1. はじめに

平成 22 年 6 月中旬から 7 月上旬に日本列島付近に梅雨前線が停滞し、鹿児島県と宮崎県の県境にある霧島市(鹿児島県）と都城市（宮崎県）付近、及び鹿児島県南大隅町付近に 100㎜/h 以上の豪雨をもたらし、斜面の表層崩壊、深層崩壊、土石流等による土砂災害が発生した。南九州において発生した本災害に対して土木学会及び地盤工学会では合同の調査団を編成し、8 月 3，5，23 日、10 月 29 日に調査を行った。本稿はその報告である。

3.1 調査者

土木学会・地盤工学会合同調査団
団長：北村　良介（鹿児島大学　教授）
団員：岩佐　直人（日鐵住金建材（株））
　　酒匂　一成（立命館大学　准教授）
　　中濃　耕司（砂防エンジニアリング（株））

3.2 調査箇所及び調査日

(1)調査箇所

今回調査した箇所を図 1-1 に示す。集中豪雨による被害の大きかった霧島火山群の南東地区(霧島地区,都城地区,曽於地区の計 12 箇所)、集中豪雨後の深層崩壊により土石流が発生した南大隅町根占山本地区及び花崗岩層で表層崩壊が発生した肝属町小串トンネル等で災害状況を調査した。

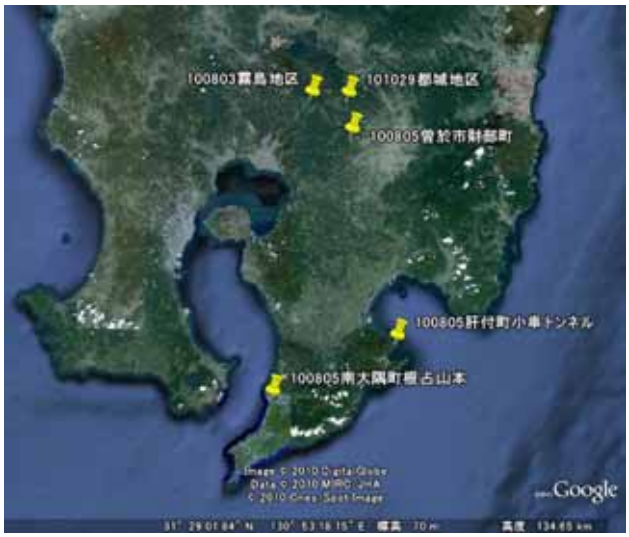


図 1-1　調査位置図

(2)平成 22 年 8 月 3 日(参加者：北村,岩佐,酒匂,中濃)
①霧島市国分重久地内　県道 2 号都城隼人線
②霧島神宮駅を中心とする半径約 3㎞ 以内の 9 箇所
・大窪谷地区　・日豊本線狩川トンネル
・湯之迫地区　・相尾地区
・神宮前駅　・柿木原地区
・後谷地区　・内窪地区
・床浪地区

図 1-2 霧島地区調査箇所詳細位置図(調査日 8 月 3,23 日)

(3)平成 22 年 8 月 5 日(参加者：北村,岩佐,酒匂,中濃)
①南大隅町根占山本地内
②国道 448 号肝付町小串トンネル付近
③曽於市財部町中谷地区

(4)平成 22 年 8 月 23 日(参加者：北村)
①日豊本線狩川トンネル付近

(5)平成 22 年 10 月 29 日(参加者：北村,中濃)
①都城土木事務所管内の 3 箇所
・牛ノ脛谷川　・荒川内地区
・渡司川

図 1-3 都城地区調査箇所詳細位置図(調査日 10 月 29 日)

以下、各調査個所の崩壊要因及び被災状況を説明する。

2．災害要因

2.1　災害発生時の気象状況

図 2-1～図 2-4 は平成 22 年 7 月 3 日 9:00 の天気図、レーダー画像及び霧島町観測所及び都城市夏尾観測所で観測された降雨量を示している。

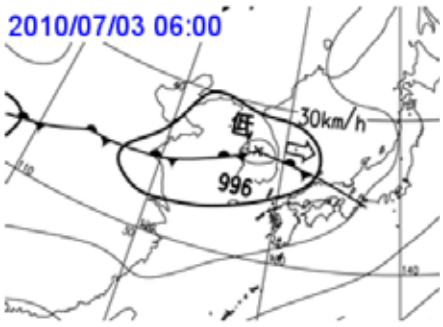


図 2-1　平成 22 年 7 月 3 日天気図 [1)]

