

## 風化花崗岩地帯における崩壊に関する研究 - 地形 ・ 土壌・森林と崩壊 -

著者	河野 良治, 難波 宣士, 滝口 喜代志, 北村 嘉一, 小林 忠一, 黒島 忠, 有光 一登, 宮川 清
雑誌名	防災科学技術総合研究報告
号	14
ページ	77-112
発行年	1968-03-30
URL	<a href="http://id.nii.ac.jp/1625/00002546/">http://id.nii.ac.jp/1625/00002546/</a>

## 風化花崗岩地帯における崩壊に関する研究

—— 地形・土壌・森林と崩壊 ——

河野良治・難波宣士・滝口喜代志・北村嘉一

林業試験場防災部治山科治山第一研究室

小林忠一

林業試験場関西支場保護部防災研究室

黒鳥 忠

林業試験場土壌調査部土壌調査科

有光一登・宮川 清

林業試験場土壌調査部土壌調査科土壌第三研究室

### Roles of Topography, Soil and Forest in the Landslides of a Weathered Granite Area

By

Yoshiharu Khono, Senshi Namba, Kiyoshi Takiguchi,

Yoshikazu Kitamura, Tadashi Kurotori,

Kazuto Arimitsu and Kiyoshi Miyagawa

*Government Forest Experiment Station, Ministry of Agriculture and Forestry, Tokyo*

and

Chuichi Kobayashi

*Kansai Branch Station, Government Forest Experiment Station, Ministry of Agriculture and Forestry, Kyoto*

### ABSTRACT

In July 1964 the "bai-u" front brought a heavy rain amounting to more than 300 mm in 2 days from 18th in the "San'in" region, and hilly areas of Shimane Prefecture were attacked. One of the areas of severe damage consists of weathered granites. Results of investigation into the parts of topography, soil and vegetation relating to the landslides are as follows.

- (1) The number of landslides in the investigated area is approximately 1,500, and the total area of landslides about 26 ha. The number of landslides is large, and consequently the area per a landslide is relatively small.
- (2) Landslides occurred numerously at the base of hills, and a few on hill side. Artificial deformations of topography by construction of unfitted road, homestead and farmland along the base of hills may have some influence on these landslides.

(3) In the investigated area, broad-leaved forests are most distributed with their percentage of about 70 % in area, and needle-leaved forests are composed of Japanese red pine, Japanese cryptomeria, and Japanese cypress. Preventive function of forests against landslide increases with the increase of their age.

(4) The soil is sandy soil in texture, and consequently it is immature soil and easily resolves. In this soil, the Middleton's index of dispersion of soil is relatively high, and the soil is easily erodible.

(5) In each of the divisions of the investigated area, we analyzed many factors concerned with occurrence of landslides. From the study, it is revealed that the effects of main three independent variables influencing  $Y$  (ha/km<sup>2</sup>), the area of landslide occurrence per unit area, are given by the following equation:

$$Y = 0.0102 X_1 + 0.0096 X_2 + 0.0044 X_3 - 0.8008,$$

where  $X_1$ : area of relief in the range of 30-50 m per unit area (ha/km<sup>2</sup>),  $X_2$ : area of young forests per unit area (ha/km<sup>2</sup>), and  $X_3$ : length of unfitted road and farmland along the base of hills per unit area (m/km<sup>2</sup>). The standard error of estimate was  $\pm 0.12$  in the equation. Then the standard partial regression coefficient was calculated for estimating the weight of each factor to occurrence of landslide. As the result we obtained the following values:

$$b'_{YX_1 \cdot X_2 X_3} = 0.6290, \quad b'_{YX_2 \cdot X_1 X_3} = 0.4209, \quad b'_{YX_3 \cdot X_1 X_2} = 0.2551.$$

Consequently, the influence of forest upon landslide is not negligible.

## 目 次

<p>まえがき ..... 78</p> <p>1. 崩壊状況 ..... 79</p> <p>    1.1 崩壊の地区別分布 ..... 79</p> <p>    1.2 崩壊の規模および種類 ..... 80</p> <p>    1.3 崩壊の特徴 ..... 82</p> <p>2. 地形と崩壊 ..... 83</p> <p>    2.1 調査地の地形 ..... 83</p> <p>    2.2 地形と崩壊との関係 ..... 84</p> <p>3. 林相からみた崩壊 ..... 86</p> <p>    3.1 調査地の林相 ..... 86</p> <p>    3.2 調査地林木の根系 ..... 91</p>	<p>3.3 林相と崩壊との関係 ..... 95</p> <p>4. 土壌からみた崩壊 ..... 98</p> <p>    4.1 調査地の土壌 ..... 98</p> <p>    4.2 土壌と崩壊との関係 ..... 98</p> <p>        4.2.1 土壌の断面形態 ..... 98</p> <p>        4.2.2 土壌の物理的性質 ..... 104</p> <p>        4.2.3 土壌の諸性質と崩壊との関係 ..... 107</p> <p>5. 崩壊の予知について ..... 107</p> <p>    5.1 個所の崩壊の予知 ..... 107</p> <p>    5.2 地区の崩壊の予知 ..... 108</p> <p>6. 要 約 ..... 112</p>
--	---

まえがき  
昭和39年7月中旬、本邦日本海沿岸に停滞した梅雨前線は、山陰・北陸地方に多量の降雨をもた

らした。とくに島根県東部地域を襲った豪雨は、記録的なもので、松江地方気象台開設以来の集中豪雨であった。その結果、松江市、出雲市にわた

る地帯では各所がけくずれ、山くずれ、堤防決壊等が発生し、多くの災害をもたらした。これら災害地帯でも、島根県大原郡加茂町・大東町を中心とする風化花崗岩地帯ではとくにがけくずれが多発する傾向がみられた。科学技術庁国立防災科学技術センターにおいて、この災害をとりあげ、工業技術院地質調査所・林野庁林業試験場とともに、今回の災害の特性、崩壊の発生機構を究明し、とくに、この地域の崩壊発生の特異性を見いだすために調査研究を行なうことになった。林野庁林業試験場では、この地域の崩壊発生に対する因子のうち、とくに地形・土壌・森林について調査研究を分担した。

## 1. 崩壊状況

### 1.1 崩壊の地区別分布

調査地域一帯には 300~350mm の連続降雨量があったと推定されるが、調査地面積約44 km<sup>2</sup>内でも崩壊の発生状況は、図-1にみられるように、地区によってかなりの差異がある。これは地質・地形・林相・土地利用状態等の影響によるものと考えられる。調査地を流域または地区的に11地区に分割して(図-2)、各地区の崩壊個所数・崩壊面積およびこれらの単位面積あたりの比率をしめたのが表-1である。崩壊の個所数および面積は、災害直後に島根県で撮影された空中写真を図化した1万分の1地形図、および約1万分の1

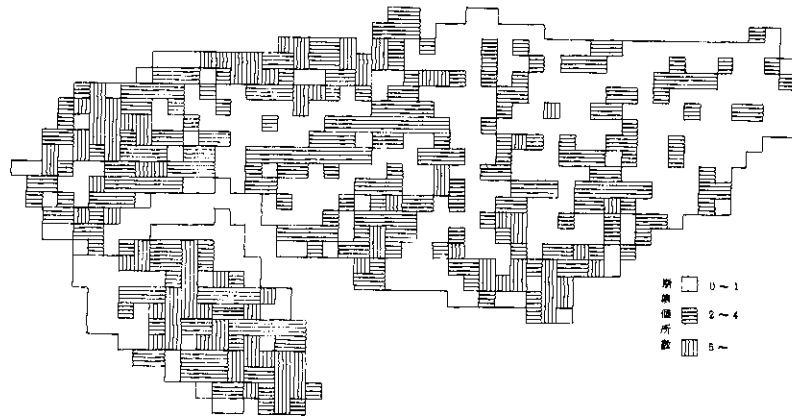


図-1 調査地域の崩壊分布図

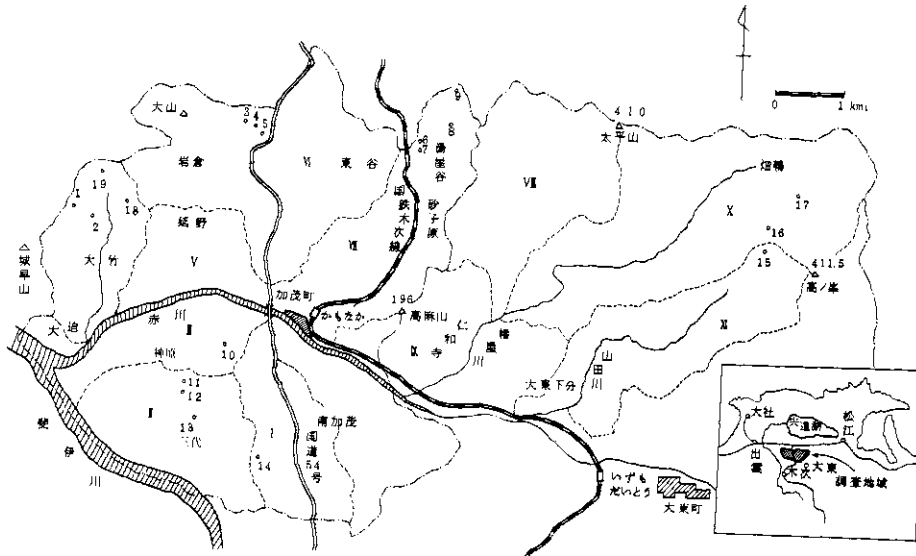


図-2 調査地域および土壌調査地点

表-1 島根県加茂地区荒廃地

地区	地区面積 km <sup>2</sup>	山地面積 ha	崩壊箇所数	崩壊箇所数/地区面積 km <sup>2</sup>	崩壊面積 ha	崩壊面積/地区面積 ha/km <sup>2</sup>
I	2.06	141.2	116	5.6	1.7350	0.84
II	2.84	195.4	153	5.4	2.9350	1.03
III	1.84	106.4	64	3.5	1.0750	0.58
IV	2.69	199.7	153	5.7	3.2275	1.20
V	1.86	101.8	83	4.5	1.1525	0.62
VI	4.76	311.7	202	4.2	3.3625	0.71
VII	5.02	300.1	161	3.2	3.0700	0.61
VIII	5.06	317.6	112	2.2	1.4125	0.28
IX	4.36	224.1	163	3.7	3.1000	0.71
X	7.97	577.0	153	1.9	2.2450	0.28
XI	5.14	331.9	157	3.1	2.3450	0.46
計	43.60	2806.8	1517	3.5	25.6600	0.59

に引伸した空中写真を主体として測定し、さらに11地区のうちのI, V, VI, VII地区について現地での悉皆調査を行なった結果によって補正して求めた。崩壊の密度の高いのは一般に丘陵性地帯の花崗岩類の深層風化地帯\*で、加茂町の大竹・延野・岩倉・東谷・砂子原・神原・南加茂・三代・大東町の仁和寺等大東町西部の各地域はこれにあたる。大竹では安山岩類を除く花崗せん緑岩・大竹型角せん石黒雲母花崗岩・黒雲母花崗岩が複雑に分布しており、特に崩壊の密度も高い(写真-1参照)。同じ花崗岩類でも調査地の東北部の一帯ではマサ土層がみられぬ地域もあり、一般に崩壊箇所は少ない。さらに加茂町西縁の安山岩類地帯も比較的崩壊は少ない。また、調査地北辺の丸倉山・大平山・八十山を結ぶ山地地形の地帯も崩



写真-1 大竹地区の崩壊多発地

壊箇所は少ない。以上のごとく、崩壊の多発しているのは概して調査地の西部であり、花崗岩深層風化地帯の丘陵性地帯を示す地域といえることができる。

### 1.2 崩壊の規模および種類

調査地内の0.01ha以上の崩壊地の箇所数は1,517、崩壊面積は25.66haで、単位面積あたりではそれぞれ35箇所/km<sup>2</sup>、0.59ha/km<sup>2</sup>となり、崩壊発生ひん度が大きく、そのわりに崩壊面積は少なかった。また、1崩壊面積の平均値は1.6aで、いくつかの地すべり性崩壊(宍道町界国道沿線)等を除けばさらにこの値は小さくなり、一般に小面積の崩壊が多発したことになる。

崩壊の形状は微地形の構成に支配されるところが多く、円形、または半円形の形状のものが多く、崩壊面の山腹傾斜は4地区の悉皆調査の測定結果(表-2)からみると、約30°~40°程度のもものが過半数をしめ、丘陵性の山脚が農地・道路と接する急斜面のがけくずれの要素の強いところが多く(写真-2参照)、40°以上の急崖を呈するところも少なくない。

崩壊の深さは、従来から花崗岩地帯では比較的浅いといわれている。今回の悉皆調査の結果をみても表-3のごとく最大崩壊深の平均値は約80cmであまり深くない。ただし、今回の調査地の崩壊

\* 試錐調査および垂直電気探査によれば風化帯が厚い。

表—2 崩壊地傾斜分布表

地区 No.	崩壊地傾斜				計
	~20°	21°~30°	31°~40°	41°~	
I 個所数	0	17	67	22	106
I %	0	16.0	63.2	20.8	
V 個所数	1	6	49	20	76
V %	1.3	7.9	64.5	26.3	
VI 個所数	0	31	115	40	186
VI %	0	16.7	61.8	21.5	
VII 個所数	0	2	70	72	144
VII %	0	1.4	48.6	50.0	
計 個所数	1	56	301	154	512
計 %	0	10.9	58.8	30.1	



写真—2 農地に接する崩壊

表—3 崩壊の深さ

層位	崩壊最大深 cm										計	平均 cm
	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200		
B	4	2	5	3	2	0	0	0	0	0	16	56
マサ上部	15	61	70	49	10	6	0	2	0	3	216	62
マサ内	0	13	55	110	64	13	12	1	0	12	280	88
基岩	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	3	73
	19	76	131	164	76	19	12	3	0	15	515	78

が表層滑落型が多かった点から、平均の崩壊深を最大崩壊深の6~7割とみると、約50~60cmとなり、浅い崩壊ではあるが、崩壊の平均面積規模が小さいことを考えると、過去の花崗岩類の崩壊からみてその割にはやや深いことになる。これは老年期地形を示す厚い深層風化層を伴う丘陵性山地が大部分であるため、表層近くの深層風化層がさらに表層風化を受けてかなり軟弱化している結果とみられる。

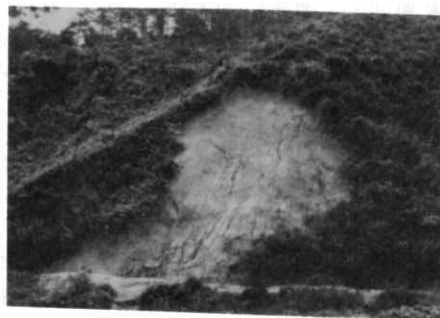
崩壊の型の種類としては、一般に表層滑落型に属するものが多いが(写真—3参照)、表層土の

浅いところでは表層はく落、凹地形または河岸段丘(中村川本川上流部)の土層の深いところでは貝がら状に深くえぐられているものもみられる。

また、崩壊の発生の個所についてみると、山腹・溪岸・谷頭等に発生したものほかに、今回の調査地の中で特に開析された丘陵性の深層風化地帯では、人為的作用による影響を受けたと思われる個所が崩壊している場合も少なくない。すなわち、山脚が農地・道路(写真—4参照)・宅地等に接する沿線では山脚基部がけずられそのほかにもなんらかの人為的影響を受けているであろう。



写真—3 表層滑落型の崩壊



写真—4 道路に接する崩壊

現地調査の範囲で、発生個所別の崩壊個所数をみると、表-4のごとくなる。これによると、山腹・溪岸・谷頭等に発生した崩壊数は187で、こ

れに対して、農地・道路・宅地等の人為作用が関係しているとみられる部位の崩壊数は336で、前者よりかなり大きい値を示しているのが注目される。

表-4 崩壊地縦断面形および位置

縦断面形	位置	農地周辺 個所数	道路沿線 個所数	宅地周辺 個所数	計 個所数	山腹 個所数	溪流 個所数	谷頭 個所数	計 個所数	合計 個所数
A (b-2) a	1	1	2	1	4	3	1	1	5	9
	2	69	16	6	91	17	27	10	54	145
	計	70	18	7	95	20	28	11	59	154
B (b-3)	1	18	6	4	28	9	19	0	28	56
	2	21	12	0	33	18	9	0	27	60
	3	110	22	1	133	18	43	3	64	197
	計	149	40	5	194	45	71	3	119	313
C (b-1) c	1	11	8	0	19	0	2	0	2	21
	2	9	1	1	11	2	1	0	3	14
	3	10	5	2	17	1	3	0	4	21
	計	30	14	3	47	3	6	0	9	56
	合計	249	72	15	336	68	105	14	187	523

