

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

Slope failures in and around a large-scale abandoned forest after clear-cutting, southern Kyushu, Japan

宮 縁 育 夫^{*1} 田 中 均^{*2}

Yasuo MIYABUCHI

Hitoshi TANAKA

Abstract

Abandonment of forest plantations after clear-cutting has increased in the southern part of Kyushu, SW Japan. This abandonment of forests after clear-cutting hinders sustainable forest management and recovery of forest resources, and poses a periodic threat to soil and water resources. We investigated the current status of slope failures in and around a large-scale abandoned forest (95.6 ha) after clear-cutting, located near Kumamura Village, southern Kumamoto Prefecture. Dominant geology in the investigated area is alternating beds of sandstone and mudstone, dipping to the northwest, within the Shimanto Belt (an accretionary prism). Geologic characteristics affect the distribution of slope failures in this region. We divided the slope failures into three types: shallow road-cut failures on NW-N facing dip slopes along harvesting roads, slumps in road prism and fill, and deep-seated landslides on SE-S facing opposite dip slopes along the Butsumo tectonic line (the boundary between the Chichibu and Shimanto terrains). Although slope failures along harvesting roads are affected by geologic characteristics, they are primarily related to inadequate road construction. In contrast, deep-seated landslides along the Butsumo tectonic line are predominantly influenced by geologic structure in this region, independent of logging and road construction. This study provides a rough guide for planning the design and construction standards of forestry related roads and associated drainage systems to minimize landslide hazards.

Key words : abandoned forest, clear-cutting, slope failure, geologic characteristics, southern Kyushu

1. はじめに

近年、九州南部地域を中心に大面積皆伐が行われ、未植栽の状態に放置されている林分が増加している。こうした“大面積皆伐未植栽地”は持続的な林業経営や森林資源再生の妨げになるとともに、水土保持機能の低下など周辺環境へ与える影響が懸念されている。こうした問題の社会的背景(堺, 2003)や伐採跡地での植生回復(Yamagawa *et al.*, 2006)などについては研究が行われているが、皆伐跡地でどのような侵食や崩壊が起こっているのかに関してはほとんど報告がない。

九州南部地域は、火山岩や堆積岩・変成岩といった多種多様な地質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。土砂災害を未然に防止するという観点からも、皆伐跡地周辺域で発生している土砂移動現象の実態を明らかにする必要がある。

そこで、筆者らは大面積皆伐跡地が存在する熊本県南部の球磨村において現地調査を行い、現在の斜面崩壊発生状況を把握し、その地質学的特徴について検討したので報告する。

2. 調査地域の概要

現地調査を行ったのは、熊本県南部の球磨村に存在する皆伐跡地とその周辺域である。この地域は、起伏のある標高1,000 m以下の山地からなり、村のほぼ中央部を日本三大急流の一つとされる球磨川が西北西から北北西方向に流れている。地質は、この球磨川を挟んで大きく異なっており、北東側は秩父帯(三宝山帯)の石灰岩や四万十帯の砂岩・泥岩互層などの堆積岩類が分布するが、南西側は肥薩火山区の安山岩や火山砕屑物などからなっている(豊原ほか, 1990; 熊本県地質図編纂委員会, 2008)。

球磨村北東部の白岩山(標高1,002 m)から同村中央部の権現山(標高694 m)にかけては緩傾斜の尾根が配列しており、これらの緩斜面は三宝山帯の石灰岩で構成されている。その石灰岩分布域の南縁には四万十帯との境界をなす仏像構造線が北東から南西方向に走っている(図-1)。この構造線の南側には、主に砂岩・泥岩互層からなる四万十帯が分布する。この帯の地層群には褶曲や小断層が発達し複雑な地質構造を示すものの、それらはおおむね北方に緩傾斜し、地形の傾斜と調和的である。

調査地域に近い人吉での気象観測データ(気象庁1971~2000年データによる年平均値)によれば、年平均気温

*1 正会員 森林総合研究所九州支所 Member, Kyushu Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute (yasuo@affrc.go.jp)

