

主要災害調査 第 19 号

1981年 8 月台風第15号による 長野県須坂土石流災害調査報告

昭和 57 年 3 月

科学技術庁

国立防災科学技術センター

現 地 調 査 一 覧 表

調 査 者	調 査 期 間	調 査 内 容
水 谷 武 司 森 脇 寛 井 口 隆	1981年9月7日 ~ 9月9日	斜面崩壊，土石流，被害状況 の調査

1981年8月台風第15号による長野県須坂 土石流災害調査報告

* ** **
水谷武司・森脇 寛・井口 隆

目 次

1. まえがき	3
2. 災害の概要	3
2.1 長野県下における最近の主な豪雨災害と台風15号災害	3
2.2 気象状況	8
2.3 須坂土石流災害	8
3. 災害発生地の概要	10
3.1 地形, 地質	10
3.2 地域の性格	10
4. 斜面崩壊について	11
4.1 崩壊地の位置と周辺の状況	11
4.2 崩壊地の概要	15
4.3 各ブロックの状況	15
4.3.1 Aブロック	15
4.3.2 Bブロック	15
4.3.3 Cブロック	18
4.4 崩壊の特徴	18
4.5 地形改変による集水条件の変化	19
5. 土石流について	22
5.1 溪床勾配と侵食堆積状況	22
5.2 土石流の流速と抵抗係数	22
5.3 宇原川の土砂収支	27
5.4 宇原川の増水状況	27
5.5 各地点の侵食, 堆積状況	28
6. 被害発生状況	29

6.1 災害の経過	29
6.2 避難	32
6.3 被害状況	33
6.4 災害の発生に関する自然的, 社会的条件	33
7. 山麓集落における災害防備	35
7.1 災害に強い住まい方	35
7.2 流域の性質の把握	36
8. 長野市松代温泉団地の浸水	37
引用文献	39
写真	41

1. ま え が き

1981年8月16日15時、沖の鳥島の西南西約500kmの海上、北緯19度、東経131度30分で発生した台風15号は、時速10km前後の速度で北北東に進み、23日02時ごろ三宅島付近を通過して、しだいに速度を上げながら04時過ぎ千葉県館山市付近に上陸した。上陸時の中心気圧は965mb、進行速度40km/h、最大風速35m/s、風速25m/s以上の暴風域の半径200km、15km/s以上の強風域は東側400km、西側300kmで、大型で並の強さであった。その後台風は加速しながら北へ進み、東北地方を縦断し、渡島半島を北上して、23日21時に稚内の北西約100kmの海上で温帯低気圧となった。この台風の通過とともに、図1に示すように、東日本一帯に強い雨が降った。特に関東・中部地方は、22日朝から23日にかけて、断続的に強い大雨に見舞われた。群馬県の特徴では日雨量418mm、中之条で367mmと、観測開始以来第1位の記録的な豪雨となった。

このための東日本各地で、河川の氾濫、山くずれなどによる災害が相次いで起こった。目立った被害としては次のものがある。

- (1) 22日から23日にかけて、群馬県、静岡県、神奈川県、長野県などで浸水家屋が続出して、住民多数が避難した。
- (2) 23日6時ごろ、長野県須坂市仁礼において土石流により10名の死者がでた。
- (3) 23日12時ごろ、秋田県八郎潟で漁船が転覆し、10名が死亡した。
- (4) 24日2時ごろ、茨城県竜ヶ崎市で利根川の支流小貝川の堤防が決壊し、3010戸が浸水した。

本報告は、国防防災科学技術センター主要災害調査の一環として、昭和56年9月7～9日の3日間行った、須坂土石流災害地現地調査結果の報告である。被害の規模としてはさほど大きいものではないが、山麓集落の土石流災害の典型的な例としてあげられるものであり、これから数多くの教訓をひきだすことができる。

2. 災害の概要

2.1 長野県下における最近の主な豪雨災害と台風15号災害

長野県下の最近50年間の主な豪雨災害を表2に示す。戦後では、昭和20年台風災害、昭和34年台風7号および伊勢湾台風災害、昭和36年梅雨前線豪雨災害が大きなものであった。特に昭和36年災害は、死者・行方不明136名を出し、長野県史上空前の災害であった。しかし、このあと最近まで大きな被害をもたらした災害は発生していない。今回の台風15号による県下の被害状況を表4に示す。被害地域は主に長野市、須坂市、上田市、飯山市などの北信地方に集中している。これは台風15号がもたらした豪雨域の分布と一致している。一般に年平均雨量の1割以上降れば災害が発生すると言われているが、今回の降雨量もそれを上回っている。

被害の形態は、主に浸水による被害と土石流による被害に分けられる。浸水による被害は、床上浸水577棟、床下浸水2352棟に達している。その中でも特に上田市、長野市松代、須坂市な

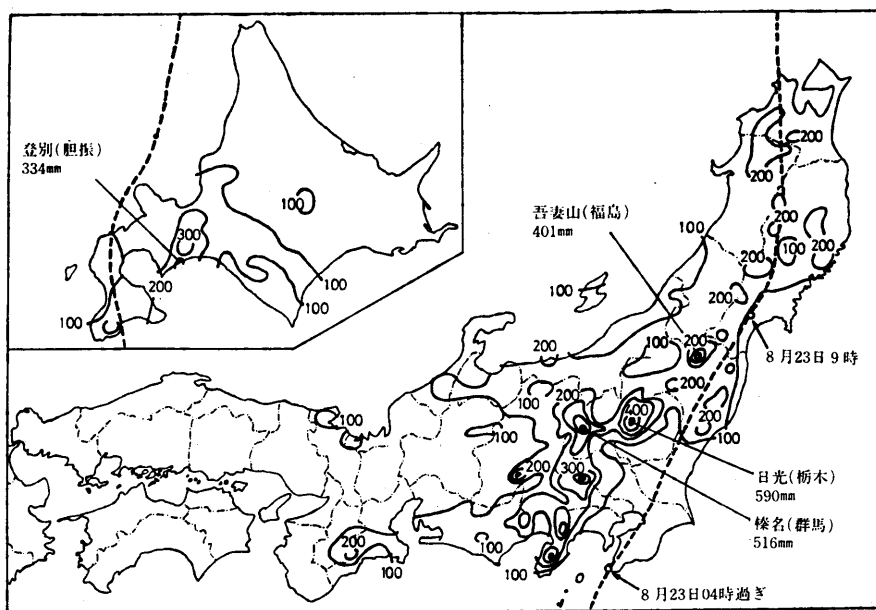


図1 昭和56年8月21日00時～昭和56年8月23日24時の雨量の分布
(気象庁予報部資料による) 破線は台風15号経路

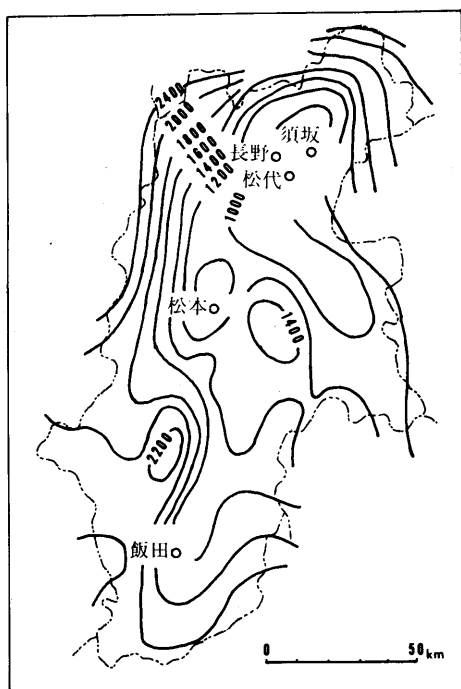


図2 長野県下の年平均降水量(1920～1950)(長野県の砂防, 1972による)

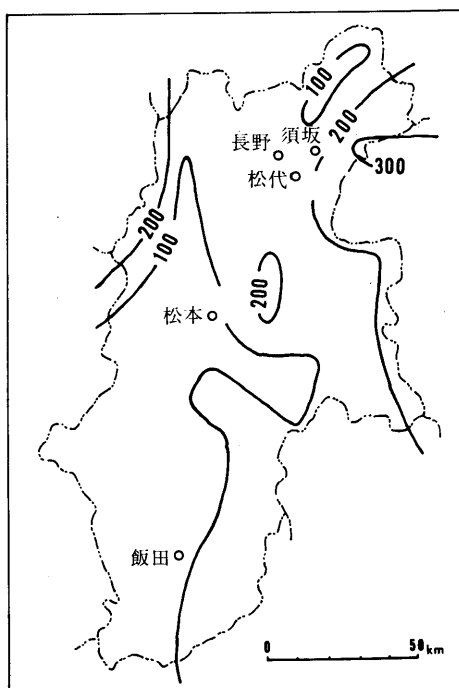


図3 台風15号による長野県下の雨量分布
(長野県の資料による)

表1 台風15号による被害状況

被害種別		都府県別		合計	北海道	青森	岩手	宮城	秋田	山形	福島	茨城	栃木	群馬	埼玉	千葉	神奈川	新潟	山梨	長野	静岡	東京
被害種別	死者	人	40	2	2	4	2	10						1		1	2	5			9	2
	行方不明者	人	3								1										2	
被害種別	負傷者	人	129	27	7	32	10	11	2	15				2	2		2	2		13	2	2
	全壊	棟	20	1		8	1	1	2				2	4			1					
被害種別	半壊	棟	145	21	2	61	6	2	3	3	1		6	4				7	1	26	2	
	流失	棟	12			8														4		
被害種別	全焼	棟																				
	半焼	棟																				
被害種別	床上浸水	棟	6867	1729	205	1075	534	10	35	51	1566			157			7	927	2	498	72	
	床下浸水	棟	17950	7689	1426	941	1088	43	69	431	1447		7	475	109	48	13	2425	34	830	631	12
被害種別	一部破損	棟	979	176	15	371	21	234	37	49				35	25		1	1	3	4	6	1
	非住家被害	棟	1720	115	14	1350	9	108	36	13			1	3	2	12		27	4	7	3	16
被害種別	水流失埋没	ha	342		1	77												25	2	1	20	
	田冠水	ha	155159	45	752	83031	1117	1800	410	7	1866				6413			225	40	3095		
被害種別	畑冠水	ha	104		2	49				2								15				
	冠水	ha	68886	487	4725	32982	248	31	147	9	465				681		4	20	41	12283		3
被害種別	道路損壊	ヶ所	926	80	15	509	56	7	8	119				48	4			14	7	37	21	1
	橋梁流失	ヶ所	144	18	1	56				5	8		3	7				13	2	30	1	
被害種別	堤防決壊	ヶ所	173	27	3	35	1			11			1					19		54	22	
	山(崖)くずれ	ヶ所	453	90	13	109	3	15	3	19			8	32	10		6	10	26	32	72	5
被害種別	鉄軌道被害	ヶ所	43	8	4	12			1	4				1		3		3	1	6		
	通信施設被害	回線	1308	7		1300	1															
被害種別	木材流失	m ³																				
	山林焼失	ha																				
被害種別	船沈没	隻	15		1	11	2		1													
	舶流	隻	4			2		2														
被害種別	破損	隻	9			7			2													
	ろかい等による舟	隻	1							1												
被害種別	罹災世帯数	数	7316	1786	207	1293	537	13	40	54	1859	16	165	2			9	934	3	528	72	
	罹災者数	数	27176	5980	809	4704	2154	61	742	230	5827	31	574	2		1	22	3810	20	1950	259	

ただし、富山：床下浸水 110棟、愛知：床下浸水 44棟、京都：床下浸水 78棟

表2 長野県の最近50年間の主な豪雨災害

発 生 年 月 日	災 害 名 称	災害発生区域	被 害 状 況								備 考
			人的被害(人)			住 家 被 害 (戸)					
			死 者	行方不明者	負傷者	全壊	半壊	流失	床上浸水	床下浸水	
昭和 9.9.21	台 風	県 下 全 域	7		82	175	1,534				
10.6.28~29	前 線 豪 雨	中・南信地方	1		1	5	35	16	351	1,998	
13.7.1~5	豪 雨	上伊那・木曽谷	6	1	2	4		4			
20.10.3~11	台 風	県 下 全 域	42	1	6	102	4		2,204	4,848	前線をしげきして雨量が多かった被害は東信地方に集中
24.8.31~9.1	キティ台風	県 下 全 域	1	4	1	22	26	13	1,209	4,040	
24.9.21~23	豪 雨	県 下 全 域	6	2	86	1	48	25	3,224	2,167	
25.6.9~14			5	2	24	17	10	3	406	1,813	
25.8.3~5	熱帯性低気圧	東・北信地方	19		87	105	50		871		
28.7.16~23	梅 雨 末 期	県 下 全 域	7	9	169	110	143		131		
32.6.26~28	梅 雨 前 線	伊 那 谷	14	6	59	56	102		377		
33.9.17~18	台 風 2 1 号	県東部・北部	17		130	66	93		976	4,377	
34.8.14	台 風 7 号	県 下 全 域	65	6	382	1,391	4,091		4,238	10,959	
34.9.26	伊勢湾台風	県 下 全 域	21	6	245	1,567	8,853		530	2,669	南信・県西部の小河川が氾濫
36.6.23~30	梅 雨 全 線	県 下 全 域	107	29	1,164	903	621		3,170	15,351	被害は伊那谷に集中
38.7.11	強 雨	伊那谷・木曽谷北部	10		5	3	1		11	58	
40.5.26~27	台 風 6 号	県 下 全 域	8		6	7	1		25	450	
42.7.8~10	熱帯性低気圧	県中部・南部	4		7	5			387	1,368	木曽、天竜、千曲川の上流に被害集中
43.8.25~30	台風10号・前線	伊 那 谷	6	1	12	28	47		134	1,456	
44.8.4~5	台 風 7 号	県 南 部	9	6	11	7			32	489	

表3 気象予警報等の発令状況

8月22日	17:30	大雨洪水注意報
	21:10	大雨洪水警報
	23:00	台風に関する情報
8月23日	0:40	台風に関する情報
	5:30	大雨洪水警報, 強風注意報
	8:20	洪水警報, 大雨強風注意報
	10:25	洪水注意報
8月24日	5:30	洪水注意報解除

表4 長野県および須坂市の被害状況

		県消防防災課調べ		須坂市役所調べ	
被害別		長野県 (56.9.4現在)		須坂市 (56.9.7現在)	
死者・行方不明		死者 11名	行方不明 0名	死者 10名	行方不明 0名
重・軽傷者		重傷者 2名	軽傷者 21名	重傷者 2名	軽傷者 18名
全壊流失(棟)		10		10	
半壊(棟)		20		10	
一部破損(棟)		57		3	
床上浸水(棟)		577		92	
床下浸水(棟)		2,352		333	
非住家の全半壊(棟)		46		37	全壊32 半壊5
被災世帯数		3,016		1,746	
農業関係被害	(千円) 農作物等	1,678,319	(4,213.7 ha)	157,160	(528.44 ha)
	(千円) 同施設等	130,184		34,835	(62ヶ所)
	(千円) 農地	2,423,000	(841.2 ha)	1,100,000	(494 ha)
	(千円) 農業用施設	4,045,000	(1,110ヶ所)	421,000	(82ヶ所)
	(千円) その他			3,862	
	(千円) 計	8,276,503		1,716,857	
林業関係被害	(千円) 治山	2,366,300	(132ヶ所 36.96 ha)	584,500	(5ヶ所 109)
	(千円) 施設	68,200	(10ヶ所)	0	
	(千円) 林道	1,393,572	(1,281ヶ所 60,584m)	413,179	(140ヶ所 7,300m)
	(千円) その他	114,299		91,151	
	(千円) 国直轄分	680,000			
	(千円) 計	4,622,371		1,088,830	
公共土木施設被害	(千円) 河川	16,913,688	(1,955ヶ所)	3,767,400	(97ヶ所)
	(千円) 砂防	604,030	(135ヶ所)	107,000	(4ヶ所)
	(千円) 道路	3,023,620	(784ヶ所)	1,130,913	(115ヶ所)
	(千円) 橋りょう	1,597,480	(86ヶ所)	604,200	(31ヶ所)
	(千円) 国直轄分	1,600,000	(27ヶ所)		
	(千円) 計	23,738,818	(2,987ヶ所)	5,609,513	
公共機関被害	(千円) 鉄道	80,000			
	(千円) 通信		6,000回線		
	(回線) 電力	70,000			
	(千円) 計	150,000			
その他被害	(千円) 都市施設等	10,000	(5ヶ所)	14,000	(2ヶ所)
	(千円) 商工関係等	550,340	(255件)	102,644	(26件)
	(千円) 水道施設等	155,680	(21市町村 28ヶ所)	124,970	
	(千円) 観光施設等	264,350	(15件)	11,520	(8件)
	(千円) 文教施設等			21,900	(6件)
	(千円) 福祉施設等			320	(2件)
	(千円) その他			10,799	
	(千円) 計	980,370		286,153	
(千円) 合計		37,768,062		8,891,463	(住家の被害額 190,110を含む)

どにおける新興住宅地の浸水が目立った。土石流による被害は、須坂市仁礼を襲った土石流によるもので、10名の犠牲者を出した。その他1名が下高井郡山ノ内町地先において増水した夜間瀬川に転落して死亡している。以上からすると、今回の災害は、長野県史上の災害の中では、おおむね中規模程度の位置を占める災害であったといえよう。

2.2 気 象 状 況

長野県の気象には大きな地域差があり、大別して南信地方は表日本型気候、北信地方は裏日本型気候の色彩がこく、南信・北信の中間の松本平は内陸性気候で寒暑の差が大きい。年平均降水量の分布を図2に示す。降水量は、平地で比較的少なく山岳地では多い。南木曽、伊那谷は特に多い。長野市および須坂市周辺は、年平均降水量が約1000～1200mm、8月の月平均降水量が約120mmで、県内でも比較的雨の少ない所である。長野では最大日雨量113mm、最大時間雨量63mm、最大10分間雨量27mmである（理科年表、1981）。

図3は今回の台風15号がもたらした総雨量の分布である。これによると大雨は北信地方に集中しており、特に群馬、富山両県境沿いの地域に多い。北信地方では雨は8月22日朝から降り始め、23日の昼には止んでいる。長野県の資料によれば、下高井郡山ノ内町では最大時間雨量33mm(23日6～7時)、最大日雨量188.5mm、上高井郡山田では最大時間雨量43mm(23日5～6時)、最大日雨量227.5mm、長野市松代では最大時間雨量22mm(23日0～1時)、最大日雨量165.5mm、小県郡真田町では最大時間雨量12.5mm(23日5～6時)、最大日雨量122mmを記録した。

