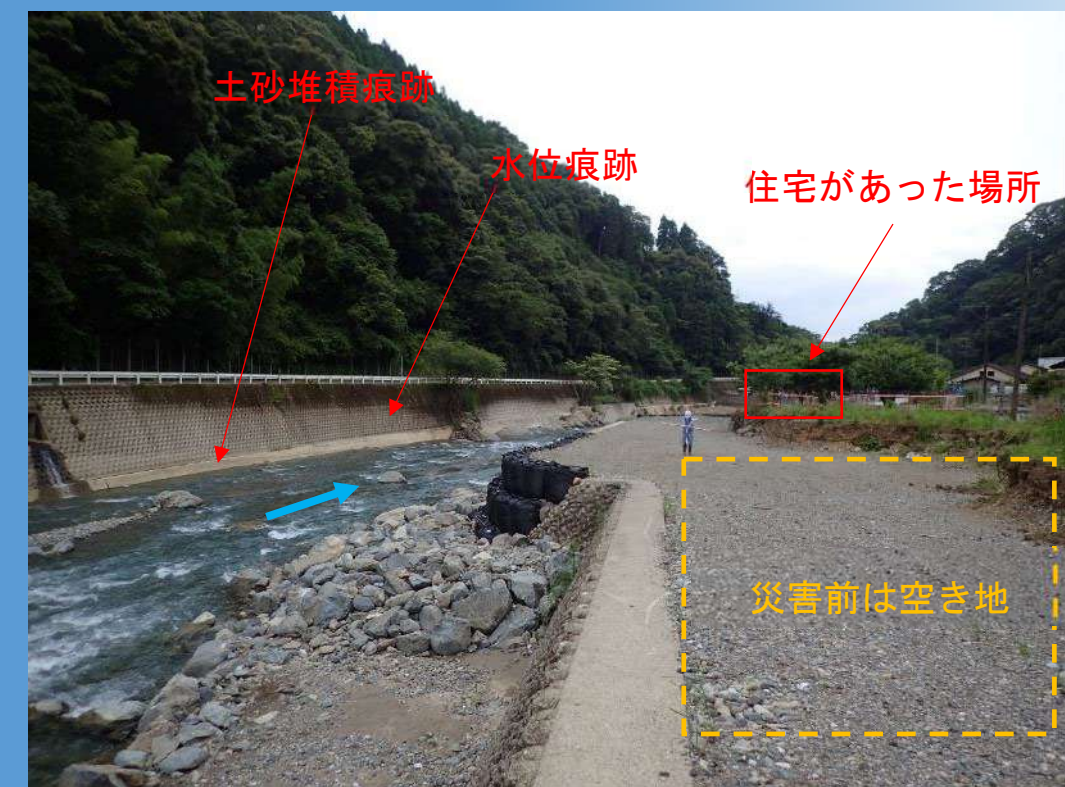


第2回 万江川土砂洪水氾濫対策検討委員会 ～討議資料～

令和5年2月3日（金）



林道より下方の急斜面で山腹崩壊が発生、2021年6月9日撮影



屋形地区、家屋全壊（流失したと思われる）地点、2021年6月9日撮影

目 次

1. 第1回委員会での主な指摘と対応	2
1.1 令和2年7月豪雨による被害状況（人吉市）.....	4
1.2 除石量と除石場所の変遷.....	6
1.3 R4年台風14号時のスネークラインと土砂災害発生との関係について.....	7
1.4 有害鳥獣による食害事例.....	9
2. 万江川の土砂移動状況	10
2.1 令和2年7月豪雨時の発生土砂量.....	10
2.2 堆積土砂の経年変化（吐合橋付近）.....	12
2.3 河道内堆積土砂の変遷.....	13
2.4 砂防堰堤の土砂堆積状況の変遷.....	15
2.5 土砂移動実態整理の現在までの実施状況.....	17
3. 万江川における中小土砂流出を考慮した砂防計画	18
3.1 昨年度立案した計画の課題.....	18
3.2 類似事例の紹介.....	19
3.3 中小規模と計画規模に対応する工法・工種の案（砂防事業）.....	27
3.4 他事業との連携策の方針.....	30
3.5 各事業における整備の方向性.....	31
4. 今後の土砂移動状況の把握手法について	40
5. 今後の検討方針	41
5.1 中小出水による土砂流出への対策の検討.....	41
5.2 流木対策の検討.....	45

1. 第1回委員会での主な指摘と対応

第1回委員会の議事要旨を以下に示す。また、委員から頂いた意見に対する回答を次頁に示す。

第1回万江川土砂・洪水氾濫対策検討委員会

議事要旨

開催日：令和4年10月17日（月）

15：40～17：00

場所：山江村役場 2階 大会議室

1. 「万江川の現状分析」に関して

● 内山委員

- ① ▶ R2.7 豪雨の被災状況に関して、山江村内だけでなく、**人吉市内も含めた万江川流域全体の状況**を教えてください。

→〔事務局〕山江村と人吉市の行政区付近の堰を境に、上下流で現象が異なる。上流では崩壊・侵食・土砂洪水氾濫が見られるのに対し、下流では球磨川からの背水現象による影響も考えられるため、今回は山江村について報告した。

人吉市の被災については次回委員会または個別に情報提供する。

- ▶ P16の吐合ダム（万江川砂防堰堤2）において土砂堆積が多くみられるため、毎年住民からの不安の声が多くあげられる。除石しすぎると良くないという説明だったと思うが、その理由を説明してほしい。

また、吐合ダム（万江川砂防堰堤2）上流の橋梁において、現在は河床から桁下までの比高差が2～3mであるが、昔は7～8mであった。河床が上昇していることは明瞭であるが、問題はないか。

→〔事務局〕砂防堰堤には土砂調節機能があり、計画堆砂勾配を超えた異常堆積土砂を除石する方針である。計画堆砂勾配に合わせて、橋脚・護岸の根入れ深さを検討しているため、除石しすぎると構造物の強度に悪影響を与える可能性が考えられる。堰堤の効果で河床勾配を緩勾配にすることで、側岸侵食を抑える効果も期待される。

- ▶ P21の計画降雨時の計画生産土砂量140万m³を全量止めるという理解でいいか。
→〔執印委員〕計画生産土砂量全量を止めるわけではない。下流に必要な土砂量（計画許容流出土砂量）を差し引いた分を止めるという考えである。

● 事務局

- ▶ H21～R2のLP差分を見ると、堆砂域上流側では堆積しているが、堰堤直上流では侵食している。これはH21の堆積土砂が流出したことを示しているかもしれないが、人為掘削の影響かもしれない。今後LP測量をして土砂移動状況を詳しく分析し、流下させる部分と除石すべき部分などを検討していきたい。

- ▶ P25の全体計画は短期の土砂発生イベント（計画降雨：1/100）への対策案である。R2豪雨による河道内堆積土砂が中小出水によって流出する現象への対応をしつつ、計画降雨（1/100）へも対応できる最適な対策について、アドバイスを頂きたい。

- ▶ 球磨川水系河川整備計画を作成したところであるが、土砂・流木の対策を行った上で水を処理することが重要であるため、砂防・治山と連携を行うと謳っている。そのモデルケースとして万江川の土砂洪水氾濫対策を検討し、球磨川流域また全国にも広げていきたい。

2. 「本委員会の検討事項」に関して

● 矢野委員

- ▶ 平成29年の九州北部豪雨の赤谷川対応の砂防計画検討委員会が類似事例であるため、報告書を参考にするとよい。当該委員会では、およそ5年程度は残留土砂が流出し続けるであろうと議論した。対策施設として、5～10年は不透過型砂防堰堤で土砂流出を抑え、その後、透過型に変更することで、短期の土砂発生イベントへの対策を行う方針とした。

- ▶ 可能な範囲で気候変動の影響をどう入れ込むのか考える必要がある。

→〔事務局〕直轄砂防事業の事例や赤谷川での事例を参考にしながら進める。

● 執印委員

- ▶ R2.7豪雨後から現在に至る土砂堆積状況をモニタリングしないと、具体的な対策検討は難しい。

- ▶ P29の図2-9において、川辺川でも万江川と同様の現象が見られるが、川辺川においても土砂が堆積して同じ現象が起きているという理解でよいか。

→〔事務局〕第2回委員会で川辺川の水位変化について分析結果を報告する。
方針としては、流出解析を実施し、流量によるものなのか、河床上昇によるものなのか分析を行う。

● 椋木委員長

- ② ▶ H21年～R2年の間に**除石作業は何度実施されたか**教えてください。また、河床掘削していない領域についてはLP差分がそのまま土砂移動量と捉えられるので、その分析をしてほしい。

→〔事務局〕第2回委員会で報告する。

- ③ ▶ P29の図2-9において、横軸は時間であるから、**スネークラインと土砂災害発生との関係性について分析**をしてほしい。

→〔事務局〕第2回委員会で報告する。

3. その他

● 内山委員

- ④ ▶ 山江村内では多いときには年間約1300頭、近年でも700頭のシカが狩猟されている。鹿などの**有害鳥獣が下草を食べるため砂利流出する**と言われている。**そういった影響に関する情報を出してほしい。**

→〔事務局〕できる限り情報を共有する。

● 事務局

- ▶ 第2回委員会の開催はR5年1月を目途に開催予定である。

<出典：第1回万江川土砂・洪水氾濫対策検討委員会 議事要旨>一部加筆

表 1-1 第1回委員会での主な指摘と対応

発言者	番号	委員からの指摘、意見	対応
内山委員	①	R2.7 豪雨の被災状況に関して、山江村内だけでなく、 人吉市内も含めた万江川流域全体の状況 を教えてください	・人吉市市内における、R2.7 豪雨の降雨状況、被災状況を 1.1(P4) に整理しました。
椋木委員長	②	H21 年～R2 年の間に 除石作業は何度実施されたか 教えてください。また、河床掘削していない領域については LP 差分がそのまま土砂移動量と捉えられるので、その分析をしてほしい。	・R2.7 豪雨前に万江川の流域内では、H21 年～R2 年の間に砂防基準点上流の吐合ダム（万江川砂防堰堤 2）で 1 か所除石作業を実施しています。また、砂防基準点下流では 4 か所で河道掘削を実施しています。除石量と除石場所の変遷を 1.2 (P6) に整理しました。
	③	P29 の図 2-9 において、横軸は時間であるから、 スネークラインと土砂災害発生の関係性について 分析をしてほしい。	・雨量観測所ごとのスネークラインを 1.3 (P7) に示しました。今後、解析雨量を用いた面的な危険度と、LP 差分による崩壊発生分布との関係について検討します。
内山委員	④	山江村内では多いときには年間約 1300 頭、近年でも 700 頭のシカが狩猟されている。鹿などの 有害鳥獣が下草を食べるため砂利流出する と言われている。 そういった影響に関する情報を出して ほしい。	・熊本県林業研究研修センター及び熊本県自然保護課に確認しましたが、下草の食害による土砂流出に関する山江村個別の調査結果は確認できないため、全国でみられる有害鳥獣による食害事例と食害対策について 1.4 (P9) に整理しました。

1.1 令和2年7月豪雨による被害状況（人吉市）

1.1.1 降雨状況

令和2年7月豪雨時の人吉（気象庁）・山江（気象庁）の観測雨量（極値）を表1-2に示す。人吉（気象庁）では、6・12・24時間の降水量が2020年の年間1位を記録した。一方、山江（気象庁）は日降水量、3・6・12・24時間の降水量が年間1位となり、降水量はいずれの時間帯も山江（気象庁）が人吉（気象庁）に比べ大きい。これより、万江川流域では上流域の降雨量が下流域に比べ多いことが確認された。

また、人吉（気象庁）では令和2年7月豪雨の24時間雨量が観測史上最大であることが確認された（図1-2）。

表 1-2 アメダス降水量の極値表 熊本県（7月3日～4日）

地点名	降水量				
	積算 (mm)	1時間 (mm)	6時間 (mm)	24時間 (mm)	72時間 (mm)
山江 (山江村)	468.5	76.5 (7月4日 04時55分)	313.5 (7月4日 06時40分)	453.0 (7月4日 09時30分)	468.5 (7月4日 24時00分)
人吉 (人吉市)	420.0	69.5 (7月4日 02時02分)	184.0 (7月4日 05時30分)	410.5 (7月4日 09時50分)	420.0 (7月4日 24時00分)

<出典：「災害時気象資料 - 令和2年7月3日から4日にかけての熊本県の大雨について」P11
／令和2年7月5日／熊本県地方気象台>一部抜粋

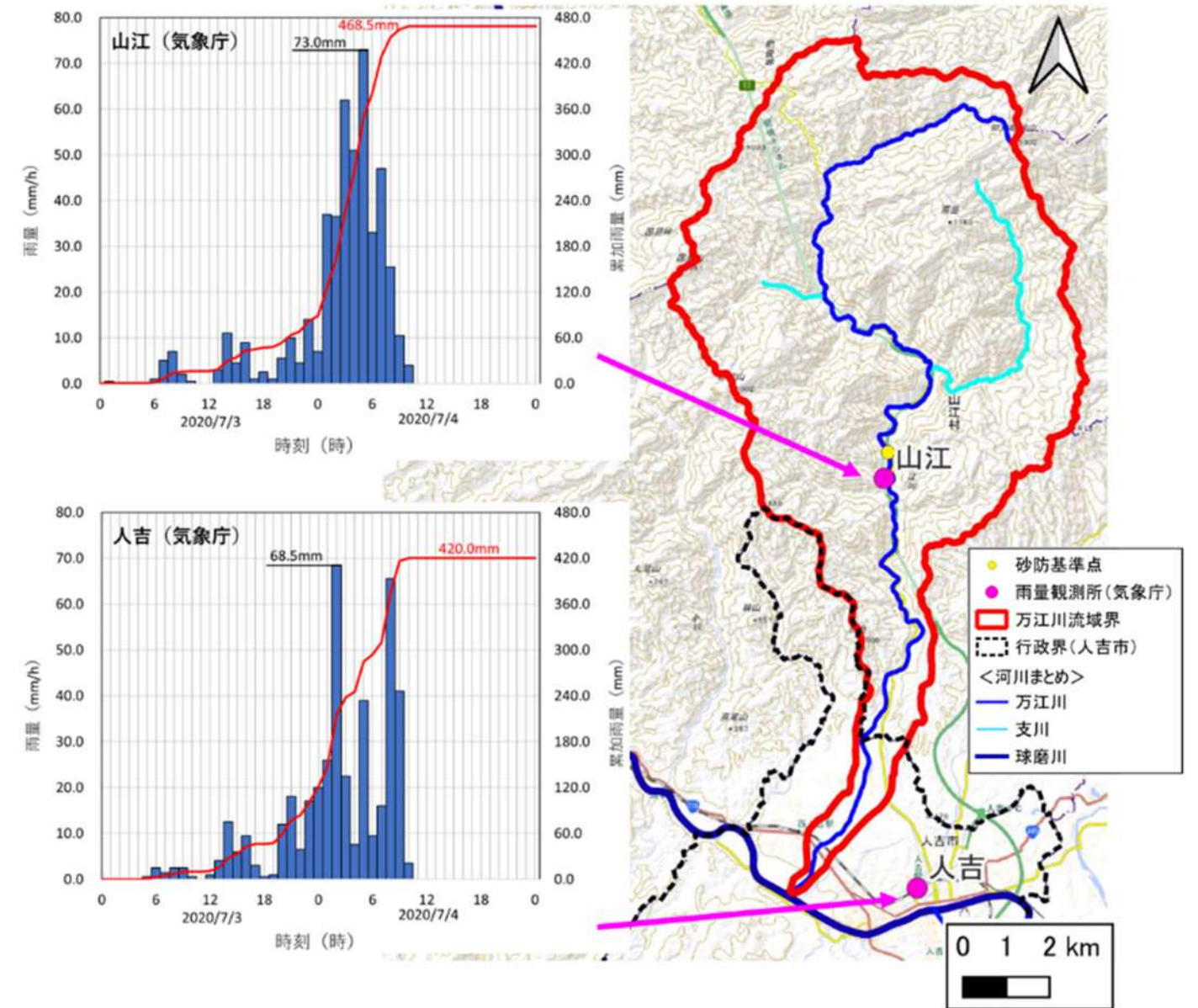


図 1-1 山江（気象庁）と人吉（気象庁）の観測雨量

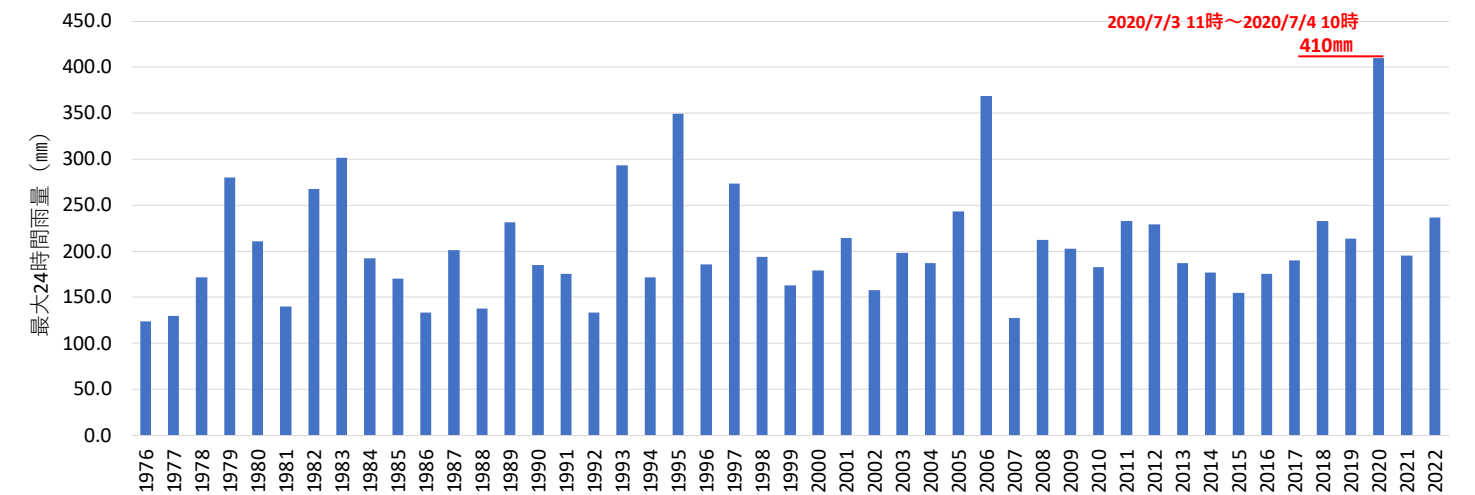


図 1-2 人吉（気象庁） 年最大雨量経年変化（24時間）

1.1.2 被災状況

令和2年7月豪雨直後に実施された災害査定調査資料から、万江川下流の人吉市内における護岸等の被災状況を確認した。計6か所で護岸の復旧、掘削を要する。

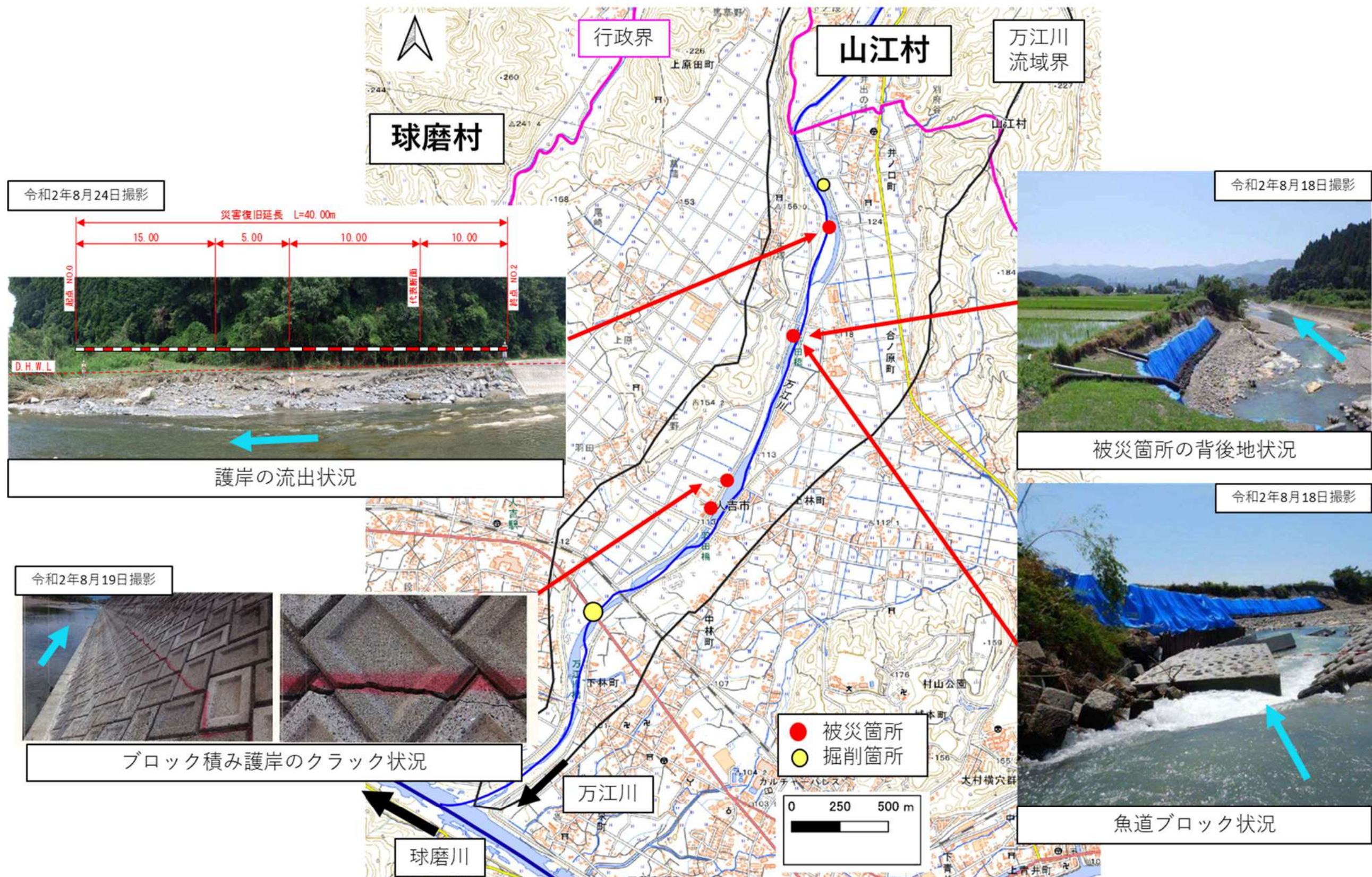


図 1-3 R2.7 豪雨による人吉市内の万江川護岸等被災状況

1.2 除石量と除石場所の変遷

H21～R4年の万江川河道内の掘削状況について、同期間の除石実績資料を収集し整理した結果を表1-3に、掘削位置図を図1-4に示す。砂防基準点上流の掘削土砂量は約15万m³に対して基準点下流では約28万m³である。

特に球磨川合流点の⑨では、延べ12万m³の土砂が掘削されている。⑨の掘削土砂が多い理由は以下の可能性が考えられる。

- ・大規模出水時に球磨川からの背水影響により、上流からの流出土砂が堆積するため。
- ・河床勾配が⑧付近で1/120、⑨付近で1/150と下流にかけて緩くなっているため。

なお、表1-3中の赤枠内の除石量は「R2-H21」のLP差分に含まれている。

表 1-3 H21～R3年の万江川流域内の河道掘削状況（R4年5月までに完了）

単位：m³

掘削年度	掘削位置									計
	沢水 ①	吐合ダム（万江川砂防堰堤2）上流 ②	小鶴 ③	向鶴、 柚木川内 ④	山手 ⑤	淡島、濁毛、 釜野 ⑥	平山、柳野、 神園、城内 ⑦	井出の口 ⑧	下林町（羽田橋下流） ⑨	
H21	-	2,000	-	-	-	-	-	-	1,760	3,760
H22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
H23	-	-	-	-	-	-	-	-	8,010	8,010
H24	-	-	-	-	-	-	5,833	-	-	5,833
H25	-	-	-	-	-	10,369	-	-	-	10,369
H26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
H27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
H28	-	-	-	-	-	-	4,093	-	-	4,093
H29	-	-	-	-	-	-	2,249	-	-	2,249
H30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
H31 (R元)	-	-	-	-	2,988	-	-	-	19,360	22,348
R2	10,731	75,707	-	22,953	-	61,134	26,100	12,568	76,293	285,486
R3	-	61,850	1,127	-	-	-	12,331	-	18,555	93,863
計	10,731	139,557	1,127	22,953	2,988	71,503	50,606	12,568	123,978	436,011

砂防基準点 上流
累計：151,415

砂防基準点 下流
累計：284,596

計 H21～H31 累計：56,662
平均※：6,296
※累計除石量 / 箇所数

R2.7～R4.5 累計：379,349
平均※：34,486

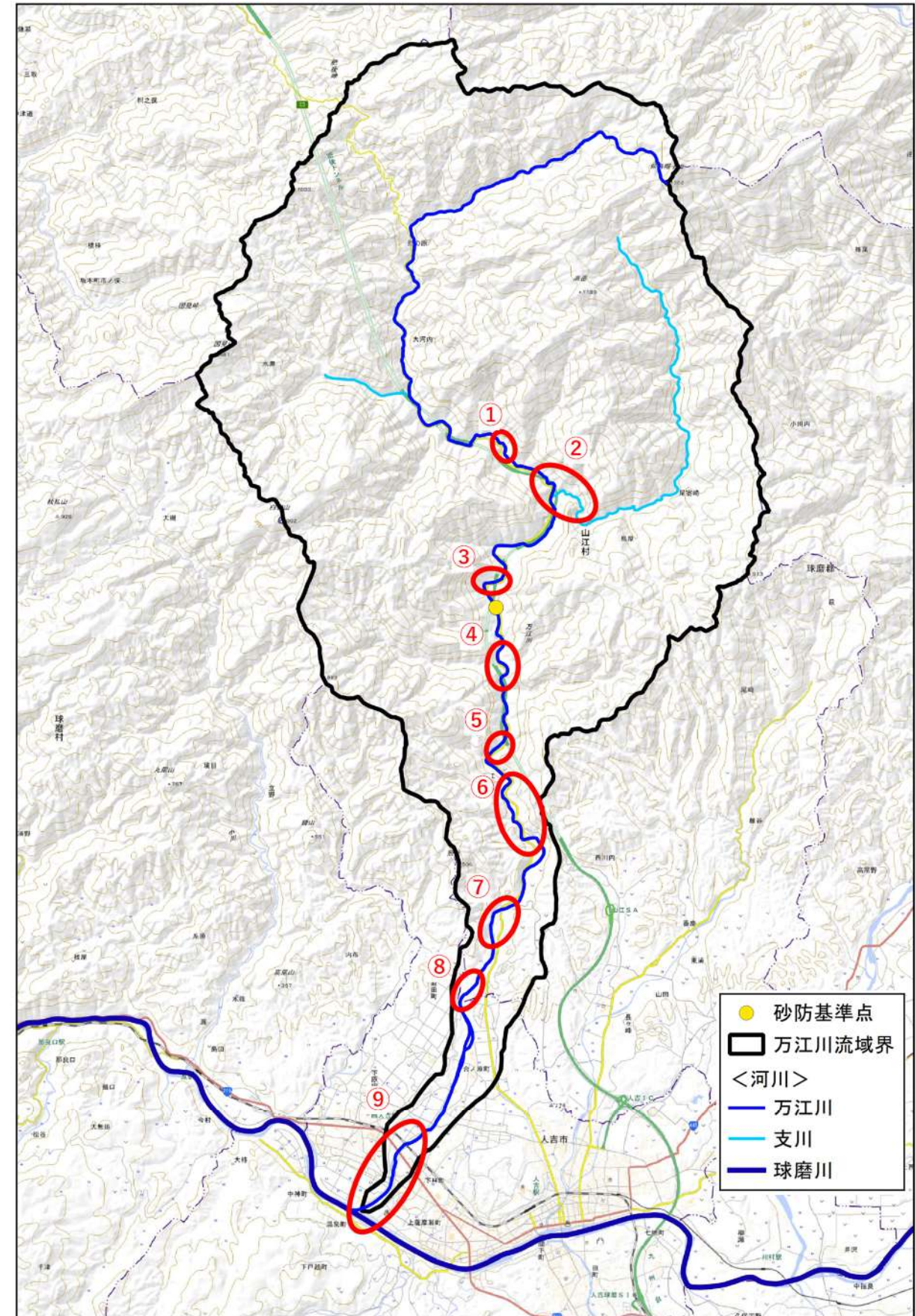


図 1-4 河道掘削位置図

1.3 R4 年台風 14 号時のスネークラインと土砂災害発生との関係について

万江川流域周辺の雨量観測所・水位観測所におけるスネークラインを整理したものを図 1-7 に示す。

これより、大川内雨量観測所のみ CL ライン（土砂災害発生危険基準線）を超えたことが確認された。超えた期間は 2022/9/18 22:30～2022/9/19 00:30 の 2h であり、同時間帯には万江川の観測水位が氾濫危険水位を超えている（図 1-6）。また、同時間帯に万江川流域内で発生した災害は報告されていないが、宇那川沿いの 2 箇所で山腹崩壊が発生している（図 1-5）。

