

# 愛知，岐阜，長野三県の豪雨による山地災害調査について

名城大学院理工学研究科 宮田伸吾 溝部美幸  
 名城大学理工学部 (正) 清水泰弘 岡田富士夫

## 1.はじめに

2000年9月11日より12日の集中豪雨により名古屋市内で大水害が発生した。一方，岐阜県，愛知県および長野県の三県に及ぶ広範囲の山地においても土石流を伴った沢ぬけ，斜面崩壊等の土砂災害により集落が孤立化し自衛隊の援助を要請する事態となった。中でも時間雨量80mm，総雨量590mmを越えた降雨地域の岐阜県恵那郡上矢作町およびその付近では，橋の流失と同取付部破損，家屋の全壊，国道を含め道路路側帯決壊および流失，護岸決裂など甚大な被害を受けた。これまでに実施した岐阜県上矢作町と長野県根羽村地域の現地調査の結果を示し，土木構造物の被害や山地斜面崩壊の原因について考察する。



図-1 等累計雨量線図<sup>1)</sup>

## 2.降雨特性

9月10日午後8時から12日午前11時までの上矢作水系の等累計雨量線図と国土交通省雨量観測所の位置を図-1に示す。また，図-2に9月10日0時から12日6時までの1時間ごとの時間雨量の変化について上矢作町付近の国土交通省雨量観測所である上矢作および槍ヶ入の時間雨量と累積雨量を示す。図-1にも見られるように岐阜県上矢作町達原付近を中心として総雨量500mmの降雨地域があり，愛知県東加茂郡明知町より長野県下伊那郡浪合村までの細長い範囲で多雨量地域が発生していた。今回の豪雨ではどの観測所も記録的な雨量であるが，中でも槍ヶ入観測所（達原）では9月11日の23時から24時までの最大時間雨

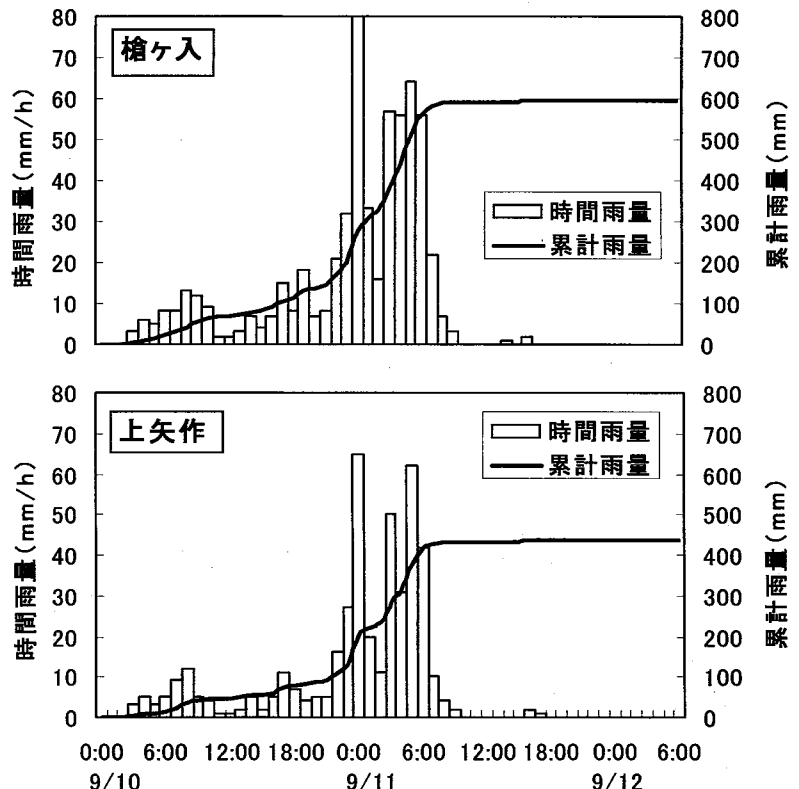


図-2 国土交通省雨量観測所における時間雨量と累計雨量<sup>1)</sup>

量が 80mm，総雨量 595mm，同様に上矢作観測所（横道）でも最大時間雨量 65mm，総雨量 437mm を記録した。これらの雨量は国土交通省の記録によれば、500年に一度の異常降雨であると公表されている。

### 3.災害状況

今回の集中豪雨で総雨量が 400mmを越える地域では山地斜面災害の他、倒木を伴った土石流などにより多くの土木構造物にも被害が生じた。岐阜県恵那建設事務所のまとめでは土木構造物の被害は表-1 のようである。各種土木構造物の主な被害の状況を調べると、橋梁や住宅地などへの流木の衝突、乗り上げあるいは障害、橋脚側面への流木の堆積による河川流路の障害は流域の殆どの橋脚に見られ、いくつかの橋脚および上部工の流失などが見られた。写真-1 に越沢橋の橋脚と橋桁の流失した状況写真を示す。

写真-2 にコンクリートブロック擁壁とアスファルト路面の流失状況を示す。道路山側の沢に土石流が発生し路面下部の埋設管を埋没させ、路面を流下し、道路サイドのコンクリートブロック擁壁の天場とアスファルトの継ぎ目あるいはアスファルトのクラックから浸透した泥水が路盤を浸食し流失させたためアスファルトが路盤の支持を失って順次後退し、同時にコンクリートブロック擁壁が背面の支持を失って写真-2 のような崩壊となった。

