

昭和41年台風26号による足和田地区 の山地荒廃に関する研究

河 野 良 治⁽¹⁾

難 波 宣 士⁽²⁾

は し が き

昭和41年9月25日0時近くに御前崎付近に上陸した台風26号は、山梨県および関東・東北地方を通過して三陸沖に去った。その結果、台風通過各地には甚大な被害が発生し、とくに、山梨県下の御坂山系に沿った西湖北岸の足和田村を中心とする地域は、集中豪雨のため山腹崩壊、がけ崩れ、土石流の発生が激甚で、このため死者、行方不明者は93名に達し、各方面から治山事業、とくに局所防災的な予防治山の必要性が強調されるようになった。

これまで、集中豪雨による災害について、数度の調査研究がなされたが、今回の災害では、たまたま西湖、河口湖に面する11本の溪流はほぼ南北に平行し、集水面積も大体規模がそろっており、各溪流からの流出土砂も下流扇状地にはほぼ完全に堆積していて、その量的はあくが容易であった。また、幸いにも災害地域について、災害前の昭和40年5月撮影の空中写真(写真1)がアジア航測株式会社によって保管されており、さらに災害後の昭和41年11月に、科学技術庁防災科学技術センターによって災害後の空中写真(写真2)が撮影され、災害地の前後の比較が容易であった。また、林野庁治山課ではこれらの災害前後の空中写真を使用して、台風26号による被害を対象として、山地動態調査が企画され、これによって山梨県林務部において足和田地区の災害動態調査^{B)}を実施されたので、山地災害の実態のはあくが容易であった。以上のごとく、これまでの災害調査に比して、この地域が地形的条件と資料にめぐまれ、災害調査研究の対象として好都合であると考えられた。

そこで筆者らはこれらの資料を利用し、現地調査も行なって、今後の予防治山の1資料をうる目的で、今回の被害の中心地域である足和田地区の山地荒廃、土砂流出状況およびこれらと治山工との関係などについて考究することにした。

しかしながら、現地調査は昭和41年11月に4日間の短期間であったので、現地については踏査程度で、調査地域の全ぼうはかならずしも明らかにできなかったが、各種の資料を検討することによって、1、2の興味ある傾向も見出せたので、あえて報告することとする。

調査にあたっては、現地において山梨県林業試験場長安藤博士のご教示を得た。また、同試験場雨宮研究員のご協力を得た。さらに調査にあたって山梨県林務部、富士吉田林務事務所からご便宜を与えられた。稿を起すにあたり、これらの各位に深く感謝の意を表するものである。

I 調査地域の概況

1. 調査地域の地況・林況

調査地域は主として、富士山北方の河口湖、西湖の北岸地域で御坂山脈に属する山地であり、河口湖畔はおおむね河口湖町、西湖岸は足和田村に所属する。調査地域の地質および地形を概略的に述べると、いわゆる御坂山脈が身延付近から東へ曲線を描いてまがり、富士山の北側を取りまくように走って丹沢山地

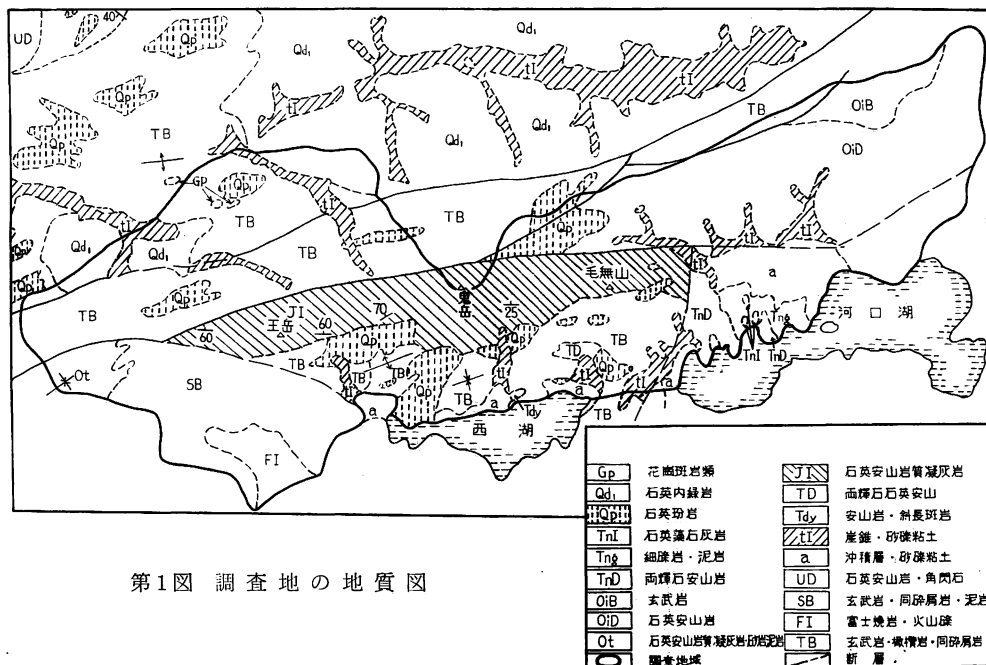
(1) 防災部治山科治山第一研究室 (2) 防災部治山科治山第一研究室長



写真 1. 災害前の根場付近



写真 2. 災害後の根場付近



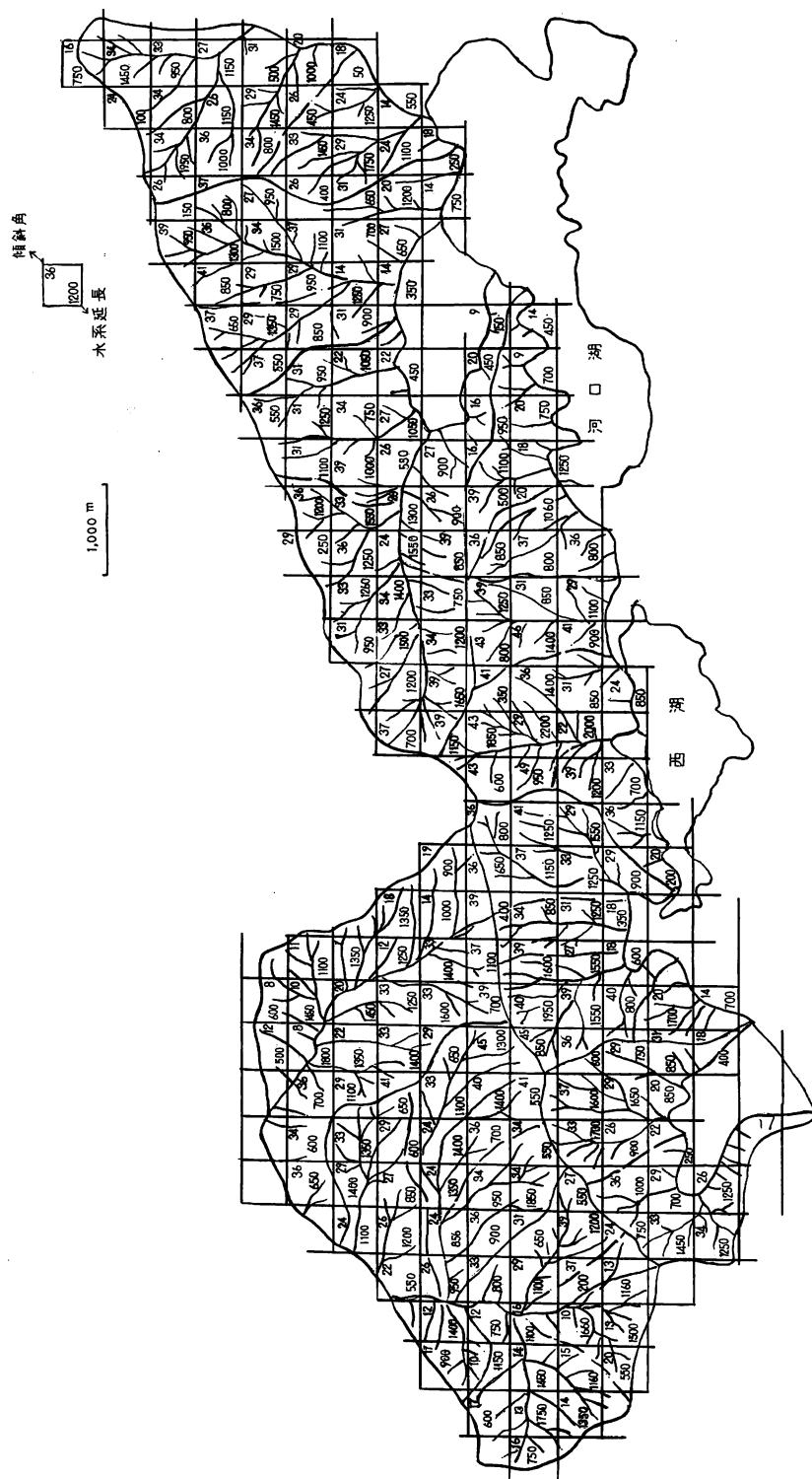
へつづいている西八代層群が、この地域の山脈を構成している。西八代層群は火山活動の激しい時期に生成されており、火山岩を多量にともなっている。地質図は第1図のごとくで、石英安山岩・石英安山岩質凝灰岩・玄武岩・同碎屑岩・泥岩・石英玢岩・両輝石安山岩等によって構成されている。

調査地域の東は最高標高 1,792 m の黒岳から西は精進湖付近に至る間に、毛無山 (1,500m)・十二ヶ岳 (1,684m)・節刀山 (1,736.4m)・金山 (1,688m)・鬼ヶ岳 (1,712m)・王岳 (1,623m) 等の御坂山脈の諸峯が連なり、調査地域内の雨水はこの山地の南面を下り、河口湖 (湖面標高 830m)、西湖 (904m) に注がれる。すなわち、これらの連峯と湖面との比高が 600~800m 程度で、湖岸からの距離は 2~3 km で、起伏量がきわめて大きい。

一般に傾斜は急峻で、特に山頂近くは激しく風化を受け露岩地も多く、40度以上を示す山腹面も広く分布する(第2図)。山腹面には激しい風化によって生産された碎屑岩石・礫・砂がみられ、山腹集水路・溪流にはこれらの砂・礫が厚く堆積している。また、調査地内の北面には火山灰土の堆積している部分がある。

一般に、土壤はこれらの風化生産された岩屑からなり、腐植質に乏しく、未熟土の部分が多い。

調査地内の上流部は一般に県有林に所属している。露岩地が多く、天然のツガ・カラマツ・ウラジロモミ等が点在し、その間をミズナラ・ブナ等の雑木で占めている。中、下流部は民有林で、薪炭林がアカマツ・スギ・ヒノキの人工林で逐時転換されつつある。調査地の針葉樹林・広葉樹林・混交林・林齢別の林相は、空中写真判読の結果では第1表のごとくで、針葉樹林がもっとも多く、次に混交林・広葉樹林の順である。針葉樹林も上流急傾斜地は天然林で林相はきわめて悪い。下流部は人工林で各主流に沿った堆積部分ではアカマツなどの生育は比較的良好。広葉樹は針葉樹と混交している面積が多いが、純然たる広葉樹林は旧薪炭林が多く、過去に薪炭林として粗放に経営され、林相はきわめて貧弱である。



第2図 足和田地区地形計測図

第1表 足和田地区林相表

地 区 番 号	林 相												森 林 面 積 (ha)	そ の 他 (ha)
	針 広 別						齡 級 別							
	針		広		混		0 ～ 11		11 ～ 20		21～			
	面 積 (ha)	%	面 積 (ha)	%	面 積 (ha)	%	面 積 (ha)	%	面 積 (ha)	%	面 積 (ha)	%		
I	204.80	60.96	29.28	8.72	101.87	30.32	116.70	34.74	38.38	11.42	180.87	53.84	335.95	5.05
II	22.03	38.79	—	—	34.77	61.21	29.72	52.32	5.05	8.89	22.03	38.79	56.80	5.95
III	150.27	34.75	73.41	16.98	208.73	48.27	113.65	26.28	150.09	34.71	168.67	39.01	432.41	24.59
IV	201.43	43.56	14.20	3.07	246.82	53.37	123.56	26.72	150.75	32.60	188.14	40.68	462.45	30.80
V	136.73	51.95	3.61	1.37	122.87	46.68	137.26	52.15	54.29	20.63	71.66	27.22	263.21	17.29
計	715.26	46.12	120.50	7.77	715.06	46.11	520.89	33.59	398.56	25.70	631.37	40.71	1,550.82	83.68
VI	79.33	41.23	1.95	1.01	111.13	57.76	66.69	34.66	1.23	0.64	124.49	64.70	192.41	5.09
VII	516.80	99.82	0.95	0.18	0	0	288.30	55.68	129.82	25.07	99.63	19.25	517.75	18.50
VIII	481.37	96.07	4.23	0.34	15.50	3.09	171.90	34.30	51.81	10.34	277.39	55.36	501.10	29.15
IX	316.28	74.00	78.85	18.45	32.28	7.55	203.27	47.56	117.73	27.54	106.41	24.90	427.41	61.59
計	1,937.78	85.06	85.98	5.25	158.91	9.70	730.16	44.56	300.59	18.34	607.92	37.10	1,638.67	114.33
X	134.26	25.05	22.32	4.16	379.49	70.79	205.61	38.36	306.93	57.26	23.53	4.38	536.07	21.18
XI	—	—	—	—	88.25	100.00	88.25	100.00	—	—	—	—	88.25	—
XII	42.30	8.36	—	—	463.56	91.64	231.81	45.82	197.97	39.14	76.08	15.04	505.86	52.64
XIII	121.84	28.06	28.06	6.46	284.28	65.48	249.51	57.47	113.32	26.10	71.35	16.43	534.18	32.82
XIV	12.43	18.21	—	—	55.82	81.79	55.82	81.79	11.93	17.48	0.50	0.73	68.25	—
計	310.83	19.04	50.38	3.09	1,271.40	77.88	831.00	50.90	630.15	38.60	171.46	10.50	1,632.61	106.64
合 計	2,419.87	50.18	256.86	5.33	2,145.37	44.49	2,082.05	43.17	1,329.30	27.57	1,410.75	29.26	4,822.10	106.65

昭和41年台風26号による足和田地区の山地荒廃に関する研究(河野・難波)

