

平成 23 年台風 12 号により大規模な崩壊が発生した 那智川流域の地質特性に関する検討

北川 眞一¹・大山 誠¹

¹ 近畿地方整備局 河川部 河川計画課 (〒540-8586 大阪府大阪市中央区大手前 1-5-44)

2011(平成 23)年の台風 12 号により発生した那智川中流域の大規模な崩壊について、地形判読、地形解析、物理探査、調査ボーリング等を実施して、流域毎に土砂移動現象の把握や崩壊発生機構について検討した。崩壊は、主に熊野層群(堆積岩)と熊野酸性岩類(花崗斑岩)との地質層界付近で発生していることが多く、那智川右岸側で大規模崩壊、左岸側で表層崩壊が多発している。地質層界付近の花崗斑岩は、節理が発達して風化が進んだ脆弱な岩盤で、地質層界付近から湧水が認められる。このことから、地質特性や地下水が崩壊発生に影響を与えていると考えられる。

キーワード 大規模崩壊、風化岩、リニアメント、パイピングホール、熊野酸性岩類

1. はじめに

2011(平成 23)年台風 12 号による総雨量は、和歌山県西川(古座川町)で 1,186mm、色川(那智勝浦町)で 1,152.5mm に達し、和歌山県那智川では大規模な土石流が発生した。那智川中流域の支溪流では、大規模な崩壊が発生し、那智川本川河道内に流入した土石流や流木によって一時的に本川河道が閉塞され、これによる土砂氾濫が被害を甚大にした。中でも金山谷川で発生した崩壊は、斜面長約 150m、幅約 100m、崩壊深約 5m と大規模で、流出した土砂が約 2km 流下し、下流で大きな被害を出した。本研究は、那智川中流域の支溪流で発生した崩壊の実態を把握し、その崩壊機構を明らかにすることを目的としている。調査対象地を図-1 に示す。

