

那智川流域で発生する崩壊と地質・水文特性との関連—地質分布と地下水挙動—

国土交通省近畿地方整備局紀伊山系砂防事務所
 国土交通省近畿地方整備局紀伊山系砂防事務所（大規模土砂災害対策技術センター）
 国土交通省国土技術政策総合研究所（大規模土砂災害対策技術センター）
 和歌山県土砂災害啓発センター
 サンコーコンサルタント株式会社

吉村元吾・菅原寛明
 田中健貴
 木下篤彦
 西岡恒志
 ○辻野裕之・中村静也・赤嶺辰之介

1. はじめに

那智川流域では、紀伊半島大水害（2011年）をはじめ、これまで台風・豪雨時に崩壊や土石流が多く発生している。崩壊・土石流の発生メカニズムは当該地域に分布する地質と地下水の挙動に関連し、危険箇所の抽出にはこれらの関連を明確にすることが重要である。ここでは、那智川左岸の平野川において、二つの異なる条件を有する斜面（崩壊斜面・健全斜面）を対象にボーリング調査、観測孔を利用した地下水位観測を実施し¹⁾、当地域で発生する崩壊と地質・水文特性との関連について検討した。

2. 那智川流域の地質と崩壊

那智川流域の地質は図-1に示すように、熊野層群・熊野酸性火成岩類（花崗斑岩）を基盤岩とし、これらの上位を崖錐堆積物や土石流堆積物が覆う。堆積物は斜面下方で厚く（最大で20m程度）分布することが特徴で、特に溪流沿いのものは浸食や崩壊に伴い土石流発生の大きな原因となっている。熊野層群と熊野酸性火成岩類との地層境界はN65~70W18~25NEで、那智川左岸斜面では概ね北西方向に傾斜する。熊野層群と熊野酸性火成岩類との境界はシャープな面で水理的に不連続となっており、地層境界付近を流動する地下水は、那智川流域一帯の地下水の主体をなす。

崩壊は溪流沿いの堆積物を除くと、多くは花崗斑岩（Gp）の表層部の崩壊が主体であるが、花崗斑岩（Gp）と熊野層群（主に泥岩 Km）との境界を含む崩壊も認められる。

3. 地下水位の観測

崩壊斜面と健全斜面は隣接しており、平野川流域においても、図-2に示すように、右岸斜面（H28斜面とする）（赤丸で表示）は、2011年に崩壊が発生し、勾配が急で崩壊地形が散見される起伏に富んだ斜面であり、「崩壊が発生しやすい」と想定される斜面」と位置づけられる。これに対して、東側の斜面、左岸斜面（H29斜面とする）（青丸で表示）では、明瞭な崩壊の発生は確認されず、斜面勾配も H28 斜面に比べて緩く、「崩壊が発生しにくい斜面」とみなせる。

両地点で、熊野層群（泥岩 Km）を確認するまでボーリング調査を行い、特に花崗斑岩（Gp）の風化・亀裂状態を調査し、掘削中の水位変化等に基づいて、深度を異にする地下水位観測孔を設置した（観測孔の仕様は表-1に示す）。

4. 地質分布と地下水挙動

ボーリング結果に基づき作成した地質断面図を図-3に示す。H28斜面は、花崗斑岩の風化が進み、緩い傾斜の亀裂が発達するという特徴があり、風化の違い等に起因して不透水層が形成されている。H29斜面の花崗斑岩は、