1.3 崩壊の特徴

前述のように調査地内では各所に崩壊が発生し、地区によって崩壊の様相も多少異なっているが、

これらの個々の点に着目せず、調査地全体を、戦後のわが国の主要水害時の山くずれの状況と比較すると表-5のようになる。この表によれば、山

表-5 各水害の山地崩壊比較

地区名	水害年次	地区 山地 面積 (km <sup>2</sup> )	主たる地質	山地 崩壊 個所数	山地 崩壊 面積 (ha)	崩壊 1個所 平均 面積 (ha)	崩壊の 平均深 (m)	崩壊の 生産 土砂量 (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	山地面積 1km <sup>2</sup> あたり		
									崩壊 個所数	崩壊 面積 (ha)	崩壊 生産 土砂量 (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )
赤城沼尾川 (敷島)	昭和22年	10			105	×	53		10.5	5.3	
	"	11	安山岩	211	52	0.25	1.5	77	19	4.7	7.0
阿蘇山 (色見)	28年	100			350	×	×		3.5	1.7	
	"	33	安山岩	1,371	169	0.12	16	278	42	5.1	8.4
門司市	"	30	中古生層	568	57	0.10	1.3	77	19	1.9	2.6
有田川上流 (花園)	"	250			600		×		2.4	3.1	
	"	47	中生層	584	213	0.37	2.0	430	12	4.5	9.2
木津川上野右岸	"	30	花崗岩	1,208	107	0.09	0.3	27	40	3.6	0.9
長崎本明川	32年	14	安山岩		11			12		0.8	0.8
狩野川上流 (天城)	33年	268		3,000	350				11	1.3	
	"	78	安山岩	1,061	69	0.06	0.3	18	14	0.9	0.2
塩山周辺 (重川)	34年	377		774	146	0.19			2	0.4	
	"	52	石英せん緑岩	224	32	0.14	×	×	4	0.6	0.3
釜無川中流右岸 (大武川)	"	199		473	175	0.37			2	0.9	
	"	65	花崗岩	191	84	0.44	×	×	3	1.3	0.8
福士川	"	42	御坂層	106	12	0.11	×	×	3	0.3	0.2
島根県加茂地区	39年	28	花崗岩	1,517	26	0.02	×	×	54	1.0	0.6

備考1. 地区名欄で( )を付したのは、それぞれの上欄の地区の一部または近傍にあたるもの。

2. ×印を付した崩壊の平均深および生産土砂量は推定による。

地面積  $1\text{km}^2$  あたりの数字では、崩壊個所数は他地区に比して特に大きく、崩壊面積は比較的小さい方で狩野川上流(天城)等と同程度であり、赤城、阿蘇等の大災害には及ばない。また1個所あたりの崩壊面積も特に小さくなっている。これらの特徴は同じ花崗岩地帯といっても本地区は、特に標高が低く、したがって斜面長が短く、深層風化花崗岩地帯で、しかも開析が非常にすんだ丘陵性の地形ということのほかにかかなり人為作用が加わっている結果であろう。

土石流の発生はきわめて少なく、大竹・仁和寺・八十山等に発生した小規模の土石流を除くと、典型的な土石流はほとんどなかったとみてよいようである。これは伊那谷災害(1961年)の生田村の花崗岩地帯と比較して、大規模の崩壊地がなく山腹面から溪床への一時的に多量の土砂の供給がなかったこと、流域が比較的小さく細分されているため、洪水流量もそれほど多くなかったことなどによるのであろう。さらに、溪流部の農地が階段状に上流におよんでいるために、上流部での土石流の勢力が下流にいくにつれ急激に減殺されたためと考えられる。

## 2. 地形と崩壊

### 2.1 調査地の地形

調査地域は斐伊川支流赤川に沿った加茂町的大部分と大東町の西部地域であって、ほとんど赤川

の右岸地域であるが、一部加茂町の南加茂・三代・神原等の赤川左岸地域も含まれる。右岸地域には山田川・遠所川と合流する幡屋川・中村川・猪尾川・大竹川などいくつかの支川が赤川に合流しているが、左岸地域にはとくに名をあげるほどの支川はない。地形は一般に調査地域北部周辺の分水界が  $100\sim 460\text{m}$  程度の標高で山地地形をしめし、上記各支川の中・下流部では丘陵性の地形を呈する。

調査地域の起伏量・谷密度を測定した結果を図-3、図-4に示す。これらは前記の1万分の1の地形図を、 $2.5\text{cm}$  の方形に区分して測定したものであり、これによって調査地域の地形の概略を知ることができる。すなわち、地区内を相対的にみると、大東町地域はおおむね起伏量は大きく、谷密度は比較的小さい山地地形ないしはそれに近い地形を示し、加茂町地域ではおおむね起伏量が少なく、谷密度の高い丘陵性の地形ないしは平地地形を示している。ただ、加茂町地域でも大竹川上流部の石英安山岩地帯は起伏量の大きい山地地形を呈する。

これら諸地域のうちで崩壊の多発地帯となっている丘陵性の地域の地形的特徴についてさらに検討してみると次のようである。

まず、この丘陵性地域は全体としてはかなり著しく老年期的な様相を示しているが、明らかに地

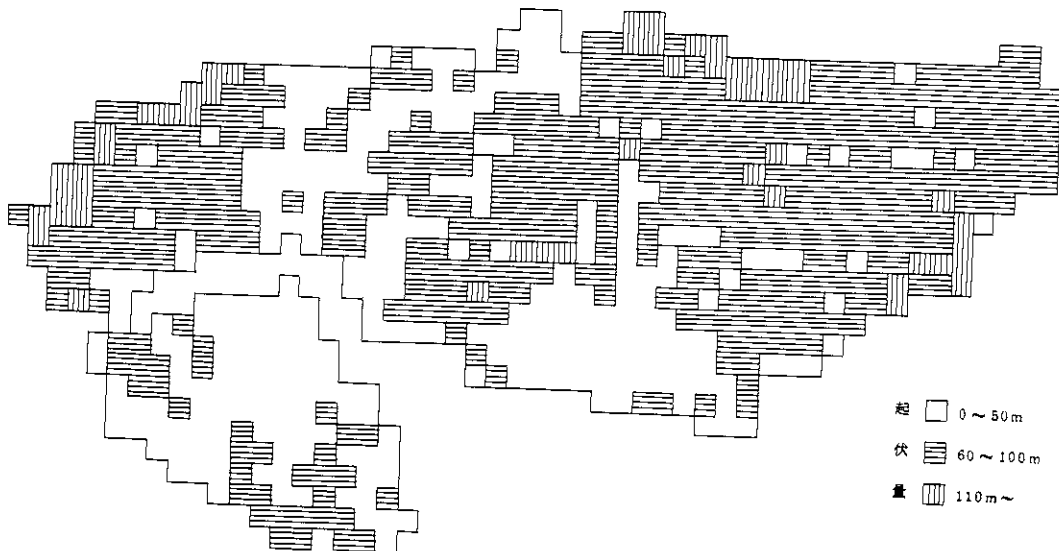


図 - 3 起伏量図





図 4 谷 密 度 図

形の若返り現象がみられる。すなわち、この丘陵を開析している主要な谷は、その下流方向からの侵食によって谷底面の低下がみられ、山地帯に接する谷頭部には新しい侵食による凹形の急斜面が形成されているとともに、この主谷に交わる多数の支谷との間には1~数mの、また、凸形の残丘との間には、数m~10数mにおよぶ急傾斜の地形的不連続面が形成されている(図-5)。

さらに、これらの主谷の下流地域には、前述の

中村川上流部のごとく主谷に沿って小規模な河岸段丘(地形若返り前の主谷の谷底)と、それよりもやや高位に、厚さ数m以上の洪積層(最表層部は赤色土となっている)の被覆がみられる。

## 2.2 地形と崩壊との関係

前述の崩壊地の地区別分布の項で述べたごとく、崩壊ひん度の高かったのは、概して調査地の西部地域で、丘陵性地形の花崗岩類の深層風化地帯である。東部の山地地形でマサ土層もあまりみられぬ地域では崩壊は比較的少ない。この丘陵性地形の花崗岩類の深層風化地帯では、溪流部の開析がかなり発達しており、この地域の崩壊は先に図-5で示したa, b-1, b-2, b-3, cのそれぞれの地形の型によって、つきのごとく異なる崩壊の特徴を示している。

aで示した谷頭部の崩壊は(写真-5参照)、谷頭部の異常な湧水のために、斜面基部が半流動的になって崩壊し、さらに基部の支持を失ったために、上部の凹形斜面が滑落的に崩壊したもので、一般に規模が大きくなっている。

b-1の場合は主谷と支谷との合流点で、地形の若返りのために形成された急崖面がみられる。この急崖面に生じた崩壊は一般に中規模のものが多く、支谷の堆積物中に浸透した水が、下層のマサ土層との間の透水性が不連続的に変化する面付

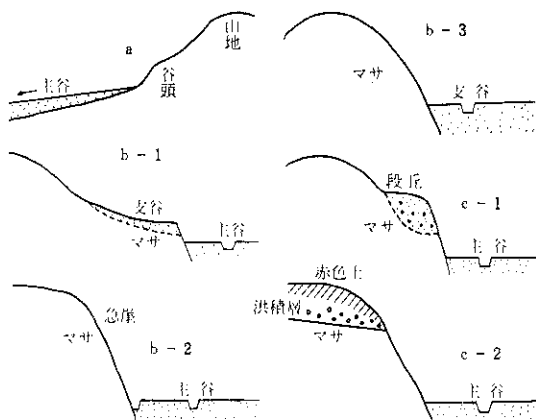
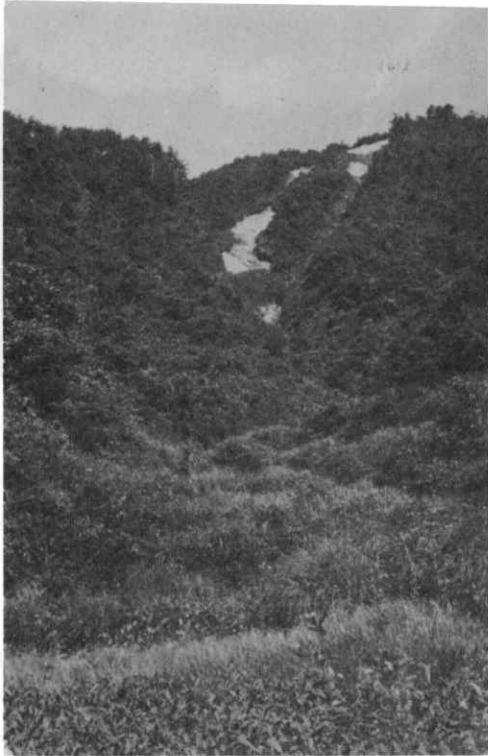


図-5 深層風化花崗岩地帯の地形の特徴



写真一五 谷頭部の崩壊

近で異常に滞水・湧水し、かなり流動的に支谷下縁部およびマサ土層の一部の崩壊をもたらし、崖面が後退するとともに、その下方に主谷に直交した扇状的堆積物を形成する。また例外的には、支谷の堆積物が全体的に飽水し、土石流的に一挙に下方へ流下したとみられる型もあった。

b-2の支谷の開析残丘が主谷に接する部分にみられる崩壊は、主谷のはらんあるいは残丘急崖基部の流路（かんがい水路）等の異常出水によって、急崖基部が浸食され、急崖面の浅い土層が支持力を失い、斜面上部の傾斜変換部付近を境にして滑落的に崩壊するものである。したがって面積は広くても浅い崩壊である。

b-3は支谷に面した残丘斜面地形で、b-2のような急崖ではないが、斜面上部の傾斜変化部から下は40°近い急斜面になっており、マサ土層までの表土層もb-2の急崖にみられるほどではないが比較的残くなっている。ここでみられる崩壊は、傾斜変換部から下方の急傾斜面に多く発生しており（写真一六参照）、変換部から上にわず



写真一六 傾斜変換部下方の急傾斜面の崩壊

かにくぼんだ集水地形を伴うものもある。崩壊の規模は種々であるが、崩壊の斜面長が20~30mにもなる大規模なものでは、傾斜変換部を二つ以上有するものもある。異常な豪雨時の雨水が透水不良の土層の存在のために表層土は飽水し、半流体体となって、急斜面上にとどまることができず、マサ土との境界面を滑落面にして崩落したものである。

段丘地形にみられる崩壊は特殊な型で、c-1のごとき地形では段丘背後地の浸透水の移動が段丘堆積土層の境に沿って垂直方向に湛水し、段丘低部面の弱部からいっ水、噴出して漏斗状の崩壊面を作る。c-2で示した洪積層をとまなりような地点では、洪積層は赤色風化をうけており、埴質で一般に理化学性がわるく、水の浸透が遅いため異常な降水量によって飽水し、団粒化の程度も弱く、傾斜が比較的ゆるい場合でも、下層との不連続面に沿って流動的に崩落する。その際堆積規模によっては、直下のマサ土層の上部も付随的に崩落する。

なお、b-2、b-3の型に対応する崩壊のなかには、多分に人為の影響を加味して考えなければならぬものがある。すなわち、b-2、b-3地形の主谷の谷底堆積物上での農地、道路、宅地等の造成、拡張の際に、残丘急崖部の基部を人為的にけずりとったために、豪雨時に急崖面の浅い土層が基部の支持を失って崩壊したとみられるものがある。崩壊の多かったⅠ、Ⅱ地区の花崗岩深層風化丘陵地域でも、人為の強く加わっているとみられる崩壊が多い。

崩壊発生地形の縦断面形は以上にのべた地形の

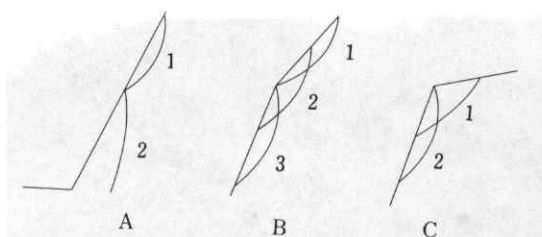


図-6 山腹傾斜の縦断面と崩壊の位置

区分と関係しているようで、縦断面形を図-6のようにA, B, Cの型に区分した。A型は山脚部が農地・道路・宅地・溪流等に接続するもの、B型は凸形斜面をもつもの、C型は上部が比較的ゆるやかな斜面を有するものである。A型は図-5のa, b-2と、B型はb-3と、C型はb-1, c-1, c-2とにそれぞれ対応しているものとみられる。崩壊発生個所は山腹・溪流とわけた場合、溪流沿いの崩壊の方が多く、したがってA, B型が多くみられる。斜面上の崩壊の位置を表-4に区分してみるとA型では2, B型では3の山脚型崩壊が多くみられる。

崩壊発生の地形水平断面形としては、表-6にみられるように、水平断面形を平滑形斜面・凹形斜面・凸形斜面に分類してみると、平滑斜面にもっとも崩壊発生が多く(写真-7参照)、ついで凹形斜面に多く、凸形斜面ではどの地区でもかなり少ない。平滑形斜面に崩壊が多いが、この平滑形斜面といっても厳密には微地形的に多少の凹凸があり、崩壊の発生はこの微地形的な集水部分か

表-6 崩壊地水平断面形分布表

地区 No.	崩壊地横断面形			計	
	平滑形	凹形	凸形		
I	個所数	77	20	11	108
	%	71.3	18.5	10.2	
V	個所数	40	37	1	78
	%	51.3	47.4	1.3	
VI	個所数	109	63	14	186
	%	58.6	33.9	7.5	
VII	個所数	64	66	15	145
	%	44.1	45.5	10.3	
計	個所数	290	186	41	517
	%	56.1	36.0	7.9	



