

# 2005年9月台風14号に伴う宮崎県鰐塚山北麓の土砂災害状況と斜面崩壊の特徴

## SLOPE FAILURE DISASTERS IN NORTHERN SLOPE OF MT.WANITSUKA DUE TO HEAVEY RAINFALL BY THE TYPHOON0514 IN MIYAZAKI PREFECTURE

古閑美津久<sup>1</sup>・笠原拓造<sup>2</sup>・宇城輝<sup>1</sup>

Mitsuhsisa KOGA, Takuzo KASAHARA, Akira USHIRO

<sup>1</sup>国際航業株式会社 九州支社 (〒812-0013 福岡市博多区博多駅東3の6の3)

<sup>2</sup>国際航業株式会社 河川砂防部 (〒191-0065 東京都日野市旭が丘3の6の1)

**Key Word:** typhoon0514, slope failure, landslide, debris flow, heavy rainfall

### 1. はじめに

2005年の台風14号は9月5日から7日にかけて九州西岸を通過したが、大型で広い暴風雨域を維持したまま時速15km程度でゆっくり北上したため(図-1)、宮崎県をはじめ九州山地東側の地域は長時間にわたり降雨が続き、各地で累加雨量1,000mmを超える記録的な豪雨となり、土砂災害や河川の氾濫、浸水災害が発生した。

宮崎市の南西約20kmにある鰐塚山(1,118m)の9月3日から6日間の総雨量は1,013mmに達し、鰐塚山北麓(旧田野町)では清武川の上流にあたる別府田野川や片井野川、境川、七瀬谷流域(図-2)で大規模な斜面崩壊と土石流が発生した。そのため大量の土砂が源流部から下流約3kmにわたって流出・堆積し、河道を埋めた。土砂の氾濫、堆積域に人家等が存在しなかったため、幸いにも人的被害はなかったものの、別府田野川では流出土砂の堆積で河床が約6m上昇、河道

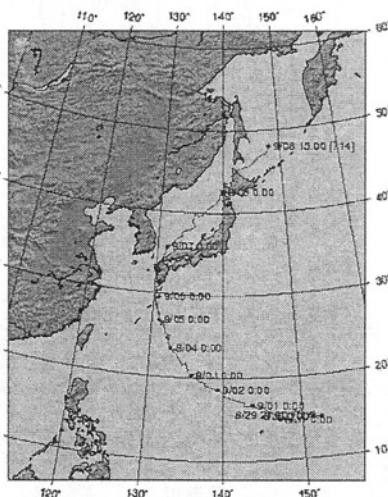


図-1 台風の経路<sup>1)</sup>



図-2 調査地(鰐塚山北麓)位置図(行政界は合併前)

が拡大するなど、斜面崩壊や流出土砂の規模は記録的なものである。筆者らは空中写真判読により全域の土砂災害の状況を把握する一方、2005年9月22日、23日に別府田野川流域について、12月9日、10日に全域を対象とした崩壊地サンプル調査を実施した。本報告はそれらの結果をもとに崩壊・土石流の分布、崩壊規模、崩壊特性などについて報告するものである。なお、国土地理院は、2006年3月1日、別府田野川流域の土砂災害状況を表した2.5万分の1地形図(改定版)を刊行した<sup>2)</sup>。まさに本災害は地図に残る災害といえる。

## 2. 降雨状況

気象庁鰐塚山観測所のデータ<sup>3)</sup>によれば、台風の接近に伴い9月3日から雨が降り始め、台風が九州をとおるぬける6日夕方まで続いた。特に4日から6日の3日間は日雨量が200mmを超え、3日～6日間の累加雨量は1,013mmと記録的なものとなった(図-3)。