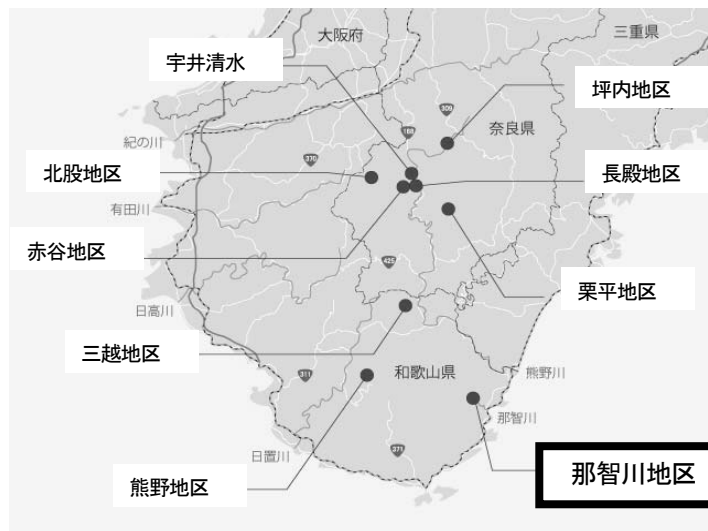


図-1 調査位置図

2. 対象地の概況および調査方法

(1) 地形・地質概況

調査地周辺は、第三紀中新世の熊野層群と熊野酸性岩類の地質層界付近に位置する(図-2)。

熊野層群は、泥岩、シルト岩、砂岩泥岩互層、砂岩および礫岩からなり、石炭層を挟在する。

熊野酸性岩類(以下、花崗斑岩と称す)は、那智

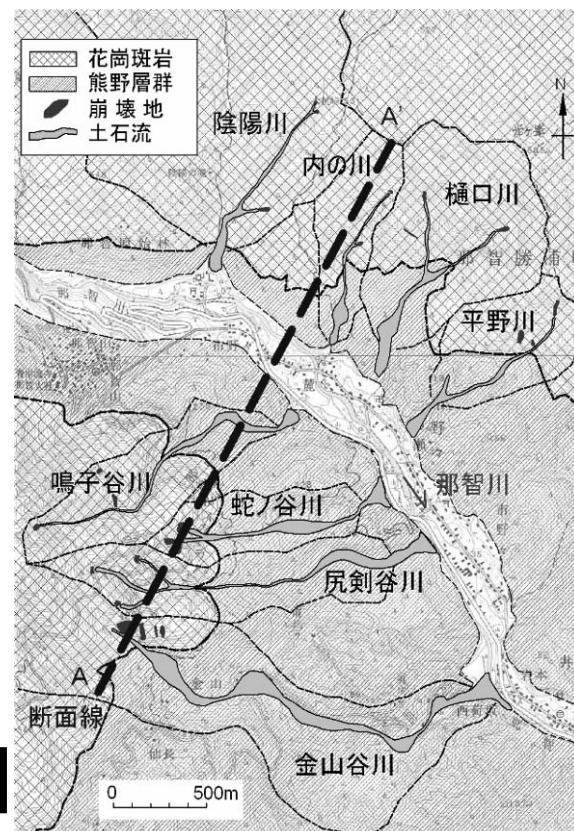


図-2 那智川中流域地質平面図

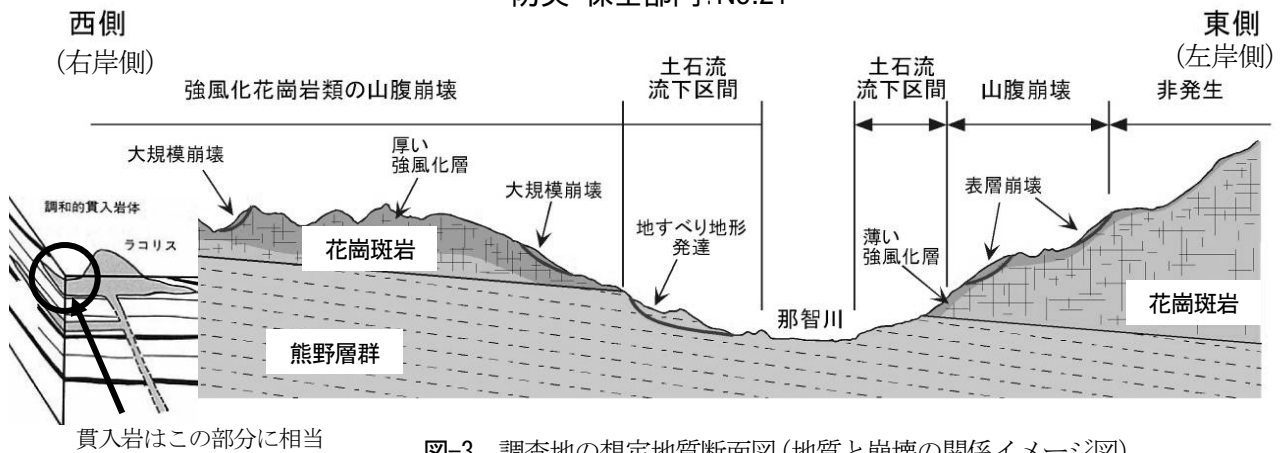


図-3 調査地の想定地質断面図(地質と崩壊の関係イメージ図)

川流域の標高の高い場所に分布し、主に花崗斑岩から構成されている。この花崗斑岩は、約 1,400 万年前の中新世中期に活動した火成岩類で、妙法鉱山では金、銀、銅の採掘が行われていて、周辺の岩盤は熱水変質も認められる。

那智川中流域の両岸では、花崗斑岩と熊野層群の地質層界が追跡でき、層界は主として $10^{\circ} \sim 30^{\circ}$ で東へ傾斜している(図-3)。しかしながら、那智川上流側では急傾斜となっていて、層界の傾斜は様でなく、波打っている可能性がある。層界付近の花崗斑岩は、節理が発達し風化が進んで脆弱な地質となっている。層界付近には、湧水がある場合が多く、地下水が層界付近に集まっていると想定される。

