

論 文

2007年7月の台風4号に伴い鹿児島大学附属高隈演習林で
発生した林道法面の崩壊と土石流

寺本 行芳¹⁾・下川 悦郎¹⁾

1) 鹿児島大学農学部生物環境学科

Collapse of slopes bordering forest roads and debris flow caused by typhoon No.4
in the Takakuma Experimental Forest, Kagoshima University, in July 2007

TERAMOTO Yukiyo¹⁾ and SHIMOKAWA Etsuro¹⁾

1) 鹿児島大学農学部生物環境学科

Department of Environmental Sciences and Technology, Faculty of Agriculture, Kagoshima University,
Korimoto, Kagoshima 890-0065

Received Jun 29, 2007 / Accepted Oct 23, 2007

Summary

Investigations of collapse of slopes bordering forest roads and debris flow caused by typhoon No.4 in July 2007 in the Takakuma Experimental Forest at Kagoshima University were carried out. The results were characterized as follows:

(1) Several types of slope failures were observed within the study area: collapse of shoulder part resulting from the infiltration of rain water into pyroclastic fall deposits in the cutting slope; shallow landslide resulting from the infiltration and concentration of rain water into surface soil in the natural slope; and deep-seated landslide resulting from groundwater combining with an influx of rain water in the cutting and natural slope.

(2) The sediment yield due to slope failures and bank erosion, and sediment discharge due to debris flow in the watershed of occurrence of debris flow were calculated based on a field survey. The amount of sediment yield was calculated to be 4,325 m³ (5,545 m³/km²), and the amount of sediment discharge was calculated to be 3,600 m³ (4,615 m³/km²).

(3) Driftwoods resulted not only from slopes covered with conifers but also those covered with broadleaved trees. The driftwood budget shows that 72 m³ was caught in the channel from a total driftwood yield of 226 m³. In addition, 125 m³ was caught in the lowest part of the watershed and 29 m³ flowed out to the outside of the watershed.

Key words : Typhoon No.4 in July 2007, Takakuma Experimental Forest at Kagoshima University, slopes bordering the forest roads, debris flow

キーワード : 2007年7月台風4号, 鹿児島大学附属高隈演習林, 林道法面, 土石流

1. はじめに

2007年7月9日にカロリン諸島で発生した台風4号は、7月14日14時頃鹿児島県の大隅半島に上陸したのち日向灘へ抜け、太平洋沿岸を東北東に進んだ。活発化した梅雨前線と台風4号の通過に伴って大隅半島における2007年7月

10日から7月14日までの総雨量は多いところで約600mm(平年値の約10倍)を記録した(鹿児島地方気象台, 2007)。この大雨によって大隅半島では斜面崩壊・土石流が多数発生し、土砂災害が起こった(鹿児島県, 2007)。

大隅半島に位置する鹿児島大学附属高隈演習林では2007年7月13日から7月14日までの台風4号に伴う大雨によっ

て林道法面の崩壊ならびに斜面崩壊を起源とする土石流が発生し、林道は一部通行止めとなった。本文は、高隈演習林で発生した林道法面の崩壊ならびに土石流の実態に関する調査結果を取りまとめたものである。なお、高隈演習林の林道法面では、2004年および2005年の台風に伴う大雨によって多数の侵食・崩壊が発生し、大きな被害を受けている（芦原ら，2005；Teramoto et. al, 2006）。

2. 降雨の概況

九州南部は2007年6月1日に入梅し翌月18日に梅雨明けした。鹿児島県薩摩半島南部および大隅半島南部の梅雨期間における総雨量は、多いところで平年値の3倍以上を記録した（鹿児島地方気象台，2007）。

図-1(a)は高峠のアメダスによる梅雨期間（2007年6月1日から7月18日）の日単位のハイトグラフを、図-1(b)は同アメダスによる台風4号に伴う7月13日から7月14日の期間における時間単位のハイトグラフを示す（鹿児島地方気象台，2007）。なお、7月14日の10時30分から14時

までは欠測のため、鹿屋のアメダスのデータを用いている。梅雨期間における総雨量は1,738mm、最大日雨量は241mm/dayであり、総雨量は平年値の約2倍である。入梅した6月1日から台風4号に伴う雨が降る前の7月12日までに総雨量で1,514mmの多量の雨が降っている（図-1(a)）。高隈演習林の位置する大隅半島では台風4号の影響で7月13日の昼前から発達した雨雲がかかり激しい雨が降り始めた。雨は一時小康状態になったが、台風の北上に伴い13日の夕方頃から激しくなり、14日の昼過ぎまで断続的に降り続いた。台風4号に伴う7月13日から7月14日までの総雨量は210mm、最大時間雨量は20mm/hrであった（図-1(b)）。

