

パキスタン北部山岳地帯ブーニ溪谷における土石流危険度評価

丸井 英明, 吉松 弘行, 若井 明彦

1. はじめに

パキスタン北部のチトラル地区は、北西部をヒンズークッシュ山脈、東北部カラコルム山脈の7000m以上の峻険な峰々で囲まれており、山地には広範囲に氷河が分布しており、氷河の末端部は標高3500m付近にまで及んでいる。同地区内の溪谷の源頭部は厚い氷河で覆われており、氷河内部に滞留した水が溪谷内に供給されることにより、フラッシュ・フラッド（突発的洪水）やそれに起因する土石流が頻発し、溪谷下流の扇状地域の集落に対して多大の被害をもたらしている。ブーニ溪谷では、2010年7月末から8月初旬に掛けて断続的に極端な豪雨があり、氷河内に滞留する水と共に急激に河道内に供給され、フラッシュ・フラッド状で流下する過程で溪谷内の堆積土砂を取り込み土石流となって流下し、扇状地域に被害をもたらしたものと考えられる。著者らは2011年6月3日から12日に掛けて、現地NGO機関FOCUSの要請を受け、突発的洪水・土石流の原因究明と再度災害防止の防止に向けた技術的提言のための現地調査を実施した。本稿では土石流の発生過程と今後の発生危険度について報告する。



図1 ブーニ溪谷流域概要



図2 ブーニ溪谷源頭部氷河末端の状況

2. ブーニ溪谷の概要

図1にブーニ溪谷の平面形状を示す。流域面積は約17km²であり、扇頂部から図2に示す氷河末端部までは水平距離で約8kmである。溪谷は扇状地よりやや上流側で支谷と合流しており、支谷は数km上流側でさらに分岐している。2010年の土石流は専ら主谷で発生、流下したと判断される。土石流の発生の主要因である、ブーニ氷河は全長約4kmで、氷体の大部分が岩屑で覆われている。氷体には多数の亀裂が視認されることから、氷河内部には大量の水が滞留していた可能性が考えられる。標高3500m付近の氷河末端部では氷体が塊状に分離し、漸次崩落が進行しつつある状況が見られ、それが突発的洪水・土石

流の発生に大きく関与するものと推察された。図3は氷河内部に貯留された多量の水が、末端部水体が塊状に分離し、背面水圧の増大などにより崩落すると共に、突発的に渓谷内に流出する状況を推測したものである。また、氷河下部から数kmに亘る中流部河道内には、土石流発生時点では約100万～150万m³の不安定土砂が堆積していたものと推測された。

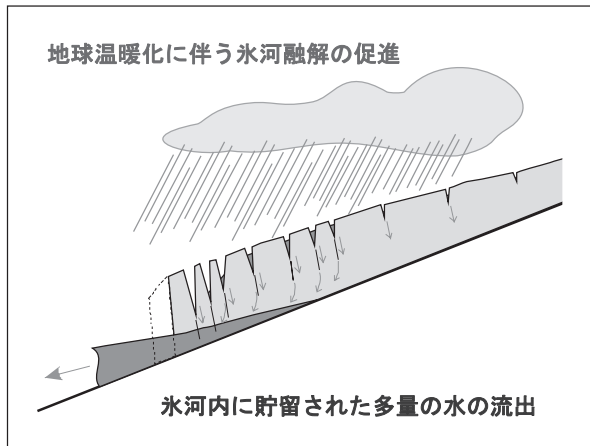


図3 氷河内貯留水の流出状況模式図



図4 渓谷中流部山腹斜面及び河道の状況

3. 土石流の規模の推定

ブーニ渓谷中、下流部における土石流の流下痕跡から土石流の規模の推定を試みた。中流部では約1.5kmに亘って認められる土石流の流下・浸食状況から、平均断面を乗じることにより、土石流の総流量は135万m³と推定された。また、渓谷下部の側壁に認められる流下痕跡から、流動深は4m、川幅が60m、河床勾配が5°であることから、Manning式を用いて土石流のピーク流量は709m³/sec、流速は11m/sec、と推定された。さらに、高橋式を用いて土石流中の土砂濃度は11.3%、ピーク時の水量は575m³/secと推定された。

扇頂部付近では、新旧複数の土石流堆積層が観察されることから、ブーニ渓谷は土石流多発溪流であると判断される。中流部の山腹斜面からは随時不安定土砂が河道内に供給される状況にあり、今後も100万m³程度の規模の土石流の発生の可能性は高いと考えられる。扇状地域に位置するブーニ村には約2500世帯が居住しており、ソフト及びハード両面の対策が必要と考えられる。

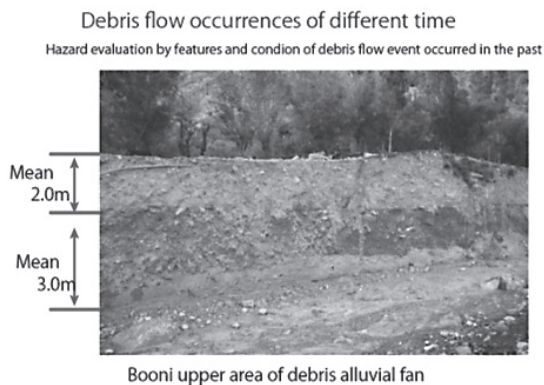


図5 扇頂部に見られる複数の土石流堆積層

Landslide occurred along the river (Estimation of hazard of landslide dam failure)



図6 中流部山腹斜面上の地すべり土塊