

# 治山事業による効果的な流木対策に関する検討会議

## 第2回検討委員会資料

### — 目 次 —

#### <<R4.8月県北豪雨災害における流木災害の検証>>

- 1. R4.8月県北豪雨災害における流木災害の実態
  - 1.1. R4.8月県北豪雨災害の降雨規模 . . . . . 1-1
  - 1.2. R4.8月県北豪雨災害における流木被害の状況 . . . . . 1-2
  - 1.3. R4.8月県北豪雨災害における流木量の推計 . . . . . 1-4
- 2. 流木被害の検証及び原因推計
  - 2.1. R4.8月県北豪雨災害における流木発生の特徴 . . . . . 2-1
  - 2.2. R4.8月県北豪雨災害における流木の発生メカニズム . . . . . 2-5
  - 2.3. R4.8月県北豪雨災害における流木発生崩壊地の特徴 . . . . . 2-9
  - 2.4. S42羽越災害における山腹荒廃地の特徴 . . . . . 2-17
  - 2.5. 治山事業及び森林の効果 . . . . . 2-21

#### <<今後の治山事業による流木対策の方針>>

- 3. 降雨規模に対応した流木量の推計手法
  - 3.1. 解析雨量と荒廃発生の関係 . . . . . 3-1
  - 3.2. R4.8月県北豪雨災害降雨による荒廃発生回帰式と流木量の推計手法 . . . . . 3-4
  - 3.3. 流木発生危険溪流の抽出手法（第3回検討委員会の方向性） . . . . . 3-8



# 1. R4. 8 月県北豪雨災害における流木災害の実態

## 1. R4. 8 月県北豪雨災害における流木災害の実態

### 1. 1. R4. 8 月県北豪雨災害の降雨規模

#### (1) R4. 8 月県北豪雨災害時及び過去の最大雨量

AMEDAS 下関による R4. 8 月県北豪雨災害過去 30 年（1992 年～2022 年）及び 1967 年羽越災害時の最大連続雨量・最大日雨量・最大時間雨量を以下に示す。

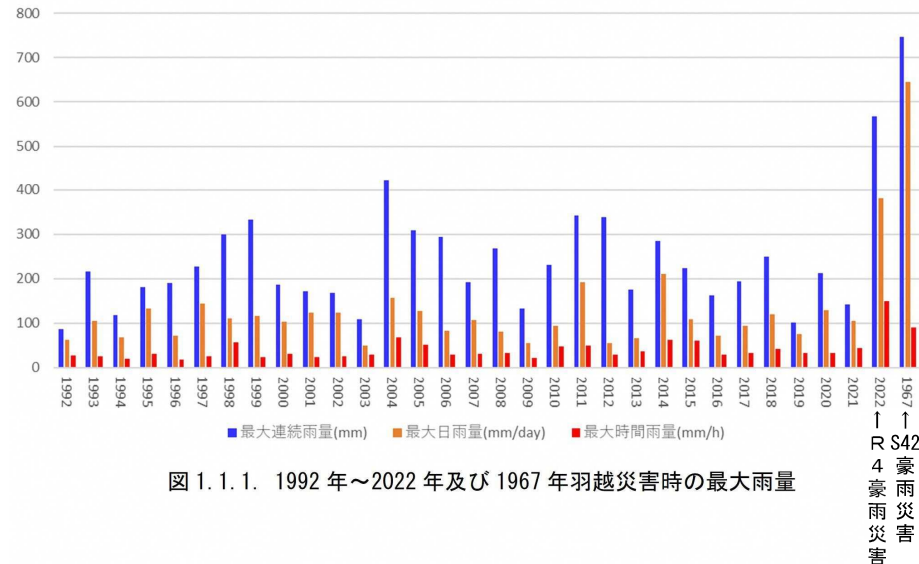


図 1. 1. 1. 1992 年～2022 年及び 1967 年羽越災害時の最大雨量

R4. 8 月県北豪雨災害は、連続雨量・最大日雨量・最大時間雨量がそれぞれ 568.5mm、380mm/day、149mm/h であり、いずれも過去 30 年において最大であると共に、同一期間（8/3～8/4）にかけて記録されたことが特徴である。

約 50 年前に甚大な水害をもたらした羽越災害時の最大雨量は、連続雨量・最大日雨量・最大時間雨量がそれぞれ 748mm、650mm/day、90mm/h（胎内ダム観測値）であり、連続雨量及び最大日雨量において R4. 8 月県北豪雨災害を上回っている。

一方、最大時間雨量については R4. 8 月県北豪雨災害が 149mm/h と S42 羽越災害時を上回っており、R4. 8 月県北豪雨災害の降雨は短時間で極めて大きな降雨が発生したことが大きな特徴である。

#### (2) R4. 8 月県北豪雨災害発生雨量の超過確率

R4. 8 月県北豪雨災害から過去 30 年（1992 年～2022 年）を対象期間とした最大雨量の超過確率を以下に示す。

表 1. 1. 1. R4. 8 月県北豪雨災害降雨の超過確率

確率年	最大連続雨量 (mm)			最大日雨量 (mm/day)			最大時間雨量 (mm/h)		
	対数正規分布	岩井	ガンベル	対数正規分布	岩井	ガンベル	対数正規分布	岩井	ガンベル
1/2	210.4	215.8	213.3	102.4	100.5	103.3	35.0	34.0	35.2
1/3	252.1	257.6	255.3	123.1	121.5	129.0	42.1	40.9	45.2
1/4	279.3	283.8	282.2	136.6	135.6	145.4	46.8	45.7	51.6
1/5	299.6	302.9	302.0	146.6	146.4	157.5	50.2	49.4	56.3
1/8	341.2	340.8	342.3	167.2	169.0	182.0	57.4	57.3	65.8
1/10	360.5	358.0	360.8	176.9	179.7	193.4	60.7	61.1	70.2
1/15	395.3	388.4	394.0	194.2	199.5	213.6	66.7	68.1	78.1
1/20	419.9	409.4	417.2	206.5	213.7	227.8	70.9	73.2	83.6
1/25	439.1	425.5	435.1	216.0	224.9	238.7	74.2	77.3	87.8
1/30	454.6	438.4	449.6	223.8	234.1	247.6	76.9	80.6	91.3
1/40	479.4	458.8	472.5	236.2	248.9	261.5	81.2	86.0	96.7
1/50	498.6	474.3	490.1	245.7	260.4	272.3	84.5	90.3	100.9
1/60	514.5	487.1	504.6	253.7	270.1	281.1	87.2	93.9	104.3
1/80	539.6	507.0	527.2	266.2	285.5	294.9	91.6	99.7	109.7
1/100	559.2	522.4	544.8	276.1	297.7	305.7	95.0	104.2	113.8
1/150	595.1	550.2	576.7	294.1	320.4	325.1	101.2	112.8	121.4
1/200	621.0	570.0	599.3	307.0	336.9	338.9	105.7	119.1	126.8
1/250	641.2	585.2	616.8	317.2	349.8	349.6	109.2	124.0	130.9
1/300	657.8	597.6	631.1	325.5	360.6	358.3	112.1	128.1	134.3
1/400	684.4	617.3	653.7	338.8	377.9	372.1	116.7	134.8	139.7
1/500	705.0	632.5	671.2	349.2	391.5	382.8	120.3	140.1	143.8
1/500超				380.0			149.0	149.0	149.0

確率雨量は、対数正規分布法、岩井法、ガンベル法の 3 手法により算定した。この結果は以下のとおりである。

- 連続雨量（568.5mm）：1/100～1/200 年確率
- 最大日雨量（380mm/day）：1/400～1/500 超年確率
- 最大時間雨量（149mm/h）：1/500 超年確率

いずれも 1/100 年確率を上回る降雨量であると共に、最大時間雨量は 1/500 年を超える極めて高強度の降雨が発生したことが判る。また、解析雨量では連続雨量 650mm が記録されており、局所的には連続雨量でも 1/300～1/500 超年確率の降雨が発生していた可能性がある。

# 1. R4. 8 月県北豪雨災害における流木災害の実態

## 1.2. R4. 8 月県北豪雨災害における流木被害の状況

前述した極めて多量（1/100～1/200 年確率：連続雨量）且つ高強度（1/500 超年確率：最大時間雨量）の降雨により、荒川流域兩岸部を中心に崩壊・土石流及び土砂流出が多発し、これら土砂災害と共に甚大な流木災害が発生している（写真 1.2.1～1.2.8）。災害発生直後の空中写真判読を行い、溪流毎に「Ⅰ型：流木及び土砂が流出且つ溪床に倒木が堆積」、「Ⅱ型：流木及び土砂の流出」、「Ⅲ型：荒廃（山腹・溪流）のみ発生（土砂及び流木の流出無し）」の区分を行った。

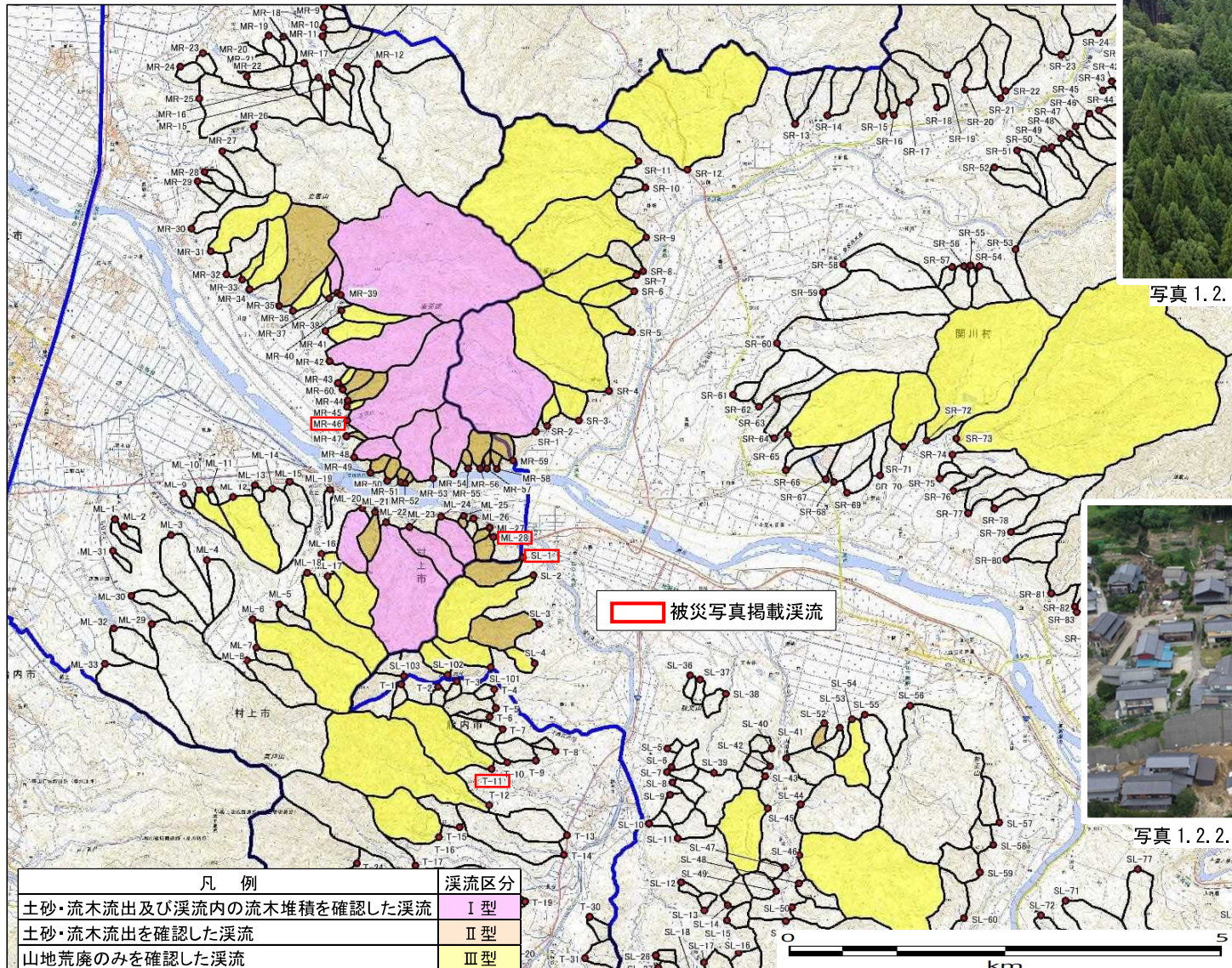


写真 1.2.1. 大沢川上流の既設砂防堰堤（MR-46：Ⅰ型）  
大量の流木を捕捉



写真 1.2.2. 大沢川下流の流木被害（MR-46：Ⅰ型）

図 1.2.1. 空中写真判読による土砂及び流木流出確認溪流

1. R4. 8 月県北豪雨災害における流木災害の実態

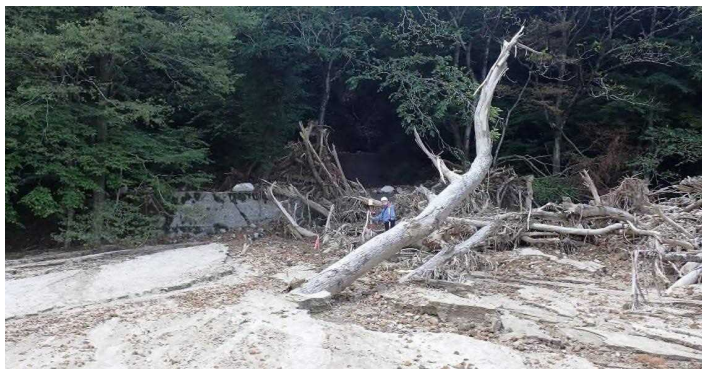


写真 1. 2. 3. 村上市下貝附の流木と土砂の流出 (ML-28 : II 型)

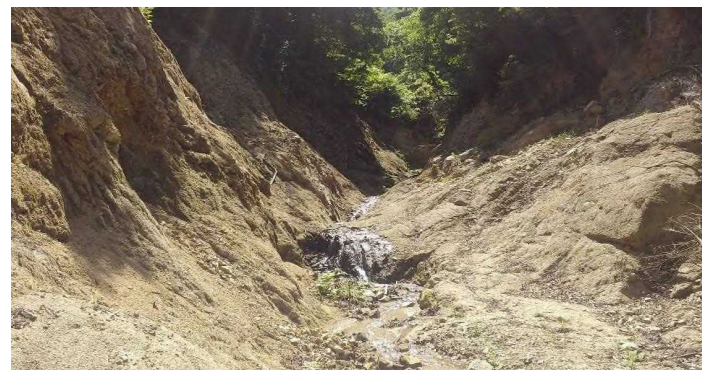


写真 1. 2. 6. 関川村田主沢の溪流荒廃 (SL-1 : II 型)



写真 1. 2. 4. 村上市下貝附の溪流荒廃 (ML-28 : II 型)



写真 1. 2. 7. 胎内市小又沢の溪流荒廃 (T-11 : III 型)



写真 1. 2. 5. 関川村田主沢の土砂及び流木流出 (SL-1 : II 型)

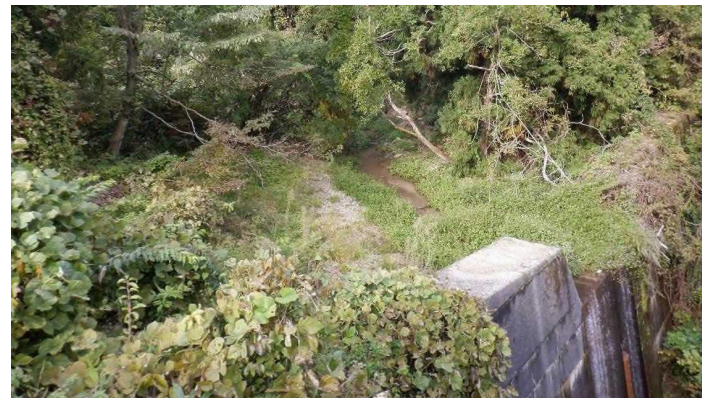


写真 1. 2. 8. 胎内市小又沢の溪流荒廃 (T-11 : III 型)

# 1. R4. 8 月県北豪雨災害における流木災害の実態

## 1.3. R4. 8 月県北豪雨災害における流木量の推計

### (1) 流木量の推計手法

溪流毎の流木量は以下により推計した。

流木量  $T =$  発生流木量  $T_h -$  堆積流木量  $T_t$

ここで、 $T_h = T_{hs} + T_{hk}$

$T_{hs}$  : 山腹荒廃地からの流木発生量

$T_{hs} =$  山腹荒廃面積 (ha)  $\times$  ha あたり材積量

$T_{hk}$  : 溪流荒廃地からの流木発生量

$T_{hk} =$  溪流荒廃面積 (ha)  $\times$  ha あたり材積量

\* ha あたり材積量は該当荒廃地の荒廃発生前の林相及び森林簿より推定。

山腹及び溪流荒廃地については、空中写真判読により荒廃地の形状を読み取り、ポリゴン化することで面積・勾配等を計測した(下図参照)。

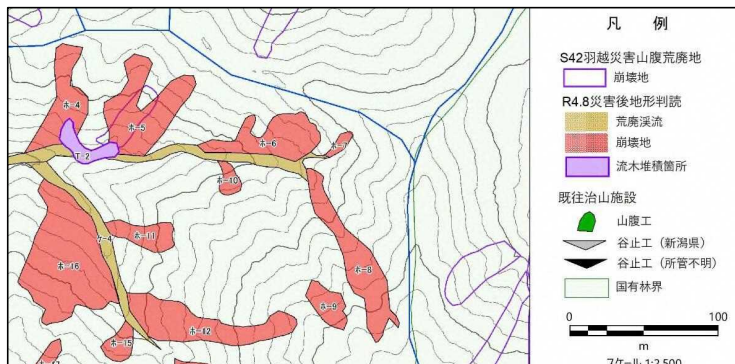


図 1.3.1. 荒廃地(山腹・溪流)の抽出事例(上: オルソ画像、下: 荒廃現況図)

堆積流木量  $T_t$  については、空中写真より流木堆積箇所の堆積位置及び範囲読み取り、ポリゴン化の上堆積面積を算定した(下図参照)。

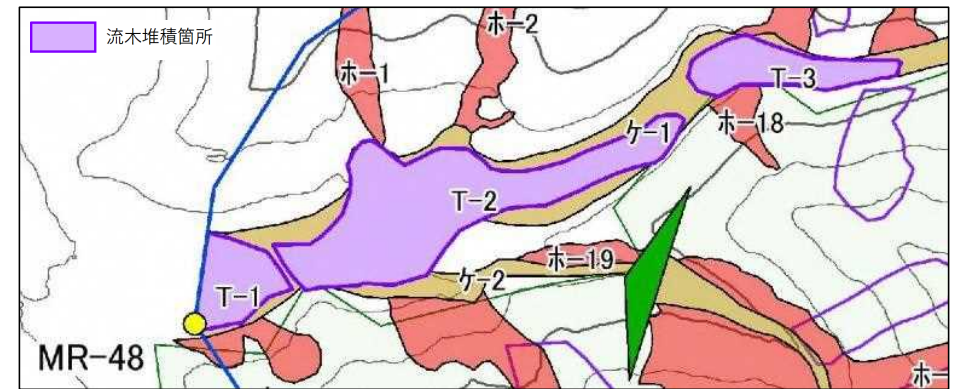
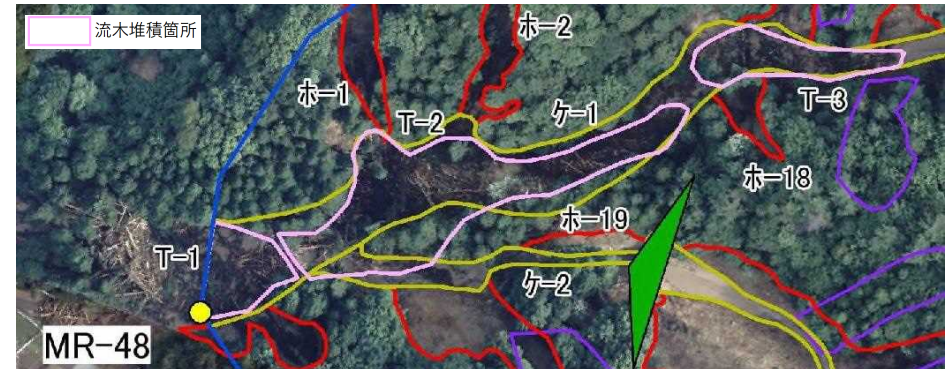


図 1.3.2. 流木堆積箇所の抽出事例(上: オルソ画像、下: 荒廃現況図)

抽出した流木堆積箇所において現地調査を行い、堆積流木量(材積)を推算した。推算は以下によって行った。

- ・本数把握が可能(堆積が疎な箇所): 流木の本数、平均直径、長さを現地計測
  - ・本数把握が不可能(堆積が密な箇所): 堆積厚を把握の上、空隙率を推定
- \* 空隙率: 0.2~0.8 の範囲で目視判定

1. R4. 8 月県北豪雨災害における流木災害の実態



写真 1.3.1. 本数計測が可能な事例 (SR-1, T-3 流木堆積地)  
総本数 37 本, 平均径 10.8m, 平均径 32cm



写真 1.3.2. 本数計測が不可能な事例 (SR-1, T-2 流木堆積地)  
ここでは平均堆積厚 2m, 空隙率=0.8 と推定

流木堆積箇所内の、応急対策として流木が既に撤去・搬出されている場合は、近傍の流木堆積地の ha あたり流木量等を用いて推算した。また、撤去された流木が流域外に積層されている場合については、積層されている流木の材積を算定し、これを堆積箇所に振り分けた。



写真 1.3.3. 流域外に撤去、積層された流木 (ML-22)

堆積流木量を確認した溪流及び各堆積箇所 (T-1~) における流木量を以下に示す。

表 1.3.1. 堆積流木量一覧

溪流番号	流木堆積箇所	堆積面積 (ha)	堆積箇所官民区分	堆積勾配 (°)	堆積幅 (m)	材積 (m³)	haあたり材積 (m³)	備考(堆積条件等)
MR-38	T-1	0.04	国民	2	18	49	1,225	スギ立木により捕捉
	T-3	0.06	国民	6	15	142	2,367	屈曲部に堆積
	計	0.10				191	1,910	区分:自然堆積
MR-39	T-1.7	0.16	民	2	14.19	318	1,990	県治山ダム捕捉
	T-3.6	0.15	国民	2	23.22	600	4,000	スギ立木により捕捉
	T-10.11	0.06	国	2	14.18	554	9,233	国治山ダム捕捉
	T-15	0.01	民	2	18	30	3,000	広葉樹により捕捉
	T-4.5	0.06	国	3	10.12	103	1,717	国治山ダム捕捉
計	0.44				1605	3,649	区分:複数治山ダム捕捉	
MR-42	T-1	0.02	国	3	24	5	244	流木撤去済み、一部残存した
	T-2	0.16	国	3	10	39	244	T-2(2)より推定
	T-2(2)	0.01	国	3	10	2	244	T-2が一部残存
計	0.19				46	244	区分:国治山ダム捕捉	
MR-46	T-1~3	0.41	民	2	45.35,33	3590	8756	県砂防堰堤捕捉、撤去済み、文献による*1
	計	0.41				3590	8,756	区分:砂防堰堤捕捉
MR-53	T-1~7	0.21	民	3	22,12,17, 27,12,16,7	420	2000	県治山ダム捕捉、撤去済み MR-39T1.7を参考値
	計	0.21				420	2,000	区分:単独治山ダム捕捉
MR-54	T-1	0.25	民	2	32	504	2000	県治山ダム捕捉、撤去済み MR-39T1.7を参考値
	計	0.25				504	2,000	区分:単独治山ダム捕捉
MR-48	T-1	0.03	民	1	22	12	400	流木撤去済み、T-3に準拠
	T-2	0.15	民	1	37	91	607	自然堆砂
	T-3	0.40	民	1	12	160	400	自然堆砂
	計	0.58				263	453	区分:自然堆積
ML-20	T-3	0.04	民	2	8	35	867	撤去済み
	T-4	0.03	民	3	28	26	867	自然堆砂
	計	0.03				61	2,033	区分:自然堆積
ML-22	T-1.2	0.31	民	2	17.38	226	730	県砂防堰堤捕捉、撤去済み、積層撤去木により推定
	T-5.6	0.10	国	2	6.11	73	730	
	計	0.10				299	2,993	区分:砂防堰堤捕捉
ML-23	T-1~T3	0.12	民	2	9,18,13	240	2000	県砂防堰堤捕捉、撤去済み MR-39T1.7を参考値
	計	0.12				240	2,000	区分:砂防堰堤捕捉
ML-24	T-1.2	0.14	民	2	14.11	120	870	県砂防堰堤捕捉、撤去済み MR-39T1.7を参考値
	計	0.14				120	870	区分:自然堆積
SR-1	T-1	0.03	国	2	16	120	6,450	撤去済み、T-3(2)を参考値
	T-2	0.09	国	4	18	360	4,000	スギ立木により捕捉
	T-3-1	0.03	国	5	12	120	4,000	スギ立木により捕捉
	T-3(2)	0.02	国	9		129	6,450	本数計測
計	0.17				729	4,288	区分:単独治山ダム捕捉	
全体		2.74	ha			8,070	2,950	m³/ha
						内撤去済み	4,470	m³
						内未撤去	3,600	m³