今後、解析雨量を用いた面的な危険度と、LP 差分による崩壊発生分布との関係について検討していく。

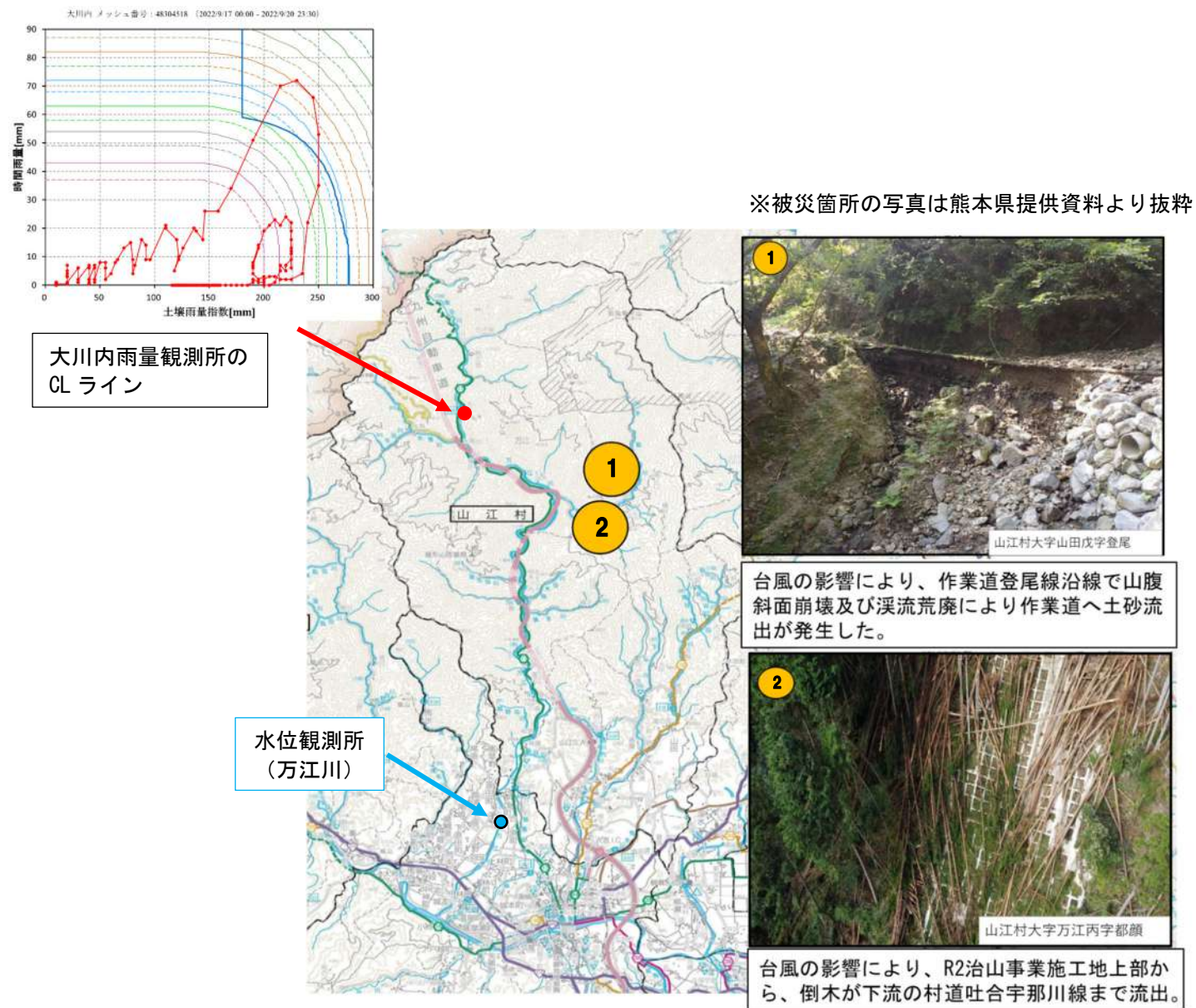


図 1-5 令和 4 年 9 月台風 14 号時の万江川流域の被災状況

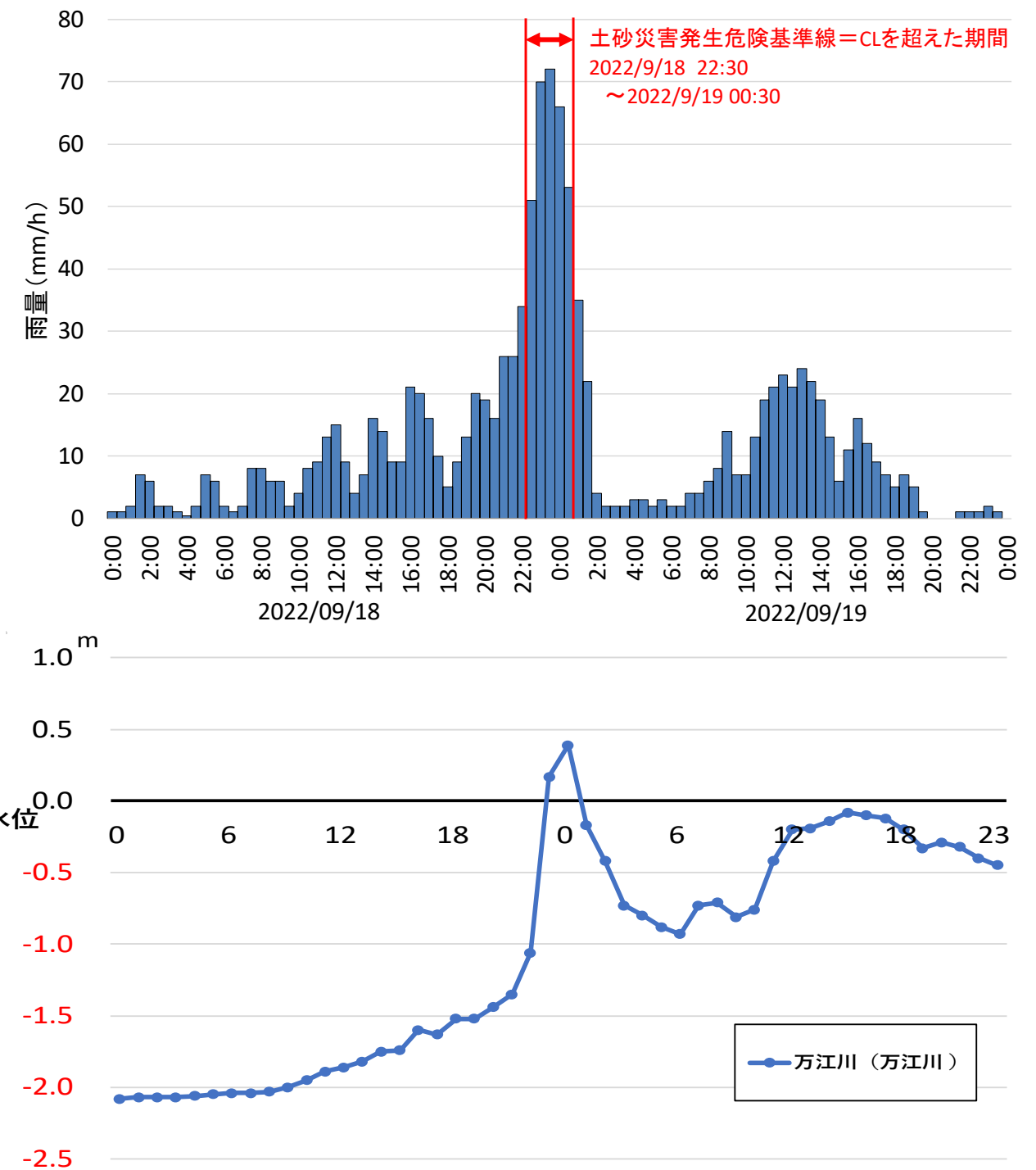


図 1-6 大川内観測雨量（30 分毎に 1 時間雨量を集計）と観測水位（万江川）の時系列変化

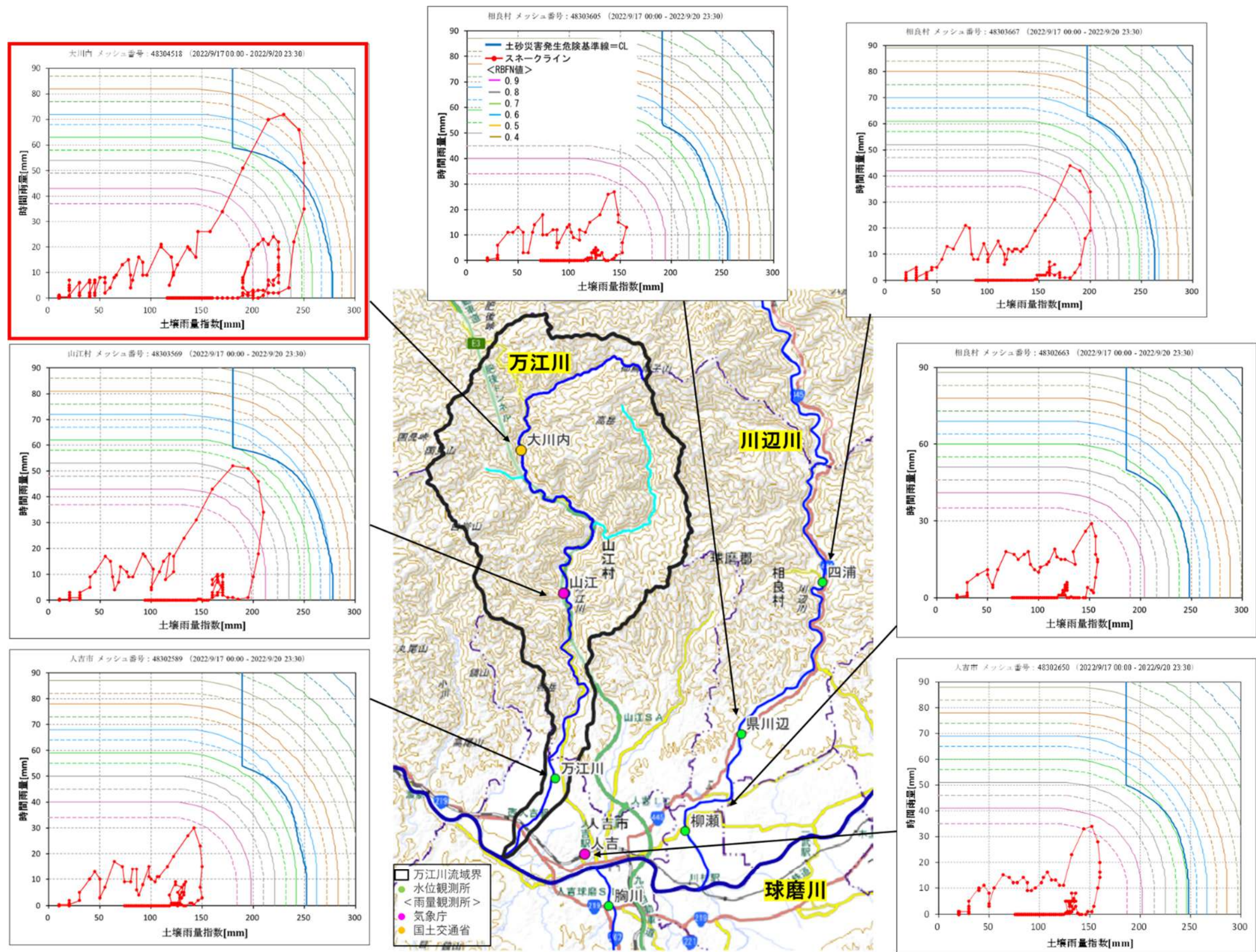


図 1-7 万江川流域周辺の令和 4 年台風 14 号時のスネークライン

1.4 有害鳥獣による食害事例

1.4.1 実態

近年、日本各地の森林域において野生鳥獣による被害が深刻化している。特にニホンジカなどシカによる枝葉、下草の食害や剥皮被害が懸念されている。熊本県球磨地域においてもシカの増加は著しく（表 1-4）、それに伴う被害が多発している。

ここでは、シカの採食による下層植生の減少とそれに伴う土砂流出量の関係について調査・研究されている文献等を収集し整理した。

表 1-4 ニホンジカ・推定生息頭数

地域区分	今回(R元年度)	前回(平成26年度)
熊本市	230	
宇城地域	8,710	
上益城地域	3,450	
小計	12,390	20,249
玉名地域	150	
鹿本地域	200	
菊池地域	230	
小計	580	2,114
阿蘇地域	22,240	
小計	22,240	5,965
八代地域	15,920	
球磨地域	26,180	
小計	42,100	27,006
芦北地域	11,660	
小計	11,660	2,236
天草地域	250	
小計	250	0
合計	89,220	57,570

<出典：「令和2年7月17日 熊本県環境生活部環境局自然保護課」資料>（一部加筆）

1.4.2 文献等による食害事例

表 1-5 に、シカの採食による下層植生の減少とそれに伴う土砂流出量の関係について調査・研究された文献の一覧表を示す（文献 2 は、シカの採食ではなく、踏圧に関する文献である）。

表 1-5 文献一覧表

文献 No.	文献名 ／研究機関等	研究で記されている結論
1	丹沢堂平におけるシカによる林床植生衰退地における土壌浸食の実態解明と対策工の開発 (砂防学会誌 Vol. 62, No. 4, 2009) ／東京農工大学 石川ら	シカの採食による下層植生の減少により、土砂流出量が増加する傾向にある。
2	シカの踏圧が山地斜面の水・土砂流出に及ぼす影響 (2017年砂防学会研究発表会概要集) ／信州大学 福山ら	シカの踏圧により、浸透能が低下 → 土砂流出量が増加
3	シカの食害等による土砂流出への影響について (天竜川上流河川事務所砂防調査課 資料 2018) ／天竜川上流河川事務所砂防調査課	シカの食害により植生が減退することで、植生被覆度が低下し、土砂流出が増大する。
4	The risk reduction effect of sediment production rate by understory coverage rate in granite area mountain forest (シュプリンガー・ネイチャー社のオンライン学術誌) ／滋賀県琵琶湖環境科学研究センター 水野ら	シカの採食等により下層被覆率が小さくなると、土砂流出量は多くなる。 なお、下草が減少する理由として、日本はスギなどの人工林が多いため、間伐をしないと日光が地面に届かず下草が生えない。また、シカが増えると下草が食べられてしまうことが原因と考えられる。

1.4.3 食害対策の紹介

上記のような食害事例に対して熊本県では熊本県農林水産業鳥獣被害対策プロジェクト会議等が開催されており、下記のような対策が実施されている。

- ・狩猟による個体数制限
- ・剥皮防止資材等の樹木保護資材の設置
- ・シカ防護ネット等の防護柵の設置

また、林野庁の「森林における鳥獣被害対策のためのガイドー森林管理技術者のためのシカ対策の手引きー」ではその他に下記のような対策が紹介されている。

- ・粗朶（そだ）集中法
- ・忌避剤
- ・ツリーシェルター

2. 万江川の土砂移動状況

2.1 令和2年7月豪雨時の発生土砂量

令和2年7月豪雨後から10月（LP計測）までの期間で河道掘削が実施されたのは、図2-1に示す区間であり、万江川本川で約6万m³、宇那川で約2万m³の総除石量は約8万m³である。H21～R2の標高差分計算の結果、生産土砂量は147万m³であり、河道内堆積土砂は41万m³である。

これより、令和2年7月豪雨に伴う堆積土砂は49万m³であり、**流出土砂量は約98万m³**である（図2-2）。

【流出土砂量の算出】

$$\begin{aligned} \text{流出土砂量} &= \text{生産土砂量} - \text{令和2年7月豪雨直後の堆積土砂量}^* \\ &= \text{生産土砂量} - (\text{LP差分による堆積土砂量} + \text{除石量}) \\ &= 147 \text{ 万 m}^3 - (41 \text{ 万 m}^3 + 8 \text{ 万 m}^3) \\ &= 98 \text{ 万 m}^3 \end{aligned}$$

※R2LPは除石後に計測されているため、純粋なR2-H21の差分は、令和2年7月豪雨直後の堆積土砂量ではない

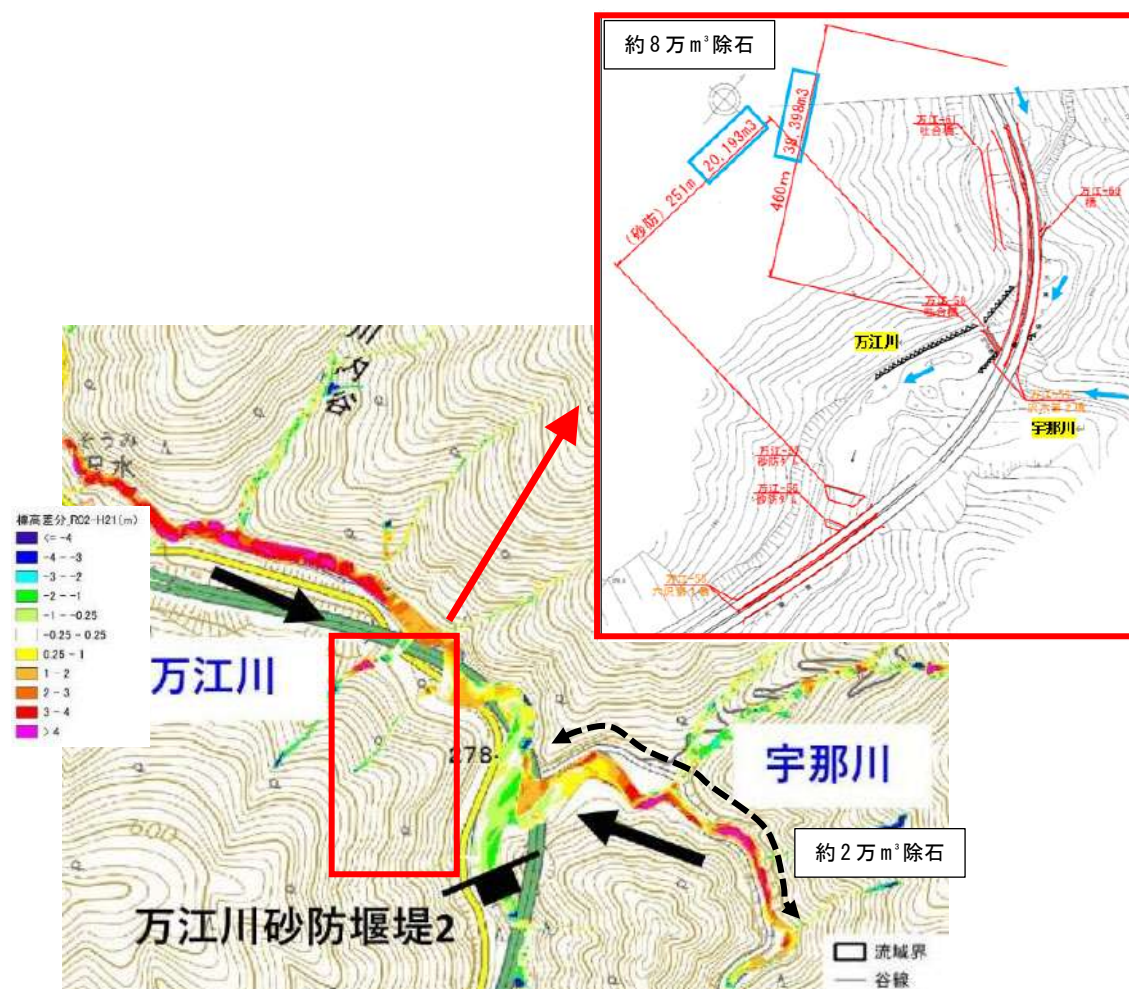


図 2-1 除石区間（令和2年7月豪雨後から10月（LP計測）までの期間で実施）

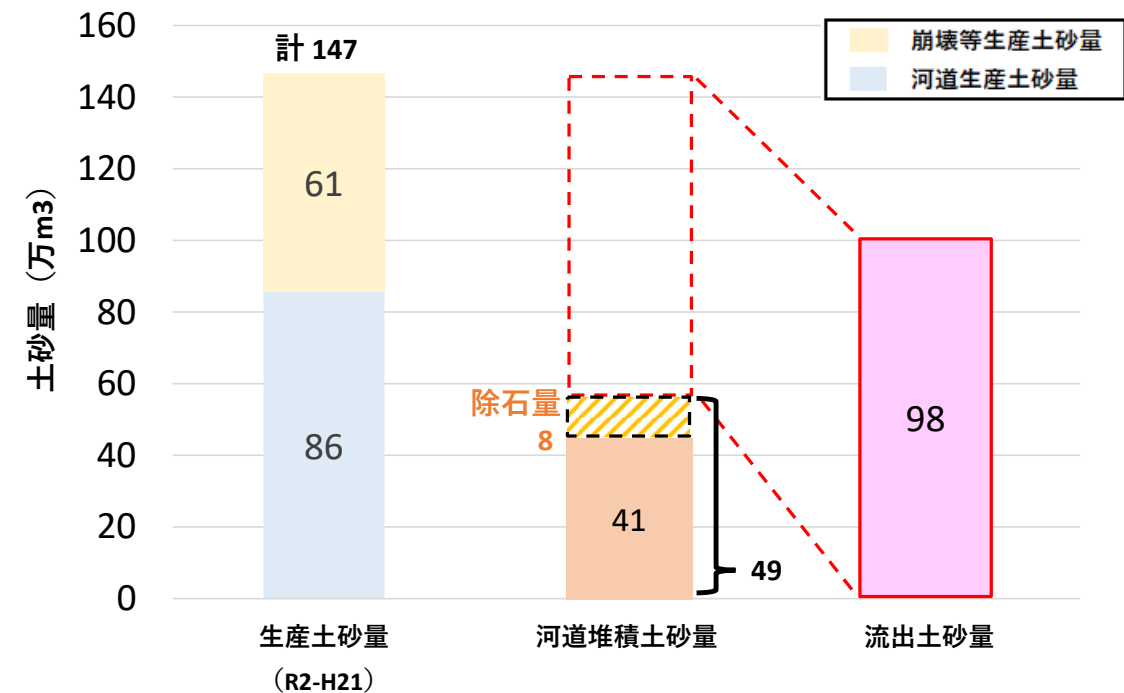


図 2-2 R2.7 豪雨時の生産・流出土砂量

また、災害前（H21）と災害後（R2）航空レーザ計測データの標高差分結果から、崩壊等生産土砂量と河道生産土砂量分布図を図2-4～図2-5に示す。

これより、R2.7豪雨においては、万江川の中流域、宇那川の上流域の溪流から土砂が多く流出していることが確認された。

$$\text{【生産土砂量】} = \text{【崩壊等生産土砂量】} + \text{【河道生産土砂量】}$$

- ・崩壊等生産土砂量：崩壊地、0次谷から発生し、河道内に流出する土砂のこと。
- ・河道生産土砂量：河岸侵食、河床侵食により発生する土砂のこと。

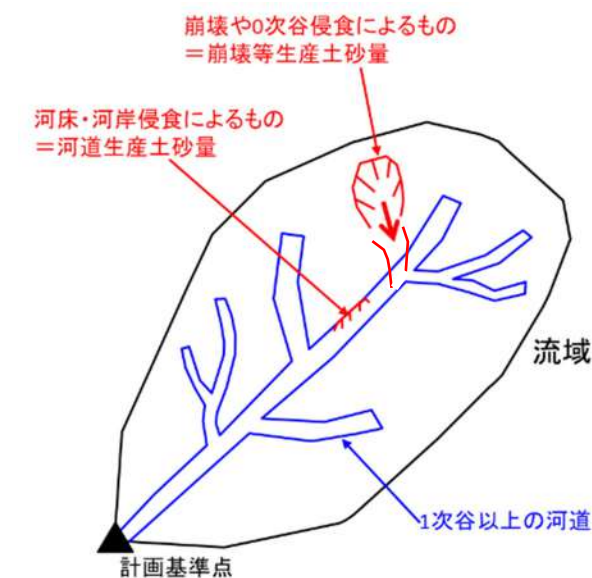


図 2-3 本節における生産・堆積土砂量の集計の概念

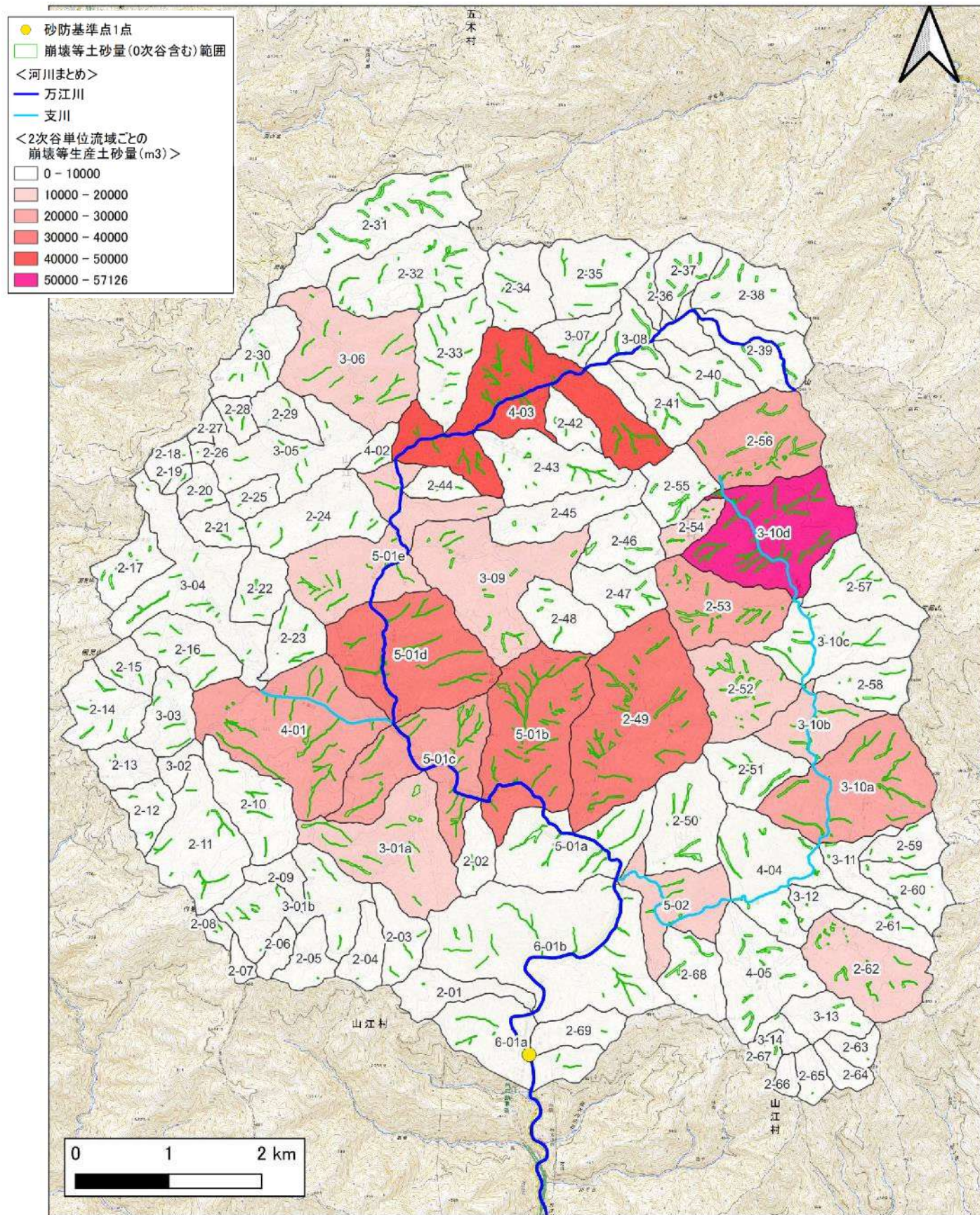


図 2-4 R2.7 豪雨時の崩壊等生産土砂量分布図 (R2LP-H21LP)