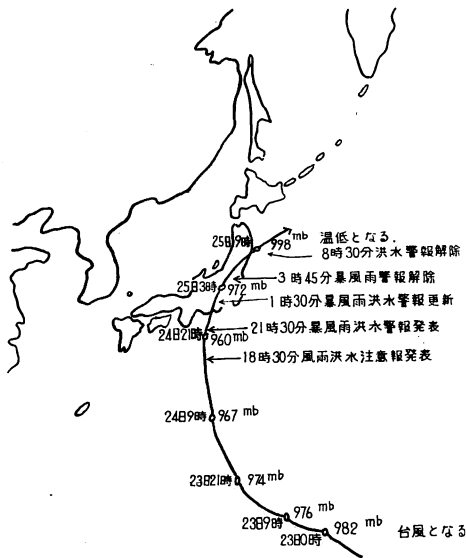
2. 台風26号の気象概要

本州南岸にあった秋雨前線が、西からの気圧の谷の接近にともない北上し、9月21日から小雨が降り出したが間もなくやんだ。22日は満州方面からの寒冷前線の通過で雷雨があった。23日は鳥島付近の熱帯性低気圧は台風25号となって関東東方海上に抜けたが、沖縄付近の台風24号が刻々本土に接近するにともない、本州南岸の前線はふたたび活発となり小雨が降り出した。

台風26号は23日0時に硫黄島の南東約800kmの海上で台風となり、中心示度は982mbで、はじめ西進していたがしだいに速度をはやめながら北西に進み、24日6時には硫黄島の西方約300kmに達して毎時40kmの速度で北上を始めた。24日12時には中心示度は960mbに発達した。台風24号は速度は衰えたが、ともに本州南岸に上陸の可能性は濃くなった。このころ、山梨県下は毎時4～5mmの降雨がつづき、風は吹き出さなかったが、県南部では23時ころから吹き始め、台風26号は24時ころついに御前崎付近に上陸

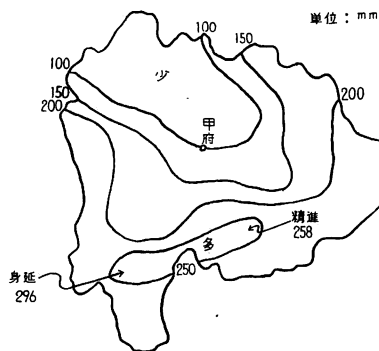
した。その後、速度を毎時70kmにはやめ、25日1時過ぎには山梨県に入り、県下全般に雨も風も急に強まり、甲府・船津ではともに25日1時40分ころ最低気圧889.0mbを観測した。また、強雨も、強風もこのころに現われ、船津では瞬間最大風速南南東40.1mを観測し、上九一色村では1時間100mmの雨量を観測した。山梨県内を約1時間で通過した台風はしだいに衰えながら北東に進み、25日9時には岩手県の東方海上に去り、温帯低気圧となった。したがって、県北部では25日早朝には風雨も納まったが、県南部では四国東方から能登半島に抜けた台風24号の影響で、25日夕刻まで風雨ともにつづいた。

県内24日の雨量は県北部では70～100mm、県南



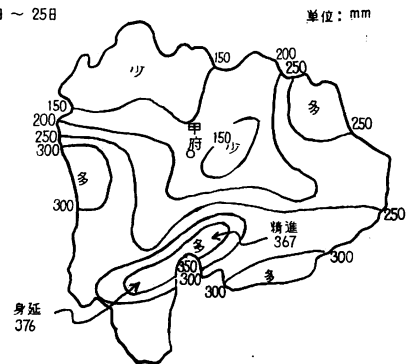
第3図 台風26号経路図

日雨量分布図
9月24日



総雨量分布図

9月21日～25日



第4図 雨量分布図

第2表 気象官署極値表

地名	種 別	観 測 値	起 時	地名	種 別	観 測 値	起 時
甲 府	最低気圧(海面)	973.6mb	25日01時43分	船 津	最低気圧(現地)	880.4mb	25日01時40分
	最 大 風 速	W17.5m/s	25日02時10分		最 大 風 速	SSE24.7m/s	25日01時40分
	最大瞬間風速	NE32.7m/s	25日01時43分		最大瞬間風速	SSE40.1m/s	25日01時42分
	降	21 日	2.6mm		降	21 日	3.2mm
	水	22 日	48.4mm		水	22 日	17.0mm
	量	23 日	9.0mm		量	23 日	4.1mm
	(日界0時)	24 日	53.1mm		水	24 日	122.1mm
	総量	25 日	65.8mm		量	25 日	148.9mm
	1時間最大	総量	178.9mm		総量	総量	295.3mm
	10分間最大	41.4mm	25日02時00分		1時間最大	82.8mm	25日01時40分
		11.0mm	25日01時40分		10分間最大	22.7mm	25日01時22分

第3表 県内の日雨量と風の観測表

項 目 地 名		日 雨 量						最 大 風 力	同風向	風のま わり方
		21 日	22 日	23 日	24 日	25 日	合 計			
甲 府	府	27	24	18	100	0	179	12	NE	↷
小 淵	沢	12	2	24	95	—	133	10	E	
須 玉	沢	27	1	26	97	0	151	7	NW	
斐 沢	沢	15	9	24	134	—	182	6	SE	
鰍 延	延	22	0	29	150	0	201	6	N	↷
身 部	部	20	1	46	296	13	376	5	N	↷
南 沼	沼	15	0	35	218	1	269	6	N	↷
勝 沼	沼	16	2	6	130	7	161	10	N	↷
大 月	月	7	4	9	197	0	217	8	E	
船 津	津	8	12	12	258	7	297	12	SSE	↷
増 当	当	16	5	25	71	—	117	7	NW	
御 岳	岳	6	8	34	100	—	148	11	S	
三 富	富	35	4	19	95	1	154	10	NE	↷
上 野	原	4	4	8	216	4	236	10	S	
笹 子	子	16	8	9	132	1	166	11	E	
黒 駒	駒	15	12	14	138	20	199	8	SW	↷
谷 村	村	7	5	21	227	2	262	10	SSW	
山 中	中	16	4	33	238	23	314	9	SE	
精 進	進	39	37	23	229	39	367	7	S	
西 山	山	31	16	15	206	—	268	7	N	↷
下 河	原	28	30	17	103	—	178	7	WNW	↷
甲 斐	合	46	5	22	197	—	270	3	SE	弱
道 落	志	12	6	15	229	10	272	10	NE	
万 力	力	19	×	12	89	—	120	10	E	
上 吉	田	7	5	26	223	1	272	8	NW	↷

地 名	項 目	日 雨 量						最 大 風 力	同風向	風のま わり方
		21 日	22 日	23 日	24 日	25 日	合 計			
川 田	源	17	0	13	102	—	132	8	W	
		21	31	21	168	—	241	6	NNW	
中 富	坂	27	1	43	152	7	230	8	NW	
		13	1	26	90	—	130			
双 葉	根	16	30	17	91	0	154	7	NW	
		30	35	25	166	0	256	5	NW	
上 野	里	15	1	3	153	—	199	5	NE	
		17	2	25	71	—	115			
清 根	畑	15	0	24	78	—	117	7	W	↘
		28	0	37	230	—	295			
古 関	色	23	3	33	182	—	241			弱
		26	13	33	199	29	300			
上 九 一	平	21	15	23	97		156			弱
		16	7	36	200		259			
奈 良	田	29	7	40	236		312			弱
		10	3	8	157		178			
初 伏	瀬	33	4	16	70		123			
		32	4	17	136		189			
小 樺	山	45	6	39	233	—	323			
		15	1	21	100	—	137			
日 向	殿	29	2	43	193	1	267			
		26	7	22	135	1	190			
黒 金	山	12	6	19	182	—	219			
		32	30	23	116	29	230	12	SE	

部では 300 mm に近い雨量となり、21 日から 25 日までの総雨量は県北部で 100～150mm、県南部では 350 mm 以上に達した。台風 26 号の特徴は、中規模ではあったが、速度が非常にはやかかったことである。また、24 日の日雨量は船津では 269.3mm で、過去 16 年間の資料でみると、その間の最大日雨量 260.5mm（昭和 34 年災害時）に比してあまり大きい値ではなく、確率最大日雨量としては 32 年に 1 回程度のものである。これに対して、災害当日の最大時雨量は 82.2mm で、同じく過去 16 年間の資料での最大時雨量 62.2mm に比してかなり大きい値となり、確率最大時雨量としては 263 年に 1 回程度となる。したがって、今回の山地災害は最大日雨量よりも、最大時雨量の影響のほうが大きいといえるのではなかろうか。

台風 26 号による災害時の気象関係図表は第 3・4 図、第 2・3・4 表である。

3. 被害概況

i) 山梨県下の被害

台風 26 号の中心部の進行経過にしたがって、山梨県下の梅ヶ島・身延・足和田・芦川・市川・甲府・石和等の各地に被害をもたらした。災害直後の各地の被害は、甲府地方気象台の速報によれば第 5 表のごとくで、人口密度その他の因子を除けば、第 5 図の総雨量分布図よりも日雨量分布図のほうが、被害の程度に関係があると思われる。さらに、第 5 表の時雨量 60mm 以上をもたらした船津・古関・上九一色・大蔵沢山・市川大門・硯島・雨畑・睦合南部等は被害の程度と密接に関係するようである。調査地域である足

第4表 毎 時 雨 量 表

所管	気 象 台																		建 設 省					参考		
地名 日時	甲府	船津	清里	高根	芦倉	黒平	奈良田	雨畑	古関	上九一色	初狩	室伏	広瀬	小樺	日向山	御殿山	黒金山	大蔵沢山	釜無	富士見	石和	市川大門	野呂川	硯島	睦合	塩之沢
24.10	1	1	1	1	2	—	3	2	3	1	2	—		4	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	2	4	3	6	—
11	3	1	1	2	3	1	4	3	6	0	1	—		2	↑	↑	↑	↑	↑	↑		4	4	3	5	—
12	5	5	2	2	4	4	6	3	7	7	4	2		8	↑	↑	↑	↑	↑	↑		4	7	4	7	—
13	4	2	1	2	4	3	12	5	4	7	2	0		6	↑	↑	↑	↑	↑	↑		4	5	5	7	8
14	0	1	2	2	3	2	14	5	4	0	4	—		8	26	70	19	33	5	8	31	2	9	6	1	4
15	3	7	1	1	5	1	13	4	4	5	6	2		13	↑	↑	↑	↑	↑	↑		4	14	8	4	5
16	3	6	4	3	5	2	8	6	7	0	7	3		7	↑	↑	↑	↑	↑	↑		10	8	5	9	16
17	0	4	8	5	11	1	7	7	3	—	4	0		10	↑	↑	↑	↑	↑	↑		2	7	4	5	2
18	2	10	2	3	6	2	18	10	6	1	1	3		16	↓	↓	↓	↓	↓	↓		15	14	10	10	10
19	3	11	1	3	9	1	12	15	2	3	15	4		11	5	16	11	↑	0	3		2	18	15	3	5
20	8	12	5	5	18	7	18	12	18	8	10	4		18	6	↑	↑	↑	4	5		15	5	15	3	13
21	0	2	3	5	6	8	8	3	4	1	3	1		6	3	8	2	5	3	3	↓	6	3	7	6	1
22	3	4	1	1	6	1	5	8	3	5	5	—		15	4	↑	1	3	5	4	1	2	2	10	1	3
23	4	21	4	6	4	1	8	19	2	4	10	5		13	2	8	4	↑	8	6	6	8	12	10	3	10
24	5	21	4	6	14	3	18	30	6	13	8	3		22	9	26	5	21	20	13	6	11	18	30	10	30
2. 1	11	35	7	6	33	11	33	55	30	42	30	7		24	↑	55	13	27	27	23	12	23	26	43	46	62
2	41	68	12	13	58	12	46	29	61	90	37	28		29	44	6	59	60	20	9	50	68	28	93	84	98
3	6	4	8	9	5	33	3	1	1	5	5	7		11	↓	1	↑	20	9	8	8	2	7	3	6	1
4	0	0	3	2	1	4	2	1	—	1	3	1		5	2	1	20	↓	3	1	0	0	3	2	0	0
5	—	3	0	0	—	—	—	1	—	—	—	—		2	—	—	—	—	0	0	0	0	1	0	0	0
6	—	0	1	—	—	—	—	—	—	2	—	—		—	↑	↑	↑	—	0	0	0	0	0	1	0	1
7	—	0	0	—	—	—	—	0	—	1	—	—		—	4	2	1	—	↑	0	—	—	0	0	2	0
8	0	0	—	—	—	—	—	3	—	2	—	—		—	↓	↓	↓	—	12	—	—	—	0	2	0	0
9	—	0	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—		—	↓	↓	↓	—	↓	—	—	—	—	0	0	0

和田村付近は富士吉田署の管内であるが、第6表をみても死傷者、建造物およびその他の被害も比較的多い。

また、山梨県林務部の「山梨県山地崩壊実態調査⁹⁾」によれば、県下の被害概況および林業関係被害は第6、7表のごとくである。

ii) 調査地の被害

第6表にみられるように、調査地は警察署の管轄別では富士吉田の管内にはいるが、他の管内に比較して、人口被害・建造物の被害もきわめて大きい。

県下の人的被害の死者・行方不明174名中、富士吉田管内で95名となっており、実に県下の過半数を占めている。このように人的被害が集中していることは、単なる山地荒廃でなく、山間部落を襲った土石流の激しさを物語っている。

以上のごとく県下でもっとも被害の激甚地区であったことから、調査地もこの足和田村を中心として選んだわけである。

この被害激甚区であった足和田村を中心とする地域でも、足和田村の根場・西湖の両部落は被害の程

第 5 表 県 下 被 害 表 (昭和41年 9 月28日12時現在)