# 1. R4. 8 月県北豪雨災害における流木災害の実態

## (2) 山腹及び溪流荒廃地の材積

山腹及び溪流荒廃地から発生する流木量を算定する上での材積については、調査対象範囲の植生図に基づく林相区分及び森林簿により集計、算定した。植生図を図 1.3.1 に、溪流毎材積量の事例(溪流区分 I 型)を表 1.3.2 に示す。

表 1.3.2. 溪流毎材積量の事例(溪流区分 I 型)

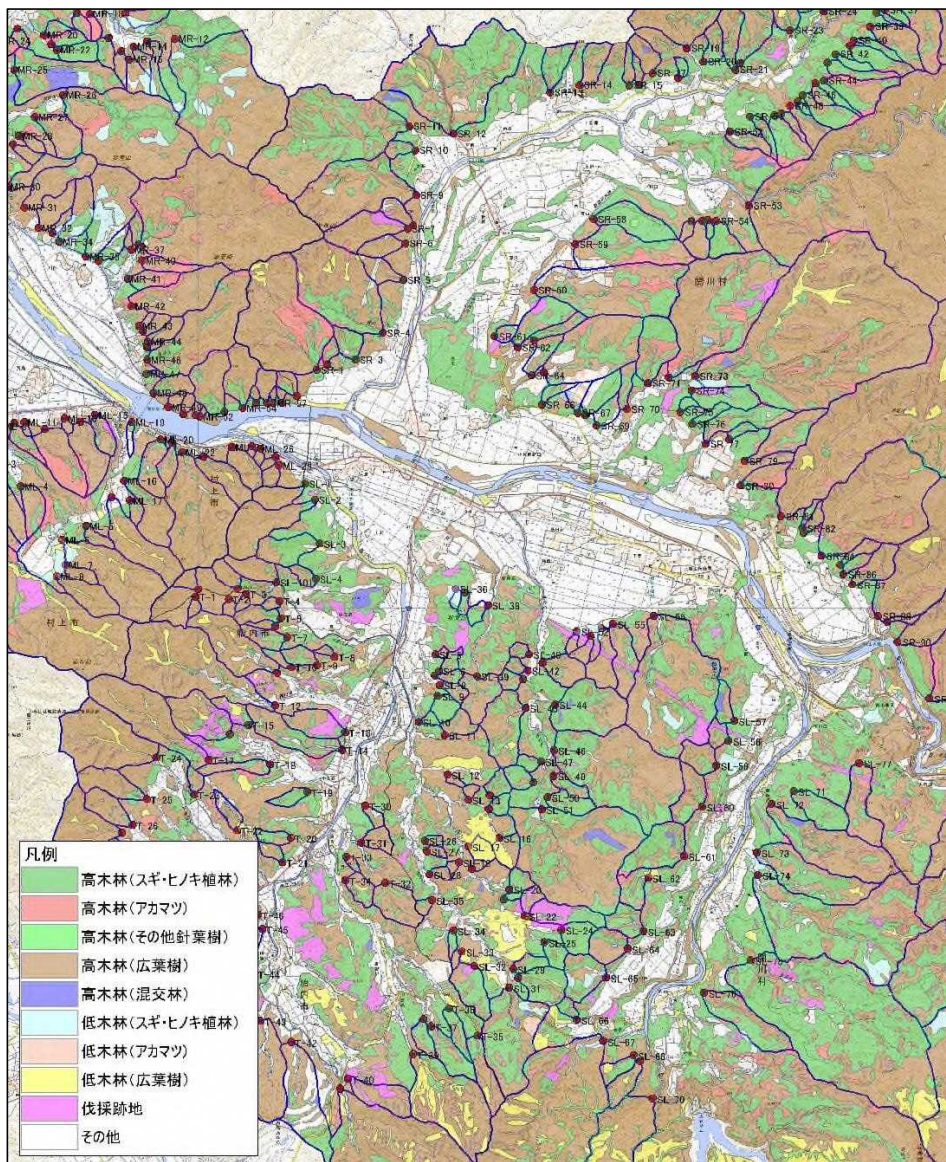


図 1.3.1. 植生図

溪流番号	溪流区分	流域面積 (ha)	材積(m3)								流域内合計
			スギ・ヒノキ植林		アカマツ		その他針葉樹	広葉樹		混交林	
			高木	低木	高木	低木		高木	低木		
MR-38	I 型	4.83	725	0	46	0	0	404	0	0	1,175
MR-39	I 型	219.85	4,729	0	4,923	0	0	23,880	0	0	33,532
MR-42	I 型	42.86	588	33	899	0	0	4,740	0	0	6,260
MR-46	I 型	72.39	5,473	0	667	0	0	7,502	0	0	13,642
MR-48	I 型	9.78	1,181	0	0	0	0	958	0	0	2,139
MR-53	I 型	26.33	2,969	0	169	0	0	2,519	0	0	5,657
MR-54	I 型	22.33	1,774	0	177	0	0	2,311	0	0	4,262
ML-20	I 型	16.72	1,455	0	114	0	0	1,676	0	0	3,245
ML-22	I 型	82.21	1,357	38	108	0	0	10,183	0	0	11,686
ML-23	I 型	18.92	162	0	0	0	0	2,254	14	0	2,430
ML-24	I 型	13.47	49	0	0	0	0	1,681	7	0	1,737
SR-1	I 型	112.81	3,974	0	12,255	0	0	9,295	50	0	25,574

# 1. R4. 8 月県北豪雨災害における流木災害の実態

## (2) 流木量推計結果

図 1.2.1 に示した溪流区分毎の流木量推計結果を表 1.3.2 に示す。推計した流出流木量を用いて流木の撤去推定重量を算定したところ 10,990 t となっている（日本建機・エコリサイクルステーションによる処理量：約 13,000 t）。

表 1.3.2. 溪流区分毎の発生流木量及び推定撤去量推計結果

溪流区分	発生流木量Th	堆積流木量Tt(m <sup>3</sup> )			流出流木量Th-Tt	
	(m <sup>3</sup> )	全体	撤去済み	未撤去	数値	単位
I 型	15,140	8,070	4,470	3,600	7,070	m <sup>3</sup> (材積)
II 型	2,730	渓床の流木堆積なし			2,730	m <sup>3</sup> (材積)
III 型	3,250	流木流出なし			0	m <sup>3</sup> (材積)
計	21,120	8,070	4,470	3,600	9,800	m <sup>3</sup> (材積)
流木撤去材積量(流木流出量+撤去済み量)					14,270	m <sup>3</sup> (材積)
流木の比重(クヌギコナラ82%, スギヒノキ18%とした概算値)					0.77	t/m <sup>3</sup>
流木撤去推定重量(流木の比重0.77t/m <sup>3</sup> として換算)					10,990	t
日本建機・エコリサイクルステーション処理量(t)					13,000	t

また、調査範囲を村上市荒川左岸 (ML-1~)、村上市荒川右岸 (MR-1~)、関川村荒川右岸 (SR-1~)、関川村荒川左岸 (SL-1) に分割し、各区域における流木量を表 1.3.3、荒廃現況図及び溪流毎の流木量を①~⑥に示す。

表 1.3.3. 区域毎の流木量推計結果

市町村	箇所	発生流木量 (m <sup>3</sup> )	流出流木量 (m <sup>3</sup> )	渓床堆積流木量(m <sup>3</sup> )		
				全体	撤去済み	未撤去
村上市	荒川右岸	11,320	4,409	6,620	3650	2,970
	荒川左岸	6,960	4,620	720	700	20
胎内市	荒川左岸	50	0	0	0	0
関川村	荒川右岸	1,620	290	730	120	610
	荒川左岸	1,170	476	0	0	0
合計		21,120	9,800	8,070	4,470	3,600

## ①村上市荒川右岸

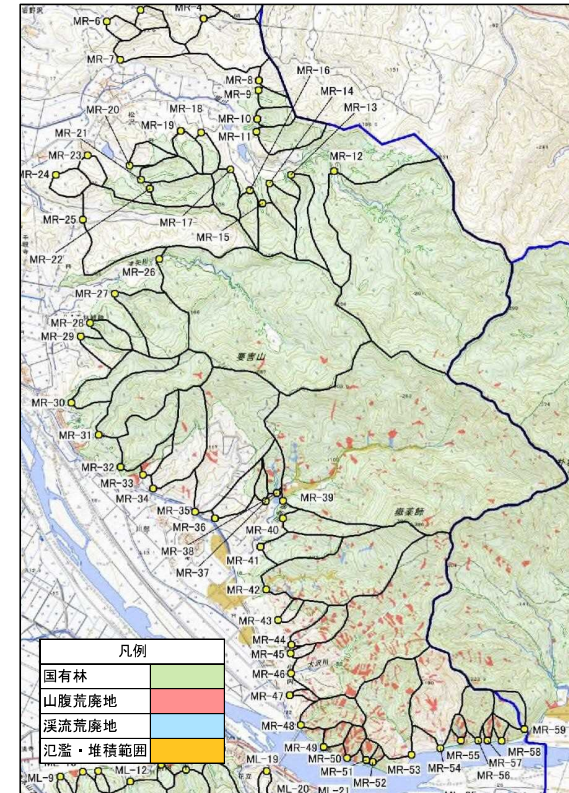


図 1.3.2(1). 村上市荒川右岸荒廃現況図

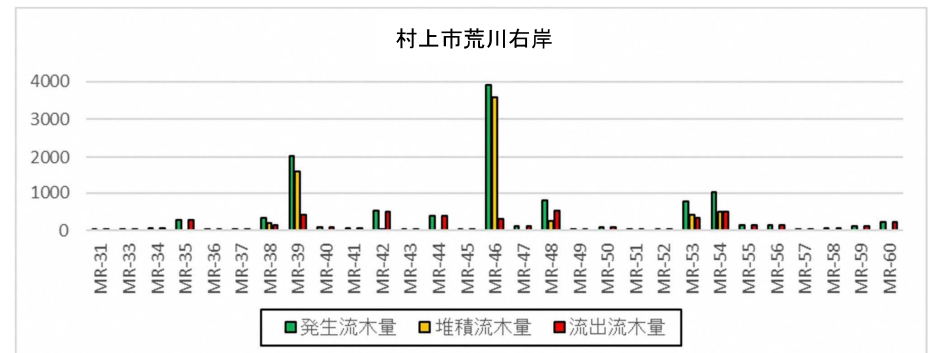


図 1.3.2(2). 村上市荒川右岸溪流毎の流木量

1. R4. 8 月県北豪雨災害における流木災害の実態

② 村上市荒川左岸

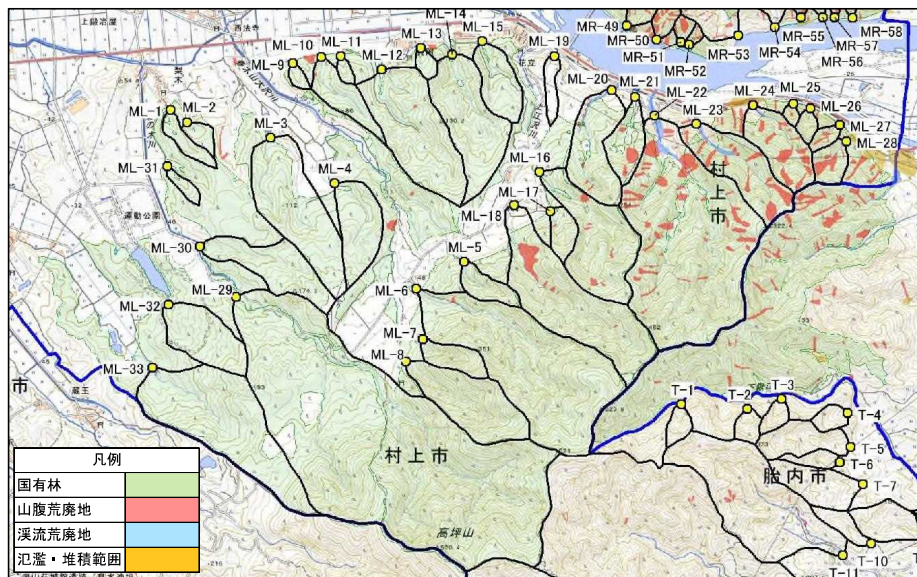


図 1. 3. 3 (1). 村上市荒川左岸荒廃現況図

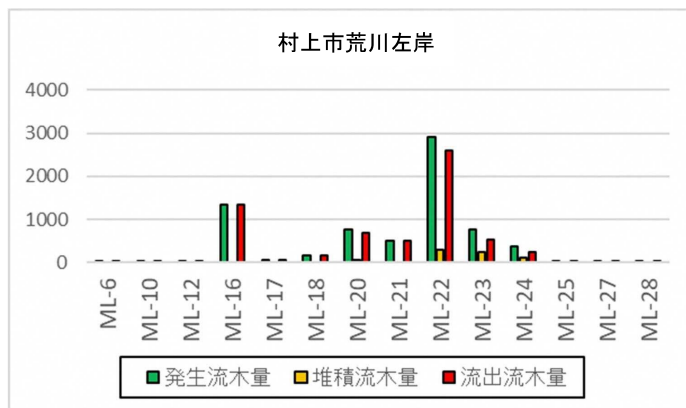


図 1. 3. 3 (2). 村上市荒川左岸溪流毎の流木量

③ 胎内市

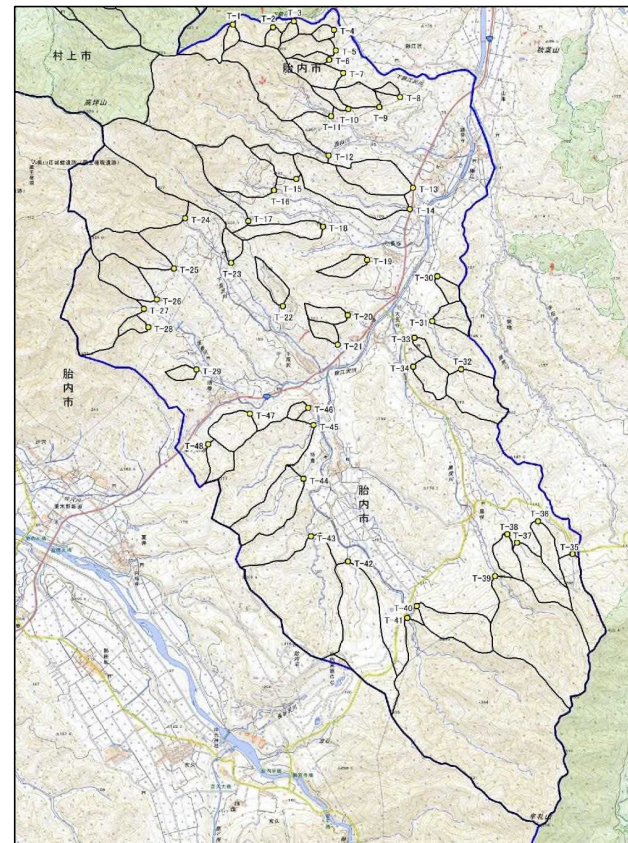


図 1. 3. 4 (1). 胎内市荒廃現況図

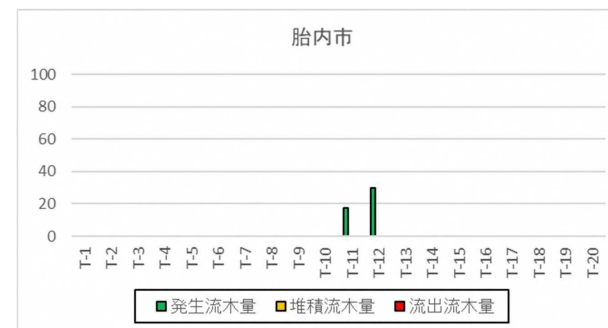


図 1. 3. 4 (2). 胎内市溪流毎の流木量 (発生流木のみ)

1. R4. 8月県北豪雨災害における流木災害の実態

④ 関川村荒川右岸

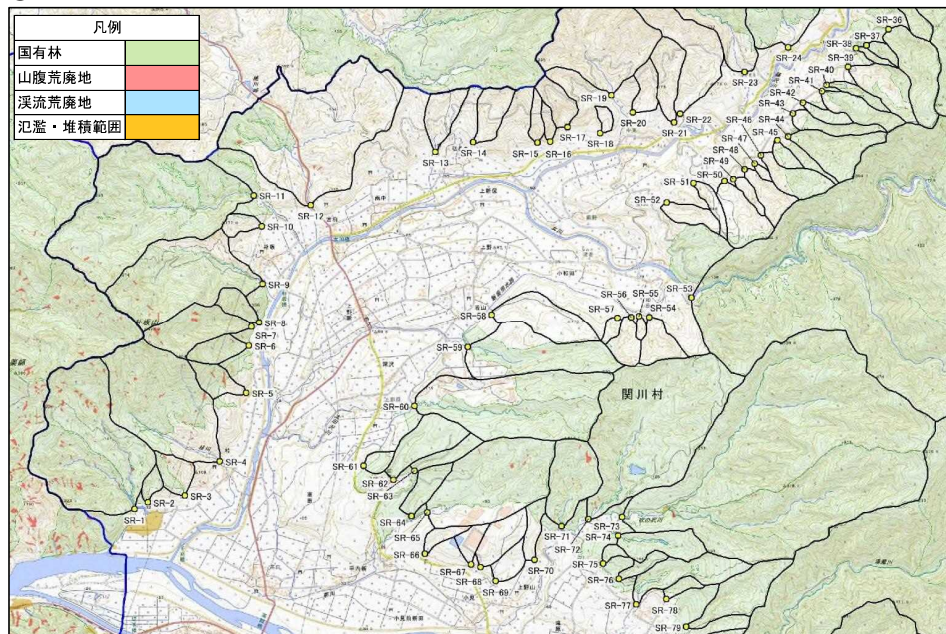


図 1.3.5(1). 関川村荒川右岸荒廃現況図

⑤ 関川村荒川左岸

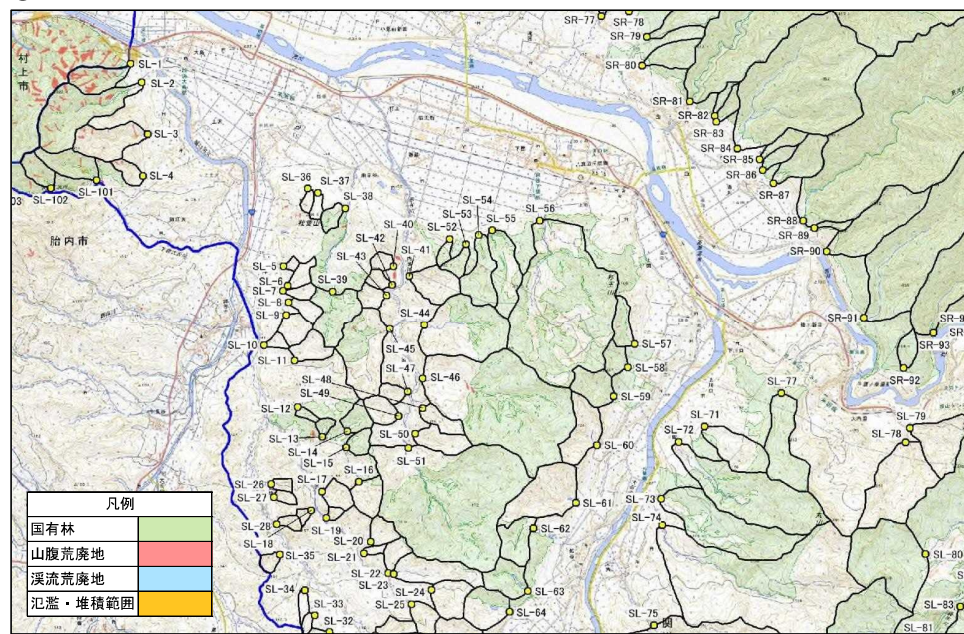


図 1.3.6(1). 関川村荒川左岸荒廃現況図

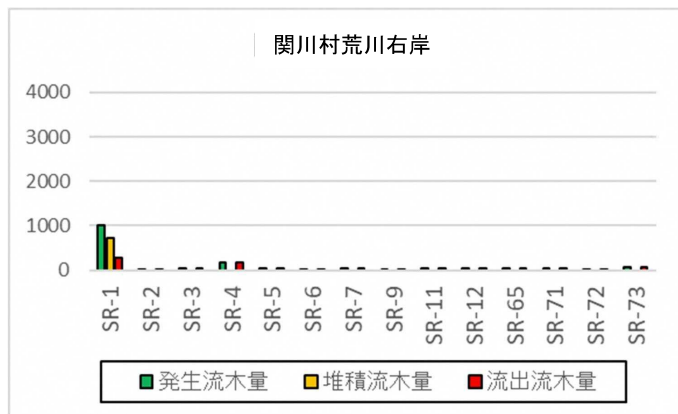


図 1.3.5(2). 関川村荒川右岸溪流毎の流木量

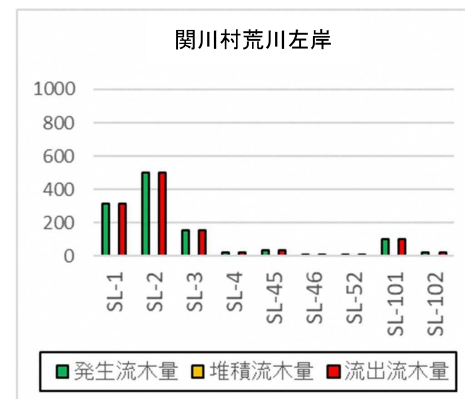


図 1.3.6(2). 関川村荒川左岸溪流毎の流木量



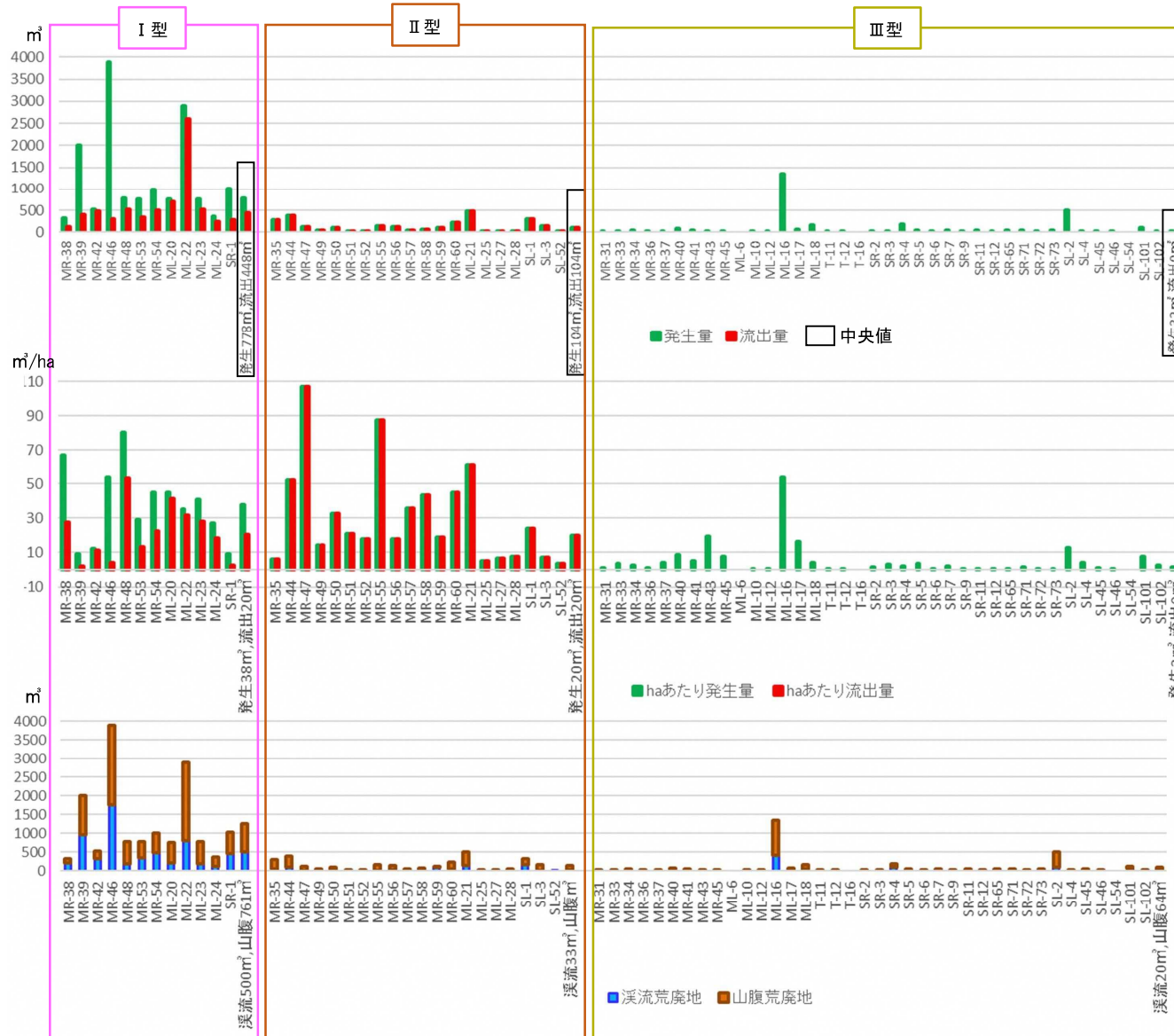
## 2. 流木被害の検証及び原因推計

### 2. 流木被害の検証及び原因推計

#### 2.1. R4. 8月県北豪雨災害における流木発生の特徴

##### (1) 流木量と発生因子の関係

R4. 8月県北豪雨災害における流木発生の特徴を把握することを目的として、溪流区分毎の流木量及び因子（地形・降雨・既往施設・樹種）を以下のように整理した。



←図 2.1.1. 溪流区分毎の発生及び流出量

中央値では、I型の発生量及び流出量が778 m<sup>3</sup>, 448 m<sup>3</sup>といずれもII, III型溪流よりも著しく大きい傾向が認められる。