(2) 調査方法

那智川流域を対象に、2012(平成 24)年 3 月のレーザープロファイラー結果を利用して、微地形判読を実施した。また、1940 年代の米軍航空写真から台風 12 号災害前までの航空写真を利用して、崩壊地形の抽出を行った。地表踏査では、流域毎に崩壊状況、地形・地質、湧水状況についてとりまとめ、崩壊形態を分類した。溪岸の古期土石流堆積物には、炭化木片が混入していたので、流出土砂の年代を推定するために、放射性炭素年代測定(^{14}C)を実施した。

また、崩壊地の詳細な地質状況を把握するために、代表的な崩壊形態について物理探査(電気探査、弾性波探査)を実施し、代表的な箇所を調査ボーリングを行い、地下水位計やパイプひずみ計を設置した。

3. 調査結果

(1) 地形解析

a) 空中写真判読による崩壊地地形抽出

空中写真判読結果を図-4 に示す。台風 12 号による崩壊は、那智川流域内で 105 箇所判読され、熊野

層群と花崗斑岩の地質層界付近の花崗斑岩が分布する溪流の源頭部や山腹で発生している。崩土が斜面に残存している場合と下流へほとんどが流出している場合とがある。台風 12 号で発生した崩壊の崩壊面積率は、蛇ノ谷川 2.8%、平野川 2.0%、金山谷川 1.1%、内の川 1.0%、尻剣谷川 0.7%、鳴子谷川 0.4%、樋口川と陰陽川 0.1% の順に高い。大規模な崩壊は、那智川右岸側の金山谷川と尻剣谷川に集中し、那智川左岸側は表層崩壊が主体である。

台風 12 号によりも前に発生した崩壊地も、主に花崗斑岩が分布する地区に判読でき、花崗斑岩の分布域が崩壊発生場となっている。

b) リニアメント抽出

微地形解析で判読されるリニアメントは、地層の走向や割れ目、断層、地形変換点などを示す場合が多い。リニアメントが多い区域は、岩盤に割れ目や節理などの不連続面が発達していて、崩壊の要因となっている可能性がある。

複数のリニアメントが交差することで生じるリニアメント交点の密度は、複数方向の外力により岩盤が受けた破碎の程度を示す指標と考えられる。そこで、熊野層群と花崗斑岩の地質層界からの距離とリニアメント交点および崩壊位置の関係をグラフ化して図-5 に示す。

那智川流域内のリニアメント交点の分布を見ると、地質層界からの距離で 1 km 未満と 1 km 以上の二群のリニアメント交点の分布傾向が確認され、特に 200m 以内の距離にリニアメント交点が卓越する。リニアメント交点の高密度域では、崩壊地形の判読頻度も高くなる傾向がある。特に、台風 12 号による崩壊は、熊野層群と花崗斑岩の地質層界から 200m 以内の距離に 62 箇所、全体の約 60% が集中している。このことから、地質層界付近の花崗斑岩は、亀裂が発達した岩盤で、崩壊しやすいことが示唆される。

