

風倒木と山腹崩壊 (その2)

松村和樹*

1991年に風倒木が発生した大分県日田地方や熊本県小国地方で、風倒木地を中心に1993年6月梅雨期の雨で、多数の崩壊・土石流が生じた。このときの降雨は、対象地域内の降雨観測所の記録から判断して、通常崩壊を発生させる降雨に比べその量は大きいものではなかった。以下に大分県の日田地方を中心に、1993年の災害の実態を示す。

1. 対象地域

本対象エリアは、1991年に生じた風倒木被害の著しい大分県日田市に近い筑後川上流域である。この地域の中で、前津江村(流域面積：78.99km²)、中津江村(流域面積：81.91km²)、上津江村(流域面積：88.53km²)の合計流域面積249.43km²の地域を航空写真判読を用いて調査した。その中で、崩壊・土石流が集中的に発生した河原川支川白草川(流域面積：9.54 km²)、熊戸川(流域面積：3.44 km²)、黒谷川(流域面積：7.56 km²)の3流域については現地調査を行った(図1)。

対象地域の表層地質を図2に示す((財)日本地図センター1993)。

下図に示すように当該地域の主たる表層地質は、安山岩類であり、その他に集塊岩と一部に花崗岩の貫入が認められる。

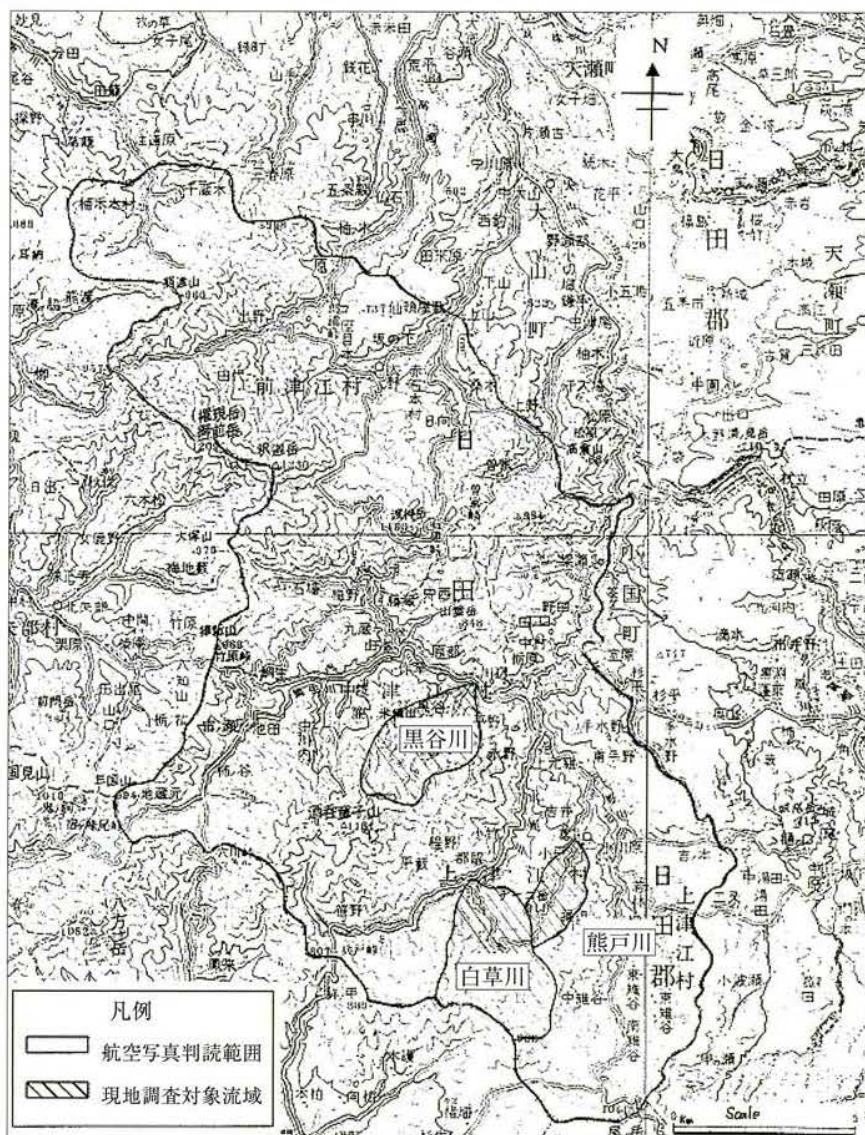


図1 対象流域(筑後川上流域：前津江村、中津江村、上津江村)