←図 2.1.2. 溪流区分毎のhaあたり発生及び流出量

単位面積1haあたりの発生量（中央値）については、I型：38 m<sup>3</sup>/ha, II型：20 m<sup>3</sup>/haとI型がII型の2倍程度大きいものの、流出量（中央値）ではI型：20 m<sup>3</sup>/ha, II型：20 m<sup>3</sup>と同程度になっており、発生量が異なるものの、渓床内流木堆積が生じたことから流出量については差異が生じなかったことが伺える。

←図 2.1.3. 流木発生源の荒廃区分 (m<sup>3</sup>)

I型については平均値で溪流荒廃：500 m<sup>3</sup>, 山腹荒廃地：761 m<sup>3</sup>であり、発生源の荒廃地は溪流：山腹＝40%：60%となっている。II, III型については構成比はいずれも、溪流：山腹＝24%：76%となっている。I～III型溪流全体では、溪流：山腹＝35%：65%になっており、山腹荒廃地が主たる発生源となっている。

## 2. 流木被害の検証及び原因推計



←図 2.1.4. 溪流区分毎の流域面積 (ha)

I型の流域面積（中央値）は24.3haと、II型3.0haと比較して遙かに大きい。流域面積の大きさが流木量の大小に繋がった一因となっている可能性がある。

←図 2.1.5. 溪床勾配 (°) 及び土石流区分

計算基準点～概ね上流 200mの区間における溪床勾配を示す。II型は全溪流が土石流に区分されると共に、中央値15°は、流下・発生区間に該当する。I型は1溪流/12溪流が掃流型、III型は5溪流/38溪流が掃流型に区分され、中央値はいずれも6°と、土石流区分上は堆積区間に該当している。

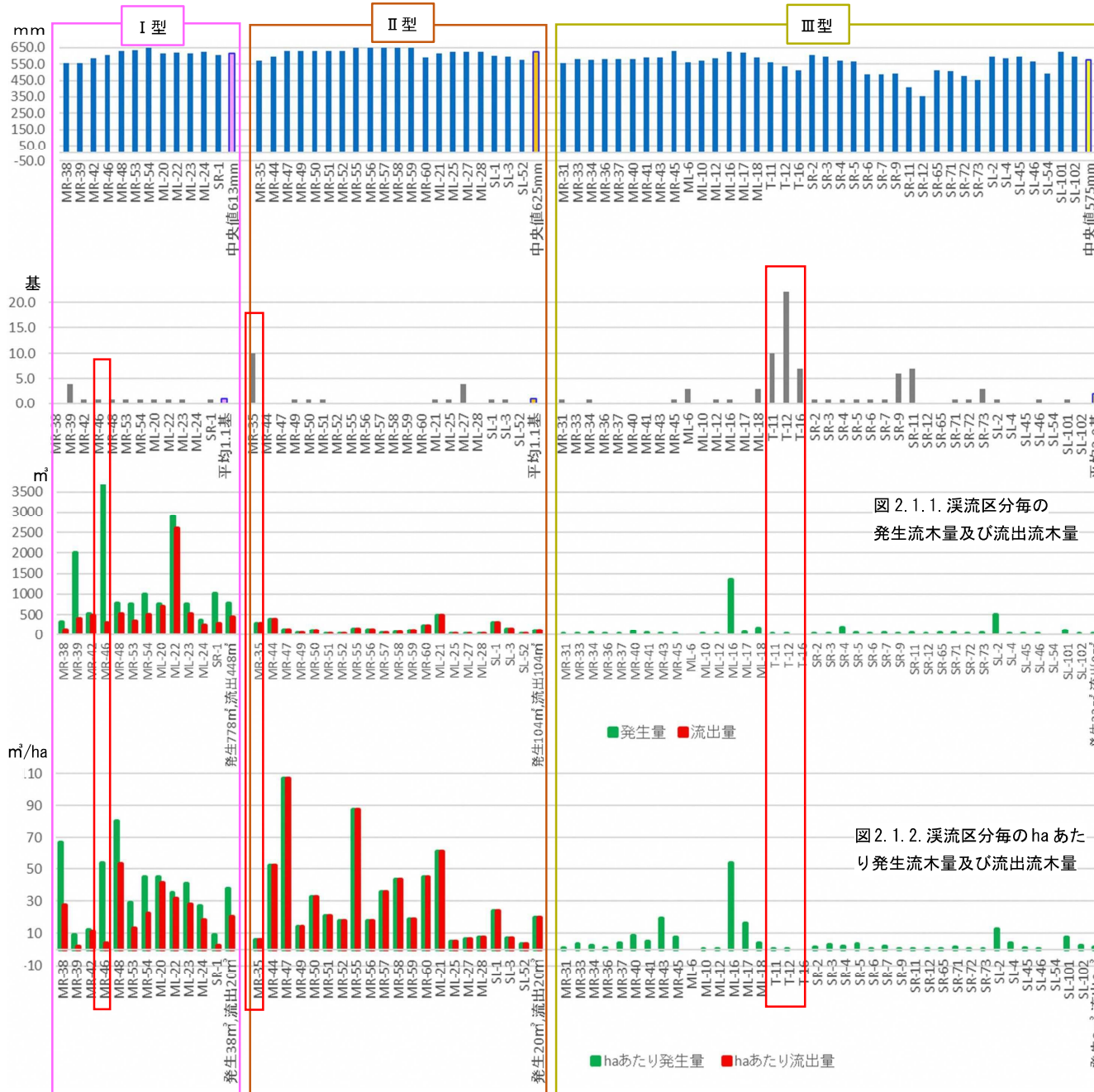
←図 2.1.6. 溪流区分毎の流域傾斜 (°)

傾斜区分図の作成により算定した流域全体の平均傾斜角を示す。I, II型は中央値30°, 34°に対して、III型は25°と比較的やや緩勾配となっている。

←図 2.1.7. 溪流区分毎の谷密度 (m/ha)

溪流内の谷延長（1次谷以上）を流域面積（ha）で除した谷密度を示す。I, II型は中央値67m, 65mと概ね同程度の谷密度となっている。III型は46mと比較的小さい傾向となっている。

## 2. 流木被害の検証及び原因推計



←図 2.1.8. 溪流区分毎の平均連続雨量

流域内の解析雨量メッシュ毎連続雨量を按分平均した雨量を平均連続雨量としている。I型・II型の溪流においては550～650mm、中央値613mm、625mmの連続雨量が発生している。III型では350～600mm、中央値575mmとやや小さい雨量となっている。

←図 2.1.9. 溪流区分毎の既設ダム設置基数

溪流毎の既設ダム（砂防堰堤を含む）設置基数を示す。

I型溪流のMR-46（大沢川）では砂防堰堤により発生流木量に対して流出流木量が大きく抑えられている（図2.1.1との対比）。

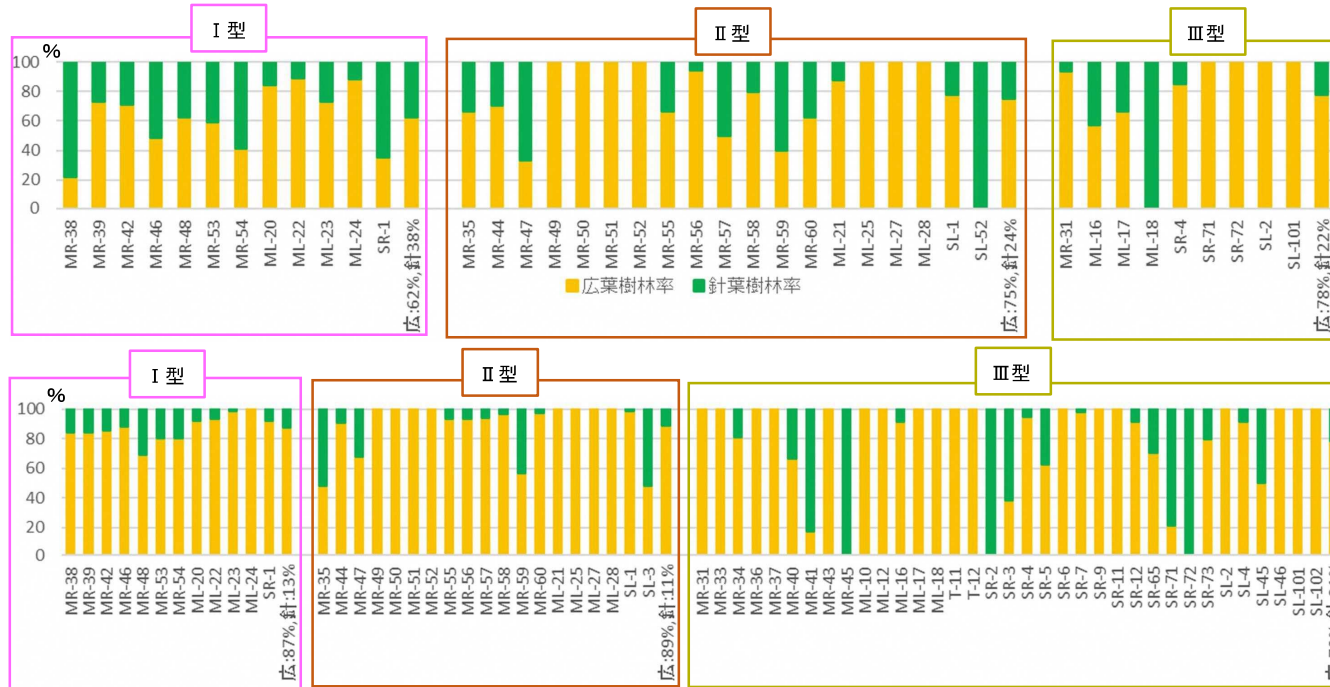
II型溪流のMR-35においては、10基の治山ダム（新潟県）により、haあたり発生流木量及び流出流木量が低く抑えられている（図2.1.2との対比）。

III型溪流のT-11, 12, 16溪流においても、1溪流あたり7～22基の治山ダム群（新潟県）により溪床の安定化が図られたことが、溪流荒廃地を発生源とする流木発生を抑制出来た可能性がある。

図 2.1.1. 溪流区分毎の発生流木量及び流出流木量

図 2.1.2. 溪流区分毎のhaあたり発生流木量及び流出流木量

## 2. 流木被害の検証及び原因推計



←図 2.1.10. 流木発生源（溪流荒廃地）の林相  
流木発生源である溪流荒廃地の広葉樹及び針葉樹占有率を示す。I型溪流では広葉樹：針葉樹＝62%：38%、II、III型溪流では広葉樹：針葉樹＝75～78%：24～22%の比率となっており、いずれも広葉樹の比率が高くなっている。

←図 2.1.11. 流木発生源（山腹荒廃地）の林相  
山腹荒廃地においては、溪流荒廃地よりも更に広葉樹林率が高く、広葉樹は80～90%を占める結果となっている。

### (2) 発生因子からみた流木発生の特徴

#### <<土石流区分>>

- ・ 溪床内に流木の堆積が認められる I 型溪流の溪床勾配中央値は 6° 程度で、土石流区分上は堆積区間に該当する。溪床内に流木堆積が認められず一気に流木が流出した II 型溪流は、溪床勾配中央値が 15° と 流下発生区間に該当する。このように、流木の流出及び堆積は土石流区分と調和的である。
- ・ 流木流出が認められた掃流型の溪流（I、II 型）は、32 溪流中 1 溪流のみであり、流木流出は殆どの場合土石流型の溪流で多く発生している。

#### <<流木量>>

- ・ I 型溪流は流域面積が大きいことが、発生流木量と流出流木量共に大きくなったものと考えられる。II 型溪流は荒廃が著しく、ha あたり発生及び流出量が多いものの、流域面積が小さいことから I 型よりも流木量が遙かに小さくなった可能性がある。
- ・ III 型溪流は、I 型及び II 型溪流と比較して流域内の平均連続雨量がやや小さかったこと、S42 羽越災害後に設置された複数の治山施設が機能したこと等から、流木流出が認められなかったと考えられる。但し、地形（流域面積、溪床勾配）や土石流区分（土石流堆積区間）が I 型に近いことから、治山施設整備が進んでいない溪流では、I、II 型と同等の降雨が発生していた場合、甚大な流木被害が発生していた可能性がある。

#### <<流木発生源>>

- ・ 流木発生源である山腹荒廃地と溪流荒廃地の生産比率は、山腹荒廃地が 60～80% を占めており、流木は山腹荒廃地を主体に発生したことが伺える。
- ・ 流木発生源である溪流荒廃地においては広葉樹林率が約 60～80%、山腹荒廃地においては広葉樹林率が約 80～90% と、流木は広葉樹の占有比が高いことが特徴である。

## 2. 流木被害の検証及び原因推計

### 2.2. R4.8月県北豪雨災害における流木の発生メカニズム

#### (1) 流木の発生機構

流木の発生原因については、以下のように分類される（最近の流木対策の特徴と対策：2018年 石川芳治を引用一部改変）。

表 2.2.1. 流木の発生原因

流木の起源	流木の発生原因	R4.8月県北豪雨災害
立木の流出	①斜面崩壊の発生に伴う立木の滑落	山腹荒廃地を発生源とする流木発生であり、当流木災害では流木量の65%を占める。
	②土石流の発生に伴う溪岸・溪床侵食による立木の流出	64 溪流/70 溪流の土石流型溪流において流木が発生している。
	③洪水による溪岸・溪床の侵食による立木の流出	6 溪流/70 溪流の掃流型（洪水）溪流において流木が発生している。
過去に発生した倒木等の流出	④病虫害や台風等により発生した倒木等の土石流・洪水による流出	検証が困難であるものの、空中写真判読では直近の災害（平成16～23年新潟福島豪雨）による明瞭な荒廃地が認められなかったことから、影響は僅かであると推定される。
	⑤過去に流出して溪床上に堆積したり、堆積物中に埋没していた流木の土石流等による再移動	
	⑥雪崩の発生・流下に伴う倒木の発生とその後の土石流等による下流への流出	雪崩跡地が多く認められる荒川上流域や大石川、女川等の支流域では流木発生が認められていないことから、影響はほぼ無いものと推定される。
	⑦火山の噴火に伴う倒木の発生とその後の土石流等による下流への流出	当該調査範囲では影響がないものの、上越等の他区域では考慮する必要がある。

#### (2) 流木の発生メカニズム（最近の流木対策の特徴と対策：2018年 石川芳治を引用加筆）

特に山地においては土石流の発生・流下に伴う流木の発生が主な形態とされている。当該流木災害においても、流木流出が認められた溪流（Ⅰ型・Ⅱ型）の91%が土石流型に区分される。また、溪床に流木堆積が認められたⅠ型の溪床勾配は土石流区分上の堆積区間、溪床に流木堆積が認められず一気に流下したⅡ型は流下・発生区間に相当する溪床勾配を呈しており、土石流区分図と調和的である（下図参照）。

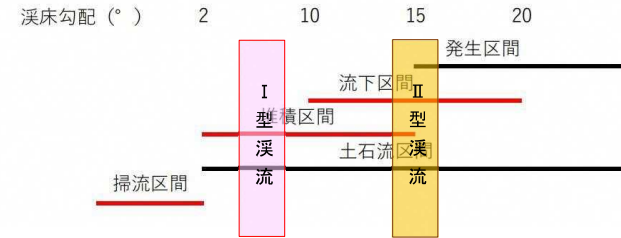


図 2.2.1. 溪流区分と土石流区分

土石流の発生は主として源頭部の斜面崩壊によるものが多いため、流木も源頭部の崩壊により発生するが、量的には、土石流の流下による溪流沿いの侵食に伴い立木が流出するケースが多いとされている。当該流木災害では、山腹荒廃（溪岸崩壊含む）と溪流荒廃による発生比率は65%：35%となっており、山腹荒廃が卓越している。このことは、溪流荒廃により誘発した溪岸崩壊型の山腹荒廃が多く発生したことが一因となっている可能性がある（下図参照）。

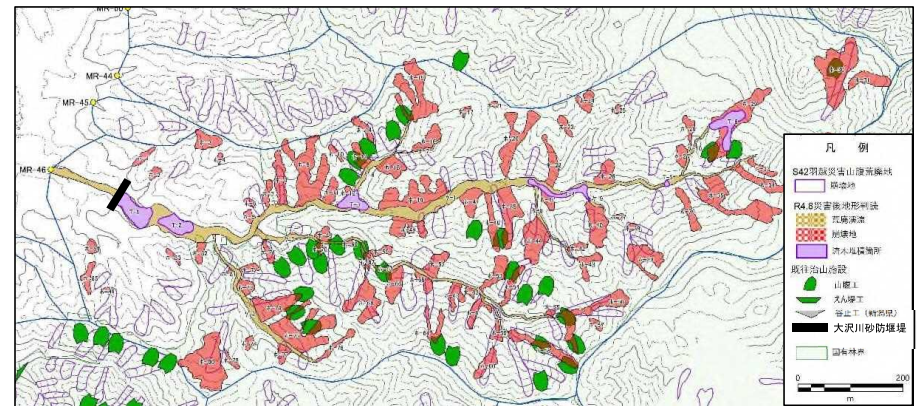


図 2.2.2. MR-46（大沢川）の荒廃現況図  
支流域を含む荒廃溪流沿いに多発した溪岸崩壊が流木発生源となっている。

## 2. 流木被害の検証及び原因推計

流木の流下形態は、土石流では土砂と流木が混じって一体となって流下するものと考えられる。一方、掃流（洪水）では流木は水面付近を浮いた状態で浮遊すると考えられる（下図参照）。

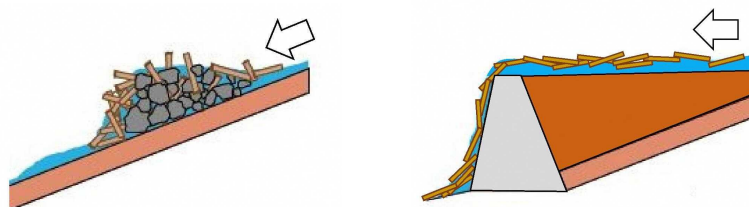


図 2. 2. 3. 土石流による流木の流下形態（左）と掃流による流木の流下形態（右）

このため、流木捕捉施設の計画や設計においては、土石流と共に流下する流木は土砂・巨礫と一体として捕捉し、掃流区間では流木は土砂と分離して捕捉することが基本となる。

当該流木災害では、掃流区間における不透過型コンクリートダムによる流木の捕捉が認められた（表 1. 3. 1. 堆積流木量一覧）。流木を捕捉したダム堆砂域の溪床勾配は  $2\sim 3^\circ$  であった。

これらの内、MR-46 大沢川砂防堰堤（県砂防）は捕捉した流木と土砂は比較的分離されており（写真 2. 2. 1）、MR-39 赤坂川コンクリートスリットダム（県治山）やMR-18 白江川バットレス透過型ダム（国治山）は先端に流木、背面に土砂を捕捉していた（写真 2. 2. 2, 2. 2. 3）。



写真 2. 2. 1. 大量の流木を捕捉した不透過型ダム（MR-46 大沢川）



写真 2. 2. 2 (1). MR-39 赤坂川本川の一部透過型ダム（S44 新潟県）



写真 2. 2. 2 (2). MR-39 赤坂川本川の一部透過型ダム上流堆砂状況



写真 2. 2. 3 (1). MR-18 白江川のバットレスダム（S50 林野庁）



写真 2. 2. 3 (2). MR-18 白江川のバットレスダム堆砂状況

## 2. 流木被害の検証及び原因推計

### (3) 九州北部豪雨等流木発生事例との対比

「平成 29 年 7 月九州北部豪雨は過去最大級の流木災害：国土交通省 国土保全局砂防部」に示されている平成 29 年 7 月九州北部豪雨と既往災害の発生流木量の比較事例を以下に示す。

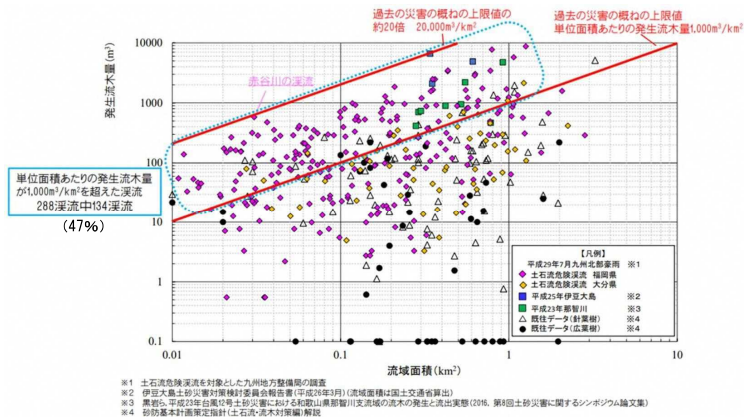


図 2.2.4. 既往災害の流域面積と発生流木量の関係

九州北部災害は、流木の記録がある土砂災害の中で、最大級の流木を伴う災害であった。過去の災害では、針葉樹の単位面積あたりの発生流木量は概ね 1,000 m³/km²程度以下であるが、九州北部豪雨災害では、例えば最も多い赤谷川の渓流ではその約 20 倍近くに達するところがあった。

R4.8 月県北豪雨災害による流木災害について、同様の関係図を以下に示す。

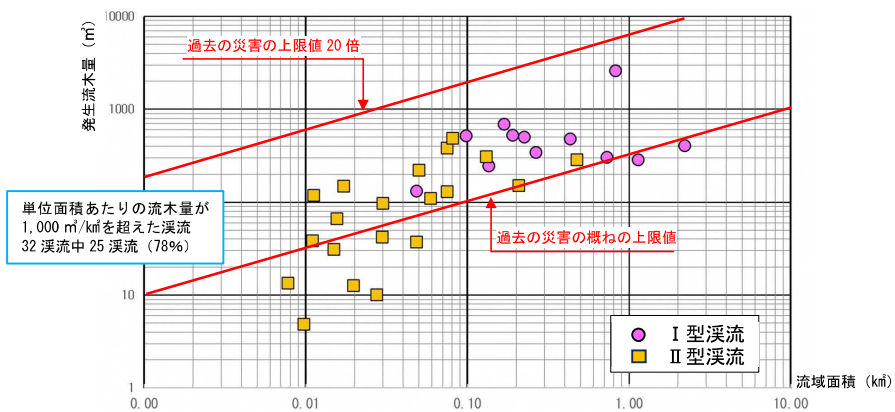


図 2.2.5. R4.8 月県北豪雨災害の流域面積と発生流木量の関係

九州北部豪雨における赤谷川のように既往流木災害の 20 倍に達する溪流はなかったものの、単位面積あたりの流木量 1,000 m³/km²を超えた溪流は 78%と九州北部豪雨の 46%を上回っており、R4.8 月県北豪雨災害による流木災害は、九州北部豪雨に匹敵する規模であったとみられる。

