

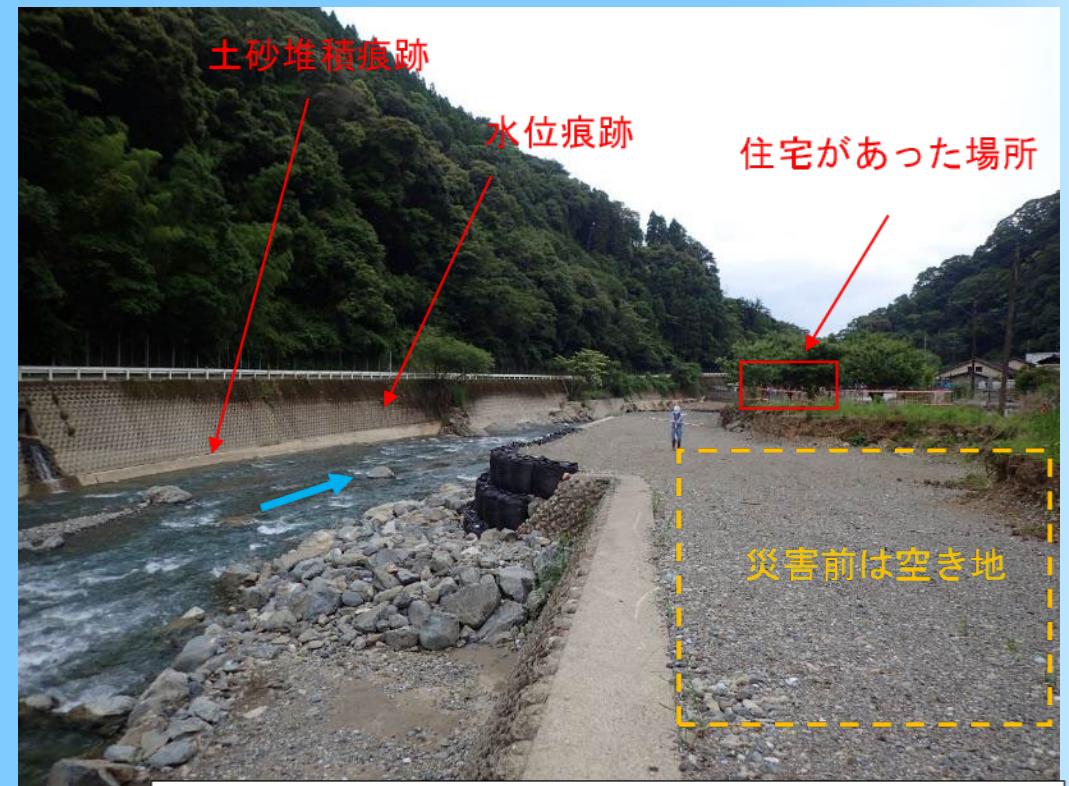
第3回 万江川土砂・洪水氾濫対策検討委員会

～討議資料～

令和5年8月29日（火）



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

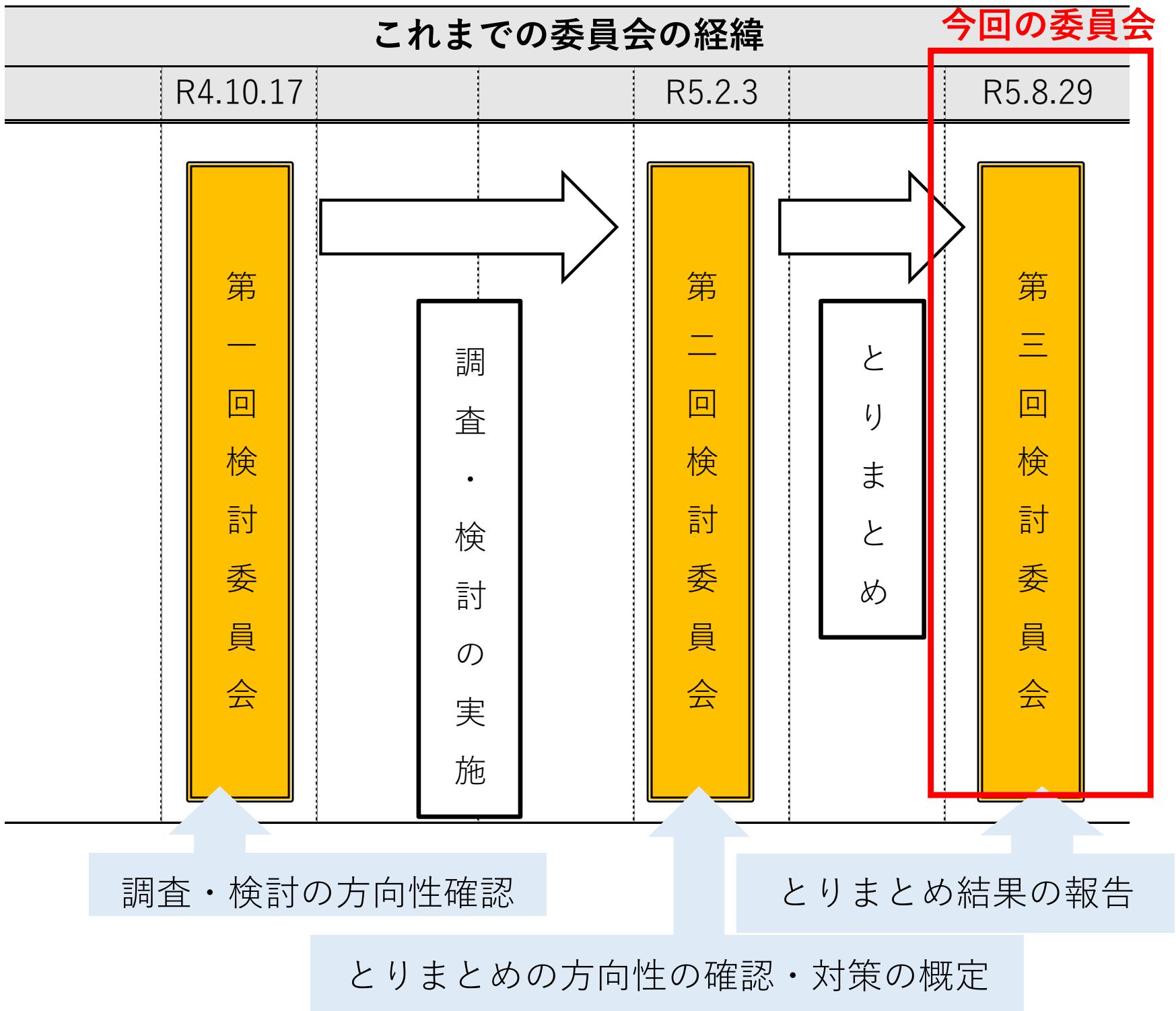


屋形地区、家屋全壊（流失したと思われる）地点、2021年6月9日撮影

万江川土砂洪水氾濫対策検討委員会の開催経緯

- 第1回検討委員会の討議内容 : 万江川の流域概要、砂防・河川・治山が連携した対策の必要性等
- 第2回検討委員会の討議内容 : 万江川の抱える課題、中小出水に伴い発生する土砂・洪水氾濫対策の必要性、対策検討の方向性等
- 第3回検討委員会の討議内容 : 中小出水に伴い発生する土砂・洪水氾濫に対する施設配置計画、河川事業・治山事業との連携内容等

図 万江川土砂洪水氾濫対策検討委員会の経緯



目次

1. 万江川の概況と第2回委員会までの経緯
2. 中小出水による土砂流出への対策
3. 流木対策の検討
4. 河川事業・治山事業との連携

1. 万江川の概況と第2回委員会までの経緯

1.1 万江川の概要

1.2 R2年7月豪雨とR4年台風14号による
土砂移動状況

1.3 R4年台風14号による流木移動状況

1.4 砂防計画策定の経緯

1.5 課題と対応

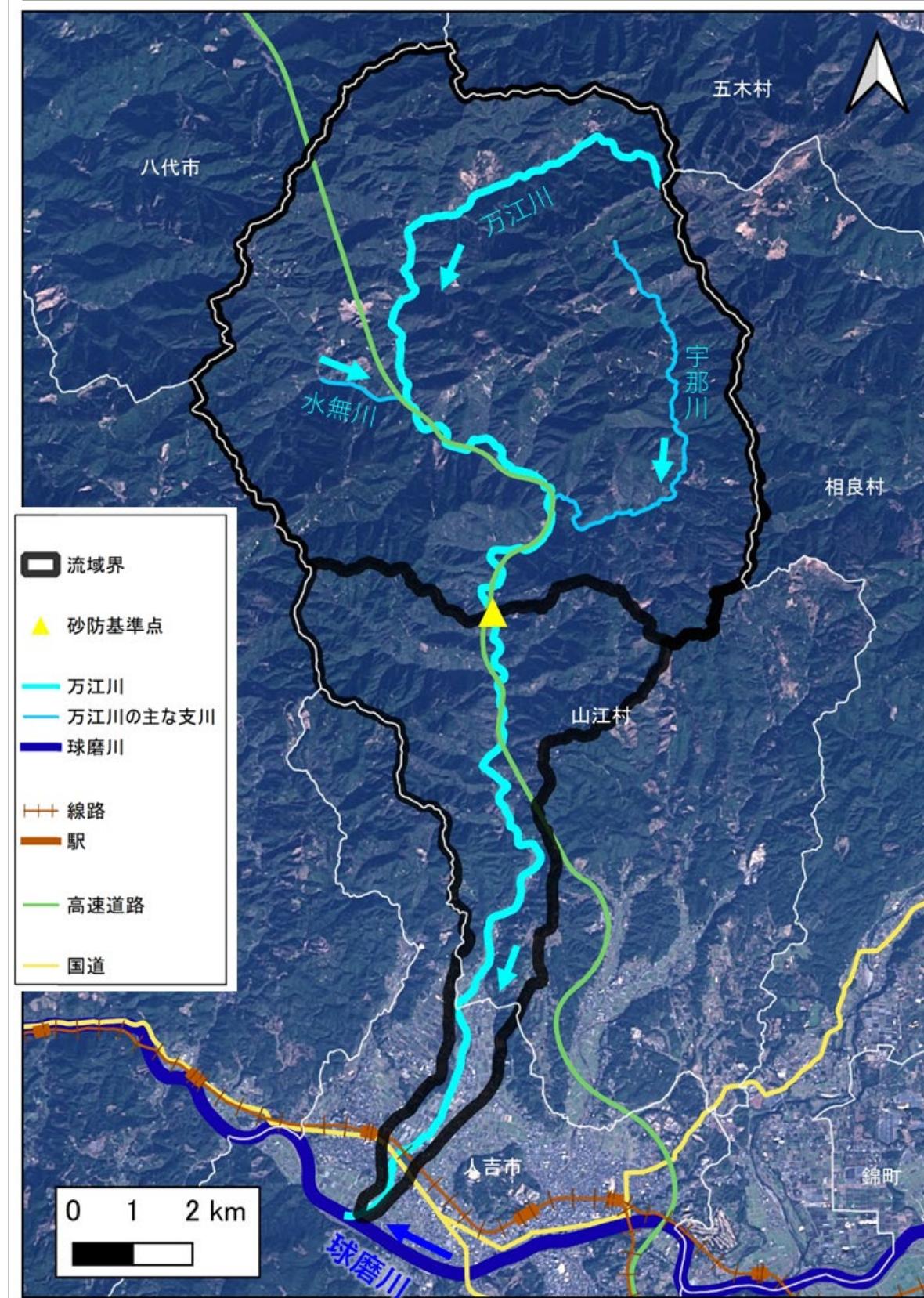
1.1 万江川の概要

- 万江川は仰烏帽子岳(標高1301.7m)に源を発し、南方向に流下して、人吉市街地の西側2.8km付近で球磨川に合流する右支川である。
- 流域面積は、球磨川合流点で90.3km²、砂防基準点で66.0km²である。
- 万江川流域の大部分は山林を主体とするが、下流部には山江村と人吉市の水田・建物が数多く存在し、多くの地域住民が生活している。

表 万江川の流域概要一覧

項目	概要
流域面積	万江川全体 90.3km ² 砂防基準点上流 66.0km ²
標高差／流程＝ 平均河床勾配	万江川全体 1,210m／28,190m ＝ 1／23.3 砂防基準点上流 1,095m／15,660m ＝ 1／14.3
行政区	上流側の大部分が山江村、下流部が人吉市。
土地利用	上流側は森林主体。下流側（特に人吉市内）に水田と建物が分布。
交通網	流域の中央を九州自動車道が縦断。下流部で国道445号線とJR肥薩線が横断。
既往災害	令和2年7月豪雨では万江川上流域周辺では多数の山腹崩壊がおり、土砂・洪水氾濫を引き起こしたと想定される。なお、万江川沿いでR2.7豪雨被害にあったのは28軒である。それ以前には顕著な災害記録はない。
降雨量 (令和2年7月豪雨)	令和2年7月豪雨の24時間雨量は455.6mm/24hrであり、1/50～1/80程度の確率規模であった。なお、100年超過確率の24時間雨量は、488.6mm/24hrである。
砂防施設・治山施設	砂防基準点上流では砂防堰堤が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、溪流保全工が約4km存在する。
保全対象	最下流の平野部を除いては、河道沿いの狭い段丘・平野等に集落が点在する形である。

図 万江川流域概況図



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。
データソース：Landsat8画像（GSI, TSIC, GEO Grid/AIST）, Landsat8画像（courtesy of the U.S. Geological Survey）, 海底地形（GEBCO）

1.2 R2年7月豪雨とR4年台風14号による土砂移動状況

(1) 概要

- R2年7月豪雨とR4年台風14号を挟んだ3時期(図1)の航空レーザ計測(LP)データを使用し、3期間の差分計算によって生産・堆積・流出土砂量を算出した。
※ただし生産より堆積が多い場合は計測誤差と見なし、堆積=生産として補正した。
- 流域全体としては、図2に示す結果となった。
 - H21~R2間には210万^mの土砂が生産され、そのうち約半分が球磨川に流出し、半分が流域内に堆積した。
 - それに対してR2~R4間では、93万^mの生産土砂のうち球磨川に流出したのは5万^mであり、大部分が流域内にとどまった。
 - R4年台風14号後の時点で、H21年と比較すると118万^mの土砂が流域内に堆積している。

図1 豪雨とLP計測時期、および差分計算期間の関係

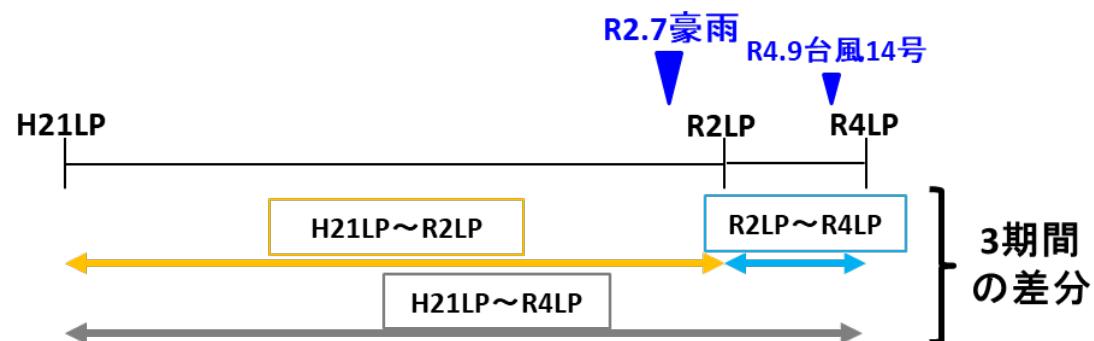
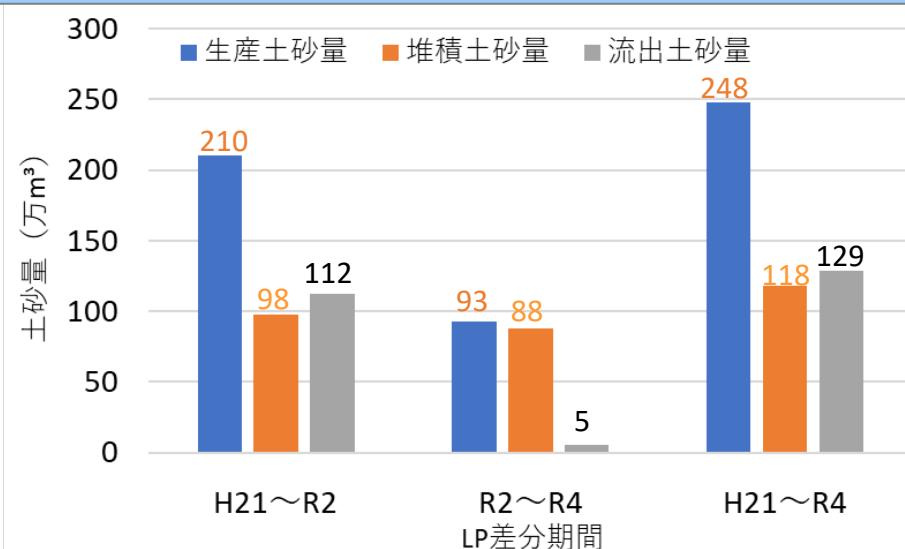