仁礼付近には雨量観測所はないが、須坂と菅平のはぼ中間に位置するので、須坂と菅平の雨量記録について述べる。図4に両地点の雨量の時間経過を示す。須坂では雨は8月22日14時から降り始め、翌日5～6時にピークに達し、9時には止んでいる。最大時間雨量は42mm、総雨量167.5mmを記録した。菅平では8月22日8時30分から降り始め、23日4～6時にピークに達し、昼までには止んでいる。最大時間雨量は35mm(23日4～5、5～6時)、総雨量は224.5mmを記録した。この2日間の降雨量はいずれも8月の月平均降水量を上回っている。

長野県須坂建設事務所の話によれば、今回の雨は20年に1回の規模の雨とのことである。しかしこの時長野市から3km南の若穂で観測された最大時間雨量25mmは過去20年間(1960～1979)の資料を用いた計算によると、2年に1回の確率で生起する雨である。このように今回の雨は平地では少ないが、山麓に近い宇原川上流では多く降り、局地的でしかも一降雨の継続時間がほぼ18時間という短い集中豪雨であった。

2.3 須坂土石流災害

台風15号の接近に伴い、8月22日朝方から降り始めた雨は、翌日午前4～6時にピークに達した(長野県菅平観測所2時間雨量70mm)、この集中豪雨が引き金となって午前6時前宇原川上流で発生した山崩れの土砂が土石流に転化し、巨礫、流木をまきこんで山麓の須坂市仁礼地区を襲った。このため家屋19戸が全半壊し、10名が死亡した。死者のうち6名は被災する1

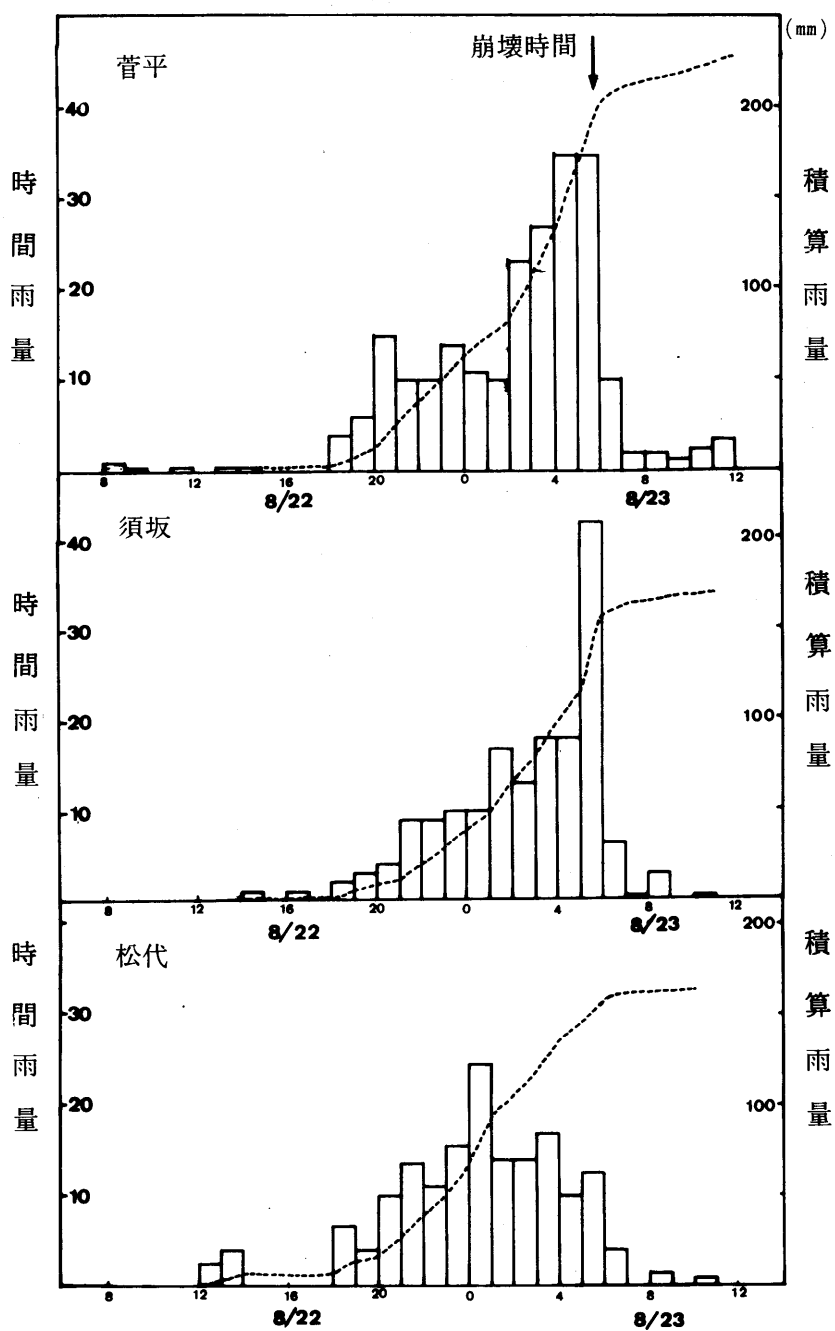


図4 雨量の時間経過（長野県および長野市の資料による）

時間程前に宇原川の増水で上流の仁礼、西原地区の民家に浸水の恐れがでたため水防活動や手伝いにきていた親類、消防団員らが災害に遭ったものである。幸いにも上流でいち早く土石流の流下に気づいた人が大声で下流の消防団員に知らせたため、早めに避難できた人達は助かったが、不幸にも逃げきれなかった人達が犠牲となった。

3. 災害発生地の概要

3.1 地形、地質

宇原川は四阿(あずまや)火山の外輪山西部に源を発し、北西に向かって流れ、山麓の扇頂部において仙仁川と合流して鮎川となり、千曲川に流入する流路延長7.8 km、流域面積13.8 km²の山地小河川である。流域の最高点の標高は2128mで、起伏量1510m、起伏量比(平均勾配)0.194(1°)の中起伏山地である。

四阿火山は、北西に向かって開口する直径3.5 kmの爆裂カルデラをもつ標高2333 mの成層火山で、北西を除き熔岩流がつくる平滑な火山原面が発達している。宇原川流域の最上流部はこの熔岩流斜面の北西端にあたり、ゴルフ場、スキー場などとして利用されている。熔岩流の側端は、宇原川に向けて落ちこむ比高100～150mの連続する急崖となっている。その脚部には厚い崖錐が発達している。中流部の標高1200～1400m付近には地すべりがつくる山腹緩斜面とそれを取りまく急崖が数多く分布する。このように流域の上、中流部では起伏に著しい変化があり、顕著な傾斜変換線が多数認められる。

下流部では支谷の谷底を急勾配に埋積した堆積面が複合沖積錐状に発達している。この急傾斜小埋積谷は周辺の地域にも広く分布する。宇原川、鮎川がつくる扇状地性堆積面は開析されて、2～3面の地形面に段化している。この最低位面が今回氾濫をこうむった場所である。隣接の米子川は四阿山の爆裂カルデラを源頭部としているので、大量の土砂を運搬して山麓に大規模な扇状地をつくっているが、この側端が張り出してきて鮎川を閉そくしたようなかたちになっている。

流域の地質は、上流から下流に向って、四阿火山体を構成する熔岩、第三紀堆積岩、玄武岩類、石英閃緑岩の順に分布する(地質調査所、1955)。四阿火山の熔岩は宇原川上流域においてはほぼ3層に分けられ、いずれも両輝石安山岩からなる。これらの熔岩には厚さ2～3mの板状節理がよく発達しており、節理面に沿ってはがれやすい。四阿火山の基盤をなしているのはこの付近では第三紀の堆積岩である。これはほぼ水平の地層面をもつ黒色頁岩と細粒砂岩の互層からなる。地すべり地形はこの第三紀層地域に分布している。玄武岩類は変質して暗緑色を呈する玄武岩熔岩よりなり、輝緑岩岩脈によって貫かれている。石英閃緑岩は新第三紀に貫入したもので、玄武岩類に熱変成作用を与えている。

3.2 地域の性格

仁礼地区は、須坂市街から約5 km離れた鮎川および鮎川支流宇原川右岸に位置する山間の

集落である。この集落は新潟から群馬へぬける宿場町として発達したが、現在は主に水田やトマト栽培の兼業農業で生計をたてている。集落の中を須坂市と菅平高原を結ぶ県道須坂菅平線が通っており、主要地方道として利用されている。また、被害の激しかった西原地区は、17世帯のうち13世帯が同姓という親戚社会で、地区内のつながりは極めて強く、非常時には地区単位で協力する慣習があった。

集落内を流れる宇原川は、保養地として有名な菅平高原を源とし、隣の流域を流れる仙仁川とこの仁礼地区で合流して鮎川となり、千曲川にそそいでいる。宇原川は、県道須坂菅平線が宇原川と交差する宇原橋付近でもふだんは川幅5～6m、水深20cm 弱の小溪流で、地元民によればサンダルばきでも歩いて渡れたし、今回のような巨大な土石流が襲ってくるとは予想すらしなかったという。しかし、地形的にみれば扇状地を切って何段かの河岸段丘が発達し過去に頻繁に土砂の流出・堆積と侵食とがくりかえし行われてきたと考えられる。

菅平高原の北、峰の原一帯の山林を管理する財団法人「仁礼会」が昭和48年秋にまとめた「仁礼誌」によると、仁礼町ではこの250年間に災害が度々発生している。主な災害をあげてみると

(1) 江戸中期の寛保二年夏（1742年）

宇原川とともに鮎川にそそぐ仙仁川上流で大規模な山ぬけが発生し、仙仁地区の民家、土蔵など約50軒が流失。

(2) 大正6年10月宇原川仙仁川洪水

西原地区から下流の栃倉地区まで田畑全滅、5戸流失。

(3) 昭和34年8月7号台風

宇原川、鮎川などが氾濫、橋はほとんど流失。

その他、地元の古老のいい伝えに「戌年が近づくと災害があるから注意しろ」というのがあり、当地区ではかなりの頻度で災害が起きていたものと考えられる。

西原地区の上流約3kmの位置には、長さ65m、高さ8mの一の瀬砂防ダムがある。このダムは昭和34年災害のあと37年に建設されたもので、計画雨量は100年確率（1時間50mm 1日200mm）である。計画堆砂量は約42,000m³、今回の被災前には約半分が埋っていたが、まだ20,000m³程度の余裕があったといわれている（長野県須坂建設事務所）。

4. 斜面崩壊について

4.1 崩壊地の位置と周辺状況

仁礼地区を襲った土石流は、その痕跡を上流へ追跡すると太い一本の筋として続いており、側方へ分岐することなくまっすぐに大きな崩壊地に達して終了する。このことから、この斜面崩壊の土砂が土石流に転化したものと考えられる。

この崩壊は、宇原川の上流部の一支沢、ロッドの沢の左岸、標高1450m付近に発生した。

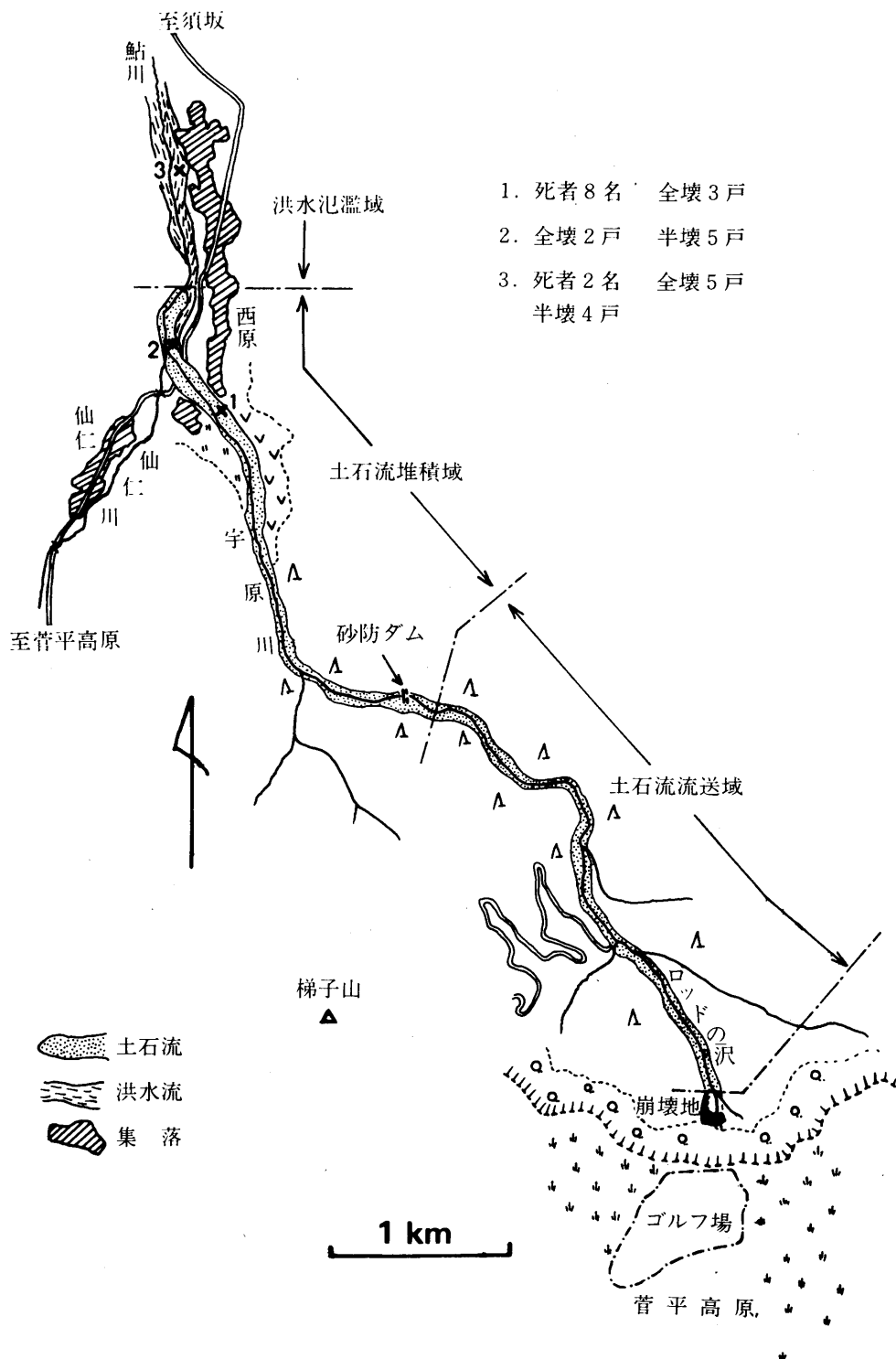


図5 土石流災害全体図

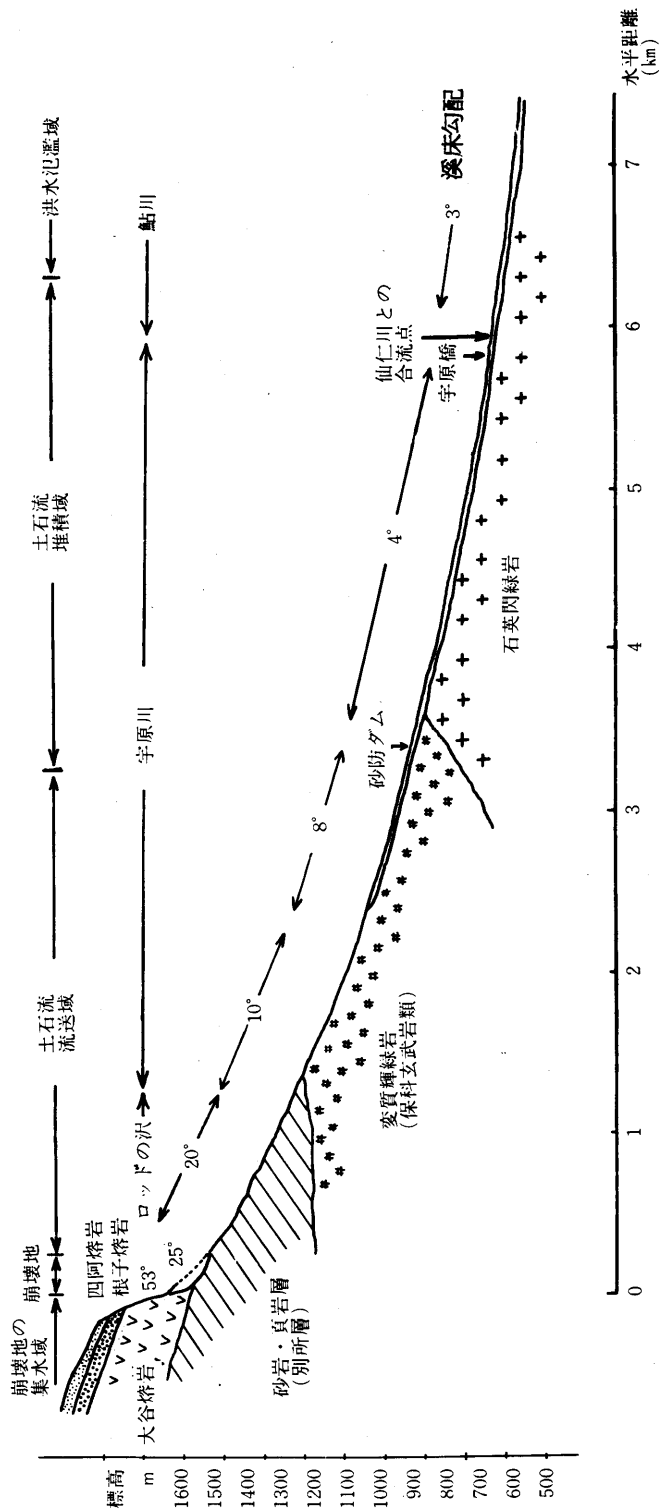


図 6 宇原川縦断面図

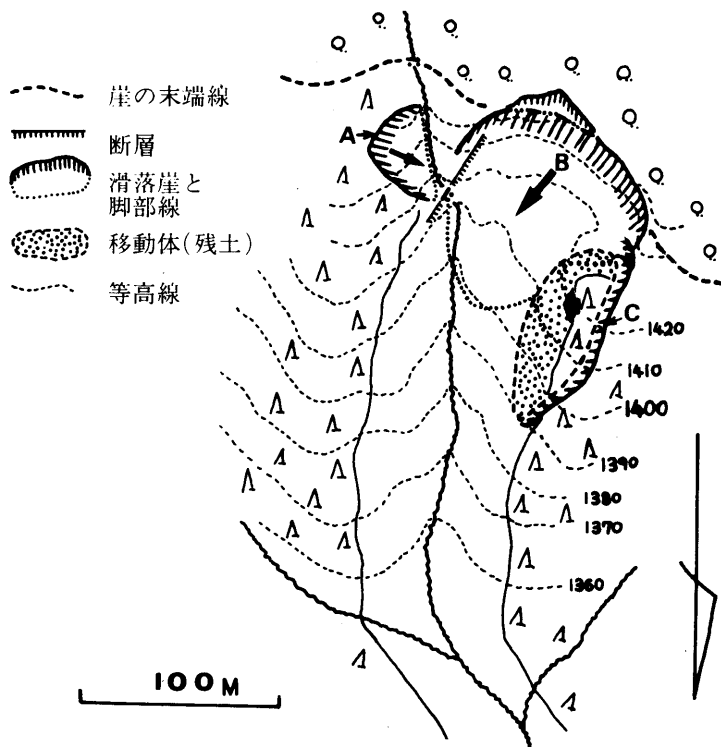


図7 崩壊地平面図

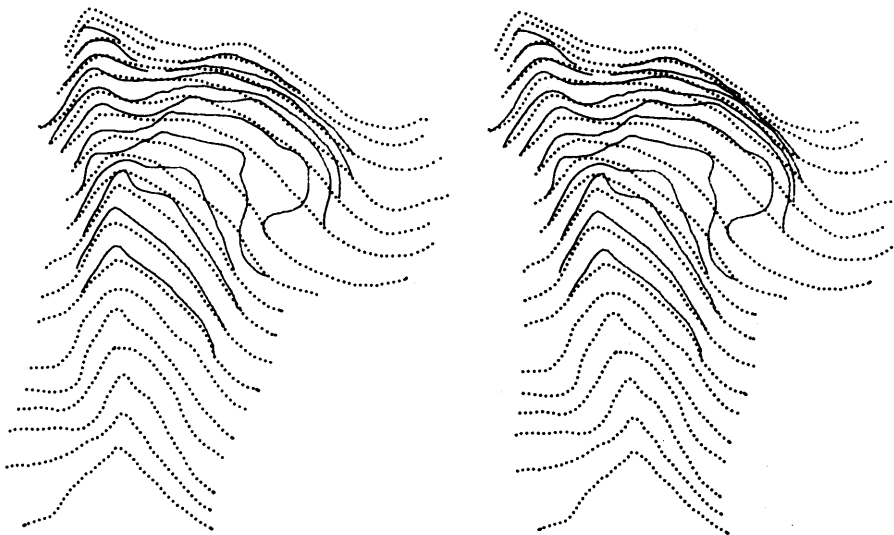


図8 崩壊前後の地形変化図(実体視図) 点線: 崩壊前, 実線: 崩壊後

このすぐ上にはスキーやテニス、ラグビーの合宿で有名な菅平高原が広がっている。菅平高原は第四紀更新世に活動した四阿火山の熔岩を主とする噴出物によって形成された起伏の乏しい緩斜面から成る。