今回の集中豪雨により、上流部における斜面崩壊、沢ぬけあるいは土石流にともなった倒木が大量に発生した。それらの流木が矢作ダム湖内に過去 2 ヶ年平均（約 600m<sup>3</sup>）の 70 倍近い約 4 万m<sup>3</sup>も流入したとダム管理者から報告されている。写真-3 に豪雨後の矢作ダム湖口の倒木の堆積状況を示す。この写真から豪雨による増水時のダム湖の水位を確認することができる。なお、副次的にはダムが多量の流木を貯留したことで、下流河川への被害の拡大防止が図られたものと推測される。

表-1 東海豪雨による土木構造物の被害件数

災害	件数
道路	178
河川	273
砂防	45
橋梁	19

(恵那建設事務所調べによる)

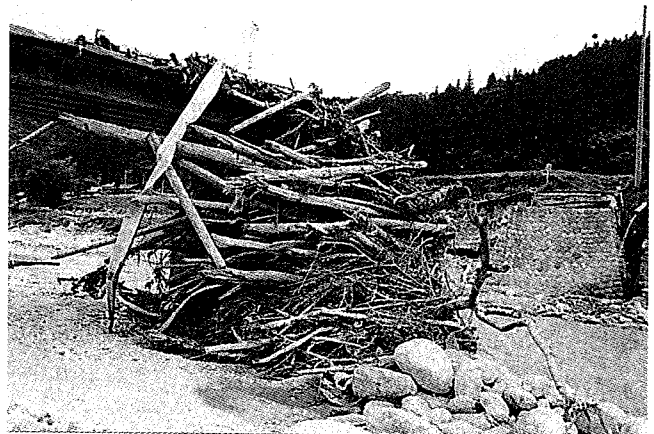


写真-1 上矢作町越沢の橋梁

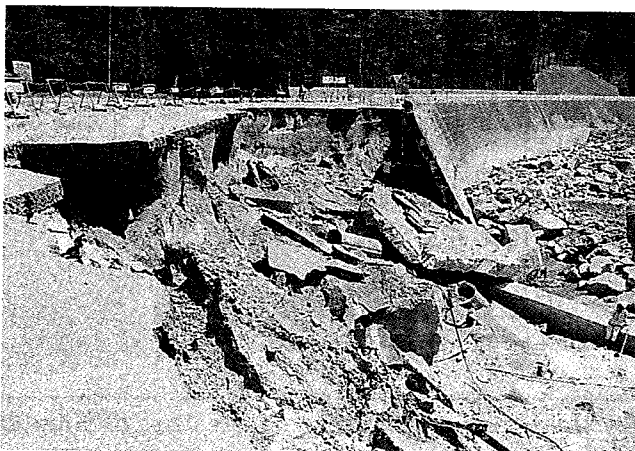


写真-2 擁壁と道路の流出



写真-3 倒木が堆積した矢作ダム湖

#### 4.現場調査

上矢作町周辺の山麓の山地斜面崩壊の現場調査を行った。調査範囲は矢作水系の矢作ダムより上流とし、山地斜面崩壊の状況、倒木および流木量、地形、地質、植林について調査を行った。この地方の地質は領家帯の花崗岩類である伊奈川、武節、天竜峡、三都橋花崗岩が基岩を成しており、その表層部はこれらの強風化層であるまさ土が広く分布している。上矢作町、稲武町、根羽村の一帯では90%が森林であり、杉や檜の植林樹が山林のかなりの割合を占めている。

災害現場の調査ではノンプリズムレーザー距離計やクリノメーターなどを用いて崩壊地形の形状、断面、勾配を測量し、不連続面の斜面勾配と傾斜方向を計測し、倒木の種類、本数、密集度を調査した。調査結果を示すと表-2 のようである。植生状態は植林の未間伐を密、間伐済みを疎と表示した。しかしながら、崩壊地の植林樹は幼齢であり植林の未間伐を斜面崩壊の理由に挙げることは困難である。植林は年数が増すに連れ数回の間伐を行うことから20~30年頃までは下草が繁殖する程度の間隔に成っておらず、多くの杉、檜の植林地では密、疎にかかわらず表土が露出していた。今回の斜面崩壊の特徴は、集水面積が広いことと崩壊長さが長いことである。表層土はまさ土と腐植土の混合で厚さは50cmから3mほどであり、未風化部との境界で崩壊が発生している。崩壊地のほとんどは水平根を持つ杉、檜の植林地帯であったが、垂直根を持つ他の樹木でも一部に同様に崩壊したと考えられる。

岐阜県恵那郡上矢作町周辺では沢ぬけや斜面崩壊が多数発生したが、それらの崩壊地のほとんどが集水地形で、平常時には地表面に流水がほとんど見られず、植林樹に覆われている場所であった。今回行った崩壊地の調査結果の中で崩壊規模、地形および地質並びに誘因に特徴的な斜面崩壊事例を次に示す。

