

土木学会全国大会特別セッション
熊本地震報告会

熊本地震における 斜面災害と今後

地盤工学委員会
斜面工学研究小委員会委員長
山口大学教授 鈴木 素之

これまでの調査活動

4月23日～24日 現地調査(1回目) 地盤工学会と合同で実施 <http://www.jsce.or.jp/committee/jiban/slope/>

4月27日 平成28年(2016年)熊本地震 地震被害調査結果 速報会 報告

<http://committees.jsce.or.jp/eec2/node/76>

6月2日～3日 現地調査(2回目)

土木学会誌7月号 事故・災害 平成28年熊本地震 地震被害調査速報(松田 泰治熊本大学教授ほかと共に著)

<http://www.jsce.or.jp/journal/jikosaigai/201607.pdf>

調査の概要

斜面災害発生地の特徴

- ◆ 地質及び地質構造
- ◆ 地形的特徴
- ◆ 降雨等の状況

主な斜面災害発生箇所の状況

- ◆ 阿蘇大橋付近の崩壊
- ◆ 高野台地区(京都大学火山研究センター付近)の地滑り
- ◆ 火の鳥温泉の崩壊
- ◆ 山王谷川の土石流
- ◆ 垂玉温泉付近の崩壊

斜面工学研究小委員会調査団員

鈴木 素之	山口大学
阪口 和之	アジア航測
松木 宏彰	復建調査設計
吉川 修一	八千代エンジニヤリング
大野 博之	環境地質
ハス バートル	アジア航測
向谷 光彦	香川高等専門学校
西川 直志	イシンコンサルタント
原 重守	古川コンサルタント
中濃 耕司	東亜コンサルタント
伊藤 和也	東京都市大学
片山 直樹	日本海技術コンサルタント
平田 文	日特建設
衛藤 智徳	日鐵住金建材

斜面災害発生地の特徴

地質及び地質構造

地形的特徴

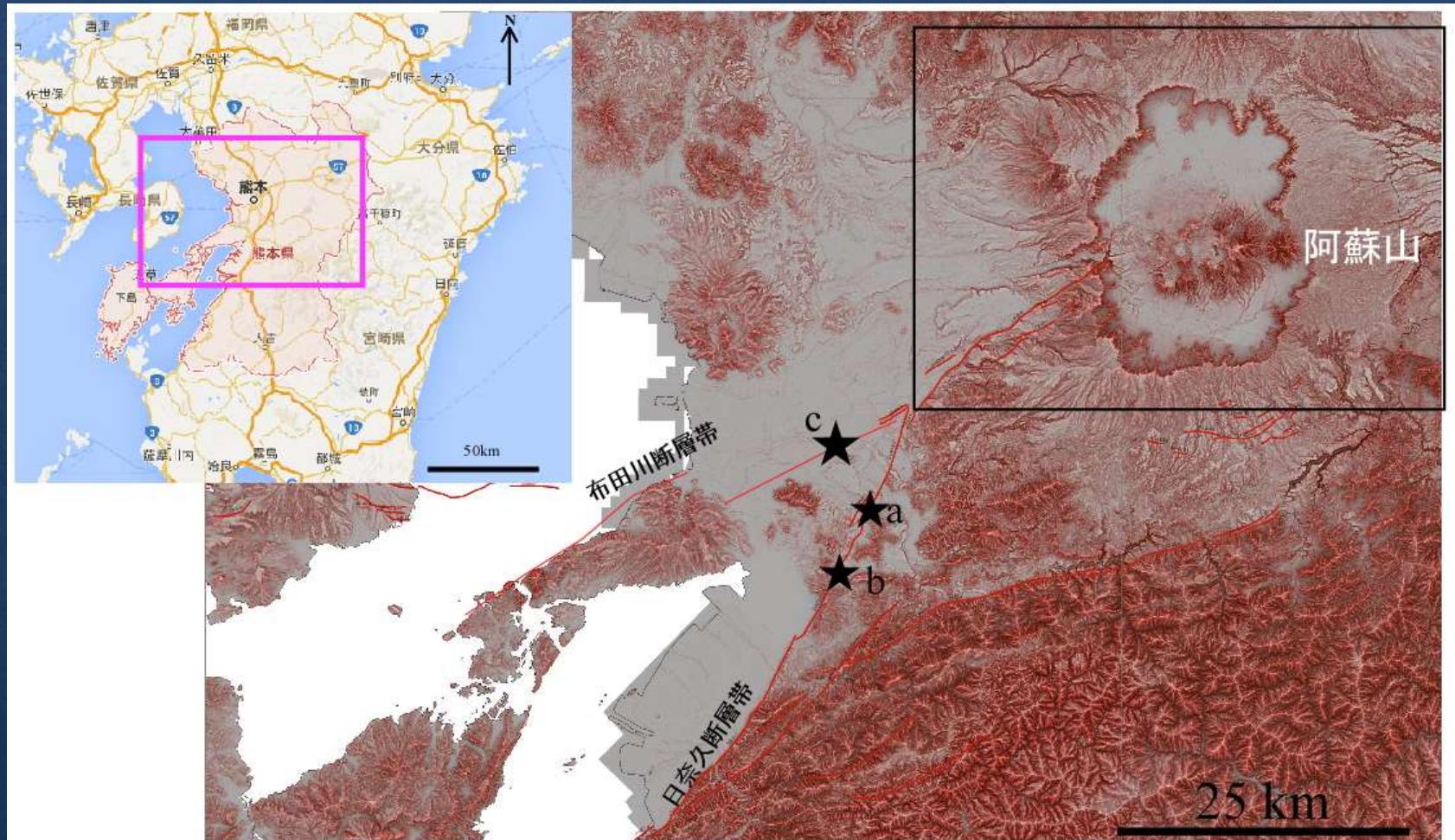
降雨等の状況

地質及び地質構造



阿蘇火山及び周辺の地質図(産総研:地質図NAVIに加筆)

