
| 図 5.19 | 88 |
| 図 5.20 | 90 |
| 図 5.21 | 91 |
| 図 5.22 | 92 |
| 図 5.23 | 93 |
| 図 5.24 | 95 |
| 図 5.25 | 96 |
| 図 5.26 | 97 |
| 図 5.27 | 98 |
| 図 5.28 | 99 |
| 図 5.29 | 100 |
| 図 5.30 | 101 |
| 図 5.31 | 103 |
| 図 5.32 | 104 |
| 図 5.33 | 105 |
| 図 5.34 | 106 |
| 図 5.35 | 107 |
| 図 5.36 | 109 |
| 図 5.37 | 111 |
| 図 5.38 | 112 |
| 図 5.39 | 113 |
| 図 5.40 | 114 |
| 図 5.41 | 115 |
| 図 5.42 | 117 |
| 図 5.43 | 122 |
| 図 5.44 | 125 |
| 図 6.1 | 131 |
| 図 6.2 | 132 |
| 図 6.3 | 133 |
| 図 6.4 | 137 |
| 図 6.5 | 138 |
| 図 6.6 | 139 |
| 図 6.7 | 140 |
| 図 6.8 | 142 |
| 図 7.1 | 150 |
| 図 7.2 | 151 |
| 図 7.3 | 154 |
| 図 7.4 | 157 |
| 図 7.5 | 159 |
| 図 7.6 | 162 |
| 図 7.7 | 163 |
| 図 7.8 | 166 |

第1章 調査の背景と目的

1.1 調査の背景

フィリピン国ルソン島中部のピナツポ山は、1991年6月に今世紀世界最大規模の噴火を起こし、近隣諸国にまで大量の火山灰を降下堆積させた。6月15日の最大噴火時には、高温の火砕流 (pyroclastic flow) がピナツポ山周囲の山麓部に厚く堆積した。上流部の火砕流堆積物の総量は67億 m^3 と推定され、雨期には泥流 (lahar) となって下流域に流下・堆積している。噴火から4年を経た現在、火山活動そのものは鎮静化しているが、ピナツポ火山斜面の集中豪雨により未だに火砕流堆積物が流出し、下流での泥流被害および河床上昇、河道閉塞による洪水被害といった二次災害が発生している。

フィリピン国政府は、噴火直後より全力を挙げて救助活動を実施してきた。フィリピン火山地震研究所 (PHIVOLCS) は、噴火直前から米国地質調査所 (USGS) と共同で噴火活動を観測するとともに、火山噴火の発生機構および地形変化を研究している。また、国際機関や日本政府を含むドナー各国も緊急援助を始めとする様々な支援を行ってきた。

このような中で、日本国政府は緊急援助として、土石流予警報システムや建設重機の無償供与、砂防ダムの建設等の提案を行ってきた。しかし、集中豪雨により大量の火砕流堆積物が泥流として流下し、火山二次災害が更に拡大する危険性があるため、フィリピン国政府は洪水および泥流制御の調査計画の実施をドナー各国に要請した。

フィリピン国政府の要請に基づき、米国政府は米国陸軍工兵隊 (USACE) により、バシグーボトレロ川における緊急対策を提案するとともに、ピナツポ山周辺の全河川8流域の長期防御計画案を作成し、1994年3月に最終報告書を提出した。しかしながら、サコピアーバンバン川およびバシグーボトレロ川流域間では1993年10月に河川争奪が発生し泥流発生の基本条件が全く異なる状況となったため、USACEにより提案された長期防御施設計画案は実施されないまま現在に至っている。

なお、西部流域は、ドイツ、EU、デンマークが調査を担当することになっていたが、未だ具体的な調査はなされておらず、被災者再定住集落における飲料水確保のための井戸掘削あるいは少数山岳民族 (アエタ族) の再定住集落建設といった「草の根援助」を実施中である。このため西部流域の施設計画はほぼUSACE案を踏襲して比国政府資金により施設建設が実施されてきた。

また、スイス国政府はピナツポ山北東部のオドンネル川の調査を担当し、主に地形学的アプローチによる調査を1992年～1994年の2.5年に亘って実施した。

このような背景の下で、本事業団はピナツポ火山東部のサコピアーバンバン川およびアバカン川流域について、「ピナツポ東部河川流域洪水および泥流制御計画調査」を1993年11月より調査開始し、1995年3月にマスタープランを提出し、1996年5月までにフィージビリティ調査が終了予定である。一方、調査地域に隣接するバシグ川流域では、噴火後3年を経た1994年においても大量の泥流が流出し下流域へ甚大な被害を与えている。1994年12月、フィリピン共和国政府より本調査対象流域をバシグ川へ拡大するよう強い要請があったため、貴事業団はバシグ川における土砂移動モニタリングを1995年における本調査の調査項目に含めた。

1.2 調査の必要性

① 泥流氾濫被害地拡大の防止

サコピアーバンバン川では泥流流出そのものは鎮静化しているが、サコピア川中流部の泥流堆積物の二次侵食が顕著となるとともに、泥流堆積物の二次侵食によりバンバン川河道の洪水通水能力が減少している。土砂移動を制御する砂防施設および洪水防御施設の建設が必要である。また、アバカン川においては既設構造物の補修あるいは新規建設が必要である。

一方、1993年10月、サコピアーバンバン川最上流域がバシグ川に河川争奪されて以来、大量の泥流がバシグ川沿いに流出している。バシグ川流域では新しい扇状地が形成されており1995年10月には土砂氾濫により多数の死傷者がでた。土砂移動モニタリングに基づいた緊急砂防施設計画が必要である。

② 被災住民（主に農民）の復帰

ピナツボ噴火前にはバンバン川流域の泥流氾濫地域に居住していた8,400名の人々が未だに避難地での生活を強いられている。この被災者を噴火前の土地へ戻すことが必要である。泥流および洪水制御を目的とした施設計画を実施することにより、土砂移動および洪水に対する安全度は飛躍的に増大する。この時点でバンバン川左岸部の農地回復、およびパイロットファーム事業を開始することにより適切な作物を選定するとともに、バンバン川右岸部に位置するサンドポケット内での農地回復・灌漑事業が実施可能となる。

③ 道路安全性の確保

サコピアーバンバン川およびアバカン川には、ルソン島南北を結ぶ大動脈である北方ルソン高速道路、国道3号線、その迂回路である国道329号線が縦断している。国道3号線は1991年6月のピナツボ噴火直後に埋没し、その後は国道329号線が13,000台/日の交通量を捌く主要幹線道路となっているが、国道329号線は地方都市間の二級国道として設計されており施設の老朽化が顕著である。泥流および洪水制御施設計画を実施することにより、ルソン島南北を結ぶ最短ルートである国道3号線を復旧することは将来のルソン島の発展を担うものである。

一方、バシグーボトレロ川下流域では、ルソン島東西を結ぶマニラ～スービック間の主要幹線であるサンフェルナンド～オロンガポ道路が泥流により埋没し陸上輸送路は大打撃を受けている。道路嵩上げがフィリピン国資金にて繰り返し実施されているが、泥流堆積は徐々に進んでおり、1996年雨期の被害が懸念されている。

④ 地域開発計画

国道3号線の復旧とともに、国家経済企画庁(NEDA)が将来開発計画の一部として提案し、中部ルソン地域開発を進める上で優先度の高いプロジェクトと指摘されている北方マニラ高速道路拡張計画が実施可能となる。将来のクラーク国際空港へのアクセスを加味したルートとしても有望である。

また、NEDAによれば、マニラ・スービック・クラーク間の三角形ゾーン開発を将来の地域開発計画を進める上での最重要課題に位置づけるとともに、バシグ川下流のサンフェルナンド、バンバン川北部に位置するコンセプション、タルラックをマニラ首都圏の衛星都市として工業都市化、人口分散化を図りたい意向である(図1.1参照)。

1.3 調査の目的

調査の目的は以下の通りである。

- ① サコビア・バンバン川およびアバカン川流域における洪水・泥流防御施設計画の策定
 - 1) 泥流堆積域（被害）拡大防止
 - 2) 既存道路交通網の確保
- ② サコビア・バンバン川およびアバカン川流域における農業／道路開発計画の策定
 - 1) 泥流堆積域の農地回復の促進・水源確保による旧住民の復帰
 - 2) 南北ルソン島を結ぶ道路網の安全性の向上
- ③ バシグ川流域における土砂移動調査
 - 1) 土砂移動のモニタリング
 - 2) 既存施設の修復立案

1.4 調査の工程

本調査業務は、図1.2の調査業務の流れ図に示されるとおり、大別して下記の3段階より構成された。

(1) フェーズⅠ：マスタープラン調査

- | | |
|------|--|
| 第1年次 | 治水・砂防に関するマスタープラン策定の基礎となる調査を実施するとともに、マスタープランの素案（施設候補地及び問題点のリストアップ、マスタープランの全体イメージ案）を策定した。また、治水・砂防施設に係る緊急提言を行った。 |
| 第2年次 | 第1年次の調査結果及び新たに行う調査に基づいて、治水・砂防にかかるマスタープラン（構造物対策及び非構造物対策を含む）を策定した。また、マスタープランで提案した代替案の中からフェーズⅡで行うフィージビリティ調査の対象となる事業の選定を行った。 |

(2) フェーズⅡ：フィージビリティ調査およびバシグ川土砂移動モニタリング（追加）

フェーズⅠで選定された優先事業を対象に補足調査を行い、治水・砂防を目的とするフィージビリティ調査を行った。

また、調査地域に隣接するバシグ川流域では、噴火後3年を経た1994年においても大量の泥流が流出し甚大な被害を与えた。1994年12月、フィリピン共和国政府より本調査対象流域をバシグ川へ拡大するよう強い要請があったため、貴事業団の承認の下にバシグ川における土砂移動モニタリングが本調査の調査項目に含まれた。

1.5 調査の成果

本調査は、ピナツボ火山東部に位置するサコピアーバンパン川およびアバカン川の洪水および泥流制御計画に関し、

- ① マスクープランの策定（1993年11月～1995年3月）、
- ② 優先計画のフィージビリティ調査（1995年6月～1996年3月）および、
- ③ パシグ川における1995年6月～1995年10月の土砂移動モニタリング結果

をとりまとめたものである。

調査成果は、①要約報告書、②主報告書、③21分野の分野別報告書、④6分野の資料集、⑤2分野の維持管理の手引き、および⑥写真集にとりまとめて、公共事業道路省（Department of Public Works and Highways : DPWH）に提出した。本報告書は調査全体の要約報告書である。報告書のリストを表1.11に示す。

1.6 謝辞

本調査のために、フィリピン国政府側においてステアリング・コミッティーが形成された。また本調査を実施した日本国国際協力事業団（JICA）においては作業監理委員会が設置された。

作業遂行にあたり、調査団はステアリング・コミッティーおよび作業監理委員会から多くの指導と作業上の助言を得た。また調査を進める上で、米国地質調査所(USGS)、米国陸軍工兵隊(USACE)およびスイス緊急援助隊(SDR)など各国政府援助機関から派遣された技術者と有益な意見交換を行うことができた。調査団はこれに対し多大な謝意を表するものである。

また、調査団はフィリピン火山地震研究所(PHIVOLCS)、ピナツボ委員会(MPC)を始めとするフィリピン国政府の各関係機関およびその地方事務所からもデータ提供、意見交換において協力を得た。この点においても謝意を述べる次第である。

表1.1 調査報告書リスト

| | | | |
|-----|-----------|------------|-----------------|
| 1. | 要約報告書 | | |
| 2. | 主報告書 | | |
| 3. | 分野別報告書 | マスタープラン調査 | A. 社会経済調査 |
| 4. | | | B. 洪水・土砂被害調査 |
| 5. | | | C. 地形変化調査 |
| 6. | | | D. 水文解析 |
| 7. | | | E. 土地利用調査 |
| 8. | | | F. 土砂収支解析 |
| 9. | | | G. 泥流解析 |
| 10. | | | H. 洪水・土砂制御施設計画 |
| 11. | | | J. 道路開発計画 |
| 12. | | | K. 農業開発計画 |
| 13. | | | L. 泥流分析調査 |
| 14. | | | M. 住民移転/避難調査 |
| 15. | | | N. 洪水予警報システム調査 |
| 16. | | | P. 初期環境調査 |
| 17. | | | Q. リモートセンシング解析 |
| 18. | | | R. 地理情報システム解析 |
| 19. | 分野別報告書 | フィージビリティ調査 | A. 洪水・土砂制御施設計画 |
| 20. | | | B. 道路・橋梁施設計画 |
| 21. | | | C. 施設計画および事業費算定 |
| 22. | | | D. 環境影響調査 |
| 23. | | | E. 事業経済評価 |
| 24. | データブック | DB.1 | 社会経済データ |
| 25. | | DB.2 | 水文データ |
| 26. | | DB.3 | 地質データ |
| 27. | | DB.4 | 被害データ |
| 28. | | DB.5 | 地理情報システムデータ |
| 29. | 維持管理マニュアル | OM.1 | 水文観測機器 |
| 30. | | OM.2 | 地理情報システム運営管理 |

第2章 ピナツボ火山噴火

2.1 ピナツボ火山噴火の前兆と経過

ピナツボ火山（海拔1,745m）は、約600年前に噴火があったことが知られているが有史以来の噴火活動の記録はなく今回の噴火前は無警戒の状態にあった。1991年4月の初旬から噴火の前兆と思われる火山性の地震が観測され、5月中旬から震源の深さが浅くなると共に、火山性の微動や火山ガスの硫黄量の増加など、噴火の前兆がますます明らかになった。

6月15日、さらに噴火活動は活発となり、現地時間15時過ぎ、噴石を伴う多量の降灰をもたらす噴火が発生した。降灰の地域はマニラ市街地におよび、その後インドシナ半島でも降灰が観測された。噴火による火山噴出物量および泥流流出量は以下のように推定されている。

(単位：百万m)

| 河川名 | 火砕流 堆積物量 | 泥流流出量 | | | | 合計 |
|---------------|-------------|-------|------|------|------|-------|
| | | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | |
| オドンネル | 600 | 100 | 20 | 30 | 12 | 162 |
| サコピア・バシグ・アバカン | 1,600 | 210 | 110 | 100 | 143 | 563 |
| 1) サコピアーバンバン | 900 | 100 | 70 | 45 | 8 | 223 |
| 2) バシグ | 500 | 50 | 40 | 55 | 135 | 280 |
| 3) アバカン | 200 | 60 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| ポーラックノグマイン | 50 | 60 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| サントトーマス | 1,300 | 185 | 195 | 125 | 60 | 565 |
| ブカオ | 3,100 | 250 | 230 | 250 | 95 | 825 |
| 計 | 6,650 | 805 | 555 | 505 | 310 | 2,175 |

