



写真 17  
ボンガ扇状地と1993年溶岩流。  
ボンガ扇状地は1984年火砕流台地。  
1993年噴火時の火砕サーージは  
この付近一帯を覆った。



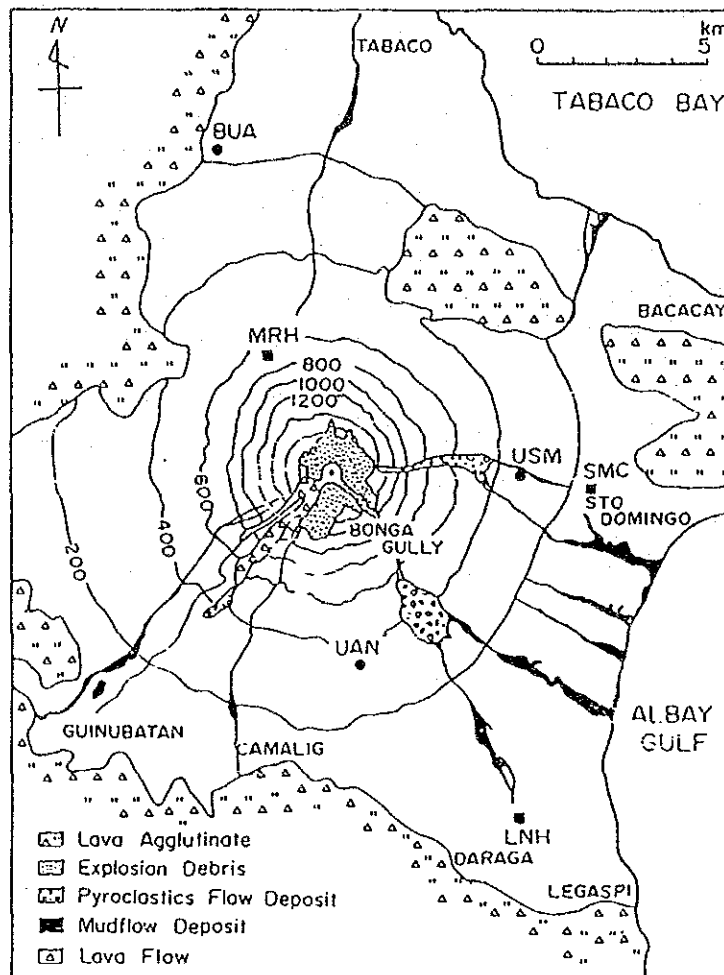
これまでの記録では山頂火口での前兆現象がかなりの高頻度で観測されている。しかしこれらの現象は、山頂が雲で隠れた場合には観測不能である。これを補うために、低周波マイクロフォンは有効な観測手段であることが、日本でも桜島、阿蘇山や十勝岳の噴火を契機に認められた。マヨン火山でも今回の噴火直後からLNHに導入された。今後は複数の観測点での低周波マイクロフォンによる連続観測が望まれる。

1984年および今回の噴火の際に、これまでの噴火では認められていなかった前兆と思われる現象として、マヨン火山周辺での地下水位の低下が観測された。例えば、今回の噴火では1.5～3mの地下水位の低下があった（岡田ほか、1993）。地下水位の変動はこれまでほとんど注目されておらず、連続観測は行われていなかった。これはすべての火山噴火の前兆となるわけでもないであろうが、マヨン火山の場合の前兆現象としてもっと注目されるべきであろう。

上記の観測機器および観測項目の問題点のほかに、通信手段に代表されるソフトの面での立ち遅れが目立つ。今回の噴火まで地震計の記録のテレメーター化がなされていなかったし、現在も完全には行われていない。これは前兆現象を速やかに解析するために不可欠であるだけでなく、噴火時の観測者の安全のためにも必要である。現在は一部のデータがLNHまで送られてはいるが、観測結果の速やかな解析および火山情報の作成・伝達のためには、ケソン市のPHIVOLCSの本所までテレメーターされることが望ましい。

これまで述べた問題点はPHIVOLCSの能力に由来する問題点ではない。岡田（1993）も指摘しているように、PHIVOLCSは少ない予算のなかで、1993年以前に、緊急移動観測班の設置、火山研究者常駐制度の導入、LNH観測所の新設などの、重要な先手の観測強化を計っている。残念ながら、この国の慢性的な国家財政難から、観測機器の更新などの対策をとることができなかった。

図-14. マヨン火山におけるPHILVOLCSの観測網（岡田，1993）



## 2-2-7. 危険区域指定手法

### 1) オペレーションマヨン

PHIVOLCSはマヨン火山の将来の噴火災害の軽減のため、「オペレーションマヨン」と呼ばれる噴火対策作戦手引書を作成している。これは1968年、1978年の噴火を経緯に作成・修正が続けられ、1984年の噴火後、1990年に改訂版がだされた（PHIVOLCS, 1990）。

オペレーションマヨンのなかでは、マヨン火山で予想される溶岩流、火砕流、降下火砕物およびラハールのそれぞれについて、危険区域図が示されている（図-15）。想定されている噴火の規模は1984年の噴火と同程度である。

溶岩流については、山頂から全方向へ6~7kmまで達すると考えられている。もちろん過去の噴火よりも、噴出量・噴出率が大きく、かつ粘性の低い溶岩流が流下すれば、危険域をこえて流下する恐れはある。しかし、6~7kmより離れた所まで到達している溶岩流が地表踏査によって認められないことから、予想以上の規模の溶岩流の流出の可能性は少ないとしているのであろう。

火砕流については過去の噴火の実績から、災害予想区域を山体からほぼ8km以内に設定している。この8kmの地点は、斜面の傾斜変換点（約8度から3度）にほぼ一致しており、ここを境に堆積物が火砕流からラハール堆積物に変化するところである。また東麓のバスト川流域では1897年の火砕流（写真-5）の経験から、12kmまでの海岸線までを危険区域としている。この他にガリーに沿っての火砕流流下の可能性を考慮して、南東のボンガガリー、東側のセント・ドミンゴガリーおよび南側のドラガ・カマリグガリー沿いが特に危険であることを指摘している。

降下火砕物については、粒子の大きさを区分して議論している。また火山灰については、この地域の高層卓越風を考慮して、北東および南西方向の地域を降灰予想地域としている。

ラハールの災害予想区域図では、災害の程度あるいは発生確率の大小に応じて、高災害予想区域、中災害予測区域および低災害予想区域の3区域に分類して示されている。高災害予測区域は歴史時代に繰り返しラハールが発生している河川や谷に沿った地域である。中災害予測区域は、歴史時代にラハールに襲われていないが、それ以前の数百年前頃と考えられるラハール堆積物が多く認められる地域である。低災害予測区域は、地形的にやや高いところ、または主な流域からかなり離れた地域で、近い将来にラハールの可能性がなさそうな地域である。

これまで述べた災害項目毎の災害予想区域図をもとに、危険区域を3種類に分類している（図-16）。1つは山頂から半径6km以内を永久危険区域（Permanent Danger Zone; PDZ）で、ここでは居住が禁じられている。さらに、噴火直前と判断された場合、ここには立ち入りが禁止される。1993年の噴火で多くの人が火砕流に飲み込まれたのはこのPDZのなかであった。ただし、噴火直前の警報は出されていなかった。

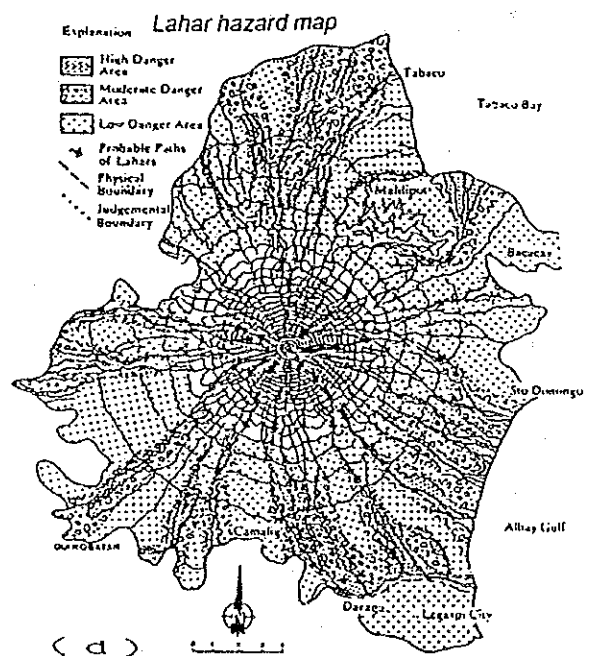
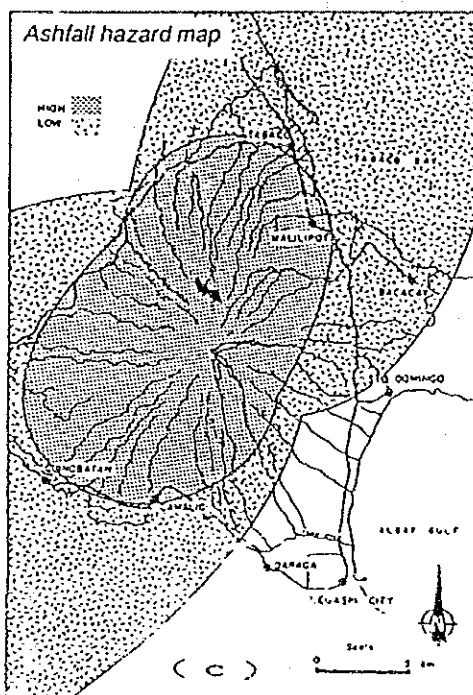
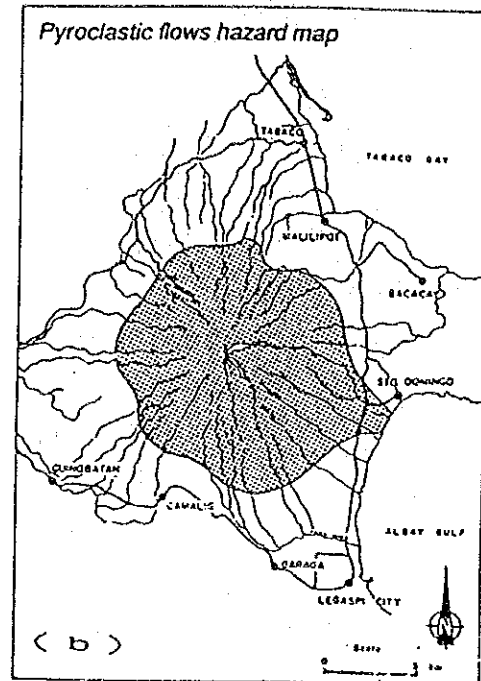
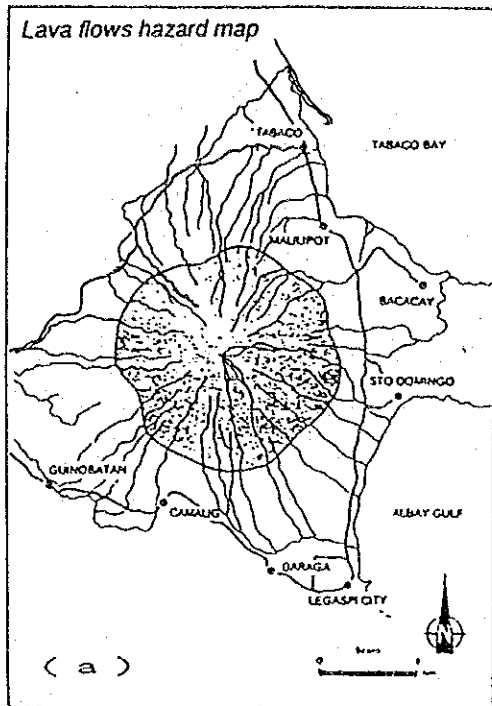


図-15. 災害要因別の災害予測図 (Operation Mayon, 1990)

危険区域（赤色帯；RedZone）は永久危険区域を含み南東へ、アバカ湾の海岸まで伸びる地域である。この地域には、半径6～11kmの範囲に22の集落が位置しており、噴火直前の警報発令時には完全避難が必要とされている。この地域はガリーの形状などを考慮して決められた。危険区域を取り囲む地域は、準危険域（黄色帯；Yellow Zone）として指定されている。準危険域は、山頂から半径6～8kmを中心とし、南東では一部15kmまでの地域を含み、79の集落が含まれる。この範囲では、活動が強まった際に避難が必要とされる地域である。

この他、避難経路や避難センターを指定した図も示されている。また付録として、周辺104ヶ所の集落毎に、溶岩流、火砕流、降下物、ラハール別の災害発生の可能性が、ランク別に示されており、個々の集落の災害危険度がかなり詳しく分かるようになっている。

## 2) 評価および改善点

オペレーションマヨンの危険区域指定手法は、現状で考える限り、最良のものに近いと考える。一見すると火砕流の到達予想図など、ラフである感はいないが、該当自治体や地域住民を対象とした、この種の予測図（図-15）は安全を見越し、火山噴出物の到達距離に関して、過大評価をして、境界線を広げて描くのはやむをえないであろう。

ただし、防災対策のための観測網の建設や、砂防ダムなどの建設計画のためには、その建設の優先順位の決定のためには、よりきめ細かい予測図が必要となるであろう。先にのべたように、マヨン火山での溶岩流や火砕流の主な流下方向は、山頂周辺の地形に大きく支配される。さらにその地形は、噴火時はもちろん、噴火前の地殻変動、および浸食に変化する。そのために次のような手法での、危険区域を指定する必要がある。

- (1) 定期的な空中写真の撮影を行い、地形変化のモニタリングをおこなう。
- (2) 山頂付近の地形を考慮し、噴出物の流下方向の予想を行い、方向別に危険度を評価。
- (3) 噴火の規模を想定して、それぞれについてシュミレーションを基にした、予想危険区域図を作成する。

上記の提言に基づき、1993年10月現在の山頂周辺の地形変化を考慮すると、現時点での、噴火による火砕流および溶岩流が選択的に流下する方向は、山体南東部のボンガガリー方向と考えられる。仮に噴火が小規模であるならば（1978年や1993年程度）、噴出物のほぼ全てがボンガガリーを流下するであろう。したがって、噴火の規模の割には、山体南東麓の災害は深刻なものになる可能性が高い。噴火の規模が大きくなると、南東部以外にも流下する可能性があるが、量的にはボンガガリー沿いが圧倒的に多くなる。しかしこの場合、噴火中に山頂周辺の地形が大きく変化する可能性があるため、注意が必要である。

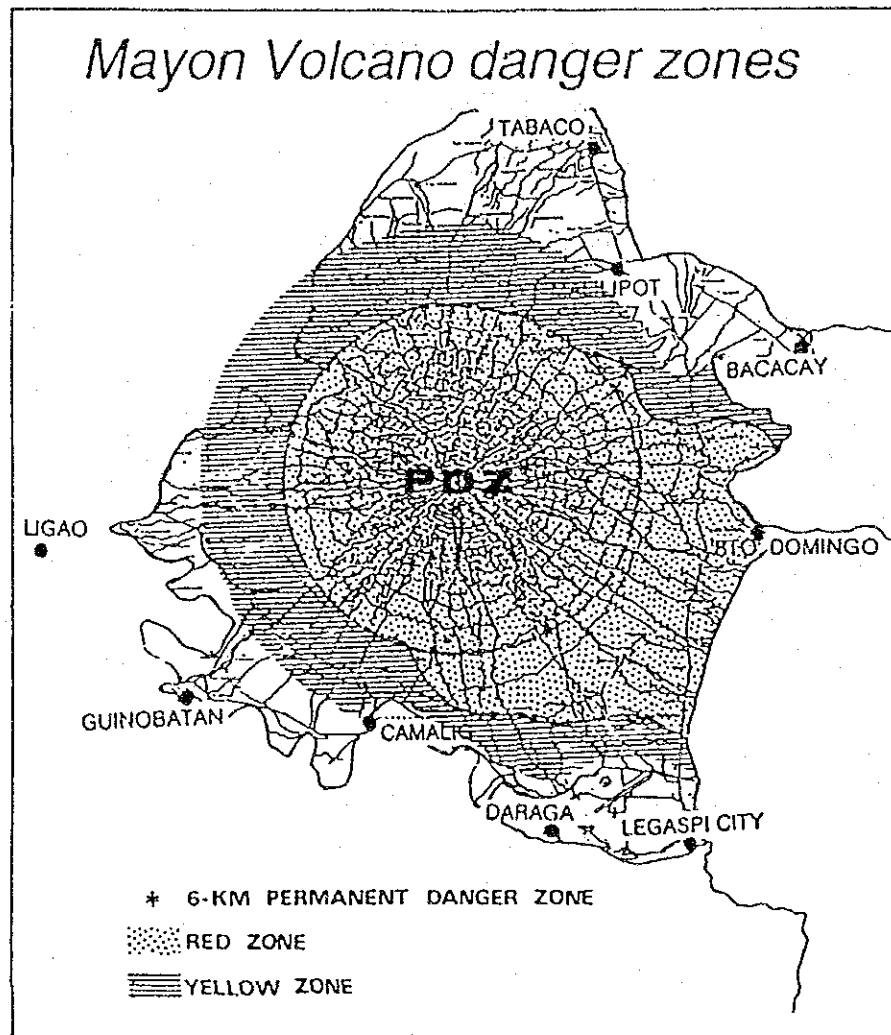


図-16. マヨン火山の災害危険予測図 (Operation Mayon, PHILVOLCS, 1990)  
 PDZ は山頂から半径 6 km の永久危険区域で居住は認められない。RED-ZONE(赤色帯)は危険度が高い危険区域、YELLOW-ZONE(黄色帯)はそれに次ぐ危険度の注意区域



