

# 熊本県南部の大面積皆伐跡地周辺域における 斜面崩壊のメカニズム

田中 均<sup>\*1</sup>・宮縁育夫<sup>\*1</sup>・本多栄喜<sup>\*2</sup>・林 智洋<sup>\*3</sup>・早川祐貴<sup>\*4</sup>

## Mechanism of slope failures in and around a large-scale abandoned forest after clear-cutting, southern Kumamoto Prefecture

Hitoshi TANAKA, Yasuo MIYABUCHI, Eiki HONDA,

Tomohiro HAYASHI and Yuuki HAYAKAWA

(Received October 1, 2009)

The investigated area is geotectonically occupied by the Shimanto Terrain of the Outer Zone of Southwest Japan, and is underlain by the alternating beds of sandstone and shale. This paper presents the results of detailed studies of the mechanism of slope failures in and around a large-scale abandoned forest (95.6ha) after clear-cutting, southern Kumamoto Prefecture. General speaking, intense rainfall, relief, slope angle, slope form, and slope exposure are recognized as factors in slide formation and distribution. The slope failures have no relevance to the abandoned forest after clear-cutting. However, the failures have a connection with logging and road construction, i.e. road-cut failure, road-prism, road-fill failure and colluviums slide. Large-scale colluviums slide movement is thought to begin at the scar head along multiple slip planes in saturated, relatively shallow, cohesionless soil. There is no doubt that a small-scale slide activity will continue in the future.

**Key words :** slope failure, abandoned forest, clear-cutting, Shimanto Terrain, Kumamoto Prefecture

### 1. はじめに

近年、九州南部地域を中心に発生している大面積皆伐（鹿又ほか、2007）とその後の植栽放棄の問題については、将来の林業資源の衰退や山地の保水力の低下や表土崩壊による災害発生の危険性が指摘されており、今後他地域でも問題の発生が懸念されているところである。とくに九州南部は、多種多様な火山岩や堆積岩・変成岩といった地質体が複雑に存在することに加えて、台風や梅雨前線による豪雨の出現頻度がきわめて高いことから、わが国屈指の土砂災害多発地域の一つとなっている。このような地域において皆伐地の植生回復を考えた際、土砂災害の発生ポテンシャルを考慮に入れることが必要となる。なお、九州南部の大面積皆伐跡地周辺域における斜面崩壊の実態については、

すでに宮縁・田中（2009）にて報告されている。

ここでは、権現山皆伐跡地周辺およびそれ以外の斜面崩壊地を調査することにより、地形地質特性と斜面崩壊等の土砂災害の関係を明らかにし、その災害の発生メカニズムについて検討したので報告する。

### 2. 調査値の概要

調査地は、図-1に示すように球磨郡球磨村の権現山東方約1kmの地域（以下、権現山皆伐跡地）とその東北東約7kmの地区（蔵谷地区）であり、いずれも大坂間構造線（仏像構造線）付近の四万十帯に位置している（熊本県地質図編纂委員会、2008）。

