

平成24年度

第二回 河道閉塞等対策検討委員会

討 議 資 料

平成24年7月24日

国土交通省近畿地方整備局
紀伊山地砂防事務所

第二回 河道閉塞等対策検討委員会 討議資料

目 次

1. 第一回委員会の指摘事項への対応	1
1.1 水文観測結果とその特性	1
1.2 計画流量の算出方法	14
2. 河道閉塞等対策について	16
2.1 基本方針	16
2.2 計画対象現象	17
2.3 河道閉塞部・河道部における計画流量	18
3. 対策施設配置方針	22
3.1 対策施設配置方針の基本的な考え方	22
3.2 土砂処理対策のメニュー	22
3.3 河道閉塞等対策の下流域における対策について	23
3.4 土砂処理対策方針	24
3.5 河道閉塞部の施設配置	33
4. 崩壊地・河道閉塞部の安定性評価	36
4.1 安定性評価項目及び評価手法	36
4.2 安定解析に基づく排水路掘削時の敷き高標高について	36

1. 第一回委員会の指摘事項への対応

1.1 水文観測結果とその特性

(1) 河道閉塞部形成前における水文データの整理

① 過去34年間の時間最大雨量の比較

深層崩壊が発生した赤谷、長殿、栗平、宇井地区周辺には気象台の風屋雨量観測所がある。この風屋雨量観測所の過去34年間(1976年～2009年)の年最大雨量と2011年の台風12号、15号の雨量について比較を行った。風屋観測所の位置を以下に示す。



図-1.1.1 風屋観測所の位置図

風屋観測所の過去34年間の1時間、24時間、48時間最大雨量を大きい順に下図に整理した。2011年の台風12号は24時間雨量と48時間雨量で過去最大となっている。

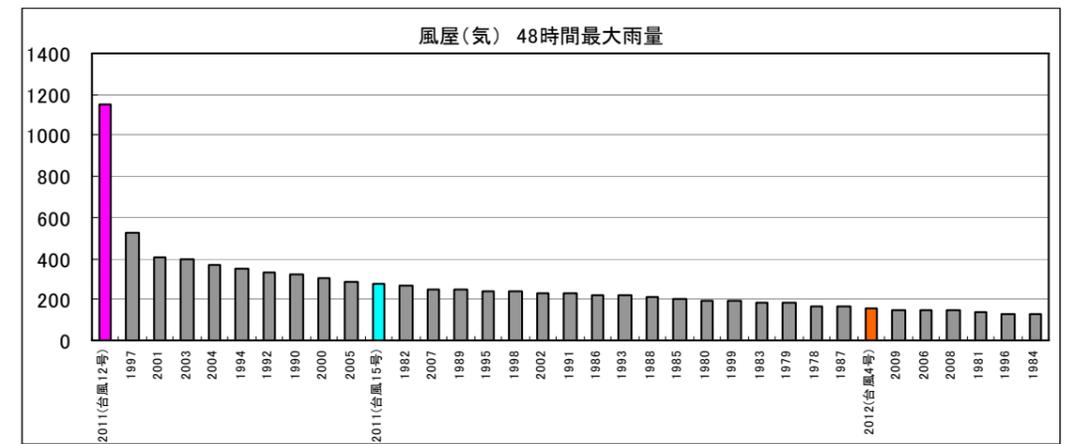
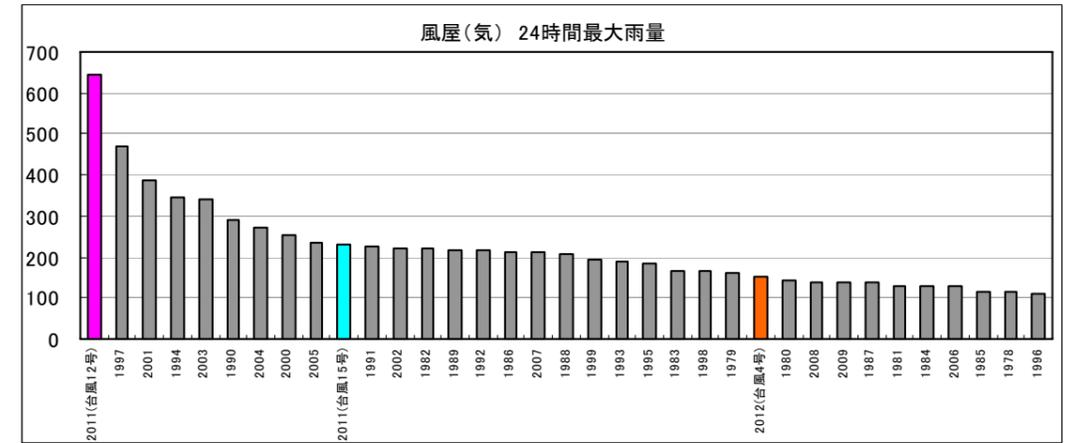
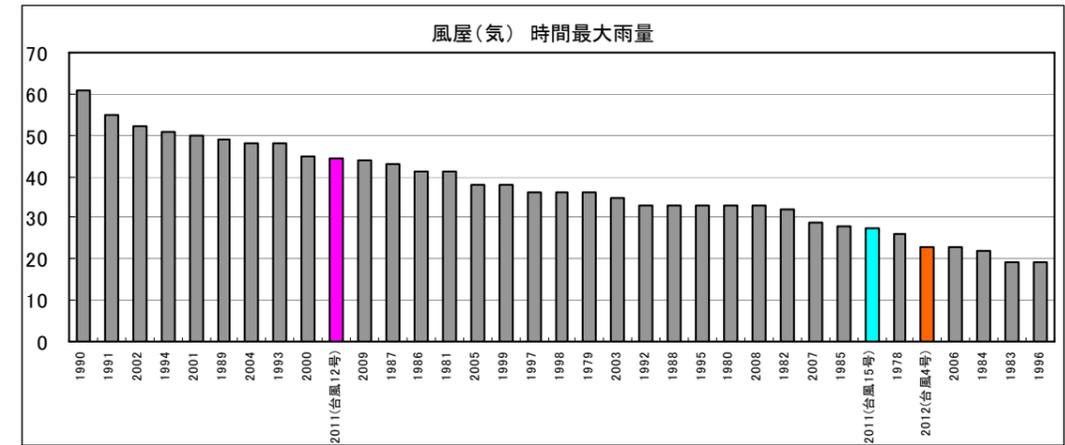


図-1.1.2 過去34年間(1976～2009)の年最大雨量と2011年台風12, 15号の雨量の比較

②猿谷ダムの流入量の経年変化

猿谷ダムの流入量について、過去 54 年間（昭和 33 年～平成 23 年）の年最大流入量を以下に整理した。
平成 23 年度の最大流入量は 1,371m³/s で、過去 3 番目になっており、過去の年平均流入量 627 m³/s の約 2 倍になっている。また、**平成 24 年 6 月出水の最大流入量は 591m³/s** で、過去の年平均最大流入量よりやや少ない。

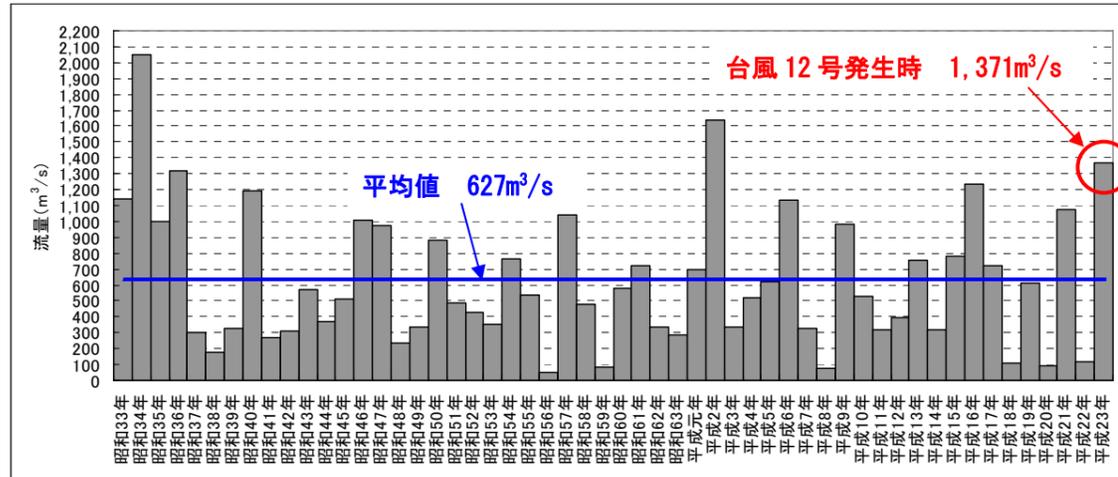


図-1.1.3 猿谷ダム年最大流入量（昭和 33 年～平成 23 年）

表-1.1.1 猿谷ダム年最大流入量（昭和 33 年～平成 23 年）

年	年最大流入量 (m ³ /s)	年	年最大流入量 (m ³ /s)	年	年最大流入量 (m ³ /s)
昭和 33 年	1,140	昭和 51 年	484	平成 6 年	1,138
昭和 34 年	2,048	昭和 52 年	429	平成 7 年	330
昭和 35 年	999	昭和 53 年	349	平成 8 年	77
昭和 36 年	1,314	昭和 54 年	762	平成 9 年	985
昭和 37 年	305	昭和 55 年	540	平成 10 年	525
昭和 38 年	172	昭和 56 年	51	平成 11 年	316
昭和 39 年	329	昭和 57 年	1,063	平成 12 年	393
昭和 40 年	1,194	昭和 58 年	476	平成 13 年	756
昭和 41 年	266	昭和 59 年	83	平成 14 年	323
昭和 42 年	312	昭和 60 年	577	平成 15 年	781
昭和 43 年	574	昭和 61 年	722	平成 16 年	1,234
昭和 44 年	373	昭和 62 年	335	平成 17 年	718
昭和 45 年	512	昭和 63 年	285	平成 18 年	107
昭和 46 年	1,007	平成元年	696	平成 19 年	612
昭和 47 年	975	平成 2 年	1,636	平成 20 年	96
昭和 48 年	238	平成 3 年	332	平成 21 年	1,077
昭和 49 年	339	平成 4 年	521	平成 22 年	119
昭和 50 年	878	平成 5 年	618	平成 23 年	1,371
				平成 24 年 6 月	591

③猿谷ダムにおける主要な出水

猿谷ダムにおける主要な出水（最大流入量 1,000m³/s 以上）を表 1-1.2 に、ダム上流域の流域平均雨量とダム流入量・放流量・貯水位を次ページ以降に整理した。

表-1.1.2 猿谷ダムにおける主要な出水（最大流入量 1,000m³/s 以上）

No.	出水名	最大流入量 (m ³ /s)	備考
1	昭和 34 年 9 月 26 日	2,048	伊勢湾台風
2	平成 2 年 9 月 19 日	1,636	台風 19 号
3	平成 23 年 9 月 3 日	1,371	台風 12 号
4	昭和 36 年 9 月 15 日	1,314	台風 18 号
5	平成 16 年 10 月 19 日	1,234	台風 23 号
6	昭和 40 年 9 月 17 日	1,194	台風 24 号
7	昭和 33 年 8 月 24 日	1,140	台風 17 号
8	平成 6 年 9 月 29 日	1,138	台風 26 号
9	平成 21 年 10 月 7 日	1,077	台風 18 号
10	昭和 57 年 8 月 1 日	1,063	台風 10 号
11	昭和 46 年 9 月 26 日	1,007	台風 29 号

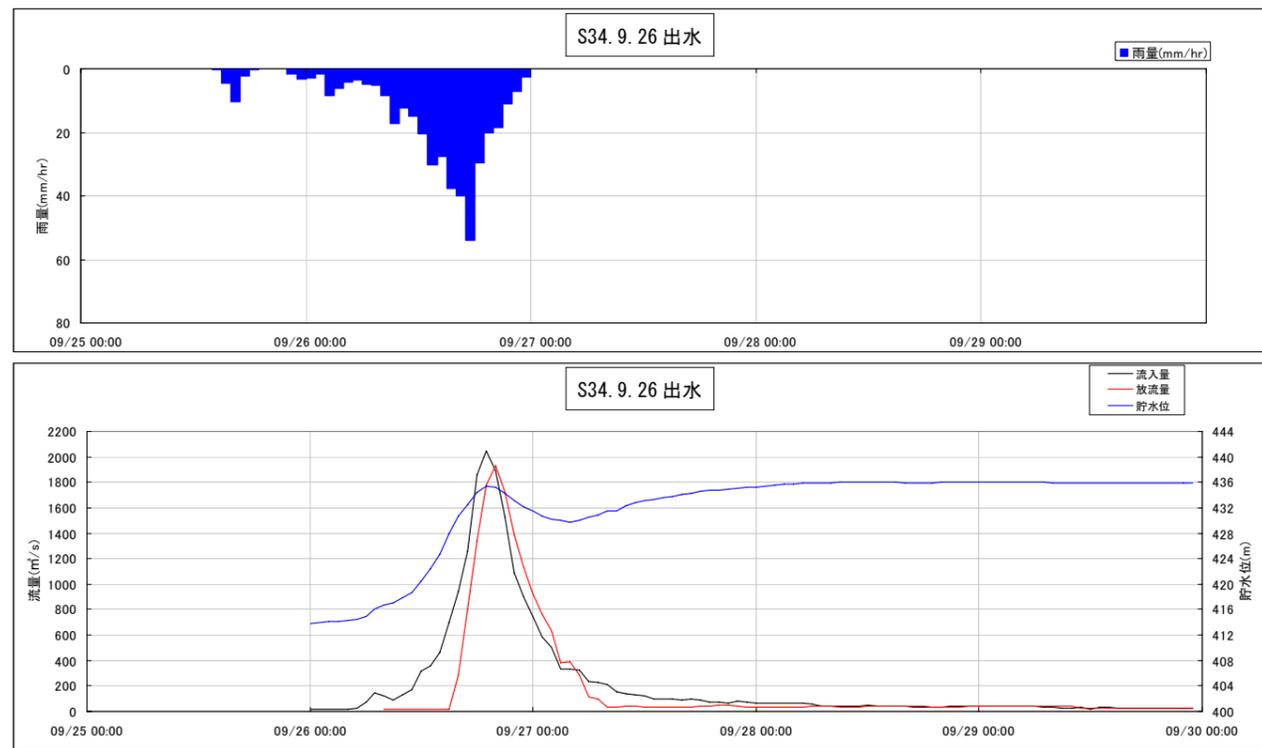


図-1.1.4 既往主要出水時の猿谷ダムの管理状況（昭和34年9月出水）

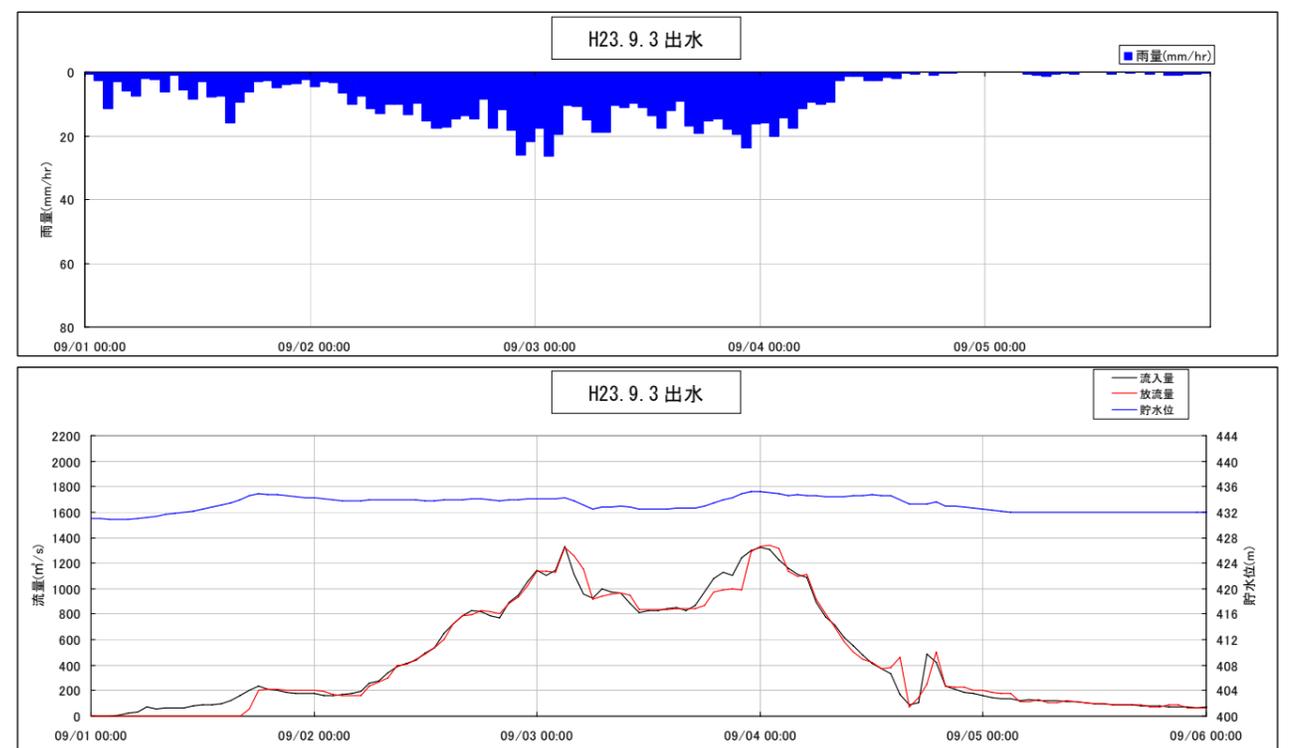


図-1.1.6 既往主要出水時の猿谷ダムの管理状況（平成23年9月出水）

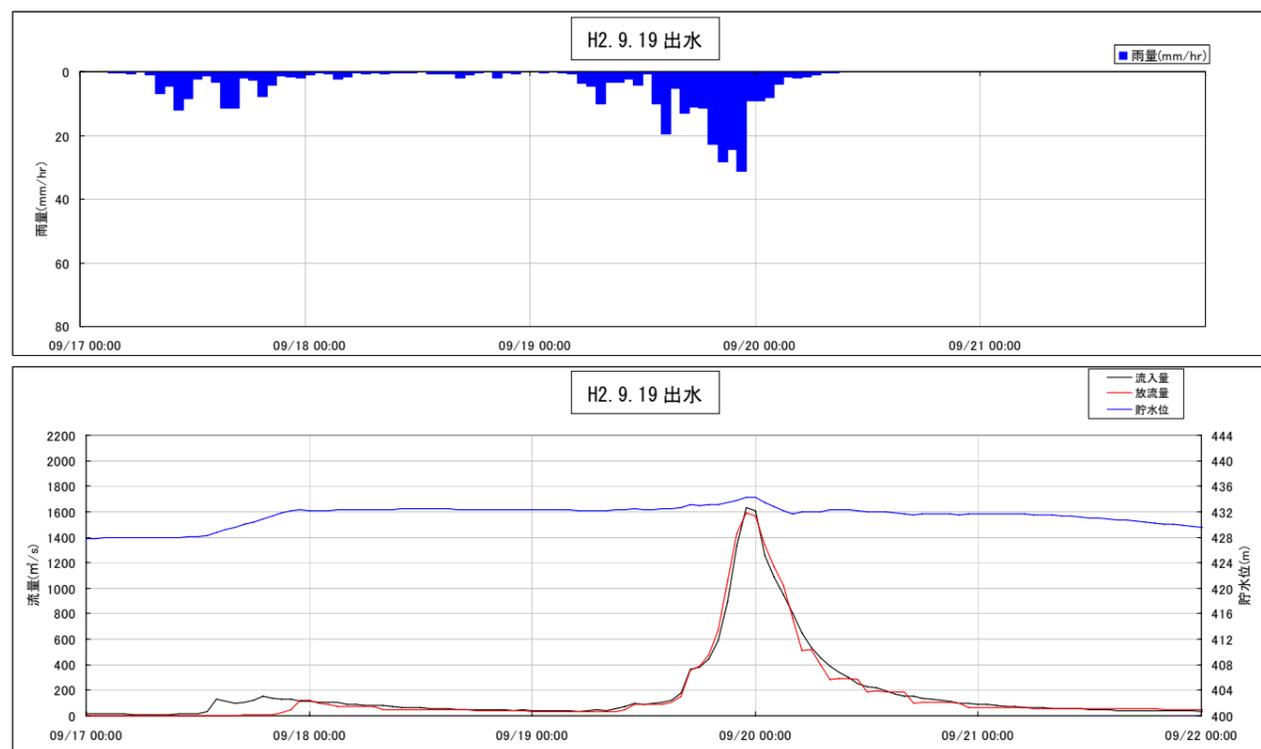


図-1.1.5 既往主要出水時の猿谷ダムの管理状況（平成2年9月出水）

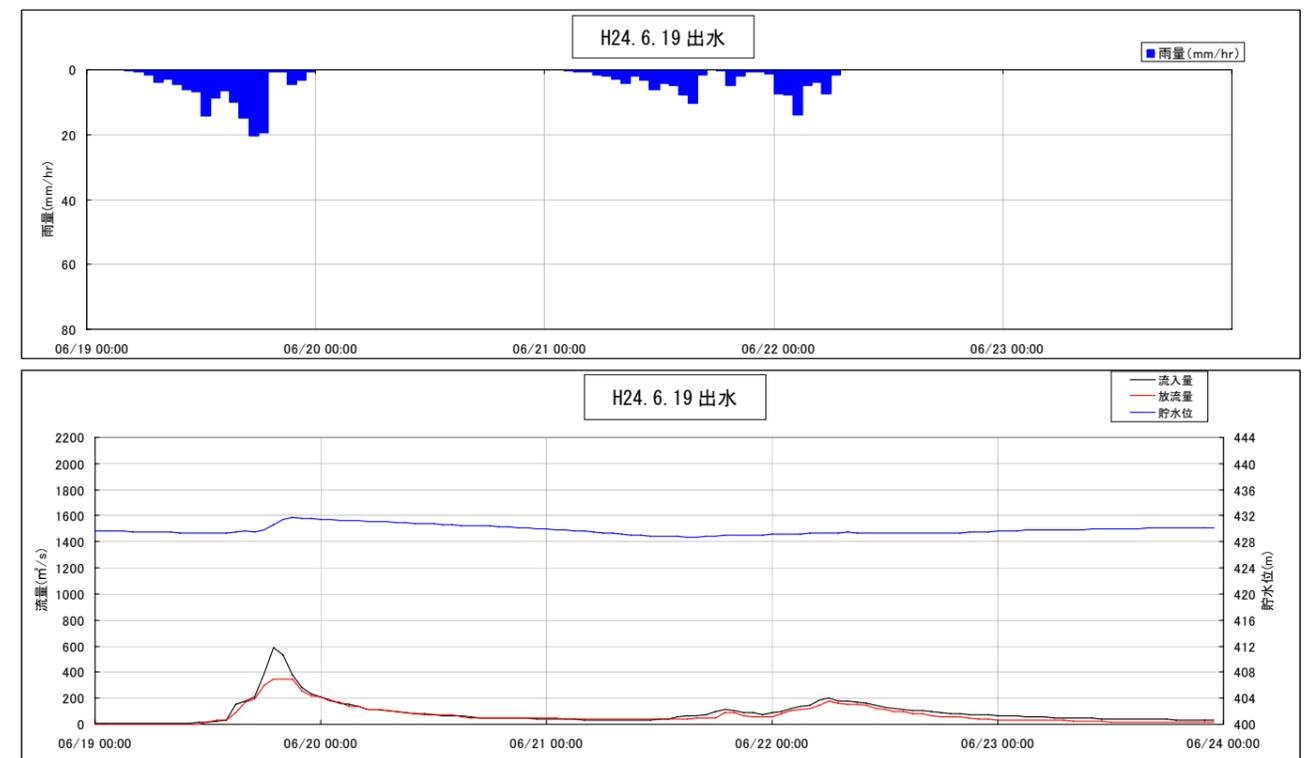


図-1.1.7 平成24年6月出水時の猿谷ダムの管理状況

(2) 河道閉塞部形成後における降雨量と水位・伏流量の観測結果の整理

①降雨量と湛水池水位

河道閉塞部形成後の降雨量と湛水池水位を以下に示す。平成23年9月10日以降に総雨量30mm以上の降雨が、赤谷地区で16回、長殿地区で12回、栗平地区で14回発生しており、それぞれの降雨時に湛水池の水位上昇がみられる。赤谷地区、長殿地区については、降雨に対する湛水池水位の上昇が早い傾向にあるが、栗平地区では、降雨に対する湛水池水位の上昇が緩やかな傾向となっている。