## 2-2-8. 災害とその影響

### 1) 1984年の災害

マヨンの最近の大規模噴火は1984年9月10日に発生している。大規模火砕流と溶岩が南方向の幾つかのガリーに沿って流下した。噴火活動は9月23日の大噴火を挟んで10月6日まで続き、この間、豪雨によって様々な規模の土石流・ラハールが発生し、流路の形状を変え火砕流堆積地に新たな流路を刻むなどの現象が見られた。

この時にボンガ火砕流堆積地の西側沿いに新たなガリー新マビニ流路が形成されている。この時噴火とそれにとまなう土砂流出により、土地家屋や公共施設に多大の被害が発生したが、事前の避難により死者はなかった。

### 2) 1993年の災害

1993年2月2日に、前兆現象が観察されない小規模な火砕流を伴った噴火が発生し、火砕流は南方向の山腹斜面にあるボンガ・ガリーに沿って流下した。このために、永久危険区域（PDZ）としてあらかじめ宣言されていた頂上から半径6 km以内のエリアが襲われ、その後の数日間も、さらに小規模な火砕流が同じコースを流下した。また、その後の降雨は土石流・ラハールを発生させた。

この火砕流により、77名の死者が発生した。そのほとんどは、PDZの内側にあるボンガ扇状地内あるいはその周辺の農地にいた農民である。噴火以後、南東方向の半径10km以内の高危険区域（HDZ）に居住する住民約 6万人が避難した。

南東方向の斜面地形、特にボンガ・ガリーの状況がかなり変化したために、今後の降雨によって新たに残っている土砂が流動化し、災害を引き起こす恐れが大きい。

### 3) マヨン火山災害の特徴－加害現象

#### (1) 火砕流

マヨン火山の噴火は通常火砕流をとまなう。クレーター近くの急斜面にガリーを形成し、中腹に達して既存のガリーを埋め、あるいはオーバーフローして流下する。多くの噴火の場合、噴気流が海面近くの湿った空気を引き寄せ、豪雨を発生させ、その流出を引き起こす。これに伴い、高温の火山灰および火砕流物資を含んだ土石流・ラハールが発生し、時には頂上から12km以上離れた海岸線にまで達する。

これまでのマヨンの噴火を見ると、最初の噴火に先立って前兆現象が見られる。しかしながら、1993年2月2日13時11分、マヨンは何の前兆もなく（正確には現在の観測体制では捕捉されず）噴火し、火砕流が南東斜面のボンガ・ガリーに沿って6km流れ下り、人命を含む甚大な被害をもたらした。

## (2) 溶岩流

1993年の噴火による火砕流のあと、ボンガおよびアリンバイ・ガリーに沿って溶岩が標高約300m・頂上から約5kmの地点まで流下した。

マヨン火山の溶岩流は流速が小さく、人の歩行速度程度であるため、比較的危険性は低い。また、これまでの溶岩流の最大到達距離を見ると、永久危険区域として宣言されている頂上から半径6kmの範囲を越えていない。

しかしながら、溶岩流の堆積は、集水域の形状・大きさを変化させるだけでなく、その後の土石流やラハールが流動する経路を支配する初期条件である地形を大きく変える。

## (3) 土石流・ラハール

火砕流や溶岩が流出したあとの降雨にともなって発生するホットラハールとは別に、噴火期間の後の降雨および台風によって土石流・ラハールが発生するが、これは通常コールドラハールあるいは単にラハールと呼ばれる。

コールドラハールはほとんどの場合、火砕流やラハールの堆積物を表流水が削ることによって発生する。このときに新たなガリーが形成され、あるいは既存のガリーが拡大する。ガリーの壁は、側方侵食で頻繁に削られ、垂直に立っていることが多い。堆積物の透水性が大きいので、流水は簡単に地中に浸透し、降雨時および直後以外、流路は乾燥している。

1984年の噴火は、面積2km<sup>2</sup>、40×10<sup>6</sup>m<sup>3</sup> のホットラハール堆積を形成した。その後、豪雨によってコールドラハールが発生し、マビニ流路が拡大した。標高240mより下流域に堆積したラハール堆積物の量は、1.25×10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>と見積もられている。

さらに、1985年の台風サリンの時は、0.25～0.30×10<sup>6</sup>m<sup>3</sup> の土砂が堆積した。小～中規模と言われる1993年の噴火では、同年3月末までの総噴出量が 1.0～2.0×10<sup>6</sup>m<sup>3</sup> と言われている。さらに、PDCCによれば、その後の溶岩流の流出を含めて 95×10<sup>6</sup>m<sup>3</sup> の噴出物が10月までにあったとされているが、大規模なラハールは発生していない。

ただし、マヨンの噴火口が南東方向に割れ目をもっており、火山噴出物とラハールがこの方向に向かって発生に関する危険性が増大している。さらに、噴火の結果、南東方向斜面にあるガリー、とくにアリンバイ、ボンガ、マビニ流路の水源地域の地形と流域面積に大きな変化が起きている。土石流・ラハールの流量・流動方向が変化するなど防災と河川管理上危険な状態をもたらしている。

#### 4) マヨン火山災害の特徴－社会的側面

##### (1) 社会的な脆弱性

災害の多発に悩む開発途上国ではどこも、自然災害の犠牲者は小規模農家、漁師、土地なし住民である。災害に弱いそうした人々は貧困状態に置かれており、そのことは彼ら自身を、災害の起こりやすい山地斜面や海岸の低地、河川の堤防、火山山麓扇状地、その他の低開発地域に住まざるをえない状況に追い込んでいる。

度重なる自然災害を経験しても、そうした貧困層の住民は、開発された安全地域へ生活に移すことはしない。主に経済的な理由からである。都市もまた、土地なし住民を受け入れる余裕はなく、スラムの拡大によって環境の悪化や低開発地域への人口移動が問題化する。結果的に、農村地域の人口増、森林破壊が進行する。

自然災害は、そうした貧困層の命、家屋、財産を奪い、脆弱さを更に加速する。貧困と災害の悪循環とでも言うべきこうした現象は、多くの開発途上国で一般的に見られる。我々の目標は、この悪循環をいかに断ち切るかである。

1993年のマヨンの噴火による犠牲者の多くは、PHIVOLCSにより設定された永久危険区域(PDZ)および高度危険区域(HDZ)の内部で、ボンガ扇状地の周辺にいた農民である。PDZは半径6km、HDZは半径10km圏内の危険区域である。この災害は、単に前兆のない突然の噴火が原因ではなく、危険区域と設定された火山地域の無秩序な利用状態も一因であるといえる。

PDZの設定は、居住および立ち入りの規制と、現に居住する4市町内約902戸の住民の立ち退きを意図したものである。多くの住民は、カマリゲ、タバコ、ダラガ市に属している。同様に、南東斜面のHDZ内に居住するセントドミンゴ市の437戸、レガスピ市の800戸の住民についても移転の必要性がある。

PDZの宣言は1993年が初めてではなく、1984年の噴火時にPHIVOLCSが導入したものである。しかしながら、その後危険性が認識されていたにもかかわらず、移転・移住計画は一向に進展しなかった。結局、1993年の噴火後、RDCC(9)の総合復興計画の一部として移転・移住計画が描かれた。が、現在実施中のこの計画について、後述するようにいくつかの困難な問題がある。

### 第3章 1981年/1983年のマヨン火山砂防全体計画

#### 3-1. 砂防および洪水対策の背景

1977年に出されたフィリピン政府の要請に応じて、JICAは1979年から1980年に調査団を派遣し、当火山地域の砂防洪水対策に関するマスタープランを策定した。その後、1981年6月の台風ダーリンにより、プロジェクト区域の地形状況が大きく変化したため、フィリピン政府は日本に対して調査の見直しに関する技術協力を要請した。

これに応じて、1983年、JICAは「RE-STUDY OF MAYON VOLCANO SABO AND FLOOD CONTROL PROJECT」と題するレポートを提出した。調査の要点は、南側斜面の砂防計画の基本的なデザインである。そのうち、Stage-Iとして緊急性のある幾つかの砂防施設が設定され、残る施設についてはStage-IIとして分類された。

1983年以来、上記の計画に基づいて、フィリピン政府はDPWH Region-5を実施機関として自らの資金で詳細設計、事業実施を進め、幾つかの施設が完成した。工種を見ると、導流堤、堤防保護工、床固工、帯工、築堤、河床路、水制工、流路の掘削、浚渫が含まれる。しかしながら、予算的な制約もあって、これらの施設の効果は十分ではない。貯砂容量のある砂防ダムは設けられておらず、下流域では流送土砂の堆積により河床が著しく上昇している。

さらに、1984年の噴火では、大規模火砕流の堆積とそれに引き続くラハールにより、流路が大きく変動したために、新たな施設計画が必要となっていた。

#### 3-2. 1981年の砂防基本計画

##### 3-2-1. 計画対象流域

1981年の基本計画はマヨン火山の西・南斜面を流域とし、Oasの町を通過してBato湖へ流入するQuinali A、マヨン火山の北斜面とマリナオ火山の南斜面を流域として北東部海岸にあるMalinaoの町の北でTabaco湾に流入するQuinali Bならびに火山の南斜面を流域とするYawa川流域を対象としている。

Quinali Aには時計周りでみて、Quilangay, Tumpa, Maninila, Masarawag, Nabonton, Nasisi等の荒廃溪流が含まれている。

Quinali Bには荒廃溪流Buang川が含まれている。Yawa川にはPawaburabod, Budiao, Anolin (R), Anolin川が含まれている。

### 3-2-2. 計画の対象事業

基本計画は砂防および洪水防御基本計画の作成と警報・避難システムの検討を目的としているが、両 Quinali川に関する計画には農業開発計画が含まれている。

### 3-2-3. 計画の規模

砂防および河川の計画規模は他の河川の計画および日本の建設省河川砂防技術基準等を考慮して、50年確率洪水とした。

### 3-2-4. 砂防計画の計画目標と目標を実現するための手段

砂防計画は「50年確率洪水時に想定される土石流および土砂流を抑制・調節することを目的として」作るとしている。

計画目標として、

- a) 計画基準点における流出土砂量を許容値まで減少させる、
- b) 工事期間を10年とする。但し、ヤワ川流域では6年

としている。

計画目標を実現するための手段（工法）として、

- a) 河道の勾配の遷緩点の近傍に幅の広い空間（遊砂空間）を確保して流送土砂を受け入れる。  
土砂の堆積範囲を区切り、その中で貯留を促すために水制と突堤を設け、それぞれ、衝突する流れを中央へ押しやり、中央部の強い流れを分散させて大きい遊砂機能を持たせようとしている。
- b) 床固工を遊砂空間の下流の河道に設けて河床低下と溪岸侵食を防止する機能を期待している。

### 3-2-5. 河川改修計画

計画の方針は次のとおりである：

- a) 砂防区間と洪水防御区間の分界点は河床勾配約 1/100のパニャグ鉄道橋梁地点とする。河川改修区間は周辺地域の重要度等を考慮し、河口からPawa Burabod川の合流点までとしている。
- b) 計画洪水量は50年確率洪水のピーク流量とし、流量は合理式で求める。
- c) 経済的な線形
- d) 河床勾配の平衡を維持するために現河道に沿うように計画縦断勾配を設定する。

- e) 原則として複断面とする。
- f) 工事期間を10年とする。但し、ヤワ川流域では4年としている。

### 3-2-6. 洪水流出計算

洪水流出計算は有効な水文資料がないため、確率洪水ピーク流量を合理式によって求めた。計画流量は河口部で 2,150m<sup>3</sup>/s である。

### 3-2-7. 計画対象土砂量

- a) 流砂量は浮遊砂量の実測し、掃流砂は河床材料の粒度分析の結果とアインシュタイン式とから推定した。
- b) 生産土砂量を将来溪床に出てくる崩壊土砂量と溪床に堆積している不安定土砂量を加算した。生産土砂量は50年程度の期間に生産される土砂とした。
- c) 溪流の下流端に定点を設けて計画基準点とした。計画は基準点まで流出する土砂量を対象にする。
- d) 流出土砂量は芦田・奥村式を用いて算定した。  
この式は、流出土砂量 (Dm<sup>3</sup>) を流域面積 (Akm<sup>2</sup>)、日雨量 (R dmm)、平均河床勾配 (I) の積として表す：

$$D = 10 (ARdI)^2$$

これは、河道がもっている土砂輸送力の概略表示にほかならない。

- e) 50年確率洪水が流れた時の現河道の流砂量を許容流砂量とした。
- f) 流出土砂量と許容流砂量の差を超過土砂量として、砂防計画の対象とした。
- g) 生産土砂と流出土砂を各種の砂防施設で抑制すれば超過土砂量をゼロにできると考えて砂防施設の工種と配置を計画した。

### 3-3. 1983年の砂防基本計画

1981年に発生した災害を考慮して1981年の計画は再検討された。

#### 3-3-1. 計画対象流域

計画対象区域は Quinali A 川と Yawa 川の流域である。Quinali A には時計まわりに、Quirangai, Tumpa, Maninila, Masarawag, Ogsong, Nasisi 川が含まれる。Yawa 川には、Pawa Burabod, Bdiao, Anulin 1, Anulin 2, が含まれる。

### 3-3-2. 計画の対象事業

1981年の基本計画のうち、砂防計画のみが再検討された。

計画対象地域を土石流・泥流災害の実績をもとにして危険区域と安全区域に分類した。

### 3-3-3. 計画の規模

1981年計画に同じ

### 3-3-4. 砂防計画の計画目標と目標を実現するための手段

1981年計画に同じ。ただし、砂防ダムをスリット型に変更、左右のウイングを上流に向けて開いた形式にした床固工を連設して遊砂池とする、導流堤による遊砂池への導流等の方法を用いている。

### 3-3-5. 河川改修計画

基本計画に変更なし。

### 3-3-6. 洪水流出計算

基本計画に変更なし。

### 3-3-7. 計画対象土砂量

計画土砂量の変化は次のとおりである：

表-15. 計画対象土砂量

1981年計画				1983年計画				変 化
河 川	流出土砂	許容流砂	超過土砂	流出土砂	許容流砂	超過土砂		
キランガイ	261,000	82,600	177,500	260,100	82,600	177,500		無
マサラワグ	276,800	77,600	199,200	276,800	77,600	199,200		無
ナシシ	1,128,700	85,900	1,042,800	992,100	270,900	721,200		有
アヌリン	415,600	85,800	329,800	415,600	85,800	329,800		無
ブジャオ	234,600	58,100	176,500	234,600	58,100	176,500		無
パワブラボド	440,900	69,500	371,400	252,000	69,500	182,500		有

上に挙げた比較表によれば、ナシシ川とパワブラボド川について計画数量を変更していることが判る。

ナシシ川については、流出土砂量が13万 $\text{m}^3$ の減、許容流砂量が19万 $\text{m}^3$ の増、超過土砂が32万 $\text{m}^3$ の減である。

パワブラボド川については、流出土砂が19万 $\text{m}^3$ の減、許容流砂が変化なし、超過土砂に19万 $\text{m}^3$ の減としている。

このデータから、2流域に関しては、移動可能土砂が減少したことによって超過土砂量が減少したことが判る。

### 3-3-8. 計画の変化

上に示したように、1981年の災害の結果、計画の基本になる土砂量を一部変更したことが明らかである。この数量の変化以外に報告書に現れている変化は、危険地域と安全地域の区分をしていることである。

大きな変化は構造物の形状と配置にみられる。土石流によって新規に農地や村落が破壊されたことから、導流堤を強化するとともに遊砂池を強化して土石流を補足して氾濫を防止しようとする意図が明白である。そのために、水制を用いて河道からそれようとする流れを中心に寄せようとするのではなく、約200mの長さの強固なウイングをもつ床固工を4ないし5段連設する計画にしている。突堤で分散させる意図もなくなっている。調査団は土石流による破壊と氾濫の災害を発生直後に見て、その強大な力を実感し、洪水対策工法を強化した程度の対応では限界があることを理解したものと思われる。

