

特 殊 地 域 の 治 山 工 法

(特殊地帯における保全工法)

特殊地域の治山工法 (特殊地帯における保全工法)

I 試験担当者

防災部 治山第一研究室 秋谷孝一

" " 梁瀬秀雄

II 試験目的

一般的な山地における治山対策は、第一に荒廃危険度に応じた保全的な森林施業で崩壊地の発生や溪流の荒廃移行をふせぎ、同時に、現存する崩壊地の復旧により地域から生産される土砂量を減少させ、最後に、森林の機能を補う、予防的な治山工事の施工を行なって今後の荒廃発生に対処する順序で進められる。これらの対策推進のための基礎知識や現場技術は、可成り整備され、進歩しつつあるが、とくに荒廃の危険性の高い地域での治山計画指針の決定には、細部において一層の研究を要する点が多い。

そこで過去において山地荒廃が繰り返されている南木曾地区を中心に、森林施業と荒廃発生の関連および森林の荒廃防止機能の限界を補う治山工事計画のあり方などを検討して、荒廃の危険性が特に高い地域での森林施業やそれに関連する治山工事計画の基準を明らかにした。

III 試験経過と得られた成果

1. 試験の年次経過

本試験は昭和49年度から51年度までの3ヶ年間を調査期間として実施したもので、年次別の試験内容は次のとおりである。

(1) 昭和49年度

長野営林局三殿営林署管内の崩壊多発地で約3500haの調査地を選定し、過去に於ける災害の記録、森林施業の実態、崩壊発生の状況、治山工事施工の実績などを調査し、試験の内容と方針を決定した。同一年度内に、空中写真および5,000分の1地形図を用いて、森林状態と崩壊発生の関連、風倒木の発生と崩壊の関連を昭和34年の伊勢湾台風時にさかのぼって調査した。

(2) 昭和50年度

東京営林局平塚営林署管内の幼令林における崩壊多発地をえらび、47年7月の豪雨によ

って発生した崩壊個所の条件を、2,000分の1の精密図化図によって明らかにした。

長野営林局三殿営林署管内の調査地で、前年度に調査した風倒地の風倒後の森林施業と崩壊発生の関連を調査した。

長野営林局三殿営林署管内与川国有林上山沢の一部で、溪流の縦横断を計測し、その結果から、溪間工作物の規模を概算し、工作物の規模と効果に関する調査を行なった。

(3) 昭和51年度

長野営林局三殿営林署管内与川国有林下山沢、南沢の一部の溪流について、昭和34年、昭和44年前期、昭和44年後期、昭和49年の4種類の空中写真を用いて、溪流の堆積侵食と災害の関連について調査した。

東京営林局平塚営林署世附国有林内および長野営林局三殿営林署与川国有林内で行なった簡易弹性波探査の結果を解析して、崩壊危険地帯において弹性波深査によって危険地を判定する手がかりを模索した。

2. 試験の結果

今回の調査のうち、主たる試験調査項目を実行した三殿営林署管内は過去における災害の記録も多く、最近の災害だけをとり上げてみても、昭和34年、39年、40年、41年、44年、としばしば災害が発生しているが、調査に際し、過去の森林状態や崩壊の発生状態を判読し得る空中写真で最も古いものは34年の伊勢湾台風の際の空中写真であるため、34年以降の数種の空中写真を用いて各種の試験を行なった。

(1) 森林施業と山地崩壊の関連

山地崩壊に關係する森林施業とは、伐採方法、更新方法、保育方法等あらゆるもののが考えられるが、崩壊防止対策として森林施業をコントロールすることを念頭に置く場合、最も有効な対策は、伐採方法の調整である。伐採方法の調整には伐区の配置、皆伐、択伐、禁伐等の指定がある。

従来、崩壊危険地のこうした施業の指定は崩壊の危険性が傾斜の緩急と密接に結びついている例が多いため、主として傾斜の緩急によって伐採の可否、伐区の配置などが決定される場合が多くあった。

南木曾地区の崩壊地や森林状態を調査し、森林と崩壊の関係を明らかにするに当たっては、まず傾斜が崩壊発生に及ぼす影響を明らかにし、次いで傾斜を考慮しつつ森林状態と崩壊の関係の解析を進めることにした。

崩壊防止に結びつく施業には南木曾で行なわれているような皆伐方式の伐区の配置だけで

なく、択伐その他の伐採方式も一つの要素と考えられるが、その事例がないため、今回の森林状態の調査は、空中写真で客観的にとらえ得る樹令のみに限定した。

また、34年の伊勢湾台風を契機にして、南木曾地区一帯の崩壊発生が目立つようになつた点について、伊勢湾台風の際の風倒木が、裸地を発生させて、その後の崩壊多発の原因を作ったと考える人が多いが、実証的に確かめていないため説得力に乏しい。今回の調査では、34年以降の崩壊発生を追跡して風倒木の発生と山地崩壊の関係を調査し、風倒木が発生した場合の林地の崩壊危険度について解析を試みた。

1) 山腹傾斜と崩壊

I) 試験方法

長野営林局三殿営林署管内与川国有林の南沢、南木曾、丸山沢、長石沢、下山沢計約3500haを対象に、昭和34年の空中写真150を用いて、伊勢湾台風によって発生した崩壊地を判読し、5000分の1森林基本図上に移写した。こうして34年の伊勢湾台風によって発生した崩壊地が図化された5000分の1地形図上に、2cm四方のメッシュを描き、メッシュに内接する直径2cmの円内を通る等高線の本数で傾斜の緩急を表示することとした。5000分の1地形図の等高線は10メートル毎である。また、崩壊地は0.01ha以上の規模のものについて調査した。流域別、等高線本数別にメッシュの数を調べ、一方、崩壊地がかかっているメッシュの等高線本数を崩壊地の傾斜と考え、両者を対比させて崩壊の発生割合を求めた。表-1では崩壊地がかかっているメッシュごとに崩壊地の面積を、たとえば2つのメッシュにまたがる崩壊地はそれをメッシュ内の面積に分けた崩壊地面積を求めて流域別、等高線本数別にまとめたもので、メッシュ1個は1haであるため崩壊地面積割合は、実際の崩壊面積率を示す。表-2では、メッシュ内に崩壊地が有る、無しだけを判別して、流域別、等高線本数ごとにまとめたもので、崩壊地がかかっているメッシュの数の割合は、表-1の実際の崩壊面積割合に較べて大きい数字になる。

II) 試験結果と考察

表-1を流域別に図示したものが図-1(1)~図-1(8)である。これによって明らかなように流域別にみると、流域によって傾向が異り、南沢、南木曾、長石沢、上山沢では等高線本数の多い急傾斜地ほど崩壊面積率が高く、その他の地区では、等高線本数5~6本のいわば平均的な傾斜に崩壊面積率の最高値があって、それより緩傾斜でも急傾斜でも崩壊面積率は小さくなる。全流域の合計では、こうした傾向は打ち消し合ってそれ

表-1 流域別、傾斜別崩壊発生割合(崩壊面積の割合)

	等高線本数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	計
メッシュの総数(個)	南木山長上丸南	2	1	1	1	11	13	3.5	5.6	9.8	9.3	92	28	11	1	1	44.1
メッシュ内崩壊地面積(ha)	南木山長上丸南	2	2	11	15	31	63	141	199	174	76	17	10	6	111	59	59.5
崩壊地面積割合(%)	南木山長上丸南	2	2	1	4	7	27	25	80	120	125	93	40	7	6	16	7
計	南木山長上丸南	2	4	36	76	138	234	516	805	787	553	241	95	45	18	8	35.56
南木山長上丸南	2	0.01	0.16	0.28	2.62	3.12	2.79	3.03	2.09	1.61	0.63	0.10	0.09	0.13	16.66		
メッシュ内崩壊地面積(ha)	南木山長上丸南	0.34	0.03	0.56	1.03	3.29	9.23	19.25	28.49	23.72	12.93	3.32	1.33	0.27	0.47	0.82	0.47
崩壊地面積割合(%)	南木山長上丸南	0.34	0.12	0.25	0.56	1.80	2.04	6.00	10.00	10.50	3.70	2.55	0.27	0.27	0.27	0.47	0.47
計	南木山長上丸南	17.0	0	5.1	6.9	10.6	14.7	13.7	14.3	13.6	8.56	1.25	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
南木山長上丸南	17.0	0	3.0	0.2	6.4	3.6	5.1	5.5	6.9	5.1	4.5	3.7	5.5	6.8	5.1	6.7	4.2
南木山長上丸南	17.0	0	2.8	3.6	6.7	8.2	7.5	8.3	8.4	4.0	6.4	3.9	0	0	0	0	5.4
計	南木山長上丸南	17.0	3.0	7.1	5.7	6.8	9.3	9.5	10.1	9.5	8.0	7.0	6.3	6.8	5.1	7.5	8.9

-204-

表-2 流域別、傾斜別崩壊発生割合(メッシュの割合)

	等高線本数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	計	本数合計	平均本数
メッシュの総数	南木山長上丸南	2	1	2	1	11	13	35	56	98	93	92	28	11	1	1	44.1	3296	74.7
メッシュが数のかかること	南木山長上丸南	2	2	1	5	5	22	63	84	50	29	6	43	16	7	595	5402	9.08	
メッシュが数のかかること	南木山長上丸南	2	2	11	15	31	63	141	199	174	76	17	10	6	16	7	265	1834	6.92
メッシュが数のかかること	南木山長上丸南	2	4	7	27	25	80	120	125	93	40	7	1	1	1	1	741	5103	6.89
メッシュが数のかかること	南木山長上丸南	2	4	36	76	138	233	516	804	787	553	241	95	45	18	8	3556	26359	7.41
南木山長上丸南	1	1	2	1	2	13	19	30	23	11	3	1	1	1	1	1	126		
南木山長上丸南	1	1	0	1	6	28	31	25	10	3	43	29	21	7	3	241			
南木山長上丸南	1	2	7	7	16	42	98	141	126	54	14	8					105		
南木山長上丸南	1	1	2	3	14	20	50	78	64	36	6	17	4				516		
南木山長上丸南	1	1	8	19	31	41	67	117	115	74	21	5	4				197		
南木山長上丸南	1	4	19	33	66	135	306	477	460	274	115	49	22	8	4	1973			
南木山長上丸南	50.0	100	63.6	46.7	51.6	66.7	6.9.5	70.9	72.4	71.1	824	80.0							
南木山長上丸南	100	50.0	42.9	51.9	80.0	62.5	65.0	51.2	38.7	42.5	57.1								
南木山長上丸南	100	47.1	59.6	69.5	65.0	71.3	67.6	79.6	63.6	62.5	0	0							
計%	50.0	100	52.8	43.4	47.8	57.7	5.9.3	59.3	49.5	47.7	51.6	4.8.9	44.4	50.0	5.5.5				

-205-

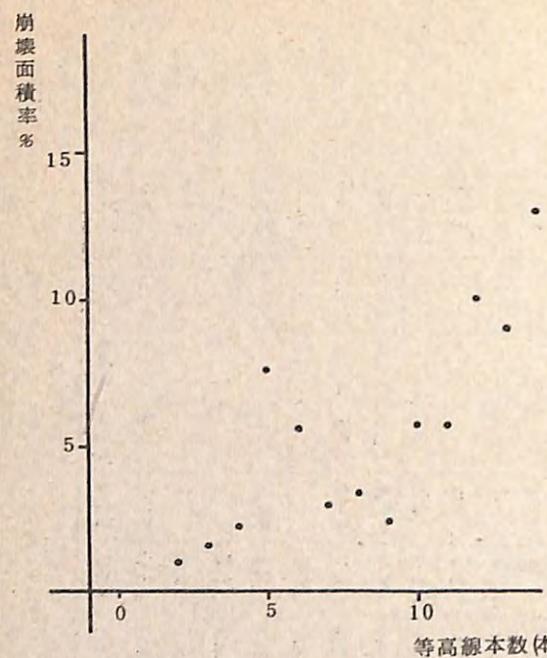


図-1(1) 傾斜と崩壊(南沢)

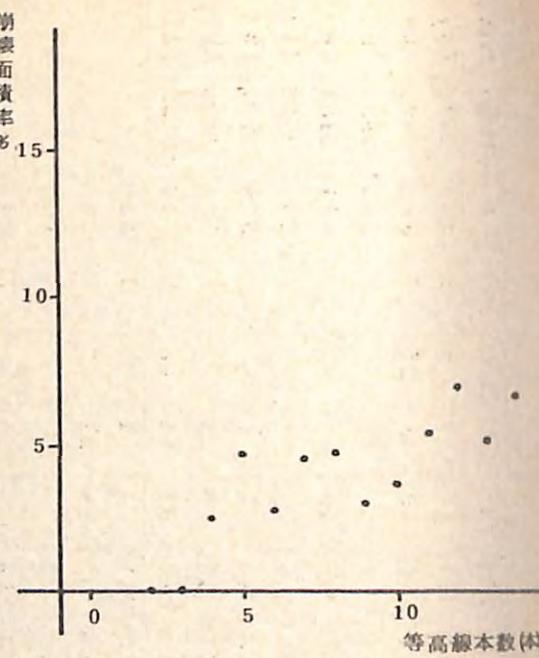


図-1(2) 傾斜と崩壊(南木曾)

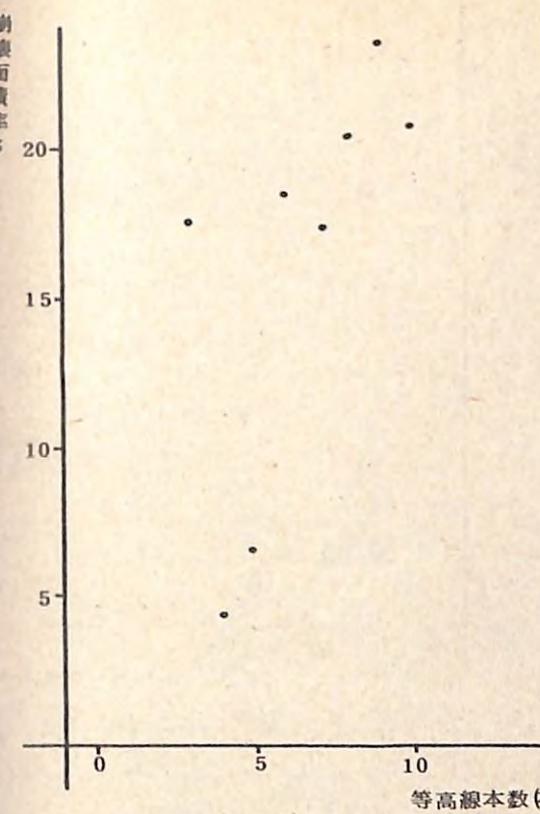


図-1(5) 傾斜と崩壊(長石沢)

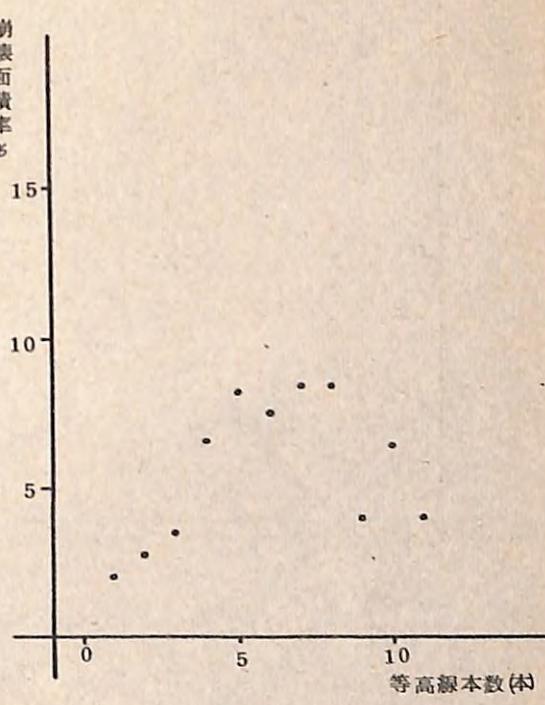


図-1(6) 傾斜と崩壊(下山沢下流)