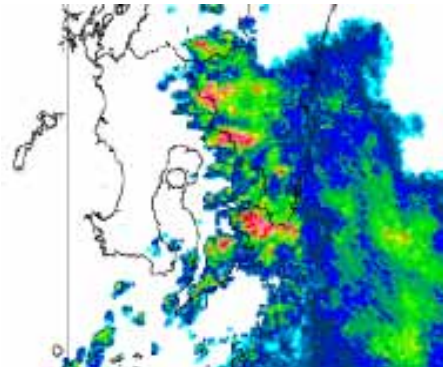


図 2-2　平成 22 年 7 月 3 日レーダー画像 [1)]

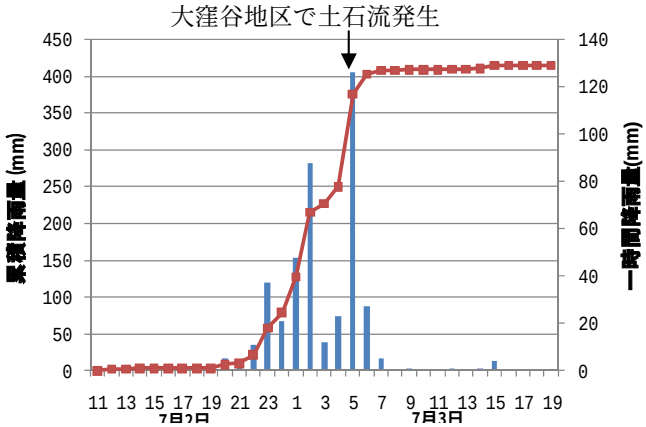


図 2-3　平成 22 年 7 月 2 日～3 日降雨量（霧島町）

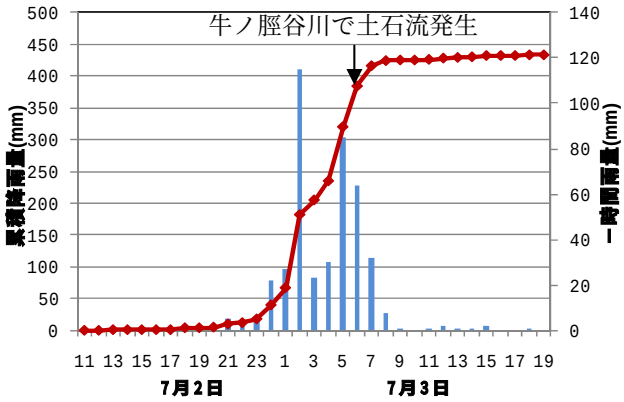


図 2-4　平成 22 年 7 月 2 日～3 日降雨量（都城市）

7 月 2 日から 3 日にかけて九州北部に梅雨前線が停滞して、南から暖かくて湿った空気が前線に向かって流れ込み、図 2-2 のレーダー画像に示されるように霧島山の南東部に位置する鹿児島県霧島市～宮崎県都城市付近、肝付町西部～志布志にかけてゲリラ的な豪雨が発生したものと考えられる。図 2-3 は、霧島市で土砂災害が発生した 7 月 2 日～3 日の降雨量（霧島町観測所）を示している。大窪谷地区で土石流が発生した 5:00 頃に、隣接する霧島市霧島総合支所で時間降雨量 126mm/h、累積降雨量 376mm に達しており、土砂災害が発生しやすい状況にあったことがわかる。図 2-4 は、牛ノ脛谷川で土砂砂災害が発生した 7 月 2 日～3 日の降雨量（都城市夏尾観測所）を示している。牛ノ脛谷川で土石流が発生した AM6 時頃の時間雨量は 64mm/h とやや少ないものの、それ以前の 115mm/h(AM2 時頃)、85mm/h(AM5 時頃)と事前に強い雨があり、累積降雨量も 384mm に達しており、土砂災害が発生しやすい状況にあったものと推測される。なお、宮崎県えびの市えびの（アメダス）では 3 日 2:00 に 95mm/h（2:21　110mm/h 最大降雨量更新）、宮崎県都城市御池（水文水質観測所）では 122mm/h の降雨量を観測している。

図 2-5～図 2-6 は、鹿児島県南大隅町で深層崩壊が発生した平成 22 年 7 月 5 日と土石流が発生した 7 月 7 日の天気図を示している。7 月 5 日及び 7 日は、日本列島南岸に梅雨前線が停滞しており、数日来の上空の寒気の影響で、局地的に激しい降雨が発生している。