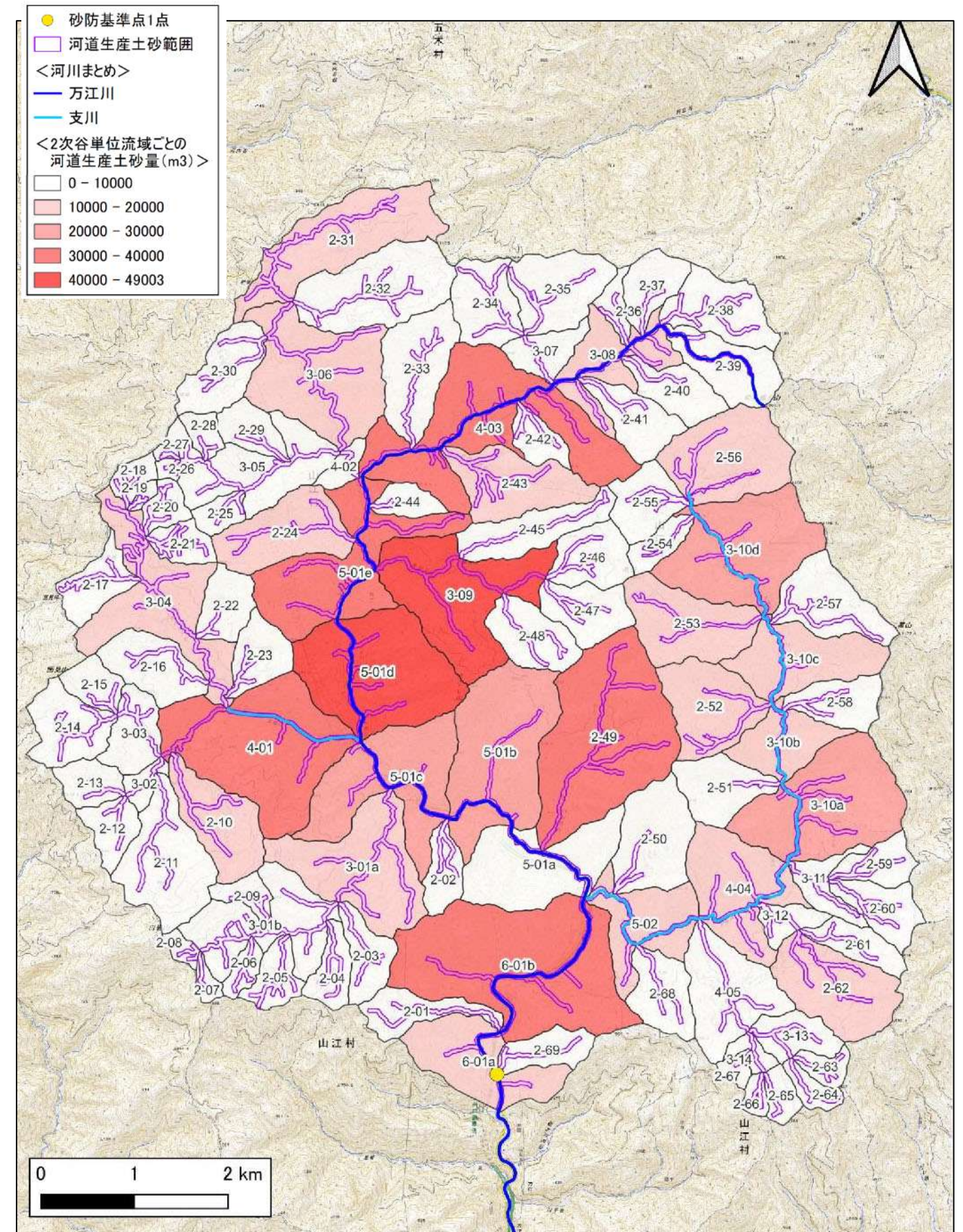


図 2-5 R2.7 豪雨時の河道生産土砂量分布図 (R2LP-H21LP)

2.2 堆積土砂の経年変化（吐合橋付近）

R2（除石後）、R4年のLP計測結果から作成した、万江川砂防堰堤2上流の河床縦断面図を図2-6に示す。

前述した1.2に示すように、万江川砂防堰堤2上流では平成21年から令和2年7月豪雨前の期間で1度しか除石が実施されていないこと、図2-7、図2-8の吐合橋下流の堆積状況の様子から、R2年7月豪雨前までは河床は大きく変動していない可能性が考えられる。

一方、万江川砂防堰堤2～吐合橋区間では、**R2（除石後）からR4年にかけて最大で約2mの河床上昇**が確認された。

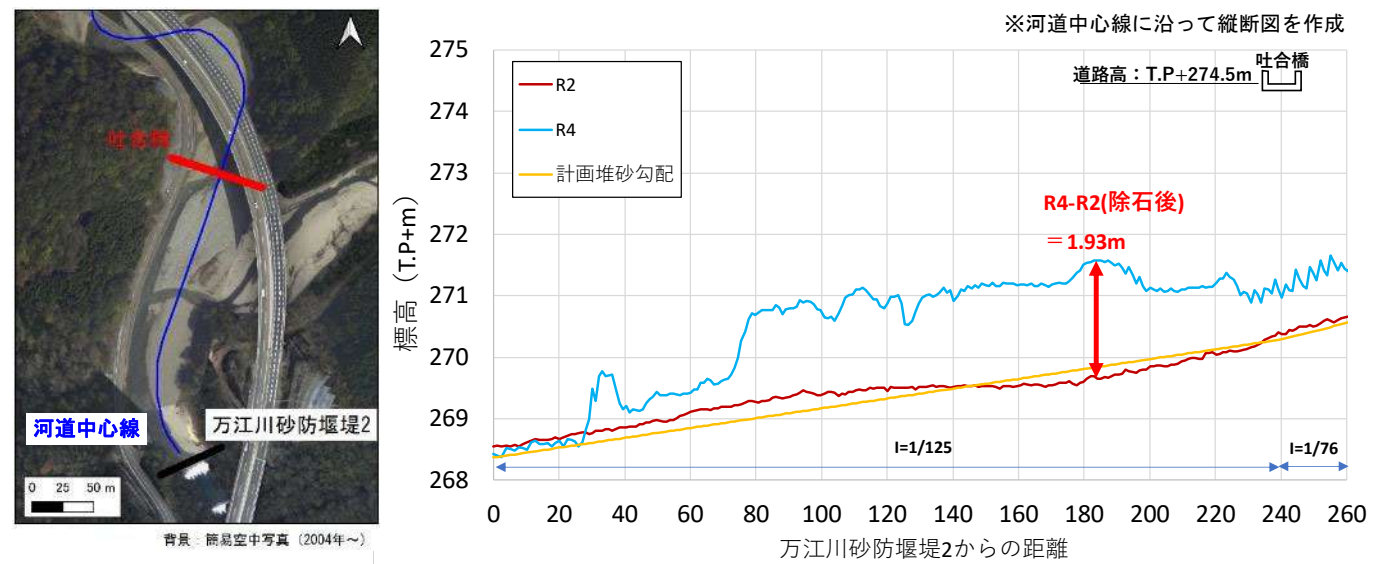


図 2-6 河床縦断面図

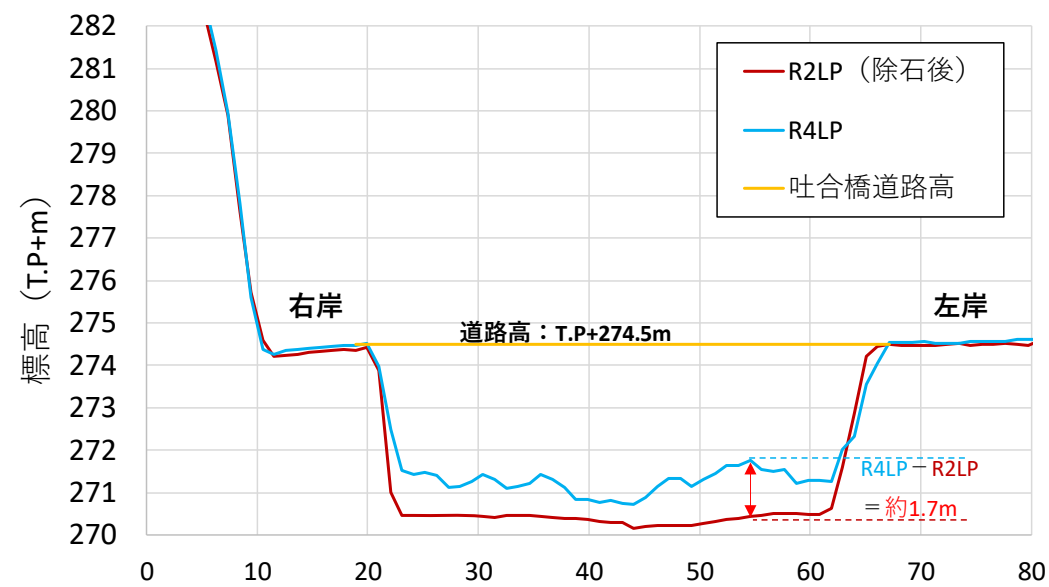


図 2-7 吐合橋の横断面図



図 2-8 吐合橋下流の様子

2.3 河道内堆積土砂の変遷

2.3.1 大規模土砂生産後の土砂堆積状況 (R2LP-H21LP 又は計画堆砂面)

前述した 1.2 より、令和 2 年 7 月豪雨以前は基準点上流の除石量が少ないことから、河床は比較的安定していたと考えられる。

そこで、H21LP データを基準河床と考え、R2LP データとの差分により万江川・宇那川河道内の土砂堆積状況を把握した。ただし、既設の砂防堰堤（万江川砂防堰堤 1・2）の堆砂区間については、砂防堰堤の水通し天端高と計画堆砂勾配を元に、GIS によって計画堆砂面の DEM を作成し、基準河床とした（図 2-10）。計画堆砂面を基準河床とするのは、砂防堰堤の土砂調整機能を確保するために、計画堆砂勾面より上の土砂を除石すべきであると考えられるためである。

R2LP-H21LP 又は計画堆砂面の標高差分図を図 2-11 に示す。土砂堆積状況について以下に記す。

- 万江川、宇那川が概ね侵食傾向にあるのは、令和 2 年 7 月豪雨時の大規模出水によるものであると考えられる。
- 万江川砂防堰堤 2 直上流が侵食傾向にあるのは、除石したためである（2.1 参照）。また、万江川砂防堰堤 2 の堆砂区間が宇那川にまで伸びているため、顕著な土砂堆積が見られる。なお、宇那川の除石は R2LP 計測後に実施されている。
- 万江川砂防堰堤 2 上流の局所的に堆積しているのは、流域番号 2-49（図 2-4、図 2-5）からの流入土砂によるものと考えられる。

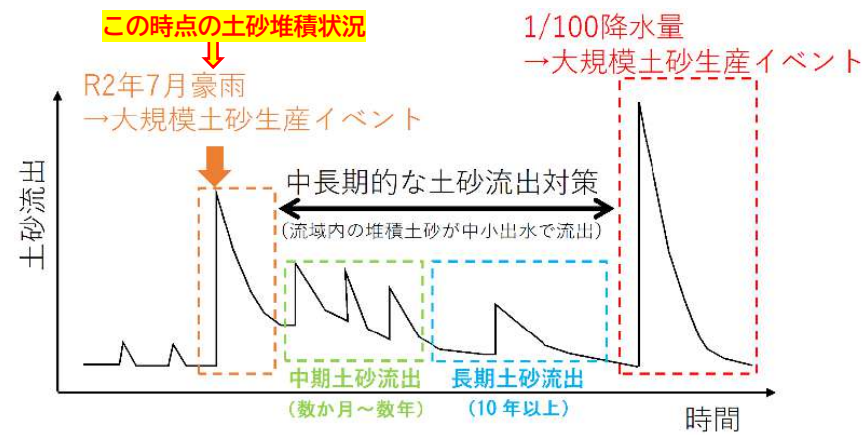


図 2-9 土砂流出イメージ

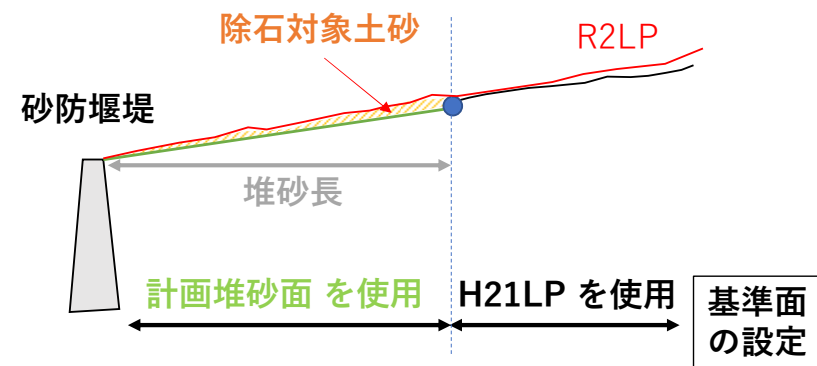


図 2-10 基準面との標高差分イメージ

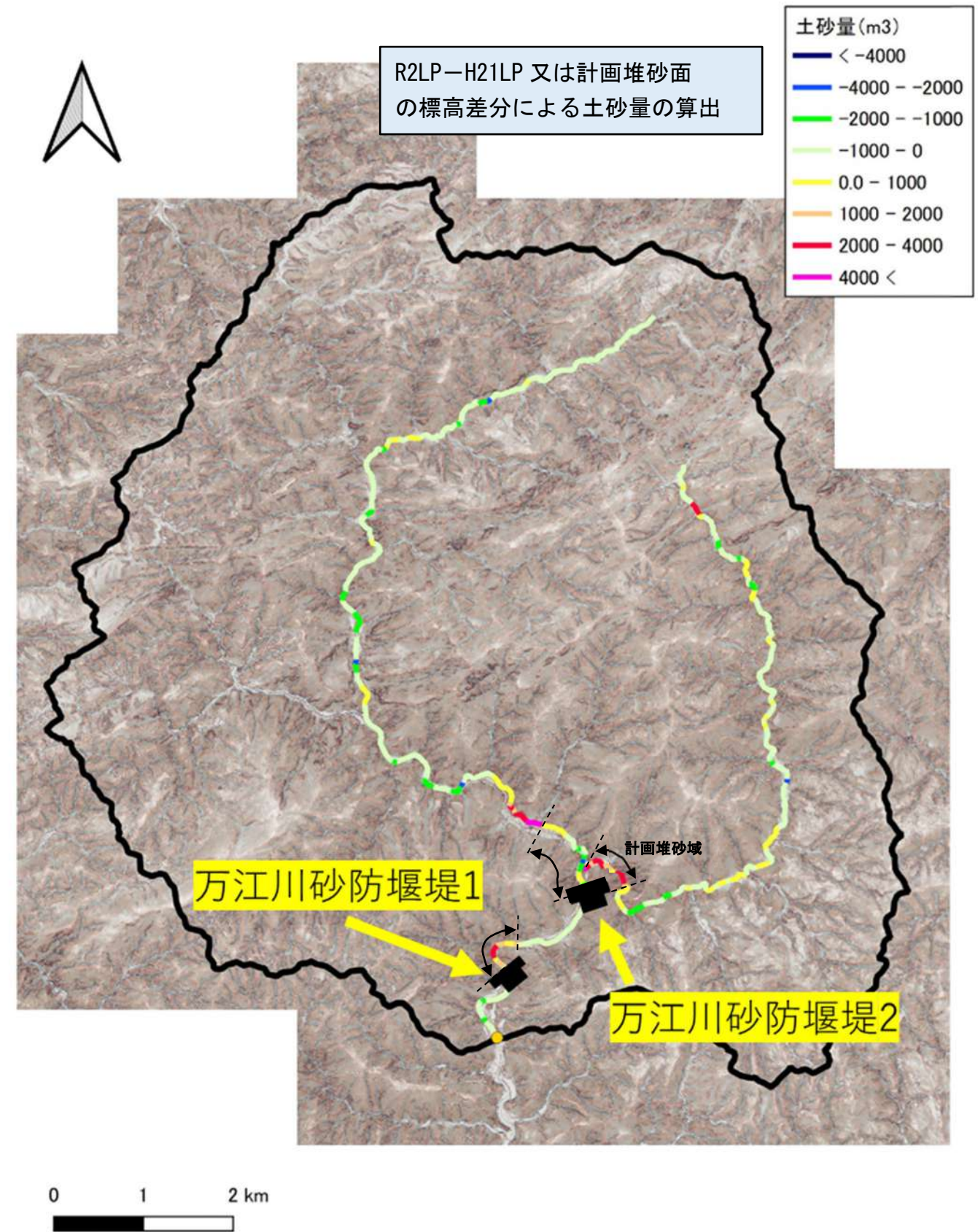


図 2-11 万江川・宇那川の基準河床面状の土砂堆積状況 (50m ピッチで集計)

2.3.2 中長期土砂生産後の土砂堆積状況 (R4LP-H21LP 又は計画堆砂面)

2.3.1 と同様に H21LP データと計画堆砂面を基準河床と考え、R4LP データとの差分により万江川・宇那川河道内の土砂堆積状況を把握した。R4LP-H21LP 又は計画堆砂面の標高差分図を図 2-13 に示す。土砂堆積状況について以下に記す。

- ・万江川・宇那川が概ね侵食傾向にあるのは、令和 4 年台風 14 号時の中小出水（雨量確率規模は 1/20~1/30）によるものであると考えられる。
→中小出水規模の降雨であっても侵食傾向が強くなることがわかった。
- ・宇那川上流で一部堆積傾向にあるのは既設堰堤の影響であると考えられる。

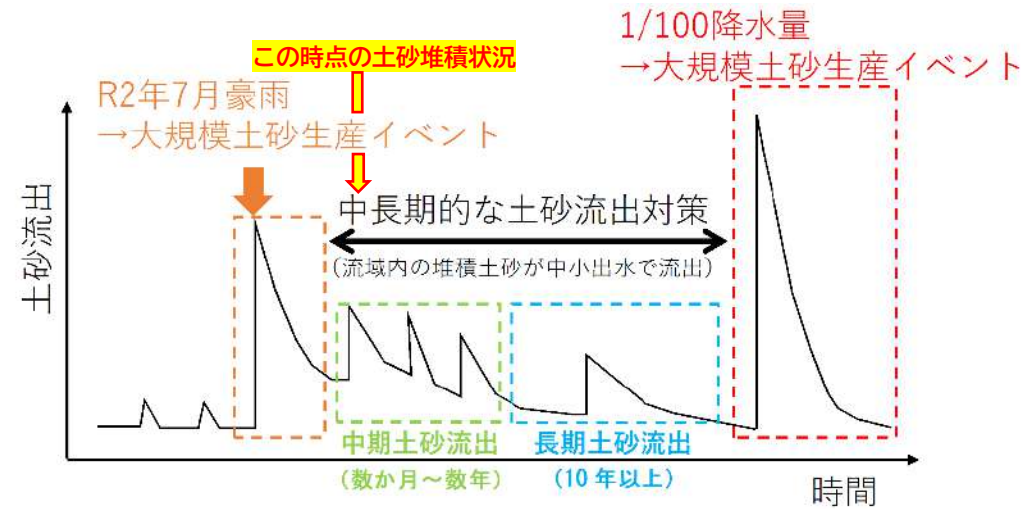
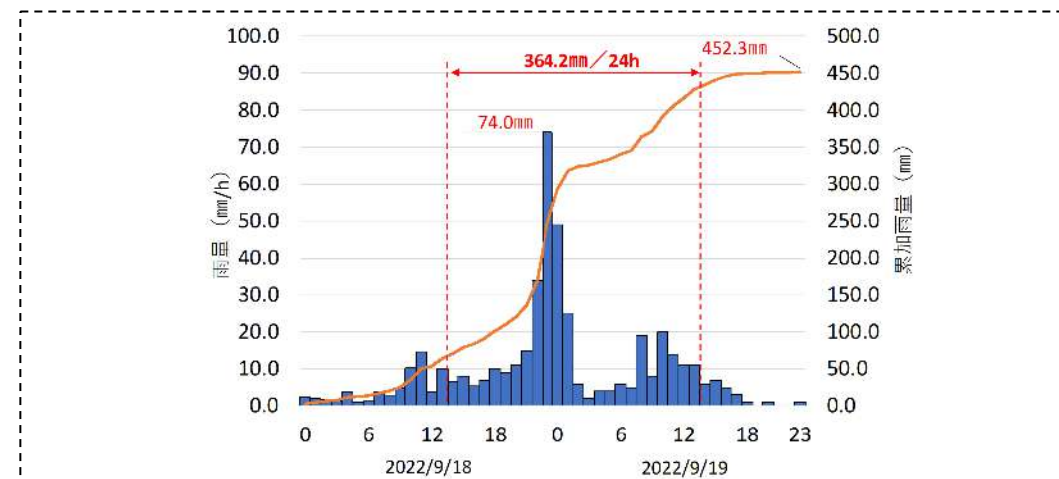


図 2-12 土砂流出イメージ



※9/18の17時以降は山江が欠測しているため、推察の観測値を流域平均雨量とした。

図 2-7 万江川の流域平均雨量

表 2-2 令和 4 年台風 19 号時の流域平均雨量

	1 時間雨量	24 時間雨量
令和 4 年 9 月 台風 19 号時 (年超過確率)	74.0mm (1/20~1/30)	364.2mm (1/10~1/20)
参考: 令和 2 年 7 月 豪雨時 (年超過確率)	70.2mm (1/10~1/20)	455.8mm (1/50~1/80)
参考: 1/100 確率雨量	92.9mm	488.6mm

<出典: 第 1 回万江川土砂・洪水氾濫対策検討委員会 討議資料/P28>

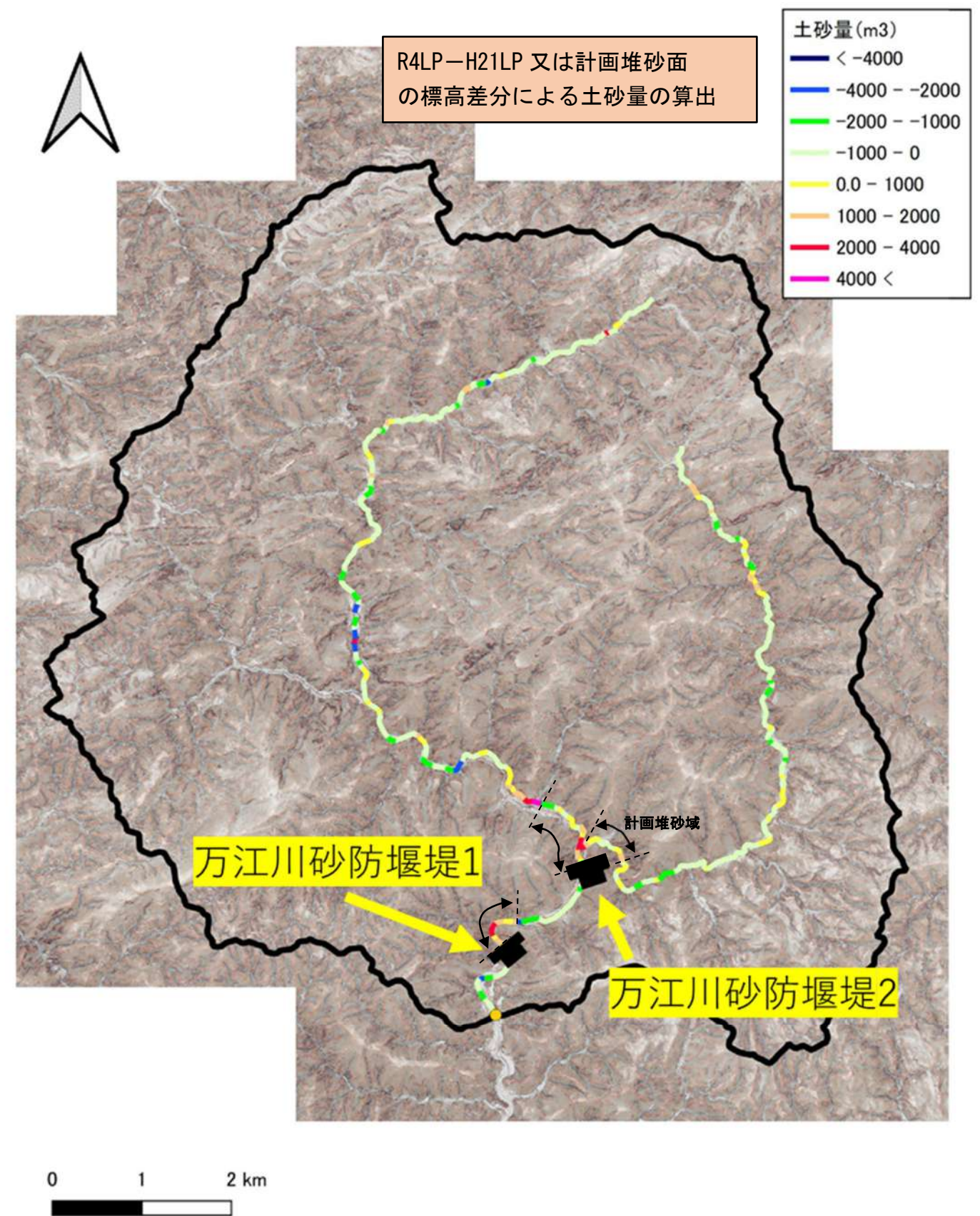


図 2-13 万江川・宇那川の基準河床面状の土砂堆積状況 (50m ピッチで集計)

2.4 砂防堰堤の土砂堆積状況の変遷

2.3 で万江川・宇那川の河道内の土砂堆積状況を確認した。その結果、河道内にある万江川砂防堰堤 1、2 の上流に顕著な土砂堆積が確認された。それぞれの土砂堆積状況について考察する。

2.4.1 万江川砂防堰堤 1 の上流（計画堆砂区間内）

R2LP、R4LP から計画堆砂高を引いた結果（標高差分図）と、計画堆砂面上に残る堆積土砂量を 50m 区間ごとに集計した結果（区間毎堆積土砂量の縦断図）を図 2-14 に示す。万江川砂防堰堤 1 の計画堆砂区間内における総堆積土砂量は、R2.7 豪雨直後に 1.6 万 m³、R4.11LP 計測時に 1.5 万 m³ である。