図2 万江川全体(球磨川合流点より上流)の移動土砂量

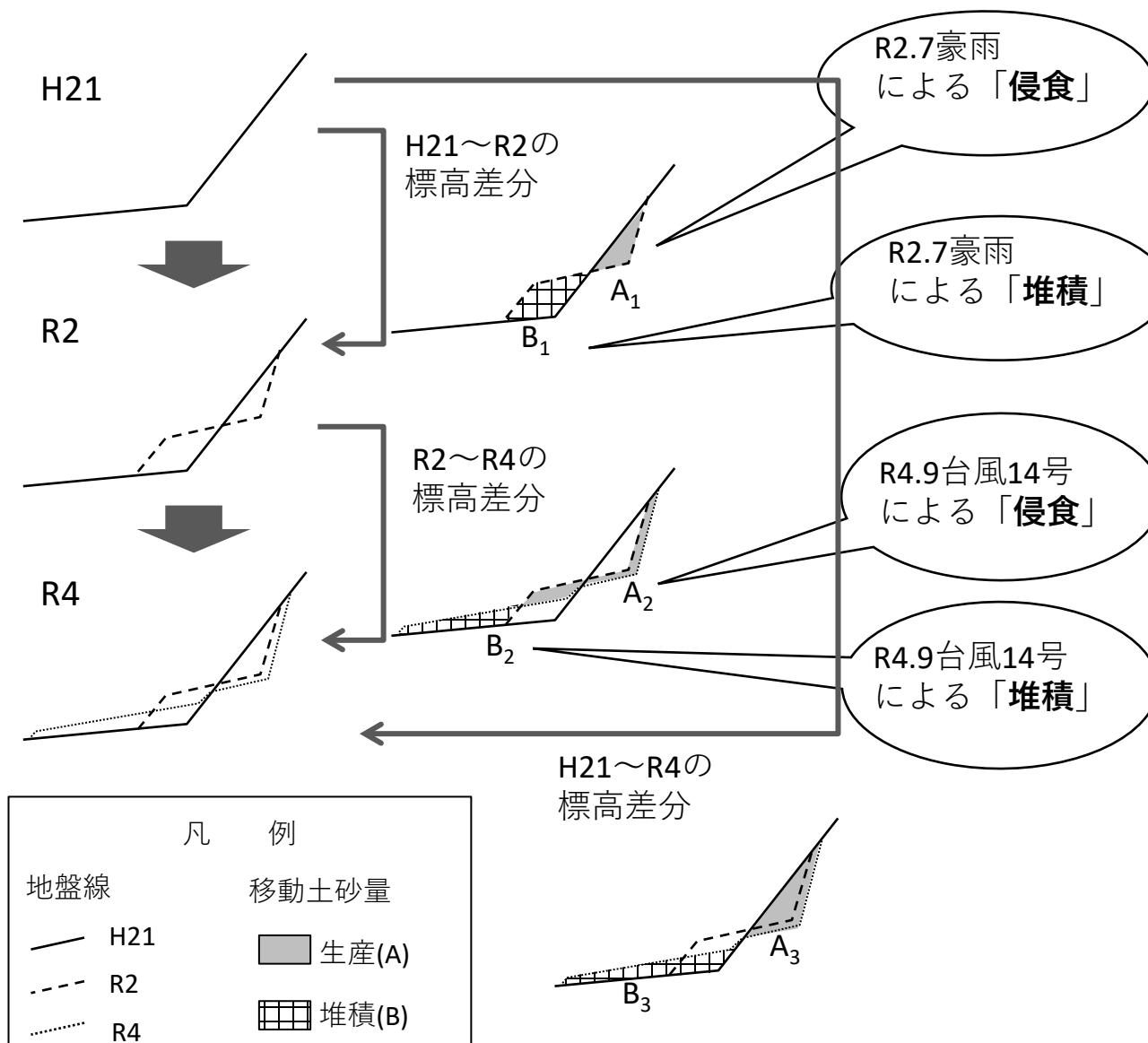


※第2回委員会で示したのは基準点上流の土砂量なので、本グラフの値とは異なる。

(2) 詳細な内訳 - その1

- 図2でいうH21~R2の生産土砂量(210万)と、R2~R4の生産土砂量(93万)の合計は、H21~R4の生産土砂量(248万)と一致しない。これは一旦堆積した土砂が、次の期間に二次侵食されるためである。
図3でいえば、A1とA2の合計がA3に一致しないことに当たる。
- そこで下記のような観点から、時系列的な土砂収支を整理する(次ページへ続く)。
 - R2年の堆積土砂のうち、どの程度が二次侵食によって移動したのか?
 - R4年の生産土砂の内訳(新規崩壊、崩壊地内の侵食、堆積土砂の二次侵食)は?

図3 3期間のLP差分による移動土砂量の模式図

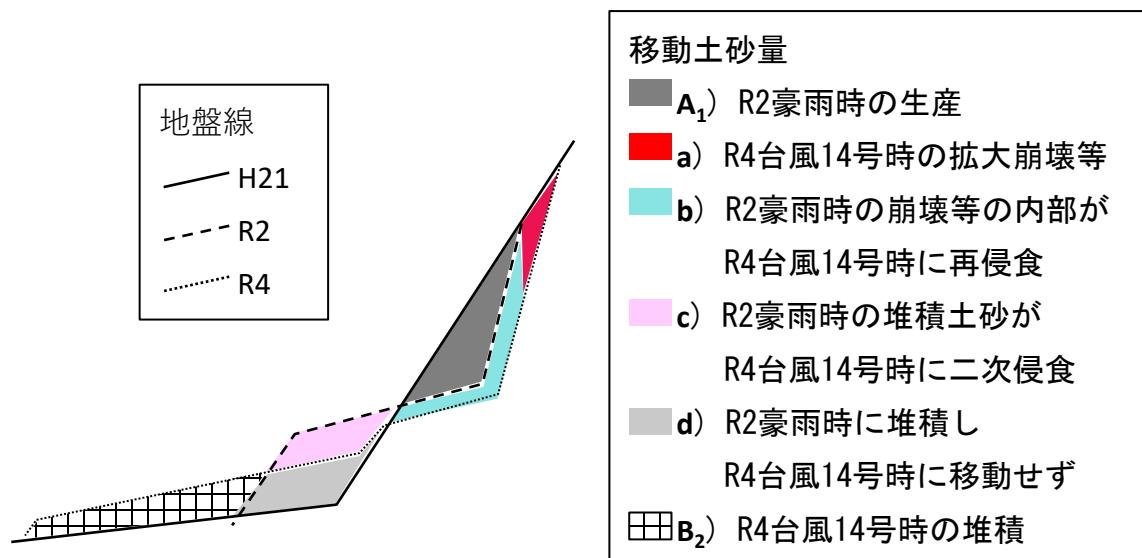


1.2 R2年7月豪雨とR4年台風14号による土砂移動状況

(2) 詳細な内訳 - その2

- R4台風14号による土砂移動のうち、拡大崩壊等によるものだけを別途判読・集計した(図1のa)。
- 図1と前ページ図3の関係から、R4台風14号時の土砂移動の細区分として、b(R2崩壊地内部の再侵食)、c(堆積土砂の二次侵食)、d(堆積土砂のまま移動しないもの)が算出される。
- 結果は図2のようになった。
 - R2～R4間には93万m³の土砂が生産されたが、その大部分は流域内堆積土砂からの二次侵食や崩壊地内の再侵食であり、拡大崩壊等は2万m³であった(赤枠①)。
 - R2年の堆積土砂98万m³のうち、約半分の55万m³が二次侵食された(赤枠②)。
- このように、R2豪雨による堆積土砂が流域内にとどまっていることによって、その後の降雨時に新たな崩壊発生は少なくとも、多くの土砂移動が発生していることがわかった。

図1 R4台風14号時の移動土砂量の細区分



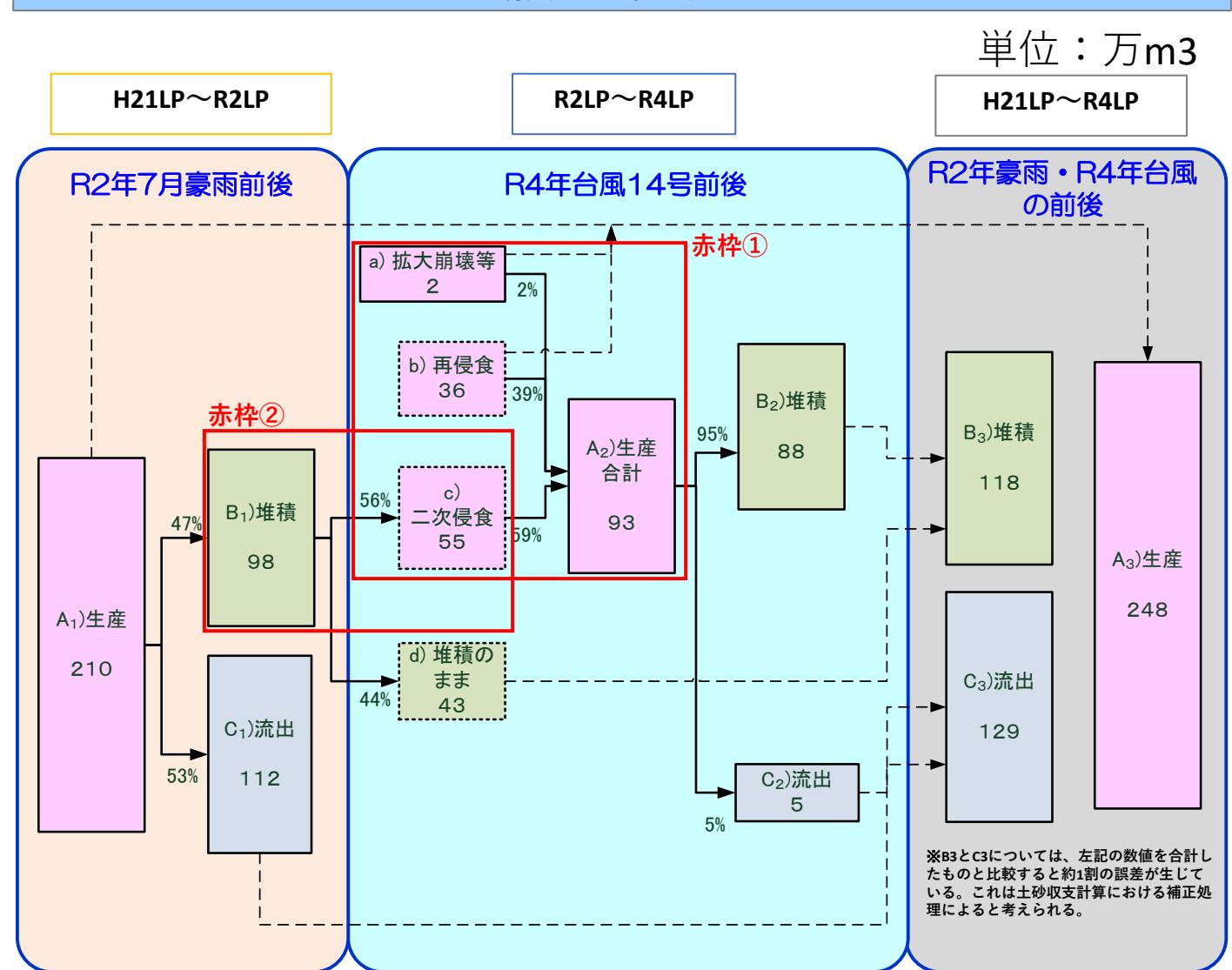
- 移動土砂量
- A₁) R2豪雨時の生産
 - a) R4台風14号時の拡大崩壊等
 - b) R2豪雨時の崩壊等の内部がR4台風14号時に再侵食
 - c) R2豪雨時の堆積土砂がR4台風14号時に二次侵食
 - d) R2豪雨時に堆積しR4台風14号時に移動せず
 - B₂) R4台風14号時の堆積

$$A_3 = A_1 + a + b \quad \therefore b = A_3 - A_1 - a \quad \dots\dots(1)$$

$$A_2 = a + b + c \quad \therefore c = A_2 - a - b \quad \dots\dots(2)$$

$$B_1 = c + d \quad \therefore d = B_1 - c \quad \dots\dots(3)$$

図2 万江川全体(球磨川合流点より上流)の期間別土砂収支図



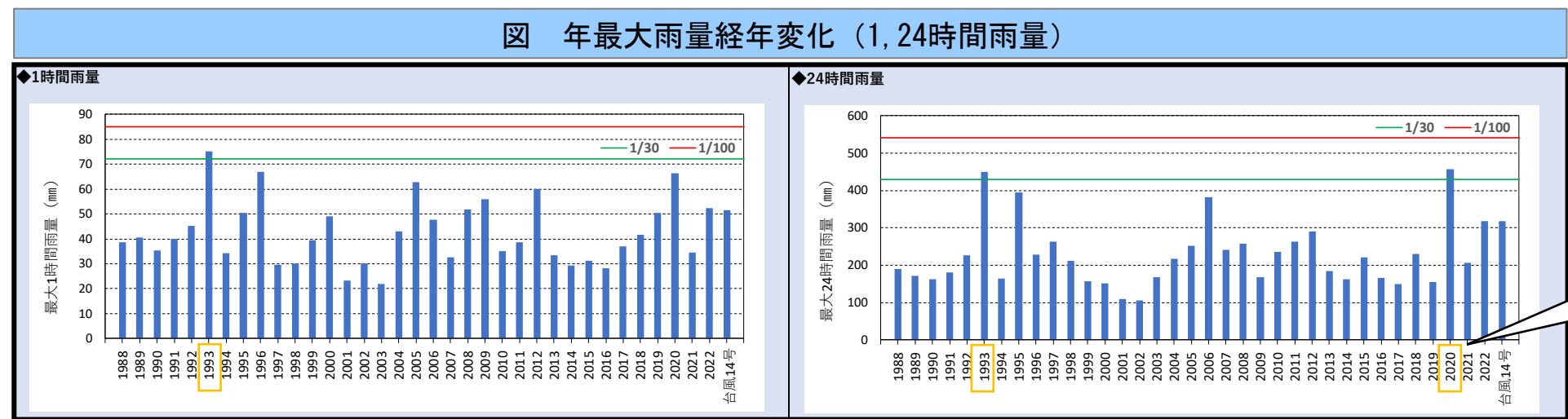
実線枠 : LP差分で算出
 点線枠 : 土砂収支より算出

※B3とC3については、左記の数値を合計したものと比較すると約1割の誤差が生じている。これは土砂収支計算における補正処理によると考えられる。

1.2 R2年7月豪雨とR4年台風14号による土砂移動状況

(3) 過去の1/30規模降雨実績と災害履歴

- 1993年に雨量確率規模1/30の降雨が発生しているが、土砂・洪水氾濫による被害報告は確認できなかった。
- 令和2年7月豪雨の影響で流域内に不安定土砂が多量に堆積しているため、1993年と同規模(1/30)の降雨でも土砂・洪水氾濫が発生する可能性は考えられる。



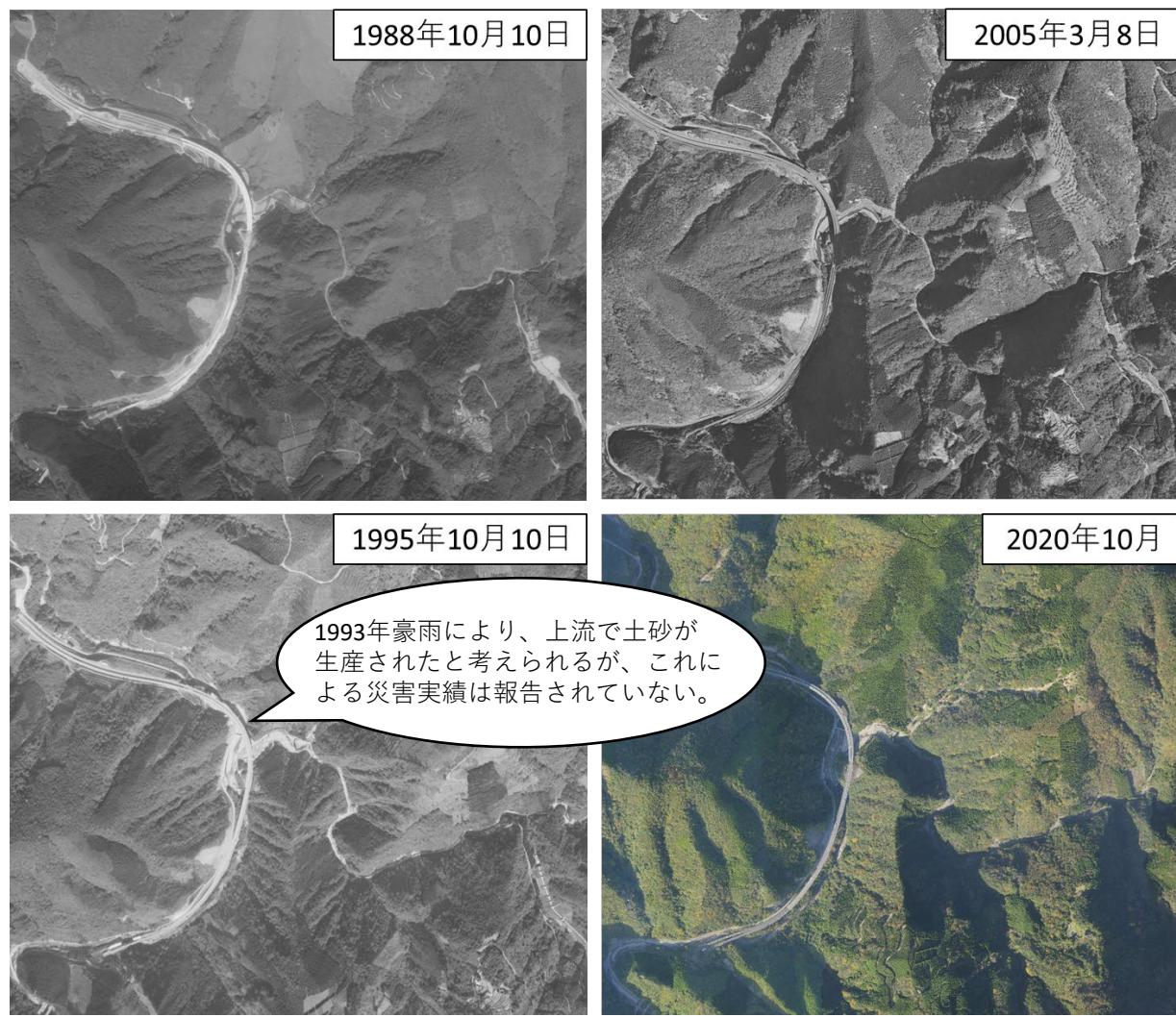
1993年、2020年にW=1/30規模以上の降雨が発生している。

表 山江村周辺における災害履歴一覧

No.	年号	西暦	日付	災害種別	内容	出典
1	令和2年	2020	7/4	がけ崩れ	場所: 山江村万江萩	2006~2020年 土砂災害 一覧表
2	令和2年	2020	7/4	がけ崩れ	場所: 山江村万江寺下	
3	令和2年	2020	7/4	土石流	場所: 山江村万江番慶	
4	令和2年	2020	7/4	がけ崩れ	場所: 山江村万江一丸	
5	令和2年	2020	7/4	がけ崩れ	場所: 山江村万江味園	
6	令和2年	2020	7/4	土石流	場所: 山江村万江藤瀬渡	
7	令和2年	2020	7/4	がけ崩れ	場所: 山江村万江淡島	
8	令和2年	2020	7/4	土石流	場所: 山江村万江濁毛	
9	令和2年	2020	7/4	がけ崩れ	場所: 山江村万江濁毛	
10	令和2年	2020	7/4	がけ崩れ	場所: 山江村万江下城子	
11	平成27年	2015	8/25	がけ崩れ	場所: 山江村万江丙	
12	平成24年	2012	7/2	土石流	場所: 山江村万江大河内	
13	昭和57年	1982	7/11~7/25	大雨	人吉総雨量1030mm。山江村で山崩れ等発生(神園、淡島、屋形、下払、湯原)。	山江村誌 第1巻 自然編 (平成24年 3月31日 発行)
14	昭和54年	1979	7/16~7/18	大雨	山江村で道路決壊等発生(井手口、尾崎、小山田、別府、下払、大川内、熊原、寺下)。	
15	昭和54年	1979	6/26~7/1	大雨	山江村で道路決壊等発生(味園、西川内、小山田、別府、東浦、尾崎、城内、湯原、下払、熊原、屋形)。	
16	昭和51年	1976	7/18	台風	山江村万江の県道(屋形)で路肩決壊発生。	
17	昭和51年	1976	6/23~6/24	大雨	山江村で県道決壊(尾崎)、村道決壊(味園、下城子、井手口、西川内、小山田、別府、尾崎等)発生。	
18	昭和50年	1975	6/17~6/22	大雨	人吉総雨量449.0mm、山江村で山崩れ(城内)、崖崩れ(合戦峰、堂園、尾崎、湯原、神園)等発生。	
19	昭和40年	1965	6/23~6/24	大雨洪水	人吉総雨量331mm。山江村で橋流失1ヶ所、各村に災害救助法が適用。	
20	昭和38年	1963	8/14	大雨	人吉総雨量89mm。山江村尾崎の県道で崖崩れ発生。	
21	昭和34年	1959	7/7~7/9	大雨洪水	人吉総雨量290mm。山江村山田の日向瀬橋、井手ノ橋が流失。	
22	昭和34年	1959	7/14~7/15	大雨洪水	人吉総雨量265mm。山江村を流れる万江川の下流一帯が氾濫。	
23	昭和29年	1954	7/9~7/11	大雨	人吉総雨量360mm。人吉市の万江川端で水田冠水1ヶ所、道路決壊3ヶ所。	
24	昭和28年	1953	7/9~7/10	豪雨	人吉総雨量137mm。山江村では水田冠水、橋流失1ヶ所。	
25	昭和26年	1951	7/7~7/10	豪雨・洪水	人吉総雨量355mm、五木で377mm。万江川筋の岩本道路100m決壊、用水道路70m埋没、水田冠水5ヶ所。	
26	昭和25年	1950	9/13	台風	山岳部で大雨、農林業・河川・国鉄肥薩線に被害多し。山田川、万江川とも氾濫。	
27	昭和11年	1936	7/5~7/6	豪雨	万江川・山田川の氾濫で橋の流失等発生。	
28	大正12年	1923	9/3	大雨	大雨のため、万江川上流の足算瀬橋流失。	
29	大正7年	1918	6/15	豪雨	山江村で崖崩れ圧死者3名。	
30	大正5年	1916	7/7	豪雨	万江川の氾濫で、橋梁の流失等発生。	

