

伊豆山逢初川土石流源頭部の崩壊状況とその地質学的解釈 (予察的調査報告 4) (2021.8.2)

調査者 静岡大学防災総合センター教授・副センター長 小山真人

1. はじめに

2021年7月3日(土)に熱海市伊豆山の逢初川流域で発生した土石流源頭部の現地調査(7月5日実施)ならびに公開された映像や地形データの分析を実施した結果、崩壊地に見られる黒色層ならびに褐色層のほぼ全てが新旧の盛土であり、今後も崩壊が拡大する恐れがあると結論づけた(報告1と報告2を参照)。また、崩壊地とその周辺のやや広い領域について地形判読をおこない、地山と造成地のそれぞれの分布を明らかにするとともに、造成前の地形図とも比較しながら盛土がとくに厚い箇所も描くことによって、今後崩壊するリスクのある箇所の可視化を応急的に試みた(報告3を参照)。

しかしながら、報告1～3を執筆した時点では崩壊地の最上部しか望めない地点からの遠望写真と観察、静岡県が7月3日に撮影したドローン動画、ならびに崩壊地外に露出する地層・岩石の観察結果しか得られておらず、崩壊地内に直接アプローチできていなかったため、地質学的な判定の信頼性には限界があった。

それゆえ7月20日にドローン(DJI社Mavic 2 Pro)を用いた崩壊地全体の近接静止画像撮影を実施し、7月26日には崩壊地内の地質踏査と試料採取を実施した。ドローン撮影画像についてはフォトグラメトリ技術を用いて3Dモデルを作成した上で(Agisoft社MetashapeProを使用)、崩壊地内の地表で撮影した写真や観察結果との比較・照合をおこなって崩壊地の地質層序とその露出状況を立体的に把握することができた。

以上の調査・検討の結果、報告1～3の内容をおおむね裏付けるデータを得るとともに地質解釈上の修正を要する箇所もいくつか判明したので、ここに報告する。

2. 崩壊地の地質層序

図1に崩壊地の地質層序を示す。崩壊地の地質は、下位より地山の火山岩類(V)、褐色盛土(Br)、黒色盛土(BI)の3層に区分できる(図1A~B。図7も参照)。

Vは崩壊地の北部ならびに南部の一部のほか、谷底にも散点的に分布し、Br(一部はBI)によって覆われる。報告2において破断した水道管の下にわずかに露出する明褐色層が地山である可能性を指摘していたが、その部分も含むさらに多くの箇所で地山の露出が確認できたことになる。