写真-7 平滑斜面の崩壊

ら起こっていると考えられる。また崩壊が平滑形斜面に多いことは、崩壊の発生が山脚のいわゆる崖部に多いことを意味しているのではなからうか。

### 3. 林相からみた崩壊

#### 3.1 調査地の林相

調査地域内の山林面積は約2,807haで、調査地域面積約4,360haの63%をしめる。ほとんど私有林であるが、一部に町村公有林が介在し、また、わずかに官行造林地も含まれている。樹種としては、暖帯北部森林帯としてのコナラ・クリ・カン類等の優占する林分が多く、低山帯(丘陵地形)にはツツジ類など陽性の種が多い。また、クマザサ・ネザサ・ウラジロなどが密生する。針葉樹としては、アカマツ林、一部スギ林、ヒノキ林等がみられる(図-7)。

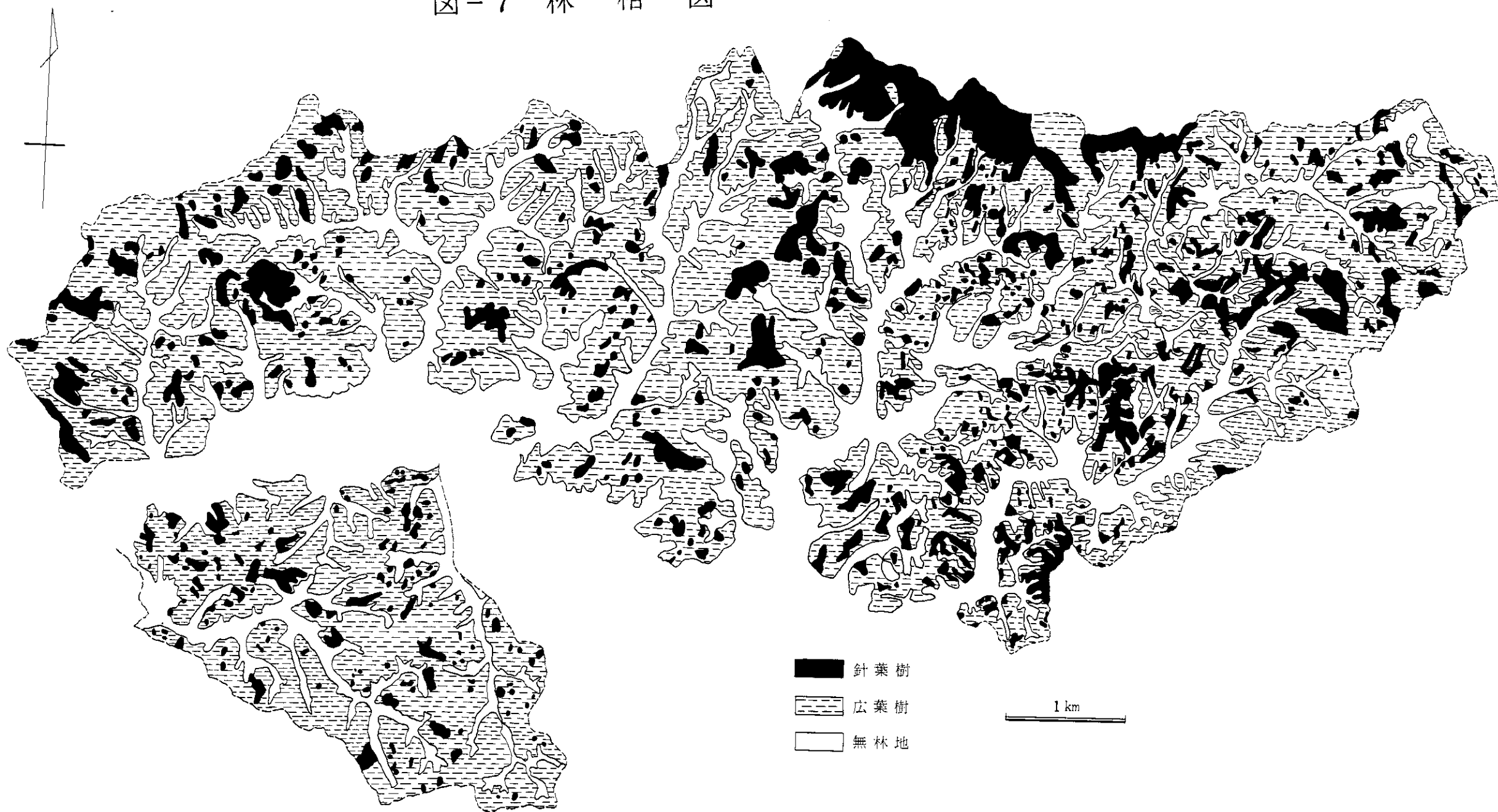
面積的には一部の流域を除いては、表-7のごとく、コナラ・クリを主とした雑木林が70~80%を占めてもっとも多く、ついで、アカマツ林の9~20%、混交林がこれにつづき、竹林・草地は少ない。もっとも広い面積を占める雑木林は短期の伐採がくり返され、壮令林と認められる林分は少なく、とくに加茂町地域の里山地帯では樹高も低く、ヤマツツジ、ツクバネウツギ、ヤマウルシ、テリハノイバラなど陽性の種を伴う疎林状態のものが多い。植生調査の結果から分類組成表に作成し、五つの植生区分に分類してみると表-8(1)~(5)のごとくなる。

植生区分別の組成種および土壌の内容はつぎのとおりである。

#### 1) アカマツ壮令林 (写真-8参照)

アカマツを林冠群とし、2~3層の階層が形成

图-7 林相图



表一 7 調査地林相表 (ha)

樹種	立										地					無立木地			合計										
	マ		サ		シ		ク		ス		セ		シ		小計	伐断地	竹林	草畑		未立木間	小計								
	0~10	11~20	21~	計	0~10	11~20	21~	計	0~10	11~20	21~	計	0~10	11~20								21~	計						
I	1.34	0.88	11.91	14.13	55.55	46.46	17.57	119.60	0	0	0	0	0.38	0.05	2.78	3.22	0	0	0.12	0.12	0.12	0.37	0	3.66	0.42	0	4.08	141.15	
II	7.94	3.34	26.08	37.26	122.09	21.75	10.00	153.84	0	0	0	0	0.29	0.33	1.14	1.76	0.46	0.23	0.66	0.99	1.93	3.85	0	1.27	0.25	0	1.52	195.37	
III	3.41	1.08	15.53	20.05	38.33	32.71	9.62	80.66	0	0	0	0	0	0	4.30	4.30	0	0	0.10	0.10	0.10	0.30	0	0.77	0.65	0	1.42	106.43	
IV	0.65	4.47	10.30	15.42	94.25	61.74	8.60	164.59	0	2.81	5.49	8.33	0.50	0.87	1.14	3.51	0	0	0	0	0	0	0	0	4.54	0.34	0.56	5.84	199.69
V	1.78	1.87	14.15	17.80	17.61	30.96	25.89	74.46	0.55	0.81	3.28	4.64	0.86	0	1.50	2.36	0	0	0	0	0	0	0	0	1.71	0.14	0	2.51	101.77
VI	6.65	1.29	19.60	27.54	81.48	112.03	67.72	261.23	0.26	0.78	4.82	5.88	3.37	0.81	3.36	7.54	0.09	0	0.81	0.90	3.03	3.93	0.98	7.53	0.05	0	8.56	311.65	
VII	4.46	0.40	22.70	27.56	81.50	114.60	48.19	244.69	0	0	0	0	2.57	0.03	4.25	6.85	0.15	0	6.61	6.76	285.88	0.02	2.30	11.90	0	14.22	360.10		
VIII	14.36	7.29	73.14	94.79	63.86	58.43	24.54	154.83	10.89	19.45	3.17	33.51	3.74	0.91	4.77	9.42	0.48	0.28	8.54	9.30	315.85	6.12	2.08	1.70	1.89	11.79	317.64		
IX	12.91	8.54	20.83	42.28	94.94	42.53	20.90	158.37	0	1.32	1.02	2.34	8.25	0.01	1.90	10.16	1.43	0	1.48	3.41	216.56	1.03	3.40	2.71	0.40	7.51	224.10		
X	23.27	5.76	22.70	51.73	136.79	161.90	74.28	414.97	9.68	15.92	15.97	41.57	13.66	0.11	7.38	21.18	0.71	0	2.69	3.40	532.85	22.53	10.73	10.88	0	14.14	576.99		
XI	15.33	1.85	13.10	30.28	156.85	83.49	11.64	253.96	23.67	7.87	1.45	32.99	1.25	0.24	3.04	4.53	0	0.20	0.31	0.51	322.29	0	5.67	3.90	0	9.57	331.86		
計	96.05	36.77	250.04	382.86	965.65	788.62	326.95	2061.22	45.07	48.99	35.20	129.26	34.87	3.40	38.46	76.73	2.94	0.73	21.82	25.49	2695.96	31.34	43.66	32.94	3.25	111.19	2806.75		

表-8(1) 植生区分表(優占度)

階層	区分	アカマツ社合林						総合優占度	常在度
	調査地	畑 轄		湯屋谷		神 原			
	方形区番号	16	15	8	9	11 12	10		
	地 形	斜面上部 微凹		山復 微凹		微 凸			
土 壤	$B_D$	$B_D$	$B_D(I_m)$	$B_D$	$B_D$	$R$			
高木階	アカマツ		3	4	4	3	4	4357	V
	ウラジロガン	3						622	II
	コナラ	3						622	I
亜高木階	ソヨゴ	(1)	4	3	1	(+)		1827	V
	ネジキ	2	3	(+)	+	3	1	1621	V
	コナラ		3	+	+	3	2	1538	V
	タカノツメ			2	2		2	871	III
	ヤマボウシ	3	+		1			707	III
	リョウブ	1		1	(+)	2	1	541	V
低木階	ササ	4	3	2	3	5	2	4310	V
	ヒサカキ	3	4	4	2	+	4	4027	V
	ク	+		+	1	+	4	1125	V
	コバノミツバツツジ	+	2	3	+		1	999	V
	アセビ	2	1	1	1	2	1	913	V
	ツクバネウツギ	+	+	2	+	2		585	V
	クロモジ	+	+	2	+	+		297	V
	ヤマツツジ	+	1	1		1		250	IV
	コシアブラ	+	+	1	+			87	IV
草木階	チゴユリ	1	3	3		1	+	1412	V
	シンガシラ	1	+	+	+	1		170	V
	タチツボスミレ	1	1	+		+	+	170	V
	ヤブコウジ	1		+	+	+	+	89	V
	ヌスビトハギ	+	+	+				4	III
ツル	サルトリイバラ	+	+	1	+	+	+	91	V
	ヘクソカズラ			+	+			3	III

( )内は本来亜高木層を形成する種であるが、各地点では低木階にあったもの。

されるのが普通である。3~4mのコナラ・ソヨゴ・ネジキ・リョウブなどが亜高木層を形成し、それ以下の低木階にはクマザサ・ネザサなどのササ類が多く、ヒサカキ・コバノミツバツツジなどが認められる。さらに、チゴユリなど草本類が最下層を形成している。

この植生の土壌は、黒色団粒構造の発達した比較的厚いA層をもつ  $B_D$  型土壌である。加茂町地域の断面は若干未熟土の様相を呈す。南加茂では赤色土壌が認められる。



写真-8 アカマツ社合林

表—8(2) 植生区分表(優占度)

階層	区 分	コナラ—クリ低木林									総合優占度	常在度
		調査地	畑 鴨		大 竹		岩 倉		大 竹			
		方形区番号	17	19	1	5	13	4	18	2		
		地 形	下部平衡	中部凹	上部凹	下部平衡	中部平衡	上部凹	中部凸	上部凸		
土 壤	$B_E$ 崩	$B_D$ 崩	$B_D$	$B_D$	$B_D$ 浅	$I_m(B_D)$	$I_m$	$I_m$				
低木階	コナラ	4	4	4	3	3	2	3	3	4438	V	
	クリ	3	1	+	2	5	+	2	2	2284	V	
	ササ		4	5	4	4	1	5	2	4812	V	
	ヒサカキ	+	2	2	3	1	3	2	3	2126	V	
	ヤマツツジ	+	+	3		2	2	2	3	1596	V	
	ツクバネウツギ		+	+	3	1	3	+	2	1222	V	
	イヌツゲ		+	+	1	+	3	+	2	755	V	
	コバノミツバツツジ			2	2		+	2	1	720	IV	
	アカマツ			+	1	+	3		+	535	IV	
	ネジキ			2	+	+	2		1	502	IV	
	テリハノイバラ						2	+	2	438	II	
	ナラカシワ	2	2							430	II	
	アセビ			+	1	+	2	1	1	408	IV	
	マルバハギ	2		1	+	+	+	1	+	348	V	
	リョウブ				2		1			281	II	
	ヤマウルシ	1		+	1	+	1	1	+	253	V	
ソヨゴ		+		+		+	+	1	67	IV		
草本階	ススキ	2				2	3		3	1375	II	
	シシガシラ	1			4	3		+		1313	II	
	チゴユリ				4		3			1250	II	
	ウラボシ						3	1		531	II	
	クチツボスミレ				2		2		1	506	II	
	アキノキリンソウ				1		2		2	500	II	
	ワラビ	2	+		+		1	+	1	347	IV	
	ノギラン				1	+			2	282	II	
	ヤブコウジ			+	1	+			+	66	II	
アリノトウグサ				1	+				63	II		
ツル	フジ	4	3		+			2		1470	IV	
	クズ		3					+		470	II	
	ミツバアケビ		+		2	+				221	II	
	サルトリイバラ		1	+	1		+	+	1	191	IV	

ii) コナラ—クリ低木林(写真—9参照)

樹高2~3mのコナラ・クリ・ヤマウルシなどが混然と生立し、これに連続して下層に、ヒサカキ・ササ類・ツクバネウツギ・ヤマツツジが密生し、いわゆる雑木の低木林を形成している。田畑に接した斜面の裾では、しばしば刈払いが行なわ

れるようであり、ナラカシワが侵入している(No. 17, 19)。

土壌は、崩壊の少ない地域(No. 17)や斜面(No. 5)(いずれも図—2参照)では褐色森林土が認められるが、加茂町地域の崩壊ひん発地ではほとんどが未熟土壌である。一部No. 13のごとき

表一8(3) 植生区分表(優占度)

階層	区 分		草 地			常 在 度
	調 査 地		西 谷		総 合 優 占 度	
	方 形 区 番 号		6	7		
	地 形		段 丘 中 腹	段 丘 中 腹		
土 壤		$I_m$	$I_m$			
低 木 階 層	ヌ ル デ	3	4	5000	V	
	サ サ	4	3	5000	V	
	テリハノイバラ	3	2	2750	V	
	ナラカシワ	2	2	1750	V	
	ツクバネウツギ	2	2	1750	V	
	ヤマツツジ	2	+	880	V	
	コ ナ ラ	2		875	V	
	ア カ マ ツ	1	1	500	V	
草 本 階 層	マルバハギ	1		250	IV	
	ヒ サ カ キ	1		250	III	
	ス ス キ	4	5	7500	V	
	ナキリスゲ	2	3	2750	V	
	オカトラノオ	3		1875	III	
ツ ル	ワ ラ ビ	+	1	255	V	
	シシガシラ	1	+	255	V	
	ウラジロ	1		250	III	
ツ ル	ミツバアケビ	3	3	3750	V	
	ヘクソカズラ	3	3	3750	V	
	サルトリイバラ	1	+	255	V	

$B_D$  型土壌の場合もあるが、A層は薄く、判然とマサ風化土層に接している。



写真一9 クリーコナラ低木林

表一8(4) 植生区分表(優占度)

階層	区 分		ツル植物優占地
	調 査 地		
	方 形 区 番 号		
	地 形		
土 壤		$B_D$ (浅)	
低 木 階 層	テリハノイバラ		3
	ネ ザ サ		2
	ツクバネウツギ		2
	ク リ		1
	ナラカシワ		+
草 本 階 層	ス ス キ		2
	ナキリスゲ		2
	ヤブコウジ		2
	ワ ラ ビ		+
ツ ル	アキノキリンソウ		+
	ク	ズ	5
ツ ル	フ		3

表一8(5) 植生区分表(優占度)