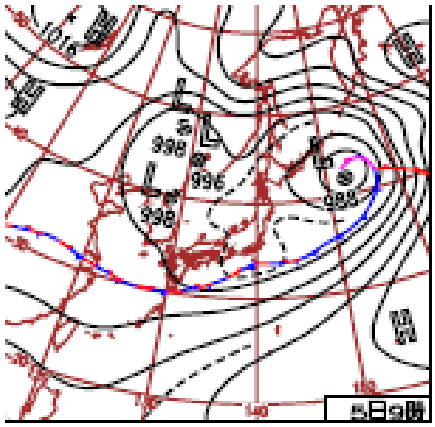


図 2-5　平成 22 年 7 月 7 日天気図 [2)]

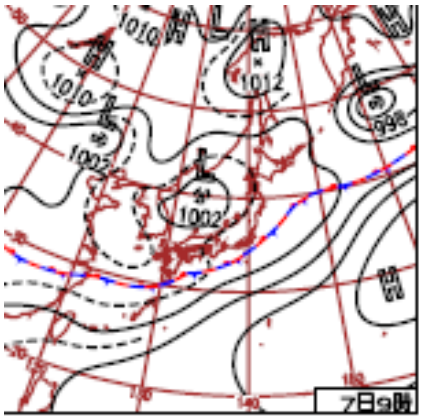


図 2-6　平成 22 年 7 月 7 日天気図 [2)]

図 2-7 は、6 月中旬～7 月上旬までの降雨量（アメダス

：鹿屋）を示している。南大隅地区の深層崩壊が発生した 7 月 5 日の降雨量は 0 ㎜ であり、土石流が発生した 7 月 7 日の降雨量は 20㎜ 程度であって土砂崩壊が発生した時間の降雨量は少ない。しかし、6 月中旬から深層崩壊が生じた 7 月 5 日までには、日雨量 80㎜ を越えた日が 5 日あり、また累積雨量が 1,000㎜ を越えていたことから、南大隅町における土砂災害は先行降雨の影響が高いと考えられる。

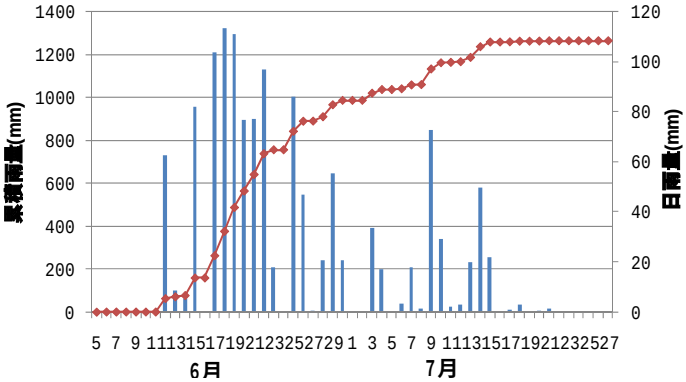


図 2-7　平成 22 年 6 月 5 日～7 月 27 日降雨量（鹿屋）

図 2-8 は、表層崩壊が生じた肝付町小串トンネル付近に近い内之浦（アメダス）の 7 月 2 日～4 日の降雨量を示している。国道 448 号肝付町小串トンネル付近の表層崩壊が発生した時刻は明確でないが、道路通行規制が 7 月 4 日 17:15 に開始されていることから、7 月 4 日 17:00 前に崩壊が発生したと思われる。しかし、図 2-8 に示すように、7 月 4 日午後に 5㎜/h の降雨があっただけであるが、7 月 2 日午後から 7 月 3 日 16 時の間に累積 200㎜ の降雨量があったことから、この先行降雨の影響で地盤が緩んでいたところに、7 月 4 日の降雨で崩壊したものと推定される。