Brは主として崩壊地北部に分布し、BIに覆われる。BIは崩壊地西部から南部にかけて広く分布するほか、北部の一部にも分布する。

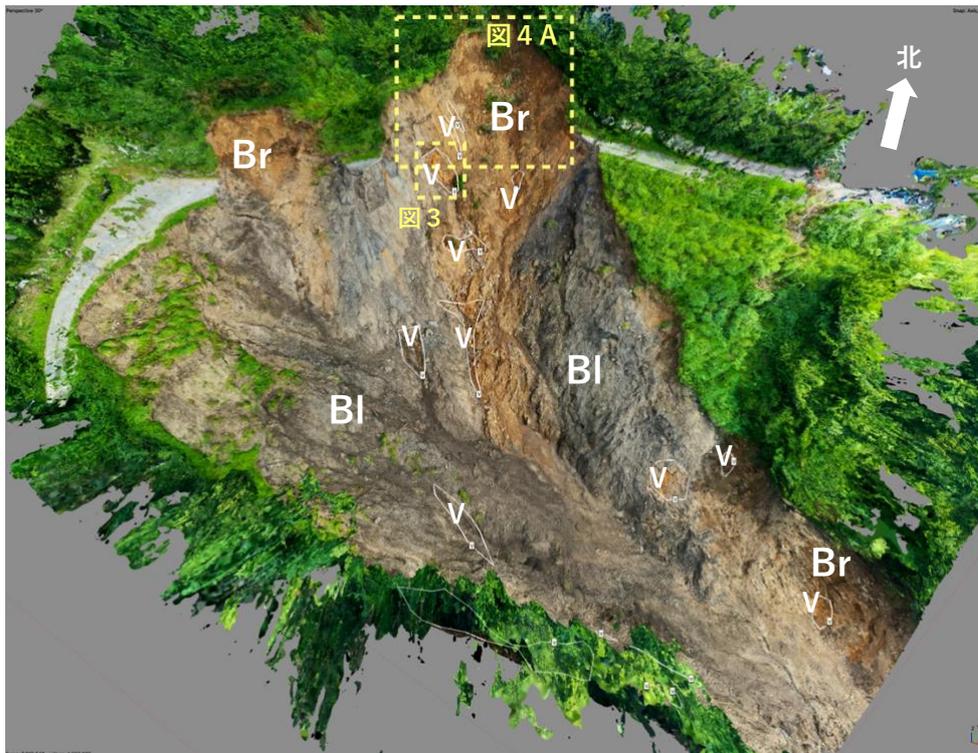


図1A 崩壊地の地質層序（盛土を含む）を説明する3Dフォトグラメトリ画像（崩壊地を南方上空から見下ろすアングル）。細白枠で地山の火山岩類（V）の露出箇所を囲んだ。Br、Blの意味は本文参照

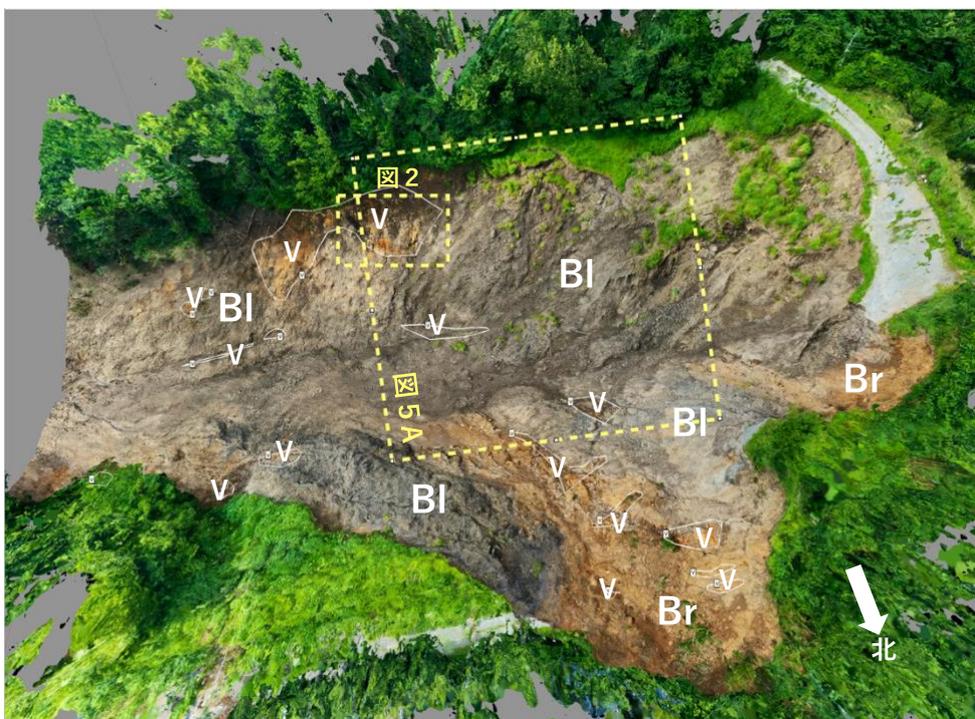


図1B 崩壊地の地質層序（盛土を含む）を説明する3Dフォトグラメトリ画像（崩壊地を北方上空から見下ろすアングル）。細白枠で地山の火山岩類（V）の露出箇所を囲んだ。Br、Blの意味は本文参照

以下、崩壊地に見られる3層それぞれの特徴を簡潔に記載する。

火山岩類（地山）（V）

安山岩質の緻密な溶岩と「火砕岩」の互層からなる。溶岩には冷却節理が発達するが、風化によって節理が緩んだ箇所は角礫岩状の見かけを呈し（図2～3）、一部に熱水変質を受けている（図3）。「火砕岩」（図2のVC）は風化を受けて粘土化が進み、溶岩の自破砕部分（クリンカー）なのか、あるいは火砕流などの（真の）火砕岩なのかの判別は難しい。いずれにしても、地山の固結度は概して高く、透水性に乏しい。そのため、今回の崩壊によって顕著に崩れた部分は見当たらず、崩壊地内に点々と露出する地山は、盛土造成をする前に存在した谷の壁や底にもともと露出していた部分とみられる。