階層	区 分		せき悪林
	調 査 地		
	方 形 区 番 号		
	地 形		
土 壤		$I_m$	
低 木 階 層	ア カ マ ツ		3
	ヒ サ カ キ		2
	マルバハギ		1
	ア セ ビ		1
	ヤマツツジ		1
	コバノミツバツツジ		+
	シャジャンボ		+
	ソ ヨ ゴ		+
草 本 階 層	ツクバネウツギ		+
	ス ス キ		+
	ウラジロ		+
	アキノキリンソウ		+
	ノギラン		+
アリノトウグサ		+	

### iii) 草 地

スキが優占し、ミツバアケビ・ヘクソカズラなどの植物が多い。木本類はヌルデ・ナラカシワ・テリハノイバラと一段と陽性なものが多く、いづれも樹高は1m内外の低いものである。

土壌は古い段丘上の植質な、厚いマサ風化土層



をもった未熟土壌である。なおここであげた草地は、古い段丘というやや特殊な立地に生立するものであり、特に土壌については、上記土壌が調査地域内の草地土壌を代表するとはいいがたい。

#### IV) ツル植物優占地 (写真-10参照)

ササ類・ツクバネウツギなどたけの低い木本類に、クズ・フジが一面におおっており、加茂町の大竹・南加茂などの里山にしばしばみうけられる。

土壌はマサあるいはマサ風化土の上に、黒色膨軟な浅いA層が直接のっている土壌であり、A層—下層の境界は画然としている。



写真-10 ツル植物優占地

#### V) せき悪林

たけの低くなったアカマツ・ヒサカキ・ヤマツツジ・シャシャンボ・マルバハギおよびトダンバなどがあるが、おのおの量は少なく、植生は貧弱である。加茂町大竹川上流および穴道町界のやせ尾根にみられた。

土壌はきわめて薄く、A層が発達する場所もあるが、多くの場合、マサ風化土層あるいはマサが直接地表に露出している。

林木の樹令はさきへのべたごとく、一般に低く、特に広葉樹の雑木林では短期の芽ばえ、更新による取扱いが多いため、表-7のごとく樹令10年未満、10~20年、21年以上の3段階に分けた場合、二、三の地区を除いては10年までの林分が多い。針葉樹林では、比較的21年以上の林分が多いようである。調査地域全体としては東の大東町は一般に樹令が高く、加茂町では低い。各地区では一般に上流部で樹令が高く、下流部で低いようである。

#### 3.2 調査地林木の根系

根系の発達程度は樹種・樹令・土壌・地形等に大きく影響される。調査地域内で測定した根系に

もかなりのバラツキが認められるが、樹種別・表土層の深さ別・樹令別に整理すれば表-9のごとくである。各樹種のうち、アカマツは針葉樹のなかではもっとも分布も広く、深根性であるので、1グループとし、アカマツ以外のものは針葉樹、広葉樹とも一括して検討してみた。

##### i) アカマツ

表土層1m以内の場合には樹令10年未満でも一般に垂下直根は表土層の深さ、あるいはそれ以上に深層風化層の中に侵入している(写真-11参照)。深層風化層といっても硬質なもの、軟弱なもの多様であって、軟弱な風化層ではある程度侵入する。根系の水平的広がり、一般に斜面の上下方向に長く、下方根で70~120cm、上方根で40~150cm、左右方向でそれぞれ30~40cmと短い、極端に表土層が浅い場合には左右方向に100~120cmに達する。

樹令が10年をこえると垂下直根は表土層より深く侵入する。上下方向で130~350cm、側方向で120~200cm程度に達する。左右方向の広がりには上下方向の広がりよりは短い(写真-12参照)。

表土層1m以上のところで樹令10年以下では垂下直根は1m以上になることはほとんどなく、表土層1m以下の場合と同様である。上下方向へは15~80cm程度となる。

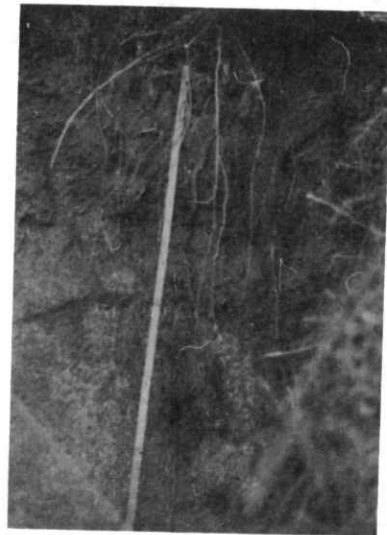


写真-11 アカマツの根系(8年生)  
直根はマサ土層に貫入している。

表 - 9 根 系 調 査 表

樹 種	表土層の深さ cm		樹 令 年		樹高 cm	根元径 cm	根 長 cm			
	垂下	上方	下方	側方						
アカマツ	1m未満	60	10年以下	10	135	2.5	115	60	60	—
		80	10	10	130	3.0	90	80	150	—
		20	7	110	3.5	80	—	80	—	30
		90	8	120	2.5	100	70	—	—	30
		90	5	60	1.5	60	120	80	—	—
		40	7	130	2.0	70	70	50	—	—
		15	10	220	6.0	60	—	40	120	—
		50	11年以上	30	1000	25.0	80	—	350	200
		50	15	600	12.0	250	130	250	120	—
		1m以上	150	10年以下	10	100	8.0	55	30	20
	160	4	60	1.0	20	35	20	20	20	
	200	8	200	4.0	200	80	200	80	80	
	150	11~20年	13	350	6.0	180	300	300	—	
	150	12	250	6.0	150	120	45	150	—	
	150	21年以上	30	700	14.0	160	180	60	250	
	150	30	250	8.0	120	120	90	170	—	
	180	50	1500	35.0	—	—	800	—	—	
	180	40	1200	20.0	180	—	—	—	—	
	140	46	2500	30.0	200	180	250	400	—	
	160	40	—	32.0	220	400	260	450	—	
ナヒササカ サカタ メヤシ ヒメヤシ カハ ハナ ノミ スソ ヤク コサ ツク クノ カコ ナカ アク クソ カヒ ミツ ノミ ミツ ヒス ネク クナ スナ スナ	1m未満	15	10年以下	5	100	2.0	15	40	50	—
		50	8	120	1.5	30	50	50	—	—
		30	7	350	4.0	30	100	200	150	—
		60	8~10	550	5.0	40	—	300	300	—
		60	8	500	4.0	60	100	50	180	—
		20	8	70	2.0	20	40	60	70	—
		15	8	200	1.8	20	40	100	60	—
		15	5	100	2.0	15	40	50	—	—
		20	9	600	9.0	20	—	250	200	—
		20	10	60	1.5	15	100	—	—	—
	80	7	130	2.0	—	70	60	50	—	
	50~100	11~20年	15	250	6.0	40	120	45	150	
	50~80	15	800	10.0	40	—	450	500	—	
	70	15	450	9.0	120	100	250	150	—	
	70	20	110	—	30	250	150	—	—	
	40	12	600	5.0	40	100	—	60	—	
	40	12	250	2.0	20	25	—	50	—	
	70	15	700	12.0	60	300	300	—	—	
	50~70	15	600	17.0	50	300	300	300	—	
	20	19	700	9.0	20	350	330	400	—	
	20	17	500	9.0	—	100	250	150	—	
	40	21~30年	20<	190	—	30	250	150	—	
	50	20<	200	10.0	50	120	150	100	—	
	40	20<	250	3.5	40	—	100	200	—	
	70	23	700	11.0	60	300	300	250	—	
	40	23	250	8.0	—	250	120	40	—	
	40	25	400	8.0	100	300	160	200	—	
	40	22	700	13.0	40	80	300	300	—	
	20	30	—	17.0	—	200	200	200	—	
	80	25	700	15.0	60	200	160	150	—	
1m以上	150	10年以下	10	250	3.0	30	120	80	—	
160	8	200	4.0	70	60	78	75	—		
180	7	300	2.5	40	80	60	—	—		
180	10	420	7.0	40	120	80	50	—		
200<	6	350	4.0	50	130	260	120	—		
150	11~20年	15	700	15.0	150	300	400	300		
150	15	700	12.0	150	250	200	—	—		
160	15	550	8.0	50	240	—	230	—		
180	15	220	2.5	30	70	—	—	—		
200	15	1200	8.0	180	—	280	—	—		
150	13	100	4.0	150	80	—	100	—		
150	21年以上	50	150	30.0	130	150	200	130		
150	30	90	1.0	150	—	—	200	—		
200	35	—	43.0	150	—	350	300	—		
200	25	300	12.0	60	200	—	200	—		



写真一12 アカマツの根系(15年生)  
上下方向の発達が良い。

11~20年のものになると垂下直根は表土層が深くても表土層を貫通し、深層風化層に達する。また深層風化層が軟弱な場合、あるいは節理が発達している場合にはこれに貫入することもある。上下方向へは50~300 cm, 側方向へは60~150 cmである。

20年をこえるものの垂下直根は11~20年のものと同様に表土層を貫通し、軟弱な深層風化層にまで発達する(写真一13参照)。



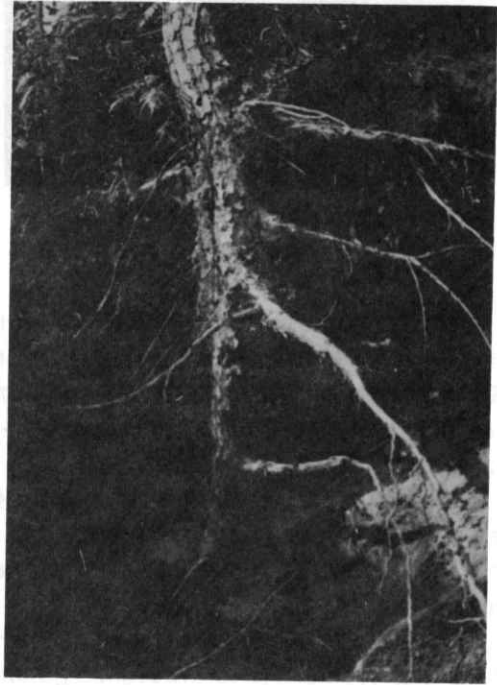
写真一13 アカマツの根系(30年生)  
垂直, 水平方向ともによく発達している。

水平的な根系の発達も20年未満のものに比較してより長大となる。水平的には上下方向へ60~800 cm, 側方向へは50~450 cmとなる。

#### ii) アカマツ以外の樹種

まず表土層1 m以内の場合を整理してみる。

樹令10年未満のものについて測定した樹種のなかではヒメヤシャブシがもっとも深く発達しており、15~60 cm, 斜面の上下方向へはヒメヤシャブシ・サワラ・ノグルミ・ミツバツツジ等が比較的良好に発達しており、上方へ40~100 cm, 下方へ50~300 cmとなっている。左右方向へはヤシャブシ(写真一14参照)・ヒメヤシャブシ・サクラ・ノグルミ等がよく発達しており、50~300 cm程度である。



写真一14 ヤシャブシの根系(15年生)  
とくに水平方向の発達が良い。

樹令11~20年の調査したものの中ではクヌギ・ナラの垂直根, 水平根がもっとも発達しており(写真一15), 深層風化土層に達するものもあるが、クヌギ・ナラ以外では浅い。根の深さは30~120 cmで、上下方向へは25~450 cmである。

樹令21年以上では鉛直方向への根系の深さは樹令11~20年とほぼ同様であるが、側方向への発達は著しく、30~300 cmである。



写真-15 ナラの根系(15年生)  
多数の中径根がみられる。



写真-16 ネムの根系(15年生)  
垂直、水平方向ともによく発達している。

つぎに表土層1m以上についてみると、樹令10年未満では、一般に表土層1m以下と同様で、根系はあまり発達していない。鉛直方向へは30~70cm、上下方向へは60~260cm、側方向へは40~120cmである。

樹令11~20年では、根系の鉛直方向へも深く発達し、深さは30~180cmで、マサ土層に達するものもある。上下方向では70~400cm、側方向へは300cm程度である。

樹令21年以上になっても大体11~20年と同様であり、垂直方向の深さは60~130cm、上下方向へは150~350cm、側方向へは130~300cmである。

以上各樹種について表土層の厚さ別・樹令別の根系の発達程度を調査したが、アカマツ・クヌギ等の深根性の樹種でもやはり、樹令が約10年以上に達しないと、それほど垂下根は発達していない。また、表土層が浅い場合には深根性の樹種はある程度表土層以下にまで根系は発達するが、その他の樹種ではやはり表土層の深さまでしか発達しない。

根系の鉛直的深さでは、アカマツ・クヌギ・ネ

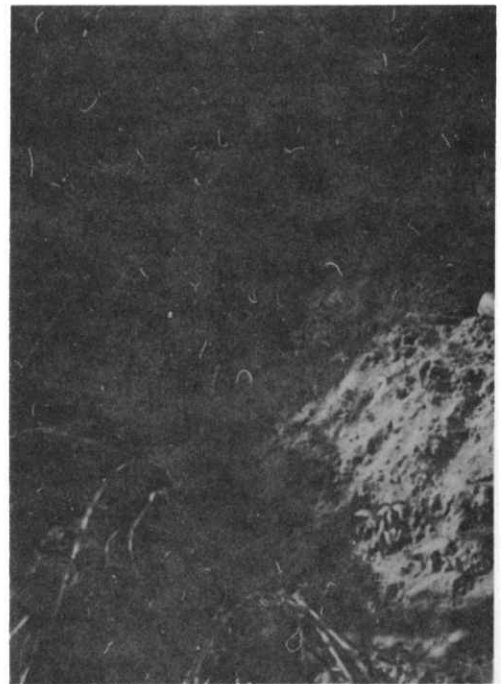


写真-17 ニレの根系(15年生)  
とくに垂直方向の発達がよい。

ム・ニレ・スギ等がよく発達しており（写真—16, 17参照），水平的広がりではクスギ・ネム・ニレ・スギ・ヒメヤシバシ・ノグルミ・カエデ・ソヨゴ・カシ・アカマツ等がよく発達している。浅根性の樹種では水平的な根系の広がりには表土層の深さにはあまり関係なく，樹令による影響の方が大きいようである。

### 3.3 林相と崩壊との関係

崩壊発生に対する植生の影響については，従来からその功罪が論ぜられているが，山地の崩壊は森林との関係だけでおこるものでなく，降雨・地質・地形・土壌・地被状態などの関係因子の総合された結果として発生するので，調査した山地荒廃現象と森林との関係だけをとりだして厳密に論ずることはできない。

しかし森林の崩壊防止機能としては従来，つきのごとく考えられている。

- i) 地表面の森林被覆物（樹冠および枯枝落葉類）が地表水の集中するのを妨げて，表土はく落型の崩壊を防止する。
- ii) 根系の貫入は土壌を傾斜方向にも重力方向にも支持し，風化表層土の強度を増加させて，ある程度の深さの滑落型崩壊を防止する（写真—18参照）。
- iii) 地上の樹冠部は一度崩落した土塊をささえ，崩落土の破壊力による崩壊の拡大を防止する。

等の諸点がまず考えられ，このほかにも森林土壌の良好な理化学性が崩壊を防止する，森林が地面の亀裂発生を防止するなどの諸説もある。

しかしこれらに反対する論拠もないわけではなく，

- i) 森林土壌の透水性は良好なため，かえって



写真—18 崩壊に抵抗する壮令木

土層が飽和状態になりやすく崩壊の危険度をます。

- ii) 森林はその重量だけ表土にかかる荷重をまし，重心を上昇させて表土を不安定とする。
- iii) 風が強い場合は，樹木をゆり動かし風倒によって崩壊を誘発する。

として森林の崩壊防止機能を否定している。

森林が崩壊を助長せしめるという説のうち，

- i) については，その結果として発生するはく落型の崩壊は浸透水が大きな問題であることには異論はないが，ただ浸透水が多いというだけでは簡単に崩壊を促進せしめると判断することは疑問であり，ii) についても，林木の重量はその土壌の深さ1 mとして，土壌重量の約3%程度に過ぎず，重量の点を問題にするならば，大雨による土壌の含水率10%の増加は土層重量の10%増加であり，森林の重量より含水率増加の重量が問題になってくる。また，安蔵博士のすべり面を考えれば山脚付近の林木の荷重は受働すべり面の形成を妨げ，山脚の林木はその重量よりもむしろ，林木の根系が浅い受働すべり面を貫通してすべりを阻止する効果が大であると考えられる。iii) についても，たしかに風倒に起因する崩壊は発生するが，一般に樹木が林を構成している場合には幹折れが多く，疎林または単木的に存在する場合には根倒れが多くなるようで，今回の調査でもがけ上の単木の根倒れによる崩壊がみられるが，崩壊面積としては小面積にかぎられるようである。こう考えると経験的評価の集積としての森林有効説はかなりの確率をもっているとしても過言ではなからう。

