

中津市耶馬溪町金吉の大規模山腹崩壊について

西日本工業大学 正会員 山本健太郎 西日本工業大学地盤工学研究所 正会員 立石義孝

1. はじめに

2018年4月11日午前3時40分頃、大分県中津市耶馬溪町金吉で住宅の裏山が幅約200m、高さ100mにわたって突然崩落し、民家4棟が巻き込まれ3世帯6名が亡くなった。この崩落時には降雨もなく、大きな地震も観測されていない中で発生しており、その崩壊プロセスやメカニズムについての解明が求められている。また、崖錐性堆積物である凝灰質地盤や未固結の凝灰質土砂については、通常の粘性土や砂質土の地盤と、その性状が大きく異なる特殊性を理解することが、今回の崩壊要因（素因と誘因）を解明する上で重要と考えられる。

2. 凝灰質地盤の特徴

写真-1は予兆もなく崩壊した山腹の状況であり、溶結凝灰岩の露頭一部に開口性の亀裂や節理が発達しており、風化作用や経年変化による劣化を生じている。溶結凝灰岩は地層の累重条件と、岩盤中に溶結構造の違いにより固結度が異なる。崖錐性堆積物の岩塊類は、山頂斜面からの移動距離が短いので、角張った岩塊や風化転石類で形成される。そのため空隙が多くルーズな状態が特徴で透水性が高く、堆積した層厚などの状況により宙水が形成される。崖錐性堆積物である凝灰質地盤や未固結の凝灰質土砂については、通常の粘性土や砂質土とは性状が大きく異なる特殊性を有する。

3. 凝灰質地盤における崩壊要因

一般的に岩盤等における斜面崩壊の原因とみなされる因子に「素因」と「誘因」があり、素因は斜面を構成する物質の性質およびその状態であり、地質的要因と地形的要因に大別され、植生条件なども含められる。経年的影響による劣化を促進し、不安定化を増大させる因子を誘因と捉えることもでき、崩壊直前に作用した外的因子のみを取り上げると、崩壊メカニズムの多面性を見落とすことになる。このため崩壊を引き起こす要因を「持続的要因」と「加速的要因」とし、図-1にそのフロー例を示す¹⁾。崩壊とは岩盤等に対する各種作用力が崩壊の素因を醸成し、経年変化と共に変形や崩壊を始める直前の状態に達し、同様な作用力が更に働いて、力学的バランスを保つための変位・変形量の閾値を超えたときに発生する。

4. 耶馬溪金吉地区大規模山腹崩壊の諸因説

崩壊した地域の大分県中津市耶馬溪町では4月に入ってから、ここ数日、まとまった雨は降っていない。大分地方气象台によると崩壊があった中津市耶馬溪町のアメダスの観測地点で、まとまった雨が降ったのは約3週間前の3月19～21日で、計約70mmを観測して以後雨は降らず、今月10日までの1週間は6日に4.5mm、



写真-1 耶馬溪町金吉山崩壊
(4月11日11時撮影)

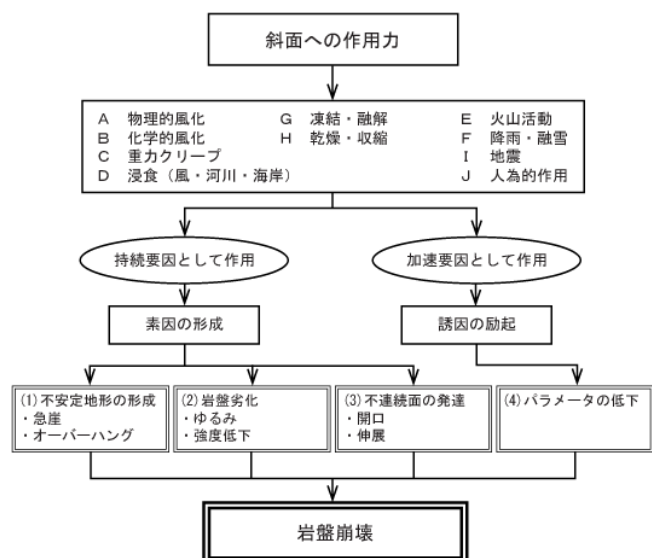


図-1 岩盤崩壊例のフロー

7日に1.5mmの雨が観測されたものの、8～10日までの3日間は0.5mmの雨しか観測されていない。このような気象状況の中で、地下水の影響や火山性の固い地盤の風化など複数の崩壊要因が指摘された。これらは地下水（間隙水圧）上昇説²⁾、地質体脆弱化説³⁾、地盤劣化説⁴⁾のようにまとめられる。しかし、地下水が上昇した原因が解明されていない、地質学的に問題があることや巨岩・巨礫を含む崖錐堆積物への円弧すべり法の適用などの妥当性に疑問が残る。また、崩壊前に地下水が急増するほどの降雨はなく、直接的な原因とは考え難い。現場では写真-1の崩壊中腹部付近に見られるように地下水も流れ出ているが、地下水が原因の場合は土砂が長い距離に到達し、ぬかるみ状況を呈するが、その傾向は見受けられない。大雨で地下水が上昇し土砂の強度が低下することがあるが、凝灰質地盤や凝灰質土砂の崖錐性堆積物は、通常の粘性土等とはその性状が大きく異なり、何日か前に降った雨で大崩壊を引き起こすことは考え難いと考えられる。

