

6.3 赤谷川流域の被災状況

6.3.1 雨量及び流量の状況

(1) 雨量の状況

筑後川水系赤谷川流域の松末小学校雨量観測所（福岡県）では、7月5日17時からの1時間に137mmの非常に激しい雨を記録した。7月5日18時以降の雨量データは被災により欠測している。近傍の北小路公民館雨量観測所（福岡県）では、7月5日14時から1時間に124mm、7月5日10時から22時の12時間に792mmの非常に激しい雨を記録した。

また、三日月雨量観測所（大分県）では、7月5日17時からの1時間に93mmの雨量を記録した（図6.3.1、図6.3.2）。

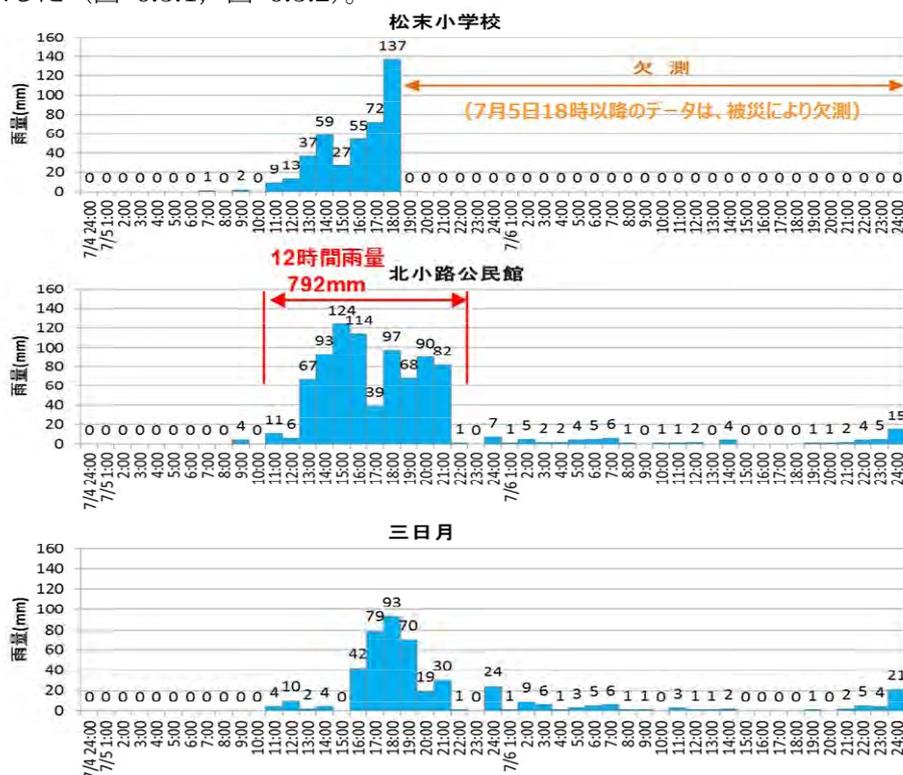


図 6.3.1 赤谷川流域近傍の降雨量



図 6.3.2 赤谷川流域近傍の雨量観測所位置

(2) 流量の状況

平成 29 年 7 月出水の降雨は、図 6.3.3 に示すとおり、雨量確率で 1/200 以上の規模と推定される。被災流量については合理式により算出した結果、図 6.3.4 に示すとおり、筑後川合流点で 520m³/s と推定される。

なお、被災流量 520m³/s は、不等流計算に基づく被災流量流下時の水位が洪水痕跡水位と概ね一致していることから、妥当であると考えられる（図 6.3.5）。

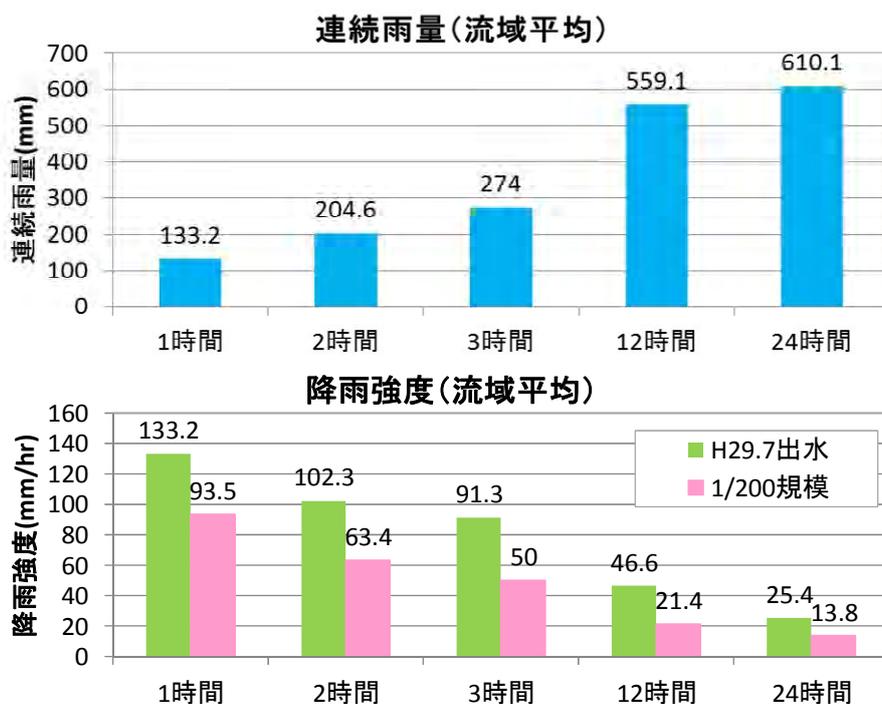


図 6.3.3 降雨確率評価（平成 29 年 7 月出水）

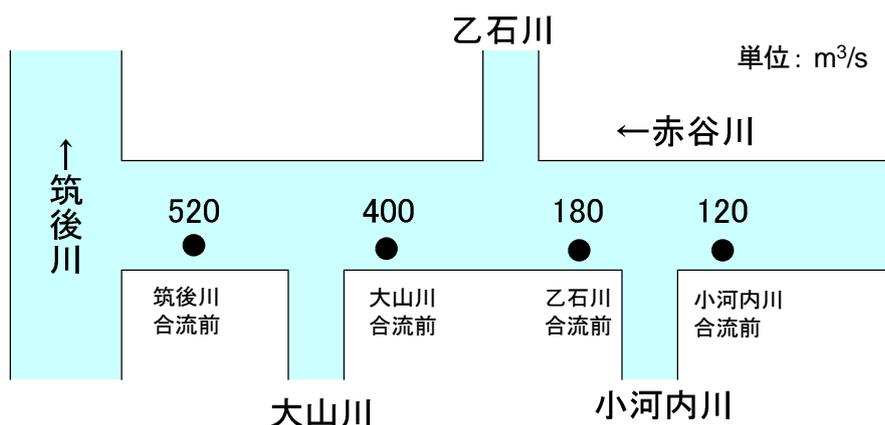


図 6.3.4 被災流量図（推定）（平成 29 年 7 月出水）

※流域平均（雨量）：ティーセン法により算出（対象観測所：松末小学校、北小路公民館、三日月）

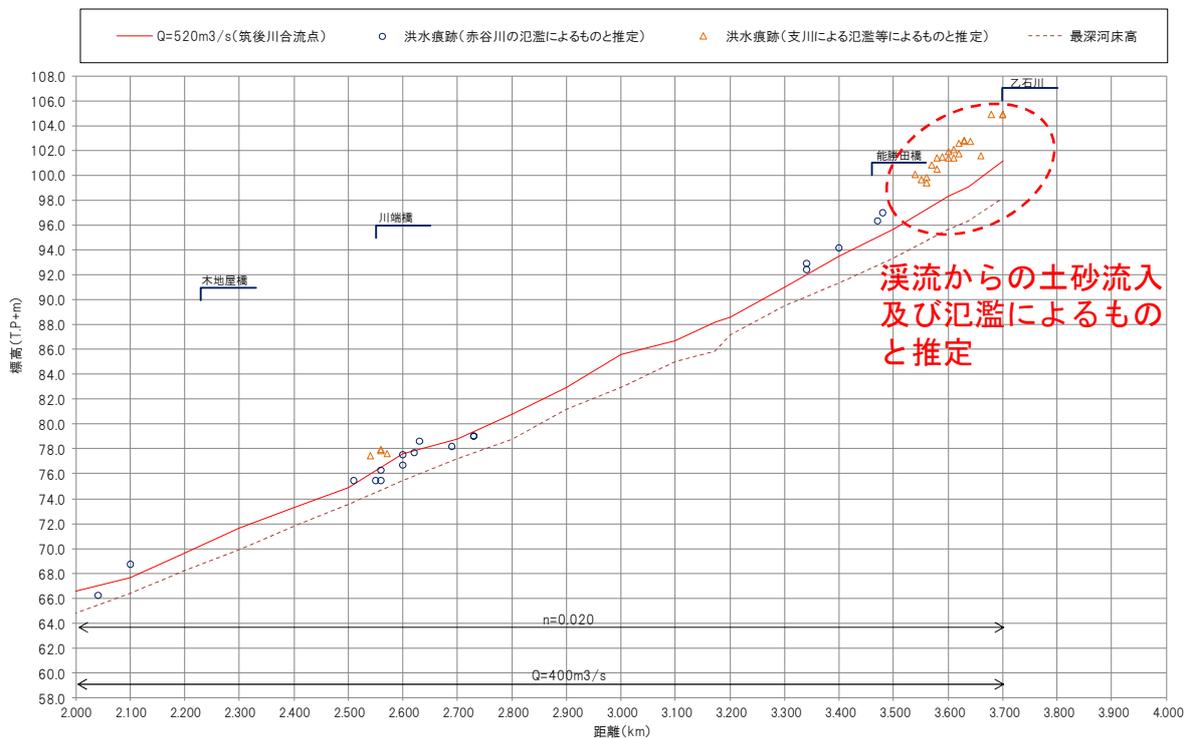
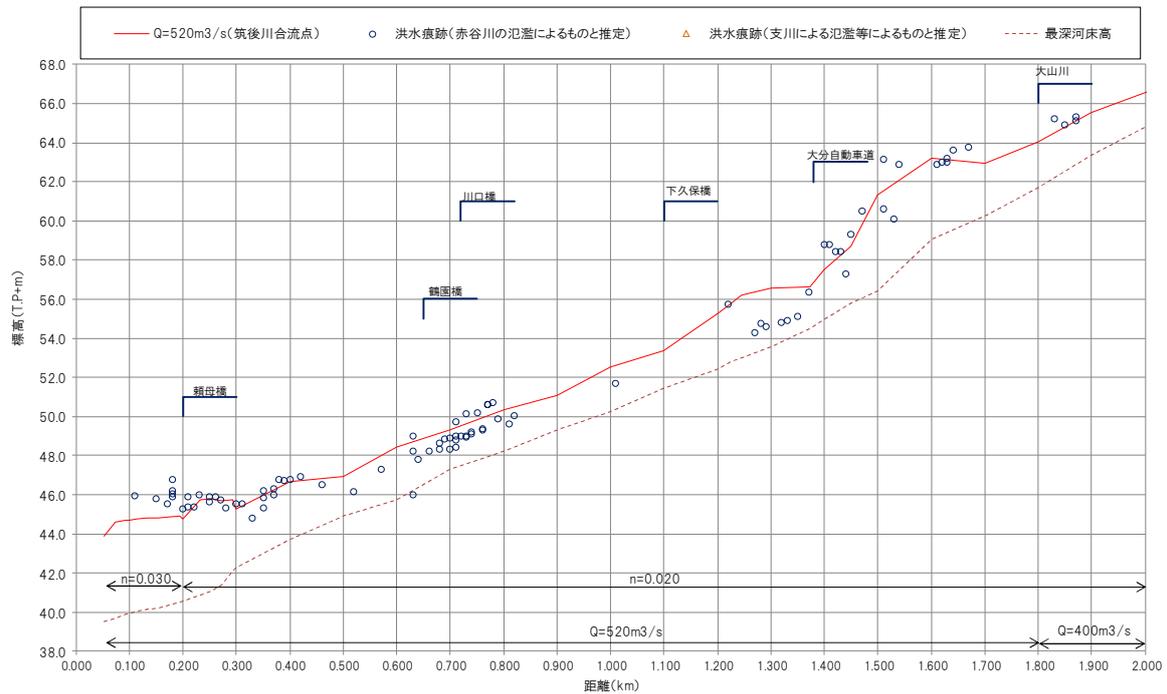


図 6.35 赤谷川における洪水痕跡水位再現検証結果（平成 29 年 7 月出水）

(3) 被災前流下能力

赤谷川の被災前河道における流下能力図を図 6.3.6 に示す。被災流量は、赤谷川の流下能力を上回っている箇所が多く、特に頼母橋～久保垣橋の間では流下能力が $50\sim 300\text{m}^3/\text{s}$ 程度と低くなっている。

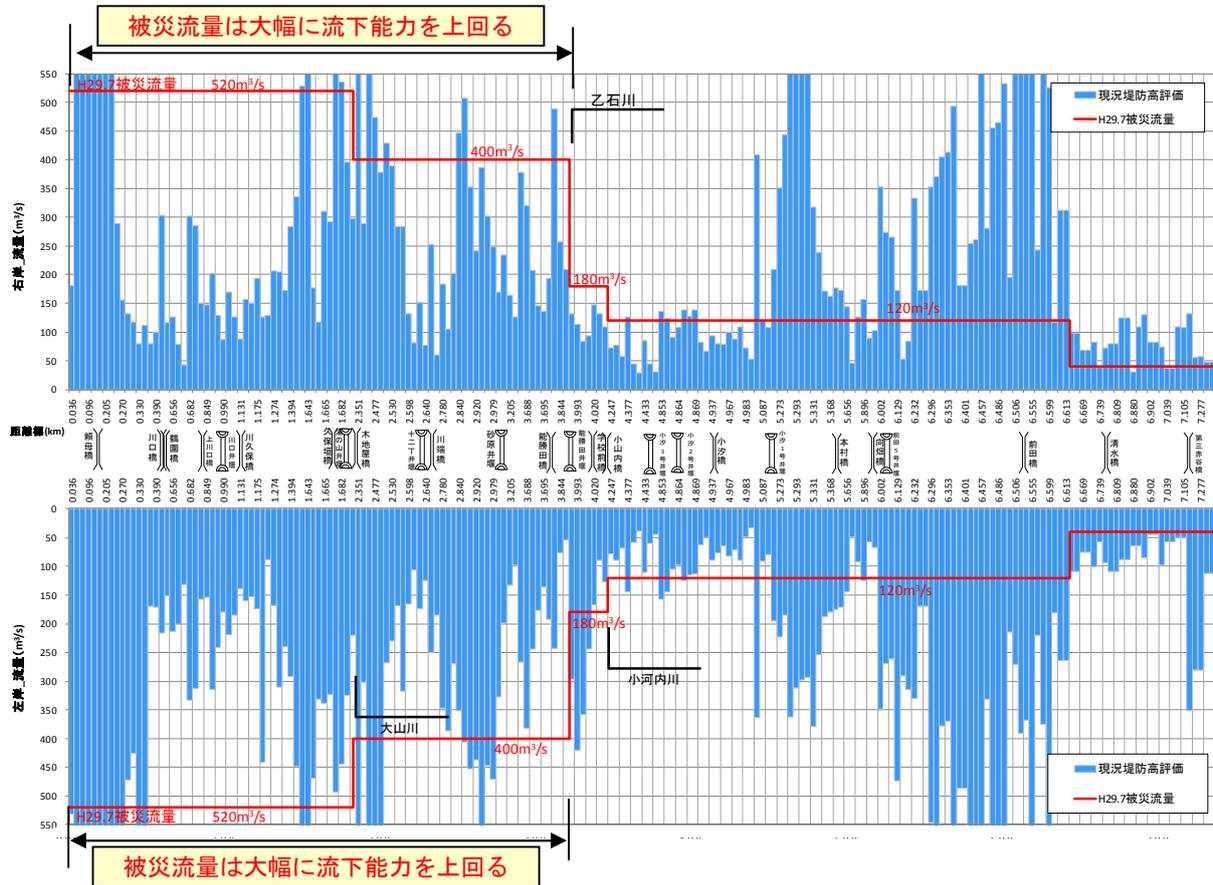


図 6.3.6 赤谷川における流下能力図（平成 17 年時点）

6.3.2 発生土砂量の状況

(1) 斜面の崩壊の状況

1) 斜面の崩壊

赤谷川本川流域は変成岩類と深成岩（花崗閃緑岩）が主である。小河内川流域では変成岩類、大山川流域では火山岩類、乙石川流域では深成岩（花崗閃緑岩）が主である。

変成岩類と深成岩（花崗閃緑岩）が主である赤谷川や小河内川、乙石川流域では崩壊面積が大きく、崩壊面積率が高い。一方、火山岩類が主の大山川流域では崩壊面積率が低い（図 6.3.7, 図 6.3.8）。

崩壊面積割合と降雨量との関係を整理すると、1時間雨量 100mm、3時間雨量 250mm、6時間雨量 350mm、12時間雨量 400mm、24時間雨量 450mm を超過すると、崩壊面積が増大する傾向がみられる（図 6.3.9）。

崩壊地の傾斜角をみると、傾斜角 15°（約 27%）以上の地形で約 9 割の崩壊が発生している（図 6.3.10）。

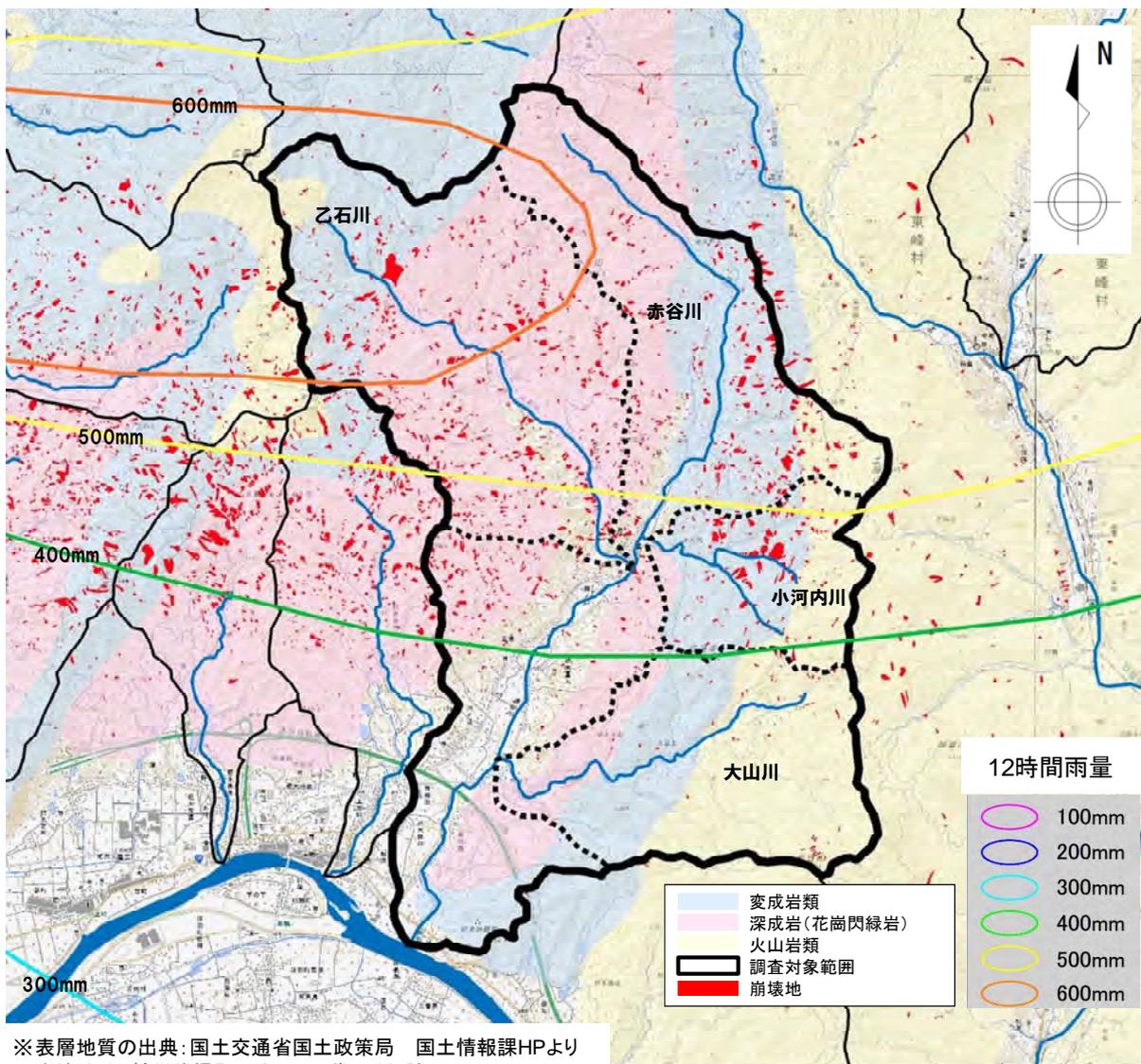
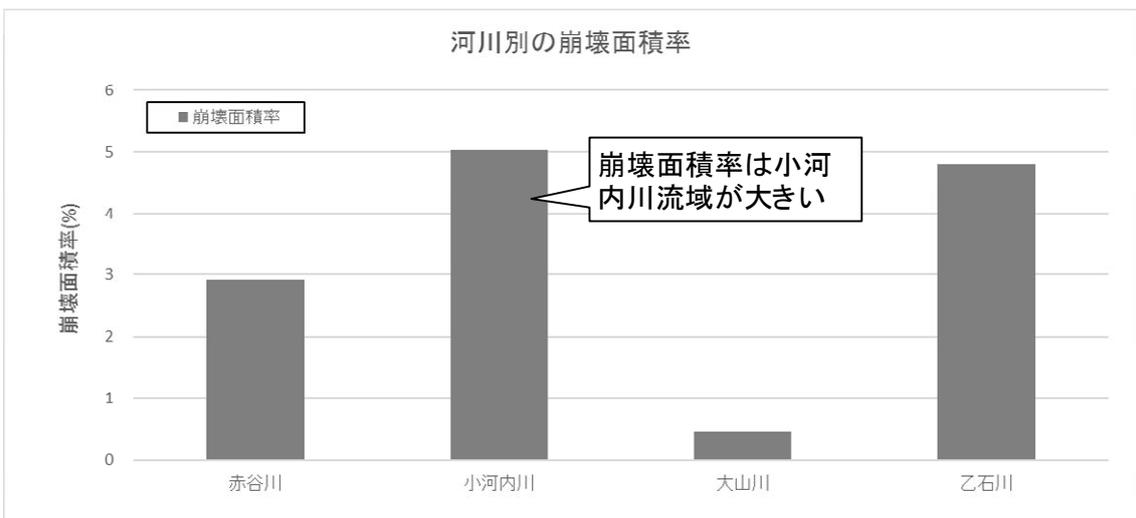
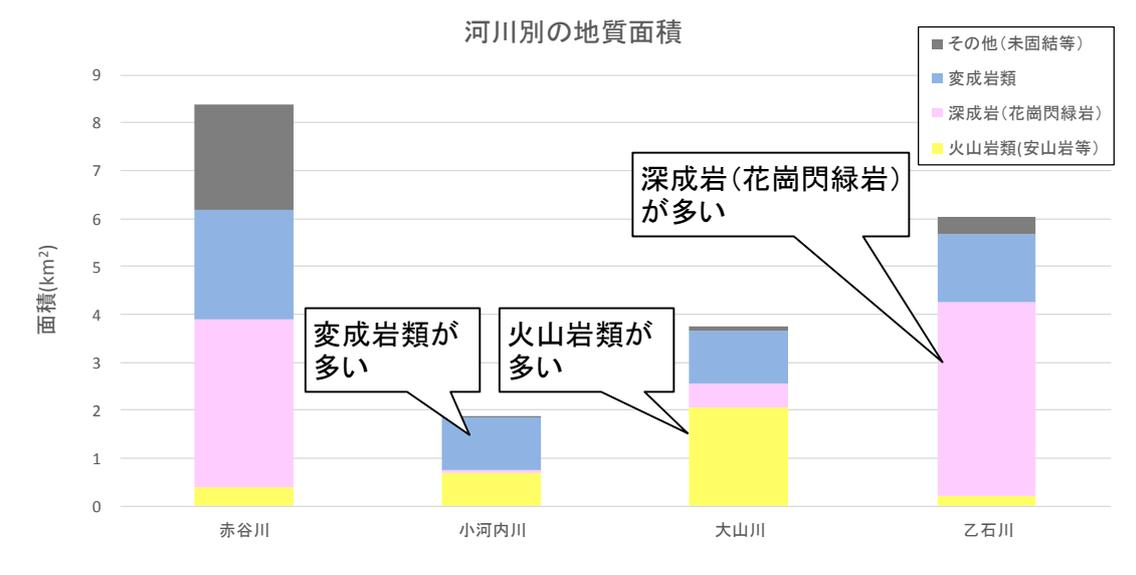