今回の調査では，林地の樹種別立木地，無立木地の面積は表—7のごとくで，この各林相別の崩壊個所数および崩壊面積は表—10で示される。またこの各林相別の単位面積あたり崩壊個所数および崩壊面積は表—7と表—10の結果から表—11のごとく示される。これらの表の結果からみると，各林相別面積には大きな差があるので厳密にはいえないとしても，立木地の単位面積あたりの崩壊個所数および崩壊面積は無立木地よりも小さく，それだけ立木地は無立木地よりも崩壊の発生は少なかったといえる。無立木地でも，伐跡地はその他の無立木地と比較して崩壊の数および面積が小さくなっているが，これはいまだ伐採木の根系が原形をとどめている影響と考えられる。

樹種による崩壊に対する影響は，対象とした樹

表-10 各地区別林相別崩壊個所数, 崩壊面積 (m<sup>2</sup>)

地区No.	林相	立 木 地						無 立 木 地					合 計	
		マ	ツ	混	交	ス	ギ	ヒ	ノ	キ	計	伐跡地		竹林
I	個所数	7	102	0	1	0	110	0	4	0	0	4	114	
	面積	1325	14925	0	225	0	16475	0	325	0	0	325	16800	
II	個所数	23	128	0	1	0	152	0	0	0	0	0	152	
	面積	3350	25050	0	150	0	28550	0	0	0	0	0	28550	
III	個所数	13	42	0	2	0	57	0	1	1	0	2	59	
	面積	2350	6900	0	200	0	9450	0	100	100	0	200	9650	
IV	個所数	6	139	6	0	0	151	0	1	0	1	2	153	
	面積	950	29475	1175	0	0	31600	0	200	0	300	500	32100	
V	個所数	12	63	6	2	0	83	0	0	0	0	0	83	
	面積	1350	8875	800	400	0	11425	0	0	0	0	0	11425	
VI	個所数	31	154	7	4	0	196	1	5	0	0	6	202	
	面積	4950	26575	1025	475	0	33025	100	425	0	0	525	33550	
VII	個所数	5	141	0	2	3	151	0	4	8	0	12	163	
	面積	975	27400	0	425	450	29250	0	775	1225	0	2000	31250	
VIII	個所数	33	53	7	4	1	98	2	4	1	4	11	109	
	面積	4375	6000	575	325	275	11550	725	800	125	850	25000	14050	
IX	個所数	12	113	1	0	1	127	2	2	16	2	22	149	
	面積	2625	21725	50	0	150	24550	375	450	1625	700	3150	27700	
X	個所数	15	85	4	4	0	108	7	9	23	0	39	147	
	面積	2525	10700	525	600	0	14350	1675	1300	3325	0	6300	20650	
XI	個所数	17	105	23	5	0	150	0	4	6	0	10	160	
	面積	2800	14575	3750	750	0	21875	0	600	1000	0	1600	23475	
計	個所数	174	1125	54	25	5	1383	12	34	55	7	108	1491	
	面積	27575	192200	7900	3550	875	232100	2875	4975	7400	1850	17100	249200	

表-11 林相別単位面積当りの崩壊個所数, 崩壊面積

林 相	立 木 地						無 立 木 地					総平均		
	マ	ツ	混	交	ス	ギ	ヒ	ノ	キ	平均	伐跡地		竹林	草地
個所数/km <sup>2</sup>	45.44	54.05	41.77	32.58	19.61	51.31	38.28	77.89	166.9	215.3	97.13	53.12		
面積 ha/km <sup>2</sup>	0.72	0.92	0.61	0.46	0.34	0.86	0.92	1.14	2.25	5.69	1.54	0.89		

種ごとの占有面積そのものが異なるので厳密にはいえないが、林令構成を無視すれば、ヒノキ、スギ、アカマツ、雑木の順に単位面積あたりの崩壊数、面積ともに多くなっている。

林令による崩壊に対する影響は、つきのごとくである。アカマツ、スギ等の立木地の林相を、0~10年、11~20年、21年以上に分けた場合、各地区の崩壊個所数および崩壊面積は表-12のごとく

なり、さらに各林令別の単位面積あたり崩壊個所数および崩壊面積を全地区についてまとめると、表-13のとおりである。各林令別占有面積が異なるので、やはり厳密なことはいえないが、樹種構成を無視すれば、0~10年、11~20年、20年以上の林令構成の順に、単位面積あたりの崩壊個所数、面積ともに少なくなっている。

以上崩壊に対する樹種、林令による影響につい

表—12 地区別，林令別崩壊個所数，崩壊面積 (m<sup>2</sup>)

地区 No.	林令(年)				計
		0～10	11～20	21～	
I	個所数	58	35	17	110
	面積	9700	4050	2725	16475
II	個所数	109	22	11	152
	面積	19675	5475	3400	28550
III	個所数	30	15	12	57
	面積	4400	2875	2175	9450
IV	個所数	94	45	12	151
	面積	21075	8175	2350	31600
V	個所数	23	28	32	83
	面積	3200	3900	4325	11425
VI	個所数	85	66	45	196
	面積	13700	11475	7850	33025
VII	個所数	62	63	26	151
	面積	11300	13000	4950	29250
VIII	個所数	41	21	36	98
	面積	4350	2450	4750	11550
IX	個所数	94	23	10	127
	面積	17625	5100	1825	24550
X	個所数	58	38	12	108
	面積	7975	5000	1375	14350
XI	個所数	99	40	11	150
	面積	14250	6300	1325	21875
計	個所数	753	396	224	1383
	面積	127250	67800	37050	232100

表—13 林令別単位面積当りの崩壊個所数，崩壊面積

林令	0～10	11～12	21～	平均
個所数/km <sup>2</sup>	66	45	33	51
面積 ha/km <sup>2</sup>	1.1	0.8	0.6	0.9

てのべたが、もちろん、森林といえども山体全部に比較すれば、ごく表層に限られ崩壊の原因が森林の崩壊防止能力をこえる際には当然崩壊を発生するが、この森林の崩壊防止能力は主に根系の抵抗力によるものと考えられる。根系の抵抗性は樹種、樹令によって異なるであろうが、1例として兵庫県林業試験場で昭和39年に行なわれた樹木をアンカーとして利用した「スカイライン・アンカー強度試験」(現地適用試験)によれば(表—

14)、スギ・アカマツ・ヒノキ・雑木ではスギ・アカマツがかなりの強度をしめし、ついでヒノキ・雑木がもっとも抵抗強度は小さい。また、樹令に代わるものとして根の直径による違いでは、直径35 cmの根径のスギ・アカマツは、直径20 cmのものに比較していちじるしく強度を増している。根径と樹令の関係は樹種によって異なるので、表—14に概略の樹令を付記した。この試験は地質的には同じく風化花崗岩類地帯で行なわれた試験で

表-14 樹種別、根径別最大平均強度 (ton)

樹種	根径 20 cm		25 cm		30 cm		35 cm	
	強度	%	強度	%	強度	%	強度	%
樹令 スギ	—		3.0		3.5		5.0	
	3.77	100	6.26	100	8.74	100	10.57	100
樹令 アカマツ	2.5		3.0		3.5		—	
	4.46	112	6.02	96	7.57	87	9.13	86
樹令 ヒノキ	—		3.0		4.5		5.5	
	3.74	99	4.88	78	6.03	69	7.17	68
ザツ (萌芽更新)	2.60	69	—	—	(6.00)	69	4.20	40

あるので、今回の調査地と同様の傾向を示すものとみてよいのではなからうか。これによっても森林の崩壊に対する影響による樹種による差、あるいは樹令による差等はその林木の根系の発達と密接な関係があるといえよう。

根系の発達状態を調査した結果は表-9のごとくで、樹令の低い雑木林のミツバツツジ、コナラ、ソヨゴなどにくらべて、アカマツ社合林の方が根系の発達は良好で、それだけ崩壊に対する抵抗性をもっていると考えられる。ただし、表土層の浅い場合にはヒメヤシブシ、ハンノキ等の林相でも抵抗性はよく、表土層が厚い場合にはやはり、アカマツ、クスギ、ナラ等の深根性の樹種の方がより抵抗性を有していると考えられる。

#### 4. 土壌からみた崩壊

##### 4.1 調査地の土壌

加茂町地域の土壌はほとんど全域が花崗岩類を母材とし、わずかに大竹および神原、三代の西縁部に安山岩母材の土壌がみられる。

加茂町の花崗岩類母材の地域は海拔高度が低く(200m以下)、起伏量の小さい丘陵地形で、ほとんど例外なく深層風化土層(マサ上層)を伴っており、土壌は全般に未熟土と称した方がよいものが多いが、図-5に示したこの地域の地形の特徴を反映して、出現する土壌の様相も異なる。すなわちaの山地帯に接する谷頭部分の土壌は、新しい浸食が顕著でない場合には、山地の崩壊部が残っていて土層が厚く、これと逆に主谷の新しい浸食が進んでいる場合には土層は浅い。出現する土壌型<sup>注1)</sup>はB<sub>D</sub>で、これより湿性の土壌はみられず、また未熟土の様相もそれほど顕著ではない。b-1, cに示した支谷の谷底堆積物、段丘堆積

物のみられる個所の土壌は、マサ上層までの土層が深く数mにおよび、土壌化が進めばB<sub>D</sub>型土壌となっている。b-2, b-3に示した急崖、急斜面では上層が浅く、マサ土層までの深さが1m以内で、土壌化の進んでいない未熟土となっている場合が多い。丘陵の上部緩斜面ではB<sub>D</sub>(d)~未熟土が出現し、全くせき悪林地化している個所もある。土層は一般に浅い。このほかに、主谷下流の残丘上の洪積層の最表層部に赤色土がみられる(神原 profile No. 10, 西谷 profile No. 6, No. 7)。石英安山岩地帯の土壌は、未風化の石れきを多く含み、腐植が深くまで混入している適潤性褐色森林土である。

大東町地域のうち西半分は、加茂町の花崗岩地帯と同様な土壌の出現様式を示すが、畑鵜一帯の大東町東半分では、花崗岩類母材ではあっても、マサ土層はみられず、石れきを多く含む土壌になっており、しかも熟成した褐色森林土がみられる。

##### 4.2 土壌と崩壊との関係

###### 4.2.1 土壌の断面形態

調査した土壌断面の位置は図-2に示し、断面形態の特徴は表-15に表示した。<sup>注2)</sup>

土壌断面の設定個所はできるかぎり崩壊個所上縁の残存部とし、土層は可能なかぎり深く掘ることとした。

先にのべたように崩壊が多発しているのは、丘陵地形の花崗せん緑岩マサ地帯であるから、土壌調査の重点をこの地帯におき、これと対比させる意味で、マサを伴わない花崗岩地帯、石英安山岩地帯に若干の点をおとして、土壌断面の調査を行った。

Profile No. 2~14と18が花崗せん緑岩マサ



地帯に設定した断面で、このうち Profile No. 5 は対照のために崩壊の発生していない個所をとったもので、丘陵地帯に一般にみられ、しかも崩壊の起こっていない斜面の、中央部付近を選んで設定した。Profile No. 1 は大竹の石英安山岩地帯と花崗岩地帯の接触部にとったもので、石英安山岩の影響が大きい。Profile No. 15~17 は畑鶯のマサを伴わぬ花崗岩地帯に設定したものである。

崩壊の多発している花崗せん緑岩マサ地帯の地形の特徴については図-5 に示し、これらの地形の特徴に対応する崩壊の形については前項で述べたが、このうちの主要なものについて調査した土壌断面の形態的特徴は次のとおりである。

a の谷頭の斜面基部の地形に対応するものは Profile No. 9 で、丘陵地形を刻む小さな谷の谷頭、集水部の凹形斜面で、土壌は未熟土の様な相が多少うすれる。マサ土層までの土層はかなり深く(70~80cm)、根系も深くまで侵入している。しかも石れき含量が少なく、堅密度は比較的やわらかい。崩壊部分はドーム状の谷頭の最奥部に扇状にひろがっていて、傾斜変換部から下方の土層が崩壊し、上木のアカマツの高令林も根こそぎ押し流され、それが崩壊を大きくしている原因にもなっている。

a の斜面基部の崩壊に伴って発生した、山地地形斜面上部の崩壊地にみられる土壌断面は Profile No. 1 で、谷頭の長大な凹形急斜面を削った大崩壊である。このような長大な崩壊面をただ一つの土壌断面で代表させるのは適当でないうらみはあるが、一応他の崩壊地と同様上部縁辺部に設定したものである。地形的には完全な山地地形で、土壌は未熟土という様相はあまりなく、腐植が深くまではいっており、安山岩の角れきを多く含み、丘陵地形にみられる土壌とは明らかに異なる。土性はかなり埴質で、この点でも花崗岩母材の他の土壌とは異なる。この地帯は崩壊に対する抵抗性はむしろ強いと考えられ、実際に崩壊ひん度も低い、谷頭斜面基部の大きな崩壊のために、下方の支持を失って併発的に滑落崩壊したもので、地形がけわしい長大斜面であるために、崩壊の規模が大きくなったものと考えられる。なお大平山一帯の山地にみられる大崩壊も、Profile No. 1 と類似の性状のものであろうと思われる。

b-2 の地形を代表するものは Profile No.

13 であり、傾斜が 40° を越し、しかも土層が非常に薄く、腐植がかなり多くはいつても、A C 土層(明りよな B 層の発達がなく、A 層および C 層からなる土層)になっているものもある。したがって植木の根系の伸長範囲が極端に限定され、板状のブロックになった根系とうすい土層が、マサ土層の面を境にしてはく落している。この型の崩壊は極端な急斜面であることが最大の誘因であろう。

b-3 の代表断面は Profile No. 3 で、丘陵地形の頂部が瘠悪化してわい生のアカマツが散生しており、斜面中部の傾斜変換点から崩壊している。崩壊地の上縁に設けたこの断面の土壌は未熟土で、土色は表層で 10 YR %<sup>注 3)</sup>(灰黄褐色)と淡く、腐植の混入の少ないことを示し、構造もほとんど発達していない。マサ土層までの土層はかなり厚く 1 m 以上あり、崩壊面ではこの土層が崩落して部分的にマサ土の面が露出している。したがってかなり大きな崩壊といえる。マサ土層の直上層である B<sub>2</sub> 層はかなり埴質である。

Profile No. 2, Profile No. 4 もこれと類似の形態を示すが、埴質な層を伴わない場合もある。

c の段丘地形の土壌断面は Profile No. 7 で、土層は深いが未熟土で、表層から明橙褐色、構造もほとんど発達していない。土性はマサ土層の上にかなり埴質な土層(Ⅱ, Ⅳ層)があるのが特徴的で、Ⅱ層以下にみられる石れきは腐朽れきである。段丘堆積物底面の腐朽れき層が崩壊面に残存している部分があり、この面付近が崩落面になったことを示している。

Profile No. 10(写真-19)は赤色土の代表断面であるが、洪積層の堆積物は薄く、図-5 の C に示した地形の特徴もそれほど顕著ではない。B 層は 2.5 YR 4% (赤褐色)で、A, B 層ともかなり埴質で、赤色土の特徴が明りようである。

以上崩壊多発地の地形の特徴に対応する土壌断面形態の特徴についてしるしたが、これらと対比させるために設定した安山岩地帯、マサ土層を伴わない花崗岩地帯の土壌断面形態の特徴は次のとおりである。

Profile No. 19 は大竹奥の石英安山岩地帯に設定したものであるが、安山岩の角れきを非常に多く含む崩積土で、A 層は暗褐色で腐植に富み、団粒構造がよく発達し、B 層は厚く、腐植もかな