### (4) 流木流出率

渓床内に流木堆積が認められた I 型溪流を対象として、流木流出率（流出流木量/発生流木量×100）を算定した。この結果について以下に示す。

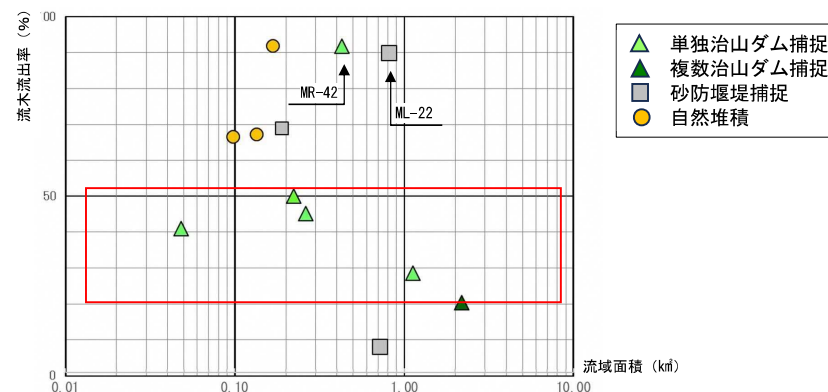


図 2.2.6. R4.8 月県北豪雨災害の流域面積と流木の流出率

治山ダム工の流木流出率は 20～50% ( $t=0.2\sim0.5$ ) を示しており、以下に示す既存資料と概ね同様の傾向となっている。

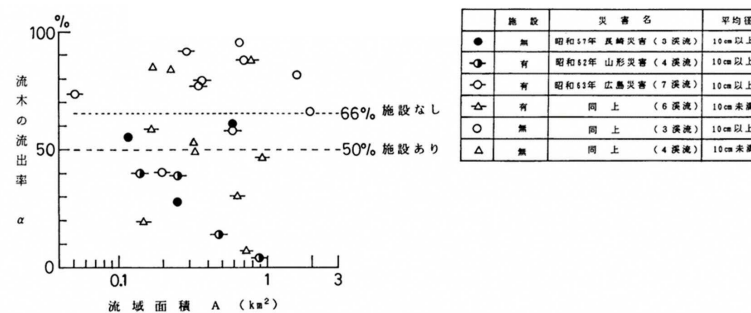


図 2.2.7. 流域面積と流木の流出率

引用：土石流に伴う流木の発生及び流下機構 砂防学会誌 Vol.42 No3 1989<sup>11)</sup>

## 2. 流木被害の検証及び原因推計

MR-42（国治山ダム単独）及びML-22（県砂防堰堤）については、いずれも90%程度の流出率となっているが、これらの捕捉流木についてはいずれも調査当時撤去済みであり、周辺の堆積木や処理木を元に推定を行っているため、堆積量が過小評価されている可能性がある。

参考として、不透過型ダムにおける計画流木捕捉量（貯砂容量の2%）に基づき堆積量を計算したところ、MR-42 国治山ダム：捕捉量 370 m<sup>3</sup>、流出率 30%、ML-22 砂防堰堤：捕捉量 790 m<sup>3</sup>、流出率 73%と、国治山ダムの捕捉量は50%と妥当であったが、ML-22 砂防堰堤については施設ありの流出率50%を大きく上回っている。

このことは、ML-22 溪流の流木量が 2900 m<sup>3</sup>と極めて大きく、施設効果を大きく上回っていたことに起因している可能性がある。

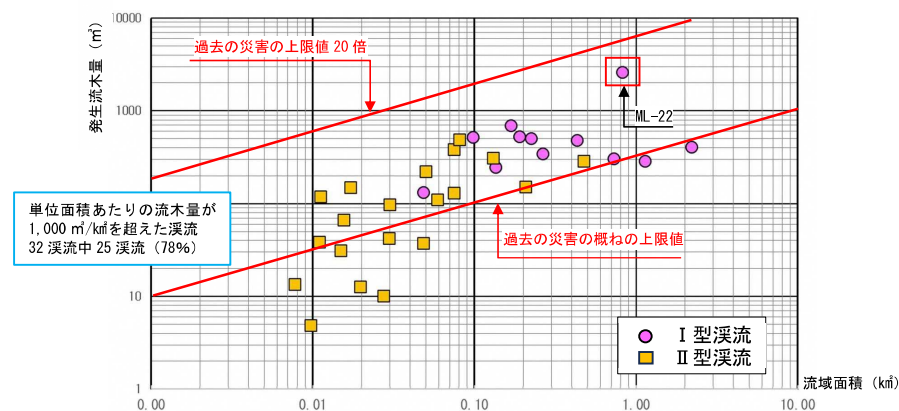


図 2.2.5. R4. 8 月県北豪雨災害の流域面積と発生流木量の関係

### (5) 土砂及び流木が流出した溪流と流出を抑制できた溪流の違い

土砂及び流木が流出した溪流（Ⅰ型・Ⅱ型）と、流出を抑制できた溪流（Ⅲ型・その他）との相違点について、これまでの調査分析結果をふまえ次表のとおり整理を行った。

表 2.2.2. 土砂及び流木が流出した溪流と流出を抑制できた溪流の相違点

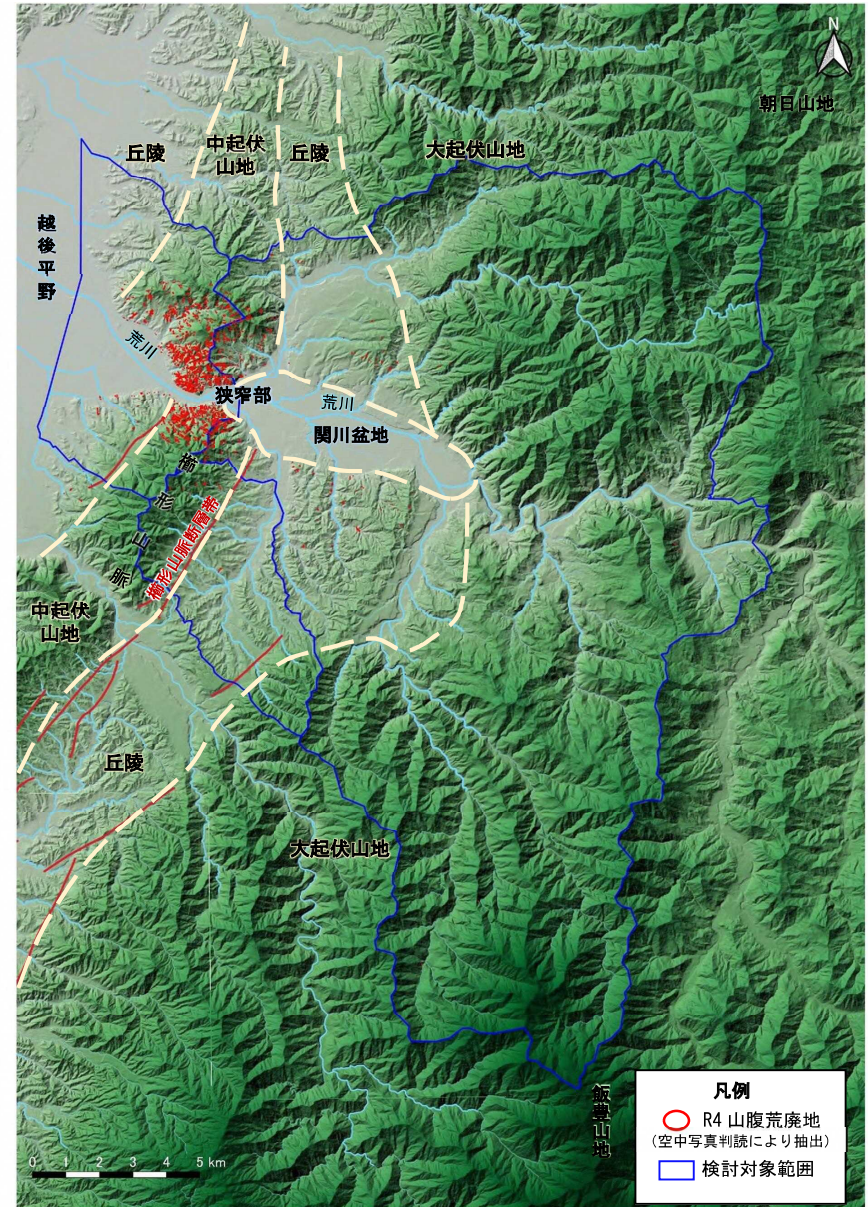
項目	土砂及び流木が流出した溪流		土砂及び流木が流出しなかった溪流	
	Ⅰ型溪流	Ⅱ型溪流	Ⅲ型溪流	その他溪流
土砂及び流木の流出	あり *現地調査により確認		なし	なし
流木量	7,070 m <sup>3</sup>	2,730 m <sup>3</sup>	0 m <sup>3</sup>	0 m <sup>3</sup>
流木の溪床内堆積	あり	なし	なし	なし
空中写真により確認された山地荒廃	あり	あり	あり	なし *空中写真では確認できなかった可能性もある
解析連続雨量（中央値）	555～647mm (613mm)	572～648mm (625mm)	352～626mm (575mm)	193～495mm (320mm)
流域面積（中央値）	4.83～219.85ha (24.33ha)	0.77～47.35ha (2.96ha)	1.30～372.11ha (25.27ha)	—
	流木量は流域面積が大きいⅠ型溪流が卓越する。			
溪床勾配（中央値）	1.7～10.3° (6°)	3.3～27.9° (15°)	0.3～18.2° (6°)	—
	溪床内に流木堆積が認められるⅠ型溪流は6°（土石流堆積区間）、流木が堆積せず流出したⅡ型溪流は15°（土石流流下・発生区間）となっている。			
針広比率（%） （針葉樹：広葉樹）	18:82	29:71	29:71	—
	Ⅰ～Ⅲ型溪流はいずれも広葉樹が70～80%を占有し、大きな相違は無い。			
既設ダム数 （平均基数）	1.1基	1.1基	2.0基	—
	荒廃が発生したにも関わらず土砂及び流木の流出が認められなかったⅢ型溪流は、Ⅰ、Ⅱ型溪流よりも整備が進んでいた。			
過去5年の 施業履歴 （面積率）	間伐0.11ha SR-1 (0.1%)	施業履歴なし	間伐0.78ha ML-16, SR-3, SR-71 (0.4, 1.2, 1.7%)	—
	Ⅰ型溪流(SR-1)、Ⅲ型溪流(ML-16, SR-3, SR-71)の4溪流において過去5年に間伐が実施されているが、流域面積に対する整備面積率は0.1～1.7%程度にとどまっており、森林整備の有無が荒廃発生や流木流出に影響を与えたとは想定し難い。			

## 2. 流木被害の検証及び原因推計

### 2.3. R4.8月県北豪雨災害における流木発生崩壊地の特徴

#### (1) R4.8月県北豪雨災害山腹荒廃地の分布

R4.8月県北豪雨災害において流木発生起源となった山腹荒廃地は、荒川が楯形山脈を横断する狭窄部周辺の中起伏山地に非常に多く密集しており、次いで荒川中流部～下流部の丘陵に多く分布する。狭窄部の基盤地質は、20万分の1地質図幅に基づくと、新第三紀中新世の堆積岩類(③、⑥)と流紋岩(⑤)、および花崗岩(②)が分布する。以上を踏まえ、現地調査では狭窄部の崩壊地集中域において、分布する地質ごとの崩壊地特性を調査した。



## 2. 流木被害の検証及び原因推計

表 2.3.1. 検討対象地域の地質構成

番号	時代	地質名	構成岩類	地質区分 第1~7類
⑥	新第三紀中新世	寺泊層	シルト岩及び砂岩	第3類
		七谷層	珪質泥岩及び暗灰色泥岩	
⑤		流紋岩	流紋岩	第5類
④		津川層	酸性凝灰岩（火山礫凝灰岩）	第3類
③	白亜紀	釜杭層	砂岩、泥岩、礫岩 酸性凝灰岩	第3類
②		岩船花崗岩	花崗閃緑岩、黒雲母花崗岩	
①	ジュラ紀	足尾帯	頁岩、砂岩、チャート	第4類

表 2.3.2. 山腹崩壊地の分布と地形地質との関係

流域位置	地形	地質		R4.8月県北豪雨災害で発生した山腹崩壊地
		番号	構成岩類	
下流部	丘陵	⑥	泥岩、砂岩（中～後期中新世）	少ない
狭窄部	中起伏山地	⑤	流紋岩（前期中新世）	極めて多い
		③	堆積岩類（前期中新世）	極めて多い
		②	花崗岩類	極めて多い
中流部	丘陵	⑥	泥岩、砂岩（中～後期中新世）	少ない
上流部	大起伏山地	⑤	流紋岩（前期中新世）	ほぼ無い
		③④	堆積岩類（前期中新世）	ほぼ無い
		②	花崗岩類	ほぼ無い
		①	古期堆積岩類（ジュラ紀）	ほぼ無い

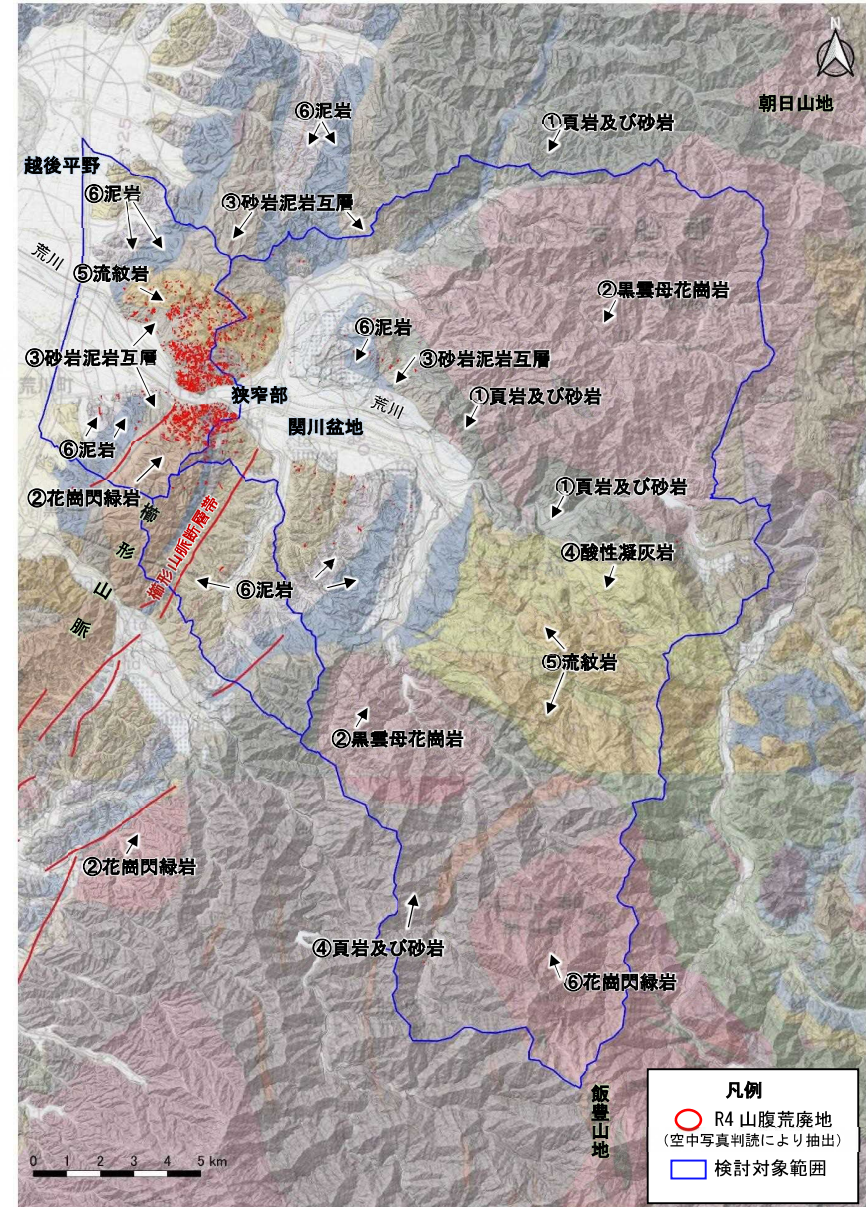


図 2.3.2. 検討対象地域の地質・山腹崩壊地分布図（20万分の1地質図幅「新潟」、「村上」）

## 2. 流木被害の検証及び原因推計

### (2) R4.8月県北豪雨災害山腹荒廃地の現地状況

現地調査ではサプロライト（残積土）と崩壊面に着目し、山腹荒廃地頭部にあたる崩壊発生源の頭部崖において地表地質の構成と、土壤硬度計による硬さプロファイルから崩壊面の特性を抽出した。R4.8月県北豪雨災害山腹崩壊地18箇所を調査した結果、地表地質の構成は、どの地質分布域でも地表面から順に表土、崩積土、サプロライト、岩盤となっている。崩壊面はいずれもサプロライト下底付近から風化岩上面にかけての位置（深度70cm～180cm）にある。



図 2.3.3. 火山礫凝灰岩分布域の山腹荒廃地（赤坂川支流 MR-38 溪流）

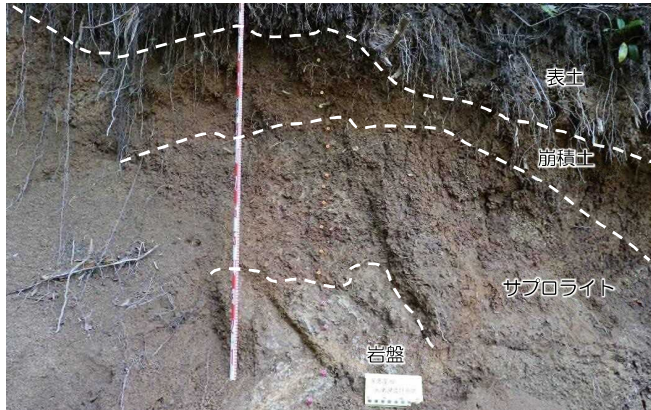


図 2.3.4. 山腹荒廃地の頭部崖断面 (MR-38 溪流；火山礫凝灰岩分布域)

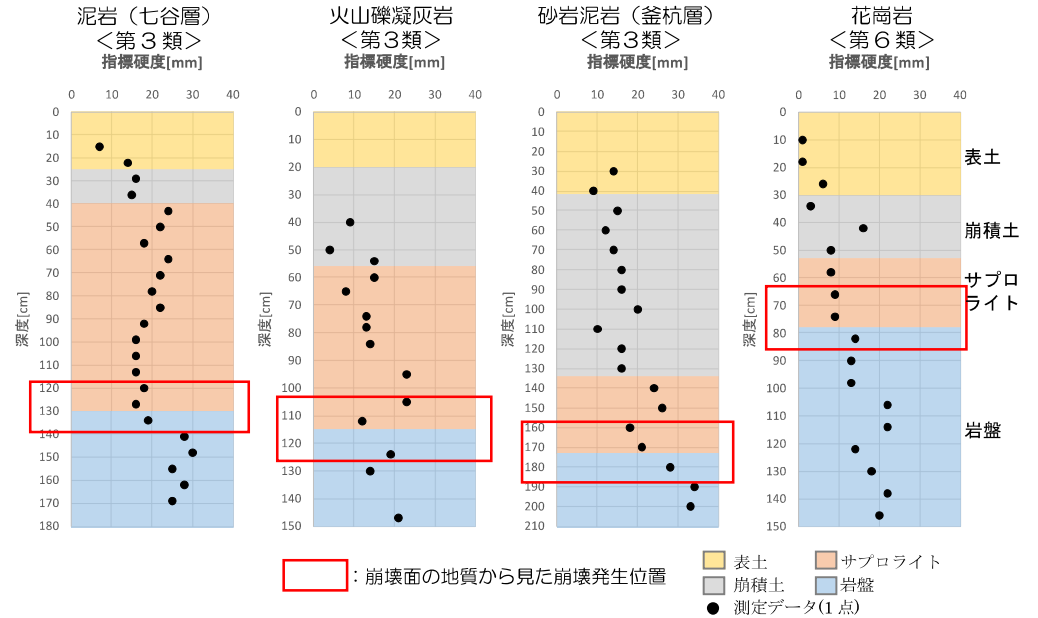


図 2.3.5. 崩壊地頭部の断面硬度プロファイルと崩壊発生位置の代表例

表 2.3.3. 山腹荒廃地の模式断面と特徴

模式図	区分	特徴	指標硬度 (mm)	備考
表土	A層	腐植に富む暗色の土壌	7 mm	褐色森林土が大半であるが、古土壌と思われる赤色土の場合もある
	B層	褐色～赤褐色～黄褐色の腐植に乏しい層		
崩積土		風化岩起源の岩屑や土壌からなる崩壊性堆積物	15 mm	花崗岩の崩積土はいわゆる2次マサである
サプロライト		基盤岩が原位置で風化作用を受けて残存する風化生成物	18mm	①花崗岩のサプロライトがマサである ②泥岩のサプロライトになる現象をスレーキングと呼ぶ
岩盤		弱風化から未風化の岩盤	29.5mm	花崗岩の風化岩上部がオニマサである。

※指標硬度は中央値を採用

## 2. 流木被害の検証及び原因推計

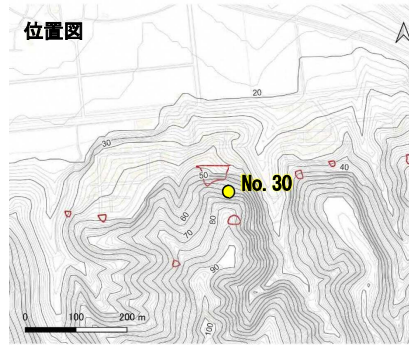
### ① 七谷層泥岩（第3類）

溪流番号	ML-13 と ML-14 の間
露頭番号	No.30（露頭調査カード番号：Nt_ML-13-14_002_230607-07）
崩壊地	規模：幅 約 30 m、長さ 約 50 m 崩壊深：1.2～1.4 m
地形	荒川下流部左岸側の丘陵、R4 崩壊地の滑落崖
地質	⑥泥岩（七谷層）
試験	土壌硬度試験（標準土壌硬度計）
記事	表土の下位に薄く崩積土があり、さらにその下位にスレーキングが発達して葉片状となった泥岩のサブロライトが厚さ 1 m ほどで存在する。このサブロライトの下底に粘土化した層を数十 cm で挟み、これが R4 崩壊面に相当している。指標硬度はスレーキングしたサブロライトと同程度である。岩盤は指標硬度 25～30 mm で比較的硬い傾向がある。崩壊面となっているサブロライト下底面は、ゆるやかな凸凹があり、崩壊面上にはフレーク状の泥岩が堆積している。

写真① 崩壊地の遠望

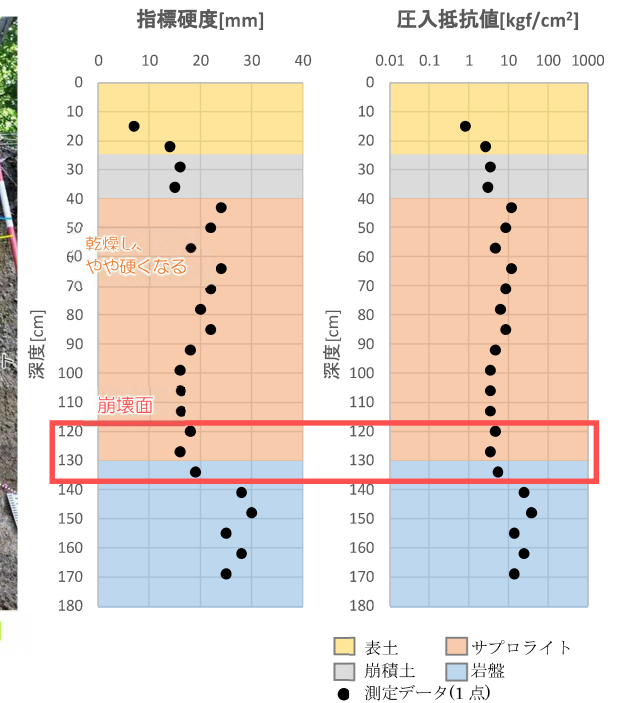
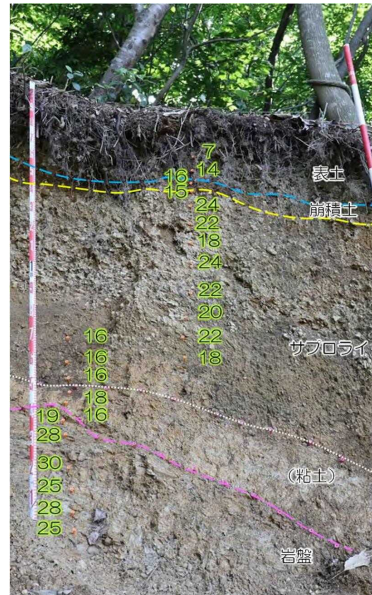


