

呉地区における山地の土地利用と 災害発生に関する研究

北村嘉一・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

Relation Between Land Utilization and Disaster Occurrence in a Hilly Area of Kure District

By

Yoshikazu Kitamura and Senshi Namba

Government Forest Experiment Station, Tokyo

Abstract

Early in July 1967 a torrential rain attacked Western Japan by the activity of "bai-u" front.

A hilly district of Kure City in Hiroshima Prefecture was selected as the area of the study in order to know the relation between land utilization and disaster. The study was carried out with the aid of interpretation of aerial photographs and was aimed at the relation between forest conditions and landslides. Results obtained are as follows.

1. The investigated area of about 3,800 ha is located in the central part of Kure City excluding urban districts and alluvial plains. More than 40 per cent of this hilly area is occupied by farmlands and residential sections.

2. The number of the landslides with their respective areas of more than 0.01 ha is 872, and the total area of them is about 52 ha, and from these values it can be considered that small landslides occurred in a large number.

3. The appearance of landslides varies with the forms of weathering soil layer resulting from geological condition. Most of landslides were found at the foot of slopes in the zones of deeply weathered granite. These landslides near the residential sections gave heavy damage to many houses and lives. Some landslides appeared in other zones of which the upper parts were occupied by granite with a thin soil layer, by rhyolite, and by Palaeozoic layers. In the regions of granite and rhyolite, many landslides occurred at the heads of small streams, and the soil mass from these landslides damaged farmlands which were built up like terraces along the stream. Landslides seldom happened in Palaeozoic layers.

4. Soil which covers almost the whole of the investigated area is composed of the product of weathered granite and the soil is so dispersive that it is apt to be eroded. Accordingly, the soil layer in this zone lacks its good surface soil and there are some bare lands around the top of hill.

5. This area is covered by 60 per cent with coniferous trees among which Japanese red pines are dominant. But the soil is generally not so fertile and its layer is so thin that the growth of trees is rather bad as a whole. In this case of the heavy rain, the effect of forest on the collapse of mountain slopes was less conspicuous than that of the amount and intensity of rainfall or that of topography. However, trees over 40 years old show some favorable efficiency against landslides.

6. Since this area is situated near the city, there are many houses at the foot of hillsides cutting the slopes and many farmlands in the hilly area. These artificially disturbed area on the slopes would easily provide the

chances of landslides. As a tentative measure for preventing disasters, it is important to reinforce the slopes by some engineering works and also to maintain the forest around the disturbed area for the purpose of soil conservation.

目	次		
まえがき	84	3.1.1 地形	91
1. 調査地域の概況	84	3.1.2 地形と崩壊の関係	92
1.1 調査地域	84	3.2 林相と崩壊	93
1.2 調査地の地況	85	3.2.1 林相と根系	93
1.3 調査地の土壌	85	3.2.2 林相および根系と崩壊の関係	96
1.4 調査地の林況	85	3.3 土壌と崩壊	98
2. 調査方法	86	3.3.1 土壌の形態と性状	98
2.1 空中写真判読による調査	86	3.3.2 土壌と崩壊の関係	99
2.1.1 崩壊地の判読と計測	86	3.4 溪流荒廃状況	100
2.1.2 溪流荒廃地の判読と計測	86	4. 山地の土地利用と災害発生の関係	101
2.1.3 森林状態の判読と計測	86	4.1 森林と山地崩壊の関係	101
2.1.4 市街地その他の区分の判読	87	4.2 市街地周辺における土地利用と 山地保全	104
2.2 現地における調査	87	5. 要約	105
3. 山地の荒廃状況	87		
3.1 地形と崩壊	91		

まえがき

昭和42年7月上旬、西日本に停滞していた梅雨前線は南西諸島方面から北上してきた台風7号に刺激されて活発な活動をはじめ、8日から断続的な強雨が降り出した。台風7号はその後熱帯低気圧となり、さらに9日には温帯低気圧となったが、北上してきた梅雨前線に沿って移動し、9日には朝から強雨が続き、呉市においては日雨量212.9mmを記録し、とくに16時～17時の時間雨量74.7mmは呉測候所開設以来の強雨であった。

この豪雨によって広島県は各地に災害が発生し、とくに呉市周辺はがけくずれ、山地崩壊、土石流などによって88名の死者を含めた激甚な被害を受けた。

科学技術庁国立防災科学技術センターではこの災害に対して、その実態と発生機構、災害予知などに関する総合研究として7項目の研究が立案され、林野庁林業試験場は、山地の土地利用が災害発生に及ぼす影響についての調査研究を担当した。

都市周辺における農地、宅地の造成と道路の新設による土地利用の変化は最近とくに激しさを加え、山地の切り取り、森林の伐採など山容、林相の変化はかなりいちじるしいものがある。これら山

地の土地利用形態の変化が今回のごとき災害に対して、相当の影響を与えたであろうことは想像にかたくない。

以上の観点から、山地における土地利用の変化、あるいは林相の変化などがどのように豪雨時の山地の崩壊に影響を与えたかについての検討を試みた。

調査にあたっては、広島県林務部治山課、呉農林事務所、呉市産業部、企画部企画課、広島大学工学部土木工学科の方々にひとかたならぬ協力と、ご便宜をいただくと同時に、種々ご教示をいただいた。ここに深く感謝の意を表するものである。

1. 調査地域の概況

1.1 調査地域

調査地域は図-1に示すとおり、呉市における旧市街および広町を中心とした市街地周辺部分である。この地域は東は白岳山(358m)から吉松山(287m)を結ぶ稜線、北は大広東より灰ヶ峰(737m)、神山峠を結ぶ稜線、西は二河川によって区切られ、南は呉港から休山半島部を経て、長浜、小坪に至る複雑な海岸線を形成している。

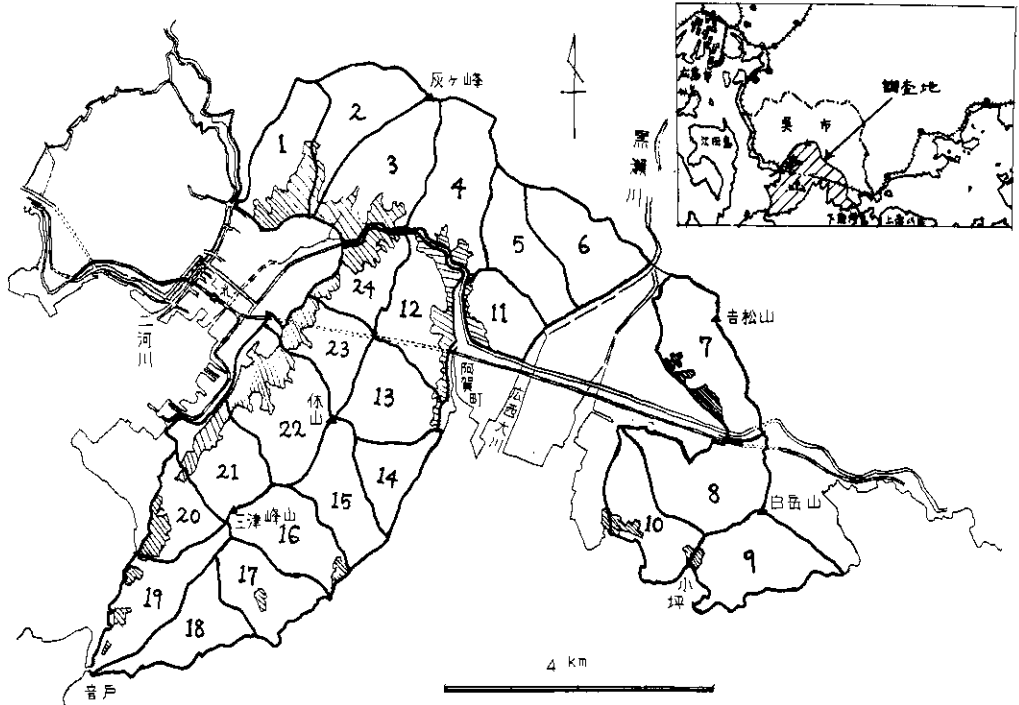


図-1 調査地域区分図

面積は約3,800 haの地域である。

1.2 調査地の地況

この地域は、通常広島型花崗岩といわれる粗粒黒雲母花崗岩が広く分布しているが、北方灰ヶ峰を中心とした山地部には流紋岩が出現し、この南に接して二河貫入岩脈が二河峡から横路に至る部分を東西に走っている。

また、休山半島部分には三津峰山から休山方向に数条の音戸貫入岩脈が走っている。

一方、小坪を中心に古生層が分布し、その周辺と、休山稜線に細粒花崗岩が出現している。

市街地の北部と三津峰山、休山の周辺、大入川や浜田川下流部には崖錐の発達しているのがみられる。

本地域の花崗岩類でマサ化した風化層の厚い地区は呉市街の北部、休山半島部の市街地に接する北西斜面、音戸東部海岸線および広町の西方山地と津久茂周辺にみられ、これについて風化層のやや薄い地区は見晴町海岸部、塩谷の西側山地、津久茂付近である。

北部の灰ヶ峰を稜線とする一帯および浜田川、大入川を含む休山半島部の東面の斜面は節理に富んでいるが、風化はそれほど進んでいない。

地形は上記地質の影響を受けて海岸線を含み複雑で、市街地を除いては一般に急峻である。山頂付近は鈍頭で、やや老年期の地形を示している。

休山山頂近くをはじめ山頂稜線にははげ山あるいはこれに移行しつつある部分もみられる。

1.3 調査地の土壌

全般に砂礫質で侵食されやすく、山頂付近にははげ山が点在している。

土壌型^{注1)}としてはB_A型が大半を占め、尾根からの山腹の匍行斜面に多く現われ、乾燥性で、落葉層は厚く半分解物の層がある。一般にA層は薄く、これを欠くところもあり、土色は母材的な色調で淡い。この層はとくに侵食型で表層の侵食がはげしい。

その他B_B、B_C、B_N、I_m型などであるが、B_Aに含まれる面積にくらべれば少なく、全般にヒノキ、スギなどの適地とはいえず、実際にこれらの樹種の植栽されたものはまれである。