表 - 15 土 壤

Plot No.	土壌型	母材	海拔高 m	傾斜・方位	地形	崩壊型の型	層位	層厚	土色	腐植	土性
1	B <sub>D</sub>	Da (Gb)	220	35 S 66 E	山腹凹形 急斜面 (沢領)	a	A	40	7.5 YR ⅓	富含 含 含	CL
							B <sub>1</sub>	30	10 YR ⅓		C
							B <sub>2</sub>	20 <sup>+</sup>	10 YR ⅓		CL
2	I <sub>m</sub>	Gb	140	35 S 70 W	丘陵斜面 上部微凸	b-3	(A)	12	10 YR ⅓	含 含 乏 乏	SL
							B <sub>1</sub>	28	10 YR ⅓		SL
							B <sub>2</sub>	40	10 YR ⅓		SL
							(C)	20 <sup>+</sup>			
3	I <sub>m</sub>	Gb	120	20, 31 S 28 W	丘陵斜面 中腹微凸	b-3	(A)	5	10 YR ⅓	含 含 乏	SL
							B <sub>1</sub>	50	10 YR ⅓		SL
							B <sub>2</sub>	50 <sup>+</sup>	7.5 YR ⅓		C
4	I <sub>m</sub> (B <sub>D</sub> )	Gb	100	20, 18, 30 S	丘陵斜面 上部微凹	b-3	I	40	10 YR ⅓	含 含 乏	SL
							II	50	7.5 YR ⅓		CL
							III	60	7.5 YR ⅓		CL
							(C)	20 <sup>+</sup>			
5	B <sub>D</sub>	Gb	90	32 N	丘陵斜面 中部平衡	cont.	A	30	10 YR ⅓	含 乏 乏	SL
							B <sub>1</sub>	40	7.5 YR ⅓		C
							B <sub>2</sub>	30 <sup>+</sup>	10 YR ⅓		C
6	I <sub>m</sub>	Dg	110	30, 25, 35 S 40 E	丘陵(段丘) 斜面中腹 微凸	c	I	5	7.5 YR ⅓	含 乏 乏 乏	CL
							II	20	5 YR ⅓		CL
							III	25	7.5 YR ⅓		C
							IV	40	7.5 YR ⅓		C
							(C)	30 <sup>+</sup>			
7	I <sub>m</sub>	Dg	110	38, 23, 34 S 42 E	丘陵(段丘) 斜面中腹 微凸	c	I	50	7.5 YR ⅓	乏 含 乏 乏	CL
							II	5	7.5 YR ⅓		CL
							III	40	7.5 YR ⅓		C
							IV	70	5 YR ⅓		C
							(C)	20 <sup>+</sup>			
8	B <sub>D</sub> (I <sub>m</sub> )	Dg	150	28 S 42 E	丘陵斜面 中腹微凹	a	A	8	7.5 YR ⅓	含 含 乏 乏	SL
							B <sub>1</sub>	52	10 YR ⅓		SL
							B <sub>2</sub>	15	10 YR ⅓		SL
							BC	20 <sup>+</sup>	5 YR ⅓		SL
9	B <sub>D</sub>	Dg	130	37, 30, 40 N 78 W	丘陵斜面 中腹凹	a	A	8	7.5 YR ⅓	含 乏 乏 乏 乏	L
							B <sub>1</sub>	14	7.5 YR ⅓		L
							B <sub>2</sub>	26	7.5 YR ⅓		L
							B <sub>3</sub>	5	5 YR ⅓		CL
							B <sub>4</sub>	32	5 YR ⅓		L
							(C)	20 <sup>+</sup>			

\* 傾斜変換部をもつものは斜面上部から順に連記  
\*\* (C) はマサ土層

\*\* Cr: 団粒状, Gr: 粒状, Nu: 堅果状,  
Bk: 塊状, Ms: カベ状

断面の性状

石れき	構造	堅密度	水湿	根系		植 被	地区名		
				草 本	木 本				
大角 2	Cr弱 Gr弱	軟	潤	3	1	雑木林 コナラ, クマザサ	大 竹		
中角 2		堅	潤	1	1				
中小 1		○堅	潤	1	1				
小 2	Cr弱 Gr弱	やや堅	潤	2	2	雑木林	大 竹		
小 3		やや堅	潤					1	クリ, コナラ
小 3		堅	潤					1	ススキ
		○堅	潤						
小 3	Cr弱	やや堅	潤	2	2	せき懸林 アカマツ	岩 倉		
小 3		堅	潤	1	1				
小 2	Ms	○堅	潤	+	1				
小 3	Cr弱	やや堅	潤	+	2	雑木林	岩 倉		
小 2		やや堅	潤					1	クリ, コナラ
小 3		堅	潤					+	ススキ
		○堅	潤						
小 2	Cr弱	やや堅	潤	2	3	雑木林	岩 倉		
小 1		堅	潤					1	クリ, コナラ
小 1		○堅	潤		+				
小 2	Cr	軟	潤	3	2	草生地	西 谷		
中 1		堅	潤	2	2				
大 2		堅	潤	1	1	ススキ(ヌルデ)			
中 1	Ms	○堅	潤		+				
		○堅							
大 3	Cr弱	軟	潤	2	2	草生地	西 谷		
小 +		軟	潤					2	ススキ(ヌルデ)
小 1	Ms	堅	潤		1				
小 +	Ms	堅	潤						
		○堅							
小 1	Cr Nu. 弱	やや堅	湿	1	3	アカマツ高令林	湯屋谷		
小 2	Bk弱	堅	湿					2	
小 2	Ms	○堅	湿					+	
小 2	Ms	○堅	湿						
小 1	Cr	軟	湿	2	2	アカマツ高令林	湯屋谷		
小 1		軟	湿					2	
小 1		軟	湿					1	
小 1		堅	潤					+	
中小 2		軟	湿					+	
		○堅							

弱は土状構造発達程度の弱度なもの、○印はすこぶる堅

Plot No.	土壌型	母材	海拔高 m	傾斜・方位	地形	崩壊型	層位	層厚	土色	腐植	土性
10	R	Dg	40	26, 40 S 30 W	丘陵斜面 中腹微凸	c	A B BC (C)	20 45 20 10 <sup>+</sup>	7.5 YR 5% 2.5 YR 5% 5 YR 5%	含 含 乏	SL CL CL
11	B <sub>D</sub>	Dg	60	36, 40 N 10 W	丘陵斜面 上部微凸	b-2	A B <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> (C <sub>2</sub> )	10 20 30 10 30 <sup>+</sup>	10 YR 5% 10 YR 5% 7.5 YR 5%	含 含 含	SL CL CL
12	B <sub>D</sub> (d)	Dg	60	35, 40 N 10 W	丘陵斜面 上部微凸	b-2	A B C <sub>1</sub> (C <sub>2</sub> )	3 20 45 40 <sup>+</sup>	10 YR 5% 10 YR 5%	富 含	CL SL
13	B <sub>D</sub>	Dg	50	41 N 26 W	丘陵斜面 中腹平衡	b-2	A A (C)	16 14 20 <sup>+</sup>	7.5 YR 5% 5 YR 5%	含 含	L SL
14	B <sub>D</sub>	Dg	100	37 S 77 W	丘陵斜面 中腹平衡	b-2	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> (C)	5 16 20 <sup>+</sup>	7.5 YR 5% 7.5 YR 5%	富 含	SL SL
15	B <sub>D</sub>	Gb	270	29 S 62 W	山腹上部 微凹	cont.	A AB B <sub>1</sub> B <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	8 18 35 28 20 <sup>+</sup>	10 YR 5% 10 YR 5% 10 YR 5% 10 YR 5% 2.5 YR 5%	富 含 乏 乏	SL CL CL CL SL
16	B <sub>D</sub>	Gb	260	38 S 65 E	山腹上部 微凹	cont.	A AB B <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C	10 15 20 10 30 <sup>+</sup>	10 YR 5% 10 YR 5% 10 YR 5% 10 YR 5%	富 富 含 含	SL SL SL SL
17	B <sub>F</sub> (崩積)	Gb	230	40 N 42 E	山腹下部 平衡	cont.	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> AB	33 28 40 <sup>+</sup>	10 YR 5% 10 YR 5% 7.5 YR 5%	含 含 含	SL SL SL
18	I <sub>m</sub>	Gb	150	37 S 82 E	丘陵斜面 中腹微凸	b-3	I II III (C)	8 30 10 10 <sup>+</sup>	7.5 YR 5% 10 YR 5% 7.5 YR 5%	含 含 含	SL SL SL
19	B <sub>D</sub> (崩積)	Da	210	31 N 76 E	山腹微凸	cont.	A B	24 60 <sup>+</sup>	10 YR 5% 10 YR 5%	富 含	CL C

石れき	構造	堅密度	水湿	根系		植 被	地区名	
				草 本	木 本			
中 1	Cr	やや堅	湿	3	3	アカマツ高令林	神 原	
中 1	Ms	堅	湿		1			
小中 3		堅 ○堅	湿		+ +	アカマツ クマザサ		
中 1	Cr	軟	湿	2	3	アカマツ高令林	神 原	
中 1	Cr弱	堅	湿			1		アカマツ
小中 3		やや堅 ○堅	湿			+		ネジキ
中小 3	Cr弱 Gr弱	軟	湿	3	2	アカマツ高令林	神 原	
中小 3		堅	湿	2		2		アカマツ ネジキ
小 3	Cr Bk	堅	潤	2	2	雑木林	三 代	
小 3	Cr弱	軟	潤	1	1	クリ, コナラ		
小 3	Cr	粗しょう	潤	3	2	草生地	南加茂	
小 3		軟	潤	2		1		テリハノイバラ クズ
小 2	Cr	粗しょう	潤	3	2	アカマツ高令林	山 田	
中小 1	Cr弱 Bk弱	やや堅	潤	1		2		アカマツ
中小 1		軟	潤			1		ヒサカキ, ソヨゴ
中小 1		軟	潤			1		
中小 1		堅	潤			+		
中 3	Cr	粗しょう	潤	2	2	アカマツ高令林	畑 鶴	
小中 3	Cr	軟	潤	2	2	アカマツ		
大中 2		堅	潤	2	1	ウラジロガシ		
中 2		堅	潤	1	1			
大中 3	Cr	やや堅	湿	2	2	雑木林	畑 鶴	
中小 2	Cr Bk	軟	湿	1		1		コナラ
大中小 3		堅	湿			+		フジ
小 2	Cr弱	軟	潤	3	2	雑木林	大 竹	
小 2		軟	潤	2		2		コナラ
小 2		軟	潤	1		1		
大中 3	Cr Gr	軟	潤	2	2	雑木林	大 竹	
大中 3	Cr弱	軟	湿	1		1		コナラ

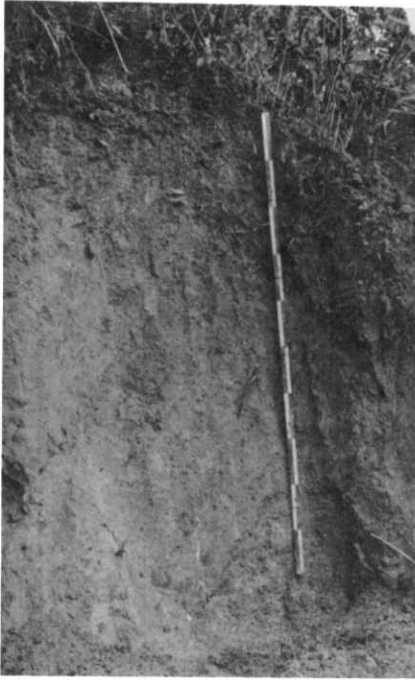


写真-19 Profile No. 10の土壤断面

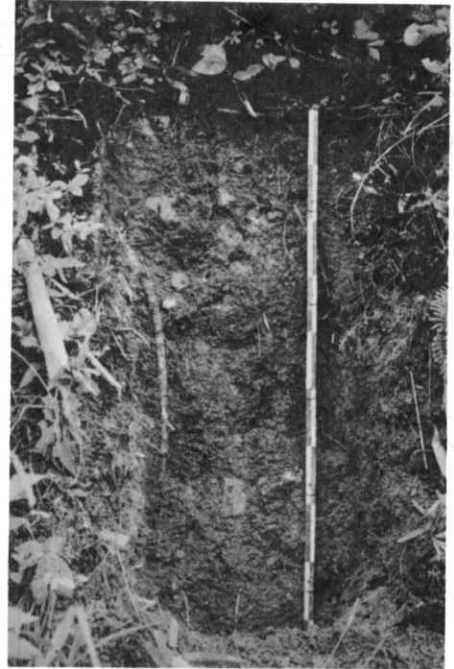


写真-20 Profile No. 17の土壤断面

り含んでおり、安山岩角れきの中に介在する土壤はかなり膨軟である。この土壤は埴質ではあるが、角れきを多く含むことと、膨軟であることにより透水が非常に良好で、豪雨時にも崩壊に対する抵抗性があるものと思われる。

Profile No. 17(写真-20)はマサ土層を伴わない花崗せん緑岩地帯に設定したものである。この畑鶯帯は丘陵地形というよりは、山地地形に近く、出現する土壤も普通の褐色森林土で、未熟土の様相はない。この断面も深くまで腐植が混じり、団粒構造も発達し、未風化の石れきを多く含んでいる。

以上のように対比のために調査した両地帯の土壤は、明らかに花崗せん緑岩マサ地帯の土壤とは異なった形態をもっており、特に石れき含量が多く、土壤が膨軟であること(透水性が良好だと思われる)、マサ土層上部のような滑落面をもたぬことなど、豪雨時の崩壊に対する抵抗性の要因となるような性質をそなえている。

#### 4.2.2 土壤の物理的性質

崩壊と関係が深いとみられる物理的性質をとりあげて、崩壊多発地である花崗せん緑岩マサ地帯

の土壤について重点的に検討を加えた。すなわち、表-16、図-8、図-9に示した土壤の3相組成、透水速度、土壤硬度、土性、<sup>注4)</sup>土壤の分散率<sup>注5)</sup>等である。

土壤の3相組成では、いずれの土壤も(コントロールとしてとったProfile No. 5の土壤も)固相部分の占める割合が大きく(図-8にみるように表層で40%前後、下層で50%前後)、空気量が極端に少なく、“つまり型”で、したがって透水性は一般に不良である。土層の中間に透水性の極端に悪い層が介在するものが多い。またマサ土層の透水速度は $10\sim 20\text{ cc}/\text{min}$ で、透水性良好とはいえない。

石膏吸収板を用いて、pF 2.7を境にして孔げきを粗孔げきと細孔げきにわける孔げき解析<sup>注6)</sup>を行なった結果は表-16のとおりである。これで見ると、一般に非火山灰母材の褐色森林土の全孔げき量は60%台のものが多いのであるが、この調査地の土壤はコントロールをも含めて、孔げき量が少なく、しかも粗孔げきの少ない、「つまり型」の土壤であることがわかる。また、「つまり型」の土壤は、透水性のわるいものが多いということ