* (財)砂防・地すべり技術センター砂防部長

2. 降雨の実態

2.1 降雨資料の収集・整理

崩壊の発生した1993年6月の降雨時に風倒木地が多く崩壊が多発した上津江村内の熊戸観測所のハイトグラフ(図3)と崩壊発生前の時間雨量等雨量

線図を作成し、地域の代表観測所におけるこの降雨の評価を行った。

等雨量線の作成に用いた観測所は44観測所であるが、対象流域内に20年以上のデータの蓄積があり、確率解析が行えると判断された観測所は、「黄川」、「杖立」、「鯛生」、「大野」の4観測所である。

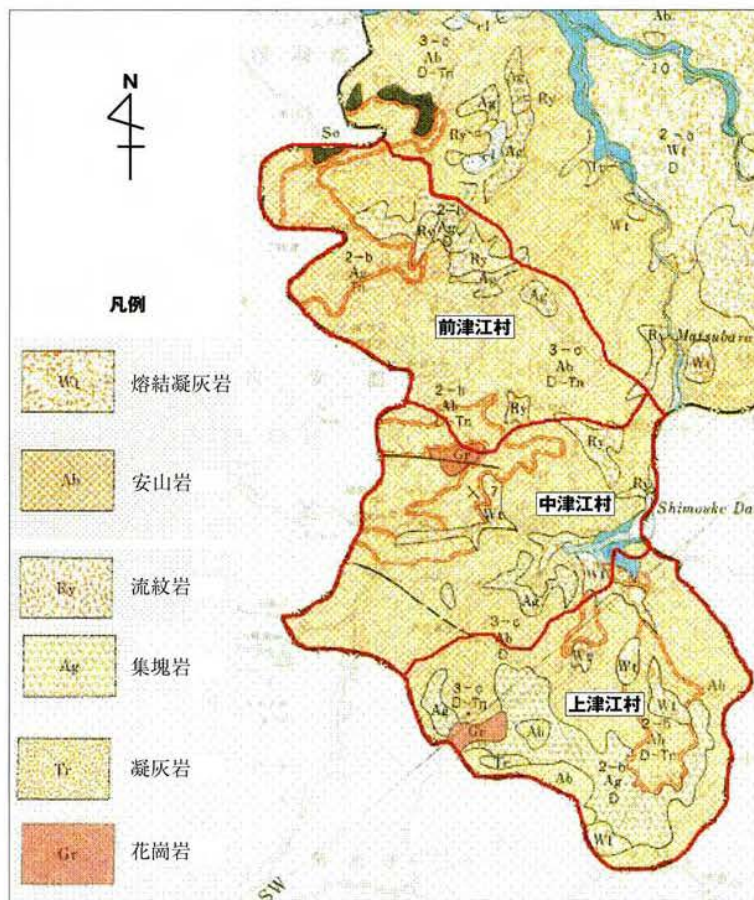


図2 対象地域の表層地質図

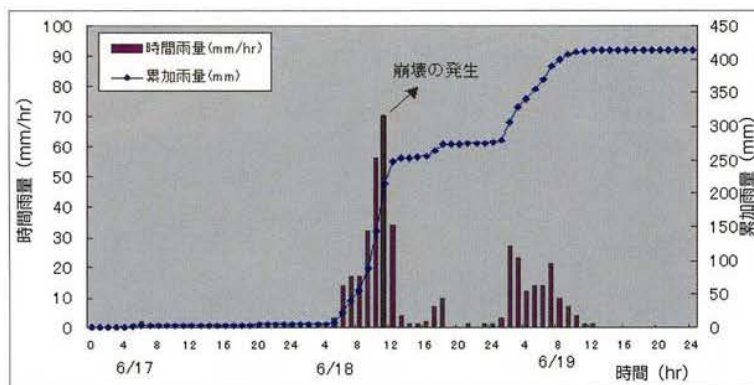


図3 1993年6月のハイトグラフ(熊戸観測所)

