

六甲地区における森林と山地荒廃の 関係について

秋谷孝一・難波宣士

農林省林業試験場防災部治山科治山第1研究室

遠藤治郎・小林忠一・阿部敏夫

農林省林業試験場関西支場育林地部防災研究室

Forest Influence on Landslides in the Mountain District Around Mt. Rokko

By

Koichi Akiya, Senshi Namba,

Jiro Endo, Chuichi Kobayashi and Toshio Abe

Government Forest Experiment Station, Tokyo

Abstract

A lot of landslides were caused by the heavy rain in July 1967 in Western Japan. From the actual state of landslides in the district near Kobe City, one of the severely damaged districts, the authors studied on the relation between forest conditions and landslide occurrences, and considered how to manage the forest connecting with the city and how to supply the insufficiency of forest function in landslide control with engineering works.

Results of investigations are summarized as follows.

1. The investigated area is on the south side of Mt. Rokko and has about 2,770 ha in area. The total number and area of landslides were about 1,400 and 70 ha, respectively. A heavy rain amounted to more than 300mm a day, according to the measurement at a meteorological observatory in this district.
2. Comparison of the figures at present and about 10 years ago in respect to utilization, interpreted by aerophotographs, shows that 70 ha of forest land, equivalent to 3 per cent of the total forest land, has been diverted into residential and recreational areas in the past 10 years.
3. Some points in the area where the forest land was destructed by the utilization for other purposes gave the chance to landslides. However, diversion of land utilization with sufficiently adequate considerations does not always increase the hazard of landslide. Though in the grassy grounds such as golf fields and pastures there were many landslides owing to much grading, landslides seldom occurred around the newly built highway and residential area, because they were accompanied with adequate works for maintenance.
4. The causes of this denudation would be fundamentally the natural conditions, precipitations, topography, geology and so on. But it can not be neglected that the bad forest conditions would accelerate the occurrence of landslides. Owing to poor site, frequent forest fire and reckless forest management, most of the forest stands are old and bad in growth generally.
5. Calculating the area of landslides per unit area divided into various forest types, it is revealed that the older the stand-age is and the denser the stand-density is, the less the frequency of landslide becomes, and also it is shown that landslide area per unit area would become larger as the volume of root-system is progressively decreased in the case of the same gradient.
6. In cases where it is possible to predict, to some extent, where landslides will occur, some precautional measures are feasible. Generally speaking, it

is very hard to say exactly where slides will take place. Therefore, it is reasonable to expect the ability of a good forest cover to prevent slides.

7. As the forest management for the purpose of landslide control, it is necessary to cover with dense vegetation having deep-rooted trees on bare or scarcely vegetated lands.

8. In such a district where the slopes slide easily by the reason of deeply weathered granite, it is not always possible to prevent perfectly the occurrence of landslide, even though a good forest cover could be established on the whole area. Of course, it is very important not only to take care of forest operations not so as to induce slides, but also to consider the construction of suitable check dams or walls in the areas which are susceptible to damage by the debris from landslides.

目	次		
まえがき	40	1.2.4 根量と崩壊	50
1. 森林の状況と山地荒廃	41	1.2.5 林相と溪流荒廃	66
1.1 調査地域の概略	41	1.3 土地利用と山地荒廃	67
1.1.1 調査地域の位置	41	1.3.1 山地の草地利用と荒廃	67
1.1.2 土地利用の変化と現況	41	1.3.2 その他	68
1.1.3 調査地域の林相	42	1.4 都市周辺の森林と山地保全	68
1.2 森林と山地荒廃	43	1.4.1 都市周辺の森林としての六甲地区 の特色	68
1.2.1 山地荒廃の概況	43	1.4.2 都市周辺の森林のありかた	69
1.2.2 林相と崩壊	45	2. 要約	70
1.2.3 林相と地形	49		

まえがき

1967年7月8日から10日の7.9豪雨といわれる梅雨前線豪雨によって、兵庫、広島、長崎、佐賀の各県は多大の災害をこうむった。なかでも兵庫県では神戸市を中心として記録的な豪雨に見舞われ、六甲山系からの洪水や流出土砂によって多大の人的、物的被害をこうむった。

京阪神地方への人口集中ともなって、神戸市街に隣接する六甲山系は山麓部が宅地造成による市街地化、山腹から山腰へかけてはレクリエーションの場として遊園地、宿泊施設などの開発がいちじるしく、近時、山地の土地利用形態が変化しつつある。こうしたなかで1967年7月の集中豪雨は神戸市だけで90余名の死者、行方不明者と多数の負傷者、約50億円に相当する物的被害を生じた。この際、六甲山系の南側に、とくに多くの山くずれが発生し、約60万³m³の流出土砂を流出させて、直接住民に被害を与えたほか、流出した土砂による流量増加や河川の閉そくが洪水被害をより大きくしたことが推測される。このような事態を考えると、都市に近接する林地の保安機能

の維持または増進の方法、また、森林の保安機能の限界を補うための対策としての治山事業のあり方については特殊の考慮が必要となるかもしれない。

このような観点から農林省林業試験場では、1967年度に特別研究促進調整費の配分を受け、六甲山系の神戸市付近の山地を調査する機会をえ、六甲山系における崩壊地発生と森林状態の関係を調査して、都市周辺における森林の取扱いやこれに関連する山地保全のありかたなどについて検討したので、その結果をここに発表する。

なお、本調査にあたっては、神戸大学農学部桃井節也氏はじめ兵庫県林務課、六甲治山事業所、大阪営林局治山課、神戸営林署の職員各位に多大の御協力をいただいた。ここに、厚く御礼申しあげる。

調査の内容は大きく二つに分けることができる。その1は、主として空中写真を利用して崩壊発生や土地の土地利用状態、森林状況などを把握し、山地荒廃と森林状況、土地利用状況の関係を明らかにすることであり、その2は、主として現地調

査によって植物の根系を調査し、その量と崩壊発生の関係を明らかにすることである。前者は、林業試験場防災部治山第1研究室が担当し、後者は、林業試験場関西支場育林部防災研究室が担当した。

なお、気象、地質、地形などについては、各研究機関がそれぞれ予算配布を受けて専門的に調査研究されているので、とくに必要な事項以外は記述を省略し、森林と山地荒廃、とくに都市周辺の森林としての特殊性を明らかにすることにつとめた。

1. 森林の状況と山地荒廃

1.1 調査地域の概略

1.1.1 調査地域の位置

神戸市の調査によると、7月9日9時から翌10

日9時までの24時間雨量が300mmを越えた地域は、おおむね六甲山系の南側、西は須磨付近から、東は西宮市付近までである。また、崩壊地からの流出土砂や洪水による被害も当然のことながら、神戸市から西宮市にかけていちじるしく、上記の雨域とほぼ同一の地域に多発している。そこで、調査に必要な時間や経費などをあわせ検討して、しかも災害の特徴を出せるように図-1のような範囲を調査地域と定めた。調査の便宜上これを22の小区分にに分けて1番から22番の番号をつけて小区分ごとに各種の調査を行なった。区分および番号は図-1に示したとおりである。この範囲には今回の豪雨の雨域の中心とみられる摩耶山がほぼ中央にあり、日雨量300mm以上を観測

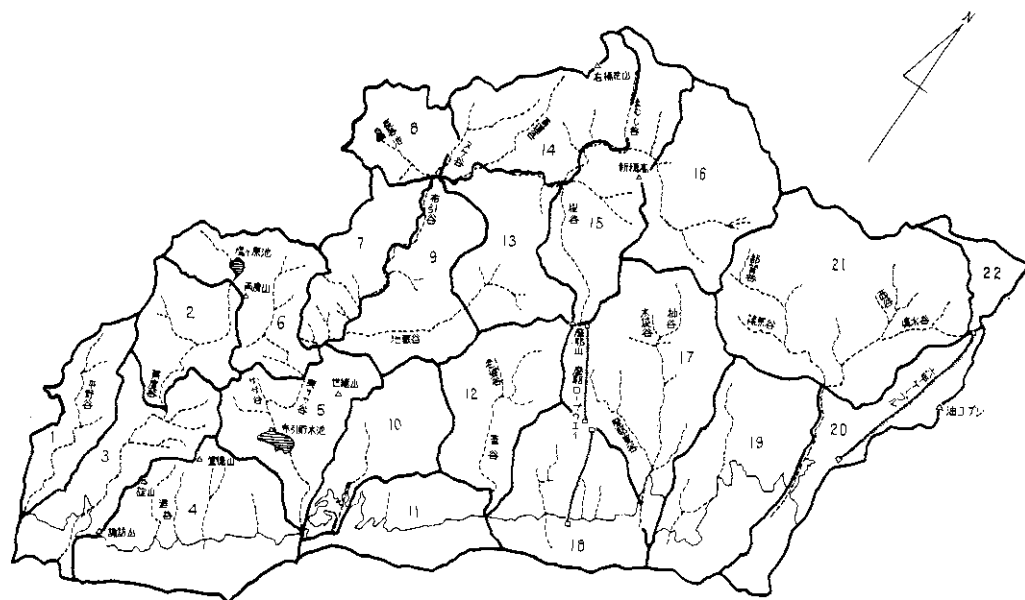


図-1 調査地区区分図

縮尺 1:45,000

した六甲山植物園、再度山なども含まれている。おもな河川は、都賀川(真水谷、都賀谷、袖谷)、観音寺川、西郷川(青谷)、狐川、新生田川(芋谷、布引谷)、北野川(天神谷)、鯉川、宇治川(再度谷、平野谷)などでカッコ内に記載した上流の谷の部分だけでなく、下流平地の市街地の一部分も調査地域に含まれ、各河川の最下流には神戸市街の中心地があって、都市に隣接する山地の典型ともいふべきところである。

地質は、ほとんど全域にわたって風化花崗岩で、いわゆるマサとよばれる厚い風化層より成り、非常に崩壊しやすい。

行政的には神戸市の生田区、葦谷区、灘区、兵庫区の各一部にまたがり、面積約2,770haの区域である。

1.1.2 土地利用の変化と現況

航空写真によって土地利用状況を調査した。使用写真は1967年7月建設省近畿地方建設局撮影

による $\frac{1}{10,000}$ の写真で、これの2倍伸しを用いて土地利用区分を判読し、その結果を縮尺 $\frac{1}{5,000}$ の図面に移写して面積を計測した。面積の計測にはドットテンプレートおよびプランメータタを使用した。土地利用の変化を観察するために1956年林野庁撮影、山33、 $\frac{1}{20,000}$ の写真の2倍伸

ばしを用いて、同様に1956年当時の土地利用状況を $\frac{1}{5,000}$ 図面に移写し、面積を計測した。この結果によれば、1956年および1967年の災害直後の土地利用形態別面積とその間における土地利用形態別の面積の増減は表-1のとおりである。表から、土地利用形態の変化をみると、林地面積

表-1 六甲地区の土地利用 (単位: ha)

土地利用区分	1956年	1967年	増	減
林地	2,321.94	2,151.65		-170.29
小計	2,321.94	2,151.65		-170.29
草地	50.29	54.82	+ 4.53	
農耕地	7.82	0.26		- 7.56
公園, 遊園地	1.75	2.88	+ 1.13	
道路	33.00	26.90		- 6.10
採土石地	1.50	8.50	+ 7.00	
駐車場, 野球場		6.96	+ 6.96	
防火線, 砂防施工地	1.46	4.31	+ 2.85	
貯水池, 湿地, 池	10.36	10.67	+ 0.31	
墓地, 火葬場, 浄水場	6.75	7.50	+ 0.75	
土地造成地	47.07	32.26		- 14.81
市街地	244.97	315.17	+ 70.20	
小計	404.97	470.23	+ 65.26	
崩壊地	15.34	69.04	+ 53.70	
溪流荒廃地	25.69	77.02	+ 51.33	
小計	41.03	146.06	+ 105.03	
計	2,767.94	2,767.94		

の減と市街地面積の増がとくに注目される。林地の減少は約170haで、崩壊地や溪流荒廃地が多発したための減約100haを差引くと残りは約70haとなり、市街地の増加面積約70haにおおよそ等しい。したがって約70haの林地が宅地に転換されたとみてよいであろう。その他には1956年当時約8haあった農耕地がほとんどなくなったこと、採土石地が1.5haから8.5haと急増したことなどがあげられる。土地利用がこのように進むと一般には、道路が整備されてその延長が増すものと考えられるが、ここではかえって道路面積は減となってあらわれている。これは崩壊や溪流荒廃などによって、道路が一時的に破壊されたためではないかと考えられる。

1.1.3 調査地域の林相

六甲山一帯は、大部分がいわゆる暖帯林に属するものであるが、豪雨による山地荒廃、乱伐、山

火事の頻発などの作用により、本来の林相はほとんど失なわれて、わずかに布引の滝付近のカシ類を主とする林相や再度山大竜寺付近のツブラジイを主とした天然林(写真-1)、摩耶山天上寺付



写真-1 大竜寺付近の天然林

近のアカマツからアカガシへの移行を示す天然林などにその代表的常緑広葉樹林をみるにすぎない。この調査区域全体からみると、伐採などの結果から生じたアカマツを主とする二次的森林が面積的に最も大きく、コナラ、クヌギ、アベマキなどの落葉広葉樹が混生し、低木にはネジキ、アセビ、ヤマツツジなどツツジ科の植物が多い（写真-2）。さらに、くり返し伐採が行なわれた林地は写真-3のように陽性の落葉広葉樹の疎林に変化する。