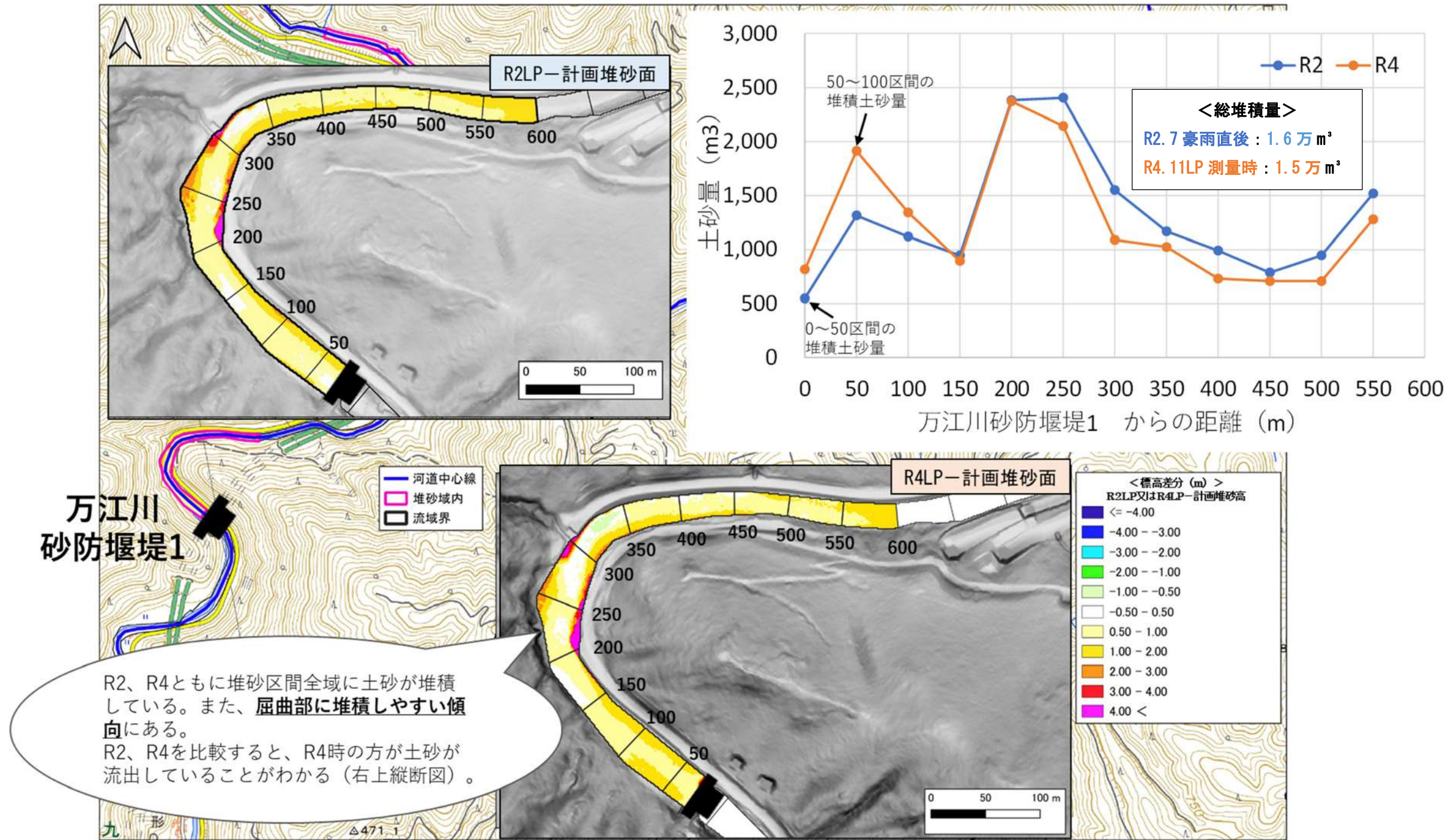


図 2-14 万江川砂防堰堤 1 の土砂堆積状況

2.4.2 万江川砂防堰堤2上流（計画堆砂区間内）

R2LP、R4LPから計画堆砂高を引いた結果（標高差分図）と、計画堆砂面上に残る堆積土砂量を50m区間ごとに集計した結果（区間毎堆積土砂量の縦断図）を図2-15に示す。
 万江川砂防堰堤2の計画堆砂区間内における総堆積土砂量は、R2.7豪雨直後に11.2万m³、R4.11LP測量時に1.8万m³である。

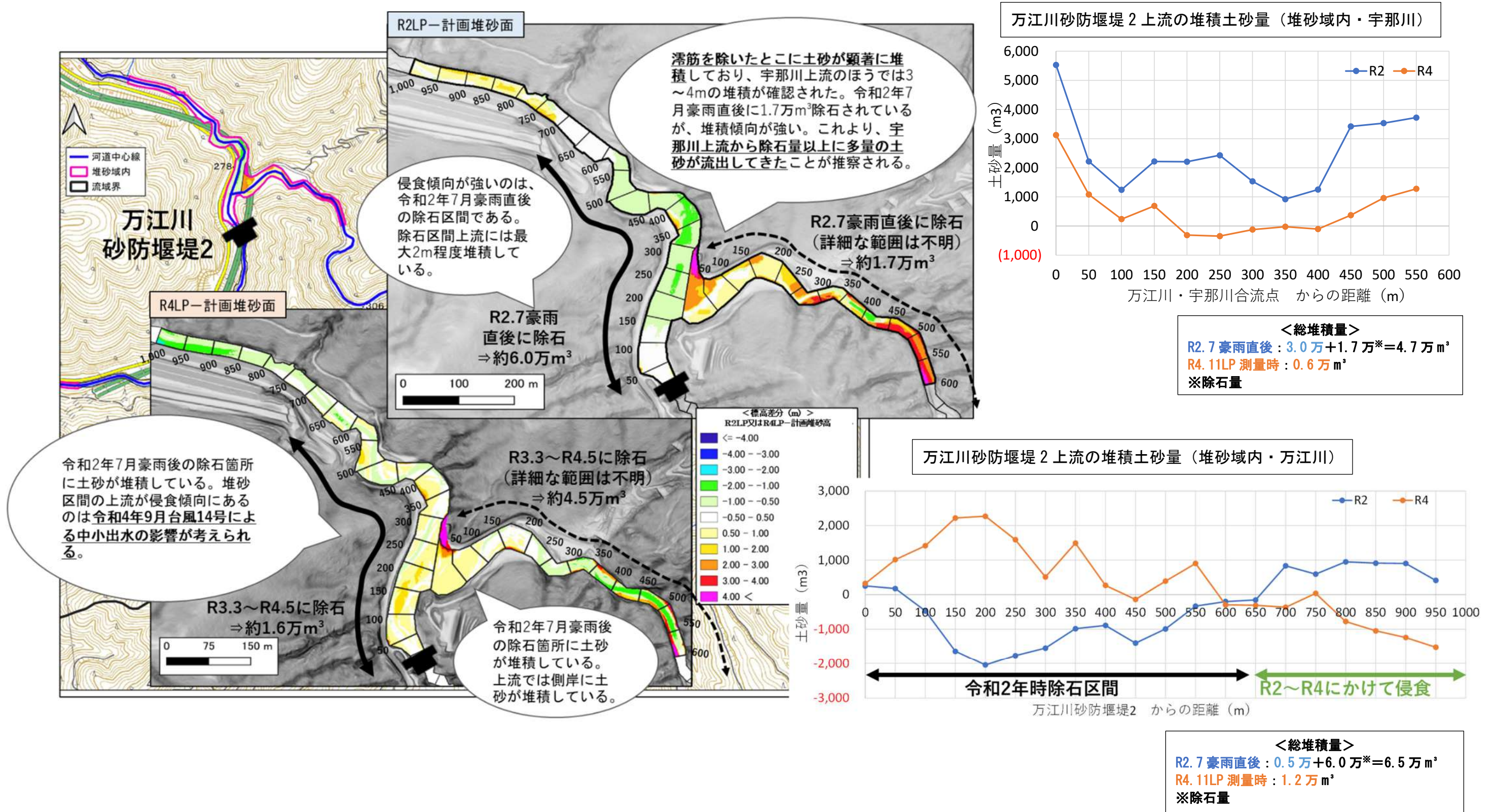


図 2-15 万江川砂防堰堤2の土砂堆積状況

2.5 土砂移動実態整理の現在までの実施状況

万江川流域では、H21・R2・R4 年度に航空レーザ測量（LP）が実施されており、LP による DEM データを用いて、土砂移動実態を整理している。具体的な調査項目と現在までの実施状況を表 2-1 に示す。

また、2.3～2.4 に示すように、最新の河道内堆積土砂分布状況は確認できたが、河道内に残存していた不安定土砂が流出したのか、溪流または新たな崩壊地から生じたのか、現時点では明確な土砂生産元を特定できない。

効率的な施設配置を検討するために、今後、山腹を含めた万江川流域全体の LP 差分を行う予定である。

表 2-1 調査項目と進捗状況

区分	調査項目	進捗状況	
		R2LP	R4LP
LP	崩壊地分布	済	未
	生産土砂量	済	河道内のみ
	堆積土砂量	済	河道内のみ
	流出土砂量	済	河道内のみ
区分	調査項目	進捗状況	
		R3.6	R5
現地調査	生産土砂の粒径	済※	未
	堆積土砂の粒径	済※	未
区分	調査項目	進捗状況	
その他	除石量	H21～R4.5 の期間は収集整理 済 今後も継続実施	

※基準点上流のみ

➤ 意見聴取：調査項目

現状の土砂移動実態を把握するにあたり、表 5-1 に示す調査項目の他、追加すべき項目があればご意見を伺いたい。

3. 万江川における中小土砂流出を考慮した砂防計画

3.1 昨年度立案した計画の課題

昨年度の砂防計画では今後の大規模降雨対応として、透過型堰堤（図 3-1）を計画したため、中小降雨に対する土砂流出抑制効果は期待できない。

一方、R2年豪雨によって、万江川河道内には多量の土砂が堆積しており（図 3-2）、中小降雨によって崩壊地が拡大し、土砂の発生源が年々増加していることが推察される。これに対して熊本県では万江川河道内での除石・河道掘削を実施している。

今後も同様に、継続的に下流河川へ土砂が流出すると、土砂堆積による河積阻害等の悪影響の可能性はある。なお、具体的な土砂動態調査として、令和4年11月に航空レーザ計測を実施している。



鋼製透過型堰堤：
2022/5/26 佐賀県・今坂川第一砂防堰堤



コンクリートスリット堰堤：
2021/2/26 宮崎県・蒲牟田砂防堰堤

図 3-1 透過型砂防堰堤のイメージ（他地域での事例）



図 3-2 万江川河道内の土砂堆積状況（2021年7月6日）

中小降雨に対する土砂流出対策については、「河床変動計算を用いた土砂・洪水氾濫対策に関する砂防施設配置検討の手引き（案）／H30.11／国総研」（以降、「国総研資料第1048号」とする）を参考に、以下の検討フローに従って実施する。詳細は5.1に記載する。

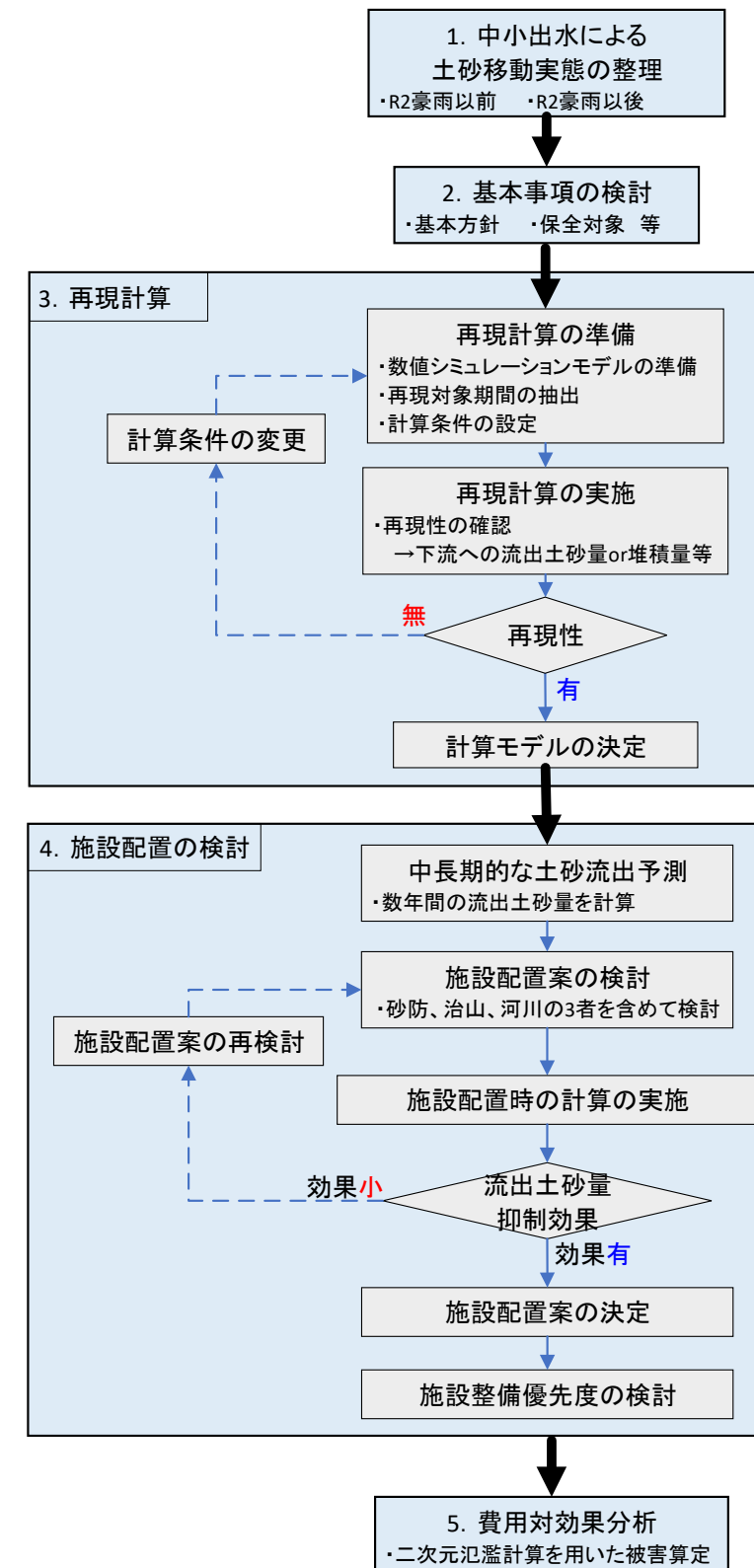


図 3-3 中長期的土砂流出対策の検討フロー

3.2 類似事例の紹介

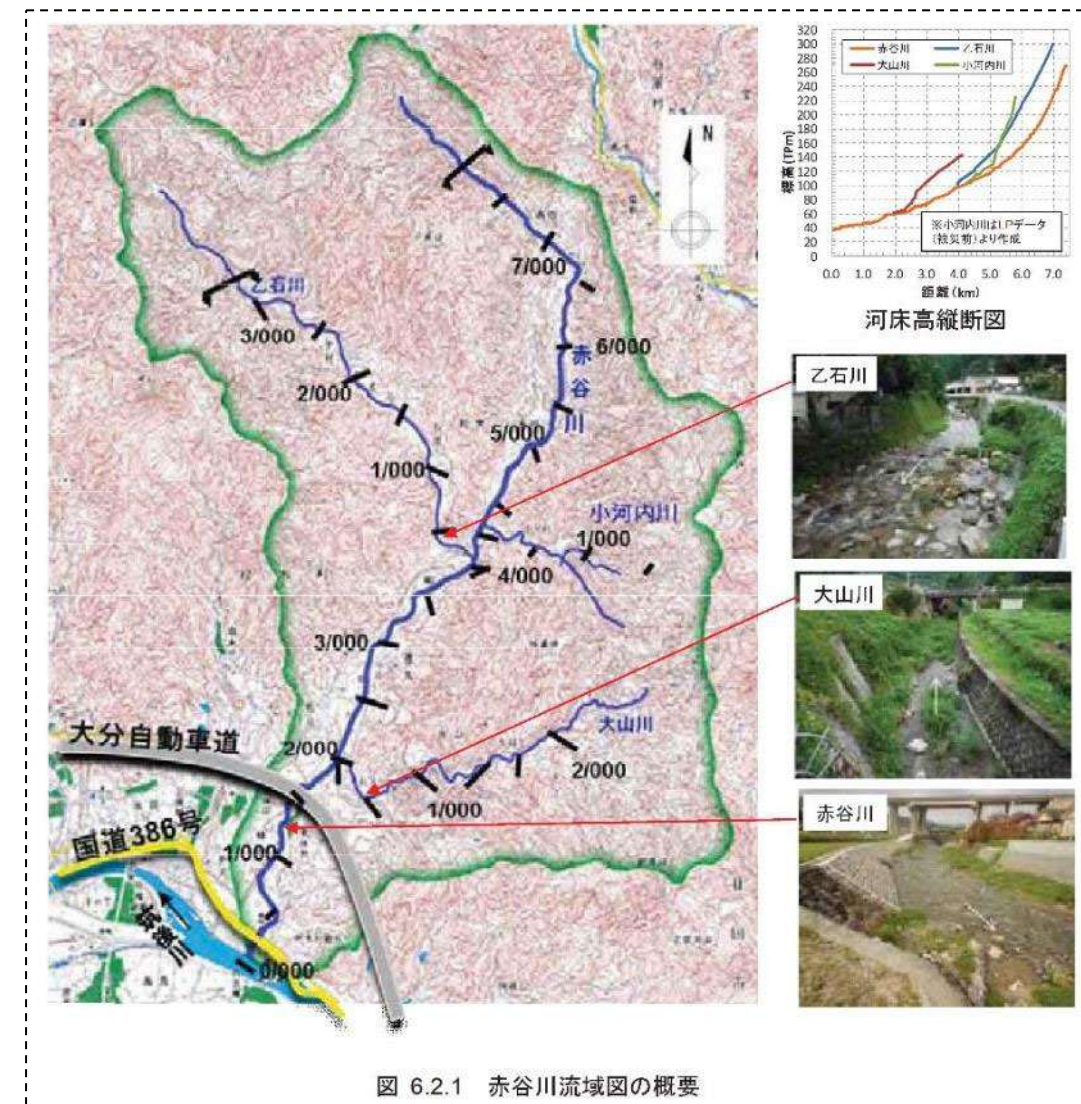
平成 29 年 7 月九州北部豪雨を受け、被災した筑後川右岸流域の復旧・復興のため「筑後川右岸流域 河川・砂防復旧技術検討委員会」（以降、「赤谷川検討委員会」とする）が設置された。その中で、赤谷川をモデル河川として、技術的な課題の整理・検討が行われ、河川事業・砂防事業・地域の対策が連携した復旧に必要な基本的な考え方が取りまとめられている。

そこで「赤谷川検討委員会」の報告書のレビューを行い、本委員会の目的である、「中長期の土砂流出への対策」を検討する参考とした。

3.2.1 赤谷川の概要

赤谷川は、筑後川河口から 60k700 地点の右支川であり、河川延長 9.4 km の福岡県管理河川である。流域面積は 19.9 km² であり、流域のほとんどは山地地形である。河川の周辺は土砂堆積により平坦面が形成された谷底平野となっており、河床勾配は 1/100～1/13 と下流端から大山川合流点までは緩勾配である。

また、赤谷川流域内には砂防堰堤 8 施設（不透過型）が整備されている。



<出典：筑後川右岸流域 河川・砂防復旧技術検討委員会 報告書／平成 29 年 11 月 22 日／P52>一部抜粋

3.2.2 九州北部豪雨における洪水・土砂・流木災害の特徴

3.3 九州北部豪雨における洪水・土砂・流木災害の主な特徴（筑後川右岸流域全体）

- 赤谷川などの山地部における中小河川では、同時多発的な斜面崩壊や土石流が発生し、土砂災害による直接的な被害のほか、洪水が大量の土砂や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への流木の集積による河道閉塞が発生した。これと相まって、河道の流下能力を超過した洪水が土砂や流木とともに周辺に氾濫したことにより、家屋の倒壊や人的被害が拡大した。
- 上記の被害が発生した筑後川右岸流域では、土砂災害警戒区域で対象としていない山地部の河川において、土砂・流木を伴う洪水により家屋被害や人的被害が発生した。また、浸水想定区域を指定することとされていない山地部の河川において、土砂・流木を伴う洪水により家屋被害や人的被害が発生した。

<出典：筑後川右岸流域 河川・砂防復旧技術検討委員会 報告書／平成 29 年 11 月 22 日／P45>一部抜粋

3.2.3 大規模出水後の問題点

(1) 平成 29 年 7 月九州北部豪雨における問題点（赤谷川）

平成 29 年 7 月九州北部豪雨により、赤谷川下流域では土砂による河道閉塞や橋梁への流木の集積による河道閉塞が発生し、多くの家屋が被災した。また、土砂災害警戒区域ではない溪流から流木を伴う土石流が発生し、家屋被害や人的被害が発生した。

これを踏まえ、赤谷川流域には次の問題が考えられる。

【問題】

- ①出水後の河床材料調査により、河道埋塞土砂の主体は粒径 0.5～2.0 mm の細粒土砂である。
→中小規模の洪水等により細粒土砂が流下し、緩勾配の箇所へ堆積すると、護岸天端と河床の比高差が小さくなり、土砂・洪水氾濫発生リスクが上がる
- ②赤谷川から筑後川へは約 2.6 万 m³ の流木が流出した。
→筑後川には橋梁が多いため、流木の集積による河道閉塞リスクが上がる
- ③赤谷川流域内には 222 万 m³ の堆積土砂が残存している。
→同規模程度の降雨により流下すると、土砂・洪水氾濫発生リスクが上がる

(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。

<出典：筑後川右岸流域 河川・砂防復旧技術検討委員会 報告書／平成 29 年 11 月 22 日／P75>

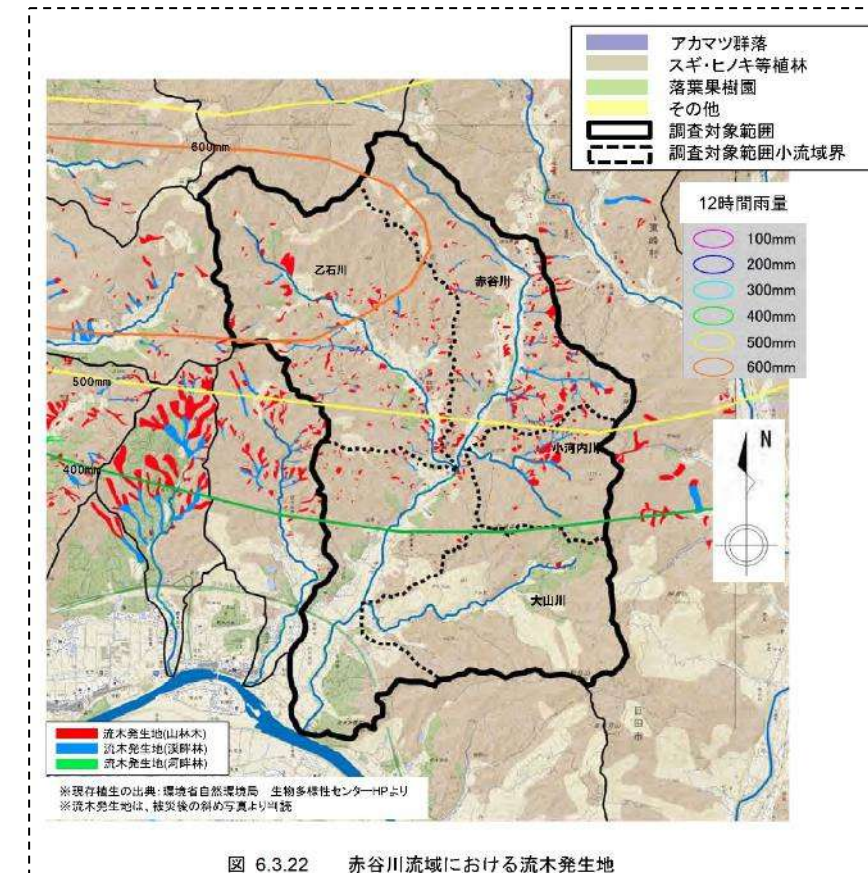


図 6.3.22 赤谷川流域における流木発生地

<出典：筑後川右岸流域 河川・砂防復旧技術検討委員会 報告書／平成 29 年 11 月 22 日／P47>一部抜粋

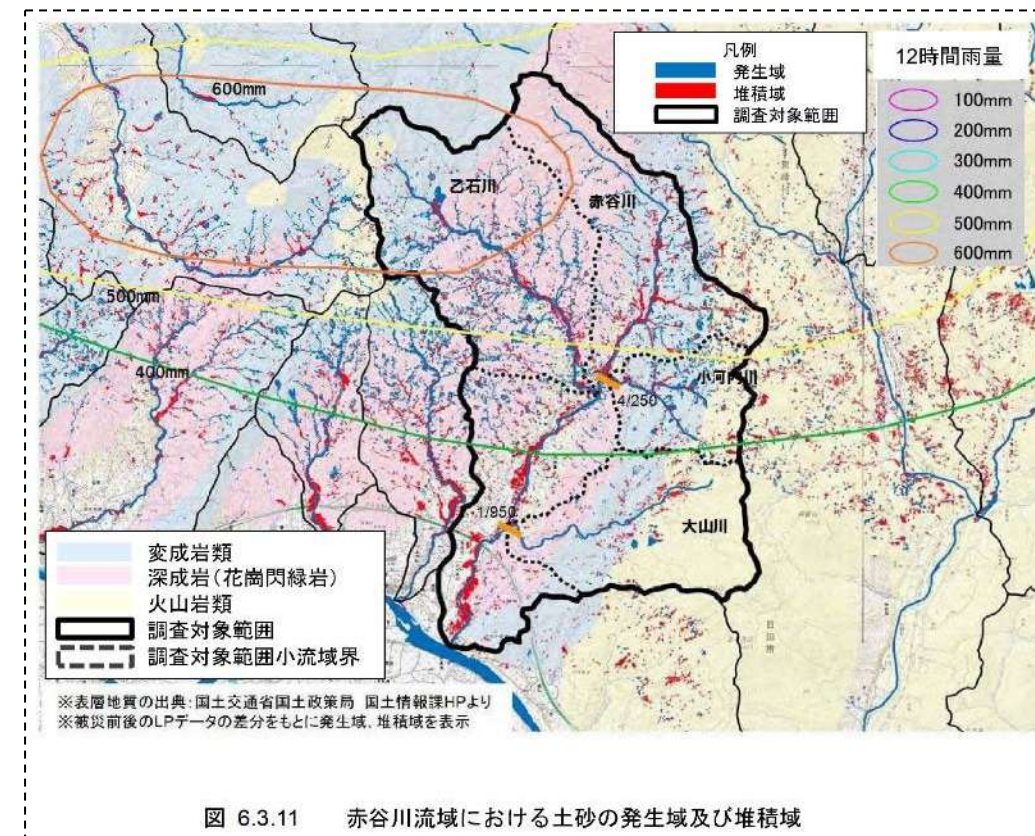


図 6.3.11 赤谷川流域における土砂の発生域及び堆積域

<出典：筑後川右岸流域 河川・砂防復旧技術検討委員会 報告書／平成 29 年 11 月 22 日／P73>一部抜粋

(2) 赤谷川と比較した万江川の現状

(1) の赤谷川の問題点と比較した万江川の現状を下記に記す。

【現状】

- ①令和2年7月豪雨の再現計算（一次元河床変動計算）結果より、砂防基準点を通過した土砂のうち、約5割が粒径2mm以下の細粒土砂である（図3-5）。
- ②万江川上流域から約2.1万m³の流木が発生した。
- ③万江川流域内には約41万m³の堆積土砂が残存している。