図 6.3.7 赤谷川流域における斜面の崩壊地



各面積は、図 6.3.7 (国土交通省資料) より算定。崩壊面積率は、「崩壊面積/流域面積」にて算定

図 6.3.8 赤谷川流域の河川別の地質面積、崩壊面積、崩壊面積率

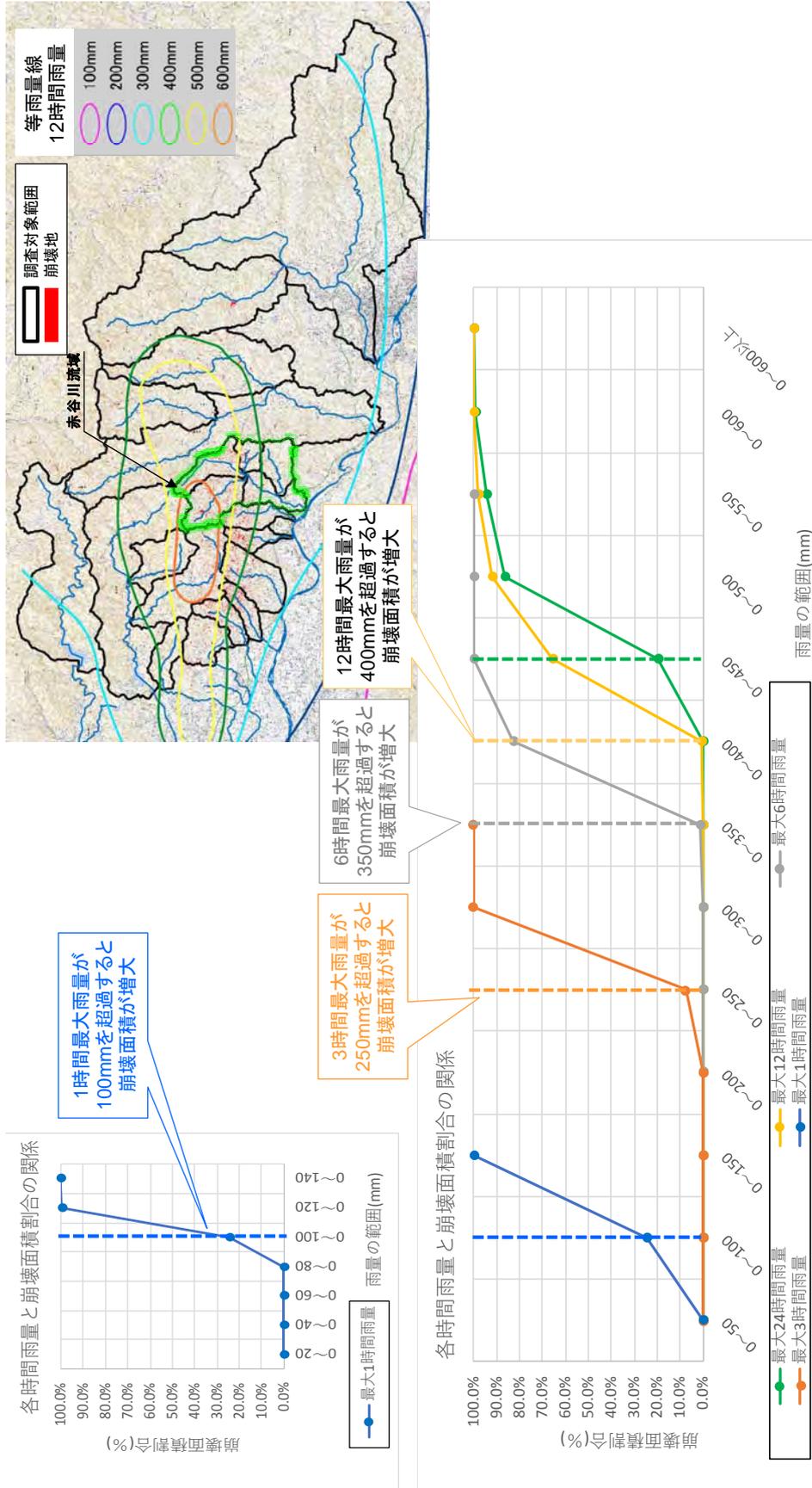
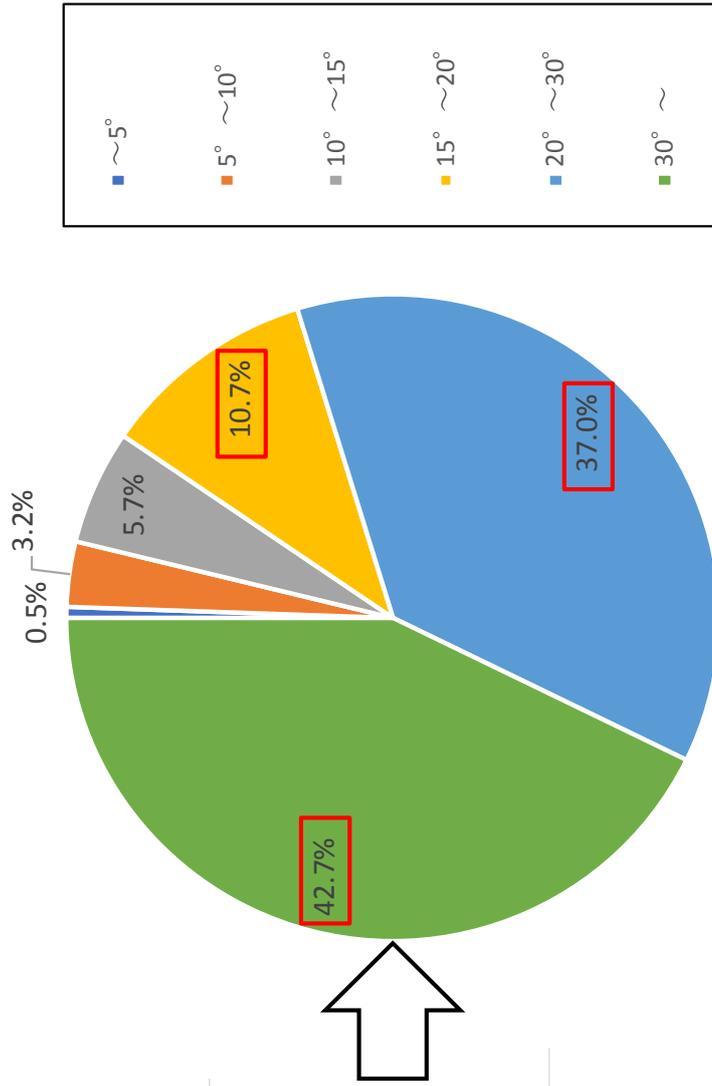
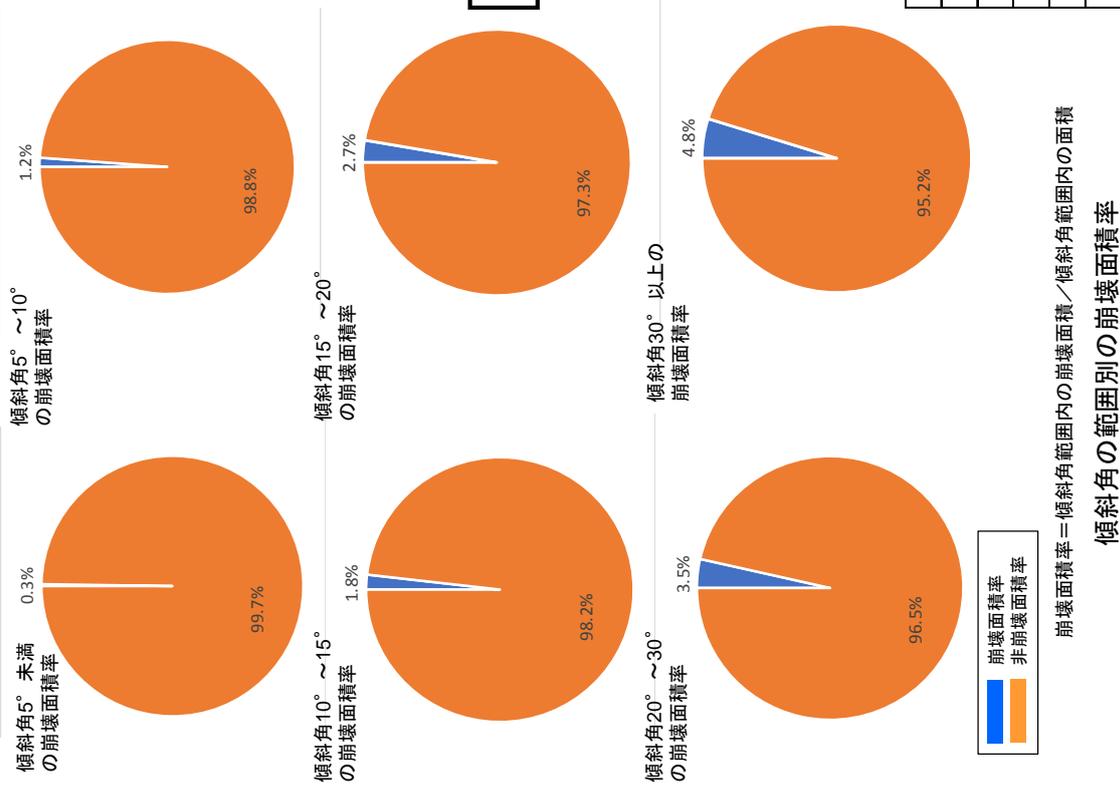


図 6.3.9 赤谷川流域における雨量と崩壊面積割合の関係図



角度・勾配換算表

角度(°)	%	1/N
5	8.8%	11.4
10	17.6%	5.7
15	26.8%	3.7
20	36.4%	2.7
30	57.7%	1.7

傾斜角別の崩壊面積割合

図 6.3.10 傾斜角の範囲別の崩壊面積率及び傾斜角別の崩壊面積割合 (赤谷川流域)

2) 土砂の発生域・堆積域

赤谷川流域における土砂の発生域及び堆積域を図 6.3.11 に、発生土砂量等を表 6.3.1 及び図 6.3.12 に示す。

発生土砂量は赤谷川流域の 290 万 m^3 に対して、乙石川流域が最も多く 157 万 m^3 であった。堆積土砂量は赤谷川流域の 222 万 m^3 に対して、赤谷川本川流域が最も多く 116 万 m^3 であった。比発生土砂量で見ると、発生土砂量は乙石川、小河内川、赤谷川の順に大きいことから、乙石川等の支川からの発生土砂が赤谷川本川中下流部に堆積したものと考えられる。

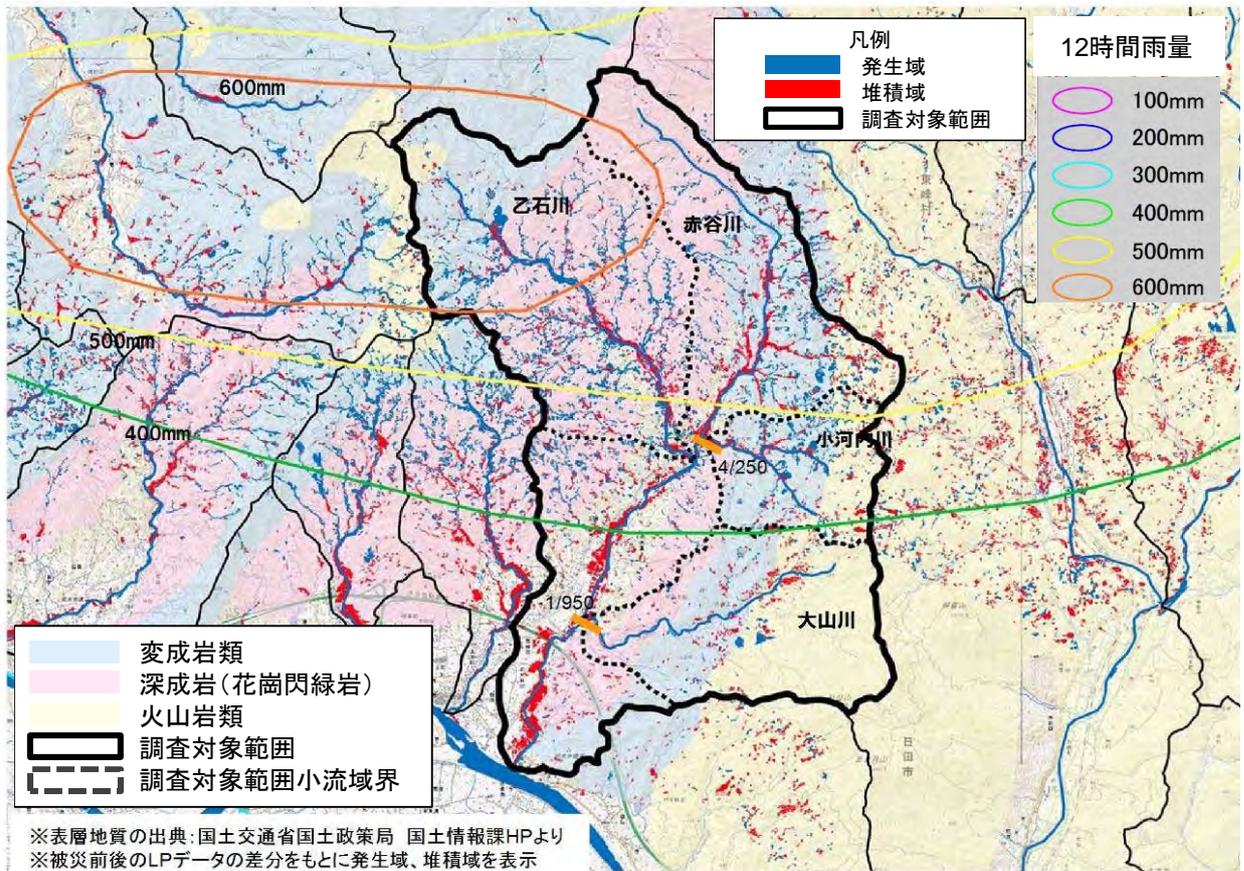


図 6.3.11 赤谷川流域における土砂の発生域及び堆積域

表 6.3.1 赤谷川流域における土砂量

流域名		流域		
		発生土砂量 (万m ³)	堆積土砂量 (万m ³)	流出土砂量 (万m ³)
赤谷川	上流域 (4/250~)	68	56	12
	中流 (1/950~4/250)	25	36	-11
	下流 (0/000~1/950)	2	24	-22
	小計	95	116	-21
乙石川		157	72	85
大山川		6	6	0
小河内川		32	28	4
合計		290	222	68

※土砂量は、航空LP測量等により算定した速報値(H29.9.7時点)であり今後の精査により増減することがある。

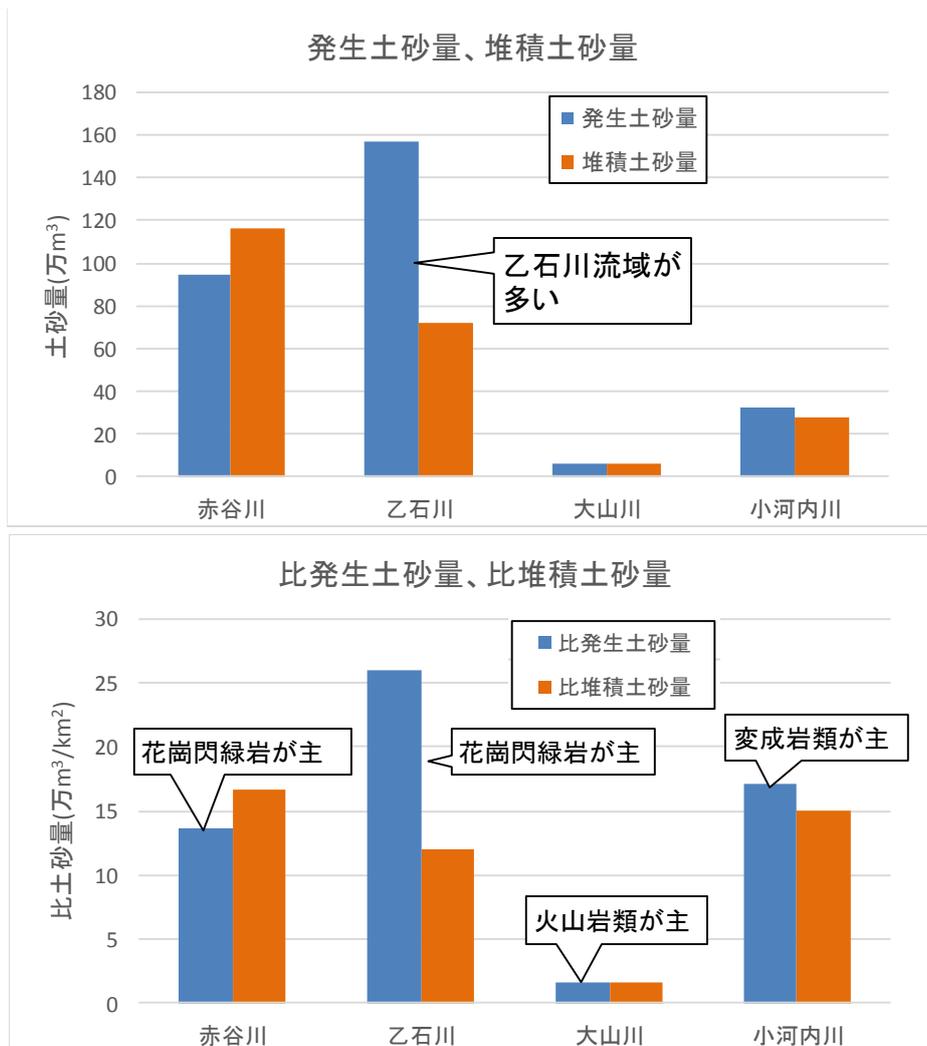


図 6.3.12 赤谷川流域における土砂量

(2) 発生土砂の状況

赤谷川流域における発生土砂量を図 6.3.13 に、土砂収支図を図 6.3.14 に示す。

赤谷川流域では、乙石川での発生土砂量が最も多く、約 55%を占めており、流域面積当たりの発生土砂量も最も多い。

また、乙石川合流点より下流では合計約 101 万 m³の土砂が流下し、平地部の大山川合流点までの赤谷川中流に約 21 万 m³、下流区間に約 24 万 m³の土砂を堆積させ、筑後川へは約 68 万 m³の土砂が流出したと推定される。乙石川合流点より下流の平地部への堆積土砂約 45 万 m³の内訳は、堆積土砂の河床材料調査結果（H29.7.26～29）より、シルト・粘土（0.075mm 以下）2.1 万 m³、砂（0.075～2mm）32 万 m³、礫（2mm 以上）10.9 万 m³であったと推定される。