写真② 崩壊地の滑落崖



写真③ スレーキングで岩片化した岩盤上部の風化部

写真④ 滑落崖断面と指標硬度

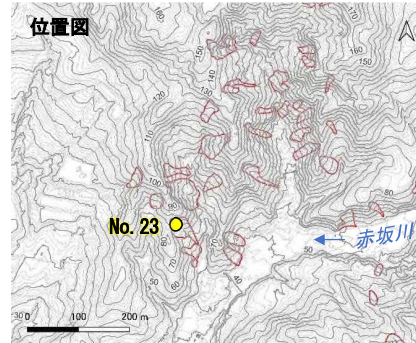


表土
  サプロライト  
 崩積土
  岩盤  
 測定データ(1点)

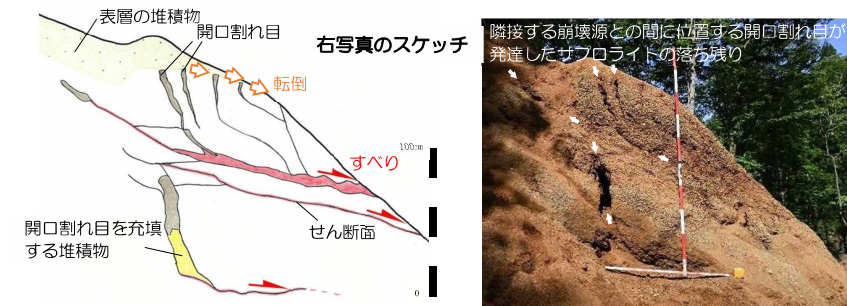
## 2. 流木被害の検証及び原因推計

### ② 火山礫凝灰岩（第3類）

溪流番号	MR-38
露頭番号	No.23（露頭調査カード番号：Lp_MR-38_002_230605-04）
崩壊地	規模：幅約30m、長さ約50m 崩壊深：2.0～4.0m
地形	荒川狭窄部右岸側の中起伏山地、R4崩壊地の滑落崖
地質	④火山礫凝灰岩
試験	土壌硬度試験（標準土壌硬度計）
記事	崩壊面はサブロライト層の下底～岩盤上部の位置である。隣接する崩壊源との間に落ち残りが存在し、落ち残りには複数の高角開口割れ目と節理が発達していることから、R4崩壊時は、開口割れ目と節理を利用して、厚いサブロライトと岩盤境界ですべりまたは開口割れ目を使った転倒崩壊を起して斜面崩壊した可能性がある。火山礫凝灰岩は風化による粒状化までの時間間隙が短く、サブロライトが厚く形成される。

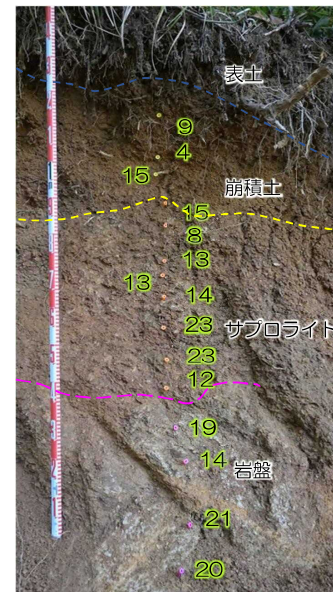


写真② 風化により粒状化した火山礫凝灰岩の礫

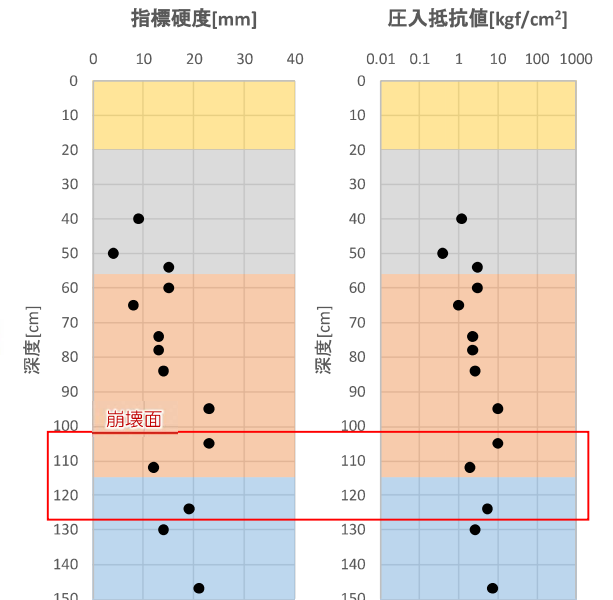


写真① 崩壊地頭部の状況

写真③ 滑落崖断面と指標硬度



指標硬度[mm]

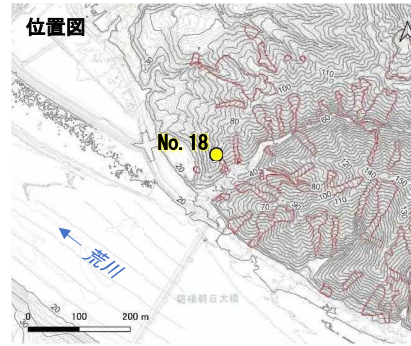


■ 表土 ■ サプロライト  
■ 崩積土 ■ 岩盤  
● 測定データ(1点)

## 2. 流木被害の検証及び原因推計

### ③ 釜杭層 砂岩泥岩互層 (第3類)

溪流番号	MR-48
露頭番号	No.18 (露頭調査カード番号: Kg_MR-48_002_230606-02)
崩壊地	規模: 幅 約 15 m、長さ 約 40 m 崩壊深: 1.5~2.0 m
地形	荒川狭窄部右岸側の中起伏山地、R4 崩壊地の滑落崖
地質	③砂岩 (釜杭層)
試験	土壌硬度試験 (標準土壌硬度計)
記事	未固結堆積物のうち、表土は 40cm ほどあり、その下位に崩積土が厚さ 1m 程度で存在する。その下位の花崗岩のマサのように見える砂岩のサブロライトは 30cm ほどの厚さであり、崩壊面となる下部で指標硬度が低下するが、岩盤上部にかけて漸移的に硬度が高くなる。他地点で確認した釜杭層の泥岩は風化するとスレーキングによりフレック状となる。



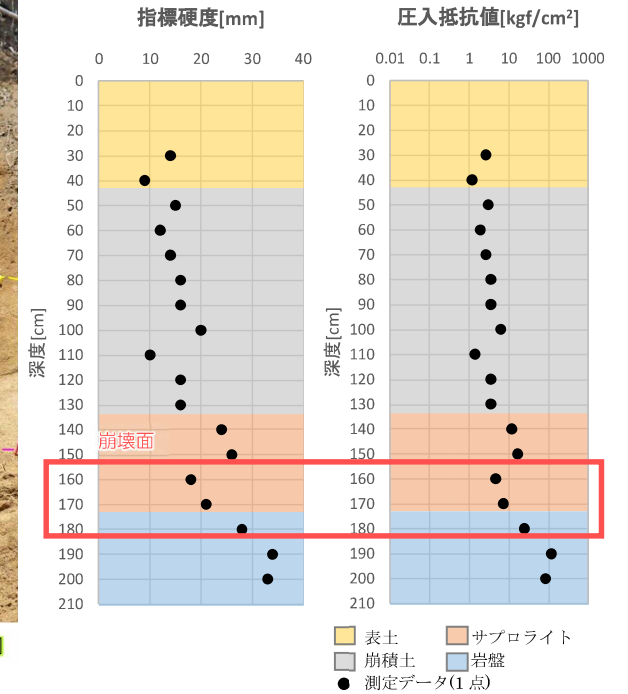
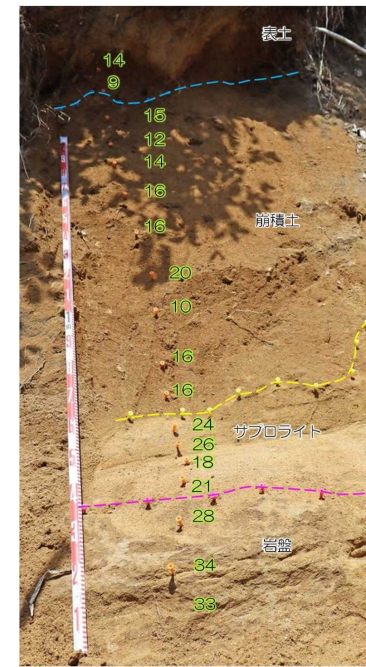
写真③ 泥岩のスレーキング 写真④ 砂岩のサブロライト

写真① 対岸から見た釜杭層の崩壊地遠望



写真② 崩壊地の状況

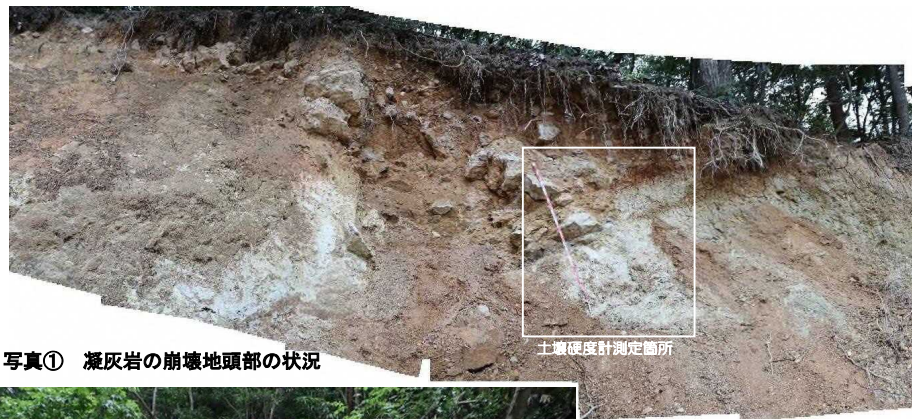
写真⑤ 滑落崖断面と指標硬度



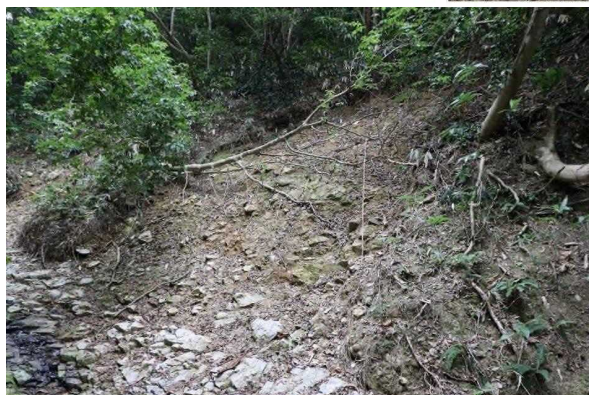
## 2. 流木被害の検証及び原因推計

### ④ 流紋岩 (第5類)

溪流番号	MR-40
露頭番号	No.33 (露頭調査カード番号: Ry_MR-40_002_230816-02)
崩壊地	規模: 幅 約 10 m、長さ 約 20 m 崩壊深: 3.0~5.0 m
地形	荒川狭窄部右岸側の中起伏山地、R4 崩壊地の滑落崖
地質	⑤流紋岩質凝灰岩
試験	土壌硬度試験 (標準土壌硬度計)
記事	流紋岩分布域には、非常に硬質な流紋岩溶岩と、軟質な流紋岩質凝灰岩が分布している。崩壊地は凝灰岩の分布域で多く見られ、崩壊規模もやや大きい傾向である。No.33 の崩壊地における流紋岩質凝灰岩のサブロライトは、火山礫凝灰岩のものとよく似た赤褐色であり、やや粘土質である。この粘土質なサブロライト上位に開口割れ目を伴う硬質な流紋岩溶岩があるため、地下水が浸透しやすい状況である。



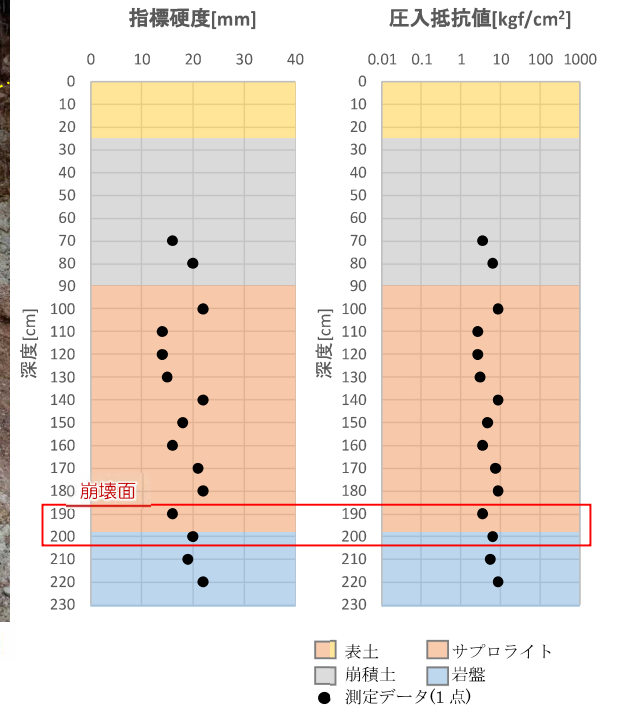
写真① 凝灰岩の崩壊地頭部の状況



写真② 流紋岩溶岩の崩壊地の状況  
(露頭番号: No. 35)



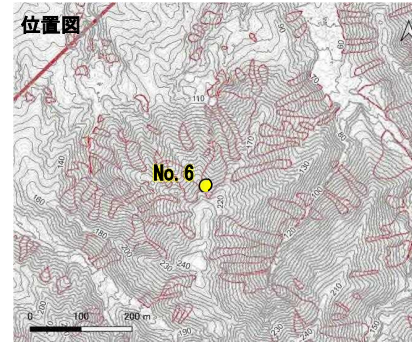
写真③ 流紋岩の風化、サブロライト



## 2. 流木被害の検証及び原因推計

### ⑤ 花崗岩（第6類）

溪流番号	ML-21
露頭番号	No.6（露頭調査カード番号：Gr_ML-21_005_230607-05）
崩壊地	規模：幅 約 50 m、長さ 約 100 m 崩壊深：0.5～1.0 m
地形	荒川狭窄部左岸側の中起伏山地、R4 崩壊地の滑落崖
地質	②花崗岩（岩船花崗岩）
試験	土壌硬度試験（標準土壌硬度計）
記事	花崗岩分布域での崩壊地頭部では、新鮮な岩盤までは確認できず、露頭の最下部には、ねじり鎌で削れる程度の硬さのオニマサが存在する。オニマサから上位につれて漸的に細粒化してマサとなり、完全に分離して再堆積したマサ（2次マサ；崩積土）が覆う。崩壊面はマサ下部～オニマサ上面に位置する。また、花崗岩分布域は斜面が急勾配であり、崩壊地のほとんどが尾根近くから斜面下まで伸びる細長い崩壊形状であった。

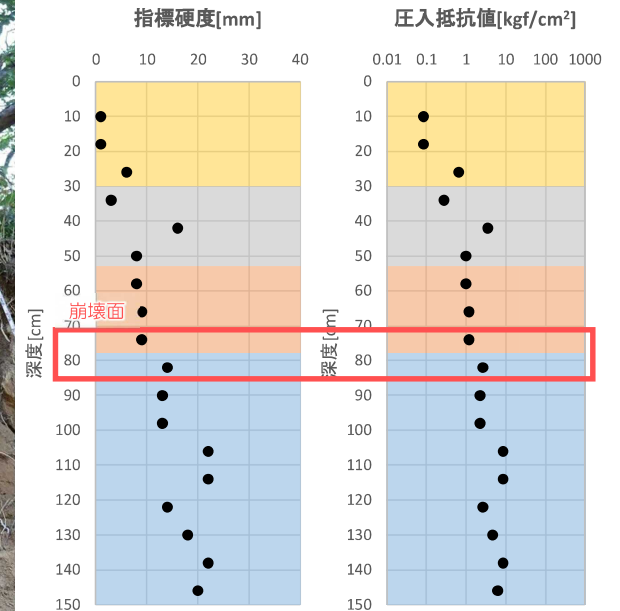
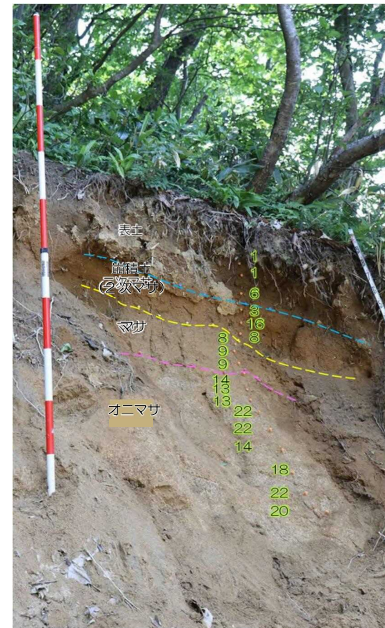


写真③ 花崗岩のサブロライト（マサ～オニマサ）



写真② 崩壊地頭部の状況

写真④ 滑落崖断面と指標硬度



指標硬度 [mm]

● 測定データ(1点)

## 2. 流木被害の検証及び原因推計

### 2.4. S42 羽越災害における山腹荒廃地の特徴

#### (1) S42 羽越災害における山腹荒廃地の分布

S42 羽越災害時の山腹荒廃地は、検討対象地域全域に分布するが、荒川が楯形山脈を横断する狭窄部周辺において特に集中する（図 2.4.1）。また、関川盆地の周囲を取り囲む丘陵の斜面にも比較的多く認められる。上流域の大起伏山地にも崩壊地は認められ、特に花崗岩分布域の斜面に多く分布する傾向がある。

表 2.4.1. 山腹崩壊地の分布と地形地質との関係

流域位置	地形	地質		R4.8月県北豪雨災害で発生した山腹崩壊地
		番号	構成岩類	
下流部	丘陵	⑥	泥岩、砂岩（中～後期中新世）	多い
狭窄部	中起伏山地	⑤	流紋岩（前期中新世）	極めて多い
		③	堆積岩類（前期中新世）	極めて多い
中流部	丘陵	②	花崗岩類	極めて多い
		⑥	泥岩、砂岩（中～後期中新世）	多い
上流部	大起伏山地	⑤	流紋岩（前期中新世）	少ない
		③④	堆積岩類（前期中新世）	少ない
		②	花崗岩類	多い
		①	古期堆積岩類（ジュラ紀）	少ない

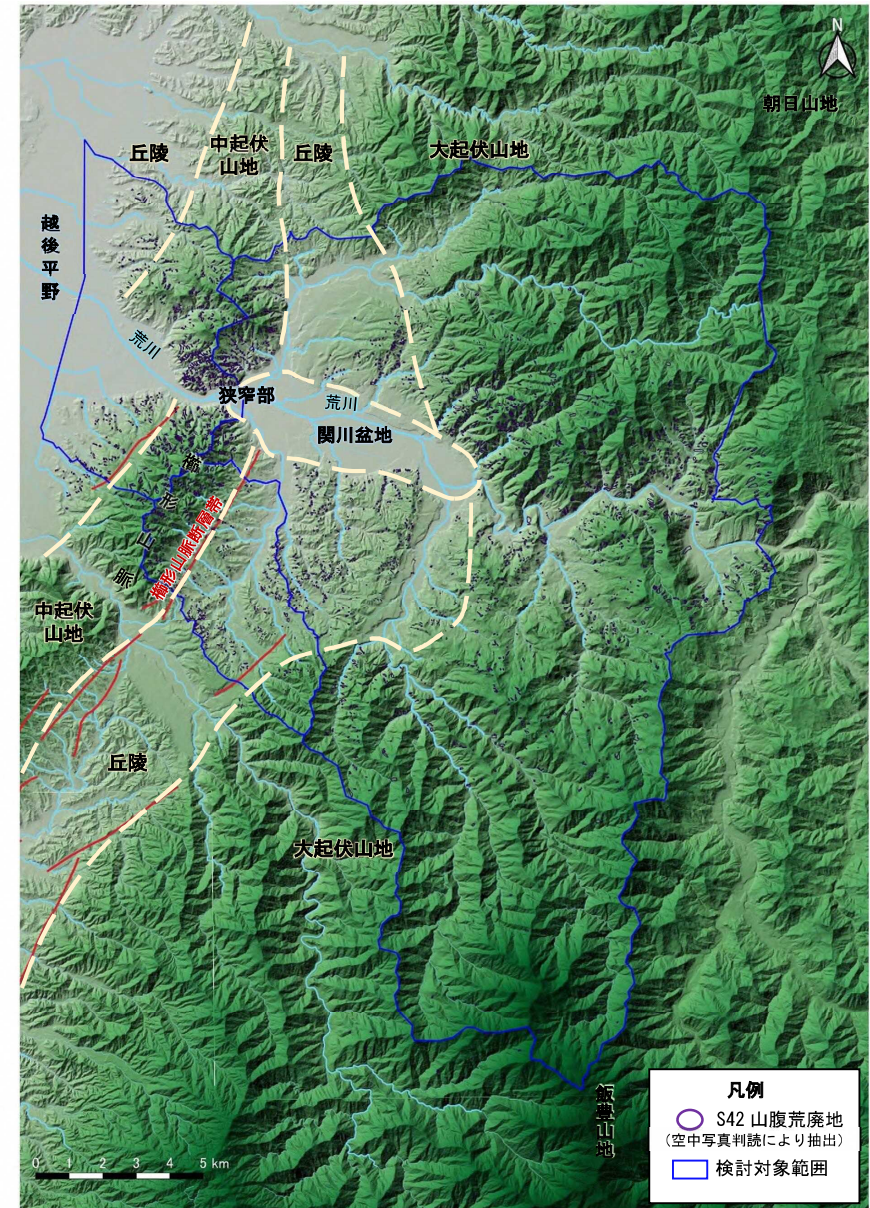


図 2.4.1. 検討対象地域の地形・山腹荒廃地分布図

## 2. 流木被害の検証及び原因推計

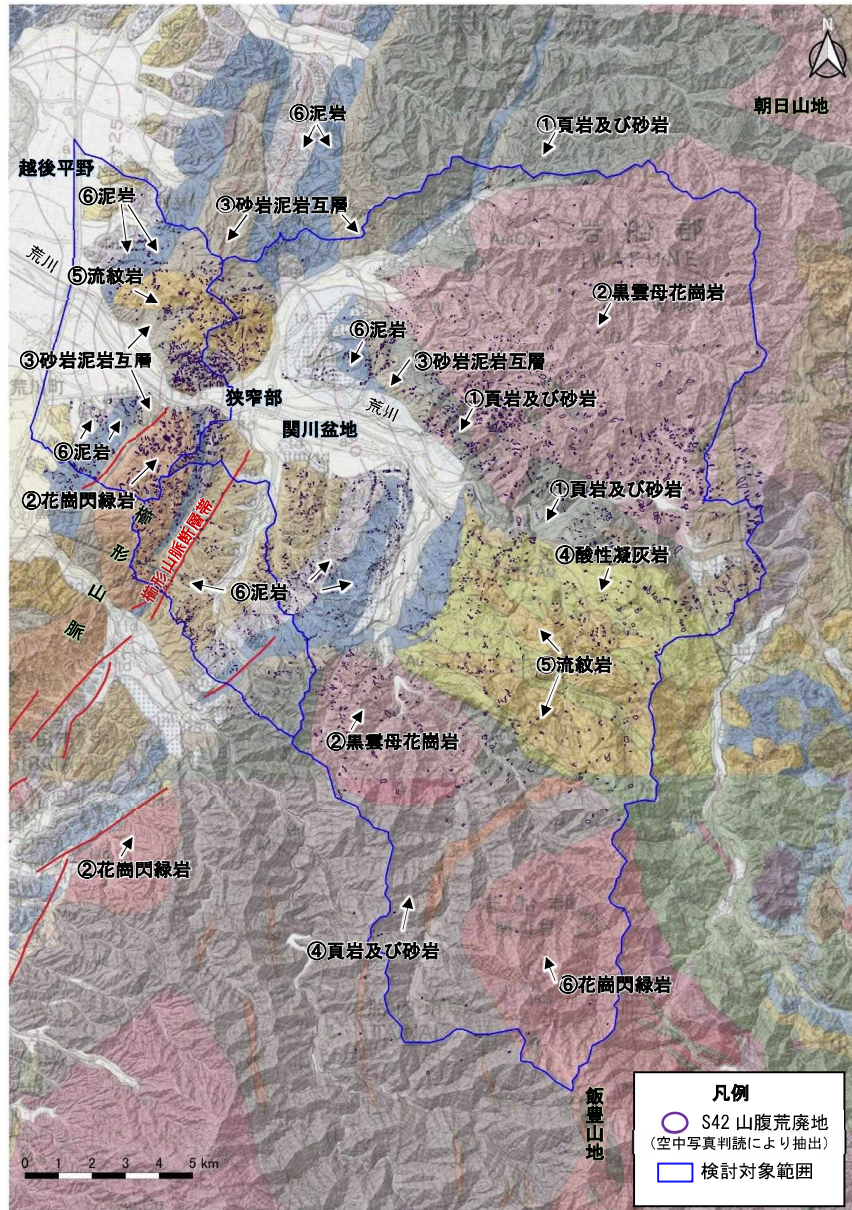


図 2.4.2. 検討対象地域の地質・山腹荒廃地分布図（20 万分の 1 地質図幅「新潟」、「村上」）

## 2. 流木被害の検証及び原因推計

### (2) S42 羽越災害及び R4.8 月豪雨災害による荒廃状況

S42 羽越災害及び R4.8 月豪雨災害で荒廃が集中した荒川の狭窄部において両者の関係を見ると、特に右岸側の第三紀堆積岩分布域における R4 山腹荒廃地の多くは S42 山腹荒廃地の位置と重複せず、これまで崩壊していなかった斜面で発生したことがわかる。一方で左岸側の花崗岩分布域では、重複している場合が多い。