表 - 16(1) 土壌の物理性

Plot No. 土壌型	層位	層厚	容 積 組 成 %					孔 げ き 解 析 %			容積重 g/100 <sup>cc</sup>	透 水 cc/min	
			細土	れき	根	水分	Water max.	Air min.	全孔げき	細孔げき			粗孔げき
1 B <sub>D</sub>	A	40	27.1	5.9	6.9	44.1	52.6	75	60.1	43.3	168	68.7	21
	B <sub>1</sub>	30	39.6	3.6	0.5	46.7	52.1	4.3	56.4	43.5	12.9	96.5	6
	B <sub>2</sub>	20 <sup>+</sup>	40.5	4.2	0.2	44.6	50.9	4.2	55.1	40.6	14.5	103.3	5
2 I <sub>m</sub> B <sub>D</sub> (d)	A-B	12	32.5	12.8	1.8	28.4	40.7	12.3	53.0	26.0	27.0	97.6	60
	B <sub>1</sub>	28	31.3	18.1	1.4	27.3	38.8	10.4	49.2	23.2	26.0	102.6	23
	B <sub>2</sub>	10	27.8	23.0	0.3	21.7	40.8	8.1	48.9	18.3	30.6	94.9	80
	C	20 <sup>+</sup>	28.5	28.1	0.1	25.2	38.2	15.2	43.4	20.2	23.2	104.5	20
3 I <sub>m</sub>	A	5	33.4	6.5	1.1	32.6	45.7	13.3	59.0	26.6	32.4	95.5	9
	B <sub>1</sub>	50	37.0	8.9	0.4	30.6	42.0	11.4	53.4	25.0	28.4	109.2	
	B <sub>2</sub>	50 <sup>+</sup>	45.1	8.8	0.1	37.1	43.1	2.9	46.0	31.6	14.4	132.2	2
5 B <sub>D</sub>	A	30	28.0	7.6	4.2	37.1	50.7	9.6	60.3	35.2	25.1	78.3	62
	B <sub>1</sub>	40	35.0	10.2	1.2	36.5	49.6	4.0	53.6	30.6	23.0	101.6	20
	B <sub>2</sub>	30 <sup>+</sup>	41.4	13.2	0.4	31.6	38.4	6.6	45.0	26.7	18.3	124.5	3
7 I <sub>m</sub>	I	50	30.3	11.3	0.1	48.1	53.6	4.8	58.4	41.6	16.8	87.1	7
	II	40	47.8	2.0	0.2	37.6	43.6	6.4	50.1	33.2	16.9	125.5	3
	IV	70	56.7	1.4	0.1	45.0	46.0	0.8	46.8	35.8	11.0	132.1	144
	V	20 <sup>+</sup>	33.1	23.6	-	36.3	40.0	3.3	43.3	28.0	15.3	115.8	27
9 B <sub>D</sub>	A	8	30.5	2.3	4.5	40.9	54.7	8.1	62.8	33.9	28.9	83.6	49
	B <sub>1</sub>	14	34.2	2.4	0.6	38.1	49.4	13.5	62.9	28.9	38.0	91.2	5
	B <sub>2</sub>	26	36.4	1.3	0.7	42.7	53.4	8.2	61.6	32.6	29.0	99.6	12
	B <sub>3</sub>	4	48.3	2.2	0.1	36.5	42.0	7.4	49.4	29.8	19.6	133.9	5
	B <sub>4</sub>	32	42.5	3.5	0.2	37.2	48.7	5.1	53.8	26.7	27.1	118.7	8
10 R	C	20 <sup>+</sup>	43.5	5.0	0.1	31.4	46.2	5.2	51.4	20.7	30.7	121.7	12
	A	20	34.5	0.7	3.9	35.1	43.7	16.8	60.5	30.9	29.6	90.2	93
	B	45	43.6	3.1	0.1	43.0	48.3	4.9	53.2	37.5	15.7	121.7	2
	BC	20	41.9	6.6	-	39.8	48.0	3.5	51.5	28.8	22.3	120.3	10
	C	10 <sup>f</sup>	38.4	8.0	-	34.2	45.5	8.0	53.5	20.1	33.4	111.6	16

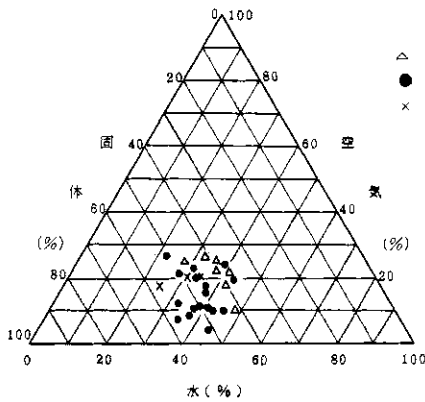


図-8 土壌の三相容積組成

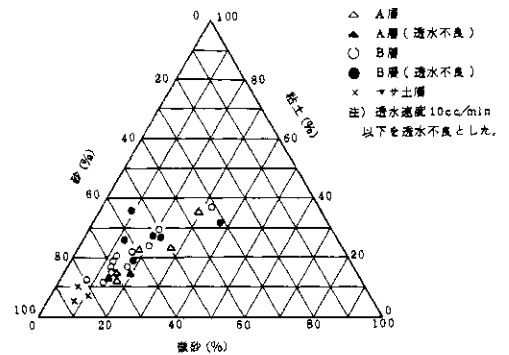


図-9 土壌の土性

表-16(2) 土壌の物理性

Plot No. 土壌型	層位	層厚	機 械 的 組 成 %					硬 度	分 散 率	地 形
			粗 粒	細 砂	微 砂	粘 土	土 性			
1 <i>B<sub>D</sub></i>	A	40	16	20	29	36	LC	10.4 (8-16)	7.7	a
	B <sub>1</sub>	30	15	17	35	33	LC	17.2 (15-21)	1.9	
	B <sub>2</sub>	20 <sup>+</sup>	14	18	32	36	LC	19.2 (17-21)	1.3	
2 <i>I<sub>m</sub></i> ( <i>B<sub>D</sub>(d)</i> )	A-B	12	42	28	15	15	SCL	16.6 (13-19)	1.8	b-3
	B <sub>1</sub>	28	43	28	13	16	SCL	12.2 (10-15)	2.1	
	B <sub>2</sub>	40	57	24	7	12	SL	11.0 (10-12)	2.4	
	C	20 <sup>+</sup>	64	20	6	10	SL	20.0 (15-25)	2.6	
3 <i>I<sub>m</sub></i>	A	5	54	20	14	12	SL	10.4 (9-12)	2.2	b-3
	B <sub>1</sub>	50	51	21	14	14	SL	13.8 (12-17)	1.7	
	B <sub>2</sub>	50 <sup>+</sup>	48	15	12	25	SC	22.0 (20-25)	1.6	
5 <i>B<sub>D</sub></i>	A	30	40	20	17	23	SCL	12.8 (2-15)	4.6	cont.
	B <sub>1</sub>	40	39	18	19	24	CL	17.4 (17-19)	5.9	
	B <sub>2</sub>	30 <sup>+</sup>	44	20	17	19	SCL	18.8 (17-20)	1.7	
7 <i>I<sub>m</sub></i>	I	50	35	31	19	15	SCL	9.6 (8-12)	2.8	c
	II	40	34	18	22	26	CL	16.0 (15-17)	2.6	
	IV	70	33	18	20	29	LC	18.0 (16-20)	1.9	
	V	20 <sup>+</sup>	49	21	13	17	SCL	21.6 (20-24)	1.9	
9 <i>B<sub>D</sub></i>	A	8	45	26	16	13	SL	6.6 (6-7)	1.3	a
	B <sub>1</sub>	14	41	26	16.5	16.5	SCL	8.2 (7-10)	2.1	
	B <sub>2</sub>	26	39	24	15	22	SCL	10.2 (9-12)	1.7	
	B <sub>3</sub>	4	33	20	20	27	LC	14.0 (12-15)	1.5	
	B <sub>4</sub>	32	44	24	13	19	SCL	9.6 (9-11)	1.9	
C	20 <sup>+</sup>	66	21	8	5	S	23.0 (22-24)	3.4		
10 <i>R</i>	A	20	28	22	26	24	CL	11.0 (10-12)	1.7	c
	B	45	36	20	9	36	SC	18.6 (17-20)	1.5	
	BC	20	46	29	12.5	12.5	SL	14.0 (13-15)	1.8	
	C	10 <sup>+</sup>	55	27	11	7	SL	15.4 (15-16)	3.4	

が い え る。

土壌硬度の測定はコーンペネトロメーターにより、各層位のほぼ中央の部位で、5か所の測定を行ない、表-16(2)にその平均値と範囲を示した。この測定結果が直ちに土壌のせん断応力、液性限界といった性質、あるいは土壌の崩壊に対する抵抗性の指標になるものでももちろんないが、一応試みに測定を行なったものである。マサ土層は一般にかたく(硬度20以上)それより上部の層との間に明りょうな不連続がみられることが多い。

土性は表-16(2)、図-9にみられるように、全般にS-SCL-SCといった範囲にはいるものが多く、特にマサ土層は砂質である。ただ、大竹のProfile No. 1は先に述べたように安山岩の影響があるために、土性が花崗岩地帯のものと同らかに異なり、埴質(light clay)である。また

図-9でわかるように、B層のうち透水不良な層は若干粘土分が多くなる傾向がある。

Middleton<sup>注5)</sup>のいう土壌の分散率をとってみた結果では、表-16(2)に示すように分散率が10以上のものが大部分で、20以上、30以上の値を示すものもあり、土壌の粒団化程度が低いことを物語っており、浸食に対する抵抗力の弱さがこの点からも裏書きされる。なお、コントロールのProfile No. 5はA層の分散率4.6、B層の分散率5.9と若干低い値を示し、崩壊発生個所よりは土壌の粒団化が進んでいることがわかる。(参考までに普通の褐色森林土の分散率を示すと、天城国有林の安山岩母材の*B<sub>D</sub>*(定積土)土壌のA B層で0.83、*B<sub>D</sub>*(崩積土)土壌のA B層で0.22、*B<sub>D</sub>*(*d*)(残積土)土壌のB層で0.88という値であった。)



#### 4.2.3 土壌の諸性質と崩壊との関係

崩壊の誘因になったと思われる土壌の性質について、以上に記述したような調査、分析の結果をもとにして考察してみよう。

安山岩地帯、花崗岩地帯のれき質な土壌の地域に崩壊の少ないことから推して、崩壊の最大の誘因は花崗岩のマサ土層の存在であろうと思われる。これに加えて、土壌の分散率が高く、浸食をうけやすいということも、潜在的な誘因であろう。丘陵地形の傾斜交換部から下部の急斜面で、平滑なマサ土面上の上層が、梅雨期の連続した降雨のあとの集中豪雨のために、しかも透水不良層が介在し、またマサ土層の透水が不良であることもあって、大量の水を含んで飽和状態になり、半流動的になって、マサ土の平滑面を滑落面にして崩壊したというのが一般の形であろう。

概略的には、等しくマサ土層上の土層の崩落として説明できるこれらの崩壊も、図-3に示した地形の細かい違いによって、その規模、様相が異なることは先に述べた。これらのうち、a、b-2、cのように土層が厚く大量の上砂の崩落が考えられる個所では、崩壊の規模も大きくなる可能性がある。また、これらの地形と崩壊のひん度との関係は、aの地形では比較的崩壊個所数が少ないように思われるが、その他の地形では、それらの地形の出現の割合等を考えると崩壊ひん度との関係はあまり明りょうではなくなる。土壌の性質と崩壊のひん度との関係も、コントロールとしてとったProfile No.5の土壌の諸性質からみて、あまり明りょうではない。ただ、コントロールとしての地区の土壌は、土壌型、分散率などからみて崩壊発生個所よりも多少土壌化が進んでいるとみられる程度である。Profile No.5等の崩壊していない個所の土壌とでも、石英安山岩地帯等の土壌に比べれば、はるかに崩壊の可能性をもった土壌であり、傾斜、斜面長、傾斜交換点の位置等微地形のわずかな違い、あるいは透水性等の土壌の性質のわずかな違いによって崩壊を免れたものと思われる。

これらの崩壊多発地帯での細かい解析や、石英安山岩地帯、マサ土層を伴わない花崗岩地帯と崩壊の多発している風化花崗岩地帯との精密な比較対照が行なえなかったが、機会があればこれらの点を補って、崩壊地の土壌についてさらに詳細な究明を行ないたいと願っている。

注1：ここに用いた土壌型の名称については、

“林野土壌とそのしらべ方、林野共済会発行”参照。

注2：断面形態の諸性質およびその表示方法は、

“国有林野土壌調査方法書、農林省林業試験場、林野庁編”に指定された方法によった。

注3：七色名はマンセル表色法によった。

注4：土壌の物理性およびその測定方法については前記“国有林野土壌調査方法書”および“真下育久：森林土壌の理学的性質とスギ、ヒノキの成長に関する研究、林野土壌調査報告11号”を参照した。

注5：土壌分散率

$$= \frac{\text{水だけで分散させた場合の} \\ (\text{沈でい+粘土}) \text{量}}{\text{完全分散させた場合の} \\ (\text{沈でい+粘土}) \text{量}} \times 100$$

注6：コーンペネトロメーターは“山中金次郎：土壌の硬度、連結度、土壌の物理性、No.11~12、1~8、1965”にあるものを用いた。

### 5. 崩壊の予知について

#### 5.1 個所的崩壊の予知

風化花崗岩地帯にかぎらず、個所的に崩壊発生を予知することはかなり困難なことである。しかしながら、将来は事業担当者が管内の崩壊発生地を予知して積極的に崩壊予防処置を講ずることが望ましいわけである。今回の調査によって個所的崩壊発生予知について考えられることを二、三述べてみたい。

地形的には、今回の調査地の崩壊のごとく小規模な崩壊に対しては、現地での微地形を観察するよりほかなく、今回使用した1万分の1地形図（等高線10m）でも、また、5千分の1地形図（等高線5m）でも、正確に崩壊危険個所を指摘することはかなり困難なことであろう。現実の崩壊が、これら地形図であらわしえないうきわめて微地形的要素に支配されている場合が多いからである。

悉皆調査によって一応、崩壊発生地の横断形を、平滑斜面・凹斜面・凸斜面に分類してみたが、表-6の結果のごとく、平滑斜面とみられる場所に崩壊の発生が多く、ついで凹斜面に多い。凸斜面ではどの地区でもかなり少ない。平滑斜面に崩壊

の発生が多いが、この平滑斜面といっても、厳密には微地形的に多少の凹凸があり、崩壊の発生はこの微地形的な集水部分から起こっていると考えられる。地形の縦断面形としては小出氏は、この縦断面形を四つの形に分け、豪雨による山くずれのおこりやすいのは下降斜面と複合斜面であって、平衡斜面と上昇斜面ではおこりにくいこと、また、複合斜面での崩壊の発生は上昇斜面から平衡斜面または下降斜面にうつる付近であることなどを指摘しておられる。今回の調査では表-1および図-6のごとく分類して、崩壊場所別の縦断面形とその発生位置をまとめてみた。これによると、どの場所別でもBの縦断面形が過半数を占めており、そのうちでも発生位置としては3の場合が多いようである。この表で農地・溪流・道路・宅地の崩壊場所分類はその沿線上の山脚部の崩壊発生場所のことである。なお縦断面形のBとCは似ているようであるが、Cはかなり上方の斜面角が小さい場合である。小出氏の分類された斜面形の場合と異なるのは、今回の調査地では農地、道路等の人為による影響が多分に大きい結果と考えられる。崩壊地の傾斜の度合は表-2のごとく、きわめて簡略に測定して20°未満、20°~30°、30°~40°、40°以上と分類してみると、大体30°~40°の範囲に大部分がはいっている。以上のことから微地形的には、斜面の水平断面形は平滑斜面あるいは凹型斜面が、縦断面形としてはBの斜面形、傾斜角としては30°~40°という地形が一応危険箇所とみなされる。

土壌調査によって崩壊危険箇所を予知することは、斜面の地下に調査の対象がおかれるので地形的にみる場合よりさらに困難なことである。したがって地形的に危険性をもつ斜面において、ごくかぎられた調査を行なう方法しかないと思われる。表土層と下部の土層の土壌構造の変化とのつながりがかなり画然とした場合、すなわち透水性の違い、土壌組成などの不連続性が問題となるであろう。今回の調査では、土壌的にはC層であるマサの比較的緊硬な場合にはマサの上部数cmですべり面を生じていることが多く、軟弱なマサが下層としてある場合には、マサの内部10~50cm程度ですべり面を生じているようである。また、運積土砂で形成されている小規模な河岸段丘などは崩壊しやすいようである。土壌の深さは地形とかなり関連しているが、深いからといって必ずしもく

ずれやすいとはかぎらず、土質学的には傾斜が急ならば深さの浅い平面に近いすべり面ができ、緩傾斜では曲率の大きい丸くて深いすべり面にそって崩壊する。また傾斜角が同じならば、斜面長が大きいほど浅い平たんなすべり面を生じ、斜面長がある一定限度より短くなると、もはや土層の厚さにかんにかかわらず崩壊しない。そしてそれぞれの場合に対応するすべり面の深さは上のせん断強度が大きいほど、また斜面の傾斜が大きいほど小さくなる。さらに、上のせん断強度が大きいほど土層の厚さにかんにかかわらず崩壊の生じない極限の斜面長は長くなることなどがいわれている。したがってすべり面の深さは斜面の傾斜角・斜面長・上の強度等によって左右されるので、土壌の深さはこのすべり面より浅ければくずれず、このすべり面より深ければ結局くずれることになる。このすべり面の深さは理論的にはともかく、現実には現在のところ具体的に求めがたい。

