

土 木 研 究 所 資 料

平成元年9月愛知県伊香川
土石流・流木災害調査報告書

平成2年3月

建設省土木研究所
砂防部砂防研究室

Copyright ©(1990)by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

平成元年9月愛知県伊香川 土石流・流木災害調査報告書

砂防研究室 室 長 水 山 高 久
主任研究員 石 川 芳 治
福 澤 誠

要 旨

平成元年9月2日から3日にかけて愛知県北東部は豪雨に見舞われ、豊根村を流れる天竜川水系伊香川では大規模な土石流が発生した。この土石流には多量の流木が含まれており、これらの流木が人家に衝突して死者1名、負傷者1名、家屋半壊1戸の被害を与えた。本調査報告書は土石流および流木の発生、流下、堆積過程とそれらによる災害の実態を明らかにするため、および砂防ダムの効果を把握するために基礎的な現地調査を行いその結果をとりまとめたものである。

キーワード：土石流、流木、災害、砂防ダム

Technical Memorandum
of P.W.R.I No. 2833
March, 1990

A Report of an Investigation on Sediment-log
Debris Flow Disasters in the Iko River,
Aichi Prefecture in September, 1989

Sabo Division, Sabo Department

Head of Division : Takahisa MIZUYAMA

Senior Researcher : Yoshiharu ISHIKAWA

Makoto FUKUZAWA

Synopsis

A disaster due to a debris flow took place in the Iko River, a tributary of the Tenryu River, in the northeast part of Aichi Prefecture on September 2 and 3, 1990 when there was a heavy downpour. The damage, 1 killed, 1 injured and 1 half-collapsed house, was caused by the large quantity of floating logs, which was contained in the debris flow. This investigation aims at 1) clarifying the actual situation of the sediment-log debris flow, and the occurrence, transportation and deposition process of floating logs and debris flow : and 2) identifying the effect of a sabo dam. Basic field surveys were conducted and the results were studied.

KEY WORDS : Debris flow, floating log, disaster, sabo dam

ま え が き

平成元年9月2日から3日にかけて愛知県北東部を中心として前線性の豪雨が発生し、所により連続雨量が400 mm 以上にも達した。この豪雨により愛知県北設楽郡豊根村を流れる天竜川水系坂宇場川左小支川伊香川では多量の流木を伴った土石流が発生した。伊香川を流下した流木は中流にあった人家を襲い、死者1名、負傷者1名、家屋半壊1戸の被害を与えた。この災害の最大の特徴は多量の流木の発生、流下とそれらによる人命の被害である。これまで流木による橋梁等への閉塞による土石流や洪水の被害拡大等の事例についてはいくつか報告されているが、流木が直接、人家を襲い人命を奪った例はほとんど報告されていない。

本調査では、伊香川に発生した土石流およびそれとともに発生・流下・堆積した流木についてその実態を詳細に調査するとともに被害の実態も調査しそれらの機構を検討した。また、伊香川中流部にあった砂防ダムによる土石流の捕捉効果についても調査を行った。

調査にあたっては愛知県土木部砂防課および新城土木事務所の皆様方には大変お世話になった。ここに感謝の意を表します。

平成2年3月

目 次

はじめに

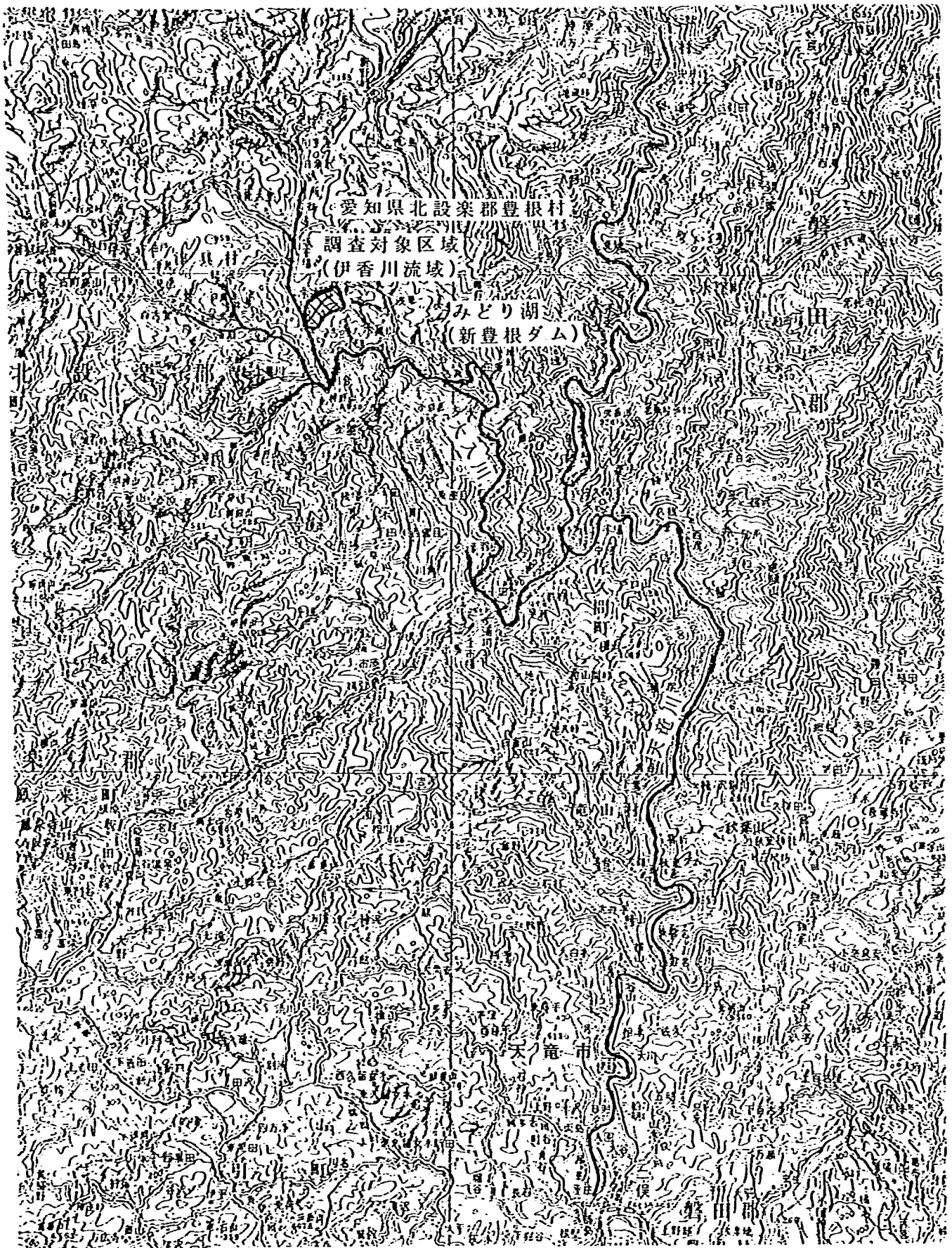
1. 調査の概要	1
1.1 調査目的と範囲	1
1.2 調査方法と内容	3
2. 災害の概要	8
2.1 地形、地質、植生の概要	8
2.2 気象概要	8
2.3 災害状況	11
3. 調査結果と解析	21
3.1 土石流発生部の斜面安定解析	21
3.2 土砂収支および流木収支	30
3.3 砂防設備の効果	40
3.4 立木と流木の関係	43
4. まとめと今後の検討課題	51
資料集 付表-1 粒度分布試験結果	57
付表-2 土層の物理特性試験結果	59
付表-3 樹木サンプル調査表	69
付図-1 サンプル樹木位置図	79
付図-2 土石流発生、流下、堆積状況図	81
付図-3.1～3.3 縦断図	82
付図-4 林相区分図（災害前）	85
付図-5 林相区分図（災害後）	86
付図-6 流木堆積分布図	87
付図-7.1～7.9 横断図	88

1. 調査の概要

1.1 調査目的と範囲

本調査は平成元年9月3日に愛知県北設楽郡豊根村の伊香川で発生した土石流災害について、土石流発生溪流の空中写真判読、現地踏査、土質試験等により土石流の発生、流下、堆積過程及び砂防設備の効果、さらには流木の発生、流下、堆積の実態、流木による家屋等への被害実態を明らかにすることを目的に実施した。

調査範囲は図－1.1に示すように、天竜川水系大入川支流坂宇場川左支伊香川であり、流域面積は約0.8 km²である。



1:200,000

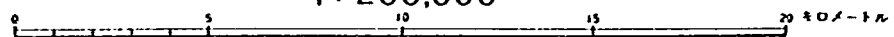


図-1.1 調査位置図

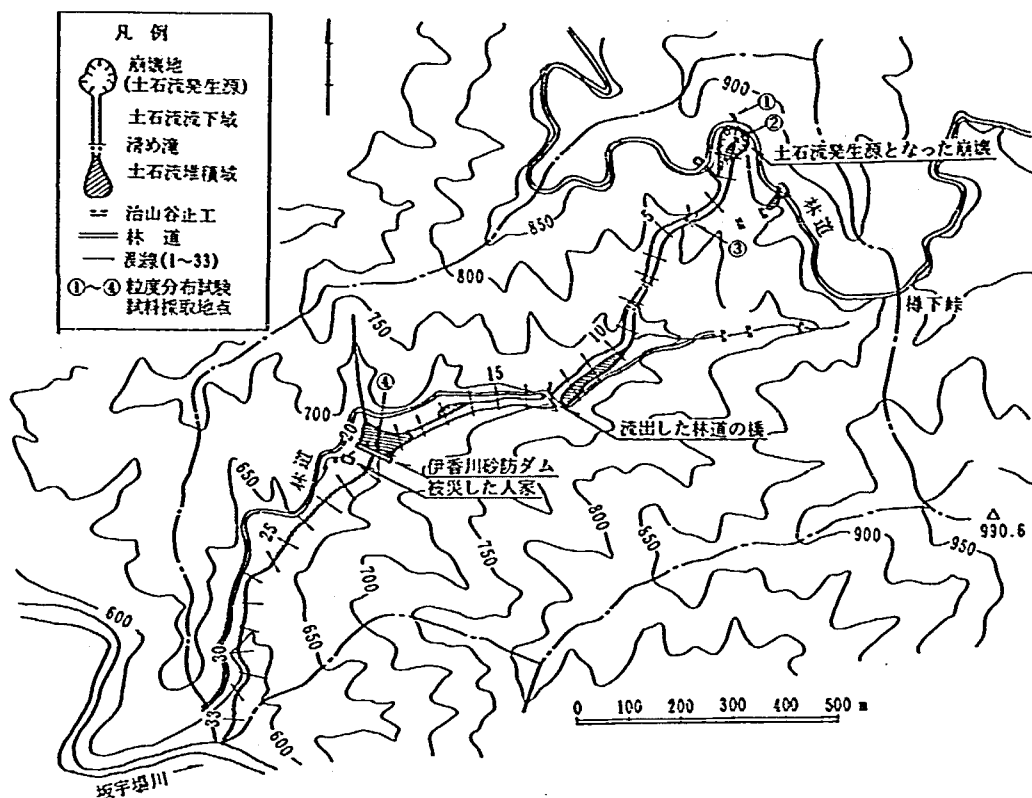


図-1.2 伊香川における土石流発生、流下、堆積状況

1.2 調査方法と内容

(1) 空中写真判読

土石流発生前の空中写真および発生直後に調査対象区域内を撮影した空中写真を収集した。これらの空中写真の諸元は表-1.1のとおりである。

表-1.1 空中写真諸元一覧表

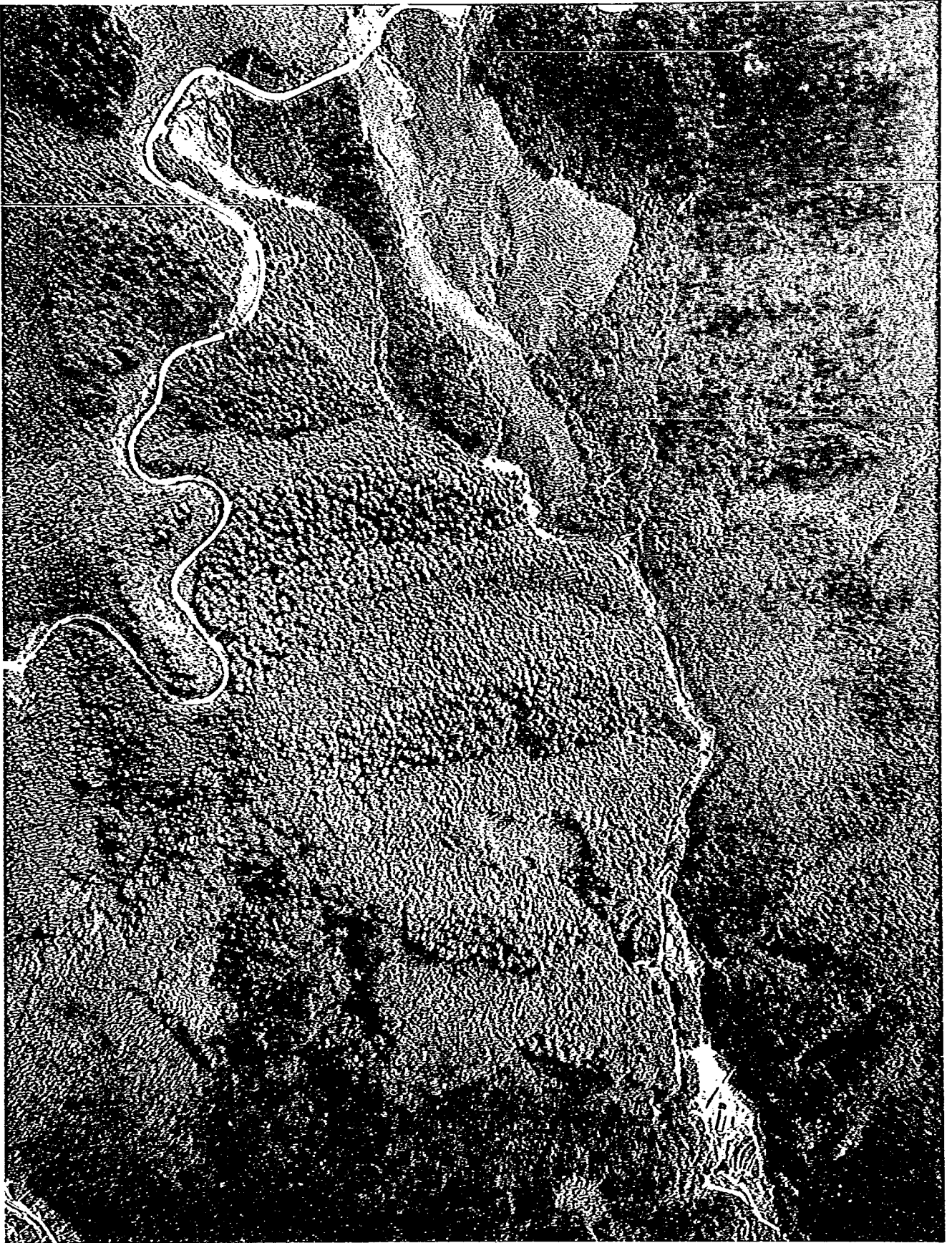
No	災害前後	撮影年月日	縮 尺	種 類	撮 影 機 関	
1	前	昭和62年3月3日	約 1/20,000	白 黒	アジア航測(株)	写真-1.1
2	後	平成元年9月5日	約 1/5,000	カラー	"	写真-1.2

次に、これらの空中写真を用いて以下に示す項目について判読した。なお、土石流災害前の空中写真は災害後と同レベルにするため4倍伸しとし、縮尺を約1/5,000として扱った。

- ① 土石流発生部である崩壊地、土石流流下部および土石流堆積部の範囲（土石流発生・流下・堆積状況図）
- ② 渓流沿いの林相区分（災害前後）（林相区分図）
- ③ 災害後の流木の堆積分布（流木堆積分布図）
- ④ 伊香川砂防ダム下流の洪水氾濫範囲（土石流発生・流下・堆積状況図）
- ⑤ 崩壊地における災害発生後の湧水の発生位置、状況



写真-1.1 災害前の伊香川（約 1/5,500）



写真－1.2 災害後の伊香川（1/4,600）

(2) 現地踏査

調査対象区域内において現地踏査を行い、以下に示す項目について調査した。

- ① 土石流発生部の崩壊地における土層観察と土質判定。
- ② 土石流発生部の崩壊地の湧水の分布と流量。
- ③ 土石流流下区域の溪床・溪岸侵食，土砂堆積状況及び流下痕跡（付図測量横断面図に記入）。
- ④ 林道及び林道橋の破損状況。
- ⑤ 伊香川砂防ダム堆砂区域内への土砂堆積状況と最大粒径の分布。
- ⑥ 伊香川砂防ダム下流における洪水の氾濫形態と溪床・溪岸の侵食状況（付図測量横断面図に記入）。
- ⑦ 溪流内の林相区分に応じた10箇所の地点において10 m×10 mメッシュ内の樹木の樹高，胸高直径，樹種のサンプル調査。
- ⑧ 溪流河道内及び河道付近に存在する流倒木（長さ1 m以上で直径5 cm以上のもの）の位置と直径，長さ，樹種，形態及び本数。これらは全数調査とした（付図流倒木堆積分布図に位置を記入）。
- ⑨ 流木及び泥水の砂防ダム袖部越流痕跡。
- ⑩ 流木及び洪水の流下による家屋の被災形態と家屋の構造。

なお，上記の調査，観測にあたっては，特徴的な現象について写真撮影及びスケッチを行った。

(3) 測 量

調査対象区域内において，土石流の発生，流下，堆積区域を中心として，ハンドレベル，タキオメーター（測距儀），スタッフ，巻尺等の簡易な測量器具を用いて縦断測量1.5 km，横断測量20本を実施した。なお，横断測量は伊香ダム下流部においても実施した。これらの結果をもとに縦断面および横断面図を作成した。

(4) 土質試験

① 粒度分布試験

土石流の発生，流下，堆積域の4地点において各4 kg以上の試料を採取し，計4試料の粒度分布試験（JISA 1204）を実施した。結果を付表－1に示す。

② 土層の物理特性試験

土石流発生部の崩壊地から不攪乱試料を採取して，1試料につき3供試体以上の一面せん断試験（圧密非排水試験）を2試料実施するとともに透水試験を2試料実施した。

結果を付表－2に示す。

(5) 解 析

空中写真判読，現地踏査，測量及び土質試験結果等を基に，以下の項目について総合的に解析を行った。

- ① 土石流の源頭部斜面安定解析を土質試験，現地踏査結果をもとに行った。
- ② 土砂収支図と流木収支図を溪床勾配の変化等を考慮して作成した。
- ③ 砂防設備等による土砂の体積・調節量を算出し，砂防設備の効果を考察した。なお，災害前の堆砂状況は空中写真等で推定した。
- ④ 発生源にある立木と流下してきた流木の長さ，直径，形態の関係について考察した。
- ⑤ 流木の発生及び堆積分布図を作成し，流木の発生と堆積の特徴について考察した。

- ⑥ 流木及び泥水の砂防ダム袖部越流形態を考察した。
- ⑦ 被災した家屋の構造と被災形態を主として新聞報道により整理し、被災の原因、形態を考察した。
- ⑧ 今回の土石流発生と地形、地質、気象等との関係を考察した。また、調査対象区域全般の自然条件を記載した。

2. 災害の概要

2.1 地形・地盤・植生の概要

(1) 地 形

本調査の対象地域である天竜川水系伊香川は、愛知県の北東部、三河山地（高原）の東端に位置する。三河山地は、定高性の良い高原状の山地で、中央部以西では400～600 m、100～300 mの2段の侵食小起伏面が広く分布し、典型的な隆起準平原として知られている。東部の山地には、1,000～1,100 mと700～900 mの2段の侵食小起伏面が山頂付近に散在して分布する。伊香川周辺の山地上には、この1,000～1,100 mの侵食小起伏面が分布するが、天竜川水系の谷が深く切れこんでおり、谷壁斜面は概して急である。

調査対象溪流の伊香川流域では、斜面傾斜は比較的急（30°～40°）であるが、斜面上に厚めの斜面堆積物（層厚1～2 m）が分布しており、斜面は比較的安定していると言えよう。伊香川流域の最高点は、樽下峠北方の970 mのピークで、伊香川はこれより南西流し、570 m付近で坂宇場川に合流する。

(2) 地 質

本調査地域は、中央構造線の約14 km北西に位置し、地質は大半が領家変成岩類の変輝緑岩から成る。樽下峠周辺には、同じく領家変成岩類の雲母片岩、黒雲母片岩が分布し、流域下流端には苗木花崗岩がそれぞれ僅かに分布する。また、土石流発生溪流の上流部では、変輝緑岩中に苗木花崗岩が0.1～2 m程の幅で貫入していることが多い。

基盤は、河床で水に洗われている部分を除き、比較的風化が進んでおり、ハンマーの軽い打撃でも崩すことができる。

調査地域及び周辺の地質図を図－2.1に示す。

(3) 植 生

伊香川流域の植生（林相図）は、その大半がスギ・ヒノキ林であり、一部に広葉樹林・竹林が分布する。崩壊地周辺では、数年前よりスギの伐採が始まっており、崩壊地直上の谷頭斜面においても、近年伐採が行なわれた。崩壊発生後の9・10月にも、さらに伐採が進行中であった。

2.2 気象概要

(1) 概 況

8月末より、沿海州から朝鮮半島にかけての上空に深い気圧の谷が停滞し、日本海を低気圧や前線が次々と通るといった状況にあった。9月2日には、太平洋高気圧が後退を始め、低気圧が日本海をゆっくりと東進しはじめる。低気圧からのびる前線が南下し、そこに南からの暖かい湿った空気が流れ込んだため、2日から5日にかけて各地で300～400 mmを越える大雨が降り、全国では死者7人を含む大きな災害が発生した。

この低気圧は、上空の動きの遅い気圧の谷と連動していたため、動きが非常に遅く、南西気流の吹きつける山沿い地方に大量の降雨をもたらした。

天気概況、衛星写真および天気図の時系列変化を図－2.2(1)～図－2.2(7)に示す。

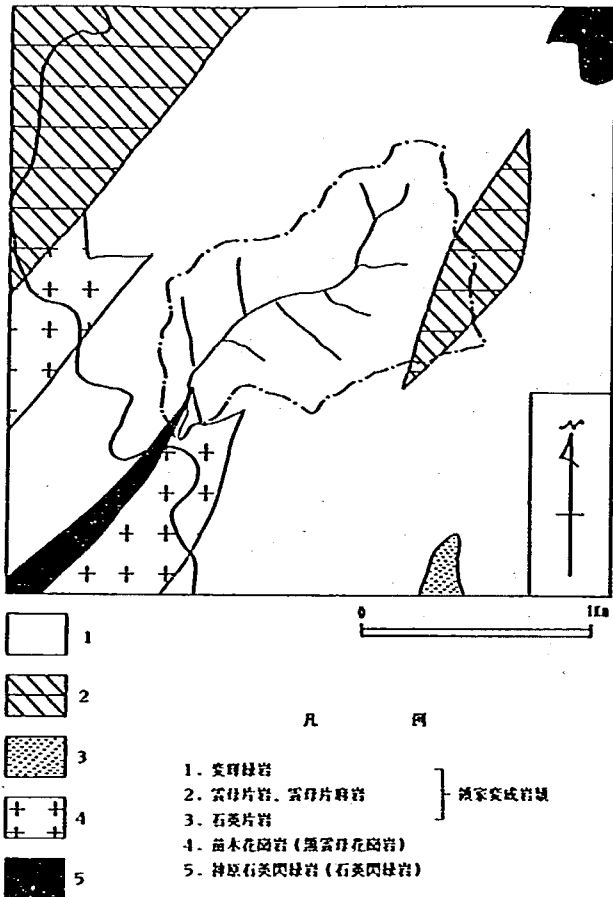


図-2.1 地質図

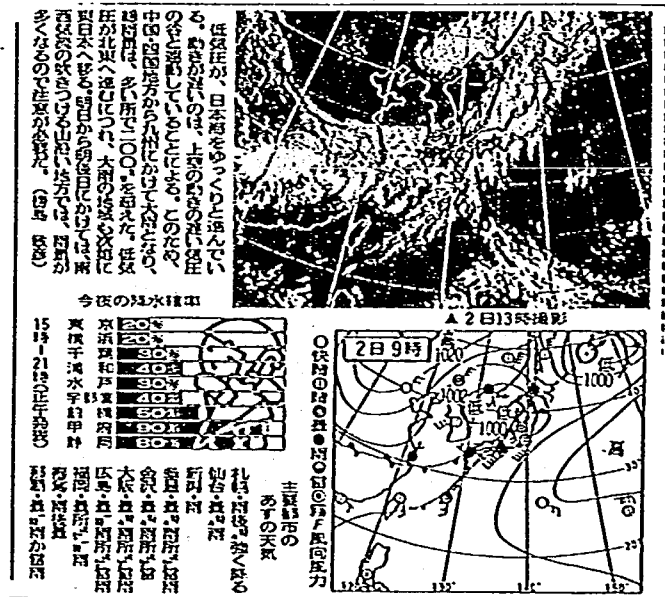


図-2.2(1)



図-2.2(2) 天気状況

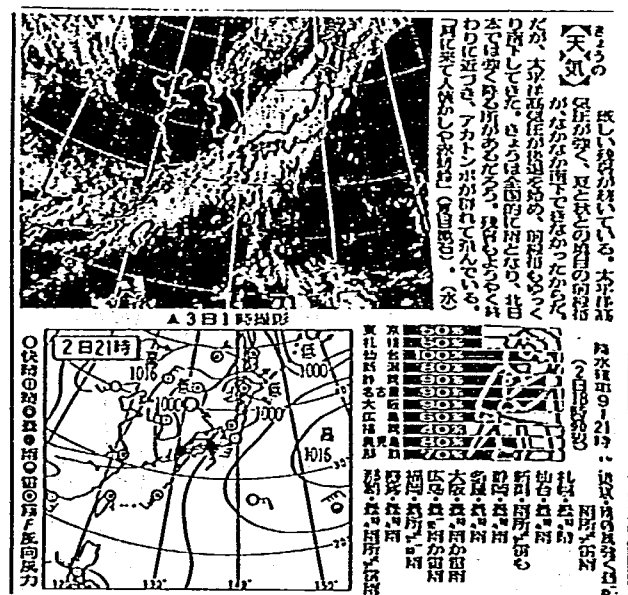
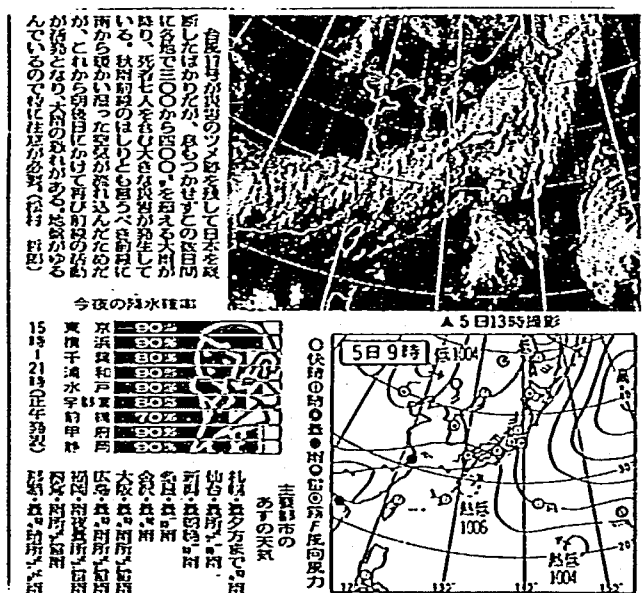
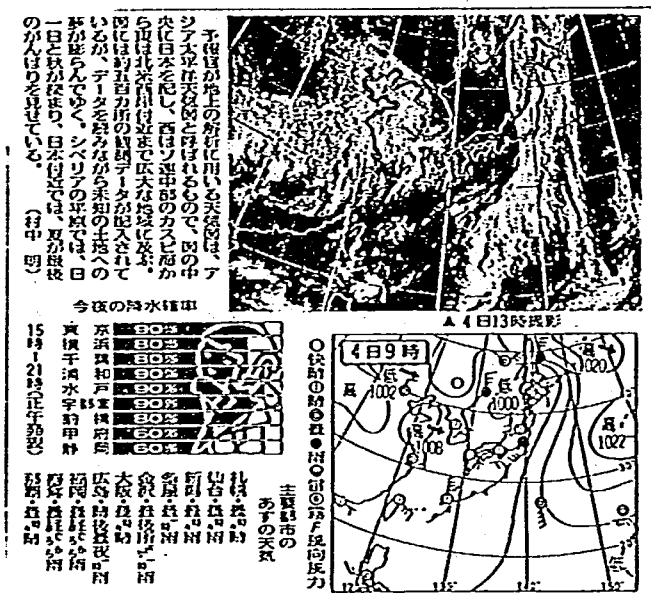
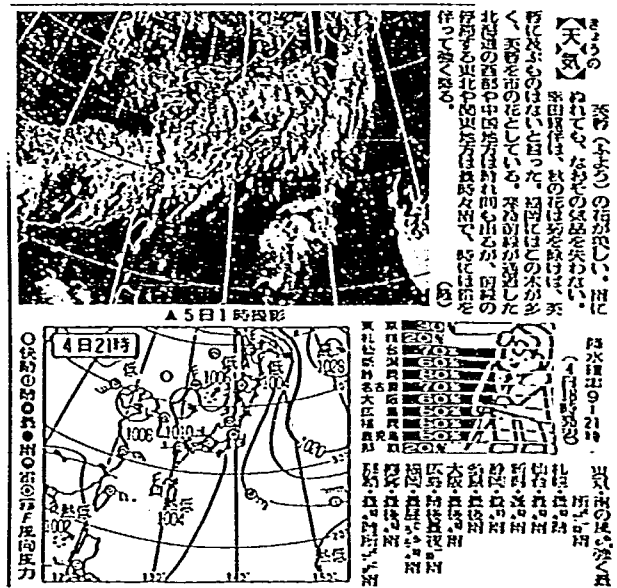


図-2.2(3)



(2) 豊橋・新城監視局内における降雨状況

図-2.3に豊橋・新城監視局区内においての総雨量分布図を示す。本地域では、降雨は1日23時に始まり、その後4日3時まで断続的に降り続いた。各地の雨量は、豊根で479mmに達したのを始め、富山で411mm、海老・設楽・東栄・津具で300mm以上に達した。総雨量は海岸ぞいの低地で少なく、山地内部に入る程多くなっている。

調査対象溪流の伊香川に最も近い観測所は豊根にあり、伊香川付近での降雨量は、少なくとも400mmには達していたと考えて良いであろう。豊根観測所において観測された降雨の推移を図-2.4に示す。災害の発生した3日18時までの総降雨量は430mm、災害発生前8時間の降雨量は208mmであった、最大1時間雨量は、3日11時に記録された56mm/hであった。

なお、豊橋、新城監視局区内における時間雨量の変化を表-2.1に示す。

2.3 災害状況

(1) 土石流・崩壊の発生状況

伊香川流域で発生した土石流・崩壊の分布図を付図-2（土石流発生・流下堆積状況図）に示す。

土石流の発生源は、伊香川の最上流部、標高850m付近に発生した崩壊地である（図-1.2）。本崩壊地の下流右岸側にもごく小規模な崩壊があり、崩壊土砂は下方のスギ植林地内を2m程の幅で流下し本流に合流している。また、南東どなりの沢の谷頭部にも小規模な崩壊が発生しているが、この土砂は直下の治山谷止工により停止している。その他に、伊香川砂防ダム上流右岸の支沢内にも小規模な崩壊が発生しているが、崩壊土砂は本流には到達せず林道付近で停止している。

(2) 土石流流下状況

前述の崩壊地から発生した土石流は、伊香川を約1.0km流下して、人家直上の伊香川砂防ダムで停止した。横断測量成果および現地踏査結果によると土石流の水位は、流下域の上流部で6～10m、下流部で5～8m程度であるが、上流域の河道屈曲部の攻撃斜面側では最大12mの高さまで痕跡が見られた。この高さまでの兩岸の斜面は、植生および表層土壌がほとんど削剥されている。また、流下域の中間地点付近には、河床から3mの位置に林道橋があったが、土石流により20m程下流に飛ばされている（写真-2.1, 2.2）。

土石流の大部分の土砂は砂防ダムで停止したが、流木を多く含んだ流水がダムを越流し、鉄砲水となって坂宇場川との合流点まで流下した。水位は2～5m程度である。

土石流流下区域のうち、上流部500mの区間は、相対的に傾斜が急であり、谷幅も狭く、谷の屈曲も多い為下流部に比べ被害が大きかった。特に屈曲部では攻撃斜面側に土石流が乗り上げており、著しい森林破壊をもたらした。谷頭部の崩壊の主移動方向は左岸側から谷の中央に向かっており、その為崩壊地直下の右岸側斜面に土砂が乗り上げている。

なお、土石流氾濫水位高の縦断変化を測線ごとに左右岸別に図-2.5に示す。

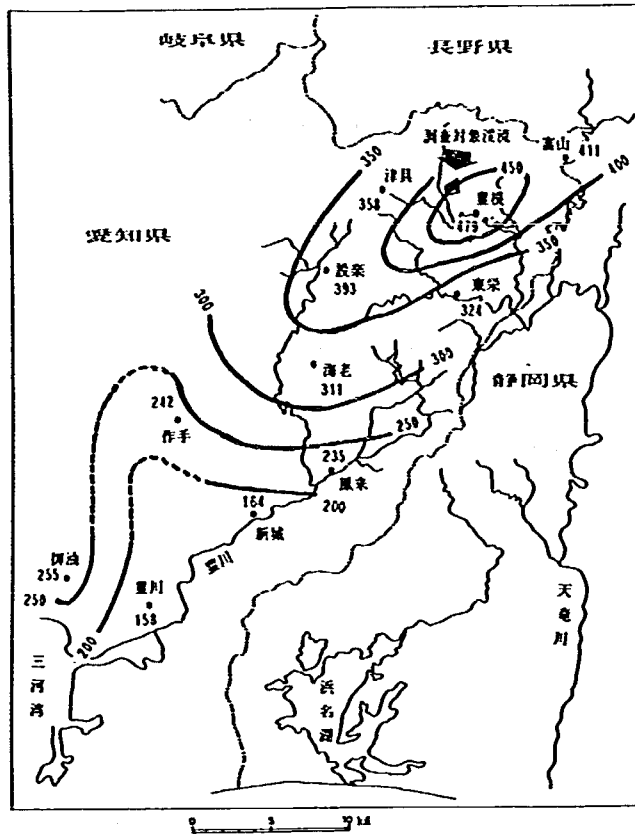


図-2.3 連続雨量の等雨量線図
(H 1. 9. 1.22~H 1. 9. 4. 4)