注1):土壌型の名称は“林野土壌とそのしらべかた”林野共済会発行による。

1.4 調査地の林況

土壌的にみてもわかるように、乾燥性で表土の浅い瘠悪化の傾向もみられるこの地域では、アカ

マツが優占した林相が大半を占めている。



写真-1 優良な林相のアカマツ林

針葉樹、広葉樹別にみると、針葉樹林が林地の約60%、広葉樹林、混交林がそれぞれ約20%前後を占めアカマツの優占状態が示されている。また、林令からみると0~20年の幼令林が約34%、21~40年の壮令林が約40%、40年以上の老令林が約26%くらいを占めて、壮令林優占の林相を示している。

林地の粗密度(樹冠被度)は一般に密といえるが、はげ山の周辺にとくに密度の低い不良な林相がみられる。



写真-2 はげ山

植生からみると、天然更新によるアカマツ林が優先し、下木にヒサカキ、アセビ、ネジキ、ネズミモチ、ネズミサシ、ソヨゴ、リョウブ、ヤマツツジなど、やや乾性的の下木の侵入している型が一般的である。

高木層は、アカマツのほかコナラ、エゴノキ、クリ、亜高木層ではリョウブ、エゴノキ、ザイフリボク、ネジキ、ソヨゴ、タムシバ、アオハダ、

ネコノチチなど、低木層にはコバノミツバツツジ、ガマツミ、イヌツゲ、ヒサカキ、ネズミモチ、アセビ、ヤマウルシなどがみられ、草木にはイタドリ、オカトラノオ、ヤマシロギク、ノイバラ、ナガバノコウヤボウキ、カンスゲ、ワラビ、サルトリイバラ、ヤマフジ、ウラジロシダ、ススキ、ノギラン、アケビ、ヤマノイモ、イチヤクソウなどが多い。そのほか、休山半島部の南部三津峰山山腹にはヤマモモの高木が優占した林相がみられた。

2. 調査方法

調査は災害前後の空中写真によって、山地崩壊の発生量、溪流荒廃量、森林の状態を判読し、山地の土地利用状態の変化から、災害におよぼす影響を検討することとした。また、調査地域内の主要点を代表的に選び、細部的に現地調査を実施して、空中写真による結果とあわせ検討した。

2.1 空中写真判読による調査

i) 使用写真

災害前：1962年林野庁で撮影されたもの(山-82, 83)

災害後：1967年7月、科学技術庁国立防災科学技術センターにより撮影されたもの

ii) 使用図面

呉市が作製した1965年撮影の空中写真より図化された1万分の1地形図

2.1.1 崩壊地の判読と計測

災害前後別にii)の図面上に空中写真より個々の崩壊地についておもな地点をアランデル法によりおさえて、その周辺部を見取りにより描画することとし、その崩壊地には全部通し番号を付した。

崩壊地面積の計測にあたっては、描画された図上でドットグリット板(1mm²に1点)で計測した。さらに、その崩壊地周辺の林相も判読し、調査地域を24の小流域にわけた地区ごとにまとめた。

2.1.2 溪流荒廃地の判読と計測

崩壊地と同様ii)の図面上に平面図化し、幅5m以上のものについて、長さ・幅を計測し、面積は崩壊地と同様に計測した。また、これについても災害前後(災害前はほとんど認められなかった)別に通し番号を付した。

2.1.3 森林状態の判読と計測

地域内の森林については、前記同様に林地全部を林相別に判読描画し、それぞれについて、つぎ

の事項について区分した。

- 1) 樹種：スギ、マツ、ヒノキ、その他
- 2) 粗密度：0～10, 11～40, 41～70, 70%以上の4階級
- 3) 樹高：0～5m, 6～10m, 11～15m, 16～20m, 20m以上の5階級
- 4) 樹令：0～20年, 21～40年, 40年以上の3階級

2.1.4 市街地その他の区分の判読

林地の周辺あるいは林地内における土地利用の状態については、1) 市街地、2) 土地造成地、3) 農地、4) 道路、5) その他(遊園地など)につ

いて区分した。

2.2 現地における調査

空中写真の判読とは別の観点から、個々の崩壊地について、その発生状況と土壌の層位、林木根系の状態、あるいは土地利用の直接的な影響を検討する目的で崩壊発生の集中地区を中心に調査を実施した。

3. 山地の荒廃状況

崩壊地、溪流荒廃地、はげ山などの荒廃の現況を示したのが図-2である。これを地区別に林地、その他主要な土地利用状況と、崩壊地ならびに荒廃溪流面積を示したのが表-1である。

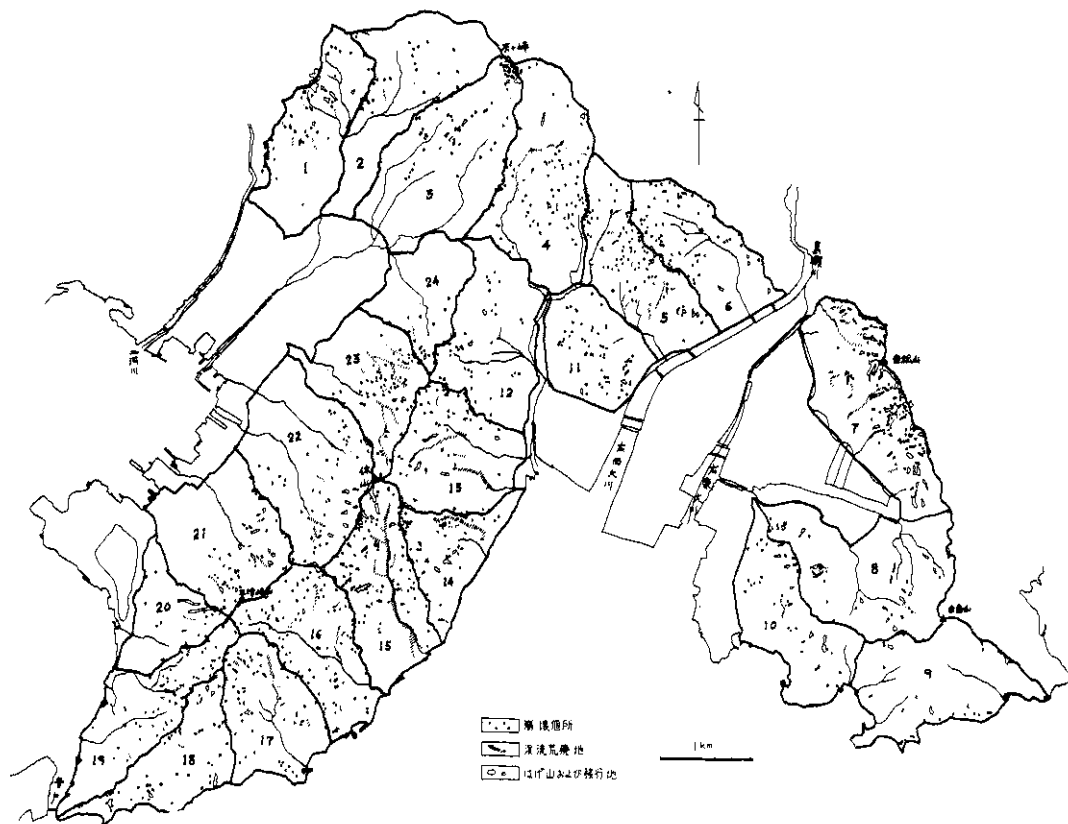


図-2 荒廃現況図

これを災害前と後についてみると表-2(1)のとおりで、全体の土地利用状況は市街地とその他の項はほとんど変化がなく、農耕地、林地は災害後がわずかに減少している程度である。この減少分は、崩壊地および溪流荒廃地に置き換えられたことによるものも多いので、大きくみると呉市のこ

の調査地区では、1962年から1967年の約5年間にはそれほど山地の土地利用に変化がなかったという。表-2(2)は、表-2(1)中の「その他」の項の内訳であるが、この結果をみてもほとんど変化はしていない。これらの点から判断すると、本地区では、ごく最近に大きく山地が開発された

表-1 地区別の土地利用, 荒廃現況

地区番号	地区面積	市街地面積	農耕地面積	林地面積	その他	崩壊地	溪流荒廃地
1	160ha	43ha	28ha	82ha	5.5ha	1.11ha	0.40ha
2	180	29	37	110	2.7	0.93	0.19
3	229	75	52	100	0.8	1.15	0.09
4	210	24	20	157	4.4	2.71	1.60
5	156	23	28	97	—	6.17	1.80
6	139	18	3	112	0.4	3.89	1.71
7	198	33	34	121	4.6	2.15	2.69
8	220	24	64	126	6.0	0.61	0.18
9	181	10	41	128	0.6	1.58	—
10	151	24	53	72	0.6	1.15	0.21
11	119	36	35	42	3.4	2.49	0.13
12	183	53	67	60	0.9	1.66	0.16
13	145	4	53	80	0.4	2.94	4.56
14	98	8	15	71	—	1.71	2.35
15	158	11	25	109	—	5.12	7.45
16	158	4	33	115	—	4.25	2.18
17	144	14	41	84	0.8	1.87	2.20
18	124	17	45	60	0.6	1.28	0.08
19	147	31	57	55	1.7	1.70	0.91
20	88	27	28	33	—	0.36	0.10
21	181	74	25	79	0.8	2.05	0.76
22	221	67	37	113	0.9	2.06	1.47
23	142	39	26	66	3.7	2.94	3.87
24	102	36	21	41	3.4	0.46	0.11
計	3,834	724	868	2,113	42.2	52.34	35.20

表-2(1) 災害前後の土地利用状況

前後別	市街地	農耕地	林地	その他	崩壊地	溪流荒廃	計
災害前	724 ha	881 ha	2,184ha	42.0ha	3.07ha	0 ha	3,834ha
災害後	724	868	2,113	42.2	52.34	35.25	3,834

表-2(2) 災害前後の土地利用状況

前後別	土地造成	採土石地	公園など	道路	墓地など	計
災害前	7.56 ha	15.88 ha	4.62 ha	7.52 ha	6.44 ha	42.02ha
災害後	7.56	15.88	4.62	7.64	6.44	42.14