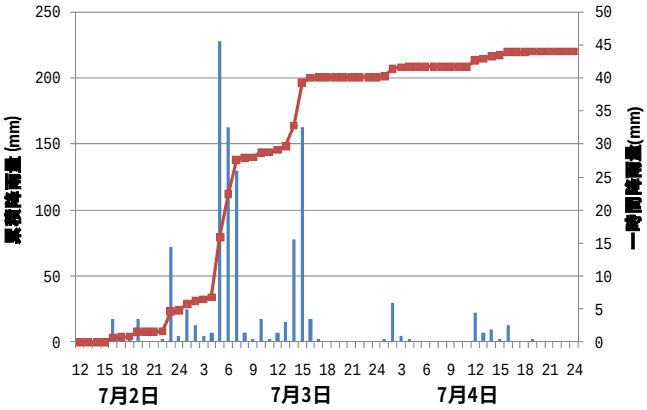


図 2-8　平成 22 年 7 月 2 日～7 月 4 日降雨量（内之浦）

図 2-9 は、7 月 3 日に曽於市財部町で深層崩壊・土石流が生じた財部町正部の降雨量を示す。深層崩壊・土石流が発生した 7 月 3 日 6:00 頃の時間雨量は 56㎜/h、累積降雨量は約 340㎜ であり、土砂災害が生じやすい状況にあったことがわかる。

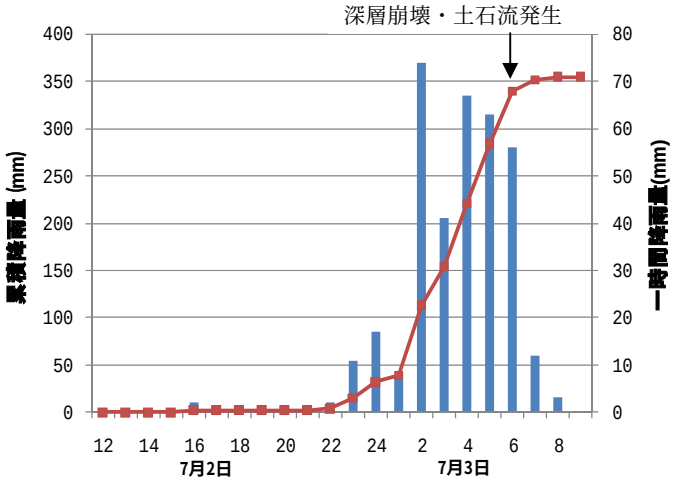


図 2-9　平成 22 年 7 月 3 日降雨量（財部町正部）[3)]

2.1　災害発生地区の地質

図 2-10 に、今回土砂災害が発生した主要地域の地質図を示す。

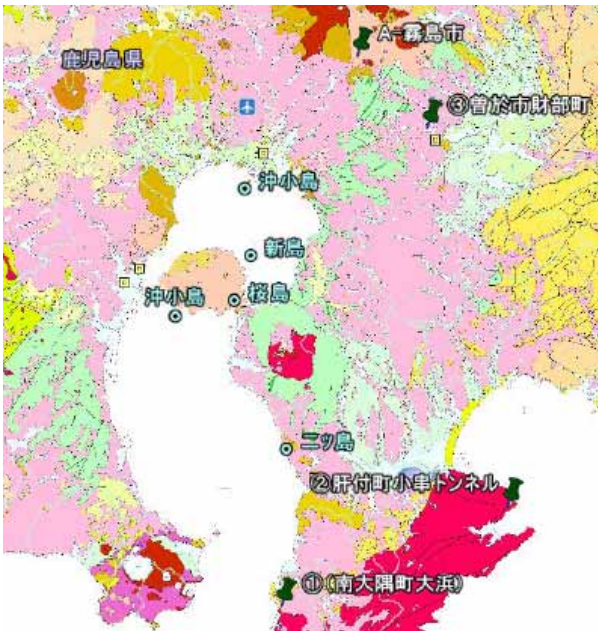


図 2-10　主な崩壊箇所の地質図 [4)]

霧島市には、霧島火山を起源とする玄武岩質安山岩溶岩及び砕岩、霧島火山や姶良火山を起源とする火砕流堆積物（しらす）が分布している。写真 2-1～写真 2-3 に、崩壊箇所のすべり面状況が明確な地点における崩壊状況を示すが、いずれもしらすが露出しており、すべり面にはパイプ流跡が見られる。

都城市内の災害現場では、渡司川の上流域の四万十層(中生代)を除けば更新世の姶良火砕流堆積物(角礫凝灰岩，熔結凝灰岩及びしらす等)の上位に霧島火山群の噴出物(安山岩,ぼら,ローム等)が堆積する。特に旧噴火口である御池に近い牛ノ脛谷川の崩壊地では、1～5㎝ 程度を主体とする粗いぼら層の堆積が認められる。写真 2-4～写真 2-6 に崩壊箇所の写真を示すが、地質境界部がすべり面となっている事例が多く、透水性の相違に起因する地下水の流動とこの影響による強度低下

