

2005年台風14号による南九州での土砂災害

SEDIMENT DISASTERS IN SOUTHERN KYUSHU ISLAND CAUSED BY TYPHOON 200514 (NABI)

鈴木隆文¹・松元真一¹・北村良介²

Takafumi Suzuki, Shinichi Matsumoto, Ryouyusuke Kitamura

¹鹿児島大学大学院 理工学研究科海洋土木工学専攻 (890-0065 鹿児島市郡元 1-21-40)

²鹿児島大学 工学部海洋土木工学科 (890-0065 鹿児島市郡元 1-21-40)

Email:kitamura@oce.kagoshima-u.ac.jp

Key Words: Heavy rain, Slope failure, Soil tests, Pumice fall deposits

1. はじめに

2005年9月4日から8日にかけて、日本列島に台風14号が襲来した。台風14号は南九州の各地で豪雨をもたらした。多数の斜面災害が発生した¹⁾。

我々は、台風14号が鹿児島県大隅半島、宮崎県南部にもたらした豪雨によって発生した土砂災害発生箇所(鹿児島県垂水市、鹿屋市、曾於市、宮崎県宮崎市、小林市、都城市)を調査した。ほとんどの土砂災害発生の源頭部で降下軽石(以下「ぼら」と称する)の存在が確認された。ぼらの噴出源は始良カルデラ、桜島、霧島などであり、数万年前～数十年前の火山噴火によってもたらされたものである。ぼらは多孔質であり、透水係数が大きく、ぼら層は透水層を形成する。一方ぼら層の上層あるいは下層には過去に表層土であった土が風化した土層(古土壌)が存在する場合がみられた。古土壌は不透水層となる。降雨に伴う斜面崩壊のメカニズムを解明するためには、ぼらと古土壌の土質特性を明らかにする必要がある。

本論文では現地調査結果について述べるとともに、6地点11箇所採取したぼら、宮崎県都城市高崎町で採取した御池ぼら・御池火山灰の風化した古土壌(以下「古土壌1」と称する)、肝属郡吾平町上名で採取した大隅降下軽石・日南層群の風化した古土壌(以下「古土壌2」と称する)を用いて室内土質試験を行い、ぼらと古土壌の土質特性を明らかにすることを旨とし、考察を加えている。

2. 台風14号の概要

2005年8月29日21時にマリアナ諸島付近で発生した台風14号は、9月4日夜には名瀬市の南東海上に進み次

第に北寄りに進路を変え、大型で非常に強い勢力を保ちながら6日明け方には屋久島の西海上をとおり、6日昼前にかけて薩摩半島のすぐ西海上を北上した。広い範囲に発達した雨雲を伴い、また台風の動きが遅かったため強い雨が長時間降り続いた。特に台風による東風の影響を受けた大隅半島では1時間に20mm以上の強い雨が5日未明から6日昼頃まで断続的に続いた。

総降水量分布図(4日0時から6日24時まで)を図-1に示す。大隅半島では、降り始めからの総降水量が肝付前田で956mm、鹿屋で837mm、垂水市高峠では638mm(図-2参照)、垂水市垂桜では936mmとなった。