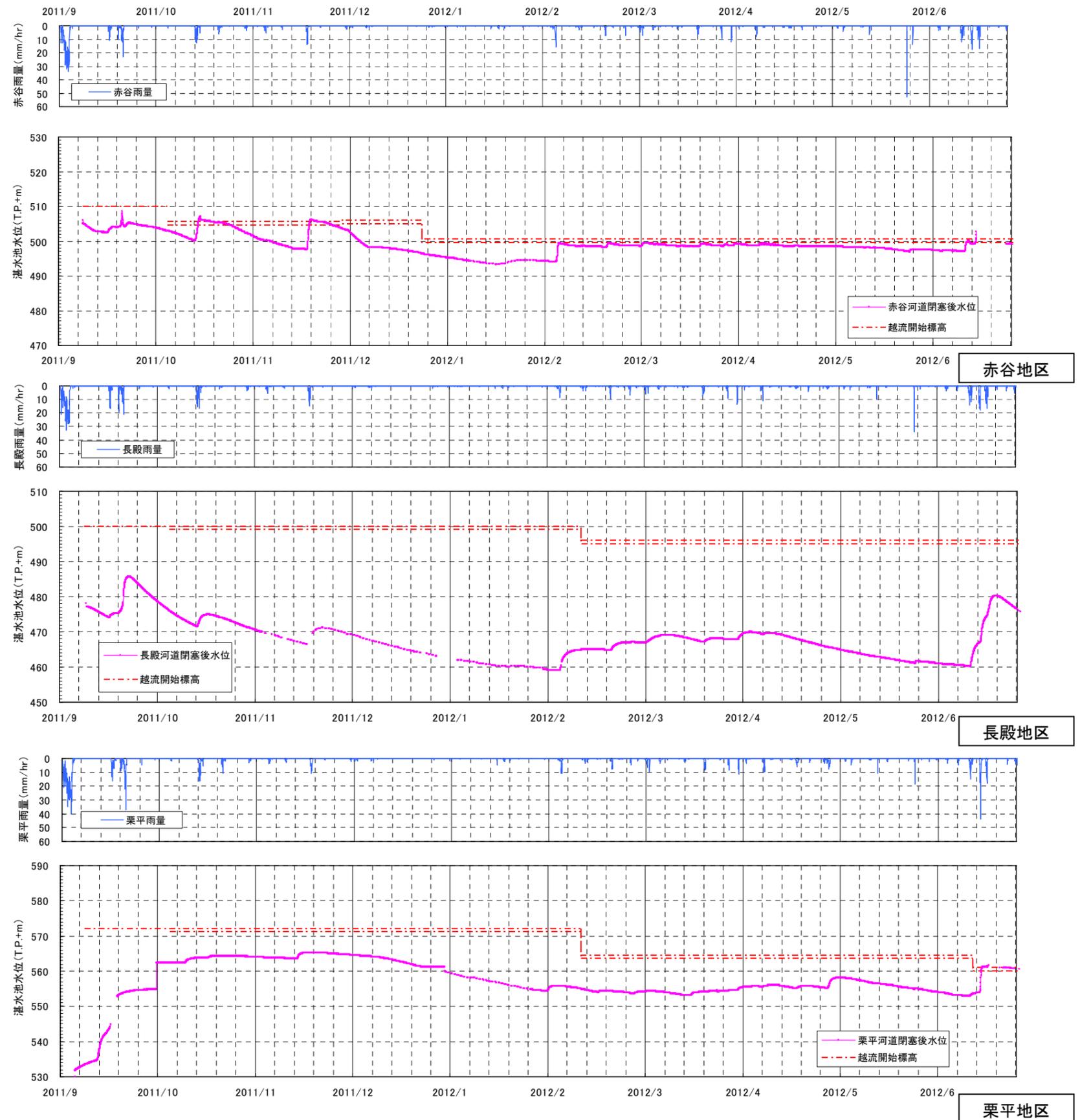


図-1.1.8 河道閉塞部形成後の降雨量と湛水池水位（上から、赤谷地区、長殿地区、栗平地区）

2012年6月の台風4号の降雨及び台風5号からの低気圧と前線による降雨観測結果と湛水池水位を以下に示す(2012年6月14日から6月30日)。

平成24年6月16日付近から降り始めた降雨の影響で、現在水位を観測している赤谷地区、長殿地区、栗平地区で水位上昇が確認されている。特に、長殿地区では6月16日時点から20m程度の水位上昇が発生している。また、赤谷地区および栗平地区では越流が確認された。

表-1.1.3 2012年6月14日～30日の降雨観測結果

地区名	降雨発生回数*1	降雨NO.	連続雨量		最大日雨量		最大時間雨量	
			(mm/一連の降雨)	発生期間	(mm/day)	発生日	(mm/hr)	発生日時
赤谷地区	3	1	102.5	2012/6/16 0:00 ～2012/6/18 11:00	83.0	2012/6/16	12.0	2012/6/16 8:00 2012/6/16 9:00
		2	127.5	2012/6/19 8:00 ～2012/6/20 19:00	127.5	2012/6/19	17.5	2012/6/19 18:00
		3	89.5	2012/6/21 9:00 ～2012/6/23 6:00	56.0	2012/6/22	17.0	2012/6/22 2:00
長殿地区	2	1	124.5	2012/6/15 18:00 ～2012/6/18 10:00	104.0	2012/6/16	14.0	2012/6/16 8:00
		2	258.0	2012/6/19 4:00 ～2012/6/23 4:00	130.5	2012/6/19	18.0	2012/6/19 17:00
栗平地区	2	1	102.0	2012/6/15 19:00 ～2012/6/18 2:00	89.0	2012/6/16	15.0	2012/6/16 9:00
		2	281.0	2012/6/19 4:00 ～2012/6/23 23:00	203.5	2012/6/19	43.5	2012/6/19 17:00
北股地区	2	1	106.0	2012/6/15 19:00 ～2012/6/18 9:00	88.5	2012/6/16	18.0	2012/6/16 9:00
		2	279.0	2012/6/19 6:00 ～2012/6/23 4:00	143.0	2012/6/19	23.0	2012/6/19 16:00
熊野地区	2	1	20.0	2012/6/15 20:00 ～2012/6/18 6:00	17.0	2012/6/16	3.5	2012/6/16 13:00
		2	67.5	2012/6/19 3:00 ～2012/6/23 3:00	42.5	2012/6/19	9.0	2012/6/19 15:00 2012/6/22 1:00

*1: 24時間無降雨を一連の降雨の区切りとして降雨回数を整理

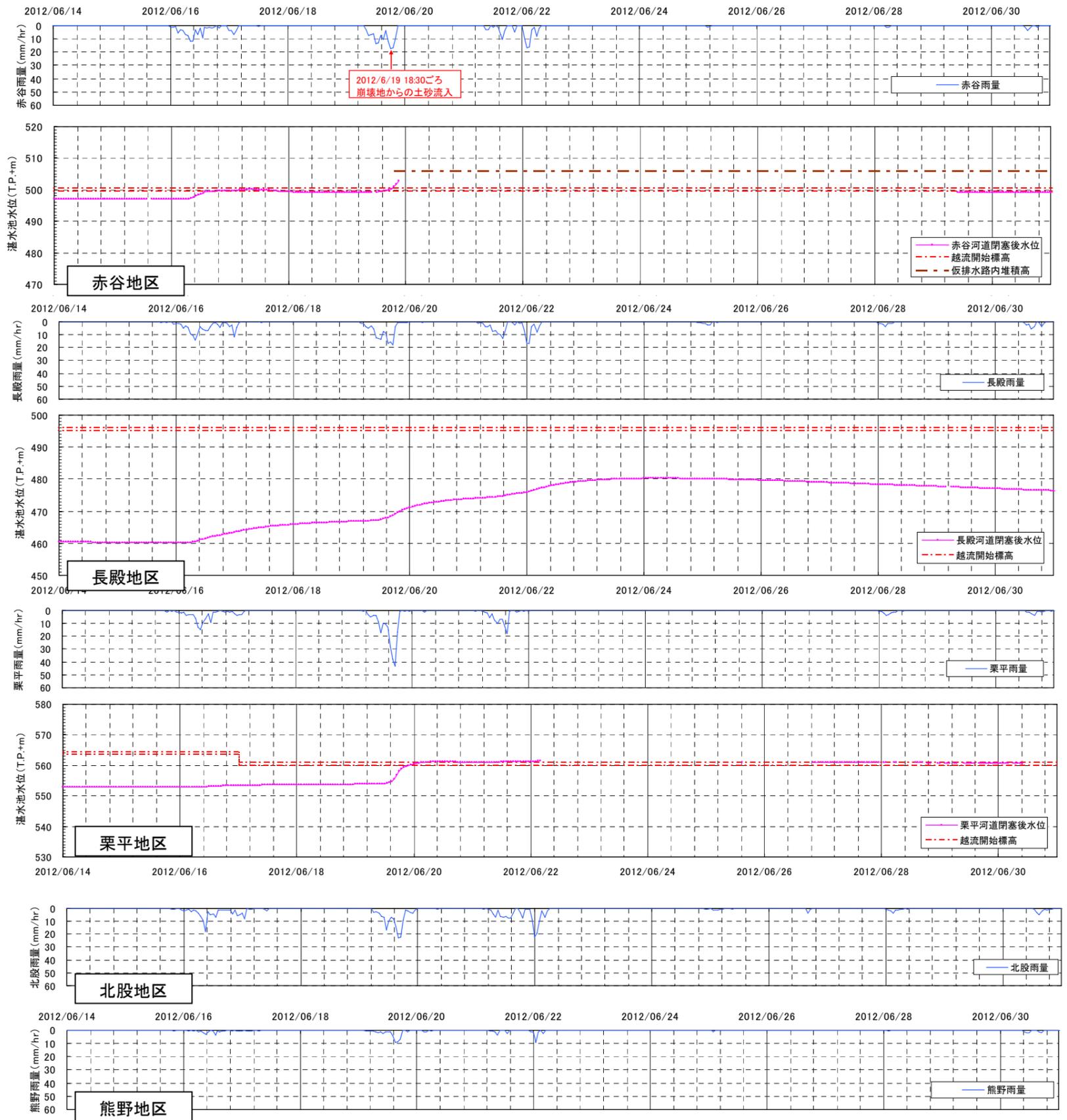


図-1.1.9 台風4号等による降雨量と湛水池水位(上から、赤谷地区、長殿地区、栗平地区、北股地区(降雨のみ)、熊野地区(降雨のみ))

②伏流量と湛水池水位

河道閉塞部形成後の伏流量の観測結果と湛水池水位を以下に示す。

長殿地区の伏流量は、湛水池水位と正の相関の傾向にある。現時点のデータは観測時刻が不明であるものが多く、湛水池水位が明確でないため、今後の観測により伏流量と湛水池水位との関係を明らかにする。

栗平地区は、観測データ自体が現時点で少ないため、今後はデータを蓄積していき、伏流量と湛水池水位との関係を明らかにしていく。

表-1.1.4 伏流量と湛水池水位（長殿地区）

日時	伏流量(m ³ /s)	湛水池水位(T.P.+m)	備考
H23.11.23 12:00	0.40	470.64	観測時刻が不明のため12時の水位を採用
H24.02.21 12:00	0.16	464.91	観測時刻が不明のため12時の水位を採用
H24.04.11 12:00	0.68	469.26	観測時刻が不明のため12時の水位を採用
H24.04.15 12:00	0.61	469.44	観測時刻が不明のため12時の水位を採用
H24.04.23 12:00	0.64	467.62	観測時刻が不明のため12時の水位を採用
H24.05.01 12:00	0.51	465.74	観測時刻が不明のため12時の水位を採用
H24.05.07 12:00	0.29	464.60	観測時刻が不明のため12時の水位を採用
H24.05.08 15:00	0.47	464.40	
H24.05.16 12:00	0.25	463.05	観測時刻が不明のため12時の水位を採用
H24.05.24 16:00	0.50	461.83	
H24.06.01 12:00	0.19	461.49	観測時刻が不明のため12時の水位を採用
H24.06.08 14:00	0.28	460.70	
H24.06.14 18:00	0.25	460.33	
H24.06.25 15:00	3.21	479.89	
H24.07.04 17:00	0.75	474.31	

台風4号通過後

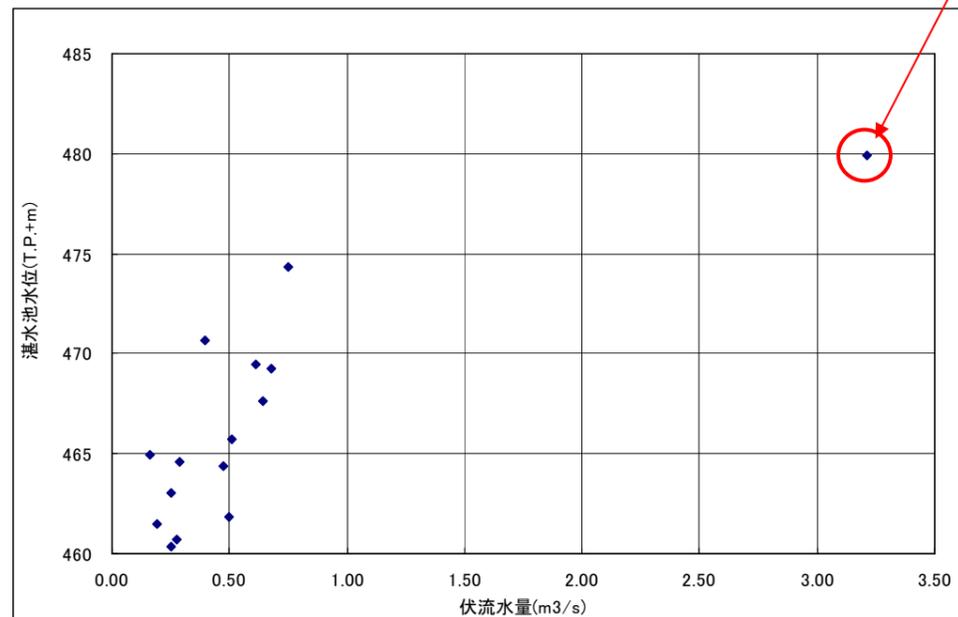


図-1.1.10 伏流量と湛水池水位（長殿地区）

表-1.1.5 伏流量と湛水池水位（栗平地区）

日時	伏流量(m ³ /s)	湛水池水位(T.P.+m)	備考
H23.11.23 12:00	0.57	565.28	観測時刻が不明のため11時の水位を採用
H24.05.08 13:00	0.53	557.90	
H24.05.24 12:00	0.58	555.57	
H24.06.08 11:00	0.92	553.71	ポンプとの合計値のため、参考値
H24.06.14 13:00	0.60	552.91	ポンプを止めて漏水量のみ計測
H24.06.26 17:00	2.30	560.96	越流量との合計値のため、参考値
H24.07.04 12:00	0.57	560.30	

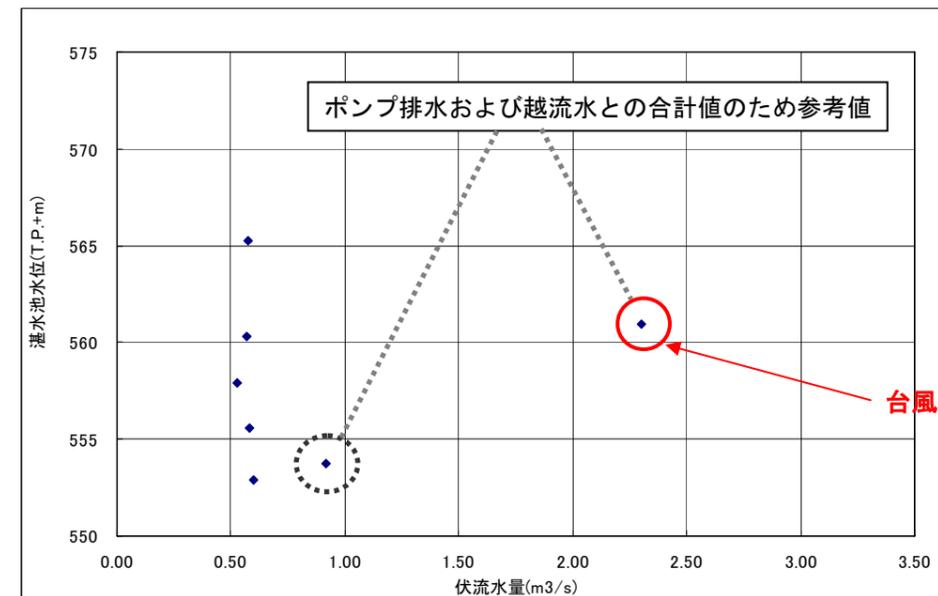


図-1.1.11 伏流量と湛水池水位（栗平地区）

○長殿地区の伏流水状況

長殿地区では台風4号後の2012年6月25日に伏流水量の観測が実施されており、5月29日に流出が確認された暗渠管底高(EL.400.5m)から+7m程度の位置まで伏流水の範囲が拡大していることが確認された。

【平成24年5月29日 13:00】

湛水池水位：EL.461.07m (観測開始以降、ほぼ最低の湛水位)
 伏流水位置：EL.400m程度
 伏流量：0.19m³/s (H24.6.1)

【平成24年6月25日 15:00】 → 台風4号・5号通過後

湛水池水位：EL.479.89m
 伏流水位置：EL.414m程度
伏流量：3.21m³/s



写真-1.1.1(1) 長殿地区の伏流水流出状況 (左：2012/5/29, 右：2012/6/25)



写真-1.1.1(2) 長殿地区の伏流水流出状況 (左：2012/5/29, 右：2012/6/25)

○栗平地区の伏流水状況

栗平地区では台風4号後の2012年7月4日に伏流水量の観測が実施されており、6月14日に流出が確認された地点(EL.440m程度)から+20m程度の位置まで伏流水の範囲が拡大していることが確認された。

【平成24年6月14日 13:00】

湛水池水位：EL.552.91m (観測開始以降、ほぼ最低の湛水位)
 伏流水位置：EL.440m程度
 伏流量：0.60m³/s

【平成24年7月4日 12:00】 → 台風4号・5号通過後

湛水池水位：EL.560.30m
 伏流水位置：EL.460m程度
伏流量：0.57m³/s



写真-1.1.2(1) 栗平地区の伏流水流出状況 (左：2012/6/20, 右：2012/7/4)



写真-1.1.2(2) 栗平地区の伏流水流出状況 (左：2012/6/14, 右：2012/6/20)

③流水の土砂濃度

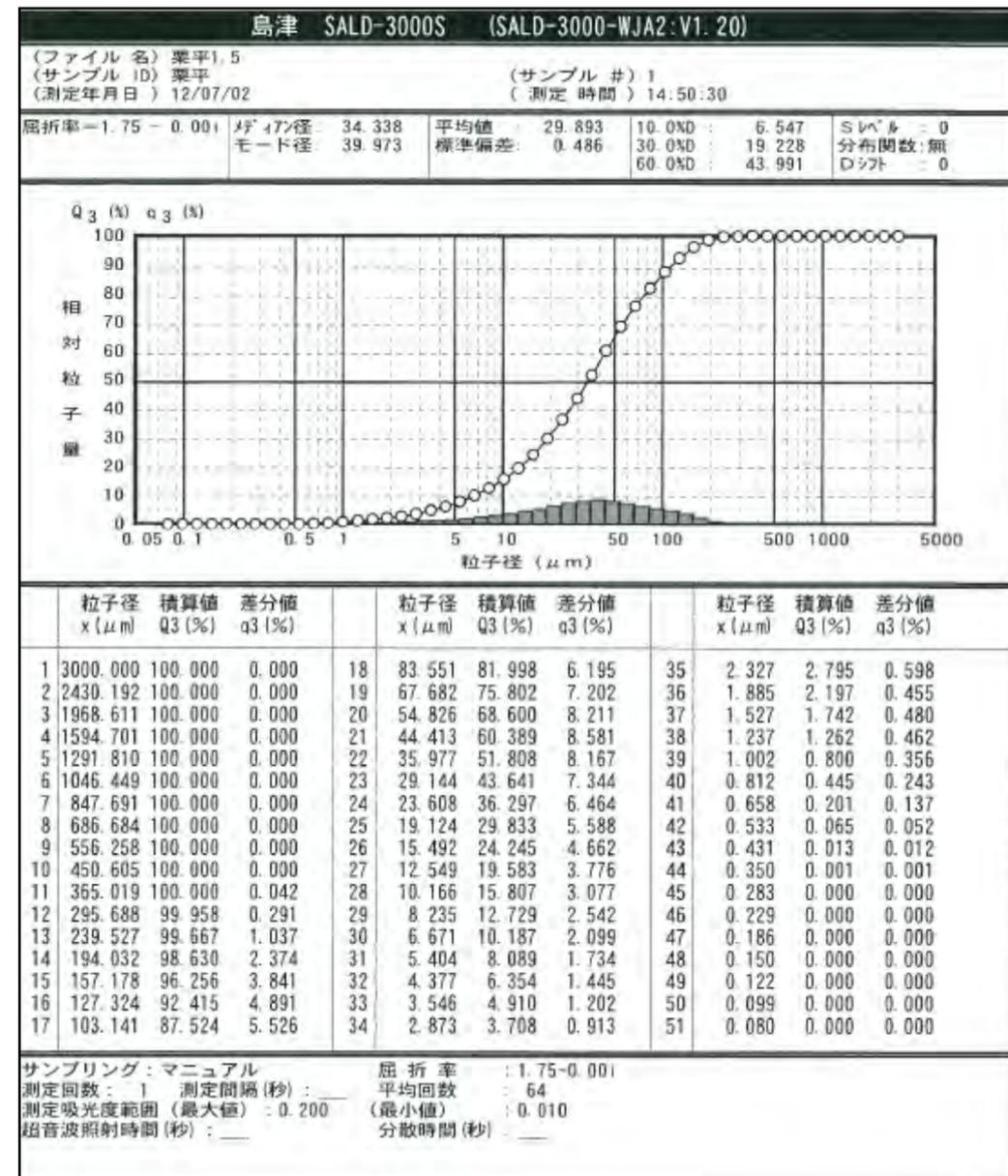
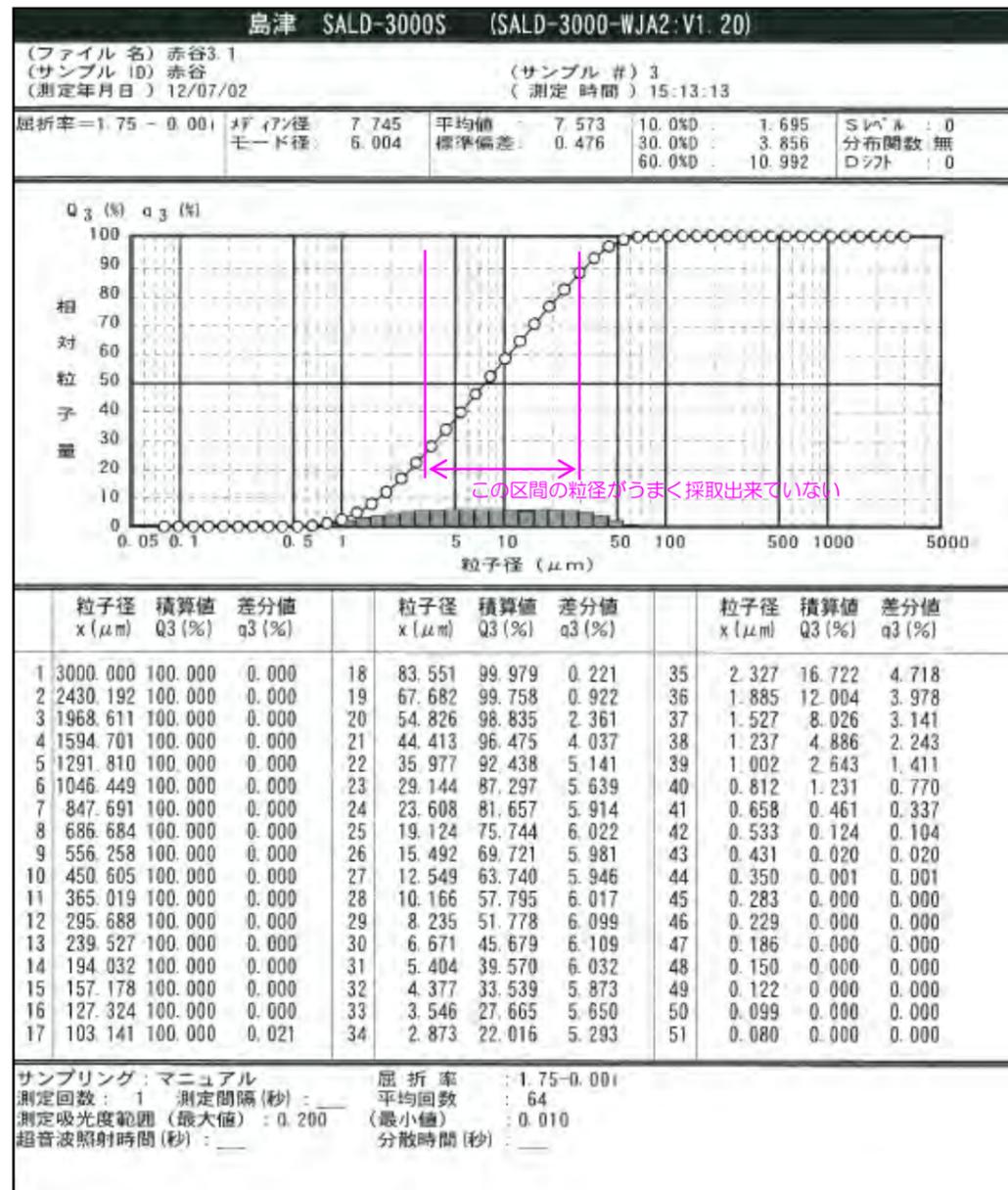
【赤谷地区】

- ・台風4号通過後に、川原樋川合流点より約50m遡った地点において流水を採取した。
- ・採取は、ペットボトルを使用した簡易な方法で行った。
- ・採取した流水中の浮遊物質量は9560mg/lで、土砂濃度によると約1%程度となる。
- ・採取地点の諸元は、河幅b=30.0m、水深h=0.2m、河床勾配i=1/11.4である。
- ・等流計算を用いて、粗度係数n=0.040として概算の流量を算出すると、流量Q=15.06m³/s（流速v=2.51m/s）となる。



【栗平地区】

- ・台風5号通過後に、上流側仮排水路内で流水を採取した。
- ・採取は、ペットボトルを使用した簡易な方法で行った。
- ・採取した流水中の浮遊物質量は34mg/lで、土砂はほとんど含まれていない。
- ・採取地点の諸元は、河幅b=5.0m、水深h=0.55m、河床勾配i=1/160である。
- ・等流計算を用いて、粗度係数n=0.032として概算の流量を算出すると、流量Q=4.00m³/s（流速v=1.45m/s）となる。