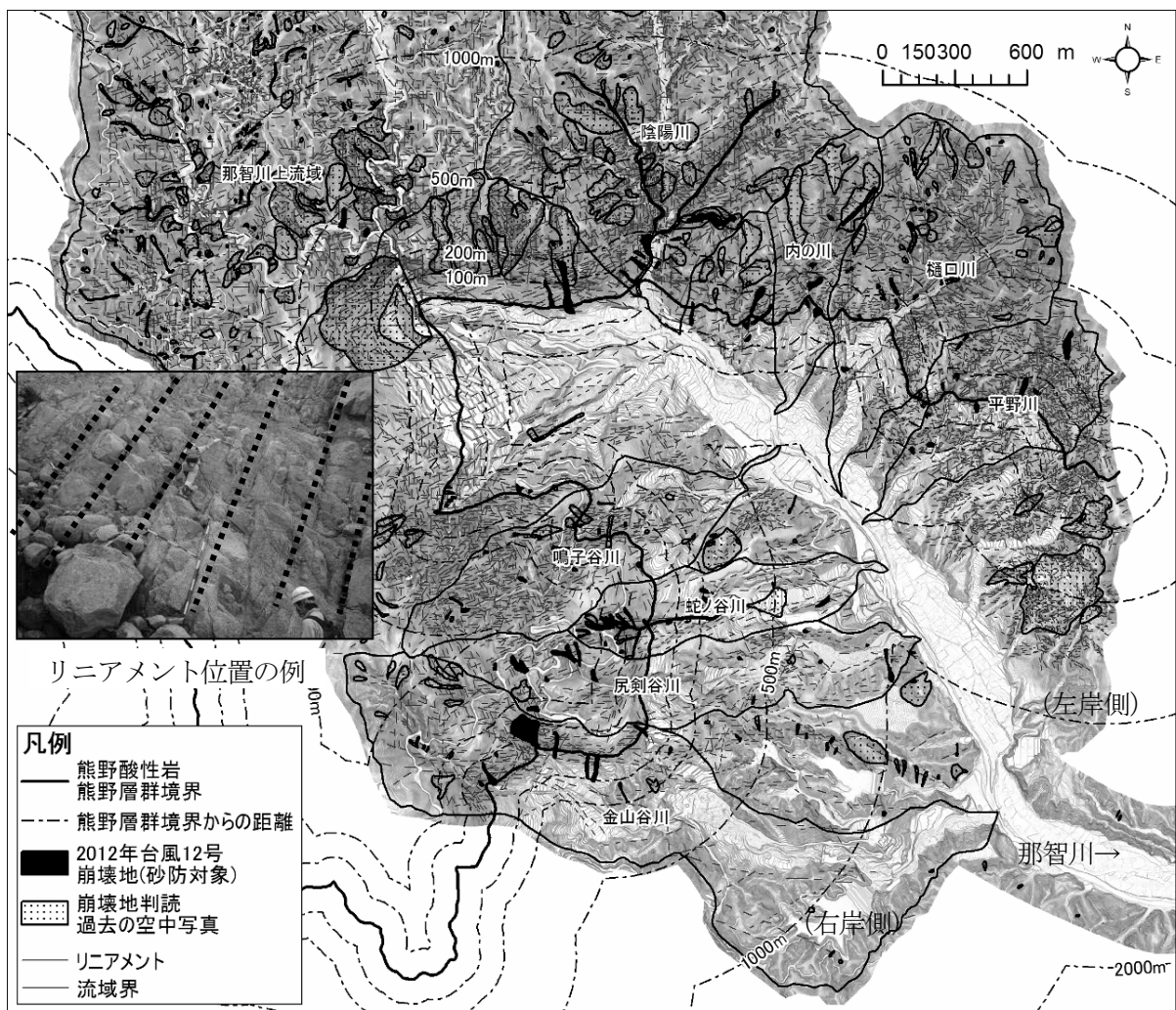


図-4 空中写真判読結果

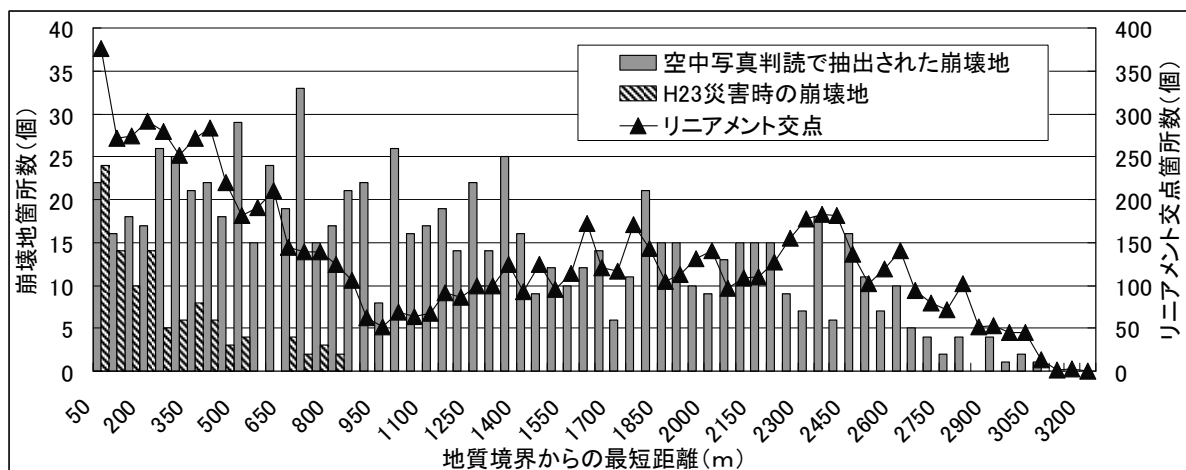


図-5 崩壊地とリニアメント交点の熊野酸性岩熊野層群境界からの距離に関する分析結果

(2) 地表踏査による台風 12 号による崩壊形態

地表踏査から、台風 12 号で発生した崩壊の形態は、下記のように分類される。

a) 熊野層群・花崗斑岩層界付近の大規模崩壊

主に那智川右岸側で発生している。那智川右岸側の花崗斑岩は、風化層が厚く数 10m に及ぶ場合もある(写真-1a, 図-6a)。風化層は、更に強風化部と風化部に区分でき、層界にはパイピングホールも認

められた。花崗斑岩には、縦方向と水平方向の節理が発達している。縦方向の節理は、開口していて地下水が流下した痕跡(褐鉄鉱汚染)もある。崩壊地内では、水平方向の節理が斜面に対して流れ盤になっていて、花崗斑岩が巨大なブロック状に分離して岩盤の緩みが生じている。熊野層群と花崗斑岩の地質層界付近では、常時、湧水している場合が多い。

金山谷川の崩壊は、台風 12 号で崩壊した最大規模

で、幅 100m、高さ 80～100m、崩壊深さは 2～6m 程度である。斜面が南西向きのため、熊野層群は斜面に対して受け盤になり、層界からは常時湧水が認められる。

b) 強風化花崗斑岩・崖錐堆積物の表層崩壊