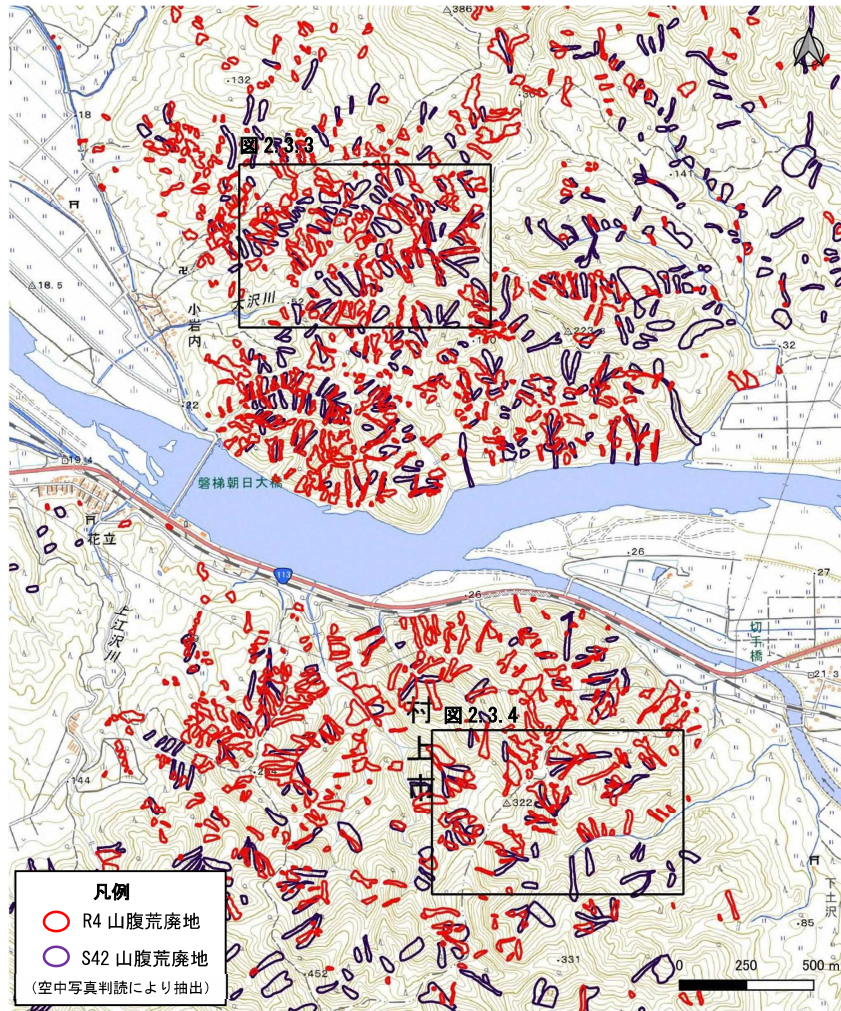


図 2.4.3. 荒川狭窄部における S42 及び R4 山腹荒廃地の分布重ね図



図 2.4.4. 荒川狭窄部右岸側における S42 及び R4 山腹荒廃地の分布重ね図

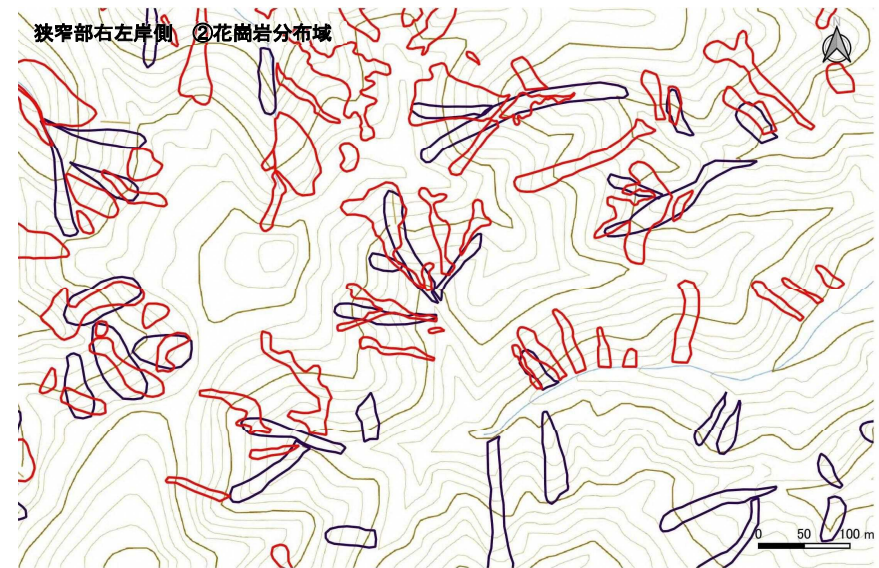


図 2.4.5. 荒川狭窄部左岸側における S42 及び R4 山腹荒廃地の分布重ね図

## 2. 流木被害の検証及び原因推計

### (3) S42 山腹荒廃地に対する R4. 8 月県北豪雨災害未崩壊箇所の現地状況

S42 羽越災害において崩壊し、R4. 8 月県北豪雨災害で未崩壊の斜面を対象に現地状況を 8 箇所（釜杭層砂岩 7 箇所、花崗岩 1 箇所）確認した。S42 山腹荒廃地の頭部において表層を剥ぎ、岩盤までの表層地質を観察した結果、表土（2cm～30cm）の下位に岩盤が接するか、間に厚さ 5cm 未満の薄いサブロライトを挟んで岩盤に接しており、R4. 8 月県北豪雨災害の山腹崩壊地で確認した岩盤出現深度よりも浅いことがわかった。

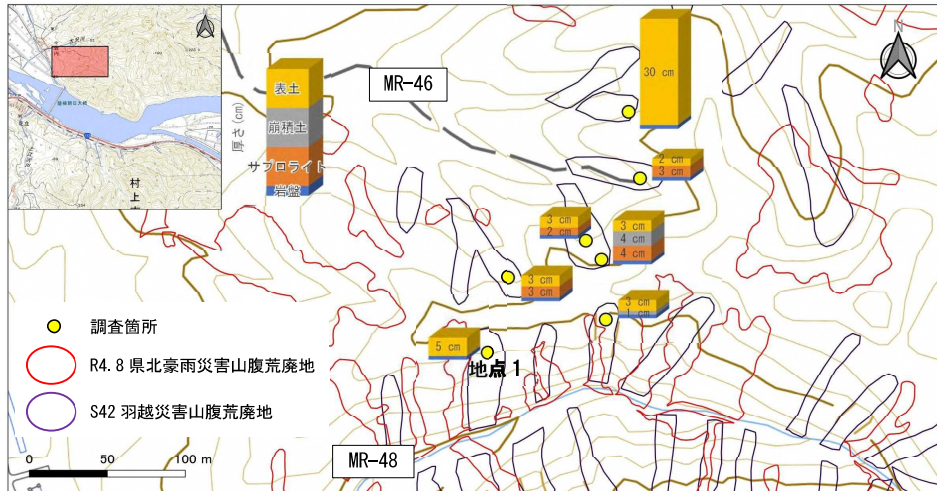


図 2.4.6. S42 羽越災害で崩壊し R4 未崩壊斜面の調査位置と表層地質（釜杭層砂岩分布域）



図 2.4.7. S42 羽越災害山腹荒廃地で R4. 8 月県北豪雨災害未崩壊の斜面状況（地点 1）



図 2.4.8. 地点 1 において岩盤まで表層を剥いだ状況（サブロライトおよび崩積土なし）



図 2.4.9. 地点 1 の根系や腐食からなるマット状の表土

## 2. 流木被害の検証及び原因推計

### 2.5. 治山事業及び森林の効果

#### (1) 既設治山ダムによる流木及び土砂の捕捉事例

既設治山ダムによって捕捉された流木及び土砂の現地状況を以下に示す。流木については、不透過型治山ダム及び透過型治山ダムの両タイプで捕捉状況が確認された（写真 2.5.1, 写真 2.5.2）。また土砂については、巨礫を主体とする土砂の捕捉が認められた（写真 2.5.3-1、MR-39 村上市赤坂川）。

赤坂川下流の河床断面路頭では、S42 羽越災害（想定）及び R4.8 月県北豪雨災害の堆積物が確認できる（写真 2.5.3-2）。R4.8 月県北豪雨災害の堆積物は S42 羽越災害と比較して礫分が少なく細流化していることが判る。このことは、S42 羽越災害後に設置された治山ダムが巨礫を捕捉したことにより、流出土砂の量的な削減効果のみならず質的な効果（流出土砂の細流化に伴う衝撃力の減勢）に寄与したものと見ることができる。



写真 2.5.1. 不透過型治山ダムによる流木及び土砂捕捉状況\_MR-39（赤坂川）



写真 2.5.2. 透過型治山ダムによる流木捕捉状況\_MR-18（上江沢川）



写真 2.5.3-1. 既設谷止工上下流の堆砂状況\_MR-39（赤坂川）支流

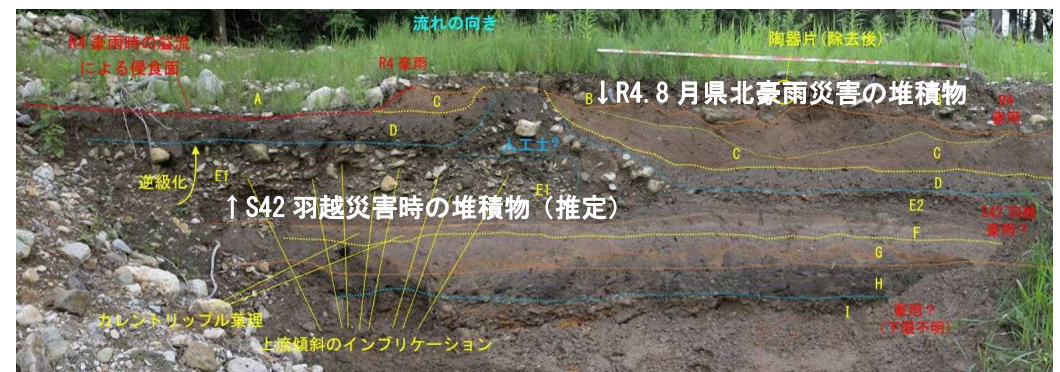


写真 2.5.3-2. MR-39（赤坂川）下流の河床堆積物露頭

## 2. 流木被害の検証及び原因推計

### (2) 森林による流木及び土砂の捕捉事例

森林によって捕捉された流木及び土砂の現地状況を以下に示す。主に溪流の支流から本川に流出した流木及び土砂を溪畔林が捕捉している状況が確認された。しかし、今後の課題として、溪畔林に適さない樹種（スギ等針葉樹）は、土砂捕捉後に枯死する可能性があることから以降の土砂捕捉機能は期待できないため、現況のスギ等人工林による溪畔林については、適木への林相変換を図る必要がある。



写真 2. 5. 4. 溪畔林による流出流木及び土砂の捕捉状況\_\_MR-38（赤坂川支流）  
（左：下流側 右：上流側）



写真 2. 5. 5. 溪畔林による流出流木及び土砂の捕捉状況\_\_MR-39（赤坂川）支流

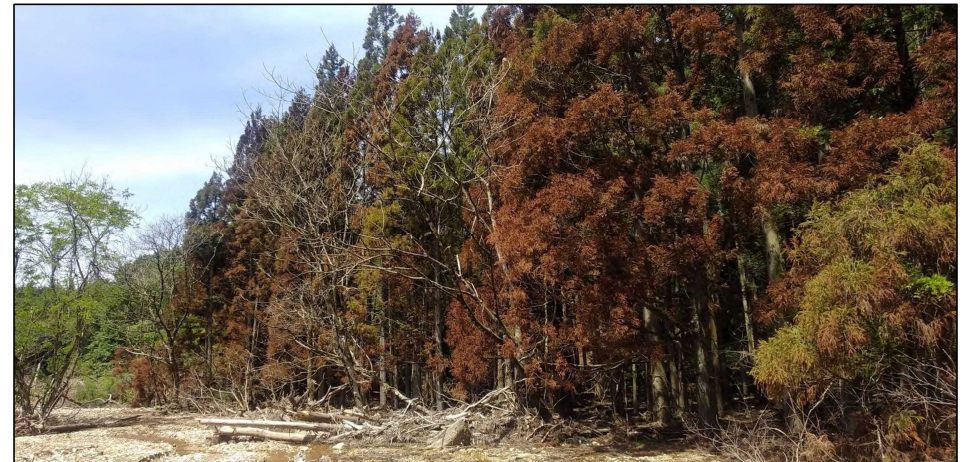


写真 2. 5. 6. 写真 2. 4. 5 の溪畔林の状況（スギの枯死）\_\_MR-39（赤坂川）支流

## 2. 流木被害の検証及び原因推計

### (3) 既設山腹工による植生回復事例

S42 羽越災害で発生した山腹荒廃地に対して、既設山腹工（航空実播工や筋工等の山腹緑化工）が施工されている。これら既設山腹工施工箇所では植生が回復している状況が確認された。

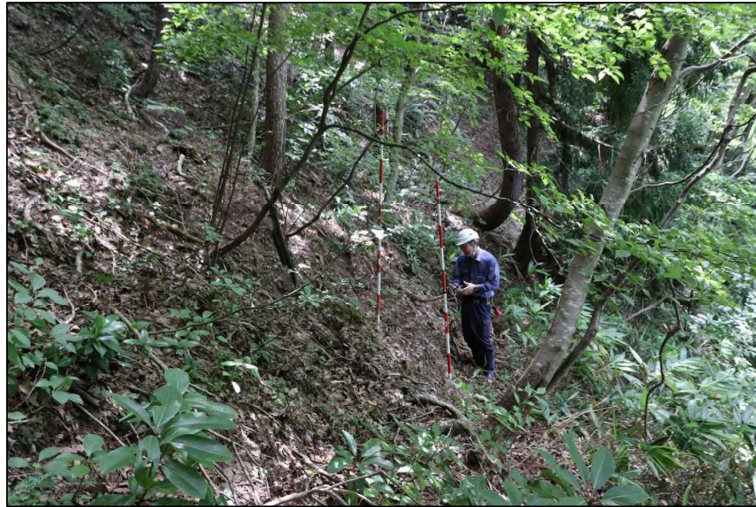


写真 2.5.7. 既設山腹工箇所の植生回復状況\_MR-48 右岸側

ここで、S42 羽越災害で発生した山腹荒廃地に対する既設山腹工未施工箇所について、R4.8 月県北豪雨災害の再崩壊状況を整理することで、植生の自然侵入による山腹荒廃地の回復状況を確認することとする。S42 羽越災害山腹荒廃地の再崩壊率を以下の 6 つに分けて、渓流区分ごとに整理する。

表 2.5.1. S42 羽越災害山腹荒廃地に対する R4.8 月県北豪雨災害発生荒廃の占有比

S42羽越災害山腹荒廃地の再崩壊率					
未崩壊	1~25%	26~50%	51~75%	75~99%	全崩壊

\* S42山腹荒廃地：紫枠のみ、R4.8月発生荒廃地：赤着色

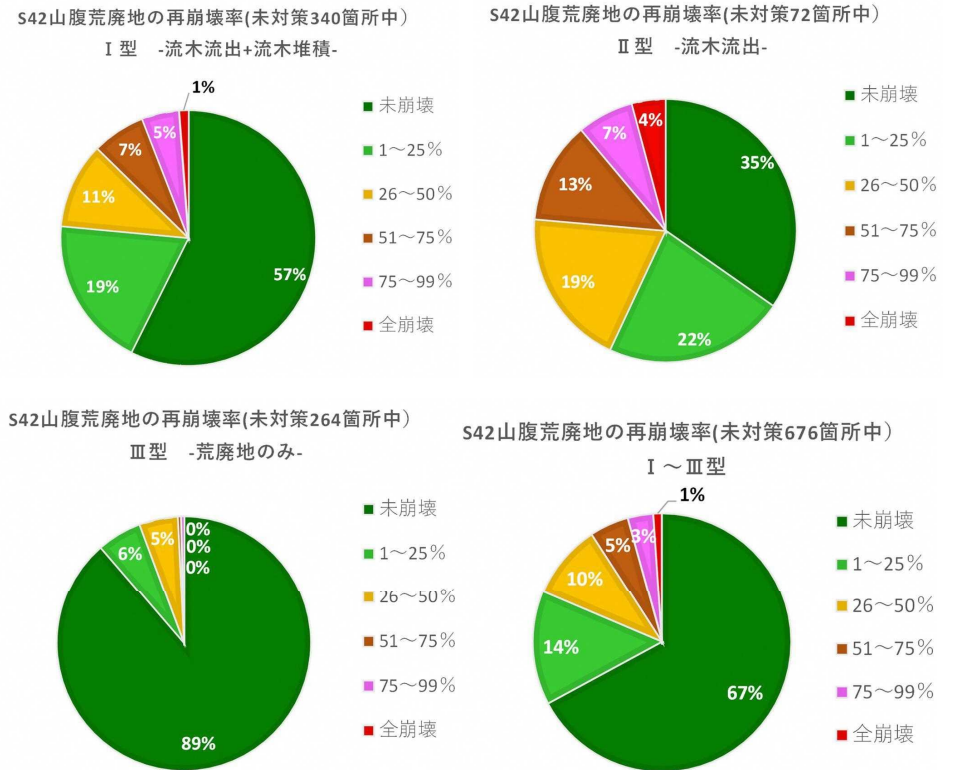


図 2.5.1. S42 山腹荒廃地の再崩壊率（未対策箇所 渓流区分 I～III型）

以上より、I～III型全体において、S42 羽越災害の山腹荒廃地の 67%の箇所でも R4.8 月豪雨災害時に再崩壊が発生していないことがわかる。したがって、山腹工未対策荒廃地に対しても、植生の侵入による自然回復が期待できる可能性がある。

また、S42 羽越災害の山腹荒廃地の未崩壊率が高い要因として、次頁の山腹斜面断面写真に示すように、表層土が薄い（崩壊層であるサブライトが流亡している）ことも考えられる。

ただし、II型（流木流出型）では未崩壊率が 35%とやや低くなっている。この要因として、II型は流域傾斜（中央値）が 30° を超えており、I～III型渓流では最も急傾斜であること等が考えられる。

## 2. 流木被害の検証及び原因推計



写真 2.5.8. S42 羽越災害山腹荒廃地の岩盤まで表土を剥いだ状況\_\_MR-48 右岸側

また、R4.8 月県北豪雨災害発生山腹荒廃地においても、一部では草本類侵入による自然回復が進行している状況や天然更新によるクリ・コナラの実生が確認されたため、前頁のように山腹荒廃地に対して自然侵入による植生回復が期待できる。



写真 2.5.9. R4.8 月県北豪雨災害発生山腹荒廃地の草本類侵入状況\_\_MR-16 (上江沢川) ホ-2



写真 2.5.10. R4.8 月県北豪雨災害発生山腹荒廃地のクリ・コナラの天然更新状況

### 【崩壊地における樹木の侵入年代の推定】

植生が回復している S42 羽越災害の山腹荒廃地において、樹木の侵入年代を推定するため、成長錐による年輪解析を行った。調査対象荒廃地は、図 2.5.2 に示す S42 羽越災害で山腹崩壊が発生した箇所のうち、R4.8 月県北豪雨災害で山腹崩壊が発生しなかった荒廃地 (MR-46 溪流流域内、H-1~H-4) とした。

年輪調査結果を、図 2.5.3、図 2.5.4 に示す。結果の概要は以下の通りである。

- ・崩壊後 9~18 年度程度で樹木が侵入し (地上 1.2m 付近での計測のためさらに早期の侵入の可能性あり)、その後、順調に成長を続けている。
- ・H-1 と H-2 は複数の樹種が同時に侵入し、H-3 と H-4 はホオノキ、コナラとコシアブラ、ウワミズザクラの順に侵入するなど、侵入形態が異なる。
- ・先駆種が必ずしも初期に侵入しているとは限らず、ホオノキ (後期種) の侵入が早い。



## 2. 流木被害の検証及び原因推計

### H-3

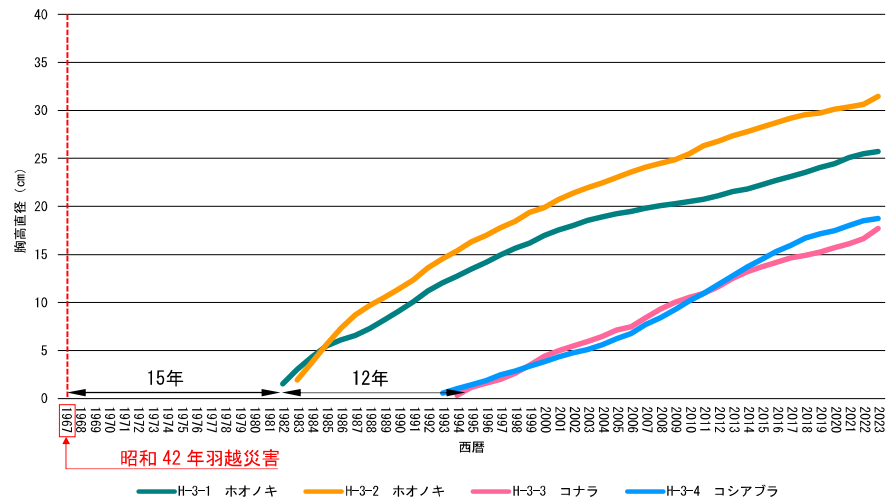


図 2.5.3(3). 年輪調査結果 (H-3)

