

P2 ピナツボ山噴火にともなう土砂流出災害について

建設省土木研究所 ○原 義文
 国際協力事業団 渡辺正幸
 (株)建設技術研究所 中矢弘明

1、噴火活動と対応

フィリピン共和国のピナツボ火山は1991年6月15日に今世紀最大といわれる大噴火を起こし、大量の火山噴出物を周辺に堆積させ、激甚な災害を周辺地域にもたらした。4月9日から6月25日にいたる間のピナツボ山の主な活動と、それに対するフィリピン政府の主な対応を表1に示した。また、火山活動の観測を担当しているフィリピン地震火山研究所 (PHIVOLCS)による警報レベルとその内容を表2に示した。表1に示すようにPHIVOLCSは4月からレベル2の警報を発し、6月9日にはレベル5を発し半径20kmを危険区域に設定し15,000人以上の住民を避難させている。こうした観測、警戒体制をとったことが、大噴火であったにもかかわらず、噴火による直

表1 ピナツボ火山の活動と対応状況

月日	火山活動状況及び対応状況
4/2	火口付近に水蒸気が上がり始める。北北西斜面の5つのベントからの水蒸気は火口より500~800mに昇った。
4/5	24時間で223回の火山性地震を観測した。以来6月まで連日50~150回地震を観測した。 [対応] PHIVOLCSがピナツボ山の火口から12km西北西の地点に仮ステーションを設置し観測を始める。
4/19	[対応] 警報レベル2を発し、火口を中心とした10kmの範囲を危険区域に指定し住民に避難を勧告した。
6/3	火山灰の噴出を開始した。噴煙は火口より700~1000mの高さに達した。
6/6	[対応] 火山活動に伴い、警報レベルを3に上げ、PHIVOLCSは仮ステーションから撤退。
6/7	[対応] 噴煙の増大、傾斜計が増大傾向を示したことに基づいて警報レベルを4に上げた。
6/9	灰混じりの水蒸気を吹き上げ、火砕流が西北西に向かって流下し始めた。(14:55) この火砕流は火口より4~5kmの地点まで達した。 [対応] この小規模な火砕流の発生を契機に火山活動が爆発段階に入ったと判断して、警報レベル5を発した。(15:15)危険区域を半径20kmに拡大した。アナタ族を中心に15,000人以上の住民が各地域の避難センターに避難した。PHIVOLCSは豪雨による泥流土石流の発生の恐れがあるため、河川近くに住むことを避けるよう勧告した。
6/12	噴煙は火口より20kmの高さに達し、巨大なキノコの雲を形成した。火山灰、軽石等が西、北、南側の地域に降り、火砕流がマレーラ川(プカオ川上流)、マラウノット川(サントトマス川上流)、オドネル川、サコピア川を流れ下った。 [対応] 危険区域を半径30kmに拡大した。
6/15	山頂を吹き飛ばす大噴火が発生し、クラーク基地では火山灰が30cm堆積した。1745mあった山頂は1435mに低下した。台風Didingにより泥の雨が降った。 [対応] 危険区域を40kmに拡大した。
6/19	噴火は徐々に鎮静化に向かった。 [対応] 危険区域を半径40kmから20kmに縮小した。20万6千人が393の避難センターに収容された。
6/23	[対応] 泥流土石流による危険から、低地ないし河川沿いの住民に避難を警告した。
6/25	[対応] ピナツボ山麓の河川沿い200m以内に住んでいる住民に、雨期の間比高の高い場所へ移るように勧告した。

表2 PHIVOLCSによる警報レベル

警報レベル	基準	説明
警報無し	静かな状態である。	予知できる範囲では噴火はない。
1	地震に関与する噴気や、その他の不安要素が低いレベルにある状態。	マグマ、地殻構造、熱水に対する不安がある。差し迫った噴火はない。
2	地震や、その他の不安要素は穏やかだがマグマが関与する様子がみられる状態。	最後にはマグマの進入により噴火が起り得る。
3	不安要素が比較的大きく、かつ増加の傾向にある。ボータイブ地震が頻発、地表変形の促進、噴気活動、ガス噴出の活発化がみられる。	不安要素増加の傾向が続くようならば、2週間以内に噴火する可能性がある。
4	非常に不安定な状態にある。高調波の振動や、長時間の(つまり低周波の)地震が起きる。これらは併発することもある。	24時間以内に噴火が起きる可能性がある。
5	噴火が進行中である。	噴火が進行中である。