山江村において平成2年3月以前では、土砂・洪水氾濫は発生していない。

図 万江川・宇那川合流点の堆砂状況



< 出典：地図・空中写真閲覧サービス／国土地理院 >

1.3 R4年台風14号による流木移動状況

- R4台風14号時の新規・拡大崩壊地に対して、その地点の立木材積も流木化したと考えた。
- R2とR4年の空中写真から河道内堆積流木を判読し、堆積面積を計測。赤谷川での事例を参考にして、堆積面積から堆積流木量を算定した(堆積流木量 = 0.0593 × 堆積面積)。2時期の堆積流木量の差(減少分)が、R4台風14号によって下流へ流出したと考えた。

図 流域内堆積流木のイメージ

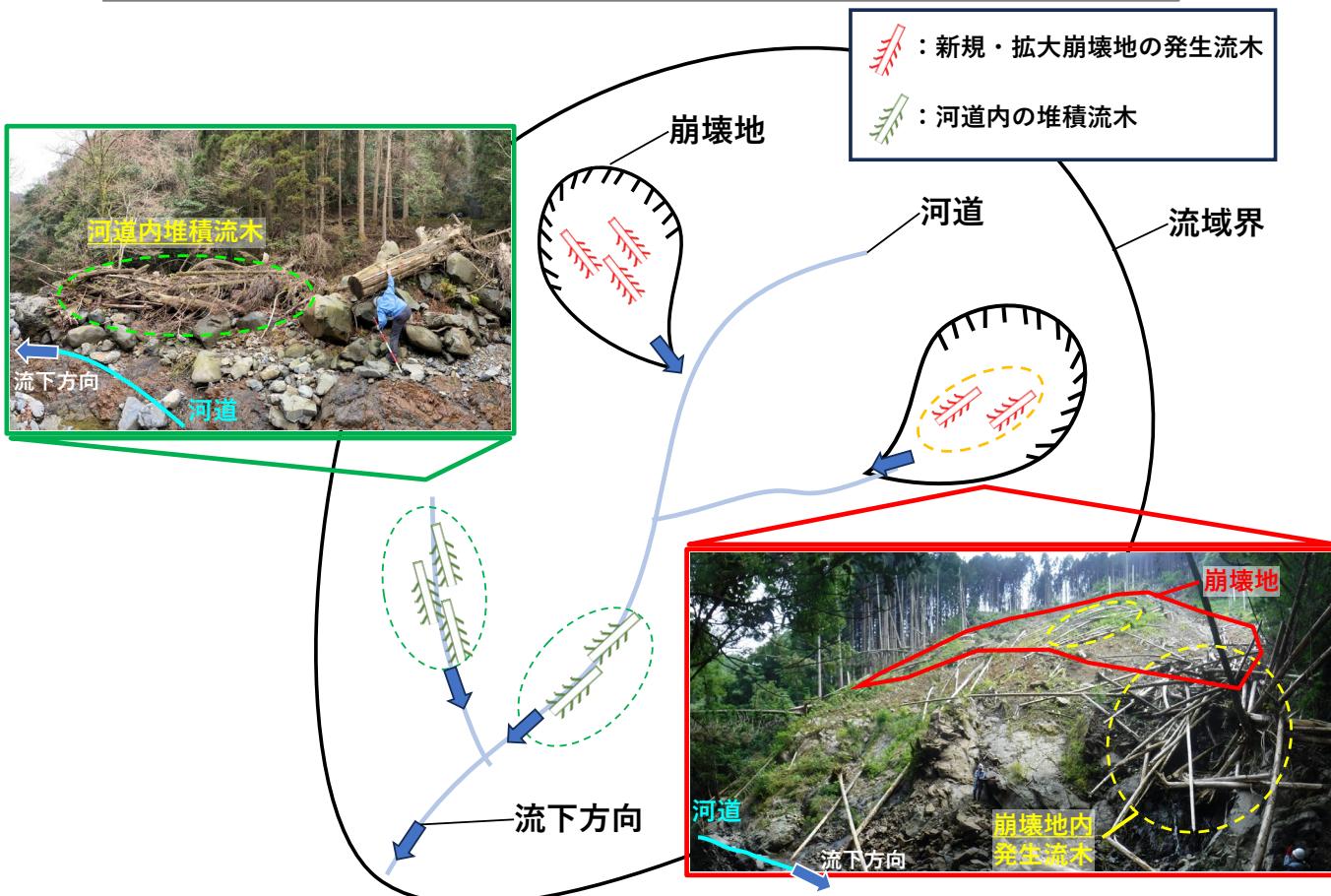


図 集計流域単位の残存流木量 (R4空中写真判読結果)

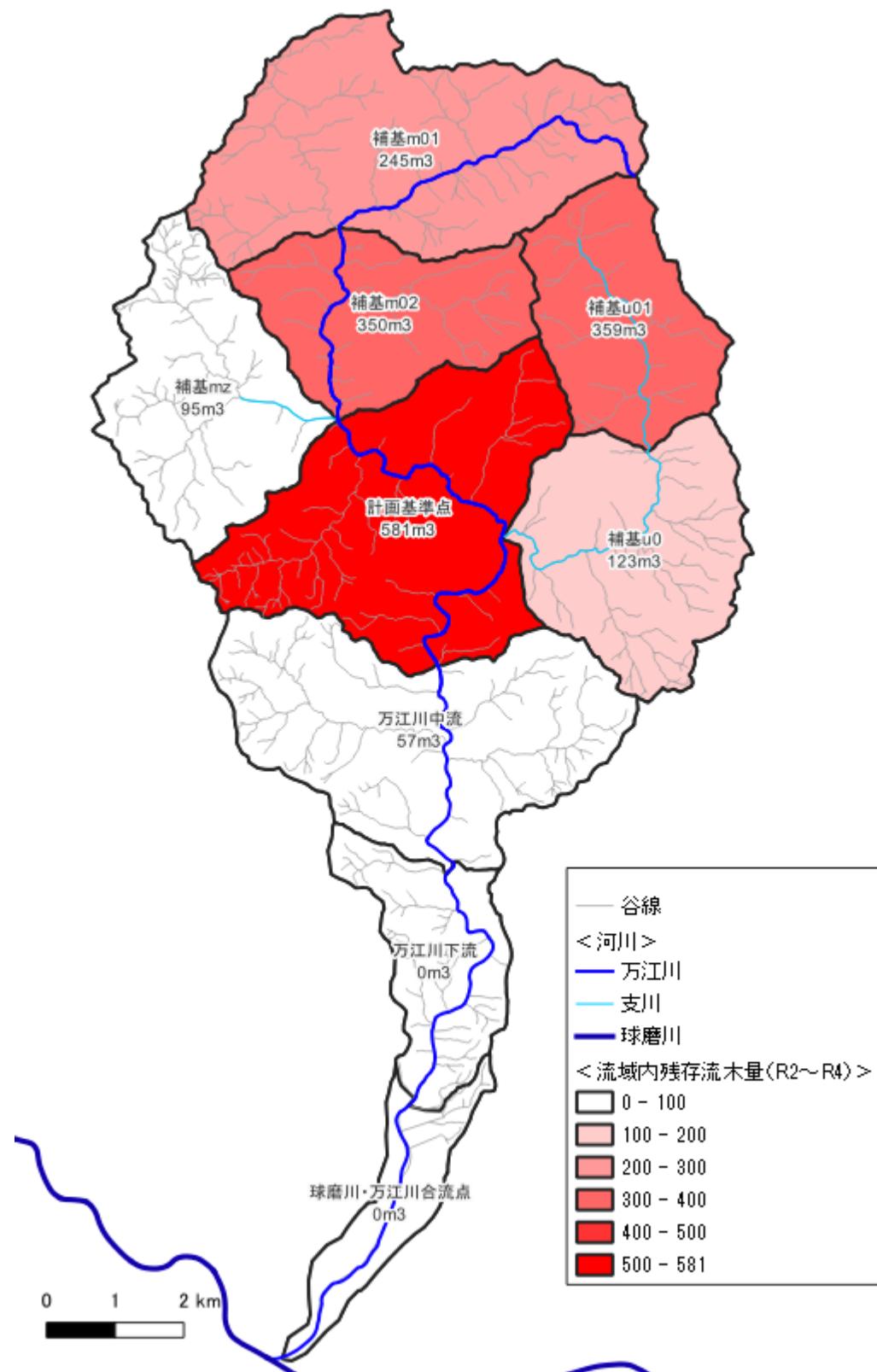


表 流出流木量の算出表

[流木量算定係数:0.0593]

流域	崩壊地からの 流木量 ① (m³)	河道内堆積流木			流出流木量 ⑤=①+④ (m³)
		R2年	R4年	流出流木量 ④=②-③ (m³)	
		残存流木量 ② (m³)	残存流木量 ③ (m³)		
補基m01	176	282	245	37	213
補基m02	15	434	350	84	99
補基mz	42	95	95	0	42
補基u01	124	379	359	20	144
補基u0	19	125	123	2	21
計画基準点	18	604	581	23	41
万江川中流	118	57	57	0	118
万江川下流	7	0	0	0	7
球磨川・万江川合流点	0	0	0	0	0
合計	519	1,976	1,810	166	685

1.4 砂防計画策定の経緯

- R2年7月豪雨による被災状況を受けて、計画規模1/100の砂防全体計画(土砂・洪水氾濫対策計画)をR3年度に策定した。
- 透過型砂防堰堤4基と溪流保全工1.5kmによって、砂防基準点上流(砂防基準点直下の屋形地区を含む)の人家区域における越流を解消するとともに、下流への流出土砂を抑制する計画である。
- 現在、最下流の屋形地区上流の砂防堰堤の建設に向けて、設計業務が進められているところである。

図 1/100対応の施設配置計画図

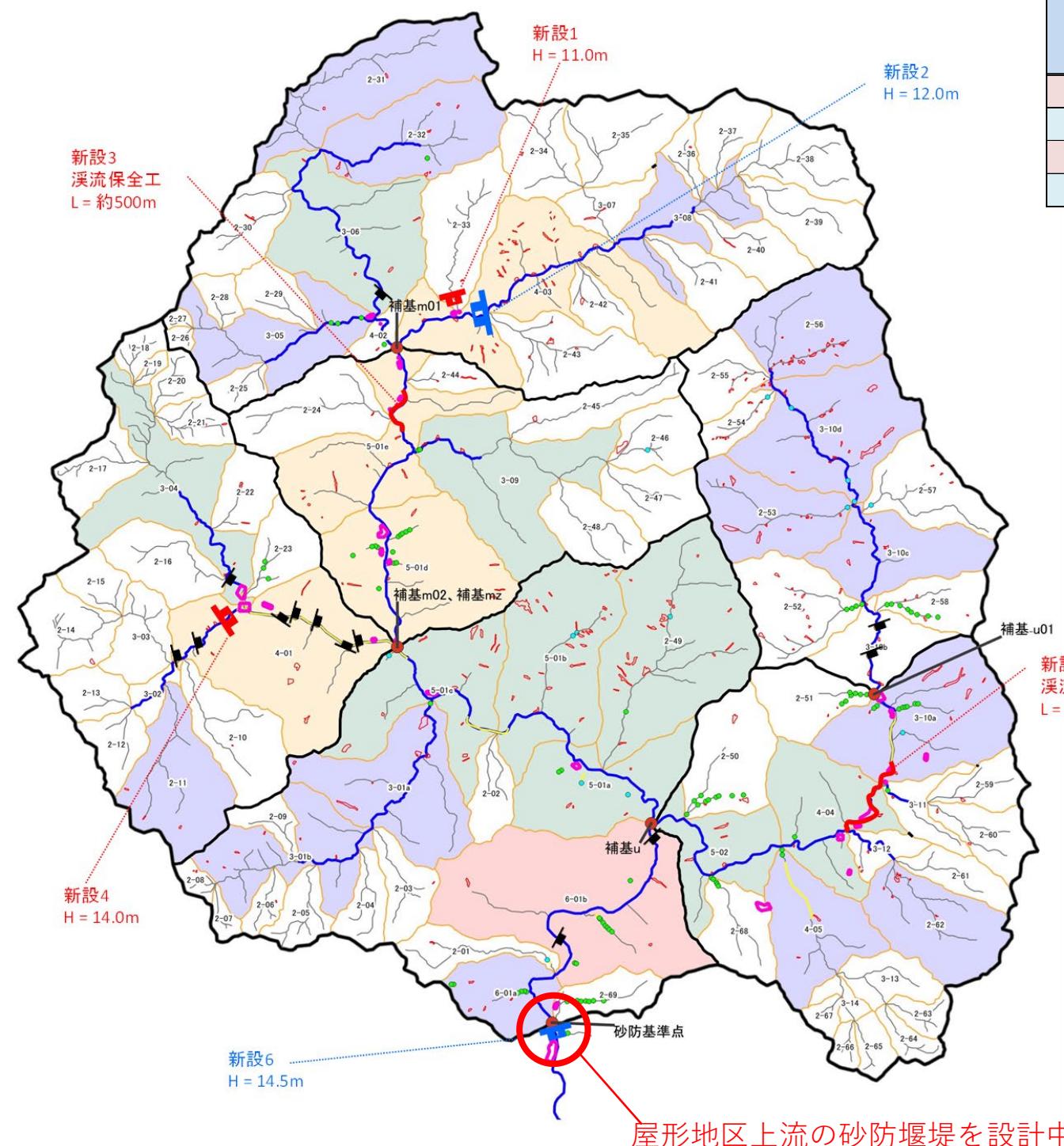


表 新設砂防堰堤一覧

施設番号	工種	土石流対策	堰堤形式	土石移動形態	堤高 (m)	堤長 (m)	施設効果量			備考 (前ページの図参照)
							調節量 (m3)	扞止量 (m3)	効果量合計 (m3)	
1	砂防堰堤	土石流対策	透過・鋼製	土石流	11.0	40.2	15,310	570	15,880	①合子俣地区に対する対策
2	砂防堰堤	-	透過・鋼製	土石流	12.0	65.1	131,250	12,190	143,440	①合子俣地区に対する対策
4	砂防堰堤	土石流対策	透過・鋼製	土石流	14.0	64.9	93,310	9,360	102,670	③水無地区に対する対策
6	砂防堰堤	-	透過・スリット	掃流	14.5	137.5	339,590※	34,720	374,310	⑤屋形地区に対する対策

※ 掃流区間において、透過型堰堤を配置する場合、「平常時の貯砂量×0.8」を計画捕捉量として計上する。さらに、上流に万江川砂防堰堤1(石積み堰堤)があるため、調整量4,160m³を引く。

58万m³ 5万m³ 63万m³
 ~実質効果量~
 調節量+扞止量×0.8

表 新設溪流保全工一覧

施設番号	全長	扞止量 (m3)	備考 (図1-14の番号参照)
3	491	10,560	②熊の原地区に対する対策
5	1027	14,780	④尾崎崎地区に対する対策

2万m³
 ~実質効果量~
 扞止量×0.8

- <計画施設>
 - 土石流対策施設(透過型)
 - 土砂・洪水氾濫対策施設(透過型)
 - 溪流保全工
- <既存施設>
 - 砂防施設(不透過型)
 - 不明施設
 - 治山施設
 - 溪流保全工
- 保全対象(人家・変電所等)
- 崩壊地
- <谷線>
 - 計算区間
 - 1次谷以上の谷線
- <流域>
 - 基準点の流域界
 - 2次谷単位の流域界
- <計画降雨時生産土砂量(m³)>
 - 0 - 20,000
 - 20,000 - 40,000
 - 40,000 - 60,000
 - 60,000 - 80,000
 - 80,000 - 105,290

1.5 課題と対応

- 砂防全体計画では大規模降雨対応として透過型堰堤を計画したため、中小降雨に対する土砂流出抑制効果は期待できない。
- 現在、万江川流域内には多量の土砂が堆積しており、今後の中小出水で継続的に下流河川へ土砂が流出すると、河床上昇による氾濫等の悪影響の可能性がある。このため、中小出水に伴う土砂流出への対策計画を検討することとした。
- 流域内には土砂と同様、R2年7月に発生した流木も残存しており、今後の流出が懸念されるため、それへの対策も検討することとした。
- 万江川の流域治水に資する効果的な土砂・流木対策計画を策定するため、河川・治山事業と連携することとした。