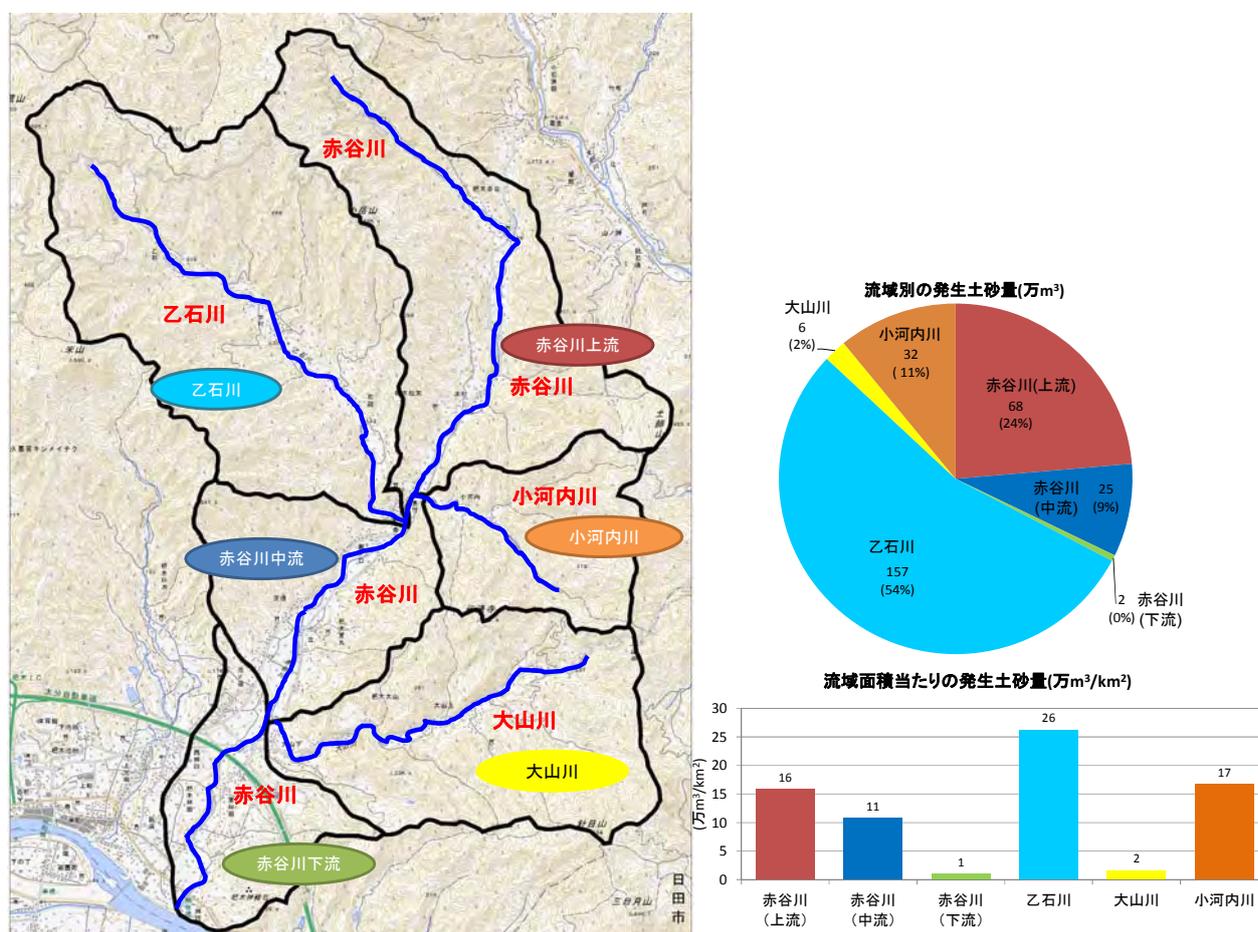


図 6.3.13 赤谷川流域における発生土砂量

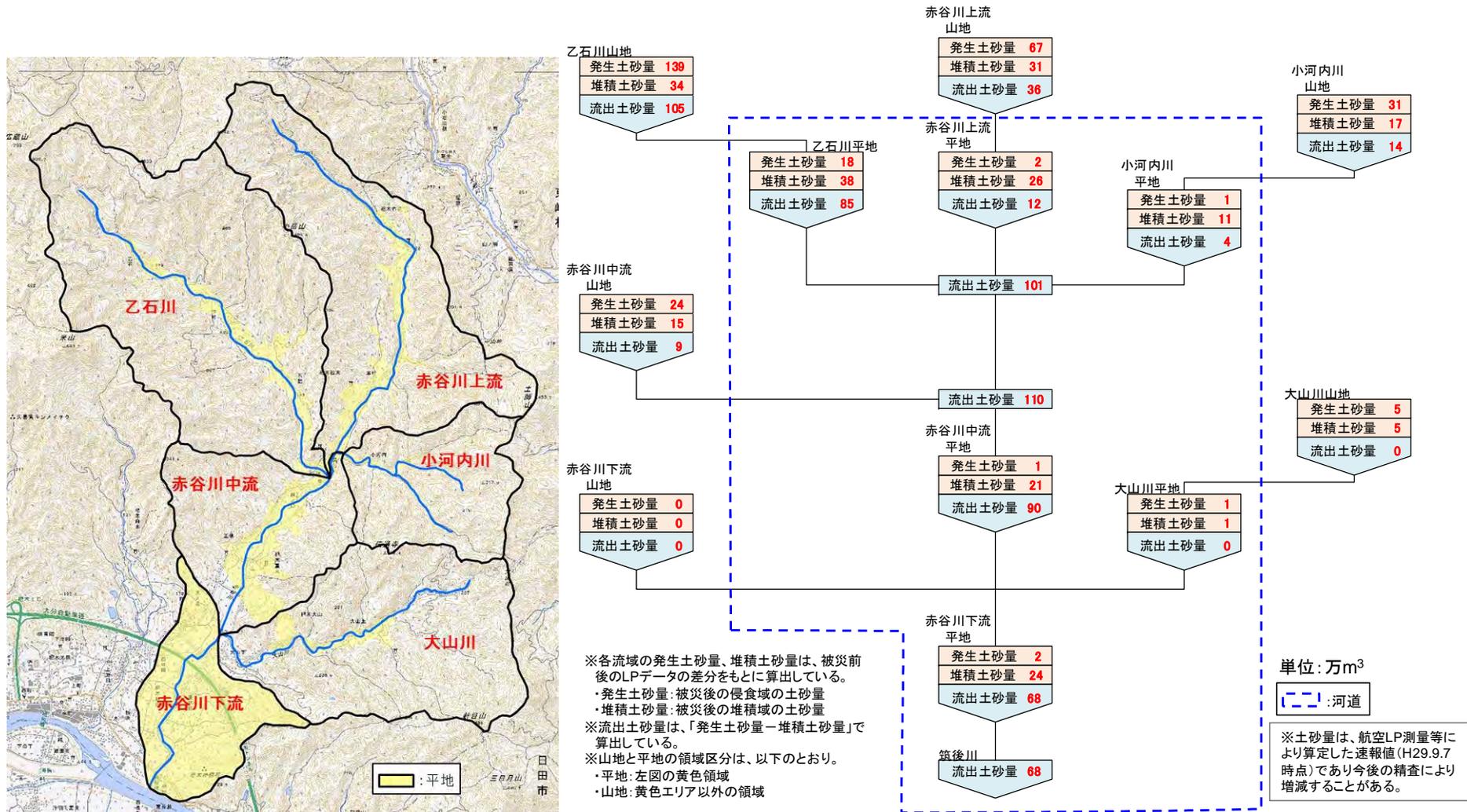


図 6.3.14 赤谷川流域における土砂収支図

(3) 砂防堰堤による土砂・流木の捕捉状況

福岡県において、乙石砂防堰堤、汐井谷砂防堰堤など 5 施設で、土砂・流木の捕捉を確認した（図 6.3.15, 図 6.3.16）。

乙石砂防堰堤（竣工年：S45、高さ：12m）

H29.5.25



平成29年7月九州北部豪雨直後



被災前は5割未満の堆砂であったが、被災後は満砂状態である

汐井谷砂防堰堤（竣工年：H8、高さ：8m）

H29.5.25

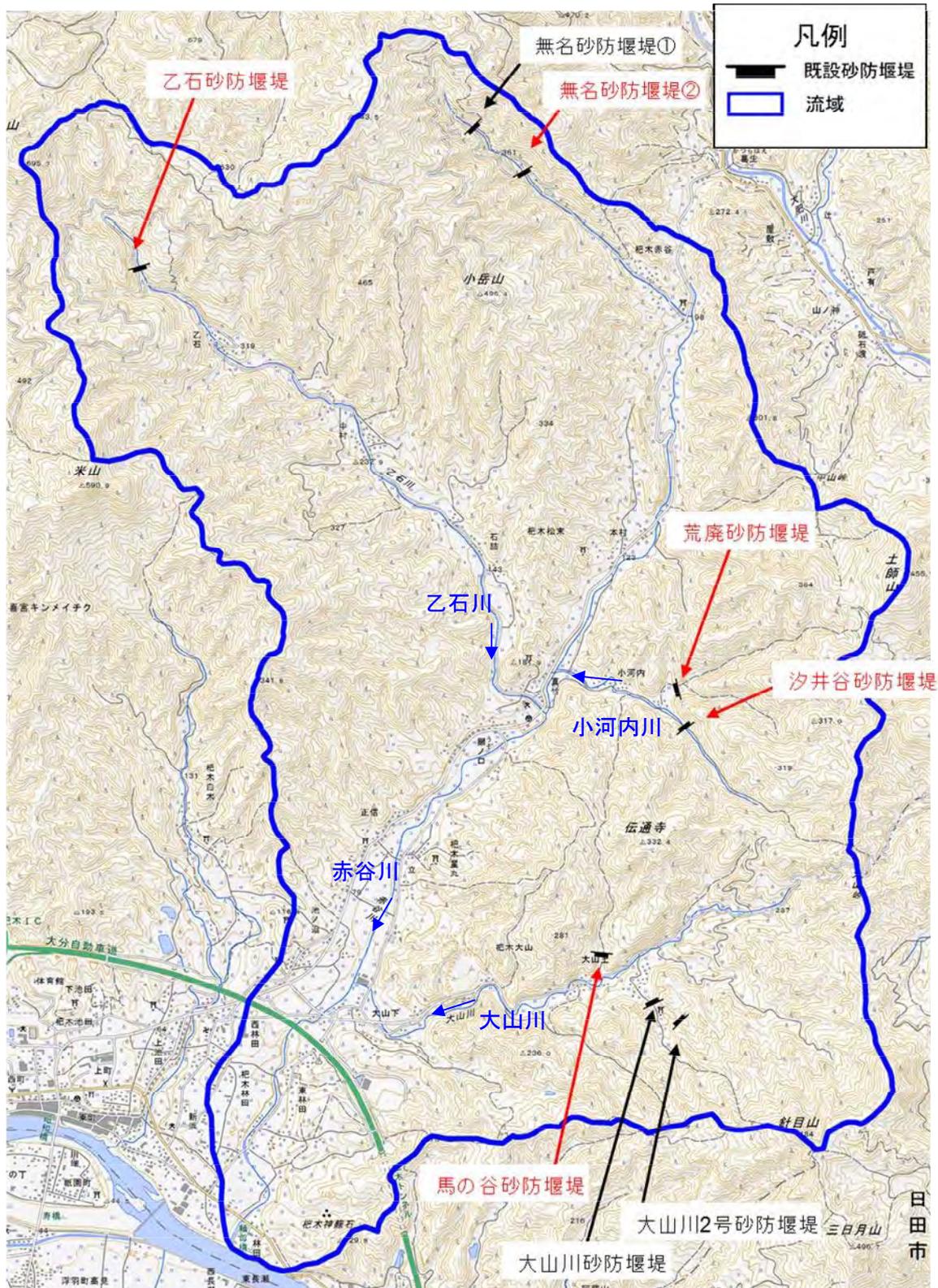


平成29年7月九州北部豪雨直後



被災前も満砂に近いが、被災後は土砂、流木ともに堆積がみられる

図 6.3.15 砂防堰堤による土砂・流木の捕捉状況



※赤字：堰堤内における土砂・流木の捕捉を確認した施設
 ※黒字：堰堤内における土砂・流木の捕捉を確認できなかった施設

※福岡県調べ

図 6.3.16 砂防堰堤による土砂・流木の捕捉状況（位置図）

6.3.3 平成 29 年 7 月九州北部豪雨後の河道の変化

(1) 平成 29 年 7 月九州北部豪雨の河床材料

赤谷川 (0k000～7k400)、赤谷川下流 (0k000～3k950)・乙石川 (0k000～3k400)、大山川における出水前後の河床高と出水後の河床材料調査結果の縦断図を図 6.3.17～図 6.3.19 に、小河内川の河床高変化を図 6.3.20 に示す。

赤谷川は 5k000 より下流で、乙石川は 2k000 より下流で顕著に堆積している。洪水後の平常時の流れによる土砂移動・再分級の影響を受けていないと考えられる表層下の粒度組成の縦断図をみると、赤谷川、乙石川 (1k600 より下流) の河道埋塞土砂の主体は、粗砂 (0.5～1mm)、極粗砂 (1～2mm)、細礫 (2～4mm) であることがわかる。河床勾配が急で河道埋塞が顕著でない乙石川 2k000 より上流では中礫 (4～64mm)・大礫 (64～256mm) が主体となっている。赤谷川 4k500 では中礫・大礫が主体となっているが、表層の粒度組成縦断図においては粗砂 (0.5～1mm)、極粗砂 (1～2mm)、細礫 (2～4mm) が主体である。なお、乙石川 0k000～2k000 で表層材料が表層下材料よりも粗粒化傾向であり、赤谷川 2k500 より下流で表層材料が表層下材料よりも細粒化傾向であるが、これは、洪水後の平常時の流れによる土砂の再移動によって生じていると考えられる。

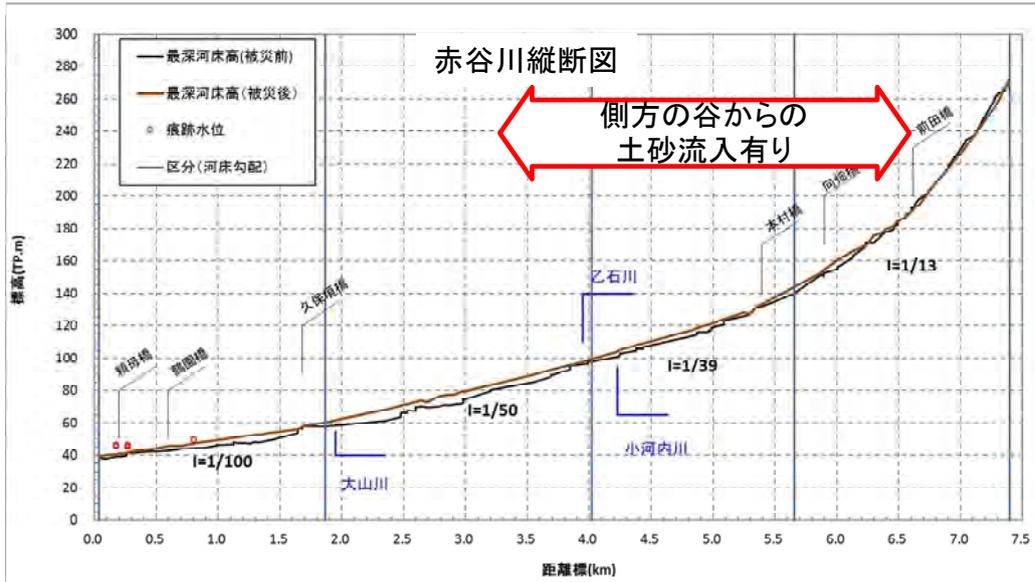
支川の大山川では、赤谷川合流点を除いて顕著な河道埋塞はみられず、河床材料の主体も中礫 (4～64mm) となっている。

図 6.3.21 は、日本の一級河川の河床材料と粒径の関係を整理した図に赤谷川、乙石川、大山川の被災後の河床材料粒径をプロットしたものである。図において、日本の沖積河川の河床材料粒径と勾配の関係はグラフの左上から右下に引いた線付近に集まる。この線より上に離れるほど河床材料が比較的動きにくい、おとなしい状態にあり、下に離れるほど河床材料が比較的動きやすい活発な状態にある。被災後の赤谷川等の河床材料は、日本の沖積河川の標準的な関係よりも下側に離れており、河床材料が動きやすい活発な状態にあることがわかる。

※粒径の分類及び呼称：地質学・河川工学で標準的に用いるφ尺度に基づく分類(表 6.3.2)を用いる。今回の河道埋塞土砂の主体を構成する粒径(粗砂 (0.5～1mm)、極粗砂 (1～2mm)、細礫 (2～4mm))及び中砂 (0.25～0.5mm)においては、土質工学で用いる分類と異なるので留意が必要である。

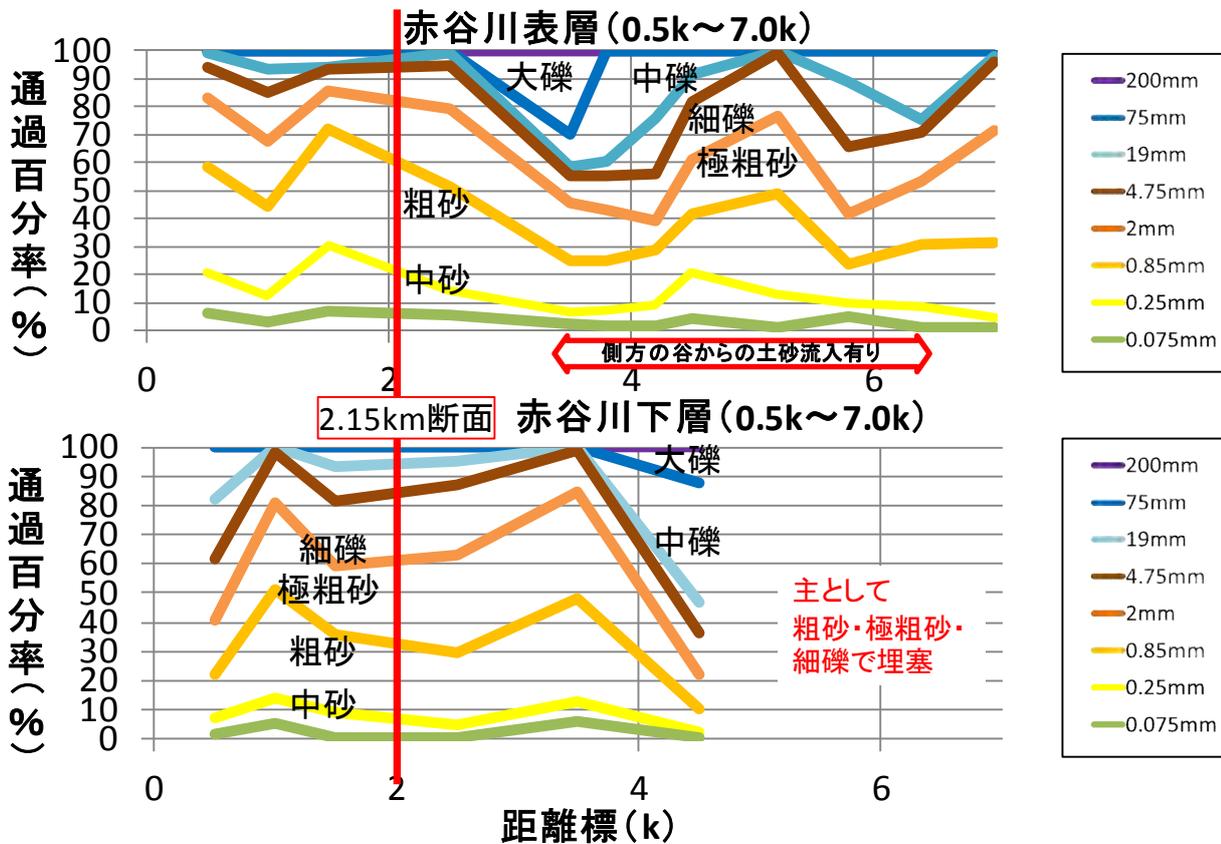
【赤谷川被災前後河床高縦断図】

5kmより下流は数mの厚さで河道が埋塞



【赤谷川河道埋塞土砂粒径縦断図】

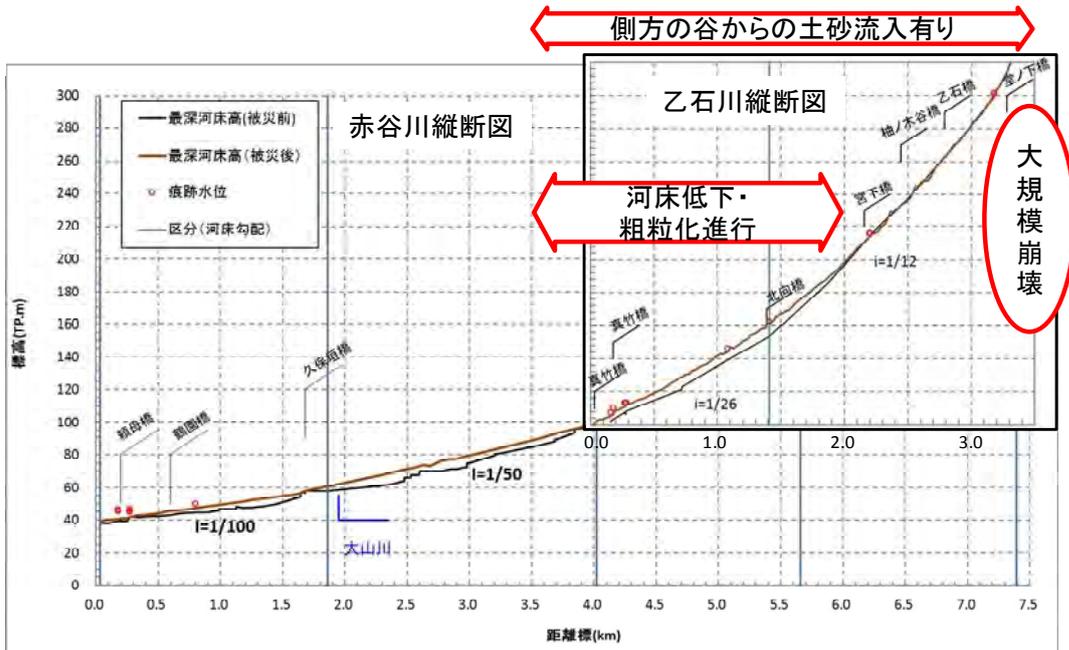
赤谷川の河道埋塞土砂は粗砂・極粗砂・細礫が主体



※河床高は、被災前の横断測量成果、被災後のLPデータより取得

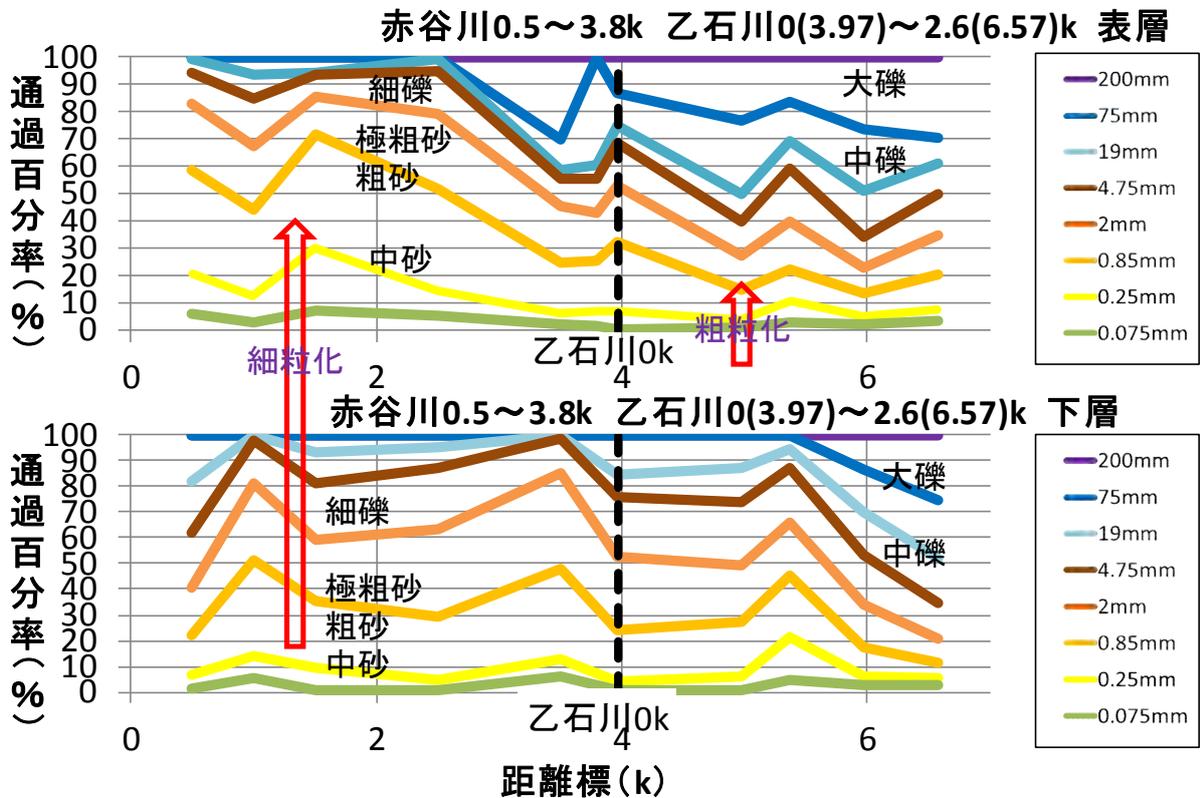
図 6.3.17 河床高及び河床材料調査結果の縦断図 (赤谷川)

【被災前後河床高縦断図】
 (赤谷川0~3.97km・乙石川0~3.4km)



【赤谷川・乙石川河道埋塞土砂粒径縦断図】

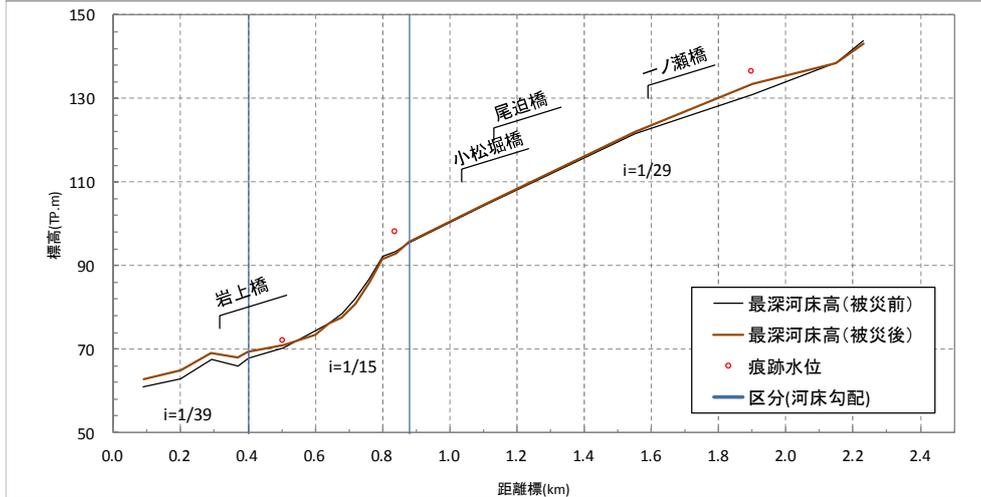
乙石川表層下には粗砂・細礫が堆積



※河床高は、被災前の横断測量成果、被災後のLP データより取得

図 6.3.18 河床高及び河床材料調査結果の縦断図 (赤谷川下流・乙石川)

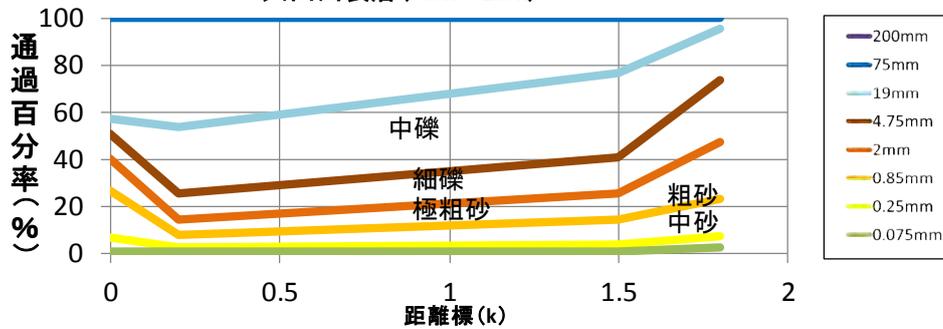
【被災前後河床高縦断図】



【大山川河床材料粒径縦断図】

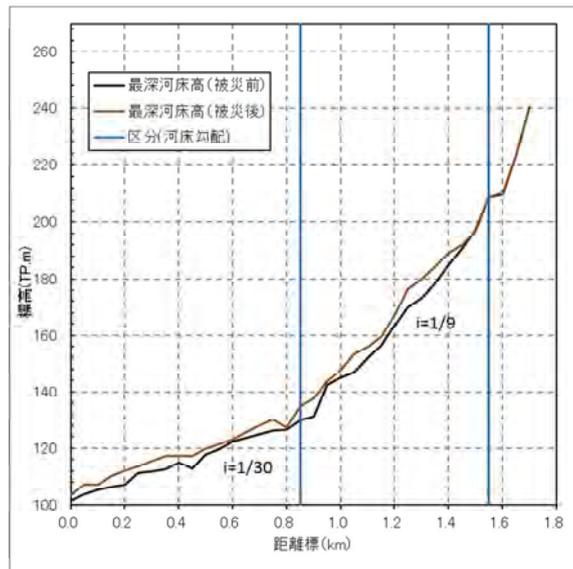
赤谷川・乙石川と異なり粗砂・細礫は少ない

大山川表層(0.5k~2.5k)



※河床高は、被災前の横断測量成果、被災後のLPデータより取得

図 6.3.19 河床高及び河床材料調査結果の縦断図 (大山川)



※河床高は、被災前及び被災後のLPデータより取得

図 6.3.20 河床高縦断図 (小河内川)

表 6.3.2 粒径の分類と呼称

日本で使用されている名称*		Udden-wentworth scale**	AGUの分類		粒径範囲(mm)		φ尺度***
巨礫	巨礫	巨礫	boulders	very large boulders large boulders medium boulders small boulders		4096~2048 2048~1024 1024~512 512~256	-11 -10 -9 -8
玉石	大礫	大礫	cobbles	large cobbles small cobbles		256~128 128~64	-7 -6
砂利	中礫 (pebbles)	中礫 (pebble)	gravel	very coarse gravel coarse gravel medium gravel fine gravel		64~32 32~16 16~8 8~4	-5 -4 -3 -2
		小礫 (gravel)		very fine gravel		4~2	-1
砂	極粗砂	極粗砂	sand	very coarse sand	2~1	2~1	0
	粗砂	粗砂		coarse sand	1~1/2	1~0.5	1
	中砂	中砂		medium sand	1/2~1/4	0.5~0.25	2
	細砂	細砂		fine sand	1/4~1/8	0.25~0.125	3
	微細砂	微細砂	very fine sand	1/8~1/16	0.125~0.062	4	
シルト	粗粒シルト	シルト	silt	coarse silt	1/16~1/32	0.062~0.031	5
	中粒シルト			medium silt	1/32~1/64	0.031~0.016	6
	細粒シルト			fine silt	1/64~1/128	0.016~0.008	7
	微細粒シルト			very fine silt	1/128~1/256	0.008~0.004	8
粘土	粗粒粘土	粘土	clay	coarse clay	1/256~1/512	0.004~0.002	9
	中粒粘土			medium clay	1/512~1/1024	0.002~0.001	10
	細粒粘土			fine clay	1/1024~1/2048	0.001~0.0005	11
	微細粒粘土			very fine clay	1/2048~1/4096	0.0005~0.00024	