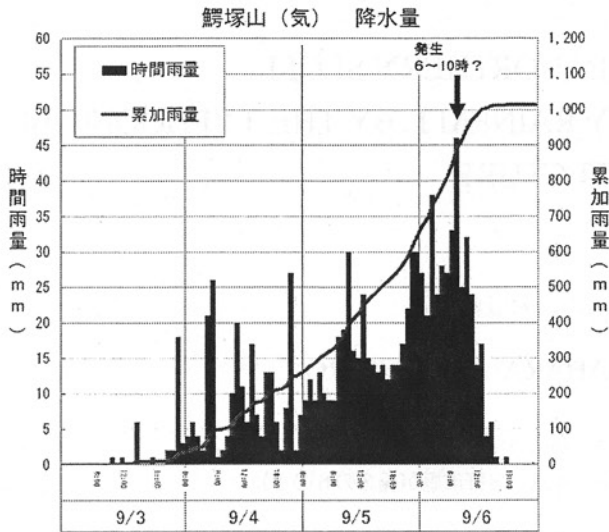


図-3 気象庁鰐塚山観測所の雨量<sup>3)</sup>

最大1時間雨量は6日の46mmが最大で雨量強度そのものは大きくないが、台風がゆっくりと進んだため1時間雨量20mm以上の降雨が14時間も続き、累加雨量が大きく

かったことがこの豪雨の特徴である。累加雨量は6日0時の645mmから13時間後の6日13:00には1,000mm以上に達した。別府田野川では住民への聞き込みから6日6時～10時の間に崩壊や土石流が発生した<sup>4)</sup>。

表-1 気象庁鰐塚山観測所の雨量諸量<sup>3)</sup>

	9月3日	9月4日	9月5日	9月6日	9月7日
最大1時間雨量(mm)	18	31	32	46 (2.9)	10
日雨量(mm)	34	223	388 (22.7)	368	16
累加雨量(mm)	1,013 <sup>※</sup>				

※9月6日19時～7日2時の間は無降雨のため、7日の雨量は累加雨量に加算せず  
※太字は期間内最大値、( )内数字は確率年(岩井法による)

この豪雨の発生確率は、最大1時間雨量(46mm)が2.9年、日雨量(388mm)は22.7年(岩井法)であり、日雨量のほうが発生確率が低い(表-1)。

## 3. 土砂災害状況

鰐塚山から宮崎自動車道に至る約35km<sup>2</sup>を対象に、9月20日撮影の空中写真(縮尺1/8,000)を判読し、縮尺1万分の1の崩壊・土石流・河床堆積物の分布図を作成した(図-4)。同時に異常地形やリニアメントを判読したが、当該地は地すべり地形と考えられる異常地形が多い。