2.2 降雨の規模

上記の4観測所について、各1、3、4、5、6、9の時間雨量と日雨量の確率計算を岩井法で行った。このうち「杖立」以外の観測所では、1989、1990年のデータが欠測で1990年の九州地方の集中豪雨が含まれないため、確率降雨は若干小さく評価されている可能性がある。この結果を表1に示す。

これらの解析から、このときの降雨の最も確率年が高かったのは、鯛生観測所の1時間雨量では100年超過確率を超えている。その次に熊本県小国町杖立観測所の5時間雨量で約30年超過確率であり、同じく5時間雨量では、鯛生観測所で5年超過確率、大野観測所で2~5年超過確率、黄川でも2~5年超過確率であり、鯛生の1時間雨量を除き1993年の6月降雨はそれほど大きな降雨ではなかったと認められる。

2.3 等雨量線図の作成

1993年6月の降雨とそのときに発生した崩壊の関係を検討するため、1993年6月豪雨時における土石流発生前の1、3、4、5、6、9時間雨量と日雨量の等雨量線図を作成した(代表として1、6時間と日雨量の等雨量線図を図5-1~3に示す)。

これらの図から、1時間雨量では上津江村に雨域の中心があり、日雨量では、上津江村から熊本県の小国町杖立を中心とした強雨域を持っていたことを示している。

3. 対象流域の崩壊の特徴

3.1 風倒木地と崩壊

図6に1991年に発生した風倒木地と崩壊・土石流の関係を示す。

対象流域の風倒木地と非風倒木地の崩壊発生の特徴を捉えるため、各流域の崩壊発生状況を表2に示す。

崩壊発生状況を風倒木地と非風倒木地で比較すれば、発生個数では非風倒木地の個数は風倒木地の約1.5倍であるが、風倒木地の面積が対象流域の約15%であることから、単位面積当たりの崩壊発生頻度では4倍、崩壊面積率では約5倍となっている。しかし、先に示したようにそれほど大きくない1993年6月の降雨でこれほど多くの崩壊の発生は、非風倒木地の中にも風倒木地と同様な表層土の擾乱が生じているエリアがあることを示唆するものである。

3.2 崩壊と降雨の関係

崩壊を多発させた1993年6月の降雨量は、前述のように一部の地域を除き当該地域の約10年確率程度の規模であり、一般にはこの程度の規模の降雨では崩壊は多発しないと考えられているが、このときには対象3村で崩壊が約4,000ヶ所発生している。このデータと他地域の崩壊発生下限降雨に関して比較を行う。

先の表層地質図から調査対象地域の主な表層地質は安山岩であり、他の安山岩地域の崩壊に関して文献から引用する。

芦田等(1986)は、1966年の西湖の災害データから1983年の鳥根災害までの主だった豪雨時の崩壊資料を

解析し、図7のように整理している。この図から、安山岩地域における崩壊発生降雨は日雨量170mmでかつ時間雨量60mmが下限値と考えられるが、全体では図に示したように日雨量の下限値約220mmと1時間雨量60mmに囲まれたゾーンでは崩壊は発生していない。

1993年の崩壊発生状況を芦田等と同じ方法で整理すれば、1時間雨量60mmと連続雨量220mmに囲まれたエリアにおいても崩壊が多数発生していることが確認でき、このときの崩壊発生は通常より小さな降雨で発生したと認められる。