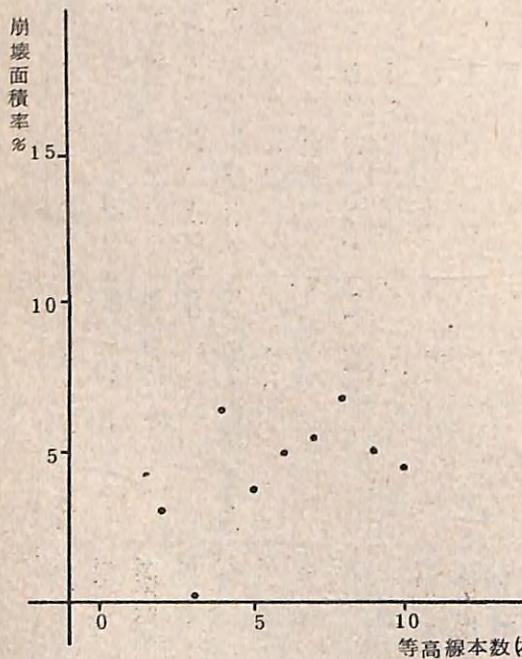


図-1(3) 傾斜と崩壊(丸山沢)

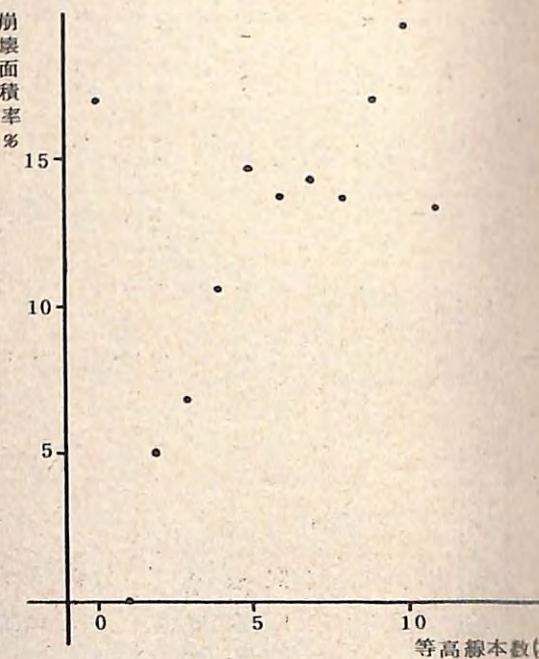


図-1(4) 傾斜と崩壊(上山沢)

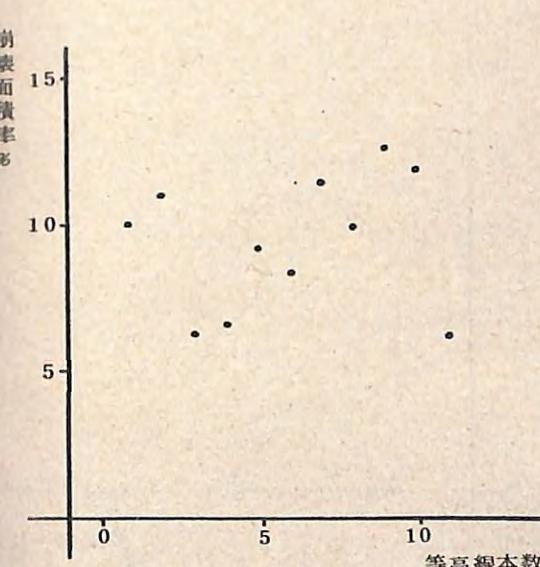


図-1(7) 傾斜と崩壊(下山沢上流)

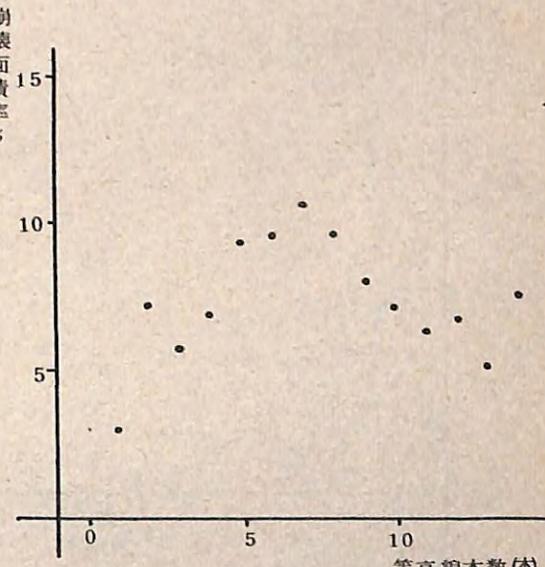


図-1(8) 傾斜と崩壊(合計)

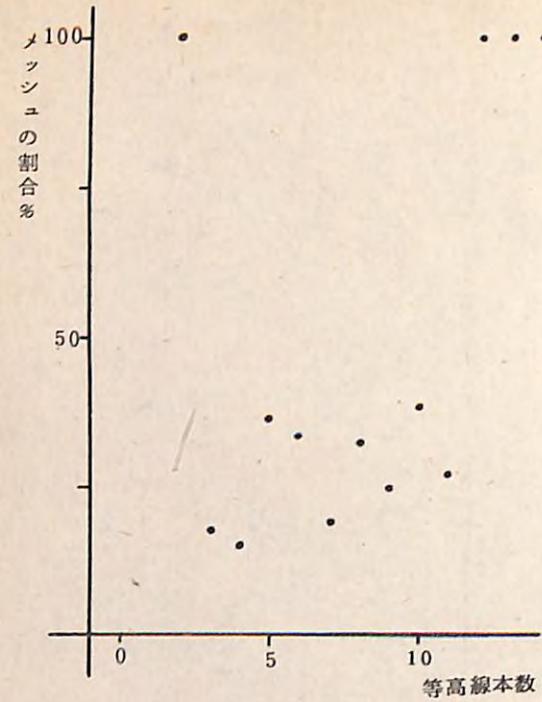


図-2(1) 傾斜と崩壊(南沢)

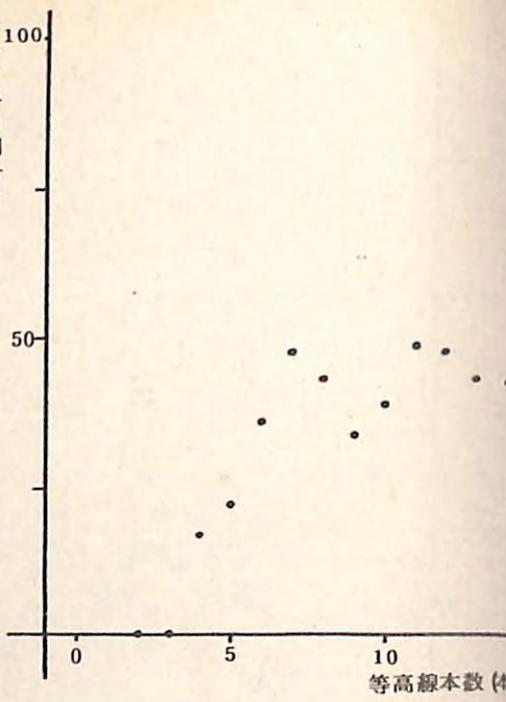


図-2(2) 傾斜と崩壊(南木曾)

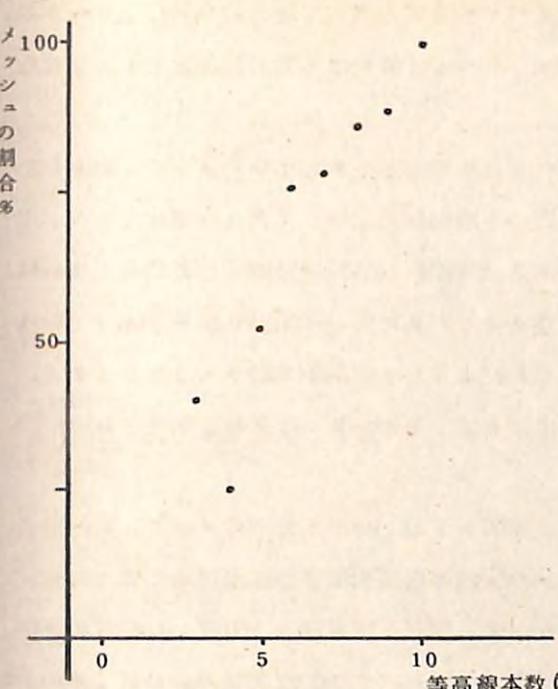


図-2(5) 傾斜と崩壊(長石沢)

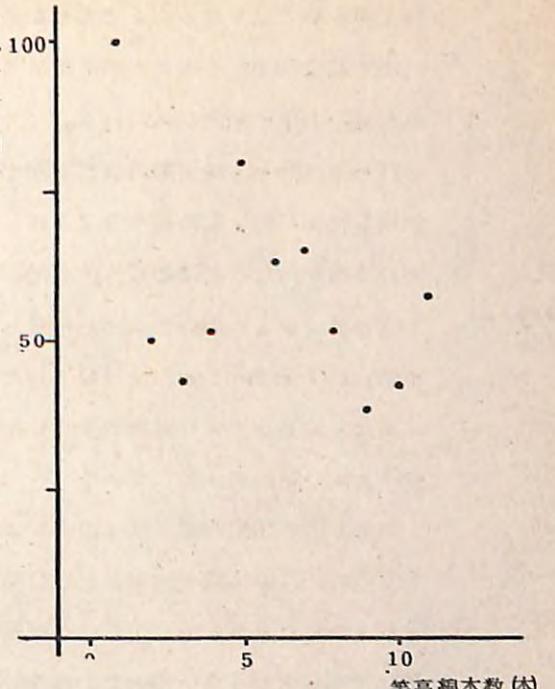


図-2(6) 傾斜と崩壊(下山沢下流)

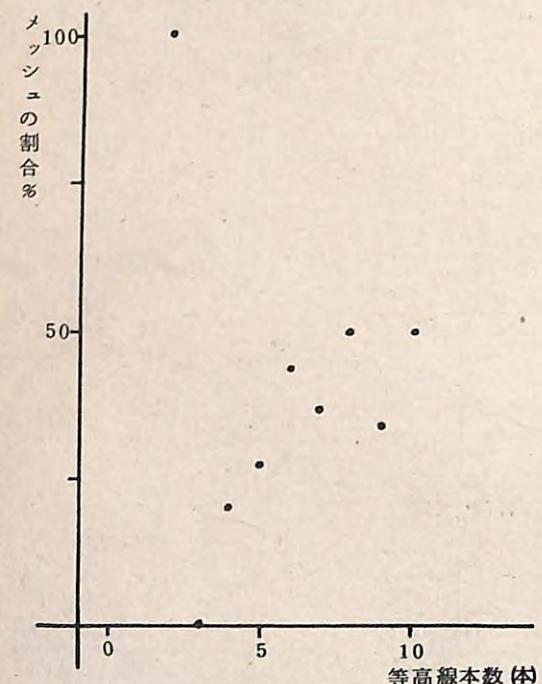


図-2(3) 傾斜と崩壊(丸山沢)

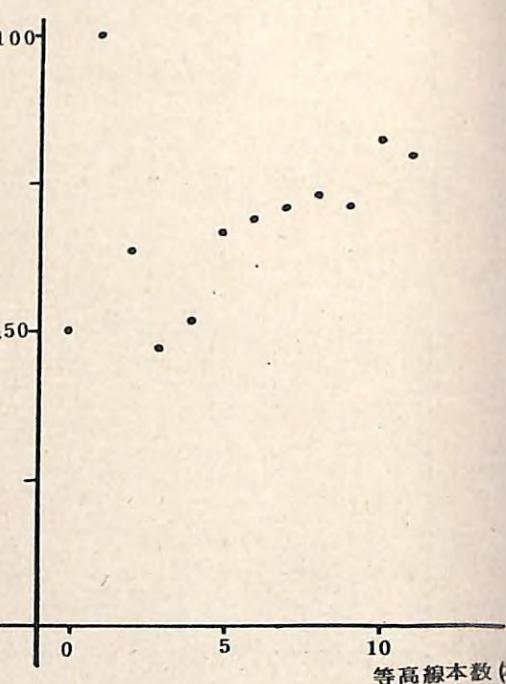


図-2(4) 傾斜と崩壊(上山沢)

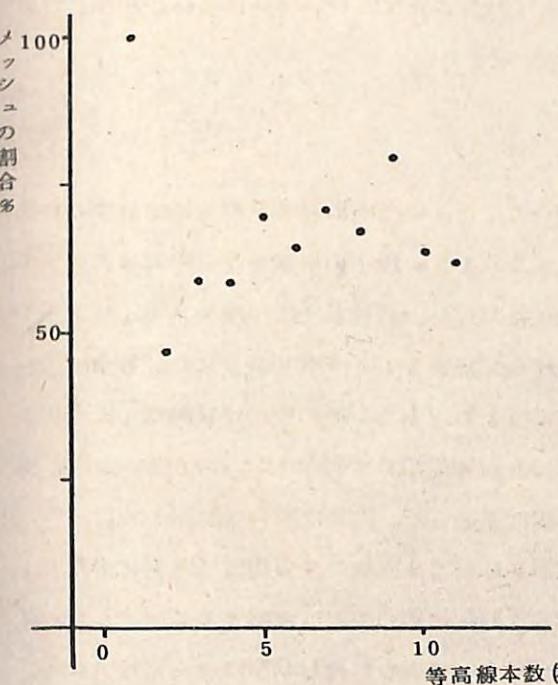


図-2(7) 傾斜と崩壊(下山沢上流)

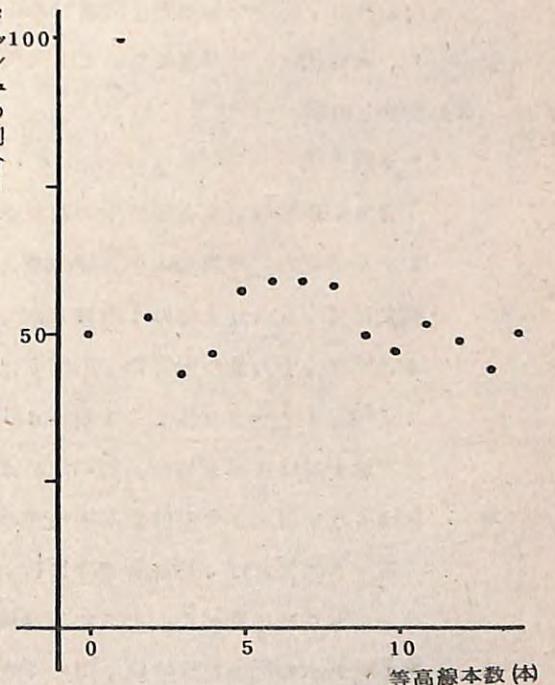


図-2(8) 傾斜と崩壊(合計)

ほど明らかでなくなるが、どちらかと言えば6～8本の附近で最大値を示し、0～5本では本数の増加とともに崩壊面積率は増加、9～14本では本数の増加とともにむだらかな減少を示す傾向がみられる。

図-2は図-1の実際の崩壊面積率の代りに崩壊地がかかっているメッシュの割合を採用したもので、前に述べたように、実際の崩壊面積に比較して大きな値になるが、種々の解析を行なうにはこの方法が簡便である。実際の崩壊面積を測定した結果と崩壊地を含むメッシュの割合を求めた結果とを照合するために図-2(1)から図-2(8)までを描き図-1(1)から図-1(8)と比較してみた。これによると、等高線本数0～2本や12～14本あたりのメッシュの総数が少ない場合に差を生じる例が2、3あるが図-1と図-2では大体の傾向が一致している。