(注) 1995年5月時点での泥流流出量に基づく(PHIVOLCS)。

1991年10月にフィリピン国政府により作成されたデザスターマップを図2.1に示す。

2.2 ピナツボ火山噴火による災害の発生プロセス

噴火後噴火により大量の火砕流堆積物が山腹を覆い、半径50kmの範囲には大量の火山灰が観測された。火砕流堆積物は摂氏700度の熱さで、堆積した深さも100m以上であったため、山腹の樹木や生物をことごとく壊滅させた。これが一次災害（噴火災害）である。

火砕流堆積物の内部は噴火後4年を経っても高温のままであり、これが降雨や地下水と接触し、水蒸気爆発を起こし大量の火砕流堆積物を泥流として下流へ流している。これが二次災害（泥流災害）である。また、大量の土砂を含んだ泥流は、河岸を侵食しながら下流へ流れるため、バシグ川では河川争奪後いまだに大規模な泥流が発生している。

勾配の緩やかな下流になると、泥流は運びきれない土砂を残して流れていき、河床が上昇し土砂が堆積する現象が起きている。逆に、混入土砂が少ない場合には、可能な限り土砂を含んで流れようとするため、堆積していた土砂をさらに下流へ運ぶようになり河床低下が生じている。

このような現象が、2年、3年、4年と繰り返され二次災害（泥流災害）が下流へ下流へと広がっている。このため被災者数は1995年においても増加している。

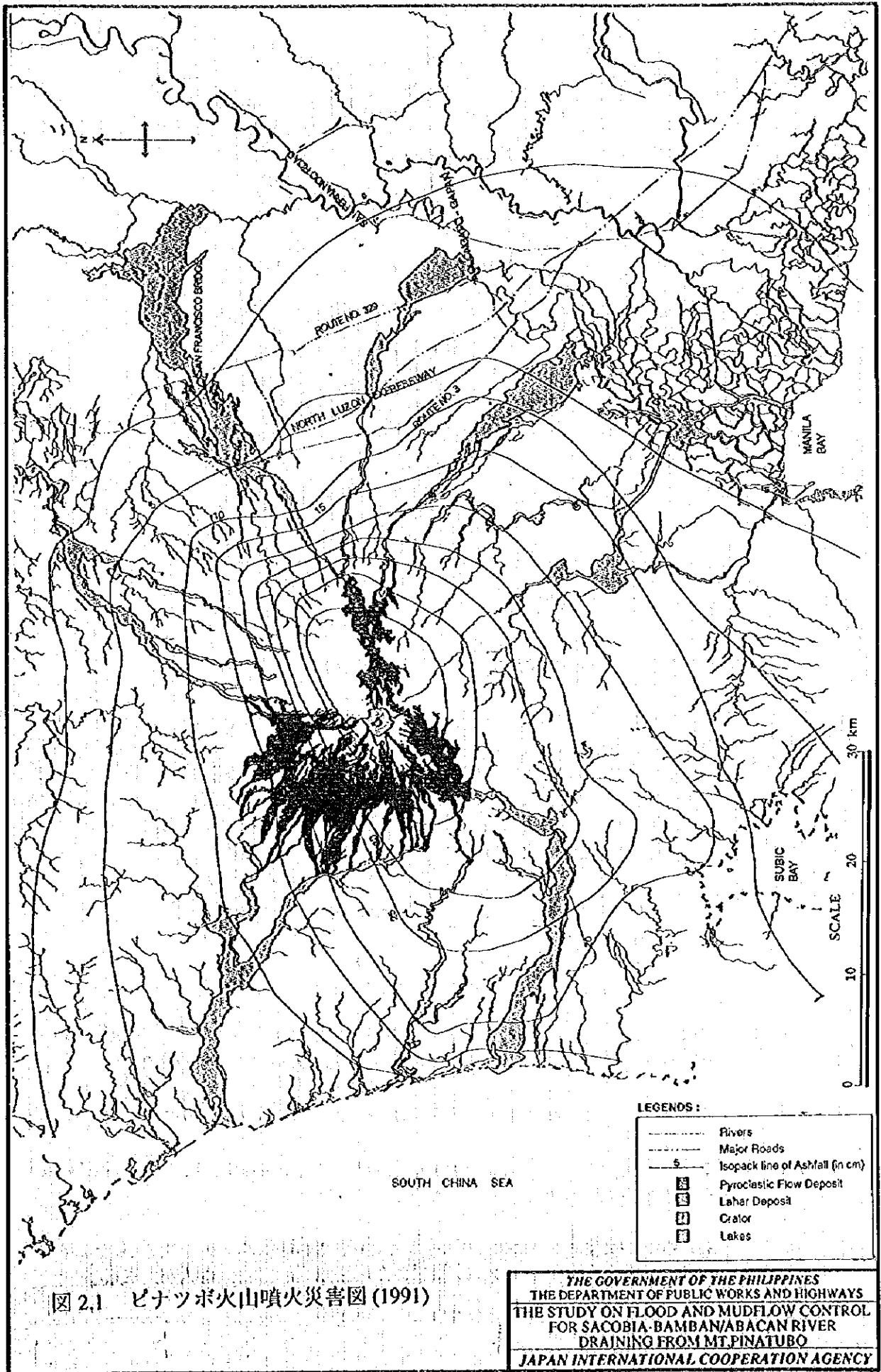
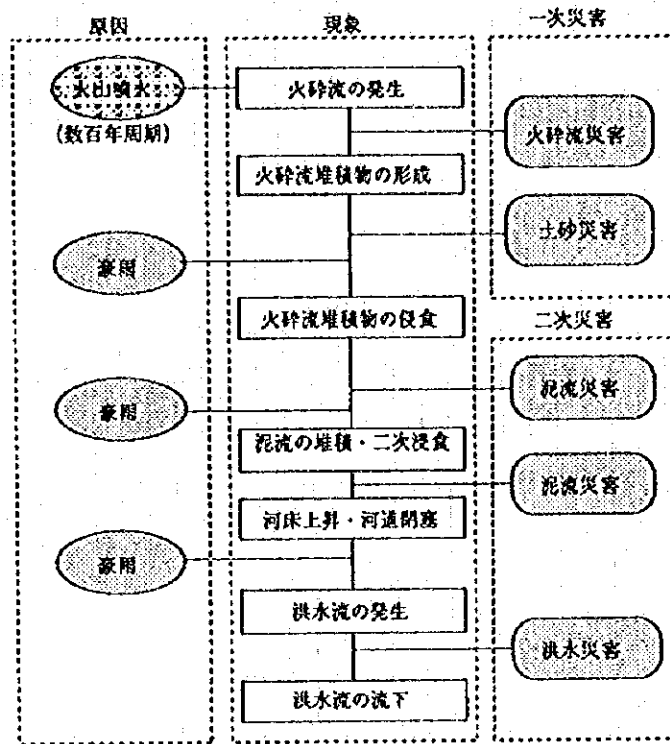


図 2.1 ピナツボ火山噴火災害図 (1991)

THE GOVERNMENT OF THE PHILIPPINES
 THE DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS AND HIGHWAYS
 THE STUDY ON FLOOD AND MUDFLOW CONTROL
 FOR SACOBIA-BAMBAN/ABACAN RIVER
 DRAINING FROM MT.PINATUBO
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



2.3 ピナツボ火山噴火による被害

フィリピン政府の発表による1995年10月までの被害状況を表2.1にまとめた。

- ① 人的災害 フィリピン政府の集計によれば、ピナツボ火山の噴火後5年(1991年6月～1995年10月)における死者は表2.1 (1)に示すように1,034人である。ただし、以下に示すピナツボ火山の噴火後3カ月(1991年6～8月)の各月末における被害状況の推移から判断して噴火直後の一次災害による死者は277名と推定される。1991年7月以降の死者は、当時劣悪な環境下にあった緊急避難所で亡くなった方(主に老人・幼児)である。なお、1992年以降の死傷者はおもに泥流災害(二次災害)によるものである。

(単位：人)

| 月 | 死者 | 負傷者 | 行方不明 | 避難民 |
|---|-----|-----|------|---------|
| 6 | 277 | 266 | 39 | 153,321 |
| 7 | 320 | 279 | 39 | 97,347 |
| 8 | 505 | 180 | 23 | 94,259 |

- ② 埋没土地 噴火直後には約18,000 haの森林が火山噴出物で覆われた。また、植林が実施されていた20,000 haの森林が埋没し、樹木の苗木(約1.25百万本)が失われた。
- ③ 農業 農業耕作地(約86,000 ha)が被害を受け、被害額の合計は605百万ペソと推定される。
- ④ 教育施設 噴火直後の災害で24万人の生徒および7,000人の教師が関係する校舎・教育施設の被害を受けた。被害額は93百万ペソと算定されている。
- ⑤ 雇用 651,000人が失業あるいは休業を余儀なくされ、これはRegion IIIにおける総就業者数の28%にあたる。また、在比米軍の撤退により基地の従業員26,000人が失業した。

表2.1 災害の経年変化

(1) 第三開発地域における噴火影響人口と噴火影響世帯数

| 項目 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 合計 |
|------|-----------|---------|---------|---------|-----------|-----------|
| 影響人口 | 1,180,132 | 803,972 | 314,905 | 822,398 | 1,506,991 | 4,628,398 |
| | 249,371 | 164,400 | 66,456 | 169,295 | 293,129 | 942,651 |
| 死者 | 934 | 18 | 11 | 21 | 50 | 1,034 |
| | 184 | 7 | 0 | 3 | 2 | 196 |
| | 23 | 1 | 4 | 2 | 0 | 30 |
| | 合計 | 1,141 | 26 | 15 | 26 | 52 |
| 被災家屋 | 41,979 | 3,140 | 1,684 | 264 | 1,722 | 48,789 |
| | 70,257 | 3,072 | 3,498 | 1,502 | 2,008 | 80,337 |
| | 合計 | 112,236 | 6,212 | 5,182 | 1,766 | 3,730 |

Source : Office of Civil Defense (OCD) as of October 27, 1995

(2) 第三開発地域における被害額

(単位：百万ペソ)

| 項目 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 合計 |
|-----------------|--------|------|------|------|------|--------|
| (1) 公共施設 | 3,830 | 211 | 176 | 57 | 128 | 4,403 |
| (2) 農業 (火山灰による) | 1,474 | 81 | 68 | | | 1,623 |
| (3) 農業 (泥流による) | 453 | 25 | 21 | 7 | 15 | 521 |
| (4) 天然資源 | 120 | 7 | 6 | 2 | 4 | 138 |
| (5) 商工業 | 851 | 47 | 39 | 13 | 29 | 978 |
| (6) 軍事施設 | 3,842 | 211 | 177 | 58 | 129 | 4,416 |
| 合計 | 10,570 | 581 | 486 | 136 | 305 | 12,079 |

Source : Department of Social Welfare and Development (DSWD)

(3) 第三開発地域における避難世帯数

| 項目 | 州名 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 合計 |
|-------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|
| 避難世帯数 | バンバンガ | 8,480 | 7,857 | 2,123 | 7,156 | 11,455 | 37,071 |
| | タルラック | 5,618 | 4,514 | 1,173 | 0 | 0 | 11,305 |
| | ザンバレス | 1,769 | 0 | 4,104 | 0 | 113 | 5,986 |
| 合計 | | 15,867 | 12,371 | 7,400 | 7,156 | 11,568 | 54,362 |

Source : CABCOM for Displaced/Evacuation center and MPC for Resettlement (as of October 27, 1995).

(4) 調査対象流域における火砕流堆積物からの土砂流出量

(単位：百万m³)

| 流域名 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 合計 |
|-----------|------|------|------|------|------|-----|
| サコピアーバンバン | 150 | 80 | 65 | 8 | 4 | 307 |
| アバカン | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 |
| バシグ | 50 | 40 | 55 | 130 | 86 | 361 |
| 合計 | 250 | 120 | 120 | 138 | 90 | 718 |

Note : PHIVOLCS data for 1991 to 1993, and JICA Study Team for 1994 & 1995

(5) 調査対象流域における泥流氾濫増加面積の推移

(単位:ha)

| 流域名 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 合計 |
|-----------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| サコピアーバンバン | 8,125 | 2,183 | 1,267 | 118 | 60 | 11,753 |
| アバカン | 2,930 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,930 |
| バシグ | 3,700 | 600 | 500 | 3,000 | 1,900 | 9,700 |
| 合計 | 14,755 | 2,783 | 1,767 | 3,118 | 1,960 | 24,383 |

Note : Figures show the annual incremental disaster area

2.4 復旧活動

2.4.1 社会基盤施設

公共事業道路省 (DPWH) はピナツボ火山噴火後、防災対策のハード面での基本計画を立案している。DPWHによる「ピナツボ火山災害復旧計画(Mt.Pinatubo Rehabilitation Plan and Program), 1992年9月」によれば、災害復旧の優先順位として以下の項目が挙げられている。

- ① 既存の主要幹線道路網の維持
- ② 人命、市街地、農業、内面漁業および社会基盤施設の防御
- ③ 学校および公共施設の再建
- ④ 関係省庁の実施する復旧政策への協力

特に、項目②の災害防御計画に当たっては、以下の3段階に分けての対策を立案している。

- ① 特に緊急を要する対策 (1992~1994)
 - 河道内堆積物の除去 (低水路の維持)
 - 堤防決壊地点の修復
 - 応急的な水制工による河岸の補強
 - 泥流警戒システムの設置
- ② 緊急を要する対策 (1994~1997)
 - 砂防ダムの建設
 - 河道内堆積物の除去 (旧河道の維持)
 - 堤防の補強と嵩上げ
 - 永久構造物としての水制工の建設
 - 遊砂地 (サンド・ポケット) の建設
- ③ 恒久的な対策 (1997以降)
 - 長期的な洪水・泥流防御計画の立案とその実施

DPWHは上記の段階計画を踏まえて復旧工事を推進してきた。DPWHの算定 (1992年) によれば、1)特に緊急を要する対策 (1992~1994)に必要な工事費 4,762 百万ペソおよび 2) 緊急を要する対策 (1994~1997) については 3,259 百万ペソであり、合計 8,021 百万ペソ (約350億円) と見積られた。