なお、調査地域付近の気象概要は、年平均気温は15.2℃で、最寒月（1月）と最暖月（8月）の平均気温

\*1 熊本大学教育学部理科教地学：〒860-8555 熊本市黒髪2-40-1

\*2 熊本県立湧心館高等学校：〒862-8603 熊本市出水4-1-2

\*3 熊本市立長嶺小学校：〒861-8039 熊本市長嶺南7-22-1

\*4 熊本大学大学院教育学研究科：〒860-8555 熊本市黒髪2-40-1

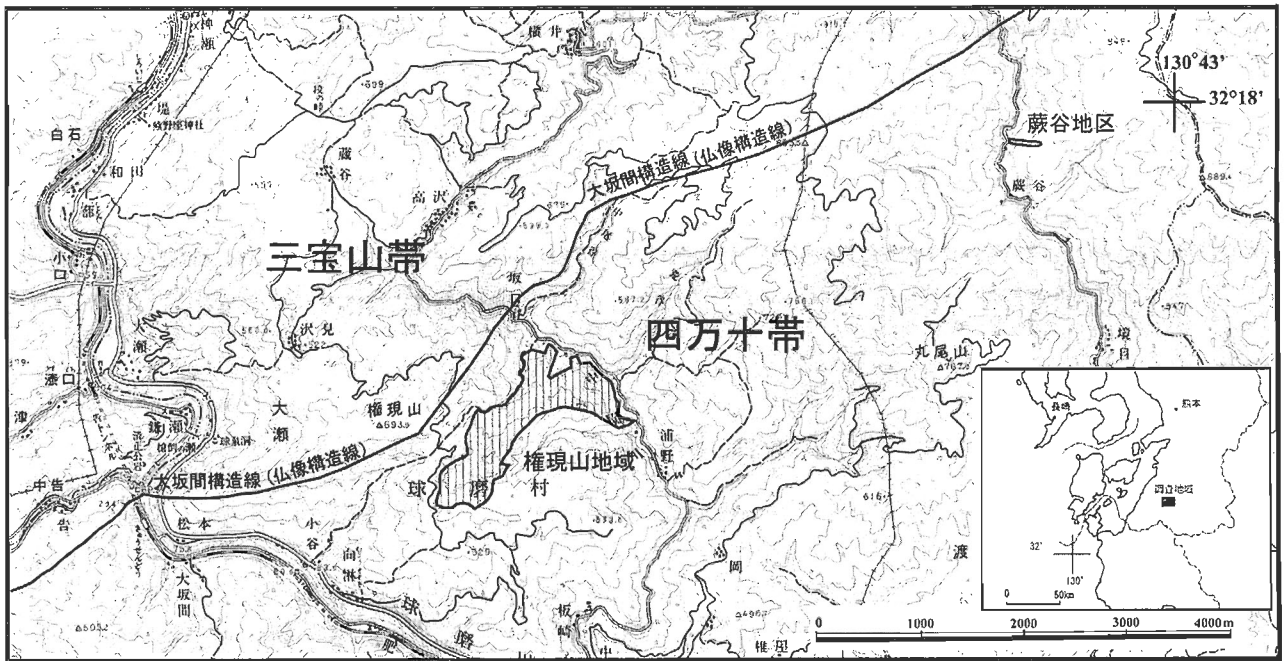


図-1 調査位置図（基図は国土地理院発行 1 : 50,000 地形図「佐敷」の一部を使用）

はそれぞれ 4.2℃と 26.0℃である。また、年降水量は 2,407mm と多雨であり、梅雨期（6～7 月）には 450～515mm/月程度の降雨がある（気象庁 1971～2000 年データによる人吉市での平年値）。なお、この斜面崩壊はこの地域の降水量とも大きく関係している。

### 1.1 権現山皆伐跡地

権現山皆伐跡地は球磨－人吉地域では最大規模のものであり、権現山東方の標高約 200～600m の北～北東向き斜面に位置している（図-1）。この皆伐跡地の面積は、95.6ha である。伐採前はおよそ 45 年生のスギ人工林であり、1989～1992 年にかけて間伐が行われたが、その後、2001 年 11 月より皆伐作業が開始され、2002 年 9 月までに 95.6ha 全域で木材の搬出が完了している。伐採に伴っては林道のほか、作業路がかなり高密度に開設された（図-2）。伐採後は未植栽のまま放置されていたが、2006 年 3 月から熊本県が水とみどりの森づくり税を使用して、森林組合とボランティアによって広葉樹を中心とした植栽事業を実施している。なお、この皆伐跡地は四万十帯の北縁部に位置し、複雑な地質構造を呈するものの地層はおおむね北方に傾斜する砂岩・泥岩互層からなっている。林道や作業路のり面の観察によると、伐採地内斜面の基盤岩上の風化が著しい層は高標高部で 1m 以上と比較的厚く、中～低標高部で厚さ 1m 以内であった。



図-2 権現山皆伐跡地の高密度作業路の施工状況

### 2.2 蕨谷地区

この蕨谷地区の崩壊は、2004 年から 2007 年までに大規模な崩落が生じていた。熊本日日新聞（2007 年 10 月 12 日）によれば、この 4 年間に 10 回以上、大量の土砂が近くの村道に流出し、その度に通行止めになっており、これまで約 4,250m<sup>3</sup>分の土砂が撤去されている。