が崩壊発生へ影響したことが推測される。

写真 2-1　霧島市大窪谷地区崩壊箇所すべり面の状況

写真 2-2　写真 2-1 すべり面拡大　パイプ流跡

写真 2-3　霧島市柿木原地区崩壊箇所すべり面の状況

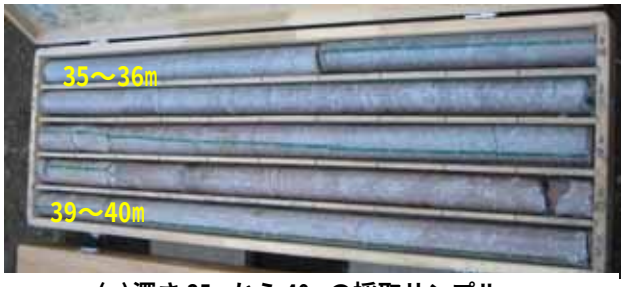
写真 2-4　牛ノ脛谷川の崩壊箇所すべり面の状況

写真 2-5　荒川内地区の崩壊箇所すべり面の状況

写真 2-6　渡司川の崩壊箇所すべり面の状況

写真 2-7 に南大隅町根占山本地区の崩壊個所源頭部の状況、写真 2-8 にボーリングで採取した深さ 35m から 45m の地質サンプルを示す。写真 2-7 の丸印個所に湧水跡が見られ、一部からは 8 月 5 日時点でも湧水が観察された。写真 2-8 のボーリングによって採取された地質サンプルより、深さ 41m～45m では明確な固形物は採取できず、破砕された状態で採取されており、この層が透水層となっていると考えられる。

写真 2-7　南大隅町根占山本地区崩壊箇所源頭部の状況



(a)深さ 35m から 40m の採取サンプル

(b)深さ 40m から 45m の採取サンプル

写真 2-8　南大隅町根占山本地区崩壊箇所ボーリングによる地質サンプル

写真 2-9 に肝付町小串トンネル付近の崩壊個所のすべり状況を示す。まさ土が露出し、基盤は節理の発達した花崗岩であった。また、すべり面中腹付近には、パイプ流跡が観察された。

写真 2-9　肝付町小串ﾄﾝﾈﾙ付近崩壊箇所すべり面状況

写真 2-10 及び写真 2-11 に曽於市財部町の崩壊状況を示す。しらす（灰色）の上に黄色っぽい御池ボラが覆っており、ボラとしらすの境界面から湧水している状況がわかる。

写真 2-10　曽於市財部町崩壊箇所すべり面状況

写真 2-11　曽於市財部町崩壊箇所すべり面拡大状況
（写真 2-10　丸印部拡大）

参考文献
1)災害時気象資料「平成 22 年 7 月 2 日から 4 日にかけての鹿児島県の大雨について」，鹿児島地方気象台，平成 22 年 7 月 5 日
2)日々の天気図　NO.102　2010 年 7 月，気象庁予報部予報課
3)平成 22 年災　カゴ試験曽於市財部町中谷地区災害資料、大隅地域振興局建設部、平成 22 年 8 月 5 日
4)20 万分の 1 日本シームレス地質図、産業技術総合研究所地質調査総合センター

3.　被災箇所の調査結果(鹿児島県内)

今回，2010 年 7 月 2 日から 4 日にかけての大雨により被災した①鹿児島県霧島市国分重久，②霧島市霧島（旧霧島町内）③南大隅町根占山本地区，④肝付町小串トンネル付近，⑤曽於市財部町中谷地区および⑥財部町下財部地区において 2010 年 8 月 3 日，5 日に調査を行った。

3.1　鹿児島県霧島市国分重久地内

2010 年 7 月 2 日から 3 日にかけての集中豪雨により、県道 2 号都城隼人線が被災した。図 3-1 に国分重久地内での崩壊個所を示す。この付近では、7 月 2 日 19 時から 3 日 7 時までの 12 時間に 405mm の雨が降っており、最大時間雨量は 3 日 4～5 時の 126mm/h であった。道路に沿って流れている手籠川（てごがわ）が、被災個所の上流側で越水し、越流水が道路を流下し、アスファルト舗装下の路盤･路床に流れ込んだことが原因と考えられる。崩壊個所の道路は旧道の線形改良、拡幅などが行われており、切土斜面の上部には入戸火砕流堆積物の非溶結部の分布が見られた。写真 3-1 は、崩壊個所①の状況を示している。ここでは、4 台の自動車が崩壊とともに滑落している。写真 3-2 は、崩壊個所④を示している。ここでは、越流水が道路面の亀裂より地盤内に浸透し、擁壁裏の土砂を洗掘したため崩壊が生じたものと考えられる。崩壊個所③も同様な崩壊形態であり、崩壊個所②では一週間後に斜面崩壊が発生し､土砂および岩石が滑落した。