2.4.2 泥流警戒避難体制

ピナツボ火山災害に関する情報は第三開発地区災害調整委員会 (Regional Disaster Coordinating Council 3: 略称RDCC-III)で収集伝達されている。この委員会は警察軍を主体とし、21の政府機関から出向しているメンバーから成り立っており、被災状況、降雨状況、泥流の発生情報、警戒・避難に関する情報を各地方自治体へ伝達すると同時にラジオで流している (図2.2参照)。1991年の噴火直前には、PHIVOLCSの公表したハザードマップに基づいて警戒警報をラジオを通して発令した。このラジオによる情報伝達は非常に有効で、ピナツボ火山の大噴火の際に住民の避難が非常にスムーズであり、噴石や火砕流により直接死亡した人が出なかった一因となっている。

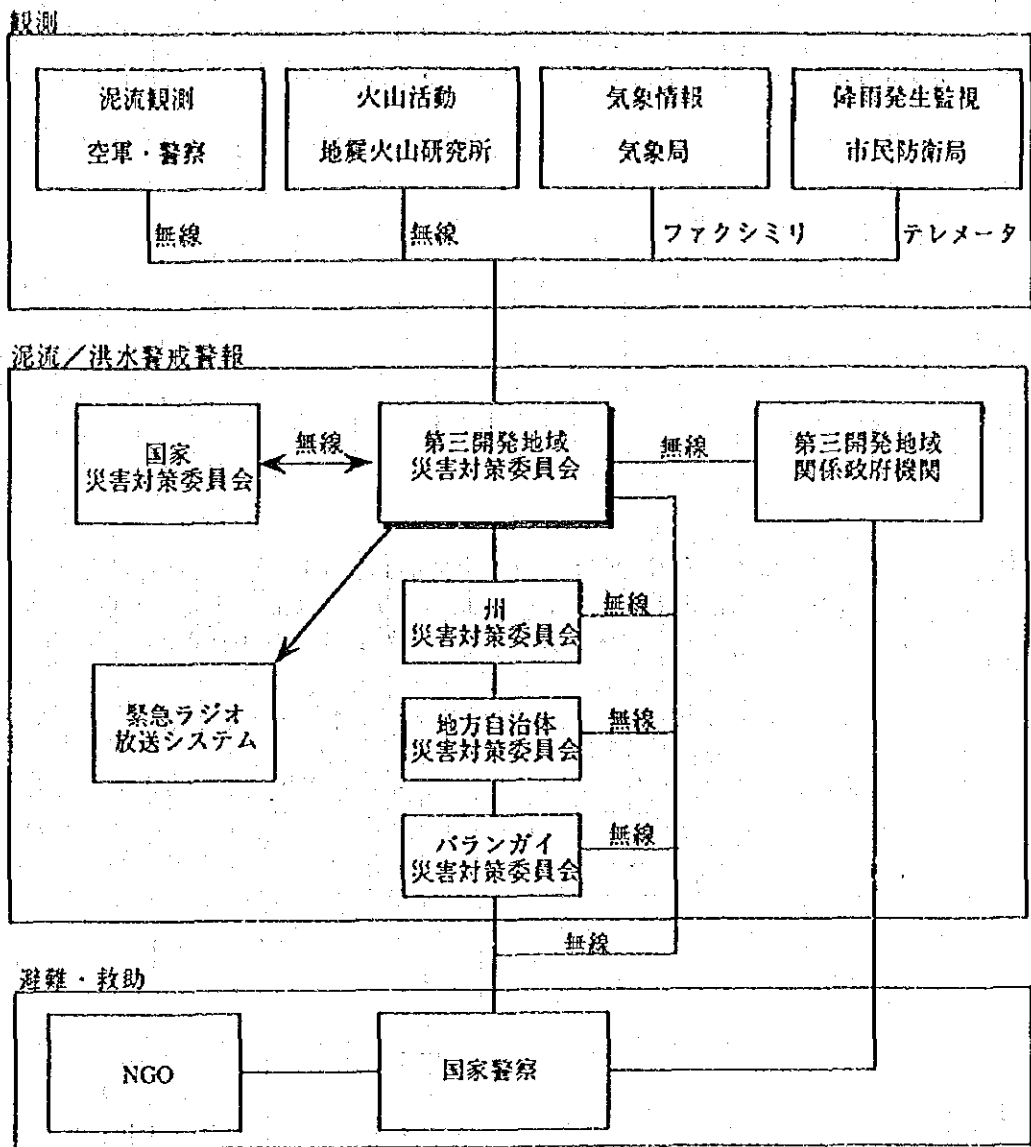


図2.2 第三開発地域における泥流・洪水警戒救助システム

THE GOVERNMENT OF THE PHILIPPINES
 THE DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS AND HIGHWAYS
 THE STUDY ON FLOOD AND MUDFLOW CONTROL
 FOR SACOBIA-BAMBAN/ABACAN RIVER
 DRAINING FROM MT. PINATUBO
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

河川（泥流の流下）に関する情報は、泥流の発生する川に観測地点を設置し、そこに人を配置して情報収集を行なっている。最も上流で監視を行なう10ヶ所の見張り小屋（Watch Point）は、ピナツポ山頂から10km以内の危険な場所にあり、雨期には兵士10人が2週間交代で常駐している。各自治体は小型無線機によりWatch Pointと連絡し、泥流流下状況をモニターしている。

一方、RDCCIIIが管理している土石流予警報装置は1991年8月に日本政府による無償援助で供与されたものであり、泥流に対する警戒避難およびデータ収集を目的としたもので、以下の機器構成となっている。位置図を図2.3に示す。

- | | | |
|---|--------------|----|
| ① | テレメータ雨量計 | 8基 |
| ② | テレメータ土石流センサー | 5基 |
| ③ | 中継局 | 2基 |
| ④ | 中央監視局 | 2局 |

2.4.3 再定住地区の建設

1992年10月に設立されたピナツポ災害復旧委員会（Mount Pinatubo Commission：MPC）は、精力的に被災者の就労および被災民の再定住地区建設を推進してきた（図2.4参照）。1995年10月までの再定住地域の建設の過程を表2.2に示した。また避難世帯数および再定住地区の家族数の推移を以下に示す。

REGION IIIにおける被災世帯と再定住世帯数（1995年10月）

| 項目 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 合計 |
|---------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| 被災世帯 | | | | | | |
| バンバンガ | 8,480 | 7,857 | 2,123 | 7,156 | 11,455 | 37,071 |
| タルラック | 5,618 | 4,514 | 1,173 | 0 | 0 | 11,305 |
| ザンバレス | 1,769 | 0 | 4,104 | 0 | 113 | 5,986 |
| 計 | 15,867 | 12,371 | 7,400 | 7,156 | 11,568 | 54,362 |
| 避難所 | | | | | | |
| バンバンガ | 14,171 | | 2,123 | 2,492 | 11,455 | 30,241 |
| タルラック | 9,604 | | 1,173 | 0 | 0 | 10,777 |
| ザンバレス | 3,012 | | 4,104 | 0 | 113 | 7,229 |
| 計 | 26,787 | | 7,400 | 2,492 | 11,568 | 48,247 |
| 再定住地区 | | | | | | |
| バンバンガ | | | 6,100 | 8,121 | 2,279 | 16,500 |
| タルラック | | | 1,412 | 5,340 | 1,498 | 8,250 |
| ザンバレス | | | 672 | 832 | 227 | 1,731 |
| その他 | | | 1,232 | 502 | 602 | 2,336 |
| 元居住地へ復帰 | | | | 1,770 | 3,352 | 5,122 |
| 計 | | | 9,416 | 16,565 | 7,958 | 33,939 |