このように、赤谷川と万江川は抱える問題点が共通している。そのため、本委員会では「赤谷川検討委員会」で検討された内容を参考事例として踏襲する。

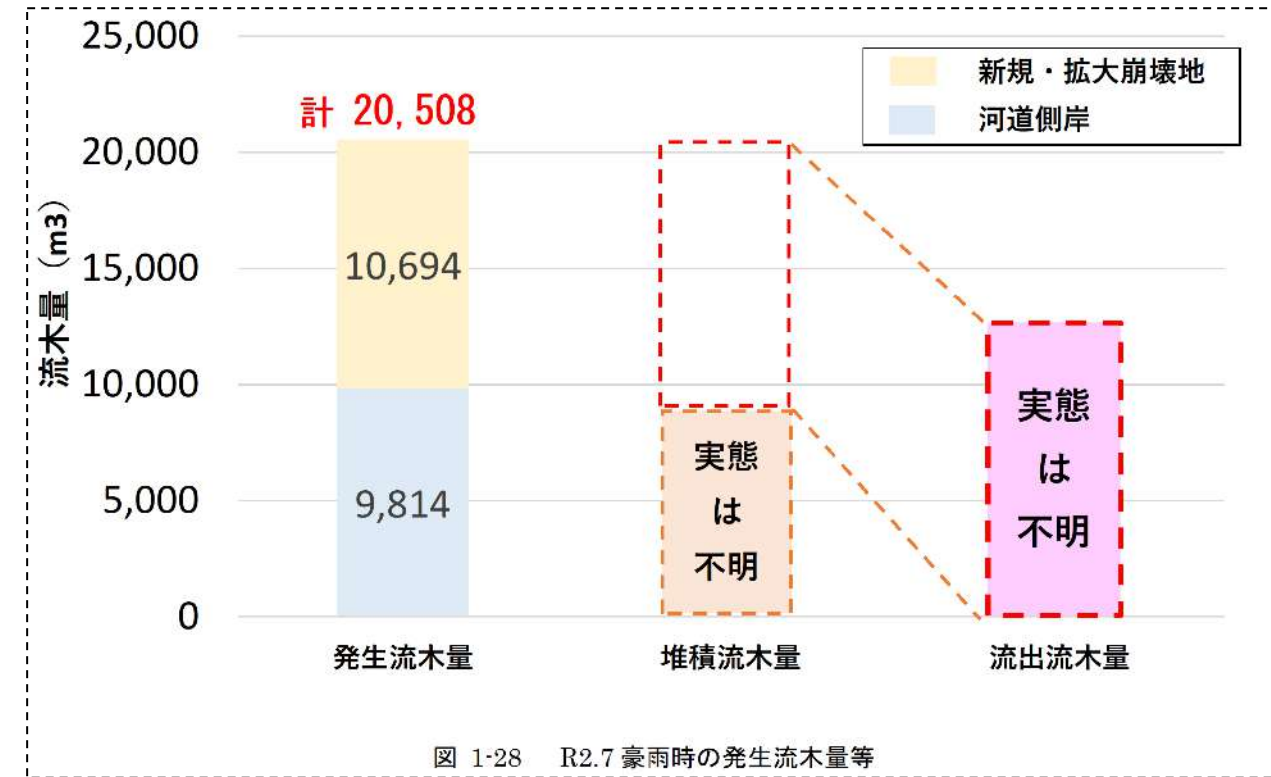


図 1-28 R2.7 豪雨時の発生流木量等

<出典：第1回 万江川土砂洪水氾濫対策検討委員会～討議資料～／令和4年10月17日／P19>

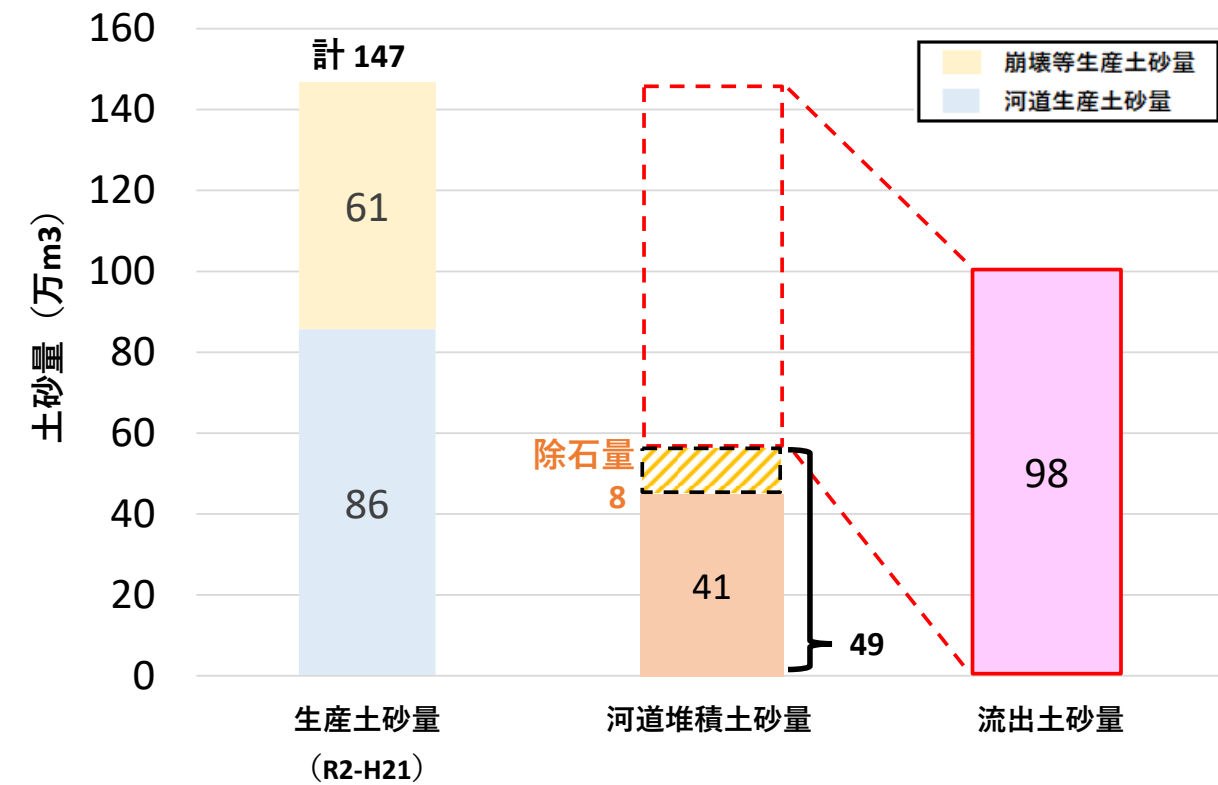
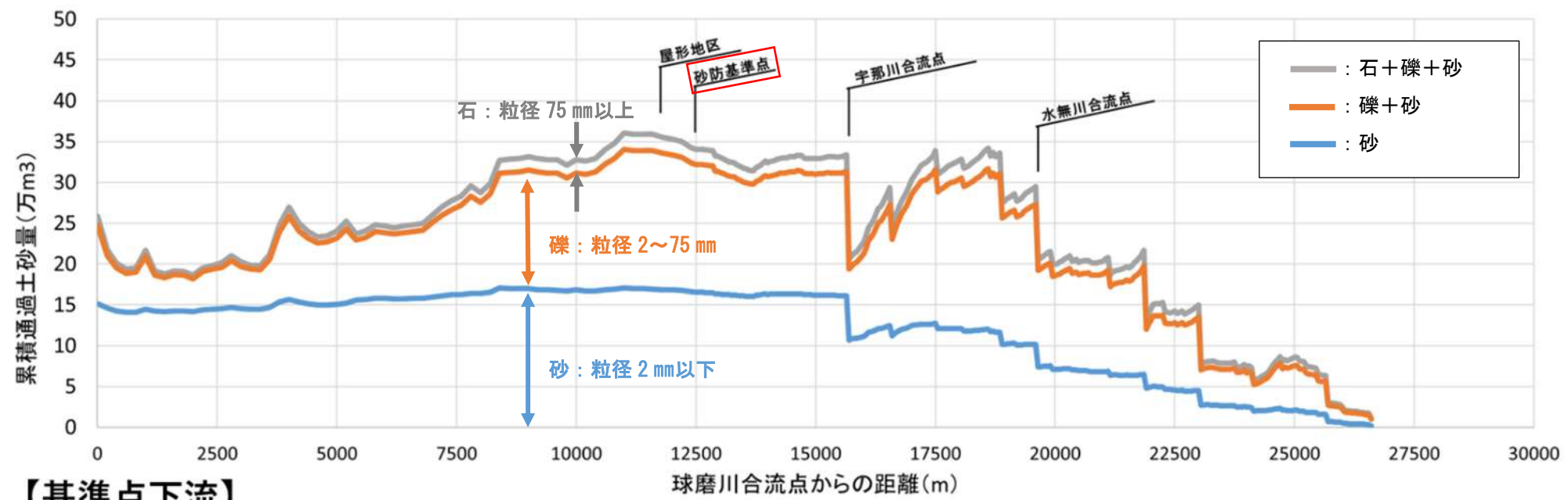
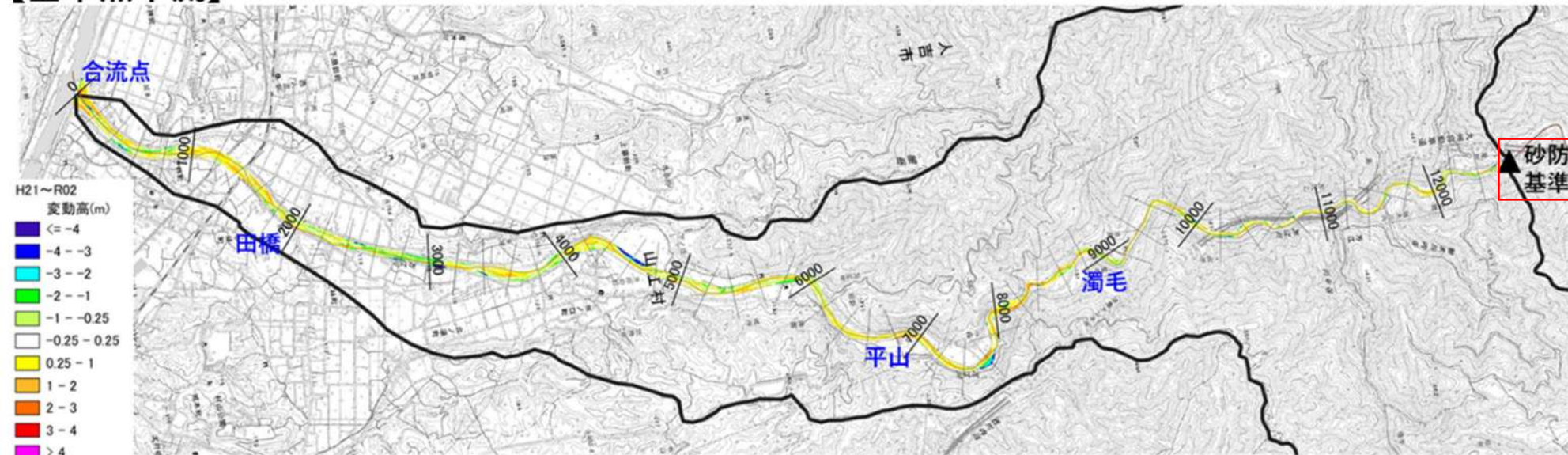


図 3-4 R2.7 豪雨時の生産・流出土砂量



【基準点下流】



【基準点上流】



図 3-5 累積通過土砂量縦断面図 (外力: R2.7 豪雨、施設: 現況)

3.2.4 赤谷川における復旧の基本方針

赤谷川における復旧の基本方針として以下のように整理されている。

(1) 一定規模の降雨への対応

確率規模：1/50 対策種別：ハード対策

(2) 今回の災害と同規模以上の降雨への対応

対策種別：ソフト対策

5.2 河川事業・砂防事業・地域の対策が連携した復旧の基本方針

○河川事業・砂防事業・地域の対策を連携して実施することにより、以下のように地域の安全性を確保することを目指す。

(1) 一定規模の降雨への対応

今回の豪雨で不安定化している土砂や流木が流域内に残存していることも前提に、河道対策と砂防堰堤等での流出抑制対策を効果的に組み合わせ、洪水被害の発生を防止する。

(2) 今回の災害と同規模以上の降雨への対応

今回の災害と同規模以上の降雨への対応については、自治体等と一体となった対策や避難体制の構築も含めて、人的被害の防止を図るとともに、家屋被害の最小化を目指す。

※一定規模の降雨：河道・施設を整備する上で目標とする降雨規模

<出典：筑後川右岸流域 河川・砂防復旧技術検討委員会 報告書／平成 29 年 11 月 22 日／P50>

3.2.5 一定規模の降雨への対応

(1) 土砂・流木対策の考え方

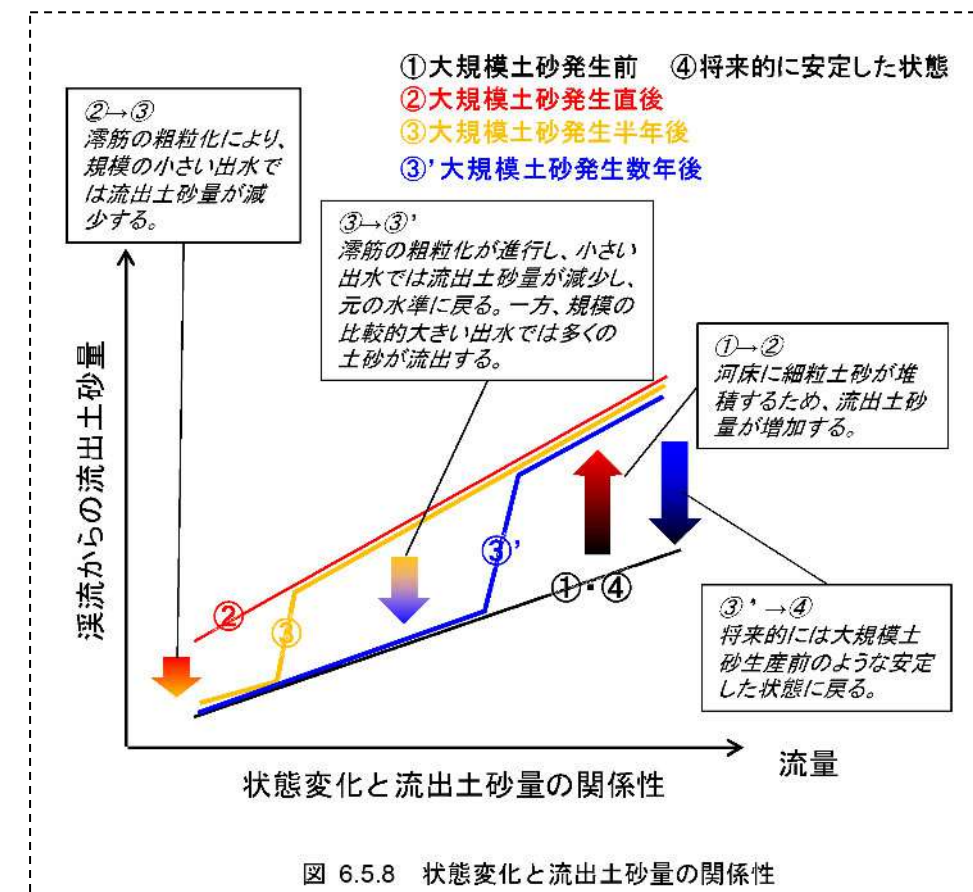
豪雨による不安定土砂や流木が残存していることを前提に、河道計画や砂防計画が検討されている。赤谷川は河床勾配が 1/100～1/13 の比較的緩い勾配であるため、残存している不安定土砂はフェーズに応じて考えられ設定されている。

フェーズ①：被災前（H29.7 豪雨前）の供給土砂が河道内に堆積

フェーズ②：被災直後に多量の不安定土砂が堆積

フェーズ③：被災後からしばらく経ち、細粒化した不安定土砂が堆積

フェーズ④：被災後からさらに経ち、滞筋付近では細粒化が著しい



<出典：筑後川右岸流域 河川・砂防復旧技術検討委員会 報告書／平成 29 年 11 月 22 日／P109>

(2) 赤谷川における土砂流出・流木対策検討の流れ

一定規模降雨（1/50）による土砂流出対策、流木対策は下図のフローによって検討されていると考えられる。

※「赤谷川検討委員会」の報告書を参考に作成

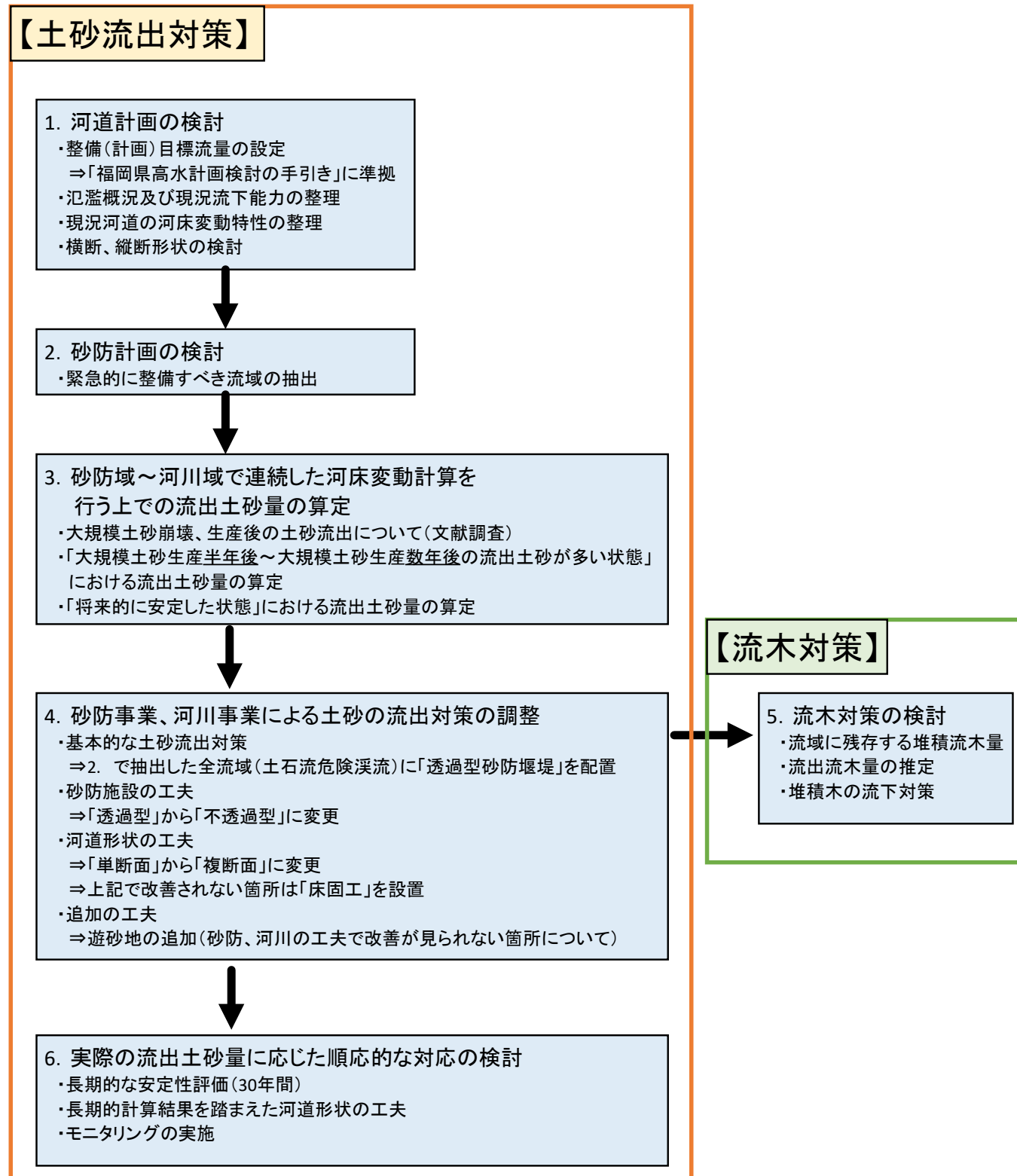


図 3-6 一定規模降雨（1/50）による土砂流出対策、流木対策

(3) 河道計画と砂防計画の工夫

「赤谷川検討委員会」では次のように設定されている。

【河道計画】

- ・掃流力確保のため、複断面河道形状を採用する。
- ・大規模洪水後は、河床上昇が見込まれるため、流下能力確保を目的とした断面形状のモニタリング（定期計測）を行う。

【砂防計画（堰堤の設置）】

- ・細粒土砂の流出が多い渓流には不透過型を採用する。
- ・3.2.5の(1)で示したように、被災後に細粒土砂の堆積が著しい場合には、細粒土砂の流出がフェーズ①と同程度になるまで、モニタリングを行う。その後、土石流・流木対策として、不透過型→透過型構造に変更を検討する。

(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。（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、上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渓流の中で、細粒土砂の供給が多い渓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上砂堆積に著しく影響を与えるような渓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。

<出典：筑後川右岸流域 河川・砂防復旧技術検討委員会 報告書／平成 29 年 11 月 22 日／P110>

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上砂堆積に著しく影響を与えるような渓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、渓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。

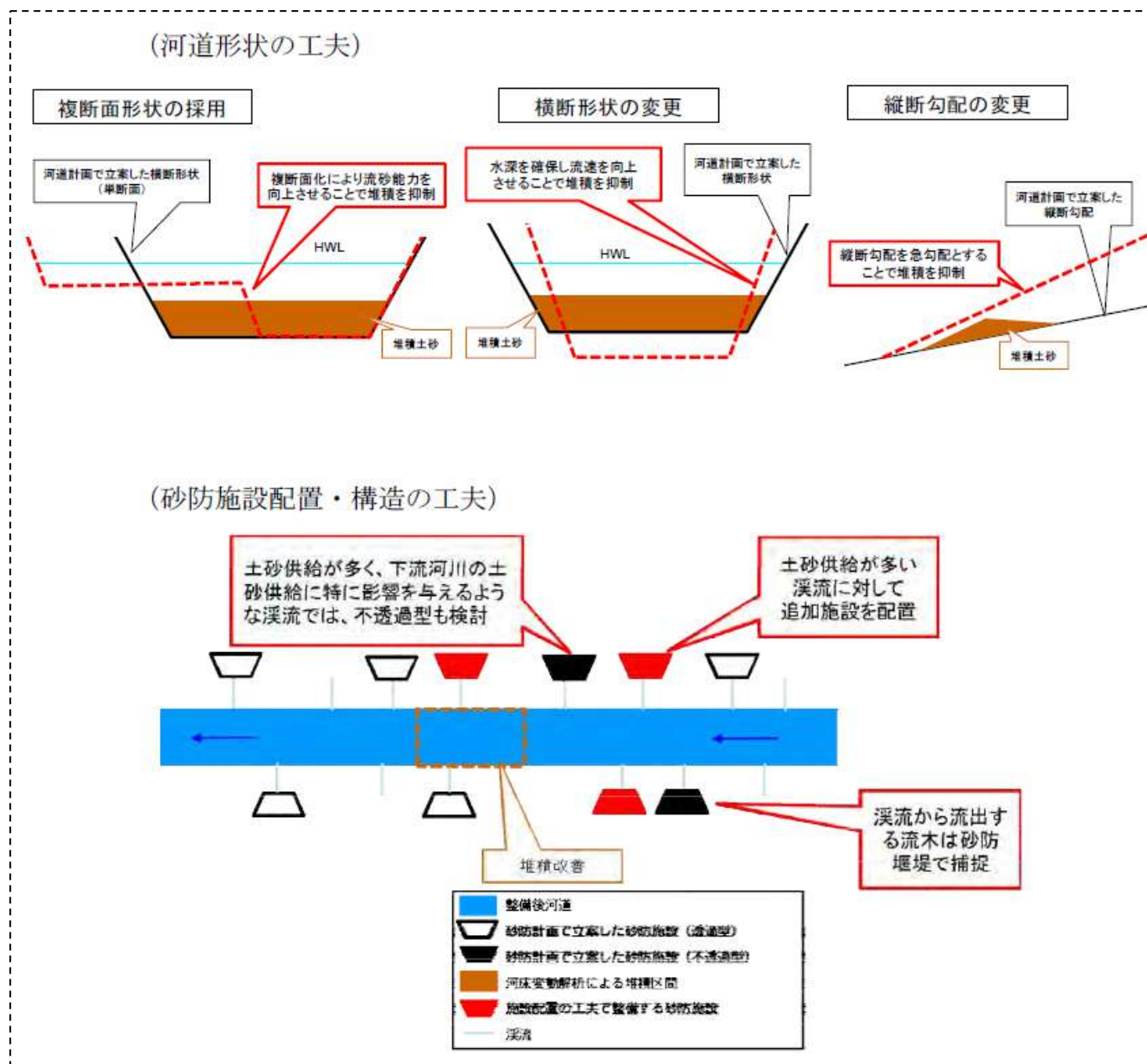
(2) 河川

施設整備完了後は、土砂の流出が見込まれ堆積が予想されるため、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。

<出典：筑後川右岸流域 河川・砂防復旧技術検討委員会 報告書／平成 29 年 11 月 22 日／P114>



<出典：筑後川右岸流域 河川・砂防復旧技術検討委員会 報告書／平成 29 年 11 月 22 日／P113>

【砂防計画（河道内貯留施設*の設置）】

・河道形状・砂防計画の工夫を行っても流出対策が満足できない場合に、検討する。

※）実質的に遊砂地と同義と思われる

【砂防計画（流木対策）】

・基本的には復旧工事時に堆積流木は撤去する。

・復旧工事の際の撤去や砂防堰堤で処理しきれない場合は、河道内に流木対策施設の設置を検討する。

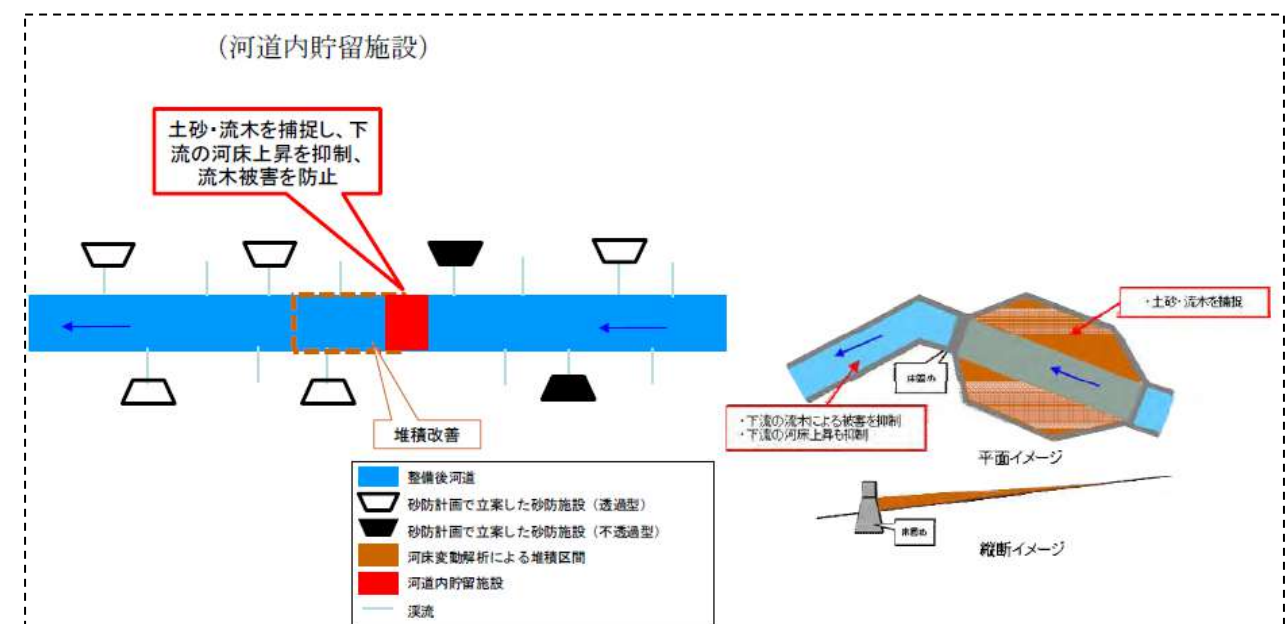
(4) 河道内の貯留施設の検討

● 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。

<出典：筑後川右岸流域 河川・砂防復旧技術検討委員会 報告書／平成 29 年 11 月 22 日／P112>



<出典：筑後川右岸流域 河川・砂防復旧技術検討委員会 報告書／平成 29 年 11 月 22 日／P113>

3.2.6 今回の災害と同規模以上の降雨への対応

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、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。この状況下で、将来起こりうるすべての豪雨に対して、ハード対策のみで安全性を確実に確保することは困難であると予想される。

そこで、ハード・ソフトの両面から気候変動による大規模災害への対策に取り組む方針とし、ソフト対策として、災害に強い地域づくり、逃げ遅れによる人的被害の防止、家屋被害の最小化を進める方針と定められている。

今次出水における事象	地域の安全性確保方策に係る提案
<p>【谷底平野における被災の集中】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・橋梁と塀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。 <p>【門潰れかつ安全な避難】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・朝倉市肥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。 ・か谷川の場合、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か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損傷・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。 <p>【情報提供等】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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蓄積が蓄積していたにもかかわらず、平成24年7月九州北前線豪雨の経験から自宅は安全であると考え、避難行動がとら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、住民への河川状況の提供ができなかった。 	<p>【住まい方・まちづくりの工夫】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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配慮することが考えられる。 ・河川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、河川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。 <p>【避難所、避難経路等の工夫】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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仮設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高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、構造を強化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な高さや経路等を検討することも考えられる。 <p>【避難行動に結びつく情報提供・共有等】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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・浸水深の表示等の設置、防災教育等を通じて今回の被災体験を継承し、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