図 透過型砂防堰堤のイメージ

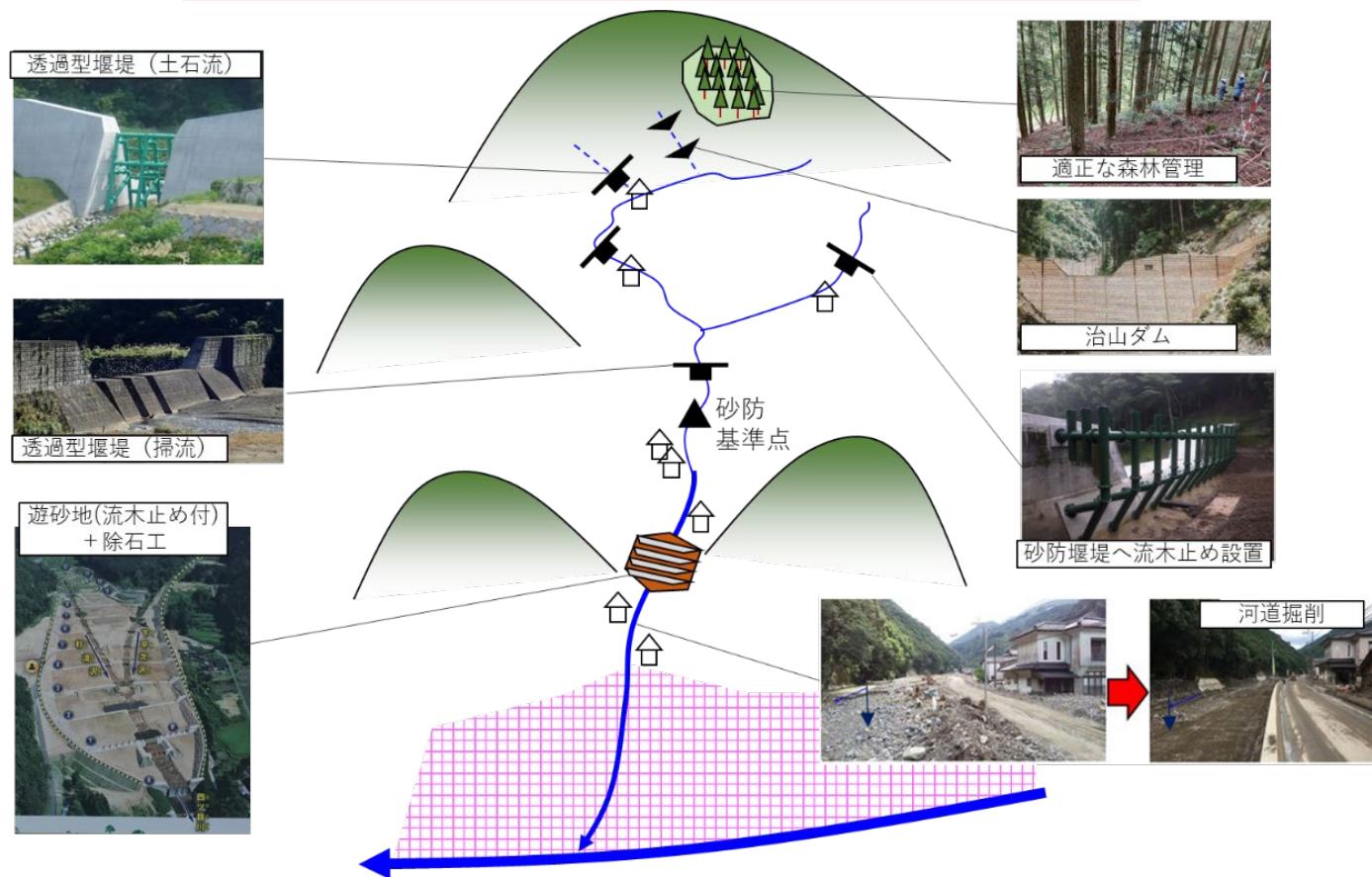


図 万江川河道内の土砂堆積状況



表・図 流域治水における土砂・流木対策の連携イメージ

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	渓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。



調整用白紙

2. 中小出水による土砂流出への対策

2.1 基本方針

2.2 現況施設時の越流予測

2.3 施設配置計画

2.1 基本方針

- R2年7月豪雨で生産され流域内に残存している大量の土砂が、今後の中小出水によっても流出し、下流で河道上昇による氾濫等の悪影響を及ぼす可能性がある。このような悪影響を低減するために、砂防事業を中心とし、河川・治山事業とも連携しつつ対策を行うことを目的とする。
- 越流予測や施設効果の評価は、河床変動計算によって行う。

図 大規模土砂生産後の中小出水による土砂流出の概念図

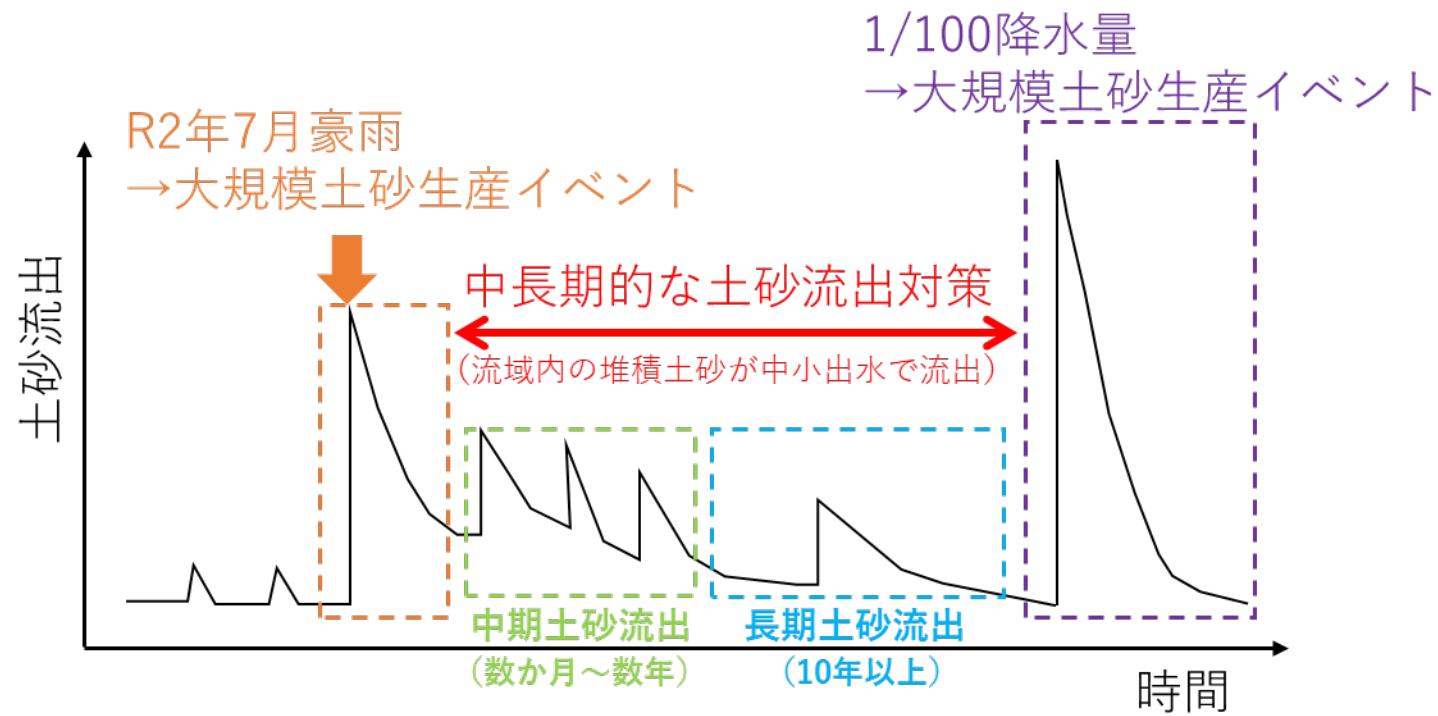


図 河床変動計算による越流予測と対策検討の流れ

参考：国総研資料 第1048号

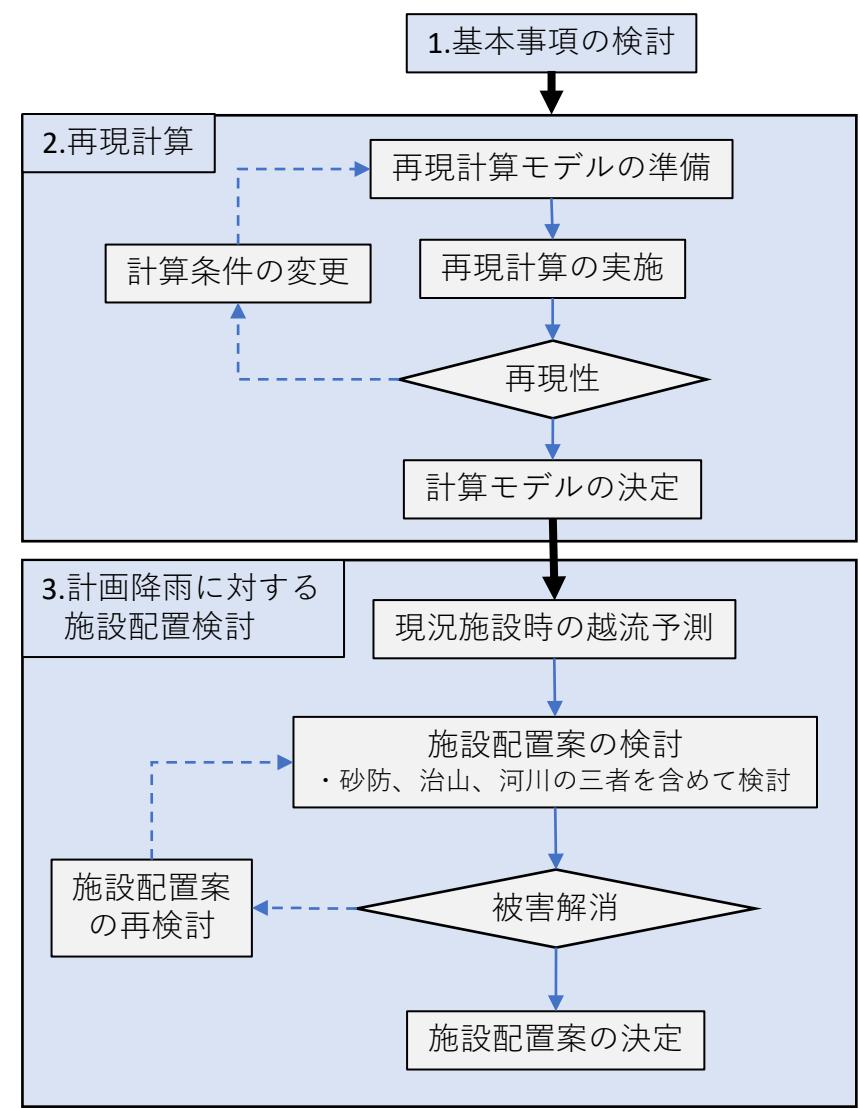


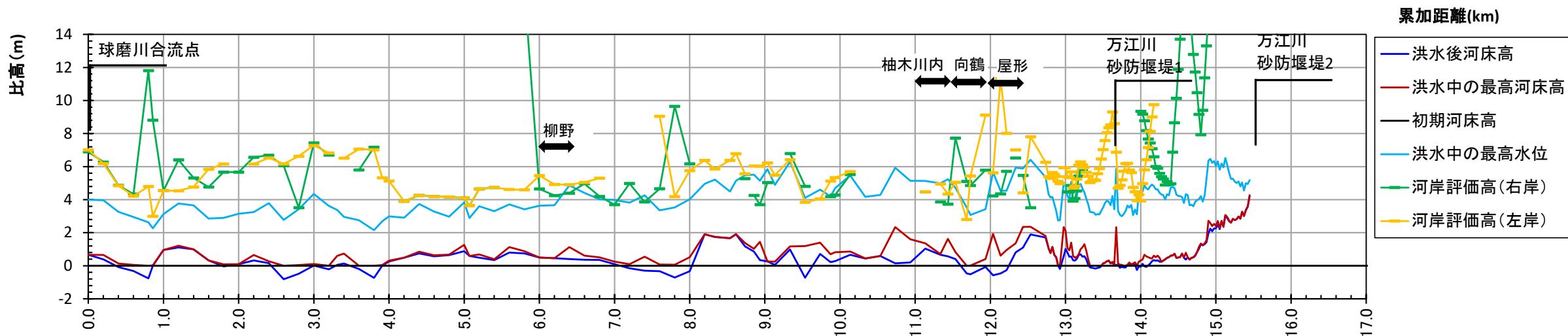
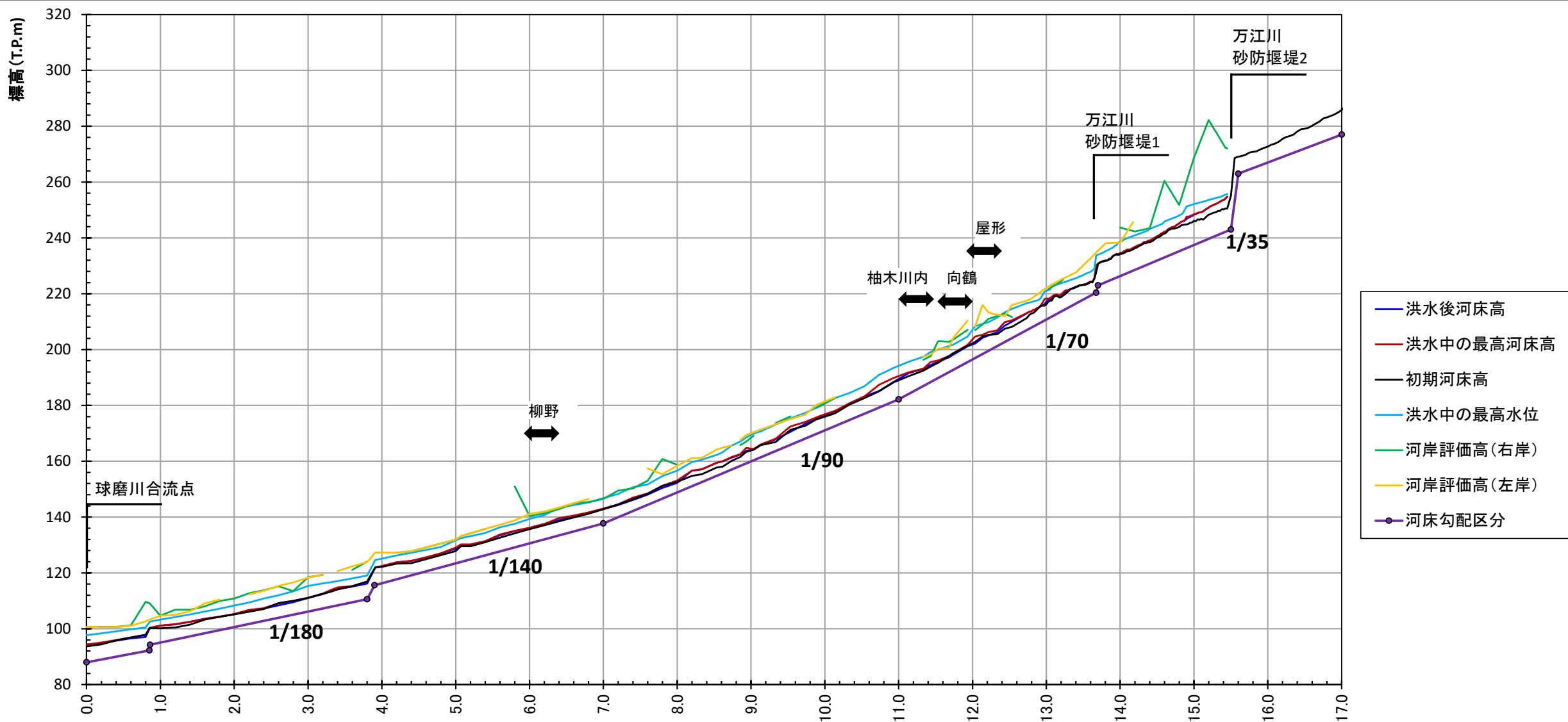
表 基本事項一覧

項目	内容	備考
計画規模	1/30	河川整備計画と整合
計画対象範囲	万江川流域 90.3km ² (球磨川合流点より上流)	
保全対象	万江川流域内の人家等 (山江村および人吉市の一部)	
計画の目標	人家等への越流を解消する。	
計画の前提	河川整備計画による河道改修等は 実施済みであるとする。	

2.2 現況施設時の越流予測

(1) 河床変動計算による越流予測

- 現況施設時（河川整備計画以外の施設を整備しない場合）、降雨規模1/30の条件で、河床変動計算を実施した。
- 計算結果縦断面図(下図)から、最高水位と河岸評価高の比較によって越流状況を判定した。→ 次ページに詳細を示す。