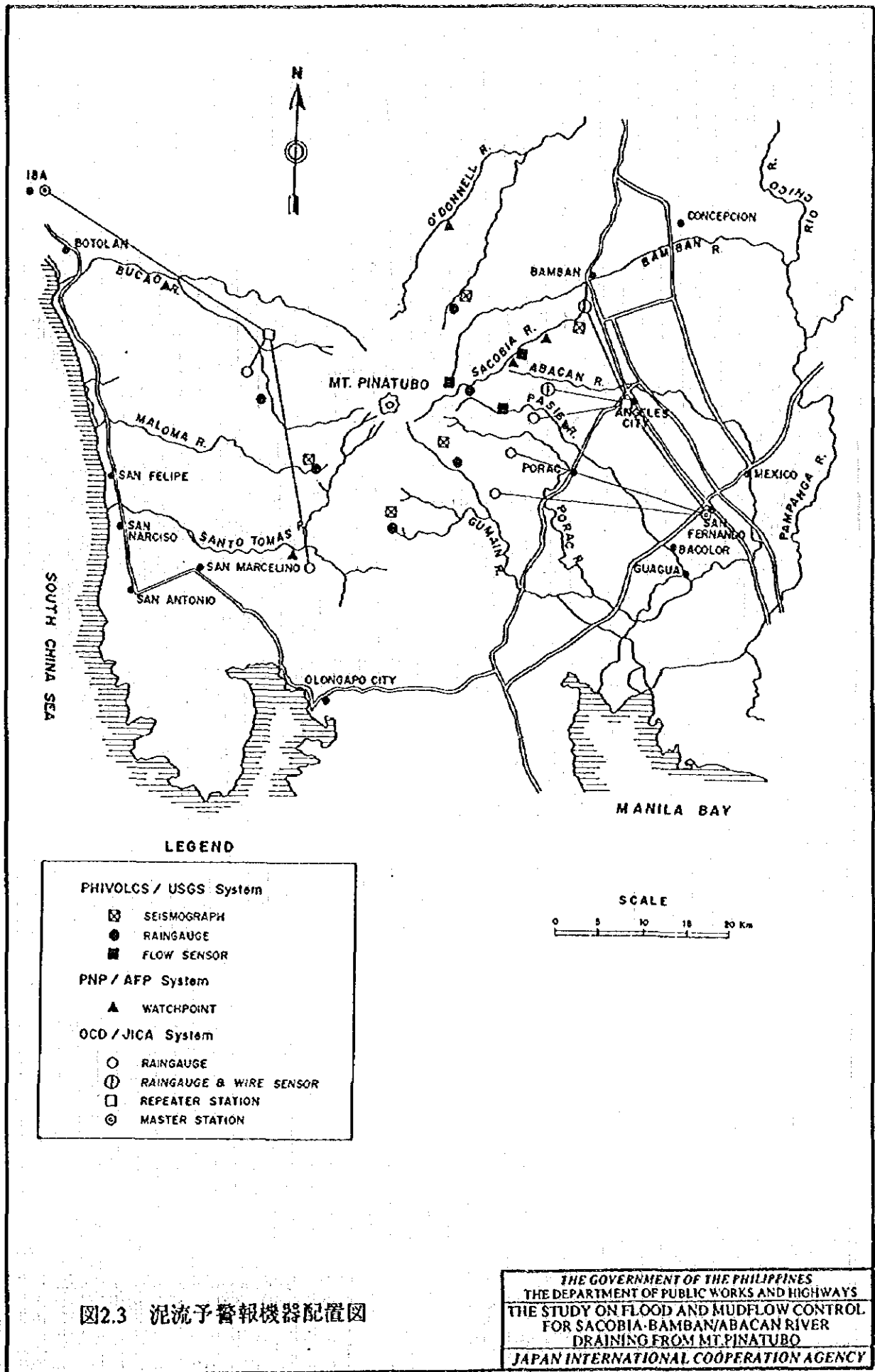


图2.3 泥石流予警報機器配置図

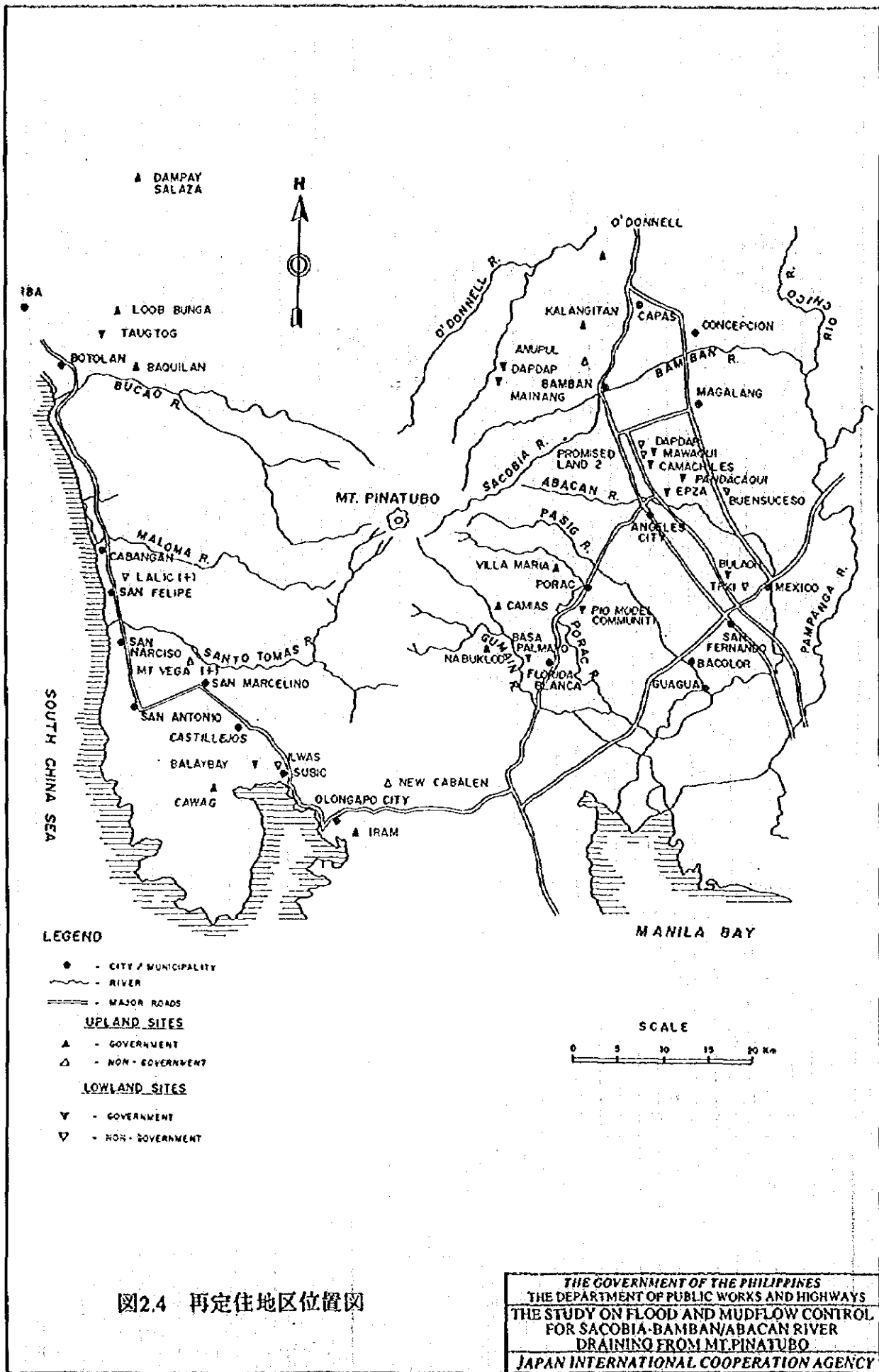


图2.4 再定住地区位置图

表2.2 再定住地区建設の進捗状況

| 再定住地区 | 行政区分 | 完成時期 | 面積 (ha) | 世帯数 | 家屋数 | 建設費 (百万ペソ) |
|------------------|---------------|---------|------------|--------|--------|---------------|
| 1 EPZA | Angeles | 1992.03 | 34.8 | 1,989 | 2,034 | 157.6 |
| 2 Kalangitan | Capas | 1992.05 | 750.0 | 446 | 570 | 15.7 |
| 3 Floridablanca | Floridablanca | 1992.10 | 85.2 | 2,639 | 3,439 | 399.4 |
| 4 Villa Maria | Porac | 1992.11 | 10.4 | 321 | 350 | 8.5 |
| 5 Camias | Porac | 1992.11 | 567.0 | 127 | 300 | 4.4 |
| 6 Pandacaqui | Mexico | 1992.12 | 63.2 | 2,865 | 3,084 | 329.7 |
| | | | 1510.6 | 8,387 | 9,777 | 915.3 |
| 7 O'Donnell | Capas | 1993.01 | 348.3 | 4,734 | 4,814 | 663.2 |
| 8 Porac (Pio) | Porac | 1993.06 | 50.0 | 1,809 | 2,212 | 117.4 |
| 9 Camachile | Mabalacat | 1993.12 | 26.8 | 1,345 | 1,432 | 142.5 |
| 10 Dap-dap | Bamban | 1993.12 | 150.0 | 3,516 | 3,544 | 137.9 |
| | | | 575.1 | 11,404 | 12,002 | 1061.0 |
| 11 Mauaque | Mabalacat | 1994.01 | 50.2 | 3,050 | 3,050 | 196.0 |
| 12 Taugtog | Botolan | 1994.05 | 201.0 | 989 | 1,550 | 186.2 |
| 13 Dueg | San Clemente | 1994.05 | 1234.0 | 391 | 600 | 10.5 |
| 14 Dampay Salaza | Palauig | 1994.05 | 308.0 | 268 | 600 | 6.2 |
| | | | 1,793 | 4,698 | 5,800 | 399 |
| 15 Nabuklod | Floridablanca | 1995.01 | 409.0 | 257 | 400 | 12.4 |
| 16 Loob-Bunga | Taugtog | 1995.03 | 328.0 | 1,559 | 1,559 | 18.6 |
| 17 Baquilan | Botolan | 1995.04 | 393.0 | 874 | 931 | 7.8 |
| 18 Iram | New Cabalan | 1995.04 | 100.0 | 499 | 700 | 24.8 |
| 19 Cawag | Castillejos | 1995.05 | 803.0 | 365 | 500 | 11.5 |
| 20 Bulaon | San Fernando | 1995.06 | 79.9 | 3,287 | 4,001 | 380.0 |
| 21 Balaybay | Castillejos | 1995.06 | 736.3 | 742 | 1,556 | 220.9 |
| 22 Madapdap | Mabalacat | 1995.08 | 126.0 | 1,551 | 4,223 | 689.4 |
| | | | 2975.2 | 9,134 | 13,870 | 1365.4 |
| Total | | | 6854.1 | 33,623 | 41,449 | 3740.6 |

Source : Mount Pinatubo Commission (as of October 8, 1995)

第3章 調査地域の概要

3.1 調査対象流域の概要

3.1.1 流域面積と行政区分

ピナツポ火山の位置する中西部ルソン地区は行政区分上、第3開発地域 (Region III) に属し、6つの州 (Province) から構成されており、総面積は18,231 km² (国土面積の6.1%) である。このうち、本調査の対象流域であるサコビア・バンバン川流域 (流域面積207km²) はバンバンガ州からタルラック州にまたがって位置し、アバカン川流域 (流域面積77km²) およびバシグ川流域 (流域面積280km²) はバンバンガ州に位置している。調査対象流域図を図3.11に示す。

3.1.2 サコビアーバンバン川

1991年噴火前のサコビア川は、過去の火砕流堆積面を深く侵食しV字谷を形成し流下していた。旧クラーク基地の北側では、マクタンからマスカップ間に長さ9km(幅1km)の紡錘型凹地が存在する。この紡錘型凹地は旧クラーク基地の載る扇状地面より15~20m低く、この中をサコビア川が網状流となって流れていた。その後、サコビア川はマスカップ通過後に北に大きく蛇行してサバンカウアヤン (Sapang Cauayan)川やマリムラ (Malimla)川と合流していた。また、サバンカウアヤン川やマリムラ川は、土砂流出の少ない勾配の緩やかな河川で、ピナツポ火山の噴火の影響をあまり受けておらず、河道は狭く両側に小規模な河岸段丘が分布していた。

バンバン川は、サバンカウアヤン川やマリムラ川とバンバン市街地近傍で合流後、東北東に流下していた。バンバン川には合流点直下流にてバンバン橋 (国道3号線) およびサンフランシスコ (San Francisco) 橋 (国道329号線) が位置し、ルソン島南北を結ぶ交通の大動脈を形成していた。しかし、1991年8月21日の豪雨時にバンバン橋は流出し国道3号線が泥流に埋没したため、現在は国道329号線のみが主要交通路となっている。バンバン川はサンフランシスコ橋を流下後、幅300mの河道内を網状流として東南東に流下しタルラック (Tarlac)州北方より流下するリオチコ (Rio Chico)川と合流する。リオチコ川は更にバンバンガ (Pampanga)川と合流し、バンバンガデルタ (Pampanga Delta)と呼ばれる広大な湿地帯を南下したあとマニラ湾へ注いでいる。バンバン川の流域面積は207 km²であり、バンバンガ川流域 (リオチコ川との合流点) の総流域面積6,532 km²の約3%にあたる。

1991年の噴火後、バンバン川より流出した大量の土砂 (主に火山灰) がリオチコ川およびバンバンガ川に堆積し、バンバン川合流点から下流において2~3mの河床上昇を引起したが、国家かんがい庁 (NIA) およびDPWHの河川縦横断測量結果によれば、1995年には噴火前とほぼ同様の河床標高となっており、逆に、噴火前の局所洗掘箇所が土砂堆積により埋められ滑らかな河床勾配を維持している。

3.1.3 アバカン川

アバカン川 (流域面積77.2 km²)の上流にはサバンバト川 (流域面積19.2 km²)とタウグ川 (流域面積14.1 km²)の2支川が位置し、アンヘレス市街地北方にて合流しアバカン川となる。アバカン川の支川であるサバンバト川はサコビア川中流域の風隙 (アバカンギャップ: Abacan Gap) を最上流点としていたが、1991年噴火後の火砕流堆積物によるサコビア川河床上昇のため、大量の泥流がアバカン川沿いに流出した。その後、サコビア川の河床低下により落差30mのアバカンギャップが形成され、泥流の流下は観測されていない。しかし、アバカンギャップの下流にはかなり広い河道と段丘面が存在しており、過去にもサコビア川の上流部がアバカンギャップ地点を過ぎてアバカン川に流れていた時期があった

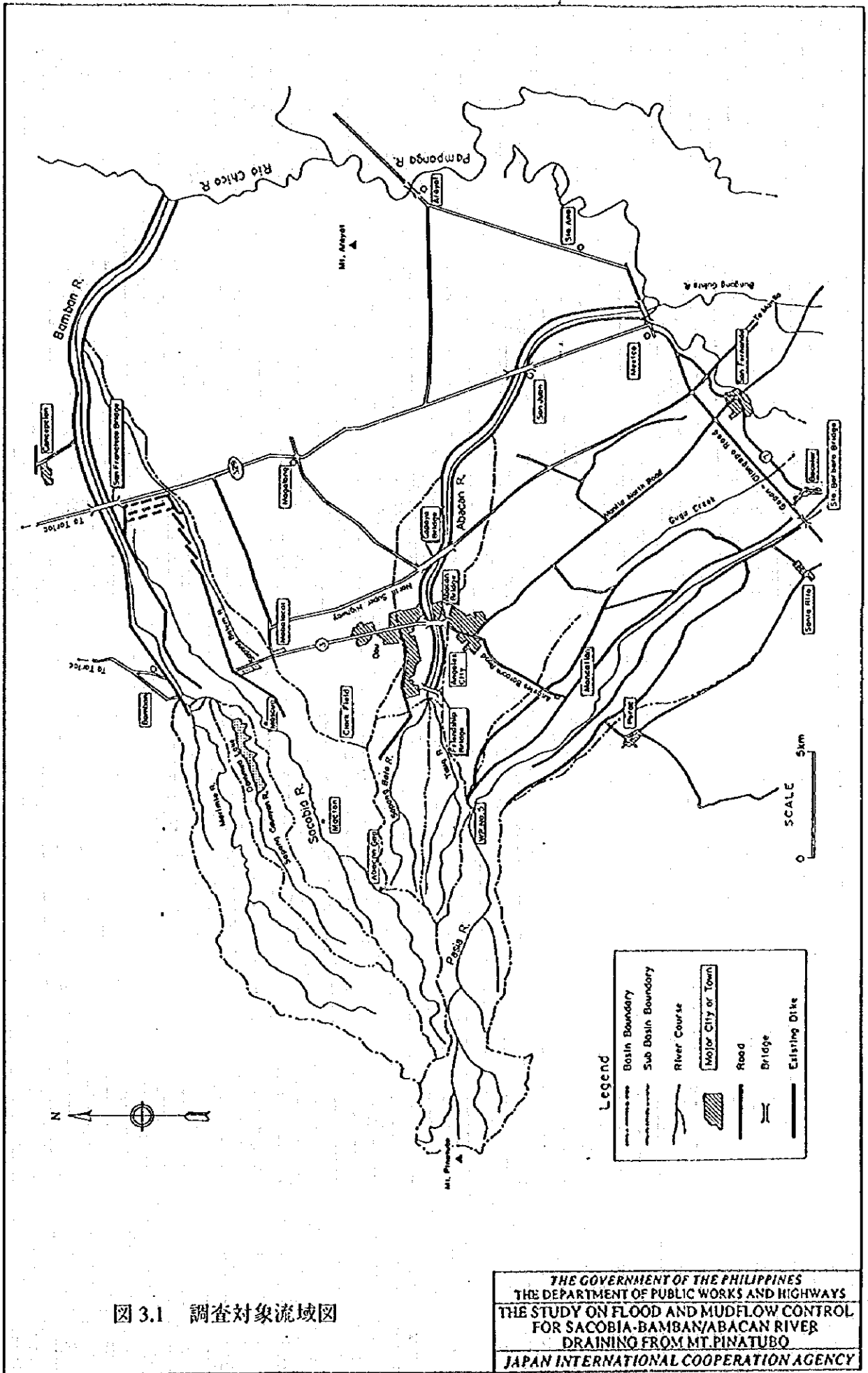


図 3.1 調査対象流域図

THE GOVERNMENT OF THE PHILIPPINES
 THE DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS AND HIGHWAYS
 THE STUDY ON FLOOD AND MUDFLOW CONTROL
 FOR SACOBIA-BAMBAN/ABACAN RIVER
 DRAINING FROM MT. PINATUBO
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

ものと考えられる。一方、アバカン川右支川のタウグ川は、過去の火砕流堆積地域のみを深く侵食して流下している。また、タウグ川流域における噴火の影響は降下火山灰のみであったため、DPWHの建設した砂防ダムにより大量の不安定土砂が捕捉された。

合流点のフレンドシップ橋では噴火直後の泥流により左岸取付部が崩壊したが、橋直下流に砂防ダムを建設し河床を固定し左岸取付部を緊急盛土したため、1996年現在も利用されている。

アバカン川のフレンドシップ橋からアバカン橋（国道3号線）、バンダン橋を流下してカバヤ橋（北方マニラ高速道路）までの中流区間はアンヘレス市街地を貫通する都市河川である。噴火前は幅50m程度の小河川であったが泥流の流下により側岸侵食が顕著となり、1996年現在は幅200mの矩形河道となっている。洪水流は水深30～50cm程度の斜流として流下するため、洪水の度に側岸が侵食され家屋が流出している。1991年には数百個の家屋とともにアバカン橋とバンダン橋が流出したが、アバカン橋は1992年に再建された。

カバヤ橋（北方マニラ高速道路）からメキシコまでの下流区間は、噴火前はアバカン川は南下し、網状河川となり数多くのクリークが形成されていた。1991年～1992年にかけて泥流堆積物を盛土した堤防がアバカン川沿いに建設されるとともに下流のブンガンギント(Bungan Guinto)川に放流された。ただし、ブンガンギント川の洪水流下能力は低いため、アバカン川に堰上げ背水が生じ大量の土砂が下流部に堆積している。堆積土砂は年間4,000万m³と推定される。ブンガンギント川はサンフェルナンド川と合流後、更に西へ流下しバシグ川と合流後、バサクーグアグア川を形成しバンパンガデルタを貫流したあとマニラ湾へ注いでいる。

3.1.4 バシグ川

バシグ川もサコピア川と同様に非常に深い峡谷部となって流下し、左支川と合流して広大な扇状地を形成しながら流下していた。噴火前の地形図や航空写真によれば、左支川合流点から下流区間は、扇状地の中央部を10～15m下刻しながら流下しており、アンヘレス～ポーラック(Angeles-Porac)道路のマंकティアン(Mancatian)地点より3km上流地点に土砂氾濫開始点が存在する。この地点より下流では、河床が扇状地面と同じになり網状流となって流下していた。このことから判断すると、バシグ川下流の広大な扇状地はバシグ川の流域面積がもっと広く土砂生産の活発な時期に形成されたと考えられる。

また、噴火後の土砂移動の経年変化を観測すると、火砕流堆積物の流下のみならず中流域における泥流堆積物の二次侵食あるいは2000年程度以前の噴火時の泥流堆積物に達する河道縦侵食など、下流域へ新たな扇状地が形成されつつある。この現象は、1993年10月のバシグ川によるサコピア川上流域の河川争奪後、さらに大量の泥流堆積が発生し、噴火後5年を経た1996年にも泥流災害が下流へと広がり続けている。今後、最上流からの火砕流堆積物の侵食による土砂流出は減少しているが、中下流の泥流堆積物の二次侵食による土砂流出が顕著となろう。