表-2 現場調査調査結果

No.	市町村	地点	岩石	流域面積 ×10 <sup>4</sup> (m <sup>2</sup> )	斜面勾配 (度)	崩壊規模			素因	表面水の有無	植生	植生状態	
						長さ(m)	幅(m)	厚さ(m)					
A	1	上矢作町	中島	花崗岩	25	31~47	130	7~17	1.0~2.5	その他	無	檜	密
	2	上矢作町	横道	花崗岩	14.3	41	28	3~6	0.5~1.0	集水地形	有	檜	密
	3	上矢作町	達原	変成岩	77.5	38	30	4~20	0.5~2.0	集水地形	有	杉、檜	密
	4	上矢作町	達原	変成岩	0.5	47	27	6~18	0.5~1.5	集水地形	無	杉、檜	密
	5	上矢作町	達原	花崗岩	13.1	35	52	4~20	0.5~0.7	集水地形	無	杉	密
	6	上矢作町	達原	花崗岩	0.7	28~38	172	16~20	0.5~1.5	節理	無	杉	疎
	7	上矢作町	達原	花崗岩	1.2	47	28	3~6	0.3~0.5	集水地形	有	杉	密
	8	上矢作町	達原	花崗岩	3.0	33~44	101	6~7	1.0~1.5	集水地形	有	杉、檜	疎
	9	上矢作町	達原	花崗岩	3.7	17~47	154	5~13	1.0~3.0	集水地形	有	杉、檜	疎
	10	上矢作町	達原	花崗岩	6.2	18~39	522	8~40	0.5~3.5	集水地形	有	杉	密
	11	上矢作町	達原	花崗岩	9.6	23~36	592	4.5~17	0.5~3.0	集水地形	有	杉、檜	疎
C	1	上矢作町	阿寺	マサ土	2.5	16~38	337	19~23	0.5~3.0	その他	無	杉、檜	疎
D	1	上矢作町	釜沢	マサ土	11.0	1~37	479	11~60	0.3~1.0	その他	有	杉、檜	疎
E	1	稲武町	小田子	腐植土	1.0	11~35	123	12~14	0.3~0.5	集水地形	無	杉	密
F	1	稲武町	漆瀬	花崗岩	2.0	1~40	146	6~19	0.5~1.5	その他	無	杉、檜	疎
	2	稲武町	漆瀬	花崗岩	24.5	2~33	77	15~30	0.5~3.0	集水地形	無	杉、檜	密
J	6	串原村	ダム	花崗岩	70.1	7~14	523	17~30	0.3~1.5	集水地形	有	杉、檜	疎
K	2	上矢作町	山越	花崗岩	6.4	19~33	334	15~22	0.3~1.0	集水地形	無	杉、檜	疎

岐阜県恵那郡上矢作町を走る国道418号線沿いの山麓では、多数の沢ぬけや斜面崩壊が発生し、国道を決壊させ、孤立する集落があった。なかでも、上矢作町達原では、大規模な斜面崩壊が起きていた。その一例として、上矢作町達原の崩壊斜面は、23~36度で部分的には80度の急な斜面勾配であり、長さが592mと長い幅は4.5~17mと狭く崩壊面積は7.4×10<sup>3</sup>m<sup>2</sup>で集水面積9.6×10<sup>4</sup>m<sup>2</sup>の約8%であった。この斜面は集水地形で集水面積は、付近の地形から見るとあまり大きくはない。崩壊後の斜面は全面に岩盤が露出しており表面は未風化の天竜峡花崗岩で節理が発達し、約80度の流れ盤で沢形状はV字型をなし、節理の方向か

らくさび破壊も確認された。また、このV字の側面勾配は最大約45度もあり、表土層も1m以下と薄層であった。この斜面の崩壊状況を写真-4に示す。この斜面の中上部では節理面に沿った勾配や数十cmの小段の連続であるが、写真-5に示す下部では幅と高さが数mの階段状が連続している状態が見られた。この現象は、土石流化した崩壊土砂の勢いで節理面が数mの深さまで掘り起こされ剥ぎとられたものと考えられる。