3. 調査地と方法

調査地は、2007年7月13日から7月14日の台風4号に伴う大雨によって林道法面の崩壊および土石流が発生した高隈演習林に位置する（図-2）。調査地は中生界に属する砂岩・頁岩が基盤岩となり、それを始良カルデラおよび阿多カルデラから噴出した降下火砕物や桜島火山から噴出し

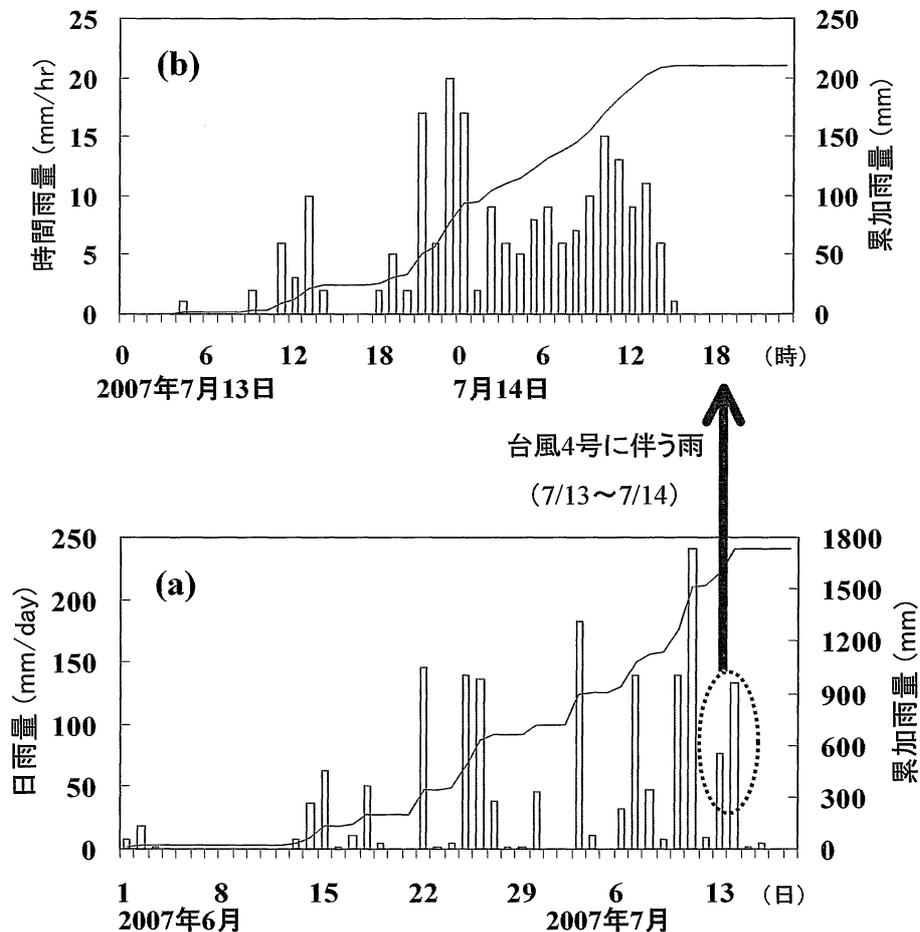


図-1 6月1日から7月18日の梅雨期における日単位のハイトグラフ(a)と台風4号に伴う7月13日から7月14日における時間単位のハイトグラフ(b)

た火山灰・軽石が被覆した地質構造となっている。

土石流が発生した流域（図-2）は、上流域に一部傾斜20度以下の斜面が分布するものの、大部分は傾斜20度以上40度未満の斜面である。土石流が発生した右岸側斜面の河道における流域最下流地点（標高330m）から標高600mまでの平均縦断勾配は約12度、600m以上の標高における平均縦断勾配は約19度である。植生は、中・下流域では主にスギの人工林（一部ヒノキの人工林）、上流域ではシイ・カシ類を主とする常緑広葉樹林である。

林道法面の崩壊（図-2の調査地点No.1からNo.3）については、斜面崩壊の形態、崩壊物質、基盤の地質、湧水の有無、斜面の横断形・縦断形、崩壊斜面の傾斜、崩壊面積、崩壊土砂量などを調査した。なお、崩壊土砂量は崩壊面積に平均崩壊深を乗じて算出した。

