

独立行政法人土木研究所 仲野公章・石田哲也
 北海道大学大学院農学研究科 山田孝
 鹿児島県土木部砂防課 塚田浩之
 川崎地質(株) ○菊山浩喜・油野英俊

1. はじめに

1997年7月10日に鹿児島県出水市針原川で発生した土石流など、崩壊土砂量が $10^4 \sim 10^5 \text{m}^3$ の、深層崩壊に起因する土石流(以下、深層崩壊起因型土石流と呼ぶ)は、そのメカニズムがほとんど解明されておらず、発生の危険性を有する溪流の抽出手法も確立されていない。本研究では深層崩壊起因型土石流の危険溪流抽出手法を確立するため、針原川の事例を中心に近年のいくつかの発生事例について発生場とその周辺の地形、地質の特徴とその共通性を検討し、針原川周辺流域については併せて流出特性との関係についても検討を行った。

2. 鹿児島県出水市針原川で1997年7月10日に発生した深層崩壊起因型土石流の事例

2.1 針原川周辺流域の地形、地質的特徴と流出特性

針原川を含めた矢筈岳西麓流域について、地形図・地質図・空中写真及び各流域の地質踏査と流量観測結果等の文献、資料の検討及び現地地表踏査より、各流域の地形、地質的特徴と流出特性を整理し、それらの関係を考察した。

矢筈岳西麓には、山頂を中心として放射状に水系が発達する。概略的な地質構成は針原川と同様で、各流域の中～下流域には凝灰角礫岩が地表面に分布し、中～上流域では地表面に安山岩が主に分布している。しかし、流域によって下流部まで主に安山岩が地表面に分布する場合や、逆に中～上流域まで主に凝灰角礫岩が分布する場合もあり、表層を覆う安山岩の層厚は、流域によってかなり差があることが予想される。

鹿児島県の流量観測結果や地頭園ほか(2000)²⁾によると、各流域で降雨後の減水傾向は異なり、針原川本川その他、一部の溪流では他溪流と比較して減水が遅い傾向が認められる(図-1)。このような流出特性を持つ流域では、減水の早い流域と比較して、難透水層と考えられる凝灰角礫岩を覆う安山岩の層厚が下流域まで厚い傾向が認められる。しかもその中～下流域には山頂、山腹緩斜面が広く分布する 경우가多く、風化の進行、亀裂の緩みの進行が予想される。このため中～下流域では安山岩が分布するにも関わらず上流域より谷密度が減少し、減水の早い流域と比較して谷密度(0次谷谷頭の単位面積当たりの箇所数)は少ない傾向が認められた。これらの地質、地形的特徴から、減水の遅れが認められる流域では、多量の地下水を貯留する地盤構造が形成されていると考えられる。また、減水の遅れが認められる一部の溪流では、中流域の透水層(安山岩)、不透水層(凝灰角礫岩)境界付近にあたる山腹斜面から顕著な湧水が認められ、この湧水が減水の遅れに大きく影響していることが考えられる。針原川の基底流出も、崩壊斜面付近からの湧出量が大部分を占めていることが指摘されている²⁾。

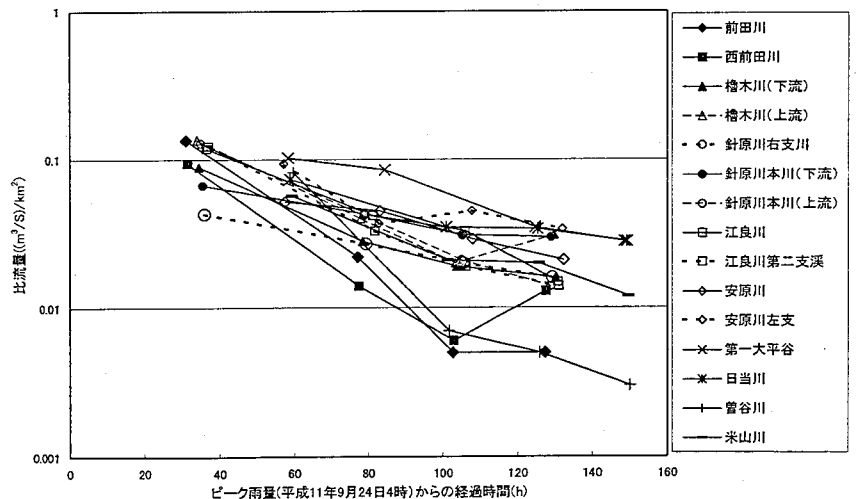


図-1 鹿児島県出水市矢筈岳西麓各流域の降雨後の比流量推移 (平成11年9月25日~30日 鹿児島県観測結果)