高原の北縁には、何層も成層した四阿火山の熔岩・火砕岩の露出する崖がとりまいている。崖は勾配が約 50° で、標高差が150mほどある。ここは土砂流出防備林として、伐採を行わないブナ・シラカバを主体とした広葉樹によっておおわれている。

崖より下には、勾配が $25^{\circ} \sim 30^{\circ}$ の崖錐堆積物におおわれた斜面がとりまいている。この崖錐層は、四阿火山大谷熔岩と不整合の関係にある第三紀頁岩層の上に堆積している。この斜面は昭和28～32年に植林されたカラマツを主とした針葉樹の整然とした森林におおわれている。

崩壊は崖の末端を頭部として崖錐層の作る斜面が滑動したもので、この部分のものの形状は、空中写真では急勾配の北斜面のため影となり、明確には判読できないが、ほとんど平面状か、わずかに凹地形をなす斜面であったと思われる。崩壊地内には、崖の上部を源流とし、崖に露出する熔岩層でいくつかの滝を作って流下する沢が南北に流れていた。

4.2 崩壊地の概要

崩壊地の状況を図7に示す。崩壊は沢をはさんで両側に発生している(写真14)。崩壊地は3つのブロックに分けられ、右岸側より、A、B、Cと呼ぶ。Aブロックは沢の右岸側にあり、急勾配で崩壊深の浅い独立したブロックである。Bブロックは左岸側の沢に隣接したブロックで、この崩壊地の主要な部分を占める。これは巨大な滑落崖を持ち崩壊深も深い。この左側面にはすべりかけて途中で止まっているCブロックがある。

4.3 各ブロックの状況

4.3.1 Aブロック

Aブロックは沢の右岸に発生した幅が約25m、高さが約30m、崩壊深が1.5～2.0m程度の比較的浅い、小規模な表層崩壊である(写真6)。滑落崖は下流側の少し長いやや左下がりの馬蹄形を呈し、脚部は下の沢まで達している。この斜面は勾配約 45° の急斜面で、もとは火山岩の礫を多少ふくむローム質の表土を2m位の厚さに堆積させていた。そのため崩壊はほぼ表土の底面に沿ったすべり面上に起こった層状すべりで、その方向は、ほぼ沢に直交し、わずかに下流側に向いている。その崩壊土量は約 $1,200\text{m}^3$ 程度である。Aブロックの崩壊地は背後にはほとんど集水域を持たず、 45° の急斜面であり、崩壊の脚部が著しく洗掘をうけた溪床に連続していることから、崩壊の原因としては、大雨で増水した沢の流水により、斜面の末端部が侵食をうけたことによる不安定化が考えられる。

4.3.2 Bブロック

Bブロックは幅100mの巨大な滑落崖を持つ崩壊地の主要部分である。崩壊部分の斜面長は、崩壊した土砂が地表をおおっているうえ、崩壊地とその下に続く溪岸侵食部分が完全に連続しているため、脚部の位置が明確に決められないが、崩壊後の空中写真により図化した地形

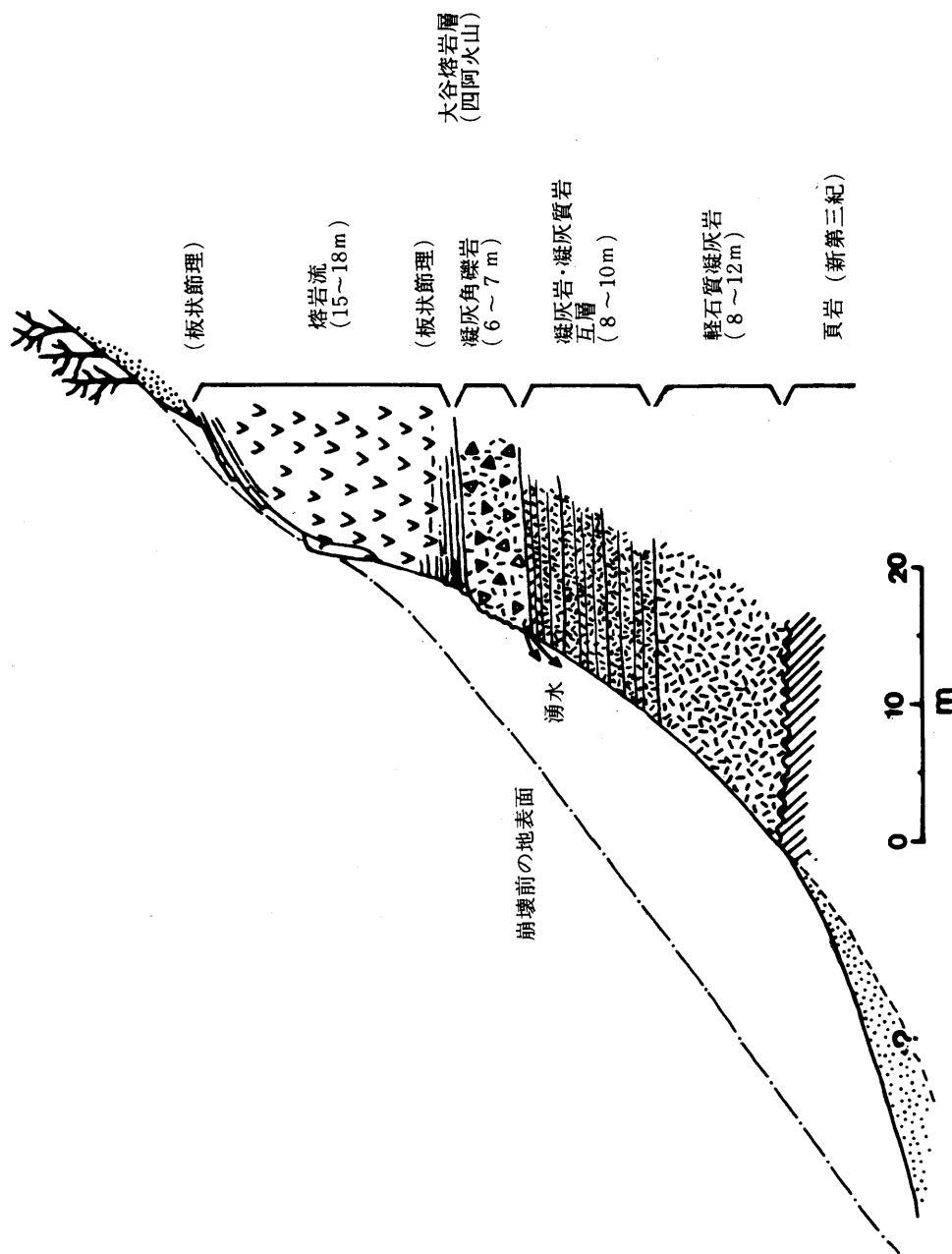


図9 滑落崖模式断面図

と、推定した崩壊前の地形を比べてみた結果、斜面長で70m 以上、水平距離では50m 以上あったと考えられる。崩壊深は同じ方法により、最大で15m あり、崩壊土量は約50,000m³と概算される。災害前後の地形図を重ね合わせたものを図8に示す(実体視図)。

このブロックは巨大な滑落崖が特徴的である。高さ30m、幅100m、勾配が60°でほとんど基岩が露出しているため、地質断面を見るのに好都合である(写真5)。地質の模式断面を図9に示す。

ここでは上位より

① 急斜面にうすく堆積した表土層		1～2 m
② 安山岩 熔岩流	}	15m
③ 火山角礫岩		6～7 m
④ 凝灰岩層		8～10m
⑤ 軽石質凝灰岩層		8～12m
⑥ 頁岩層	第三紀層	

の順に重なり合っている。②～⑤が大谷熔岩層の下位の部分であり、⑥の頁岩層は別所層に相当するものと思われる。

②の熔岩層は、厚さ15m 前後の輝石安山岩熔岩の層で、上下に顕著な板状節理が発達する。そのため、滑落崖の表面においては、細かい岩片に割れている。一般に板状の節理面は冷却面と平行に発達すると考えられているが、この面は、宇原川の下流方向、N20～30°Eに向かって5～20°の傾斜で傾いている。未崩壊地の状況から見てこの熔岩部は、滑落崖といっても、もともと崖錐堆積層はごく薄くしかのせておらず、熔岩の一部は地表に露出していた状態であったが、下部の崩壊に伴い、節理面を流れ盤として表土がずり落ちたため、崖として露出するに至ったものにすぎない。熔岩流の中央部は、塊状を呈し風化も受けず、堅固で、最も急勾配の部分を作っている。

③の火山角礫岩層は、暗灰色でやや多孔質の、同質の熔岩礫を多量にふくむ厚さ6～7mの層で、マトリクスは同じく暗灰色のやや粗い火山砂から成る。全体にかなりルーズで、空気が多く、透水性は良いと考えられる。現地調査の際にも、この層の下底部の数か所から湧水が見られた。

④の凝灰岩層は全体の厚さが8～10m あり、十数枚以上の細かい火山灰層からなる(写真7)。各層は色、粒度のそれぞれ異なる厚さ5～20cm位の薄層で、色や粒度の重なり具合の規則性から、この凝灰岩層は、6～7枚を1つのユニットとした3～4回のサイクルを持つ降下火山灰の堆積した層であると考えられる。この層中にはかなり細粒の火山灰層があり、これが不透水層となり、この上位の火山角礫岩層中を浸透水が流れたものと考えられる。

⑤の軽石質凝灰岩は2～4cm 位の白色の軽石を多量にふくんだ、おそらく火砕流によって形成されたと思われる、ソーティングの悪い8～15mの厚さの層で、同じく、2～3のユニット

に分かれるようである(写真8)。滑落崖の左側方下部においては、断層活動などの剪断運動によってできたと考えられるスリッケンサイド(鏡肌)を持った粘土化した部分がある(写真9)。この上の条線は崩壊のすべりの方向と一致せず、明らかに過去の運動によって形成されたせん断面である。今回の崩壊においてその面をすべり面として滑動した可能性はあるが、崩壊地全体からすると、スリッケンサイドの分布する広がりには小さく、今回の崩壊に及ぼした影響はそれほど大きくないと思われる。

⑥の頁岩層は、⑤の下位に不整合で接する第三紀層で、全体に破砕が進み、3~10 cm 角程度の岩片に砕けている(写真10)。この層は滑落崖の露出ではわずかに2か所程度しか見られず、ほとんどは崩壊物質におおわれている。

滑落崖の下部、特に軽石質凝灰岩の表面には、滑落の時につけられた痕跡が何本も残っている(写真13)。痕跡の方向は滑動方向と一致すると考えられ、これはN 35° E 55° Nであり、沢に対してやや斜め上方から斜交する形で滑動したものと考えられる。この方向に切った断面図を、先に示した崩壊後の地形図から作成し図9に示す。これによるとすべり面は円弧状の断面を持ち、Aブロックとは違って、すべり面の深いスランプ型の崩壊である。このブロックの左端は小断層によって切られた所を側方崖としてすべっている。このブロックでは、滑動した土砂の大半は溪流に押し出され、流下する過程で土石流化し、崩壊地にはごく一部しか残っていない。

4.3.3 Cブロック

Cブロックは、崩壊地の右側面にわずかにすべりを起こし止まっている土塊である(写真1)。崩壊地の右側面上方を通る尾根筋を頭に、広葉樹林中に落差2~3 mの滑落崖が生じている。移動土塊は、長さ70~80m、奥行き50m ほどで、土量は15,000m³、表面に表土と植生の一部を残したまますべっている。土塊の構成物質は、熔岩の礫を多量にふくむ崖錐堆積物が主である。このブロックはBブロックのあとにすべったらしく、土石流のけずった表面にこのブロック内からの倒木が倒れこんでいるのが見られる。

4.4 崩壊の特徴

この斜面崩壊の特徴としては、厚い崖錐層の崩れであること、すべり面の深い大規模なスランプ型崩壊であること、継続時間の比較的短い豪雨のピーク時に発生したこと、流水により著しく洗掘をうけている小谷のすぐ下方の谷壁斜面において発生していること、斜面崩壊はここ一個所でしかみられないこと、崩壊地内に少し移動して停止した大量の残留土塊が存在していることなどがあげられる。

すべり面の深い大規模崩壊の発生には、一般に深い位置の地下水が関係し、降雨のピーク時からかなりの時間をおいて発生する。しかし、山麓の集落へ土石流が到達した時刻から逆算すると、この崩壊の発生は降雨ピーク時あるいはそれ以前と推定される。雨の本格的降りはじめからピークまでの時間は約11時間であるので、透水係数を大きめに見積ったとしても、最大

15m もの厚さの崖錐層全体がこの降雨の浸透だけによって飽和状態に達したとはとうてい考えられない。

滑落崖に露出した溶岩層の間からの湧水は、崩壊から16日後の調査の時点では、3箇所の湧水地点を合計して30cmぐらいの幅で、崖面上をごく薄く覆って流れ落ちすぐに浸透して、崩壊地内に流れをつくるほどのものではなかった。この湧水がみられる層と菅平高原面との間には、ゆるやかに傾斜する何十枚もの熔岩流や凝灰層から成る地層が150mの厚さで重なっている。その中にはこの湧水層の下位にある難透水性の凝灰岩層と同じような性質の地層は数多くあると考えられる。

このような地層構成のもとでは、地下水源となる高原面に降った雨が地中に浸透してこの湧水地点に到達するには、いくら早く見積もっても数日はかかる。したがって11時間前から降り始めた豪雨が、崩壊発生時にこの湧水の量に影響を与えていたとは考えられない。しかし、すべり面の深い崖錐のスランプが現実には発生したことから考えて、この地下水（湧水）は常時供給されていて崖錐層の含水比を高めていたという可能性はある。地下水の流入によって高含水状態になっていたところへ、豪雨の地表面からの浸透の作用が加わって崩壊にいたったと推定することによって、雨のピークとの一致を説明することは可能である。この場合、30度以上もの傾斜をもつ厚い崖錐層は崩壊以前にすでに著しいクリープを当然に起こしていたはずであるが、崩壊地の周辺を観察したかぎりでは、樹木の傾斜や地表面の変形などクリープを示す証拠は認められなかった。

高原面の側壁をなす熔岩壁の崖下に形成された大規模崖錐は、宇原川上流域に3～4kmの長さにわたっては連続して発達しているので、この崩壊地と同じような地形、地質条件をもつ場所は多いということになる。しかし、崩壊が発生したのは流域内の他の場所も含めてただここ一個所だけであるということは、この斜面崩壊の大きな特徴である。

4.5 地形改変による集水条件の変化

崩壊地のすぐ上は、菅平高原でも四阿（あずまや）火山に近く、標高が1,600～1,650mと高いため、写真17のように近年まで自然斜面のまま放置されていた。1973年発行の地形図でもこの付近は荒地と針葉樹林とされるされている。この付近に、現在のようにゴルフ場やテニスコート、ペンションなどが建ちはじめたのは、ここ5～6年のことである。

崩壊地のすぐ上に作られたゴルフ場は、1975年にオープンした。このゴルフ場は、写真17に示すように、南は高原内の1つの高まりから、北は高原の途切れる手前にある高まりまでの範囲に作られている。ここの元の地形は、南北が少し高まりを持ち、中央がやや窪み、西方に緩く傾斜した掌状の斜面で、中央付近に東から西に流れる2本の沢を持っていた。そのためこの斜面に降った雨は、今回崩壊した斜面などのある北側の崖には流れ込まずに傾斜に沿って中央に集められ、2本の沢に流れ込み、高原内を大きく迂回した後、宇原川及び仙仁川に注いでいた。図10の点線に示すように、この時点での崩壊地の集水域はごく限られた範囲であった。