### 遷移区分

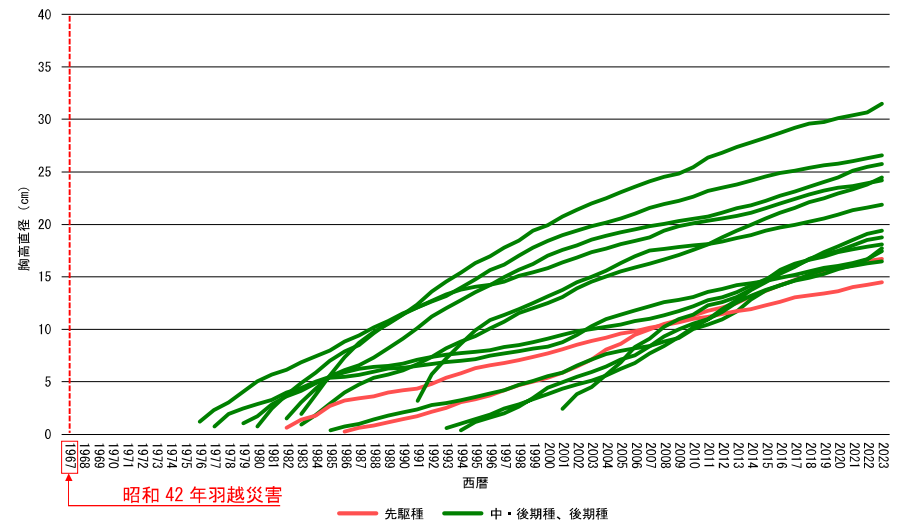


図 2.5.4. 年輪調査結果 (遷移区分)

### H-4

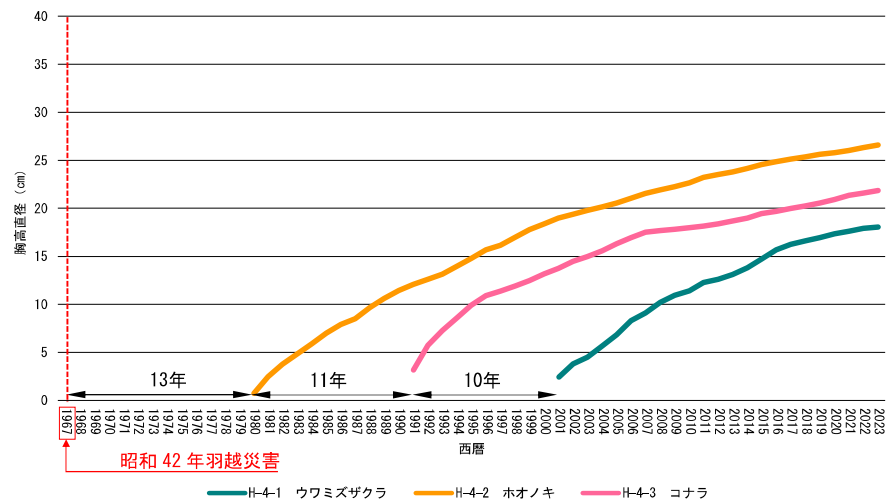


図 2.5.3(4). 年輪調査結果 (H-4)

また、年輪調査に該当する樹種の根系等の文献情報を表 2.5.2 に示し、集計結果を表 2.5.3 に示す。これら侵入樹種の根系分布や根系の支持力の視点からも再崩壊防止について確認することとする。

## 2. 流木被害の検証及び原因推計

表 2.5.2(1). 侵入樹種の根系等の文献情報 (コナラ)

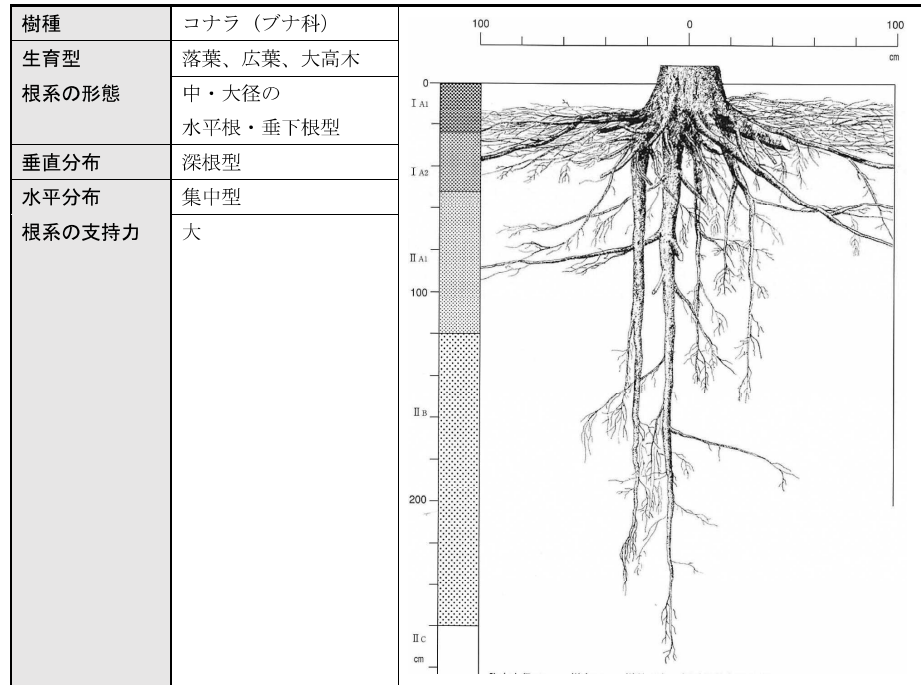


表 2.5.2(3). 侵入樹種の根系等の文献情報 (ホオノキ)

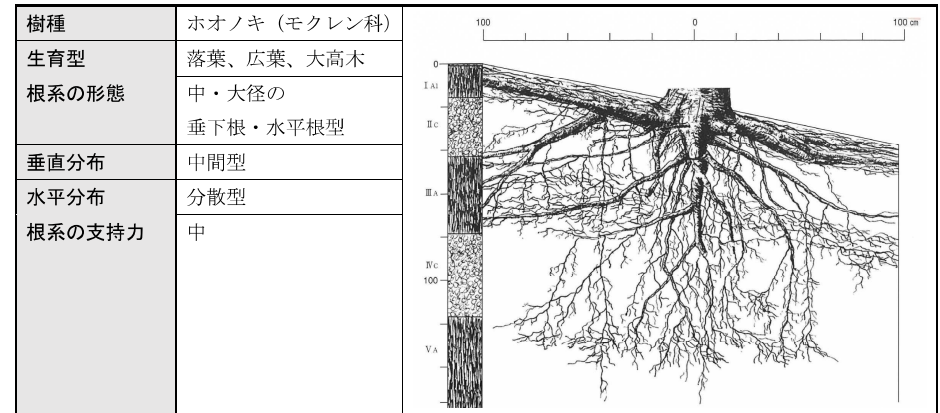


表 2.5.2(4). 侵入樹種の根系等の文献情報 (コシアブラ)

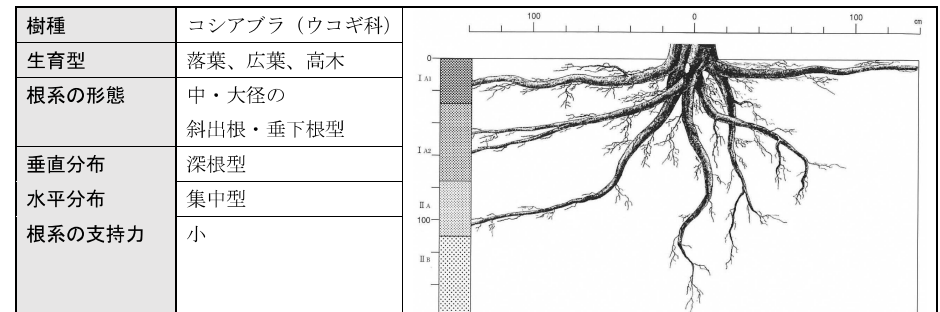


表 2.5.2(2). 侵入樹種の根系等の文献情報 (ミズナラ)

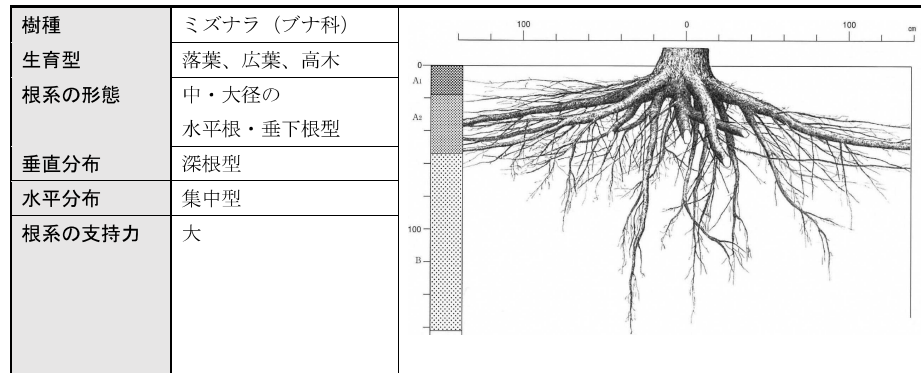
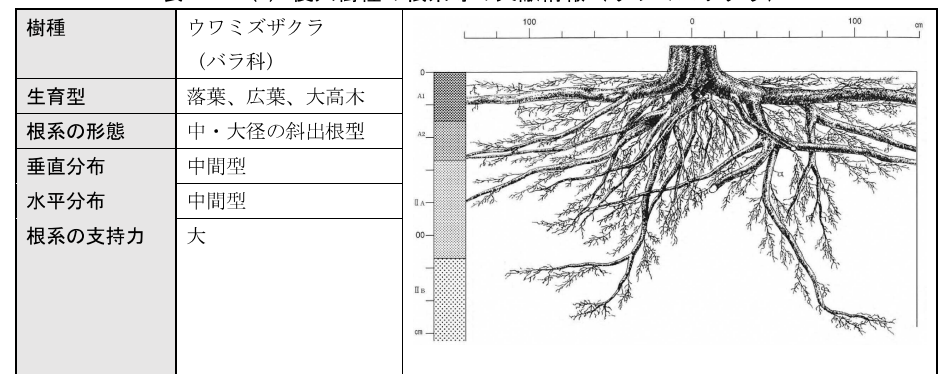


表 2.5.2(5). 侵入樹種の根系等の文献情報 (ウワミズザクラ)



## 2. 流木被害の検証及び原因推計

表 2.5.2(6). 侵入樹種の根系等の文献情報 (ネムノキ)

樹種	ネムノキ (マメ科)	
生育型	落葉、広葉、小高木	
根系の形態	中・大径の垂下根・水平根型	
垂直分布	中間型	
水平分布	分散型	
根系の支持力	小	

表 2.5.3. 成長錘調査樹種の一覧表

樹種	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	調査本数	水平分布	根系の支持力
コナラ	17~24	15~25	4本	集中型	大
ミズナラ	19	24	1本	集中型	大
ホオノキ	24~32	21~23	5本	分散型	中
コシアブラ	17~19	12~17	2本	集中型	小
ウワミズザクラ	18	15	1本	中間型	大
ネムノキ	17	25	1本	分散型	小
アカマツ	15	18	1本	分散型	大

以上より、侵入樹種には根系の支持力が大であるものが比較的多く、薄い表土層に対して根系の水平分布が分散型である樹種も認められたことが、S42崩壊地の再崩壊防止に繋がった可能性がある。

表 2.5.2(7). 侵入樹種の根系等の文献情報 (アカマツ)

樹種	アカマツ (マツ科)	
生育型	常緑、針葉、大高木	
根系の形態	直根の大径の垂下根型	
垂直分布	深根型	
水平分布	分散型	
根系の支持力	大	

生育環境の参考文献：広島県植物誌(広島大学,1997)、樹に咲く花(茂木透ほか,2001,山と溪谷社)

根系の形態・図の参考文献：樹木根系図説(刈住昇,1987,誠文堂新光社)

根系の形態		分布の特徴
垂直分布	浅根型	大部分の根系分布が表層土壌にあり、深い土壌深での発達は極めて悪い
	中間型	浅根型と深根型の中間の型で、根系分布が中庸の深さにおよぶ
	深根型	根系分布が堅密で、通気不良・貧栄養の心土にも多い
水平分布	集中型	根系分布が根株の周囲に集中するもの
	中間型	分散型と集中型の中間の型
	分散型	根系の水平分布が根株付近に集中せず、広い範囲にわたるもの

### 3. 降雨規模に対応した流木量の推計手法

#### 3. 降雨規模に対応した流木量の推計手法

##### 3.1. 解析雨量と荒廃発生の関係

アメダス「下関観測所」の観測記録などから降雨のピークとされる、令和4年8月4日2時の解析雨量を整理した。解析雨量のメッシュは約1.0km<sup>2</sup>(0.9km×1.1km)の大きさである。

最大値となる荒川下流周辺では連続雨量 600mm、時間最大雨量 140mm/h を超えており（図 3.1.1、3.1.2 参照）、100年確率降雨（下関で時間最大雨量 74.8mm/h）を超える値である。

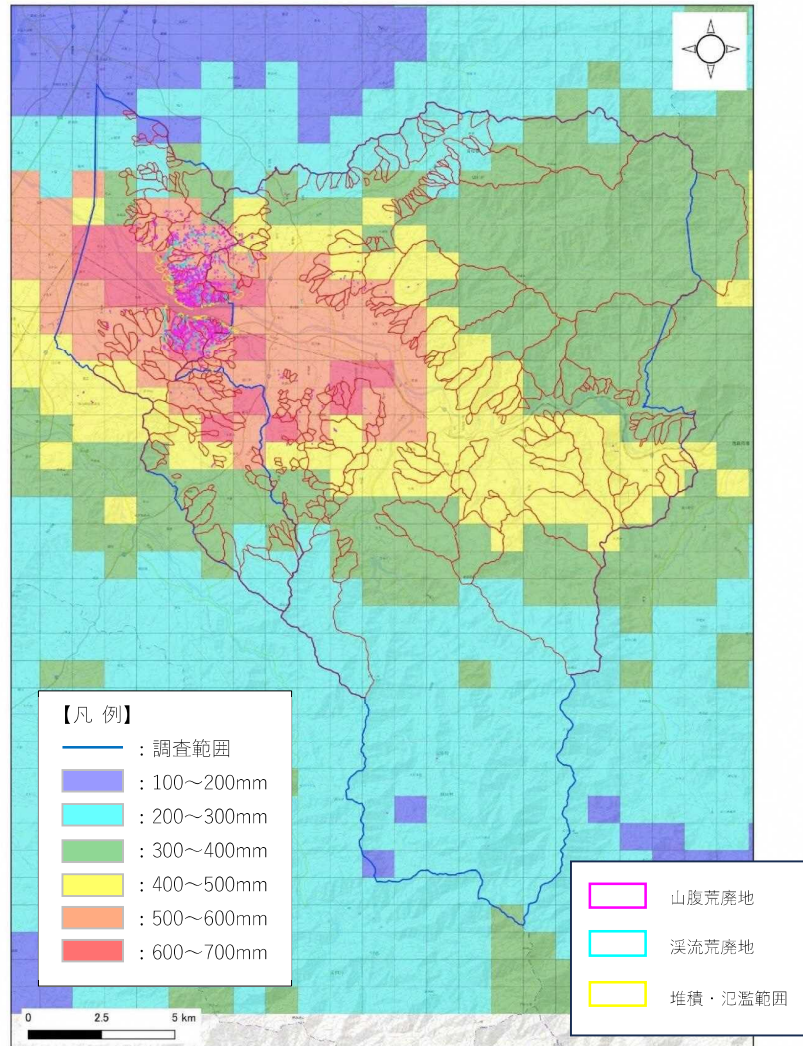


図 3.1.1. 解析雨量（連続雨量）

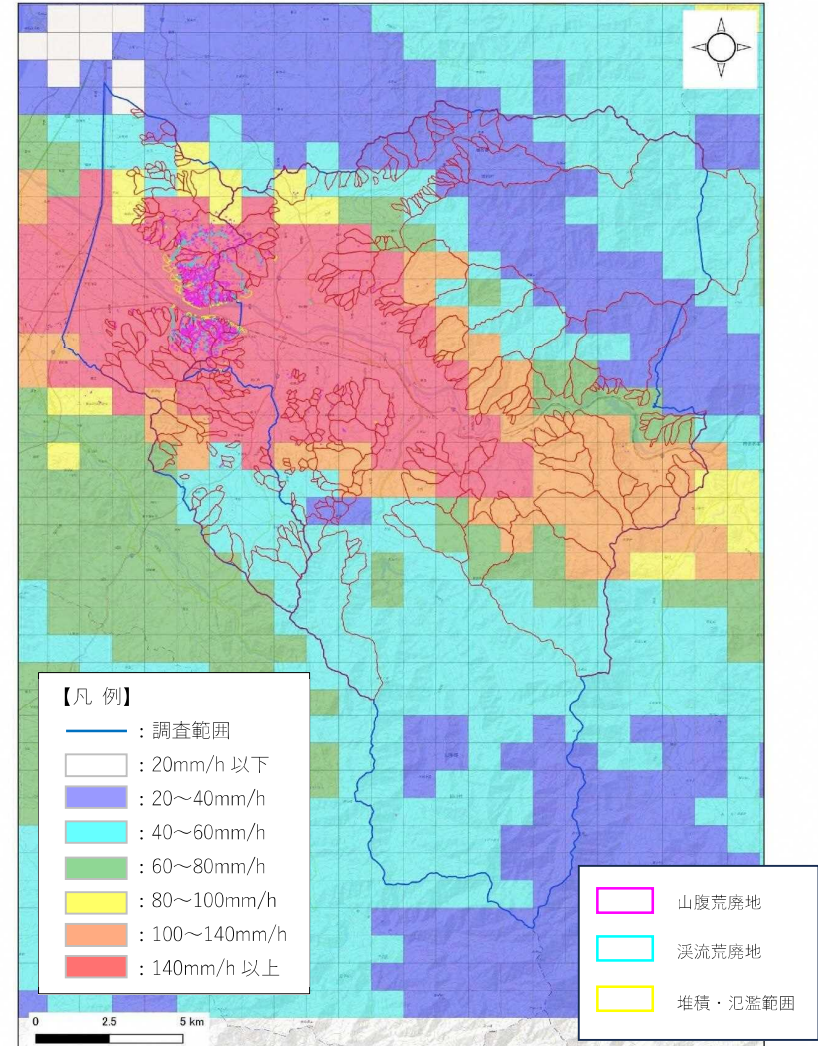


図 3.1.2. 解析雨量（時間最大雨量）

### 3. 降雨規模に対応した流木量の推計手法

荒廃発生箇所を解析雨量を図 3.1.3、3.1.4 に、各雨量メッシュのデータベースを表 3.1.1 に示す。連続雨量は 450.6～674.6mm、時間最大雨量は 115～150mm となっている。

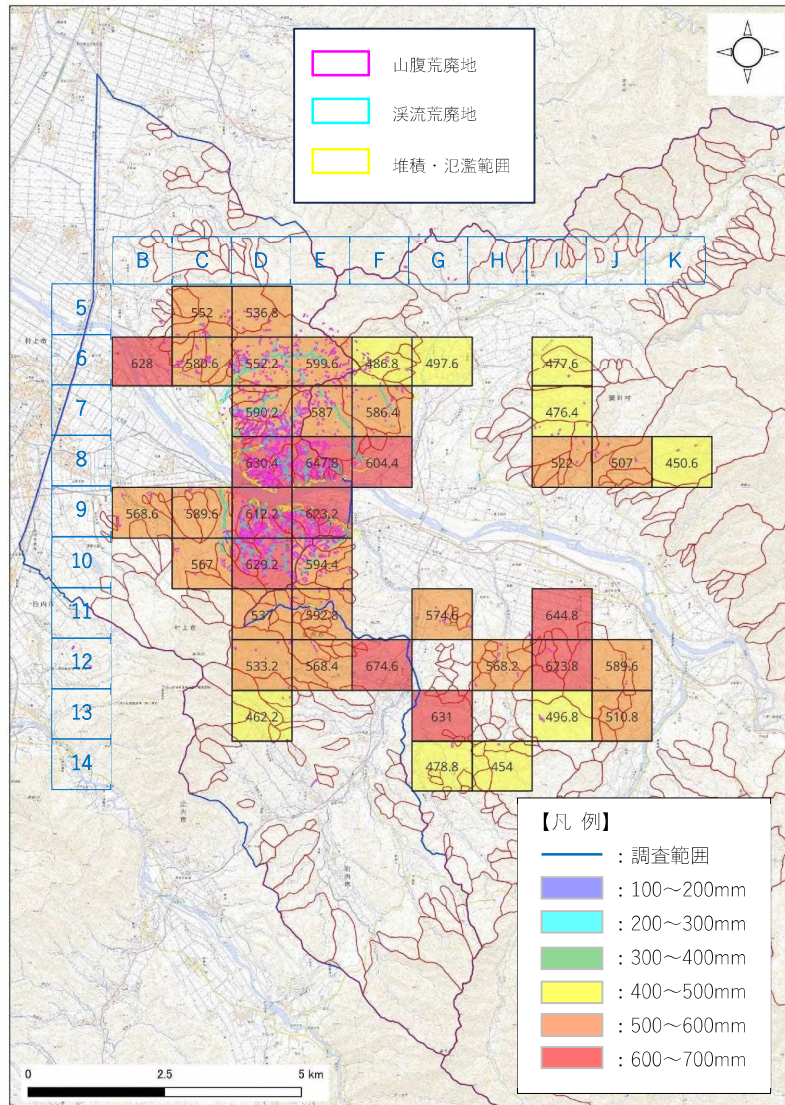


図 3.1.3. 荒廃発生箇所の連続雨量(メッシュ内数値は連続雨量)

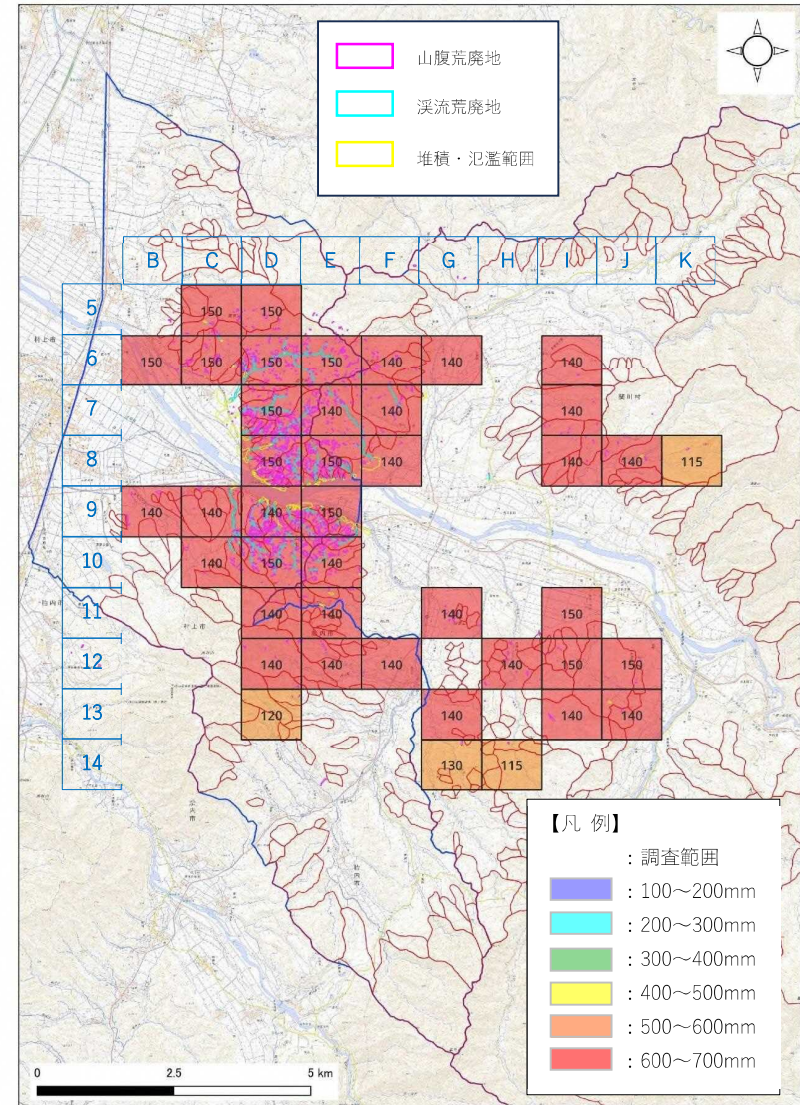


図 3.1.4. 荒廃発生箇所の時間最大雨量(メッシュ内数値は時間最大雨量)