写真-4 上矢作町達原の斜面崩壊（斜面中部）

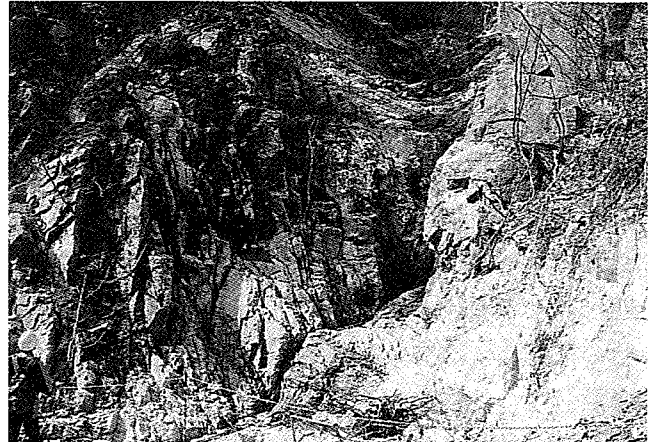


写真-5 上矢作町達原の斜面崩壊（斜面下部）

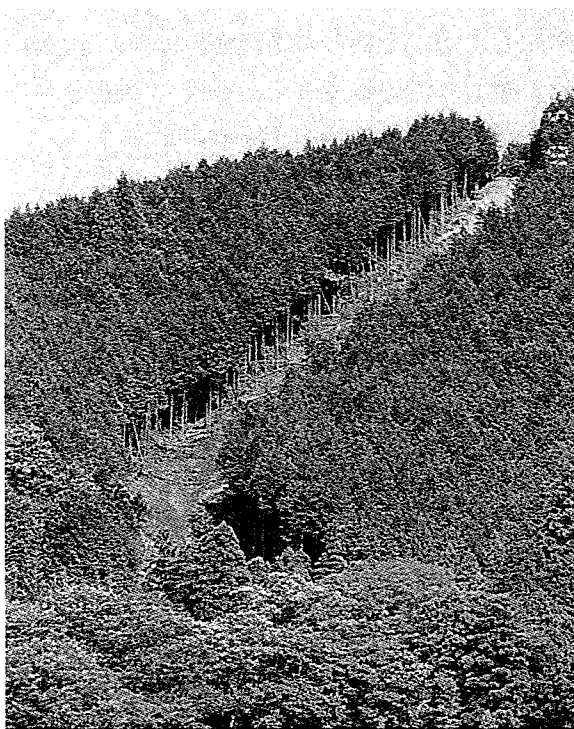


写真-6 上矢作町阿寺の斜面崩壊

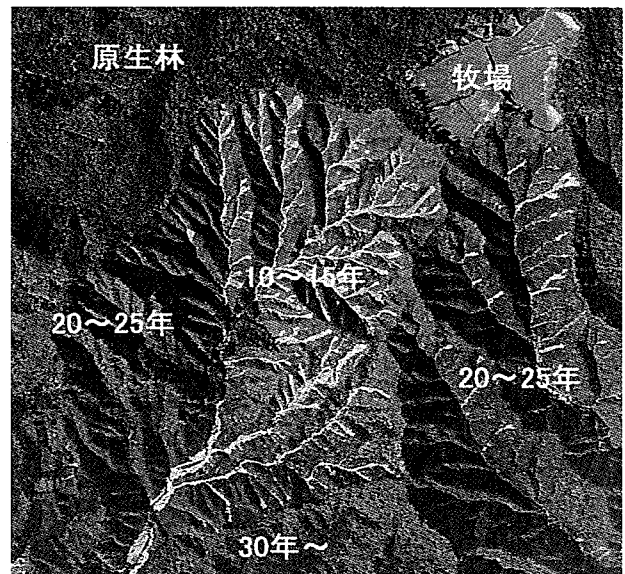


写真-7 根羽村周辺の航空写真<sup>2)</sup>

写真-6に上矢作町阿寺の斜面崩壊を示す。この斜面崩壊は、林道が水路化し集水面積が増大したことにより、大規模な斜面崩壊となったと考えられる。上矢作町付近の山麓では、このような大規模な崩壊が多数発生していた。また、長野県下伊那地方においても、東海豪雨により広範囲において無数の沢ぬけおよび斜面崩壊が発生した。中でも、根羽村付近の山麓では集中的に斜面崩壊が発生しており、その一例として長野県下伊那郡根羽村小戸名付近の航空写真を写真-7に示す。写真-7では、原生林や20年以上の植林地域においては崩壊が生じていないのに対して、10~15年の植林地において崩壊が多数発生している。

今回、崩壊が生じた10~15年ほどの檜の幼齢林は、海拔1000~1200mで面積が $8.7 \times 10^5 \text{m}^2$ 、平均こう配は15度であり、15年前までは樹齢50年ほどの檜林であった。15年前に檜を皆採し新しい檜を植林した。写真-8に示すように残された切り株や根などは枯れ腐食が進行し、地中根の部分が空洞化し地盤を緩める原因となった。この現象が根羽村小戸名の幼齢林の植林斜面において集中的に斜面崩壊を引き起こした誘因

と考えられる。そこで改めて写真-7を見ると、南西斜面で崩壊が多く見られ、北東斜面では崩壊が少ない。このことは皆採により残った根の腐食条件の違いにより南向き斜面が北向き斜面に比べより早く腐食が進行し地盤を緩める原因を作ったものと考えられる。