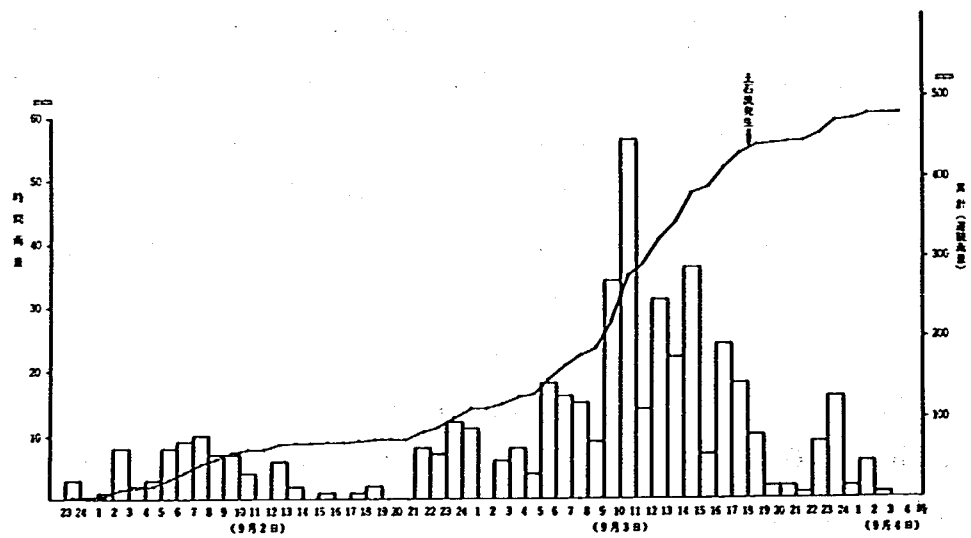


図-2.4 豊根観測所における降雨の推移

表-2.1(1) 愛知県時間雨量表

データ時刻 1989年9月4日4時
(単位: mm) 累計開始時刻 1989年9月1日22時

災対報告用時報

観測所	御油		豊川		新城		作手		鳳来		海老		設楽		東栄		津具		豊根		富山	
監視局	豊橋		豊橋		新城		新城		新城		新城		新城		新城		新城		新城		新城	
月日時	雨量	累計	雨量	累計	雨量	累計	雨量	累計	雨量	累計	雨量	累計	雨量	累計	雨量	累計	雨量	累計	雨量	累計	雨量	累計
9/1. 22	0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
9/1. 23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
9/1. 24	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	4	5	3	4	7	7	3	3	5	6
9/2. 1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	2	2	7	1	5	3	10	0	3	6	12
9/2. 2	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	2	0	7	0	5	0	10	1	4	1	13
9/2. 3	0	0	0	1	0	1	2	2	0	1	2	4	4	11	1	6	8	18	8	12	0	13
9/2. 4	0	0	0	1	0	1	0	2	0	1	8	12	0	11	0	6	1	19	2	14	7	20
9/2. 5	0	0	0	1	0	1	0	2	0	1	0	12	1	12	0	6	0	19	3	17	2	22
9/2. 6	2	2	0	1	0	1	6	8	0	1	0	12	6	18	0	6	8	27	8	25	0	22
9/2. 7	11	13	6	7	3	4	5	13	1	2	2	14	18	36	0	6	22	49	9	34	0	22
9/2. 8	0	13	0	7	2	6	0	13	5	7	2	16	2	38	2	8	7	56	10	44	1	23
9/2. 9	4	17	4	11	2	8	2	15	2	9	1	17	6	44	5	13	3	59	7	51	5	28
9/2. 10	1	18	7	18	6	14	3	18	6	15	8	25	5	49	7	20	3	62	7	58	6	34
9/2. 11	1	19	1	19	1	15	1	19	0	15	2	27	0	49	5	25	2	64	4	62	12	46
9/2. 11	0	19	0	19	0	15	0	19	1	16	0	27	0	49	0	25	0	64	0	62	2	48
9/2. 13	0	19	0	19	0	15	0	19	0	16	4	31	1	50	5	30	1	65	6	68	6	54
9/2. 14	3	22	1	20	2	17	2	21	2	18	4	35	4	54	12	42	3	68	2	70	10	64
9/2. 15	0	22	0	20	0	17	0	21	0	18	0	35	0	54	0	42	0	68	0	70	0	64
9/2. 16	0	22	1	21	0	17	1	22	0	18	0	35	0	54	1	43	0	68	1	71	1	65
9/2. 17	3	25	2	23	1	18	1	23	1	19	1	36	0	54	0	43	1	69	0	71	0	65
9/2. 18	0	25	1	24	1	19	1	24	2	21	2	38	1	55	2	45	1	70	1	72	2	67
9/2. 19	0	25	0	24	0	19	0	24	0	21	0	38	0	55	0	45	1	71	2	74	0	67
9/2. 20	1	26	0	24	0	19	0	24	0	21	0	38	0	55	0	45	0	71	0	74	0	67
9/2. 21	0	26	1	25	4	23	1	25	1	22	6	44	1	56	2	47	0	71	0	74	2	69
9/2. 22	1	27	3	28	1	24	1	26	1	23	4	48	1	57	2	49	2	73	8	82	2	71
9/2. 23	38	65	14	42	11	35	17	43	4	27	15	63	10	67	4	53	4	77	7	89	3	74
9/2. 24	33	98	6	48	1	36	24	67	3	30	4	67	7	74	8	61	5	82	12	101	7	81
9/3. 1	0	98	0	48	3	39	3	70	2	32	9	76	9	83	3	64	12	94	11	112	2	83
9/3. 2	0	98	0	48	0	39	0	70	0	32	3	79	12	95	3	67	1	95	0	112	4	87
9/3. 3	0	98	1	49	0	39	0	70	0	32	2	81	10	105	7	74	10	105	6	118	8	95
9/3. 4	20	118	0	49	0	39	3	73	2	34	4	85	12	117	4	78	6	111	8	126	3	98
9/3. 5	1	119	0	49	1	40	4	77	1	35	6	91	19	136	10	88	3	114	4	130	6	104
9/3. 6	5	124	4	53	3	43	10	87	3	38	26	117	28	164	2	90	24	138	18	148	32	136

表-2.1(2) 愛知県時間雨量表

災対報告用時報

データ時刻 1989年9月4日4時
(単位: mm) 累計開始時刻 1989年9月1日22時

観測所	御油		豊川		新城		作手		鳳来		海老		設楽		東栄		津具		豊根		富山	
監視局	豊橋		豊橋		新城		新城		新城		新城		新城		新城		新城		新城		新城	
月日時	雨量	累計	雨量	累計	雨量	累計	雨量	累計	雨量	累計	雨量	累計	雨量	累計	雨量	累計	雨量	累計	雨量	累計	雨量	累計
9/3. 7	1	125	0	53	0	43	2	89	1	39	4	121	17	181	7	97	6	144	16	164	5	141
9/3. 8	3	128	6	59	3	46	9	98	4	43	7	128	19	200	6	103	7	151	15	179	9	150
9/3. 9	3	131	2	61	5	51	7	105	8	51	23	151	30	230	9	112	39	190	9	188	33	183
9/3.10	33	164	23	84	6	57	30	135	4	55	15	166	15	245	4	116	9	199	34	222	17	200
9/3.11	2	166	9	93	18	75	12	147	31	86	37	203	40	285	15	131	38	237	56	278	23	223
9/3.12	19	185	8	101	6	81	10	157	5	91	6	209	18	303	27	158	14	251	14	292	26	249
9/3.13	3	188	11	112	14	95	19	176	24	115	20	229	18	321	18	176	21	272	31	323	7	256
9/3.14	31	219	5	117	4	99	8	184	4	119	14	243	9	330	14	190	14	286	22	345	22	278
9/3.15	5	224	8	125	11	110	17	201	26	145	15	258	14	344	24	214	19	305	36	381	20	298
9/3.16	15	239	14	139	18	128	17	218	21	166	16	274	13	357	13	227	10	315	7	388	18	316
9/3.17	9	248	12	151	18	146	9	227	22	188	16	290	14	371	24	251	16	331	24	412	20	336
9/3.18	3	251	3	154	12	158	7	234	24	212	11	301	10	381	24	275	12	343	18	430	12	348
9/3.19	2	253	2	156	2	160	1	235	2	214	4	305	4	385	18	293	5	348	10	440	15	363
9/3.20	0	253	0	156	0	160	2	237	1	215	0	305	1	386	1	294	1	349	2	442	1	364
9/3.21	1	254	0	156	0	160	0	237	0	215	0	305	0	386	4	298	1	350	2	444	0	364
9/3.22	0	254	0	156	0	160	2	239	0	215	0	305	1	387	3	301	1	351	1	445	10	374
9/3.23	0	254	1	157	1	161	0	239	14	229	2	307	1	388	12	313	2	353	9	454	10	384
9/3.24	0	254	0	157	2	163	2	241	1	230	2	309	0	388	1	314	0	353	16	470	15	399
9/4. 1	1	255	1	158	1	164	1	242	4	234	1	310	4	392	5	319	2	355	2	472	3	402
9/4. 2	0	255	0	158	0	164	0	242	1	235	0	310	1	393	5	324	3	358	6	478	8	410
9/4. 3	0	255	0	158	0	164	0	242	0	235	1	311	0	393	0	324	0	358	1	479	1	411
9/4. 4	0	255	0	158	0	164	0	242	0	235	0	311	0	393	0	324	0	358	0	479	0	411



写真-2.1

上石流の通過した直後
(9月5日)の林道と
破壊された林道橋



写真-2.2

林道橋の残骸

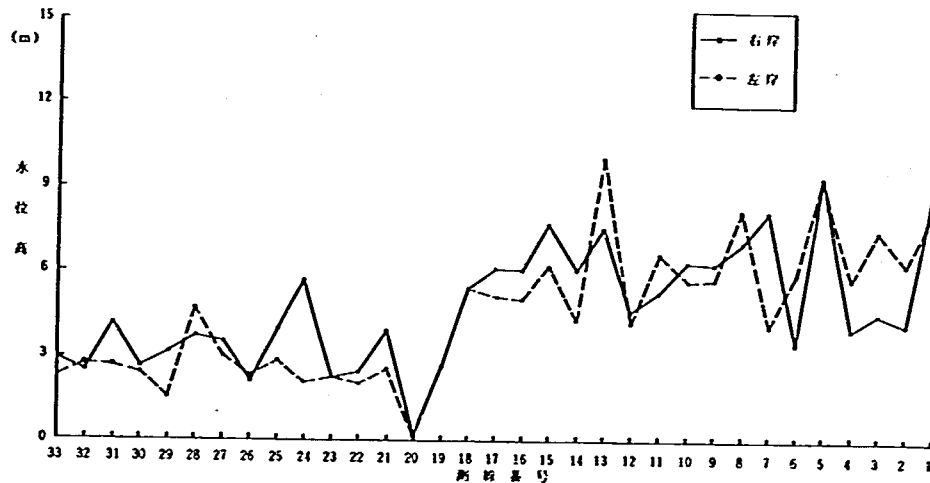


図-2.5 土石流氾濫水位高の縦断変化

(3) 堆積状況

土石流の顕著な堆積物は、流下区間のほぼ中央に当たる樽下峠から下る左支川との合流点より下流側約200 mの付近と、土石流の停止域に当たる砂防ダムの堆砂域の約100 mの区間の2地点に見られる。中流部における堆積土砂は、シルト質のマトリックスに富んだ亜角礫層から成り、礫径は最大1.5 m・平均10~30 cmおよび50 cm程度である。この地点は上流の階段状の縦断形を呈する相対的に急傾斜で谷幅の狭い区間から、比較的谷幅の広く傾斜の緩い区間への移行点にあたり、左岸側の河床から4~5 mの高さに位置する林道上にも層厚1 m程の土砂が堆積している。

(2) 被災状況

本災害による被災状況に関する新聞報道は以下のとおりである。

「三日午後6時ごろ……青谷一男さん(50)宅を鉄砲水が突き抜け、青谷さんの母親きのえさん(75)が流されて行方不明となった。……青谷さん方は木造二階建て約百四十平方メートルで、当時一男さんときのえさんのほかに妻の節子さん(52)、二女の歌子さん(17)の計四人が家の北東の角の台所でそろって夕食をしていた。鉄砲水は一瞬のうちに東側から西側へ家を突き抜け、家は半壊して傾いた。東側に座っていたきのえさんは鉄砲水が運んだ流木が当たりそのまま家の外へ流されたい。一男さんも顔に軽いけがをしたが、三人は流されずに助かった。……家から三十メートル上流の砂防えん堤に増水した沢の水がぶつかり、方向を変えて青谷さん方を直撃したらしい。……家具などもほとんど流された。」(9月4日中日新聞)

なお行方不明となったきのえさんは翌日伊香川下流で遺体で発見されている。

初動調査(9月5日)時点では、すでに被災した家屋は順次片づけられ始めていたが、周辺に多量の土砂の堆積が無い事、砂防ダムの堆砂状況が水平である事から見て、土石流は砂防ダムで停止しており、砂防ダムを越流した流水と流木により被害が発生したものと推定される(図-2.6~図-2.7)。砂防ダムの右岸袖天端に土砂が載っており、左岸側にはそれがあまりない(写真2.3)。砂防ダム付近で伊香川本川と支川が合流しており、砂防ダムはこれらの2渓流の合流点に設置されている。

流水及び流木は、家屋の北東の角から侵入し(写真-2.4)、家の中を流れて南西へ抜けたと見られ、家屋の被災状況は、特に水及び流木が侵入した北東側(写真-2.5)が著しい(図-2.7)。

家族が食事をしていた北東の角では、柱が破壊されており、床も抜けている。

家の外壁は東側の2/3、北側の1/2程度が完全に破壊されており、また家の内部の壁も、風呂場のブロック壁を除きほとんどが破壊されている(写真-2.6)。

2階の瓦屋根に異状はないが、北側の1階部分の波板製のひさは流水の衝突により半分程度が折れ曲っている(写真-2.7)。

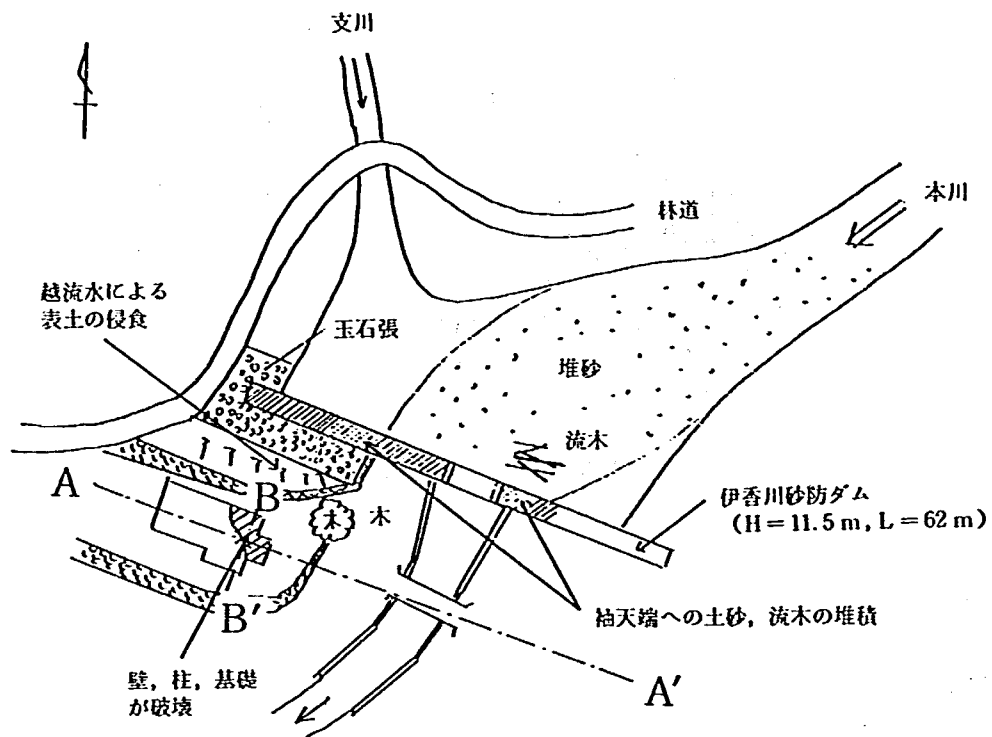


図-2.6 砂防ダム付近平面概略図

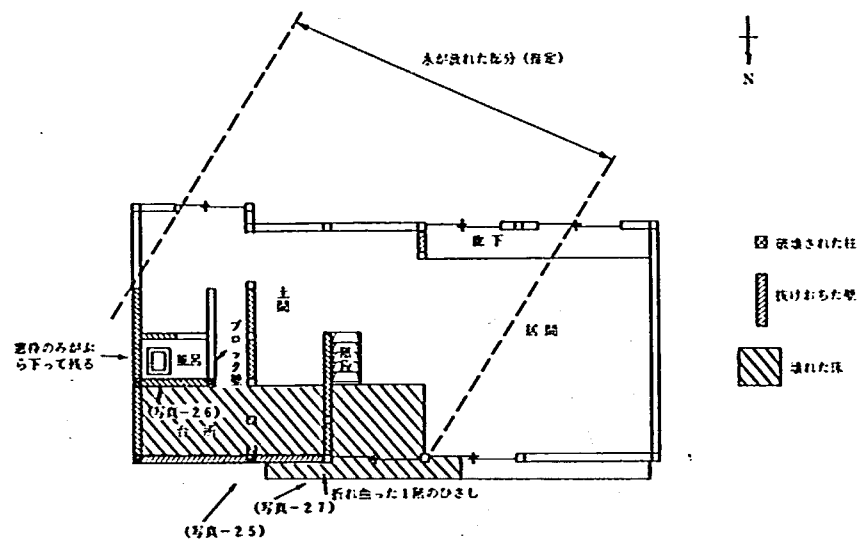


図-2.7 被災家屋の見取図



写真-2.3 伊香川砂防ダム袖天端に残る土砂と流木



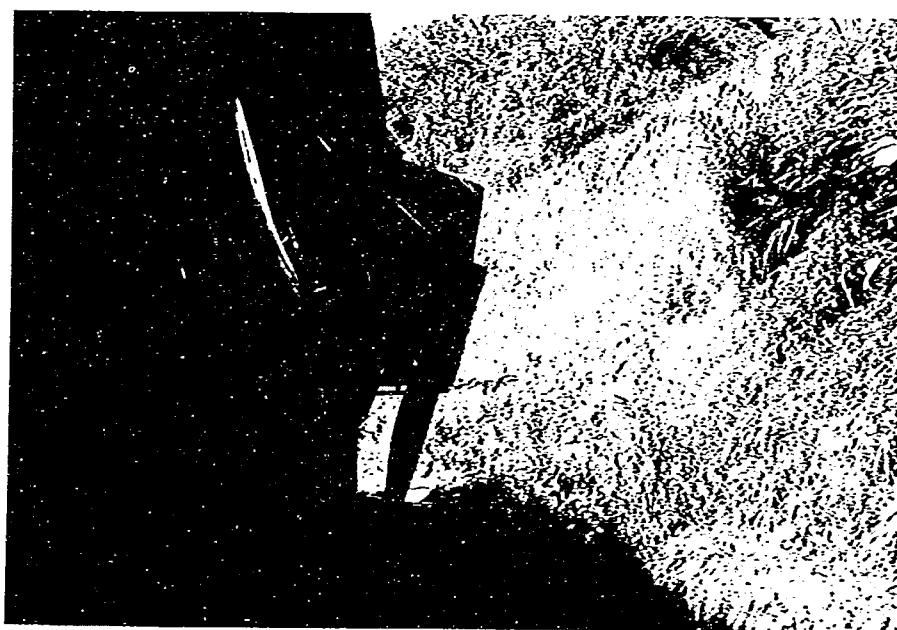
写真-2.4 被害家屋の周辺



写真-2.5 被災家屋の北東側の破損状況。
渓流に近い側で最も破損が著しい。



写真－2.6 被災家屋の破損状況
(北東側)。



写真－2.7 北側のひさしの一部が破損して
いる状況。全般に屋根部の破損
は少なかった。

3. 調査結果と解析

3.1 土石流発生部の斜面安定検討

土石流発生源頭部において崩壊の発生原因を検討するため、地形・地質・土層の観察、力学・物理試験及び透水試験を行ない、崩壊斜面内部の力学特性等を明らかにした。また、それらの結果をもとに斜面の安定解析を行なった。

(1) 地形・地質・土層観察

崩壊地(写真-3.1)は、傾斜 $30 \sim 35^\circ$ の谷頭斜面最下部において発生し、その面積は $1,750 \text{ m}^2$ 程度と見積られる。崩壊地下限は、恒常的な流水が現われる傾斜の遷緩点(谷頭平底)に一致し、それより下流では傾斜 12° 前後の流路が出現する。崩壊は、谷頭斜面下部を横切る林道の直下から発生しており、崩落物質の大部分は林道建設時の盛り土である。この盛り土部は、崩壊前には草地であった。

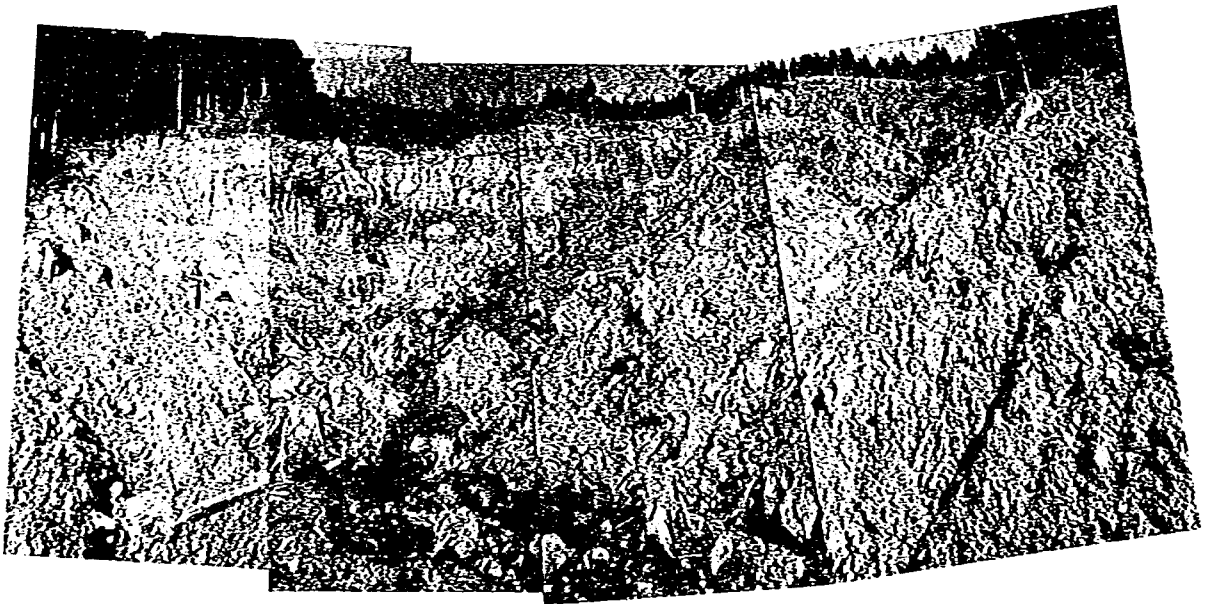


写真-3.1 土石流発生源である崩壊地の状況。盛土部の崩壊が著しい。

図-3.1に崩壊地の概略図を示す。崩壊地の右岸側は林道建設前の尾根部、左岸側は谷部にあたり、盛土の厚さは右岸側で薄く、左岸側で厚い。崩壊地底部には盛土に埋められる前の谷底面が露出し(面積約 400 m^2)、一部で風化の進んだ基盤岩も認められる。右岸側の従来の尾根部は、その末端が崩壊により消失しており、その断面には層厚 1 m 程度の斜面堆積物が認められる。崩壊地底部の中央には、高含水でシルト質のマトリックスに富む滑落土砂が残存する。滑落土砂の堆積面積は約 375 m^2 、平均堆積層は約 2 m で、堆積量は 750 m^3 程度である。滑落土砂をきざむ2本のガリの頭部から湧水が認められ、観察時の流出量は、それぞれ約 1 l/s 、約 0.5 l/s であった。ガリ底やガリの側壁下部には、基盤や腐植質のオリジナルな物質が認められることから、盛土される以前からの湧水点であった可能性が指摘できる。

崩壊地(写真-3.2)のスケッチを図-3.2に、盛土と従来の斜面の土層柱状図を図-3.3に示す。盛土は、シルト質～砂質のマトリックスに富んだ角礫層から成り、礫径は最大 50 cm 、平均 $5 \sim 20 \text{ cm}$ 程度で

ある。非常にルーズな堆積物で、スコップで簡単に掘り崩すことができる。また、スギなどの樹木の根や樹皮が多く含まれることから、下位に露出する従来の斜面堆積物とは簡単に区別できる。

盛土の下位には、層厚10 cm程の埋没腐植層が存在し、その下位に15 cm程の腐植質漸移層を介して、従

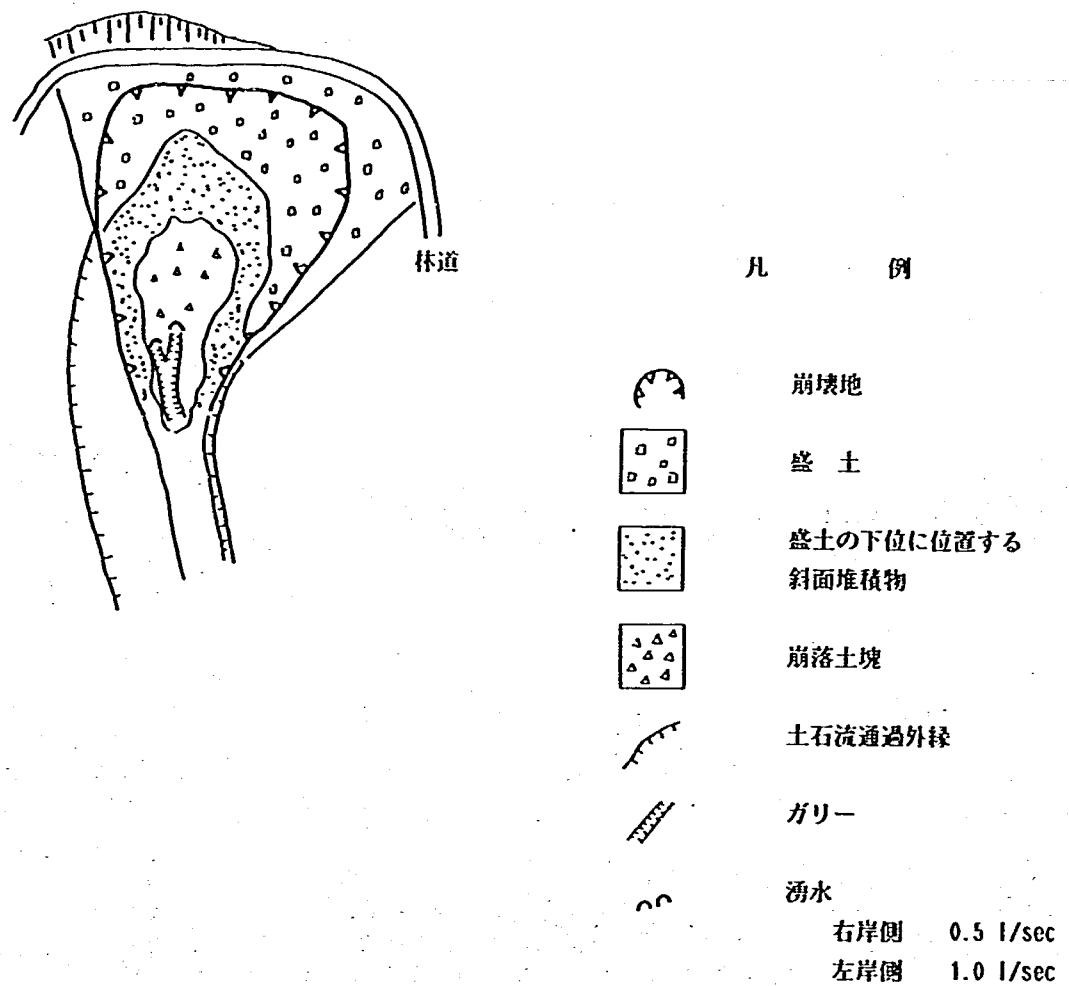


図- 3.1 崩壊地模式図

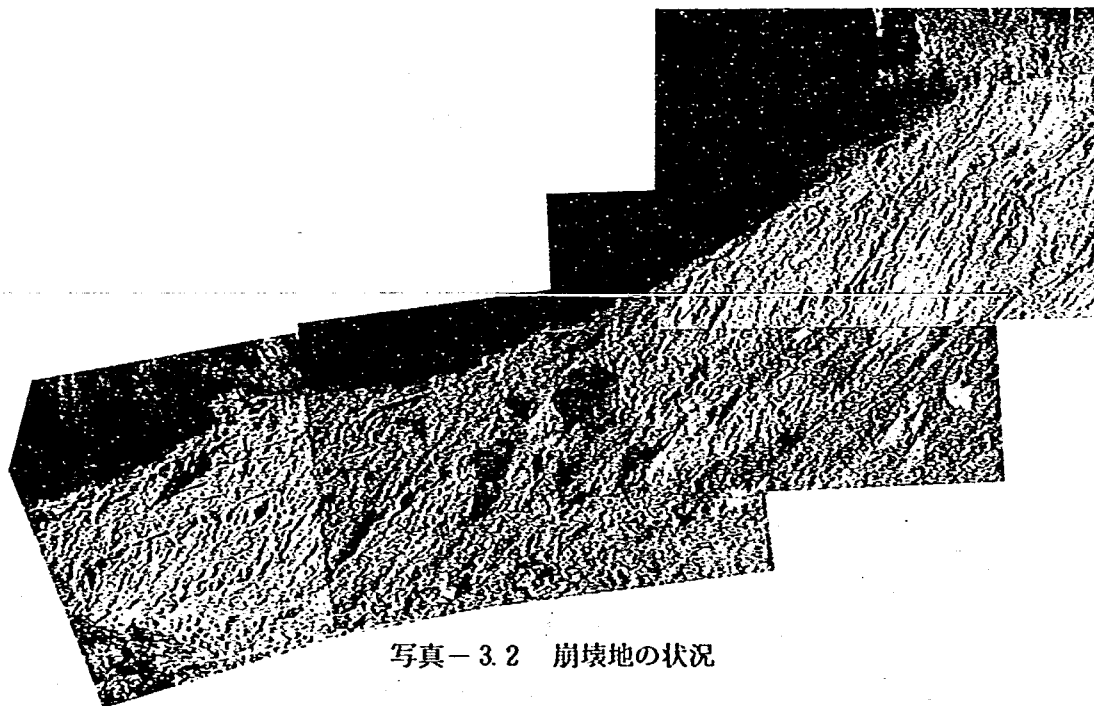


写真-3.2 崩壊地の状況

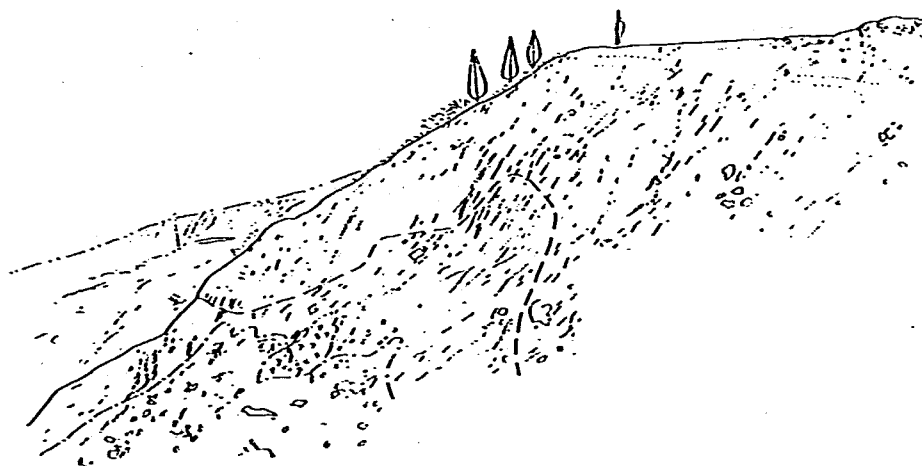
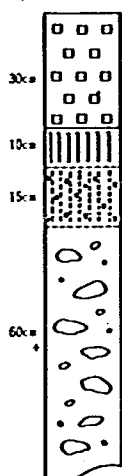


図-3.2 崩壊地のスケッチ

崩壊地の左岸側のガリで観察
された柱状図

植生は、スギ低木、およびツタ、ツユクサ等の雑草



盛 土
(暗赤褐色～
暗黄褐色)

礫径は最大30cm 平均10cm 程度。
角礫が多い。マトリックスはシルト質砂。非常に
ルーズでボロボロ崩れる。樹林片 (枝・根など)
が乱雑に混じりこんでいる。

埋没腐植層 (黒褐色)

腐植質漸移層
(暗褐色)

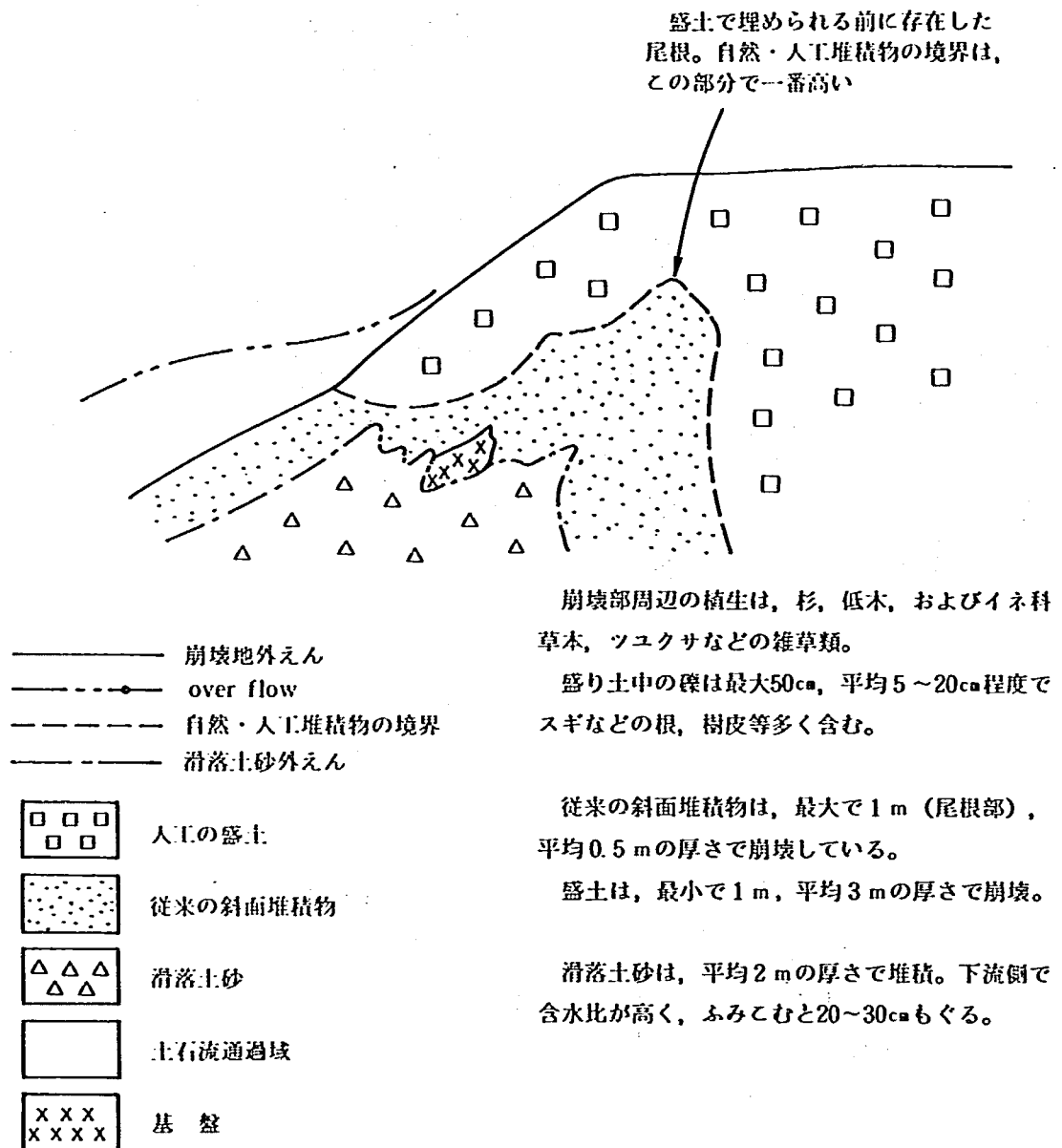
0.5～2cmの小礫が混じる。
マトリックスは砂質シルト。
比較的ルーズである。

斜面堆積物
(暗黄褐色)

比較的コンパクトな角礫層で礫径は最大35cm,
平均5～10cm。
マトリックスは砂質シルト。
礫長軸が斜面最大傾斜方向にそろっており、
Creep性の mass movement により形成されたも
のと判断できる。

図-3.3 土層柱状図

崩壊地の観察（説明文：写真3.2，図-3.2参照）



このスケッチの手前側に，盛り土に埋められた沢の谷頭平底が存在し，数地点に基盤が露出し
ている。その部分では，もともと堆積物は厚くなく，盛り土に埋められる以前に基盤が地表面に
露出していたとも考えられる。いずれにしても，本崩壊の滑り面はこの基盤表面と判断でき，基
盤上にある，従来の斜面堆積物（平均0.5m厚）の一部と，その上位に堆積する盛り土（平均3m
厚）の大部分が崩壊した。

来の斜面堆積物が認められる。左岸側の谷壁部と右岸側の尾根部においては、この斜面堆積物は腐植などを全く含まない層厚50cm～1m前後の角礫層から成っている。礫径は最大35cm、平均5～10cm程度で、シルト質のマトリックスに富んだコンパクトな堆積物である。礫長軸の向きが斜面最大傾斜方向にそろっており、上記のように腐植を全くまきこんでいないことなどから考えて、この堆積物はクリープ性のマス・ムーブメントにより堆積したものと判断できる。

一方、崩壊地左岸側の谷部においては、盛土の下位に腐植をまきこんで暗褐色を呈する角礫層が認められる。これは、谷頭部の斜面から急速なマス・ムーブメントにより供給された崩積土と判断される。

崩壊地底部に一部露出する基盤岩は、部分的に風化が進んでおり、そこではハンマーでたたくことにより表層部10cmが簡単に剥離する。しかし、新鮮な岩面を有する部分もあり、そこではもともと堆積物が厚くなく、盛土に埋められる以前に基盤が地表に露出していた可能性も指摘できる。

本崩壊地における崩落土砂の厚さは、現地の観察から盛り土が平均3m、従来の斜面堆積物が平均0.5mと推定され、崩壊土砂量は盛土 5.250m^3 程度、従来の斜面堆積物は 200m^3 程度と見積られる。スベリ面は盛土中、斜面堆積物中、および一部で基盤の表面付近と推定される。

本崩壊地の上部は水の集まりやすい谷型斜面で、近年伐採が進められ、現在は伐採跡地（草地）となっている。斜面下部を横切る林道にはU字溝等の排水施設は無く、雨水が浸透しやすい状態にある（写真－3.3）。