特に、中下流域においてピナツボ噴火前に形成されてきた社会基盤施設あるいは農業かんがい施設は河川争奪以前の河川流量・土砂堆積状況のもと500年間に亘り建設されたきたものである。したがって過去の社会基盤施設は今後発生すると予想される洪水・渇水に対応していない。これからは噴火後の河道洪水ピーク流量・河道形成・道路網の見直しにより新たな都市計画に立脚した地域開発が求められている。

3.2 社会経済

3.2.1 社会経済指標

国家統計局 (National Statistics Office : NSO) のデータ (1990年) によれば、Region IIIの総人口は6,191,000人 (全国総人口の10.2%) であり、人口密度は340人/km²である (表3.1)。特に、調査地域の位置するパンパンガ州の人口密度は702人/km²でありRegion IIIに属する6州の中で最高値となっている。また、1990年におけるRegion IIIの経済指標 (GRDP) の内訳は以下の通り (表3.2)。

| セクター | 生産額 (百万ペソ) | 比率 (%) |
|---------------|------------|--------|
| 1. 農業・漁業および林業 | 15,212 | 22.2 |
| 2. 工業 | 28,317 | 41.4 |
| 3. サービス業 | 24,863 | 36.4 |
| GRDP | 68,392 | 100.0 |

一方、Region III地区はフィリピンにおける主要な穀倉地帯であり、1980~1989年の10年間における年平均米作地面積は476,000 ha (全国合計の14%)、米収穫高は1.5百万トンであり全国米収穫高の18%であった。

3.2.2 噴火後の社会経済変化

(1) 人口動態

噴火前後の人口動態に関する調査結果を表3.3に示す。1990年のデータはフィリピン政府の実施した人口センサス、また1994年のデータは調査団の実施した社会経済調査に基づいている。調査結果によれば、事業地域における人口は736,000人(1990)から680,800人(1994)へ55,200人の減少となった。

州レベルで見ると、最も大きい減少率はアンヘレス市で起こっており26,700人の減少である。以下、パンパン(17,600人の減少)、マバラカット (15,300人の減少) となっている。バラングイ単位で人口動態を見ると、人口減となったバラングイは127バラングイであり、調査地域内240バラングイの約53%である。

最も大きい減少率はパンパンで49%の減少、以下マバラカット (13%の減少) およびアンヘレス (11%の減少) である。また、調査対象地域での被災者の内、現在も避難所での生活を強いられている人口は51,000人 (10,000世帯) であり、噴火前人口の約7%にあたる。

(2) 就労問題

噴火災害により最も大きな社会問題となったのは被災民の就労問題である。被災民のほとんどが農業従事者であったため、被災民の他産業への再就職は困難を極めている。MPCでは、再定住地区の建設とともに、地区内に職業訓練所(Productivity Center)を建設し旧農民に対する技術研修を実施し、就労機会の拡大を図っている。また、クラーク開発公社 (Clark Development Corporation : CDC) を設立し、旧クラーク基地内への工場誘致を積極的に展開した結果、1995年には被災家族1戸あたり一人の雇用を確保することができた。ただし、雇用者は35歳以下などの制限もあり、旧農民の原居住地への復帰は今後の課題となっている。

表 3.1 調査対象地域の社会経済指標

| | | 州 | | 第3開発地域 | フィリピン全土 | |
|----------------------|-----------|---------|---|-------------|---------|-----------|
| | | パンパンガ | タルラック | | | |
| 1 面積 | | 平方キロ | 2,181 | 3,053 | 18,230 | 300,000 |
| 2 人口 | (1990) | 千人 | 1,532.6 | 859.2 | 6,198.5 | 60,685.0 |
| 人口密度 | (1990) | 人/平方キロ | 703 | 281 | 340 | 202 |
| 年増加率 | (1970-80) | % | 2.54 | 2.09 | 2.88 | |
| | (1980-90) | % | 2.63 | 2.24 | 2.57 | 2.32 |
| 都市部人口率 | | % | 70.5 | 29.8 | 60.3 | 48.5 |
| 農業人口 | | % | 22.9 | 54.9 | 35.4 | 44.5 |
| 3 経済セクター | (1990) | | | | | |
| 農業 | | % | 16.0 | 31.6 | 22.8 | 22.7 |
| 工業 | | % | 42.2 | 32.0 | 39.2 | 35.4 |
| サービス業 | | % | 41.2 | 36.5 | 38.0 | 41.9 |
| 4 地域内総生産(GRDP)(1990) | | 百万ペソ | 22,650 | 10,614 | 94,158 | 1,066,224 |
| 一人当りGRDP | | ペソ | 14,779 | 12,353 | 15,190 | 17,570 |
| 5 土地利用 | (1991) | | | | | |
| 農業用地 | | ha | 104,421 | 137,400 | 635,345 | |
| 草/低木地 | | ha | 19,620 | 84,833 | 604,397 | |
| 森林 | | ha | 15,914 | 54,349 | 360,454 | |
| 水田面積 | | ha | 42,800 | 97,990 | 499,870 | |
| 米収穫高 | | トン/ha | 3.91 | 2.54 | 3.50 | |
| 灌漑面積 | | % | 70.7 | 55.2 | | |
| 6 社会基盤施設 | | | | | | |
| 道路密度 | (1990) | km/平方キロ | 1.07 | 0.80 (0.89) | 0.72 | 0.54 |
| 電化世帯率 | | % | 82.9 | 68.1 | | |
| 水道普及率 | (1990) | % | 80.4 | 61.8 | 63.0 | |
| 電話数 | (1990) | /100人 | 0.63 | 0.34 | 0.49 | |
| 7 公共施設 | | | | | | |
| 病院 | | 人/1床 | 903 | 1,197 | 896 | |
| 就学率 小学校 | | % | 111 | 111 | 111 | |
| 中学校 | | % | 75 | 78 | 76 | |
| 8 主要都市 | | | | | | |
| 都市人口 | (1990) | 千人 | サンフェルナント (157) アンヘルス (236) マバラカット (111) クアック (88) マラリット (62) マカハハ (55) パコロール (50) | タルラック (79) | | |

Source: Prepared based on "Inception Report of the Master Plan for West Central Luzon Development Program" JICA, Nov. 1993.

表3.2 各セクター別の国民総生産

単位：10億ペソ

| セクター | 1985ベース | | | | 1992価格 | | |
|-------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1992 |
| 農業、漁業、林業 | 150.4 (24.7) | 155.3 (23.8) | 160 (23.2) | 160.7 (22.3) | 160.5 (22.2) | 159.9 (21.9) | 290.3 (21.2) |
| 工業 | 215.1 (35.5) | 232.5 (35.7) | 251.6 (36.5) | 258.1 (35.8) | 248.7 (34.4) | 247.5 (33.9) | 446.7 (32.6) |
| 鉱業 | 11.2 | 11.7 | 11.4 | 11.1 | 10.8 | 11.3 | 16.2 |
| 製造業 | 154.6 | 167.7 | 178.4 | 184 | 183.1 | 181.3 | 329.9 |
| 建設業 | 31.7 | 33.2 | 41.4 | 42.6 | 35.7 | 36 | 66.9 |
| 電気、ガス、水道 | 18.6 | 19.9 | 20.4 | 20.4 | 20.6 | 20.4 | 33.7 |
| サービス業 | 253.1 (41.6) | 270.6 (41.5) | 286.8 (41.6) | 298.5 (41.4) | 303.1 (42.0) | 305.3 (41.8) | 606 (44.2) |
| 通信 | 35.1 | 37.9 | 40.2 | 41.2 | 41.4 | 42.1 | 77.9 |
| 貿易 | 90 | 94.6 | 99.3 | 101.4 | 102.9 | 104.5 | 185.4 |
| 金融、不動産 | 56.2 | 60.5 | 66.3 | 70.1 | 69.4 | 69.8 | 139.9 |
| その他 | 71.8 | 77.6 | 81 | 85.8 | 86.6 | 86.1 | 202.8 |
| 国内総生産(GDP) | 619.6 (101.8) | 658.4 (101.0) | 698.4 (101.3) | 717.3 (99.5) | 712.3 (98.6) | 712.7 (97.7) | 1342.5 (98.0) |
| GDP年成長率 (%) | - | (6.3) | (6.1) | (2.7) | (-0.7) | (0.1) | |
| 海外からの純所得 | -11.0 | -6.2 | -8.7 | 3.7 | 10.0 | 17.1 | 27.5 |
| 国民総生産(GNP) | 608.6 (100.0) | 652.2 (100.0) | 689.7 (100.0) | 721.0 (100.0) | 722.3 (100.0) | 729.8 (100.0) | 1370.0 (100.0) |
| GNP年成長率 (%) | - | (7.2) | (5.7) | (4.5) | (0.2) | (1.0) | |

Source: National Statistical Coordination Board
Inception Report of Master Plan Study for West Central Luzon Development Program

表3.3 調査対象地域の人口動態調査結果 (1990-1994)

| 市、自治体 | 人口 | | 1990-1994 人口増減 | 1994/1990 比率 (%) |
|-------------------|---------|---------|-------------------|---------------------|
| | 1990 | 1994 | | |
| バンバンガ州 | | | | |
| アンヘレス (20/33) | 236,700 | 210,000 | -26,700 | 88.7 |
| アラヤット (9/30) | 73,200 | 77,500 | 4,300 | 105.9 |
| マバラカット (20/27) | 121,100 | 105,400 | -15,700 | 87.0 |
| マガラン (12/27) | 43,900 | 44,600 | 700 | 101.6 |
| メキシコ (15/43) | 69,400 | 69,300 | -100 | 99.9 |
| サンタアナ (7/14) | 32,500 | 33,700 | 1,200 | 103.7 |
| バンバンガ州合計 (83/174) | 576,800 | 540,500 | -36,300 | 93.7 |
| タルラック州 | | | | |
| バンバン (13/15) | 35,600 | 18,000 | -17,600 | 50.6 |
| キャバス (7/8) | 25,800 | 20,000 | -5,800 | 77.5 |
| コンピション (24/43) | 97,800 | 100,500 | 2,700 | 102.8 |
| タルラック州 合計 (44/66) | 159,200 | 138,500 | -20,700 | 87.0 |
| 総計 (127/240) | 736,000 | 679,000 | -57,000 | 92.2 |

Sources: NSO Census of Population in 1980 and JICA Survey for 1994.

Notes: 括弧内の数字は (90-94に人口が減少したバラングイ数/自治体内のバラングイ総数)

(2) 失業問題

被災者対策とともに、旧米軍基地での失業問題が挙げられる。1989年の調査によれば、旧クラーク基地でのフィリピン人雇用者は4,500名、また関係家族は37,900名に及んでいた。旧米軍基地フィリピン人雇用者の内、約75%はアンヘレス市民であったが多くのルソン島以外の出身者であったため、失業者の多くは帰郷した。アンヘレス市人口の減少は旧米軍雇用者の失業が最も大きな原因であると言われている。

3.3 自然条件

3.3.1 気象条件

ルソン島中部における代表的雨量観測所における年間降雨量の推移を図3.2に示す。1972年に年間降雨量は最大値を記録している。記録によればピナツボ東部流域の平野部は1カ月程度冠水が続いたと報告されている。また、1983年には異常渇水が起こり干魃被害が相次いだ。1991年の噴火以降はほぼ平年並みの年間降雨量を記録している。一方、ルソン島における月平均雨量を図3.3に示す。ルソン島東部では顕著な雨期乾季の区別はないが、調査地域では雨期と乾期の雨量の差が顕著であり年平均雨量2,000mm、月平均雨量は最も雨の多い7～8月で400～500mm/月、最も少ない1月で10～20mm/月である。

年平均月気温は27℃で地域的な変化はほとんどない。年変化も乾季から雨季に入る5月頃が最も高く(28.3℃)、雨季の終わった12月が最も低い(25.9℃)が、その差は±3℃である。相対湿度は年平均で73%とかなり高く、月変化も4月で62%、7月で81%と約20%の開きがある。日平均蒸発量は約3.5mm/日、年平均蒸発量は1,250mm/年である。

3.3.2 雨量解析

雨量データについては対象流域内および近傍に位置する全ての雨量データを検索・相関解析したが欠測値が非常に多いため有意性のあるのは4観測所のみであった。したがって、この4雨量観測所の日雨量データを用いて確率雨量解析をおこなった。

しかしながら、上記観測所はいずれも標高3～100mに位置しており対象流域との高度差があるため、解析結果を対象流域にそのまま適用できない。したがって、噴火後PHIVOLCS/USGSにて設置されたSacobia, Piz (標高600～800m程度)の1991～1993年の雨量データと上記観測所のうち時間雨量データの得られる2観測所(Arayat, Zaracoza)データとの相関解析に基づいて雨量の高度補正を行なった。流域平均雨量の算定にはSacobia, Piz, Arayat, Zaracozaの4観測所のデータを確率解析し以下の結果を得た。

(単位:mm)

| 再現期間 (年) | サコビア/バンバン川 | | アバカン川 | |
|-------------|------------|------|-------|------|
| | 1日 | 24時間 | 1日 | 24時間 |
| 100 | 440 | 497 | 443 | 501 |
| 50 | 397 | 448 | 404 | 457 |
| 25 | 353 | 399 | 365 | 412 |
| 10 | 295 | 333 | 311 | 351 |
| 5 | 231 | 260 | 251 | 283 |
| 2 | 180 | 203 | 202 | 228 |