写真-3 落葉広葉樹の疎林



写真-2 アカマツを主とする林地

今回の調査地は概して南向斜面が多く、温暖寡雨のため、人工造林にはアカマツが最も多く用いられている。前記のアカマツ林は天然下種のものもあるが、植栽したものが相当あり、土地が瘠悪なため、これら植栽木の生長が悪く、アセビ、ネジキ、イヌツゲ、ヒサカキなどの低木が混生する。マツ以外には清水谷付近や摩耶山国有林付近などに、わずかではあるが、スギ、ヒノキの造林地が見られる（写真-4）が生長はあまりよくない。



写真-4(1) 針葉樹の造林地



写真-4(2) 針葉樹の造林地

調査地域内の林相を針葉樹、広葉樹別、老令、壮令、幼令別に空中写真により調査した結果は表-2、表-3および図-2のとおりである。

1.2 森林と山地荒廃

1.2.1 山地荒廃の概略

調査地区2,770ha内に発生した崩壊地および溪流荒廃地面積は、それぞれ69ha、77haである。この結果は、空中写真の判読結果から得られたもので、崩壊土砂の堆積などの部分で崩壊地外

の部分が崩壊地と見分けが付きがたいため、実際の崩壊面積よりやや大きめに出たと思われる。また0.01ha以下の崩壊地は調査対象としなかった。

調査地域内に発生した崩壊地の個数は1383個、面積69.04haで崩壊地を大きさによって0.05haきざみに括約すると図-3のように0.01~0.05が最も多く985個で、以下崩壊地の規模が大きくなると個数は少なくなる。小規模な崩壊地が多発した点は1964年の島根県における風化花崗岩地

表-2 林 相 (1956年)

小区 分	針葉樹 (75%以上)			針広混交 (75%~25%)			広葉樹 (75%以上)			計
	老	壮	幼	老	壮	幼	老	壮	幼	
1	24.44	13.09		6.27	12.84				19.17	75.81
2		64.30			1.25		2.57	8.08		76.20
3	5.14	84.45			5.20			1.75	5.14	101.68
4	57.40	7.42		12.46				28.81		106.09
5	1.51	1.64	2.08		1.89			58.58	26.62	92.32
6	29.22	36.24	15.89	23.40						104.75
7	51.10	7.90	1.31		2.12			8.66		71.09
8		1.90	48.79	3.04				4.18	1.58	59.49
9	47.21	37.38	2.44		0.79	0.67		17.80	8.35	114.64
10		20.36			5.54		1.74	57.35	10.65	95.64
11		5.82							41.51	47.33
12	17.84	19.81	2.15		5.97	24.04		3.26	45.40	118.47
13	27.68	67.86	4.69					5.06		105.29
14	11.45	52.95	10.53		16.89	7.10		28.35		127.27
15		55.14	34.09		1.03	7.50		18.02	13.42	129.20
16		113.96							20.73	134.69
17	7.80	102.56	12.83			70.22				193.41
18	14.73	12.78	1.62		5.45	7.33			46.06	87.97
19		27.99	67.15			13.56			14.31	123.01
20	8.69	4.16	13.84		22.29	5.15			20.42	74.55
21	24.79	46.13	31.16		90.19	1.98			76.01	270.26
22		6.15			6.63					12.78
計	329.00	789.99	248.57	45.17	178.08	137.55	4.31	239.90	349.37	2,321.94

(備考 老:41年以上, 壮:21年~40年, 幼:0年~20年)

表-3 林 相 (1967年)

小区 分	針葉樹 (75%以上)			針広混交 (75%~25%)			広葉樹 (75%以上)			計
	老	壮	幼	老	壮	幼	老	壮	幼	
1	20.21	9.35		17.58	6.15			15.44		68.73
2	38.06	7.36	11.83	11.46	4.29					73.00
3	14.50	28.68		25.57	17.87	1.75	3.50			91.87
4	33.57	2.32		27.49	4.71	2.26	14.01	9.87	3.68	97.91
5		4.06		6.70	8.88		40.29	7.28	2.83	70.04
6	51.84	15.30	1.80	7.72	17.49		3.98			98.13
7	49.72			8.66	13.95		3.30			75.63
8	52.35	3.40		4.22						59.97
9	44.21	19.07	5.12	5.62	28.60			2.65		105.27
10	19.33	7.96		13.16	15.84		3.90	26.58		86.79
11	6.26			4.11	4.87			23.56		38.80
12	16.66	11.30		12.64	32.63			40.15		113.38
13	48.01	19.46		10.89	24.78					103.14
14	35.19	32.45			41.23	2.89		9.69	8.11	129.56
15	26.51	26.52			50.45			5.38	18.79	127.65
16	61.30	19.93			28.97				15.93	126.13
17	49.10	42.18	6.06		43.64	8.69	4.77	4.35	26.80	185.59
18	12.77			2.11	30.87				31.65	77.40
19	26.17	10.32	31.38		20.44			2.96		91.27
20	12.81		4.73	0.76	39.90			1.95	6.18	66.33
21	53.51	22.30	7.30	79.23	22.43			11.24	55.64	251.65
22	8.33	0.56		1.23	2.44		0.12		0.73	13.41
計	680.41	282.52	68.22	239.15	460.43	15.59	73.89	161.10	170.34	2,151.65

(備考 老:41年以上, 壮:21年~40年, 幼:0年~20年)

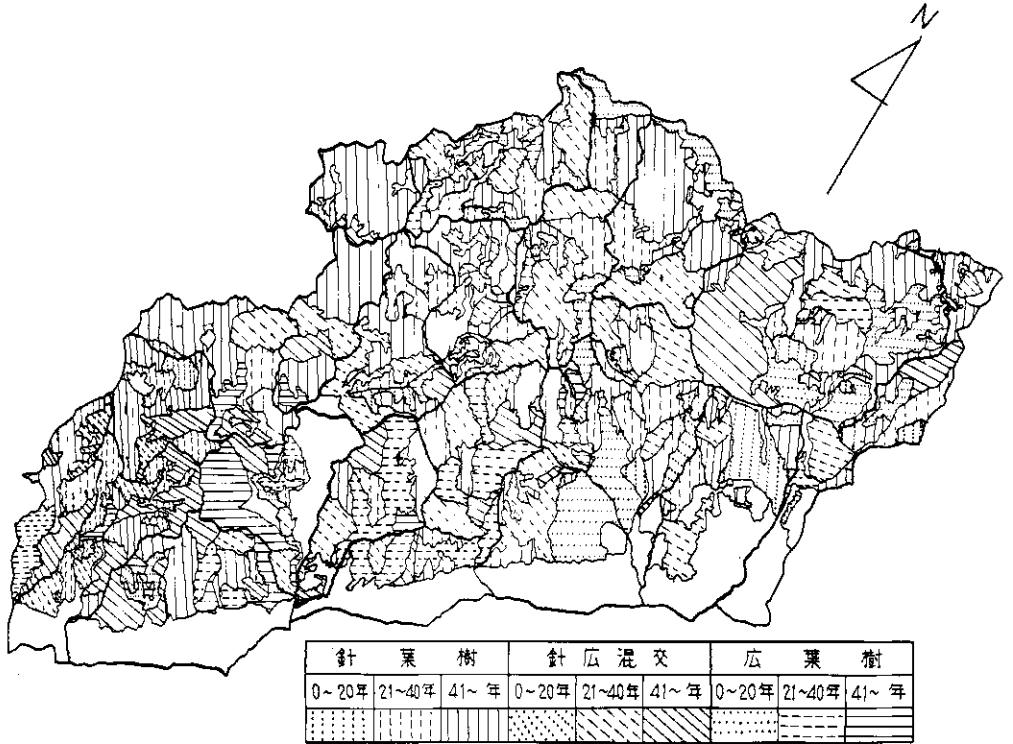


図-2 林相図

縮尺 1 : 45,000

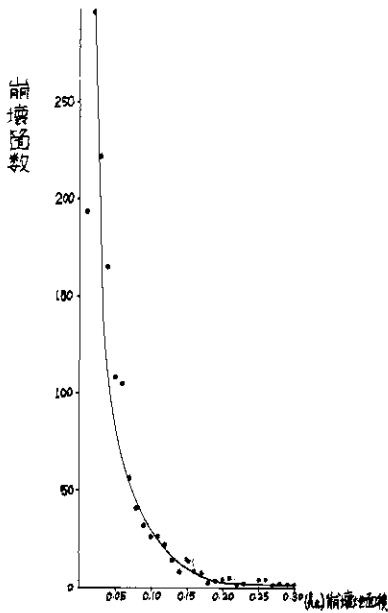


図-3 崩壊地の大きさと個数

係し、定量的に崩壊の発生を追究するにはそれらの条件を林相とあわせて検討しなければならないのであるが、調査の方法、精度から考え、林相以外の崩壊の条件を多種多様にとりあげて解析してもかならずしも林相と崩壊の関係について、よい結果が得られそうもないので、ここでは雨量は全域にわたって24時間雨量約300mm、地質はおおむね風化花崗岩であったため、雨量、地質とも全域にわたりほぼ同一とみなせると考え、かりにそれらが部分的に差があってもその差は各林相に等しく配分されると仮定して、調査区域内における雨量、地質などの差は無視することにした。地形については1.2.3で述べることにする。

1.2.2 林相と崩壊

1.1.3で述べた林相が崩壊にどのように関係するかをまず踏査による現地調査の結果から考察した。

まず、この地区の森林の極盛相とみられる再度山大竜寺付近の常緑広葉樹の天然林では、1個所の面積0.01ha程度の非常に小面積の山くずれが散發しているのが見られる、面積的には発生率は

帯の崩壊発生の調査結果と一致する。これらの崩壊の発生には雨量、地質、地形など林相以外にも関

低い、このようなよい林相の天然林でも崩壊が発生することが認識された。

つぎに、本調査地域の森林の大部分を占めるマツを上木とする森林では山くずれが随所に発生している。これらの発生個所を観察すると、山腹の凹部あるいは溪流沿いの急斜面に多い。六甲山付近は気象的に十数年、あるいは数十年の周期で集中豪雨に見舞われる場所であり、前記のような場所では山くずれがくり返されるため、大径の林木が生育せず、そのため豪雨時に山くずれを起こしやすいという悪循環がくり返されるのではなかろうか。



写真-5(1) 急斜部の崩壊



写真-5(2) 急斜部の崩壊

乱伐などによってよい林相が人為的に破壊され

た結果生じた陽性広葉樹の疎林では崩壊の発生は面積的にもいちじるしく、1か所当りの崩壊面積も写真-6のように比較的規模が大きい。



写真-6 広葉樹の疎林に発生した大きな崩壊

以上、各種林相における山くずれと林木の関係を述べたが、林木の大きさと、山くずれの関係を観察すると写真-7のように小径木では山くずれ



写真-7 小径木の林地に発生した崩壊

を防ぐ効果が小さいことがわかる。また、大径木は崩壊地の中にあっても、倒伏、幹折れせず立木状態を保っている例があり、山くずれの拡大を防ぐ役割を果たしている例もみられる。

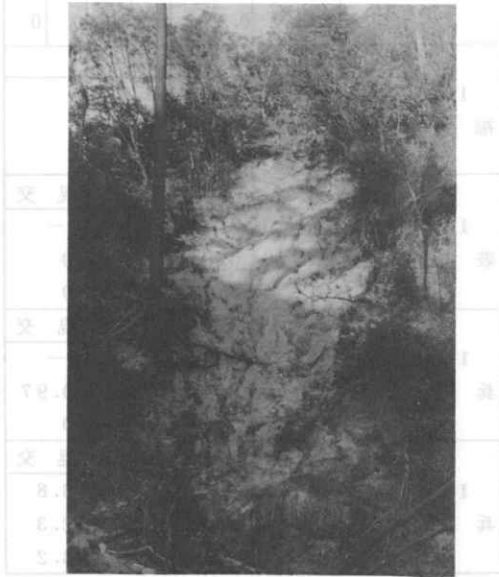


写真-8(1) 崩壊地の中に残った立木

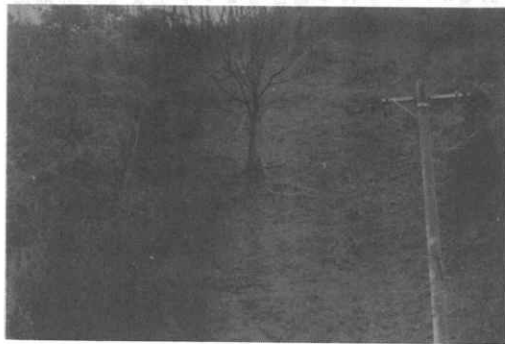


写真-8(2) 崩壊地の中に残った立木

こうして観察した結果をたしかめるには、さらに精密な調査が必要である。そこで、主として空中写真を用いて、樹種、樹令、粗密度などを調査し、それらと崩壊の関係を求めた。すなわち、樹種は針葉樹(針葉樹75%以上)、広葉樹(広葉樹75%以上)、針広混交(針葉樹25%~75%)の3種類、樹令は幼(0~20年)、壮(21~40年)、老(41年以上)の3種類、粗密度は樹冠被覆度を投影面積の割合であらわし、a(71%以上)、

b(41~70%), c(11~40%), d(0~10%)の4種類に分けて判読した。また、崩壊地ごとにその周辺の林相を同じ分類で調査した。結果は表-4のとおりである。

表-4 林相と崩壊 (1967年 六甲地区)