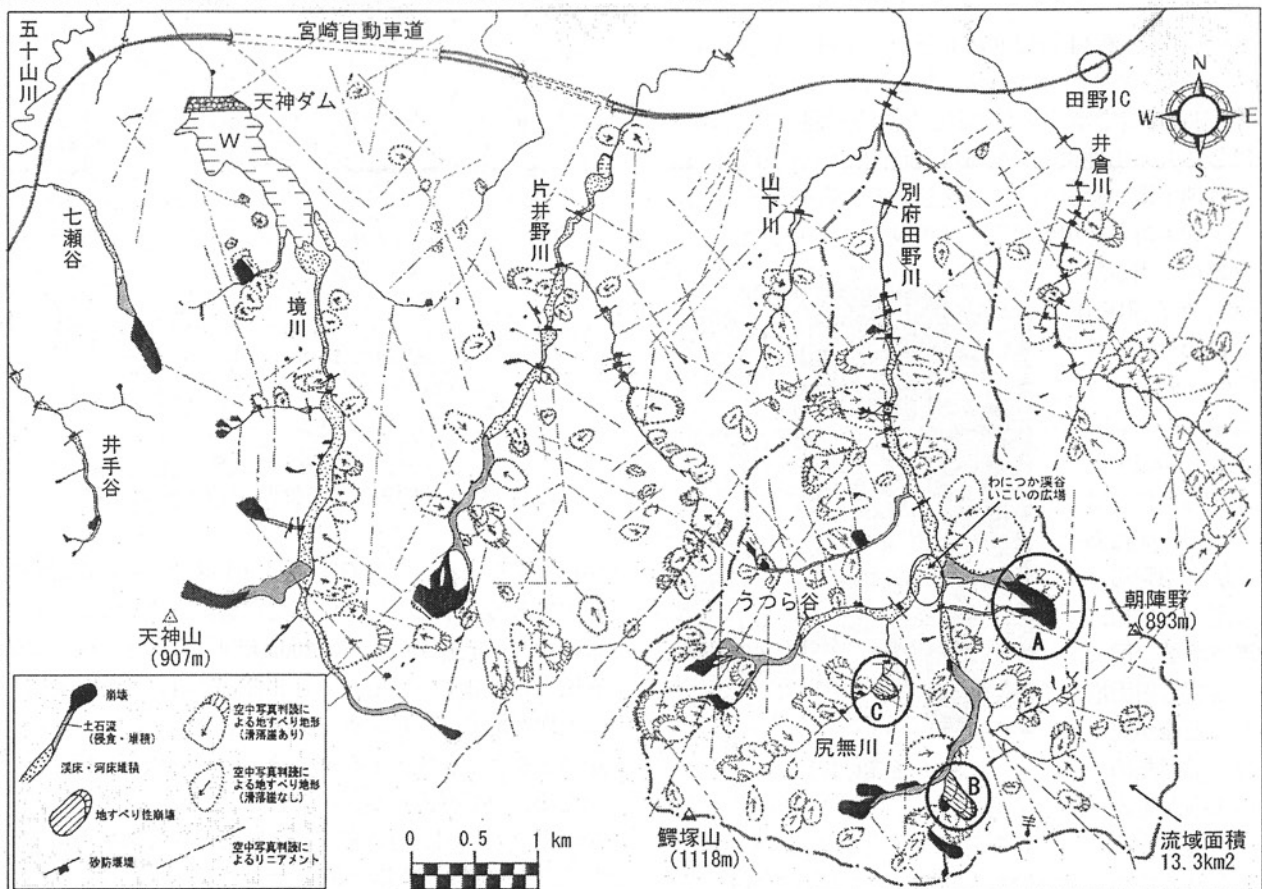


図-4 空中写真判読による土砂災害状況図

この地域は別府田野川、山下川、片井野川、境川、七瀬谷、井手谷の6流域よりなり、流域面積は別府田野川が13.3km<sup>2</sup>で最も大きい。地域内で斜面崩壊は約99個（河岸崩壊は除く）判読されるが、各溪流とも源流部斜面で崩壊面積1万m<sup>2</sup>以上（空中写真判読図による計測、以下同じ）の大規模崩壊が発生していることが特徴であり、その数は15個に達する。特に片井野川上流と別府田野川上流部のものは崩壊面積が約10万m<sup>2</sup>に達する大規模な崩壊である。

別府田野川流域の現地踏査で、急斜面部（斜面傾斜30°以上）が崩壊し崩土が土石流となって崩壊地から流出した「崩壊」（図-4中のAなど）、緩斜面（斜面傾斜30°未満）で発生し、頂部に滑落崖、崩壊面に残土状の地すべり土塊が残存する「地すべり性崩壊」（図-4中のB、Cが該当）が存在することを把握した。地すべり性崩壊の明確な定義はないが、本報告では主に発生した斜面の傾斜と崩壊後の地形特性で区分した。地すべり性崩壊の特徴は崩土が崩壊面にとどまり下流へ流出していないことであり、今後の砂防対策上留意する必要がある。

崩壊土砂は土石流となって下流へ流下し溪床・河道に堆積し、土砂の流出、堆積区間は発生源から3km以上下流におよび、境川は天神ダム、片井野川・別府田野川は砂防ダムで停止した。流出土砂で溪床・河道幅は数10mに広がり、堆積厚さは数mに達した。

以上のように本地域の土砂災害の特徴は、大規模崩壊が多数発生したこと、崩壊には地すべり性崩壊があること、大規模崩壊・土石流により約3km下流まで多量の土砂が流出、堆積し、河床の上昇をもたらしたことである。

#### 4. 地形・地質状況

##### (1)地形

鰐塚山北麓は、鰐塚山（1,118m）を中心に東の朝陣野（893m）から西の天神山（907m）にかけてほぼ東西に伸びる比高500~600mの山地の北斜面である。水系は清武川水系に属する別府田野川、片井野川、境川などがあり、鰐塚山山地より北流する。これらの河川による侵食が進み直線的な谷底平野が山地奥部まで発達しているため山麓斜面は緩斜面で河床勾配はゆるいが源流部は急に高度を増し、斜面傾斜30°以上の急斜面や溪流が発達する（図-5）。地形区分図<sup>5), 6)</sup>には斜面傾斜を30°以上とそれ未満に区分したが、30°未満の緩斜面の存在は流れ盤などの地質構造や地すべりの存在を反映しているものと推察される。