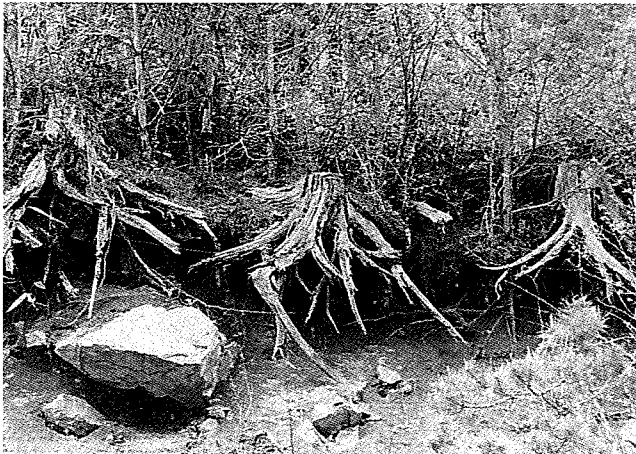


写真-8 皆採により残された檜の切り株



写真-9 根羽村小戸名の斜面崩壊

### 5. 斜面崩壊地の土質調査

斜面崩壊の一要因と考えられる表層土の状態を調べるために崩壊地の表層土を採集し、土質調査を実施した。土質調査は、土粒子の密度試験と含水比試験と粒度試験およびX線分析を行った。表層土の諸物理定数を表-3に示す。密度が若干小さめな値であることは、試料中に腐植した有機物の混入されていることによると考えられる。また、密度が小さければ含水比が高めとなる対応した結果が表れている。粒度特性は、全ての試料の細粒土分は数%以下で、大半が礫分と砂分で構成されている。粒度分布状態は均等係数 ( $U_c > 10$ ) および曲率係数 ( $U_c'$  が 1~3 の場合) をともに満足する物が無く、採取土の全てが粒度分布の悪い物である。X線回折結果より、表層土の構成鉱物を主な粘土鉱物と岩石鉱物に判定すると表-4に示される。採取した試料の大半が、一次鉱物の石英・長石が主で、ギブサイト・タルクを含む物もある。粘土鉱物としては、相

表-3 表層土の諸物理定数

No.	採取場所	密度 $\rho_s$ ( $g/cm^3$ )	最大粒径 (mm)	$P_{2.0}$ (%)	$P_{0.075}$ (%)	$D_{60}$ (mm)	$D_{30}$ (mm)	$D_{10}$ (mm)	平均粒径 D(mm)	均等係 数 $U_c$	曲率係 数 $U_c'$	含水比 $\omega$ (%)	土質 分類
1	上矢作町阿寺1	2.517	125	54.9	1.5	2.3	0.47	0.15	1.4	15.3	0.64	11.2	SG
2	上矢作町阿寺2	2.406	20.2	73.5	1.1	0.85	0.21	0.1	0.46	8.5	0.52	31.5	SG
3	上矢作町本郷1	2.536	16.7	42.6	0.7	3.4	0.92	0.28	2.5	12.1	0.89	8.1	GS
4	上矢作町本郷2	2.538	19.5	42.9	0.4	3.8	0.71	0.22	2.6	17.3	0.60	10.4	GS
5	稲武町中当	2.487	31.8	67.7	5.0	0.7	0.16	0.085	0.33	8.2	0.43	31.7	SG
6	稲武町稲橋	2.365	14.3	95.8	2.1	0.55	0.26	0.11	0.46	5.0	1.12	42.0	S
7	根羽村小戸名	2.472	23.1	68.8	2.1	1.5	0.52	0.16	1.1	9.4	1.13	13.2	SG
8	小牧市野口	2.391	40.0	89.7	3.2	0.6	0.15	0.085	0.42	7.1	0.44	22.1	SG

表-4 表層土の構成鉱物

No.	採取場所	主な粘土鉱物	岩石鉱物
1	上矢作町阿寺1	無し	長石
2	上矢作町阿寺2	モンモリロナイト パーミキュライト	石英 長石 ギブサイト
3	上矢作町本郷1	モンモリロナイト パーミキュライト クロライト	石英 長石
4	上矢作町本郷2	モンモリロナイト	石英 長石 ギブサイト
5	稲武町中当	パーミキュライト	長石 タルク ギブサイト
6	稲武町稲橋	パーミキュライト クロライト	石英 長石 タルク
7	根羽村小戸名	カオリナイト	長石 タルク

対強度からして僅かな含有量でいずれも無視できるものである。従って、この試料は密に地盤が締まることなくルーズな状態であったと推察される。

まさ土の拡大写真を写真-10に示す。崩壊地の表層土のほとんどが花崗岩の風化体であるまさ土であった。崩壊地のまさ土は土質調査結果や拡大写真からも明らかなように密度が小さく粒度分布も悪くルーズな状態にあった。そのため、崩壊地盤は浸水すると非常に流動化しやすく強度低下を招き易い性質であることが判明した。

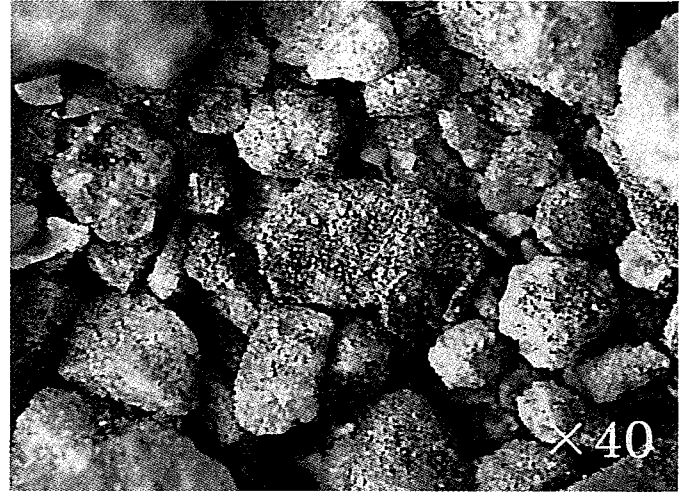


写真-10 まさ土の拡大写真

## 6. 調査地域の基岩と斜面崩壊分布

調査地域の上矢作町周辺の地質図を図-3に示す。この地域は、領家花崗岩類の伊奈川花崗岩、天竜峡花崗岩、三都橋花崗岩、武節花崗岩、領家変成岩等が分布しているが、特に400mm以上の降雨があった地域は天竜峡花崗岩が多く分布している地域で他の花崗岩に比べ風化浸食が遅く、表土のまさ土層が薄く、いたるところに岩盤が露出している急峻な地形である。上矢作町飯田洞を中心に10km四方の範囲の崩壊箇所の分布を調べると、上矢作町横道～達原周辺では1～9件/km<sup>2</sup>、上矢作町阿岳本谷周辺では3～13件/km<sup>2</sup>、崩壊の集中した白井沢付近では8～13件/km<sup>2</sup>の崩壊分布が確認された。崩壊地の分布を図に示すと図-4(a)、(b)のようである。