主に那智川左岸側で発生している。表層崩壊を主とし、台風 12 号により多発した崩壊形態である（写真－1b 図-6b）。花崗斑岩の強風化部や山腹凹地に堆積した崖錐堆積物が崩壊していて、崩壊深は約 1～5m 程度である（写真－1b）。崩壊の滑落崖では、強風化層や層状の崖錐堆積物が認められ、崩壊面には弱風化または未風化の花崗斑岩が露出する。強風化岩および崖錐堆積物とその下位の基岩の層界付近には、多数のパイピングホール（写真－1, b）が認められ、岩盤からの湧水も確認された。

c) その他

上記の a), b) の崩壊土砂が、流下中に、溪岸や河床に堆積した古期土石流堆積物を侵食しながら流出している（写真－1c）。古期土石流堆積物は、層厚が 10m を越える場所もあり、複数の土石流堆積物が確認でき、堆積物中に炭化木片が混入している場合もある。

(3) 崩壊地の地質調査結果

a) 地表踏査による崩壊地の地質調査結果

熊野層群および熊野層群と花崗斑岩の地質層界は、那智川右岸側では斜面に対して緩い流れ盤となり、地すべり地形も多数確認できる。また、風化層の厚さが那智川左岸に比べて深部まで及んでいる。図-3 の断面図に示すように、那智川右岸側は浸食が進み地質層界からの層厚が薄く、貫入時に急冷されて形成される縦方向と水平方向の節理や亀裂が密に発達した区間が地表に露出するため、風化を受けやすいことが想定される。一方、那智川左岸側では、地質層界が受け盤となっていて、花崗斑岩の層厚も厚く、

冷却の影響が西側より弱いことが想定される。そのため、層界付近では花崗斑岩の絶壁が連なり、風化深度は 5m 以内と浅く、硬質な岩盤が分布する。そのため、表層崩壊が発生しやすい特徴がある。