森林と崩壊危険箇所との関係は、地形・土壌・土質等が同じ条件ならば、森林あるいは地被植物の有無・種類によって大いに関係があるといえる。特に林木の根系の発達と崩壊との間には密接な関係があると考えられ、細根は土の凝集力の増加に、直根はくい作用としての摩擦力増加の要素として作用するといわれている。したがって一般には深根性で水平根系の発達した林木ほど崩壊に対して抵抗すると考えられ、これにはアカマツ・クスギ・ネム・ヤシブシ等の社合林があげられ、いわゆる雑木林の中でもソゴゴ・ツツジ・アセビ等は他の条件が同じならば前者の植生よりも崩壊に対して危険性が大きいこととなる。ただし、浅根性の雑木林・スギ人工林などの根系の深さが比較的浅い場合には、一定の深さで土層内に不連続面を形づくる結果となり、森林の崩壊防止機能が十分に発揮されないこともある。また、斜面上の単木は強風によって振動し、根倒れをおこし、崩壊の端緒となったと思われる事例も二、三みうけられた。

以上個所の崩壊の予知について二、三のべたが、地形的にも、土壌、森林の面からみても、いまだ定性的解明の域を出ない部分が多く、実際面での具体的解明の方法はきわめて困難といわなければならないのではなからうか。

## 5.2 地区的崩壊の予知

数千haにおよぶ地域を、数百haの地区に分

割して、その地区ごとの崩壊の危険性について予知することもかなり困難なことである。しかし、個所的崩壊の予知よりも、多少地区内の各因子を数量的に扱うことができる点がある。現在考えられる一つの方法としては、各地区の崩壊に関係のある各因子をとりあげて、地域内の崩壊度合と各種因子との多重回帰的關係を求める方法である。

さきに、村野氏は荒川流域および釜無川流域における調査の結果、流域内における山くずれの発生状況を規定するものは浸食力と抵抗力であり、浸食力は雨量と流域平均傾斜が主として関係し、抵抗力は主として地質条件によって定まるとしている。そして、雨量は小流域内では同じように作用すると考え、また、谷密度  $D_d$  は地質条件によって相異し、同一地質では浸食の進行程度をあらわすものとしてとりあげ、さらに、谷の発達にもなり山体の体積減少状況を示す指数  $\alpha$  をとりあげている。この結果、流域単位面積あたりの山くずれの面積  $C_0$  ( $m^2/km^2$ ) は流域係数  $\alpha D_d$ 、流域平均傾斜  $2h_s$ 、 $R_{rs}$  ( $h_s$ : ヒブソメトリック積分、 $R_{rs}$ : 起伏量比) によって推定することができるとして、多重回帰を適用して次の式を導いた。

$$\log C_0 = c + p\alpha D_d + qh_s R_{rs}$$

ただし、 $c$ 、 $p$ 、 $q$  は係数。

今回の調査地帯内でも以上の各因子を用いて多重回帰式を導くには、多少困難である。やはり地域によって崩壊と密接な関係のある因子を選定しなければならぬ。調査地帯内は地質的に大きくは風化花崗岩地帯としてみられる。また、気象関係の降水量についても調査地帯内の各地とも 300mm 程度の日雨量があつて、崩壊に対して同じような影響を与えたものと考えられる。崩壊発生の一因子である地形については、地区または流域の形状、傾斜、起伏量、谷密度、比高、斜面の長さ等によってあらわされるが、表-17にみられるように起伏量との関連がもっとも深く 30~50m の起伏量の方眼でしめる面積内に崩壊が集中しているとみられる。したがつて、地形の因子はこの 30~50m の起伏量をしめる面積が地区面積に対する割合で表現するのが一法と考えた。しかし、IV地区の大竹川地区は地質的にも多少他の地区とは異なっているので、別個に取りあつかうべきであると考え、以下のとりまとめ対象地区から除外した。

森林地被物と崩壊との関係では山地利用区分・樹種区分・樹令区分のうち、表-13のごとく、

単位面積あたりの崩壊面積率は樹令区分ごとにもみた場合が、とくに目立った傾向を示し、0~10年の森林が他の10年以上の樹令よりも大きいことが明らかにわかる。したがつて、地区面積のなかで針・広葉樹林の区分なく 0~10年未満の森林のしめる面積の割合を、森林関係の崩壊に対する一つの因子としてとりあげた(表-18)。

人為作用は、今回の災害調査地帯内での崩壊に対して、他の一般崩壊多発地区と異なりとくに大きな影響があつたと考えられ、4地区の悉皆調査でも、農地・宅地・道路等の沿線に発生した崩壊が多いことを示している。したがつて、これらの人為的な作用を受けている山脚部の延長が(表-19)、その地区面積のなかでしめる割合をもつて崩壊におよぼす人為作用の度合を示す因子としてとりあげた。

崩壊そのものをあらわす方法としては、崩壊面積が地区面積にしめる割合で示した。

以上、独立変量として、起伏量 30~50m をしめる面積が地区面積にしめる割合  $X_1$  ( $ha/km^2$ )、0~10年の樹令でしめる幼令林面積が地区面積にしめる割合  $X_2$  ( $ha/km^2$ )、人為作用としての農地・道路・宅地の延長が地区面積にしめる割合  $X_3$  ( $m/ha$ ) を考え、従属変量として、崩壊面積が地区面積にしめる割合  $Y$  ( $ha/km^2$ ) を考え、両者の関連を検討すると以下のごとくである。

各独立変量と従属変量との単相関係は、 $r_{YX_1} = 0.852$ 、 $r_{YX_2} = 0.405$ 、 $r_{YX_3} = 0.411$  となり、独立変量  $X_1$  との単相関係数が 1% で有意であるが、他の  $X_2$ 、 $X_3$  との関係は 1% では有意であるとはいえない。しかし、重相関係数  $R_{Y \cdot X_1 X_2 X_3} = 0.900$  と、5% で有意となつた。そこでこれらの重回帰式を求めてみると、

$Y = 0.0102 X_1 + 0.0096 X_2 + 0.0044 X_3 - 0.8008$  となり、回帰関数上にあるものの変動と、この回帰の回りの変動との不偏分散比をとると  $F_0 = 8.562 > F_0^3(0.05) = 4.76$  で、推定された重回帰式が認められる。回帰線の回りの標準偏差は 0.12 となる。いま、従属変量  $Y$  に対する各独立変量  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$  の影響度合を検討するために、標準偏回帰係数  $b_i = \sqrt{\sum X_i^2 / \sum Y^2}$  を計算してみると、 $b'_{YX_1 \cdot X_2 X_3} = 0.6290$ 、 $b'_{YX_2 \cdot X_1 X_3} = 0.4209$ 、 $b'_{YX_3 \cdot X_1 X_2} = 0.2551$  となつて、その度合は地形、森林、人為作用に関係する因子の順序であるとみられる。上記の結果は調査地帯内の崩壊に関係する限られた

表-17 加茂地区起伏量別単位面積当りの崩壊数

起伏量	地区	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	合計
0	面積	ha	4	4				8	4	32			52
	崩壊数		0	0				1	0	0			1
	崩壊数/面積		0	0				0.125	0	0			0.019
10	面積	8	24	12			4	8	8	20	8		92
	崩壊数	2	7	1			1	4	4	4	0		23
	崩壊数/面積	0.250	0.292	0.083			0.250	0.500	0.500	0.200	0		0.250
20	面積	12	24	24	8	8	32	20	16	44	20	12	220
	崩壊数	1	12	13	0	1	10	15	0	9	4	1	66
	崩壊数/面積	0.083	0.500	0.542	0	0.125	0.313	0.750	0	0.205	0.200	0.083	0.300
30	面積	56	88	40	8	20	100	76	40	124	16	60	628
	崩壊数	28	64	16	4	8	29	26	6	60	2	22	265
	崩壊数/面積	0.500	0.727	0.400	0.500	0.400	0.290	0.342	0.150	0.484	0.125	0.367	0.422
40	面積	80	104	52	48	44	136	172	88	104	104	148	1080
	崩壊数	46	45	21	26	23	47	58	20	34	27	64	411
	崩壊数/面積	0.575	0.433	0.404	0.542	0.523	0.346	0.337	0.227	0.327	0.260	0.432	0.381
50	面積	40	40	20	36	88	128	100	104	44	200	104	904
	崩壊数	23	22	7	23	34	62	31	33	16	50	36	337
	崩壊数/面積	0.575	0.550	0.350	0.639	0.386	0.484	0.310	0.317	0.364	0.250	0.346	0.373
60	面積	8	12	16	52	28	28	76	80	32	208	76	616
	崩壊数	1	2	1	41	15	20	18	15	13	31	10	167
	崩壊数/面積	0.125	0.167	0.063	0.788	0.536	0.714	0.237	0.188	0.406	0.149	0.132	0.271
70	面積		8	4	40	12	20	32	68	112	140	72	408
	崩壊数		2	0	18	9	8	13	20	6	27	11	114
	崩壊数/面積		0.250	0	0.450	0.750	0.400	0.406	0.294	0.500	0.193	0.153	0.279
80	面積			4	48		16	8	40	16	56	32	220
	崩壊数			0	19		4	0	9	10	4	3	49
	崩壊数/面積			0	0.396		0.250	0	0.225	0.625	0.071	0.094	0.223
90	面積				16			8	28	4	24	12	92
	崩壊数				6			1	5	0	7	3	22
	崩壊数/面積				0.375			0.125	0.179	0	0.292	0.250	0.239
100	面積				16		8		12	8	4		48
	崩壊数				5		4		0	0	3		12
	崩壊数/面積				0.313		0.500		0	0	0.750		0.250
110	面積				4		8		4	4	12		32
	崩壊数				1		1		0	1	5		8
	崩壊数/面積				0.250		0.125		0	0.250	0.417		0.250
120	面積				4		4		8		8	4	28
	崩壊数				1		0		0		3	1	5
	崩壊数/面積				0.250		0		0		0.375	0.250	0.375
130	面積												
	崩壊数												
	崩壊数/面積												
140	面積								12				12
	崩壊数								2				2
	崩壊数/面積								0.167				0.167
合計	面積	204	304	176	280	200	484	508	512	444	800	520	4432
	崩壊数	101	154	59	144	90	186	167	114	153	163	151	1482
	崩壊数/面積	0.495	0.507	0.335	0.514	0.450	0.384	0.329	0.223	0.345	0.204	0.290	0.334
30~50mの面積		176	232	112	92	152	364	348	232	272	320	312	2612
30~50mの面積 合計面積 / 100		86	76	64	33	76	75	69	45	61	40	60	59

表一 18 地区別、林令別面積および面積率 (林令面積/地区面積)

地区	0~10年		11~12年		21~年	
	面積	面積率	面積	面積率	面積	面積率
	ha	%	ha	%	ha	%
I	57.27	28	4742	23	3238	16
II	130.30	46	25.67	9	3788	13
III	41.77	23	3379	18	2945	16
IV	95.40	35	69.92	26	2853	11
V	20.80	11	3364	18	44.82	24
VI	91.87	19	11491	24	96.31	20
VII	8910	18	11503	23	81.75	16
VIII	9733	19	86.36	17	122.16	24
IX	11753	27	5240	12	46.63	11
X	206.11	26	203.72	26	123.02	15
XI	197.10	38	95.65	19	29.54	6
計	1144.58	26	878.51	20	67247	15

表一 19 各地区における農地・道路・宅地の延長

地区	流域面積	農地総延長	農地/流域面積	道路総延長	道路/流域面積	宅地総延長	宅地/流域面積	延長計	延長計/流域面積
	ha	m	m/ha	m	m/ha	m	m/ha	m	m/ha
I	206	20980	102	4580	22	2040	10	27600	134
II	284	22270	78	5990	21	2700	9	30960	109
III	184	11240	64	3470	17	2030	10	16740	91
IV	269	8920	35	6570	23	2530	9	18020	67
V	186	15780	85	3510	19	3960	21	23250	125
VI	476	45430	95	8160	18	5910	13	59500	125
VII	502	43390	87	11580	23	7280	14	62250	124
VIII	506	42920	80	7520	18	4710	11	55150	109
IX	436	35460	82	7950	18	6290	14	49700	114
X	797	55010	69	14750	19	6750	9	46510	96
XI	541	45970	88	8130	16	5520	11	59620	116
計	4360	347370	81	82210	20	49720	12	479300	110

注) 農地・宅地の延長とは山脚に接する部分の延長

因子についてのものであり、各因子の影響度を示す数値をそのまま普遍的に評価することはできない。しかし、今回の調査地のごとき風化花崗岩地帯で低山地区においては、起伏量の比較的小さい地区に崩壊の発生は比較的多く、人為的作用も無視することはできない。また、幼令林が多くをしめる地区に崩壊が多くなっている点を考えると森林、とくに樹根の発達崩壊に抵抗するものとし

て重要な役割を果していることは一応肯定される事実と考えられる。

前述した重回帰式によって一応調査地内の各地区の崩壊率を推定することができる。しかしながらこの式は調査地において日雨量 300mm 程度の降水のあった場合についての推定された式であるから、各因子のとりかたもこの調査地に適応したものからとられている。したがって上記の条件と

類似した地域にはある程度あてはめることができるかもしれないが、全く同様の条件を満たす場合は考えられないので疑問が残る。まして、気象、地況等の異なる他地域では因子そのものも異なったものが選ばれることになる。従来、ある地域内の地区的崩壊の危険性を予測する場合には、一般には気象、地況、その他の因子の崩壊に対する影響度を主観的、あるいは経験的に定めて求めることが多かったが、上記の各因子の標準偏回帰係数の比率を各因子の影響度として、各地区間の崩壊の危険性を検討する方が、充分とはいえないが、ある程度客観性をもった見方となるのではなからうか。もちろん、国内の各地域については種々因子のとり方も異なるであろうが、種々の特性を示す代表的地域に分類して、この種の検討を積み重ねていけば、かなりマクロ的ではあるが、各地域の地区的崩壊の危険性の予知は逐次具体化されると考えられる。

## 6. 要 約

調査研究の結果を要約すればつぎのとおりである。

1) 調査地内の崩壊数は約1,500、崩壊面積約26ha、それぞれの単位面積当りでは35か所/km<sup>2</sup>、0.59ha/km<sup>2</sup>で、1か所あたり崩壊面積は1.7aとなり、崩壊発生数のひん度がよく、1か所の崩壊面積は小さかった。

2) 崩壊は山腹上中部のいわゆる山腹崩壊よりも山脚部での崩壊が多く、山脚に沿った農地・道路・宅地等に関連深い崩壊が多い点からみて人為作用による影響も無視できない。

3) 崩壊の発生点は斜面の傾斜変換点付近に集中して発生する傾向がある。

4) 花崗せん緑岩地域の地形はいわゆる「甲山」で小起伏の老年期地形を示し、比高の大きい斜面は少ない。崩壊は比較的起伏量の小さい部分に多く発生している。

5) 植生は一般に低木広葉樹の幼令林が多く、針葉樹としてはアカマツが分布する。崩壊に対しては、樹種による影響もあるが、樹令による影響の方が大きい。このことは、崩壊に対する森林の崩壊防止機能としての樹根の発達状況が大いに関連していることをしめしている。

6) 土壌は一般に深層風化花崗岩が分解してできた砂質土壌で、未熟土壌とみられる。この土壌は分散率が高く浸食を受けやすい。

7) 調査地内の各地区の崩壊面積率 $Y$ と地形 $X_1$ (起伏量30~50mのしめる面積率)、森林 $X_2$ (0~10年の幼令林面積率)、人為作用 $X_3$ (農地・道路等の延長率)の各因子との間の重相関係数は5%水準の有意性を示し多重回帰式を適用すれば

$$Y = 0.0102 X_1 + 0.0096 X_2 + 0.0044 X_3 - 0.8008$$

となる。

また、各因子の標準偏回帰係数を求めると、

$$b'_{YX_1 \cdot X_2 X_3} = 0.6290, \quad b'_{YX_2 \cdot X_1 X_3} = 0.4209,$$
$$b'_{YX_3 \cdot X_1 X_2} = 0.2551$$

となり、これらを崩壊に対する各因子の影響度と考えれば、その比率は $X_1$ に対して約2.5、 $X_2$ に1.5、 $X_3$ に1の割合となる。

調査地と類似の気象、地況、その他の条件を有する他地域についての地区的崩壊の危険性は、各因子の数値に上記の比率をつけて計算すれば、各地区の相対的崩壊の危険性の大小は類別しうる可能性が認められる。

## あとがき

本研究の実施に便宜を与えられた島根県林業課、木次農林土木事務所、大東農林改良事務所、加茂町役場の関係各位に深謝する。また、福田林業試験場四国支場長(前岡山分場長)、島根県林業試験場野津技師からのご教示に対し深く感謝する。