2.2 現況施設時の越流予測

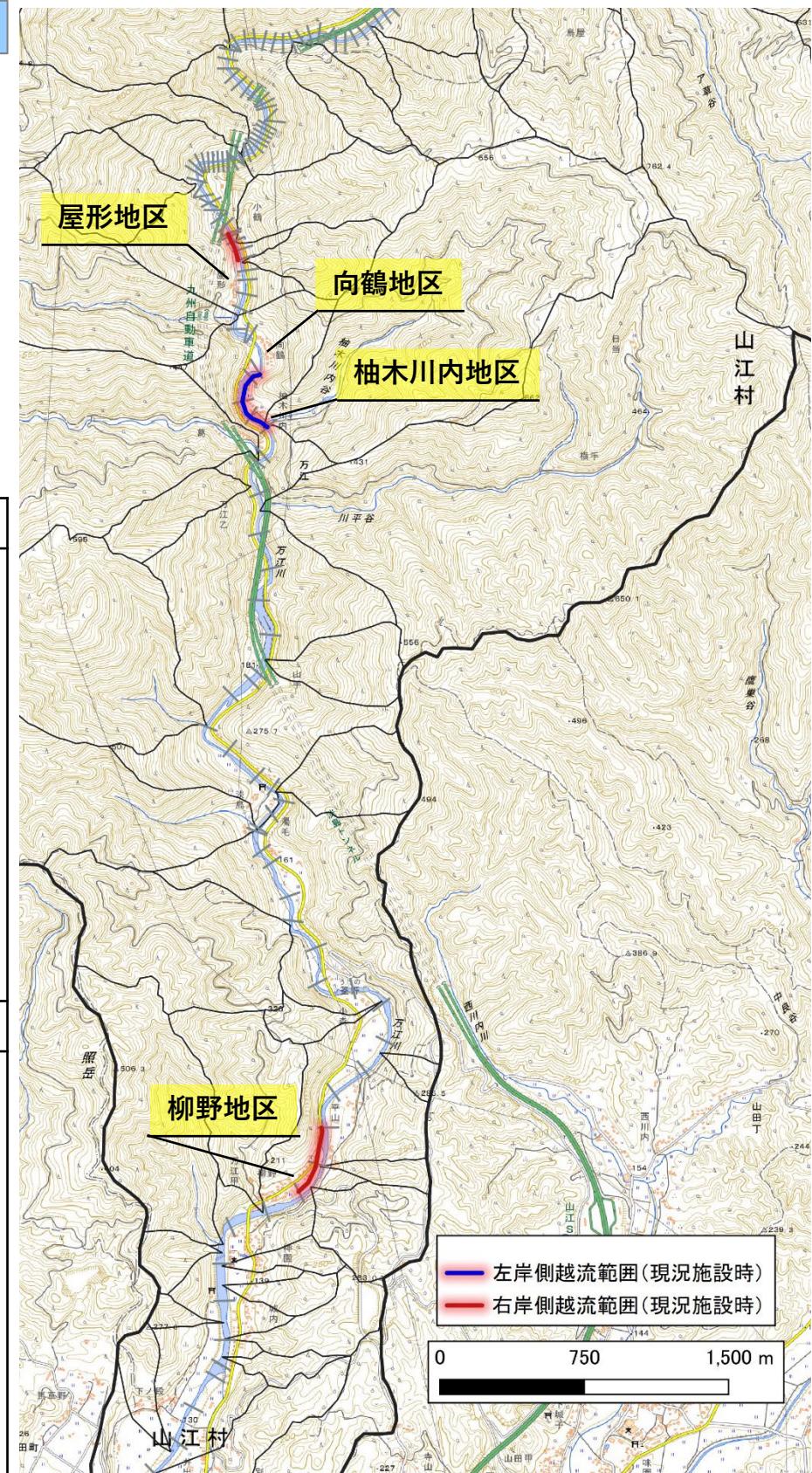
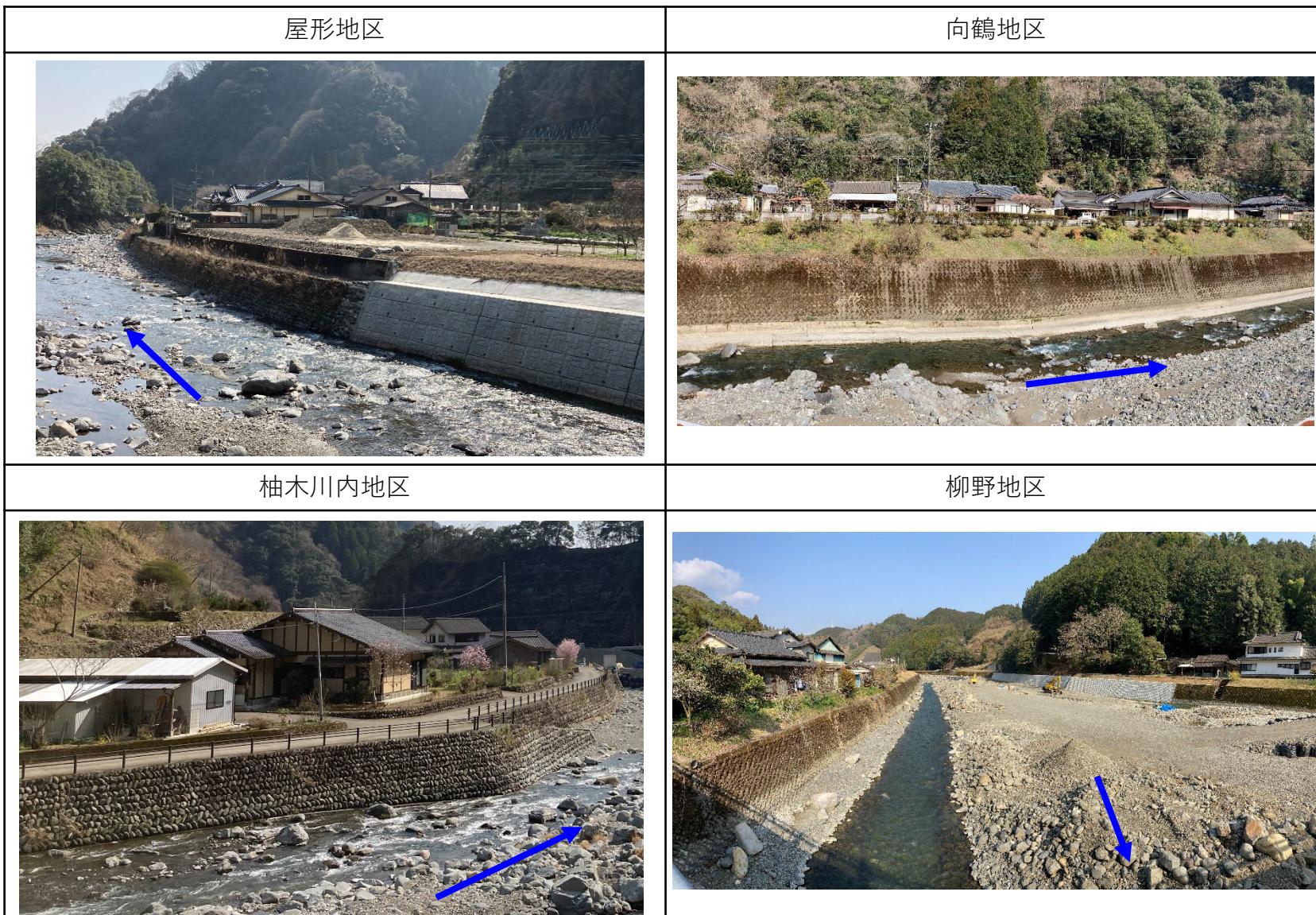
(2) 越流が想定される箇所の状況

■ 現況施設時、降雨規模1/30降雨の場合には、21箇所で越流が予測され、その内、人家等への越流が予想される箇所は4箇所であり、最大90cmの越流が予想される。

表 現況施設時の越流箇所

越流諸元				対策後 越流水深(m)
断面	左右岸	地区名	越流水深(m)	
12.435K	右	屋形	0.4	0.00
11.685K	左	向鶴	0.7	0.00
11.435K	左	柚木川内	0.9	0.00
6.400K	右	柳野	0.5	0.00

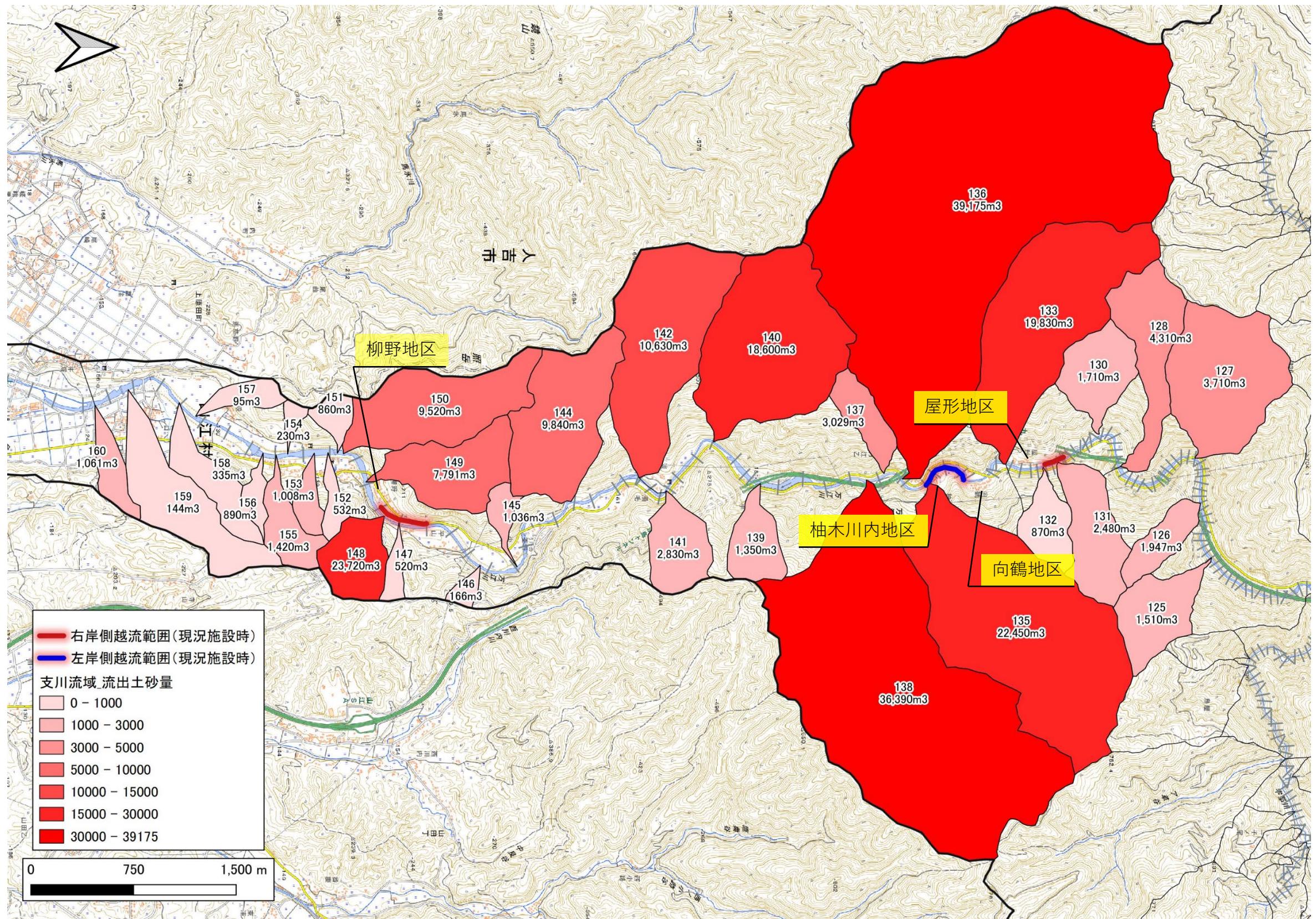
表 越流発生地区の現地状況



2.2 現況施設時の越流予測

(3) 流出土砂量および越流想定箇所の位置関係

- 各支川の流出土砂量および越流箇所の位置関係を示す。
- 越流箇所近傍に流出土砂量の大きな支川がある場合は、支川の土砂流出対策が越流解消に有効と予想される。



2.3 施設配置計画

(1) 施設配置方針

- 可能な限り、砂防施設配置(砂防堰堤の新設・既設改築、遊砂地等)によって越流解消を図る。
- 砂防事業のみによって越流を解消できない場合には、河川事業(築堤や河道掘削等)によって越流解消を図る。

基本フロー	砂防事業検討メニュー
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 現況状態として、河道は河川整備計画断面とし、砂防・治山施設は令和4年度末時点の施設状況から検討を開始する ➤ 河床上昇による越流が予測される箇所について、越流解消を目的として施設配置を検討する ➤ 下記のフローに基づき、砂防施設の配置を優先的に検討する ➤ 砂防事業のみで、土砂・洪水氾濫が解消されない場合はさらに河川事業を検討する 	<p>砂防事業として以下の対策メニューの中より選定し、現地状況に応じて施設配置を検討する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 除石 ・ 既設堰堤嵩上げ ・ 既設改築（透過型砂防堰堤の場合は不透過型砂防堰堤に改築） ・ 不透過型砂防堰堤 ・ 透過型砂防堰堤（コンクリートスリット堰堤） ・ 透過型砂防堰堤（横ビーム式砂防堰堤） ・ 遊砂地、土石流堆積工 ・ 渓流保全工
<pre> graph TD START[START] --> A[現況状況 河道 : 河川整備計画断面 砂防・治山施設 : 令和4年度末時点施設] A --> B[砂防事業検討] B --> C{土砂・洪水氾濫 被害解消} C -- Yes --> END[END (施設配置計画完成)] C -- No --> D[砂防事業検討 + 河川事業検討] D --> E{土砂・洪水氾濫 被害解消} E -- Yes --> END E -- No --> F[その他案] F --> END </pre>	<h3>河川事業検討メニュー</h3> <p>河川事業として以下の対策メニューの中より選定し、現地状況に応じて施設配置を検討する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 複断面化 ・ 縦断勾配見直し ・ 川幅拡幅 ・ 築堤、嵩上げ ・ 固定堰の可動化 ・ 川幅縮小

2.3 施設配置計画

(2) 施設配置ケース

- 除石（新設・改築を伴わず最も早期に実施できるものとして実施）の効果検証のため、対策ケース①および②の比較を実施した。
- 支川対策の効果検証として、対策ケース④～⑧の比較を実施した。
- 遊砂地の効果検証として、対策ケース⑨を実施した。
- 砂防事業のみで越流が解消されなかったため、河川事業として対策ケース⑩を実施した。
- 最適な施設配置として対策ケース①・③・⑥・⑦・⑩を推奨案とした（対策ケース①および⑦はどちらか一方のみの対策とする）。

対策ケース	砂防事業									河川事業
	除石ケース比較		-	柳野地区越流解消のための支川対策比較			柚木川内・向鶴地区越流解消のための支川対策比較		-	-
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
	万江川砂防堰堤1除石	万江川砂防堰堤2除石	透過型砂防堰堤（横ビーム堰堤）	支川対策（流域番号142）	支川対策（流域番号149）	支川対策（流域番号148）	支川対策（流域番号135）	支川対策（流域番号133・135・136・138）	遊砂地	堤防嵩上げ
対策概要	万江川砂防堰堤1の貯砂量分(4.2万m ³)の除石。	万江川砂防堰堤2の既往除石実績に基づく除石(13.7万m ³)。	屋形地区上流に有効高7.5mの横ビーム式堰堤設置。	柳野地区の越流解消を目標に、上流の支川の流出土砂量を0にする。	柳野地区の越流解消を目標に、下流の支川の流出土砂量を0にする。	柳野地区の越流解消を目標に、直下流の支川の流出土砂量を0にする。	柚木川内地区の越流解消を目標に、最近傍の支川の流出土砂量を0にする。	柚木川内・向鶴地区の越流解消を目標に、上流および直下流の支川の流出土砂量を0にする。	柳野地区の越流解消を目標に遊砂地(A=52,600m ²)設置(人家2軒、農地の用地買収必要)。	向鶴地区の越流箇所、築堤(0.6m)を設置。
越流箇所	屋形地区 (越流水深：0.4m)	×	△	○	-	-	-	-	-	-
	向鶴地区 (越流水深：0.7m)	×	×	△	×	×	×	×	×	○
	柚木川内地区 (越流水深：0.9m)	○	○	△	-	-	-	○	○	-
	柳野地区 (越流水深：0.5m)	×	×	×	×	×	○	×	×	-
採用案	◎		◎			◎	※①除石のほうが経済性に優れていると考えられるので不採用とした			◎

○：越流解消 △：越流水深の0.2m以上の低減 ×：低減効果なし又は越流水深の0.1m以下の低減

越流箇所	下流				上流
	柳野地区 (越流水深：0.5m)	柚木川内地区 (越流水深：0.9m)	向鶴地区 (越流水深：0.7m)	屋形地区 (越流水深：0.4m)	
砂防事業	⑥支川対策 (流域番号148)			③透過型砂防堰堤 (横ビーム堰堤)	①万江川砂防 堰堤1除石
河川事業			⑩堤防嵩上げ		

2.3 施設配置計画

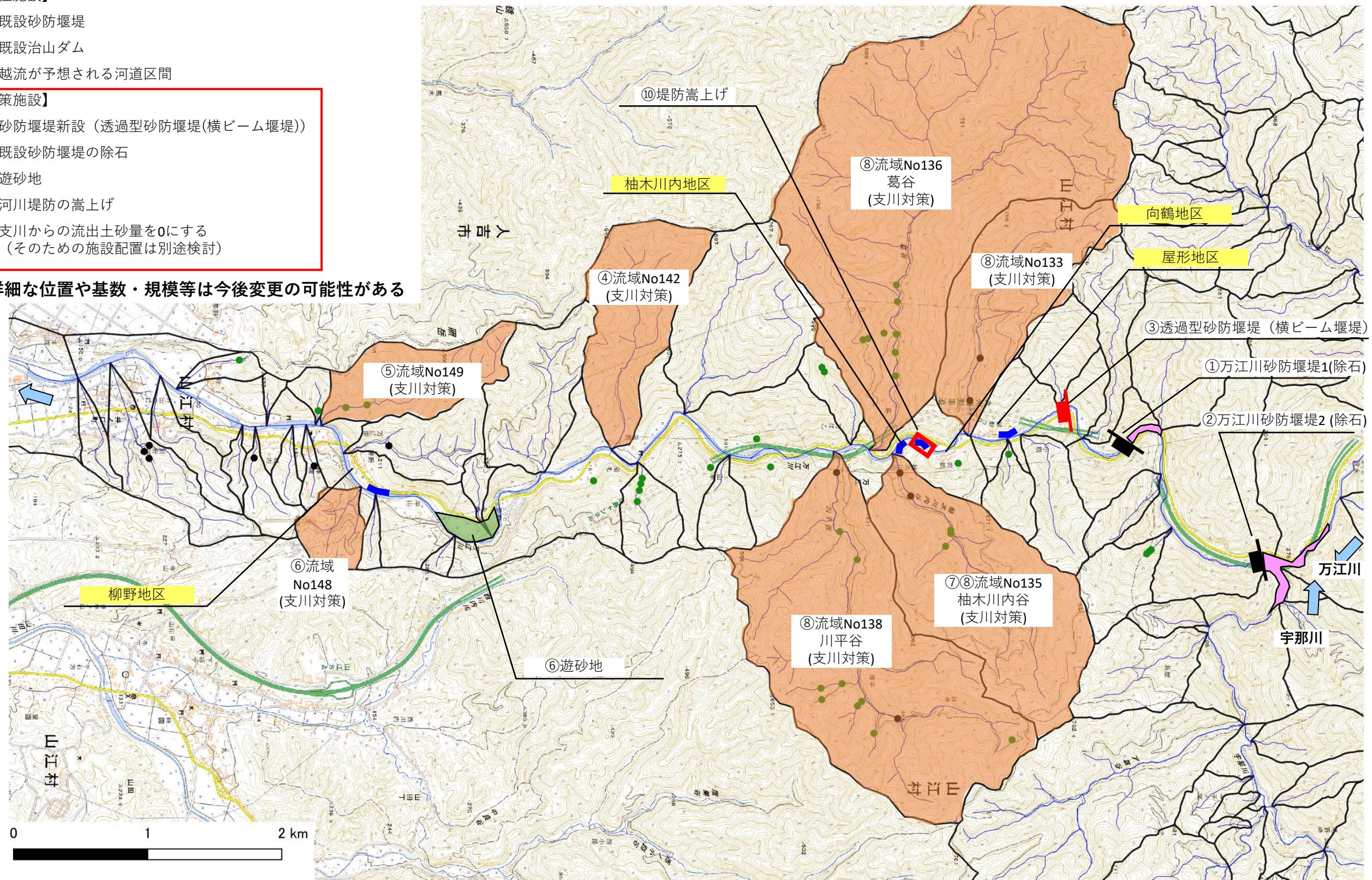
(2) 施設配置ケース

■ 前ページで示した対策工候補箇所を下図に示す。

- 【既往施設】
- 既設砂防堰堤
 - 既設治山ダム
 - 越流が予想される河道区間

- 【対策施設】
- 砂防堰堤新設 (透過型砂防堰堤(横ビーム堰堤))
 - 既設砂防堰堤の除石
 - 遊砂地
 - 河川堤防の嵩上げ
 - 支川からの流出土砂量を0にする (そのための施設配置は別途検討)