というより、かなり以前から、山地における林地以外の土地利用が広く行なわれていたと思われる。

災害前には溪流荒廃は皆無に等しかったが、崩壊地はわずかにみられた。崩壊面積について災害前後別に林地と林地外の崩壊面積、個数を地区ご

とに示したのが表-3である。

また、荒廃溪流について、地区別にみた面積、個所数、林地面積に対する荒廃溪流面積率、1か所当りの平均面積を示したのが表-4である。

表-3 災害前後の崩壊状況

前後別 区	前						後					
	林地		その他		計		林地		その他		計	
	面積ha	個数	面積ha	個数	面積ha	個数	面積ha	個数	面積ha	個数	面積ha	個数
1	0.07	2	—	—	0.07	2	1.06	26	0.05	4	1.11	30
2	—	—	—	—	—	—	0.93	21	—	—	0.93	21
3	0.17	1	—	—	0.17	1	0.95	27	0.20	6	1.15	33
4	0.03	1	—	—	0.03	1	2.56	57	0.15	6	2.71	63
5	0.03	1	—	—	0.03	1	5.77	64	0.40	6	6.17	70
6	0.06	2	—	—	0.06	2	3.89	55	—	—	3.89	55
7	0.36	7	—	—	0.36	7	2.15	34	—	—	2.15	34
8	—	—	—	—	—	—	0.49	14	0.12	1	0.61	15
9	1.36	6	—	—	1.36	6	1.58	8	—	—	1.58	8
10	—	—	—	—	—	—	0.53	9	0.62	11	1.15	20
11	0.27	6	0.03	1	0.30	7	1.66	24	0.83	19	2.49	43
12	—	—	0.03	1	0.03	1	1.23	22	0.43	12	1.66	34
13	0.19	3	—	—	0.19	3	2.27	23	0.67	17	2.94	40
14	0.04	1	—	—	0.04	1	1.71	25	—	—	1.71	25
15	0.04	2	—	—	0.04	2	5.03	53	0.09	2	5.12	55
16	0.06	3	—	—	0.06	3	3.86	67	0.39	7	4.25	74
17	—	—	—	—	—	—	1.67	36	0.20	8	1.87	44
18	0.22	3	—	—	0.22	3	1.14	29	0.14	4	1.28	33
19	0.02	1	—	—	0.02	1	1.04	29	0.66	11	1.70	40
20	—	—	—	—	—	—	0.29	6	0.07	2	0.36	8
21	0.02	1	—	—	0.02	1	2.05	24	—	—	2.05	24
22	0.07	1	—	—	0.07	1	1.86	28	0.20	8	2.06	36
23	—	—	—	—	—	—	2.76	49	0.18	6	2.94	55
24	—	—	—	—	—	—	0.46	12	—	—	0.46	12
計	3.01	41	0.06	2	3.07	43	46.94	742	5.40	130	52.34	872

表-4 地区別溪流荒廃状況

地区	荒廃溪流 面積 ha	個数	荒廃 面積率 %	一か所 当り面積 ha
1	0.40	6	0.49	0.07
2	0.19	3	0.17	0.06
3	0.09	2	0.09	0.05
4	1.60	9	1.02	0.18
5	1.80	13	1.86	0.14
6	1.71	11	1.53	0.16
7	2.69	12	2.22	0.22
8	0.18	2	0.14	0.09
9	0	0	0	0
10	0.21	2	0.29	0.11
11	0.13	1	0.31	0.13
12	0.16	3	0.27	0.05
13	4.56	8	5.69	0.57
14	2.35	6	3.32	0.39
15	7.45	12	6.84	0.62
16	2.18	10	1.90	0.22
17	2.20	9	2.62	0.24
18	0.08	1	0.13	0.08
19	0.91	7	1.64	0.13
20	0.10	1	0.31	0.10
21	0.76	5	0.96	0.15
22	1.47	5	1.30	0.29
23	3.87	11	5.84	0.35
24	0.11	1	0.27	0.11
計	35.20	140	1.67	0.25

以上、各地区別の崩壊率は地区間に相当大きな差を示しているが、これには雨量を一樣と考えればその他の因子である地質、地形、林況など自然的要因と農地、宅地、道路の造成など人工的要因が関係していることは当然である。

花崗岩地帯の崩壊は一般に小面積のものが多発する傾向がみられるが、ここでも休山を中心とした半島部の花崗岩地帯では、その傾向がみられた。また、北部流紋岩地帯では5・6区のやや稜線近くの傾斜変換点付近に崩壊が集中した傾向がみられた。さらに、白岳山を中心とした古生層地帯では崩壊発生は最も少なく、これらの傾向は雨量にも関係はあるが、地質的にみた場合における既往の災害時の傾向とよく類似している。

都市周辺山地の特殊性が崩壊におよぼした影響も少なくない。とくに災害時に問題となる人的災害をみたのは居住地区が山地と接する部分の崩壊によるものが多く、呉市における人的災害の出た24か所88名中本調査地域には18か所74名であったが、この原因は宅地造成にあたり山脚切取りによるがけくずれによるものが8か所、上部の畑のくずれ4か所で、その他も大部分は沢の下

部の宅地としてははなはだ危険な条件のところにあった住居の被害によるもので、他の地域において一般的にみられる山地崩壊に伴う土石流による被害と明らかに判断されるものは、浜田川下流のもののほかは確認されなかった。

個々の崩壊地面積の規模は空中写真から読みとれる範囲(崩壊土砂におおわれた部分が一部含まれる)で0.01ha以上のものを対象としたが、その分布は表-5(1)のとおりで、0.01~0.05ha

表-5(1) 崩壊面積分布

面積階	個所数	林地	その他	計
0.01~0.05ha	511	100	611	
0.06~0.10	110	22	132	
0.11~0.20	86	7	93	
0.21~0.30	21	0	21	
0.31~0.40	7	0	7	
0.41~0.50	3	1	4	
0.50~	4	0	4	
合計	742	130	872	

調査地域内の崩壊個所数は872か所、崩壊面積は52.34haで単位面積当りでは23個/km²、1.37ha/km²となり、昭和39年7月の山陰地方⁸⁾の風化花崗岩地帯における35個/km²、0.59ha/km²に比較すると個数では少ないが面積では多く、1か所当り0.06haとなり、山陰の0.016haにくらべはるかに大きな値を示した。また、0.01ha以下の小崩壊の数も多いので、これらを含めて考慮すると個所数はさらに増加するが、面積はそれほどでもないため、1か所当りの崩壊面積はかなり小面積なものとなるう。



写真-3 畑地の崩壊

にその60%が、また0.2haまでに80%以上が集中し、最大でも0.78haで、小面積の崩壊が多いことがわかる。また、広島大学¹⁾が現地で個々について調査した結果(崩壊部分のみ)、は表-5(2)のとおりで、小面積のものがいかに多く発生したかがわかる。

表-5(2) 崩壊面積分布

面積階	個所数	標高 150m未満	標高 150m以上	計
~5 m ²	26	-	26	
6~10	71	11	82	
11~25	284	82	366	
26~50	310	135	445	
51~100	216	135	351	
101~500	143	128	271	
501~1000	9	2	11	
1001~2500	1	1	2	
2501~5000	1	-	1	
合計	1,061	494	1,555	

注) 広島大学の調査による。

崩壊の形状は、発生個所が複雑なため、いちがいにはいえないが、上部に畑、道路、墓地など平坦部のある場合は崩壊の上部は直線的となり、畑地崩壊でも直線あるいはゆるい円弧を描いており、その周辺はなめらかな曲線とならない、林地内の



写真-4 墓地の崩壊

崩壊はおおむね円形あるいは半円形である。



写真-5 林地の崩壊
(沢頭の傾斜変換部, 下は水田)

花崗岩地帯の崩壊は比較的浅いとされているが、本調査でも平均30~50cm程度のものが大部分をしめ、畑地、あるいはがけくずれのなものは20cmくらいのもも数多く見受けられた。

しかし、林地の崩壊はやや深く、1.0~1.5mあるいはそれ以上に達するものも見受けられ、風化花崗岩地帯としてはやや深いようである。また、そのほか流紋岩、古生層地帯でも標高が低く、山腹斜面長もそれほど長くないので、大面積の崩壊がみられないためか、その深さも花崗岩地帯とそれほど相違はなかった。

崩壊の型としては表層滑落型が多く、畑地あるいは表土のとくに浅い部分では表層はく落型も数多く、山腹上部の谷頭的なところではやや深く貝殻状の崩壊もみられた。

崩壊発生は市街地に接する地帯では、宅地、農地の造成のため山脚基部がけずりとられたためのがけくずれの崩壊が多く発生し、道路により集水された部分の崩壊など、市街地周辺における山地の土地利用の影響を受けたと思われるものが多い。林地では、沢上部の凹地形で傾斜変換点と思われる部分からの崩壊が多いが、崩壊した多くの沢は、水田が急傾斜地の上部まで段階状に造成されてい

たものが目立っている。



写真-6 山脚部のがけ崩れ



写真-7 水田の被害
水田は沢の中央部まで造成されていた。

以上、本調査地の崩壊は、地域の大部分を占める風化花崗岩地帯としての特長を示しているが、過度の宅地・農地の造成、あるいは道路による災害を助長したもので、豪雨時の山地崩壊による典型的な土石流は浜田川を除いてはほとんどみられなかった。

3.1 地形と崩壊

3.1.1 地形

調査地は呉市市街地に接する地域であって標高は白岳山358m、灰ヶ峰737m、休山501mの低山地帯であるが、灰ヶ峰など市街地北部、休山半島の上部は山地地形を示している。休山、白岳山

など海岸に接した突出部についてみると、休山半島部は全般に傾斜が急であり、とくに海岸あるいは市街地に接する部分では道路、宅地造成のため崖状をした部分が多い。白岳山一帯は海岸、平地に接する部分に上記同様崖状を呈した部分が生じているが、古生層地帯としてはやや丘陵性の地形をなしている。

以上のような点からみて、この調査地は地形的には、地質の影響を受けて大きくつぎの五つの地区にわけられる。

1. 市街地北部：流紋岩地帯
2. 休山 西側部
3. 休山 東側部
4. 広地区東部
5. 小坪、長浜地区：古生層地帯

なお、休山東側部では北部阿賀町の市街地を隔てた大空山(200m)が小面積ではあるが独立し

た地形を示している。本調査地の、かなり老年期の地形とみられる地形的特長はその地質に影響されていると考えられる。また、山脚部の崩壊をのぞけば崩壊多発部はある程度谷頭や尾根近くの傾斜変換点付近に集中しているが、これは地形の若返りの現象とみられる。

