

ピナツボ火山噴火後の地形変化と土砂災害

日本工営(株)総合砂防推進センター 井上公夫

はじめに

フィリピン国のピナツボ火山は、1991年6月に大規模な噴火を起こし、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、火砕流が周囲の山麓部に厚く堆積し、雨期には泥流(Lahar)が多発した。このため、94年末までに死者700人以上、建物被害10万棟以上、避難住民247万人以上という大災害になった。噴火後7年を経過した現在でもなお、Laharは多発しており、しばらくはこのような状態が続くであろう。

国際協力事業団(JICA)は、フィリピン政府の要請に基づいて、「ピナツボ火山東部地域洪水及び泥流制御計画調査」を計画し、JICA調査団(日本工営(株)と(株)建設技術研究所のJV)が、93年11月から96年4月まで調査を実施した。調査結果を受けて、現地では97年2月から海外経済協力基金(OECF)の資金援助で、災害復旧工事が実施されている。

私は、調査団の一員として短期間であるが、4回現地調査に参加し、ピナツボ火山周辺の大規模で急激な地形変化を観察してきた。調査の途中結果については、米国地質調査所(USGS)やフィリピン火山地震研究所(PHIVOLCS)の調査結果を含め、新砂防47巻2号や1994・95・96年度の砂防学会、及び96年度の日本地質学会関東支部講演会で報告した。97年の地形変化については、ポスターセッションで詳しく報告しているので、ここでは91年6月の噴火以降に起こった大規模な地形変化と土砂災害について、総合的に考察した結果について報告する。

1 ピナツボ火山の地形特性

ピナツボ火山は、西ルソン弧の火山帯に位置しており、ルソン島西部の南北に伸びたザンバレス山地に存在し、マニラから北西に90kmの距離にある。噴火前の山頂高度は1745mであったが、今回の噴火で山頂部が900mも吹き飛び、直径2kmのカルデラ(底の標高850m)が形成され、最高標高も南縁で1527mと低くなった。PHIVOLCSとUSGSは、放射性炭素による堆積物の年代の測定結果から、新期ピナツボ火山の噴火時期を4時期に分けている。

Inararo期(35000年より前)	最大噴火、今回の5倍以上
Crow Valley期(5000-6000年前)	今回の噴火の2~3倍
Maraunot期(2500-3000年前)	今回の噴火の2~3倍(クラク基地の載る平坦面)
Buag期(500年前)	今回の噴火とほぼ同じか少し小さい

91年の噴火以前の山頂部は、前回(Buag期)の噴火後に形成された溶岩ドームであり、周辺には標高1500m前後の溶岩ドームが幾つも存在する。ピナツボ火山は、過去に何回もの噴火(成長と陥没)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・堆積させた。この火山体の全体は、西方に開いた直径8kmの巨大なカルデラからなる。このカルデラの中には、大小4つ以上の西方に開いたカルデラが形成されている。91年以前の山頂部は、これらのカルデラの中央火口丘として形成された溶岩ドームである。

噴火のたびごとに、大規模な火砕流が谷地形を流下し、平坦な火砕流堆積面を形成した。非溶結の堆積物は、侵食に対して弱いため、豪雨時にLaharとなって流下し、平野部に出ると広大な扇状地を形成した。火山活動が休止し、土砂流出が減少すると、河川は再び下刻するようになり、扇状地は広大な段丘面となった。

休止期を経てピナツボ火山が噴火すると、同じような地形変化現象が繰り返され、以前の地形は修飾されて、さらに複雑な地形が形成された。また、火砕流堆積面で河川争奪と流域変更が繰り返されたため、当流域の地形をさらに複雑なものとした。Buag期にも今回と同様、大規模な火砕流が発生し、山頂部は爆発によって吹き飛ばされ、小規模なカルデラが形成された。このカルデラは、その後の溶岩ドームの成長に伴い完全に埋められて、溶岩ドームからなる山頂部が形成された。1991年の噴火直前には、標高1745mにも達する釣り鐘状の急傾斜な山頂部となっていた(ピナツボとは原住民アエタの言葉で「成長する山」を意味する)。

2 ピナツボ火山東部地域の7年間の地形変化

調査地域は、Sacobia川とAbacan川、Pasig川の3河川流域で、上流域はピナツボ火山東部火砕流堆積域(EPPFF, East Pinatubo Pyroclastic Flow Field)と呼ばれる地域である。この地域は、過去の噴火時にも火砕流堆積物が厚く堆積したため、河川争奪と流域変更が繰り返し起きた地区である。今回でも、火砕流が最大220mも堆積したため、高温の堆積物と地表水や地下水が接触して、水蒸気爆発(二次爆発)が繰り返し発生した。大規模な二次爆発とLaharの多発によって、何回も河川争奪が起こり、各河川の流域がめまぐるしく変化した。