写真－3.3 崩壊地上部にある林道、写真左側に林道建設時の土砂を盛土している。排水施設はなく、雨水は斜面地盤内に浸透しやすい状態にある。

(2) 考 察

以上に述べてきた状況から見て、この崩壊地点は、伊香川流域内の他の地点と比べ、きわめて崩壊の発生しやすい条件を備えていたとすることができよう。

すなわち、

- ① 谷頭の斜面は水の集まりやすい谷型の斜面である。
- ② 谷型斜面内は伐採により草地となっている。
- ③ 谷頭平底の恒常的な湧水点上に厚い盛土がされている。

さらに、伊香川流域で発生した他の3地点の崩壊について見ても、

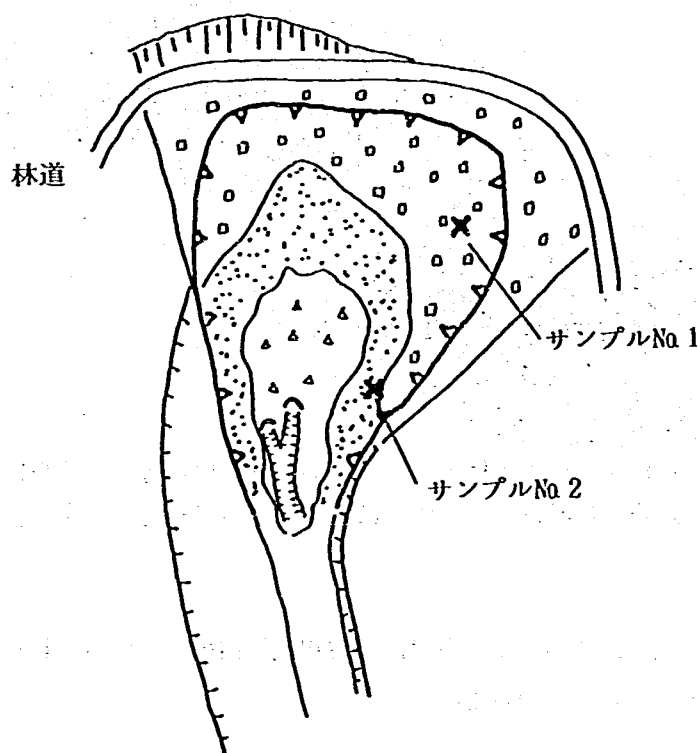
- a) 本崩壊地下流右岸側の小崩壊：林道の切り取りノリ面に発生。
- b) 本崩壊地南東どなりの沢の小崩壊：林道の切り取りノリ面に発生。ノリ面上方の斜面は皆伐後の草地となっている。
- c) 伊香川砂防ダム上流側右支の崩壊：谷頭部の左岸側斜面が皆伐後の草地となっており、草地下限の谷底底部において発生している。

というように、すべて人為的なインパクトの比較的強い地点において発生している。

恒常的な湧水の見られる谷頭部付近は、この溪流の中で最も不安定な地点の一つであり、そのような場所に林道等を建設する際には十分な配慮が必要であろう。

(3) 土質試験

土石流発生源の崩壊斜面の力学特性を調べるため、崩壊地のすべり面と推定される付近の土層より“釘打ち込み法”（写真－3.4）により不攪乱試料を採取し（写真－3.5）、室内において一面せん断試験および透水試験を実施した。採取位置を図－3.4に示す。また、諸土質試験結果を付表に示す。



図－3.4 土砂サンプル位置図

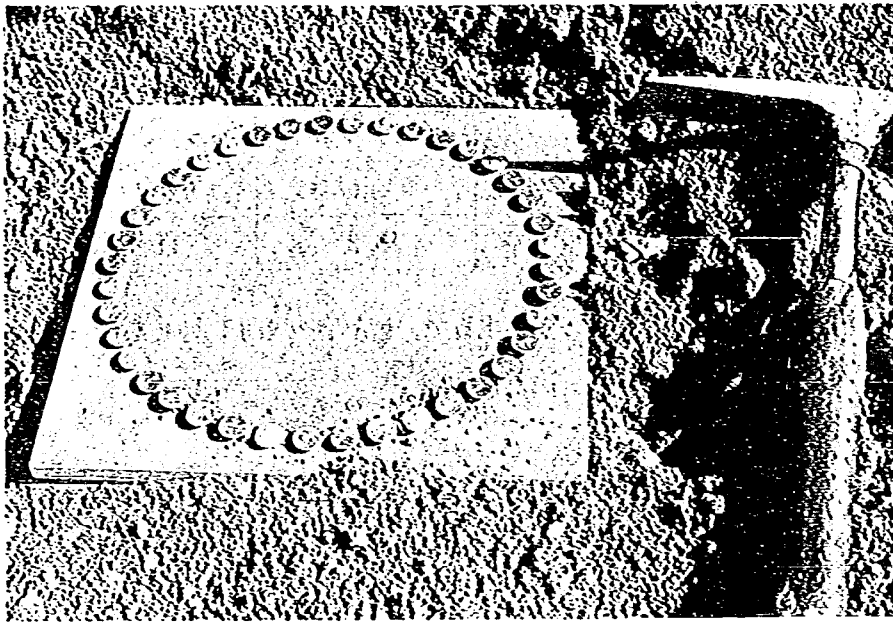


写真-3.4 釘打ち込み法



写真-3.5 釘打ち込み法による不攪乱試料の採取状況

① 一面せん断試験

土のせん断強さ、すなわち最大のせん断抵抗を示す強度定数である粘着力 C 、内部摩擦角 ϕ を求めるために一面せん断試験を実施した。

一面せん断試験には、非圧密非排水試験（UU試験）、圧密非排水試験（CU試験）および圧密排水試験（CD試験）がある。圧密は破壊の起こる地盤上に土塊が存在し、長い時間が経過されるとその荷重により生じる性質のものである。一方、排水はせん断中の間隙水圧が常に消散するという条件下で生じる性質のものであり、載荷が非常に遅い速度で行われる場合である。

今回の崩壊発生という条件下では、地盤は圧密状態にあり、かつ、豪雨時の載荷は急激に起こり、間隔水

圧が生じると考えられるので、試験はCU試験を行った。結果を表-3.1に示す。

表-3.1 強度定数一覧表（一面せん断試験）

	サンプルNo 1	サンプルNo 2
有効応力表示による C'_{cu}	0 kgf/cm ²	0 kgf/cm ²
“ ϕ'_{cu}	23.2°	17.4°

表-3.1によると粘着力がなく、砂質分の多い土質で、破砕されやすい性質を持っている。すなわち、風化の進んだ土質であると言える。

② 透水試験

JIS A 1218により土の透水試験を行った。結果を表-3.2に示す。ここで、サンプルNo 1は透水性が比較的大きいため定水位法を、また、サンプルNo 2に透水性が小さく、定水位法では測定が不可能なので変水位法を採用した。

表-3.2 透水係数一覧表

	サンプルNo 1	サンプルNo 2
透 水 係 数 cm/sec	1.78×10^{-3}	2.71×10^{-6}
間 隙 比	0.777	1.479

(4) 斜面安定解析

崩壊斜面の測量結果によれば、崩壊の長さに対して、崩壊の深さが極めて浅く、かつ平坦な典型的な表層剥離型崩壊であると言える。そこで、せん断試験で得られた結果をもとに、無限長斜面を想定してブロック間の相互作用を無視したスライス法により斜面の安定解析を行った。図-3.5に斜面の解析断面図を示す。

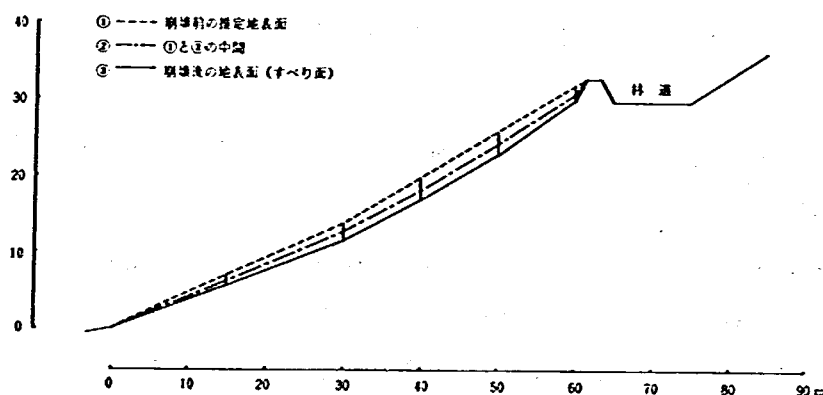


図-3.5 崩壊斜面の解析断面図

次に、解析時における斜面内浸透流については降雨の継続に伴い、斜面内で浸透水位が上昇していくものと考え、以下の3ケースについて検討を行った。

ケース1：水位がすべり面に達した場合

ケース2：ケース1より水位が上昇し、すべり面と地表面のほぼ中央部まで達した場合

ケース3：水位がさらに上昇し、地表面まで達した場合

次に、一面せん断試験で得られた強度定数を用いて有効応力法で解析を行い(せん断抵抗力： F)、斜面すべり面で想定される応力状態(せん断力： T)との比較を行い、安全率($F_s = F/T$)を算出した。

解析時の計算式と使用した記号を以下に示す(図-3.6)。

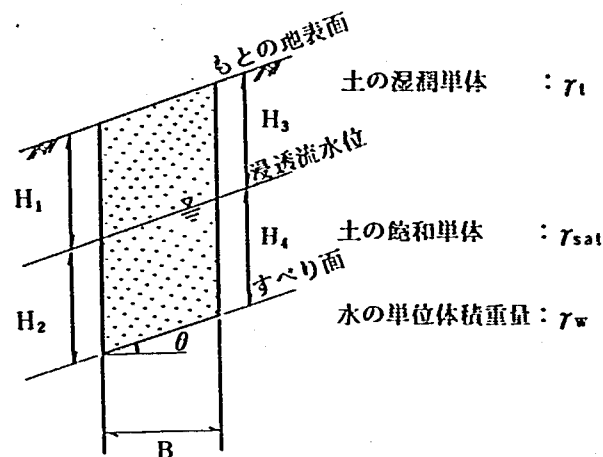


図-3.6 斜面安定解析図

ブロックの体積(湿潤部) $V_1 = (H_1 + H_3) B \times 1/2$

(飽和部) $V_2 = (H_2 + H_4) B \times 1/2$

ブロックの重量 $W = V_1 \gamma_t + V_2 \gamma_{sat}$

せん断力(すべり力) $T = W \sin \theta$

垂直抗力 $N = W \cos \theta$

浸透流により発生する間隙水圧の

すべり面に垂直な成分 $u = (\gamma_w B (H_2 + H_4) \times 1/2) \cos \theta$

せん断抵抗力 $F = C + (N - u) \tan \phi$

C, ϕ : 土の強度定数

安全率 $F_s = \frac{\sum_{n=1}^n F}{\sum_{n=1}^n T}$

また、計算に用いた定数は、一面せん断試験結果を平均した値で以下の様に示される。

$\gamma_t = 1.49 \text{ g/cm}^3$

$\gamma_{sat} = 1.82 \text{ g/cm}^3$

$\gamma_w = 1.0 \text{ g/cm}^3$

$C = 0$

$\phi = 20.3^\circ$

ケース毎の計算結果を表－3.3に示す。

表－3.3によると、解析結果はケース1の状態で既に $F_s = 0.675$ と安全率 F_s が1を下回り、地下水による浸透水位がすべり面に達する前に崩壊に至るということを示唆している。こうした著しく低い安全率の値を示したのは、1つには崩壊の発生した斜面の土質のせん断抵抗力が小さかったことが挙げられる。前述した様に粘着力 C が0である砂質土でありながら、内部摩擦角 $\phi 20^\circ$ 前後と小さく、粗粒子がかみ合っても破碎しやすい風化の進んだ土質であることがせん断抵抗力を小さくしている。また、盛土のり面の傾斜が $30^\circ - 35^\circ$ と急なことがせん断力を大きくする主要原因になっている。

表－3.3 安全率一覧表

ケース	安全率 F_s
1	0.675
2	0.470
3	0.304

こうして見てくると、今回の崩壊の発生は次の様な条件が重なったために生起したと考えることができる。

- ① 地形の条件 … 横断的に凹状形態を示す谷頭斜面は恒常的に雨水が集まり易い場であり、風化も進む。しかも、斜面の傾斜は急である。
- ② 盛土の存在 …… 林道建設に伴う盛土（捨土）は斜面堆積物に载荷をもたらし、かつ急斜面上であるため不安定である。また、盛土自体のせん断抵抗力も弱い。
- ③ 集中豪雨の発生 …… 降り始めから総雨量で400 mm以上、また、最大時間雨量56mmを含む8時間雨量が208 mmという集中豪雨が伊香川を襲い、①の地形条件下で急激に地下水位の上昇があった。

3.2 土砂収支および流木収支

土石流に伴う土砂の生産・流下・堆積状況を定量的に求めて土砂収支を検討した。また、土砂の移動に伴って発生・流下・堆積した流木の状況を定量的に求めて流木収支を検討した。

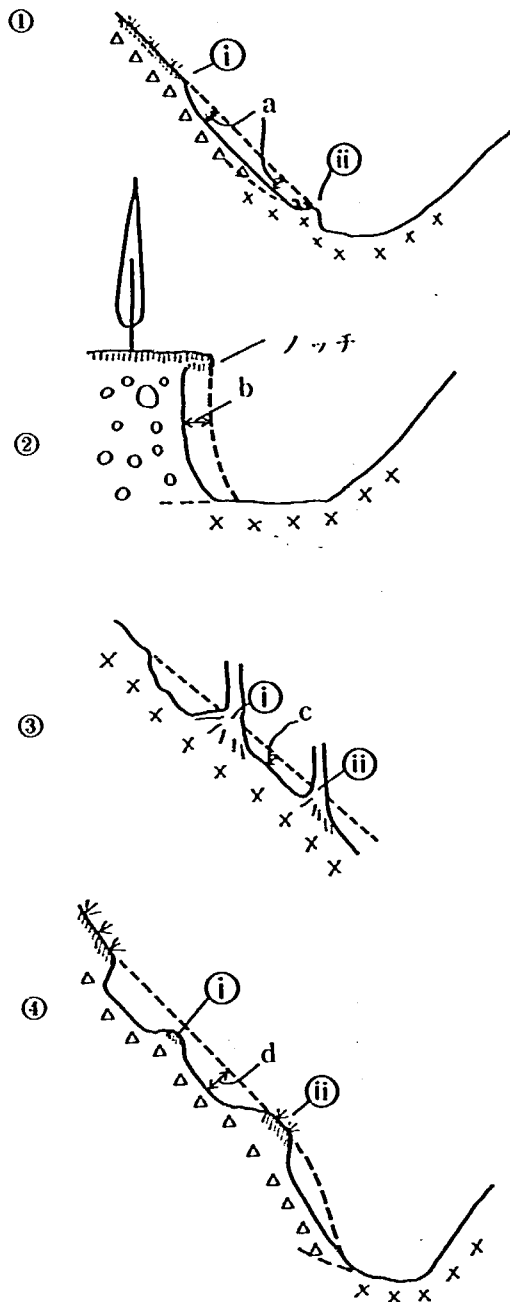
3.2.1 土砂収支

(1) 土砂収支の方法

空中写真を用いて土石流の発生、流下、堆積区域を判読し、その結果をもとに現地で河道の侵食および堆積区域を明らかにした。

実際の土砂収支の方法は、50mごとに測線を設けて、縦横断測量を実施し、得られた横断図に土石流による土砂の侵食および堆積範囲と侵食深および堆積厚を現地調査時に推定して求めた。すなわち、平均断面法による各2測線における平均の侵食面積および堆積面積を求め、それに区間距離を乗して、それぞれ侵食土量、堆積土量を求め、上流より下流へ累加して土砂収支を行った。測線位置は付図－2の土石流発生・流下・堆積状況図に示す。

横断測量成果に土砂の侵食および堆積状況、土石流の到達範囲等の情報を加えた横断図（縮尺 1/100）を



左図のような場合 (①あるいは②) a を侵食深とする。

左図のような場合で、ノッチ下面の根が新鮮であり、ノッチ下方の侵食が、最近生じたと考えられる場合、b を侵食深とする。

左図のような場合で、樹木の根元 (①および②) から旧地表面が推定できる場合、c を侵食深とする。

左図のような場合、侵食地域内に旧地表面が島状に残る時①、d を侵食深とする。

また、侵食地域内に A 層がけずり残されている時②、斜面上方の A 層の厚さを参考に侵食深を d とした。

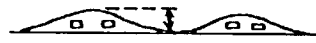
侵食深推定

断面No	左 岸	右 岸
1	①, ④	③, ④
2	①	①, ③, ④
3	③, ④	③, ④
4	①	③, ④
5	③, ④	①, ③, ④
6	①, ②	①, ④
7	①	—
8	①, ④	④
9	①, ④	①,
10	—	① ④
11	—	—
12	—	—
13	①, ④	—
14	—	①, ④
15	—	①, ④
16	—	—
17	—	②, ④
18	①	②, ④
19	—	—
20	—	—
21	—	—
22	—	—
23	—	—
24	②	—
25	—	—
26	—	—
27	—	—
28	④	①
29	—	—
30	—	—
31	—	—
32	②	—
33	—	—

図一 3.7 侵食深の推定基準

堆 積 厚 の 推 定 基 準

基準①



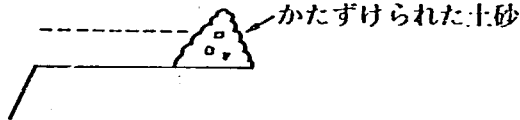
堆積頂面と堆積物におおわれていない
部分の比高を目測

②



堆積後の侵食によってできた露頭で目
測

③



土砂がかたづけられている場合、初動
調査の報告を参照

断面No 判断基準

1	—
2	—
3	①
4	—
5	—
6	—
7	②
8	—
9	②
10	②
11	②, ③
12	②, ③
13	③
14	—
15	—
16	—
17	—
18	—
19	②
20	?
21	—
22	—
23	—
24	—
25	—
26	②
27	②
28	—
29	—
30	②
31	②
32	②
33	—

図- 3. 8 堆積厚の推定基準

付図（7.1～7.9）に示す。また、侵食深および堆積厚の推定基準を図－3.7および図－3.8に示す。

なお、崩壊地からの生産土砂量は現地で計測し、 $5,487.5 \text{ m}^3$ *とした。また、同様にして崩壊地直下の堆積土量は 750 m^3 とした。

土砂収支の結果を表－3.4および図－3.9に示す。

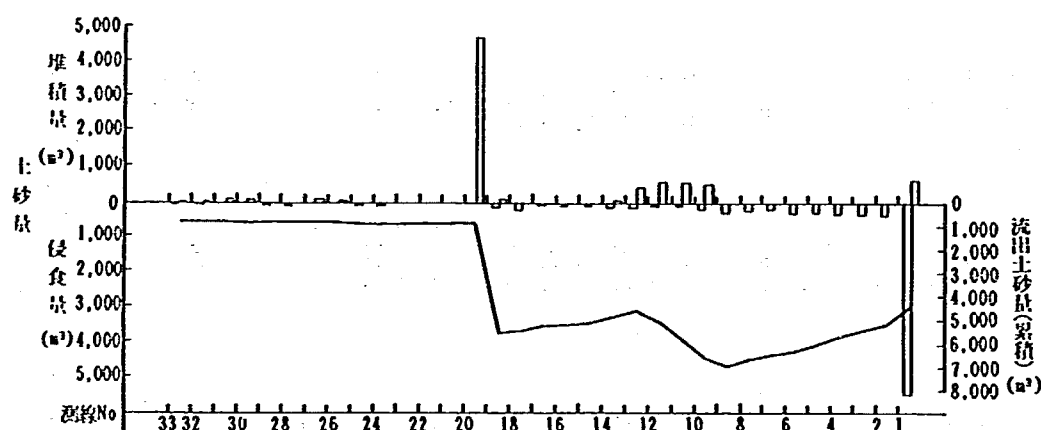
* 崩壊土量の算出根拠は以下の通りである。

生産域	面積(m^2)	侵食深(m)	生産土砂量(m^3)
1. 崩壊地（盛土部）	1,750	3.0	5,250
2. “（従来の自然斜面部）	400	0.5	200
3. 崩壊地周辺の氾濫域	375	0.1	37.5
計			5,487.5

(2) 土砂収支の結果

前述したように崩壊地及び崩壊地側方の土石流流下域からの侵食土砂量は $5,487.5 \text{ m}^3$ 、崩壊地直下に 750 m^3 の土砂が堆積した為、実際には崩壊地付近から $4,737.5 \text{ m}^3$ の土砂が流出した。さらに、侵食の著しい上流域（測線1－9）では、50mの区間ごとに平均 272.1 m^3 の土砂が流下し、流下域中間地点の堆積区間までの間に流出土砂量は $6,914.3 \text{ m}^3$ に達した。中間地点付近の堆積区間200mでは、 $2,883.2 \text{ m}^3$ の土砂が堆積している。その下流の250mの区間では 891.3 m^3 の土砂が侵食され、ダム堆砂域まで総計 $5,570.7 \text{ m}^3$ の土砂が流出した。

砂防ダムには、そのうちのほとんどの土砂（ $4,733.2 \text{ m}^3$ ）が堆積したが、浮流物質はダムより下流に流出



図－3.9 土砂収支図

表-3.4. 土砂収支表

	侵食面積 (m^2)	平均侵食深 (m)	区間侵食量 (m^3)	累加侵食量 (m^3)	堆積面積 (m^2)	平均堆積厚 (m)	区間堆積量 (m^3)	累加堆積量 (m^3)	区間流出量 (m^3)	累加流出量 (m^3)
0-1	***	***	5,487.5	5,487.5	375.0	2.00	750.0	750.0	4,737.5	4,737.5
1-2	1,200.0	0.30	360.0	5,847.5	—	—	—	750.0	360.0	5,097.5
2-3	987.5	0.33	325.9	6,173.4	137.5	0.20	27.5	777.5	298.4	5,395.9
3-4	925.0	0.35	323.8	6,497.2	137.5	0.20	27.5	805.0	296.3	5,692.2
4-5	1,250.0	0.25	312.5	6,809.7	—	—	—	805.0	312.5	6,004.7
5-6	1,200.0	0.25	300.0	7,109.7	—	—	—	805.0	300.0	6,304.7
6-7	662.5	0.28	185.5	7,295.2	312.5	0.25	78.1	883.1	107.4	6,412.1
7-8	925.0	0.25	231.3	7,526.5	312.5	0.25	78.1	961.2	153.2	6,565.3
8-9	1,237.5	0.33	408.4	7,934.9	237.5	0.25	59.4	1,020.6	349.0	6,914.3
9-10	1,150.0	0.23	264.5	8,199.4	837.5	0.65	544.4	1,565.0	- 279.9	6,634.4
10-11	875.0	0.10	87.5	8,286.9	987.5	0.90	888.8	2,453.8	- 801.3	5,833.1
11-12	637.5	0.10	63.8	8,350.7	850.0	1.00	850.0	3,303.8	- 786.2	5,046.9
12-13	775.0	0.30	232.5	8,583.2	600.0	1.00	600.0	3,903.8	- 367.5	4,679.4
13-14	725.0	0.35	253.8	8,837.0	137.5	0.50	68.8	3,972.6	185.0	4,864.4
14-15	762.5	0.25	190.6	9,027.6	—	—	—	3,972.6	190.6	5,055.0
15-16	475.0	0.15	71.3	9,098.9	—	—	—	3,972.6	71.3	5,126.3
16-17	337.5	0.20	67.5	9,166.4	—	—	—	3,972.6	67.5	5,193.8
17-18	837.5	0.45	376.9	9,543.3	—	—	—	3,972.6	376.9	5,570.7
18-19	500.0	0.25	125.0	9,668.3	225.0	0.50	112.5	4,085.1	12.5	5,583.2
19-20	—	—	—	9,668.3	1,637.5	*2.90	4,745.7	8,830.8	- 4,745.7	837.5
20-21	—	—	—	9,668.3	—	—	—	8,830.8	—	837.5
21-22	—	—	—	9,668.3	—	—	—	8,830.8	—	837.5
22-23	—	—	—	9,668.3	—	—	—	8,830.8	—	837.5
23-24	200.0	0.25	50.0	9,718.3	—	—	—	8,830.8	50.0	887.5
24-25	200.0	0.25	50.0	9,768.3	—	—	—	8,830.8	50.0	937.5
25-26	—	—	—	9,768.3	137.5	0.25	34.4	8,865.2	- 34.4	903.1
26-27	—	—	—	9,768.3	212.5	0.40	85.0	8,950.2	- 85.0	818.1
27-28	362.5	0.15	54.4	9,822.7	75.0	0.15	11.3	8,961.5	43.1	861.2
28-29	362.5	0.15	54.4	9,877.1	—	—	—	8,961.5	54.4	915.6
29-30	—	—	—	9,877.1	187.5	0.25	46.9	9,008.4	- 46.9	868.7
30-31	—	—	—	9,877.1	237.5	0.30	71.3	9,079.7	- 71.3	794.7
31-32	187.5	0.25	46.9	9,924.0	137.5	0.30	41.3	9,121.0	5.6	803.0
32-33	187.5	0.25	46.9	9,970.9	87.5	0.25	21.9	9,142.9	25.0	828.0

* ダム下流への流出土砂量を推定して逆算した。

した* (837.5 m^3)。ダム下流に流下した鉄砲水は、坂宇場川に流入するまでの間に小さな侵食・堆積を交互に繰り返したが、ダム上流における土砂収支に比べればごくわずかのものである。坂宇場川に流出した土砂量は 828 m^3 である。

* 砂防ダム下流への流出土砂量は、付表1の粒度分布試験結果より粒度曲線の比較を発生域、流下域、堆積域で行った。ダム下流へ流下した土砂の移動形態は Wash load を主体とした浮遊形態であったことが推定される。そこで、Wash load の最大粒径を 0.1 mm (芦田, 1983) と仮定し、上記の粒度曲線を比較すると発生域、流下域が25%であるのに対して、堆積域は10%であることを抱りどころにしてダムまで流下した土砂の15%が下流へ流下したと考えた。

3.2.2 流木収支

(1) 流木収支の方法

まず、災害発生前後の空中写真判読をもとにして作成した林相区分図(縮尺 $1/5,000$) 付図-4, -5) の各林相区分について、伊香川砂防ダムより上流の渓流沿いの計10地点で樹木のサンプル調査を実施した(写真-3.6)。

樹木サンプル調査は、2 mポールを用いて水平距離で $10\text{m} \times 10\text{m}$ のプロットを設定し、その範囲内の木の樹種、本数、胸高直径、樹高について全数調査した。また、各地点での斜面傾斜を計測した。

サンプル調査結果を付表3に示す。また、各地点におけるサンプル樹木の位置を付図1に示す。

次に、樹木サンプル調査の結果より、各林相ごとの立木密度(本 / 100 m^2) を求め、測線ごとに土砂収支の場合と同様に土石流による森林破壊面積(測量横断面図参照)を乗じて、溪岸から流出した流木の本数を求



写真-3.6 樹木サンプル調査の実施状況

めた。これに、付図-6の流木堆積分布図に示す流木の堆積本数を併記して流木収支を行った(表-3.6, 図-3.10)。

表-3.6には流木の本数と同時に発生立木の幹材積も合わせて表示している。幹材積(V)は各測線間の林相ごとに左右岸別にその代表値を用いて、以下の式で求めた。

$$V = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d}{100} \right)^2 f h$$

ここに、V : 幹材積 (m³)
d : 胸高直径 (cm)
f : 胸高形数
h : 樹高 (m)

fの胸高形数は樹高および樹種により変化するものとし、嶺(1952)¹⁾の表-3.5を用いた。

表-3.5 胸高形数表(形状高を追加)

樹高(m)	第一	第二	第三	hf(第三)	樹高(m)	第一	第二	第三	hf(第三)
5	0.6550	0.6529	0.6517	3.3	25	0.5066	0.4874	0.4524	11.3
6	0.6191	0.6138	0.6064	3.6	26	0.5054	0.4859	0.4505	11.7
7	0.5954	0.5878	0.5759	4.0	27	0.5043	0.4846	0.4487	12.1
8	0.5786	0.5692	0.5538	4.4	28	0.5032	0.4833	0.4470	12.5
9	0.5660	0.5552	0.5371	4.8	29	0.5023	0.4822	0.4454	12.9
10	0.5562	0.5442	0.5238	5.2	30	0.5014	0.4811	0.4440	13.3
11	0.5483	0.5354	0.5131	5.6	31	0.5005	0.4801	0.4426	13.7
12	0.5421	0.5282	0.5042	6.0	32	0.4997	0.4791	0.4413	14.1
13	0.5365	0.5221	0.4966	6.5	33	0.4990	0.4782	0.4401	14.5
14	0.5320	0.5169	0.4902	6.9	34	0.4983	0.4773	0.4389	14.9
15	0.5281	0.5124	0.4846	7.3	35	0.4976	0.4765	0.4378	15.3
16	0.5247	0.5085	0.4796	7.7	36	0.4970	0.4758	0.4367	15.7
17	0.5217	0.5050	0.4753	8.1	37	0.4964	0.4750	0.4357	16.1
18	0.5191	0.5020	0.4714	8.5	38	0.4958	0.4743	0.4348	16.5
19	0.5167	0.4992	0.4679	8.9	39	0.4953	0.4737	0.4339	16.9
20	0.5146	0.4968	0.4647	9.3	40	0.4948	0.4731	0.4330	17.3
21	0.5127	0.4945	0.4618	9.7	41	0.4943	0.4725	0.4321	17.7
22	0.5110	0.4925	0.4591	10.1	42	0.4938	0.4719	0.4314	18.1
23	0.5094	0.4907	0.4567	10.5	43	0.4934	0.4714	0.4306	18.5
24	0.5080	0.4890	0.4545	10.9	44	0.4930	0.4708	0.4299	18.9

(備考) 第一 エゾマツ, トドマツ
第二 ヒノキ, サワラ, アスナロ, コウヤマキ
第三 スギ, マツ, モミ, ツガその他の針葉樹および広葉樹
hf(第三) 形状高

嶺(1952)より

ここで、樹高4mの場合のfは大隅ほか(1977)による以下の式を用いて求め、f=0.7273とした。

$$f = \frac{m}{m+1} \cdot \frac{\left(\frac{h}{h'}\right)^m}{\left(\frac{h}{h'}\right) - 1}$$

ここに m : 樹種に固有の常数 m = 5/8
h : 樹高 (m)
h' : 胸高 (m) h' = 1.2とした。

なお、樹種は今回の場合、いずれも表-3.5の第三で代表させた。

区 間	左 右 岸	距離	森 林 破 壊 区 域			流 木 本 数						平 均 立 木						発 生 立 木		
			幅 m	面積 ㎡	立木密度 本/100㎡	発 生		堆 積		流 出		林 相	樹種	直径 cm	樹高 m	胸高形数	材 積 ㎡	幹 材 積		
						区 間	累 計	区 間	累 計	区 間	累 計							区 間	累 計	
0~1	右			200	23	46	67	67	4	4	63	63	C-Ⅲ①	スギ	7.9	8.6	0.5371	0.023	1.04	1.04
	左			50	41	21							C-Ⅱ②	〃	3.8	4.2	0.7273	0.003	0.07	1.11
1~2	右	50	8	400	23	92	256	323	13	17	243	306	C-Ⅲ①	〃	7.9	8.6	0.5371	0.023	2.08	3.19
	左	50	8	400	41	164							C-Ⅱ②	〃	3.8	4.2	0.7273	0.003	0.57	3.76
2~3	右	50	5.8	290	23	67	173	496	10	27	163	469	C-Ⅲ①	〃	7.9	8.6	0.5371	0.023	1.52	5.28
	左	30	6.8	204	41	84							C-Ⅱ②	〃	3.8	4.2	0.7273	0.003	0.29	5.57
	〃	20	〃	136	16	22							C-Ⅳ③	〃	19.3	14.3	0.4902	0.205	4.51	10.08
3~4	右	30	7.5	225	23	52	142	638	4	31	138	607	C-Ⅲ①	〃	7.9	8.6	0.5371	0.023	1.18	11.26
	〃	20	〃	150	41	62							C-Ⅱ②	〃	3.8	4.2	0.7273	0.003	0.21	11.47
	左	50	3.5	175	16	28							C-Ⅳ③	〃	19.3	14.3	0.4902	0.205	5.74	17.21
4~5	右	45	10.3	464	41	190	234	872	5	36	229	836	C-Ⅱ②	〃	3.8	4.2	0.7273	0.003	0.66	17.87
	〃	5	〃	52	12	6							C-Ⅵ⑤	〃	26.3	21.2	0.4618	0.532	3.19	21.06
	左	50	4.8	240	16	38							C-Ⅳ③	〃	19.3	14.3	0.4902	0.205	7.79	28.85
5~6	右	5	8	40	12	5	123	995	15	51	108	944	C-Ⅵ⑤	〃	26.3	21.2	0.4618	0.532	2.66	31.51
	〃	15	〃	120	17	20							C-Ⅴ④	〃	24.9	17.5	0.4714	0.402	8.03	39.54
	〃	30	〃	240	16	38							C-Ⅳ③	〃	19.3	14.3	0.4902	0.205	7.79	47.33
	左	50	7.5	375	16	60							〃	〃	〃	〃	0.4902	0.205	12.30	59.63
6~7	右	50	7.8	390	16	62	113	1108	5	56	108	1052	〃	〃	〃	〃	0.4902	0.205	12.71	72.34
	左	20	4.8	96	16	15							〃	〃	〃	〃	0.4902	0.205	3.07	75.41
	〃	30	〃	144	25	36							C-Ⅲ⑤	〃	4.6	6.4	0.6064	0.006	0.23	75.64
7~8	右	40	11.5	460	16	74	142	1250	19	75	123	1175	C-Ⅳ③	〃	19.3	14.3	0.4902	0.205	15.17	90.81
	〃	10	〃	115	12	14							C-Ⅵ⑤	〃	26.3	21.2	0.4618	0.532	7.44	98.25
	左	50	4.3	215	25	54							C-Ⅲ⑤	〃	4.6	6.4	0.6064	0.006	0.35	98.60
8~9	右	50	10	500	16	80	113	1363	14	89	99	1274	C-Ⅴ⑦	〃	23.8	18.5	0.4679	0.385	30.79	129.39
	左	50	5.5	275	12	33							C-Ⅵ⑤	〃	26.3	21.2	0.4618	0.532	17.54	146.93
9~10	右	50	6.3	315	16	50	86	1449	6	95	80	1354	C-Ⅴ⑦	〃	23.8	18.5	0.4679	0.385	19.25	166.18
	左	50	6	300	12	36							C-Ⅵ⑤	〃	26.3	21.2	0.4618	0.532	19.14	185.32

区 間	左 右 岸	距離	森 林 破 壊 区 域			流 木 本 数						平 均 立 木						発 生 立 木		
			幅 m	面積 ㎡	立木密度 本/100㎡	発 生		堆 積		流 出		林 相	樹種	直径 cm	樹高 m	胸高形数	材 積 ㎡	幹 材 積		
						区 間	累 計	区間	累 計	区間	累 計							区 間	累 計	
10~11	右	50	4.5	225	16	36	86	1535	14	109	72	1426	C-V㉚	〃	23.8	18.5	0.4679	0.385	13.86	199.18
	左	15	6.8	102	12	12							C-VI㉛	〃	26.3	21.2	0.4618	0.532	6.38	205.56
	〃	35	〃	238	16	38							C-V㉚	〃	23.8	18.5	0.4679	0.385	14.63	220.19
11~12	右	50	4	200	16	32	60	1595	17	126	43	1469	〃	〃	〃	〃	0.4679	0.385	12.32	232.51
	左	50	3.5	175	16	28							〃	〃	〃	〃	0.4679	0.385	10.78	243.29
12~13	右	50	1.3	65	16	10	38	1633	25	151	13	1482	〃	〃	〃	〃	0.4679	0.385	3.85	247.14
	左	50	3.5	175	16	28							〃	〃	〃	〃	0.4679	0.385	10.78	257.92
13~14	左	50	3.5	175	16	28	28	1661	18	169	10	1492	〃	〃	〃	〃	0.4679	0.385	10.78	268.70
14~15	右	50	4	200	14	28	28	1689	16	185	12	1504	C-V㉛	〃	23.5	17.9	0.4714	0.366	10.24	278.94
15~16	右	50	4	200	14	28	28	1717	12	197	16	1520	〃	〃	〃	〃	0.4714	0.366	10.24	289.18
16~17	左	50	1.5	75	22	17	17	1734	9	206	8	1528	C-IV㉜	〃	9.9	10.5	0.5131	0.041	0.69	289.87
17~18	左	35	4	140	22	31	39	1773	18	224	21	1549	〃	〃	〃	〃	0.5131	0.041	1.27	291.14
	〃	15	〃	60	14	8							C-V㉛	〃	23.5	17.9	0.4714	0.366	2.92	294.06
18~19	左	50	2.5	125	14	18	18	1791	13	237	5	1554	〃	〃	〃	〃	0.4714	0.366	6.58	300.64
19~20								1791	20	257	-20	1534								
20~21								1791	27	284	-27	1507								
21~22								1791	6	290	-6	1501								
22~23								1791	-	〃	-	〃								
23~24	左	50	0.3	15	14	2	2	1793	6	296	-4	1497	C-V㉛	スギ	23.5	17.9	0.4714	0.366	0.73	301.37
24~25	左	50	0.3	15	14	2	2	1795	-	〃	2	1499	〃	〃	〃	〃	0.4714	0.366	0.73	302.10
25~26								1795	8	304	-8	1491								
26~27								1795	19	323	-19	1472								
27~28								1795	4	327	-4	1468								
28~29								1795	1	328	-1	1467								
29~30								1795	11	339	-11	1456								
30~31								1795	7	346	-7	1449								
31~32								1795	20	366	-20	1429								
32~33								1795	24	390	-24	1405								