3.1.2 地形と崩壊の関係

崩壊が集中したところは地区別にみると、市街地北部の5、6区、休山西側では23区、東側では15、16区、大空山などで、古生層にあたる小坪地区の9、10地区はきわめて崩壊が少なかった。

地区別に平均傾斜($\tan \alpha$)、谷密度(km/km^2)、平均起伏量(100m方眼による平均)、平均沢本数(100m方眼内の沢の本数)などの地形因子を示したものが、表-6である。また、本表にはその各因子と崩壊率との相関関係を下段に示しているが、これで見ると、起伏量と沢本数が2.5%

表-6 地区別の地形と崩壊の関係

地区	要因 km/km ² 谷密度	$\tan \alpha$ 平均傾斜	m 起伏量	本/ha 沢密度	林地崩壊率	地区崩壊率
1	4.9	0.5894	47	2.8	1.29 ^(%)	0.69 ^(%)
2	2.6	0.5070	42	1.7	0.85	0.52
3	3.3	0.5112	37	1.1	0.95	0.50
4	2.8	0.5900	50	1.8	1.63	1.29
5	3.9	0.6343	56	2.5	5.95	3.94
6	3.9	0.7687	54	2.6	3.50	2.80
7	3.2	0.6583	51	2.3	1.78	1.08
8	2.8	0.5410	48	2.0	0.39	0.28
9	2.4	0.7188	56	2.4	1.23	0.89
10	1.3	0.6854	48	2.0	0.78	0.76
11	2.9	0.7060	51	2.5	3.95	2.09
12	2.6	0.5887	43	2.0	2.08	1.49
13	2.7	0.6270	49	1.8	2.84	1.73
14	1.5	0.7469	55	2.0	2.44	1.75
15	2.3	0.6367	49	2.4	4.61	3.25
16	2.9	0.6397	51	2.4	3.36	2.69
17	3.0	0.5942	49	2.6	1.99	1.30
18	3.4	0.6385	41	2.5	1.90	1.03
19	3.5	0.5841	38	2.1	1.89	1.15
20	3.2	0.6573	41	1.7	0.91	0.41
21	3.9	0.5925	42	2.1	2.59	1.13
22	2.6	0.5594	45	1.7	1.65	0.93
23	4.2	0.5946	46	2.1	4.18	2.07
24	4.8	0.5633	36	1.6	1.12	0.45
平均	3.1	0.6099	47	2.1	2.23	1.37
有意水準*	—	10%	2.5%	2.5%		

* 林地崩壊(面積)率との相関係数について。

の水準で有意であり、平均傾斜は10%の水準で有意であったが、谷密度はもっとも有意性にとぼしい結果になった。

灰ヶ峰を最高とする市街地北部の流紋岩地帯は山地地形を示して、この地区の崩壊は概して尾根



写真—8 林地の崩壊
傾斜変換部で、林相も変っている。

に近い傾斜の変換部からの崩壊がそのほとんどを占めている。花崗岩地帯である休山を中心とした大部分は、とくに開析が進み、谷底の低下にしたがって谷の侵食は山腹の上部まで進んでいるため、谷頭からの崩壊がかなり多く、とくに湧水の多い沢は階段状に水田が造成されている。このような谷頭の崩壊は水田を同時に押し流して土石流となり、下流に対する被害を助長した。また、この地



写真—9 林地の崩壊
沢頭からの崩壊、下部は水田

帯では主谷の侵食による急斜面、あるいは主谷と支谷の合流点付近では基部の侵食による崩壊の発生もみられる。

小坪、長浜地区の古生層地帯ではその発生がきわめて少なかったが、この地区の崩壊は尾根近くの傾斜変換部から発生するものが多い。

以上は自然的な地形との関係であるが、この調査地のように市街地を含み、土地開発の進んだ地域では、人為的に造られた地形による被害が多発し、とくにそれは直接、人命財産に関係している。

とくに市街地の発展は、住居を求めて山腹あるいは沢をしだいに上部に進み、とくに、その上部の考慮が払われずに、山腹の切り取りや沢頭の直下まで住居の建設がみられ、それらが今次の住居、人命の被害を多くした大きな要因とみられた。また、呉市においては、戦時中、山地に多く造成された畑が最近では耕作を放棄したものが多くなり、林地として造林されたものも見受けられるが、まだ多くはそのままの形で放棄されている。これら



写真—10 放棄畑の崩壊

は排水に対する考慮も払われていないため、面積は小さいが数多くの崩壊をみた。しかしこれが直接大きな被害を下流にあたえたとはいえなかった。

3.2 林相と崩壊

3.2.1 林相と根系

調査地面積3,834 haに対し、林地面積は2,113 haで55%にあたる。本地域の林地は、そのほとんどが公有林・民有林であって、国有林は灰ヶ峰東側と休山周辺にわずかにみられる。林地は海岸線に臨む部分をのぞき、市街地あるいは農地と接する部分はおおよそ標高50mの線以上に分布している。しかし、市街地、農耕地は林地内にも多く点在し、ある程度高所まで造成されたものもある。また、農耕地は休山半島部、小坪、福浦地区では果樹園も含めて高所まで造成が進み、水田は湧水の豊富な沢では200~300mまで階段状に造成が進んでいる。

地域の大半は風化花崗岩地帯が占め、特異な砂礫質に富む土壌で侵食がはげしく、尾根近くにははげ山が点在し、土壌の瘠悪化がみられる。林相

はアカマツの天然生林が優占し、下木にヒサカキ、ネズミモチ、シャシヤンボ、ヤマツツジ、ネザサ、アカメガシワ、ヤマハゼ、ヤマウルシ、ネジキ、コバノミツバツツジ、コウヤボウキ、草本ではススキ、ヨモギ、ノガリヤス、コンダなどやや乾性の植生を生じ、一般に成長は不良である。

その他、クロマツ、コナラ、アベマキおよびクロキ、ヤブツバキ、クスノキ、ヤマモモなどの常緑高木の優占する植生型もみられる。

針葉樹ではほとんどがアカマツ、クロマツであ

ってスギ、ヒノキなどの植栽はきわめて少なく、マツ類の成長も一般的に悪い。しかもこのマツ類を主とした針葉樹林は林地面積の60%を占め、ついでコナラなどの優占する広葉樹林(6, 7, 9区に多い)が21%を占めているが、これも杜合以上の優良な林相をしているものはきわめて少ない。

マツ類の針葉樹と広葉樹の混交林は19%でもっとも少ない。樹種、林令別の分布を示したのが図-3である。

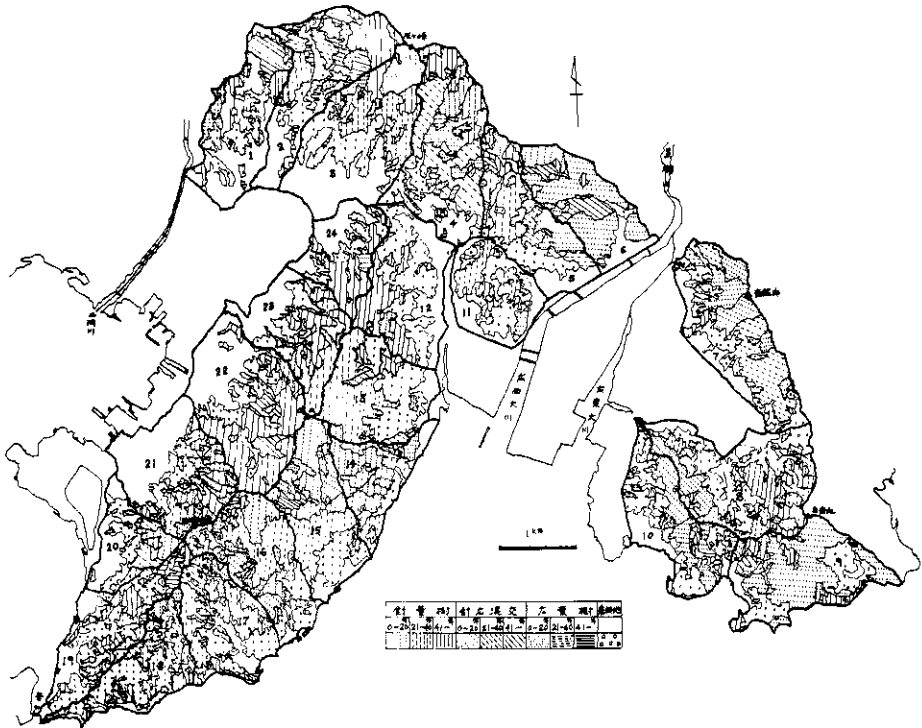


図-3 樹種、林令別林相図

概観的な植生区分とその組成は、おおよそつぎのようなものである。

1) アカマツ林

地域全体にもっとも多く分布していて、アカマツ、アラカン、コナラなどが優占し、これにアカメガシワ、ヤマハゼ、スルデ、ネジキなどの高木層を伴ない、低木層にはヒサカキ、コバノミツバツツジ、ネズミモチ、シャシヤンボ、ヤマツツジ、ネザサ、クサギ、ウツギ、マルバハギ、イヌビワ、コバノガマズミなどが多く、ススキ、コンダ、ヨ

モギなど草本の群落がみられる。

2) クロマツ林

海岸を主とするが、休山半島部と小坪、長浜の突出部ではある程度高地にまでみられる。クロマツ、コナラが優占し、その他の高木ではクロキ、カクレミノ、アカメガシワ、ヤマハゼ、ハゼノキなどが多くみられる。低木ではヒサカキ、シャシヤンボ、ヤマツツジ、ヤツデ、マサキ、ノイバラ、コバノミツバツツジ、ウツギ、コバノガマズミが多い。草本としてはススキ、イタドリ、ヨモギ、

ノガリヤス、チジミザサ、ツワブキ、ベニシダ、ヘクソカズラ、カニクサ、サルトリイバラなどが多く認められる種である。

3) アカマツ、クロマツ林

海岸と山地の中間帯に多くみられ、アカマツ、クロマツ、コナラ、アベマキの優占した林で、構成種は前記アカマツ、クロマツ林とほぼ同様のものがみられる。高木層はアラカン、ナナメノキ、ヤブツバキ、カクレミノ、アカメガシワ、ヤマハゼ、ヤマウルシ、低木層はヒサカキ、ネズミモチ、ノイバラ、カマツカ、イヌビワ、ウツギ、コバノガマズミ、草本ではノガリヤス、ベニシダ、ナツフジ、サルトリイバラなどがとくに多く認められた。