樹種	樹令	粗密度	林地面積 ha	崩壊地面積 ha	崩壊面積率 %
針葉樹	幼	a	13.54	0	0
		b	49.95	2.21	4.4
		c	4.73	0	0
		d	0	0	0
	壮 (75%以上)	a	116.00	1.08	0.9
		b	150.03	4.37	2.9
		c	15.51	0.68	4.4
		d	0.98	0	0
	老	a	139.42	1.71	1.2
		b	412.61	10.17	2.5
		c	70.28	2.16	3.1
		d	58.10	2.42	4.2
針広混交	幼	a	2.89	0	0
		b	10.44	0.56	5.4
		c	2.26	0.04	1.8
		d	0	0	0
	壮 (75% ~ 25%)	a	76.43	1.68	2.2
		b	358.20	7.78	2.2
		c	25.80	1.21	4.7
		d	0	0	0
	老	a	91.22	2.18	2.4
		b	137.65	5.42	3.9
		c	10.28	0.03	0.3
		d	0	0	0
広葉樹	幼	a	89.32	3.59	4.0
		b	74.51	3.20	4.3
		c	2.83	0.34	1.2
		d	3.68	0	0
	壮 (75%以上)	a	65.10	3.22	4.9
		b	84.58	5.36	6.3
		c	4.58	0.37	8.1
		d	6.84	0.23	3.4
	老	a	44.36	0.49	1.1
		b	29.41	0.63	2.1
		c	0	0	0
		d	0.12	0	0
合	計		2,151.65	61.13	2.8

(樹令 幼: 0~20年, 壮: 21~40年, 老: 41年以上)

(粗密度 a: 71%以上, b: 70~41%, c: 40~11%, d: 10%以下)

田中氏, 川口氏などによる既往の崩壊地調査によると林相と崩壊の関係は表-5のとおりで、この表の調査は樹種別に調査してないものもあり、

表-5 林相と崩壊(過去の災害調査結果)

	樹 令		針葉樹		広葉樹	
	カスリーン台風	伐跡地	15.7%	1.9%		
	1~20	8.6	5.1			
赤城山崩壊	21~50	1.9	5.3			
1951年	51~密	0	0.9			
	51~疎	0	2.9			
山梨県下笹子 1934年	樹 令	崩壊面積率				
	無立木地	2.77%				
	5~20	2.70				
	21~50	2.62				
	51~密	1.28				
	51~疎	2.28				
大分県日田 福岡県八女郡 1934年	樹 令	崩壊面積率				
	0~10	1.75%				
	11~20	1.92				
	21~30	1.09				
	31~40	0.17				
	41~	0.08				
福岡県矢部川流 域IIか村の崩壊 1953年	樹 令	崩壊面積率				
	0~5	1.1%				
	6~10	1.7				
	11~15	0.9				
	16~20	0.5				
	21~	0.6				
和歌山県 1953年	樹 令	高野山 国有林	同津保 国有林			
	天然林	0.03%	0.51%			
	伐跡地	1.29	1.45			
	1~10	5.85	3.09			
	11~20	2.51	4.49			
	21~30	2.01	0			
	31~40	1.76	0			
	41~	0.70	0			
伊豆天城および 河津国有林 1958年	樹 令	天 城	河 津			
	0~5	2.06%	0.60%			
	6~10	1.63	0.61			
	11~15	0.90	0.23			
	16~20	0.94	0.33			
	21~25	1.03	0.15			
	26~30	0.48	0.05			
	31~35	0.40	0.03			
	36~	0.19	0.06			
山梨県富士川お よび塩山付近 1959年	樹 令	福 士 川	塩 山			
	0~10	0.47%	1.67%			
	11~20	0.34	0.38			
	21~30	0.13	0.07			
	31~40		0.02			
	41~50	0.19	0.01			
	51~	0.40	0.09			

1961年	樹 令	新宮川			四徳川		
		針	広	混交	針	広	混交
伊 那 谷	0~10	2.4%	1.6%	0%	10.1%	7.3%	5.7%
	11~40	1.8	1.3	1.4	2.5	7.0	7.0
	41~	0.3	0	0.8	0	0	0
1965年 福 井 西 谷	樹 令	針葉樹		広葉樹			
	0~10	1.8	5.5				
	11~20	0.6	5.1				
	21~	1.6	1.9				
1965年 岐 阜 根 尾	樹 令	針葉樹	広葉樹	混 交			
	0~10	2.95	4.03	-			
	11~20	0.87	2.59	0			
	21~	6.67	3.38	0			
1965年 兵 庫 朝 来	樹 令	針葉樹	広葉樹	混 交			
	0~10	1.96	0.76	-			
	11~20	0.41	0.64	0.97			
	21~	0.25	0.61	0			
1967年 兵 庫 六 甲	樹 令	針葉樹	広葉樹	混 交			
	0~20	3.2	4.2	3.8			
	21~40	2.2	5.7	2.3			
	41~	2.4	1.5	3.2			

また樹令階も5年括約、10年括約などまちまちであるが、いずれの場合も20年生までの林地に崩壊地が多発し、崩壊面積率の最高値も20年生までの林地にあらわれていることがわかる。今回の調査結果をこれらの結果と較べるために樹種、樹令別にまとめて記載した。この結果は、従来の調査結果とよく似た傾向であるが広葉樹の場合、21~40年の崩壊が多いことが目立つ。表-6のごとく樹令別だけにまとめると幼、壮、老の順

表-6 樹令と崩壊

樹 令 別	面 積	崩壊地面積	崩壊面積率
幼(0~20年)	254.15 ha	9.94 ha	3.9%
壮(21~40)	904.05	25.98	2.9
老(41~)	993.45	25.21	2.5
計	2,151.65	61.13	2.8

に崩壊が多い。この結果からみると幼令(20年以下)の林地の崩壊がいちじるしく3.9%、壮令(21~40年)2.9%、老令(41年以上)2.5%の順になる。この結果を別の角度から確か

めるため1.1.1において述べた22の小地区につ (幼令), 40年以下(幼令+壮令)の二とお
いて樹令と崩壊の関係をみた。樹令は20年以下 の面積率, 崩壊は崩壊面積率をとると表-7のと

表-7 幼令林と崩壊

小 区 分		0~20年		0~40年		崩 壊 地	
番 号	面 積	面 積	面積率	面 積	面積率	面 積	面積率
	ha	ha	%	ha	%	ha	%
1	76.68			30.94	40.3	3.94	5.1
2	79.12	11.83	15.0	23.48	29.7	2.87	3.6
3	101.88	1.75	1.7	48.30	47.4	5.93	5.8
4	104.04	5.94	5.7	22.84	21.9	4.13	4.0
5	81.68	2.83	3.5	23.05	28.3	8.93	10.9
6	103.49	1.80	1.7	34.59	33.4	1.26	1.2
7	80.55			13.95	17.3	0.91	1.1
8	64.12			3.40	5.3	0.27	0.4
9	114.18	5.12	4.5	55.44	48.6	2.42	2.1
10	93.50			50.38	53.9	3.91	4.2
11	44.28			28.43	64.2	4.10	9.3
12	120.78			84.08	69.6	3.19	2.6
13	107.63			44.24	41.1	1.91	1.8
14	133.63	11.00	8.2	94.37	70.6	1.13	0.8
15	132.74	18.79	14.2	101.14	76.2	1.34	1.0
16	134.74	15.93	11.8	64.83	48.1	2.45	1.8
17	198.18	41.55	21.0	131.72	66.5	4.23	2.1
18	82.93	31.65	38.2	62.52	75.4	3.44	4.1
19	100.26	31.38	31.3	65.10	64.9	3.05	3.0
20	71.48	10.91	15.3	52.76	73.8	1.44	2.0
21	271.97	62.94	23.2	118.91	43.8	8.19	3.0
22	14.08	0.73	5.2	3.73	26.5		
計	2,311.94	254.15		1,158.20		69.04	

おりになる。幼令林面積率 X_1 と崩壊面積率 Y の相関はほとんどなく、また(幼令+壮令)林面積率 X_2 と崩壊面積率 Y の相関も低い。これは表-4でもわかるように六甲地区では針葉樹林、広葉樹林また疎林、密林などの条件がからみあっていて樹令だけが崩壊に関係する森林因子ではないこと、1区分平均100ha程度の面積は小さすぎて区分ごとの崩壊面積率のバラツキが大きく、幼令林面積率との相関が低くなったものと思われる。

1.2.3 林相と地形

六甲地区の崩壊発生を林相だけに結びつけて検討したが、1.2.1で述べたように林相以外の条件を無視している。しかし、地形はとくに崩壊と関係し、林木の崩壊防止効果も結局は崩壊しやすい斜面で、林木がいかに崩壊防止の機能をもつかという点で、地形条件を無視するわけにはいかな

い。地形因子の中では、一般に傾斜(またはこう配)が崩壊と関係するが、同時に林木の生育に対しても影響力をもつので傾斜と崩壊の関係を調べた。まず、 $1/5,000$ 図面に2cmの方眼(1個が1ha)をかけ方眼に内接する円内の等高線本数を計測してこう配(= $\tan \theta$)を算出し、こう配ごとに面積を集計した。一方、崩壊地の含まれる方眼のこう配を崩壊地のこう配とみなしてこう配ごとの崩壊面積を集計し、前のこう配ごとの面積と比較すると図-4のようになり、こう配80%まではこう配が増すと崩壊面積率も増加する傾向にある。こう配がそれ以上になると、崩壊面積率は増加せず、むしろ減る傾向になる。これは傾斜(またはこう配)が急なほど崩壊しやすいが、ある程度以上になると露岩状態になるとか、土壌が浅くなるとかの理由で崩壊が起りにくくなるためと

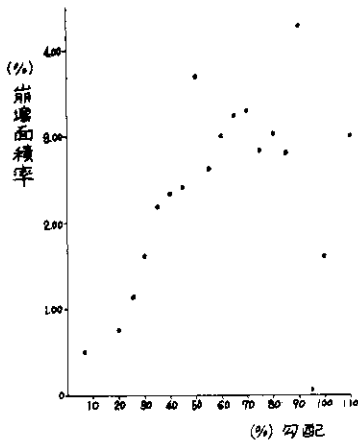


図-4 傾斜と崩壊

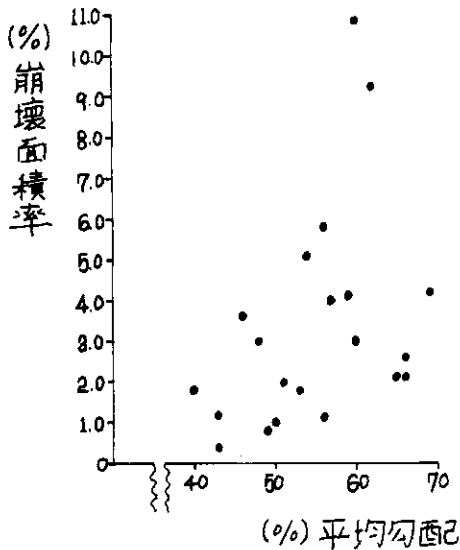


図-5 小区分の平均こう配と崩壊

思われる。図-1による22の小区分について、小区分の平均こう配と崩壊面積率を対比させると図-5のように相関係数0.49と危険率10%水準で有意である。そして、さらに地形と林相の関係をこう配と0~40年の林地面積率を対比すると図-6のように相関係数0.39でこれも危険率10%水準で有意である。これらの結果から地形の急傾斜な地区に幼壮(0~40年)の林地が多く、老令の林地が少ないことがわかる。1.2.2で述べたように大径木は小径木にくらべて崩壊防止の効果は大きいから、この調査地区の場合、急傾斜の地区に老令(40年以上)の大径木が少ないのが一つの問題点であるといえよう。

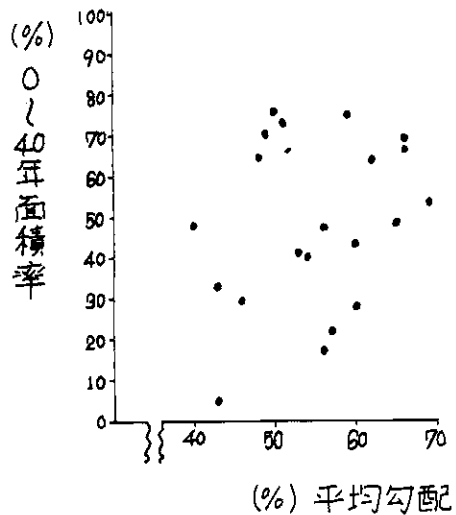


図-6 小区分の林相と平均こう配

1.2.4 根量と崩壊

都市周辺の山地であるため、林地に対する住宅地や遊園地関係の開発がいちじるしいとはいえ、約2,800haの調査地域のうち山林の面積はほぼ2,300haであって、六甲山系では大部分の土地が依然として山林として利用されている現状である。これらの山林にはおよそ80年以前前からマツ類の砂防造林が行なわれ、昭和13年災害以後にはニセアカシアなども植栽されている。林相は貧弱であるが、山腹の地表面はほとんどが植生によっておおわれている。そこで、山林としての土地利用と崩壊との関係を考える場合には、植生がど

のように崩壊に関係しているかが当面の問題となるであろう。この点については一般論として崩壊の発生を予防する能力が森林にそなわっているかどうかという観点から論じられてきた。また、とくに根の部分が崩壊発生に影響する重要な因子であろうとする立場から樹根の引き抜き抵抗の測定なども行なわれている。このようにして植生のもつ崩壊防止能力は地形、土壌状態などに関連すること、林木では樹令との関係を見逃すことができないこと、直接の原因である雨の量または強度に支配されることなどがしだいに明らかにされてきている。ただ、これによって、予防対策が樹立されたとはい