署 別 区 分		甲 府	南 甲 府	小 笠 原	韭 崎	長 坂	鯉 沢	南 部	市 川	石 和	日 下 部	塩 山	大 月
死 者 負 傷 者 行 方 不 明	死 者	1			3		3	5	14	10	5		5
	負 傷 者		1		1		1	4	11	4	4		7
	行 方 不 明		1					2	13	8			4
建 造 物 被 害	全 壊			1	1		10	17	13	17	10	3	4
	半 壊	1			1		17	54	7	11	26	30	39
	流 失						1	7	16	7			
	床上浸水	235	238	278	30		400	362	169	157	3	34	48
	床下浸水	2,785	1,838	670	50		376	868	488	680	110	408	53
	一部破損	1	1				2	120	500	47	26	6	127
耕 地 被 害	非住家破損		2	3			11	200	25	73	26	3	43
	水田		22	3				59	60	36	22		6
	流失埋没ha		286	9			170	99		257	115	68	14
	冠水 ha	42											
	畑		7							98			
	流失埋没ha		366	23			10	212		300	69	654	7
道 路 損 壊 橋 梁 流 失 堤 防 欠 壊 山・がけくずれ 鉄 軌 道 被 害 通 信 施 設 被 害 木 材 流 失	道 路 損 壊	7	10	18			28	160	83	224	4	3	19
	橋 梁 流 失		7	4	1		8	36	23	81	2	3	3
	堤 防 欠 壊		10	2	1		1	4	15	107		13	3
	山・がけくずれ		1		1		1	23	58	186	2	16	14
	鉄 軌 道 被 害				2			54				1	4
	通 信 施 設 被 害	228	17				1				1	20	169
木 材 流 失	木 材 流 失									10			

第 6 表 被 害 概 況 (全県)

人 的 被 害		家 屋 の 被 害		非 住 家 被 害		公 共 建 物 被 害		被 害 額	
区 分	被 害	区 分	被 害	区 分	被 害	区 分	被 害	区 分	被 害
死 者	人 143	全壊流失	世帯 312	全壊流失	棟 321	全壊流失	棟 18	土 木 関 係	億円 76
行方不明	32	半 壊	564	半 壊	448	半 壊	15	林 業 関 係	106
重 傷	81	床上浸水	2,407	そ の 他	1,417	そ の 他	187	農 業 関 係	47
軽 傷	171	床下浸水	11,061					建 物 関 係	41
		一部破損	3,760					商 工 そ の 他	5
計	427	計	18,104	計	2,186	計		計	275

第7表 林業関係被害（全県）

都 留	富士 吉田	上 野 原	計	区 分	数 量	被害額 百万円	備 考
				林地崩壊	2,540か所	98,815	新生および拡大崩壊
				施設被害			
				治山	42か所	170	
				林道	1,104か所	163	含橋梁36
				その他	89	111	特産、木炭倉庫ほか
				林産物被害			
				立木	12,081 m³	87	県1,360m³ 民10,721m³
				丸太	2,795 m³	35	県 835m³ 民 1,960m³
				苗木	703千本	3	埋没
				その他		5	薪炭 特殊林産
				造林被害地			
				県有林	71.83 ha	8	荒廃
				民有林	297.08 ha	180	"
				総計		10,577	

度⁷⁾がもっとも高く、根場部落では人口235人のうち死者50名、行方不明者13名、部落の全戸数41戸のうち全・半壊数37戸に達し、西湖部落では、死者31人、全戸数93戸のうち、全半壊70戸に達するという惨状を呈した。

山地荒廃としては、今回の台風26号によって被害の甚大であった各地区の山地災害状況は、林野庁で企画した「山地災害動態調査報告書」の災害後の空中写真によれば、第8表のごとくである。足和田地区では崩壊数1,291、崩壊面積106.03haで、100haあたりの

崩壊面積は2.07haで、災害前の写真（昭和40年5月撮影）の崩壊数1,172、崩壊面積56.41haを除くと、崩壊数119、崩壊面積49.62haで、100haあたり1.00haとなる。これを既往の各水害時の崩壊発生状況第9表と比較すると、山地崩壊率としては比較的低いといえる。

また、山梨県で今回の台風26号による県下の山地災害状況を調査した結果の第10表⁹⁾によれば、山梨県下で、山腹崩壊は3,368か所、面積177.355ha、土石量1,470,005m³、窪地崩壊は739か所、面積42.161ha、土石量426,636m³、溪岸崩壊は528か所、面積27,094ha、土石量255,353m³で、これら崩壊の計は4,635か所、面積246.61ha、土石量2,151,994m³となり、これによる溪流荒廃量は298か所、187.391haとなっている。これに対して、被害の甚大であった吉田林務事務所管内では、山腹崩壊は709か所、面積49.732ha、土量397,581m³、窪地崩壊は65か所、面積2.947ha、土量51,293m³、溪岸崩壊は102か所、面積6,305ha、土量54,104m³となり、崩壊量の計876か所、面積58.984ha、土量502,978m³となり、溪流荒廃量は57か所、面積41.781haとなっている。これらの数値をみると吉田林務所管内の山地被害量は全県下の山地被害量に対して崩壊か所数で20%、崩壊面積で24%、崩壊土量で23%、溪流荒廃か所数で19%、溪流荒廃面積で22%となっており、全県下の $\frac{1}{4}$ ～ $\frac{1}{5}$ の被害が吉田林務事務所管内に集中していることとなる。

荒廃激甚区のなかでも崩壊のおこり方は多少違っており、それらを明らかにするために、地区区分する

第8表 足和田地区荒廃数量表

地区 番号 (大区分)	面積 (ha)	崩壊地						溪流荒廃地					
		災害前			災害後			災害前			災害後		
		箇所数	面積 (ha)	100ha あたり (ha)	箇所数	面積 (ha)	100ha あたり (ha)	箇所数	面積 (ha)	100ha あたり (ha)	箇所数	面積 (ha)	100ha あたり (ha)
I	341.00	108	6.11	1.79	170	12.73	3.73	3	0.82	0.46	9	9.14	5.30
II	62.75	—	—	—	4	0.27	0.45	—	—	—	—	—	—
III	457.00	171	8.32	1.82	272	25.63	5.61	3	1.17	0.65	15	15.79	10.57
IV	493.25	50	2.55	0.52	142	12.11	2.46	5	1.71	1.06	15	12.88	6.08
V	280.50	7	1.31	0.47	12	0.81	0.29	—	—	—	—	—	—
計	1,634.50	336	18.29	1.12	600	51.55	3.15	11	3.70	0.23	39	37.81	2.31
VI	197.50	46	1.39	0.70	2	0.19	0.10	2	1.35	1.60	2	6.27	6.08
VII	536.25	135	6.17	0.58	149	12.73	2.38	1	0.68	0.26	13	17.81	7.29
VIII	530.25	34	1.09	0.21	103	6.29	1.19	2	0.39	0.10	3	3.25	0.86
IX	489.00	191	4.38	0.90	119	7.99	1.63	1	0.15	0.08	13	10.17	3.84
計	1,753.00	406	13.03	0.74	373	27.20	1.55	6	2.57	0.15	31	37.50	2.14
X	557.25	110	8.27	1.49	80	8.47	1.52	2	4.26	1.57	9	9.42	3.36
IX	88.25	18	2.18	2.47	—	—	—	1	1.97	2.23	1	2.65	3.00
XII	558.50	251	11.20	2.02	111	10.79	1.93	3	2.40	1.29	12	16.90	8.86
XIII	467.00	51	3.44	0.74	114	7.69	1.65	3	1.05	0.73	12	11.74	7.27
XIV	68.25	—	—	—	13	0.33	0.49	1	0.35	0.51	1	0.38	0.56
計	1,739.25	430	25.09	1.44	318	27.28	1.57	10	10.03	0.58	35	41.09	2.36
総計	5,126.75	1,172	56.41	1.10	1,291	106.03	2.07	27	16.30	0.32	105	116.40	2.27

第10表 吉田林務事務所

市町村	山腹崩壊			窪地崩壊		
	箇所数	面積(ha)	土量(m³)	箇所数	面積(ha)	土量(m³)
上九一	69	4.389	33,092	0	0	0
足和田	265	16.877	175,085	9	0.440	10,276
鳴沢	5	0.298	2,105	0	0	0
河口湖	322	19.228	155,065	56	2.507	41,017
忍野	3	0.586	5,249	0	0	0
富士吉田	16	0.987	5,667	0	0	0
山中湖	29	7.367	21,318	0	0	0
計	709	49.732	397,581	65	2.947	51,293
山梨県計	3,368	177.355	1,470,005	739	42.161	426,636

と第5図のごとくである。第8表で、区分ⅠからⅤまでは、精進湖の東から王岳・鬼ヶ岳・十二ヶ岳・毛無山を経て、河口湖西部の天神峠に至る御坂山脈の連山の南側であり、大きくみれば斜面長・傾斜がそろった矩形状の山地で、その間に数個のほぼ相似た規模の溪流が南下して、西湖または河口湖に入る。また、大区分ⅥからⅨまでは、Ⅳ地区の頂点から分かれて御坂山に至る山地の大体南斜面で、流水はすべて河口湖に注がれる。大区分ⅩからⅩⅣまでは御坂山脈の北面であり、芦川の流域に入る。

大区分のⅠからⅨまでの範囲で、Ⅰ～Ⅴまでの地区は面積約1,635ha、崩壊面積51.55ha、100haあた

第9表 各水害の山地崩壊比較表

地区名	水害年次	地区 山地面積 (km ²)	主たる地質	山地崩 壊箇所 数	山地崩 壊面積 (ha)	崩壊1 か所平 均面積 (ha)	崩壊の 平均深 (m)	崩壊の 生産土 砂量 (10 ⁴ m ³)	山地面積1kmあたり		
									崩壊箇 所数	崩壊面 積(ha)	崩壊生 産土砂 量(10 ⁴ m ³)
赤城沼尾川 (敷島)	昭和22年	10	—	—	105	—	×0.5	53	—	10.5	5.3
阿蘇山 (色見)	"	11	安山岩	211	52	0.25	1.5	77	19	4.7	7.0
門司市 (花園)	28年	100	—	—	350	—	×0.5	×170	—	3.5	1.7
有田川上流 (花園)	"	33	安山岩	1,371	169	0.12	1.6	278	42	5.1	8.4
木津川上野右岸	"	30	中古生層	568	57	0.10	1.3	77	19	1.9	2.6
長崎本明川	"	250	—	—	600	—	—	×780	—	2.4	3.1
狩野川上流 (天城)	"	47	中生層	584	213	0.37	2.0	430	12	4.5	9.2
塩山周辺 (重川)	"	30	花崗岩	1,208	107	0.09	0.3	27	40	3.6	0.9
釜無川中流右岸 (大武川)	32年	14	安山岩	—	11	—	—	12	—	0.8	0.8
福土川	33年	268	—	3,000	350	—	—	—	11	1.3	—
足和田	"	78	安山岩	1,061	69	0.06	0.3	18	14	0.9	0.2
	34年	377	—	774	146	0.19	—	—	2	0.4	—
	"	52	石英閃緑岩	224	32	0.14	×0.5	×16	4	0.6	0.3
	"	199	—	473	175	0.37	—	—	2	0.9	—
	"	65	花崗岩	191	84	0.44	×0.6	×50	3	1.3	0.8
	"	24	御坂層	106	12	0.11	×0.6	×7	3	0.3	0.2
	41年	51	御坂層	119	50	0.42	×0.6	×30	2	1.0	0.6

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

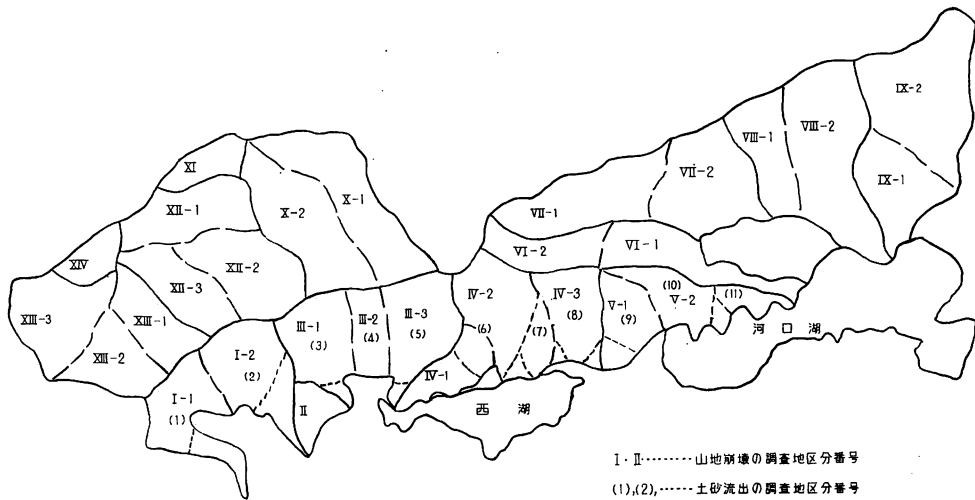
2. ×印を付したのは崩壊の平均深および生産土砂量は推定による。

管内山地荒廃状況

溪岸崩壊			計			溪流荒廃	
箇所数	面積(ha)	土量(m ³)	箇所数	面積(ha)	土量(m ³)	箇所数	面積(ha)
5	0.242	1,780	74	4.631	34,872	0	0
22	1.631	23,454	296	18.948	208,815	37	31.581
0	0	0	5	0.298	2,105	1	0.375
54	1.725	12,655	432	23.460	208,737	18	9.475
0	0	0	3	0.586	5,249	0	0
20	2.673	15,937	36	3.660	21,604	1	0.350
1	0.034	278	30	7.401	21,596	0	0
102	6.305	54,104	876	58.984	502,978	57	41.781
528	27.094	255,353	4,635	246.610	2,151,994	298	187.391

り崩壊面積 3.15ha に対して、VIからIXまでの地区の面積は約 1,753ha、崩壊面積 27.2ha、100ha あたり崩壊面積 1.55ha となり、前者の方が後者よりも崩壊率は高い。さらに、この被害の程度の高かったⅠ～Ⅴ地区のなかでも、それらをさらに区分したⅠ-2、Ⅲ-1、Ⅲ-2、Ⅲ-3、Ⅳ-1の各地区の崩壊面積は 100ha あたり 3ha 以上で、山地災害激甚地区といえる。

山地崩壊・土石流状況を現地について観察した地区は、西湖に集水する西の根場部落の王岳沢・本沢・東入沢から東の西湖部落三ツ沢に至る間と、河口湖に集水する大淵谷・中沢の付近である。これらの各地