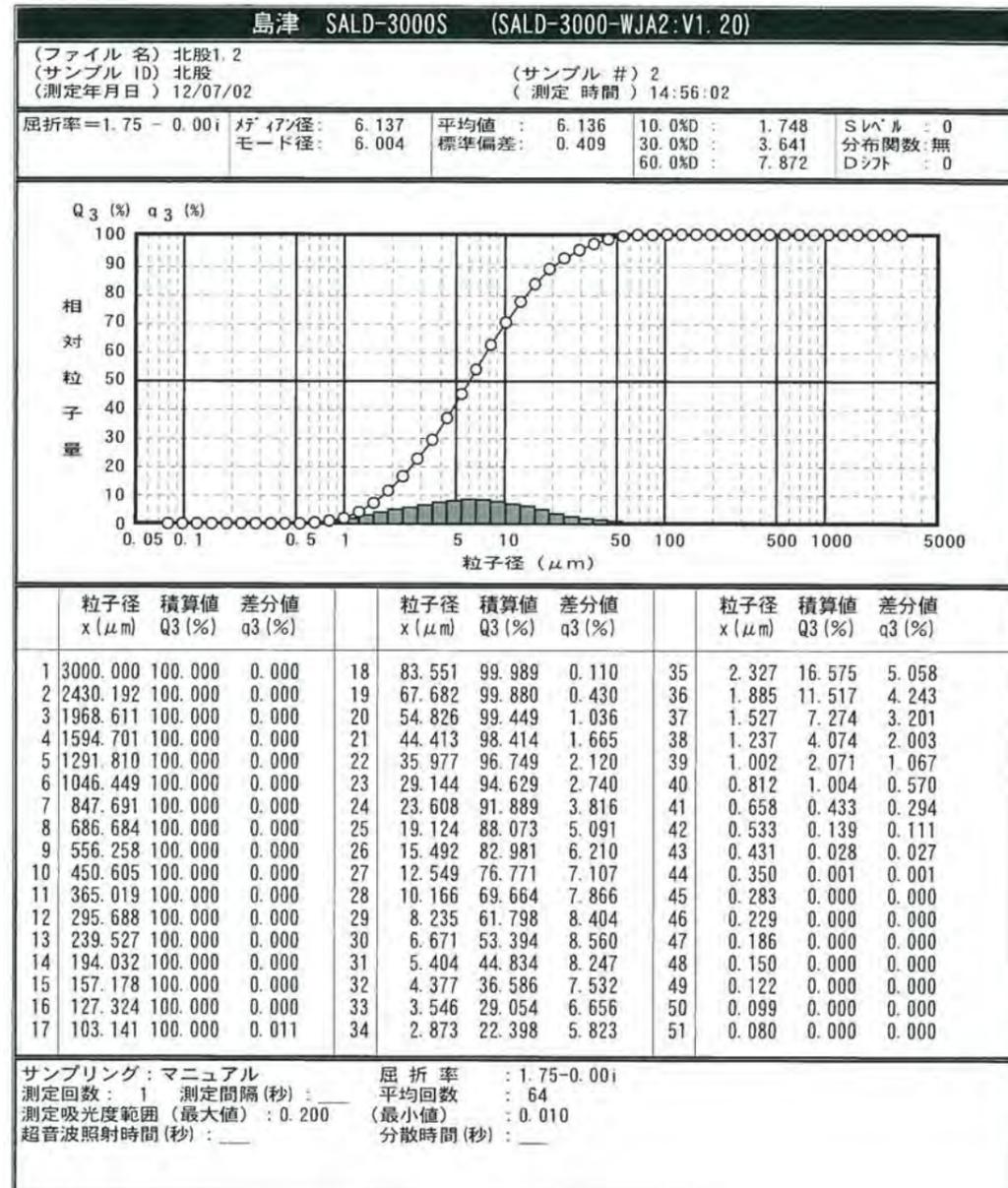
【北股地区】

- ・台風5号通過後に、上流側仮排水路内で流水を採取した。
- ・採取は、ペットボトルを使用した簡易な方法で行った。
- ・採取した流水中の浮遊物質量は70mg/lで、土砂はほとんど含まれていない。
- ・採取地点の諸元は、河幅b=1.3m、水深h=0.30m、河床勾配i=1/100である。
- ・等流計算を用いて、粗度係数 n=0.027 として概算の流量を算出すると、流量 Q=0.50m³/s (流速 v=1.29m/s) となる。



④今後の課題

現時点で整理されている観測データ等を確認すると、各観測データ間の整合（基準面や時系列の時間など）が取れていない箇所が見受けられる。
 そこで、今後の対応として、これらの観測データの整合を再確認し、精度の高いデータの収集、蓄積を行い、降雨量と湛水池水位、伏流量等との関係を明らかにしていく。



(3) 河道閉塞部の平均動水勾配

伏流水の流出状況に基づく平均動水勾配を整理することで、土砂の吸い出しや浸透破壊等に対する安定性の評価の基礎情報として、以下の整理を行った。

①堤体の地質調査について

河道閉塞部及び基礎地盤における土質条件の把握を目的に、現在、地質調査（ボーリング調査等）を実施中である。本地質調査結果により取得される水位等に基づき、今後、詳細検討を行う予定である。

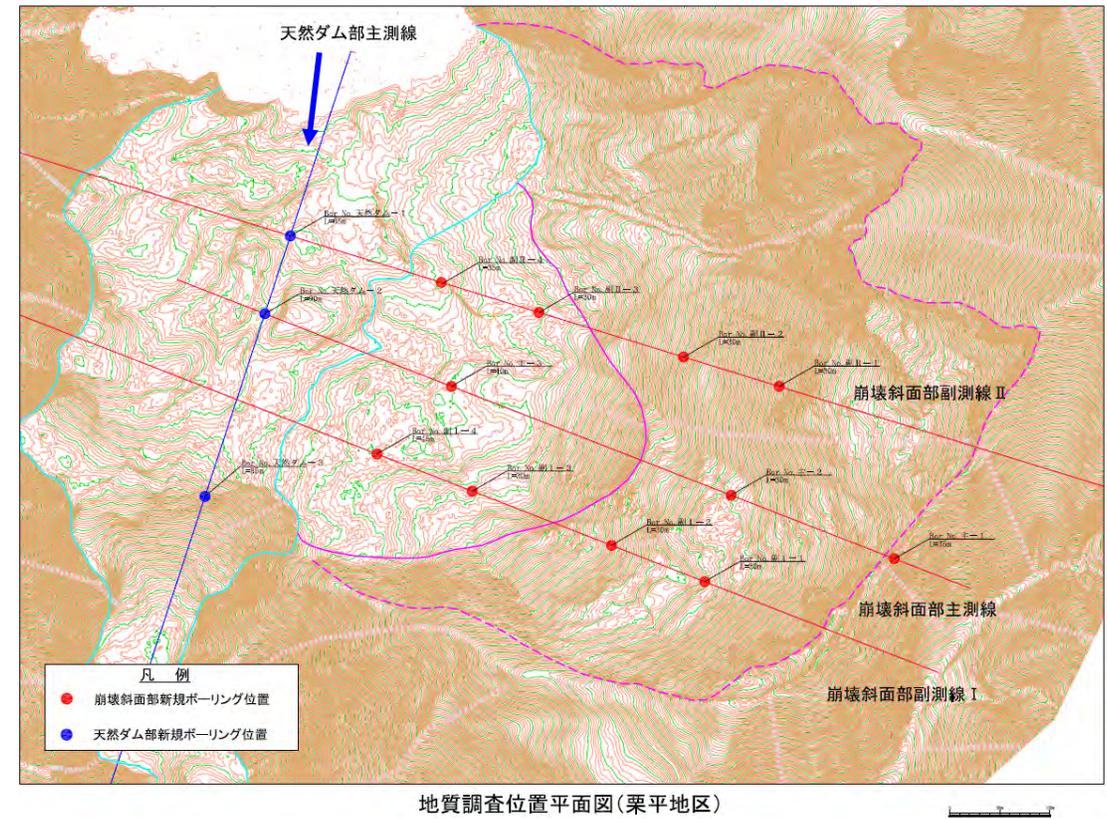
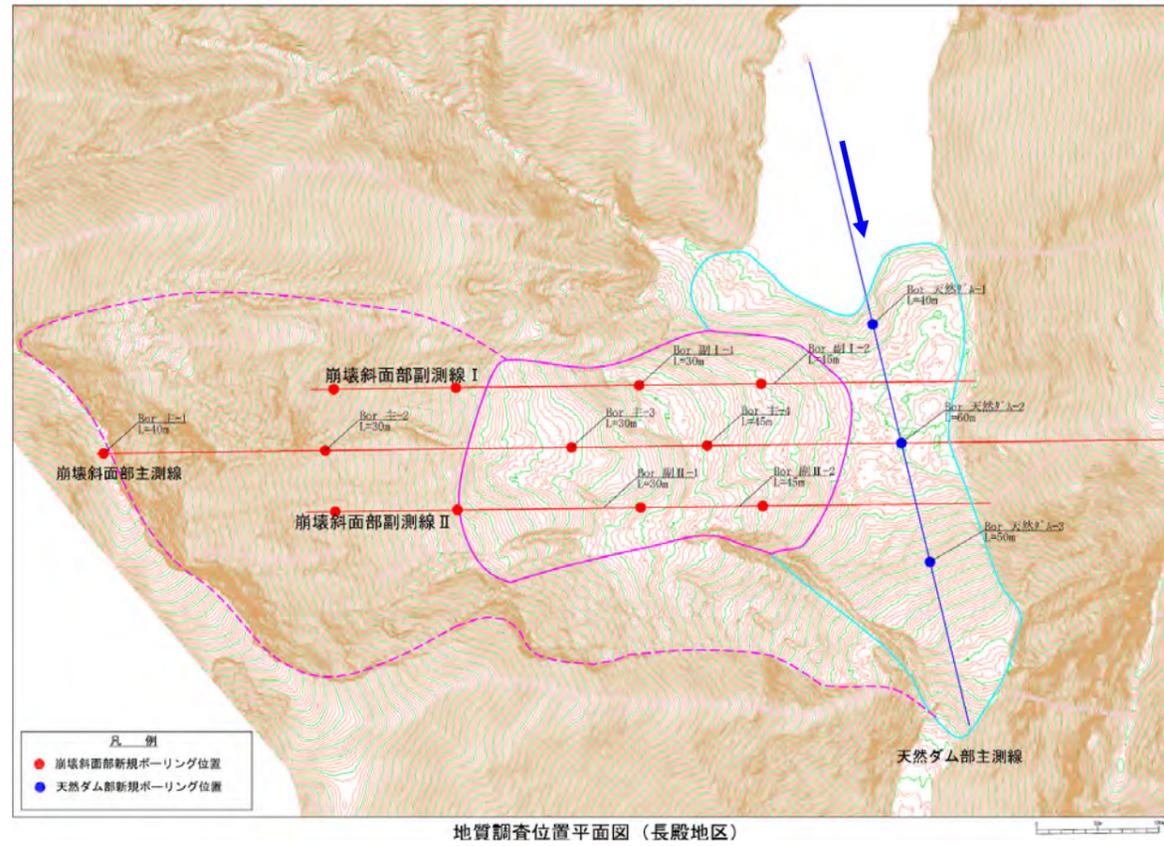


図-1.1.12 地質調査位置図

②河道閉塞部の平均動水勾配

長殿地区および栗平地区を対象に、伏流水の流出地点と、その時点の湛水位の関係から以下の通り、平均動水勾配を推定した。

1) 長殿地区

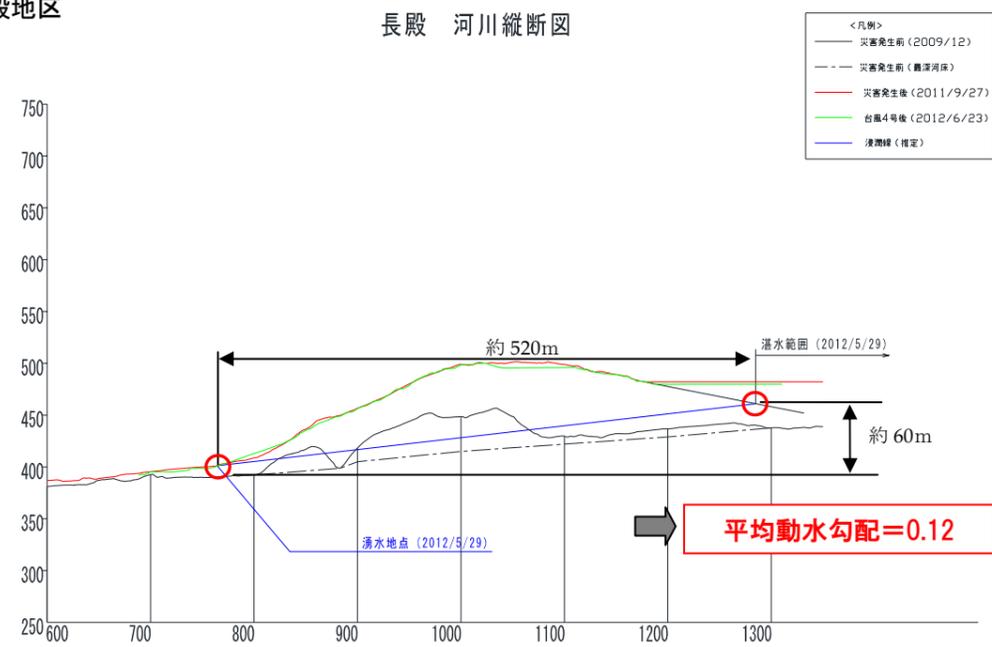


図-1.1.13(1) 2012年5月29日の水位縦断面図

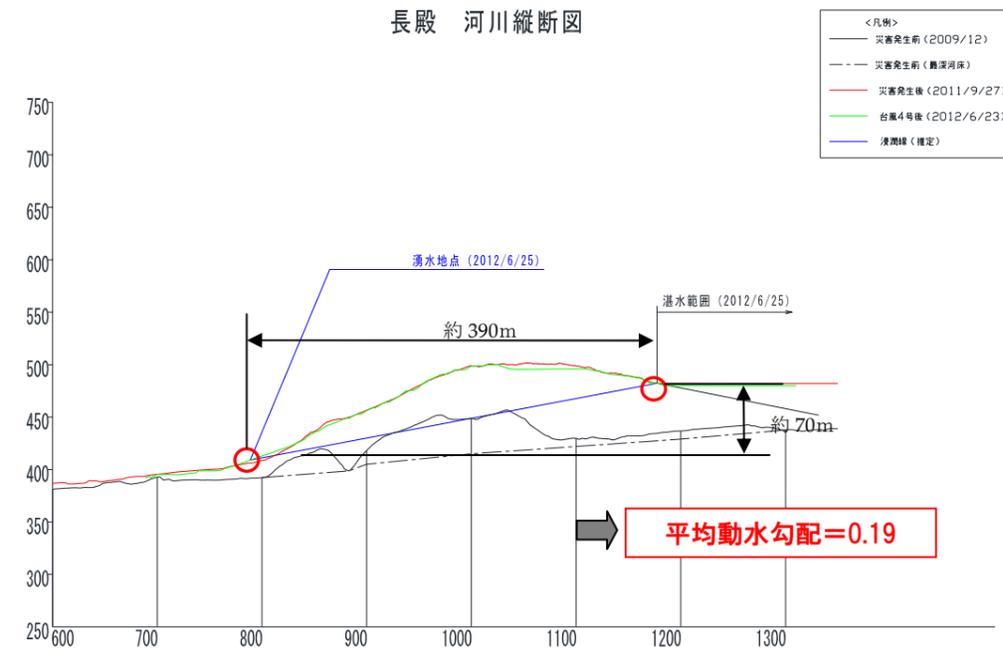


図-1.1.13(2) 2012年6月25日の水位縦断面図 (台風4号・5号後)

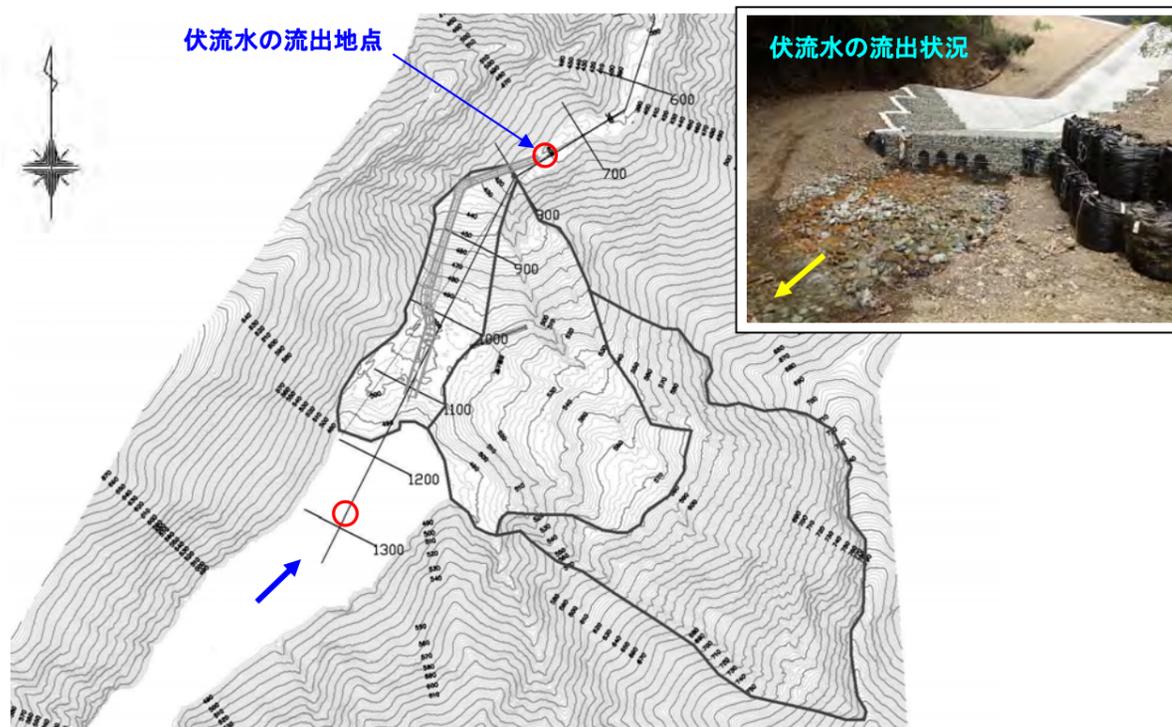


図-1.1.14(1) 2012年5月29日の伏流水流出位置



図-1.1.14(2) 2012年6月25日の伏流水流出位置 (台風4号・5号後)

2) 栗平地区

栗平 河川縦断面図

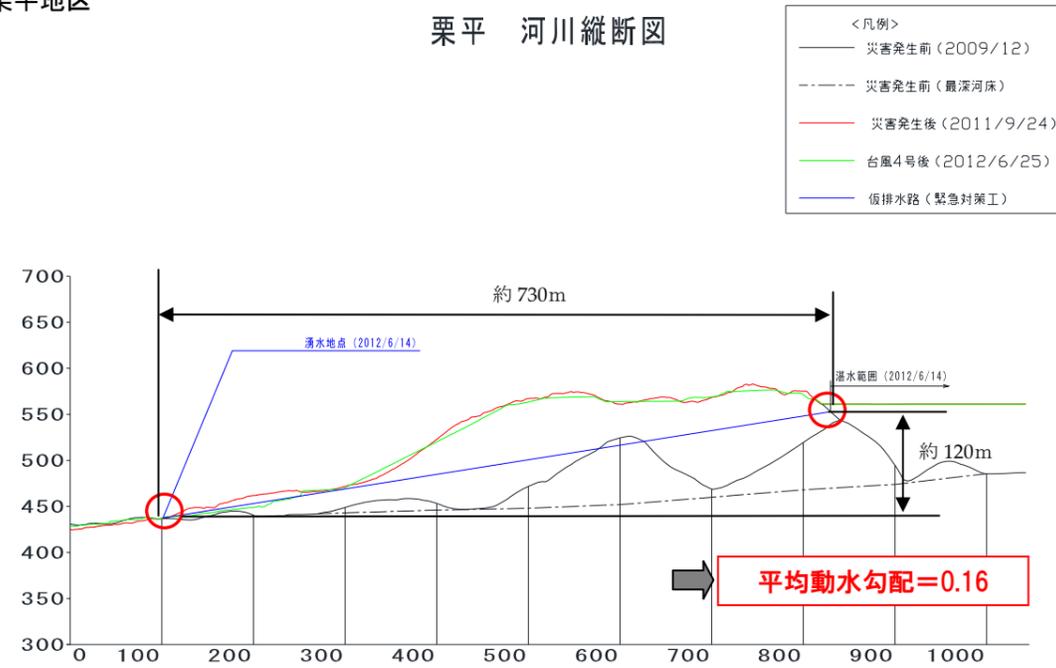


図-1.1.15(1) 2012年6月14日の水位縦断面図

栗平 河川縦断面図

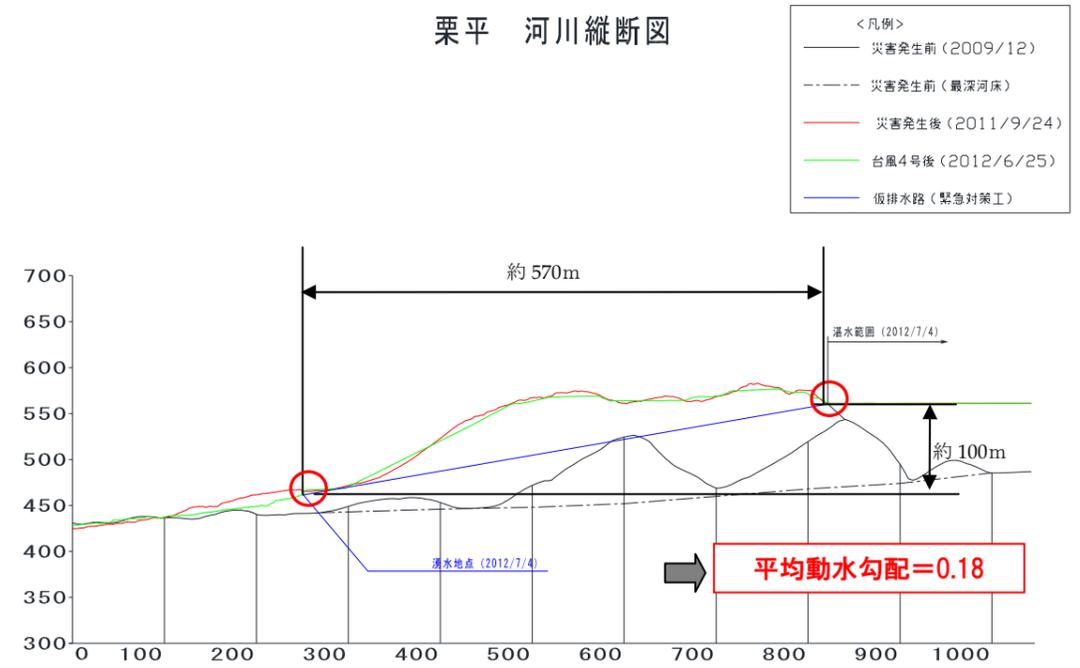


図-1.1.15(2) 2012年7月4日の水位縦断面図(台風4号・5号後)