*2 熊本大学教育学部 Faculty of Education, Kumamoto University

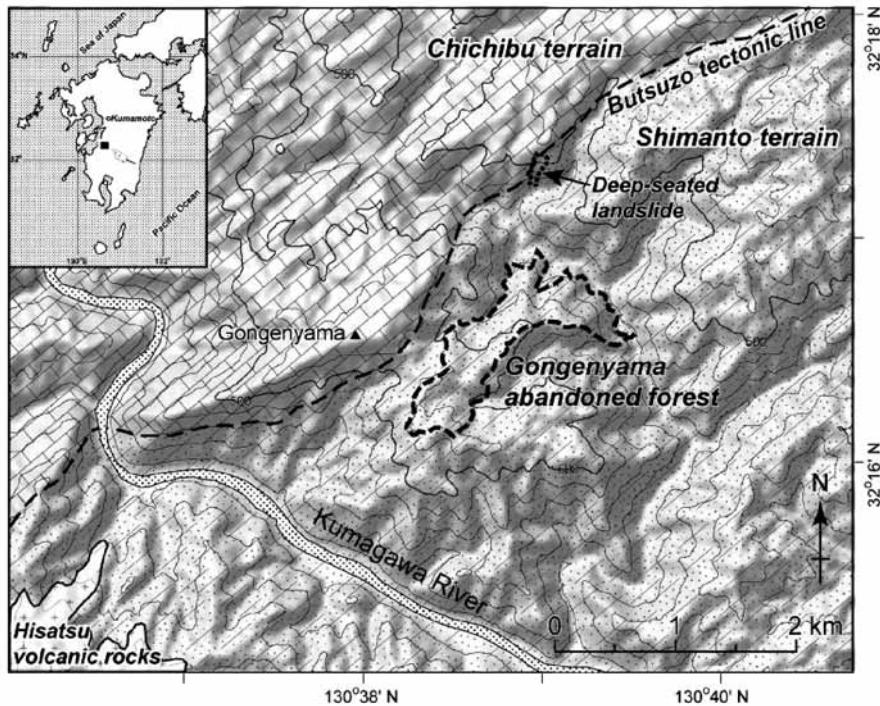


図 - 1 権現山皆伐跡地周辺の地形・地質図。地質の分布は豊原ほか(1990)による。等高線間隔 100 m。
 Fig.1 Topographic and geologic map showing the Gongenyama abandoned forest located near Kumamura Village, southern Kumamoto Prefecture. Geology in this region from Toyohara *et al.* (1990). Contour interval is 100 m. Longitude and latitude are shown as WGS 84.

は 15.2 で、最寒月(1月)と最暖月(8月)の平均気温はそれぞれ 4.2 と 26.0 である。また、年降水量は 2,407 mm と多雨であり、梅雨期(6~7月)には 450~515 mm/月程度の降雨がある。

3. 大面積皆伐跡地の概要

熊本県南部の球磨地域には多数の大面積皆伐跡地が認められる(鹿又ほか, 2007)が、最大規模のものは球磨村のほぼ中央部の権現山東方の標高約 200~600 m の北~北東向き斜面に存在している(図 - 1)。この皆伐跡地(以下、権現山皆伐跡地と呼ぶ)の面積は、95.6 ha である。伐採前はおよそ 45 年生のスギ人工林であり、1989~1992 年にかけて最後の間伐が行われたが、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 95.6 ha 全域で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(写真 - 1)。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、この皆伐跡地は仏像構造線の南側の四万十帯に位置している。林道や作業路のり面の観察によると、伐採地内斜面の風化層の厚さは尾根部で 1 m 以上であるが、大部分の斜面では厚さ 1 m 以内とそれほど厚いものではなかった。



写真 - 1 権現山皆伐跡地の状況(2007年4月撮影)。
 Photo 1 Photographs taken in April 2007 showing the Gongenyama abandoned forest after clear-cutting.



写真 - 2 権現山皆伐跡地内の流れ盤斜面における切り取りのり面の崩壊。(A) 作業路沿いの小規模な崩壊。(B) 林道沿いの最大規模の崩壊(幅 30 m, 高さ 12 m 程度)。

Photo 2 Photographs of road-cut failures on dip slopes in the Gongenyama abandoned forest. (A) A small failure along a harvesting road. (B) The largest observed road-cut failure (30 m width, 12 m high).



写真 - 3 権現山伐採地における最大規模の林道路肩崩壊(幅 30 m, 高さ 40 m 程度)。

Photo 3 The largest observed road-prism failure (30 m width, 40 m high) in the Gongenyama abandoned forest.