今回の噴火によって、EPPFF地域には14.0億 m^3 の火砕流堆積物が堆積したため、3河川の流域界は消滅した。

1年目の雨期(1991)には、17.9%の2.5億 m^3 が流出した。この時期には、細粒の降下火山灰起源のLaharが多く、最下流のデルタまで流下した。Abacan川上流から流下するLaharによって、中流部のAngeles市では大きな被害を受けた。92年4月の二次爆発により、Abacan川の上流部がSacobia川に流域争奪(この地点を「Abacan gap」と呼んでいる)されたため、それ以降Angeles市の被害はほとんどなくなった。

2年目の雨期(1992)には、8.6%の1.2億 m^3 が流出した。なお、この時期までのPasig川のLaharは、比較的規模が小さく、山頂から15kmの扇頂部ではむしろ下刻しており、20km下流の地点から氾濫していた(それ程大きな被害は発生していない)。しかし、上流部の右支川は本川からの流出土砂によって堰止められて、かなり大きな天然ダムが一時的に形成され、豪雨時にこれが決壊して大きな被害が発生した。

3年目の雨期(1993)には、8.6%の1.2億 m^3 が流出した。なお、3雨期末期の93年10月に、Sacobia川上流部で大規模な二次爆発による河川争奪が発生し、二次爆発地点より上流部はPasig川に流域変更された。

このため、4年目の雨期(1994)には、Sacobia川では土砂流出が激減したものの、Pasig川では二次爆発と流出土砂量が予想以上に増大した。その結果、EPPFF地域では9.8%の1.37億 m^3 が流出した。

5年目の雨期(1995)には、Sacobia川では土砂流出がほとんどなくなったが、Pasig川では、二次爆発と天然ダムの決壊により、Laharが多発した。その結果、全体で3.5%の0.45億 m^3 が流出した。特に、Pasig川では、河川争奪による流量の増加(台風の襲来も多かった)もあって、土砂運搬力が増大したため、現在の本川であるTimbu川からDelta-5観測地点区間のHot-lahar堆積物を侵食し、河床は低下し始めた。Hot-lahar堆積物は、高温の二次火砕流堆積物も混じっており、豪雨時に三次爆発を起こしている箇所もあった。5雨期末期の95年11月には、Angeles-Porac道路付近でも、噴火前の河床より20mも低下した。この付近のHot-lahar堆積物が下流に運搬され、二次堤防や三次堤防を破壊し、Olongapo道路やBacolorの市街地付近に氾濫・堆積した。

6年目の雨期(1996)の詳細は不明であるが、前年の地形変化の傾向が続き、Pasig川ではLaharが多発した。その結果、2.4%の0.33億 m^3 が流出した。

7年目の雨期(1996)の様子は、ポスターセッションで報告したように、台風の襲来が多かったこともあって、Laharが多発し、Sacobia川やAbacan川でも被害が発生した。Pasig川では、Mega-dikeを破壊して下流域に被害が広がった。中流部での嵌入蛇行の傾向は強まり、河床を広げながら谷地形が形成され、Hot-laharの堆積面は完全に段丘化した。その結果、2.2%の0.31億 m^3 が流出した。

3 地形変化の将来予測

Pierson・他(1992)は、噴火で供給された60億 m^3 のうち、噴火後10年間に流出する土砂量は25億 m^3 (42%)で、その大部分の23億 m^3 は扇状地に堆積すると推定した。

EPPFF地域では、Piersonの予想よりも侵襲速度が速く、噴火後7年間で半分以上の7.4億 m^3 (53%)が流下し、広大な堆積面(扇状地)を形成した。現在でも6.6億 m^3 (47%)の火砕流堆積物が残っているが、二次爆発(水蒸気爆発)や三次爆発を引き起こせるような高温状態ではなくなりつつある。

5雨期以降の様子を見ると、上流部からの土砂量が減少したため、中流部の堆積物が侵食され、再移動するようになった。Sacobia川やPasig川では河床が低下して、嵌入蛇行するようになり、より下流で氾濫・堆積を繰り返すようになった。

7年間の地形変化の状況を見ると、変化の幅は大変大きいものの、地形変化の幅が次第に小さくなっているようである。いずれにしても、今後とも、地形変化の様子を詳細に観察する必要がある。

噴火前(1980)の地形図と地形分類図は、今後の地形変化の予測に大変役に立つ。なぜならば、前回の噴火から500年後の状況を示しているからである。

また、日本にもピナツポ火山と同じような噴火をした火山も多く、周辺に多量の火砕流堆積物が多く見られる。未固結のこのような堆積物は、シラスと呼ばれることが多いが、火山から直接噴出した一次堆積物であるか、その後の二次堆積物であるか、詳細に分析する必要があると考える。

現地では、Laharにより大きな被害を受けながらも、各種の災害復旧工事が進められている。これらの工事がなるべく早く完成し、地域住民が安心して暮らせる地域社会が形成されることを切に希望する。

謝 辞

本報告をまとめるに当たっては、PHIVOLCSとUSGSからは、多くの参考文献を頂くとともに、貴重な観測資料を借用し、解析させて頂いた。このような貴重な調査の機会を与えて頂いたフィリピン政府や建設省、国際協力事業団の関係各位、及び調査団員に御礼申し上げます。