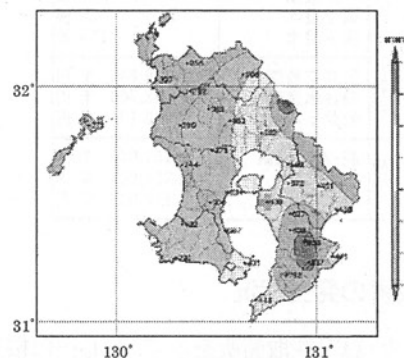


図-1 総降水量分布図²⁾

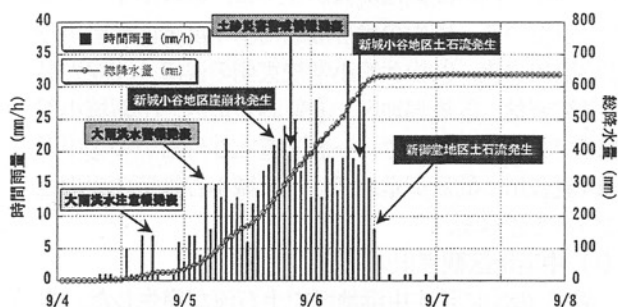


図-2 垂水市高峠における雨量の時系列変化

3. 垂水市被害状況

垂水市では、表-1 に示すように土石流や崖崩れにより死者 5 名、建物等被害では全壊が 39 棟など大きな災害が発生した。水ノ上地区上ノ宮集落では、9 月 5 日 18 時 22 分人家の裏山が高さ 30m、幅 15m に渡り崩れ、50 代の男性 1 名が死亡、また、新城小谷地区では、9 月 6 日 9 時 36 分大規模な土石流が発生し 70 代の女性 3 名が死亡、同日 13 時 14 分には水ノ上地区新御堂集落で土石流により 80 代の男性が死亡した。

5 日 15 時 20 分に一般国道 220 号の異常気象時の通行規制区間に指定されている牛根麓地区（規制雨量 150 mm）で連続雨量 150 mm を超過したため、事前通行規制が開始となり、規制区間内の大磯で災害が発生したため、通行規制から通行止めになった。5 日 20 時 00 分には異常気象時の通行規制区間に指定されている牛根境地区（規制雨量 200 mm）で連続雨量 200 mm を超過したため、事前通行規制が開始となり、20 時間後の 6 日 16 時 00 分に規制解除となった。

このほか、一般国道 220 号沿いの牛根境から海潟小浜地区付近まで（13km）、土石流が流出するなど大きな被害を受けた。また、二川から牛根麓間（約 6 キロ）の通行止めの影響で、6 集落の 370 世帯 840 人が孤立状態になった。牛根地区の通行止め区間内で最も土砂量が多かったのが二川集落であった。

表-1 被害状況（垂水市）

区 分		被害状況
人 的 被 害	死者	5名
建 物 等 被 害	全壊	39 棟
	半壊	20 棟
	一部破損	210 棟
	床上浸水 床下浸水	35 棟 136 棟
施 設 等 被 害	公共文教施設	19,644 千円
	農林水産業施設	1,508,743 千円
	公共土木施設	900,100 千円
そ の 他 被 害	農・畜産関係	151,040 千円
	水産関係	255,000 千円
	商工関係	110,943 千円

4. 土砂災害の発生状況

図-3 に調査・試料採取箇所を示す。同心円は桜島（南岳）を中心とした調査・試料採取箇所の水平距離を示している。円の間隔は実線が 5 キロ、破線が 1 キロ毎になっている。図中の番号は順に①中浜地区観音川、②磯脇川支流、③松ヶ崎小学校東側の溪流、④鹿児島大学演習林、⑤海潟地区、⑥新御堂地区、⑦新城小谷地区である。ここでは、一般国道 220 号沿いの①中浜地区観音川、⑥新御堂地区、⑦新城小谷地区での調査について述べる。