### 3. 降雨規模に対応した流木量の推計手法

表 3.1.1. 荒廃発生地データベース

メッシュ番号	説明変数 (Y)														目的変数 (Y)								
	降雨量		溪流面積 (ha)	溪流面積 率	地質区分 ～7類	地質細区 分1～7類	起伏量 (%)						谷延長		既往施設(箇所)		荒廃面積 (ha)		荒廃面積率 (%) *			荒廃箇所数	
	連続雨量	時間雨量					15～25°	25～35°	35～45°	35° 以上	45° 以上	平均	延長(m)	密度 (m/ha)	ダム工	山腹工	山腹	溪流	山腹 荒廃率	溪流	山地 荒廃率	山腹	溪流
			未満	未満	未満	35° 以上	45° 以上	平均															
B6	628.0	150	6.71	6.6	3	3-3	26.5	26.1	20.5	27.5	7.0	26.0	422	63	1	1	0.16	0	2.4	0.0	2.4	3	0
B9	568.6	140	25.91	25.6	3	3-1	44.5	13.9	1.3	1.3	0.0	16.6	613	24	0	6	0.68	0	2.6	0.0	2.6	1	0
C5	552.0	150	96.58	95.4	5	5	22.6	32.4	24.6	31.5	6.9	28.2	1056	11	0	12	0.93	0.06	1.0	0.1	1.0	19	2
C6	580.6	150	77.32	76.4	3	3-3	27.8	23.2	10.3	12.6	2.3	20.4	3021	39	11	1	1.84	0.27	2.4	0.3	2.7	29	3
C9	589.6	140	65.56	64.7	3	3-1	39.9	24.2	7.2	7.7	0.5	20.5	2453	37	4	9	0.76	1.86	1.2	2.8	4.0	5	1
C10	567.0	140	43.15	42.6	6	6	16.7	32.6	32.1	38.4	6.3	29.7	2418	56	9	9	1.36	0.51	3.2	1.2	4.3	7	3
D5	536.8	150	100.93	99.7	5	5	19.8	28.9	28.7	39.1	10.4	29.7	297	3	0	0	0.93	0	0.9	0.0	0.9	22	0
D6	552.2	150	97.49	96.3	3	3-2	18.9	30.7	25.7	36.6	10.9	29.2	4196	43	5	1	6.17	5.31	6.3	5.4	11.8	96	5
D7	590.2	150	93.38	92.2	3	3-3	18.9	30.7	29.3	40.6	11.3	30.5	6669	71	1	18	10.9	4.67	11.7	5.0	16.7	126	19
D8	630.4	150	71.52	70.6	3	3-3	9.1	23.0	41.7	61.3	19.6	34.7	6953	97	7	41	12.7	3.89	17.8	5.4	23.2	146	15
D9	612.2	140	48.84	48.2	6	6	14.4	20.6	37.6	53.6	16.0	32.2	4165	85	4	3	9.93	4.39	20.3	9.0	29.3	110	8
D10	629.2	150	100.94	99.7	6	6	5.8	17.2	47.4	74.4	27.0	37.6	5702	56	1	53	7.96	2.63	7.9	2.6	10.5	99	7
D11	537.0	140	66.62	65.8	6	6	10.3	26.5	39.0	59.7	20.7	35.2	1260	19	0	18	0.3	0	0.5	0.0	0.5	3	0
D12	533.2	140	101.13	99.9	6	6	8.0	23.4	39.7	63.7	24.0	35.7	4414	44	21	0	0.44	0	0.4	0.0	0.4	13	0
D13	462.2	120	59.09	58.3	3	3-1	16.4	25.9	31.8	43.6	11.8	30.1	901	15	1	11	0.04	0	0.1	0.0	0.1	3	0
E6	599.6	150	100.99	99.7	3	3-3	7.3	21.6	42.5	67.1	24.6	36.3	2720	27	0	9	3.88	1.46	3.8	1.4	5.3	70	5
E7	587.0	140	101.01	99.7	5	5	16.2	27.1	32.2	47.2	15.0	31.7	4052	40	0	6	5.57	1.07	5.5	1.1	6.6	64	6
E8	647.8	150	75.31	74.4	3	3-3	6.6	17.4	48.0	71.6	23.6	36.7	5336	71	1	13	8.01	2.15	10.6	2.9	13.5	93	9
E9	623.3	150	32.44	32.0	6	6	3.3	12.1	46.9	82.2	35.3	39.1	2401	74	14	12	5.63	1.37	17.4	4.2	21.6	49	9
E10	594.4	140	86.98	85.9	6	6	6.9	19.2	48.7	69.9	21.2	36.5	3638	42	2	13	6.65	0.97	7.6	1.1	8.8	79	6
E11	592.8	140	52.5	51.8	6	6	10.2	25.6	42.9	59.5	16.6	34.7	1244	24	1	0	0.47	0	0.9	0.0	0.9	5	0
E12	568.4	140	63.69	62.9	3	3-1	26.8	29.8	18.5	23.5	5.0	25.4	2405	38	13	6	0.17	0	0.3	0.0	0.3	4	0
F6	486.8	140	97.64	96.4	3	3-3	6.1	19.5	44.0	71.8	27.8	37.4	2090	21	4	4	1.65	0.02	1.7	0.0	1.7	22	1
F7	586.4	140	81.03	80.0	5	5	17.8	32.0	30.8	38.8	8.0	29.9	3612	45	2	0	1.15	0.46	1.4	0.6	2.0	24	1
F8	604.4	140	15.41	15.2	3	3-3	18.0	35.2	30.0	34.3	4.3	29.0	1728	112	4	0	0.46	0.82	3.0	5.3	8.3	6	1
F12	674.6	140	4.76	4.7	3	3-1	48.8	28.7	3.1	3.4	0.3	21.2	0	0	0	0	0.03	0	0.6	0.0	0.6	1	0
G6	497.6	140	6.02	5.9	3	3-3	6.4	12.2	43.6	74.1	30.5	36.7	334	55	3	0	0.01	0	0.2	0.0	0.2	1	0
G11	574.6	140	9.85	9.7	3	3-1	43.2	26.1	5.6	6.1	0.5	20.8	0	0	2	3	0.41	0	4.2	0.0	4.2	1	0
G13	631.0	140	19.81	19.6	3	3-1	33.1	33.2	14.3	16.3	2.0	24.5	0	0	0	0	0.02	0	0.1	0.0	0.1	1	0
G14	478.8	130	15.02	14.8	3	3-1	21.3	41.2	21.2	29.1	7.9	29.3	0	0	1	0	0.22	0	1.5	0.0	1.5	1	0
H12	568.2	140	52.84	52.2	3	3-1	24.2	34.0	23.9	27.9	4.0	27.4	855	16	0	0	0.73	0	1.4	0.0	1.4	2	0
H14	454.0	115	81.39	80.4	3	3-1	20.7	28.8	25.2	33.0	7.8	27.7	0	0	1	0	0.07	0	0.1	0.0	0.1	1	0
I6	477.6	140	63.95	63.1	3	3-1	25.5	13.7	2.8	3.2	0.4	14.8	0	0	0	0	0.09	0	0.1	0.0	0.1	1	0
I7	476.4	140	100.99	99.7	3	3-1	27.7	23.1	8.7	10.4	1.7	19.6	618	6	1	1	0.34	0	0.3	0.0	0.3	9	0
I8	522.0	140	76.51	75.6	3	3-1	26.5	18.1	9.1	11.1	2.0	18.6	3220	42	1	7	0.2	0	0.3	0.0	0.3	9	0
I11	644.8	150	14.68	14.5	3	3-1	17.8	19.3	21.0	25.9	4.9	22.7	158	11	1	1	0.01	0	0.1	0.0	0.1	1	0
I12	623.8	150	94.83	93.6	3	3-1	28.6	23.9	14.8	19.9	5.1	23.2	1363	14	3	0	0.15	0	0.2	0.0	0.2	8	0
I13	496.8	140	101.15	99.9	3	3-1	27.3	21.3	16.5	21.5	5.0	22.9	3868	38	0	0	0.33	0	0.3	0.0	0.3	2	0
J8	507.0	140	84.91	83.8	3	3-3	27.1	18.7	11.6	15.5	3.9	20.3	1964	23	4	0	0.37	0	0.4	0.0	0.4	5	0
J12	589.6	150	56.62	55.9	3	3-1	24.9	27.2	20.9	25.7	4.8	25.3	0	0	0	1	0.12	0	0.2	0.0	0.2	6	0
J13	510.8	140	54.83	54.1	3	3-1	20.3	26.5	32.4	35.1	2.7	27.5	0	0	0	6	0.05	0	0.1	0.0	0.1	1	0
K8	450.6	115	101.04	99.8	6	6	13.2	22.5	43.4	53.1	9.7	32.0	4197	42	0	0	0.07	0	0.1	0.0	0.1	3	0

\* : 荒廃面積率 (%) = メッシュ内荒廃面積 / メッシュ内流域面積 × 100

### 3. 降雨規模に対応した流木量の推計手法

#### 3.2. R4. 8月県北豪雨災害降雨による荒廃発生回帰式と流木量の推計手法

##### (1) 山腹荒廃面積率と溪流荒廃面積率の関係

前節で示したデータベース（表 3.1.1）を用いて、山腹荒廃面積率と溪流荒廃面積率の関係を整理した（図 3.2.1）。両者は相関性が高く（R2 値=0.72）、溪流荒廃面積率は山腹崩壊面積率を用いて予測が可能と考えられる（式 3.2.1）。

$$\text{溪流荒廃面積率} = 0.35 \times \text{山腹崩壊面積率} - 0.018$$

（式 3.2.1）

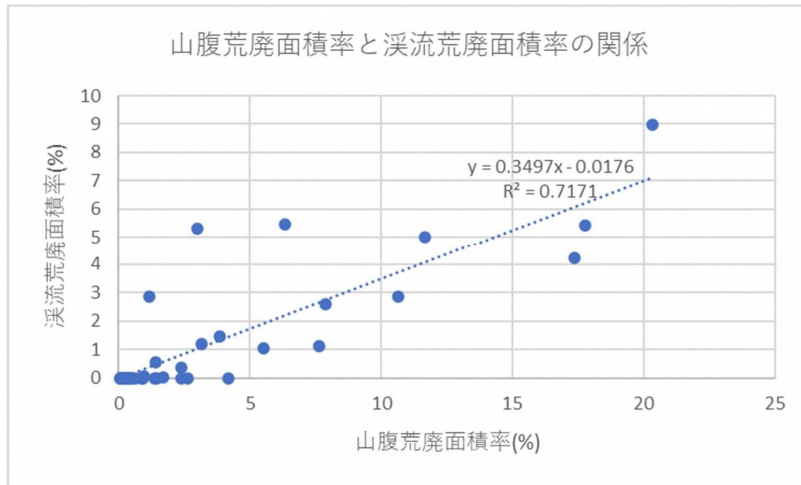


図 3.2.1. 山腹荒廃面積率と溪流荒廃面積率の関係

##### (2) 山腹荒廃面積率の回帰式

メッシュ内の流域面積が 50% を超える解析雨量メッシュにおいて、連続雨量と山腹荒廃面積率の関係を整理した（図 3.2.2）。連続雨量の増加に伴い、荒廃面積率が増加する傾向が見られる。次節では、連続雨量とその他の属性を説明変数とし、山腹荒廃面積率の予測式を検討する。

表 3.2.1. 調査対象地における地質区分

分類	地質
第 3-1 類*	堆積岩：七谷層（階）泥岩、シルト岩主体
第 3-2 類*	堆積岩：火山礫凝灰岩
第 3-3 類*	堆積岩：釜杭層 砂岩泥岩互層
第 4 類	古第三紀以前の堆積岩
第 5 類	火山岩
第 6 類	半深成岩・深成岩

\*：山地災害危険地区調査要領における地質区分の第 3 類を細分化

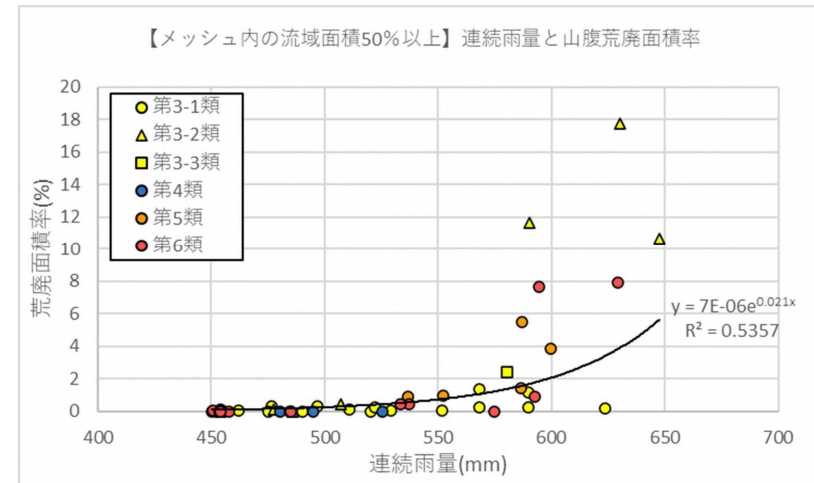


図 3.2.2. 連続雨量と山腹荒廃面積率の関係

### 3. 降雨規模に対応した流木量の推計手法

#### ①説明変数

解析雨量メッシュ毎に属性をデータベース化し、属性を説明変数、荒廃面積率を目的変数とした重回帰分析を行う。重回帰分析には山腹荒廃面積率との相関性が比較的高いと考えられる4項目を使用し(表 3. 2. 2)、その相関性を検討した。

説明変数と目的変数の相関性より、説明変数として有意なものは①連続雨量と④谷密度であった(表 3. 2. 3 参照)。②、③については、いずれも起伏量に関する属性であるため、どちらか一方を使用した組み合わせを検討する。

表 3. 2. 2. 重回帰分析の説明変数

属性	項目
解析雨量	連続雨量 (mm)
起伏量	勾配 35° 以上の割合 (%)
	平均勾配 (°)
谷	谷密度(m/ha)

表 3. 2. 3. 説明変数と目的変数の相関性一覧

説明変数	t 値	P-値
①連続雨量	1. 69	0. 104
②勾配 35° 以上の割合	0. 634	0. 532
③平均勾配	-0. 369	0. 715
④谷密度	4. 686	8. 40E-05
値の目安	絶対値 2 以上が有意	0 に近いほど有意 0. 05 以下が目安

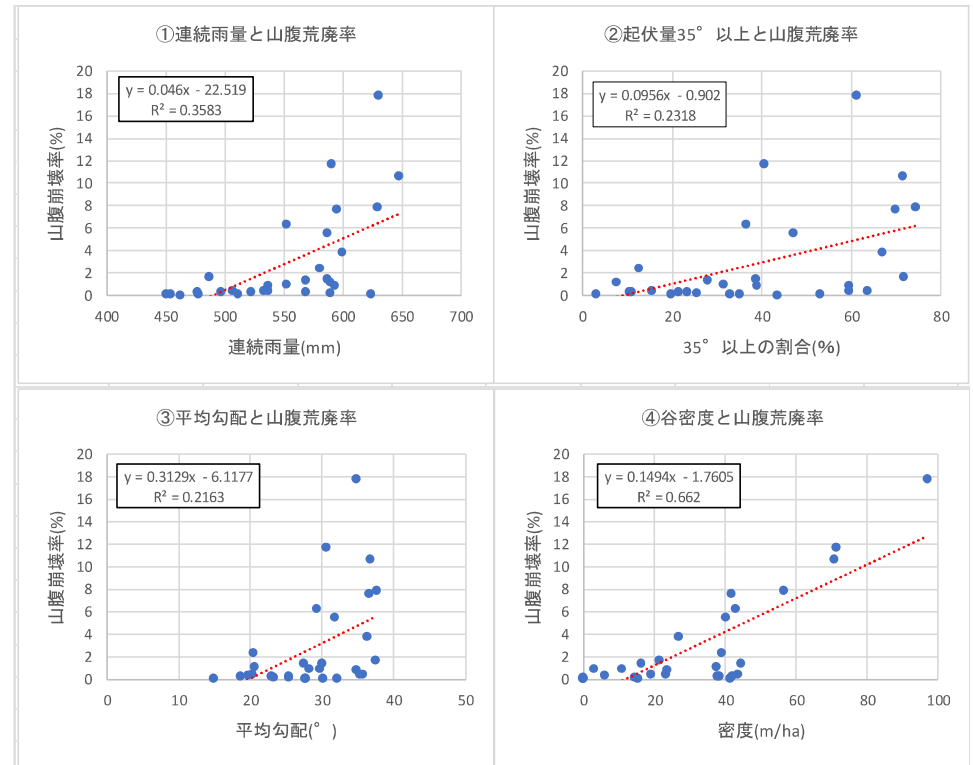


図 3. 2. 3. 山腹荒廃面積率と説明変数の関係

### 3. 降雨規模に対応した流木量の推計手法

#### ②説明変数の組み合わせ

説明変数として有意な①連続雨量と④谷密度とその他の説明変数を組み合わせ、3パターンの回帰モデルを検討する（表 3.2.4 参照）。

各モデルの有意性を評価する指標（補正 R2 値、F 値）より、R2 値が最大のモデル2を採用する（表 3.2.5 参照）。山腹荒廃面積率に関する回帰式(式 3.2.2)と、得られた回帰式のプロットを示す(図 3.2.4)。

表 3.2.4. 各モデルに使用した説明変数

説明変数	モデル 1	モデル 2	モデル 3
①連続雨量	○	○	○
②勾配 35° 以上の面積率		○	
③平均勾配			○
④谷密度	○	○	○

表 3.2.5. 各モデルの評価

評価項目	備考	モデル 1	モデル 2	モデル 3
補正 R2 値	0.6~0.8 が目安	0.676	0.687	0.684
有意 F 値	0 に近いほど有意 0.05 以下が目安	9.3E-8	2.4E-7	2.8E-7

表 3.2.6. 重回帰分析結果（モデル 2）

説明変数	係数	t 値	P-値
切片	-10.8	-2.20	0.0037
①連続雨量	0.016	1.68	0.106
②勾配 35° 以上の面積率	0.031	1.38	0.178
④谷密度 (m/ha)	0.117	4.93	4.02E-05
	—	絶対値 2 以上が有意	0.05 以下が目安

$$Y = 0.016X_1 + 0.031X_2 + 0.117X_4 - 10.8$$

(式 3.2.2)

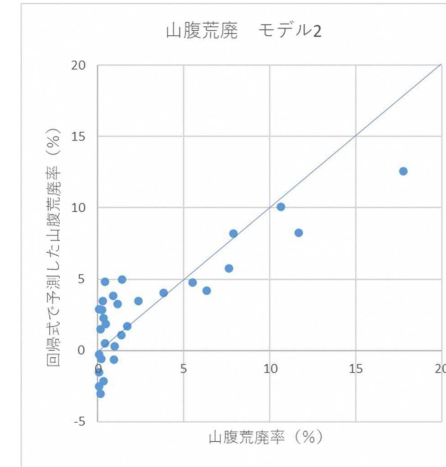


図 3.2.4. 回帰式による予測値（山腹荒廃面積率）

#### (3) 荒廃発生の回帰式

以上の検討から、荒廃面積 (ha) を予測するために必要な山腹・溪流荒廃面積率について、降雨量、起伏量 (勾配 35° 以上の面積率)、谷密度を用いて以下のように提案する。

$$\begin{aligned} \text{山腹荒廃面積率} &= R100 (\text{降雨量 mm}) \times 0.016 + \text{勾配 } 35^\circ \text{ 以上の面積率 } (\%) \times 0.031 \\ &\quad + \text{谷密度 (m/ha)} \times 0.117 - 10.8 \end{aligned} \quad (\text{式 3.2.2 再掲})$$

$$\text{溪流荒廃面積率} = 0.35 \times \text{山腹崩壊面積率} - 0.018 \quad (\text{式 3.2.1 再掲})$$

### 3. 降雨規模に対応した流木量の推計手法

#### (3) 荒廃発生回帰式に基づく流木量の推計手法

R4.8月県北豪雨災害では、溪流の本川を主体とした単一流路(図3.2.5)ではなく、複数の支流から同時多発的に流木及び土砂流出が発生した溪流(図3.2.6)が多く存在したことが被害の拡大に繋がったものと考えられる。

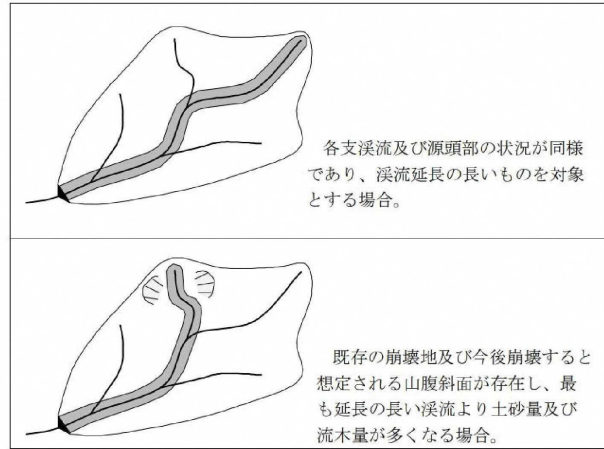


図 3.1.5. 単一流路による計画流木量算定のイメージ

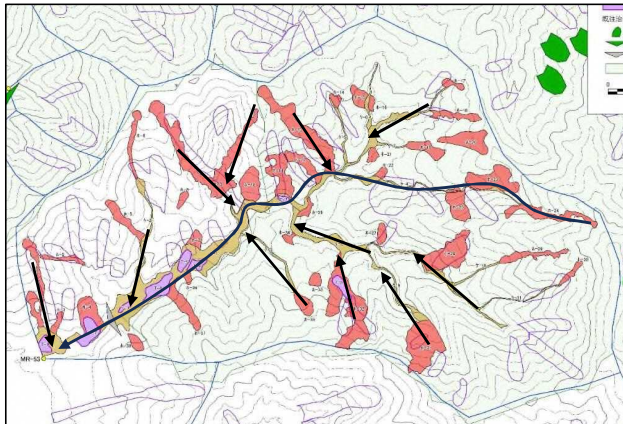


図 3.2.6. R4.8 月県北豪雨災害では複数支流で同時多発的に流木流出が発生

R4.8 月県北豪雨による流木災害から得られた知見を今後を活用することを目的として、得られた荒廃発生回帰式を用いた流木発生量の推計について提案する。

山腹荒廃率及び溪流荒廃率は、次式で与えられる。

$$\text{山腹荒廃率 (\%)} = 0.016 \times R (\text{mm}) + 0.031 \times K (\%) + 0.117 \times TL (\text{m/ha}) - 10.8 \dots (1)$$

ここで、

$R$  (mm) : 連続雨量 (1/100 確率雨量を原則とする)

$K$  (%) : 溪流流域内の  $35^\circ$  以上の斜面占有率 (傾斜区分図による)

$TL$  (m/ha) : 流域の谷密度

$$\text{溪流荒廃率 (\%)} = 0.35 \times \text{山腹荒廃率 (\%)} - 0.018 \dots (2)$$

(1)及び(2)式、流出係数  $t$ 、流域面積  $A$  (ha)、山腹斜面及び溪床部の材積 ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) より、発生流木量は以下のとおり示される。

$$\text{発生流木量 (m}^3\text{)} = t \times (\text{山腹発生流木量} + \text{溪流発生流木量})$$

ここで、

$t$  : 流出率 (治山施設整備状況等より  $0.5 \sim 0.9$  で設定<sup>\*1</sup>)

山腹発生流木量 ( $\text{m}^3$ ) = 流域面積  $A$  (ha)  $\times$  山腹荒廃率 (%)  $\times$  山腹斜面材積量 ( $\text{m}^3/\text{ha}$ )

溪流発生流木量 ( $\text{m}^3$ ) = 流域面積  $A$  (ha)  $\times$  溪流荒廃率 (%)  $\times$  溪床部の材積量 ( $\text{m}^3/\text{ha}$ )

\*1 流出率  $t$  については、P2-7 図 2.2.6 より既存防災施設 (治山ダム・砂防堰堤) がある場合、 $t=0.5$  とすることが出来る (治山ダムは床固工を除く)。

### 3. 降雨規模に対応した流木量の推計手法

#### 3.3. 流木発生危険溪流の抽出手法（第3回検討委員会の方向性）

次年度度から山地災害危険地区の再点検が全国一斉に始まる。林野庁は「山地災害危険地区の在り方に関する検討会」（R5.10.26 最終第5回）を経て、山地災害危険地区調査要領等を改訂することとしている。

新潟県は、この再点検作業の中で、流木発生危険溪流の抽出を合わせて実施することを想定している。流木発生危険溪流の抽出手法については、山地災害危険地区調査要領（改訂）を逸脱しない範囲で、今回の委託調査の成果を取り込み、運用・活用することを検討している。

具体的には、山地災害危険地区調査要領（改訂）で新たに追加が想定されている流木流下区間や想定流木量等の扱いにおいて、検討委員会で得られた R4.8 月県北豪雨災害による流木災害に関する知見を取り入れることを検討している。