これらの火山岩類は、産業技術総合研究所の地質図によれば湯河原火山、国土地理院の火山土地条件図によれば多賀火山に属すると考えられ、どちらも更新世中期の陸上噴出の火山である。

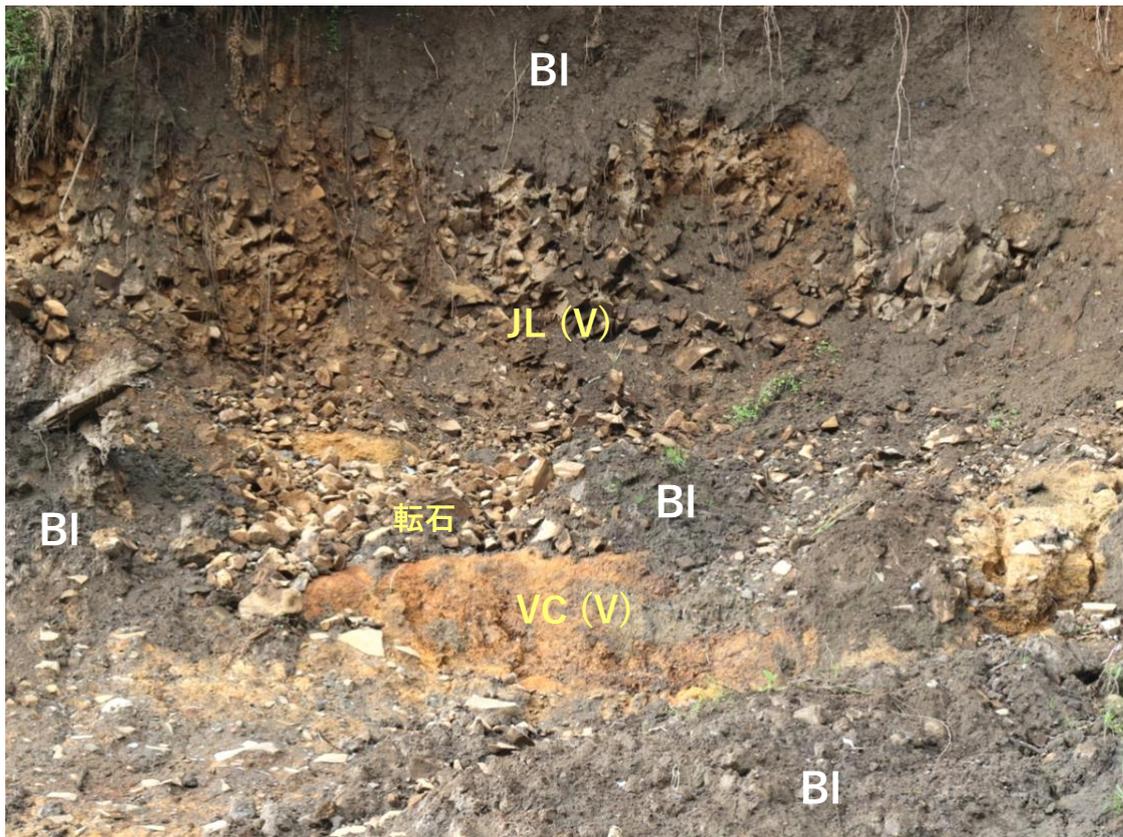


図2 崩壊地の南壁に露出する地山の火山岩類（V）。上部の角礫岩状の部分は、冷却節理の発達した溶岩（JL）。風化によって節理が緩み、一部は脱落して下の斜面に落ちて転石の集まりとなっている。JLに覆われる赤褐色層（VC）は「火砕岩」（本文参照）。