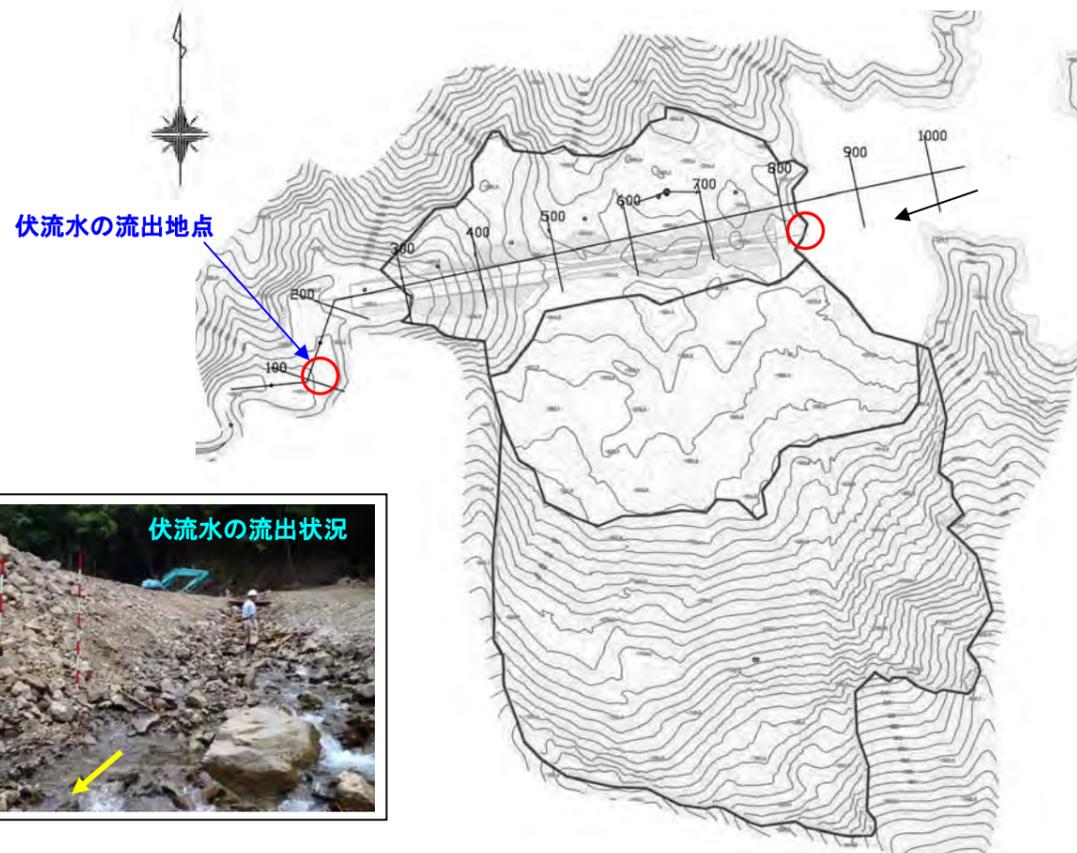


図-1.1.16(1) 2012年6月14日の伏流水流出位置

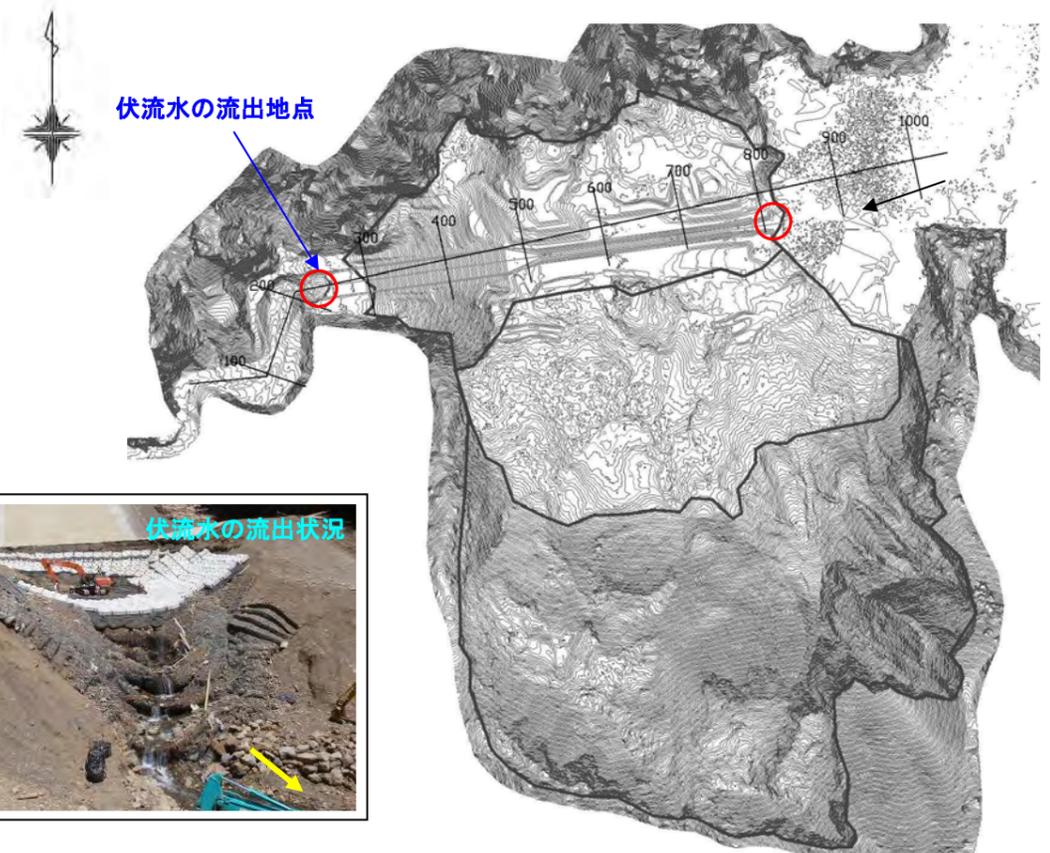


図-1.1.16(2) 2012年7月4日の伏流水流出位置(台風4号・5号後)

③河道閉塞部の透水係数

河道閉塞部の透水係数は、平成 24 年度の砂防学会研究発表会で千葉ら[※]により以下のように報告されている。

- ・図-1 に示す降雨 1, 降雨 6 の発生前無降雨時における湛水位の低下量から、透水係数 (cm/sec) の試算を行った。
- ・降雨量データは、平成 23 年 9 月 16 日 5 時から 10 月 7 日 9 時までが既往の雨量計、平成 23 年 10 月 7 日 10 時以降は近畿地方整備局が新たに設置した雨量計のものを用いた (無降雨の確認)。
- ・湛水池の容量は、地上部分はレーザープロファイラー、水中部分は音波探査により取得したものをを用いた。
- ・無降雨期間の水位変化は栗平地区を除いて低下傾向にあったため、基底流量よりも伏流量の方が多しと考え、基底流出成分の分離は考慮していない。
- ・求められた透水係数は、パイプなどを考慮しない平均的なものであるが、図-3 に示すように常識の範囲内の数値になった。

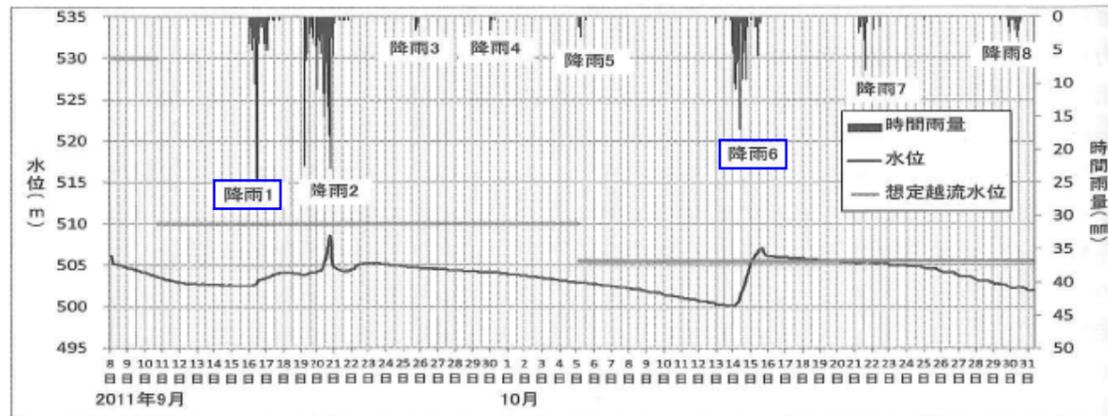


図-1 赤谷における時間雨量と水位の関係

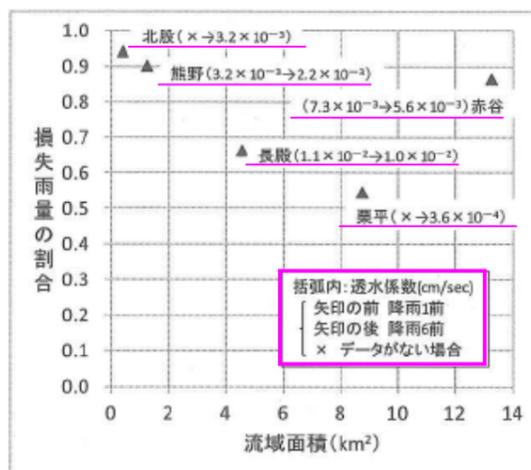


図-3 天然ダムの流域面積、透水係数と損失雨量の割合の関係

※「天然ダムの水位観測による満水までの雨量推定方法 (平成 23 年台風 12 号に関する事例研究)」
一般財団法人砂防フロンティア整備推進機構 千葉幹
京都大学農学研究科 水山高久
平成 24 年砂防学会研究発表会概要集, p.152-153

参考：透水係数の一般値

表 3-26 透水係数の概略値¹⁰⁾

k (cm/sec)	10 ⁵	10 ²	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
土砂の種類	きれいな砂利	きれいな砂 きれいな砂と砂利の混合	非常に細かい砂, シルト など	不透水性の土, 粘土 など								

表 3-27 土の粒径による透水係数の概略値¹¹⁾

	粘土	シルト	微細砂	細砂	中砂	粗砂	小砂利
粒径 (mm)	0~0.01	0.01~0.05	0.05~0.10	0.1~0.25	0.25~0.50	0.50~1.0	1.0~5.0
k (cm/sec)	3×10 ⁻⁵	4.5×10 ⁻⁴	3.5×10 ⁻³	1.5×10 ⁻²	8.5×10 ⁻²	3.5×10 ⁻¹	3.0

④今後の課題

伏流水の流出状況と湛水位の関係から、平均動水勾配は、長殿地区で 0.12~0.19、栗平地区で 0.16~0.18 であると推定された。また、河道閉塞部の透水係数は、千葉らによる報告から透水係数の一般値と乖離したものとなっていないことが確認できた。ただし、透水係数の値そのものについては、例えばダルシー則にあてはめる際の断面積等、算定条件に不明確な要素が多いため、取扱いには注意が必要である。

今後は、現地実施中の地質調査 (ボーリング調査) から取得される水位データに基づき、詳細な実態を把握する予定である。

1.2 計画流量の算出方法

(1) 緊急対策工の計画流量の算出方法

緊急対策工の計画流量は、奈良・和歌山各県の指針である「砂防技術指針（案） 奈良県土木部砂防課平成12年」（⇒以下、「奈良県指針」とする）及び「砂防事業設計要領 和歌山県県土整備部河川・下水道局砂防課平成21年」（⇒以下、「和歌山県指針」とする）に準じ、以下の手順で合理式を用いて清水流量を算出した後、土砂混入率を乗じて算出している。

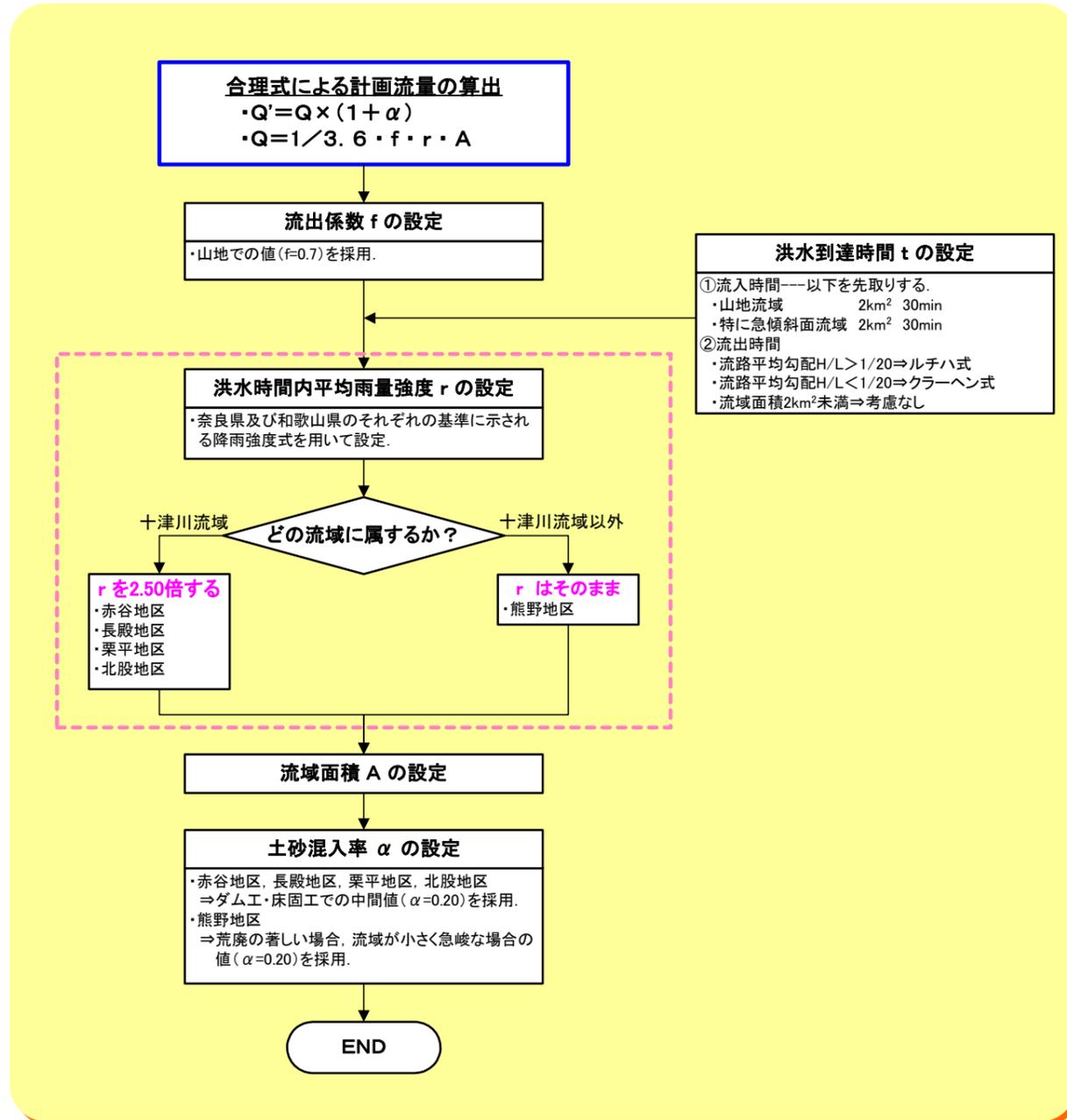


図-1.2.1 計画流量の算出フロー

①赤谷地区・長殿地区・栗平地区・北股地区

排水路工及び床固工

- 奈良県指針に準じた計画流量： 土砂混入率 20%

②熊野地区

排水路工及び床固工群

- 和歌山県指針に準じた計画流量： 土砂混入率 20%

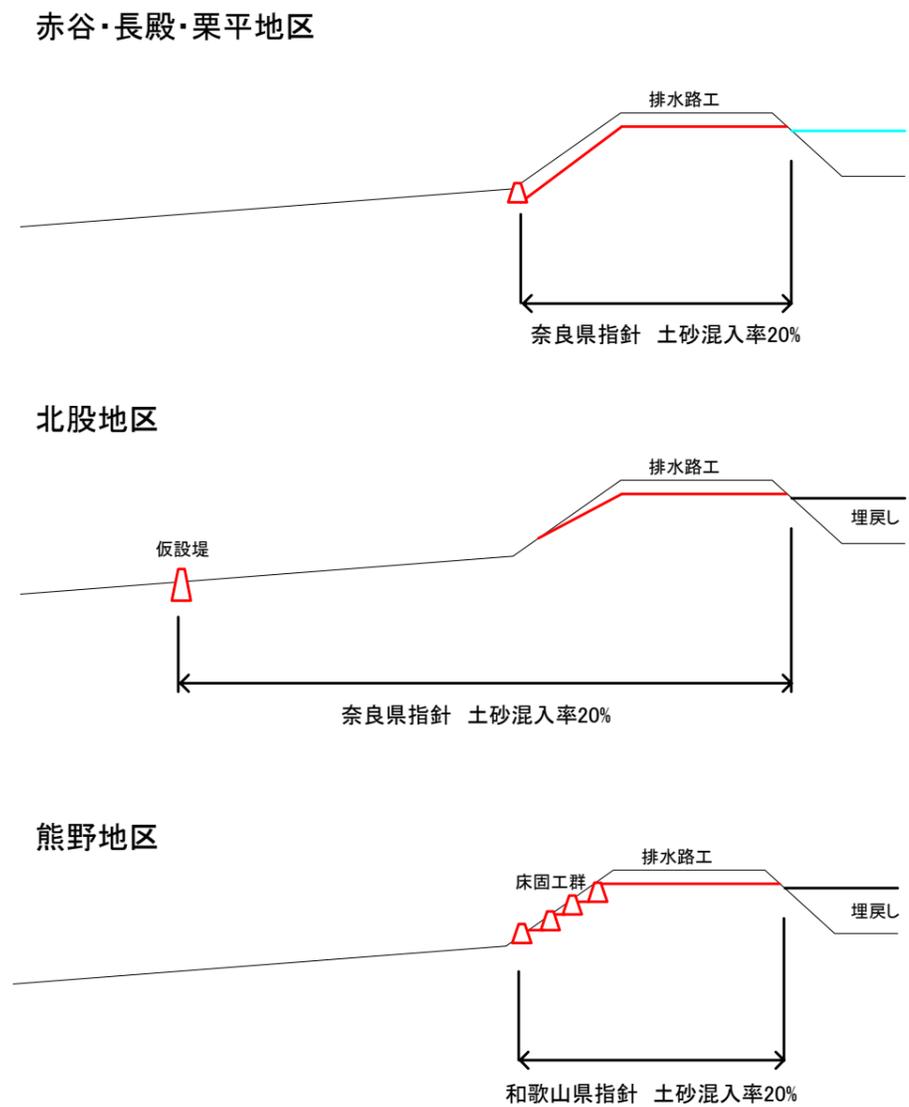
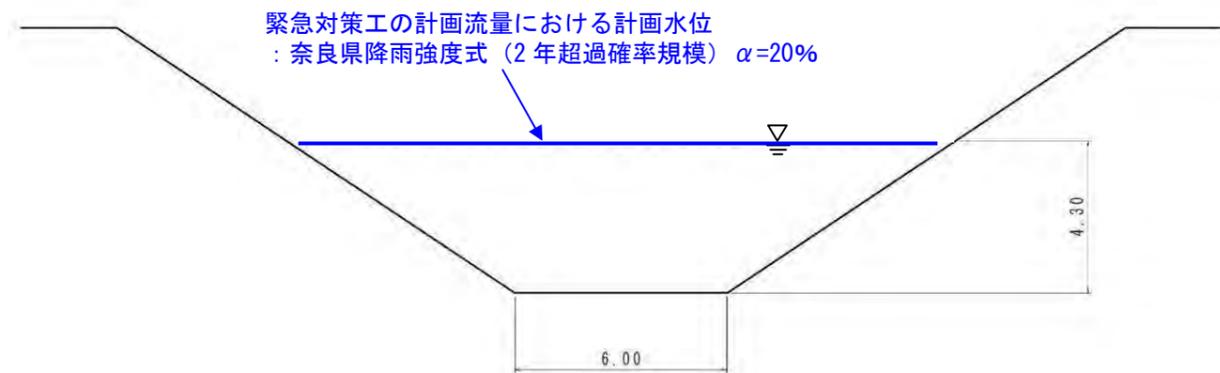
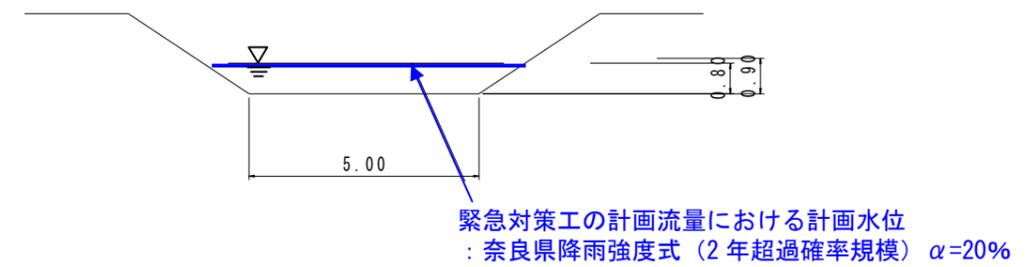


図-1.2.2 各箇所における計画流量算出方法（緊急対策）

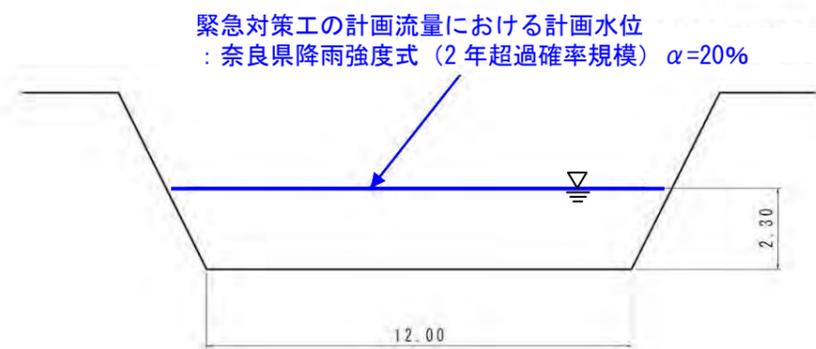
赤谷地区： 計画流量 $240\text{m}^3/\text{s}$



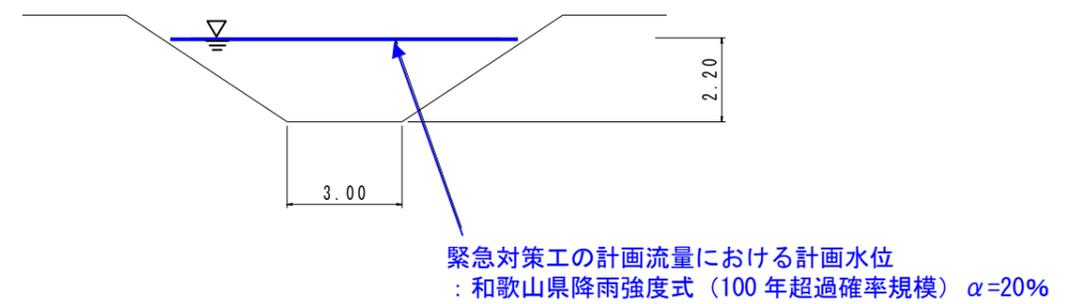
北股地区： 計画流量 $11\text{m}^3/\text{s}$



長殿地区： 計画流量 $110\text{m}^3/\text{s}$



熊野地区： 計画流量 $48\text{m}^3/\text{s}$



栗平地区： 計画流量 $185\text{m}^3/\text{s}$

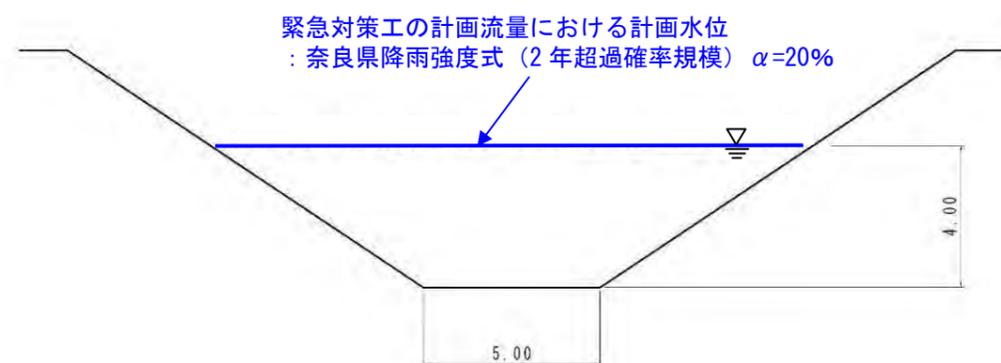


図-1.2.3 各箇所における仮排水路の計画流量とその水位

2. 河道閉塞等対策について

2.1 基本方針

(1) 河道閉塞等対策の目的

- ・ 現在実施中の緊急工事に続く本格的な河道閉塞等対策（以下，“対策”と称する）は、2011年9月台風12号によって発生した深層崩壊について、今後の平常時や計画規模の降雨の発生に伴う土砂生産・流出現象に起因する周辺地域ならびに下流域の保全対象に対する土砂災害を防止することを目的に実施する。
- ・ 対策の対象範囲は、河道閉塞部が残存する赤谷地区・長殿地区・栗平地区・北股地区・熊野地区の5箇所と、河道閉塞部がすでに流出している宇井地区・坪内地区・三越地区の3箇所の合計8箇所の深層崩壊とする。



図-2.1.1 河道閉塞等対策の対象範囲

(2) 計画規模

- ・ 対策の計画規模は、「国土交通省河川砂防技術基準 同解説 計画編」（平成17年）、「設計便覧（案）第2編 河川編」（平成12年・16年）ならびに「天然ダム対策工事マニュアル（施工編）（案）」（平成22年）に基づき原則として100年超過確率規模で評価する。
- ・ ただし、対策の実施に際しては2011（平成23）年9月台風12号発生時の降雨実績など計画規模を超過した規模が発生しても致命的な破壊に至らないようにする。

(3) 対策のエリア区分

対策は、赤谷地区・長殿地区・栗平地区・北股地区・熊野地区では崩壊地・崩壊土砂・河道閉塞部・下流河道部の4つのエリアに、宇井地区・坪内地区では崩壊地・崩壊土砂・河道部の3つのエリアに、三越地区では崩壊地・崩壊土砂・河道部・下流河道部の4つのエリアに区分し、各エリアで想定される土砂移動現象とその影響、各対策の緊急性等を考慮して検討する。