(1) 中浜地区観音川の災害

図-3 の①に示す中浜地区で土石流が発生した。本

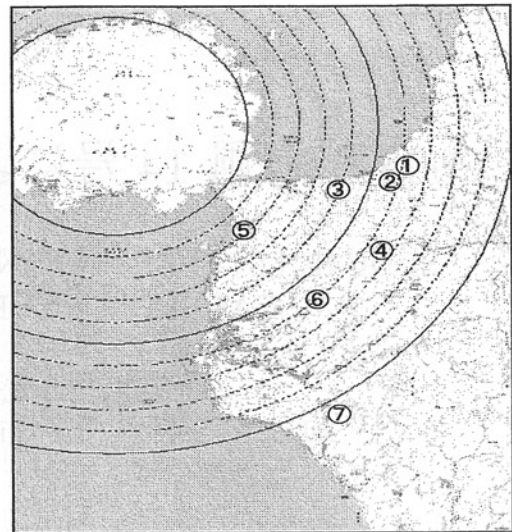


図-3 調査箇所及び試料採取箇所と桜島（南岳）との距離関係

地区は始良カルデラの外輪にあたり、急斜面が続く地形となっている。住家のある地域は、扇状地地形となっている。国道 220 号沿いには旧国鉄大隅線がある。土石流は観音川支流源頭部付近で発生した。写真-1 に崩壊箇所を示す。崩壊要因としては、基岩もしくはローム層が不透水層となり、ばら層との間でパイピングが発生したものと考えられる。観音川支流中流域で、もう 1 箇所崩壊部が確認できた。



写真-1 源頭部（観音川支流）



写真-2 被災現場（新城小谷地区）
（国際航業株式会社 撮影・提供）

(2) 新城小谷地区の災害

図-3の⑦に示す新城小谷地区では、6日9時36分、写真-2に示すように松崎川に流れ込む溪流（小谷川水系）の上流部で崩壊が発生し、土石流となって谷沿いを流下した。土石流の最下部は松崎川沿いに走る市道に達し、幅約35mとなった。溪流中流域の崩壊部での幅は約15mであった。集落内では、幅1mの流路工が中流域の崩壊部付近から施工されていた。上流部での流路幅は約2mであった。深さ1.6mのコンクリート溝となっており、溪流中流域の崩壊部は表層崩壊であり、厚さ約1mの表層土が滑った。崩壊の規模は幅約30m、高さ約15mであった。源頭部の崩壊は2箇所とも同じ標高に位置し、地質は四万十層の風化砂岩、まき土、ロームからなっていた（写真-3参照）。

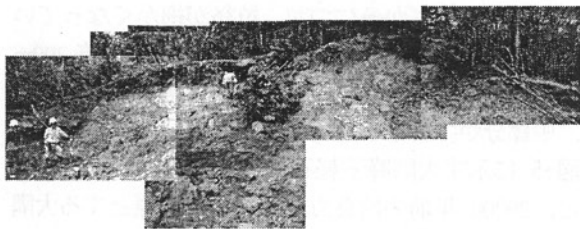


写真-3 源頭部（新城小谷地区）

(3) 新御堂地区の災害

図-3の⑥に示す新御堂地区では、6日13時14分、県道71号沿いの斜面が崩壊し（写真-4）、土石流となって流下した。土石流は、溪流下流域の住家等3棟（写真-5）を直撃した。家屋付近の溪流幅は通常1m程度であったが、被災した家屋の直上流部の土石流幅は約14mであり、民家から上流約200m地点でも15mでほぼ一様に土石流の痕跡があった。被害家屋付近では直径50cm程度の岩石がほとんどで、上流に向かって直径5m程度の巨岩も確認できた。また、被災現場のすぐ上流部には杉が植林されており、家屋付近には杉の流木が多く堆積していた（写真-5）。被害家屋直上流の杉には高さ約3mのところ土石流痕があり、中流域でも河床から約5mの位置まで土石流痕が確認できた。



写真-4 源頭部（新御堂地区）



写真-5 被災現場（新御堂地区）

5. ぼらと古土壌の土質特性

これまでに示した鹿児島県内の台風14号による土砂災害の調査結果から土砂災害のトリガーとなっている斜面崩壊現場のほとんどに「ぼら」の存在が確認された。このことは、「ぼら」の土質特性を明らかにしなければならないことを意味している。そこで、本節では6地点11箇所採取した「ぼら」を試料として行った各種室内土質試験結果を示すとともに、「ぼら」の年代関係、桜島（南岳）との距離関係について考察を加えていく。

始良カルデラ形成時の噴火や桜島の噴火は、多量の軽石、火山灰等がガスとともに爆発的に噴出し、火口上に数十kmにも達する高い噴煙柱を形成するプリニアン噴火である。噴煙柱に含まれる軽石や火山灰等は、噴煙柱の上部から風によって水平方向に運ばれ、重力と空気抵抗が釣り合う速度（終端速度）に達すると落下を始める。こうして堆積したものが降下火砕堆積物であり、偏西風の影響を受けて火山の東方向に堆積する傾向がある。また、空中運搬時に粒径の淘汰が行われ、小さい粒子ほど終端速度は小さく遠くまで運ばれる³⁾。