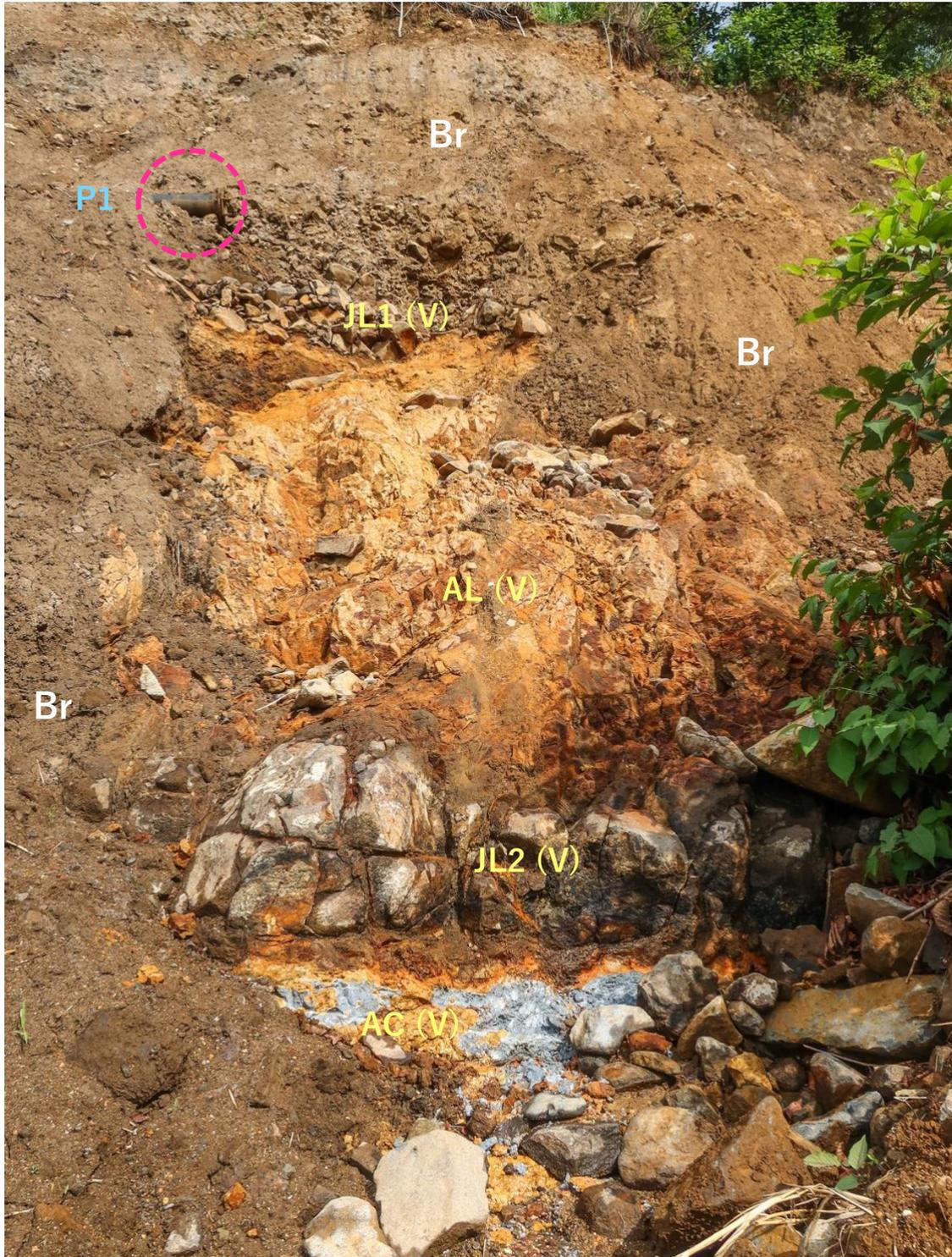


図3 崩壊地の北壁の一部に露出する地山の火山岩類 (V)。最上部の角礫岩状の部分 (JL1) は、冷却節理の発達した溶岩。風化によって節理が緩んでいる (図4 B(左)も参照)。JL1 に覆われる黄褐色層 (AL) は熱水変質を受けた安山岩溶岩 (変質の程度が小さい下部に冷却節理が残る部分 (JL2) が見える)。その下位には強変質を受けて青白色粘土化した部分 (AC) もある。P1 は破断した水道管 (次節で説明)。

褐色盛土 (Br)

褐色・塊状の泥質砂礫であり、不明瞭な層理が見られる部分もある (図4 A)。含まれる礫は角礫が多いが亜円礫もあり、礫径も不揃いである。固結度は低く、報告2でも述べた通り破断した水道管が埋まっている (図4 A~B) ことから盛土であることが確実である。



図4 A 崩壊地北部に見られる褐色盛土 (Br)。その中に埋まっている水道管 (P1) が2箇所に出露する。かつて両者は連続していたと考えられるが、左側のものは右端が破断している (図4 B)。