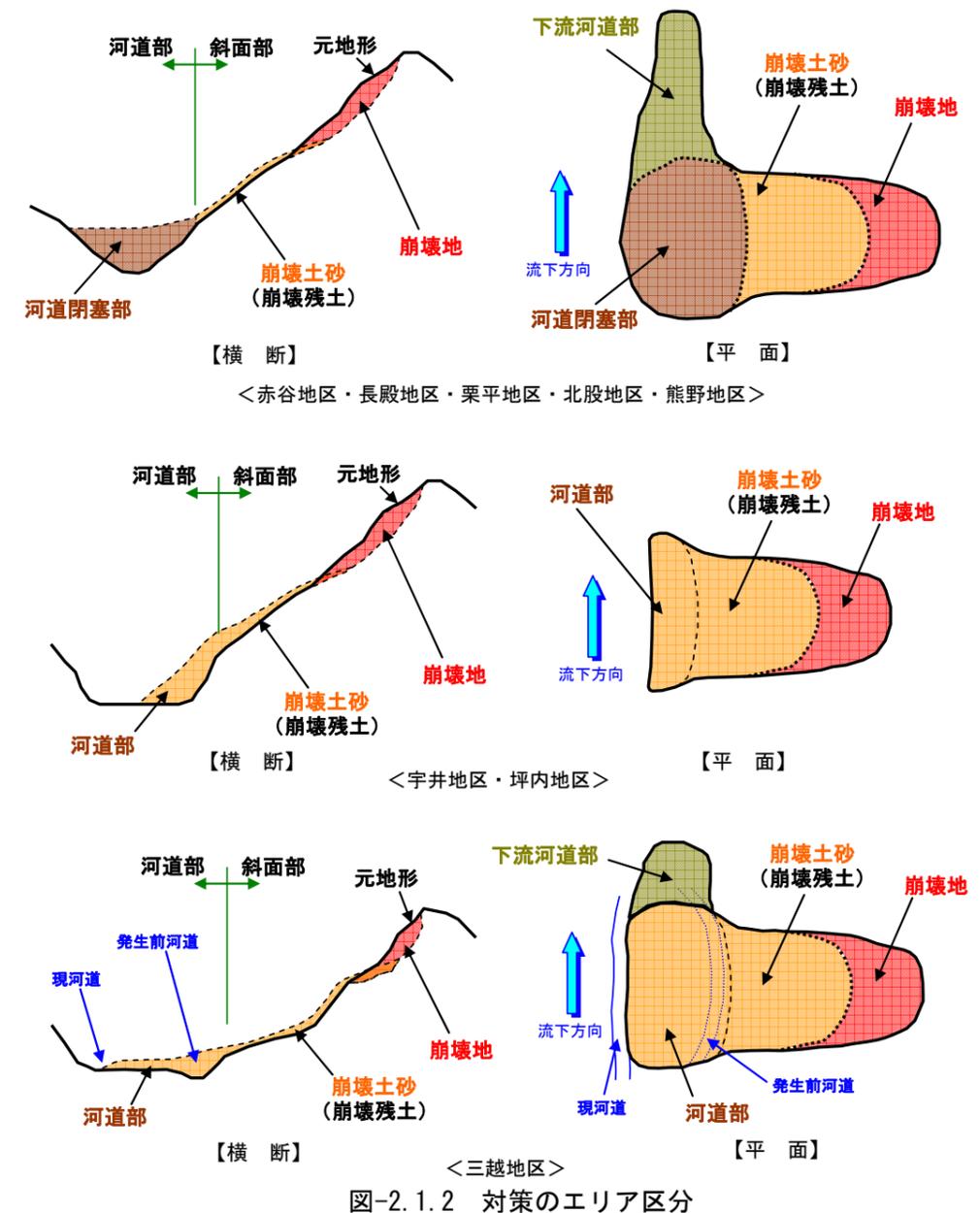


図-2.1.2 対策のエリア区分

(4) 緊急対策との調整

各河道閉塞部では「国土交通省河川砂防技術基準 同解説 計画編」(平成17年)、「設計便覧(案)第2編 河川編」(平成12年・16年)ならびに「天然ダム対策工事マニュアル(施工編)(案)」(平成22年)に基づき緊急対策が実施されていることから、今後の対策については、緊急対策の構造物を可能な限り活用するものとする。



写真-2.1.1 緊急対策工の整備状況 (赤谷地区) ※2012年5月31日撮影



写真-2.1.2 緊急対策工の整備状況 (栗平地区) ※2012年5月30日撮影

(5) 河道閉塞部の取り扱い

河道閉塞部の形状(特に河道方向の縦断形状)は一見してフィルダム形状を呈するが、その内部構造は河川構造物としての安定基準を満たしたフィルダムとは全く異質なものであることから、対策における河道閉塞部は河道に存在する不安定土塊としてその安定化を図ることを基本とする。

2.2 計画対象現象

- ・ 対策における計画対象現象は、平常時や計画規模の降雨・流量の発生に伴って生じる、以下に示す土砂生産・流出現象とする。
- ・ なお、計画対象現象は計画規模(100年超過確率規模の降雨)によって生じる土砂移動・流出現象とするが、対策の実施に際しては2011(平成23)年9月台風12号発生時の降雨実績や、今後想定される地震にも配慮し、計画規模以上の現象も想定に入れた対策(超過規模対応のハード対策、ソフト対策、危機管理対策 等)を実施する必要がある。



図-2.2.1 対策における計画対象現象

2.3 河道閉塞部・河道部における計画流量

(1) 算出方法

①河道閉塞部

- ・ 河道閉塞部（赤谷地区・長殿地区・栗平地区・北股地区・熊野地区）の対策（排水路工，溪流保全工，堰堤工等）における計画流量は，計画規模（100年超過確率規模の降雨）の発生に伴って生じる流量とし，以下の基準に基づき算出する。
 - 「設計便覧（案）第2編 河川編」（近畿地方建設局 平成12年・近畿地方整備局 平成16年）
 - 「砂防技術指針（案）」（奈良県土木部砂防課 平成12年）
 - 「砂防事業設計要領」（和歌山県土木整備部河川・下水道局砂防課 平成21年）
 - 「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）及び同解説」（国土交通省 平成19年11月）
 - 「土石流・流木対策設計技術指針及び同解説」（国土交通省 平成19年11月）
- ・ 合理式を用いて清水流量を求める際の降雨強度式は，一連区間において降雨強度式を変えると，確率規模の評価に矛盾が生じる結果となることから，降雨強度式は統一するものとする。
- ・ 「奈良県指針」では，洪水到達時間(t)を1時間（60分）とした場合の100年超過確率時の降雨強度が非常に大きな値となることが課題なので，洪水到達時間および降雨強度の上限値を設定する。
- ・ 以下に，算出に際しての留意点を示す。
 - 1) 計画流量の算出方法は「奈良県指針」および「和歌山県指針」の降雨強度式に統一する。
 - 2) 計画流量は，清水流量に土砂混入率を乗じて算出する。
 - 3) 土砂混入率は，各種基準等に準拠して，対象とする土砂移動現象に基づき設定する。
 - 4) 洪水到達時間が60分未満の場合は60分とする（奈良県指針）。
 - 5) 降雨強度は，日本最大値を記録した長崎大水害の値を上限値とする（ $r=187\text{mm/h}$ ：長与町役場）。
 - *) $r=187\text{mm/h}$ は各河道閉塞部の雨量観測所において400年超過確率超に相当する。

②河道部

- ・ 河道部（宇井地区・坪内地区・三越地区）の対策における計画流量は，各地区が位置する河川における計画流量，上流のダム放流量等に基づき算出する。ただし，計画流量が100年超過確率規模より小さい場合や計画流量を有しない河川においては，100年超過確率規模や既往最大流量などを参考に決める。
- ・ 既往検討における計画流量は，以下の考え方に基づき算出されている。

宇井地区： 2,000m³/s （猿谷ダム設計流量）

- ・ 宇井地区の計画流量は，宇井地区上流の猿谷ダムの設計流量から設定されている。
- ・ 台風12号時の猿谷ダムの最大放流量は1,300m³/sである。
- ・ 緊急対策工の計画流量は，猿谷ダムの過去5年間の最大放流量（860m³/s）と支川からの合流を考慮して，945m³/sとしている。

坪内地区： 1,100m³/s （九尾ダム（坪内地区下流）の既往最大流量）

- ・ 坪内地区の計画流量は，坪内地区下流の九尾ダムの実績流量（平成元年～平成21年）から既往最大流入量（1,088m³/s）を考慮して，1,100m³/sとしている。なお，九尾ダムの設計流量は1,006m³/sである。
- ・ 台風12号時の九尾ダムの最大放流量は953.5m³/sである。
- ・ 緊急対策工の計画流量は，工事期間を5年として5年確率規模に相当する630m³/s（九尾ダムにおける過去5年間の最大流入量とほぼ同じ）としている。

三越地区： 670m³/s （100年超過確率規模）

- ・ 三越地区の計画流量は，和歌山県の指針に基づき合理式を用いて計画流量を算出している。（降雨強度区域：本宮，流出係数：0.7，土砂混入率：20%）

(2) 河道閉塞部の計画流量における土砂混入率の考え方

①排水路工

排水路工は、湛水池からの洪水流を安全に流下させることを目的とする場合に整備することから、上流域に湛水池が存在する赤谷地区・長殿地区・栗平地区を対象とする。ただし、赤谷地区では土砂流出による排水路の機能が維持できないため、排水路工は長殿地区・栗平地区を対象とする。

湛水池が存在しない熊野地区と北股地区については、溪流保全工や山腹工における表面排水路工として取り扱う。

対象とする土砂移動現象は、上流域からの土砂流入のみを想定し、崩壊地や崩壊土砂の堆積域からの土砂流入は対象としない。以下に、排水路工における土砂混入率の考え方を示す。

長殿地区・栗平地区： 5%

→ 湛水池が存在し、上流域からの土砂流入量が少ないと想定されるため。

*) 今後の検討により湛水池の規模縮小や埋め戻す場合は、別途考慮する。

②堰堤工・床固工・溪流保全工

堰堤工・床固工・溪流保全工において対象とする土砂移動現象は、上流域からの土砂流入、崩壊地・崩壊土砂の堆積域からの土砂流入、本川河道における土砂移動を想定し、支川流域から流入する土石流などは対象としない。なお、河道閉塞部の越流侵食が生じた場合は、計画規模を超過した現象に対する対策として検討するものとする。

土砂混入率の上限は、「奈良県基準」に記載されている30%とする。以下に、堰堤工・床固工・溪流保全工における土砂混入率の考え方を示す。

赤谷地区： 30%

- 基幹となる堰堤工、下流河道における堰堤工、床固工、溪流保全工ともに同じとする。
- 崩壊地から河道閉塞部への土砂流入が頻発し、崩壊地と基幹となる堰堤工の位置が近接していることから、直接土砂流入による影響を受ける危険性が高く、さらに、現状では効果的な斜面对策の実施が困難であり、下流河道部においても多量の不安定土砂が堆積していることから、30%とする。

長殿地区： 20%

- 基幹となる堰堤工、下流河道における堰堤工ともに同じとする。
- 崩壊地と基幹となる堰堤工の位置が近接していることから、土砂流入による影響を受ける可能性がある。しかし、数年以内に斜面对策や土砂流入を防止する土堤を整備することから、20%とする。

栗平地区： 基幹となる堰堤工 5% 下流河道における堰堤工 20%

- 崩壊地と基幹となる堰堤工の位置が離れており、土砂流入による影響を受ける可能性が低いことから、基幹となる堰堤工は5%とする。
- 下流河道部において不安定土砂が堆積して二次移動が想定されることから、下流河道部における堰堤工は20%とする。

北股地区： 20%

- 基幹となる堰堤工、下流河道における堰堤工、溪流保全工ともに同じとする。
- 湛水池の規模が小さく、また、崩壊地と基幹となる堰堤工の位置が近接していることから、土砂流入による影響を受ける可能性がある。しかし、数年以内に斜面对策や土砂流入を防止する土堤を整備することから、20%とする。

熊野地区： 20%

- 基幹となる堰堤工、下流河道における堰堤工、溪流保全工ともに同じとする。
- 湛水池が存在せず、また、崩壊地と基幹となる堰堤工の位置が近接していることから、土砂流入による影響を受ける可能性がある。しかし、数年以内に斜面对策や土砂流入を防止する土堤を整備することから、20%とする。

奈良県：「砂防技術指針（案） 平成12年4月 奈良県土木部砂防課 II計画編 P50, P52」

3. 土砂混入率

一般に $\alpha=0.1$ を採用するが、土砂の流出形態、上流での土砂整備率より、0.10~0.30の範囲内で採用してもよい。

表-II.2.2.1 土砂混入率表

工種	土砂混入率	適用
ダム工・床固工	10%~30%	通常10%、土石流地域等で流域の荒廃が進んでいる場合は30%
溪流保全工	5%~10%	溪流保全工計画地点より上流の砂防工事が完了(整備率100%)している場合5%、その他は10%

和歌山県：「砂防事業設計要領 平成21年4月 和歌山県土木整備部河川・下水道局砂防課 III-16」

2.2.5 土砂混入率(α)

砂防工事を施工する溪流では、土砂を含有した流水を対象とするため、土砂混入率を乗じて計画高水流量を決定する。

表1.2.2 土砂混入率

土砂混入率	土砂を含む場合の状態	
0%	清水	
5%	微細な土砂浮遊物を含む	上流砂防工事が施工済の場合(上流の土砂整備率70%の場合)
10%	〃	上流砂防工事が施工済の場合(上流の土砂整備率50~70%の場合)及び屈曲や乱流防止のため溪流保全工を施工する。
20%	土石を含有する	荒廃の著しい場合、流域が小さく急峻な場合

表-2.3.1 計画流量の算出方法（赤谷地区・長殿地区・栗平地区・北股地区・熊野地区）

区分	適用	備考
計算手法	合理式	
土砂混入率	排水路工	5% 長殿地区・栗平地区 → 湛水池が存在し、上流からの土砂流出が河道閉塞部に及ぶ可能性が小さいため
	堰堤工・床固工 溪流保全工	5% 栗平地区（基幹となる堰堤工） → 崩壊地と基幹となる堰堤工の位置が離れており、土砂流入による影響を受ける可能性が低いことから、基幹となる堰堤工は5%とする。
		20% 栗平地区（下流河道における堰堤工） → 下流河道部において不安定土砂が堆積して二次移動が想定されることから、下流河道部における堰堤工は20%とする。
		30% 長殿地区・北股地区・熊野地区 → 崩壊地と基幹となる堰堤工の位置が近接していることから、土砂流入による影響を受ける可能性がある。しかし、数年以内に斜面对策や土砂流入を防止する土堤を整備することから、20%とする。 赤谷地区 → 崩壊地から河道閉塞部への土砂流入が頻発し、崩壊地と基幹となる堰堤工の位置が近接していることから、直接土砂流入による影響を受ける危険性が高く、さらに、現状では効果的な斜面对策の実施が困難であり、下流河道部においても多量の不安定土砂が堆積していることから、30%とする。
洪水到達時間	奈良県	流入時間と流下時間の和 「砂防技術指針（案）」に基づき、算定された到達時間が60分未満の場合は、60分とする
	和歌山県	流入時間と流下時間の和
降雨強度	奈良県	「砂防技術指針（案）」に記載されている降雨強度式 ・十津川流域は大和川流域の算出値の2.5倍 ・降雨強度は日本最大値を記録した長崎大水害の値を上限值とする。(r=187mm/h)
	和歌山県	「確率降雨強度の算定」に記載されている降雨強度式 ・降雨強度は日本最大値を記録した長崎大水害の値を上限值とする。(r=187mm/h)

・砂防技術指針（案）——砂防技術指針（案） 奈良県土木部砂防課 II 計画編
 ・確率降雨強度の算定——和歌山県管内 確率降雨強度の算定 平成9年10月 和歌山県土木部河川課
 ・降雨強度日本最大値(187mm/h:長与町役場)——7.23長崎大水害の記録 昭和59年3月 長崎県

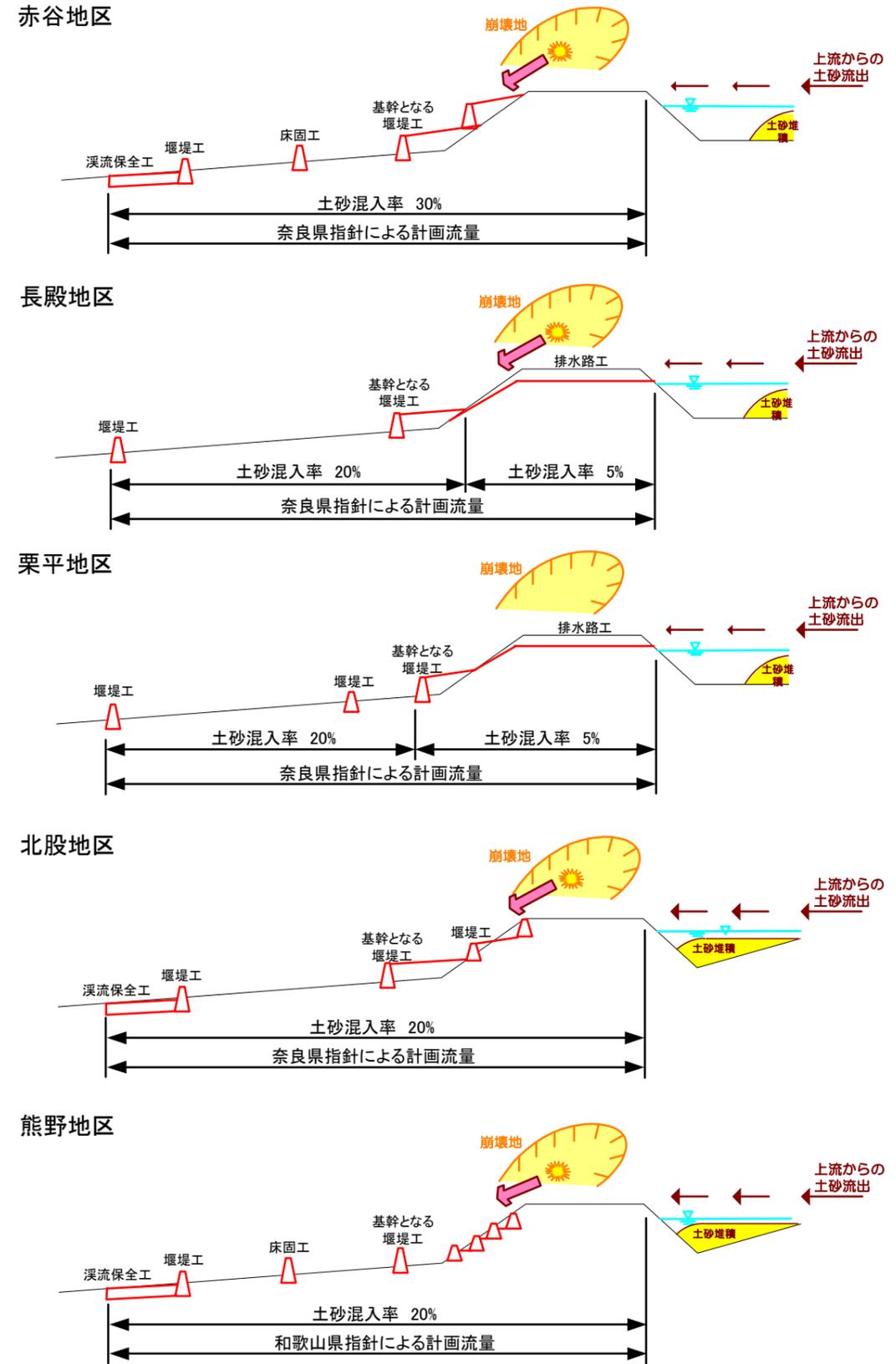


図-2.3.1 土砂混入率の適用区分の考え方

(3) 計画流量の算出結果

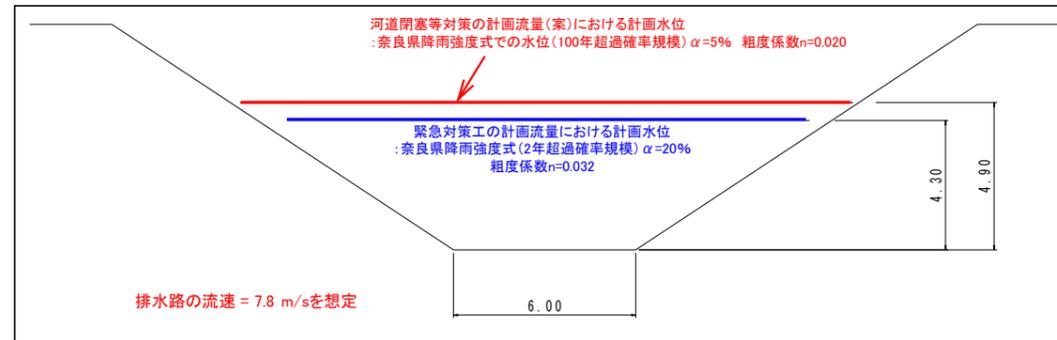
表-2.3.2 河道閉塞等対策の計画流量（案）

	流域面積 (km ²)	流出係数 ※1	確率規模年	粗度係数 ※2		奈良県or和歌山県基準 平均降雨強度 ※3		清水流量	土砂混入率 5%のときの流量 (m ³ /s)	土砂混入率 20%のときの流量 (m ³ /s)	土砂混入率 30%のときの流量 (m ³ /s)	緊急対策工 の計画流量 土砂混入率20%	
				緊急 対策工	計画	洪水到達時間 (min)※4	平均降雨強度 (mm/h)※5					確率規模年	流量 (m ³ /s)
赤谷(河道閉塞箇所地点)	13.7	0.7	100年	0.032	0.020	65.0	183.00	488.0	512.4	585.6	634.4	2年	240
長殿(河道閉塞箇所地点)	4.6	0.7	100年	0.032	0.020	60.0(40.0)	187.00(247.00)	168.0	176.4	201.6	218.4	2年	110
栗平(河道閉塞箇所地点)	9.0	0.7	100年	0.019	0.020	60.0(51.0)	187.00(214.00)	328.0	344.4	393.6	426.4	2年	185
北股(河道閉塞箇所地点)	0.4	0.8	100年	0.027	0.020	60.0(31.2)	187.00(281.70)	17.0	17.9	20.4	22.1	2年	11
熊野(河道閉塞箇所地点)	1.2	0.7	100年	0.028	0.028	15.0	171.30	40.0	42.0	48.0	52.0	100年	48

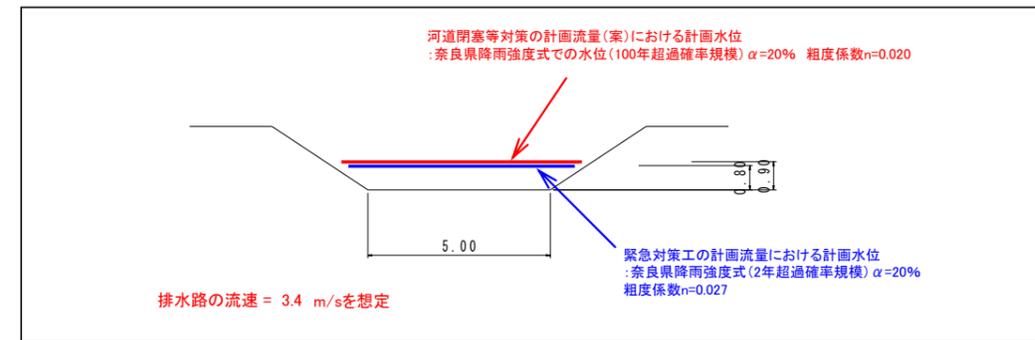
※1: 流出係数については、各県の指針に準じて設定した。 ※2: 粗度係数については、対策工の工種に応じて0.020(コンクリート)とした。
 ※3: 計画規模は100年超過確率規模だが、平均降雨強度は基準に準じて補正
 ※4: ()内は算出値、補正前 ※5()内は100年超過確率の平均降雨強度、補正前

排水路工 堰堤工、床固工、溪流保全工

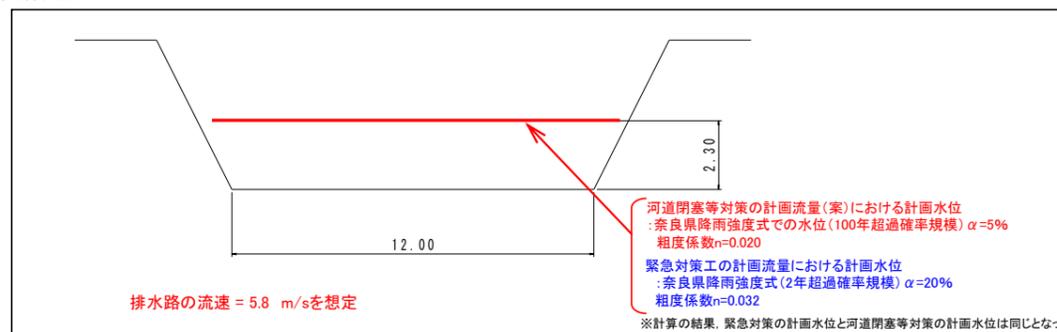
赤谷地区 ※イメージ



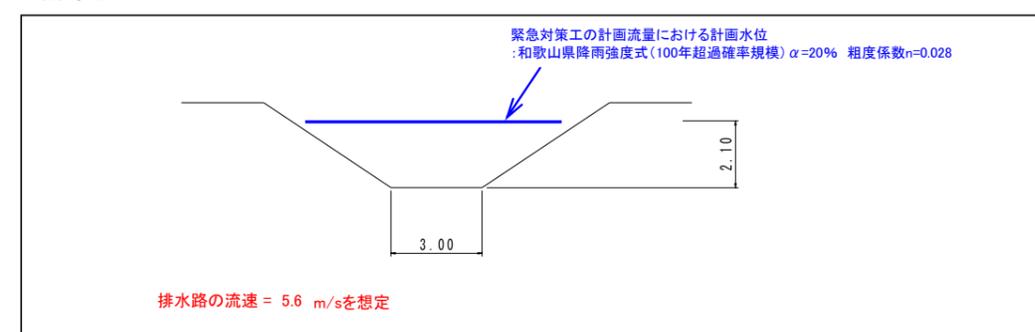
北股地区 ※イメージ



長殿地区



熊野地区



栗平地区

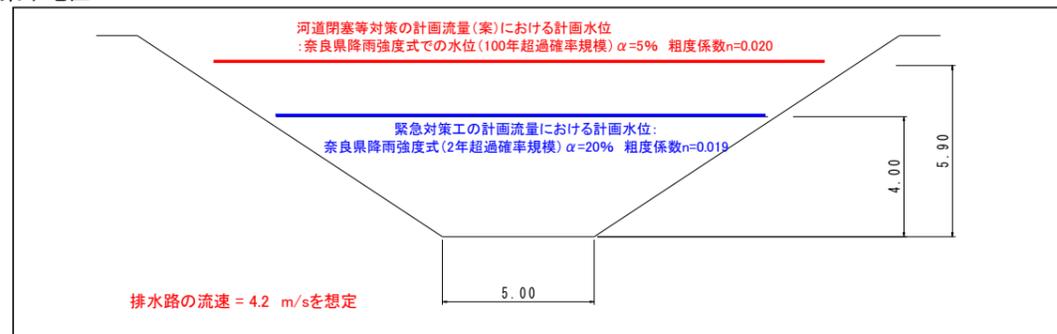


図-2.3.2 緊急対策工の排水路に対する計画流量（案）の水位

3. 対策施設配置方針

3.1 対策施設配置方針の基本的な考え方

対策施設配置方針は、崩壊地・崩壊土砂・河道部・河道閉塞部・下流河道部における土砂生産・流出実態、地形条件、緊急対策（仮排水路工、護岸工、表面排水路工など）の整備状況、保全対象の分布状況等に基づき検討した。