写真 - 4 伐採地内の谷筋における土砂移動状況

Photo 4 Sediment movement originating from road-cut and road-fill failures on a concave slope.

4 . 皆伐跡地周辺での土砂移動発生状況

権現山皆伐跡地における現地調査は、伐採完了から約 4 年が経過した 2006 年秋から 2007 年春にかけて行った。調査時点では、伐採跡地内において大規模な斜面崩壊は発生していなかった。しかし、伐採に伴って設置された林道や作業路沿いの斜面において、侵食や土砂の崩落現象が多数認められた。また、伐採地周辺の斜面では 2006 年 7 月頃の豪雨によって深層崩壊が発生していた。権現山皆伐跡地とその周辺域で起こっている崩壊現象は、発生位置や規模などによって Type 1~3 という 3 つの形態に区分することができた。

4.1 皆伐跡地内での侵食・崩壊発生状況

権現山皆伐跡地内の斜面では、Type 1 と Type 2 の崩壊が認められた。Type 1 の崩壊は、林道や作業路の切り取りのり面を中心に、権現山皆伐跡地内の至る所で観察された。規模はさまざまであるが、最大のもは幅 30 m, 高さ 12 m 程度であり、崩壊面の傾斜は約 40°である(写真 - 2)。この地域の多くの地層の走向・傾斜はそ

れぞれ N 35~45°E, 35~50°N を示し、崩壊地の斜面傾斜とほぼ一致していた。

Type 2 の崩壊は、Type 1 と同様に作業路網沿いで多数見られたが、切り取りのり面とは反対側の路肩や盛土の部分崩壊する現象である。最大のもは幅 30 m, 長さ 40 m 程度であった(写真 - 3)。この崩壊は平滑斜面や凸型斜面よりも、凹型斜面での発生頻度が高かった。調査時には、作業路の路肩部分に亀裂が入っている箇所が多数存在しており、今後の降雨等によって、この形態の崩壊は続くと考えられた。

これらの Type 1 と Type 2 の崩壊で生産された土砂の一部は小規模な土石流として流動しており、伐採地内の谷筋や河道内に堆積していた(写真 - 4)。しかし、調査時点においては、伐採地外への多量の土砂流出は発生していなかった。

また、権現山皆伐跡地のほぼ中央部には、明瞭な地すべり地形(長さ 250 m, 幅 150 m 程度)が認められ、そ

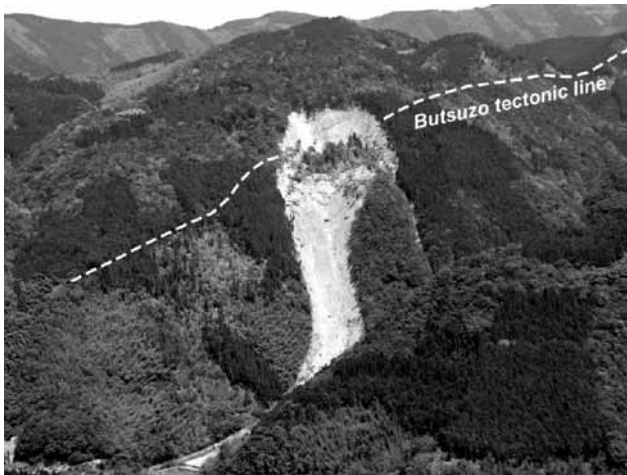


写真 - 5 仏像構造線沿いの受け盤斜面における深層崩壊。
Photo 5 A deep-seated landslide on an opposite dip slope along the Butsuzo tectonic line.

の末端の崖では小規模な崩落が発生していた。この地すべり地形がいつ形成されたのかは明らかでないが、伐採や作業路建設によって、地すべりが活発化している状況は確認されなかった。

4.2 皆伐跡地周辺での崩壊発生状況

権現山皆伐跡地周辺の斜面では、Type 3 に分類される崩壊がいくつか認められた。まず皆伐跡地の北西側に隣接する南東向き斜面では、幅 10 m 以内、長さ 20 m 程度の細長い崩壊が数箇所発生していた。この斜面には仏像構造線が走っており、それらの崩壊は仏像構造線に沿った破碎帯の部分で起こっていた。