a) 金山谷川大規模崩壊地

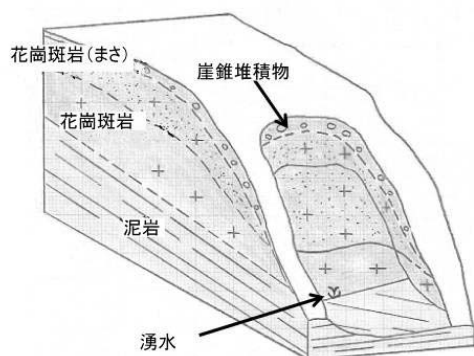


b) 表層崩壊とパイピングホール（平野川）

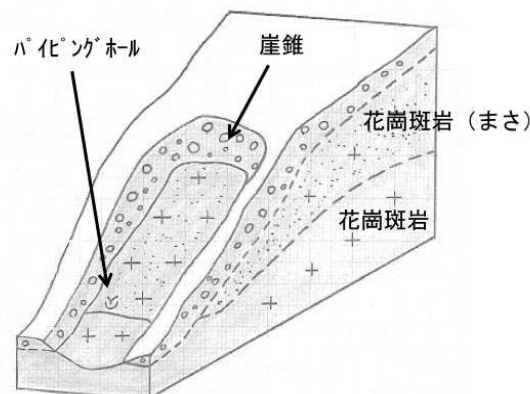


c) 古期土石流堆積物の侵食（内の川）

写真－1 崩壊地状況写真



a) 熊野層群と花崗斑岩層界付近の大規模崩壊模式図



b) 強風化花崗斑岩・崖錐堆積物の表層崩壊模式図

図-6 崩壊形態の模式図

b) 水文調査結果

熊野層群と花崗斑岩の地質層界付近の水文状況を把握するために、樋口川で電気探査と調査ボーリングを実施した(図-7)。地下水検層の結果、熊野層群中に流動層はなく難透水層となっている。花崗斑岩には地下水は形成されておらず、透水性が高い。両者の層界付近では、流動層があり地下水の流入が確認できた。しかし、降雨量が少ない時期のため地下水位は低く、降雨による水位上昇は確認できていない。付近に湧水もあるので、豪雨時に地下水位が上昇すると考えられる。層界からの湧水は、周辺より

も電気伝導度がやや高い傾向があり、岩盤内を流動して湧水する深層地下水と推定される。

また、強風化花崗斑岩と崖錐堆積物の水文状況を把握するために、表層崩壊が発生した平野川において、簡易貫入試験による土層分布の把握、1m地温探査による平面的な地下水の把握、定点カメラおよび温度計によるパイピングホールからの湧水観測を実施した。観測期間中、降雨量が少ないため、パイピングホールからの湧水が確認できなかった。パイピングホールは、平常時はパイプ内に水流はなく、豪雨時のみパイプ内に水流が生じていると推測される。