第 5 図 足和田地区の山地崩壊地区・土砂流出地区区分図



写真 3. 根場本沢の荒廃

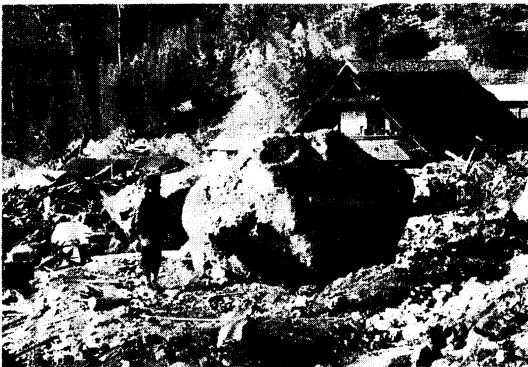


写真 4. 根場部落の荒廃

区についての山地崩壊・土石流の状況を述べると、以下のごとくである。

a) 根 場⁶⁾

根場に集中する溪流は、王岳沢 (162ha)・本沢 (72ha)・東入沢 (193ha)、計 427ha の集水面積を有している。地形は西湖北岸の諸溪流流域についてもいえるが、西湖岸から稜線に至る距離は約 1,600m から 2,300m 程度であり、その間に約 600~800m の比高があり、きわめて急傾斜を示している。

根場に注ぐ王岳沢・本沢・東入沢の 3 溪流の流域面積は東入沢 (193ha)・王岳沢 (162ha)・本沢 (72ha) の順で、もっとも被害をもたらした本沢 (写真 3, 4) はこの 3 溪流のうちではもっとも小さい流域であるが、土石流による堆積量は王岳沢 ($156 \times 10^3 \text{m}^3$)、東入沢 ($117 \times 10^3 \text{m}^3$)、本沢 ($97 \times 10^3 \text{m}^3$) の順となっている。本沢は土石の絶対量は少ないが、部落の大部分が本沢の真下に位置していたため、被害としてはこの本沢の土石流がも

っとも部落に影響を与えた。これらの溪流はいずれも標高 1,000 付近で多少峡谷状をしており、その上部が 2 ないし 3 本の支流に分かれて、その各支流流域からのかつての流送土砂が、峡谷の上流付近に大きく堆積していたものと思われる。時雨量 100mm 以上と推定される豪雨にともない、これらの堆積土砂が一

度に流下し、土石流を発生する条件がそろったものとみられる。

b) 桑留木沢

根場と西湖との間にある桑留木沢は、西湖に面する諸溪流のなかでは、集水面積（約228ha）は最大であり、その上流は鬼ヶ岳（1712.4m）・金山（1687.8m）・十二ヶ岳（1683.6m）と湖面からの比高も最高である。流出土砂も最大で、約 $198 \times 10^8 \text{m}^3$ に達している。幸いこの流域には災害時、キリスト教の修道僧が4、5人住んでいたほかは、沢の右岸突端に1軒観光施設があっただけであったため、大きな人為被害は免れた。修道僧の宿舍も土石流の右岸端の松林内にあったので、直接の被害はなかった。この溪流でも標高1,000m付近で峡谷をつくり、その上流は3本の支流となって、上流の侵蝕のはげしい地域からの災害前からの流出土砂を堆積していたものと考えられる。

c) 西湖⁶⁾

西湖部落は根場とともに今回の台風で、人的被害のもっとも集中した地区である（写真5）。西湖部落を流れる三沢もその名のごとく、標高1,000m付近で3本の溪流にわかれ、上流域の流送土砂を堆積し、その下流は1本の溪流となって急勾配の峡谷をしめし、下流部は流送土砂による扇状地を形成する。西湖に面する各溪流のうち、この三沢だけに災害前から治山ダムが設置されていた。このことは34年の7号台風時にも多少の土砂流出があったことが考えられる。しかし、県林務部ではこの沢に12本の治山ダムを計画していたが、今回の災害時までには諸般の事情により、最上流の水道取入れダムと、最下流の床固めのな堰堤を含めて4本のダムしか設置されていなかった。このため、災害時には上流からの流送土砂（写真6）は、これらのダム（写真7、8）を越流して部落に流れこんだものとみられる。しかも、この扇状地での三沢の流路は左岸側にコ字を描いて曲流させられていたため、流送土砂はこの流路にそって流れ得ず、部落の中央を直進し、人命・家屋・耕地に甚大な被害を与えて、一部西湖に流入した。

d) 長浜

同じく足和田村に属するが、この地区の溪

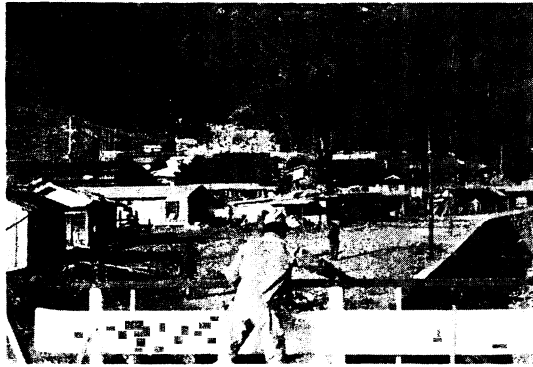


写真 5. 西湖部落



写真 6. 西湖三沢の荒廃



写真 7. 西湖三沢の治山ダムによる堆積



写真 8. 西湖三沢の土石流

ほとんどは河口湖へ流入したと思われる。

e) 大淵谷

この地区は河口湖町に属し、桑留木・三沢の裏面になり、流域の最上流部は節刀ヶ岳 (1,736m)・金山 (1,687m) で、林相は前記の各流域と同様である。今回の台風前の空中写真によって、とくに上流部に山腹崩壊地があり、堆積土砂があったようである。これがため、3基の既設砂防ダムがあり、今回の台風ではこれらの堆積土砂は砂防ダムを越流し、一部ダムを破壊し、道路を欠壊して下流域に流出した。しかし、下流部には溪床に全面的にアカマツの水害防備林が約 1 km の長さに植林されており、流出土砂の大部分をふたたび溪床内に堆積せしめ、これより下流の農地・宅地への流出はほとんどみとめられなかった。

f) 中沢

大淵谷の東方に鳥打沢・西沢・東沢と連なり、東沢と西沢と合流した中沢付近では、昭和26～29年にかけて数個の治山ダムが設置されており、上流からの流送土砂はこれらのダムに堆積、あるいは越流して、下流流路を天井川にし、一部流路外へ溢流した。しかし、これらのダム群による流送土砂の抑止量と、流送土砂を減速させた効果は大きく、これより下流の中沢、大石部落への被害を軽減せしめたとみられる。

II. 山地崩壊の特徴

1. 既往水害時の山地崩壊との比較

今回の台風で最も激甚な被害をうけた足和田地区の山地崩壊の程度と、戦後の主要水害の調査結果を比較すると、さきにあげた第9表²⁾のごとくである。この表の資料では、調査対象面積に広狭があるので、調査対象山地面積 1km²あたりの崩壊面積の数字がそのまま山地荒廃程度の比較とはならず、一般に調査対象面積が小さいほどこの数字は大になる傾向があるので、正確な比較とはいえないが、今回の足和田の被害は過去の水害と比較すると、1km²あたりの崩壊箇所数は昭和28年の阿蘇山、昭和30年の木津川右岸地区に比しては小さく、昭和33年の狩野川上流地区とほぼ同程度で、昭和34年の7号台風による山梨県下の各地区と比較するとやや大きく、中級程度といってもよかろう。崩壊面積は過去の諸水害に比して小さい値であるが、昭和34年災害時の塩山周辺、および同じ御坂層である福土川地区よりは、やや大きい値をしめしている。崩壊生産土砂量はほぼ崩壊面積と同様の傾向をしめしており、過去の諸災害の平均値より下回っている。崩壊地の1か所あたりの平均面積もやはり過去の諸水害における平均面積よりも小さい。しかし、1km²あたりの崩壊生産土砂量等を考えあわせると、崩壊の深さはどちらかというと深い方に属

流は河口湖に流入している。流域の最高標高は西湖部落と接する毛無山 (1,500m) であるが、河口湖からの比高は約 670m で西湖部落三沢流域の比高 780m より約 100m 低い。この地区での崩壊地はほとんど見受けられない。災害後の空中写真によれば、崩壊面積 0.67ha、崩壊面積率 0.57% ときわめて小さい。溪流荒廃の面積は 0.26ha で、他流域に比較してきわめて小さい。この地区の各溪流からの流出土砂は流路から多少溢流したが、

し、さきにあげた同じ地質の富士川地区の崩壊深の2倍近くになっている。以上のことから、今回の台風による崩壊は崩壊箇所数・崩壊面積・崩壊生産土砂量等からみて中級程度の発生状況をしめし、崩壊深がやや大きい値をしめしているとみられる。

2. 山地崩壊の型

山地崩壊の型については、そのくずれた場所・材料・形・移動状態・原因などによる種々の分類法があるが、山地崩壊の防止対策を考える上で重要な原因を主眼とした簡単な方法によると、第11表²⁾のように分類される。

第11表 山 地 崩 壊 の 分 類

山 地 崩 壊 (狭義の山崩)	{	1. 山腹崩壊：不連続が原因となることが多い山腹のくずれ
		{ 1-1 山腹剥落
		{ 1-2 山腹滑落
		{ 1-3 地すべり性崩壊
		2. 溪岸崩壊：溪流の縦横浸食が原因となる溪岸のくずれ
		3. 窪地崩壊：集水が原因となる前者の中間の窪地のくずれ

台風・集中豪雨等による山腹崩壊は、おもに降雨によるものであるから、透水係数の異なる土層界、土層と基岩の境、風化した岩石と未風化の岩石の境、粘土化しやすい基岩の存在など深さの方向の透水係数の不連続と、道路等による地表状態の変換点、土層と岩盤との接触点、林相変化点などの不連続という山腹面に存在する何らかの不連続が、原因の大部分となるものと考えられる。山腹崩壊のうちで、山腹の裸地または被覆の薄い所が地表水の浸蝕によって、比較的薄く幅狭く表土をはぎとられるのが山腹剥落であり、一般に急斜地の山腹土壌が浸透水、湧水によって板状に滑落するか、山腹の土層が浸透水による剪断抵抗の低下によって、レンズ状に崩壊するのが山腹滑落であり、すべりの原因となる特殊粘土を生ずる特殊岩石の存在部分で、浸透水・湧水によってすべり、同一崩壊地で何度もくりかえしすべることがあり、比較的緩傾斜でもおこるのが地すべり性崩壊であるとされている。

溪岸崩壊は溪流（常時流水のあるような沢程度以上を指す）の曲流や土石流の通過など溪流の縦横浸蝕によって、溪岸山腹には原因がなくとも溪岸がくずれるものである。

窪地崩壊は凹地への集水が主原因であるが、凹地の上部は山腹滑落、中部は地表水集水による山腹剥落、下部は溪流浸蝕による溪岸崩壊としてくずれることが多い。

今回の26号台風によって、足和田村を含む吉田林務事務所管内での山腹崩壊、窪地崩壊、溪岸崩壊各箇所数はそれぞれ 709, 65, 102 で山腹崩壊がもっとも多い。また、各崩壊の面積も山腹崩壊が約 50ha、窪地崩壊が 8.8ha、溪岸崩壊が 6.3ha と山腹崩壊面積がやはりもっとも大きい。箇所数的にも、面積的にももっとも多かった山腹崩壊は、火山灰表上層と石英安山岩・玄武岩等の風化上層との境界、あるいはこれらの未風化の岩石と、風化された岩屑との境などが不連続面として存在し、山腹滑落となっているものが多いようにみられる。これらの岩屑は、きわめて風化しやすい岩石が永年の間に山腹面に堆積していたものとみられる。窪地崩壊・溪岸崩壊による崩壊は比較的少なく、また山腹崩壊でも山腹滑落、地すべり性崩壊よりも山腹剥落が多かったようである。溪岸崩壊は比較的少なかったが、各溪流に厚く堆積していた土石が、いわゆる土石流によって洗掘された場所が各所にみられる。今回の台風による山地災害としては、この土石流によるものがもっとも大きい被害の原因となっている。

第12表 位置・縦断面・横断面別

地区番号	發生位置						發	
	上		中		下		凹	
	箇所数	面積	箇所数	面積	箇所数	面積	箇所数	面積
I	49	4.37	53	4.01	68	4.28	72	5.90
II	0	0	0	0	4	0.27	0	0
III	76	8.05	75	5.65	121	11.93	10	0.64
IV	34	4.39	39	2.52	69	5.20	11	2.27
V	1	0.09	2	0.10	9	0.62	6	0.49
計	160	16.90	169	12.28	271	22.30	99	9.30
%	27	33	28	24	45	43	17	18
VI	0	0	1	0.18	1	0.01	0	0
VII	35	3.00	34	2.53	80	7.20	35	3.08
VIII	21	1.21	18	1.14	64	3.94	24	2.05
IX	35	1.92	38	2.77	46	3.30	41	4.14
計	91	6.13	91	6.62	191	14.45	100	9.27
%	24	23	24	24	51	53	27	34
X	11	1.21	23	1.86	46	5.40	11	2.15
XI	0	0	0	0	0	0	0	0
XII	33	3.55	33	3.28	45	3.96	8	1.14
XIII	25	3.08	48	3.63	41	0.98	3	0.35
XIV	7	0.15	5	0.16	1	0.02	0	0
計	76	7.99	109	8.93	133	10.36	22	3.64
%	24	29	34	33	42	38	7	13
合計	327	31.02	369	27.83	595	47.11	221	22.21
%	25	29	29	26	46	45	17	21

第13表 林相別

地区番号	林相	林種											
		針葉樹				広葉樹				混交林			
		箇所数	箇所数 km ²	面積 (ha)	面積 km ²	箇所数	箇所数 km ²	面積 (ha)	面積 km ²	箇所数	箇所数 km ²	面積 (ha)	面積 km ²
I		105	51	7.98	3.9	3	10	0.15	0.5	62	61	4.53	4.4
II		0	0	0	0	0	0	0	0	4	12	0.27	0.8
III		106	71	10.78	7.2	69	94	5.59	7.6	97	46	9.26	4.4
IV		39	19	2.60	1.3	1	7	0.06	0.4	102	41	9.45	3.8
V		3	2	0.21	0.2	0	0	0	0	9	7	0.60	0.5
計・平均		253	35	21.57	3.0	73	61	5.80	4.8	274	38	24.11	3.4
VI		1	1	0.18	0.2	0	0	0	0	1	1	0.01	0
VII		149	29	12.73	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0
VIII		93	19	5.45	1.1	3	71	0.47	11.1	7	45	0.37	2.4
IX		77	24	5.49	1.7	26	33	1.52	1.9	16	50	0.98	3.0
計・平均		320	23	23.85	1.7	29	34	1.99	2.3	24	15	1.36	0.9
X		7	5	0.41	0.31	11	49	1.62	7.0	62	16	6.44	1.7
XI		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
XII		1	2	0.03	0.1	0	0	0	0	110	24	10.76	2.3
XIII		39	32	2.89	2.4	10	36	0.61	2.2	65	23	4.19	1.5
XIV		0	0	0	0	0	0	0	0	13	23	0.33	0.6
計・平均		47	15	3.33	1.1	21	42	2.23	4.4	250	20	21.72	1.7
計・平均		620	26	48.75	2.0	123	49	10.02	3.9	548	26	47.19	2.2