写真 3-1　国分重久地内（崩壊箇所①）*下流側から撮影

写真 3-2　国分重久地内（崩壊箇所④）

3.2　鹿児島県霧島市霧島（旧霧島町内）

霧島市霧島（旧霧島町内）では，豪雨により住宅の後背斜面の崩壊が多くみられた。今回の調査では、大窪地区，日豊本線狩川トンネル，湯之迫地区，相尾地区，神宮駅前地区，柿木原（かきのきはら）地区，後谷（うしろだに）地区，内窪地区，床浪地区における斜面崩壊を調査した。大窪地区での崩壊は、7 月 3 日 5:00 頃に発生しており、4:00～5:00 間の時間雨量は、126mm/h であっ

図 3-1　鹿児島県霧島市国分重久での被災状況

写真 3-3　霧島市霧島大窪地区

写真 3-4　トンネル坑口上部の崩壊状況（JR 九州提供）

写真 3-5　農道からトンネル坑口上部を見下ろした崩壊状況

写真 3-6　霧島市霧島湯之迫地区

写真 3-7　霧島市霧島相尾地区

写真 3-8　霧島市霧島柿木原地区

写真 3-9　霧島市霧島床浪地区

た。写真 3-3 に示すように、しらす斜面の表層崩壊が生じている。また、すべり面の上部には、パイプ流の跡が見られた。次に、写真 3-4、5 は日豊本線狩川トンネルの上部の 斜面が崩壊し、土砂が線路内に流入した箇所を示す。7 月 3 日 5:00 頃に高さ 70～80m、幅 10m の崩壊が起きて いる。写真 3-5 において、手前のビニルシート部分が 舗装された農道であり、周辺よりも低くなっているにもかかわらず側溝がなく、この部分に雨水が集まり斜面側に水が流出したことが崩壊の原因の一つと考えられる。写真 3-6 は、湯之迫地区の状況である。崩壊した箇所以外のほとんどは急傾斜地崩壊危険箇所に指定されていたが、崩壊箇所は指定の基準を満たしておらず、対策工がなされていなかった。斜面崩壊下流側にはストーンガードが施工されていたため、大部分の土砂は家屋の手前で止まっていた。写真 3-7 は, 相尾地区の崩壊状況である。

ここでは、高さ 40m，幅 20m の崩壊が発生していた。斜面下端と被害家屋までの距離は、水田を挟んで約 150m 離れていたが、水田に多くの水があったため、崩土の到達距離が長くなったものと考えられる。また、柿木原，神宮駅前，後谷，内窪，床浪地区においては、家屋の後背斜面の約 10m の高さから崩壊が生じていた(写真 3-8, 3-9)。斜面と家屋の距離は、1～5m 程度であり、被害家屋位置の堆積深が 1～2m 程度であった。家屋の後背斜面には、畑，花壇や小道が造られているケースが多く、その部分に多くの水が集まったことも崩壊原因の一つと考えられる。

3.3　南大隅町根占山本地区

南大隅町根占山本地区では、今回の大雨において土石流が発生したが、船石川 1 号，2 号堰堤（写真 3-10）によって土砂が捕捉され、下流の集落の被害を軽減することができた。写真 3-11 に示す崩壊した斜面は、2007 年 7 月の台風の際にも斜面崩壊・土石流が生じていた箇所である。斜面の上部は，阿多火砕流からなる台地（しらす台地）になっており、茶畑等の耕作地に利用されている。この台地に降り注いだ雨が、地盤内へ浸透および斜面表面を流下することによって、崩壊が引き起こされたものと考えられる。ボーリングデータからは、斜面上部から 41～45m 深さまで熔結凝灰岩、その下位に破砕された砂礫からなる薄層、さらに非熔結であるしらすが 30m 程度の厚さで堆積している。調査当日（2010 年 8 月 5 日）においても、崩壊個所中腹部の破砕された砂礫層付近からの湧水が確認された。写真 3-12 は、崩壊個所上部を撮影したものである。崩壊個所上部には、小規模なガリ侵食跡，過去に変形が起こっていたと思われる段差、新たに発生した亀裂などが多くみられた。8 月 5 日現在、遠隔操作による堰堤内土砂の除去，監視カメラ，伸縮計による斜面モニタリングが行われている。