また、鹿児島県に分布するぼらは、年代学的研究については奥野⁴⁾、奥野ら⁵⁾によってなされ、土壌物理分野では品川ら⁶⁾の研究がある。しかし、地盤工学からのアプローチ⁷⁾は少ない。過去約3万年間に堆積した鹿児島県のぼらは、霧島火山群、始良カルデラ、阿多カルデラ、喜界カルデラを噴出源としている。2005年台風14号によって災害の発生した大隅地方では始良カルデラを噴出源とする大隅降下軽石、桜島を噴出源とする桜島ぼらが堆積している。桜島ぼらは噴出年代によって、安永ぼら（1779-1782年）、大正ぼら（1914年）などに分けられる。

(1) 試料採取

図-3に試料採取箇所を示す。採取箇所は、⑥の新御堂地区を除く6地点である。また、観音川は中流域で1箇所、源頭部で4箇所採取し、新城小谷地区は下流域で1箇所、源頭部で1箇所採取した。新城小谷地区の源頭部以外は全てぼらであり、採取箇所によって噴出時期が異なっている。参考として、旧肝属郡吾平町上名で採取した大隅降下軽石の試験結果も併記する。

観音川：中流域（標高 70m 付近）1 箇所と源頭部（標高 200m 付近）4 箇所を採取した。源頭部に関しては、写真-6, 7 に示すように上層より各年代に堆積したローム層とぼら層の互層となっている。試料名として上層より観音川源頭 1~4 とする。ここで、源頭 1 が大正ぼら、源頭 2 が安永ぼら、源頭 3・4 が 8000~11000 年前のぼらに分類される。南岳からの距離はおよそ 11km である。

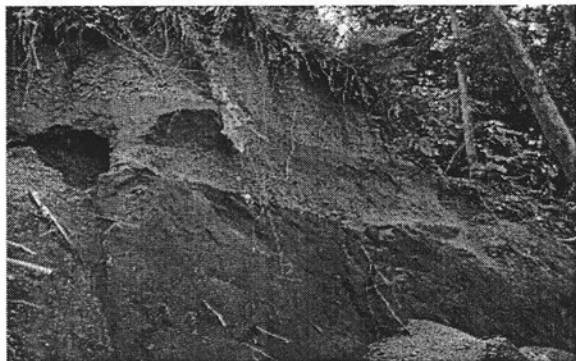


写真-6 大正ぼら・安永ぼら（観音川支流）



写真-7 8-1.1 千年前のぼら（観音川支流）



写真-8 大隅降下軽石（鹿児島大学演習林）

磯脇川支流：支流沿い崩壊箇所斜面下部で採取した。大正ぼらに分類される。南岳からの距離はおよそ 10.8km である。

松ヶ崎小学校東側の溪流：左岸側のぼら露出箇所より採取した。大正ぼらに分類される。南岳からの距離はおよそ 8.5km である。

鹿児島大学演習林：ぼら露出箇所より採取した。写真-8 に示すように大隅降下軽石に分類される。南

岳からの距離はおよそ 11.7km である。

海潟地区：一般国道 220 号線沿いの崩壊地で採取した。安永ぼらに分類される。南岳からの距離はおよそ 6.8km である。

新城小谷地区：下流域の斜面崩壊地の下部で採取した。大隅降下軽石に分類される。南岳からの距離はおよそ 15.6km である。

(2) 粒度試験結果

日本工業規格「土の粒度試験方法」(JIS A 1204:2000) に若干の修正を加え、粒径 2mm 以上の残留試料に付着する細粒分を考慮する方法で試験を行った⁸⁾。大正ぼらの粒度試験結果を図-4 に、大隅降下軽石の粒度試験結果を図-5 に示す。