土石流の発生源となった斜面崩壊（図-2の調査地点No.4からNo.9）については前述した調査を行った。さらに土石流によって流出した土砂量を測定した。また、斜面崩壊地から生産された流木量および土石流によって下流に流出した流木量を調査した。斜面崩壊地から生産された流木量は次のような方法で推定した。斜面崩壊地に隣接する斜面で10m×10mのプロットを設定し、プロット内に出現

する針葉樹および広葉樹の蓄積量（幹材積）を求めた。蓄積量は、胸高直径と樹高の測定値から立木幹材積表（日本林業調査会、1970）を用いて算出した。植生調査結果における単位面積あたりの針葉樹および広葉樹の蓄積量が斜面崩壊地におけるそれらと同じであると仮定して、生産された流木量を推定した。土石流によって下流に流出した流木は、針葉樹と広葉樹に区分して樹高および平均直径を測定し流木量を求めた。

4. 林道法面で発生した崩壊

図-3は、図-2の調査地点No.1で発生した肩部の崩落である。崩壊の規模は、幅6m、長さ3m、崩壊面積18m²、平均崩壊深1m、崩壊土砂量18m³である。斜面傾斜は約45度である。崩土は林道を塞いだ。斜面の地質は下層から砂岩・頁岩（基盤岩）、大隅降下軽石、桜島火山から噴出した火山灰・軽石からなる。崩落は大隅降下軽石層とその上位の火山灰・軽石層において発生している。なお、大隅降下軽石は始良カルデラがシラスを噴き出す直前に降らせた噴出物であり、調査地においては厚いところで10m以上堆積している（鹿児島県企画部、1990）。