5. 素因と誘因の複合による大規模山腹崩壊

地下水（間隙水圧）上昇説が指摘するような地質体および地盤構造であれば、過去直近での二度の記録的な豪雨に見舞われながら何故崩壊に至らなかったのか自然科学的にも疑問の余地がある。図-2に平成24年

（2012年）7月3日と同年7月14日の雨量レーダーと線上降雨帯の様子を示す。図-3は7月3～4日に大分県西部、福岡県筑後地方、熊本県阿蘇地方における九州北部を中心とした集中豪雨時のアメダス降水量時系列図である。特に、7月3日（6:00～9:00）は、耶馬溪町金吉に累計3時間最大雨量205mmの観測史上最大の記録である⁵⁾。また、平成29年（2017年）7月5～6日の大分県と福岡県を中心とする九州北部で発生した集中豪雨にも見舞われている。ここ数年において局地的降雨が多く、地下水上昇に伴う間隙水圧の上昇が最も高い時期と考えられるが、崩壊地では当時、斜面変動の兆候は現れてない。これらのことから、自然科学的見地からも地下水（間隙水圧）上昇説には妥当性が欠けると考えられる。

以上の考察から、今回の崩壊因子の持続的要因としては、溶結凝灰岩に対して常に作用している要因である経年的影響と樹木による節理や不連続面の開口、溶結凝灰角礫岩の風化作用による劣化等にて、斜面強度（引張力、せん断力、圧縮力等）の閾値の変動が挙げられる。いわゆる斜面内部において節理の発達や風化の進行により強度が低下した溶結凝灰岩および安山岩が崩壊し、強度差が明瞭な火砕流堆積物や崖錐堆積物の硬軟互層では、凹凸のある急崖を形成し易くなる。一方、加速的要因は、崩壊の引き金となる要因であるが基本的には持続的要因と同様の作用力で、降水や融雪水、地震、乾湿や凍結融解の繰返し等が斜面の強度低下をもたらしている。また、斜面の切土や掘削の土木工事など人為（人工）的要因も加速的要因に考えられる。火砕流堆積物や崖錐堆積物の崩壊特性として、特に凝灰質地盤と未固結の凝灰質土砂の特殊性からも、これら持続的要因と加速的要因の複合型による崩壊現象であると考えられる。また、崩壊現場は平成3年の台風で風倒木被害を受けた経緯がある山腹であり、平成4年に治山事業で落石防止柵工、平成5年には落石防止柵工、岩盤線の変更、山腹工の変更、崩土除去との記録があり、斜面の切土や掘削の土木工事など人為（人工）的要因も今回の大規模崩壊の加速的要因の一つに推測される。

【参考文献】

- 1) 土木学会岩盤力学委員会岩盤崩落問題研究小委員会：岩盤崩壊の考え方（第3章岩盤崩壊のメカニズム）、2004。
- 2) 耶馬溪町金吉地区山地崩壊原因究明等検討委員会：平成30年4月に中津市耶馬溪町で発生した山地崩壊について（中間報告）、2018。
- 3) 地盤工学会：平成30年4月中津市耶馬溪町金吉椋ヶ原地区における斜面崩壊と今後の問題点、2018。
- 4) 国土交通省九州地方整備局：大分県中津市耶馬溪町金吉 大規模斜面崩壊調査報告、2018。
- 5) 大分県中津市：平成24年九州北部豪雨災害 中津市災害記録誌、pp.1-4、2015。

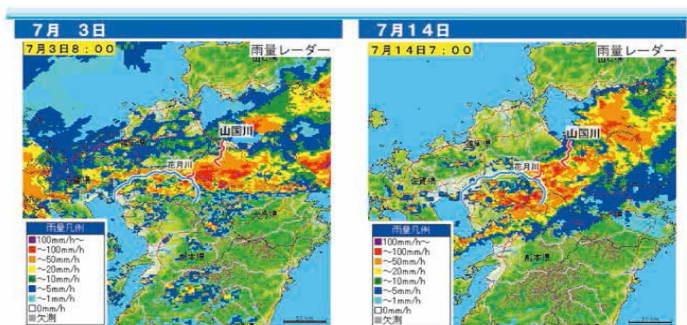


図-2 2012年7月3日と7月14日の雨量レーダー

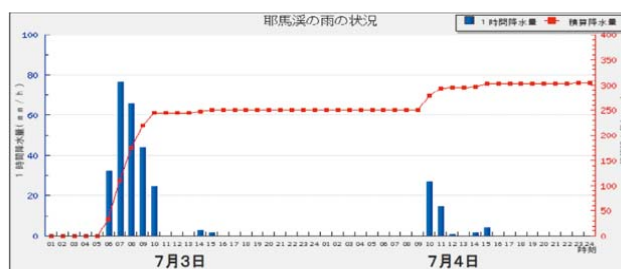


図-3 2012年7月3～4日のアメダス降水量時系列図