さらに、調査対象地域における1993年の崩壊と降始めからの連続雨量として崩壊発生前の9時間等雨

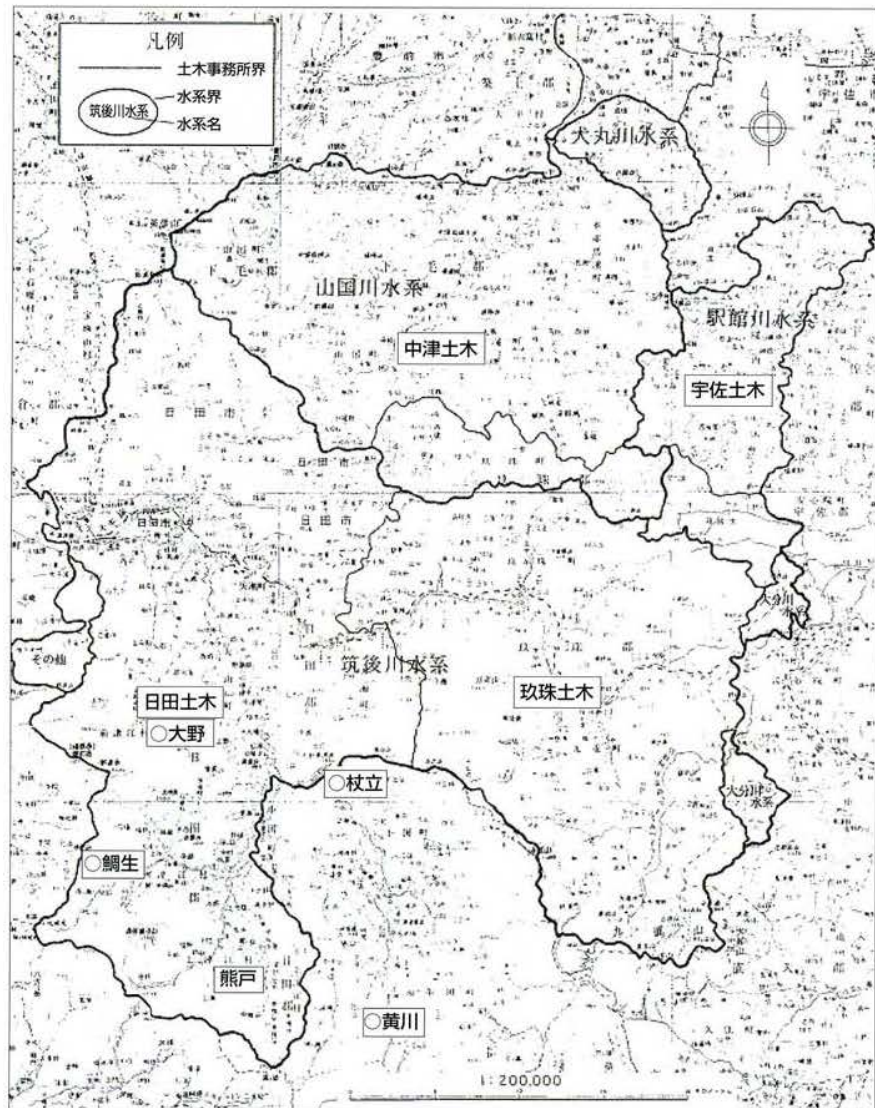


図4 雨量観測所位置図(解析観測所と熊戸観測所)

表1 確率降雨量（岩井法） 単位 mm

◎1時間雨量

	H5.6 降雨実績	2年	5年	10年	20年	30年	50年	100年
黄川	30	46.0	58.2	65.8	72.8	76.7	81.4	87.8
杖立	51	36.6	46.2	51.3	55.7	57.9	60.6	63.9
鯛生	70	45.7	51.4	55.0	58.4	60.3	62.6	65.8
大野	43	41.2	55.2	64.5	73.3	78.4	84.8	93.5

◎3時間雨量

	H5.6 降雨実績	2年	5年	10年	20年	30年	50年	100年
黄川	69	79.0	101.1	115.4	128.9	136.7	146.2	159.2
杖立	136	60.9	82.9	97.2	110.9	118.7	128.4	141.6
鯛生	120	91.8	113.9	128.0	141.0	148.4	157.6	169.8
大野	89	78.4	98.6	110.1	120.1	125.5	131.9	140.1

◎4時間雨量

	H5.6 降雨実績	2年	5年	10年	20年	30年	50年	100年
黄川	87	89.8	115.8	133.9	151.8	162.3	175.8	194.4
杖立	149	72.2	98.2	115.5	312.2	143.8	153.9	170.5
鯛生	136	104.0	145.5	173.4	200.4	216.2	235.9	263.1
大野	85	87.9	113.0	128.3	142.3	150.1	159.5	172.0

◎5時間雨量

	H5.6 降雨実績	2年	5年	10年	20年	30年	50年	100年
黄川	91	99.2	127.8	147.3	166.6	177.8	192.1	211.8
杖立	180	80.9	109.9	128.8	146.7	157.0	169.8	187.1
鯛生	163	115.9	166.0	200.4	234.1	253.9	278.8	313.3
大野	107	99.3	126.0	141.7	155.8	163.5	172.9	185.0