また、権現山皆伐跡地から北北東約 1 km の南東向き斜面では、深層崩壊が存在している。この崩壊は 2006 年 7 月の豪雨で発生したもので、大きさは幅 70 m、長さ数 100 m、深さ 5~10 m 程度であり、多量の不安定土砂を生産している状況であった（写真 - 5）。崩壊した部分には仏像構造線が通っており、地質は上部が三宝山帯の石灰岩、下部は四万十帯の破碎された砂岩・泥岩互層からなっていた。

5. 考察

5.1 皆伐跡地周辺域における斜面崩壊の地質学的特徴

熊本県球磨村に位置する権現山皆伐跡地（95.6 ha）内においては規模の大きな斜面崩壊は発生していなかったが、伐採に伴って設置された作業路網沿いにおいて、小規模な斜面崩壊が多数認められた。また、伐採地周辺の斜面では、2006 年 7 月頃の豪雨で発生した深層崩壊が見られた。こうした斜面の崩壊現象は、先述したように、Type 1~3 という 3 つの形態が認められたが、それぞれ (1) 流れ盤斜面の表層崩壊、(2) 作業路路肩や盛土斜面の崩壊、(3) 仏像構造線沿いの受け盤斜面の深層崩壊という現象に分類される（図 - 2）。

まず Type 1 の流れ盤斜面の崩壊（千木良，1998 など）

は、北方向に傾斜する四万十帯の砂岩・泥岩互層という対象地域の地質特性に影響を受けている現象であるが、作業路の開設も原因となって発生したものである。また、Type 2 の路肩や盛土の崩壊（例えば、Sidle and Ochiai，2006）も伐採そのものというよりも、林道や作業路の施工方法が問題となって起こった現象である。

権現山皆伐跡地は斜面の傾斜とほぼ一致した北～北東向きの流れ盤構造が卓越しているため、受け盤構造の斜面は少ない。しかし、伐採地周辺には南向きなどの受け盤構造の斜面があり、Type 3 に相当する斜面の崩壊が数箇所認められた。この形態の崩壊の発生頻度は Type 1 や Type 2 に比べて著しく低いが、規模が大きいが特徴である。こうした崩壊は仏像構造線やそれに付随する断層沿いで発生している傾向にある。実際に、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（図 - 1、写真 - 5）。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深層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伐採地ではない林地斜面で発生していることから、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と考えられた。

5.2 崩壊発生防止を考慮した森林施策

仏像構造線沿いで認められた受け盤構造斜面での深層崩壊（Type 3）は地質構造に大きく影響を受ける現象であり、その発生予測はきわめて難しい。それに対して、Type 1 と Type 2 の斜面崩壊は無計画な作業路網開設がなければ発生しなかった土砂移動現象と考えられる。崩壊発生を防止するという観点からは、伐採時に架線集材を行うなどして作業路網の設置を最小限に抑えることが必要である。調査地域の地層は北傾斜が卓越しているため、流れ盤構造になる北向き斜面には作業路の開設をできるだけ避けなければならない。

また、地質構造が大きな影響を及ぼしている Type 3 の受け盤構造の崩壊についても、それが伐採地において発生した場合には伐採や作業路の影響を完全に否定することは難しい。仏像構造線など、この地域に発達する断層の位置を詳細に把握するとともに、再活動する可能性がある地すべり地の周辺では大面積伐採が行われないように規制することが必要である。そのためには、保安林であるなしに関わらず、伐採の事前届け出を徹底させて、伐採予定地が崩壊発生の可能性が高い場所かどうかを検討する体制を構築しなければならない。もちろん、そうした体制を維持するためには、土地所有者や素材生産業者が積極的に協力できることが重要であり、県や市町村は補助金制度を導入するなどの措置が必要であろう。