以下に対策施設配置方針の基本的な考え方を示す。

- 計画規模の降雨・流量に伴う拡大崩壊、再崩壊、不安定土砂の二次移動・表面侵食、河道閉塞部の決壊、土石流の流下、溪岸侵食などの抑制を図る。
- 崩壊地・崩壊土砂の堆積域、湛水池（河道上流部）などからの土砂流出に伴う、排水路工や本川河道の計画流量に対する流下断面の阻害を防止する。
- 維持管理への負担ができるだけ少ない施設配置とする。
- 計画規模を上回る降雨による洪水や土砂流出に対しても、河道閉塞部の侵食進行に伴う土石流発生や、新たな崩壊による河道閉塞の発生等、想定される現象から保全対象への影響を軽減することを考慮する。
- 将来的な土地利用について地域から要望がある場合は、安全確保の前提の範囲内で、維持管理施設の活用等にも配慮する。
- 以下にエリア区分ごとの基本的な考え方を示す。

【崩壊地】 【崩壊土砂】 （全地区）

拡大崩壊・再崩壊、また崩壊地内の不安定土砂の二次移動（ガリー侵食など）を防止し、排水路工の機能障害、河道への土砂・流木の流出を抑制する。

【河道部】 （宇井地区・坪内地区・三越地区）

本川河道において洪水流を安全に流下させるとともに、洪水流による溪岸侵食・斜面脚部（崩壊土砂脚部）の侵食を防止する。

【河道閉塞部】 （赤谷地区・長殿地区・栗平地区・北股地区・熊野地区）

洪水流の越流に伴う河道閉塞部の侵食破壊や、浸透破壊を防止するとともに、河道閉塞部の二次侵食を防止し、下流河道への土砂・流木、土石流の流出を抑制する。

【下流河道部】 （赤谷地区・長殿地区・栗平地区・北股地区・熊野地区・三越地区）

河道に堆積している不安定土砂の二次侵食を防止するとともに、崩壊地・崩壊土砂・河道閉塞部、支川流域から流出する土砂を捕捉し、下流河道への土砂・流木、土石流の流出を抑制する。

3.2 土砂処理対策のメニュー

上記の土砂処理対策方針の基本的な考え方に基づき、崩壊地・崩壊土砂・河道部・河道閉塞部・下流河道部における土砂処理対策のメニューは以下の通りとした。

【崩壊地】 【崩壊土砂】

▶ 拡大崩壊・再崩壊防止

- ・ 不安定土砂を除去し、崩壊斜面や崩壊土砂を安定させる斜面整形を基本とする。
- ・ 斜面整形後は必要に応じて法面保護工の整備、斜面補強を行う。

▶ 表面侵食防止

- ・ ガリー侵食等が顕著な範囲には表面排水路工を整備する。
- ・ 不安定土砂上には土留工、緑化工を整備し、その対策工には砂防ソイルセメントの活用を図る。

▶ 不安定土砂の除去や斜面整形が困難、またガリー一部からの土砂流出が顕著で排水路工等の機能障害や下流への土砂流出が想定される場合

- ・ 土砂堆積工による流出土砂の捕捉
- ・ 導流工による影響のない範囲までの導流
- ・ 下流堰堤工による捕捉 を図る。

【河道部】 （宇井地区・坪内地区・三越地区）

河道の整備は、河道縦断、断面、法線を含めた検討を行う。

▶ 土砂・洪水氾濫防止

- ・ 計画規模（100年超過確率規模）または既往最大規模の洪水流が発生しても上下流の土砂・洪水氾濫が発生しないよう、河道堆積土砂の除去、河道掘削を行い、流下断面を確保する。

▶ 河道部の侵食防止

- ・ 計画規模（100年超過確率規模）または既往最大規模の洪水流が発生しても斜面脚部の侵食を防止するため、護岸工や法面保護工を整備する。

【河道閉塞部】（赤谷地区・長殿地区・栗平地区・北股地区・熊野地区）

▶ 浸透破壊

- ・ 下流面脚部の排水路工の末端部に堰堤工とともにドレーン工を整備する。
→ このドレーン工により、河道閉塞部の下流面脚部における伏流水や湧水の導流・安全流下も図る。

▶ 越流破壊

- ・ 計画規模の洪水流（100年超過確率規模）を安全に流下させるため、仮排水路工を拡幅（場所によっては新たに掘削）し、必要な流下断面を有した排水路工を整備する。
→ 崩壊地・崩壊土砂の安定性を損なわない範囲で、また施工の困難性を判断した上で可能な限り越流高（排水路工呑口標高）を切り下げる。
→ 緊急対策工の仮排水路工を活用し、水路の拡幅や盛立等を実施する。100年超過確率規模の流下断面を有する熊野地区の水路工は、必要に応じて補強を行う。
- ・ 脚部侵食防止等、河道閉塞部の安定化を図るために、下流面脚部の排水路工の末端部に基幹となる堰堤工を整備する。
→ この堰堤工により、計画規模を超過する洪水流が排水路工から溢流して河道閉塞部を侵食した場合でも、河道閉塞部全体の破壊に至らないようにする。
- ・ 崩壊地・崩壊土砂の堆積域からの土砂流出頻度が高く、排水路工の機能阻害が想定される場合は、河道閉塞部上に堰堤工を整備する。
→ この堰堤工により、崩壊地からの流出土砂を堰堤工の堆砂域で捕捉し、下流への土砂流出を抑制する。この場合、堰堤工の堆砂域に排水路工は整備しない。
→ 堰堤工の堆砂によって、河道閉塞部下流面の侵食抑制、浸透破壊の抑制など、河道閉塞部全体の安定化を図る。
- ・ 計画規模を上回る流量により排水路工を溢水した場合でも、急激な河道閉塞部の侵食を防止するため、砂防ソイルセメント等により、排水路工周辺を中心に河道閉塞部の強化を行う。
- ・ 河道閉塞部の越流侵食の誘因となる湛水量を減少させるために、崩壊地・崩壊土砂・河道閉塞部において掘削した土砂を用いて湛水池を埋め戻す。

▶ 表面侵食防止

- ・ 不安定土砂を除去して安定な形状に整形し、必要に応じて法面保護工を整備する。
- ・ 不安定土砂上には土留工、緑化工を整備し、その対策工には砂防ソイルセメントの活用を図る。

【下流河道部】（赤谷地区・長殿地区・栗平地区・北股地区・熊野地区・三越地区）

▶ 河道堆積土砂の二次移動防止

- ・ 河道に堆積している不安定土砂の流出を抑制するために堰堤工・床固工を整備する。
- ・ 保全対象が近接する場合は、洪水流を安全に流下させるとともに溪岸の侵食を防止するために溪流保全工を整備する。

3.3 河道閉塞等対策の下流域における対策について

河道閉塞部の下流域については、対策が完了した時点での下流域に対する計画規模の土砂移動現象の影響を評価し、対策の完了によりどこまで保全対象の安全を確保できるかを明確にした上で、安全が確保できない範囲を保全するための対策（ハード対策，ソフト対策，危機管理対策 等）を実施することを考える。

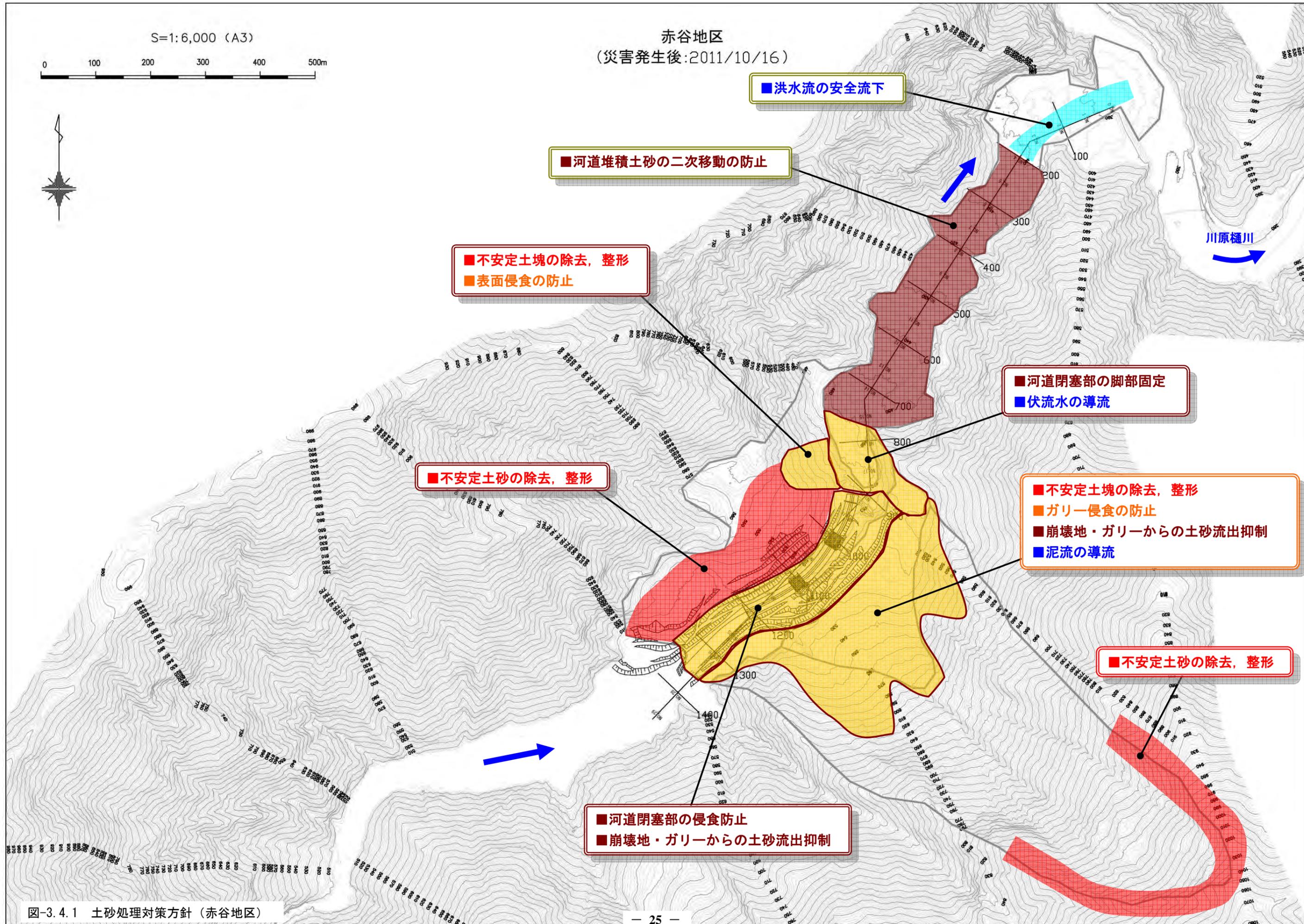
3.4 土砂処理対策方針

上記に基づき、各河道閉塞部の土砂処理対策方針を以下に示す。

S=1:6,000 (A3)



赤谷地区 (災害発生後:2011/10/16)



■洪水流の安全流下

■河道堆積土砂の二次移動の防止

■不安定土塊の除去, 整形
■表面侵食の防止

■河道閉塞部の脚部固定
■伏流水の導流

■不安定土砂の除去, 整形

■不安定土塊の除去, 整形
■ガリー侵食の防止
■崩壊地・ガリーからの土砂流出抑制
■泥流の導流

■不安定土砂の除去, 整形

■河道閉塞部の侵食防止
■崩壊地・ガリーからの土砂流出抑制

図-3.4.1 土砂処理対策方針 (赤谷地区)

S=1:6,000 (A3)



長殿地区
(災害発生後:2011/9/27)

熊野川本川

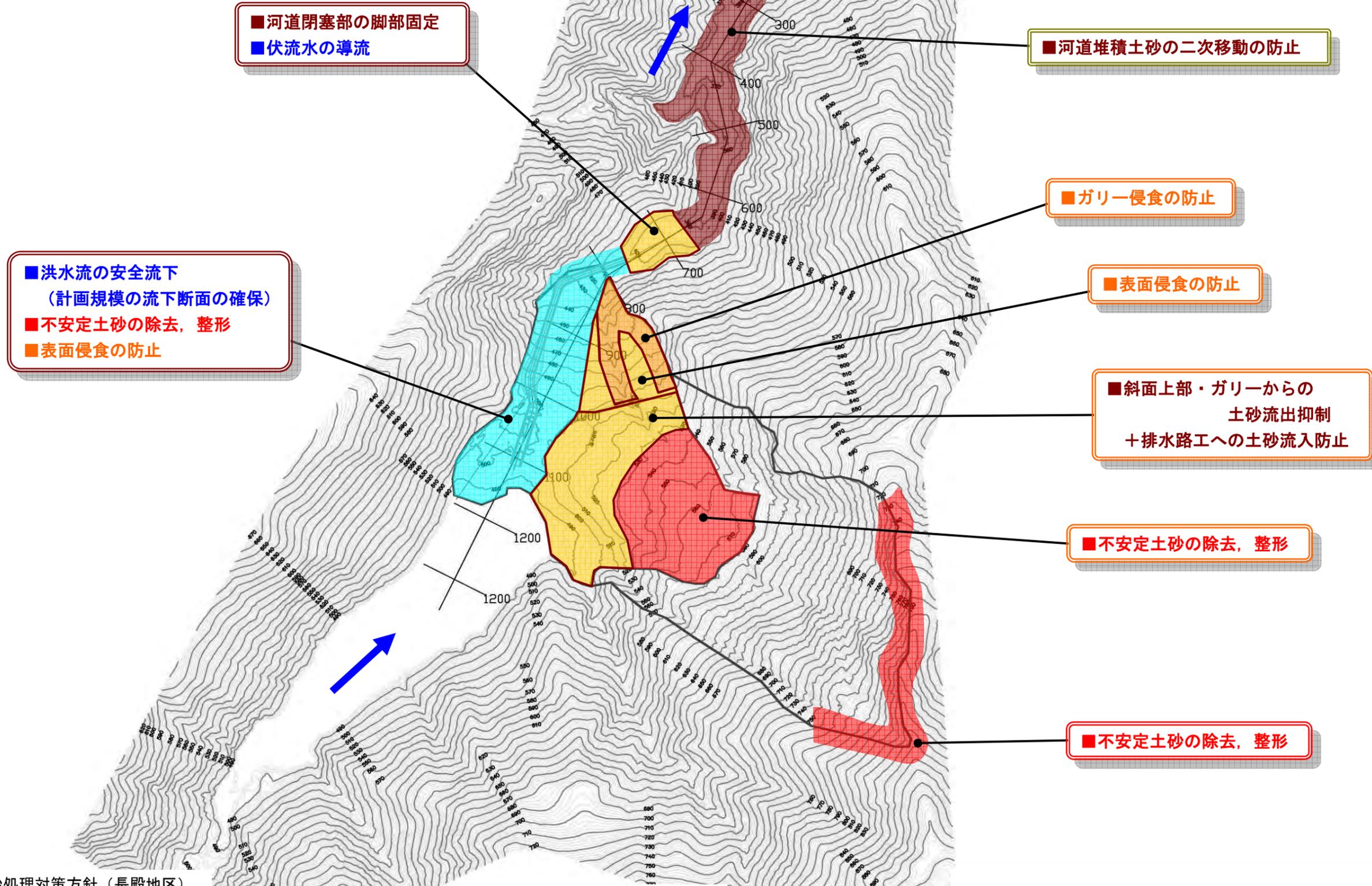
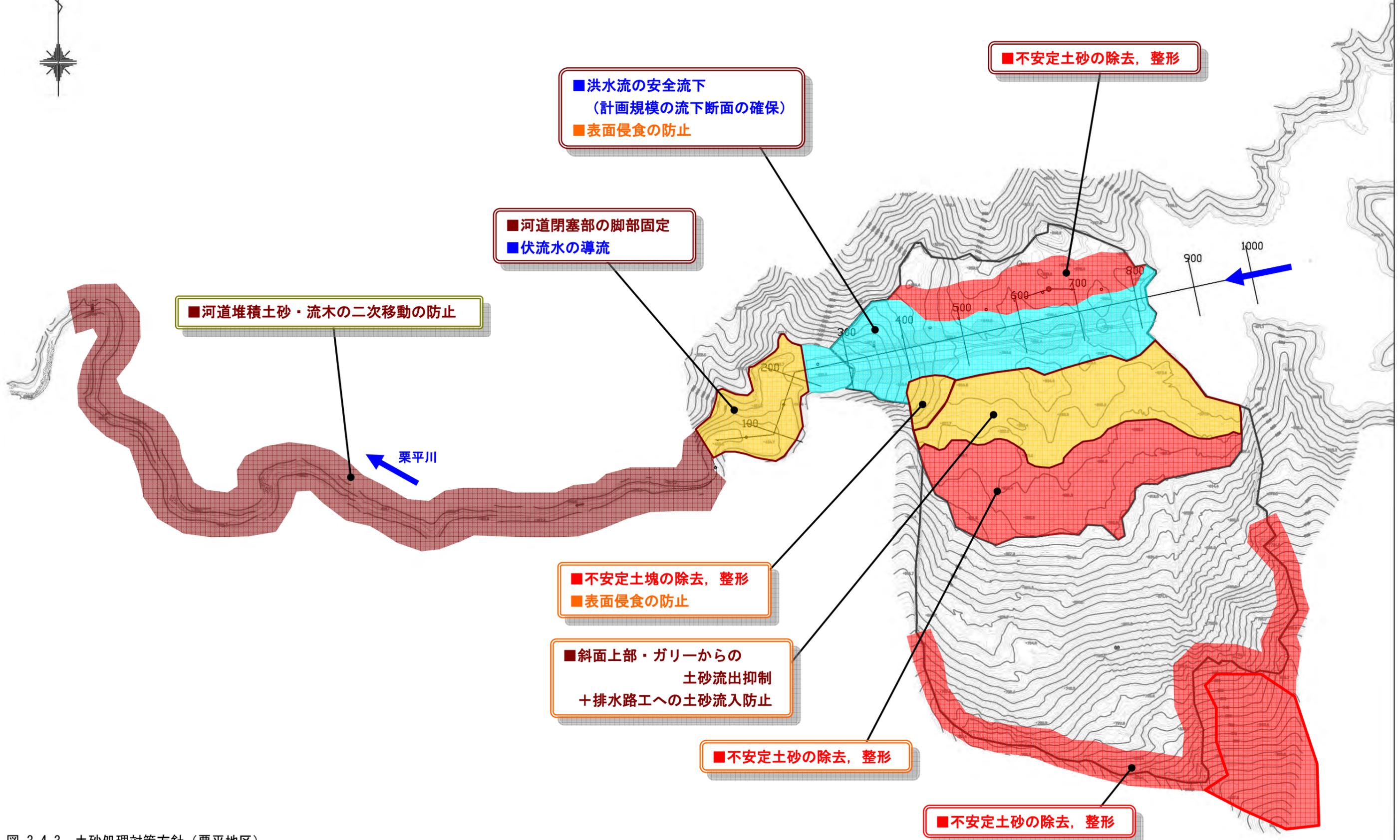


図-3.4.2 土砂処理対策方針 (長殿地区)

S=1:6,000 (A3)

栗平地区
(災害発生後:2011/9/24)



■河道堆積土砂・流木の二次移動の防止

■洪水流の安全流下
(計画規模の流下断面の確保)
■表面侵食の防止

■河道閉塞部の脚部固定
■伏流水の導流

■不安定土砂の除去, 整形

■不安定土塊の除去, 整形
■表面侵食の防止

■斜面上部・ガリーからの
土砂流出抑制
+排水路工への土砂流入防止

■不安定土砂の除去, 整形

■不安定土砂の除去, 整形

図-3.4.3 土砂処理対策方針 (栗平地区)

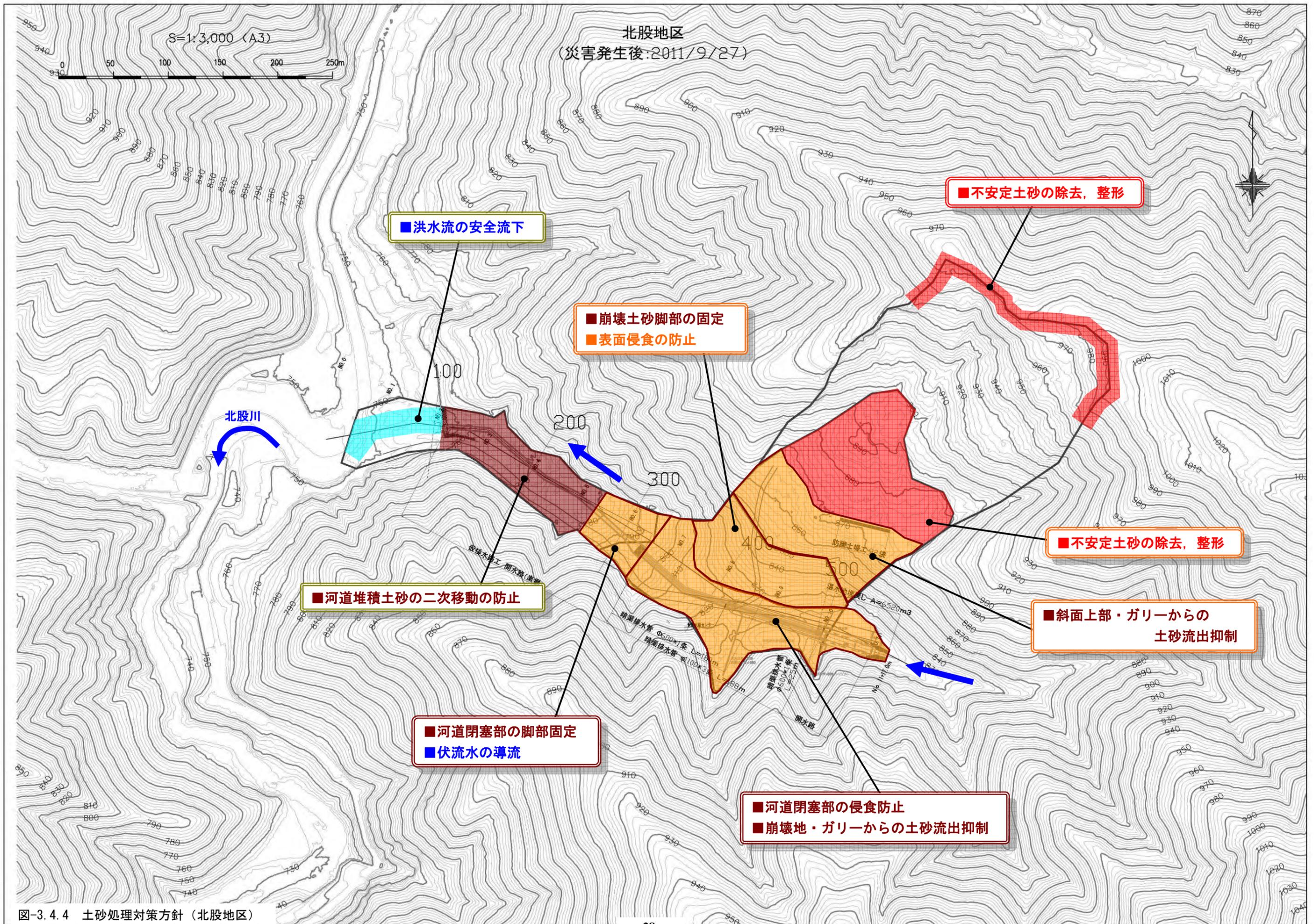


図-3.4.4 土砂処理対策方針(北股地区)

S=1:6,000 (A3)



熊野地区
(災害発生後:2011/10/16)