##### (2)地質

本地域は新生代古第三紀~新第三紀の日南層群砂岩優勢砂岩・泥岩互層よりなる（図-6）<sup>5), 6)</sup>。地層の走向・傾斜が著しく変化するほか背斜・向斜構造、断層の存在などにより複雑な地質構造となっている。別府田野川流域

の現地踏査では谷沿いや溪岸には新鮮な砂岩泥岩互層が露岩するが斜面部や尾根部は風化が進み角礫化や土砂化が進んでいるのが観察された。風化部が厚いと地下水が帯水しやすいほか、流れ盤構造などで地すべりが発生しやすい条件となっているものと推察され、空中写真判読では地すべり地形が多数判読される（図-4）。

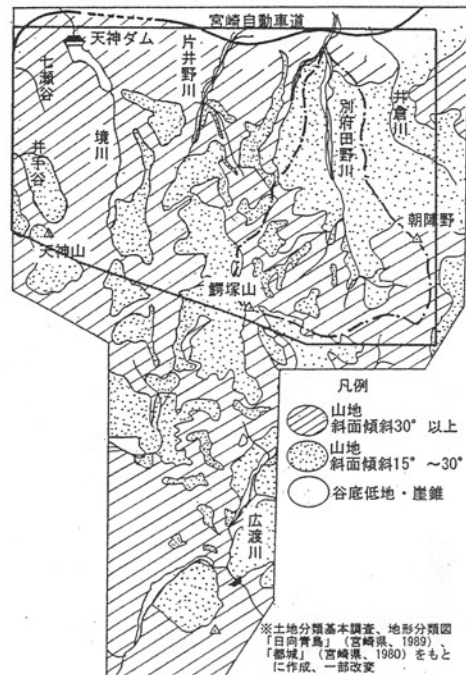


図-5 地形区分図<sup>5), 6)</sup>



図-6 地質区分図<sup>5), 6)</sup>

#### 5. 斜面崩壊の特徴

##### (1)崩壊密度

崩壊の発生密度は3個/km<sup>2</sup>と非常に小さい。既往災害での崩壊密度<sup>7), 8)</sup>と比較して10分の1程度である（表

-2). 地質による差もあり、一般に花崗岩地帯の崩壊密度は大きいと言われている。

表-2 各地の土砂災害における崩壊密度

崩壊密度 個/km <sup>2</sup>	土砂災害名 地区名	発生日月	地質	対象面積 (km <sup>2</sup> )	参考文献
3	台風14号豪雨災害 霧塚山北麓	2005年9月	第三紀層 砂岩頁岩	35.0	
76	北部九州豪雨災害 太宰府市三条地区	2003年7月	花崗岩類	0.66	7)
48	北部九州豪雨災害 宇美川上流域	2003年7月	花崗岩類	2.15	7)
24	広島豪雨災害 広島市街地周辺	1999年6月	花崗岩類	(300)	8)

(2) 崩壊規模

空中写真判読による崩壊は、約 99 個である(河岸洗掘、道路のり面崩壊を除く)。空中写真判読結果による面積ランク別の崩壊個数は崩壊面積 1 万 m<sup>2</sup> 未満が全体の 85%、なかでも 500m<sup>2</sup> 未満が 48% を占め、小規模な崩壊が多い(図-7)。面積 1 万 m<sup>2</sup> 以上の大規模崩壊は 15 個である。

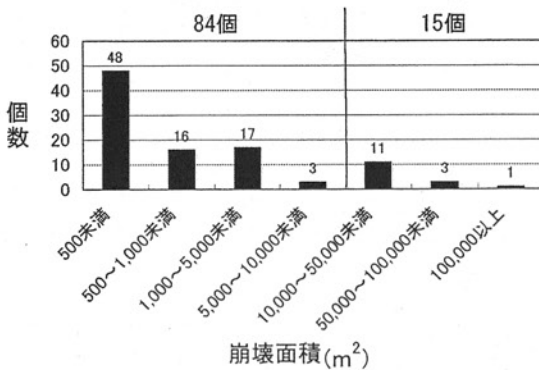


図-7 崩壊面積ランク別崩壊個数

同じ崩壊面積ランク別に累計崩壊面積をみると、崩壊面積 1 万 m<sup>2</sup> 以上の崩壊(計 15 個)の累計崩壊面積は 56.8 万 m<sup>2</sup> で、全体の 88% を占める(図-8)。