◎6時間雨量

	H5.6 降雨実績	2年	5年	10年	20年	30年	50年	100年
黄川	121	109.2	140.6	161.1	180.5	191.7	205.6	224.4
杖立	216	86.7	119.8	142.1	163.8	176.5	192.4	214.2
鯛生	200	136.9	173.9	195.5	214.7	225.2	237.8	254.2
大野	126	109.6	138.8	156.3	172.0	180.7	191.1	204.8

◎9時間雨量

	H5.6 降雨実績	2年	5年	10年	20年	30年	50年	100年
黄川	159	128.9	164.2	189.6	215.5	231.0	250.9	279.1
杖立	240	105.3	145.6	171.4	195.5	209.3	226.2	249.0
鯛生	225	165.4	208.9	234.2	256.7	269.0	283.8	303.0
大野	138	131.5	165.5	186.0	204.5	214.7	227.1	243.5

◎日雨量

	H5.6 降雨実績	2年	5年	10年	20年	30年	50年	100年
黄川	184	178.6	235.5	272.5	307.2	327.0	351.5	384.6
杖立	265	135.3	187.6	219.1	247.6	263.4	282.6	307.8
鯛生	244	213.9	281.5	319.4	352.1	369.7	390.5	417.1
大野	159	172.3	218.8	246.2	270.6	284.0	300.1	321.0