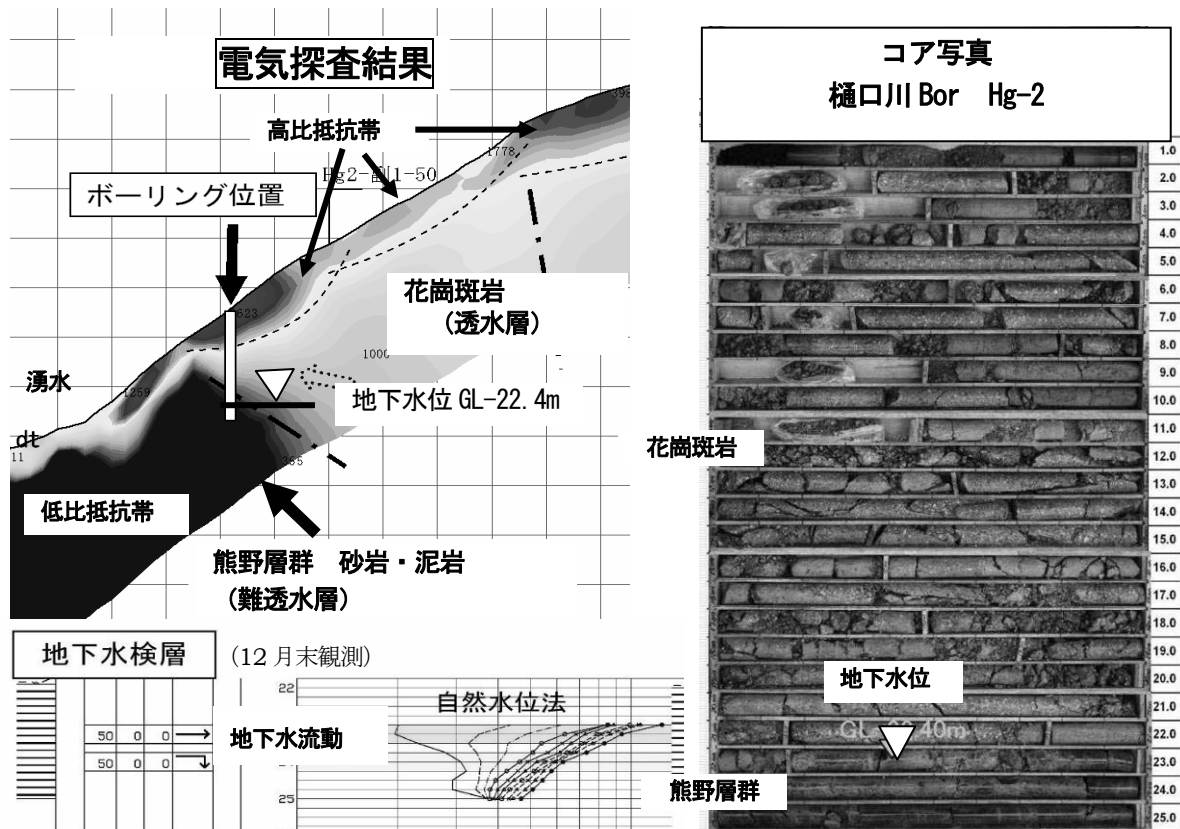


図-7 熊野層群と花崗斑岩層界付近の地質調査結果と水文特性対比図(樋口川、)

表-1 放射性炭素年代測定結果

流域名	番号	AD2000	AD1500	AD1000	AD500	AD0	BC2000	BC4000	BC6000	BC8000
那智川右岸側	金山谷川									
	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
	6									
	7									
	8									
	9									
	10									
那智川左岸側	平野川									
	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
	6									
	7									
	8									
	9									

c) 流出土砂の年代推定結果

溪流内には古期土石流堆積物が厚く堆積している。流出土砂の年代測定を実施するために、土石流堆積物に含まれる炭化木片を採取し、放射性炭素年代測定(^{14}C)を実施した。放射性炭素年代測定結果を表-1にまとめる。

古期土石流堆積物は、縄文時代まで遡ることができ、紀元前400年頃と1800年代に集中している。那智川右岸側は、紀元後は崩壊発生が少なく、那智川左岸側では紀元後に頻繁に発生している。金山谷川と平野川は、発生回数が多くなっている。

古期泥石流堆積物の年代測定結果から、那智川流域では、台風12号で発生したような大規模な土砂流出が過去にも発生していると推測される。

4. 考 察

台風 12 号による崩壊は、熊野層群と花崗斑岩の層界から 200m 以内の距離に全体の 60% 程度の崩壊が集中し、1,000m 以内の範囲に全ての崩壊地がある。崩壊の形態は、熊野層群・花崗斑岩の層界付近の大規模崩壊と強風化花崗斑岩・崖錐堆積物の表層崩壊とに大きく区分することができる。

(1) 熊野層群・花崗斑岩層界付近の崩壊発生機構

崩壊機構の概念図を図-8 に示す。熊野層群は、亀裂が少ない泥岩や砂岩が地下水の難透水層となっている。層界付近の花崗斑岩は、縦方向と水平方向の節理や亀裂が発達し、節理が開口して緩みが生じている。また、風化層も厚く透水性に富み、地下水が浸透しやすい水文構造となっている。そのため、地質層界付近で常時湧水する場合が多い。豪雨時には、地下水の流入量が排水量を上まわり、層界付近に高い間隙水圧が形成されて、大規模な崩壊が発生しやすいと考えられる。