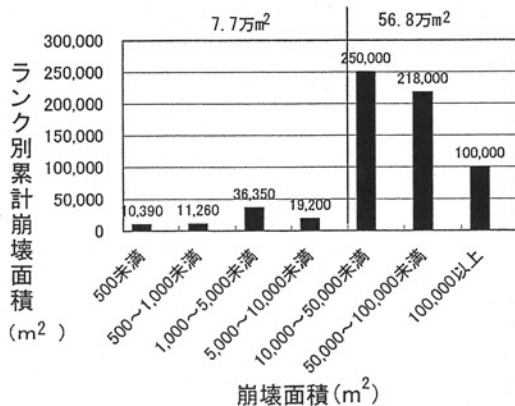


図-8 崩壊面積ランク別累計崩壊面積

以上から、崩壊密度は非常に小さいが、崩壊面積 1 万 m<sup>2</sup> を超える大規模な崩壊が発生し、大量の崩壊土砂や流出土砂がこれらからもたらされたことがこの土砂災害の特徴である。

(3) 崩壊諸量の関係

a) 崩壊面積と斜面傾斜の関係

斜面傾斜(地形図から測定した崩壊前傾斜)と崩壊面積との関係を図-9 に示す。斜面傾斜が大きくなると崩壊面積は小さくなる傾向があるようであるがバラツキが大きい。空中写真判読や現地踏査で「地すべり性崩壊」と判定された 6 個の崩壊は、より緩い斜面で発生した傾向は認められるが、斜面傾斜 30° 以上のものもある。

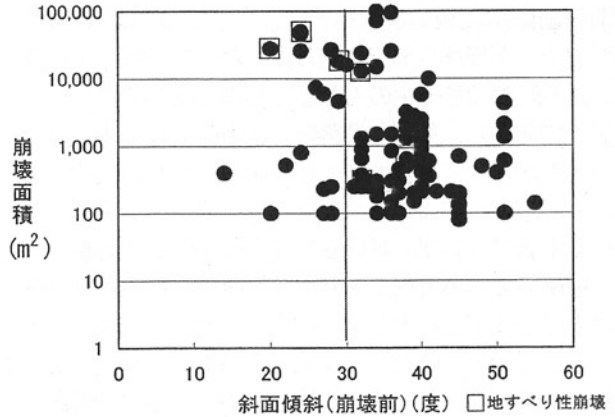


図-9 崩壊面積と崩壊前斜面勾配

b) 斜面勾配と崩壊深

花崗岩類の表層崩壊では斜面勾配が小さいほど崩壊深(崩落厚さ)が大きいという関係が求められている<sup>9)</sup>。これは斜面勾配が緩いと崩壊が地すべり型となり崩壊深が大きくなるためと推察される。全崩壊 99 個の中からサンプルとして無作為に抽出、現地調査で崩壊深を測定できた崩壊 32 個について崩壊面積と崩壊深の関係を求めた(図-10、崩壊面積は空中写真判読による)。

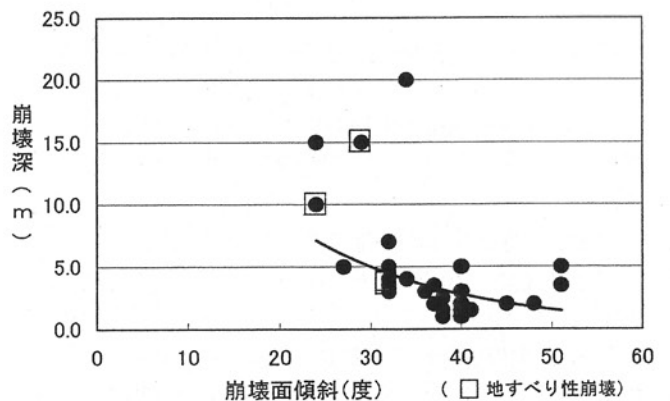


図-10 崩壊面傾斜と崩壊深

崩壊深は 5m 以下、崩壊面傾斜は 30° 以上が多い。また、崩壊面傾斜が大きくなると崩壊深は小さくなる傾向が見られる。特に地すべり性崩壊は崩壊面傾斜が緩く、崩壊深が大きい傾向がある。