傾斜と崩壊発生の関係は、以上のように傾斜を1辺2cmの正方形のメッシュに内接する円内の等高線本数で表現した場合、メッシュ内の崩壊面積または崩壊地が含まれるメッシュの数のどちらでも同じような結果を示す。南沢、南木曾、上山沢、長石沢については等高線本数が多い程崩壊の割合が多くなる、いわば直線的な関係がみられ、他の流域では上に凸の曲線的な関係がみられた。南沢、南木曾、上山沢、長石沢に共通した条件は、比較的急傾斜な流域であること、伐採されていない林分が多いことなどである。森林状態との関連については次項で述べる。

2) 樹令と崩壊

i) 試験方法

34年伊勢湾台風直後の空中写真を用いて、34年当時の森林状態と崩壊発生の状況を対比させた。崩壊地は前項記載のように0.01ha以上の崩壊地を空中写真によって判読して、5.000分の1森林基本図上に移写した。森林状態は樹種をスギ、ヒノキ、カラマツ、その他の針葉樹、広葉樹に分け混交割合を10分率で調査した。林令は1～10年、11～20年、21年～40年、41年以上で、その他に伐採跡地、その他無立木地を分けて調査した。この地域は大部分が針葉樹林で樹種ではヒノキが多いが広葉樹林は少ないので、今回は立木粗密度の調査は見送った。結果は表-3に示した。

表-3によれば、樹種別ではNL、しがあわせて全面積の5%程度で非常に少なく、ほとんどがNに属する。そこで森林状態のうち樹種別の検討は省略することにした。従って風倒木の問題を除けば、空中写真判読によって求めた森林状態は樹令だけになる。既往の研究でも樹令は崩壊との関連が深いと言われているのでここでは主として樹令と

崩壊を中心に検討した。

傾斜の緩急と崩壊の間に複雑な関係があることは傾斜と崩壊の項で明らかにしたが、森林状態と崩壊の関係を検討する場合に、傾斜の影響を無視することは出来ない。そこで林令と崩壊の関係を求めるに当って次のような整理をして傾斜を条件に入れた林令と崩壊の比較を行うことにした。

傾斜を考慮する場合、例えば1つの区画の幼令林地の傾斜というような森林状態別の傾斜を求める作業は、不可能ではないとしても非常な繁雑さを伴う。そこで、傾斜と崩壊の関係で用いたメッシュ法をそのまま利用し、メッシュ内の過半を占める樹令をそのメッシュの森林状態と考えて整理した。樹種別を考えないので、伐採跡地、造林地は1～10年生に含め、さらに、1～10年生および11～20年生は面積が両者を加えても全調査地の10%程度であるので、両者を一括して0～20年生として取り扱った。21～40年生も全調査地の10%強と比較的小面積なので、傾斜別の傾向のバラつきを除くため、等高線本数は0～1本、2～3本のように2本分づつ括約して樹令別を0～20年、21年～40年、41年以上の3階級、傾斜別を0～1本、2～3本、4～5本………12～13本、14本以上の8階級に区分した。崩壊の発生状況は、傾斜と崩壊の項で明らかにしたように、崩壊地からかかるメッシュの数を調べることにより、崩壊発生の傾向は求められるので、実際の崩壊面積ではないが、崩壊地からかかるメッシュの割合を求ることにした。

ii) 結果と考察

樹令別、傾斜別にメッシュの総数と崩壊地がかかるメッシュの数を求め、崩壊地がかかるメッシュの数の割合を%で算出した結果が表-4である。表-4の崩壊がかかるメッシュの割合を傾斜別、林令別に図-3に表現した。

図-3の結果を検討すると、傾斜と崩壊の項で認められた、一定の傾斜で崩壊の割合が最高値を示し、傾斜が緩な場合は勿論、傾斜が急な場合も崩壊割合は小さくなる傾向は、各樹令にもそのままあらわれている。さらにくわしく観察すると、まずどの樹令の場合も緩傾斜では直線に近い傾向で崩壊割合が増加するが、等高線4～5本または6～7本以上で崩壊割合はほとんど増加せず横ばいを続け、10～11本あたりからやや減少し、12本以上になると著しく小さい値になる。崩壊の割合の値は0～20年が著しく大きいが12本以上の急斜地では21～40年や41年以上の値より小さい。21～40年と41年以上では41年以上がわずかに大きい。通常の豪雨による崩壊多発地の

表-3 流域別森林状態別面積

樹令 NL別 風倒有無別	Y ₁										Y ₂									
	南 沢	南 木 曾	丸 山	上 山	長 石	下 山 沢	下 山 沢	上 流	計	南 沢	南 木 曾	丸 山	上 山	長 石	下 山 沢	下 山 沢	上 流	計		
	沢	木 曾	山	山	石	下 流	下 流	上 流		沢	木 曾	山	山	石	下 流	下 流	上 流			
a	0	0	0	2	8	0	0	10	0	0	0	0	0	0	1	3	4			
b	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
(N7~10)	無	0	24	0	105	51	45	63	288	0	0	0	0	0	0	39	4	43		
	計	0	24	0	107	61	45	63	300	0	0	0	0	0	0	40	7	47		
N	a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	b	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
(N7~10)	無	0	24	0	105	51	45	63	288	0	0	0	0	0	0	39	4	43		
	計	0	24	0	107	61	45	63	300	0	0	0	0	0	0	40	7	47		
N L	a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
(N4~6)	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
L	a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
計	a	0	0	0	2	8	(3)	0	(3)	0	0	0	0	0	1	3	4			
	b	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	無	0	24	0	(3)	105	51	45	63	(3)	288	0	0	0	0	39	4	43		
	計	0	24	0	107	61	45	63	(6)	300	0	0	0	0	0	40	7	47		

樹令 M O	M										O										合 計
	南 沢	南 木 曾	丸 山	上 山	長 石	下 山 沢	下 山 沢	上 流	計	南 沢	南 木 曾	丸 山	上 山	長 石	下 山 沢	下 山 沢	上 流	計			
	沢	木 曾	山	山	石	下 流	下 流	上 流		沢	木 曾	山	山	石	下 流	下 流	上 流				
6	0	0	0	0	0	0	0	6	50	35	23	116	25	46	177	472	492				
2	0	0	0	0	0	0	0	2	19	14	6	59	17	22	61	198	202				
148	0	24	104	0	102	0	378	217	431	157	328	148	250	423	1954	2663					
156	0	24	104	0	102	0	386	286	480	186	503	190	318	661	2624	3357					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	6	0	0	0	0	0	29	29			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	6	6			
0	0	0	0	0	0	23	0	23	0	62	48	0	0	0	0	0	110	133			
0	0	0	0	0	0	23	0	23	0	91	54	0	0	0	0	0	145	168			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
0	0	0	0	25	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25		
0	0	0	0	25	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
6	0	0	0	0	0	0	0	6	50	58	29	116	25	46	177	501	(3)	521			
2	0	0	0	0	0	0	0	2	19	20	6	59	17	22	61	204	208				
148	0	24	129	0	125	0	426	217	493	205	328	148	250	423	2064	(3)	2821				
156	0	24	129	0	125	0	434	286	571	240	503	190	318	661	2769	(6)	3550				

- 注 1. 数字はメッシュの数でメッシュの過半を占める森林状態を集計した。メッシュ1個は
 2. Y₁は0~10年, Y₂は11~20年, Mは21~40年, Oは41年以上,
 3. aは風倒率51%以上, bは1~50%
 4. Nは針葉樹71%以上

5,000分の1 図上で2cm×2cmであるから1 haに相当する。

表-4 林令別・傾斜別崩壊発生状況

等 高 線 本 数		0 ~ 1 本	2 ~ 3 本	4 ~ 5 本
メッシュの総数	0~20年	1	23	60
	21~40年	1	11	43
	41~ 年	3	76	257
	計	5	110	360
崩壊地がかかる メッシュの数	0~20年	0	10	39
	21~40年	0	0	8
	41~ 年	0	18	90
	計	0	28	137
崩壊地がかかる メッシュの割合 (%)	0~20年	0.0	43.5	65.0
	21~40年	0.0	0.0	18.6
	41~ 年	0.0	23.7	35.0
	計	0.0	25.5	38.1

6 ~ 7 本	8 ~ 9 本	10 ~ 11 本	12 ~ 13 本	14 ~ 本	計
156	93	11	—	—	344
146	203	30	—	—	434
1,013	1,058	293	64	8	2,772
1,305	1,354	334	64	8	3,550
104	61	6	—	—	220
52	79	11	—	—	150
442	456	86	6	1	1,099
598	596	103	6	1	1,469
66.7	65.6	54.5	—	—	64.0
35.6	38.9	36.7	—	—	34.6
43.6	43.1	29.4	9.4	12.5	39.6
45.8	44.0	30.8	9.4	12.5	41.4

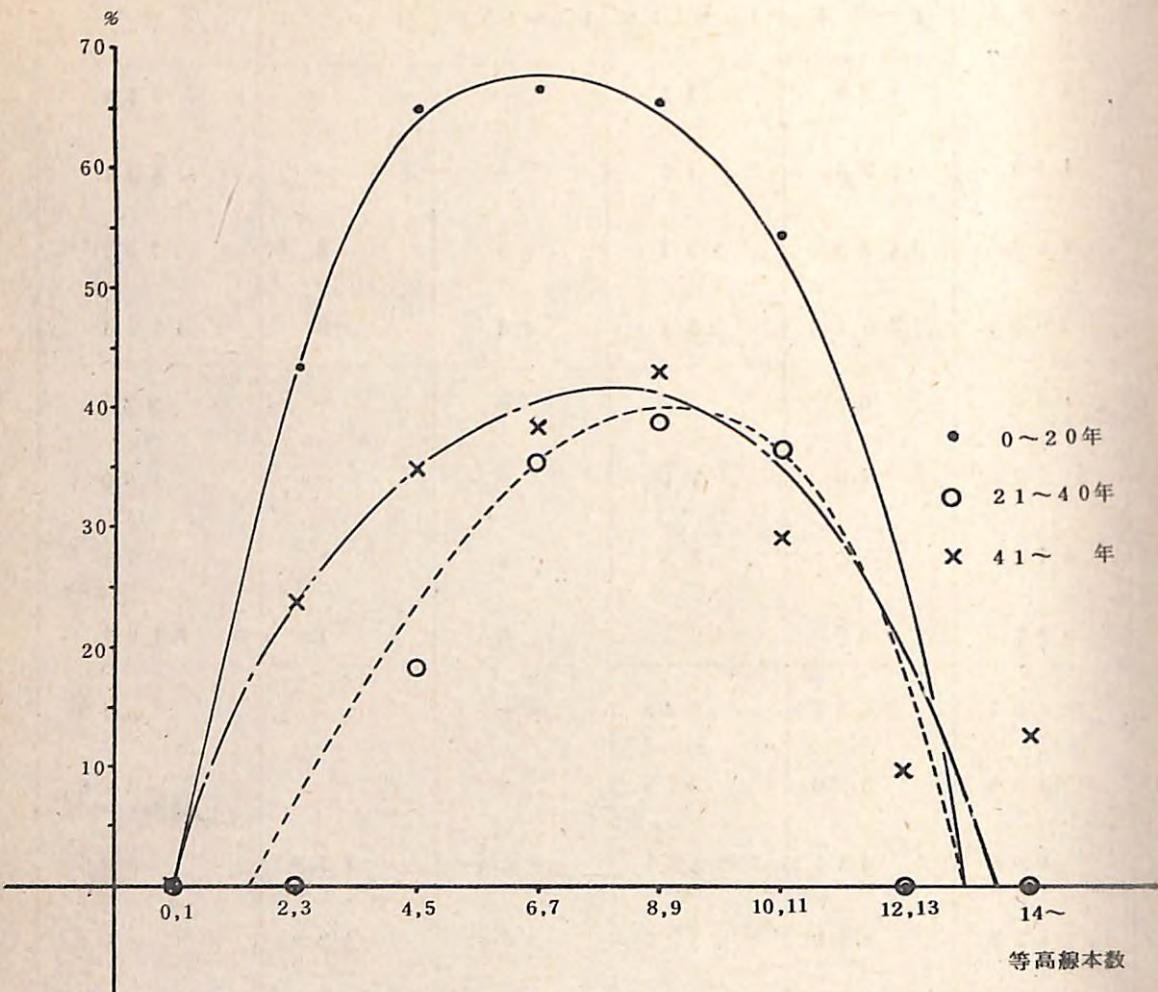


図-3 樹令と崩壊

調査と比較すると、0~20年が最も崩壊割合が大きいのは一致しているが、41年以上の崩壊割合がわづかではあるが21~40年より大きいのは、本調査地の特徴でこれは風倒木が41年以上の林地に多く発生し、風倒が原因となって崩壊が発生したためと思われる。風倒と崩壊については次項でくわしく述べる。

3) 風倒と崩壊

34年の伊勢湾台風による豪雨を契機として南木曾地区にしばしば災害が発生するようになるが、森林状態の変化の影響としては、風倒のため伐採せざるを得なかったことや風倒の根返りのために、その後の崩壊発生が多くなったことがあげられている。ここでは、風倒が、その後の崩壊発生にどんな関連を持ったかを中心に調査してみた。

i) 試験方法

樹令と崩壊の場合と同一の資料を用いて、風倒木の発生状況を空中写真から5,000分の1の地形図に移写した。使用した空中写真は昭和34年撮影の山150と昭和44年撮影の44治で、山150では昭和34年当時の風倒の状況を立木の51%以上が倒れた林地をa、50%以下の立木が倒れた林地をbとして判読した。山150による昭和34年当時の崩壊地の判読図化については前項まで述べた。44治では44年の災害後の森林状態と崩壊地の現況を調査した。

これらの写真判読の結果をいすれもメッシュを単位とし、崩壊地についてはメッシュ内に崩壊地の有る無し、林相についてはメッシュ内の過半を占める林相を判読して解析した。

ii) 結果と考察

まず前出の表-3を用いて34年当時の風倒と林相の関係を検討した。樹種別では混交林や広葉樹林は極端に少ないので、樹令別にみると、0~10年、11~20年、21~40年では風倒がほとんど発生していない。そこで風倒と崩壊の関係については34年当時に41年以上であった林分約2,800haを対象に検討することにした。

34年当時樹令41年以上であったメッシュについて風倒の程度を51%以上、50%以下、無しの3段階とし、その他に34年と44年の崩壊地がそれある、無しを分けるとその結果は表-5にまとめたように、まず34年では、風倒のあるメッシュは、ないメッシュに比較して崩壊割合が可成り大きい。44年では、同様に風倒のあるメッシュは、ないメッシュに比較して崩壊割合が可成り大きく、しかもその値が風倒のあるメッシュも無いメッシュも34年より44年の方が大きくなっている。

表-5 風倒地の崩壊発生状況

メッシュの数	崩壊地の有無		風倒の程度度		
	34年	44年	無	50%以下	51%以上
—	—	876	40	88	
—	○	475	53	148	
○	○	627	103	248	
○	—	86	9	17	
	計	2,064	205	501	
	34年の崩壊割合	34.5%	54.6%	52.9%	
	44年の崩壊割合	53.4%	76.1%	79.0%	
	34年に崩壊がなかったメッシュのうち44年に崩壊が発生しているメッシュの割合	35.2%	57.0%	62.7%	
	44年に崩壊が出たメッシュの割合				

注：34年に樹令41年以上であった林分のみを対象に調査した。

次に34年に崩壊がなかったメッシュのうち44年に崩壊が発生しているメッシュの割合を求めるとき、これも風倒のあるメッシュは風倒のないメッシュに比較して大きい値を示している。