### 3-4. 砂防計画の論理

砂防計画の問題点を過去に遡って挙げてみても意味はない。1980年当時の土砂の生産・運動に関わる観察とその力学的な解釈の技術が現在のものと比べるとはるかに未成熟であったからである。土石流という術語は定着し、現象を説明する力学モデルは提案されていた（高橋、1977）が、それを工学的に応用して計画に組み込む技術は定着していなかった。その理由は、土石流が発生して停止するまでの過程で生じる河床の変動現象を統一的に説明する流砂量式が開発されていなかったからである。

したがって、計画手法としては、

- 1) 望ましい河床縦断形をあらかじめ与え、それをダムや床固工で固定することによってその後の縦断形の変化は避け得る、



- 2) ダムに貯留機能を、床固工や水制工に現状を固定する機能を与え、想定して得た土砂量に対応する数の施設を配置することによって災害をもたらす変動（河床上昇）を防止しうる、

とした。

その結果、計画の手続きは、

- 1) 土砂量の収支を会わせる砂防計画基準点を決める、
- 2) 生産土砂量と移動可能（不安定）な土砂量を推定する、
- 3) 計画規模の降雨あるいは洪水の流出量を求める、
- 4) 3) で得た条件のもとで河道の土砂輸送能力いっぱいの土砂量を求める、
- 5) 計画洪水時の掃流砂量を許容流砂量として災害とは無縁とする、
- 6) 4) と 5) の差を砂防施設で貯留して下流へ流さなければ土砂災害は発生しない。

とした。

### 3-5. 砂防計画の問題点

この時期の砂防計画の手法には、一今の時点になって始めてできることではあるが、そして計画に組み込むべき要因が未解決のままに残されてはいるが、次のような若干の問題点が指摘できる：

- 1) 土砂が生産され運動する場である活火山とその山麓という条件が計画に組み込まれていない、  
活火山の地形学的な特徴は、地形の形成と解体が並行して進行することにある。土砂生産の場と運動の場は火山活動の頻度や規模および影響下にある区域の条件ならびに噴出物の物性に支配される。
- 2) 1) の観点は報告書では、「およそ10年に1回の割合で周期的に噴火している。河川流域はマヨン火山の噴火に直接的にまたは間接的に起因する土砂災害を被っている」と述べられているが、この認識が計画に十分に表現されていない。ガリが溶岩や火砕流堆積物に覆われれば河道の一部は消滅し流域の形状や集水機構は変化する。したがって、噴火以前の地形を基にした計画は根拠を失うことになる。
- 3) 生産土砂量や移動可能土砂量を明確な理論的根拠をもって推定することは難しい。しかし、流砂の理論や現場の観察記録は重大な洪水災害をもたらすものよりも小さい流量の流れ—確率の大きい降雨や流出—で土砂は生産され運動することを示しているから、年に1回の規模を持つ降雨ないし流出で発生する土砂

の生産と運動及びその結果としての河床変動を無視してはいけないわけである。50年に1度の規模の流出があった時、河道に輸送能力はなく、遊砂池に受け入れる空間がないということもありうる。

- 4) 河道の流砂能力は流送モード・水深・勾配・粒径で変化するから、流域を一括して差を求める方式は非論理的である。従って、許容流砂量なるものには実体がない。
- 5) 計画当時のままに存在する流域で谷の発達が進み、その過程で土砂が生産され運動するという開析型の地形変化を前提にする河川砂防技術基準は活火山という場の計画には不適切である。
- 6) 計画策定直後の災害は、設備の強度を大きくすることと土砂補足能力の向上が必要との解釈を生んだが、現象の理解と計画手法に本質的な変化は認められない。
- 7) 土砂の運動のメカニズムを力学的説明して計画に組み込むことができていない点は当時の水準からみていたしかたがないと考えられるが、「活」火山の本質を理解して計画されたものではない。

### 3-6. 河川計画の問題点

DPWHの担当者によれば、DPWHはマヨン火山の河川砂防に関する独自のMasterPlanは持っておらず、1981,1983年のJICA Studyを踏襲しているとのことであったが、Yawa川について、1981年のJICA Studyの日本版報告書の図面とDPWH所有の計画図とを比較すると、DPWHの計画は、川幅も100m程度と狭く、法勾配も1:1から2:1ときつく、堤頂長も3mと狭く、堤高も低く設定しており、流下能力ならびに堤防強度が不十分なものであると考えられる。

### 3-7. 予警報

#### 1) 1983年JICAスタディの概要

ここでは、1983年に行われたJICAスタディの予警報システムプロジェクトの概要を以下に整理する：

#### (1) 予警報システム計画

- a) 災害の直接的な主要因を土石流・泥流、洪水氾濫、高潮によるものとして、豪雨に関する情報を得るためのテレメータ式雨量局および水位局を計画対象地域内に計画し台風情報を入手するための情報伝達システムも計画する。

- b) 夜間に警報を発することができるよう自動警報システムの設置ならびに広範囲の住民に警報を伝達するための移動警報システム（警報車）を整備する。
- c) 雨量データおよび流出モデルから洪水流量を算定するデータ処理機能を持たせる。
- d) マニラ気象庁とレガスピ気象台、およびマニラ国防省とレガスピ国防省地方事務所間の情報伝達システムの改良が必要。
- e) 既設のピコール川流域予警報システムと本計画のシステムを連結する必要がある。

## (2) 実施計画

- a) 計画対象地域の災害に対する予警報の緊急必要度数を考慮して、3ステージの工事に分けて実施することとしている。

	外貨分 (百万円)	内貨分 (千ペソ)
第1ステージ工事(3年)	1,394	2,253
第2ステージ工事(2年)	455	1,260
第3ステージ工事(2.5年)	190	502

- b) 砂防プロジェクトとの関係から、第1ステージ予警報システムを早急に建設すべきである。

第1ステージ工事では、緊急に必要である予警報システム機器の設置を計画した。  
第1ステージ予警報システムの総工事費の年次別工事費支出は以下のとおり。

工事年次	外貨分(千円)	内貨分(千ペソ)
1年次	5,500	—
2年次	508,899	—
3年次	829,880	2,253
合 計	1,393,779	2,253

- c) 予警報システム建設にあたっては、円滑な工事進捗を図るために経験豊富な外国のコンサルタントの参加が必要である。

## (3) 第1ステージ工事

第1ステージ工事で計画した予警報システム施設は以下のとおりである：

(a) 気象観測所

気象観測センター：レガスピ气象台

雨量観測所：キランガイ、マビニ、マヨンレストハウス、タバコ（標高300m  
地点）、サン・ロケ、レガスピ・ゴルフ、ミセリコルディア

(b) 警報施設（局）

警報センター：レガスピ

役所内警報局：レガスピ（2箇所）

警報局：マタナグ、リボン、リガオ

警報車：レガスピ警報センターに4台、リガオ局に2台、タバコ局に  
2台

(4) 気象観測用無線通信システム（150MHzバンド）

レガスピ局－キランガイ雨量観測所

レガスピ局－マビニ雨量観測所

レガスピ局－レガスピゴルフ雨量観測所

レガスピ局－サン・ロケ雨量観測所

レガスピ局－ミセリコルディア雨量観測所

マヨンレストハウス－タバコ雨量観測所

(5) 警報用無線通信システム（400MHzバンド）

レガスピ局－マタナグ警報局

レガスピ局－レガスピ役所

レガスピ局－レガスピ役所

リガオ局－リボン警報局

レガスピ局－リガオ警報局

(6) 警報車用無線通信システム（150MHzバンド）

レガスピ局－警報車4台（レガスピ地域）

リガオ局－警報車2台（リガオ地域）

マヨンレストハウス局－警報車2台（タバコ地域）

(7) 幹線無線通信システム（800MHzバンド）

レガスピ警報センター－レガスピ局

レガスピ局－リガオ局

リガオ局－マヨンレストハウス局

(8) HF無線通信システム

気象庁マニラ本部－レガスピ気象観測センター

## 第4章 公共事業道路省の事業とその効果

### 4-1. 公共事業道路省の事業の背景

1981年6月の台風ダーリンはマヨン火山周辺地域に土石流・ラハールを発生させ、死者 203人、行方不明36人の犠牲者を出す大きな災害となった。この災害を重くみたフィリピン政府は日本政府に対して1981年3月に提出された砂防と河川防災のための基本計画の見直しを要請し、JICAは調査団を派遣して1983年3月に改訂基本計画を完成させた。その後、1984年9月に発生した噴火と直後の降雨は再度土石流・ラハールを発生させ、火山周辺の河川地形を大きく変えた。

### 4-2. 改訂マスタープランにもとづく砂防・河川事業の実施

改訂マスタープランは緊急施工を要する第1ステージのものと、緊急を要しない第2ステージに分類された。緊急度の高い第1ステージの工事が主に州政府の資金で1993年から開始された。中央政府の第5地域工事事務所は主要砂防設備のほか河道掘削を実施した。

事業の方針は次のようになっている；

- 1) 土砂を下流へ連続的に流すことによって災害を防止する、
- 2) 土砂が流下する過程で河床が低下して新たに土砂が生産される区間には砂防ダムと床固工を、氾濫する所では土砂を補足する、
- 3) 構造物は土石流の破壊力に対抗できるよう強化する、
- 4) 防護対象から流れを外らせることによって災害を防止する、
- 5) 河床が上昇して氾濫の危険がある所では河床の土砂を掘削して河積を確保する。

これまでに施工された砂防・河川構造物の詳細を表-16.に示す。

### 4-3. 事業の効果と問題点

#### 4-3-1. 概要

個々の施設は計画されたとおりの役割を果たしていた。効果は河道に変更が無い限りそれなりに認められる。ガリにそって立地する村落はいずれも水制や導流堤の水はね効果によって洪水や土砂の氾濫から良く防護されている。

しかし、いずれの川の流域も河床土砂を掘削することなしには平和は保たれていない。河床上昇は毎年のラハールの流出で継続して発生しており、工事事務所と建材業者が行っている掘削事業で年1回程度の規模の流出と平衡を保っているのが実状である。

#### 4-3-2. パワブラボド川

パワブラボド川の状況は他の河川とは決定的に異なっている。既存のガリの開析が進行して土砂流出が続く他の河川とは異なって、パワブラボド川の場合は、1984年9月の噴火の際、火砕流・溶岩が標高300m から500m の位置に延長2 km, 幅1 km, 面積 3,9 km<sup>2</sup> 扇状形の台地を形成した。

元の河道（ボンガ川）は堆積物に覆われて埋没し、表流水は見られなくなった。新しいガリは堆積物の東西の縁辺部にそって形成され、東側がアリンベイ川、西側がマビニ川となった。マビニ川は山頂のクレータの開口部に始まるガリとつながっている。ガリは噴火直後にホットラハールが発生したのをはじめ、東南斜面の河川にラハールが毎年頻繁に発生するようになった。

その結果、これまでに施工されたきたボンガ川沿いの導流堤の砂防効果は小さくなった。工事事務所では、マビニ川を締切る砂防ダムと導流堤をそれぞれ標高220, 210m の地点に施工してラハールを元のボンガ川に流す工事を実施した。この工事は見事に成功し、現在ラハールは元のボンガ川を流れている。（写真-15）

しかし、ボンガ川の状況は他の河川と同じである。河床上昇は標高 100m の地点付近で発生し、掘削が行われて年1回程度のラハール流出と平衡を保っている。

表-16. 1992年までに建設された砂防施設等

プロジェクト名	構造物	事業量	投資額(名目)	合計
ARIMBAY	導流堤	7基, L=2,039m,H=3m,W=21m	P=17,554,106	
	床固工	1基, L=50m,H=3m,W=4m	3,546,000	21,100,106
PADAN	導流堤	14基, L=3,300m,H=3m,W=21m	10,378,500	
	床固工	1基, L=55m,H=3m,W=3m	3,989,250	14,367,750
PAWA-	導流堤	7基, L=1,712m,H=3-4m,W=21m	15,933,950	
BURABODO	浚渫	L=400m,	4,000,000	19,933,950
BASUD	導流堤	12基, L=2,679m,H=3m,W=21m	19,196,250	
	床固工	1基, L=50m,H=8m,W=4m	5,000,000	24,196,250
SAN JOSE	導流堤	8基, L=1,285m,H=3m,W=21m	7,871,140	
	床固工	1基, L=55m,H=3m,W=4m	1,000,000	8,871,140
SAN VICENT	導流堤	4基, L=486m,H=3m,W=9m	6,000,000	6,000,000
SAN RAWAN	導流堤	1基, L=319m,H=3m,W=var	1,000,000	1,000,000
TAGAS	導流堤	3基, L=621m,H=3m,W=3-9m	2,000,000	2,000,000
BINITAYAN	導流堤	1基, L=145m,H=3m,W=6-9m	2,015,961	
(YAWA川上流)	改良	L=955m,	5,000,000	7,015,961
BUDIAO	導流堤	8基, L=4,815m,H=3m,W=9m	15,536,919	15,536,919
ANULUNG	導流堤	9基, L=2,540m,H=3m,W=9-21m	11,393,262	
	床固工	2基, L=10m,H=3m,W=6m	2,133,000	13,526,262
QUIRANGA	導流堤	8基, L=3,030m,H=3.5m,W=15m	16,712,757	
	床固工	1基,	1,212,000	17,912,757
MASARAWA	導流堤	7基, L=1,610m,H=4m,W=9-21m	10,216,250	10,216,250
NAISISI	床固工	5基, L=88-205m,H=3m,W=3m	12,770,166	12,770,166
BONGA-PANDAN	導流堤	4基, L=1,399m,H=3.5m,W=10m	4,500,000	4,500,000
YAWA RIVER	堤防	L=3,950m,H=2.5-4m,W=5-9m	27,934,189	
(YAWA川下流)橋梁		L=17.5m,H=3m,W=9m	900,000	
	基礎	L=1,663m,H=4m,W=2m	1,800,000	30,634,189
合 計				209,381,700