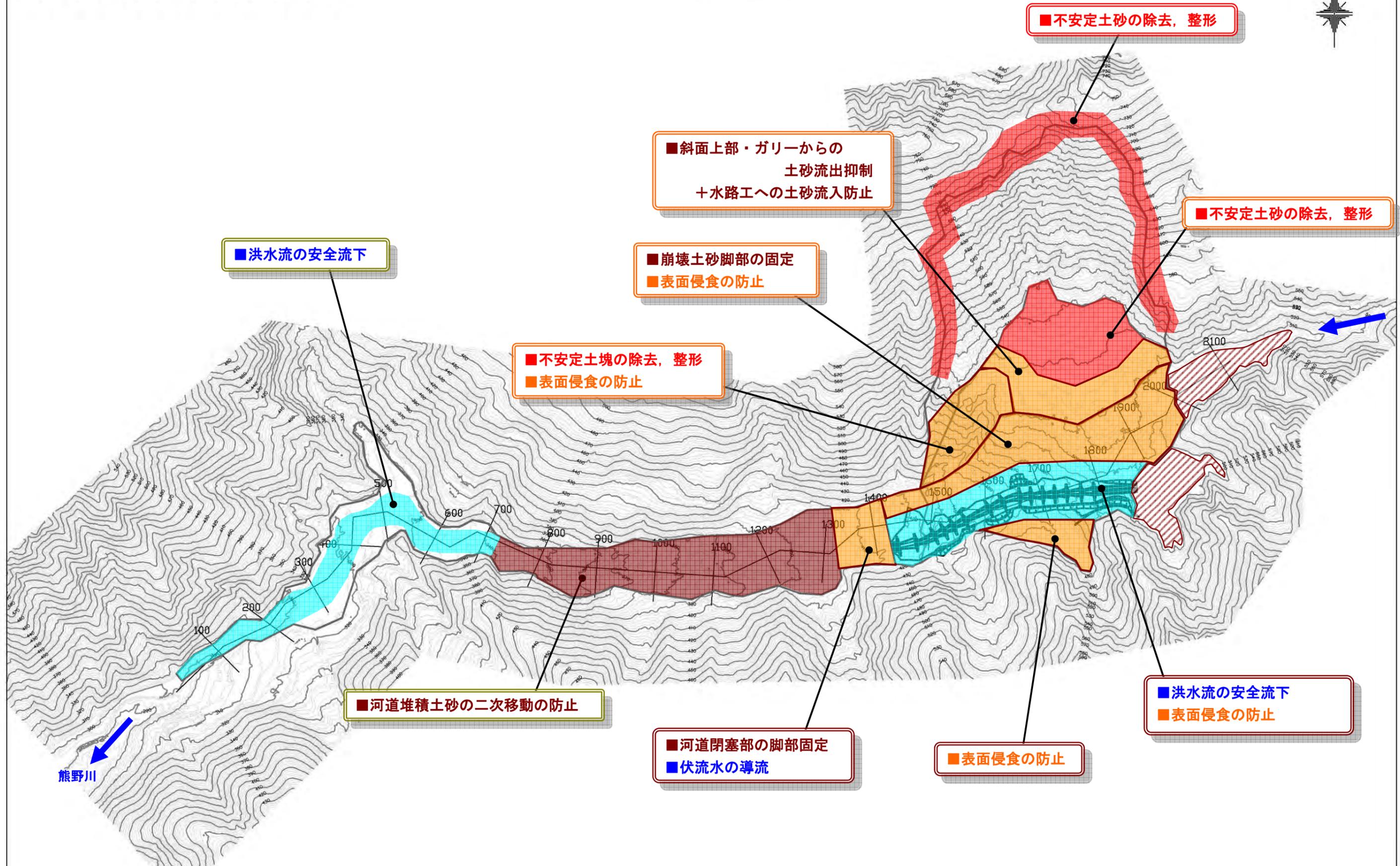
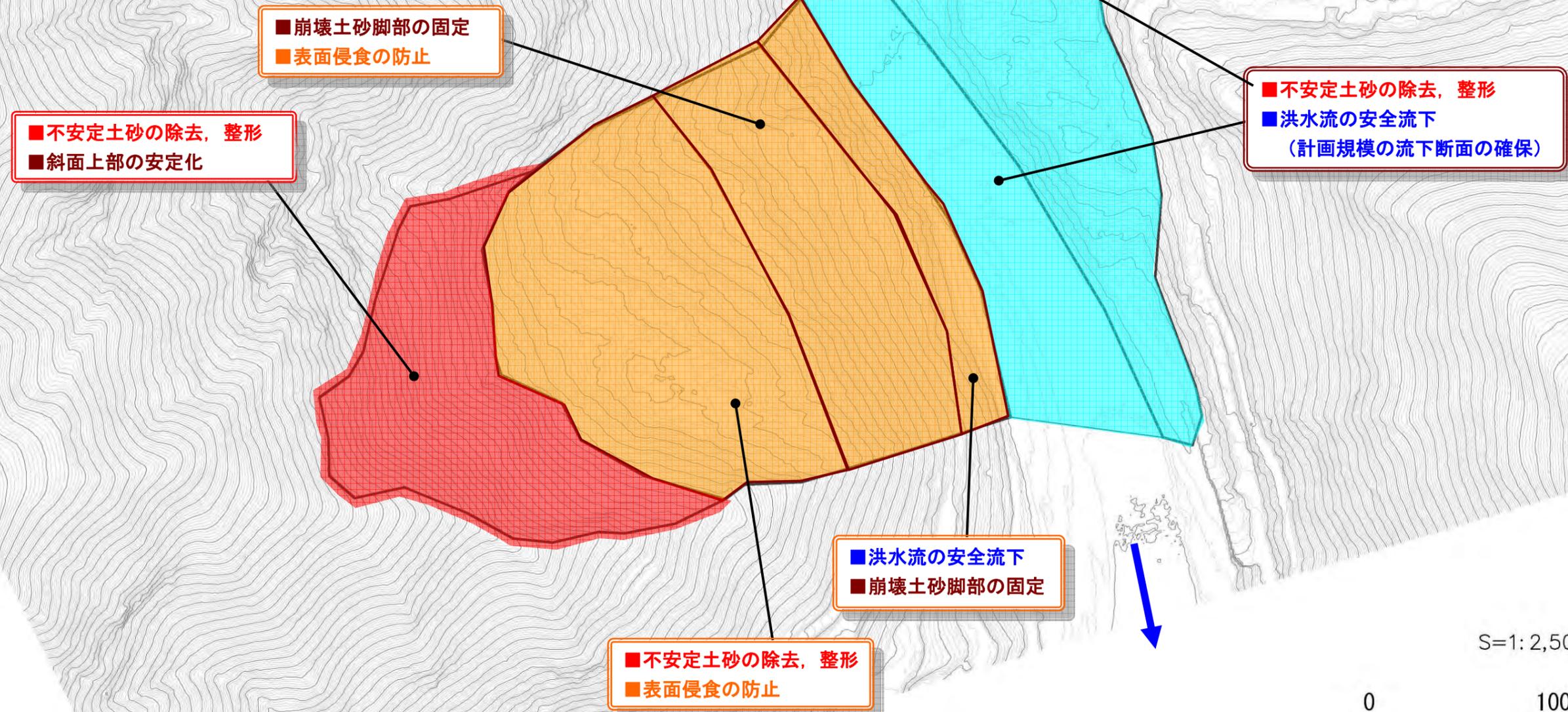


図-3.4.5 土砂処理対策方針 (熊野地区)



熊野川本川



S=1:2,500 (A3)

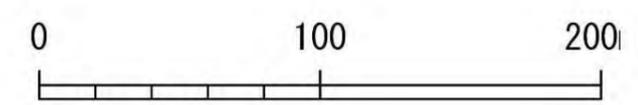


図-3.4.6 土砂処理対策方針 (宇井地区)

■必要に応じて不安定土砂の除去, 整形

S=1:3,000 (A3)



坪内地区

仮設道路

■不安定土砂の除去, 整形

■不安定土砂の除去, 整形
■表面侵食の防止

■斜面上部からの土砂流出抑制
+本川河道への土砂流入防止
■崩壊土砂脚部の固定
■表面侵食の防止

■洪水流の安全流下
■崩壊土砂脚部の固定

■不安定土砂の除去, 整形
■洪水流の安全流下
(計画規模の流下断面の確保)

熊野川本川

(災害発生後:2011/9/15)

図-3.4.7 土砂処理対策方針 (坪内地区)

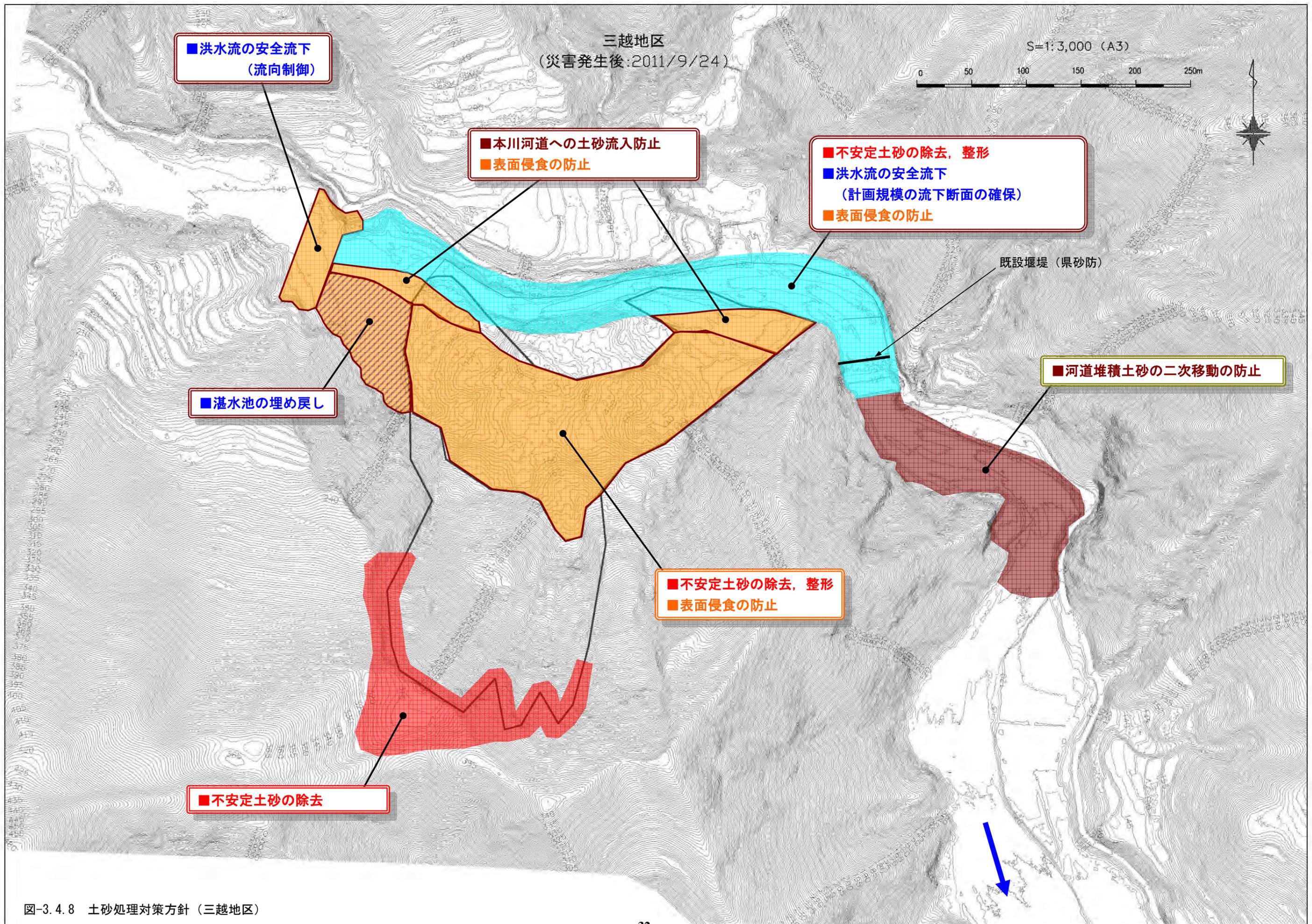


図-3.4.8 土砂処理対策方針 (三越地区)

3.5 河道閉塞部の施設配置

(1) 河道閉塞部における排水路工の構造について

河道閉塞部における排水路工は、崩壊地・崩壊土砂の安定性を損なわない範囲で可能な限り越流高（排水路工の呑み口標高）を下げることを基本とし、崩壊地・崩壊土砂や、河道閉塞部の規模（高さ、幅）、緊急対策工の施工状況等を考慮して以下のような考え方に基づく構造を検討する。

■ 床固工群＋堰堤工（基幹となる堰堤工） 構造

- ・ 河道閉塞部の下流面の勾配が緩い
- ・ 河道閉塞部の高さが低い

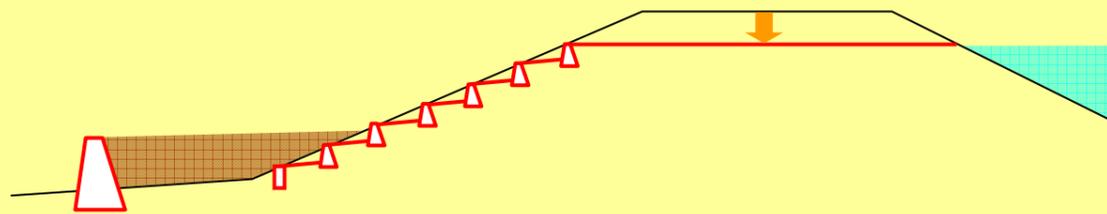


図-3.5.1 (1) 床固工群＋堰堤工（基幹となる堰堤工） 構造

■ 水路工（シュート等）＋堰堤工（基幹となる堰堤工） 構造

- ・ 河道閉塞部の下流面の勾配が急で、安全に掘削することが困難
- ・ 河道閉塞部の高さが高く、掘削土量が大い

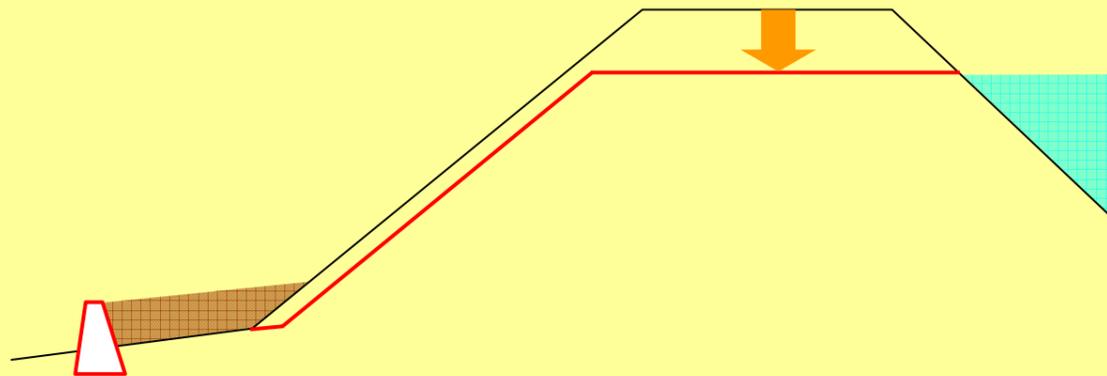


図-3.5.1 (2) 水路工（シュート等）＋堰堤工（基幹となる堰堤工） 構造

(2) 河道閉塞部下流の堰堤工（基幹となる堰堤工）の基本方針

①基幹となる堰堤工の基本方針

河道閉塞部の安定化を図るために、下流面脚部の排水路工の末端部に堰堤工（基幹となる堰堤工）を整備するものとする。以下に堰堤工の機能について整理した。

- 1) 堰堤工の堆砂により河道閉塞部の脚部固定を図る。
- 2) 排水路工から洪水流が溢水・氾濫した場合の河道閉塞部の侵食を抑制し、急激な湛水位の低下（越流ハイドログラフのピーク立ち上がりの抑制）を防止する。
- 3) 仮に河道閉塞部が侵食された場合の河道閉塞土砂の流出抑制を図る。

②施設規模の考え方

基幹となる堰堤工の施設規模は、以下の考え方に基づいて検討する。

- ・ 河道閉塞部の排水路工を水路工（シュート等）＋堰堤工（基幹となる堰堤工）とする場合、シュート構造は洪水流の減勢効果を兼用する必要があることから、ダムで用いられている減勢工の考え方に準じて構造を検討する。
- ・ 基幹となる堰堤工を配置する河道閉塞部脚部は基礎地盤が崩壊土砂となることから、基幹となる堰堤工の堤高は15m未満とする。
- ・ 河道閉塞部脚部は洪水流が集中することから基幹となる堰堤工の堤高は、河道閉塞部脚部の洗掘を抑制できる堤高とする。
- ・ 基幹となる堰堤工の位置は、兩岸の地形条件・縦断形状・河道閉塞部下流の水理特性を考慮して設定する。

③浸透流対策の考え方

河道閉塞部下流の浸透流対策は、以下の考え方に基づいて検討する。

- ・ 浸透流による河道閉塞部下流法先の洗掘を防ぐため、湛水池からの浸透水を安定的に通過させる必要がある。
- ・ 河道閉塞の規模および湛水状況を考慮すると、浸透水の量を減少させることは困難である。
→ 河道閉塞部下流に配置する堰堤工（基幹となる堰堤工）にドレーンを設置する。

④基幹となる堰堤工の構造

基幹となる堰堤工は、排水路工から流下する洪水流を安全に減勢させ、下流に流下させる構造を基本とし、浸透水による河道閉塞部の安定性低下を防止するため、ドレーン構造とする。

以下に基幹となる堰堤工の構造の考え方について整理した。

【水路幅】

- 河道閉塞部下流面の排水路工上端の水深 (h) から排水路工下端の水深 (h1) および流速を算出し、排水路工下端における跳水の形態が「定常跳水」となる水路幅を設定する。(下表参照)

【基幹堰堤の位置】

- 下端における跳水の長さ (L) を算出し、洪水流を安全に減勢させることができる位置に基幹となる堰堤工を配置する。

【基幹堰堤の高さ】

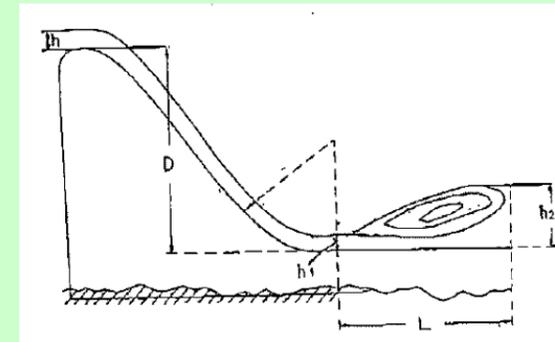
- 跳水後の下流水位 (h2) を算出し、排水路工上端の水深 (h=h3 とする) から基幹堰堤の高さ (d) を設定する。

【ドレーン構造】

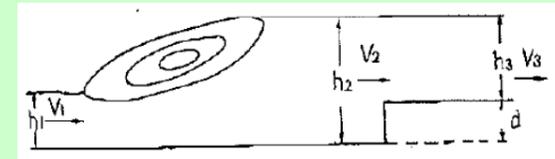
- 浸透水の流量および小砂利 (C40) の透水係数から、浸透水を安定的に通過させるために必要な断面積を算出した。

表-3.5.1 跳水の種類と形態 (水理公式集 昭和 38 年増補改訂版)

F=1~1.7	F=1.7~2.5	F=2.5~4.5	F=4.5~9.0	F>9.0
波状跳水	弱跳水	動揺跳水	定常跳水	強跳水
水面が波状を呈する	表面にローラーを生じる	大きな波動が下流に伝播	平衡状態を保つ	猛烈な渦を形成



水平水叩きの跳水



下流水位が跳水より浅い水叩き

(3) 排水路工への土砂流入防止対策について

崩壊地・崩壊土砂の堆積域から排水路工への土砂流入が考えられる場合は、排水路工と崩壊地・崩壊土砂の堆積域の間に堆砂空間を確保するための土砂堆積工と、流出土砂を排水路工以外の場所に導流する導流堤・導流工（水路工）を整備するものとする。

なお、土砂堆積工や導流工に堆積した土砂を定期的に除去するために、管理用道路を整備するものとする。

(4) 排水路の機能維持が困難な場合について

崩壊地・崩壊土砂の堆積域からの土砂流出頻度が高く、排水路工の機能阻害が想定される場合は、河道閉塞部上に堰堤工を整備する。この堰堤工の整備方針は以下の通りである。

- ・ 基幹となる堰堤工とともに、河道閉塞部の脚部固定と下流面の侵食防止、浸透破壊の抑制など河道閉塞部全体の安定化を図る
- ・ 堰堤工は、基幹となる堰堤工の堆砂域の一部（上流端付近）を地盤改良して整備する
- ・ 堰堤工の高さは、その堆砂域が河道閉塞部の天端をカバーするような高さとする
- ・ 崩壊地・崩壊土砂の堆積域からの流出土砂を堰堤工の堆砂域で捕捉し、下流への土砂流出を抑制する

なお、堰堤工の堆砂域が河道閉塞部の天端をカバーすることから、河道閉塞部の天端（堰堤工の堆砂域）には排水路工を整備しない。

■ 堰堤工（基幹となる堰堤工+河道閉塞部上の堰堤工） 構造

- ・ 崩壊地・崩壊土砂の堆積域からの土砂流出頻度が高い



堰堤工（基幹となる堰堤工+河道閉塞部上の堰堤工） 構造

(5) 堰堤工の構造について

河道閉塞部における基幹となる堰堤工等について、対象とする土砂移動現象を崩壊地や上流域からの土砂流出を想定しているが、万が一規模な崩壊やそれに伴う土石流が発生する場合を想定して、堰堤工の水通し天端幅は、土石流状態での土砂移動を想定して、3.0mとする。

(6) 崩壊土砂・河道閉塞部における対策工の構造について

崩壊土砂・河道閉塞部においては、多量の土砂が残存していることから、砂防堰堤や以下の対策工については、基本的に現地で発生する土砂を砂防ソイルセメントとして活用するものとする。

- ・ 土砂堆積工および導流堤
- ・ 排水路工（天端部・斜路部）
- ・ 法面保護工
- ・ 表面排水路工 等

(7) 下流河道部の堰堤工について

下流河道部に堆積している不安定土砂と支川からの土石流を含む土砂流出を捕捉するとともに、万が一不安定土砂が流出した場合の土砂流出を捕捉するために堰堤工・床固工を整備するものとする。

4. 崩壊地・河道閉塞部の安定性評価

現状で取得されたデータに基づき、崩壊地・河道閉塞部の安定性を評価した。このため、現在実施中の地質調査等から得られたデータを踏まえ、今後見直しを実施する必要がある。

4.1 安定性評価項目及び評価手法

安定解析は、整形後の斜面における安定性が確保されていること、排水路掘削や河道拡幅にあたって安定性を維持する合理的な断面を設定することを目的として以下の項目について検討を行う。

①解析測線（横断および縦断）

解析測線は、A)崩壊土砂・河道閉塞土塊の中央部を通る横断測線、B)滑落崖上方を通る横断測線、C)河道閉塞土塊の中央部を通る縦断測線、とする。解析に際しては、測線上で確認される崩壊発生前の河床や地山の地形や土質特性について十分に配慮し、必要に応じて副測線を設定する。

②安定解析対象（解析ケース）

解析測線別に以下の条件で安定解析を行うことを前提とする。

- A)崩壊土砂・河道閉塞土塊（横断方向）：すべり面は発生後土塊を対象としたすべりの他、最小安全率となる円弧すべりを探索により設定する。河道閉塞土塊の場合は、安定が確保される排水路敷高の標高値の範囲を計算する。また、河道拡幅等の地形変化を想定する場合は、安定性を確保し得る変更地形の範囲を計算する。
- B)滑落崖上方斜面：すべり面は崩壊斜面のすべり面及び現地形を元に設定する。
- C)河道閉塞土塊（縦断方向）：すべり面は円弧すべりの探索により設定する。外力は、水位上昇の他に、地震力を別途想定する。

③解析手法

平常時及び降雨時の解析手法は、Fellenius 法とする。また、地震時の解析手法は、Newmark 法とする。いずれの安定解析も二次元とする。

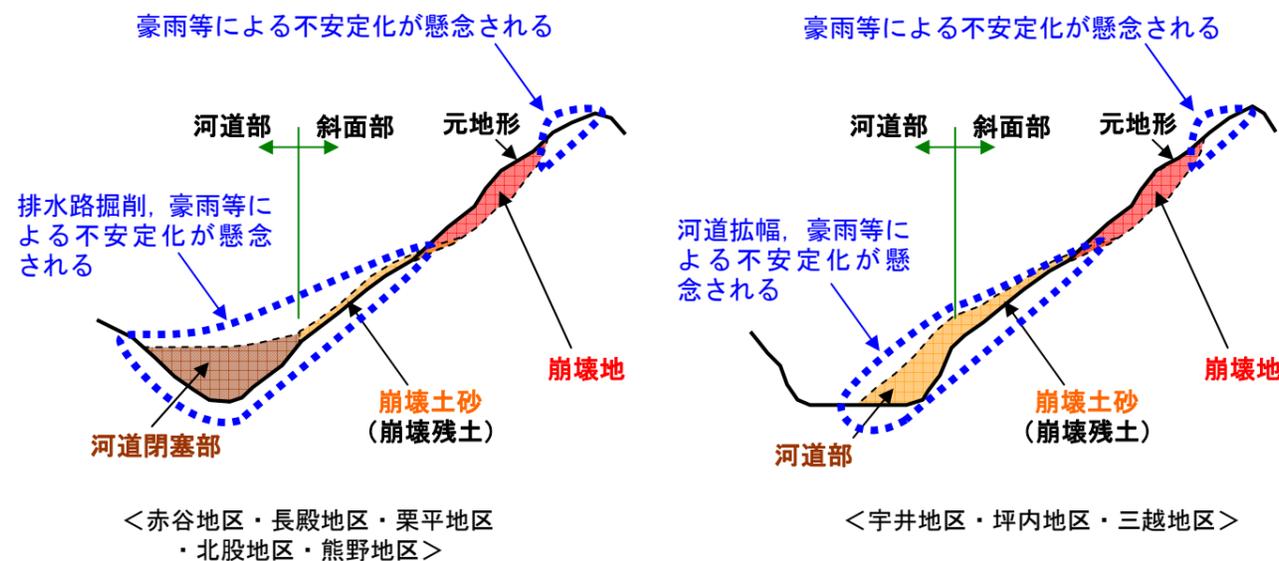


図-4.1.1 エリア別の想定現象

4.2 安定解析に基づく排水路掘削時の敷き高標高について

(1) 計算方法について

排水路掘削の敷き高設定に関する考え方を示すために、逆算により設定した物性値を用いて、排水路掘削時の敷き高標高に関する計算を実施した。

(入力する計算条件)