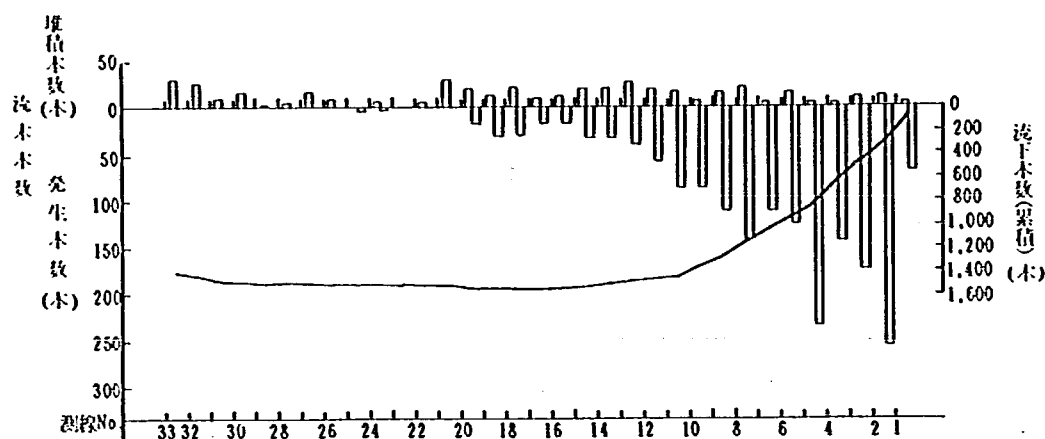


図-3.10 流木収支図

(2) 流木収支の結果

発生流木は、土砂収支と同様に中間地点より上流に多く、下流に少ない。堆積流木も土砂収支と同様に上流側に少なく、下流側に多い。砂防ダムから上流での発生流木の累計本数は1,791本、堆積流木の累計本数は264本であり、1,527本が砂防ダムより下流に流出した。ダムより下流、坂宇場川合流点までの間では、発生流木が4本、堆積流木が126本あり、合計1,405本が坂宇場川に流出したことになる。坂宇場川合流点下流にあるみどり湖には約500本の流木が流入している(写真-3.7)が、坂宇場川合流点からみどり湖にかけての坂宇場川の河床には、流木はほとんど認められない。

みどり湖で流木が認められる地点のすぐ上流側には、伐採作業現場があり、そこからの流出分も含まれる可能性がある。流木本数の詳細調査を実施したのは、伊香川砂防ダム上流の土石流流下域中間点付近の林道の復旧工事が行なわれた後であり、その付近の流木はすでに大かたかたずけられていた可能性がある。さらに砂防ダムより下流では、災害後かなりの人手が入っており、すでにかかなりの量の流木がかたずけられていた。

また、考えられる誤差としては流木が土石流とともに流下する過程で礫や流木同士の衝突その他により細片化したために、あるいは堆積土砂の中に埋もれてしまったために、流木堆積分布図に計上されていない可能性もある。いずれにしても、流木発生本数の算出自体に多少の誤差があることを考えれば、上記の流木収支の結果はほぼ妥当であると結論づけられる。

写真-3.7 みどり湖に流入した流木の分布状況



3.2.3 土砂収支と流木収支の特徴

前節までに土砂収支と流木収支についてとりまとめた。本節では両者の特徴を特に縦断的な変化の枠組で捉えて、若干の考察を試みる。

図－3.11に土砂収支図および流木収支図を溪床縦断図と併記して示す。溪床縦断図には、溪床勾配と土砂の侵食・流下・堆積の区別の情報も加えてある。図－3.11より読み取れる特徴は以下の通りである。

1. 土砂収支図をみると、土砂の主たる生産の場（崩壊地）と主たる堆積の場（砂防ダム）の差が際立っている。
2. その途中においては、侵食の場はほぼ一様であるが、堆積の場は限られている。侵食の場は、土石流が水位を上げながら流下したためにほぼこの区間にわたって一様であったとも言える。一方、堆積の場は樽下峠からの左支川の合流点付近で、溪床勾配が緩く川幅のやや広くなった区間である。
3. 流木収支図をみると、土砂収支図の場合ほど、発生と堆積の場に際立った差がない。
4. 流木の発生は土石流の水位上昇に伴う森林破壊に対応し、当然のことながら砂防ダム上流部に顕著である。一方、堆積の場は上流から下流まで広く分布しており、土砂収支図の場合に比べて明瞭な場が存在しない。
5. 土砂の場合、大半が砂防ダムに堆積したのに対して、流木の場合、その大半が坂宇場川へと流下した。このことは流木が土砂よりも流水とより挙動を同じくしたためと考えられる。
6. 流木の堆積と溪床勾配の対応はあまり明瞭ではない。また、土砂と流木の堆積の場もあまり一致しない。

3.3 砂防設備の効果

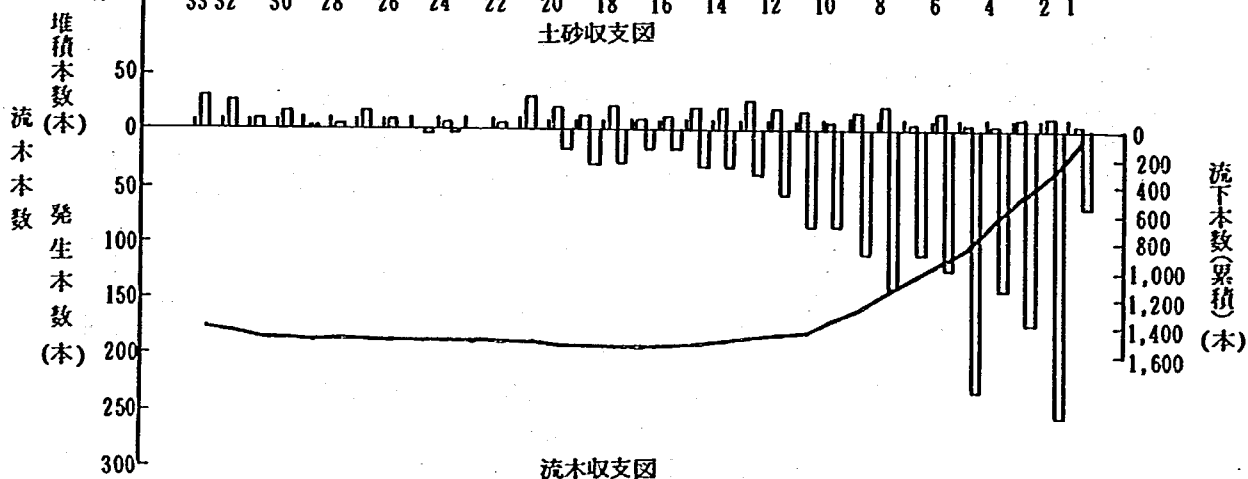
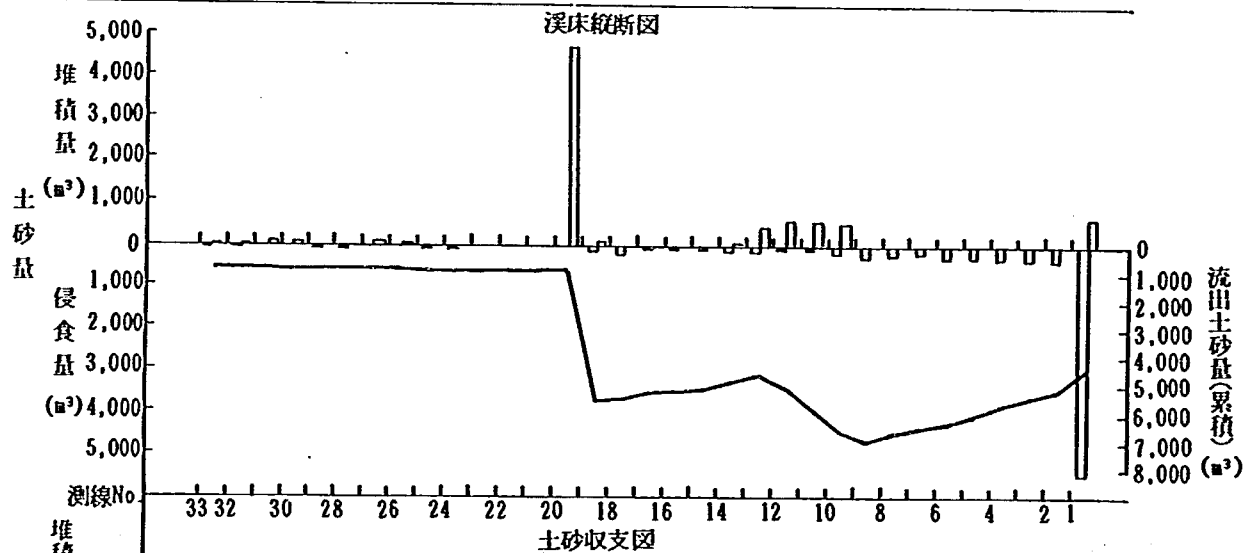
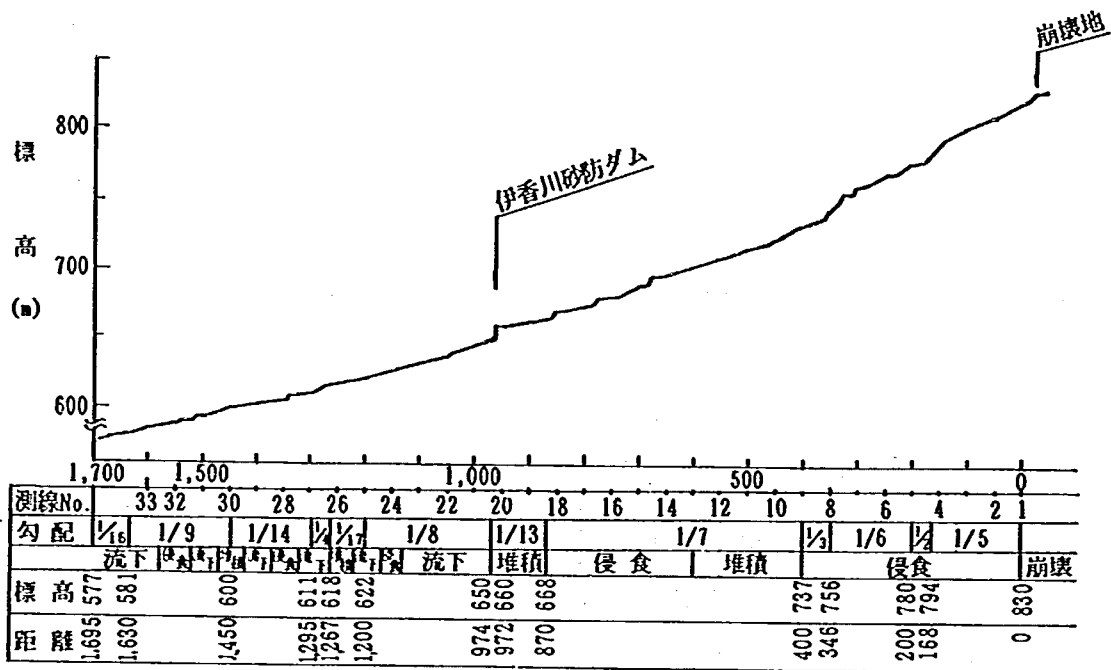
上流の崩壊地より発生した土石流は溪岸、溪床を侵食しながら流下し、流域中下流部に位置する伊香川砂防ダム（災害前は未満砂であった）に大半が堆積した（写真－3.8）。

砂防ダム堆砂域の模式図を図－3.12に示す。

砂防ダムに堆積した土砂のうち、上流側60m区間の土砂は、シルト質のマトリックスに富んだ亜角・亜円礫層からなり、礫径は最大で1.1m・平均10～30cmおよび50cm程度である。下流側40m区間では、径10cm以上の礫をほとんど含まない砂質の堆積物が認められる。これは、上流側の堆積物が土石流の一次的な堆積物であるのに対し、下流側の堆積物が土石流停止以降の流水により運搬・堆積されて2次的な堆積物であることを示していると言えよう。すなわち、砂防ダム上流側40mの区間の水平に堆積する堆積物は、土石流本体の堆積物ではなく、後続の流に含まれていた土砂によるものと考えられる。

堆積土砂の中のシルト質のマトリックスは、発生源及び側方の斜面の侵食により供給されたものであり、礫は主として溪床の侵食により供給されたものと推定される。さらに、中流部より下流側には、河床からの比高5m付近に段丘面を持つ侵食段丘が分布しており、その段丘構成礫層（層厚0.5～3m）から供給された礫も多いものと思われる。

満砂後の堆砂勾配は水通し天端より20mは殆んど平坦であり、それより上流50m間では 4.6° ($1/12$)である（縦断図より）。ただし、ダム水通し天端より70m間で計算すると平均堆砂勾配は 3.2° ($1/19$)になる。



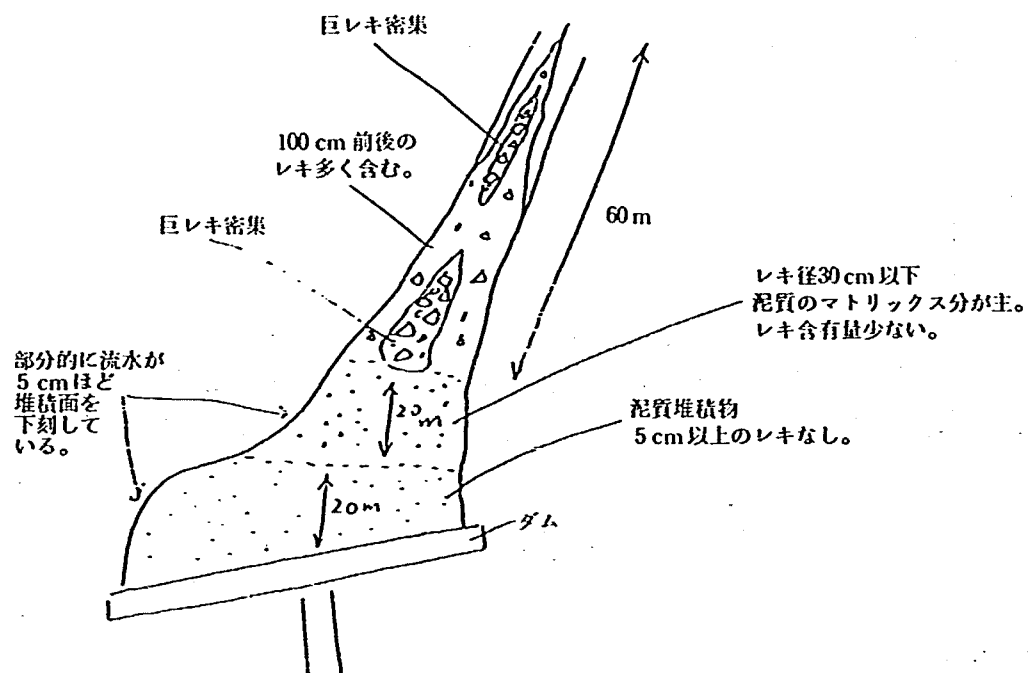


図-3.12 伊香川砂防ダム堆砂域模式図



写真-3.8 伊香川砂防ダムの堆砂状況。災害前未満砂であったが、今回の土石流で満砂した。大半の土砂がこの砂防ダムで捕捉された。

3.4 立木と流木の関係

(1) 立木と流木の関係

土石流により流出した流木が、流下・堆積区域に運搬され堆積するまでにその形態をどのように変化させたかを、現地で実施した立木調査の結果、および流下・堆積区域で堆積している流木の調査結果をもとに検討した。(表-3.7 堆積流木諸元参照)

表-3.6 および図-3.13に発生流木と堆積流木の直径・長さの頻度を示す。

発生流木の樹高は、全体の約70%が10~20mの間にある。一方、堆積流木の長さは、全体の約80%が10m未満である。さらに発生流木の胸高直径と堆積流木の直径の関係を見ると、径5~10cm・15~25cmのものは発生流木に多く、10~15cmおよび25cm以上のものは堆積流木に多いことが伴る。

表-3.6 発生流木と堆積流木の長さ・直径の頻度

長さ h or l (m)	発 生		堆 積	
	本 数	%	本 数	%
1 - 4.9	0	0	161	41.3
5 - 9.9	257	21.7	157	40.3
10 - 14.9	385	32.5	44	11.3
15 - 19.9	436	36.8	25	6.4
20 - 24.9	106	9.0	3	0.7

直 径 D.B.H or φ (cm)	発 生		堆 積	
	本 数	%	本 数	%
5 - 9.9	305	25.7	42	10.8
10 - 14.9	0	0	112	28.7
15 - 19.9	337	28.5	45	11.5
20 - 24.9	436	36.8	65	16.7
25 -	106	9.0	126	32.3

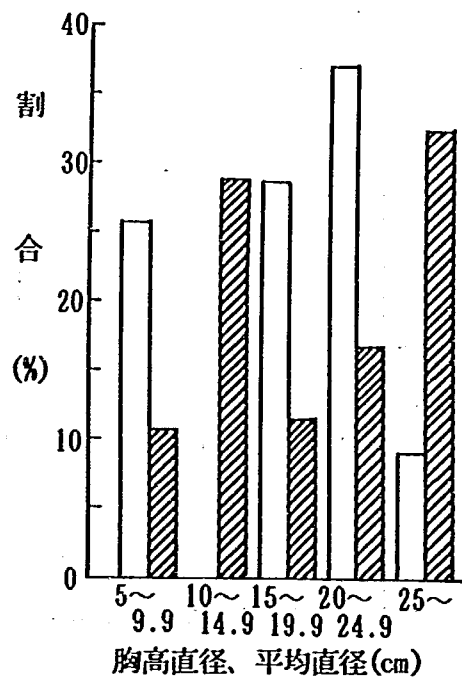
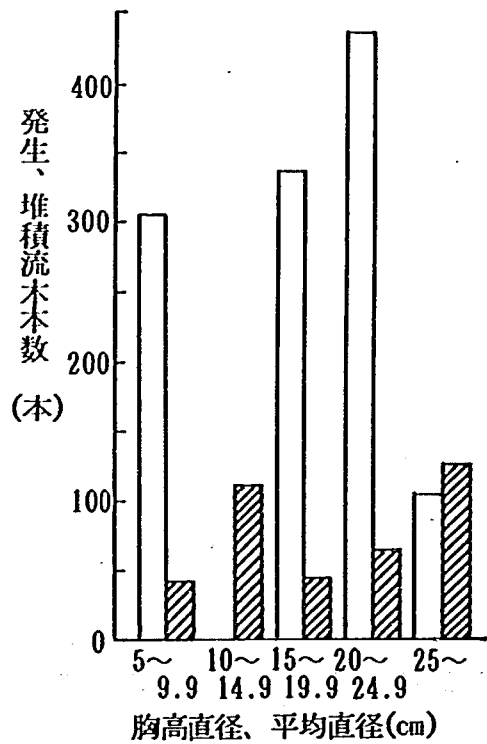
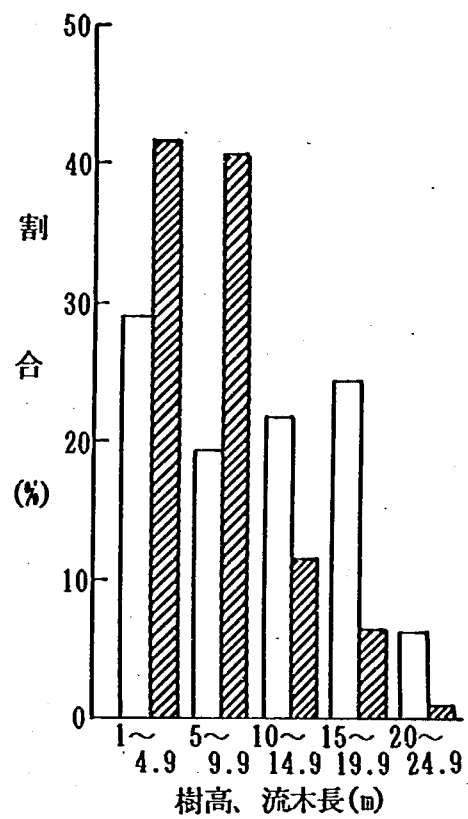
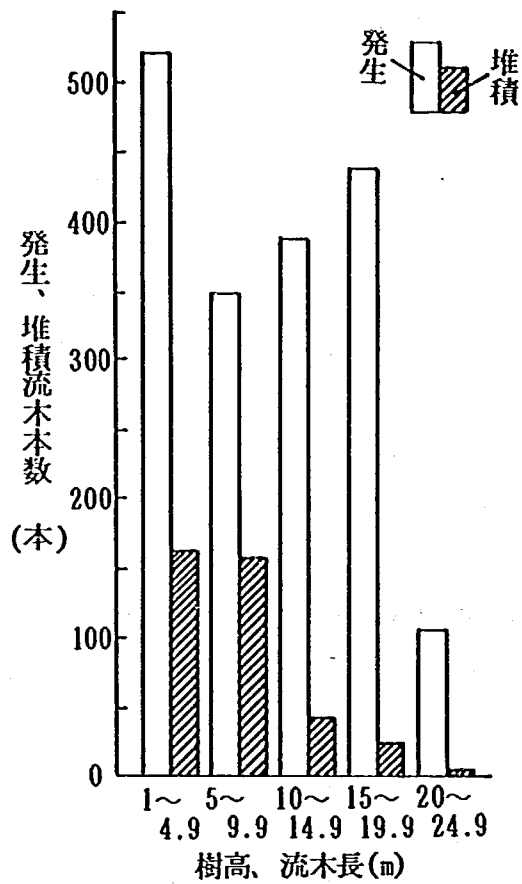
ただし、発生本数はサンプル樹木調査の平均値を用いて計算した。

表-3.7 堆積流木諸元一覽表

Cm		m		Cm		m		Cm		m		Cm		m	
No	φ	流木長		No	φ	流木長		No	φ	流木長		No	φ	流木長	
0~1				36	12	8		73	14	6		11~12			
1	13	5	枝	5~6				74	13	15	広	110	12	3	
2	5	1.2		37	10	6		75	5	7	広	111	10	3	
3	22	6	枝	38	10	8	枝	8~9				112	10	2	
4	13	6	枝・根	39	5	6	枝	76	23	18	枝	113	12	2	
1~2				40	12	2		77	20	16	枝	114	13	3	
5	12	6	枝	41	12	2		78	14	8		115	20	6	
6	15	5		42	20	8		79	16	14	枝	116	12	2	
7	13	8	枝	43	15	3		80	19	18	枝	117	22	2	根
8	12	6	枝	44	23	2		81	5	8	枝	118	22	8	根
9	12	10	枝・根	45	12	2		82	8	5		119	20	4	根
10	9	7	枝	46	12	16	枝	83	6	10	枝	120	22	4	根
11	10	6	枝	47	6	3		84	22	8		121	10	7	
12	9	3		48	7	2		85	21	10		122	10	4	
13	11	8	枝	49	16	6		86	16	10	枝	123	10	3	
14	13	14	枝	50	20	1.0		87	15	8		124	33	15	
15	7	6	枝・根	51	6	1.2		88	7	5	枝	125	25	6	広
16	5	4		6~7				89	10	3		126	20	4	広
17	5	6	枝	52	24	2		9~10				12~13			
2~3				53	12	3		90	23	10	枝	127	13	2	
18	12	6	枝・根	54	12	7		91	30	1.5		128	12	6	
19	10	2		55	10	6	枝	92	10	2		129	8	3	
20	13	4		56	10	3		93	13	5		130	7	6	枝
21	9	2		7~8				94	22	6		131	15	6	
22	18	2.5		57	22	2	根	95	16	4		132	30	3	
23	13	16	枝・根	58	21	11	根	10~11				133	20	7	
24	25	16	枝・根	59	13	4	根	96	20	6		134	6	5	
25	23	8		60	14	16	枝・根	97	25	10		135	12	2	
26	20	18	枝	61	23	20	枝	98	17	8		136	15	2	
27	15	20	枝・根	62	24	3		99	18	10		137	32	5	根
3~4				63	22	4		100	17	8		138	22	3	
28	14	10	枝	64	11	4		101	20	7		139	10	2	
29	10	8	枝	65	6	7	枝	102	16	4		140	23	5	
30	10	7	枝	66	13	8		103	20	3		141	21	16	
31	5	7	枝	67	15	4		104	10	2		142	13	13	枝
4~5				68	22	6		105	30	5		143	25	6	
32	5	7	枝	69	12	3		106	16	5	根	144	7	12	枝
33	7	10	枝	70	25	15	枝	107	30	5	根	145	22	8	
34	6	8	枝	71	32	22	枝	108	27	3	根	146	10	4	
35	7	8	枝・根	72	15	10	枝	109	16	7		147	9	3	

C8 m				C8 m				C8 m				C8 m			
No	φ	流木長		No	φ	流木長		No	φ	流木長		No	φ	流木長	
148	15	2		15~16				223	22	3		260	30	2	
149	16	4		186	18	6		224	20	8		261	35	5	
150	22	5		187	10	5		18~19				262	30	2	
151	33	5		188	38	2		225	8	8		263	10	3.5	
13~14				189	18	5		226	8	4		264	30	3	
152	14	10	枝	190	10	10	枝	227	10	3	根	265	50	1.5	
153	16	8	枝	191	25	8		228	12	12	枝	266	15	2	
154	10	10	枝	192	32	5	根	229	11	5		267	25	2	
155	8	10	枝	193	10	6	枝	230	10	8	枝	268	30	3	根
156	10	8	枝	194	12	5		231	13	6		269	40	5	
157	12	12	枝	195	12	8		232	10	6		270	30	1.0	
158	12	10	枝	196	10	8	枝	233	8	8		271	30	3	
159	10	8	枝	197	10	5	根	234	18	12	根	272	20	3	
160	8	10	枝	16~17				235	25	4	根	273	30	7	
161	10	10	枝	198	10	8		236	22	15	根	274	30	4	根
162	12	14	枝	199	30	10		237	20	3		275	20	1.5	
163	18	15	枝	200	5	10	枝	19~20				276	30	2.5	
164	22	8		201	22	18	枝・根	238	24	7	根	277	50	3	
165	20	5		202	16	15	枝・根	239	12	8	広	278	40	2.5	
166	10	6		203	12	8		240	10	8	広	279	40	2	
167	12	18	枝・根	204	10	5		241	8	4		280	30	2	
168	25	4		205	12	6	根	242	10	2	広	281	20	3	根
169	10	6		206	12	2		243	12	6		282	30	6	根
14~15				17~18				244	28	5		283	30	5	
170	6	3		207	12	8		245	22	2		284	30	2	
171	5	8		208	8	3		246	16	3		21~22			
172	10	4		209	8	2		247	10	2		285	35	1.5	
173	20	6		210	10	3		248	8	3		286	30	2	
174	12	10		211	15	4		249	14	3		287	20	1.2	
175	18	10		212	10	5		250	14	3		288	20	1.5	
176	12	8		213	15	4		251	15	6		289	35	4	
177	10	12	枝	214	10	2		252	15	2		290	40	1.5	
178	12	14	枝・根	215	10	3		253	14	4		22~23		な	し
179	6	10	枝・根	216	12	8	枝	254	10	6		23~24			
180	6	8	枝・根	217	10	6	枝	255	22	6		291	20	3	
181	12	8	根	218	20	5		256	35	6		292	30	3	
182	22	8		219	18	8		257	10	3		293	45	6	
183	18	16	枝	220	22	6		20~21				294	30	1.5	
184	10	13	枝	221	25	8		258	40	3.5		295	28	2	
185	13	10		222	20	4		259	20	1.5		296	40	3	

CB m				CB m				CB m					
№	φ	流木長		№	φ	流木長		№	φ	流木長			
24~25		なし		331	28	1.0	根	368	35	6	凡 例 根：根つき 枝：枝つき 広：広葉樹 (広と印したものの以外は すべてスギ)	50 m ピッチの区間。 数字は横断面測量の位置 を示す。 上流から下流へ 1・2・ 3……33 の順。 別紙に堆積状況記載。	
25~26		5	し	332	40	2		369	30	5			
297	30			333	24	5		370	33	2.5			
298	18			334	32	5		371	25	4			
299	30			335	45	3		372	18	8			
300	28			336	28	3		373	31	4			
301	38			337	30	5		374	28	18			
302	25			338	20	9		375	18	9			
303	18			339	40	7		376	28	10			
304	30	10		30~31				377	22	12			
26~27		3	根	340	35	5	378	34	12				
305	25			341	28	2	379	30	13				
306	40			342	30	2	380	35	17				
307	25			343	25	2	381	28	16				
308	28			344	35	7	382	8	15				
309	10			345	20	4	383	10	15				
310	32			346	18	3	384	25	11				
311	32			7	31~32			385	30	12			
312	20			2	347	28	2	386	30	13			
313	30			3	348	38	8	387	30	16			
314	42	3	349	30	9	388	20	5					
315	35	6	350	29	5	389	30	10					
316	38	4	351	25	10	390	30	15					
317	25	5	352	30	3	10~11							
318	30	6	353	25	4								
319	18	7	354	28	2								
320	40	13	355	18	2.5								
321	28	3	356	30	1.8								
322	25	1.7	357	28	5								
323	30	2	358	40	3								
27~28		3		359	40	4							
324	20			360	30	5							
325	20			361	25	4	根						
326	42			362	40	8							
327	28			363	40	6							
28~29		4		364	35	3							
328	20			365	8	9							
29~30		2		366	28	4							
329	30			32~33									
330	38			367	30	6							



このことから以下の点が指摘できる。

- ① 流木は、堆積時に立木の樹高の $1/2$ から $1/3$ 程度の長さになっていた。
- ② 径 $5 \sim 20$ cm の立木の流出分は、そのほとんどが合流点より下流へ流出したか堆積土砂中に堆積している。
- ③ 流出した流木は、そのほとんどが根の部分から流出したもので、幹から折れて根だけが溪床または山腹斜面に残っているケースは非常に少なかった。

以上から、立木は土石流の流下により根こそぎ倒壊し、土石流に取り込まれ、流下したと思われる。また、その過程で流下した立木は折れてゆき、流出時の $1/2 \sim 1/3$ の長さになり、直径が小さい部分の大半は下流へ流出したと考えられる。

次に、表 3.7 のデータを用いて測線区間ごと (50m 間隔) 堆積流木の本数 (図 3.14)、平均直径 (図-3.15) および平均長 (図-3.16) を上流より下流へ縦断方向にプロットした。図-3.14~図-3.16より、次のことが指摘できる。

- ① 流木堆積本数は上流 (測線 No 0) から下流に向かって、ほぼ一様に分布し特別な傾向は示さない。
- ② 流木平均直径は全体的には上流から下流へ、距離と共に増大する傾向にある。特に、伊香川砂防ダムを境に下流で急激に増大しているのが見てとれる。
- ③ 流木平均長は逆に、上流から下流へ距離と共に減少する傾向を示し、特に、平均直径の場合と同様に伊香川砂防ダムを境にその傾向が顕著である。

したがって、砂防ダム下流には相対的に直径が大きく、長さの短い流木が堆積したことになる。

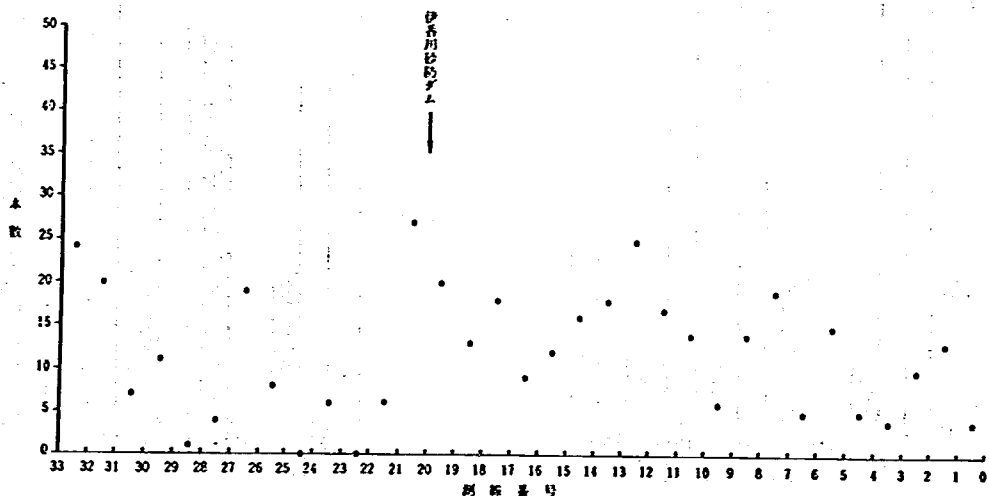


図-3.14 流木本数の縦断的变化

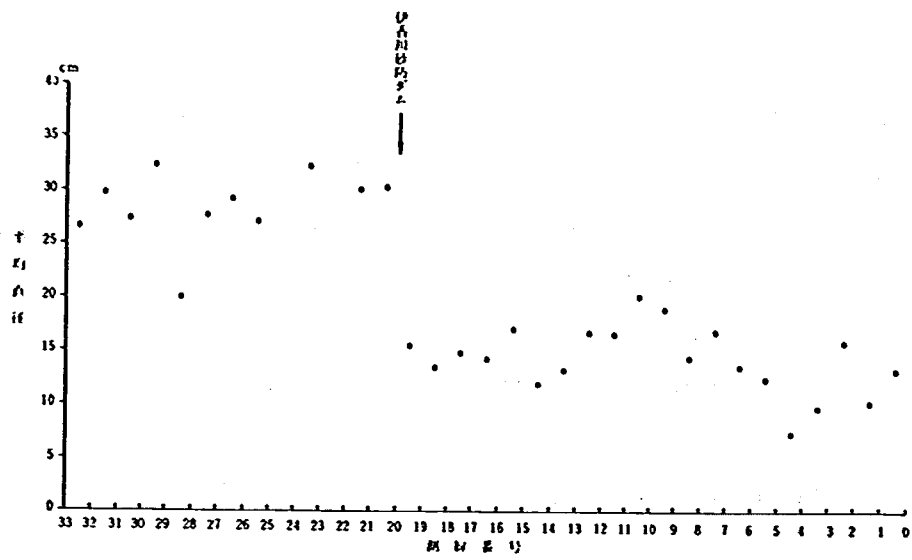


図- 3.15 流木平均直径の縦断的变化

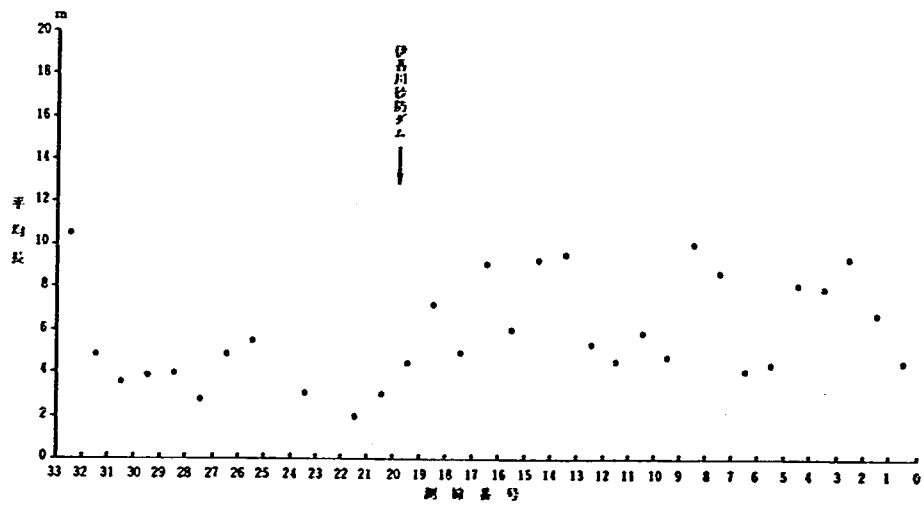


図- 3.16 流木平均長の縦断的变化

(2) 流木の形態について

① 枝つき流木

枝つき流木は枝なし流木が $1/2 \sim 1/3$ 程度の長さまで分断されているのに比べて、殆んどすべてが幹折れしていないようである。枝つき流木が特に密集して分布するのは崩壊地直下右岸側および断面No13付近である。いずれの場合も森林破壊区域の最も外側に枝つき流木が分布する。断面No13の場合は本流が急角度で右に屈曲する地点の攻撃斜面に分布しており、流木は上流側の流心方向と平行に斜面上に横たわっている。樹皮は殆んどはがされていない。