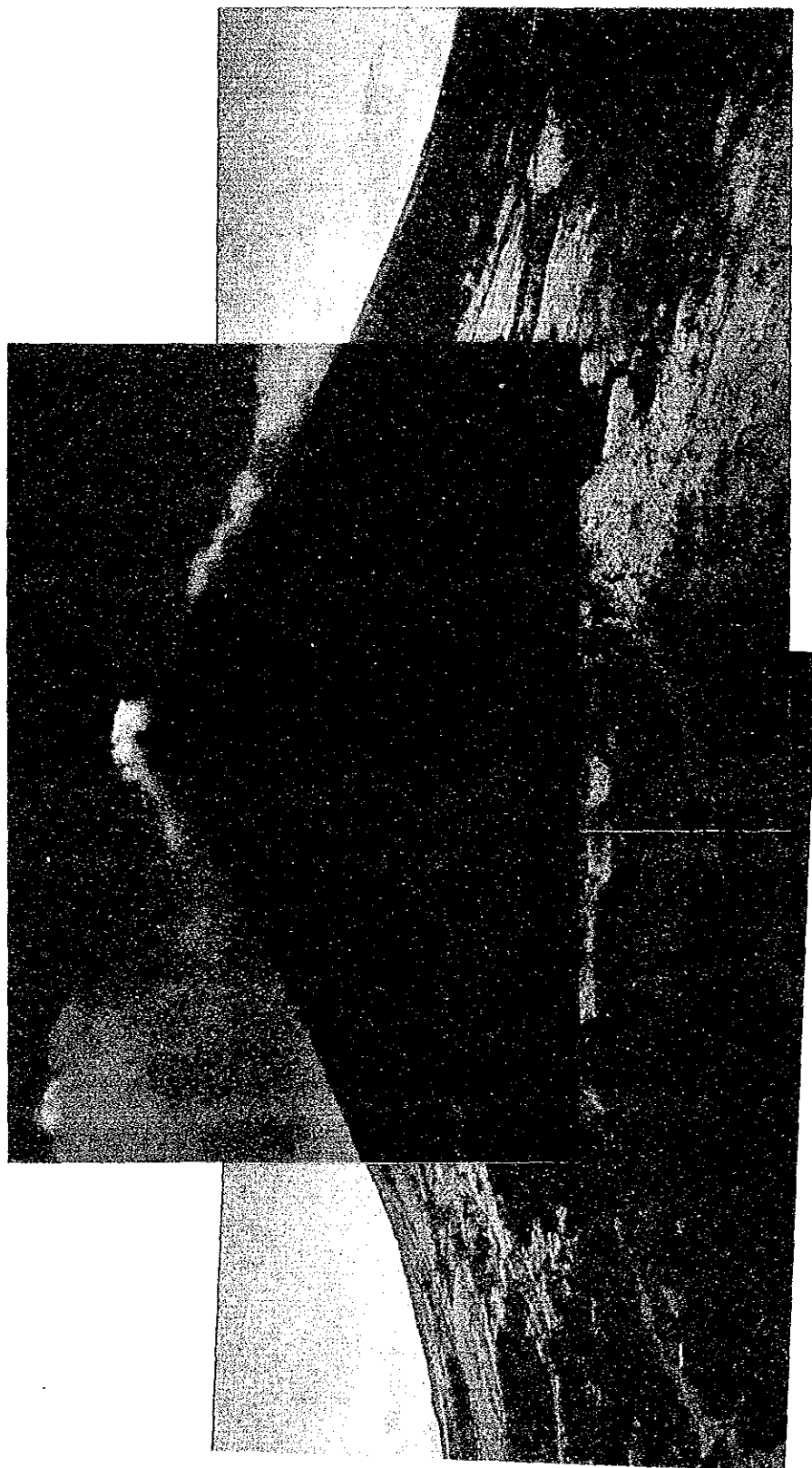
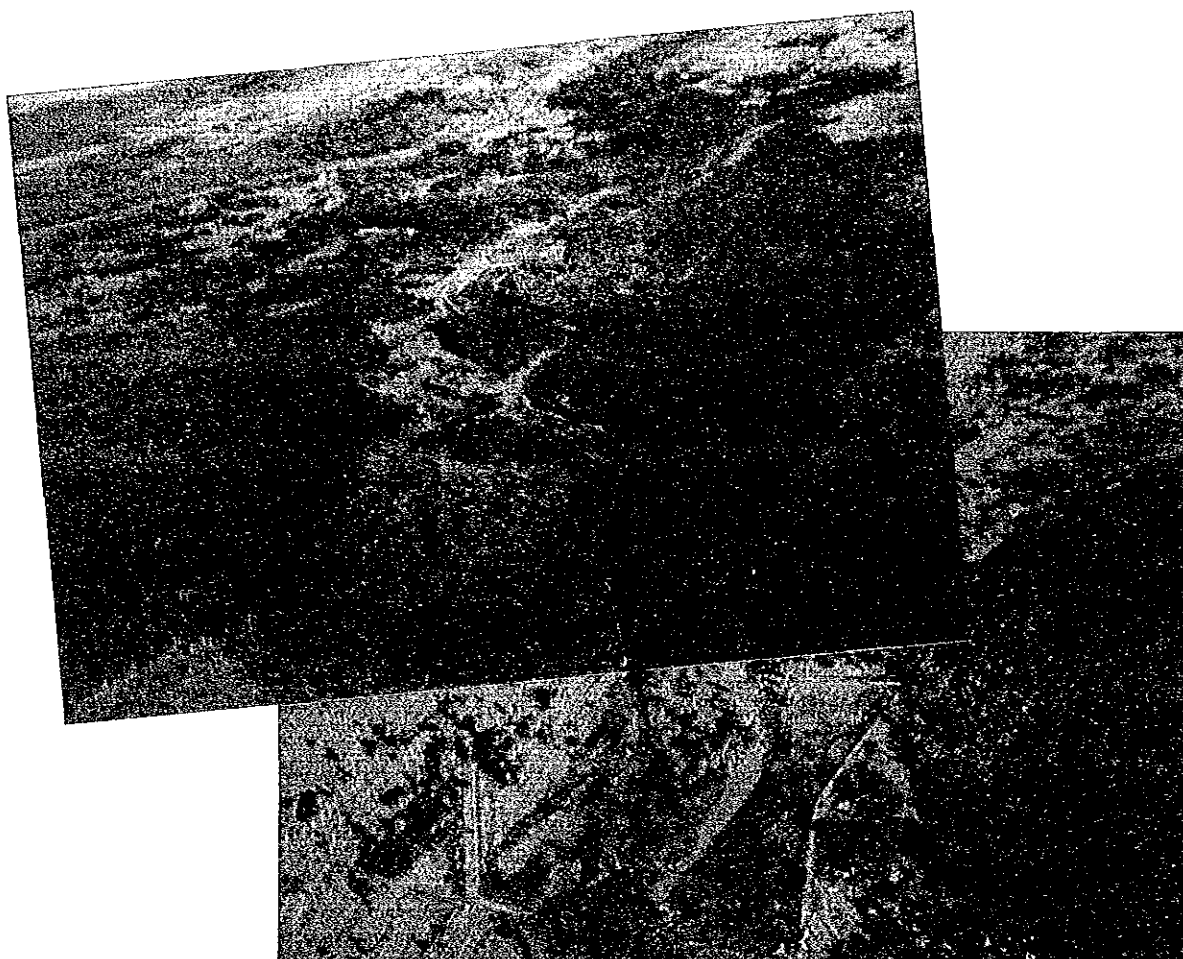


写真-18-1. マヨン火山南東斜面のガリー（左からマビニ、ボンガ、アリンベイ川）



写真-18-2. ボンガならびにマビニ両ガリーの状況





#### 4-3-3. ヤワ川等河川区域

##### 1) 概 況

Yawa川は、Pawa Burabod川, Budiau川, Arimbay川等のマヨン火山南麓の各支川を合わせAlbay州の州都Legazpi市を貫流して東のAlbay湾に注いでいる。各支川はマヨン火山の噴出した堆積物のため、降雨の度に多くの土砂を堆積させている。これらの土砂流出はマヨン火山周辺の河川全般に見られるが、特にYawa川支川を含む南部の河川及び東部のArimbay川, Buyuan川, Basud川等の河川の荒廃は著しい。

Pawa Burabod川は、その多くの土砂をYawa川合流前に堆積させ、Lingnon Hillの山裾で合流している。合流部周辺には大きな集落はなく、耕作地が広がっている。

Budiau川についてもその多くの土砂をYawa川合流前に堆積させているものの合流部の河川区域の面積が広く、ここでも多くの土砂を堆積させている。この合流部は広く一定の河道貯留効果があると思われる。Budiau川よりBusay国道橋までの上流区間は勾配も急で、最上流部は掘り込み式の河道形態である。

##### 2) ヤワ川の改修

Yawa川の改修は、Lingnon Hillより上流については1989年から1992年に、下流については1988から1992年に実施されており、DPWHの計画図に基づき施工されている。1993年の改修予算はゼロである。

##### 3) 堤防の現況

DPWHが建設したYawa川の堤防は施工や維持管理が不十分で、いたるところで破損が見うけられる。中下流部の左右岸の低水路の侵食が著しく、施工済みの堤防の基礎部分にまで及んでおり、当該部分から壊れている堤防が多数見られる。とくに、Yawa橋地点からBogtong地点の約2km区間の破損が著しく（写真-19）、右岸側は深刻な状態であり、このまま放置しておけば、これら堤防の多くが破損してしまうことが予想される。

このような河岸侵食の原因は、

(1) 建設材料に使用するために個人または私企業が行っている過度の砂利採取

(写真-19-3)、及び

(2) 堤防基礎の根入れがもともと浅かったこと、

等が大きな原因となっている。

DPWHが建設しているYawa川の現在の堤防は、JICAスタディーのマスタープランに基づいたものではなく、河道の流下能力、堤防強度等も十分でないと考えられる。

堤防の破損に対し、約250mの区間（Yawa橋上流右岸）で1992年に復旧が行われているが、その他の破損した堤防の復旧並びに砂利採取コントロールを早急に行う必要がある。

#### 4) 河口部のしゅんせつ

河口部のしゅんせつは1991年から1992年にかけてYawa橋の下流で約115000m<sup>3</sup>行っており、しゅんせつ土は周辺の土地の造成に使用している。しかし、土砂の堆積のためにしゅんせつ部分は元の状態に戻りつつあり、河道の流下能力確保のために再度のしゅんせつが必要と思われるが予算不足で実施されていない。

河口部右岸側にDPWH Region 5に3台あるしゅんせつ船のうちの1台（排砂管の径8インチ）が係留されているが、今年の11月から未稼働状態である。

#### 5) 河道内の施設

パルプ工場地点にある取水堰は（橋を兼用、写真-20）は河道の流下能力を阻害しており、改築を検討する必要がある。

Bogtong地点にある建設中の橋(Spillway)は、河川の流下能力を阻害する可能性が高く、再検討が必要。なお、この橋は建設途中に本年7月8日の台風Hulingにより破壊されている。同様の形態の橋(BridgeではなくSpillway)は、Mayon火山東部を南北に走る国道がArimbay川、Buyuan川、Basud川の各河川を渡る地点に設置されており、河道の流下能力の面でも、洪水時の交通確保の面でも大きな問題である。

なお、これらのSpillwayは床止めの機能を実際的にはたしており、検討を行うときには、この点を配慮する必要がある。

河口部のYawa橋(写真-21A)は、昔の建設当時に比べ大きく河床が下がっているため、橋脚の基礎部分が露出しており、この部分の補強を検討する必要がある。（写真-21B）

#### 4-4. 河道の変化の観察と施設の維持管理

河床変動測量は行われていない。新規の施設を設計する前と用地の取得に必要とされる場合にのみ測量が行われている。

維持管理は変化を目視していて既存の構造物が破壊する寸前に行われる。ピナツボ火山の復旧事業に予算を取られてマヨンには事業費は廻されていない。

写真-19. ヤワ川下流右岸の状況





写真-20

ヤワ川取水堰の被災状況





写真-20. (A) ヤワ川河口  
浚渫船と管理所

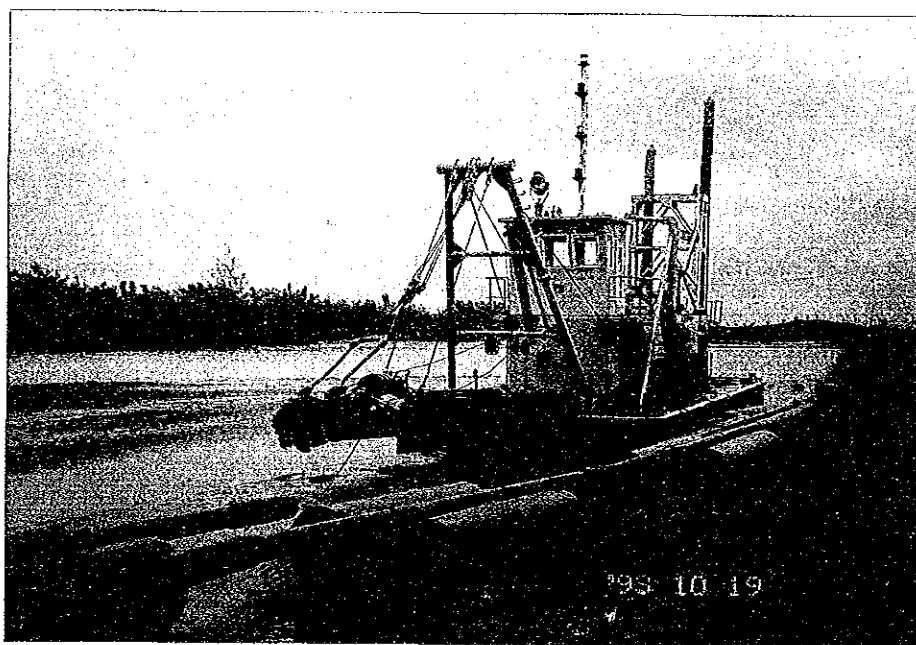


写真-20 (B) ヤワ川河口部  
浚渫船



写真-21 (A) ヤワ橋

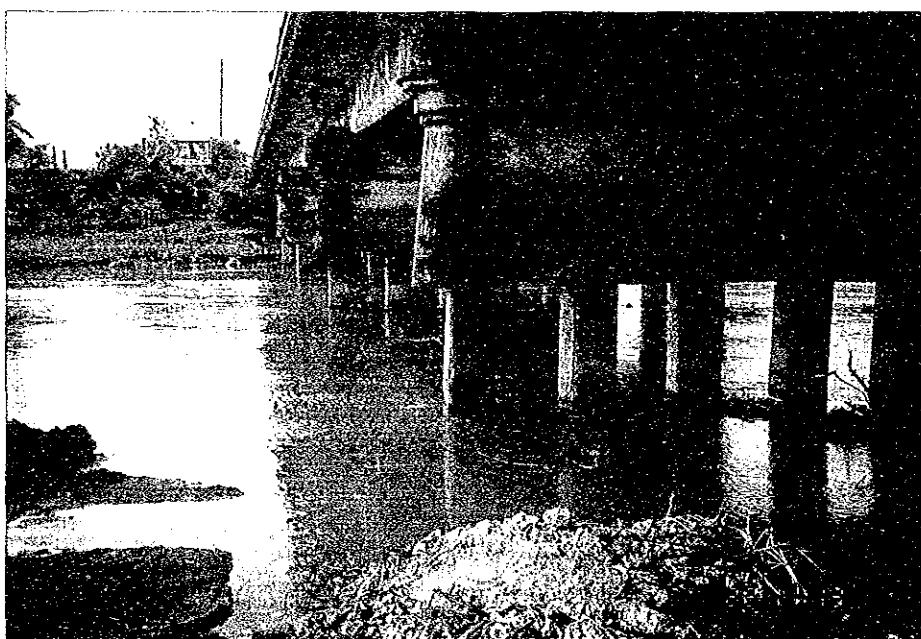


写真-21 (B) ヤワ橋の橋脚



## 第5章 1993年の噴火と災害

### 5-1. 噴火と土砂生産現象

1993年2月2日13時ごろ、山頂火口から噴火した。噴火時、山頂には雲があり、噴火そのものの瞬間は観察されていないが、ボンガガリーを流れた火砕流の先端部と雲上に出た噴煙が観察された。この噴火は前兆現象を伴わなかった。

火砕流を伴った噴火は3月3日までにさらに3度発生しているが、いずれも東南に開口したクレータの下で急峻な斜面上で成長する溶岩流の先端部が崩れ落ちることによって発生する崩壊型（メラピ型）である。

火砕流の到達距離は4kmで、最初に発生した火砕流の到達距離（6km）を超えていない。2月2日以降3月16日までの延べ14回の噴火では火砕流が発生しているが、3月19日に火山性地震が群発するようになったあと、3回の噴火では溶岩流が発生している。総噴出量は200万m<sup>3</sup>と推定される。

火砕流は1984年の火砕流の堆積で形成されたボンガ扇状地の2/3を覆っている。前回の火砕流に較べて量的には少ないが、麓で扇形に広がった結果、1984年の火砕流が到達しなかったボンガ火山麓扇状地の北側隣接地まで広がって犠牲者を増やした。

### 5-2. 噴火による被害、損害、関連する影響

93年の噴火に伴う災害は、死者77名、負傷者数名、被災人口76町108,001人。52箇所の避難センターに計12,139戸65,928人が一時避難した。農業被害額は作物71百万ペソ、家畜2.2百万ペソ、森林4.4百万ペソである。

人的および経済的被害と比較して、社会インフラに関する被害はそれ程小さくなく、国道の数箇所で土砂の堆積で数日間不通となった程度である。それも、構造的には大きな破壊を受けておらず、土砂の除去で回復した。

家屋および配電施設への大きな被害も報告されていない。その理由は被害の主因がマヨン中腹に堆積した高温の火砕流サージであり、多くの家屋や施設が分布している区域より上流であったためである。

水の供給施設についても、無事である。もともと、浅井戸で汲み上げる水または標高100m付近の湧水を利用しており、良質の水を容易に得られる。多くのバランガイは、この湧水のためか標高100mのコンターラインに沿って発達している。

このようなマヨンの災害形態は、永年の間、避難と再定住を繰り返してきた危険地帯の特徴的性格を示している。このような危険の下では、人命や作物を奪う災害はまさに悲運であると受け止めるものの、再び人々は元に戻って生活する。なぜなら、そこには基本的に豊かで自然災害に柔軟な居住条件があるからである。

### 5-3. 脆弱性に関する一般の認識

災害にたいする脆弱さについて、一般にどのような認識がなされているかを知るため、我々はアリンバイ流路に沿ったマタン・バランガイにおいて聞き取り調査を行った。

バランガイの長によれば、当バランガイでは1993年の噴火災害で死者28名、車両58台、家屋1棟、ココナツ畑28ha、水田10haを失った。災害直後、全戸数289戸が避難し、レガスピ市の勧告で5月26日に帰宅するまでの間、避難生活を続けた。

被災は、PHIVOLCSの情報がなかったことが原因だとして、予知できなかったPHIVOLCSの「失敗」を残念がっていたが、現在はCDCC(10)を通じた情報に信頼を置いているということであった。CDCCとはトランシーバーで連絡体制が常にとられており、他に2ヶ所の地区とも結ばれている。各戸との連絡網は、6名の連絡員がおり、さらに、90%の普及率のラジオが情報伝達手段となっている。

起こりうる災害に関する認識は薄く、降雨による洪水やラハールの可能性については殆ど知らない模様である。これまで20年間くらい大きな洪水はなかったと言い、ほとんど危険と認識していない。住民の関心は、もっぱら火山活動とそれに引き続く火砕流などの現象であり、雨によるラハールは二の次である。

一方、移転についてはチェアマンにその意志はないらしく、集落が接している流路の河床が危険な状態にまで上昇しているにもかかわらず、堤防の拡張を要望していた。従来と変わらぬ土地利用が、今後も当然続けられると信じられている。