いがたく、なお種々の見地から個々の機能的効果を追求する必要がある。たとえば、材積に注目した考察などのように、いろいろの面から予防対策を考えるべきであろう。このような意味から、ここではとくにこれまでのべてきた概括的な傾向をより細かく検討するため、根の量の多い・少ないが崩壊の防止にどのように関係しているかに着目してみることにした。調査地域の広さにくらべて調査プロットの数が少なく、厳密な検討はできなかったが、1, 2の興味ある傾向を推論することができた。



写真-10 マツ倒木の根
直根がよく発達している



写真-9 ヒノキ倒木の根(黄蓮谷)

(1) 調査区域

昭和42年7月9日の被害地域のうち図-7のように油コブ登山道から平野谷西の稜線までを調査区域とした。水系としては都賀川(六甲山, 杣谷), 西郷川(青谷), 新生田川(布引谷), 宇治川(再度谷, 平野谷)を含んでいる。この区域のほぼ中央にあたる摩耶山は最多雨量(日雨量320mm)の地域にあたり北西部には比較的小雨量の所もあるが全域が300mm以上の雨量区域にはいとみてさしつかえない。ところが

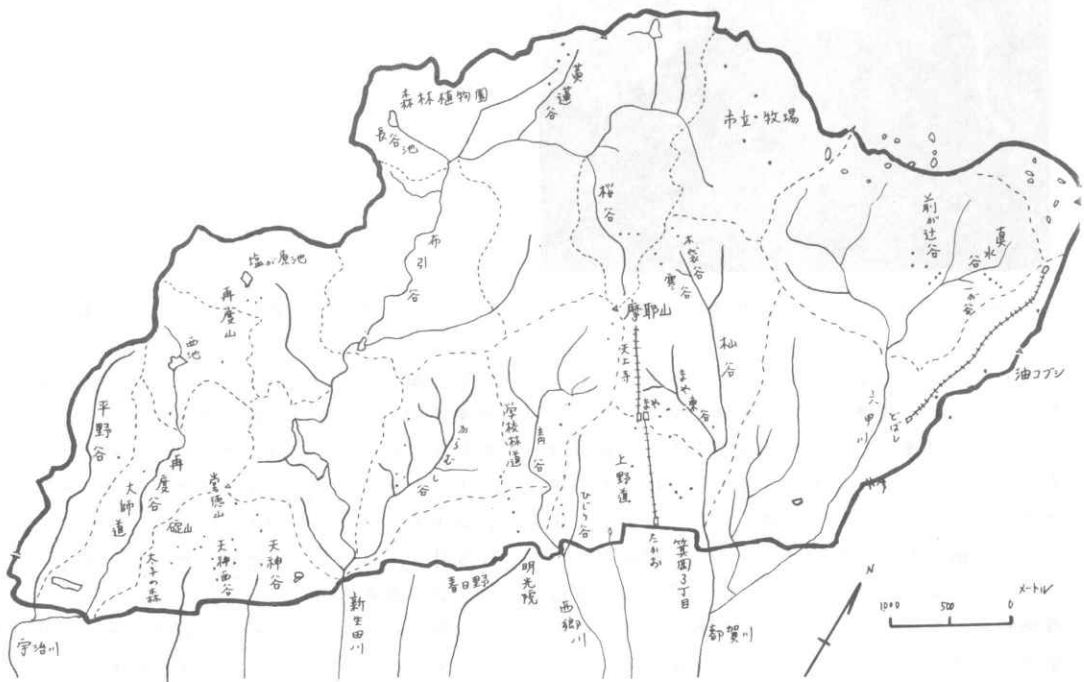


図-7 根量調査区域

山くずれの発生密度は区域の南部 $\frac{1}{4}$ にとくに大きくなっている。すなわち、宅地化が進んでいる山麓近くに数多くの山くずれが発生した。このために人命や財産の被害がとくに大きくなっている。



写真-11 樹枝状の山崩れ (P13-3)



写真-12 小規模な板状体の剝離

つぎに、前記した主な水系のほかに延長百ないし数百メートルの間歇流路が市街地に開口して、山腹傾斜の浸透能を越した雨量があると土砂を含有した流れとなって集中流下することになり、排水溝が不十分なことから道路を流下している。中規模の流路でも市街地にはいと急に河積が小さくなっているのが通例である。図-8、図-9は流路断面の測定図であり、いずれも住宅地では暗渠につながっている。被災時には暗渠の入口に土砂流木がたまり、水は道路へと越流している。

このように、六甲山系では住宅地近くの山くず

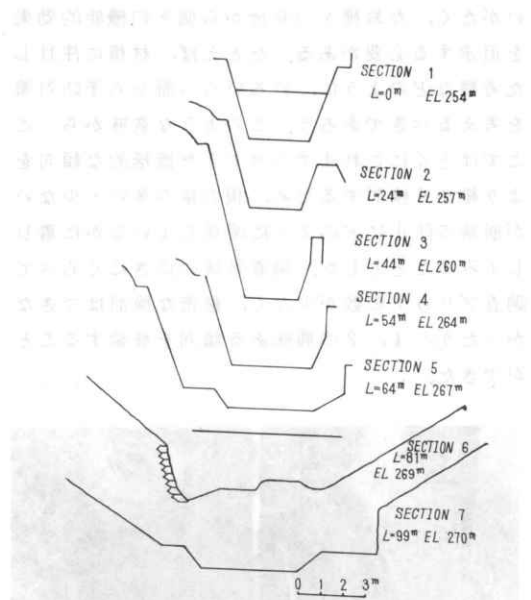


図-8(1) 流路断面の変化(土橋)

Lは六甲ケーブル土橋駅から上流への距離である。Section 1~4は流路工、5は床固工、7はダムである。

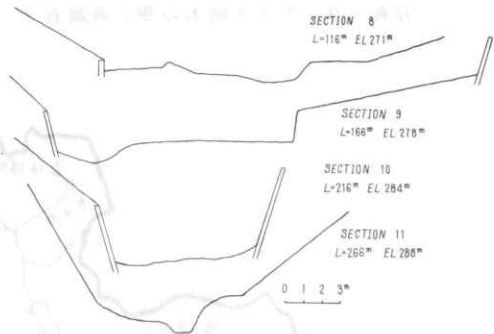


図-8(2) 流路断面の変化(土橋)

れが問題であるので測定プロットも調査区域内の南東部に多くとり、比較のために各水系上流部にも散在させるように選んだ。図-10の中でC1-1~C8-4は昭和43年1月10日~12日に調査したプロットであり、P1-1~P15-2は3月21日~25日に調べた地点である。

(2) 調査方法

山腹斜面において、その付近での平均的な林況を示す地点を選定した。大径木からおよそ1.5m、小径木からおよそ1mの地点をボーリング位置とし、ツルハシとスコップを用いて幅50cmに斜面

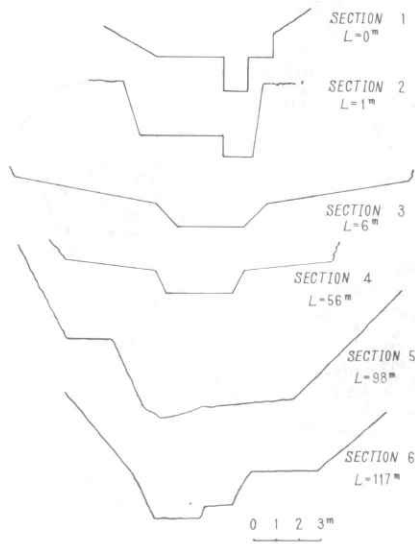


図-9 流路断面の変化(箕岡通)

Section 1は市街地, Section 6が上流側である。Section 1, 2は流路工, 3, 4はダムである。

を鉛直に切り取った。深さは根がない所までで30 cm ~ 1 mである。切り取り面から縦向きに、幅30 cm, 奥行20 cm (後には20 cm × 10 cm)の土層を深さ方向に20 cm (後には10 cm)ずつ採取した。現場で6 mm 目の篩にかけ、根だけをポリエチレン袋にとった。一方、切り取り面で深さ20 cm (10 cm)ごとにコーンペネトロメータ(山中式土壤硬度計)によって水平方向の貫入深さを測定した。また、ボーリング地点を含む3 m × 3 mの範囲について林木の位置、種類、DBH、高さを調べ、斜面の傾斜、方位および標高を測定した。この位置は3千分の1地形図に記入した。



写真-13 ポリエチレン袋に入れた根のサンプル



写真-14 採取した根の乾燥

採取した根は実験室に持ち帰ってから1.5 mm 目の篩にひろげ、水を吹きつけて土砂を洗い流した。室内で2~3か月乾燥させ秤量した。

(3) 測定地点の概況

測定地点は図-10に示したとおりであるが、調査区域内を、主に流域を基準にして細分した22区(小区分という)についてみると4, 17, 18区に多く、5, 7, 8, 9, 13, 19, 22区にはとられていない。地点数はC番号のもの27, P番号のもの53, 合計80地点で深さ別の試料数は合計447となっている。各地点の周囲の状況は表-8のようである。このうち、C1-1は調査区域からわずかに離れているがC1-2とほとんど同じ条件の場所であるので小区分20にはいるものとして扱うことにする。C4-3は根系を観察したが根量は測定していない、C-5は調査員不足による欠番である。表-8のなかで海拔高は高度計の示度と5千分の1図とから相補的に判定し傾斜・方位はクリノメータまたはハンドレベルによって測定した値である。測定地点周辺の林況スケッチの数例を図-11に示しておく。

硬度計の貫入量は同一深さで水平方向に3回以上測定した。地表面からの深さごとの平均値の代表的数例を図-12に示す。測定地点ごとの結果を示すと表-9のとおりであった。単位土量1 cm³を圧入する力は表層で0.1 kgのオーダーで

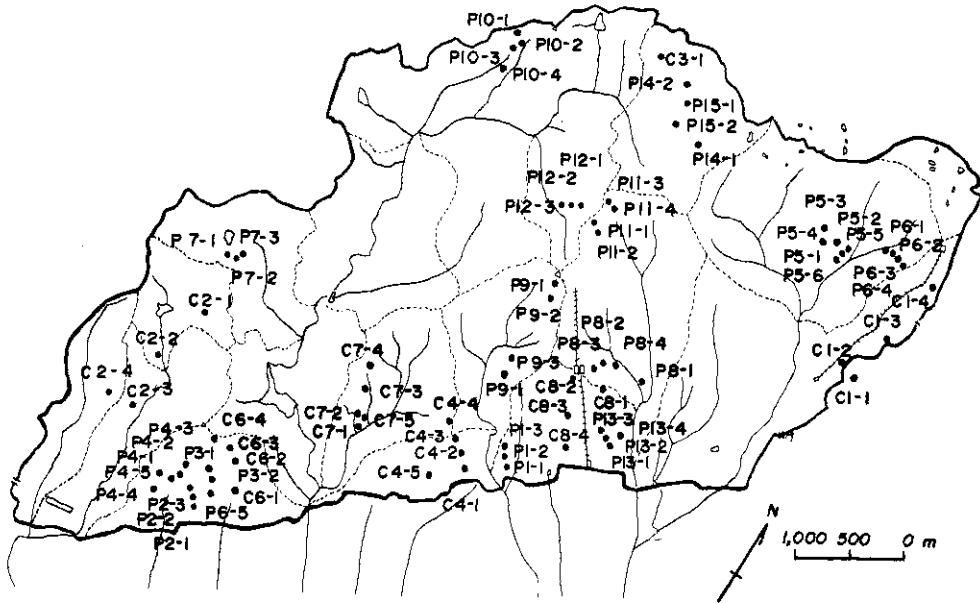


図-10 測定地点の位置図

表-8 測定地点の状況

No.	場所	海拔高	傾斜	方位	植生	プロット面積	Note
C1-1	油コブツ山腹	391 ^m	32°	W	ニセアカシア 直径D=4~6cm	30×20 ^{cm}	治山施工地 15年生クロマツ, ナラあり
-2	"	390	30	W	アカマツ	30×20	天然林 直径D=15~17cm 樹高H=6~7mササ散生
-3	"	538	31	SW	ニセアカシア 15年生	30×20	治山施工地 D=14~15cm, H=3~4m, ササ
-4	"	656	35	W	アカマツ ササ, ヒサカキ	30×20	天然林
C2-1	再度谷左岸	325	36	SE	クス	30×20	クスは100年生 以上の大径木
-2	再度谷	230	42	E	ヒノキ, モミ ササ	30×20	人工林
-3	大師道	180	36	SE	カン, カエデ	30×20	H=3~4m天然林 ササあり
-4	平野谷左岸	245	34	SE	ヒノキ	30×20	30年生人工林 D=5~32cm
C3-1	市立牧場	620	47	SW	アカマツ 牧草	30×20	アカマツが粗立した放牧地, 草は密生 している
C4-1	明光院	200	52	NE	コナラ, ササ カン, アカマツ	30×20	H=2~10m
-2	"	260	42	NE	アカマツ	30×20	天然林状 コナラ, ツツジあり
-4	学校林道	404	38	SW	クロマツ D=30cm, H=13m	30×20	ツツジ, ヒサカキ ササあり
-5	春日野	218	41	S	クスギ H=5~6m	30×20	ヒサカキ, ササあり
C6-1	天神谷	190	37	SW	LH	30×20	LHは広葉樹
-2	"	240	38	SW	クスギ	30×20	D=8~17cm H=6~8m
-3	"	280	42	E	カエデ ササ	30×20	マツ伐採跡地 カエデ D=19cm, H=10m
-4	"	330	35	SE	サクラ モミ	30×20	人工林(3年生モミ) ササあり

