

ピナツボ火山噴火後の地形変化と土砂流出

国際協力事業団派遣専門家（建設省） 大野宏之
国際協力事業団専門員 渡辺正幸
JICA study team 広瀬典昭、大石道夫、井上公夫

はじめに

フィリピン国ルソン島中部のピナツボ山は、1991年 6月15日に今世紀最大規模の噴火を起こし、周囲の山麓部や下流流域に火砕流や泥流となって流下し、1993年末までに死者 700人以上、建物被害10万棟以上、避難住民 247万人という大災害になった。上流部に厚く堆積した降下火山灰や火砕流堆積物は、雨期に泥流となって流下し、被害はさらに拡大しつつある。フィリピン国政府の要請に基づき、日本政府と国際協力事業団(JICA)は、ピナツボ山東部のSacobia-Bamban川とAbacan川の流域(約 900km²)について「ピナツボ火山東部河川流域洪水及び泥流制御計画調査」を計画し、JICA study team が1993年 11月より調査を開始した。第一次の現地調査が1994年 2月に終了したので、今回の調査で得られたピナツボ火山噴火後の地形変化と土砂流出の状況について報告する。

1 ピナツボ山の火山活動

フィリピン火山地震研究所(PHIVOLCS)と米国地質調査所(USGS)の調査によれば、ピナツボ山はフィリピンにある21の活火山のひとつで、安山岩-デイサイト質の岩石からなり、多数の溶岩ドームを持つ複合火山である。¹⁴C年代測定の結果によれば、前回の噴火は 400～600年前で、この時も噴出物が10億 m³にも達する大噴火となり、軽石を主とする火砕流堆積物が南西や東の谷を広く埋めている。また、さらに古い時代の噴火に伴う火砕流堆積物が多く、谷を埋めている。ピナツボ山の周囲には、これらの火砕流堆積物が降雨の度毎に流下して形成された広大な複合扇状地が分布している。

今回(1991年以降)の火山活動の経過は次の通りである。

- 4月 2日 山頂の 1.5km北西の山腹で最初の小規模な噴煙が上がった。
- 4月 5日 PHIVOLCSは 7箇所の地震計を設置し、観測を開始した。
- 4月19日 PHIVOLCSは観測結果から警戒レベルを2に設定し、半径10km以内の立入り規制を勧告。
- 4月23日 USGSの観測班が現地に到着し、PHIVOLCSと共同で無線による地震観測網を整備。
- 5月13日 PHIVOLCSとUSGSとはハザードマップを公表(警戒レベルを5段階に設定)。
- 5月末 噴火活動が活発化、深さ 2km以下の浅い地震が増加し、震源が噴気孔直下に集中。
- 6月 5日 警戒レベルを3に引上げ(2週間以内に大きな噴火)。
- 6月 7日 警戒レベルを4に引上げ(24時間以内に大きな噴火)。噴煙が高さ 8kmに上がる。
- 6月 9日 警戒レベルを5に引上げ(噴火中)。始めて火砕流が西方向へ 4～5km流下。
- 6月10日 Clark基地の14,000人に避難命令。Subic基地に移動。
- 6月12日 8時51分大噴火、噴煙柱が20km、火砕流が15km流下。警戒範囲30km、避難民58,000人。
- 6月15日 13時42分最大噴火、噴煙柱が40km、大火砕流発生、山頂部にカルデラ形成。

6月後半以降、カルデラからの噴火は次第に減少し、9月 2日を最後になくなった(9月 4日に警戒レベルを5から3に引下げ、12月 4日に警戒レベルを3から2に引下げた)。しかし、山腹の谷に厚く堆積した高温の火砕流堆積物からは頻りに大きな二次爆発による火砕流が発生し、噴煙が最高16kmまで上がり、30～40kmの範囲まで降灰した。また、降雨に伴って、泥流(Lahar)が多数の河川で頻りに発生

し、人的物的被害が次第に拡大している。直径 2kmのカルデラには湖水が溜まり、現在でも周辺の数箇所から小規模な噴気が上がっている。なお、1993年頃からカルデラの中央部に溶岩ドームの成長が見られるようになり、火山活動が再び活発化し始めている。PHIVOLCSでは、1994年 1月頃から火山性微動が増加していることから、2月 4日に警戒レベルを2から3に引上げ（2週間以内に噴火する可能性があるが1991年噴火ほど大規模にはならない）、半径10km以内の立入りを規制するよう勧告した（2月24日に小規模な噴火をした）。