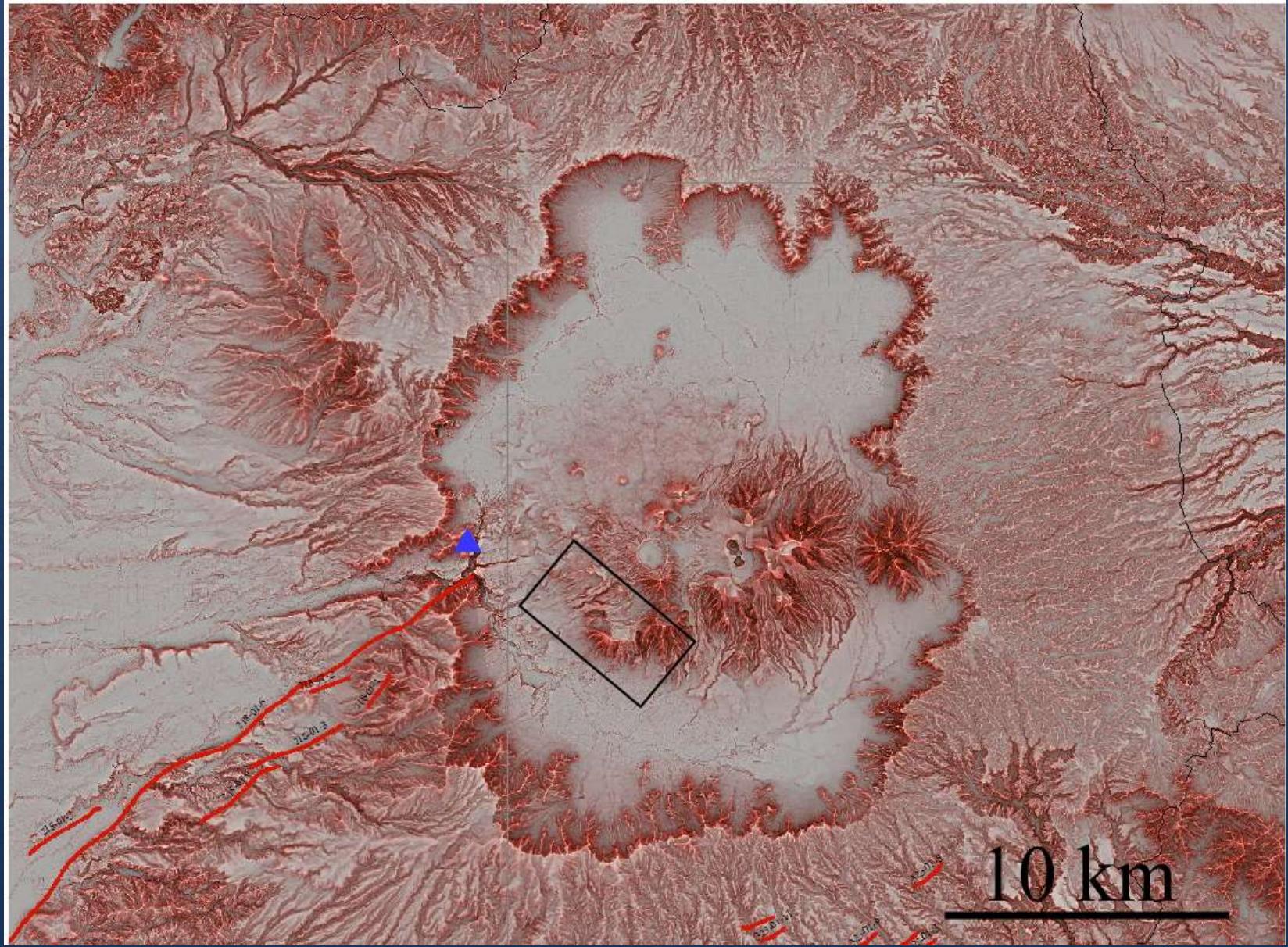
地形的特徴



熊本地震震源域とその周辺の地形(赤色立体地図は国土地理院5m+10mメッシュDEMを用いて作成)