[進行のおさまり]
 爆発前の小床状態の場合があるので、活動のレベルが下がった後にも次の期間はその時の警報レベルを継続する。
 レベル4からレベル3へは1週間待つ。
 レベル3からレベル2へは7.2時間待つ。

接の死者をほとんど出さなかったことにつながっているものと考えられる。

2、堆積土砂量

ピナツボ火山の噴火による火山噴出物の堆積範囲と量及び河川から氾濫した土砂の堆積範囲等の調査が、PHIVOLCSとアジア開発銀行によってなされた。図1にこの調査結果を表した図を示した。1) また、フィリピン公共道路事業省が発表した、河川流域毎の火砕流堆積量及び火山灰の堆積量を表3に示した。2) この堆積量に関して、K.S.Rodolfoが収集整理した資料によれば3) 調査機関によってその値が異なり、火砕流の堆積量につい

表3 河川流域毎の火砕流堆積量及び火山灰堆積量

河川名	地点名	流域面積 (km ²)	火砕流堆積量 (10 ⁶ m ³)	降灰量 (10 ⁶ m ³)
(ターラック地方・ピナツボ山北部)				
オドネル川	サンルイス	360	479	42
バンバン川	サンピセント	216	442	18
(バンバング地方・ピナツボ山東部)				
アバカン川	アバカン橋	48	30	2
バッシグ川	バコロール	108	178	17
ボラック川	フロリダブランカ	122	0	31
グメイン川	サンタクルーズ橋	345	46	83
(ザンパレス地方・ピナツボ山西部)				
ブカオ川	ポトラン橋	656	3,805	99
マロマ川	マロマ	157	0	50
サントトーマス川	サンフェリペ	309	726	84
合計			5,706	426