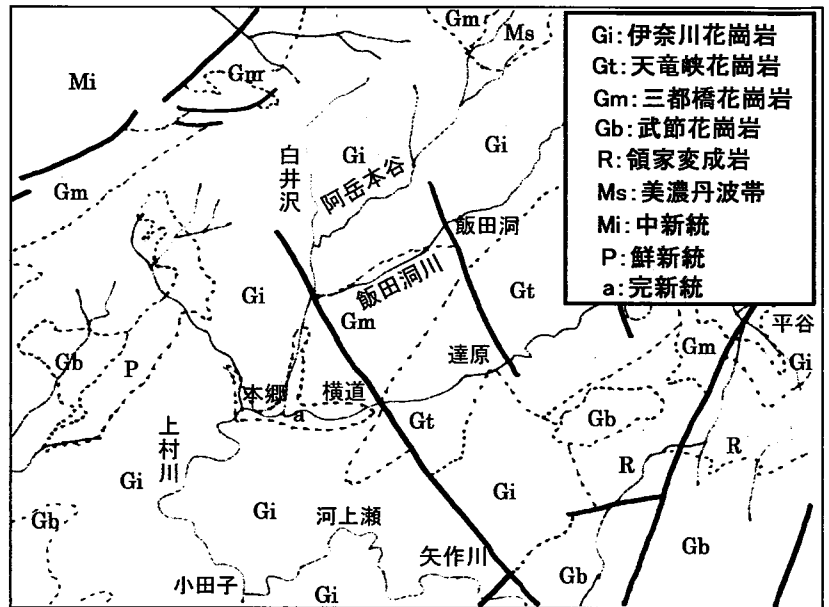


図-3 上矢作町周辺の地質図<sup>3)</sup>

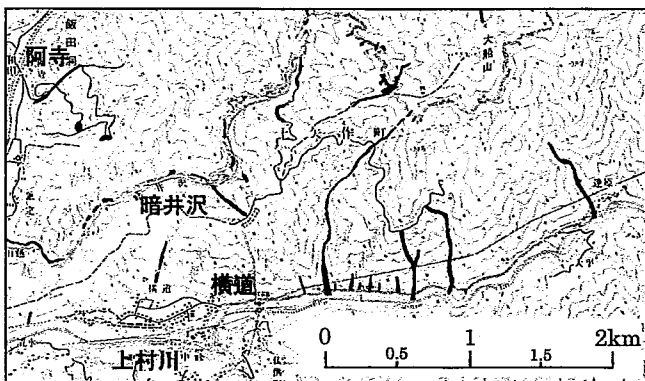


図-4 (a) 上矢作町横道周辺の崩壊地分布図