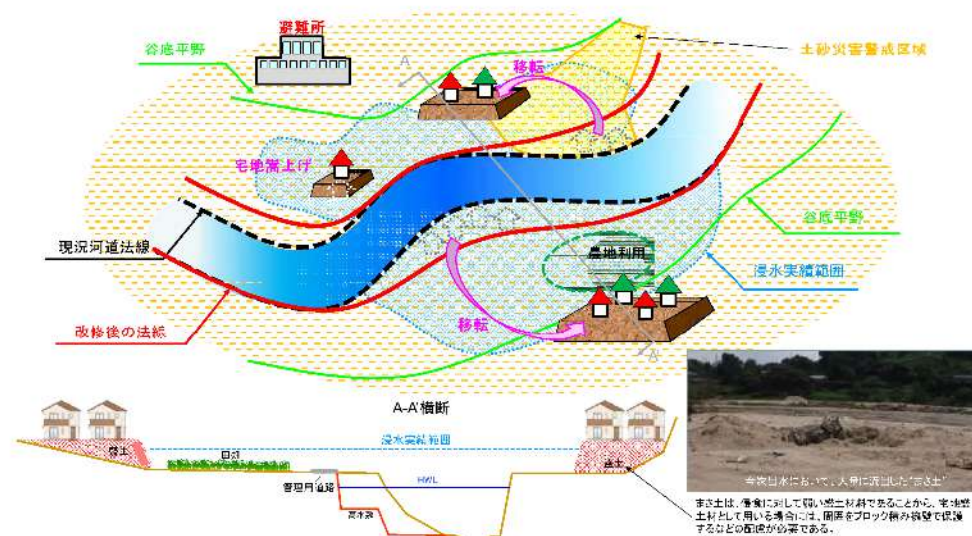


図 6.6.6 住まい方、まちづくりの工夫

<出典：筑後川右岸流域 河川・砂防復旧技術検討委員会 報告書／平成 29 年 11 月 22 日／P121>

3.3 中小規模と計画規模に対応する工法・工種の案（砂防事業）

昨年度は R2 年 7 月豪雨で発生した土砂量を基に 1/100 確率の短期豪雨で発生する土砂量を推定し、土砂・洪水氾濫対策計画を立案したが、河道内には R2 年 7 月豪雨による堆積土砂が残っており、今後、中小規模の降雨で流出し、下流に堆積する恐れがある。

そこで、3.2 を参考に中小規模と計画規模に対応する工法・工種の検討を行う。

3.3.1 不透過型堰堤から透過型堰堤への構造変更

3.2 を参考に中小規模の出水時に流出する土砂に対して、次の工法が考えられる。

- ▶ 溪流内に堆積している不安定土砂の下流への流下を抑制するために当面の間、不透過型を採用する。
- ▶ 被災後に土砂の堆積が著しい場合には、土砂の流出が大規模出水前と同程度になるまでモニタリングを行う。その後、中小出水による細粒土砂の流出が減少したら、次の大規模降雨に対応するために透過型構造へ構造変更（改築）する。
- ▶ 構造変更の事例として、不透過型堰堤をワイヤーソーイング工法で切り欠く方法（下図）、透過型のコンクリートスリット堰堤のスリット部にシャッター材（鋼管材）を取り付ける方法（右図）等がある。



<出典：南岩内川における既設砂防えん堤改良工法について—ワイヤーソーイング工法による改良—
／国土交通省北海道開発局 帯広開発建設部 帯広河川事務所 清水、小川、池上著>

【参考：シャッター堰堤の事例】

大規模土砂生産後は、大規模土砂生産前に比べて活発な土砂流出が発生することが考えられるため、下流への流出土砂を抑制するために、大規模土砂生産後の流出土砂を捕捉できるよう、大規模土砂生産前には捕捉する容量をできるだけ確保しておくことが望ましい。そのための方法の一つとして、シャッター堰堤の活用が考えられる（参考図 4.5.1、4.5.2）。シャッター堰堤は水山⁴⁾によると流域の状況、土砂流出の特性、管理・運用する主体によっていくつかの種類が考えられるとしている：

クラス1：大暗渠砂防堰堤、開口部の大きなスリット砂防堰堤で、部材が準備されればシャッター砂防堰堤にできる可能性のある場合。

クラス2：クラス1の堰堤に対しシャッター用の部材が既に準備されている場合。天然ダム発生時等、異常事態時に活用。

クラス3：クラス2の堰堤に対し、川水期の出水時にも土砂を捕捉する機能を有する場合。

クラス4：必要な時にシャッターを閉める構造、運用体制を有する場合

クラス5：必要な時にシャッターを油圧等で開閉する構造、運用体制を有する場合。

現在では姫川水系高瀬川支川扇沢の扇沢砂防堰堤²⁾、木曾川水系与川支川上山沢の上山沢第一砂防堰堤³⁾、常願寺川本川の妙寿砂防堰堤⁴⁾⁵⁾にはシャッターが設置され、試験運用されている。



参考図 4.5.1 対策施設としてのシャッター堰堤のイメージ
（アルプス SABO News⁶⁾ に一部加筆）

<出典：大規模土砂生産後に生じる活発な土砂流出に関する対策の基本的考え方（案）
／令和2年6月／国総研>

3.3.2 遊砂地による流出土砂捕捉

土砂・洪水氾濫対策として注目されている遊砂地に求められる機能は、細粒分を多く含んだ土砂及び流木の捕捉と、平常時に流下する土砂は下流へ供給することである。遊砂地の形状は、これまでの水理模型実験や施工事例から、次のような知見が得られている。

- ・平面形状：下流端の出口形状を急縮すると堰上げ、湛水が発生し堆積しやすい。上流端の流入部は、角度 30° 程度で拡幅させる。拡幅の幅は、目安として上流側の流路幅の 5 倍程度以内。遊砂地長は、最低でも上流側の流路幅の 6 倍は必要とされている。
- ・縦断形状：元河床勾配と平行に掘り込んだだけでは十分な捕捉機能は期待できないので、できるだけ水平に掘り込む。床固工は流水の集中を分断し、土砂を分散・堆積させて侵食を抑制する。このため、縦断地形に応じて適切な数の床固工を配置し、計画河床勾配を緩くする。ただし、床固工はあまり数多く設置しても貯砂機能が改善されるわけではない。
- ・低水路形状：平常時の土砂を流下させる。洪水時は、高水敷に水が溢れることで掃流力が低下し土砂が堆積する。

また、遊砂地の機能を維持するためには除石は必須であるから、除石計画の策定（除石のための維持管理路の設置、除石した土砂の処理方法の確立、土捨て場、土砂の仮置き場の確保）は不可欠となる。

3.3.3 床固工による河床堆積物の固定

床固群とは、河川に床固工や護岸工が連続して設置されている構造物であり、川の流れを安定させるための砂防施設である。

川底の勾配が変化して緩やかになったところは、上流から流出した土砂がたまりやすくなり、台風などの豪雨があると氾濫を引き起こす原因にもなる。

しかし、床固群を設置することで、床固工や護岸工により川底の勾配の変化を緩くして川底や河岸が削られるのを防ぎ、土砂が貯まらないように水の流れる速度を調節し、洪水を安全に流下させることが可能となる。



図 3-7 遊砂地工の事例（岐阜県・四ツ目川遊砂地工）

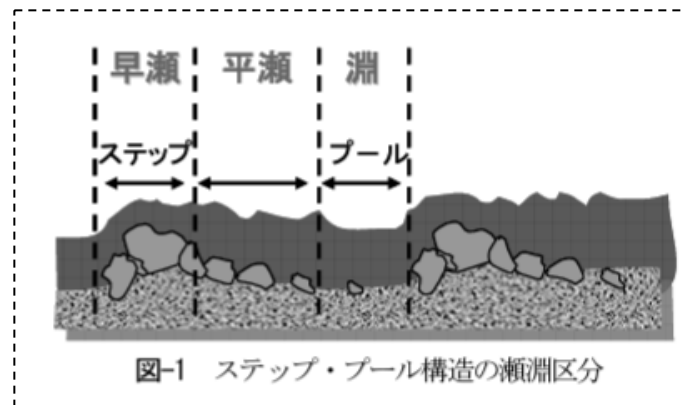
<出典：国土交通省関東地方整備局 日光砂防事務所 HP より>

床固工を設置するにあたり、球磨川流域の新たな治水対策方針である「緑の流域治水」の観点から、ステッププール構造を使用して、環境へ配慮した構造検討が可能である。特に万江川左支川の宇那川においては「ヤマメの森」やヤマメの養殖所があり、令和2年7月豪雨以前は、ヤマメを活用した地域振興がおこなわれていた実績がある。

なお、ステッププール構造を適用する際には、平水時において河川環境の改善効果が大きいが、出水時に石組みの一部が流出する事例もあることに留意する必要がある。

【ステッププール構造とは】

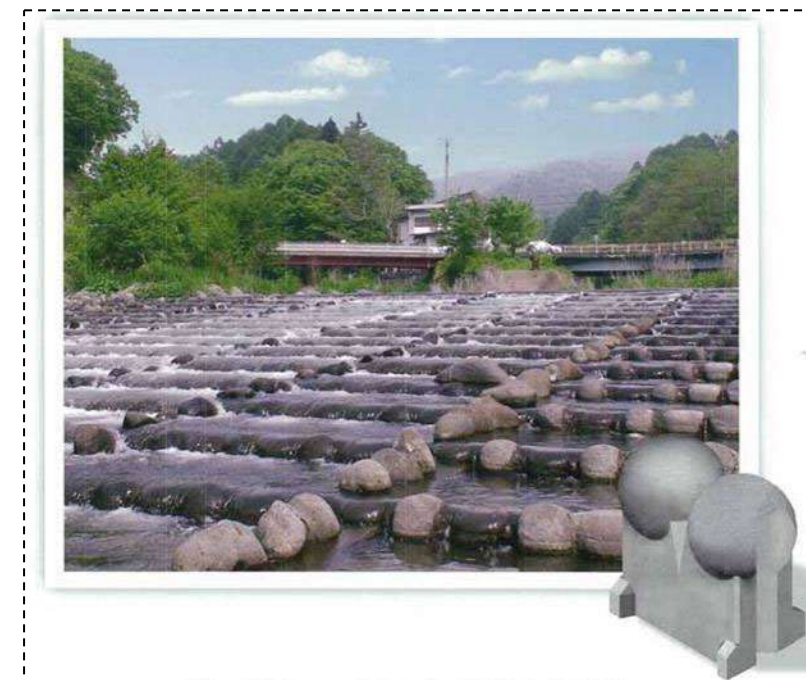
斜面崩壊などによる生産土砂が盛んである河川上流域においては、生産される巨礫から砂までの大小様々な土砂によって、ステップ・プール構造という特徴的な河床構造が形成されている。ステッププール構造とは、生産された土砂の中でも比較的大きな礫が集中してできるステップと、それらの間の小さな砂礫で構成されているプールからなる構造であり、溪流の河床構造を理解する際の単位形態となる小規模河床形態である。



<出典：山地河道に見られるステップ・プール構造の形態とその規定要因に関する研究／平成23年7月
／河川技術論文集 第17巻>

【生態系への影響】

ステップ部分とプール部分による流れの緩急は、そこに棲む水生生物にとって重要な生息場を生み出している。また、生態学の立場からは、ステップ・プール構造のそれぞれの場所によって堆積有機物の種類が違い、そのことが生息する大型無脊椎動物群衆に多様性を与えているということも明らかにされている。



<出典：ステップ・プール 擬岩隔壁魚道ブロック／共和コンクリート工業株式会社>

3.4 他事業との連携策の方針

2. 章で示したように、万江川上流域には多量の堆積土砂が確認されており、中小規模出水等により流下するため、砂防基準点下流の河床上昇の一因となる。

そのため、万江川の流域治水に資する効果的な土砂・洪水氾濫対策計画を策定するため、河川・治山事業と連携する必要がある。各事業における整備の方向性を 3.5 に示す。

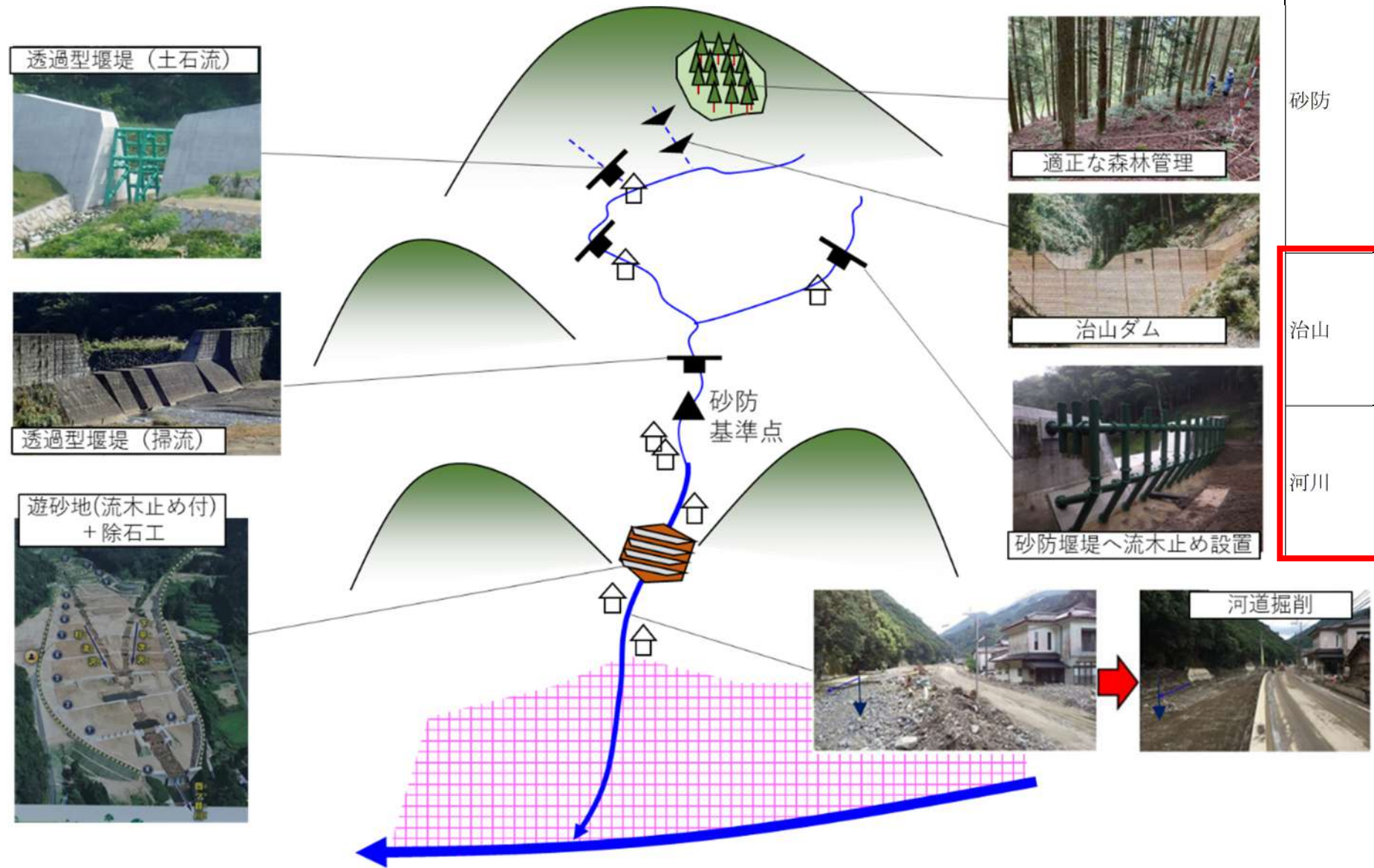


図 3-8 流域治水における土砂・流木対策の組合せイメージ

表 3-1 土砂・流木対策イメージと機能

事業主体	対策内容	機能
砂防	透過型砂防堰堤(土石流)	土石流と、それに伴って流下する流木を捕捉する。
	透過型砂防堰堤(掃流)	掃流区間における土砂流出のピークを低減する。
	砂防堰堤への流木止め設置	既設砂防堰堤に張り出し式流木止め工を設置することにより、流出してきた流木を捕捉する。
	遊砂地(流木止め付)+除石計画	上流から流出する土砂と流木の捕捉。除石工によって空き容量を回復させる。
治山	適正な森林管理	健全な森林を維持することにより、表層崩壊やガリー侵食が発生しにくいようにする。その結果として流木発生も抑制する。
	治山ダム	溪床侵食や溪岸崩壊の抑制により、土砂と流木の発生を抑制する。
河川	築堤	河道拡幅、提高嵩上げ等を行い、流下能力を向上する事により、洪水氾濫を抑制する。
	河道掘削	河道内の堆積土砂を掘削し流下断面を確保する事により、洪水氾濫を抑制する。

3.5 各事業における整備の方向性

3.5.1 砂防事業

中小規模の出水は「球磨川水系河川整備計画[県管理区間]／令和4年8月」で策定されている万江川の河川整備計画に準じて1/30を想定する。

4. 河川整備計画の目標に関する事項

4.2 洪水等による災害の発生防止又は軽減に関する目標

4.2 洪水等による災害の発生防止又は軽減に関する目標

令和2年7月豪雨をはじめとする過去の被害の発生状況、気候変動の影響による降雨量の増大、流域の重要度、河川整備の状況等を総合的に勘案し、球磨川水系河川整備基本方針に定められた整備目標に向けて、上下流及び本支川の治水安全度のバランスを確保しつつ段階的かつ着実な河川整備を実施するとともに、令和2年7月豪雨と同規模の洪水を含む想定し得る最大規模までのあらゆる洪水を想定して、あらゆる関係者が連携し流域全体で実施する治水対策「流域治水」による球磨川流域の強靱化を推進することで洪水氾濫等による災害の防止又は軽減を図ることを目指します。

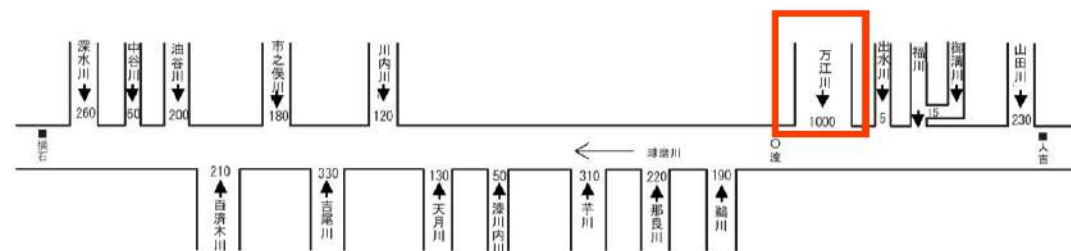
本計画は、気候変動による降雨量の増加を考慮（1.1倍）して算出した年超過確率が概ね1/30規模の目標流量を安全に流下させることとします。

また、計画規模を上回る洪水や整備途上の段階で施設の能力を上回る洪水等が発生した場合においても逃げ遅れゼロと社会経済被害の最小化を目指します。

河川整備を実施することにより、気候変動による降雨量の増加を考慮した戦後最大の洪水（令和2年7月豪雨を含む）と同規模の洪水に対して、家屋の浸水防止など、流域における浸水被害を軽減できます。

今後、流域の土地利用の変化や、雨水の貯留・浸透機能及び沿川の遊水機能の向上等に伴う流域からの流出特性の変化について、河川への流量低減効果としての定量化を図り、治水効果として見込めることが明らかになった場合は、適宜見直しを行います。

各河川の日標流量配分は図4.1のとおりです。



<出典：球磨川水系河川整備計画 [県管理区間] /令和4年8月>

国総研資料 No.1115 では中期土砂流出対策として、土砂流送制御を目的とする既存施設を活用することが基本とされている。

また、新たに砂防堰堤を設置する場合、大規模土砂生産後の土砂流出状況（量・粒径）に応じて、堰堤の型式・形状を変更できる施設の検討が促進されている。

4.4 施設配置計画の検討の考え方

施設配置計画の検討は、現地調査、資料調査による施工の実効性の検討等とともに、施設の効果評価を河床変動計算等により行うことを基本とする。検討した施設配置計画では十分な効果が得られないと判断された場合、施設配置計画を見直して、再度、河床変動計算等により効果評価を行う。

中期土砂流出対策としては、まず、短期土砂流出対策など中期土砂流出対策以外の現象を対象として既に設置された、土砂流送制御を主な目的とする施設（砂防堰堤、遊砂土工など）の活用を検討することを基本とする。

ただし、既設の砂防施設を活用することによっても計画規模の土砂量を捕捉することが困難な場合や、経済性等の観点から設置することが妥当と判断される場合は、新たに施設の概略位置、概略の規模、施設の型式について検討する。

施設の概略位置の検討にあたっては、対象領域内の施設効果の大きい箇所を抽出し、施設効果の大きい箇所から優先的に施設配置を検討するなど、効果的な施設配置を目指す。一般的に、土砂流送制御を目的とした施設においては、以下のような施設の効果が大きいと考えられる。

- ・ 空き容量が確保されている（大きい）堰堤
- ・ 保全対象に近い位置にある施設
- ・ 対象とする保全対象周辺の河床変動への寄与が大きい流域・区間の施設

施設の規模については、河床変動計算等により算出される、施設の概略位置における流出土砂量を捕捉できるよう検討することを基本とする。

施設の型式については、大規模土砂生産後の流出土砂の量や粒径は大規模土砂生産前と異なるとともに、時間の経過とともに変化すると考えられることから、大規模土砂生産後の土砂流出状況（量、粒径）に応じて、堰堤の型式・形状を変更できる施設を積極的に検討する。さらに、土砂流出活発期間は数年以内であることも多いため、土砂流出活発期間以降の土砂流出現象にも対応できるような堰堤の型式・形状を検討しておくことも必要である。

<出典：大規模土砂生産後に生じる活発な土砂流出に関する対策の基本的考え方（案）>

／令和2年6月／国総研>

令和3年3月時点で万江川では、砂防堰堤が13基（うち透過型が2基）、治山堰堤が99基、その他の堰堤が15基、溪流保全工が総延長4km整備されている（表3-2）。また、昨年度の全体計画で新たに透過型堰堤4基、溪流保全工1.5kmの設置が検討されている（図3-9）。

これらの施設の活用を基本とし、中期土砂流出対策を検討する。なお、不足する場合には遊砂地、床固工群なども検討する必要がある。

表 3-2 既存施設の抽出結果

種別	基数または延長	抽出方法	備考
砂防堰堤	13基	H28点検調書	うち2基は透過型堰堤。 S28年度以降整備。
治山堰堤	99基	治山施設 点検整備表	S34年度以降整備。
その他の堰堤	15基	CS立体地図で 判読	治山堰堤（台帳なし）と、高速道路保全目的で建設された堰堤と推察される。
溪流保全工等	総延長 4,064m	CS立体地図で 判読	砂防の溪流保全工の他、治山による流路工や、大規模な盛土造成地の排水工も含む。

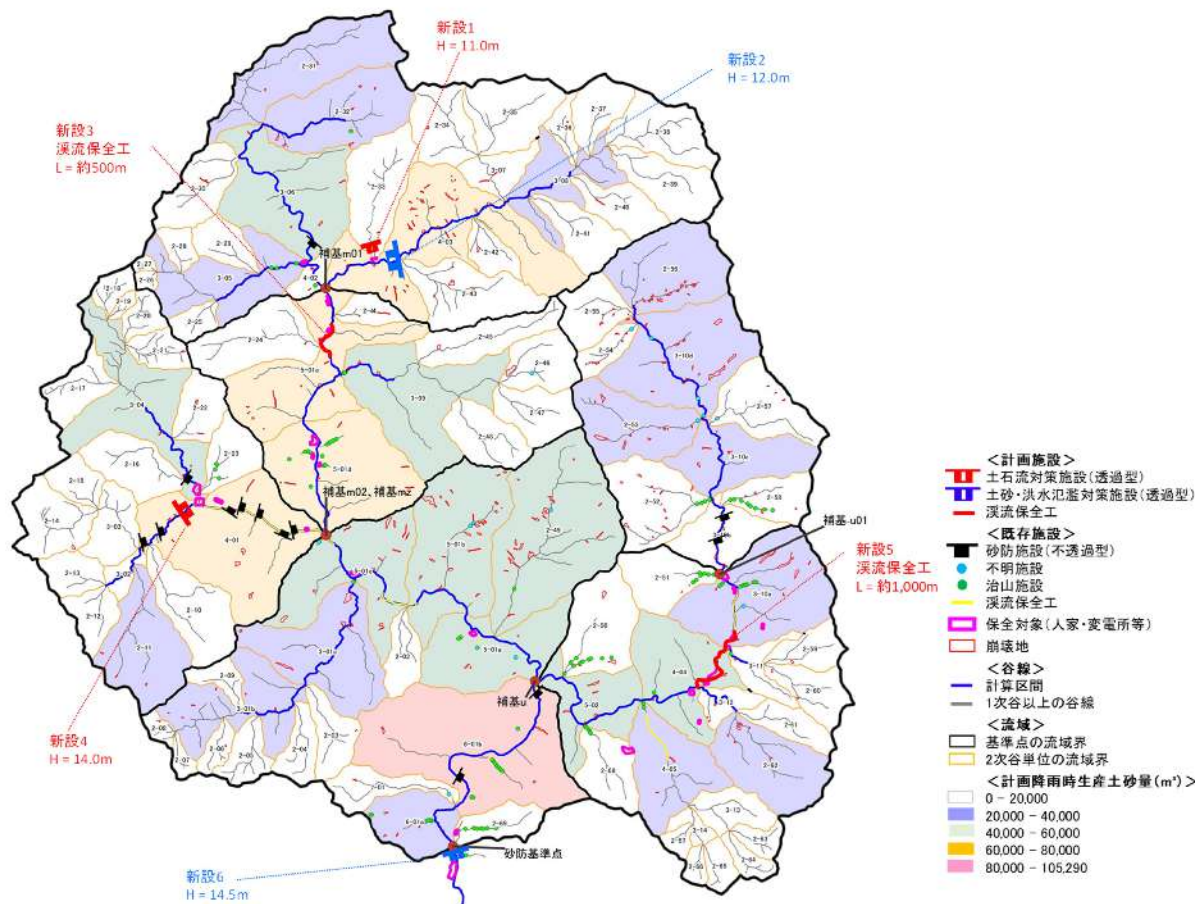


図 3-9 施設配置計画 (R3.3 検討)

(1) 砂防堰堤

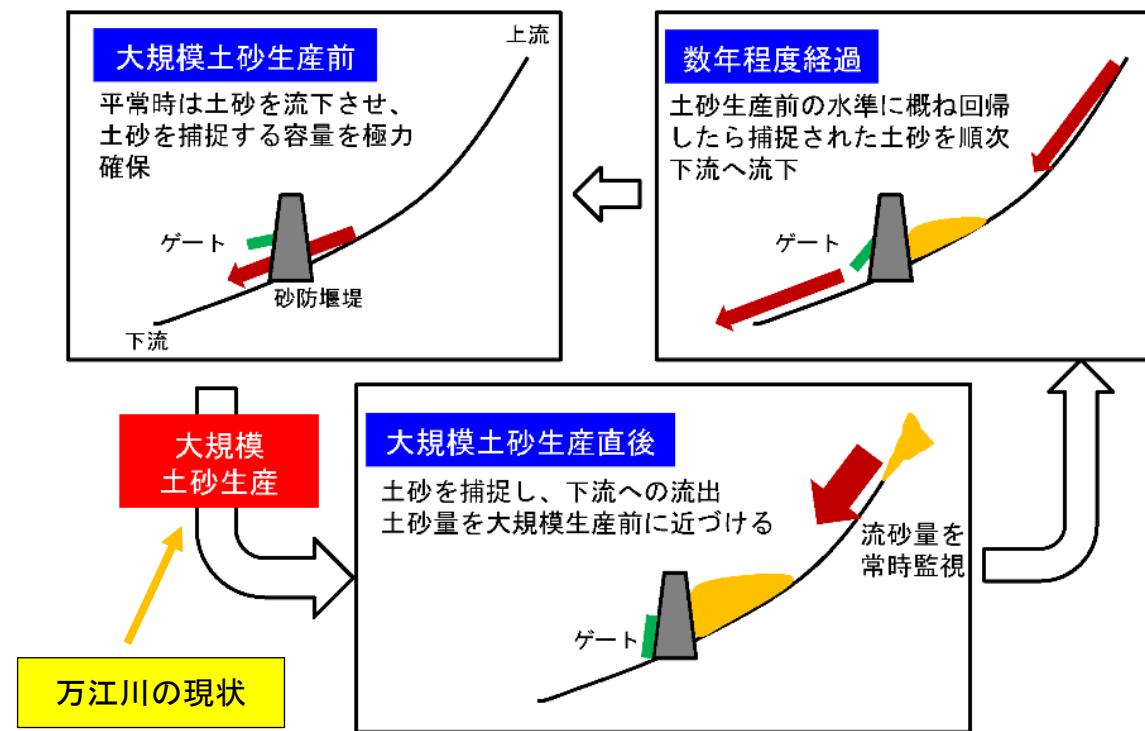
1) 既設堰堤の活用、新設堰堤への工夫

万江川流域内には砂防堰堤が13基あるが、そのうち施設規模やアプローチの観点からみて効率的な除石が可能な大規模堰堤は2基ある。これらの施設を積極的に活用するには土砂捕捉のための空き容量を確保する必要があり、**除石計画が重要**となる。