この地域は、2001 年 4 月から約 1 年半の間に 40 年生のスギ、ヒノキ等を伐採し、皆伐面積は約 8.3ha である。その後は未植栽のまま放置されていた。なお、この皆伐跡地は四万十帯の北縁部に位置し、断層系を含む複雑な地質構造を呈するものの地層は大略北方に傾斜する大まかな砂岩・泥岩互層からなっている。林

道や作業路のり面の観察によると、伐採地内斜面の基盤上の風化が著しい。崩壊地は全体的に浅い沢地形を呈し（図-3）、主に砂岩からなる崩積土が厚く堆積していた。

### 3. 斜面崩壊発生状況

球磨村に位置する権現山皆伐跡地（95.6ha）内においては規模の大きな斜面崩壊は発生していないが、作業道沿いの斜面において、小規模な浸食や土砂の崩落が認められた。一方、蔵谷崩壊地では、厚い崩積土堆積物中を浸透した地下水に起因した崩壊と考えられる。

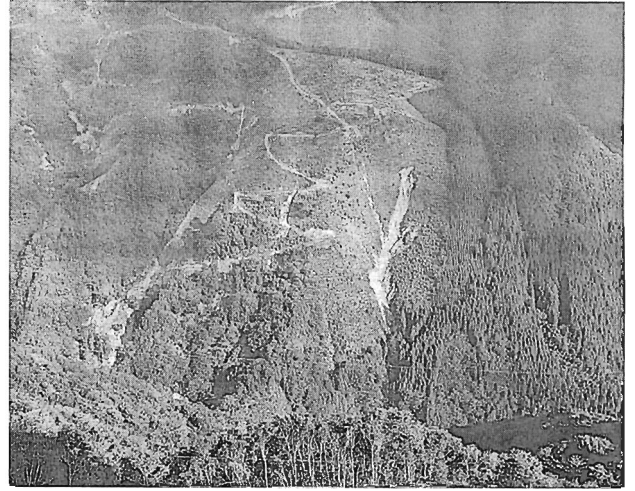


図-3 蔵谷地区の崩壊地

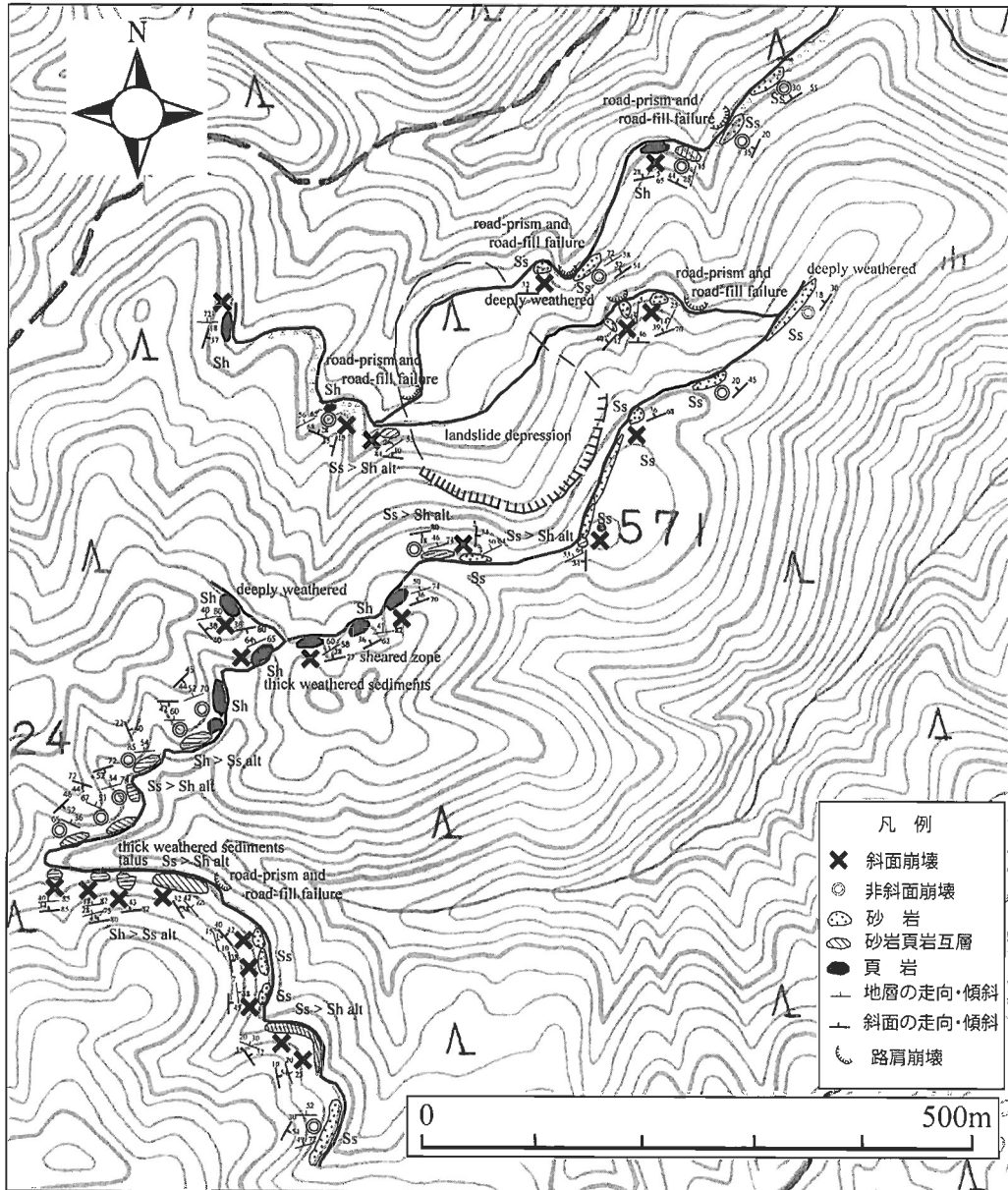


図-4 権現山皆伐地域作業路に沿うルートマップ



### 3.1 権現山皆伐跡地域およびその周辺地域の斜面崩壊

権現山皆伐跡地域の主要作業路に沿うルートマップを図-4に示す。当皆伐跡地域の斜面は、全体的には北東方向に延びた斜面形状を呈している。