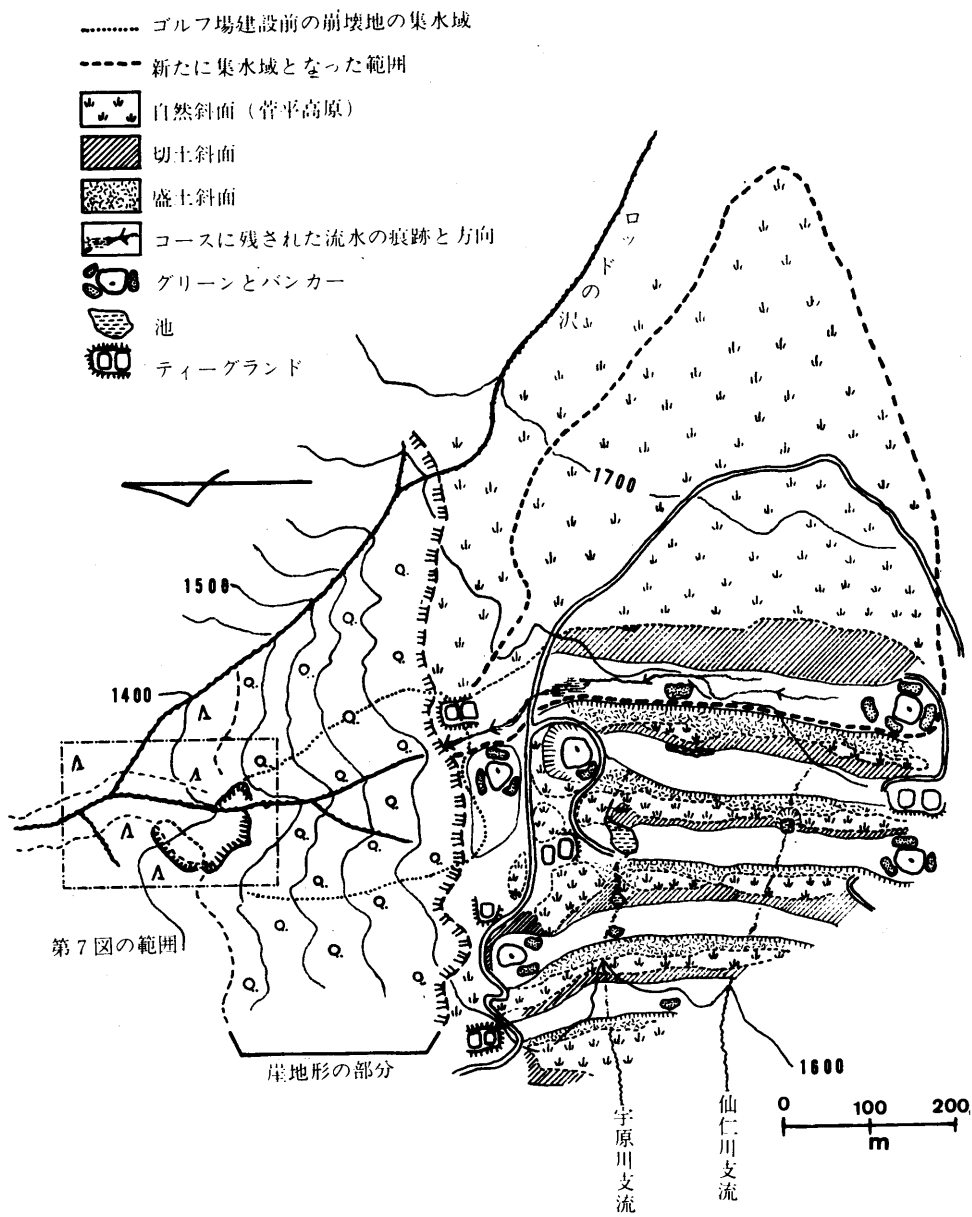


図10 ゴルフ場建設による地形改変状況

崩壊2日後の空中写真を、1965年の空中写真と比較することによってゴルフ場が作られたことにより、どのように地形改変が行われたかを調べ、図10に示した。ゴルフコースは主として斜面を横切る方向に設定されている。そのために斜面の山側をけずり谷側に盛土して、フェアウェイの平坦面を作っている。すなわち斜面を階段状に切り盛りして作った平坦面をコースにしている(写真16)。各コースとも、盛土側は下のコースに雨水を流れ込ませないため、若干高く盛ってある。そしてこの斜面を切って流れていた2本の沢を締め切って池を作り、景観に変化をつけている。そのため従来、2本の支流に流れ込んでいた雨水は、各コースごとに集められ池やバンカーなどの低い所にたまるようになった。雨の2日後の写真でも、かなりのバンカーに水がたまっており、コースの芝も一部が湿った状態で残っているなど、雨水の流れは大きく変えられた。最上部のコース以外は集水面積が限られているので、かなりの雨でもコース内で雨水を貯留できたと考えられる(それでも、1個所で元の沢であった所の盛土部分がくずれ、下のコースに土砂が流出しているのが見られる)。最上部のコース(写真2)は、その上にかなり広大な自然斜面を持つため、集水面積が広く、コース内では処理しきれないくらい多量の雨水が流れ込んだと考えられる。それらの集められた水がコース内の低い所に伝わり、北側に向かって流れ、崖のふちから沢へ注ぎ込んでいった痕跡が、空中写真に示されている(図10)。

現地調査でも沢の源頭部のすぐ上の水の流れ込む部分に、明瞭な痕跡が残されていた。この場所には丈が10~15cmの雑草が繁っているが、これらは全て下流方向にそろって倒されており、また近くの白樺の幹の根元には、上流側に枯草等が引っかかっているなど、水の流れた跡が明らかに認められる(写真3,4)。痕跡から判断すると、水は水深10~15cm、幅が10~15m程度の流れをつくって、沢へ流入していたと推定される。

ゴルフ場の建設により、新たにこの沢の集水域となった区域を空中写真等の資料から線引きすると図10のようになり、その広さは約 0.163km^2 に及ぶ。ここに1時間最大35mm(菅平のデータ)の雨が降った場合のピーク流量を合理式によって計算してみると、流出率を0.5とした場合毎秒 0.79m^3 が、流出率を0.8とした場合毎秒 1.27m^3 が得られる。これと別に沢への流入口付近の状況からマンシングの式により流量を推定した。流路断面を幅15m、最大水深15cmの三角形を想定し、粗度係数を0.03、勾配を $2/100$ とすると、流入量は毎秒 0.84m^3 となり先ほどの値とほぼ一致する。したがって、ピーク時には毎秒 $0.5\sim 1\text{m}^3$ 程度の水が沢に流れ込んだものと推定される。これらの水は勾配 $50^\circ\sim 60^\circ$ の熔岩などの露出した沢に流れてんだため、ほとんど地下には浸透せず、かなりの流速を持って流下したと考えられる。これはこの沢の上流部においてはげしい侵食を受け地肌の露出した所があり、また崩壊地のすぐ上の滝付近では河床から2~3mの高さまで、斜面のカン木がなぎたおされていることからわかる(写真11)。

この流水は、崩壊を起こした崖錐の脚部を洗掘し、また、多量の水を供給することによって

崩壊の発生あるいは崩土の土石流化にかかわりをもったものと推定される。

5. 土石流について

本報告では土石流と土砂流とをとくに区別せず、一括して土石流と表現している。また、氾濫域に礫の堆積がみられないところでは水が主体であったものとして、洪水流と表現した。

5.1 溪床勾配と侵食堆積状況

溪流の各区間の平均溪床勾配を図11に示す。崩壊地付近では 40° 、崩壊地から1km下流までは 25° 、さらに1km下流までは 10° 、4km下流にある砂防ダムの上流側は約 6° 、同下流側では約 4° 、宇原川と仙仁川の合流点までは 3° の勾配である。

一般に土石流は 25° 以上の谷で発生し、 10° 以下で停止堆積するとされている。宇原川においても溪床勾配が 25° 区間までは侵食作用が激しく、兩岸とも表土層が剝削されており、溪床も洗掘されている。 10° 区間に入ると、ところどころ土砂の堆積が見られ、溪流の湾曲部では土石流段丘が形成されている。この付近までの土石流の堆積物は主に泥や礫からなっている。 6° 区間に入ると堆積作用が著しく、溪床には礫混じりの土砂が厚く堆積している。 3° 、 4° 区間になると 6° 区間で見られた礫混じり土砂の堆積は少なくなり、直径0.5~3.0mの巨礫によって埋められているが、河道が広がっているため、土石流は横方向にも分散し、全体の堆積深は浅い。以上から、今回の土石流は 10° 区間から減速し始め、 6° 区間から堆積域となっているとすることができる。さらに細かく見れば、堆積物のうち直径1~2mの巨礫などは 4° 勾配以下の区間が堆積域となっており、粒径によっても堆積域の勾配は異なっている。

過去に発生した主な土石流災害の堆積域の勾配についてみると、1978年5月妙高土石流災害では約 5° 、1976年9月台風17号による小豆島災害では約 7° 、1972年7月梅雨前線豪雨による天草災害、1966年9月台風26号による足和田村災害はともに 10° 以下という報告がなされている。この宇原川では、巨礫の堆積が 3° のところまでみられるので、他の事例に比べかなりの緩勾配のところまで土石流が到達したことになる。

5.2 土石流の流速と抵抗係数

実際の土石流の流速を観測できる機会は少ないので、土石流の流速に関する実測資料はきわめて少ない。土石流の流速式としては、マニング公式、大同による抵抗則、Stribniy式などが用いられているが、奥田ほか(1977)は焼岳の土石流の実測データをもとに土石流の流速を検討した結果、Stribniy式が他の式に比べて実測データに近い値を与えているという結果を得ている。ただし係数を修正している。ここでは、砂防ダム下流0.5kmの狭さく部に明瞭な土石流の痕跡があるので、この奥田ほかの修正式を用いて、土石流通過時の流速を求める。次に、土石流の運動を質点力学的にとりあつかって、その抵抗係数を求める。

奥田ほかによる修正式は、

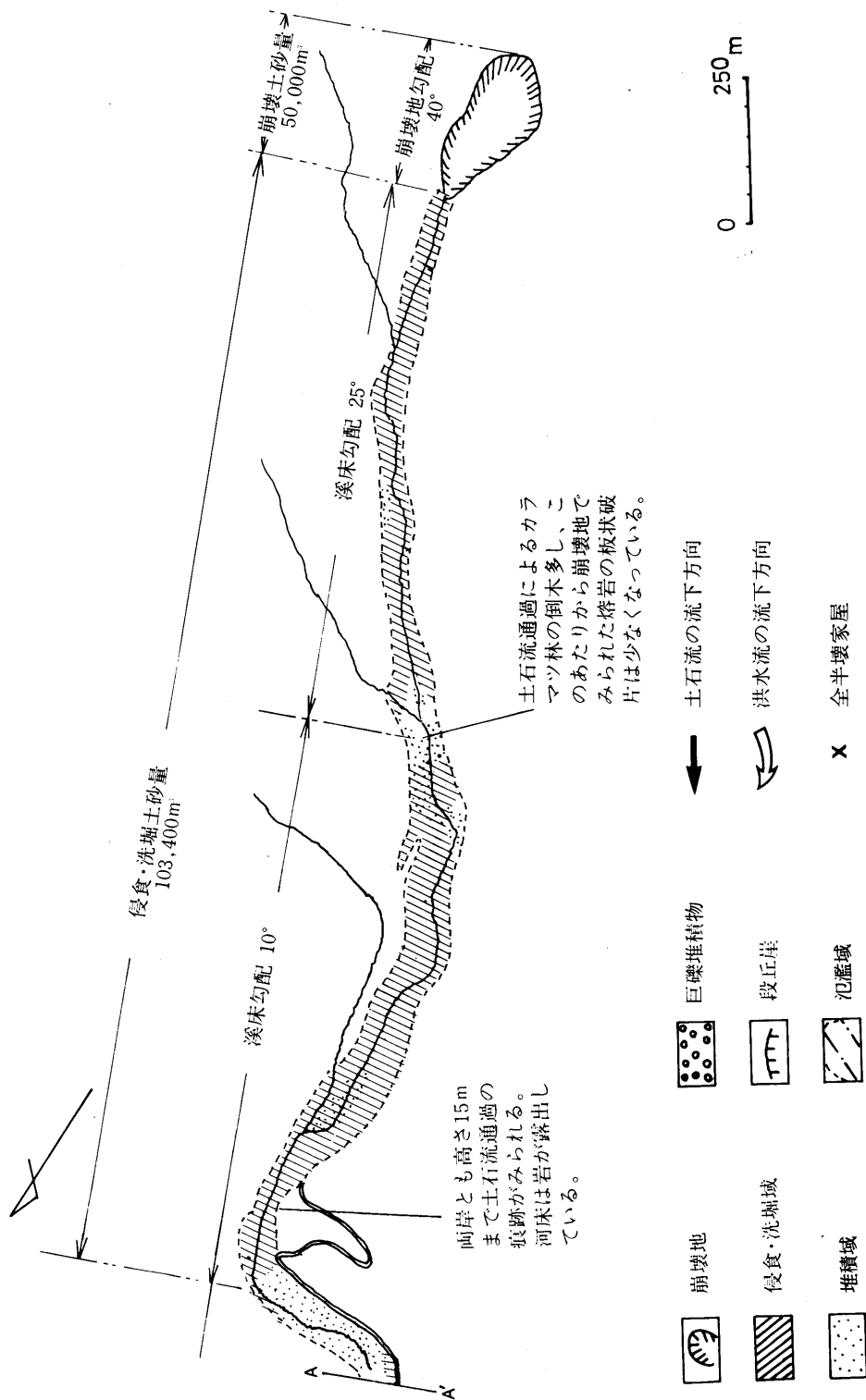


図11a 土石流による侵食堆積状況(1)

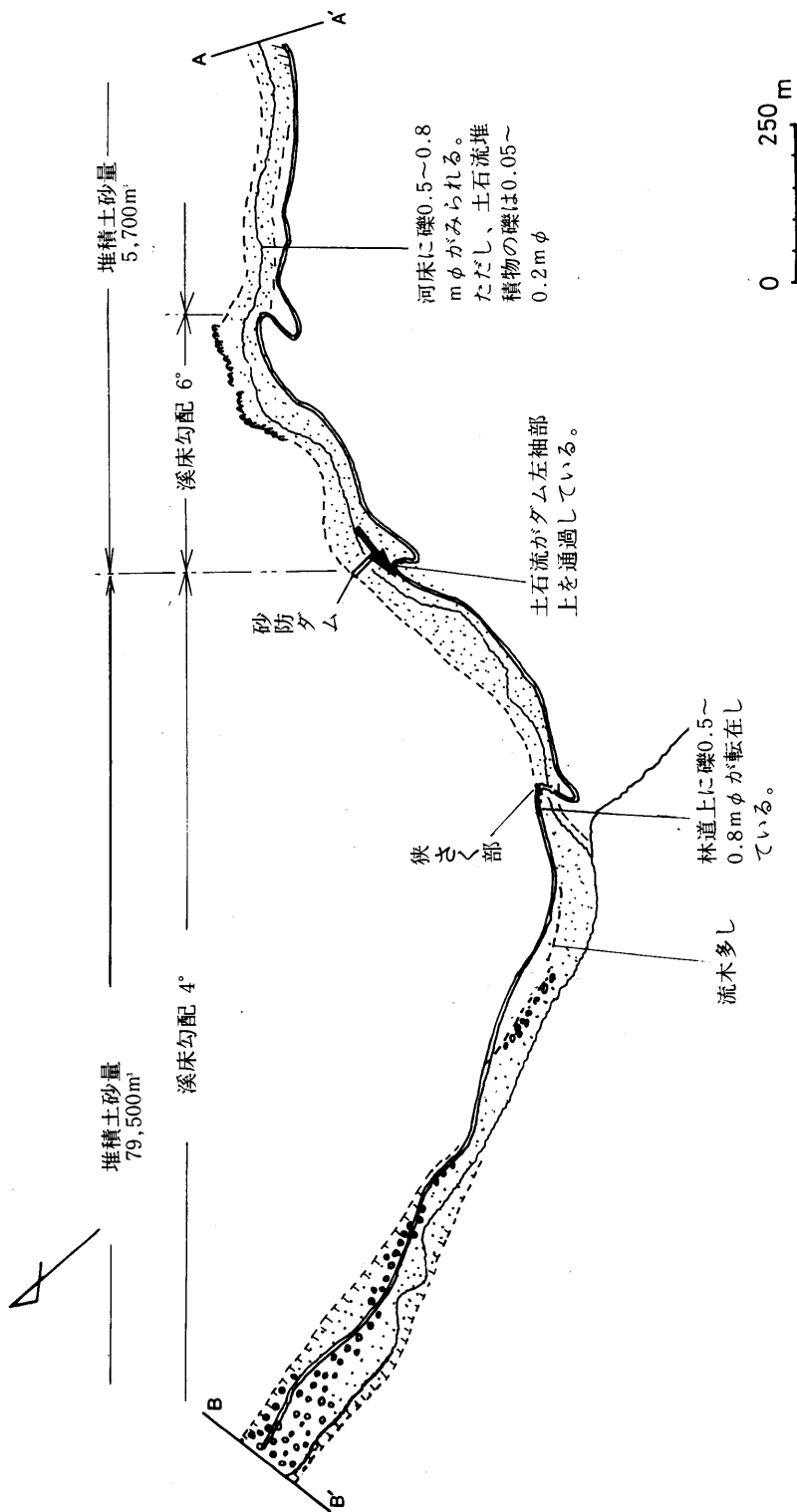


図11b 土石流による侵食堆積状況(2)