★:震央 a) 4月14日のM6.4地震; b) 4月15日のM6.5地震; c) 4月16日M7.3地震

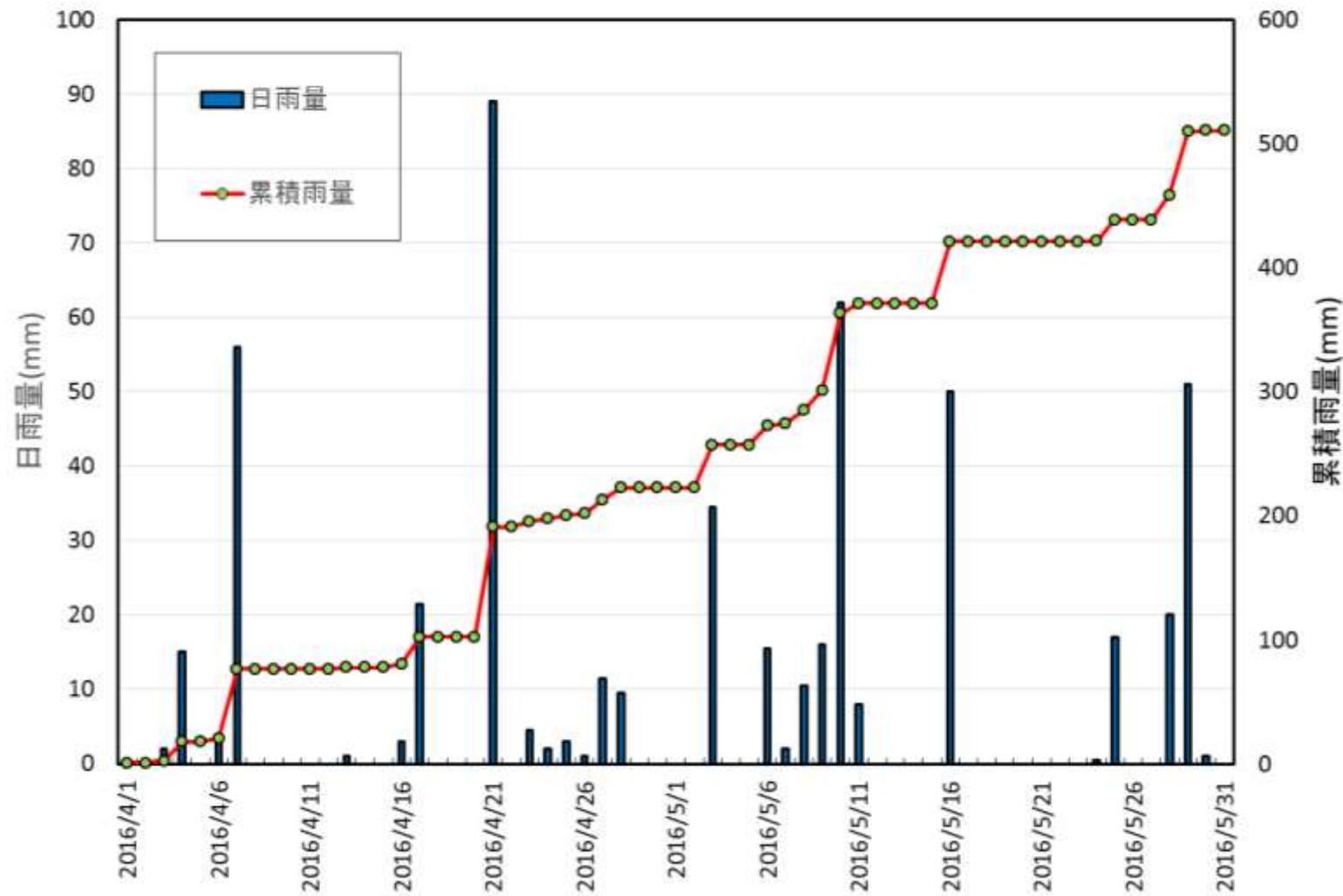
赤い線:活断層(国土地理院の都市圏活断層図および地震調査研究推進本部, 2013)



崩壊が集中して発生した地域の赤色立体地図(国土地理院5m+10mメッシュDEMを用いて作成) ▲:阿蘇大橋
四角の中:立野地区, 高野台地区, 火の鳥温泉, 山王谷川, 垂玉温泉

降雨の状況

益城町 雨量



4月から5月の日雨量と累積雨量(気象庁アメダス 益城)

主な被災箇所の崩壊状況

阿蘇大橋付近の崩壊

高野台地区(京都大学火山研究センター付近)
の地滑り

火の鳥温泉の崩壊

山王谷川の土石流

垂玉温泉付近の崩壊

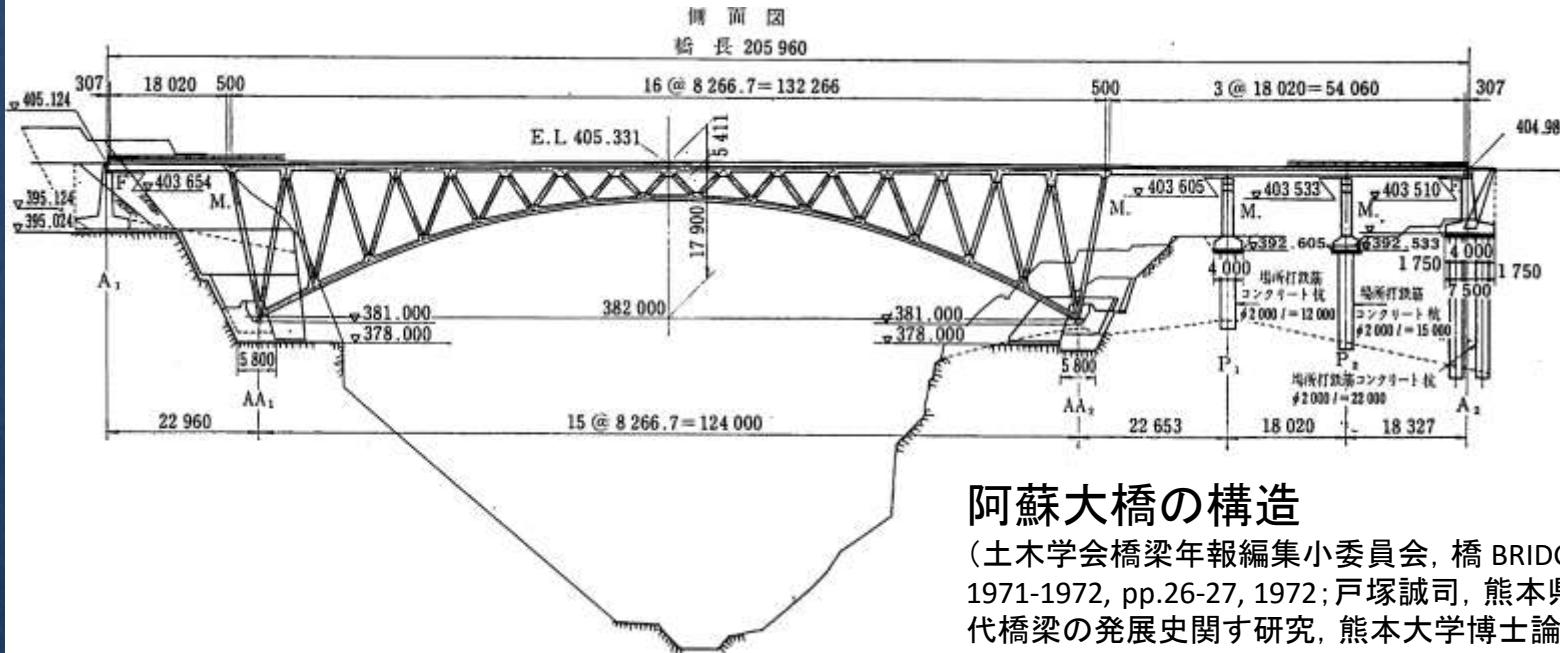
阿蘇大橋付近の崩壊



阿蘇大橋付近の航空写真(アジア航測提供)