地層の走向は北から北東を示し、傾斜は $30^{\circ}$ から $70^{\circ}$ 北東方向を示す露頭が多く、大局的には斜面の傾斜と地層の傾斜が調和的な関係にある地域である。

斜面崩壊が生じているところは、(1) 地層の傾斜方向と山の斜面の方向がほぼ一致している箇所が発生している(図-5, 6)(流れ盤表層崩壊：千木良, 1998)。(2) 作業路網路肩や盛土の崩落(図-5, 7)。(3) 構造線沿いの大規模な受け盤崩壊(図-8)(2006年7月頃の豪雨で発生した大規模な崩壊)の3つのタイプに区分的することができた。(1)と(2)は伐採が直接影響しているというよりも作業路の開設が原因となって発生したものである。さらに、尾根部が著しく風化している箇所や崩積土が厚く堆積している沢部や斜面に作業路を開設した場合も崩壊が多発する傾向がある(図-9)。また、(3)は伐採や作業路とはほぼ無関係で、この皆伐跡地北方約1kmに位置し、大坂間構造線(仏像構造線)の破碎帯を伴う地質構造そのものに起因するものである。さらに、権現山皆伐跡地域は、大坂間構造線の近傍に位置しており、断層運動に伴う変形構造や断裂系を伴っており、地質が脆弱なため表層崩壊等が発生しやすい地域である。(1)と(2)の現象は、林道や作業路網の配置を計画する段階で注意すべき問題であると考ええる。