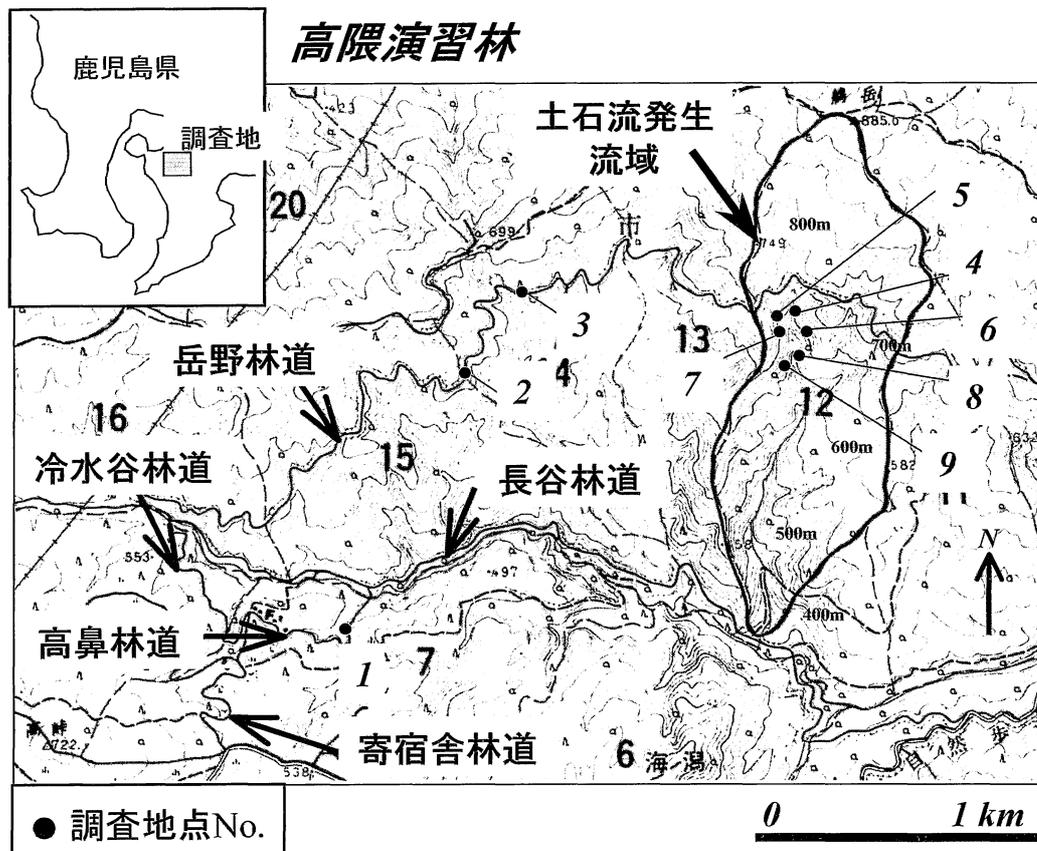


図-2 調査地

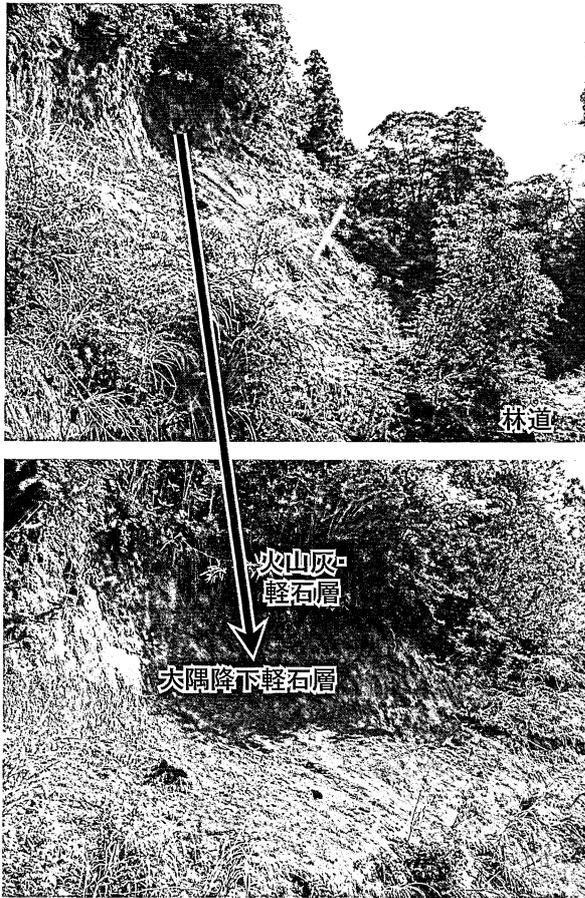


図-3 肩部の崩落の発生状況 (図-2のNo.1)

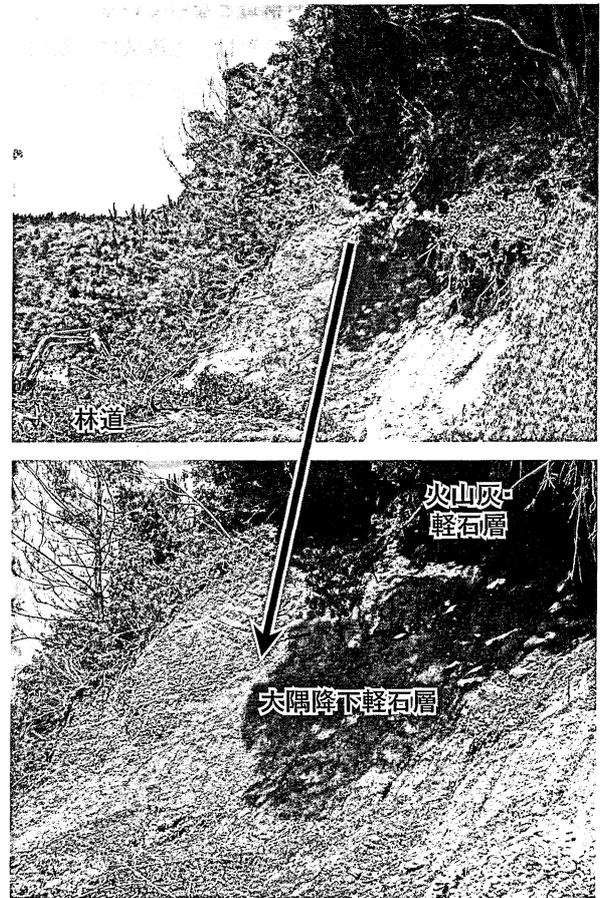


図-4 深層崩壊の発生状況 (図-2のNo.2)

図-4および図-5は、それぞれ図-2の調査地点No.2とNo.3で発生した深層崩壊である。崩壊の規模は、No.2では幅16m、長さ13m、崩壊面積208m²、平均崩壊深3m、崩壊土砂量624m³、No.3では幅16m、長さ12m、崩壊面積192m²、平均崩壊深2m、崩壊土砂量384m³である。斜面傾斜は両地点とも約35度である。斜面の地質は図-3と同様である。斜面から浸透した雨水が大隅降下軽石層に集中し、地下水位を上昇させ崩壊を誘発させたと考えられる。