図-4 より大正ぼらは、同様な粒度分布を示していることが分かる。表-2 の粒度組成より、桜島（南岳）からの距離が遠ざかるにつれ、粒径が細かくなっていることが分かる。観音川源頭 1 に関しては、標高 200m 付近であり、他の 3 試料に比べ高い位置に存在するので、中礫分が多くなったと考えられる。

図-5 に示す大隅降下軽石の粒度試験結果を見ていくと、29000 年前の始良カルデラを噴出源とする大隅降下軽石は、距離に関係なく、粒度分布は、ぼらについている。このことは、風化の度合いと関連していると考えられる。このことはまた、大隅降下軽石は、大正ぼらと比較すると、細粒分を多く含んでいることが分かる。

図-6 に古土壌 1 と古土壌 2 の粒径加積曲線を示す。どちらの試料も細粒分が非常に多く含まれていることがわかる。表-2 に粒度特性値を示す。古土壌 1 の粒度組成をみると細粒分は 84%、砂分は 16% である。古土壌 2 の粒度組成をみると細粒分は 71%、砂分は 29% である。これらを地盤材料の工学的分類に従うと共に火山灰質粘性土にあたる。

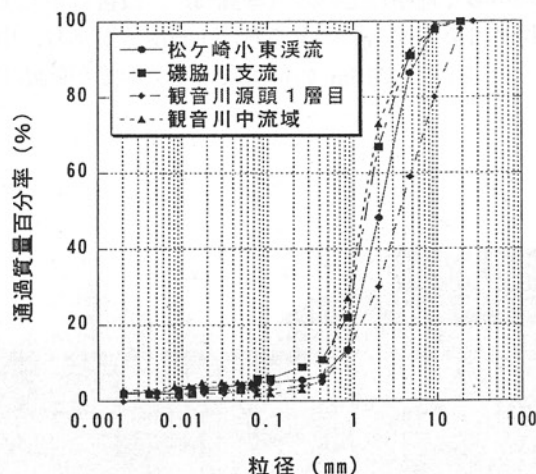


図-4 粒径加積曲線（大正ぼら）

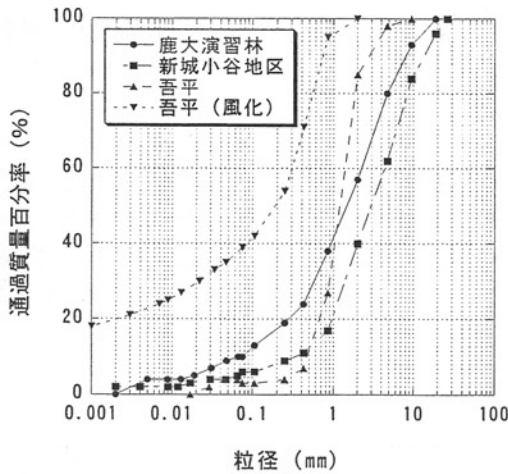


図-5 粒径加積曲線 (大隅降下軽石)

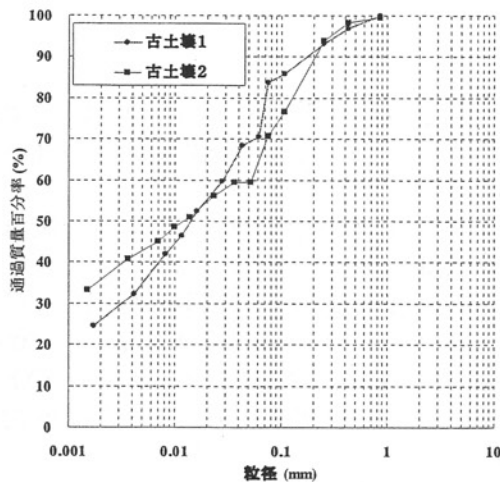


図-6 粒径加積曲線 (古土壤)