※詳細な位置や基数・規模等は今後変更の可能性がある



2.3 施設配置計画

(3) 施設配置検討結果

- 対策工の候補について河床変動計算によって効果を比較検証した結果、下図に示すものを採用した。
- 比較検証の内容については次ページ以降(4)に示す。

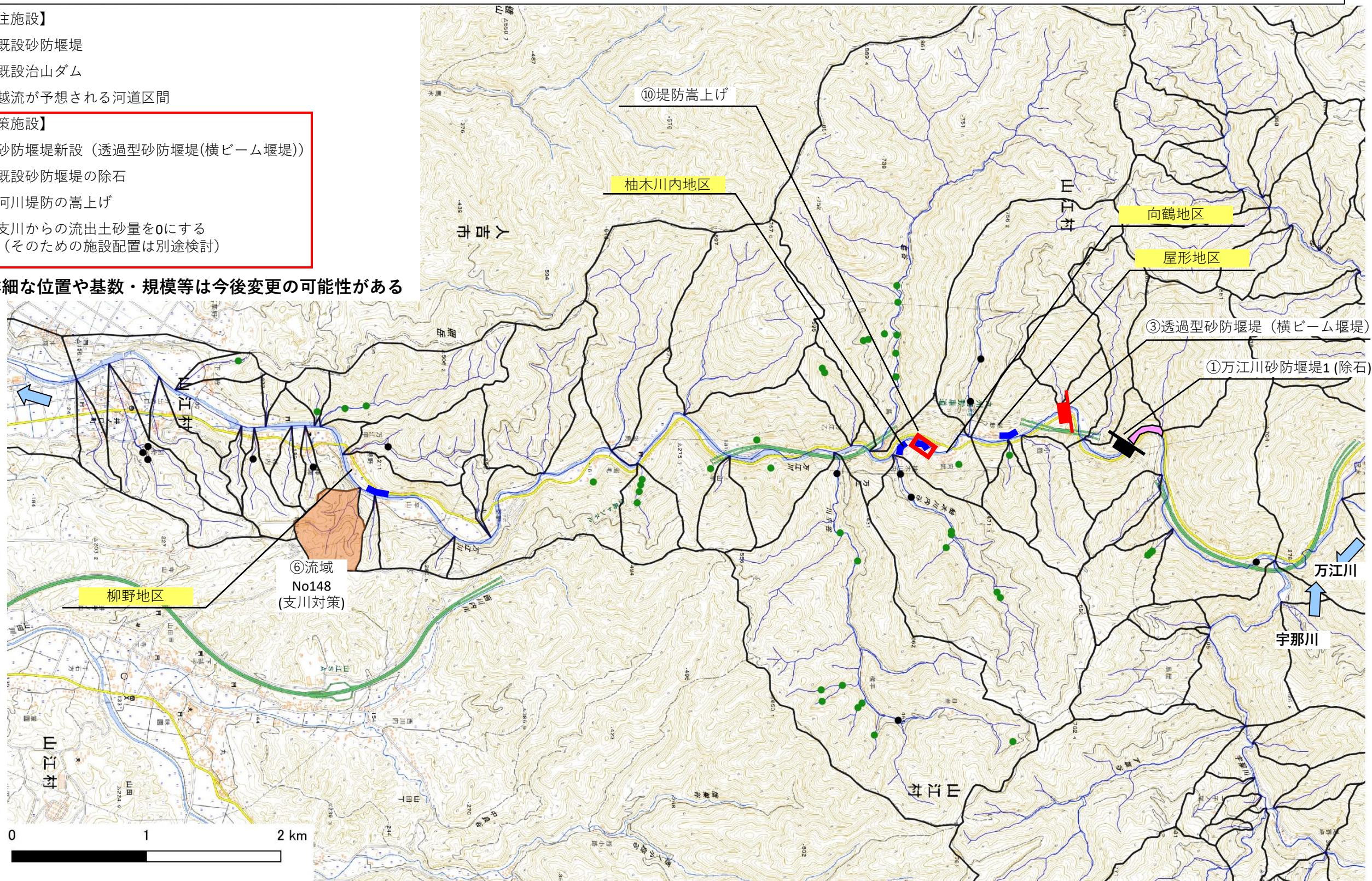
【既往施設】

- 既設砂防堰堤
- 既設治山ダム
- 越流が予想される河道区間

【対策施設】

- 砂防堰堤新設 (透過型砂防堰堤(横ビーム堰堤))
- 既設砂防堰堤の除石
- 河川堤防の嵩上げ
- 支川からの流出土砂量を0にする (そのための施設配置は別途検討)

※詳細な位置や基数・規模等は今後変更の可能性がある



2.3 施設配置計画

(4) ケース別計算結果 - 除石の効果検証 -

- 既設の万江川砂防堰堤1のみを除石したケース(対策ケース①)では、柚木川内地区の越流が解消され、向鶴地区の越流水深は0.1m程度低減された。
- 万江川砂防堰堤1に加えて、上流の万江川砂防堰堤2を除石したケース(対策ケース①+②)では、屋形地区の越流水深が0.2m程度低減されるが、越流解消には至らなかった。

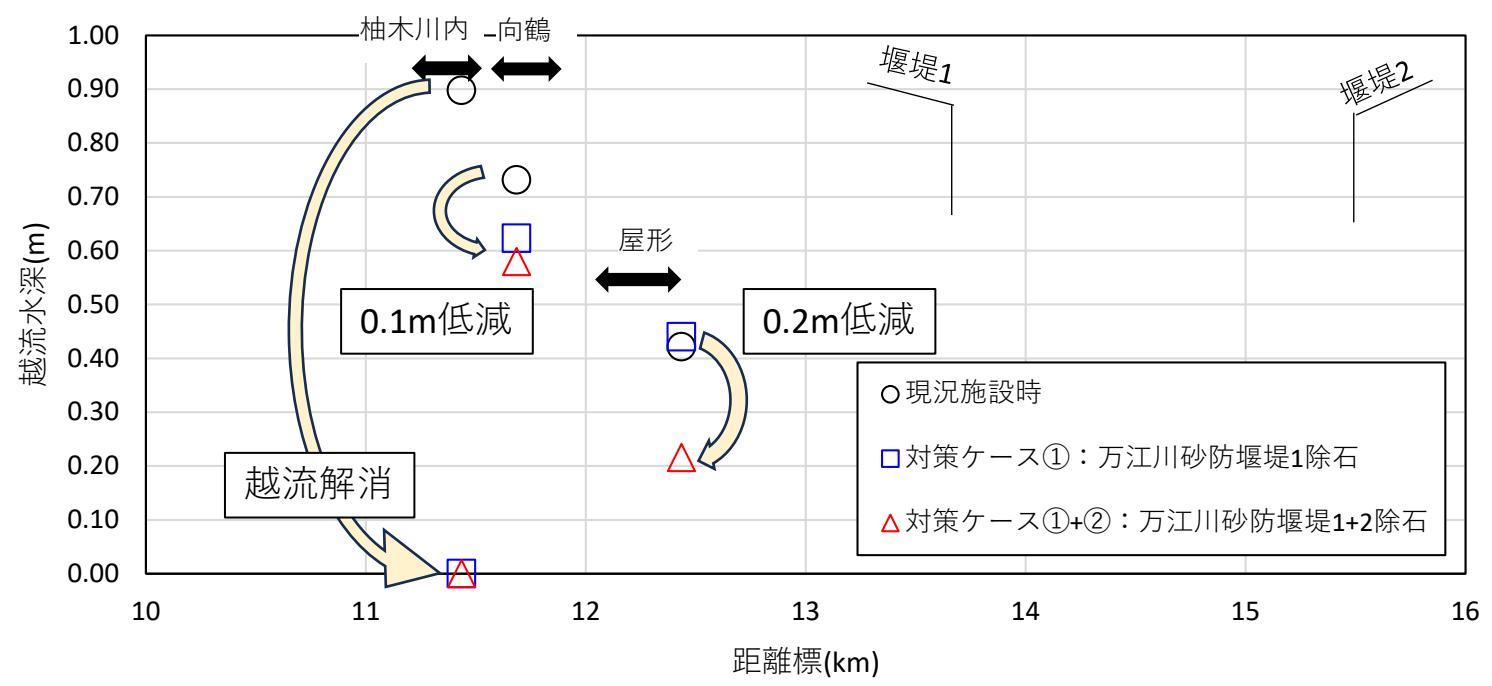


表 対策ケース別越流水深

距離標	越流水深(m)			集落
	現況施設時	対策ケース①	対策ケース①+②	
11.435	0.90	0.00	0.00	柚木川内地区
11.685	0.73	0.62	0.58	向鶴地区
12.435	0.42	0.44	0.22	屋形地区

対策ケース①：万江川砂防堰堤1除石
 対策ケース②：万江川砂防堰堤1および2除石

表 万江川砂防堰堤1および2の堆砂状況



2.3 施設配置計画

(4) ケース別計算結果 - 支川対策の効果検証 (その1) -

- 柳野地区の越流解消を目標に対策ケース④～⑥の支川対策効果を検証した。
- 対策ケース④(流域番号:142の支川対策)および対策ケース⑤(流域番号:149の支川対策)は、越流水深が0.1m程度低減されるのみであり、越流解消には至らなかった。
- 対策ケース⑥(流域番号:148の支川対策)により、柳野地区の越流は解消された。

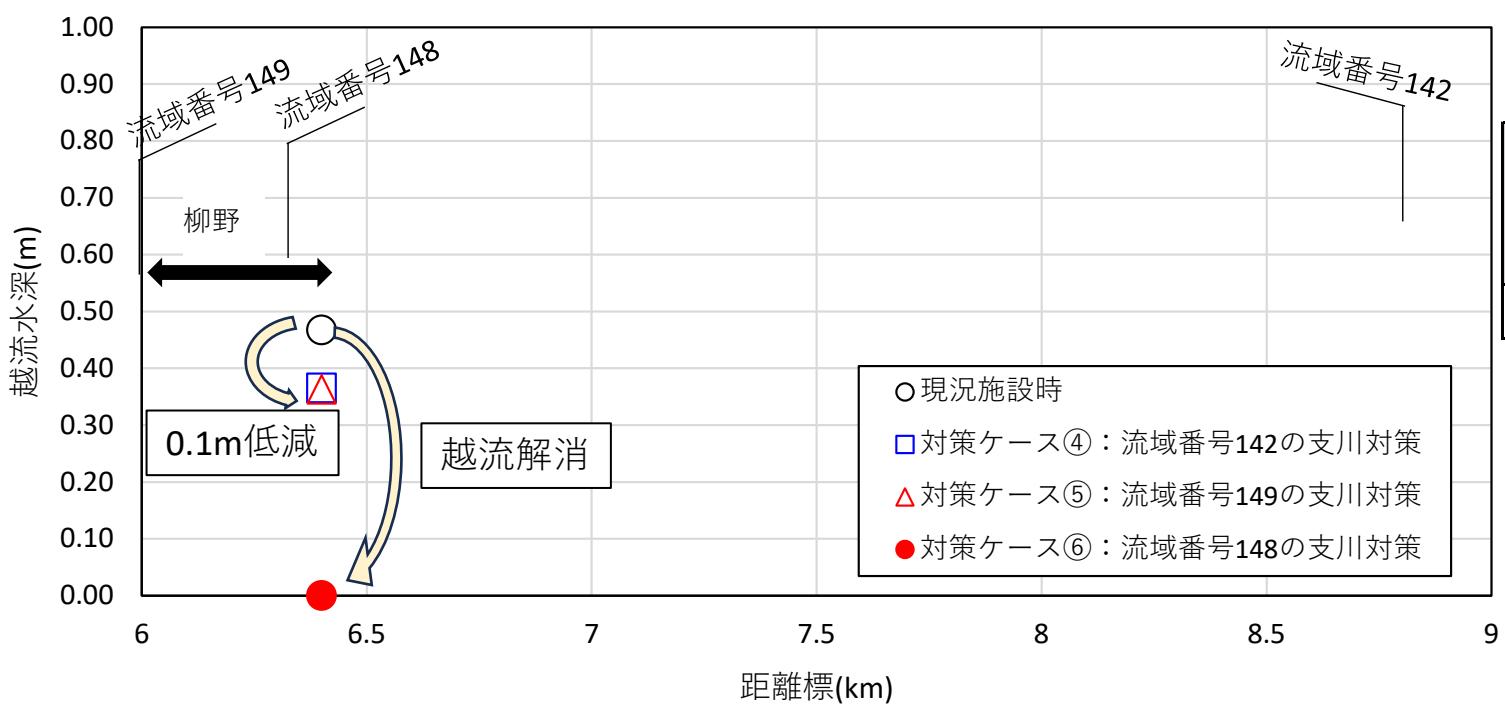


表 対策ケース別越流水深

距離標	越流水深(m)				集落
	現況施設時	対策ケース④	対策ケース⑤	対策ケース⑥	
6.4	0.47	0.37	0.36	0.00	柳野地区

対策ケース④：流域番号142の支川対策
 対策ケース⑤：流域番号149の支川対策
 対策ケース⑥：流域番号148の支川対策

表 対策支川の現地状況

流域番号142	流域番号148	流域番号149
<p>支川出口には集落(淡島地区)が存在。土砂災害警戒区域にも指定。</p>	<p>支川出口には人家等は存在しない。</p>	<p>支川出口には集落(柳野地区)が存在。土砂災害警戒区域にも指定。</p>

2.3 施設配置計画

(4) ケース別計算結果 - 支川対策の効果検証 (その2) -

- 柚木川内・向鶴地区の越流解消を目標に対策ケース⑦および⑧の支川対策効果を検証した。
- 対策ケース⑦(流域番号:135の支川対策)により、柚木川内地区の越流が解消されたが、向鶴地区の越流水深は0.6m程度発生した。
- 対策ケース⑧(流域番号:133・135・136・138の支川対策)を実施した場合であっても向鶴地区の越流水深は0.6m程度発生した。
→そのため、砂防事業において向鶴地区の越流解消は見込めないため、河川事業の堤防嵩上げ(対策ケース⑩)にて越流対策を実施した。

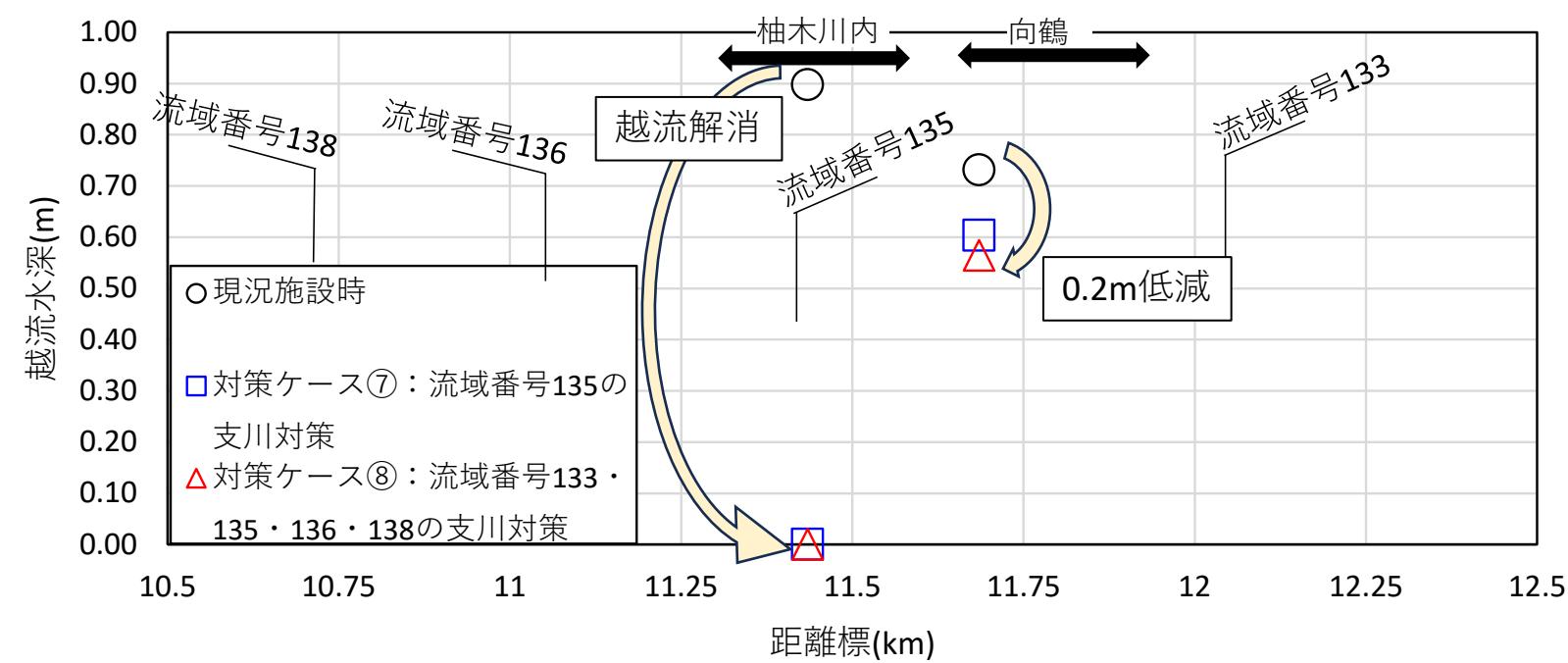


表 対策ケース別越流水深

距離標	越流水深(m)			集落
	現況施設時	対策ケース⑦	対策ケース⑧	
11.435	0.90	0.00	0.00	柚木川内地区
11.685	0.73	0.60	0.56	向鶴地区