ところで、調査地の林道法面では2005年9月の台風14号に伴う大雨によって深層崩壊が発生している (Teramoto et al., 2006)。深層崩壊は表層崩壊とは異なり多量の雨量のもとで発生する。表-1に、2005年9月の台風14号および2007年7月の台風4号に伴う深層崩壊発生に関する降雨因子を比較した。雨量データは高峯のアメダスの観測記録である (鹿児島地方気象台, 2007)。2007年7月の台風4号に伴う総雨量は、記録的な大雨となった2005年9月の台風14号に伴うその3分の1程度であるが、先行雨量は非常に大きな値である。2007年7月の台風4号に伴う総雨量が2005年9月の台風14号の時に比べ少なかったにもかかわらず深層崩壊が発生した理由として、台風4号以前に降った

表-1 2005年9月の台風14号および2007年7月の台風4号に伴う深層崩壊発生に関する降雨因子の比較

降雨因子	2005年9月 台風14号	2007年7月 台風4号
総雨量 (mm)	638	210
最大時間雨量 (mm/hr)	34	20
1日間先行雨量 (mm)	0	9
2日間先行雨量 (mm)	0	250
3日間先行雨量 (mm)	0	339
7日間先行雨量 (mm)	4	617
10日間先行雨量 (mm)	8	810

多量の雨水 (図-1(a)) が保水性の高い大隅降下軽石層 (地頭菌・下川, 1991) に貯留され土壤中の水分量が非常に多い状態にあったことが関係していると考えられる。

5. 土石流の発生とそれに伴う流木の動態

台風4号発生以前に降った多量の降雨の影響および台風

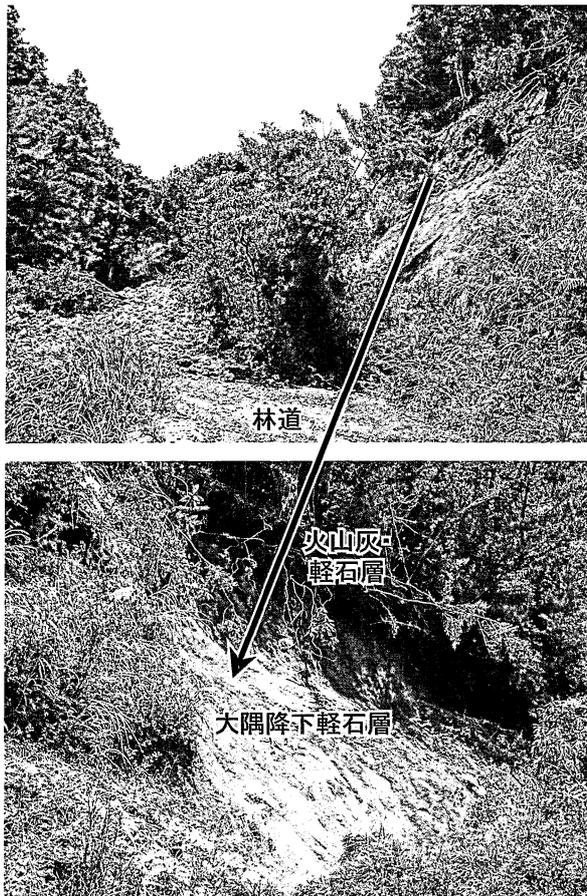


図-5 深層崩壊の発生状況(図-2のNo.3)

4号に伴う大雨によって、鵜岳に発する小流域(集水面積 0.78km^2 , 図-2)では土石流が発生した。土石流は、中流域の右岸側斜面で起こった6箇所(図-2の調査地点No.4からNo.9, 図-6)により生産された土砂および流木が発生源となっている。表-2は、調査地点No.4からNo.9で発生した斜面崩壊の形態・規模を示している。深層崩壊は3箇所発生し、崩壊面積は $250\sim 600\text{m}^2$ (平均 383m^2)、崩壊土砂量は $375\sim 1,800\text{m}^3$ (平均 975m^3)である。表層崩壊は3箇所発生し、崩壊面積は $150\sim 600\text{m}^2$ (平均 400m^2)、崩壊土砂量は $75\sim 600\text{m}^3$ (平均 300m^3)である。斜面崩壊によって $3,825\text{m}^3$ (比土砂量に換算して約 $4,900\text{m}^3/\text{km}^2$)の土砂が生産されている。深層崩壊が発生した斜面傾斜は約 35° 、表層崩壊が発生したそれは約 40° である。崩壊が発生した斜面の地質は下層から砂岩・頁岩(基盤岩)、風化した砂岩・頁岩、桜島火山から噴出した火山灰・軽石からなる。なお、調査地を覆っている大隅降下軽石は過去に発生した斜面崩壊によって流出していたため、今回発生した斜面崩壊の跡地および崩壊土砂にはみられなかった。深層崩壊は砂岩・頁岩(基盤岩)とその上部を覆う風化した砂岩・頁岩の間に集中した雨水および地下水に起因して発生しており、風化した砂岩・頁岩だけでなく基盤岩にも及んでいる。一方、表層崩壊は厚さ 0.5m から 1m の風化土層中へ雨水が浸透したことに起因して発生している(図-6)。