c) 崩壊面積と崩壊深

空中写真判読による崩壊面積と現地調査によって測定

した崩壊深は良い相関を示し、相関係数 0.865 と良好である (図-11)。特に地すべり性崩壊の相関は良い。

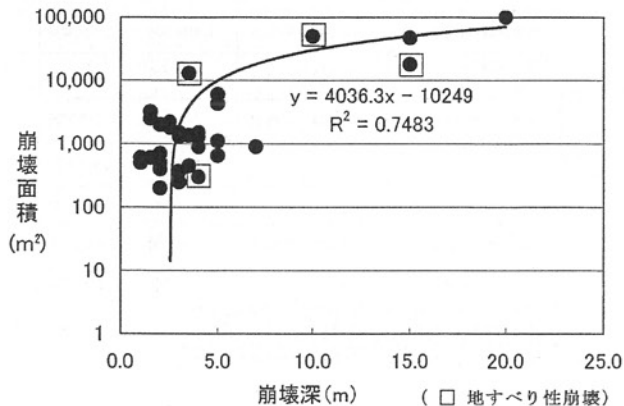


図-11 崩壊面積と崩壊深の関係

土砂災害発生時には、空中写真判読で地域全体の斜面崩壊・土石流などの分布を調査し、災害の全貌を把握するが、崩壊密度や崩壊面積は把握できても崩壊土量は崩壊深さが現地踏査などで判明しないと算出できない。災害実績からこのような崩壊面積と崩壊深の相関が地域ごとに把握されておれば、空中写真判読から崩壊土量 (概量) の推算が迅速に行えるため、貴重なデータといえる。

d)崩壊幅と崩壊深

崩壊幅と崩壊深の関係は概ね比例相関があり、相関係数は 0.758 となった (図-12)。崩壊深は崩壊幅の約 7 分の 1 ということになる。地すべりでは、すべり面深度(D)と地すべり幅(W)との相関がよく、横断形状比 (W/D) = 4~10 の範囲にあることが指摘されており<sup>10)</sup>、本地域

も同様な結果である。なお当調査は崩壊を主対象としているが、中でも地すべり性崩壊が特に相関が良い。この関係はより多くのデータで実証する必要があるが、空中写真判読で崩壊幅を求めれば、この関係を利用して崩壊深を求め、崩壊土量の概量が推算可能ということなる。

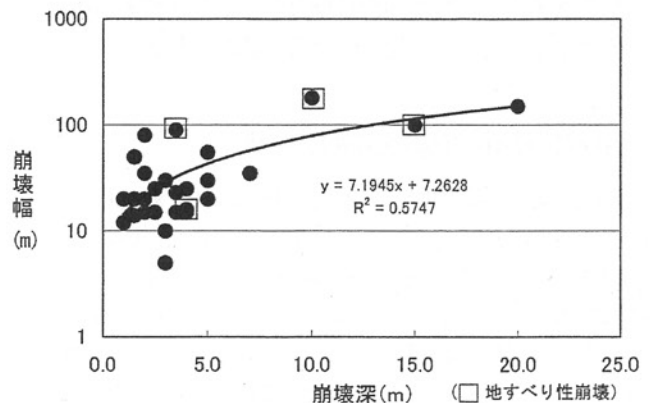


図-12 崩壊幅と崩壊深の関係

(4)地すべり性崩壊

本地域では空中写真判読で地すべり地形が多く判読されるほか (図-4)、別府田野川流域の現地踏査で地すべり性崩壊の存在が確認された (図-4 中の B, C など)。地すべり性崩壊は、概ね斜面傾斜 30° 未満の緩斜面で発生し、頂部に滑落崖が存在すること、すべり面の存在が推定されること、崩土が地すべり土塊状で現地に残留すること、地形的に地すべり地形を呈することなどが特徴である (表-3)。