2 噴火後の地形変化

PHIVOLCSとUSGSの推定によれば、ピナツポ山の周辺には、48~71億 m^3 の火砕流堆積物（ピナツポ山東部のSacobia, Abacan, Pasig川流域に10~16億 m^3 ）と2億 m^3 の降下火山灰（層厚 0.1~ 0.5m）が堆積した。図1によれば、火砕流の最大層厚は 180mと考えられる。ピナツポ山東部のSacobia, Abacan, Pasig川流域について、PHIVOLCSの Punongbayan所長の作成した1/50,000の火砕流分布図をもとに、1km毎の断面図を作成し、火砕流堆積物の堆積量を求めると、15.5億 m^3 となった。

1991年の 6月15日から 9月末の雨期には、降雨に伴って Sacobia川やAbacan川では何回も Laharが発生し、下流域に大きな被害が発生した。Sacobia川の Clark基地の Mactan Gateの観測地点（山頂から 15km下流）で 7月17日から 9月 4日の期間に 183回の Laharを観測した。この期間の Laharは、軽い細粒物質（降下火山灰が主）が比較的多かったため、山頂から50km下流まで流下している。

図2に示したように、上記の火砕流の堆積によって堆積面は平坦となり、従来の水系網は消されてしまった。火砕流堆積物は非常に高温であるため、当初地表面に降った降雨は蒸発して流水とはならなかった。周辺の山腹から流入した河川水や地下水などは、高温の火砕流堆積物に接触すると二次爆発を起こした。航空写真やヘリコプターからの観察によれば、規模の異なる二次爆発の跡が無数に存在し、二次爆発によって火砕物が飛散している状況がよく分かった。このような二次爆発起源の Laharも数多く発生したと考えられる。噴火前の河川争奪(piracy)によって、Abacan川の上流部は Sacobia川に流れていたが（piracy地点をAbacan gapと呼ぶ、山頂から12km下流）、火砕流の堆積によって Sacobia川の上流部はAbacan川にも流入できるようになり、Abacan川の流量が急激に増大した。このため、Abacan川下流の Angeles市やSapangbato付近では、人家や多くの橋が流された。

10月以降の乾期になると、Sacobia川やAbacan川では Laharの発生はなくなったため、大規模な災害復旧工事が行われるようになった。特に、11月15日から翌年の 3月30日頃までに Sacobia川で 2基、Abacan川の本支流で 8基の砂防ダム（高さ 3~10mでフトン籠製が多い）が建設された。

これらの砂防ダムが完成してまもなくの1992年の 4月 4日に（1週間程強雨が続いていた）、Abacan gapの約 1km上流の Sacobia川で大規模な二次爆発が発生し、1.0~ 1.5kmの噴煙柱が上がり、東側斜面に降灰があった。この二次爆発を起因として大規模な Laharが発生し、完成したばかりの砂防ダム（Sacobia川の 2基、Abacan川の 4基）をほぼ完全に埋積し、5mほど河床を上昇させた。しかし、これらの砂防ダムの効果により、それより下流には Laharはあまり流下せず、大きな被害は発生しなかった。この Laharの発生以後、再びAbacan gapで河川争奪が起り、Abacan川には流水が流れなくなった（この時以降、Abacan川では Laharは発生していない）。

その後、1992年の雨期になり、Sacobia川方向に Laharが多発するようになった。特に、25km下流の国道 3号線付近では、氾濫幅が 3kmに拡がり、Bambanや Doloresの多くの人家が Laharの堆積物で埋積した。Lahar堆積物は、比較的粒子の大きな軽石（水より軽いものも多い）が多かったため、前年ほど下流には流下せず、35km下流の国道 329号線付近までの幅 4kmの区間（面積約24 km^2 、層厚 2~ 4m）

に堆積した。1993年の雨期には、Sacobia川の堤防がかなり完成したため、1992年の分布より少し下流方向と右岸側に分布範囲が広がっている。

この時期までの Pasig-Potrero川の Laharの規模は比較的小さく、山頂から15km付近の扇頂部ではむしろ下刻しており、20km下流地点から氾濫していた。PHIVOLCSの推定によれば、1991年と92年の Laharの堆積土砂量は、Sacobia-Bamban川流域で 1.6～ 4.0億 m^3 , Pasig-Potrero川流域で 0.7～ 2.2億 m^3 と見積もられている。