崩壊箇所数・面積 (ha)

生 縦 断 面				発 生 横 断 面					
平 滑		凸		凹		平 滑		凸	
箇所数	面 積	箇所数	面 積	箇所数	面 積	箇所数	面 積	箇所数	面 積
77	5.28	21	1.48	122	10.50	27	1.09	21	1.07
4	0.27	0	0	4	0.27	0	0	0	0
156	14.49	106	10.50	177	18.11	53	2.88	42	4.64
108	7.79	23	2.05	99	10.11	28	1.26	15	0.74
6	0.32	0	0	8	0.67	1	0.07	0	0.07
351	28.15	150	14.03	410	39.66	109	5.30	81	6.52
59	55	25	27	68	77	18	10	14	13
2	0.19	0	0	2	0.19	0	0	0	0
103	8.77	11	0.88	102	10.41	37	1.85	10	0.47
75	3.90	4	0.34	80	5.65	6	0.19	17	0.45
73	3.56	5	0.29	73	5.89	24	1.45	22	0.65
253	16.42	20	15.1	257	22.14	67	3.49	49	1.57
68	60	5	6	69	81	18	13	13	6
65	61.3	5	0.19	58	7.29	16	0.92	6	0.26
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
98	8.58	5	1.07	74	8.42	20	1.54	17	0.83
109	7.25	2	0.09	75	6.14	23	0.69	16	0.86
13	0.33	0	0	11	0.31	2	0.02	0	0
285	22.29	11	1.35	218	22.16	61	3.17	39	1.95
90	82	3	5	69	81	19	12	12	7
889	66.86	181	16.89	885	83.96	237	11.96	169	10.04
69	63	14	16	69	79	18	11	13	10

崩壊状況

林 齢											
0 ~ 10 年				11 ~ 20 年				21 年 以 上			
箇所数	箇所数 km ²	面 積 (ha)	面 積 km ²	箇所数	箇所数 km ²	面 積 (ha)	面 積 km ²	箇所数	箇所数 km ²	面 積 (ha)	面 積 km ²
82	70	6.14	5.3	11	29	1.16	3.0	77	43	5.36	3.0
4	13	0.27	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0
104	92	12.28	10.8	59	39	5.22	3.5	109	65	8.13	4.8
32	26	4.10	3.1	29	19	2.35	1.6	81	43	5.66	3.0
9	7	0.60	3.4	1	2	0.16	0.3	2	3	0.05	0.1
231	44	23.39	4.5	100	25	8.89	2.2	269	43	19.20	3.0
2	3	0.19	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0
133	46	9.58	3.3	35	27	2.30	1.8	11	11	0.85	0.9
50	29	2.54	1.5	14	27	1.29	2.5	39	14	2.46	0.9
64	31	4.92	2.4	44	37	2.61	2.2	11	10	0.46	0.4
219	30	17.23	2.4	93	31	6.20	2.1	61	10	3.77	0.6
12	6	1.01	0.5	54	18	5.57	1.8	14	59	1.89	8.0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	27	5.64	2.4	24	12	2.11	1.1	25	33	3.04	4.0
64	26	4.38	1.8	26	23	1.97	1.7	24	34	1.34	1.9
13	23	0.33	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0
151	18	11.36	1.4	104	17	9.65	1.5	63	37	6.27	3.7
601	29	51.98	2.5	297	22	24.74	1.9	393	28	29.24	2.1

3. 崩壊と位置・断面形・森林との関係

前述の災害後の空中写真の判読、測定の結果によれば、調査地の範囲であるⅠ—Ⅴ地区について、崩壊の位置（山腹の尾根から谷間の発生位置を上・中・下と区分して）、崩壊の縦断面、同横断面の凹・平滑・凸型・崩壊発生地の森林の針葉樹林・広葉樹林・混交林の別および林齢の別にしてみると、その崩壊箇所数および面積は第12表および第13表のごとくなる。

地区間に差はあるが、調査地全体では崩壊発生位置は、下・中・上の順となり、下が特に多い。これは調査地区では一般に、尾根近くの上部が露岩地となっている場所が多いためと考えられる。崩壊発生地の縦断面形は微地形的には不明であるが、空中写真判読の程度では、平滑・凹・凸の順となり、平滑が特に多く、表層風化土層が地形傾斜にそって滑落的に崩壊したものとみられる。崩壊の横断面形については、やはり凹形が多く、雨水の集水によって崩壊の発生が多いことを物語っている。崩壊が発生した林相としては、混交林・針葉樹林・広葉樹林の順であるが、その林相別の占有面積率にすると、箇所数および面積とも広葉樹林、混交林、針葉樹林の順となり、広葉樹林内に崩壊発生がとくに多い。この順位は西湖付近の空中写真撮影地域全域にわたってもいえることで、薪炭林施業跡地の林相の劣悪な地域とみられる。また、林齢についてみると、占有面積率でⅠ・Ⅲ・Ⅱの順となり、薪炭林の伐採後10年未満の樹林に崩壊が多かったようである。

Ⅲ 山 地 か ら の 土 石 流 出

1. 崩壊土砂量と流出土石量

山梨県林務部の調査の結果では第14表のごとく、吉田林務所管内の山地崩壊土量は約 50万 m^3 、森林面積 100ha あたりの崩壊土量は約 1,500 m^3 で、他林務事務所管内と比較して大きい値である。足和田村だけにしぼると、第15表となり、崩壊土量は約 20万 m^3 、森林面積 100ha あたり約 9,800 m^3 をしめし、他の山梨県下の主要災害市町村に比していちじるしく大きい。現地調査した足和田村の南面する各渓流流域の山地崩壊土砂量は第16表のごとく約 10万 m^3 、山地面積 100ha あたりの土砂量は約 8,000 m^3 となっている。この値が足和田村全体より少ないのは、山地面積と森林面積との差によるものである。しかし、いずれにしても第 9 表のごとく、これらの数値を過去の災害の 100ha あたり崩壊土砂量と比較すると、崩壊土砂量そのものは小さい方に属する。

第14表 林 務 事 務 所 別 山 地 崩 壊

林 務 事 務 所	森 林 面 積 ha	荒 廃 地 箇 所 数		荒 廃 面 積		崩 壊 土 量	
		箇 所 数	森林 100ha あたり箇所 数	面 積 ha	森林 100ha あたり面積 (ha)	土 量(m^3)	森林 100ha あたり土量 (m^3)
甲 府	44,100	529	1.2	31.213	0.071	180,344	409.0
塩 山	40,000	965	1.7	12.053	0.180	300,263	750.7
鰍 沢	89,100	2,071	2.3	151.229	0.170	952,888	1,069.5
韭 崎	54,300	22	0.0	1.145	0.002	13,246	24.4
大 月	66,000	683	1.3	77.596	0.118	202,275	306.5
吉 田	32,500	933	2.9	100.765	0.310	502,978	1,547.6
計	326,000	4,933	1.5	434.001	0.133	2,151,994	660.1

注) 崩壊土量には溪流荒廃を含まない。森林面積は県内所在東京都有林を除いた民有林面積である。

第15表 主要市町村別山地崩壊状況

郡 市	町 村	森林面積 (ha)	荒 廢 地 箇 所 数		荒 廢 面 積		崩 壊 土 量	
			箇所数	森林 100ha あたり箇所数	面 積 (ha)	森林 100ha あたり面積 (ha)	土 量 (m³)	森林 100ha あたり土量 (m³)
南 都 留	足 和 田	2,135	333	15.2	50.529	2.367	208,815	9,781
南 巨 摩	身 延	10,352	416	4.1	43.306	0.422	293,339	2,834
大 月		23,587	228	1.0	34.639	0.147	88,709	376
南 都 留	河 口 湖	4,676	450	9.6	32.935	0.704	208,737	4,464
塩 山		9,641	344	3.6	24.776	0.257	113,357	1,176
東 山 梨	三 富	13,009	184	1.4	22.905	0.176	106,698	820
西 八 代	上 九 一 色	6,517	195	3.0	22.713	0.348	84,253	1,293
東 山 梨	大 和	4,035	135	3.3	21.188	0.525	64,806	1,606
南 巨 摩	中 富	2,403	304	12.7	18.027	0.750	136,184	5,667
都 留		13,378	281	2.1	14.913	0.111	69,047	516
南 巨 摩	早 川	34,864	94	0.3	13.168	0.038	119,484	343
西 八 代	三 珠	2,392	111	4.6	12.569	0.525	39,770	1,663
南 巨 摩	増 穂	5,315	131	2.5	9.462	0.178	37,405	704
南 巨 摩	富 沢	7,874	142	1.8	9.199	0.117	34,242	435
東 八 代	御 坂	3,978	178	4.5	9.068	0.228	65,125	1,637

注) 崩壊土量には溪流荒廃を含まない。

以上は山地崩壊土砂量についてのべたが、調査地域の土石流の流下による洗掘土砂量は第16表のごとくである。調査地域の合計は約 66万m³で、山地崩壊による土砂量に比すれば相当大きい量である。これらの流出洗掘した土砂量がきわめて大きいのは、各流域内の山地が風化の進んだ侵蝕されやすい山肌で、また、火山灰におおわれている山腹や開析のすすんだ露岩地域が多く、沢底には両岸から風化土、火山灰土、落下転動した岩塊・岩屑が厚く堆積していたとみられ、これらが時雨量 80~100mm といった豪雨によって、土石流となったものと考えられる。

これらの山腹崩壊・溪流洗掘によって流出した土砂は、第16表のごとく下流域に堆積された。この表で過半数以上の流域は、堆積土砂量の方が流出したと考えられる土砂量よりも多くなっているが、測定の誤差、容積密度の影響によるものであろう。

各溪流の土石流による堆積量をみると、地区番号 1 から 8 までの西湖に面する地区は $1 \times 10^4 \text{m}^3$ 以上の体積をしめし、9~11の河口湖に面する地区はかなり小さい。これは両地区の比高差・風向・若干の雨量の差によるものと考えられる。

土石流の被害としては、人的被害の大きかった根場・西湖の両部落を含む溪流があげられるが、他の各沢でもかなりの土砂の流出堆積がみられる。

土石流発生条件としては、多量の水の供給が必須である。今回の台風時にも一部には時雨量 100 mm をこえるところもあり、水の供給は一応十分あったものと考えられる。土石流発生状況の種類をあげると⁶⁾、

- 1) 山地崩壊によって生じた崩落土砂、あるいは床床堆積土砂が豪雨などのため多量の水分で飽和状態を呈して、急勾配の溪流を流下するもの。
- 2) 山地崩壊によって崩落した土砂が溪流をせきとめ、ダムアップして一挙に欠壊して流下するもの。
- 3) 異常な洪水が溪流を流れ、縦横侵蝕を繰り返して多量の土石を流水中に含み、その容量を増大して

第16表 足和田地区調査地の崩壊・洗掘・堆積状況

地区 番号	崩 壊		洗 掘		計		堆 積	
	面 積 (m ²)	体 積 (m ³)	面 積 (m ²)	体 積 (m ³)	面 積 (m ²)	体 積 (m ³)	面 積 (m ²)	体 積 (m ³)
(1)	23,550 (156)	8,155 (54)	19,098 (126)	35,518 (235)	42,648 (282)	43,673 (289)	28,297 (187)	56,594 (375)
(2)	27,260 (233)	12,494 (81)	11,774 (76)	31,013 (201)	39,034 (253)	43,507 (283)	12,517 (81)	37,551 (356)
(3)	66,084 (525)	28,430 (175)	32,163 (199)	104,328 (644)	98,247 (606)	132,758 (819)	44,566 (275)	156,713 (967)
(4)	29,308 (518)	12,249 (170)	32,905 (457)	72,778 (1,011)	26,213 (864)	85,027 (1,111)	40,260 (559)	97,038 (1,348)
(5)	41,261 (273)	17,311 (90)	31,621 (164)	75,500 (392)	27,882 (379)	92,811 (482)	39,185 (204)	117,556 (611)
(6)	30,486 (134)	12,717 (56)	89,328 (392)	187,108 (821)	119,814 (526)	199,825 (876)	4,474 (95)	198,829 (872)
(7)	1,548 (41)	774 (20)	1,871 (49)	5,742 (151)	3,419 (90)	6,516 (171)	8,774 (231)	17,548 (462)
(8)	44,324 (187)	10,102 (73)	59,552 (428)	130,465 (939)	103,876 (747)	140,567 (1,048)	44,494 (320)	147,134 (1,059)
(9)	1,032 (22)	516 (11)	2,580 (54)	7,740 (163)	3,612 (76)	8,756 (184)	1,161 (49)	580 (49)
(10)	1,129 (25)	565 (12)	2,580 (57)	7,740 (170)	3,709 (82)	8,305 (183)	645 (14)	323 (28)
(11)	193 (3)	97 (2)	— (—)	— (—)	193 (3)	97 (2)	129 (1)	65 (1)
計	266,175 (205)	103,410 (80)	283,472 (219)	657,932 (508)	549,647 (424)	761,842 (588)	224,502 (173)	829,931 (640)

注) ()内は地区単位面積あたりの数値。

流下するもの。

4) 1) 2) 3) が組み合わせあったもの。

以上のように大別されるが、1) 3) は比較的溪流が急勾配のさい発生するが、2) の場合はダムアップの過程で位置のエネルギーが蓄積されるので、比較的緩勾配の溪流でも発生し、ダムアップの規模によっては相当下流部まで達することもある。実際には4)のごとく種々組み合わせられた場合が多いようである。