表 - 8 測定地点の状況

№	場 所	海拔高	傾斜	方位	植 生	プロット 面 積	Note
C6-5	天 神 谷	190 ^m	34°	SE	アカマツ D=41cm, H=15m	30×20 ^m	マツ伐根あり(75~80年) H=3~6のLH, ササあり
C7-2	からむし谷左岸	250	52	SW	カ シ サ サ	30×20	H=6mのクスギあり
-3	"	280	39	SW	アカマツ	30×20	D=50cm, H=15mの老令林 H=1.5~3mのヒサカキ, ソヨゴあり
-4	"	316	48	S	クスギ ツツジ	30×20	H=5~8mの雑木林
-5	"	248	41	E	ヤマモモ	30×20	造林地 カシ, ササあり
-1	"	210	56	SW	ヒノキ	30×20	造林不良地
P8-1	まや山まや駅東	400	34	SE	クロマツ	30×20	25年生人工林 H=2~5m
-2	まや山バンガロー下	430	40	SSE	マ ツ サクラ	20×10	H=2~6mのクス, ツバキ タケ密生
-3	上 野 道	285	45	W	ク ス	20×10	H=4m密生
-4	"	240	40	SW	クス, タケ	20×10	H=1~4m タケはD=0.5~1cm, H=2m
P1-1	ひじり谷右岸	165	40	S	ニセアカシア	30×10	H=6~11m タケ密生
-2	"	178	38	SSE	ニセアカシア タケ	20×10	H=7~12m
-3	"	195	28	SSE	タケ, LH	20×10	LHはH=5~6m
P2-1	天神西谷右岸	125	46	SE	カ シ	30×10	古い治山施工地
-2	"	170	39	SE	LH	30×10	D=11~36cm
-3	"	190	30	SE	カ シ	30×10	D=8~20cm シダが多い
P3-1	堂 徳 山	165	38	S	ク ス	30×10	D=4~24cm
-2	"	145	19	SW	LH	30×10	D=3~13cm ササ散生
P4-1	追 谷 左 岸	152	46	SW	カキ, タケ	20×10	タケはD=0.3~0.4cm H=0.7~0.8m
-2	"	180	46	SW	LH, タケ	20×10	H=5~6m
-3	"	215	46	SW	"	20×10	H=9~12m
-4	太 子 の 森	153	45	NE	クロマツ ツバキ	20×10	クロマツはH=2.8m ツバキはH=1~1.6m
-5	碓 山	183	39	SSW	テーダマツ	20×10	造林地D=3~7cm H=3.5~7m, ススキあり
P5-1	前 が 辻 谷	425	38	SE	ヒノキ	30×10	人工林 D=10~14cm
-2	"	510	38	SE	ヒノキ	30×10	" D=10~15cm
-3	"	580	32	SE	ヒノキ	30×10	" D=5~12cm ササあり
-4	"	660	30	SE	ヒノキ	30×10	人工林 D=15~32cm ササあり
-5	"	430	39	SE	ス ギ	30×10	人工林 D=11~26cm H=10~22m
-6	"	450	40	SE	ス ギ	30×10	" D=10~18cm H=12~20m
P6-1	真 水 谷	535	45	W	LH	30×10	H=1.5~5m
-2	"	575	45	W	LH灌木	30×10	密生した雑木林
-3	"	615	42	W	LH	30×10	H=2~6m
-4	一 が 谷	655	28	NNW	アカマツ	30×10	クスギ(H=3m)あり
P7-1	再 度 山	408	32	SSW	クロマツ, モミ ヤンチャブシ	20×10	H=20m D=0.2~0.3cm, H=1mのタケあり

表-8 測定地点の状況

№	場所	海拔高	傾斜	方位	植生	プロット面積	Note
P7-2	再度山	446 ^m	28°	WSW	LH, タケ マツ	20×10	マツは $H=18\sim 22$ m 伐根あり
-3	"	654	30	NW	アカマツ タケ	20×10	$H=19\sim 24$ m 伐根あり
P8-1	まや東谷	225	21	SW	フサアカシア	30×10	10年生 $H=8\sim 11$ m ササあり
-2	"	370	29	NE	アカマツ	30×10	老令 $H=19$ m ササ多い
-3	"	420	40	NE	アカマツ	30×10	老令 $D=5.3$ cm, $H=18$ m サクラ, イヌツゲあり
-4	"	300	40	NE	アカマツ	30×10	$D=10\sim 20$ cm ヒサカキ, ツツジあり
P9-1	摩耶山頂	690	29	WSW	アカマツ	30×10	$D=3.2$ cm カン, ササ散生
-2	天上寺	610	37	SW	ヒノキ アカマツ	30×10	モミあり
-3	青谷	510	35	SSE	ヒノキ アカマツ	30×10	アカマツは $H=20$ m, $H=7$ mのカンあり
-4	"	395	28	SW	ヒノキ アカマツ	30×10	$H=14\sim 16$ m, ススキあり
P10-1	黄蓮谷	514	36	SE	ヒノキ	20×10	人工林 $D=28\sim 32$ cm
-2	"	500	49	W	ヒノキ	20×10	" $H=16\sim 18$ m クリ散生
-3	"	477	25	W	アカマツ	20×10	$D=4\sim 17$ cm, $H=2\sim 12$ m リョウブあり
-4	"	497	37	ESE	アカマツ ススキ	20×10	$H=10\sim 13$ m



写真-15 ニセアカシアの治山造林地
一部にヤンチャブシがみえる (C1-3)



写真-16 アカマツの天然林 (C1-4)

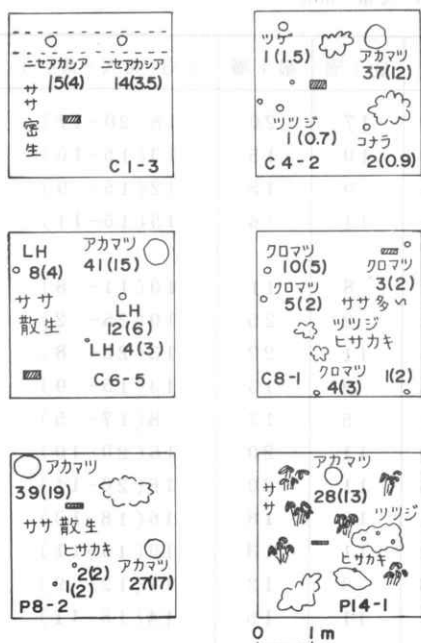


図-11 測定地点林況スケッチ
ハッチングはボーリング地点、
数字は直径 cm (高さ m)

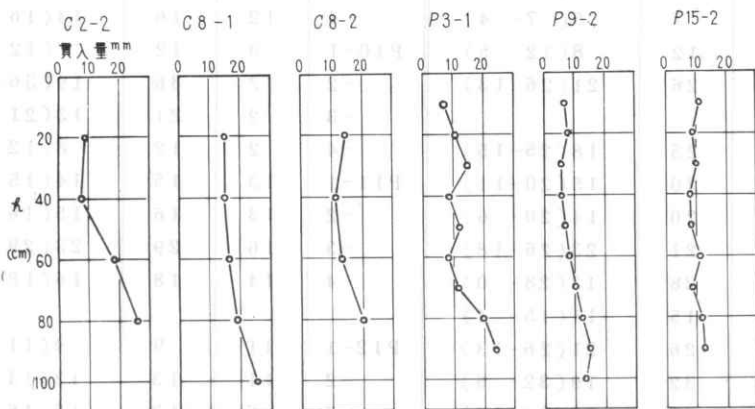


図-12 コーンペネトロメータ貫入値

なおC3-1では土壤が凍結していたので貫入量は無意味なものとなった。のちに述べるように根量は表層に多く下層に少ないので貫入量の変化と逆の傾向をもつとみなせるであろうが、今回の測定ではまだ明確な対応を検出するにいたらなかった。

図-13は100cc円筒型採土器によって深さ別にとった土の物理的性質を示すものである。孔

あり下層では1kgのオーダーとなっている。10kg以上の値を示すものは極めてすくない。P4-4やP10-1は森林状態が比較的よい地点であって、圧入力は中層まで0.01kgのオーダーである。傾向としては地表からの深さが増すにつれて単位土量を圧入する力は大きくなっている。



写真-17 市立牧場(C3-1)
人工的に造成した草生地であるが、多くの小規模崩壊が発生した。

隙率はベックマン比重計によって測定した真比重と、見かけ比重とから計算した値である。測定範囲内では物理的性質が深さ方向にかなりスムーズな変化をしているものと思われる。図-14は簡易透水性測定器(DIK)によって測定した透水係数を孔隙率によって整理した図である。現場での状態はカーブの上端にくるが表層で 10^{-2} cm/sec 、下層で 10^{-1} cm/sec のオーダーであった。

表-9 コーンペネトロメータ貫入量(mm)

㉮	最上層	最下層	平均(最大-最小)	㉮	最上層	最下層	平均(最大-最小)
C1-1	6	12	8(12-6)	P5-3	17	20	18(20-17)
-2	33	33	33(33-33)	-4	10	15	13(15-10)
-3	15	28	22(28-15)	-5	9	15	12(15-9)
-4	14	16	16(16-14)	-6	11	16	15(16-11)
C2-1	20	24	22(25-19)	P6-1	8	11	10(11-8)
-2	9	26	16(26-8)	-2	2	25	10(25-2)
-3	18	15	14(18-12)	-3	11	22	13(22-8)
-4	21	19	19(21-17)	-4	9	13	13(15-9)
C4-1	6	22	12(22-6)	P7-1	5	17	8(17-5)
-2	2	14	7(14-2)	-2	11	20	15(20-10)
-4	6	19	14(19-6)	-3	11	20	16(20-11)
-5	7	28	15(28-7)	P8-1	13	18	16(18-13)
C6-1	11	24	16(24-11)	-2	11	13	12(13-11)
-2	7	26	15(26-7)	-3	9	12	11(12-9)
-3	11	19	15(19-11)	-4	11	15	14(15-11)
-4	20	23	22(23-20)	P9-1	9	11	11(15-9)
-5	12	22	18(22-12)	-2	7	15	9(15-6)
C7-1	4	15	8(15-4)	-3	7	11	9(11-7)
-2	5	18	8(18-5)	-4	12	16	14(16-12)
-3	4	7	5(7-4)	P10-1	0	12	7(12-0)
-4	5	12	8(12-5)	-2	2	36	19(36-2)
-5	13	26	21(26-13)	-3	2	21	13(21-2)
C8-1	15	25	18(25-15)	-4	2	12	8(12-2)
-2	14	20	15(20-11)	P11-1	13	15	14(15-13)
-3	6	20	14(20-6)	-2	13	16	15(16-13)
-4	18	21	23(26-18)	-3	16	29	23(29-16)
P1-1	0	28	13(28-0)	-4	14	18	16(18-14)
-2	11	15	11(15-4)	P12-1	11	9	9(11-7)
-3	13	26	21(26-13)	-2	11	13	13(14-11)
P2-1	6	32	19(32-6)	-3	6	13	13(16-6)
-2	15	33	22(33-15)	P13-1	0	29	12(29-0)
-3	10	20	14(20-10)	-2	0	23	14(26-0)
P3-1	7	24	13(24-7)	-3	0	28	10(28-0)
-2	15	19	12(19-11)	-4	1	12	10(13-1)
P4-1	0	18	9(18-0)	P14-1	15	26	20(26-15)
-2	0	12	4(12-0)	-2	10	17	13(17-10)
-3	4	19	6(19-0)	P15-1	10	13	13(15-10)
-4	0	2	2(6-0)	-2	11	13	10(13-8)
-5	10	25	20(25-10)				
P5-1	7	14	11(14-7)				
-2	13	20	18(20-13)				



写真-18 スギの造林地 (P 5-5)



写真-19 雑木林 (P 6-3)



写真-20 マツとヤシヤブンの沿山造林地 (P 13-4)

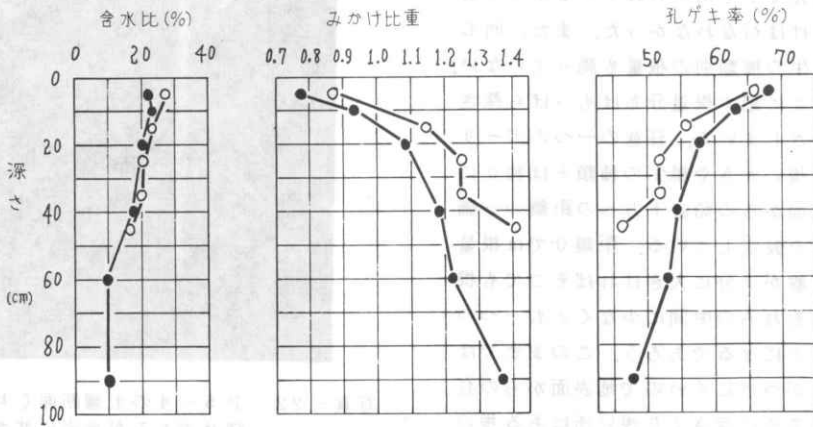


図-13 土の物理的性質
白丸 ; P 7-3 黒丸 ; P 10-4

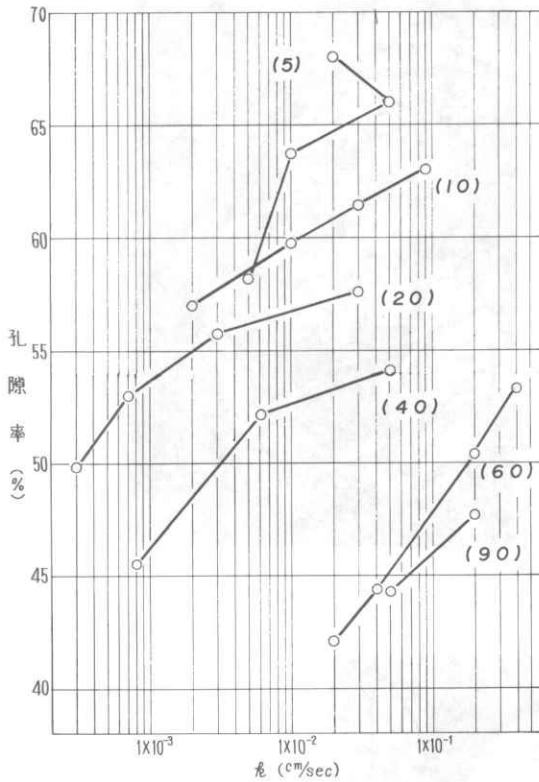


図-14 透水係数
P10-4, カッコ内は深さ cm

(4) 検討結果

a) 根量の分布

採取した根には種々の直径のものが含まれているが、今回は総量としての根量の多い・少ないが崩壊の発生に関係しているかどうかを確かめる意味から、根系調査でよく用いられているような直径による階級分けは行なわなかった。また、同じような意味で植生の種類別の根量も測っていない。したがって、ここに記す根量分布はもっぱら深さ方向への分布をさしている。任意の一つのボーリング地点では、根の太さや植生の種類とは独立に根の重量が地表面からの鉛直下方への距離の一価関数となることを仮定している。距離0では根量も0である。距離が十分に大きければそこでも根量は0である。それらの中間に少なくとも一つの最大値があることになるであろう。このままでは測定値との対応がつけにくいので地表面からの任意の深さに対するその深さより浅い所にある根の重量を考慮することにした。すると、根量は深さに対して単調に増加する曲線となり十分に大きな深