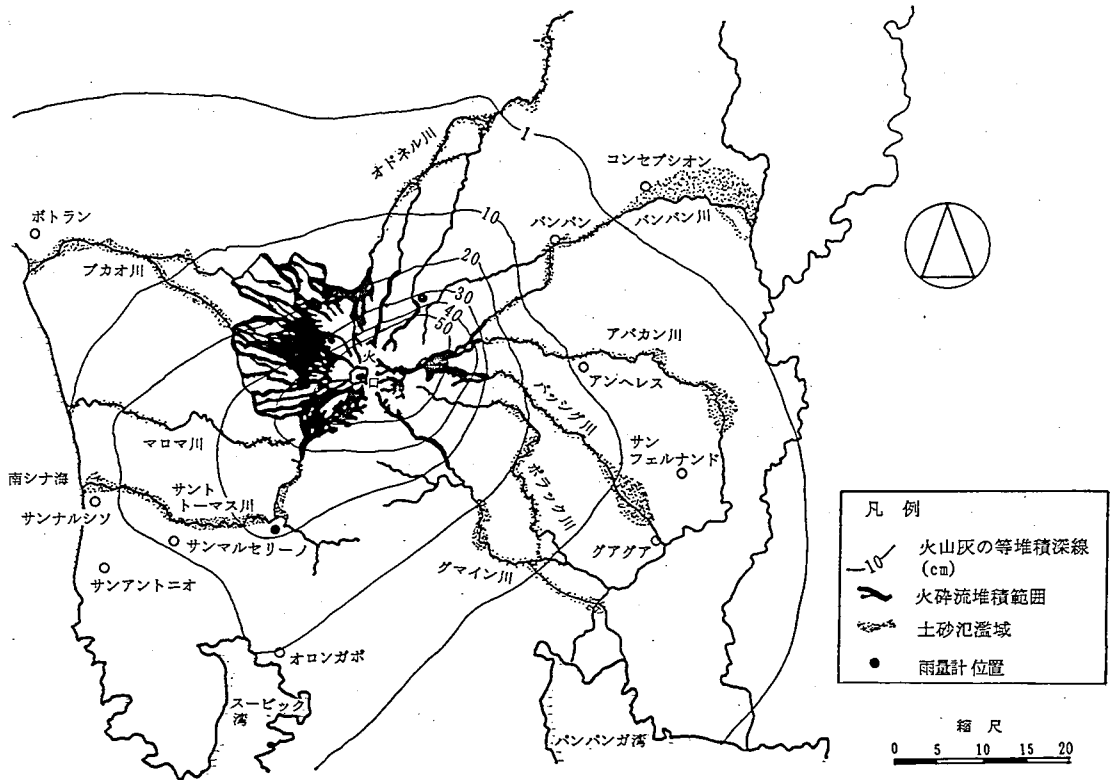


図1 火山噴出物の堆積範囲と河川から氾濫した土砂の堆積範囲

ではその合計値で48億 m^3 ～71億 m^3 の差がある。表3から判断すると火砕流の堆積量は火山灰の10倍以上となっており、土砂生産源として大きな影響を与えていることがうかがわれる。また、火砕流の堆積物の80%はピナツボ山から西側に流れるブカオ川及びサントトーマス川の流域に堆積しており、さらにその80%以上はブカオ川に堆積していることが読み取れ、これらの川での土砂流出が大きいことが推定される。K.S.Rodolfoの資料によれば、火砕流堆積物の内、既に50%以上が下流域に運ばれていると報告されており、今後の土砂流出も大いに懸念される。

3、被害状況

1991年11月現在の人的被害は、死者806人、負傷者184人、行方不明者24人、被害を受けた家族は2万5千世帯、120万人にのぼっている。死者の内281人は噴火時の建物の倒壊などによりなくなっており、29人はラハールなど土砂流出が原因であり、残りの496人は避難センターでの疾病が原因である。また、公共施設の内主な橋の落橋は東側で9橋、西側で1橋となっている。落橋の原因は、ラハールの通過による河床の洗掘と河岸の侵食と考えられる。河床が洗掘された橋付近の河床勾配は地形図から1/70～1/300と読みとれ、緩勾配区間まで土砂濃度の高いラハールが流下したことがうかがわれる。また、この河岸侵食により多くの河沿いの家屋が倒壊した。

多くの土砂が流出している河川は表3に示した河川で、特にバンバン川、アバカン川、パッシング川では下流部での幅の広い氾濫が顕著である。これはこれらの川の下流部が緩勾配の平地を流れ、沼沢地に流れ込むため、中流部で堤防を越えた土砂流は大きく広がり沼沢地に流入して堆積する。ブカオ川、サントトーマス川は、流出土砂は非常に多いものと考えられるが、河川周辺は段丘になっており河川の氾濫原を土砂流が氾濫し侵食堆積を起こしているものの、段丘に阻まれて幅の広い氾濫はしていない。これら土砂の氾濫した地域では多くの家屋が埋没している。

4、降雨と土砂災害

図2にK.S.Rodolfoが観測した、1991年6月から11月までの雨期のサントトーマス川における降雨量を示した。³⁾この図から8月にはいつて降雨、ラハールの発生ともに急激に増加し、9月までその傾向が続いていることが分かる。その後雨期の終わりに向かって急激に降雨、ラハールの発生とも少なくなっている。一方、図3にバンバン川の上流域に近い地点での8月1日から26日までの日雨量とバンバン川中流部でのラハールの発生に関係を表した図を示した。地元の情報によるとバンバン川でもラハールの発生は8月になって急に増えたとのことであった。雨量計位置とバンバン川流域とは若干離れているため、雨量とラハールの発生に完全な相関は認められ