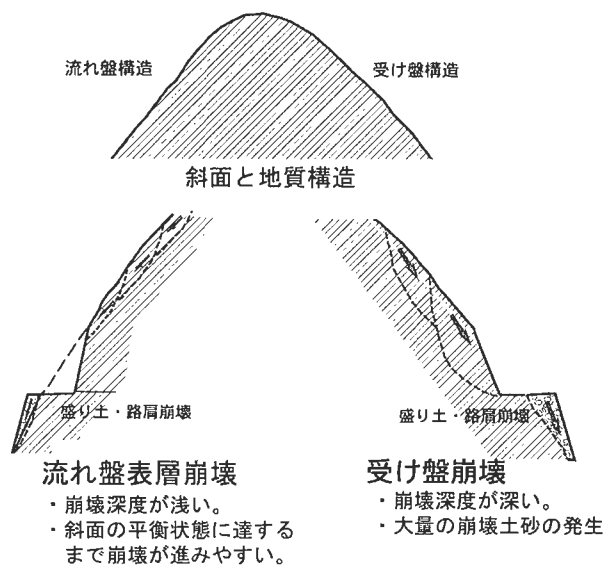


図-5 斜面の崩壊様式

### 3.2 蕨谷地区の斜面崩壊

蕨谷地区の崩壊は、2004年8月に初めて村道渡大槻線を土砂が覆ったことにより確認され、2005年5回、



図-6 流れ盤表層崩壊



図-7 路肩崩壊

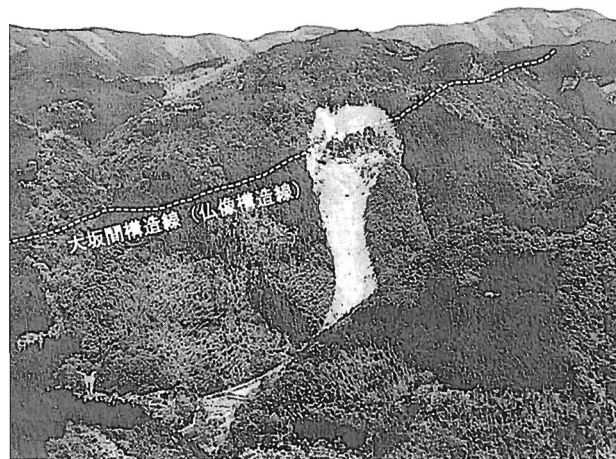


図-8 構造線沿いの崩壊(受け盤崩壊)

2006年4回、2007年2回と計12回発生している。なお、初めて崩壊が確認された蕨谷近傍の山江村の2004年8月の降水量は、462mm/月であった(防災・消防・保安年報, 2004)。さらに、2007年10月の現地調査では、幅約15m、長さ約300m、深さ5～15mにわたって、谷地形に沿って崩壊が生じていた。この谷には厚く崩積土が堆積していたと推測され、その厚さは



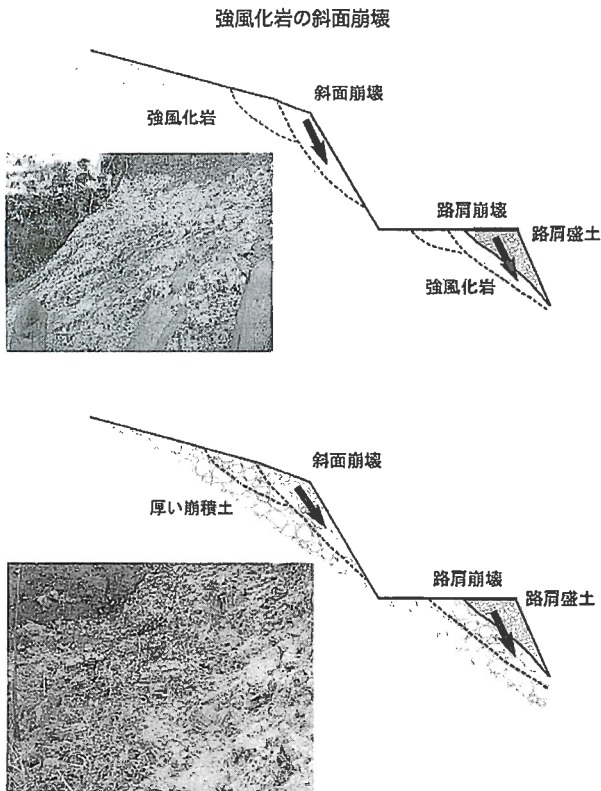


図-9 強風化岩および厚い崩積土堆積物の斜面崩壊

崩落崖や谷状にえぐられた地形から推定して約 10 ～ 15m であったと思われる (図-10)。高標高部の崩壊跡地に分布する崩積土中には水抜けパイプがあり、調査時でも若干の浸潤が認められた (図-11)。さらに、崩壊頂部付近の山地斜面には、風化が著しい岩盤に地すべり頭部に収斂するような放射状のガリ浸食跡が認められ、その深さは 0.5 ～ 1.0m に及んでいる (図-12)。なお、蕨谷の崩壊は作業路が無い斜面で発生している。