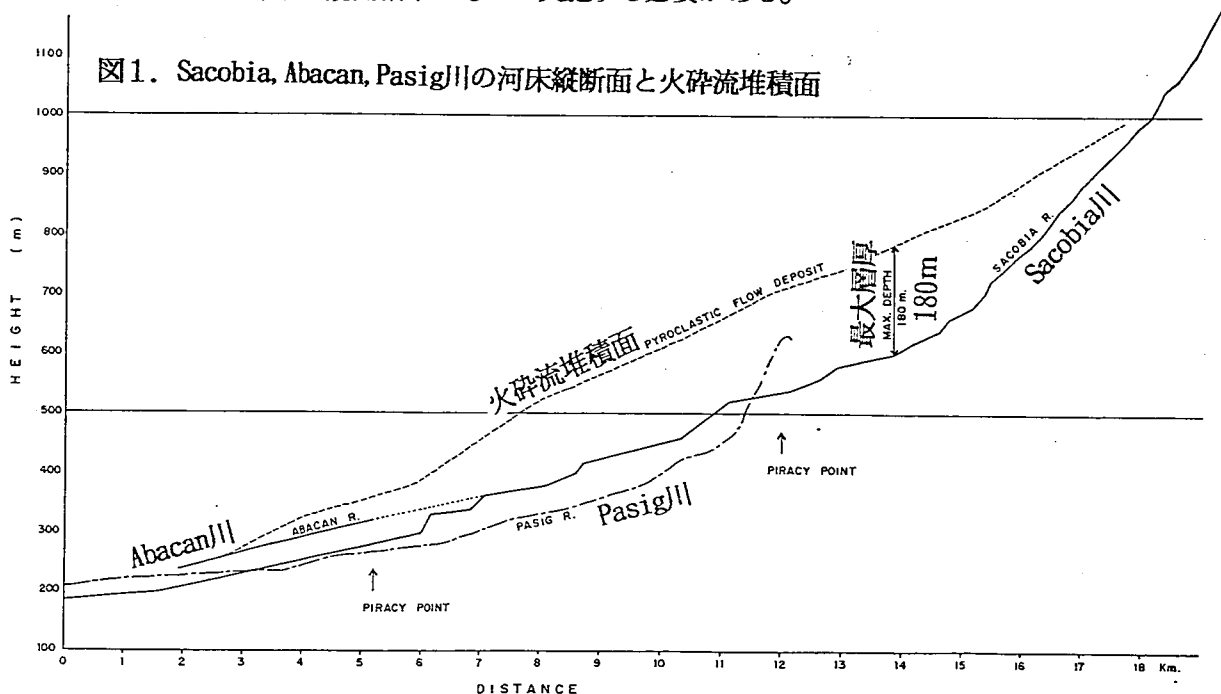
1993年10月に台風 Kadiangの襲来によって、Sacobia川と Pasig川で大規模な Laharが発生した。この時の土砂堆積は Pasig川の方が大きく、国道 3号線付近の Mancatianでは多くの人家が 5～10mの堆積物で埋積し、Mancatian橋が流された。PHIVOLCSのヘリコプターによる観察によれば Sacobia川の上流部で大規模な二次爆発が発生し、Sacobia川の谷が埋積されたため、Sacobia川の上流部が Pasig川の方に流れるようになった。我々の1994年 2月 7日の観察によれば、上記の河川争奪によって Pasig川の河谷が非常に深くなっていることが分かった。このような下刻作用は現在急速に進んでおり、1994年の雨期の状況を観察する必要があるが、上流部が Sacobia川に戻る可能性は少ないであろう。

PHIVOLCSの推定によれば、1993年の Laharの堆積土砂量は、Sacobia-Bamban川流域で0.45億 m^3 、Pasig-Potrero 川流域で 0.4億 m^3 と見積もられている。

むすび

以上の状況から判断すると、1994年の Laharの堆積土砂量は、Sacobia-Bamban川流域では減少し、0.3億 m^3 程度と考えられるが、Pasig-Potrero川流域では1993年とほぼ同じかそれよりも多くなる可能性が強い。また、Pasig-Potrero川での氾濫開始点(Intersection point)が上流部に移動し始めているので、Pasig川の扇頂部からAbacan川の支流を通して、Angeles市付近を Laharが襲う可能性がある。現状では扇頂部での下刻量が大きいので、1994年の雨期にこのような状況になる可能性は少ないと思われるが、Pasig川での氾濫状況を詳細に観察して対策工を検討していく必要がある。