土石流の発生した流域における生産土砂量と流出土砂量を整理した(表-3)。生産土砂量は、斜面崩壊による土

表-2 土石流の発生源となった斜面崩壊の形態と規模

図-2における調査No.	斜面崩壊の形態	幅(m)	長さ(m)	崩壊面積(m^2)	平均崩壊深(m)	崩壊土砂量(m^3)
4	深層崩壊	30	20	600	3.0	1,800
5	表層崩壊	30	20	600	1.0	600
6	深層崩壊	25	10	250	1.5	375
7	表層崩壊	15	10	150	0.5	75
8	表層崩壊	30	15	450	0.5	225
9	深層崩壊	15	20	300	2.5	750

表-3 土石流の発生した流域における生産・流出土砂量

斜面崩壊による土砂量(m^3)	溪岸侵食量(m^3)	生産土砂量(合計)(m^3)	比生産土砂量(合計)(m^3/km^2)	流出土砂量(合計)(m^3)	比流出土砂量(合計)(m^3/km^2)
3,825	500	4,325	5,545	3,600	4,615

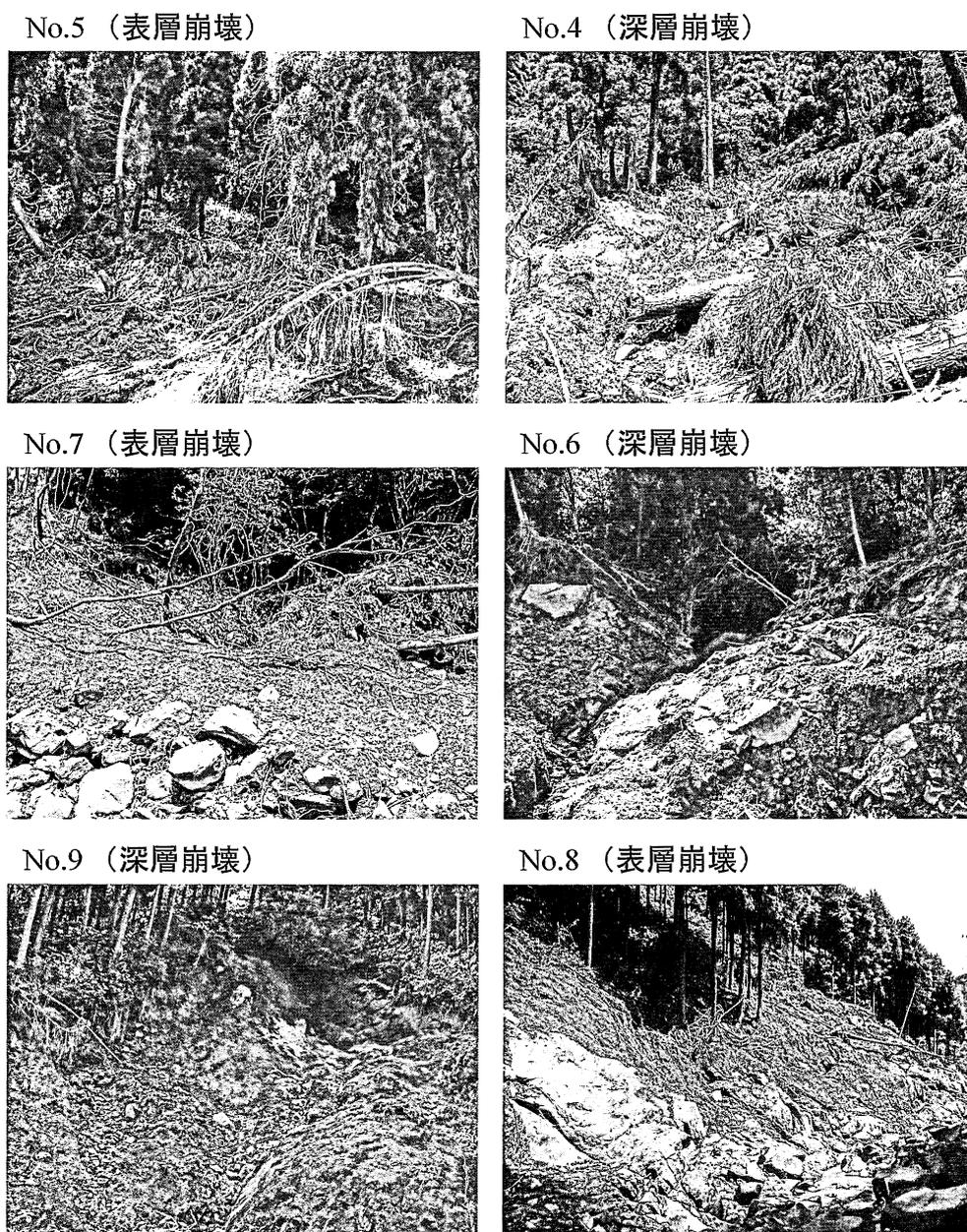


図-6 土石流の発生源となった斜面崩壊

砂量と溪岸侵食量の合計値 $4,325\text{m}^3$ (比土砂量に換算して $5,545\text{m}^3/\text{km}^2$)である。一方、土石流となって下流域に流出した土砂量の合計値は $3,600\text{m}^3$ (比土砂量に換算して $4,615\text{m}^3/\text{km}^2$)である。土量変化率(土木学会, 1971)を1とすると、全生産土砂の約83%が流出土砂となっている。残りの流出土砂は、中・上流域の河道内に堆積しているか、流域最下流地点より下流に流出したと考えられる(図-7)。

土石流の発生した流域では中流域の右岸側斜面で起こった斜面崩壊によって多量の流木が生産され、その流木は土石流によって下流に流出した(図-7)。

表-4は、土石流の発生した流域における流木量の収支

である。斜面崩壊地における立木量約 300m^3 のうち、約70%の約 210m^3 が針葉樹、約30%の約 90m^3 が広葉樹となっている。針葉樹の立木量約 210m^3 および広葉樹の立木量約 90m^3 のうち、針葉樹で約78%、広葉樹で約70%が斜面崩壊により生産された。斜面崩壊により生産された流木量の約70%が針葉樹、約30%が広葉樹である。また、生産された流木量のうち、約32%が河道内で捕捉、約55%が流域最下流地点に流出、残りの約13%が流域最下流地点より下流に流出している。さらに針葉樹と広葉樹を区別して整理すると、斜面崩壊により生産された流木量のうち、河道内で捕捉された割合は針葉樹で約24%、広葉樹で約52%、流域最

