

## 114. シラス地帯における山腹崩壊について

宮崎大学農学部 高 橋 正 佑

### 1. はじめに

昭和43年9月に来襲した台風16号の影響による豪雨で、宮崎県北諸県郡高城町四家地域に、きわめて多数の山腹崩壊が発生した。この崩壊について宮崎県よりその実態を調査する機会を与えられたので、その調査・検討結果について報告する。

### 2. 調査対象地の概況

対象地の面積は485.25haで、地質的にはその主要な構成部分は、擾乱を受けて傾いた基盤岩層からなる高度160m以上の山地と、それを埋積した形で発達する若い水平な地層からなる高度160m以下のシラス台地があり、地形は一般に開折がかなり進んでいて、シラス特有の台地は他のシラス地帯に比較して少なく、傾斜地が大部分を占めている。

対象地の約64%に当る304haが林地で、スギ・ヒノキを主とする15年生以下の若い造林地が90%程度を占め、崩壊の大部分がここに発生している。台風16号による降雨量は最寄の建設省四家観測所の資料によれば総雨量は275.9mm、最多日雨量は229.3mm、最多時雨量は65.0mmで、同観測所の過去14年間の記録から、それらのリターンピリオッドをGumbel-Chow法によって計算すると、日雨量では約3.1年、時間雨量では18.6年と算出される。

### 3. 崩壊地の状況

対象地全域に対して認められた崩壊地は446ヶ所で、崩壊面積の合計は28,668.5m<sup>2</sup>、生産された土砂量は19,230.6m<sup>3</sup>と測定・計算されたので、崩壊は1ha当たり約0.9ヶ所発生したことになり、1ヶ所当たりの崩壊面積は64.3m<sup>2</sup>、生産土砂量は43.1m<sup>3</sup>と計算される。そこで、崩壊面積規模別に整理してみると、100m<sup>2</sup>までのものがその数で84.3%もあり、このように規模の比較的小さい崩壊の多発したことが、同被災地の特徴といえよう。

崩壊の種類では山腹崩壊が最も多く、崩壊数では86%を占め、崩壊の原因としては表流水の集中流下によるものが多いものと観察され、その数では約64%を占めている。

### 4. 地質・地形と崩壊

地質分布の状況等については、宮崎大学教育学部地学教室遠藤尚教授が調査されたので、その分布状況とそれぞれの地質内における崩壊の状況を検討したところ、新期・古期両シラス層を合わせたものと、岩盤とがそれぞれ約31%を占めているが、崩壊は両シラス層で45.8%が発生しており、シルト・粘土層でも29%が発生している。崩壊発生頻度はシルト・粘土層が最も高く、古期シラス、新期シラスの順になっている。

つぎに、現地傾斜角と崩壊との関係を表1に示す。

表1 現地傾斜角と崩壊状況

区分 傾斜角(度)	崩壊数		崩壊面積			崩壊生産土砂量			平均崩壊深 (m)
	数 (ヶ)	占有率 (%)	面積 (m <sup>2</sup> )	占有率 (%)	1ヶ所当りの大きさ (m)	土砂量 (m <sup>3</sup> )	占有率 (%)	1ヶ所当りの土砂量 (m <sup>3</sup> )	
26 ~ 30	38	8.5	2,055.5	7.2	54.9	1,192.3	6.2	31.4	0.58
31 ~ 35	84	18.9	5,008.2	17.4	59.6	3,234.3	16.8	38.5	0.65
36 ~ 40	197	44.2	13,192.1	46.0	67.0	9,115.9	47.4	46.3	0.69
41 ~ 45	97	21.7	9,115.9	22.7	67.0	4,295.6	22.4	44.3	0.47
46 ~ 50	22	4.9	6,496.5	5.6	72.7	1,157.1	6.0	52.6	0.18
51度以上	8	1.8	1,599.9	1.1	39.5	235.4	1.2	29.4	0.14
計	446	100.0	28,668.5	100.0	64.3*	19,230.6	100.0	43.1*	0.67*

注：\* 印は平均値

表1から明らかなように、崩壊は36~40度の勾配のところで最も多く、ついで41~45度、31~35度となっていて、シラス地帯にあっても30~45度の斜面に集中していることが知れる。

さらに、対象地を53の地区に細分し、各地の谷密度

と崩壊の状況を整理して表2に示す。1ha当りの崩壊発生頻度は、多少のパラツキはあるものの、ほぼ谷密度の増大に伴って大きくなっており、特に谷密度が81~100m/haの階層から急に崩壊発生頻度は大きくなっている。