(注) 19年間のデータによる。24時間は24時間連続降雨データに基づく。

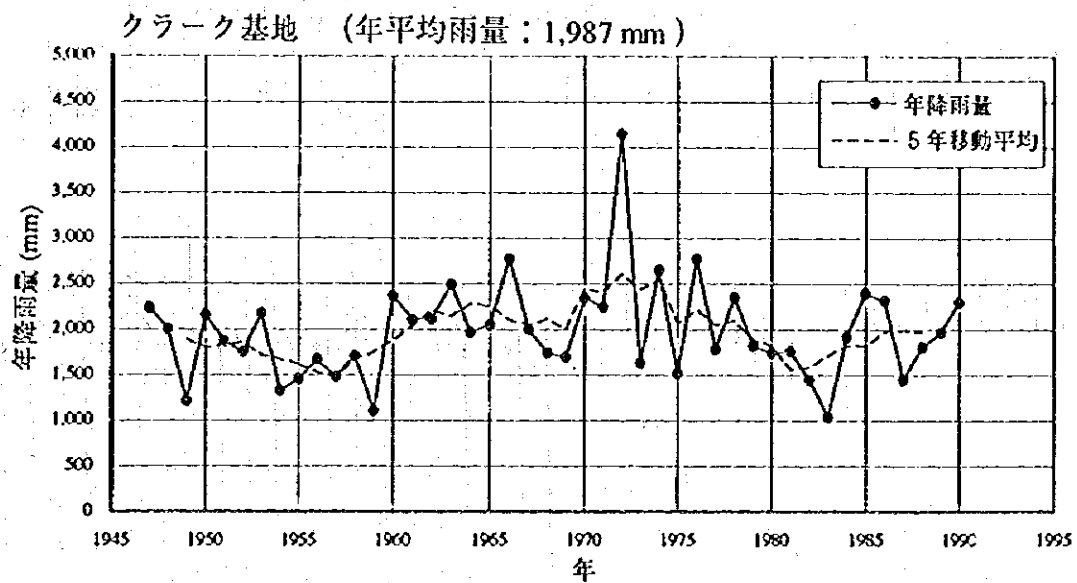
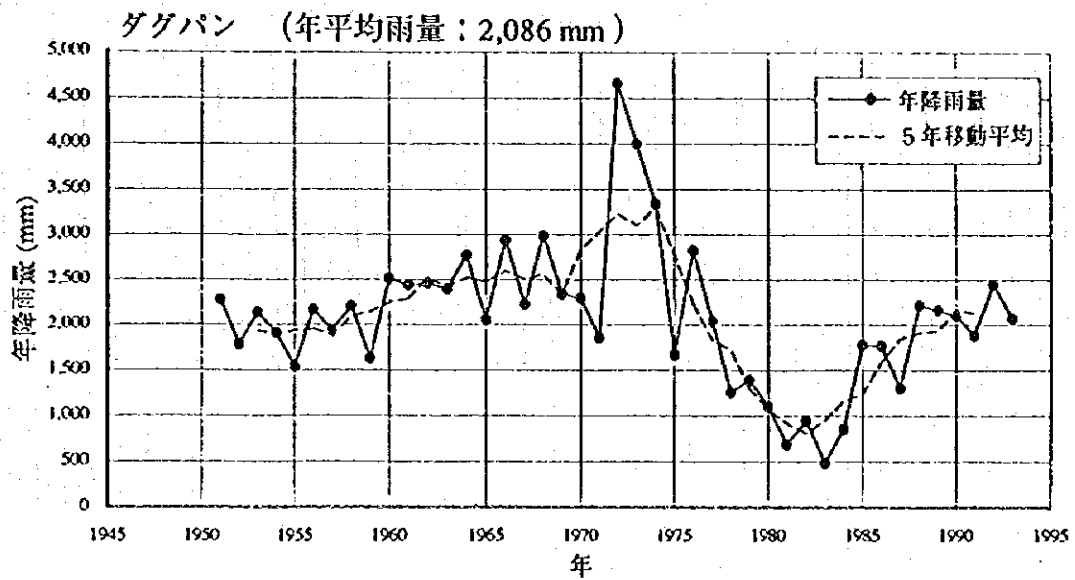
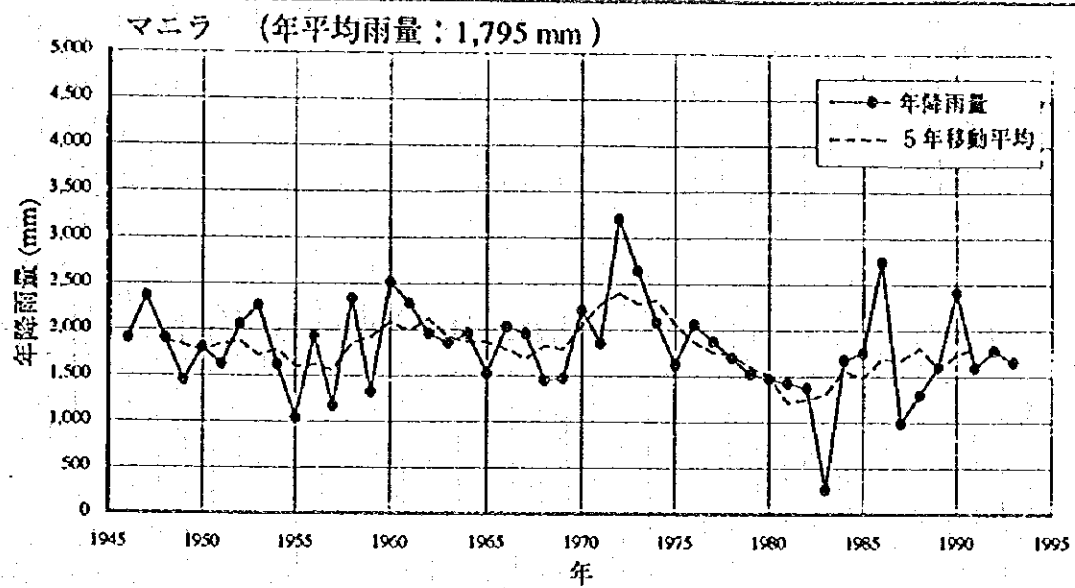


図 3.2 年降雨量の経年変化

THE GOVERNMENT OF THE PHILIPPINES
THE DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS AND HIGHWAYS
THE STUDY ON FLOOD AND MUDFLOW CONTROL
FOR SACOBIA-BAMBAN/ABACAN RIVER
DRAINING FROM MT. PINATUBO
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

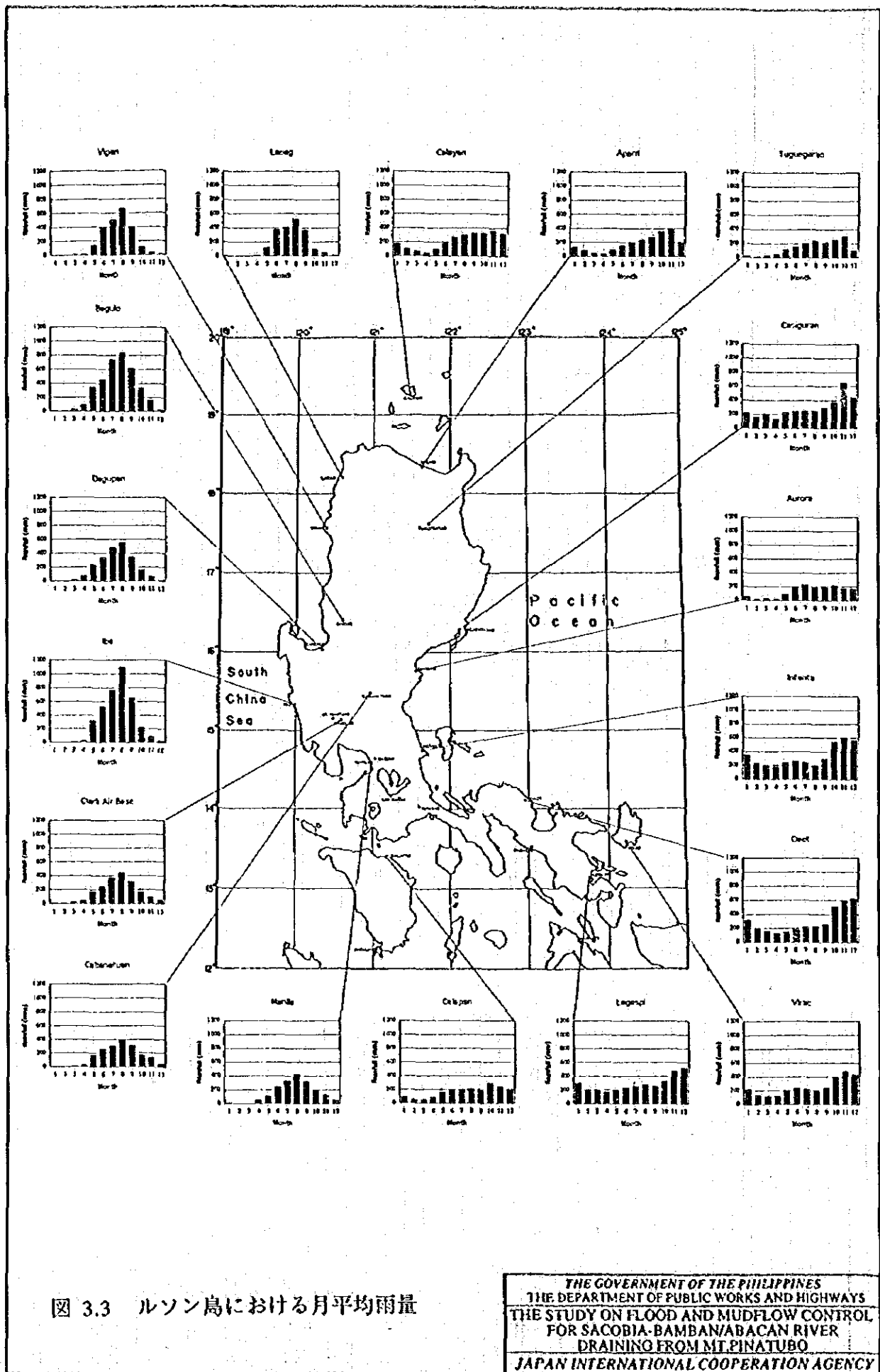


図 3.3 ルソン島における月平均雨量

THE GOVERNMENT OF THE PHILIPPINES
 THE DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS AND HIGHWAYS
 THE STUDY ON FLOOD AND MUDFLOW CONTROL
 FOR SACOBIA-BAMBAN/ABACAN RIVER
 DRAINING FROM MT. PINATUBO
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

3.3.3 高水解析

調査対象流域の流域分割モデルを作成し貯留関数法による高水解析を行なったサコピアーバンバン川における流量配分図と代表地点における洪水ハイドログラフを図3.4、アバカン川については図3.5に示した。モデルのパラメータ同定に必要な洪水ハイドログラフ・洪水ピーク流量データともに調査対象地域では得られないため、近傍流域における確率洪水ピーク比流量（ポーラック川2地点：26年間と15年間、グマイン川：31年間のデータを利用）およびUSACEが推定した比流量曲線と比較した。

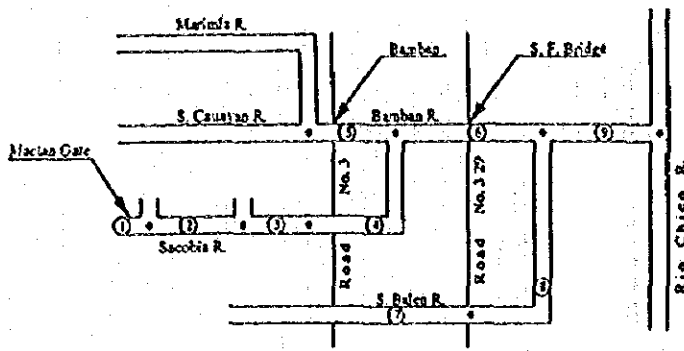
(単位：m³/s)

| 地点 | 流域面積 (km ²) | 再現期間 (年) | | | | | |
|-------------------|----------------------------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 100 | 50 | 25 | 10 | 5 | 2 |
| サコピア川 | | | | | | | |
| Mactan Gate | 42 | 394 | 345 | 303 | 247 | 186 | 139 |
| San Francisco Br. | 94 | 776 | 665 | 573 | 455 | 337 | 248 |
| アバカン川 | | | | | | | |
| Friendship Br. | 33 | 339 | 300 | 267 | 222 | 174 | 134 |

3.3.4 低水解析

調査対象地域内に年間を通じての水位・流量観測データは皆無である。したがって、調査対象地域の南方に位置するポーラック川の日流量データ（1986～1990年）をもとに流況曲線を作成し、縦軸の流量を平均流量で除して無次元化し調査対象流域に適用することとした（図3.6）。各河川の比流出率はUSACEによれば以下の通りである。

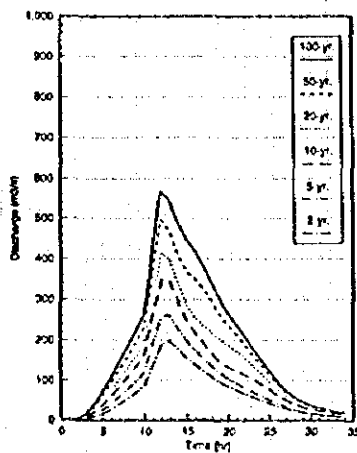
| | |
|--------------------|---|
| サコピア・サバンカヤワン・マリムラ川 | 0.050 m ³ /sec/km ² |
| バンバン川 | 0.046 m ³ /sec/km ² |
| アバカン川 | 0.039 m ³ /sec/km ² |



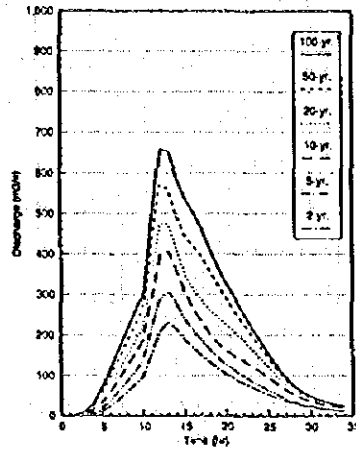
Schematic Diagram of Sacobia-Bamban River Basin

Probable Peak Discharge Distribution
Unit: m³/s

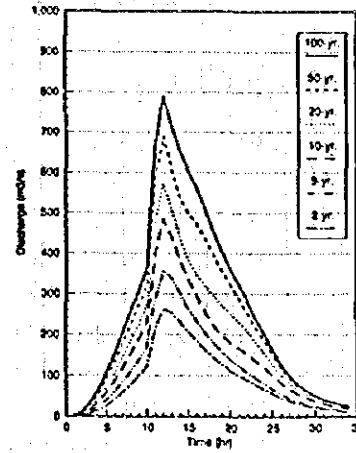
| Reach | Return Period | | | | | |
|-------|---------------|------|------|------|-----|-----|
| | 100 | 50 | 20 | 10 | 5 | 2 |
| No.1 | 400 | 350 | 290 | 250 | 190 | 140 |
| No.2 | 460 | 400 | 340 | 290 | 220 | 160 |
| No.3 | 570 | 500 | 420 | 350 | 270 | 200 |
| No.4 | 660 | 580 | 480 | 410 | 310 | 230 |
| No.5 | 800 | 690 | 580 | 490 | 360 | 270 |
| No.6 | 1440 | 1250 | 1040 | 870 | 650 | 480 |
| No.7 | 200 | 170 | 145 | 125 | 90 | 70 |
| No.8 | 440 | 380 | 310 | 260 | 195 | 140 |
| No.9 | 1820 | 1540 | 1260 | 1070 | 780 | 580 |