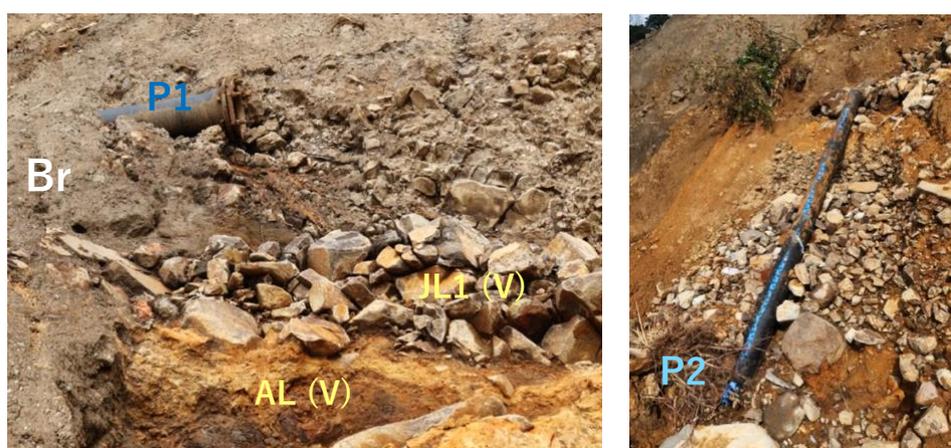


図4 B (左) 図4 A 左下端部の拡大。熱水変質を受けた溶岩 (AL) とその上位の冷却節理の発達した溶岩 (JL1) (いずれも地山 V に属する) をおおむ褐色盛土 (Br) から、破断した水道管 (P1) が突き出ている。(右) そこから崖下に脱出した水道管 (P2)。管の表面に「上水道」の文字が見える。

黒色盛土 (BI)