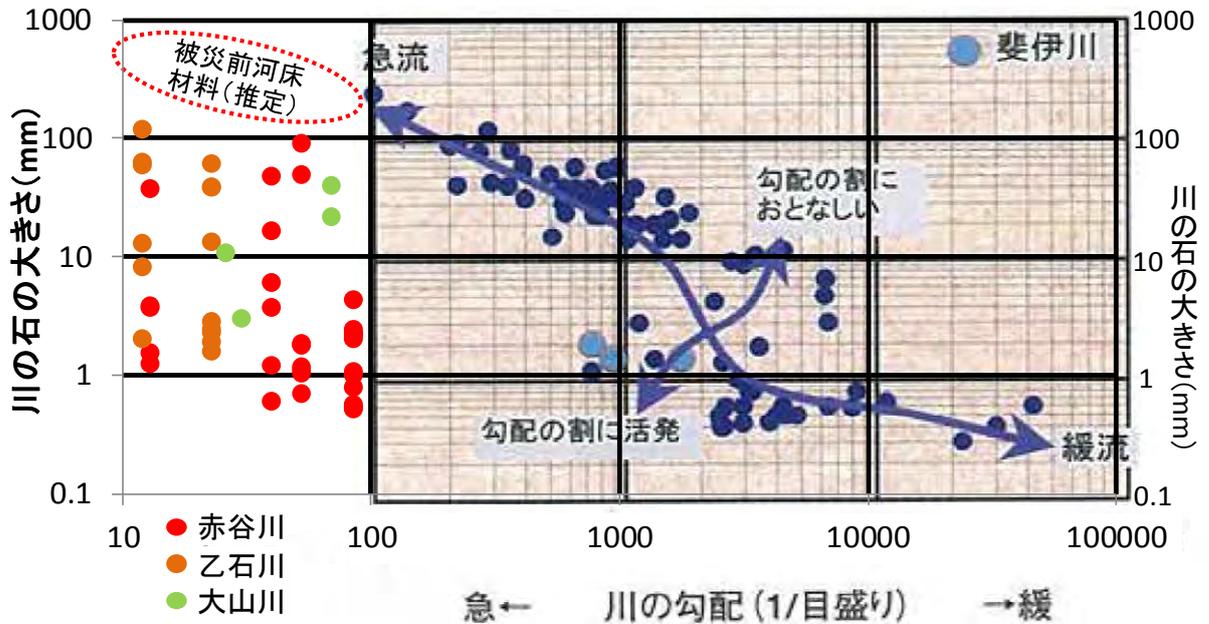
* 主として河川工学の分野で使用されている。土質工学の分野では、礫(2.0mm以上)、粗砂(2.0~0.42mm)、細砂(0.42~0.074mm)、シルト(0.074~0.005mm)、粘土(0.005~0.001mm)、コロイド(0.001mm以下)として分類している。

** 元々は地質学の分野で使用されていたが、Cummins(1962)が河川生態学の分野に採用した。

出典：国総研資料No521

*** φ尺度 φ = -log₂d (d:土砂粒子の大きさ(mm))

被災後の赤谷川は細粒化して活発な状態



出典：FRONT2004NO.194(34-38)に加筆

図 6.3.21 川の勾配と川の石の大きさの関係

6.3.4 発生流木量・流出流木量の状況

(1) 発生流木量

赤谷川流域は、人工的に造林された植林地が多くを占めている。今次出水では、流木の発生源として山林木が多く、特にスギ・ヒノキ等植林が流木として多い（図 6.3.22, 図 6.3.23）。

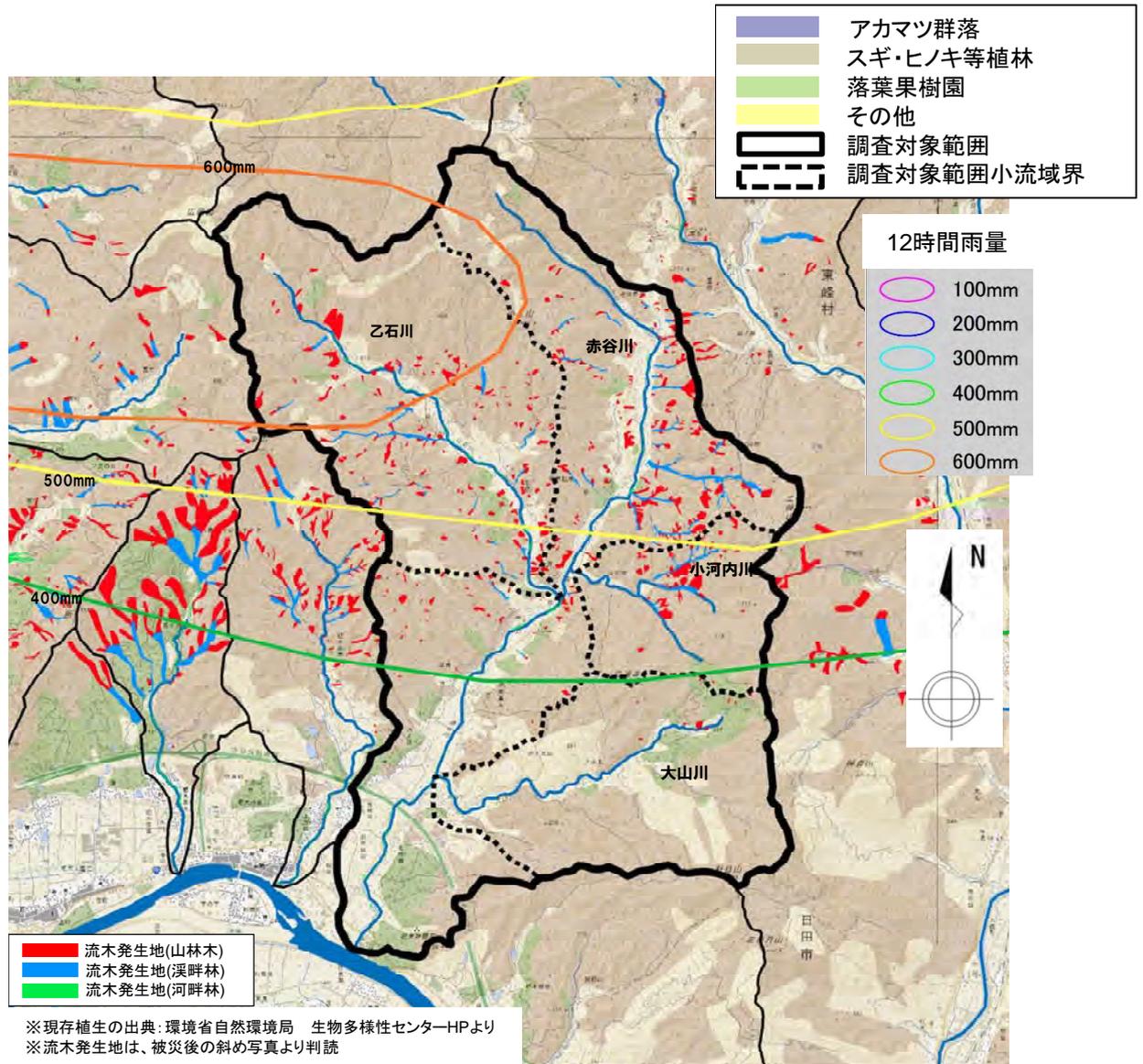
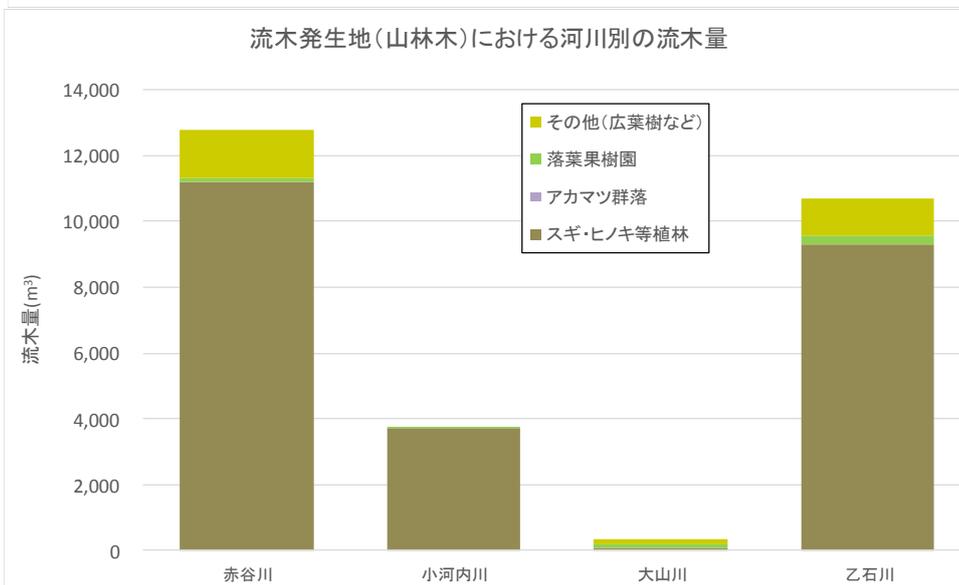
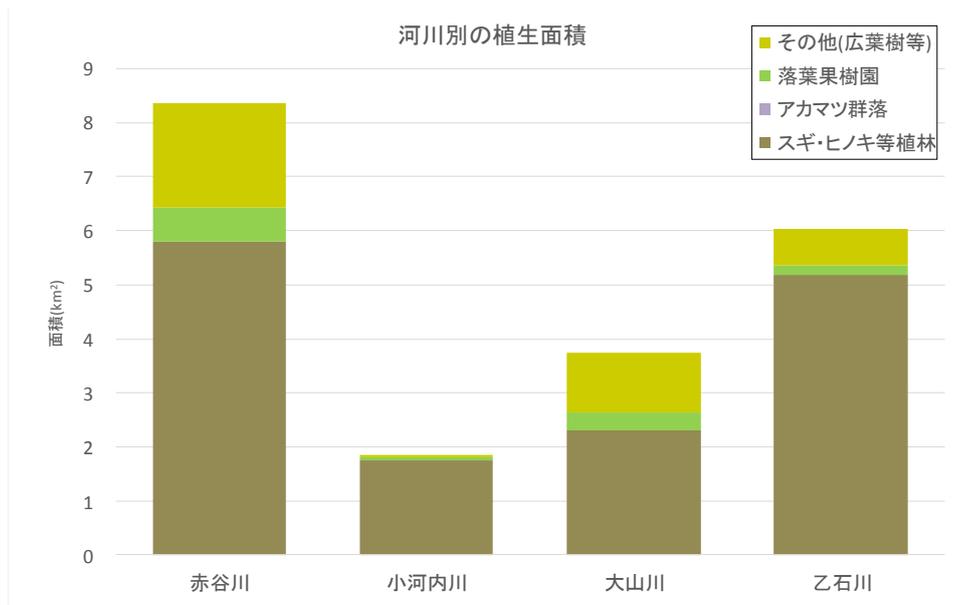


図 6.3.22 赤谷川流域における流木発生地



河川別の発生流木量は、河川別の流木発生地(山林木)の面積比率より算定

河川名	発生源(m ³)				合計
	A	B	C	C'	
	山林木	溪畔林	河畔林	その他林	
赤谷川	27,581	9,912	1,362	375	39,230

※ 数値は、平成29年7月28日公表値

※ 発生流木量は、斜め写真等をもとに、流木発生域の面積を計測し、その後、単位面積当たりの材積量549m³/ha(福岡県人工林収穫予測林齢45年)を乗じて算定した実体積の数値である。各発生域は以下のとおりである

- ・山林木の発生域: 山腹の崩壊域
- ・溪畔木の発生域: 土石流等の流下範囲で、侵食によって裸地になった範囲
- ・河畔木の発生域: 河川区域内にある林で、災害前の航空写真に存在し災害後に消滅した林の範囲
- ・その他木の発生域: 河川の氾濫等によって消滅した林で「C:河畔林」以外の林の範囲

図 6.3.23 赤谷川流域における発生流木量

(2) 流出流木量

乙石川下流では、合計 25.6 千 m³ の流木が流下し、大山合流点までの赤谷川中流に約 1.0 千 m³、下流区間に 1.3 千 m³ の流木がそれぞれ堆積し、筑後川へは約 26.4 千 m³ の流木が流出したと推定される (図 6.3.24)。

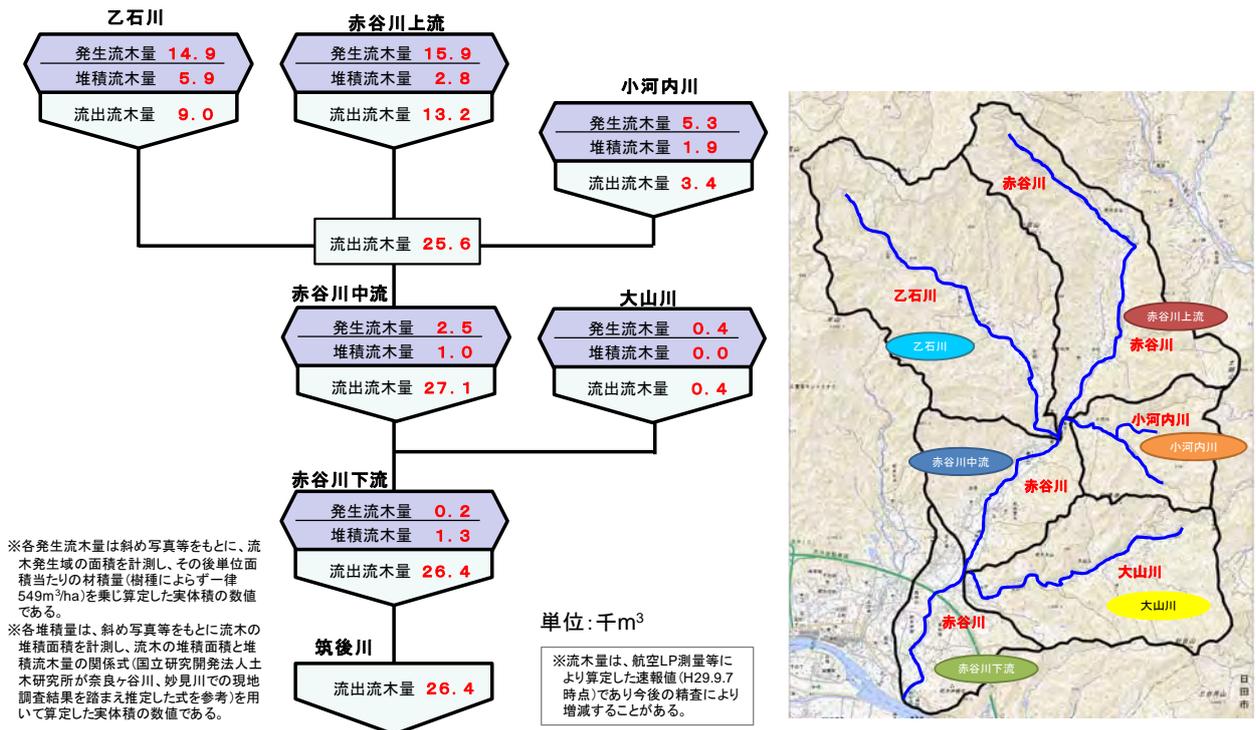
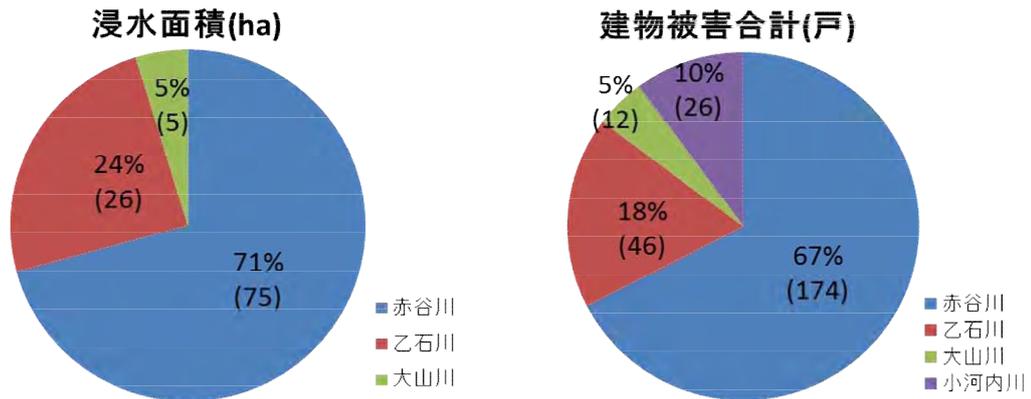


図 6.3.24 赤谷川流域における流木収支図

6.3.5 赤谷川における被害状況

(1) 浸水面積及び家屋被害

赤谷川流域全体の浸水面積のうち、赤谷川本川の浸水面積は71% (75ha) を占めており、次いで乙石川で24% (26ha)、大山川で5% (5ha) となっている。床上・床下浸水や倒壊・流出などの建物被害は、赤谷川で全体の67% (174件)、次いで乙石川で18% (46件)、大山川で5% (12件)、小河内川で10% (26件) となっている (図 6.3.25)。



河川名	浸水面積 ¹⁾ (ha)	浸水範囲での被災戸数 ¹⁾				浸水範囲外での被災建物等 ²⁾ 堆積・半壊・全壊・流出	被災戸数合計 (戸)
		全壊	半壊	床上	床下		
赤谷川	75	59	35	18	24	38	174
乙石川	26	39	2	1	2	2	46
大山川	5	1	0	7	3	1	12
小河内川	—	—	—	—	—	26	26

- 1) 国土交通省HP 災害・防災情報による(H29.8.21 14:00現在, 小河内川は未調査)
 2) 国土交通省調べ(斜面崩壊等の浸水以外の要因による被災建物)
 (小河内川は、浸水範囲内の被災戸数を含む)

図 6.3.25 赤谷川流域における浸水面積及び家屋被害

(2) 区間別の被害の特徴

1) 赤谷川 0k000～1k950

0k500～1k000 は、被災流量が大幅に流下能力を上回った勾配が緩い区間であり、大量の土砂により河道が埋塞している。

1k000 付近では、下流区間の河道埋塞により、土砂・流木を含む洪水流が湾曲部左岸の堤内地を直線的に流下し、広範囲に土砂堆積が生じ、沿川家屋等への被害が発生している。

1k700 付近では、土砂堆積により橋梁の上流側で水位が上昇し、洪水流は地盤が低い右岸側の田畑を流下している（図 6.3.26）。

河道埋塞土砂の主体は、粗砂（0.5～1mm）、極粗砂（1～2mm）、細礫（2～4mm）である。また、洪水後の平常時の流れにより、上流から再移動して流れてくる土砂が堆積し、表層では細粒化傾向にある。

2) 赤谷川 1k950～4k250

赤谷川上流及び乙石川、小河内川から大量の土砂・流木が流下し、乙石川合流後の谷底平野が広がる区間で土砂等により河道が埋塞している。

河道埋塞と相まって土砂・流木を含む河道の流下能力を超過した洪水流が低い田畑へ流路を拡大し、沿川家屋等への被害が発生している（図 6.3.27）。

河道埋塞土砂の主体は、粗砂（0.5～1mm）、極粗砂（1～2mm）、細礫（2～4mm）である。また、2k500 より下流では、洪水後の平常時の流れにより上流から再移動して流れてくる土砂が堆積し、表層では細粒化傾向にある。逆に 2k500～乙石川合流点区間においては、表層材料の粗粒化傾向にある。

3) 赤谷川 4k250～8k000

4k250～6k500 の区間は、左右岸の溪流の斜面崩壊に伴って、谷地形を埋めるように大量の土砂・流木が流下している。

6k500 より上流の区間は、沿川において顕著な斜面崩壊はみられず、河道の埋塞は少ない。橋梁部で流木が集積され河道が閉塞するとともに、大量の土砂により河道も埋塞している。河道埋塞と相まって土砂・流木を含む河道の流下能力を超過した洪水流が堤内地へ氾濫し、家屋等への被害が発生し、斜面崩壊による直接的な家屋被害も発生している（図 6.3.28）。

河道埋塞土砂の主体は、粗砂（0.5～1mm）、極粗砂（1～2mm）、細礫（2～4mm）であるが、中礫（4～64mm）、大礫（64～256mm）が主体の場所もある。

4) 乙石川 0k000～3k200

乙石川は、大規模な山腹崩壊が発生するなど、流域内で最も発生土砂量が多い（流域全体の 6 割程度）。

赤谷川合流部では、^{またけ}真竹橋で流木が集積したことにより河道が閉塞し、流路が左岸側（本川上流側）へ移動している。

2k400 下流は、左右岸の溪流の斜面崩壊に伴い谷地形を埋める形で土砂・流木を含む洪水流が全面的に流下し、大量の土砂等により河道が埋塞し、地盤が低い沿川家屋が被災している。

2k400～3k200 付近は、河道や堤内地（旧土石流堆積物等の上に造られた耕作地）が氾濫流により侵食されている（図 6.3.29）。

河道埋塞土砂の主体は、粗砂（0.5～1mm）、極粗砂（1～2mm）、細礫（2～4mm）であるが、中礫（4～64mm）、大礫（64～256mm）も混ざっている。洪水後の平常時の流れにより、土砂の再移動が生じており、表層材料の粗粒化傾向にある。

5) 大山川 0k000～2k500

赤谷川合流部では埋塞による浸水被害が発生し、一部斜面崩壊による直接的な家屋への被害も発生している。

中流部より上流で斜面崩壊があり、赤谷川合流部で河道埋塞が発生しているが、河道埋塞は少ない（図 6.3.30）。

河道埋塞箇所以外の河床に堆積している土砂の主体は中礫である。

6) 小河内川 0k000～1k500

狭窄地形で勾配が急であり、斜面崩壊に伴って河道が埋塞している。大量の土砂・流木が流出・流下し、既設の砂防堰堤（2基）も満砂している。

大量の土砂・流木を含む洪水流が堤内地を全面的に流下し、沿川家屋等への被害が発生している（図 6.3.31）。

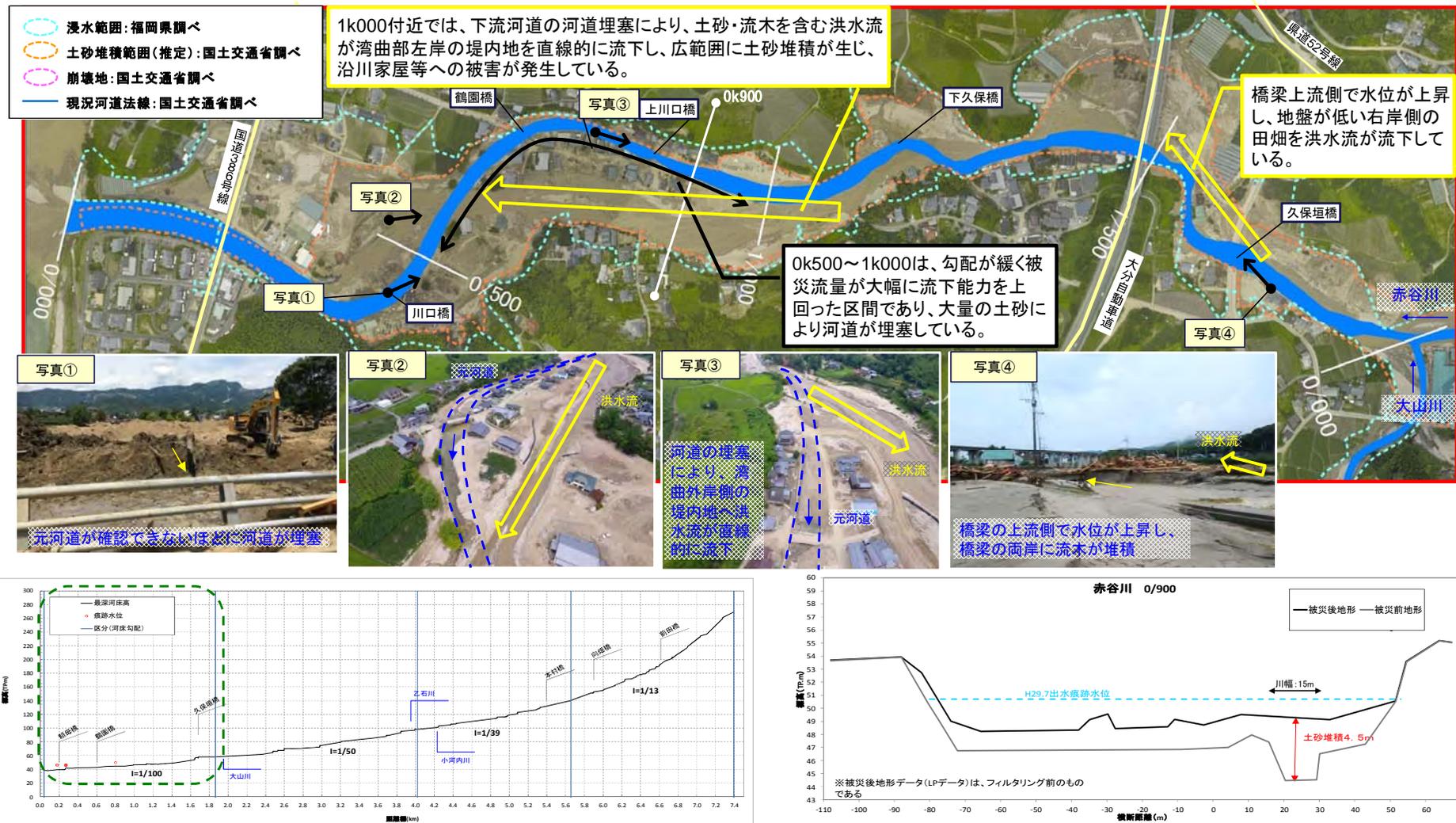


図 6.3.26 区間別の被害の特徴 (赤谷川 0k000~1k950)