以上を総合すると、34年当時の風倒木の発生はその際の崩壊発生を誘発し、崩壊が発生しなかった林地でも風倒木の発生がその後の豪雨による崩壊発生を招いたと考えられる。しかし、風倒の程度が50%以下と軽微な場合、その後の森林の取扱いが崩壊発生に影響することが考えられる。そこで34年当時41年以上の林分をその10年後の森林状態や崩壊と対比させて調査した結果をまとめると、表-6になった。この表では34年当時樹令41年以上の林分のうち、南沢、南木曾は、施業を行なってないため除外して調査した。34年に崩壊がなく、44年に崩壊があるメッシュの割合を樹令別、風倒の程度別に対比して比較すると、41年以上であり、風倒がなく、その後の伐採造林があれていなかった林分の崩壊割合が著しく小さいことが注目される。その他の林分では崩壊が発生した場合は特に著しい差が見られない。つまり34年に風倒した林分は、その後新たに崩壊した割合が大きい。また、風倒しなかった林分を伐採造林した結果、風倒した場所と大差ない割合で崩壊発生が起っている。風倒も伐採もしない林分は

それらに比較すると10年後の崩壊の発生割合が著しく小さい。

表-6 風倒地のその後の林相と崩壊発生状況

44年当時の樹令	崩壊地の有無		風倒の程度度		
	34年	44年	無し	50%以下	51%以上
0～10年	—	—	81	1	20
	—	○	220	5	36
41年以上	—	—	359	19	32
	—	○	76	40	87
0～10年	34年に崩壊が無く、44年に有るメッシュの割合(%)	73	83		64
41年以上	"	18	68	73	

注：南沢、南木曾は10年間に伐採が行なわれなかつたので調査の対象から除外した。

4) 崩壊発生個所の条件

1)～3)の試験のように崩壊し易い条件、つまり崩壊の危険性の高い傾斜や林相が明らかにされた場合、森林の施業条件の制限や適切な治山工事で対処しようとすれば、つきに問題になるのは山腹のどの場所が崩壊しやすいかを判定する方法である。本試験では、この点について、地図形を利用した崩壊危険個所の判定法と、小型地震探査装置を用いた土層調査による危険個所の判定法の2つの方法によって接近を試みた。結果は必ずしも考えた通りに運ばなかつたが以下にその結果を述べる。

4)-1 地形図による崩壊発生個所の判定

1) 試験方法

東京営林局平塚営林署世附国有林内の植栽直後の幼令林地約230haを対象に昭和47年7月豪雨による崩壊地発生直後の空中写真、東治47を用いて簡易な標定を行ない、等高線間隔5m、縮尺2,000分の1で崩壊地、道路、溪流、等高線の図面を作成した。図面は崩壊に関係する微少地形を正確に表現するために、図化機による描画を行なった原図に仕上げや製図をせず、そのまま利用することにした。また、植栽直後の幼令林であるために、植生にさまたげられず地表面の観察を行えるので図面

の等高線の精度は非常に良いと考えられる。

出来上った図面にメッシュをかけて、メッシュに内接する円内の等高線の本数と、円内の等高線の曲がりの角度を計測した。等高線の曲がりは、円の中心を通る等高線を想定し、想定した等高線が円周と交わる2点のそれを円の中心と結んで出来る中心角の谷側を計測した。つまり平滑斜面は 180° 、谷地形の凹斜面は 180° 以下、尾根地形の凸形斜面は 180° 以上になる。

一般に崩壊地に關係する地形因子としては小さなひろがりの斜面を考える場合、傾斜と横断面形が最も関連が大きく、その他に斜面長や横断面形が考えられる。ここでは斜面の土塊の滑落のモーメントの大きさに關係する傾斜と、降雨時の水の集まり方に關係する横断面形が、等高線を利用して直接把握可能であり、崩壊との關係も深いと言われているので、この2つの条件と崩壊の発生割合の關係を求めるに至った。

メッシュの大きさを、1辺が2cm(現地では40m)で測定した結果を、地形別、等高線本数別に集計したものが表-7(1)である。同じ図面でメッシュの大きさを1cm、現地で20mにして測定集計したものが表-7(2)である。また森林基本図5,000分の1を使用して1cmメッシュで同様の測定集計したものが表-7(3)である。

II) 結果と考察

表-7(1)～表-7(3)はそのままでは資料数の少ない階級が多いため、谷側角度の括約を試みた。数種の括約のうちでは大きく括約して角度を4種類にまとめた表-8(1)～表-8(3)が最も明瞭な分離をしたために、ここにとりあげてみた。表-8(1), 8(2), 8(3)は崩壊を含んでいるメッシュの割合を表示してある。この結果を図示したのが図-5(1)、図-5(2)、図-5(3)である。

2cmメッシュを2,000分の1図面にかけた図-5(1)では著しい谷地形、つまり中心角 80° 以下の地形が等高線4～6本で他の角度と比較して最も高い崩壊割合を示すが、7本になるとやや崩壊割合が小さくなる。中心角 $80^\circ \sim 160^\circ$ では、それほど同じ傾向を示すが最も高い崩壊割合を示すのは等高線8本である。 $160^\circ \sim 240^\circ$ の場合は本数3本では他の角度と比較しても最も小さい崩壊割合で本数の増加に対応してほぼ直線的に崩壊割合が増す。著しい尾根地形、つまり、中心角 240° 以下では、 $160^\circ \sim 240^\circ$ とほぼ同様な傾向であるが、等高線7～9本でやや崩壊割合が小さい。いずれの場合も等高線10本の最大傾斜で崩壊の割合は100%を示す。

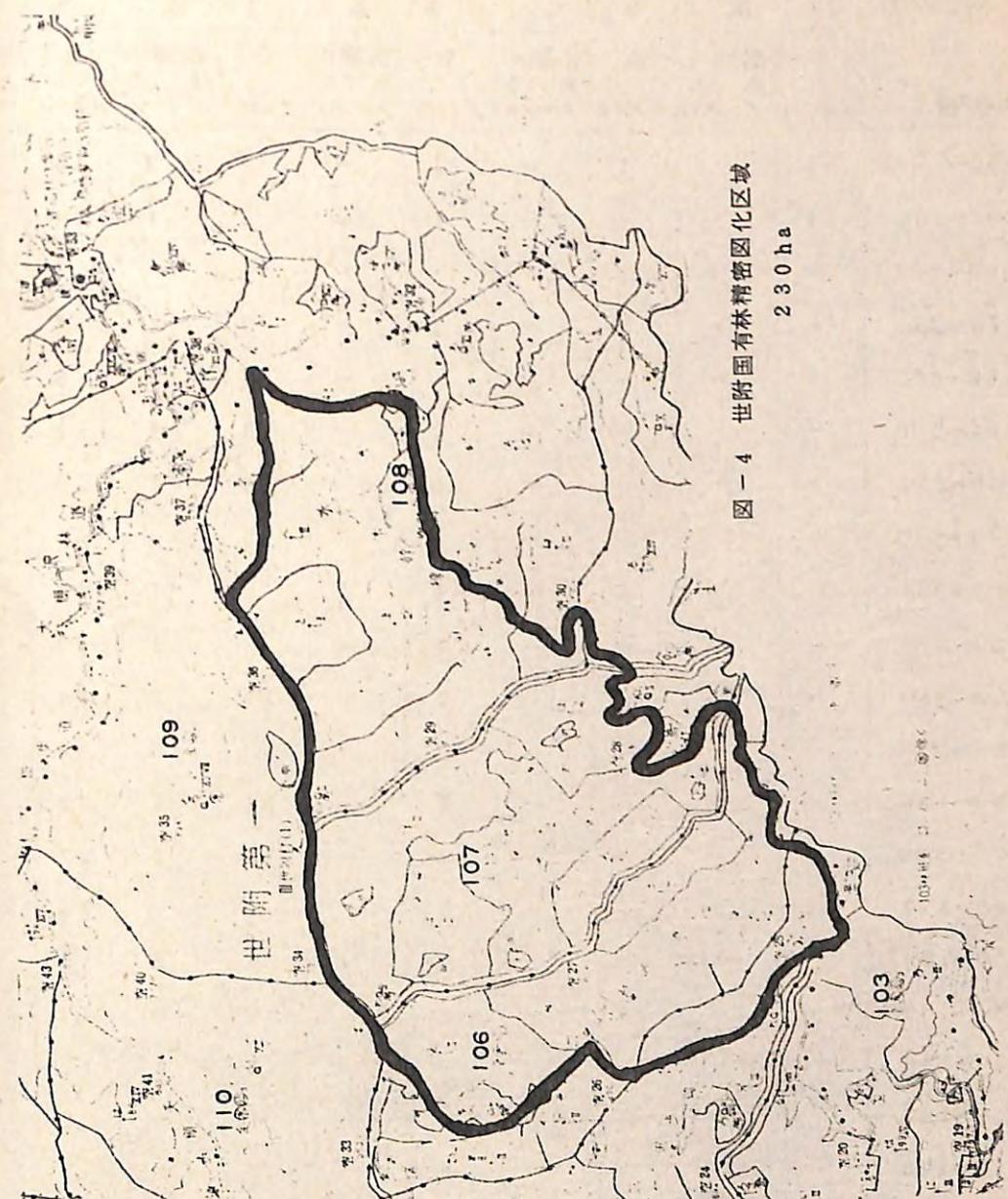


表-7 (1) 傾斜, 微地形と崩壊(1) (2000分の1図面 2cmメッシュ)

等高線本数 谷側角度	1本		2本		3本		4本		5本	
	全 メッシュ	崩壊の ある メッシュ								
300~ 度	1	-	1	-	4	-	7	2	13	7
290~300	1	-	-	-	1	-	6	1	4	1
280~290	-	-	1	-	-	-	-	5	-	
270~280	-	-	-	-	2	-	7	1	5	2
260~270	-	-	-	-	2	-	7	3	8	-
250~260	-	-	-	-	1	-	3	1	13	6
240~250	-	-	-	-	4	-	8	1	18	7
230~240	-	-	-	-	1	-	5	-	9	4
220~230	-	-	-	-	3	1	8	1	14	5
210~220	-	-	-	-	-	-	8	1	18	5
200~210	-	-	-	-	2	-	11	3	14	4
190~200	-	-	-	-	3	-	13	3	30	8
180~190	-	-	-	-	7	1	17	1	32	11
170~180	-	-	-	-	3	-	13	1	27	9
160~170	-	-	-	-	3	-	9	-	25	6
150~160	-	-	-	-	-	-	4	2	17	5
140~150	-	-	-	-	2	-	2	-	14	3
130~140	-	-	-	-	-	-	3	1	12	6
120~130	-	-	-	-	-	-	1	-	8	1
110~120	-	-	-	-	1	-	1	-	3	2
100~110	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1
100 以下	-	-	-	-	1	1	9	6	23	17
計	2	0	2	0	40	3	142	28	314	110

6本	7本		8本		9本		10本		計	
	全 メッシュ	崩壊の ある メッシュ								
9	3	2	-	4	3	-	-	-	-	41 15
7	3	6	2	2	-	-	-	-	-	27 7
10	4	3	1	1	1	-	-	-	-	20 6
7	4	4	1	3	-	-	-	1	1	29 9
4	1	7	4	4	3	1	-	-	-	33 11
12	6	7	3	3	2	1	-	-	-	40 18
18	11	12	7	3	2	-	-	-	-	63 28
13	4	16	13	7	6	1	-	-	-	52 27
20	10	17	12	8	5	3	2	-	-	73 36
32	11	24	16	14	10	-	-	-	-	96 43
36	17	32	19	10	7	1	-	-	-	106 50
38	24	28	17	12	8	3	-	-	-	127 60
51	24	41	25	19	16	1	-	1	1	169 79
49	18	30	23	9	8	4	3	-	-	135 62
36	18	27	21	19	16	3	-	-	-	122 61
25	10	27	19	9	-	1	-	-	-	83 36
23	16	12	9	9	-	4	3	-	-	66 31
17	8	11	8	8	7	2	-	-	-	53 30
12	9	12	9	3	-	1	-	-	-	37 19
7	3	7	6	5	-	3	-	-	-	27 11
9	8	8	7	7	6	3	-	1	1	30 23
33	31	32	27	23	19	7	4	1	1	129 106
468	243	365	249	182	119	39	12	4	4	1,558 768

表-7 (2) 傾斜, 微地形と崩壊(2) (2000分の1図面 1cmメッシュ)

等高線本数 谷側角度	1本		2本		3本	
	全メッシュ	崩壊のあるメッシュ	全メッシュ	崩壊のあるメッシュ	全メッシュ	崩壊のあるメッシュ
80以下	14	2	61	35	113	79
80~100	3	2	34	21	74	52
100~120	3	—	26	7	106	65
120~140	4	1	57	13	183	75
140~160	10	1	192	27	542	149
160~180	40	5	466	31	843	190
180~200	21	1	223	28	547	128
200~220	9	—	106	3	253	84
220~240	16	—	88	9	161	45
240~260	22	—	71	9	107	24
260~280	8	—	30	3	46	11
280~	25	—	33	4	37	9
計	175	12	1,387	190	3,012	911

4本	5本		6本		計		
	全メッシュ	崩壊のあるメッシュ	全メッシュ	崩壊のあるメッシュ	全メッシュ	崩壊のあるメッシュ	
86	53	30	18	4	3	308	190
70	59	19	10	3	2	203	146
68	47	16	9	4	3	223	131
105	55	21	8	—	—	370	152
252	108	29	19	2	1	1,027	305
371	155	40	23	1	—	1,761	404
268	124	29	14	2	1	1,090	296
116	69	13	9	—	—	497	165
61	32	5	2	—	—	331	88
29	10	3	2	—	—	232	45
13	4	1	—	—	—	98	18
13	4	2	1	—	—	110	18
1,452	720	208	115	16	10	6,250	1,958

表-7 (3) 傾斜、微地形と崩壊(3) (5000分の1図面 1cmメッシュ)

等高線本線 谷側角度	1本		2本		3本	
	全メッシュ	崩壊のあるメッシュ	全メッシュ	崩壊のあるメッシュ	全メッシュ	崩壊のあるメッシュ
80 以下	1	-	3	3	27	23
80~100	-	-	3	2	31	26
100~120	-	-	3	2	20	14
120~140	-	-	4	1	23	17
140~160	-	-	10	1	43	18
160~180	-	-	15	3	53	23
180~200	-	-	11	3	48	22
200~220	1	-	15	5	53	25
220~240	-	-	10	2	19	7
240~260	-	-	10	1	36	19
260~280	1	-	5	2	16	7
280~	2	-	11	2	21	4
計	5	0	100	27	390	205

4本	5本		6本		計		
	全メッシュ	崩壊のあるメッシュ	全メッシュ	崩壊のあるメッシュ	全メッシュ	崩壊のあるメッシュ	
31	26	7	7	1	1	70	60
23	20	9	9	-	-	66	57
23	17	6	4	-	-	52	37
37	21	12	8	-	-	76	47
58	35	9	4	1	1	121	59
68	51	19	16	-	-	155	93
67	41	8	7	1	1	135	74
34	20	4	3	-	-	107	53
25	13	2	2	-	-	56	24
22	10	3	3	-	-	71	33
11	6	2	2	-	-	35	17
9	2	1	1	-	-	44	9
408	262	82	66	3	3	988	563

表-8(1) 傾斜, 微地形と崩壊の割合 (2,000分の1図面 2cmメッシュ)

等高線本数 谷側角度	本 1	本 2	本 3	本 4	本 5	本 6	本 7	本 8	本 9	本 10	計
80以下	0%	0%	0%	67%	88%	96%	86%	86%	40%	100%	86%
80~160	0	0	25	41	45	66	88	92	79	100	63
160~240	0	0	9	12	31	46	68	78	81	100	48
240以上	0	0	0	24	35	48	44	55	50	100	38
計	0	0	8	20	35	52	68	80	79	100	52

表-8(2) 傾斜, 微地形と崩壊の割合 (2,000分の1図面 1cmメッシュ)

等高線本数 谷側角度	本 1	本 2	本 3	本 4	本 5	本 6	計
80以下	14%	57%	70%	62%	60%	75%	62%
80~160	20	22	38	54	54	67	40
160~240	7	8	25	47	55	33	26
240以上	0	12	23	33	50	0	18
計	7	14	30	50	55	63	31