4) コナラ林

既往薪炭林として利用の多かったものと考えられ、樹令もそれほど高いものは少なく、高木層はコナラについてアラカン、ナナメノキのほか落葉性のアカメガシワ、ヤマハゼ、ヤマウルシ、ネジキなどで構成され、低木層はヒサカキ、シャシャンボ、コウヤボウキなどを多くみる。草本はススキ、ヨモギ、ノガリヤス、コシダ、ベニシダなどがその構成種に目立つ。

5) アベマキ林

コナラ林ほどの占有度は高くないが、広葉樹の一つの植生型とみられる。高木層にはアラカン、

ナナメノキ、アカメガシワ、スルデ、ヤマウルシなど。低木層にはヒサカキ、ネズミモチ、ネザサ、コバノミツバツツジ、マルバウツギなどを伴ない、草本としてはススキ、アキノキリンソウ、イタドリ、ヨモギ、ヒメムカシヨモギ、ヘクソカズラ、サルトリイバラ、ツルウメモドキなどが認められる。

6) 常緑広葉樹林

以上のほか、カンを主とした常緑広葉樹林がわずかながら存在する。

高木としてはアベマキ、ナナメノキ、クロキ、クスノキ、ヤマモモ、アカメガシワなどがみられ、低木層にはヒサカキ、マサキ、コバノミツバツツジなどをみる。草本としてはススキ、イタドリ、ノガリヤス、コシダ、ウラジロ、ベニシダ、ナツフジ、ノブドウが多く認められた。

なお、三津峰山の南側にヤマモモの老令樹が優占した常緑広葉樹林が小面積ではあるがみられる。

植生的には以上のようにアカマツのほか、目立った造林樹種はない。

しかし、これらの林地はいずれも表土が浅く瘠悪なためその成長はきわめて悪い。したがって、根系の分布も十分でないことが予想される。表-7は全地区にわたり、28か所の土壌および根系について土壌断面を調査した結果を土壌母材別に示したものである。

表-7 土壌断面調査

母材 層別 位	花崗岩				流紋岩				古生層						
	透水性*	根量			土層厚 ^{cm}	透水性*	根量			透水性*	根量			土層厚 ^{cm}	
		太根	中根	細根			太根	中根	細根		太根	中根	細根		
A	$\frac{74.0}{30 \sim 100}$	少	中	多	$\frac{11}{5 \sim 30}$	$\frac{87.5}{50 \sim 100}$	少	中	多	$\frac{22.5}{10 \sim 30}$	100	少	中	多	10.0
B	$\frac{67.0}{20 \sim 100}$	+	中	多	$\frac{38}{5 \sim 80}$	$\frac{70.0}{20 \sim 100}$	少	中	多	$\frac{39.5}{20 \sim 85}$	$\frac{75.0}{50 \sim 100}$	+	多	多	25.0
C	$\frac{51.0}{10 \sim 100}$	+	中	多		$\frac{47.0}{20 \sim 100}$	+	少	中		$\frac{55}{10 \sim 100}$	-	中	少	65.0

* 圧入器の抵抗値の逆数の比率、山中式「土壌透水通気測定器」による。

調査にあたっては、立木について根系を追求したものではなく、立木と立木の間接点の断面であるため、これから直接根系の状況を説明することは困難である。土壌は表層が薄くとくにA層がきわめて浅くて、10cm前後のところが多い。根系の分布は草本の根系とともにこの層に大部分が集

中し、C層にまで達する太根の分布はきわめて少ない。しかし、アカマツ・クロマツはその根型が直根型であり、また地表近くにもよく発達した平根をみるので、太い直根がC層を貫き岩盤まで達していることが容易に想像される。⁸⁾⁴⁾

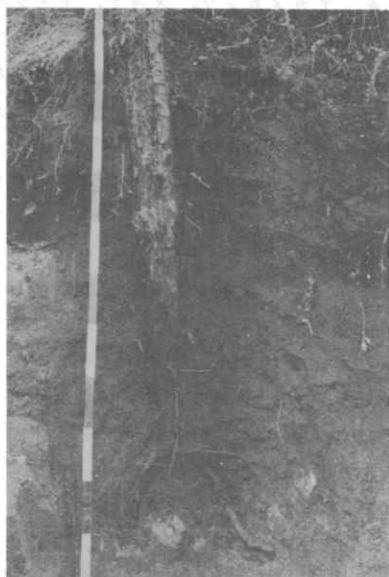


写真-11 樹根の抵抗
アカマツの抗根(直根)の進入



写真-12 クロマツの根系(平根の発達)

また、広葉樹林を構成するおもな樹種であるコナラ、アベマキなどは斜出根の発達した根型を示すが、根系の深さ、広さなど根量は上木の生長によく比例することから考えると、この地区の生長状態からかならずしも満足されるような根系状態であるとは考えられない。とくに幼令林面積率が34%、壮令林約40%を示し、とくに壮令林とはいってもこの地区の生長から標準よりかなり低い生長量ではなからうか。

3.2.2 林相および根系と崩壊の関係

森林植生が崩壊発生防止あるいは土石の流出を防止し、溪流荒廃や下流の被害を軽減するであろうと思われるなどの影響については、観念的には容易に予想しうるが、その機構は雨量、地質、地

形、土壌などとも関連しているため複雑であり、いちがいに森林植生があれば崩壊を防止し、それによる荒廃を防止し得るというものではない。

一般に森林植生が崩壊に影響するのは主として根系によって土壌を緊縛するためと考えられている。林木の根系は、細根によって形成されるネットワークが土壌を緊縛すると同時に、太径根である直根や斜出根、垂下根は抗の作用で表土の崩壊を抑止するものであろう。このような点から森林に崩壊に対する防止効果を期待するには、直根、斜出根、水平根など樹種によって根型は違うので、適度の混交林で低木層、草本層も伴った天然林的な森林形態が理想といえよう。

一方、根の深さ、根張り、根量は極端な老令木を除いては地上部の樹高、直径、枝葉量におおよそ比例することから、生育の良い壮、老令林ほど崩壊に対する根の抵抗力は強いといえそうである。

この調査地のように市街地に接した里山の森林は高度の土地利用を要求されるため、理想の森林植生の型態を求めることは困難であるが、現在の林相は気象、地質、土壌など自然的な条件に災いされて、きわめて森林の機能の低い林相と見受けられた。

針葉、広葉別、林令別、粗密度別(森林被覆の度合)にみた林地面積、崩壊面積、崩壊個所数および単位面積当りの値を示したのが表-8および表-9である。

この表からみると、樹種別では崩壊個所数は針葉樹林が35.5個/km²、広葉樹林が35.3個/km²とほとんど同じであるが、混交林が49.5個/km²と大きい値を示した。また、崩壊面積では針葉樹林が2.4ha/km²、広葉樹林が2.1ha/km²、混交林は1.9ha/km²という順序でわずかながら混交林が良くなっている。また、個所と関連して考えると、混交林は数は多いが小面積の崩壊しか発生しなかったことになる。

つぎに、林令別にみると、個所数では幼令林が40.4個/km²、壮令林は43.1個/km²、老令林29.3個/km²、となって老令林の値は相当低く、上記した根系の効果が予想される。また、面積においても、幼令林2.6ha/km²、壮令林2.4ha/km²、老令林1.6ha/km²となって老令林が優位な値を示している。このようなことから地区別に幼令林面積の占める割合と崩壊率についてその単相関係数を求めてみたが10%の水準でも有意でなくてよい

表-8(3) 林地崩壊個所数

林令	樹種		N	NL	L	計
	粗密度	相密度				
Y	a		50	40	64	154
	b		44	32	44	120
	c		4	10	2	16
	d		—	—	—	—
	計		98	82	110	290
M	a		84	67	8	159
	b		116	28	7	151
	c		20	19	3	42
	d		2	—	3	5
	計		222	114	21	357
O	a		27	17	10	54
	b		88	10	—	98
	c		6	3	—	9
	d		2	—	—	2
	計		123	30	10	163
	合計		443	226	141	810

表-8(2) 林地崩壊面積 (ha)

林令	樹種		N	NL	L	計
	粗密度	相密度				
Y	a		4.3	1.4	4.3	10.0
	b		4.0	1.2	2.4	7.6
	c		0.3	0.4	0.1	0.8
	d		—	—	—	—
	計		8.6	3.0	6.8	18.4
M	a		6.6	2.9	0.7	10.2
	b		5.7	1.0	0.2	6.9
	c		1.1	0.8	0.1	2.0
	d		0.1	—	0.2	0.3
	計		13.5	4.7	1.2	19.4
O	a		1.6	0.6	0.3	2.5
	b		5.8	0.3	—	6.1
	c		0.4	0.1	—	0.5
	d		0.1	—	—	0.1
	計		7.9	1.0	0.3	9.2
	合計		30.0	8.7	8.3	47.0

表-8(1) 林地面積 (ha)

林令	樹種		N	NL	L	計
	粗密度	相密度				
Y	a		97	73	227	397
	b		132	54	108	294
	c		15	8	4	27
	d		—	—	—	—
	計		244	135	339	718
M	a		289	154	16	459
	b		209	52	22	283
	c		43	33	2	78
	d		6	—	4	10
	計		547	239	44	830
O	a		115	43	12	170
	b		297	39	2	338
	c		35	4	1	40
	d		8	—	—	8
	計		455	86	15	556
	合計		1,246	460	398	2,104

表-9(3) 林地崩壊個所率(%)

林令	樹種		N	NL	L	計
	粗密度	相密度				
Y	a		51.5	54.8	28.2	38.8
	b		33.3	59.3	40.7	40.8
	c		26.7	125.0	50.0	59.3
	d		—	—	—	—
	計		40.2	60.7	32.5	40.4
M	a		29.1	43.5	50.0	34.6
	b		55.5	53.8	31.8	53.4
	c		46.5	57.6	150.0	53.8
	d		33.3	—	50.0	50.0
	計		40.6	48.3	45.5	43.1
O	a		23.5	39.5	83.3	31.8
	b		29.6	25.6	—	29.0
	c		17.1	75.0	—	22.5
	d		25.0	—	—	25.0
	計		27.0	34.9	66.7	29.3
	合計		35.5	49.5	35.3	38.5

表-9(2) 林地崩壊面積率(%)