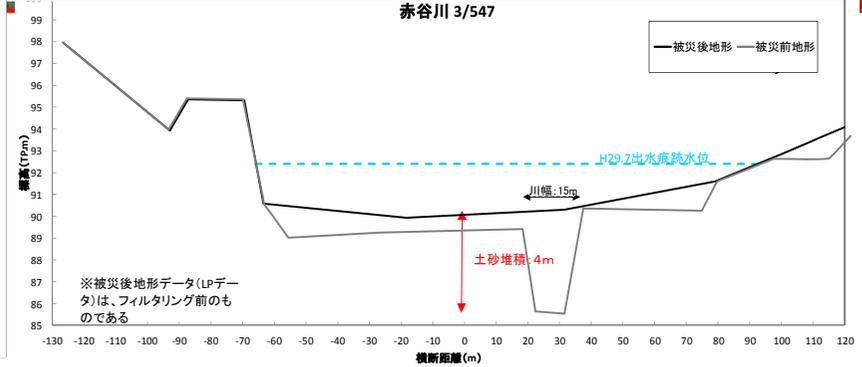
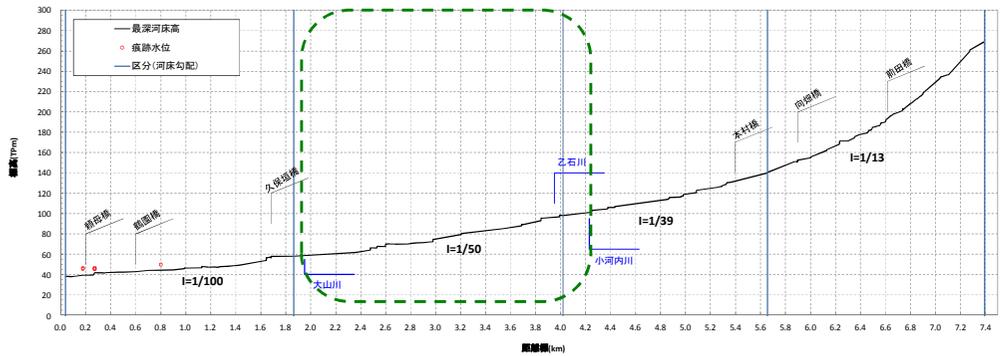


図 6.3.27 区間別の被害の特徴 (赤谷川 1k950~4k250)

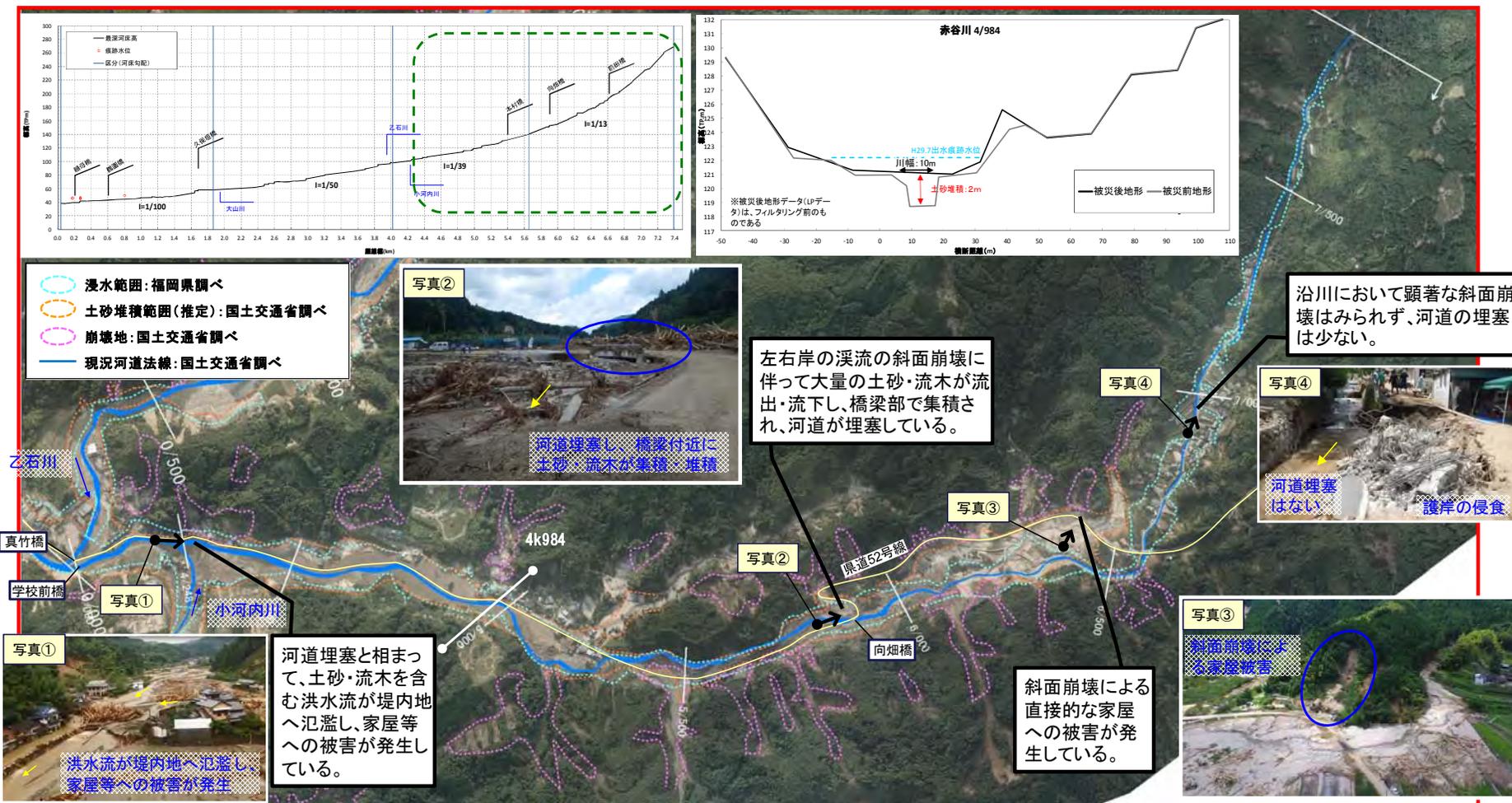


図 6.3.28 区間別の被害の特徴（赤谷川 4k250～8k000）



図 6.3.29 区間別の被害の特徴(乙石川 0k000~3k200)



図 6.3.30 区間別の被害の特徴 (大山川 0k000~2k500)

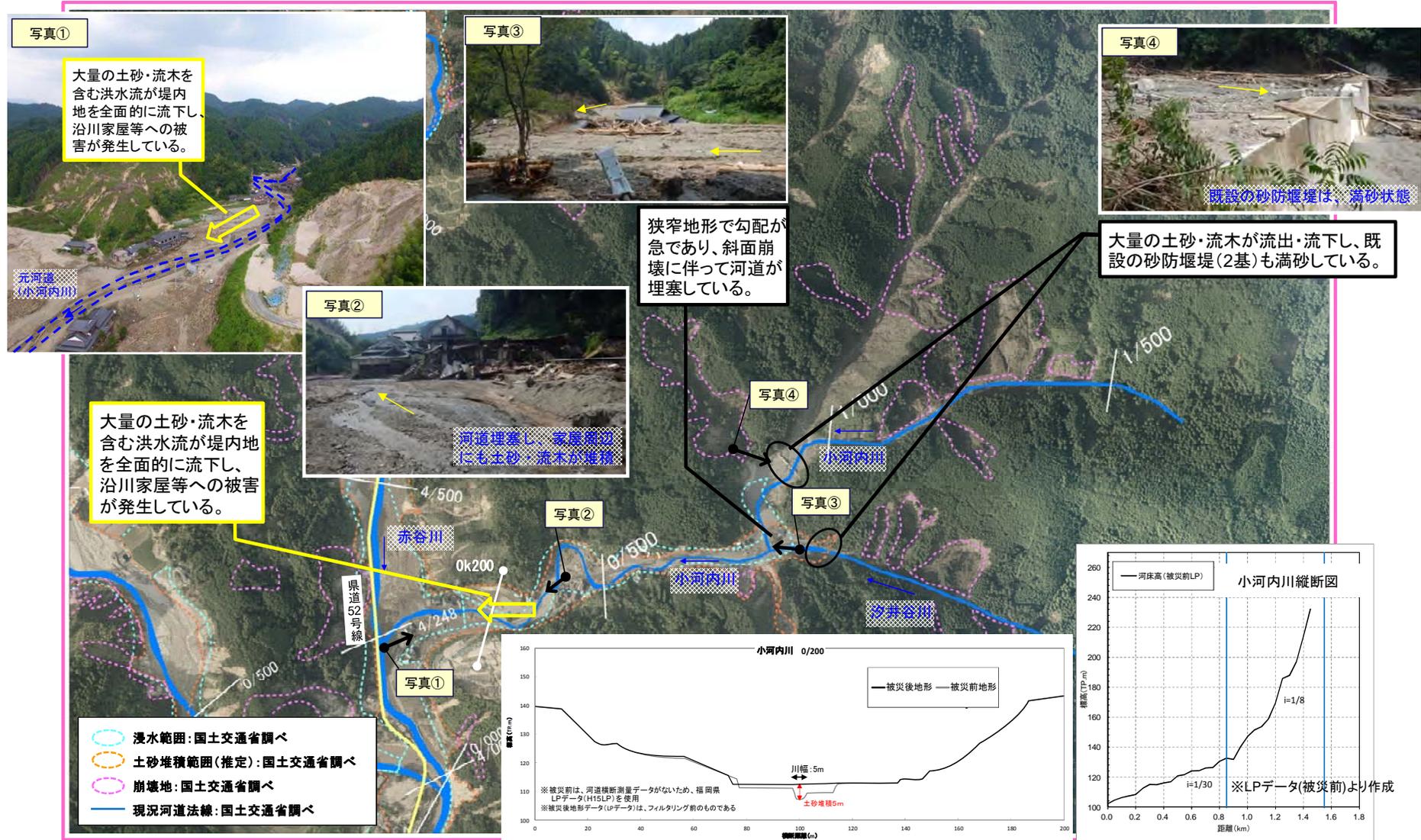


図 6.3.31 区間別の被害の特徴(小河内川 0k000~1k500)

(3) 横断工作物（橋梁、堰・落差工）の被災状況

被災後の航空写真と現地写真から、横断工作物・橋梁の被災状況を推定した。赤谷川の橋梁は、36%が被害小、32%が損傷、20%が土砂で埋没・不明、12%が流失している。堰・落差工は、42%が被害小、3%が損傷、50%が土砂で埋没・不明、5%が流失している（図 6.3.32）。

赤谷川下流部の川口橋では、図 6.3.33 に示すように、上流から土砂・流木が大量に流下してきたことにより、河道内において土砂と合わせて流木が堆積したものと推測される。

赤谷川上流部の小河内橋では、図 6.3.34 に示すように、大量の土砂・流木が流出してくる小河内川の合流点直下に位置しており、河道幅が比較的狭く、流木の供給が多かったため、流木が集積したと推測される。

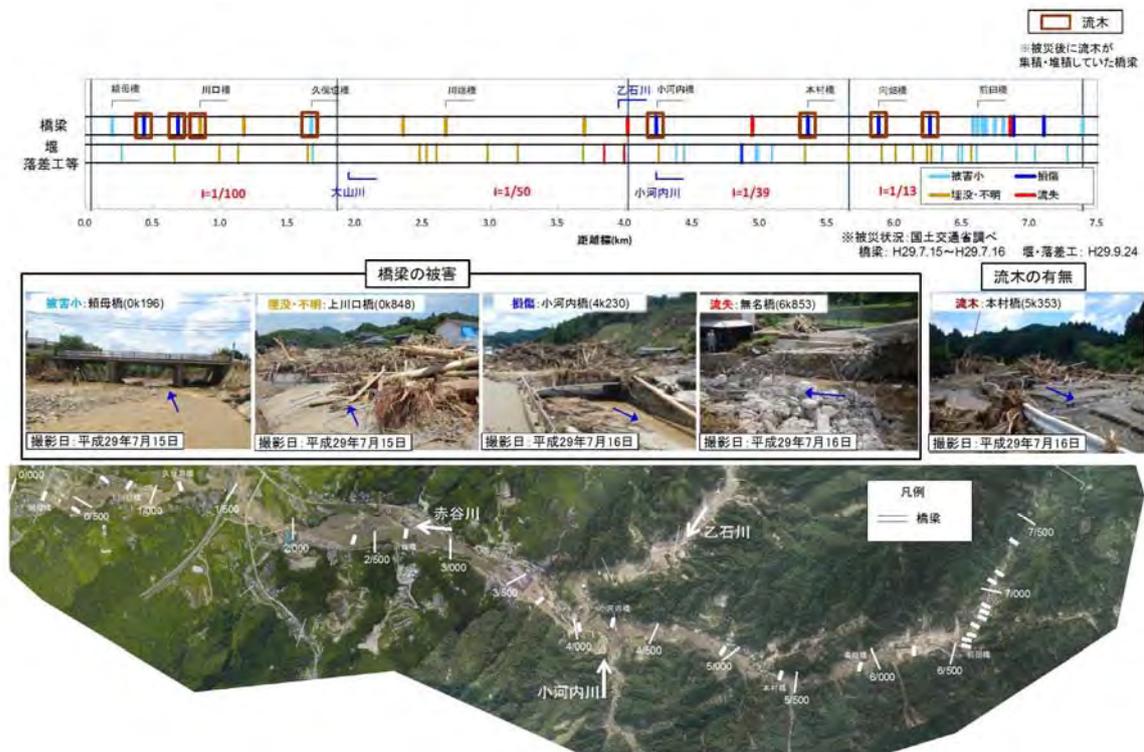


図 6.3.32 横断工作物の被災状況（赤谷川）

川口橋（赤谷川0/430）

- 上流から土砂・流木が大量に流下してきたことにより、河道内において土砂と合わせて、流木が堆積したと推測される。
- 橋梁の両脇・直上下流の建物・護岸の被害は少なかった。

橋梁位置



被災前写真



被災後写真



被災後航空写真



橋梁上流の護岸の被災はほぼ確認されなかった。



図 6.3.33 橋梁の被災状況（赤谷川：川口橋）

小河内橋（赤谷川4/200）

- 河道幅が比較的狭く流木の供給が多かったため、流木が集積したと推測される。
- 橋梁の上流側に流木が集積したことにより流路が左右岸に拡散され、拡散した流下部に存在した建物、上下流の護岸に被害が発生した。

橋梁位置



被災前写真



被災後写真



被災後航空写真



図 6.3.34 橋梁の被災状況（赤谷川：小河内橋）

(4) 平成 24 年 7 月九州北部豪雨との比較

1) 雨量の比較

今回の降雨は、図 6.3.35 に示すように、近年最大出水であった平成 24 年 7 月九州北部豪雨と比較して、非常に大きな雨量を記録した。

1 時間雨量で見ると、平成 24 年 7 月 3 日及び平成 24 年 7 月 13～14 日出水では、松末小学校で 79mm、65mm、北小路公民館で 48mm、58mm、三日月で 80mm、70mm であったのに対し、平成 29 年 7 月出水では、松末小学校で 137mm、北小路公民館で 124mm、三日月で 106mm を記録した。

総雨量で見ると、平成 24 年 7 月 3 日及び平成 24 年 7 月 13～14 日出水では、240～430mm 程度であったのに対して、平成 29 年 7 月出水では、北小路公民館で 865mm を記録した。

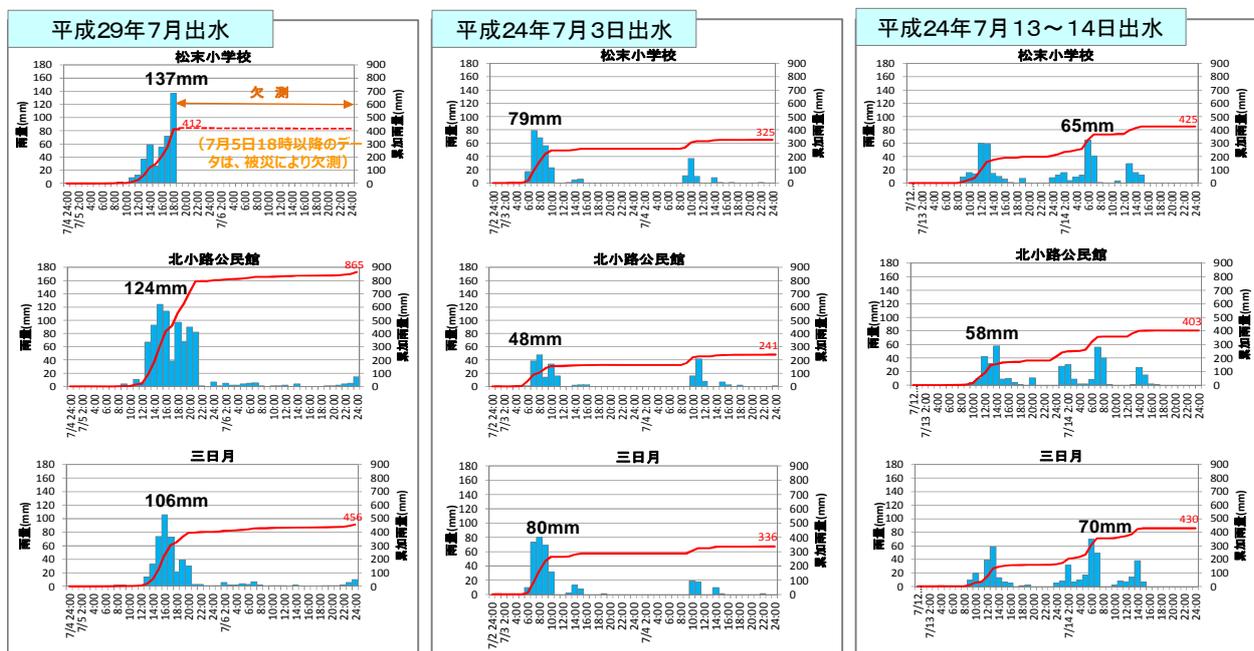


図 6.3.35 平成 24 年 7 月九州北部豪雨との比較（雨量）

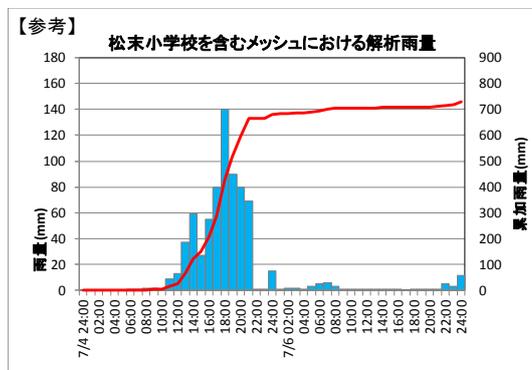


図 6.3.36 松末小学校を含むメッシュにおける解析雨量（参考）

2) 被災流量の比較

今次出水の被災流量は、赤谷川（筑後川合流点）で約 $520\text{m}^3/\text{s}$ と推定される。平成 24 年 7 月九州北部豪雨では、図 6.3.37 に示すように、筑後川合流点において、平成 24 年 7 月 3 日出水では約 $290\text{m}^3/\text{s}$ 、平成 24 年 7 月 14 日出水では約 $270\text{m}^3/\text{s}$ と推定され、今次出水は約 2 倍の流量が流出したと推定される。

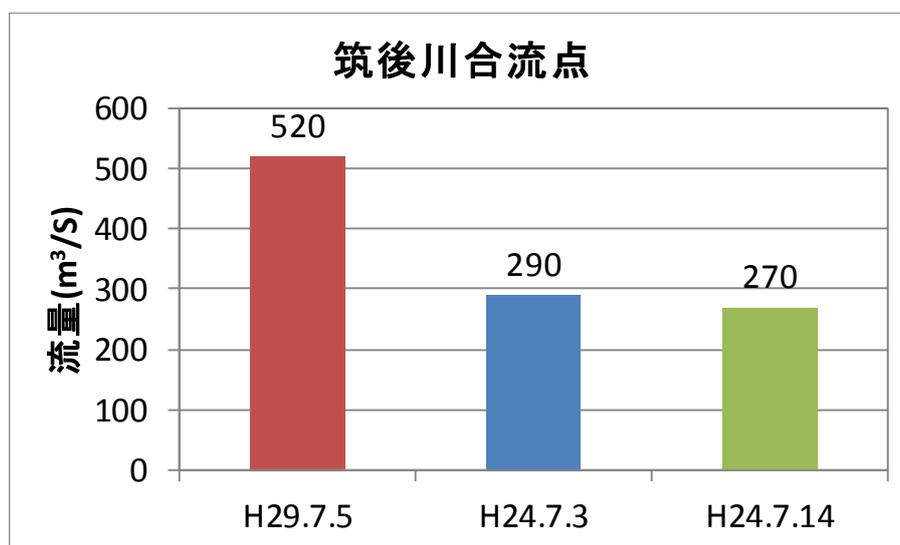


図 6.3.37 平成 24 年 7 月九州北部豪雨との比較（被災流量）

3) 浸水被害の状況

今回の出水では、平成24年7月出水と比較し、約2倍の流量となったことに加え、土砂や流木が大量に流下したことによって、家屋の流出、浸水範囲の拡大等、甚大な被害が発生した（図6.3.38）。



図 6.3.38 平成24年7月九州北部豪雨との比較（浸水被害）

6.4 復旧方策検討の流れ

平成 29 年 7 月九州北部豪雨による復旧方針については、モデル河川を選定した後、図 6.4.1 に示すように、「一定規模の降雨への対応」と「今回の災害と同規模以上の降雨への対応」に分けて以下の流れで検討した。

一定規模の降雨に対しては、山地部における土砂・流木流出を防止するための砂防堰堤等の整備、河川上流における河道に流入した土砂・流木を捕捉するための貯留施設の整備、洪水・土砂を下流まで円滑に流すための河道の改修・河道形状の工夫により、土砂・流木を伴う洪水氾濫を防止する。今回の災害と同規模以上の降雨に対しては、地域と一体となって、さらに安全性を高めるためのソフト対策、まちづくりの検討を実施する。

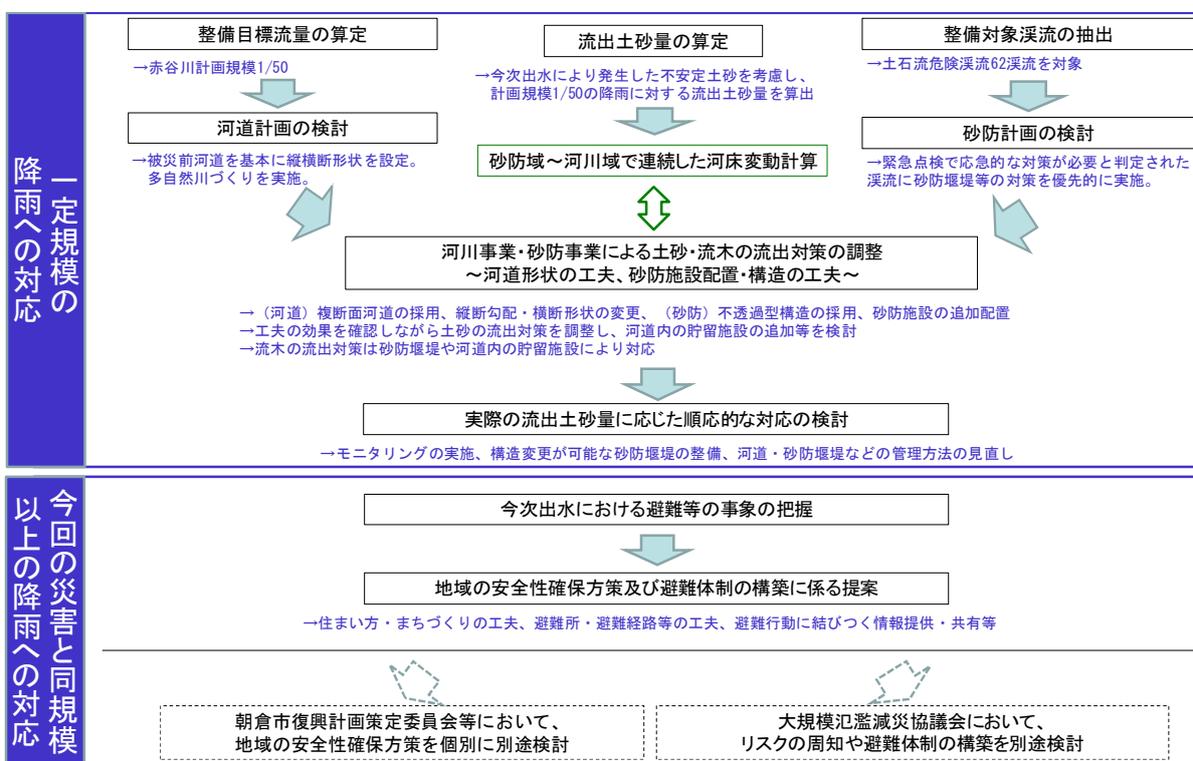


図 6.4.1 赤谷川流域における河川事業・砂防事業・地域の対策が連携した復旧の考え方

6.5 一定規模の降雨への対応（赤谷川）

6.5.1 整備目標流量の設定

福岡県の河川の計画規模（洪水を安全に流下させる河道の規模）は、都市化の状況や想定氾濫区域、人口、資産及び既往洪水の規模、被害の状況等を勘案し設定している。

この考え方に基づき、福岡県が赤谷川流域の河道の計画規模を検討し、人的被害が大きいことも考慮の上、赤谷川の計画規模を雨量確率 1/50（筑後川合流前で 330m³/s）とした。

この計画規模の河道を整備することで、平成 29 年 7 月九州北部豪雨前に最も流下能力が小さかった区間において約 7 倍の流下能力（50m³/s→330m³/s）が確保されるなど、赤谷川の治水安全度は大幅に向上する。