図-10 厚い崩積土堆積物中に発生した崩壊



図-11 崩積土中に認められる水抜けパイプ跡



図-12 冠頭部付近のガリ浸食跡

#### 4. 斜面崩壊のメカニズム

一般的な斜面崩壊は地形・地質構造・風化状況および降水量とが相互に関連し合って発生している。しかしながら、皆伐地域の斜面崩壊は上記の要因の他に作業路開設のための新たな法面や路肩が作られ、本来平衡状態にあった斜面を著しく不安定化させ、これが斜面崩壊の大きな要因となっている。

作業路開設による崩壊は、法面の流れ盤表層崩壊、路肩の崩壊、強風化および崩積土崩壊がある。流れ盤の表層崩壊は、崩壊深度は浅いが斜面の平衡状態に達するまで徐々に上方に拡大し、その間植生の回復は見込めない。一方、路肩崩壊は谷底まで一気に植生を破壊しながら進行するため、地肌が露出した目立った崩

壊になる。一般に急傾斜となることが多く植生の天然更新は期待できない。

受け盤構造の崩壊は、崩壊深度が深く規模が大きくなるものがある。その例として、2006年7月の豪雨で発生した最大規模の崩壊は、仏像構造線上に位置していた。崩壊した斜面は、上部が三宝山帯の石灰岩、下部が四万十帯の砂岩・泥岩互層という岩相の異なる地質で構成されており、両者の間の破碎帯内で豪雨時に間隙水圧が上昇するなどして大規模な崩壊が発生したものと推定される。これらの受け盤構造の崩壊は権現山皆伐跡地から約1km北方の林地斜面で発生している。この崩壊発生場所は伐採や作業路の開設とは無関係であり、調査地域の地質構造そのものに起因するものであると考えられる。

蕨谷地区の斜面崩壊は、約450mmを超える激しい降雨後に発生している。そのメカニズムは図-13に示している。

初期段階：大坂間構造線近くの新谷地域は、構造線形成時の岩盤の変形および断裂運動のため脆弱な地質体から構成されていた。このため土砂の生産量が著しく増大し、堆積場として条件の整った谷地形に大量の崩積土が堆積した。

前兆段階：長雨および豪雨が発生すると稜線付近の風化した岩盤からなる山地斜面では風化層を削り込むガリ浸食が谷に向かって多数形成され雨水はそこを流下することになる。流下した雨水が崩積土堆積物分布域に達すると、堆積物中に浸透し伏流水となって基盤との境界付近を流下し、それが再び地表に出水すると徐々に小崩壊を繰り返しながら拡大したと思われる。なお、この時点では、崩積土堆積物自体も多量の水を含み飽和状態にあったと推定される。

崩壊段階：基盤上の崩積土堆積物の出水付近に浸透破壊（パイピング）が生じるとともに雨水で飽和した崩積土堆積物の重量と相まって崩壊が生じたと考えている。一旦崩壊が生じると周辺に不安定な斜面（崖）ができるため、大雨が降る度に上流（高標高部）に向かって斜面の平衡状態に達するまで崩壊を繰り返すことになる。このような状況が2004年から2007年にかけての10回以上の崩壊と関係していると思われる。

## 5. 皆伐跡地における斜面崩壊の予測

伐採・植栽後の経過年数と抜根抵抗力との関係は、一般に伐採後の抜根抵抗力は年数とともに低下し、10～20年で根は腐り土を固定しきれなくなると言われている（北村ほか、1968）。一方、植栽木の抜根抵抗力は年数とともに増加するものの、伐採後10から20年後頃が林地の土壌緊縛力が最小となる可能性がある。した