技術的かつ社会経済の発展を考慮に入れた見地から、住民を加えた議論と知識の普及が必要である。

### 5-4. 移転/生活再建計画

#### 5-4-1. 移転/生活再建計画の内容

RDCCは1993年の災害後、被災地区を管轄する政府機関とレガスピ市と7郡を組織して火山周辺の被災地域の総合復旧計画を立案し、5年間の計画として既に実施に移した。骨子は、1)移転/再建、2)防災計画、3)防災工事、4)補償の4本に分かれ、総額で872百万ペソと見積もられている。

移転/再建計画はPDZ内の902戸とHDZにある437戸を対象とし、7カ所の移転サイトの開発、農業/生計手段の準備、集団移転先での新たな町内組織の編成等を含む。7カ所への移転は5カ所が強制的であるが、レガスピ市とサントドミンゴ郡の2カ所はHDZにあるため任意で移住するとされている。

防災計画は、PDZの外にあってHDZに指定されている地域で災害時に緊急に設営されるテント村と衛生のための付属施設および警報・救急薬品・連絡のための機器等施設を除く対策を準備することである。

防災施設は噴火の結果火山周辺の斜面に新たに堆積した土砂がラハールとなって下流を襲うのを防止するためのダム・導流堤等の土木構造物である。補償はPDZ内の農地・家屋その他個人財産に対する補償である。PDZにある2,283haの及ぶ土地は無私物とされ政府の財産となるために補償金を支払うのである。

#### 5-4-2. 移転事業

移転事業に関連する状況は次のとおりである：

- (1) 危険地域内の住民は、暫定的に避難所に移って生活をしているが、一部住民は元の住居に帰っている。
- (2) 危険区域外の住民は従来そのままの生活を続けている。
- (3) 住民は農業によって生計をたてており、住居に近接した所に農地をもっている。
- (4) 移転先の土地の取得と整地については問題なく行われている。しかし、定住先での生計手段に関する配慮は乏しいように思われる。町から遠いのに交通の便が得難いこと、移転先に農地が得られそうにないことである。
- (5) 移転の対象となっている住民の意向が計画に充分反映されていないように思われる。インタビューに応じた被災者は移転先と代替農地の位置が離れすぎているので農業ができない。したがって、移転はしないと言っていた。

マヨン火山周辺は確かに危険ではあるが、それだけでは住民は移転しないだろうと思われた。全てを失ったピナツボ火山地域の被災者と違って、マヨン火山の被災者が失ったものは少ないからである。

住民の安全を守るという行政当局の意図は、住民が生計を維持していく手段に確信をもつように説得力のある計画にする必要がある。

## 第6章 河川・砂防調査の視点と成果

### 6-1. 調査の考え方

マヨン火山の周辺地域は、火山活動による直接・間接の災害を経験している。防災のキメ手は「過去の災害の経験から教訓を学び、将来の類似の危険に備える」ことである。

類似の加害現象や災害現象に対しては、経験や教訓は交流することができる。それは賢明なことである。マヨン火山地域のできごとは人ごとではない—これが我々の立場である。

マヨン火山地域ではどのような加害現象が発生しており、それらがどのような災害をもたらし、その結果どのような教訓を学び、将来の類似災害の可能性に備えようとしているか？これが調査の目的である。

これまでの経験から明かに砂防計画はこの地域の防災計画の根幹をなすことが判るが、砂防計画とそれに基づく事業だけでは防災の実があがらないことも判る。それは砂防事業が火山活動そのものを対象にしえないからである。砂防事業の効果とその限界を明らかにすることも調査の目的である。

### 6-2. 加害現象

主たる加害現象であるマヨン火山の火山学的な特性については第2章に述べられている。火山活動とそれらにともなうマヨン火山の山体形成過程が人と社会の利益を阻害したときに災害になり、降雨にともなう山体の開析過程が人と社会の利益を阻害したときにも災害になった。事実、アノリン川の下流にある教会の廃墟と現在認められるその周辺の土地利用と集落の配置は、過去の被害に恐れを感じながらも火山にお伺いをたてながら耕地を拡大しつつ斜面を這い上がろうとする意図が感じられる。

過去に発生した災害をもとに将来の加害現象を予測したものがフィリッピン火山地震局によって作られている (Operation Mayon, 1990)。1992年の火砕流災害はこれらの災害予測図が合理的であることを改めて示すこととなった。重要なことは、加害現象が発生する位置である。火口壁の開口部は現在のところ南東部分にあり、火砕流も溶岩もこの開口部から発生した。ラハールもしたがってこの部分にあるボンガ・アリンバイ地区で発生している。しかし、1827年の噴火では南西部に、1892年には南東部に、1897年と1947年には東側に開口して火砕流や溶岩を噴出させている。噴火の規模が大きいと開口部の位置に無関係に様々な方向に噴出させている。

このことは火口壁の開口部の効果が小規模の噴火を除いて火山の山体形成にさして支配的でない、言い替えば、火口を中心に360度の範囲で同じように危険であることを示している。

このことは砂防計画の重要な根拠として認識されなければならない。

### 6-3. 被害と災害予測の意味するもの

これまでの被災経験とわれわれの対応能力に明らかに認められる限界に照らして、災害予測図に示されている限界は工学的な限界をも同時に示しているものと解釈すべきである。過去の被災記録は、南西部の町カマリグ・ギノバタン、東側のサントドミンゴにまで火砕流が到達したことを示している。これらの実例をことごとく恐れて回避するべきだとすると現実には合致しないことになって火山周辺地域の社会に混乱を起こす。その計画は説得力を失う。

一方、永久危険区域では、1993年災害が示したように、火砕流と溶岩が堆積し、仮に平和な期間に若干の構造物が建設できてラハールの制御に効果があったとしても10年に1度の頻度の噴火で埋められてしまう。費用対効果比は極めて小さいものになる。災害予測図はこうのように、起こり得る危険と現実の居住区域の存在を同じ重みで評価して決断したものと解釈できる。

この災害予測図が砂防計画の重要な根拠として認識されなければならないこと、ならびに、予測を超える現象に対する備えを別途、同時に、準備するニーズがあることを示している。

### 6-4. 社会の防災力

現代社会の防災力の大きさはその社会がもつ生産力の大きさとその使い方にかかっている。（防災力の大きさは平均寿命を指標として表されるという研究成果がある。）

しかし、生産力が大きくてもその使い方を誤った社会の防災力は大きくならない。たとえば、日本は過去に、その巨大な生産力を軍事目的に振り向けてきた。その結果、軍事力の巨大化とは逆に防災力は弱体化し、それが戦中から戦後の1940年から1960年にかけて自然災害の集中的な発生という結果につながった。

防災力は勿論、生産力の大きさだけでは決まらない。加害力を巧みに避ける伝統的な知恵が土地利用や観天望気の言い伝え、建物の構造、緊急時の処し方、助け合いのしきたり等の秩序となって防災力を維持している。しかし、生産力の増加が人口の増加に遅れた場合には防災力は維持せず、社会は相対的にも絶対的にも災害に対して脆弱になる。

この観点から見ると、マヨン火山の周辺の地域社会の防災力はどの程度であろうか？そして、今後どのように推移していくのだろうか？ 防災力の低下を食い止める手だては見いだせるだろうか？

これも砂防調査のポイントであり、計画のポイントになるものである。この点に関しては第2章に概説した。

## 6-5. 土砂災害対策の現状

### 6-5-1. 既設砂防施設および流路の現状

1993年5月に現地調査を行ったチームによれば、

- 1) アリンバイ、パダン、バスド川に建設された床固工が今回の噴火に伴う土砂堆積により満砂状態にある、
- 2) アリンバイ川の上流で土砂の除去作業が行われている、と報告された。

その後、10月に我々が訪れたときは、特に南東斜面の地形変化が進行し、幾つかの砂防施設の効果が薄れている状況を見た。現状を分析する。

#### (1) 概 観

施設計画は基本的にはJICAが1983年に策定したレポートに基づいて立てられているが、地形的に変化のあった流路などで修正が加えられている。特にボンガおよびマビニ流路の施設計画は、JICAの計画とは大きく異なったものになっている。

大きな違いは、導流堤の配置に見出される。実施された配置を見ると、導流堤は流路に平行して連続した堤防のように築かれており、流路沿いの集落の保護を直接の目的にしているかのように見える。元々の導流堤計画は、数百メートル間隔で分離した霞堤のような配置に計画されていたものである。

実際に施工されている施設計画のねらいは、連続した堤防を用いて集落の保護と同時にラハールを主流路の方向に導こうとするものである。

しかし、ねらいどうりの効果があがっているとは考えられない。集落をラハールの直撃から守る効果が暫定的にあっても中・長期的には河床が上昇することによって効果は減少し、流路は天井川化して、逆に氾濫の危険度が大きくなる。氾濫を防止するために重機械を用いて土砂を兩岸の方向へ掻き上げる工事が常時必要とされる状態になっている。

一方、砂防ダムのような横断構造物は非常に少ない。これは、既存の溪流のなかで流入土砂と流出土砂のバランスがとれるような縦断勾配を作る計画が困難であることを経験的に理解した結果であると考えられる。溪床や溪岸が侵食されることによって発生する土砂量に較べて火口から供給される土砂量が圧倒的に多い場合には、押し寄せる土砂から何はともあれ集落を守る手段を考えるのは人情である。膨大な資金と時間を要する横断構造物を多用して、土砂濃度の大きい流れに対して平衡勾配をもつ流路を設計することは不可能であることを第5工事事務所の技術者は経験的に知っていることがわかる。

## (2) パワ・ブラボド川（ボンガおよびマビニ流路）

この川は1984年の火砕流堆積により最も影響を受けた流路で、上流域での火砕流扇状地の形成およびガリー侵食により、マビニ流路と呼ばれる新たな流路が生まれた。この時、大量の土砂が下流のマビニ・バランガイを襲い、家屋の半数を破壊し18名の人命を奪った。

マビニ流路上流では、流路が堆積土砂を削りこんで、その幅を拡大している。この流路に流れ込んだ1993年の溶岩流は、偶然にも標高600m付近でコースをアリンバイ流路の方に転換したが、依然としてこの深いマビニ流路がラハール発生時の通り道になることは確実である。

1993年の噴火による上流の状況変化および溶岩流の堆積により、パワ・ブラボド川は極めて危険な状態に置かれている。現在までに、新しいマビニ流路を元のパワ・ブラボド川（ボンガ流路）に流入させるために、数基の導流堤が設置されているが、上流に不安定な土砂が追加されたために、大規模なラハールが発生した場合は、この導流堤によって流れの向きを変える効果は期待できない。そればかりか、ラハールを狭い流路によって誘導しようとする方法は、さらに流路の下流域において河床上昇による氾濫を引き起こす可能性が大きい。

河道を固定してその中に土砂を含む流れ収めるにすれば、粒径も大きく土砂濃度も高い。

ヤワ川と、パワ・ブラボド川を横切っている道路に挟まれた区域には、今年の洪水流が氾濫した痕跡が残っていたが、ここも、ラハールポケットとして保全すべきである。この区域は、家屋の立地は避けなければならないが、平常時は現在行われているように耕地として利用可能である。

パワ・ブラボド川は、ヤワ川に流入している。レガスピ市では、ヤワ川の下流域、市の東の方向に住宅区域が発展している。パワ・ブラボド川からの土砂供給により、この区域におけるヤワ川の氾濫の危険性は増大しており、DPWHは継続的にヤワ川下流の浚渫を行っている。このことから、パワ・ブラボド川の土砂供給をコントロールする（流れの中の土砂の濃度を低下させる）ことは緊急の課題である。

## (3) アリンバイ流路

1993年の噴火～溶岩流の堆積に至る以前は、この流路の上流は1984年の噴火による火砕粒堆積区域を洗掘していた。1993年の溶岩流の先端は、このガリーを塞ぐように標高360m付近で停止し、厚さ30m以上の溶岩を堆積させた。このガリーの、溶岩の堆積区域より上流に位置する区間で、火口壁から始まるガリーから供給される土石が滞留（ダムアップ）する可能性がある。このことからこの流路は最も危険な状態にあるといえる。



写真-22. ボンガ川



下流の国道の西側には、流路の両岸に玉石をコンクリートで覆った構造の堤防と土砂のみを築上げた堤防が建設されており、部分的には土石流で破壊されている。重要な保全対象である国道は、コンクリート河床路となっており、直径1m程度のコンクリート管5本で流水を通していているが、1993年のラハール時など、たびたび閉塞し、何度も交通が遮断されている。

標高20～100m付近の火山山麓では、流路の左岸堤防を乗り越えて土石流が氾濫した痕跡を見つけることができる。この区域は、部分的に植林されているほかは、耕地としての利用は僅かである。

標高135～185mの区間は、大規模な遊砂地として適している。ここでは、大面積の扇状地を確保でき、帯工の配置により流路の横断方向の平坦化および土石の分散効果を高めれば土砂の堆積を確実に促進できる。扇状地面の最大限の幅を活用すべきであろう。

#### （４）ブジャオ流路

既設の4基の導流堤は、ほとんど流路に沿った築堤である。ブジャオ流路は他の流路に比較して安定しており、河床の土砂移動を押さえる床固工が数箇所に配されれば、さらに効果的であろう。しかし、現在のところ、優先度はそれ程高くない。

#### （５）アノリン流路

標高300m付近に設置されている砂防ダムは、流路の安定に極めてよく効いている。その上流にも、土砂を捕捉するための砂防ダム適地がいくつかある。しかし、既設砂防ダムより下流域には、極めて洗掘されやすい状況にあり、幾つかの横断構造物の組み合わせによる洗掘防止策が必要であろう。

#### （６）キランガイ流路

6基の導流堤、2本の堤防が設置されているが、これらの施設が配置されている箇所は移動の激しい土砂供給源である。標高200m付近の右岸側には導流堤を越えて土砂が氾濫しており、特に土地利用は行われていない。この区域をサンドポケットとして利用可能で、パワ・ブラボド川と同様の遊砂空間が適用できる。

## 6-6. 防災行政

### 6-6-1. ボンガ谷の流域を主とした警戒避難体制の現状

#### 1) 流域概況

##### (1) Pawa-Burabod川

パワブラボド川上流（標高200～500m）には、1984年の噴火によるボンガ火砕流堆積物（ボンガファン）、および1993年噴火による火砕流、溶岩流が堆積し、上流の流域界が変化している。そのため、源頭部のボンガガリーとはつながっていないものと思われ、大きな河床変動は行われておらず、明確な流路は現在形成されていない。標高100～200mにおいては小流路の形成が見られるが、明瞭ではない。

保全対象は標高100m付近にBonga, Mabinitiバランガイが分布している。パワブラド川の直接的な保全対象はボンガバランガイである。1984年の噴火以降、土石流（ラハール）は主としてマビニ流路を流下するようになった。

これらの状況の変化に加え、現在までにJICAマスタープランに従って、導流堤等の砂防施設が施工されているため、最近ではボンガバランガイでの土石流（ラハール）による被害は確認されていない。

##### (2) Mabini流路

マビニ流路は、1984年の噴火による火砕流堆積物により元のパワブラボド川（ボンガラハール流路）を埋め尽くしたために、頂上付近からの土石流はこの流路を流下するようになった。さらに、1993年の溶岩流堆積物により源頭部のボンガガリーは、このマビニ流路とアリンバイ川の2つの流域の源頭部となっている。

マビニ流路の標高200～400m区間は川幅30～100m、深さ5～20m程度の矩形断面となっており、標高430m付近に落差100m程度の滝が形成されている。河床には直径3m以上の巨れきや土石流段丘がみられ、土石流や洪水により侵食、堆積が繰り返されていることがうかがえる。

保全対象は標高100m付近にあるマビニバランガイである。1981年に土石流がマビニバランガイを襲い、約半数の家屋を破壊し、18名の死亡者を出している。1984年以降の土石流はほとんどこの流路に沿って流下している。

DPWHの第5地方工事事務所は1989年にマビニ流路を横断する導流堤を完成させ、河道掘削も併せて土石流をバランガイ上流付近でパワブラド川の元の流路に導くように施工した。しかしながら、導流堤付近には大量の土砂が堆積しており、導流堤天端との比高差が少なく、今後の堆積状況ならびに土石流規模の程度によっては、容易に導流堤を越流し、バランガイを襲うことが懸念される。

### (3) Arimbay川

アリンバイ川は、ボンガガリーを源頭部とする溪流ではなかったが、前述のように溶岩流が上流河道に流れ込み流路を埋塞したため、流域界が変化している。溶岩の堆積物は比較的安定しており、これが直接流れ出すことは当面考えられないが、流域界の変更により流量の増加が考えられるため、上流～中流域の堆積物を侵食し土石流となって流下する危険性があると思われる。

保全対象は標高100m付近にMatanagというバランガイである。また、最下流の国道は、土砂の流出によりたびたび埋塞される。

### (4) Budiao川、Anoling川、Quirangay川

ブジャオ川、アノリン川、キランガイ川はパワブラボド川の西側に位置し、ブジャオ、キランガイ川はヤワ川に流れ込んでいる。これら溪流の標高100～400m付近の堆積物は、これまでの砂防施設の効果が発揮され、比較的安定していると思われるものの、砂防施設の維持が十分に行われていない（導流堤の比高差がない）ため、豪雨時には導流堤外へ越流する危険性もある。