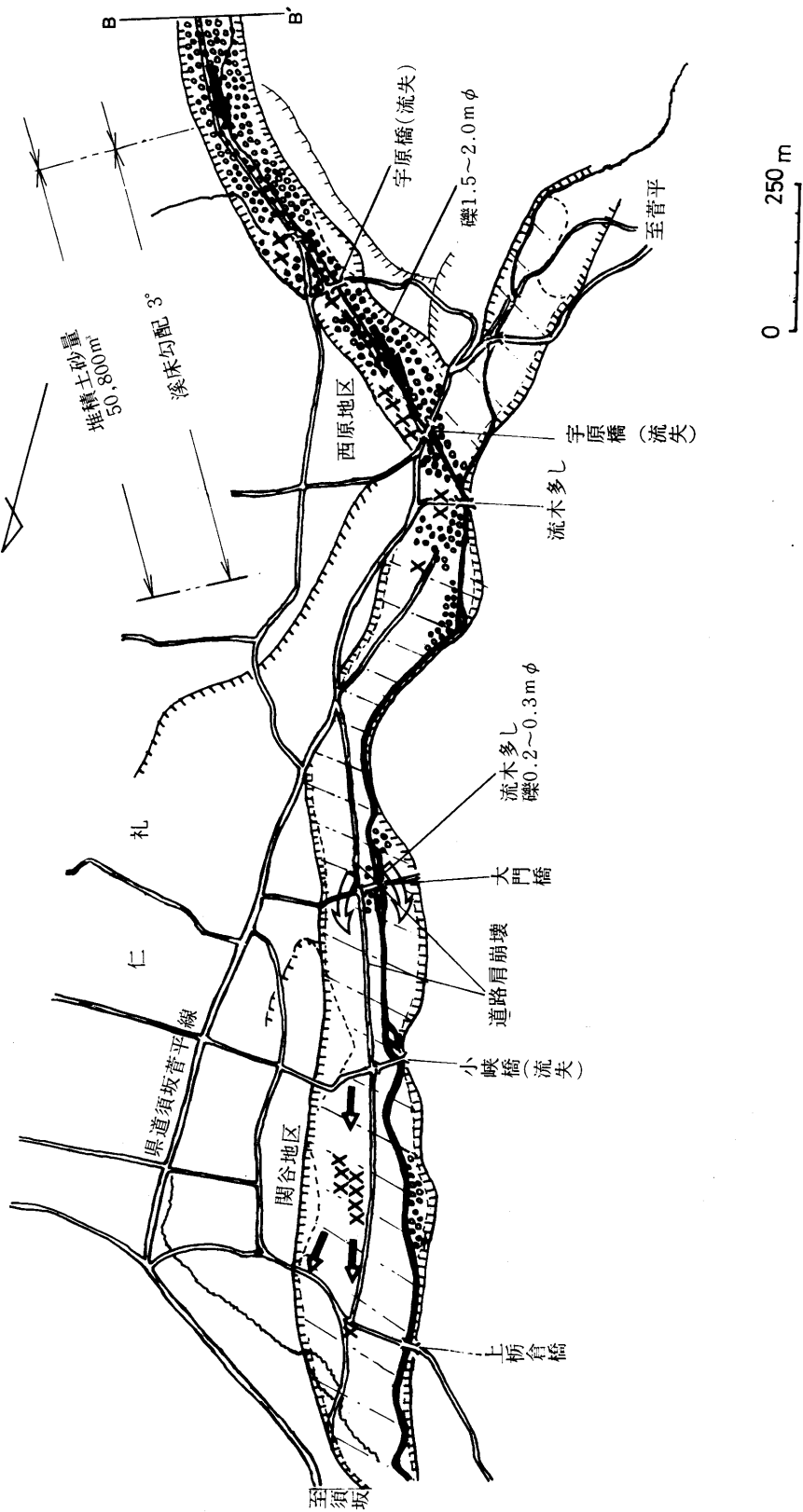


図11c 土石流による侵食堆積状況(3)

$$U = 11.8 R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{4}} \phi \quad \phi = \left\{ \frac{r_s (r_d - 1)}{r_s - r_d} + 1 \right\}^{-\frac{1}{2}}$$

で示される。

ここで U は流速, R は径深, I は溪床勾配, r_s は固体粒子の密度, r_d は土石流の密度である。ただし, Stribniy の原式では右辺の係数を 6.5 としている。

この狭さく部では兩岸とも高さ 7 m まで痕跡がついているので $R = 5.47$ とする。また, $r_s = 2.60$, $r_d = 1.50$ と仮定し, $I = \tan 5^\circ$ を与えると $U = 7.4 \text{ m/sec}$ ($\approx 27 \text{ km/h}$) が得られる。同様に宇原川の西原地区の流速は土石流の高さ 3 m として計算すると $U = 4.6 \text{ m/sec}$ ($\approx 17 \text{ km/h}$) となる。

次に, この西原地区から下流の合流点付近まで直進して停止しているから, この区間における土石流の運動を質点力学的にとりあつかって, その抵抗係数を求める。しかし厳密には土石流が一体となって流下, 停止したものではなく質量変化, 密度変化などがあるから, 質点力学でおきかえるのは無理を生じるが, ここでは近似的にとりあつかうことにする。

初速度を V_0 とし, 等加速運動するものとする, 流下距離 l は次式で与えられる。

$$l = V_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$a = g (\sin \theta - \mu \cos \theta)$$

ここで θ は 溪床勾配, μ は抵抗係数, g は重力加速度である。土石流は西原地区から 750 m 下流で停止しているからその位置における速度は 0 となり, 到達時間は $t = -V_0/a$ で与えられる。したがって,

$$l = -\frac{V_0^2}{2a}$$

変形して

$$a = -\frac{V_0^2}{2l}$$

すなわち

$$g (\sin \theta - \mu \cos \theta) = -\frac{V_0^2}{2l}$$

となる。したがって抵抗係数は次式によって求めることができる。

$$\mu = \tan \theta + \frac{V_0^2}{2lg \cos \theta}$$

西原地区上流の初速 $V_0 = 4.6 \text{ m/sec}$, 溪床勾配 $\theta = 3.5^\circ$, 停止距離 $l = 750 \text{ m}$ と

すると、 $\mu = 0.06260$ となる。

この μ の値を算定することによって土石流がどのくらいの距離まで流下して停止するかについておよその予測ができる。焼岳の例では $\mu = 0.0842 \sim 0.0860$ の値をとることが報告されている。この値は土石流構成材料によって規定されるもので流域の特性によって異なるが、各土石流災害ごとに μ の値を求めておけば今後の防災対策のための基礎資料として役立てることができるであろう。

5.3 宇原川の土砂収支

宇原川の土砂洗掘、堆積状況から、今回の土石流による土砂収支の概算を行う。生産土砂量は、崩壊地の土砂および途中の溪床の洗掘、溪岸の侵食によるものである。崩壊地からの土砂は、約 $50,000 \text{ m}^3$ であることは前章で述べた。図11に示したように崩壊地から下流約 2.2 km まで溪床、溪岸の洗掘侵食が著しい。現地での観察にもとづきこの区間の平均溪床幅 20 m 、洗掘深 1.3 m とし、また溪岸沿いの斜面は表土層のみが剝離されているから、その平均侵食深 0.7 m 、平均侵食斜面長を兩岸とも 15 m とすると、溪床洗掘量 $57,200 \text{ m}^3$ 、溪岸侵食量 $46,200 \text{ m}^3$ となる。したがって総生産土砂量は約 $153,400 \text{ m}^3$ となる。

土砂の堆積は、崩壊地から下流 2.2 km の地点から始まり、宇原川・仙仁川の合流点まで続いている。崩壊地下流 2.2 km から砂防ダムまでの距離 $1,100 \text{ m}$ の区間の堆積土砂量は平均堆積深 0.5 m 、平均堆積幅 40 m として $22,000 \text{ m}^3$ となる。砂防ダムから狭さく部までの 500 m の区間では平均堆積深 1.0 m 、平均堆積幅 70 m として $35,000 \text{ m}^3$ となる。狭さく部から河道が広がる 950 m の区間では平均堆積深 0.2 m 、平均堆積幅 70 m として $13,300 \text{ m}^3$ となる。上記区間から仙仁川・宇原川合流点上流 800 m までの 500 m 区間は平均堆積深 0.5 m 、平均堆積幅 125 m として $31,250 \text{ m}^3$ となる。上記区間から合流点までの 800 m の区間については、幅 20 m の流路工内の平均堆積深 2.5 m として $40,000 \text{ m}^3$ 、兩岸の低位面の平均堆積深 0.2 m 、平均堆積幅 30 m として、 $4,800 \text{ m}^3$ となる。また合流点の対岸に堆積した土砂量は平均堆積深 1 m 、平均堆積幅 50 m 、堆積長 120 m として、 $6,000 \text{ m}^3$ となる。したがって総堆積土砂量は $152,350 \text{ m}^3$ となる。

以上のように崩壊土砂は約 $50,000 \text{ m}^3$ であったが、約 2 km 流下する間に約3倍もの土砂に増加しており、土砂の流下による侵食力の激しさを示している。この3倍に膨れ上がった土砂が下流域の溪床に約 4 km にわたって堆積している。

5.4 宇原川の増水状況

被災当時の宇原川の増水状況を推定するために、合理式を用いて宇原橋付近のピーク流量を求めた。前日からかなりの雨が降っているから降った雨は大部分が表面流出となって流れるものとして流出係数を 0.8 とし、最大時間雨量 38.5 mm (23日5～6時の県須坂建設事務所と菅平観測所の観測値の中間値)、流域面積 13.8 km^2 を合理式に入れて計算すると、ピーク流量は $118 \text{ m}^3/\text{sec}$ となる。なお、Rzihaの式による洪水到達時間は15分である。

宇原橋付近では、上流の西原地区まで河川改修が行われ、流路工が整備されている。流域から集った水はこの流路工内を流れるから、河床断面を川幅 20m の矩形水路とし、マニング公式から得られる次式によってピーク時の水位を求めた。

$$Q = AV = BhV = Bh \cdot \frac{1}{n} \left(\frac{Bh}{2h+B} \right)^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

ここで Q はピーク流量、 A は断面積、 V は流速、 B は河幅、 h は水位、 n は粗度係数、 I は溪床勾配である。 $n = 0.07$ 、 $I = \tan 3^\circ$ として計算すると、最大水位は 1.74m、流速は 2.5 m/sec となる。

当時は河岸の比岸の比高が約 2m であったから、出水だけの場合には、本川は氾濫していなかったということになる。これは 1 時間の雨量強度にもとづいて計算したものであるが、実際には雨はもっと短時間に集中して降っていると考えられる。このような場合には水位はもっと大きくなるので、多少とも氾濫していたかも知れない。

5. 各地点の侵食、堆積状況

つぎに主な地点の侵食、堆積状況について述べる。

<崩壊地下流 700m 付近 - 写真21>

川の流れが左に湾曲しているため、右岸には高さ 20m までのり上げた痕跡があり、昭和30年に溪岸沿いに植林されていたカラマツ林がなぎ倒されている。左岸には高さ 10m、幅 15m の土石流堆積物が見られる。土石流通過後の溪床幅は約 70m にひろがっている。溪床には崩壊地に見られた溶岩の板状破片がなくなり、礫が圧倒的に多い。

<一の瀬砂防ダム付近 - 写真22>

土石流通過により砂防ダムは満砂した。上流側の堆砂勾配は 6° で土石流堆積域に相当する大きさである。土石流通過前の谷幅は約 120m と広く、左岸側には比高 3m、幅 50m の土石流段丘が形成されていた。砂防ダムはその左袖部をこの土石流段丘の段丘崖にとりつけられていた。ダムの上流では堆砂によって段丘崖の高さが低くなっていた。このため、かなりの規模と速度をもった今回の土石流は、段丘面をのり越えて直進し、その上に厚さ 3m の泥質物を堆積している。溪岸沿いには土石流によって倒されたカラマツ林が見られる。

<砂防ダム下流 450m の狭さく部付近>

ここは谷幅が 50m と狭くなっており、高さ数m の滝を形成しているところである。この滝の直下流に兩岸を連結している橋があったが今回の土石流で流失している。ここでも流れが左側に湾曲しているため河道の直線延長上にあたる林道上に直径 0.7~0.8m の大礫が点在しているが細礫などは見られない。この滝の手前の左岸に幅 30m、高さ 7m、長さ 150m にわたって礫混じり土砂が堆積している。土石流通過時の痕跡は兩岸とも高さ 7m まで及んでいる。

<宇原橋付近 - 写真26, 27>

宇原橋と呼ばれる橋は 2 つあり、西原地区の対岸の宇原地区を結ぶ橋と 250m 下流の県道

須坂菅平線の宇原橋である。二橋とも土石流のため完全に流失している。このあたり一帯は2～3 mに及ぶ巨礫群によって河道および低位面は埋められ、川幅は200 mに広がっている。平均溪床勾配は約3°とかなり緩やかで土石流の停止域に相当している。巨礫の直径は平均1.5 m、大きいもので3 mに達している。県道須坂菅平線を結ぶ宇原橋から上流300 mにあった家屋は土石による衝撃のために全壊している。宇原川右岸沿いに幅5 mの市道が上流まで連絡していたが、これも巨礫によって埋没している。しかし全体の堆積層はそれ程厚くなく、平均すればおよそ0.5 m程度である。

<宇原川・仙仁川の合流点付近 - 写真28, 29>

宇原川は仙仁川とは斜めに合流しており、土石流は仙仁川を横切る形で対岸へ進行して停止している。この付近ではすでに土石流の勢いも衰えており、合流点付近で被災した家屋は壊れずに大礫が家屋の壁をつき破って入り込んでいる。またわずかの障害物のためにその進路を変えているのが見られる。今回被災した家屋のすぐ後の家では土石流の流れが左右に分散したため、損傷は全く見られないことから明らかである。土石流堆積物は大部分が直径0.5～1.0 mの大礫から成っている。合流点にかかっていた瀬脇橋は流失している。

<鮎川大門橋付近 - 写真32>

合流点から約0.7 km下流の鮎川にかかる大門橋は流失をまねがれているがそのため橋脚に大量の流木がひっかかり、川の水位をせき上げ、主として田畑として利用されている兩岸の低位面上に洪水流となって氾濫している。この洪水流により関谷地区の家屋9戸が全半壊している。この地区における氾濫堆積物は砂質で、洪水流であったことがわかる。

6. 被害発生の状況

6.1 災害の経過

宇原川の上流域山地では23日の午前2時ごろから一段と雨が強くなり、2時～5時の3時間雨量が菅平で85 mmという強雨となった。このため宇原川は明け方前から増水しはじめ、西原地区では5時ごろには幅20 m、深さ2 mの河道の護岸を越えるおそれがでてきた。また側面の小溪流から水を導く用水路が溢れて、低地面に浸水しはじめていた。このため消防団には5時前に出動命令が出され、15名の団員が5時40分ごろから溪流沿いの低地面にある3世帯の住宅への浸水を防ぐための水防作業を行っていた。炊き出しや浸水に備えるための手伝い、見回りなどのためにもかなりの数の人々がこの低地内に下りてきていた。ここは浸水しやすい場であるということで、出水があればすぐに地区ぐるみで備えるという態勢ができていたものであろう。水源地の見回りなどのために上流の方へも人々が行っていた。

土石流は6時すこし過ぎにこの地区を襲った。目撃者の話によると、このような現象の直前にはいつも観察されているように、水位が下がったようである。「水が引けたし雨も小降りになったのでもう安心だ」と思った人もいた。しかしすぐに2階の屋根ほどの高さもある大きな

A	世帯主	41	用木路付近で流され死亡
	妻	45	死亡
	長男	15	
	長女	14	死亡
	母	84	

C	世帯主	71	死亡
	妻	69	死亡
	手伝い		

D	世帯主	54	流され救助
	長男	33	"
	長男の妻	32	"
	手伝い		

E	世帯主	53	木流し作業中避難
	妻	52	流され救助
	養子	27	死亡(消防団員)
	長男	23	流され救助

F	世帯主	58	死亡
	二男	33	流され救助
	母	94	死亡

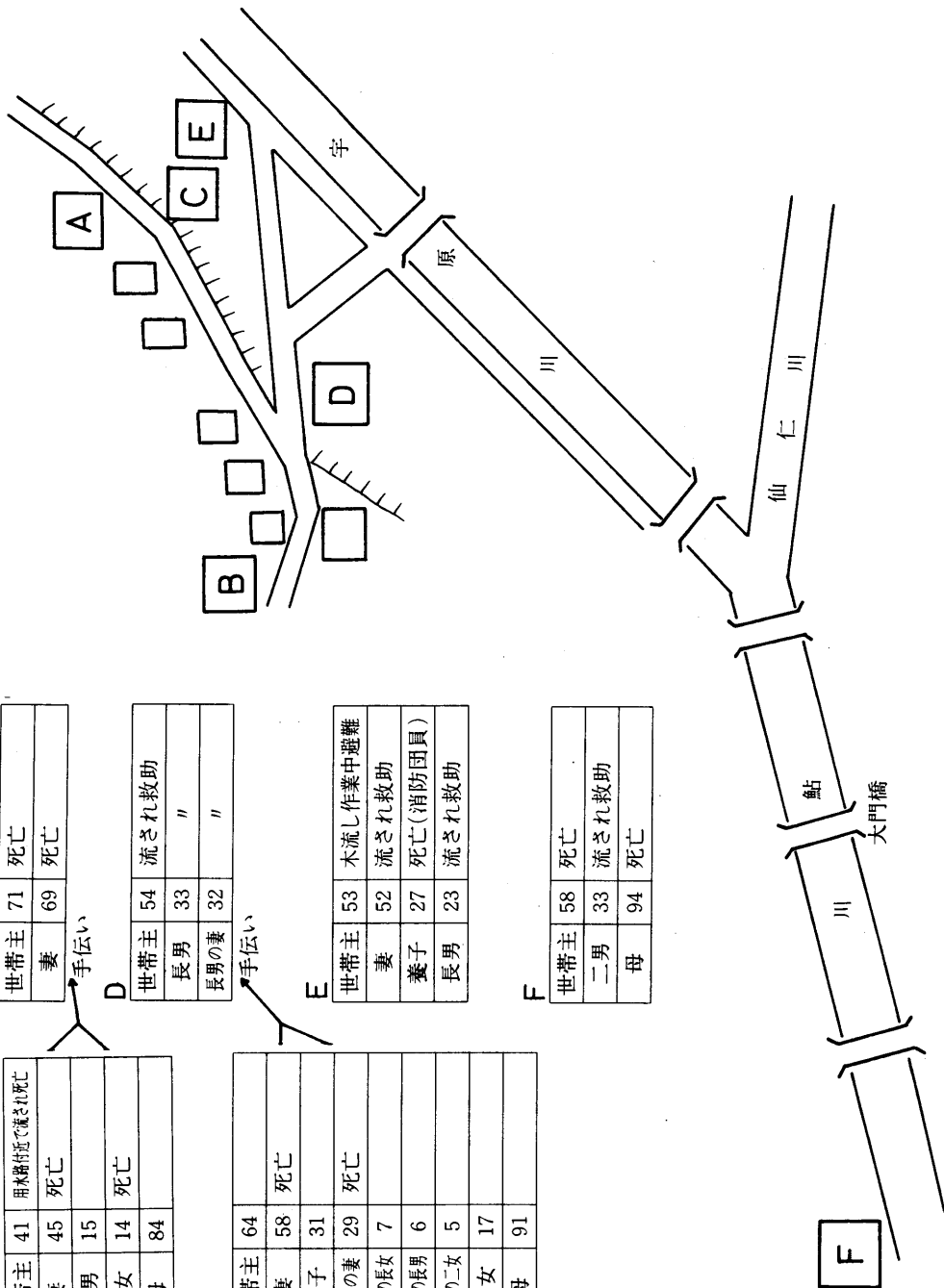


図12 死者の家族構成 (長野県資料による)