表-2 粒度組成

試験試料	古土壤 1	古土壤 2
粗砂分 (%)	0	0
中砂分 (%)	7	6
細砂分 (%)	9	23
シルト	50	29
粘土	34	42

(3) 土粒子の密度試験

表-4に土粒子の密度試験結果を示す。噴出年代ごとに分類し、各試料は桜島(南岳)から近い順に整理した。大隅降下軽石は、始良カルデラ形成時のもので他の試料と比べると噴出時期が古い。各年代の試料はともに桜島から遠ざかるにつれ、密度が大きくなっていることが分かる。これは、表-3の粒度組成に示すように噴出源から遠くなるにしたがって粒径が小さくなっていること、また、表-5に示すように9.5~2mmと2mm以下に分けた試料での土粒子の密度試験結果では、2mm以下で距離が遠い方ほど密度が大きくなっていることによるものと考えられる。噴出源から遠くなるにつれて密度が大きくなるのは、2mm以下の試料に軽石の多孔質なものだけ存在するとは限らず、密度が大きい火山性鉱物を含有する場合があるためと考えら

れる。また、噴出源から近いほど土粒子の密度が小さくなっているのは、軽石の多孔質性に起因していると考えられる。但し、現在の地盤工学会の試験法では粒径が9.5mm以下の粒子に対して土粒子の密度が求められる。このため、9.5mm以上の粒子を含むばら層の場合は、全粒径の土粒子の密度を表していないことになる。

表-3 粒度組成

名称	大正ばら			
	松ヶ崎小東側溪流	磯脇川支流	観音川中流域	観音川源頭1
粗礫分 (%)	0	0	0	2
中礫分 (%)	14	9	8	39
細礫分 (%)	38	24	19	29
粗砂分 (%)	34	45	46	17
中砂分 (%)	8	14	23	9
細砂分 (%)	1	3	1	1
シルト分 (%)	3	4	0	2
粘土分 (%)	2	2	3	1

表-4 土粒子密度

噴出年代	名称	試験試料	桜島からの距離(km)	土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)
大正3年(1914年)	大正ばら	松ヶ崎小東側溪流	8.5	2.27
		磯脇川支流	10.8	2.41
		観音川中流域	11	2.50
		観音川源頭1	11	2.35
安永7~9年(1778~1780年)	安永ばら	海淵地区	6.8	2.18
		観音川源頭2	11	2.34
8000~11000年前	名称不明	観音川源頭3	11	2.69
		観音川源頭4	11	2.62
29000年前	大隅降下軽石	鹿大演習林	11.7	2.20
		新城小谷	15.6	2.35
		吾平	36	2.53

表-5 土粒子密度

試験試料	9.5~2.0mm	2.0mm以下	9.5mm通過試料
松ヶ崎小東側	1.46	2.03	2.27
磯脇川	1.92	2.44	2.41

(4) 透水試験

ばら層とその下層に位置する古土壤の保水・浸透特性を明らかにすることは境界でのCapillary Barrier効果を定量的に把握するために必要である。ここでは、浸透特性を明らかにするため、ばらについては定水位透水試験、古土壤1については変水位透水試験を行った。いずれの供試体も乱した試料を用いて作製した。表-6は採取した試料の自然含水比、土粒子密度を示している。御池ばらは極めて粗粒な土質であるのにも関わらず自然含水比は84.7%と高い。大隅降下軽石も粗粒な土質であるのに含水比は71.4%と高くなっている。古土壤1の自然含水比は124.3%と高くなっている。表-7は透水試験結果を示している。御池ばらの透水係数は 5.18×10^4 cm/s、大隅降下軽石の透水係数は 1.39×10^4 cm/sと共に非常に大きい。透水係数から対応する土

の種類をしてみると、清浄な礫の区分にあたる。また古土壌1の透水係数は $1.41 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ と低くなっている。透水係数の値は、微細砂、シルト、砂-シルト-粘性混合土の区分にあたる。

表-6 物理試験結果

試験試料	自然含水比 $W_n(\%)$	土粒子密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$
御池ぼら	84.7	2.51
大隅降下軽石	71.4	2.53
古土壌1	124.3	2.56
古土壌2	33.6	2.64