ピナツボ山の東部の緊急砂防計画の検討は、以上述べた1991年以降の大規模な地形変化の動向と今後の雨期の地形変化の詳細な観測結果をもとに実施する必要がある。



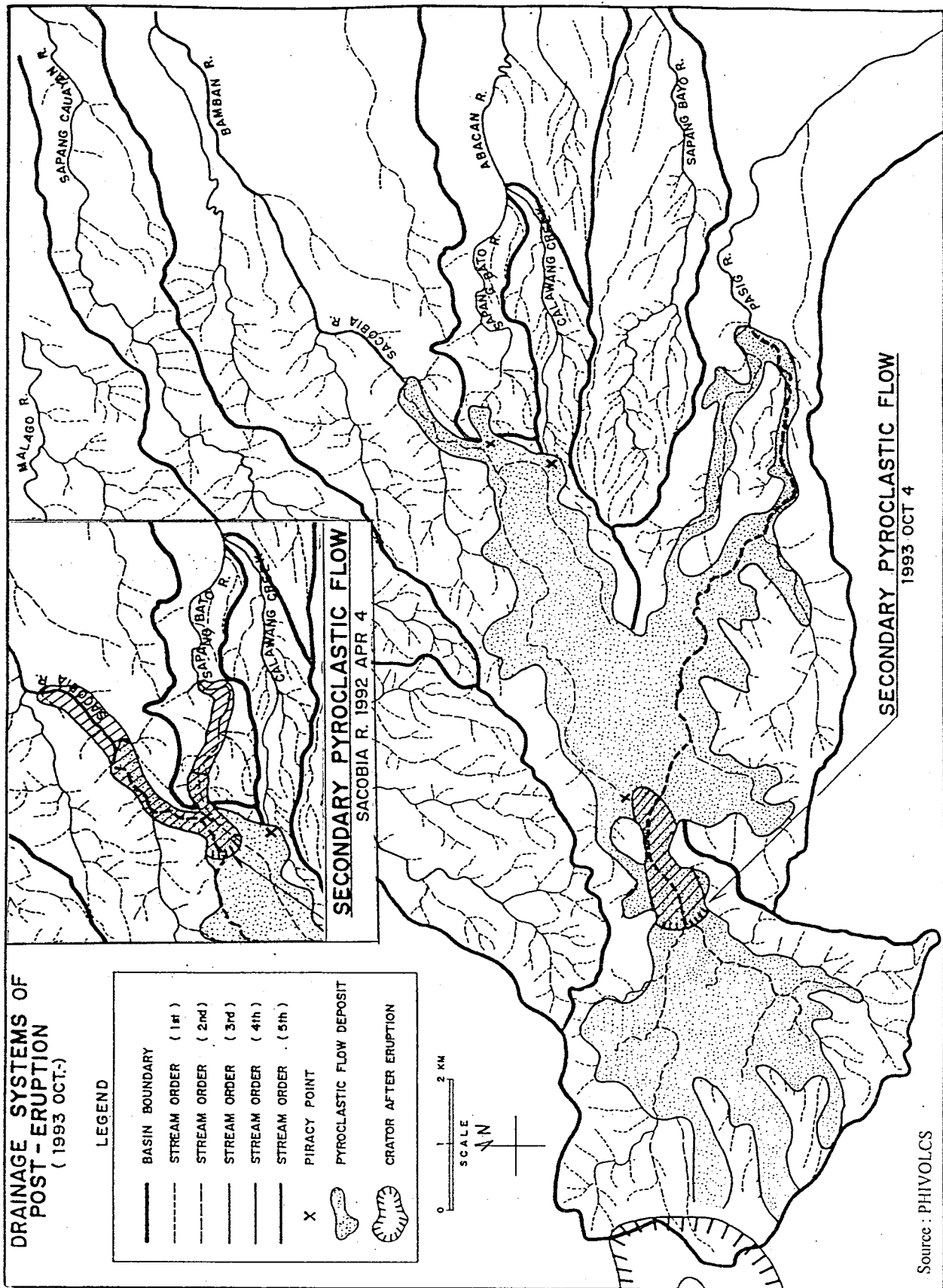


図2. Pinatubo火山東部の水系網と火砕流堆積物の分布