表-8(3) 傾斜, 微地形と崩壊の割合 (5,000分の1図面 1cmメッシュ)

等高線本数 谷側角度	本 1	本 2	本 3	本 4	本 5	本 6	計
80以下	0%	100%	85%	84%	100%	100%	86%
80~160	0	30	64	66	66	100	48
160~240	0	25	45	64	85	100	35
240以上	0	19	41	43	100	100	28
計	0	27	53	64	80	100	36

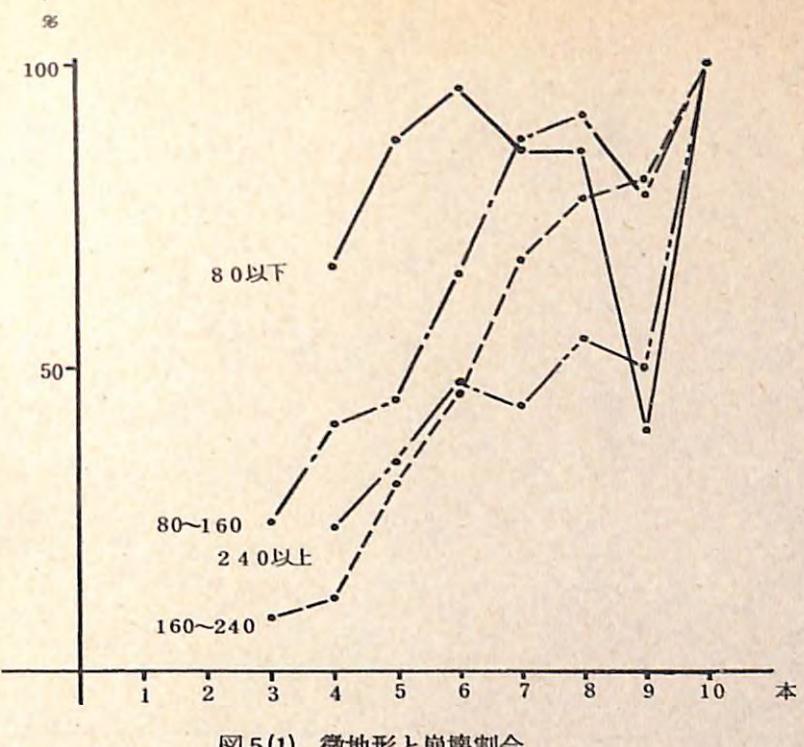


図5(1) 微地形と崩壊割合
2,000分の1図 2cmメッシュ

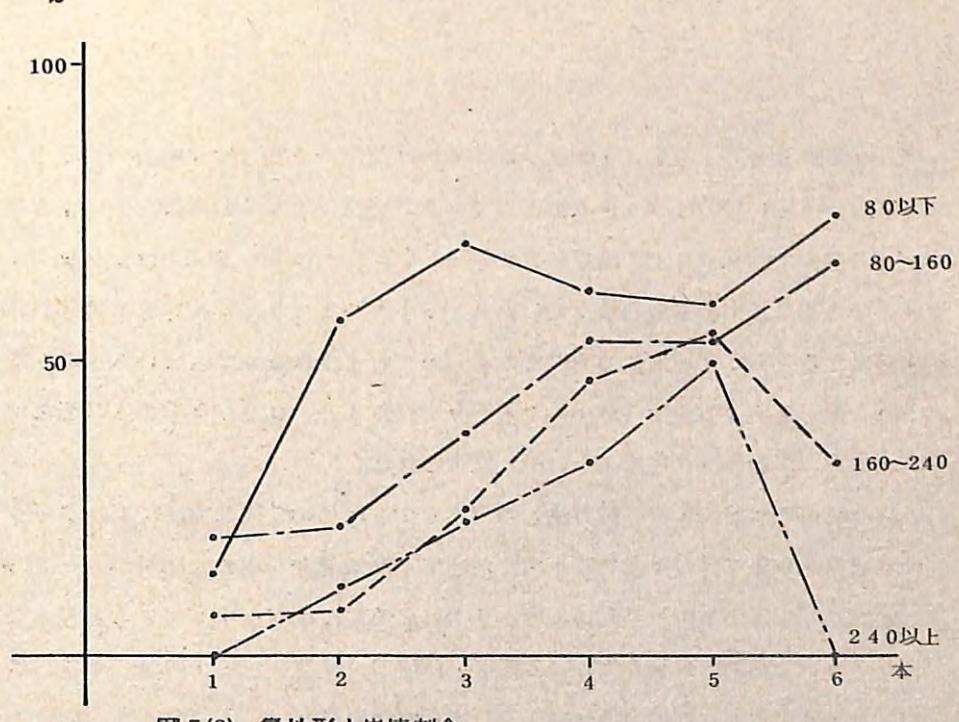


図5(2) 微地形と崩壊割合
2,000分の1図 1cmメッシュ

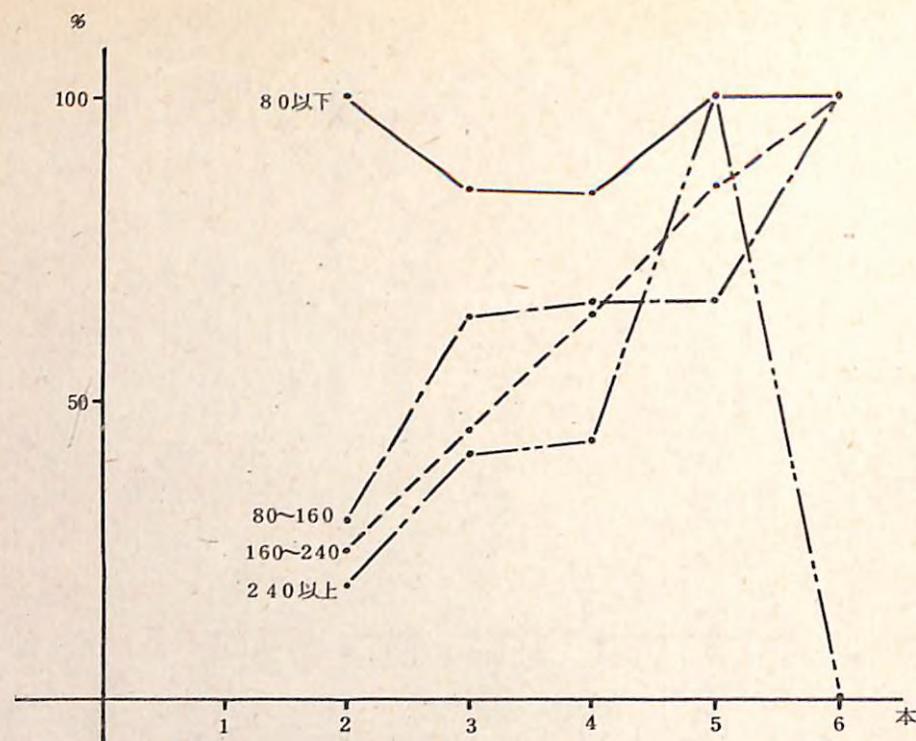


図 5(3) 微地形と崩壊割合
5,000 分の 1 図 1 cm メッシュ

同じ 2,000 分の 1 図面に 1 cm メッシュをかけた図 - 5(2)では、中心角度が小さい程崩壊割合が大きい傾向ははっきり出るし、グラフが交差することも少ないが、本数別の崩壊割合の変化は図 - 5(1)に比較して明瞭でない。これは図 - 5(2)では、メッシュの大きさが小さくなつて測定資料数が増したメリットがある代りに、測定する等高線本数が約半分になるため、本数別の傾向がまるめられてしまう難点を伴つているからと考えられる。崩壊が発生する斜面の最小のひろがりを考えると、2,000 分の 1 図面の場合は、2 cm メッシュが適当大きさではないかと推測された。

一般の林地の崩壊個所の予測方法との対比をするために、同じ方法で 1 cm メッシュを同一地域の 5,000 分の 1 森林基本図にかけて、崩壊割合を求めた結果が図 - 5(3)である。図 - 5(3)はどちらかと言えば、図 - 5(1)とよく似た傾向を示していると見ることが出来る。精密な図面が得られない場合には、既成の 5,000 分の 1 の森林基本図による解析でも、或る程度の成果が得られることが証明された。

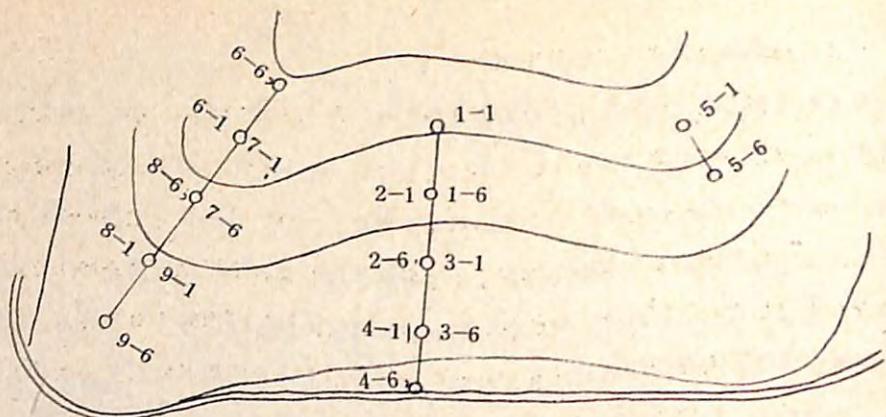
4) - 2 現地調査による崩壊発生個所の判定

多くの災害跡地で崩壊発生後の調査はかなり行なわれているが、崩壊発生以前の調査は皆無に等しいほど実施されていない。そこで将来崩壊発生の確率が高い個所を選び、崩壊発生によって変化してしまう微地形、土層などについて崩壊発生前のデータを得るために、簡易な測量、土壤断面調査、土壤硬度測定および小型地震探査による地下構造調査を実施した。調査地は東京営林局平塚営林署管内世附国有林 108 林班と長野営林局三殿営林署管内与川国有林 384 林班で図 - 6 のような凹地形の人工幼令林地である。

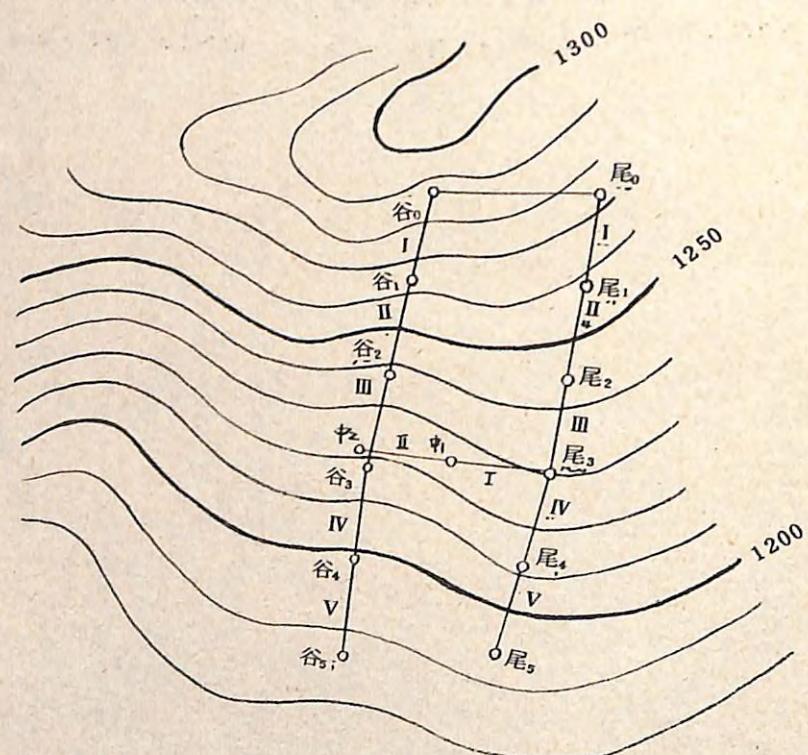
4) - 2 - 1 土壤断面調査と土壤硬度

i) 調査方法

土壤断面調査は深さ 1 m 位まで穴を掘り、土壤の断面および根系が発達している深さを調査した。土壤硬度測定は山中式土壤硬度計を用いて、深さ 10 cm, 30 cm, 50 cm, 70 cm, 90 cm の土壤硬度を測定した。結果は表 - 9 のとおりである。



東京営林局平塚署管内世附国有林



長野営林局三段営林署与川国有林

図-6 調査地

II) 結果と考察

世附国有林

凹地形では腐植層の厚さが15~45cm, 根系発達深は15~50cm, その下が火山灰または礫質のロームである。凸地形では凹地形に比べ根系発達深は15~50cmで同じであるが, 腐植層は浅く15~25cmである。つまり凸地形は火山灰層に, 凹地形はローム層の上に50cmもの腐植層および根系発達層がのっており, いずれの場合も地表面がやや硬く, その下は可成り弾力性のある土壌である。土壤硬度は凹地形では深さ10cmの硬度が他の深さの硬度が他の深さの硬度に比べてやや小さい値を示しているが, その他は同測点での硬度値のバラツキを加味すると必ずしも深くなるほど硬度が大きくなっているとは認められない。特に測点3の6は深さに関係なく一様に硬度が小さくなっている。凸地形についても凹地形の場合と同様に硬度が急に変化している層は認められない。

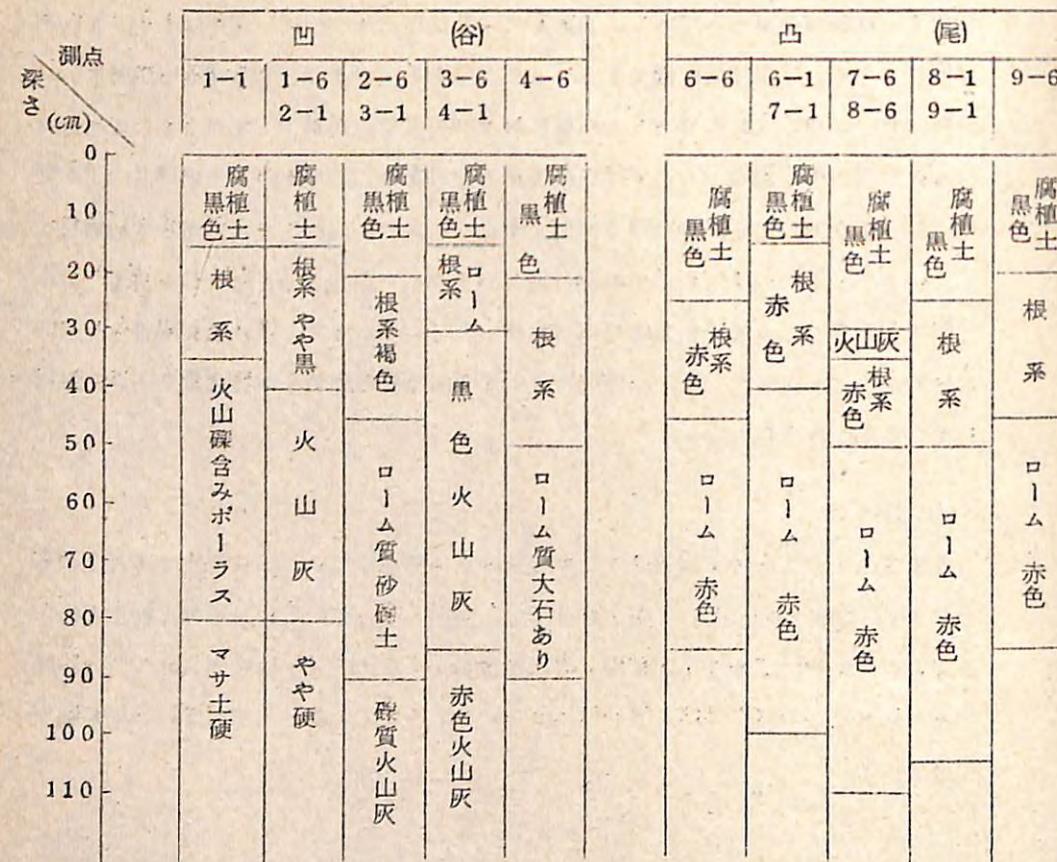
与川国有林

腐植層は3~15cm, 根系は10~55cmまで発達している。マサ土はかなり軟弱で深さ15cmから始っている所もあり, 転石が多く混っている。土壤硬度は土壤断面調査と合せて検討すると, 腐植層, 根系発達層, マサ土の順で硬度が大きくなる傾向がみられる。この調査地は全体的に水分が多く, 凸地形であっても水分の多い軟弱な土壌である。