黒色・塊状の含礫砂泥であり、礫は角礫が多いが礫径は不揃いである。固結度が低く、廃材などの人造物を多数含むことから (図5 A~B) 盛土であることが確実である。

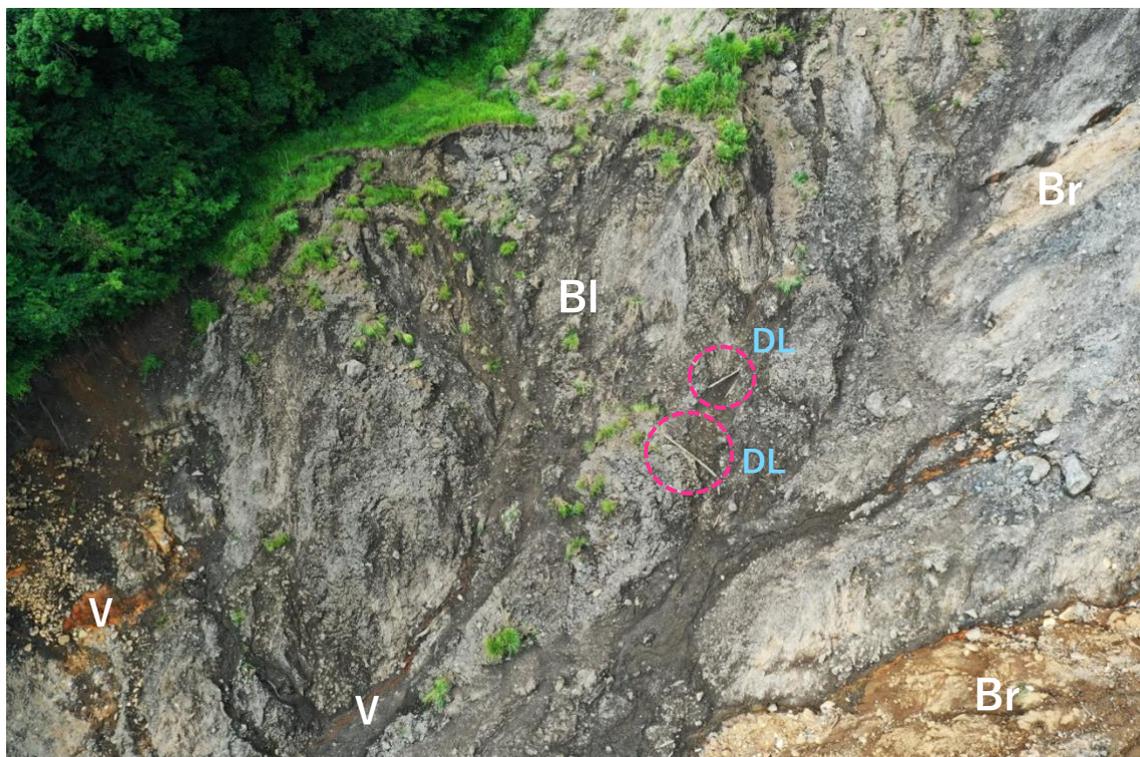


図5 A 崩壊地南部に見られる黒色盛土 (BI)。含まれる廃材 (DL) の露出が確認できる。

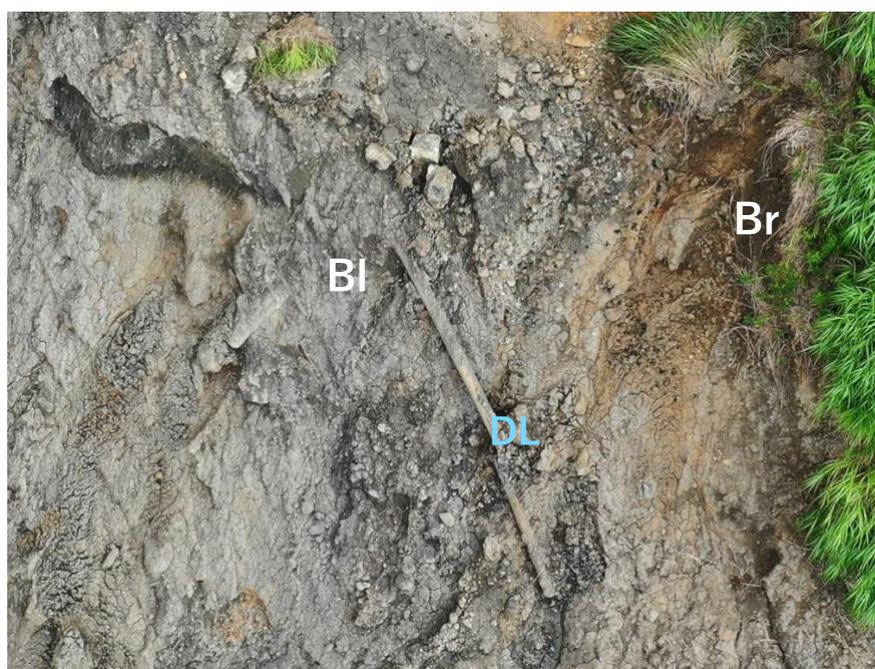


図5 B 崩壊地北部に見られる黒色盛土 (BI) と、そこに含まれる廃材 (DL)

3. 崩壊地の地質からわかる崩壊と土石流発生メカニズム

この地はかつての逢初川峡谷の谷頭部であったことが地理院地図などからわかるが、そこに褐色盛土が盛られる造成工事がなされ、その後さらに黒色盛土が上乘せされたことが、前述した地質層序から明らかである。黒色盛土の上乗せ時期が2010年7月～12月であったことが、朝日新聞デジタルの記事に掲載された写真(図6A～B)からわかる。

両写真をさらに崩壊後の図6Cと比較すると、崩壊による欠損が黒色盛土だけでなく、褐色盛土まで達する深いものであったことが、赤破線枠で示した溶岩の位置を基準として読み取ることができる。実際に、崩壊地内に点々と地山が分布すること(図1A～B)は、崩壊の底が地山の表面に達したことを意味している。また、前述したように、地山は固結度が高いうえに風化による粘土化によって透水性が低いのにに対し、褐色・黒色の両盛土は固結度が低く、透水性が高い。また、次節で述べるように、谷底に残された堆積物は崩壊から3週間あまり経過した時点でも多くの水分を含んでいる。

以上のことから、水に飽和状態となった透水性の褐色・黒色の両盛土層が、不透水性の地山との境界に沿って斜面崩壊を起こしたと推定できる(図7)。伊豆山の居住地区において、土石流は何度も繰り返し襲ってきたことが動画や証言から知られており、おそらく崩壊は下流側から上流側に向かって断続的に生じ、そのたびに土石流を発生させたのであろう。