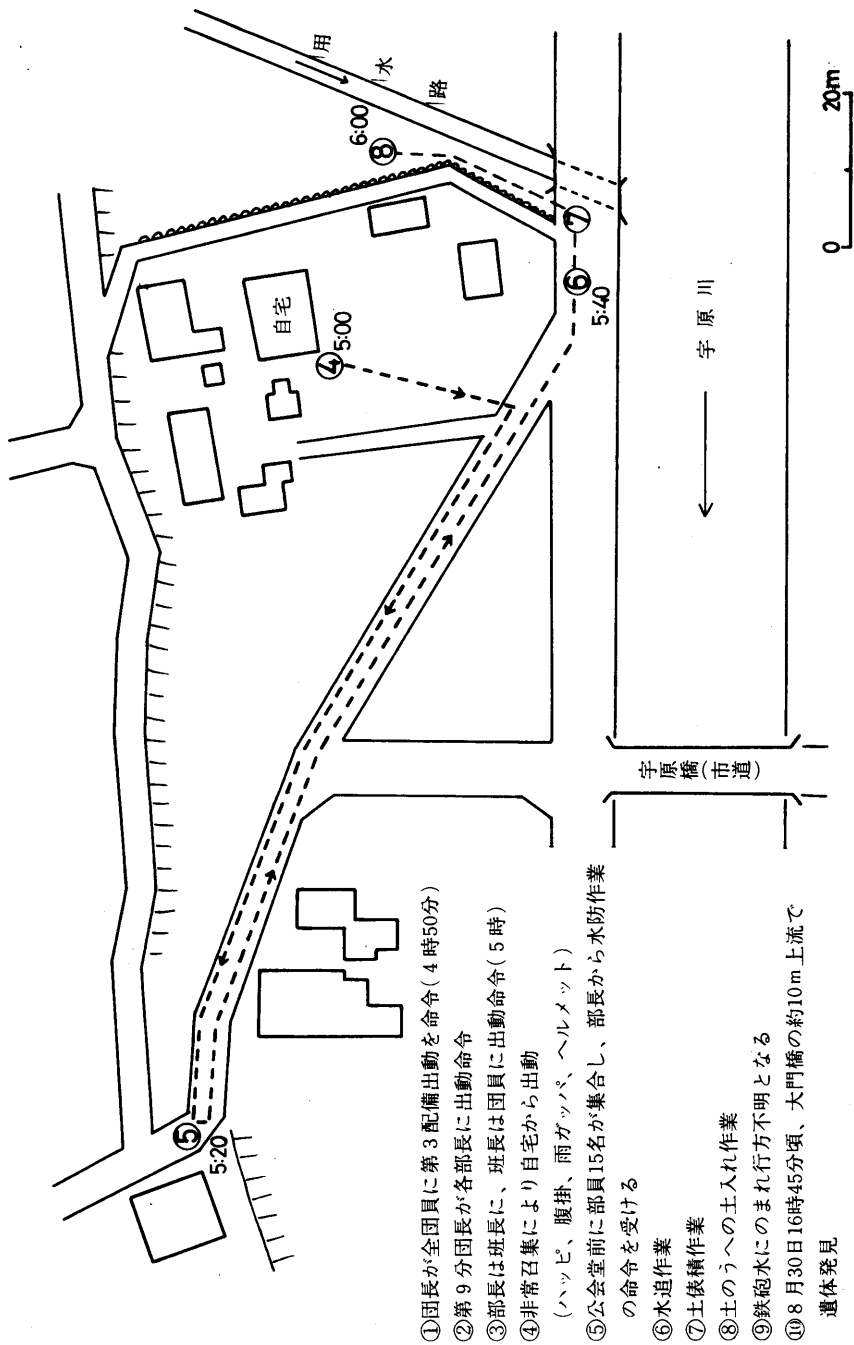


図13 死亡した消防団員の行動図(長野県資料による)

波が杉の立木もろとも押し寄せてきて、逃げ遅れた人や家を押し流した。

西原地区の3住宅を押し流した土石流は、さらに宇原川と仙仁川の合流点付近の7戸の家を全半壊した。谷沿いの低い場所にあっても流れの主流がわずかにそれたことによって、浸水被害だけで済んだ家もあった。礫の氾濫、堆積は合流点の下流約200mのところまで終っている。しかし流木を混えた多量の水塊はなおも下流へ流下し、橋によるせき上げの効果も加わって鮎川沿いの低位面上に溢れ、宇原川合流点下流1.2kmの関谷地区の住宅9戸を全半壊した。この土石流とその後に続いた出水は2～3分程度継続し、その後水位は低下した。雨も5～6時がピークで6時以降は小降りとなり、9時に降り止んだ。

6.2 避難

日曜日の早朝の出来事ではあったが、異常に気づかずに寝こみを襲われたという世帯はない。朝が早い山里のことであり、出水には早くから気づいていて5時には大部分の人が起きて備えの態勢にあった。礫が河床を転がる音、山鳴り、地鳴り、沢水の濁りなどによって、いつもの出水とは違うと感じて警戒していた人もいた。宇原川は南に隣接する仙仁川と合流して鮎川となるが、仙仁川でも大規模な出水があったので、両川の水が集まる鮎川の低地では土石流発生前からかなりの氾濫が生じていた。このため鮎川低地では大部分の人が事前に避難していたものと思われる。低地面の幅は狭いので、すぐに側面の段丘面に到達することができる。鮎川低地では高令者(94才)がいた一世帯3人が流されて2人が死亡しているが、これ以外には重傷者もない。

これに対し宇原川低地にある西原地区では事前の避難は行われず、逆に高位面に住んでいる人々が集ってきていて、低地内の3世帯9人全員および浸水に備えるための手伝いの人、水防作業の消防団員などの人々が土石流に遭遇している。おそらく本川は溢れておらず、幅0.5m足らずの用水路の氾濫は土のう積みによって防げると判断される程度の出水であったものであろう。家の中に居た人は全員流されたが、外に居た人の大部分は迫ってくる大波を見て側面の段丘上に駆け上って難をまぬがれた。しかし消防団員など2名が逃げ遅れて死亡した。少し上流に見回りに行っていて土石流の襲来をいち早く見つけ走りながら大声で知らせた人がいたことも緊急避難ができた一因となっている。前章で示したように、土石流の流速はこの場所では約5m/secと推定される。谷の上流に向かってまっすぐに見通すことができる距離は、樹にさえぎられないところでは300m程度はあるが、豪雨の中であったため、たとえ100mのところまで迫ってきて気づいたとしても、土石流が到達するのにそれから20秒程度はかかる。一方河岸から段丘崖までの距離は50mほどであり、低地を横断して段丘面上に上っていく道路に沿って土のう積みが行われていたので、河岸に居た人でも普通に走れば間に合う状態にあった。

死亡した消防団員は流失した3戸のうちの最上流の家に住んでいた人であった。また消防団員ではなかったが、地区の代表という立場上水防作業の手伝いをしていたと思われる人が亡く

なっているが、この人の家族2名は手伝いのため流された家に来ていて死亡している。屋外に居て亡くなった人はこの2人だけである。家の中にまだ肉親たちが残っているという想いが逃げる足をにぶらせたものであろうか。

6.3 被害状況

この土石流とそれに伴う溪流洪水による被害は死者10名、重傷者2名、家屋全壊10世帯、同半壊9世帯である。死者は西原地区で8、関谷地区で2、家屋の損壊は西原地区で全壊3、合流点付近の地区で全壊2、半壊5、関谷地区で全壊5、半壊4である。西原地区の全壊3世帯9名のうち3名死亡、5名は流されて救助され、うち2名は重傷を負った。死者のうち1名は消防団員として水防活動中であつた。さらに炊き出しや浸水に備えるために親類の家にかけていた2組の母子が流され死亡した(図13)。手伝いをうけた世帯の3名は全員救助されたが、手伝いの2名が死亡したという家もあった。このように、全体の死者の半数もが安全な高位面にある家から手伝いなどに来ていた人々であつたことが、この災害をより悲惨なものとした。西原地区はきわめて強い連帯をもつ血縁共同体であるが、結果としてこのことが災いした部分もあるといえよう。

西原地区の3戸は50~100m流されて倒壊した。一方の下流400mの合流点付近では、巨礫に埋められているものの倒壊をまぬがれている家や、溪床が3mも上昇して天井川と化した河道のすぐ側面にありながら、土石の衝撃をほとんどうけていない家がみられる。土石流の堆積末端域では、土石はかなり分流、遍在して流れ、巨礫もきわめて穏やかな運動を示すものと推定される。写真29のAの家は全壊、Bの家は流失し、Dの家は半壊したが、その間にあるCの家は土石の衝撃を受けず浸水だけで済んでいて、わずかな障害物でも土石の流れを分散させていることがわかる。

宇原川および鮎川にかかる5橋のうち4橋は流失した。流失をまぬがれた大門橋には大量の流木がひっかかり、水位がせき上げられて、低位面への氾濫がさらに大きなものとなった。関谷地区では低位面中でもとくに低い場所に位置していた9戸の家が多量の流木を混えた氾濫流に襲われて全半壊し、死者2名をだした。この被災個所の側面の河道内では砂礫堆が発達して河床がやや高かったこと、およびその直上流部がやや水衝部的であつたため、河道沿いに通ずる道路面を越えて氾濫が生じ、大門橋際から溢れて道路沿いに流下してきた流れと合流して強い氾濫流が生じたものであろう。橋の流失のため宇原、仙仁および瀬脇の三集落は孤立した。また、水源池や配水管が破壊されたため800世帯が断水した。

6.4 災害の発生に関係する自然的、社会的条件

土砂および洪水の氾濫は、河床との比高1~3m程度の河道沿いの幅狭い低位地で生じている。これは扇状地性堆積面の開析によってつくられた最低位の面である。

側面には段丘化した2~3段の地形面があり、集落の主部はこの安全な地形面上に立地している。河道が扇面を深く下刻している隣接の米子川および灰野川とは対照的に、宇原川、鮎川で

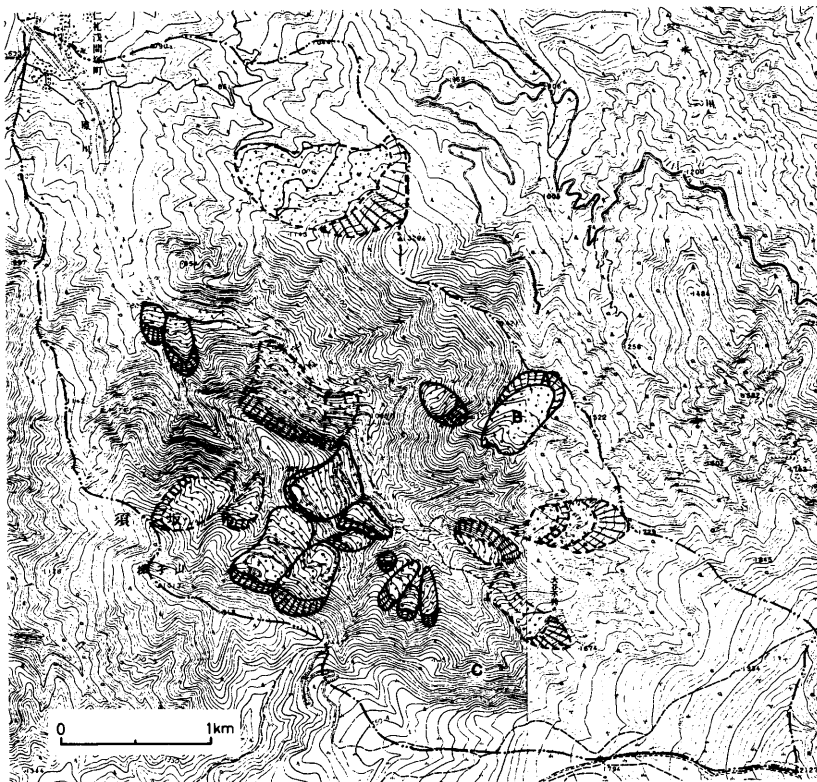


図14 宇原川流域における地すべり地形

A：滑落崖，B：移動土塊，C：崩壊箇所

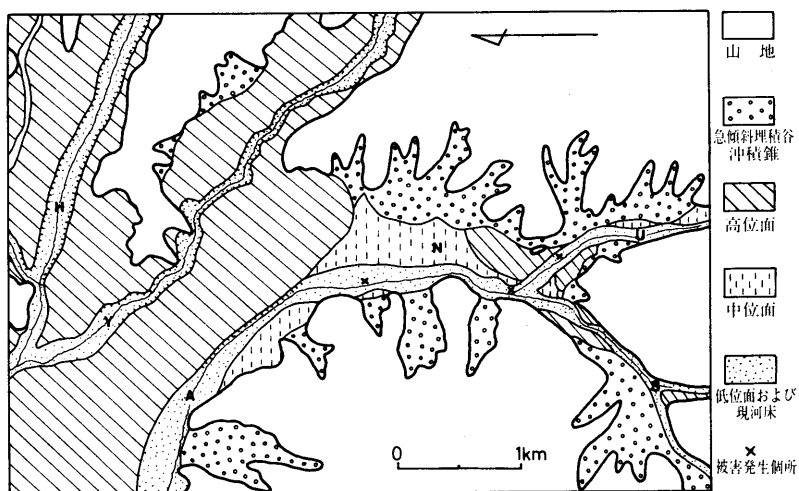


図15 鮎川周辺地域の堆積面区分

A：鮎川，U：宇原川，S：仙仁川，Y：米子川，H：灰野川，N：仁礼

は段丘崖の比高が小さいので住家が低地面内に進出していきやすい条件が存在している。

土石流災害の再現期間は通常かなり長いので、このような土地条件のところでは被災移転、再進出、再被災を繰り返しているのが常である。記録に残されている鮎川流域における災害は、先に示したように、寛保二年（1742）夏、明治31年9月、大正6年10月、昭和34年8月に発生している。大正6年の災害の後、西原地区では2戸が高台へ移転した。今回被災したのはこのとき残留した1戸と昭和になってから分家して移転跡に住みついた2戸である。明治以前にはもっと多くの家が低地面内にあったようである。

災害後かなりの年月がたって、砂礫の堆積地に植生が回復し、上昇していた河床もいくらか低下したりすると、災害のことは忘れられてはいなくても、再び住みつく人がでてくる。砂防ダムや護岸がつくられると住民は安全になったと受けとる。宇原橋際にあって半壊の被害を受けた4戸は戦後に住みつけたが、ここの住民は河床からは3mも高く、景色のよい一等地であって、住むには良い場所であると思っていた、と語っている。

山村集落の住民間の連帯意識は、小地区を単位として非常に強固である。西原地区は17世帯で構成されているが、うち13世帯は田中姓であって、ほとんどがなんらかの親せき関係にある。このため増水すれば、危険の程度の判断はさておき、すぐに水防作業や手伝いに駆けつけるということが慣習化されていたものであろう。一般に山村では、危険に備える意識が高く、異常をすばやく感じとり、早目に避難を行って人命の被害を防いでいるが、この地区に関しては逆の結果となった。この3世帯が安全な高位面上に移り住んでおれば被害は防ぎ得たし、また共同の水防活動は不要であった。しかしそれが行われなかったということは、このような共同体的地域社会にあっても、土地を求めて移り住むということには障害が多いということを物語っているものであろう。

7. 山麓集落における災害防備

7.1 災害に強い住まい方

仁礼地区の住宅の大部分は安全な高位面上に位置していたものの、溪流沿いの低位面に残留あるいは進出していた少数の住宅が土砂および水の氾濫による被害をこうむった。氾濫はもちろんこの低位面内に限られている。山地・山麓地の集落は危険が大きい溪流沿いの低地を避け、すこしでも高い地形面上に立地することが必要である。ただし、その場合背後の斜面の山崩れに注意しなければならない。周辺に高い安全な平坦面が存在しない山地地域は多いが、この仁礼の場合、段丘化した広い扇状地が形成されているので、居住用の安全な土地は広く存在している。

やむを得ず低地面に住む場合、土砂および水の衝撃を少しでも小さくなる場所を選び、また予想される危険の種類や程度を念頭において緊急時の行動を行う必要がある。土石流が到達する可能性がある溪床勾配3°以上のところでは、最悪を予想して避難を第一とした態勢をとって

おくことが望ましい。宇原川、仙仁川の合流点の勾配は約3°でこの付近が土石流の到達限界にあたる。水防作業、見回りなどを行う場合にも、土石流の前兆現象に注意をむけ、すばやく避難が行えるように心掛けておく必要がある。土石流の前兆としては、沢水が急に減る、あるいは増える、沢水が急に濁る、山鳴りがする、異常な匂いがするなどの経験上知られている。

土石流の堆積末端域ではわずかな地形、地物によっても土石の流れが分散され、減勢される可能性がある。したがって、このような場所では住家の上流側や河道側を土手、樹林などで囲むことによって、破壊力が少しでも小さくなるようにする工夫は役立つ。また巨礫に埋っても倒壊をまぬかれることは多いので、2階建にして逃げ遅れた場合の避難場所とすることも考えられる。

7.2 流域の性質の把握

山麓の谷底低地に住む場合には、その谷の上流域がどのような自然条件にありどのような危険に結びつく素因をもっているのかを知って、それに応じた備えをしておく必要がある。流域の性質に関する知識は、各種の防災・開発工事を行う際にも基礎的な重要性をもつ。

宇原川中流部には第三紀の頁岩層が分布するが、ここには多数の地すべり地形が形成されている(図14)。これらの中には、滑落崖の比高が小さく、かつ地すべり土塊の斜面勾配がかなり急であって、まだ運動過程にあると推定されるようなもの、地すべり土塊が谷に押し出して段丘状の堆積面をつくっているものなどがみられる。これらの地すべりが今後どのような運動を行うかを予測することは困難であるが、移動を行いやすいルーズな土塊が山腹に大量に存在していることは確かであるから、下流への土砂流出をもたらす非常に危険な要因として認識しておかねばならない。この地すべり地の真中を通して菅平へ通ずる林道が最近建設された。このような工事は地すべり土塊の安定条件を乱して再滑動をひき起こす可能性がある。

四阿火山を構成する溶岩層は、宇原川に向かって急崖をつらね、その下に急傾斜の厚い崖錐をつくっている。今回の豪雨では、この崖錐がすべり面の深い崩壊を起こした。崖錐斜面はよく成育した樹林に覆われていて、かなり長期間安定した状態にあったことがわかる。しかし、ルーズな堆積物が多量に存在していることに変わりなく、それはやがては大きく滑動する可能性をもっている。林相がよいということは流域の安全度を示す積極的な指標とはならないであろう。上、中流域に多数みられる傾斜急変線の存在は一般に不安定状態が大きいことを示している。

今回の斜面崩壊の発生に関係した一つの要因として、上流の緩傾斜面の地形改変による集水域の拡大があげられる。流域の自然条件の人為的な改変は、それまでの自然のバランスを崩して、予期せぬ結果をもたらすおそれがある。流域に加えられている人工改変に注意を払い、それがいかなる事態をひき起こす可能性があるかについて検討しておく必要がある。