表-9 土壌断面調査と土壤硬度

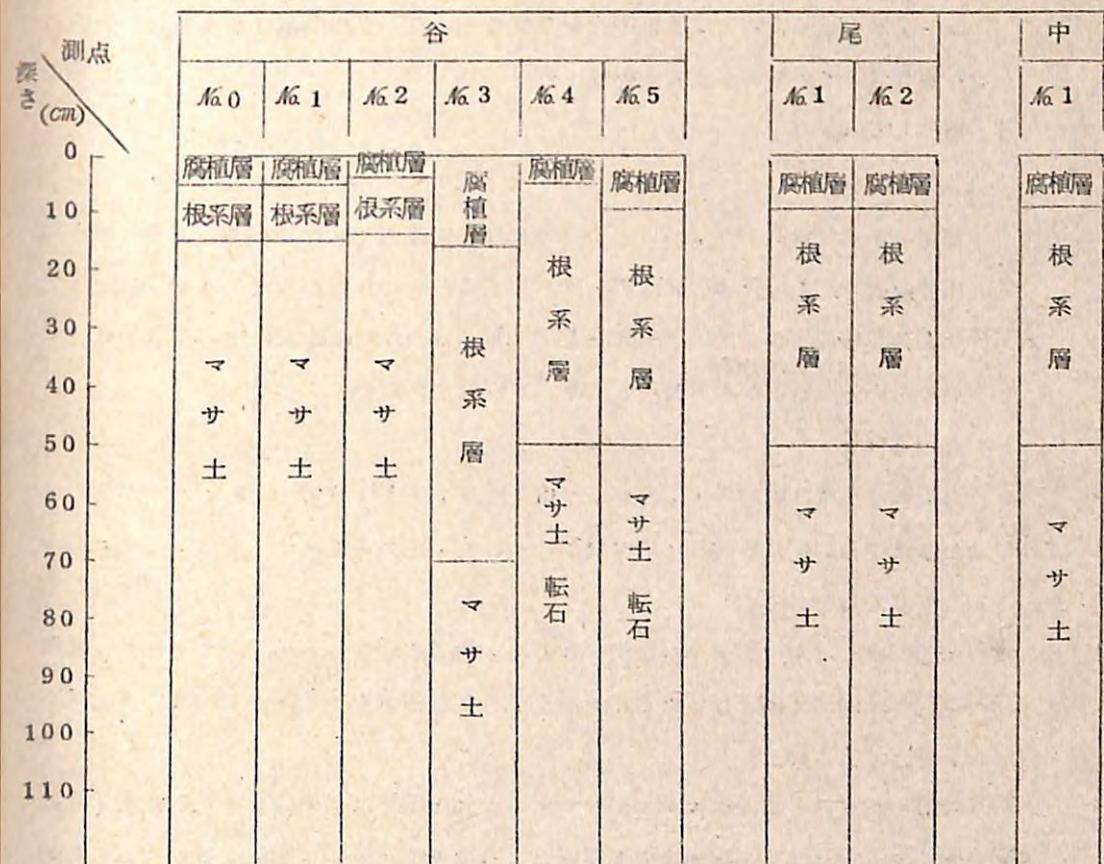
世附国有林

◇ 土壌断面調査図



与川国有林

◇ 土壌断面調査図



◇ 土壌硬度調査表

10	12	8	6	3	11	11	9	13	8	13
30	25	14	10	10	13	13	8	9	11	12
50	19	13	10	3	14	15	15	8	13	17
70	22	18	11	2	17	19	18	10	14	12
90	22	17	12	6	18	13	23	15	14	18
110										

10		4	5	11	8	7	2		6	7	6
30		13	10	16	10	18	16		13	10	7
50		18	11	18	14	17	14		19	9	9
70		15	19	18	20	14	11		19	10	19
90		12	18	18	20	以下	12		19	10	17
110		19	17	18	15	転石	16		15	8	18

4) - 2 - 2 小型地震探査装置による土層調査

i) 試験方法

起震源は人力によるハンマー使用であることを前提として探査深度5～6m、その5～7倍の距離を考え、受振距離を30mとした。受振間隔は6mとし、前後の端を重複させて小型地震探査を実施した。

ii) 結果と考察

世附国有林

世附国有林では測線3, 5, 6のように傾斜変換点上に測点があったり、測点間に傾斜変換点があった場合にはデータをとることができなかった。また、凹地形では根系発達層の下が火山灰層や砂質土壌であり、凸地形は地表に比べ深さ10cmくらいの所の方が軟らかかったりして測定が困難であった。

与川国有林

与川国有林では測線谷I, 谷II, 谷山, 尾V, 中Iは解析できるデータが得られなかった。この測線附近の土層は崩積土らしく、土層がもまれており、礫や大石がかなり混入している。

世附国有林、与川国有林の両調査地とも、走時曲線をみると波形だったり、曲線の勾配が上向に凸形になったりしており、かなり複雑な地下構造をしているのではないかと考えられる。

今回の調査地のようにエネルギーの大きな所では、すっきりした解析が可能なデータがとれず、小型地震探査装置による探査は技術的に困難な個所であったかもしれないが、崩壊危険地の予測に活用するためには、このような個所の簡易な探査技術を今後確立していくなければならない。

(2) 治山工事計画のあり方

1) 災害時の渓流堆積土砂の移動

一般的の流域では、山腹の荒廃地を復旧し、現在の渓床を安定させるだけの渓間工事を施工すれば、流域は安定する。しかし、南木曾のように崩壊地の多い流域では、たとえ全崩壊地の復旧をして努力しても、復旧が完了するまでには数十年を要し、その間、復旧が完了しない崩壊地表面の裸地から、毎年数センチの土砂が流出する。今回の調査対象となった与川国有林では、調査対象面積3,500haのなかに、34年当時に崩壊地315haが発生している。崩壊地の平均侵食深を年間2cmと仮定すると、崩壊地315haか

ら流出する土砂量は年間で6,300m³にも達する。現在の崩壊面積は34年当時よりも大きくなっているから、侵食量の仮定が正しければ、現在ではより多くの土砂が流出していることになる。こうした流域では渓間工事によって渓床が安定したように見えても、崩壊地から流出する土砂は渓流に流れ込んで堆積し、一定量の堆積物ができたときに豪雨があれば、堆積物は下流へ流出し、下流の災害を引き起す。こうした渓流の堆積や侵食の状況と下流の災害との関係を求めることが出来れば、下流の災害防止のための観測方法が樹立されると考え、南沢および下山沢の本支流の渓流の堆積、侵食状況を空中写真によって判読した。

i) 試験方法

渓流における土砂の移動の実態を解明し、有効な渓流工事の配置法について考察するために、昭和34年撮影山150, 昭和44年山560, 昭和44年治山, 昭和49年山704の4種類の空中写真を用い、同一標定点を用いて標定し、渓流の侵食堆積による渓床の高さの変化を測定した。測定の方法は、図-7の南沢および下山沢の渓流全延長の流心に近い部分にそれぞれ測点を設け、同一点の標高を4種の空中写真について測定した。図の数字は測点番号をあらわす。図-7(1)の6, A23, A43, A63, A71は南沢、図-7(1)の0, 37, 70とそれに連続した図-7(2)の70, 107, 131, 142は下山沢本流であり、その他のB, C, D, Eの各測点番号は下山沢の支流である。

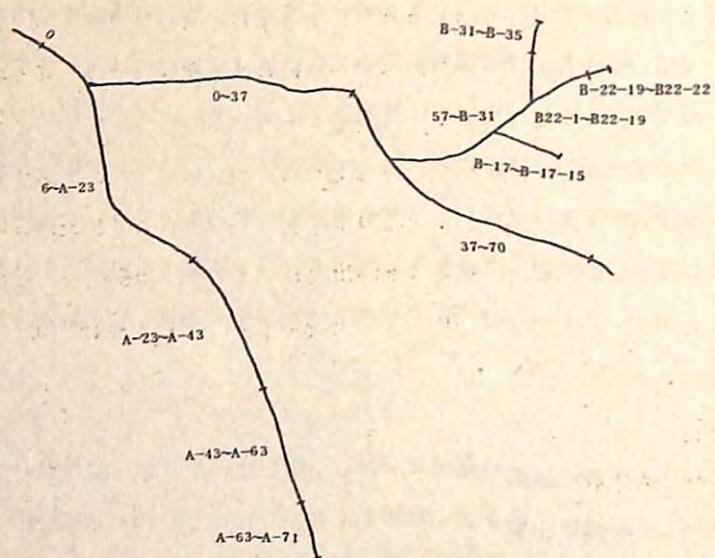


図7(1) 溪床の標高測定点
(南沢および下山沢下流)

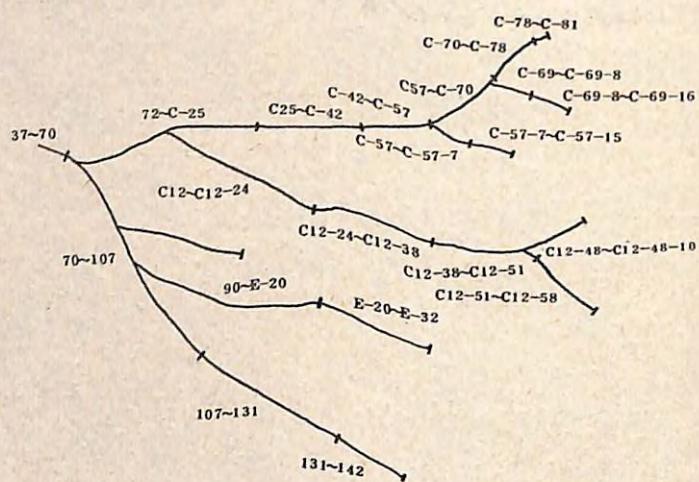


図7(2) 溪床の標高測定点
(下山沢上流)

II.) 結果と考察

測定した溪床上の各点を数百メートルずつの区間に区切って、区間ごとに測点の標高の平均値を求めた結果が表-10である。この表でまず44年の後期、つまり44年の災害の直後の標高がそれまでの傾向とどう変わったかを観察し、つぎに49年の標高の変化とその理由を考えてみた。まず、各区間について比較の基準となる標高が欲しいので、4種類の写真測量の結果の平均値を求めた。この平均値がどんな意味を持つかは曖昧であるが、34年から49年までの各区間の堆積侵食の状態の平均値と考えた。次にこの平均値を各測定区間の測定値から差し引いて平均値との差を、堆積はプラス、侵食をマイナスとして標示した。測定地は、測定法の精度から0.1メートル単位であらわしてある。44年までの測定で目立つのは山560つまり、44年の災害直前の測定値にプラスが多いこと、すなわち、堆積傾向にあったことと、反対に、44治つまり44年の災害直後の測定値にマイナス、すなわち侵食が多いことである。この結果から、44年の異常豪雨の際は、溪床の堆積物は溪流から流去して下流へ流出したことが明らかである。つぎにプラスが多い山560にもマイナスを示している区間がある。例えばA1～A23、A63～A71などであるが、ここは南沢で44年当時は伐採されていなかった。勿論風倒の被害もほとんどなかったため、流域の荒廃はほとんど見られない安定した流域であった。一方山704をみるとAの記号の測点とBの記号の測点にプラスの値が集中している。Aの流域は前記の南沢で、ここは現在伐採、造林されて幼令林になっている林分が多く、現在では崩壊地が多発している林地があり、林道開設なども行われているために堆積傾向を示したと考えられる。Bについては赤ナギ沢で、崩壊多発区で44年の災害前にも堆積を示している。49年の山704の計測では堆積ではあるが、44年の堆積の数字に比較すればずっと小さく、現在山腹工事や渓間工事によって土砂の流出抑止を行っている効果が現われていると考えられる。その他下山沢の各支流の区間はおむね侵食傾向で特に目立つ傾向はない。侵食傾向が強いのは治山工事が進んで土砂流出が抑止されつつあるのが原因と考えられる。

各個の治山工事や森林状態と堆積侵食の関係は事例を重ねなければ断定的なことは言い難いが、堆積物が多くなれば災害の危険度が大きくなるのは当然であるから、国有林などで定期的に撮影される空中写真を利用して、溪床の標高測定を行い、危険度を予測し、対策を講じることは現実的な方法であり、こうしたことが写真測量によって可能であることが確かめられた。

表-10 区間別標高一覧表

区間	区間平均標高			
	山150	山560	44治	山704
1 ~ 37	742.0	742.6	742.1	741.2
37 ~ 70	854.2	854.8	854.0	853.4
70 ~ 107	976.7	976.1	975.9	975.1
107 ~ 131	1077.8	1077.6	1077.1	1075.9
131 ~ 142	1182.2	1181.3	1180.7	1179.2
A - 1 ~ A - 23	760.4	760.6	759.4	762.2
A - 23 ~ A - 43	875.2	877.8	872.2	877.2
A - 43 ~ A - 63	997.7	998.6	995.1	999.9
A - 63 ~ A - 71	1086.4	1082.0	1080.1	1085.2
B - 1 ~ B - 31	928.7	930.7	929.8	930.3
B - 32 ~ B - 35	997.7	1000.1	997.2	998.7
B-17-1 ~ B-17-15	965.5	966.1	966.6	966.3
B-22-1 ~ B-22-19	993.7	995.5	993.8	994.9
B-22-20 ~ B-22-22	1099.8	1102.9	1101.3	1101.8
C - 1 ~ C - 25	963.5	965.3	964.3	963.4
C - 26 ~ C - 42	1082.6	1084.4	1082.7	1082.5
C - 43 ~ C - 58	1190.7	1194.9	1191.7	1192.3
C - 59 ~ C - 70	1296.5	1298.8	1297.6	1296.6
C - 71 ~ C - 78	1409.6	1411.3	1409.1	1409.3
C - 79 ~ C - 81	1474.0	1475.7	1474.2	1473.9
C-12-1 ~ C-12-24	1016.2	1016.6	1015.8	1014.4
C-12-25 ~ C-12-38	1125.1	1126.1	1124.8	1123.8
C-12-39 ~ C-12-51	1241.3	1241.9	1240.4	1239.0
C-12-52 ~ C-12-58	1347.4	1344.2	1343.5	1341.4
C-12-48-1 ~ C-12-48-10	1308.5	1308.3	1306.4	1304.2
C-57-1 ~ C-57-7	1297.5	1297.7	1297.2	1297.3
C-57-8 ~ C-57-15	1415.2	1414.7	1413.8	1412.3
C-69-1 ~ C-69-8	1407.8	1408.1	1407.3	1407.1
C-69-9 ~ C-69-16	1517.3	1515.6	1515.5	1514.3
D - 1 ~ D - 12	983.2	983.5	983.0	981.8
E - 1 ~ E - 20	1028.8	1029.0	1028.3	1027.2
E - 21 ~ E - 32	1166.3	1168.6	1166.0	1164.7