写真 3-10　南大隅町根占山本地区（舟石川 2 号堰堤）

写真 3-11　南大隅町根占山本地区の崩壊箇所

写真 3-12　南大隅町根占山本地区の崩壊箇所上部

3.4　肝付町小串トンネル付近

写真 3-13 に示すように小串トンネル付近の斜面は花崗岩からなっており、玉ねぎ状風化した岩塊も見られた。この斜面では、斜面中腹部にパイピングの跡が見られ、調査時（8 月 5 日）にも若干の湧水が見られたことから、斜面中腹部からの地下水の浸出が斜面崩壊のトリガーになったものと考えられる。

写真 3-13　肝付町小串トンネル付近の崩壊

3.5　曽於市財部町中谷地区

曽於市財部町中谷地区では、7 月 3 日 6:00 頃に大規模な崩壊が発生した。財部町では、6 月 10 日から 7 月 4 日まで、1,537mm の雨が降っており、7 月 3 日の日雨量は，355mm に達している。また、7 月 3 日の 2:00～6:00 の間、時間雨量 40mm/h 以上の雨が連続し、最大時間雨量は 1:00～2:00 の 74mm/h であった。斜面崩壊の規模は、斜面高さ約 80m，幅約 45m であった。写真 3-14 に崩壊状況を示す。斜面表層部には、御池ぼらが数メートルの厚さで

堆積し、その下にしらすがみられた。しらすとぼら層の境界面からの湧水個所が斜面の向かって右側にみられた。斜面の向かって左側には、水路と舗装された農道が寸断された跡が残っており、その先に茶畑があった。崩壊原因の一つとして、大量の雨水が水路に集まり、越水した雨水が水路や農道周辺の土を流出させることによって斜面の下端を洗掘したことが考えられる。

写真 3-14　曽於市財部町中谷地区

3.6　財部町下財部地区

下財部地区では、踊橋川を渡る町道閉山田踊橋線の道路橋である踊橋が、写真 3-15 に示すように 7 月 3 日の豪雨で落橋した。踊橋は、昭和 22 年に建設された一連アーチ式石橋である。下流側に井堰があり、7 月 3 日 9:00 ごろに井堰の左岸で越水が確認され、その後、橋の袖が決壊しているのが確認され，11:00 頃に落橋した。豪雨により水嵩が増し、河岸や河床の地盤が侵食され落橋したものと考えられる。

写真 3-15　曽於市財部町下財部地区

参考文献

1)平成 22 年災　鹿児島県曽於市財部町中谷地区災害資料，市道　閉山田踊橋線（踊橋）

4.　被災箇所の調査結果(宮崎県都城市内)

今回, 2010 年 7 月 2 日から 4 日にかけての大雨により被災した宮崎県都城市内の被災箇所である①牛ノ脛谷川(土石流), ②荒川内(急傾斜崩壊)及び③渡司川(土石流)において 2010 年 10 月 29 日に調査を行った。

4.1　牛ノ脛谷川地区(土石流)

牛ノ脛谷川(流域面積 0.1km^2)では、源頭部近傍の山腹斜面に幅 35m×長 70m×深 2m 程度の表層崩壊(写真 4-1 参照)が発生し、対岸の小規模尾根をのり超え、河道・山腹の不安定土砂を巻き込み土石流化し、谷出口の民家及び主要地方道御池・都城線まで到達した。崩壊原因は, 写真 4-1 の崩壊地中腹に湧水跡が認められるように、地下水の発生とこれに伴う間隙水圧の上昇に伴い斜面中腹から不安定化し、この不安定化が波及した斜面上方部が崩壊ししたものと考えられる。写真 4-2 には湧水跡地を示したが、不透水層となる角礫凝灰岩(弱熔結)層(地層傾斜約 40°)の上部に３～４m程度で大きな礫径からなるボラ層が確認される。このボラ層内へ斜面上方の火山台地上へ降り注いだ降雨が短時間で流入し、間隙水圧の上昇に対し、単位体積重量が小さいボラが浮力の影響度強度低下し、表土とともに流出したものと推測される。