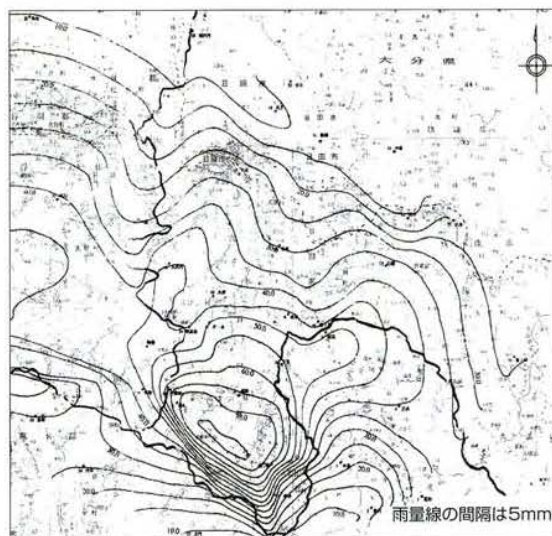


図5-1 1時間等雨量線図

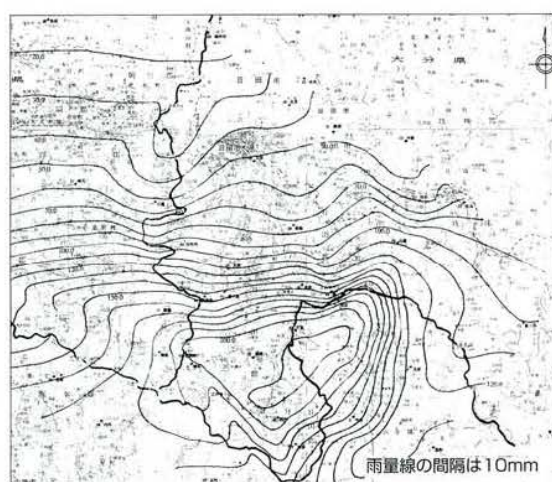


図5-2 6時間前等雨量線図

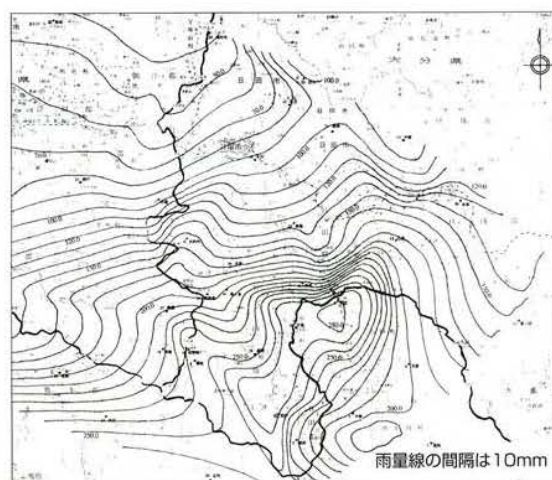


図5-3 6月18日の日等雨量線図

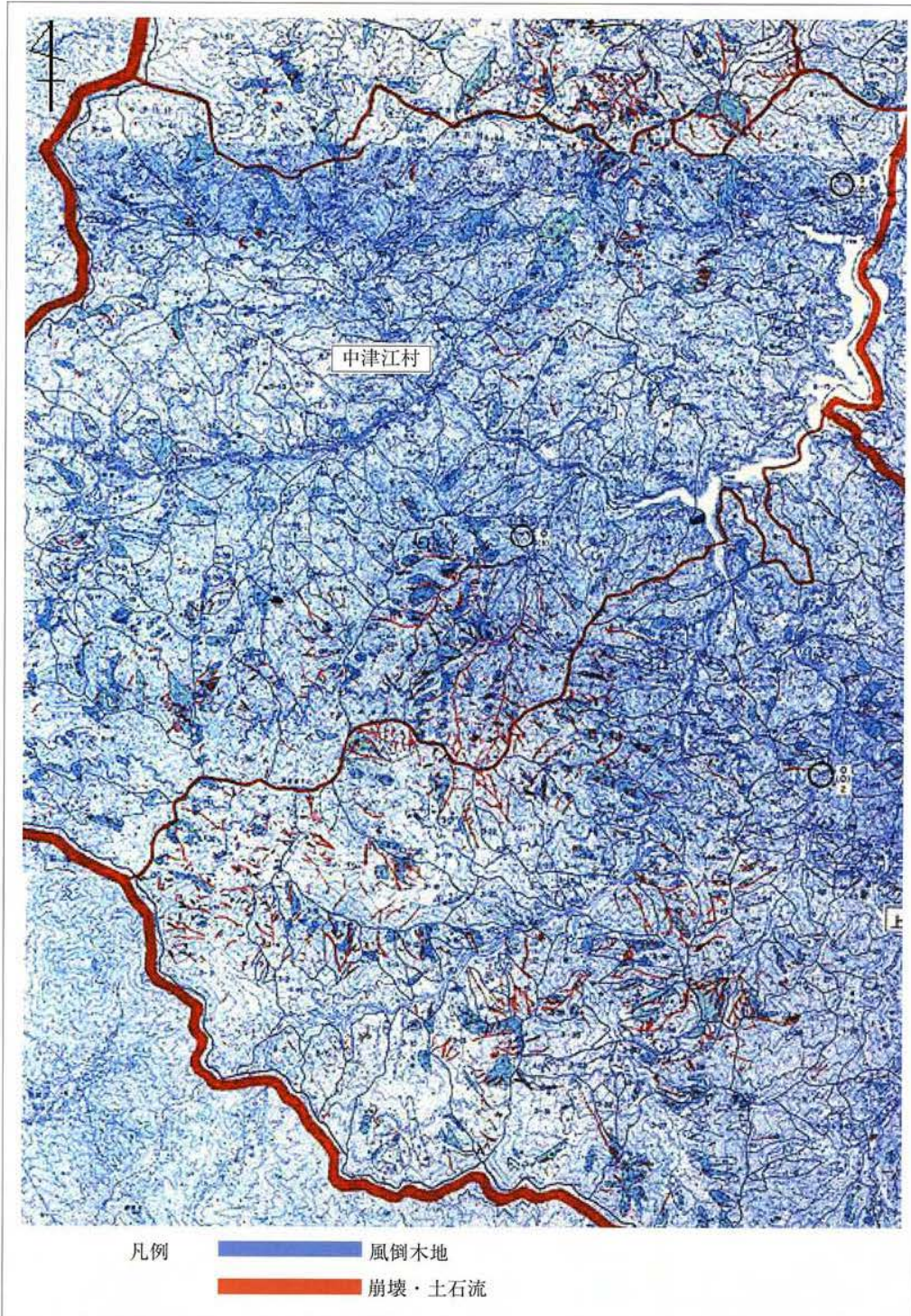


図6 下笠ダム周辺の風倒木地と崩壊・土石流

表2-1 風倒木地・非風倒木地別の崩壊状況（村別）

①風倒木地における崩壊状況

村名	風倒木地	崩壊地		崩壊地面積		崩壊生産土砂量	
	斜面面積 km ² ①	箇所数 ②	1km ² 当たり 箇所数 ②/①	面積 1000m ² ③	面積率 % ③/①	土砂量 m ³ ④	1km ² 当たり 土砂量 ④/①
前津江村	6.69	260	38.8	109.7	1.64	87,760	13,120
中津江村	7.41	379	53.1	114.4	1.54	91,520	12,350
上津江村	8.44	493	58.4	150.3	1.78	120,240	14,250
合計	22.54	1,132	51.1	374.4	1.66	299,520	13,290