表2 谷密度と崩壊状況

区分 谷密度階 (m/ha)	占有面積		崩壊数			崩壊面積			崩壊生産土砂量			平均崩壊深 (m)
	面積 (ha)	占有率 (%)	数 (ヶ)	占有率 (%)	1ha当りの発生頻度 (ヶ)	面積 (m <sup>2</sup> )	占有率 (%)	1ha当りの崩壊面積 (m <sup>2</sup> )	土砂量 (m <sup>3</sup> )	占有率 (%)	1ha当りの土砂量 (m <sup>3</sup> )	
0 ~ 20	77.00	15.9	42	9.4	0.55	2,155.2	7.5	28.0	1,337.3	7.0	17.4	0.62
21 ~ 40	99.50	20.5	49	11.0	0.49	2,888.8	10.1	29.0	1,794.0	9.3	18.0	0.62
41 ~ 60	87.50	18.0	55	12.3	0.63	3,606.2	12.6	41.2	2,115.0	11.0	24.2	0.59
61 ~ 80	146.25	30.1	96	21.5	0.66	5,441.1	19.0	37.2	3,510.2	18.3	24.0	0.65
81 ~ 100	61.25	12.6	119	26.7	1.94	8,937.2	31.2	145.9	6,199.0	32.2	101.2	0.69
101 ~ 120	8.50	1.8	61	13.7	7.18	3,075.7	10.7	361.8	1,892.7	9.8	222.7	0.62
121 ~ 140	5.25	1.1	24	5.4	4.57	2,564.2	8.9	488.1	2,382.4	12.4	453.8	0.98
計	485.25	100.0	446	100.0	0.92*	28,668.5	100.0	59.1*	19,230.6	100.0	39.6*	0.67*

注：\* 印は平均値

5. 林種および林令と崩壊

林種別占有状況は約85%が針葉樹林で、8.5%が広葉樹林、1%が竹林、5.5%が無立木地(採草地)で

あるが、崩壊は針葉樹林で97.5%、広葉樹林で1.6%無立木地が0.9%となっている。また、53の各地区平均林令と崩壊との関係については表3に示す。

表3 林令階別崩壊状況

区分 林令階 (年)	占有面積		崩壊数			崩壊面積			崩壊生産土砂量			平均崩壊深 (m)
	面積 (ha)	占有率 (%)	数 (ヶ)	占有率 (%)	1ha当りの発生頻度 (ヶ)	面積 (m <sup>2</sup> )	占有率 (%)	1ha当りの崩壊面積 (m <sup>2</sup> )	土砂量 (m <sup>3</sup> )	占有率 (%)	1ha当りの土砂量 (m <sup>3</sup> )	
0 ~ 5	28.84	9.5	26	5.8	0.90	1,567.6	5.5	54.4	1,015.3	5.3	35.2	0.65
6 ~ 10	135.88	44.6	328	73.6	2.41	20,465.9	71.4	150.6	13,796.8	71.7	101.5	0.67
11 ~ 15	111.29	36.6	87	19.5	0.78	6,320.2	22.0	56.8	4,280.6	22.3	38.5	0.68
16 ~ 20	18.95	6.2	5	1.1	0.26	314.8	1.1	16.6	137.9	0.7	7.3	0.43
20年以上	9.47	3.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計	304.43	100.0	446	100.0	1.47*	28,668.5	100.0	94.2*	19,230.6	100.0	63.2*	0.67*

注：\* 印は平均値

崩壊は6~10年階に集中しており、崩壊発生頻度も他の林令階より圧倒的に大きく、3~9倍にも達している。それは前生樹である広葉樹の伐根が腐蝕して来ている一方、更新樹の根系が充分発達せず、土壌に対する緊縛力が低下していることによるものと考えられる。

6. 二、三の要因と崩壊との関連

対象地を縮尺5千分の1の地形図により、沢または谷に沿って53の地区に細分し、各地区を1cm方眼で覆

って地形解析をおこなった。そして二、三の要因と崩壊との関係を検討したところ、崩壊発生頻度(1ha当りの崩壊数)  $x_i$  は、地区毎の平均勾配(%)  $u_i$  および谷密度(m/ha)  $v_i$  と、きわめて高い相関関係が認められたので、最小自乗法で整理し、

$$\hat{x}_i = -1.10 + 1.27u_i + 0.29v_i \dots\dots\dots(1)$$

を得た。また、1ha当りの崩壊生産土砂量  $Z_i$  と崩壊発生頻度との間にも高い相関関係が認められ、

$$\hat{Z}_i = 0.14 + 4.12x_i \dots\dots\dots(2)$$

を得た。なお、(1)、(2)式の各係数の推定値について分

散分析をおこない、いずれの推定値とも1%の危険率をもって有意であることが知れた。

7. むすび

以上のように、対象地内の崩壊は傾斜ならびに谷密度との相関が高いものと表現されたが、周囲にある比

較的高令の天然生広葉樹林内には、ほとんど崩壊は発生していないので、崩壊多発の大きな原因は、シラスがその主体をなす急傾斜地の広葉樹林を、皆伐作業によって急激に針葉樹に林種転換を計ったことによるものと考えられる。