以上の点からみて、枝つき流木の運搬距離は他の流木に比べて極めて短かいものと推定される。

② 根つき流木

根つき流木の長さは10m以上の長いものと5m以下の短かいものの2種類に大別できる。その中間的タイプのものはかなり少ない。

表-3.6によると、5～9.9mの長さの流木は全体の約40%を占めるので上記の結果は特徴的である。根つき流木の本数は全般に少ないが、上流部に比較的多く、伊香川砂防ダム下流には僅かに散在するだけである。

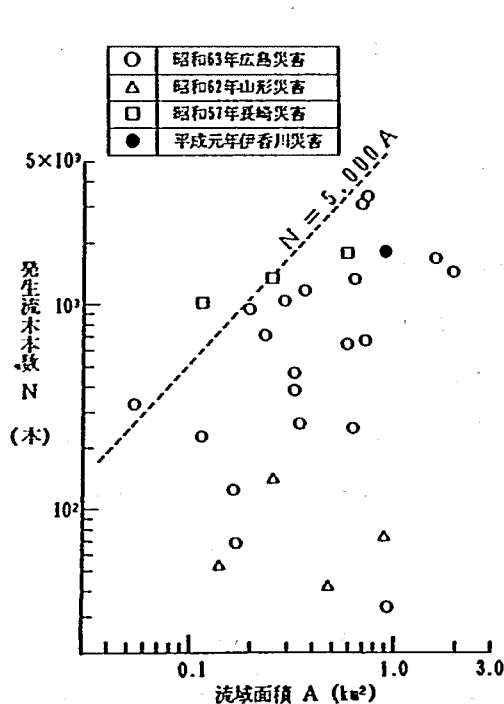
4. まとめと今後の検討課題

今回の調査により得られた知見をまとめると以下のとおりである。

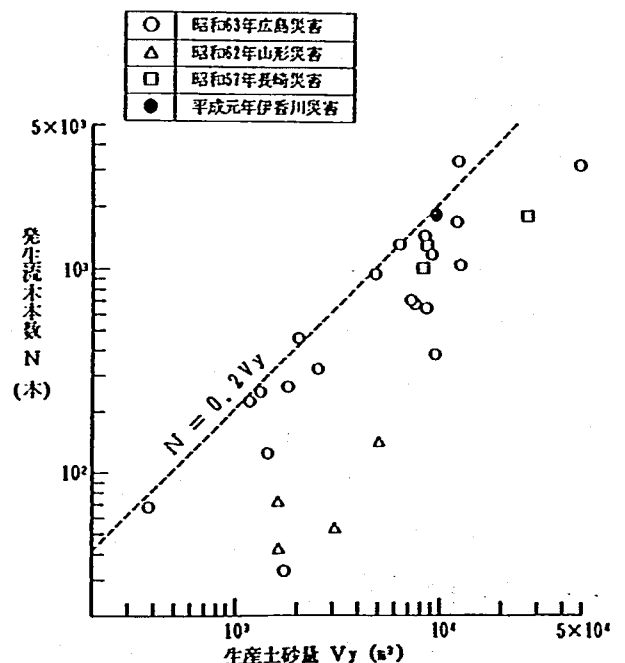
- (1) 崩壊源頭部の地質、土質調査より、今回の土石流は盛土を主体とした源頭部の斜面崩壊が発生原因であり、流下土砂の大部分もここから発生している。
- (2) 源頭部崩壊斜面の上層（盛土部）と下層（崩壊底部）から不攪乱資料を採取して土質試験（粒度試験、一面せん断試験（CU）、透水試験）を行った結果次のような値を得た。上層部土砂は礫混じりシルト質土であり、細粒分（シルト+土砂）は15%である。また土質強度は $C' = 0 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $\phi' = 23.2^\circ$ であり透水係数は 1.78×10^{-3} と比較的大きい。下層部の土砂は礫混じり粘土質砂であり細粒分（シルト+粘土）は27~29%である。また土質強度は $C' = 0 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $\phi' = 17.4^\circ$ であり、透水係数は $2.71 \times 10^{-6} \text{ cm/sec}$ と小さい。
- (3) 現地調査および空中写真判読により崩壊前と後の源頭部の縦断図を作成し、土質試験結果をもとに斜面安定解析を行った結果、地下水位がすべり面と同一でも安全率は約0.68となり斜面崩壊が発生するという結果が得られた。
- (4) 伊香川における土石流の発生域、流下域、堆積域における土砂の粒度試験より発生域、流下域での細粒分（シルト分+粘土分）は22~23%であり、砂防ダム堆砂地内の堆砂域での細粒分は6%であった。このことより、砂防ダムにより粗粒分の堆積が進み細粒分の多くは下流へ流下するという砂防ダムによるふるい分け現象が認められた。
- (5) 土砂収支図を作成して検討した結果、源頭部における侵食土砂量は $5,500 \text{ m}^3$ であり、大半の土砂が土石流となって下流へ流下した。流下途中で溪床、溪岸の土砂侵食も生じたがその量は合計で約 $4,100 \text{ m}^3$ であった。これらの流出土砂のうちの約半分は砂防ダムよりも上流の溪床に、また残りの半分は砂防ダムの堆砂地に堆積した。砂防ダム下流へ流出した土砂は全体の約1割程度でありこれらの大半は細粒分であると推定される。従って砂防ダムを越流した鉄砲水の土砂含有率は低かったものと推定され、これは災害後の現地調査によっても砂防ダム下流への土砂堆積がほとんど見られなかったことから妥当と考えられる。
- (6) 災害発生前後の空中写真および現地調査をもとに流域の林相区分を行い、各林相毎に立木のサンプル調査を行った。サンプル調査では $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ 四方の中にある樹木の樹種、本数、胸高直径、樹高を調査した。また、現地調査、空中写真判読により崩壊、土石流流下による森林破壊面積および溪流沿いの流木堆積本数、長さ、直径を調査した。これらの調査結果をもとに伊香川における流木収支図を作成した。その結果、発生流木は全体で1,791本であり、砂防ダム上流へ堆積したものは264本、砂防ダム下流へ坂宇場川（本川）との合流点までに堆積したものは126本であり、差し引き1,405本が坂宇場川に流出したと推定できる。
- (7) 土砂収支図と流木収支図を比較すると土砂の生産は崩壊源頭部からのものが約半数をしめているのに対して、流木発生に関しては崩壊地源頭部からのものは、約4%程度であり大半は土石流流下途中の溪岸侵食により発生しており、土砂の発生と流木の発生分布が異なっている。また土砂の大半は溪流の中

流部にある砂防ダムにより捕捉されているのに対して流木は溪流沿いに少しずつ堆積しており、砂防ダムによってもそれ程多くの流木は堆積しておらず大半の流木は下流へ流出している。このようなことから砂防ダムによる土砂の捕捉は大きいが流木の捕捉はわずかであり、下流での流木災害を防止するためには流木止め等の流木対策施設が必要である。

- (8) 発生源にある立木と土石流、洪水とともに流下し、堆積した流木を比較した結果、発生源の立木の樹高は全体の70%が10～20mの間にあり、堆積流木の長さの約80%が10m未満である。また発生源の立木の胸高直径は5～25cmのものが多く、堆積流木では10～40cmのものが多く。以上のことから発生源からの立木は土石流と一緒に流下する途中に折れて細い部分が粉碎されて長さが1/2～1/3になりさらにそのうちでも比較的太い（大きい）流木が溪岸に堆積していると考えられる。
- (9) 溪流の測線区間毎（50m間隔）に堆積した流木の本数、流木の平均直径、平均長を調査した結果、流木本数は平均的にほぼ均一に分布しており、平均直径は上流が小で下流が大、平均長は逆に上流が大で下流が小になる傾向が認められた。このことより下流にいくほど流木が何回も折れていきそれに伴って径の小さい（細い）部分は破砕されて分離していき全体として太くて短い流木となって行くと推測される。
- (10) 砂防ダムの下流にあった人家が鉄砲水と流木に襲われて、主として流木により死者1名、負傷者1名、半壊家屋1戸の被害が出た。これまで流木災害としては流木が橋梁や流路を閉塞して土石流や洪水の氾濫を拡大すると言ったものが主に報告されてきたが、本調査では流木の直撃により人命や家屋に被害が発生することが確認できた。このような災害形態を考慮して流木対策を実施する必要がある。
- (11) 伊香川における土砂および流木の発生および流下量を、既往の調査結果（昭和63年広島災害、昭和62



図－4.1 流域面積と発生流木本数



図－4.2 生産土砂量と発生流木本数

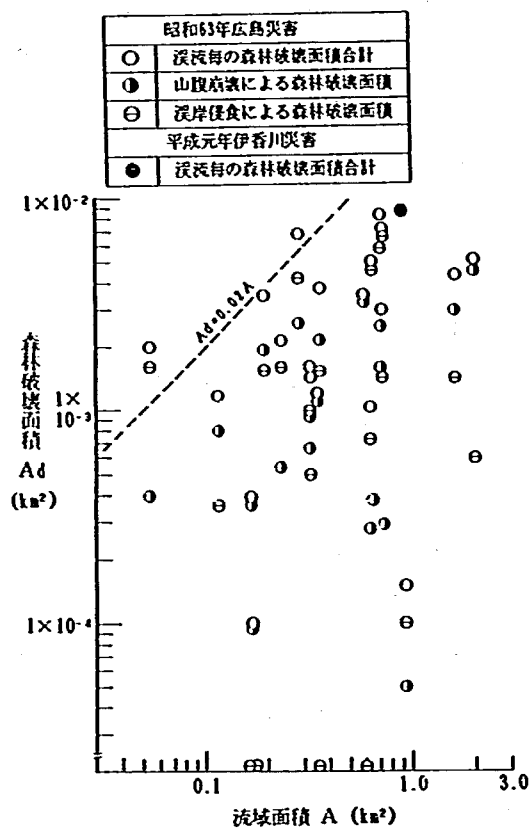


図-4.3 形態別森林破壊面積

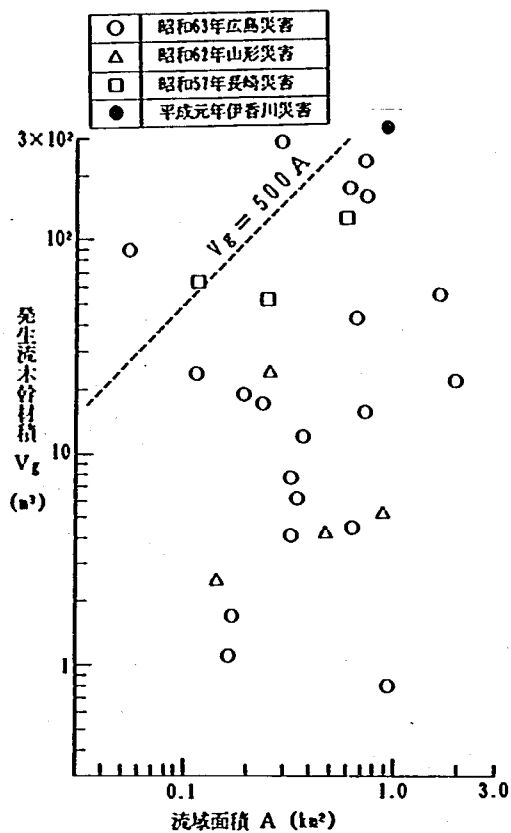


図-4.4 流域面積と発生流木幹材積

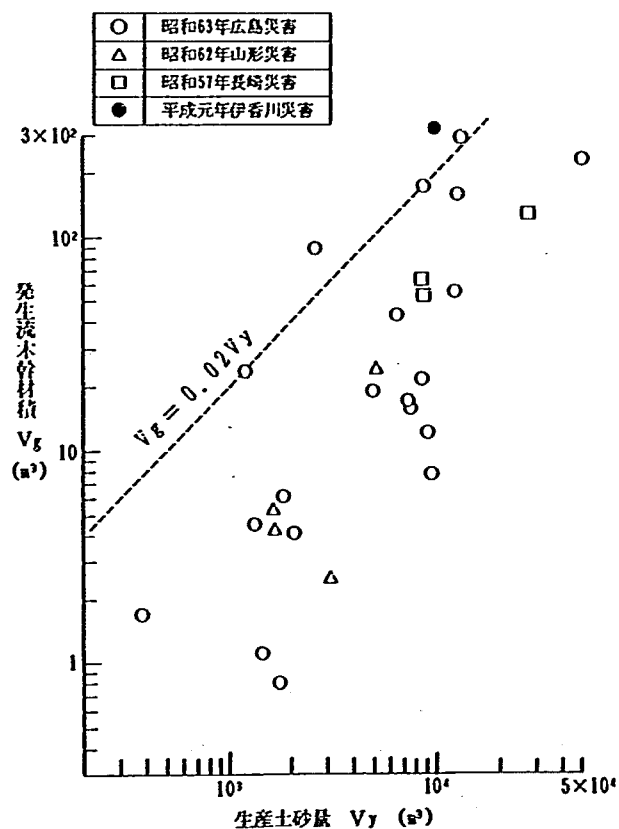


図-4.5 生産土砂量と発生流木幹材積

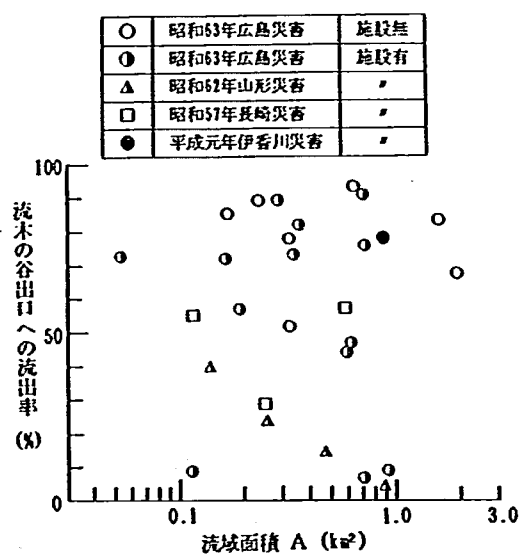


図-4.6 流域面積と流木流出率

年山形災害、昭和57年長崎災害)と比較した結果、流域面積と発生流木本数(図-4.1)、生産土砂量と発生流木本数(図-4.2)、流域面積と森林破壊面積(図-4.3)、流域面積と発生流木幹材積(図-4.4)、生産土砂量と発生流木幹材積(図-4.5)、および流域面積と流木流出率(図-4.6)の全てについて、これまでの調査結果とほぼ同様の傾向が認められた。このことから今回の流木および土砂の発生、流下量は一般的な土石流による流木および土砂の発生・流下量と同様であり特異なものではないことがわかる。

以上、今回の調査により土石流とともに発生、流下する。流木の特徴を明らかにでき、さらにその調査、解析方法をほぼ確立することができたと考えられる。砂防ダムによる効果に関しては、これまでもいわれて来たように土砂の捕捉効果、土砂のふるい分け効果が確認されたと同時に流木の捕捉に対する寄与は小さいことが明らかとなった。一方土石流の発生の原因となった源頭部斜面崩壊に関して、斜面を構成する土質については、その概要が把握されたものの斜面崩壊の過程や機構、斜面崩壊から土石流にいたる変化過程等については明らかにできなかった。今後は主としてこのような土石流の発生機構および過程について調査、研究を推し進めて、斜面崩壊から土石流へ発達する過程を検討するとともに土石流発生危険渓流の危険度判定法の改良、土石流の発生箇所、発生時刻、発生土砂量等を精度良く予測する手法を開発しさらに土石流発生源対策工の開発を進めて行く必要がある。

また、今回の調査により流木の直撃による人命、家屋への被害実態が明らかとなった。今後はこのような被害形態も考慮した砂防設備の計画、設置、特に流木止等の流木対策施設の計画、設置を進める必要がある。このため、今後とも効率的な流木対策施設の計画、設計法に関する検討を行う必要がある。

参 考 文 献

- 1) 大隅 真一 : 森林計測学講義, 養賢堂, PP 75~77, 1987
- 2) 大隅 真一他: 森林計測学, 養賢堂, PP 112, 1977

資 料 集

付表 1 粒度分布試験結果

土質試験結果一覧表 (基礎地盤用)		報告用紙	
調査名・調査地点		試験担当者	
試料番号	前地盤 下方40cm	発生地	地下地
試料番号	前地盤 下方40cm	発生地	地下地
水分 (2000μm以上) %	3	23	39
砂分 (75μm以下) %	40	55	43
シルト分 (5-75μm) %	28	19	15
粘土分 (5μm以下) %	29	8	8
最大粒径 mm	0.76	38.1	50.8
均等係数 U	—	68.8	58.5
曲率係数 Cu	—	103	212
塑性指数 Ip %			
液性限界 Wp %			
塑性指数 Ip			
分類	日本統一土質分類	SW	SW
	F	SF	SF
			SPU
			S-F
土粒子の比重 Gs	2.619	2.655	2.699
含水比 w %	53.3	23.2	26.1
湿密度 ρs g/cm³			
間隙比 e			
飽和度 Sv %			
一軸圧縮試験	一軸圧縮強度 q, kg/cm²		
一軸圧縮試験	試験の条件		
一軸圧縮試験	粘着力 c, kg/cm²		
一軸圧縮試験	せん断抵抗角 φ, 度		
三軸圧縮試験	試験の条件		
三軸圧縮試験	粘着力 c, kg/cm²		
三軸圧縮試験	せん断抵抗角 φ, 度		
圧密試験	圧密拘束力 p, kg/cm²		
圧密試験	圧縮指数 Cc		

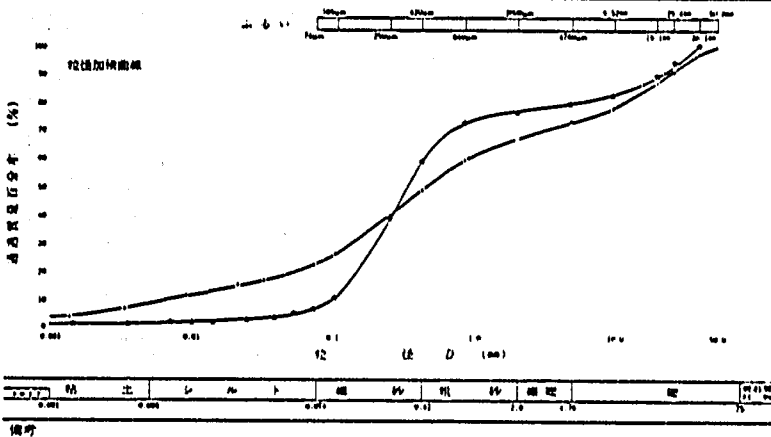
備考

注) 非圧密非排水試験: U
 圧密非排水試験: C
 圧密非排水試験: C
 (固相水及び空気中の水分)
 圧密排水試験: C

JIS A 1204 土の粒度試験結果 報告用紙

調査名・調査地点 試験年月日 1989 年 12 月 5 日
試験者

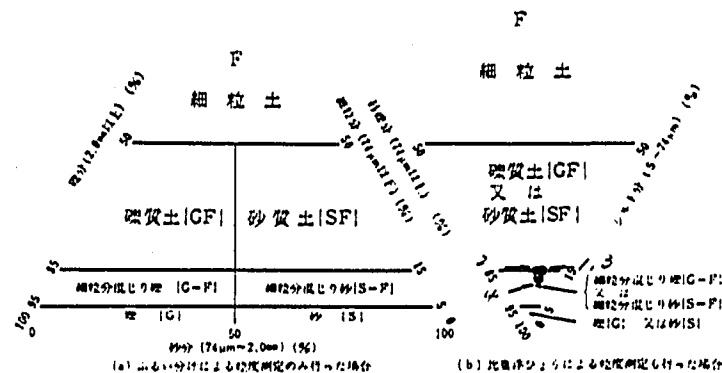
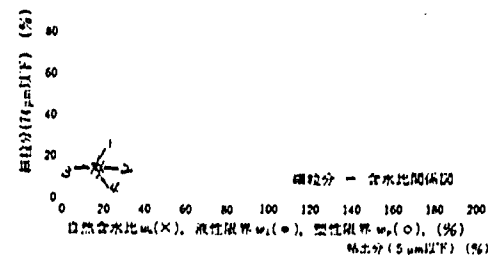
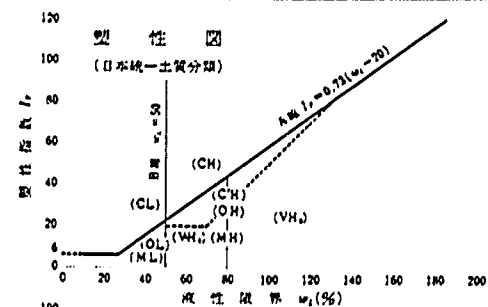
試料番号 (m - m)	No. 試料	No. 試料	試料番号 (m - m)	No. 試料	No. 試料
12 値	質量百分率 %	12 値	質量百分率 %	4.75mm 以上の粒子 %	27
50.8	100.0	50.8	100.0	細砂分 (4.75 - 2mm) %	34
38.1	97.9	38.1	100.0	粗砂分 (2 - 0.425mm) %	17
25.4	91.5	25.4	93.8	細砂分 (0.42 - 0.075mm) %	43
19.1	87.9	19.1	89.4	粘土分 (0.075 - 0.005mm) %	53
9.52	78.4	9.52	82.1	粘土分 (0.005mm 以下) %	2
4.76	73.4	4.76	79.1	3000mm 以上の過剰質量百分率 %	66
2.00	65.7	2.00	76.1	300mm 以上の過剰質量百分率 %	76
0.84	59.6	0.84	72.0	75mm 以上の過剰質量百分率 %	49
0.42	49.3	0.42	58.6	75mm 以下の過剰質量百分率 %	59
0.25	40.1	0.25	38.4	最大粒径 mm	50.800
0.106	26.3	0.106	10.4	60 % 粒径 mm	0.90
0.074	22.9	0.074	6.1	30 % 粒径 mm	0.135
0.0458	19.0	0.0458	4.9	10 % 粒径 mm	0.0065
0.0333	17.2	0.0333	3.6	均等係数 U_c	13.5
0.0216	15.3	0.0216	2.7	不均係数 U_c	2.12
0.0129	12.8	0.0129	2.0	土粒子の比重 G_s	2.70
0.0092	11.5	0.0092	1.9	使用した分級機	
0.0067	10.1	0.0067	1.7		
0.0034	6.8	0.0034	1.2		
0.0014	4.3	0.0014	1.0		



(注) コロイド分を含む

JSF M 1 土の分類 報告用紙

調査名・調査地点 No. 試験年月日 年 月 日
試料番号 No. 試験者



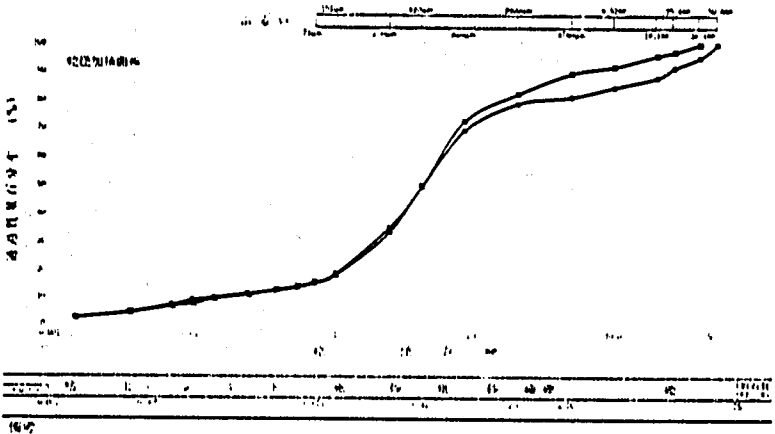
(a) 土の分類 (b) 比重量法による粒度試験結果

付表2 土層の物理特性試験結果

JIS A 1204 土の粒度試験結果 報告用紙

調査名・調査地点 No. 1 試験年月日 年 月 日
試験者

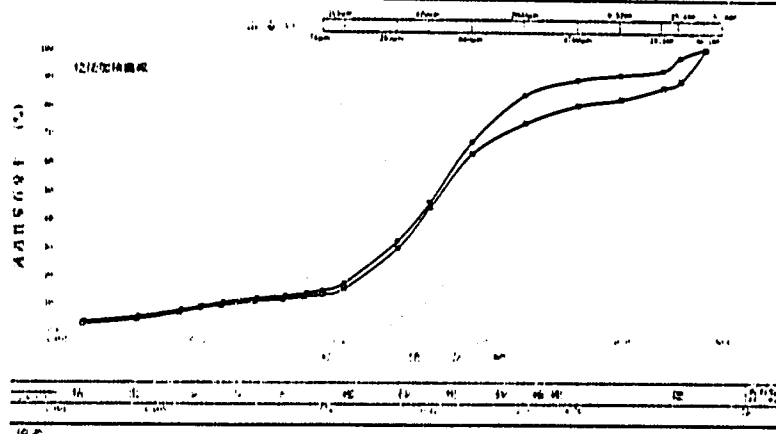
試料番号 試料	No. 1 m =	No. 2 m =	試料番号 試料	No. 1 m =	No. 2 m =
粒径 mm	粒径 mm	粒径 mm	粒径 mm	粒径 mm	粒径 mm
4.75mm 以上の粒子 %	50.8	38.1	4.75mm 以上の粒子 %	19	21
細砂分 0.075-0.425mm %	100.0	100.0	細砂分 0.075-0.425mm %	2	8
中砂分 0.425-0.850mm %	98.3	97.4	中砂分 0.425-0.850mm %	30	64
粗砂分 0.850-2.000mm %	25.4	25.4	粗砂分 0.850-2.000mm %	34	35
全砂分 0.075-2.000mm %	88.3	86.0	全砂分 0.075-2.000mm %	6	10
粘土分 0.0075mm 以下 %	9.32	9.32	粘土分 0.0075mm 以下 %	8	5
最大粒径 mm	4.75	4.75	最大粒径 mm	—	—
60% 粒径 mm	2.00	2.00	60% 粒径 mm	79	82
30% 粒径 mm	0.84	0.84	30% 粒径 mm	49	50
10% 粒径 mm	0.42	0.42	10% 粒径 mm	15	15
均等係数	0.25	0.25	均等係数	—	—
不均係数	0.105	0.105	不均係数	—	—
土の比 G	0.074	0.074	土の比 G	—	—
使用した試料	0.0555	0.0555	使用した試料	0.0555	0.0555
比 G	0.0394	0.0394	比 G	0.0394	0.0394
均等係数	0.0250	0.0250	均等係数	0.0250	0.0250
不均係数	0.0145	0.0145	不均係数	0.0145	0.0145
土の比 G	0.0103	0.0103	土の比 G	0.0103	0.0103
均等係数	0.0073	0.0073	均等係数	0.0073	0.0073
不均係数	0.0037	0.0037	不均係数	0.0037	0.0037
土の比 G	0.0015	0.0015	土の比 G	0.0015	0.0015



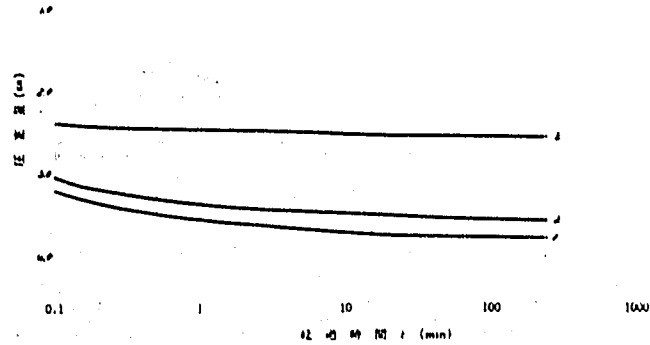
JIS A 1204 土の粒度試験結果 報告用紙

調査名・調査地点 No. 1 試験年月日 年 月 日
試験者

試料番号 試料	No. 3 m =	No. 4 m =	試料番号 試料	No. 3 m =	No. 4 m =
粒径 mm	粒径 mm	粒径 mm	粒径 mm	粒径 mm	粒径 mm
4.75mm 以上の粒子 %	50.8	38.1	4.75mm 以上の粒子 %	11	16
細砂分 0.075-0.425mm %	100.0	100.0	細砂分 0.075-0.425mm %	5	6
中砂分 0.425-0.850mm %	97.1	88.8	中砂分 0.425-0.850mm %	38	69
粗砂分 0.850-2.000mm %	25.1	25.4	粗砂分 0.850-2.000mm %	31	31
全砂分 0.075-2.000mm %	19.1	19.1	全砂分 0.075-2.000mm %	8	8
粘土分 0.0075mm 以下 %	9.32	9.32	粘土分 0.0075mm 以下 %	8	5
最大粒径 mm	4.75	4.75	最大粒径 mm	—	—
60% 粒径 mm	2.00	2.00	60% 粒径 mm	84	74
30% 粒径 mm	0.84	0.84	30% 粒径 mm	46	44
10% 粒径 mm	0.42	0.42	10% 粒径 mm	15	13
均等係数	0.25	0.25	均等係数	—	—
不均係数	0.105	0.105	不均係数	—	—
土の比 G	0.074	0.074	土の比 G	—	—
使用した試料	0.0576	0.0555	使用した試料	0.0576	0.0555
比 G	0.0408	0.0394	比 G	0.0408	0.0394
均等係数	0.0259	0.0250	均等係数	0.0259	0.0250
不均係数	0.0160	0.0145	不均係数	0.0160	0.0145
土の比 G	0.0106	0.0103	土の比 G	0.0106	0.0103
均等係数	0.0076	0.0073	均等係数	0.0076	0.0073
不均係数	0.0038	0.0037	不均係数	0.0038	0.0037
土の比 G	0.0016	0.0015	土の比 G	0.0016	0.0015



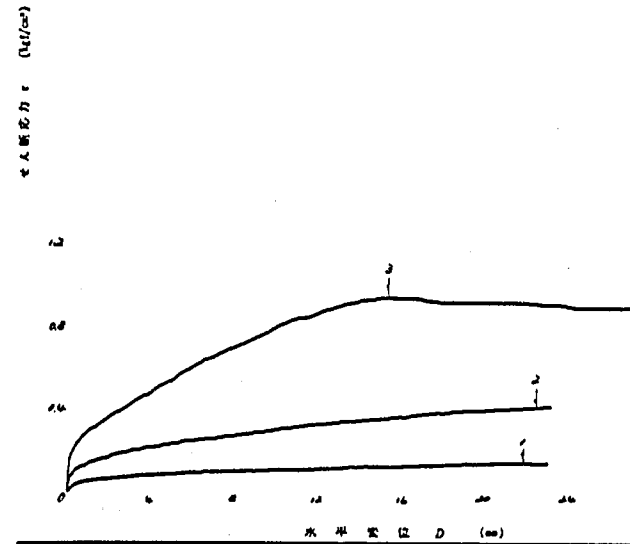
一面せん断試験 (UU, CU, CB) (初期状態) (圧密過程)				報告用紙 1	
調査名・調査地点		No. /		試験年月日 年 月 日	
試験番号・深さ: No. (m = m)		試験者			
試料の一次元質	土質名	式			
	土粒の比重量 G_s	含水率 w %			
	液性限界 w_L %	塑性限界 w_P %			
	塑性指数 PI %				
試験の目的 又は 試験体の作製法		試験体の種類			
供試体番号		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
垂直圧力 σ_v kg/cm ²		0.5	1.0	2.0	
せん断力 τ kg/cm ²		0.14	0.40	0.93	
せん断変位 D mm		2.9	2.5	1.6	
せん断力 τ kg/cm ²		0.33	0.735	2.17	
せん断変位 ΔD mm					
間隙比 e					
圧密時間 t_c min		240	240	240	
圧密後の高さ h_c cm		4.124	4.124	4.124	
圧密後の間隙比 e_c		0.904	0.825	0.685	
試験速度 v					



備考 土粒の比重量 $G_s = 2.700$
 $G_s = 2.673$
 $G_s = 2.676$

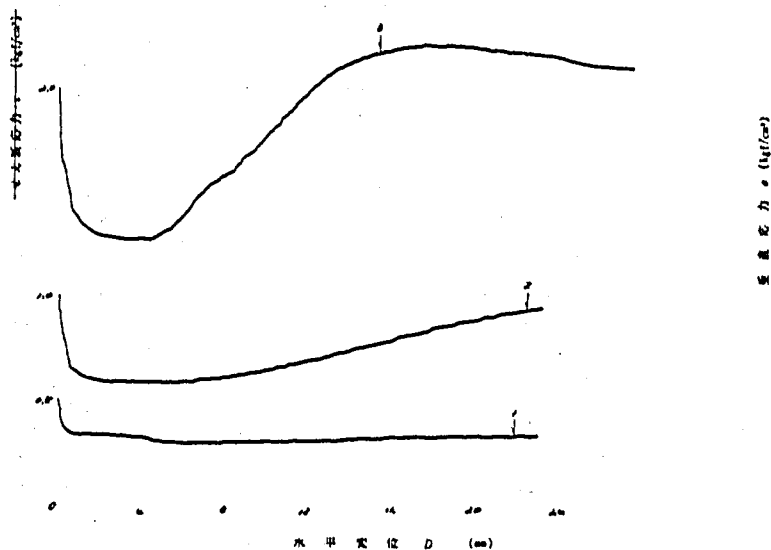
$$A_s = \frac{m}{G_s \cdot \rho_w \cdot A} \cdot \sigma = \frac{A}{A_s} \cdot 1.5 \cdot S_u = \frac{G_s}{\rho_w} \cdot v$$

一面せん断試験 (UU, CU, CB) (せん断過程)				報告用紙 11	
調査名・調査地点		No. /		試験年月日 年 月 日	
試験番号・深さ: No. (m = m)		試験者			
試料	圧密過程	せん断方法	せん断速度	せん断速度 0.5 mm/min, せん断加速度 kg/cm ² /min	
供試体番号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	温度 $^{\circ}C$
垂直圧力 σ_v kg/cm ²	0.5	1.0	2.0		
せん断力 τ kg/cm ²	0.14	0.40	0.93		
せん断変位 D mm	2.9	2.5	1.6		
せん断力 τ kg/cm ²	0.33	0.735	2.17		
せん断変位 ΔD mm					
間隙比 e					



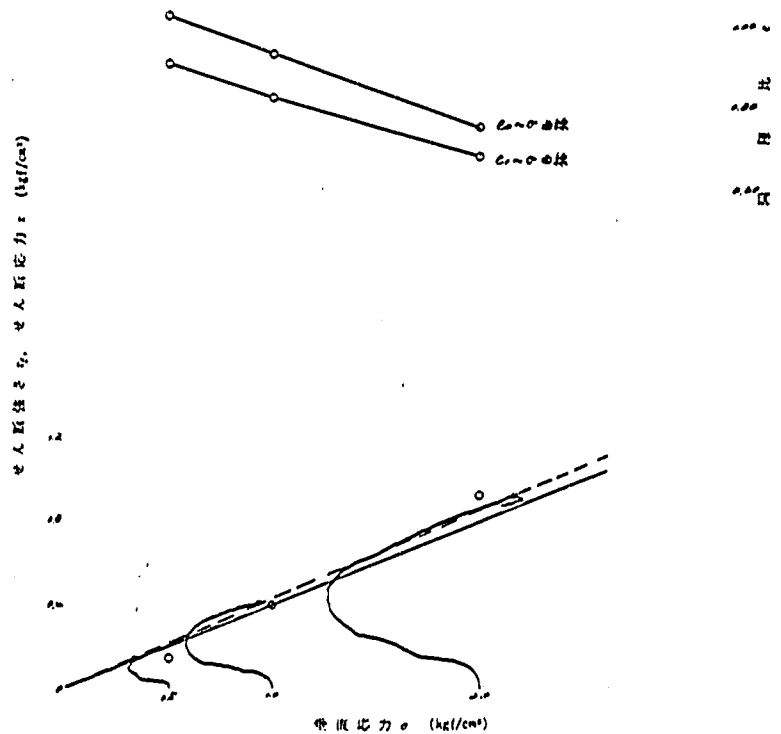
一面せん断試験 (せせ, CU, せせ) (せん断過程)							報告用紙 II
調査名・調査地点		No. /		試験年月日		年 月 日	
試験番号・深さ: No.		(m ~ m)		試験者			
排水条件	圧密, 圧密	せん断方法	リヤン制御, 電力制御, 両者併用				
せん断速度		固定速度 α, β mm/min, 応力増加速度 $\text{kgf/cm}^2/\text{min}$					
供試体番号	No. 1	No. 2	No. 3	No.	No.	室温 $^{\circ}\text{C}$	
前荷圧力 p_0 kgf/cm^2	0.5	1.0	2.0			備考	
せん断応力 τ kgf/cm^2	0.14	0.40	0.73				
水平変位 D mm	21.9	22.5	25.4				
垂直応力 σ kgf/cm^2	0.33	0.735	2.17				
垂直変位 Δh mm							
間隙比 e							

—— σ - D 関係
—— τ - D 関係
(σ - D 関係)