2.2 針原川の事例からみた深層崩壊起因型土石流発生場の地盤条件

針原川深層崩壊地の地盤構造と矢筈岳西麓流域の地形、地質的特徴から、深層崩壊起因型土石流発生場を形成する地盤条件について考察する。

針原川深層崩壊地とその周辺の地盤構造は、①背後に大量の地下水を貯留し、②崩壊発生場に地下水を集中させ、③崩壊の材料となる弱い地質が深部まで存在することが推定される。これらの3条件が重なった箇所が発生場となったことが予想される。

①背後に大量の地下水を貯留する地盤構造は、凝灰角礫岩上の厚い安山岩層の存在によって形成されている。安山岩が厚く凝灰角礫岩を覆うと想定される流域では流出の遅れが観測されており、中流域の山腹斜面から定常的に顕著な湧水が認められる。②崩壊発生場に地下水が集中する地盤構造は、凝灰角礫岩と安山岩の不透水層、透水層境界、及び安山岩内の亀裂発達度と風化程度の相違による透水性の変化によって形成されている。背後に大量の地下水が貯留され、地下水が集中する箇所では定常的に安定した湧水が認められている。③深部まで存在する崩壊の材料となる弱い地質は、深さ約30mに達する厚い

安山岩強風化帯によって形成されている。この強風化帯については、深層崩壊発生場付近は水保南断層群の南端部に位置し、多くの研究者が断層の存在を示唆していることから、断層に伴う破碎帯が関係する可能性もある。

これまでの検討をもとに、深層崩壊起因型土石流発生場を形成する地盤条件と関連する地形、地質的特徴を図-2にまとめる。

3. その他の深層崩壊起因型土石流発生場周辺の地形、地質的特徴

針原川を含む近年の深層崩壊起因型土石流の発生事例について、文献・資料等に基づき、

各事例に認められる地形、地質的特徴を整理した(表-1)。一箇所を除いて第四紀火山体に位置し、キャップロック構造とその上部に広く分布する緩斜面が認められ、発生場は緩斜面末端部の開析前線部に位置している場合が多い。カルデラが上部に存在する場合も多く、いずれも水系は未発達である。リニアメントや断層が位置している事例も多い。地質構成などはそれぞれ異なるが、いずれも図-2に示した3つの地盤条件が重なった箇所が発生場となっている。

特にキャップロック構造は、地下水を貯留すると同時に基底部は不透水層との境界を形成している。キャップロックの端部は風化が進行していたり、亀裂の緩みが進行しているため、崩壊の材料が深部まで存在する。キャップロック構造は各地で認められるがこのような構造が存在する地域では、深層崩壊起因型土石流が発生する地盤条件を備えた箇所が存在する可能性が高いと言える。