本計算では、既往の安定解析結果に基づき以下の設定手法に基づく物性値を採用した（イメージ図を図-4.2.1に示す）。

C：崩壊斜面の土層厚に基づき設定。

ϕ ：逆算により、崩壊後の地形・想定水位において FS=1.00 となる物性値を設定。

水位：現時点で調査に基づく設定が困難であったため、「発生後地形の地表とすべり面の中央を通ると想定した水位」を想定した。

単位体積重量：土質試験結果を基に設定。

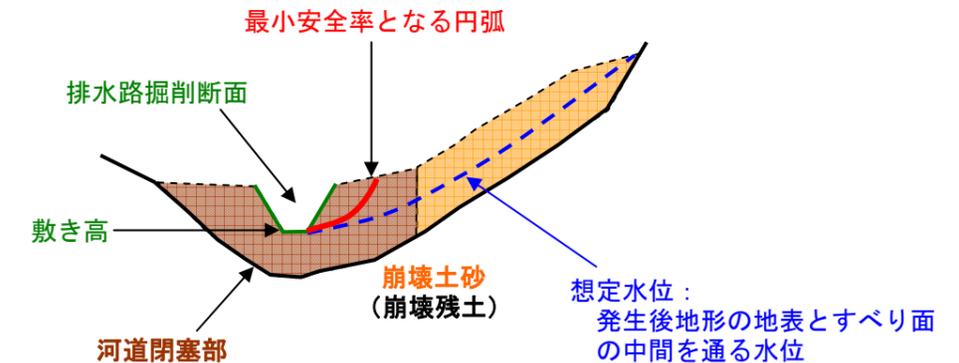
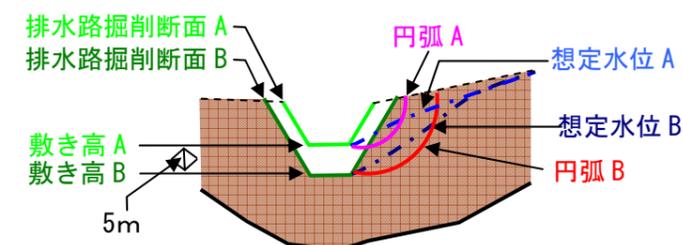


図-4.2.1 安定計算を実施した断面のイメージ（片岸のみを記載）

(敷き高の設定手法)

河道掘削を実施した際に安定性を確保する敷き高の設定にあたり、計画安全率を以下の通り設定した。また、河道掘削における敷き高は5m単位で計算し、計画安全率を満たす敷き高の最低標高値を計算した。

計画安全率：排水路掘削後に十分な安定性を確保していることを確認することを目的とし、計画安全率 $pFS=1.20$ とした。



左の図の場合、敷き高 A における安全率 $FS(A) > 1.20$ 、敷き高 B における $FS(B) < 1.20$ であれば、**河道掘削が可能な敷き高は敷き高 A となる。**

図-4.2.2 異なる敷き高における安定計算のイメージ（片岸のみを記載）

(2) 赤谷地区における安定解析結果

赤谷地区における安定解析結果を表-4.2.1に、断面図を図-4.2.3に示す。本ケースでは、排水路の敷き高を472mとしても全断面においてFs>1.20となり、安定性が確保される計算結果となった。

表-4.2.1 安定計算結果（赤谷地区）

【対象地区：赤谷】現況安全率Fs							
c-φ設定条件	土質条件			計算条件	現況安全率Fs	仮排水路を設定した際の安全率	
	γ (kN/m ³)	c (kN/m ²)	φ (°)			掘削時安全率 PFs=1.20となる排水路底高	
発生後地形Fs=1.0、C=25でφ逆解析 (水位は湧水点を結ぶ直線形として推定)	17	25.0	46.0	崩落土塊	Fs=3.54	崩落土塊	EL=472mでFs=3.02
						排水路両岸のり面 上：左岸 下：右岸	EL=472mでFs=1.95 EL=472mでFs=1.57

【対象地区：赤谷】掘削時安全率PFs			
排水路敷高	崩落土塊	排水路両岸のり面	
		左岸	右岸
492	3.49	1.85	3.16
487	3.31	1.86	2.66
482	3.14	1.86	2.44
477	3.03	1.92	2.10
472	3.02	1.95	1.57
467	3.14	1.98	1.17
462	3.48	1.90	0.76

最大掘削可能深（暫定）： 20m (EL. 492m→472m)

(3) 長殿地区における安定解析結果

長殿地区における安定解析結果を表-4.2.2に、断面図を図-4.2.4に示す。本ケースでは、排水路の敷き高を465mとしても全断面においてFs>1.20となり、安定性が確保される計算結果となった。

表-4.2.2 安定計算結果（長殿地区）

【対象地区：長殿】現況安全率Fs							
c-φ設定条件	土質条件			計算条件	現況安全率Fs	仮排水路を設定した際の安全率	
	γ (kN/m ³)	c (kN/m ²)	φ (°)			掘削時安全率 PFs=1.20となる排水路底高	
発生後地形Fs=1.0、C=18.4でφ逆解析 (水位は湧水点を結ぶ直線形として推定)	15	18.4	45.0	崩落土塊	Fs=2.45	崩落土塊	EL=465mでFs=2.15
						排水路両岸のり面 上：左岸 下：右岸	EL=465mで地山 EL=465mでFs=2.45

【対象地区：長殿】掘削時安全率PFs			
排水路敷高	崩落土塊	排水路両岸のり面	
		左岸	右岸
495	2.43	3.55	3.55
490	2.38	3.25	3.25
485	2.34	2.69	2.69
480	2.29	2.55	2.55
475	2.24	2.47	2.47
470	2.19	2.38	2.38
465	2.15	2.45	2.45

最大掘削可能深（暫定）： 30m (EL. 495m→465m)

※EL=465mは排水路が左岸地山に入り込む位置。
ただし、左岸側斜面の掘削が大規模となる

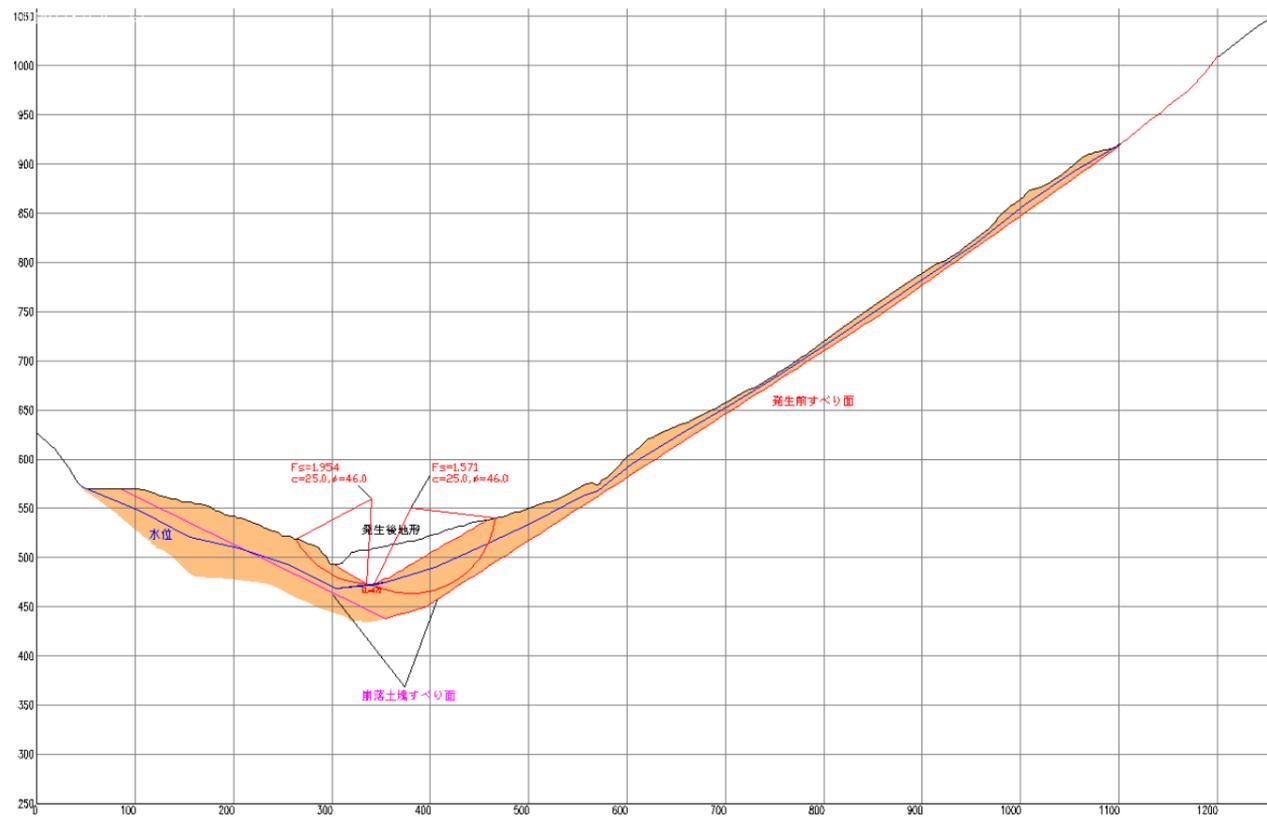


図-4.2.3 赤谷地区断面図

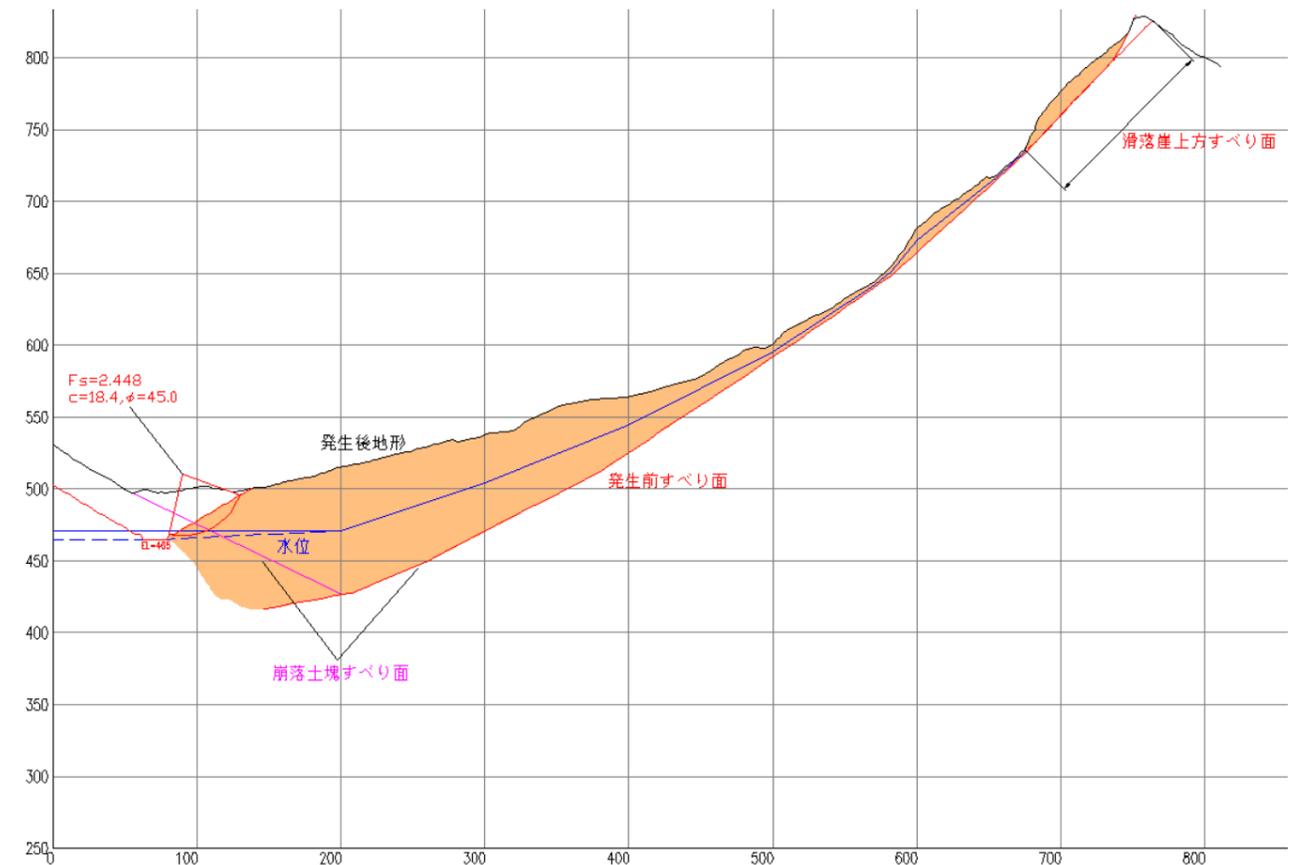


図-4.2.4 長殿地区断面図

(4) 栗平地区における安定解析結果

栗平地区における安定解析結果を表-4.2.3に、断面図を図-4.2.5に示す。本ケースでは、排水路の敷き高を523mとしても全断面においてFs>1.20となり、安定性が確保される計算結果となった。

表-4.2.3 安定計算結果（栗平地区）

【対象地区：栗平】現況安全率Fs							
c-φ設定条件	土質条件			計算条件	現況安全率Fs	仮排水路を設定した際の安全率	
	γ (kN/m ³)	c (kN/m ²)	φ (°)			掘削時安全率 PFs=1.20となる排水路底高	
						崩落土塊	EL=523mでFs=1.24
発生後地形Fs=1.0、C=25でφ逆解析 (水位は湧水点を結ぶ直線形として推定)	17	25.0	24.3	崩落土塊	Fs=1.84	排水路両岸のり面 上:左岸 下:右岸	EL=523mでFs=1.21 EL=523mで地山

【対象地区：栗平】掘削時安全率PFs			
排水路敷高	崩落土塊	排水路両岸のり面	
		左岸	右岸
568	1.78	2.97	1.78
563	1.73	2.34	1.49
558	1.66	1.90	1.36
553	1.59	1.70	1.30
548	1.52	1.53	1.40
543	1.44	1.45	1.84
538	1.35	1.36	2.93
533	1.32	1.29	
528	1.28	1.24	崩落土塊 ではなく地 山掘削の り面
523	1.24	1.21	
518	1.21	1.19	
513	1.17	1.17	
508	1.14	1.15	

最大掘削可能深（暫定）： 45m (EL. 568m→523m)

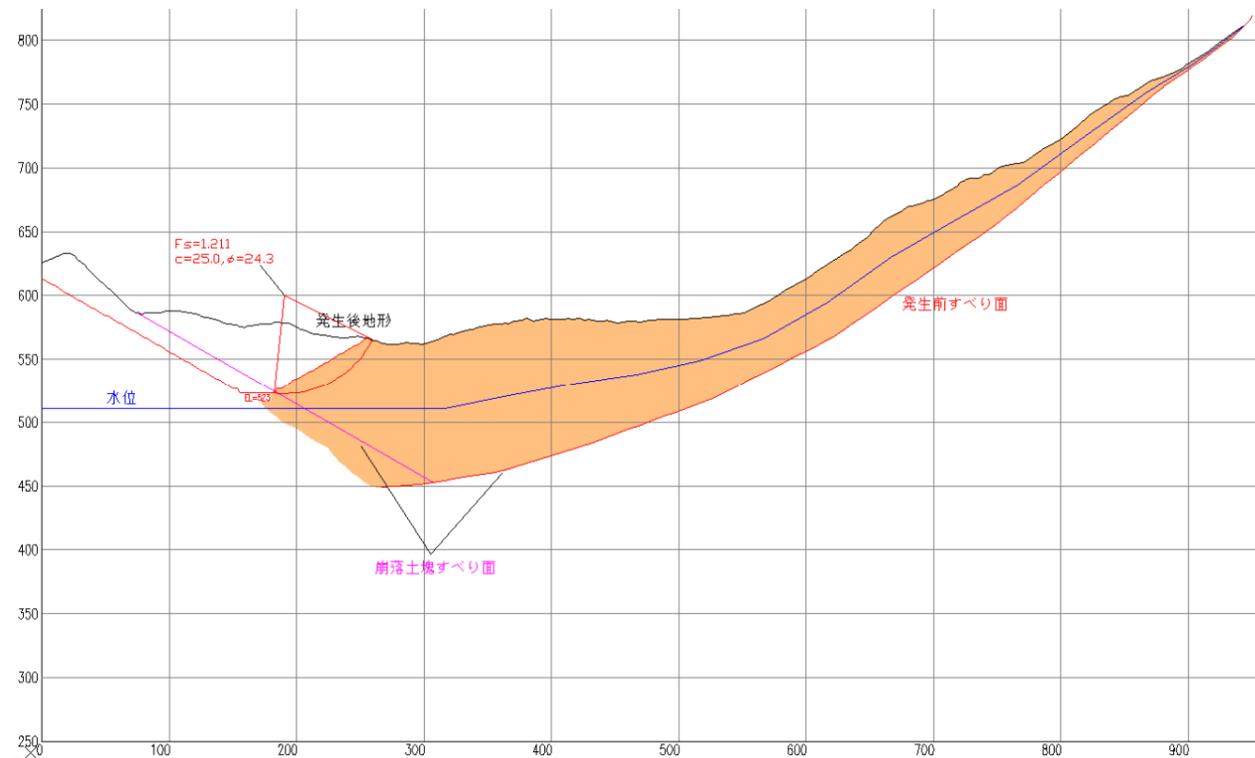


図-4.2.5 栗平地区断面図

(5) 北股地区における安定解析結果

北股地区における安定解析結果を表-4.2.4に、断面図を図-4.2.6に示す。本ケースでは、現況の仮排水路の敷き高である812mにおいて崩落土塊がFs<1.20となり、掘削による安定性確保が困難である計算結果となった。

表-4.2.4 安定計算結果（北股地区）

【対象地区：北股】現況安全率Fs							
c-φ設定条件	土質条件			計算条件	現況安全率Fs	仮排水路を設定した際の安全率	
	γ (kN/m ³)	c (kN/m ²)	φ (°)			掘削時安全率 PFs=1.20となる排水路底高	
						崩落土塊	EL=812mでFs=1.19
発生後地形Fs=1.0、C=25でφ逆解析 (水位は湧水点を結ぶ直線形として推定)	17	25.0	30.0	崩落土塊	Fs=1.25	排水路両岸のり面 上:左岸 下:右岸	EL=812mでFs=3.15 EL=812mでFs=1.34

【対象地区：北股】掘削時安全率PFs			
排水路敷高	崩落土塊	排水路両岸のり面	
		左岸	右岸
812	1.19	3.15	1.34
807	1.08		1.15
802	1.02	崩落土塊 ではなく地 山掘削の り面	0.96
797	0.96		0.81
792	0.90		0.65
787	0.86		0.58
782	0.83		0.58

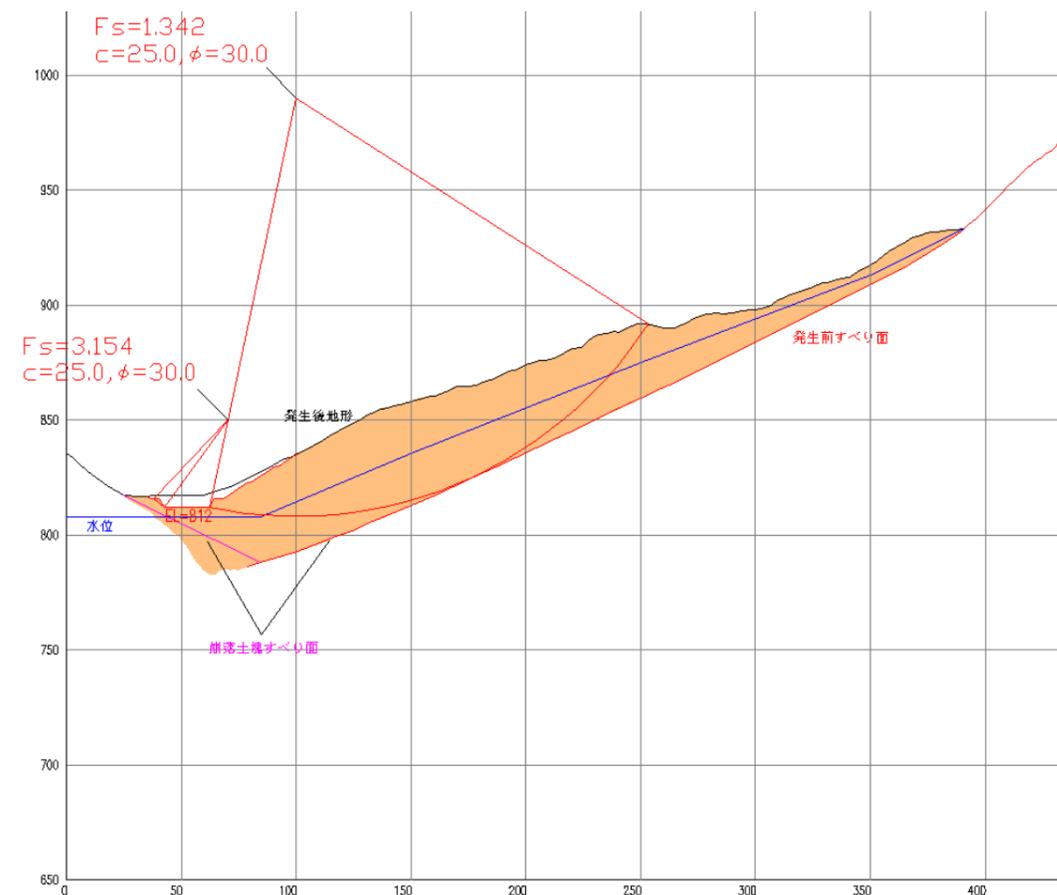


図-4.2.6 北股地区断面図

(6) 熊野地区における安定解析結果

熊野地区における安定解析結果を表-4.2.5 に、断面図を図-4.2.7 に示す。本ケースでは、現況の仮排水路の敷き高である 480m において全断面において $F_s < 1.20$ となるが、これ以上の掘削による安定性確保が困難である計算結果となった。

表-4.2.5 安定計算結果 (熊野地区)

【対象地区：熊野】現況安全率 F_s							
c- ϕ 設定条件	土質条件			計算条件	現況安全率 F_s	仮排水路を設定した際の安全率	
	γ (kN/m^3)	c (kN/m^2)	ϕ ($^\circ$)			掘削時安全率 PFs=1.20となる排水路底高	
発生後地形 $F_s=1.0$ 、C=25で ϕ 逆解析 (水位は湧水点を結ぶ直線形として推定)	19	25.0	21.0	崩落土塊	$F_s=1.35$	崩落土塊	EL=480mで $F_s=1.33$
						排水路両岸のり面 上：左岸 下：右岸	EL=480mで $F_s=3.05$ EL=480mで $F_s=1.36$

【対象地区：熊野】掘削時安全率PFs			
排水路敷高	崩落土塊	排水路両岸のり面	
		左岸	右岸
480	1.33	3.05	1.36
475	1.30	1.64	1.18
470	1.23	1.39	1.03
465	1.18	1.30	0.95
460	1.11	1.23	0.87
455	1.04	1.57	0.80

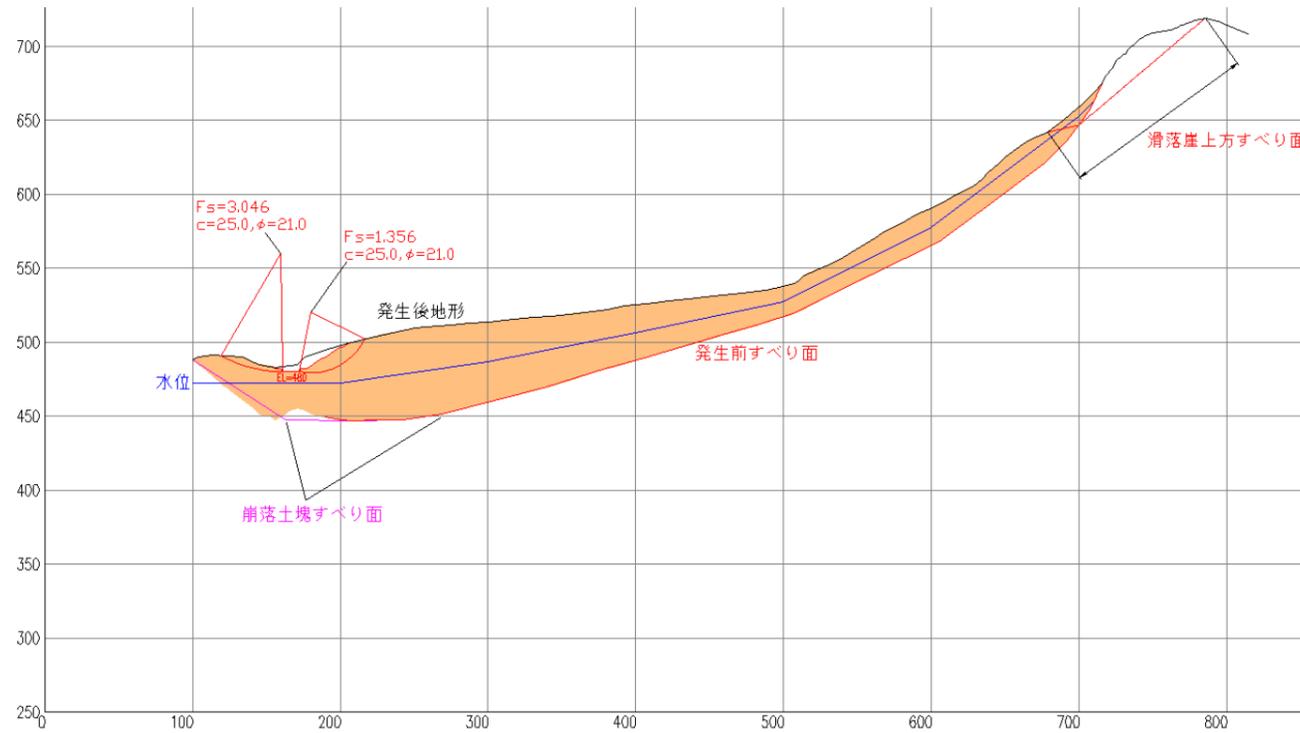


図-4.2.7 熊野地区断面図