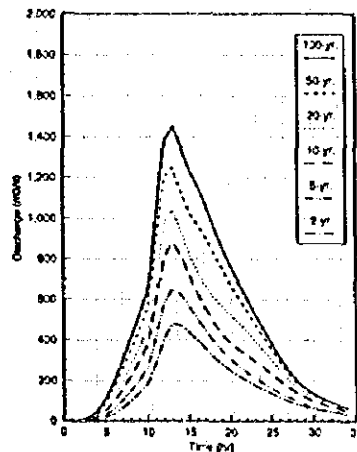
PROBABLE FLOOD RUNOFF HYDROGRAPH AT MASIKAP POINT



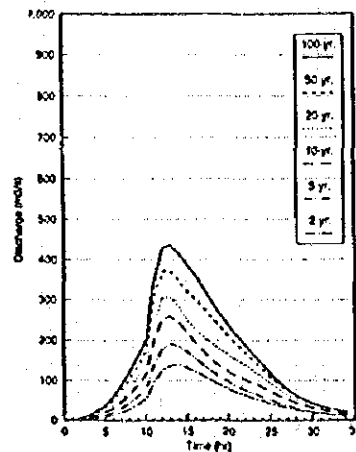
PROBABLE FLOOD RUNOFF HYDROGRAPH AT LOWEST POINT OF SACOBIA RIVER



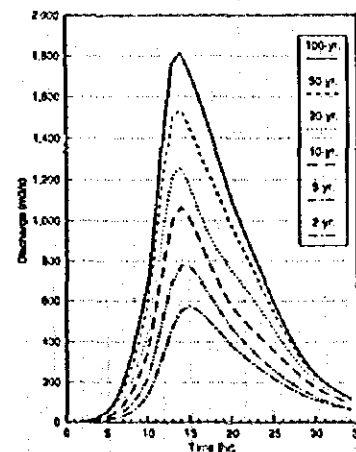
PROBABLE FLOOD RUNOFF HYDROGRAPH AT ROUTE NO. 3 OF BAMBAN RIVER



PROBABLE FLOOD RUNOFF HYDROGRAPH AT SAN FRANCISCO BRIDGE OF BAMBAN RIVER



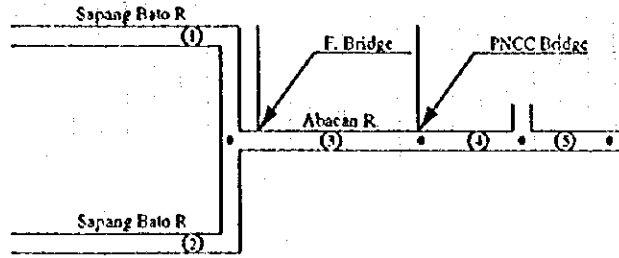
PROBABLE FLOOD RUNOFF HYDROGRAPH AT LOWEST POINT OF SAFANG BALEN RIVER



PROBABLE FLOOD RUNOFF HYDROGRAPH AT LOWEST POINT OF BAMBAN RIVER

図 3.4 サコビアーバンバン川流量配分図、確率洪水ハイドログラフ

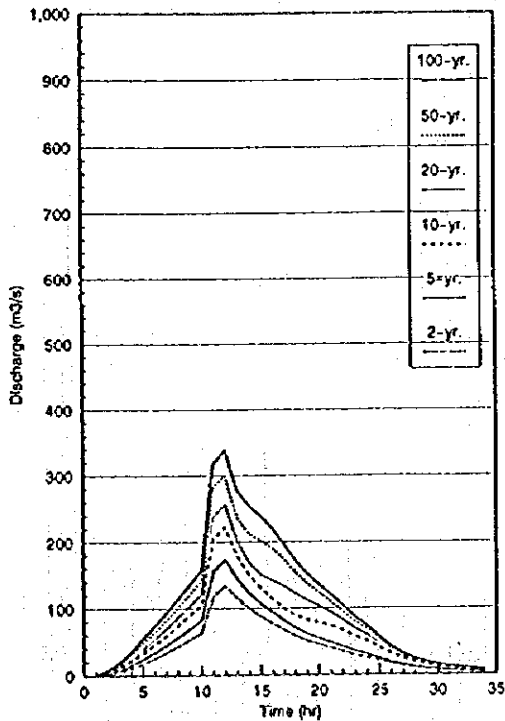
THE GOVERNMENT OF THE PHILIPPINES
THE DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS AND HIGHWAYS
THE STUDY ON FLOOD AND MUDFLOW CONTROL
FOR SACOBIA-BAMBAN/ABACAN RIVER
DRAINING FROM MT. PINATUBO
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



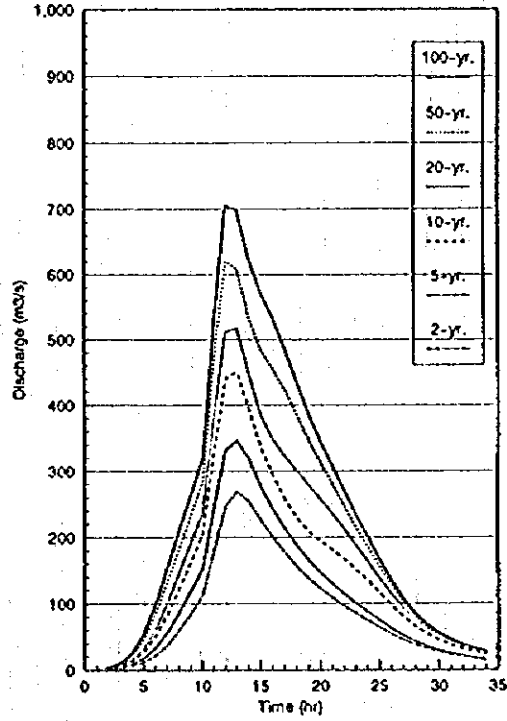
Schematic Diagram of Abacan River Basin

Probable Peak Discharge Distribution
Unit m³/s

| Reach | Return Period | | | | | |
|-------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 100 | 50 | 20 | 10 | 5 | 2 |
| No.1 | 150 | 130 | 120 | 100 | 80 | 60 |
| No.2 | 200 | 170 | 150 | 130 | 100 | 80 |
| No.3 | 490 | 430 | 370 | 310 | 240 | 180 |
| No.4 | 590 | 510 | 440 | 380 | 290 | 230 |
| No.5 | 710 | 620 | 520 | 450 | 350 | 270 |



PROBABLE FLOOD RUNOFF HYDROGRAPH
AT FRIENDSHIP BRIDGE



PROBABLE FLOOD RUNOFF HYDROGRAPH
AT LOWEST POINT OF ABACAN RIVER

図 3.5 アバカン川流量配分図、確率洪水ハイドログラフ

THE GOVERNMENT OF THE PHILIPPINES
THE DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS AND HIGHWAYS
THE STUDY ON FLOOD AND MUDFLOW CONTROL
FOR SACOBIA-BAMBAN/ABACAN RIVER
DRAINING FROM MT. PINATUBO
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

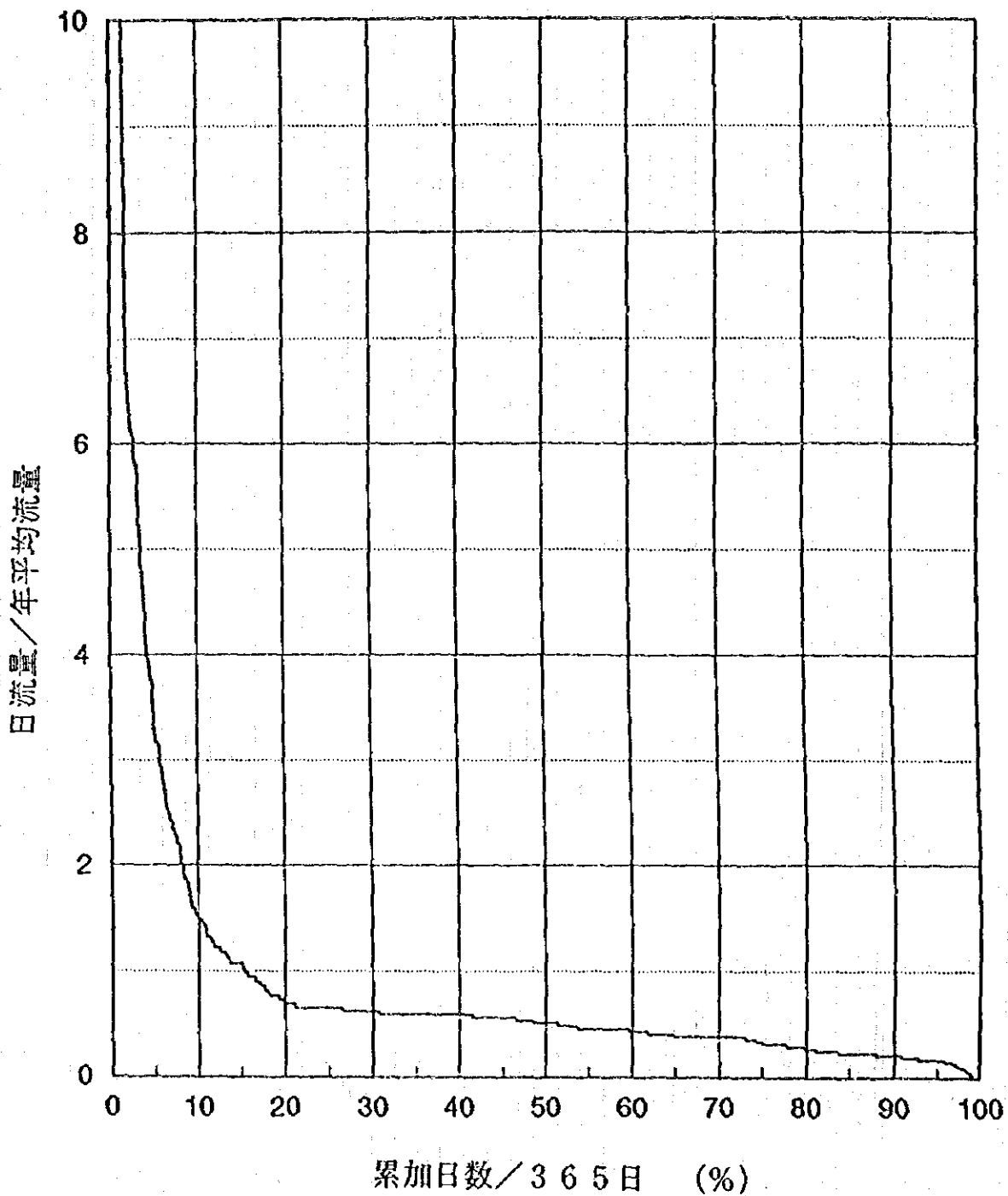


図 3.6 無次元化した流況曲線

Normalized Daily Flow Duration Curve

THE GOVERNMENT OF THE PHILIPPINES
 THE DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS AND HIGHWAYS
 THE STUDY ON FLOOD AND MUDFLOW CONTROL
 FOR SACOBIA-BAMBAN/ABACAN RIVER
 DRAINING FROM MT. PINATURO
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

3.4 土砂氾濫被害

3.4.1 土砂氾濫面積

ピナツボ火山東部流域における泥流氾濫面積を以下に示す。1991年～1993年はPHIVOLCSの観測結果であり、1994年以降は調査団が測定した。観測結果に基づいて作成したデザスターマップを口絵2に示している。

| 河川名 | (単位：ha) | | | | | 合計 |
|-----------|---------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | |
| サコピアーバンバン | 8,125 | 2,183 | 1,267 | 118 | 60 | 11,753 |
| アバカン | 2,930 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,930 |
| バシグーボトレロ | 3,700 | 600 | 500 | 3,000 | 1,900 | 9,700 |
| 合計 | 14,755 | 2,783 | 1,767 | 3,118 | 1,960 | 24,383 |

3.4.2 洪水・土砂氾濫想定図

1994年4月に新規作成した地形図(1:10,000)をもとに100m x 100m数値地形データメッシュを作成し、泥流解析を実施した。解析は100年確率洪水が生じた場合に洪水・土砂氾濫地域がどのように拡大するかを示している。解析にあたっては、建設省土木研究所および砂防地すべり技術センターにより開発された泥流解析プログラムを使用させていただいた。

また、解析条件として、施設計画なしを仮定条件とし、また、1994年4月の地形をもとにしているため、一部の泥流堆積地点では比高がかなりあるため洪水氾濫は起こらない結果を得ている。結果はGISへ入力し社会基盤施設とともに図示した。図3.7～図3.9に河川別洪水・土砂氾濫想定図(1/100)を示した。また、解析結果に基づいて作成したハザードマップを口絵3に示している。