また、新設堰堤は全て透過型（うち1基はコンクリートスリット）で計画されているため、細粒土砂の多い中期土砂流出対策には不十分である。そこで、**3.3.1**で示した工法を採用することで、**中期土砂流出の抑制を図る**。



参考図 4.5.1 対策施設としてのシャッター堰堤のイメージ
(アルプス SABO News⁶⁾ に一部加筆)



参考図 4.5.2 シャッター堰堤の運用イメージ

<出典：大規模土砂生産後に生じる活発な土砂流出に関する対策の基本的考え方（案）

／令和2年6月／国総研＞一部加筆

2) 除石箇所の抽出

R4LP と H21LP の標高差分結果から、万江川・宇那川の土砂堆積状況（50m ピッチで集計）を示したものを図 3-10 に示す。これより、除石箇所について次のように考えられる。

- 宇那川上流の河道内に堰堤が 3 基あり、いずれも堰堤上流は堆砂傾向である。しかし、当堰堤箇所までアプローチする市道は狭く、有効高も小さいため、効率的な除石とは言い難い。
- 宇那川中流域の河道内に堰堤が 2 基あるが、堆砂傾向にない。
- 万江川砂防堰堤 1、2 上流の堆砂は顕著であり、いずれも県道坂本人吉線沿いであるため、効率的な除石が可能であると考えられる。

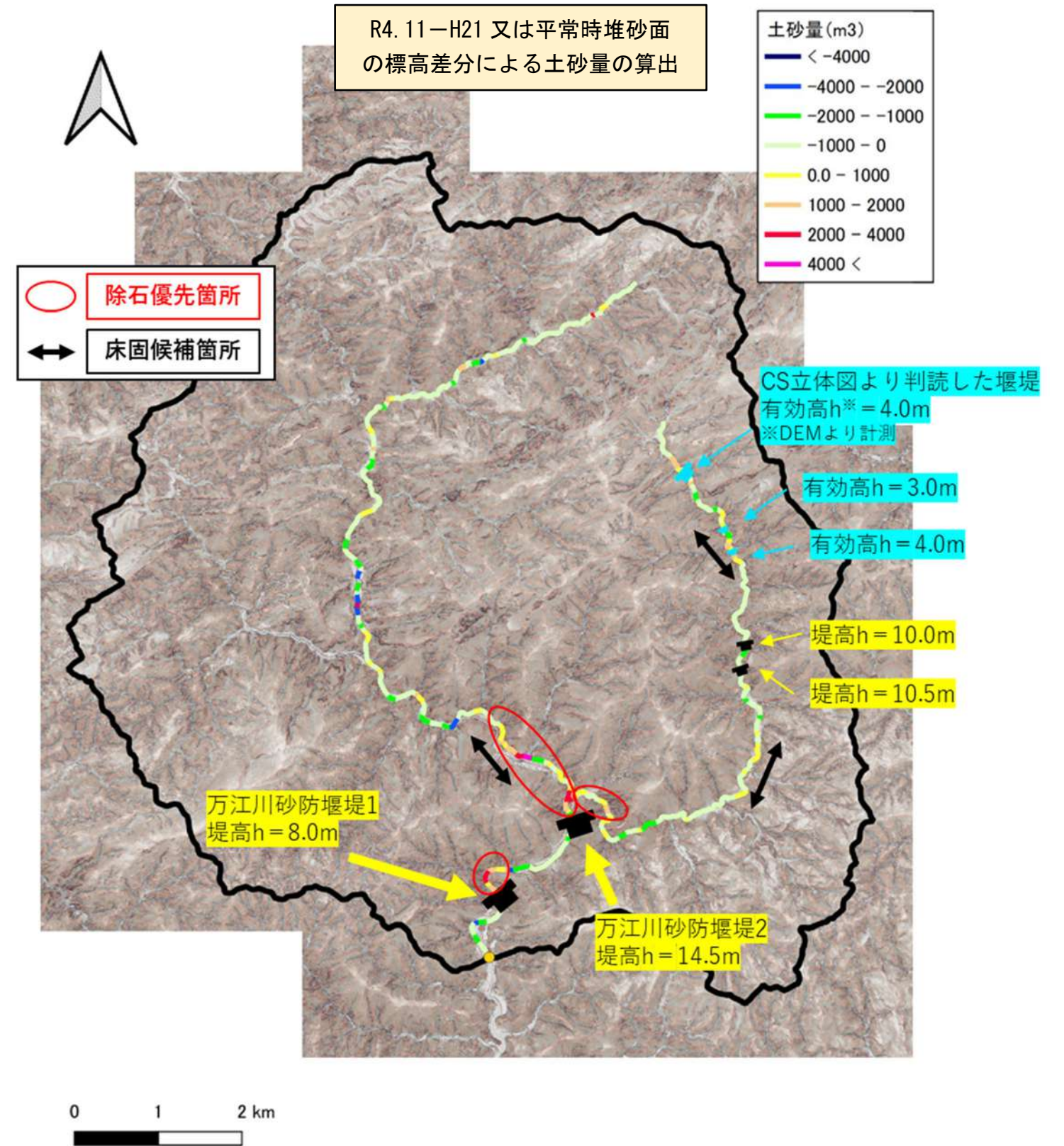


図 3-10 万江川・宇那川の基準河床面状の土砂堆積状況（50m ピッチで集計）

3) 砂防堰堤への流木止め設置

流木対策工には下記のような種類がある。①は土石流対策の透過型砂防堰堤そのものである。④については令和2年に新たに手引きが発刊されている。

- ①土石流区間の本堰堤で用いられるもの
- ② 〃 副堰堤で 〃
- ③掃流区間の本堰堤で用いられるもの
- ④既設砂防堰堤の堤体や堆砂敷きに設置されるもの（張り出しタイプ）



鋼製スリット堰堤 B 型

<出典：令和2年版流木捕捉工設計事例集、令和2年9月、一般社団法人建設コンサルタツ協会>



J-スリット堰堤

図 3-11 土石流区間・本堰堤に設置される流木捕捉工の例



鋼製スリット堰堤 A 型



h型流木捕捉工

<出典：令和2年版流木捕捉工設計事例集、令和2年9月、一般社団法人建設コンサルタツ協会>

図 3-12 掃流区間に設置される流木捕捉工の例



鋼製スリット堰堤 A 型



J-HD スリット

<出典：令和2年版流木捕捉工設計事例集、令和2年9月、一般社団法人建設コンサルタツ協会>

図 3-13 張り出しタイプ流木捕捉工の例

既設砂防堰堤には、新しい技術である「張り出しタイプ流木捕捉工」を採用する方針とする。また、土石流区間の新設砂防堰堤に対しては図 3-11 に示すような鋼製スリットを適用する。なお、砂防堰堤の副堤への流木止め工設置は、期待される効果量が少ない（水潴池面積×流木直径のみ）ため検討しない。

表 3-3 流木対策施設の配置方針

	砂防施設	流木対策施設の配置方針
土石流区間	不透過型砂防堰堤（既設）	張り出しタイプ流木捕捉工の設置
	透過型砂防堰堤（新設：閉塞型）	— （既に流木対策としての機能を有している）
掃流区間	不透過型砂防堰堤（既設）	張り出しタイプ流木捕捉工の設置
	透過型砂防堰堤（新設：堰上げ型）	— （該当する流木捕捉工なし）

(2) 遊砂地について

上流域の対策により土砂の流出対策の調整や目標達成が困難な場合は遊砂地について検討する。

遊砂地は、次の特徴をもつ土石流危険渓流より下流の保全対象の無い地帯に設置することが望ましい。

【特徴】

- ・緩勾配区間
- ・勾配が緩くなる変化点付近
- ・広い幅が確保できる箇所

(3) 床固工による河床堆積物の固定

川底の勾配の変化を緩くして川底や河岸が削られるのを防ぐために、床固群を設置する。そのため、現状堆積土砂が多い箇所に設置することで効果が期待される。

床固群設置推奨箇所を R4LP と H21LP の差分結果から選定した。その結果を図 3-10(P33) に示す。

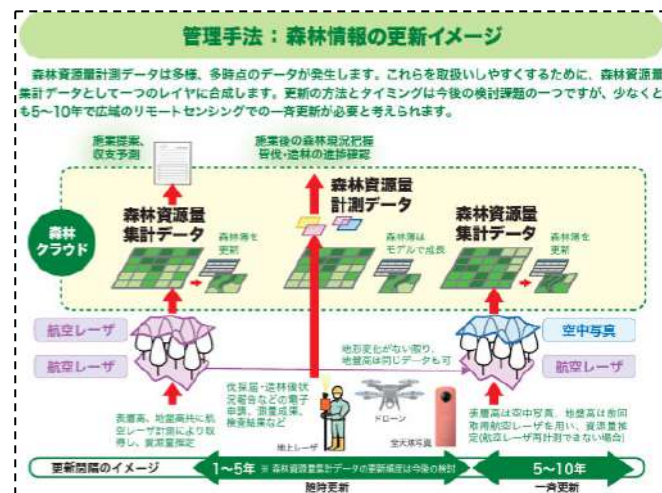
3.5.2 治山事業

(1) 適正な森林管理

土砂・流木流出防止のために、**適正な伐採と更新の確保を図ることが重要**である。従来では広い流域に対して、複数の代表地点に対してコードラート調査を行い、植生状況を判断していたため、精度の高い正確な評価は難しいとされていた。

しかし、近年では技術の進歩により、**レーザー計測による解析や地上レーザースキャナによる樹高計測が可能**となったため、より精度の高い調査が可能となった。

万江川上流域は98%が山地であるため、このような手法を積極的に取り入れて土砂・流木の堆積状況等を正確に把握することが望ましい。



<出典：レーザー計測による森林資源データの解析・管理の標準化／一般社団法人 日本森林技術協会
・一般社団法人 日本林野測量協会>

(2) 治山ダムの新設

砂防基準点上流の万江川流域は98%が山地であるため、万江川本川へ合流する溪流は急勾配なものが多い。このため、流出土砂の多い溪流には治山ダムを設置することが望ましい。治山ダムの機能は、森林に流れる溪流の溪岸・溪床の侵食を防ぎ、山腹の固定及び土砂の流出抑制・調整を図ることである。

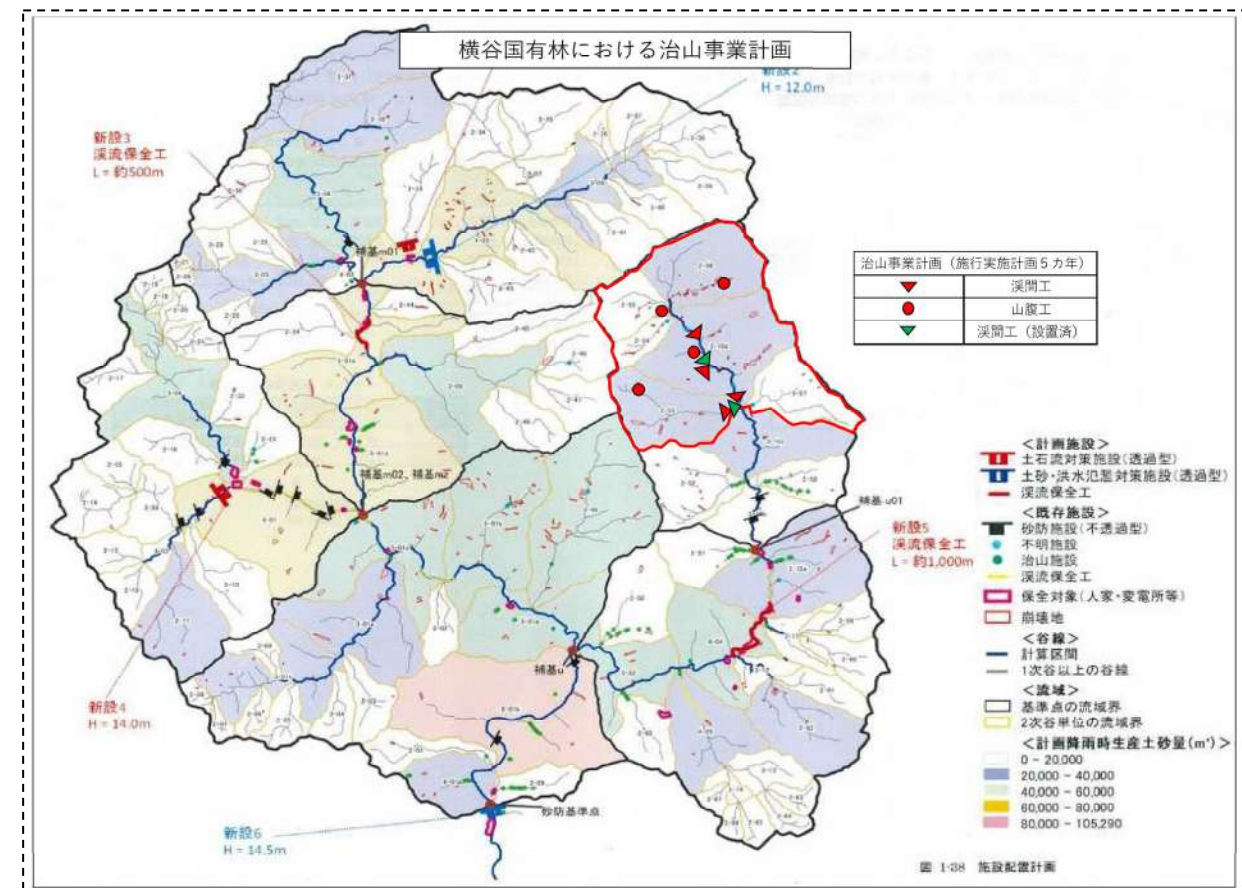
またR2年7月豪雨後に、万江川流域内ではすでに治山ダムの設置が進められている。



図 3-14 熊本県で設置されている治山ダムの例



<出典：熊本県森林保全課>



<出典：熊本南部森林管理署>

治山ダムの設置は随時進められているが、新たに検討する場合、LP 差分から対象溪流を抽出する方法が考得られる。令和2年7月豪雨後LPデータ(R2LP)と平成21年LPデータ(H21LP)の差分から崩壊等生産土砂量を算出し、2次谷単位流域毎に整理した結果を図3-15に示す。

流域番号3-10d、5-01bは、崩壊地が多く、本川に直接流入することが考えられるため、河床を上昇させる要因となりうる。このような溪流に治山ダムの配置が推奨される。

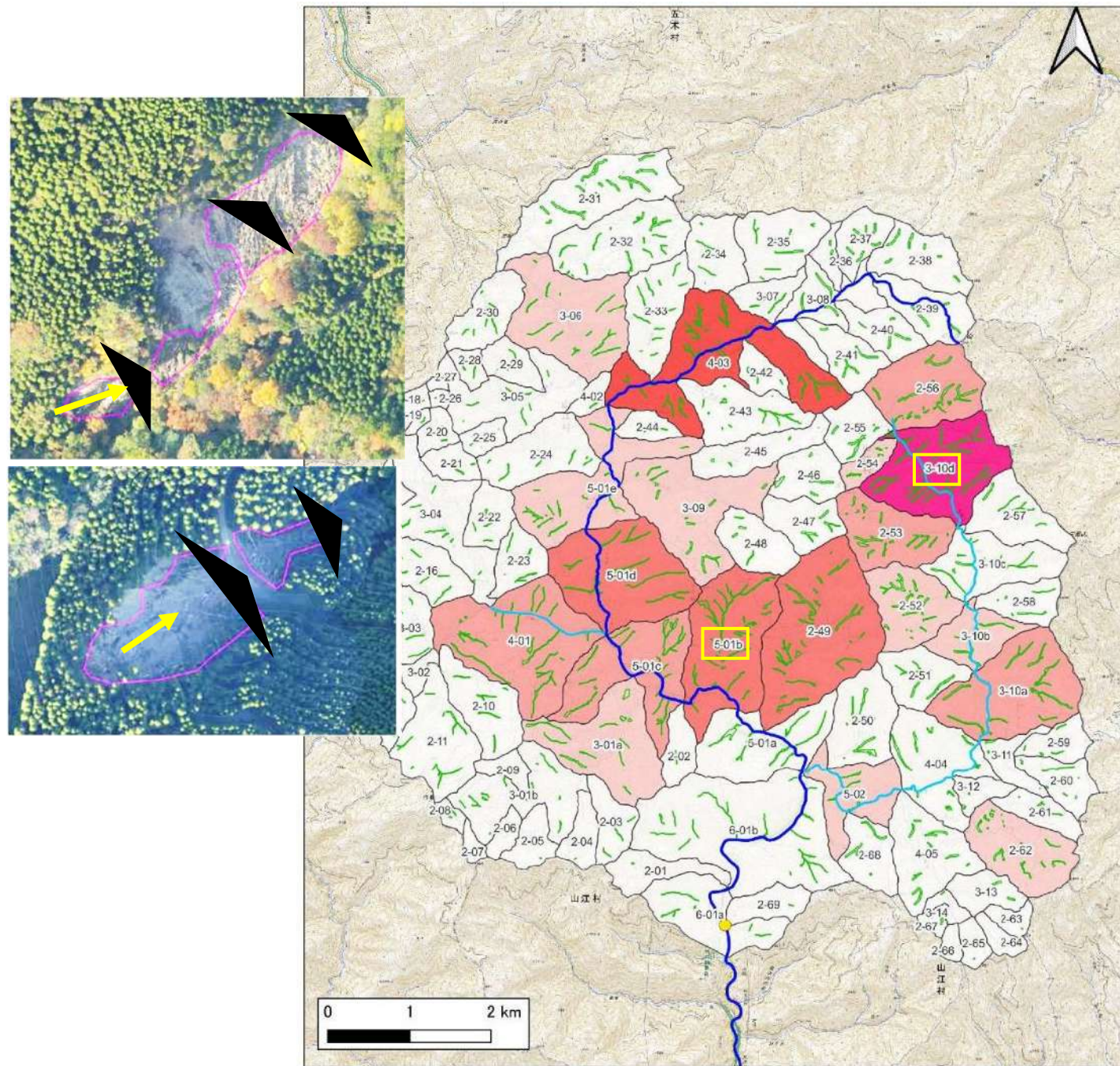
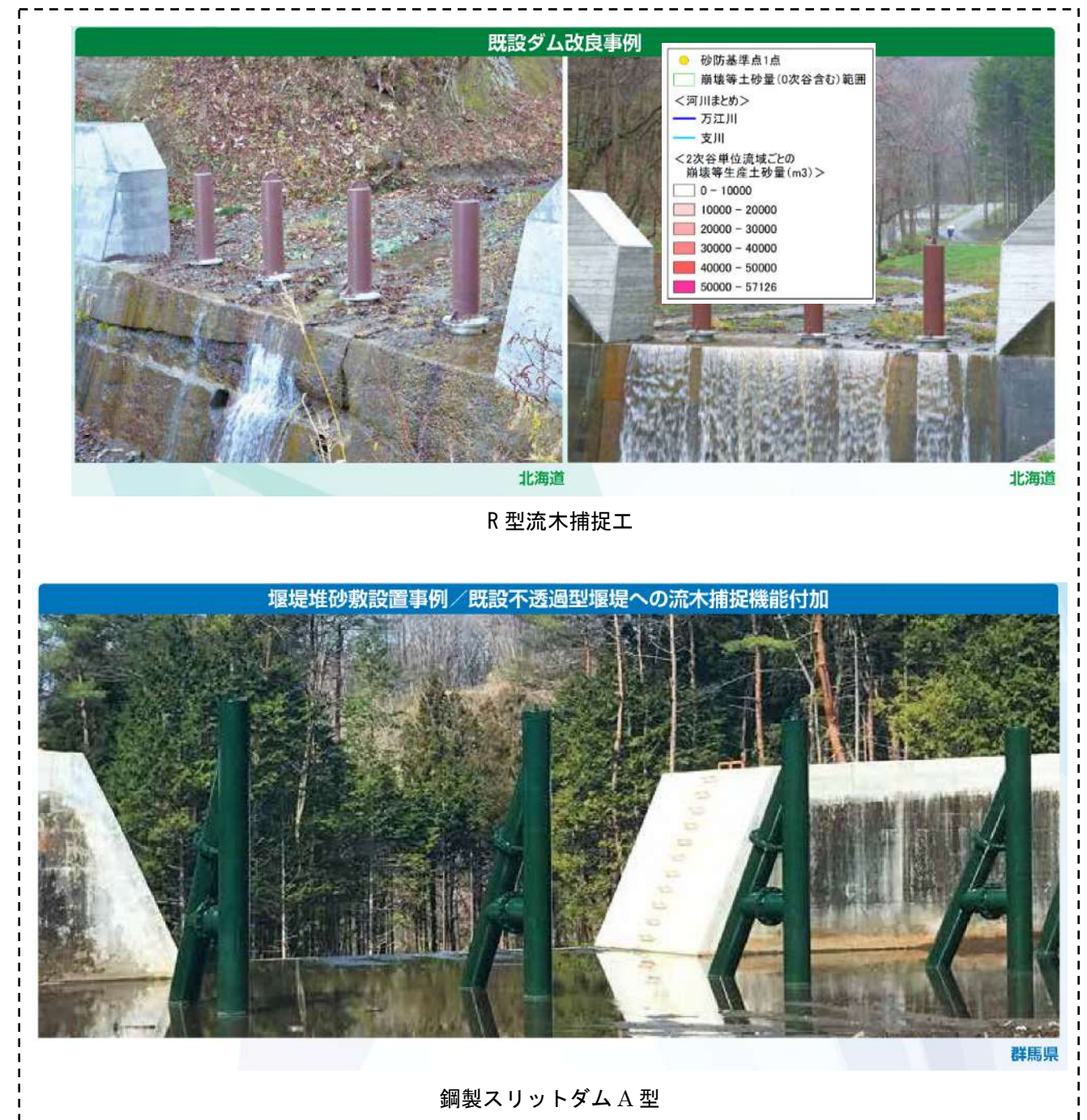


図 3-15 R2.7 豪雨時の崩壊等生産土砂量分布図 (R2LP-H21LP) と治山堰堤の配置イメージ

(3) 流木対策工の設置

万江川流域内には、治山堰堤が99基確認されている。治山堰堤に対しては、熊本県内で適用事例が多くある「R型流木捕捉工」又は「鋼製スリットダムA型」の設置を推奨する。

ただし、全ての治山堰堤に流木対策工を設置するわけではなく、比較的施設規模の大きな治山堰堤に設置することを推奨する。



<出典: 流木捕捉式治山ダム/日鉄建材株式会社>

図 3-16 流木捕捉工の例

治山施設点検票(様式-1)

施設名称: 平成5年度 復旧治山 NO.2谷止工

点検日時: 2017/12/12

点検者: 柏原政廣

記入者: 柏原祥

流域名	小流域及び地区名	所在地			所管事務所
		市町村	大字	字	
		山江村	万江	水無	球磨地域振興局

施設諸元

工種名	NO.2谷止工	高さ[m]	11.0	延長[m]	44.0	天端幅[m]	1.5
施設種別	コンクリート	東経	130° 43' 7.15"	北緯	32° 20' 44.09"	施設番号	43-0102

写真
全景



堰名板



右袖状況



左袖状況



上流の状況



下流の状況



図 3-17 万江川流域内の治山堰堤の例

3.5.3 河川事業

(1) 築堤

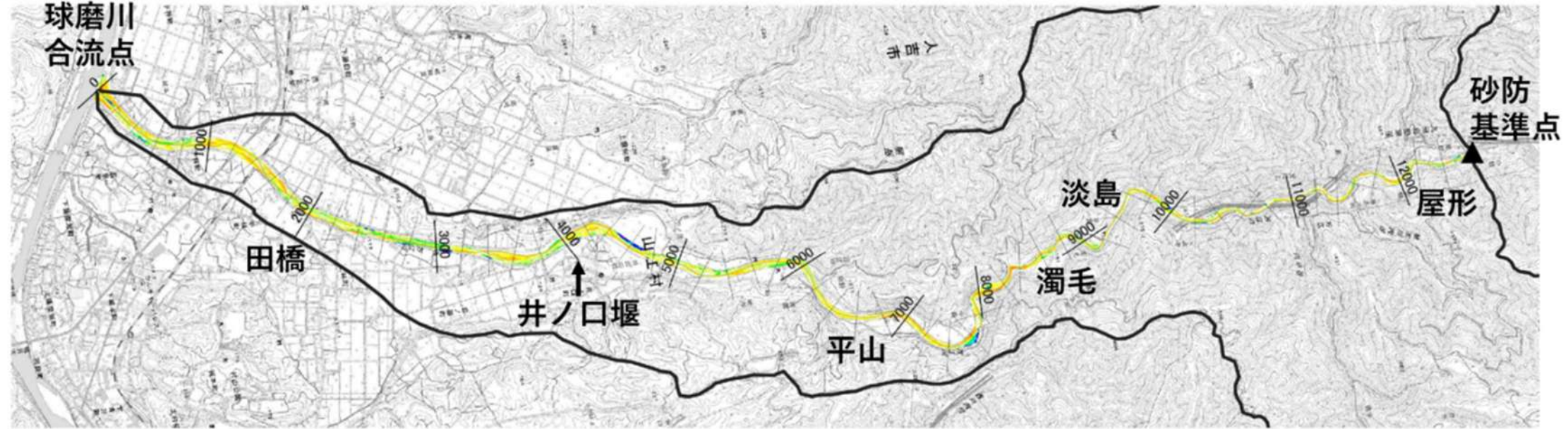
「球磨川水系河川整備計画[県管理区間]」が令和4年8月に策定され、万江川の整備計画についても記載されている。整備計画は1/30に設定されており、全9区間で河道掘削や築堤(河道拡幅、提高嵩上げ等)が実施予定である。

(2) 河道掘削

砂防基準点より下流について、H21年の標高データを基準面としたときのR2、R4年の航空レーザ計測データから変動量を算出し、200mピッチの区間ごとに堆積・侵食土砂量を集計した(図3-18)。

R2-H21、R4-H21のLP差分結果を比較すると、令和2年10月計測時から令和4年11月計測時の2年間で全体的に堆積傾向であること、区間ごとの侵食・堆積傾向も概ね同じであることが確認された。主な堆積区間は、濁毛～平山付近、井ノ口堰上流、田橋～球磨川合流点付近であるため、モニタリングを実施し定期的に河道掘削をするのが望ましい。

R2-H21のLP差分



R4-H21のLP差分

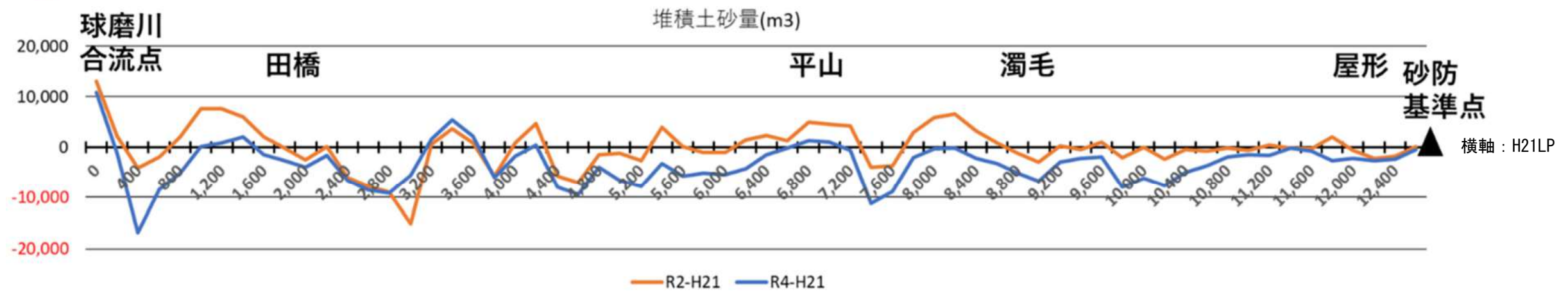
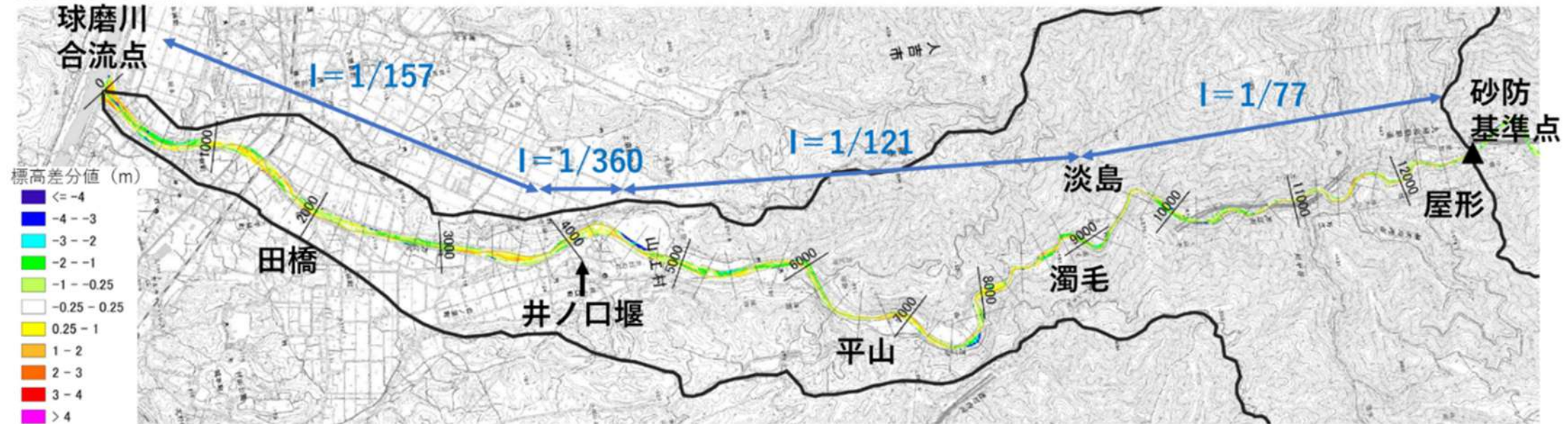