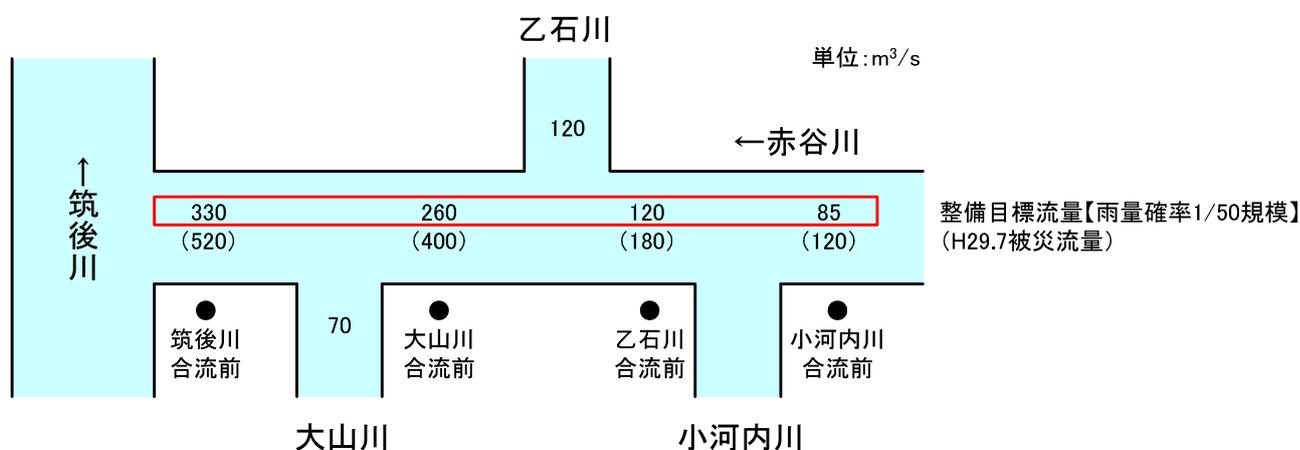


図 6.5.1 赤谷川の流量配分図（平成 29 年 7 月出水を含めた降雨強度式による）

6.5.2 河道改修方針

今次出水で、大量の土砂や流木が流下し、河道の埋塞・閉塞が生じたことを踏まえ、河道の流下能力に加えて、土砂を流す力(＝掃流力)を高める必要があると考えられる河川について、以下の方針で改修を行う。

- 掃流力を高めるため、被災前の縦断形状を基本としつつ、必要な場合は縦断形状の見直しを検討する。
- 横断形状は、河床の長期的な安定を保てる範囲内で掃流力を高め、かつできるだけ河道の幅を広くするよう検討する。
- 河川管理施設等構造令に準拠し、桁下余裕高を確保する。
- 多自然川づくりを基本とし、被災前の河道環境の再生を図る。

6.5.3 河道計画

(1) 河道法線及び川幅

- 被災前の河道法線を基本とし、急な湾曲区間は河道法線を是正する。
- 護岸工が残存し健全である区間は極力既存施設を生かした河道法線とする。
- 湾曲部の拡幅は、内岸側を基本とする。
- 流下断面確保のための河積の拡大は、拡幅を基本とする。

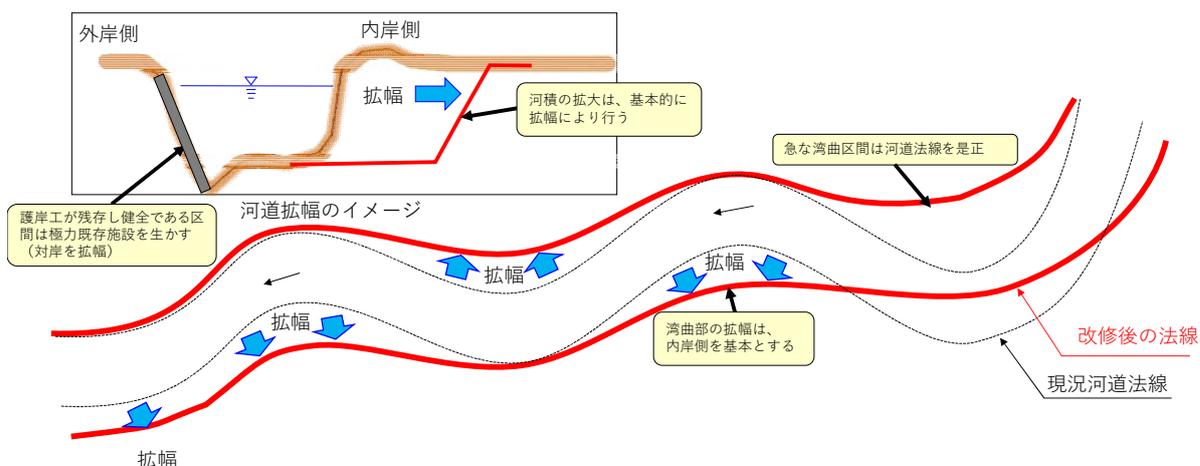
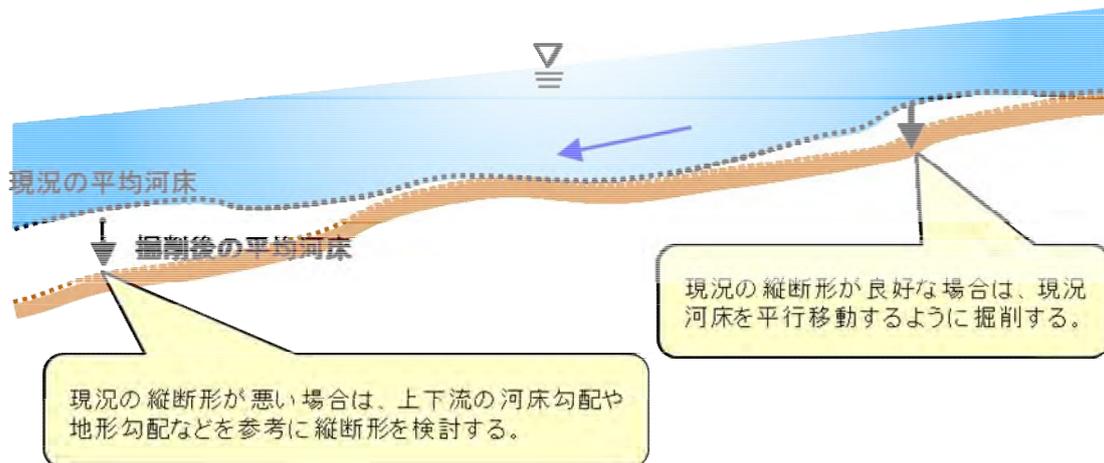
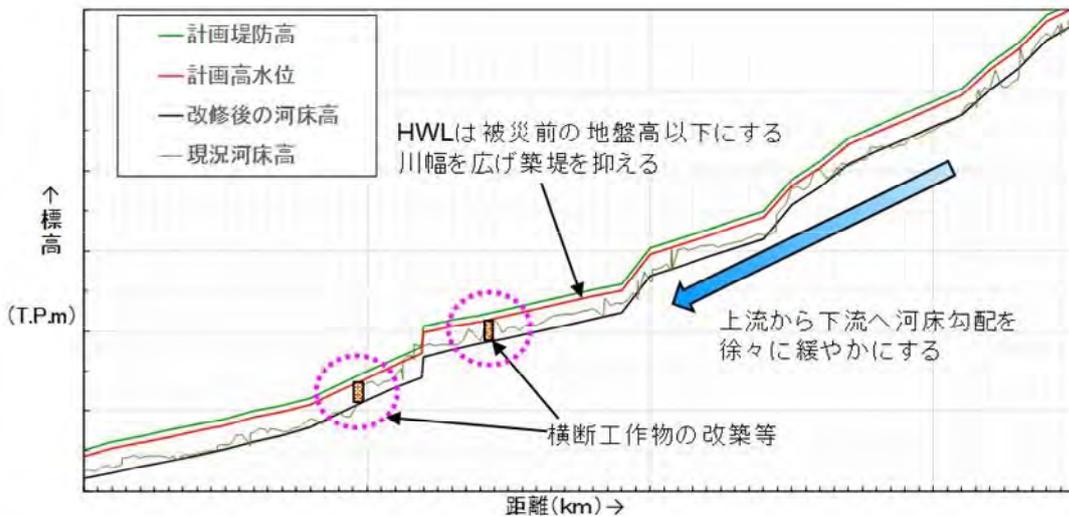


図 6.5.2 河道法線の考え方 (イメージ)

(2) 縦断形状

- 被災前の河道の河床高、縦断勾配等を基本として設定する。
- 掃流力は概ね上流から下流に向け小さくなるよう設定する。
- 上流から下流へ河床勾配を徐々に緩やかにし、局所的な堆砂を抑制する。
- 堰や落差工等の横断工作物の改築を図り河床勾配を是正し、縦断的な掃流力の急変を緩和して土砂移動の促進を図るとともに、洗掘にも配慮する。
- 計画高水位は極力被災前の地盤高以下として設定し、川幅を広げることで築堤を抑制する。

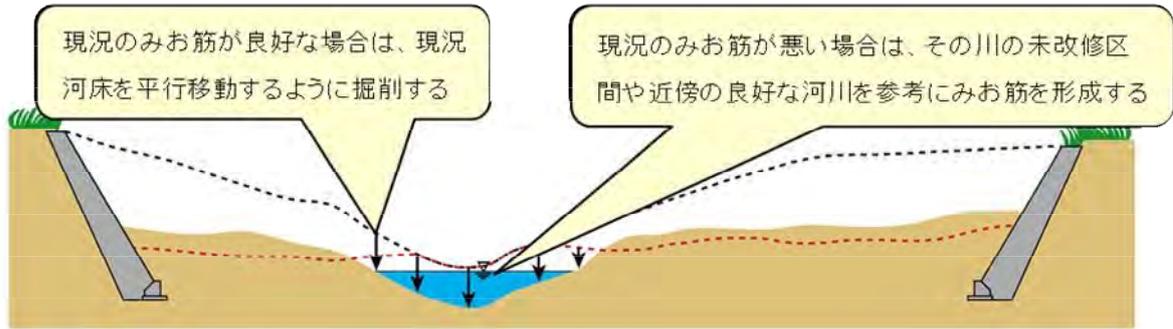


※出典：多自然川づくりポイントブックⅢより一部加筆

図 6.5.3 縦断形状の考え方（イメージ）

(3) 横断形状

- 河床の長期的な安定を保てる範囲内で掃流力を高め、土砂移動の促進を図るとともに、洗掘に配慮する。
- 川が自らの作用で環境を形成できるように、極力川幅を広く確保する。
- やむを得ず河床の掘削を必要とする区間は、被災前の河床形状をスライドダウン（平行移動）する。



※出典：多自然川づくりポイントブックⅢより一部加筆

図 6.5.4 横断形状の考え方（イメージ）

(4) 自然な河岸・水際の形成

- 自然の力で被災前河道の環境が復元できるよう配慮する。
- 縦断的・横断的に自然な変化をもつ河岸・水際部になるよう配慮する。

●配慮事項

- 護岸を立てて河床幅を広くとり、砂州や瀬・淵の形成を促すとともに、川幅との関係も考慮し、護岸の見えの高さを抑える。
- 表面に凹凸のある形状で、明度を抑さえた材質の護岸も可能な範囲で検討する。
- 河床を掘削する場合、均一の高さではなく被災前の横断形状を参考とした形で掘削する（スライドダウン）。
- 河道内の石礫はみお筋や河岸際に極力存置する。
- 河畔林、山付き区間の自然河岸は極力保全するが、侵食が著しい箇所は護岸の設置を検討する。
- 改良する堰への魚道の設置や床固め工の緩傾斜化等を極力図る。
- 高水敷を有する区間は、保護工を覆土型式とする等、自然環境や景観へ配慮する。

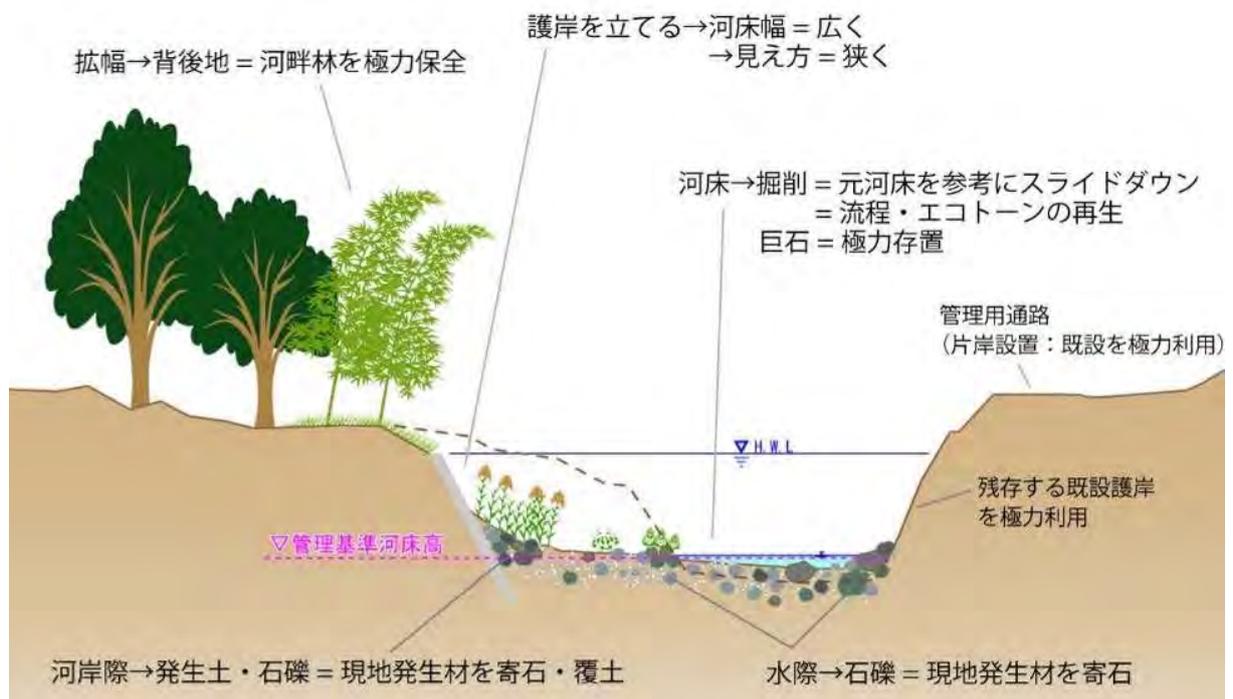


図 6.5.5 多自然川づくりの考え方

6.5.4 砂防施設の配置計画

砂防事業では、今次出水後の緊急点検で応急的な対策が必要と判定された溪流について、砂防堰堤等の整備を優先的に行う（図 6.5.6）。

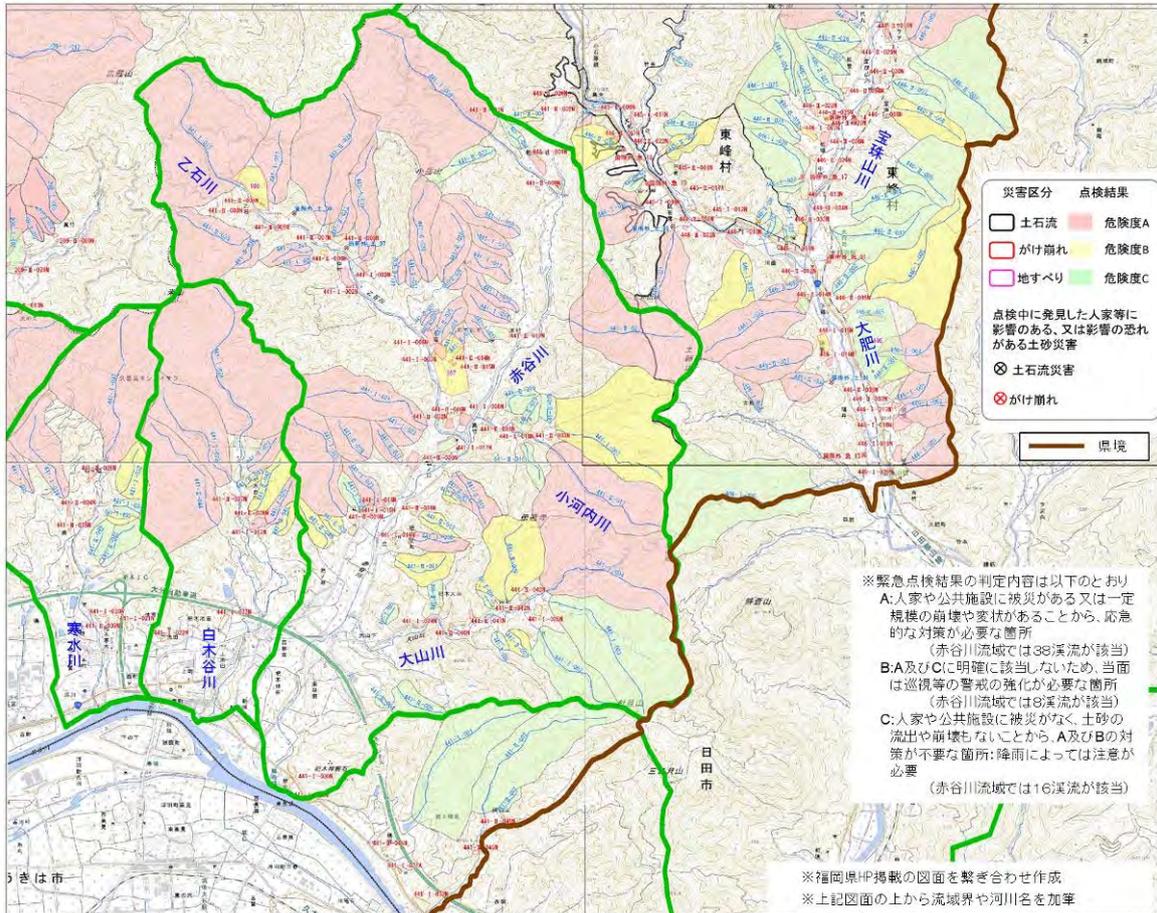


図 6.5.6 赤谷川流域における土石流危険溪流緊急点検結果

6.5.5 河川事業・砂防事業による土砂・流木の流出対策の調整

(1) 土砂・流木対策の考え方

豪雨による不安定土砂や流木が残存していることも前提に、河道計画や砂防計画の工夫等により土砂・流木の流出対策を検討する。

土砂・流木の流出対策を検討する際には、河川事業・砂防事業で調整を図るものとする。

この際、残存している不安定土砂の供給量はフェーズに応じて図 6.5.8 のように考え、設定する。図 6.5.8 は横軸に流量（雨量）、縦軸に流出土砂量を取りフェーズ毎の流量（雨量）－流出土砂量関係の概念を示したものである。フェーズ①は今次被災前の供給土砂量である。フェーズ④は今次被災により発生した残存不安定土砂が安定化した状態の供給土砂量であり①と同じに戻ると想定される。フェーズ②は今次被災後の残存不安定土砂が活発に動いている時期の供給土砂量である。フェーズ③はフェーズ②からフェーズ④に戻る過渡的な状態の供給土砂量である。フェーズ③から④に遷移するメカニズムの1つは、図 6.5.7 のような粗粒化である。復旧においては、フェーズ③から③'の状態を基本に河道縦横断面を検討し、河道の維持管理の容易さの検討についてはフェーズ③から④も考慮する。

なお、土砂・流木対策を行うにあたっては、将来、供給土砂量が減少することを念頭に置き、供給土砂量が減少した場合にも安定した河道となるように留意する。



図 6.5.7 河床の変化状況

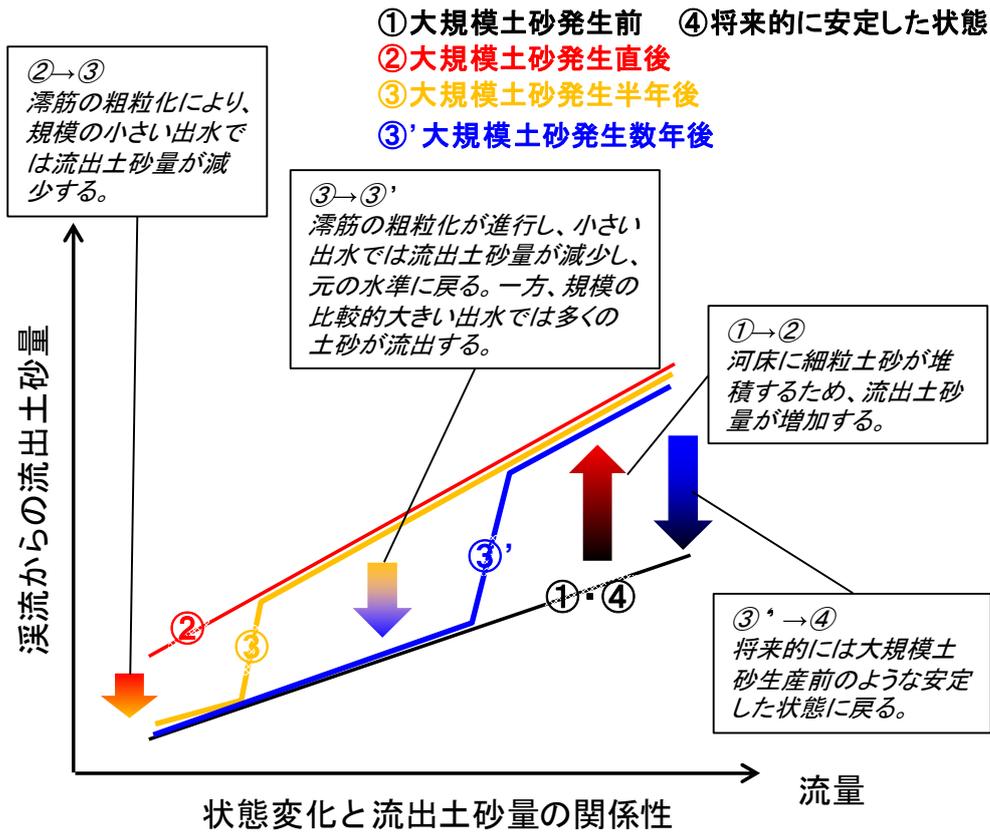


図 6.5.8 状態変化と流出土砂量の関係性

(2) 河道計画の工夫

- 単断面の拡幅により被災前の河道に対し掃流力が低下する場合は、掃流力の確保のため複断面河道形状の採用などを工夫する。(洪水時の流れの状況(常流・射流)から、河道断面形状を設定する)
- 摩擦速度を確認し、縦断的に掃流力が急変する箇所では、縦断勾配や横断形状を工夫し、土砂移動の促進を行うとともに、洗掘や護岸及び護床工等への影響にも配慮する。

(3) 砂防計画の工夫

- 堆積区間の上流に位置する溪流の中で、細粒土砂の供給が多い溪流に対して追加施設を配置する。
- 砂防堰堤の構造は、土石流・流木対策としては透過構造を有する施設を基本とし、細粒土砂の供給が多く下流河川の土砂堆積に著しく影響を与えるような溪流では不透過型も検討する。
- 流木の捕捉効果を高めるため、不透過型砂防堰堤には流木捕捉工の設置等を行う。

【透過型砂防堰堤】



北里川砂防堰堤(熊本県阿蘇地域振興局)



田良川砂防堰堤(大分県中津土木事務所)

【不透過型砂防堰堤】



汐井谷砂防堰堤(福岡県朝倉県土整備事務所)



大山川砂防堰堤(福岡県朝倉県土整備事務所)