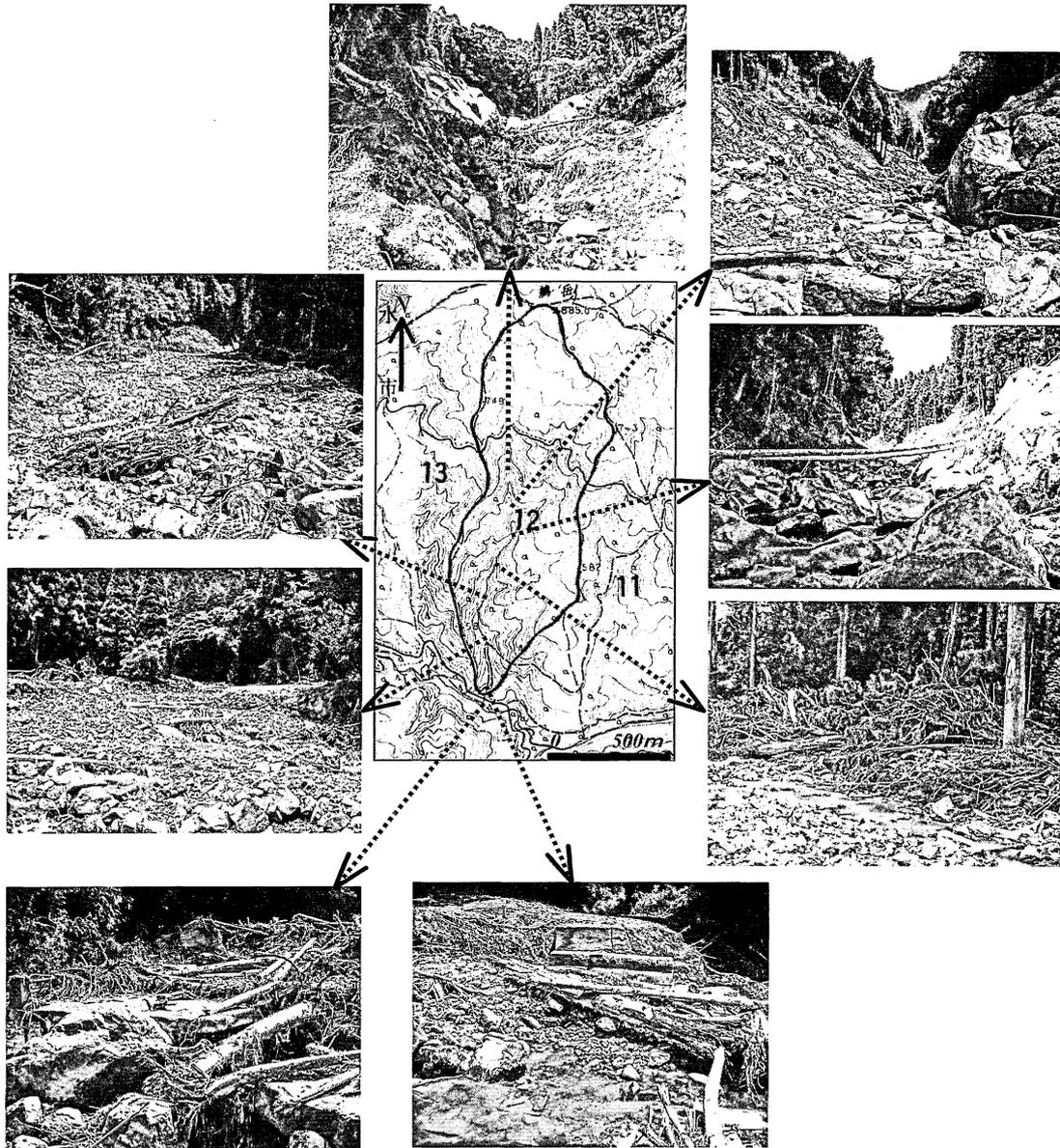


図-7 土石流による土砂と流木の発生状況

表-4 土石流の発生した流域における生産・流出流木量

	針葉樹	広葉樹	合計
斜面崩壊地の立木量 (m ³)	211	88	299
斜面崩壊により生産された流木量 (m ³)	164	62	226
河道内で捕捉された流木量 (m ³)	40	32	72
流域最下流地点に流出した流木量 (m ³)	104	21	125
流域外に流出した流木量 (m ³)	20	9	29

下流地点およびそれより下流に流出した割合は針葉樹で約76%、広葉樹で約48%であり、針葉樹の流木の方が下流に流出した割合が大きい。

引用文献

- 芦原誠一・内原浩之・井倉洋二・馬田英隆 (2005) : 2004年度台風による高隈演習林の被害状況, 鹿児島大学農学部演習林研究報告, 第32号, 53-63
- 土木学会 (1971) : 土木用語辞典, 1421pp., 技報堂出版・コロナ社
- 地頭蘭隆・下川悦郎 (1991) : 南九州における火山碎屑物に覆われた森林流域の流出特性, 水文・水資源学会誌, 3(1), 7-16
- 鹿児島県 (2007) : 調査資料
- 鹿児島県企画部 (1990) : 鹿児島県の地質, 117pp., (有)徳田屋書店鹿児島地図センター
- 鹿児島地方气象台 (2007) : 観測資料
- 林野庁計画課編 (1970) 立木幹材積表 (西日本編), 267-282, 日本林業調査会
- TERAMOTO Y., SHIMOKAWA E., JITOSONO T., and THOYA Y. (2006) : Damage caused by typhoon Nabi to slopes bordering forest roads in the Takakuma Experimental Forest, Kagoshima University, in September 2005, *Research Bulletin of Kagoshima University Forests*, No.34, 19-28

要 旨

2007年7月の台風4号に伴う大雨によって鹿児島大学附属高隈演習林で発生した林道法面の崩壊ならびに土石流の実態について調査した。得られたおもな結果は以下の通りである。

- (1) 調査地でみられた斜面崩壊の形態として、林道法面における大隅降下軽石層とその上位の火山灰・軽石層で発生した肩部の崩落、自然斜面における風化土層中への雨水の浸透に起因した表層崩壊、林道法面および自然斜面における雨水の浸透および地下水に起因した深層崩壊が挙げられる。
- (2) 土石流が発生した流域における生産・流出土砂量を現地調査に基づき求めた結果、生産土砂量は $4,325\text{m}^3$ ($5,545\text{m}^3/\text{km}^2$)、流出土砂量は $3,600\text{m}^3$ ($4,615\text{m}^3/\text{km}^2$)である。
- (3) 現地調査の結果、流木は針葉樹林で覆われた斜面からだけでなく、広葉樹林で覆われた斜面からも発生していた。斜面崩壊に伴って生産された 226m^3 の流木のうち、 72m^3 が河道内で捕捉、 125m^3 が流域最下流地点に流出、 29m^3 が流域最下流地点より下流に流出している。