左岸(河陽地区)

右岸(立野地区)



阿蘇大橋の構造

(土木学会橋梁年報編集小委員会, 橋 BRIDGE IN JAPAN 1971-1972, pp.26-27, 1972; 戸塚誠司, 熊本県下における近代橋梁の発展史関す研究, 熊本大学博士論文, 1999)





阿蘇大橋の落橋箇所

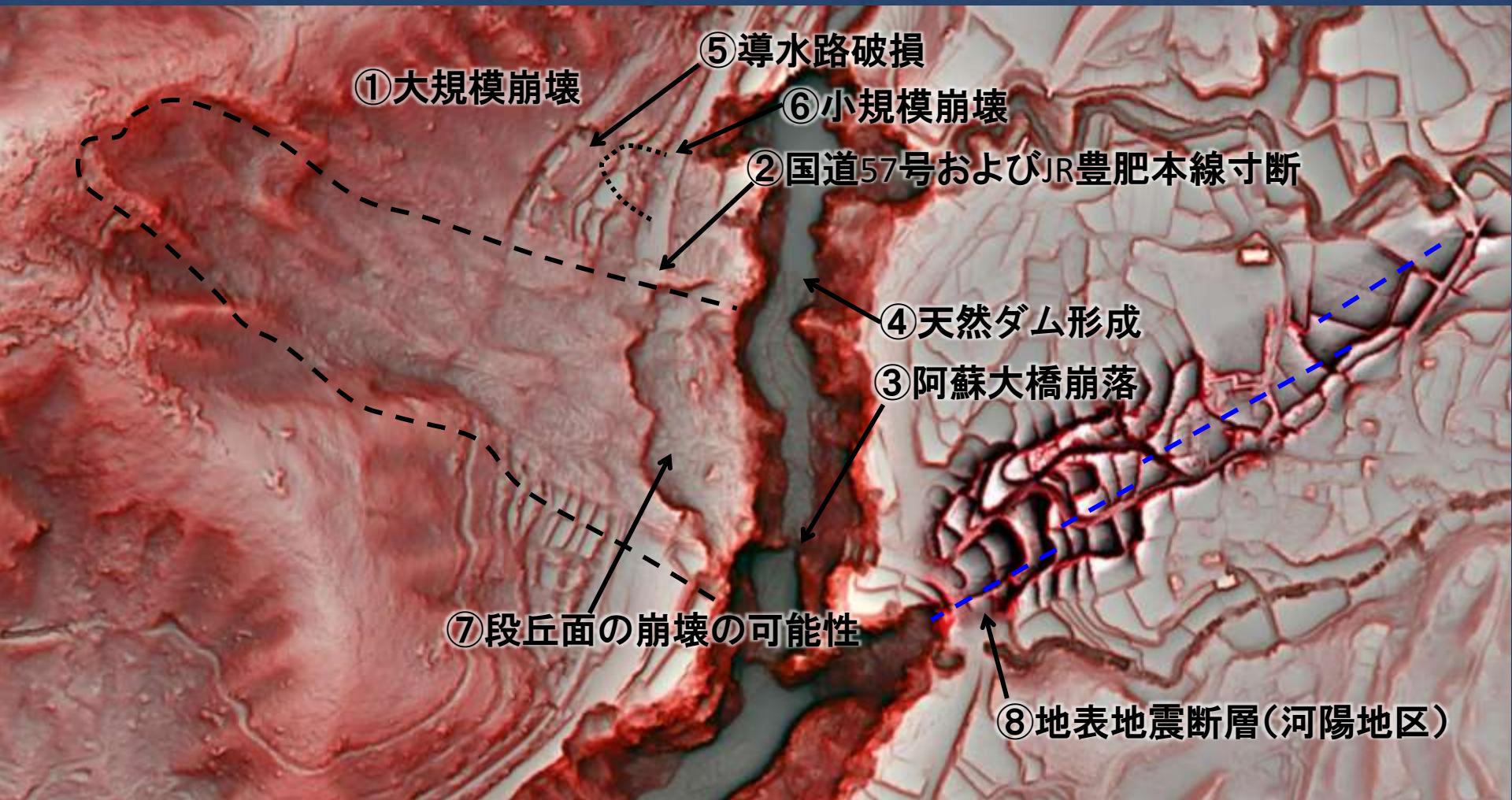


導水路の破損・漏水箇所

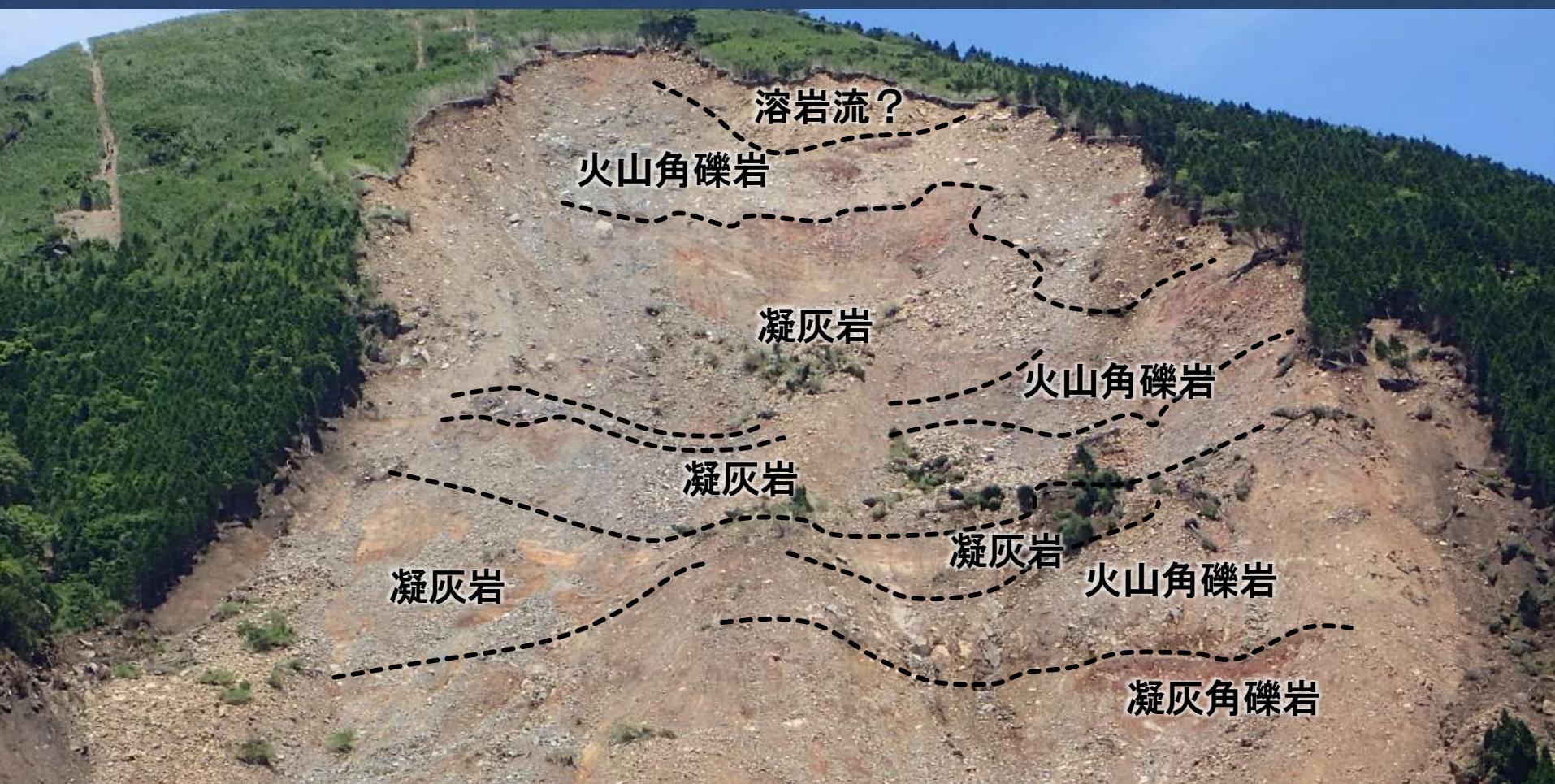


小規模崩壊滑落崖のパイピング痕

河陽地区に認められた地表地震断層

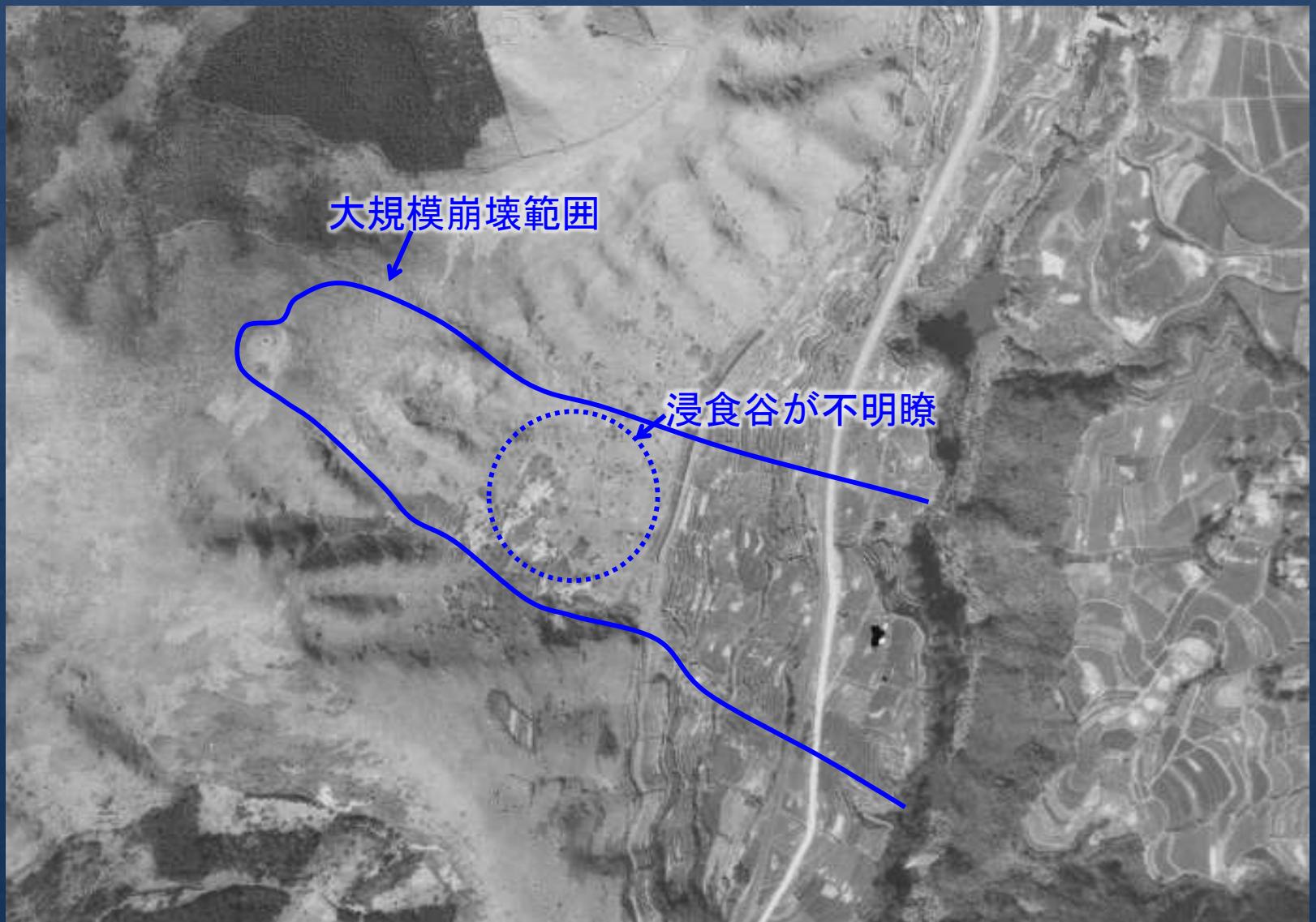


航空レーザー計測結果による赤色立体地図



大規模崩壊の崩壊面に認められる帯状の角礫主体層

安山岩と思われる角礫主体層が帯状に数枚確認することができ、遠方目視からの岩相区分を試みたところ溶岩流、火山角礫岩、凝灰岩、凝灰角礫岩が複雑に積み重なっているものと推察