地すべり性崩壊は、「崩壊残土」として現地に残留する地すべり土塊が今後下流へ流出する可能性があること、

表-3 斜面崩壊と地すべり性崩壊の特徴の比較

	斜面崩壊	地すべり性崩壊
模式図		
崩壊の特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>崩土は下流へ殆ど流出し崩壊面が露出</li> <li>崩壊底部には基盤岩が露出している</li> <li>湧水が多い</li> <li>崩土は角礫が多い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>崩壊面は露出せず地すべり土塊が斜面にとどまっている</li> <li>崩土 (地すべり土塊) は表土・土砂を主体とする</li> <li>崩土は下流へ流出しておらず現地へ残留している</li> <li>今後多量の崩土が流出する可能性あり</li> </ul>
地形の特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>概ね斜面傾斜 30° 以上、崩壊周縁は崖をなし底は深い</li> <li>崩壊内にガリーあり</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>斜面傾斜は頂部が 20° 以下、中～下流は 30° 未満でゆるい</li> <li>頂部に滑落崖が (数箇所) あるが、崩壊の全体形状は不鮮明</li> <li>全体に地すべり地形を呈する</li> </ul>
地質の特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>頂部付近は強風化部土砂、下部は基盤岩 (泥岩優勢互層)</li> <li>泥岩は軟質、一部に優黑色の破砕部が露岩</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>基盤岩の風化、土砂化部が厚く、新鮮岩の露岩はない</li> <li>崩土 (地すべり土塊) は土砂</li> </ul>
崩壊機構	<ul style="list-style-type: none"> <li>基盤が深くえぐられ、基盤岩と風化部の境界から湧水しており地下水の突出が崩壊の引き金となった可能性あり</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>崩壊はすべり面沿いに滑動した比較的緩慢な地すべりで発生</li> <li>頂部に滑落崖を形成し移動土塊は斜面部にとどまった</li> </ul>
湧水 (水文)	<ul style="list-style-type: none"> <li>基盤岩と基盤岩風化部の境界付近より湧水している</li> <li>湧水は崩壊後も多い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>崩壊部や斜面部では湧水は見られない</li> </ul>
崩土の特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>角礫を主体とする</li> <li>崩壊面には若干残土があるが、殆ど流出している</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>角礫より土砂、表土が多い</li> <li>杉を主体とする植生が多い。倒木、立木で残存</li> </ul>
土砂流出状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>土石流となって下流へ流下し侵食、堆積を生じた</li> <li>斜面部は角礫を主とする堆積物が残留するが主体は流出</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>崩土は下流へ流出していない</li> <li>下流の沢部をせき止めている</li> </ul>
今後の動態	<ul style="list-style-type: none"> <li>崩壊周辺斜面にクラックがあり崩壊拡大のおそれあり</li> <li>崩壊内残土の流出</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>斜面部の移動土塊の崩壊、土砂流出が予想される</li> <li>頂部には滑落崖、クラックがあり再滑動、崩壊の恐れあり</li> </ul>

頂部付近の滑落崖から再崩壊し崩壊拡大の恐れがある点で砂防対策上留意が必要である。

地すべり性崩壊の発生原因は明確ではないが、地すべりとなりやすい地形の場合（緩傾斜面）と豪雨による地下水水位（間隙水圧）の上昇が考えられる。また、地すべり地形の下部（脚部）の河岸洗掘などによる崩壊も斜面の不安定化をもたらし、地すべり発生誘因となる。

## 6. 別府田野川流域の土砂収支推算

本域で最大の流域である別府田野川流域では面積1万m<sup>2</sup>以上の崩壊が9箇所発生し、特に朝陣野西斜面の崩壊（図-4のA）は幅150m、長さ300m以上、深さ5~30mの大崩壊で土石流となって流下した。本流源流部斜面、うつら谷などでも崩壊・土石流が発生し、うつら谷、本流、崩壊地Aの3溪流の合流点から約2km下流に渡って土砂が流出し、宮崎自動車道の南約1.5kmにある砂防ダムでほぼ止まっている。流出土砂の堆積厚さは、樹木や砂防ダム、道路などの埋没状況から5~6mと推察され、河道幅は約60mに拡大した（写真-1）。地すべり性崩壊が2箇所存在し、崩壊残土（地すべり土塊）が現地に残留している（写真-2）。



写真-1 別府田野本流の土砂堆積状況(合流点の1km下流)