那智川右岸側では、花崗斑岩の深部まで風化が進み、脆弱となっているので、今後も金山谷川のような大規模な崩壊が発生する可能性がある。

(2) 風化花崗斑岩・崖錐堆積物の崩壊発生機構

崩壊機構の概念図を図-9 に示す。強風化花崗斑岩や崖錐堆積物は、透水係数が基岩の未風化岩に比べて大きいため、未風化岩の上面の形状が谷地形となっている場合は、地下水が集中しやすい。強風化花崗斑岩や崖錐堆積物には、細粒物や粘土鉱物が生成されている。地下水が基岩との層界付近を流下すると、周辺の地層から地下水により細粒物が流亡してパイプが形成される。同時に基岩内の節理や亀裂に沿っても地下水が流動することで、パイプが基岩内にも形成される。豪雨時には、これらのパイプを通して地下水が流入し、斜面が変形するとパイプが遮断され、有圧地下水が形成されて崩壊に至ると考えられる。

台風 12 号より前の崩壊の一部には、崩土が山腹に崖錐堆積物として多数残存している。また、時間と共に風化層の厚さが厚くなり、強風化層が形成される。強風化層や崖錐堆積物が集水斜面に存在している場合、今後も豪雨時に崩壊する可能性がある。

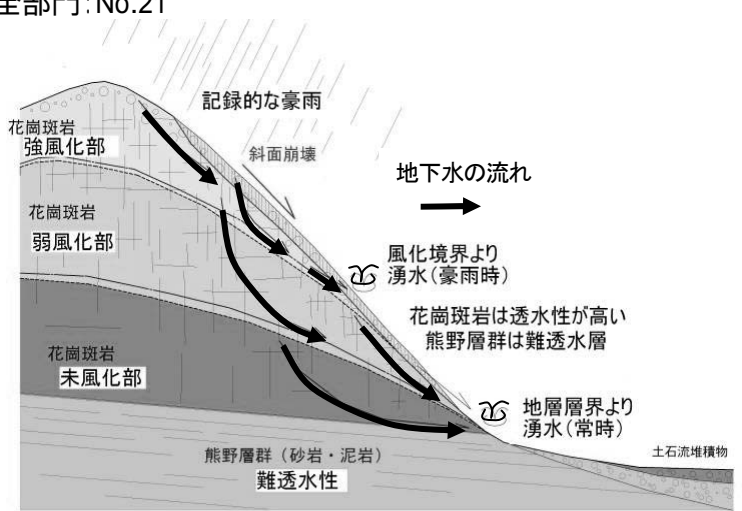


図-8 熊野層群・花崗斑岩層界付近の崩壊機構概念図

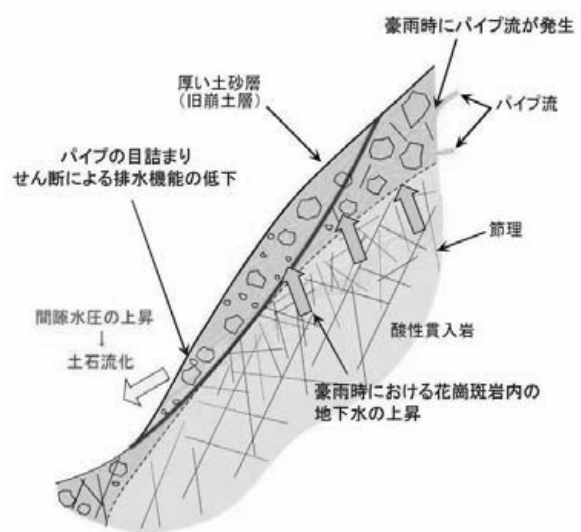


図-9 強風化花崗斑岩・崖錐堆積物の崩壊機構概念図

5. おわりに

熊野層群と花崗斑岩の地質境界付近の花崗斑岩は、節理や亀裂が発達して風化を受けやすく、脆弱な岩盤で崩壊が発生しやすいことが判った。また、過去にも繰り返し大規模な崩壊が発生していたことを示唆された。

観測体制が整備されたのが冬場で、今後の降雨による地下水位の変化を把握して、崩壊発生機構を再検討するために、崩壊面となった土層の特徴を把握すること、層界付近の地下水挙動を明らかにすること、パイプの実態および形成過程を明らかにすること、パイプと地下水の関係を明らかにすることが必要である。