平均	平均値との差				備考
	山150	山560	44治	山704	
742.0	0	+0.6	+0.1	-0.8	
854.1	+0.1	+0.7	-0.1	-0.7	
976.0	+0.7	+0.1	-0.1	-0.9	
1077.1	+0.7	+0.5	0	-1.2	
1180.9	+1.3	+0.4	-0.2	-1.7	
760.7	-0.3	-0.1	-1.3	+1.5	
875.6	-0.4	+2.2	-3.4	+1.6	
997.8	-0.1	+0.8	-2.7	+2.1	
1083.4	+3.0	-1.4	-3.3	+1.8	
929.9	-1.2	+0.8	-0.1	+0.4	
998.4	-0.7	+1.7	-1.2	+0.3	
966.1	-0.6	0	+0.5	+0.2	
994.5	-0.8	+1.0	-0.7	+0.4	
1101.5	-1.7	+1.4	-0.2	+0.3	
964.1	-0.6	+1.2	+0.2	-0.7	
1083.1	-0.5	+1.3	-0.4	-0.6	
1192.4	-1.7	+2.5	-0.7	-0.1	
1297.4	-0.9	+1.4	+0.2	-0.8	
1409.8	-0.2	+1.5	-0.7	-0.5	
1474.5	-0.5	+1.2	-0.3	-0.6	
1015.8	+0.4	+0.8	0	-1.4	
1125.0	+0.1	+1.1	-0.2	-1.2	
1240.7	+0.6	+1.2	-0.3	-1.7	
1344.1	+3.3	+0.1	-0.6	-2.7	
1306.9	+1.6	+1.4	-0.5	-2.7	
1297.4	+0.1	+0.3	-0.2	-0.1	
1414.0	+1.2	+0.7	-0.2	-1.7	
1407.6	+0.2	+0.5	-0.3	-0.5	
1515.7	+1.6	-0.1	-0.2	-1.4	
982.9	+0.3	+0.6	+0.1	-1.1	
1028.3	+0.5	+0.7	0	-1.1	
1166.4	-0.1	+2.2	-0.4	-1.7	

2) 溪間工事の規模と効果

南木曾のような荒廃激甚区域では、溪流を流下する土砂を貯留して下流の災害に対処しようと考えても、山腹から流出する土石量が異常に多くて、いくら堰堤を作設してもすぐ満砂してしまうおそれがある。そこで異常な豪雨時にも安定な渓床を作って、多少でも堆積する土砂は安全に平常の流水で下流へ自然に流下させるような低堰堤による階段的な渓流工事を採用せざるを得ない場合がある。

このような場合に、現在の渓床面を固定すればよいとの考え方から、渓床面にはほとんど堤体をあらわさない床固め工の連続施工を考える場合が多いが、渓間工の施工面を考えると床堀り等に時間と経費を要することが多く、このように渓床面すれすれの床固め工が効果的であるかどうか疑問に感じる場合が多い。そこで、渓間工事を段階的に施工する場合に、渓間工事の有効高はどの位が最も効率的であるかを検討した。

1) 試験方法

上山沢支流小タル沢をA地区、上山沢下流の本流をB地区、その上流の長石沢をC地区とし、図-8の3地区の溪流の主要点の縦横断測量を44年後期の空中写真によって行い、横断面を1/200の縮尺で図化した。この横断面上に存効高1, 4, 7, 10各メートルの堤体を作成するとして堤体体積を算出した。床掘り深は横断面の最低点から2メートルとし、両岸の傾斜に沿って、同様にどの部分の掘り込みも2メートル以上になるように堤体の構造を定めた。体積計算に必要な堤体断面は、堤体断面表によって求めた。堤体体積の計算は放水路以上の袖部を省略し、天端と底面の2面が平行で、4陵が直線であるため天端の面積、底面の面積、中央断面積、堤体高さを諸元とする6分法によって計算した。この堤体体積の算出には有効高に床掘り深2メートルを加えた堤高を用いた。こうして求めた堤体体積を有効高で除して有効高を1m得るのに要する堤体体積を求めた。

ii) 結果と考察

結果は表-1の通りでこの結果を底面の長さ別にプロットしたのが図-9(1)～図-9(3)である。

図-9(2)の上山沢下流では傾向がやや乱れるが、図-9(1)および図-9(3)では各有效高の記号は直線に近い配列をし、堰堤底部の長さ（以後下底といふ）即ち下底部と有效高の相関が高いことを示している。

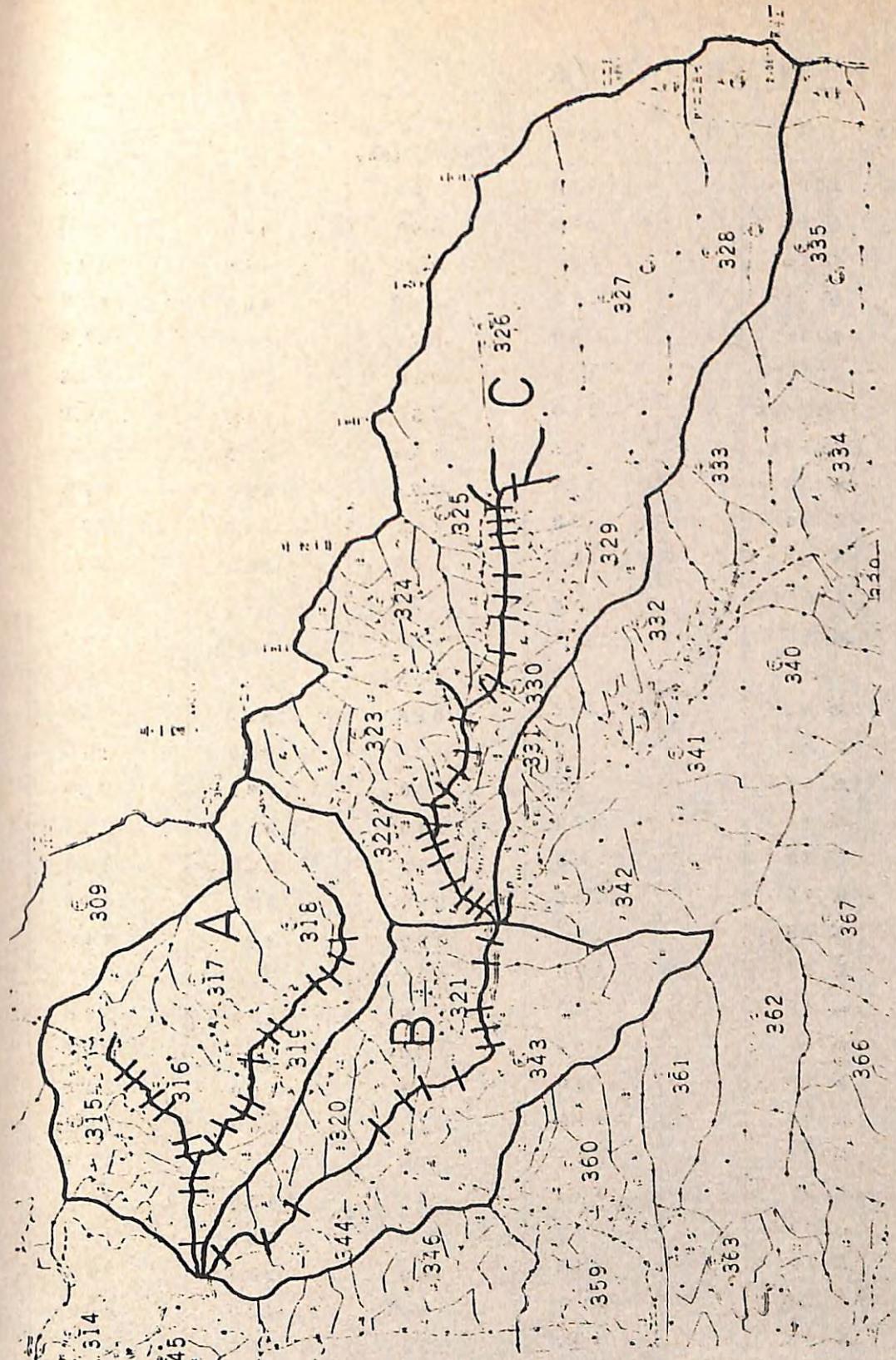


図-8 川国山林上山八 渓床縦横断調査位置図

表-11 溪間工作物の規模 (1)

地区	番号	下底m	上底 m		
			有効高1(3)(堤高)	4 (6)	7 (9)
A	No 20-5	2.0	9.0	15.5	23.0
	No 19	29.0	39.0	43.5	58.0
	No 15	28.5	35.5	43.0	50.0
	No 1	25.5	34.0	43.0	52.0
	No 20-27	4.0	25.0	46.5	67.5
	No 20-25	17.0	23.0	29.5	35.5
	No 20-22	25.0	35.5	46.0	56.0
	No 20-9	7.5	15.0	23.5	31.0
	No 39	37.5	47.0	58.0	69.0
	No 31	2.0	18.0	34.5	50.5
	No 26	8.0	17.0	26.0	35.5
	No 20-29	1.5	9.5	17.5	25.5
	No 65	2.5	13.0	23.0	33.0
	No 59	6.5	13.5	21.0	28.0
	No 53	24.5	31.5	38.0	45.0
	No 41	11.0	17.0	23.0	29.0
	No 86	1.5	10.0	18.5	27.0
	No 83	7.0	14.0	21.5	28.5
	No 80	6.0	16.0	26.0	36.0
	No 76	15.0	25.0	35.5	45.5
B	No 48	21.5	36.0	49.0	64.0
	No 27	17.0	28.0		129.16
	No 19	24.5	27.5	40.5	53.0
	No 10	18.0	36.0	54.0	72.5
	No 76	4.0	10.0	16.0	22.0
	No 65	11.5	23.0	36.0	48.0
	No 57	14.5	20.5	26.0	32.0
	No 52	20.5	33.0	45.5	58.0
	No 100	11.5	20.0	28.5	37.0
	No 94	21.0	26.0	29.0	35.5
	No 87	26.0	34.5	42.0	50.0
	No 81	18.0	22.0	26.5	31.0

体積 m ³				
10 (12)	1 (3)	4 (6)	7 (9)	10 (12)
29.5	30.61	126.09	406.08	929.22
67.0	196.65	570.39	1606.49	3264.0
57.5	185.63	562.29	1471.32	2972.4
60.5	172.32	534.39	1429.43	2914.8
89.0	80.11	358.59	1147.52	2699.4
41.5	115.65	362.19	966.36	1978.62
66.5	174.81	549.9	1478.15	3060.34
39.0	64.13	231.9	644.13	1455.34
79.5	245.03	748.97	1984.1	4019.4
66.0	54.9	256.67	833.42	1956.0
44.5	71.11	253.8	746.18	1634.14
33.5	30.39	134.7	432.78	1015.8
43.0	42.97	181.97	573.6	1331.14
35.0	27.68	205.89	594.51	1297.62
52.5	162.23	490.59	1296.33	2641.8
35.0	80.55	261.0	718.13	1508.4
35.5	31.92	141.6	457.4	1072.2
35.5	59.86	213.99	614.4	1335.42
46.0	62.1	235.2	705.33	1581.6
56.0	114.75	384.99	1073.13	2290.2
77.0	165.12	538.59	1518.65	3193.02
	129.16			
66.0	151.43	507.3	1420.65	3025.02
90.0	153.9	540.0	1565.66	3391.2
28.0	39.6	147.6	439.14	979.2
60.0	98.53	355.89	1026.86	2239.62
38.0	101.04	314.79	851.19	1761.5
70.0	153.95	504.6	1401.12	2948.3
45.5	90.4	303.6	855.65	1828.6
40.0	136.3	395.4	1063.8	2123.8
58.0	175.28	531.6	1408.95	2868.0
35.5	116.1	350.75	919.2	1856.5

表-11 溪間工作物の規模 (2)

地区	番号	下底m	上 底 m			体積 m ³				
			有効高1(3)(堤高)	4 (6)	7 (9)	10 (12)	1 (3)	4 (6)	7 (9)	10 (12)
C	№ 13	4.5	1 2.0	2 0.0	2 7.5	3 5.0	4 6.8	1 8 0.3 5	5 3 6.9	1 2 0 2.5
	№ 9	1 2.0	2 0.0	2 9.0	3 7.5	4 6.0	9 1.8	3 1 1.7	8 7 5.9 1	1 8 6 6.0
	№ 6	3 0.0	3 8.5	4 6.5	5 4.5	6 3.0	1 9 8.6 8	6 0 0.4 4	1 5 7 7.7 9	3 1 9 8.6
	№ 2	4.0	1 4.0	2 4.0	3 4.5	4 4.0	5 0.4	2 0 2.8	6 3 4.8	1 4 3 0.4
	№ 30	7.5	1 2.0	1 6.5	2 1.0	2 5.0	5 6.2 2	1 8 3.7	5 1 0.0 5	1 0 6 3.1 2
	№ 26 左	4.0	8.5	1 3.5	1 8.0		3 5.7 8	1 3 0.9 4	3 7 6.9 8	
	№ 26 右	1.0	7.0	1 3.0	1 9.0	2 4.5	2 2 0.5	9 9.0	3 1 9.5 8	7 4 0.9 2
	№ 23	4.5	9.5	1 4.5	1 9.5	2 4.5	3 9.8 5	1 4 2.0	4 1 2.5 6	9 0 4.4
	№ 20	6.5	1 2.0	1 7.5	2 3.0	2 8.0	5 3.0 8	1 8 1.2	5 1 6.7 8	1 1 0 0.2 2
	№ 54	1 7.5	2 5.0	3 2.0	3 9.5	4 7.0	1 2 2.8 3	3 8 4.0 9	1 0 3 9.3 8	2 1 5 7.4 2
	№ 47	1 0.5	1 7.0	2 3.5	3 0.0	3 6.0	7 9.1 7	2 5 9.8	7 2 2.8 5	1 5 1 5.4 2
	№ 43	1 6.5	2 6.0	3 5.0	4 4.0	5 3.0	1 2 2.3 8	3 9 5.4 9	1 0 8 6.3	2 2 7 9.2 2
	№ 36	1 0.0	1 4.5	1 9.0	2 3.0	2 7.5	7 0.8 6	2 2 4.1	6 0 0.6	1 2 5 2.0 2
	№ 79	6.0	1 3.0	2 0.0	2 6.5	3 3.5	5 4.0 1	1 9 3.8	5 5 9.0 4	1 2 3 1.6 2
	№ 71	1 1.0	1 9.5	2 8.5	3 7.5	4 6.0	8 7.5 1	2 9 9.4 9	8 5 1.2 5	1 8 1 9.0
	№ 67	4 0.5	4 9.5	5 8.5	6 7.0	7 6.5	2 6 1.3 3	7 8 0.5	2 0 2 7.0 7	4 0 7 7.4
	№ 63	2.0	1 7.0	3 2.0	4 7.5	6 2.0	5 2.1 5	2 3 9.4	7 8 8.3 3	1 8 4 3.2
	№ 98	7.0	1 4.0	2 1.0	2 8.5	3 5.5	5 9.9	2 1 0.0	6 1 4.7	1 3 3 5.5
	№ 94	1 7.0	2 4.0	3 0.5	3 6.5	4 2.5	1 1 8.4	3 6 9.2 5	9 8 1.7 5	2 0 0 6.5
	№ 90	2 5.0	3 9.5	5 3.0	6 7.0	8 0.5	1 8 5.6 3	5 9 8.2	1 6 4 9.1 8	3 4 5 7.3
	№ 84	3.0	1 3.5	2 3.5	3 3.5	4 4.0	4 6.1 3	1 9 0.5 5	5 9 5.0 5	1 3 8 3.4
	№ 113	1 3.5	1 8.0	2 2.5	2 6.5	3 1.0	9 1.3 2	2 8 0.9	7 4 0.1	1 5 1 6.7 2
	№ 109	1 9.0	2 8.5	3 7.5	4 7.0	5 6.0	1 3 7.0 2	4 3 6.0 4	1 1 9 2.4 4	2 4 7 9.8
	№ 104	1 3.0	2 1.0	2 9.5	3 8.0	4 6.0	9 7.6 5	3 2 5.0 4	9 0 6.6 5	1 9 1 3.4
	№ 106-3	2.0	7.5	1 3.5	1 9.5	2 5.5	2 6.7 7	1 1 2.3 4	3 5 3.0 4	8 1 6.5 2
	№ 55-5	5.0	1 3.5	2 1.5	3 0.0	3 8.0	5 2.4 3	1 9 5.4 4	5 8 7.8 8	1 3 0 8.6
	№ 24-13左	4.0	1 2.0	2 0.0	2 8.0		4 5.0	1 7 5.2	5 3 2.3 8	
	№ 24-13右	3.0	1 1.0	1 8.5	2 6.0	3 3.5	3 9.1 5	1 5 6.1 4	4 7 7.0 9	1 0 8 9.6
	№ 24-1	3.0	7.5	1 2.0	1 6.5	2 1.5	2 9.8 3	1 1 0.9	3 3 0.6	7 5 1.1