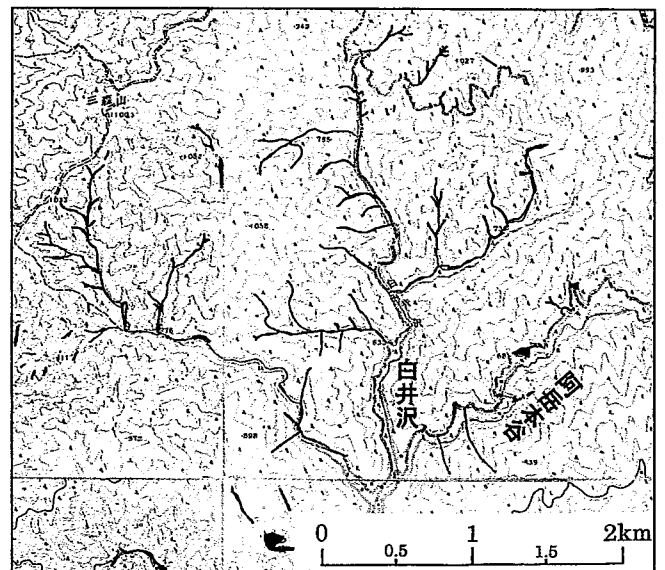
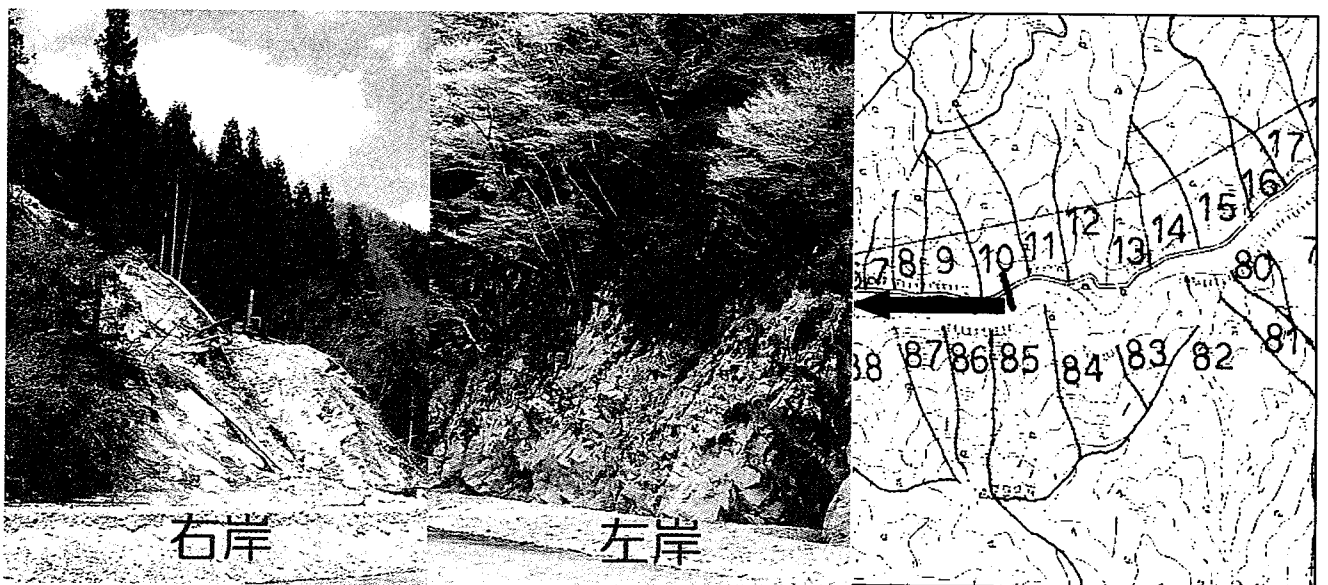
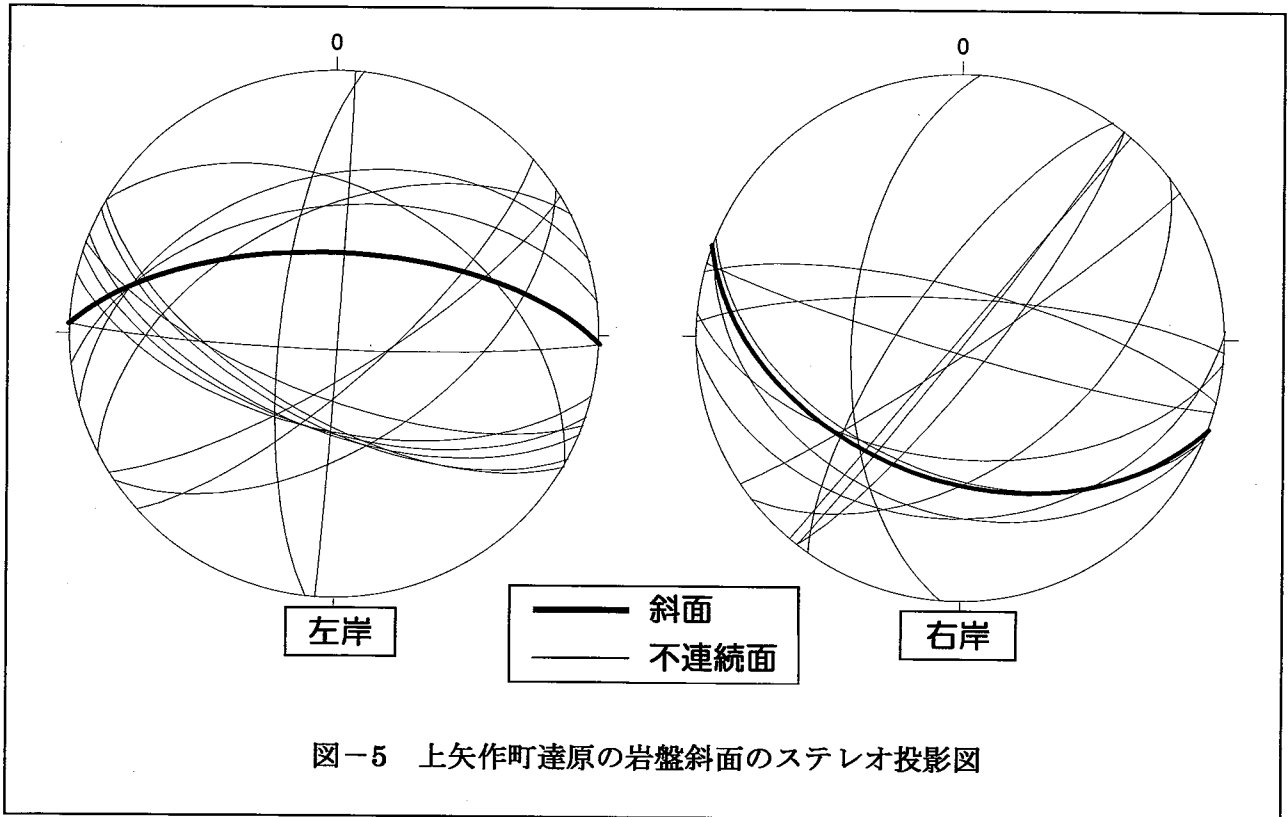