②非風倒木地における崩壊状況

村名	非風倒木地	崩壊地		崩壊地面積		崩壊生産土砂量	
	斜面面積 km ² ①	箇所数 ②	1km ² 当たり 箇所数 ②/①	面積 1000m ² ③	面積率 % ③/①	土砂量 m ³ ④	1km ² 当たり 土砂量 ④/①
前津江村	70.74	512	7.2	123.4	0.17	98,720	1,400
中津江村	76.72	1,062	13.8	222.1	0.29	177,680	2,320
上津江村	79.20	1,296	16.4	245.4	0.31	196,320	2,480
合計	226.66	2,870	12.7	590.9	0.26	472,720	2,090

③実態調査全域における崩壊状況

村名	全地域	崩壊地		崩壊地面積		崩壊生産土砂量	
	斜面面積 km ² ①	箇所数 ②	1km ² 当たり 箇所数 ②/①	面積 1000m ² ③	面積率 % ③/①	土砂量 m ³ ④	1km ² 当たり 土砂量 ④/①
前津江村	76.73	802	10.5	223.1	0.30	186,480	2,430
中津江村	83.86	1,441	17.2	336.6	0.40	269,280	3,220
上津江村	87.64	1,789	20.4	395.7	0.45	316,560	3,620
合計	248.23	4,032	16.2	955.4	0.38	772,320	3,120

量線ごとの崩壊個数を集計し整理を行った。

このように、当該地域では時間雨量30mm連続雨量90mmから崩壊が発生し始めていることが認められ、芦田等がまとめた結果では時間60mmと連続220mmのエリアにおいては崩壊の発生はないが、本対象地域において1993年6月には崩壊が多発している。このことから1993年6月の崩壊発生は、極めて異例な現象であり、1991年に発生した風倒木の影響が大きいといえよう。

また、図8-1～2から風倒木地と非風倒木地と

の差異はあまり認められないが、表2-1～2に示したように崩壊個数密度においては風倒木地の方が非風倒木地より大きい。これは非風倒木地には強風で強く揺すられ表層土が弱体化した地域と風の影響をそれほど受けていない地域が混在しているためと考えられる。いずれにせよ同じ程度の降雨で崩壊が発生していることは、非風倒木地に風倒木地と同じ状態の地域があることが考えられ、その地域の同定が重要である。

表 2-2 風倒木地・非風倒木地別の崩壊状況（流域別）

①風倒木地における崩壊状況

流域名	風倒木地	崩壊地		崩壊地面積		崩壊生産土砂量	
	斜面面積 km ² ①	箇所数 ②	1km ² 当たり 箇所数 ②/①	面積 1000m ² ③	面積率 % ③/①	土砂量 m ³ ④	1km ² 当たり 土砂量 ④/①
熊戸川	0.44	32	72.7	11.3	2.57	9,040	20,550
白草川	1.61	146	90.7	36.7	2.28	29,330	18,220
黒谷川	1.00	136	136.0	30.0	3.00	24,020	24,020
合計	3.05	314	103.0	78.0	2.56	62,390	20,460

②非風倒木地における崩壊状況

流域名	非風倒木地	崩壊地		崩壊地面積		崩壊生産土砂量	
	斜面面積 km ² ①	箇所数 ②	1km ² 当たり 箇所数 ②/①	面積 1000m ² ③	面積率 % ③/①	土砂量 m ³ ④	1km ² 当たり 土砂量 ④/①
熊戸川	3.00	47	15.7	14.1	0.47	11,260	3,760
白草川	7.93	140	17.7	31.3	0.39	25,020	3,160
黒谷川	6.56	239	36.4	47.3	0.72	37,800	5,770
合計	17.49	426	24.4	92.7	0.53	74,080	4,240