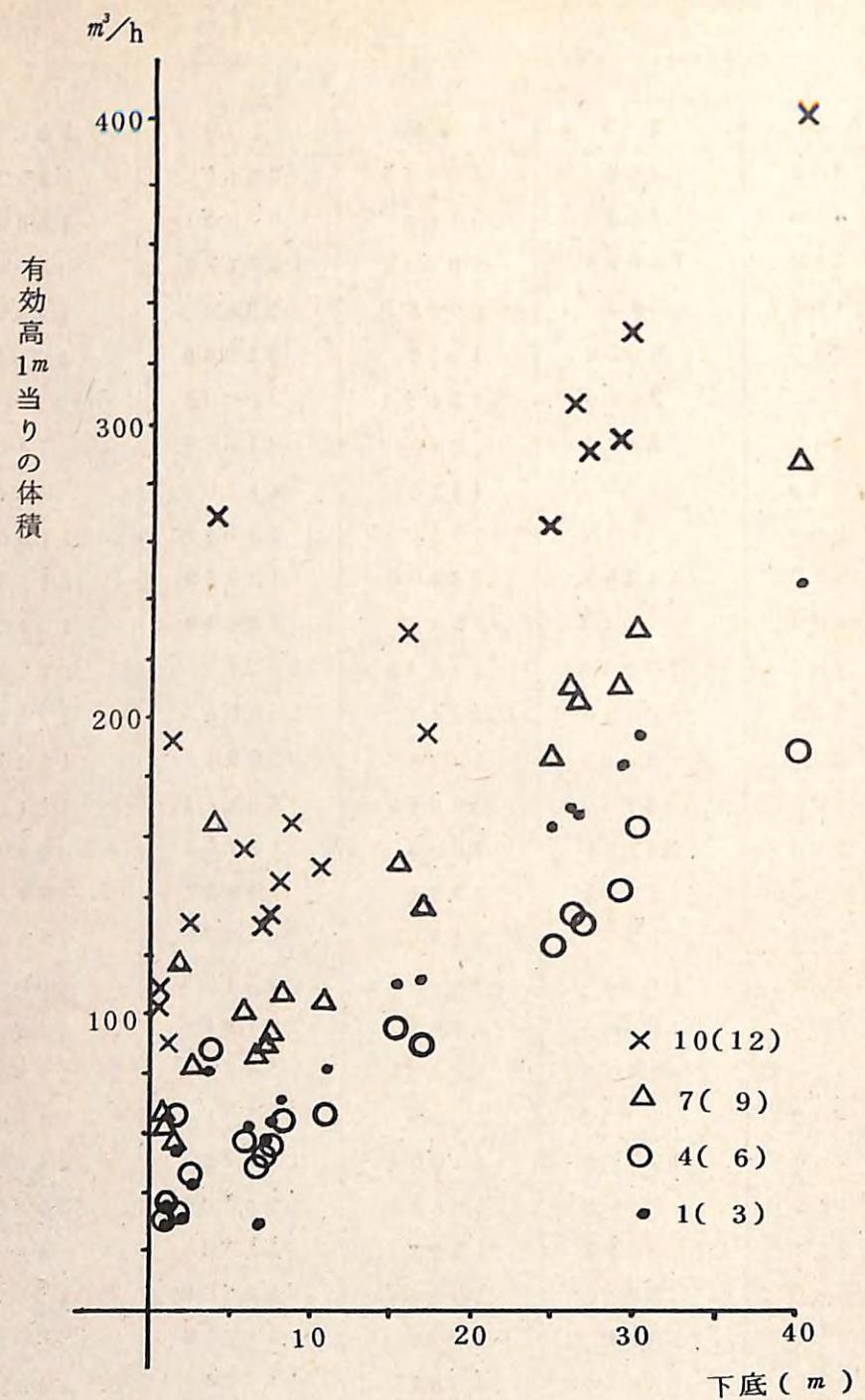


図9(1) 溪間工事の規模と効果
(A 地区)

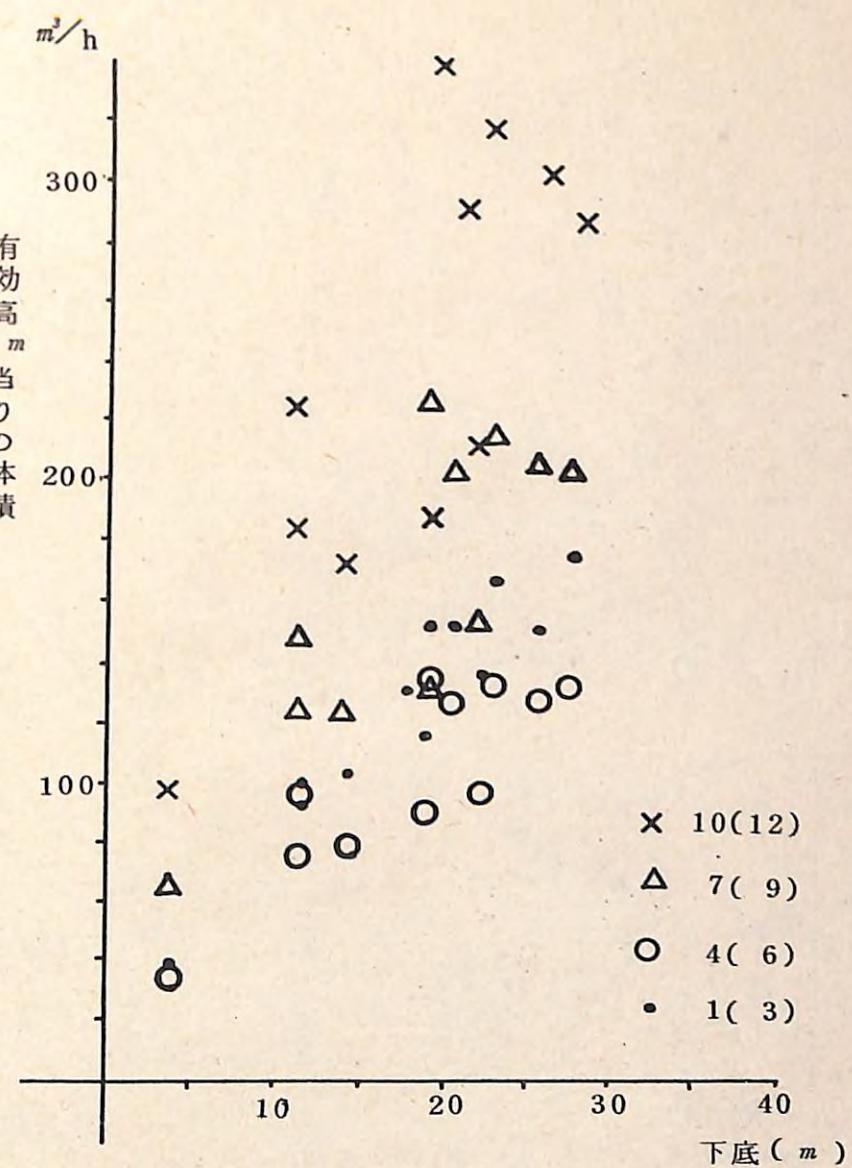


図9(2) 溪間工事の規模と効果
(B 地区)

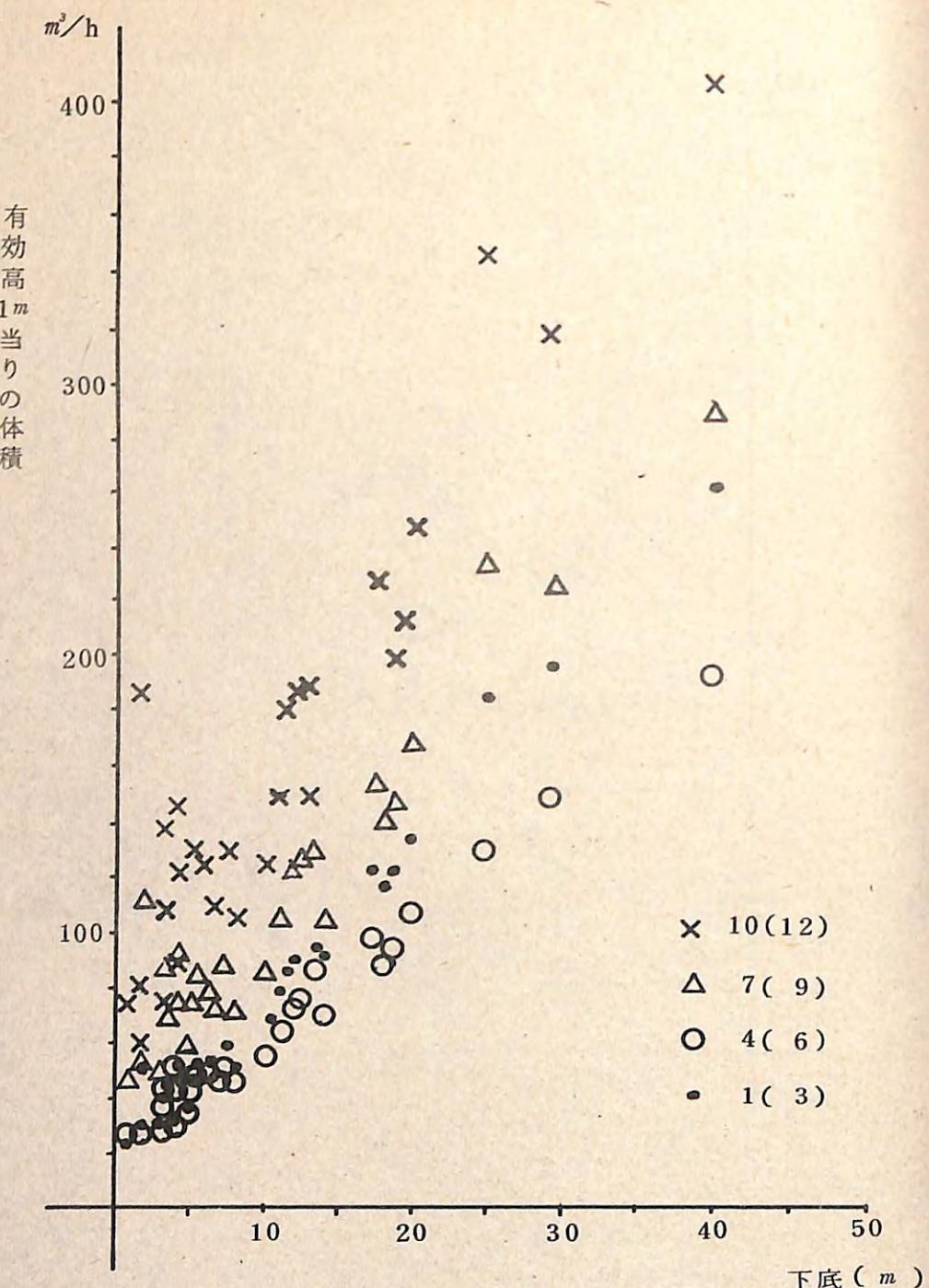


図9(3) 溪間工事の規模と効果
(C 地区)

・有効高1m当たりの体積が小さい堤堤が渓床勾配緩和効果が大きいと仮定すると、図一9(1)から図一9(3)までを通じて有効高4mの場合が4種の有効高のうち最も効果が大きく、次いで有効高1m、同じく7m、10mの順になる。

ここで言う、有効高は渓床以上の高さで、渓床勾配を緩和するもので、以上述べた堤堤の効果も南木曾の限られた渓流で、堤堤体積1 m^3 当りの渓床体積1 m^3 当りの渓床勾配の緩和効果だけを確かめたに過ぎない。堤堤の効果にはこの他に堆砂効果、山脚固定効果、流出土砂量調節効果、篩別効果等いろいろあるが、それらの効果の把握については別の機会に研究したい。

(3) 要 約

長野営林局三殿営林署管内与川国有林と東京営林局平塚営林署世附国有林を対象に、森林施業と荒廃発生に関する試験および治山工事計画に関する試験を行なった。試験結果を要約すれば次の通りである。

- 1) 南木曾地区で行った傾斜と崩壊に関する試験では等高線本数で傾斜を表わした場合、平均値に近い傾斜までは本数の増加に伴って崩壊の割合が増すが、平均値附近で曲線的に最大値を示し、それ以上の本数では崩壊の割合は増さず、むしろ、なだらかな減少を示す場合が多い。ただし、森林状態や傾斜の緩急によって支流域単位では本数の増加とともに崩壊の割合が漸増する場合もある。崩壊防止を考慮した保全的な伐採を行う場合、単に急傾斜部を伐り残すという考え方ではなく他の崩壊関連条件も併せて保存林帯を決める必要がある。
- 2) 樹令を0~20年、21~40年、41年以上に分けて傾斜別の崩壊の割合を求めるとき、各樹令とも1)に書かれた、上に凸な曲線を示すが、0~20年が最も崩壊の割合が大きく次いで可成り小さい値で41年以上と21~40年が良く似た傾向を示す。41年以上が21~40年よりやや大きな値を示すのは風倒の被害を受けた林分が多いことが影響しているためと思われる。
- 3) 34年の伊勢湾台風による風倒木は41年以上の林分に多く発生したがこの際、風倒木が発生した林分には崩壊も多く発生した。10年後の44年の豪雨後の写真による調査では、新たに発生した崩壊地の割合は風倒跡地に著しく大きく、風倒しない場所を伐採して造林した場合と同程度の崩壊発生割合を示している。風倒せず、伐採も行なわなかった林分では44年の崩壊発生の割合は非常に小さい。
- 4) 崩壊個所の条件を地形図から求める試験では、崩壊の発生割合は、傾斜と微地形によっ

て変化することが確かめられた。この試験は、植栽直後の幼令林地の縮尺 2.000 分の 1 図面にメッシュをかける方法で行なわれたが、このような精密な図面がない場合は、既成の縮尺 5.000 分の 1 の森林基本図でも、充分とは言えないが一応の傾斜が得られることが証明された。

- 5) 崩壊個所の条件を現地調査によって求める試験では、世附、与川とも凹地形とその周辺の尾根地形について、土壤硬度の測定や小型地震探査による地層の測定から危険地判定の手がかりを得ることを試みたが、火山灰の層やルーズな崩積土の層がある場合、測定やその結果の判読、さらにデーターと崩壊危険度との結びつき等に未知の部分が多く、期待した成果をあげるには至らなかった。
- 6) 昭和 34 年、昭和 44 年前期、昭和 44 年後期、昭和 49 年の通算 16 年間 4 種の空中写真を用い、渓床の高さの変化を測定した。44 年の災害の前後の写真的測定値を中心検討すると、流域の林相が良い場合や治山工事が密に施工してある溪流では堆積が生じにくいが、反対に崩壊地の多い流域では堆積を生じて、下流の災害の危険性を大きくする考えられる。
- 7) 上山沢の 3 地区をえらび、各地区の渓流の主要な点の横断面を空中写真測量によって求め、ここに有効高さ 1, 4, 7, 10 各メートルの堰堤を作った場合を想定して、有効高と堰堤体積から堰堤体積 1 m³ 当りの渓床勾配緩和効果を求めた。この地区的場合、効果の程度は堰堤の底面の延長と相関が高く、また有効高さ別にみた場合体積 1 m³ 当りの渓床勾配緩和効果は有効高 4 m の場合が最も大で次いで 1 m, 7 m, 10 m の順になる。