さでは一定値となる。縦軸に深さ h 、横軸に根量 W をとって示したのが図-15である。 W は 30×20 cmの 600 cm^2 あたりの値に換算してある。

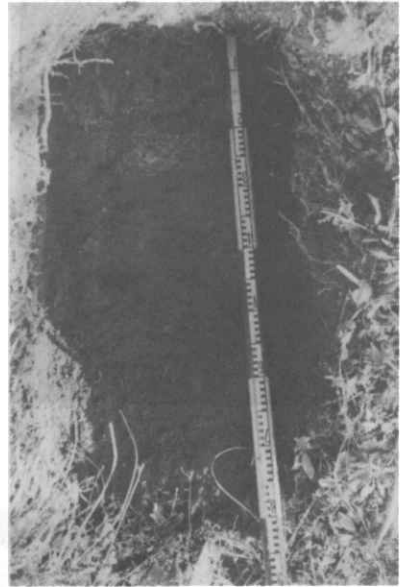


写真-21 C2-2土壤断面(下層の花崗岩の基岩が見える)

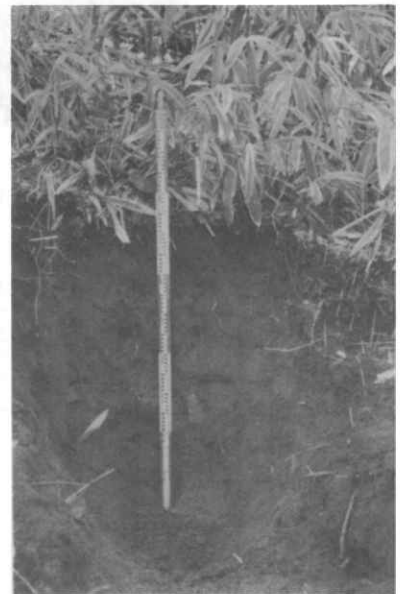


写真-22 P5-4の土壤断面(ヒノキの疎林であるが地表にササが密生している)



写真-23 P6-3 土壌断面 (大きな石礫があった)



写真-24 P13-4 の土壌断面 (上層のササの根が多い)

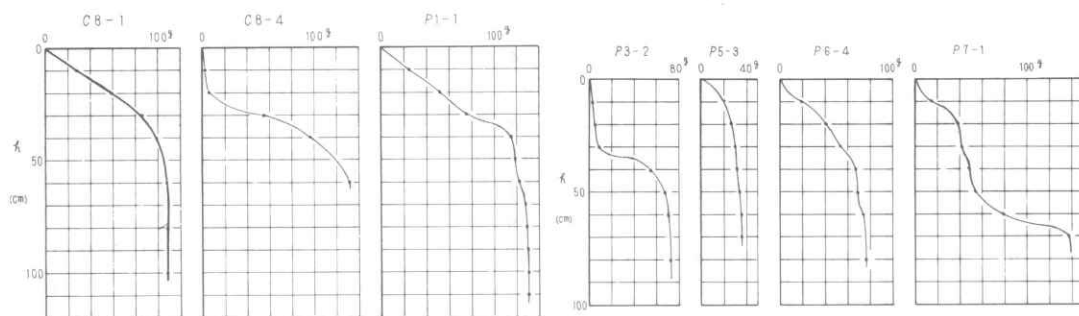


図-15(1) 根量分布
深さhまでの根量(g)

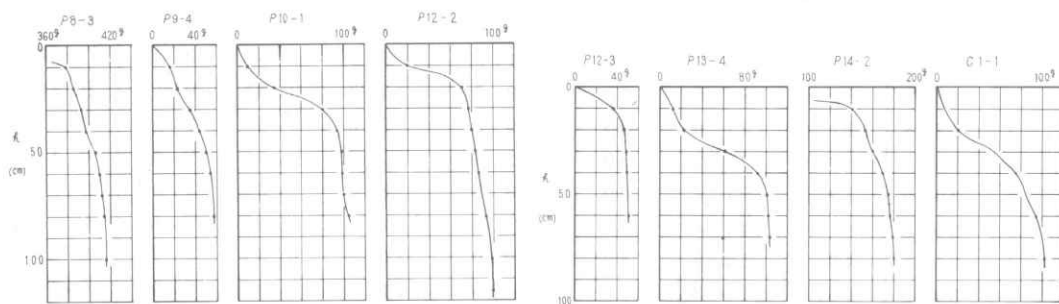


図-15(2) 根量分布

図によると根の分布は種々の形となっているが
深さ20cmと40cmとにこう配の変わる点があり
そうである。そこで、20cmまでの根量 W_{20} と
40cmまでの根量 W_{40} およびカーブが一定値とな

る所での根量 W_a を根量分布曲線の特性値とする
ことにしこれを表-10に示した。表のなかで h_a
は $W=W_a$ となる最小の深さ、すなわち根が認めら
れなくなる深さである。

表-10(1) 深さ別の根量と根量比

測定地点	W_{20} (g)	W_{40} (g)	W_a (g)	h_a (cm)	$W_{40}-W_{20}$ (g)	W_a-W_{40} (g)	根 量 比		
							上 層	中 層	下 層
C 2-1	342.8	509.3	587.4	100	166.5	78.1	0.59	0.28	0.13
- 2	39.3	43.9	52.8	60	4.6	8.9	0.75	0.08	0.17
- 3	61.2	72.8	81.4	100	11.6	8.6	0.76	0.14	0.10
- 4	15.2	36.2	43.8	80	21.0	7.6	0.35	0.48	0.17
C 6-1	26.7	34.0	34.6	60	7.3	0.6	0.78	0.21	0.01
- 2	27.2	37.0	54.3	60	9.8	17.3	0.51	0.18	0.31
- 3	16.9	21.3	28.4	100	4.4	7.1	0.59	0.15	0.26
- 4	28.2	53.0	105.5	100	24.8	52.5	0.27	0.24	0.49
- 5	6.9	381.6	391.1	100	374.7	9.5	0.01	0.96	0.03
P 2-1	8.4	12.4	12.4	40	4.0	0	0.68	0.32	0
- 2	38.0	48.8	48.8	40	10.8	0	0.77	0.23	0
- 3	27.4	51.4	54.0	60	24.0	2.6	0.51	0.45	0.04
P 3-1	55.8	66.2	78.6	80	10.4	12.4	0.71	0.13	0.16
- 2	5.0	55.0	72.4	80	50.0	17.4	0.06	0.70	0.24
P 4-1	42.9	57.6	57.6	30	14.7	0	0.75	0.25	0
- 2	66.9	164.4	432.3	100	97.5	267.9	0.15	0.23	0.62
- 3	62.1	90.9	424.5	80	28.8	333.6	0.15	0.06	0.79
- 4	43.2	91.5	109.8	80	48.3	18.3	0.40	0.44	0.16
- 5	67.8	89.7	122.1	80	21.9	32.4	0.56	0.17	0.27
P 7-1	39.0	48.9	138.6	70	9.9	89.7	0.28	0.07	0.65
- 2	63.0	95.7	107.4	60	32.7	11.7	0.59	0.31	0.10
- 3	22.5	37.8	44.4	90	15.3	6.6	0.51	0.35	0.14
C 4-4	258.1	291.0	327.0	90	32.9	36.0	0.79	0.10	0.11
C 7-1	17.8	45.0	135.9	100	27.2	90.9	0.13	0.20	0.67
- 2	8.2	44.0	55.7	80	35.8	11.7	0.14	0.65	0.21
- 3	188.0	214.1	230.9	100	26.1	6.8	0.84	0.14	0.02
- 4	12.7	17.6	19.8	60	4.9	2.2	0.65	0.24	0.11
- 5	16.1	21.0	22.4	60	4.9	1.4	0.72	0.22	0.06
C 4-1	35.5	56.5	61.7	60	21.0	5.2	0.58	0.34	0.08
- 2	42.8	52.5	65.8	80	9.7	13.3	0.66	0.14	0.20
- 5	87.8	127.0	127.6	50	39.2	0.6	0.69	0.31	0
P 9-1	85.2	168.0	190.2	80	82.8	22.2	0.45	0.44	0.11
- 2	39.0	72.8	101.4	100	33.8	28.6	0.39	0.33	0.28
- 3	25.8	47.4	47.4	30	21.6	0	0.55	0.45	0
- 4	21.6	43.6	57.4	80	22.0	13.8	0.37	0.39	0.24
P 10-1	34.5	93.0	105.3	80	58.5	12.3	0.33	0.56	0.11
- 2	29.1	108.6	123.9	60	79.5	15.3	0.23	0.65	0.12
- 3	12.0	124.2	180.3	60	112.2	56.1	0.06	0.63	0.31

表-10(2) 深さ別の根量と根量比

測定地点	W_{20} (g)	W_{40} (g)	W_a (g)	h_a (cm)	$W_{40} - W_{20}$ (g)	$W_a - W_{40}$ (g)	根 量 比		
							上 層	中 層	下 層
P10-4	51.6	69.6	82.8	90	18.0	13.2	0.63	0.22	0.15
P12-1	60.6	79.4	86.4	60	18.8	7.0	0.71	0.21	0.08
-2	71.2	80.2	99.0	115	9.0	18.8	0.72	0.09	0.19
-3	45.6	48.4	49.8	60	2.8	1.4	0.92	0.06	0.02
C3-1	45.1	49.7	54.8	80	4.6	5.1	0.83	0.08	0.09
P14-1	168.6	204.0	204.8	50	35.4	0.8	0.83	0.17	0
-2	152.6	169.0	180.4	80	16.4	11.4	0.85	0.09	0.06
P15-1	69.8	91.0	100.0	70	21.2	9.0	0.70	0.21	0.09
-2	76.0	92.8	116.4	100	16.8	23.6	0.66	0.14	0.20
P8-1	91.6	94.0	96.4	50	2.4	2.4	0.96	0.02	0.02
-2	69.0	84.6	106.6	90	15.6	22.0	0.65	0.14	0.21
-3	384.4	394.8	412.4	100	10.4	17.6	0.94	0.02	0.04
-4	16.2	18.2	18.4	60	2.0	0.2	0.89	0.10	0.01
P11-1	51.2	59.6	63.2	80	8.4	3.6	0.82	0.13	0.05
-2	49.2	67.2	72.2	80	18.0	5.0	0.69	0.25	0.06
-3	7.0	7.8	7.8	30	0.8	0	0.90	0.10	0
-4	64.0	81.0	81.0	40	17.0	0	0.80	0.20	0
C8-1	58.8	98.6	108.6	100	39.8	10.0	0.55	0.36	0.09
-2	117.3	279.6	427.8	80	162.3	148.2	0.27	0.38	0.35
-3	32.7	82.2	117.9	60	49.5	35.7	0.27	0.42	0.31
-4	4.2	94.8	131.4	60	90.6	36.6	0.03	0.69	0.28
P1-1	50.6	115.8	130.2	110	65.2	14.4	0.38	0.51	0.11
-2	24.9	60.6	66.3	100	35.7	5.7	0.38	0.54	0.08
-3	17.7	18.3	18.3	40	0.6	0	0.97	0.03	0
P13-1	18.9	64.2	64.2	40	45.3	0	0.29	0.71	0
-2	7.8	10.5	13.2	50	2.7	2.7	0.60	0.20	0.20
-3	36.3	190.5	203.4	70	154.2	12.9	0.18	0.76	0.06
-4	21.9	92.1	102.6	70	70.2	10.5	0.21	0.69	0.10
C1-2	38.6	38.6	38.6	20	0	0	1.00	0	0
-3	51.4	73.2	79.7	80	21.8	6.5	0.65	0.27	0.08
-4	22.7	37.7	52.1	100	15.0	14.4	0.44	0.29	0.27
C1-1	20.1	75.4	101.8	80	55.3	26.4	0.19	0.55	0.26
P5-1	23.4	27.0	27.0	40	3.6	0	0.87	0.13	0
-2	44.2	46.0	46.4	50	1.8	0.4	0.96	0.04	0
-3	27.2	32.4	36.4	70	5.2	4.0	0.75	0.15	0.10
-4	13.4	18.0	22.4	70	4.6	4.4	0.60	0.21	0.19
-5	42.4	65.4	79.0	70	23.0	13.6	0.54	0.29	0.17
-6	6.8	12.4	14.4	70	5.6	2.0	0.48	0.39	0.13
P6-1	26.0	38.8	43.0	50	12.8	4.2	0.61	0.30	0.09
-2	10.2	19.4	22.2	60	9.2	2.8	0.46	0.42	0.12
-3	69.8	107.8	112.2	60	38.0	4.4	0.63	0.34	0.03
-4	40.2	67.2	76.4	80	27.0	9.2	0.53	0.35	0.12