土砂流出の履歴は山麓の堆積地形に表わされている。隣接の米子川は長さ6 kmに達する大扇状地をつくっている。これは源頭部にある爆裂火口内の多数の崩壊地から供給された多量の

土砂によって形成されたものである。この過剰堆積による扇状地形成が行われた後、河道は扇面を下刻し続け、現在ではその深さは10～20mに達している。このため土石流が発生しても土砂が扇面に溢れ出ることは全くないし、また谷が深いため谷底面への住宅の進出はないので被害は生じない。

これに対し鮎川では堆積の規模は小さいものの、3～4面の地形面が形成されていて、かなり継続的に土砂の流出が行われてきたことが推定される（図15）。中位の面の側侵食によってつくられた低位の面が今回氾濫をうけた場所である。開析の過程でも土砂の流出、堆積が生じていたので、下刻の程度は小さく、段丘崖の比高は2～4mと低い。したがって集落の低位面への進出が容易であったため、被害をまねく結果となった。側面の小谷には谷底を急傾斜（約10°）に埋めた堆積面が広範囲にわたって多数存在する。これはその位置と勾配、谷の規模に比較して大きいことなどから判断して、かつての寒冷気候下で形成されたもので、現在は安定な状態にあるものと推定される。

砂防などの防災工事は、流域の自然条件や制御しようとする自然現象の性質に関する知識に基づいて、その有効性および経済性が検討された後、実施されねばならない。宇原川、鮎川流域の場合、氾濫の危険性が大きい低位面からの移転が最も有効かつ経済的であろう。

8. 長野市松代温泉団地の浸水

土石流災害があった須坂市仁礼の西南西約10kmの長野市松代地区において、ほぼ同時刻に河川の氾濫による浸水被害が発生した。ここでは補足的にこの浸水災害についてふれる。

23日未明から朝にかけての台風15号による豪雨は、長野市松代地区に床上浸水220戸、床下浸水261戸、農地冠水403haなどの被害をもたらした。とくに松代北部の低湿地に近年造成された住宅団地が浸水して1,000人を越える住民が長時間の避難を余儀なくされたことから注目をひいた。団地の総戸数は260戸であるが、そのうちの160戸が床上浸水、69戸が床下浸水という被害であった。ピーク時には団地の中央で床上50cmにまで水位が上昇し、浸水は約30時間続いた。

雨が多かった菅平の西方山地に源を発し、松代扇状地を流れて千曲川に流入する蛭川の本支川は明け方から増水し、各所で氾濫した。扇状地部での氾濫は局所的であったが、扇状地の前面に広がる千曲川沿いの低地中の旧河道性凹地や扇状地によって閉そくされている山際の低湿地では浸水域は大きく拡大した。松代における雨量は166mmで20年来の大雨であったため、これによる内水も加わって、浸水の規模が大きくなった。上流山地で雨が多かった千曲川は朝になって水位が上昇したので、逆流を防ぐため、団地の1.5km下流の蛭川、千曲川合流点に設けられている蛭川水門（昭和48年完成）は9時～17時40分の間閉鎖された。水門にはポンプが設置されていなかったため、この間は松代低地内の水は全く排除されず増える一方であった。このため浸水の規模および時間がさらに大きくなった。

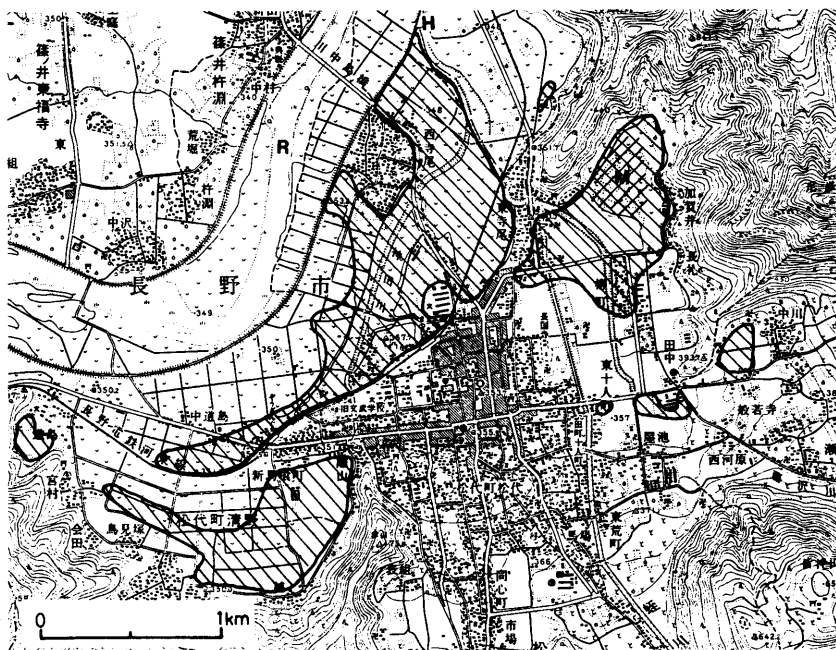


図16 長野市松代地区における浸水域（長野市の資料による）

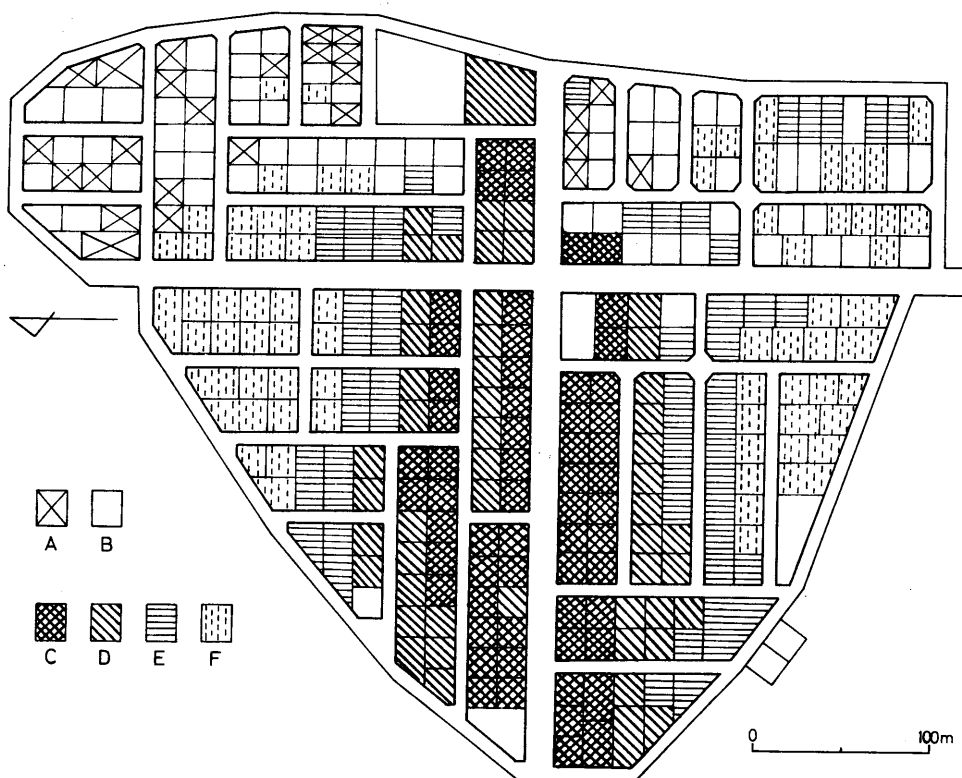


図17 松代温泉団地の浸水状況（長野市の資料による）

A：空地・公園，B：浸水せず，C：床上40～50cm 浸水，D：床上20～30cm 浸水，
E：床上0～10cm 浸水，F：床下浸水

蛭川支川の藤沢の氾濫水および背後をとり巻く山地からの流出水による松代温泉団地への浸水は午前5時ごろから始った。日曜日の朝のことであったため浸水に気づくのがかなり遅れた家庭もあった。深いところでは道路上で大人の胸に達する水位であったので、ゴムボートも出動し、午前10時ごろまでには住民は近くの小学校や国民宿舎などに避難した。午後5時40分に蛭川の水門が開かれた後は水位は徐々に下り、翌日午前6時には床上浸水の家はなくなった。

この住宅団地は長野市開発公社が48年に造成に着手し、入居が53年から始った新しい団地である。この土地は以前は堤防で囲まれ、ポンプ排水が行われていた低湿地であった。約10年前にこの土地を取得した開発公社は、堤防を削りポンプを取り払い、わずかな盛土を行って宅地造成した。団地の中央が最も低い凹地となっていることから排水に関しては殆んど考慮がなされずに造成されたものと考えられる。この地域は15年前に松代群発地震を経験していることもあって、軟弱地盤対策には力を入れ、コンクリートを舟型に打つ工法（べた基礎）をとって、基礎は強固なものとしていた。しかし低湿地であるにもかかわらず浸水に対する備えはなされておらず、住民も浸水の危険を全く予想していなかった。壁の中の断熱材が水を天井近くまで吸い上げて使えなくなったという新たな問題も発生した。この水害では他に、千曲川に接する低地に位置する須坂市の西相之島団地（県開発公社造成）、千曲川の支流、産川の河畔に位置する上田市の神畑団地など新興住宅団地の浸水が目立った。

引 用 文 献

- 1) 地質調査所（1955）：須坂5万分の1地質図幅説明書。
- 2) 気象庁予報部（1981）：昭和56年8月21日から23日までの台風第15号と前線による大雨。災害時気象速報。
- 3) 長野県土木部砂防課・長野県治水砂防協会（1972）：長野県の砂防。
- 4) 奥田節夫，諏訪 浩，奥西一夫，仲野公章，横山康二（1977）：土石流の総合的観測 その3。1976年焼岳上々堀沢。京都大学防災研究所年報，第20号B-1，246-247。
- 5) 武居有恒監修（1980）：地すべり・崩壊・土石流 予測と対策。鹿島出版会，54。
- 6) 東京天文台編（1981）：理科年表，丸善。
- 7) 矢野勝正編著（1970）：水災害の科学。技報堂，435-440。
- 8) 矢島基臣，大熊 孝（1978）：5・18妙高災害の緊急調査研究Ⅱ—土石流災害と今後の安全問題—。第15回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集，99-102。

（1982年2月3日 原稿受理）

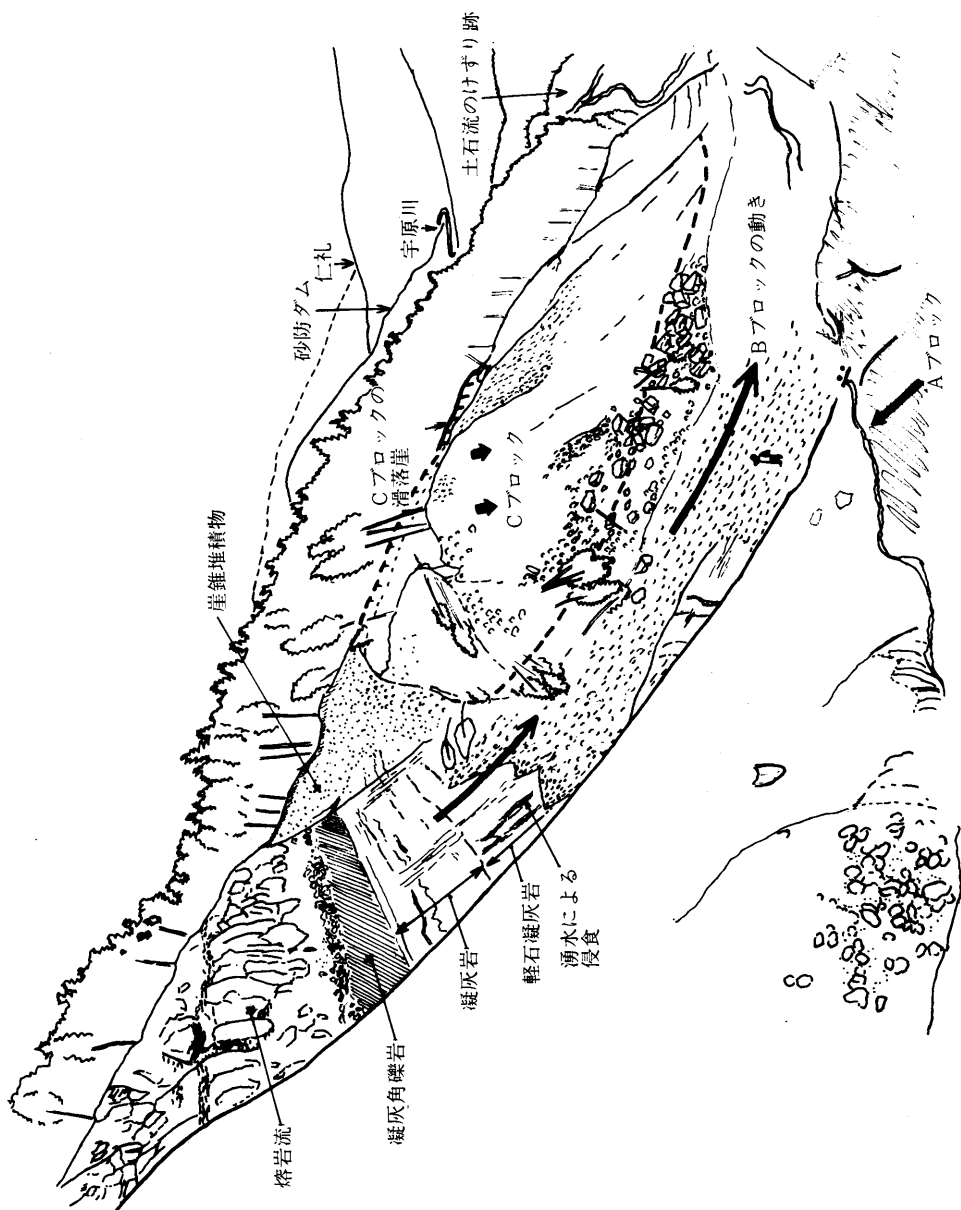


図18 写真1の説明図



写真1 Aブロックより見た崩壊地



写真 2 ティーグラウンドよりコースNo.4 を望む。左方斜面から集められた雨水は、右手前の方に流れ下った（実体写真）。



写真 3 ゴルフ場内の雨水流路の一部。右上の石のある付近より谷に流れ落ちた（実体写真）。



写真 4 ゴルフ場内、白樺林の根元付近の流水の痕跡

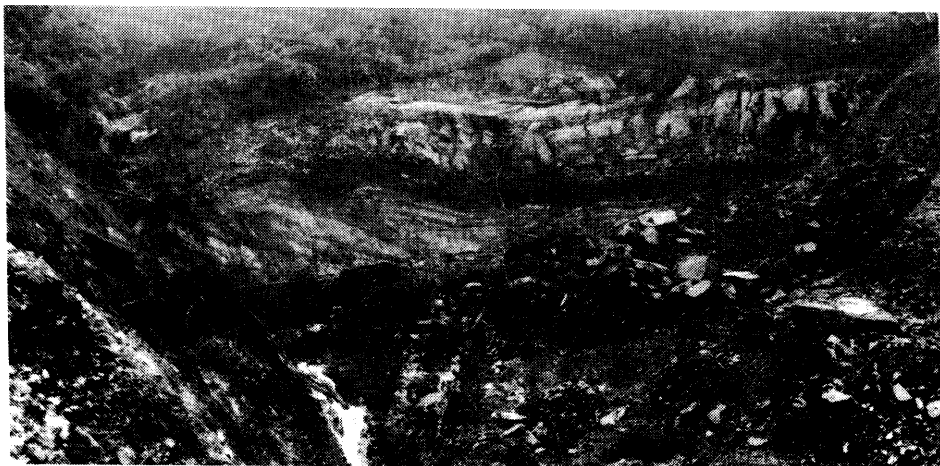


写真5 沢より見上げたBブロックの滑落崖全景

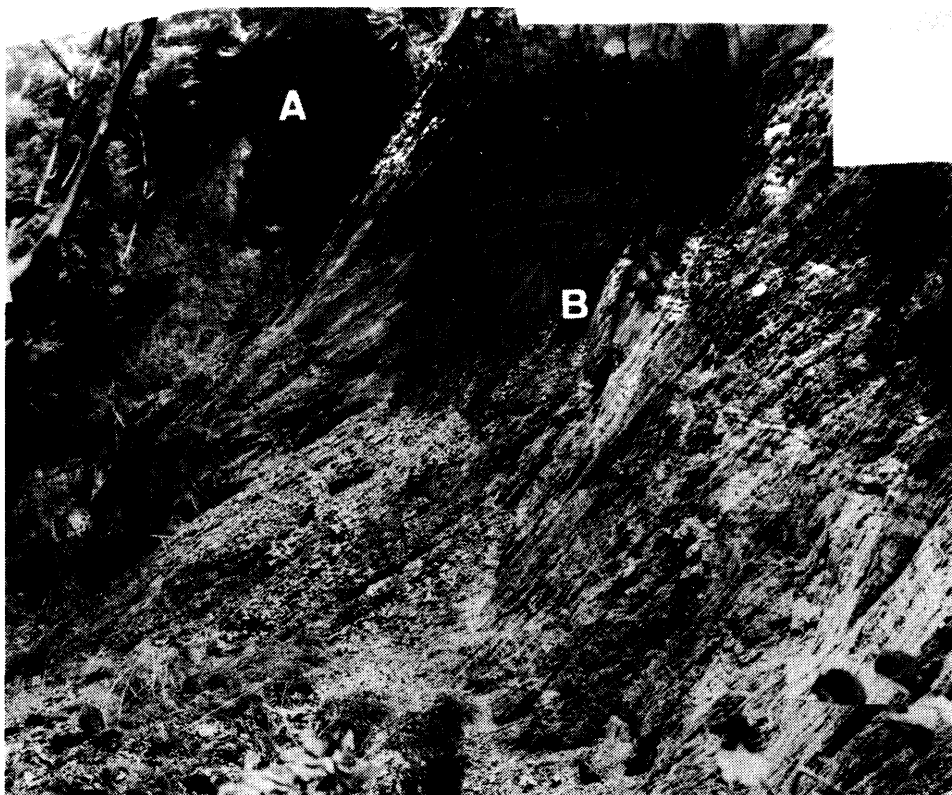


写真6 左側方崖上より見たAブロックの崩壊（A）とBブロックの滑落崖（B）



写真7 燧灰角礫岩とその下位の降下火山灰より成る燧灰岩



写真8 軽石質燧灰岩

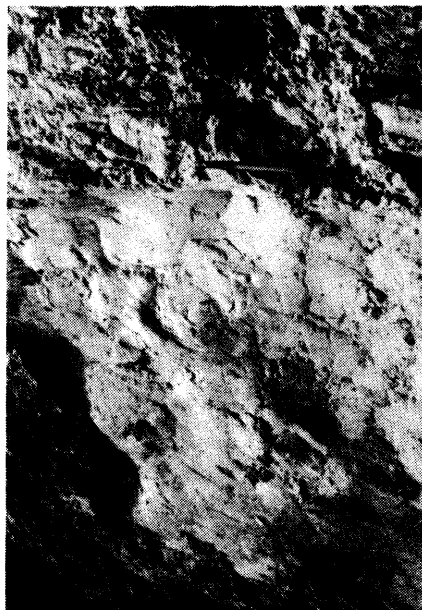


写真9 軽石質燧灰岩内に生じたスリッケンサイド.