朝日新聞デジタル > 熱海の盛り土、11年見過ごしか 県「届けと違う造成」 > 写真・図版



2010年7月8日に撮影された土石流の起点付近にあった盛り土=静岡県熱海市、読者提供

図6A 2010年7月8日撮影とされる現地写真(朝日新聞デジタル2021年7月14日記事の読者提供写真)。褐色盛土が盛られて階段状に整形された土地に、さらに上乘せして黒色盛土が盛られ始めているように見える。左端の赤破線枠で示した溶岩が、図6Cの赤破線枠の溶岩(図2に拡大写真)とみられる。青破線枠の木立ちが、図6Bの青破線枠の木立ちと同じであることに注意(図6Cでは消滅)。



2010年12月22日に撮影された土石流の起点付近にあった盛り土=静岡県熱海市、読者提供

図6B 2010年12月22日撮影とされる現地写真（朝日新聞デジタル2021年7月14日記事の読者提供写真）。黒色盛土の造成の完了後とみられる（日陰の部分が黒つぶれしていたためレベル補正を加えた）。崩壊後の図6Cと比べると赤破線枠で囲まれた部分が崩壊していることがわかる。青破線枠の木立ちが、図6Aの青破線枠の木立ちと同じであることに注意（図6Cでは消滅）。



図6C 図6Bとほぼ同じアングルで見た崩壊後の3Dフォトグラメトリ画像。赤破線枠で示した溶岩が、図6Aの赤破線枠の溶岩（図2に拡大写真）とみられる。

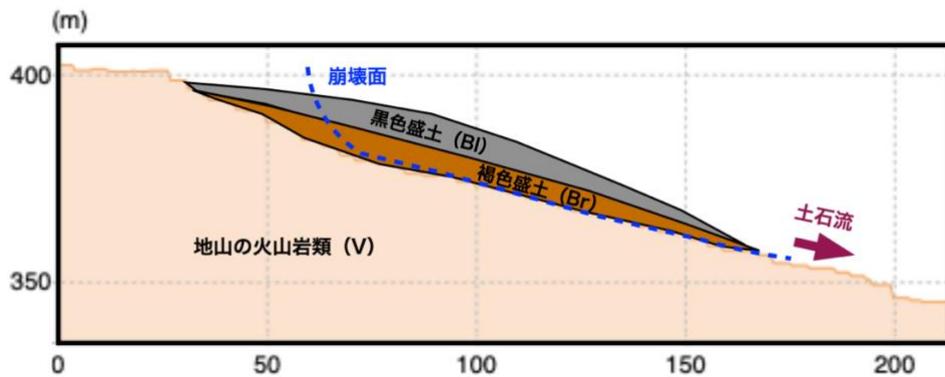


図7 崩壊地の地質断面を示す概念図と崩壊面の推定。地山の地形断面図は崩壊前の地形を示す地理院地図から描いた。両盛土の断面は、形状の詳細が把握できていないため、概念的なものであることに注意。崩壊は一度に起きたのではなく、下流側から上流側へと断続的に進んだとみられる（本文参照）。

4. 崩壊地の現状から懸念されること

報告1～3において繰り返し指摘してきたように、土石流源頭部の崩壊地内には未崩壊の褐色・黒色盛土が大量に残されている（図8A）。土石流発生後は目立った降雨なく3週間あまり過ぎた7月26日時点でも、谷底の堆積物の表面において、乾いた部分は歩行可能であるが、湿った部分や水が流れている部分は足首や膝までめり込む状況であった（図8B～C）。おそらく乾いた部分も表層に限られ、その内部や崖に残された盛土内には未だ大量の水分が含まれていると推察される。実際に谷底のあちこちから水が湧き出して流れている。よって今後、多少の降雨や地震の揺れなどが引き金となって未崩壊の盛土が崩壊し、ふたたび土石流が発生することが懸念される。



図8A 土石流源頭部の崩壊地を谷底から望む。崖や谷底に見える堆積物のほぼすべてが褐色・黒色の盛土あるいはその崩壊物である。崩壊地の奥から湧き出し、写真の右下端や左端に向けて水流がある。



図8B 土石流源頭部の崩壊地から下流方面を望む。幾筋もの水流の存在に注意。



図8C 図8A~B 地点やその下流の谷底を埋める堆積物。乾いた部分は歩行可能であるが、湿った部分はたちまち足首や膝まで泥に沈む。泥だらけの右足の上に見える水たまりは、乾いた薄い表層を調査者が踏み抜いた跡である。

謝 辞

現地情報を頂いた圓入敦仁さんに感謝する。