③実態調査全域における崩壊状況

流域名	全地域	崩壊地		崩壊地面積		崩壊生産土砂量	
	斜面面積 km ² ①	箇所数 ②	1km ² 当たり 箇所数 ②/①	面積 1000m ² ③	面積率 % ③/①	土砂量 m ³ ④	1km ² 当たり 土砂量 ④/①
熊戸川	3.44	79	23.0	25.4	0.73	20,300	5,910
白草川	9.54	286	30.0	68.0	0.71	54,350	5,700
黒谷川	7.56	375	49.6	77.3	1.02	61,820	8,180
合計	20.54	740	36.0	170.7	0.83	136,470	6,650

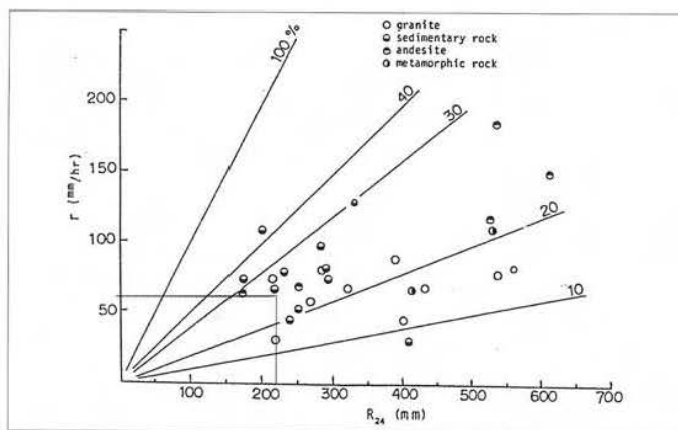


図7 崩壊発生降雨（芦田等）

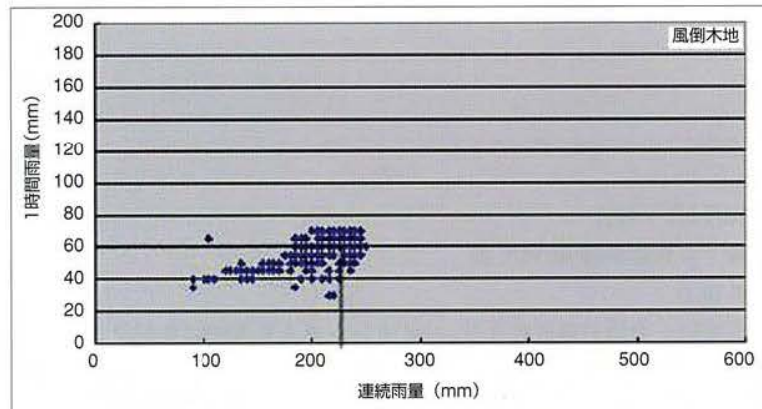


図8-1 1993年崩壊と降雨の関係 (風倒木地)

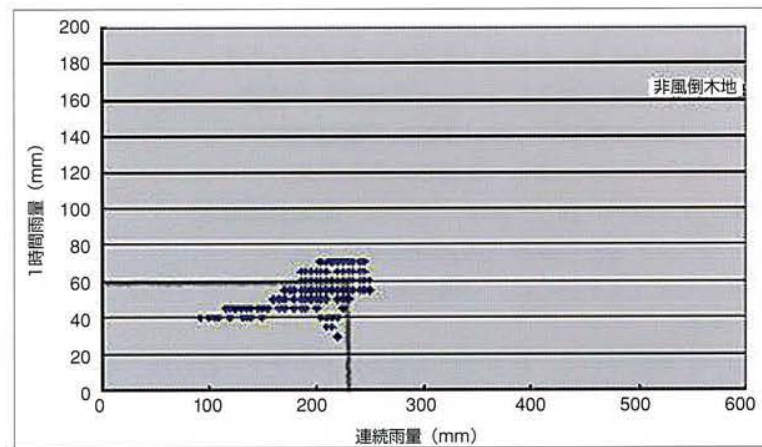


図8-2 1993年崩壊と降雨の関係 (非風倒木地)

【引用文献】

- 芦田和男、江頭進治、青井博志：豪雨時の山腹崩壊に関する資料解析的研究、京都大学防災研究所年報、第29号、B-2、p.309-327、1986
- (財)日本地図センター：土地分類図（大分県）1993