図 6.5.9 透過型砂防堰堤の形式

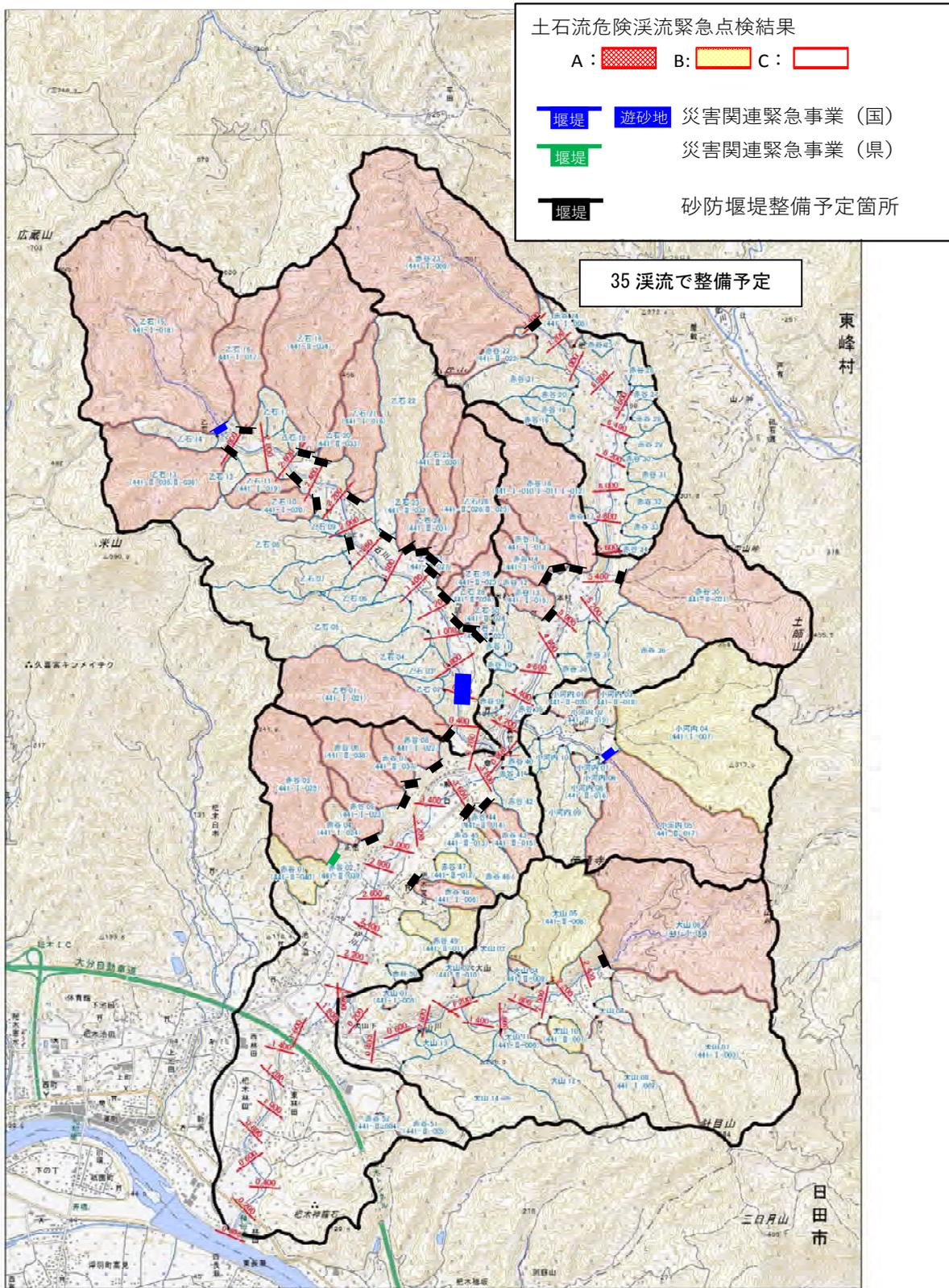


図 6.5.10 砂防施設の配置（案）

(4) 河道内の貯留施設の検討

- 上記の工夫により土砂の流出対策の調整や目標の達成が困難な場合には河道内の貯留施設について検討する。

(5) 流木の流出対策の調整

- 河道内の残存している流木については復旧工事の際に撤去することを基本とする。
- 溪流内に残存している流木のうち、砂防堰堤を設置する溪流では、残存流木量を見込んだ施設設計とする。なお、施設設計にあたっては、砂防基本計画策定指針に沿った発生流木量の調査を行うこととする。
- 溪流内に残存している流木を復旧工事の際の撤去や砂防堰堤等で処理しきれない場合は、河道内の流木対策施設の設置を検討する。

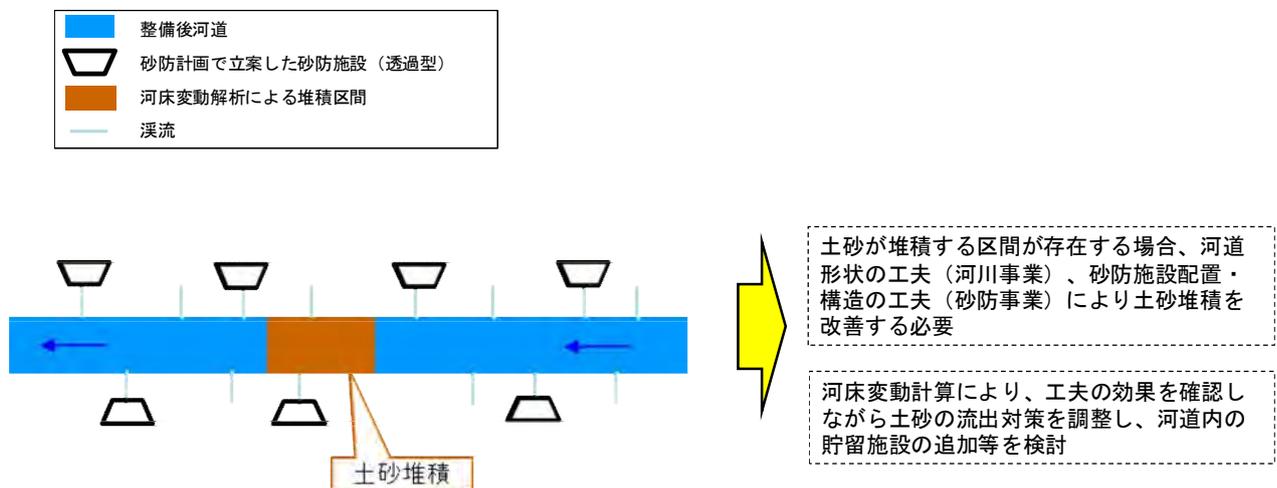
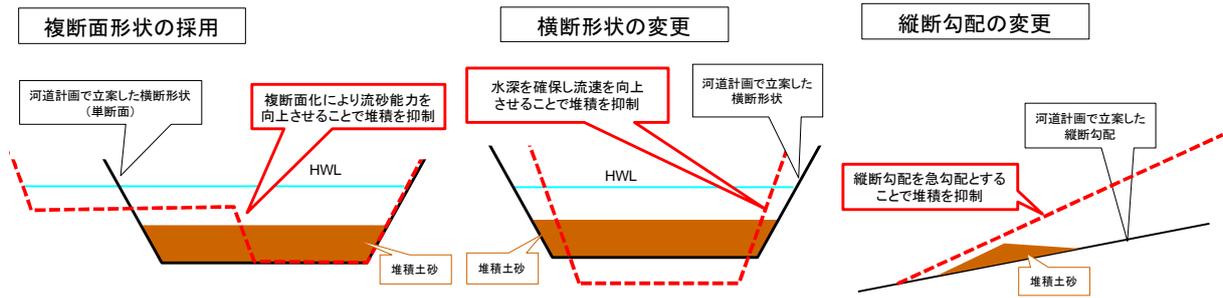
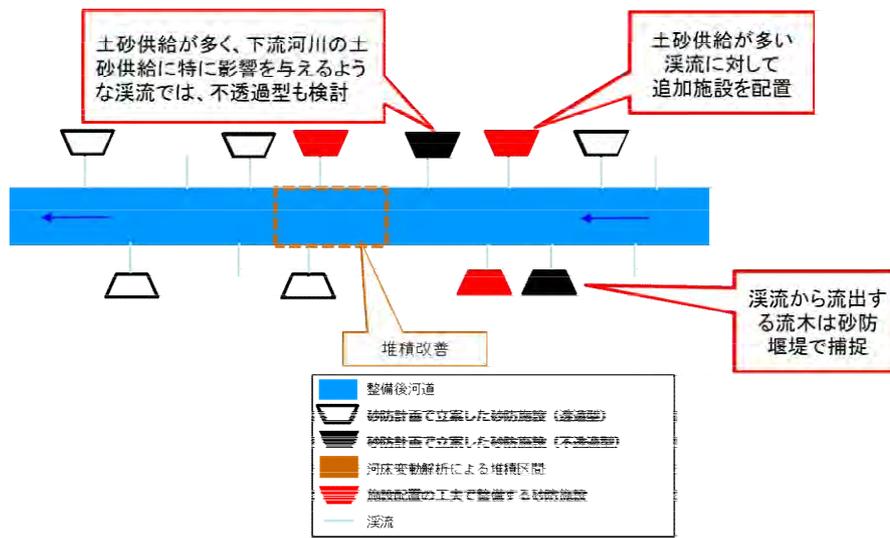


図 6.5.11 河川域～砂防域が連続した河床変動計算イメージ

(河道形状の工夫)



(砂防施設配置・構造の工夫)



(河道内貯留施設)

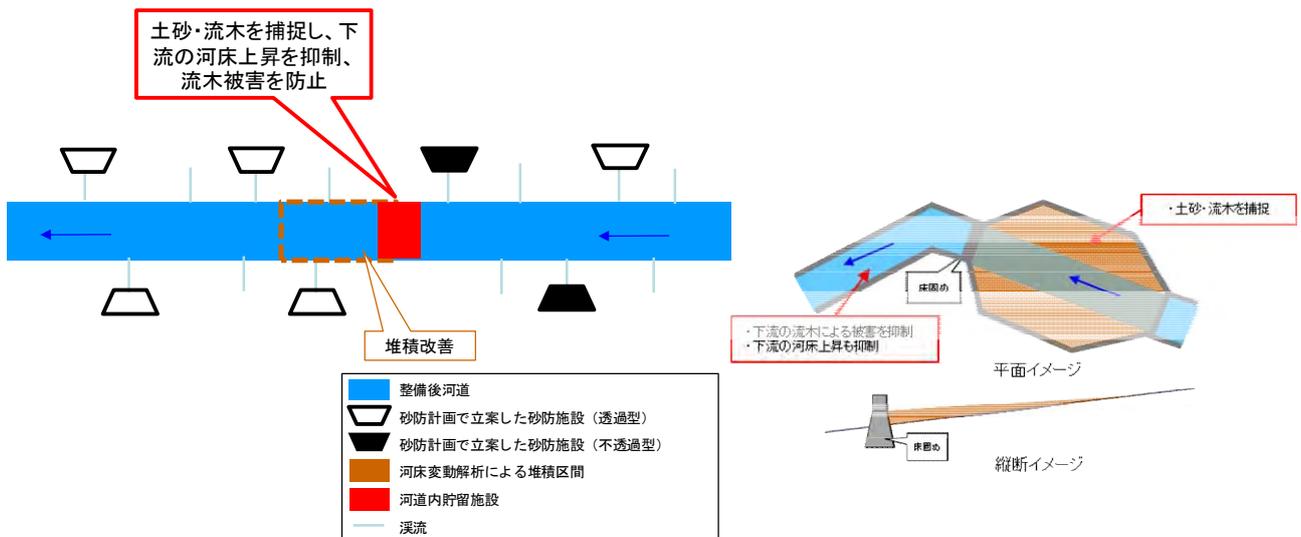


図 6.5.12 河道形状の工夫、砂防施設配置・構造の工夫及び河道内貯留施設のイメージ

6.5.6 実際の流出土砂量に応じた順応的な対応

(1) 砂防

砂防堰堤の構造は、土石流・流木対策としては透過構造を有する施設を基本とし、細粒土砂の供給が多く下流河川の土砂堆積に著しく影響を与えるような溪流では不透過構造で整備する。施設整備後、今次出水前の流出土砂量に戻ったと判断した場合は施設構造の変更（不透過構造→透過構造）を行うため、必要なモニタリングを行う。

調査の方法は、年に1回、出水期後に、河床材料及び砂防堰堤の堆砂量の調査を行う。

なお、将来的に、透過型に構造変更を行った後は、通常の砂防施設管理に移行する。この間の堆積土砂等の撤去については、溪流内の不安定土砂や堰堤の規模に応じて、適切なタイミングで実施する必要があることから、実施計画作成時に、撤去方法や撤去時期などを検討する。

(2) 河川

施設整備完了後は、土砂の流出が見込まれ堆砂が予想されるため、河床変動状況の把握を行い、流下能力断面の確保に向けたモニタリングを行う。

調査の方法は、年に1回、出水期後に、河床材料及び河床変動状況確認の調査を行う。

なお、将来的に、今次出水前の河道の流出土砂量に戻ったと判断された場合は、通常の管理方法に移行する。

表 6.5.1 施設整備後のモニタリング実施項目

赤谷川改良復旧に関する調査項目（案）

領域	対象施設	調査目的	調査項目	モニタリング(頻度)	
				施設整備中	施設完成後 (砂防は施設 構造変更前)
土砂生産域 (砂防領域)	不透過型で整備し、 透過型に構造変更を 行う砂防堰堤	今次出水前の溪流の流出 土砂量に戻った状態を確認 するため	河床材料	1回/年	1回/年
			砂防堰堤の堆砂量	—	1回/年
	—	気象状況把握のため	雨量	年中	年中
土砂流下域 (河川領域)	河床の堆砂状況確認	今次出水前の流出土砂量 に戻った状態を確認するた め	河床材料	1回/年	1回/年
			河床変動調査	—	1回/年
	—	流砂量把握のため	流砂量観測	年中	年中
	—	気象状況把握のため	雨量	年中	年中

6.5.7 施設整備中の対応

今後数年間の施設整備中は、土砂流出が多い状態が予想され、河道整備や砂防施設整備において二次災害が発生しないように、工事用の雨量計や土石流センサーの設置を検討していく。

6.5.8 復興計画等への配慮

事業実施にあたっては、地域の復興計画等にも配慮しながら整備を検討する。

6.6 今回の災害と同規模以上の降雨への対応（赤谷川）

6.6.1 今回の災害と同規模以上の降雨に対する安全性確保方策の重要性

5.2 の復旧の基本方針で示したように、気候変動の影響により、今後ますます降雨の規模が大きくなり、高頻度化、集中化並びに局地化して、洪水だけでなく土砂・流木の流出が増大する傾向が予想される状況下において、将来起こりうるすべての豪雨に対して、ハード対策のみで地域の安全性を確実に確保することは困難であることから、「災害には上限がない」との考えに立脚し、避難体制の構築などの地域の安全性確保等の対策も含めて検討し、災害に強い地域づくりを進め、逃げ遅れによる人的被害を防止するとともに、家屋被害の最小化を目指すことが重要である。

6.6.2 地域の安全性確保方策の検討の前提となる今次出水での避難等の事象の把握

(1) 谷底平野における被災の集中

中小河川は平地が少なく、わずかな谷底平野に集落が形成され、避難施設も設置されている場合が多い。谷底平野は歴史的に侵食と堆積を繰り返して形成されており、今回の豪雨では、この谷底平野を中心に人的被害や家屋倒壊等の被害が集中して発生した。

また、谷底平野の背後には山地が迫り、土砂災害警戒区域が谷底平野の多くの面積を占めている場合が多く、今回の豪雨でも土石流等の直接的な土砂災害により、住家等の多数の被害が発生した。



乙石川0k200付近の崩壊面に見る過去の土石流堆積物
【速報】平成29年7月九州北部豪雨災害 赤谷川～乙石川で発生した土石流・土石流堆積物の特徴、応用地質学会」より引用

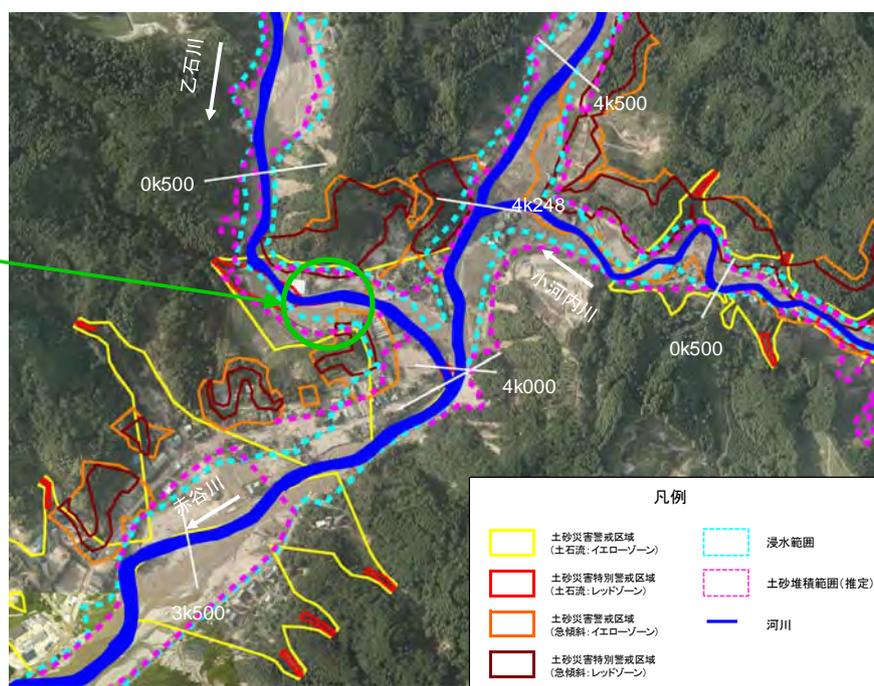


図 6.6.1 谷底平野と今次出水の痕跡水位範囲、土砂災害警戒区域

(2) 円滑かつ安全な避難

朝倉市杷木地区及び松末地区では市の指定避難所が4箇所、地元自主避難所が4箇所設置されていたが、そのうちの一つである松末小学校が被災した。

また、避難勧告が発令された時点ですでに大雨が降っており、避難所への避難自体が困難になっていた可能性も考えられる。

赤谷川の場合、中上流部の避難所は右岸側に存在し、左岸側の集落から避難する場合は赤谷川を横断する必要がある。避難所までの主要な避難路と想定される2k600付近の川端橋や3k600付近の能勝田橋などの赤谷川を横断する橋梁は、洪水時に土砂や流木によって、既に埋没や流出、あるいは河川周辺に洪水が溢れていた可能性も考えられ、避難経路自体が危なかった、避難所が遠い等の理由により、避難行動をとれなかったことも推測される。

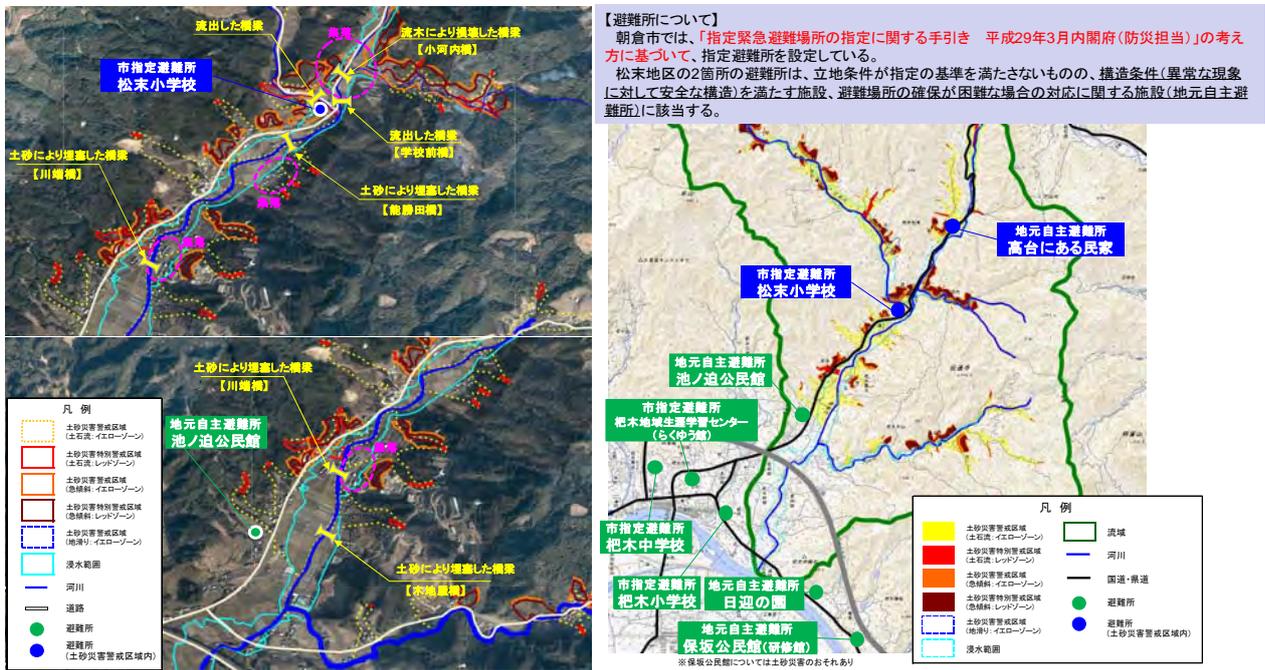


図 6.6.2 今次出水における避難所等の位置

(3) 情報提供等

筑後川右岸流域は平成24年7月九州北部豪雨により被災を受けており、防災に対する意識の高い地域である。今回の豪雨時には、朝倉市、東峰村、日田市ともに、急激に悪化する気象条件の中、早期に避難勧告等を発令した。

朝倉市では、平常時に地域にどのような災害リスクが内在するのかを地域と行政のワークショップ形式で確認し、平成23年度から平成26年度までに「自主防災マップ」という形で災害リスクの見える化を行い、地区内の各世帯に配布し、地域で情報の共有や避難訓練の実施等をしてきた。

東峰村では、平成27年度より村民を対象とした避難訓練を実施しており、村民の約半数が参加している。また、平時に避難行動要支援者名簿と支援計画を作成し、村からの避難勧告等の発令に合わせ、要支援者に対する避難支援等を行う訓練も実施していた。

日田市では、平成24年7月九州北部豪雨を教訓に、自主防災組織等の育成に取り組むとともに、地域と行政が協力し、自主防災組織ごとのハザードマップの作成や、要支援者への支援方法などを一部地域で決めている。また、避難訓練等を定期的に行い、防災意識の維持・向上に努めている。

これらの平時からの訓練等を踏まえ、今次出水でも避難の支援員が要支援者を避難所に避難させたり、地域の班長や近隣住民からの避難の声掛け等により避難行動につながったとの証言も複数確認されている。

一方で、避難に関する情報が届いていたにもかかわらず、平成24年7月九州北部豪雨の経験から自宅は安全であると考えてしまい、避難行動がとられず被災した事例もみられた。

今次出水では、気象庁等から雨量の情報や、中小河川ごとの洪水警報の危険度分布情報は提供されていたものの、水位計や河川監視カメラ等が設置されておらず、河川水位や河川の状態をリアルタイムに把握する手段が確保されておらず、住民への河川の水位情報等の提供ができなかった。



図 6.6.3 被災地で実施されていた警戒避難の取り組み（朝倉市，東峰村）

6.6.3 地域の安全性確保方策に係る提案

これらの今次出水での事象を踏まえ、今回の災害と同規模以上の降雨に対する地域の安全性確保方策について以下のとおり整理を行った。

(1) 住まい方・まちづくりの工夫

今次出水により人的被害や家屋倒壊等の被害等が発生した区間の多くは、侵食と堆積を繰り返して形成されている谷底平野であり、昨今の気候変動の影響により局地化、集中化、激甚化する傾向のみられる豪雨に対して、谷底平野における洪水の危険性や土砂・流木の流出の可能性も十分認識し、人的被害の防止を最優先に住まい方やまちづくりを考えなければならない。

被災地域の住まい方やまちづくりを考えるにあたっては、逃げ遅れによる人的被害をなくすため、今次出水の浸水実績や土砂災害警戒区域、地形等の情報を地域や関係者で共有し、住家や避難所等の配置を検討する際の参考とすることが考えられる。

たとえば、今後、地域の復旧・復興を進めるにあたって、今次出水の浸水範囲より外の地域や浸水範囲内であれば新たに浸水の高さよりも高い地盤になるよう宅地を造成し、水害リスクを減らすなど、具体的な住家の配置を検討することも考えられる。その際は、土砂災害警戒区域との関係も考慮し、その範囲内となる場合は家屋の構造等にも留意することが考えられる。

また、河道やその周辺に堆積した土砂は、その粒度構成からすれば、盛土材として再利用することが可能と考えられ、宅地の造成に有効活用することで、土砂処分と宅地造成の双方を効率的かつ経済的に実施することが考えられる。ただし、宅地盛土材として再利用する際には、堆積した土砂を流木と盛土材に分類する必要がある。また、まさ土は侵食に対して弱い盛土材料であることから、周辺をブロック積み擁壁で保護するなどの配慮が必要である。

今回被災のあった地域は、約 300 年前に大きな土砂崩壊があったと記録されており、実際、乙石川などでは土石流堆積物の上に住家が存在する状況も確認されている。今後、地域の復旧・復興の過程で、河川に近い低地に住家が再建または新たに建設されれば、将来、同様の浸水被害が繰り返される可能性が完全には否定できないことを踏まえれば、今次出水の浸水範囲や浸水深、地形状況なども参考にしながら、洪水・土砂・流木の災害リスクの高い地域への住家の再建等を抑制する方策について検討することが考えられる。

(2) 避難所、避難経路等の工夫

洪水や土砂災害に備えて、すべての住家で一定の安全性を確保することは依然として難しく、避難所の役割は引き続き重要である。

そのため、避難所の設置にあっても住家同様、今次出水の浸水実績や土砂災害警戒区域、地形情報などの情報を地域や関係者で共有し、避難所の配置を検討する際の参考とするとともに、できる限り集落の近隣に避難所を配置することが考えられる。

松末小学校など今次出水で洪水による被害を受けた場所や、今次出水の浸水実績の範囲に含まれるような低地の施設を避難所として活用する場合は、今次出水の浸水実績よりも高い階数以上を避難場所とするなど、垂直避難にも対応できるように配慮したり、土砂災害警戒区域内に避難所を設置する場合は、構造を強固なものにすることが考えられる。

また、災害時に住民が安全に避難できるよう、避難ルートや避難計画を検討する必要がある。避難時に主に利用されると想定される経路については、重要な避難経路として抽出し、平時の利活用にも配慮しつつ、洪水時にも避難に利用できるよう高さや経路等を検討することも考えられる。

(3) 避難行動に結びつく情報提供・共有等

今回の洪水は、避難勧告が発令された時点ですでに大雨が降っており、降雨の初期段階での迅速な避難が極めて重要なことが改めて浮き彫りになった。

避難行動の契機として、行政から避難勧告等の発令だけでなく、自ら状況を判断することや、近隣住民への避難呼びかけなどによって、避難行動に結びつくことが大切である。

このため、朝倉市で取り組んでいた「自主防災マップ」のような形で、地域にどのような災害リスクが内在するのかを平時に地域で確認・共有するとともに、要支援者に対する避難支援の計画策定や、定期的な避難訓練で避難場所や避難経路の確認を行うなど、平時からの様々な取り組みを継続的に実施し、地域コミュニティを強化しておくことが地域の防災力の向上にもつながり、望ましい。