## 2) 警戒避難体制

### (1) 情報収集伝達体制

防災活動は、各行政機関によって構成されている各レベルの災害対策協議会(DCC)が実施している。

DCC は、国(NDCC)、地域(RDCC)、州(PDCC)、市(MDCCあるいはCDCC)、村(BDCC)というように、それぞれについて組織されており、各行政機関はそれぞれの専門分野に配置されている。災害対策協議会の組織構成図を図-17（付図-1-4）に示す。

マヨン火山周辺における実際の避難活動は州災害対策協議会(PDCC)が実施しており、下部組織の市災害対策協議会(MDCC)、集落単位のバランガイ災害対策協議会(BDCC)と協力して、災害時にはサイレンによる避難警報を発令したり、地元住民への情報提供や避難活動などを実施している。

マヨン火山に関する警戒避難情報は PHIVOLCS によるオペレーションマヨンで定められた体制(表-17,図-18)に従って PHIVOLCS から発表されるとともに PDCC(MDCC) から無線でバランガイリーダーに伝えられ、あらかじめ決められている伝達網に沿って口頭で伝えられている。有事の際にはラジオ等のメディアにより情報が伝達されることになっている。ラジオの普及率は高いとのことである(約90%)。

ハザードマップは PHIVOLCS よりバランガイリーダーに配布されている他、災害要因別ならびに学術的な災害予測図も作成されている(図-15,16)。

住民は土石流よりも火山噴火に不安を感じているようである。これは、今回の噴火からあまり期間が経っていないため当然のことと思われるが、これまで行われてきた砂防工事の効果等により土砂災害がある程度軽減されていることも要因の一つではないかと希望的に推測する次第である。しかしながら、現況の荒廃状況ならびに砂防施設の状況を勘案すると、土砂災害に対する周知啓蒙を行い、十分な警戒体制を整えておく必要がある。

### 3) 観測体制

火山活動に関してはPHIVOLCSの観測が行われているが、土石流（ラハール）等に関する予警報は存在しない。台風情報は、気象庁(PAGASA)マニラ本部からODCマニラ本部に逐次伝達されており、ODCレガスピ地区事務所にも伝えられることになっている。

火山活動以外の気象観測は、PAGASAによりビコール川流域の洪水予警報システムを1980年12月に完成している。システムの概要を図-19に示す。

その他、マヨン周辺にはPAGASAの6カ所の降雨観測所(図-6)がある(Sto.Domingo,St. nino,Mayon Crossing,Parapo Narsury,Timu,Tabaco,Buca)が、今後の土石流（ラハール）に対する警戒避難情報の処理ならびに土石流発生雨量の解析等が可能かどうかについて、データ内容を吟味する必要がある。

### 4) 避難場所・避難路

現在、避難場所には学校等をあてている。1993年の噴火時には表-18に示す52の避難センターに合計 65,055 人が避難していた。現在(10月)も 3,824人が避難している。

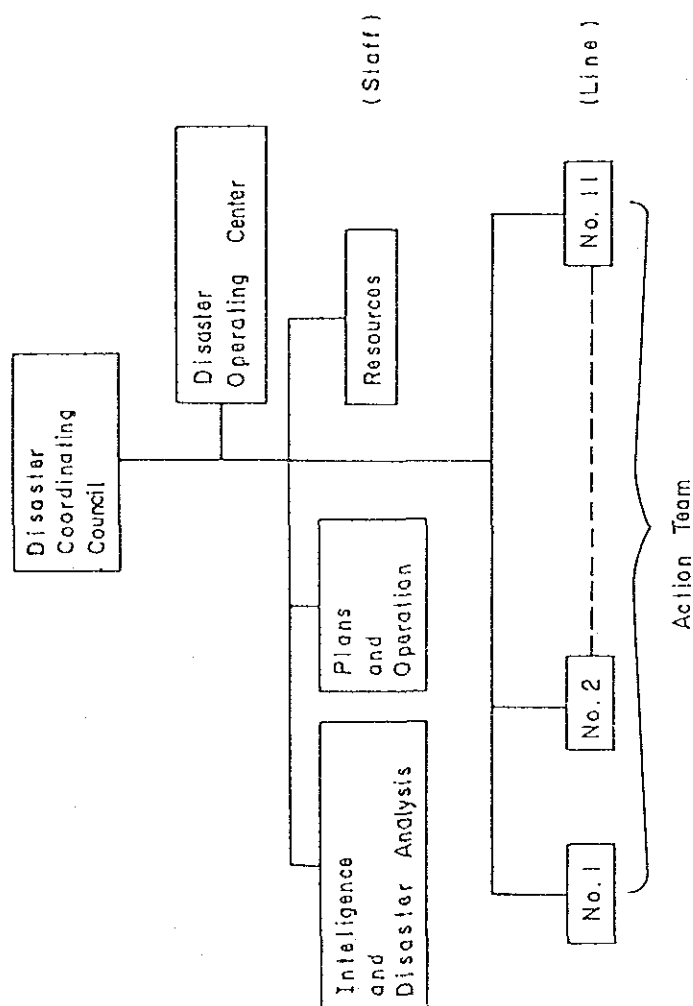
避難センターは1983年にJICA調査で作成された土砂流出危険地域外にほぼ位置しているが上流域のバラングイからは非常に距離があり、土石流に対して緊急的に避難するには不便なので暫定の避難場所を確保する必要がある。

PDZの外側でHDZには含まれる住民に対する対策は構造物によるものと、構造物によらないものがある。

構造物によらない対策としては、警報システム、移動性の確保、緊急医療、その他緊急大量避難をスムーズに実行するための対策である。施設としては常設避難所およびテント村の建設が主体である。これらは、多目的施設として計画されており、飲料水供給、トイレ、共同キッチンを備えたものがセントドミンゴ市で計画されている。ギノバタン市では、運動場と兼用の避難高台の整備が計画されており、カマリグ市では、給水・照明・衛生施設・学校などを備えた避難所が計画されている。

上記の対策は、マヨン火山の斜面における地形形成過程と密接に関連するため、その計画にあたっては、防災技術の観点から検討するとともに地域の総合開発政策にそって計画されることが必要である。

図-17-1 災害対策協議会の組織構成図



The regional, provincial and municipal DCC do not hold the functions specified as No.2 and 4 among 11 functions. The barangay DCC holds the whole of 11 functions.

# FUNCTIONS

No.	Activities
1	Communication and warning
2	Evacuation
3	Transportation
4	Damage control
5	Relief and rehabilitation
6	Rescue and recovery
7	Health
8	Welfare and rehabilitation
9	Fire
10	Police or security
11	Public information