図-4 (b) 上矢作町白井沢周辺の崩壊地分布

## 7. 岩盤不連続面の方向が斜面崩壊にあたる影響

上矢作町達原の上村川の右岸で斜面崩壊が多数存在するのに対して、左岸では斜面崩壊が殆ど確認されなかった。上村川の右岸側と左岸側の岩盤不連続面の斜面勾配と傾斜方位を図-5に示す。同図から上村川右岸では卓越する不連続面方向は斜面に対して約 $80^\circ$ の流れ盤であり、同様に左岸では差し目盤である。同地点の右岸と左岸の岩盤状況を示すと図-6のようである。右岸に比べ左岸が急斜面であることが分かる。斜面傾斜角は左岸の方が急勾配となるが岩盤表面の形状あるいは植生の地中根の張り方などの諸条件の違いから、斜面勾配が急傾斜にもかかわらず右岸のように斜面崩壊が多発しなかったと考えられる。



## 8.雨量と斜面崩壊の関係

上矢作町周辺地域の各沢の斜面勾配と集水面積の関係を崩壊の有無によって分類し図示すると図-7 のようである。斜面勾配が急な地形でも未崩壊が多いが、集水面積が大きくなると斜面勾配が緩くても崩壊している箇所が多いことが見られ、斜面勾配の大小よりもむしろ集水面積の規模が斜面崩壊に大きく影響していることが明らかとなった。

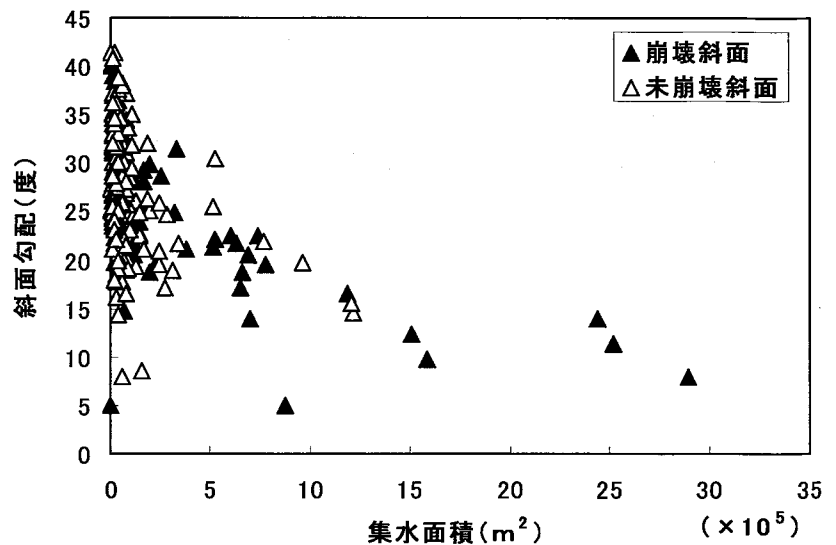


図-7 集水面積と斜面勾配との関係

## 9.まとめ

今回の集中豪雨による斜面崩壊の特徴は、豪雨地域が海拔 900～1200mの高地

であり、急峻な斜面と集水面積が大きな集水地形であることから沢ぬけや石流などによる植樹林の倒木が多発し、国道および下流河川沿いに甚大な被害を与えた。調査結果をまとめると以下のようなものである。

- (1) 斜面崩壊は海拔 900～1200mの高地の急峻な斜面で、集水面積が広い集水地形で多く発生した。
- (2) 今回の斜面崩壊地は強風化花崗岩地帯で表土は殆どまさ土であり、崩壊しやすい地質であった。
- (3) 斜面崩壊は植樹林で発生したが、十分間伐された植樹林あるいは自然林では殆ど発生していない。
- (4) 植樹林の倒木が大量に発生し、道路構造物、農耕地、建築物および人身に甚大な被害を及ぼした。
- (5) 幼齢林地域の斜面崩壊が多く、伐採後の根の腐食による地盤の緩みが崩壊の誘因となった。
- (6) 流れ盤の岩盤斜面において崩壊が多く見られた。

## 10.おわりに

この災害調査は、文部省突発災害研究「2000年9月東海豪雨災害に関する調査・研究」により実施した。本調査研究に関して、名古屋大学大学院工学研究科辻本哲郎教授、同研究室の諸氏に多くの助言を頂いた。さらに、国土交通省中部整備局をはじめとして多治見工事事務所、岐阜県恵那郡上矢作町、愛知県北設楽郡稲武町、恵南森林組合、愛知県設楽事務所、長野県飯田建設事務所、長野県下伊那地方事務所(林務課)に多くの資料を快く提供して頂いたことに深謝いたします。また、この現地調査に協力して頂いた林紀寛(ゼンヨーコンサルタンツ株式会社)、村瀬秀仁(トピーエンジニアリング株式会社)に感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 建設省豊橋工事事務所：東海豪雨緊急調査報告書，2000.11
- 2) 国土交通省中部地方整備局資料，2000.9
- 3) 辻本哲郎他：2000年9月東海豪雨災害に関する調査研究，平成12年度科学研究費補助金研究成果報告書，pp.247—252，2001.3