## 115. 土のレオロジー的特性について (2)

九 大 大 学 院      下      川      悦      郎

1. はじめに

定常ヒズミ速度  $\dot{\epsilon}_s$  とクリープ破壊所要時間  $t_f$  の間に  $\dot{\epsilon}_s \cdot t_f = C$  ( $C$  は定数) の関係があることは、現在、土だけ<sup>1)</sup>でなく、他の材料、例えば、金属、ビニール等にも認められており<sup>2),3),4)</sup>、この法則を用いて、齊藤、上沢<sup>1)</sup>は斜面崩壊発生時期の予知方法を提案した。この法則を含めて、土のクリープ特性に対する研究は国内では村山、柴田<sup>5)</sup>、齊藤<sup>1)</sup>、外国では Mitchell<sup>6),7),8)</sup>、Singh<sup>7),8)</sup> 等によっておこなわれている。その共通するところは土のクリープ現象を Eyring の空孔理論にもとづき説明しようとしていることである。村山、柴田<sup>5)</sup>は Eyring の空孔理論を拡張することによって、土のクリープ特性を理論的に説明した。Mitchell<sup>6),7),8)</sup>、Singh<sup>7),8)</sup>も同様の理論を用いて、土のせん断抵抗、クリープ破壊について定性的な説明をおこなっている。

しかし、土の上限降伏値以上の応力状態でのクリープ現象、すなわち、クリープ破壊現象については、まだ定量的な説明はおこなわれておらず、現象論的段階においても、あいまいな見解がある。

したがって、ここではそれらの事項を考慮にいれながら、Mitchell、Singh の現象論的理論を用いて、破壊ヒズミの問題、応力、ヒズミ速度、クリープ破壊所要時間、破壊ヒズミの関係および、それと分子論的考察との関連を考察した。

2. Mitchell, Singh のクリープ破壊についての理論

Mitchell, Singh は土のクリープ特性を現象論的に次式

$$\dot{\epsilon} = Ae^{\alpha D} \left( \frac{t}{t_1} \right)^m \tag{1}$$

で表わされるとした。ここに  $\dot{\epsilon}$  はヒズミ速度、 $A$  は時間  $t_1$ 、応力  $D = 0$  でのヒズミ速度、 $\alpha$  は  $D$  に対する  $\dot{\epsilon}$  (対数) のこう配、 $t_1$  は単位時間および  $m$  は時間  $t$  にたいする  $\dot{\epsilon}$  (対数) のこう配である。クリープ破壊の場合は  $m < 1$  である。(1) 式を  $t = 0$  の時、 $\dot{\epsilon} = \epsilon_1$  ( $\epsilon_1$  は定数) の条件のもとで積分すると次式

$$\epsilon = \epsilon_1 - \frac{1}{1-m} Ae^{\alpha D} t_1^m + \frac{1}{1-m} Ae^{\alpha D} t_1^m \cdot t^{1-m} \tag{2}$$

$$\epsilon = a + \frac{1}{1-m} Ae^{\alpha D} t_1^m t^{1-m} \tag{3}$$

を得る。ここに  $a = \epsilon_1 - \frac{1}{1-m} Ae^{\alpha D} t_1^m$  (定数) である。

3. ヒズミ速度、クリープ破壊所要時間、応力および破壊ヒズミの関係

(3) 式を軸差応力  $D$  について整理すると、

$$D = \frac{1}{\alpha} \log(\epsilon - a) - \frac{1}{\alpha} \log A - \frac{1}{\alpha} \log \frac{1}{1-m} t_1^m t^{1-m} \tag{4}$$

が得られる。 $D$  はクリープ破壊を生じる応力であるから、その応力における破壊時間を  $t_f$ 、その時のヒズミを  $\epsilon_f$  (加速クリープに移るときのヒズミ) とすると(4) 式は

$$D = \frac{1}{\alpha} \log(\epsilon_f - a) - \frac{1}{\alpha} \log A - \frac{1}{\alpha} \log \frac{1}{1-m} t_1^m t_f^{1-m} \tag{5}$$