写真 4-1　牛ノ脛谷川地区（土石流発生減；崩壊地）

写真 4-2　牛ノ脛谷川地区（崩壊地中腹の湧水跡）

牛ノ脛谷川の崩壊及び土石流はボラや表土(火山灰質粘性土)を主体とし、大礫の含有量が少ない“ボラ災害”であることが特徴である。そのため、今回の土砂移動はボラの特性の影響を受けたものであった。例えば、軽く径の小さい土砂を主体とすることから流動性が高く対岸の小規模尾根をのり超えたことや谷出口で直進せず、大きく方向変換したこと(写真 4-3 参照)等があげられる。後者の特性により谷出口の民家は大きな被害を受けず、比較的規模大きい土砂災害であったにも関わらず人的被害が発生しなかった。

写真 4-3　牛ノ脛谷川地区(流向変更状況；宮崎県写真提供)

4.2　荒川内地区(急傾斜崩壊)

荒川内では, 民家家屋背面の斜面が幅 15m×長 15m×深 2m 程度で崩壊し、倉庫を埋没させるとともに行方不明者１名の人的被害を発生させた。写真 4-4 に示すように崩壊地のすべり面(傾斜角約 35°)に熔結凝灰岩層が露岩している。集中豪雨の影響により、この熔結凝灰岩層と上位のローム層との境界で、透水性の相違によるミズミチが発生し、強度低下の相違と相まって地層境界面から表層崩壊が発生したものと考えられる。

崩壊斜面は急傾斜地崩壊危険箇所「板川内地区」に属する。ここで、崩壊斜面の高さは 10～15m 程度で、地形的にも緩やかな凸状の安定尾根形状を示すものの、写真 4-5 に示すように、過去に崩壊した痕跡(鉛直方向のテンションクラックを充填するボラ層)が認められることから､斜面自体が不安定性を有していたことも推測される。

写真 4-4　荒川内地区（崩壊地）

写真 4-4　荒川内地区（滑落崖内の古いﾃﾝｼｮﾝｸﾗｯｸ跡）

写真 4-6　渡司川地区（谷地形部における崩壊{侵食}）

4.3　渡司川地区(土石流)

渡司川地区では伐採後の草本類を主体とする斜面で複数の表層崩壊が集約的に発生し、土石流化して下流域に流出した。表層崩壊の発生要因には、植林の伐採の影響によるシラス等の脆弱な地盤上への強い雨による雨滴侵食の発生や表流水・浸透水による強度低下・侵食の発生等が考えられる。

ここで、渡司川地区ではいくつかの表層崩壊の形態が認められた。写真 4-5 には、最下流端の右岸側の 2 つの崩壊地を示す。写真左側の崩壊は比較的一般的な表層崩壊の形状を呈するものの、写真右側の崩壊はシラス地盤内部のパイピング(φ4～5m 程度)に起因した崩壊である。なお、パイピング孔の上位は黄褐色のボラ層が認められることから、旧谷地形の地山(シラス)との境界部にパイピングが発生したものと推測される。写真 4-6 には、谷地形の底部に発生した小規模崩壊の状況を示す。当該崩壊は熔結凝灰岩層上の薄い表土層の崩壊であり、熔結凝灰岩層との境界部で雨水による地下水流動がトリガーとなって発生したものと推測される。実際の熔結凝灰岩面での湧水状況を写真 4-7 に示すが、写真 4-5 に示したパイピングに起因した崩壊や前述した牛ノ脛谷川や荒川内の崩壊では地層境界部からの地下水の流れが崩壊発生に寄与していることが推測される。

写真 4-5　渡司川地区（パイピングによる崩壊{右側崩壊地}）

写真 4-7　渡司川地区（熔結凝灰岩層の上位からの湧水状況）

写真 4-8 には、伐採時に整備され、そのまま放置されたと推測される作業道周辺に発生した崩壊を示す。林道の上方斜面では切土に伴う不安定化に伴う崩壊と推測され、林道から下方の斜面では林道上に集まった雨水・流水が凹部から下方に流出する際の侵食等により発生した崩壊と推測される。

写真 4-8　渡司川地区（林道の影響による崩壊）

参考文献

1)宮崎県都城市　牛ノ脛谷川災害資料(宮崎県都城土木事務所)
2)宮崎県都城市　渡司川災害資料(宮崎県城土木事務所)

謝辞：8 月 3 日は鹿児島県姶良・伊佐地域振興局、5 日は大隅地域振興局、23 日は JR 九州、10 月 29 日は宮崎県都城土木事務所の皆様に便宜を図っていただきました。ここに、謝意を表します。