崩壊斜面周辺の航空写真(1956年米軍撮影)(国土地理院:地図・空中写真閲覧サービス, USA-M303-94およびUSA-M303-95, 1956.に加筆)

斜面上部には尾根線付近から複数の浸食谷が形成されており、浸食耐性の低い地質であったことがうかがえる

高野台地区の地滑り



アジア航測株式会社

高野台の航空写真(アジア航測提供)



滑落崖



崩壊土砂の中に
あった塩ビ管

側方崖(崩壊時の土塊の擦跡が残る) 小丘から分岐した崩壊土砂



地すべり面とみられるやや硬い層上
に黄色粗粒軽石層が付着



崩壊部の底部に露出したすべり面



すべり面の傾斜角は約15度

火の鳥温泉の崩壊



火の鳥温泉周辺の広域空中写真 (Google earthに加筆 画像取得日2016.4.16)

崩壊箇所①



崩壊箇所②





軽石層



崩壊先端部の軽石層(湿润)

いずれの崩壊箇所も、この固結度の低い火山灰層中にオレンジ色の軽石層を挟み、軽石層の層厚は30cm程度以下で含水率は高い

高野台地区の地すべりでのすべり面付近でみられた軽石層と目視的には同じもののように見える

山王谷川の土石流



調査地周辺状況(Google earthに加筆)

山王谷川の土石流



三王谷川砂防堰堤の被災状況



下流流路工内の巨石堆積状況(5/8撮影)

三王谷川砂防堰堤の被災状況と下流流路工内の巨石堆積状況



三王谷川砂防堰堤袖部の流出状況
(4/24撮影)

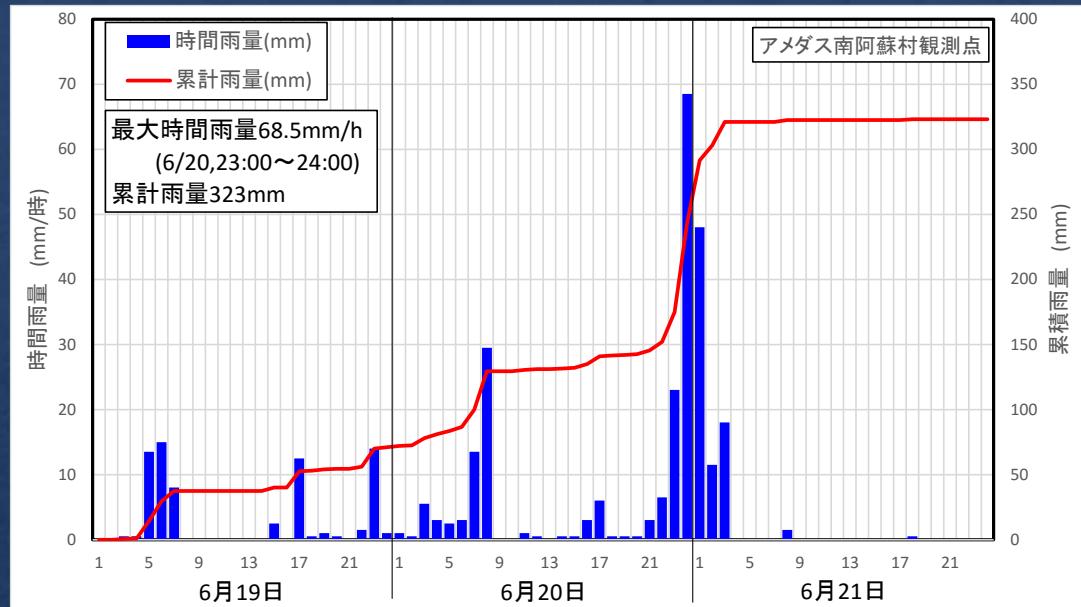


崩壊地斜面内に認められる地質構造



斜面上部の表層崩壊状況(上写真の左側崩壊の頭部)

6月20日～21日に発生した土石流



累積雨量 323mm
最大時間雨量 68.5mm/h
(6月20日23:00～24:00)

6月19日～21日における降雨状況
(気象庁アメダス 南阿蘇)



土石流堆積状況(新畠橋直上流, 6/21撮影)