一面せん断試験 (せせ, CU, せせ) (垂直応力・せん断過程)							報告用紙 III
調査名・調査地点		No. /		試験年月日		年 月 日	
試験番号・深さ: No.		(m ~ m)		試験者			
強度試験	応力範囲	c kgf/cm^2	ϕ 度	$\tan \phi$	$c^{(R)}$ kgf/cm^2	$\phi^{(R)}$ 度	
正規圧密領域		0	21.0	0.400	0	23.2	
過圧密領域							

$\tau_1 = 0$ 曲線
 $\tau = 0$ 曲線

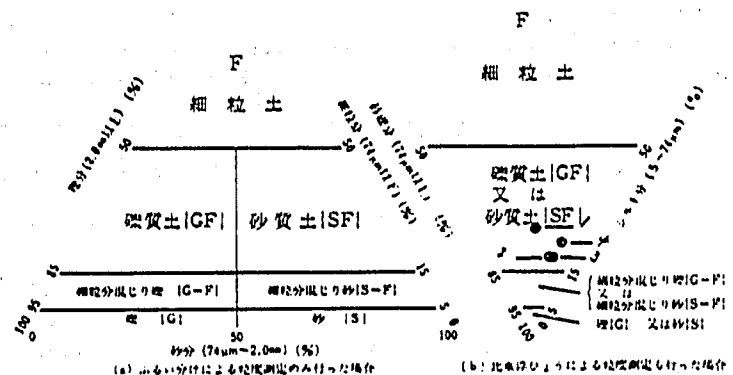
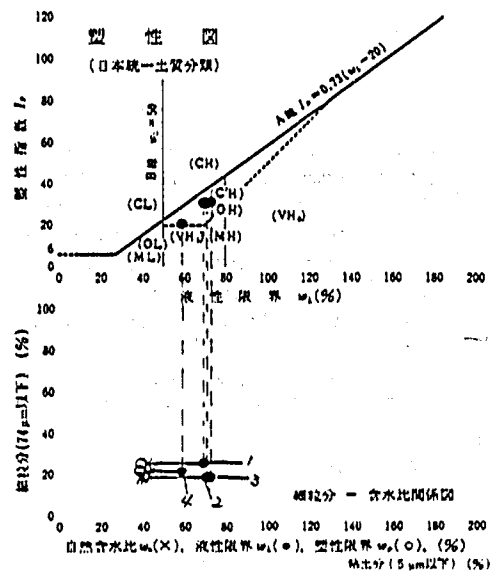


(注) 定体積せん断の場合
 c, ϕ の求め方: ストリル・ラ・ズ・デ・ラ・セ・ル

JIS A 1218		土の透水試験 (定水位)					記録用紙	
調査名・調査地点		No. 1					試験年月日 年 月 日	
試験番号・深さ: No. 46 (m = m)		試験室						
試験番号: No.		試験の状態: 乱さない試験					最大粒径	
供試体作製方法: モルタル・コンクリート等を用いて成形し、圧入し		土質名称: (SM)						
供試体飽和方法: 下面より灌水		試験用水: 水道水						
供試体・各部		供試体の状態			試験前	試験後	試験前含水比 ⁽¹⁾	
直径 ϕ cm	10.0	(供試体・容器)質量 m_1 g			346.0	355.6	容器 No. 362	
断面積 A cm ²	78.54	質量 $m = m_2 - m_1$ g			106.2	115.8	m_2 g 174.18	
長さ L cm	7.6	試験密度 $\rho_s = m/V$ g/cm ³			1.779	1.840	m_2 g 154.84	
体積 $V = A \cdot L$ cm ³	596.90	含水比 w %			17.3	27.9	m_2 g 46.20	
透過路の長さ l cm	—	試験密度 $\rho_s = m/(V - V_w)$ g/cm ³			1.517	1.517	w % 17.7	
容器質量 m_1 g	2389	間隙比 e			0.777	0.777	容器 No. 248	
土粒子の比重 G_s	2.696	飽和度 S %			60.0	86.8	m_2 g 149.81	
							m_2 g 134.94	
測定番号	1	2	3	4	5		m_2 g 49.33	
測定開始時刻 t_1	0'	0'	0'	0'	0'		w % 17.2	
測定終了時刻 t_2	70'	70'	70'	70'	70'	容器 No.	380	
測定時間 $t_2 - t_1$ s	4200	4200	4200	4200	4200	m_2 g	181.08	
水頭差 h H ⁽¹⁾ cm	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	m_2 g	163.08	
① 水頭差 $h = H_1 - H_2$ cm	0.211	0.211	0.211	0.211	0.211	m_2 g	50.24	
$h(t_2 - t_1)$ cm/s	329868	329868	329868	329868	329868	w %	17.0	
透水量 Q cm ³	125	122	120	118	117	平均含水比 $w = 17.3\%$		
② $Q/A (t_2 - t_1)$ cm/s	3.79×10^{-4}	3.70×10^{-4}	3.64×10^{-4}	3.58×10^{-4}	3.55×10^{-4}	試験後含水比 ⁽²⁾		
$k_T = Q/A$ cm/s	1.80×10^{-3}	1.75×10^{-3}	1.72×10^{-3}	1.70×10^{-3}	1.68×10^{-3}	容器 No.	27	
測定時の水温 T °C	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	m_2 g	173.60	
修正係数 α_T/α_{20}	1.027	1.027	1.027	1.027	1.027	m_2 g	169.54	
$k_{20} = k_T \cdot \alpha_T/\alpha_{20}$ cm/s	1.84×10^{-3}	1.80×10^{-3}	1.77×10^{-3}	1.74×10^{-3}	1.73×10^{-3}	m_2 g	833.0	
k_{20} の平均値 cm/s	1.76×10^{-3}					w %	27.9	
備考		注1) ビュノーターのある場合 h 、 ビュノーターのない場合 H/L 注2) $w = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100$ m_1 : (試験土+容器)質量 m_2 : (乾燥土+容器)質量 m : 容器質量						

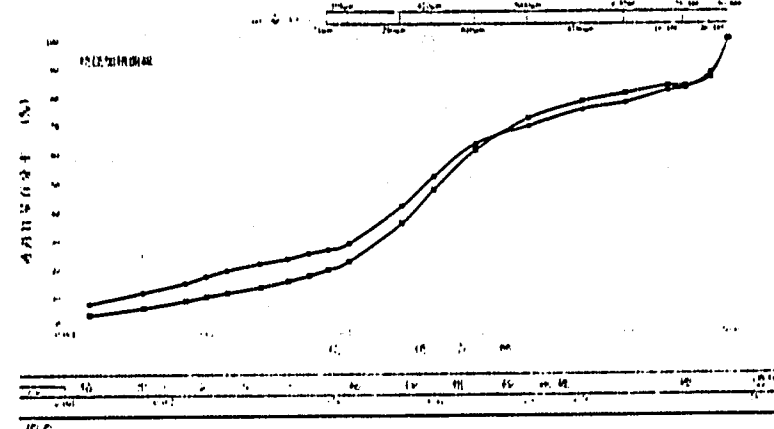
土質試験結果一覧表（基礎地盤用）						報告用紙	
調査者・調査地点		No.2		管理担当者			
試料番号		1	2	3	4		
位置	m	-	-	-	-	-	-
粒分	粒径(2000μm以上) %	30	28	30	29		
	砂分(75-2000μm) %	43	53	51	48		
	シルト分(15-75μm) %	14	13	14	18		
	粘土分(15μm以下) %	13	6	5	5		
	最大粒径 mm	50.8	50.8	76.2	50.8		
	隙率体数比	235.7	71.8	52.9	56.2		
	空隙体数比	7.79	3.73	3.13	2.37		
圧縮係数	縦向き圧縮率 %	69.5	70.5	72.4	58.2		
	横向き圧縮率 %	39.2	40.2	40.7	37.8		
	平均値 %	30.3	30.3	31.7	20.4		
	コンプレッション指数	0.9	1.0	1.1	0.7		
分類	日本統一土質分類	(SC)	(SC)	(SC)	(SC)		
土粒子の比重 G _s		2.694	2.708	2.708	2.712		
物理特性	含水比 w %	42.3	40.1	38.3	44.4		
	液性限度 P _L g/cm ³						
	塑性指数 I _p						
力	飽和度 S _r %						
	一軸圧縮強度 q _v kgf/cm ²						
	三軸圧縮強度						
せん断力	試験の条件		C U				
	せん断力 c kgf/cm ²		0.04	0			
	せん断抵抗角 φ 度		8.5	17.4			
せん断力	試験の条件						
	せん断力 c kgf/cm ²						
	せん断抵抗角 φ 度						
圧密試験	圧密終止時 p _f kgf/cm ²						
	圧縮指数 C _c						
透水試験	透水係数 K [cm/sec]				2.71×10 ⁻⁶		

JSF M 1	土 の 分 類	報告用紙
調査名・調査地点 No.2 試験年月日 年 月 日		
試料番号: No 試験者		



JIS A 1204	土 の 粒 度 試 験 結 果	報告用紙
調査名・調査地点 No.2 試験年月日 年 月 日		
試験者		

試料番号	No. 1				No. 2			
	m	m	m	m	m	m	m	m
総体積	50.8	100.0	50.8	100.0	25	30	22	28
4.75mm以上の粒子	38.1	88.2	38.1	86.4	6	6	6	6
75μm以上の粒子	25.4	82.8	25.4	83.4	18	43	25	53
0.075mm以上の粒子	19.1	82.0	19.1	83.4	25	28	28	28
0.075mm以下の粒子	9.32	77.8	9.32	80.8	14	13	13	13
0.075mm以下の粒子	4.76	75.4	4.76	77.9	13	8	8	8
0.075mm以下の粒子	2.00	69.7	2.00	72.0	70	72	72	72
0.075mm以下の粒子	0.84	63.4	0.84	61.1	52	47	47	47
0.075mm以下の粒子	0.42	52.1	0.42	47.2	27	19	19	19
0.075mm以下の粒子	0.25	41.7	0.25	35.6				
0.075mm以下の粒子	0.105	28.7	0.105	22.1				
0.075mm以下の粒子	0.074	26.5	0.074	19.1				
0.075mm以下の粒子	0.0537	25.2	0.0544	17.1				
0.075mm以下の粒子	0.0382	23.3	0.0387	15.1				
0.075mm以下の粒子	0.0243	21.5	0.0247	13.0				
0.075mm以下の粒子	0.0141	19.0	0.0144	10.9				
0.075mm以下の粒子	0.0101	16.9	0.0102	9.6				
0.075mm以下の粒子	0.0072	14.6	0.0073	8.1				
0.075mm以下の粒子	0.0036	11.2	0.0037	5.5				
0.075mm以下の粒子	0.0015	7.2	0.0015	3.0				
最大粒径					50.8	50.8		
60% 粒径					0.88	0.78		
30% 粒径					0.12	0.18		
10% 粒径					0.0028	0.011		
均等係数					235.7	71.8		
曲率係数					7.79	3.73		
土粒子の比容					2.694	2.708		
使用した材料					(NaPO ₃) ₆	(NaPO ₃) ₆		



JIS A 1204

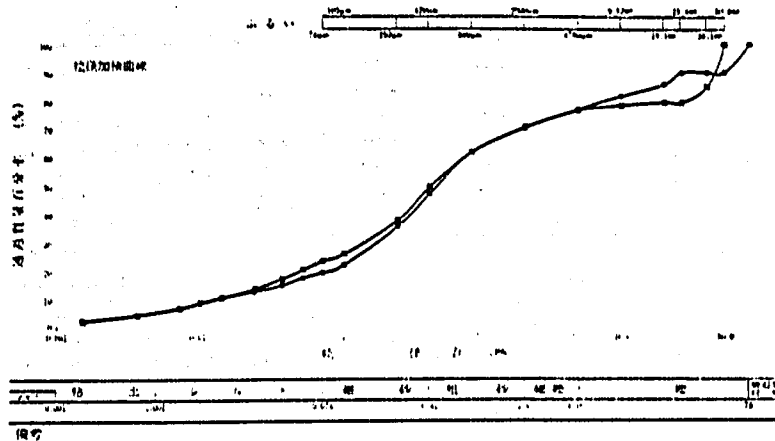
土の粒度試験結果

報告用紙

調査名・調査地点 No. 2 試験年月日 年 月 日

試験者

試験番号	No. 3	No. 4	試験番号	No. 3	No. 4
試料	試料	試料	試料	試料	試料
4.75mm以上の百分率	試料	試料	4.75mm以上の百分率	試料	試料
20.0	90.2	30.0	100.0	試料	試料
75.0	90.2	25.1	85.2	試料	試料
20.4	90.2	25.4	79.4	試料	試料
75.0	86.0	19.1	79.4	試料	試料
0.075	81.6	9.52	78.4	試料	試料
4.75	77.0	4.75	70.6	試料	試料
2.00	70.3	2.00	70.7	試料	試料
0.84	61.9	0.84	61.8	試料	試料
0.42	47.2	0.42	49.5	試料	試料
0.25	35.6	0.25	37.7	試料	試料
0.105	21.9	0.105	25.7	試料	試料
0.074	19.3	0.074	23.2	試料	試料
0.0640	17.5	0.0638	20.1	試料	試料
0.0380	14.8	0.0380	16.9	試料	試料
0.0240	12.5	0.0247	13.6	試料	試料
0.0144	10.2	0.0145	10.3	試料	試料
0.0102	8.4	0.0103	8.6	試料	試料
0.0073	6.8	0.0073	6.4	試料	試料
0.0037	4.4	0.0037	4.1	試料	試料
0.0015	2.7	0.0015	2.1	試料	試料



備考

(注) コロイド分を含む

JIS A 1205
1206

土の液性限界・塑性限界試験

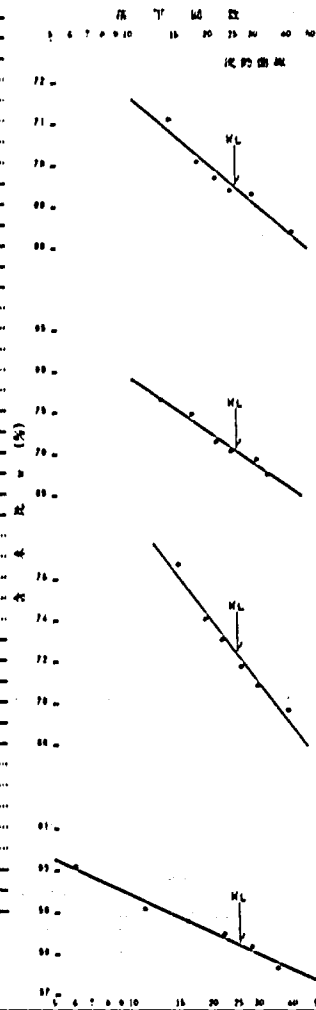
報告用紙

調査名・調査地点 No. 2 試験年月日 年 月 日

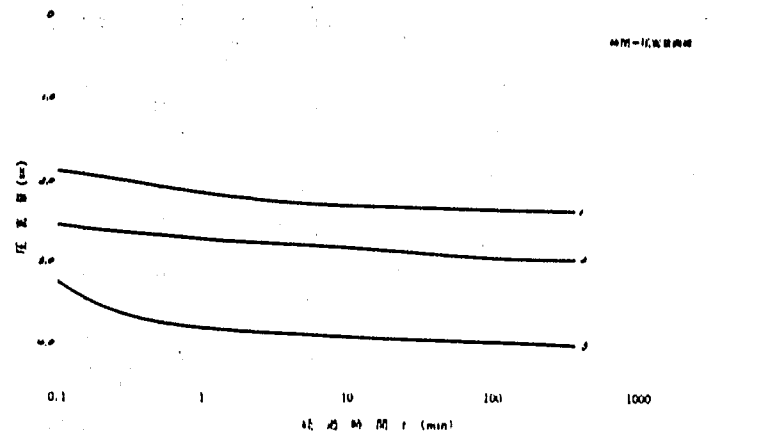
試験者

試験番号・種別	No. 1	(m = m)	試験番号・種別	No. 2	(m = m)
液性限界試験	試料	試料	液性限界試験	試料	試料
No.	落下回数	含水比 %	No.	落下回数	含水比 %
1	41	68.4	1	39	69.7
2	29	69.3	2	30	70.9
3	24	69.4	3	26	71.8
4	21	69.7	4	22	73.1
5	18	70.1	5	19	74.1
6	14	71.1	6	15	76.7
液性限界 w_L %	69.5	塑性限界 w_p %	39.2	液性限界 w_L %	72.4
塑性指数 I_p	30.3	塑性指数 I_p	31.7		
試験番号・種別	No. 3	(m = m)	試験番号・種別	No. 4	(m = m)
液性限界試験	試料	試料	液性限界試験	試料	試料
No.	落下回数	含水比 %	No.	落下回数	含水比 %
1	35	67.6	1	36	67.7
2	30	69.4	2	28	58.2
3	24	70.4	3	22	58.6
4	21	71.5	4	16	58.8
5	17	74.8	5	11	59.1
6	13	76.6	6	6	60.3
液性限界 w_L %	70.5	塑性限界 w_p %	40.2	液性限界 w_L %	58.2
塑性指数 I_p	30.3	塑性指数 I_p	20.4		

備考 試験の調製方法を記入する。



一面せん断試験 (せ、CU、 ϕ)		(初期状態 圧密過程)	報告用紙 1	
調査名・調査地点		N/O.2	試験年月日 年 月 日	
試料番号・深さ: No. (..... m - m)		試験者		
試料の一次元質 土質名及地層 土粒子の比 G _s 液性限界 w _L % 塑性指数 I _p %	試料の状態 加圧処理の種類 力計ひょう量	型式 自由面 (三層式) 直径 ϕ mm 断面積 Area cm ² 上 移動, 固定, ... 下 移動, 固定, ... ボウラストーン, ... その他 力計ひょう量 せん断力用 500 kgf, 垂直力用 1000 kgf		
試験条件 土質名及地層 No. 1	No. 2	No. 3	No.	
荷重圧力 P_0 , kgf/cm ²	0.5	1.0	2.0	
縦向き長さ H_0 , cm	6.00	6.00	6.00	
縦向き質量 M_0 , g	12.70.52	12.54.57	12.60.54	
縦向き高さ A_0 , cm	2.711	2.680	2.680	
含水率 w_0 , %	1.878	1.473	1.473	
飽和度 S_w , %	60.3	60.1	60.3	
圧密時間 t_0 , min	360	360	360	
圧密後の長さ A_c , cm	4.2688	4.2066	4.2774	
圧密後の間隙比 e_c	1.011	1.037	1.022	
圧縮係数 C_c				

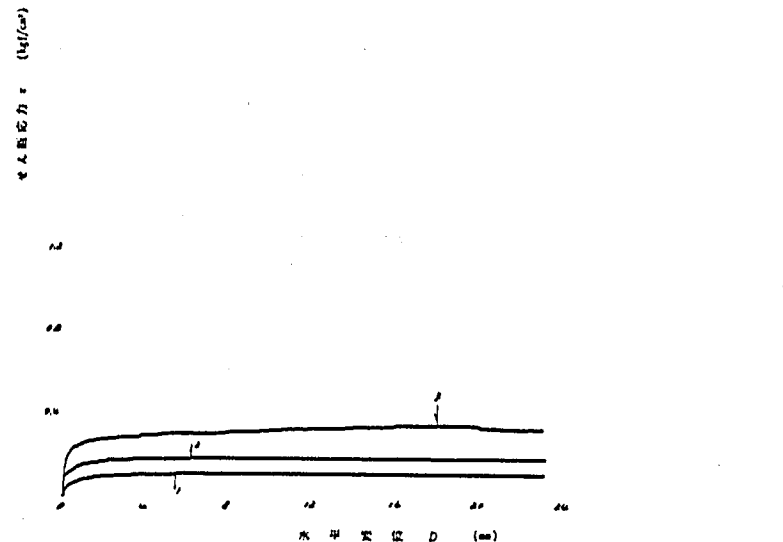


調子	工数と割合	No. 2-1	2.674
		No. 2-2	2.708
		No. 2-3	2.708

$$\lambda_1 = \frac{m_1}{G_1 \cdot \rho_1 \cdot A}, \quad \rho = \frac{\lambda}{\lambda_1} = 1, \quad S_{11} = \frac{G_1}{\rho_1} \cdot v_1$$

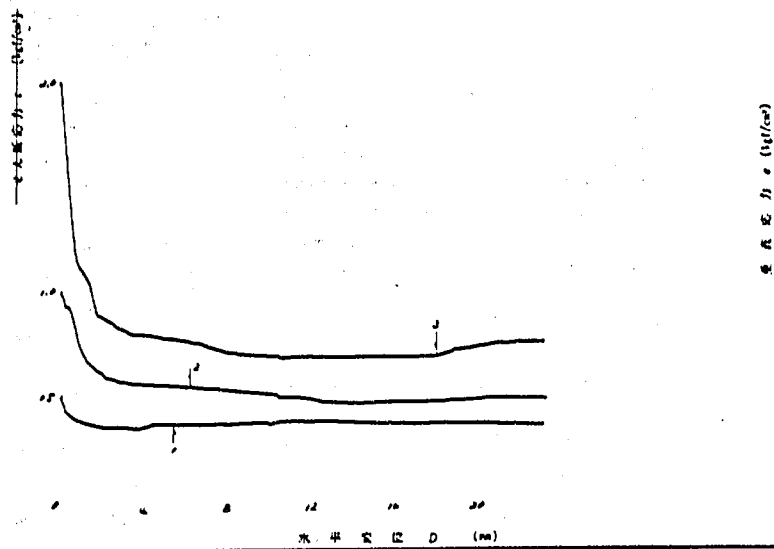
一面せん断試験 (せせ: CU, せせ: (せん断過程)		報告用紙 1	
調査名・調査地点		No. 2	試験年月日 年 月 日
試料番号・径: No (m m)		試験者	
加水 条件	圧密: ~~非圧密~~	せん断方法 せん断速度	リヤン割断, ~~せん断割断~~ 変位速度 0.5 mm/min , 応力増加速度 $\text{kgf/cm}^2/\text{min}$
供試体番号	No. 1 No. 2 No. 3 No. 4 No. 5	室温 $^{\circ}\text{C}$	備考
せん断力 ピーク時	せん断応力 τ kgf/cm^2	0.115 0.19 0.26	
	水平変位 D mm	5.6 6.2 18.0	
	垂直応力 σ kgf/cm^2	0.535 0.535 0.60	
	垂直変位 Δh mm	— — —	
	間隙比 e	— — —	

———— $r=D$ 鋼管
 ~~$r=D$ 鋼管~~
 ~~$r=D$ 鋼管~~



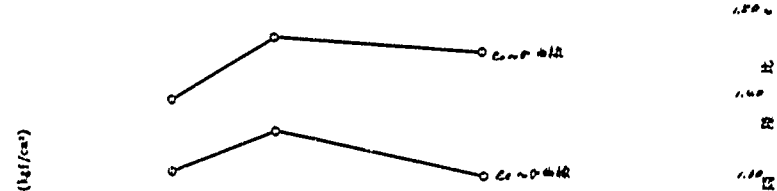
一面せん断試験 (せせ, CU, ②) (せん断過程)						報告用紙 Ⅱ	
調査名・調査地点		No. 2		試験年月日		年 月 日	
試験番号・深さ: No.		(m = m)		試験者			
試料	圧密, せん断	せん断方法		せん断速度		せん断速度 $\dot{\epsilon}$ mm/min, 応力増加速度 $\dot{\sigma}$ kg/cm ² /min	
条件	せん断速度, 定体積, 常速	せん断速度		せん断速度			
供試体番号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	温度 $^{\circ}\text{C}$	
荷重圧力 σ_v kg/cm ²	0.5	1.0	2.0				
せん断応力 τ kg/cm ²	0.115	0.19	0.34				
水平変位 D mm	5.6	6.2	18.0				
垂直応力 σ_1 kg/cm ²	0.335	0.535	0.68				
垂直変位 Δh mm							
間隙比 e							

—— ○ — ②
—— ○ — ③
—— ○ — ④

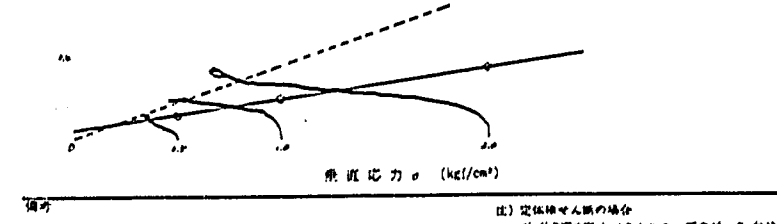


一面せん断試験 (せせ, CU, ②) (せん断過程)						報告用紙 Ⅱ	
調査名・調査地点		No. 2		試験年月日		年 月 日	
試験番号・深さ: No.		(m = m)		試験者			
強度	応力範囲	c kg/cm ²	ϕ 度	$\tan \phi$	$c^{(2)}$ kg/cm ²	$\phi^{(2)}$ 度	
強度	正規圧密領域	0.04	0.5	0.150	0	17.4	
強度	過圧密領域						

$\tau = \sigma$ 曲線
 $\sigma = \sigma$ 曲線



せん断強度 τ , せん断応力 σ (kg/cm²)



注) 定体積せん断の場合
 c, ϕ の求め方: ペタトループのピーク, 谷

JIS A 1218	土の透水試験 (常水位)	記録用紙
------------	--------------	------

調査名・調査地点 No. 2 試験年月日 年 月 日

試料番号・径さ: No. 4 (m - m) 試験者

試験器番号: No. 試料の状態: 粒状土 最大粒径 mm

供試体作製方法 モルタル・コンクリート・石膏・土等を用いて成形し、土質名称 (SC)

供試体飽和方法 下向き飽和 試験用水 脱気水

ガラス管:	内径	0.50 cm	断面積 a	0.196 cm ²	試験前含水比 w^1
供試体・容器	供試体の状態	試験前	試験後	容器 No.	310
長さ l cm	10.00	(供試体+容器)質量 m_1 g	3614.2	3693.0	m_1 g 163.91
断面積 A cm ²	78.54	質量 $m_2 = m_1 - m_0$ g	1216.2	1295.0	m_2 g 128.97
長さ L cm	9.80	湿側密度 $\rho_s = m/V$ g/cm ³	1.580	1.682	m_2 g 50.46
体積 $V = A \cdot L$ cm ³	769.7	平均含水比 w %	44.4	53.8	w % 44.5
容器質量 m_0 g	2398.0	乾燥密度 $\rho_d = \rho_s / (1 + w_d)$ g/cm ³	1.094	1.094	容器 No. 396
土粒子の比重 G_s	2.712	間隙比 e	1.479	1.479	m_2 g 179.84
		飽和度 S_r %	81.4	98.7	m_2 g 140.39
測定番号	1	2	3	4	5
測定開始時刻 t_1	92500	112100	130600	143700	155900
測定終了時刻 t_2	112000	130500	142700	155800	160900
測定時間 $t_2 - t_1$ s	6900	6240	4860	4860	7800
t_1 に注ぐ水銀 A_1 cm	143.8	143.3	143.7	143.3	143.7
t_2 に注ぐ水銀 A_2 cm	71.3	72.2	80.7	79.8	54.3
$\odot 100 \times (A_1/A_2)$	3.05×10^2	2.98×10^2	2.51×10^2	2.54×10^2	4.23×10^2
$\odot 2.30 \times L/A$ cm	5.62×10^2	5.62×10^2	5.62×10^2	5.62×10^2	5.62×10^2
$\odot 1/(t_2 - t_1)$ s ⁻¹	1.45×10^{-4}	1.60×10^{-4}	2.06×10^{-4}	2.06×10^{-4}	1.28×10^{-4}
$k_p = \odot \times \odot \times \odot$ cm/s	2.48×10^{-6}	2.68×10^{-6}	2.90×10^{-6}	2.95×10^{-6}	3.04×10^{-6}
測定時の水温 T °C	16.0	16.0	16.0	17.0	17.0
修正係数 η_T/η_{20}	0.975	0.975	0.975	0.950	0.950
$k_{20} = k_p \cdot \eta_T/\eta_{20}$ cm/s	2.42×10^{-6}	2.61×10^{-6}	2.83×10^{-6}	2.80×10^{-6}	2.89×10^{-6}
k_{20} の平均値 cm/s	2.71×10^{-6}				w % 53.8

備考

$$(注) w = \frac{m_2 - m_0}{m_2} \times 100$$

m_1 : (供試体+容器)質量

m_2 : (乾燥土+容器)質量

m_0 : 容器質量



付表3 樹木サンプル調査表

溪 流 名 伊 香 沢				
地 区 名 測線№ 1 上流右岸 (№ 1)				
林 相 区 分 C-Ⅲ-4				
立 木 密 度 100 m ² あたり 23本				
№	樹 種	胸 高 直 径 cm	樹 高 m	幹 材 積 m ³
1	ス ギ	7.0	7.0	0.01078
2	〃	10.0	10.0	0.03142
3	〃	8.0	9.0	0.0181
4	〃	8.0	9.0	0.0181
5	〃	5.0	7.0	0.0055
6	〃	10.0	10.0	0.03142
7	〃	9.0	10.0	0.02545
8	〃	8.0	8.0	0.01608
9	〃	8.0	8.0	0.01608
10	〃	8.0	9.0	0.0181
11	〃	8.0	9.0	0.0181
12	〃	6.0	7.0	0.00792
13	〃	10.0	10.0	0.03142
14	〃	8.0	8.0	0.01608
15	〃	7.0	8.0	0.01232
16	〃	5.0	6.0	0.00471
17	〃	8.0	9.0	0.0181
18	〃	10.0	10.0	0.03142
19	〃	8.0	8.0	0.01608
20	〃	9.0	10.0	0.02545
21	〃	7.0	8.0	0.01232
22	〃	7.0	8.0	0.01232
23	〃	8.0	10.0	0.02011
	合 計	182.0	198.0	0.41738
	平 均	7.9	8.6	0.01815

溪 流 名 伊 香 沢				
地 区 名 測線№1 付近左岸 (№2)				
林 相 区 分 C - II - 2				
立 木 密 度 100 m ² あたり 41本				
№	樹 種	胸 高 直 径 cm	樹 高 m	幹 材 積 m ³
1	ス ギ	3.0	3.0	0.00085
2	〃	3.0	3.0	0.00085
3	〃	4.0	5.0	0.00251
4	〃	3.0	4.0	0.00113
5	〃	5.0	6.0	0.00471
6	〃	3.0	4.0	0.00113
7	〃	4.0	5.0	0.00251
8	〃	4.0	5.0	0.00251
9	〃	4.0	5.0	0.00251
10	〃	5.0	5.0	0.00393
21	〃	3.0	4.0	0.00113
22	〃	5.0	5.0	0.00393
23	〃	5.0	5.0	0.00393
24	〃	3.0	3.0	0.00085
25	〃	3.0	3.0	0.00085
26	〃	4.0	4.0	0.00201
27	〃	4.0	5.0	0.00251
28	〃	4.0	5.0	0.00251
29	〃	4.0	5.0	0.00251
30	〃	3.0	4.0	0.00113
31	〃	3.0	3.0	0.00085
32	〃	3.0	3.0	0.00085
33	〃	3.0	4.0	0.00113
34	〃	4.0	4.0	0.00201
35	〃	3.0	3.0	0.00085
36	〃	4.0	4.0	0.00201
37	〃	3.0	3.0	0.00085
38	〃	5.0	5.0	0.00393
39	〃	4.0	4.0	0.00201
40	〃	4.0	4.0	0.00201
41	〃	3.0	3.0	0.00085
	合 計	157.0	173.0	0.08837
	平 均	3.8	4.2	0.00216

溪 流 名 伊 香 沢				
地 区 名 測線 2・3間の左岸 (No 3)				
林 相 区 分 C-Ⅳ-4				
立 木 密 度 100 m ² あたり 16本				
No	樹 種	胸 高 直 径 cm	樹 高 m	幹 材 積 m ³
1	ス ギ	20.0	15.0	0.18850
2	〃	22.0	15.0	0.22808
3	〃	18.0	13.0	0.13232
4	〃	22.0	15.0	0.22808
5	〃	25.0	17.0	0.33379
6	〃	18.0	14.0	0.14250
7	〃	22.0	15.0	0.22808
8	〃	16.0	13.0	0.10455
9	〃	17.0	13.0	0.11803
10	〃	20.0	15.0	0.18850
11	〃	20.0	15.0	0.18850
12	〃	18.0	14.0	0.14250
13	〃	20.0	14.0	0.17593
14	〃	18.0	14.0	0.14250
15	〃	17.0	14.0	0.12711
16	〃	16.0	13.0	0.10455
	合 計	309.0	229.0	2.77352
	平 均	19.3	14.3	0.17335

溪 流 名 伊 香 沢				
地 区 名 測線№ 5 の右岸 (№ 4)				
林 相 区 分 C - V - 4				
立 木 密 度 100 m ² あたり 17本				
№	樹 種	胸 高 直 径 cm	樹 高 m	幹 材 積 m ³
1	ス キ	30.0	20.0	0.56549
2	”	22.0	16.0	0.24328
3	”	26.0	18.0	0.38227
4	”	30.0	20.0	0.56549
5	”	22.0	16.0	0.24328
6	”	25.0	18.0	0.35343
7	”	18.0	14.0	0.14250
8	”	18.0	13.0	0.13232
9	”	26.0	18.0	0.38227
10	”	18.0	14.0	0.14250
11	”	28.0	20.0	0.49260
12	”	17.0	13.0	0.11803
13	”	30.0	20.0	0.56549
14	”	28.0	20.0	0.49260
15	”	30.0	20.0	0.56549
16	”	25.0	18.0	0.35343
17	”	30.0	20.0	0.56549
	合 計	423.0	298.0	6.30596
	平 均	24.9	17.5	0.37094

河 流 名 伊 香 沢				
地 区 名 測線№ 6 ・ 7 間の左岸 (№ 5)				
林 相 区 分 C-Ⅲ-3				
立 木 密 度 100 m ² あたり 25本				
№	樹 種	胸 高 直 径 cm	樹 高 m	幹 材 積 m ³
1	ス ギ	3.0	4.0	0.00113
2	〃	5.0	7.0	0.00550
3	〃	5.0	7.0	0.00550
4	〃	6.0	7.0	0.00792
5	〃	5.0	6.0	0.00471
6	〃	5.0	7.0	0.00550
7	〃	5.0	7.0	0.00550
8	〃	5.0	7.0	0.00550
9	〃	6.0	8.0	0.00905
10	〃	5.0	7.0	0.00550
11	〃	5.0	7.0	0.00550
12	〃	3.0	4.0	0.00113
13	〃	4.0	5.0	0.00251
14	〃	4.0	6.0	0.00302
15	〃	5.0	7.0	0.00550
16	〃	5.0	7.0	0.00550
17	〃	4.0	5.0	0.00251
18	〃	4.0	6.0	0.00302
19	〃	5.0	7.0	0.00550
20	〃	5.0	7.0	0.00550
21	〃	4.0	7.0	0.00352
22	〃	3.0	4.0	0.00113
23	〃	5.0	7.0	0.00550
24	〃	5.0	7.0	0.00550
25	〃	5.0	7.0	0.00550
	合 計	116.0	160.0	0.11665
	平 均	4.6	6.4	0.00467

溪 流 名 伊 香 沢				
地 区 名 測線No 8・9間左岸 (No 6)				
林 相 区 分 C-VI-4				
立 木 密 度 100 m ² あたり 12本				
No	樹 種	胸 高 直 径 cm	樹 高 m	幹 材 積 m ³
1	ス ギ	26.0	20.0	0.42474
2	〃	27.0	20.0	0.45804
3	〃	30.0	25.0	0.70686
4	〃	25.0	20.0	0.39270
5	〃	25.0	20.0	0.39270
6	〃	30.0	25.0	0.70686
7	〃	25.0	20.0	0.39270
8	〃	26.0	22.0	0.46722
9	〃	30.0	24.0	0.67858
10	〃	20.0	18.0	0.22619
11	〃	26.0	20.0	0.42474
12	〃	25.0	20.0	0.39270
	合 計	315.0	254.0	5.66403
	平 均	26.3	21.2	0.47200

溪 流 名 伊 香 沢				
地 区 名 測線No11の下流左岸 (No 7)				
林 相 区 分 C-V-4				
立 木 密 度 100 m ² あたり 16本				
No	樹 種	胸 高 直 径 (cm)	樹 高 (m)	幹 材 積 (m ³)
1	ス " キ	26.0	18.0	0.38227
2	"	26.0	20.0	0.42474
3	"	25.0	18.0	0.35343
4	"	24.0	18.0	0.32572
5	"	25.0	18.0	0.35343
6	"	16.0	16.0	0.12868
7	"	30.0	22.0	0.62204
8	"	30.0	22.0	0.62204
9	"	25.0	20.0	0.39270
10	"	22.0	18.0	0.27370
11	"	25.0	18.0	0.35343
12	"	25.0	18.0	0.35343
13	"	24.0	18.0	0.32572
14	"	22.0	18.0	0.27370
15	"	20.0	18.0	0.22619
16	"	16.0	16.0	0.12868
	合 計	381.0	296.0	5.53990
	平 均	23.8	18.5	0.34624