がって、権現山皆伐跡地は伐採後8年経過しており、これから根の土壌緊縛力が低下する時期に入るため皆伐跡地の状況を注意深く観察していく必要がある。一方で、伐採後8年経過し、全体として植生の天然更新もかなり進んでいるところもある。今後の斜面崩壊は、将来にわたって植生の天然更新が期待できない崩壊地などが、斜面の平衡状態に達するまで徐々に拡大していく可能性があり、注意を要する。

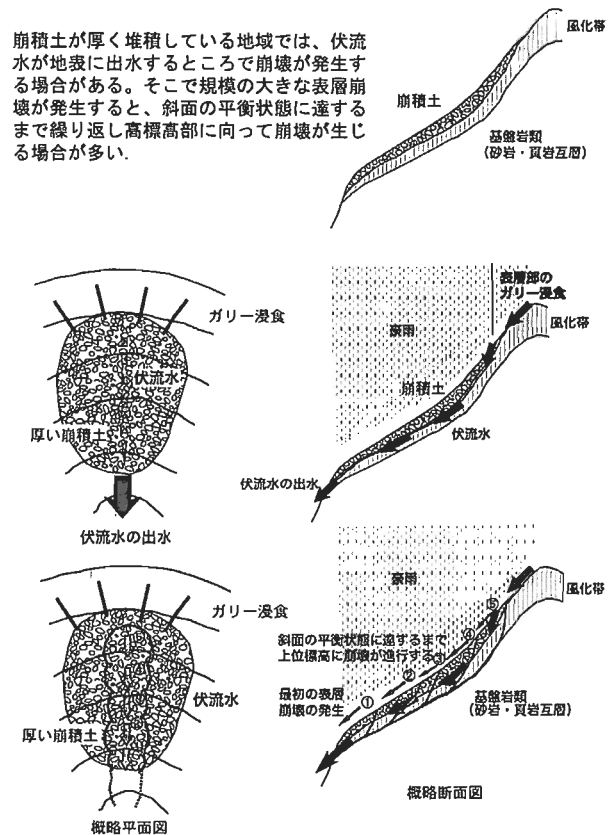


図-13 崩積土堆積物の崩壊過程

## 5. まとめ

権現山皆伐跡地での斜面崩壊は、皆伐が原因で新たに斜面崩壊が生じた箇所は少ない。この皆伐跡地で斜面崩壊の主要因は作業路開設による崩壊が多い。すなわち作業路開設に伴う人工の法面の崩壊（流れ盤表層崩壊）および路肩崩壊などである。したがって、皆伐を行う場合は、斜面崩壊を抑制するために作業路網の設置を最小限に抑えるとともに架線集材を行うことが必要である。

今回、国道219と山間部の大槻地区を結ぶ村道渡大槻線の蕨谷付近で斜面崩壊が何度も発生しており、その度に通行止めになっている。この崩壊は、厚い崩積土が浸透破壊されたために発生し、大雨の度に次々と

上位に拡大していったと予測される。このような災害を未然に防止するためには、村道沿いの谷に厚い崩積土堆積物の有無を調べる必要がある。確認されたら、水抜きパイプの設置や待ち受け擁壁の建設等を検討する必要がある。

## 謝 辞

調査地域の斜面崩壊発生状況について情報を提供していただいた熊本県農林水産部森林保全課に感謝の意を表します。また、熊本大学名誉教授渡辺一徳先生には、現地調査に同行して頂くとともに示唆に富む貴重なご助言を頂いた。なお、本研究は森林総合研究所運営交付金プロジェクト研究「大面積伐採についてのガ

イドラインの策定」の一部として行ったものである。

## 引用文献

- 千木良雅弘 (1998) : 災害地質学入門, 近未来社, 206p.  
 鹿又秀聡・齋藤英樹・山田茂樹 (2007) : 熊本における皆伐地の状況, 九州森林研究, Vol. 60, 62-63  
 北村喜一・難波宣士 (1968) : 樹根の抵抗力に関する現地試験 (II), 第 79 回日本林業学会論文集, 360-361.  
 熊本県地質図編纂委員会 (2008) : 熊本県地質図 (10 万分の 1) および同説明書, 熊本県, 118p.  
 宮縁育夫・田中 均 (2009) : 九州南部の大面積皆伐跡地周辺域における斜面崩壊の実態, 砂防学会誌, Vol. 62, No. 2, 51-55