6/20-21の降雨前：三王谷川砂防堰堤堆砂状況(6/3撮影)



6/20-21の降雨後：三王谷川砂防堰堤堆砂状況(6/21撮影)

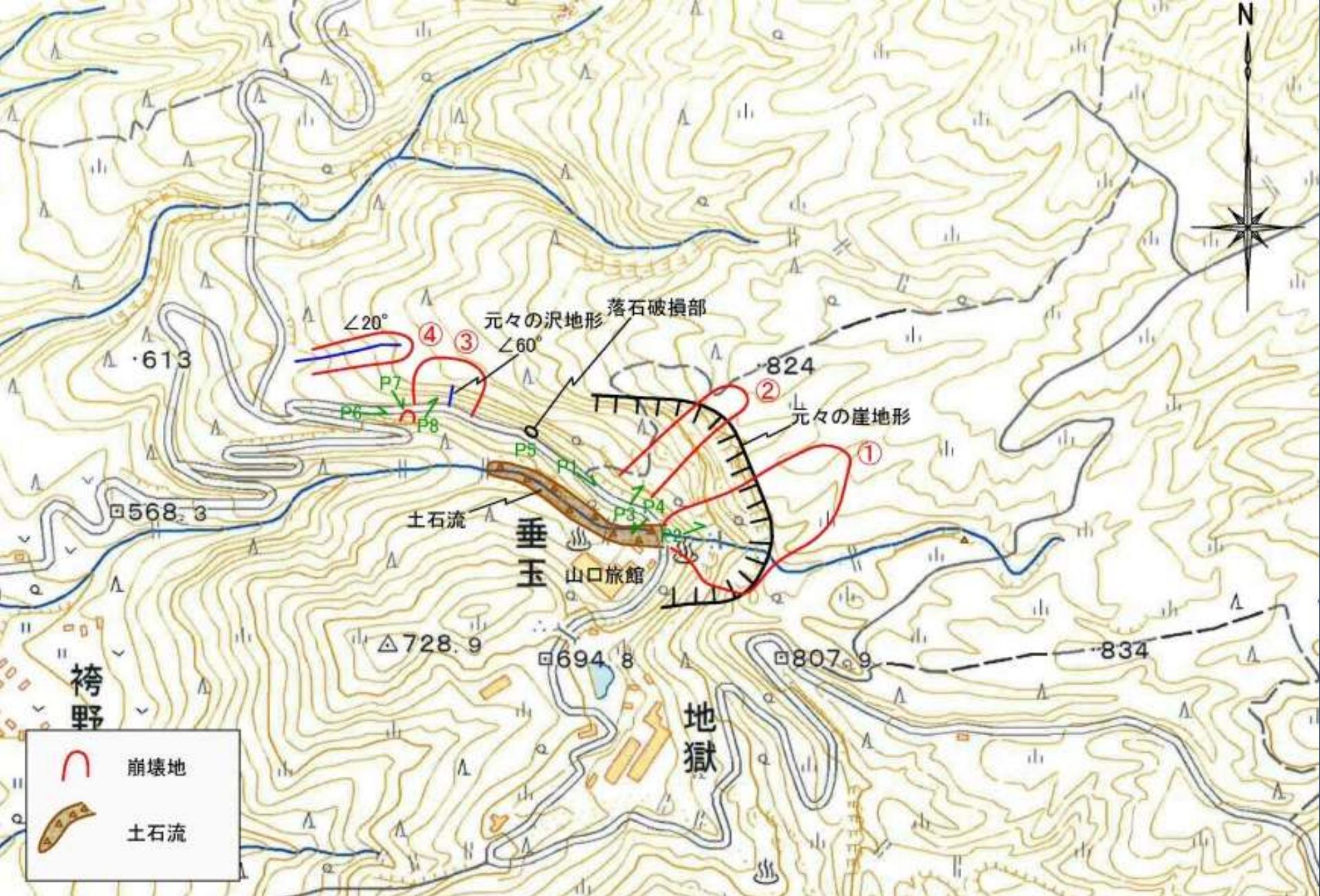
溪流沿いの住民の多くは周辺施設への避難を行っていたこともあり、当該土石流による人的被害は発生していない

垂玉温泉付近の崩壊



垂玉温泉付近の空中写真(Google earthに加筆)

垂玉温泉周辺には急崖や沢地形が多くあり、比較的大きな崩壊が4箇所見られる
垂玉温泉付近の地質は、第四紀後期更新世の阿蘇火山の中央火口丘群の中でも10ka以前
の噴出物からなる地域で、主に流紋岩・安山岩質の溶岩で構成されている