林令	樹種		N	NL	L	計
	粗密度	相密度				
Y	a		4.4	2.0	1.9	2.5
	b		3.0	2.2	2.2	2.6
	c		1.9	4.9	2.5	3.0
	d		—	—	—	—
	計		3.5	2.2	2.0	2.6
M	a		2.3	1.9	4.5	2.2
	b		2.7	2.0	1.0	2.4
	c		2.6	2.5	5.0	2.6
	d		1.7	—	5.0	3.0
	計		2.5	2.0	2.7	2.4
O	a		1.4	1.5	2.6	1.5
	b		1.9	0.7	—	1.8
	c		1.0	2.4	—	1.3
	d		1.3	—	—	1.0
	計		1.7	1.2	2.0	1.6
	合計		2.4	1.9	2.1	2.2

表-9(1) 林地面積率(%)

林令	樹種		N	NL	L	計
	粗密度	相密度				
Y	a		4.6	3.3	10.8	18.9
	b		6.3	2.6	5.1	14.0
	c		0.7	0.4	0.2	1.3
	d		—	—	—	—
	計		11.6	6.4	16.1	34.1
M	a		13.8	7.3	0.7	21.8
	b		9.9	2.5	1.0	13.5
	c		2.0	1.6	0.1	3.7
	d		0.3	—	0.2	0.5
	計		26.0	11.3	2.1	39.4
O	a		5.5	2.0	0.6	8.1
	b		14.1	1.9	0.1	16.1
	c		1.7	0.2	0.1	1.9
	d		0.4	—	—	0.4
	計		21.7	4.1	0.7	26.5
	合計		59.3	21.8	18.9	100.0

結果は得られなかった。しかし、この調査地のように、林木生長の不良な地域では壮令林といえども根系の発達に十分でないと考えられるので、幼令林、壮令林の合計面積と崩壊率の単相関関係を求めてみると、10%の水準で有意となり、ある程度林令すなわち林木の生長量が根系を通じて崩壊発生に影響していることがうかがえる。

粗密度別については表-8にも示されているように、c, dは両者の合計でも林地面積の8%足らずで、ほとんどがa, bによって占められている。また、その結果も表-9のとおり、a~dの間でいずれも2.2~2.3ha/km²の値を示してほとんど差はみられない。この粗密度とは、林木樹冠の被度のことであって厳密な密度(単位面積当りの立木本数)でないためと思われる。林木の根系の影響は、実際は単位面積に占める立木本数がかなり有効な因子となるはずであるが、この測定



写真-13 林地の崩壊
アカマツの疎林

された粗密度によると、林木樹冠による被覆の度合いとして読みとられ、林木の大きさ、すなわち高木あるいは壮老令林と、低木すなわち幼令林が一樣に表現されることと、本数密度も多いものも、少ないものも、一樣に表現され、ここで測定された粗密度(樹冠被度として)は全体として、大きな差がなかったためこのような結果になったので

はないかと思われる。

3.3 土壌と崩壊

3.3.1 土壌の形態と性状

この地域一帯は瀬戸内の花崗岩帯の一部をなし、大部分は広島花崗岩と称せられている地域であるが、北部灰ヶ峰一帯に流紋岩、小坪、白岳山周辺に古生層が一部土壌母材としてみられる。

一般に風化花崗岩を母材とした土壌は分散率が高く侵食を受けやすく、瘠悪化しやすい傾向がみられ、この地域においても山頂にははげ山化した部分が点在している。一般に瀬戸内地方の花崗岩地帯は雨量の少ないことも関係して、いちど森林が伐採され、その後の取扱いが適当でない場合ははげ山化することが多い。

傾斜地の表層は侵食された土壌が多く、そのためA層の発達も少ない。あるいはA層・B層を欠くような未熟土壌も多く、瘠悪化の前期とみられる部分もみられる。とくに都市に近いこの地域は、かつて薪炭林として利用され、そのため地表の露出されることも多かったことが容易に想像される。花崗岩を母材とすることからも侵食型の山地が多く、したがって土層が浅く、肥沃度の低い土壌で構成されている。

以上のように本調査地区の土壌の特長は、地質的に大きくは流紋岩、花崗岩、古生層の母材に分けられる。調査は土壌型と根系分布の状態を主体に、土壌断面について現地調査を行なった(表-7参照)。

灰ヶ峰を中心として西は二河川、東は広西大川にいたる稜線部を占める流紋岩地帯では、西側の1~4区の傾斜はやや緩で崩壊率も低く、普通の褐色森林土であるが、深さはやや浅くC層まで含めても1m前後で、石礫を多く含み岩盤のあらわれているところもみられる。土層はA, B, C層が明瞭で比較的土壌はやわらかく、根系もよく伸長している。土壌はかなり深くまで腐植がはいり、土性は埴質である。山腹中部から山脚にかけては土壌湿度はかなり高いようであるが、山頂は灰ヶ峰を中心にはげ山も点在し、瘠悪化の傾向がみられる。

東側にあたる5, 6区は傾斜も急になり崩壊率も1~4区にくらべかなり高い値を示している。しかし、土壌的には前記1~4区と、とくに変わった特長がみられない。崩壊はかなり地形的要因の結果と予想されるが、この地区の崩壊は、おお

むね稜線近くの傾斜変換点からの崩壊が多いように見受けられた。ただ、ここでは急傾斜でありながら土壌が深く、全調査地域を通じて比較的多くのスギ、ヒノキの造林地がみられた地区である。

古生層を母材とする地区は9区の大部分、10区および8区の一部など小坪を中心とした僅かな面積である。しかも海岸近くは上部に花崗岩の風化層が、また高所は赤色土層におおわれた部分もあり、それほど古生層地帯の特長が顕著にあらわれていない。しかし、地区傾斜は急であるが、崩壊率は低い。土壌はやや深く、A、B、C層も明瞭である。大小の石礫が多く含まれ、腐植の侵入も深く、堅密度は中程度である。根の伸長も深い。

この地区に現われる赤色土は、深さ1~1.5m、あるいはそれ以上の部分も多く、埴質、堅密で50cmくらいから下部はきわめて堅密である。ある程度礫を含むが、腐植の侵入が不明瞭でA~C層の区分がわかりにくい。根系の伸長は深い。

休山を中心として、調査地の大部分を占める花崗岩地帯の特長は風化層の厚いマサ土層の分布によって示される。風化層の厚い地帯はおおよそ標高50~200mくらいのやや山脚に近い部分に多く分布し、これより下部は崖錐あるいは新しい堆積物の地帯となり、また上部山地は風化層のそれほど厚くない地帯がみられる。この地帯は傾斜も急で、降雨によって、侵食、崩壊が繰返えされ、上層の風化層が失なわれた結果とも想像される。

もっともマサの層の発達した山脚部では2~3mに達する比較的軟弱な層がみられ、ほとんど石礫もみられず、腐植の侵入と根系の伸長は一般に深く、とくに太根が深くまで伸長している。A、B、C層は明瞭である。

上部山地のマサ層の厚くない地帯では土層も浅い。このうち山頂平坦面に接する部分では、A₀層は厚いが、A層は薄く、また土層は堅密でやや礫質である。根系の伸長は多いが、腐植は乏しい。

また、本調査地の北方にあたる呉市焼山町において、広島県林業試験場¹⁰⁾が実施した適地適木調査の土壌分析によると、全般に孔隙量、最少容気量が少なく、透水性もきわめて不良な特長がみられる。

3.3.2 土壌と崩壊の関係

この調査地域は、母材の地質によって流紋岩、古生層、花崗岩などに大別できるが、流紋岩地帯の一部を除いては、花崗岩を母材とする土壌に崩

壊発生が多かった。この花崗岩を母材とする土壌は、マサ層の存在と、その厚さの分布が崩壊発生に関係している。このマサ土層は一般に分散率が高く、侵食を受けやすい。これが豪雨によって大量の水の供給を受けて上層部は急激に飽和状態に近づき、下層の透水不良部との間から滑落崩壊するのが一般の形とみられる。

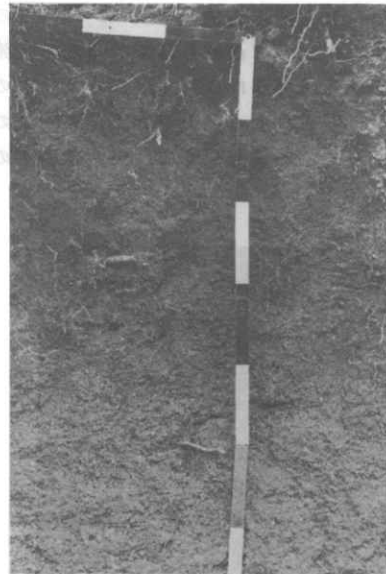


写真-14 土壌断面(風化花崗岩母材)

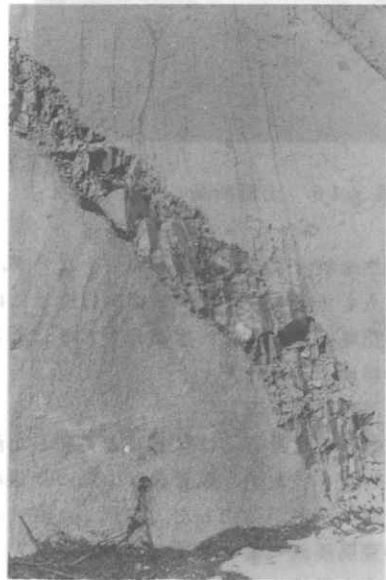


写真-15 風化花崗岩層の貫入岩(花崗斑岩)

本調査地の大部分を占めている風化花崗岩の地域は、おおよそこのような形態の崩壊で、山脚部に多く分布するマサ層の厚い地区は地形その他の影響はあっても、崩壊深の浅い表層滑落型ないしは表層はく落型の崩壊が多い。また、標高の高い山腹の崩壊は山頂、稜線部の土層の厚い層から、土層が薄く傾斜が急になる山腹との傾斜変換部からの崩壊が多い。

流紋岩を母材とする土壌の地域は、山脚部の大部分が花崗岩によって占められているため、流紋岩を母材とする山脚部は少なく、崩壊は上部の傾斜変換部近くからのものが大部分である。この部分の土壌は厚く、崩壊も深くて、貝殻状のものがみられる。



写真-16 土壌断面(流紋岩母材)