図-17-2. 国家災害対策協議会の指揮系統

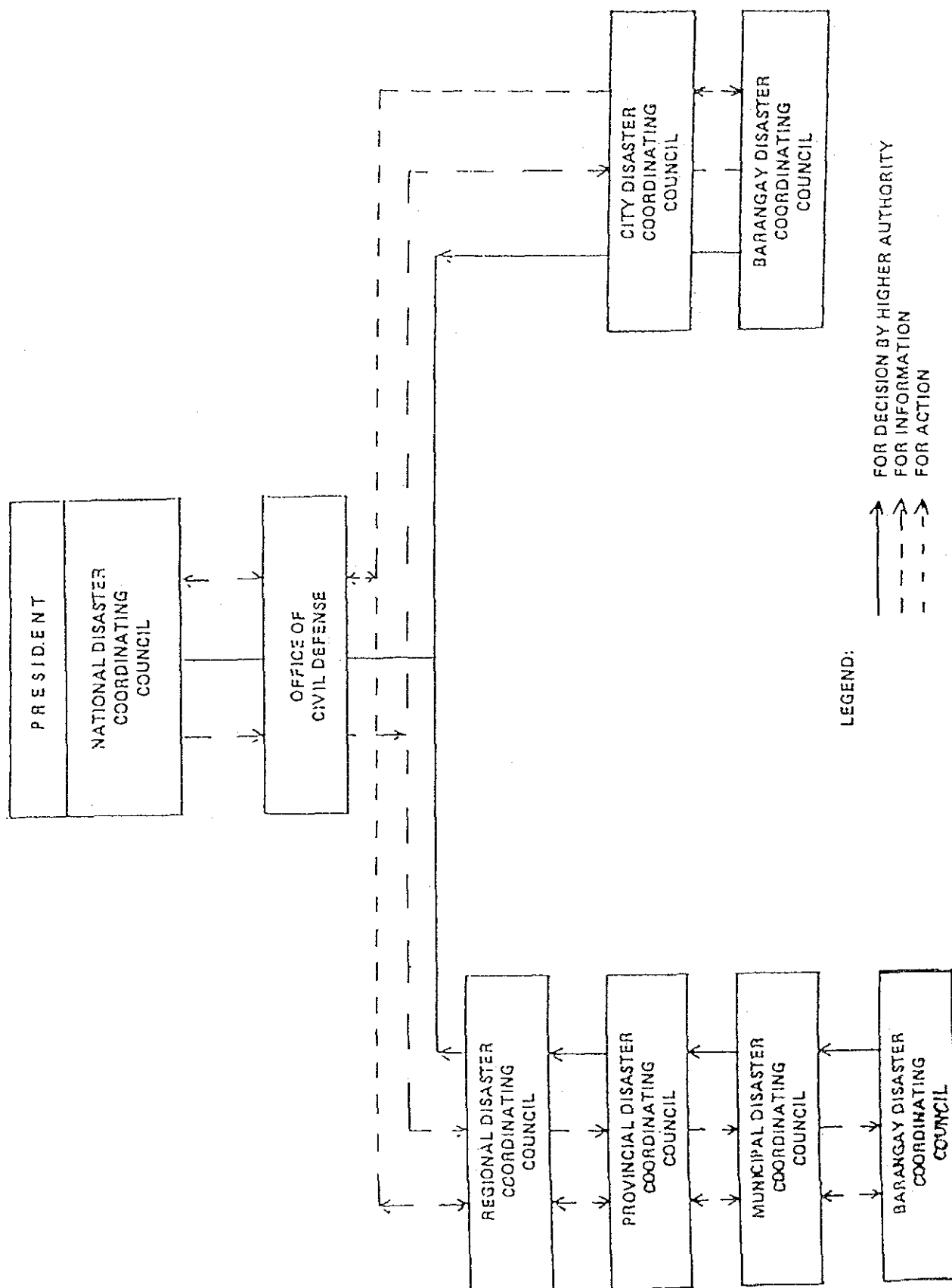


図-17-3. 行政規模別の災害対策協議会

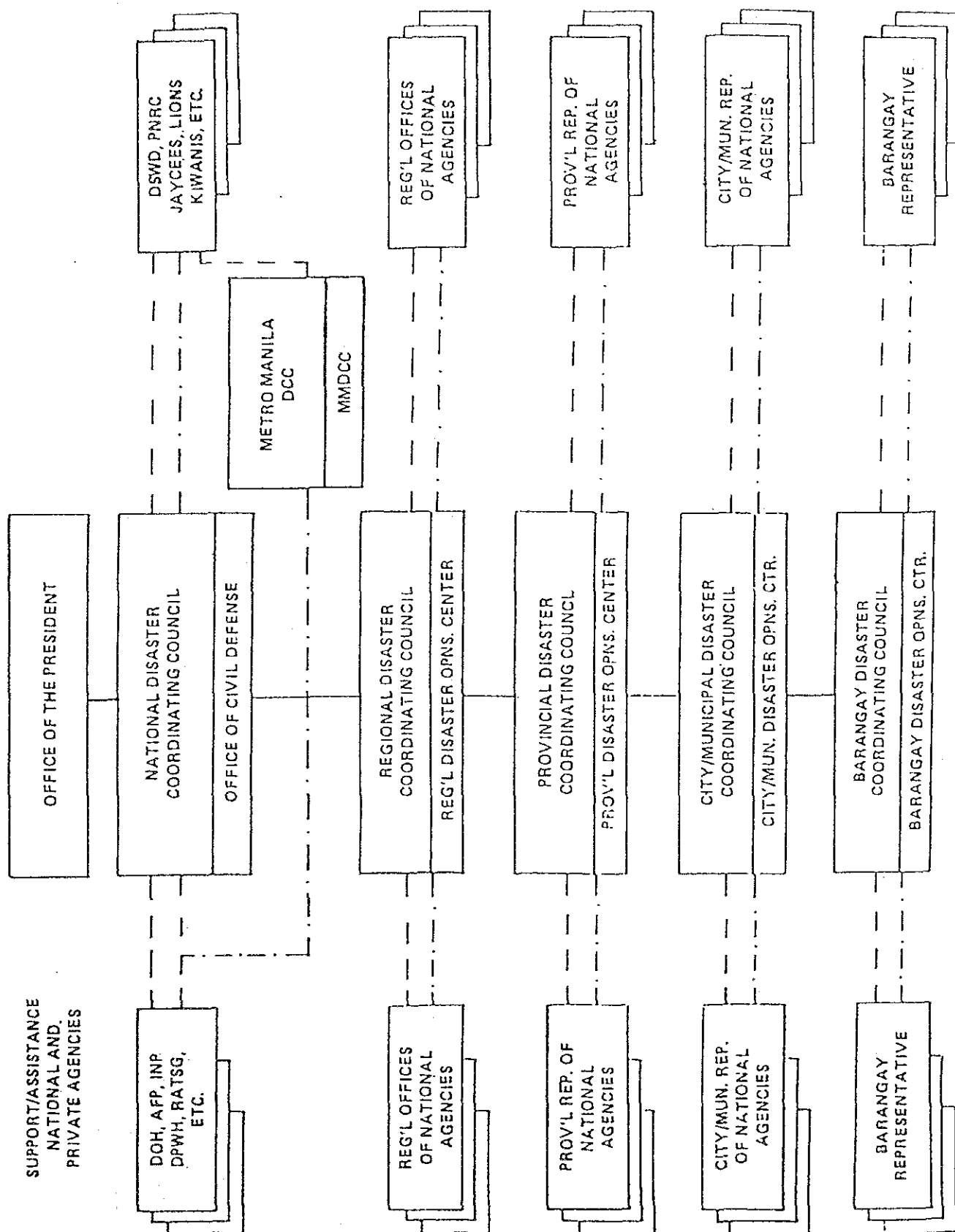


図-17-4. バランガイの災害対策協議会

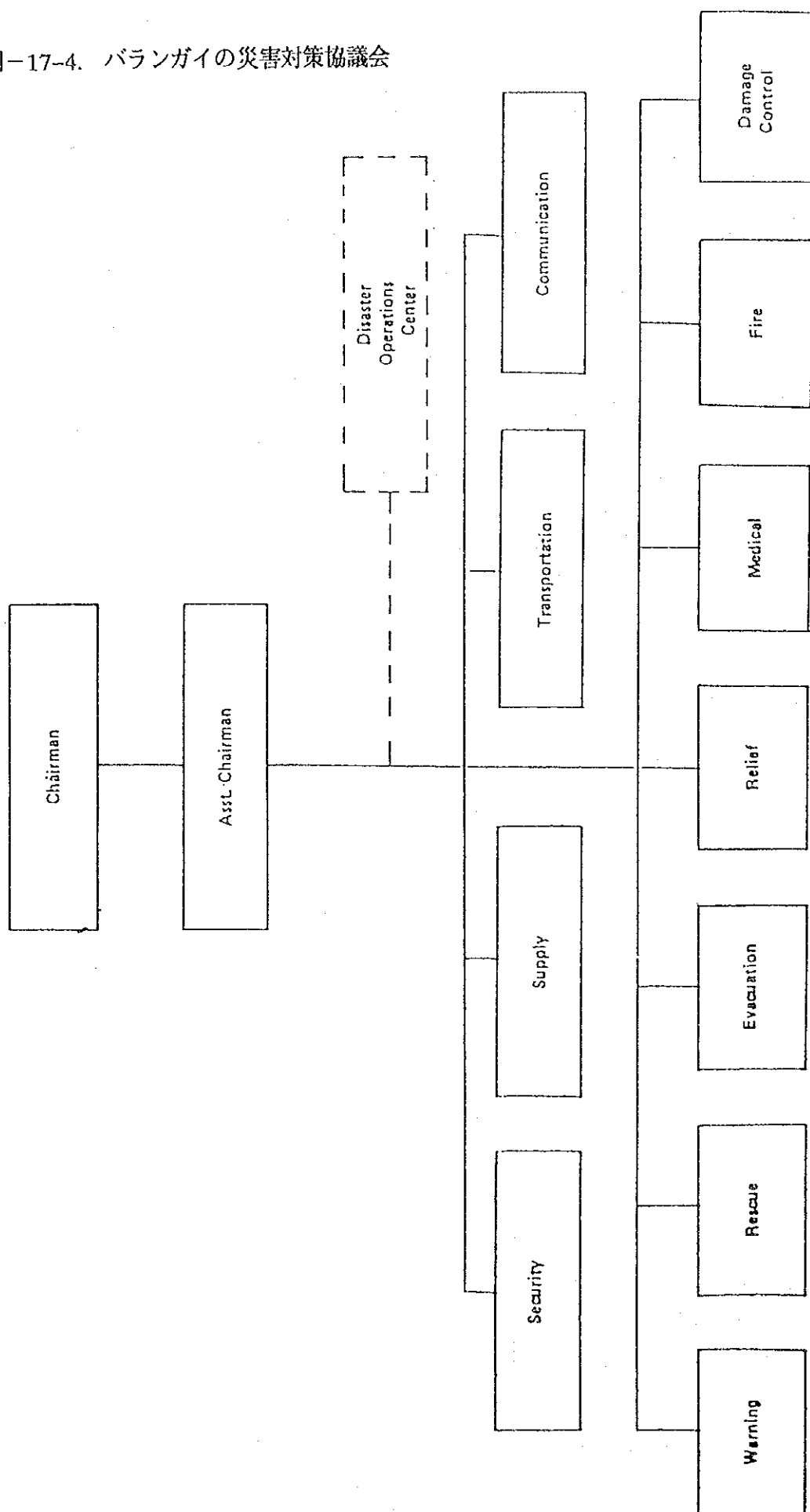




図-18. 火山防災予・警報連絡系統図

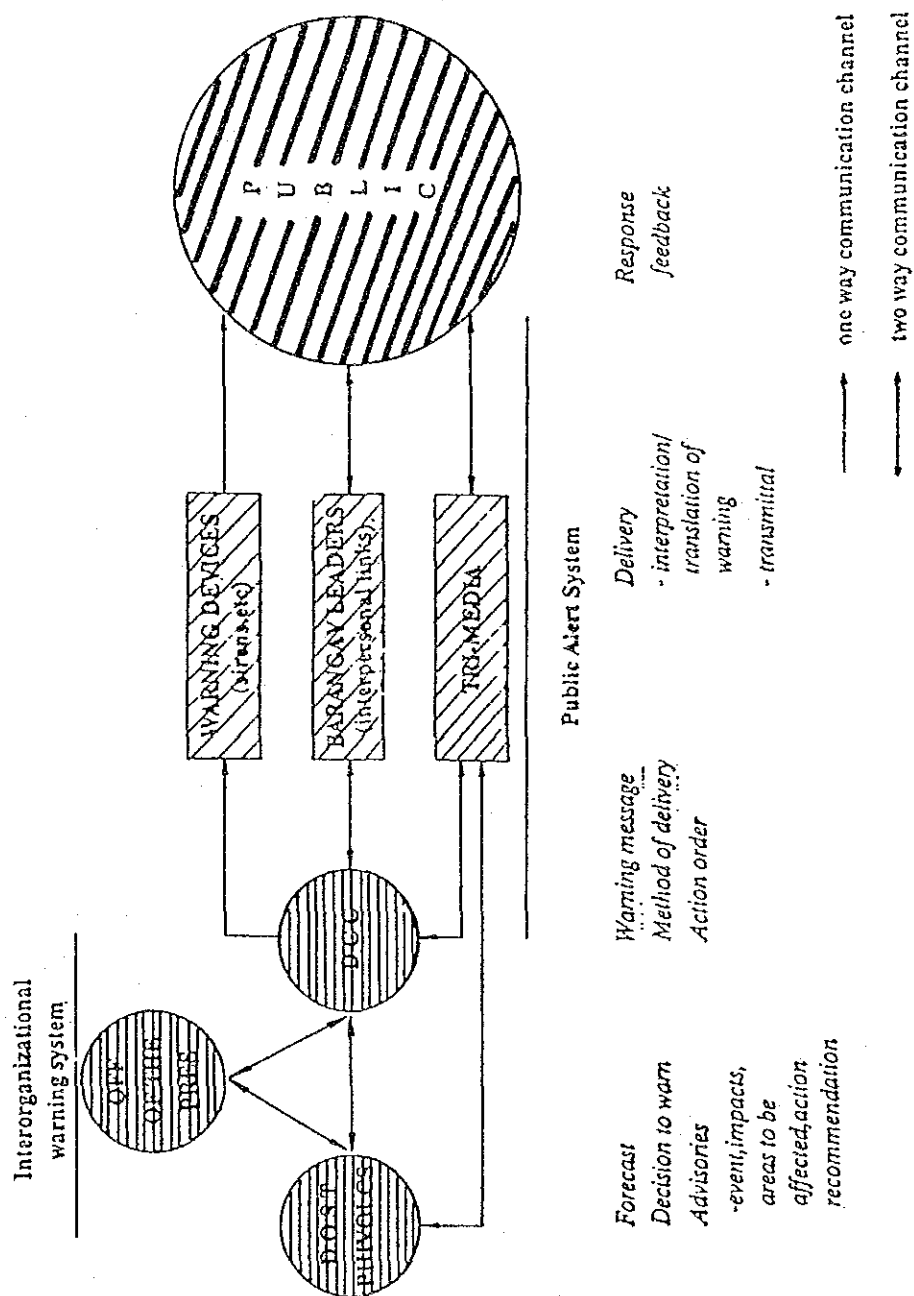


表-17. マヨン火山の警報レベル

Condition Level	
Precursors	Required Action
<b>NORMAL</b>	
1. Low seismicity (1 to 5 VQ <sup>1</sup> /day)	1. Routine monitoring
2. Weak steaming (0.1 to 0.5 in volume)	
<b>ABNORMAL</b>	
1. Increase in local seismicity (10-20 VQ/day)	1. Installation of additional instrument
2. Increase in volume of steam (0.5-0.6 in volume)	2. Tighter surveillance
3. Start inflationary trend for geodetic measurements	3. Notification of OCD & issuance of press releases
<b>ALARMING -</b> <i>(2-6 mos. before eruption)</i>	
<b>Alert Level I</b> <i>(bulletin as needed)</i>	
1. Further increase in local seismicity; preponderance of LFVQ <sup>2</sup> over HFVQ <sup>3</sup>	1. Reactivation of PDCC
2. Occurrence of seismic swarms	2. Review of operation plans on evacuation & relief
3. Increased steaming (0.6-0.8) with occasional change in color from white to light gray	3. Conduct of aerial observations
4. Inflationary trend continues	4. Information drive to barangay level
5. Weak crater glow	5. Augmentation of monitoring equipment
	6. Press release
<hr/> <sup>1</sup> Volcanic quake <sup>2</sup> Low frequency volcanic quake <sup>3</sup> High frequency volcanic quake	

表-17. マヨン火山の警報レベル (続き)

**ERUPTION IMMINENT**  
(2-15 days before eruption)

**Alert Level II**

- |  |  |
|--|--|
| 1. Occurrence of harmonic tremors  | 1. Declaration 6-km radius<br>Permanent Danger as off-limits |
| 2. Further increase in seismicity  |  |
| 3. Intense crater glow   | 2. Complete evacuation of Red<br>Zone                        |
| 4. Bulging of crater floor   |  |
| 5. Rumbles occasional  | 3. Augmentation of monitoring<br>personnel and logistics     |
| 6. Intensification of thermal activities<br>in areas outside and right below the<br>crater rim | 4. Close coordination with<br>PDCC & media                   |
| 7. Profuse steaming with occasional<br>ash puffs   | 5. Issuance of bulletin twice a<br>day or as needed          |
| 8. Rockfalls more frequent   |  |
| 9. Unusual animal behaviour  |  |

**ERUPTION**  
*Initial Stage - Strombolian (2-10 days duration)*

**Alert Level III**  
(bulletin update as needed)

- |   |  |
|---|--|
| 1. Lava trickles with occasional ash puff                   | 1. Evacuation of Red Zone com-<br>pleted   |
| 2. Intense crater glow with lava spattering at the crater   | 2. Conduct aerial observation  |
| 3. Frequent rumbles   | 3. Close monitoring of eruption  |
| 4. Continuous harmonic tremors with<br>increasing amplitude | 4. Close coordination with<br>PDCC   |
|   | 5. Issuance of bulletins   |
|   | 6. Issuance of alert to residents<br>inside yellow zone for<br>eventual evacuation |

表-17. マヨン火山の警報レベル (続き)

*Second Stage - Vulcanian (5-10 days duration)*

**Alert Level IV**  
(bulletin update as needed)

- |   |   |
|---|---|
| 1. Ejection of voluminous ashclouds reaching heights up to 20 kms.    | 1. Evacuation at certain sectors in the yellow zone.        |
| 2. Strong detonations during ejections                                | 2. Conduct of aerial observation                            |
| 3. Large volume pyroclastic flows                                     | 3. Close monitoring of eruption & ground survey of ash-fall |
| 4. Continuous recording of harmonic tremors with increasing amplitude |   |
| 5. Occasional felt earthquakes  |   |
| 6. Shorter intervals between explosion                                |   |

*Third Stage - Strombolian (10-20 days duration)*

**Alert Level V**  
(bulletin as necessary)

- |   |   |
|---|---|
| 1. Decreasing frequency and intensity of eruption | 1. Shrinking of danger areas when warranted |
| 2. Increasing amplitude of harmonic tremors       | 2. Return of evacuees outside yellow zone   |
| 3. Lava flows of decreasing volume                | 3. Conduct of aerial observations           |
| 4. Lava spattering at crater                      |   |

表-17. マヨン火山の警報レベル（続き）

POST ERUPTION (2-6 mos.) Level II	
Precursors	Required Action
1. Occasional ash puffs	1. Survey of areas affected
2. Crater glow of decreasing intensity	2. Return of all evacuees in affected areas
3. Decreasing seismicity with short duration tremors and LFVQ	3. Dissemination of instruction to evacuees on safety measures
4. Cessation of lava trickles	4. Continuous monitoring and surveillance until condition returns to normal level
	5. Update of lahar hazard map
	6. Rehabilitation works

図-19 ビコール川流域洪水予警報システム

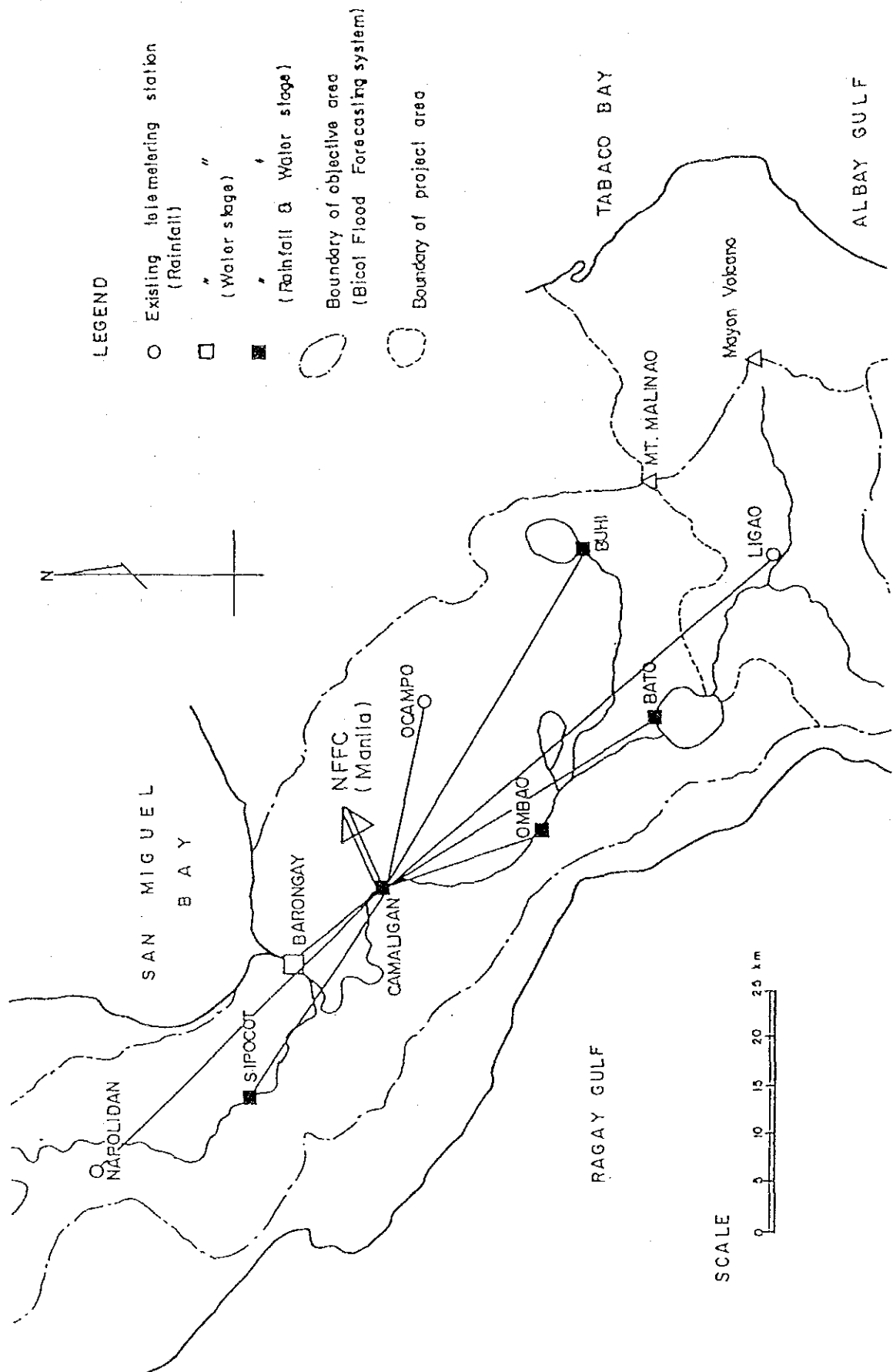


表-18. 避難センター（1993年10月時点）

郡	被災バランガイ数	避難センター数	避難家族数	避難者数
1. Tabaco	10	1	51	264
2. Malilipot	3	0	0	0
3. Bacacay		0	0	0
4. S.Domingo	20	0	0	0
5. Daraga	9	1	131	626
6. Camalig	9	1	489	2,934
7. Legazpi	13	0	0	0
8. Guinobatan	7	0	0	0
9. Ligao	5	0	0	0
合 計	76	3	671	3,824

#### 6-7. 移転計画に関する問題

総合復旧計画の総予算のうち1/2以上が移転／再建計画にあてられている。対象者のほとんどが4市町村に分散している農民であり、農業の再建が死活的に重要である。

##### 6-7-1. 危険地域周辺の住民の生活状況

危険地域の外に住む住民はこれまでの生活を続けている。

危険地域内の住民は災害直後は避難センターで生活していたが、一部住民は依然、彼らの本来のバランガイに踏みとどまっている。生計は農業に頼っており、バランガイに近接した地域に農地や植林地を所有している

住居は伝統的な材料を使ったもの、空洞ブロック積み、あるいはそれらの組み合わせでできている。空洞ブロックは自家製のものが多い。

##### 6-7-2. 定住候補地

定住候補地は宅地の開発という観点からは問題はない。問題は住民の移転計画に対する意向がよく詰められていないこと、レガスピ市からの距離が約10kmではあるが交通手段がないこと、ならびに、移転先の農地として割り当てられた土地が居住区域と離れていること、個人負担分の支払能力である。

また、移転した後で、元のバランガイの土地の利用計画あるいは管理計画がはっきりしない。土地利用の規制に関する立法も懸案事項である。

マヨン火山の麓の斜面にあえて危険とともに居住したいとする根本的理由の一つとして、土地の肥沃さがあげられる。ピナツボ火山の爆発による被災者と違って、マヨン火山周辺の住民は住んでいる所が危険地域だというだけでほとんど何も失っていない。就業機会として、伝来のバランガイでの農耕に代わる職業は準備されていない。新しい産業の開発、移転計画とリンクした投資等の政策が必要である。職業訓練も必要である。移転先の社会資本整備は急がれる。そして、じっくり説得する必要があるというのが観察の結果である。

短い調査期間内で、被災者の生活条件を分析することは難しいが、移住計画の成否は対象者の経済状況がいかん改善するかにかかっている。すなわち、現在の移住対象者の経済状況は極めて厳しく、移転補償のみで自主的に立ち退きを行える状態ではないと思われる。

総合復興計画にもある通り、新しい家屋、学校、社会保障施設、生活再建の初期費用、娯楽施設など、総合的な援助を行う必要がある。生活条件の向上、収入の向上がもたらされることが、災害のない社会を形成することにつながる。

## 第7章 土砂災害防止計画の構成

### 7-1. 基本的な考え方

#### 7-1-1. 計画論

第6章でのべた砂防調査の視点と観察結果をここでは計画化することを考える。

計画を作る場合には、計画目標、技術目標、目標を実現する具体的な手段、計画が実行された結果として出現を期待する現象等を計測可能なインデックスを用いて表現しなければならない。計測できない概念を用いて表現したものは技術（土木）計画ではない。