表-10から600 cm²あたりの根は総量で100 g程度であり、20cmまでの深さに数十グラムであることがわかる。根の分布する深さは数十センチメートルから1 mとなっている。

W_{20} を上層の根量とし深さ方向に区間を考えると中層下層の区間根量を計算したのがそれぞれ $W_{40} - W_{20}$, $W_{60} - W_{40}$ である。根量比はそれぞれの W_{20} に対する比をとったものである。層別にみると上に多く下に少ないのが普通の分布様式であるが、中層・下層に根量が多い場合も少なくない。植生のスケッチと対照してみると前者はササなどのたけの低い植生が多い所で、後者はかなり大径の樹

木が生立する所のようなのである。

b) 崩壊面積率と根重

調査区域内の崩壊発生数と面積は、小区分ごとに航空写真から判読した数値を用いることにする。ただし、前にのべたように全く根量を測定しなかった小区分は除外し、また区分1, 2, 3については根量測定数が少ないので合わせて1区分とみなし、14, 15についても同様に1区と考える。このようにしてあらためて調査区域を12区に区分した。崩壊を林地に対する面積千分率で、発生数を1 haあたりの個数として示すと表-11のごとくである。

表-11 山崩れ面積率と流域傾斜

細分%	流域%	山くずれ面積 林地面積 × 1,000		山くずれ数/ha	Relief Ratio $\Delta h/l$
		新規	現況		
1	1, 2, 3	51 ‰	55 ‰	1.46	0.20
2	4	40	42	0.90	0.39
3	6	12	13	0.28	0.15
4	10	37	45	0.77	0.39
5	11	104	106	2.19	0.51
6	12	18	28	0.46	0.29
7	14, 15	2	10	0.23	0.15
8	16	12	19	0.78	0.16
9	17	14	23	0.37	0.26
10	18	34	44	1.27	0.39
11	20	12	21	0.52	0.28
12	21	15	32	0.58	0.30

崩壊の発生に関与する因子としては雨量、地形、地質、植生などがあると思われるが、雨量はほぼ一様に近いので無視し、地質についてもここでは一応変化がないものと考えたことにした。地形では山腹傾斜が重要な因子であろうが、計測用の大縮尺地形図に適当なものが見当たらなかったので起伏量比 $\Delta h/l$ によっておおまかな見当をつけることにした。

崩壊面積率と $\Delta h/l$ との関係を図-16に示す。図には11年間の新規発生率も記入したが、現況と大きな差はないし根量は新規発生にのみ影響すると考えることに無理があると思われるので現況面積率で崩壊を表わすことにした。図-16によると $\Delta h/l$ と崩壊との関係はおおよそ二つの直線

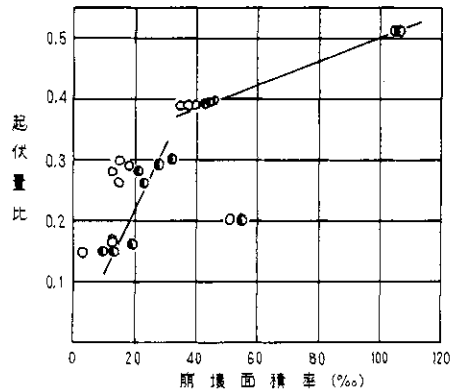


図-16 崩壊面積率と流域傾斜

半黒丸：現況
白丸：新規

で示される。すなわち、 $dh/l > 0.3$ と $dh/l \leq 0.3$ とである。しかし、区分1は流域傾斜の割に崩壊が多くこれらの直線にのらない。おそらく区分1は流域形状が他と異なること、および再度谷と平野谷の両谷を含むので dh/l がうまく山腹傾斜を表わしていないためであろう。図-17は崩

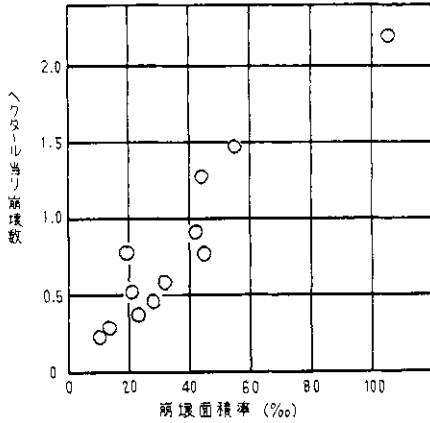


図-17 崩壊面積率と発生数

壊の数と面積との関係を示している。ほぼ直線的であって、ここに示した区分によれば、山くずれ1か所の面積がほぼ一定であることがわかる。

根量測定点の数は流域区分ごとにまちまちであるが、根量と崩壊との関係を考えるにあたって、一つの区分のなかの各地点がその区分での崩壊発生とどのように関係しているかを調べることにする。まず、根量として各調査地点で得た根の総重量(600 cm²あたり)をとってみると、プロットは散開して崩壊と根の総量との間に明瞭な関係は認められない。ついで上層の根量を崩壊面積率に対してプロットすると図-18のようであり、一義的な関係を見いだすことは困難である。しかし、下層の根量についてみると図-19のようになってくる。図で白丸は起伏量比0.3以下、黒丸は0.3以上である。山くずれが多いところではどの測定地点でも根量が少ない。しかも、これは流域傾斜によって影響をうけており、今回の調査区域ではおおよそ二つに分けてよさそうである。起伏量比0.3以下のもののうち崩壊発生率55パーミリのものは平野谷、再度谷の測定値であるが、 dh/l に対する山崩れ面積率の図でうまく直線にのらなかったように図-13でも飛び離れた値を示している。これを除外して根量の上限を推定したのが図の2本のカーブである。一つの流域区分

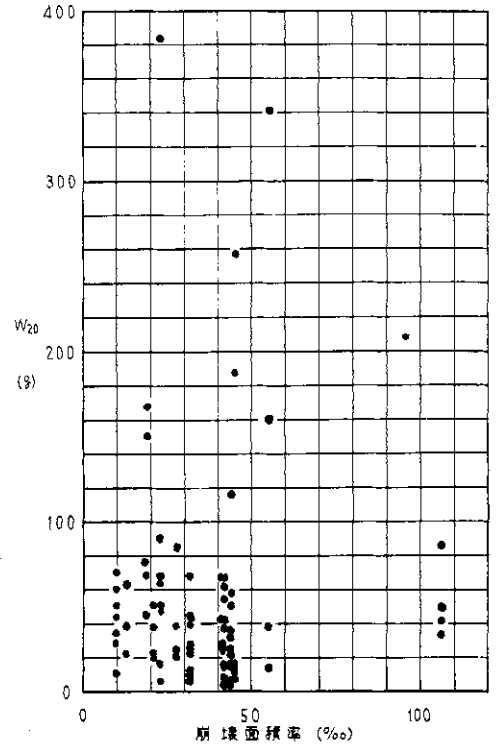


図-18 上層の根量と崩壊

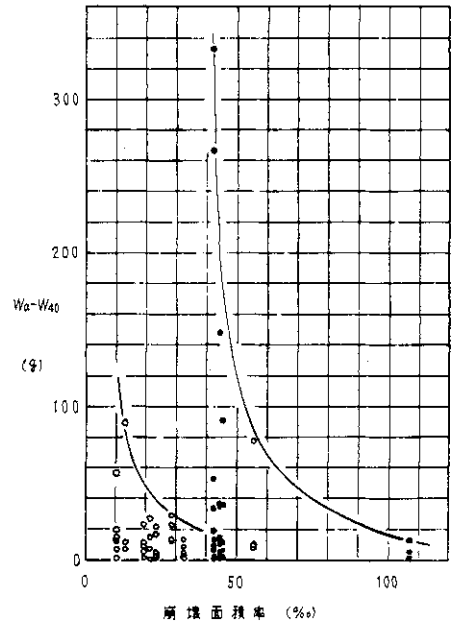


図-19 下層の根量と崩壊

に根量が多い測定地点があるということはおそらく流域区分全体としても根量が多いことを意味す

るであろう。したがって、深さ40cm以下の根量が多いと流域区分全体としても崩壊発生面積割合が少ないといえるであろう。

中層の根量については上層と下層との中間的な形となった。

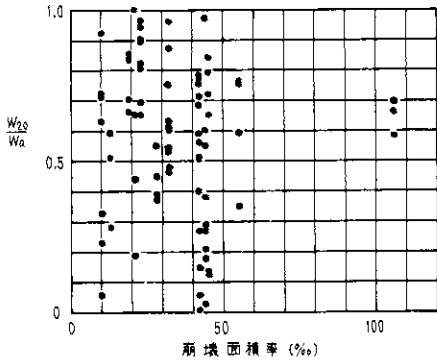


図-20 上層の根量比と崩壊

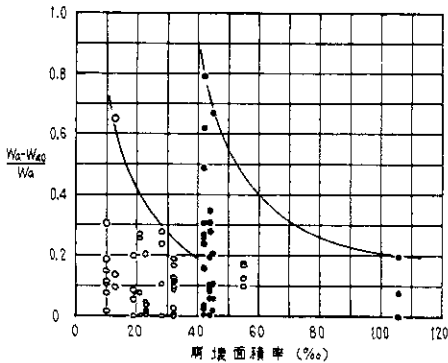


図-21 下層の根量比と崩壊

図-20、図-21は各測定地点での根の総量に対する各層の根量の比を縦軸にとり崩壊面積率との関係を示したものである。流域区分ごとの比較の点ではあまり深い意味はないけれども上層ではプロットが散開し、下層ではプロットの上限について絶対値での比較とよく似た結果となった。以上の調査結果は荏住氏がのべているように、かなり厚い土層を支持するためには深根性根系型の樹種が有効であること、しかも、土の深い所で根量が多くなるように林木を成立させることが崩壊の予防対策として必要であることを示唆していると考えられる。

なお、根の分布する深さと崩壊との関係を図-

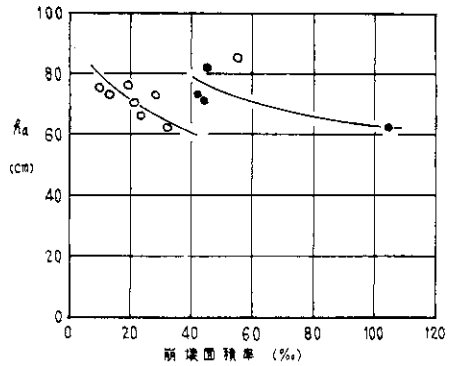


図-22 根の分布する深さと崩壊

22に示した。プロットは各流域区分内での平均値である。この場合も区分1を除き、起伏量比で分けてみると、ほぼ図中の実線の傾向が認められる。すなわち、根の貫入深さが大きいものの方が崩壊の発生に対して安全側にあるものと推論される。

要するに、今回の調査地域において、植生の根量と崩壊の発生状況を調べた結果によれば、

- 1) 根の重量は600cm²あたり100g程度で、深さ別には上層に多く下層には少ないのが普通であった。
- 2) 深さ40cm以下の根量をとって流域傾斜をかわせて考えると、根量が少ない所では山くずれ発生面積割合が大きい傾向がある。

ことが示され、傾斜が急で、しかも崩壊する土層がかなり存在している区域では深根性の林木の成立をはかることが崩壊の防止対策として有効であることが裏書きされている。

1.2.5 林相と溪流荒廃

溪流荒廃の発生する直接の原因として考えられるのは洪水、崩壊や侵食による土砂流出などであって、林相は崩壊発生や洪水流量などに関連して間接的に溪流荒廃と関係する。したがって、林相と溪流荒廃の相関はほとんどなく、22の小区分ごとの40年生までの面積率と溪流荒廃面積率の相関係数は0.122である。また、崩壊面積との相関は0.263であり、溪流荒廃地面積率と最も相関の高いのは谷密度で0.462と危険率10%で検定して有意である。また、この調査地域では量的に調査していないが、全国各地の量水試験の結果では林木伐採の結果洪水流量が増すことがたしかめ

られており、豪雨に見舞われた伐跡地の溪流源流部には往々にして溪床の縦侵食がみられる。この調査地にはまとまった面積の伐跡地がなかったが、それほどいちじるしい溪床侵食はなかったが、立木のほとんどが伐採された市立六甲牧場付近の谷では写真-25のように溪流侵食のしるしがみえる。



写真-25 牧場内の溪流侵食

以上のように、森林は伐採による崩壊の発生を介して、あるいは洪水流量の増加によって、いずれも間接的に溪流荒廃に影響を及ぼしている。

1.3 土地利用と山地荒廃

1.3.1 山地の草地利用と荒廃

森林の山崩れ防止機能を論ずるには、林相の違う林地の比較だけでなく、林地以外の土地の山くずれを調査して比較せねばならない。

調査地区内の土地利用別の崩壊地の発生状況を調査した結果は表-12のとおりである。このう

表-12 土地利用と山くずれ(ha, %)