また、平成24年7月九州北部豪雨により洪水の危険性を認識し、避難を行ったことにより被災を免れた例があることから、今次出水の被災体験を地域で風化させないことも重要である。

そのため、今次出水の浸水範囲も反映した「自主防災マップ」の更新など、継続的な取り組みによる防災意識の向上・地域コミュニティの強化のほか、まるごとまちごとハザードマップを活用した今次出水の浸水実績・浸水深の表示板の設置、防災教育等を通じて今回の被災体験を地域で伝承し、防災意識の維持・向上につなげていくことが望ましい。

さらに、洪水時の河川の状況を早期に把握することで、避難勧告等避難の目安となる情報を発令する首長への迅速な情報提供（ホットライン）につながることを期待できることから、中小河川においても水位計や河川監視カメラなどを設置する必要がある。

あわせて、回転灯、サイレン、表示板等を用いた雨量、水位情報等の伝達手段の整備や、首長への情報提供（ホットライン）を行う水位等の基準を中小河川においても河川管理者と自治体で確認・共有しておくことが望ましい。

今次出水における事象

【谷底平野における被災の集中】

- ・侵食と堆積を繰り返して形成されている谷底平野に家屋がある。
- ・谷底平野に存在する家屋は今次出水で浸水しているものが多い。
- ・谷底平野が狭い地域では土砂災害警戒区域がその面積の多くを占めている。
- ・今回被災のあった地域は、約300年前に土砂災害等があったと記録されている。

【円滑かつ安全な避難】

- ・朝倉市杷木地区及び松末地区では、市指定避難所が4箇所、地元自主避難所が4箇所設置されていたが、松末小学校が被災した。
- ・赤谷川の場合、中上流部の避難所は右岸側に存在し、左岸側の集落から避難する場合は赤谷川を横断する必要がある。
- ・土砂や流木等により避難経路上の橋梁等が埋塞・流出したため避難経路自体が危なかった、避難場所が遠い等の理由で避難行動がとれなかったことも推測される。

【情報提供等】

- ・朝倉市、東峰村、日田市では平時からの訓練等が行われていたとともに、今次出水でも避難の支援員が要支援者を避難所に避難させたり、地域の班長や近隣住民からの避難の声掛け等により避難行動につながったとの証言も複数確認されている。
- ・避難に関する情報が届いていたにもかかわらず、平成24年7月九州北部豪雨の経験から自宅は安全であると考え、避難行動がとれず被災した事例もみられた。
- ・気象庁等から雨量の情報や洪水警報の危険度分布情報は提供されていたものの、河川水位や河川の状況をリアルタイムに把握する手段が確保されておらず、住民への河川状況の提供ができなかった。

地域の安全性確保方策に係る提案

【住まい方・まちづくりの工夫】

- ・今次出水の浸水実績や土砂災害警戒区域、地形等の情報を地域や関係者で共有し、住家や避難所等の配置を検討する際の参考とすることが考えられる。
- ・今次出水の浸水範囲より外の地域や浸水範囲内であれば新たに浸水の高さよりも高い地盤になるよう宅地を造成し、水害リスクを減らすなど、具体的な住家の配置を検討することも考えられる。その際は、土砂災害警戒区域との関係も考慮し、その範囲内となる場合は家屋の構造等にも留意することが考えられる。
- ・河道やその周辺に堆積した土砂は、その粒度構成からすれば、盛土材として再利用することが可能と考えられ、宅地の造成に有効活用することで、土砂処分と宅地造成の双方を効率的かつ経済的に実施することが考えられる。
- ・将来、同様の人的被害や家屋被害を繰り返されることが完全に否定できないことを踏まえれば、今次出水の浸水範囲や浸水深、地形状況なども参考にしながら、水・土砂・流木の災害リスクの高い地域への住家の再建等を抑制する方策について検討することが考えられる。

【避難所、避難経路等の工夫】

- ・今次出水の浸水実績や土砂災害警戒区域、地形情報などの情報を地域や関係者で共有し、避難所の配置を検討する際の参考とするとともに、できる限り集落の近隣に避難所を配置することが考えられる。
- ・今次出水の浸水実績の範囲に含まれるような低地の施設を避難所として活用する場合は、今次出水の浸水実績よりも高い階数以上を避難場所とするなど、垂直避難にも対応できるように配慮したり、土砂災害警戒区域内に避難所を設置する場合は、構造を強固なものにすることが考えられる。
- ・災害時に住民が安全に避難できるよう、避難ルートや避難計画を検討する必要がある。
- ・避難時に主に利用されると想定される経路については、重要な避難経路として抽出し、平時の利活用にも配慮しつつ、洪水時にも避難に利用できるよう高さや経路等を検討することも考えられる。

【避難行動に結びつく情報提供・共有等】

- ・今次出水の浸水範囲も反映した「自主防災マップ」の更新など、継続的な取り組みによる防災意識の向上・地域コミュニティの強化のほか、まるごとまちごとハザードマップを活用した今次出水の浸水実績・浸水深の表示板の設置、防災教育等を通じて今回の被災体験を地域で伝承し、防災意識の維持・向上につなげていくことが望ましい。
- ・中小河川においても水位計や河川監視カメラなどを設置する必要がある。
- ・回転灯、サイレン、表示板等を用いた雨量、水位情報等の伝達手段の整備や、首長への情報提供（ホットライン）を行う水位等の基準を中小河川においても河川管理者と自治体で確認・共有しておくことが望ましい。

図 6.6.5 地域の安全性確保方策に係る提案

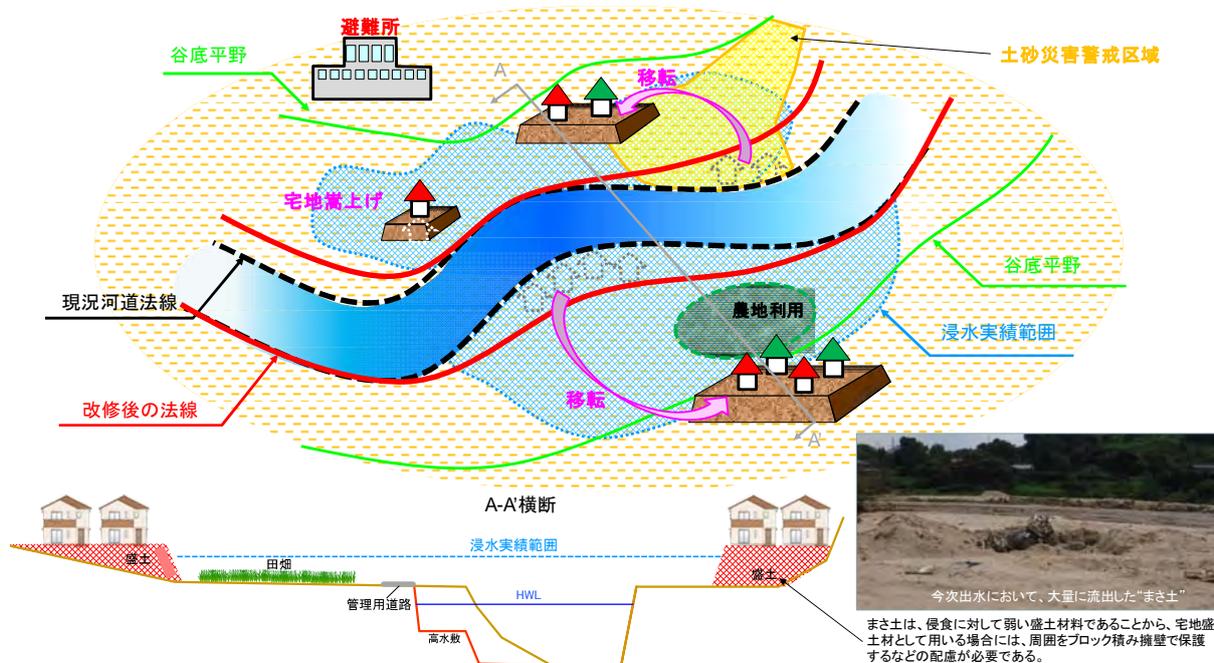


図 6.6.6 住まい方、まちづくりの工夫

7. 筑後川右岸流域の被災した他河川への適用について

7.1 基本的な考え方

本技術検討委員会では、河川事業、砂防事業及び地域づくりの連携について、赤谷川流域をモデル河川として、計画規模の降雨及び今回の災害と同規模以上の降雨に対して検討してきた。

この復旧に係る検討の考え方を、筑後川右岸流域の他河川の被災形態に応じて適用することになるが、特に、大量の土砂や流木が流下し、河道の埋塞・閉塞が同時生じた山地河川の復旧の検討に適用することを想定している。

7.2 筑後川右岸流域支川における河川事業・砂防事業が連携した復旧の考え方

赤谷川をモデル河川とした検討内容を筑後川右岸流域の支川へ適用していくため、復旧の基本方針に基づき、「一定規模の降雨への対応」と「今回の災害と同規模以上の降雨への対応」に分けてとりまとめる。

7.2.1 一定規模の降雨への対応

(1) 整備目標の設定

河川の計画規模（洪水を安全に流下させる河道の規模）は、都市化の状況や想定氾濫区域、人口、資産及び既往洪水の規模、被害の状況等を勘案し設定する。

(2) 河道改修方針

今次出水で、大量の土砂や流木が流下し、河道の埋塞・閉塞が生じたことを踏まえ、河道の流下能力に加えて、土砂を流す力（＝掃流力）を高める必要があると考えられる河川について、以下の方針で改修を行う。

- 掃流力を高めるため、被災前の縦断形状を基本としつつ、必要な場合は縦断形状の見直しを検討する。
- 横断形状は、河床の長期的な安定を保てる範囲内で掃流力を高め、かつできるだけ河道の幅を広くするよう検討する。
- 河川管理施設等構造令に準拠し、桁下余裕高を確保する。
- 多自然川づくりを基本とし、被災前の河道環境の再生を図る。

(3) 河道計画

1) 河道法線及び川幅

- 被災前の河道法線を基本とし、急な湾曲区間は河道法線を是正する。
- 護岸工が残存し健全である区間は極力既存施設を生かした河道法線とする。
- 湾曲部の拡幅は、内岸側を基本とする。
- 流下断面確保のための河積の拡大は、拡幅を基本とする。

2) 縦断形状

- 被災前の河道の河床高、縦断勾配等を基本として設定する。
- 掃流力は概ね上流から下流に向け小さくなるよう設定する。

- 上流から下流へ河床勾配を徐々に緩やかにし、局所的な堆砂を抑制する。
- 堰や落差工等の横断工作物の改築を図り河床勾配を是正し、縦断的な掃流力の急変を緩和して土砂移動の促進を図るとともに、洗掘にも配慮する。
- 計画高水位は極力被災前の地盤高以下として設定し、川幅を広げることで築堤を抑制する。

3) 横断形状

- 河床の長期的な安定を保てる範囲内で掃流力を高め、土砂移動の促進を図るとともに、洗掘にも配慮する。
- 川が自らの作用で環境を形成できるよう、極力川幅を広く確保する。
- やむを得ず河床の掘削を必要とする区間は、被災前の河床形状をスライドダウン（平行移動）する。

4) 自然な河岸・水際の形成

- 自然の力で被災前河道の環境が復元できるよう配慮する。
- 縦断的・横断的に自然な変化をもつ河岸・水際部になるよう配慮する。

(4) 砂防施設の配置計画

- 砂防事業では、今次出水後の緊急点検で応急的な対策が必要と判定された溪流について、砂防堰堤等の整備を優先的に行う。

(5) 河川事業・砂防事業による土砂・流木の流出対策の調整

1) 土砂・流木の流出対策の考え方

- 豪雨による不安定土砂や流木が残存していることも前提に、河道計画や砂防計画の工夫等により土砂・流木の流出対策を検討する。
- 土砂・流木の流出対策を検討する際には、河川事業・砂防事業で調整を図るものとする。

2) 河道計画の工夫

- 単断面の拡幅により被災前の河道に対し掃流力が低下する場合は、掃流力の確保のため複断面河道形状の採用などを工夫する。
- 摩擦速度を確認し、縦断的に掃流力が急変する箇所では、縦断勾配や横断形状を工夫し、土砂移動の促進を行うとともに、洗掘や護岸及び護床工等への影響にも配慮する。

3) 砂防計画の工夫

- 堆積区間の上流に位置する溪流の中で、細粒土砂の供給が多い溪流に対して追加施設を配置する。
- 砂防堰堤の構造は、土石流・流木対策としては透過構造を有する施設を基本とし、細粒土砂の供給が多く下流河川の土砂堆積に著しく影響を与えるような溪流では不透過型も検討する。
- 流木の捕捉効果を高めるため、不透過型砂防堰堤には流木捕捉工の設置等を行う。

4) 河道内の貯留施設の検討

- 上記の工夫により土砂の流出対策の調整や目標の達成が困難な場合には河道内の貯留施設について検討する。

5) 流木の流出対策の調整

- 河道内の残存している流木については復旧工事の際に撤去することを基本とする。
- 溪流内に残存している流木のうち、砂防堰堤を設置する溪流では、残存流木量を見込んだ施設設計とする。なお、施設設計にあたっては、砂防基本計画策定指針に沿った発生流木量の調査を行うこととする。
- 溪流内に残存している流木を復旧工事の際の撤去や砂防堰堤等で処理しきれない場合は、河道内の流木対策施設の設置を検討する。

6) 実際の流出土砂量に応じた順応的な対応

- 施設整備後のモニタリングにより、今次出水前の流出土砂量に戻ったと判断された場合は、施設構造の変更、河道・砂防堰堤などの管理方法の見直しを行う。

なお、事業実施にあたっては、地域の復興計画等にも配慮しながら整備を検討する。

7.2.2 今回の災害と同規模以上の降雨への対応

6.6 を参考にされたい。

さいごに

本技術検討委員会は、平成 29 年 7 月九州北部豪雨で被災した筑後川右岸流域の早期復旧・復興に資するため、平成 29 年 9 月 7 日の第 1 回技術検討委員会に始まり、約 2 ヶ月という短期間に 4 回の委員会を開催し、11 月 22 日に報告書として取りまとめるに至った。この間、各委員の方々には、災害の現地調査や被害様態の検討・分析などで多忙を極める中、本技術検討委員会にご出席いただき、貴重なご指導・ご助言を賜ったことに深く感謝申し上げたい。

さて、平成 27 年関東・東北豪雨や平成 28 年北海道・東北豪雨を例に挙げるまでもなく、気候変動の影響による降雨の激甚化、高頻度化、集中化並びに局地化は、全国各地で顕著に現れている。特に今回の平成 29 年 7 月九州北部豪雨では、筑後川右岸流域にある朝倉市北小路公民館で、9 時間に 774mm という驚異的な降雨を記録した。

そのため、土砂災害による直接的な被害のほか、同時多発的に斜面崩壊が発生し、洪水が大量の土砂と流木とともに流下したことで、土砂による河道埋塞や橋梁等への流木の集積による河道閉塞を引き起こした。これと相まって、河道の流下能力を超過した洪水が大量の土砂と流木とともに河道から溢れたことで、家屋の流出・損壊や人的被害を大きく拡大させる要因となったと考えられている。洪水・流木・土砂の三重苦ともいえる今回の九州北部豪雨災害は、災害の様相が急激に変化していることをまざまざと我々に見せつけることとなった。我々がこれまで経験してきた水害・土砂災害とは、全く異なる複合災害であり、まさに治水事業及び砂防事業のターニングポイントともいえる大災害であった。今回の災害から我々は多くを学ばなければならない。

一方で、社会資本を着実に整備していくことが、生命や財産・社会的機能を災害から守るために極めて重要であり、必要であることを、本災害を通じて我々治水・砂防技術者のみならず地域の方々にも再認識していただけたことと思う。花月川では、平成 24 年 7 月九州北部豪雨災害からの復旧のための河川改修を実施したことで、洪水被害を軽減することができた。また今回の災害の特徴である大量の流木・土砂についても、砂防堰堤や既設ダムで捕捉することにより、下流の被害を大幅に軽減することができた。特に今回の豪雨災害では、寺内ダムが洪水・流木・土砂に対して極めて有効に働き、土砂・流木の多くを捕捉し、下流域を災害から守ったことは特筆に値するとともに、今後の防災対策に大きな示唆を与えるものとなっている。

本技術検討委員会では、これまで河川・砂防行政では検討されてこなかった、河川事業と砂防事業の新たな連携方策の技術的な手法をまとめ上げた。このことは、今後の中小河川における激甚な洪水・土砂・流木による複合災害に対して、河川・砂防の復旧・復興のための新たな技術的対応策を提案するものとして先駆的かつ大胆な取り組みとなっている。

今後、特に中小河川において、今回のような洪水・流木・土砂による複合災害は避けられないものと思われ、自然災害に対して困難な時代を迎えたことを、我々治水・砂防技術者は肝に銘じるとともに、このような災害に対して新たな対応策を講じていかなければならない。

社会のレジリエンス（強靭さ、回復力）を高めるためには、ハード・ソフト・ヒューマンウェアを総動員させる必要があるとともに、自助・共助・公助が協働し、技術面でも既存の知識・新しい技術・既存ストック等をフル稼働させて、全ての組織が『束になって』取り組むことが不可欠なのである。

なお、本技術検討委員会で検討を重ねるなかで、以下に示すような新たな技術的知見や研究の必要性が痛感された。

- ・二次元非定常モデルによる流れ・土砂・河床変動の解析検討、また河床変動解析における浮遊砂のモデル化
- ・自然の流れを利用した土砂を流す手法の検討
- ・灌漑用ため池や電力ダム、流水型ダム等における流木捕捉のための効率的な網場（アバ）の設置技術の開発や、河川横断構造物と流木の集積・被害発生状況との関係性の研究

大規模な洪水流は慣性力で直進化する傾向にあるが、今回の災害では流木・土砂を含むこのような流れによって、河道の直線化が生じるとともに、支川の合流点の対岸側や河川の蛇行部の外岸側に建つ住宅が襲われ、尊い人命が失われた例がいくつかみられた。このような大規模な災害時の被災の様相の変化に応じたリスク評価法の検討も必要であろう。

技術者・研究者、特に若い方々の奮起による新たな研究成果が期待される。

九州北部豪雨で被災した地域の復旧・復興は、まだ緒に就いたばかりである。今後、各被災自治体において復興計画を策定し、地域の方々の手によって長い年月をかけて地域の再生が進められていくことになる。一人一人の防災意識をいかに風化させずに持続・向上させるかについては、自主防災会などの住民組織の果たす役割が極めて重要であり、行政と地域社会が連携した一層の取り組みが望まれる。本技術検討委員会で示した河川事業と砂防事業が連携した復旧方策や地域の安全性確保の方策等が、地域復興の検討の足がかりとなり、筑後川右岸流域の早期復旧・復興に少しでも貢献できることを切に願うものである。

平成29年11月22日

筑後川右岸流域
河川・砂防復旧技術検討委員会

委員長 小松利光

筑後川右岸流域 河川・砂防復旧技術検討委員会

(1) 委員会の目的

委員会は、平成29年7月九州北部豪雨により、土砂や流木の流出等により激甚な被災を受けた筑後川中流部右岸の支川に関し、その被災実態を把握・分析するとともに、これら支川の治水・砂防計画を立案するにあたって、赤谷川流域をモデル河川として技術的な課題の整理・検討を行い、河川事業・砂防事業が連携した復旧に必要な基本的な考え方並びに今回の災害から得られた地域防災に資する知見をとりまとめることを目的とする。

(2) 委員会日程

第1回 委員会

日時：平成29年9月7日 15:00～17:30

第2回 委員会

日時：平成29年9月22日

現地調査 10:00～12:00

会 議 15:00～17:00

第3回 委員会

日時：平成29年10月18日 10:00～12:00

第4回 委員会

日時：平成29年10月30日 15:00～17:30

筑後川右岸流域 河川・砂防復旧技術検討委員会

委員名簿

(学識者等)

委員長	小松 利光	九州大学名誉教授
副委員長	秋山壽一郎	九州工業大学教授
	地頭菌 隆	鹿児島大学農学系教授
	橋本 晴行	元九州大学教授
	水野 秀明	九州大学大学院農学研究院准教授
	安福 規之	九州大学大学院工学研究院教授
	矢野真一郎	九州大学大学院工学研究院教授
	板垣 修	国土技術政策総合研究所水害研究室長
	萱場 祐一	国立研究開発法人土木研究所 自然共生研究センター上席研究員
	桜井 亘	国土技術政策総合研究所砂防研究室長
	澤野 久弥	国立研究開発法人土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター水災害研究グループ長
	諏訪 義雄	国土技術政策総合研究所河川研究室長

【学識者・専門家ごと50音順 敬称略】

(行政委員)

	竹島 睦	九州地方整備局 河川部長
	山本 巧	福岡県県土整備部長
	船橋 昇治	筑後川河川事務所長
	鬼塚 明文	福岡県朝倉県土整備事務所長

【敬称略】

出典一覧表

No	図表番号 (頁)	資料名	出典
1	図 2.1.2 (P.3)	セグメント区分表	河道計画検討の手引き
2	図 2.2.1 (P.5) 図 6.2.4 (P.55)	地形分類図 (5 万分の 1)	国土交通省国土政策局国土情報 HP
3	図 2.2.1 (P.5) 図 2.2.2 (P.6)	谷底平野と河岸段丘の成り立ち	国土地理院 HP
4	図 2.2.3 (P.7) 図 3.2.3 (P.17) 図 3.2.8 (P.22) 図 3.2.11 (P.26) 図 6.2.5 (P.56) 図 6.3.7 (P.66) 図 6.3.11 (P.73)	地表地質	国土交通省国土政策局国土情報 HP
5	図 3.1.1 (P.8)	アメダス総降水量の分布図 (平成 29 年 7 月 5 日～6 日)	福岡管区气象台
6	図 3.2.1 (P.13) 図 3.2.18 (P.30)	平成 29 年 7 月九州北部豪雨による人的被害発生状況・発生場所の特徴 (速報)	静岡大学防砂次総合センター 現地調査速報会
7	図 3.2.1 (P.13) 表 3.2.1 (P.15) 表 3.2.2 (P.15) 表 3.2.3 (P.16)	平成 29 年 6 月 30 日からの梅雨前線に伴う大雨及び台風第 3 号の被害状況及び消防機関等の対応状況等について	消防庁災害対策本部
8	図 3.2.2 (P.14) 図 6.3.25 (P.87) 図 6.3.38 (P.100)	災害・防災情報 (H29.8.21 14:00 現在)	国土交通省 HP
9	図 3.2.10 (P.25)	土砂移動現象	地頭菌委員提供資料
10	図 3.2.12 (P.27)	福岡県近世災異誌	立石[イワオ]編集 福岡近世災異誌壮行会
11	図 3.2.12 (P.27)	朝倉郡史	朝倉市
12	図 3.2.12 (P.27)	杷木町史	杷木町
13	図 3.2.12 (P.27)	福岡県の郷土歴史資料を活用した過去の土石流災害の抽出	西山浩司, 塚原健一, 横田いずみ, 植山裕太, 脇水健次, 森山聡之, 第 35 回自然災害学会学術講演会
14	図 3.2.12 (P.27)	古文書編纂資料に基づく福岡県耳納山地域の土石流災害の抽出	西山浩司, 広城吉成, 細井浩志, 森山聡之, 平成 29 年度土木学会全国大会第 72 回年次学術講演会
15	図 3.2.12 (P.27) 図 3.2.13 (P.27) 図 6.6.1 (P.107)	【速報】平成 29 年 7 月九州北部豪雨災害 赤谷川～乙石川で発生した土石流・土砂流堆積物の特徴	応用地質学会
16	図 3.2.16 (P.30) 図 6.3.22 (P.84)	植生分布図	環境省自然環境局生物多様性センターHP
17	図 3.2.24 (P.37)	寺内ダムの水位低減効果	水資源機構
18	図 3.2.26 (P.39)	通れるマップ	国土交通省 HP
19	図 3.2.27 (P.40)	鉄道の被害状況	JR 九州 HP

No	図表番号 (頁)	資料名	出典
20	図 3.2.28 (P.41)	朝倉市災害対応状況	朝倉市 HP
21	図 3.2.30 (P.43)	朝倉市地域防災計画	朝倉市 HP
22	図 6.2.2 (P.53)	土地利用細分メッシュデータ	国土数値情報
23	図 6.2.10 (P.62)	松末地区自主防災マップ	朝倉市 HP
24	図 6.3.17 (P.80)	河床材料調査結果の縦断図(赤谷川)	諏訪委員提供資料
25	図 6.3.18 (P.81)	河床材料調査結果の縦断図(乙石川)	諏訪委員提供資料
26	図 6.3.19 (P.82)	河床材料調査結果の縦断図(大山川)	諏訪委員提供資料
27	表 6.3.2 (P.83)	粒径の分類と呼称	諏訪委員提供資料
28	図 6.3.21 (P.83)	川の勾配と川の石の大きさの関係	諏訪委員提供資料
29	図 6.5.3 (P.104)	縦断形状の考え方	多自然川づくりポイントブックⅢ
30	図 6.5.4 (P.105)	横断形状の考え方	多自然川づくりポイントブックⅢ
31	図 6.6.4 (P.118)	平成 29 年 7 月九州北部豪雨災害を踏まえた避難に関する検討会資料	内閣府