対策ケース⑦：流域番号135の支川対策
対策ケース⑧：流域番号133・135・136・138の支川対策

表 対策支川の現地状況

流域番号136	流域番号138
<p>支川出口には集落(葛地区)が存在。土砂災害警戒区域にも指定。</p>	<p>支川出口には人家等は存在しない。</p>

2.3 施設配置計画

(4) ケース別計算結果 - 遊砂地の効果検証 -

- 柳野地区の越流解消を目標に対策ケース⑨の遊砂地効果を検証した。
- 対策ケース⑨により柳野地区の越流は解消される。ただし、人家および周辺農地の用地買収が必要になる。対策ケース⑥（流域番号：148の支川対策）にて柳野地区の越流は解消されるため、対策ケース⑥を柳野地区の越流に対する対策の推奨案とした。

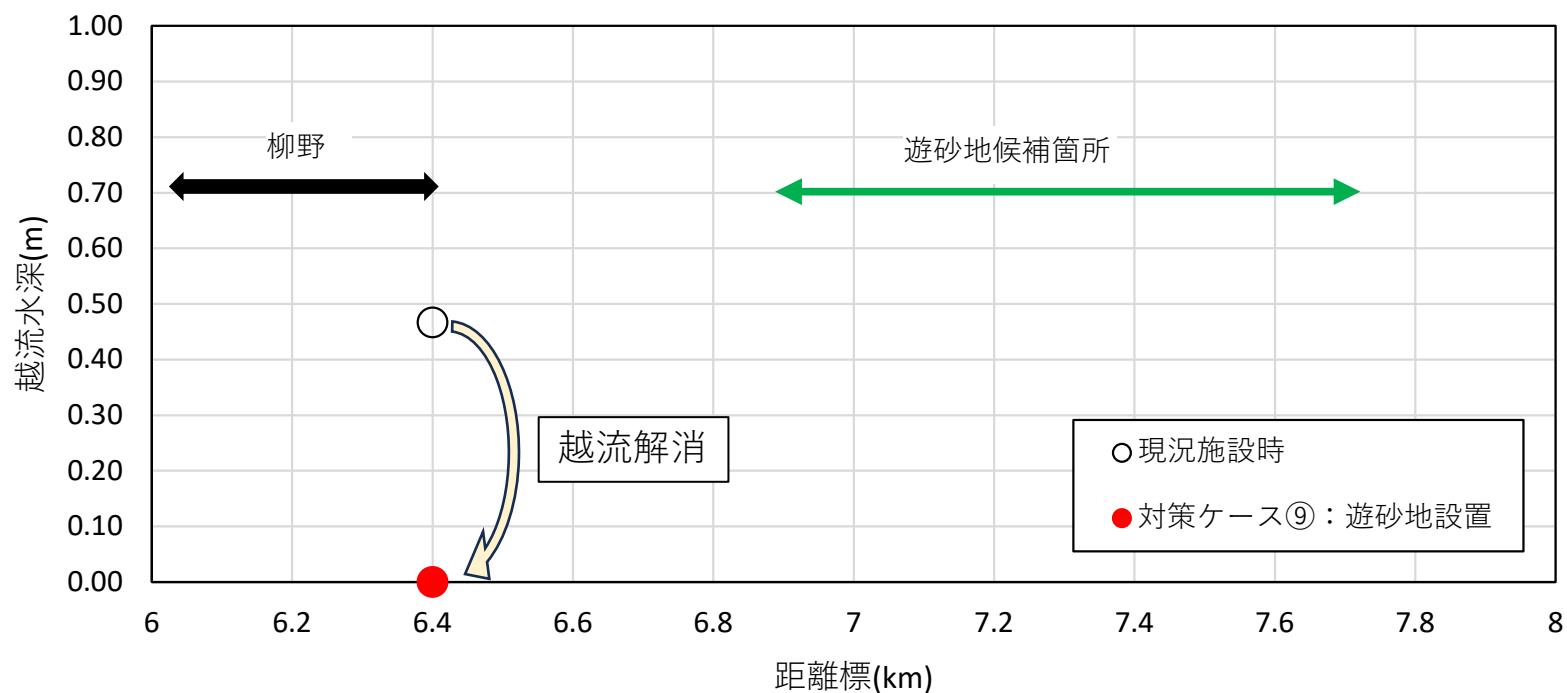
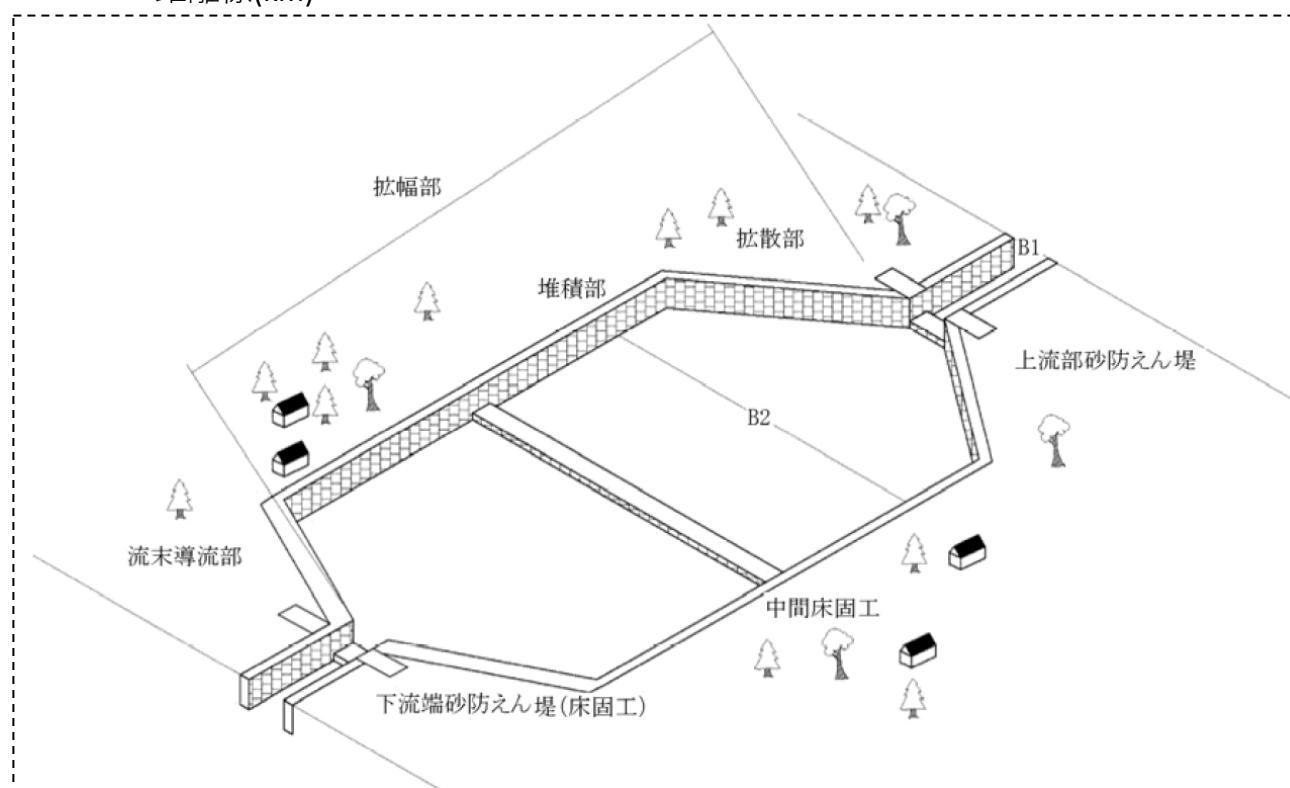


表 対策ケース別越流水深

距離標	越流水深(m)		集落
	現況施設時	対策ケース⑨	
6.4	0.47	0.00	柳野地区



< 出典：砂防技術基準/H29.3/熊本県 >

図 遊砂地設置イメージ

調整用白紙

3. 流木対策の検討

3.1 基本方針

3.2 流木量の算出

3.3 橋梁の流木災害リスクの評価

3.4 流木対策工の配置検討

3.1 基本方針

- 中小出水時の計画流出流木が、橋梁の流木災害リスクの評価が高い橋梁に到達しないように既設・新設砂防堰堤、治山ダムに流木対策工を設置することで、可能な限り抑制する。
- 既設：不透過型砂防堰堤・治山ダム
 - ①万江川上流域は90%以上が森林であるため、上流からの計画流出流木に対しては、万江川砂防堰堤1、2に流木対策工を設置し対応する。
 - ②下流域の支川に対しては、流木災害リスクの評価が高い橋梁の上流にあり、且つ計画流出流木量が比較的大きい支川にある施設を優先的に改築する。
- 新設：砂防堰堤
 - ③上記①、②で不足する場合、保全対象区間の越流抑制を目的とした新設砂防堰堤に流木捕捉工の設置を検討する。

図1 流木対策のイメージ（上：現況、下：対策後）

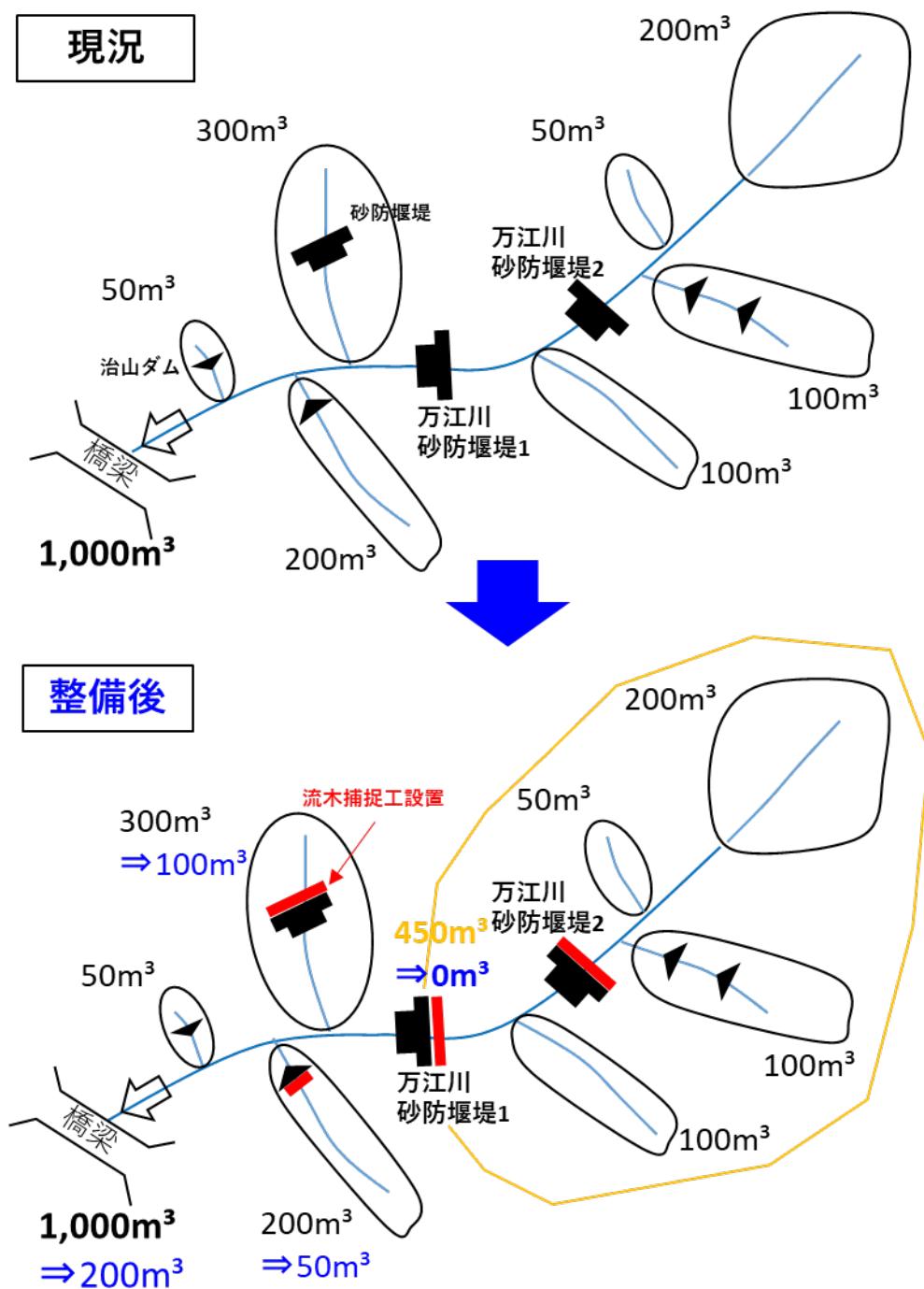


図2 流木捕捉工の事例

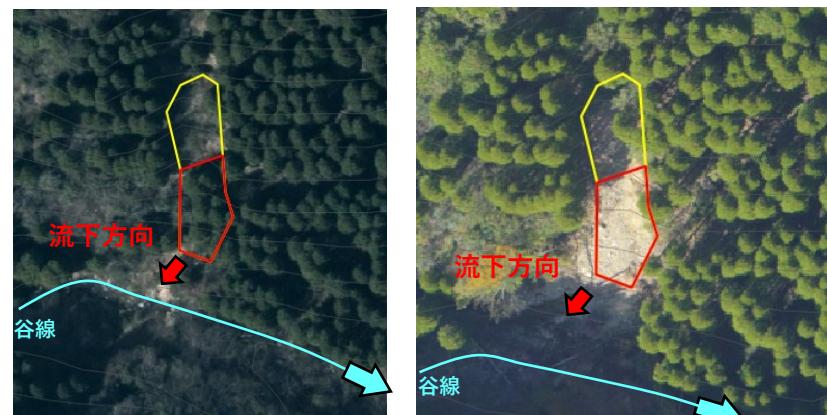


< 出典：第2回委員会資料 >

3.2 流木量の算出

- 1/30降雨時の流木の発生源として、①新規・拡大崩壊に伴う立木の流木化と、②既に堆積している流木からの再移動 の2つを考える。
- ①新規・拡大崩壊に伴う発生流木は、想定される新規・拡大崩壊面積(m²)に立木材積(m³/ha)を乗じて、単元流域別に算出した。
- ②堆積流木からの再移動については、流木集積箇所ごとに流体力と抵抗力の比較を行い、流体力F>抵抗力Rとなった箇所の集積流木量を集計した。
- 流木流出率を安全側の0.9とした。これより1/30降雨時に伴う計画流出流木量は(①8,601m³+②1,267m³)×0.9=8,880m³である。

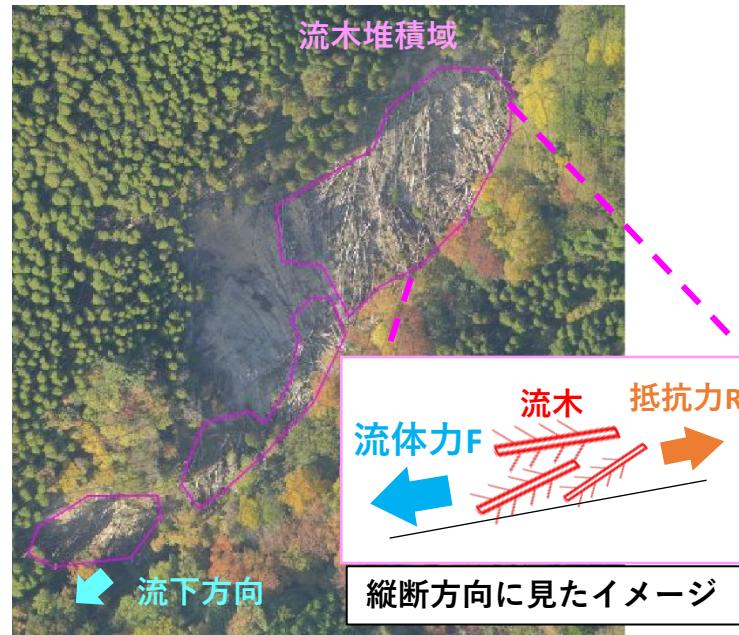
図1 新規・拡大崩壊に伴う発生流木イメージ



黄色枠：H21時点の崩壊地、赤枠：R2時点の崩壊地拡大域

新規・拡大崩壊に伴う流木量 (m³)
 = 1/30降雨時に想定される新規・拡大崩壊面積 (m²)
 × 立木材積 (m³/ha)

図2 堆積流木の再移動イメージ



1/30降雨時の水深、流木の直径等の条件から
 流体力Fと抵抗力Rを算出し、流下・残存判定を行う

表2 計算降雨時の流出流木量

計算流域番号	流域種別	流域面積 ① (km ²)	発生流木量			流出率 ⑤ (%)	流出 流木量※1 ⑥=④×⑤ (m ³)	単位面積当り 発生流木量 ④/① (m ³ /km ²)
			新規・拡大 崩壊地 ③ (m ³)	堆積流木 ② (m ³)	合計 ④=②+③ (m ³)			
1	上流域	2.043	940	0	940	90%	850	460
2	残流域	0.412	23	0	23	90%	20	56
3	支川流域	0.436	261	0	261	90%	230	599
4	支川流域	0.486	196	0	196	90%	180	403
5	支川流域	0.101	5	0	5	90%	0	49
6	支川流域	1.646	71	0	71	90%	60	43
7	残流域	0.902	49	29	78	90%	70	86
8	支川流域	0.499	77	0	77	90%	70	154
9	支川流域	0.033	3	0	3	90%	0	92
10	支川流域	0.249	19	24	43	90%	40	172
11	支川流域	0.183	2	11	13	90%	10	71
12	支川流域	0.057	3	0	3	90%	0	52
13	支川流域	0.229	4	0	4	90%	0	17
14	支川流域	0.834	135	0	135	90%	120	162
15	支川流域	0.129	19	0	19	90%	20	147
16	支川流域	0.084	7	0	7	90%	10	83
17	支川流域	0.829	36	0	36	90%	30	43
18	上流域	0.434	27	0	27	90%	20	62
19	残流域	0.479	37	3	40	90%	40	83
20	支川流域	0.188	15	0	15	90%	10	80
21	支川流域	0.043	4	0	4	90%	0	93
22	支川流域	0.021	1	0	1	90%	0	47
23	支川流域	1.313	109	43	152	90%	140	116