どんな計画も、自然現象を扱う限りにおいては完全なものは創り得ない。仮説を含む理論を基に起こり得る現象やその規模を仮定し、精度の低いデータでシナリオを組み立ててとりあえずスタートする。観察や測定や理論・実験的な研究と併せて仮説から理論へ、仮定から現実へ、精度の良いデータをインプットして予測の精度を高めて設計するというように、計画はフィードバックを繰り返すことによって精度は高まり、従って事業は信頼性の高い、ライフスパンの長いものになる。



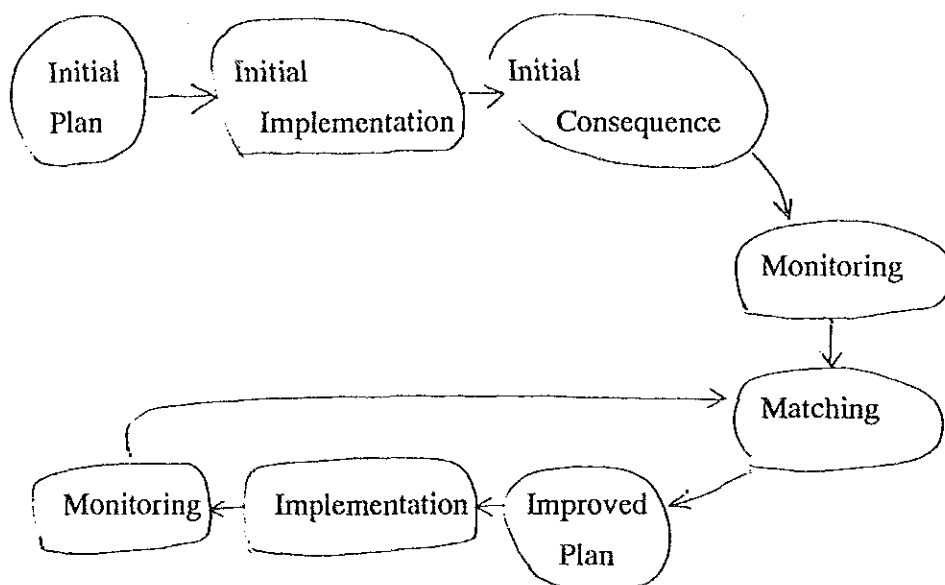


図-20. 計画と実行と観測と修正のフィードバックサイクル

計画には、う上に挙げた要素の他に、どれほどの規模の現象を対象にするか、そしてそれをいつまでに達成するかという確率と時間の問題がある。目標とする対象の規模と達成時間を含めて計画の全体を決める要素は図-21のようにまとめて表現できる。

う上の図画意味するところを単純化すると、規模の小さい現象に対しては土木構造物を用いて対抗することによって危険を小さくすることができるが、規模の大きい現象に対しては土地利用規制のような社会制度を創って危険な現象に近づくことを避けるのが賢明であることを表現している。

問題は、さきに述べたように、その社会がもつ能力（生産力・財政力）である。土木構造物の機能を用いて対抗しその機能をより長く維持することができる能力と、社会的な規制を創って機能させる社会の能力（余裕）があるかどうかである。

対抗する必要がある規制する必要があるが、防災力の小さい社会は財政力が小さく規制は創っても形骸化する。

人間の価値に差がないと考える以上、防災力の小さい社会を守るためには防災力の大きい社会からの差入れ（援助）が不可欠である。援助は計画とその計画を実現する資金と技術からなるべきである。計画だけで実行手段が伴わない場合は絵に描いた餅であるし計画の裏付けのない手段は無駄である。どの部分が欠けても意味がないことになる。

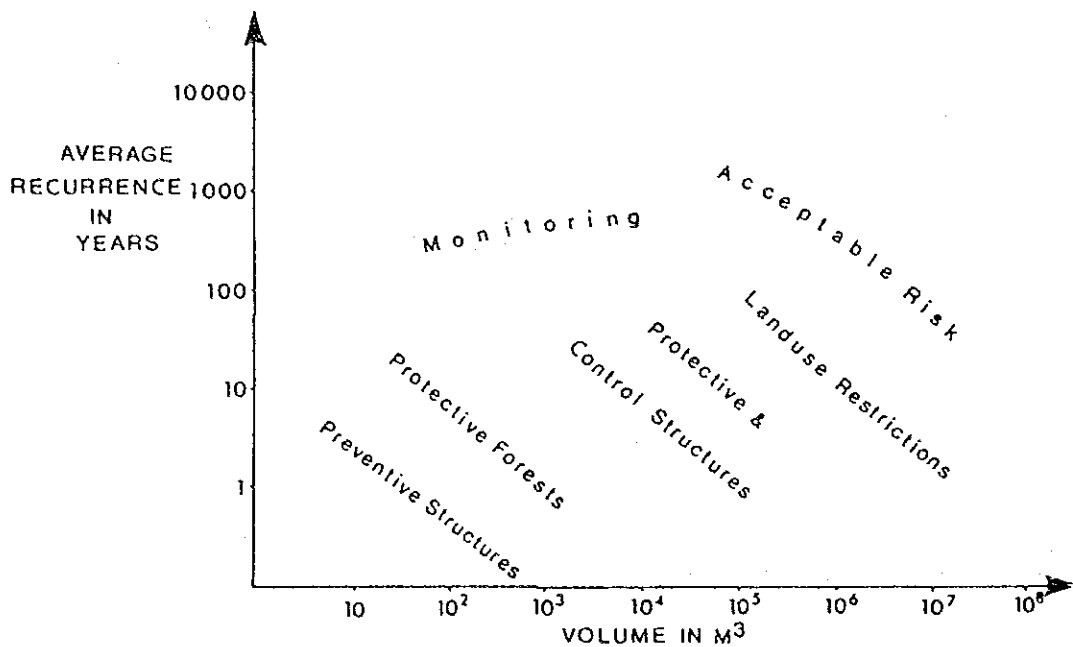


図-21. 災害現象の規模に応じた対応の種類  
(Geological Survey of Canada, 1987)

## 7-2. 砂防計画

### 7-2-1. 概要

#### 7-2-2. 計画目標

目標とは、災害にあい対した場合に起きる一土石流による生命と生活に対する危険を除去する一具体的な欲求のことであり、様々なレベルがある。

第1次目標として次のことが考えられる；

1. 土石流を発生させないようにする,
2. 差し迫った危険に気づいて避けるようにしたい,
3. 土石流の直撃を避ける,
4. 土石流による被害を小さくする。

第2次目標は、第1次目標の内訳として次のように表現できる；  
(第1項はそれぞれ第1次目標の番号に対応している)

- 1－1. 土石流の発生条件を消去する,
- 1－2. 発生した土石流を渓流区間で停止させる,
- 2－1. 避難に必要な時間をかせぐ警報（土石流の発生と接近）を出す,
- 2－2. 土石流についての知識をもつ,
- 3－1. 縦断面・平面での方向転換,
- 3－2. 土石流についての知識をもつ,
- 4－1. 土石流の発生頻度を小さくする,
- 4－2. 土石流が既定の水路からはみ出すの防ぐ,
- 4－3. 土石流の流量を小さくする,
- 4－4. 土石流のピーク流量を小さくする,
- 4－5. 土石流の中の大径れきを除去する,
- 4－6. 土石流の中の浮遊物を除去する,
- 4－7. 土石流の速度を小さくする,
- 4－8. 土石流についての知識をもつ,

うえに挙げた2次目標は次のような技術目標（3次目標、a－eの項目が考えられる）  
に置き換えられる（複数の3次目標が対応することもある）：

第2次目標	第3次目標（必要とする機能）	機能を作用させる場所
1. 土石流の発生防止	a : 斜面からの材料生産を減少させる	水源地域の斜面・崖錐 溪岸段丘
2. 土石流の頻度低下	b : 溪床堆積物を安定させる	急勾配（15度以上）の溪床
3. 土石流の流量減少と 氾濫防止	c : 貯砂容量を作る	扇状地上流の谷 谷底平野の上流 分割された扇状地面
4. 土石流の流出波形の 平坦化	d : 緩勾配の区間を作る	扇状地上流の谷 谷底平野の上流
5. 土石流の流速減少	e : 幅広い断面をもつ区 間を作る	扇状地上流の谷 谷底平野の上流
6. 浮遊物の除去	f : 土石流を脱水する	扇状地上流の谷 谷底平野の上流
7. 土石流の知識をもつ	g : 河床を安定させる （上昇/低下しない）	扇状地上流の谷 扇状地面の流路
	h : 土石流の発生・運動・ 停止のメカニズム、 施設の効果、警報の 仕組み	谷底平地や扇状地にある 集落の住民

### 7-2-3. 技術目標

技術目標は必要とする第3次目標の1つ1つについて実行する場所を決め、その位置で出現させる数値を与えることにより計画図にすることができる。勿論、第3次目標のうちのどれを採用するかは事業予算・土地利用等の制約から決まる。費用/効果の分析結果から判断する必要もある。第2次目標を実現するために複数の第3次目標を組み合わせることもある。

扇状地面の流路断面と勾配が決まれば流下能力（流し得る流量）が決まる。流下能力を超える流量や粒径は減少させなくてはならない。一般に、流量や粒径の減少は扇状地や谷底平野等防御対象の上流で実行される。この場合には、計画溪床高を維持できるように河床変動計算をもとに土砂の流出をコントロールすることになる。

扇状地の土地利用に余裕があるか費用/効果が大きくなる場合、もしくは扇状地の形成過程が終了していないと判断される場合は扇状地面の区画された部分を土砂受け入れ専用の区画として利用する。この場合は、谷の河床変動とは無関係に、扇状地に流入する1水文年の土砂の総量に見合った貯留量を連続的に確保していく計画が必要になる。

(図-22)

#### 7-2-4. 目標を実現する手段

計画図の中に与えられている数値を実現させることができる設備を設計する。貯留効果や脱水効果によって土砂量と粒径を減少させ、その結果計画溪床高が維持され则认为て貯留と脱水の機能を持つ構造物を効果が最大に期待できるサイトに作る。

扇状地面での貯留機能はサンドポケットと呼ばれる区画を連続的に設定することによって得られる。この方法はファンセグメントシフトといわれている。

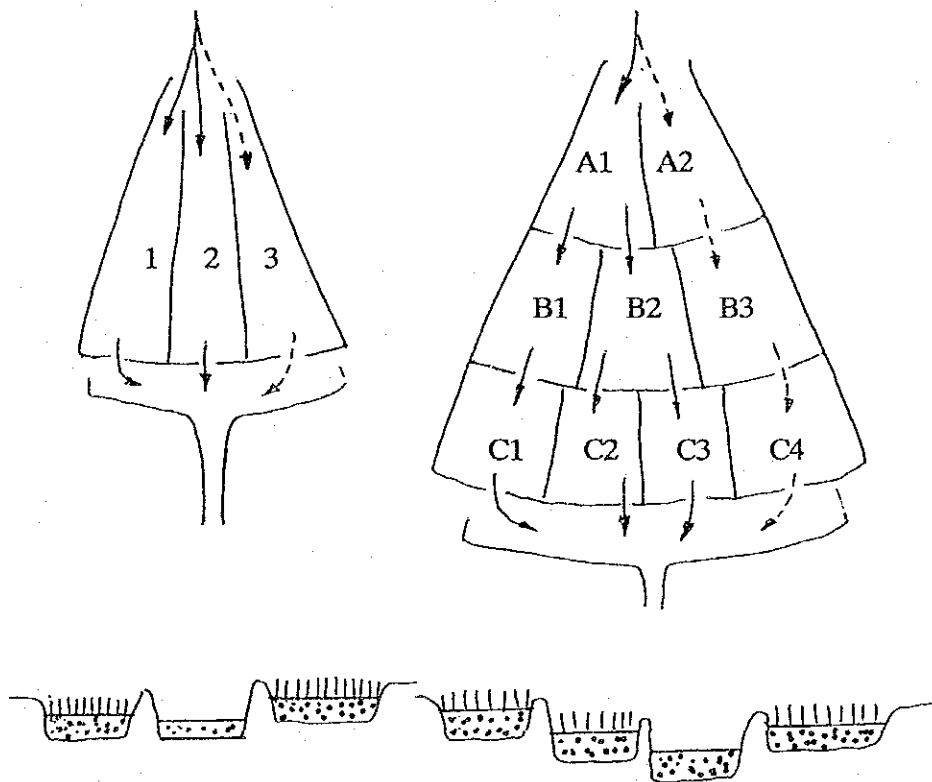


図-22. Fan Segment Shift(M.Watanabe, 1987)

#### 7-2-5. 観察・計測・検証業務

溪床変動計算も流出土砂量の予測も根拠にするデータは少なく精度は良くないのが不通である。また、要因の重みが現象と合っていないなかったり、計算や予測に用いていない別の要因が効いていることもあるために、最初の計画が粗いものになるのは避けられない。基本となる考え方を提示しただけという場合もありうる。たとえば、計画した溪床高と土石流のあとで実際に計測した溪床高と合致しないことは当然ありうる。観察・計測を継続して計画を修正し、修正された計画に基づいて構造物の機能と配置を変更することが必要である。このようにして計画や予測は検証を重ねることにより精度を高めることができる。

計画で予測していた値と実際に出現した値の差（効果の程度）を検証していく過程で、一般化できる要素も見いだせるが、多くはその流域特有の要素が支配的であることが多いので、個々の事業でこの業務は行われなければならない。

#### 7-2-6. 維持・復旧・管理業務

構造物は根拠にした予測や計算と実際に現象が起きた結果との差が大きい場合は破壊につながる。溪床の低下量が計算した量よりも大きければ溪床に基礎を置く構造物は転倒の危険がある。危険の兆候を早期に発見して危険の度合いが小さいうちに補強することは極めて大切である。蟻の穴が堤防全体の破壊につながるというのは真実であり、維持・復旧・管理業務の重要性は建設工事と同じである。

一般に途上国ではこの事実の認識が不十分であるために、軽微なうちに修理すれば避けられたはずの破壊が大きな災害につながったという事例が多い。

#### 7-2-7. 技術力の養成

7-2-1から7-2-6で述べた考え方に基ついて作業を進めることは容易に見えて難しい。「難しい」という理由には「勉強しなと可能にならない」という意味と「勉強して技術をマスターしても評価されないという空しさ」がある。技術者の能力の問題ではなく、技術者の能力を十分に引き出せない社会の仕組みに問題がある。したがって、多くの人材が能力をより尊ぶ社会へ向かって流出することになる。

技術的な能力を高めると同時に技術的な能力をふるわせ、報いることができる社会を作ることが必要である。このことが理解されないと本気で能力を高めようとする意欲が湧かない。

#### 7-2-8. 関係機関との調整

7-1-1と7-2-1で明らかなように防災事業は多様な手段の組み合わせが行われた始めて効果があがる。関連する手段に責任をもつ組織が情報を共有しタイミングを合わせて事業を推進することがムダを省き効果を大きくすることになる。マヨン火山地域においては、調整の機能は制度としては確立されていて一部は有効に機能しているが全体として防災の効果をあげ住民が満足しているかという点必ずしも充分ではない。

財政基盤の弱さが主たる理由で、調整の規模が大きく長期的な事業になるほどシナリオ

が曖昧になる傾向があるのが移転計画に読み取れる。

### 7-3. 河川計画

#### 7-3-1. 基本計画の見直し

DPWHが建設しているYawa川の現在の堤防は、JICAスタディーのマスタープランに基づいたものではなく、河道の流下能力、堤防強度等も十分でないと考えられるので、マスタープラン策定時から後の流域の状況の変化をふまえ、マスタープランの見直しを行うとともに、それに基づく工事の施工を行う必要がある。

マスタープラン見直しのために必要な基本的なデータの整備状況は以下のとおりである。

- a) 気象・水文資料 雨量、流量については前述のとおり。  
潮位はLegazpi港地点で観測データがある。
- b) 地形図 全域について1/50000地形図  
マヨン火山周辺の1/33000地形図（1982年航空写真）  
Legazpi市周辺の1/10000地形図（1982年航空写真）等
- c) 航空写真 1982年撮影
- d) 河川の縦横断測量  
なし。河川の測量は堤防等を建設する場合に当該工事箇所で行っているのみ。
- e) 浸水図等 PHIVOLCS作成のハザードマップ、  
1983年のJICA Studyの浸水図がある。

#### 7-3-2. 河川管理計画

DPWHは砂利採取の禁止等の権限を持つLegaspi市に砂利採取禁止をするよう申し入れているが、就業の場の確保等の問題もあり禁止はなされていないとのことであった。

上流から継続して土砂の供給が今後も想定されるため、採取量と採取場所等を上手にコントロールすれば、砂利採取による土砂の除去は河川の流下能力を確保する上でも好ましいと考えられるから、現状のような無秩序な砂利採取をやめさせる必要がある。

河川管理の費用をねん出するために採取業者に受益者負担を求めるような行政も必要である。

堤防の維持工事として、約250mの区間（Yawa橋上流右岸）で1992年に復旧が行われているがその他の破損した堤防の復旧も早急に行う必要がある。