6. まとめ

近年、九州南部地域で増加している大面積伐採地が周

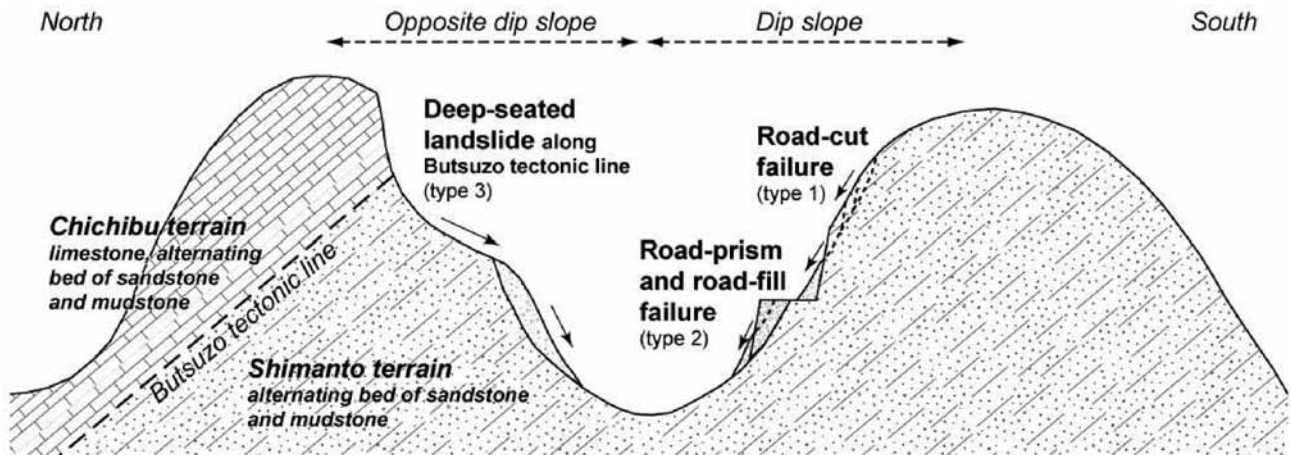


図 - 2 権現山皆伐跡地周辺域における斜面崩壊の形態

Fig 2 Schematic illustration showing characteristic features of slope failures in and around the Gongenyama abandoned forest after clear-cutting.

辺環境へ与える影響を評価するため、熊本県南部の球磨村に位置する大面积皆伐跡地周辺域で現地調査を行った。その結果、皆伐跡地周辺域で起こっている斜面崩壊は、(1)作業路網に沿った流れ盤斜面の表層崩壊、(2)路肩や盛土斜面の崩壊、(3)仏像構造線周辺の受け盤斜面での深層崩壊という3つの形態に分類することができた。(3)の斜面崩壊は伐採とは無関係であり、調査地域の地質構造そのものに起因する土砂移動現象である。一方、(1)と(2)は伐採に伴う作業路網の開設が主な原因となって発生したものであり、今後は周辺地域の地質構造を考慮した作業路網を計画するなど、土砂災害を抑止・軽減できる森林施業を行う必要がある。

また、今回調査した大面积皆伐跡地内では伐採そのものが原因となって発生した崩壊は認められなかった。伐採後の抜根抵抗力は年数とともに低下し、植栽が行われたとしても伐採後10~20年頃に林地の土壌緊縛力が最小となることが報告されている(北村・難波, 1968)。熊本県南部の球磨地域に存在する皆伐跡地の大部分は伐採から10年が経過していない状況にあり、大面积伐採と崩壊との関係を詳細に議論するためには今後も現地調査を継続しなければならない。

謝辞

現地調査では、熊本大学大学院教育学研究科の本多栄喜氏にご協力いただいた。熊本県農林水産部森林保全課

には崩壊地の状況に関する情報を提供していただいた。U.S. Geological SurveyのMark E. Reid博士には英文を校閲していただいた。以上の方々に心からお礼申し上げる。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「大面积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, 206 pp
 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, p.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回日本林学会論文集, p.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, 118 pp
 堺正統 編(2003): 森林資源管理の社会化, 九州大学出版会, 358 pp
 Sidle, R.C. and Ochiai, H. (2006) Landslides: processes, prediction, and land use, American Geophysical Union, 312 pp
 豊原富士夫・村田正文・長谷義隆(1990): 表層地質図「佐敷・大口」および説明書, 土地分類基本調査(5万分の1), 熊本県, p.22-35
 Yamagawa, H., Ito, S., Mitsuda, Y. and Fukuzato, K. (2006) : Effects of topography and management history on natural forest recovery in abandoned forest after clear-cutting in Miyazaki, Japan, Journal of Forest Research, Vol.11, p.99-106
 (Received 10 November 2008 ; Accepted 29 May 2009)