表-7 透水試験結果

試験試料	透水係数 $k(\text{cm/s})$
御池ぼら	5.18×10^{-1}
大隅降下軽石	1.39×10^{-1}
古土壌1	1.41×10^{-6}

(5) 突固めによる土の締固め試験

図-7に御池ぼらの締固め試験結果を示している。行った締固め試験は、A-a法⁹⁾である。突固めによる破砕が見られ、また、突固めた際に粒径の違いにより、締固まりの割合が大きい箇所と小さい箇所が見られた。ピークが明確に表れなかったのは、突固め時の粒子破砕によるものと考えられる。

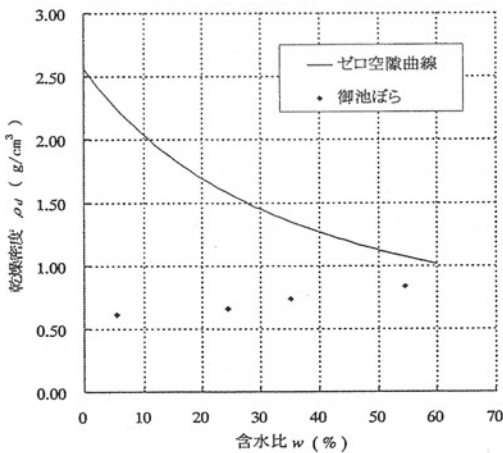


図-7 締固め曲線 (御池ぼら)

6. おわりに

今回の調査により大隅半島での降雨量はほとんどのところで記録を更新していることがわかった。これから今回の台風14号のように各地で降雨量の記録の更新がみられるかもしれない。想定外のことが起こりえるのが自然である。有効な防災・減災を行っていくためには、地盤工学の立場からぼら層の絡んだ降雨に伴う斜面崩壊メカニズムを明らかにし、ぼらや古土壌を試料とした各種室内土質試験(物理試験、力学試験)

を行い、ぼらや古土壌の保水・透水・圧縮・せん断特性を明らかにしなければならないと考えている。

謝辞：本調査研究は科研費、土木学会西部支部、(財)河川環境管理財団から助成をいただいた。また、宮崎県での試料採取にあたり、宮崎県地質調査作業協同組合土質センターの澤山重樹氏に同行いただき貴重なコメントをいただいた。ここに謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 谷口義信, 他 13 名: 2005 年 9 月台風 14 号による土砂災害, 砂防学会誌, Vol.58, No.4, pp.46-53, 2005.
- 2) 総降水量分布図: 鹿児島地方気象台, 災害時気象資料, p.4, 2005.9.7.
- 3) (社)地盤工学会北海道支部編: 北海道火山灰土の性質と利用に関する研究委員会, pp.2-3, 2004.
- 4) 奥野充: 南九州に分布する最近約 3 万年間のテフラの年代学的研究, 第四紀研究, 41(4), pp.225-236, 2002.
- 5) 奥野充, 福島大輔, 小林哲夫: 南九州のテフロクロノロジー—最近 10 万年間のテフラ—, 人類史研究 12, pp.9-23, 2000.
- 6) 品川昭夫, 馬田英隆, 宮内信文, 長友由隆: 垂水市光石に見出される, 主として桜島噴出物に由来する累積性火山灰土壌断面について, 鹿児島大学演習林研究報告, 24, pp.1-57, 1996.
- 7) 下川悦郎, 春山元寿: 斜面崩壊と火山性堆積物の土質工学的性質, 鹿児島大学農学部学術報告, 第 28 号, pp.209-227, 1978.
- 8) 北村良介, 松元真一, 鈴木隆文: 降下軽石(ぼらの粒度試験について, 自然災害研究協議会西部地区部会報・論文集, 30 号, pp.87-88, 2006
- 9) 地盤工学会編: 土質試験の方法と解説, p.253, 2000.

(2006. 5. 19 受付)