古生層を母材とする土壌は分布も少ないが、崩壊の発生ももっとも少ない。一部海岸近くには上層が風化花崗岩におおわれた部分があり、そこには多少の崩壊がみられた。

3.4 溪流荒廃状況

本調査地区では災害前はほとんど荒廃した溪流が認められなかったが、災害後は山地の崩壊にともない溪流の荒廃が発生した。前記した表-4は地区別の荒廃溪流の量(面積)であるが、とくに下流に大きな災害をもたらした浜田川はもっとも典型的な荒廃状況を示したが、その他はそれほど



写真-17 土壌断面(古生層母材)



写真-18 荒廃溪流(上流部)



写真-19 荒廃溪流(下流部)

大きなものはみられない。

この表でみると荒廃溪流の生じた地区は、北部の5、6地区と、休山東側の13、14、15、16

17と、その西側にあたる22、23地区に集中しており、これらはいずれも崩壊の多発地区であり、崩壊面積率と溪流荒廃面積率の両者間の相関は $r = 0.6647$ を示し、0.1%の水準で有意であって、今回の災害における溪流荒廃は崩壊に大きく関係していたものといえそうである。

4. 山地の土地利用と災害発生の関係

調査地域内における現在の土地利用状況は表-1、2に示したとおりであるが、呉市総合開発基本構想の調査報告書(1966年)による呉市全体の土地利用を用途別にみると表-10のとおりである。

表-10 呉市用途別利用面積

1966年										
区分	田	畑	住宅	商業	工業	自衛隊	計	湖沼	林野	合計
面積 ha	1,185	1,436	1,469	252	436	110	4,888	134	9,359	14,381

本地域は安芸東部地塊山地が瀬戸内海にのぞむ沿岸部を占め、この山地は東北-西南方向を主とし、西北-東南方向を縦とする多くの地形線で分断されている。また、呉市域を二分する休山半島は東北から西南方向に突出した地壘状の山地である。市中央部の背後には700mの灰ヶ峰が聳えるが、その他は400~500m前後の低山性の山地である。

呉市とくにその中央部の土地利用は、歴史的背景の影響を多分に受けている。すなわち、呉は軍港都市として発展をみている。速く明治19年軍港として指定され、同22年鎮守府が開庁し、その他海軍工廠、海軍造船廠、造兵廠などが設けられている。これら軍事施設に付随して要員の宿舎や民間関係者、商店、住宅などが周辺をとりまくように山麓へ延びて市街地が形成された。このような発展の過程からは当然軍用地、港湾の整備には埋立て、山麓の削取りを要したことはもとより、市街地形成にさいして住宅は平坦地のみではまかなえず山腹をはいのぼる結果となっている。また、戦時中は食糧増産の立場から、田畑が山腹の高所まで造成された。

このような状況から住宅、農耕地の造成のため、林地が他の利用目的の土地に変換され、また用材、薪炭材の需要の増大から森林の伐採が短い期間で繰返えされたものと想像される。一方、土壌母材が侵食を受けやすい風化花崗岩であることから土壌の瘠悪化が助長され、現在のような不良林分が多くみられる結果となった。

また、山腹の傾斜地に造成された畑は戦後、とくに最近耕作を放棄したものが目立っている。

以上のような点から土地利用が災害発生に影響

していると予想されることは、

- 1) 市街地造成のための山脚切り取りおよび危険傾斜地まで住宅の造成が行なわれた。
- 2) 山腹の畑造成、沢の階段状水田の造成のために、森林がかなり伐採された。
- 3) 傾斜地に造成された畑の耕作放棄による排水システムの不良化。
- 4) 一般的な林地でも伐採が短伐期に過度に行なわれ、また管理・撫育も不十分のため林相は不良化している。

などである。その他一部であるが、山地の軍用道路で現在ほとんど未使用のものが排水処理の不良から崩壊発生の誘因になったものもみられた。

4.1 森林と山地崩壊の関係

林木が崩壊発生に対する影響については従来から種々論ぜられているが、理想的な壮令林はよく山地の崩壊防止機能をもつことが一般に認められている。しかし、それは根系による抵抗性によるものであって、太根の直根または斜出根による抗作用、地表近くに延びる平根、あるいは中根、細根は立体的にネットワークを形成して土壌を緊縛して、土壌層のはく落、滑落を防止するものと考えられているが、林木による崩壊防止機能には根系の深さにより当然その限度がある。

以上のようなことは、森林がよく崩壊防止機能を発揮するためには、深くまで太径根が万遍なく分布し、同時に中根以下の根系も密度高く分布しているのが理想的であることを意味する。しかし森林は施業の対象として伐採が繰返えされるため、伐採により前生木の根系は腐朽して数年で防止能力が激減するものである。筆者⁸⁾⁹⁾らは、林木根系が崩壊に対する抵抗力を林木の抜根抵抗力に比

例するものと考えて樹根の引抜抵抗力の測定を実施した。その結果、引抜抵抗力と伐採後および植栽後の経過年数の間には図-4のような関係のあ



写真-20 樹根の抵抗
崩壊の拡大防止

また、一般に立木の樹根の抜根抵抗力は $P = aD^b$ (D : 根元直径, a, b : 定数) という関係式で示され、樹種、立地環境などの条件が一樣であれば D (根元直径) によって抵抗力が増減する。これは同時に伐採された伐根についてもいえることである。

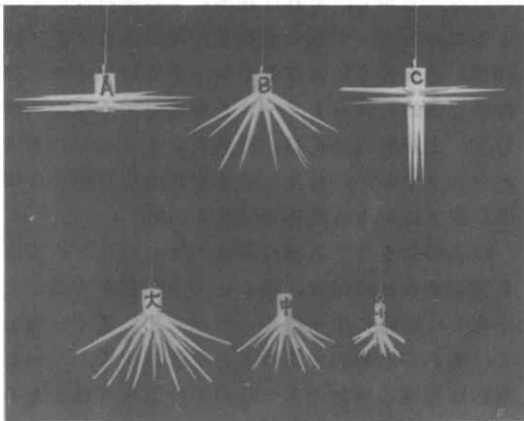


写真-21 樹根模型
上段根型左より A, B, C
下段は大, 中, 小の関係

ることがわかった。すなわち、引抜抵抗力は、伐採後の根株については $P = ae^{-bY}$ 、植栽木については $P = aY^b$ という関係式で示される。(P : 抜根抵抗力 - ton, Y : 経過年数, e : 自然対数, a, b : 定数) このことは伐採後は根株の腐朽により抵抗力は減少し、植栽木はその生長の増大により抵抗力は増強する。

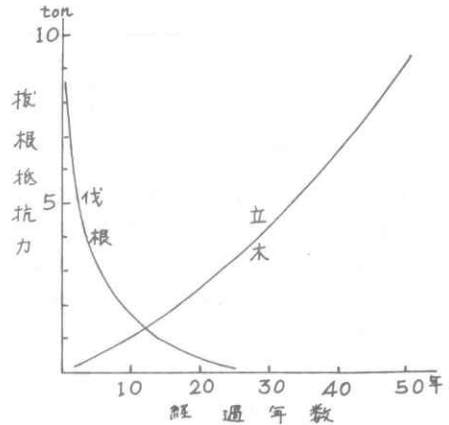


図-4 伐採および植栽後の経過年数と抜根抵抗力の関係
(クロマツ)

なお、抜根抵抗力は立地環境とともに、樹種によって相違するものである。すなわち、その樹種特有の根型と材質が腐朽に対する抵抗性に影響する。根型⁷⁾については写真-21のとおりA, B, Cの3種の代表的根型を想定して模型化し、各根型は大, 中, 小の3段階とし細根を除いた状態で引抜抵抗力を測定して図-5の結果を得た。ここで各根型に相当すると考えられる樹種は、Bはスギ、ヒノキ、ツガのほか、広葉樹の多くはこの根

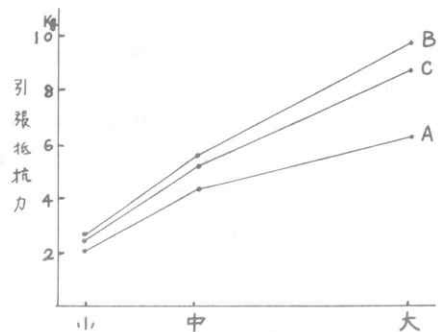


図-5 根型、大きさと引張抵抗力の関係

型に属し、Oはアカマツ、クロマツ、モミなどが代表し、Aはカラマツとブナ、ケヤキ、ミズキなど広葉樹が含まれる。クリ、コナラ、クスギなどC、Bの中間的根型を示すものも広葉樹にはみられる。この実験では、Bはもっとも抵抗力は大で、C、Aの順序で弱くなるが、CとBの差は少なく、Aがきわめて弱い結果を示した。

以上のように林木の樹根の抜根抵抗力は根型とその林木の大きさ（根元直径すなわち根の太さと根量）が直接関係している。崩壊に対する林木根系の抵抗力をこの抜根抵抗力に比例するものと考えると森林が崩壊防止に効果を期待できる林相も十分予想される。

この調査地の林相は前述したとおり、アカマツを上木とした林相が優勢し、全林地面積の約60%を占めているが、全般に生長は不良で20~40年生の壮令林にあたる森林でも、優良林分にくらべるとかなり劣った内容の林相とみられる。アカマツの根型は、抗根と平根がよく発達して抵抗力は強い型に属するが、上記のように生長が悪く、林相別の崩壊率は高い。

表-11は粗密度を除き林令と林種別に崩壊面積率を示したものであるが、アカマツを主とした針葉樹はとくに幼令林の崩壊が目だっており、この表について分散分析を試みた結果、林令では10%の水準で有意の差がみられ、幼令林、壮令林間

表-11 崩壊面積率（林相）%

林令 \ 樹種	N	NL	L	計
Y	3.50	2.24	2.02	7.76
M	2.47	1.99	2.72	7.18
O	1.71	1.17	2.03	4.91
計	7.68	5.40	6.77	19.85

の差はほとんどなく、幼令林、老令林間では10%の水準で有意であったが、壮令林、老令林間では有意の差がみられなかった。また、樹種別では針葉樹林、広葉樹林、混交林の順序で崩壊面積率は減少しているが、10%の水準でも有意の差がなかった。