土石流の特性としてあげられるのは⁹⁾、

1) 非常に粘性が大きく質量が大きいため、運動量が大きく、直進性を有すること。

2) 土石の運搬は各個運搬でなく、集合運搬であり、比重の大きい(1.4~2.0)流体であるため、相当大きな巨石も運搬される。

3) 土石流の速度はかなり発生形態により異なるが、十勝岳の土石流の例では遅い区間でも 3m/sec 内外から、速い区間では 40m/sec に達している。

4) 土石流はその速度と質量の大きさによって、意外に大きな破壊力を有している。これは土石流にある程度のエネルギーの持続性があるためと考えられる。

地質的にみて風化しやすく、侵蝕されやすい岩質のところは、他の地質状況のところよりも当然土石流がおこりやすい。また、とくに堆積土砂の厚いところ、あるいは火山灰土におおわれた山腹等で山くずれの多い地域でも、土石流が発生しやすい。調査地上流域は風化がすすんだ割れ目の多い礫岩層が横たわり、この礫岩の中には、御坂層を貫ぬいているといわれる石英閃緑岩が、礫となって含まれている。中流部は

緑色凝灰岩・頁岩・粘板岩・石灰岩の層に交互におおわれている。そして、これらの地層は細かい割れ目や微細な褶曲や断層が発達しており、御坂層堆積後のはげしい変動を受けている。また、中流部以下には火山灰土におおわれているところが多く、調査地が地質的に土石流の発生成立しやすい地域であることがわかる。

地形的には流域山地の傾斜が大きく影響することが考えられる。調査地の勾配を等高線延長法で測定した平均傾斜であらわし、単位面積あたりの堆積土砂量との関係をみると、相関係数は0.791で1%をこえる水準で有意である。また、各流域内を2万5千分の1地形図を使用して、一辺1cm(250m)の正方形内の等高線本数から傾斜を測定し、傾斜30°以上の占める面積率と前述の単位面積あたりの堆積土砂量との関係をみるとやはり1%の有意水準をこえている。

谷密度は溪流延長を流域面積で除した値であるが、一般にはこの谷密度は水の浸透しやすい地域では小さく、不透水性の地域では大きく、森林や草原は裸出地よりも大きく、高地は低地よりも小さく、傾斜地ではとくに小さいといわれている。このように谷密度は流域の地形・地質・地被状態に密接に関係があるといわれているが、土石流と関係づけて考えると、一般の山地の開析はすすんでいるとみられ、比高は小さくなり、降水のすみやかな流出が予想される。しかしながら、比高の小さいことは山腹の斜面長が短くなり、大規模の崩壊はあまり発生しないと考えられる。今回の調査地での単位面積あたりの土石流による堆積土量とこの谷密度との関係は有意水準10%でもみとめられなかった。

流域の形状係数もまた流域の水理的な地形をあらわすものであるが、形状係数の値の大きい流域は主流路の長さの割合に幅の広い流域で、小さいものは細長いことになり、土石流としては細長い方が、主流路の両側の山腹からの流出水をすみやかに下流に流出するようにも考えられるが、そのような溪流では溪床にも堆積土砂が残っていないとも考えられる。調査地では、この形状係数と土石流による堆積量との関係は、相関係数が10%水準でも有意ではなく、あまり関係はみられなかった。しかし、この集水域の形状も表現の方法によっては、土石流による堆積量と密接な関係があり、たとえば Gravelius の密集度 (Compactness) $C=2\sqrt{\pi A}/\text{流域周囲長}$ で流域の地形をあらわすと、円形に近い流域ほど集水性がよくなり、この値が小さくなるほどわるくなる傾向がある。今回の調査ではこの密集度は土石流による堆積量との相関係数で5%水準の有意をしめし、相対的にみるとかなり密接な関係がみられた。

以上、土石流発生原因のうち、その素因である地質・地形についてのべたが、誘因である気象因子とくに雨量は、土石流についてより直接的因子であると考えられる。この雨量も今回の調査地の場合、日雨量と時雨量とを比較すると、過去16年の資料では、日雨量は32年に1回の確率でしめされるが、時雨量は263年に1回の確率となり、この時雨量の大きいことが土石流の発生にも大きく影響すると判断される。しかしながら、局所的な山地災害の地域内での時雨量の流域別の差は、時雨量はもちろん日雨量でさえも等雨量線図から推定できるにすぎない。したがって、現在では日雨量の最大等雨量線内の災害地域には、一応十分な雨量が一樣にあったと仮定せざるを得ない。以上、土石流に関係する因子としての地質・地形その他の項目について検討してみたが、土石流自体の土石の生産の面からみると、地質的に風化侵蝕されやすい地域というほかに、山地崩壊が同時に発生した場合、あるいは事前に相当の崩壊地があって、崩落土が土石流とともに流出することが土石流の規模に大きく関係する。今回の災害時でも、土石流による堆積土砂量と山地崩壊面積との相関は、1%水準で有意であり、災害前と災害後との崩壊面積との間の相関も5%水準で有意であった。したがって、資料の関係で計算はできなかったが、災害前の崩壊面積と災害

後の堆積土砂量との間にもかなり密接な相関が推定される。

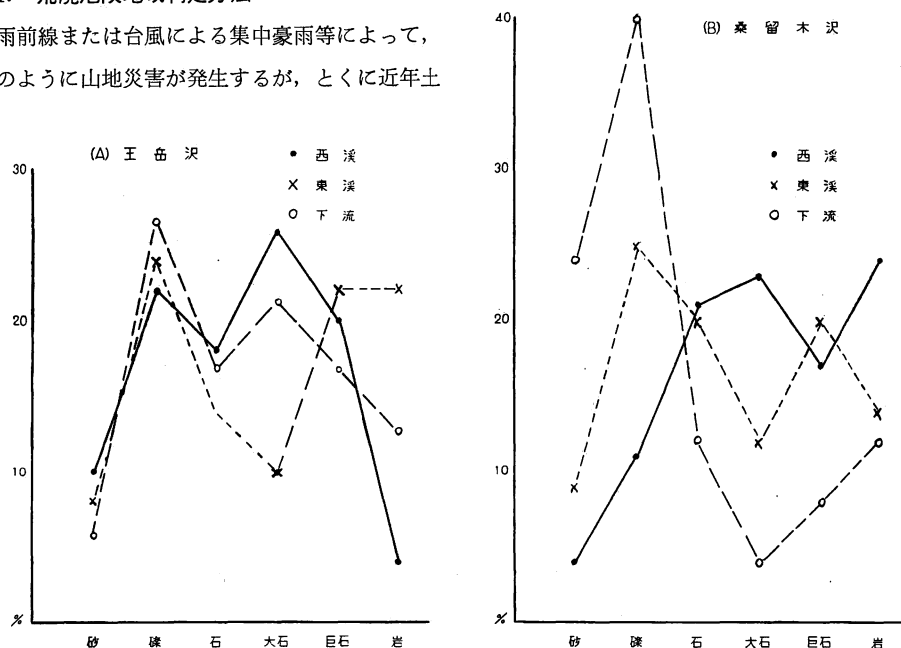
2. 流出土石の粒径

今回の災害地で、土石流によって運ばれた土石の粒径が、上流下流によってどのように変化したかを調査した。調査期間が短時日であったため、きわめて簡単な測定を試みた。測定したのは、災害後あまり人為による変化のなかったと考えられる。王岳沢と、鬼ヶ岳・金山・十二ヶ岳を水源とする桑留木沢である。この両沢はともに標高 1,000m から 1,050 m 付近に狭窄部を有し、ここで土石流の粒径に変化を生ずると考えられた。測定の結果は第 6 図のごとくである。上流側の粒径はこれらの狭窄部上端から約 100m 以上の渓床で、下流側は狭窄部下端から 100m 以下の渓床である。上流側は両沢とも東・西の 2 沢で測定した。測定方法は、渓流線に沿って 2 m ほどの点に位置する土石を、砂（径約 2 mm 以下）・礫（径約 2 cm）、・石（径約 10cm）・大石（径約 20cm）・巨石（径約 50cm）・岩（径約 1 m 以上）に分類して、それぞれ 50 点をとった。第 6 図の Y 軸は各粒径の個数の全個数に対する百分率である。両沢を比較すると砂・礫・石の比率は、王岳沢の方が上下流とも同一傾向をしめしているようである。王岳沢では砂は下流側の方が少なくなっているが、礫は多くなっており、大石と岩は上流側の東西の沢では逆になっている。桑留木沢では下流側の砂・礫は上流側より多くなっている。すなわち、両沢の比較では砂・礫に関しては、上下流で逆の結果となっており、一様性がない。王岳沢では各種の分布は上下流であまり判然としないが、桑留木沢では一応、下流側は小径のものの分布が上流側より大きく、大径のものの分布が少ないとみられる。以上の事例では、土石流による狭窄部の上下流での土石の径の差は、判然とした結果はみられない。

IV 荒廃危険地域の判定

1. 荒廃危険地域判定方法

梅雨前線または台風による集中豪雨等によって、毎年のように山地災害が発生するが、とくに近年土



第 6 図 流出土石粒径分布図

地開発の奥地化にしたがって、局所災害、あるいは人命におよぶ災害が多くなってきているようである。このような災害を事前に予察して、あらかじめ災害に対する処置をほどこしておくことは、きわめて望ましいことである。今回の災害地の足和田地区について、千葉大学の川崎⁹⁾は、この地区の山地が侵蝕されやすく、扇状地形成の速度の速いことから、荒廃危険地として地元に警告されていたとのことである。このように、特定の専門の学者が地質・地形等の関係から、荒廃危険地の予知を永年にわたって調査研究されていることは、きわめて意義のあることである。また、林野庁が今回の災害を契機として、ある一定条件以上の局所危険性をもつ地域を全国的に調査して、1万数千箇所をあげているが、このようなことも荒廃危険地域の予知方法として考えられる。しかし、前者では地質・地形的に興味をもたれる特定の地区が対象とされるし、このような調査が多数行なわれているわけではない。後者では漠然とある一定条件以上の災害危険地域が羅列されるうらみがないとはいえない。

これらの方法に対して、荒廃地発生の原因である雨量・地質・地形・林相等との個別的関連でなく、多重回帰の関係から荒廃の危険性の大小を判別しようとする方法がある。この方法は、各地区ごとの荒廃量 Y と荒廃に関係すると考えられる各種因子 $X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdots$ との多重回帰式ができれば、各種因子の Y に対する影響度が算出され、それによって各地区の危険度が相対的に類別されるというものである。現在、山地荒廃の機構が十分に解明されていないので、因子の種類をどのように考えるか、また、その因子の表現をいかにするか等の多くの問題を残している。したがって、現在では従来から荒廃量と関係しているといわれる常識的な因子をとりあげて、荒廃量と各種因子との多重回帰関係を検討していくことも一方法と考えられる。

今回の調査地のような局所災害的な場合には、荒廃危険地域の判定を山地崩壊の危険地域の判定と土石流出の危険地域の判定とに分けやすく、また、山地崩壊と土石流出を分けて考えるほうが合理的と思われるので、前者については、山地災害動態調査の足和田地域について、後者については、土石流による被害の甚大であった根場・西湖の両部落を含む御坂山地南面の11個の小流域について、多重回帰式による検討を行なった。

2. 崩壊危険地域の判定

山地の崩壊量と崩壊発生に関する諸因子との関係を解明してみると、つぎのごとくである。まず、崩壊の誘因となる気象関係の雨量・風速、素因となる地質・土質・地形・地被等の関係項目があげられる。

気象項目のなかで、雨量がもっとも崩壊に対して直接的因子とみなされるが、危険地判定の地域内の降雨状況の、各地区ごとの記録が現在では得られないので、等雨量線図(第5図)から推定するほかには方法がみあたらない。また、この雨量も、過去の資料から推定すると、災害時の連続総雨量よりも日雨量、日雨量よりも時雨量のほうが、崩壊の発生に大きく、影響があるようである。今回の調査地域では、日雨量の等雨量線図を入手することができ、しかも、調査地域が大体250~300mmの範囲の雨域におさまるので、その間に多少の差はあっても大体同一の雨量の地域とみなした。地域内の風速の変化は数値的にはあくすることが困難で、現在の段階ではこの因子は採用することができない。

現在治山調査では、地質の項目では崩壊と関係する表現として中生層・第三紀層・花崗岩地帯・火山噴出岩地帯・火山噴出物堆積帯・破碎帯等に分類しているが、崩壊が発生する深さは通常地表から数mまでのところにあり、地質的には表層地質というよりも表層の土質のいかんが崩壊と関係するものと考えられる。また、これらの関係を現在市販されている20万分の1、5万分の1の地質図から判断することはか

なり困難なことである。今回の調査地も、全般としては御坂層に含まれているが、その中に露岩地もあり、火山灰の厚く分布しているところもあって、これらを表層地質的に区分することは、かなりの現地調査期間を要するので実施できなかった。

地形の項目は崩壊発生の素因としてきわめて重要と考えられるものであるから、谷密度 hypsometric curve・起伏量・平均傾斜・ある傾斜以上の分布面積等過去にも幾多の研究がなされている。これらの地形の表現はいずれも傾斜の表現にほかならない。したがって、今回は簡単に各流域の傾斜の平均で地形を代表させた。

山地の地被状態も、また崩壊の発生に対して大きく影響することは、さきに崩壊と森林との関係においてのべたごとくである。従来、地被状態としては、一般に裸地よりも草地、草地よりも林地のほうが崩壊に対する防止機能があるといわれている。しかし、林地といっても林種・林齢によってもその機能に差異があり、林種の分類では混交林がもっとも抵抗性があり、つぎに広葉樹林、針葉樹林の順といわれている。また、林齢では壮齡林、老齡林、幼齡林の順になるといわれる。今回の調査地では、林種としては広葉樹林に、単位面積あたりの崩壊面積が大きくなっている。これはさきにのべたごとく、調査地の広葉樹林が一般に過去に粗放な薪炭林経営がなされていた結果と考えられる。林齢ではやはり10年未満の幼齡林に崩壊率が高かった。

崩壊に係る因子は、以上のほかにも種々あろうが、豪雨によって崩壊を発生させる要因的因子ではなく、崩壊発生に関する諸因子を総合した結果として、過去の崩壊面積率が今後のその地区の崩壊発生の1つの指標としても考えられる。