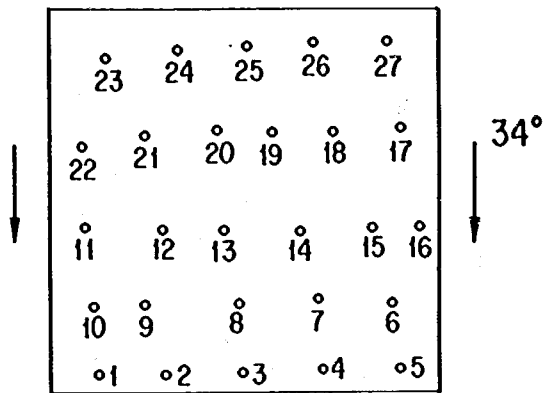
溪 流 名 伊 香 沢				
地 区 名 測線15・16間の左岸 (No 8)				
林 相 区 分 C-VI-4				
立 木 密 度 100 m ² あたり 13本				
No	樹 種	胸 高 直 径 cm	樹 高 m	幹 材 積 m ³
1	ス ギ	23.0	20.0	0.33238
2	”	24.0	20.0	0.36191
3	”	40.0	23.0	1.15611
4	”	25.0	20.0	0.39270
5	”	18.0	20.0	0.20358
6	”	18.0	20.0	0.20358
7	”	35.0	23.0	0.88514
8	”	30.0	22.0	0.62204
9	”	20.0	20.0	0.25133
10	”	38.0	23.0	1.04339
11	”	28.0	20.0	0.49260
12	”	25.0	20.0	0.39270
13	”	24.0	20.0	0.36191
	合 計	348.0	271.0	6.69937
	平 均	26.8	20.8	0.51534

溪 流 名 伊 香 沢				
地 区 名 測線15・16間右岸 (No 9)				
林 相 区 分 C-V-4				
立 木 密 度 100 m ² あたり 14本				
No	樹 種	胸 高 直 径 cm	樹 高 m	幹 材 積 m ³
1	ス ギ	20.0	17.0	0.21363
2	”	25.0	18.0	0.35343
3	”	25.0	18.0	0.35343
4	”	23.0	18.0	0.29914
5	”	20.0	16.0	0.20106
6	”	23.0	18.0	0.29914
7	”	25.0	18.0	0.35343
8	”	25.0	18.0	0.35343
9	”	26.0	20.0	0.42474
10	”	25.0	18.0	0.35343
11	”	23.0	18.0	0.29914
12	”	20.0	18.0	0.22619
13	”	24.0	18.0	0.32572
14	”	25.0	17.0	0.33379
	合 計	329.0	250.0	4.38970
	平 均	23.5	17.9	0.31355

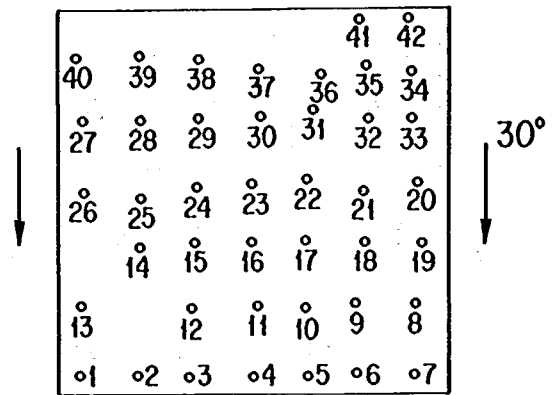
溪 流 名 伊 香 沢				
地 区 名 測線16下流左岸 (No.10)				
林 相 区 分 C-IV-4				
立 木 密 度 100 m ² あたり 22本				
No	樹 種	胸 高 直 径 cm	樹 高 m	幹 材 積 m ³
1	ス " ギ	10.0	11.0	0.03456
2	"	10.0	10.0	0.03142
3	"	9.0	10.0	0.02545
4	"	10.0	11.0	0.03456
5	"	12.0	11.0	0.04976
6	"	10.0	11.0	0.03456
7	"	10.0	11.0	0.03456
8	"	8.0	8.0	0.01608
9	"	9.0	10.0	0.02545
10	"	10.0	11.0	0.03456
11	"	11.0	12.0	0.04562
12	"	10.0	11.0	0.03456
13	"	12.0	12.0	0.05429
14	"	10.0	11.0	0.03456
15	"	9.0	10.0	0.02545
16	"	10.0	10.0	0.03142
17	"	11.0	12.0	0.04562
18	"	8.0	9.0	0.01810
19	"	10.0	11.0	0.03456
20	"	8.0	8.0	0.01608
21	"	10.0	11.0	0.03456
22	"	10.0	11.0	0.03456
	合 計	217.0	232.0	0.73034
	平 均	9.9	10.5	0.03320

付図 1 ~ 7

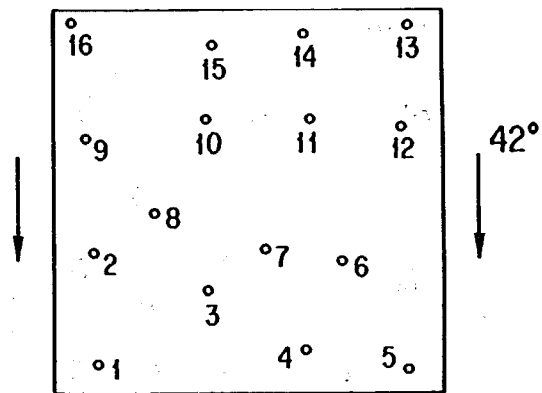
No. 1



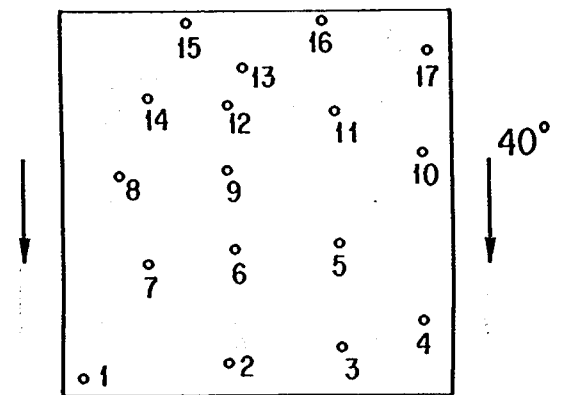
No. 2



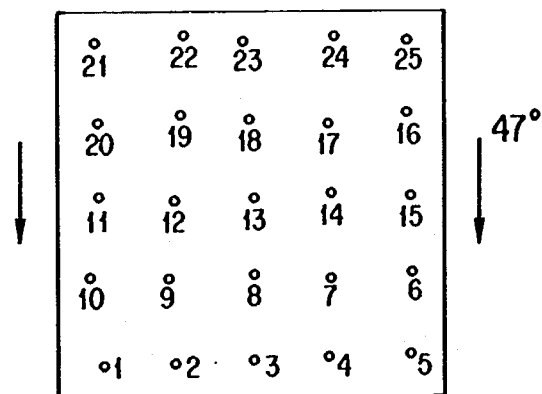
No. 3



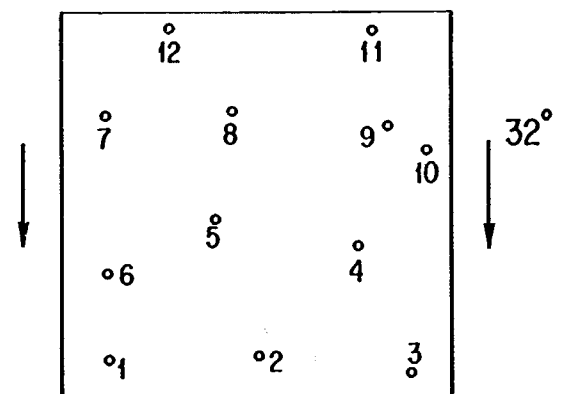
No. 4



No. 5

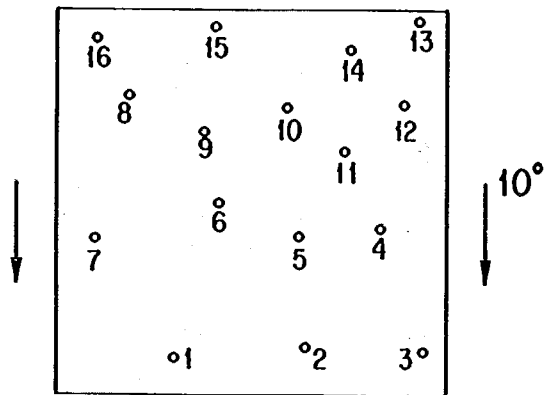


No. 6

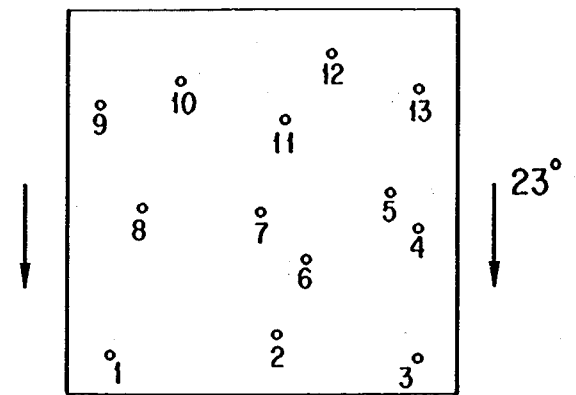


付図- 1(1) サンプル樹木位置図

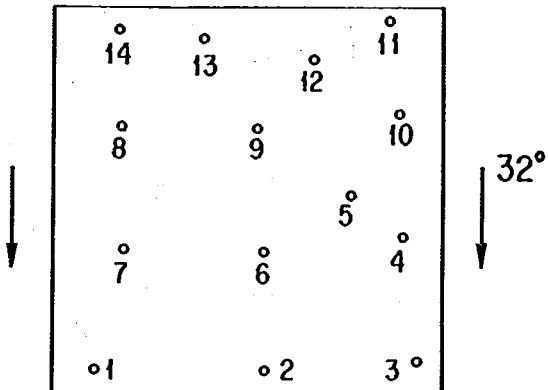
No.7



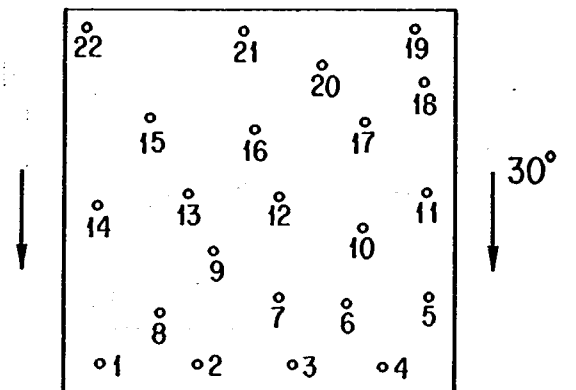
No.8



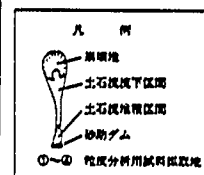
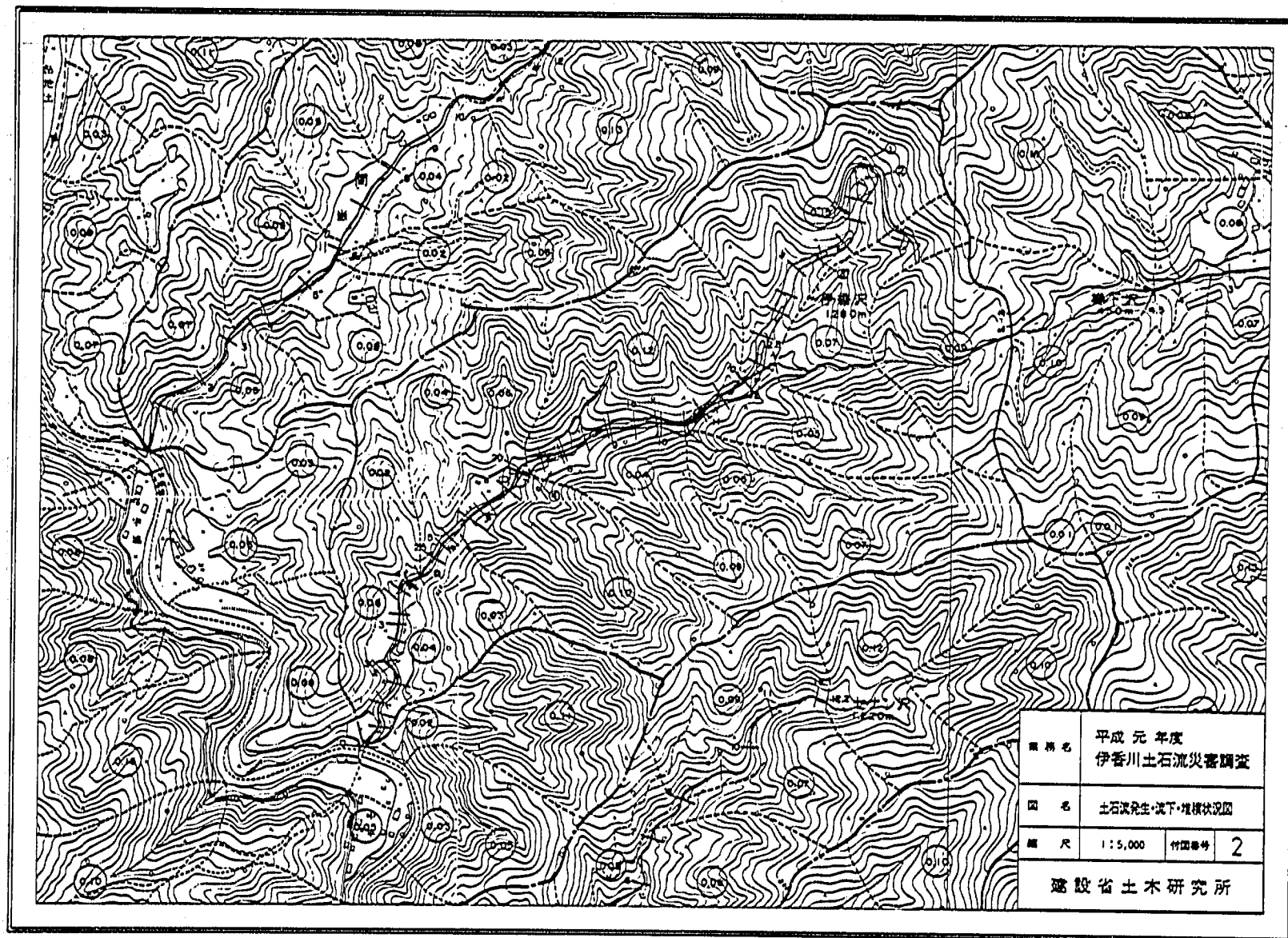
No.9



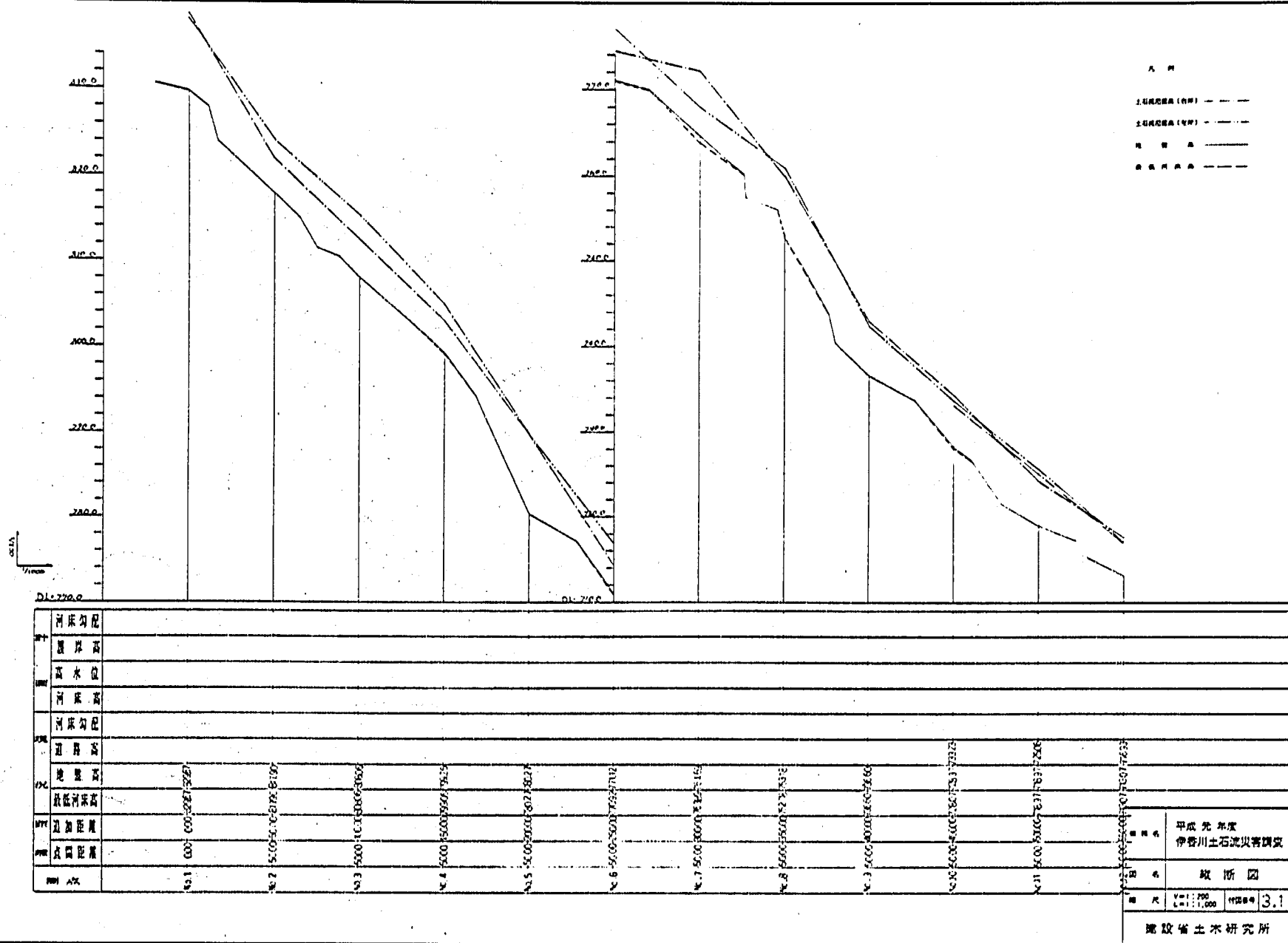
No.10



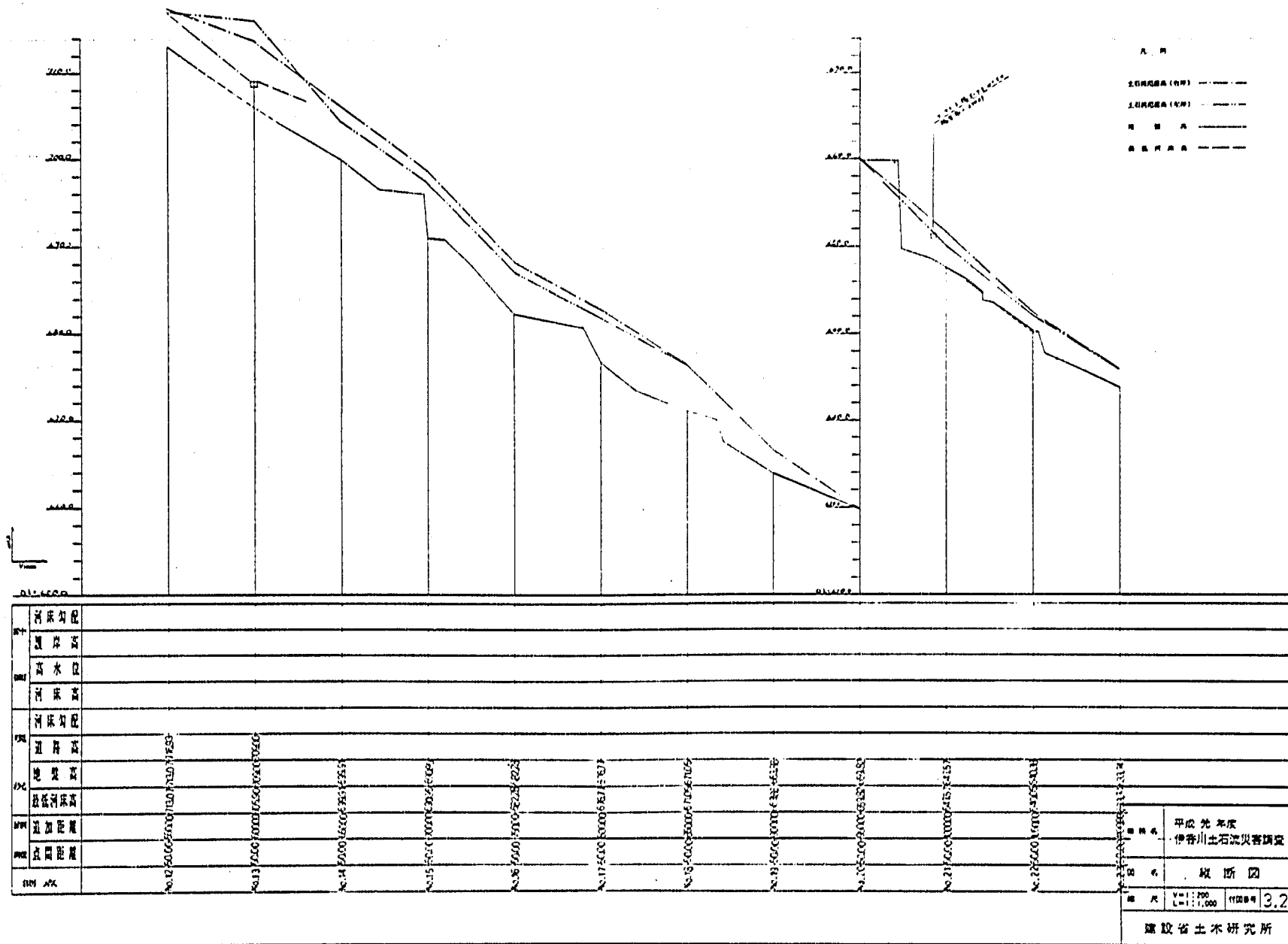
付図ー1(2) サンプル樹木位置図



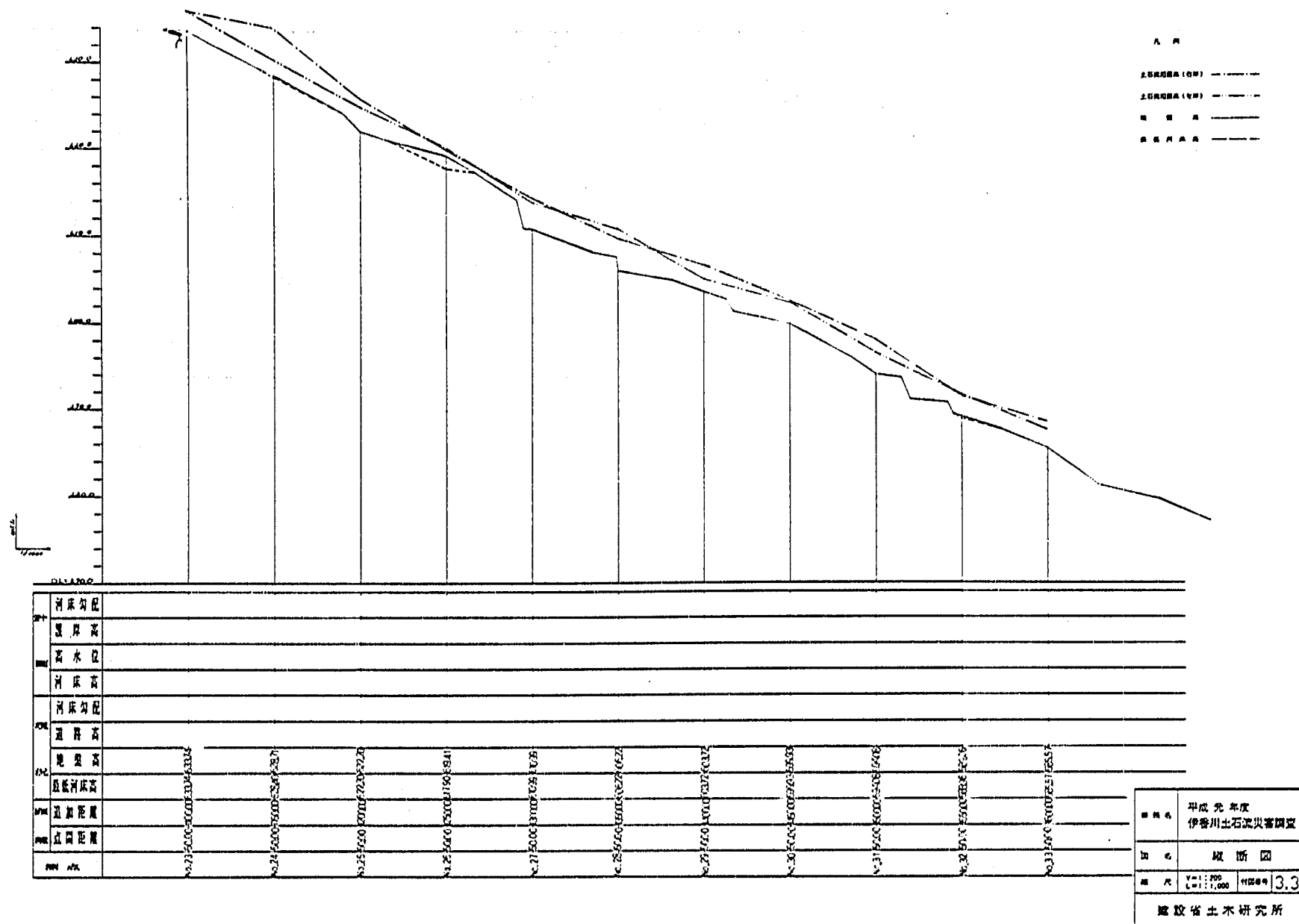
付図-2 土石流発生、流下、堆積状況図



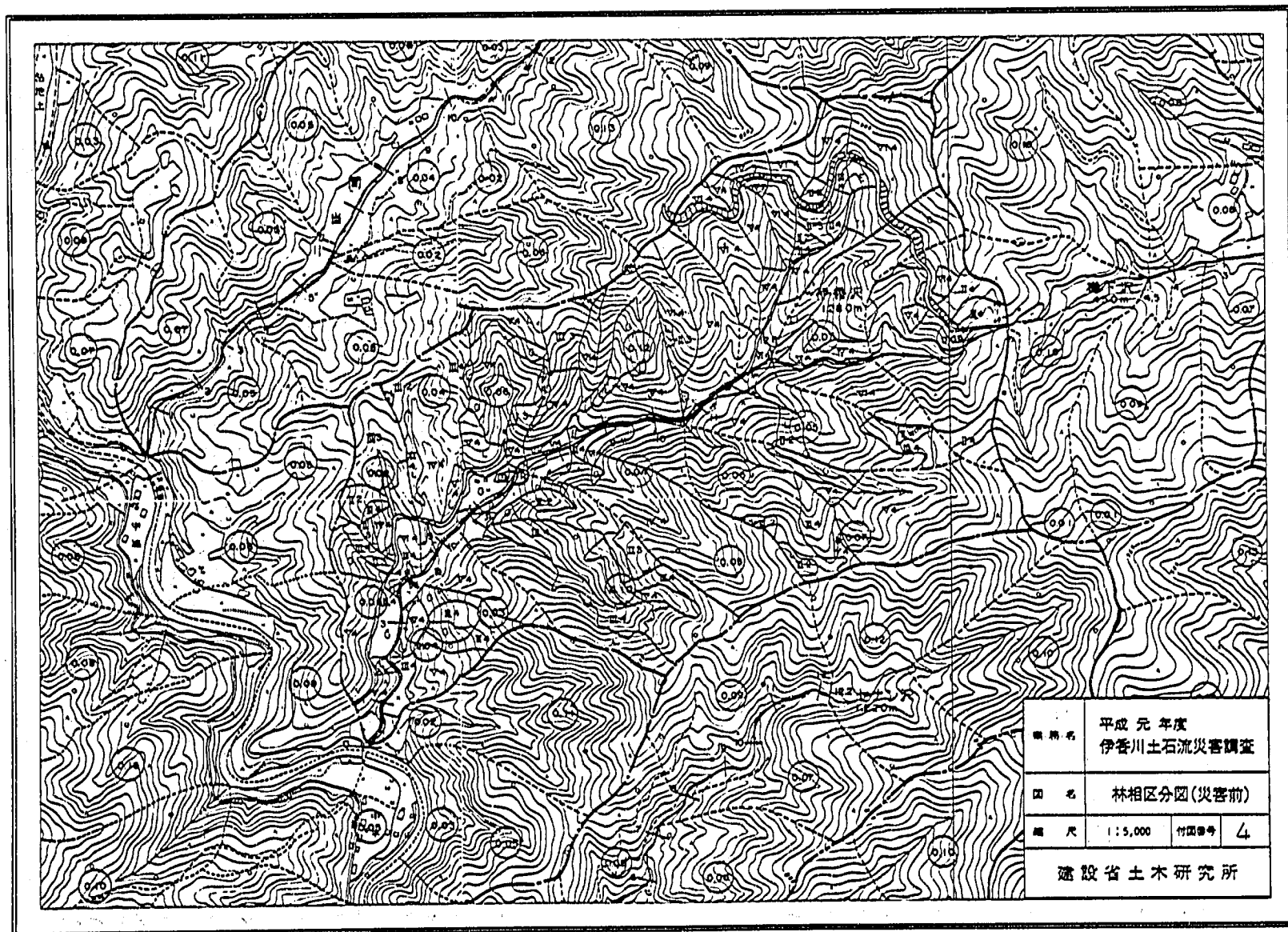
付図-3.1 縦断図



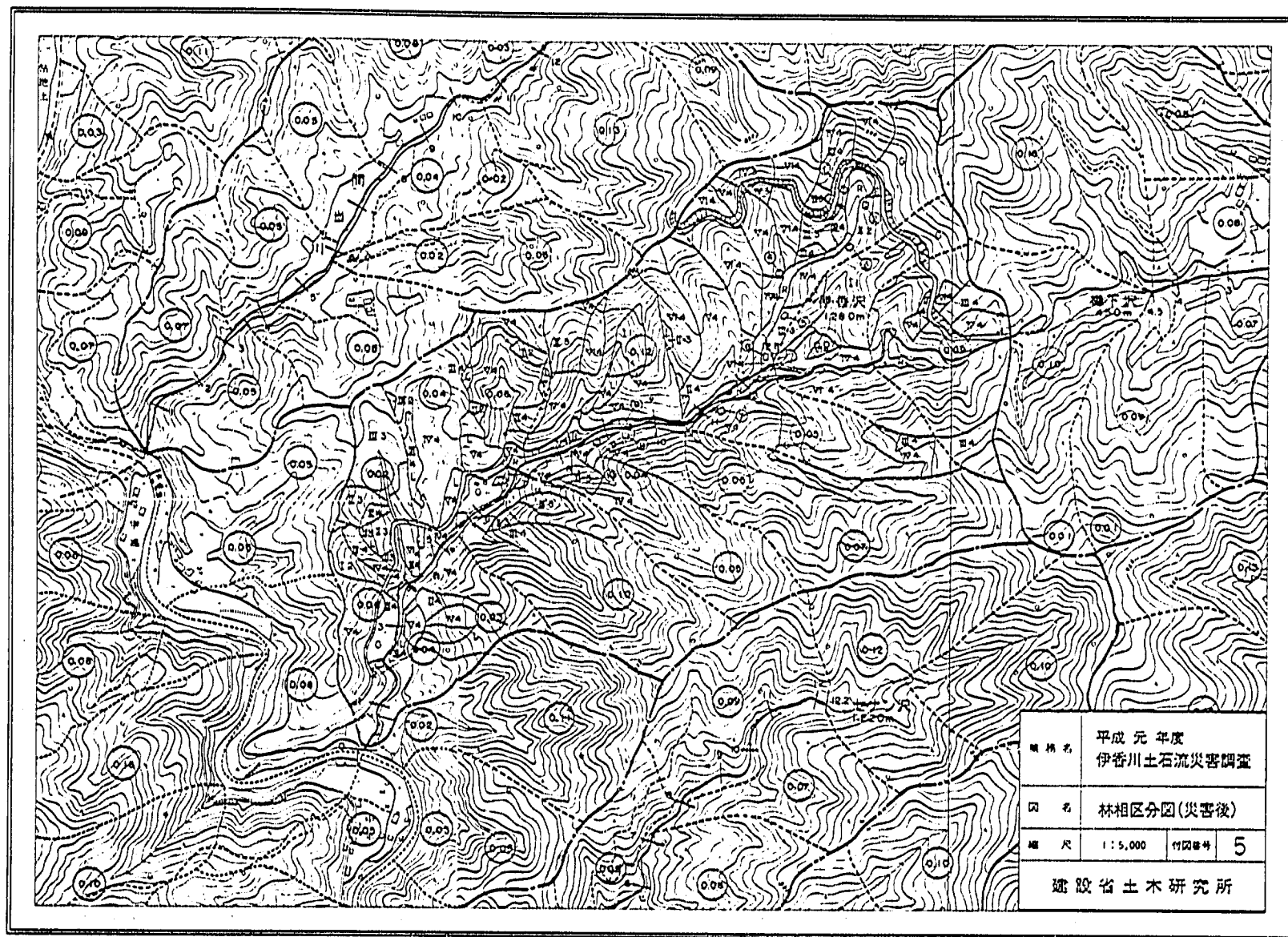
付図-3.2 縦断面図



付図-3.3 縦断面図



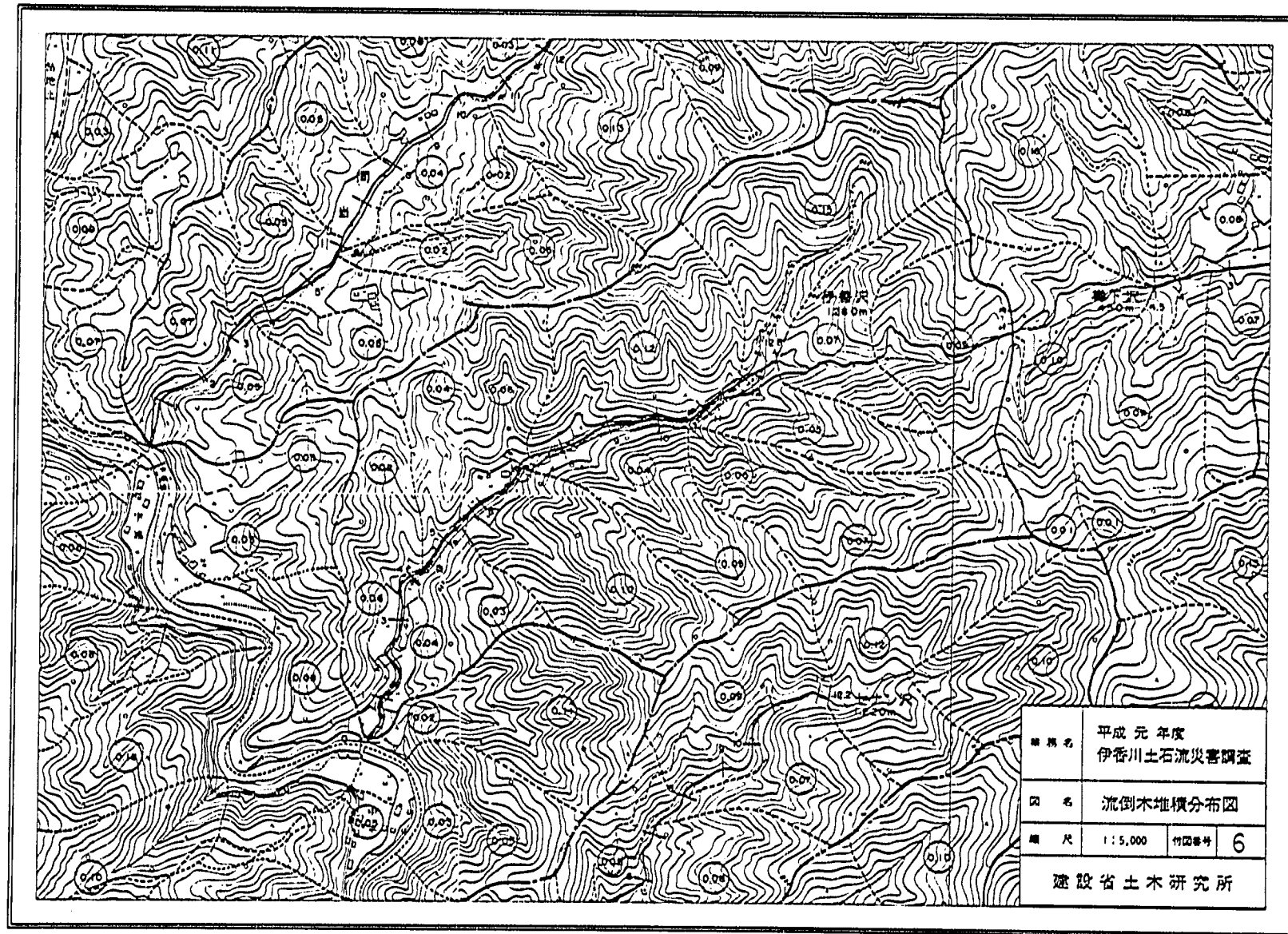
付図-4 林相区分図（災害前）



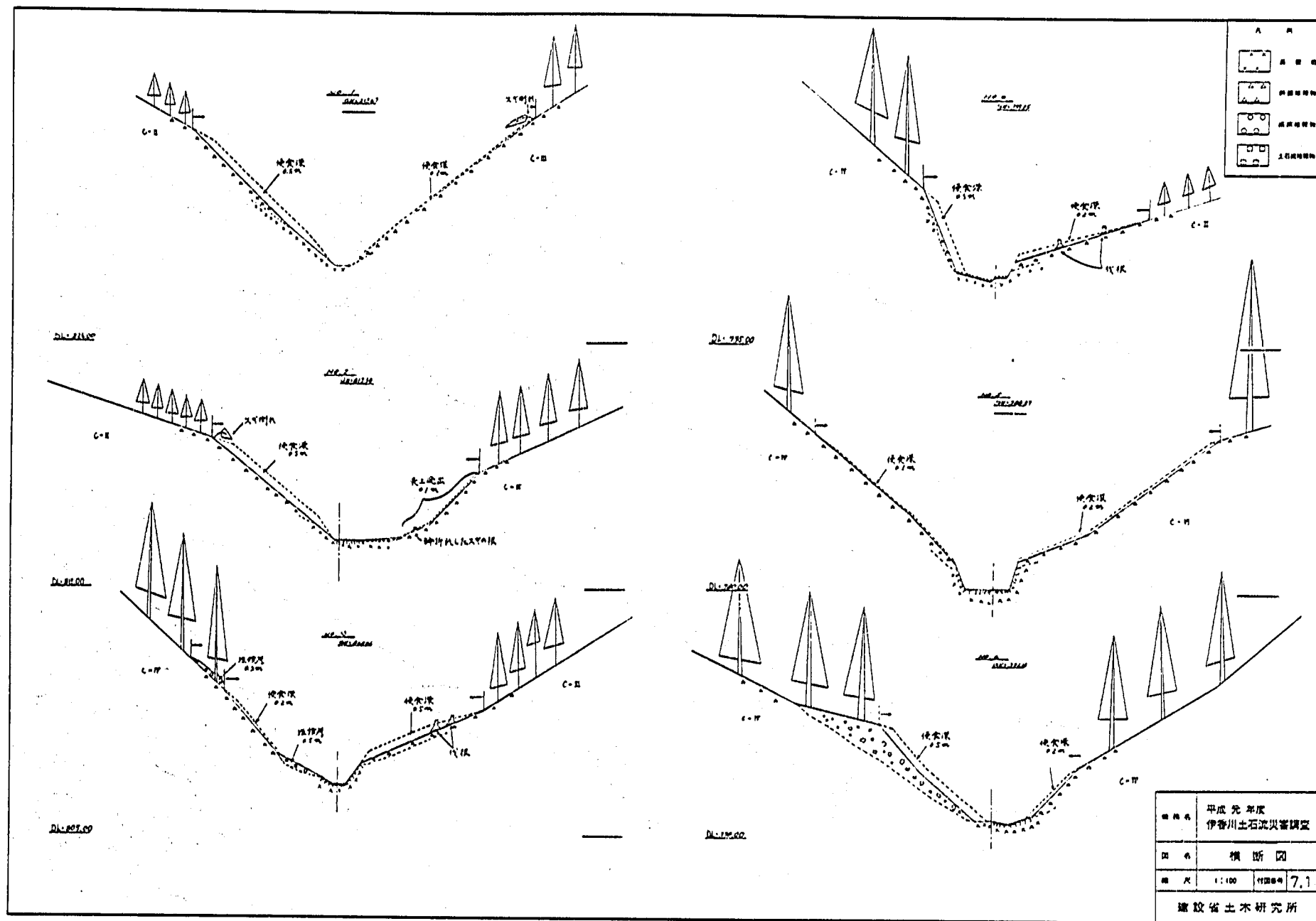
凡 例

- 大町、ヒノキ植林地
- 竹林
- 伐後跡地、草地
- 広葉樹林
- 雑地、開墾地
- 露り土
- 樹高 2m未満
- 2~5m
- 5~10m
- 10~15m
- 15~20m
- 20m以上
- 樹冠疎密度・密(75%以上)
- 樹冠疎密度・中(40~75%)
- 樹冠疎密度・疎(10~40%)
- 樹冠疎密度・散(10%未満)
- 樹木サンプリング位置
- ①~⑥ サンプル番号