図 3-18 砂防基準点より下流の堆積土砂

4. 今後の土砂移動状況の把握手法について

3.2.5 で示されているように、時間の経過とともに流出土砂量が減少していくことが想定される(図 4-1)。現状の土砂堆積状況を適切にとらえることで、具体的な対策の検討が可能となるため、**土砂堆積状況のモニタリングは重要**である。ゆえに、国総研資料 No.1115 にも土砂生産、流出状況調査について記載してある。

上記を踏まえ調査項目・方法を整理した案を表 4-1 に示す。また、「洪水前の流出土砂量に戻った状態」と判断する基準案を表 4-2 に示す。

例えば、砂防事業において、洪水前の流出土砂量に戻った状態と判断された場合は、施設構造の変更(不透過型→透過型の切り替え)、および除石やモニタリングの頻度の見直しを行うことなどが考えられる。



<出典：大規模土砂生産後に生じる活発な土砂流出に関する対策の基本的考え方(案)

／令和2年6月／国総研>一部加筆

図 4-1 河床の変化状況のイメージ

表 4-1 調査内容、及び今後のモニタリング調査項目(案)

国総研資料 第1115号 P15~P16より		現時点の実施状況	今後の実施方針(案)	調査箇所(案)	調査頻度(案)	
区分	調査項目	調査方法				
土砂 生産状況	崩壊地面積の 時空間分布状況	空中写真判読	R3年に実施済み (R2,H21のオルソ)	砂防基準点上流 の万江川流域	毎年1回 および 大規模降雨後	
	生産土砂量の 経年変化	航空レーザー測量	R2-H21は全域 済 R4-H21は一部 済			・当面は毎年実施 ・大規模降雨後に追加で実施
		現地調査	R3年に実施済み	LP差分で顕著な土砂生産が 認められた時、および大規模 降雨後に実施	顕著な崩壊が 発生した時 および 大規模降雨後	
	大規模土砂生産後の 土砂の堆積状況 (流域内、斜面内、 河道内)	航空レーザー測量	R2-H21は全域 済 R4-H21は一部 済	・当面は毎年実施 ・大規模降雨後に追加で実施	砂防基準点上流 の万江川流域	毎年1回 および 大規模降雨後
生産土砂の粒径	現地調査 (地質区分ごと)	R3年に実施済み	LP差分で顕著な土砂生産が 認められた時、および大規模 降雨後に実施			
土砂 流出状況	流出土砂量と 土砂の流出特性の 経年変化	航空レーザー測量	R2-H21は全域 済 R4-H21は一部 済	・当面は毎年実施 ・大規模降雨後に追加で実施	万江川流域	毎年1回 および 大規模降雨後
	流出土砂の粒径	空中写真判読	-			
		現地調査	R3年に実施済み	R3年時の調査箇所 (適宜追加)	顕著な崩壊が 発生した時 および 大規模降雨後	
	流出状況の想定	河床変動計算	R3年に実施済み (外力：R2年7月豪雨、 1/100の降雨)	大規模降雨が発生した場合実施	万江川の球磨川 合流点まで	大規模降雨後
掘削除石量*	除石記録の整理	H21~R4.5までの 除石量は整理済み(P9)	除石量を整理し、 確実にデータを蓄積する (河川・砂防でデータを共有)	同上	除石後	

*国総研資料No.1115に記載はないが追加する

➤ 意見聴取：調査内容、及び今後のモニタリング調査項目

表 4-2 「洪水前の流出土砂量に戻った状態」と判断する基準(案)

方法	判断基準
基準点下流の除石量による判断	平成21年~令和2年7月豪雨以前の除石量(約5千m ³ /年) と概ね同じ量になった場合
航空レーザー計測による判断	大きな河床変動が認められなくなったとき
土砂堆積深による判断	吐合橋、基準点下流の橋梁等の桁下から河床を計測し、 大きな変化が見られなくなったとき

➤ 意見聴取：「洪水前の流出土砂量に戻った状態」と判断する基準

5. 今後の検討方針

5.1 中小出水による土砂流出への対策の検討

「国総研資料第1048号」を参考に、以下の検討フローに従って実施する。

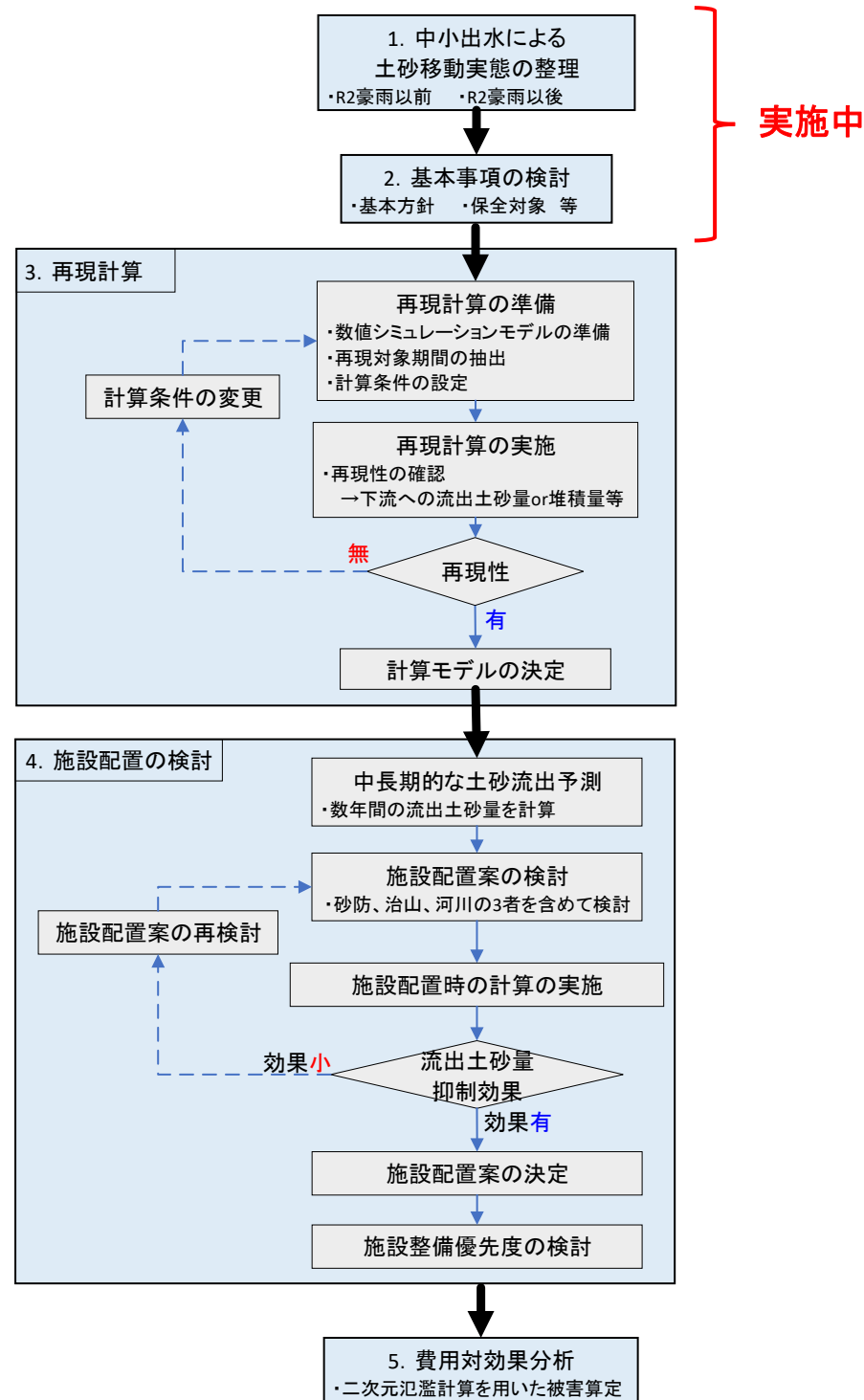


図 5-1 中長期的土砂流出対策の検討フロー

5.1.1 中小出水による土砂移動実態の整理

今後の中小出水による土砂流出・堆積を予測するための基礎データとして、現状における流域内の土砂堆積状況を把握することで、過去の中小出水による土砂移動実態を明らかにする。

万江川流域では、H21・R2・R4年度に航空レーザ測量（LP）が実施されており、LPによるDEMデータを用いて、土砂移動実態を整理する。具体的な調査項目と進捗状況を表5-1に示す。

また、R4LPを用い最新の河道内堆積土砂分布状況は確認できたが、河道内に残存していた不安定土砂が流出したのか、溪流または新たな崩壊地から生じたのか、現時点では明確な土砂生産元を特定できない。

効率的な施設配置を検討するために、今後、山腹を含めた万江川流域全体のLP差分を行う予定である。

表 5-1 調査項目と進捗状況

区分	調査項目	進捗状況	
		R2LP	R4LP
LP	崩壊地分布	済	未
	生産土砂量	済	河道内のみ
	堆積土砂量	済	河道内のみ
	流出土砂量	済	河道内のみ
区分	調査項目	進捗状況	
		R3.6	R5
現地調査	生産土砂の粒径	済※	未
	堆積土砂の粒径	済※	未
区分	調査項目	進捗状況	
その他	除石量	H21～R4.5の期間は収集整理 済 今後も継続実施	

※基準点上流のみ

5.1.2 基本事項の検討

基本事項の検討項目と各流出対策に対応する考え方を整理したものを表 5-2 に、各項目の詳細を(1)～(4)に記す。

表 5-2 基本事項の検討項目

基本事項の 検討項目	【水系砂防計画】 従来の一般的な 砂防計画	① 【土砂・洪水氾濫対策計画】 R3 年度計画 (短期土砂流出対策)	② 【土砂・洪水氾濫対策計画】 今後検討する計画 (中長期土砂流出対策)
対象規模	1/100	1/100	1/30 (河川整備計画に整合)
保全対象	砂防基準点より下流	・砂防基準点上流 ⇒点在集落 ・砂防基準点下流 ⇒集落、市街地	球磨川合流点より上流の 万江川流域内の集落、市街地等
計画の目標	砂防基準点における 流出土砂量を目標以 内に抑える	・砂防基準点上流 ⇒河床変動計算により、 氾濫解消 ・砂防基準点下流 ⇒左記と同じ	河床変動計算により、 氾濫解消 ⇒R4.7 に策定された河川 整備計画の完成時を想定
施設配置計画 の対象範囲	砂防基準点より上流 (それより下流の被 害を軽減)	砂防基準点より上流 (それより下流の被害を 軽減)	球磨川合流点より上流 ⇒河川管理区間において は、河川事業との連携を図 る

(1) 対象規模

中長期的に土砂が流出すると、土砂堆積による河積阻害等の悪影響の可能性があるため、この悪影響を低減するための計画を検討する。本項では、計画対象とする降雨規模（通常の砂防計画であれば 1/100 とするもの）を検討する。

➤ **確認**：計画対象規模

万江川の河川整備計画では 1/30 を対象としている。河道計画と整合を図るためにも、中長期土砂流出対策の計画規模を 1/30 としたい。

(2) 保全対象

万江川流域において、砂防基準点上流には集落が点在しており、柳野地区から下流には人吉市があり、多くの地域住民が住んでいる。基準点上流には R2.7 豪雨による多量の堆積土砂が確認されているため、特に基準点下流域では、中長期土砂流出に伴う河床上昇による土砂・洪水氾濫が懸念されている。

そのため、人家が密集している柳野地区から下流の保全対象を把握するために、国土数値情報等を使用し流域内の建物（人家等）、公共施設、避難所の数を確認した。

調査結果一覧を表 5-3 に示し、使用データを表 5-4 に示す。

- ①R2.7 豪雨時には、城内地区の万江川沿いにある人家（左岸側）が被災した。
- ②柳野地区～下の段地区にかけて土砂災害警戒区域が集まっている。
- ③田橋～下林地区にかけては、右岸側に水田が広がっている。

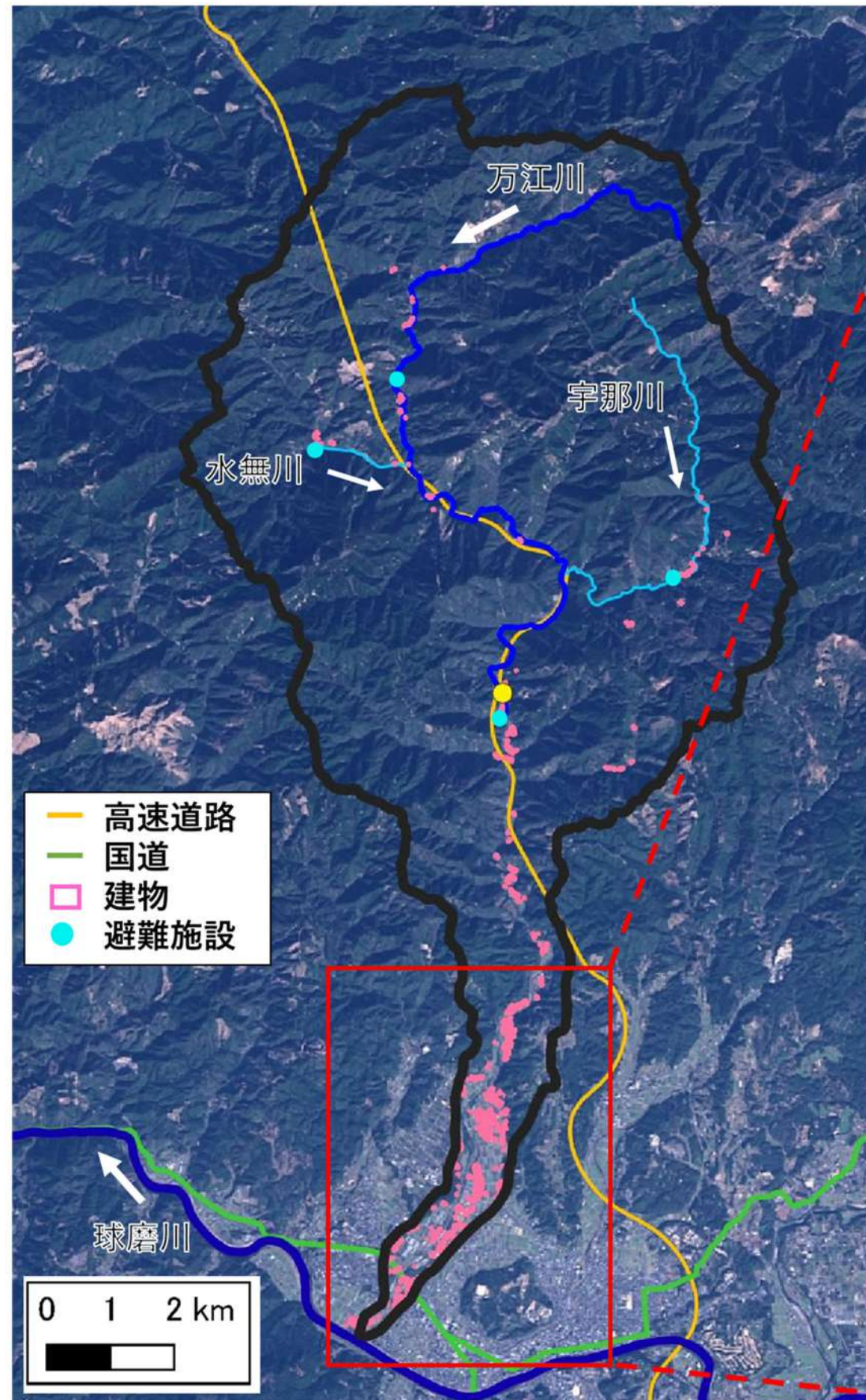
表 5-3 保全対象調査結果（柳野地区より下流域内）

項目	戸数	備考
建物※ (普通・堅ろう建物)	1,125	無へき舎を除く
避難施設	6	自然休養村管理センター 下の段公民館 井ノ口町公民館 羽田公民館 下林2区公民館 中神城本地域学習センター
公共施設	4	村立万江小学校 万江へき地保育所 人吉井ノ口簡易郵便局 けやきホーム

※避難施設、公共施設含む

表 5-4 保全対象調査使用データ

項目	データ出典	データ更新年
建物 (普通・堅ろう建物・無へき舎)	基盤地図情報	令和5年
避難施設	国土数値情報	平成24年
公共施設	国土数値情報	平成18年



背景には地理院タイル（ランドサットモザイク画像）を使用

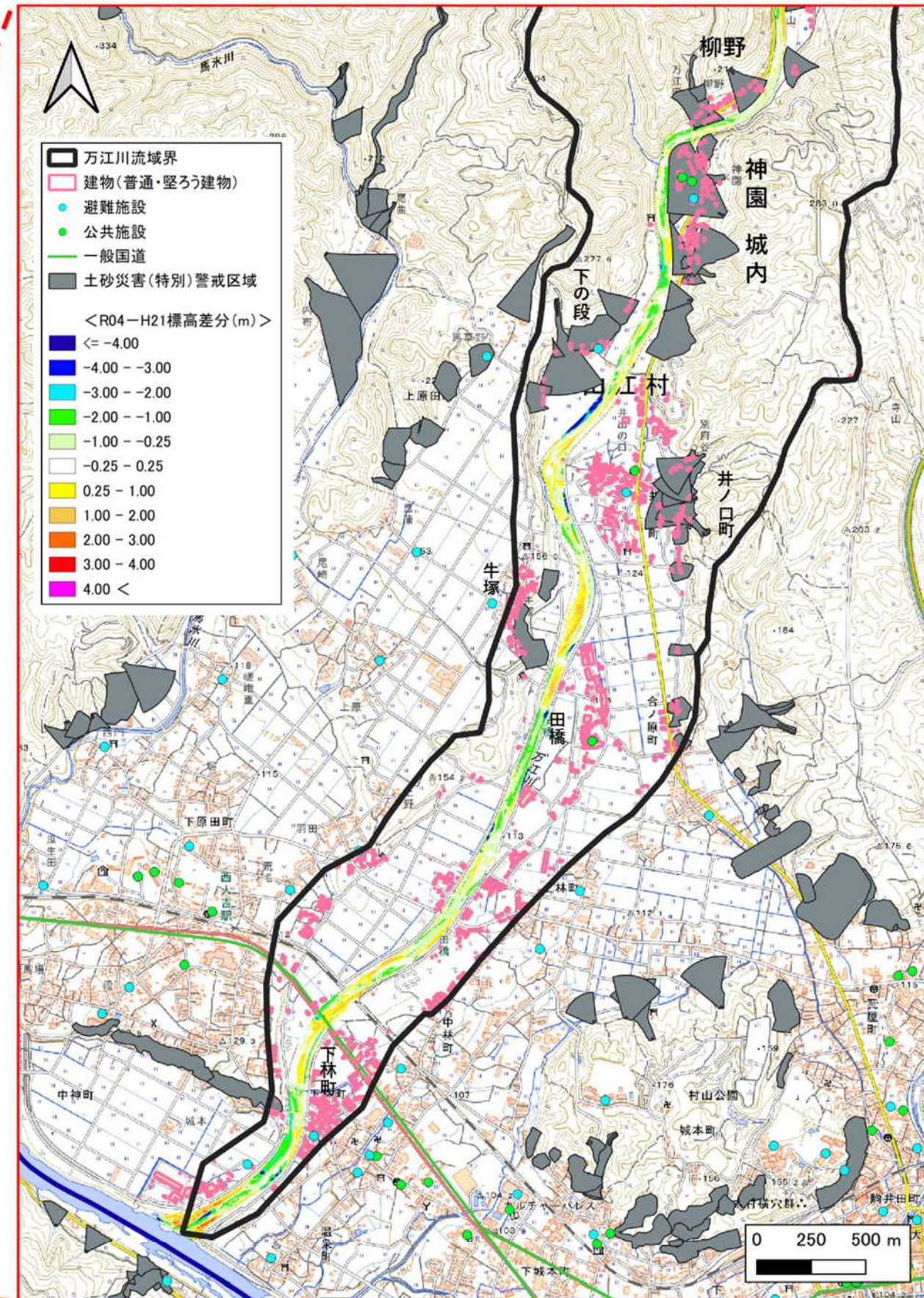


図 5-2 万江川下流域の主な保全対象

(3) 計画の目標

従来の水系砂防計画では、砂防基準点における流出土砂量を目標値に抑えることができれば、下流の氾濫を防ぐことができると考えられていた。

しかし、土砂・洪水氾濫対策では、河床変動計算で河道断面毎に氾濫判定ができるため、中長期土砂流出対策も同様に検討する（図 5-3）。

したがって、許容流出土砂量の目標値は設定しない方針とする。

➤ **確認**：許容流出土砂量の目標は設定しない（必要ない）。

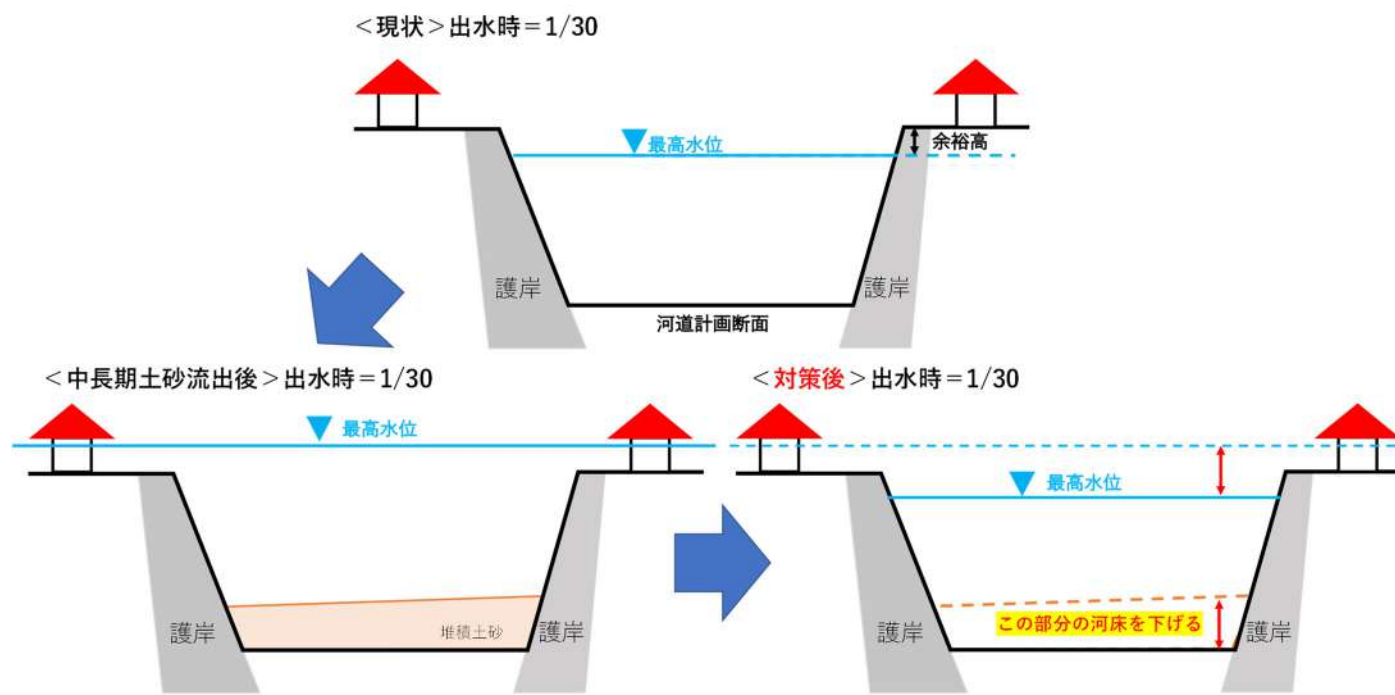


図 5-3 中長期土砂流出対策として堆積土砂を下げるイメージ

(4) 施設配置計画の対象範囲

R3 年度では、計画基準点より上流の施設配置計画を検討した。今後、上流の堆積土砂が流下し、下流の河道内への堆積が懸念されるため、砂防基準点にこだわらず、球磨川合流点までの全体で可能な対策を検討する。

例えば砂防基準点上流は砂防課、基準点下流は基本的に河川課で事業を実施する等の連携方策を考える必要がある。

5.1.3 再現計算

一次元河床変動計算モデルに中小出水の流量を与えれば、流出土砂量を計算することは可能である。しかし砂防計画検討時に使用した一次元河床変動計算モデルは、短期間の大規模出水を対象としたモデルであるため、中小出水による土砂移動にそのまま適用できない可能性がある。このため、中小出水を対象とした再現計算を行い、適したモデルを準備する必要がある。

よって、5.1.1 で整理した中小出水時の土砂移動実態より、再現対象となる情報（例えば河床変動状況、水位観測結果など）を整理し、再現可能な計算モデルとパラメータを作成する。

➤ **確認**：再現モデル

R2 豪雨後～R4 年間の比較的顕著な出水（例：R4 年 9 月台風 14 号）を対象として再現計算を行い、計算モデルを構築する。

5.1.4 施設配置計画

作成した計算モデルを用いて、計画規模を含む中小出水の土砂流出・河床変動の予測を行う。その際に生じる問題（河床上昇による河積断面不足）を整理する。

次に、それを低減するための対策施設の組み合わせを検討し、一次元河床変動計算によって施設効果を検証する。対策施設の検討にあたっては、既存施設や 1/100 に対応する計画施設の活用を優先的に検討する。

5.1.5 費用対効果分析

費用対効果分析は、計画した砂防事業等の効果を評価するため「治水経済調査マニュアル(素)／令和 2 年 4 月」に準拠して行う。

基本方針として、便益の計測は、土砂・洪水氾濫により発生する被害を対象とし、想定氾濫区域内の資産が被災するものとして考える。

5.2 流木対策の検討

5.2.1 流域内残存流木量の把握

R2年とR4年のLP計測に伴う空中写真より、各時点における河道・溪流内の流木集積範囲を判読する。また、他流域における流木集積面積と流木量の関係等の文献を調査する。それらの結果より、R2年とR4年の各時点における残存流木量を、単元流域や河道区間ごとに算出する。

5.2.2 発生流木量の把握

R2年とR4年のLPデータによる差分計算や空中写真判読により、2時期間の新規・拡大崩壊を把握する。その結果と森林簿の材積量データより、新規発生流木量を算出する。

5.2.3 中小出水に伴う流出流木量の推定

上記の結果より、R2年～R4年の間に発生・流出した流木量を算出し、流木収支図を作成する。またその結果をもとに、今後の中小出水時に流出する流木量と流木収支を推定する。

5.2.4 流木対策施設の検討

上記の流木収支をもとに、流木による著しい被害が想定されるケースを想定し、その被害を軽減するための流木対策施設（砂防堰堤への流木止め工の設置等）を検討する。