写真10 第三紀層の頁岩, 細かく破砕をうけている.

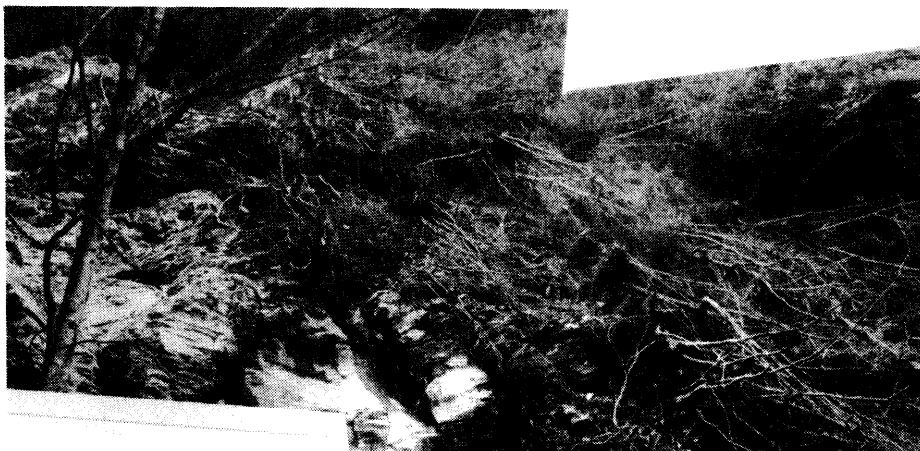


写真11 崩壊地の直上の滝付近。水位を増した流水により溪岸の木がなぎ倒されている。



写真12 Bブロック左手尾根付近に残された崖錐堆積物



写真13 Bブロックの滑動方向を示す条痕（実体写真）

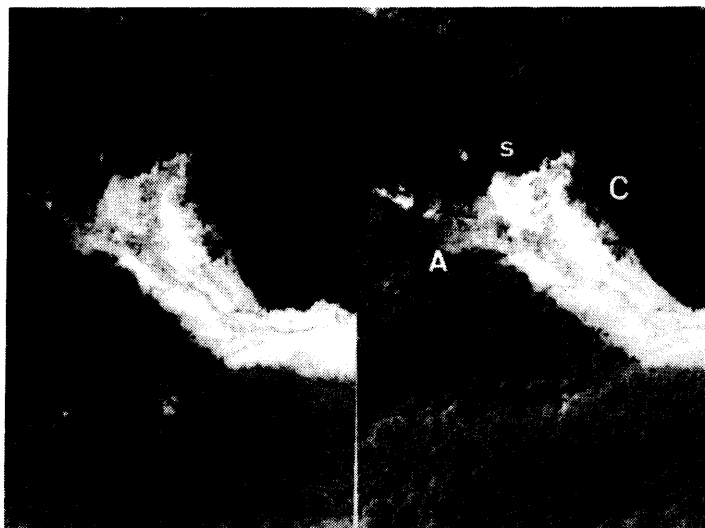


写真14 崩壊地（空中写真）． A：Aブロック， C：Cブロック， S：Bブロックの滑落崖，
8月25日国際航業撮影（9387，9388）．



写真15 崩壊地周辺（空中写真）． G：ゴルフ場， E：崩壊地の上流で表面侵食を受けた所，
8月25日国際航業撮影（9387，9388）．

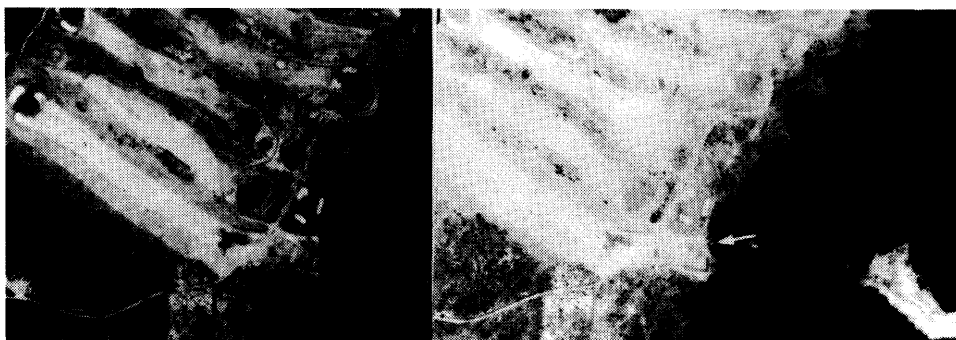


写真16 菅平高原に新しく作られたゴルフ場（空中写真）. 矢印の場所より雨水は流れ落ちた.
8月25日国際航業撮影（9388, 9389）.



写真17 ゴルフ場建設前の菅平高原. 破線：ゴルフ場の敷地. 白矢印：斜面崩壊発生箇所
国土地理院CB-65-6×. C11-18, 19 .

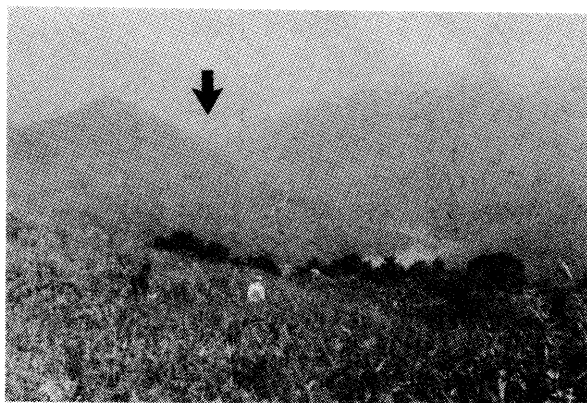


写真18 菅平高原から眺めた宇原川流域. 矢印は仁礼地区.



写真19 崩壊地からみた宇原川上流付近



写真20 崩壊地付近



写真21 崩壊地から700m 下流付近。土石流の通過によるカラマツ林の倒木が目立つ。

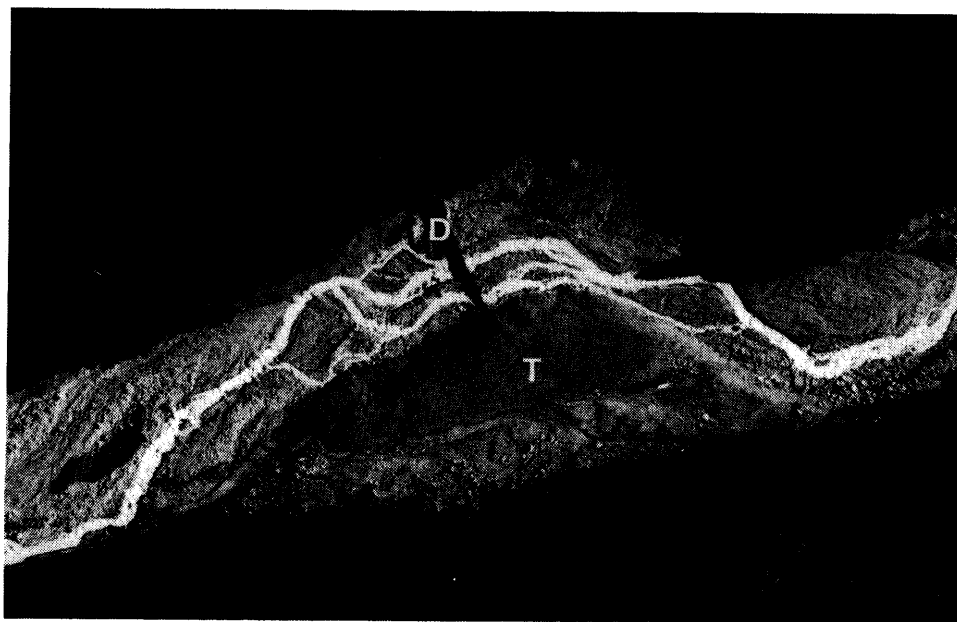


写真22 一の瀬砂防ダム付近の土石流後の空中写真（8月25日，長野県警撮影）。

砂防ダム(D)は，左岸側の袖を比高5～6mの土石流段丘(T)にとりつけて築造されていた。上流側ではダム堆砂の進行により，段丘と溪床との比高が小さくなっていたうえに，河道が屈曲しているので，土石流の主流は段丘上に容易にのり上げ，まっすぐ矢印の方向に流下した。したがって，ダムは今回の土石流を阻止しうる機能をもち得ない位置に設置されていたことになる。低位の段丘が形成されている付近に土石流対策としてダムをつくる場合には，段丘の上流側に設置すべきであろう。

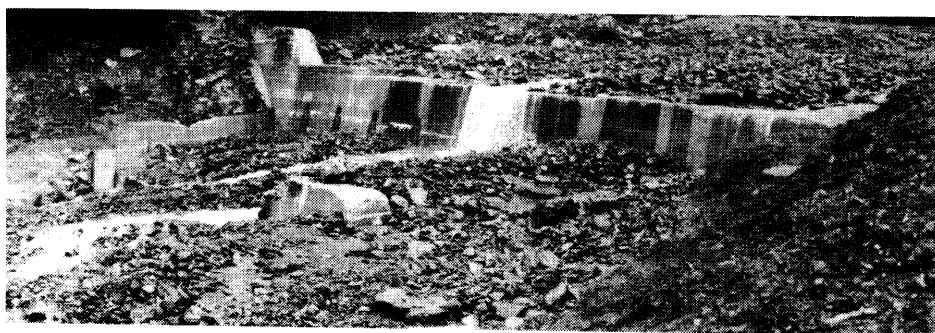


写真23 砂防ダム。右手前は段丘崖を覆う新土石流堆積物。



写真24 林道にのり上げた巨礫。



写真25 西原地区上流の溪床に堆積した巨礫，流木。



写真26 西原地区被災地より上流を望む，兩岸に高位の堆積面が形成されている。



写真27 西原地区被災地付近



写真28 宇原川、仙仁合流点付近の土石流堆積状況。右側に流失した瀬脇橋の橋脚が残っている。



写真29 土石流堆積末端域にあたる宇原川, 仙仁川合流点付近の空中写真 (8月25日 長野県警撮影). A: 全壊, B: 流失, C: 床上浸水, D: 半壊 (Cの家は土石の流れがわずかにそれたため浸水だけで済んだ), U: 宇原川, S: 仙仁川, E: 合流点, F: 土石流堆積の末端, 黒矢印: 土石流の主流の流下方向, 白矢印: 洪水流.

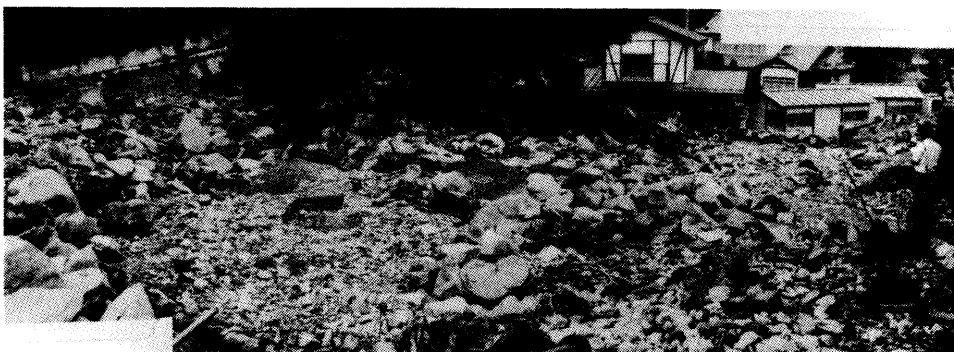


写真30 宇原川，仙仁川合流点付近．右手の家は一階が土石によって埋められて全壊した．



写真31 被災した家屋．写真30の家を左側方より見る．後方にみえるのは仮住まい用のプレハブ住宅，右方は掘り上げた土石．



写真32 鮎川，大門橋付近における氾濫および流木堆積の状況（8月25日 長野県警撮影）．流失をまぬがれた大門橋(D)には多量の流木がからまり，水位がせき上げられて低位面上の強い氾濫流が生じた．

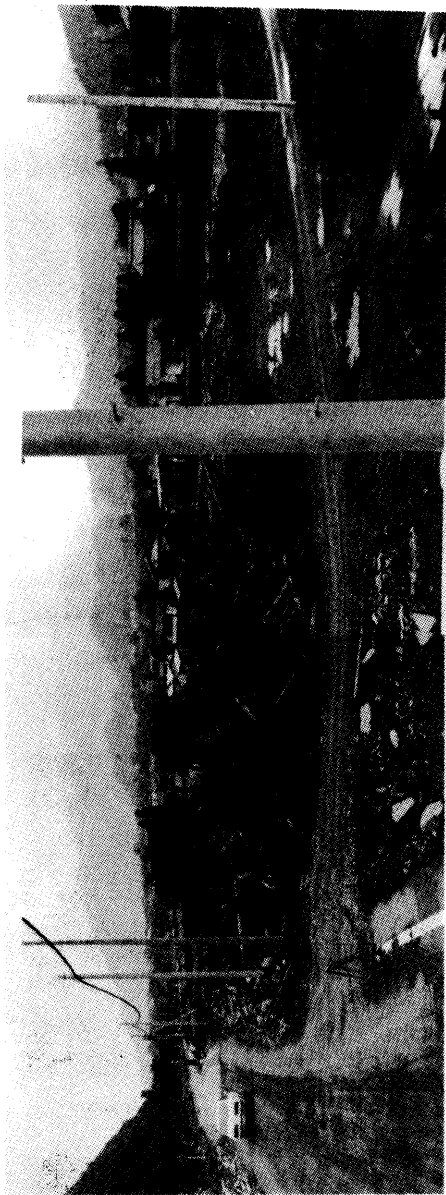


写真33 大門橋付近に集った流木群、右岸の畑地に集められている、9月9日。

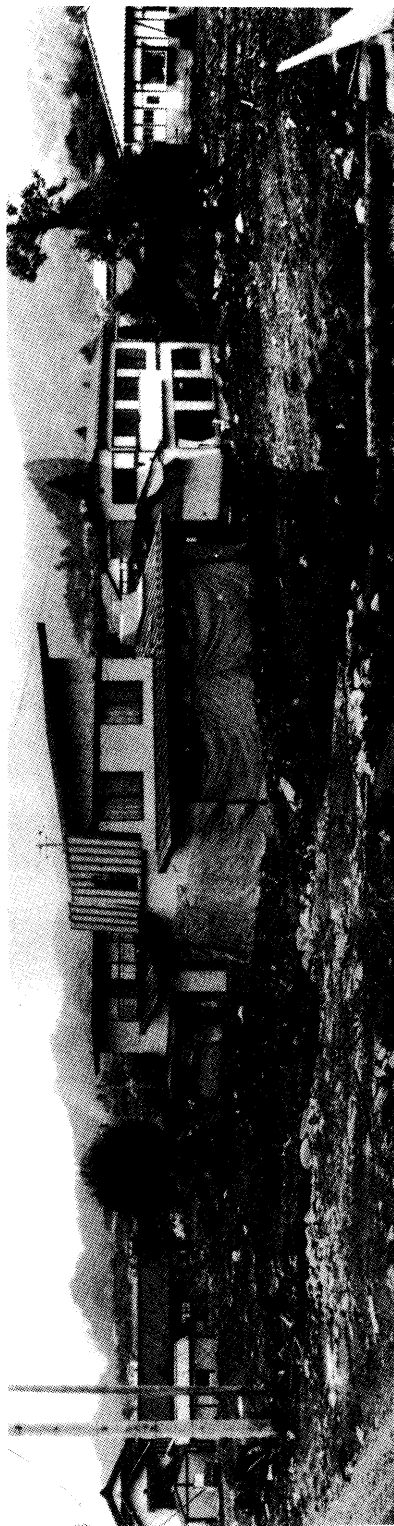


写真34 関谷地区の被災した家屋

主要災害調査報告既刊一覧

- 第3号 1973年6月17日根室半島沖地震現地調査報告, 41p. 昭和48年10月発行
- 第4号 昭和49年4月新潟県新井市平丸地区及び山形県大蔵村赤松地区に発生した地すべり災害
現地調査報告書, 42p. 昭和49年8月発行
- 第5号 1974年伊豆半島沖地震現地調査及び観測報告, 12p. 昭和49年11月発行
- 第6号 1975年4月大分県中部に発生した地震災害現地調査報告, 12p. 昭和50年7月発行
- 第7号 垂水市牛根麓および熊本周辺の災害現地調査報告, 52p. 昭和50年10月発行
- 第8号 昭和50年8月6日青森県岩木町百沢地区および山形県北部に発生した集中豪雨災害現地
調査報告, 44p. 昭和50年10月発行
- 第9号 1975年8月17日台風5号による高知県中部の災害現地調査報告, 54p. 昭和51年1月発
行
- 第10号 昭和50年8月台風6号による石狩川洪水災害および渡島支庁国道5号線斜面崩壊災害調
査報告, 40p. 昭和51年3月発行
- 第11号 昭和51年1月豪雪現象および積雪災害に関する広域調査報告, 58p. 昭和51年8月発行
- 第12号 1976年台風17号による長良川地域水害調査報告, 92p. 昭和52年3月発行
- 第13号 1976年台風17号による兵庫県一宮町福知抜山地すべり, および香川県小豆島の災害調
査報告, 68p. 昭和52年3月発行
- 第14号 1977年有珠山噴火による災害現地調査報告, 70p. 昭和53年3月発行
- 第15号 1978年宮城県沖地震による災害現地調査報告, 82p. 昭和53年10月発行
- 第16号 1979年御岳山噴火による災害現地調査報告, 41p. 昭和55年3月発行
- 第17号 昭和56年豪雪による北陸地方の災害現地調査報告, 349p. 昭和57年2月発行
- 第18号 昭和56年8月3日から6日にかけての前線と台風12号による石狩川洪水災害及び日高地
方土砂災害調査報告(発行予定)

昭和57年3月24日 印刷

昭和57年3月30日 発行

編集兼
発行者 国立防災科学技術センター

茨城県新治郡桜村天王台3丁目
電話 (0298) 51-1611 〒305

印刷 東京都中央区新川1-3-3
フクダ工芸株式会社