土地利用	面積	崩壊面積	崩壊面積率
林地	2,151.65	61.13	2.8
市街地	315.17	0.32	0.1
ゴルフ場	45.45	6.88	15.1
宅地造成地	32.26	0.31	1.0
牧場、草生地	9.37	0.31	3.3
治山施工地	2.49	0.06	2.4
その他	65.49	0.03	0.0
計	2,621.88	69.04	

ち、面積的に最も大きいのは市街地であるが、市街地は調査地区を決めるにあたって、大きな道路を調査地区の境界に決めたもので、その面積の絶対値はあまり意味がない。また、平地の部分が多く含まれ山地は非常に少ないうえ、崩壊面積も小さくさして問題にならない。崩壊面積率の最も高いのはゴルフ場の15.1%で、牧場および草生地の3.3%がこれにすぎ、いずれも山地を草地として利用している場所が崩壊していることがわかる。そこで、草地として利用されている牧場やゴルフ場について荒廃の特徴をとらえてみた。牧場として山地が利用される場合は、保全上問題となるのは地表侵食による経常的な土砂流出と崩壊による突発的な土砂流出であるが、市立六甲山牧場ではこのいずれも見ることができる。写真-26はまむし谷付近の牧場内に発生した崩壊地の例であるが、単木的にマツの上木が残してあるものの、この程度の立木本数では崩壊を防ぐには不十分で、急傾斜地には図にみられるとおりの崩壊を生じている。牧場および草地の崩壊地面積率は3.3%で林地の総平均2.8%よりやや大きい。また、地表侵食による土砂流出に関しては写真-26で手前の方に



写真-26 牧場内の急斜部に発生した崩壊

見られるような地表面の剝離が起こっている。一方、同じ牧場内でも写真-27のように緩傾斜地には崩壊や、踏圧による地表の剝離もみられず急傾斜地でなければ、崩壊発生が少ないことを示している。けっきょく、1.2.2で述べた樹令別の崩壊面積率で示される傾向が六甲山の草地については無林地に近いので林地の平均崩壊面積率を上回る数値であらわれている。ただ、3.3%という数値そのものは前記1.2.1の0~20年生林地の崩壊面積率3.9%に比較してやや小さい感じはするが、



写真-27 牧場内の緩傾斜地には地表侵食、崩壊が見られない。

これは牧場が六甲山脈の稜線に近い平坦部分を含めた比較的緩傾斜な場所にある点が影響しているのではないと思われる。踏み荒しによる地表の剝離については放牧の中止または緩和によってその影響を小さくできるが、崩壊は営牧方式によって防ぐことはできないから、牧場のための山地の草地化を行なう場合は地形に充分留意する必要がある。さらに、草地化による洪水流量の増加により溪流荒廃のしるしが見えている。さて、六甲における山地の草地利用のもう一つの例であるゴルフ場には牧草地とは異なる問題が内蔵される。表-12によるゴルフ場の崩壊面積率は15.1%と非常に大きな数値を示しているが、この崩壊地の大部分は世継山に発生したものである。周知のように世継山のゴルフ場に発生した崩壊地の一部は写真-28のように非常に大規模のものとなって



写真-28 ゴルフ場に発生した大崩壊

市ヶ谷の部落をおそい、多数の死傷者を出した。この発生地点はゴルフ場で、それも単なる草地ではなく、ゴルフ場造成のための大規模な地形改変が行なわれたあと草地化された個所である。山地の地形改変がいかに山くずれを助長する可能性があるかを示す好例であろう。

以上をまとめると、草地は地表侵食に対して安全なため、山地の草地利用は問題がないように考えられがちであるが、崩壊を防止する力は林地より弱く、とくに急傾斜部のゴルフ場造成などのように大規模の地形改変が伴う場合の草地造成は、崩壊をまねく危険が最も大きい。

1.3.2 その他

林地、草地を除く山地の土地利用では、宅地造成が面積的に最もいちじるしい。2)で述べたように山地の宅地化には、必然的に大規模な土木工事による地形改変がともなう。その結果として、崩壊に関する危険性の増大が予測されるが、表-12の崩壊面積率は市街地で0.1%、造成地で1.0%ときわめて小さい。この結果は、第一に神戸市では宅地造成基準に従って造成が行なわれているため、のりこう配、土留排水などの保安面に十分な考慮がなされているからであろう。むしろ、宅地造成工事中に豪雨に見舞われたときに問題があるように見受けられる。道路の新設は、一般道路の場合崩壊の原因となっている例は少ないが、林道などでは切取土砂が多く荒廃移行の原因を作っている例もある。



写真-29 林道の切取り土砂

1.4 都市周辺の森林と山地保全

1.4.1 都市周辺の森林としての六甲地区の特色

市街地に近接している林地の特徴を六甲地区に

ついて観察してみると、つぎの点があげられる。

(1) 林相の悪化

戦前あるいは戦時中における森林の破壊は、主として燃料源としての薪炭材の乱伐という形で行なわれた。現在、木材は燃料源としてかえりみられない状態であるし、六甲山の林地は大部分保安林として指定されているので、昔のような乱伐による急激な林相悪化はない。しかし現在、山麓の林地はしだいに宅地化されつつあり、これに伴う人口の増加によって市章山やカスケードバレー付近など市街地に隣接する林地は休日のハイキングなどのレクリエーション活動はもちろんのこと、毎日の昼休みの運動のために多くの児童、生徒が歩きまわる場として活用されている。そして、多くの人たちの踏み荒らしの結果、灌木や林床植物は消失し、上木だけの疎開した林地となる。こうなった林地は後継樹の侵入が期待できないうえ、残った上木も根元を踏まれて衰える傾向にある。こうした現象は調査地区の中でも山麓の、特に市街地に近い場所だけであるが、調査地全域にわたっての現象ではアカマツの老令木がマツクイムシの被害を受けている。これはアカマツの老令過熟化も一つの原因であるが、ハイキングなどによる病虫害原因の誘発や大気汚染の影響なども原因として考えられる。ハイカーたちの火の不始末などによる山火事も頻繁に起り、山火事跡地では地表植生がなくなるための侵食により土壌が流亡し、立木そのものも火災による被害を受けて枯死したり、衰弱したりする。



写真—30 山火事跡地

(2) 市街地と林地の接近

六甲のように都市に近接する林地では、市街地の開発が進むにつれて山麓部の林地が宅地化され、林地と宅地は常に相接している状態になる。造成された宅地が宅地造成基盤を充分満たして、宅地自体崩壊の危険がないとしても、上方の林地に崩壊が起こった場合は下方の宅地に被害を生ずるのは明らかである。山くずれが宅地を直撃せず、溪流にはいって土石流となり市街地へ押し出す場合でも、宅地が山地に近いほど、その影響を強く受ける。

また、山麓付近の別荘地、遊園地などのレクリエーション開発も早いテンポで進行し、山麓付近とは逆の位置関係で林地が宅地の影響を受けるような場合もあり、今後ともこの部分でもかなりの面積の林地が転用されることが予想される。

1.4.2 都市周辺における森林のありかた

今回の六甲地区の森林と崩壊の関係の研究をとおして、都市に近接する林地の実態や森林と山地荒廃との関係を調査解析した。その結果をここに総合して考察を行なうとつぎのとおりである。

六甲山地はマサの発達した風化花崗岩地帯で土質的にくずれやすく、過去の歴史をみても、崩壊がくり返されている。このような山地では、林相がいかによくても崩壊を皆無にすることはできないが、逆に森林の保安機能はこのような危険な場所でもこそ十分に保たなければならない。すなわち、崩壊地、伐跡地の造林はもちろんのこと、疎林状態の森林には補植、保護または撫育を行なって、積極的に成林をはかるべきであろう。とくに崩壊防止のためには大径木の育成が必要であるから、肥培の可能性なども研究する余地がある。造林樹種についてはマツクイムシなどの問題もあるが、生長の早さや深根性で山くずれ防止機能が大きい面からみて主林木はやはりアカマツであろう。既成林地については更新が問題になるが、アカマツの前更作業などが考えられる。さらに、カン類などの深根性常緑広葉樹の導入、あるいは撫育が可能ならばより理想的である。

山麓部の宅地化は今後も引き続いて行なわれると考えられ、森林の崩壊防止機能への期待もそれに伴って、ますます大きくなるであろうが、森林の崩壊防止機能が充分発揮されても、六甲のように崩壊しやすい地質の山は、山くずれは絶無ではありえない。したがって、森林の保安機能の不

足を補うための治山工作物を要所に配置する必要がある。牧場、ゴルフ場などへの林地の転用は地形の緩やかなところ以外は開発を避けるべきである。とくに地形を改変する行為は最も危険である。切り取り土砂量が多い粗放な林道工事は切り取り土砂が災害の際の蓄積となって、災害の規模を増大させるから、切り盛りの均衡を保つと同時に、盛土部分については充分な保護措置を講ずる必要がある。

2. 要約

1967年7月9日の豪雨により兵庫県神戸市付近の六甲山地に多くの崩壊が発生した。そのうち、とくに神戸市街に近い崩壊多発地区を調査し、森林と山地荒廃の関係、とくに都市に近接する山地における森林と崩壊発生との関係を究明して、都市周辺における森林のありかたや、これに関連する山地保全について検討した。

1. 調査地は六甲山系の南側で摩耶山をほぼ中央とする面積約2,770 haである。このなかに約1,400個、70 haの崩壊地が発生した。この地域内の観測点では災害時の日雨量が300mmをこえたところが多い。

2. 昭和31年と42年の土地利用状況を空中写真判読により比較すると、林地面積の3%に当る約70 haの林地が宅地に転用されたと推定される。

3. 森林が伐採されて、林地以外の目的に使用される場合、崩壊発生の危険性が生ずる。草地には崩壊が発生しやすく、牧場では、過放牧、ゴルフ場では人工的地形改変などが崩壊の原因となる。道路開設や宅地造成は土留、のりこう配などに充分な配慮がなされれば特に危険ではなく、これらの行為に起因する崩壊は少ない。

4. 六甲地区の荒廃発生の直接の原因は降雨、地質、地形などによるものであるが、悪い林相が崩壊発生をいちじるしくしたことはいなめない。この地区には山火事が多く、またマツの老令化に起因する病虫害発生などもあって、特に市街地の近くに悪い林相が多い。

5. 崩壊の発生は林木の樹令、粗密度などに関係があり、林相別に求めた崩壊の発生率は、樹令別では0~20年 3.9%、21~40年 2.9%、41年以上 2.5%で若いほど崩壊しやすく、粗密度別では0~10 3.8%、11~40 3.5%、41~70 3.0%、71~100 2.2%で粗なほど崩壊しやすいく。また、傾斜の差を補正す

ると深さ40cmより深い層の土壌中の根系の量が少ないほど崩壊の発生率は高く、深い根が崩壊防止の作用を果たしていることがわかる。

6. 崩壊の発生個所の予測ができれば、それに対する災害予防措置を講じうるが、一般に、崩壊の発生個所を的確に予測することはなほだ困難である。したがって、崩壊防止対策としてよい森林を育成し、その崩壊防止機能の活用をはかることが必要である。

7. 無立木地や疎林地は崩壊しやすいため、これらの林地には深根性の樹種を密に生育させるような造林撫育が必要である。

8. 六甲地区の風化花崗岩のように崩壊しやすい山ではよい森林があっても崩壊の発生は皆無ではない。したがって、森林の保安的取り扱いに充分留意するのはもちろんであるが、同時に谷止やダムを適正に配置して崩壊土砂の流出に備えなければならぬ。

参考文献

- (1) 棚橋嘉市ほか(1939): 昭和13年7月5日の豪雨に依る神戸裏山再度谷の山崩調査報告 海洋気象台集報 123号 1~22頁
- (2) 川口武雄ほか(1952): 森林の治山治水機能に関する研究抄録 林野庁 193~255頁
- (3) 川口武雄ほか(1954): 昭和28年九州水害調査報告 林業試験場研究報告 69号 339~361頁
- (4) 川口武雄ほか(1954): 昭和28年近畿水害調査報告 林業試験場研究報告 74号 57~88頁
- (5) 川口武雄ほか(1959): 昭和33年伊豆水害の山地の崩壊土石流出とその予防対策 林業試験場研究報告 117号 83~120頁
- (6) 藤波宣士ほか(1961): 昭和34年7号台風による山梨水害の山地荒廃とその治山対策 林業試験場研究報告 132号 69~97頁
- (7) 荻原貞夫ほか(1963): 伊那谷治山災害調査報告書 林野庁 41~43頁
- (8) 中野秀章ほか(1964): 林況変化、とくに伐採が溪川流出に及ぼす影響(II) 林業試験場研究報告 170号 1~58頁
- (9) 荻原貞夫ほか(1966): 荒廃危険地帯調査報告書(福井, 岐阜, 兵庫) 林野庁 1~151頁
- (10) 北村嘉一ほか(1966): 樹根の抵抗力に

- 関する現地試験(I) 77回日本林学会大会講演集 568～570頁
- (11) 同 (1968): 同(III) 79回日本林学会大会講演集 360～361頁
- (12) 高橋敏男(1966): 山崩れ防止からみた森林の材積 日本林学会北海道支部大会講演集(15) 53～57頁
- (13) 菊住昇(1957): 樹木の根の形態と分布 林業試験場研究報告 94号 1～205頁
- (14) 渡辺正幸ほか(1968): 豪雨による山崩れ 新砂防 20巻 4号 17～20頁
- (15) 河野良治ほか(1968): 風化花崗岩地帯における崩壊に関する研究 防災科学技術総合研究報告 14号 77～112頁