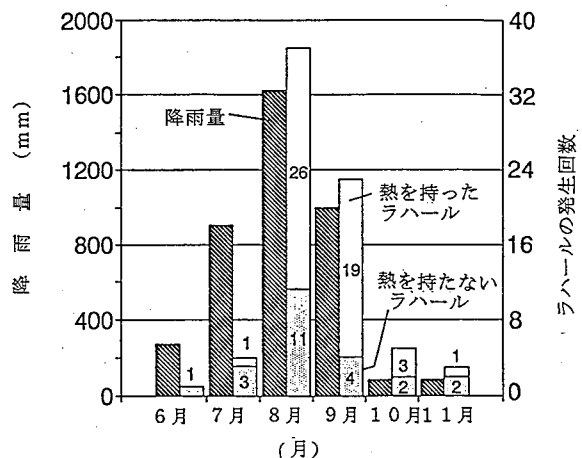


図2 サントトーマス川における月間雨量とラハールの発生

ないが、大雨の後には必ずラハールが発生していることは読みとれる。サントトーマス川での雨とバンバン川上流付近の雨の差が大きいが、K.S.Rodolfoの資料によると、もともとピナツボ山の南西部は、東側に比べて倍近く雨が多いというデータが示されている。

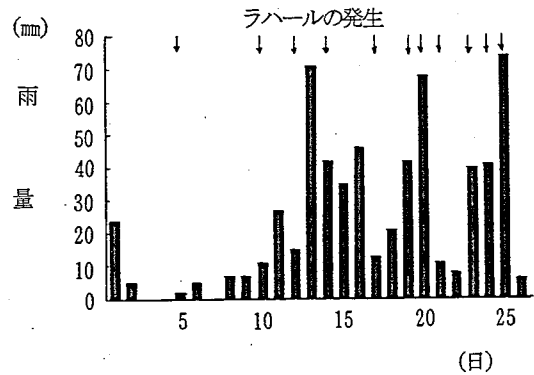


図3 バンバン川上流付近の日雨量とラハールの発生

5、ホットラハールの性状

8月16日、バンバン川上流のサコピア川で遭遇した小規模なホットラハールは、川幅約40m、河床勾配約1/60の地点を流動深約1m、流速約

1m/sで生コンクリートのような非常に粘性の高い流れであった。構成している材料はほとんどが直径10cm以下の軽石で、表面の微量を持ち帰り後日簡単な試験をした結果、容積土砂濃度は70%程度、単位堆積重量は約1.7であった。このような特殊な性状であったので勾配が数100分の1という緩い地点まで高い濃度の土砂が流下し得たものと思われる。

6、土砂流出対策

ハード対策としてフィリピン政府は、1991年9月以降1992年3月までにグマイン川、ポラック川、アバカン川、オドネル川、バンバン川に合計10基のフトン管製の緊急砂防ダムを建設している。しかしながら、この構造では規模の大きいラハールに対しては不十分で、上流部及び水通し部の補強とダム下流部の洗掘対策が必要である。また、土砂流出の激しい主な河川の下流部では、特に橋梁付近を中心に上昇した河床の掘削を行っている。物資輸送の動脈である主要道路を確保するために、掘削は効果的であるが、今後はこれと合わせて、効果的な場所に土砂溜工を設けて土砂流出のコントロールと除石を行うことが適当と判断される。

ソフト対策はピナツボ山全体を管轄する第3地方防災調整委員会が、ラハールの発生情報や雨量情報を無線により収集し、整理した情報をラジオを通じて住民に伝えている。これに日本が機材供与した土石流発生監視装置が加わり、一部の河川の雨量情報とワイヤーセンサーによる情報が自動的に収集されるようになっている。このシステムでは、主な8河川の情報を収集する計画となっている。

参考文献

- 1) PHIVOLCS; MUDFLOW HAZARD MAP (AS OF 01 OCTOBER 1991)
- 2) DPWH; Assessment of Damages to Infrastructure Caused by the June 1991 Eruption of Mount Pinatubo, Sep. 1991
- 3) Kelvin S. RODOLFO; Catastrophic Lahars on the West Flanks of Mount Pinatubo, Philippines; Workshop on the Effects of Global Climate Change on Hydrology and Water Resources at a Catchment Scale, Feb. 1992