表1 河道内堆積流木の流下判定

ID	F: 流下に平行に設置された流木の受ける流体力 (gf) 算定条件							R: 流木の抵抗力 (gf) 算定条件					R: 流木の抵抗力 (gf)	評価 F>R: 流下 R≧F: 残存	堆積流木量 (m ³)	流下する 堆積流木量 (m ³)		
	C	A	ρ	v	n	i	h	d	σ	g	L	μ					θ	
	抵抗係数	流水の当たる部分の 流水の断面積 (水中部分の断面積) (m ²)	水の密度 (gf・s ² /cm ⁴)	流水の 平均流速 (cm/s)	マンニングの 粗度係数 (sec/m ^{1/3})	水路の 勾配 (1/n)	水深 (cm)	流木の 直径 (cm)	流木の 密度 (gf・s ² /cm ⁴)	重力加速度 (cm/s ²)	流木の 長さ (cm)	流木の水中での 摩擦係数 (1/n)	水路の 勾配 (°)					
1	0.99	323.9767424	1	302.5	0.05	0.208	16.5	14,672,228	25	0.66	980	1670	11.8	0	流下	1.2	1.0	
2	0.99	323.9767424	1	398.0	0.05	0.678	16.5	25,403,556	25	0.66	980	1670	1	34.1	0	流下	1.3	1.0
3	0.99	323.9767424	1	422.5	0.05	0.670	16.5	28,624,084	25	0.66	980	1670	1	33.8	0	流下	2.5	3.0
4	0.99	323.9767424	1	422.5	0.05	0.131	16.5	28,624,084	25	0.66	980	1670	1	7.5	0	流下	2.5	3.0
5	0.99	167.3094438	1	176.9	0.05	0.494	8.5	2,591,249	25	0.66	980	1670	1	26.3	116,256,439	残存	3.0	0.0
6	0.99	323.9767424	1	473.9	0.05	0.498	16.5	36,011,910	25	0.66	980	1670	1	26.5	0	流下	3.1	3.0
7	0.99	310.4286241	1	212.5	0.05	0.392	15.8	6,939,362	25	0.66	980	1670	1	21.4	12,553,803	残存	3.4	0.0

136	支川流域	4.901	303	0	303	90%	270	62
137	支川流域	0.161	3	0	3	90%	0	19
138	支川流域	3.018	216	0	216	90%	190	72
139	支川流域	0.196	4	0	4	90%	0	20
140	支川流域	1.092	67	46	113	90%	100	103
141	支川流域	0.252	19	0	19	90%	20	75
142	支川流域	0.934	62	0	62	90%	60	66
143	残流域	2.379	76	0	76	90%	70	32
144	支川流域	0.670	47	0	47	90%	40	70
145	支川流域	0.071	0	0	0	90%	0	0
146	支川流域	0.040	0	0	0	90%	0	0
147	支川流域	0.057	0	0	0	90%	0	0
148	支川流域	0.242	0	0	0	90%	0	0
149	支川流域	0.408	28	0	28	90%	30	69
150	支川流域	0.620	34	0	34	90%	30	55
151	支川流域	0.077	5	0	5	90%	0	65
152	支川流域	0.064	0	0	0	90%	0	0
153	支川流域	0.078	0	0	0	90%	0	0
154	支川流域	0.033	0	0	0	90%	0	0
155	支川流域	0.170	0	0	0	90%	0	0
156	支川流域	0.057	0	0	0	90%	0	0
157	支川流域	0.095	0	0	0	90%	0	0
158	支川流域	0.221	0	0	0	90%	0	0
159	支川流域	0.489	0	0	0	90%	0	0
160	支川流域	0.123	0	0	0	90%	0	0
161	残流域	2.527	0	0	0	90%	0	0
全体		90.3	8,601	1,267	9,868	-	8,880	109

※1: 10桁で丸めている

3.3 橋梁の流木災害リスクの評価

- 橋梁の流木災害リスクの評価は、表に示した①～③の3つの観点から評価した。
- 相対的に対策優先度が高いものから順に10点～1点の間で点数付けを行い、点数の総和で順位付けした。
- 結果として流木災害リスクが最も高いのは、09k935地点にある足算瀬橋である。径間長が対象橋梁の中で最も短く、R2.7豪雨により左岸側が流出しているのが特徴である。なお、流出の原因は定かではない。

	評価指標	評価の観点	対策優先度を示す点数付け	参考文献
①	流木長／桁下余裕高	大きいほど閉塞しやすい。	・桁下余裕高がマイナスのものは10点。 ・それ以外は、値が大きいものから順に10点～1点の間で割付け。	中谷加奈・長谷川祐治・里深好文（2018）： 山地河川を対象としたワンスパン橋梁への流木閉塞に関する検討 ／土木学会論文集B1（水工学）Vol.74, No.5, I_1081-I_1086
②	修正流木リチャードソン数	$Ri = 0.24 \sim 0.28$ を下回ると河道全面閉塞しやすい。	・結果的に全て $Ri = 0.24 \sim 0.28$ を下回ったため、相対的な評価はできない。	岡本隆明・染谷智紘・松本智将・山上路生・田中健太（2021）： 橋梁部での流木沈下過程と全面閉塞の限界条件に関する実験的研究 ／自然災害科学JJSNDS 39-4 423-437
③	流木長／最小径間長	大きいほど閉塞しやすい。	・値が大きいものから順に10点～1点の間で割付け	矢野真一郎・土橋将太・笠間清伸・竹村大・富田浩平・楊東・津末明義（2018）： 気候変動による降水量変化が河川流域の流木災害リスクへ与える影響に関する評価 ／土木学会論文集B1（水工学）Vol.74, No.4, I_1327-I_1332



3.3 橋梁の流木災害リスクの評価

■ 流木災害リスクの評価対象である橋梁の写真を以下に示す。写真番号はP28の表中のIDと整合している。



1、上小鶴橋



5、葛平橋



10、釜野橋



2、小鶴橋



6、足算瀬橋



3、尾形大橋



8、淡島表参道橋

※桁下余裕高 = 桁高の標高 - 計画高水位
 < 整備計画区間内の計画高水位 >
 橋梁位置の断面を踏襲。橋梁位置の断面がない場合は計画高水位勾配から内挿補間で算定した。
 < 整備計画区間外の計画高水位 >
 現況時・計画降雨時(1/30)・土砂供給無の河床変動計算結果から得られた最高水位とした。

3.3 橋梁の流木災害リスクの評価

■ 流木災害リスクの評価対象である橋梁の写真を以下に示す。写真番号はP28の表中のIDと整合している。

桁下余裕高：0.05m
最小径間長：26.2m



11、平山橋

桁下余裕高：1.86m
最小径間長：28.4m



16、羽田橋

桁下余裕高：1.17m
最小径間長：32.0m



19、万江川橋

桁下余裕高：1.45m
最小径間長：21.1m



13、下之段橋

桁下余裕高：2.27m
最小径間長：12.8m



17、鉄道橋(JR肥薩線)

桁下余裕高：1.51m
最小径間長：20.4m



15、上原田橋

桁下余裕高：1.23m
最小径間長：24.1m



18、新万江川橋

※桁下余裕高 = 桁高の標高 - 計画高水位
< 整備計画区間内の計画高水位 >
橋梁位置の断面を踏襲。橋梁位置の断面がない場合は計画高水位勾配から内挿補間で算定した。
< 整備計画区間外の計画高水位 >
現況時・計画降雨時(1/30)・土砂供給無の河床変動計算結果から得られた最高水位とした。

3.4 流木対策工の配置検討

- 既設の万江川砂防堰堤1, 2に流木捕捉工を設置することにより、上流からの流出流木量は全て捕捉可能である。
- それより下流については、流木災害リスクが高い橋梁の直上流で、かつ流出流木量が多い溪流である柚木川内谷、葛谷、川平谷、流域No.149の既往施設に流木捕捉工を配置する。
- 流木捕捉工を設置することで、万江川砂防堰堤1より上流の流木は全て捕捉可能であるため、下流の各橋梁の流木災害リスクが低減される。
- 流木捕捉工の一部は、治山事業と連携して役割分担を行う。

【既往施設】

- 既設砂防堰堤
- 既設治山ダム
- 〰 流木による災害リスクの高い橋梁

【対策施設】

- ▬ 既設砂防堰堤への流木捕捉工設置
- ▬ 既設治山ダムへの流木捕捉工設置

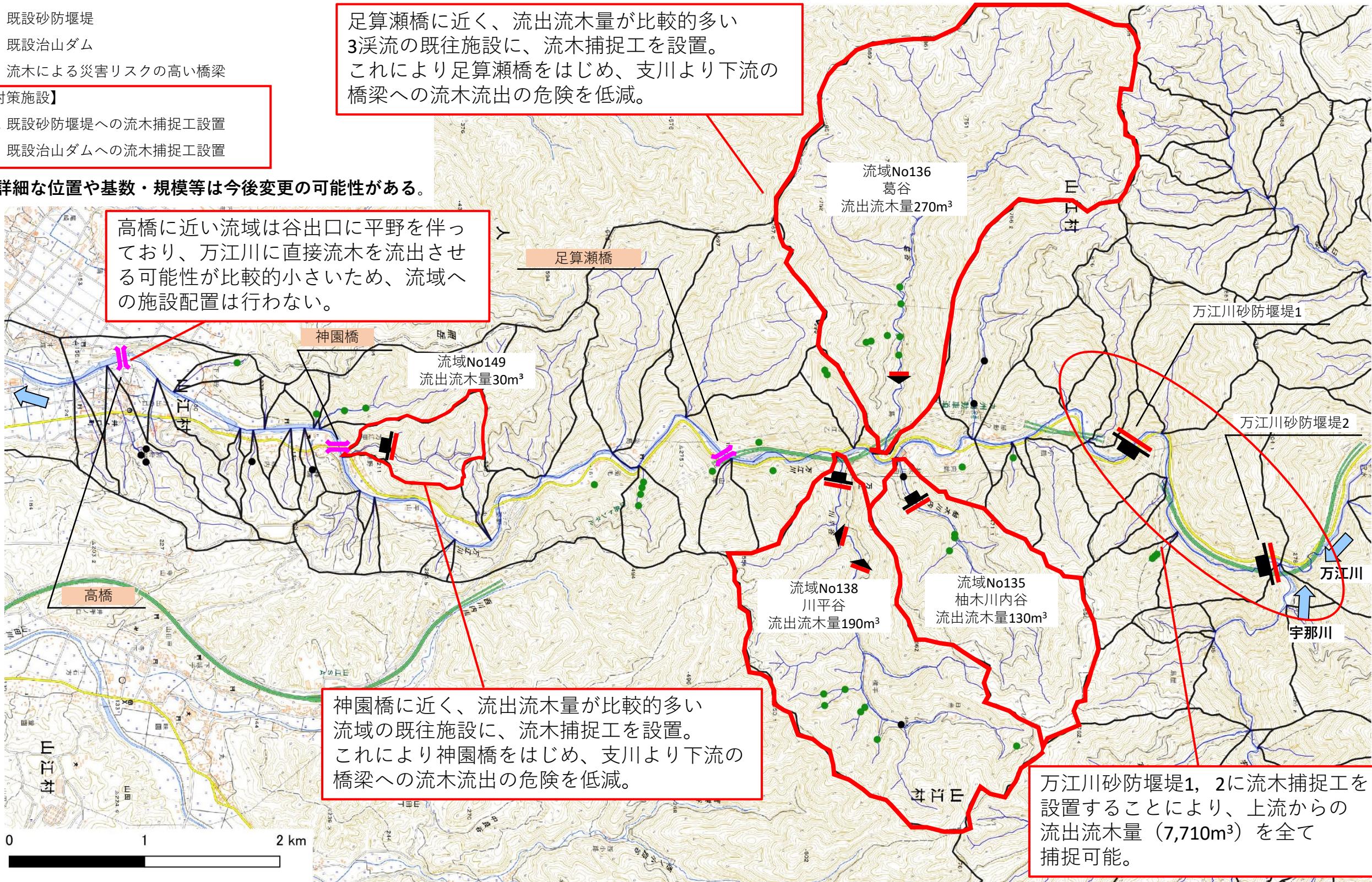
※詳細な位置や基数・規模等は今後変更の可能性がある。

足算瀬橋に近く、流出流木量が比較的多い3溪流の既往施設に、流木捕捉工を設置。これにより足算瀬橋をはじめ、支川より下流の橋梁への流木流出の危険を低減。

高橋に近い流域は谷出口に平野を伴っており、万江川に直接流木を流出させる可能性が比較的小さいため、流域への施設配置は行わない。

神園橋に近く、流出流木量が比較的多い流域の既往施設に、流木捕捉工を設置。これにより神園橋をはじめ、支川より下流の橋梁への流木流出の危険を低減。

万江川砂防堰堤1, 2に流木捕捉工を設置することにより、上流からの流出流木量(7,710m³)を全て捕捉可能。



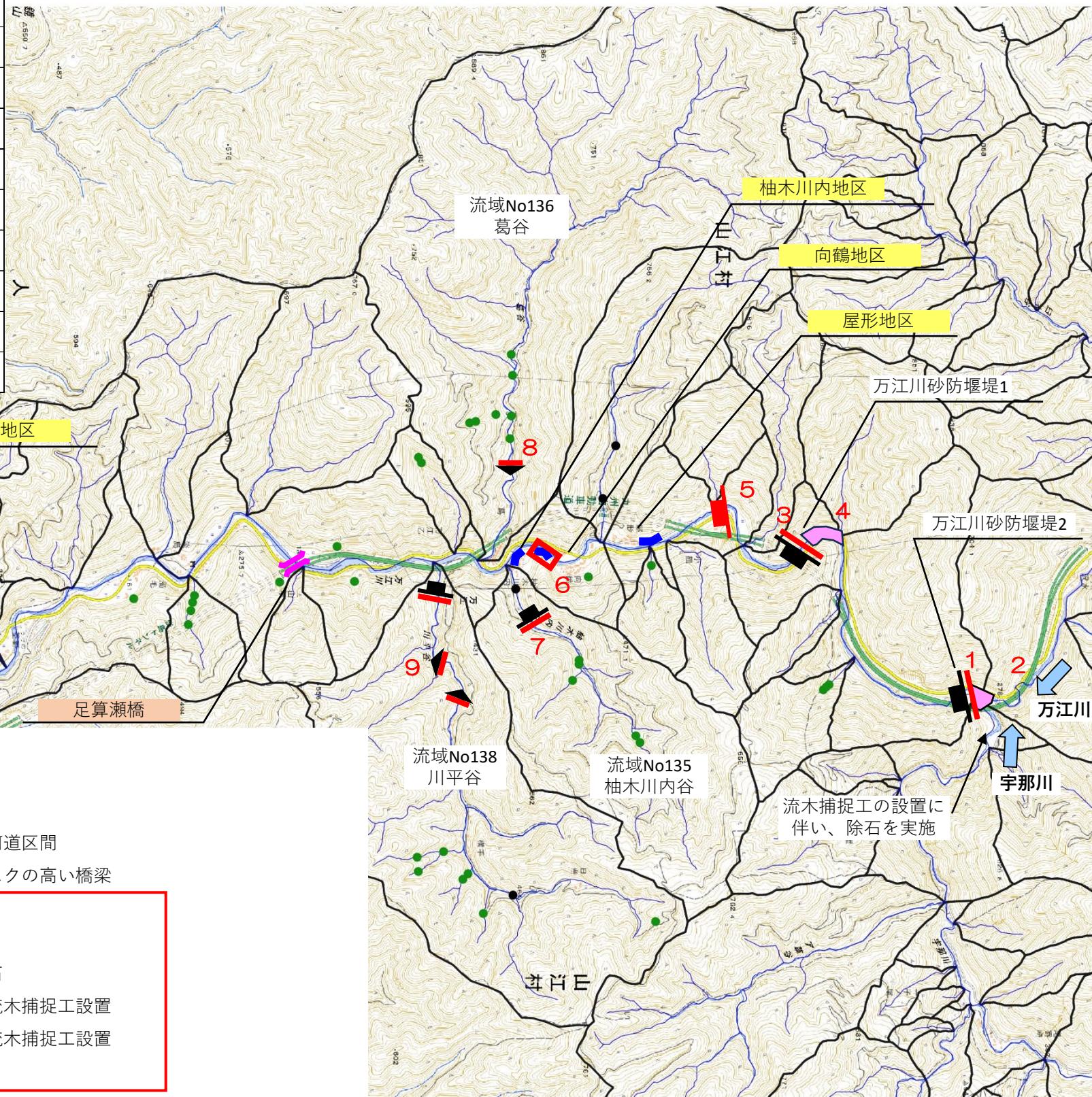
調整用白紙

4. 河川事業・治山事業との連携 (施設配置計画 (案))

4 河川事業・治山事業との連携（施設配置計画（案））

■ 以上より、中小出水による土砂流出および流木流出に対して、砂防事業を中心として河川・治山事業と連携した対策計画を、下図のように整理する。

番号	配置場所	区分	工種	事業主体	目的
1	万江川 砂防堰堤2	既設改修	流木捕捉工設置	砂防	流出流木量の低減
2		除石	除石工	砂防	屋形地区～柚木川内地区の越流低減
3	万江川 砂防堰堤1	既設改修	流木捕捉工設置	砂防	流出流木量の低減
4		除石	除石工	砂防	屋形地区～柚木川内地区の越流解消および低減
5	屋形地区 上流	新設	透過型砂防堰堤 (横じり堰堤)	砂防	屋形地区～柚木川内地区の越流解消および低減
6	向鶴地区	河川整備計画内	築堤	河川	向鶴地区の越流解消
7	流域No135 柚木川内谷	既設改修	流木捕捉工設置	砂防	足算瀬橋への流木流出の低減
8	流域No136 葛谷	既設改修	流木捕捉工設置	治山	足算瀬橋への流木流出の低減
9	流域No138 川平谷	既設改修	流木捕捉工設置	砂防	足算瀬橋への流木流出の低減
		既設改修	流木捕捉工設置	治山	足算瀬橋への流木流出の低減
10	流域No148	新設	不透過型砂防堰堤	砂防	柳野地区の越流解消
11	流域No149	既設改修	流木捕捉工設置	砂防	神園橋への流木流出の低減



- 【既往施設】
- 既設砂防堰堤
 - 既設治山ダム
 - 越流が予想される河道区間
 - 流木による災害リスクの高い橋梁
- 【対策施設】
- 砂防堰堤新設
 - 既設砂防堰堤の除石
 - 既設砂防堰堤への流木捕捉工設置
 - 既設治山ダムへの流木捕捉工設置
 - 河川堤防の嵩上げ

流木捕捉工の設置に伴い、除石を実施

※詳細な位置や基数・規模等は今後変更の可能性がある