以上、崩壊と崩壊発生に係る諸因子についての関係をみたが、これらの因子は客観的にはあくで、数量的に表示できることがのぞましい。今回の調査では、前述した災害前後の空中写真によって得られた結果と、現地調査によってこれをチェックした結果によって、崩壊に係る諸因子が第17表のごとく得られた。統計的には崩壊に係る因子を、相関度合の高いものからなるべく多数とり入れることがのぞましいが、従属変量と独立変量群との重相関がある程度高ければ、因子の数はなるべく少ないほうが実用的価値は高い。また、気象・地質・地形・地被等の崩壊に係る項目で、同一項目の因子のうち、相互に関連ぶかい因子は1因子で代表させるほうがよい。今回の調査では、第18表のなかで崩壊面積率との相関が10%以内の水準で有意となる因子は、前崩壊率・傾斜・広葉樹林面積率の3因子であったが、前崩壊率と傾斜とは互いに独立であるとはいえないので、地形表現としては傾斜度 X を、地被状態としては広葉樹林面積率(%) X_2 を独立変量とした。この2因子の独立変量と従属変量崩壊面積率(%) Y との重相関係数を算出すると、0.4609 となり5%の有意水準をこえる。

多重回帰式を導びくと、

$$Y = 0.1092X_1 + 0.1198X_2 - 1.9282 \dots \dots \dots (1)$$

が得られる。この式の回帰線上の変動と回帰線のまわりの変動との不偏分散比を分散分析してみると、有意水準1%以上の値をうる。したがって、この回帰式がかなり信頼できるものと考えられる。しかしながら、この式によって求められる崩壊率は絶対的なものでなく、実際の崩壊面積は雨量、その他この式に含まれない因子によって左右される面も大きいから、この式から算出される崩壊面積率の大小のみによって、他の地域における崩壊危険度の地域判定がすべてできるというものではない。しかし、この式において、各独立因子の従属変量に対する影響度をみるために、各独立変量の標準偏回帰係数を求めると、

第17表 崩壊率と各地区の諸因子

地区 番号	崩壊率 %	災害前 崩壊率 %	傾斜 度	谷密度 km/km ²	林齢面積率		樹種別面積率	
					0~10 年 %	0~20 年 %	針葉樹林 %	広葉樹林 %
1	3.01	1.58	32	1.13	31.9	47.3	50.1	17.7
2	4.40	1.99	27	1.11	37.2	45.2	70.7	12.3
3	0.45	0	16	0.92	52.3	61.2	38.8	0
4	6.61	3.01	36	1.19	31.3	64.8	44.8	15.2
5	5.69	1.19	28	0.82	30.0	40.5	37.9	27.0
6	5.15	1.09	34	1.08	20.4	67.3	24.8	13.8
7	3.33	0.45	32	0.81	51.7	100.0	32.2	11.3
8	2.33	0.48	35	1.22	22.4	51.1	34.2	1.2
9	2.06	0.62	38	1.00	15.2	42.5	68.4	0
10	0.57	1.11	32	0.86	69.9	100.0	27.2	0
11	0.09	0	19	0.79	38.8	52.2	70.6	2.4
12	0.01	0.15	36	1.19	45.8	46.8	56.2	1.6
13	0.24	1.62	24	0.70	15.8	15.8	15.8	0
14	2.85	1.97	31	1.22	72.4	91.4	100.0	0
15	1.91	0.35	30	0.87	38.9	70.0	99.6	0.4
16	1.00	0.12	30	0.86	29.0	46.3	91.7	0
17	1.26	0.24	28	0.84	36.2	44.0	97.6	1.2
18	0.88	0.20	24	0.88	56.9	60.3	81.3	0
19	2.11	1.34	29	1.00	42.5	83.2	70.0	28.5
20	1.12	0.86	26	1.13	42.4	100.0	40.0	8.3
21	1.94	2.16	32	1.11	34.3	91.2	9.9	0
22	0	2.47	35	0.63	100.0	100.0	0	0
23	0.10	1.96	27	1.01	0	100.0	17.2	0
24	2.88	1.96	34	1.06	57.8	70.1	5.9	0
25	2.99	2.15	32	1.02	90.9	91.9	0	0
26	1.71	2.63	32	0.86	89.6	93.3	0	3.4
27	1.95	0.03	33	1.01	51.1	69.6	33.0	18.0
28	1.44	0	29	1.18	39.5	85.2	43.9	1.7
29	0.49	0	27	1.15	81.8	99.8	18.2	0
相関係数 有意水準		5%	10%	X	X	X	X	1%

* 相関係数の有意水準でX印は10%以上。

$b'X_1: 1.251$, $b'X_2: 0.458$ となり、この値から X_2 の Y に対する影響度を1とすると、 X_1 は約3となり、崩壊面積率 Y に対して、2因子のうち、平均傾斜の方が粗放な状態にある広葉樹林面積率よりもかなり大きい影響度合を示すことがわかり、さらにこの2因子の影響度合を簡単にした整数と、各因子数量との積との和の大小で各地区の崩壊危険性の大小の順位を判定することには役だつ。

以上の方法は崩壊危険地判定の一法であるが、これには同一地質・同一雨量の範囲の仮定にもとづいて導かれたものであり、他の条件下では、また異なった因子およびその影響度が用いられることになるかもしれない。

3. 土石流危険地判定

さきに山地の土石流の項でのべたごとく、人命・家屋・農地等の生活に直結する被害は、一般の山地崩壊よりも、土石流によるほうがはるかに甚大である。この土石流が発生する因子もさきにのべたごとくであるが、地形的には傾斜、雨水の集中と地形との関連する密集度・谷密度・流域の形状係数等が関係するものと考えられる。また、運ばれる土石の面から考えると、地質・土質的に風化されやすい地区、および崩壊の多発地区など土石が生産されやすく、流床に多量の堆積が存在する溪流が一応土石流の発生の可能性を有しているとみられる。今回の調査で土石流と一応関係する諸因子を第18表に列記した。このほかにも、災害前の溪床不安定堆積量などが関係するが、これははあくできなかった。

以上述べた諸因子のうち、主流の勾配・谷密度・比高などは流域単位あたり堆積量とはあまり相関が高くないが、傾斜因子とは相関が高い。さきに山地崩壊危険地判定の項で述べた、崩壊面積率とも相関が高い。この崩壊面積率と傾斜との相関はやはり高いので、土石流危険地判定にはこの崩壊面積率 X_1 (m^2/ha) を採用することにした。また、流域の集水性をあらわす因子で、土石流と関係するものとして密集度 X_2 (m/m) をとりあげた。この $X_1 \cdot X_2$ を独立変量とし、単位面積あたりの堆積量 Y (m^3/ha) を従属変量として計算すると、重相関係数は 0.8434 となり、1%水準で有意となる。導かれる多重回帰式は、

$$Y = 1.499X_1 + 2.129X_2 - 1.408 \dots \dots \dots (2)$$

が得られる。この式の回帰線上の変動と回帰線のまわりの変動との不偏分散比を分散分析してみると、有意水準 1% 以上の値をうる。したがって、この回帰式が一応信頼できるものと考えられる。また、この式で、各項の因子の重みをみるために、各独立変量の標準偏回帰係数を求めると、 $b'X_1: 0.555$, $b'X_2: 2.384$ となり、この値から X_1 の Y に対する影響度を 1 とすると、 X_2 は X_1 の約 4 倍の影響度をもつものとみられる。

以上の式によって土石流発生の危険地判定をするには、各集水流域の崩壊率・密集度から、単位面積あたりの堆積土砂 Y を推定すればよいわけであるが、特定の地域、特定の降雨条件下のものであるため、こ

第18表 地 形 因 子

地区 番号	堆積量/ 集水面積 m^3/ha	集水面積 (m)	比 高 (m)	主 谷 長 (m)	主流の勾配 比高/ 主谷長 (m)	谷 延 長 (m)	谷密度 (m/ha)	平均傾斜 ($\tan$)	平均起伏量 (1辺500m) (m)	形状係数
(1)	375	151	520	1,000	0.520	3,750	24.83	0.712	151	1.510
(2)	356	154	733	1,400	0.524	5,000	32.47	0.710	157	0.795
(3)	967	162	685	1,550	0.442	8,350	51.54	0.770	197	0.674
(4)	1,348	72	685	1,300	0.527	2,975	41.32	0.774	160	0.426
(5)	611	193	825	2,200	0.375	8,875	46.10	0.778	184	0.397
(6)	872	228	820	1,850	0.443	9,225	40.46	0.757	186	0.666
(7)	462	38	520	1,080	0.482	2,000	52.63	0.674	158	0.325
(8)	1,059	139	760	1,450	0.524	3,500	25.13	0.721	175	0.661
(9)	49	48	660	1,520	0.434	1,250	26.32	0.445	143	0.205
(10)	28	46	660	1,475	0.447	1,575	34.62	0.580	134	0.209
(11)	1	67	560	1,025	0.546	1,900	88.57	0.573	121	0.633
計				15,850					1,766	
平 均	557	1,298	675		0.426	48,400	37.35		161	
F			*		*		*	1%	5%	*

備考：F は堆積量/集水面積と各因子との相関の有意水準，* は10%以上。

の推定された Y の値そのものはそれほど重要でなく、他地域での利用を考えると、さきの崩壊危険地域の判定の場合と同じく、標準偏回帰係数は各独立変量の影響度をあらわすものであるから、これを簡単に指数化して、これと各変量との積和の合計値の大小の順位をもって、土石流の危険地判定に資していくべきであろう。

しかし、以上の方法は、土石流発生前の溪床の不安定堆積の状態、その他省略した因子も多く、他の因子の影響も考えなければならない。また、地域内の雨量・地質等に変化があれば、当然そのような因子の影響も考えなくてはならない。以上、いまだ改善すべき点は多々あるが、数量的に、土石流危険地の判定順位が得られるこの方法を利用することによって、重点的に予防施設を築設すべき流域の選定資料が得られるのではなかろうか。

V 山地荒廃防止対策についての考察

本調査地の治山の対象となる区域は、そのほとんどの溪流が風化侵蝕されやすい御坂山地から、西湖および河口湖に注ぎ、その距離は約 2km 未満で、その比高は 600~700m もあり、かなり急勾配である。したがって、いずれの溪流をとってみても土石の流出を防止する必要性が高く、とくに部落のある流域では治山の必要性を十分にそなえているといわねばならぬ。今回の調査では、従来の溪床堆積物もかなり多量であったが、さきにのべたごとく土石流によって流出した堆積土砂量と山地崩壊面積とも密接な関係があった。したがって、山地崩壊を防止することも重要なことである。

山地崩壊の防止対策として考えられるのは、つぎのようなことである。

山腹剥落に対しては、地表水によって侵蝕されるような裸地や地被物の疎の所を、十分密な植生で被覆することが必要となる。

山地滑落は地表または地下の不連続な傾斜に起因することが多く、この不連続面を補正することが必要であるが、広大な山地全域にわたって実行することは不可能なことである。

したがって、このような地形傾斜の不連続な所には、深根性のマツ類を植栽するか、混植するなどして、森林の山腹滑落防止機能に期待するほかはない。

密集度 (m/m)	30° 以上の面積率 (%)	崩壊面積／ 集水面積 (m ² /ha)	
0.799	62.5	156	くぼ地崩壊は一般に集水地形によることが多いが、このくぼ地外のと
0.850	73.3	223	くに上部に緩傾斜面がある場合には、くぼ地内に集中する水量も多く、
0.898	75.5	525	排水工を必要とすることがある。また、斜面長が長い場合には、水路工
0.786	69.0	518	および山腹積工、玉石コンクリート工などで補強する必要がある。調査
0.806	79.4	273	地区でも、とくに火山灰土の堆積した広く長い斜面などではくずれやす
0.820	81.6	134	いので、たとえ針葉樹の壮齡林であっても、排水工の設置がのぞましい。
0.722	66.7	41	溪岸崩壊は崩落による土石が全部土石流の材料となるので、とくにそ
0.875	77.8	187	の防止がのぞまれる。溪流の縦侵蝕を防ぐダム、横侵蝕を防ぐ護岸・ダ
0.698	50.0	22	ム・水制等を要所に設置する必要がある。とくに山脚が堆積土石によっ
0.693	25.0	55	て形成されている所、曲流部、溪岸崩壊によって大規模な崩落土を生産
0.744	25.0	3	するような斜面下部等を、優先して防止施設を入れる。また、これらの
5%	1%	1%	山地崩壊防止対策のための施設と、後にのべる土石流防止対策のための

施設とを関連させて設置すべきである。

一般に土石流は、流域の上流部において山腹・溪岸の崩壊等によって初動が与えられ、中流部において溪岸崩壊、溪床洗掘による土石の流出、あるいは不安定堆積物の流出によってその規模を増大し、下流部になって溪流勾配の低減、溪流幅の拡大にともなうその勢力が減衰して、運搬された土石は堆積するものと考えられる。したがって、土石流の防止対策は、上流部において土石流の発生防止、中流部において土石流の規模増大の防止、下流部において被災対象の直接防護とに分類して考えられるであろう。

土石流発生防止について述べると、土石流の発生は他にも多くの因子があるが、山地崩壊の発生による土石の集団的落下がその大きな一因と考えられる。したがって、山地崩壊防止対策は土石流発生防止対策と密接な関係があるといえる。山地崩壊防止対策はさきに述べたごとくであるが、崩壊跡地の裸地化したところ、侵蝕量が林地・草地よりもかなり大きく、溪床に堆積物として加わり、豪雨時の溪出土砂となるわけで、崩壊地の復旧も土石流出防止の 1 つである。

土石流の規模の増大防止対策としては、山地崩壊土砂量もちろん、土石流の規模増大となるが、今回の調査による第16表のごとく、洗掘土砂量は崩壊土砂量の約 6 倍にも達することがあり、かなり大きく、土石流の規模増大に大きく影響している。したがって、溪床および不安定堆積物が洗掘され、流出されないように固定する必要がある。これがためには堰堤・床固で溪流の勾配を補正し、不動点をつくる等の処置をして、流水の速度を落とし、土砂が流水に加わるのを防ぐことが必要である。これらの土木的工法による土石流の規模増大を防止する対策として、村野は「十勝岳の土石流に関する調査⁴⁾」で、土石流に対する床固工の効果実験の結果をつぎのごとく述べている。土石流の洗掘に対する床固工群の設置効果は、床固工の間隔に問題はあるが、高い床固工を高いほどその効果はよいが、個数を増しても効率はこちらに比例して増加はしない。低い床固工はその効果も低いが、個数を増せばその効率はおおむね比例的に増加するようである。このような点から、経済的に溪床の侵蝕防止をはかるには、床固工の個数と高さとの間に適当な組合せがあるようであると述べている。このように溪流中流部において、土石流の規模が比較的小さく、段波の高さもまだ比較的低いうちに、床固工あるいは低い堰堤群を適当に配置することによって溪床を固定し、不安定堆積物の移動、溪床の洗掘を防止し、莫大な土石量が下流に到達しないようにすることが、土石流の規模の増大を未然に防止する対策として重要である。