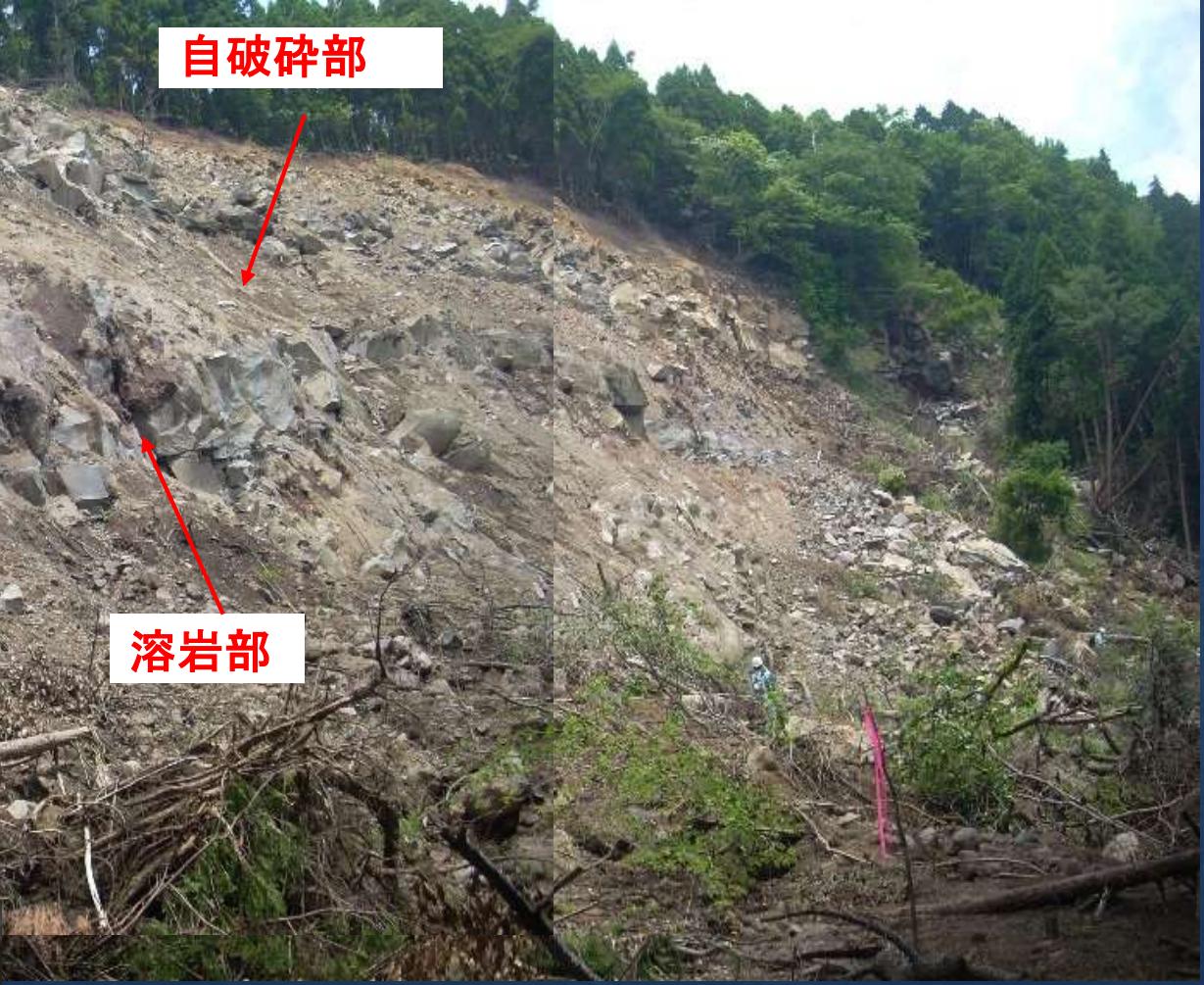
垂玉温泉付近の崩壊状況(国土地理院地形図に加筆)

崩壊①の状況

旅館東側の崩壊
状況(遠景)



垂玉川上流の急崖からの土石流の状況: 旅館(写真右の家屋)には達していないが、道路等は通行できない状況となっている



崩壊③:急崖部の上からの比較的大きな崩壊(安山岩質溶岩が主体)

崩壊③の状況

まとめと今後の課題

阿蘇大橋付近の崩壊

- ・ 山体の構成地質は主に固結度の弱い火碎岩であると推察され、全体的に浸食耐性が低く、風化進行に伴いせん断抵抗力が低下していた可能性がある。
- ・ 過去に断層運動で形成された立野火口瀬付近であるため、脆弱な地盤状態であった可能性がある。また、崩壊斜面は布田川断層帯と推定断層に挟まれた山体であり、過去の断層運動によって、より大きくダメージを受けていた可能性がある。
- ・ 山腹中腹に浸食谷が発生し難い特徴が認められ、斜面中腹が高透水性であったと考えられる。すなわち斜面に緩みが生じていた可能性がある。
- ・ 斜面下方の崖錐層は黒ボク層を流れ盤に挟在するなど滑動や崩壊を生じやすい状態であった可能性がある。
- ・ 断層変位の大きい箇所近傍であったため、より強い地震動が斜面に作用した影響がある。

高野台地区の地滑り、火の鳥温泉の崩壊

- ・ 地震時のすべり面は軽石層あるいはその境界とみられる。軽石層の分布とその含水状態から、この軽石層が地震時の斜面安定を左右した可能性が考えられる。
- ・ 軽石層の平常時の吸排水特性や地震時における排水特性と強度変化、あわせて上・下位の火山灰との地下水流动や強度変化の応答関係に関する研究が望まれる。

まとめと今後の課題

山王谷川の土石流

- ・ 山王谷川では、H28熊本地震の本震直後に、降雨がないにもかかわらず土石流が発生した。これは強い地震動の影響により、移動土塊内部から水分が湧出して高流動化したためと考えられる。しかしながら、3km以上流下したメカニズムについては、今回の調査では明らかにできず、今後の課題と考えられる。
- ・ 本震に伴い渓床内には不安定土砂が堆積し、再流出が懸念されたが、6月20日～21日の降雨により二次移動し、土石流化した。今後の出水や台風により、再び土砂の流出が懸念されることから、流路工内の除石等の緊急減災対策の実施が必要と考えられる。

垂玉温泉付近の崩壊

- ・ 崩壊①、②、④は、集水地形であるほか、急崖上部に小さな尾根地形ならびに火山灰層、軽石層で形成されていたことにより、地震動だけでなく水の作用により崩壊を誘発したものと考えられる。
- ・ 崩壊③は、水の作用は少ないと考えられるが、亀裂の多い溶岩部と強度の小さい自破碎部で急崖地形が形成されていたことにより、強い地震で溶岩部に崩壊が生じたために自破碎部を含む大きな崩壊に繋がったと考えられる。

本災害でお亡くなりになった方々に哀悼の意を表しますとともに、負傷された方々ならびに被災された方々にお見舞いを申し上げます。また、被災地の一日も早い復興をお祈りいたします。