Peak discharge (m³/s)
 Maskup(370) Marimla+Cauayang(800)
 mesh size = 100m

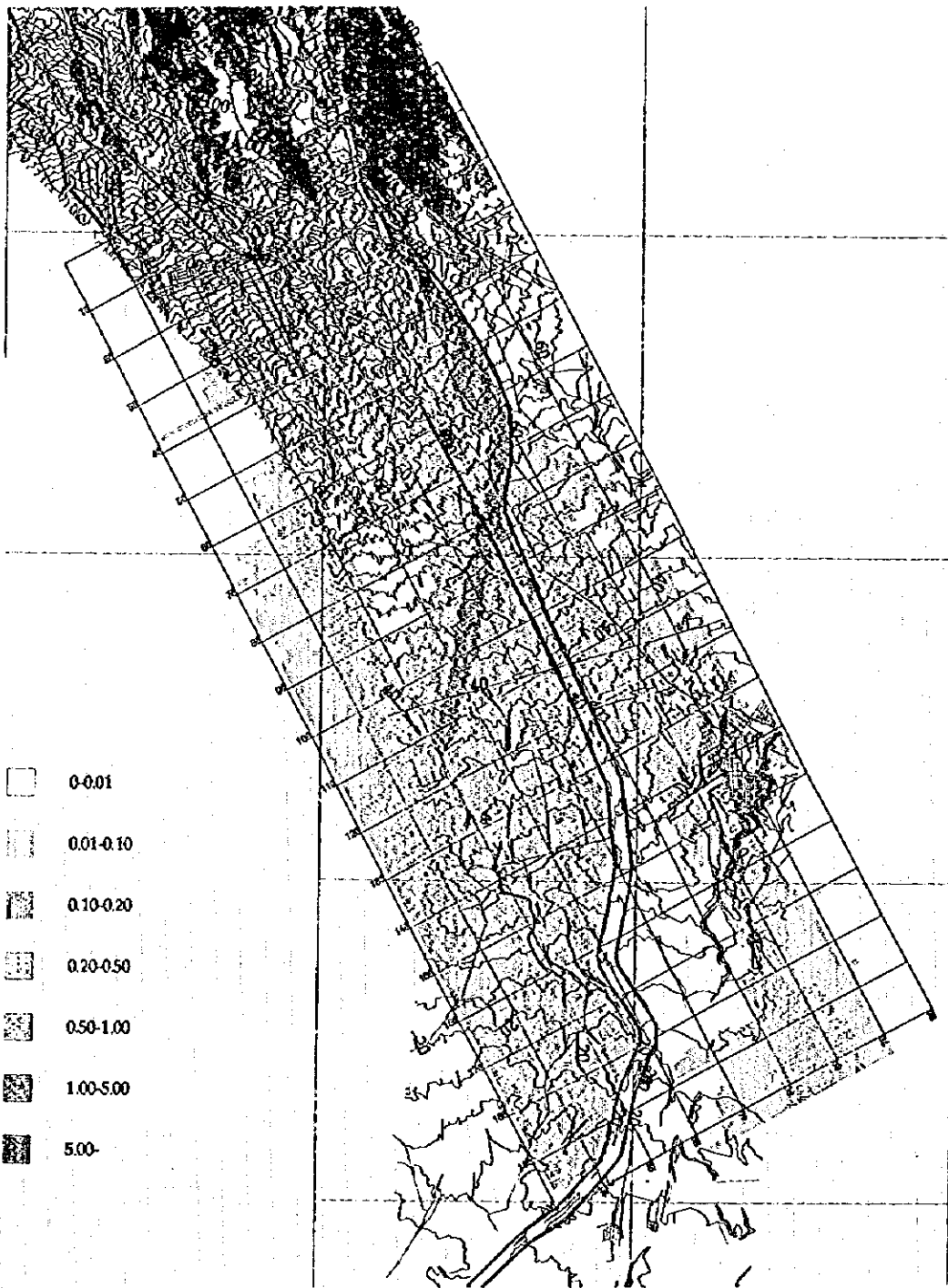


図 3.7 サコビア-バンバン川における洪水・泥流氾濫想定図
 (1/100確率洪水ハイドログラフ)

Maximum Flow Depth on Topographic Map
 due to 100-year Flood in Bamban River Basin

THE GOVERNMENT OF THE PHILIPPINES
 THE DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS AND HIGHWAYS
 THE STUDY ON FLOOD AND MUDFLOW CONTROL
 FOR SACOBIA-BAMBAN/ABACAN RIVER
 DRAINING FROM MT. PINATUBO
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Maximum discharge = 490m³/s
 mesh size = 100m

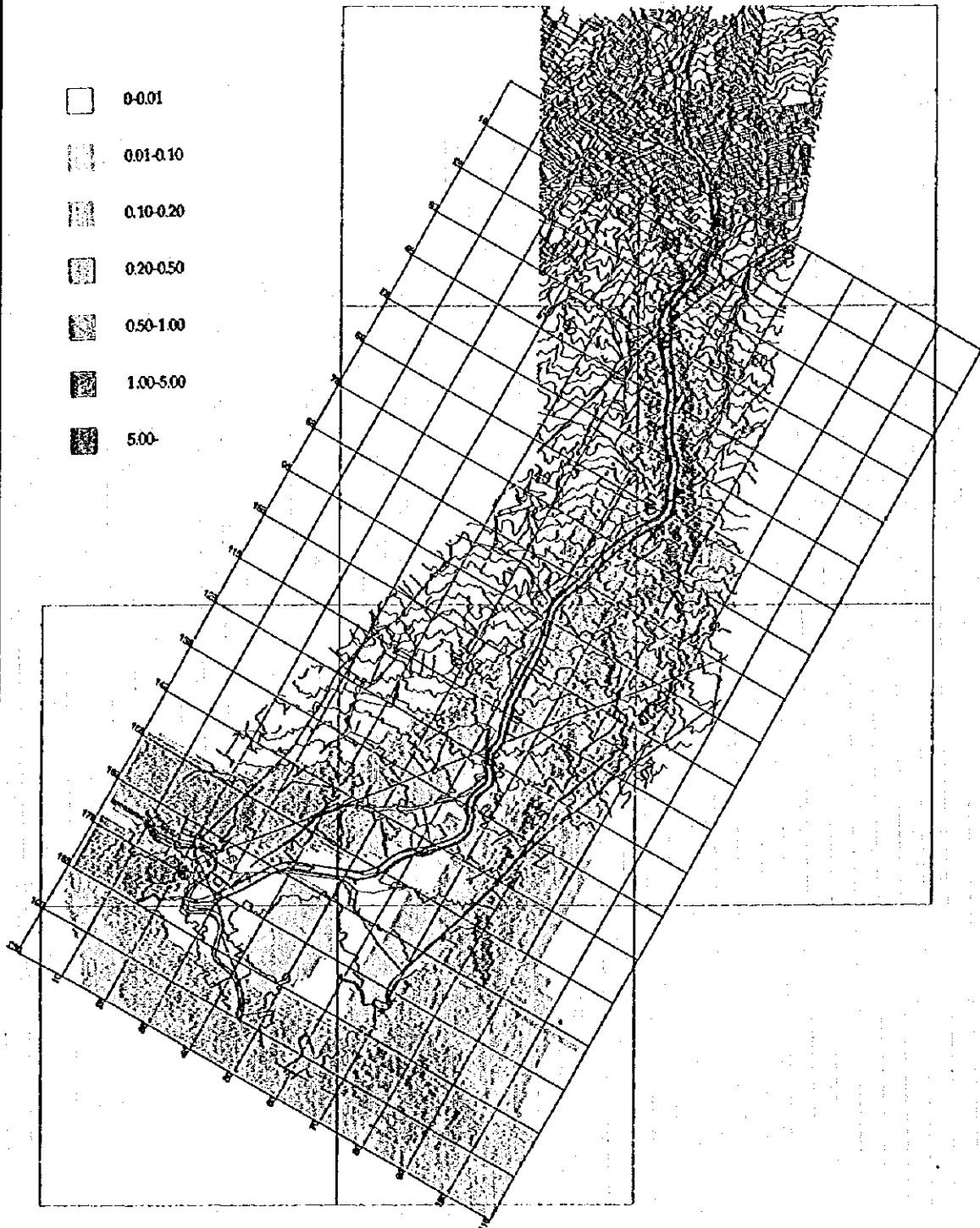


図 318 アバカン川における洪水・泥流氾濫想定図
 (1/100確率洪水ハイドログラフ)

Maximum Flow Depth on Topographic Map
 due to 100-year Flood in Abacan River Basin

THE GOVERNMENT OF THE PHILIPPINES
 THE DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS AND HIGHWAYS
 THE STUDY ON FLOOD AND MUDFLOW CONTROL
 FOR SACOBIA-BAMBAN/ABACAN RIVER
 DRAINING FROM MT. PINATUBO
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

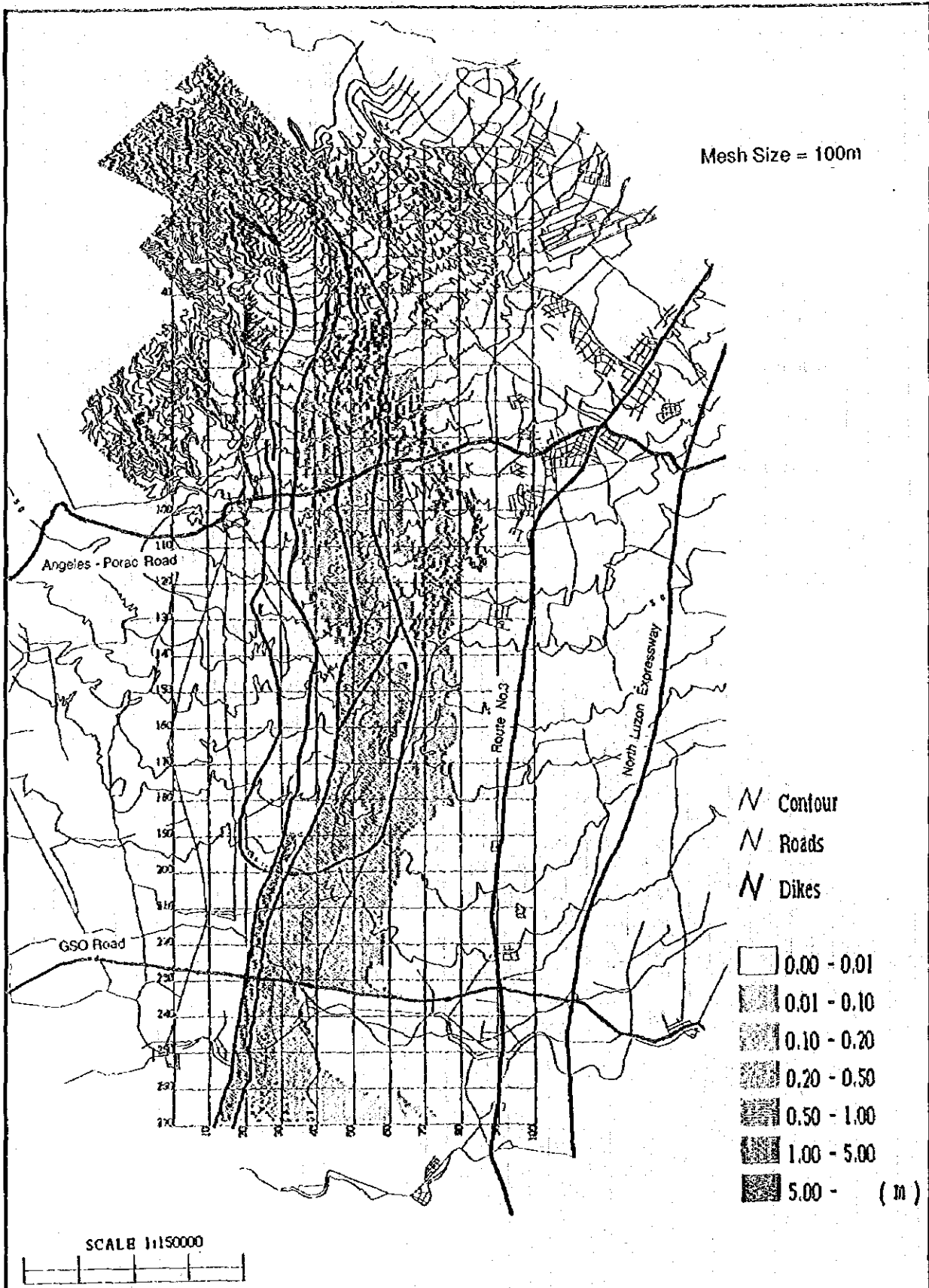


図 3.9 パシグ川における洪水・泥流氾濫想定図

(1/100 確率洪水ハイドログラフ)

Flood and Mudflow Inundation in Pasig River
due to 100-year flood on DIM

THE GOVERNMENT OF THE PHILIPPINES
THE DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS AND HIGHWAYS
THE STUDY ON FLOOD AND MUDFLOW CONTROL
FOR SACOBIA-BAMBAN/ABACAN RIVER
DRAINING FROM MT. PINATUBO
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

第4章 ピナツボ東部斜面における地形変化

4.1 地形の概要

ピナツボ火山(海拔1,745m)の周囲には、過去の噴火による火砕流堆積台地が形成されるとともに、流出した二次火砕流や泥流堆積物の堆積した扇状地が広範囲に広がっている。特に、ピナツボ火山東部の火砕流堆積台地(East Pinatubo Pyroclastic Flow Field: EPPFF)からは、サコビア、アバカン、バシグ川の3河川が流下し、下流域に広大な複合扇状地を形成している。

過去の噴火時には大規模な高温の火砕流が周辺の谷地形の中を何回も流下し、谷地形を埋積して平坦な火砕流堆積面が残るEPPFF地域が形成された。これらの火砕流堆積物は溶結してかなり硬質な部分も存在するが、溶結していなければ侵食に対して弱いため、豪雨時に泥流となって下流部の平野部に流下し広大な複合扇状地を形成した。また、1991年噴火と同様、過去の噴火で形成された高温の火砕流堆積物は流水や地下水と接触し、二次爆発を何回も発生させて、二次火砕流から高温の泥流が流下したものと考えられる。

これらの扇状地は、上流部の土砂生産源であるEPPFF地域の面積と比較しても非常に大きく、過去に何回も火山活動があり、大規模な土砂の生産・流下・堆積現象が生じたことを示している。土砂生産源としてのEPPFF地域から流出する3本の河川は火山活動による地形変化によって、河川争奪(Piracy)と流域変更を繰り返し、下流域への土砂流出の様相を変えてきた。

なお、サコビア川とアバカン川間に位置する旧クラーク基地は、サコビア川とアバカン川が交互に土砂を氾濫・堆積させて形成した複合扇状地上に建設されたものである。

4.2 ピナツボ火山の火山活動

4.2.1 過去の噴火活動

ピナツボ火山はフィリピンにある21の活火山のひとつで、多数の溶岩ドームを持つ複合火山である。全体は西に開いた直径8kmのカルデラからなり、現在のピナツボ火山はカルデラの中央部に中央火口丘として成長したものである。

フィリピン火山地震研究所(PHIVOLCS)や米国地質調査所(USGS)の調査によれば、火砕流や泥流の堆積状況、放射性炭素の¹⁴C年代測定結果などから、ピナツボ火山の噴火時期を大きく以下の4時期に分けている。

| | | |
|--------------|-----------------|-------------------|
| Inararo期 | (35,000年より前) | 最大噴火、今回の噴火の5倍以上 |
| Crow Valley期 | (5,000-6,000年前) | 今回の噴火の2~3倍 |
| Maraunot期 | (2,500-3,000年前) | 今回の噴火の2~3倍 |
| Buag期 | (500年前) | 今回の噴火とはほぼ同じか少し小さい |

1991年の噴火以前の山頂部は、Buag期の噴火後に形成された溶岩ドーム(標高1,745m)であり、周辺にはピナツボ山の溶岩ドームを取り囲むように、標高1,500m前後の溶岩ドームが多く存在する。ピナツボ火山は、過去に何回もの噴火を繰り返し、その度に大量の降下火砕物を噴出させるとともに、大規模な火砕流を周辺地域に流下・堆積させてきたことを示している。