被災対象の直接防護対策としては、被災対象が溪流沿いにあるならば、つぎの 3 方法が考えられる。(1) 土石流によって運搬される土石を被災対象の上流側に堆積せしめる、(2) 導流堤によって土石流を被災対象外の安全な地帯に導びく、(3) 水路の横断面を十分大きくとって土石流を直進通過せしめる。(1) の方法は土石流の土石を十分貯えうような大規模の堰堤もしくは堰堤群が必要であるが、一般に溪流では貯砂量の大きい堰堤となると、堰堤は高くせざるを得ないが、このような高い堰堤に対する土石流の衝撃力に対する強度の点に問題がある。また、低い堰堤でも土石流のエネルギー減殺の効果がないとはいえないが、土石流に越流され、埋没したのでは被災対象に土石流が到達するおそれがある。(2) の方法について、同じく前記の論文で、村野は土石流に対する導流堤の効果について、つぎのごとく述べている。土石流を安全な場所に導くための導流堤の効果を増すためには、① 衝突前の泥流の速度を低下させる。② 跳越・越流量を少なくする。③ 導流された泥流を堤からできるだけ側方へ放出させることが必要である。① については、導流堤の上流側に床固工を設けて流下速度を減少させるか、または導流堤を 2 段、3 段に設置して徐々に導流させるようにする。② については、堤の高さを増し跳越量を少なくし、一度堤の上流側に

貯留された泥土は、すみやかに側方へ導入されるように導流堤の設置角度を減少させ、また導流の途中で越流しないように下流側の堤高を高くする。⑧については、側方へ放出される距離が最大になるように堤の設置角度を定める、などが考えられるとしている。このように被災対象に対して、土石流を安全に導く場所、あるいは流路が存在する場合にはこの方法も効果的な方法と思われるが、一般に山間の溪流下流部もしくは、小規模の扇状地においては空間地が少なく余裕がない。(3)の方法については、土石流の直進性を利用して十分に断面積をとった流路が必要であるが、(2)の場合のごとく、十分な流路敷を確保することが困難である。

以上土石流の防止対策について、土石流の発生防止対策、土石流の規模の増大防止対策、被災対象の防護対策について述べたが、土石流の調査地域内には今回の災害時前にも多数の山地崩壊地が存在しており、復旧治山としての施工はほとんど実施されておらず、また、上流部に溪床堆積物が多量に存在していたが、溪流工事を実施されておらず、土石流の発生防止対策はほとんどなされていなかったといえる。災害時前に設置されていた床固・堰堤等の溪流工事は、西湖部落の三沢では、計画されていた12個の堰堤・床固のうち、完成していたのは、2個の堰堤と1個の床固、上水道取入門の堰堤1個だけであり、他でも根場部落の王岳沢に建設中の堰堤1個だけであった。したがって、土石流規模の増大の防止対策も完全ではなかった。また、下流の被害対象に近いこれら堰堤等も、土石流の規模に対して容量が少なく、多少のエネルギー減殺効果がみられたにすぎなかった。とくに、西湖部落直上流からコの字に曲流している水路は導流堤ともいえず、災害時に土石流の直進によって破堤し、かえって被害の程度を増加した結果となった。

以上の結果から、土石流の対策としては、山地崩壊を防止し、崩壊跡地を復旧して溪床への流出土砂量を軽減せしめ、常に溪床不安定堆積物を少なくする。また、不動地点としての床固工を築設して、溪床洗掘および堆積土砂の移動を防止する。あるいは十分堅固な大規模のダムで土石流を貯留せしめる。流出する土石流は、村落その他重要な地区からなるべく遠ざけるように、導流堤を利用して、土石流を受けても被害の少ない地区へ拡散せしめる、あるいは、土石流の直進性を考えて十分に幅の広い水路で、重要な地点を通過せしめて下流の安全な地区で拡散せしめる等の配慮が必要である。しかし、これらの対策のうちでも、土石流の発生、規模増大の防止は、大規模な土石流が下流被害対象まで到達するのを軽減する点で重要な対策である。被害対象を直接積極的に防護することも重要な対策であるが、被害対象の人家その他重要な構造物を、なるべく流路沿いから避けて配置する等の考慮が必要である。

要 約

昭和41年9月24日24時ごろ、台風26号は静岡県御前崎付近に上陸し、中心気圧960 mm、移動速度40～60km/hで25日1時ころには山梨県南部から富士山の西北側を通り、西湖・塩山・三富を経て埼玉県に入り、25日9時ころには三陸沖に去り、熱帯性低気圧に衰えた。このため、静岡県・山梨県をはじめ関東一円は暴風雨に見舞われ、特に前記2県では瞬間最大風速30m以上、時雨量80～100 mmに達する異常な集中豪雨をもたらした。山地災害としては山梨県西湖北岸の足和田村を中心とする地域に甚大な被害を生じた。

この足和田村を中心とする被害激甚地域の、山地荒廃関係について調査した結果をとりまとめたが、調査人員・期間・地域も限られ、調査に徹底を欠いた部分もあり、不十分な点もあるが、調査および考察し得た結果を要約すると次のごとくである。

1) 今回の26号台風によって、調査地域内には時雨量60mm以上の豪雨があり、1,291か所、106.03haの山地崩壊と105か所、116.40haの溪流荒廃を生じた。このため調査地域内の根場・西湖の両部落は93名に達する人命を失った。

2) 山地崩壊は浅い山腹滑落と溪流荒廃にともなう溪岸崩壊が多く、堆積物の移動による溪流の荒廃もはげしく、土石流が発生して下流の被害を増大せしめた沢も多い。

3) 調査地域は御坂層に含まれ、傾斜が大で、山頂尾根付近は露岩地帯が多く、平常の風化侵蝕作用が激しい。山腹から溪床への土石の移動があり、災害前から多量の土砂が溪床に堆積していた。

4) 土石流の規模は災害前の溪床堆積量に大きく左右されるが、山腹崩壊はその初動を与えるという点で大きく影響し、山腹崩壊発生が多い流域では土石流の規模も大である。また、溪岸崩壊による崩壊土石は直接土石流量を増大させる。

5) 山地荒廃危険地を崩壊危険地と土石流危険地とに分け、今回の災害の結果の数値を用いて、多重回帰式によりそれぞれの推定式を求めると、つぎのごとくなる。

崩壊危険地の推定には、

$$Y = 0.1092X_1 + 0.1198X_2 - 1,928 \dots\dots\dots(1)$$

Y : 崩壊面積率 (ha/km²), X_1 : 平均傾斜 ($\tan \alpha$)

X_2 : 劣悪な広葉樹林面積率 (ha/km²)

この式から各独立変量の Y に対する相対的な影響度を算出すると、 $b'X_1: 1.251$, $b'X_2: 0.458$ となり、 X_1 の山地の傾斜が大きく影響するが、 X_2 の粗放な薪炭林経営あとの劣悪な林地も山地崩壊に影響することがわかり、これによって、本調査地と相似た地域における山地崩壊の危険性の大小を地区的に類別する可能性が見いだされた。

土石流危険地の推定には、

$$Y = 1.499X_1 + 2,129X_2 - 1,408 \dots\dots\dots(2)$$

X : 単位面積あたりの堆積土砂量 (m³/ha)

X_1 : 崩壊面積率 (m/ha), X_2 : 密集度 (m/m)

この式から各独立変量の標準偏回帰係数を求め、 Y に対する影響度をみると、 $b'X_1: 0.555$, $b'X_2: 2.366$ となり、流域内の崩壊面積率、密集度の土石流による土砂堆積量に対して約 1 : 4 の割合であることが推定され、上記の崩壊危険地と同じく、この関係を利用すると、今回の調査地のごとき地域では、土砂流出の危険性をある程度分類しうると思われる。

6) 既設治山ダムの数量が少なく、溪岸崩壊の軽減効果はあまり見いだせなかったが、流域下流部における土石流のエネルギー軽減効果はみとめられた。また、適切に配置された水害防備林はよく土石流の流出を防止していた。

7) 今後の治水対策としては、現在なお多量に不安定に堆積している土石の移動防止を第一に考えるべきであるが、流域下流部の流路工の方向、断面には十分考慮する必要がある。

8) 山地崩壊の防止対策としては、崩壊発生危険箇所に対しては積極的に山腹工・ダム・護岸などを施行する。崩壊発生箇所の予測の困難な広大な山地に対しては、地表面の保護物である森林の経営を保全的に行なうことのほかには、人為的崩壊防止行為を積極的に実施することは困難であり、森林の崩壊防止機能を頼るほかなく、健全な森林の育成が望ましいし、粗放な伐採や運材は厳につつまなければならない。

9) 土石流に対しては、山地崩壊を防止して、その初動をとめるとともに、上・中流部において、系列的な堰堤・床固によって勾配を規正して、溪床を安定させ、土砂の移動を防止して、そのエネルギーの増大を防ぐことが第一に重要で、さらに必要ならば、下流において、土石流のエネルギーを堰堤・床固によって減殺し、護岸・導流堤によってその方向を規正するか、水路の断面を十分大きくとり土石流を直進通過せしめる。あるいは、十分堅固な大規模な堰堤で土石流を貯留して、溪流沿岸の被災対象を保護することに努めなければならない。また、人命を失うことはもっとも悲惨なことであるから、部落・人家の配置を考慮し、保全施設や水害防備的な森林を活用する必要がある。

10) 各溪流流域において山地荒廃を完全に防止することは困難な点が多いので、予防的に保全施設を施工するには荒廃危険地を 5) に述べた方法等を用いて判定し、荒廃する危険性の高い流域に重点的に行なう必要がある。

文 献

- 1) 甲府気象台：昭和41年9月24日夜半過ぎ山梨県を縦断した台風第26号に関する異常気象速報，20 pp.，(1966)
- 2) 川口武雄・難波宣士：昭和28年近畿水害調査報告 第2次調査報告 山崩と治山対策，林業試験場研究報告，74，pp. 57～94，(1954)
- 3) 川崎逸郎：根場・西湖土石流について，水利科学，10，6，pp. 1～13，(1967)
- 4) 村野義郎・原田義博・泉 岩男：十勝岳の土石流に関する調査報告，土木研究所報告，127，pp. 29～52，(1965)
- 5) 大八木規夫：昭和41年の台風災害の概要 台風第26号による足和田村の災害，防災科学技術，4，pp. 17～18，(1967)
- 6) 釣谷義範：山梨県足和田村根場部落・西湖部落の土石流による災害について，土木技術，21，11，pp. 114～115，(1966)
- 7) 山梨県治山協会：山梨の治山 台風26号災害特集，18 pp.，(1966)
- 8) 山梨県林務部：山梨県足和田地区山地災害動態調査報告書，107 pp.，(1967)
- 9) 山梨県林務部：山梨県山地崩壊実態調査報告 第一次報告，153 pp.，(1967)

Mountain Devastation by Typhoon "No. 26" Storm in Ashiwada District and the Relevant Countermeasures

Yoshiharu KOHNO and Senshi NAMBA

(Résumé)

On September 24, 1966, typhoon "No. 26" traveled in a north-easterly direction from Suruga Bay to the Pacific via the eastern part of Yamanashi Prefecture. The typhoon brought heavy rainfall amounting to more than 300mm in the northern part of Mt. Fuji and even as much as 260mm in the 24 hours from 9 a. m. of the 24th to 9 a. m. of the 25th. Under this extraordinary rainfall, Ashiwada district in the Misaka mountains of the northern of Mt. Fuji suffered severely by mud and debris flows due to landslides occurring in the mountain range. As a result of this disaster, property was seriously damaged and 93 people lost their in this district.

The writer planned an investigation into the causes of the landslides and debris flows as

related to the topography, soil and vegetation.

From this investigation, the following points were made clear.

1) The damage area sits geologically in the Misaka beds which are weather exposed and erode easily; therefore, many deposits had piled up on the stream beds before this typhoon.

2) The volume of debris flows is influenced by the amount and nature of bed materials; the first shock by landslides influences the occurrence of the debris flows, and the falling soil by landslides of the stream banks directly increases the scale of debris flows.

3) In each dividing area in the investigation district, the effects of two main independent variables influencing the rate of landslides area are given in the following equation:

$$Y = 0.1092X_1 + 0.1198X_2 - 1.9282 \dots \dots \dots (1)$$

where Y : landslides area (ha/km²), X_1 : average grade of slope ($\tan \alpha$), X_2 : poorly broad-leaved forest area (ha/km²).

Then, the standard partial regression coefficient was calculated for estimating the weight of each causing landslides. As the result, I obtained the following values,

$$b'X_1 : 1.251, \quad b'X_2 : 0.458.$$

Consequently, forest influences as applying to landslides were not negligible.

In each watershed that produced debris flows, the effects of two main independent variables influencing the rate of debris flows are given in the following equation:

$$Y = 1.499X_1 + 2,129X_2 - 1,408 \dots \dots \dots (2)$$

where Y : deposit volume by debris flows (m³/ha)

X_1 : landslides area (m²/ha)

X_2 : Gravelius's Compactness (m/m)

The standard partial regression coefficient was calculated for estimation the weight of each factor pertaining to occurrence of debris flows. As the result, I obtained the following values:

$$b'X_1 : 0.555, \quad b'X_2 : 2.384.$$

Therefore, Gravelius's Compactness largely influences debris flows.

In the prevention and control of landslides and debris flows, important procedures are as follows:

1) Movable deposits should be fixed by check dams; the base of mountain along the stream and frail banks should be protected by having retaining walls or spurs.

2) In cases in which we can predict the places where landslides will occur, some precautional and necessary measures are feasible; but it is generally very difficult to predict the place where landslides will occur, therefore, for the area where we cannot predict danger of landslides, there is nothing but to rely on the ability of a good forest cover to prevent them.

3) As many engineering difficulties are involved in preventing perfectly the landslides in each watershed, we need to judge the dangerous areas with (1) or (2) equation make emphatically precautional constructions on their areas. To prevent tragic loss of life, the disposition of the village and homestead must be considered against the mud and debris flows, using flood control ability of the forest, and installing preventive constructions wherever necessary.