一般に林地土壌の生産力は地位（上、中、下）あるいは地位指数（一定の林令に対する樹高）によってあらわされる。

調査地の林令、樹種別の樹高区分を面積で示したものが表-12である。この表によると、幼令林（Y）では0~5m(1)が67%を占めているが、樹種についてみると広葉樹林（L）では6~10m(2)が約60%近くを占めていて、針葉樹林、混交林とは異なった傾向を示している。

表-12 樹高階別林地面積（ha）

林令	樹種	樹高階					計
		1	2	3	4	5	
Y	N	229	15	—	—	—	244
	NL	112	23	—	—	—	135
	L	141	198	—	—	—	339
	計	482	236	—	—	—	718
M	N	8	526	13	—	—	547
	NL	7	222	10	—	—	239
	L	7	35	2	—	—	44
	計	22	783	25	—	—	830
O	N	—	71	369	15	—	455
	NL	—	8	78	—	—	86
	L	—	10	5	—	—	15
	計	—	89	452	15	—	556
合計		504	1,108	477	15	—	2,104

壮令林（M）は6~10m(2)に、また老令林（O）では11~15m(3)にその大部分が集中

していた。林地全体でみると、6~10m(2)が50%

を占め、0~5m(1)、11~15m(3)がそれぞれ約25%を占めて、16~20m(4)は1%にも足らず、20mを超えるものは個々にはあっても林分としては全然なかった。

この樹高階級の間値に面積の重みを加味した各林令の平均値は、幼令林≒4.2m、壮令林≒7.5m、老令林≒11.8mとなる。

また、この調査における林令をかりに、その中間値をとって、幼令林は15年、壮令林を30年、老令林は50年として、これを中国地方アカマツ林の樹高(林分収穫表による)表-13と比較してみると、幼令林の平均値4.2mは、広島中林型の地位下よりはるかに低く、壮令林の平均値7.5mは、同じく25年より低く、老令林の平均値11.8mは、同様に35年くらいに相当する。

表-13 中国地方アカマツ林樹高生長量

森林家必携林分収穫表による。

林令	上		中		下	
	内海*	広島**	内海*	広島**	内海*	広島**
10年	— m	4.8 m	— m	3.9 m	— m	3.0 m
15	8.7	8.2	7.3	6.7	5.9	5.2
20	12.3	11.4	10.3	9.3	8.3	7.1
25	15.5	14.1	13.0	11.5	10.4	8.8
30	18.1	16.2	15.1	13.3	12.2	10.4
35	20.2	18.1	16.9	14.9	13.6	11.6
40	21.7	19.7	18.2	16.2	14.6	12.7
50	24.1	22.1	20.1	18.1	16.2	14.2
60	25.8	23.5	21.6	19.4	17.3	15.3

* 中国内海地方アカマツ林

** 広島中南部中林型アカマツ林

以上のように、この調査地の土壌は生産性に乏しく、林木の生長はきわめて不良である。壮令林平均樹高7.5mは、上記表-13の内海地方アカマツ林の地位中と比較してみると、20年生の樹高にも達していない。したがって、このような地上部の生長状態から、根系の状態もきわめて貧弱で、崩壊に対しても抵抗性の弱い林分といわざるを得ない。

4.2 市街地周辺における土地利用と山地保全

呉地区における今次災害に際して、人命、家屋の被害のほとんどは、山脚部の山腹切り面あるいは、その上部山地の崩落と、沢頭の崩壊によるものであった。

このような山脚部の宅地造成に際しては、山腹切り面の補強、上部山地の森林の取扱い、管理などを十分に考慮し、必要に応じて土木的工事による補強の必要がある。

また、山地に造成される農地のうち、とくに沢の上部まで階段状に造成される水田は、その上部の沢頭および側面林地の保全につとめ、沢頭の危

険箇所には土木的工事の配慮も必要である。

また、この調査地のように、土壌母材が花崗岩の深層風化地帯では、土壌の分散率が高く侵食を受けやすいことから、森林の取扱いは短伐期的施業あるいは大面積皆伐などによる収奪をさけ、さらに地位も低く生長の不良なこのような林地では、保全的取扱いを考慮して択伐林的な中林型²⁾の二段林を育成して、優良な林分形態に導く施業と撫育に留意すべきであろう。

この調査地域である市中央部市街地の周辺は、近年とくにめざましい土地利用の変化はみられない。ここではすでに遠く明治の頃から軍港設置にともなう市街地の発展によって、山地の森林以外への利用はほとんど極限近くまで開発が進んでいた。さらに、戦時中は食糧増産の目的で傾斜地に畑地の造成をみたが、最近では放棄されたものが増加し、今次災害で崩壊多発の一因ともなった。

一方、呉市総合開発基本構想³⁾によると、居住や耕作などの適地を傾斜15°以下としているが、調査地内の地区について、15°以下の面積と既利

用地の面積をみると表-14のとおりである。この表によると各地区とも既利用面積が15°以下の面積より多く、全体としては約1/3、1,000 ha以上の利用地が不適地に位置している。

表-14 傾斜地の土地利用状況

地区	面積	a. 傾斜15°以下の平地	b. 山林, 湖沼以外の既利用地	a-b
中央・宮原		606ha	1,137ha	-531ha
広		935	1,133	-198
阿賀		259	495	-236
警固屋		175	253	-78
計		1,975	3,018	-1043

このような点から、呉市においては今後の市街地開発を内陸部の、昭和、郷原地区に指向している。しかし、現在の市街地周辺は現実には20°~30°の斜面まで、農地、住宅が造成されている。これらについては災害を未然に防止する処置が考慮されることは当然であるが、今後は傾斜の急な斜面はつとめて、林地として保全的取扱いを計り、住宅、農地の造成は極力避ける必要がある。

要約

1967年7月上旬、西日本に停滞していた梅雨前線は、台風7号に刺戟されて活発な活動をはじめ、呉測候所では9日、日雨量212.9mm、時雨量最大74.7mmを記録した。このため山地崩壊がけくずれ、土石流などにより住居、人命をはじめ農地、道路などに多大の被害を受けた。

この災害に対して、呉市の中央部周辺山地の崩壊多発部、面積3,834haについて土地利用と災害発生、とくに森林の状況との関係について、空中写真による判読および現地調査を行ない検討をこころみた。

- 1) 調査地域は呉市中央部の市街地など、沖積層平坦部の大部分を除いたものであるが、住居地724ha、農耕地868haが含まれている。これは全面積に対して40%を超え、山地の傾斜部が森林以外の利用率の高いことが示されている。
- 2) 空中写真により判読された調査地内の崩壊数(0.01ha以上)は、872か所、崩壊面積は約52haで単位面積当りでは22.7個/km²、1.36ha/km²となるが、崩壊面積0.01ha

以下のものの個所数はきわめて多かった。

- 3) 崩壊の発生は、とくに風化が進み、完全にマサ化した層の厚い山脚部の花崗岩地帯にもっとも数多くみられ、住宅の被害に伴ない人的災害のほとんどがこの部分に集中した。

花崗岩地帯でもこれより上部に位置し、やや風化層の薄い部分では、稜線に近い沢頭からの崩壊が多く、沢の中間部に造成された階段状の水田の崩壊を伴なって、下流の災害を助長した。

流紋岩地帯の崩壊は急斜面の凹地の上端で、稜線に近い傾斜変換部からの崩壊が多い。

古生層地帯の崩壊は前二者に比較し、崩壊の発生はきわめて少なかった。

- 4) 調査地内の大部分を占め、もっとも崩壊の発生を多くみた風化花崗岩地帯の土壌は、一般に分散率が高く、雨による侵食を受けやすいため、表土の流出した未熟土壌が多い。とくに山頂稜線部にははげ山も点在し、これに移行しつつある部分もみうけられた。

- 5) 調査地はアカマツを主林木とする林相が60%を占めているが、広葉樹林とともに、土壌は肥沃度が低く、土層が薄いため、全般に生長が劣り、不良林分が多い。崩壊の発生は、樹種では針葉樹林(主としてアカマツ)が多く、混交林は少なかった。広葉樹林はその中間である。

林令では幼令林に多く、老令林は少ない。壮令林はその中間であるが、幼令林と有意の差はみられなかった。

崩壊に対して樹種あるいは林令による影響をみると、林令の方が明らかにその影響の大きいことが示された。

- 6) 林木が崩壊に影響するのは、主として樹根による抵抗性であるが、樹根の量は地上部の生長量と関係が深い。本調査地は全般に土層が薄く、肥沃度の低いことから地上部の生長は一般林地にくらべてかなり劣り、根系の伸長、肥大も充分でないことがうかがえる。したがって、壮令林といえどもいまだ充分な根系の発達のみられず、幼令林にくらべて崩壊に対する抵抗性が明らかに増強されているとはいえなかった。しかし、老令林になると、幼令林あるいは壮令林との間でも差のあることが示された。

- 7) 戦時中に造成された山腹の畑は現在放棄されたものが多いが、これらは随所に小崩壊を発生した。
- 8) 市街地に接した山脚部は斜面を切り取って住居が造成されているが、切り取り面の補強と同時に上部山地の森林の取り扱いは市街地災害の防止上重要な課題である。

文 献

- 1) 網干ほか(1967):土砂災害の実態研究, 昭和42年7月豪雨による呉市の災害の調査速報(土質, 土木班), 75-182
- 2) 井上由扶(1960):アカマツ林の中林作業法に関する研究, 九州大学農学部演習林報告, ㊦32, 230-243
- 3) 苅住 昇(1957):樹木の根の形態と分布, 林業試験場研究報告, ㊦94, 1-193
- 4) 苅住 昇(1963):林木の根の働きと生長, 林業研究解説シリーズ, ㊦3, 23-50
- 5) 北村ほか(1966):樹根の抵抗力に関する現地試験, 第77回日本林学会大会講演習, 568-570
- 6) 北村ほか(1968):樹根の抵抗力に関する現地試験(Ⅱ), 第79回日本林学会大会講演習, 360-361
- 7) 北村ほか(未発表):樹根の引張り抵抗力に関する研究(I)
- 8) 河野ほか(1968):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—, 防災科学技術総合研究報告, ㊦14, 77-112
- 9) 呉市・中国地方総合調査会(1967):呉市総合開発基本構想調査報告書 第二編 107-111
- 10) 三輪ほか(1960):適地適木調査—呉市焼山町一, 広島県林業試験場適地適木調査報告書 ㊦3, 63-69