表-1 近年発生した深層崩壊起因型土石流発生場周辺の地形、地質的特徴

| 発生流域 | 鹿児島県出水市針原川 | 長野県須城市宇原川 | 長野県妙高高原白田切川 | 長野県中谷川左支十二沢 |
|---|---|--|--|---|
| 発生年月日 | 1997年7月10日 | 1981年8月23日 | 1978年5月18日 | 1995年7月11日 |
| 流出土砂量(×10 ⁴ m ³) | 16 | 13 | 28 | 20 |
| 発生前、発生時気象状況 | 梅雨前線による豪雨 | 台風 | 融雪 | 梅雨前線による豪雨 |
| 山頂、山腹緩斜面 | ・矢筈岳山中～下部に広く分布 ・深層崩壊地は緩斜面直下 | ・四阿火山 山中～下部に広く分布 ・深層崩壊地は緩斜面直下 | ・妙高火山 山中～下部に広く分布 ・深層崩壊地は緩斜面直下 | ・中谷川流域に広く分布 ・深層崩壊地は緩斜面直下 |
| カルデラ | 認められない | 背後に存在 | 背後に存在 | 認められない |
| 湧水 | ・深層崩壊地下部に認められる ・深層崩壊地とほぼ同じ標高に周辺各河川の湧水が集中 | ・深層崩壊地下部に湧水 ・隣接各河川の源頭は深層崩壊地付近の標高に位置する | 深層崩壊地に豊富な湧水 | 不明 |
| 埋没谷 | 深層崩壊地に存在する可能性あり | 確認されていない | 旧崩壊地を崖錐が埋める | 確認されていない |
| 水系の発達程度 | 山地中～下部で特に未発達 | 背後の火山山麓緩斜面上で特に未発達 | 全体に未発達 | 十二沢他、中谷川下流域は特に未発達 |
| 発生場付近の河床縦断形状 | 下に凸の屈曲点 | 下に凸の屈曲点 | 下に凸の屈曲点 | 上に凸の屈曲点 |
| 崩壊跡地・地すべり地形 | ・深層崩壊地の上流側に地すべり地形 ・山地中～下部に崩壊跡地が分布 | 山麓緩斜面側縁部の急急線直下やカルデラ内に多数の崩壊跡地が分布 | ・上流側に温泉と地すべり地形 ・隣接して大規模崩壊地形 | ・発生地は地すべり地形内 ・周辺に多数の地すべり地形、崩壊地が分布 |
| リニアメント・断層 | 水保南断層群の南側末端部 | 活断層の疑いのあるリニアメントの延長上 | 確認されていない | ・河川に沿う直交する2方向の明瞭なリニアメント ・糸魚川-静岡構造線近傍 |
| 崩壊土砂の地質 | 新第三紀～第四紀強風化安山岩質溶岩 | 第四紀安山岩質溶岩 | 崖錐堆積物(第四紀安山岩質溶岩、火砕岩起源) (妙高火山を形成する硬質な溶岩と脆弱な火山砕屑物の重なり合い(多重層火山)) | 新第三紀泥岩・砂岩層 |
| キャップロック構造 | 認められない | 周辺に広く分布 | | 認められない |
| 風化・変質の特徴 | 安山岩溶岩の玉葱状風化 | 基底部新第三紀堆積岩類の熱水変質 | 深層崩壊地上流側など、温泉周辺で熱水変質 | 認められない |
| 地層の不連続面(地層境界、風化・未風化帯境界等) | 凝灰角礫岩(不透水層)とその上位の安山岩(透水層)の境界付近 | 新第三紀堆積岩類(不透水層)とその上位の安山岩(透水層)の境界付近 | 基岩、崖錐境界 | 不明 |
| 割れ目、節理の発達が良い地層 | 節理の発達した安山岩溶岩 | キャップロックを構成する安山岩溶岩は垂直方向の節理が発達 | 崖錐堆積物 | 糸魚川-静岡構造線近く近傍のため、これに伴う地層の変形、破砕の進行が予想される |

4. まとめ

近年の深層崩壊起因型土石流発生事例について地形、地質的特徴を検討した結果、地下水が背後に貯留され、発生場に集中する可能性のある地盤構造が共通して認められた。土石流危険渓流調査要領(案)に基づく調査は主に河床部や谷壁斜面、谷頭部が対象であるが、深層崩壊起因型土石流の危険渓流抽出のためには、これ以外に尾根部の状況の把握やもう少しマクロな視点での地形・地質の把握、流出特性の解明が必要であると考えられる。今後、さらに水文特性と地形、地質状況との関連性を検討し、具体的な抽出手法を開発する必要がある。

<参考文献>

- 1) 山田孝・南哲行(2000): 複合型土石流を発生させた深層崩壊地の地盤構造, 土木技術資料, Vol.42, No.6, pp.44-49.
- 2) 地頭園隆・下川悦郎・寺本行芳(2000): 南九州の火山地域における崩壊の水文地形学的検討, 地すべり, Vol.36, No.4, pp.14-21.

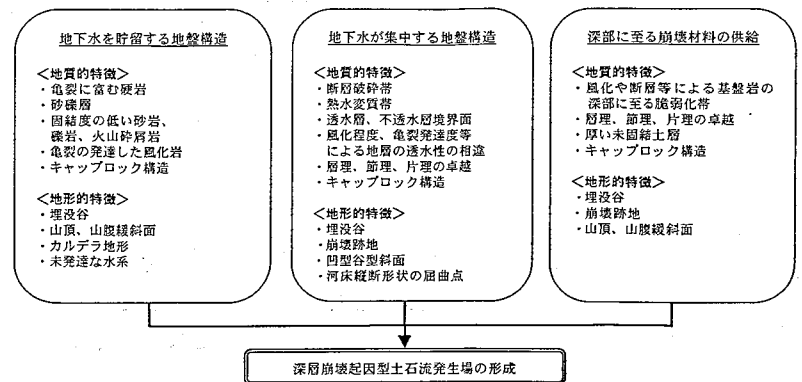


図-2 深層崩壊起因型土石流発生場を形成する地盤条件