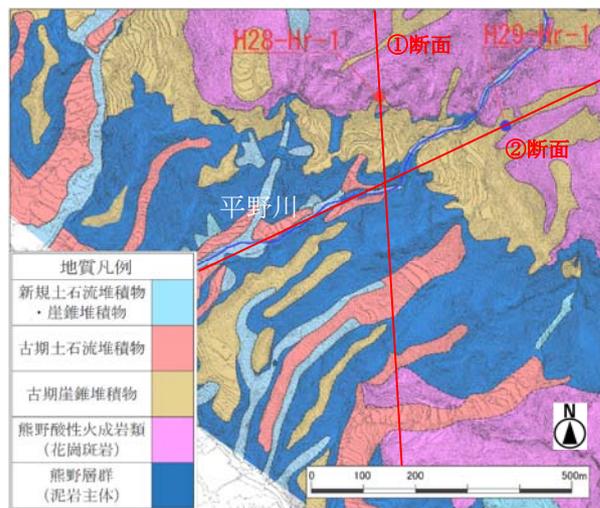


図-1 平野川付近の地質図

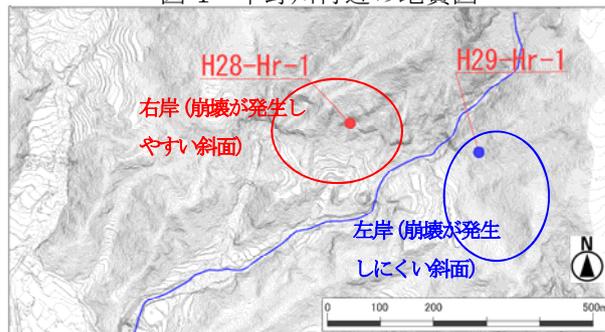


図-2 右岸H28と左岸斜面H29の地形図

表-1 水位観測孔の仕様

斜面	ボーリング孔番号	深度 (G1-m)	観測対象 (G1-m)	観測対象区間の地質
右岸 H28	W1 (H28-Hr-1)	70.0	35 ~ 70	熊野層群(泥岩 Km)
	W2 (H28-Hr-1-2)	30.0	20 ~ 30	Gp層-Km層の境界部
	W3 (H28-Hr-1-3)	17.0	12 ~ 17	花崗斑岩(Gp)の弱風化部Gp-2
	W4 (H28-Hr-1-4)	10.0	1 ~ 10	花崗斑岩(Gp)の風化部Gp-1
左岸 H29	W5 (H29-Hr-1)	70.0	44 ~ 70	熊野層群(泥岩 km)
	W6 (H29-Hr-1-2)	38.0	32 ~ 38	Gp層-km層の境界部
	W7 (H29-Hr-1-3)	22.0	14 ~ 22	花崗斑岩(Gp)の弱風化部Gp-2
	W8 (H29-Hr-1-4)	12.0	2 ~ 12	花崗斑岩(Gp)の風化部Gp-1

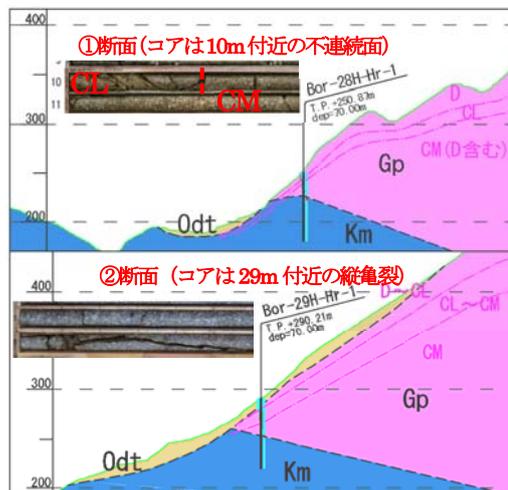


図-3 平野川の地質断面図(上がH28, 下がH29斜面)

比較的硬質な部分が多く、縦亀裂が発達する。各孔の地下水位観測結果を図-4に示し、結果の概要を記述する。

4.1 花崗斑岩(Gp内)の地下水挙動

(1)H28斜面;まとまった降雨の直後に「深度の異なる複数の地下水位(水頭)が存在(Gp-1,2)」する傾向が認められ、H29斜面と比較して「鉛直方向への浸透(地下水流動)がスムーズではない状況」が想定される。

(2)H29斜面;まとまった降雨の直後に「Gp層-Km層境界の地下水と主としてGp-2の地下水が一体化した飽和地下水ゾーン」が形成される状況にある。「亀裂の発達」(図-3の下参照)が大きな要因となり「鉛直方向への浸透(地下水流動)が卓越している状況」が想定される。

4.2 Gp層-Km層境界付近における地下水挙動

地層境界からは地下水が湧出しやすく、流域内でも地質の境界からの湧水(パイプ)が多く見られる。パイプ状湧水孔から出る地下水は豪雨時には流量が増加し、湧出箇所も多くなる(あるいは斜面上方へ移動する)。流出しきれない場合、背後地山の水位が上昇する。H28斜面では水位上昇量が少ないが、図-3に示すように、H29斜面では前面の崖錐堆積物(Odt)の存在により、スムーズな湧出が妨げられ、地下水位が上昇する。この地下水は泥岩の表層まで浸入する場合と境界面を流動する場合がある(水質の違いが明らかになっている)。

(1)H28斜面;当該地下水の水位変動は非常に緩やかであり、平常時(および降水があるレベルを超過しない限り)は、周辺一帯における「Gp層-Km層境界の湧水」としての地下水流出が卓越している。ただし、「多量の降水の浸透」が生じた場合は、Gp層-Km層境界の湧水(パイプ)による排水が追いつかず、一時的に1m程度の地下水位が上昇する。