写真-2 尻無川の地すべり性崩壊(図-4のC), 左の崖は滑落崖

空中写真判読による崩壊・土砂堆積分布図から崩壊面積、土砂堆積面積を求め、それに現地調査による平均崩壊深、土砂堆積厚さを適用して土砂量を推算した(表-4)。崩壊土砂量(生産土砂量)は合計261万m<sup>3</sup>、渓床・河道堆積土砂量は183.5万m<sup>3</sup>と推算される。このうち地すべり性崩壊はほぼ全て現地に残土として残存していることから実際の崩壊地からの流出土砂量は180万m<sup>3</sup>となり、地山量での土砂収支はほぼ生産量-堆積量=0となる。堆積土砂は角礫が多いので、土量変化率を1.5と想定すれば、下流への流下土砂量は86.5万m<sup>3</sup>となる。

表-4 別府田野川流域の土砂収支の推算

諸量	面積 (m <sup>2</sup> )	厚さ (m)	土砂量 (m <sup>3</sup> )		
			地山量	土量変化率 考慮 <sup>※2</sup>	
崩壊土砂量 (生産土砂量)	斜面崩壊(大規模) <sup>※1</sup>	210,000	平均 8	1,680,000	2,520,000
	斜面崩壊 (少~中規模)	60,000	平均 2	120,000	180,000
	地すべり性崩壊	81,000	平均 10	810,000	1,215,000
	合計	-	-	2,610,000	3,915,000
	A崩壊地流出土砂量 <sup>※3</sup>	-	-	1,800,000	2,700,000
B 渓床・河道堆積土砂量	367,000	平均 5	1,835,000	1,835,000	
C 下流への流下土砂量 <sup>※4</sup>	-	-	-35,000	865,000	

※1 崩壊面積1万m<sup>2</sup>以上を大規模、それ以下は少~中規模とした  
 ※2 地山量に土量変化率を乗じた値(土量変化率は1.5と想定)  
 ※3 崩壊土砂量から地すべり性崩壊を差し引いた値(ほぐれた土量)  
 ※4 土砂堆積域から下流へ流出した土砂量(浮遊砂も含む)(A-B)

## 7. おわりに

本災害は累加雨量が1,000mm以上と異常に大きかった点もさることながら、崩壊密度は小さいが1万m<sup>2</sup>を超えるような大規模崩壊・土石流が発生し、各河川とも源流域から下流約3kmにわたり多量の流出土砂が堆積した点に特徴がある。また地すべり性崩壊の存在も指摘できる。崩壊面積や崩壊幅と崩壊深の関係が求められ、空中写真判読から崩壊土砂量を迅速に推算するのに利用できるが、地質との関係など更なる検証を実施したい。

## 参考文献

- 1) アルゴス気象センター(2005): 台風情報, 台風情報・台風経路, 2005年10月20日, <http://www.argos-net.co.jp/>
- 2) 国土地理院(2006): 宮崎県鰐塚山周辺の大規模崩壊を表した2万5千分1地形図を3月1日に刊行, 平成18年2月27日発表, 平成18年3月10日  
<http://www.gsi.go.jp/WNEW/PRESS-RELEASE/2006/0227b.htm>
- 3) 気象庁(2005): 鰐塚山観測所(東経131度16.0分, 北緯31度46.1分, 標高1,082m)における観測値, 平成17年9月24日, <http://www.data.kishou.go.jp/>
- 4) 高岡広樹・橋本晴行・田籠卓也・古閑美津久・山崎一彦(2006): 2005年9月宮崎県鰐塚山で発生した土石流の流出規模について, 平成18年度砂防学会研究発表会概要集
- 5) 宮崎県(1980): 土地分類基本調査, 都城, 5万分の1地形分類図及び表層地質図
- 6) 宮崎県(1989): 土地分類基本調査, 日向青島, 5万分の1地形分類図及び表層地質図
- 7) 日本応用地質学会九州支部土砂災害ワーキンググループ(2004): 平成15年7月九州豪雨災害特集, 水俣・三郡山塊, p.30.
- 8) 千木良雅弘(2002): 群発する崩壊, 近未来社, p.37.
- 9) 土質工学会(1979): 風化花崗岩とまき土の工学的性質とその応用, p.278.
- 10) 上野将司(1997): 地形地質調査による地すべりの予知, 土と基礎, 45巻, 6号, p.7.

(2006.5.19 受付)