付図-5 林相区分図(災害後)

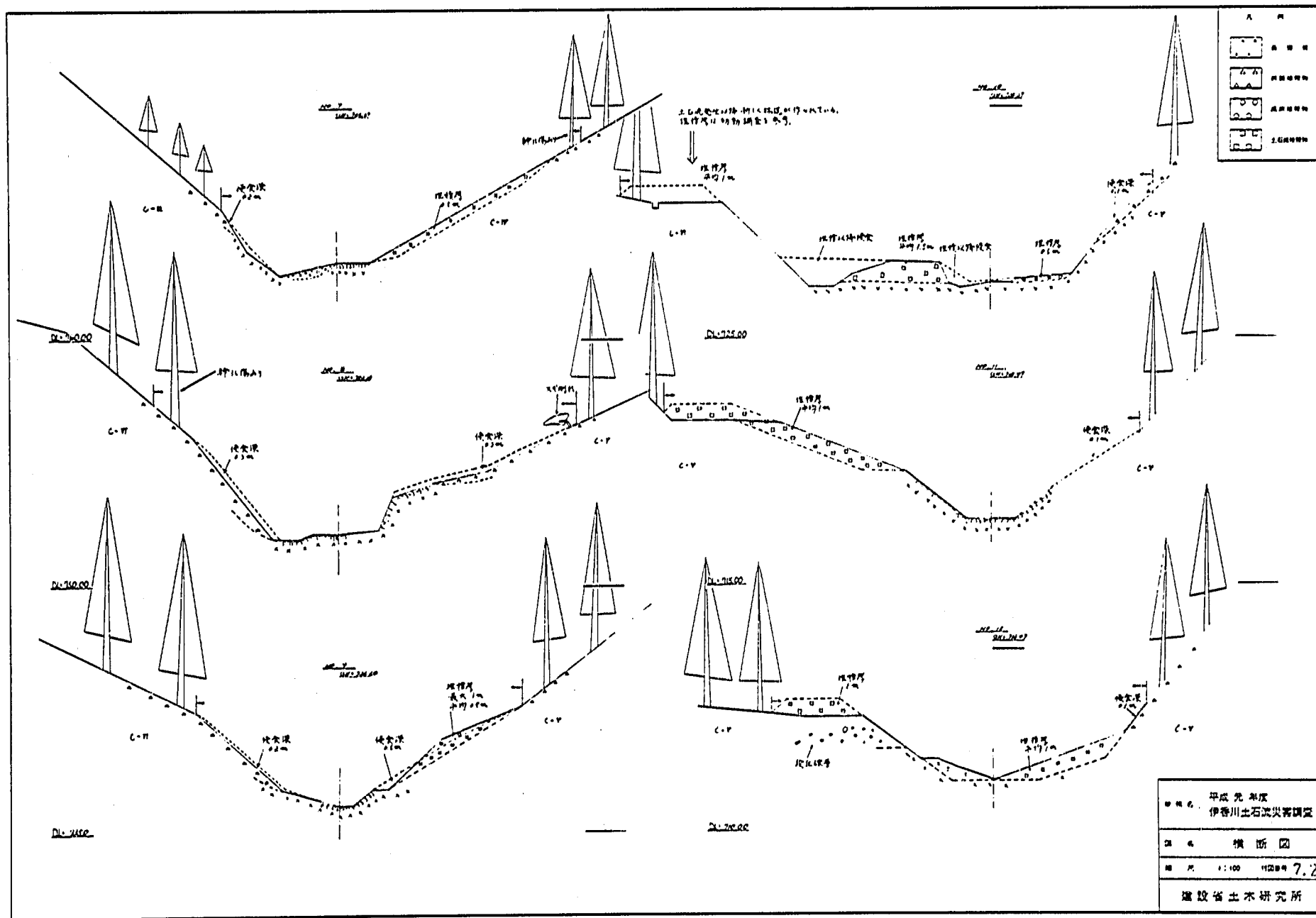


付図-6 流木堆積分布図

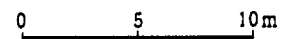


付図-7.1 横断面図

0 5 10m

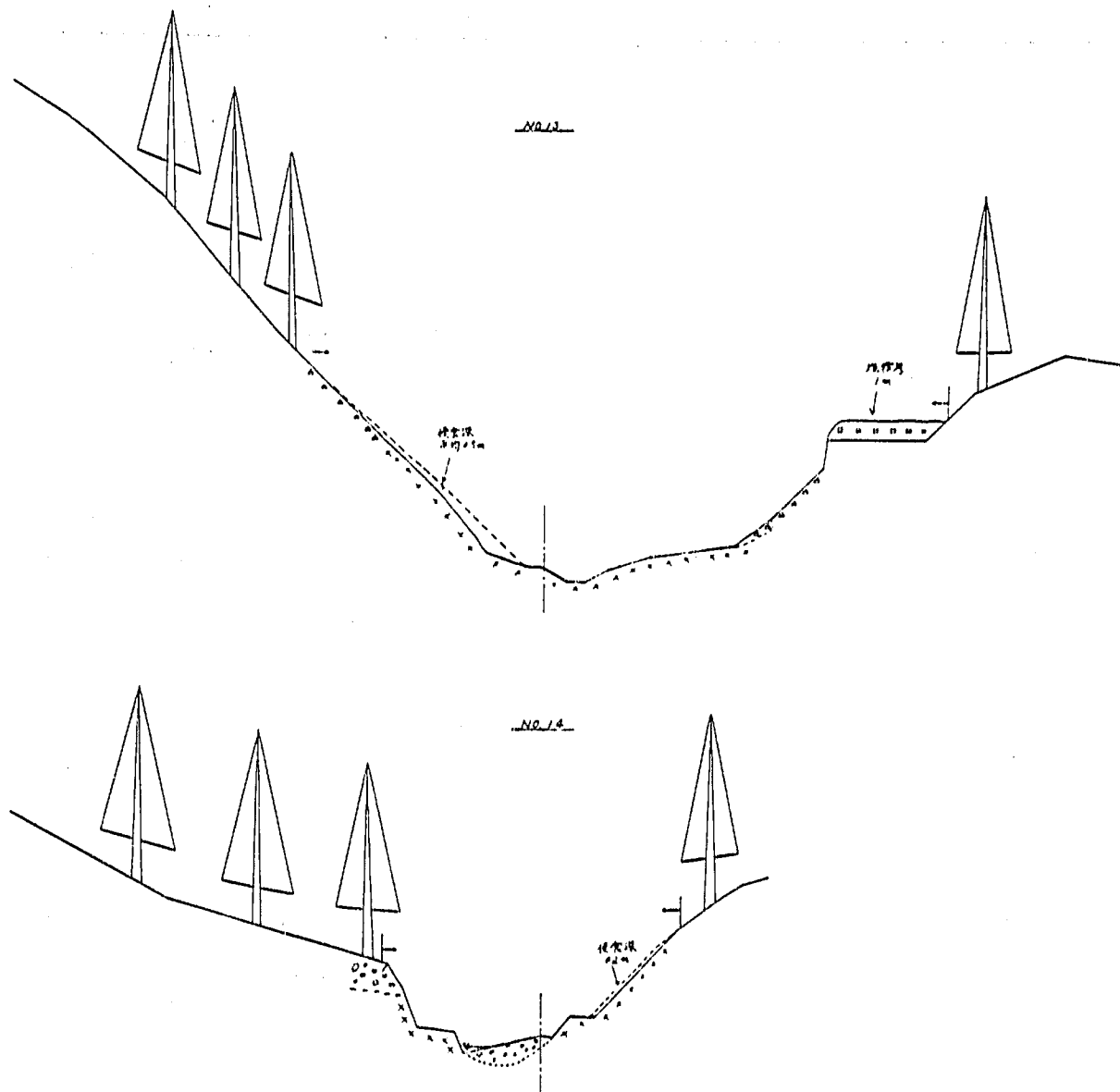


付図一 7.2 横 断 図



DL=7.60

DL=6.90

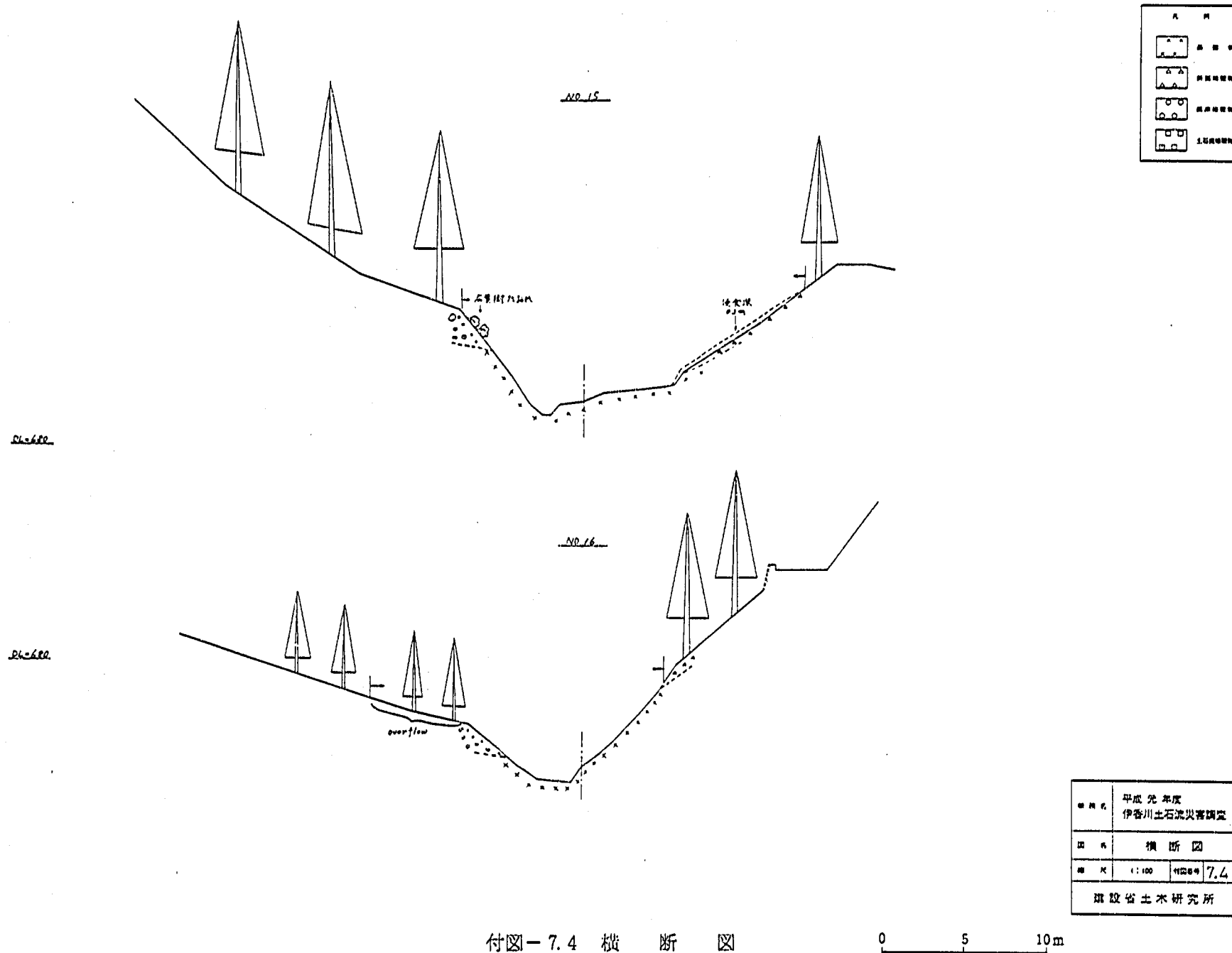


凡 例	
	河 床
	河 岸
	河 岸
	河 岸

調査年度	平成 元 年度
調査内容	伊香川土石流災害調査
図 名	横 断 図
縮 尺	1:100
付図番号	7.3
建設省土木研究所	

付図-7.3 横 断 図

0 5 10m

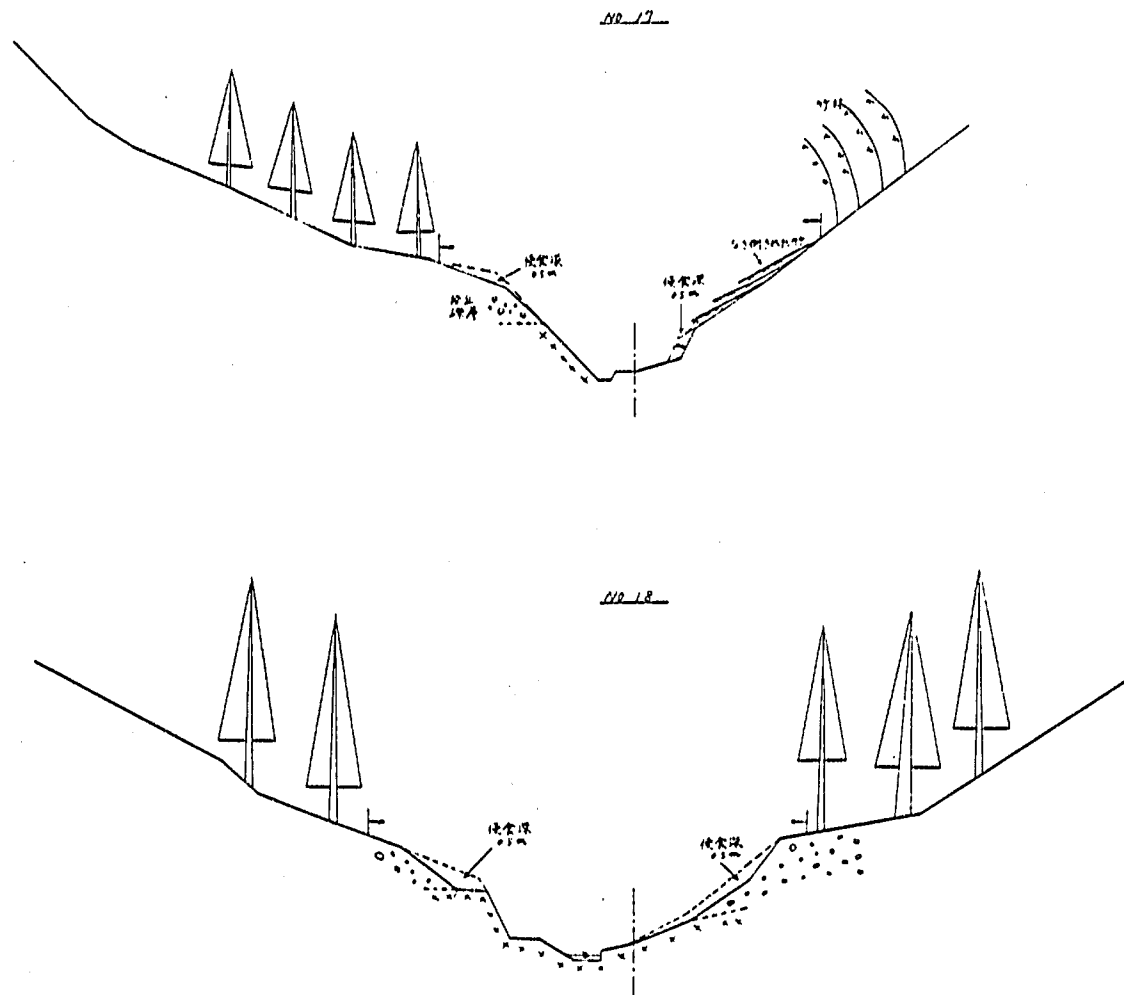


付図-7.4 横断図

調査点	平成元年度 伊香川土石流災害調査
図名	横断図
縮尺	1:100
付図番号	7.4
建設省土木研究所	

DL=66.2

DL=66.1



凡 例	
	河床
	河堤
	河床材料
	河堤材料

平成 元 年度 伊香川土石災害調査
図 名 横 断 図
縮 尺 1:100 付図番号 7.5
建設省土木研究所

付図-7.5 横 断 図

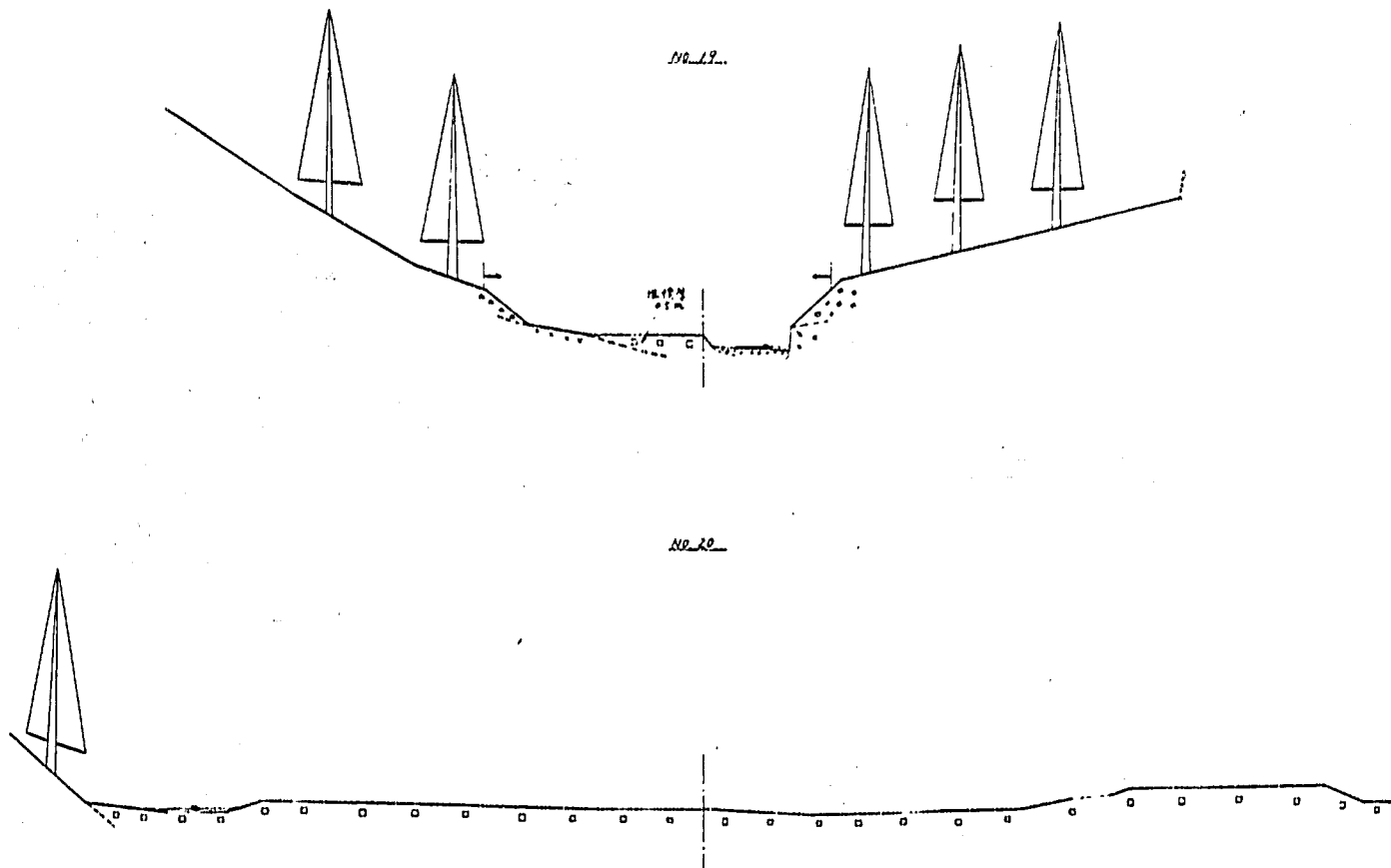
0 5 10m

RL-652

NO. 19

NO. 20

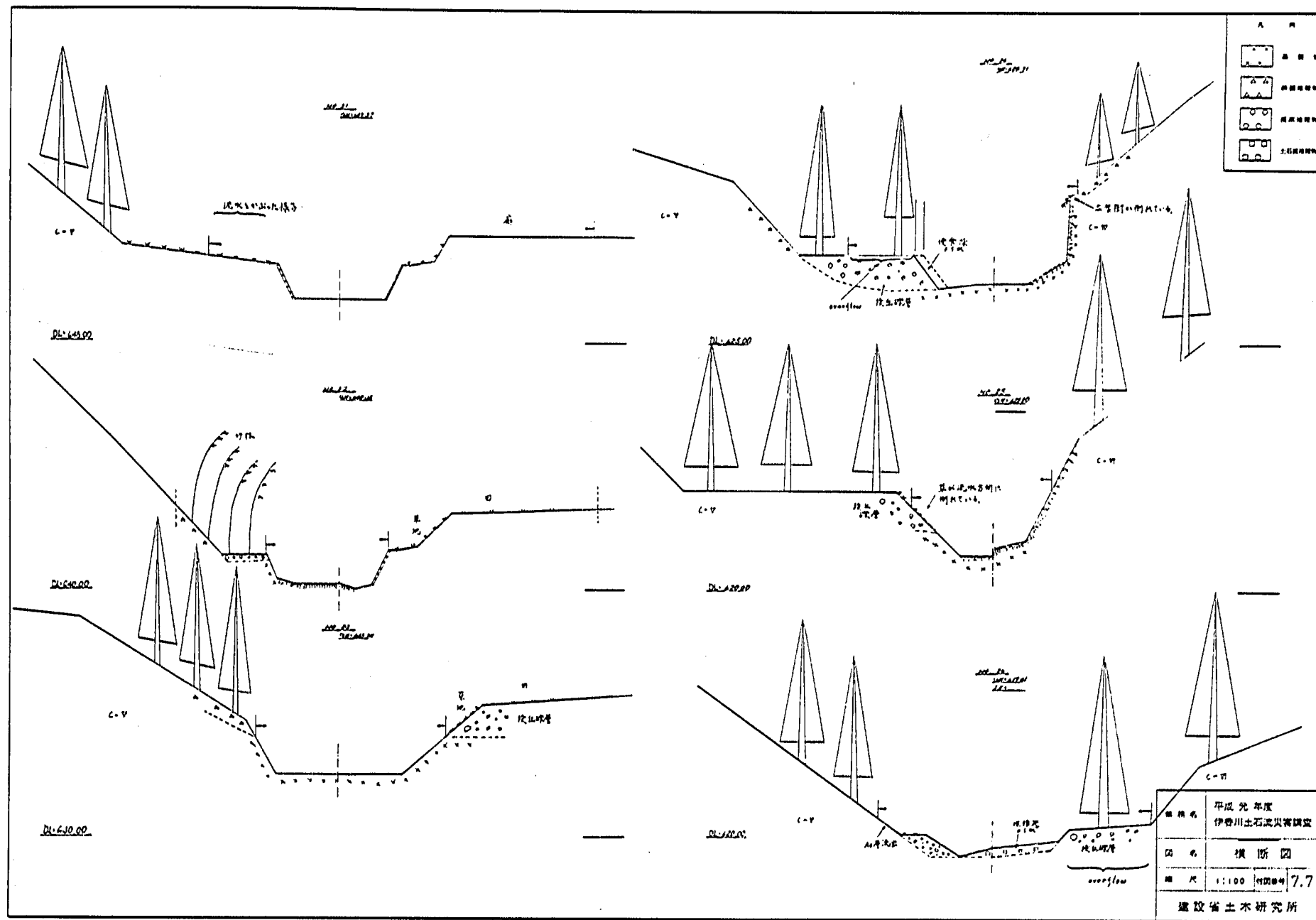
△	樹
■	石
△	土留
○	土留
□	土留
◇	土留



平成元年	伊香川土石流災害調査
図名	横断面図
縮尺	1:100
断面番号	7.6
建設省土木研究所	

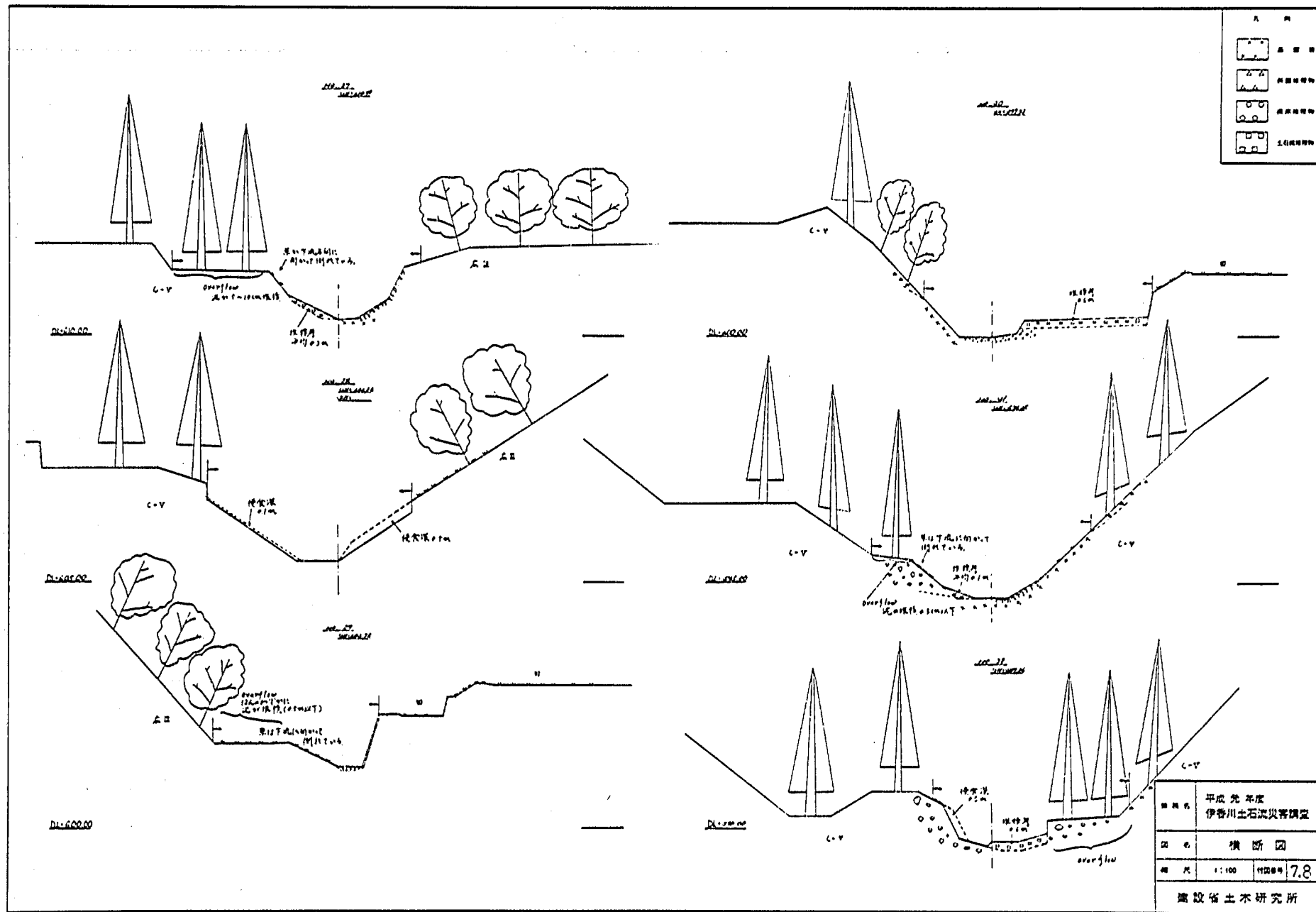
付図-7.6 横断面図

0 5 10m



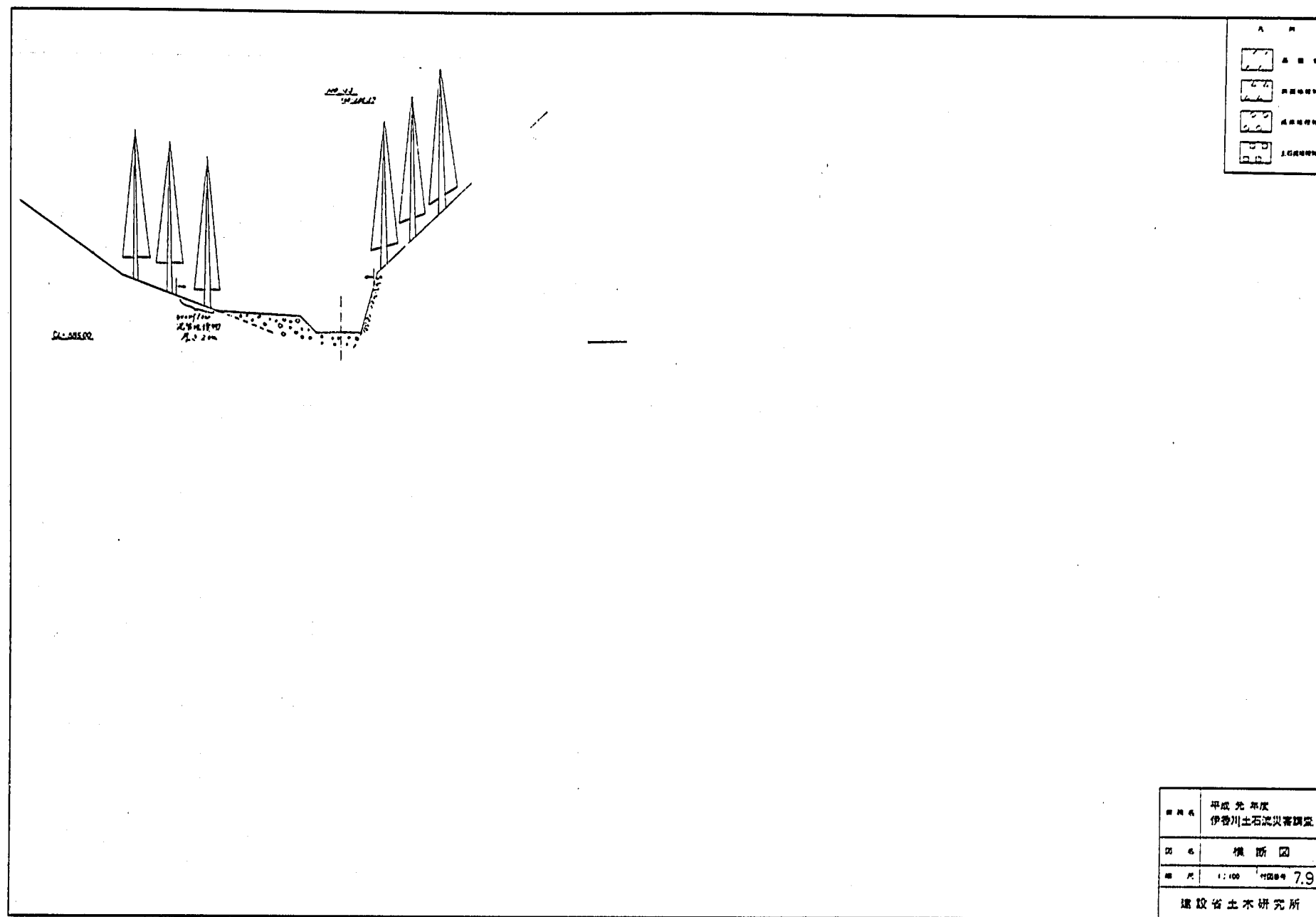
付図-7.7 横断図

A horizontal scale bar with tick marks at 0, 5, and 10 m.



付図-7.8 横断面図

0 5 10m



付図-7.9 横断面図

平成元年9月愛知県伊香川
土石流・流木災害調査報告書

ISSN 0386-5878
土研資料 第2833号
平成2年3月(1990)

要旨

水山 高久, 石川 芳治
福澤 誠

平成元年9月2日から3日にかけて愛知県北東部は豪雨に見舞われ、豊根村を流れる天竜川水系伊香川では大規模な土石流が発生した。この土石流には多量の流木が含まれており、これらの流木が人家に衝突して死者1名、負傷者1名、家屋半壊1戸の被害を与えた。本調査報告書は土石流および流木の発生、流下、堆積過程とそれらによる災害の実態を明らかにするため、および砂防ダムの効果を把握するために基礎的な現地調査を行いその結果をとりまとめたものである。

キーワード：土石流、流木、災害、砂防ダム

郵便はがき

郵便切手
はって下さ
い

3 0 5 - □ □

茨城県つくば市大字旭一番地
建設省土木研究所
砂防部砂防研究室
行

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第2833号 部
平成元年9月愛知県伊香川
土石流・流木災害調査報告書

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印

土木研究所資料 第2833号
平成元年9月愛知県伊香川
土石流・流木災害調査報告書