(2)H29斜面;まとまった降雨に伴う水位上昇が顕著であり、H28斜面に比べると「排水性」に劣ることが想定される。これは、H29斜面では全般に地層境界が崖錐性堆積物(Odt)に被覆されていることが要因と推定される。

4.3 崩壊のメカニズム

地下水位観測結果に基づき、平野川流域で発生する主な崩壊の形態とメカニズムをまとめ、表-2に整理した。

崩壊形態①については、当該流域内の崩壊の主体をなし、誘因は、花崗斑岩と熊野層群(泥岩)との地層境界に起因する地下水位の上昇ではなく、花崗斑岩内の表層部の地下水位上昇が主体であることが、今回の観測結果(H28斜面)で明らかとなった。

崩壊形態②については、地層境界がシャープで水理的に不連続であること、泥岩の強度が低いことなど、当該地域の地質に起因する。泥岩中まで浸透した地下水がパイプ状に流出する(地層境界からの湧水は多く確認される)ことが多く、パイピング孔の発生、あるいは流出がおいつかないときに背後に過大な間隙水圧が発生することが崩壊発生の要因となる。この形態の履歴は地質境界付近の古い崩壊地形として比較的明瞭に残っている。

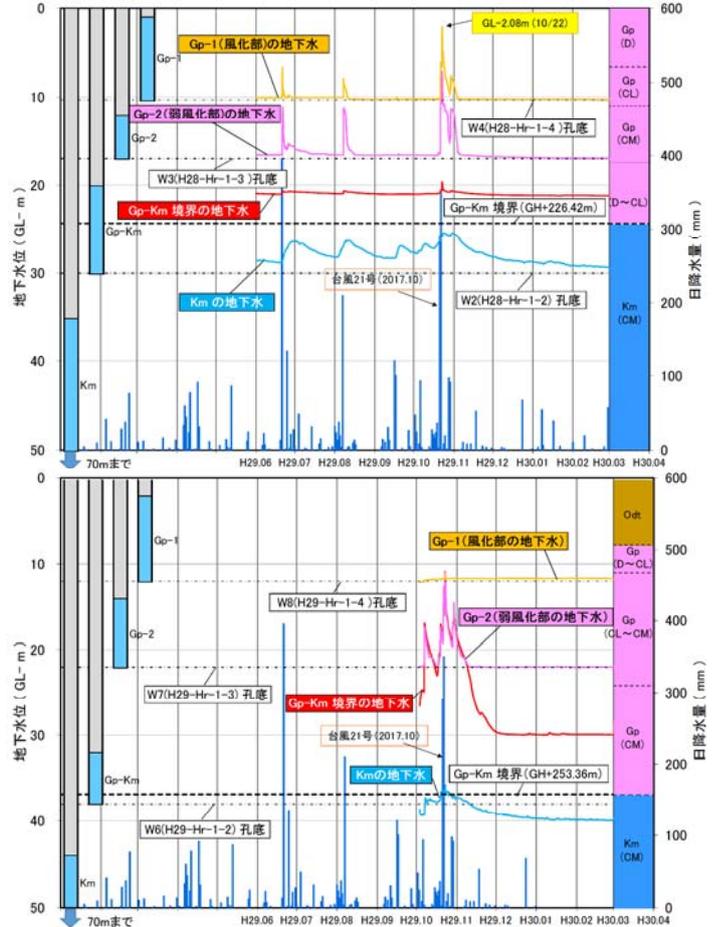


図-4 地下水位観測結果(上がH28,下がH29斜面)

表-2 崩壊形態とメカニズム

	形態①	形態②
模式図		
メカニズム	花崗斑岩(Gp)表層部の崩壊 水位上昇に伴う表層部のすべり崩壊しやすいと想定される斜面;強度の弱い風化層内で地下水位が上昇する(岩盤中に不透水層が形成されている)。 崩壊しにくい斜面;風化層内で地下水位が形成されない(上昇しない)	花崗斑岩(Gp)と熊野層群(特に泥岩Km)との境界を含む崩壊 パイピングや背後地盤に過大な間隙水圧が発生することが要因 崩壊跡では泥岩表層部にパイピング孔や地下水流出跡が確認される。

5. おわりに

那智川流域の花崗斑岩の崩壊は主に風化岩中の不連続面の存在で地下水が上昇しやすいことに起因する。また、地層境界の地下水も崩壊に影響を及ぼす場合がある。二つの崩壊形態共に、かつて崩れた形跡が地形に表れており、地形判読で危険箇所をある程度、抽出することはできる。ただし、花崗斑岩中の不連続面の存在については広域物理探査による抽出の適用などを検討する必要がある。

参考文献
1)国土交通省:紀伊山地那智川流域地質調査・水文観測業務報告書, 2018